

研 究 紀 要

第 54 号

RESEARCH REPORTS
FUKUSHIMA NATIONAL COLLEGE
OF TECHNOLOGY

NO. 54

2 0 1 3

福島工業高等専門学校

目 次

acute, keen, sharpの対照意味分析	鳥居 孝栄	1
カントの『天界自然史』における人間観	笠井 哲	7
田辺元における「科学哲学」の意義について	笠井 哲	13
藤沢周平『獄医立花登手控え』における人間観	笠井 哲	19
『スター・ウォーズ』における「フォース」の意義について	笠井 哲	25
東野圭吾『ガリレオ』における「技術者倫理」	笠井 哲	31
メモリスタを用いた可変論理回路の構成	大槻 正伸	37
裏切りのエシックス —太宰治「駈込み訴へ」論—	高橋 宏宣	43
常緑針葉樹の葉に含まれる放射性セシウムとその溶出特性に関する検討	原田 正光	55
触覚を持った義手開発のための基礎的な研究	鄭 耀陽	61
福島高専における数学の習熟度別授業について	西浦 孝治・馬場 蔵人・宮本 拓歩	67
地域復興人材育成のための新規専攻科学生実験テーマの導入事例	羽切 正英・佐藤 潤・押手 茂克・青柳 克弘	73
メソ位にトリフルオロメチル基を有する高歪みポルフィリンの合成、性質および構造 I —メソ-(トリフルオロメチル)オクタエチルポルフィリン—	青柳 克弘・芳賀 俊彦	79
福島原発事故の思想的課題	田淵 義英	83
学習到達度試験としての大学入試センター試験導入の試み	市川 誠・新井 真人	91
試訳 ウルフスタンの <i>Institutes of Polity</i>	市川 誠	97
LabVIEWを用いた自動計測システムに関する学生実験テーマの新規策定	磯上 慎二・新井 真人・鈴木 三男	107
道の駅よつくら港のブランドイメージに関する一考察	杉山 武史・菅野 瑛大・松本 行真	111
【ねばりけ】の身体感知の力学的考察 —ねばるとのびるの音韻平行性に着目して—	車田 研一	121
リア王の鏡	石原 万里	129
G I Sによる空間解析を用いた津波発生時における緊急避難場所の配置評価 —いわき市沿岸地域を事例として—	吉村 忠晴	135
アミンを反応溶媒とする強磁性ナノ粒子表面での疎水性シリカシェル層の形成	山内 紀子・車田 研一	143
ゲンジボタルミトコンドリアゲノムの全塩基配列	天野 仁司・松井 美樹・五十嵐 美里・田中 美帆・エフィヤンティ サフリザル	149
校内LANシステム更新	和賀 宗仙・北村 早苗・島村 浩・小泉 康一・大槻 正伸	153
モノづくり科目へのステージゲート法導入についての一考察	西口 美津子	159
高等学校における数学ソフトウェアの活用とその現状	西浦 孝治・野澤 武司	165
Sn固体ターゲットを装着したEUV発生用高電圧プラズマフォーカス装置	山本 敏和・渡辺 卓	169

acute, keen, sharp の対照意味分析

The Contrastive Semantics of 'acute', 'keen', and 'sharp'

鳥居 孝栄

福島工業高等専門学校一般教科

Kouei Torii

Fukushima National College of Technology, Department of General Education

(2013年8月21日受理)

This paper offers a contrastive analysis of the meanings of 'acute', 'keen', and 'sharp.' The analysis was made based on the descriptions of these words in dictionaries and their actual uses in newspapers and other articles. The results of the analysis show that 'acute' means being sensitive in understanding and thinking or showing a strong degree, emphasizing significance and seriousness, 'keen' means being sensitive in understanding and thinking or showing a strong degree, emphasizing positive interest and eagerness, and 'sharp' means stimulus being direct and strong like a visual stimulus of a pointed or clear shape, or a person being sensitive in understanding and thinking.

Key words: contrastive, sensitive, seriousness, positive, visual

1 はじめに

筆者は、ここ数年英語の類義語の意味分析に取り組んでいる。鳥居(2005)¹⁾では completely, perfectly, thoroughly を、鳥居(2011)²⁾では anxiety, concern, worry を、鳥居(2012)³⁾では flourish, prosper, thrive を、それぞれ分析した。今回は、日本語に訳した場合、同じように「鋭い」の意味になる形容詞 acute, keen, sharp を対象として、意味分析を試みる。

分析の方法はこれまでと同様で、まず辞書・辞典の記述から大きな見通しを立て、次いで実際に収集した用例から分析・考察をさらに推し進めることにする。

2 辞書・辞典の記述

ここでは、辞書の記述から、acute, keen, sharp の意味の違いについて、大きな見通しを立ててみる。参照した辞書は、小学館 Progressive English-Japanese Dictionary (1987)⁴⁾、小学館 Random House English-Japanese Dictionary (1994)⁵⁾、三省堂 The New Global English-Japanese Dictionary (1994)⁶⁾、研究社 New College English-Japanese Dictionary (1994)⁷⁾、大修館 Genius English-Japanese Dictionary (1994)⁸⁾、ベネッセ New Proceed English-Japanese Dictionary (1994)⁹⁾、桐原書店 Longman Dictionary of Contemporary English (1987)¹⁰⁾ の7つである。

まず、辞書の訳語に注目してみた。様々な訳語が与え

られていたが、意味の近いものを一つにまとめていくと、次の20個に分類できた。それぞれに例文を1つずつ付けて示してみよう。

「感覚器官が鋭い」

(1) Dogs have a keen sense of hearing.
(Proceed)

「知性が鋭い」

(2) an acute observer (Global)

「ぬけめない」

(3) He's sharp about money. (College)

「とがった」

(4) The boy liked to keep his pencils sharp.
(Proceed)

「カーブや坂が急な」

(5) The car made a sharp U-turn. (Genius)

「くっきりした」

(6) We saw the sharp outline of mountains against the sky. (Genius)

「光が強い」

(7) The sharp sun struck day after day.
(Random)

「音が甲高い」

(8) Some sounds are so acute that we cannot hear them. (Progressive)

「においが鼻を突く」

- (9) a sharp smell (College)
「味がピリッとした」
- (10) Vinegar has a sharp taste. (Genius)
「寒さが刺すような」
- (11) a keen wind blowing from the east
(Longman)
「痛みが激しい」
- (12) He was attacked by a sharp pain in his stomach.
(Proceed)
「程度・度合いが激しい」
- (13) There's been keen competition for the job.
(Longman)
「相手に対して辛辣な」
- (14) He was rather sharp with his secretary when
she got back late from lunch. (Longman)
「急性の・緊急の」
- (15) The town has an acute need for sewerage.
(Global)
「きびきびした」
- (16) We must be sharp or we'll miss the train.
(College)
「すてきな・すぐれた」
- (17) a keen present (Progressive)
「いきな・しゃれた」
- (18) He's a very sharp dresser. (Longman)
「格安の」
- (19) a keen price (College)
「熱心な・熱望している」
- (20) She is really keen on going swimming.
(Random)

3語それぞれが、これらの意味の用法を持っているかどうかを、7つの辞書の記述から比較してみると、Table 1 のようになる。(○は用法があることを、×は用法がないことを示す。) Table 1 から、3語の類似点、相違点について考えてみよう。まず、3語とも、「感覚器官が鋭い」、「知性が鋭い」、「ぬけめない」など感覚そのものが鋭いという意味と、「とがった」、「音が甲高い」、「痛みが激しい」など感覚器官に与えられる刺激が強いという意味の両方を持っている。さらに、刺激の強さがやや抽象化されて、単に程度や度合いが強いという意味を持つという点でも共通している。

これに対し、相違点を探るために、3語のうち他の2語にはなくて、そのみが持っている意味に注目してみることにした。取り出してみると、次のようになる。

Table 1 Comparison of meanings of 'acute', 'keen', and 'sharp' in dictionaries

辞書の訳語 (意味)	acute	keen	sharp
感覚器官が鋭い	○	○	○
知性が鋭い	○	○	○
ぬけめない	○	○	○
とがった	○	○	○
カーブや坂が急な	×	×	○
くっきりした	×	×	○
光が強い	×	○	○
音が甲高い	○	○	○
においが鼻を突く	×	○	○
味がピリッとした	×	×	○
寒さが刺すような	×	○	○
痛みが激しい	○	○	○
程度・度合いが激しい	○	○	○
相手に対して辛辣な	○	○	○
急性の・緊急の	○	×	×
きびきびした	×	×	○
すてきな・すぐれた	×	○	○
いきな・しゃれた	×	×	○
格安の	×	○	×
熱心な・熱望している	×	○	×

- (21) ① sharp のみが、「カーブや坂が急な」、「くっきりした」、「味がピリッとした」、「きびきびした」、「いきな・しゃれた」の意味を持っている。
- ② acute のみが、「急性の・緊急の」の意味を持っている。
- ③ keen のみが、「格安の」、「熱心な・熱望している」の意味を持っている。

(21)から3語の意味の違いについて推測してみよう。①から、sharp は「カーブや坂が急な」、「くっきりした」、「きびきびした」、「いきな・しゃれた」など、直接視覚にとらえた刺激に対して使うことが予想される。また「味がピリッとした」という意味もあるが、舌で味わうということも、かなり直接的で強い感覚である。以上から、sharp は直接的で強い刺激の意味合いがあると推測される。また、②と③の対比から、同じく強い刺激でも、acute は緊急性、すなわち重大で深刻であるというマイナスのイメージが強いのにに対し、keen は肯定的なプラスのイメージが強いのではないかとということが予想される。以上

のような予測については、3の実例からの考察で、さらに検討してみる。

最後に、7つの辞書のうち、Progressive と Random には、3語の意味の違いについての記述が載っていたので、紹介しておこう。

(22) Progressive

sharp:知的鋭さ、時に抜け目のなさ

keen:観察的にすぐれている

Random

sharp: 知的鋭さ、特に抜け目のなさ

keen:観察眼が鋭く、明敏で、迫力がある

acute:keen に感受性と識別力が加わった明敏

英語類語用法事典¹¹⁾にも記述が載っていた。

(23) acute:感覚や知覚の鋭さを意味する。

keen: 鋭敏さと洞察力を含意する。

sharp: たやすく突き通したり、または切ったりできる物にあてはまる。比喩的に「りこうさ」を暗示する。

残念ながら、(22)と(23)には、共通した指摘は見当たらない。

3 実例からの考察

2の考察を踏まえて、実例からさらに考察してみる。実例は新聞(The Japan Times 以下 J.T.)や論説などから acute を51例、keen を50例、sharp を52例収集した。

まず、収集した用例を、Table 1の枠組に従って分類集計し、3語において、それぞれの意味がどれくらいの頻度で使用されるのか、傾向を探ってみることにした。結果は、Table 2のようになった。残念ながら、Table 1の項目の中で、実例が見つからない項目もかなりあった。辞書の記述において、少なくとも3語のうち1つには用法があるとされた「カーブや坂が急な」、「光が強い」、「においが鼻を突く」、「味がピリッとした」、「寒さが刺すような」、「きびきびした」、「すてきな・すぐれた」、「いきな・しゃれた」、「格安の」の実例は、皆無であった。また、辞書の記述において、3語全てに用法があるとされた「とがった」、「音が甲高い」、「痛みが激しい」、「相手に対して辛辣な」のうち、「音が甲高い」は3語とも用例は見つからず、「とがった」は keen と sharp のみに、「痛みが激しい」は acute のみに、「相手に対して辛辣な」は sharp のみに、用例が見つかった。

これらの項目以外は、辞書の記述通り、実例が見つかった。すなわち、

Table 2 Frequency of each meaning of 'acute', 'keen', and 'sharp' in actual uses

意味	acute	keen	sharp
感覚器官が鋭い	5	6	3
知性が鋭い	9	17	2
ぬけめない	3	1	1
とがった	0	2	6
カーブや坂が急な	0	0	0
くっきりした	0	0	15
光が強い	0	0	0
音が甲高い	0	0	0
においが鼻を突く	0	0	0
味がピリッとした	0	0	0
寒さが刺すような	0	0	0
痛みが激しい	2	0	0
程度・度合いが激しい	28	20	21
相手に対して辛辣な	0	0	4
急性の・緊急の	4	0	0
きびきびした	0	0	0
すてきな・すぐれた	0	0	0
いきな・しゃれた	0	0	0
格安の	0	0	0
熱心な・熱望している	0	4	0
計	51	50	52

- (24) ① 「感覚器官が鋭い」、「知性が鋭い」、「ぬけめない」、「程度・度合いが激しい」は、辞書の記述通り、3語とも用例が見つかった。ただし、「知性が鋭い」の用例は keen と acute に多く、sharp は少ないという違いが目につく。
- ② 「くっきりした」の実例は、辞書の記述通り、sharp のみが見つかった。
- ③ 「急性の・緊急の」の実例は、辞書の記述通り、acute のみが見つかった。
- ④ 「熱心な・熱望している」の実例は、辞書の記述通り、keen のみが見つかった。

以下、意味の項目ごとに、代表例を挙げておこう。

<「感覚器官が鋭い」の代表例>

- (25) Dogs have been trained to detect bladder cancer by sniffing urine, using their acute sense of smell to identify a tiny but characteristic odor released by tumors, a

study published Saturday says.

(J.T. Sunday, September 26, 2004 p.1)

< 「知性が鋭い」の代表例 >

(26) The earliest Japanese literature shows a keen appreciation of the beauties of seascapes, mountains, and wooded dells, and today Japanese are avid visitors to renowned beauty spots, sometimes all but destroying them in their enthusiasm.

(Edwin O. Reischauer “The Japanese” 成美堂 (1980) p.10)

< 「ぬけめない」の代表例 >

(27) Italians are keen businessmen with centuries of experience. In the past, Italian merchants traveled to Africa and Asia, and brought back spices, silks, and precious stones.

(Joan McConnell “Understanding Europe” 金星堂 (1991) p.18)

< 「とがった」の代表例 >

(28) Franklin reasoned, rightly, that the lightning conductor would work best with a sharp end. This was disputed by some scientists, who argued for a rounded end, and the Royal Society in England had to arbitrate.

(Jacob Bronowski “The Ascent of Man” 金星堂 (1977) p.19)

< 「くっきりした」の代表例 >

(29) People with dark skin usually have dark eyes also. Dark brown eyes can get a sharper image of what they're looking at than light-colored eyes.

(Ashley Montagu “The Story of People” 金星堂 (1988) p.41)

< 「痛みが激しい」の代表例 >

(30) Only when patients were already undergoing such acute pain that even the agony of the operation might not be greater, and death was anyway the sole alternative, would the surgeon's knife and saw be called for.

(Jack Meadows “A Revolution in Life Sciences” 鶴見書店 (1992) p.33)

< 「程度・度合いが激しい」の代表例 >

(31) It was in 1619 that a Dutch merchantman

brought the first boatload of Negroes to Virginia. The new colony (it had been settled only twelve years earlier), like all the American Colonies for the next century and a half, was facing an acute labor shortage, and the habit of depending on Negro slaves to work in the tobacco fields caught on and spread.

(Henry S. Commager “The American People” 英潮社 (1971) p.7)

(32) The European Union has shown a keen interest in the North Korean situation from the outset. It has provided extensive humanitarian and technical assistance as well as food aid to the people of the North.

(J.T. Wednesday, March 12, 2003 p.20)

(33) The sharp decline in federal budget surpluses prompted powerful Democrats to announce last week that they will not support Bush's request for the additional Pentagon funding.

(J.T. Sunday, August 26, 2001 p.1)

< 「相手に対して辛辣な」の代表例 >

(34) The sharpest words came late Wednesday from Iraqi Vice President Taha Yassin Ramadan, who accused U.N. inspectors of being “spies” for the United States and Israel, and of staging the intrusion into a presidential palace Tuesday as a provocation that could lead to war.

(J.T. Saturday, December 7, 2002 p.1)

< 「急性の・緊急の」の代表例 >

(35) There was, I believe, a lavatory somewhere along the corridor, but only an attack of acute diarrhea would be accepted as an excuse for visiting it.

(Roald Dahl “BOY Tales of Childhood” 松柏社 (1988) p.49)

< 「熱心な・熱望している」の代表例 >

(36) France assumes the six-month rotating presidency of the European Union in July, and is keen to forge a common sense of purpose with its traditional partner.

(J.T. Tuesday, May 23, 2000 p.16)

次に、主に(24)から、3語の意味の違いについて考

察してみる。まず、(24)の①、②から、sharpは知性などの鋭さよりは、視覚的にとらえたような直接的な刺激に対して使う傾向が強いことが予想される。「とがった」の意味の用例もsharpが最も多く、この点に合致している。さらに、(24)の③、④から、実例においても「急性の・緊急の」の用例はacuteのみに、「熱心な・熱望している」の用例はkeenのみに見つかったということなので、(21)の②、③についての考察の通り、acuteは重大で深刻であるというマイナスのイメージが強いのに対し、keenは肯定的なプラスのイメージが強いということが予想される。この点について、収集した用例を点検してみた。収集した用例の中で、「重大性・深刻さ」の意味合いが強いものと、「肯定的」な意味合いが強いものを選び出して集計してみると、Table 3のようになった。acuteやsharpは、「程度・度合いが激しい」の意味のとき、修飾の対象として、problem, shortage, rise in crimesなど、深刻な問題が多かったのに対し、keenは主語自身が「熱心な・熱望している」の意味を持つ用法がある上に、さらに「程度・度合いが激しい」の意味のとき、修飾の対象として、interestやpleasureなど、肯定的な意味の名詞を取ることが多かった。acuteだけでなくsharpも「重大性・深刻さ」の意味合いが強いのは、「直接的な刺激」の激しさということと関連しているように思われる。代表例を挙げておこう。

(37) Living here has taught me that my master's land is much farther advanced into the new crisis of the modern age than mine is. Nowhere are the problems of industrial society more acute than here.

(William Mensendick "I am not a Japanese" 松柏社 (1994) p.99)

(38) Spurred by a spate of vicious crimes and a sharp rise in crimes by foreigners, the number of criminal offenses in Japan last year reached a record postwar high of 2,735,612 cases.

(J.T. Friday, October 11, 2002 p.18)

(39) South Korea's new president is not keen on military action, and North Korea is taking advantage of our preoccupation with Iraq to practice nuclear brinkmanship.

(J.T. Wednesday, March 19, 2003 p.16)

(40) I had no keener pleasure than in following

Table 3 Frequency of "serious" and "positive" in 'acute', 'keen', and 'sharp' in actual uses

意味	acute	keen	sharp
重大性・深刻さ	28	4	21
肯定的	0	20	0

Holmes in his professional investigations, and in admiring the rapid deductions, as swift as intuitions, and yet always founded on a logical basis, with which he unravelled the problems which were submitted to him.

(A. C. Doyle "The Speckled Band" 研究社 (1951) p.2)

4 まとめ

以上の考察を踏まえて、acute, keen, sharpの意味の違いについて試案を提出する。

- (41) acute : 理解や思考が細やかであること、また程度・度合いが激しく、重大・深刻であること
 keen : 理解や思考が細やかであること、また関心・熱意など肯定的な面も含めて程度・度合いが激しいこと
 sharp : 形がとがっていたり、くつきりしているなど、直接的な刺激が激しいこと、また理解や思考が細やかであること

参考文献

- 1) 鳥居孝栄 : completely, perfectly, thoroughly の対照意味分析, 全国高等専門学校英語教育学会研究論集, 24, pp. 117-126 (2005)
- 2) 鳥居孝栄 : anxiety, concern, worry の対照意味分析, 福島高専研究紀要, 52, pp. 37-41 (2011)
- 3) 鳥居孝栄 : flourish, prosper, thrive の対照意味分析, 福島高専研究紀要, 53, pp. 149-153 (2012)
- 4) Progressive English-Japanese Dictionary (小学館, 1987)
- 5) Random House English-Japanese Dictionary (小学館, 1994)
- 6) The New Global English-Japanese Dictionary (三省堂, 1994)
- 7) New College English-Japanese Dictionary (研

- 究社, 1994)
- 8) Genius English-Japanese Dictionary (大修館, 1994)
- 9) New Proceed English-Japanese Dictionary (ベネッセ, 1994)
- 10) Longman Dictionary of Contemporary English (桐原書店, 1987)
- 11) 河上道生監修、丸井晃二郎著: 英語類語用法事典 (大修館書店, 1992)

カントの『天界自然史』における人間観

Image of Human Being in Kant's *Natural History of Heavens*

笠井 哲

福島工業高等専門学校一般教科

Akira Kasai

Fukushima National College of Technology, Department of General Education

(2013年9月9日受理)

Kant's *Natural History of Heavens* was given the Friedrich second in 1775. This *Natural History of Heavens* is one ambitious work for Kant oneself. And it is known to have demanded the big significance and the value from the theory. This book is the book of the natural science, but cannot say with the simple natural scientific book or the astronomy book. This is because the image of human being is spoken with this book. The purpose of this paper is to consider the human being in Kant's *Natural History of Heavens* and is to clarify the position of the human being in the space whom he thinks about.

Key words: Kant, *Natural History of Heavens*, natural science, astronomy, image of human being

1. はじめに

カントの『天界の一般自然史と理論 別名、ニュートンの諸原則に従って論じられた、全宇宙構造の体制と力学的起源についての試論』（以下『天界自然史』と略す）は、1775年にフリードリヒ2世に献ぜられたものである。不運にも印刷中に出版社が倒産し、差し押さえ処分を受けたために、一般にはほとんど知られることがなかった。

しかし、本書の出版より6年後の1761年には、哲学者・数学者であると同時に、有名な天文学者でもあったランベルトが、『宇宙の配置に関する宇宙論的書簡』において、カントが上の『天界自然史』で述べたのほとんど同一の理論を発表した。そこで、カントの書を知らなかった世人は、この理論に注目し、ランベルトが、この理論を最初に発表した学者であるかのように称賛した。それでカントは、1763年の『神の現存在の証明』の一つの註において、この点に触れて次のようにいう。「この書より6年後の1761年に出たランベルト氏の『宇宙論に関する書簡』における、全宇宙の体系的構造、銀河、星雲などの理論は、私の上述の天体論の第一部、およびその序言において述べておいた理論と全く同じものである」¹⁾と。

これによっても、この『天界自然史』は、カント自身にとっても一つの野心作であり、彼自身がこの書で

述べた理論に、大きな意義と価値を求めていたことが知られる。実際カントは、この書でいわゆる「カント・ラプラス星雲説」の創始者といわれるようになった。

この『天界自然史』は、題目からも予想されるように、「ニュートンの諸原則」によって、全宇宙、特に太陽系の起源と構造、および諸惑星における住民について論じたものである。その内容は、三篇からなる。第一篇では「恒星間の体系的状態の概要」が、第二篇では、「自然の最初の状態、諸天体の形成、それらの運動の諸原因、および特に惑星系における、また全創造に関する諸天体の体系的連関」が、そして第三篇では「自然の諸類比に基づいて種々な惑星の住民を比較する試み」が論ぜられている。

したがって、この書は自然科学的著作であるが、単なる自然科学書あるいは天文書とはいえない。というのは、この書の第3篇においては、彼の自然観、世界観のみならず、諸惑星の住民、特に地球上の住民としての人間についての見方、すなわち彼の人間観が、豊富に示されているからである。たとえ、「人間論はいまだ自然論の一部として語られる」²⁾のであっても、当面我々にとっては、彼の人間観に重要な意味を認めるのである。

本稿の目的は、『天界自然史』におけるカントの人間観について考察することである。

2. 宇宙の構造と世界観

この書に示された世界観や人間観は、もとよりここで試みられた宇宙論の体系に基づくものであるから、彼の後年の批判哲学、批判倫理学に基づく世界観、人間観とは自ずから異なっている。

しかし、ここに示された世界観、人間観の中には、後には全く不問に付されたり、否定されたりしていくものもあれば、批判期以降においても一貫して保持され、いっそう洗練され、深化されていくものもある。

前者に属するものは、カントがここでまず世界を「最も単純な混沌状態へ還元してから、引力と斥力以外の如何なる力をも、自然の偉大な秩序の展開のために用いる」²⁾ だけでなく、そうした「憶測を物理的諸関係の導きの糸にそって忠実に遂行してきた」³⁾ 宇宙の起源と構造に関する仮説、およびこれに基づく単なる物理的・機械的人間観の側面である。

それに対して、後者に属するものは、そうした宇宙論の「体系と宗教」⁴⁾ とが、いいかえれば、そうした機械的自然観と神の創造に基づく目的観とが、一致・調和するというカントの確信、および与えられた人間本性としての理性、ないし精神の能力に対する深い信頼とであるといえる。つまりこの『天界自然史』には、カントにとって、意図的・仮説的なものと確信的なものとが混在しており、後には前者は不問に付されたり、否定されたりするのに対して、後者はいっそう洗練、深化しながら保持されていくのである。

以上のことを念頭におきながら、宇宙の構造と起源に関して、カントの述べるところを聴いてみよう。

「宇宙構造はその測りえない大きさにより、また、無限の多様性と宇宙構造のあらゆる面から輝き出ている美しさによって、言語に絶した驚嘆を与える。ところで、このあらゆる完全性の表象が構想力を動かすとなれば、他方では悟性を、別種の歎びが捉えるのである。すなわち悟性が、唯一の普遍的法則から永遠にして正しい秩序をもって、いかに多くの華麗さや、如何に多くの偉大さが、流れ出るかを考察するときである。太陽は惑星宇宙において、あらゆる軌道の中心からその強力な引力をもって、太陽系内に存する球体を永遠の軌道をなして公転せしめているが、この惑星宇宙は、我々の見た通り、全くあらゆる世界物質の根本素材が原初に拡散されて形成されたものである。天空奥深くに見出される恒星、一種の豪華を誇示することも見えるあらゆる恒星は、それぞれ太陽であり、相似た惑星系の中心点なのである。このように類推すれば、

これらの惑星系が、われわれの存在する太陽系と同じ仕方、空虚な空間を、すなわち神の現存し給う、この無間の広がりやを充たしていた、元素的物質の極微の粒子から、形成されつくり出されたことを疑うことはここでは許されない。

ところで、もしあらゆる宇宙と宇宙秩序とがその起源において同種のものであることが認められ、引力が無制限かる普遍的に働くが、しかも諸元素の斥力も同じく到るところに働くとすれば、たまたもし無限な宇宙においては、大なるものも小なるものもともに小なるものに過ぎないとすれば、全宇宙はいわば相互に連繫した体制であり、体系的結合体であることを認めたものというべきではないだろうか？それは、あたかも小にしては我々の太陽系の諸天体、たとえば土星や木星や地球が、それぞれ特に独立した体系でありながら、しかも相互に、なおいっそう大きな体系の成員として連関しているようなものであろう。銀河をなすあらゆる太陽が、そこで形成された測りえざる空間中に一点を想定して、それを周って知りえざる原因によって混沌からの自然の最初の形成が始まったとしよう。そうするとそこに巨大な質量、すなわち非常な引力を持った一物体が発生し、この物体がその引力によって、自分の周囲の膨大な領域にわたって、形成途上のあらゆる体系を中心としてこの物体に向かって沈下せしめ、これを周って、ちょうど惑星を形成したのと同じ元素的根本素材が、太陽を周って小規模につくったのと等しい一体系を、全規模において組織することができたのであろう⁵⁾。

宇宙の起源についてこのように説明したカントは、次に、「しかし、一体この体系的組織の最後はついにはどうなるのであろうか？創造自身は、どこで止むのであろうか」⁶⁾ と自問して、これにこう答えている。

「神の諸性質の啓示せられる領野は、神の諸性質そのものがあるとまさしく同様に無限なのである」⁷⁾。こゝも含め、「所々にライプニッツ哲学の影響を示している」⁸⁾ とされるが、本稿においては検討しない。

また、カントは「創造は、一瞬間の仕事なのではない。創造は無限の実体と物質との産出をもって始まった後、豊穡の度をいよいよ増大せしめつつ、永遠の全契機を貫いて働くのである。……創造は決して完了してはいない。それはもちろんかつて始められたが、しかし決して止むことがないであろう。それは常に、自然をさらに多く登場させ、新しい事物、新しい宇宙を産出するのに多忙である」⁸⁾ という。

ここに、カントの当時の宇宙観、ないし世界観がはっきり描き出されている。ここでは、宇宙は「無限な存在者」としての神によって創造されたものであり、永遠に新しく創造されていくものである。

3. 宇宙における人間の位置

さて、カントはこうした宇宙の住民について、第3篇において、次のようにいっている。「……惑星中の大部分のものには確かに住民があり、そうでないものもいつかはそうなるであろう」⁹⁾と。

ここで彼が「住民」というのは、要するに「生きた存在者」のことを指している。したがって、これには人間のみならず、植物も動物も含まれている。というのは、「われわれは自然全体の中の唯一の生物なのではない」¹⁰⁾からである。

とはいえ、この場合のカントの関心の中心は、決して植物や動物、あるいは人間以外の何らかの「存在者」に向けられていたのではなく、もっぱら「人間」に向けられていたのである。しかし、彼はここで、人間の生理的組織や道徳的性質を、問題にしているのではない。そうではなくて、いわば「宇宙における人間の位置」を問題にしているのである。

この点について、彼はこういっている。「我々ここでは人間をその道徳的性質の面から、またその身体の物理的配置の面から考察しようというのではない。我々はただ、理性的に施行する能力が、またこの能力に従う身体の運動が、太陽からの距離に比例した、人間がそれと結合している物質の性状によって、どのような制限を蒙るかを探求しようと思うのである」¹¹⁾と。したがって、彼がここで目指しているのは、あくまで、彼の当時の宇宙論に即した人間存在の有様であったともいえるであろう。

そうした観点から、カントは諸惑星の住民について、次のように述べている。「種々の異なる惑星の住民が、否、さらにはそれらの惑星上の動物や植物すらもが構成されている素材は、一般に、それらが太陽から遠くにあればあるほど、それに比例してそれだけいっそう軽くいっそう微細な種類をなしていなければならない」¹²⁾と。

したがって、「思惟的自然の卓越性。その諸表象の敏速性、それが外界の印象によってえる概念の明瞭生、加うるにそれらを総括する能力、最後にまた実際の行使における機敏性、要するに、この思惟的諸自然の完

全性の全範囲は、それらの在り場所が持つ太陽からの距離に比例してそれらがますます勝れ、ますます完全となるという一定の規則に従うと」¹³⁾と。つまりカントは、ここでは諸天体の住民の性質、能力、使命などは、すべてその天体の太陽からの距離の大小は、その天体を構成する物質の性質を決定し、この性質がその天体の住民の精神的な活動に対する影響や制限を、決定するという物理的・機械的な見地に立っていることに由来しているといえる。

さて、当時の天文学においては、太陽を回る惑星には、水星・金星・地球・火星・木星・土星の六個があるとされていた。そこでカントは、太陽からの距離に応じたその完全性の程度において、地球がその両極端の中央に位するという点から次のように述べている。「人間という自然は、存在体の階梯の中でいわば最中央の段階を占めるもので、完全性という面からは両極端をなす二つの限界の間で、その両極から等距離にある真中に見られるのである」¹⁴⁾と。

ここに述べられた二つの完全性とは、いうまでもなく純粋な物質と純粋な精神（あるいは理性）を意味する。人間はその二つの中間的存在者として、単なる物質的存在でも、単なる精神的（理性的）存在者でもない。人間は、地球の「物質」に結びつけて創造された「理性的存在者」なのである。

そして、地球よりも太陽に近い、水星、金星などの住民は、人間よりもいっそう強く物質に結びつけられている。これに反して、地球よりも、太陽に遠い木星・土星などの住民は、人間よりもいっそう理性的・精神的である。このように、推測した後、カントはホープの詩句を援用しながら、次のような意味のことをいっている。地球上のグリーンランド人やホッテントット人も、水星や金星では一人のニュートンたり得ようが、地球上のニュートンも、木星や土星では、一匹の猿として驚嘆されるであろう¹⁵⁾。

しかし、ニュートンの力学的法則を太陽系の住民の性能にまで適用したこのような機械的人間観は、「最高の知恵」としての神の計画、ないし「摂理」とはどのような関係を有するのであろうか。この点に関して、カントは明確にこういっている。

「あらゆる自然的運動の力学は、最高理性の計画と結合の全範囲において、おそらく一致するような諸結果をのみ目指す本質的な傾向を、持たねばならないではなからうか？これらの結果が、そこから展開されるあらゆる力学的性質は、一切のものがそこにおいて

必然的に相互に関係し相合わねばならないところの、神の悟性の永遠の理念に基づく自己の決定を、それ自身持つのであるから、力学はどうしてその始まりにおいて、無目的な努力や無統一な分散を持つことがありえようか？」¹⁶⁾と。要するに、カントはここで自然運動の力学、およびこれを適用した機械的人間観は、神的悟性の計画、ないし摂理から逸脱するものではなく、むしろ、それに一致するものだということをいおうとしているのである。

そして、彼はわれわれが自然をより詳しく知れば知るほど、それだけ事物の普遍的諸性質が、相互に無関係なものではなく、むしろそれらの性質が「本質的な親和性を有し、この親和性によってそれらの性質が完全な体制を構築するように、相互に支えあうよう自ら配慮されている」¹⁷⁾と見ている。それでカントは、結局次のようにいうのである。「かくて元来自然の全範囲にわたって、全てのものは連続した段階的系列をなし、一切の成員たちを、相互に関係せしめる永遠の調和によって連関している」¹⁸⁾と。

4. 人間の理性

カントはおよそこのように述べて、力学的法則を適用した機械的世界観、人間観と神の創造に基づく目的論的世界観とが、本来矛盾するものではなく、むしろ両者は一致・調和するものであるという観点から、宇宙における「人間の間接的位置」を描き出したのである。そしてこの点から彼は、地上の人間には、道徳的能力と使命に関しても、中間的位置が与えられているのではないかと考えていくのである。「叡智と非理性との間をなすある一定の中間階層は、罪を犯しうるといふ不幸な性能に属しはしまいか？」¹⁹⁾。

太陽から遠く隔たった天体の住民たちは、罪に陥るには「あまりに崇高であり、賢明である」のに対して、太陽に最も近い、下位の惑星に住む者は、「あまりに強く物質に縛りつけられ」、そのために、おそらく自分の行為の責任を持ちうる能力を、持たないのである。「地球と、そしておそらく火星、この二つだけが危険な中間道路をなすことになるだろう。すなわちそこでは、感性的刺激の誘惑が精神の支配を阻んで横道に免れさせる強い力を有する」²⁰⁾。しかし、そこでの住民が、精神によって感性を支配する能力を弱いながらも備えていることは否定できない。そこで、「物理的性状においても道徳的性状においても、二つの極点間の中間的立場」に立つ者としての、人間に特有な性

能が明らかにされる。

「抽象的諸概念を結合し、達見を自由に用いることで情熱への傾向を支配する能力は、後期において現われるが、ある種の人間においては、全生涯を通じて全く現われないものもある。しかしすべての人間を通してそれは弱い。それはやはりそれが支配すべき下層の力、それを統御することに人間本性の特権が存するような下層の力に役立つのである」²¹⁾と。

これによって、人間には、「抽象的諸概念を結合し、達見を自由に用いることで情熱への傾向を支配する能力」とこの能力によって支配され、統御されるべき「下層の能力」とが具わっていること、そして前者は一般に弱い、しかしこれが後者を支配し、統御するところに人間「本性の特権」が存すると見られていることは、明らかであろう。したがって、我々がここで注意しておかなければならないのは、それこそが人間の優越性を示す、「情熱への傾向を支配する」ということが、ここでは「抽象的諸概念を結合し、達見を自由に用いる」ことによってなされる、と見られていることである。

この「抽象的諸概念を結合し、達見を自由に用いる」能力は、彼の批判期以降の用語をもっていえば、広義の「理性」を指していると思われる。しかし、より詳しくいえば、「実践理性」と区別された悟性、ないし理論理性を指している。

このことは、上の引用文において、「抽象的諸概念を結合し、達見を……」と述べられているだけではなく、彼がこの能力を「理性的に思惟する能力」²²⁾とも表わし、またこの能力を有する人間を「思惟する存在者」²³⁾とか、「思惟する被造者」²⁴⁾と呼んでいるところからも明らかであると思われる。

そして、このような「思惟する」能力としての悟性、ないし理論理性が、ここでは、それこそが人間の優越性を示す、「煩悩の性癖を支配する能力」と見られているのである。このことは、カントの次の命題によっても知られるであろう。

「悟性の洞見は、それが完全性と明瞭生とのしかるべき度をもつときには、感性的な誘惑よりもはるかに生き生きとした刺激をそれ自身に有し、感性的誘惑を圧倒的に支配し、それを征服することができるのである」²⁵⁾。

ここでわれわれが見落としてはならないのは、カントが用いる「悟性」あるいは「理性」は、単に感性に対する意味での悟性、あるいは知性のみを指している

のではないということである。このことは、先述の引用文「悟性の洞見は、それが完全性と明瞭生とのしかるべき度をもつときには……」を挟んで、その前後にカントが次のように述べているところからも、容易に知られるであろう。

「あの最上層の天界圏の幸運な存在体が持つ洞見は、認識におけるどんな進歩にも、到達しないことがあるうか！ その洞見が輝き出るとき、彼らの倫理的性状に、どのような美しい結果がもたらされないだろうか！ 悟性の洞見は、それが完全性と明瞭生とのしかるべき度をもつときに、感性的な誘惑よりもはるかに生き生きとした刺激をそれ自身に有し、感性的誘惑を圧倒的に支配し、それを征服することができるのである。あらゆる被造物のうちに現われる神性自身が、これらの思惟的自然のうちに、如何に荘厳に現われないであろうか！ これらの思惟的自然は、情欲の嵐によっては動かされない大海のように、神性の姿を平静に受け容れ、反映しているのである」²⁶⁾。

ここで「最上層の天界圏」といわれたものは、いうまでもなく太陽から最も隔たった惑星、すなわち冥王星を指している。この星の存在者の洞察は、太陽系どの天体の住民よりも優れたもので、その洞察の輝きは、直接に彼らの倫理的性状にも反映して、美しい結果をもたらしている。ところで、根源的には、創造者としての神に基づく神性は、あらゆる被造物に現われているが、なかんずく、そうした最上層界の「思惟的自然」の内に、最も荘厳に現われているこの自然は、どのような嵐によっても、動揺させられない海のように、神性の姿を静かに受け入れ、それを反映している。これが、上の引用文の大意である。

しかし、このような「思惟的自然」をその特質とする理性的存在者、人間においてカントが特に注目しているのは、われわれ人間の「心霊」ないし「精神」とその不死生とである。このことは、彼がこの書の結論において、次のように述べているところからも、容易にうかがわれうるであろう。

「空無が人間的自然に関与することを要求された後では、不滅なる精神が迅速な飛躍をもって一切の有限なものを飛び越えて、最高存在体とのより密接な結合から生ずるところの、全自然に対する新しい関係のうちに自己の存在を持続するであろう。……

事実もしわれわれがこのような考察をもって、また前述の考察をもって、自分の心を充たしたとすれば、晴れた夜、星輝ける天を見るとき、ただ高貴な魂のみ

が感ずる一種の満足を与えられるのである。自然の普遍的な静けさと感官の安らいとによって、不滅な精神の隠された認識能力は、いいえざる言葉を語り、解きえぬ概念を与える。それはまことに、感じられはするが記述されない概念である。もしもこの惑星の思惟的被造物の間に、かくも偉大な対象があらゆる刺激をもって彼らを魅了するにもかかわらず、やはり固く空無に隷属して、それに執着できるような卑賤な存在体があるとすれば、この球体は何と不幸なことであろう！ 彼がそのような哀れな被造物を育てたとは。しかしまた彼は他面において、何と幸運なことであろう！ 彼には、最も受け容れるに値する諸条件の下で、あらゆる宇宙天体における自然の最も優れた整備を、達成しうる能力をも無限に遠く越えて耳ゆるところの、幸福と高貴さとに達する道が開かれているから」²⁷⁾。

ここで、「不滅な精神の隠された認識能力」と表されたものは、先述の単なる知的洞察力としての悟性ではない。それは、何らかの現実的なもの、有限なものを知解する能力であるのに対して、この「隠された認識能力」は、理性本性の最も内奥にあって、そうした有限なものにとらわれることなく、むしろそれを越えて、無限なもの、永遠なものを感じ取る能力である。そしてカントは、われわれに与えられているこの優れた能力によって、あらゆる有限なものを越えて、無限なもの、永遠なものにまで自己を高めてところに、人間の真の「幸福と高貴さとに達する道」が開かれていると見ているのである。その意味において、彼はここで理性的被造物としての人間が、全宇宙の永遠と秩序に自己をおいて、自らの浄福に安らう姿を描き出しているといえる。

5. おわりに

以上のように見られるとすれば、カントの家庭教師時代最大の成果ともいえるこの『天界自然史』は、後年の批判期倫理学との関連において、次のようにいうことができる。

第一に、ここに示された「被造物」としての人間観、「惑星体系の中間構成員」である地球の住民としての人間観は、後年の「批判倫理学書」における人間観の基礎となっている。この点は、例えば彼がそこで人間を指して「理性的被造物」²⁸⁾とか、「理性的ではあるが、有限な存在者」²⁹⁾と呼び、また道徳の原理は「人間のみならず、あらゆる理性的存在者に対しても、同様に妥当しなければならない」³⁰⁾とか、「人間および

あらゆる創造された理性的存在者にとって」³¹⁾などといつて、あたかも人間以外にも、人間と同様な理性的存在者がいるかのような表現を、しばしば用いているところからも容易にうかがわれるだろう。

第二に、この『天界の自然史』では、宇宙における人間の間接的位置が与えられ、そこから人間の間接的性能、すなわち感性と悟性あるいは理性という二重の性能が既定された。この性能は、そのまま人間存在のあり方、あるいは道徳的生き方を指示するものと見なされた。これは、自然が人間にそのような能力を与えた目的、つまり「自然の目的」を反省することによって、人間の存在の目的を自覚するという方法である。

この方法は、批判期以降においても、いっそう洗練された仕方でも保持されている。それは、例えばカントが『道徳形而上学の基礎づけ』の初めにおいて、自然が人間に理性を与え、「本来の目的」、「自然の本来の意図」は何であるかを問うことによって、はじめで人間の「理性の真の使命」³⁴⁾を判定していることから明らかである。

第三に、この書の結語にある「晴れた夜に、星輝ける天を見るとき、ただ高貴な魂のみが感ずる一種の満足を与えられる。自然の普遍的な静けさと感官の安らぎによって、不滅な精神の隠された認識能力は、いへざる言葉を語り、解きえぬ概念を与える」³⁵⁾という文章は、『実践理性批判』の「結語」における次の名句と軌を一にしている。「それを思うことしばしばにして、また長ければ長いほど、ますます新たに増大してくる感嘆と畏敬の念をもって、心を満たすものが二つある。それは、我が上なる星のきらめく大空と我が内なる道徳法則である」³⁶⁾。ここには、人間を無に等しい存在とみる「ペシニズムを凌駕する宗教的オブティミズム」³⁷⁾を認めることができる。

これらのことを考え合わせると、次のようにいっても、過言とならないであろう。カントの倫理学の基本的な性格は、『実践理性批判』に先立つこと30余年のこの『天界自然史』において、すでにその基礎的な素地においてはできていたのであると。

このことは、『天界自然史』が自然科学的なものであり、また一般に彼の宇宙論的・自然哲学的時代のものとして見られているだけに、特に注目に値することであるといえよう。

文 献

カントのテキストは、いわゆるプロイセンアカデミ

一版、Kant's gesammelte Schriften, herausgegeben von der Koniglich Preussischen Akademie der Wissenschaften (KGS) を使用し、その巻数をローマ数字、頁数をアラビア数字で記す。

- 1) KGS. II. S. 68f. Anm.
- 2) 浜田義文：若きカントの思想形成、(勁草書房、1967)、p. 157
- 3) KGS. I. S. 234
- 4) a. a. O. S. 365
- 5) a. a. O. S. 222
- 6) a. a. O. S. 306f.
- 7) a. a. O. S. 309
- 8) ebenda
- 9) 鈴木文孝：カント研究—批判哲学の倫理学的構図(以文社、1985) p. 70
- 10) a. a. O. S. 314
- 11) a. a. O. S. 354
- 12) a. a. O. S. 353
- 13) a. a. O. S. 355
- 14) a. a. O. S. 358
- 15) a. a. O. S. 359
- 16) a. a. O. S. 355
- 17) V g l. a. a. O. S. 360
- 18) a. a. O. S. 363
- 19) a. a. O. S. 364
- 20) a. a. O. S. 365
- 21) ebenda
- 22) a. a. O. S. 366
- 23) a. a. O. S. 356
- 24) a. a. O. S. 355
- 25) a. a. O. S. 354
- 26) a. a. O. S. 367
- 27) a. a. O. S. 360
- 28) ebenda
- 29) a. a. O. S. 367 f
- 30) KGS. V. S. 83
- 31) a. a. O. S. 25
- 32) KGS. IV. S. 447
- 33) KGS. V. S. 81
- 34) KGS. IV. S. 395f
- 35) KGS. I. S. 367
- 36) KGS. V. S. 288
- 37) 川島秀一：カント批判倫理学—その発展史的・体系的的研究—(晃洋書房、1988) p. 55

田辺元における「科学哲学」の意義について

On the Significance of Scientific Philosophy in Tanabe Hajime

笠井 哲

福島工業高等専門学校一般教科

Akira Kasai

Fukushima National College of Technology, Department of General Education

(2013年9月17日受理)

Tanabe Hajime published *Kagaku Gairon* in the times of the professor at the department of science in Tohoku University. In the preface of this book, He stated that the scientific outline was philosophy of science namely scientific philosophical consideration. However, in philosophical approach to science, there is the way of thinking that the way of thinking to replace philosophy with science, science of the philosophy emphasize the scientific philosophy of the meaning called becoming it. The purpose of this paper is to consider the significance of scientific philosophy in Tanabe Hajime.

Key words: Tanabe Hajime, philosophy of science, scientific philosophical consideration, scientific philosophy

1. はじめに

田辺元(1885~1962)は、昭和23年(1948)から昭和26年(1951)にかけて北軽井沢の山荘で、後に『哲学入門』として刊行された内容の講義を行った。唐木順三(1904~1980)ら門下生たちが講義を筆記し、それを、田辺自らが訂正推敲し、刊行したのである。

この書で、田辺は「科学哲学」を、歴史哲学などと並ぶ哲学の一部門として詳しく論じている。これには、やや違和感があるかもしれない。しかし、

今日田辺元といえ、かならず「種の論理」とか「種の弁証法」といった言葉と重ねて想起される哲学者であるが、この田辺、もともと学者としては数理哲学、科学哲学から始めた人である¹⁾。

では、「科学哲学」とは、如何なる存在意義を持ちうるのか。端的に言って「科学哲学とは何か」という問は、現在でもそれ自体が十分に問題となりうるであろう。例えば、科学哲学とは、「科学の哲学」すなわち科学を対象とする哲学、科学の認識論的な基盤や、その限界を哲学的に要求するという意味なのか。それとも「科学的な哲学」、すなわちそれ以前の哲学を「非科学的」と見なし、哲学を科学の一分野に変えようとする、哲学的な宣言のようなものを意味するのか、いずれがその真意であるのだろうかという問題がある。

英語であれば、前者は、philosophy of science となるし、後者は、scientific philosophy となる。

田辺自身は、東北大学理学部で「科学概論」を教えていた頃の大正7年(1918)に、『科学概論』を出版した。この本の序論において、

是より余が説かんとする所の科学概論といふは Philosophy of Science, Philosophie der Wissenschaft の訳語である。余は科学の概論なるものが哲学の一部としてのみ、可能なりと信ずるに由り、「科学の哲学」の意味に科学概論といふ語を用ゐた。「科学の哲学」、精しくは科学の哲学的考察といふのが余の謂ふ所の科学概論である²⁾。と明確に述べている。

田辺が『科学概論』を出版した背景には、明治維新から半世紀、いまや日本の学界は(少なくとも自然科学の分野では)、欧米からの摂取・吸収を続けるかたわら、ようやく、一段上への飛躍を窺う体制に入りつつあった。……しかし、科学の研究が、そのような発展期に突入してくれば、くるほど、いよいよ必要とされるのは、その成果を総合し、統括し、かつ、それら諸学に基礎を与える、いわば「科学」の「哲学」の深化³⁾ということがあった。

この時期の田辺の哲学は、古くはアリストテレス、近代ではデカルト、カントに遡る古典哲学の学問論の伝統に根ざしており、科学の認識論的な基礎づけ、それが成立するアブリオリの探究、科学的認識の限界設定ということの問題としていた。

ところが、科学哲学には、このような古典的な学問論の伝統とは別に、哲学そのものを科学に置き換えようとする考え方、すなわち哲学の科学化という意味での「科学的な哲学」を強調する考え方もあった。

田辺が、哲学入門の講義を軽井沢で行っていた頃、アメリカでは、ライヘンバッハが、『科学哲学の興隆』The Rise of Scientific Philosophy という書物を出版した。彼やカルナップなどに典型的に現われている論理実証主義の考え方によれば、哲学とは「科学の論理学」という一つの「科学」になることによって初めてその学問性を主張できる。そこでは、科学哲学はそのまま「科学的哲学 scientific philosophy」であり、しかも、学問的な哲学に残された唯一の可能性である、という主張が見られるという⁴⁾。

しかし、「懺悔道としての哲学」以降に書かれた田辺元の科学哲学上の著作になると、上述の二通りの科学哲学の概念のいずれとも異なる、独自のものが提示されている。本稿の目的は、田辺元における「科学哲学」の意義について考察することである。

2. 科学の解釈学

「科学哲学認識論」と題された『哲学入門』の補説第二の序文で、田辺元は「科学哲学」について、次のように説明している。

科学哲学という題名は、恐らく読者諸君にとり耳慣れないものであろう。西洋でもかういふ語には、稀にしか出会はないと思う。しかもその場合に於ても、それ（科学哲学）の意味するところは、ふつうの認識論、域は科学方法論以外に出づるものではないやうである。しかし今日の科学は、もはや単にさういふ漠然たる意味に於てではなく、科学の理論自身が、さしあたり科学のとり扱ふ有を、存在をのみ、その対象とする立場を超えて、哲学に特有なる無を、非存在を、自覚する立場に転入し、かくして科学自身が哲学に転ぜられ、哲学をその理論の内容に盛る、という段階に達したのである。新量子論の物理学は現にさういふ立場に於て成立している。物理学者自身が『無』ないし『非存在』を語らざるを得なくなったことを告発する

事例に出会ふのは、その証左でなければならぬ。科学は、もはや哲学と無関係にそれと独立に先行するものではあり得ない。かへって哲学をその理論に盛り、それと不可分離の媒介関係に立つのである。同時に哲学もこんにちは、自覚的に科学を媒介としなければならぬ段階に到達したことを、その特徴とする⁵⁾。

一読して、その意味するところが理解できないかも知れない。特に、

科学の理論自身が、さしあたり科学のとり扱ふ有を、存在をのみ、その対象とする立場を超えて、哲学に特有なる無を、非存在を、自覚する立場に転入し、かくして、科学自身が哲学に転ぜられ、哲学をその理論の内容に盛る、という段階に達した⁶⁾。

という箇所は難解であり、その真意がどこにあるのか、理解しにくい。そこで、まずこの文章の後半部分から読み解くことにしたい。それは、

科学はもはや哲学と無関係にそれと独立に先行するものではあり得ない。かへって哲学をその理論に盛り、それと不可分離の媒介関係に立つのである。同時に哲学もこんにちは、自覚的に科学を媒介としなければならぬ段階に到達した⁷⁾。

という箇所である。

ここでいう媒介とは何であろうか。科学と哲学とが相互に他を媒介する関係を持つとは、如何なることであるのか。「媒介」とは、田辺哲学のキーワードであり、「種の論理」すなわち田辺のいう「社会存在論」をふまえて語られる。

田辺は、もともと「種の論理」を国家や民族との関係において、専ら政治哲学の文脈において語った。しかし、この箇所では、自然科学や歴史的文化的拘束性、その共同主観的な存立構造を解明するものとして、種の論理を科学哲学の文脈に置き直して語っている。

かつての論理実証主義の科学哲学においては、近代自然科学が、歴史や文化の拘束を受けない普遍的かつ客観的な「科学」の典型として了解されていた。そのような科学は、哲学抜きで自立しているという基本的な了解があった。

哲学には、せいぜいその科学の「論理学」として、経験的内容を放棄して、そこで使用される諸概念の経験的な意味の解明を行い、答えの与えられる真正の科学的問題を、言語の混乱から生じる仮象問題から区別をするという活動だけが割り当てられたのである。

このような科学哲学を、「旧」科学哲学と呼ぶことにする。「旧」という意味は、現在このような科学主義をまともに信じている科学哲学者は存在しないか、あるいは極めて少数である、ということの意味する。

それでは、その後に現われた「新」科学哲学とは何かといえば、それは「科学の解釈学」と呼ぶのが適切であろう。旧来の科学哲学に対する異議申し立ては、科学史家トーマス・クーンのパラダイム論、及び論理学者クワインによる「経験論の二つのドグマ」の批判、後期ヴィトゲンシュタインの影響を受けた、ハンソンらによる観察の理論負荷性のテーゼ等による、ということ、一般に現代の科学哲学の専門家により、広く認められている。

クーンのパラダイム論が重要なのは、パラダイムが確立することによって制度化され、累積的に発展する「通常科学」に「科学革命」と呼ばれる、科学史上の物の見方の大きな転換を対比したことである。「科学革命」は、決して同一のパラダイムの中の連続的な科学の「進歩」と同一視されてはならない。

ここでいう「パラダイム」とは、科学者の共同体によって共有され、継承される物の見方の基本的な枠組みであり、それが科学という研究の担い手となる。科学の歴史には、このような共同体の前提そのものが疑われ、新しいパラダイムが提示されるケースがある。その場合に科学は、自らの公理ともいべき共通概念を疑わねばならない。

いわゆる「コペルニクス的転回」を引き起こした地動説や相対性理論、量子論という新しい科学は、まさしくそのような科学革命の典型であり、それは田辺のいい方を借りれば、科学が哲学をその内容に盛ること、すなわち共同体の慣習を打破し、新しい眼差しで世界を捉え直すことを要求するのである。

「科学の解釈学」は、実証主義者が前提していた理論に対して中立的な「事実」というものではなく、事実は徹底的に「解釈」に貫かれており、その解釈なるものは、深く文化と歴史に根ざすこと、その意味で「事実」は、それだけでは科学理論を検証したり、反証したりすることはできないと主張する。科学的な事実は、科学者にとって、直接無媒介で与えられるものではないからである。

3. 田辺の弁証法

さて、このような「科学の解釈学」ないし「科学の社会学」は、現代の科学哲学の中ではプラグマティズ

ムの立場に立つ科学哲学とともに、次第に優勢になりつつあるが、そのような科学哲学の現状に対して、田辺の科学哲学は、どのような位置を占めることができるのであろうか。

『種の論理と世界図式』の冒頭において、田辺は一般に解釈学なるものを批判し、次のように述べている。

「論理的」なるものは、単に言語的表現の解釈に止まらずして、更に推論的なることを其本質とするのでなければならぬ。而して、哲学が学である限りは、論理的でなければならないこと今更説くを須みざる所であるとするならば、学としての哲学はまさに推論的であつて、単に解釈論的に止まるべきでないことは、疑を容れる余地が無いであらう⁸⁾。

すなわち、田辺は論理実証主義者とは違った意味で「論理」が哲学にとって重要であることを述べ、学としての哲学は、推論的であつて、単に解釈論的に止まるべきでないと強調する。

論理実証主義や新カント派の立場が、経験的な意味にせよ、彼らのいう意味での超越論的なものであるにせよ、いずれも「分析的」論理であったのに対して、田辺は彼独自の「弁証法」論理、すなわち絶対媒介による「推論」を強調している。

しかし、ここでいう弁証法論理は、果たして科学哲学にとって必要なものであるかどうか、問うことができよう。特に、英米の今日の科学哲学では、弁証法なるものが強調されることはほとんどないからである。しかし、ここで田辺のいう弁証法は、かつてマルクス主義者が喧伝し、後に科学的な哲学によって斥けられた、正一反一合の発展図式ではない。

田辺のいう弁証法は、科学者の現場の実践活動の中で、すなわちその行為的自覚の過程において、主体的に示されるべきものであつて、何か弁証法論理などという三段階の空虚な公式にしたがつて、科学が哲学に移る、というように把握されるべきものではないからである。

科学哲学は、現場の科学者の実践を離れたところで、哲学者によって概念的に捏造されるべきではない。弁証法の論理というべきものがあるとすれば、それは、あくまでも科学の歴史的な展開、その実践の只中における自覚の中において、読み取らねばならない。そのような行為的な自覚の立場を離れるならば、単なる解釈学は、歴史的相対主義という非実践的な観想の立場という批判を免れることはできないだろう。

また、科学史において、論駁された理論は全面的に棄却されたのではなく、他の理論のうちにおいて形を変えて生かされること、すなわち、科学理論の展開の「非連続の連続」を適切に評価することが必要である。真理性を問わぬ歴史的な相対主義、すなわちクーンのいう「通約不可能性」だけでは説明できない構造が、科学者の実践的な研究活動の歴史の中に存在する。分析論理に限定された「科学の論理学」も、パラダイム論に立脚する「科学の解釈学」も不十分であって、田辺のいう、否定的媒介を徹底させた弁証法論理が必要とされる所以である。

しかし、田辺の科学哲学のキーワードである「科学即哲学」が、科学と哲学との無媒介的かつ肯定的な同一性を表明したものであるという誤解は、かなり根強いものがある。田辺元全集の科学哲学関係の論文を編集した、下村寅太郎(1902~1995)は、こうした誤解を解くように田辺の科学哲学を要約している。

英米を中心とする分析哲学や論理実証主義は、直接に科学とのつながりをもっていることは、周知の如くであるが、しかしこれは直接科学に追尾し、敢えて科学の限界を超えず、哲学は科学といわば同じ次元に留まるかの如き傾向がある。しかし田辺哲学が科学即哲学というのは、科学と哲学との直接的同一化ではない。あくまで分極的に対立し、それにおいて統一しようとするもの、そこに弁証法が必須となる。分析哲学とはむしろ同じ意味においては哲学でも科学哲学でもない。この傾向の科学哲学に慣れもしくは共感をもつ読者は、本書に対して根本的な抵抗を、あるいは嫌悪をすら感ずるでもあろう。しかしこれは哲学に何を期待するかの問題である⁹⁾。

それでは、後期の田辺の「科学哲学」独自の視点とはどこにあるのか。それは、単に科学的認識の内容を無視して、その形式だけを問題とするという批判哲学の立場ではなく、形式と内容を共に備えた科学自身の自己批判として、哲学を捉えるという視点である。

哲学を科学にするというような「科学的な哲学」ではなく、科学を否定的に媒介するという考え方がそこにある。しかし、この関係は、同時に哲学が自らを否定的に媒介して、再び刷新された科学となるという交互的な否定的関係でもある。田辺自身の立場が最も明瞭に現われている文を引用しよう。

科学の自己批判が、科学理論の主要構成成分をなすという意味において、哲学がすでに科学の成立に

前提せられその内容に入込み、しかもそれが科学の批判である故に、同時に科学を前提しなければならないという理由から、両者はまさに相互循環的に予想し合ひ、先後でなく同時的交互関係の相互連関に於て成立するものと、考えられなければならないのである。その関係が分極的統一といはれ交互浸透と形容されるゆえんである。科学哲学はかくして現代に於て、批判哲学における如く単に「科学の哲学」たるに止まるのではなく、「科学即哲学」という関係に於て、科学と哲学との交互否定的媒介による動的な分極的統一を、意味することになった。それはまさに弁証法的に二者を交互媒介するのである。その媒介者たるものは、認識論の場合に於ての如く、一方的なる資料受容的意識の形式的綜合統一ではなくして、交互否定媒介的な身心(物心)的現実的行為(実験)なのである¹⁰⁾。

さらに、後期の田辺哲学の特徴は、科学と宗教を媒介する役割を持つところにある。科学が自らを否定的に媒介して、科学哲学になるときに、それは、その根底において宗教と通じ合い、科学哲学は宗教に対して「存在の比喩」を形成する、ということが説かれるようになる。こういう傾向をよく表しているのは、晩年の田辺の次の文章である。

科学は科学哲学までに自覚を徹底するとき、必然宗教に通ぜざるを得ないのである。それと同時に他方宗教も、その還相面にて歴史的現実の媒介せられなければならない限り、現実の科学的認識を承認し、自覚に於てこれと結合せられなければならぬことがみとめられる。……哲学は一方に於て科学哲学として、また他方に於て宗教哲学として、みづから動的に科学と宗教とに入込み、もって単に限界確保による消極的両立をではなく、両極の対立抗争を通じての、愛の積極的協力による平和的共同を、両者の類に包括せらるることなき科学と宗教とは、却て分たれつつ離れず、不以即相似の関係に於て、中世哲学にいはゆる「存在の比喩」を成立たしめるのである。哲学はその意味で、直接の結合統一を容れない科学と宗教との間に、不以即相似なる『存在の比喩』を設定する中間者たることをもつて、その課題となすものであるといつてよい。私はこのような見地から、しかもそれが中世哲学の復古運動としてではなく、全く正反対に、相対性論的量子力学的新物理学の発達が要

求するところの、最も進歩的現代的な哲学の問題として、示されることを庶幾するのである¹¹⁾。

これを要約するなら、後期の田辺元の意味での科学哲学とは、Ⅰ．科学即哲学、哲学即科学、という「即」の「交互否定的媒介」において、Ⅱ．科学と宗教という直接の結合統一を容れない、二つの領域の間に、「存在の比喩」を設定する中間者として、「科学哲学」を捕らえるところにある。

そこで、まず、田辺が「科学即哲学」という場合、その「即」という言葉が意味するものが何であるか、次には、田辺の言う「存在の比喩」が如何にして科学哲学の課題となりうるか、考察してみよう。

4. 科学即哲学と存在の比喩

科学即哲学、哲学即科学といわれる場合、それは、科学と哲学が同じで区別できない、という意味ではない。「科学は哲学であり、哲学は科学である」という否定を伴わぬ同一性を述べたものではない。そこにおける「即」の用法は、大乘仏教でいう「色即是空、空即是色」の「即」の用法が念頭に置かれている。

もともと、この「般若即非」の論理に注目したのは鈴木大拙(1870～1966)であり、それを哲学的に「矛盾の同一の論理」として定式化したのは、西田幾多郎(1870～1945)であった。田辺は、それを継承しつつ、「自己同一の論理」としてではなく、「動的な転換の論理」として再定式化した。

「即非」の論理であれば、「科学は科学ならざるものによって科学である。そして哲学は哲学ならざるものによって哲学である」と述べるところであるが、田辺はそれを、自己否定を介する転換の運動として、いい換えている。

すなわち、科学が科学であるためには、科学は自らを否定することにより、「哲学となる」ことが必要であり、逆に哲学もまた哲学であるためには、自らを否定することにより、「科学となる」ことが必要なのである。かかる動的な「自己転換の論理」として、田辺は「即」の論理を理解する。科学なり哲学なりを実体化し、それだけで自立するものと考えことは許されない、という考え方がそこでは前提されている。

科学から哲学へ、かつ哲学から科学への、この自己否定を媒介とする動的な転換こそが重要であり、それを促すものは、現場の科学者の実践的活動における行為的な自覚であって、行為なき場所における観想(知的直観)ではない、というのが田辺の主張であった。

さて、田辺の言う「存在の比喩」とは何であろうか。懺悔道以後、後期の田辺の科学哲学のキーワードでもある「存在の比喩」は、彼の後継者の間でも、十分に評価されているとはいいい難い概念である。

そこで、この一見唐突に見える類比的考察の根拠を探究してみたい。それは、田辺の絶対的媒介の哲学において、如何なる正当性を持ちうるものであるのか、科学哲学的考察と宗教哲学的考察とが、「存在の類比」を通して相互に浸透する、ということがなぜいえるのかを考察したい。

まず、田辺のいう「即」の弁証法的転換の契機をなすものは、キルケゴールのような「逆説」であり、より高次の全体的思弁的な立場において、合理的に止揚される矛盾ではないことに注意したい。観念的な弁証法の立場を「観想的・思弁的」というならば、田辺の弁証法は「実践的自覚的」といえるが、そこではパラドックスそのものが実践の原理である。

相対性理論も量子論も、ある意味において、それまでの常識では理解しえないパラドックスを、行為的自覚の原理として採用するという形で、古いパラダイムを越えたところがある。

そこには、観念的思弁ではなく、実験的な事実への立ち返りと、「科学の公案」を前にして、知の限界に挑むパイオニアの悪戦苦闘があったはずである。田辺は、むしろそのような科学者の現場での「哲学的営為」に、宗教哲学と通底する物を把握し、それを「存在の比喩」という形で言語化したのであろう。

しかし、比喩とは、もともと一義的な言語では語りえない事柄、我々の経験を超越する物を、経験の範囲内にある言葉を借りて、積極的に語ることを意味する。それは、「逆説」が日常的な言語によっては、近づきえない超越を示唆するのと対照的である。

田辺にあっては、「存在」の立場は真の哲学的立場ではなく、「無」の立場に立つことが哲学であるとするならば、存在の類比と逆説とを、そこにおいて媒介するものがなければならない。

その媒介者を田辺は、西田幾多郎の哲学から援用した「絶対無」という語で言い表している。ただし、それを静的かつ空間的な「無の場所」としてではなく、動的かつ時間的な「無即有」の絶対的な転換としたのである。

自我から世界を考えるのではなく、世界の自覚として自己を考えること、その世界は歴史的世界であることなどは、西田哲学と後期の田辺哲学に共通する課題

であった。西田の場合は、根源的空間性ともいうべき「場所」において、世界と自己の成立が語られたが、田辺は「場所の論理」は、いまだ時間性を捨象する点において、具体的なものになっていないと批判する。

西田にくらべると、田辺は体質的により合理主義者に近い一面をもっている¹²⁾。

からである。その論理は、絶対媒介を説く「種の論理」と根源的な時間性の優位において成り立つ世界図式、すなわち物理的世界の歴史性を表す、世界図式によって始めて具体化される。

この世界の根源的な歴史性こそ、「懺悔道」以後の田辺の理論的物理学の哲学的反省の、根本にある思想であった。例えば、「局所的微視的」という論文では、絶対空間を温存し、ただそこにおける局所時の想定において、実験事実を説明しようとしたローレンツ理論とアインシュタインの相対性理論の違いが、

時間が空間によって局所化せられる局所時を、顛倒して、逆に空間を局所化する真の具体的局所時として登場¹³⁾

することが求められている。田辺は、この具体的局所（世界点）を「即今」と呼び、そこにおいて自覚される世界を、「場所的に固定したものとせず、どこまでも時間的に働くもの」と解した上で、

行為的直観は、単にローレンツ的局所時に比すべき客観主義の表現的立場であって、どこまでも空間的場所の形成に止まる¹⁴⁾。

と述べている。そして、最後に西田哲学の「行為的直観」の空間性と田辺自身のいう「行為的時間性」とを対比した後で、

もし行為を包む直観が、空間的場所的直観として成立するならば、それは却て行為を観想に従属せしめ、行為に固有な錯誤の危険と懺悔的自己犠牲とを見失はしめるのである¹⁵⁾。

と述べている。田辺は、理論物理学の問題を論じながらも、実存哲学ないし宗教哲学の根本問題に、類比的な議論を展開する。西田哲学を介して、「懺悔道」以後の「絶対無」の哲学の基調音を奏するというのが、田辺の「存在の類比」の議論の進め方であった。

5. おわりに

田辺は、ローレンツの古典物理学における局所時を西田の場所的直観に、アインシュタインの相対性理論における局所慣性系を自己自身の立場になぞらえ、説明している。

現代物理学では、アインシュタインの見方が標準になったから、そこにおいて、ニュートン力学が成り立つような基準系を「慣性系」と呼ぶ慣例がある。

ニュートンの物理学において、彼の力学的諸原理は、まず絶対基準系において成り立つ。アインシュタインの理論が「相対性理論」と呼ばれたのは、この理論は特権的な基準系を排除しているからである。

古典物理学でいう「絶対的な同時性」、宇宙のすべての領域に、ただ一つの時間を割り当てるような大局的立場から理論構成を行うのではなく、「局所的微視的」立場に立つこと、すなわち、常に今此処という立脚点から出発するところに、田辺は、物理学の行為的自覚の深まりを見ている。

いい換えれば、相対基準系のみを仮定し、それらの変換において、不変なる法則を表現するというアインシュタインの立場に、田辺は自らの哲学の方法の根拠を求めたといえよう。

文 献

- 1) 小林敏明：＜主体＞のゆくえ—日本近代思想史への一視角，p. 112（講談社，2010）
- 2) 田辺元：田辺元全集 第二巻，p. 159（筑摩書房，1963）
- 3) 竹田篤司：物語「京都学派」，p. 52（中央公論社，2001）
- 4) 田中裕：「科学思想—田辺元の科学哲学」，大橋良介編：京都学派の思想—種々の像と思想のポテンシャル 所収，p. 142（人文書院，2004）
- 5) 田辺元：田辺元全集 第十一巻，pp. 285—286（筑摩書房，1963）
- 6) 同書，p. 285
- 7) 同書，pp. 285—286
- 8) 田辺元：田辺元全集 第六巻，p. 172（筑摩書房，1963）
- 9) 田辺元：田辺元全集 第十二巻，p. 407（筑摩書房，1963）
- 10) 同書，pp. 137—138
- 11) 同書，pp. 133—134
- 12) 湯浅泰雄：近代日本の哲学と実存思想，p. 63（創文社，1970）
- 13) 田辺元全集 第十二巻，p. 5
- 14) 同書，p. 6
- 15) 同上。

藤沢周平『獄医立花登手控え』における人間観

Image of Human Being in Fujisawa Shuhei's *Gokui Tachibana Noboru Tebikae*

笠井 哲

福島工業高等専門学校一般教科

Akira Kasai

Fukushima National College of Technology, Department of General Education

(2013年9月10日受理)

Fujisawa Shuhei's *Gokui Tachibana Noboru Tebikae* is the *torimonochō* series solving the case that prison medicine, Tachibana Noboru of *Kodemmachō* is related to a weapon with the prisoner by proud jujutsu. He does not learn the up from an ideal personality through the series and he learns the world and human inconceivability from the people who have got into the social darkness and grow up. Therefore, it may be said that this is the Bildungsroman of the darkness. The purpose of this paper is to consider the image of human being in Fujisawa Shuhei's *Gokui Tachibana Noboru Tebikae*.

Key words: Fujisawa Shuhei, *Tachibana Noboru Tebikae*, Image of Human Being

1. はじめに

藤沢周平(1927~1997)の『獄医立花登手控え』シリーズは、小伝馬町の獄医・立花登が、得意の柔術を武器に、囚人と関係する事件を解決して行く「捕物帳」である。これは、『春秋の檻』、『風雪の檻』、『愛憎の檻』、『人間の檻』の四部作である。

主人公の立花登は、江戸にきたその日に、子どもの頃からの夢がついてきた。それから居心地の悪い叔父の家において、日々の仕事に追われるまま、今後の希望も曖昧になり三年が経ったところから物語が始まる。

江戸に来る前の夢と来てからの現実との間にはなはだしい落差が、いまなお登を苦しめている。しかし、そういう「鬱屈」も若い登にとっては、柔術の激しい稽古で身体を動かせば、解消されないまでも、いくらかは軽減されるのであった。

立花登のかかええる鬱屈は、その若さをすべて覆うには至っていないのである。登の鬱屈は彼を苦しみの中に閉じ込めてしまうのではなく、他者の抱え込んだより大きく激しい苦しみと悲しみに向かって、登をさし向ける。

他者、すなわち犯罪と牢獄と病気と新たな事件により織り上げられた闇の人物の方へ、登は引き寄せられて行く。そこで、立花登は、よりむごたらしく複雑な鬱屈の数々に出会い共感し、自らの卑小さに気づくと

ともに、これから抱え込むかもしれない不幸への身構えを学ぶことになる。この書は、いわば「闇の教養小説」¹⁾と呼べるものである。

さて、藤沢周平の「闇」について、川本三郎は次のようにいっている。

藤沢周平の小説のなかで闇は暗く深いからといってただ人間を押しつぶそうとするだけのものではない。闇は暗く深いことによってむしろ傷ついた男や女たちを守り、慰藉していく。藤沢周平の闇は、つねにこの正と負の緊張のなかにある。単にそこに闇があるのではない。闇は、ひとを恐れさすと同時に、ひとを救いもする。藤沢周平の闇はつねにそうした両義性が藤沢周平の作品世界をきびしく、深いものにしている²⁾。

教養小説(ドイツ語でBildungsroman)とは、「主人公の人格の形成・発展を中心とする小説」³⁾のことである。立花登は、このシリーズを通して、理想の人格から学ぶのではなく、社会の闇に入り込んでしまった人々から、この世と人間の不可解さを学び成長していくのである。

本稿の目的は、この『獄医立花登手控え』における藤沢周平の人間観を明らかにすることである。まず、立花登の登場シーンについて、少し詳しく見ておくことにしよう。

2. 立花登の周辺

先述のように立花登が医者を目指し、東北の小藩から江戸に出てきて三年ほど経ったところから、小説が始まっている。彼は、羽後亀田藩の微禄の下士の次男である。もちろん家は貧しく、上池館という医学所で医学を修めることができたのも、母親が内職の仕事を増やして、医学所に通わせてくれたおかげである。

立花登は、子どもの頃から医者になろうと心に決めている。下士の次男坊の将来は、決して明るくない。

ただ、立花登が医者になろうとした動機は単純で、叔父の小牧玄庵が江戸で医者をしていたからである。この叔父は、幼年の頃から神童の噂が高かったのだから、きっと江戸で成功しているだろうと登は思っていた。

登は何度も叔父に手紙を書き、江戸に上って医学を修めたいと懇願するのだが、梨のつぶてであった。ようやく、来たければ来てもいいという叔父の手紙をもらい、彼が故郷をあとにするとき、「江戸の方角の空に虹がかかっている気がした」。しかし、彼の期待は裏切られたのである。

だが、江戸に来た登が見たものは、場末のようにうらさびれた町の中にある、だだっ広いだけで古びた家、無口で酒好きで怠け者の叔父、叔父を尻に敷いている叔母、母親に似て美貌だが驕慢な娘などだった⁴⁾。

この三年の間に、まだ若い立花登は失意を十分に味わったに違いない。郷里をあとにしたときの江戸の空の「虹」はとうに消えていた。

登は「見習いの医者」として、浅草御門外の福井町にある、場末の家に住み込んで、うちに居候をおく余裕はないと釘をさす叔母のために家や庭の掃除をし、江戸に着いた翌日から叔父の代参をやり、横着になるばかりのこの叔父に代わって、小伝馬町に出かけて、囚人たちを診るようになった。前途はおそろしく暗いものであった。

立花登は二十二歳である。今のところ、彼のただ一つの救いになっているのは柔術である。神田若松町の鴨井道場で免許取りにまで進み、道場で親友と稽古した後は、気分がすっきりする。この柔術が、牢獄で起こる事件や囚人とのかわり合いで、役に立っている。この点については、

子供のころから修行を絶やさなかった柔術に、鴨井道場で磨きをかけ、免許取りにまですすんだのも、片方にそういう鬱屈をかかえているせいかも知れなかった⁵⁾。

という。

鴨井道場の三羽鳥の一人、といわれる登の柔術は、強いひと言につきる。相手を屈服させるときの彼の腕前は胸がすくようだ。第1巻第1話の「雨上がり」の一編には、早くも登の柔術が出てくる。

そのとき登の指が、喜八の尺沢を把えた。喜八が、咆えるようなうめき声をあげて手を放すのと、登の肱打ちが喜八の陰囊を一撃したのが同時だった。よろめいて、それで掴みかかって来た喜八を、登は片膝を突いたまま肩越しに投げた。

喜八の身体は宙を飛んで、頭から押し入れの襖に突きささった⁶⁾。

登は医者、それも獄医である。獄医と柔術、このユニークな二つの組み合わせが、シリーズの特色である。青年にとって、獄医の仕事など辛気臭いはずであり、立花登もそのことを承知しながら、誠実に囚人を診てやるし、ときには力にもなってやる。

登が柔術に優れているのは、激しい稽古の賜物であるが、そればかりといえない何かがある。それは、藤沢周平作品の主人公たちが、共通して持っている性質である。彼らは、若くても年老いていても、強いだけでなく思慮深いのである。

立花登のそのような性格は、まわりの人たちにも影響を与えずにはおかない。「美貌だが驕慢な娘」のおちえも、登の存在によって、盛り場で夜遊びしていた不良少女から「姿のいい」娘らしい娘に変わって行くのである。

獄に収容されている囚人たちの中には、医者である登に、他の役人などには言えない頼みごとをする者もおり、彼は病人の治療という役目をはなれ、人間的な感情からそれにかかわった結果、意外な事件に巻き込まれたり、隠されていた事実気づいて、潜伏中の犯人逮捕の糸口をつかんだりする。時には不幸な囚人への同情から、彼らが悪に追い込まれた事情を探ることもあり、それらの行動の中で、起倒流の冴えた技を発揮する場合も少なくない。

第一話「雨上がり」は、仮病をつかった勝蔵に、伊四郎という男から分け前の金を受けとり、勝蔵の愛していた女おみつに渡してほしいと頼まれる話である。勝蔵はまもなく島流しと決まった男だけに、登も同情し、依頼を果たそうとしたが、小悪党の伊四郎はいったん渡した金を奪おうとして彼を襲い、おみつもその情婦だったと判明する。登は、男女の仲の複雑さを学んだのである。

3. 正義と悪

第二話の「善人長屋」には、はじめから、おちえが登場してくる。彼女は若い獄医を「登」と呼び捨てにし、いろいろな用を言いつける。猫が帰ってこないから探して来いとか、菓子屋からせんべいを買って来いとか、自分でやればいいのに登をこき使う。

彼はもちろんおもしろくないが、しかたなく用を足してやる。薬種屋の息子につけ文を届けてくれと頼まれ、登は手紙を黙って受け取るが、途中で破り捨ててしまった。

叔母があるときおちえのことを、「莫連」といった。登はそれを耳にして、おちえは莫連女の卵かもしれないと思った。彼にとっては手のつけられない娘である。

登は小伝馬町の獄舎で、ある男から自分は無実であると訴えられる。その男の

「娘があわれでならねえ。眼が見えねえ娘かが、何も知らねえで、あつしが帰のを待ってるんだ」⁷⁾

という言葉が気になり、その男をつかまえた岡っ引きの家を訪ねて、さらに眼の見えない娘が住む富川町の六右衛門店に行ってみた。登は憂世を見るのだ。

そこは「善人長屋」と呼ばれていた。住民がみな善人たちであるからだ。眼の見えない娘は、おちえと同じくらいの年頃で、親切な住人たちの世話を受けている。

しかし、登はそこにかえって腑に落ちないものを感じ、知り合いの岡っ引きに相談するうちに、善人長屋の正体が明らかになってくる。

事件が解決したときに、登は目の不自由なおみよという娘の行く末を思うのである。

登は従妹のおちえやその友だちと、おみよをひきくらべていた。おちえたちよりもずっと可憐で美しい娘に思えるおみよが、決してしあわせとは言えないことが、不当なものにおもえて仕方なかった⁸⁾。

立花登には、弱いものへのいたわりが常にある。若さゆえにすがすがしい正義感もある。女牢では、女たちに「先生、男前だねえ」とからかわれる。彼女たちは、登の弱者へのいたわりややさしさを本能的に感じ取っているのである。

第六話「落葉降る」の冒頭では、おちえは、だらしなく酔っ払い、登にびしりと顔を張られて泣き出してしまう。他愛がないといえば他愛がないが、

「いいんだ。あたし登なんか好きじゃないもの」⁹⁾

という言葉に、この青年に惹かれている彼女の気持ちが見えている。

叔父も叔母も、ゆくゆくは登とおちえを一緒にさせたいと思っている。叔父も叔母もそのことを時々口にして、登を当惑させる。第5話「風の道」では、次のようにいわれている。

だが登は、この美貌で姿のよい従妹に、あまりいい感じを持っていない。柔術仲間の新谷弥助などは、いずれ登はおちえの婿におさまるものだと思いついて、……登自身はまっぴらご免だと思っていた。¹⁰⁾

彼から見るおちえは、うしろ姿など十六の小娘にしては、実になまめかしい。わがままな美貌の遊び好きな娘とはとても思えないのである。しかし、

おちえは驕慢で、遊び好きな女だった。遊び好きは、似た年ごろの仲間もいて、仕方ないとも言えるが、美人が美貌を鼻にかけるのは興ざめする。美人は、言動つつましくしてこそ奥ゆかしいと思うのだが、おちえにはこのつつしみが無い¹¹⁾。

第七話「牢破り」の最後では、誘拐されて助けられるおちえは、もう一度今度は思い切り登に頬を張り飛ばされる。これをきっかけに、おちえは変化して行く。登が彼女を見る眼も、また変わってくる。彼女は、「あばずれ」から、次第に抜け出して行くのである。

さて、立花登が遭遇するのは、悪人ばかりの牢獄の事件であるから、ふんだんに悪があるということになりそうである。しかし、藤沢が扱うとそういう決めつけにはならず、無限の悲しみに満ちた同情や共感になることが多い。第4巻の第1話で「戻って来た罪」という作品がある。

もと獄にいた男が、昔共犯だった者で、本当に危ない男がいる。身代金を受け取ったのに、人質の子どもを平然と殺した。まだ捕らえられていないが、またやるだろうと言いついて残して病死する。

調べてみると、極悪非道なこの男はいくつか類似の犯罪を行いながら、逃げおおせている。何の罪ももたない幼児を殺害する犯罪であり、藤沢周平には珍しく絶対に許せない罪である。

しかし、男の逮捕後に、昔彼は自分の子どもを殺されて、それからおかしくなったのであり、初めから精神に変調を来たしていたのだろう、と作者は登に想像させている。そうすることで、こういう場合でさえ、悪人に対してわずかに救いを念じるのである。

同じ第4巻の第5話「女の部屋」という作品がある。

大店の主人が、腎臓の病で倒れ寝たきりになる。そのまだ若い美貌の妻は、夫の代わりに精一杯真面目に働く。しかし同時に禁欲に耐えかねて、適当に不倫もしている。そのことで、生活まで影響を持ち越すわけではなく、やむをえないともいえる状況であるが、ある日店の回転資金に困り、悪名高い同業者に融資を依頼する。男は深夜、融資の金を持って訪れるという。狙いが彼女の体であるのは明らかだが、それがわかっていて彼女は、別にそれくらいは構わないと決断する。

同衾中、かねての不倫相手だった手代が訪れ、彼女がレイプされているものと思い、驚きのあまり男を殺してしまう。そして島流しの刑になるが、憧れの女主人を救ったという恍惚の思いで、喜んで刑に服する。

しかし、彼女は事態を見抜いて問う登に、金を借りるとき、つまり体を与えるときに、

「ええ、そうです。あたしは新助が奥の私の部屋に来るのを、ついうっかり忘れていたんです」¹²⁾と明るく微笑むのであった。この美貌の妻こそ、実は藤沢がこのシリーズで描いた、唯一純粋な悪ではないのだろうか。

その後、偶然登が遠く見かけた彼女は、新しい若い手代と連れ込み宿から出てきたところであった。藤沢周平は、徹底したエゴイズムと重なるイノセントの罪もまたある、といているかのようである。

叔父の代診をするともに、小伝馬町の獄医に出ている登は、暗い牢屋の中に棲息する罪人たちの「病」を通して、市井の闇のその奥の闇に、直面しないわけにはいかないのである。

例えば、「囚人で、しかも悪人づらでも美人でもなく、ごく平凡な顔立ちの町娘」¹³⁾の痛む胃の診察から始まる。第三巻の第六話「影法師」では、市井の闇にひそむまさしく影法師のような男を、浮かび上がらせている。

娘の名は、おちせという。囲われ者だった母親おらくの旦那、加賀屋を刺して捕らえられた。二ヶ月前、母親が首を吊って死んだのは加賀屋の仕業、とおちせは思ったのである。加賀屋の嘆願が効を奏して、おちせは放免となった。

おちせを見送りながら登は、おちせの心から暗い激情が消えてくれればよいがと思う。

不しあわせな者には、いつかはしあわせになる権利がある、と多くの囚人を見てきた登は、思うことがある¹⁴⁾。

しかし、放免直後、おちせの周囲に妙な出来事が頻

発する。「おちせのまわりに、何となくすつきりしない、黒い影のようなものがまつわりついている」¹⁵⁾のを登は感じる。

問いただす登に、加賀屋は、ある男のことを話した。

「あの晩ですよ」

と加賀屋は言って、登に眼をもどした。

「路地の入口近くで、ひととすれ違いました。暗い晩で、王子屋に貸して提灯も持っていなかったものですから、顔も何もわかりませんでした。男でした。その男はあたしとすれ違おうといそぎ足に表の道に出て行きましたが、足音も立てず、まるで影法師のようでした。」

「ほほう」

「ほんとです。あたしや不気味な気がして、思わずうしろを振りむいたくらいです。そしてそのあと家に入って、梁からぶらさがっているおらくを見たのです。身体がまだまだなまあたたくて揺れていました。……」¹⁶⁾

男は、茶屋でもはや誰からも見向きもされない仲居だったおらくの、たった一人のなじみであった。おちせを可愛がり、まるで実の親子のようにしていたが、店が潰れて姿を消した。古手物の行商人の格好でおらくの前に現われてほぼ一年、男にすぎるおらくを殺し、貯めていた金を奪ったのである。

行方不明のおちせは、その男と暮らしていた。登たちが裏店の長屋に踏み込んだとき、二人は夕飯の支度で台所にいた。

棒立ちになる男。目の下がたるんだ、疲れたような四十男の顔に、一瞬すさまじい形相がうかんで、竈の中から火のついた薪をつかみ出すが、すぐに諦めたような表情で薪を竈に戻した。後ろ手に縄をうたれて男は出ていったが、おちせを振り向きもしなかった。「不しあわせ」が、幾重にも折り重なる物語であった。

4. 男女の仲

さて、立花登の気持ちは、少しずつおちえの方に動いていく。第2巻第2話の「幻の女」にこうある。

その広場は、八方の道が集まる場所なので、歩いて行く登の前後を、右往左往にひとが通りすぎて行く。その中に目立つほど姿がいい娘がいた。米沢町の路地から出て来て、御門の方に歩いて行く。そう思って歩きながら見送っていると、娘が振りむいてにやりと笑った。従妹のおちえだった。

「何だ、おまえか」

興ざめして登が言うと、追いつくのを待っていたおちえは膨れづらになった。

「何だとはなによ。誰と間違えたのよ？」

「まあ、怒るな」

登は苦笑した。……

「なに、間違えたわけじゃないよ」

と登は言った。

「なかなかの美人が歩いていると思ったら、おまえさんだった」

「そんなふうに言われても、べつにうれしくなんかない」¹⁷⁾

そうはいったが、おちえは機嫌を直したようであった。この「姿のいい」というのは、藤沢周平独特の表現である。物語がさらに進むと登は、

めずらしく、従妹のおちえの顔をみたい気持ちになっていた。男友だちと盛り場を遊び歩き、娘だてらに、酒に酔いつぶれたなどということもあるバカ娘だが、おちえは若くて、姿かたちならそんなじょそこらに見かけないほどうつくしい。登は急に渴くように、この若くてきれいな従妹に会いたくなっていた¹⁸⁾。

と考えている。おちえは、決して多くは登場しない。しかし、このシリーズの中で、実に大きい役割を果たしている。おちえは、立花登の感化により、女として変わって行く。登が、渴いたように会いたくなる娘に成長していくのである。

登が事件に巻き込まれると、おちえも手伝うようになって来る。以前には考えられなかったことであるが、藤沢周平はその変貌を見事に描ききっている。

さてシリーズを通して、おちえ以外で登に近い女の一人がおあきである。おあきは、従妹のおちえの遊び友だちである。

おあきは、おちえが次第に離れていく悪い遊びに引きかえすことなく入り込んで行き、登がしばらく見かけないうちに、ほとんどあくどいほどの濃い化粧をする女になっていた。

厚い白粉で浅黒い肌をすっかり覆い隠している。かつておあきは、登に戯れのように、「あたいと一度寝て」といったことがある。登はそれを、おちえに黙っている。

第3巻第5話の「奈落のおあき」は、タイトル通り、おあきが男と一緒に闇の梯子を降りて行く話である。おあきの惚れた伊勢蔵は、盗賊の一味で牢に入って、そこで人を殺したきわめつきの悪党であった。隠れ家

に登を連れてきたと知った伊勢蔵は、おあきに七首を向ける。捕り物の後で、登はおあきと一緒に暗い夜道を歩く。

「ふむ、それでも男を逃がしてやるつもりだったのかね？」

「あたい、あのひとが好きだったもの。あたいにはやさしかった」

「しかし、伊勢蔵はお前を刺そうとしたぞ」

答えはなく、すすり泣きの声が洩れて来た。盗っ人の情婦か、と登は思った。おあきは、今人殺しの情婦でもあるのだ。お面のように白粉を塗りたくらなければ、生きてはいけまいと思った。おあきの細細としたすすり泣きが、二度と這い上がれない奈落の底から聞こえて来る嘆きの声のように聞こえた。

登は、立ちどまっておあきを待ち、そばに来ると肩を抱いて歩き出した。そしてわざと明るい声で言った¹⁹⁾。

「また、やり直さす、元気を出すことだ」

おあきのいるすぐそばまで登は降りて行き、そして明るい声を出す。この言葉通りに、おあきは第4巻「別れゆく季節」では、豆腐屋の元気な若女房として、亭主の豊太とともに登場する。

豊太に背を抱えられて去るおあきを、登はじっと見送った。何かがいま終わるところだと思った。おちえ、おあき、みきなどがかたわらにうろちょろし、どこが猥雑でそのくせうきうきと楽しかった日々。つぎつぎと立ち現れて来る悪に、精魂をつぎこんで対決したあのととき、このとき。

若さにまかせて過ぎて来た日々は終って、人はそれぞれの、もはや交わることも少ない道を歩む季節が来たのだ。おあきはおあきの道を、おちえはおちえの道を。そしておれは上方に旅立たねばならぬ²⁰⁾。

他の登場人物とともに、登も成長する。叔父のように「いずれは貧者にもやさしい名医になるだろうとの予感」²¹⁾を残して物語が終わる。

5. おわりに

うだつの上がらぬ町医者としての叔父に、登は違った印象を持ち始める。腕のわりにはうだつが上がらないけれども、代わりに貧乏人から「先生」、「先生」と慕われている叔父に、秘かに共鳴する気持ちが登の中に生じたのである。

むろん叔父は、好んで貧乏人を診るわけではない。金持ちの病人が来れば、大喜びで診る。ただそういう病人は少なく、貧しい病人が圧倒的に多いというだけの話なのだが、いずれにしても叔父は金持ちも貧乏人も平等に診る。叔父が金の多寡で病人を区別したのを、登は見たことがない。そして、医の本来はそこにあるのではないかとも思うのだ²²⁾。

酒飲みであり、裕福とはいえないが、登はこの一点において秘かに叔父を尊敬している。叔父の跡をついでよいと思うのは、そういうときである。たとえ医者として名を挙げたとしても、それが富者や権門の脈をとるためだとしたら、ばからしいことであると思う。

この作品は、いわゆる捕物帳と似た構成をとっているが、小伝馬町の牢という特殊な場所を舞台とし、柔術の達人で、人道主義的な意識を持つ若い医者を主人公としたところに作者藤沢周平の工夫が見られるといえる。

しかも、登は良心的な医師として、牢では囚人からも信頼されているにもかかわらず、寄宿先の叔父の家では、叔母や従妹から、全く正當に遇されない存在である点など、読者にきわめて親近感の持てる人物として造型されている。

牢というのは、社会の「悪」と直接結びつく場所だけに、様々な暗い人間模様を潜ませている。登は、獄医という仕事を通してそれに接し、社会や人間の矛盾を感じるとともに、彼にできる範囲内において、問題の解決に取り組もうとする。

第1巻第3話の「女牢」では、彼を思慕していた不幸な女囚を、死刑の前夜に抱いてやったのも、その心の現われであろう。また、同じく第1巻第4話の「返り花」では、入牢中の御家人が妻からの差し入れて、中毒死したできごとの真相を追及した。第6話の「落降る」では、かねて知り合いのしっかりした娘が、恋人に裏切られ罪を犯す姿を、その父親の像とともにせつない思いで見つめる。牢の中で秘かに殺された男の背景を探り、謎を突きとめる第5話の「風の道」にも、そのような登の意識が描かれている。

囚人たちを見つめる立花登の視線は、作者のそれとも重なっている。彼らの中にはどうしようもない悪人もいるが、やむをえない事情で罪を犯したり、濡れ衣を着せられたりする者もいる。罪は裁かれねばならないが、小さな悪を追及して大きな悪を見逃す危険があるのも現実であるといえよう。

彼らは、ある意味では、社会の矛盾の犠牲者であるといえる。藤沢周平は、最も暗い場所である牢を取り上げ、それをめぐる人間の諸々相を描きながら、彼らを救う存在として、主人公立花登の人間像を設定したといえよう。

文 献

テキストは、下記の講談社文庫新装版(2002年発行)を使用した。引用箇所は、巻数をローマ数字、頁数をアラビア数字で表記する。

- I. 藤沢周平：春秋の檻 獄医立花登手控え (一)
- II. 藤沢周平：風雪の檻 獄医立花登手控え (二)
- III. 藤沢周平：愛憎の檻 獄医立花登手控え (三)
- IV. 藤沢周平：人間の檻 獄医立花登手控え (四)
- 1) 高橋敏夫：藤沢周平という生き方, p. 83 (PHP 研究所, 2007)
- 2) 川本三郎：闇の抒情、闇の無垢、別冊歴史読本第23巻第48号 藤沢周平読本, p. 48-49 (新人物往来社, 1998)
- 3) 新村出編：広辞苑 第六版, p. 740 (岩波書店, 2008)
- 4) I. 16
- 5) I. 17-18
- 6) I. 40
- 7) I. 54
- 8) I. 88
- 9) I. 217
- 10) I. 176
- 11) 同上。
- 12) IV. 276
- 13) III. 242
- 14) III. 257
- 15) III. 264
- 16) III. 282-283
- 17) II. 69-71
- 18) II. 186-187
- 19) III. 238-239
- 20) IV. 330
- 21) 月刊『望星』編：藤沢周平に学ぶ, p. 41 (東海大学出版会, 2006)
- 22) IV. 242

『スター・ウォーズ』における「フォース」の意義について

On the Significance of the Force in *Star Wars*

笠井 哲

福島工業高等専門学校一般教科

Akira Kasai

Fukushima National College of Technology, Department of General Education

(2013年9月9日受理)

The thing standing out through the *Star Wars* series of George Lucas (1944~) remarkably has the concept of the Force representing the human subconscious, potentialities. There is the number, and, in lines of *Star Wars*, it goes without saying that the representative thing is that with the Force. Jedi can show the Force by the Midi-chlorian.

The purpose of this paper is to consider the significance of the Force in *Star Wars*. But, for the text, I use the Nobel not the scenarios of these movies.

Key words: *Star Wars*, Force, Jedi, Midi-chlorian

1. はじめに

ジョージ・ルーカス (1944~) の映画作品『スター・ウォーズ』シリーズを通して際立って目に付くものに、人間の潜在意識や潜在能力を表わす「フォース」(force 力) の概念がある。数ある『スター・ウォーズ』の台詞の中で、最も代表的なものが「フォースとともにあれ」であることはいままでもない。

本稿の目的は、『スター・ウォーズ』におけるこの「フォース」の意義について、考察することである。ただし、テキストとしては映画のシナリオではなく、ノベライズ版を使用する。

例えば第4部『新たなる希望』においては、ベン・ケノービによって、「フォース」が次のように定義されている。

「だれとしゃべっているのか、ときどき忘れることがあってな。簡単に申せば、フォースとはジェダイの力の源じゃ。うまく説明できぬが、科学者たちは生物が生み出すエネルギー場だと理論づけておる。昔はフォースの存在そのものが疑われていた。現在でも充分認知されたとは言いがたい。

フォースを感じ取れるのは特定の者だけだ。そうした者たちは山師、ペテン師、魔法使いなどと呼ばれ白い目で見られた。フォースを使いこなせる者となると、

もっと数が少ない。つたない技量では、圧倒的なパワーをコントロールできないからだ。彼らは世の中からずっと誤解されてきた」¹⁾と。

ここでまず、ジェダイとは何であろうか。ジェダイは古来、銀河世界の中で「法の番人」としての役割を担ってきた。ジェダイになるには、幼いうちからジェダイ・マスター (一人前のジェダイ) の下で、修行を積むことが通例である。そして、ジェダイ騎士団の承認を経た騎士だけが、ジェダイを名乗ることができる。我々はそれが、中世社会の徒弟制度に似たものであることを確認しよう。

このジェダイの間で使われている固有の用語が、「フォース」(力) である。例えば、ルークの父親はフォースが強かったなどといわれる。すなわち、それはジェダイとしての能力を指す。そこでは、フォースを如何に使うかということが問題となってくる。オビ=ワンは、ルークにジェダイの武器としてのライトセーバーを渡す。

そのことを彼は、ルークの父親から頼まれていたという。そしてルークの父親が、優れたジェダイであったこと、ルークの父親がオビ=ワンの弟子のダース・ヴェイダーというジェダイに殺されたこと、ダース・ヴェイダーはフォースを悪用して、銀河帝国の皇帝の手先になったこと、そしてジェダイ騎士団を解体に迫

い込んで、ジェダイを次々に殺したこと、今日ではもはやダース・ヴェイダーに刃向かうジェダイはいないこと、などを教える。そして、「怒り、恐怖、攻撃性」は、フォースのダークサイド（暗黒面）を呼び起こすとされる。では、どうすればよいのであろうか。

「『心が平穏であれば』ヨーダはこともなげにこたえた。」²⁾

以下で、「フォース」について、映画の公開順ではなく、物語全体の流れに即して見て行きたい。

2. ミディ=クロリアン

はじめに、『エピソード1 ファントム・メナス』から読み解いて行こう。

銀河の中心から遠く離れた、辺境にある惑星タトゥイーンにて、ジェダイ・マスターのクワイ=ガン・ジンは、奴隷の身にある幼きアナキン・スカイウォーカーと出会う。

クワイ=ガンは少年の素質に気づくと、ジェダイに育てるべく、奴隷であるアナキンの所有者に当たるワトーに賭けを持ちかける。ポッド・レースでアナキンが優勝したら、獲得賞金を全額渡す見返りに、彼を自由の身にするようにである。

このレースで使用されるポッド・レーサーは、スピードがあまりにも速く、通常の間人にはとても操縦できないが、秀でた反射神経を持つアナキンは乗りこなし、多くのエイリアンが出場する中、ただひとり人間としてエントリーしていた。

しかし、優勝経験もなければ、レースを完走したことも一度もなかったのだから、クワイ=ガンの賭けは無謀ともいえる。ところが、アナキンは周囲の予想を覆して見事優勝を果たし、自らの手で自由を手に入れたのであった。

幼いアナキン・スカイウォーカーの資質に気づいたクワイ=ガン・ジンは、彼の血液を採取してみると、「ミディ=クロリアン」の値の測定をオビ=ワン・ケノービに依頼した。

その結果を見て、二人は驚愕する。少年の「ミディ=クロリアン」値が、マスター・ヨーダをはじめ、すべてのジェダイに勝っていたからである。

このことから、アナキンが「選ばれし者」だと確信したクワイ=ガンは、少年をジェダイに育てることを心に決め、奴隷の身から解放させるよう行動するのであった。

「アナキンは頷いた。『ひとつ訊いてもいい?』ク

ワイ=ガンは頷いた。『ミディ=クロリアンて何?』

風がクワイ=ガンの長い髪をなぶり、意志の強い顔に吹きつけた。『ミディ=クロリアンとは、あらゆる生物の細胞の中にある微小の生命で、フォースと同じ合うものだ』

『それがぼくの中にあるの?』

『きみの細胞の中にな』クワイ=ガンは言葉を切り、それから続けた。『われわれはミディ=クロリアンと共存（シンパイオント）しているのだ』

『シン—何?』

『シンパイオントだよ。互いの役に立っている状態だ。このミディ=クロリアンがなければ、生命は存在できない。そしてわれわれはフォースを知ることができない。われわれのミディ=クロリアンが、絶えずわれわれに語りかけるのだ、アニー、フォースの意志をな』

『そうなの?』

クワイ=ガンは片方の眉を上げた。『心を鎮める術を学べば、その声が聞こえる』³⁾。

9歳の少年アナキンが、この説明をどれほど理解できたかは不明である。まとめると、次のようになる。

「ミディ=クロリアン」とは、全ての生物の細胞内にすむ、知性をもった微小生命体であり、「フォース」を生み出す源である。

「このミディ=クロリアン」とは、言葉の響きからヒントになったのは、ミトコンドリアであろう。ミトコンドリアとは、全ての生物の細胞質中に存在する細胞小器官で、呼吸およびエネルギー生成の場である。また、細胞の核とは別にDNAを持ち、分裂による自己増殖能力を有している。

さらに、ミトコンドリアで注目すべきは、母親からしか受け継がない母系遺伝子細胞である点である。要するに、父親による影響力は皆無で、如何に優れているとも、子どもに一切反映されないのである。それを踏まえて、次の引用を見てみよう。

アナキン・スカイウォーカーの底知れないフォースを直に感じたクワイ=ガンは、母シミ・スカイウォーカーに問う。

「『クワイ=ガンは庭に目を向けたまま言った。「あの子のフォースは驚くほど強い。それだけは確かだ。父親は誰だね?」

シミ黙っていた。『父親はいません』彼女はのろのろと首を振りながら、ようやくそう言った。「わたしが身ごもり、生み、育てたんです。それ以上のことは

話せません。」⁴⁾

このシミの主張が事実だとすれば、イエス・キリストを産んだ聖母マリアと同じく「処女懐胎」ということになる。これを聞いたクワイ＝ガンは、アナキンは、「ミディ＝クロリアン」による受胎の末、生まれたのかも知れないと考える。彼の考えでは、ミトコンドリアに自己増殖能力があるように、知性をもった「ミディ＝クロリアン」が意図的に働きかけ、優れた「フォース」を持つアナキンをシミに産ませたことになる。

しかし、もし「ミディ＝クロリアン」がミトコンドリアと類似の性質だとすると、母系遺伝子細胞ということになる。すると、ルークとレイアについてある疑問が生じる。アナキンは、ミディ＝クロリアンより生まれたとされるので、強い「フォース」の持ち主であっても納得できる。

しかし、アナキンとパドメの間に生まれた双子の兄妹が「フォース」の持ち主であることに違和感がある。というのも母のパドメが「フォース」の持ち主だと証明するエピソードがないからである。とすれば、考えられることは一つ、それは、「ミディ＝クロリアン」が、母系でなく父系遺伝子細胞であったということである。そうであれば、双子の兄妹がともに強い「フォース」を持っていたことも整合性が取れるといえる。

3. ダークサイドへの誘惑

「フォース」は、決して万能ではなく、善悪の区別がつかないという短所もある。以下で見て行くように、アナキンのように強大な「フォース」の持ち主は、善悪にかかわらず、あらゆるものを強く引き寄せてしまい、一度動き始めた「フォース」は、自分でも思い通り操ることができなくなってしまう。

『エピソード2 クローンの攻撃』には、次のようにある。アナキン・スカイウォーカーは、ようやくパドメ・アミダラと再会を果たし、10年間秘めていた気持ちを抑えることができずに、ついに告白する。

「アナキン『君はぼくの魂のなかにいる。ぼくを苦しめている』」⁵⁾

さらに続けて、

「『どうすればいいんだい？』彼はささやくように言った。『きみの言うとおりにするよ』」⁶⁾

パドメは、アナキンに惹かれながらも、次のようにいう。

「『こんなことはできない』

『どんなことでもできるさ』……

『わたしたちは現実の世界に生きているのよ。それに戻ってちょうだい、アナキンあなたはジェダイ・ナイトになるために学んでいる。わたしは元老議員だわ。……あなたの考えていることに従えば、それはわたしたちを行くことができない場所に連れていくことになるわ』

『それじゃ、きみも何かを感じているんだ！』

『……わたしのために将来を棒に振るようなことはさせられないわ』」⁷⁾

そこで、アナキンはパドメの決心を変えさせるために、次のように提案する。

「『ふたりのことは秘密にしておける』

『そしてうそをついて生きるの？ わたしたちが望んだとしても……』

『きみの言うとおりにだ』彼はようやく認めた『このうそはやがてぼくらを破滅させるだろう』」⁸⁾

この予言は、後に的中してしまうのである。「フォース」を持つ者には、未来のことも見える。しかも、「フォース」は24時間働き続けている。たとえ睡眠中であっても、常に作動しているものである。

『エピソード2 クローンの攻撃』で、アナキン・スカイウォーカーは、母シミ・スカイウォーカーの夢を毎晩のように見た。それは幸せな夢ではなく、母の死を予期する夢であった。うなされながら目覚めたアナキンは、その夢を忘れるように努め、二度と見ないことを祈るが、その夜にはまた同じ夢を見た。

この夢も現実のものとなってしまった。

「そして空虚な心を埋めるように、しだいに怒りが、失いたくない人をうしなつた怒りが、彼を満たしはじめた。

頭の隅では、その怒りにのみ込まれるな、と警告する声が出た。これはダークサイドに至る道、だと……アナキンは立ち上がり、ライトセーバーをつかんで大またに小屋をでた」⁹⁾

そして母を殺した者たちに対して、アナキンはフォースの力で復讐を始める。そこには、

「フォースの力を借りて走り、逃げるタスケンに追いついては、ひとり残らず切り捨てていった。

空虚な喪失感はまだ感じなかった。これまで経験したこともない、エネルギーと強さが、驚くほど力強いフォースが彼を満たしていた」¹⁰⁾

とあり、すでにアナキンにはダークサイドへの扉が開かれてしまっていることがわかる。そして、アナキンとパドメはこの後で結婚する。しかし、結婚が公にな

ることを避けてきた。その理由は、『エピソード3 シスの復讐』で、次のようにいわれている。

「彼女の夫はジェダイのままである必要がある。人々を救うのが、彼の天職、それを取り上げれば、彼の悩める心にある、あらゆるよいものが壊れてしまう」¹¹⁾

妻パドメ・アミダラの妊娠を知ったアナキン・スカイウォーカーであったが、出産の末にパドメが命を落とす夢を見るようになり、不安に苛まれる。

母シムの一件から、もう二度と愛する人を失わないと心に決めていたアナキンは、彼女を救う方法を追い求めるが、なす術がなかった。行き詰ったアナキンはこともあろうに、より強大な力を得るべく、自らダークサイドに堕ちる道を選んでしまう。

「『アナキン、わたしのアナキン……』……『彼はこう言ったの—あなたがダークサイドに堕ちた、あなたがジェダイの……子供たちまで殺した、と』」¹²⁾

以上のように、「フォース」は睡眠状態でも常に働き続ける性質を持っていた。このため、悪夢と結びつくと、たいへんな事態を招いてしまうものである。

このあたりの経緯を『エピソード3 シスの復讐』にそって、少し詳しく述べてみたい。

並外れたフォースを持つアナキン・スカイウォーカーは、着実に力を着け、師匠であるオビ=ワン・ケノービをも凌ぐ勢いであった。

そんなときに、パドメ・アミダラから妊娠したと告げられる。それからというもの、アナキンは、彼女が出産の末に死ぬ夢を見るようになってしまう。母の死ぬ夢が現実化していたこともあり、どんな手段であろうと、パドメの命を救うことを切望し始める。

それに気づいたパルパティーン議長（シスの暗黒卿）から、ダークサイドに堕ちれば、彼女を死から救える絶大な「フォース」を手に入れられるとそそのかさされ、ついにはシスのもとに下ってしまう。しかし、結果は、パドメを救えず、自分は左腕と両足を失い、ダークサイドの底に堕ちたのだった。

クワイ=ガンが見込んだ通り、史上最年少でジェダイ評議員になるなど、アナキンは、奴隷の身分であった少年時代からは、想像すらできないような真の成功者への道を歩んでいた。

その先にも、さらなる輝かしい未来が待っているのは目に見えていた。しかし、パドメの死という試練を乗り越えることができなかったアナキンは、シスの策略にはまり、ダークサイドに引き込まれていく。ダー

クサイドの力は、負に満ちた力であり、どれだけ得ようとも、それが正の力に働くはずもなく、よもや人を死から救う力になどなるわけがないのである。

運命とは皮肉なもので、その無念さを込めてオビ=ワンは、ダークサイドに堕ちた弟子のアナキンに対してこういった。

「『きみは選ばれし者だった！ シスに加わるのではなく、シスを滅ぼすことになっていたんだぞ！ フォースにバランスをもたらすはずだったのに、闇をもたらした。きみはわたしの弟だった』」¹³⁾

アナキン・スカイウォーカーは、シスの暗黒卿に近寄ったことで、ダークサイドに取り込まれ、ジェダイの道を踏み外してしまっただけでなく、妻や自らの手足など大切なものを失ってしまったのである。

4. フォースを学ぶ修行

映画は最初に公開されたが、スター・ウォーズ全体の第4部に当たる『新たなる希望』では、新しい主人公が登場する。ダークサイドに堕ち、ダース・ヴェイダーとなったアナキンと亡くなった彼の妻・パドメの間に生まれた双子の兄妹の兄、すなわちルーク・スカイウォーカーである。

ルーク・スカイウォーカーは、商人から購入したドロイド(R2-D2)が持っていたホログラム映像で、惑星オルデランの女王レイアが、SOSを訴える姿を見る。それを機にルークは、長年ひっそり暮らしていたジェダイ・マスターのベン(オビ=ワン)・ケノービと出会い、はじめて「フォース」の存在を知り、ジェダイを目指し始めるのであった。

ベン・ケノービと出会ったルーク・スカイウォーカーは、宇宙へ旅立つことに興味を持った途端、帝国軍の襲撃によって家を焼かれ、養父母も殺されてしまう。帰る場所も自分を待っていてくれる人も、同時に失ったルークは、ジェダイになることを誓い、ケノービとともに宇宙へと旅立った。

ケノービは、次のようにいっている。

「『ルーク、ジェダイ騎士は千世代にわたって銀河中の人々から敬われていた。旧共和国の平和と正義を守り抜く守護者としてな』」¹⁴⁾

ルークは、無言のままぼんやり宙を見つめていた。注意散漫である、とルークを叱りつける年長者もいたが、ベン・ケノービは違った。誰よりも感受性の鋭い老人は、相手がしゃべり出すのを辛抱強く待っていたのである。以下は、ルークとケノービの会話である。

「『父はどんな死に方をしたのですか？』若者はゆっくりとした口調で尋ねた。

ベン・ケノービはためらいの色を浮かべた。取り上げたくない話題なのだろう。……

『裏切り者に殺された』ベン・ケノービは厳肅な面持ちで告げた。『ダース・ヴェイダーという若いジェダイにな』老人は目を伏せた。『ヴェイダーはわしの弟子のなかでも飛び抜けて優秀な男だった……わしは取り返しのつかぬ過ちを犯したことになる』¹⁵⁾

この後、ケノービが1で引用した「フォース」の定義に続けて、次のようにいっている。

「『われわれは一人ひとりフォースに包まれ、フォースによって結びつけられている。したがってフォースの使い方を修得したジェダイは、特別な力を持つことになる』」¹⁶⁾

オルデラン行きを決意したルーク・スカイウォーカーは、ベン・ケノービらとともに、宇宙港都市モス・アイズリーにやって来たが、そこはデス・スターの設計図を持って逃げ出したドロイド（R2-D2とC-3PO）を探し出すために厳しく監視されていて、ルークの警備のチェックを受ける。

しかし、ケノービの対応で難なく通り抜けてしまった。ルークがケノービに尋ねる。

「『もう、駄目かと思ったよ。どんな手を使ったの？』

『フォースは人の心を操ることができる。これほど強力な武器はないが、使い方にも気をつけぬと凶器になりかねない』」¹⁷⁾

やがて、ダース・ヴェイダーに殺されてしまったベン・ケノービの助言に従い、惑星ダゴバを訪れたルーク・スカイウォーカーは、目的通りマスター・ヨーダの下で、「フォース」の修行をすることになる。

ヨーダから、沼に沈んだ宇宙船を「フォース」で持ち上げるようにいわれ、やる前から「もうだめだ」とこぼしてあきらめてしまう。

ヨーダは、ルークの傍らに立つと、苛立たしげに足を踏み鳴らしたていった。

「『なぜそう決めつける？』弟子を叱りつける『試してみたのか？ おまえはいつもそうだ。いままで何を聞いておった？』」¹⁸⁾

ルークは、ヨーダに対して反論した。

「『石を持ち上げるのとはわけが違います』

ヨーダは本当に怒り出した。『たわけ！ 違いなどあるものか！』弟子を怒鳴りつける。『おまえが違う

と思っておるだけだ。そのような思い込みは捨てる！ 百害あって一利なしじゃ』」¹⁹⁾

ルークは、ヨーダの厳しい言葉を受け、半信半疑で挑戦しようとした。

「『わかりました。やってみます！』」

また間違っただけを言ったようだ。ヨーダの大喝が飛んだ。『迷いを捨てる。やるときは思い切ってやれ、及び腰ではだめじゃ』」²⁰⁾

どれほど強力な「フォース」を秘めていても、まだ思い通りに使いこなせない段階では、無理な命令に聞こえる。

しかし、ジェダイのマスター・ヨーダは、ルークの言い分を即座につっぱねてしまう。ヨーダに促され、ルークが宇宙船を持ち上げようとするが、やはり失敗した。

「ルークは苦しげに息をはずませた『大きすぎて』元氣なく言う。『手に負えません』

『大きさは関係ない』ヨーダは断言した。『わしを見る。背丈でわしの力量が計れるか？』

ルークは、黙って首を振った。ジェダイ・マスターはさとすように言った。『フォースを味方につけるのじゃ。これほど強い味方はおらぬ。生命がフォースを生み出し、フォースを育てる。フォースはわれらを包み込み、われらを結びつける。われらは光り輝ける存在となって、個々の肉体を超越する』」²¹⁾

ルークは、力の範疇を超えた命令にあきれてしまうが、ヨーダはそれを尻目に、宇宙船を自ら持ち上げて見せた。信じられない光景にルークは呆然とする。

「『信じられません』

『だから』……『しくじるのじゃ』」²²⁾

ヨーダのもとで修行をしたルーク・スカイウォーカーは、宇宙都市・クラウド・シティで、ダース・ヴェイダーとの戦いによって、右手を切り落とされてしまう。完全に敗北したルークは、絶体絶命の窮地に立たされながら、隙を突いて逃げ延びたものの、宇宙都市から危うく落下しそうになる。どうにか船体にしがみつき難を逃れたが、片手だけでは体力が尽きるのも時間の問題だった。

危機に陥ったルークが、妹のレイアに向けて「助けて！」と強く念じると、宇宙船で脱出途中だったレイアの心に届いた。ルークの一大事を察知したレイアは、危機を顧みずに引き返し、間一髪のところルークの救出に成功した。

5. おわりに

ルーク・スカイウォーカーは、再びマスター・ヨーダに教えを請うべく、惑星ダゴバを訪れた。しかし、そこにいたのは病を患い、明らかにやつれ衰えた、小さなジェダイだった。第6部『ジェダイの復讐』に、次のようにある。

「『なんじゃその顔は』ヨーダは皺だらけの顔を愉快そうにほころばせた。『そんなに具合が悪そうか?』

ルークは浮かない顔つきを隠そうと座る位置をずらした。『いえ、マスター……そんなことはありません』

『嘘をつけ!』小柄なジェダイ・マスターは楽しそうに笑った。『見てのとおり、わしは病んでおる。年老いて弱っておる』曲がった指を若い弟子につきつける。『九〇〇年も生きておれば、くたびれるのは当然じゃ』」²³⁾

そして、自分がやがて永遠の眠りにつくことを、ルークに宣言する。驚く弟子に向かって、これも「フォース」による宿命であることを次のように説く。

「『いかに修行を積み、フォースが強くなっても、不死身ではない! わしにも黄昏がやって来た。まもなく夜の帳が下りよう。自然の摂理……フォースの導きののだ』」²⁴⁾

ルークは、ダース・ヴェイダーが死んだと聞かされていた父親であること知り、オビ=ワン・ケノービの霊体を問い詰めたところ、次の答えが返ってきた。

「『お前の父アナキンは、フォースのダークサイドに引き込まれた—アナキン・スカイウォーカーであることをやめて、ダース・ヴェイダーへと変身したのだ。つまりアナキン・スカイウォーカー人格を裏切ったことになる。善なる部分が破壊されたのだ。見方を変えれば……わしの言ったことに嘘はあるまい』……『真実がいかに見方に左右されるものなのか、いずれおまえにもわかる時が来る』」²⁵⁾

すなわち、真実が多面的であるということは、この物語のラストでも説かれている。完全にダークサイドに堕ちたダース・ヴェイダーであったが、実の息子であるルーク・スカイウォーカーとの出会いが、彼の心を闇から救い上げた。自らの手で、悪の根源である皇帝を葬り、最後にはルークに自分の非を詫び、父親の顔で息子に別れを告げることができた。

長くダークサイドにいても、抜け出すことができた。それを可能にしたのも、やはりアナキンとルーク親子の持つ「フォース」であったといえよう。

文 献

テキストは下記の6冊を使用し、巻数をローマ数字で、頁数をアラビア数字で表記する。

I. ジョージ・ルーカス原作、テリー・ブルックス著『スター・ウォーズ エピソード1 ファントム・メナス』富永和子訳 (ソニー・マガジズ、1999)

II. R・A・サルヴァドア著『スター・ウォーズ エピソード2 クローンの攻撃』富永和子訳 (ソニー・マガジズ、2002)

III. ジョージ・ルーカス原作、マシュー・ストーヴァー著『スター・ウォーズ エピソード3 シスの復讐』富永和子訳 (ソニー・マガジズ、2005)

IV. ジョージ・ルーカス著『スター・ウォーズ 新たな希望』石田亨訳 (竹書房、1996)

V. ジョージ・ルーカス原案、ドナルド・F・グルート著『スター・ウォーズ 帝国の逆襲』同上。

VI. ジョージ・ルーカス原案、ジェームズ・カーン著『スター・ウォーズ ジェダイの復讐』同上。

1) IV. 107

2) I. 239-240

3) V. 152

4) I. 145

5) II. 220

6) II. 221

7) 同上。

8) II. 222

9) II. 295

10) II. 297

11) III. 199

12) III. 480

13) III. 501

14) IV. 105

15) IV. 106

16) IV. 105

17) V. 121-122

18) V. 139

19) V. 140

20) 同上。

21) V. 140-141

22) VI. 90

23) VI. 91

24) 同上。

25) VI. 96

東野圭吾『ガリレオ』における「技術者倫理」

Engineering Ethics in Higashino Keigo's *Galileo*

笠井 哲

福島工業高等専門学校一般教科

Akira Kasai

Fukushima National College of Technology, Department of General Education

(2013年9月13日受理)

Yukawa Manabu of the genius physicist receives the request of Kusanagi Shunpei of the detective in the friends of university student days, and solves the cases in Higashino Keigo's *Galileo*. They are the mysterious cases to get with the supernatural phenomenon that Yukawa wrestles. Author Higashino is the former engineer. In the frame called the whodunit, Higashino lets Yukawa of the chief character speak the following things. About the relations with technology and the human being more about relations with technology and the society. The purpose of this paper is to consider the engineering ethics in Higashino Keigo's *Galileo*.

Key words: Higashino Keigo, *Galileo*, Yukawa Manabu, engineering ethics

「どうした、諦めるのか？」湯川が電話で訊いてきた。「一年近くも準備してきたんだろ。警察に捕まることも覚悟の上だったんだろ。だったら、何を躊躇う必要がある。私のことなら気にするな。これもまた自業自得だ。教え子に正しく科学を教えてやれなかったことに対する罰だ」¹⁾
(「猛射つ うつ」より)

1. はじめに

東野圭吾(1958～)の『ガリレオ』は、天才物理学者の湯川学が、大学時代の友人で刑事の草薙俊平の依頼を受け、超常現象ともとれる不可解な事件を解決してゆく推理小説の連作シリーズである。これは、現在までに8冊が刊行されており、『ガリレオシリーズ』とも『物理学者湯川シリーズ』とも呼ばれている。

東野は、大阪府立大学工学部電気工学科を卒業し、日本電装株式会社(現デンソー)に技術者として入社した。勤務の傍ら推理小説を書くが、江戸川乱歩賞受賞後に専業作家となる。

つまり、東野は元エンジニアであり、あくまで推理小説の枠組みの中においてであるが、科学技術と人間、さらに科学技術と社会との関係について、主人公湯川を通して主張している。本稿の目的は、東野圭吾の『ガリレオ』における「技術者倫理」について考察することである。

2. 苦悩する物理学者

本稿のテキストは、『ガリレオの苦悩』と最新作の『禁断の魔術 ガリレオ8』の2冊とする。この2冊には、特に人間と科学または科学技術について、丹念に描かれているからである。

まず、『ガリレオの苦悩』は、2008年に『聖女の救済』と同時刊行された推理短編小説集である。以前の湯川は、犯罪に対しても第三者的であり、科学の力で犯行のトリックを解くことに専念していた。しかし、この短編集から犯罪や犯罪者にまでも、深く関わるようになる。そのため、ガリレオの「苦悩」という題のもとに纏められているのである。この作品集に、テレビドラマ『ガリレオ』の企画から生まれたキャラクターである、内海薫が登場する。本作品集には、湯川が深く関与する事件が多く収録されている。

第一章の「落下る おちる」では、マンションから30歳の銀行事務員・江島千夏が転落死する事件が発生する。被害者に鍋で殴られた痕跡があったことから、他殺の可能性も浮上したため、捜査一課が担当することになった。

その後、被害者の先輩である岡崎光也が名乗り出て、被害者宅を訪れたことや、マンションを出て行った後で被害者が転落する場面を目撃し、その場でピザ屋の店員にぶつかったとアリバイを供述する。

しかし、女性刑事の薫は、女性の下着が入った宅配便が玄関にあったことなどを理由に、岡崎が被害者と恋人関係にあると睨み、岡崎に疑念を向ける。しかし、その岡崎が離れた場所において、どうやって被害者を転落させたのかはつかめないでいた。

そこで、薫は草薙に頼み込んで、以前捜査協力をしてきた湯川に協力を仰ぐことに。しかし、草薙から紹介状を受けた湯川には協力する意思がなく、頑なに協力を拒むのであった。落胆した薫であったが、トリックに関する自分の仮説を述べたことで、湯川に「価値のない実験なんかはない」²⁾という言葉を送られ、自分の説の検証に挑んでいく。無骨な草薙と異なり、目端の利いた内海薫が湯川の心をとらえる。

第二章「操縦す あやつる」では、湯川と恩師との対決が描かれている。かつて「メタルの魔術師」³⁾と呼ばれた元帝都大学助教授であった友永幸正は、久々にかつての教え子たちと自宅で酒を飲んでいて、幸正が席をはずし、教え子たちが話をしていると、離れ家から炎が上がり始める。

離れ家に住んでいたのは、幸正の息子邦宏で、消防の必死の消火もむなしく、すでに息を引きとっていた。警察は、火事による焼死と見たが、遺体の状態から刺殺であることが判明した。しかし、離れ家は密室である。さらに凶器も見つからず、特定もできていない。

担当の草薙たちが現場に到着すると、何とそこには湯川がいた。湯川も、この久々の再会に参加する予定であり、その場には間に合わなかったものの、事件の状況は把握していた。

偶然事件に巻き込まれた湯川であるが、事件の真相を追うにつれ、意外な真相を知ることになる。前作の結末で、捜査協力への復帰を否定した湯川であったが、恩師を救うため積極的に事件に関わる。なお、この事件については、項を改めさらに検討したい。

第三章「密室ろ とじる」では、大学時代の友人でペンションを経営する藤村から、ある事件に関わる謎の解明を依頼された湯川は、藤村のペンションに招かれる。謎は、藤村のペンションの原田という宿泊客が、部屋を抜け出し、ガードレール下の崖から転落死したのであるが、その行動に疑問を感じるというのである。

事件の前、夕食頃に藤村が被害者を読んだところ応答がなく、ドアチェーンが掛かり、窓からも鍵がかかっていた。二度目に呼んだ時には、被害者がいる気配がしたが、しばらくすると他の客から窓が開いているのを聞いたときには、被害者は失踪し転落死していた。

藤村は、最初に呼びかけた時には、鍵がかかった部屋にいなかったはずの被害者が、二度目に呼びかけた時に、部屋にいたという「密室」の謎が気に掛かっていた。原田は転落死する前に、施錠された密室を出入りしていたというのである。

藤村の頼みを聞いた湯川は、謎を解明するため、周囲への聞き込みを開始する。しかし、藤村は必要以上に事件前の周囲の状況を詳しく知ろうとする、湯川の詮索を嫌い、最終的に調査を断ってしまう。しかし、その次の日、湯川は事件の裏にある一つの結論を藤村に告げる。

ここでは、友人のために、奔走する湯川の姿が描かれている。彼の学生時代は、科学にしか興味のない堅物であったと前作で指摘されていたが、ここでは友に対して深い思いやりを示す。湯川が、人間味溢れる人物として描かれている。

第四章「指標す しめす」では、75歳の老婦人、野平加世子が絞殺される。事件があった時には、被害者が飼っている犬がどこかへいなくなっていた。仏壇に巧妙に隠した10キロもの金塊が、盗まれていることから、事件を担当する草薙と内海は、被害者の内情を知る者の犯行と判断する。

犯行のあった日に被害者宅を訪ねた、保険外交員の間瀬貴美子に嫌疑がかかる。貴美子は、亡くなる直前の野平老人を訪問しており、金塊のありかを知っていた。証拠が見つからず、捜査は難航するのであった。

ある時、同僚の岸谷と真瀬家の張り込みをしていた内海薫は、貴美子の娘・中学生の葉月が一人で家を出るところを見かける。不法投棄が行われている場所まで後をつけたとき、薫と葉月は洗濯機に捨てられた被害者の犬の死骸を発見する。

薫は、葉月からの証言を聞く。その証言は、葉月がダウジングをすることで、被害者の犬の居場所を突き止めたという、俄かには信じられない内容であった。葉月の証言の対応に困った薫は、湯川に相談を持ちかける。それを聞いた湯川は、真偽を確かめるため、葉月との対面を薫に指示する。

極度の子ども嫌いであった湯川が、会話できるようになっているのが興味を引くが、湯川の科学に対する見方も、人間的なものになっている。

「葉月ちゃんが本当のことを話してくれたおかげで、報告書も書きやすくなりました。ところ一つだけ訊いていいですか」

「なんだ」

「どうしてダウジング試験装置を使わなかったんですか。先生のことだからきっと、振り子の力を信じている彼女の目を覚まさせようと思うたんですけど」

すると湯川は彼女の顔を見つめ、ため息をつきながらかぶりを振った。

「君はまだ科学というものがわかってないな」
薫はむっとした。「どうしてですか」

「神秘的なものを否定するのが科学の目的じゃない。彼女は振り子によって、自分自身の心と対話をしている。迷いを振りきり、決断する手段として使っているにすぎない。振り子を動かしているのは彼女自身の良心だ。自分の良心が何をめざすのかを示す道具があるなら、それは幸せなことだ。我々が口出しをすべきことじゃない」⁴⁾

ここでは、科学と宗教を対立させて考えるのではなく、むしろ、科学の領域の外部には宗教の入る余地を認める、カントに代表される近代の哲学者のような考え方が表明されている。

第五章「攪乱す みだす」ストーリーは、次のようである。ある日、警視庁へ一通の手紙が届いた。「悪魔の手」を名乗るその手紙の差出人は、自分の意思で自在に人を葬ることができるという。

俄かに信じがたいその内容に、警察は悪戯とも本物の予告状とも決められずにいた。しかし、その予告状にはT大学Y准教授の名が書かれていた。

すると草薙の元に湯川から電話がかかってくる。なんと、湯川の元にも似たような手紙が届いたという。犯人は、湯川に挑戦状を出したということであった。犯人が誰か、本当の目的は何か、警察が何もわからぬまま、「悪魔の手」を名乗る人物が動き出す。

その後、「悪魔の手」は奇妙な方法による犯行予告による殺人をはじめ、様々な手を使って、警察を翻弄した。警察は、打つ手のない状況に困り果てる。

しかし、湯川の推理と薫の執念が、犯人のトリックのわずかな綻びからその真実を暴いていく。指一本触れずに殺害する手段を探る謎解きとともに、自らの命を賭け犯人を暴く、湯川の奮闘振りが際立っている。

3. 人の心がわかる

「操縦す あやつる」で、恩師幸正から警察に捜査協力していることを聞かれ、湯川は苦笑し目を伏せた。

「研究をサボって、何をしているんだと叱られそうですね」

「いや、学んだことを人助けに利用するのは、学者として当然のことだ。世の中には、その逆をする人間も多い。つまり、学んだことを人殺しに使う連中のことだ」

湯川は頷いてから幸正の顔を見つめた⁵⁾。

ここでは、学問とは何か、何のためにするのか、という問に対する著者東野の答が示されている。また、その恩師であっても、湯川は決して妥協しない。

「湯川先生」彼女は声をかけた。顔を上げた彼に訊いた。「これでいいんですね？」

「もちろんだ。何か問題でも？」

いいえ、と首を振り、薫は部屋を出た。外で草薙が待っていた。

「あいつは真の科学者だ。だから、科学を殺人に使う人間のことは許せないんだよ。たとえ恩人であっても」

薫は黙って頷いた⁶⁾。

科学という学問は、真理の追究だけでなく、人を幸福にできなくても、不幸にすることは決してあってはならないと東野は考えているのである。そして、シリーズの進行に伴って、変人ガリレオが大きく変貌を遂げるのが、次の瞬間であった。恩師の気持ちを慮り、何とか救いたいと表明するのである。この物語は、次のように締めくくられている。

「君は変わったな。昔は科学にしか興味がなかったはずなのに。一体いつの間に、人の心がわかるようになった」

湯川は微笑した。

「人の心も科学です。とてつもなく奥深い」

友永は教え子をじっと見つめ、頷いた。

「その通りだな」そして白髪頭を下げた。「ありがとう」⁷⁾

4. 科学技術と人間

『禁断の魔術』は、シリーズ初となる全篇書下ろしである。著者によると、前作の『虚像の道化師 ガリレオ7』で、シリーズの短編は終わりと考えていた。当初は、『虚像の道化師』もこれまでの短編同様に5編収録させようと考えたが、湯川や草薙の人生や生活を積極的に書こうという想いから、湧き上がったアイデアが収まらなくなったようである。

『禁断の魔術』をテキストに選んだのは、従来よりも湯川の人間性が色濃く描かれているからである。

第一章の「透視す みとおす」には、湯川が透視能

力をもつホステスに、その力を披露されたら、どんな反応をするのかという着想から、湯川が挑む謎が殺人に関係しないものになっている。

草薙に連れられ、彼の行きつけの銀座のクラブ「ハーブ」に通った湯川は、そこでホステスのアイの接客を受ける。アイは湯川に出させた名刺を見ることなく、湯川の苗字を言い当てる透視の芸を披露する。一度は、コート裏側の刺繍を見た、と推理した湯川であったが、自分の名前や職業まで言い当てられて驚愕する。

それから4か月後、アイこと根本美香が殺害される事件が発生した。荒川沿いの草むらで、死体となって発見された。美香の足の間に付着していた煙草の葉っぱを足掛かりに、草薙たちは顔見知りの犯行として捜査に当たる。継母との確執以外、美香には死者への同情抜きでも、誰からも慕われる女性であったため、彼女を殺す動機のある人物の特定に難航してしまう。

やがて草薙は、美香を殺した犯人を突き止め逮捕した。犯人の動機は、美香に例の透視によって、横領を見抜かれたことにあった。しかし、美香の透視のからくりが判らず、動機の解明に行き詰まった草薙は、湯川に相談する。そして草薙から経緯を聞いていた湯川は、透視の謎と美香の抱える問題に光を当てていく。

第二章の「曲球る まがる」でも、湯川が殺人事件解決以外に、人助けのために科学の知識を生かしている。これは、戦力外通告を受けたプロ野球選手と、殺人事件に巻き込まれた妻の物語である。

プロ野球選手の柳沢忠正の妻・妙子が、スポーツクラブの駐車場で撲殺される事件が発生した。捜査の結果、アイドルグループの追っかけの資金繰りのために犯行に及んだ、スポーツクラブの元警備員が逮捕され事件は解決した。

妙子は、生前にデパートで置時計を購入しており、柳沢自身も心当たりがないことから、妙子が置時計を買った理由は謎のままとなった。

事件後、野球選手として限界を実感していた柳沢は、遺留品の置時計を返却しにきた草薙に話の流れで、湯川を紹介される。これをきっかけに、湯川から科学的な監修を受けることになった。

そうした中、偶然柳沢とファミレスでコーヒーを飲んだ湯川は、柳沢の車から錆が出ているのを発見した。その車が、事件当日に妙子が乗っていたと聞いた湯川は、草薙と内海とともに妙子の行動を調べ始める。そして、その置時計の背景にあった妙子の想いが明らかになる。物語最後の湯川と草薙の会話を、見てみよう。

「なあ湯川、実際のところはどうなんだ」草薙は訊いた。「柳沢投手はプロのピッチャーとして復活できるのか」

「それは僕のような素人にはわからない」湯川は、さらりといった。「ただ、断言できることはある」「何だ」

「どのように投げれば、ボールがどのように変化するかは科学で解明できる。だけど、どう投げるかは投手次第だ。そこに物理学の入り込む余地はない。人間の身体の動きが精神に大きく影響を受けることは、多くの実験によって明らかにされている」

「すべては本人次第ということか」⁸⁾

科学一辺倒であった湯川が、人間の精神にまで言及するようになっていく。湯川の変化、成長が見て取れる発言である。

第三章の「念波る おくる」では、湯川がこれまでの事件とは、異なるアプローチをする様子が描かれている。双子の間に、テレパシーは存在するかがテーマである。主婦の磯谷若菜が東京の自宅で襲われ、意識不明の重体となった。これを最初に知ったのは、双子の妹である御厨春菜である。遠く離れた長野の自宅で、姉からのテレパシーを受け取った。この双子の姉妹には、テレパシー能力があるという。

テレパシーなどは存在せず、若菜が襲撃されたことを春菜が知った方法は別にある、と捜査を続けるのが草薙と内海である。しかし湯川は、春菜のテレパシーの能力を信じ、本格的にその研究を始める。湯川が、テレパシーを信じた理由とは何か。双子の姉妹が相互に念波るテレパシーの謎に、湯川が迫る。

「あの話を聞いた時、すぐに彼女が嘘をついていると思った」

「なぜだ。科学的にありえないからか」

「科学でなく心理の問題だ。今も姉が苦しんでいることだけはわかる一考えてみるよ。そんな時に、呑気に物理学者の好奇心に付き合っているだろうか。病院に駆けつけ、四六時中そばにいたいと思うのがふつうじゃないか？ テレパシーの存在が証明されようが否定されようが、彼女にはどうでもいいことのはずだから」⁹⁾

といい、科学的に解明するより、心の問題に昇華させている。「操縦す あやつる」で、東野は湯川に「人の心も科学」といわせているが、さらに一歩進めて、科学でも説明しきれない心の領域を認めている。

第四章の「猛射つ うつ」は、『禁断の魔術』の半分の頁をしめる中編である。東野は「自分のせいで殺人犯になりかねない人間がいたら、湯川はどうするのか」というテーマで、犯罪に手を染めようとする信頼する愛弟子に対する、湯川の意外な行動を描く。

『容疑者Xの献身』や『聖女の救済』にも匹敵するほど、中身の濃い作品である¹⁰⁾。

といわれている、この第4章について、次に詳しく検討してみよう。

5. 禁断の科学技術—おわりにかえて—

ある年の5月、帝都大学の新入生古芝伸吾が、湯川の研究室を訪ねるところから物語が始まる。

実は以前、伸吾が所属していた「物理研究会」の入部希望者を増やすために、高校のOBである湯川に、ある装置の製作を手伝ってもらったのである。その後、しばらく疎遠になっていたが、湯川の実験のモチベーションであったことが、書かれている。

しかし、湯川のことを忘れたことはなかった。それどころか、彼に憧れる気持ちが勉強時の集中力を高めてくれたといえる。志望は帝都大学、それ以外には考えられなかった。ただし物理学科ではなく、機械工学科を目指した。そちらのほうが就職しやすいと考えたからだ。伸吾は湯川に憧れていたが、自分が学者タイプでないことはわかっていた¹¹⁾。

伸吾には、湯川以外にも尊敬する人物がもう一人いた。それは伸吾の亡き父親、恵介である。重機を扱うメーカーの技術者であった。恵介の口癖は、「科学を制する者は世界を制す」であったという。

「オリンピックが良い例だ、ただ身体を鍛えるだけでは勝てない。健康管理にトレーニング、テクニク、戦術、道具、スパイク、水着—スポーツ科学を極めた者にしか勝利は与えられない。根性論や精神論なんてナンセンスだ。いや、精神さえも突き詰めれば脳科学の話だ。逆にいえば、科学を味方につけた者は無敵だ。どんな夢さえも叶う」夕食時の晩酌のビールが進むと、恵介はいつもこんなことをいった¹²⁾。

伸吾は、「また始まった」と思いながら、父のこういう話を聞くのは、嫌いではなかった。いつしか彼自身も、科学に興味を示すようになっていたのである。

伸吾は、湯川のいる帝都大学で科学をしっかりと学び、父親のような優秀な技術者になる、現時点での目

標であった。帝都大学に入学して、青春を謳歌するはずであった伸吾の人生は、湯川と会った帰り道で一変する。仲の良かった姉の秋穂が殺された。その後、伸吾は大学を辞め、秋穂を殺した犯人を自力で突き止めることに成功した。姉の敵を討とうとするのである。

その復讐の道具が、かつて湯川と一緒に作った「レールガン」という装置であった。もちろん、当時は実験用に作ったものであるが、改造すれば殺傷能力の高い武器にもなり得るのである。

捜査を始めた草薙と薫の次の会話には、湯川の「科学技術」に対する考え方が明確に打ち出されている。

車から降りると身体が震えた。雛祭りを過ぎたというのに、まるで真冬の気温だ。

「うー、寒い。どうして今年は、いつまでもこんな寒いんだ。暖冬が恋しいねえ」首をすくめて歩きだしながら草薙はいった。

「そんなことをいったら、湯川先生に叱られますよ」同行してきた内海薫が、草薙の友人の名前を出した。「あの方は地球温暖化を本気で心配しておられますから」

「ふん、温暖化の原因を作ったのは、奴ら科学者だつてのに」

「それは認めておられますみたいです。だから科学者は反省すべきだと」

「へえ、珍しいな」

「どんなに素晴らしい科学技術を生み出しても、使う人間が愚かだと世界はだめになる。そのことを肝に銘じなきやいけないと先日いっておられました」¹³⁾

すなわち、素晴らしい科学技術というものも、それ自体は善でも悪でもない。その科学技術を使用する人間次第で、善にも悪になりうるというのである。

「君たちはフリーライター殺害事件を捜査しているんだっただ。なぜ古芝君の会社に関き込みに行っただのかは知らないが、彼が事件に関係している可能性は百パーセントないと断言できる。ただ、行方がわからないというのは気になる。居場所が判明したら知らせてくれないか」

「ああ、そうしよう。しかしおまえが百パーセントなんて表現を使うことは珍しいな。何ごとにも絶対はない、というのが信条だったんじゃないのか」

「自信たっぷりだな。たった二週間の付き合いなのに」

「ただの二週間じゃない。その間に一緒に研究し、一つのを協力して作り上げた。どういう人間かはわかっている」

「なるほどね。おまえがそこまでいうなら、そうなんだろうな」¹⁴⁾

ここで、東野が湯川に語らせているのは、エンジニアとして重要な視点である。「ものづくりは人づくり」というのは、こういう状況から生まれたフレーズであるといえる。内海薫が、湯川に尋ねる。

「参考までに伺いますが、レールガンの発射物が人の頭に当たったらどうなりますか」

「さあね」湯川は気のない返事をした。「そんなことは考えたこともない。何度もいうようだが、レールガンは実験装置であって武器じゃない。もちろん君のいいたいことはわかっている。使う人間によって武器になる。だろ？ 科学技術には、常にそういう側面がある。良いことばかりではない。使い方を間違えれば、禁断の魔術となる。そういうことも彼には教えたつもりだったが……」

「古芝君は、その言葉を忘れたんでしょうか」
湯川は首を振った。「そうでないことを祈るだけだ」¹⁵⁾

湯川の発言に、ガリレオ8のタイトル「禁断の魔術」が登場してくる。ここで、それ自体では善とも悪とも決めることのできない、科学技術の両義性が語られている。

姉の復讐をしようと、レールガンセットした伸吾から、制御権を奪った湯川は、次のように語りかける。

「私がここへ来たのは、一言でいえば責任を取るためだ」湯川はいった。「事情はわかっている。君だって聖人君子じゃない。愛する人を見殺しにされた恨みを晴らしたいと思うこともあるだろう。だけど思い出してほしい。レールガンの研究に没頭した時のことを。二人でどんな話をした？ 科学の素晴らしさを語り合っただろ。私は君にそんなことをさせたくて科学を教えたんじゃない」伸吾は頷いた。返す言葉などなかった。

しかし、と湯川は続けた。

「無理に断念させようとは思わない。君がどうしても思いを遂げたいというなら力を貸そう。君にそのレールガンを作らせたのは私だ。だから私が決着をつける。撃ちたいと思うなら、そういつてくれ。代議士の頭部が照準器に入った瞬間、私はレールガンを発射させる」¹⁶⁾

そして、この後で決断できないで師に対して、湯川が発したのが、本稿の冒頭の言葉である。さらに、湯川は伸吾の尊敬するもう一人の人物、彼の父親の仕事について話し始める。それは、伸吾が知らなかった父親の一面である。

「お父さんは地雷撤去の機械を開発し、カンボジアで利用しようとしていた」

「地雷」

驚いた。初めて聞く話だった。

「開発を提案した時の報告書の前書きには、こうある」湯川がいった。「地雷は核兵器と並んで、科学者が作った最低最悪の代物である。いかなることがあっても科学技術によって、人間の生命を脅かすことは許されない。私は科学を志す者として、過去の過ちを正したい。どうだ？ 今、君がやろうとしていることは、果たして天国のお父さんを喜ばせるだろうか。」¹⁷⁾

この話を聞いたことで、伸吾は復讐を断念し、湯川も殺人を実行せずに済む。父が聞かせなかった科学技術の負の側面、今自分の行おうとしているのは、地雷と同じ科学技術の悪用であると感じいたのである。これが、東野圭吾の主張する「技術者倫理」であった。

文 献

- 1) 東野圭吾：禁断の魔術 ガリレオ8, p. 323 (文芸春秋, 2012)
- 2) 東野圭吾：ガリレオの苦悩, p. 46 (文春文庫, 2011)
- 3) ガリレオの苦悩, p. 77
- 4) ガリレオの苦悩, p. 267
- 5) ガリレオの苦悩, p. 134
- 6) ガリレオの苦悩, p. 156
- 7) ガリレオの苦悩, p. 165
- 8) 禁断の魔術 ガリレオ8, p. 118
- 9) 禁断の魔術 ガリレオ8, p. 165
- 10) 洋泉社編集部編：増補改訂版 東野圭吾全小説ガイドブック, p. 59 (洋泉社, 2013)
- 11) 禁断の魔術 ガリレオ8, p. 179
- 12) 同上。
- 13) 禁断の魔術 ガリレオ8, p. 180-181
- 14) 禁断の魔術 ガリレオ8, p. 211-212
- 15) 禁断の魔術 ガリレオ8, p. 309-310
- 16) 禁断の魔術 ガリレオ8, p. 320-321
- 17) 禁断の魔術 ガリレオ8, p. 324

メモリスタを用いた可変論理回路の構成

Construction of Variable Logic Circuits with Memristors

大槻 正伸

福島工業高等専門学校電気工学科

Masanobu Ohtsuki

Fukushima National College of Technology, Department of Electrical Engineering

(2013年9月17日受理)

The memristor is said to be the 4-th fundamental passive circuit element which follows R (Resistor), L (Inductor), and C (Capacitor), and in 1971 it was pointed out by L.O.Chua that such elements should exist.

It has been found in 2008 by HP researchers, which varies its resistance value when current flows through it, and when we stop to apply the voltage, it keeps the resistance value at that time.

In this paper we propose a way how to construct variable logic circuits with memristors, that is, the logic circuits which vary its functions by varying the resistances of memristors in them.

Key words: memristor, logic circuits, variable logic circuit

1. はじめに

「メモリスタ (memristor)」とは、「(電圧をかけ)電流を流すことによりその抵抗値が変化し、電流を流すのをやめると、やめた時点での抵抗値を記憶しておく」という性質をもつ電気回路素子である^{1),8)-12)}。

メモリスタは Leon Chua が、 R 、 L 、 C に続く第4の電気回路の基本素子 M としてその存在を 1971 年に予言したが、その後実際に存在するかどうか分らなかったものである¹⁾。

しかし 2008 年に、HP (ヒューレットパッカード) 社の研究者 Stanley Williams らが、ナノメートルスケールのシステムで実際にメモリスタを構成し、それが現実に存在することを示した^{8) 10)}。また、パナソニック社の研究者らは、ヒューレットパッカード社とは全く異なるアプローチでメモリスタを実現した¹¹⁾。

現在ではメモリスタを含む電気回路の動作解析シミュレーションを行う方法に関する研究⁴⁾⁵⁾、高集積度不揮発性メモリ等の実現に応用する試み⁶⁾⁷⁾、メモリスタをニューロンの擬似装置として用いて、機械学習に応用する試み等について研究されはじめている¹²⁾。

本論文では、メモリスタを用いて「可変論理回路」および「可変論理回路システム」を構成する方法を提案する。

コンピュータのハードウェアは、その名の通り硬いものであり、一度製作してしまうと、変更しようがないのが普通である。したがって、その設計には細心の注意を払い、動作シミュレーション等により回路動作の確認を行い、そうして製作する。しかしその上で製作後に設計不良等が見つかった場合は、設計、製作し直しとなる。

このような事情を考えると、製作後もその機能が変更可能なハードウェアが作れば非常に有用である。

今回は、メモリスタを用いて、ハードウェア製作後も、機能制御用メモリスタの抵抗値を変化させることにより、計算されるBoole関数の変更が可能な、組み合わせ論理回路の構成を行う。

2. メムリスタの基本機能

ここで、メモリスタの機能について述べる。

今回本論文で扱うメモリスタは、次に説明する分かりやすいモデルのものとする。より一般的な「メモリスタタイプシステム(下記(1)(2)式が拡張されたシステム)」については文献 8), 9), 10)等に説明されているのでここでは省略する。

ここで扱うものは「Coupled variable-resistor model」とよばれヒューレットパッカード社が開発したメモリスタの数学モデルである⁸⁾。

まずこのモデルでは、メモリスタは低抵抗の *Doped 領域(Doped Domain)* と高抵抗の *Undoped 領域(Undoped Domain)* の2つの領域からなる、長さ D (一定) の素子であり、状態変数は *Doped 領域* の長さ $w(t)$ のみである。*Doped 領域* の、長さ D あたりの抵抗値は R_{on} 、*Undoped 領域* の D あたりの抵抗値は R_{off} であり ($R_{on} \ll R_{off}$)、このメモリスタはこれらが直列に接続された構造をもつ。状態変数、すなわち *Doped 領域* の長さ $w(t)$ は時間とともに変化する。

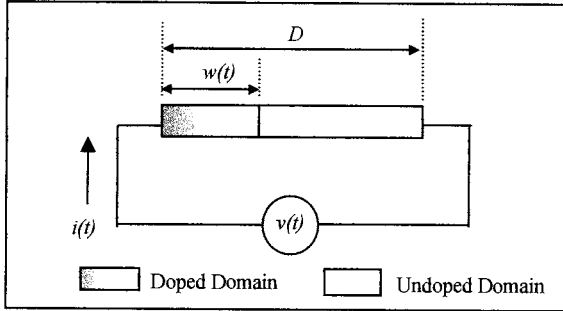


Fig.1 The coupled variable-resistor model

この素子の動作の方程式は下記のとおりである。

$$v(t) = \left\{ \frac{w(t)}{D} R_{on} + \frac{D-w(t)}{D} R_{off} \right\} i(t) \quad \text{--- (1)}$$

$$\frac{dw(t)}{dt} = \mu_v \frac{R_{on}}{D} i(t) \quad \text{--- (2)}$$

ここで μ_v は、電子の移動度であり材料特有の定数となる。*Doped 領域* の長さ $w(t)$ が状態と考えられ、状態 $w(t)$ により、メモリスタ全体の抵抗値が決まる ((1)式)。また *Doped 領域* は電流値 $i(t)$ によりその「成長 (あるいは縮小) する速度」が決まる ((2)式)。

このような素子は、電流が正方向 (Fig.1 で左から右に流れる方向) に流れれば、(2)式より *Doped 領域* が大きくなり全体の抵抗は小さくなるし、また逆方向に電流が流れると $w(t)$ が小さくなるから素子全体の抵抗値は大きくなる。

なお、 $w(t)$ は、 $0 \leq w(t) \leq D$ の間で変化する、正の方向に電流が流れ $w(t) = D$ (あるいは逆方向に流れ $w(t) = 0$) になってもそれまでと同じ方向に電流が流れた場合、 $w(t)$ は D (あるいは 0) のまま一定となる。すなわち、 $w(t)$ が「飽和」したら、メモリスタの抵抗値は (飽和させた電流方向に電流が流れていれば) 変化せず、抵抗と同じ働きをする。実際に Williams らが開発したメモリスタの長さ D は $D = 10$ [nm] 程度ということであり、実際に文献8) では、 $R_{off}/R_{on} = 160$ 、 $\mu_v = 10^{-10}$ [cm²/sV] と報告されており、メ

メモリスタ 1 個の動作解析例が紹介されている。以下本論文ではいくつかの定数を決定しなくてはならないが、一例として $R_{on} = 100$ [Ω] とし、その他はすべてこの文献8) の定数を元に算出することとする。

3. メモリスタを用いた可変論理回路の構成

3.1 基本ユニット

まず次のスイッチ SW-A と SW-B を用意する。SW-A はシーケンス制御の用語でいうと、NO (Normally Open) のスイッチであり、SW-B は 3 点スイッチである (Fig.2)。これらのスイッチは、電子回路的にはトランジスタを用いて構成できるが、ここでは分かりやすく単にスイッチ要素として表記することとする。

これらのスイッチの機能は、SW-A はスイッチのコントロール信号 SC が "0" のときは開 (Open) となり、SC が "1" のときには閉 (Close) となるスイッチである。SW-B は SC が "0" のときは C-B が接続状態になり、SC が "1" のときには C-A が接続状態になるスイッチである。

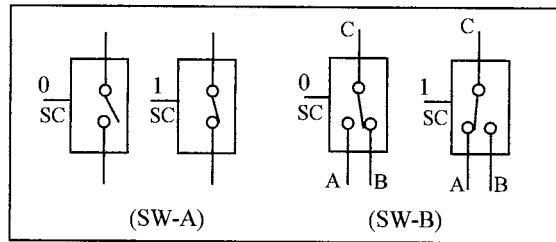


Fig.2 The Switch Elements (SW-A, SW-B)

次にメモリスタを1個含みメモリスタの電流方向制御をする基本ユニット (Basic Unit-BU) を考える (Fig.3)。

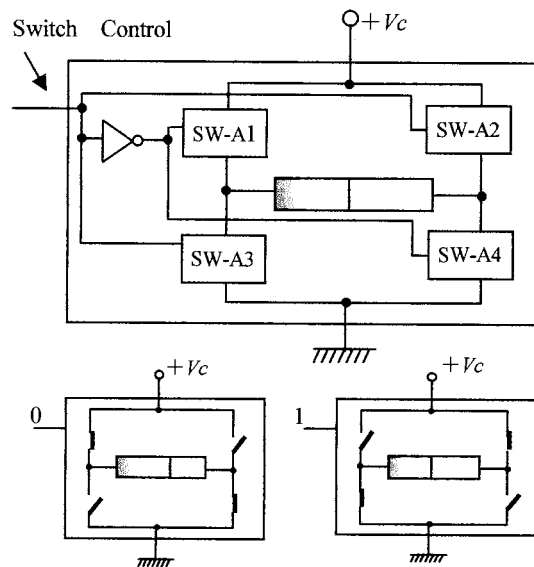


Fig.3 The Basic Unit (BU)

これは、BUのスイッチコントロール信号 (Switch Control) により、スイッチのSw-A1とSw-A4、またはSw-A2とSw-A3を連動して開または閉にし、メモリスタにかかる電圧の方向 (流れる電流の方向) を制御するものである。

3.2 基本可変論理回路

前記BUを用いてFig.4の基本可変論理回路(Basic Variable Logic Circuit—BVLC)を構成する。

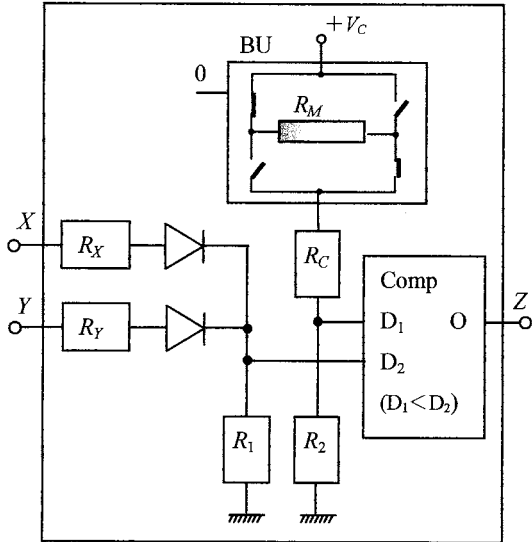


Fig.4 The Basic Variable Logic Circuit (BVLC)

ここで、 V_C は論理回路の基準電圧とし、5[V]を標準とする。回路全体に対する入力はXとY、出力はZである。X、Y、Zは“0”、“1”の2値信号、すなわち、0[V]または V_C [V]とする。

R_X 、 R_Y 、 R_1 、 R_2 、 R_C は設計者がその抵抗値を決めることができる抵抗であり、Comp($D_1 < D_2$)は、 D_1 、 D_2 端子の電圧 V_{D1} と V_{D2} を比較し $V_{D1} < V_{D2}$ のとき“1”を、そうでないとき“0”を出力するコンパレータである (コンパレータも電子回路的にはOPアンプを用いて構成するが、今回はわかりやすくFig.4の記号を使用しておく)。

そして、BUのメモリスタは、Switch Control信号を“0”にして飽和させた状態、またはSwitch Control信号を“1”として飽和させた状態のどちらかで使用することとする (Fig.4はSwitch Control信号を“0”にして飽和させた状態である)。すなわち、メモリスタの抵抗値を R_M とすると、 $R_M = R_{on}$ または $R_M = R_{off}$ として使うものとする。

そうすると、コンパレータに入る電圧は、

$$V_{D1} = \frac{V_C R_2}{R_M + R_C + R_2} \quad \text{--- (3)}$$

となる。

また、 V_{D2} は

$$(X=0, Y=0 \text{ の場合}) \quad V_{D2} = 0 \quad \text{--- (4)}$$

($X=0, Y=1$ の場合、 $X=1, Y=0$ の場合はそれぞれ)

$$V_{D2} = \frac{V_C R_1}{R_Y + R_1}, \quad V_{D2} = \frac{V_C R_1}{R_X + R_1} \quad \text{--- (5)}$$

$$(X=1, Y=1 \text{ の場合}) \quad V_{D2} = \frac{V_C R_1}{R_{XY} + R_1} \quad \text{--- (6)}$$

$$\text{ここで、} \quad R_{XY} = \frac{R_X R_Y}{R_X + R_Y} \quad \text{--- (7)}$$

である。以後簡単のため、 $R_X = R_Y = kR_1$ としておく。

そうすると、

$$(X=0, Y=0 \text{ の場合}) \quad V_{D2} = 0 \quad \text{--- (再掲 4)}$$

($X=0, Y=1$ の場合、 $X=1, Y=0$ の場合)

$$V_{D2} = \frac{V_C}{k+1} \quad \text{--- (5')}$$

$$(X=1, Y=1 \text{ の場合}) \quad V_{D2} = \frac{2V_C}{k+2} \quad \text{--- (6')}$$

となる。ここで(6')と(5')の差を最大にするため、 $k = \sqrt{2}$ とすると、

$$(X=0, Y=0 \text{ の場合}) \quad V_{D2} = 0 \quad \text{--- (再掲 4)}$$

($X=0, Y=1$ の場合、 $X=1, Y=0$ の場合)

$$V_{D2} = \frac{V_C}{\sqrt{2}+1} \doteq 0.414V_C \doteq 2.07[\text{V}] \quad \text{--- (5'')}$$

($X=1, Y=1$ の場合)

$$V_{D2} = \frac{V_C}{\sqrt{2}+2} \doteq 0.586V_C \doteq 2.93[\text{V}] \quad \text{--- (6'')}$$

となる。

次に V_{D1} について考える。(3)より

$$V_{D1} = \frac{V_C R_2}{R_M + R_C + R_2} = \frac{V_C}{1 + \frac{R_C + R_M}{R_2}} \quad \text{--- (3')}$$

であるが、 $R_M = R_{on} = 100[\Omega]$ または $R_M = R_{off} = 16[\text{k}\Omega]$

($\rightarrow 2$ 節)とし、 $R_C = 900[\Omega]$ 、 R_2 を1[k Ω]と選ぶと、 $V_{D1} = 0.50V_C = 2.50[\text{V}]$ ($R_M = R_{on} = 100[\Omega]$ のとき)

$V_{D1} \doteq 0.056V_C \doteq 0.28[\text{V}]$ ($R_M = R_{off} = 16[\text{k}\Omega]$ のとき)

以上により、次のようにして、4種類の2入力論理回路が実現できることがわかる。

【A】 $R_M = R_{on} = 100[\Omega]$ の場合

回路全体の出力Zは

($X=0, Y=0$ の場合) $Z=0$

($X=0, Y=1$ の場合、 $X=1, Y=0$ の場合) $Z=0$

($X=1, Y=1$ の場合) $Z=1$

となり、これはAND回路になる。

【B】 $R_M = R_{on} = 16 [k\Omega]$ の場合

回路全体の出力Zは

($X=0, Y=0$ の場合) $Z=0$

($X=0, Y=1$ の場合、 $X=1, Y=0$ の場合) $Z=1$

($X=1, Y=1$ の場合) $Z=1$

となり、これはOR回路になる。

【C】 $R_M = R_{on} = 100[\Omega]$ で、 D_1 と D_2 への入力配線を交換した場合

この場合は【A】の論理の否定となるから、NAND回路になる。

【D】 $R_M = R_{on} = 16 [k\Omega]$ で D_1 と D_2 への入力配線を交換した場合

この場合は、【B】の否定で、NOR回路になる。

以上の議論で明らかになったようにFig.4の型の回路で、メモリスタの抵抗値を変えることにより、4種類の基本的な2入力論理回路が実現できることがわかる。

実際にこの考え方で、可変論理回路を実現する場合、0.28[V]、2.07[V]、2.50[V]、2.93[V]の比較が正確に行われるためには、もう少し余裕幅があった方が回路実現が楽になると考えられる。この場合は必要に応じて、基本電圧(V_C)を、この可変論理回路部分のみ、例えば10[V]に上げる等の調整をするなどの対策が考えられる。

4. 可変論理回路システムの構築

4.1 2入力可変論理回路システム

以下で、前節3.2で構成した基本可変論理回路

(BVLC)を用いた可変論理回路システムを構成する。

まず、次の拡張可変論理回路 (EVLC—Fig.5) を考える。これは次のような特徴のある回路である。

(特徴1) 初めに回路の機能をAND,OR,NAND,NOR回路のどれかに設定ができる。

(特徴2) 電源を切った場合その時点での論理回路の機能を保持し、次回は、電源を入れるだけで記憶した(電源OFF時の)論理回路の機能を持つようになる。

(特徴3) ある機能に設定した後、いつでもまたAND, OR,NAND,NOR回路に設定変更が可能である。

Fig.5の拡張可変論理回路 (EVLC)について簡単に説明する。入力端子はX,Y、出力端子はZである。

そして、 $Z = X \cdot Y$ (AND)、 $Z = X + Y$ (OR)、

$Z = \overline{X \cdot Y}$ (NAND)、 $Z = \overline{X + Y}$ (NOR) のいずれかに設定可能である。

この、X,YからZを計算する部分は基本的にはBVLCの

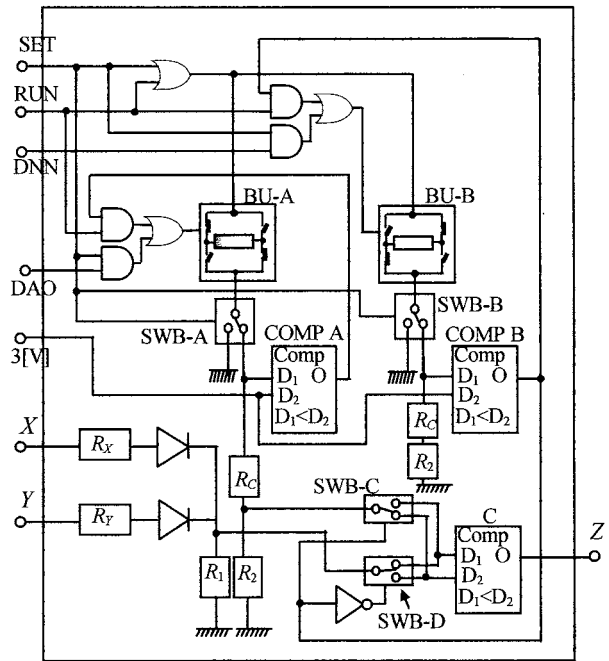


Fig.5 The Extended Variable Logic Circuit (EVLC)
(2-Inputs Variable Logic Circuit System)

構造となっていて、BU-Aの状態により、AND回路

(BU-A内のメモリスタの抵抗 R_M が R_{on} の場合)かOR回路(同 R_{off} の場合)になる。ただしSWB-C、SWB-Dの切り換えにより、AND、ORのままかその否定のNAND回路、NOR回路になる。BU-B内のメモリスタの抵抗 R_M が R_{on} の場合ANDかORに、 R_{off} の場合NANDかNORになる。

まとめると、BU内のメモリスタの抵抗値 R_M は、 R_{on} または R_{off} のどちらかで使うが、 R_{on} の場合を”0”、 R_{off} の場合を”1”とすると、(BU-A,BU-B)の状態が、(0,0)のときAND回路、(0,1)のときNAND回路、(1,0)のときOR回路、(1,1)のときNOR回路となる。コンパレータCOMP BはBU-Bの状態を計測し、”0”、”1”を出力してSWB-C、SWB-Dの切り換えを行っている(→3.2【C】【D】)。

外部信号DAO (Data for AND/OR)、DNN (Data for NAND/NOR)がそれぞれBU-A,BU-Bに”0”または”1”を設定するためのデータである。BU-A、BU-BにDAO,DNNで指示されるデータの設定は外部信号SETを一定時間(0.17[s])”1”にすることで実現される。

設定動作のタイムチャートをFig.6に示す。これは、BU-Aに”1”を、BU-Bに”0”を設定し、回路全体をOR回路に設定する場合の例である。RUN信号は、回路全体を論理回路として通常動作することを指示する信号のため、設定する場合は”0”とし、SET信号のみを一定時間(0.17[s]以上程度)”1”とする。このSET信号の必要時間

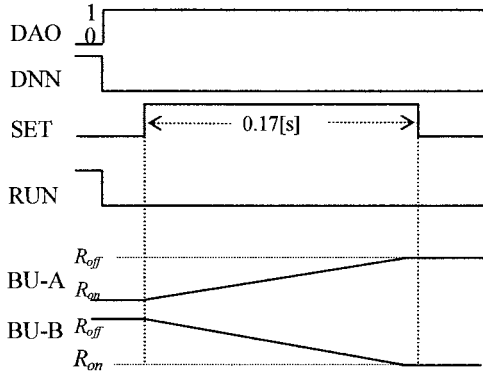


Fig.6 The Time Chart of Setting BU-A, BU-B

の算出については文献5),6), 8)参照。

以上のようにして回路の機能を設定した後、SET信号を”0”に、RUN信号を”1”にすると回路は設定した機能の回路として動作する。なぜなら、RUN信号が”1”になったら即コンパレータA,BがBU-A、BU-Bの内容(“0” ($R_M=R_{on}$)、”1” ($R_M=R_{off}$))を計測し、計測結果により、BU-A、BU-Bの電流方向制御を正しく行い、また、SWB-A、SWB-BもSET信号が”0”であることにより正しくスイッチングし基本可変論理回路が構成されるからである。

4.2 多入力可変論理回路システム

4.1のEVLCは2入力で、その機能が設定可能な可変論理回路であった。ここではEVLCを用いて、多入力の可変論理回路(MVLC)を構成する。Fig.7のMVLCシステムは、4入力の可変論理回路システムである。これは入力が(X_1, X_2, X_3, X_4)で、出力がZの可変論理回路で、 $Z=f_0(f_1(X_1, X_2), f_2(X_3, X_4))$ を計算するが、 f_0, f_1, f_2 はそれぞれAND, OR, NAND, NORのいずれかが設定可能である。

これを、さらに、8入力、16入力等々に拡張することは容易である。

このMVLCシステムの設定後の論理回路としての機能は明らかである。Fig.8に設定動作のタイムチャートを示す。この図はMVLCシステムを $Z = \overline{(X_1 + X_2)} + (X_3 \cdot X_4)$ を計算する論理回路に設定する例である。

5. まとめ

本論文では、メモリスタを用いて、可変論理回路システムを構築した。まずは、2入力の基本可変論理回路(BVLC)を構築し、これを用いて、外部からの信号に

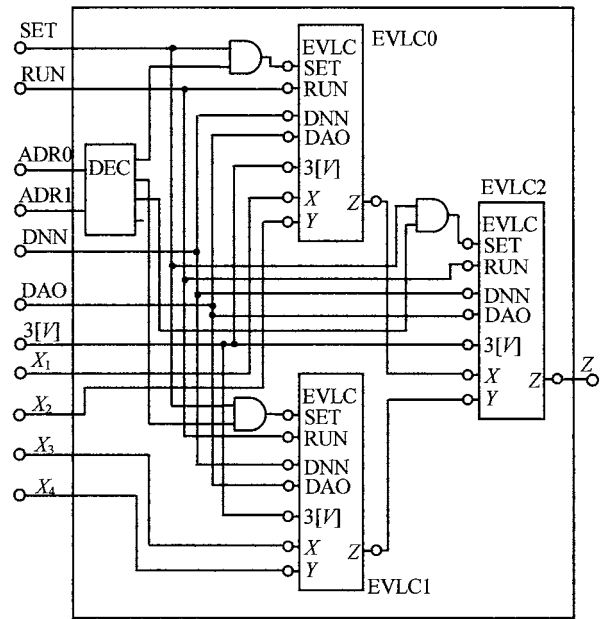


Fig.7 The Multi-Inputs Variable Logic Circuit System (MVLC System)

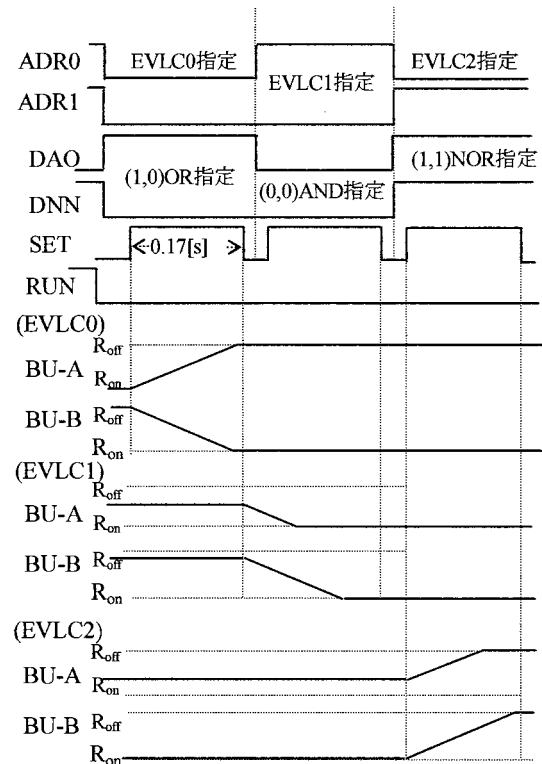


Fig.8 The Time Chart of Setting MVLC System

より(AND, OR, NAND, NOR)の機能を自由に設定できる、2入力の可変論理回路システム(EVLC)を構築した。そして最後に、EVLCを用いて、多入力可変論理回路システム(MVLC)を構築した。

MVLCは、外部信号の制御により、何種類もの論理回

路を設定でき、一度設定した論理回路の機能は、電源をOFFしても、次回電源ONすれば（再設定するまで）保持される、という性質を持つ。

可変論理回路は文献 2), 3) 等でも提案されているが、これらはすべて、

(従来特徴1) 常に各回路に対して、機能制御のための外部入力を与え続けなくてはならないこと、

(従来特徴2) したがって、大規模な論理回路では、外部信号（機能を指示するための信号）数が膨大になってしまうこと、

(従来特徴3) 電源を切るとそれまでの機能は消えてしまい、新たに使用する場合は、また所定の外部設定信号を入力し続ける必要があることが特徴としてあげられる。

それに比べて、ここで構築した可変論理回路は、(本システム特徴1) 機能を指定するには、外部から一回設定信号により機能を指定すれば、あとは機能指定信号による制御は不要であり、RUN信号をONにするのみで設定した論理回路として動作する、

(本システム特徴2) 今回設計したシステムのように、機能を指示するための外部信号数は一定であり、従来よりも少なくすむ、

(本システム特徴3) 電源を切っても、その時点の機能を保持し、次回同じ機能の論理回路が必要な場合は、電源を立ち上げRUN信号をONにするだけでよい、という優れた特徴がある。

今後の課題として

(課題1) ここで構築した方式(Fig.7のMVLCシステム)で、どの程度の種類の論理回路が設定可能か、その能力を解析すること

(課題2) Fig.7のシステムの配線を変更し

$Z=f_2(f_0(X_1, X_2), f_1(X_3, X_4))$ のみでなく例えば

$Z=f_2(f_1(f_0(X_1, X_2), X_3), X_4))$ 等を計算するようにも設定ができるようにする、というようなより柔軟な可変論理回路システムの構築について考察すること

(課題3) 教師信号（正しい（入力, 出力）の組）をいくつか与えて、正しくそれを計算する回路を自動的に設定できるような「学習」機能を持たせる方法について考察すること、

等があげられる。

謝 辞

本研究はJSPS科研費23500072基盤Cの助成を受けたものである。

参 考 文 献

- 1) L.O.Chua, Memristor—The Missing Circuit Element, IEEE Trans. Circuit Theory 18, No. 5, pp.507—519, 1971
- 2)江端 克彦, 倉谷 典子, 吉岡 信夫, 久津輪 敏郎, 可変論理回路における冗長関数の影響について, 電子情報通信学会論文誌 A Vol.J76-A No.4 pp.692-696, 1993
- 3)福原 雅朗, 鈴木 八十二, 吉田 正廣, ニューロンMOSトランジスタを用いた可変論理回路の提案, 電子情報通信学会論文誌 C Vol.J86-C No.2, pp.202-203, 2003
- 4) 大槻正伸, 渡辺秀行, 國分啓徳, メムリスタを接続して構成される回路の動作の解析について, 福島高専研究紀要第 50 号, pp.43—48, 2009
- 5) 大槻正伸, 國分啓徳, 渡辺秀行, メムリスタを含む電気回路の動作解析アルゴリズムの設計——RLCM 回路の解析——, 福島高専研究紀要第 51 号, pp.13—18, 2010
- 6) 大槻正伸, 一ノ瀬智浩, 西内拓也, メムリスタを用いた不揮発性メモリシステムの構成, 福島高専研究紀要第 52 号, pp.19—24, 2011
- 7) 大槻正伸, 一ノ瀬智浩, 西内拓也, メムリスタを用いた不揮発性多値メモリシステムの構成, 福島高専研究紀要第53号, pp.1—6, 2012
- 8) D.B.Strukov, G.S.Snider, D.R.Stewart, R.S.Williams, The missing memristor found, Nature Vol.453, pp.80—83, 2008
- 9) F.Y.Wang, Memristor for introductory physics, Cornell University Library arXiv0808.0286v1, 2008 (<http://arxiv.org/abs/0808.0286>)
- 10) R.S.Williams, How We Found the Missing Memristor, IEEE Spectrum, 2008 (<http://www.spectrum.ieee.org/print/7024>)
- 11) パナソニックプレスリリース <http://panasonic.co.jp/corp/news/official.data/data.dir/jn100624-3/jn100624-3.html>
- 12) メムリスタに関する国際シンポジウム動画 <http://www.youtube.com/watch?v=QFdDPzcZwbs>

裏切りのエシックス

—太宰治「駄込み訴へ」論—

Ethics of betrayal in the text of “Kakekomiuttae” written by Osamu Dazai

高橋宏宣

福島工業高等専門学校一般教科

Hironobu Takahashi

Fukushima National College of Technology , Department of General Education

(2013年9月17日受理)

Why did Judas in “Kakekomiuttae” written by Osamu Dazai betray Jesus? This article analyzed the process of narrowness of Judas’ mind that had no choice without betrayal although he had been a devout believer in Jesus.

Judas had a high intellectual faculty, a good head of business and a management skill of daily life. So he was very proud. And he believed he could understand what nobody else could understand. But that offended the teachings of Jesus. Jesus taught Judas how imperfect he was. But Judas didn’t accept that. As a result, Judas betrayed Jesus.

Key words: Osamu Dazai, Kakekomiuttae, betrayal, ethics

1 はじめに

本論は、太宰治の「駄込み訴へ」(『中央公論』昭和一五・二)を読み解き、ユダが「あの人」(イエス)を裏切つて、「旦那さま」に売るにいたつた理由を考察したものである。こうした問題設定は、「駄込み訴へ」の批評史や研究史の中で繰り返し提示され、それに対する回答も、ユダの語りと内容の両面から、探究され続けてきた。本論は先行研究の論点を整理してその成果を踏まえながら、ユダの語りで「語り落とされているもの」に着目し、裏切りの理由を再検討してみたいと思う。

発表当初、「駄込み訴へ」は「新味」がなく「成功してゐない」作品と評され、また「基督を売つたユダの心理が余りにもまつとう²」であるとして、独創性の乏しさが難じられた。反対に、人間の精神が両極に振れる様態を見事に描いた作品とも評価された³。こうした両極端な評価が面立し得た背景には、昭和九年刊行のシエストフ『悲劇の哲学』(阿部六郎・河上徹太郎訳、昭和九・一、葎書房)の存在がある。同書の影響の下にユダが文学的に主題化される条件は既に揃っていたのであり⁴、「有名な逸話を下地としてイエスとユダの関係が生身の人間同士の物語に変換される素地は、時代的に十分準備されていた⁵」のであった。『新約聖書』の単なる現代版翻案が、発表時において陳腐なものであったことを考えると、「駄込み訴へ」もまた、新たに解釈されたユダを文学的に表象していこうとする機運に沿う形で構想されたものと思われる。

先行論の数は多いが、大別すると、太宰治の創作意図に関するもの、ユダの裏切りを内在批評的に読解するもの、作品の生成過程に関するもの、以上の三つに分けることができる。

太宰の創作意図を探った論としては、太宰の左翼運動からの離脱体験の反映をユダに見る論⁶、左翼運動のみならず昭和五年から十一年にかけての太宰の私生活における苦悩の投影をユダに認める論⁷がある。内在批評的読解では、初期には、ユダがイエスを「梓の子」と見たのか、それとも「人の子」と見たかという点に着目した論⁸が発見され、その後、イエスとユダの対立を、内容、語りの両面から分析するようになった。渡部芳紀は、イエスとユダを「理想主義者」と「現実主義者」の対立としたが⁹、山田晃はユダを「愛の理想家」と見立てて、イエスとユダが単純な二項的対立になつていないことを示した¹⁰。「駄込み訴へ」がユダの一人称の語りによつて成立し、その中のイエスがあくまでユダの目を介して形象化されたものである以上、ユダとイエスの間に「対立」を前提してしまうと、作品の読解にある種の歪みを内包してしまうことになるだろう。

作品の生成過程に関する先行論では、「駄込み訴へ」が先行する文献をどのように取り込んで成立したかについて、詳細な検討を重ねてきた。『新訳聖書』に関しても、四つの福音書の中の一つだけが参照されたのではなく、複数の福音書の記述が踏まえられていることが明らかにされ、更に塚本虎二主宰の『聖書知識』の影響¹¹、及び昭和九年から始まつた山岸外史との交友と、山岸の「人間キリスト記」(『ユギト』昭和一二・一二〜昭和二三・六。単行本『人間キリスト記』は昭和二三年一月に第一書房より刊行)の影響が指摘されている。高橋清隆は、『新約聖書』の四福音書(「マタイ」・「マルコ」・「ルカ」・「ヨハネ」)による福音書)及び『聖書知識』と、「駄込み訴へ」の本文を詳細に比較し、「駄込み訴へ」がこれらの先行する文献からどのように行文されていったかを明らかにした¹²。高橋論から教えられるのは、「駄込み訴へ」の冒頭部分(「あの人」との春の浜辺での散歩より前の部分)と結末部分(小鳥の声の挿話以降)が、『新約聖書』の四福音書にも、『聖書知識』にもないことである。木村小夜は「駄込み訴へ」の成立に山岸外史の「人間キリスト記」の影響を指摘したが¹³、山岸の「人間キリスト記」にも、先に指摘した「駄込み訴へ」の冒頭部分と結末部分にあたる記述はない。

このことから、「駄込み訴へ」冒頭部分、すなわち、「あの人」と自分との関係を簡潔に述べ、他の弟子たちを愚弄しつつ「あの人」の意地悪を告発する部分と、結末部分、すなわち、夜にさえずる小鳥の声に語りを妨げられ、「旦那さま」から銀三十を受け取る部分、以上の二箇所が太宰の創造したユダということになる。この部分のユダの語りの中に、『新訳聖書』のユダとも山岸外史のユダとも異なる、イエスを裏切らねばならなかった理由が、揺曳しているものと思われる。

ユダは「駢込み訴へ」の冒頭で次のように訴えている。

あの人は、私の師です。主です。けれども私と同じ年です。三十四であります。私は、あの人よりたつた二月おそく生れただけなのです。たいした違ひが無い筈だ。人と人との間に、そんなにひどい差別は無い筈だ。それなのに私はけや迄あの人に、どれほど意地悪くこき使はれて来たことか。
(傍縁・引用者、以下同)

私は今まであの人を、どんなにこつそり庇つてあげたか。誰も、ご存じ無いのです。あの人ご自身だつて、それに気がついてゐないのだ、いや、あの方は知つてゐるのだ。ちやんと知つてゐます。知つてゐるからこそ、尚更あの方は私を意地悪く軽蔑するのだ。

あの人は美しい人なのだ。私は、もともと貧しい商人ではありますが、それでも精神家といふものを理解してゐると思つてゐます。だから、あの方が、私の辛苦して貯めて置いた粒粒の小金を、どんなに馬鹿らしくむだ使ひしても、私は、なんとも思ひません。思ひませんけれども、それならば、たまには私にも、優しい言葉の一つ位はかけてくれてもよきさうなのに、あの方は、いつでも私に意地悪くしむけるのです。

「私」は数々の苦勞を重ねて「あの人」を庇い、世話し続けてきた。そのことを「あの人」はよく知っているにもかかわらず、「私」を「嘲弄」すると訴えるユダの口上には、「意地悪く」という言葉が三回出てくる。後に、ユダは「あの人」への捨てきれぬ愛を告白することになるが、こうした経過から読み取れるのは、自らの「無報酬の、純粋の愛情」や奉仕を「あの人」が受け取らないことに対するユダの戸惑いである。なぜ「あの人」は、自分の「無報酬の、純粋の愛情」を受け入れないのかユダには理解できない¹⁴。その苛立ちが「あの人」を非難する「意地悪く」という言葉に繋がっていると考えられる。

一度は深く帰依しながら、裏切るよりほかに選択の余地がなくなつてしまつたユダの精神の狭隘化の過程は、理解できないものを扱いきれなくなつた果てに起こるべくして起きたというのが、本論の結論である。以後、この結論にいたるまでの道筋を、ユダの語りに着目して解き明かしていきたい。

2 ユダの語り

『新約聖書』の四福音書の三人称の語りは、全知の視点から、事後的に、ユダの裏切りによるイエスの死を記述している。そこには、出来事の相違はあれ、イエスの善とユダの悪という絶対の枠組がある。一方、「駢込み訴へ」はユダの一人称の語りを採用することによつて、「あの人」の内面や意図を客観的に記述する枠組を外している。これにより、「あの人」の内面や意図は、ユダの充填すべき空所となっている。「あの人」は多くを語らず、それゆえ弟子たちはその意図を付度し、しばしばはかりかねる。ユダを除く弟子たちは、「あの人」の言動の意外性に素直に驚くだけだが、ユダだけは「あの人」の内面を巧みに構成し、常に「あの人」を理解可能な対象として捕捉し続けていく。

ユダの語りは、「旦那さま」に「あの人」を売り渡す渦中にある。そこでは、語り手であるユダも、聞き手である「旦那様」も、次に何が語られ、その語りがどのような状況を新たに生み出していくのか予測がつかない。しかも、語り終わった後に「あの人」が拘束されることは疑いない。自らの語り「あの人」の命運を決定的に左右するものである以上、ユダは常に興奮と緊張の錯綜した状態におかれている。

この作品には二箇所しか改行がない。その改行も、大幅な内容の変更を指示するものではないので、ユダは全編にわたつて淀みなく語つたと考えるのが妥当である¹⁵。ユダの語つた内容は、大きく分けて六つの部分に分けることができる。具体的には、①駆け込んで「あの人」の非を述べ立てる冒頭部分、②春の海辺での「あの人」との語り、③ベタニアのシモンの家での出来事、④エルサレムの宮殿での出来事、

⑤過越の祭の夜の宴会、⑥「旦那さま」から金銭を受け取る結末部分、の各部である。ユダは、興奮と緊張によって昂ぶる精神を統御しつつ、「あの人」を訴え出るに至るまでの二人の関係を述べ、「あの人」が売られねばならぬ理由を、「意地悪」な性格と「寂しさ」ゆえの自滅願望とに整理して訴え出ることのできる男なのである。山田晃はユダを「文藝において抜きんでたインテリ¹⁸⁾。」と述べたが、文学的な才能を含めた知的能力全般にわたり、ユダが卓越した能力の持ち主であることを、はじめに確認しておきたい。

3 鏡像としての「あの人」

そうしたユダの「あの人」への帰依の仕方は、他の弟子たちと全く異なっている。ペテロ、シモン、ヤコブ、ヨハネには、「一生を安楽に暮せるやうな土地が、どこにも無い」のであり、彼らの帰依は「現実の生活を奪われ、あるいはそこから追われた者たちが、現実の生活に代わるものを彼岸に求める¹⁹⁾」という現実的な動機に根差していた。ユダ以外の弟子たちにとって、「あの人」は「神の御子」なのであり、絶対の安息の地である「天国」へ導いてくれる至高の媒介者である。

一方、ユダにとって「あの人」はまず「美しい人」であった。ユダは「あんな美しい人はこの世に無い。私はあの人を美しさを、純粋に愛してゐる」と言っている。では、あの人が「美しい人」であるとは、ユダにとってどういう事態を指しているのだろうか。

ユダが「あの人」と春の浜辺を一人きりで散歩する場面がある。

「おまへにも、お世話になるね。おまへの寂しさは、わかつてゐる。けれども、そんなにいつも不機嫌な顔をしてゐては、いけない。寂しいときに、寂しさうな面答をするのは、それは偽善者のすることなのだ。寂しさを人にわかつて貰はうとして、ことさらに顔色を変えて見せてゐるだけなのだ。まことに神を信じてゐるならば、おまへは、寂しい時でも素知らぬ振りして顔を綺麗に洗い、頭に膏を塗り、微笑んでゐるさるがよい。わからないかね。寂しさを、人にわかつて貰はなくても、どこか眼に見えないところにあるお前の誠の父だけが、わかつてゐて下さつたなら、それでよいではないか。さうではないかね。寂しさは、誰にだつて在るのだよ。」さうおつしやつてくれて、私はそれを聞いてなげだか声出して泣きたくなり、いいえ、私は天の父にわかつて戴かなくても、また世間の者に知られなくても、ただ、あなたお一人さへ、おわかりになつてゐて下さつたら、それでもう、よいのです。私はあなたを愛してゐます。ほかの弟子たちが、どんなに深くあなたを愛してゐたつて、それとは較べものにならないほどに愛してゐます。

「あの人」は、「不機嫌な顔」をして他者に「寂しさ」を読み取らせるユダの作為を戒め、それを「偽善」だとし、天上の絶対者である「神」の承認を受け入れるよう教諭している。しかし、ユダの気持ちには「神」へとは向かず、「あの人」による承認だけを求めることになる。ユダが抱いたのは理由のわからない深い感動であつて、崇高な教えによって説得された喜びではない。

「おまへの寂しさは、わかつてゐる」と言われたユダは、「なぜだか声出して泣きたくな」つたと言っている。高橋清隆は「ユダは寂しさにさいなまれてゐる¹⁸⁾。」と指摘し、高橋論を受けて西原千博は、引用部でのユダの感動が、「あの人」に自身の「寂しさ」が理解されたことにより生じたと述べている¹⁹⁾。これは重要な指摘である。ユダは「ずいぶん広い桃屋」を持つ裕福な家に生まれ、両親も健在で、「立派な青年」との誇りと「趣味家」としての自負を持ち、何一つ不自由のない半生を送つてきた。しかし、何らかの満たされなさや欠如を抱えており、それを自分で埋め合わせる事ができずにいた。それを「おまへの寂しさは、わかつてゐる」と現世でただ一人見抜いたのが「あの人」であり、そのことへの深い感動がこの場面での「あの人」への「愛」として語られているのだと考えられる。

それにしても、何事も饒舌に語り得るユダが、「あの人」の「美しさ」の中身について全く言及していないのは奇妙である。

けれども私は、あの人の美しさだけは信じてゐる。あんな美しい人はこの世に無い。私はあの人の美しさを、純粋に愛してゐる。それだけだ。

ユダは「美しさ」の内面に言及することなく、「純粋に愛してゐる」こと「だけ」を語る。言葉不可能な「美しさ」を備えた「あの人」とは、言葉による分節化を超越した境位に現出する幻像＝理想像であり、その理想像との一体化がユダにとっては至福の境地と錯覚されている。ユダの最終的な願いは、「あの人」に導かれて「天国」へ至ることではない。ユダの絶対の安息とは、次のようなものである。

私には、いつでも一人でこつそり考へてゐることが在るんです。それはあなたが、くだらない弟子たち全部から離れて、また天の父の御教へとやらを説かれることもお止しになり、つつましい民のひとりとして、お母のマリア様と、私と、それだけで静かな一生を、永く暮して行くことであります。

「…」

私は、ただ、あの人から離れたくないのだ。ただ、あの人の傍にゐて、あの人の声を聞き、あの人の姿を眺めて居ればそれでよいのだ。さうして、出来ればあの人に説教などを止してもらひ、私とたった二人きりで一生永く生きてゐてもらひたいのだ。ああ、さうなつたら！ 私はどんなに仕合せだらう。

「あの人」と「私」、その二人を慈愛のまなざしで見つめる「お母のマリア様」。これが、ユダの思い描く幸福の極点としてのイメージである。そこで「あの人」は「天の父」との関係解消し、「つつましい民のひとり」となつて「私」と同じ地平に立つことが望まれる。これはまさしく、J・ラカンの提唱した幼児の鏡像段階における、鏡に映つた自分の像を見て喜悅する主体と、それを見守る母の視線という構図である²⁰。ユダは「あの人」を自己の鏡像として見出し、自己の同一性の根拠を、「あの人」の中に見出してしまつたのである²¹。だから、同じ年齢であることや、「たいした違ひが無い」ことが繰り返して強調される。「あの人」への信従を決めた最初の出来事についてユダは語つておらず、なぜ恵まれた境遇を捨てて「あの人」に信従したのかは不明である。しかし、信従の初発の動機がなんであつたにせよ、ユダの語つている現在、「あの人」がユダを現世に括り付けている幻像であることは確かである。

ユダは現世への執着を語り、「あの人」の教えに導かれて「天国」へ至ることを拒否する。その理由は、「天国」に行つてしまえば、「あの人」を現世において独占することができなくなつてしまうからである。鏡像の双数関係にある二人が、他人には窺い知れない「寂しさ」を共に抱え、苦行の果てに二人だけの「静かな一生」を手に入れるという幻想こそ、「あの人」への「無償の奉仕」、「無報酬」の「純粋の愛情」の源泉となつているのである。

しかし、ユダが「あの人」に自らの働きに対する「優しいことば」を求めれば求めるほど、理想像への同一化は原理的必然として、「自己の主人性を他者と争う闘争の過程²²」になつていく。

私はあなたを愛してゐます。ほかの弟子たちが、どんなに深くあなたを愛してゐたつて、それとは較べものにならないほどに愛してゐます。誰より愛してゐます。ペテロやヤコブたちは、ただ、あなたに附いて歩いて、何かいいこともあるかと、そればかりを考へてゐるのです。けれども、私だけは知つてゐます。あなたに附いて歩いたつて、なんの得するところも無いといふことを知つてゐます。それでゐながら、私はあなたから離れることが出来ません。どうしたのでせう。あなたが此の世にゐなくなつたら、私もすぐに死にます。生きてゐることが出来ません。

「あの人」なしには生きられないという痛切な愛の告白からは、ある関係に捕らわれていることにおぼろげに気づきながら、それをどうしてよいかわからないユダの戸惑いと不安が読み取れる。あの人を「美

しい人」として見出し、それとの同一化を至福の極致と認識してしまった以上、それ以前の状態に無傷で戻ることはできない。ユダが「あの人」に主人性を行使しようとするれば、「あの人」は「師は必ず弟子よりも優れたもの」と言明してユダの欲望を否定する。宗教的帰依を介して関係を結んだのに、宗教を介する限り、ユダの望みは決して満たされることはない。ユダはいずれ「自己の権利を侵略する自己と酷似した同類に対する激しい攻撃性と憎悪を内包³³」せざるをえなくなり、「あの人」を攻撃する事態を避けることができなくなっていくのである。

4 鏡像関係の崩壊①—商才と帰依の矛盾—

生活能力のない「あの人」や他の弟子たちに代わって、ユダは「宿舎の世話から日常衣食の購求まで」を引き受け、「あの人」の「奇蹟」の演出もしていた。

五つのパンと魚が二つ在るきりの時でさく、目前の大群衆みなに食物を与へよ、などと無理難題を言ひつけなまつて、私は陰で実に苦しいやり繰りをして、どうやら、その命じられた食ひものを、まあ、買ひ調へることが出来るのです。

商人としてのユダが優秀であることは疑いない。しかし、そのことは「あの人」への帰依と矛盾する側面を持つ。

ユダは金銭を介して商売する。つまり、ユダは貨幣を媒介としてモノを交換する能力に長けていた。商売とは、まだ交換されていない特殊で限定的な価値しか持たないモノを、貨幣を仲立ちとして、誰にとつても有用で価値のある普遍的なモノへと変える営みである。そこにあるのは、貨幣による普遍化の作用である³⁴。

一方、宗教的帰依とは、他の誰とも取り替えのきかない者を師として見出し、従うことである。ユダにとつて「あの人」は、取り替えのきかない人であり、貨幣によって計量できない人のはずであった。

つまり、ユダは、モノを普遍化する能力に長けると同時に、「あの人」を自分だけの理想像として限定しておきたいという願望を持っていたわけである。ユダの商才＝貨幣による普遍化の能力は「才能」として肯定的に捉えられているため、この能力が「あの人」への帰依と矛盾するとは決して意識されない。だから、「あの人」のために商才を発揮して無理難題を解決すればするほど、ユダは貨幣による普遍化の能力の肯定と唯一の存在である「あの人」の代替の拒否のはさまで引き裂かれていくのである。ユダが「あの人」を裏切る下地は、帰依の初期において、既にユダと「あの人」の関係の中に組み込まれていたのがある。

5 鏡像関係の崩壊②—ユダの知性の限界—

ユダが高い知的能力を持っていることは先に述べた。それに加え、ユダは生活能力のない「あの人」や他の弟子たちの世話まで一人で引き受ける現実処理能力をも持ち合わせている。そのユダにとつて理解不能であったのは、「あの人」がなぜ自分に「意地悪」をするのかということであった。そこには「あの人」の何らかの意図が働いているはずなのであるが、それがユダにはわからない。

「あの人」の意図とはどのようなものなのか。次に引用するのは、「あの人」の言葉である。

まことに神を信じてゐるならば、おまへは、寂しい時でも素知らぬ振りして顔を綺麗に洗ひ、頭に膏を塗り、微笑んでゐなさるがよい。わからないかね。寂しさを、人にわかつて貰はなくても、どこか眼に見えないところにあるお前の誠の父だけが、わかつてゐて下さつたなら、それでよいではないか。

「あの人」は超越者としての「神」の位置について述べている。「神」は絶対者であり、すべてを知っている。だから、神に先んじて、神より多く、出来事の意味など知ることはできない。この真実を受け入れよ。そう「あの人」は説いている。それは換言すれば、卑小な存在としての自分を受け入れよということである。出来事の正しさは「神」が保証しているのであるから、未知の出来事に遭遇した時に取るべき態度は、出来事をありのままに受け入れること、わからないものはわからないままに受け入れることである。「あの人」はこの教えを、多くの場合態度を通じ、弟子たちの中に浸透させようとした。

ユダは、高い知的能力と現実処理能力とを備えた、誇り高い男である。それに加え、次のような特殊な才能さえあると言う。

私は、ひとの恥辱となるやうな感情を嗅ぎわけるのが、生れつき巧みな男であります。自分でもそれを下品な嗅覚だと思ひ、いやであります。ちらと一目見ただけで、人の弱点を、あやまず見届けてしまふ鋭敏の才能を持つて居ります。

ユダは「恥辱」や「弱点」といった、人が露出を深く恐れて胸中深くに固く秘しているものすら看破できると豪語する。目に見えないものの存在すら一瞬で探りあてる自己の能力に対して、ユダは過剰なほどの自信を持つ。その「鋭敏の才能」は、「生まれつき」の天賦の才として、自己陶醉と見紛うほどの自信とともに、全面的に肯定されている。

ユダは、本来理解不可能なものまで理解可能なものとして知的に処理せずにはいられない男なのである。わからないものをわからないまま受け入れ、そこに「神」の存在を認めよという「あの人」の教えが、ユダの自己の能力に対する過剰な自信といかに背馳するものであるかは明白である。自分にわからないことを措置できる高次の存在を認め、それに敬意を払うためには、わからないものを前にしたとき、自分の能力の限界を自覚できなければならない。ユダにはそれができなかった。

「あの人」が、そうしたユダの知的側面を見落とすはずがない。「あの人」がユダに課した修行とは、自己の知的能力の限界を自覚することなのであった。だから、「あの人」はユダを容易に結論の出せない状態においた。それがユダには「意地悪」と感じられたのである。現世には理解不能なものがあり、現世の秩序一般を超越的につかさどっている神が存在するということを、「あの人」は繰り返しユダに悟らせようとした。「あの人」が何より戒めるのは、「世の中は、そんなものおや無いんだ」とか、「世の中、そんなに甘くいつてたまるものか」といったような、世上の秩序一切を知っているかのようにふるまう不遜な知的態度なのである。「あの人」がユダの「無報酬の、純粋の愛情」を、それと知りつつ受け取らないのは、受け取らないことによつて、ユダの惑溺する閉じられた知性の全能感へ裂け目を入れるためであった。

ユダの知的能力への自負が「あの人」の言動と拮抗している様子を、具体的な場面に即して検証してみることしよう。ベタニアのシモン家で、マリアが「あの人」の頭に香油をかける場面がある。マリアの行為は「異様」なもので、その場に居合わせた者たちには、マリアがなぜそのようなことをするのか理解不能である。ユダはマリアの非礼を咎め、その無駄を叱つたが、それはごく自然な反応であつて、ユダの叱責に非があるとは思われない。しかし、「あの人」は次のように言つて、ユダを含めた弟子たちをたしなめる。

「この女を叱つてはいけない。この女のひとは、大変いいことをしてくれたのだ。貧しい人にお金を施すのは、おまへたちには、これからあとあと、いくらでも出来ることではないか。私には、もう施しが出来なくなつてゐるのだ。そのわけは言ふまい。この女のひとは知つてゐる。この女が私からだに香油を注いだのは、私の葬ひの備へをしてしてくれたのだ。おまへたちも覚えて置くがよい。全世界、どこ土地でも、私の短い一生を言ひ伝へられる処には、必ず、この女の今日の仕事も記念として語り伝へられるであらう。」

「女」は「あの人」の「死」を既に知っており、善行を施したのだと「あの人」は言うのだが、なぜそのようなことがわかるかについては、「そのわけは言ふまい」と言つて、口を噤んでしまう。もちろん、ユダには「あの人」の言う「そのわけ」がわからない。だから、一旦ユダは「あの人の言葉を信じません」と言い、「大袈裟なおまじ屋」と断ずる。

しかし、ユダはすぐに分析的知性を発動させ、「そのわけ」を自分の言葉で巧みに構成してしまう。ユダは「あの人」の「声」や「瞳の色」に「異様なもの」を感じ取つたと言ひ、「幽かに赤らんだ頬」と「うすく涙に潤んでゐる瞳」を根拠に「無智な百姓女」への「恋」を推論し、「私の眼には狂ひが無い筈」と確信してしまう。

また、エルサレムに入宮した後、「あの人」が宮殿を破壊し、三日で再建すると言つた時のユダの反応は次のようであつた。

傍の人もみな驚いて、これはどうしたことですか、とあの人に訊ねると、あの人の息をき切つて答へるには、「おまへたち、この宮をこはしてしまへ、私は三日の間に、また建て直してあげるから。」といふことだつたので、さすがの愚直の弟子たちも、あまりに無鉄砲なその言葉には、信じかねて、ぼかんとしてしまひました。けれども私は知つてゐました。所詮はあの人の、幼い強がりにならひがない。
あの人の信仰とやらでもつて、万事ならざるは無しといふ気概のほどを、人々に見せたかつたのに違ひないのです。

他の弟子たちは「あまりに無鉄砲」な「あの人」の言葉に嘩然とするだけであつたが、ユダだけはそれが「幼い強がり」のためとわかつたのであり、「あの人」が自らの限界を知つて自棄になつてゐると解釈する。そして、磔刑の運命にある「あの人」を売ることが自らの「義務」であり、「純粋な愛」の最終形であると自得する。

「あの人」の言動の本当の意図は、「あの人」以外にはわからないはずである。ユダ以外の弟子たちは、「あの人」の行為の不可解さに対して素直に反応する。逾越の祭の日、料理屋の二階で「あの人」が弟子たちの足を洗い始めた場面では、ユダ以外の弟子たちは「その理由がわからず、度を失つて、うろろろするばかり」であつた。だが、ユダだけは「あの人」の「秘めた思ひがわかるやうな気持」がするのである。

みんな食卓に着いて、いざお祭りの夕餐を始めようとしたとき、あの人は、つと立ち上り、黙つて上衣を脱いだので、私たちは一体なにをお始めなさるのだらうと不審に思つて見てゐるうちに、あの人は卓の上の水甕を手にとり、その水甕の水を、部屋の隅に在つた小さい盥へ注ぎ入れ、それから純白の手巾をご自身の腰にまとい、盥の水で弟子たちの足を順々に洗つて下さつたのであります。弟子たちは、その理由がわからず、度を失つて、うろろろするばかりでありましたけれど、私には何やら、あの人の秘めた思ひがわかるやうな気持でありました。あの人は、寂しいのだ。極度に気が弱つて、いまは、無智な頑迷の弟子たちにさく継りつきたい気持になつてゐるのにちがひない。可哀想に。あの人は自分の逃れ難い運命を知つてゐたのだ。

「あの人」は「寂しい」のであり、「逃れがたい運命」を知つて「極度に気が弱つて」いるのだとユダは解釈する。「寂しい」境遇の発見によつて、ユダは「あの人」との鏡像的な関係を再確認し、「いつでも光るばかりに美しかつた」「あの人」の姿を追憶する。「あの人」に足を洗つてもらつたユダは恍惚となり、「私はあのとき、天国を見たのかもしれない」とさへ述懐している。ユダに絶対の安息がもたらされる「天国」とは、同じ年齢、同じ境遇、同じ心情を持つ者同士が向き合う鏡像的關係のうちのみ見出されるものだからである。

しかし、「あの人」はこの鏡像的關係をたゞどこに破壊する。「あの人」は弟子たちに「師は必ず弟子より優れたもの」と言い、裏切り者の存在を予告し、ユダの口にパンを押し当て、裏切り者として告発するのである。

この時ユダは、「あの人」の告発に否定も異議申し立てもせず、ただ「旦那さま」のもとへ走っている。この場面は注意が必要だ。ユダは、他の弟子たちの前で公然と辱められたことに激昂して「旦那さま」のもとへ走ったと語っていて、その理屈自体は筋が通っている。しかし、いつもは「あの人」の言葉の真意や意図を推測し、その内面を構成していたユダが、この場面では「あの人」の言葉（「おまへの為すことを速やかに為せ」）の意図を忖度することなく、文字通りに実行し、「あの人」を解釈することも、その内面を構成することも放棄しているのである。

パンを口に押し当てて、裏切り者を他人の面前で名指すという「あの人」の行為は、確かに過激である。しかし、これまでの「あの人」の言動からすれば、必ずしもこの行為だけが突出しているわけではない。ベタニヤのシモン家での出来事、エルサレムの宮殿の破壊、弟子たちの足を洗う行為、そのいずれにも弟子たちに窺い知ることのできない「あの人」の意図があつたのであり、それを問いただすことこそ、弟子たちが師から学ぶ方法なのであつた。実際、裏切り者の存在を弟子の中に予言することなどどうして可能なのか、弟子たちの中に誰一人として理解できる者はいない。「あの人」がパンを口に押し当てる前に、ユダが予め「あの人」の真意を見抜いていたかのように語っているが、それはあくまで「旦那さま」に語っている現在から事後的かつ遡及的に構成した自らの内面である。事実その通りであつたとしても、裏切ろうと思っていたことと、実際に裏切ることの間には、容易に踏み越えることのできない径庭がある。だから、パンを口に押し当てられた場でユダが為すべきことは、他の弟子たちと同様に、なぜ自分が裏切り者として名指されなければならないのか、その理由を問いただすことであつた。だが、もはやユダにはそれができず、その知的能力は限界に達した。

鏡像的な双教關係を志向するユダを拒み、「天国の父」に対する關係や師弟關係のような階層性の中に自分とユダを位置づけようとする「あの人」の意図を、ユダの知的能力ではもはや分析できない。ユダの知性が失調していることは、パンを押し当てられた後に、「あの人」と自分との關係を、「水と油」のごとき「永遠に解け合ふことの無い宿命」と決定論的に処理したり、「あの人」の意図を「腹いせ」や「いじめ」や「意地悪」という実に陳腐な紋切り型でしか表現できなくなっていることから明白である。

ユダの知的能力では、「あの人」が「私」に「意地悪」する理由へと絶対に進めない。なぜなら、ユダは自分が鏡像的關係にとらわれていることと、「あの人」が自分の知的能力の限界を意識させようとしていることに気づくことができないからである。知的能力の限界に達したユダはその状態に耐えられず、自己の權利を侵害してくる「あの人」を排除することなしに安息を得られないところにまで追い詰められ、「あの人」との關係を破壊する衝動に駆られて、「旦那さま」のもとへ訴え出たのである。

6 破産する自我

ユダにとって「あの人」が決定的に重要な人物で、簡単に絶縁できる人物でないことは、これまで述べた通りである。「あの人」の居所（ゲツセマノの園）を「旦那さま」に告げるに至るまで、ユダの口上には「あの人」を売ることへのためらいが揺曳していた。

しかし、ユダは高い知的能力を持つているがゆえに、「あの人」と自分とのこれまでの出来事を整理して「旦那さま」に伝えることに成功し、「あの人」が売られなければならない運命にあつたことを、説得的に語り得てしまった。祭司長や長老たちが「あの人を殺すことを決議した」ことを、町の物売りから聞いて知っているユダは、訴え出た今、「あの人」の死が確実であることを知っている。報われぬ奉仕への不満という、転倒した形での「あの人」への愛の確認で始まった訴えは、かけがえない対象に死をもって報いる結果に終わりつつある。「あの人」との關係は修復不可能であり、ユダは自らが救済される余地まで売り払ってしまった。更に、唯一の存在であつた「あの人」を「銀三十」の金銭と交換してしまった

ことで、ユダは「あの人」を計量可能な安っぽいものと貶めてしまった。こうして「あの人」への「復讐」は、ユダが考えている以上に徹底的になされた。

それは、知的能力の高い自分が見出した美しい至高の対象が、結局は商品と変わりのない計量可能で交換可能なものでしかなかったという、自己の知性の否定でもある。知的能力の誇りが自己存立の核であったユダにとり、この自己否定は自我の破産に等しい。自我を支える鏡像的对象の破壊と、自我の中核をなす自尊心の毀損を修復するすべを、ユダは持ち合わせていない。何事もなし得る自信のあつたユダにとって、これは完全な敗北である。

物語の結末で、ユダの耳には小鳥の声がいつにも増して大きく響いてくる。

ああ、小鳥が啼いて、うるさい。今夜はどうしてこんなに夜鳥の声が耳につくのでせう。私がここへ駈け込む途中の森でも、小鳥がピイチク啼いて居りました。夜に轉る小鳥は、めずらしい。私は子供のやうな好奇心でもつて、その小鳥の正体を一目見たいと思ひました。立ちどまつて首をかしば、樹々の梢をすかして見ました。

ユダの語りを中断するかのように挿入される「声」の「正体」を、ユダは決して見ることはできない。なぜなら、それは抑圧していたものの回帰、すなわち、「あの人」を売つてはならないという抑圧された思いの噴出したものだからである¹⁰。この「声」は「つまらないこと」のはずなのに「耳について」仕方がないのだという。物語の本筋とは直接関係のない小鳥の声への言及は、語り終えることへの抵抗として挿入されたと見るべきだろう。語り終えることは「あの人」の死を意味し、それはユダの本意ではないからである。

「駈込み訴へ」ではユダの自殺について触れられていないが、「あの人」を売つたユダに残されているのは、自殺以外にないように思われる。

注

- 1 石坂洋次郎「文芸時評(4)」(『読売新聞』昭和一五・一・三一)
- 2 逸見広「文芸時評(二月創作評)」(『早稲田文学』昭和一五・三)
- 3 林房雄「新人の世界―文芸時評」(『文学界』昭和一五・三)。林は「駈込み訴へ」の主題が新しいものでないことを認めつつ、「魂の現実に動く姿を文字にとらへること」に成功した点を評価する。
- 4 詳細は、高橋英夫「ユダ的テーマの系譜」(『国文学』昭和五七・五)参照。
- 5 木村小夜「駈込み訴へ」を読む―山岸外史「人間キリスト記」との接点から―(『nichiko』108、平成二二・一〇)
- 6 亀井勝一郎「解説」(『太宰治全集第4巻』昭和三五・二、筑摩書房)
- 7 渡部芳紀「駈込み訴へ」論」(『作品論太宰治』昭和五一・九、双文社出版)
- 8 この他、笠井秋生「駈込み訴へ」試論」(『太宰治研究6』平成一一・六)は、太宰のコミュニズム運動への加担と離脱の苦悩がイエスとユダ双方に託されているとする。
- 9 玉置邦雄「駈込み訴へ」の意義」(『日本文学』9、昭和四九・一〇)
- 10 注7に同じ。磯貝英夫「饒舌―両極思考「駈込み訴へ」を視座として」(『国文学』昭和五四・七)も同様の指摘をしている。
- 11 「論語・聖書・愛―駈込み訴へ」雑記」(『一冊の講座太宰治』昭和五八・三、有精堂)
- 12 「太宰治「駈込み訴へ」と聖書」(『静岡近代文学』1、昭和六一・九)
- 13 注5に同じ。
- 14 森厚子「太宰治『駈込み訴へ』について―語りの構造に関する試論」(『解釈』昭和五四・二)は、結末にいたるまでユダが「あの人」に対する自らの感情がなぜ生まれるのか、わかっていないと指摘している。
- 15 陸根和「駈込み訴へ」論」(『実践国文学』47、平成七・三)は、「全体としてみれば、一息に語られたものであるという印象が強く、巨視的に見て言えば、これは改行なしの一続きの表現とすることができるとする。
- 16 注11に同じ。

¹⁷ 注11に同じ。

¹⁸ 注12に同じ。

¹⁹ 『「駈込み訴へ」試論』(『静岡近代文学』2、昭和六二・七)

²⁰ 「わたし」の機能を形成するものとしての鏡像段階(『エクリ』昭和四七・五、弘文堂)参照。なお、鏡像段階の理解については、福原泰平『現代思想の冒険者たち第13巻 ラカン—鏡像段階』(平成一〇・二、講談社)の解説に多くを負っている。

²¹ 注5で木村氏は、「あの人」について考えることは、自分の規範となっている「あの人」との関係への欲望を示すことであると指摘している。

²² 福原泰平『現代思想の冒険者たち第13巻 ラカン—鏡像段階』(平成一〇・二、講談社)、45頁。

²³ 前掲書73頁。

²⁴ ジンメルによれば、モノは「貨幣と等号で結ばれる」ことにより「価値を切り下げられ」る。それゆえ貨幣は「最高のものをも最低のもの水準へと引き下げる」。つまり、「物のもつもつとも固有な価値は」「換金可能であるという事実によつて傷つけられ」ることになる(ザオルグ・ジンメル『近代文化における貨幣』、北川東子編訳『ジンメルコレクション』平成一一・一、ちくま学芸文庫)。

²⁵ 島居邦朗「「駈込み訴へ」精神家の死」(『太宰治論 作品からのアプローチ』昭和五七・九、雁書館)は、小鳥の声に「キリストを売ることは自分にとってかけがえのないものを失うことになるのだぞ」という、ユダを引きとめる声」を読み取っている。

※太宰治の作品は『太宰治全集4』(筑摩書房、平成一〇・七)を底本とし、旧字体は新字体に改めた。なお、本論は、平成二十四年十二月十五日に行われた平成二十四年度日本近代文学会東北支部冬季大会(仙台ヒジネスホテル)における研究発表「裏切りのエシックス—太宰治「駈込み訴へ」論—」に基づき、成稿したものである。

常緑針葉樹の葉に含まれる放射性セシウムと その溶出特性に関する検討

Research on the Content of Radioactive Cesium in the Evergreen Leaves Contaminated
with the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident and Its Release Property

原田 正光

福島工業高等専門学校建設環境工学科

Masamitsu Harada

Fukushima National College of Technology, Department of Civil Engineering

(2013年9月17日受理)

As for decontamination of the forest in Fukushima prefecture, with the radioactive material emitted due to the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident, the prospect does not yet stand. In order to clarify the feature of the radioactive contamination in the forest and to use for the measures against decontamination of the forest and the downstream of its basin, the radioactive cesium concentration contained in the leaves for a deciduous tree and evergreens was measured. Moreover, the release amount of radioactive cesium from the tree leaves and the amount of radioactive cesium contained in lignin and cellulose of the tree leaves were investigated.

Key words: radioactive cesium contamination, evergreen leaves, ^{137}Cs content, release property

1. はじめに

2011年3月に発生した東京電力福島第一原子力発電所の事故は、多量の放射性物質を広域に放出し、福島県を中心としたエリアの放射能汚染は深刻なものとなっている。現在、汚染地域では居住区域とそれに隣接する森林の除染は進められているが、県土面積の7割以上を占める森林の除染は難しく、ほとんど手付かずの状態のままである。2012年9月に環境省の環境回復検討会が取りまとめた森林除染に対する考え方¹⁾では、森林の除染方法は林床の落葉落枝等、表面リター層の除去が効果的であるとして、林縁から20m程度を目安に住居等近隣の森林を優先的に実施することとしている。しかしながら、この方法では森林樹木の栄養源である土壌の養分が減少するほか、放射性物質によって汚染された大量の廃棄物が発生する課題が残り、森林域そのものの空間線量率の低下につながる効果的な対策が望まれている。

原発事故当時、季節的に落葉樹は葉を展開していなかったため葉への放射性物質の付着はほとんど

無かったが、樹木の幹や枝などには直接および降雨などによって放射性物質の付着が生じたと考えられる²⁾。一方、常緑樹は、事故当時葉を付けていたこともあり、汚染された降雨などとともに放射性物質が直接葉の表面に付着したものと考えられる。また、Calmonらは、森林生態系にインプットされた放射性物質による樹木の汚染は葉への沈着および葉面吸収によって起こりその後樹木内で各部位に移行することを報告している³⁾。さらに、樹木に吸収された放射性セシウムの一部は、落葉落枝により森林土壌へと移行し、再び樹木の根から吸収されて、植物体内に分配される。一方、雨水などによる森林リターそのものの流出やリターからの放射性物質の溶出も起こると考えられ、下流域における二次汚染の可能性が懸念されている。

また、樹木の幹や枝などの木質部は、セルロースやリグニンといった有機物で構成されている。セルロースは主に細胞壁の主要成分として存在し樹木を支える役割を果たしており、リグニンは特に細胞間に高濃度で存在し、細胞壁同士を結合させる役割

を果たしている⁴⁾。このリグニンが細胞壁中に蓄積していく現象が木質化と呼ばれ、木質化によって植物の強度は増加すると考えられているが、これらの物質は微生物分解が難しいことから、木質成分であるリグニンやセルロースに放射性物質が含まれる場合、容易に溶液側には出てこない可能性がある。現在、環境中で問題となっている放射性セシウムが樹木葉のリグニンやセルロースにどの程度含まれており、その溶出の挙動はどのようになっているか検討した例はない。

そこで、本研究では森林域における放射能汚染の特徴を明らかにして除染対策や下流域の二次汚染対策に役立てるため、落葉樹および常緑樹を対象として葉に含まれる放射性セシウム濃度を調査した。また、樹木葉からの放射性セシウムの溶出特性の把握や樹木葉中のリグニンやセルロースに含まれる放射性セシウムの定量を行った。なお、本論文では半減期が30年と長い放射性セシウム137(以下Cs137と記す)を用いて検討を行うことにした。

2. 調査方法

2.1 樹木葉のCs137濃度の測定

(1) フラワーセンターにおける樹木葉の採取

樹木葉の試料は、いわき市フラワーセンターにおいて2012年8月10日に採取した。この調査フィールドは、東京電力福島第一原子力発電所から南南西に約38km離れた場所にあり、常緑樹や広葉樹など多様な植物が自生している。採取はフラワーセンター管理棟東側に隣接した南北約100m、東西約50mの小規模なエリア内で実施した。

調査対象とした樹木は、落葉広葉樹のイロハカエデ、ソメイヨシノ、クヌギ、コナラ、ホウノキの5種、常緑広葉樹のヤブツバキ、スダジイ、ウラジロガシ、モチノキの4種、針葉樹としてカヤ、マツ、ヒノキ、スギの4種とした。なお、これら常緑樹のうちマツ、ヒノキ、スギ、スダジイについては、葉が展開した時期ごとに2010年、2011年、2012年の3種類に分類しCs137濃度を測定した。

(2) 分析試料の作成

落葉広葉樹は葉のみを現地にて採取し、実験室内で1週間自然乾燥を行った。常緑広葉樹と針葉樹は現地にて枝ごと採取し、実験室内で自然乾燥させた

後、枝から葉を落とした。葉は、葉身方向に約1cm幅で切断する細片化処理を行い、分析試料とした。

(3) Cs137濃度の測定

試料は、700mLマリネリ容器に充填し、Techno AP社製Bequerel monitor TN100B-15を用いて測定時間120分(検出限界35Bq/kg)で放射性セシウム濃度を測定した。試料には若干の水分を含むので、得られた湿潤重量あたりのCs137濃度を試料の含水率を測定して乾燥重量換算⁵⁾を行った。

2.2 樹木葉からのCs137溶出試験

(1) 実験試料の採取と調整

溶出試験では、樹木葉中に存在量が多かった常緑針葉樹のマツ、スギ、ヒノキを用いた。いわき市フラワーセンターにおいて2012年11月27日に採取したマツ、ヒノキ、スギの枝から2010年に展開した葉を切り落とした。一方、スギの落葉は落枝から葉を切り落とした。これらの葉を自然乾燥させた後、同様の細片化処理を行った。

これとは別に、福島県北塩原村毘沙門沼北岸の松林でも、2012年11月30日にマツの落葉を採取することができたので、溶出試験用の試料として用いることにした。

(2) 溶出試験

Cs137濃度を測定した樹木葉の試料約100gを不織ネットに入れ、2Lビーカー内で1L水道水に20日間浸漬させた。実験開始後、5日おきに浸漬水を採取して放射性セシウム濃度を測定した。なお、測定後の浸漬水は2Lビーカーに戻し実験を継続した。20日間の浸漬後は、試料を乾燥させてCs137濃度を測定した。また、毘沙門沼北岸のマツ落葉を用いた溶出試験では期間を130日程度まで延長して実施した。

2.3 木質成分中のCs137存在割合

前節2-2のマツ、ヒノキ、スギの葉およびスギの落葉を用いた溶出試験が終了した後、常圧酢酸バルブ化法⁶⁾を参考にして試料中のリグニンの抽出を行った。

分析では、2Lビーカーに放射性セシウム濃度を測定した試料を入れて氷酢酸約500mL、1M硫酸約30mL加えて1週間放置し試料に酢酸を十分に染み込ませた。その後沸騰水浴中で約6時間加温した後、2M水酸化ナトリウム溶液を約40mL加え混合した。この後ビーカー内の固体を十分に洗浄した後乾燥

させてCs137濃度を測定し、これをセルロース中のCs137濃度とした。

一方、リグニン中のCs137濃度は、抽出液の全量回収が難しいために、抽出前の試料中のCs137存在量とセルロース中のCs137存在量を用いて算出することにした。

3. 結果および考察

3.1 樹木葉のCs137濃度

(1)樹種ごとのCs137濃度

いわき市フラワーセンターにおいて、2012年8月10日に採取した樹木葉のCs137濃度をFig.1に示す。

フラワーセンター内でも場所によって地形や土壌環境の影響の違いで汚染濃度は異なると考えられる。しかし、今回の調査では場所による差を小さくするために、比較的狭く、地形や土壌環境の違いが少ないと考えられるエリアに生えている針葉樹や広葉樹を選定した。落葉広葉樹のイロハカエデ、ソメイヨシノ、クヌギ、コナラ、ホウノキはいずれも検出限界(35Bq/kg)未満であった。一方、常緑広葉樹のスダジイ、モチノキ、針葉樹のカヤ、マツ、ヒノキ、スギについては2010年または2011年に展開した葉に含まれるCs137濃度を示しているが、いずれの試料からもCs137の検出が見られた。

また、同じ常緑樹でも針葉樹と広葉樹では汚染状

況に差が見られ、広葉樹のスダジイやモチノキに比べて、針葉樹のマツやヒノキのCs137濃度が高い傾向を示していた。これは、樹木による降雨遮断効果を研究した報告⁷⁾でも、広葉樹よりも針葉樹の降雨遮断効果が高いことが指摘されており、針葉樹の方が原発事故後に飛散したCs137を多く受容してしまっただけではないかと考えられる。また、針葉樹の中でもマツやヒノキはスギに比べてCs137濃度が高い傾向を示した。マツは気孔の外側に外呼吸孔を有し、ヒノキは葉の裏面に白くY字型の気孔帯を有しているなど、いずれも大気中のCs137を含む浮遊物質を捕捉しやすい葉の形状をしており、これによりCs137の付着や吸収が起こりやすかったことが影響していたのではないかと考えられる。

(2)葉の展開年ごとのCs137濃度

フラワーセンターにおいて2012年8月10日に採取した常緑樹スダジイ、マツ、ヒノキ、スギの2010年から2012年の展開葉中のCs137濃度をFig.2に示す。

原発事故1年後の2012年に展開したマツとヒノキの葉は検出限界以下であったのに対して、事故前年の2010年に展開した葉からは多量のCs137が検出された。経年的には葉に含まれるCs137濃度は減少する傾向が見られていることや原発事故前に展開していた葉に放射性物質が多く付着した状況がうかがえる。また、事故直後の2011年に展開した葉で

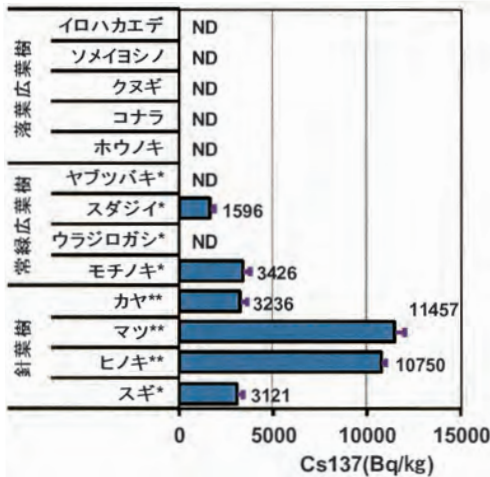


Fig.1 ¹³⁷Cs concentration in the tree leaves sampled in 2012 in Iwaki Flower center.

*and ** represent the developing year of 2011 and 2010, respectively. ¹³⁷Cs concentration is measured by Becquerel monitor, TN100B-15 (measuring time of 120 minutes, detection limit of 35Bq/kg)

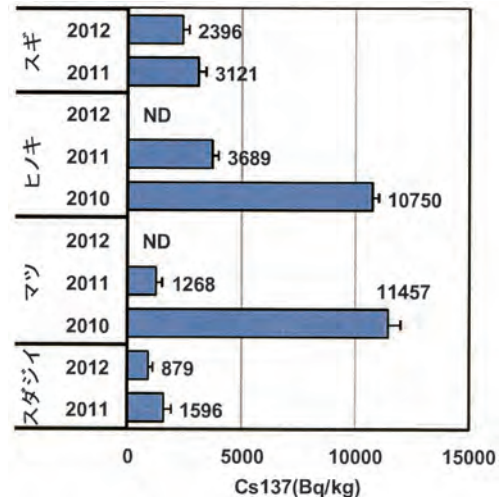


Fig.2 ¹³⁷Cs concentration in the leaves developed in 2010 to 2012.

¹³⁷Cs concentration is measured by Becquerel monitor, TN100B-15 (measuring time of 120 minutes, detection limit of 35Bq/kg)

あってもCs137が検出されており、付着だけでなく吸収による影響もうかがえる。しかし、これらの葉に存在するCs137が経根吸収によるものであるか、葉面吸収および枝幹吸収したCs137の転流などによるものであるか等については不明な点も多い。

常緑樹の葉は、樹木が置かれている環境により年数に違いは見られるが、数年で落葉すると言われている。事故当時に展開して放射能汚染を受けた葉の落葉が今後Cs137のリター層および下層土壌への移行という問題を残しており、森林域におけるCs137の今後の動態を把握するうえでは、落葉堆積物中の濃度に加えて新たに展開する葉のCs137濃度の継続的な調査が必要であると考えられる。

3.2 針葉樹の葉からのCs137の溶出

植物体を水中に浸漬するとすぐに溶解性有機物やアンモニウム態窒素やリン酸態リンなどの栄養塩成分の溶液側への移動現象⁸⁾が見られるが、本研究においてもこの溶液側への移動を溶出とした。植物体からの栄養塩類の溶出では、可溶化、好気性分解や腐敗を通して、植物体中の栄養塩類濃度が次第に減少する。本研究で対象としている放射性セシウムはカリウムと類似の性質をもつことから、栄養塩類と同様の挙動を示すのではないかと考えた。

Fig.3に針葉樹の葉を用いた溶出試験における水中のCs137濃度の経時変化を示す。樹木葉を水道水に浸漬すると、その直後から水中へのCs137の溶出が起こることが示された。これは枝付き葉だけでなくスギ落葉でも同様であった。また、浸漬経過日数が増加につれて次第に溶出する割合が減少する傾向が見られた。

Fig.4にフラワーセンターで採取した試料を用いた溶出試験におけるCs137量の変化を示す。試験前の試料中のCs137存在量に対する水中への溶出量の割合を溶出率とすると、マツで32%、スギで24%、ヒノキで22%であり、マツがスギやヒノキに比べてやや高めの値を示した。溶出試験に用いた試料に関してマツは葉のみにすることができたが、スギやヒノキは枝部分が試料中に含まれてしまった。したがって、マツの場合は純粋に葉からの溶出であるのに対して、スギやヒノキは枝からの溶出も含まれており、枝からの溶出が葉よりも起こりにくいことが反映されたためではないかと考えられる。

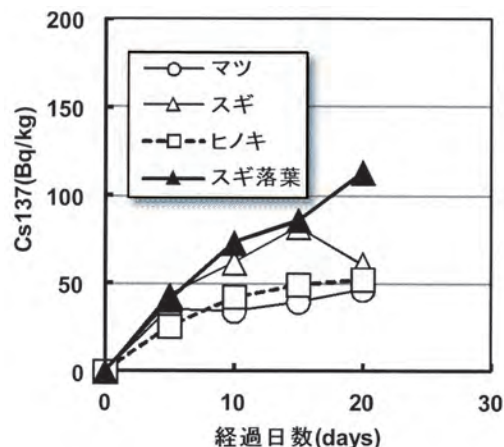


Fig.3 ¹³⁷Cs concentration in the release test using the leaf of the needle-leaf tree.

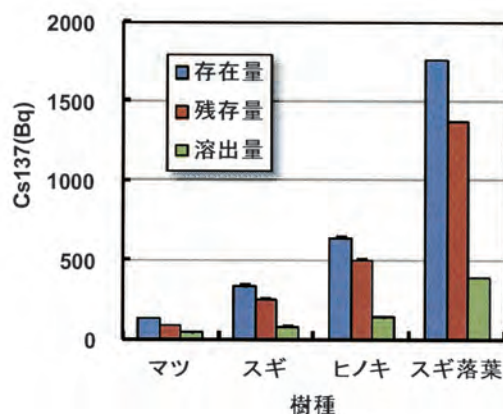


Fig.4 The amount of ¹³⁷Cs contained and the release amount from needle leaves before and after the release test.

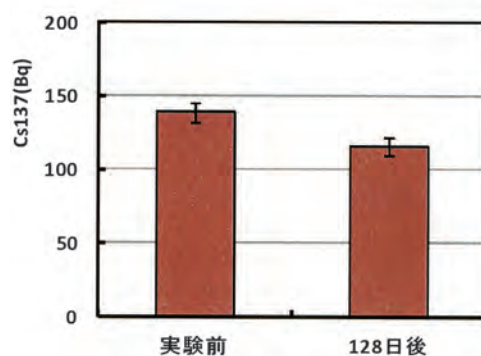


Fig.5 The amount of ¹³⁷Cs contained before and after the release test using the pine fallen leaves sampled from the northern coast of Bishyamon-numa pond.

また、マツの葉を浸漬すると、溶液側に黒い懸濁物質が顕著に発生していた。これはマツの外呼吸孔

に捕捉された懸濁粒子そのものが水中に出てきたことを示すものであり、この懸濁粒子に成分に含まれていたCs137の脱着が生じたことも溶液側の濃度増加につながったのではないかと考えられる。

フラワーセンターのスギについて枝付き葉と落葉では試験前のCs137濃度に大きな違いがあったが、溶出率にあまり差はみられなかった。また、Fig.5に毘沙門沼北岸から採取したマツ落葉を用いた溶出試験におけるCs137量の変化を示す。ここで用いたマツ落葉中のCs137濃度は2240Bq/kgであり、フラワーセンターの枝付きマツ葉のCs137濃度130Bq/kgであった。しかし、Fig.4から得られたフラワーセンターの枝付きのマツ葉からの溶出率が32%であったのに対して、毘沙門沼北岸のマツ落葉からの溶出率は約17%であった。後者の試験では浸漬期間が128日と前者の30日に比べて長いにもかかわらず低い溶出率を示した。枝付き葉と落葉で溶出率に差が生じる要因として、落葉堆積後の経過日数があるのではないかと考えられる。フラワーセンターにおけるスギ落葉と異なり、毘沙門沼北岸のマツ落葉は、落下後堆積して風雨等にさらされた状態で存在していたものであり、Cs137の溶出がある程度進んだものであり、その後の溶出が起こりにくかったことが影響したためではないかと考えられる。

3.3 木質成分中のCs137存在割合

Fig.6に常緑樹の葉に含まれる溶解成分、リグニンおよびセルロースの重量割合とCs137存在割合を示す。図中には試験に用いた試料そのものの重量およびCs137量を示したが、試料によって最初に含まれていたCs137量が異なっていた。ここでは、一定期間の水中浸漬および木質成分の抽出によって、最初の重量からの減量割合や、その際に試料中に含まれていたCs137の減量割合、さらには最終的に残存する固体の重量やその中に含まれるCs137量の割合を示すものである。

ヒノキとスギの葉ではセルロース中にCs137の半分以上が存在していた。一方、マツの葉ではリグニン中に占めるCs137の割合がスギやヒノキに比べて高いなど、樹種による違いが見られた。スギやヒノキの葉の試料はマツ葉と異なり枝の部分も含まれており、セルロースの重量割合が高いことが示されたので、これら木質成分の存在割合の違いが反映さ

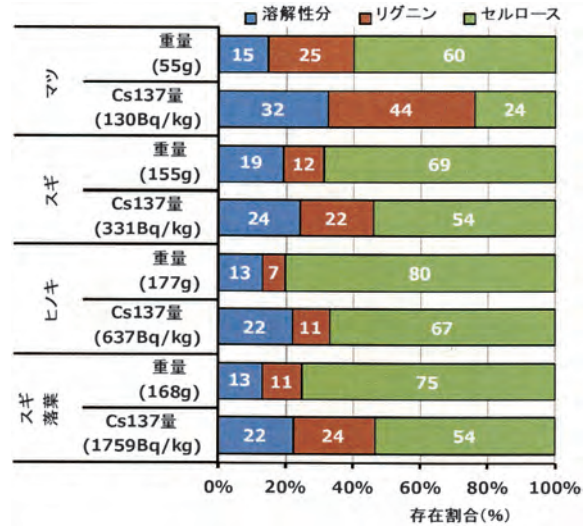


Fig.6 The rate of weight and ¹³⁷Cs contained in dissolved component, lignin and cellulose in the leaves of the needle-leaf trees.

れたのではないかと考えられる。

また、スギの枝付き葉と落葉については、Cs137存在量がかかなり異なるにもかかわらず、セルロース中に占めるCs137の割合はほぼ同程度であった。リグニンやセルロース等の木質成分は容易には分解しないので、これらに含まれるCs137の溶出も起こりにくいと考えられる。落葉後に降雨にさらされる履歴の違いで溶解成分として減少する割合に差が生じると、相対的に木質成分中のCs137存在割合に差が生じてくる。したがって、今回採取したスギ落葉は落下後にあまり風化を受けていなかったのではないかと考えられる。

樹木葉の落下堆積後に降雨などによりどの程度溶出が起こるのか、あるいは別な機構によるCs137の減少が起こるのか、などは重要な課題である。リグニンやセルロースなどの木質成分の分解が可能な菌類から濃度の高いCs137が検出されることも多数報告されており⁹⁾¹⁰⁾、これらが森林域におけるCs137の動態におよぼす影響なども注目を集めている。落葉堆積物中のCs137の存在量やその溶出機構などは、今後さらに検討を行っていく必要があると考えられる。

4. まとめ

本研究ではまず森林地域の放射能汚染の実態を明らかにするため、主な落葉樹および常緑樹の葉に

含まれる放射性セシウム濃度の実態調査を行った。また、森林域に存在する放射性セシウムの溶出による移動に関して、基礎的知見を得るため樹木葉からの放射性セシウムの溶出試験を行った。

本研究から得られた知見をまとめると以下のようになる。

- (1) 広葉樹に比べて、常緑広葉樹や針葉樹の方が葉に含まれるCs137濃度が高く、さらに葉の形状が複雑な針葉樹の葉が高い濃度を示す傾向が見られた。
- (2) 事故前に展開した常緑樹の葉はCs137濃度が高いが、経年的に葉に含まれる濃度が低下する傾向が見られた。
- (3) 常緑樹の葉に含まれるCs137の一部は水中へ溶出するが、葉中の木質成分に含まれるCs137は容易には溶出せずに、長期間葉に残存する傾向にあることが示された。
- (4) 針葉樹の葉に含まれるCs137は、葉中のリグニンやセルロースに多く含まれることが示された。これら木質成分の分解を受けない環境下では、樹木葉からCs137の溶出が少ない可能性が示唆された。

謝 辞

いわき市フラワーセンターにおける試料の採取には、センター顧問の古内栄一先生ならびにセンター関係諸氏のご指導やご協力をいただいた。また、データの解析では本校建設環境工学科卒業生（現、いわき市水道局勤務）の遠藤拓哉氏のご協力をいただいた。御世話になった関係各位に記して謝意を表する。

文 献

- 1) 環境省報道発表(2012年9月25日)今後の森林除染の在り方に関する当面の整理について。
- 2) 文部科学省報道発表(2011年9月14日)文部科学省による放射性物質の分布状況等に関する調査研究（森林内における放射性物質の移行調査）の結果について。
- 3) Calmon, P., Y. Thiry, G. Zibold, A. Rantavaara and S. Fesenko (2009) a review, *Journal of Environmental Radioactivity*, **100**, 757-766.
- 4) 菊沢喜八郎(1999)森林の生態, 共立出版, 39-41.
- 5) いわき地域環境科学会編(2011)永崎海岸浄化プロジェクト2010報告書
- 6) 佐野嘉拓, 山村孝次, 浦木康光, 笹谷宜志, 千葉茂(1992)硫酸を含む酢酸水溶液による常圧バルブ化, *北海道大学農学部演習林研究報告*, **49**(2), 277-287.
- 7) 堀内顕哉, 山田 正(2003)樹木の降雨遮断効果が洪水流出現象に及ぼす影響, 第33回関東支部技術研究発表会講演概要集, **30**(2), 43-44.
- 8) 原田正光(2006)ヨシの枯死体および生体からの栄養塩類の溶出, *福島工業高等専門学校研究紀要*, **46**, 57-60.
- 9) Tsukuda, H., H. Shibata, and H. Sugiyama (1998) Transfer of radiocesium and stable cesium from substrate to mushrooms in a pine forest in Rokkasho-mura, Aomori, Japan. *Journal of Environmental Radioactivity*, **39**, 149-160.
- 10) Steiner, M., I. Linkov and S. Yoshida (2002) The role of fungi in the transfer and cycling of radionuclides in forest ecosystems. *Journal of Environmental radioactivity*, **58**, 217-241.

触覚を持った義手開発のための基礎的な研究

Basic study for development of artificial arm with tactile sense

鄭 耀陽

福島工業高等専門学校機械工学科

Yaoyang Zheng

Fukushima National College of Technology, Department of Mechanical Engineering

(2013年9月14日受理)

We proposed MCF conductive rubber and developed it. MCF (Magnetic compound fluid) rubber is a kind of new functional materials. In this research, our experiments revealed the characteristics of the MCF conductive rubber. Furthermore, we made a sensor chip using MCF conductive rubber, attached to the artificial arm as tactile sensor and validated its tactile sense.

Key words: MCF conductive rubber, artificial arm, tactile sensor.

1. はじめに

著者はこれまでMCF混合磁性流体という機能性流体を使った応用研究を行ってきた。機能性流体とは、磁場や電場などを外部から印加することによって、その流体の持つ固有な特性が発揮される流体の総称である。磁場に反応するものには、磁性流体(MF)やMR流体(MRF)がある。島田らは、新しい磁場に反応する機能性流体の開発中、MFとMRFのそれぞれの特性の中間に位置する磁気混合流体(Magnetic compound fluid, 略称MCF)を提案した。MCFは、 $1\mu\text{m}$ オーダーの球形の金属粒子と 10nm の球形のマグネタイト粒子から成る一種のコロイド溶液である。その流体中には、金属粒子とマグネタイト粒子から成る一種の凝集体である磁気クラスタが存在する。このMCFを使うと、従来のMFやMRFの応用機器における特性より優れた特性が得られることが明らかになってきた。例えば、MCF研磨やMCFダンパ、MCF複合材料などが上げられる^{1),2)}。

特に、MCF複合材料については、混合されている金属粒子の種類を変えることにより、MCFを混合したシリコンオイルゴムを磁場下で硬化することにより、新しい複合材料としてのゴムを提案した^{3),4)}。すなわち、MCFゴムには硬化時の磁場の働きにより、混合されている金属粒子のネットワーク状のクラスタが形成され、しかも、ある一定な方向に並ぶとき、導電性と伝熱性を向上させることができる。筆者は、そのMCF複合材料のゴムをMCF導電性ゴムと呼んでいる。このMCF導電性ゴムの導電性を利用することにより、ロボットの要素におけるハブティックとしての機能性を有する人工皮膚やハブ

ティックセンサへの応用展開が期待されている⁵⁾⁻⁸⁾。本研究ではこのMCF導電性ゴムを触覚センサーとして義手に感覚を与え触覚を持つ義手の試作を行い、基礎的な評価を行った。

2. MCF導電性ゴムについて

2.1 MCF導電性ゴムの作成方法

ニッケル粉(123, 平均長 $3\sim 7\mu\text{m}$, 山石金属(株)製)と、銅粉(MF-D2, 平均長 $8\sim 10\mu\text{m}$, 山石金属(株)製), MF(50wt%, ケロシンベース, フェロテック(株)製)からなるMCFをシリコンオイルゴム(SH9550, トーレダウコーニングシリコン(株)製)に混合し、Fig. 1に示すように、対向する永久磁石(表面磁束密度約 5000gauss)と厚さ 1mm の非磁性板の間に挟んで磁場下で硬化させて、MCF導電性ゴムを作成する。本研究では、Ni: 3g, Cu: 3g, MF: 4g, SH9550: 10gの混合割合でサンプルを作って実験する。このように、強磁場下で硬化させることにより、MCF中の金属粒子によるクラスタが磁場方向に形成され、導電性が生じると考えられる。しかも、外力よりその導電性(電気抵抗)が変化する。その特性を用いて触覚センサーへの応用を試みた。

2.2 MCF導電性ゴムにおける導電性と押付け力の関係

Fig. 2, Fig. 3に、それぞれ厚さ 0.37mm , $20\text{mm}\times 16\text{mm}$ の四角片のMCF導電性ゴムにおける電気抵抗と、かけられた押付け力、その力による縮みとの関係をそれぞれ示す。

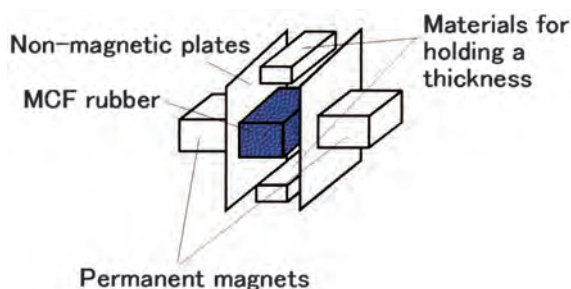


Fig. 1 Schematic diagram of producing MCF conductive rubber

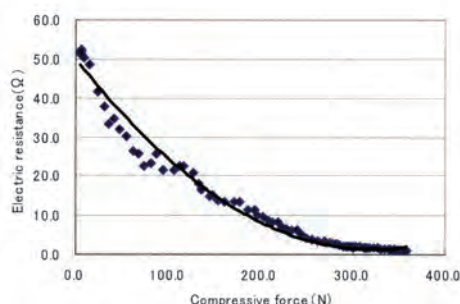


Fig. 2 Electric resistance-compressive force relation of the MCF conductive rubber.

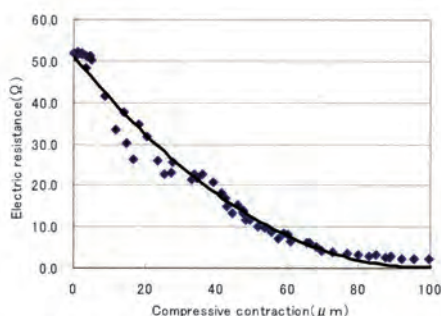


Fig. 3 Electric resistance-compressive contraction relation of the MCF conductive rubber.

2.3 MCF導電性ゴムに生じる電気抵抗の安定性

MCF導電性ゴムの導電性において、興味深い特徴が得られた。すなわち、MCF導電性ゴムに一定の力で押し付けると、あるいは、一定の縮み量をもたせると、その電気抵抗値が最初のうちは時間進行につれて少し変化するが、その電気抵抗の変化量が次第に小さくなっていき、数分後には安定する。Fig. 4に、その結果を示す。

ただし、膜厚が薄い時、そのMCF導電性ゴムの電気抵抗値は非常に狭い範囲内（数Ω）において変化する。MCF導電性ゴムの実用化の際には、膜厚が小さいハプティックセンサチップを作成するので、この時間的影響は無視

できる。また、押し付け力が大きいほど、その時間的影響も無視できる。

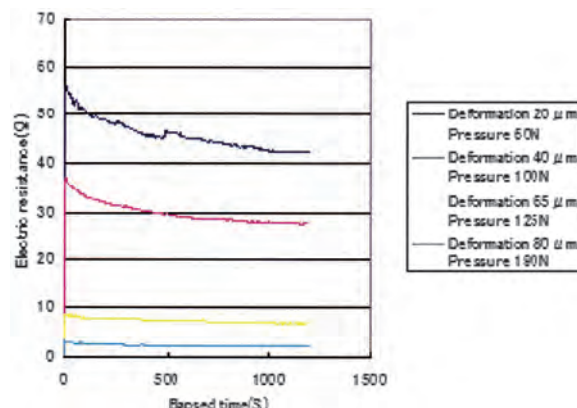


Fig. 4 Electric resistance-elapsed time relation of the MCF conductive rubber when keeping a compressive force

3. MCF導電性ゴムの義手への応用

今回の研究では、MCFゴムシートを使って次のように行った。

①義手にMCFゴム製センサチップを数箇所貼付け、そのMCFゴムセンサチップに接続する電極から触覚に関係する電気信号を個別に引き出す。

②それぞれの電気信号は義手内設置のアンプで出力を増幅し、電気回路により信号処理したあと、被験者の腕に装着した腕輪などにその電気信号を出力する。

③その電気信号の強弱とパターンに応じて腕輪にあらかじめ装着された電極を励起し被験者に異なるパターンの刺激を与えることにより触覚を与える。

④被験者にその触覚（刺激）を与える手法として例えば腕輪に分布した電極による刺激の強弱のみにしたが、パターンの違い、音声での伝達、ディスプレイでの提示、或いはそれらの組み合わせ等について今後検討する必要がある。

⑤これらを検証した上で、義手システムを試作し評価を行った。

3.1 MCF導電性ゴム触覚センサチップの試作

上述したMCF導電性ゴムを使いハプティックセンサチップを試作した。その作成方法は、Fig. 5に示すように、まず0.2~0.3厚さのMCF導電性ゴムを選んでその両面に数ミリ四角の極薄金属電極と極細リード線を付ける。半田付けの隆起部分のみはゴムと接触させ、その電極の外側だけシリコンで接着し、しっかりとMCF導電性ゴムと接着させる。しかも、ゴムの両側の半田付けの隆

起部分が相対するように配置する。試作チップの寸法は、厚さ0.6~0.8mm、面積10mm×10mmである。Fig. 6にその試作品の一例を示す。

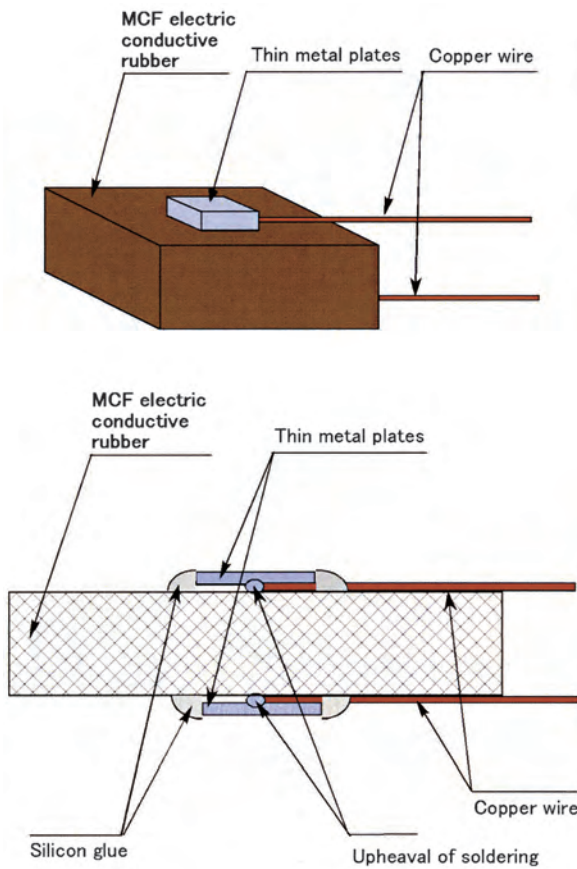


Fig. 5 Schematic diagram of structure of the haptic sensor chip made from the MCF conductive rubber

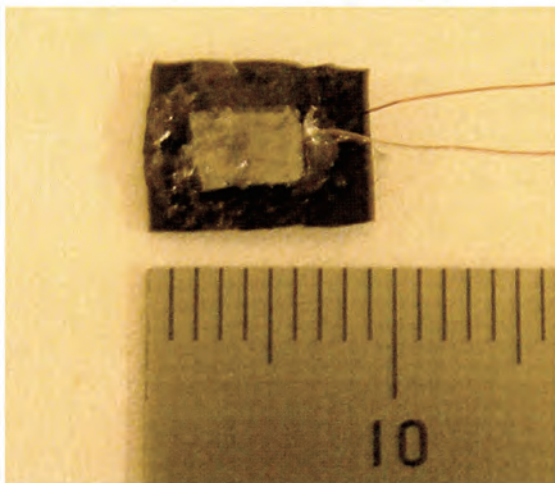


Fig. 6 Photograph of the haptic sensor chip made from the MCF conductive rubber.

3.2 触覚センサチップ試作品の義手への取付け

MCFゴムを作り、それをセンサチップにし、義手に装着し、刺激方法を次の三パターンに分けて実験を行った。

ただし、周りに義手を使っている障害者が居なかったので、購入した義手（木製マネキンの手）にMCFゴムセンサを装着（接着）することにした。その方法の原理図をFig. 7, Fig. 8に示す。

また、その義手に与えた力の大きさ（触覚）はロードセルで測定する。（Fig. 8）刺激装置として携帯電話用にも使う小型振動モータ（SE-4F-A3A1-X0）を利用する。義手に装着したMCFゴムセンサに力を加えると、センサーの電気抵抗が小さくなり、小型振動モータにかかる電圧が大きくなり、回転数が多くなり、振動が激しくなるという仕組みになっている。

刺激方法としては研究室に居る学生たちのハンドにその小型振動モータを貼り付け、その刺激による筋肉の反応を記録し、平均を取りグラフを作った。測定に安価で簡単な「筋測くん」（MA-1000W-0015, Oisaka Development Ltd. 製）を用いた。その「筋測くん」は自動的に筋肉の受けた刺激信号をパソコンに取り込むことができないが、音、光、相対強度（%MVC）三パターンで弱から強まで10段階にわけて表示ができるものである。この「筋測くん」の電極をできるだけ小型振動モータの張り付けたところに近い場所に張り付けることにより、取れたデータはその場所の筋肉に受けた刺激信号とみなせる。

1) 音によるハンドが受けられた刺激強度と義手に受けた接触力の関係

2) 光による刺激ハンドが受けられた刺激強度と義手に受けた接触力の関係

3) 強度による刺激ハンドが受けられた刺激強度と義手に受けた接触力の関係

の三パターンはそれぞれ実験を行った。しかし、音、光による実験においては本研究室の受験者10人から見たところ、聞こえた信号の強さの変化に鈍感である同時に、義手に力を受けたという直接的な関連付けはなかなか頭のなかに浮かべなかったという指摘があった、または、現実では音、光の外乱も非常に多くて干渉されやすいという欠点もあるので、その方法によるフェードバックは適切でない判断した。従って、Fig9に示した写真とFig. 7, Fig. 8に示した原理図のように、三番目の実験を行い、データを取り、その結果はFig. 10に示す。横軸は指の受けた力、縦座標の単位「%MVC」（Maximum Voluntary Contraction: 最大随意収縮）とは、あらか

じめ最大随意収縮 (100%MVC) を入力し、それを基準とした上での計測信号の%を表示する機能である。指の受けた力が大ききに連れ、ハンド筋肉への刺激強度もほぼ線形的に上昇したことがわかった。よってこのシステムを装着することにより、義手が付けられた障害者に簡単な訓練を受けさせれば (刺激の強弱さを覚えるだけ)、誰でもその程度の触覚が得られる。

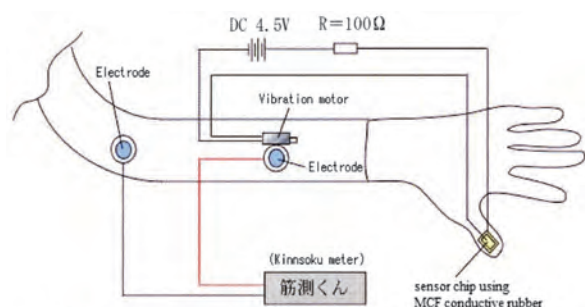


Fig.7 Schematic diagram of the measurement experiment

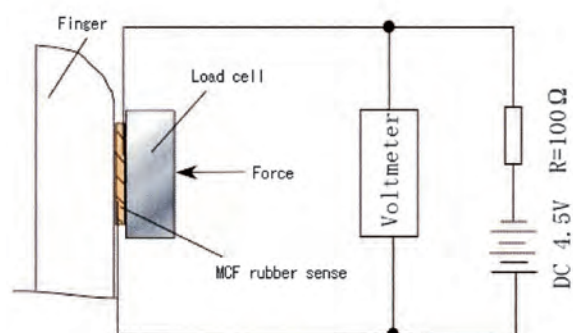


Fig.8 Schematic diagram of principle of the measurement



Fig.9 Photograph of sensing experiment

ただし、今回使用した「筋測くん」は非常に安価で簡単な測定器であり、あくまで定性的なものであるため、力が10N以下の場合、安定した傾向が取れなかった。これから測定精度を高めていく必要があると考えている。

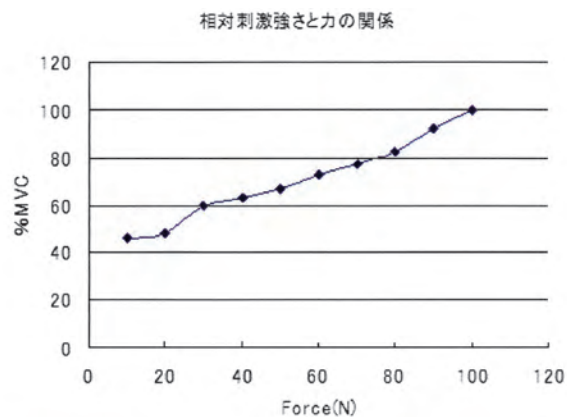


Fig.10 Relation of MVC and force

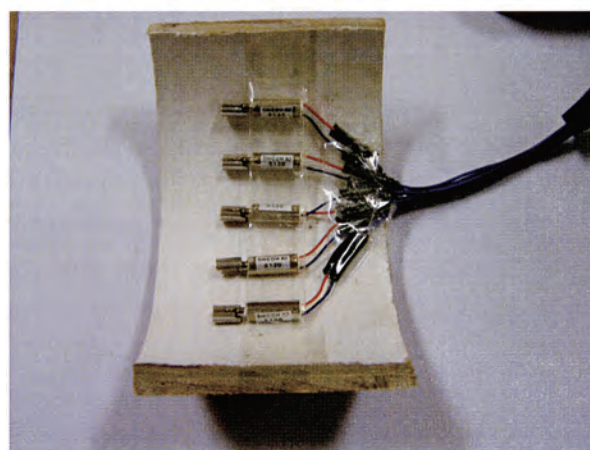


Fig.11 Attached vibration motors

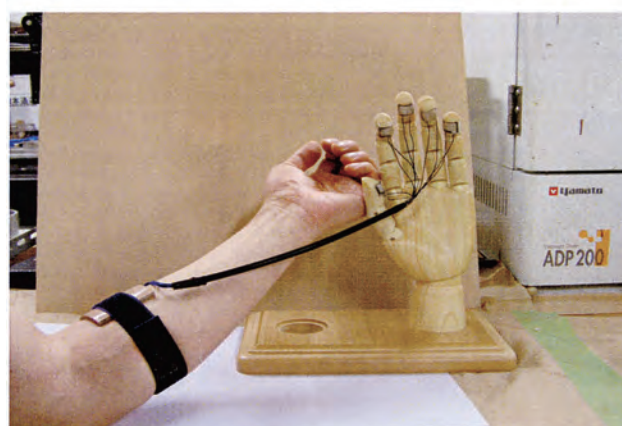


Fig.12 An artificial arm system with tactile sensor

上述より提案した方法での触覚をもつ義手システムが有効であることが検証された。

最後に、上記の実験結果を踏まえて試作した義手システムをFig. 11, Fig. 12に示す。

五本指に対応する五個の小型振動モータを輪の内側に装着している様子をFig. 11に、

義手システム試作品の全体写真をFig. 12に示す。(黒いチューブ中にボタン電池と抵抗を内蔵)

4. 結論

今回の研究では、押付け力による刺激に対する感覚のみ実験を行い、その有効性をある程度で検証したが、別の研究では、MCFゴムの感温性も実証されているので今後の課題として温度刺激に対する感覚も加えたい。

参考文献

- 1) Shimada, K. : Development of element of haptic robot, Proceedings of 15th Magnetodynamics Conference (in Japanese), (2006), 54-57.
- 2) Fujita, T. and Shimada, K. : Characteristics and application of magnetorheological fluid, Recent Research Development Magnetism and Magnetic Materials, 1 (2003), 463-479.
- 3) Shimada, K., Fujita, T., Oka, H., Akagami, Y. and Kamiyama, S. : Hydrodynamic and magnetized characteristics of MCF (magnetic compound fluid) (in Japanese), Transactions of Japan Society Mechanical Engineers, 67-664 (B) (2001), 3034-3040.
- 4) Shimada, K., Akagami, Y., Fujita, T., Miyazaki, T., Kamiyama, S. and Shibayama, A. : Characteristics of MCF (Magnetic Compound Fluid) in a rotating rheometer, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 252 (2002), 235-237.
- 5) Shimada, K., Miyazaki, T., Shibayama, A. and Fujita, T. : Extraction of magnetic clusters self-assembled by a magnetic field, Smart Material Structure, 12-2 (2003), 297-303.
- 6) Shimada, K., Shuchi, S., Kanno, H., Wu, Y. and Kamiyama, S. : Magnetic cluster and its applications, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 289 (2005), 9-12.
- 7) Shimada, K., Shuchi, S. and Kanno, H. : Magnetic rubber having magnetic clusters composed of metal particles, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 16 (2005), 15-20.
- 8) Shimada, K. and Zheng, Y. : Development of MCF rubber with temperature and electric senses for an element material in haptic robot sensor, Transactions of Japan Society Mechanical Engineers, (2007), in submitting.

福島高専における数学の習熟度別授業について

On Proficiency-based Teaching of Mathematics at Fukushima National College of Technology

西浦 孝治・馬場 蔵人・宮本 拓歩
福島工業高等専門学校一般教科

Koji Nishiura, Kurando Baba and Takuho Miyamoto

Fukushima National College of Technology, Department of General Education

(2013年9月12日受理)

We conducted proficiency-based teaching of linear algebra in the second year at Fukushima National College of Technology. It was started to raise scholastic ability in 2005. In this paper, we analyze its effect and suggest better form of proficiency-based teaching.

Key words: proficiency-based teaching, mathematics, scholastic ability, college of technology

1. はじめに

福島工業高等専門学校では、平成18年度から平成24年度までの7年間、数学の1科目の授業において、習熟度別授業を実施した。その効果を分析し、また改善点について考察する。まず、習熟度別授業の導入の経緯、実施形式を述べる。次に、学生へのアンケート結果を基にして、長所と短所を挙げる。最後に、より効果的な実施形式について考察する。

2. 導入の経緯

一般教科において、平成17年度の最初の中期計画を立案する際、学生の学力向上のための方策として、習熟度別授業を実施することとした。当初、数学と物理での実施を考えたが、平成18年度、19年度は試験的に数学のみ先行して実施する計画をたてた。準備期間は、平成17年度後期の半年間である。

3. 実施形式

工学系4学科において、数学の習熟度別授業を実施した。各学科の学生数は、約42名である。実施形式は次の通りである。

① 科目：第2学年「線形代数I」2単位

② クラス編成

(a) 電気工学科，物質工学科

(b) 機械工学科，建設環境工学科

(a), (b)ともに上位・下位の2クラス

2学科の組み合わせは年度により異なる。第1学年

の成績から判断して学力の近い学科を組み合わせるよう配慮した。

③ クラス分け試験：第1学年1月上旬に実施

④ クラス替え：年1回、前期成績により後期に実施

⑤ 担当教員

上位2クラス、下位2クラスをそれぞれ同じ教員が担当した。原則として、ある年度に下位クラスを担当した教員は、次の年度には上位クラスを担当することとした。

⑥ 定期試験：上位クラス、下位クラス共通問題

4. アンケート結果の分析

習熟度別授業の状況を調査するために、平成18年度と平成24年度、工学系4学科の学生へアンケート調査を行った。アンケートの集計結果は表1および図1~10の通りである。

【質問1】 あなたは前期と後期において上位クラスと下位クラスのどちらに所属していましたか。

【分析】 表1が示すように、全体の3割を超える学生が前期と後期とで所属するクラスが変わっていたことがわかる。上位から下位に移ったことにより劣等感を感じる学生や、半期で教員が変わったことに戸惑う学生が多くいたに違いない。このような学生たちを適切に支援し、実態に応じた授業を組み立てていくことが、習熟度別授業を効果的に行うためには必要不可欠である。

表1 質問1

回答	平成18年度	平成24年度
前期上：後期上	55	51
前期上：後期下	27	26
前期下：後期上	33	29
前期下：後期下	52	47
合計	167	153

【質問2】 習熟度別授業の方が、普通の授業よりも分かりやすかったですか。

【分析】 平成18年度は7割を超える学生が普通の授業よりも習熟度別授業の方がわかりやすいと感じていたが、平成24年度は7割弱の学生が普通の授業と変わらない、もしくは分かりづらいと感じているという結果となった。異なる結果が出たことはクラス内の学力差が大きくなったためであると考えられる。学生も習熟度別授業の趣旨は理解しており、また自分の学力に合った授業を望んでいる。しかし、集計結果が示すような結果になったことは習熟度別授業が効果的であったとは言いがたい。特に、半期でクラスが変わる学生の方が、1年間同じクラスの学生よりも習熟度別授業を分かりづらいつ感じの傾向にあったと言える。これは、担当する教員が変わることも大きな要因であると考えられる。

また、定期試験は上位クラスと下位クラスで共通のものを実施したので、教授する内容が異なることによって試験に不利にならないように工夫することも必要である。

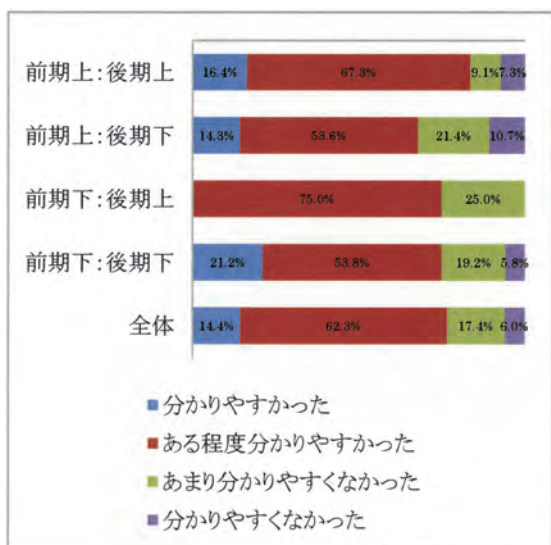


図1 質問2 (平成18年度)

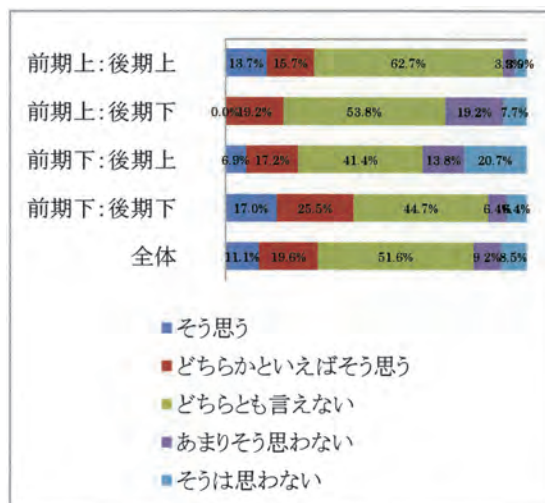


図2 質問2 (平成24年度)

【質問3】 自分が受けた授業のクラスは、自分の学力に適していましたか。

【分析】 平成18年度は、学生は授業内容とクラス分けが適切に行われていると感じていたように推測される。平成24年度においては、通年下位クラスに所属していた学生は、同じ年度の他の学生に比べ適切であったと感じている結果となった。これは、下位クラスに所属する学生が、数学が苦手であることを自覚しており、クラス分けについて納得している者が多かったためである。

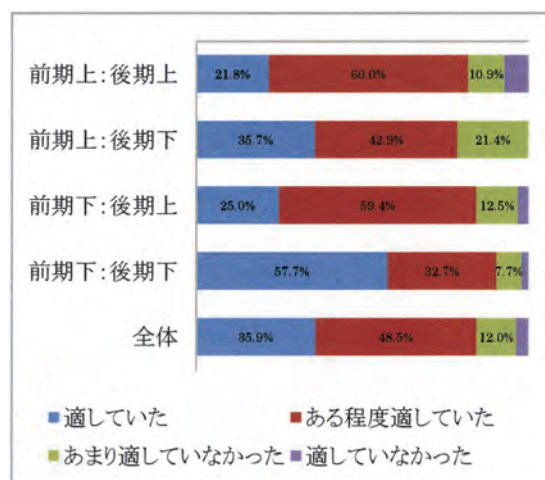


図3 質問3 (平成18年度)

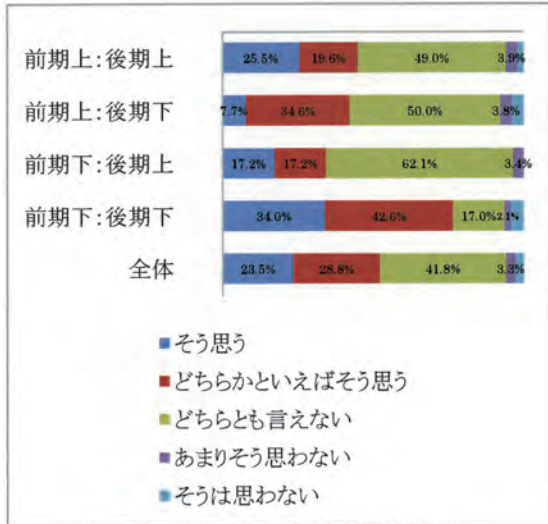


図 4 質問 3 (平成 24 年度)

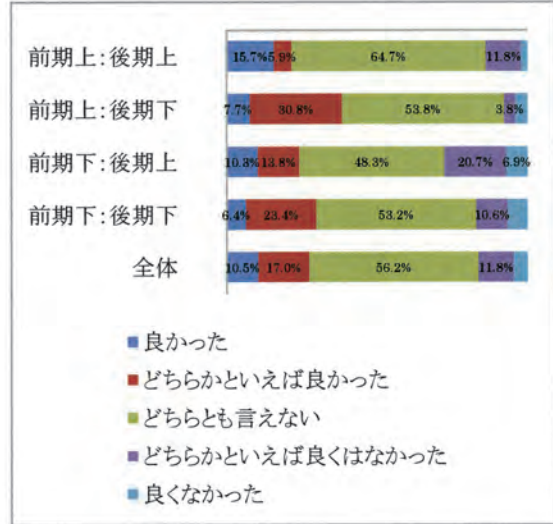


図 6 質問 4 (平成 24 年度)

【質問 4】 他の学科の学生と一緒に授業を受けたことは、良かったですか。

【分析】 習熟度別授業の趣旨とは異なるが、形式上、他の学科の学生と授業を受けることとなったため、学生がこの点についてどのように感じているのかを把握するために質問項目の中に加えた。どのクラスにおいても良い、悪い両方の意見がある回答となった。普段の授業とは異なり、新鮮な気持ちで授業を受けることができる学生もいたが、逆に、それが落ち着かないと感じる学生もいたようである。

【質問 5】 クラス分けがあることで、学習意欲が湧きましたか。

【分析】 どのクラスでもアンケート結果は半々となるものであった。上位クラスに行けるよう、多くの学生が努力することを期待していたが、思うように学習意欲には結びついていなかった。また、習熟度別授業において、授業の内容および進度の調整を計り、より学習意欲が湧くよう意図した部分もあったが、アンケート結果には反映されたとはいえなかった。

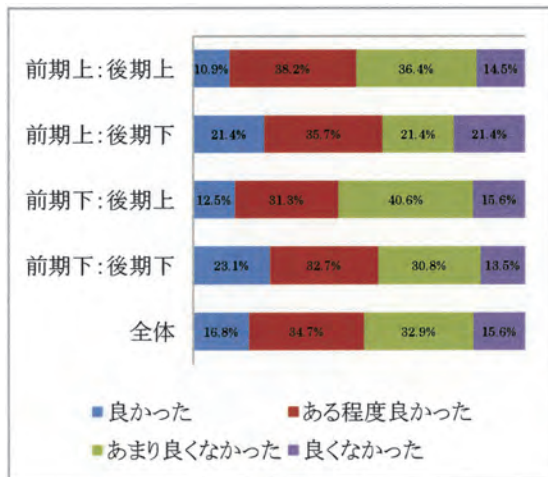


図 5 質問 4 (平成 18 年度)

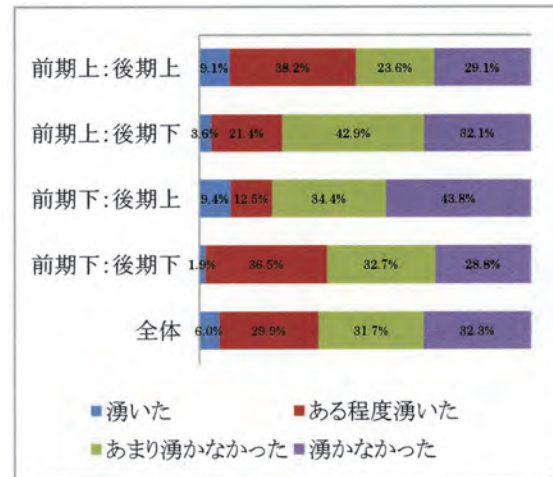


図 7 質問 5 (平成 18 年度)

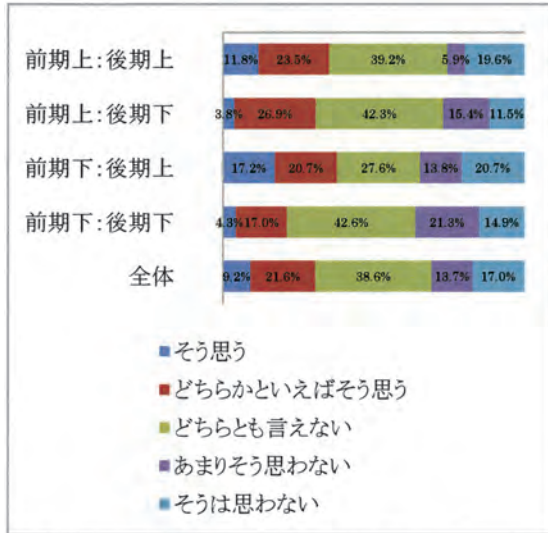


図 8 質問 5 (平成 24 年度)

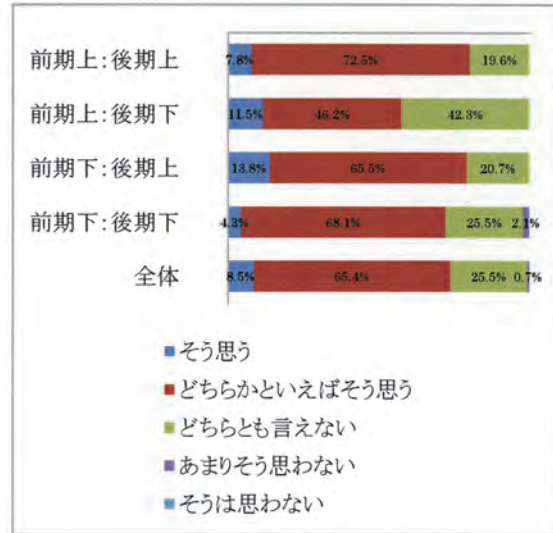


図 10 質問 6 (平成 24 年度)

【質問 6】 今後、他の科目の習熟度別授業を受けたいと思いますか。

【分析】 平成 18 年度と比べ平成 24 年度においては 7 割を超える学生が他の科目でも習熟度別授業を受けたいという結果となった。アンケートにある他の質問からは、平成 24 年度の学生は習熟度別授業が効果的であると感じているとは言い難い部分が多かったが、習熟度別授業に対し前向きな意見が多かったことは意外な結果である。自分が所属している学科のクラス内において、学力や学習意欲に偏りがあるという現状が、このような結果に結びついていると推測される。

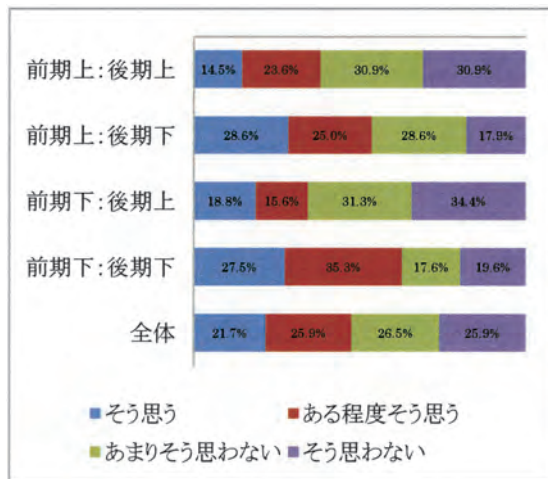


図 9 質問 3 (平成 24 年度)

5. 長所と短所について

5.1 長所について

アンケート結果を基にして、習熟度別授業の長所を以下に挙げる。これらの内容に関しては、さらに充実させるべきである。

- ・学生の理解に応じた授業の組み立てを効果的に行うことが可能である。上位クラスにおいては、応用問題などの発展的な内容を授業に取り入れることにより、さらなるレベルアップを図ることができる。一方で、下位クラスにおいては、基本問題を重点的に扱うことで、基礎的な内容の定着に授業時間を確保することができるようになる。また、学生の理解に合わせて、授業の進度を柔軟に調整することが可能となる。

- ・学科クラス内において、学力に偏りがあることから、普通の授業では個々の学生の学力に合わせて授業を行うことは困難な状況にある。習熟度別授業では、普通の授業に比べて学生の学力に合わせて授業を組み立てることができ、学生もその趣旨を理解して授業を受けているので、より学習意欲を高めることができると考えられる。また、学生は上位クラスに所属することを目標として、授業を積極的に受けようとする動機付けになる場合がある。

5.2 短所について

次に、習熟度別授業の短所を以下に挙げる。これらの内容を改善することが必要になる。

・定期試験を同じもので実施するため、授業内容について思い切った差別化を図ることが難しい部分がある。また、定期試験以外の成績評価の部分は担当する教員の裁量となっている面もあるので、所属したクラスによって不利にならないよう、考慮する必要がある。

・他学科の学生との混合クラスであり、クラスの雰囲気や普通の授業とは異なるため、学生が積極的に質問をすることが難しい面もある。

・半期で教員が変わることにより、戸惑う学生が出てくることがあるので、その時点でつまずきが生じないように支援することが必要であると考えられる。また、学生を上位と下位に分けることで、劣等感を感じる学生もいるため、そのような学生に対し、適切に支援することが必要になる。

・授業の形式上、複数学科の混合クラスを編成するため、時間割を組みづらい部分が有る。また、授業交換を行う場合、上位クラスと下位クラスを同時に交換する必要がある。その際、別のクラスを担当している教員の予定も考慮する必要があるため、普通の授業よりも授業交換が困難である。

6. より良い形式について

習熟度別授業を実施するうえで、教員の授業交換の困難、時間割編成の困難などの短所は避けることができない。しかし、教職員の負担に着目した考察によっては、習熟度別授業の意義を見失いかねない。ここでは、学生の学習効果の観点から、他の高専での習熟度別授業の実施報告^{1),2)}を踏まえたうえで、本校におけるより良い実施形式について考察する。

・科目について

今回実施した「線形代数Ⅰ」は2単位であり、学習内容も比較的計算問題が多く、学生間で理解の差が現れにくい科目であると考えられる。したがって、この科目は習熟度別授業の効果が現れにくい科目であるといえる。そこで、より適切な実施科目について考察する。本校において、学生間の学力差は、入学後に広がっていく傾向にある。したがって、このような状況に対処するために、低学年での授業がより重要になってくる。本校における工学系4学科第1学年と第2学年で学習する科目を挙げると以下のとおりである。

第1学年：

「基礎数学A」3単位

(数と式の計算・指数関数と対数関数・図形と式)

「基礎数学B」3単位

(三角関数・方程式と不等式・場合の数と数列)

第2学年：

「微積分Ⅰ」4単位

「線形代数Ⅰ」2単位

このうち、「基礎数学B」と「微積分Ⅰ」は論理的な話題が豊富に含まれる。特に、「微積分Ⅰ」は緊張感が薄れがちな第2学年に学習すること、また、4単位であるため、週当たりの授業数も多く、1年間の学習の間に、学生間で理解に差が現れやすいことから、習熟度別授業の効果が期待できる科目であるといえる。

・クラス編成について

5.1で述べたように、習熟度別授業の長所は、学生の学力に合わせて授業を組み立てることができることである。しかし、今回実施したように、上位クラスと下位クラスに分けた場合では、それぞれのクラスにおいて、学生間の学力の差が大きく、特色ある授業を実施しにくいように感じられる。そこで、上位・中位・下位の3クラスに分ける編成が適切であると考えられる。また、教員各自の裁量で授業を行うのではなく、授業内容に関する打ち合わせを密に行い、授業内容の要領を作成することにより、十分な効果が期待できる。

・クラス分けの方法について

3割の学生が前期と後期で所属するクラスが変わる理由の一つとして、1回のクラス分け試験で決定するということが挙げられる。クラス分け試験は成績に左右されないため、試験勉強の優先順位が低い可能性もある。したがって、第2学年次に習熟度別授業を行う場合、第1学年の成績で決定するのが適切である。

7. まとめ

同じ高専、同じ学科でも、学生の学力差は小さくはない。学生の学力に応じて、上位の学生をさらに伸ばし、下位の学生を手厚く支援する習熟度別授業は、優れた授業形態である。特に学力の低い学生にとっては、有用である。しかし、本校で行ってきた実施形式では、問題点もあった。学生の実態に応じた授業を展開しない限り、習熟度別授業も良い効果をもたらすことはない。実施科

目、クラス編成、クラス分けの方法等を検討することによって、改善することができる点は多いと考えられる。それにより、これまでよりもより効果的な授業を実施することができるであろう。

現在、本校に入学してくる学生の学力は、低下傾向にある。極端に学力が不足している学生も多くなってきているのが現状である。特に、数学、英語においてその傾向は顕著である。我々教員側は、このような現状を受け止め、学生の変化に対応していかなければならない。その対応の一つとして、特に低学年の授業において、習熟度別授業は必要不可欠であるのではないだろうか。異なる教科の教員間においても、情報を共有し、習熟度別授業のより良い実施について、検討を進めるべきである。これまでは数学の授業のみで実施してきたが、数学と

もに英語や物理などの教科においても、導入することを検討する価値があると考えられる。習熟度別授業を実施する教科・科目を精選し、学生の学力向上に効果的に結び付けられる方法を、今後も模索し続けていかなければならない。

参考文献

- 1) 中屋秀樹, 高専の数学における習熟度別クラス授業について, 日本数学教育学会高専・大学部会論文誌, 第15巻, pp. 83-88(2008).
- 2) 南 貴之, 谷口 浩朗, 須那 聡, 橋本 竜太, 中本 和典, 「詫間電波高専における微分積分学 : 習熟度別授業の現状について」, 日本数学教育学会高専・大学部会論文誌, 第13巻, pp. 53-60(2006).

地域復興人材育成のための 新規専攻科学生実験テーマの導入事例

Development of a New Laboratory Experiment
for the First Year Students in Advanced Course

羽切 正英^{***}・佐藤 潤^{**}・押手 茂克^{***}・青柳 克弘^{**}

*福島工業高等専門学校・物質工学科

**福島工業高等専門学校・地域復興支援室

***福島工業高等専門学校・モノづくり教育研究支援センター

Masahide Hagiri^{***}, Jun Sato^{**}, Shigekatu Oshite^{***}, Katsuhiko Aoyagi^{**}

*Fukushima National College of Technology, Department of Chemistry and Biochemistry

**Fukushima National College of Technology, Community Reconstruction Support Room

***Fukushima National College of Technology, Manufacturing Support Center for Education and Research

(2013年9月17日受理)

The Great East Japan Earthquake of March 11, 2011, and subsequent tsunami struck off the eastern coast of Tohoku leading to an unprecedented loss of life and houses. Since then, the inhabitants in the Tohoku region are now striving for its reconstruction. Fukushima National College of Technology started offering reconstruction education support program in December 2011, contributing to the core engineer development and fostering momentum among students for reconstruction through education. In this paper, we described the development of a new laboratory experiment on isotopic analysis techniques which are important for the local reconstruction of Fukushima.

Key words: advanced course, lab experiment, gamma spectrometry, community/local reconstruction

1. はじめに

福島高専は、平成23年度に文部科学省の「大学等に於ける地域復興のためのセンター的機能整備事業」に採択され「原子力に依存しないエネルギーと安全・安心な社会を目指す地域復興人材育成事業（以下、復興人材育成事業）」を展開している。その事業内容としては、福島県およびいわき市等との連携を図り「福島高専地域復興支援室」を中心に「再生可能エネルギー」「原子力安全」「減災工学」の3分野で地域の復興を支援する人材育成を図るとともに地域産業創出を支援するものとしている¹⁾。また、地域支援のため、放射線計測や企業復興技術相談並びに復興関連学術講演会等を実施することも事業の柱として設定している。復興人材育成事業の中では平成25年度に専攻科に復興人材育成特別コースを設置し、本科にも平成24年度より復興支援特別科目を開講して地域復興人材の育成を進めている。また、これに合わせて教育・研究環境の整備も進められ、震災復興に従事する技術者育成教育

を展開するための特任教員が配置され、高度な超微量分析機器なども導入されている。福島県内においては、福島第一原子力発電所の事故以降、環境放射線量や食品中の放射能の定量分析などが継続して行われている状況であり、今後もこの状態がしばらく維持されるものと予測される²⁾。また、福島第一原子力発電所における廃炉計画において、使用済燃料プールからの燃料取り出しは2017年頃に実施される想定であり、しばらくは発電所の周辺作業が継続される可能性が高い³⁾。これらの状況に鑑みると、放射線量の測定や放射能の定量分析などの技術習得は、福島県における地域復興を支える技術者にとって、放射線関連業種に携わるか否かを別としても、重要な素養であると考えられる。

本報文では、化学分野や環境分野で活躍する復興人材育成を指向し、専攻科実験の一テーマについて新たに検討を行った結果について述べる。また、専攻科工学実験の実験テーマとして、実際に専攻科生を対象と

して実施したケースについて、実施状況と種々の結果について報告する。

2. 実験テーマの設定と背景

2.1 専攻科工学実験の位置付け

筆者らの属する物質工学科から多くの学生が進学する物質・環境システム工学専攻では、専攻科1年生における2単位の必修科目として物質・環境システム工学実験が設定されている。この授業科目の概要と方針は『物質・環境システム工学に関する基礎的事項の理解と実験技術の習得を図る。』とされており、同専攻の教育目標に適合した内容、とりわけ物質工学や環境工学の分野に関連する知識や技術の習得に資するものであれば、新規の実験テーマとしての設定は可能であると考えた⁴⁾。

2.2 実験内容策定の背景

物質・環境システム工学実験においては、1テーマあたりの充当時数は2週分12時間であり、1週あたりの充当時間は6時間である。充当された時間内に、実験前の解説、学生による実験準備、実験、結果の整理と解析が完了することを前提として、実験テーマを設定する必要がある。

受講学生の内訳としては、およそ半数が応用化学や生物工学を専門とする学生である。これらの学生は、本科での学修で、化学実験についてある程度の基礎的内容を身につけている。一方、残る半分の学生は、環境科学および環境分析などに関する知識を有するが、専門的な化学実験の習熟度は前者よりやや劣るものと推測された。この様な状況において、実験の中に不慣れな化学的操作を多く取り入れ、それらを追うことに特化させてしまうと、実験内容の理解度向上に繋がらない可能性があると考えた。よって、今回の実験においては実験操作そのものについては簡便なものとし、解析的な要素を多く含むことにより、理解を深めさせることをねらいとした。

2.3 実験内容の検討

復興人材育成事業の一環として、本学に複数の分析装置が配備された。このうち、ゲルマニウム半導体検出器を備えた高精度食品・環境放射能測定装置(以下、本報文内ではゲルマニウム半導体検出器と呼ぶ)および誘導結合プラズマ質量分析装置(以下、ICP-MS)を用い、地域復興に関する素養を身につけさせることがで

きる実験テーマの選定を行った。ゲルマニウム半導体検出器を用いた単純な放射性核種の同定や定量実験は実施しやすいテーマであるが、オペレーションソフトウェアなど装置の周辺環境が非常に整っているため測定実験がブラックボックスになりやすい点や、単純な測定については就業後の実務訓練により十分に対応できるものと考えられる点などから、単独で実施することは学生にとってさほど有益でないと考えた。一方、ICP-MSを用いた極微量分析も重要なテーマであるが、極微量分析のみを取り上げると、『極微量』という部分に焦点があたり、原子力や核化学分野との関連性を直感的に理解しづらい。そこで、我々は両者を併用し、ある元素に対して『核種分析』『ガンマ線スペクトロメトリー』『同位体分析』『質量分析』を一貫して行い、放射性同位体を含む元素の自然同位体比を求める実験を検討した。

当然のことながら、測定対象とするのは安全性の高い物質でなければならない。そこで、一般に入手可能であり、極微量の放射性同位体を天然に含む、カリウムを用いた実験を検討した。カリウムは原子番号19の元素であり、食品、土壌、生体内などにも多量に含まれる。天然にはTable 1に示す³⁹K、⁴⁰K、⁴¹Kの3種類の同位体が存在する。

Table 1 Isotope ratio of potassium⁵⁾

同位体	同位体比
³⁹ K	0.9326
⁴⁰ K	0.000117
⁴¹ K	0.06730

このうち天然存在比0.0117%の⁴⁰Kは放射性同位体である。カリウムは、構成要素のほとんどが安定同位体である点や、ガンマ線スペクトロメトリーで検出可能である点、ある程度の原子量を持っていて質量分析の対象にしやすい点などを考慮すると、今回の実験に好適であると考えた。以上の検討の結果から、カリウムを含む試料の、ゲルマニウム半導体検出器によるガンマ線測定と、ICP-MSを用いた質量分析により、カリウムの天然同位体比を決定する実験を企画するものとした。具体的な実験内容の検討および予備実験の結果を次項に示す。

3. 実験の実施内容と予備実験結果の評価

3.1 実験方法の検討

学生実験に先立って、カリウムの天然同位体比を決定する実験方法について検討した。カリウムの天然同位体比を決定するには、カリウムを含む試料中の ^{39}K 、 ^{40}K 、 ^{41}K の存在量を何らかの手段で決定する必要がある。そこで、放射性同位体である ^{40}K についてはガンマ線測定によって、 ^{39}K および ^{41}K については質量分析によって決定するものとした。後者については、試料中の同位体の定量よりも、 ^{39}K と ^{41}K の比率を求めることに主眼を置いて実験方法を検討した。

まず、ガンマ線測定によって、試料中の ^{40}K を定量する実験について検討を行った。 ^{40}K は電子捕獲によって安定な ^{40}Ar に崩壊するが、これは全体の 11.2% である。このため、解析が行いやすい十分な強度のガンマ線計測カウンタ値を得るためには、カリウム含有量が大きい方がよい。また、取り扱う上では毒性が低く、潮解性や昇華性のないものが望ましい。そこで、カリウムの無機塩を試料に用いる事とした。また、単一試料による 1 点計測では、計測の信頼性や学修要素に乏しい。そこで、検量線の作成や回帰分析などの学修要素を取り入れながら計測の信頼性を高める手段として、カリウム含有量の異なる数種類の無機塩を準備し、それらの ^{40}K 含有量をガンマ線測定で決定し、カリウム含有率- ^{40}K 含有量の関係を示すグラフの傾きから ^{40}K の存在比を計算させるものとした。実験に用いた無機塩類とカリウム含有率の関係を Table 2 にまとめた。

Table 2 Potassium content of samples

試料名	カリウム含有率[%]
塩化ナトリウム	< 0.005
硫酸カリウムアルミニウム十二水和物	8.24
減塩調味料	27.6 ⁶⁾
硝酸カリウム	38.7
硫酸カリウム	44.9
塩化カリウム	52.4

続いて、 ^{39}K および ^{41}K の存在比について質量分析によって決定する実験について検討を行った。ICP-MS による質量分析において、 ^{39}K および ^{41}K と同時に ^{40}K の存在比を決定するのは非常に困難である⁷⁾。ICP-MS では、プラズマガスやキャリアガスとしてアルゴンが

用いられるため、アルゴンのうち 99.60% をしめる 39.962 amu の ^{40}Ar が、39.963 amu である ^{40}K の検出を著しく妨害する。また、試料中にカルシウムが含まれると 39.963 amu の ^{40}Ca の妨害を受ける。このため、試料には高純度の塩化カリウムを用い、測定には ^{40}Ar による干渉除去のためアンモニアガスを用いたコリジョンリアクションセルを利用した⁸⁾。その上で、 ^{39}K および ^{41}K の質量ピークのみを分析対象とした。実験操作としては、繰り返し洗浄を行って清浄にした器具を用いて、高純度塩化カリウムの水溶液を調製し、濃度を 1 $\mu\text{g/L}$ 程度として ICP-MS による分析を行った。

3.2 実験操作

予備実験および学生実験において行った実験操作はおおよそ以下の通りである。

U-8 容器内部にポリエチレン袋を被せ、容器上部まで十分な量の試料を入れたのち、ポリエチレン袋の口を閉め、密閉した。このとき、電子天秤を用いて容器に加えた試料の質量を測定し、またノギスを用いて試料上面の底面からの高さを測り、記録した。U-8 容器に入れた試料について、ゲルマニウム半導体検出器を備えた高精度食品・環境放射能測定装置 SEG-EMS (セイコー・イージーアンドジー社製) でガンマ線測定を行い、試料中の放射エネルギーを測定した。測定の積算時間は 15 分間とした。塩化カリウム (和光純薬, 特級), 硫酸カリウム (和光純薬, 特級), 硝酸カリウム (小宗化学, 特級), 硫酸カリウムアルミニウム十二水和物 (和光純薬, 特級), 塩化ナトリウム (和光純薬, 特級, カリウム含有量 < 0.005%) および市販の減塩調味料 (カリウム含有量 27.6%, 商品表示情報から) を試料として測定を行った。また、同様の試料をシャーレに充填し、質量を測定した上で、それぞれの試料の同一箇所にて CsI シンチレーションサーベイメータのプロープ部を押し当てて線量当量率の測定を行った。

塩化カリウム (高純度化学研究所, 純度 > 99.999%) を精秤して、清浄な容器中で超純水に溶解させ、塩化カリウム水溶液を調製した。この溶液を清浄な容器を用いて繰り返し希釈し、塩化カリウム濃度を 1 $\mu\text{g/L}$ 程度とした。この水溶液について誘導結合プラズマ質量分析装置 NexION300 (パーキンエルマー社製) を用いて $m/z=38$ から $m/z=42$ 周辺の質量ピークを中心に質量分析を行った。

3.3 予備実験結果とその評価

塩化カリウム、硫酸カリウム、硝酸カリウム、硫酸カリウムアルミニウム十二水和物、塩化ナトリウム、および市販の減塩調味料の各試料について、比放射能を測定した結果を Table 3 にまとめた。また、それらの結果に基づいて、横軸をカリウムの含有率(質量比)、縦軸を⁴⁰K比放射能[Bq/kg]として表したものを Fig. 1 に示す。ここで図中の丸印は測定値を、直線は最小二乗法によるフィッティングの結果を、またエラーバーは2σを表している。比放射能はカリウムの含有量に対して単調増加した。決定係数R²は0.99925と高く、信頼性のあるデータであることを表している。

Table 3 Potassium-40 content of samples

試料名	⁴⁰ K比放射能[Bq/kg]
塩化ナトリウム	N. D.
硫酸カリウムアルミニウム十二水和物	2.57 × 10 ³
減塩調味料	8.86 × 10 ³
硝酸カリウム	1.27 × 10 ⁴
硫酸カリウム	1.42 × 10 ⁴
塩化カリウム	1.77 × 10 ⁴

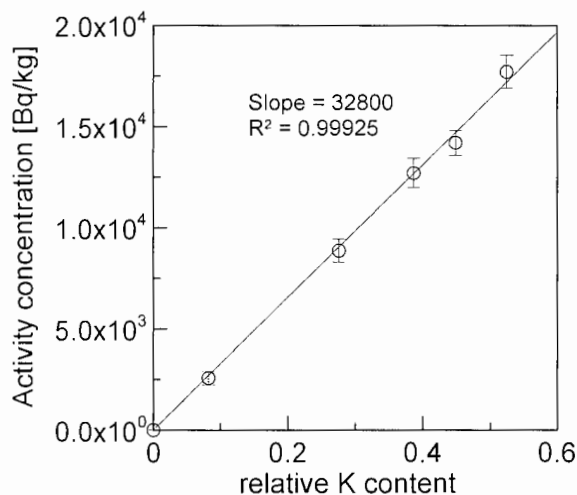


Fig.1 ⁴⁰K activity concentration as a function of potassium content of samples

プロットより得られた傾きは32800であるので、カリウムの質量分率が100%であるときの比放射能は32800[Bq/kg]となると推定される。ここから⁴⁰K同位体存在比を計算すると、以下の様になる。

壊変率 A [Bq/kg], 半減期 T_{1/2} [s] の放射性核種の原子数 N は次の式で表される。

$$N = \frac{1}{\lambda} A = \frac{T_{1/2}}{\ln 2} A \quad (1)$$

ここでλは壊変定数[s⁻¹]を表す。ここでλは電子捕獲の部分壊変定数λ_{EC} およびβ⁻崩壊による部分壊変定数λ_{β⁻}の和、すなわちλ=λ_{EC}+λ_{β⁻}である。⁴⁰Kの半減期 T_{1/2} は 1.277 × 10⁹[y]すなわち 4.030 × 10¹⁶[s]であり⁹⁾、実験によって求められた⁴⁰K比放射能は32800[Bq/kg]であるので、(1)式より⁴⁰Kの原子数 N は 1.907 × 10²¹[kg⁻¹]である。ここでカリウム 1.000[kg]の物質量は 25.58[mol]であり、アボガドロ定数を 6.022 × 10²³[mol⁻¹]とすれば、⁴⁰Kの同位体比は 0.000124 となる。文献値の 0.000117 と比較すると相対誤差は10%以内であり、近い値が得られていることがわかる。

続いて、1 μg/L 塩化カリウム水溶液について ICP-MS を用いて m/z=38 から m/z=42 周辺の質量ピークを中心に質量分析を行った結果について示す。マススペクトルより得られた³⁹K(38.964 amu)および⁴¹K(40.962 amu)のピークにおける積分カウント値を Table 4 にまとめる。

Table 4 Counts at the mass spectral peak of atomic ions

質量ピーク	積分カウント値/cps
³⁹ K (38.964 amu)	117000 (92.4%)
⁴¹ K (40.962 amu)	9560 (7.55%)

積分カウント値の比から、試料中の³⁹Kと⁴¹Kの比は0.924 および 0.0755 となった。これに先に求めた⁴⁰Kの同位体比を加味することで、Table 5 に示す同位体比が予備実験により得られた。

Table 5 Isotope ratio of potassium determined by this work

同位体	存在比 ^{※実験値}
³⁹ K	0.924
⁴⁰ K	0.00012
⁴¹ K	0.0755

Table 1 に示した文献値と比較し、完全な一致はみられないが、近い値を得られている事が見てとれる。Fig.1 に示した実験結果も良好であり、ICP-MS による同位体比の測定結果も概ね学生実験に適用できる範囲にあると考えられた。実験の再現性を確認しても、ほぼ同様の結果を得られたため、この内容で学生実験を行った。

3.4 学生実験の実施と結果

前述した実験手順に従い、実際に学生実験を行った。2週12時間のうち、第1週目にゲルマニウム半導体検出器による ^{40}K の定量実験を、第2週目に ^{39}K および ^{41}K のICP-MSによる質量分析実験を実施した。各週の実験開始時に30分程度、実験内容および背景について概説した。説明後、グループ毎に試料の充填などの測定準備、測定実験を行った。第1週における測定実験の様子をFig.2に示す。図中では、各グループが充填した試料を分析装置の遮蔽体内に設置し、測定を行っている。



Fig.2 A view of laboratory experiment

第1週実験終了時においては、Fig.3の様に各グループの測定結果を持ち寄ってとりまとめる作業を行った。実験データ（ここでは ^{40}K 比放射能）が、カリウム含有率に対して直線的に変化していることを確認し、実験を終えた。

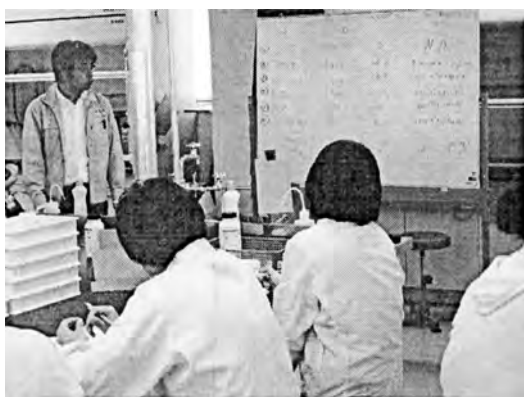


Fig.3 A view of laboratory experiment

第2週においては、実験室で $1\ \mu\text{g/L}$ の塩化カリウム水溶液を調製し、ICP-MSによる測定を行った。測定終

了後、グループ毎に繰り返し測定の積算値、平均値などの計算を行い ^{39}K と ^{41}K の比率を算出した。実験後に学生から提出されたレポートの報告値を、計算方法等について精査した上で評価すると、多くの学生の報告において ^{39}K 、 ^{40}K および ^{41}K の同位体比はおおよそ92~93%、0.011~0.012%、7~8%と記されていた。このことから、学生実験においても比較的文献値に近い、良好な実験結果が得られていたことが確認できた。

4. アンケート調査

受講者全員の実験レポートが提出されたことを確認した上で、アンケート調査を実施した。対象者は受講者12名であり、アンケート回答率は83%(10/12件)であった。調査項目は以下の通りである。

- (1) 今回の実験内容に興味は持てましたか？
- (2) 今回の実験を通じ、以下の項目について、理解は深まったと感じましたか？
 - a) 同位体・放射性同位体
 - b) ゲルマニウム半導体検出器による比放射能の定量
 - c) ICP-MSによる同位体の分析

なお、設問(1)については次に示す4項目で、設問(2)についてはa)~c)のそれぞれについて、理解度を『理解が深まった』を5、『以前と変わらない』を1として5段階で自己評価してもらった。

設問(1)においては『とても興味をもてた』が回答数4、『それなりに持てた』が回答数5であり、実験内容に対する興味としては概ね好意的な反応が得られた。実験担当者の視点からも、学生は意欲的に受講している感じられた。一方で『あまり持てなかった』が回答数1、『全く持てなかった』が回答数0であり、一部に否定的な結果が見受けられた。設問(2)については、それぞれ理解度評点の平均値が(a)4.3、(b)4.2、(c)4.3となっており、これは比較的高い数値であると考えている。

5. 考察および今後の課題

全2週の学生実験でカリウムの3種の自然同位体比を、文献値とおおよそ一致するレベルで決定することができた。近年、核化学や環境分析の分野において同位体比のモニタリングの重要性が特に高まっており¹⁰⁾、ここに報告した新規の学生実験テーマは地域に資する復興人材を育成する上で有効であるものと考えられる。この実験テーマをさらに改良し、今後とも復興人材育成に寄与していきたい。

今回実験に用いたゲルマニウム半導体検出器では、測定されたガンマ線スペクトル中の 1460.75 keV のピークのカウント数より、感度等の補正係数を考慮した上で ^{40}K 比放射能 [Bq/kg] を算出している。このとき解析ソフトウェア上では、軌道電子捕獲によるガンマ線の放出率 10.67 %、半減期 1.277×10^9 [y] を計算に用いている。今回行った学生実験では、この解析ソフトウェアより出力された比放射能を用いて ^{40}K 含量の解析や同位体比の計算を行っているため、いわば壊変に関する定数を二重に用いていることになる。感度等の補正係数を与えた上で実計測データであるカウント数から直接計算を行わせる方が、原理の理解に繋がるとも考えられ、今後はこの点について検討を行う必要があると考える。また、1 回あたりの測定にかかる積算時間が長いため、学生の待機時間が長くなり、実験が間延びした印象となってしまう点も問題と考えられた。この点についても検討を進めたい。

また、ICP-MS による実験では、高純度な試料を用いた上で、アンモニアガスによるコリジョンリアクションセルで ^{40}Ca や ^{40}Ar による妨害を排除したが、最終的に得られた ^{39}K および ^{41}K のピークにおける積分カウント値の比は、カリウムの天然同位体比とは完全に一致しなかった。これは、キャリアガスとして多量に用いているアルゴン中の ^{40}Ar の影響を排除しきれず、測定ベースラインの不安定性が生じたためと考えられる。セルガスの検討やガス導入量の最適化、マスピークの感度補正など、測定条件についても今後さらなる検討が必要である。

謝 辞

本校地域復興支援室技術支援員の薄葉ゆかり氏、大久保洋美氏に技術的なご支援を頂きました。ここに御礼申し上げます。またアンケートの協力者である物質・環境システム工学専攻の学生達に感謝します。

今回の研究の一部は、平成 23 年度文部科学省採択事業「大学等における地域復興のためのセンター的機能整備事業」による「原子力に依存しないエネルギーと安全・安心な社会を目指す地域復興人材育成事業」によって行われました。ここに感謝申し上げます。

文 献

- 1) 福島工業高等専門学校地域復興支援室: 地域復興人材育成事業 事業報告書, pp.1-7 (2013).
- 2) 厚生労働省医薬食品局食品安全部長: 農畜水産物等の放射性物質検査について (食安発 0319 第 2 号, 2013).
- 3) 東京電力: 福島第一原子力発電所 1～4 号機の廃炉措置等に向けた中長期ロードマップ (<http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/roadmap/conference-j.html>, 2013 年 9 月 10 日閲覧).
- 4) 福島工業高等専門学校: 福島工業高等専門学校シラバス, 4-03 (2013).
- 5) J. De Laeter, J. K. Böhlke, P. De Bièvre, H. Hidaka, H. S. Peiser, K. J. R. Rosman, P. D. P. Taylor: *Pure Appl. Chem.*, 75, 683–800 (2003).
- 6) 味の素グループ: 味の素 KK 商品栄養成分一覧 (http://www.ajinomoto.co.jp/okyakusama/allergy/eiyou_20130820.pdf, 2013 年 11 月 7 日閲覧).
- 7) S. J. Jiang, R. S. Houk, M. A. Stevens: *Anal. Chem.*, 60, 1217–1221 (1988).
- 8) 高橋純一, 山田憲幸: 分析化学, 53, 1257-1277 (2004).
- 9) 海老原充: 現代放射化学, pp.48-51 (化学同人, 京都, 2005).
- 10) 高貝慶隆, 古川真, 長橋良隆, 高瀬つぎ子, 敷野修: 分析化学, 60, 947-957 (2011).

メソ位にトリフルオロメチル基を有する高歪みポルフィリンの合成、性質および構造 I

— メソ-(トリフルオロメチル)オクタエチルポルフィリン —

Synthesis, Characterization, and Structure of High Distorted Porphyrin with Trifluoromethyl Group at the meso-Position I. - meso-(Trifluoromethyl)octaethylporphyrin -

青柳克弘・芳賀俊彦

福島工業高等専門学校物質工学科

Katsuhiro Aoyagi and Takahiko Haga

Fukushima National College of Technology, Department of Chemistry and Biochemistry

(2013年9月9日受理)

meso-(Trifluoromethyl)octaethylporphyrin **1** was readily prepared by photochemical trifluoromethylation of octaethylporphyrin(OEP) with trifluoromethyl iodide in DMF. No pertrifluoromethylation products have been detected in the present reaction. Both electrochemical studies and energy calculations of molecular orbitals indicated that the HOMO and LUMO of **1** were markedly stabilized compared to those of OEP. Moreover, for **1** the stabilization degree is much greater for the LUMO. This indicates that **1** has a high distortion.

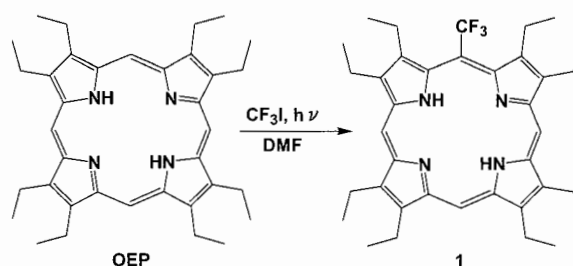
Key words: meso-(trifluoromethyl)octaethylporphyrin, photochemical trifluoromethylation, molecular orbitals, high distortion

1. 緒言

ヘム蛋白質、ヘム酵素において補欠分子、酵素および有機基質へのフッ素の導入は、以下の3つの点で興味深い。第一に、酵素の構造や反応の研究における¹⁹F-NMRのための核プローブとしての有用性である。補欠分子や酵素へ導入されたフッ素、ペルフルオロアルキル基の¹⁹F-NMRは、核プローブ周辺の環境に敏感で、広い磁場領域に現れる¹⁾。第二に、周辺に化学的に不活性な置換基を有する電子欠乏ポルフィリンは、パイオミメティック触媒や新しい材料等広い分野での応用の可能性が高いことである。これまでに報告された周辺置換基修飾電子欠乏ポルフィリンのほとんどが、化学的に活性な置換基によって機能化されていた。ペルフルオロアルキル基は、不活性でかつ高い電子求引性を持つ²⁾。最後は、フッ素化複素環化合物の持つ抗腫瘍活性である。以上のような点をふまえ、これまでβ位にペルフルオロアルキル基を有するポルフィリン、ヘムおよび再構成ヘム蛋白質の合成を行ってきた。そして、それらについてはすでに種々報告し³⁾、ペルフルオロアルキル基の持つ強い電子求引性がもたらす特殊な物理化学的性質についても明らかにした⁴⁾。また、ヘムおよび再構成ミオグロビンのスピン状態を明らかにするためには、常磁性¹⁹F-NMRが有効であることも報告している⁵⁾。

ところで、メソ位にペルフルオロアルキル基を有するポルフィリンに関する報告は非常に少ない⁵⁾。そこで、今回我々はメソ位に目を向け、特に、全β位エチル基置換ポルフィリン(オクタエチルポルフィリンOEP)のメソ位に1つだけトリフルオロメチル基を導入したメソ-(トリフルオロメチル)オクタエチルポルフィリン **1** を合成し(Scheme 1)⁶⁾、種々の物理化学的性質および分子軌道について調べ、OEPと比較検討した。さらに、トリフルオロメチル基を導入することによって生じる歪みについても検討した。メソ位に非常に強い電子求引性基を有する新規高歪みポルフィリンがどのような立体・電子構造を示すのかを検討することは、これらの分子が保有する特異な生物、物理および化学的特徴を知る上で必要不可欠である。

Scheme 1



2. 実験

NMRスペクトルは、VARIAN MERCURY-300 A NMR Spectrometerを用いて測定した。ケミカルシフトは、 ^1H の場合はTMSを内部標準として、 ^{19}F の場合は CFCl_3 を外部標準としてppmで表した。IRスペクトルは、JASCO FT/IR 7300 FT-IR Spectrometerを用いて、KBr錠剤法で測定した。電子スペクトルは、JASCO V-520 UV/VIS Spectrophotometerを用いて測定した。高分解質量スペクトル (HRMS) は、JEOL JMS-SX 102 A Spectrometerを用いて測定した。酸化還元電位は、BAS CV-1B Cyclic Voltammographを用いたサイクリックボルタンメトリーにより決定した。立体構造は、立体電子構造解析システム (MOL-MOLIS: 分子力場、分子軌道等の計算を行い、それらの結果を三次元構造に表示するシステム) を用いてシミュレートした。

2.1 メソー (トリフルオロメチル) オクタエチルポルフィリン **1** の合成 (方法1)

OEP 100 mg (1.87×10^{-4} mol) をジメチルホルムアミド (DMF) 150 mLに溶解し、低圧水銀灯と気体導入管を取り付けた光化学反応装置に入れ、室温で攪拌した。

真空ポンプを用いて装置内の空気を吸引除去した後、過剰のトリフルオロヨードメタンを挿入して、2時間光化学反応させた。

溶媒を減圧除去した後、残渣をジクロロメタン 30 mLに溶解し、DDQ 130 mgを加えて30分間、室温で攪拌した。

溶媒を除去し、カラムクロマトグラフィー精製 (溶出剤: ベンゼン/シクロヘキサン = 1/1 (体積比), 充填剤: シリカゲル (Wakogel C-200) 使用) した後、メタノールから再結晶したところ、**1** が収量 32 mg, 収率 28% で得られた。

IR (KBr) 3276 (ν (NH)), 1258, 1171, 1108 cm^{-1} (ν (CF_3)); $^1\text{H-NMR}$ (CDCl_3) δ = 9.88 and 9.83 (s, 2H and 1H, meso-H), 3.96 (m, 16H, CH_2CH_3), 1.85, 1.84, 1.75, and 1.64 (t, 6H, 6H, 6H, and 6H, CH_2CH_3), -2.08 and -2.41 (s, 1H and 1H, NH); $^{19}\text{F-NMR}$ (CDCl_3) δ = -31.2 (s, CF_3); UV-vis (CH_2Cl_2) λ max/nm (relative ratios) 404(17.7), 516(1.0), 559(1.61), 588(0.81), 646(1.38). HRMS Found: m/z 602.3617(+3.4ppm). Calcd for $\text{C}_{37}\text{H}_{45}\text{N}_4\text{F}_3$: M, 602.3597.

2.2 メソー (トリフルオロメチル) オクタエチルポルフィリン **1** の合成 (方法2)

すでに報告されている方法により合成したOEP亜鉛錯体 (OEPZn(II)) 100 mg (1.67×10^{-4} mol) をOEPの代

わりに用いること以外は、DDQ処理するまで2.1と同じ方法で行った。

DDQ 処理後、ジクロロメタンで希釈し、分液ロートに移した。脱亜鉛するために濃塩酸で処理し、中和後、水で洗浄し、有機層を無水硫酸ナトリウムで乾燥した。

溶媒を除去し、カラムクロマトグラフィー精製 (溶出剤: ベンゼン/シクロヘキサン = 1/1 (体積比), 充填剤: シリカゲル (Wakogel C-200) 使用) した後、メタノールから再結晶したところ、**1** が収量 12 mg, 収率 12% で得られた。

3. 結果と考察

3.1 **1** の合成

OEPとトリフルオロヨードメタンとの光化学反応によって、メソ位に1つだけトリフルオロメチル基を有する **1** を選択的に合成することができた (収率28%)。反応性を高めた亜鉛錯体を用いた場合も同様で、多置換体は確認できなかった。それは、 β 位のエチル基による立体障害と、置換したトリフルオロメチル基の電子的効果によるものと思われる。

3.2 **1** のNMRスペクトル

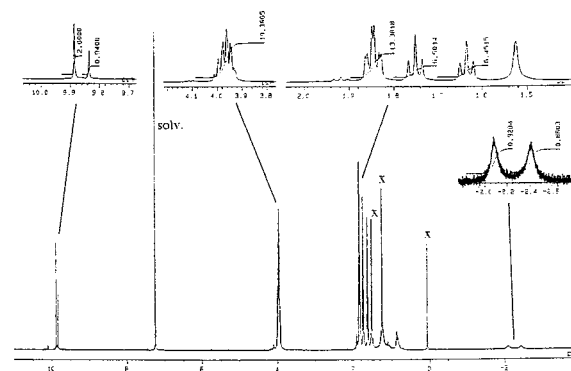


Fig. 1 300 MHz $^1\text{H-NMR}$ spectrum of **1** in CDCl_3 at 25 $^\circ\text{C}$.

Fig. 1, Fig. 2 に **1** の $^1\text{H-NMR}$, $^{19}\text{F-NMR}$ スペクトルを示した。それぞれ、**1** の構造を示唆するものであるが、特に、Fig. 2において、25 $^\circ\text{C}$ ではブロードだったトリフルオロメチル基のフッ素のシグナルが40 $^\circ\text{C}$ では少し鋭くなったことに注目したい。トリフルオロメチル基とエチル基の相互作用が大きい状態から、加熱することによって化学変換 (ポルフィリン環のパッカーリングとそれに伴うトリフルオロメチル基の回転) が起きたためと思われる。

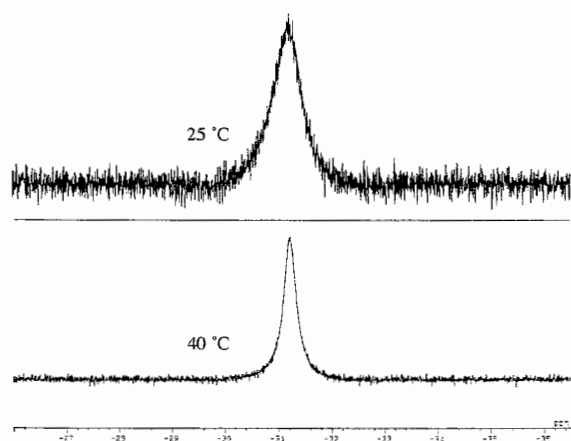


Fig. 2 300 MHz ^{19}F -NMR spectra of **1** in CDCl_3 at 25 °C and 40 °C.

3.3 **1** の分光学的性質

Table 1に各ポルフィリンの電子スペクトルの吸収極大波長を、Fig. 3に **1** の電子スペクトルを示した。トリフルオロメチル基を有する **1** の吸収極大波長は、それを持たないOEPと比べると、その電子求引性により全体

Table 1 Electronic spectral data for OEP and **1** in CH_2Cl_2 .

Porphyrins	Soret	IV	III	II	I
	λ max nm (Ratios)				
OEP	400(11.0)	498(1.0)	532(0.74)	568(0.47)	622(0.40)
1	404(17.7)	516(1.0)	559(1.61)	588(0.81)	646(1.38)

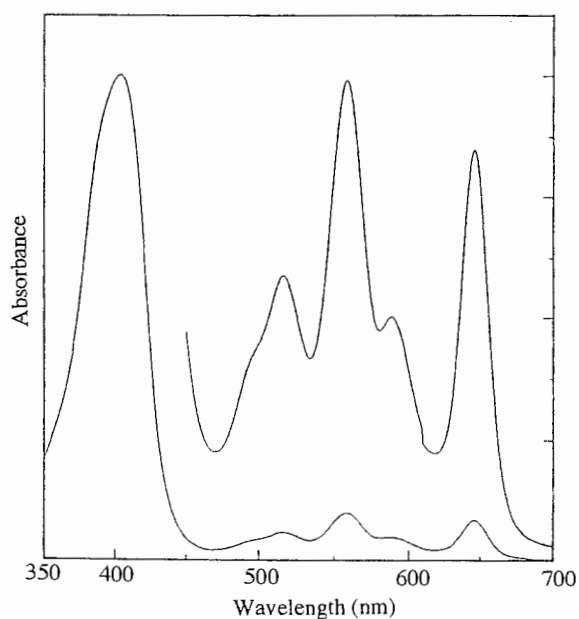


Fig. 3 Electronic spectrum of **1** in CH_2Cl_2 .

的に長波長シフトしていることがわかる。また、スペクトルの形がOEPのEtio型から大きく変化していることもわかる。

3.4 **1** の電気化学的性質と分子軌道のエネルギー計算

Table 2に各ポルフィリンの酸化還元電位を示した。**1** の酸化還元電位をOEPのそれと比較したところ、電子求引性基であるトリフルオロメチル基の影響で還元電位、酸化電位がともにアノディックシフトしている。これにより**1**のHOMOとLUMO双方のエネルギーがOEPよりも小さく安定化しているが、還元電位の差 (280 mV) に対して酸化電位の差 (100 mV) がかなり小さく、LUMOがHOMOに比べてより安定化していることがわかった。このような傾向は、ポルフィリン環が歪んでいる場合に見られ⁷⁾、メソ位のトリフルオロメチル基と β 位のエチル基との相互作用により、環がかなり歪んでいるものと思われる。

Table 2 Half-Wave potentials for OEP and **1** in CH_2Cl_2 (0.1mmol/L TBAPF₆).

Porphyrins	$E_{1/2}$ (mV)	
	P/P ⁺	P/P ^{•-}
OEP	840	-1420
1	940	-1140

Table 3とTable 4にエネルギー計算の結果を示したが、これらも酸化還元電位の測定から得られた知見を支持するものであった。

Table 3 Calculated values of energies by use of AM1.

Porphyrins	Enthalpies of formation (kcal/mol)	Differences in energy by trifluoromethylation (E) (kcal/mol)
OEP	135.218	-141.388
1	-6.17	

Table 4 Calculated values of energies of molecular orbitals.

Porphyrins	next HOMO	HOMO	LUMO	next LUMO
OEP	-7.64504	-7.52991	-1.25418	-1.21781
1	-8.19653	-7.79388	-1.59261	-1.33901

3.5 **1** の立体構造

Fig. 4およびFig. 5にエネルギー計算によって得たOEPと**1**の分子構造を示した。この分子構造には、今回得

られた電子スペクトル、酸化還元電位、 $^1\text{H-NMR}$ ・ $^{19}\text{F-NMR}$ スペクトル等の結果からも示唆されたトリフルオロメチル基とエチル基の相互作用によるコンホメーション変化が見られる。

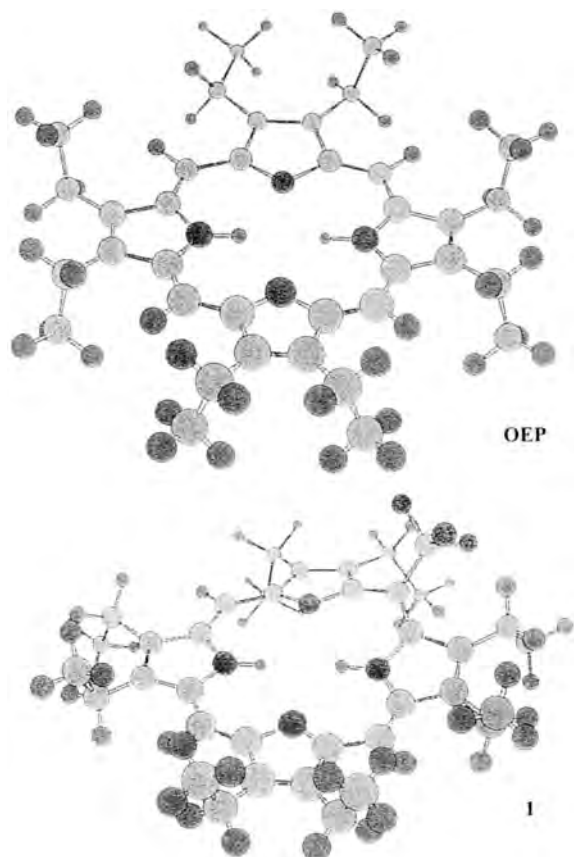


Fig. 4 Energy-optimized structures for OEP and 1.

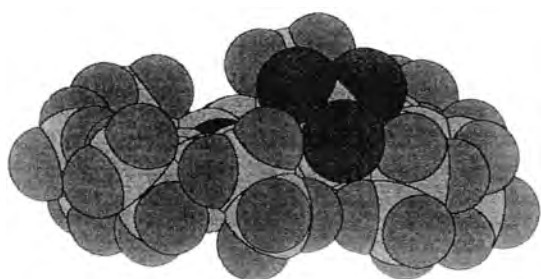


Fig. 5 Energy-optimized structure (space filling model) for 1.

4. 結論

(1) OEPとトリフルオロヨードメタンとの光化学反応によって、メソ位に1つだけトリフルオロメチル基を有する 1 を選択的に合成することができた。

(2) 1 の酸化還元電位をOEPのそれと比較したところ、電子求引性基であるトリフルオロメチル基の影響で 1 のHOMOとLUMO双方のエネルギーがOEPの場合よりも小さくなっており、両軌道ともに安定化していることがわかった。

(3) 1 は、LUMOがHOMOに比べてより安定化しており、メソ位のトリフルオロメチル基とβ位のエチル基との相互作用により、ポルフィリン環がかなり歪んでいることがわかった。

参考文献

- 1) a) H. Toi, M. Homma, A. Suzuki, and H. Ogoshi, *J. Chem. Soc., Chem. Commun.*, 1985, 1791; b) A. Suzuki, H. Toi, Y. Aoyama, and H. Ogoshi, *Heterocycles*, 33, 87 (1992); c) A. Suzuki, T. Tomizawa, T. Hayashi, T. Mizutani, and H. Ogoshi, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 69, 2923 (1996).
- 2) a) H. Ogoshi, Y. Suzuki, and Y. Kuroda, *Chem. Lett.*, 1991, 1574; b) Y. Kuroda, Y. Suzuki, and H. Ogoshi, *Tetrahedron Lett.*, 35, 749 (1994).
- 3) a) M. Homma, K. Aoyagi, Y. Aoyama, and H. Ogoshi, *Tetrahedron Lett.*, 24, 4343 (1983); b) K. Aoyagi, H. Toi, Y. Aoyama, and H. Ogoshi, *Chem. Lett.*, 1988, 1981; c) K. Aoyagi, T. Haga, H. Toi, Y. Aoyama, T. Mizutani, and H. Ogoshi, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 70, 937 (1997); d) J. Crusats, A. Suzuki, T. Mizutani, and H. Ogoshi, *J. Org. Chem.*, 63, 602 (1998).
- 4) a) T. Yoshimura, H. Toi, S. Inaba, and H. Ogoshi, *Inorg. Chem.*, 30, 4315 (1991); b) T. Yoshimura, H. Toi, S. Inaba, and H. Ogoshi, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 65, 1915 (1992); c) T. Yoshimura, H. Kamada, H. Toi, S. Inaba, and H. Ogoshi, *Inorg. Chim. Acta*, 208, 9 (1993).
- 5) a) S. G. DiMugno, R. A. Williams, and M. J. Therien, *J. Org. Chem.*, 59, 6943 (1994); b) 青柳克弘, 芳賀俊彦: 福島工業高等専門学校研究紀要, 40, 55 (2001).
- 6) Y. Kobayashi, I. Kumadaki, A. Ohsawa, S. Murakami, and T. Nakano, *Chem. Pharm. Bull.*, 26, 1247 (1978).
- 7) a) K. M. Barkigia, M. D. Berber, J. Fajer, C. J. Medforth, M. W. Renner, and K. M. Smith, *J. Am. Chem. Soc.*, 112, 8851 (1990); b) P. Ochsenbein, K. Ayougou, D. Mandon, J. Fischer, R. Weiss, R. N. Austin, K. Jayaraj, A. Gold, J. Turner, and J. Fajer, *Angew. Chem., Int. Ed. Engl.*, 33, 348 (1994).

福島原発事故の思想的課題

Philosophical Tasks on Fukushima Daiichi Nuclear Disaster

田淵義英

福島工業高等専門学校コミュニケーション情報学科

Yoshihide Tabuchi

Fukushima National College of Technology, Department of Communication Science

(2013年9月17日受理)

This thesis seeks how we can define philosophical tasks of Fukushima Daiichi Nuclear Disaster. For this purpose, the paper introduces thoughts of Günther Anders. Referring to his arguments, the thesis criticizes the strategy of Japanese contemporary thought, which reduces the cause of Fukushima Daiichi nuclear disaster to the depravity of morality of “Toden,” and proposes alternative understanding of the disaster.

Key Words: Fukushima Daiichi nuclear disaster, Günther Anders,

1. はじめに

本稿の目的は、福島第一原子力発電所事故（以下、福島原発事故と記載する）を、科学的（技術的）、あるいは政治的課題としてではなく、思想的課題として考察していくために、福島原発事故は思想的にはどのような課題として把握できるのかについて、ひとつの方向性を示すことである。

原子力や核兵器についての考察は、従来からその技術的な不完全性や、それを管理する制度の不完全性を指摘する議論のものに偏重してきた。これらは、それぞれ原子力についての科学的な批判と、政治的な批判と呼ぶことが出来るだろう。

一方で、原子力の、人類にとっての哲学的・思想的な意味を問う議論は少ない。これは、福島原発事故のような産業的破局について考えるとき、決して小さくない問題である。ジャン＝ピエール・デュビュイは、福島原発事故のような人類の未来を脅かし得る脅威に対処するにあたって主要な障害となっているのは、「概念的な事柄」すなわち「私たちは地球と私たち自身とを破壊する手段を手に入れましたが、ものを考える仕方を変えることはなかった」ということであると指摘している（デュビュイ 2013: 12）。科学的、制度的な考察だけではなく、概念的な考察が必要なのである。

すでに幾人かの哲学者、思想家がこうした問題を

指摘し、福島原発事故を哲学的・思想的課題として考察することの必要性を主張し始めている（一ノ瀬 2013; タッサン 2013 など）。しかし、こうした試みはまだ散発的であり、論点も定まっているとは言い難い状況にある。

そこで本稿では、福島原発事故を思想的課題として取り扱うにあたり、その課題とはどのようなものであり得るのかについて、核の思想家として知られているギュンター・アンダースの思想を導きの糸として、ひとつの方向性を提示してみたい。

なお、本稿の射程はあくまで、福島原発事故はどのような思想的課題として把握され得るのかについて、ひとつの方向性を示すことであり、実際の考察は次稿の課題としたい。

2. 福島原発事故をめぐる現在の思想的言説

2.1 福島原発事故をめぐる思想的言説の特徴

3.11 以後の思想的言説のひとつの特徴は、3.11 を天災ではなく人災として論じるというものである¹。とりわけ本論の課題である福島原発事故について、この傾向は顕著である²。

福島原発事故を人災として論じるということは、現在の思想的言説の課題が、福島原発事故に責任あるものは誰かを問うという、属人的な見方にもとづいていることを示している。歴史的には、こうした

属人的な見方は、二つの系譜を持っている。ひとつは、天災をある種の天罰としてとらえ、その限りにおいて人間を罪あるものとする考え方である。これは洋の東西を問わず古くから見られる。この議論は、人間の罪において災害を捉えるという意味でたしかに人災論に属していると言えるが、その罪は個人的なものではなく、あくまで全体的で抽象的なものとどまる。シュクラーによれば、ヨーロッパでこうした議論が見られたのは 1755 年のリスボン地震までであったというが (Shklar 1990)、日本ではかなり最近までこうした議論が見られた (仲田 1982、Harootunian 2011、廣瀬 2012、宮本 2012、尾原 2012)。

ハリー・ハルトゥーニアンは、日本では昔から自然災害は「道徳的破綻のあらわれとして理解されて」きたと述べているが、たしかに日本には古くから自然災害を人々の道徳的破綻と結びつける思想的伝統が存在してきた。古くは正嘉年間に頻発した天災についての日蓮の「立正安国論」に、近いところでは関東大震災の「天譴論 (てんけんろん)」にそうした伝統を見ることができる。2011 年 3 月 14 日、石原慎太郎前東京都知事が、東日本大震災について「津波をうまく利用して、我欲をうまく洗い流す必要がある。積年にたまった日本人の心の垢を。これはやっぱり天罰だと思う³⁾」と述べたことが物議を醸したが、ハルトゥーニアンは、この発言は関東大震災のときにも使われた「古くからある嘆きをリサイクルしたもの」に過ぎず、驚くにはあたらないと述べている (Harootunian 2011: 49-50) ⁴⁾。

しかしながら、現在日本で広がっている人災論は、こうした天罰論の系譜とは根本的に異なる。天罰論は、具体的な責任者、不正義を為した者、すなわち「悪」の所在を明確にすることなく、被災者も含めて災害に責任あるものとしてしまうという点で、近代以降の合理主義に馴染むものではない⁵⁾。現在われわれが目にして人災論は、集団ではなく特定の個人に責めを負わせようとするものである。前述のように、シュクラーはこの変化の契機をリスボン地震に求める。地震と津波によって数万人の命が奪われたリスボン地震において、ヴォルテールはそれを神の意志と見たのに対し、ルソーはそれを沿岸都市部での集中的な居住の結果であるとした。これは、

神の意志に反するような人類全体の罪から、自然災害を助長するような政策を推進した特定の個人の罪へと、「悪の所在が移動した」ということにはかならない。

このような「個人の悪」を問題にする立場は、福島原発事故をめぐる言説にどのような影響を与えているだろうか。

2.2 ふたつのアナロジー

1973 年の創刊以来、一貫して日本の社会思想を牽引してきた主導的雑誌であり、すでに 5 回にわたって東日本大震災に関係した特集を組んでいる『現代思想』⁶⁾に掲載された論文を分析した田淵 (2013) によれば、現在の思想的言説は、「戦争のアナロジー」と「ヒロシマのアナロジー」というふたつのアナロジーによって福島原発事故を表象している。

このふたつのアナロジーは、福島原発事故を、戦争や原爆の投下と同等の倫理的破綻の結果とするものである。すなわち、福島原発事故は、それに責任ある者の倫理的な破綻によってもたらされたと主張しているのである。この言明は、少なくともふたつの命題を内包している。ひとつは、福島原発事故には個人的に責任を負うべき責任主体が存在するという命題であり、いまひとつは、その主体は倫理的に破綻しているという命題である。

では、思想的言説が想定している、福島原発事故に責任を負うべき責任主体とは誰だろうか。いうまでもなくそれは、原子力産業にかかわる利害関係者、とりわけ東電もしくは個々の東電職員である。すなわち、東電もしくは個々の東電職員の倫理的な破綻が、福島原発事故をもたらしたということになる。

しかし、このような想定はあまりにも陰謀論めいて確からしくない。たまたま個々の東電職員の多くが倫理的に破綻していたと想定することは、われわれの常識的直感に反するものである。東電の職員もまた、ほかの多くの日本人と同じ「普通の人々」であるという当たり前のことを受容するならば (被害者や批判者にとってはそれがとても難しいことなのであるが)、むしろ彼らも、自らの仕事に自信と誇りを持っていたと想定する方が自然だろう。

かつてイバン・イリイチは、現代社会のもっとも深刻な脅威は、悪意をもつ者からではなく、善意の

産業によって生み出されるだろうと予告したが、福島では、まさにそれが起こったと考えるべきなのだ。デュビュイは、このような状況を「悪を働く人々の意図から悪が独立している」と表現している (Dupuy 2005=2011:ix)。しかし、実際に起きたことはデュビュイの表現よりももう少し複雑であった。つまり、原発の被災者にとって、イリイチのいう「善意の産業」とは、他ならぬ被災者自身だったのである⁷。したがって問題は、デュビュイが言うように、悪が、その意図から独立しているということだけではない。むしろより深刻なのは、悪が、その被害者によって為されているということ、悪の加害者と被害者が、もはや分離できないということ、要するに、悪はそれを行う意図だけでなく、それを行う主体とも無関係に機能しているということなのである。

こうした状況は、われわれの時代の破局、とりわけ産業的破局は、もはや伝統的な人災論の射程には収まりきらないことを示唆しているように思われる。新しい時代には、それに相応しい仕方でも問題を適切に捉えるための視座、時代に適したものの見方、要するにデュビュイの言うところの「概念的な事柄」が必要である。次章以降では、20世紀にはじめて核の問題と、哲学的に正面から向き合ったギュンター・アンダースの思想を手がかりに、われわれの時代の「概念的な事柄」についてひとつの方向性を提示したい。

3. ギュンター・アンダースの生い立ちと著作

3.1 アンダースの生い立ち

ギュンター・アンダースは、本名をギュンター・シュテルンといい、1902年7月12日、現在のポーランドのヴロツワフに生まれた。ドイツ系ユダヤ人の哲学者であり、ジャーナリストでもある。とりわけ技術と人間存在の関係に関心を寄せ、哲学的探求を行った。メディアが人類の倫理的体験にどのような影響をもたらしているか、原子力がどの程度まで人類の倫理的体験に中心的な影響を及ぼしているのか、ホロコーストの哲学的な意味はなにかといったテーマに対して、「技術と人間存在の在り方」という一貫した問題意識から、積極的な発言を行った人物である。

フッサールに師事し、同じドイツ系ユダヤ人の女

性哲学者として知られるハンナ・アレントやハンス・ヨナスらとともに学んだ。この時代は、ナチスの不幸な経験から現代社会に対して鋭い批判の眼差しを向けたドイツ系ユダヤ人たちが豊かな思索を展開した時代であるが、アンダースもその一翼を担う人物であったといえる。そのため、彼の思想は現代社会に対する問題意識に溢れたものとなった。1992年12月17日、オーストリアのウィーンにて没。

3.2 原子力についての主な著作

アンダースの原子力についての主な著作は五つある。1956年の『時代遅れの人間』、1961年の『ヒロシマ わが罪と罰』、1964年の『われらはみな、アイヒマンの息子』、1972年の『核の脅威』、そして1982年の『ヒロシマはいたるところに』であり、このうち『核の脅威』と『ヒロシマはいたるところに』は邦訳未刊行である。

1956年の『時代遅れの人間』は、「プロメテウスの落差」と「進歩信仰」による「アポカリプス不感症」という、彼の理論的立場の全貌がほぼ明確にされたという点において、代表的著作である。この後の著作については、基本的には様々な社会問題に対する「アポカリプス不感症」の応用であると言っても差し支えないほどであり、アンダースの哲学を理解するうえで、それだけ重要な著作であると言えるだろう。

1961年の『ヒロシマ わが罪と罰』は、広島原爆投下に参加したクロード・イーザリーとの往復書簡で構成されており、国内でもよく知られている。

1964年の『われらはみな、アイヒマンの息子』は、ナチスのホロコーストを主導したアドルフ・アイヒマンの息子、クラウス・アイヒマンへの公開書簡で構成されている。この作品は、原子力についての理論としてあらわれた「アポカリプス不感症」の議論を、ホロコーストに応用したものである。この著作を通してアンダースは、イーザリーとアイヒマンの哲学的差異を明確にしている点がきわめて興味深い。

1972年の『核の脅威』は邦訳未刊行の著作である。核についてのアンダースの著作の到達点を示すものでもあり、核の脅威は、特定の地域に対して及ぶものではなく、いまや全世界が常在する脅威にさらされていると警鐘を鳴らすとともに、原子力について

は、そのあまりに巨大なエネルギーゆえに、もはや民生技術と軍事技術の区別が無意味なものになるうとしていることを指摘した⁸。いずれの指摘も福島原発事故を想起させるものであり、アンダースの議論の現代的な意義を感じさせるものである。

1982年の『ヒロシマはいたるところに』は、1959年の『橋の上の男』(邦訳絶版)と1964年の『死者たち』(未邦訳)に、前出の『ヒロシマ わが罪と罰』を加えて編集されたもので、『時代遅れの人間』、『核の脅威』とならぶ主著として知られている。

このように、原子力についてのアンダースの考察は、なによりもまず軍事技術としての核、すなわち原爆についての考察から始まっている。彼は、原爆を、広島や長崎という特定の場所で起こった脅威として考察することは、二つの意味において出来ないと考えた。すなわち、第一に、原爆の投下は、1945年にたまたま広島と長崎というふたつの都市で現実になったが、可能性としては地球上のあらゆる場所で現実になり得たし、いま現在もなり得るという意味において。第二に、原子力は、人類にとって過剰なその破壊力において、軍事技術と民生技術の区別がつけられないという点において。ではなぜ、アンダースはそのように考えたのだろうか。アンダースがユニークなのは、彼がその原因を原子力の技術的な不完全性や、それを管理する制度的な不備、すなわち科学的理由や政治的理由に求めるのではなく、道徳の機能不全という、きわめて哲学的・倫理的な理由に求めた点である。

4. ギュンター・アンダースの思想

4.1 アポカリプス不感症

20世紀後半に原子力について思索した哲学者であるギュンター・アンダースは、人類は、原子力が人類に破滅的な状況をもたらし得るという可能性に対して鈍感になっている—「アポカリプス不感症」になっている—と警鐘を鳴らした。ここで破滅的な状況というのは、簡単に述べれば原子力によってこの世界から人類が消滅してしまうような事態である。それは可能性としては十分にあり得ることなのに、人類はそれを想像することができない。アンダースは、その「想像力の欠如」を「アポカリプス不感症」と呼んだのである(アンダース 1994: 276)。

アンダースによると、人類を「アポカリプス不感症」に陥らせている原因は二つある。ひとつは彼が「プロメテウスの落差」と呼ぶものであり、いまひとつは「進歩信仰」である。「プロメテウスの落差」とは、簡潔に述べれば、人間が為し得ることと人間が感じ得ることの間の落差である。人間は殺すとなれば1千人でも1万人でも殺すことが出来る。しかし、殺された死者について想像するとなるとせいぜい10人程度であろう。さらに、彼らの死の恐怖を感じるとなると、たった10人であっても出来ないアンダースは指摘する(アンダース 1994: 282)。

こうした落差は、人間生活のあらゆる側面に存在している。それは「製作」と「感情」の間の落差だけでなく、たとえば「知識」と「理解」の間の落差でもある。

核戦争がどんな結果をもたらすかを、われわれが「知っている」のは疑いない。だがそれは「知っている」だけだ。この「だけ」は、われわれの知識がほとんど「無知」に近いということ、少なくとも理解よりむしろ「無理解」に近いということを表している。(中略)

核兵器について他の人々よりもよく知っている人もあろうし、はるかによく知っている人もあるかもしれない。しかしどれだけ知っていても、われわれは誰ひとり、本当に適切な形で「知っている」わけではない。その点では最高司令官も一歩兵と変わりはなく、大統領も浮浪者と変わりはない。知識と理解との落差は、人物とか身分とは無関係に存在しているからである。われわれは誰ひとり例外ではない。ここには有資格者はなく、アポカリプスの支配は無資格者の手に委ねられているのだ。(アンダース 1994: 282-3)

一方で、「進歩信仰」が「アポカリプス不感症」の原因となるのは、それが「終末」を無意味なものにしてしまったからである。人類の歴史において、終末論がもたらす「黙示録的恐怖」は長く人類の営みを規制するものであり得たが、「歴史が自動的に向上するという数世代にわたる信仰によって」、人類はもはやこの恐怖を感じる事が出来なくなったのであ

る（アンダース 1994: 290）。「進歩信仰」では、歴史とは向上の歴史にほかならず、現在より悪くなるという事態は想定されていない。そのため、人々は「ヒトラーのような『救済者』は信頼するのに、災いの告知は信用」しない、すなわち、原子力のもたらす恩恵を説く人々は信頼しても、それがもたらすかも知れない破局は理解出来ないというのである」（アンダース 1994: 290）。

アンダースの理解の重要性は、（その洞察の妥当性はもちろんだが）彼が「アポカリプス不感症」の原因を、人類の道徳的破綻に求めているという点にある⁹。アンダースの議論では、原子力の災禍がもたらされるとすれば、それは人類の道徳的破綻のせいではなく、人類が手にした知識と生産力が、人類の想像力と感情を超えて過剰だからである。

この過剰さを、イバン・イリイチは「逆生産性」と呼んだ。つまり、ある閾値をこえて高まった生産力は、逆に人類に害悪をもたらすというのである（山本 2009: 79）。したがってイリイチは、もし人類に破局がもたらされるとすれば、それは悪意を持つ者によってではなく、善意の産業によってであろうと予言した。

だとするならば、災害（にともなう産業的破局）は、もはや倫理的破綻には還元し得ないということになる。ジャン・ピエール・デュビュイは、産業的破局を倫理的破綻に還元しようとするこの問題点を敷衍して、次のように述べる。

今や怖れるべきは数々の悪意よりも、むしろ国際原子力機関のような「全世界の平和、衛生、繁栄」を保障することを任務とする組織体なのだ。敵対する相手側をひたすらこの上なく不吉なものとして描き出そうとする反核運動の人々は、そうすることで自分たちの批判力が弱まっていることを理解していない。私たちが脅かす巨大な機械を操作する人々が、有能かつ誠実であるということのほうがはるかに深刻なのだ。そのよう人たちは自分たちが非難されていることを理解できない。（デュビュイ 2011b: viii）

すなわち、破局を何者かの悪意においてではなく、

善意が悪に転じるという我々の時代に固有の構造において捉えることが、必要なのである。

4.2 ヒロシマ／ナガサキ／ホロコースト

ここまで、アンダースの理論的な立場を概観してきたが、では、彼は現実に生じた破局について、どのような認識を示したのだろうか。ここでは、原爆の被害を受けたヒロシマとナガサキに対する認識と、ホロコーストに対する認識を整理する。

すでに述べたように、アンダースは「アポカリプス不感症」という概念によって、ヒロシマとナガサキを解釈している。彼は、なぜ原爆が投下されたのかという問いに対するもっとも根本的な理由を、科学的な理由や政治的な理由ではなく、人間の想像力の限界に求める。

広島と長崎への核爆弾投下について、部分的にでも責任ある人物を数え上げてみると、たとえば原子爆弾の開発をルーズベルトに事実上打診したレオ・シラードやアルベルト・アインシュタインらユダヤ系の亡命科学者たち、イギリスの原爆開発検討委員会であるモード委員会の報告をルーズベルトに伝えたチャーチル、それをうけてマンハッタン計画を決断したルーズベルト、最終的に原爆投下を決断したトルーマンなど、枚挙にいとまがない。

しかし、そのうちの誰一人として、核爆弾投下もたらす数十万人の死を、頭では理解していたかも知れないが、本当の意味でその痛みを想像出来てはいなかったという点こそ、アンダースにとって焦眉の問題であった。実際のところ、不感症に陥っていたのは彼らだけに限ったことではない。一部の科学者たち（ニールス・ボーア、ジェイムス・フランク、レオ・シラードなど、原爆がもたらすであろう状況についてかなり明確な予見をもっていた一部の科学者とその賛同者たち）を除いて、当時、核爆弾投下もたらす惨禍を本当に想像することが出来ていた人々はほとんどいなかったのであり、誰が大統領であっても、おそらくは似たような決断をしたはずなのである。アンダースはこの点において、原爆投下の本質的な原因が、ルーズベルトやトルーマンという特定の個人の個別の決断にあるという考えを拒否した。

実際、原爆投下までには何人もの人間の決断の瞬

間があった。そのなかの誰かひとりでも別の決断をしていれば、原爆は投下されなかったかも知れない。マンハッタン計画を決定したルーズベルト、それを指揮したレズリー・グローヴス准将、原爆投下作戦を立案し、実際に広島に原爆を投下したエノラ・ゲイの機長でもあったポール・ティベッツ陸軍大佐、その爆撃手だったトーマス・フィアビー陸軍少佐、そして、先行した気象観測機ストレートフラッシュに搭乗した、有名なクロード・イーザリー少佐などは、誰もが別の決断をする可能性を持っていた。しかし、現実にはそれは不可能であった。アンダースによればそれは、彼らの個人的な人間性のせいでも、彼らの政治家や軍人としての立場のせいでもなく、彼らの行為の結果が、彼らの想像力の及ぶ範囲を超えていたからである。しかしそれは、彼らの想像力が特別に貧困であったとか麻痺していたからというのではなく、核爆弾のあまりに強大な破壊力が、そもそも人間の想像力を超えていたからである。

アンダースは、同様の考察をホロコーストに対しても行った。アンダースの最初の妻でもあったハンナ・アレントは、『イエルサレムのアイヒマン』において、アイヒマンの想像力の欠如を指摘し、現代人はみな潜在的にアイヒマンになり得ると主張したが、アンダースはむしろ、アイヒマン的人間こそ、現代社会のもっとも特徴的な人間像であると述べた。それは、アレントの述べているように、中間管理職的人間が、自己の決断に責任を感じなくなるというだけでなく、現代社会における技術と人間の関係が決定的に変化したからである。

ここで重要なのは、破局を考える際の中心点が移動しているということである。すなわち、破局を引き越した道徳や倫理の破綻を問題にするような、いわゆる技術者倫理的な視点に対して、アンダースは道徳や倫理が破綻したことそのものではなく、なぜそうした道徳や倫理が広範に停止してしまったのか、その条件の方を問おうとしているのである。つまり、どのような条件のもとで道徳は停止してしまうのかを考え、ただ道徳的であろうとするのではなく、道徳を停止させる条件に抵抗することが重要であると、アンダースは示唆しているのである。

5. まとめにかえて

5.1 福島原発事故の再解釈

アンダースの議論から問題を捉え返すと、福島原発事故は伝統的な人災論の射程を超えた解釈を必要としているように思われる。第一に、われわれは「アイヒマンとしての東電職員」という考え方をしてみ必要がある。

すでに述べたように、原子力の途方もない力と我々の想像力のあいだには落差があり、その落差は私たちを無感覚にしてしまう。その意味で、原子力という途方もない技術力を実際に操る人々、端的に東電職員が、その行使の結果を想像できなかったとしても、それはなんら不思議ではない。

そして実際、それは東電職員に限ったことではない。かりにもテクノクラシーではなくデモクラシーを是とする政治制度において生きている私たち一人ひとりが、日々原子力の恩恵に預かって生活しながら、その結果を想像できなかったのも同じ理由によるのである。アンダースの「プロメテウスの落差」の概念は、伝統的な人災論の射程を超えて、加害者・被害者の区別を超えたところでわれわれの社会が共有している問題を指し示している。

いまひとつ考えておきたいことは、原子力発電所が、大量生産大量消費という消費社会を前提に存在しているということである。パウマンがいうように、消費社会とは、ほかのいかなる活動よりも消費が社会生活の主要な活動となっているような社会を指すとすれば（パウマン 2003: 205）、われわれの社会では消費への欲求こそもっとも強力なエネルギーなのである。

原子力を必要とさせ、運用させ、生み出されたエネルギーを実際に使用させもする力、すなわちわれわれの消費社会における消費の力は、それが原子力を生み出しているという意味において、原子力よりもさらに途方もない力である。そして消費者は、原子力云々以前に、まず自分たちの消費という行為の帰結に想像力が追いついていない。消費社会では、生産者もよりも消費者に主導権がある以上、原子力の生産者よりも、その消費者こそ深刻な「プロメテウスの落差」に直面しており、消費がもたらすかも知れないアポカリプスに対して不感症になっているのかも知れないということ、われわれは認識する必要があるだろう。

5.2 今後の展望

ここまで、ギュンター・アンダースの思想を手がかりに、福島原発事故がどのような思想的課題として把握され得るかについて、ひとつの方向性を示そうとしてきた。そこで示されたのは、福島原発事故を、「プロメテウスの落差」による「アポカリプス不感症」の結果として捉え直すという可能性である。しかもそれは、伝統的な人災論の射程を超えて、加害者・被害者の区別なくわれわれの社会が共有する問題としての「アポカリプス不感症」である。

今後の展望としては、アンダースが定義した一般的概念としての「アポカリプス不感症」ではなく、その現代社会に固有の様態を明らかにしなければならないだろう。本論でわずかではあるが示されたように、それは消費行為の結果についての想像力の限界、すなわち消費者の直面している「プロメテウスの落差」を明確にすることであると思われる。

同時に、そうした構造的問題に対して、抵抗の方法が模索されなければならない。アンダースは、知識と哲学的省察によって想像力を強化すること（彼はそれを「道徳的な特別練習」と呼んでいる）を提案している。これは、社会学の分野では「社会的想像力」として以前から知られているものだが、このように抵抗を「態度」の問題へと還元してしまうことは、いささか心もとない。

それよりも、人間の本来の想像力で対応できる程度にまで、行為と結果のつながりを回復するという方向性を考えるべきかも知れない。アンダースが「世界機械」と呼ぶ仲介の増大（＝分業）による世界の複雑化と人間の部品化は、抵抗をきわめて困難にする。というも、ある事態への加担が複雑になると、それは抵抗の術も複雑にするからである。すなわち、自分が事態へ加担しているということが見えにくい以上に、その状態へどのように抵抗するかはさらに見えにくい。行為と結果（としての事態への加担）の結びつきが不明瞭であるということは、どの行為が恥ずべき結果に結びついているのかを特定すること、つまりどの行為を自分は取りやめるべきなのかを特定することが出来ないということである。

こうした状況に、想像力の強化で立ち向かうには限界があるだろう。やはり、世界の機械化（＝人間

の部品化）自体を押し止める必要がある。

以上、「アポカリプス不感症」の現代的様態とその主体を明確化すること、そして抵抗の方法を模索することを、今後の課題としたい。

謝辞

アンダースの生い立ちや著作について、東洋大学の渡名喜庸哲先生から助言を頂戴した。ここに記して感謝の意を表します。

文献

- アンダース, ギュンター, 1987, 篠原正瑛訳『ヒロシマわが罪と罰——原爆パイロットの苦悩の手紙』筑摩書房.
- , 1994, 『時代遅れの人間・上』法政大学出版局.
- , 2007, 『われらはみな、アイヒマンの息子』晶文社.
- アレント, ハンナ, 1969, 『イェルサレムのアイヒマン——悪の陳腐さについての報告』みすず書房.
- 一ノ瀬正樹, 2013, 「放射能問題の被害性——哲学は復興に向けて何を語れるか」, 『国際哲学研究 別冊1 ポスト福島哲学』19-47.
- 開沼博, 2011, 『「フクシマ」論——原子カムラはなぜ生まれたのか』青土社.
- 河野勝・金慧, 2012, 「復興を支援することは、なぜ正しいのか——哲学・思想の先駆者に学ぶ」『復興政策をめぐる《正》と《善》』早稲田大学出版部.
- 佐々木中, 2011, 「砕かれた大地に、ひとつの場処を——紀伊國屋じんぶん大賞 2010 受賞記念講演『前夜はいま』の記録」, 『思想としての3・11』河出書房新社.
- Shklar, N Judith, 1990, *The Faces of Injustice*, Yale University.
- タッサン, エティエンヌ, 2013, 渡名喜庸哲訳, 「フクシマは今——エコロジ的危機の政治哲学のための12の注記」, 『国際哲学研究 別冊1 ポスト福島哲学』49-60.
- 田淵義英, 2013, 「災害思想についての予備的考察——原発事故と道徳的破綻の関係について」, 『東

北都市学会研究年報』13: 91-105.

デュビュイ, ジャン=ピエール, 2011a, 「悪意なき殺人者と憎悪なき被害者の住む楽園——ヒロシマ、チェルノブイリ、フクシマ」(2011年6月30日の東京大学駒場キャンパスにおける講演原稿, available at

http://utcp.c.u-tokyo.ac.jp/blog/Dupuy_japanese_2011.pdf, last accessed 2013/10/04.)

———, 2011b, 嶋崎正樹訳, 『ツナミの小形而上学』岩波書店.

———, 2013, 石川学訳, 「極端な出来事を前にしての合理的選択」, 『国際哲学研究 別冊1 ポスト福島哲学』7-18.

パウマン, ジグムント, 2003, 「労働倫理から消費の美学へ——新たな貧困とアイデンティティのゆくえ」『総力戦体制からグローバリゼーションへ』平凡社.

Harootunian, Harry, 2011, “Failed State.” (= 2011, 後藤悠一訳「破綻した国家」, 『現代思想』39 (7): 49-53.)

檜垣立哉, 2011, 「自然は乱暴であるに決まっている」, 『思想としての3・11』河出書房新社.

¹ 3.11をあくまで天災として論じている数少ない哲学者に檜垣立哉がいる。彼は、「想定外であるに決まっている」ものとしての自然に、謙虚に向き合うことの重要性を指摘している(檜垣 2011:135)。

² もっとも、これは思想的言説の特徴というよりも、3.11に関するすべての言説の特徴であるといえる。したがって、現在の思想的言説はある意味では「右へならえ」になっているのである。思想がこうした同質的言説を語るることについての批判は、檜垣(2011)や佐々木(2011)を参照されたい。

³ 2011年3月14日の記者会見で、石原前都知事に発言の真意をただした記者質問から書き起こした。(Available at

<https://www.youtube.com/watch?v=-0yM309YxKk>, last accessed 2012/12/30)

⁴ もっとも、ハルトゥーニアンによれば、日本古来の考え方で問題とされるのは為政者の道徳的破綻であって、民衆のそれではない。石原発言は、「責任を政治的指導者から民衆の身勝手さに転嫁」しようとしている点で、「日和見主義的で利己的な試み」であったと、ハルトゥーニアンは批判している

(Harootunian 2011: 50)。

⁵ 日本でも、石原発言に抗議が殺到し(2011.3.15 17:41「読売新聞」)。滅多に謝罪することのない石原氏が、早くも翌日には「行政の長であります私が使

いました天罰という言葉が被災者の皆さま、国民、都民の皆さまを深く傷つけたことから、発言を撤回して深くおわびいたします」として、発言を撤回し謝罪するという異例の事態に至ったことは、まだ記憶に新しい(2011.3.15 13:37「産経新聞」)。

⁶ 震災直後の2011年5月には、はやくも最初の特集である「東日本大震災」を組んでいる。その後、同年10月に「反原発の思想」、11月に「ポスト3.11のエコロジー」、年が明けた2012年3月に「大震災は終わらない」、同年7月に「被曝と暮らし」と続く。ほかに、9月の臨時増刊号として復刊された『imago』で「東日本大震災と〈こころ〉のゆくえ」を特集している。

⁷ このことは、原発事故の被害を受けた東電(とその関連企業)職員についてのみ当てはまるのではない。補助金を受け取っていた原発立地町村や隣接市町村はもとより、福島県自体も多かれ少なかれ原発の推進に加担していたことを考えれば、加害者と被害者の線引きはますます困難なものとなる。このあたりの事情については、開沼(2011)などが参考になる。

⁸ たしかに、「原子カムラ」の安定性は、原子力の持つ暴力性の克服ではあり得ない。デュビュイは原子力を虎に喩えている。虎を檻に閉じ込めることは、虎の凶暴性を、暴力性を封じ込めることであって、それは虎の否定である。それでも、そこにいるのが虎であることには違いない。原子力発電所はこれと似ている。原子力発電所は原子力の暴力性の否定だが、それでも、そこにその暴力性が存在し続けていることは変わらない。津波で檻が破られれば虎の暴力性があらわになると同じように、原子力の暴力性が、今あらわになっている。(奇妙なことだが、福島で起きたことと2012年4月20日に八幡平で起きたことは、この点で類似している。)原子力や動物に限らず、我々の社会は多くの場合、このようなかたちで暴力性を消し去ることで機能している。実際には存在している暴力性を、「制御」の名のもとに「忘れる」ことで、我々は日々の安心を手にすることが出来ている。しかし、その制御が破られたとき、我々は否応なくそれを思い出すのである。問題は、社会からあらゆる暴力性を排除することではない。そんなことは不可能だ。大切なのは、まず社会に存在している暴力性を認識すること、そして、何をどこまで許容するのかを決定することである。しかし、その何と難しく感じられることか。我々の社会の暴力性は、今やあまりにも複雑になりすぎた。

⁹ たしかにアンダースは、「プロメテウスの落差」を埋めるために「道徳的想像力」の重要性を主張している(アンダース 1994: 280-9)。しかし、この指摘は二つの点で、誰かの道徳的破綻を非難することとは異なる。第一に、道徳的想像力が必要なのは人間の「感情の作用範囲の限界」(アンダース 1994: 282)からであり、悪意や怠惰からではないということ。第二に、道徳的想像力が求められているのは原子力を制御するという特定の立場の人間というよりも、人類全体であるということ。

学習到達度試験としての大学入試センター試験導入の試み

An Attempt to Adopt National Center Test for University Admissions as an Achievement Test of English and Physics

市川 誠・新井 真人
福島工業高等専門学校一般教科
Makoto Ichikawa and Masato Arai

Fukushima National College of Technology, Department of General Education
(2013年9月17日受理)

As is well-known, Fukushima National College of Technology (FNCT) provides its students with a special educational program according to the research field in which they major. It should be stressed here that, although FNCT offers a special educational program, the students majoring in the technological fields study English and Physics in accordance with the guideline issued by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology. This is particularly the case with lower-grade students. One of the questions which have interested the present authors is as follows: How far do our third-grade students acquire the third-grade-student-leveled knowledge of each subject when they finished the lower-grade course? In order to answer our question, National Center Test for University Admissions seems very adequate because this nationwide test is said to be based on the knowledge which all the third-grade students are expected to acquire when they enter higher education. In addition to the adequacy as an achievement test, National Center Test for University Admissions serves as a measure of our students' achievement because it makes available the average score of all the examinees. In this paper, we will make a brief report on our attempt to use National Center Test for University Admissions as an achievement test for the third-grade-leveled students.

Key words: National Center Test for University Admissions, achievement test, English, physics

1. はじめに

福島工業高等専門学校（福島高専）は、機械工学科、電気工学科、物質工学科、建設環境工学科、コミュニケーション情報学科の5つの学科から構成されている。英語と物理は共に、工学系4学科で重要な教科として位置付けられており、その重要性に鑑みた授業を展開している。

近年の国際化の潮流に応じて、工学分野で国際共通語としての英語の役割が重要視されている。この重要性を踏まえ、工学系学科一年次では、講読と文法に加え、会話が必修科目としていることが福島高専の特徴である。また、近年、就職の際にトイックスコアを求める企業が増加していることに考慮し、3年次以上の高学年学生を対象にトイックIPテストを実施し、学生自らに英語力を把握させると同時に、トイックスコアを成績評価の一

部に取り入れ、更なる英語学習の動機付けとしている。

他方、物理は、機械、機械、物質（生物、化学）、建設などのすべての学科の専門分野の基礎になっているだけでなく、究極的には現代の科学技術を支える基礎となっていることから、理系科目の中でもっと重要な科目の一つになっている。また、物理では、物理的な現象を数式、特に文字式を用いて理解をすることが要求されるが、そのような理解の仕方は多くの専門科目で自然に求められることであり、本格的に専門科目を習う4年生までに、1学年から3学年までの内容について十分な習熟がなされることが期待される。なお、一般科目（低学年課程）において、英語と物理は、基本的に高校学校学習指導要領の内容に沿った授業を行っている。

筆者(市川・新井)は、平成24年4月に福島高専に着任した。この1年半余り、英語と物理の教育にそれぞれ従事してきた。昨年度、私たちが工学系学科3年生を教えた時、他の普通高等学校の学生と比較すると、本校学生の3年次修了時点の学習到達度はどの程度なのかという疑問が持ち上がった。確かに、英語では、平成16年度からトピックIPテストを、物理では平成18年度から全国立高専で一斉に行われている「学習到達度試験」を導入し、学生の学習到達度の把握に努めている。しかしながら、いずれの試験も比較対象に偏りがあるため、本校学生の学力を全国的な尺度から測定することは困難である。そこで、筆者たちは、大学入試センター試験が本校学生の学力を全国レベルで測る手段として適切ではないかと考えた。その理由は次の2つである。第1の理由は、大学入試センター試験は、高等学校学習指導要領の内容に基づいて作られており、高等学校卒業時点までに習得すべき学力を測定する手段として適切だからである。第2の理由は、大学入試センター試験は、科目毎に平均点数を公表している。公表された平均点と本校学生の平均点を比較することで、本校学生の学力を全国レベルの観点で測定することが可能となるからである。

筆者たちは、平成25年度に担当する工学系学科4年生の初回授業で、3年次修了時点の学習到達度試験として、平成25年度大学入試センター試験の英語と物理の問題を学生に解答させた。本稿では、本校工学系3学科(機械工学科、電気工学科、物質工学科)で実施した大学入試センター試験の英語、物理の結果を概観し、その結果を問題ごとに分析する。まとめとして、本校学生の学習到達度を上昇するための具体的方策を提示する。

2. 大学入試センター試験について

結果を提示する前に、大学入試センターについて概観する。以下の記述は、主に独立行政法人大学入試センターが大学関係者向けに配布するパンフレット「特色ある大学入試のためにー平成25年度大学入試センター試験」に基づく。¹⁾

大学入試センター試験は、大学に入学を志願する者の高等学校の段階における基礎的な学習の達成の程度を判定することを主たる目的とするものである。国公立の大学が、それぞれの判断と創

意工夫に基づき、学生が大学教育を受けるための能力、適正など十分に持っているか判定するために用いている。センター試験の問題は、高等学校学習指導要領の範囲から出されており、いわゆる「難問奇問」は排除されている。良質な試験問題とするため、問題を作成する過程であらゆる角度から検討されている。具体的には、大学の教員で構成される教科科目第一委員会が出題教科・科目別の部会に分かれ、協議を重ねて問題を作成し、その後、教科科目第二委員会において構成、内容、正解、用字用語、採点方法等について、教科科目第三委員会において形式、表現、重複等について、それぞれ点検・照合を行っている。これに加えて、高等学校関係者で構成される点検協力者が、難易度・出題範囲について点検している。なお、試験問題の作成に当たっては、平均点が6割程度となることを目標としている。つまり、センター試験の平均点が、高校3年生終了時点での最低限の学習到達度とすることができる。

以上のセンター試験の性質を考慮すると、センター試験は、大学入試試験であると同時に、高校卒業段階に習得すべき学習到達度を測定する試験と見なすことができる。それ故、高等学校学習指導要領に沿った授業を行う本校の3年次までの学習到達度を測るテストとしてふさわしいと考える。

3. 平成25年度センター試験の問題

本節では平成25年度センター試験の英語、物理の問題内容と平均点を紹介する。

3.1. 英語

英語は6つの大問から構成されている。第1問は発音、アクセント、第2問は、文法・語彙、語法、対話文、第3問は意味類推、要約、空所補充、第4問は図表読解、広告、第5問は映画レビュー、そして第6問は長文読解である。大学入試センターによると、平成25年度センター試験英語の受験者は535,835名であり、平均点は119.13(百点換算で59.57点)であった。²⁾

3.2. 物理

物理は4つの大問から構成される。各大問は4から6問の小問から構成されており、第1問は、うなり、運動エネルギー、静電誘導、鉛直運動、波の回折、そして浮力とモーメントを含むつりあ

いの 6 問の小問からなる。第 2 問は、電磁誘導と直流回路、第 3 問は、レンズ、音波の干渉から出題されている。第 4 問は、斜面上でのバネに取り付けられた物体の運動、摩擦面における物体の運動、気体の状態変化の 3 つ問題から構成されている。平成 25 年度の物理 I の受験者数は 159,644 人、全国平均点は 62.70 点であった。²⁾

4. 本校の結果

4.1. 英語

平成 25 年度 4 月に本校工学系 3 学科（機械工学科、電気工学科、物質工学科）で実施した大学入試センター試験の英語の結果は以下の通りである。なお、英語は 200 点満点であり、下の表の括弧内は百点満点換算での平均点である。なお、本校最高点は 164 点、最低点は 30 点であった。

Table 1 英語の平均点

	機械	電気	物質	全体
平均点	60.75 (30.38)	64.19 (32.1)	70.3 (35.15)	64.79 (32.39)

上で触れたように、センター試験英語の全受験者数の平均点は 119.13 点（百点換算で 59.57 点）である。この点数と本校受験者の平均点を比較すると、本校の成績は著しく低い結果となった。理由の一つとして、センター試験の受験者は通常予め試験対策をして解答するのに対して、本校学生は試験について予告なしに解答を求めたことが考えられる。以下では、学科ごとの設問の正答率を表で示し、主に本校学生の不得手な分野に焦点を当て、将来的な本校学生の学習到達度を上昇するための出発点としたい。

Table 2 第 1 問の正答率

	機械	電気	物質	全体
1.	52.5%	60.5%	60.9%	57.8%
2.	75.0%	85.4%	93.5%	84.4%
3.	62.5%	72.9%	82.6%	72.6%
4.	30.0%	37.5%	23.9%	30.4%
5.	22.5%	16.7%	30.4%	23.0%
6.	15.0%	25.0%	19.6%	20.0%
7.	37.5%	29.2%	32.6%	32.6%

第 1 問 A ((1) - (3)) は発音についての問題、B ((4) - (7)) はアクセントについての問題である。第 1 問は対照的な結果であった。発音問題は 84.4 パーセントから 57.8 パーセントと正答率が比較的に高いのに対して、アクセントの問題は 32.6 パーセントから 20 パーセントと正答率が低いことが分かる。

Table 3 第 2 問の正答率

	機械	電気	物質	全体
8.	65.0%	58.3%	54.3%	58.5%
9.	15.0%	43.8%	19.6%	26.7%
10.	12.5%	10.4%	2.2%	8.1%
11.	45.0%	60.4%	54.3%	53.3%
12.	20.0%	20.8%	26.1%	22.2%
13.	12.5%	16.7%	8.7%	12.6%
14.	80.0%	66.7%	80.4%	74.8%
15.	45.0%	52.1%	45.7%	47.4%
16.	27.5%	37.5%	54.3%	40.0%
17.	15.0%	14.6%	15.2%	14.8%
18.	27.5%	29.9%	45.7%	37.0%
19.	52.5%	52.5%	58.7%	57.8%
20.	22.5%	43.8%	37.0%	34.8%
21.	32.5%	16.7%	26.1%	24.4%
22.	15.0%	29.2%	17.4%	20.7%
23.	45.0%	33.3%	45.7%	40.7%
24.	5.0%	6.3%	15.2%	8.9%
25.	22.5%	14.6%	26.1%	20.7%
26.	45.0%	33.3%	60.9%	45.9%

第 2 問は 3 つの分野で構成されている。A ((11) - (16)) は、文法・語彙、語法、B ((18) - (20)) は対話文、C ((21) - (26)) は単語並べ変え問題である。正答率の低い問題に焦点を当てると、(10) は助動詞 *must* の認識的用法について、(12) は示唆を意味する動詞が導く従属節中の仮定法現在について、(17) は熟語として用いられる句動詞について、(24) は関係代名詞 *what* の慣用用法について答える問題であった。いずれも本校 1 年次の文法で学習する内容である。

Table 4 第3問の正答率

	機械	電気	物質	全体
27.	10.0%	27.1%	17.4%	18.5%
28.	30.0%	31.3%	41.3%	34.1%
29.	20.0%	37.5%	47.8%	35.6%
30.	32.5%	25.0%	34.8%	30.4%
31.	42.5%	41.7%	54.3%	45.9%
32.	32.5%	20.8%	37.0%	29.9%
33.	25.0%	31.3%	21.7%	25.9%
34.	35.0%	31.3%	39.1%	34.8%

第3問は意味類推、要約、空所補充である。いずれの問題も正答率は50パーセントに到達することはなかった。第3問B以降の問題については、トイックIPテストでも類似の読解問題が出題され、本校学生に馴染みのある出題形式のはずである。それにもかかわらず、正答率が半分にも満たなかった。

Table 5 第4問の正答率

	機械	電気	物質	全体
35.	57.5%	66.7%	54.3%	59.3%
36.	52.5%	52.1%	52.2%	51.9%
37.	37.5%	35.4%	30.4%	34.1%
38.	40.0%	31.3%	45.7%	38.5%
39.	62.5%	60.4%	60.9%	60.7%
40.	30.0%	27.1%	30.4%	28.9%

第4問は図表や広告を読んだ上で、内容を答える問題である。(35)は本文中の記述から表の空欄を埋める問題であるが、正答率が比較的高いことは、普段から専門科目で表の数値を読み慣れている本校学生の長所が顕著に表れたものである。第4問の論説文の正答率と比べて、映画のレビューを読み解き、答える第5問の正答率の低さは顕著である。

Table 6 第5問の正答率

	機械	電気	物質	全体
41.	22.5%	27.1%	28.3%	25.9%
42.	15.0%	27.1%	23.9%	22.2%
43.	30.0%	27.1%	47.8%	34.8%
44.	22.5%	25.0%	26.1%	24.4%
45.	40.0%	39.6%	30.4%	36.3%

本校学生のほとんどは、あるテーマについて複数の文を読み、そこから共通点、相違点を取り上げることが不得手にしているように思われる。

Table 7 第6問の正答率

	機械	電気	物質	全体
46.	20.0%	12.5%	17.4%	16.3%
47.	35.0%	27.1%	17.4%	25.9%
48.	30.0%	29.2%	26.1%	28.1%
49.	17.5%	22.9%	28.3%	23.0%
50.	20.0%	20.8%	26.1%	22.2%
51.	17.5%	6.3%	2.2%	8.1%
52.	10.0%	8.3%	2.2%	6.7%
53.	12.5%	6.3%	2.2%	6.7%
54.	7.5%	8.3%	2.2%	5.9%
55.	17.5%	10.4%	2.2%	9.6%

第6問は「踊り」の役割について6つのパラグラフを読み、それぞれのパラグラフを要約しながら、本文全体を把握する能力を見る論文である。629語からなる長文であるが、使用されている単語は平易なものであり、論理も非常に明晰で、理工系学生向けの問題である。それにもかかわらず、各問の正答率は非常に低い。理由の一つとして、長時間試験に対して集中力の低下が考えられる。

4.2. 物理

総受験者数(機械40人、電気47人、物質46人)で、各学科と全体の平均点は以下の表にまとめられる。なお、本校最高点は77点、最低点は10点であった。

Table 8 物理の平均点

	機械	電気	物質	全体
平均点	34.28	40.96	32.28	35.95

本校の全体平均は全国平均より 22.75 点低い。その大きな原因の一つは、英語と同様に大学受験生が行っているような受験対策を全く行わずに試験を受けたことと考えられる。特に、センター試験の問題は説明文が長く、本校での定期試験や習熟度試験などで行ってきた問題の形式が大きく異なるために、そのような問題に対処できない学生が多いことも理由の一つと考えられる。

さらに詳しくみるために、設問ごとの学科ごとの正答率を Table 9 から Table 12 までまとめる。

Table 9 第 1 問

	機械	電気	物質	全体
1.うなり	45.0%	63.8%	34.8%	48.1%
2.エネルギー	40.0%	46.8%	58.7%	48.9%
3. 静電誘導	42.5%	23.4%	15.2%	26.3%
4. 鉛直運動	20.0%	29.8%	17.4%	22.6%
5. 回折	17.5%	21.3%	8.7%	15.8%
6. つりあい	10.0%	10.6%	13.0%	11.3%

第 1 問では、特に 5 の回折の問題と 6 の浮力・モーメントを含むつりあいの問題の正答率が低かった。5 の問題については、波長が長い場合に回折現象が著しくなる、ということを理解していれば解ける問題であるが、多くの学生は忘れていたようであった。また、6 の問題では、浮力とモーメントの両方を理解している必要があるが、こちらもほとんどの学生が覚えておらず、論理的計算によりに到達できた学生はほとんどいなかった。単にランダムにマークしたものが偶然正解したという学生がある程度いたにすぎなかった。

Table 10 第 2 問

	機械	電気	物質	全体
7. 電磁誘導	75.0%	89.4%	82.6%	82.7%
8. 電磁誘導	52.5%	53.2%	41.3%	48.9%
9. 直流回路	75.0%	91.5%	58.7%	75.2%
10. 直流回路	52.5%	78.7%	32.6%	54.9%
11. 直流回路	22.5%	57.4%	32.6%	38.3%

第 2 問の正答率について特徴的な点は、電気科の正答率が高いことである。この問の分野は、専門科目と密接に関係しており、専門科目の電気科の学生の習熟度が高いことを示している。

Table 11 第 3 問

	機械	電気	物質	全体
12. レンズ	25.0%	31.9%	32.6%	30.1%
13. レンズ	30.0%	25.5%	43.5%	33.1%
14. 波の干渉	12.5%	12.8%	8.7%	11.3%
15. 波の干渉	22.5%	25.5%	30.4%	26.3%

第 3 問では、波の干渉の問題の正答率が低かった。この問題は、問題設定が図と共に文章で細かく説明されており、それをきちんと読んで理解できれば、正解にたどり着けるものである。しかしながら、このような問題を本校の学生はあまりやっていないために、問題設定を読み解くことが十分にできなかったと考えられる。

Table 12 第 4 問

	機械	電気	物質	全体
16. 斜面上の運動	27.5%	34.0%	17.4%	26.3%
17. 斜面上の運動	42.5%	38.3%	21.7%	33.8%
18. 斜面上の運動	40.0%	34.0%	28.3%	33.8%
19. 摩擦のある床	35.0%	31.9%	10.9%	25.6%
20. 摩擦のある床	27.5%	63.8%	39.1%	44.4%
21. 摩擦のある床	32.5%	42.6%	39.1%	38.3%
22. 熱力学	47.5%	55.3%	60.9%	54.9%
23. 熱力学	22.5%	19.1%	30.4%	24.1%

第 4 問では、特に問 23 の熱力学の問題の正答率が低かった。熱力学に関わりの少ない電気工学科の学生の正答率が低い、なじみのあるはずの機械工学科の学生の正答率も高くない。物理では熱力学は 2 年生の短期間に学習するのみであり、その時の理解度が高くないことや、その後の自主学習が全く為されていないことが、正答率の低さに表れていると考えられる。

5. まとめ

上で見たように、本校学生の英語と物理の平均点は、各科目の全受験者のそれと比較して著しく低い。本校学生は、これらの科目において全国平均に及ばないということが分かった。ところで、平成 26 年度に導入を予定しているモデルコアカリキュラム（試案）には、次のような文が明記されている。

養成する技術者の備えるべき能力や到達度をについて、最低限の能力基準（ミニマムスタンダード）を確保し、...「より高度で幅広い場で活躍する多様な実践的な創造的技術者」の養成という社会的要請に応えていくという視点が重要である。³

私たちは、大学入試センター試験の平均点が、高校卒業時点での学力の「最低限の能力基準」であると考え。本校学生が「最低限」の知識を習得するために、今回の試験結果で明らかとなった学生の不得意分野を解消し、理解できるように、教育方法を改善していきたい。以下に、現在実施している具体的対策を記す。

英語に関しては、本校では英語を不得手としている学生が多いのに加え、大学受験がないため、英語への興味を持続させる工夫が必要であると考え。具体的な方策としては、1年次では、学生の興味のあるポップカルチャーや専攻分野に応じた題材を選択し、英語に慣れ親しむと同時に、単語テストを適宜実施し、語彙力の強化を図っている。また、今回実施したセンター試験やトイックIPテストなどの試験結果の正答率を詳細に検討し、学生の不得手な分野に対応できるようにしていくことを検討している。

物理に関しては、学校で購入している物理問題集リード α を1年生に対して徹底的に学習させている。2年生以上の多くの学生は授業中に与えた課題プリントをこなしているのみであり、応用問題を含むリード α をほとんどやっていない。センター試験は問題文が長文である事が多く、そこから物理的な意味を読み取られなければならないが、課題プリントのようにすぐに問題内容が理解できるような形式にはなっていない。センター試験のような問題に対処するには、基礎を固めるだけで

なく、様々な問題をできるだけ多く解いて、物理の考え方を身につけさせる必要がある。現在、1年生の物理ではリード α をすべてこなすことを目標に、毎週課題として提出させている。この効果が現れるのは、1年生が2年、もしくは3年以上になった時であると考えられる。それ故、今年度行ったセンター試験を毎年同じ時期に行い、今の1年生への教育方法として効果が現れているのか、今の2年生、3年生と比べてどうかなどを検討する予定である。また、現在の2年生以上の学生にリード α の徹底学習をさせることも検討中である。

謝辞

この論文を執筆するにあたり、福島工業高等専門学校一般教科宮澤泰彦先生、鈴木三男先生、福島工業高等専門学校教務係菅原祐子さんに多大なご協力を賜りました。ここに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 「特色ある大学入試のためにー平成 25 年度大学入試センター試験ー」独立行政法人大学入試センター (http://www.dnc.ac.jp/modules/center_exam/content0010.html) 平成 25 年 9 月 16 日閲覧
- 2) 「受験者数・平均点の推移（本試験）平成24年度センター試験以降」独立行政法人大学入試センター (http://www.dnc.ac.jp/modules/center_exam/content0548.html) 平成 25 年 9 月 16 日閲覧
- 3) 「モデルコアカリキュラム（試案）」独立行政法人国立高等専門学校機構 2012 p.3

試訳 ウルフスタンの *Institutes of Polity*

An Attempt to Translate Wulfstan's *Institutes of Polity* into Japanese

市川 誠

福島工業高等専門学校一般教科

Makoto Ichikawa

Fukushima National College of Technology, Department of General Education

(2013年9月17日受理)

Sponsored by the project directed by Professor Akira Kasai, I am preparing for a textbook which would help the students of FNCT know more about the Humanities both in the East and the West. In my view, Wulfstan's *Institutes of Polity* is one of the textbooks which serve the purpose of the project and should be available in Japanese. The purpose of this paper is to present my Japanese translation of *Institutes of Polity*, thus providing the FNCT students with its Japanese version.

Key Words: Wulfstan, *Institutes of Polity*, noble obligation, kingly wisdom

1. はじめに

現在、筆者は福島工業高等専門学校一般教科笠井哲教授が主導するプロジェクト『高専生の教養不足を解消し、人間性豊かなエンジニアを育むための「文系科目の副読本（『東西における思想と文学』）の作成』に参加している。このプロジェクトの目的は、東西の「思想」や「文学」に関する教養、特に、ラフカディオ・ハーン(Lafcadio Hearn)の『生き神様』 *A Living God* や、それを翻案した中井常蔵の『稲むらの火』に登場する浜口五兵衛のように、地域共同体が災害などの危機に瀕している時、指導者が知恵を用いてどのように行動するべきかという「ノブレス・オブリージュ」(noblesse oblige)の考えを、将来、社会のさまざまな分野で活躍することを期待される高専生に提供することである。¹ ところで、筆者は西暦1000年頃の英語を研究対象としている。古英語期のイングランドの歴史を記録した『アングロ・サクソン年代記』(*The Anglo-Saxon Chronicle*)が伝えるところ、10世紀終わりから11世紀始めのイングランドは動乱の時代だった。8世紀から始まったヴァイキングの侵略は991年に激化した。² 1016年にはイングランド王エゼルレッド(Ethelred)がヴァイキング侵略のさなか亡命地で病没し、デンマーク王スヴェン(Swein)、次いで彼の息子クヌート(Cnut)がイングランド王として即位した。この動乱の時代に、エゼルレッドとクヌートの2人に仕えたウスター(Worcester)とヨーク(York)の大司教ウルフスタン(Wulfstan)は、指導者の

義務を規定する *Institutes of Polity* を著した。もちろん、ウルフスタンの提示する指導者像は、11世紀の文脈で捉えるべきであるが、筆者が読む限り、この書物で描かれる指導者の責務は、現代でも十分通じるものであり、現代英語のみならず日本語で広く高専生に提供する価値があるものと思われる。本稿の目的は、古英語版 *Institutes of Polity* を日本語に翻訳し、プロジェクトで将来作成する副読本の一部を作成することである。

2. *Institutes of Polity* の著者ウルフスタン

本稿の主題である *Institutes of Polity* の翻訳に入る前に、著者であるウルフスタン(生年不詳-1023没)について簡単に述べる。ウルフスタンは聖職者だけでなく、古英語文学史上、同時代のエルフリッチ(Ælfric)と共に数多くの説教集を書き残した説教集作家として有名である。³ 生年不詳の彼は、996年にロンドンの司教に就任したという記録で歴史上に登場した。その6年後に、エアウドルフ(Ealdulf)の後を継ぎ、彼はウスターとヨークの大司教となった。1008年から1012年の期間、彼はイングランド王エゼルレッドの助言者となり、法律を制定した。大司教そして王の助言者として、彼は自ら書いた説教集を通して、ヴァイキングの攻撃により危機に瀕するイングランドの道徳的退廃を防ごうと努めた。以下に引用する文は、ヴァイキングの攻撃が最も激しかった1014年にウルフスタンが書いた説教集 *Sermo Lupi ad Anglos*

(『ウルフスタンのアングル族に対する説教』) からの有名な一節である。

An þeodwita wæs on Brytta tidum Gildas hatte. Se awrat be heora misdædum hu hy mid heora synnum swa oferlice swyþe God gegræmedan þæt he let æt nyhstan Engla here heora eard gewinnan & Brytta dugeþe fordon mid ealle. And þæt wæs geworden þæs þe he sæde, þurh ricra reaflic & þurh gitsunge wohgestreona, ðurh leode unlagu & þurh wohdomas, ðurh biscopa asolcennesse & þurh lyðre yrhðe Godes bydela þe soþes geswugedan ealles to gelome & clumedan mid ceaflum þær hy scoldan clypian. Þurh fulne eac folces gælsan & þurh oferfylla & mænigfealde synna heora eard hy forworhtan & selfe hy forwurdan. Ac utan don swa us þearf is, warnian us be swilcan; & soþ is þæt ic secge, wyrstan dæda we witan mid Englum þonne we mid Bryttan ahwar gehyrdan.

(Bethurum pp. 274-5)

ブリトン人の時代にギルダスと呼ばれる歴史家がいた。彼はブリトン人の悪行を書いた。彼らは罪によって神を激怒させ、その結果、神はアングロ・サクソン人に彼らの土地の侵略し、ブリトン人の軍隊を破壊することを許したのである。ギルダスによれば、それは、有力者に対する略奪、不正な財産への熱望、人民の不法、不正な裁判、司教の怠惰、それに加えて、本来堂々と高らかに唱えるべきところを、自信なくボソボソと口ごもってしまった神の使者であるべき者の卑屈な臆病さゆえに招かれてしまったことなのである。また、人々の汚れた放蕩、食欲、そして多くの罪によって、彼らは自らの国を破壊し、自らを破滅させたのである。しかし、為すべきことを私たちはしよう。そのようなことに警戒をしよう。私が言うことは本当である。私たちは今ブリテン人の間で行われたよりもさらに悪い行為がアングロ・サクソン人の間にあることを知っている。

(筆者訳)

アングロ・サクソン人による侵略をブリトン人による悪行の報いであると説明した 6 世紀の歴史家ギルダスに倣い、ウルフスタンはヴァイキングのイングランド侵略の原因をアングロ・サクソン人の神に対

する不信仰に見出し、自国民に警鐘を鳴らしたのである。彼の警鐘にもかかわらず、イングランドはデン人によって征服され、1016 年、デンマーク王クヌートがイングランド王として即位した。クヌートの即位後、ウルフスタンは彼の顧問官となった。キリスト教徒である新しい王の下、彼はキリスト教を基盤とした新たな法律を制定した。⁴ 千年紀終末論の世相が残る中で自国民に不信仰を戒める説教集を書き残したウルフスタンは 1023 年に亡くなった。彼の説教のいくつかは、12世紀後半まで読み継がれた。⁵

3. *Institutes of Polity*

Swanton (p.125) によれば、*Institutes of Polity* はウルフスタンの晩年の作品であり、彼の聖職者、王の助言者そして法律家として激動の時代を生き抜いた彼の指導者観が反映されたものである。1023 年に亡くなるまで、彼はこの作品に手を加えて、絶えず修正を施した。この作品は、次の 5 つの写本に現存する。

Table 1 *Institutes of Polity* を含む写本

- a. Cambridge, University Library, Add.3206
- b. Cambridge, Corpus Christi College, 201
- c. Cambridge, Corpus Christi College, 421
- d. London, British Library, Cotton Nero A.1 ff.70-177
- e. Oxford, Bodleian Library, Junius 121

この 5 つの写本のうち、London, British Library, Cotton Nero A.1 ff.70-177 はウルフスタンの直筆があることで有名である。⁶ この 5 つの写本のテキストを比較することで、ウルフスタンによる作品の修正過程が明らかとなるだろう。

4. 試訳 *Institutes of Polity*

以下は *Institutes of Polity* の日本語訳である。筆者が知る限り、この作品を日本語に翻訳する試みはこれまで行われなかった。それ故、この翻訳は、高専生向けの副読本として利用されると同時に、日本の中世英語英文学研究にささやかな貢献を行うものであると思われる。翻訳を行う際、唯一の刊行本である Jost とその現代英語訳である Swanton を底本として使用した。

4.1 天上の王について

主の名において。永遠の王、支配者、そしてすべての被造物の創造主がいる。彼はまさしく王であり、王のなかの栄光であり、過去、現在、そして未来においてすべての王のなかで最良である。彼に常に栄光と栄誉が永遠にありますように。アーメン。

4.2 地上の王について

キリスト教を信仰する王はキリスト教国家において国民の慰めに、そしてキリスト教徒に対しては正しき牧者とならなければならない。彼は全力でそして熱心にキリスト教を確立し、神の教会をあらゆるところで保護し、正しき法に基づき、できるだけ熱心に、すべてのキリスト教徒に平和と和解をもたらし、あらゆることにおいて、聖俗を問わず、正義を慈しまなければならない。もし、彼が正義を大切にするのなら、彼自身と彼の民は繁栄するだろう。王は正義を求める人を助け、不正を求める人を厳しく罰さなければならない。彼は邪悪な人を世俗の刑罰で厳しく咎め、強盗者を憎み、辱め、神の敵に厳しく抵抗しなければならない。王は正義を以て慈悲深くまた厳格でなければならない。善良な人には慈悲深く、邪悪な人には厳格でなければならない。以上が王の正義、王の責務である。それは国家において特に有益である。

一体どのようにして平和と慰めが神のしもべと神の貧しき人に来るのだろうか？それは、キリストとキリスト教の王を通してである。愚かな王の場合、その指導のまずさにより、国民は一度ならず何度も哀れになる。賢明な王の場合、国民は幸福になり、繁栄し、勝利を得るのである。それゆえ、賢明な王はキリスト教と王権を拡大し、崇め、異教を常に抑圧し、非難しなければならない。王は熱心に書物の教えを聴き、注意深く神の命令を守り、もし神に正しく従うことを望むなら、頻繁に顧問官と共に知恵を巡らせなければならない。もし国内のどこかで誰かが横暴にも守るべき法を守らず、神の法を犯し、世俗の法を妨げるなら、必要ならば、そのことを王に伝えなければならない。そして、彼はすぐさま補償について考えを巡らし、熱心に本来の任務に従事しなければならない。王はもし神の慈悲を得ることを望むのなら、為すべきことをしなければならない。聖俗問わず国家を清らかにし、頻繁に神の法に従い、為すべきこと、為すべきでないことを考えなければ

ならない。そして生前そして死後において、このように彼は名声と尊敬を勝ち得て、神の法を愛し、不正を憎み、自らの善のために、進んで神の教えに何度も耳を傾けなければならない。なぜなら、身体に栄養を取り込まない人はすぐに衰弱し、神聖な栄養を取り込まない人は、すぐに自らの魂を傷つけるのである。しかし、頻繁に神聖な教えに従い、それを守る人は祝福される。

4.3 王権について

正当な王権は 8 つの柱に支えられている。それは、真実、忍耐、寛大、思慮深さ、堅固、援助、節度、そして正義である。次の 7 つが正しき王にふさわしい。1 つ目は、神に対して大きな畏怖を抱くこと。2 つ目は、正義を慈しむこと。3 つ目は、神の前で謙虚であること。4 つ目は、悪に対して決然とすること。5 つ目は、神の貧しき人を慰め、養うこと。6 つ目は、神の教会を援助し、庇護すること。7 つ目は、自国民、外国人に等しく正しき裁きを命じることである。

4.4 王座について

まっすぐ立つすべての正当な王座は、3 つの柱に支えられている。1 つ目の柱は祈る人(Oratores)であり、2 つ目の柱は働く人(laboratores)であり、3 つ目の柱は、戦う人(bellatores)である。Oratores とは「祈る人」であり、神に仕え、昼夜、全国民のために執り成しをしなければならない。laboratores とは、「働く人」であり、国民が生きていく糧を供給する人である。bellatores とは、「兵士」であり、武器で戦うことで国を守る人である。キリスト教国家における王座は、この 3 つの柱を基盤としなければならない。もし 3 つの柱のうちの 1 つでも弱くなれば、王座は転がり落ち、国家の損害になるだろう。3 つの柱は固定し、神の賢明な教えと世俗の正義で確固たるものでなければならない。それが国家における永続的な利益となるだろう。私の言うことは本当である。キリスト教の信仰が弱くなれば、王権はすぐさまよろめくだろう。悪法に至る場所で発生し、邪悪な習慣があらゆる場所で崇められれば、全く国家の損害になるだろう。為すべきことをすべきである。不正を倒し、神の法を打ち立てるべきである。それが神と世俗の利益になるだろう。アーメン。

4.5 国の顧問官について

王、司教、伯爵、将軍、代官、判事、学者、法律家は、聖俗の事柄において意見を一致させ、神の法を尊重しなければならない。司教は神の法の伝令者また教師であり、彼らは正義を宣べ伝え、不正を禁じなければならない。彼らに耳を傾けることを軽んずる人は、神自身と和解しなければならない。もし司教が罪を罰すること、不正を禁じること、神の法を宣べ伝えることを怠り、本来堂々と高らかに唱えるべきところを、自信なくボソボソと口ごもってしまうなら、沈黙する彼らに災いあれ。預言者は彼らについて話し、次のように言った。「私たちの主は言った「もしあなたが罪人の罪を罰せず、不正を禁じず、悪人の悪を伝えないのなら、あなたは魂に関してその償いを払わなければならない」(エゼキエル書第3章18節)。これはあらゆる司教の心に当てはまることである。司教はこのことを熱心に望むまま考えよ。神の伝令者に正しく従おうとせず、また神の教えを気にも留めようとしぬ人は、敵に従わなければならない。神の伝令を軽蔑する人は神を軽蔑する人である。そのことについて、キリストは福音書の中で次のように言った。「あなたがたに聞き従う者は、私に聞き従うのであり、あなたがたを拒む者は、私を拒むのである」(ルカによる福音書第10章18章)。もし彼が熱心に不正を禁じようとしぬのなら、神の伝令が負うべき責務は重大である。なぜなら、彼自身が善を行っても、他の人が悪事を行い、それを咎めなければ、彼を傷つけるから。神の伝令が悪事を行ったとしても、それに注意を払ってはならない。しかし、もし彼が何が善かを教えるのなら、彼の教えに注意を払わなければならない。ちょうど、キリストが福音書の中で何を為すべきか教えた時のように。「彼らの教えに従い、彼らの罪には従うな」(マタイによる福音書第23章3節)。司教の罪のために怠ることなく、彼が良く教えるように彼の教えに従いなさい。そして、愛する人よ、怒ることなく私が求めるようにしなさい。私が言うことを聞きなさい。私自身言動に大いに罪があることを知っているが、神を恐れるため、私はこの国家を傷つける多くのことについて決して沈黙することはできない。

4.6 司教について

司教は書物と祈りに注意を払い、昼夜、何度もキリストに叫び、熱心にキリスト教徒のために執り成

しを行わなければならない。彼らは正しく学び教え、民の行いについて熱心に追求しなければならない。彼らは宣べ伝え、注意深く、キリスト教の国民に対して模範を示さなければならない。彼らはあらゆる不正には進んで同意することはせず、正義を熱心に支持しなければならない。彼らは神への畏怖を心に抱き、世間を恐れ、余りに臆病になってはならない。むしろ、望むのなら、神の正しきことを熱心に宣べ伝え、不正を禁じるべきである。なぜなら、守るべき群れを守ろうとしない牧者は、ひとたび敵が略奪を始めると弱くなるだろう。悪魔ほど邪悪な盗人はいない。彼は永遠に一つのことを考えている。人の魂を略奪することである。すると、国家の略奪者から国民を守るべき牧者は、非常に注意深く、熱心に叫ぶのである。司教そして司祭は、思慮のある教えで聖なる群れを守り、その結果、獐猛な狼は、多くの聖なる群れを噛み殺し、貪ることはない。その教えを聴くことを怠る人は、神自らと和解しなさい。

しかしながら、余りに多くの人が書物の命令や司教の教えを無視し、また祝福や呪いを軽視し、キリストが福音書ではっきりと言うことを理解しない。「私たちに聞き従う人は」(ルカによる福音書第10章18節)や、同じく「あなた方が地上で解くことは」(マタイによる福音書第16章19節)や、「あなたがたに許す罪は、誰の罪でも許され」(ヨハネによる福音書第20章23節)や、「確かに他の箇所では書かれている「あなたがたが祝福する人は誰であれ」(民数記第24章9節)や「そして詩篇作者が恐ろしく語り言った「彼は恵むことを喜ばなかった。恵みを彼から遠ざけてください」(詩篇第109章17節)などである。そのようなことを心に留め、神の怒りを常に警戒しなければならない。さて、私たちはあらゆる人に神の教えと法に従うよう熱心に教える。すると、彼は永遠の喜びを得るだろう。

4.7 司教について(2)

司教の日常の仕事は、第一に祈り、続いて書物を読み書きし、それを学び教え、それに属する事柄と共に、決められた時間に祈祷を行うことである。また、貧しい人の足を洗い、施しを分け与え、必要な場合、仕事を指示することである。手作業はまた彼にふさわしく、共同体で技能を磨くこともふさわしい。そのため、そこでは誰も怠ることがあってはならない。彼はまた会合で聖なる教えを共にいる民

に教えなければならない。

4.8 司教について(3)

知恵と思慮は常に司教にふさわしい。それらに注意を向ける人は、高潔な振る舞いを持ち、また、特別な美德を持つ。無益なことは司教にふさわしくない。また愚行、飲酒、子供じみた言動や、道化のような行為は、家や旅路またどんな場所であれ、ふさわしくない。しかし、知恵と思慮は彼らの地位にふさわしく、真剣さはそれに注意を払う人にふさわしい。

4.9 伯爵について

伯爵、将軍、判事や代官は聖俗問わず正義を尊重しなければならない。また、悪い判断のため、彼らの知恵を金や友情のために無視して、その結果、正義を不正に変えたり、貧しい人を傷つけるような悪法を發布してはならない。しかし、何よりも、彼らは教会を崇め、守り、寡婦や孤児を慰め、もし神の意志を正しく実行することを望むのなら、貧しき人を助け、哀れな奴隷を守らなければならない。彼らは盗人や略奪者や敵を憎み、自らその行為を止めない限り、強盗を非難しなければならない。そして彼らは常に不正を避けなければならない。私の言うことは本当であり、信じる人は信じなさい。不正を行う人に災いあれ。確かに、彼は、助けなく、暗く深い地獄の苦しみの底に沈むことになるだろう。しかし、それを理解する人は少ない。あらゆる友人は為すべきことを行いなさい。自ら戒め、守ることで、神を激怒させず、正しい行いで、主を喜ばせることになるのである。

4.10 代官について

代官は熱心に君主のために働かなければならない。しかしエドガー王⁷が亡くなった後、神の意志に従い、正しい人よりも多くの略奪者が現れた。神の民の牧者であるべき人が略奪者であることは残念なことである。時折、彼らは罪のない貧しい人を略奪し、守るべき群れを虐待し、悪口で貧しい人を裏切り、貧しい人の損害に対し、あらゆる方法で不法を制定し、寡婦を何度も略奪するのである。しかし、かつてこの国では、世俗での不名誉と神の恐れのために、欺きを行おうとせず、財産を不正ではなく正当に取得した人が牧者として選ばれた。しかしながら、過酷

にも欺き、哀れな人を虚言で傷つけ、無実の人から素早く金を得る人が、牧者の務めを行ってきたのである。この時以来、神は何度も激怒した。不正に富を得る人に災いあれ。彼は聖俗問わずより深い償いを行うのである。

4.11 司祭について

自らの司教区で司教は賢明にそして思慮深く守るべき聖なる群れを教え導く。彼らは良く宣べ伝え、他の人に良き模範を示す。そして神の裁きにおいて、彼らは彼らの行為と彼らが守るべき民の行為に対して代償を払わなければならない。もし彼らが何かを行うのなら、彼らは誰かを恐れまたは愛するという理由のために、正しきことを宣べ伝え、不正を禁じることを躊躇してはならない。もし略奪者が略奪を始めても、守るべき群れを守ろうとしない牧者は役に立たないだろう。悪魔ほど悪い略奪者はいない。彼は永遠に一つのことを考えている。人の魂を略奪することである。それゆえ、国家の略奪者から国民を守るべき牧者は、非常に注意深く、熱心に叫ぶのである。司教そして司祭は、思慮のある教えて聖なる群れを守る。もし彼が自らを守るのなら、彼は誰かを恐れまたは愛するという理由のために、何が最も正しいことか言うのを躊躇してはならない。また、謙虚な人や力強い人の前でも躊躇してはならない。というのも、もし彼が何が正しいかを言うのを恐れまたは恥じるのなら、彼は間違いを犯している。もし彼の優柔不断さのために守るべき群れと共に彼が滅びることがあれば、彼は哀れになるだろう。もし私たちの牧者の誰かが一つの群れでも無視すれば、彼はそれに対する代償を払うことになる。キリストが自らの生命で贖い、彼らが守るべき聖なる群れを守ることができず、教養の欠如のため、導き、教え、癒すことができない牧者がどのようにして神の裁きで振る舞うのだろうか？何を以て私たちは彼らが代償を払うことを期待しているのだろうか？確かに、どのようにして盲人は盲人を導くことができるのだろうか？守ることができないことを引き受けた人たちに災いあれ。聖なる群れを引き受け、自らと守るべき群れの世話をできない人たちに災いあれ。さらに、それを行うことができるのに、しようとしぬ人々に災いあれ。ああ、ああ、見たところ、司祭の地位を不正に、特に虚栄のためや世俗の富の食欲さのために望み、知るべきことを知らない多くの人がい

る。「民の罪を食べ物にする司祭に災いあれ」(ホセア書第4章8節)。彼らは民に罪を戒め、罪を罰することをしようとしなない、できない、そして敢えてしない人たちである。しかしながら、10分の1税、教会の賦課のために金を欲するのである。彼らは民を模範で立派に導き、説教で立派に教え、懺悔で彼らを癒し、祈りで彼らに執り成しをすることなく、人々の財産から取ることができるものを取るのである。それはちょうど獐猛なカラスが死体にするのと同じである。彼らがすべてを得た後はさらに悪くなる。彼らはすべきことをせず、彼らが祭壇を飾るべきもので女性を飾り、彼らが教会の行為で神の崇拝のために、また、貧しい人の利益のため、また、捕虜の買い取りのため、また彼ら自らまたは彼らに神の恩恵において財産を与える人の永遠の利益になる事を、彼ら自身の世俗の誇り、無益な虚栄に変えてしまうのである。それゆえ、以前は悪いことを行っても、その後熱心に改める必要がある。できる人は理解せよ。司祭が民の利益のために行わなければならないことは、もし彼が主を正しく宥めることを望むのなら、偉大で素晴らしい。悪魔払い偉大である。そして、洗礼を行い、聖餐が聖別されるたびに、悪魔を追い払う聖別は素晴らしい。天使はそこで姿を現し、その行為を見守り、神の力を通して、彼らが正しくキリストに仕える度に司祭を助けるのである。そのように、彼らが心からキリストに叫び、民の必要のために執り成しを行う度に、彼らはそのようにするのである。それゆえ、神の恐れのために、人は聖職者に対する敬意を洞察力と共に感じなければならぬ。

さて、愛する人よ。私たちはすべての人が神に傾斜し、罪を避けるよう熱心に戒め、教えるよう命じられている。神の民、すなわち司教と司祭に正しきことを宣べ伝えるべき人たちについて神が預言者を通して言ったことばは非常に恐ろしい。「大きな声で叫び、ラッパと同じ大きさであなたの声を上げよ。私の民に罪を避けるよう伝えよ」(イザヤ書第58章1節)。それゆえ、あなたがもし黙ってそれを見過ごし、その責務を民に伝ええないのなら、審判の日に、あなたは滅びた魂のために報いを受けなければならない。なぜなら、彼らには必要とする教えや戒めがないからである。このことばが神の民に正しきことを宣べ伝えるべき任務を帯びたすべての人の記憶に留まるように。そして、人々はその後に言われたことばに

注意しなければならない。預言者はその後言った。

「もしあなたがたが民に正しきことを宣べ伝え、彼らを正しきことに向けることができなくても、あなたたちは自らの魂を救う」(エゼキエル書第3章19節)。悪を求めることを止めない人は、永遠の苦しみを受けなければならない。すなわち、彼らは魂と肉体と共に地獄に行き、地獄の苦しみの中で悪魔と共に留まらなければならない。そこで苦しみの中で留まらなければならない人に災いあれ。彼はこの世に存在するよりは存在しないほうが良いだろう。苦しみに完全に転落し、彼が耐えるべきすべての惨めさを語る人はいない。永遠にそれが来ないことはさらにひどいことであろう。

4.12 聖職者について

あらゆる貞節は聖職者にふさわしい。なぜなら、彼らは他の人に不貞を禁じなければならないからである。そしてもし彼らが正しく振る舞えば、彼らは自ら貞節の手本となるのである。すべてのキリスト教徒に宣べ伝え、さらに、模範を示すべき人が、利益ではなく破滅の例となることはおぞましいことである。すなわち、聖職を通して教会と結ばれながら、後にそれを破る姦淫者である。聖職者に妻を娶ることは許されていないのでなく、おのおのに禁じられている。それにもかかわらず、余りに多くの人が、姦淫を犯し、または犯してきた。しかし、神の愛にかけて、それを止めることを私は祈り、命じる。世俗の人には正当な伴侶を除いて女性との交わりは禁じられている。聖職者のなかには悪魔に騙され、不正にも、妻を娶り、姦淫で自らを破滅させるものもいる。しかし、私はそれを止めることを熱心に祈る。教会は司祭の伴侶である。当然、彼にはその他の伴侶はいない。なぜなら、もし彼が神に正しく従い、神の法を彼の地位にふさわしく正しく守ることを望むのなら、妻もこの世の戦いも司祭にはふさわしくないからである。

名高い皇帝コンスタンティヌス⁸はニカイアで公会議を召集し、正しい信仰を確認した。⁹ 公会議では80人の司教が多くの国から集まった。そこで彼らは正しい信仰を宣言し、その宣言でミサの信経(使徒信条)を確立した。それは広く歌われている。彼らは教会での儀式、そして、神のしもべと神自らに関する多くのことを適切に規定した。そこで彼らは意見を一致させて、もし聖職者、司教や司祭や助祭が妻を

娶ることを止め、より深く償いをしなければ、彼らが永遠にその地位を剥奪され、破門されることは正しいと言った。三位一体とキリストの人性についての正しい信仰に関する公会議が4回開催された。初回はニカイアで開催された。二回目の会議はコンスタンティノープルであり、そこに150人の司祭が参加した。¹⁰ 三回目の会議はエフェソスで行われ、200人の司教が参加した。¹¹ 4回目の会議はカルケドンであり、多くの司教が参加した。¹² 彼らはニカイアで確立されたことに関して意見を一致させ、聖職者に女性との交わりを禁止した。大胆にも、神と4つの公会議およびそれ以降いろいろな場所で多数の聖職者が集って定めた法令を軽んじる人は、彼らへの報いが何であるか考えるがよい。さらに、彼らは想像することなく、邪悪な報いと、彼らが生前に汚れにまみれて過ごした中で、神を非常に激怒させたために招来した神の怒りを確かに知ることとなる。私は聖職者に自らを省み、あらゆる汚れから離れることを懇願する。祭壇ではなく女性を飾った人は、この悪習を止め、できるだけ良く彼らの教会を飾りなさい。そうすれば、彼らは自らに神聖な知恵と世俗の榮譽を得ることとなるだろう。司祭の愛人は悪魔の罠に他ならない。人生の終わりまでにその罠に捕らわれる人は、悪魔によって固く捕らわれるだろう。さらに、彼はその後、悪魔の支配下に落ち、完全に滅びるのである。あらゆる人はできるだけ自らを助けなさい。不正から正しきことに向かいなさい。すると、彼らは永遠の苦しみから免れるのである。さらに、人生の終わりまで善行を続ける人は、それゆえ、永遠の報いを得るだろう。さて、真実をあなたたちに話しました。望む人は自ら理解しなさい。神があなたたち自身の利益のためにあなたたちを強くしますように。そして私たちすべてを神の意志に従い守りますように、アーメン。

4.13 修道院長について

修道院長、特に女性の修道院長にとって、絶えず修道院に留まり、常に熱心に会衆に気を配り、彼らに立派な模範を示し、正しく説教を行い、決して、世俗の事柄や虚栄に心を煩わせずに、頻繁に神への務めに従事することが正しいことなのである。そのようなことこそ、修道院長や修道僧にふさわしいのである。

4.14 僧について

僧が、昼夜問わず、心から常に神について考え、熱心に彼に叫び、修道院の規則に従い謙虚に暮らし、常にできるだけ注意深く世俗の事柄から距離を置き、彼らの責務を行い、常にどのようにして神の気に入るか気を配り、序階された時に彼らが約束したすべてのことを実行することは正しいことである。さらに熱心に書物と祈りに気を留め、できるだけ良く学び教え、あらゆる高慢と虚栄を完全に軽蔑し、財産と利益をもたらさない行為と分別のない会話を避けることもまた正しいことである。そのようなことが僧にふさわしい。しかし、余りに高慢で、余りにうぬぼれが強く、余りに放浪に委ね、余りに無益で、余りに善行とは無縁で、好色の点で余りに邪悪な人もいる。中身は無価値であるが、外見は憤慨しているのである。修道院の中では神の擁護者であるべき人が背徳者になっている人もいる。すなわち、地位を捨て、世俗の事柄の中で罪に留まる哀れな人である。余りに広くすべてのことが悪くなっている。それだけ一層悪くなっているのを、神を恐れるためにかつては儀式と学問において最も有益で最も勤勉な聖職者は今では至るところでほとんど無益になり、聖俗問わず必要な事柄において、決して役に立つことなく、すべてを快樂と安寧、食欲と虚栄のために行い、ぶらぶらと放浪し、愚行を演じ、しゃべり戯れ、有益なことは全くしない。すなわち、忌まわしい生活をこのように送っているのである。さらに悪いことは、地位が上の者には、それを改めず、ふさわしい振る舞いをしないものもいる。しかし、私たちはできるだけ真剣にそれを改める必要があり、聖俗問わず共通の利益のために、誠実にならなければならない。

4.15 尼僧について

僧について述べたように、尼僧が、修道院の規則に従って振る舞い、世俗の男性と接触、面識を持たず、常に修道院の規則に従い暮らし、¹³ できるだけ世俗の事柄から距離を置くことは正しいことである。

4.16 司祭と尼僧について

司祭または尼僧が、修道院で暮らし、また世間に対して敬意を守ることが望むならば、規則に従って生活し、貞節を守ることが正しい。

4.17 世俗の人について

聖職者が、世俗の人に婚姻状態を正しく維持するよう導くことは正しいことである。独身者が正当な妻を娶るまで独身のままでいて、その後、生きている間、彼女だけを妻とすることは正しい生き方である。もし、彼女に死が訪れれば、彼がその後妻帯しないことが最も正しいことである。しかしながら、使徒の許しにより、世俗の人は必要ならば再婚をすることができる。しかし、教会法では、再婚に対して初婚時に行われる祝福は禁じられている。加えて、そのような男性には、懺悔を行うべきことが定められている。男が再婚する場合、司祭は前回と同じように結婚の儀式に参加すること、また、初婚で行う祝福を与えることは禁じられている。そのことから、男性が妻を、女性が夫を二回以上持つことは全く正しいことではないと知られている。3度目の結婚は、明らかに、そして、頻繁な結婚は完全に誤ったことである。世俗の男性には妻帯が許されているが、どのように許されているのか理解しなければならない。世俗の人は祝祭日や断食日には、聖職者がいかなる時にも許されていないように、女性と肉体的な接触を持ってはならない。

4.18 寡婦について

寡婦はアンナ¹⁴の例に熱心に従うことが正しい。彼女は、寺院で昼も夜も熱心に仕えたのであった。彼女は徹底的に断食をし、祈りに聞き従い、うめき声を上げながらキリストに叫び、しばし、施しを分け与え、できる限り、言動において常に神を喜ばせた。そして今や彼女は報酬として天の喜びを得ているのである。そのように、善良な寡婦も彼女の主に従うべきである。

4.19 教会について

キリスト教徒がキリスト教を熱心に守り、あらゆる場所でキリストの教会を崇め、庇護することは正しいことである。私たちには、天の父と「エクレジア」、すなわち、神の教会と呼ばれる精神的な母がある。私たちは、それを愛し、崇めなければならない。それぞれの教会が、神とすべてキリスト教徒の庇護にあり、教会の聖域が壁の内部にあり、聖別された王によって捧げられたものにより同じく不可侵であることは正しいことである。なぜなら、あらゆる教会の聖域は、キリスト自身の聖域であり、あらゆる

キリスト教徒は、その聖域に対して大きな敬意を払う必要がある。というのも、あらゆるキリスト教徒は熱心に神の教会を愛し、敬意を払い、頻繁にそして熱心に、自らの利益のために、教会を訪問しなければならない。聖職者は、特にそこで仕えなければならない。そして熱心に、すべてのキリスト教徒のために執り成しを行わなければならない。聖職者は常に彼らの生活を教会にふさわしいように取り計らいをしなければならない。司祭の正当な妻は、まさに教会であり、ここから、教会法を気にかける人は、教会に叙任された人と関わり合いを持たなければならない。それがなければ、彼は致命的な罪で自らを完全に破滅させてしまうだろう。そして、地域の支配者は、それを気につけ、書物が指示するように、それを采配し、判断しなければならない。誰も教会を傷つけ、悪を脅しつけてはならない。それにもかかわらず、教会の庇護は広い範囲で弱々しくなっており、古くからの権利は奪われ、道義にかなったことは剥ぎ取られてしまっている。教会のしもべは至るところで尊敬と庇護を奪われている。このことに思い至ることなく、この原因を作った人に災いあれ。というのも、神の教会の敵であり、神の教会の権利を傷つける人は、確かに神自身の敵となるからである。「教会の財産を不正に奪うことを試みる人は誰であれキリストの敵となる」(ヴェルチェリの司教アット)。そして聖グレゴリウスは恐ろしい口調でそれらのことについて話した。「もし誰かがキリストの教会を否定し、その聖域を侵害するなら、彼に呪いあれ。それについてすべての人が答えて言った。アーメン」。すべての人が熱心にこのことから自らを守ることは大いに必要である。それに神の友人は誰であれ、常に神の花嫁を悪用しないように気を配らなければならない。私たちすべては一人の神を愛し、敬意を払い、熱心にキリスト教を守り、あらゆる異教の習慣を全力で捨て去らなければならない。そして、私たちは王を忠実に支持しよう。そして友人は真の信仰で友人を支持しよう。

4.20 すべてのキリスト教徒について

すべてのキリスト教徒は、キリスト教を正しく守り、神の正義、世俗の権利に従い、彼らにふさわしい生活を行い、熱心に、彼らを賢明に思慮深く指示することができる人の指示に従い、自らの生活に秩序を与えなければならない。すべての人が何よりも

一人の神を愛し、断固として、私たちすべてを創造し、さらに、私たちを尊い代償で贖った人に対し信仰を持たなければならない。また、私たちは、どのようにして神の命令を正しく守り、私たちが洗礼を受けた時、私たち、そして、洗礼で私たちの庇護者となった人たちが約束したすべてのことを履行できるかを熱心に考えなければならない。次のことが洗礼を受ける時に約束することである。すなわち、常に悪魔を避け、熱心に彼の邪悪な教えを慎み、絶えず彼の不正すべてを捨て去り、永遠に彼の仲間には抵抗することである。その後すぐに何度も適切な信仰でまさに次のことを言明する。これからは、常に一人の神を信じ、常に何よりも彼を愛し、熱心に彼の教えに従い、正しく、彼自らの命令を守ることである。そして洗礼は、いわば、すべてのことごと約束の契りとなる。望むならそれを守りなさい。私の言うことは本当である。それから、天使が常に、どのようにして洗礼の後、すべての人が洗礼を望んだ時に約束したことを履行するか見守るのである。何度もそのことについて考えよう。熱心に、洗礼を受けた時に約束したことを責務として履行しよう。言動を正しくしよう。熱心に私たちの良心を清めよう。注意深く誓いを守ろう。頻繁に私たちが向かう偉大な裁きを考えよう。そして熱心に地獄の罪のたぎる炎から自らを守ろう。神がこの世で彼の意志を実行する人のために用意した栄光と喜びを自らのものとして。アーメン。

5. 結び

以上がウルフスタンによる *Institutes of Polity* の日本語訳である。一読して分かるように、ウルフスタンは聖俗を問わず、指導者の責務をこの作品で描いたのである。この作品に現代的意義を見出すとすれば、やはり、第2節の「地上の王について」の記述が引用に値する。

愚かな王の場合、その指導のまずさにより、国民は一度ならず何度も哀れになる。賢明な王の場合、国民は幸福になり、繁栄し、勝利を得るのである。

この文はウルフスタン自身の経験が如実に反映されていると思われる。上で触れたように、ウルフスタンはエゼルレッドとクヌートの2人の王に仕えた。エゼルレッドはその思慮の無さで、¹⁵ イングランドを亡

国に導いた。それに対し、敬虔なキリスト教徒であるクヌートはエゼルレッドを打ち負かし、イングランド王として即位し、国を平定した。2011年3月11日に発生した東日本震災以降、私たちは国家の安寧秩序を保つためには、指導者の資質が非常に重要なことを認識している。ちょうど千年前、イングランドが危機に瀕している時、指導者のあるべき資質を記述したウルフスタンの *Institutes of Polity* の翻訳は、将来、震災復興の指導者となることを期待される高専生にとって有益な副読本となると信じる。

謝辞

本稿の誤りを丁寧に指摘していただいた査読者に感謝を申し上げます。言うまでもなく、本稿に残された誤りの全ては、筆者の責に帰する。

注

- 1) 笠井, 111-6 はプロジェクトの先駆けとなるものである。
- 2) 991年のヴァイキングの攻撃はイングランド軍に大打撃を与えた。この攻撃はモルドンの戦い (Battle of Maldon) として有名である。モルドンの戦いは韻文で歌われ、その韻文は古英語文学史上、重要な作品として見なされている。
- 3) ウルフスタンによる作品については, Bethurum, 24-49 を参照のこと。
- 4) ウルフスタンが作った「クヌートの法律」(Laws of Cnut) には、「キリスト教徒の王は神の怒りに対して復讐しなければならない」と、王が神の代理人として振る舞うべきという記述がある。Thorpe, 172.
- 5) 12世紀におけるウルフスタンの受容については、Wilcox, 83-97 を参照のこと。
- 6) Ker, 215.
- 7) エドガー王(954-975)はエゼルレッドの父であり、彼の治世、イングランドは修道院を中心に文化が栄えたことで知られる。

- 8) コンスタンティヌス帝(272-337)は、キリスト教を公認したローマ帝国の皇帝である。古英語期のイングランドにおいて、母ヘレナと共に名高い存在であった。
- 9) ニカイア公会議 (325年)
- 10) コンスタンティノーブル公会議 (381年)
- 11) エフェソス公会議 (431年)
- 12) カルケドン公会議 (451年)
- 13) ここで言及される「規則」とは、ベネディクト会派規則(the Benedictine Rule) のことである。
- 14) アンナは新約聖書の『ルカによる福音書』第2章36節から38節に登場する女預言者である。
- 15) エゼルレッドは Unready (無思慮、無作為) という epithet (あだ名) と共に呼ばれる。
- 笠井哲 「『稲むらの火』における「防災」の思想について」 『研究紀要』第53号 福島工業高等専門学校 2012. pp. 111-6.
- Jost, Karl. *Die Institutes of Polity, Civil and Ecclesiastical. Ein Werk Erzbischof Wusftans von York.* Swiss Studies in English. Bern: Francke Verlag. 1959.
- Ker, Neil R. *Catalogue of Manuscripts Containing Anglo-Saxon.* Oxford: Clarendon Press, 1957.
- Swanton, Michael. *Anglo-Saxon Prose.* Totowa, N.J.: Rowman and Littlefield, 1975.
- Thorpe, Benjamin. *Ancient Laws and Institutes of England: Comprising Laws Enacted Under the Anglo-Saxon Kings from Aethelbirht to Cnut, Google-E Books* (2013年9月17日閲覧)
- Wilcox, Jonathan, 'Wulfstan and the twelfth Century' In Mary Swan and Elaine M. Treharne, ed. *Rewriting Old English in the Twelfth Century*, Cambridge: Cambridge University Press, 2000.

参考文献

Bethurum, Dorothy. *The Homilies of Wulfstan.* Oxford: Clarendon Press, 1957.

LabVIEWを用いた自動計測システムに関する 学生実験テーマの新規策定

Development of the new theme on the automatic measurement system using the LabVIEW software

磯上 慎二・新井 真人・鈴木 三男
福島工業高等専門学校一般教科

Shinji Isogami, Masato Arai and Mitsuo Suzuki

Fukushima National College of Technology, Department of General Education

(2013年9月11日受理)

The new experimental theme using the LabVIEW software was developed for the subject of Applied Physics II. The LabVIEW achieved automation of data recording and storage during the discharge and charge transient of an electrolytic capacitor. Following the experimental guidebook, the 4th grade students actually created the LabVIEW source, virtual instruments (VI), and performed their experiments. Though no students had used such the software, we successfully gave 98 % of the students a great interest, judging from the reports they summarized.

Key words: LabVIEW, electrolytic capacitor

1. はじめに

ナショナルインスツルメンツ (NI) 社が提供するソフトウェア, LabVIEWは, 自動車, 半導体, 航空機, 電子機器, 化学薬品, 通信, 医療品といった多種多様な業界での研究, 開発, 製造, 保守管理などに携わっている技術者や研究者によって活用されてきた. 特にNASAの科学者が無人探査機から送られてくるデータ (位置, 温度, バッテリー残量など) の解析を行うのにも活用されている. このようにLabVIEWは分野を問わず既に不可欠な汎用ツールとなっているため, 理工系学生にはある程度の習熟が望まれる¹⁾.

LabVIEWで作成するプログラムはバーチャルインスツルメンツ (VI) と呼ばれている. FortranやCのようなテキスト文をベースとしたプログラミングとは全く異なり, 一目で動作をイメージできる図形や記号のアイコンを組合せることでプログラムを開発できる点に強みを有する. NI社が提供するアフターサポートに関しては, サンプルVIやサブVIがネットワーク経由でダウンロードできる仕組みとなっている. よって習熟の効率化という観点では, LabVIEWは他の言語より優れている一面もある.

しかしながら福島高専では未だ実習として採用され

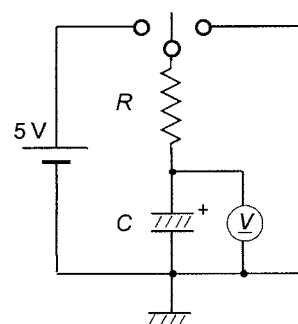


Fig. 1 コンデンサーの充放電過程の実験に用いた回路

ていない. よって今回はLabVIEWを用いた電気計測の実験テーマを新たに開発し, 機械工学科, 電気工学科, 物質工学科の4年生の学生に経験の機会を与え, LabVIEW学習の意欲を鼓舞することを目的とした.

2. 実験装置の構築

2.1 コンデンサーの充放電過程の測定

Fig. 1に本実験で用いた電気回路図を示す. 電源電圧は5V一定とし, VIによりコンデンサー両端電圧をリアルタイムで測定した. 挿入抵抗 R とコンデンサーの電気容量 C は以下の4種類とした. $(R, C) = (1 \text{ M}\Omega, 1 \mu\text{F}), (1 \text{ M}\Omega, 2.2 \mu\text{F}), (500 \text{ k}\Omega, 1 \mu\text{F}), (500 \text{ k}\Omega, 2.2 \mu\text{F})$. スイッチは

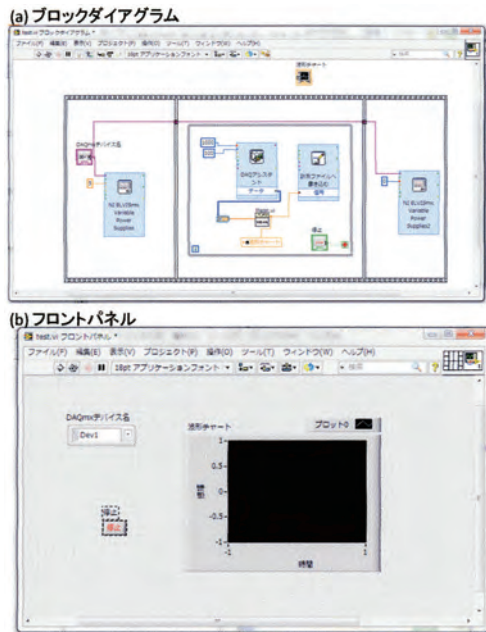


Fig. 2 作成実習VIのブロックダイアグラム(a), ならびにフロントパネル(b).

充電側, 放電側に切り替え可能なトグルスイッチを用いた. コンデンサー, 抵抗の配線はブレッドボードが搭載された, NI製の電気計測実習用ベーシックバンドル「NI-ELVIS」上に行った. 電源である5 Vは, NI-ELVIS上の電源端子から取得し, コンデンサー端子電圧はNI-ELVIS上のアナログインプット端子に接続して測定した.

2.2 VIの作成

Fig. 2にコンデンサー端子電圧データをリアルタイムで取得, 波形チャート表示するためのVIを示す. VIはソースに対応するブロックダイアグラム[Fig. 2(a)]と, 波形チャート表示やボタン操作をするためのフロントパネル[Fig. 2(b)]で構成される. 3つに分割されたシーケンスストラクチャの左側 (第一シーケンス) では, NI-ELVISから5 Vを電源端子に印加する操作を行う. 中央 (第二シーケンス) ではDAQアシスタントという, アナログ端子の入力電圧を一定のサンプリング周波数で読み込むサブVIを用いている. 本実験のサンプリング周波数は1000 Hzとし, そのうち100個の電圧平均値を計測ファイルに書き込み, 同時に波形チャートにプロットさせた. これをフロントパネル上の停止ボタンが押されるまでWhileループで繰り返した. ここでデータのサンプリングは実際はNI-ELVISとPCを接続するUSBケーブルの伝送速度に律即され, 指定通りの1000 Hzとはなっていない. 右側 (第三シーケンス) は, 停止ボタンが

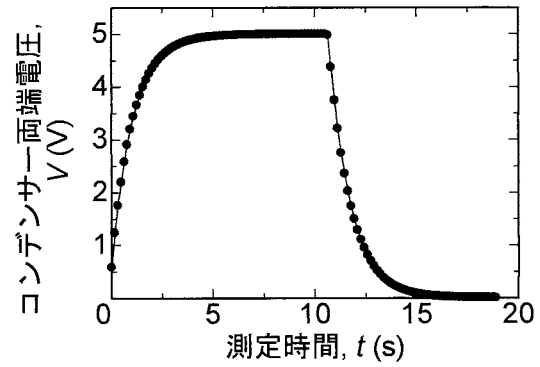


Fig. 3 充放電過程におけるコンデンサーの両端電圧

Table 1 学生が実験から求めた電気容量

R (Ω)	C (μF)	C _{実験} (μF)
1 M	1	1.05
1 M	2.2	2.31
500 K	1	1.09
500 K	2.2	2.18

押されデータプロットが終了すると同時に電源を0とする処理を行う部分である.

3. 実験結果

Fig. 3に充放電過程におけるコンデンサーの両端電圧を示す. ただし回路の組合せは(R, C) = (1 MΩ, 1 μF)である. t = 0 sはフロントパネルの実行ボタンを押した時点に対応している. t = 5 sでほぼ5 Vまで充電が完了し, t = 11 sでスイッチを放電側に倒したところ, t = 16 sでほぼ0 Vまで放電していることが見て取れる. ここで, 電気容量CはVが半減する時間Tを用いてC = T / (0.693 × R)と与えられる²⁾. Fig. 3からT = 0.8 sが得られ, R = 1 MΩと共に代入するとC = 1.15 μFが求められた. 他3種類の組合せにおいても, 同様に放電実験から近い値のCが精度よく算出された. Table 1に学生が実験から求めた電気容量 (C_{実験}) の典型例を示す. いずれにおいても, 用いたコンデンサーの電気容量に近い値が求められている.

4. 実習効果の検証結果と考察

本実習効果を検証するために, アンケート調査を行った. 設問と回答のまとめは以下のとおりである.

- (1) C, Fortran, Basicなどのプログラミング言語で自分が最も慣れているものは何ですか. 知っている程度でも構いません. それと比べて今回のLabVIEWにはどんな感想をもちましたか.

回答：C言語使用経験者：99%以上

LabVIEWに対する主な感想.

アイコンを探し当てるのに時間が必要だった.

プログラムの動作をイメージしやすかった.

(2) LabVIEWの存在を知っていましたか. 知っていた場合はどこからの情報ですか.

回答：全く知らない：100%

(3) 大学の実験系の研究室, 企業の開発の現場では普通にLabVIEWで装置を制御しています. 自分もLabVIEWを使いこなせるようになりたいですか.

回答・是非使い慣れたい：57%

・必要というなら仕方なく使い慣れたい：41%

・使いたくない：2%

(4) LabVIEWの長所と短所はどこにあると思いますか.

回答・長所：

一目でプログラムの動作が分かるところ.

初学者でもなじみやすいところ.

慣れると他の言語より早くプログラムが書けそう.

・短所：

コマンドのアイコンを探し当てるのに慣れが必要.

ソフトウェアに対する初期投資が高い.

ほぼ全員がLabVIEWの経験がなく, 存在すら知らない

状況であった. 自在に使いこなすためには慣れが必要であるという感想があったのは, そのためであると考えられる. それでも98%の学生は今後使えるようになりたいと考えている結果を得た. これは本テーマを経験することでLabVIEWの特色を理解し興味を持ち始めた結果であると考えられる.

5. まとめ

本科4年機械, 電気, 物質工学科を対象とする応用物理IIの新しい学生実験テーマとして「LabVIEWを用いた自動計測プログラムVIの作成実習, コンデンサーの充放電における電圧測定実験」の開発を行った. アンケート調査を行ったところ, 98%の学生は, 慣れが必要であるが, 使いこなせるようになりたいという感想を抱いていた. これは本学生実験テーマ策定の目的であるLabVIEWへの理解と興味を引く点に対する十分な成果であると考えられる.

参考文献

- 1) Robert H. Bishop : LabVIEWプログラミングガイド(アスキー, 東京, 2005) .
- 2) 福島高専一般教科物理科 応用物理実験指針書.

道の駅よつくら港のブランドイメージに関する一考察

A Study of Brand Image : a case study of Michinoeki Yotsukura Kou

杉山 武史・菅野 瑛大*¹・松本 行真*²

福島工業高等専門学校コミュニケーション情報学科

*¹福島工業高等専門学校専攻科ビジネスコミュニケーション学専攻

*²東北大学災害科学国際研究所

SUGIYAMA Takeshi, KANNO Akihiro *¹, MATSUMOTO Michimasa *²

Fukushima National College of Technology, Department of Communication and Information Science

*¹Fukushima National College of Technology, Advanced Course in Business Communication

*²Tohoku University, Center for Education and Research on Science for Global Safety

(2013年9月17日受理)

Michinoeki Yotsukura Kou which had been affected by the Great East Japan Earthquake reopened a farmer's market and a food court. Yotsukura Kou needs to get repeater for keeping visitors or sales. This study reports conducted surveying consumer questionnaire and interviewing operational side. On the basis of these researches, we consider that they have branding images to Yotsukura Kou.

Key words: Michinoeki, marketing, branding, disaster area

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれによって引き起こされた津波や東京電力福島第一原子力発電所事故は、福島県内に様々な被害を与えた。沿岸部では、商業施設本体が津波で流され今もなお営業することが困難な店舗も少なくない。さらに、原発事故による風評被害を受けて、地場産品を多く扱う農・水産物直売所(以下、直売所)は、特に厳しい状況におかれていると考えられる。

このような状況の中、津波によって大きな被害を受けて、一時は営業を停止していた道の駅よつくら港は、仮営業と仮設店舗での営業を経て2012年8月11日にリニューアルオープンした。そして、運営関係者によると「再オープン月の売上目標は、想像以上に早く(リニューアル後2週間ほどで)達成することができた」¹と直売所の売上は好調であることを語った。今回売り上

げを確保できた理由は大きく2つ考えられる。1点目には、これまでよつくら港を利用していた人がリニューアルオープンを聞きつけ再度利用し始めたこと。2点目は、福島民報「『道の駅よつくら港』再開 いわき、水産物直売所にぎわう」(2012年8月12日)のような新聞をはじめとした多くのメディアで取り上げられたことで興味をもったり、復興を応援しようという思いをもった利用者の来場が理由として考えられる。復興支援関連による利用者が増えたことは言うまでもないが、彼らの多くがオープン効果による一過性の利用者であるならば、今回の売り上げ回復が本質的なものではないということが想像できる。つまり、このよつくら港の状態は“復興バブル”のようなものではないかと考えられる。

実際に、兵庫県発表の『阪神・淡路大震災の復旧・復興の状況について』によれば、「被災地域の産業は、復興特需の影響等により1995～1997年度では総生産が震災前の水準を上回るなど、産業の本格復興に向

¹ 筆者らインタビューによる。

けた動きがみられたが、復興特需の終焉や全国的な景気低迷により1998～2001年度まで足踏み状態が続いていた。」と報告しているように“復興バブル”とも考えられる状況が起こっている。仮に、今回の状態が“復興バブル”であるならば、それに向けた対策を考える必要があるだろう。

対策の1つとして先に説明したような一過性の利用者にリピーターとなってもらうことがあげられる。リピーターを増やすことで利用者や売上げの減少を防ぐことができるのではないかと。寺島(2008)では、中小食品スーパーにおける顧客満足の因果関係の普遍性について検証すると同時に、顧客満足の向上が将来の利用意向(ロイヤルティ)だけでなく、現在の買物行動に結び付いているかどうかについても検証した。結果として、顧客満足の高さは、将来の顧客ロイヤルティに大きくかかわるが、買物行動に関しては来店頻度の向上との間で弱い関連性は認められたものの、購入金額では認められなかった。また、寺島(2009)では、店の近くに居住し年齢が比較的高くかつ必ずしも低価格にこだわらない顧客層の総合顧客満足因子が来店頻度の因果関係に好影響を及ぼすことが示された。このように利用者のロイヤルティを高めることが売上げを維持するためのきっかけにはなることがわかる。そしてロイヤルティを高めるためには利用者の期待に対してどれだけ応えることができるかが重要になってくるだろう。

筆者らは、道の駅よつくら港(開業前は「ふれあい物産館」)におけるアンケート調査及び運営関係者に対するインタビュー調査を2009年から継続して実施している(松本・他 2013を参照)²。その中でも、震災後リニューアルオープンしてから実施した2012年10月のアンケート調査結果や、これまでのインタビュー調査結果を中心に、リピーターを獲得するにあたりどのような利用者ニーズがあるかを確認していく。

本研究では、道の駅よつくら港のポスト・復興バブル

に向けた対策について思索する上で、利用者ニーズをとらえつつも運営者の想いが合致するような戦略をたてる必要があると考える。『マーケティング戦略 第4版』(和田・他 2012)によれば、主体と客体とが常に双方向的なコミュニケーションを行うことによって双方に共感・共鳴・共動・共業という行為が発生する。これは双方方向交互作用マーケティングと考えられ、これにおける意思疎通の方法としてはブランドがあげられている。なぜならブランドとは「主に、商品などを、使っていて楽しいなどというような感覚価値と、意味をもち語りをもつ観念価値の2つがあると定義づけられている。特に後者は、利用者にとってのそれが何かを説明され、企業がその商品を出している意図の2者がぶつかるものであり、ここにおいて利用者与企业の対話が起きるのである」(和田・他 2012)と述べられているからだ。

しかし、両者がどのような「想い」つまりストーリー(=文脈)を持ち、その商品やモノ(施設など)あるいはブランドにたどり着いているのかをとらえることができなければ、互いの意思疎通は図れない。双方の想いをコンテキストすなわち文脈としてとらえながら、ブランド戦略を行うものに、コンテキスト・ブランディング(以下C・B)がある。そこで、今回はこの枠組みを用いていく。

2. 本調査概要と体制

道の駅よつくら港におけるアンケート調査は、2009年のふれあい物産館から交流館、被災後、交流館リニューアルオープン後の現在に至るまで計6回実施している。そのうち2010年5月から、本研究において分析対象としている2012年10月調査までの調査概要等は表2-1-1の通りである。

本調査のよつくら港に対する評価と期待から、利用者がどのような想いをもっているか、平休日や居住地によって、それぞれ利用者の想いに違いがあるかを明らかにし今後どのような対策をとるべきかを検討していく。

² また、2013年5月にもアンケート調査及び動線調査を実施しているが今回は2012年10月の調査を分析対象とする。

表2-1-1 道の駅よつくら港における調査概要

調査日時	2010年5月4日(9時～17時)	2011年10月22日(9時～17時)
調査目的	交流館の評価と自動線導出及び駐車場問題の明確化	風評被害に対する意識調査
調査手法	利用者アンケート 郵検調査 特選調査	利用者アンケート
有効回収結果	男女別 290サンプル 男性46.6%、女性53.1%、不明0.3% 年代別 299サンプル 10代2.3%、20代11.0%、30代22.4%、40代21.7%、50代18.7%、60代以上21.7%、不明2.2%	男女別 100サンプル 男性49.0%、女性45.0%、不明6.0% 年代別 100サンプル 10～20代6.0%、30～40代35.0%、50代以上52.0%、不明7.0%
調査日時	2012年5月4日(10時～16時)	2012年10月21・22日(9時～17時・11～15時)
調査目的	産売所の現状評価と交流館リニューアルへの期待の明確化	再オープン後の「よつくら港」に対する現状評価と今後の期待を明確化
調査手法	利用者アンケート 郵検調査	利用者アンケート 郵検調査
有効回収結果	男女別 213サンプル 男性37.9%、女性44.8%、不明8.9% 年代別 213サンプル 10代6.1%、20代7.8%、30代15.2%、40代17.3%、50代17.3%、60代以上19.0%、不明10.3%	男女別 247サンプル 男性47.8%、女性45.7%、不明6.5% 年代別 247サンプル 10代6.1%、20代8.1%、30代9.7%、40代15.8%、50代23.1%、60代以上29.6%、不明7.6%

表3-1-1 利用居住者から見た利用頻度の変化

	調査枚	はじめて	2回目	3回以上	不明
合計	247	43.3	13.0	40.9	2.8
いわき市	91	38.8	15.4	46.8	-
福島県内	71	39.4	14.3	42.6	4.3
その他	135	48.7	11.3	37.6	4.4
合計	213	48.8	10.8	38.0	1.4
いわき市	43	▼ 28.0	15.5	▲ 37.8	-
福島県内	15	57.0	19.9	21.1	1.5
その他	145	▼ 48.0	9.4	39.2	4.3
合計	225	70.6	11.7	17.1	0.7
いわき市	127	▼ 54.8	12.1	▲ 32.9	0.7
福島県内	54	▲ 81.5	13.0	▼ 3.7	-
その他	112	▲ 62.1	10.8	▼ 2.7	-

3. 道の駅よつくら港における評価と期待

3.1 利用購入実態

(1) 利用頻度・地域

まずはじめに利用者の全体像を確認する。利用頻度の変化をみると(図3-1-1)、2012年10月の調査(以下、今回の調査)では仮設店舗で営業をしていた2012年5月に比べて「2回目以上」のリピーターが増えている。次に利用者の居住地は、2012年5月に比べて今回の調査では「いわき市」が15pt以上増えているがその割合は震災前や物産館当時のものには遠い。いわき市在住者の中で利用回数別にみると、比較的「3回以上」のリピーターが多い傾向にあることがわかる(表3-1-1)³。

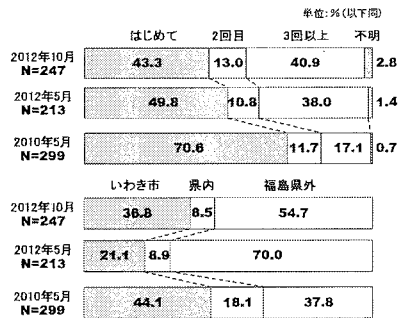


図3-1-1 利用頻度と利用者居住地の変化

(2) 利用目的

ここでは、平日利用者と休日利用者の利用目的の違いを確認していく(図3-1-2)。休日の利用者は比較的「直売コーナー」を目的としている他、「以前来た」といったリピーターが多く見て取れる。一方で、平日利用者は「フードコートがある」ことを目的としている利用者が多いことがわかる。また全体で見ても(表3-1-2)、「フードコートがあるから」(39.7)⁴、「直売コーナーがあるから」(23.5)という理由から来場する利用者が多い。

利用回数別にみると、初回利用者は「テレビや新聞の報道を通して気になったから」(15.9)、2回目利用者は「以前、来たことがあるから」(43.8)、3回以上利用者は「以前来たことがあるから」(25.7)、「新鮮な農産物が売られているから」(25.7)、「ここでしか手に入らないものがあるから」(14.9)、「祭やイベントなどの催事があるから」(12.9)、「いつも買い物に来ているから」(11.9)等のように、初回利用者は話題になっているから来場し、2回以上の利用者は普段使いとして来場している傾向が強一方で、祭りやイベントなどの日常とは少し違ったものも利用目的としてあげていることがわかる。再来訪意向別にみると訪れたいという利用者は「フードコートがあるから」(47.7)、まあ訪れたいという利用者が「以前来たことがあるから」(30.3)となっている。

居住地別にみると、地元である四倉住民は「海岸へ遊びに来たついで」(13.5)、「いつも買い物に来ているから」(16.2)等、四倉外いわき市住民は「新鮮な農産物が売られているから」(20.9)、「ここでしか手に入らない

³以下のクロス集計表については差に関する両側検定を行い、全体に対して差があるものについて、▲▼:1%有意、△▽:5%有意、↑↓:10%有意、⋯:20%有意という表記にする。

⁴以下、数値表記は断らない限り%とする。

ものがあるから」(12.1)、その他居住者は「被災地の力になりたいと思ったから」(20.2)、「休憩やトイレに行くため」(17.0)といった利用目的が多く見られた。いわき市内住民は比較的日常生活を、その他居住者は被災地支援といった非日常的な目的をそれぞれもっているようだ。また、その他居住者は被災地支援の他には「休憩やトイレ」といったように、「たまたま寄った」という傾向があると考えられる。



図3-1-2 平休日における利用目的の違い

表3-1-2 タイプ別にみた利用目的

調査数	直売コーナーがあるから	よくわからない	その他	被災地支援	休憩やトイレ	新鮮な農産物	新鮮な果物	持ち合わせや休憩	道の駅が好きな	海岸に来たついで	スーパーより新鮮な農産物	いつもの買い物	メディア情報で知った	海カフェがあるから	新鮮な農産物	休憩やトイレ	フードコートがある
合計	247	29.7	23.0	30.0	16.2	14.9	13.4	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
復興期	107	20.6	22.8	17.8	17.7	15.2	11.2	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8	11.8
復興後	140	48.6	23.0	32.2	18.5	18.7	17.9	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
復興期	140	48.6	23.0	32.2	18.5	18.7	17.9	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8
復興後	207	28.0	21.4	10.0	29.5	17.1	16.3	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1
復興期	111	27.0	27.0	19.0	24.7	17.0	11.7	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1
復興後	96	44.7	21.9	11.0	27.8	17.3	17.0	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1	11.1
復興期	171	37.4	29.8	30.0	32.0	19.1	18.2	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0
復興後	76	49.0	19.0	10.0	27.0	16.0	16.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0	11.0

(3) 利用購入商品・サービス

次に、利用者がどのような商品・サービスを利用購入しているかを確認していく。全体をみると(表3-1-3)、「野菜・果物(生鮮品)」(32.8)、「海産物加工品」(27.1)の購入が多い。やはり直売所ということでこの2項目が上位になるのだろう。利用回数別にみると、2回利用者が「野菜・果物(加工品)」(25.0)、3回以上利用者が「野菜・果物(生鮮品)」(41.6)、「弁当」(18.8)を購入する傾向がある。また居住地域別にみると、四倉住民は「そ

ば・めん類」(32.4)、「弁当」(21.6)、四倉外いわき市民は「野菜・果物(生鮮品)」(40.7)、「菓子類」(15.4)を購入する傾向にある。はじめての利用者やその他居住者の利用購入実態に関しては特に傾向は見られなかった。

フードコートの利用の全体をみると(表3-1-4)、「海鮮丼」(34.0)の利用が最も多く、ついで「ラーメン」(25.9)、「そば」(15.8)となった。利用回数別にみると、3回以上利用者が「ジェラード」(12.9)を利用する傾向にある。居住地域別にみると、四倉住民は「ラーメン」(40.5)や「ジェラード」(18.9)を利用する傾向にあり、四倉外いわき市民は「そば」(20.9)、その他居住者は「海鮮丼」(43.6)を利用する傾向にある。よつくり港は海沿いという立地から、いわき市外から訪れる利用者は「海鮮丼」(43.6)を利用する傾向にあると考えられる。

表3-1-3 タイプ別にみた直売所の利用購入実態

調査数	野菜・果物(生鮮品)	野菜・果物(加工品)	海産物加工品	そば・めん類	弁当	菓子類	惣菜	その他	合計
合計	81	37.2	27.1	32.4	21.6	15.4	10.0	10.0	247
復興期	37	20.6	14.3	16.3	11.8	9.1	9.1	9.1	107
復興後	44	23.0	12.8	16.1	9.8	6.3	0.9	1.9	140
復興期	44	23.0	12.8	16.1	9.8	6.3	0.9	1.9	140
復興後	37	35.7	14.3	16.1	11.1	11.1	11.1	11.1	207
復興期	21	27.0	19.0	24.7	17.0	11.7	9.1	9.1	111
復興後	16	44.7	21.9	11.0	27.8	17.3	17.0	11.1	96
復興期	171	37.4	29.8	30.0	32.0	19.1	18.2	14.0	171
復興後	70	49.0	19.0	10.0	27.0	16.0	16.0	11.0	76

表3-1-4 タイプ別にみたフードコートの利用購入実態

調査数	ラーメン	そば	海鮮丼	ジェラード	海カフェ
合計	247	25.9	15.8	12.9	7.7
復興期	107	24.3	5.6	16.8	7.1
復興後	140	26.4	10.2	6.1	8.6
復興期	140	26.4	10.2	6.1	8.6
復興後	207	25.1	10.0	12.9	8.1
復興期	111	27.0	19.0	24.7	17.0
復興後	96	44.7	21.9	11.0	27.8
復興期	171	37.4	29.8	30.0	32.0
復興後	76	49.0	19.0	10.0	27.0

3.2 利用購入評価

(1) 直売所の満足した商品・サービス

以下では直売所とフードコートの商品・サービスの評価と施設全体に関する印象を、利用者がどのように感じているかを明らかにしていく。はじめに直売所におけ

る満足した点をまとめていく。全体をみると(表3-2-1)「農産物生鮮・加工品の品揃え」(27.9)、「農産物生鮮・加工品の価格」(15.0)、「海産物(加工品)の品揃え」(14.6)、「販売員や地元住民とのやりとり・ふれあい」(10.9)が比較的満足が高いものになっている。利用回数別にみると、初回利用者は「海産物加工品の価格」(10.3)、2回利用者は「店舗内の動きやすさ」(12.5)、「工芸品の品揃え・価格」(6.3)、3回以上利用者は「そば・めん類の品揃え・価格」(15.8)、「農・海産物(生鮮・加工品)の品質」に満足する傾向にある。また居住地別でみると四倉住民は「そば・めん類の品揃え・価格」(21.6)、「弁当の品揃え」(18.9)、「弁当の価格」(13.5)等、その他居住者は「海産物加工品の品揃え」(20.2)、「海産物加工品の価格」(10.6)にそれぞれ満足する傾向が強い。全体を通して「品揃え」に対する満足は高いように感じられる。また初回利用者やその他居住者は海産関連への満足が比較的高い傾向にある。

表3-2-1 タイプ別にみた直売所の評価

調査対象	品揃え	価格	品揃え	価格	品揃え	価格	品揃え	価格	品揃え	価格	品揃え	価格	品揃え	価格	品揃え	価格	品揃え	価格	工芸品・手織物・民芸品の品揃え・価格		
																			品揃え	価格	
全計	27.9	15.0	14.6	10.9	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5	10.3	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5	10.3	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5
性別	27.9	15.0	14.6	10.9	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5	10.3	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5	10.3	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5
年齢	27.9	15.0	14.6	10.9	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5	10.3	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5	10.3	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5
職業	27.9	15.0	14.6	10.9	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5	10.3	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5	10.3	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5
居住地	27.9	15.0	14.6	10.9	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5	10.3	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5	10.3	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5
利用回数	27.9	15.0	14.6	10.9	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5	10.3	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5	10.3	12.5	6.3	15.8	14.8	13.5

(2) フードコートの評価

フードコートの評価は全体をみると(表3-2-2)、「海が見えるので良い」(54.2)、「量がちょうど良い」(52.4)、「気軽に利用できる」(44.0)等といった良い評価が上位を占めている。一方で再来訪意向別にみると、訪れたいという利用者が「海が見えるので良い」(61.0)、「価値感がある」(37.3)といった評価がある中、まあ訪れたいという利用者は「メニューが少ない」(23.1)、「待ち時間が長い」(23.1)、「呼び出しが聞こえにくい」(19.2)、「価

格が高い」(23.1)といった悪い評価が多く見られた。これだけの評価の中「まあ訪れたい」と考えていることは、今後に期待しているという裏返しととらえることもできるため、フードコートでは例えば待ち時間を減らすための工夫などを考える必要がある。

表3-2-2 タイプ別にみたフードコートの評価

調査対象	品揃え	価格	品揃え	価格	品揃え	価格	品揃え	価格	品揃え	価格	品揃え	価格	品揃え	価格	品揃え	価格	品揃え	価格	工芸品・手織物・民芸品の品揃え・価格		
																			品揃え	価格	
全計	54.2	52.4	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0
性別	54.2	52.4	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0
年齢	54.2	52.4	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0
職業	54.2	52.4	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0
居住地	54.2	52.4	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0
再来訪意向	54.2	52.4	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0	44.0

(3) 施設全体の印象

まず施設全体の印象をいわき市居住者とその他居住者で比較する(図3-2-1)。いわき市居住者は「イベントがあってよい」と感じる一方で、その他居住者は「活気がある」といった印象を受けているようである。

全体を通してみると(表3-2-3)、「復興支援につながることができそう」(29.1)、「活気がある」(27.1)、「親しみやすい雰囲気である」(25.5)といった印象を持たれている。次に利用回数別にみると初回利用者は「地域住民たちの憩いの場である」(11.2)、3回以上利用者には「様々なイベントがあって良い」(24.8)、「よかつぺ市等独自のイベントがよい」(14.9)といった印象をもっているようである。再来訪意向別にみると、訪れたいと思っている利用者は「親しみやすい雰囲気である」(36.2)、「地域の個性が活かされている」(22.8)等のように好印象であるが、まあ訪れたいと思っている利用者は「駐車場の場所がわかりにくい」(24.2)、「トイレの場所がわからない」(21.2)といったあまりよくない印象をもつ傾向にある。また居住地別にみると四倉住民は「海から

近いので津波が不安である(13.5)と感じてはいるものの「普段の生活に欠かせない場所である(8.1)」という印象をもつ傾向にある。リピーターや地元住民は比較的良好な印象をもっているが、それ以外の利用者があまり良い印象をもっていない。再来訪意向がない利用者が「まとまりや統一感がない(7.1)」と感じているように、何を軸にしていくかを検討する必要があると考えられる。

施設・情報その他評価	いわき	その他	差(いわき-その他)
イベントがあって良い	20.3	10.6	▲9.7
田舎らしい風情がある	15.7	11.7	▲4.0
津波が不安である	8.5	5.3	▲3.2
ひとつもない	4.6	2.1	▲2.5
トイレの場所がわからない	5.9	4.3	▲1.6
生活に欠かせない場所	2.6	1.1	▲1.5
悪い場所である	7.8	6.4	▲1.4
ほりや汚れが気になる	0.7	0.0	▲0.7
道の駅やイベントの情報	4.6	4.3	▲0.3
道の駅で行われるイベント	10.5	10.6	▲0.1
まとまりや統一感がない	1.2	2.1	▲0.6
やりとり・ふれあいがよい	3.9	5.3	▲1.4
地域の個性がある	16.3	18.1	▲1.8
復興支援になりそう	27.5	31.9	▲4.4
駐車場がわかりにくい	9.8	16.0	▲6.2
親しみやすい雰囲気である	22.9	29.8	▲6.9
活気がある	23.5	33.0	▲9.5

図3-2-1 居住地域による施設等への評価の違い

表3-2-3 タイプ別にみた施設等への評価

調査項目	復興支援		親しみやすい雰囲気		地域の個性		種々なイベントがある		道の駅やイベントがある		道の駅で利用できる	
	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし
全 計	247	293	271	252	172	188	147	121	121	101	101	101
復興支援	107	29	29	29	121	121	101	101	101	101	101	101
四倉	32	15	29	18	29	29	29	29	29	29	29	29
いわき	101	32	29	22	172	172	101	101	101	101	101	101
復興支援	149	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
四倉	30	35	29	12	10	10	10	10	10	10	10	10
いわき	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
道の駅	37	29	29	29	10	10	10	10	10	10	10	10
道の駅	31	31	27	27	18	18	18	18	18	18	18	18
道の駅	34	31	29	29	18	18	18	18	18	18	18	18
道の駅	197	27	29	27	18	18	18	18	18	18	18	18
道の駅	30	34	27	27	18	18	18	18	18	18	18	18

3.3 利用購入期待

(1) 直売所への期待

ここからは今までの評価を踏まえて利用者がどのような期待をもっているか明らかにしていく。直売所への期待は全体を通してみると(表3-3-1)、「新鮮な農・海産物の品揃えが多いこと(49.8)」、「農・海産加工品の品揃えが多いこと(26.7)」、「行くたびに变化がある売場であること(21.5)」、「いわき・四倉」がはっきりわかる商品であること(20.6)といった回答が多かった。利用

回数別にみると3回以上利用者が「農・海産加工品の品揃えが多いこと(32.7)」、「惣菜などの品揃えが多いこと(11.9)」、「スーパーのPBのような安価な商品があること(6.9)を求める傾向がある。居住地域別にみると四倉住民は「産地明記がしてあること(21.6)」、「どこに何が置いてあるか分かりやすい売場であること(18.9)」、「スーパーのPBのような安価な商品があること(10.8)」、四倉外いわき市民は「行くたびに变化がある売場であること(29.7)」、「日替わりで弁当があること(14.3)」、「生産者の一言」のような生産者からのコメントがあること(12.1)、その他居住者は「新鮮な農・海産物の品揃えが多いこと(58.5)をそれぞれ求める傾向にある。普段から利用している人は、食品スーパーの代わりに使いたいという想いがあり、そうではない人がいつも行くスーパーとは少し違った商品等を求めているように見て取れる。

表3-3-1 タイプ別にみた直売所への期待

調査項目	新鮮な農・海産物の品揃えが多いこと		農・海産加工品の品揃えが多いこと		惣菜などの品揃えが多いこと		スーパーのPBのような安価な商品があること		産地明記がしてあること		どこに何が置いてあるか分かりやすい売場であること	
	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし	あり	なし
全 計	247	498	202	212	209	198	142	121	121	101	101	101
復興支援	107	51	29	18	18	18	18	18	18	18	18	18
四倉	32	15	29	18	18	18	18	18	18	18	18	18
いわき	101	32	29	22	172	172	101	101	101	101	101	101
復興支援	149	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
四倉	30	35	29	12	10	10	10	10	10	10	10	10
いわき	20	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
道の駅	37	29	29	29	10	10	10	10	10	10	10	10
道の駅	31	31	27	27	18	18	18	18	18	18	18	18
道の駅	34	31	29	29	18	18	18	18	18	18	18	18
道の駅	197	27	29	27	18	18	18	18	18	18	18	18
道の駅	30	34	27	27	18	18	18	18	18	18	18	18

(2) フードコートへの期待

次に、フードコートへの期待を確認していく。全体をみると(表3-3-1)、「道の駅よつから港オリジナルメニューがあること(47.8)」、「季節限定メニューがあること(30.4)」、「四倉やいわきの情報がわかること(14.6)といった期待がある。フードコートにおいて情報を求めるのは、待ち時間を有効に活用したいというあらわれで

はないかと考えられる。

再来訪意向別にみると、訪れたいと思っている利用者は「道の駅よつくら港オリジナルメニューがあること」(53.7)、まあ訪れたいと思っている利用者は「低価格のドリンクバーがあること」(18.2)、「オーダーの待ち時間をつぶすことができること」(12.1)に期待している。居住地別にみると四倉住民は「お腹にたまるデザート(クレープなど)があること」(13.5)、「オーダーの待ち時間をつぶすことができること」(8.1)、四倉外いわき市民は「ドリンクバーがあること」(9.9)というようにその場でゆっくり過ごしたいという思いがあるのではないかと感じられる。

表3-3-2 タイプ別にみたフードコートへの期待

調査対象	調査数	期待する要素									
		道の駅よつくら港オリジナルメニューがあること	低価格のドリンクバーがあること	オーダーの待ち時間をつぶすことができること	多様なメニューがあること	健康的なメニューがあること	イベント・催しがあること	インフォメーションがあること	お土産が買えること	大衆的であること	清潔であること
合計	247	43.3	20.6	14.6	11.2	7.2	6.3	5.9	5.5	4.1	
道内	107	44.8	24.3	20.3	10.2	4.8	5.9	4.7	2.8		
道外	140	41.9	16.4	12.3	14.4	9.3	7.1	6.2	5.3		
四倉	149	53.7	23.5	18.8	12.3	7.3	7.8	5.5	3.5		
四倉外	91	32.9	7.7	10.5	11.8	10.2	7.3	8.7	7.4		
性別	247	44.1	20.2	15.2	11.1	6.1	5.9	5.7	4.1		
男性	131	45.8	22.9	13.7	11.1	7.2	6.1	5.2	3.8		
女性	116	42.3	17.5	11.5	11.1	6.9	5.6	5.6	4.4		
年齢	247	44.1	20.2	15.2	11.1	6.1	5.9	5.7	4.1		
10代	131	45.8	22.9	13.7	11.1	7.2	6.1	5.2	3.8		
20代	116	42.3	17.5	11.5	11.1	6.9	5.6	5.6	4.4		

調査対象	調査数	期待する要素						
		ドリンクバーがあること	デザートがあること	多様なメニューがあること	健康的なメニューがあること	イベント・催しがあること	インフォメーションがあること	お土産が買えること
合計	247	5.7	4.9	4.9	3.4	3.4	3.3	3.2
道内	107	4.7	3.7	4.0	3.0	3.0	3.0	2.7
道外	140	6.8	6.1	5.8	4.4	3.8	3.6	3.7
四倉	149	5.4	4.5	4.5	3.4	3.0	3.0	2.7
四倉外	91	6.1	5.3	5.3	4.9	4.0	4.0	3.7
性別	247	5.7	4.9	4.9	3.4	3.4	3.3	3.2
男性	131	6.3	5.4	5.3	3.9	3.3	3.3	3.0
女性	116	5.1	4.5	4.5	2.9	3.5	3.3	3.4
年齢	247	5.7	4.9	4.9	3.4	3.4	3.3	3.2
10代	131	6.3	5.4	5.3	3.9	3.3	3.3	3.0
20代	116	5.1	4.5	4.5	2.9	3.5	3.3	3.4

(3) イベントへの期待

イベントへの期待だが全体をみると表3-3-3「地元いろいろなお店が集まるイベントがあること」(32.4)や「海に関する体験イベントがあること」(23.5)といったような、四倉ならではのイベントがあることを期待している。

また居住地別にみると四倉住民が「趣味仲間やサークルで〇〇教室などがあること」(5.4)や四倉外いわき市民が「地元住民がイベント等(サークルの発表等)を行えること」(6.6)を期待しているように、自分たちが中心になれるイベントもやりたいと思う傾向がある。

表3-3-3 タイプ別にみたイベントへの期待

調査対象	調査数	期待する要素									
		地元ならではのイベントがあること	地元のお店が集まるイベントがあること	海に関する体験イベントがあること	季節ごとのイベントがあること	子供向けのイベントがあること	高齢者向けのイベントがあること	障がい者向けのイベントがあること	外国人向けのイベントがあること	その他	期待しない
合計	247	27.6	23.1	23.5	13.8	10.9	8.5	7.5	6.1	4.8	
道内	107	28.0	23.0	23.6	13.8	11.0	8.6	7.6	6.0	5.1	
道外	140	27.2	23.2	23.4	13.8	10.8	8.4	7.4	6.0	4.5	
四倉	149	34.2	29.1	29.6	20.1	14.4	11.4	11.4	9.7	6.9	
四倉外	91	20.6	17.2	17.4	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	8.9	
性別	247	27.6	23.1	23.5	13.8	10.9	8.5	7.5	6.1	4.8	
男性	131	27.4	22.8	23.2	13.8	10.8	8.4	7.4	6.0	4.7	
女性	116	27.8	23.4	23.8	13.8	11.0	8.6	7.6	6.2	4.9	
年齢	247	27.6	23.1	23.5	13.8	10.9	8.5	7.5	6.1	4.8	
10代	131	27.4	22.8	23.2	13.8	10.8	8.4	7.4	6.0	4.7	
20代	116	27.8	23.4	23.8	13.8	11.0	8.6	7.6	6.2	4.9	

(4) 施設・情報・その他に関する期待

最後に道の駅全体に対する期待を確認していく。全体をみると表3-3-4、「直売所で買ったものを飲食できること」(32.0)、「震災・復興関連の情報が詳しくわかること」(36.9)といった期待が多かった。再来訪意向別にみると訪れたいと思っている利用者は「震災・復興関連の情報が詳しくわかること」(36.9)、「原発関連の情報がわかること(例:ライブカメラなど)」(16.1)、「四倉に関する小冊子などが置いてあること」(14.8)といったような情報発信に関する期待が高い。まあ訪れたいと思っている利用者は「長時間話し込んだりできること」(21.2)や「勉強や読書ができること」(12.1)といった、その場でゆっくり過ごすことができるという点に期待をする傾向にある。

表3-3-4 タイプ別にみた施設等への期待

調査対象	調査数	期待する要素									
		直売所で買ったものを飲食できること	地元ならではのイベントがあること	海に関する体験イベントがあること	季節ごとのイベントがあること	子供向けのイベントがあること	高齢者向けのイベントがあること	障がい者向けのイベントがあること	外国人向けのイベントがあること	その他	期待しない
合計	247	32.0	36.9	32.4	23.5	13.8	10.9	8.5	7.5	6.1	
道内	107	32.0	36.9	32.4	23.5	13.8	10.9	8.5	7.5	6.1	
道外	140	32.0	36.9	32.4	23.5	13.8	10.9	8.5	7.5	6.1	
四倉	149	34.2	29.1	29.6	20.1	14.4	11.4	11.4	9.7	6.9	
四倉外	91	20.6	17.2	17.4	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	8.9	
性別	247	32.0	36.9	32.4	23.5	13.8	10.9	8.5	7.5	6.1	
男性	131	31.3	36.3	31.8	23.5	13.8	10.9	8.5	7.5	6.1	
女性	116	32.7	37.5	33.0	23.5	13.8	10.9	8.5	7.5	6.1	
年齢	247	32.0	36.9	32.4	23.5	13.8	10.9	8.5	7.5	6.1	
10代	131	31.3	36.3	31.8	23.5	13.8	10.9	8.5	7.5	6.1	
20代	116	32.7	37.5	33.0	23.5	13.8	10.9	8.5	7.5	6.1	

松本ら(2013)において「四倉在住者にとっては『普段使い』の場を求めるのに対して、四倉外いわき市内在住者では例えば週末等でちょっと立ち寄れる場所としての期待である一方で、いわき市外在住者は『復興』の過程を見ていきたい」と報告しているのと同様に、やはり今回の調査においても同じような結果が見て取れる。加えて本調査では、市外住民だけでなく四倉在住者も地元の情報を探めていることがわかった。

4. 考察とまとめ

4.1 道の駅よつくら港のイメージ

今回のアンケート調査も2012年5月の調査の松本ら(2013)の報告と同様に「日常的な使い方に期待をする市内在住者、四倉在住者と『復興』という非日常から日常に戻る過程に期待をする市外在住者」の2つの思いがある。彼らのニーズをより正確にとらえるために、それぞれがどのようなストーリーをもっているのかを明らかにしていき、これをC・Bのプロセスモデルに則り考えていく。

C・B(コンテキスト・ブランディング)とは阿久津ら(2002)によると、「コンテキストに着目した、ブランドの構築や活用、維持、活性化などを含んだ一連の取り組み」のことである。つまり、ブランドに豊かで効果的な文脈を持たせることによってその価値を高める一方、それを有効に活用していく方法である。また、C・Bのプロセスモデルは計画(PLAN)、実行(DO)、維持(SEE)プロセスの3段階に分かれている。計画プロセスは、誰がどのようなブランド知識を保有しているのかを明らかにする「探索」、これを行ったものの関係性を明らかにしながら意味や連想のネットワークとしてそれらをつなげ「構造化」をしていき、戦略シナリオ作りの具体的な検討作業である「推敲」を行う3つの流れからなる。次に実行プロセスは、全体像を全関係者に伝えるのではなく、それぞれが持つコンテキストが戦略シナリオの中に統合されていることを確認する「内部共有」を

行った後、実際のコミュニケーション活動を指し、コンテキストを「刺激」し、共有化されたコンテキストは1つの場を形成しそこで新たなコンテキストが生まれる「共創」の3つの流れからなる。最後に維持プロセスだが、これまでのプロセスがどのようなようになっていくかを追跡し「管理」するものである。

本研究では、実施した調査からブランド知識をまとめそれらの構造化を試みる。ストーリーを考えるにあたり、はじめに運営側がどのようなイメージをもっているかをHPやインタビュー調査から、利用者側のイメージをアンケート調査から抽出しその一部をまとめた(表4-1-1)。

運営側からは、よつくら港を復興や地域振興の軸にしていきたいという思いがあることが見て取れる。一方で、利用者側は普段の生活で使いたい、その場所でゆっくり過ごしたいという思いがあるほか、復興の支援をしたい、よつくら港に来たからこそ知り得る情報が欲しいという思いがあることがわかる。

今回アンケート調査から抽出した利用者のイメージ等を構造化すると以下ようになる(図4-1-1)。方向性は違えども買物、食事、情報は日常的に利用したい人も非日常的なものを求めている人も共通イメージとして持っている。また、それぞれで違ったイメージもある。この中には復興というキーワードこそあるものの、運営側が考えているようなよつくら港が復興の軸になっているというイメージがあるかという疑問である。そこで、以下では構造化されたイメージから、どのようなストーリーがあるか検討していきたい。

表 4-1-1 よつくら港へのイメージ

運営側のイメージ	利用者側のイメージ
・ つながり	・ フードコート
・ 潮	・ 潮に随するイベント
・ 活気のある	・ 参加できるイベント
・ シンプルな	・ 販売所
・ 四倉に来るきっかけ	・ ゆっくりしたい
・ 四倉は元気ががんばっている	・ 季節メニュー
・ 復興へ一歩前進	・ 四倉親子欲しい
・ 顔見える販売所	・ 勉強したい
・ 静かに過ごせる	・ 話ができる
・ 気まぐれ舞台	・ 復興情報が欲しい
・ ミライハ、ココカラ	・ 販売者コメントが欲しい
・ 地元の食材を使い元気を発信する	・ スタッフとのふれあい
・ 希望の木	・ 子ども一緒に遊べるものが欲しい

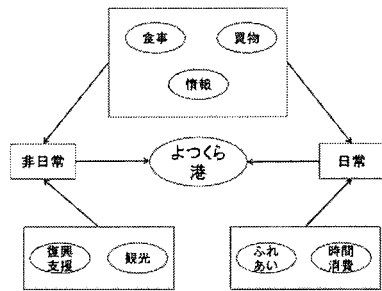


図 4-1-1 利用者のイメージ構造(仮説)

4.2 利用者のコンテキスト構築

リピーター獲得に向けて利用者のコンテキストを明らかにするものであり、日常的に利用している人はすでにリピーターになっている可能性が高いため、今回は非日常的な利用者のストーリーについて考える。

アンケートより利用者のコンテキストを読みとった結果、図 4-2-1 のようになった。はじめに利用者は、よつくら港がどのように復興したかという点に興味を持ち、さらに、立地している地域はどのような場所なのかを知りたいと考える。加えて復興に向けて頑張っているところを応援したいということで、地域の特産品やその土地のお店の商品を購入しようと思うようになる。また、被災はしたもののよつくら港には活気があるというイメージが強い。しかし、実際にはこのようなストーリーに一致しない点があり、それらの項目に関するニーズを伝えられていないと考えることができる(図 4-2-2)。一致していない点は、大きく以下の 3 つがある。①は情報が足りないということであり、よつくら港では被災から復興までの流れがわかる写真を数枚掲示しているだけで情報量が少ない。さらに四倉やいわき市の名所などを紹介するコーナーもないため、地域の情報も発信されていない。これに関連する部分もあるが、②は道の駅の機能の 1 つである道路利用者や地域の方々のための「情報発信機能」(国土交通省 HP より)が十分にされておらず、利用者が情報を集めるためによつくら港へ来るということもあまりないように感じられる。③のように利用者は支援の 1 つとして四倉やいわき市特有のものを利用・購入したいと思っている。ところが、よつくら港で

は道の駅の直売所等で見られるような“生産者の写真”がないほか、地域の商品や企業等を集めたイベントなどもない。

①から③の問題点を解決するためにこれらの共通した課題を考えると、“情報発信が足りない”というものがあげられる。そこで、“情報”というキーワードを軸に利用者をリピーター化できるようなコンテキストのマスタープランを思案すると、以下のような目標が想定される(図 4-2-3)。

- I : 情報収集ができる場所という認識をもってもらう
- II : 観光やいわき市内をめぐる前に情報収集するためにわかりやすい場所という認識をもってもらう
- III : 情報収集をしながらも買物や食事、休憩等をしたりと、ゆっくり過ごせる場所というイメージをもってもらう

I と II を解決するためには、やはり情報発信を充実させる必要がある。現在(2013年8月末)のよつくら港の情報発信の状況は、先にも述べたように地域に関連した情報の発信が少ない。また、非日常的な利用を目的としている人は“復興”というキーワードが重要になってくると思われるが、その復興に関する情報発信が数枚の写真だけでは彼らのニーズに答えているとは言い難い。このように、はじめにもっていたイメージとのギャップが大きいと「また来よう」と思わなくなってしまうだろう。道の駅の核となる情報館が現在復旧中で利用ができないという状況ではあるが、例えばフードコートにあるディスプレイを活用するなど工夫はできる。さらに III であるが、その空間の居心地が悪ければ再度利用しようとは思わないため、「よつくら港に行けばゆっくりできる」というイメージが構築されることで、“また来よう”というきっかけになっていくと考えられる。実現するためには、現時点における休憩所であるフードコートの充実が必要となる。「利用者の回転を上げるためには長居をされては困る」という運営側の考えはわかるが、例えば利用者が落ち着く昼食時が過ぎた 15 時以降はメニューを変更するなどの工夫を行い、利用者が

ゆっくりできる空間を提供することでより多くの利用者を取り込めるのではないか(筆者らの議論より)。

なっているかを詳細な調査を実施し分析していくことだと考える。

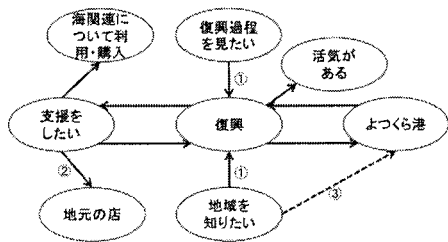


図 4-2-1 利用者のよつくら港に対するコンテキスト

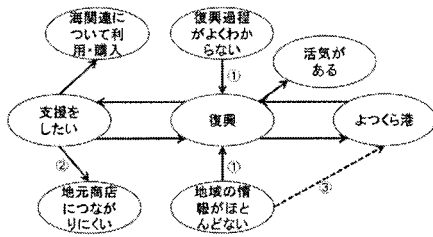


図 4-2-2 利用者のコンテキストがもつ課題

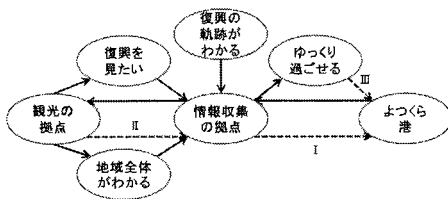


図 4-2-3 ブランドイメージ構築のマスタープラン

4.3 今後の展望

道の駅よつくら港は、近い将来訪れるだろう復興パブル崩壊に向けた対策を今から行う必要がある。なぜならオープン効果などはそれほど長くもつものではないことは容易に想像がつくため、まだ完全な復旧・復興を遂げてはいないものの現状でできる予防策を講じていくべきなのだろう。その1つの方向性として、よつくら港は「観光や情報収集の拠点」とであるというブランドイメージを利用者にもってもらいたい。

今回は、アンケート調査結果等から読み取りイメージ構造を仮説的に示し、そこから考察をよつくら港がとるべき対策をあげた。本研究の今後の課題は、利用者のよつくら港に対するイメージが実際にはどのように

参考文献

- 1) 阿久津聡・石田茂 2002 「ブランド戦略シナリオ コンテキスト・ブランディング」
- 2) 和田充夫・恩蔵直人・他 2012 「マーケティング戦略 第4版」
- 3) 寺島和夫 2008 「中小食品スーパーにおけるサービス品質と顧客満足との因果関係に関する研究 (2) : 因果関係の普遍性の検証」『龍谷大学経営学論集 48(3)』
- 4) 寺島和夫 2009 「中小食品スーパーにおけるサービス品質と顧客満足との因果関係に関する研究 (4) : 購買特性と顧客満足・店舗ロイヤルティとの係わり」『龍谷大学経営学論集 48(4)』
- 5) 松本行真・菅野瑛大・他 2012 「ポスト3.11のマーケティング戦略 -道の駅よつくら港の直売所を事例に-」『研究紀要 (53)』
- 6) 兵庫県 2013 「阪神・淡路大震災の復旧・復興の状況について」
- 7) 福島民報 2012年8月12日 「『道の駅よつくら港』再開 いわき、水産物直売所にぎわう」
- 8) 国土交通省HP <http://www.mlit.go.jp/>
- 9) 道の駅よつくら港HP <http://www.429-love.jp/>

【ねばりけ】の身体感知の力学的考察

—ねばるとのびるの音韻平行性に着目して—

A mechanical attempt of physical perception of “viscosity/stickiness”

- focusing attention on the phonologic parallelism between *NEBARU* and *NOBIRU* -

車田研一

福島工業高等専門学校物質工学科

Kenichi Kurumada

Fukushima National College of Technology, Department of Chemistry and Biochemistry

(2013年9月17日受理)

This work addresses the author's attempts to clarify the kinematic conditions where we perceive viscosity of liquids depending on the physical sensation obtained from the reaction impulse or visual features of moved liquids. The physical perception of the viscosity cannot be necessarily identified with the measured viscosity. This skeptical reflection originates in the empirical fact that the physical perception of the viscosity appears discontinuously whereas the measured viscosity is absolutely given as a continuous physical parameter in real or complex number. A subject test in which they shake a bottle containing a liquid of a certain viscosity showed that our physical motion makes us recognize the contained shaken liquid as a tangibly viscous one when the viscosity exceeds 10^{-2} to 10^{-1} Pas. A salient visible feature of a liquid where we perceive the tangible viscosity is that it tends to form liquid ligaments under the agitating motion. The author attended to the phonologic parallelism between the Japanese verbs “NEBARU” and “NOBIRU”, which signify showing viscosity and stickiness, respectively. A hypothetical view that the common sequence of the consonants N, B and R in these two terms may suggest that the physical perception of viscosity coincides with the formation of visible ligaments of the liquid in motion. Actually, the optimal kinematic condition for the physical perception of the tangible viscosity is in accordance with that at which ligaments of liquid are easily formed as a result of continuous formation of liquid droplets. The dominant tendency of the formation of the ligaments is also described in terms of the Weber number, which is actually in the proximity of 10^2 in the present case. Thus, the physical perception of tangible viscosity can be accompanied by the visible stickiness when the liquid becomes sufficiently viscous to be elongated in the agitating flow.

Key words: viscosity, stickiness, tangibility, visibility, phonologic parallelism

1. 緒言

液体をとりあつかうときに、そのねばりけの程度を把握しておくことが重要なのはいわば流体ハンドリング上の常識である。ねばりけが問題になるのは、その液体になにがしかの力がくわえられ、その結果として流体の運動が顕在化したときであり、さらに、その顕在化の可視的な様態(ねばる、のびる、はねる、たれる、など)はわたしたちが日常的に把

握している液体の特徴群そのものである。それらの液体の動的挙動の特徴的な要素を何らかの方法で再現可能なかたちでパラメタライズすることは自然科学の主たる役わりであるといえる。ここで、ねばりけに通念的に照応させられる物理パラメターは粘性率 (viscosity) である。(慣用的には粘度といわれることが多い。) 液体や気体などの流体のもっとも基本的な性質として粘性率がだいいちに

教えられることが多いため、たとえばある液体のねばりけを把握する必要がでてきたばあいには、とにかくその粘性率を数値として得ておきさえすればよいという考えへ至るのは思考のみちすじとしては自然ではある。しかしここではあえて、この理化学的には常識的な帰結への至りにたいして懐疑的な再考をおこないたい。本論考における筆者の基本的な動機は、わたしたちの日常の周囲（環世界（Umwelt））がきわめて複雑で相互に弁別不可能な事象群の連続的生起であるにもかかわらず、理化学的な測定値さえ知ればその環世界を理解したようなつもりになってしまいがちであるというわたしたちじしんの思考の短絡傾向への自戒である。それはまた、わたしたちが、言語という厄介な媒体を通して環世界をつごうよく整序することしかできないことにたいする反芻の態度表明でもある。

筆者は、もともと重合などの高分子化の過程が進行することによりその粘性率が系時的に増加する系をハンドリングする経験のなかで^{1,2)}、わたしたちがねばりけを感知することと粘性率が増大をしめすことは事象として必ずしも並行的な関係にあるものではないことにつよい関心をいだいてきた^{3,4,5)}。じつはこの非並行性はわたしたちが日常の経験からつねに感じとっているものである。たとえば、水にも当然ある粘性率があり、そのことをしめす意味において「水にもねばりけがある」という表現を用いるいっぽうで、わたしたちは水はねばる液体であるとは通常は認識しないであろう。この問題についてはふたつの側面が指摘できる。まず、ふだんわたしたちは目の前でとりあつかっている液体のねばりけの調整（微調整）や感知の現場において、粘性率をそのつど測るといようなことはほとんどしないにもかかわらず、首尾よくその場での目的を達成しているということである。むろんそのひとつひとつの現場でのねばりけの感知のしかたはさまざまであるが、たとえば、ねばりけを知るための手の動作ひとつとっても、それはわたしたちが理化学的に粘性率を測定するときのうごき（たとえばクエット流を誘発する運動境界条件など）とは大きく異なっている。水には粘性率はあっても、それはいわゆる日常感覚のなかでいわれるねばりけやねばるといふ挙動の範疇ではないというのはこのこと

とも関係している。また、日常的な体感印象としてたとえば納豆の「ねばりけ」が挙げられる。そこでは、わたしたちが日常的に納豆をかきまぜる動作のなかでは納豆の粘性率に相当する因子よりはむしろ視覚的感覚与件として顕在化する曳糸挙動が「ねばる」といふ挙動の被知覚与件に照応している。（納豆はたしかに糸を曳くが、その糸じたいの力学的特性はあまりにも微小であり、わたしたちの力覚にはうったえない。そうであってもわたしたちはその状態を「ねばる」と表現するのである。このねばりは視覚情報からくるものであり、明らかに粘性には対応していない。）もうひとつの問題点として、広義の述語論理による無意識的観察停止（述語的同一化・癒合的同一化）があげられる⁶⁾。具体的には、粘性率・ねばる（粘る）の双方にふくまれる述語の核としての表意文字【粘】の共用による事象の同一視が指摘できる。日本語の表記規則の形成過程において、どのような経緯で、「ねばる」というヴァナキュラー（vernacular）な表現に漢字の粘（もとの字は黏）があてられたのかは筆者にはまったくわからない。ただ、現在わたしたちが享受しているところの漢字の学習体系のなかでは、ねばるの表記としての「粘る」と、「粘（ネン）」という音読みの学習のあいだにそれほどの時間的なさけめ（lag）があるとは考えられない。ぎゃくに、「粘」に「ねばりけ」といふ和語（訓読み）が対応させられていることは音読みの学習と同時にならうので、粘性率という用語じたいが、それをならった時点でほぼ同時に「ねばる」と接続されるのである。この接続性はあくまでも「粘」といふ漢字の物理的な相同性に依拠しており、完全に機械的な接続であるといつてよい。その意味では、上にしめした粘という漢字の共通使用が文字表記上での述語同一性をもたらしていることがつよく推測される。それゆえ、わたしたちは「ねばる」を「粘性」と同列の物理的事象であると安易に考えるべきではないのである。このような思考は、日常はむろんのこと、一般的な自然科学的議論においてもほとんどされないので、とりわけわたしたちが学術的専門用語を用いるばあいには、その物理的な意味あいを安易に日常での直観的与件へ還元してしまう、という陥穽（日常感覚への短絡的なステロタイプ化）をふまぬよう留意すべきである。

粘性率を測定するばあいに通常体现されるクエツト流の様態が、わたしたちがふつうねばる液体を手でいじるときの運動の様態とはじつは大きく異なるにもかかわらず、粘性率とねばりけがア・プリアリに常時並行的相関関係にあることを前提してしまうのはこの一例である。そしておそらく、この述語論理的混同が発生するうえでのひとつの看過できない要因として、【粘性率】と【ねばりけ】の両語に共通する第一音節<ネ (ne)>があるだろう。この「ネ」音の相同性にはおそらくわたしたちが発見しうる必然性はなく、その意味でこの音韻の共通性は『言語の恣意性 (F. ソシュール)』の範疇にはいることがらであろう。これはむしろ仮説の域をでないが、文字表現に顕在化しがちな術語論理の陥穽の拡張概念として、音韻上の部分的な相同性によるかくれた述語論理（身体を介した暗示的述語論理）という認識論的な陥穽もありうる。ねばるの「ね」と粘性率の「ね」の音韻共通性はおそらく偶然的なもので、それらのルーツにおけるなにかの共通性はないように思われる。ねばるの「ね」は「根」であり、粘の「ね」はもとの字の「黏 (zhan)」が漢語においてnianへ転訛したもののようだ。この偶然的な音韻の共通性になにかの並行性を感じるか否かはあくまでも個人個人の感覚の水準でしかない。すなわち、あくまでも平行性を感じさせる音韻上の物理的な蓋然性の範囲でしか、上述した「音韻上の部分的な相同性によるかくれた述語的同一化」の発生にたいしては言及はできない。

しかし、どのようなことばがある状況を表わすためにあてられているか、という問題は、その音韻と表記の両面において、じつはかなりクリティカルな論点である。ともすると、自然科学の領域では、「対象としていることが普遍的に共通な自然現象であれば、その記述手段としての言語はいつさいの不透明さなく明確に定義されており、対応関係は一意的である」というプロパガンダ的な信念に依拠してしまいがちであるが、これは明らかに誤謬である。ある事象にたいしてなぜそのことばがあてられているのかという問いにはけっして完全な説明があたえられることはない。たとえばテクニカル・ターム (technical term, 技術的専門用語) としての粘性率は英語ではviscosityであり、この対応関係はいちお

う一意的であると考えてよいだろう。viscosityの形容詞形はviscousであり、語幹の共通性から考えても、これを「ねばっこい」・「ねばりけがある」などと訳するのはまちがいでなく、その意味では「viscosity—粘性率」の対応関係といっけん並行しているといえる。ところが、じっさいの日常的英語表現ではviscousという形容詞はほとんど用いられず、thickで代用される。これはわたしたちが「この蜂蜜はねばる」というところを「この蜂蜜は粘性率が高い」というのが奇妙であるということとは根本的に性質が異なる。すなわち、書きことばと話しことばの混用による違和感ではない。thickの原意はもちろん「厚い・分厚い・厚みがある」であり、この「厚い」という表現が話し手のどのような身体感覚を媒介にして「ねばる」の意へ転写されるのか、英語を母語としていないわたしたちにはわからない。表現に用いられる語いかによって、わたしたちの概念的想起内容は予想外の幅で変化しうるとつねに了解しておくべきである。

本論考では、流体のねばりけ、あるいはねばるという挙動を、観察者であるわたしたちがどのような第一次情報として感知しているのかという基本的な問題提起をおこなう。すでに述べたように、筆者は、理化学的な定型的指標として得られる連続パラメーター【粘性率】だけから、わたしたちの「あ、これはねばりますね」といういわば不連続的に発生する認識を説明はできないという考察に達している⁹⁾。では、いったいどのような現象が観察者であるわたしたちに、その液体のねばりけ（の顕在化）を伝えるのだろうか？この問いの設定にたいして、もとより確立された解答へのアプローチはない。筆者自身が「ねばりけの知覚の実体的な物理的契機」としてのなんらかの現象の顕在化を仮定する必要がある。

筆者は先行する記述のなかで、ある現象を認識するさいに、それを表現する語の音韻は、認識あるいは想起される内容にたいして、無視すべからざる影響をあたえることを述べた。これにもとづけば、「ねばる (ne ba ru)」と「のびる (no bi ru)」のあいだの子音列の並行的相同性は、ひとつの仮説として、「のびる」挙動と「ねばる」挙動の何らかの同時発生性や現象上の近接性を暗示している可能性がある。ここでは、前者の「のびる」／「ねばる」

の同時発生性の可能性を、ひとつの試論として検討する。

2. 日常動作に見い出される具体例

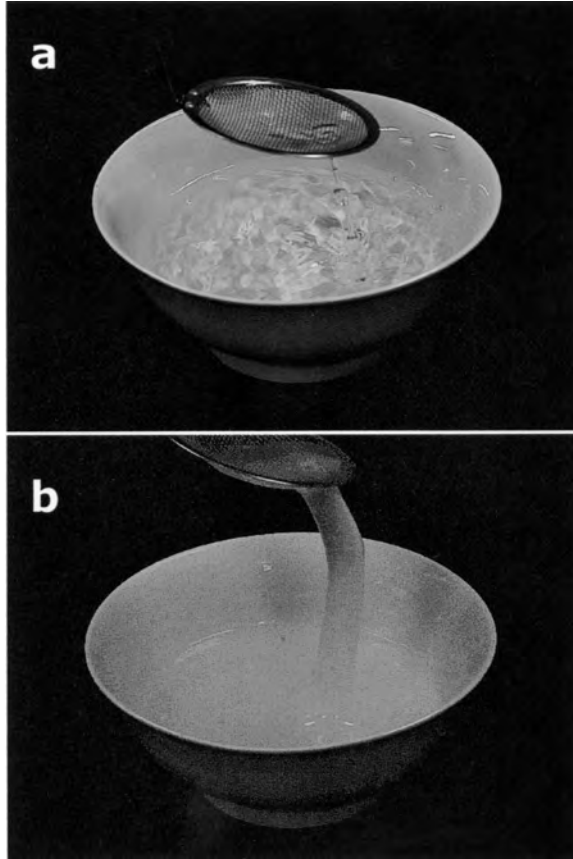


Fig. 1 Snapshot of liquid in vertical elongational motion with a circular mesh of eye-open diameter approximately $2 \times 10^{-3} \text{m}$: (a) water; and (b) 2.5 wt%

Fig. 1aに、水をボウルへいれ調理用のメッシュ（径約10cm、目開き約2mm）で攪拌したときのスナップショットを示した。攪拌の動作はボウルとメッシュのサイズ・形状にトポロジカルに制限されて上下運動がその主体となる。水のばあいFig. 1aのように、攪拌された水が著しくひきのばされるようなようすは観られない。メッシュが上方へ動かされるとき、メッシュの下面で水はとぎれ、メッシュのみが上方へ移動していく。Fig. 1bには2.5wt%の片栗粉水溶液を同様に上下方向に動かして攪拌したときのスナップショットを示した。水のばあいとはちがいが、上方へ移動するメッシュによって片栗粉水溶液がいちじるしくひきのばされていることがわかる。容易に想像がつくとおり、水がわたしたちにね

ばりけを知覚させないのとは対照的に、片栗粉水溶液は、通常片栗粉が用いられる目的どおり、顕著なねばりけをその水溶液にもたらしめている。この結果を考えるかぎり、「ねばる」と「のびる」は同時発生的であり、のびる挙動が顕著になると、わたしたちがその事象を「ねばりけ」として認識しはじめる、という可能性は主張できる。

上記の実験は「ねばりけの知覚」対「ねばりけを暗示することが経験的に知られている因子の強度」の対応関係の知見を得るうえで直接的なアプローチであるといえる。しかし、この「ねばりけの知覚」は、あくまで経験的知覚（「あ、ねばりますね」という感覚）であり、確立されたパラメーターとしての粘性率とは実証的にむすびつけられてはいない。そこで以下では、粘性率を基準変数としたときの「ねばりけの顕在化条件」が、その液体がのびる挙動を顕在化させる条件と合致するか否かに論点をしぼり、「ねばる」／「のびる」の同時発生性の論考を試みる。

3. ねばりを知覚させる物理的必要条件としての粘性率はどのくらいか？

水でいどの粘性率（約 $1/1000 \text{Pas}$ ）の液体にはねばりけをまずほとんど知覚しないことは、日常生活での経験から明らかである。いっぽう、水飴（約 1Pas ）は明らかにねばりけを呈する。では、わたしたちはどのでいどの粘性率ではっきりとしたねばりけを知覚し、それを「ねばる液体」と認識するようになるのだろうか？むろん、その「ねばる／ねばらない」の境界値としての粘性率を一意的に定めることは不可能である。しかし、流体の粘性率がしだいに増加してくると、ある時点で「ねばりはじめる」と感じるようになることはたしかであり、その境界値じたいは個人差があるものの、ある粘性率の領域に集中的に分布することが予測される。そこで任意被験者50名（男性40名、女性10名）にたいして以下のような実験をおこなった。

高水溶性高分子であるポリエチレングリコール（重量分子量約 7×10^3 ）を水に溶解し、室温（ 25°C ）で $1 \times 10^{-3} \text{Pas}$ （真水）から 1Pas のあいだの20個の値の粘性率の液体試料を準備した。（粘性率調整値： $1 \times 10^{-3} \text{Pas}$ （真水）、 $2 \times 10^{-3} \text{Pas}$ 、 $4 \times 10^{-3} \text{Pas}$ 、 $6 \times 10^{-3} \text{Pas}$ 、

$8 \times 10^{-3} \text{Pas}$, $1 \times 10^{-2} \text{Pas}$, $2 \times 10^{-2} \text{Pas}$, $3 \times 10^{-2} \text{Pas}$, $4 \times 10^{-2} \text{Pas}$, $5 \times 10^{-2} \text{Pas}$, $6 \times 10^{-2} \text{Pas}$, $7 \times 10^{-2} \text{Pas}$, $8 \times 10^{-2} \text{Pas}$, $9 \times 10^{-2} \text{Pas}$, $1 \times 10^{-1} \text{Pas}$, $2 \times 10^{-1} \text{Pas}$, $4 \times 10^{-1} \text{Pas}$, $6 \times 10^{-1} \text{Pas}$, $8 \times 10^{-1} \text{Pas}$, 1Pas) それらの試料液体を内径6cm, 高さ12cmの容積の半分だけそれぞれいれ, アイマスクと耳栓をした状態で粘性率の低い試料液体から順次被験者に振とうさせ, 「ねばりけ」を感じるようになりはじめた最初の試料液体を回答させた。(具体的には, まずはじめに被験者に上記20種類の液体試料を「あきらかにねばると感じられるもの」, 「あきらかにねばるとは感じられないもの」, 「それらの中間」の3グループに分けさせ, そのうち, 中間グループのなかでどこに「ねばる/ねばらないの境界」がはいるかを個々人の体感レベルにおいて回答してもらった。)

Fig. 2に「ねばりけを知覚したわりあい (cognition

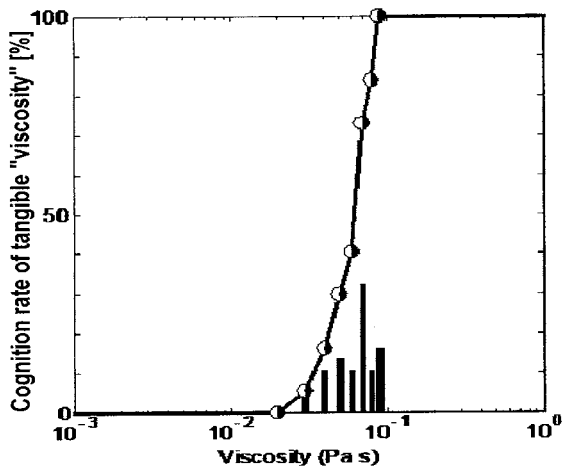


Fig. 2 Dependence of the proportion of the subjects who had the cognizance of the tangible viscosity in the shaking motion of the bottle containing the sample liquid on the measured viscosity of the liquid in the shaken bottle.

rate of tangible “viscosity”)」の試料液体の粘性率依存性を示した。 $2 \times 10^{-2} \text{Pas}$ から $9 \times 10^{-2} \text{Pas}$ の粘性率でねばりけが知覚されるようになることがわかる。この結果にもとづくかぎり, 0.1Pas , すなわち室温の真水の100倍相当の粘性率では, 人はほぼ確実にねばりけを知覚するようになることがわかった。

Fig. 3に, 左からそれぞれ $1 \times 10^{-3} \text{Pas}$, $7 \times 10^{-2} \text{Pas}$,

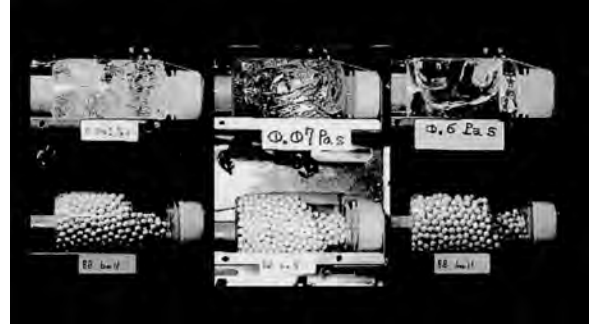


Fig. 3 Snapshot of the shaken plastic bottle containing liquid of the viscosity of $1 \times 10^{-3} \text{Pas}$ to $6 \times 10^{-3} \text{Pas}$. The frequency and amplitude are 3.0 Hz and $6 \times 10^{-2} \text{m}$, respectively; (left) $1 \times 10^{-3} \text{Pas}$ (water); (middle) $7 \times 10^{-2} \text{Pas}$; and $6 \times 10^{-1} \text{Pas}$.

$6 \times 10^{-1} \text{Pas}$ の粘性率の試料液体を振幅 $6 \times 10^{-2} \text{m}$, 周波数3.5Hzで単振動で振とうしたさいのスナップショットを示した。上記の振とう条件は, 多数の予備実験を総合して決められた, 人が内容物の性状を把握する目的で容器を振るさいの平均的モデル振とう条件である。下段のプラスチックボールの瞬間的な分布形状をそろえることにより, これら3種のスナップショットの位相はたがいにはほぼ同じになるようにそろえてある。(右端がすばまったままであることは, キャップのとりつけがされてあるボトルネック部からプラスチックボール群が抜け, さらに左端の容器底面に内容物が衝突した直後であることを示している。)水(図左端)は, 容器底面にはげしく衝突し, 気液界面が顕著にみだれている。この振とう速度と容器の内径をそれぞれ代表速度, 代表長さとして管レイノルズ数を計算すれば, その値は 10^4 のオーダーとなる。これは乱流への遷移レイノルズ数(~ 2000)をはるかに超えており, スナップショットに撮られた流れの状態は完全に乱流領域であるといえる。対照的に, $6 \times 10^{-1} \text{Pas}$ の粘性率のポリエチレングリコール水溶液(図右端)はほとんど気液界面の乱れを生じていない。液中の泡の動きを克明に追跡すると, それらは伸張変形と伸張状態からの戻りを繰り返していた。このことは, 振とう運動下の試料液体が「のびる」挙動を圧倒的に主としていることを示唆する。上記二者の中間にあたる $7 \times 10^{-2} \text{Pas}$ の粘性率(図中央)は, 人がねばりけを知覚しはじめる遷移領域のほぼ中間値であり, 実

際の被験者実験においてもモード値であった。スナップショットには「のびる」挙動の徴候が明確に観られる (Fig. 3の中央のスナップショット)。



Fig. 4 Snapshot of the shaken plastic bottle containing liquid of the viscosity of 1×10^{-1} Pa s. The frequency and amplitude are 3.0 Hz and 6×10^{-2} m, respectively.

Fig. 4には、「ねばる液体」への遷移が完了する粘性率 1×10^{-1} Pa s のばあいのスナップショットを示した。液体の「のび」は粘性率 7×10^{-2} Pa s のばあいと比較してもより試料溶液全体に広範に観察される。

ここで、ほぼ 1×10^{-1} Pa s の粘性率において、振とう動作による慣性力と粘性起因のせん断応力 (粘性抵抗) が相互に拮抗し、二者のうちのひとつが他を圧倒しなくなるにより、被験者がねばりけをはっきりと知覚するようになるかと仮定してみよう。振とうされる容器内の液体の表面に位置する大きさ D 程度の液体塊にかかる慣性力とせん断応力を概算する方法を考える (Fig. 5)。

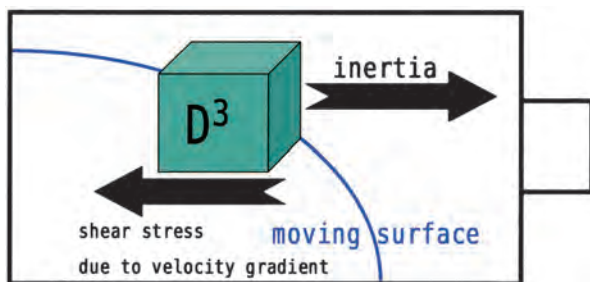


Fig. 5 Schema representing a volume element of the shaken liquid on which the inertia and viscous drag act at the same time.

まず、前者の慣性力を考える。液体の密度を ρ とすれば、この液体塊の質量は ρD^3 程度である。振とうされる容器の加速度を a とすれば、この液体塊には $\rho D^3 a$ の慣性力がかかることになる。

つぎにせん断応力による粘性抵抗の大きさを見積もる。振とうされる容器は速度 u で運動しており、この結果、上記の大きさ D の領域に速度勾配が生じているとすると、これは u/D 程度である。液体の粘性率を μ とすると、この速度勾配に起因するせん断応力は $\mu u/D$ である。このせん断応力が面積 D^2 の液体塊の底面に作用するとすると、液体塊にかかる粘性抵抗は上記二者の積、 $(\mu u/D)D^2 = \mu u D$ である。

よって、慣性力と粘性抵抗の拮抗条件を表す式は $\rho D^3 a = \mu u D$ となる。この式にそれぞれの概数値であるところの $\mu = 0.1$ (Pa s), $u = 1$ (m/s), $a = 10$ (m/s²), $\rho = 10^3$ (kg/m³) の各値を代入すると、着目された表面領域のサイズはおおむね $D \sim 3 \times 10^{-3}$ (m) となる。Fig. 3 および Fig. 4 にみられる液体ののびた部分 (リガメント, ligament) の幅はおおむね 3×10^{-3} (m) と一致していることから、以下のような描像がえがけるであろう。すなわち、容器を手で振とうするさいに、内封された液体の粘性率がしだいに増大していくと、真水のばあいにみられるような圧倒的な慣性力支配の運動モードから、漸次粘性抵抗が拮抗するようになる。最終的には粘性抵抗が慣性力を圧倒するようになっていく。その過程で、上述の二種類の力がたがいに拮抗するようになった時点で、容器を手にもった被験者は粘性抵抗の影響を有意に感じるようになる。そしてこのことが「ねばりけ」のはっきりした知覚につながっている。この『慣性力-粘性抵抗拮抗モデル』の有効性は、今後 D , u , a が異なった値をとる系での再検証を経る必要がある。

4. 「のびる条件」と「ねばる条件」の同時発生性は物理的に妥当な考えか？

前セクションでは、液体の粘性率を順次増加させたときに、その液体にはっきりとしたねばりけが感じられるようになる条件では、その運動下の液体に顕著にのびた部分 (リガメント) が発生していることが示された。ここでは、そのリガメントじたいの生成条件が液体に与えられた振とう運動下で実現される可能性の多寡を、液滴およびリガメントの生成条件の指標としてしばしば使用される無次元数 We (ウェーバー数) によって検討する。 We は ρ , v , L , σ をそれぞれ液体の密度, 速度, 液滴やリガメントの径, 表面張力としたばあいに、 $\rho v^2 L / \sigma$ と

定義される。 $\rho v^2 L / \sigma$ のままではその意味が理解しづらいが、分母と分子の双方に Lv を乗じ、さらに分子を $\rho (vL^2)v^2$ と整理すれば、液体柱が速度 v である断面を通過するとき、単位時間あたりに液体がなさなくてはならない表面生成のための力学的仕事にたいする断面を通過する液体の運動エネルギーであることがわかる。(Fig. 6)

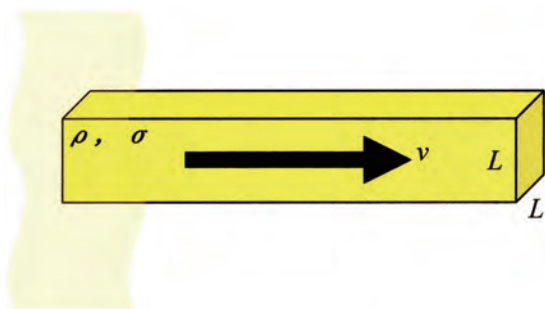


Fig. 6 Schema of dragged liquid for estimating the Weber number. The liquid is in motion at the velocity v forming a liquid ligament, the width of which is L . The Weber number is given as the ratio of the kinematic energy transferring across a plain perpendicular to the direction of the motion to the required mechanical work for the formation of the sideways surface, $\rho (vL^2)v^2 / (\sigma Lv)$.

一般的に、 We が50から100ていどになると、表面は速度 v で並進する液体により顕著にひきだされ、リガメントが形成されやすくなる。 $We = \rho v^2 L / \sigma$ に実験条件および観察結果の概数 $\rho = 10^3 (\text{kg/m}^3)$, $v = 1 (\text{m/s})$, $L = 10^{-2} (\text{m})$, $\sigma = 10^{-1} (\text{J/m}^2)$ を代入すると、 $We \sim 100$ となる。すなわち、液体のねばりけを手による振とう動作により知覚するために自然に選ばれる条件は、リガメント形成に有利な運動学的条件であることがわかる。

ここで、 We 数 ($\rho v^2 L / \sigma$) は、いっさい粘性率には影響されないことに留意する必要がある。すなわち、今回の振とう条件では We 数が100ていどであることじたいはのびる挙動(リガメント形成)に有利であるが、それはあくまでも液体側ののびる性質がそなわっているばあいに顕在化して発揮される有利性である。たとえば、真水じたいにはのびる傾向がとぼしく、たとえ We 数が100になってもリガメン

トは形成されづらい。粘性率が大きくなり液体の伸張性が増大してくると、 $We \sim 100$ という物理的条件があればリガメントが顕著に形成され、たとえばげしく振とうされている状態であっても、その「のびる挙動」のすがたがスナップショットにとらえられると考えられる。

5. 結言

「ねばる」という知覚は、通念的にその対応物理量とみなされることが多い粘性率よりもむしろ「のびる」という視覚的被観察条件とつよい関係にあるという仮説をたてた。「ねばる」挙動が力覚として顕在化する動力的条件を被験者実験により明らかにした。その動力的条件は、ウェーバー数でおおむね100に相当することがわかった。これより、のびる挙動(リガメント形成)が顕在化する条件がわたしたちの手振り振とう動作により無意識のうち選ばれているため、振とうされる液体がわにのびやすい性質がそなわったばあいには、「のび」が顕在化するものと考えられる。この「のびやすい性質の増大」は、おそらく、粘性率の増大とともにおこるものである。そのため、結果的に、「ねばる」と「のびる」は現象として同時発生しやすい。わたしたちの知覚上、「のびる」挙動が顕在化するばあいは、「ねばる挙動(性質)」も同時に顕在化するのであろう。このかぎりにおいて、「ねばる」と「のびる」は同時発生するということができよう。

謝 辞

本論考の過程において啓発的な御批判をいただいた東京大学大学院工学系研究科小池修博士、山口由岐夫教授に深謝いたします。

文 献

- 1) K. Kurumada, A. Suzuki, S. Baba, E. Otsuka, "Relationship between Polarity of Template Hydrogel and Nanoporous Structure Replicated in Sol-Gel Derived Silica Matrix", *Applied Polymer Science*, Volume 114, 2009, Pages 4085-4090.
- 2) K. Kurumada, A. Suzuki, E. Otsuka, S. Baba, Y. Seto, K. Morita, T. Nakamura, "Effect of Residual Swelling Solvent on Nanopore Formation in Replication of

Swollen Hydrogel Network”, *Progress in Colloid and Polymer Science*, Volume 136, 2009, Pages 113-120.

3) K. Kurumada, “Quest of Measurable Signals as Sources of Information for Perception of Particles, Powders and Liquids”, 40th Advanced Powder Handling Sciences Seminar in Switzerland, 2010, ETH Zürich (Hönggerberg), Zürich, Switzerland, August 12th, 2010.

4) K. Kurumada, “What is the Clue for Physical Perception of Various States of Materials? – An Observational Study of Motion for Cognition –”,

Core-to-Core 2010, World Network Seminar on Advanced Particle Science and Technology, Kyoto, November, 2010.

5) K. Kurumada, “How can we truly study “powder” or “particle”?”, *Journal of the Society of Powder Technology, Japan.*, Volume 50, 2013, Pages 272-276.

6) 市川浩：精神としての身体，講談社学術文庫，1992.

リア王の鏡

A Looking Glass for King Lear

石原 万里

福島工業高等専門学校一般教科

Mari ISHIHARA

Fukushima National College of Technology, Department of General Arts

(2013年9月17日受理)

The ending of *King Lear* has been controversial among many critics, directors and actors, because of its absurdity. Even though many Shakespeare's editors have detected meanings and reasons for particular words or phrases in *King Lear*, there have still been many unanswered questions. Among them is a looking glass. In order to test the breathing of Cordelia, King Lear asks for a looking glass but nobody seems to respond. In this paper, the looking glass is considered from the viewpoints of properties and metaphors of glass and stone, concerning a theme of the play: seeing and knowing.

Key words: Shakespeare, *King Lear*, properties, looking glass, imagery

1. はじめに

『リア王』の最終幕は、これまでに多くの研究者、演出家、役者を悩ませ続けてきている。リアにとって、最後の救済はあったのか。リアは、「犬にも、馬にも、鼠にも命がある、それなのに/なぜお前は息をしない？」(5. 3. 305-6)とコーディリアにすがっていたが、最後に「これが見えるか？見ろ、この顔、見ろ、この唇、見ろ、どうだ、そら、どうだ！」(308-9)と叫び、息絶える。¹ コーディリアが生きていると信じて、リアが死んでいったのであれば、救済はあったのか、それとも、コーディリアの死を受け止めることなく絶望して死んだのであれば、救済はなかったと考えるべきなのか。演出家や、役者は、リアの最後をどう考えるべきなのか。

リアの死そのものが、実は大問題であった。大事な娘コーディリアを勘当し、二人の姉妹にすべてを譲り、王としての地位を捨てたリアが、人間とは何かを求める贖罪の旅を経て、最後にコーディリアと和解する。そのあとで、何故、コーディリアとリアが死ななくてはならないのか。『リア王』は、当時、良く知られた物語であり、いくつかの種本となったヴァージョンが存在する。その中で、直接の材源といわれているのが、シェイクスピアの『リア王』の前に書かれたとされる、作者不詳の『リア王年代記』

(*The True Historie of King Leir and his three daughters* 1605年出版)であるが、リアとコーディリアが死ぬことはない。また、ホリンシェットの『年代記』(*Chronicles* 1587)、スペンサーの『妖精物語』(*The Faerie Queene* 1596)、ヒギンズの『王侯の鑑』(*Mirror for Magistrates* 1574)でも、コーディリアは自殺するものの、リア王は復位する。コーディリアが殺され、リアがそれを嘆きながら死ぬ結末は、シェイクスピアだけの結末なのである。さらには、1681年には、ネイアム・テイト (Nahum Tate) による『リア王』の改作が誕生するが、リア王は復位し、コーディリアはエドガーと結婚する。この改作『リア王』は、1838年のシェイクスピア原作復帰まで一世紀以上、英国の舞台上で上演されていた。そのことを考えると、リア王の死が、読者、観客にとって、どれほど受け入れがたいものであったかが分かる。

多くの人がリアの最後に疑問を投げかけているが、私にとっても、長年気になっていることがある。リアが劇終盤で口にする鏡である。「鏡を貸してくれ。/息で面が曇るか霞むかすれば / ああ、それなら生きている」(Lend me a looking-glass; / If that her breath will mist or stain the stone, / Why then she lives.) (5. 3. 259-61) これまでに、数々の『リア王』の上演を見てきたが、鏡がリアに手渡された舞台を

見たことはない。テキスト上でも、鏡が手渡されたことを示す台詞もト書きも見当たらない。それどころか、その数行あとで、リアは「羽根が震えた」と叫ぶ。鏡ではなくて、羽根でコーディリアの息があるかないかを確認したのである。羽根で息を確認するのであれば、何故「鏡を貸してくれ」の台詞が必要であるのか。

本論では、リア王の「鏡を貸してくれ」の台詞が、『リア王』の芝居において担う意味を、小道具としての可能性と、鏡の言葉のイメージの点から、考察する。

2. 小道具としての鏡

2.1 小道具リストの中の鏡

リアに鏡が渡されたかどうかを考える前に、小道具として鏡が用意されていたのどうかを考えてみたい。フランシス・ティーズは、作品ごとに大道具小道具のリストを作成しているが、『リア王』のリストに、羽根は書かれているが、鏡は省かれている。² その一方で、『リチャード二世』のリストには鏡が挙がっている。

リチャード二世はボリンブルックに廃位を迫られ、自分がどのように見えるかを確認するために鏡を要求する。

リチャード：

鏡(mirror)をすぐにここへもってきてもらいたい。
どんな顔をしているか、見たいものだ。
王の威厳の破産した顔をな。

ボリンブルック：

誰か行って、鏡(looking-glass)を持ってこい。

ノーサンバランド：

鏡(glass)がまいりますまでに、この書面をお読みください。

ト書きがなくても、この台詞を読んだだけで、鏡が持ってこられるのがわかる。やがて、届けられた鏡を覗き込んだリチャード二世は、「深いしわ」ができていないことに驚き、「えい、おべっか使いの鏡め」「O flatt'ring glass」と、鏡に八つ当たりして鏡を叩きつけて壊してしまう。³ 小道具としての鏡は、鏡を覗き込んで自己憐憫に酔うリチャードの

姿を観客に見せる重要な役割を担っている。それに比べ、リアの「誰か鏡を貸してくれ」の台詞に応じるものは誰もいない。ましてや、鏡を持ってきたことがわかる台詞もなければ、その鏡を使ってリア王がコーディリアの息を確認めたことを示す台詞もない。

リチャード二世が使用した鏡は小道具として、常に用意されていたのだろうか？シェイクスピアが株主の一人であった宮内大臣一座に対抗する劇団海軍大臣一座の興行主であったフィリップ・ヘンズローの日記(Henslowe's diary)には、小道具のリストがある。⁴ 「ユダヤ人のための大釜」(caudern for the Jewe)は、クリストファー・マーロウの『マルタ島のユダヤ人』のために使われた小道具であろう。海軍大臣一座はシェイクスピアの劇団ではないものの、劇団は『リア王』上演に必要な王冠や足かせを小道具として所持していた。しかしながら、小道具のリストの中に鏡はなかった。

小道具のリストにはないものの、ヘンズローは多くの衣装を宮廷や貴族から調達している。また、ヘンズローは、劇団の興行主でありながら、その一方で、質屋も営んでおり、ベン・ジョンソン、トーマス・ミドルトン、ヘンリー・チャトルなどの劇作家にも金を貸している。ヘンズローの日記の中には、物と金の行き来が記録されていた。質草の中には小道具として、衣装として、劇場で使われたものもあったかもしれない。気をとりなおして、日記をたどっていくと、その中に鏡があった。「鏡に対し、1593年6月2日に、フランスに貸付」(lent vnto france the 2 of June 1593 vpon A Lockinge glasse)とある。⁵ この鏡が舞台上で小道具として使われた可能性はあるだろう。ところが借金をするためにフランスが持ち込んだのは、鏡だけではなかった。ナプキン、布などが持ち込まれ、それらと一緒に値が付いている。鏡だけで値が付いているわけではない。鏡は質草になるだけの価値はあったが、ほんの一握りの人だけが持てるほどに高級で希少なものでもなかったと思われる。鏡が貴重であったなら、『リチャード二世』の上演のたびにに舞台上で割られるはずもないからである。鏡が、ヘンズローの日記の小道具のリストにも上がってこないのは、いつでも簡単に用意できたからだったのかもしれない。

2.2 道化の鏡 vs 虚栄の鏡

リアの鏡について気になった研究者はこれまでも存在する。ここに二つの論文がある。どちらも、鏡のメタファーから、リアの鏡の意味を解き明かそうとする試みである。ひとつは、鏡を道化と結びつけた論文であり、もう一つは、鏡を Vanity (中世のミステリープレイに登場する擬人化された「虚栄」)と結びつけた論文である。

アラン・シクマンは、齒に衣着せぬ発言をする道化を、リアの真実の姿を写し出す鏡であると考え。道化は、「どんな器量よしだつて、鏡に向かえば百面相をするもんだ」(For there was never yet fair woman but she made mouths in a glass) (3.2.35-6)と女性を揶揄している。コーディリアと道化が同じ場面に出てこないことから、コーディリアと道化は同じ役者が演じたとする説がある。リア王はコーディリアの死体を前にして、「可哀そうに、俺の阿呆が絞め殺された！」(And my poor fool is hang'd) (5.3.304)と言っている。愛情をこめてコーディリアを阿呆と呼んでいるという解釈もできるが、二役同役者説を唱える人には強力な証拠のひとつとなっている。シクマンは、この説に基づき、コーディリアと道化の関連から鏡を「道化の鏡」、真実を写し出す鏡ととらえて、リア王が最後に、年老いた人間である自分を見つめることを可能にしたと論じている。⁶

ジョン・ミーガーは、ケントがゴネリルの事を「人形芝居の悪役並みの鬼娘」(Vanity the puppet's part) (2.2.35)と Vanity「虚栄」になぞらえた台詞から、Vanityの所持品である Looking Glass を Vanityの権化のようなゴネリルが腰にぶら下げていたと考える。そして、リアが鏡を要求した時に、舞台上のゴネリルの死体から、鏡を小道具として有用することが可能であったという説を提示している。⁷

どちらの説も、鏡のメタファーとして魅力的ではあるが、リアの鏡の解釈として、多くの人を納得させるだけの説得力を欠いていることは否めない。どちらも、可能性としては十分であるが、可能性に過ぎないのである。ただ、両論の強みは、そこに引用された木版画である。鏡を見てにらめっこをしている道化の顔がある。鏡を見ている虚栄の後ろには悪魔が居て、悪魔の顔が鏡に映っている。腰からペンダントミラーをぶら下げた女性の絵には、1640年

とあるため、『リア王』の執筆時期(1605-6年ごろ)よりも後であるが、なるほど、ゴネリルが身につけていても良さそうである。メタファーとして使われる事ができるほどに、鏡が一般に浸透していたことは確かであろう。

3. 見ることに取りつかれた人々

3.1 glassとstone

私には、鏡に加えて、もうひとつ気になる単語があった。石である。「鏡を貸してくれ。/息で面が曇るか霞むかすれば / ああ、それなら生きてい」(Lend me a looking-glass; / If that her breath will mist or stain the stone, / Why then she lives.)リアは鏡を次の行では、石に置き換えている。リアは石でできている鏡を念頭にこの台詞を言っているのだろうか。アマルガム(水銀と鉛の合金)の鏡は12世紀には作られていたことが分かっている。16-17世紀にはガラスの鏡と石の鏡が同様に存在していたようである。リアの鏡はアマルガムだったのか、石だったのかはわからない。だが、それでも、なぜ鏡を石と言ったのかが気になる。そこに、石のメタファーが重ねられていると考えることができる。石は石像を連想させ、死を意味すると考えることもできる。⁸ また、リアはその言葉の直前で、コーディリアの死を見ても心動かされない人間を見て、「貴様らは石か」と問いかけている。だが、石から私が連想したのは、死でも、心動かされない人間でもなかった。石で思いだしたのは、グロスターの目である

エドガーが父親の「血まみれの眼窩は宝石のはずれた指輪のようにうつろ」(with his bleeding rings, Their precious stones new lost) (5.3.188-9)であったと語る時、くり抜かれたグロスターの目は宝石の石にたとえられている。目のないグロスターを前にしてリアが言ったのは、「ガラスの目玉でも手に入れろ」(Get thee glass eyes) (4.6.166)だったのである。⁹

この繋がりはどういうことだろうか？リア王は鏡(a looking glass)を持ってきてほしいと頼んだ。その鏡である石(stone)が曇るのを見れば、生きていのかどうか分かるからである。一方、大切な石(stone)である目を失ったグロスターに、リア王はガラスの目(glass eyes)を手に入れるようにと勧めるのである。見る、知る、は『リア王』にとって、大

きなテーマのひとつであった。¹⁰ そのテーマに鏡(glass)と石(stone)は密接に結びついているのである。

3.2 グロスターの目

グロスターの悲劇は、グロスターに見る目がなかったことから始まる。グロスターは、エドモンドが隠した(ふりをした)手紙を「見せろ。さあ。何でもないなら、眼鏡も必要ない」(Let's see.—Come, if it be nothing, I shall not need spectacles.) (1.2.35-6)と言って、見て知ろうとする。Nothingの響きは、コーディリアの「何もない」(nothing)とリアの「何もない所からは何も生まれない」(Nothing comes from nothing.)をも響かせる。グロスター親子の物語は、リア王と娘の物語と並行して進んでいくのである。¹¹ グロスターはエドモンドの言葉を鵜呑みにし、エドガーの謀反を信じ込んでしまう。目をえぐられて始めてグロスターはエドモンドに騙されていたことに気がつく。皮肉なことに目が見えなくなって、より良く世の中が見えるようになったのである。グロスターは「私には道などない。だから目もいらぬ。目が見えたころには躓いた」(I have no way, and therefore want no eyes:/ I stumbled when I saw.) (4.1.20-1)と言ひ、エドガーに再び触れることができたなら「目を取り戻したと言おう」(Might I but live to see thee (Edgar) in my touch, / I'd say I had eyes again.) (25-26)とまで言っている。

3.3 見ることに取り付かれたリア

コーディリアへの怒りで真実が見えなくなっているリアに、注進をしようとしたのはケントである。「失せろ。目障りだ」(Out of sight) (1.1.158)と怒り狂うリアに向かってケントは、「リア、私から目を逸らさずに、私を通してもっとよく見るのです」(See better, Lear, and let me still remain / The true blank of thine eye) (159-60)と食い下がる。Blankとは、的の中心の白い部分であり、ケントは自分がリアの瞳となろうとしているのである。瞳であるケントを追放したリアは、世の中を見る支えを失い、自分の目だけで、自分探しの旅に出なくてはならなくなる。

地位を失って初めてリアは、自分とは何者であるかを問いかける。リアは、「王」と呼ばれることもあれば、「老人」と呼ばれることもある。リアは、

ゴネリルの家来にとっては「奥方様のお父上」であり、道化から見れば、すべてを娘にやっちゃって「今じゃただのゼロ」(an O without a figure) (1.4.183)に過ぎず、「なんでもない」(nothing) (185)ものになっていく。リアが自分は何者かと問えば、「リアの影法師」(Lear's shadow) (1.4.222)と答えが返ってくる。

ゴネリルが自分の供を50人に減らした事を知ったリアは、泣いたことを恥じて、「老いぼれた愚かな目よ、もう一度でも泣いてみろ、お前をえぐりだし、無駄に流した涙ごと大地に叩きつけてやる」(Old fond eyes, / Beweep this cause again, I' ll pluck ye out, / And cast you with the waters that you loose / To temper clay) (1.4.293-6)というが、目をえぐり出すという言葉がグロスターの目につながっているのは言うまでもない。

実際にグロスターが目をえぐり出されるシーンには、目に関する暴力的な言葉が満ちているが、その前にグロスターは、何故リアを逃がしたのかと問いつめられて、「あなたの残忍な爪が気の毒な老王の目をえぐり出すのを見たはなかつたからだ」(Because I would not see thy cruel nails / Pluck out his poor old eyes) (3.7.55-6)と答えている。グロスターはこの後、目をえぐりだされるわけだが、グロスターがリアの身代わりになったような印象を受ける。盲目となったグロスターと出会ったリアは、「お前の目は良く覚えている」(I remember thine eyes well enough.) (4.6.132)と言う。

盲人であるグロスターにリアは、「目が無くてもこの世の進み行きはわかるものだ。耳で見ろ。」(A man may see how this world goes with no eyes. Look with thine ears.) (4.6.146-7)と諭し、見かけとは違う本性を見抜くことの大事さを説き、「ガラスの目玉でも手に入れ」(Get thee glass eyes) (4.6.166)そして「けちな策士のように、見えていなくても、見えるふりをするんだ」(And like a scurvy politician seem To see the things thou dost not.) (4.6.167-8)と続ける。そして、グロスターに自分の目をやろうとまで言う。(4.6.172)

リアにとって見て知ることは、認めることでもあった。コーディリアを退けた時に言った言葉は、「私にはそんな娘などいない。そいつの面など二度

と見ることはないだろう」(we / Have no such daughter nor shall ever see / That face of hers again.) (1.1.264-6)であった。再会を果たした時に、コーディリアはリアに向かって、「私のことをご覧になって」(O look upon me, sir.) (4.7.57) ほしいと懇願する。コーディリアを見ることで、コーディリアと自分自身を認識したリアではあったが、目障りだとして追放したケントが名乗り出ても、「誰だ、お前は？ どうも目の具合が良くない」(Who are you? / My eyes are not o' the best (5.3.276-7)、「目が霞んでな、ケントではないか？」(This is a dull sight: are you not Kent?) (5.3.279) と、ケントを認識しているのかどうかははっきりしないままである。

ぼやけた視界の中で、それでもリアは、鏡で、または、羽根で、コーディリアが息をしていることを、見極めようとする。リア王は鏡を持ってきてほしいと頼んだ。その鏡である石が曇るのを見れば、生きていられるかがわかるからである。鏡も羽根も、見て知るための手段である。フォリオ版のリアの最後の言葉は、「これが見えるか？ 見ろ、この顔、見ろ、この唇、見ろ、どうだ、そら、どうだ！」(Do you see this? Look on her: look, her lips, / Look there, look there!) (5.3.308-9)である。見ることを人に訴えながらリアは息を引き取る。

「鏡」それもmirrorではなくて、文字通り「見る鏡」であるlooking glassは、見ることに取りつかれたリアが、死の直前に所望して、手に入れることができなかつたものであったのだ。

注

1. 日本語訳は、松岡和子訳『リア王』シェイクスピア全集5 筑摩書房 1997 を使用しているが、訳が拙論の趣旨にそぐわない時には適宜変更した。テキストは、*King Lear The Arden Shakespeare*, ed. R.A. Foakes (1997) に寄る。リア王のテキストに関しては、Quarto 版と Folio 版を別々のテキストとして扱うことが、現代の流儀ではあるが、どちらかを選択すると抜け落ちてしまう台詞が多く、今回は、両方を折衷したテキストを使った。
2. Teague, France, *Shakespeare's Speaking Properties* (Lewisburg, 1991) p.185-6.
3. ドーヴァー・ウィルソンは、リチャード二世の韻文の台詞とボリンブルックの散文的な台詞を比較して、リチャードはおそらく鏡の台詞を文字通りにとられようとは思わなかったのであろうと解釈している。つまり、リチャード三世は比喩的に鏡 mirror で見たいと言ったはずなのに、字句通りに受け取ったボリンブルックが鏡 looking glass を取りに行かせてしまったということである。
4. Foakes, ed. *Henslowe's diary* (Cambridge University Press, 2002) pp.319-21.
5. Foakes. P.113.
6. Shickman, Allan R., 'The Fool's Mirror in *King Lear*', *ELR* 21 (1991) pp. 75-86.
7. Meagher, John C., 'Vanity, Lear's Feather, and the Pathology of Editorial Annotation' in Clifford Leech and J. M. R. Margeson (eds), *Shakespeare 1971 Proceedings of the World Shakespeare Congress Vancouver, August 1971* (University of Toronto Press, 1972. P.244-259.
8. Teague p.147.
9. フォークスは、テキストの注で、ガラスの偽眼が初めて言及されたのは 17 世紀後期であることから、この場のガラスの目はメガネの事を指しているのだらうとしている。
10. 見ることのイメージに関しては、以下の二冊に多くを負っている。Heilman, Robert Bechtold, *This Great Stage Image and Structure in King Lear* (University of Washington Press, 1963) Spurgeon, Caroline F.E., *Shakespeare's Imagery and What it Tells Us* (Cambridge, 1965)
11. シェイクスピアの悲劇において脇筋が存在するのは『リア王』だけである。

Bibliography

- 1) Carson, Neil. *A Companion to Henslowe's "Diary"* (Cambridge University Press, 1988)
- 2) Fitzpatrick, Tim, *Playwright, Space and Place in Early Modern Performance Shakespeare and Company* (Ashgate, Surrey, 2011)
- 3) *Henslowe's Diary* R.A. Foakes (Cambridge University Press, 2002)
- 4) Heilman, Robert Bechtold, *This Great Stage Image and Structure in King Lear* (University of Washington Press, 1963)
- 5) *King Lear The Arden Shakespeare*, ed. R.A. Foakes (1997)
- 6) Meagher, John C., 'Vanity, Lear's Feather, and the Pathology of Editorial Annotation' in Clifford Leech and J. M. R. Margeson (eds), *Shakespeare 1971 Proceedings of the World Shakespeare Congress Vancouver, August 1971* (University of Toronto Press, 1972) P.244-259.
- 7) Shickman, Allan R., 'The Fool's Mirror in *King Lear*', *ELR* 21 (1991) pp. 75-86.
- 8) Spurgeon, Caroline F.E., *Shakespeare's Imagery and What it Tells Us* (Cambridge, 1965)
- 9) Rosenberg, Marvin, *The Masks of King Lear* (University of California Press, 1972)
- 10) Teague, France, *Shakespeare's Speaking Properties* (Lewisburg, 1991)
- 11) Taylor, Gary and Michael Warren eds., *The Division of the Kingdoms Shakespeare's Two Versions of King Lear* (Clarendon Press, Oxford, 1983)

GISによる空間解析を用いた 津波発生時における緊急避難場所の配置評価 —いわき市沿岸地域を事例として—

A Study on Assessment for Allocation of Emergency Evacuation Sites
in Occurrence of Tsunami Disaster Using GIS Spatial Analysis
— A Case of Coastal Area in Iwaki City —

吉村 忠晴

福島工業高等専門学校一般教科

Tadaharu Yoshimura

Fukushima National College of Technology, Department of General Education

(2013年9月17日受理)

The purpose of this paper is to assess allocation of emergency evacuation sites against tsunami disaster in Iwaki city, using GIS spatial analysis. First, the author assessed risk potency of emergency evacuation sites in terms of distance from coastline, altitude and sediment disasters such as slope failure, rock falls and landslide. Secondly, I tried to investigate whether or not allocation of emergency evacuation sites are suitable for safe evacuation by foot. Furthermore, I evaluated emergency evacuation sites are located or not at adequate position for people vulnerable to disaster.

Key words: tsunami disaster, emergency evacuation site, GIS (Geographic Information System)

1. はじめに

本研究の目的は、いわき市沿岸地域を対象にして津波発生時における緊急避難場所の配置について、GIS（地理情報システム）による空間解析を用いて検証することである。

消防庁（2013）「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書」によれば、市町村長および住民等は津波避難を円滑に行うために、「避難先」として緊急避難場所等を指定・設定することになっている。ここでいう「避難先」とは、「緊急避難場所」、「避難目標地点」および「津波避難ビル」を総称している。「緊急避難場所」とは、津波の危険から緊急に避難するための高台や施設などをいい、市町村が指定に努めるものを指している。また、「緊急目標地点」とは、津波の危険からとりあえず生命の安全を確保するために避難の目標とする地点をいい、自主防災組織、住民等が設定するものを指している。

いわき市は、市のホームページのなかの「防災」ページにおいて「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】（第1版）」を公表している（更新日 平成24年8月20日）。ただし、この「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】（第1版）」は、平成20年度に作成した津波ハザードマップをベースに東日本大震災での津波浸水区域を表記したものであり、現在、東日本大震災を踏まえた見直しが進められているものである。この「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】（第1版）」のなかには、「津波一時避難の目的地点」と「津波災害発生時用避難所」が記号で示されている。このうち、「津波一時避難の目的地点」が「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書」で定義されている「緊急避難場所」に該当するものといえる。

さらに、平成25年8月31日実施の「平成25年度 いわき市総合防災訓練」における「津波避難訓

練」に向けて、いわき市は「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】(第2版)」を公表・配布した(更新日 平成25年8月22日)。この「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】(第2版)」は、「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】(第1版)」を修正したものであり、そのなかには津波避難の際にまず避難すべき所として「津波避難場所」が、さらに「津波避難場所」からの移動先として「避難所」がそれぞれ示されている。「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】(第2版)」における「津波避難場所」と「避難所」は、それぞれ「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】(第1版)」の「津波一時避難の目的地点」と「津波災害発生時用避難所」をもとに決められている。それゆえ、「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】(第2版)」では、「津波避難場所」が「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書」で定義されている「緊急避難場所」に該当するものといえる。

以上のことを踏まえて、本研究では「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】(第2版)」のなかで示されている「津波避難場所」を検証の対象とした。

「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】(第2版)」(以後「第2版」とのみ表記)には、「津波避難場所」が全部で101箇所示されている。「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】(第1版)」(以後「第1版」とのみ表記)の「津波一時避難の目的地点」は全部で53箇所であったので、その数はほぼ倍になった。ただし、「津波一時避難の目的地点」の53箇所のうち、そのまま「津波避難場所」として指定されたのは38箇所であり、他の15箇所は指定から外れた。海岸線の近くや標高の低い場所にある「津波一時避難の目的地点」の多くは、「津波避難場所」の指定から外れることになった。一方で新たに63箇所が「津波避難場所」として指定された。「津波一時避難の目的地点」には教育施設、公共施設、公園、社寺が指定されていたが、「津波避難場所」ではそれらに加えて集落の背後にある高台や裏山、民有地、道路の高架部分も指定されるようになった。「第2版」において、「津波避難場所」が新たに配置されたり、「津波一時避難の目的地点」から場所の見直しが行われたりした地域は、東日本大震災時に津波被害の大きかった四倉地区、平地区

沼の内、平地区豊間、勿来地区関田などであった。

なお、101箇所の「津波避難場所」のうち3箇所は、「平成25年度 いわき市総合防災訓練」における「津波避難訓練」では使用されなかったが、今回の検証対象に含むことにした。

2. 使用データおよびその加工方法

現在、官公庁、都道府県、市町村などにおいて災害に関するさまざまなデータが整備され、一般に公開・提供されるようになってきた。しかしながら、それらの存在はあまり知られておらず、防災対策に活用されていないというのが現状といえよう。そこで、本研究では一般の人々にもこのようなデータを手入・活用して災害発生の際には各自で判断して行動できるようになってもらいたいとの意図から、主にインターネットなどにおいて無償で入手できるデータを利用して分析を進めることにし、使用したデータの入手先や加工方法を詳細に説明することにした。

本研究で使用したデータとその加工方法の詳細は、以下のとおりである。

「津波避難場所」の地図データは、筆者が「第2版」でその位置を確認し、ArcMapにおいて世界測地系・公共測量座標系で定義したベクタ型のポイントデータとして新規作成した。

標高データ(ラスター型データ)は、国土交通省国土地理院の「基盤地図情報ダウンロードサービス」の「基盤地図情報数値標高モデル」よりダウンロードした「10mメッシュデータ(ベクタ型・ポイントデータ)」の測地系と座標系を世界測地系・公共測量座標系に変換し、ArcGISのSpatial Analystの内挿ツールによりラスター型データに変換したものである。

土砂災害危険箇所の地図データ(ベクタ型・ポリゴンデータ)は、国土交通省国土政策局の「国土数値情報ダウンロードサービス」よりダウンロードした「国土数値情報土砂災害危険箇所データ(福島県)」に測地系(世界測地系)と座標系(公共測量座標系)を定義し、いわき市の範囲を抽出したものである。

地すべり地形の地図データ(ベクタ型・ポリゴンデータ)は、独立行政法人防災科学技術研究所の「地

すべり地形分布図データベース 地すべり地形GISデータ」からダウンロードした「1次メッシュ（白河）」の測地系と座標系を世界測地系・公共測量座標系に変換し、いわき市の範囲を抽出したものである。

道路データのネットワークデータセットは、「数値地図 2500（空間データ基盤）東北-2」（世界測地系・公共測量座標系）の「道路線データ（ベクタ型・ラインデータ）」からいわき市の範囲を抽出し、それをもとにArcGISのNetwork Analystで作成した。

河川に関する地図データ（ベクタ型・ラインデータ）は、国土交通省国土政策局の「国土数値情報ダウンロードサービス」よりダウンロードした「国土数値情報河川データ（福島県）」に測地系（世界測地系）と座標系（公共測量座標系）を定義し、いわき市の範囲を抽出したものである。

人口データは、独立行政法人統計センターの「e-Stat 政府統計の窓口」の「地図で見る統計（統計GIS）」よりダウンロードした「平成 22 年国勢調査—世界測地系（500mメッシュ）」（ベクタ型・ポリゴンデータ）の「1次メッシュ（5540、5541）」からいわき市の範囲を抽出したものである。

従業者数データは、独立行政法人統計センターの「e-Stat 政府統計の窓口」の「地図で見る統計（統計GIS）」よりダウンロードした「平成 21 年経済センサス—基礎調査—世界測地系（500mメッシュ）」（ベクタ型・ポリゴンデータ）の「1次メッシュ（5540、5541）」からいわき市の範囲を抽出したものである。

幼稚園と保育所の地図データは、NTTタウンページ株式会社の「iタウンページ」から得た幼稚園と保育所の住所情報（平成 25 年 9 月 3 日現在）を用いてアドレスマッチングを行うことで位置情報を入手し、それに測地系（世界測地系）と座標系（公共測量座標系）を定義してベクタ型のポイントデータとした。ただし、その位置情報には精度上の問題があるので、地図上で各施設の位置を確認し、ArcMapにおいて位置の微調整を行った。

なお、本研究で使用したGISソフトウェアは、ESRI社のArcGIS for Desktopである。

3. 分析結果

3.1 「津波避難場所」の立地条件からみた安全性

ここでは、「津波避難場所」の立地条件や周囲の状況からその安全性について確認していく。

まず、海岸線からの距離と標高をもとに津波発生時における「津波避難場所」の浸水可能性を検証する。具体的には、海岸線から 1000m以内に位置しており、かつ標高 5m以下の「津波避難場所」を津波発生時に浸水被害の危険性がある「津波避難場所」として抽出した（図1）。

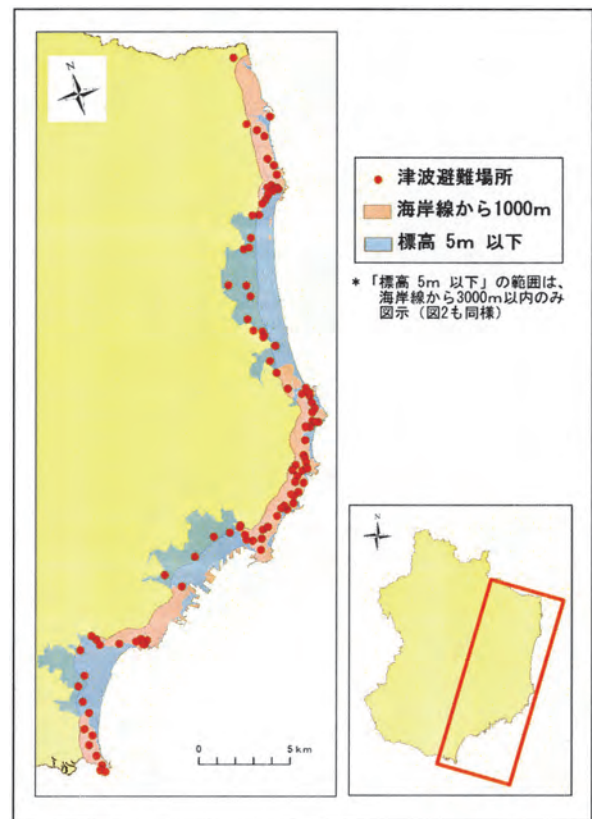


図1 「津波避難場所」の配置と海岸線から 1000 m 以内の範囲および標高 5m 以下の範囲

海岸線から 1000m以内という基準は、「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】」や原口・岩松（2011）で示されている東日本大震災での津波浸水区域を参考に設定した。これらで示されている東日本大震災の際のいわき市における津波浸水区域は、津波が河川を遡上した区域を除けば、海岸線から 1200mまでの範囲にほぼ収まっていた。なお、海岸から 1000mの範囲は、国土交通省国土地理院の「基

盤地図情報ダウンロードサービス」の「基盤地図情報 2500」よりダウンロードしたいわき市の「海岸線データ（ベクタ型・ラインデータ）」の測地系と座標系を世界測地系・公共測量座標系に変換し、海岸線から 1000m のバッファを求め、さらに陸地に含まれる範囲を抽出することで得た。

標高 5m 以下という基準は「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書」の目安をもとに設定した。

「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書」では、津波浸水想定区域の目安を海拔 3m のラインとしている。しかしながら、同時にこの目安は一つの考え方であり、津波浸水想定区域の目安を海拔 5m のラインにすることを妨げるものではないとも記している。そこで、本研究では「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】」や原口・岩松（2011）で示されている東日本大震災での津波浸水区域も参考にして海拔 5m を目安とした。なお、「海拔」と「標高」は、ほぼ同義とされており、学術的には「標高」と表記することが多いため、本研究では「標高」という用語を用いることにする。また、「津波避難場所」の標高は、「第 2 版」に記載されている値を使用した。

表 1 海岸線から 1000m 以内で、かつ標高 5m 以下に位置する「津波避難場所」

地区名	津波避難場所名	標高 (m)
四倉	如来寺	3.0
四倉	四倉高校	5.0
四倉	四倉小学校	4.2
四倉	住友大阪セメント社有地	5.0
平	神谷作公民館	4.0
小名浜	小名浜武道館	2.0
勿来	出羽神社下	5.0
勿来	錦公民館	4.0
勿来	バイパス雷こ線橋付近	3.0

海岸線から 1000m 以内で、かつ標高 5m 以下に位置している「津波避難場所」を抽出した結果、全部で 9 箇所の「津波避難場所」がこの条件に該当していた（表 1）。これらの多くは、海岸線から内陸まで低地が広がっている四倉地区と勿来地区の「津波

避難場所」であり、他の「津波避難場所」に比べて津波による浸水の危険性の高い場所と判断できる。

次に、「津波避難場所」とその周辺における土砂災害と地すべりの危険性の有無を確認するために、土砂災害危険箇所と地すべり地形内に位置する「津波避難場所」と土砂災害危険箇所と地すべり地形から 100m 以内にある「津波避難場所」を空間検索によって抽出した（図 2）。なお、「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書」によると、「津波避難場所」の指定に際してはその周辺に山・崖崩れ等の危険箇所がないことを念頭におく必要があるとしている。

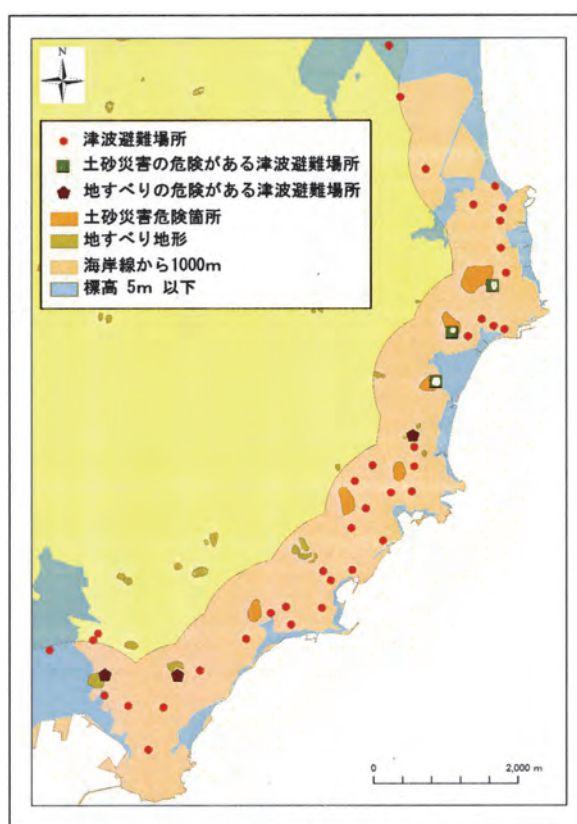


図 2 「津波避難場所」と土砂災害危険箇所、地すべり地形（平地区～小名浜地区抜粋）

土砂災害危険箇所内に位置する「津波避難場所」は平地区豊間の八坂神社と諏訪神社の 2 箇所、土砂災害危険箇所から 100m 以内にある「津波避難場所」は平地区薄磯の金倉稻荷神社、勿来地区の入町奥高台の 2 箇所存在した。また、地すべり地形内に位置する「津波避難場所」は久ノ浜大久地区の龍光寺と

小名浜地区の御霊神社の2箇所、地すべり地形から100m以内にある「津波避難場所」は久ノ浜大久地区の水上地区高台と久ノ浜中学校、平地区薄磯の金倉稲荷神社、平地区豊間の諏訪神社と小泉工業所、小名浜地区の富ヶ浦公園の6箇所存在した。これらの「津波避難場所」の多くは、海岸線に近い集落の背後にある高台や裏山に位置している。

検証の結果、あわせて10箇所の「津波避難場所」において、地震に伴って発生する崖崩れ等の危険性があることがわかった。今後、これらの「津波避難場所」については、津波以外の災害の危険性も考慮した対策を進めていく必要がある。

3.2 「津波避難場所」までの到達圏

次に、「津波避難場所」の配置の適切さについて確認するために、「津波避難場所」に避難可能距離で到達できる範囲を算出し、その圏域から外れる地域を明らかにしていく。ただし、本研究で使用した道路ネットワークデータの範囲外にあるいわき市の北端と南端の計4箇所の「津波避難場所」（久ノ浜大久地区の末統集会所と勿来地区の坂下墓地脇、入町奥高台、九面簡易郵便局裏山）は、このデータを用いた分析から除外した。

「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書」では、避難の方法を原則として徒歩とするとしており、津波到達時間および避難開始時間、歩行速度をもとにした計算より避難可能距離の目安を最長でも500m程度としている。そこで、それぞれの徒歩によって「津波避難場所」に500m以内で到達できる範囲を算出することにした。なお、到達圏の算出には「津波避難場所」までの道路距離を用いることが適当であると考えられる。しかしながら、本研究で使用したものも含めて、入手可能な既存の道路ネットワークデータは、津波避難の際に利用される小道や路地まで含んでいる詳細なものではない。本来であれば、現地調査を行い、より詳細な道路ネットワークデータを作成していくべきではあるが、このことは今後の課題としたい。

まず、「津波避難場所」に500mで到達できる圏域を、徒歩による最短経路の距離をもとに算出した（図3）。この道路距離500m到達圏から外れた地域は、夏井川や鮫川のような比較的川幅の広い河川の河口付近に広がっている低地や小名浜港の後背

地に分布していた。これらの地域には、海岸線に近い場所に標高の高い場所がないため、近くに「津波避難場所」が指定されていない。そのため、海岸線から離れた内陸部に位置している「津波避難場所」まで避難しなければならないという状況になっている。これらの地域では、「津波避難場所」まで到達できない可能性もあることから、「津波避難ビル」の設置・指定も考えていく必要がある。



図3 「津波避難場所」まで道路距離500m到達圏と直線距離350m到達圏（平地区抜粋）

次に、道路距離による到達圏と比較するために、道路ネットワークデータを用いずに「津波避難場所」に到達できる圏域を算出した。具体的には、格子状の道路網におけるマンハッタン距離を想定して、「津波避難場所」に直線距離350m以内で到達できる範囲を算出した。この350mという値は、1辺の長さが250mの正方形の対角線の長さから求めた。これは、格子状の道路網においてある地点から道路に沿って横方向に250m、縦方向に250m、合計500mほど移動した場合、もとの地点から直線距離

離で約 350m 移動したことを意味している。なお、移動距離の合計 500m のうち、例えば横方向の移動距離が短くなり、その縦方向の移動距離が長くなれば、もとの地点からの直線距離は 350m より長くなる。そして、例えば縦方向のみに 500m 移動すれば、もとの地点からの直線距離も 500m になる。つまり、もとの地点から直線距離で 350m というのは、格子状の道路網において 500m 移動するパターンのなかで、もとの地点からの直線距離が最も短いことを意味している。

「津波避難場所」に直線距離 350m 以内で到達できる範囲を算出した結果、その圏域は実際の道路網が密なところでは道路距離 500m 到達圏と同程度の大きさになっており、実際の道路網が疎なところでは道路距離 500m 到達圏より広がる傾向があった。ただし、全体的には直線距離 350m 到達圏は道路距離 500m 到達圏と重なる部分が多いことがわかった。この結果から、この算出方法が道路ネットワークデータを入手できない場合の代替的手法として、ある程度有用であることが確認された。

ただし、実際の津波避難においては必ずしも最短経路をとることが可能であるとは限らないため、その際の到達圏は本研究の分析結果のそれより狭くなることも考えられる。一方で、津波避難のような危険が差し迫った状況では、少しでも短時間で「津波避難場所」に避難するために道路以外の場所を通して直線的に避難することも考えられる。よって、ここで示した 2 つの到達圏はあくまでも分析結果の一つにすぎないということを断っておく。

ところで、道路距離 500m 到達圏と直線距離 350m 到達圏をみると、そのなかには多くの河川が通っていることがわかる。このことは、津波避難の際に利用する道路が河川を遡上してきた津波によって危険な状況に陥る可能性を示している。とくに、河口近くにおいて河川を渡る道路や河川に沿った道路を利用しなければ「津波避難場所」に避難できない地域では、「津波避難場所」の配置を見直す必要もでてくる。

最後に、2 つの到達圏から外れた地域（海岸線から 1000m 以内）の人口分布について確認しておく。ただし、津波は昼夜を問わず発生する可能性があるため、夜間人口だけでなく、昼間人口についても

確認する必要がある。そこで本研究では、夜間人口に相当するデータとして平成 22 年国勢調査の 500 m メッシュの「人口総数」を、昼間人口に相当するデータとして平成 21 年経済センサスの 500m メッシュの「全産業従業者数」を用いることにした。なお、昼間人口に関しては、従業者以外にも在宅している人、学校に通学している人なども含める必要があるが、集計単位地区の細かさや調査年の新しさから、平成 21 年経済センサスの 500m メッシュの「全産業従業者数」を選んだ。ただし、これら 2 つのデータは東日本大震災前のデータであるため、震災後の状況を把握することはできない。

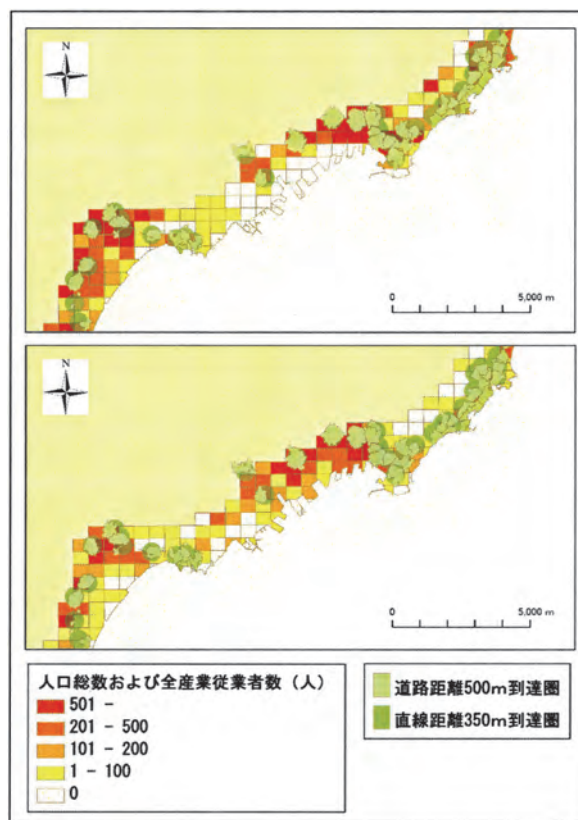


図4 「津波避難場所」までの到達圏と人口総数、全産業従業者数の分布（小名浜地区～勿来地区抜粋）

* 上が人口総数、下が全産業従業者数

対象とした 266 のメッシュのうち、道路距離 500 m 到達圏から完全に外れたメッシュは 85 で、その人口総数の合計は 2754 人、全産業従業者数の合計は 2884 人であった。また、直線距離 350m 到達圏

から完全に外れたメッシュは114で、その人口総数の合計は6955人、全産業従業者数の合計は6226人であった。2つの到達圏から外れたメッシュの多くは、四倉地区から平地区豊間辺りまでの海岸近くの低地、小名浜地区の港湾地区から市街地にかけての低地、勿来地区の海岸近くの低地に位置するものであった。これらのメッシュのなかには、人口総数、全産業従業者数とも多くないメッシュもあったが、200人以上のメッシュもみられた。また、人口総数と全産業従業者数の分布の違いから夜間と昼間では人の分布に差異があることがわかった。それゆえ、夜間、昼間それぞれの時間帯に応じた避難計画を策定していくことが求められる。

3.3 「避難促進施設」からの避難

最後に、いわき市沿岸地域に立地する施設のうち、「災害時用援護者」がいる「避難促進施設」を取り上げ、「避難促進施設」が「津波避難場所」の避難可能距離内に位置しているかどうかを確認していく。なお、「津波避難対策推進マニュアル検討会報告書」では、「災害時用援護者」を障がい者、高齢者、病人、乳幼児等としており、「避難促進施設」を社会福祉施設、学校、医療施設等、津波浸水想定区域内にあり、避難に時間を要する者が存在するため、早めに避難を促す必要がある施設としている。本研究では、「避難促進施設」の例として「幼稚園・保育所」を取り上げた。具体的には、海岸線から1000m以内の範囲にあり、標高5m以下に位置している10の「幼稚園・保育所」を分析の対象とした(表2)。なお、「幼稚園・保育所」の標高データは、各施設に最も近い「10mメッシュデータ」の標高値を結合することで得た。

まず、対象となる10の「幼稚園・保育所」が「津波避難場所」まで道路距離500m到達圏および直線距離350m到達圏の範囲内にあるかどうかを確認した(図5)。その結果、「津波避難場所」まで道路距離500m到達圏の範囲外に位置している施設が5箇所あった。このうち、4施設が勿来地区のものであり、残り1施設は四倉地区のものであった。また、直線距離350m到達圏の範囲外に位置しているのが4施設あった。このうち、3施設は勿来地区、1施設は小名浜地区のものであった。両方の到達圏の圏外になったのは、勿来地区の3施設であった。

表2 海岸線から1000m以内で、かつ標高5m以下に位置する「幼稚園・保育所」

地区名	幼稚園・保育所名	標高(m)
四倉	三宝保育園	3.7
小名浜	市立本町保育所	2.3
小名浜	市立西小名浜幼稚園	2.7
小名浜	わかぎ幼稚園	3.7
小名浜	市立下川保育所	4.2
勿来	東田保育園	4.7
勿来	植田保育園	2.0
勿来	大倉保育園	2.7
勿来	市立錦幼稚園	2.0
勿来	千鳥幼稚園	2.8

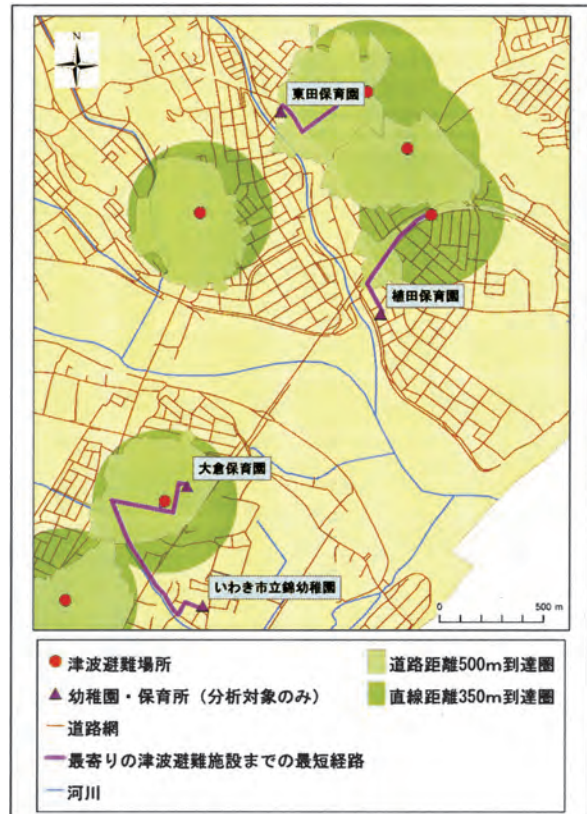


図5 「幼稚園・保育所」から「津波避難場所」までの避難(勿来地区)

次に、対象となる10の「幼稚園・保育所」から最寄りの「津波避難場所」までの徒歩による最短経路を検出し、その道路距離を計算した。最寄りの「津

波避難場所」までの最短経路の距離をみると、最も短かったのは170mで、最も長かったのは1000mを超えていた。また、最寄りの「津波避難場所」までの最短経路の距離が避難可能距離である500mを超える「幼稚園・保育所」は5施設あり、うち4施設が勿来地区に位置するものであった。さらに、最寄りの「津波避難場所」までの最短経路のなかには、河川に沿っているものがあつた。これらの施設では避難の際に津波の河川遡上による危険性を考慮して別の「避難経路」を選択することが求められる。

4. おわりに—今後の課題

いわき市の沿岸地域を対象に津波発生時における緊急避難場所である「津波避難場所」の配置が適切かどうかについて、GISによる空間解析を用いて検証してきた。

検証の結果、「津波避難場所」のなかには、津波による浸水や土砂災害、地すべりの危険性のあるものが確認された。また、津波避難の際に津波が到達するまでに「津波避難場所」に避難できない可能性のある地域には多くの人が居住していたり、働いていたりすることもわかつた。そして、「津波避難場所」に避難できない可能性のある地域には「避難促進施設」である「幼稚園・保育所」も立地していることもわかつた。さらに、それらにおいては、「津波避難場所」までの避難の際に困難や危険が伴うことも確認された。

今回の検証では、GISによる空間解析によって行ったが、当然のことながらデータからは把握できない危険性も存在する。よって、今回の検証で危険性を指摘されなかつたといつて、「津波避難場所」の安全性が保証されたというわけではない。また、避難者の収容人数の問題など安全性以外にも「津波避難場所」の指定において考慮すべき項目は数多く存在する。さらに、今回詳細な検証を行えなかつた「津波避難場所」までの「避難経路」となる道路の安全性については、より重要な意味をもつ。「津波避難場所」が適切な場所に指定されていたとしても、そこまでの「避難経路」の安全性が確保されていなければ、津波避難は困難なものになる。海岸に近い地域の道路網の特徴として、海岸線に沿った道路は直線的で、道幅も比較的広いのに対して、「避

難経路」となる海岸線から内陸部に向かう道路は道幅の狭いものが多く、「津波避難場所」のある高台や裏山に向かう道路にいたつては傾斜もある。そのため、津波避難の際には道路の容量を超えたり、避難速度が遅くなつたりして渋滞が発生することも考えられる。また、海岸に近い集落では背後の傾斜地との間の狭隘な低地に家屋が密集しているところもある。そのような集落の道路は、細く曲がりくねつており、見通しも悪い。そのため、その集落の住民でなければ、避難の際に方向感覚を失つて道に迷うことも考えられる。さらに、「避難経路」となる道路の両脇にある塀などの倒壊によって避難行動が妨げられることも起こりうる。加えて、「避難経路」となる海岸線から内陸部に向かう道路には、河川に沿つてのびるものも多く、津波の河川遡上による危険性も考慮しなければならない。しかも、以上のような場合であっても「避難経路」の迂回路を設定できない地域もある。これらの問題について検討していくには、現地調査による確認が必要となる。

しかし、データによる空間解析と現地調査によって検証を行えば、十分というわけではない。「津波避難場所」と「避難経路」は、実際の津波避難に有効でなければならない。そのためには、実践的な避難訓練を繰り返し行い、その結果を踏まえた修正・改善が不可欠となる。その意味からいえば、平成25年8月31日に実施された「平成25年度 いわき市総合防災訓練」における「津波避難訓練」を踏まえた「いわき市津波ハザードマップ【暫定版】(第2版)」の見直しについて注視していく必要がある。

文 献

- 1) 消防庁：津波避難対策推進マニュアル検討会報告書，p.194 (2013)。
- 2) いわき市防災会議：いわき市防災計画，p.441 (2011)。
いわき市防災会議：いわき市防災計画資料編，p.311 (2011)。
- 3) 原口 強・岩松 暉：東日本大震災 津波詳細地図 下巻：福島・茨城・千葉，p.97 (古今書院，2011)。

アミンを反応溶媒とする

強磁性ナノ粒子表面での疎水性シリカシェル層の形成

Formation of hydrophobic silica shell on the surface of ferromagnetic nanoparticles in amine as reaction solvent

山内 紀子・車田 研一

福島工業高等専門学校物質工学科

Noriko Yamauchi and Ken-ichi Kurumada

Fukushima National College of Technology, Department of Chemistry and Biochemistry

(2013年9月17日受理)

An efficient method to form a nanometer-thick shell of organic silica enveloping a magnetite nanoparticle with the diameter of approximately 10 nm is addressed. The shell was found spontaneously formed dispersed in diethylamine, which worked as Lewis-basic catalyst for the polycondensation of silanol or hydroxyl groups. The transition of the coated magnetite to hematite due to further oxidation could be prevented even after being heated at 400 °C for an hour in air. Oxygen did not permeate into the shell as evidenced by the absence of micropores as revealed from the adsorption behavior of nitrogen at 77K.

Key words: magnetite nanoparticle, organic silica, nanometer-thick shell, diethylamine

1. はじめに

外部磁場応答性をもつ代表的なナノ粒子であるマグネタイト (Fe_3O_4) ナノ粒子は、酸化されてヘマタイト ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) に転移すると、磁場応答性を失う。また、マグネタイトナノ粒子を有機溶媒中や樹脂中へ分散させる場合には、粒子表面を疎水化することが必要になる。本研究では、疎水性官能基をもつシランカップリング剤を用い、マグネタイトナノ粒子の表面に可能なかぎり薄い疎水性の有機シリカシェルを自発形成させる手法を検討した。有機シリカシェルの形成により、粒子表面に疎水基が導入できるとともに、酸化によるマグネタイトの磁気特性の消失を抑制できると考えられる。

シランカップリング剤の一般的な構造を Fig.1 に示す。シランカップリング剤は、ケイ素を介してアルコキシ基 (通常、メトキシ基またはエトキシ基) と有機鎖をもつ。アルコキシ基は加水分解によりヒドロキシ基となり、これがマグネタイトナノ粒子表面のヒドロキシ基と脱水縮合反応することによって、シランカップリング剤由来の有機鎖 (疎水基)

をナノ粒子表面に導入できる。ここで、Fig.1に示す三官能性シランカップリング剤を用いた場合、シランカップリング剤間での脱水縮合反応も起こり、粒子表面上に結合したシランカップリング剤は疎水性の有機シリカシェル層となると考えられる。

シランカップリング剤の加水分解・脱水縮合反応は、一般的に水溶媒中やエタノール溶媒中で行われることが多く、アルコキシ基の加水分解を促進させるために、アンモニアなどの塩基性触媒が添加されることも多い。これまで、シランカップリング剤を用いてナノ粒子表面を改質した研究は多く報告されている¹⁾⁻¹¹⁾。Liら¹⁾は、塩基性触媒としてアンモニ

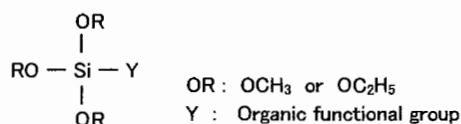


Fig.1 Chemical structure of trifunctional silane coupling agent.

アを添加したエタノール溶媒中で、マグネタイトナノ粒子表面にシランカップリング剤からなるナノスケールの厚さのシェルを形成した。シランカップリング剤としては、有機鎖の末端にアミノ基をもつアミノプロピルトリメトキシシランを用いた。アミノプロピルトリメトキシシランからなるシェルの形成によって、粒子表面にアミノ基が導入できるとともに、加熱によるマグネタイト (Fe_3O_4) からヘマタイト ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) への相転移をある程度抑制できることを示した。

著者らも²⁾、シランカップリング剤としてフェニルトリエトキシシラン等を用いてマグネタイトナノ粒子の表面処理をすることにより、粒子表面が疎水化され、メチルイソブチルケトン中やトルエン中での粒子の分散安定性が向上することを報告している。ここで、本研究の特徴は、シランカップリング反応の溶媒としてジエチルアミンを用いたことにある。シランカップリング剤によるシェル形成前のマグネタイトナノ粒子は表面に親水性のヒドロキシ基を持つため、水やエタノールに分散する。しかし、フェニル基やアルキル基のような無極性官能基を有するシランカップリング剤を用いた場合、粒子表面のヒドロキシ基がシランカップリング剤と縮合し、粒子表面にシランカップリング剤由来の疎水基が導入されていくにつれ、水中やエタノール中での粒子の分散安定性は低下していくと考えられる。個々のナノ粒子表面への有機シリカシェル形成のためには、有機シリカシェル形成の途中およびシェル形成後においても、粒子の分散安定性が維持されるような反応溶媒の選定が必須である。そこで、反応溶媒として水やエタノールよりも極性が低く、なおかつルイス塩基性触媒としての作用も兼ね具えたジエチルアミンを用いた。さらにジエチルアミンは、シランカップリング剤の加水分解に必要な水と相溶であり、表面改質前のマグネタイトナノ粒子も分散できるため、本反応の溶媒として適切であると考えた。

今回は、シランカップリング剤としてヘキシルトリメトキシシラン (HTMS) を用い、ジエチルアミン中でのマグネタイトナノ粒子表面への有機シリカシェル層の形成を試みた。HTMS の構造式を Fig.2

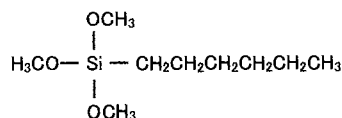


Fig.2 Chemical formula of hexyltrimethoxysilane (HTMS).

に示す。HTMS 処理によるマグネタイトナノ粒子の疎水化の程度を評価するとともに、有機シリカシェル層によるマグネタイトの加熱下での酸化耐性の変化を検討した。

2. 実験

2.1 マグネタイトナノ粒子懸濁液の作製

マグネタイトナノ粒子の作製には共沈法を用いた¹²⁾。マグネタイトナノ粒子の原料物質となるFe源には、塩化鉄 (II) (FeCl_2 , 高純度化学研究所, 純度99.9%), および塩化鉄 (III) 無水 (FeCl_3 , 和光純薬工業株式会社) を使用した。2.52 gの FeCl_2 と6.48 gの FeCl_3 (Fe^{2+} と Fe^{3+} のモル比1:2) に、蒸留水200 mlと1 Mアンモニア水 (関東化学株式会社) を160 ml加えて混合し、マグネタイトナノ粒子を形成した。

2.2 マグネタイトナノ粒子表面への疎水性シリカシェルの形成

分散媒を蒸留水へ置換した後のマグネタイトナノ粒子懸濁液の下部に磁石を置き粒子を沈降させ、上澄みを除いてマグネタイトペーストとした。ジエチルアミン (和光純薬工業株式会社) 150 gにマグネタイトペースト (マグネタイト:水の重量比 = 1:4) 6 gを加え、15分間超音波で分散させた。つづいてヘキシルトリメトキシシラン (HTMS, 信越シリコーン (KBM-3063)) を3 g添加して30分間超音波で分散後した後、24時間振とうした。遠心分離により溶媒を除去した後、メチルイソブチルケトン、ついでエタノールで洗浄し、乾燥させて粉末試料を得た。なお、HTMSの加水分解に必要な水は、マグネタイトペースト中に含まれる量で充分であることから、別途添加していない。

2.3 評価方法

マグネタイトナノ粒子および HTMS 処理後のマグネタイトナノ粒子の観察には、透過電子顕微鏡 (TEM) (日立, HF-2000) を用いた。また、粉末試料塗布層に対する水の接触角を測定した。粉末試料の巨視的な強磁性の保護は永久磁石を用いて確認した。マグネタイトナノ粒子の磁場応答性は、粉末試料の永久磁石への反応性によって評価した。さらに、X線回折 (XRD) (島津製作所, XRD-6000) を用いて、結晶構造を特定した。HTMS 処理後のマグネタイトナノ粒子の表面状態は、自動比表面積/細孔分布測定装置 (日本バル, BELSORP-miniII) を用いた窒素ガス吸脱着法 (77K) によって評価した。

3. 結果と考察

マグネタイトナノ粒子の TEM 像, HTMS 処理後のマグネタイトナノ粒子の TEM 像を, それぞれ Fig.3(a), 3(b)に示す。マグネタイトナノ粒子は, 等方的で不定形な形態をしており, 平均粒径は 10 nm 程度であった。HTMS 処理後の TEM 像からも, 粒径 10 nm 程度のマグネタイトナノ粒子が観察された。TEM 像から HTMS 由来の有機シリカシェルをはっきりと確認することはできなかったが, 後述する他の評価方法による結果から, マグネタイトナノ粒子表面には有機シリカシェルが形成されていることが示された。なお, TEM 像より観察されるマグネタイトナノ粒子の形態および粒子間隔が HTMS 処理前後で変わらないことより, 有機シリカシェルの厚みは, マグネタイトナノ粒子の粒径 10 nm と比べてはるかに小さいと考えられる。

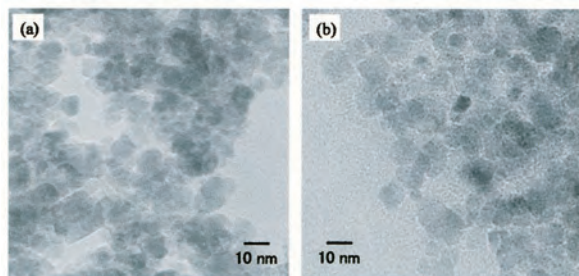


Fig.3 TEM images of (a) as-prepared magnetite nanoparticle and (b) magnetite nanoparticle surface-modified with HTMS.

Fig.4 に, HTMS 処理後のマグネタイトナノ粒子の粉末試料塗布層に対する水滴の側面像を示す。接触角が 90°近いことから, HTMS 処理マグネタイトナノ粒子の表面は疎水的であることがわかる。なお, HTMS 処理をしていないマグネタイトナノ粒子を用いて同様の実験を行ったところ, 粉末試料塗布層中に水が即時に浸み込むほど親水的であったため, 接触角を測定できなかった。HTMS 処理をすることにより, 親水性表面をもつマグネタイトナノ粒子が疎水化されたことがわかった。

つづいて, HTMS 処理後のマグネタイトナノ粒子の酸化耐性への影響を検討した。Fig.5 に, 空気中で 400°C, 1 時間加熱した後の粉末試料 ((a) HTMS 処理前, (b) HTMS 処理後) に磁石を近づけたときの様子を示す。HTMS 処理前の試料は磁石にまったく応答しない。対照的に, HTMS 処理後の試料は, 磁石によってガラス瓶の壁に引き寄せられた。

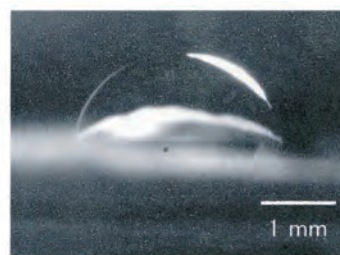


Fig.4 Sideways view of a water droplet on the densely smeared layer of the magnetite nanoparticle surface-modified with HTMS.

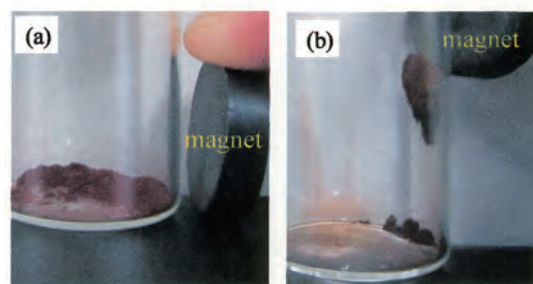


Fig.5 Samples after heating of (a) non-treated iron oxide powder after being heated for an hour at 400 °C in air and (b) surface-treated sample with HTMS after the heat treatment at the same condition as the above.

Fig.6 に、HTMS 処理前 ((a) 加熱前, (b) 加熱後), HTMS 処理後 ((c) 加熱前, (d) 加熱後) の粉末試料の XRD パターンを示す。加熱条件は、いずれも空气中で 400°C, 1 時間とした。HTMS による表面処理を施さない場合、400°C で 1 時間、空气中で加熱することにより、マグネタイト (Fe_3O_4) はヘマタイト ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) へ完全に転移した (a→b)。対照的に、表面処理を施した場合はマグネタイトの結晶構造は保持された (c→d)。このことは、マグネタイトナノ粒子表面に酸素分子が透過しないほど緻密な有機シリカシェルが形成されたことを示唆する。

Fig.7 に、HTMS 処理マグネタイトナノ粒子 (加熱前) の窒素吸着等温線を示す。低相対圧領域での吸着のふるまいから、HTMS 処理マグネタイトナノ粒子の表面には細孔 (マイクロ孔) がなく、緻密であることがわかる。BET 比表面積より求めた換算粒径は、20 nm 程度となった。これは、TEM 像中のマグネタイトナノ粒子の粒径よりわずかに大きい値であることから、マグネタイトナノ粒子表面でのナノスケールのシェルの形成を示唆する。さらに、吸着 - 脱着ヒステリシスがみられることから、この試

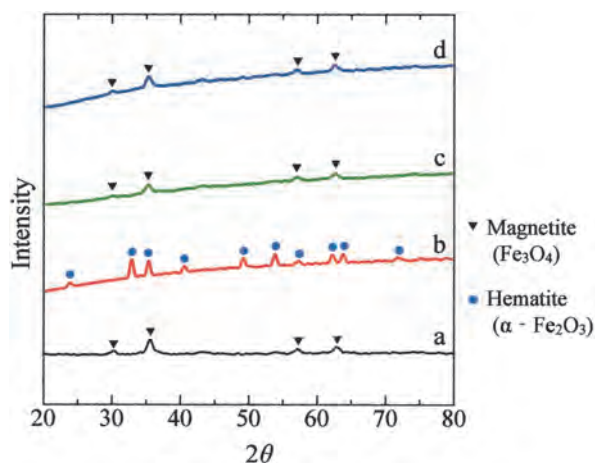


Fig.6 XRD patterns for samples of (a) as-prepared iron oxide nanoparticle before heat-treatment in air at 400 °C for an hour, (b) iron oxide nanoparticle after the heat-treatment, (c) iron oxide nanoparticle surface-modified with HTMS before the heat-treatment and (d) iron oxide nanoparticle surface-modified with HTMS after the heat-treatment.

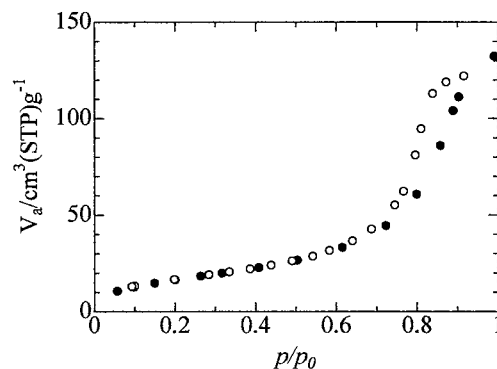


Fig.7 Nitrogen adsorption / desorption isotherm of the magnetite nanoparticle surface-modified with HTMS at 77K.

料にメソ孔があることがわかる。このメソ孔は、ナノ粒子間の空隙に対応すると考えられることから、個々のマグネタイトナノ粒子の表面に、ナノスケールの有機シリカシェル層が形成されていることがわかった。また、マイクロ孔がない有機シリカシェルが酸素を遮蔽するため、それが内包するマグネタイトナノ粒子の酸化によるヘマタイトへの転移が妨げられると推測される。

4. まとめ

ジエチルアミン中でシランカップリング反応を行うことにより、強磁性ナノ粒子 (マグネタイトナノ粒子) の表面に、ナノスケールの厚さの有機シリカシェルを形成することができた。有機シリカシェルで被覆されたマグネタイトナノ粒子 (の粉末試料) に対する水の接触角が 90° 近くあることから、粒子表面が疎水化されたことが示された。さらに、有機シリカシェルは、マグネタイトのヘマタイトへの転化による強磁性の消失を妨げることがわかった。

謝 辞

本研究は2011-2013年度科研費若手研究 (B) (23760652) の助成を受けたものである。実験に際し多大な援助を賜った東北大学大学院工学研究科今野幹男教授、長尾大輔准教授に深謝する。

文 献

- 1) Y.-S. Li, J. S. Church and A. L. Woodhead : *J. Mag. Mater.*, 324, 1543 (2012)
- 2) 山内紀子, 武藤美樹, 車田研一 : 福島工業高等専門学校研究紀要, 53, 23 (2012)
- 3) M. Iijima, M. Tsukada and H. Kamiya : *J. Colloid Interface Sci.*, 305, 315 (2007)
- 4) M. Sabzi, S. M. Mirabedini, J. Zohuriaan-Mehr and M. Atai : *Prog. Org. Coat.*, 65, 222 (2009)
- 5) X. Liu, J. Xing, Y. Guan, G. Shan and H. Liu : *Colloids Surf. A*, 238, 127 (2004)
- 6) Z. Zhang, A. E. Berns, S. Willbold and J. Buitenhuis : *J. Colloid Interface Sci.*, 310, 446 (2007)
- 7) A. A. Atia, A. M. Donia and W. A. Al-Amrani : *Chemical Engineering Journal*, 150, 55 (2009)
- 8) N. Yamauchi, D. Nagao and M. Konno : *colloid Polym. Sci.*, 288, 55 (2010)
- 9) M. Najafi, Y. Yousefi and A. A. Rafati : *Sep. Purif. Technol.*, 85, 193 (2012)
- 10) P. Yang, A. Zhang, M. Ando and N. Murase : *Colloids Surf. A*, 397, 92 (2012)
- 11) J. Zhao, M. Milanova, M. M. C. G. Warmoeskerken and V. Dutschk : *Colloids Surf. A*, 413, 273 (2012)
- 12) R. Massart: *IEEE Trans. Magn.*, MAG-17, 1247 (1981)

ゲンジボタルミトコンドリアゲノムの全塩基配列

Complete mitochondrial genome sequence of *Luciola cruciata*

天野 仁司・松井 美樹・五十嵐 美里・田中 美帆・エフィヤンティ サフリザル
福島工業高等専門学校物質工学科

Hitoshi Amano, Miki Matsui, Misato Igarashi, Miho Tanaka and Eviyanti Safrizal

Fukushima National College of Technology, Department of Chemistry and Biochemistry

(2013年9月17日受理)

The complete mitochondrial genome sequence of the genji firefly, *Luciola cruciata* was determined using long PCR and primer walking methods. It was circular molecule of 15,989 bp in length (accession no.: AB849456) and contains 13 protein-coding genes, 2 ribosomal RNA genes, 22 transfer RNA genes, and a non-coding AT-rich region. The overall base compositions of the heavy strand are 43.2% A, 32.5% T, 14.9% C, and 9.3% G, with high A + T content (75.7%). The mitochondrial gene arrangement of *L. cruciata* was identical to that of bioluminescent insects *Rhagophthalmus lufengensis* and *Pyrocoelia rufa*, except for the presence of the 58 bp long intergenic spacer sequence between tRNA(Trp) and tRNA(Cys). This spacer sequence region can be drawn to form two putative types of clover-leaf structures.

Key words: mitochondrial genome, genji firefly, *Luciola cruciata*,

1. はじめに

ゲンジボタルは清流に生息する昆虫である。水質の汚染や河川の護岸整備、そして都市化による光害のため、日本の各地で個体数の減少が見られる。その対策として、一部で生息地の異なる個体の放流が行われたことから、遺伝子移入による遺伝的多様性の喪失が危惧されている。

ゲンジボタルの遺伝的多様性の研究は、ミトコンドリアDNA (mtDNA)の16S rRNA (1rRNA)遺伝子¹⁾、シトクロムオキシダーゼII (COII)遺伝子²⁾、そして NADHデヒドロゲナーゼサブユニット5 (ND5)遺伝子³⁾を用いて行われてきた。COII遺伝子の解析例では、ゲンジボタルの生息する本州、四国、九州を、3系統、7グループの地域に分類している²⁾。しかし、これらの分類は広域であり、ゲンジボタルが生息する河川の毎の遺伝的多様性を見出すためには、mtDNAの特定の遺伝子ではなく全塩基配列の解析が必要であると考えた。

本研究では、福島県いわき市三和地区に生息するゲンジボタルのmtDNAの全塩基配列を決定し、日本DNAデータベース(DDBJ)に登録して、アクセッションナンバーAB849456を取得した。これまでにmtDNAの全塩基配列が解読されているホタル科(Lampyridae)の昆虫は、マドボタル属(*Pyrocoelia*)の*P. rufa* (アキマドボタル)⁴⁾、

イリオモテボタル属(*Rhagophthalmus*)の *R. ohbai* (イリオモテボタル) および*R. lufengensis* (和名なし)⁵⁾の3種のみであり、ゲンジボタル属(*Luciola*)の昆虫でmtDNAの全塩基配列を解読した報告は、本研究の*Luciola cruciata* (ゲンジボタル) が初めてである。

2. 試薬と実験方法

2.1 ゲンジボタルの採取と保存

福島県いわき市三和地区に生息するゲンジボタルの成虫を捕虫網で採取した。採取したホタルは速やかに99.5% エタノールに浸漬して固定した。固定した個体は、DNAの抽出実験まで-60℃のディープフリーザーで保存した。

2.2 DNAの抽出

固定したゲンジボタルの翅鞘と後翅を取り除き、胸部から約15 mgの筋肉組織を取り出した。この筋肉組織からのDNAの抽出には、DNeasy Blood & Tissue Kit (QIAGEN社)を説明書にしたがって使用した。

2.3 mtDNAの増幅

mtDNAは、末端部分で重複するA, Bの2つの領域(Fig. 1)に分け、それぞれをlong PCR法対応のDNA合成酵素を用いて増幅した。

約5.8 kbpの領域Aの増幅には、他の地域のゲンジボタ

3. 結果と考察

3.1 ゲンジボタルmtDNAの塩基配列

ゲンジボタルmtDNAは15,989 bp の環状分子で、13個のタンパク質遺伝子、2個のリボソームRNA遺伝子、22個のトランスファーRNA遺伝子、そしてAT-rich領域が存在した(Fig. 1, Table 1)。これらの遺伝要素とその配列は、これまでにmtDNAの全塩基配列が解読されているホタル科(*Lampyridae*)の昆虫3種^{4), 5)}のうち*R. ohbai*を除く2種、および昆虫のモデル生物であるキイロショウジョウバエ(*Drosophila melanogaster*)のmtDNA⁶⁾と同一であった。重鎖の塩基組成は、アデニン43.2%、チミ

ン32.5%、シトシン14.9%、そしてグアニン9.3%で、A+T含量は、75.7%である。このA+T含量は、ホタル科の昆虫3種のものと比較して最も低い値であるが、AT-rich領域のみでは88.6%であり、これは、他のホタル科の昆虫3種のものと比較して最も高い値である(Table 2)。

mtDNAの構造の特徴としては、ゲンジボタルmtDNAには、tRNA(Trp)とtRNA(Cys)の間に、他のホタル科の昆虫3種のmtDNAには見られない58 bpの遺伝子間のスペーサー配列が存在したことがあげられる(Fig. 1, Fig. 2)。

Table 1 Organization of *L. cruciata* mitochondrial genome

Gene	Direction	Begins	Ends	Length	Start codon	Stop codon	Anticodon
tRNA Ile	F	1	64	64			CAT
tRNA Gln	R	62	130	69			TTG
tRNA Met	F	130	195	66			CAT
ND2	F	196	1209	1014	ATA	TAA	
tRNA Trp	F	1209	1273	65			TCA
tRNA Cys	R	1394	1332	63			GCA
tRNA Tyr	R	1456	1394	63			GTA
COI	F	1449	2993	1545	ATT	TAA	
tRNA Leu(UUR)	F	2989	3052	64			TAA
COII	F	3052	3733	682	ATA	T+tRNA	
tRNA Lys	F	3734	3804	71			CTT
tRNA Asp	F	3804	3869	66			GTC
ATPase8	F	3870	4025	156	ATT	TAA	
ATPase6	F	4019	4693	675	ATG	TAA	
COIII	F	4693	5476	784	ATG	T+tRNA	
tRNA Gly	F	5477	5540	64			TCC
ND3	F	5541	5892	352	ATT	T+tRNA	
tRNA Ala	F	5893	5956	64			TGC
tRNA Arg	F	5956	6020	65			TCG
tRNA Asn	F	6020	6084	65			GTT
tRNA Ser(AGN)	F	6085	6151	67			TCT
tRNA Glu	F	6152	6214	63			TTC
tRNA Phe	R	6275	6213	63			GAA
ND5	R	7983	6276	1708	ATT	T+tRNA	
tRNA His	R	8046	7984	63			GTG
ND4	R	9373	8047	1327	ATG	T+tRNA	
ND4L	R	9657	9367	291	ATG	TAA	
tRNA Thr	F	9659	9721	63			TGT
tRNA Pro	R	9786	9722	65			TGG
ND6	F	9788	10276	489	ATA	TAA	
CytB	F	10276	11407	1132	ATG	T+tRNA	
tRNA Ser(UCN)	F	11408	11474	67			TGA
ND1	R	12441	11491	951	TTG	TAG	
tRNA Leu(CUN)	R	12504	12443	62			TAG
lrRNA	R	13770	12505	1266			
tRNA Val	R	13840	13771	70			TAC
srRNA	R	14621	13840	782			
AT-rich region	-	14622	15985	1364			

For abbreviations see legend for Fig.1.

Table 2 Percentage of A + T content

	<i>L.cruciata</i>	<i>R.ohbai</i>	<i>R.lufengensis</i>	<i>P.rufa</i>
Total region	75.7	79.1	79.6	77.4
AT rich region	88.6	85.3	86.9	87.6

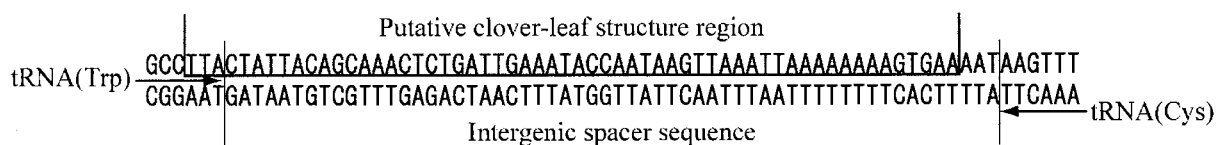


Fig. 2 Intergenic spacer sequence region between tRNA(Trp) and tRNA(Cys)

3.2 遺伝子間のスペーサー配列の特徴

ゲンジボタルmtDNAのtRNA(Trp)とtRNA(Cys)の間に存在した58 bpの遺伝子間のスペーサー配列およびこの両端に隣接する数塩基対を含む配列を、二次構造予測ソフトウェアmfoldで解析したところ、トランスファーRNAの特徴的な立体構造であるクローバーリーフ構造のアクセプターステム、D-ループ、そしてアンチコドンループに相当する二次構造が予測された。一方、TΨC-ループは予測されなかったが、2 bpではあるがTΨC-ループを形成するためのステム部分を形成させると、大きな可変ループおよび小さなTΨC-ループを持つクローバーリーフ構造と、小さな可変ループおよび大きなTΨC-ループを持つクローバーリーフ構造が推定できた (Fig. 3)。

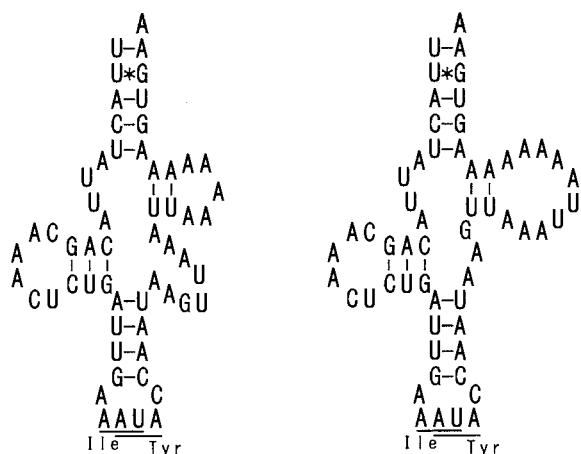


Fig. 3 Putative clover-leaf structures of the intergenic spacer sequence region

これらの構造から予想されるアンチコドン配列は、AAUまたはAUAであり、The Invertebrate Mitochondrial

Code (table 5)⁷⁾に従うと、これらはそれぞれイソロイシン(Ile)およびチロシン(Tyr)のアンチコドンに相当する。

このスペーサー配列から推定される構造は、トランスファーRNAとしては不完全であり、この配列はシュードジーン (偽遺伝子) の可能性がある。また、この配列が他のホタル科の昆虫3種のmtDNAに存在しないことから、これがゲンジボタルまたはゲンジボタル属のホタルに特有なものであると推定できる。これを確かめるためには、ヘイケボタルなどの、他のゲンジボタル属ホタルmtDNAの解析が必要である。

謝 辞

ゲンジボタルの採取で、ご助言とご協力をいただきました本校建設環境工学科の原田正光教授に深く感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) H. Suzuki: Tokyo Metropolitan University Bulletin of National History, 3, 1-53 (1997).
- 2) H. Suzuki, Y. Sato, and N. Ohba: Mol. Phylogenet. Evol., 22, 193-205 (2002).
- 3) T. Yoshikawa, K. Ide, Y. Kubota, Y. Nakamura, H. Takebe, and H. Kusaoka: Jpn. J. Ent., 4 117-127 (2001).
- 4) J.S. Bae, I. Kim, H.D. Sohn, and B.R. Jin: Mol. Phylogenet. Evol., 32, 978-985 (2004).
- 5) X. Li, K. Ogoh, N. Ohba, X. Liang, and Y. Ohmiya: Gene, 392, 196-205 (2007).
- 6) D.L. Lewis, C.L. Farr, and L.S. Kaguni: Insect Mol. Biol., 4, 263-278 (1995).
- 7) S. Osawa, T.H. Jukes, K. Watanabe, and A. Muto: Microbiol. Rev., 56 229-264 (1992)

校内LANシステム更新

The Renewal of the Local Area Network System

和賀 宗仙・北村 早苗*・島村 浩**・小泉康一***・大槻 正伸**

福島工業高等専門学校モノづくり教育研究支援センター

*図書館スタッフ株式会社

**福島工業高等専門学校コミュニケーション情報学科

***福島工業高等専門学校電気工学科

Toshinori Waga, Sanae Kitamura, Hiroshi Shimamura*, Koichi Koizumi**, Masanobu Ohtsuki**

Fukushima National College of Technology, Manufacturing Support Center for Education and Research

*Fukushima National College of Technology, Department of Communication and Information Science

**Fukushima National College of Technology, Department of Electrical Engineering

(2013年9月17日受理)

FNCT Local Area Network (henceforth LAN) was replaced in October 2012. The replacement includes not only network switches and wireless access points but also several servers. The network servers are virtualized. iNetSec smart Finder was introduced so that all computers and devices are authenticated by MAC address. On the other hand, connecting wireless LAN has become more complicated compared to the old network. In this paper, we explain the explicit specification of the new network and the operational changes in the new network system.

Key words: LAN, network

1. はじめに

福島高专では平成24年10月に校内LANの機器更新を行った。各種サーバ類も更新対象である。これまで、サーバ群の管理に関しては以下にあげる問題点があった。

・12台ものタワー側サーバが3段のラックに敷き詰められており、サーバ室内でもかなりのスペースを占めていた (Fig. 1)。

・www (WEBサーバー) はXOOPSのアップデート等重要な作業を行う際、仮想化していないので長時間かけてOS全体のバックアップをとる必要がある。

・メールサーバは本校で自力で構築したものであるが、トラブル時に頼れる保守業者がない。メールは大変重要なサービスであるため、構築からトラブル対応までしてくれる保守業者が必要である。

・DNS (これも自力で構築)、シスログサーバは小規模演習室である画像処理演習室にあったWindows 2000時代の古いPCを使いまわしたもの

であり、しばしばハードディスク故障をしてはAcronis True Imageで復旧をしていた。

これらの一般的なネットワークサーバは業者に構築を行ってもらい、安定動作を保障してもらうことが望ましい。仮想化による省スペース化、サーバリソースの効率利用も今回の機器更新の大きな目的である。

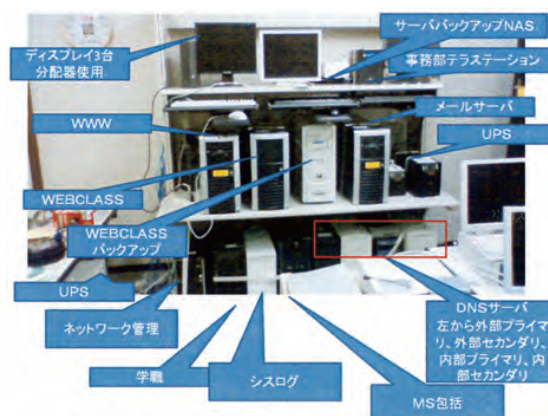


Fig. 1 機器更新前のサーバラック

この機器更新は各高専が仕様を決める個別調達によるものであるが、同時に一括調達（全国高専統一の機器が調達される）によるファイアウォールの入れ替えもされた。なお、認証サーバは既に平成24年3月5日に一括調達により導入されている。

2. 更新仕様

2.1 ネットワークスイッチ

ネットワーク機器更新後のネットワーク構成図をAppendix. に示す。

更新後のネットワークスイッチは、コアスイッチ(L3)がCISCO Catalyst 3750X、エッジスイッチがFUJITSU SR-S348TC1に全て入れ替えられた。その中でも磐陽寮、モノづくり教育研究支援センター、第一体育館、第二体育館は更新前はSummitやアライドテレシス製の古いスイッチ類であり、各部屋との通信速度が100Mbpsあるいは10Mbpsのものであった。これ以外のエッジスイッチは更新以前はCISCO 2960で構成されており、1Gbpsであったが、平成29年6月にサポート終了¹⁾であるため入れ替えた。これでエッジスイッチの各ポートまでは1Gbpsの通信速度が保証されるが、第二体育館から熱実験室、寮スイッチからは同軸ケーブルで敷かれている箇所があり、その通信速度は10Mbpsである。また、コミュニケーション情報学科棟では、エッジスイッチから各部屋の情報コンセントへの配線が一部4芯になっており、100Mbpsまでしか通信速度を持ってない。したがって、学内同士の通信において学内全体に1Gbpsを保証するまでには至っていない。

ファイアウォールは一括調達によりFortigate 300Cに入れ替えられた。

2.2 サーバの仮想化

ネットワークサーバは仮想化され、Table. 1のようにリソース配分されている。サーバ本体はFUJITSU PRIMEQUEST 1400S2であり、CPUは1.86GHzである。Fig. 2は現在のサーバラックであり、左側が今回導入されたサーバラック、右側は情報演習室のものである。Fig. 1に比べると省スペース化されていることがわかる。また、無停電電源装置 (UPS) と連動し、停電時にはUPSに接続されているサーバのOSに指令を出し、自動で安全にシャットダウンし

てくれる (以前はUPSのバッテリーが切れる前に我々が手動でOSをシャットダウンしなければならなかった)。

なお、WEBサーバはautomysqlbackupにより自動的にデータベースを定期バックアップし、rsyncコマンドにて毎日サイトのソースプログラムと一緒にバックアップサーバに同期している。これでOS障害によりサーバを起動できず、再構築することになっても、バックアップサーバからソースとデータベースを復旧でき、サイト復旧も迅速に行える。WEBサーバは学内限定サイト用のものをもう1台別に立て、卒業論文サイトはそこに置くようにした。メールサーバーは、DMZに転送専用のサーバー、内部にスプール用サーバーを立てることでセキュリティを確保した。また、内部メールサーバーにはWEBメール用に「ROUNDCUBE」と「squirrelmail」をインストールしてある。

ただし、WEBCLASSや学職サーバのようにマシン購入から構築まで業者が関わっているものは仮想化せずそのまま残した (Fig. 3)。これらのサーバの電源コードは、差込口の手前で輪を結び、地震時に抜けていくした (Fig. 4)。

Table. 1 仮想化サーバのリソース配分

サーバ名	CPUコア数	メモリ(GB)	消費HDD(約GB)
外部WEB	2	8	200
外部DNSプライマリ	1	2	100
外部DNSセカンダリ	1	2	100
内部DNSプライマリ&内部WEB	1	2	200
内部DNSセカンダリ&メール	1	2	350
DHCP	1	4	150
syslog	1	2	100



Fig. 2 更新後のサーバラック



Fig. 3 仮想化しなかったサーバ



Fig. 4 電源コードの結び方

コミュニケーション情報学科棟では、エッジスイッチから部屋への配線が一部4芯になっており、100Mbpsまでしか出せない。平成30年度までには8芯になるよう工事が必要である。

2.3 無線LAN

無線LANアクセスポイントはFUJITSU SR-M20AP1にすべて入れ替えられ、全教室、各棟コモンスペース、大会議室、コミュニケーション情報学科棟5Fの共同教員室、視聴覚室、体育館、実験室で計47台配置された。

SSIDは教職員と学生用、ゲスト用のものがあり、教職員用はステルス(PC上にSSIDが一覧表示されない)になっている。

教職員用と学生用で用いられるセキュリティ方式はWPA2エンタープライズであり、IDパスワードは情報演習室のActive Directoryと連携している。学生用のSSIDで接続したときには、事務系VLAN上にあるサーバと高専共通システム(Web給与明細システム、旅費システム、KOALA・ザイトスシステム、財務会計システム)にはアクセスできないようにしている。

もう一つゲスト用のSSID(セキュリティ方式はWEP方式)があり、図書館、情報センター、体育館に設けてある。このSSIDで接続されたPCは学外上のPCと同じ扱いとなり、事務部サーバ、高専共通システムはもちろん、学内限定サーバには一切アクセス

できない。

しかしながら、以前使っていたCISCO Aironet1000シリーズ、1130AGに比べ電波強度は著しく弱くなった。物理実験室、体育館、情報センター、サーバ室には外付けアンテナをつけて増幅している。

現在のアクセスポイントにはLANケーブルを差し込むポートが2つある。1つは部屋の情報コンセントにつながるが、もう1つのポートを利用して部屋内に無線LANと有線LANを混在させることが可能である。ただし、有線と無線のVLANを混在させることになるので、エッジスイッチ側にはタグVLANによる特別な設定が必要である。

また、教職員用と学生用のWPA2エンタープライズ方式によるPCの接続設定は更新前のWEP方式と比べ難しく覚えていく。そこで、Windows 7, 8では自動的にSSIDの設定をしてくれるexe形式のプログラムを作ったが、多くのセキュリティソフトで脅威としてみなされ、自動削除されてしまった。この問題は後にWindows 2008 ServerマシンにWindows SDKをインストールし²⁾、makecert, signtool signwizardによるファイル署名を施すことで解決された。学生用の設定プログラムは学内SNSからダウンロードできるようにしてある(Fig. 5)。



Fig. 5 無線LAN設定プログラムのアナウンス

2.4 MACアドレス認証の導入

これまでは各教職員に所定のエクセルファイル

に各自が管理しているコンピュータのMACアドレス、IPアドレス一覧を送ってもらい、情報センターで帳簿管理していたが、人事異動が頻繁にあるため最新のデータを保持することが難しかった。また、IPアドレスは各学科の情報センター運営委員に管理を任せているが、しばしばデータの食い違いが生じてIPアドレスの衝突が起これ、衝突相手を突き止めるのに苦労していた。

今回の機器更新でiNetSec Smart Finderという機器管理アプライアンスを導入した。はじめて本校LANに接続する情報端末上では、IPアドレスやWi-Fiなどの適切なネットワーク設定が完了した後の初回ブラウザ起動時に、ブラウザ画面にLAN接続申請画面が現れる (Fig. 6)。そこに必要事項を記入して申請する。無線LANの場合は情報センター管理者が承認操作をすると該当端末がネットワークを利用できるようになる。有線の場合は申請と同時に自動承認される。ここで、iNetSec Smart Finderは可能な限り接続機器の種類判別も行い、PCやスマートフォン以外のブラウザを持たないネットワーク機器、例えばプリンタなどの場合は自動的に承認するようにしている。しかし、まれに判別のつかない機器もあるため、その場合には該当機器まで情報センタースタッフが行き、MACアドレスを確かめる。許可が下りていない機器でも接続した機器のMACアドレスはiNetSec Smart Finder管理サイト上に表示されるので、これを手動で承認操作する。接続機器の一覧画面にはIPアドレスも表示されるので、IPアドレスの空き状況を把握しやすくなった。

Fig. 6に示すとおり、有線と無線では入力する項目内容が異なる。無線LANではセキュリティソフトをきちんと導入しているかを重点的に見て承認を行う。Androidも必須とした。Macintosh、iOS端末は不要とした。Windows 8はMicrosoft Security Essentialsと同等のセキュリティ機能をもつと謳われているので必須でないとした。Windows 7以前に関しては個人PCにはMicrosoft Security Essentials、学校所有PCにはSystem Center Endpoint Protection (SCEP) を推奨しており、それ以外のフリーのセキュリティソフトは認めないこととしている。SCEPは2012年12月より、マイクロソフト包括ライセンスに含まれるようになった。これ

まで利用してきたMcAfee SaaS Endpoint Protectionは2013年9月末に契約満了となるまで、平成25年度後期までに学内のすべてのPCのセキュリティソフトを完全に切り替える。

有線の場合にはPC設置場所を入力してもらうことにしている。情報コンセントには番号シールがはっていない箇所もある場合や、施設管理係の所持する図面と番号が異なる場合があるので、これまではエッジスイッチのログだけでは場所を把握しにくかったが、今後はネットワークトラブル時には、iNetSec Smart Finderの管理画面からトラブル発生個所を特定しやすくなる。

Fig. 6 iNetSec接続申請画面

2.5 VPN

一括調達で提供されているファイアウォール Fortigate 300Cのほかにもう1台、下位機種の Fortigate 100Dを個別調達にて導入している。300Cが故障したときの予備であるとともに、VPN機能³⁾を100Dで動作させようとしている。

現在でも、業者構築によるサーバには業者の事業所の固定IPから指定ポートによる接続をファイアウォールポリシーで許可しているが、固定IPアドレスを持たない業者には対応できない。固定IPでも、接続元の事業所の規模が大きい場合には、事業所内の誰もがサーバにアクセスできてしまうことも問題である。色々な場所から研究室のサーバに接続したい教員のために、任意のIPからのSSH接続を許可することはセキュリティ上大変危険である。また、学外からのwebmailを使わせるためには、任意のIPからのメールサーバへのHTTPSアクセスを許可せざるを得ず、セキュリティ上の観点から現実的に無理である。そのため、学外からメールを読みたい教職員は各自の設定によりフリーのウェブメールアドレス

レスや携帯アドレスに転送をかけているが、大変好ましくない。

したがって、webmail、サーバメンテナンスはVPN接続にて行わせるよう準備中である。準備には、

- VPNの利用を希望する教職員へのユーザアカウント発行
- ユーザアカウントごとのポリシー設定
- 各OSのVPNクライアントソフトの入手

をすることになる。多くのユーザはwebmailのみを使うことになるので、メールサーバへのHTTPS接続のみを許可するようユーザをグループ化する。サーバをメンテナンスしたいユーザはそのグループから外し、接続したいサーバへのSSH接続など、必要なプロトコル通信の許可をする。クライアントソフトのダウンロードはネットワーク保守業者が所持するCisco IDが必要であり、後日業者にダウンロードしたソフトを提供してもらう予定である。

なお、作成されたユーザのIDパスワードは、教職員に関しては一括調達による認証サーバに既に連動させている。メンテナンス業者に対しては認証サーバにそのユーザが存在しないので、高専機構本部の策定したパスワードポリシーを満たすようにFortigate 100D側にアカウントを作成する。

加えて、VPN接続でも高専共通システムへのアクセスは禁止する考えである。

3. 補足

3.1 メールセキュリティアプライアンス

平成19年度にメールセキュリティアプライアンスCisco製IronPort⁴⁾を導入してから、スパムメールはほぼ完全に届いてこなくなり、大変評判がよいため、現在も継続利用している。

IronPort、Fortigate（現在使っているファイアウォール）とも、AntiSPAMとAntiVirus機能をもっているが、FortigateのAntiSPAMはIronPortに比べると性能が悪いと聞き、IronPort側にAntiSPAMをさせ、Fortigate側にはAntiVirusのみをさせることにした。

3.2 ウェブフィルタ

Fortigate 300Cにはウェブフィルタの機能があり、現在は

- 違法性、犯罪性の高いサイト

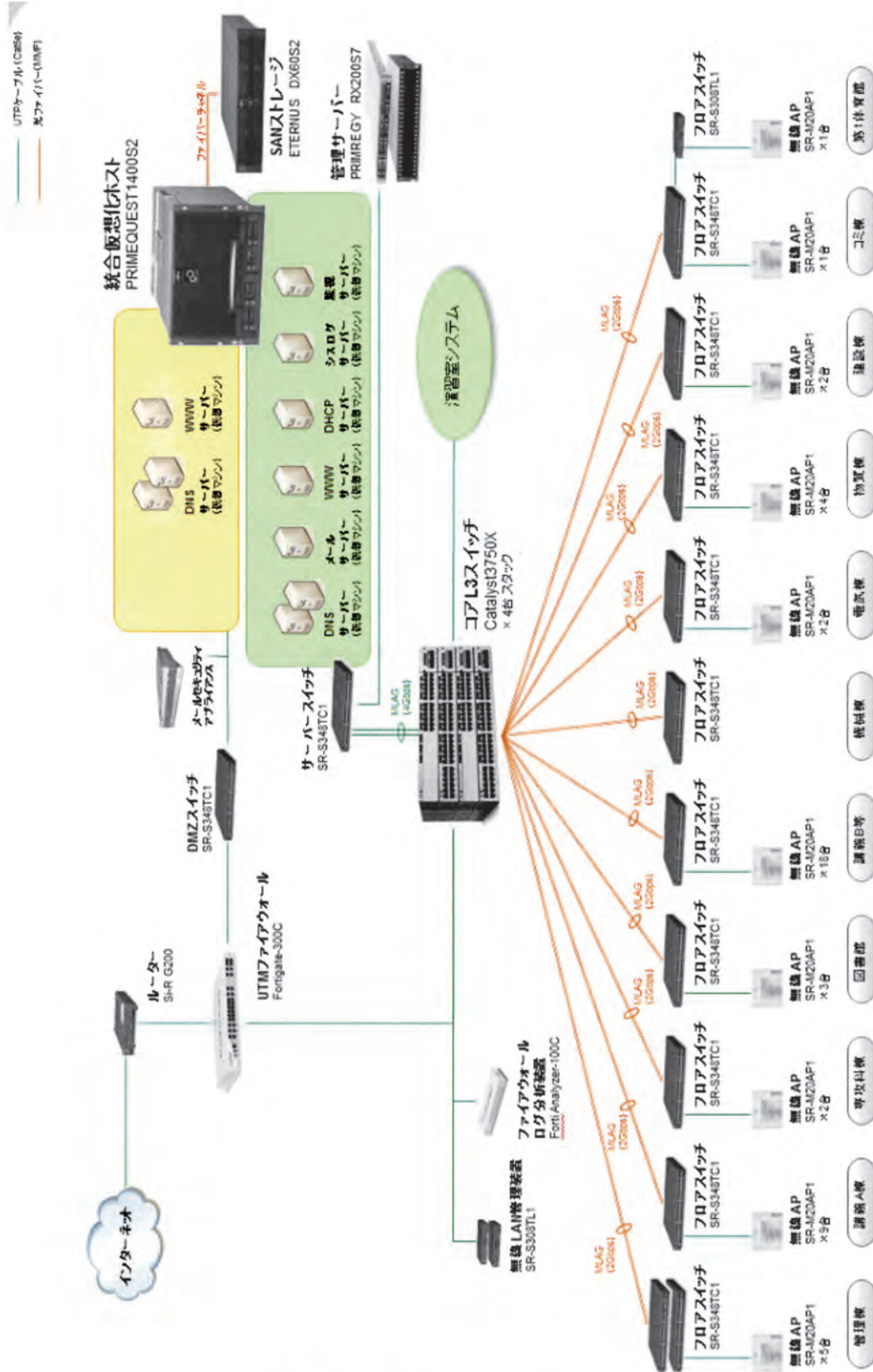
- セキュリティ上問題のあるサイト
 - 市民運動団体、ギャンブル、アルコール、タバコを除くアダルト成人コンテンツ
- を学内LANで見られないようブロックしている。「問題のないサイトなのに見られない」という苦情がきた場合には、技術職員の持つiPhone5で、3G回線で一度そのページをチェックし、問題がないと判断した場合にはホワイトリストとしてオーバーライドしている。また、行政機関の注意喚起等で、マルウェアのダウンロード元などのセキュリティ上危険なサイト情報が通達された場合にはブロックリストとしてそのURLを書き込んでいる。

3.3 アプリケーションコントロール

WinnyのようなP2P通信⁵⁾を伴うファイル交換ソフトはウイルス感染の原因となる悪名高いソフトであり、利用を阻止しなければならない。Fortigate 300Cにはアプリケーションコントロール機能があり、校内で利用するアプリケーションに制限をかけることが可能である。ここではP2P通信を伴うアプリケーションをブロックしているが、例外設定としてSkypeとEzpeerは利用できるようにしている。Ezpeerは産学連携コーディネータ室で動いているWEB会議システムの内部で動作しているアプリケーションであり、これを禁止するとWEB会議ができなくなるためである。今後、スマートフォンの普及に伴い、Skype以外にも様々な通話ソフトが出現することから、このような例外設定をしつつ一般的なP2Pソフトはブロックしていくことになる。

参考文献

- 1) http://www.technovan.co.jp/products/switch/eos_sw.html
- 2) <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=11310>
- 3) http://www.furukawa.co.jp/network/vpn/about_vpn/about_vpn_top.html#08
- 4) http://www.cisco.com/web/JP/product/hs/security/IPmail/prodlit/pdf/data_sheet_c78-694035.pdf
- 5) <http://e-words.jp/w/E38395E382A1E382A4E383ABE4BAA4E68F9BE382BDE38395E38388.html>



Appendix. ネットワーク構成図

モノづくり科目へのステージゲート法導入についての一考察

Introduction of the “Stage-Gate System” to a Product Development Course

西口 美津子

福島工業高等専門学校コミュニケーション情報学科

Mitsuko Nishiguchi

Fukushima National College of Technology, Department of Communication and Information Science

(2013年9月17日受理)

This paper discusses the merits and the issues of the “Stage-Gate System” when it’s introduced to a course of new product development at a national college of technology. Innovation is one of critical factors for the growth of Japanese industry and the human resource development for young students is particularly important. In this paper, the Stage-Gate System, a globally acknowledged product development process, is considered as a tool for developing new products. It will be helpful for the students to know the innovation process, however, careful preparation is required in terms of idea collection and the Gate Keeper assignment, etc.

Key words: Stage-Gate System, innovation, product development course, college curriculum

1. はじめに

本稿は、1980年代に北米で考案され、現在、多くの国で用いられている製品開発マネジメント手法である「ステージゲート法¹⁾」を、高専のモノづくり関連科目に導入した場合の利点と課題について論じるものである。戦後、日本のものづくりは、松下幸之助、本田宗一郎、盛田昭夫のようなカリスマ的な経営者が製品開発を先導し、各種家電、自動車等で世界の市場を席卷してきた。マーケティングの4P(製品:Product、価格:Price、流通:Place、販売促進:Promotion)の提唱者であるコトラーは、今日、戦後の日本を牽引してきたこれら創業者でクリエイティブな人材の系譜が途絶えたことを危惧すると共に、人材、とりわけ若者の育成の重要性を説いている²⁾。

一方、平成20年度の中教審大学分科会答申において、高専教育は、「中堅技術者の養成」から「実践的・創造的技術者の養成」への方向転換が示され、「イノベーション創出に貢献する技術者の輩出」が求められている。そこで、現在ビジネスコミュニケーション学専攻で実施している「ビジネス創造演習」に、製品開発手法として、ステージゲート法を導入することを想定し、それによりもたらされる利点と乗り越えるべき課題について検討することにした。

2. 新製品の開発手法について

2.1 新製品開発プロセスの分類

新製品の開発については、1970年代以降、成功要因研

究が世界各国で行われ、それを踏まえた製品開発のモデル化も行われてきた³⁾。表1に、時系列に従って開発を行うモデルであるリニア・モデルを代表する2つの製品開発モデル：マーケティング・モデルとエンジニアリング・モデルについて、それぞれの概要、具体例と特色を示す。マーケティング・モデルは、顧客が求める商品を提供することを目指すニーズ志向の製品開発であり、欧米の企業が先行している。ステージゲート法は、マーケティング・モデルに含まれる。一方、エンジニアリング・モデルは、どちらかというときシーズ志向の製品開発で、日本企業が優れた製品開発を行うのに用いられてきた。

表1 2つの開発モデルの相違^{注1)}

	マーケティング・モデル	エンジニアリング・モデル
概要	顧客のニーズを起点とした需要プル論前提の開発モデル。	設計・生産活動を中心に定式化した新製品開発モデル。
具体例	<ul style="list-style-type: none"> ・1960年代のNASAのPhased Project Planning ・1964年にP&Gが、「フェーズ・レビュー・プロセス」として導入。70年代に、3M、HP、デュポン、IBM等、多くの企業で採用。 ・第2世代の開発プロセス・モデルがクーパーにより提案され、ステージゲート法と呼ばれる。(1994年) ・現在、次世代のステージゲート法が提供されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・コンセプト開発、システム設計、詳細設計、テストと改良、生産開始の5段階で概念化(Ulrich & Eppinger, 1995年) ・製品コンセプト、機能設計、構造設計、肯定設計の4段階からなる(藤本, 1997年) ・製品企画、設計開発、要素技術開発、生産準備、開発管理からなる(延岡, 2002年)
特色	・市場機会の選定から製品ライフサイクルまでを段階的にマネジメントする。	製品コンセプトを具現化するプロセスを工学的な設計論の観点から説明する。

注1) 川上智子著「顧客志向の新製品開発」³⁾を基に、西口編集。

2.2 ステージゲート法とは何か

ステージゲート法は、新製品の導入を管理するためのツールであり、1980年代にステージゲート法を提案したR.G.クーパーによれば、「新製品をアイデアから市場に出すまでの概念的実務的なモデルであり、企業が新製品の開発プロセスを効果的、効率的にするための設計図⁴⁾とされる。図1に示すように、GateとStageで構成され、Gateが進むごとに製品開発案を絞り込んでゆくことにより、市場導入までの期間の短縮や、研究・開発効率の向上を図る。1980年代、日本勢に押された米国企業が、日本企業の製品開発プロセスを研究し、Stageに取り入れたとされている⁵⁾。当時の米国企業の状況と同様、日本企業が閉塞状況から脱却する必要性がある今日、見直されている手法でもある⁶⁾。

アイデアを出す段階では、投資はほとんど必要ないので、なるべく多くのアイデアを募り、ビジネスケース分析や実際の開発等、工数のかかるものは、Gate1を通過した案のみについて行う。アイデアが生まれてから市場化まで通常3~7のGateを持つのが一般的であるが⁷⁾、Gateの設定の仕方が各社・業界の実態に応じ自由であるというのが基本である⁸⁾。各Gateでは、企業毎に評価項目を定め、その基準を満たしているかどうかでGate通過の可否を判断する。たとえば、研究所におけるGate通過の可否を決定する最終的な評価者は、Gate1では研究グループリーダー、Gate2では研究所長、Gate3では事業部長、Gate4では経営層というように、Gateが上がる毎に、より上位者の判断を必要とする⁹⁾。

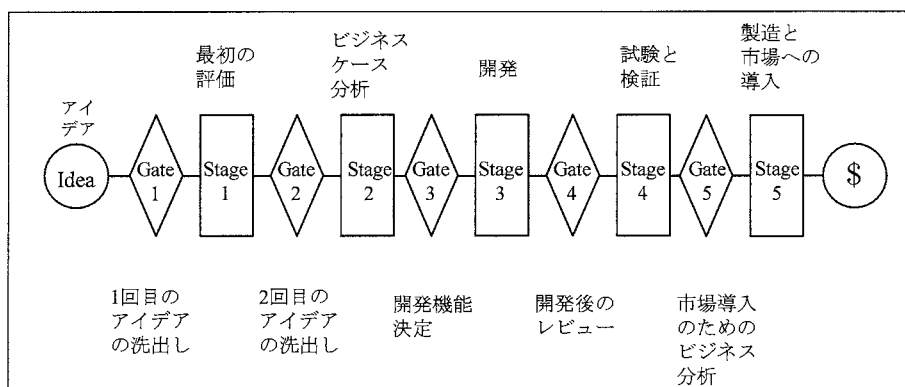
Gate1時に、2つのアイデアを統合して一つのアイデア（製品案）として次のStageに移ることもある。一般的なブレインストーミングでは、出たアイデアの評価はファシリテーターやコンサルタントが行い、開発担当に

渡されることが多いが、ステージゲート法では、ゲートの通過を判断するゲートキーパーは、製品と市場を熟知しているために、その場でアイデアの統合による開発コストの削減、といったことも可能になる。Stage3で実際に製品を開発した後も、開発後のレビュー(Gate4)や試験と検証(Stage4)を経て、最終的なビジネス分析を行い(Gate5)、実際の市場に出してゆく(Stage5)ものである⁹⁾。Gate1の前に、Gate0やGateA等を設け、商品化提案確認会、企画確認会等を開いて、アイデアの収集を促す企業もある¹⁰⁾。例えば、カナダの通信機製造会社ノーザンテレコムは、1980年代に4段階のGateを通すことで、国際市場で優位に立つことができた¹¹⁾。

2.3 ステージゲート法の企業での導入例

ステージゲート法は、IBM、GMや3Mといった大企業で用いられ⁷⁾、日本においても、固有の風土に適合するように改良が加えることで根付いてきた⁹⁾と言われている。富士フィルム⁶⁾や住友化学¹²⁾等、ハイテク機器や石油科学系の会社やベンチャー企業¹³⁾の研究開発にも用いられてきた。富士フィルムでR&Dを手掛けた浅井(2011)は、テーマの発掘及びその評価は非常に難しく、定型的な方法は存在するが絶対的な方法は存在しないとしつつ、自社のステージゲート法を紹介している。その中で、ステージゲート法の活用的前提として、下記の項目を挙げている⁶⁾。

- ・開発が重要であるという社内での認識の共有化
- ・アイデアが沢山提案される状況にあること
- ・経営意思が明確になっていること
- ・責任者が明確な意思決定を行うこと
- ・意思決定に基づく判断がアクションに結び付くこと
- ・社内の各機能の前向きな姿勢があること
- ・企業文化風土の変革への取組み姿勢が存在すること



出所) R. G. Cooper: Stage-Gate Systems: A New Tool for Managing New Products, Business Horizons⁵⁾より

図1. ステージゲート法の概要

ステージゲート法を取入れたことのある各社が共通して強調するのは、Gateの通過を許可するゲートキーパーの重要性である。初期の段階から研究、技術のみならず、マーケティング、生産、品質管理、企画、特許等の様々な角度から十分な検討を行い、多機能で複合的なメンバーが集結して評価を下す必要がある¹⁴⁾。テーマ(アイデア)を絞るゲートキーパーのセンスと柔軟性が全てを決めて行く⁸⁾と言っても過言ではない。アイデアの提供者と、常日頃からテーマの進捗状況を現場と共有しておく必要がある¹⁴⁾。多産多死とも言われるように、Gateを介して、多くのアイデアが篩(ふるい)にかけられ一部は「Not Go(kill)」になるために、アイデアの提案者に納得のゆくような評価基準と評価結果を示して行くことが、ステージゲート法を継続的に利用して行くのに必須のこととなる。

3. モノづくり科目へのステージゲート法の導入

現在、専攻科ビジネスコミュニケーション専攻においては、下記のモノづくり関連カリキュラムに基づく授業が行われている¹⁵⁾。

- ・製品開発論：2単位、30時間
- ・新規事業開発1、2：各2単位、各30時間
- ・モノづくり概論：2単位、30時間
- ・ビジネス創造演習：2単位、90時間

これらのうち、「ビジネス創造演習」は、2010年から実施されている実際にモノづくりを経験するための科目であり、デザインコンセプトの探索からコンセプト案の具現化や作成まで、学生がモノづくりを体験するためのコースとなっている。じっくりと時間のかけられる演習であることや、学生がアイデアを抽出し、ステージゲート法を活用したモノづくりを学ぶのに適した科目と言える。そこで、「ビジネス創造演習」に、ステージゲート法を取り入れた場合の利点と課題について考える。

3.1 製品開発手法の習得の必要性

企業にとっても導入が容易でない欧米の製品開発手法を、会社での実務経験もない高専生が使いこなすことができるのだろうか。また、製品開発の手法が会社によって異なるのであれば、会社に入ってからでも遅くはないのでは。これらの問いに対し、ステージゲート法を導入する理由として、下記の理由が考えられる。

- ・世界の多くの国の企業で実際に使われている。
- ・ハイテク製品の開発ばかりでなく、ローテク製品の開発にもステージゲート法は活用されている。
- ・製品開発のみでなく、コンセプトの開発に有効である。
- ・公開されたモデルであり、近年、日本語の訳書が出版

される¹⁾等、普及に弾みがついた。

- ・若者の方が、新しい開発方法に抵抗感なく取組める。

3.2 ステージゲート法によるモノづくりの演習

ステージゲート法を「ビジネス創造演習」に取入れるにあたって、下記の検討を行う必要がある。

- (1)どの分野の製品を開発するか
- (2)誰をゲートキーパーにするか
- (3)当初のアイデアをどのように収集するか

(1)については、高専での教育コースの一環として取入れる場合、企業と異なり取組む分野に制約がない代わりに、使用可能な資源が限られることが挙げられる。たとえば、企業がステージゲート法を導入して製品開発を行う場合は、会社全体のポートフォリオを意識する必要がある。ところが、授業の一環で行う場合、そうした、製品開発分野の選定に当たる部分は、教員の採択に委ねられることになる。少なくともコンセプトのレベルでは、一般的な消費材から地域貢献プログラムまで、非常に幅が広い範囲が開発の対象の可能性となる。その一方で、開発対象の選択次第では、使用可能な機器や材料に限りがあるため、表層的な開発に終わる可能性がある。

また、(2)については、企業の場合、ゲートキーパーを担当するのが製品や市場に熟知した専門家であるのに対して、学生が行う場合、ゲート通過時の絞り込みを適切に行うために、選択の基準をある程度、教員が明示する必要がある。

(3)について、かつて、データの収集は、アンケート用紙を郵送したり、個々に電話をかけたといった大変な労力と予算を要した。インターネットの普及によりネットユーザからはデータを収集しやすい環境にあるとはいえ、授業の中で情報収集を行うには、依頼先を限定せざるをえない。

4. ステージゲート法の適用例

4.1 具体的な開発分野と必要なアクション

ステージゲート法を高専の「ビジネス創造演習」に取入れた場合の参考として、「新たな地元物産品の開発」を例に考えたものを表1に示す。アイデアの収集には、ブレインストーミングやアンケート、地元自治体へのインタビュー等が考えられる。ともかく、多量の案件を集める必要がある。そうしたデータを、Gate1で、最初の絞り込みを行う。

具体的に、Gate1では集められたアイデアについて、次のStageへのGo又はNot Go(Kill)の決定を行う。たとえば、「有用性」、「適合性」等の定性的な評価項目については、評価基準をきちんと示すと共に、絞り込みの結

果が発案者にフィードバックされるような、透明性のある仕組みが必要となる。結果が発案者にフィードバックすることを約束し実行しないと、次回からアイデアを出してもらえなくなるからである⁶⁾。基準については、ゲートキーパーの話し合いで納得のゆく指標を用いることになるだろう。

ある程度絞り込んだ物産品(案)について、個々の定量的、定性的な評価項目に基づくデータを収集するのが Stage1 となる。評価基準に基き数値を集めるのは労力を要するが、結果が数量的に示されるので、次の Gate では客観的な判断が容易になる。

Gate2 では、あまりに製作コストがかかり、物産品としての汎用性に欠ける案や、既に登録商標化されている案等は除かれることになる。Gate2 を通過(Go)した物産品(案)には、より詳細な設計図を描くと共に、場合によっては商品モデルも作成する。

表2 ステージゲート法を用いた製品開発(案)

	高専生による新たな地元物産品の開発(案)
アイデア	・新たに土地の名産品となるようなアイデアを、広く収集する。
Gate 1	・既存のもの、優先度の低いものを取除く。(いわゆる足切であるが、玉(良い案)を落さないための注意が必要である。)
Stage 1	・予想される売上げ、作成コスト等、個々に計算。
Gate 2	・学生が、ブランド・マネジャーとして、個々の物産品(案)を評価し、Go と Not Go を決定。 ・マーケティングの 4P (製品:Product、価格:Price、流通:Place、販促:Promotion) について、数量的な根拠を提示。
Stage 2	・詳細な設計図と製造プロセスの図を描く。 ・商品モデルを作成。
Gate 3	・地元の商工会議所等、有識者を交えた Go と Not Go の決定。
Stage 3	商品化

注) 斜線部分は、オプションとして記載。

企業でステージゲート法を採用するに当たって、ゲートキーパーの重要性を指摘する声は多い¹⁴⁾。人は、自分が分かることは認めたがるが、分からないことや知らないことは否定したり関心外のことにしてしまうため⁵⁾、ゲートキーパーには、製品や市場についての広い知識と柔軟な思考力が必要になる。

ステージゲート法を高専の授業に取入れる場合、誰がゲートキーパーの役割を担うのか。また、限られた人数の専攻科においては、全員がゲートキーパーになる、といったことになりかねない。あるいは、最も臨場感を持って行うためには、客観的な判断の出来る外部の人材等の手を借りる、というのもあるかもしれない。たとえば、

「地元の物産品の開発」のような地域に密着した製品の開発の場合、Gate2 までは、学生が行うが、Gate3 以降は、地元の商工会議所や自治体等と連携し、外部の専門家に任せるということもありえるかもしれない。アイデアの抽出から商品化に至るまで一貫して行うことが理想であるが、商品モデルの作成までの一連の流れを掴むことで、学生のモノづくりへの理解は、より深まることと考えられる。

ちなみに、1990 年代、筆者の勤務した北米通信機メーカーで Gate1 や Gate2 のゲートキーパーの役割を果たしたのは、中堅のエンジニアで、働きながら経営学修士(M.B.A)を取得したブランド・マネジャー達であった。日本では、マーケティング等の経営学的手法は、消費材の開発に用いられるというイメージがあるが、交換機のような資本財の開発であっても、Gate1 や Gate2 においては、技術的な知識のみでなく、財務的、マーケティング的な考え方を理解し判断することが必要とされた。

4.2 ステージゲート法の高専教育への利点と課題

「多産多死」と言われ、応用範囲の広い「ステージゲート法」を教育コースに取り入れることで、想定される利点と課題には、下記のものが考えられる。

<利点>

- ・多様なアイデア(製品案)を収集し、その中から特定の市場のニーズに合った案のみ製品化するというプロセスを学ぶことができる。
- ・グローバルに活用されている製品開発の手法を学ぶことで、将来、企業等で率先して活用できる。
- ・グループワークが基本であることから、協業による製品開発について体験できる。

即ち、ステージゲート法というグローバルで標準的な製品開発の手法を、より現場に近い形で体験することを通して、新たなイノベーションの機会が広がることにこそ、導入の効果があるとも言える。

但し、「ビジネス創造演習」でステージゲート法を取入れた場合、下記の課題が考えられる。

<課題>

- ・当初のアイデア収集で、結果的に次のステージへ進めるほど優れたアイデアが集まらない場合がある。そこで、従来通り、学生自身による、アイデアの代替案を検討しておく必要がある。
- ・参加する学生の人数によっては、全員がゲートキーパーを担う等、いくつもの役割を兼ねる必要がある。その場合、上記、自分で発案したアイデアも、客観的な評価を行うことが求められる。

いずれにしても、社会人経験のない学生に、たとえば

営業担当と開発担当といった役割を想定し、どれだけ緊張感をもって製品開発対象の選択を討議できるかは、課題といえるだろう。

「ブルーオーシャン戦略」で知られる W.チャン・キムとレネ・ルボルニュは、イノベーションに何度も成功している 100 社以上について調査した結果、イノベーションに成功する者は、商品やサービスの有用性は何であるかを集中的に考えるという¹⁶⁾。ステージゲート法を用いて、より開発現場に近い形で商品やサービスについて学び考えることで、将来イノベーションに貢献できる人材を育てるための「ビジネス創造演習」が可能になると考える。

5. おわりに

高専におけるモノづくりへの取り組みの試みとして、ステージゲート法を用いることについて考察した。かつて日本企業が製品開発で圧倒的優位を持っていた 1980 年代まで、製品開発は企業個々の努力によって行われ、賞賛を浴びてきた。円高や途上国への工場移転等で価格優位性が失われ、また、世界中でイノベーションの必要性が叫ばれる現在、若者の視点での新たな製品開発やクリエイティビティへの期待が高まっている。

ステージゲート法は、今後もニーズ志向の製品開発のツールとして活用され、新たなイノベーションをもたらす可能性がある。グローバルな視点でモノづくりを学ぶ意味からも、ステージゲート法を導入することの効果は大きい。さらに、民間ばかりでなく、公的部門におけるイノベーションのツールとしての活用も期待できる。ステージゲート法を初め、新たなイノベーション手法を通して、今後のクリエイティブな若者の育成と日本の更なる発展に貢献できれば幸いである。

参考文献

- 1) ロバート・G・クーパー：ステージゲート法—製造業のためのイノベーション・マネジメント，英治出版，2012.12
- 2) P.コトラー：マーケティングは日本を救うか—経営に深く関わる人材を（時論），日経新聞 2013 年 7 月 28 日
- 3) 川上智子：顧客志向の新製品開発 マーケティングと技術のインタフェース,p.32, 有斐閣,2005.8
- 4) R. G. Cooper: Stage-Gate Systems: A New Tool for Managing New Products, Business Horizons, pp.44-54, May-June 1990
- 5) 宮正義：ステージゲート・プロセス成功の勘所，無敵の MOT オンリーワンの技術経営戦略，日経 BP 社，pp.24-30, 2004.10
- 6) 浅井政美：Stage Gate 法を利用した研究開発テーマの評価法，研究開発リーダー，Vol.8, No.2, p.4, 2011
- 7) R. G. Cooper & E. J. Kleinschmidt：New Product Processes at Leading Industrial Firms, Industrial Marketing Management 20, pp.137-147, 1991
- 8) 井川通：将来市場・技術動向の予測と研究開発テーマの実践的設定法（後編）—技術とイノベーションのマネジメント手法（MOT）視点での考え方解説，研究開発リーダー，Vol.8, No.7, p.39, 2011
- 9) 知的財産マネジメント第 2 委員会第 2 小委員会：ステージゲート法における知的財産マネジメント，知財管理，Vol.59 No.7, p.843, 2009
- 10) 森本恭史：商品化推進におけるステージゲート手法の利点と具体的な注意点，研究開発リーダー，Vol.8, No.6, p.19, 2011
- 11) R. G. Cooper: Stage-Gate Systems: A New Tool for Managing New Products, Business Horizons, pp.45, May-June 1990
- 12) 細田覚：「ステージゲート」法を用いた研究開発テーマの Go/ Stop 判断，研究開発リーダー，Vol.9, No.3, pp.15-21, 2012
- 13) 新藤和政：バイオベンチャーの研究開発マネジメント—ステージゲートモデルを用いて—（新技術の動向），年次学術大会講演要旨集，研究・技術計画学会，pp.738-741, 2004.10
- 14) 池松正樹：ステージゲート法における運用上の課題とその解決策についての一考察，研究開発リーダー，Vol.8, No.2, p.11, 2011
- 15) 福島工業高等専門学校シラバス平成 25 年度 (<http://www.fukushima-nct.ac.jp/syllabus>)
- 16) W.チャン・キム，レネ・モボルニュ：イノベーションの潜在価値を評価する法，製品開発力と事業構想力，ダイヤモンド社，2006.5

高等学校における数学ソフトウェアの活用とその現状

Analysis of Mathematical Software Used at High School

西浦 孝治・野澤 武司*

福島工業高等専門学校一般教科

*長岡工業高等専門学校一般教育科

Koji Nishiura and Takeshi Nozawa

Fukushima National College of Technology, Department of General Education

*Nagaoka National College of Technology, Department of General Education

(2013年9月12日受理)

There exists mathematical software used at most of high school in Japan. Using this software, we are able to make teaching materials of mathematics. In this paper, we analyze the characteristics of this mathematical software by sending out questionnaires to high school teachers. By the analysis, we suggest better mathematical software.

Key words: software, mathematics, high school, Studyaid.D.B., TeX

1. はじめに

高等学校において、数学教材を作成するために広く使用されている数学ソフトウェアがある。そのソフトウェアが多く的高等学校で使用されている要因について考える。どのように使用され、なぜ広く使用されているのかについて分析する。

最初に、この数学ソフトウェアの機能について述べる。次に、高等学校の数学教員に対して行ったアンケート調査の結果を分析する。また、他の数学ソフトウェアとも比較する。そして、それらの分析結果を基にして、より良い数学ソフトウェアとはどのようなものであるのかについて考察する。

2. 数学ソフトウェアについて

Studyaid D.B. (数研出版) という数学ソフトウェアがある。全国約9割、5,200校の高等学校で使用されている。まず、そのソフトウェアの機能について述べる。

このソフトウェアを用いることによって、データベース問題や自作問題を編集して、数学教材を作成することができる。Studyaid D.B.はデータベースの問題によって様々な種類がある。「教科書データベース」、「問題集データベース」、「受験用データベース」などがある。特に、「問題集データベース」シリーズの問題数を挙げると次の通りである。

【Studyaid D.B.の問題数】

- ・数学I, 数学A : 約7,600 題
- ・数学II, 数学B : 約9,300 題
- ・数学III : 約5,100 題

このソフトウェアには検索機能が備わっている。単元、難易度、問題集の種類、入試問題の出題校などを指定することによって、必要とする問題を選択することができる。また、すべての問題に解答と解説が付いている。そして、プリントのスタイルを自由に設定することが可能である。問題のみ、問題・答、問題・答・解説などのスタイルにすることができる。段組みや用紙サイズなども設定することができる。

このソフトウェアでは図も作成することができる。これはデータベース問題や自作問題にグラフをつけたいときに利用することができる。主な作図機能は次の通りである。

【Studyaid D.B.の作図機能】

- ・関数を入力することによってグラフを描くことができる。
- ・グラフの領域を塗りつぶすことができる。
- ・図中に数式を書くことができる。

ただし、空間図形に対してはこのような機能は付いてい

ない。

Studyaid D.B.を用いて作成した教材のサンプルを図1に示す。これはデータベース問題から問題を選択し、解説付きのスタイルで作成したものである。図の解説の元の図には数式は書かれていなかったが、それを書き加えた。Studyaid D.B.は他のソフトウェアとの互換性が低い。Studyaid D.B.によって作成したファイルをPDF変換ソフトウェアによってPDFファイルにしたものを挿入した。したがって、画質はよくない。「3. アンケート結果とその分析」の中で、Studyaid D.B.の長所と短所について考察するが、Studyaid D.B.によって作成したファイルはこのソフトウェアでしか開くことができないということが短所の1つとして挙げるができる。

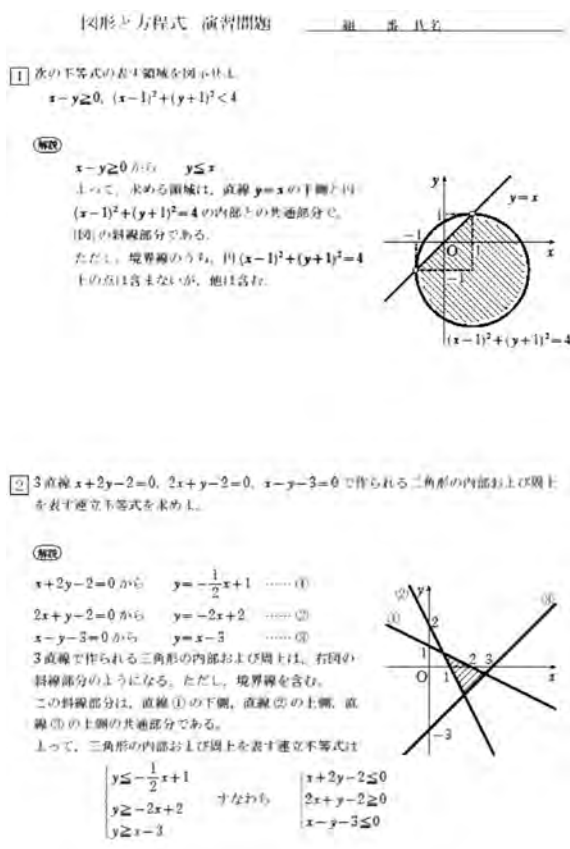


図1 Studyaid D.B.で作成した教材

3. アンケート結果とその分析

3.1 アンケート結果

Studyaid D.B.の特徴を分析するために平成25年7月に高等学校の数学教員に対してアンケート調査を行った。アンケートの各質問に対する集計結果は次の通りである。

【対象】 福島県の県立高等学校数学教員 35 名
回答：22 名

- ・普通科 : 16 名
- ・工業科 : 3 名
- ・商業科 : 2 名
- ・農業科 : 1 名

各高等学校の数学科主任による回答である。

【質問1】 Studyaid D.B.を使用していますか。

【回答】

- ・現在、使用している : 20
- ・以前、使用していた : 1
- ・使用したことはない : 1

【質問1】で、「現在、使用している」と回答した20名の教員に対して、以下の【質問2】から【質問5】を質問した。

【質問2】 どのように使用していますか。

【回答】

- ・データベース問題を使用している : 13
- ・エディターとして使用している : 2
- ・両方を使用している : 5

【質問3】 Studyaid D.B.の長所は何ですか。

(複数回答可)

【回答】

- ・データベース問題が充実している : 12
- ・作図機能が使いやすい : 11
- ・問題編集がしやすい : 17

【質問4】 Studyaid D.B.の短所は何ですか。

(複数回答可)

【回答】

- ・データベース問題が充実していない : 0
- ・作図機能が使いづらい : 10
- ・問題編集がしづらい : 0
- ・特にない : 7

その他、次のような回答があった。

- ・数学記号が不足している
- ・レイアウトがしづらい
- ・まとめて移動、拡大、縮小ができない

なお、【質問3】で「作図機能が使いやすい」と回答し、【質問4】で「作図機能が使いづらい」と回答する教員が1名あった。

【質問5】TeXは使用していますか。

【回答】

- ・現在、使用している : 0
- ・以前、使用していた : 1
- ・使用したことがない : 19

Studyaid D.B.とTeXとの比較として、TeXを以前、使用していたことがある1名の教員から次のような回答があった。

- ・Studyaid D.B.は取り扱いが易しい。TeXは数式がきれいに表示させることが可能であり、数学記号等も十分であるが、図形の編集に時間を要する。

TeXは多くの大学、高等専門学校の数学教員が使用していると推測されるソフトウェアである。高等学校において、Studyaid D.B.が広く使用されているのに対して、TeXの使用状況を把握するために質問項目に加えることとした。

3.2 アンケート結果の分析

このアンケートの結果からも多くの高等学校の数学教員がStudyaid D.B.を使用していることが分かる。それは【質問2】と【質問3】の回答から、データベース問題が充実していることと問題編集がしやすいためと考えることができる。

アンケート結果も基にして、このソフトウェアの長所をまとめると次のようになる。

【長所】

- (1) データベース問題が充実している。
- (2) すべての問題に解答・解説が付いている。
- (3) 問題編集がしやすい。

短所は作図機能の使いづらさを挙げる回答が約50%あった。しかし、長所として作図機能の使いやすさを挙げる回答も約50%あった。作図機能については、使用する教員によって、捉え方がまったく異なることが分かった。したがって、作図機能の使いづらさを短所として考えることは難しい。このソフトウェアの短所は少ないと考えることができる。

4. より良いソフトウェアについて

アンケート結果とその分析からStudyaid D.B.は良いソフトウェアと考えられる。ここでは、Studyaid D.B.のような数学教材をつくるためのソフトウェアが良いとはどのようなことであるかについて一般的に考える。

まず、Studyaid D.B.が良いソフトウェアと考えられるのは、「3.2 アンケート結果の分析」の中で述べた次の3つの特徴からである。

- (1) データベース問題が充実している。
- (2) すべての問題に解答・解説が付いている。
- (3) 問題編集がしやすい。

(1)と(2)の特徴から高等学校の教員は目的とする数学教材をつくりやすい。また、(3)はStudyaid D.B.というソフトウェアが操作しやすいことを表している。これらのことから、数学教材を作るためのソフトウェアの良さの一般的な基準として次の2つの項目を挙げるができる。

- (a) 目的通りの数学教材をつくることができる。
- (b) 操作がしやすい。

Studyaid D.B.はデータベースの問題数を多くする努力をし、(a)のすべての目的に答えようとしているように見える。また、インターフェイスにGUIを採用することによって、Studyaid D.B.についての技術や知識を吸収しやすくし、操作に慣れやすくする工夫もしているように思われる。これらの努力や工夫によって、(a)と(b)の評価を上げ、Studyaid D.B.は上で述べたような全国約9割の高等学校で使用されるソフトウェアとなったと考えられる。

一方、上の【質問5】にあるTeXはStudyaid D.B.と同じ数学教材をつくることのできるソフトウェアであるが、使用している高等学校の教員は少ない。TeXも目的通りの数学教材をつくることのできるが、Studyaid D.B.と比べた場合、データベース問題やそれらの解答・解説が付属しているわけではないため、(a)についての評価はその分低くなる。また、操作についてもかなりの程度、習熟が必要であり、さらにインターフェイスにGUIを採用

しているわけでもないため、(b)の評価も低くなる。以上の(a)と(b)の評価によって、TeXを使用する高等学校の教員は少ないと考えられる。

【質問5】を高等学校の教員ではなく、高等専門学校や大学の教員に質問した場合には、TeXを「現在、使用している」という回答が多いという結果になると推測される。また、Studyaid D.B.については、「使用したことがない」という回答が多いという結果も得られると考えられる。Studyaid D.B.は高等学校の範囲の問題しか網羅していないため、データベース問題が充実していることは高等専門学校や大学の教員にとって、大きな長所とはならない。また、TeXの方が数学記号は豊富であり、数式もきれいに出すことができるとみられている。したがって、(a)についてのStudyaid D.B.の評価は低く、TeXの評価は高くなると考えられる。また、インターフェイスにGUIを採用していてもStudyaid D.B.の操作ができるようになるためにはある程度の習熟が必要であり、TeXで同じことができるのをあえて手間をかけてStudyaid D.B.の操作方法の勉強をしようとはしない。したがって、(b)についてのStudyaid D.B.の評価は高くなり、TeXの評価は高くなると考えられる。以上の(a)と(b)の評価によって、Studyaid D.B.を使用する高等専門学校や大学の教員は少ないと推測される。

5. まとめ

最後に、これまでの考察をまとめる。教材を作成するための数学ソフトウェアは、「4. より良いソフトウェアについて」の中で述べた次の2つの項目によって評価されると考えられる。

- (a) 目的通りの数学教材をつくることができる。
- (b) 操作がしやすい。

ただし、ソフトウェア使用者の所属する教育機関、すなわちソフトウェアの使用目的を考慮しなければならない。高等学校の数学教材を作成するのか、高等専門学校や大学の数学教材を作成するのかによって評価は異なる。

Studyaid D.B.は(a)と(b)の評価を上げるために改良されてきたと思われる。また、TeXについては、図を挿入することが難しいと感じる使用者が多いと推測されるが、KETpic等によって改善されてきた。すなわち(a)と(b)の評価が上がってきた。

今後、数学教材を作成するためのソフトウェアが開発されるときには、(a)と(b)に基づいてなされていくと考えられる。

6. 今後の課題

今回のアンケートは高等学校単位で実施した。そして学校ごとでは、Studyaid D.B.を多く使用していることが分かった。全国約9割の高等学校で使用されているということと一致した。しかし、同じ学校内での使用率は把握できていない。教員の年齢にも関係する可能性がある。したがって、高等学校の数学教員が多く集まる研究集会等において、質問項目を再考してアンケートを実施する。それによって、より詳細な結果と他の側面も分かると考えられる。

今回は、Studyaid D.B.が多くの高等学校で使用されているということから、それを基にしてより良い数学ソフトウェアについて考察した。しかし、多くの高等専門学校や大学の数学教員が使用していると推測されるTeXについては詳しく分析していない。今度は、TeXについて考察することが必要である。アンケートを実施して、その分析結果を基にし、Studyaid D.B.とも比較して、より良い数学ソフトウェアについてさらに深い考察をしたいと考えている。

参考文献

- 1) 山下哲, 金子真隆, 北原清志, 高遠節夫, 「TeX総合支援ツールKETpicの開発」, 日本高専学会誌, 第17巻, pp. 51-56 (2012).
- 2) 清藤 晃, 「Mathematica, TeX, Acrobatによる数学「電子プリント」の作成」, 日本数学教育学会誌 臨時増刊 総会特集号, pp. 526 (2006).

Sn 固体ターゲットを装着した EUV 発生用 高電圧プラズマフォーカス装置

High Voltage Plasma Focus Device with a Installed Sn Solid Target
for Production of EUV Light

山本 敏和・渡辺 卓*

福島工業高等専門学校、電気工学科

*福島工業高等専門学校専攻科、機械・電気システム工学専攻
(現：株式会社NTTファシリティーズ)

Toshikazu Yamamoto and Suguru Watanabe*

Fukushima National College of Technology, Department of Electrical Engineering

*Fukushima National College of Technology,

Advanced Course in Mechanical and Electrical System Engineering

The lithography is a manufacturing process of the integrated circuit. It is the technology to copy a circuit pattern to a wafer by using a light source. Extreme Ultra Violet (EUV) light is expected as a light source for high density lithographic technology. In this work, a high voltage plasma focus device to produce EUV light was reconstructed. The plasma focus device was successively operated at the bank voltage of 60 [kV], hydrogen gas of 1330 [Pa]. A solid target made of Sn is used for generating EUV light. The form of the target is a projected type. The detector circuit using a photo-diode made by IRD was used in order to observe the output of EUV light. The waveform of EUV light and that of discharge currents of the four capacitors were observed by simultaneously. Maximum output power of the EUV light was evaluated as 6.1 [W].

Key words: Dense Plasma Focus, Extreme Ultra Violet Light, Sn solid target

1. はじめに

半導体集積回路はその登場以来、集積度の向上による高機能化の道を歩み、2年で2倍のペースで集積度が増えるというムーアの法則(Moore's rule)を維持してきた。この法則によれば、半導体の集積度は指数関数的に向上していくことになるが、近年は、集積度の向上ペースがこれより鈍化している。

今日の集積回路技術において近未来的にその発展を阻む課題は、微細加工技術、消費電力、設計技術、製造コストであり、最も大きな課題であるのが微細加工技術である¹⁾。集積回路の製造工程では、光源を利用して集積回路のマスクパターンを、シリコンウエハーに塗布されたレジスト樹脂に露光転写するリソグラフィーと呼ばれる微細加工技術が用いられている。露光パターンの解像度 R はレイリーの式で与えら

れる²⁾。

$$R = K\lambda / (NA) \quad (1)$$

ここで、 NA は露光光学系の開口数、 K は転写プロセスで決まる定数である。リソグラフィーの光源として、今日では波長が 193[nm]の ArF レーザーが主に使われている。しかし、高集積化の要求から、より短波長の光源が求められ、波長 13.5[nm]程度の EUV(Extreme Ultra Violet)光源が有力視されている。EUV 光リソグラフィーが実現すれば、波長が約 10 分の 1 となることから、パターンの縦横の解像度が 10 分の 1 になり、二次元の集積度は現在の約 100 倍になる。そこで、露光用の高輝度 EUV 光源の開発研究がプラズマを用いて行われている³⁾。

本研究室では、2006 年にプラズマフォーカス装置

を用いた EUV 光発生の研究に着手した。フォーカスプラズマからは可視光から X 線領域に至る電磁波が発生するため、EUV 領域に選択的に感度を有する検出系を製作し、EUV 発生用材料として Sn 固体ターゲットおよび Xe ガスバフを用いた実験を論文として報告した^{4,5)}。しかし、2009 年の電気工学科棟の耐震補強改修工事に伴い、真空容器、放電用コンデンサバンク、ノイズ遮蔽用のシールドルーム等の実験装置一式を分解して保管することとなった。改修完了後の 2010 年 4 月、実験装置の再構築に着手した。2011 年 3 月の地震により真空容器の損傷、重量約 1 トンのコンデンサバンクの位置ずれ等が生じたが、これらを補修して更にバンクエネルギーを高めるべく放電用ギャップスイッチを整備した結果、2012 年にコンデンサバンク充電電圧 60 [kV]にて放電が可能となった。本論文では固体ターゲットを用いた EUV 光発生用プラズマフォーカス装置とその実験結果を報告する。

2. プラズマフォーカス現象

プラズマフォーカスは、真空容器内に設けられた同軸円筒状電極間に充填されたガスが衝撃大電流放電によりプラズマ化され、電磁力により内部電極開放端側に移動し、先端で自己収縮（自己ピンチ）⁶⁾ することにより、高温高密度（電子温度約 1[keV]、電子密度約 10^{19} [cm^{-3}]) のプラズマを生成する現象である。

本研究では、内部電極が外部電極に包まれておらず光の観測が容易なメーサー型プラズマフォーカス装置⁶⁾を用いた。プラズマフォーカスの動作原理を、Fig.1 に示す。

まず、真空容器内を 1.33×10^{-3} [Pa]程度に排気し、作用ガス（水素）を真空容器内に充填する。充電されたコンデンサバンクを内部電極に接続すると、内部電極と外部電極の間に高電圧が印加され、以下の順序で放電が進展する。

(1) Break-down phase (Fig.1 の①で示す段階)

コンデンサバンクの高電圧が内外電極間に印加され、内部電極根本のインシュレータ表面に沿って沿面放電が起こり、円筒状の電流シートが形成される。

(2) Run-down phase (Fig.1 の②で示す段階)

電流シートは、自身の電流密度 J と内部電極を流れ

る電流が作る磁束密度 B によるローレンツ力を受けて電極先端方向に加速される。電流シートは充填ガス中の音速を超えるために衝撃波を生じ、衝撃波は前方にあるガスを電離させながら移動する。

(3) Focus phase (Fig.1 の③で示す段階)

内部電極先端におけるプラズマの自己収縮から高温高密度プラズマの生成を経て、プラズマの崩壊に至る段階であり、次の 5 つの過程をたどる。

(a) Compression phase

電極先端に達した電流シートが電離した粒子を取り込みながら電極の中心軸に向かって自己収縮する。

(b) Very dense phase

自己収縮したプラズマの半径が最小 (1[mm]程度) となり、プラズマの電子温度、電子密度が最大となる。

(c) Quiescent phase

プラズマの内圧が高まり膨張する。内圧と磁気圧とが平衡して半径が数 mm 程度の柱状のプラズマ（プラズマ柱）が生成される。

(d) Unstable phase

プラズマ柱表面を一周する凹み ($m=0$ モードの不安定性) が発生する。不安定性により電流路の半径が小さくなると、その部分の磁気圧が大きくなり不安定性が成長する。

(e) Decay phase

不安定性の成長によりプラズマ柱が切断される。プラズマの密度が低下し、プラズマ柱は崩壊する。

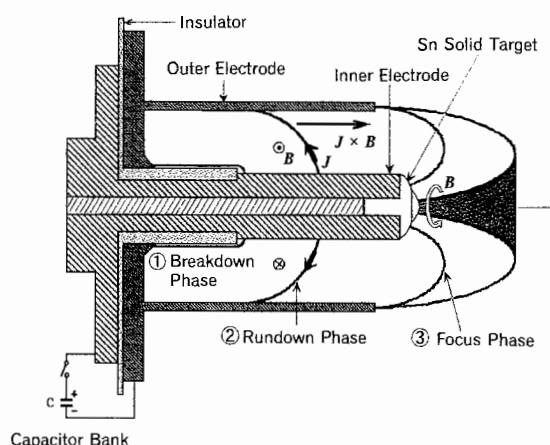


Fig. 1 メーサー型プラズマフォーカス装置の動作原理

3. 実験装置

3.1 プラズマフォーカス装置

Fig.2にプラズマフォーカス電極を収めた真空容器、コンデンサバンク（コンデンサ4台）、メインギャップスイッチ（4個）、放電電流供給用同軸ケーブル（32本）の外観を示す。

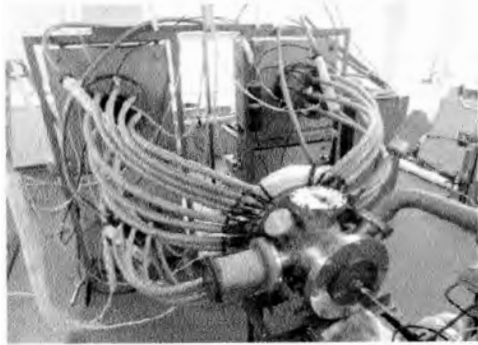


Fig. 2 実験装置外観

放電電源は、耐圧 100 [kV]、静電容量 1.0 [μF]のコンデンサ 4 台を並列接続したコンデンサバンクである。電流シートを急激に圧縮し高温高密度プラズマを生成するために、磁界の増加率すなわち電流の増加率を数百[kA/ μs]のオーダーとする必要からコンデンサに設けられたギャップスイッチ 1 個あたりに同軸ケーブルを 8 本並列接続して回路の低インダクタンス化を図っている。

バンクからプラズマに転送されたエネルギーが最大となる放電電流の最大時刻付近でフォーカスプラズマを生成させることが望ましい。放電の開始から Focus phase までの時間は、電極の長さや直径、充填ガス種と圧力、バンクの充電電圧により制御可能である。

3.2 充電回路およびトリガー回路⁷⁾

充電回路は、50 [kV] 高圧試験変圧器、ダイオード、充電抵抗、コンデンサバンクから構成されている。トリガー回路の電源を OFF にするとコンデンサバンクの高圧端子は水抵抗を通して接地される。

トリガー系は 4 台のパルス発生器（出力電圧 9 [V]、300 [V]、15 [kV]、30 [kV]）、コンデンサ毎に一つずつ設けられたメインギャップスイッチから構成されている。バンクを充電後、9 [V]のパルスを発生させると、各パルス発生器が順次動作して 30 [kV]のパルス

がメインギャップスイッチを導通させ、プラズマフォーカス放電が開始される。

3.3 放電電流・EUV 観測系

1 台のコンデンサの放電電流と EUV 検出器の出力信号をデジタルオシロスコープで記録した。また、別の 1 台のオシロスコープで 4 台のコンデンサの放電電流のスタートと最大時刻を観測した。

(a)放電電流観測用ロゴスキーコイル

放電電流の観測にはロゴスキーコイルを使用した。ロゴスキーコイルはトロイド状の枠に巻線を設けたものである。巻線枠内に被測定電流が流れると、電流が作る磁界により巻線に誘導起電力が生じる。ロゴスキーコイルの誘導起電力は被測定電流の微分信号であるため、CR 積分器により電流波形に変換してオシロスコープで観測する⁸⁾。

(b)EUV 検出器

EUV 検出器は、EUV 波長領域に選択的に感度を有するフォトダイオードと電流 - 電圧(I-V)変換回路を組み合わせたものである。Fig.3 に EUV 検出器の回路を示す。なお、フォトダイオードは、プラズマとの接触および放電による金属デブリとの衝突を避けるため、プラズマフォーカス電極の中心軸に対して直角方向、距離 45 [cm]に設けた。

EUV 検出用のフォトダイオードは米国 IRD 社製 SXUV20HS1 (立ち上がり時間 1000 [ps])である。仕様を Table 1 に、分光感度を Fig.5 に示す⁹⁾。I-V 変換回路には、高スルーレート(180 [V/ μs])で広帯域(145 [MHz])のオペアンプ AD8065 を用いた^{4, 5)}。

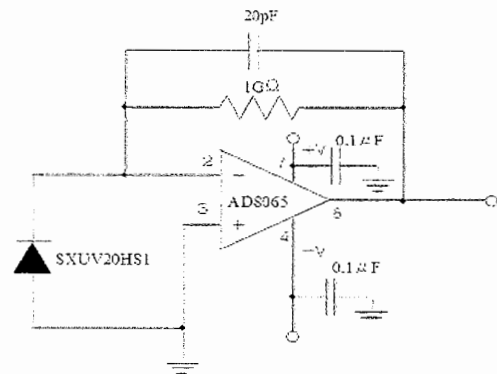


Fig. 3 EUV 検出器の回路図

Table 1 SXUV20HS1 の仕様

Sensitive Area (mm ²)	Size (mm)	Shunt Resistance (MΩ)	Risetime (10-90%) (psec)	Filter	Filter Thickness (nm)
20	5φ	100	1000	Mo/Si	350/500

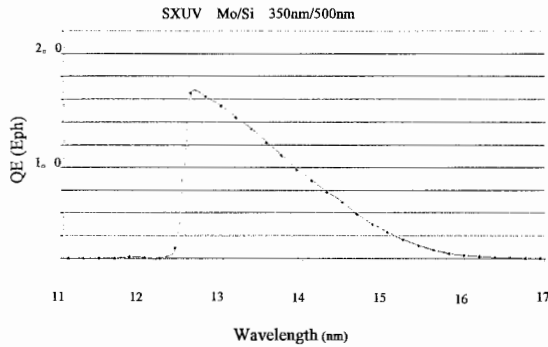


Fig. 4 SXUV20HS1 の分光感度

3.4 固体ターゲット

波長 13.5 [nm] 付近の EUV 光は Xe、Sn、Li の電子温度 30[eV]程度、イオン密度は $10^{17} \sim 10^{19} [\text{cm}^{-3}]$ 程度のプラズマから生じる。(4d-4f)の狭帯域発光のピーク波長は原子番号によって決まる。原子番号 54 の Xe の場合、13.5 [nm] の発光は 10 価イオンの(4d-5p)遷移のみから得られ、11[nm]帯に発光のピーク値を持つ。これに対し、原子番号 50 の Sn の場合、複数価数(8~12)のイオンの(4d-4f)遷移から得られ、13 [nm] 帯に発光のピークがある。原子番号 3 の Li では、 Li^{2+} の Lyman- α 線から得られる¹⁰⁾。本研究では、ガスバフなどとのタイミング調整が不要な固体ターゲットを用いて実験した。ターゲットの材料は純度 4 N の Sn である。Fig.5 に固体ターゲットの外観を示す。なお、EUV 検出用フォトダイオードの視野範囲に突起型電極が含まれている。

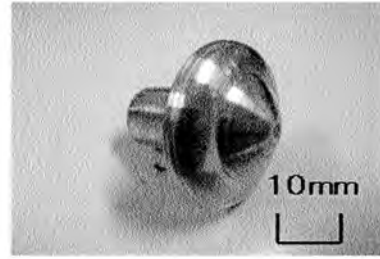


Fig. 5 固体ターゲット(Sn)の外観(突起型)

3.5 実験条件

本研究では、固体ターゲットを設けていない中空内部電極を用いた場合にピンチが達成できた充電電圧、作用ガス圧力で実験した。その条件を Table 2 に示す。

Table 2 実験条件

固体ターゲットの材料	Sn
固体ターゲットの形状	突起型
コンデンサの充電電圧	60 [kV]
作用ガスおよび充填圧力	H_2 1330 [Pa]

4. 実験結果

4.1 放電電流波形

プラズマフォーカス現象を起こすためには 4 台のコンデンサの放電電流が同期して流れて、電流シートを駆動する必要がある。波形例を Fig.6 に示す。

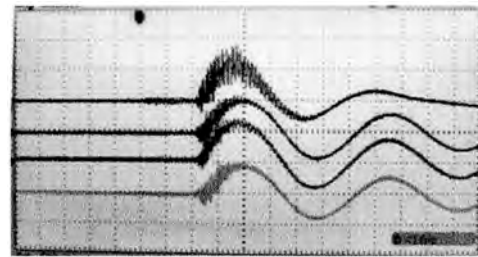


Fig. 6 コンデンサ 4 台の放電電流波形
84.5 [kA/div], 500 [ns/div]

コンデンサバンクの初期静電エネルギーは、7.6 [kJ] であり、全放電電流の最大値は約 340 [kA]に達する。

4.2 EUV 波形

Fig.7 に EUV 検出回路の出力波形を示す。CH1 は 1 台のコンデンサの放電電流、CH2 は EUV 検出回路の出力である。なお、EUV 検出器の電源を OFF として放電した場合には、EUV 検出器からのケーブルに信

号は現われない。EUV 検出器の最大出力電圧 v_p は Fig.7 において約 3 [V]であった。

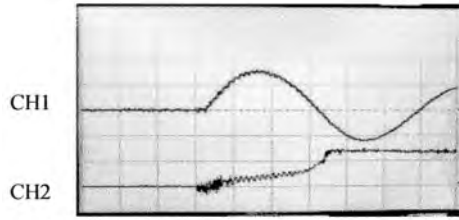


Fig. 7 放電電流波形(CH1) : 56 [kA/div]
EUV 波形(CH2): 2 [V/div]、
500 [ns/div]

5. 考察

5.1 EUV 光出力について

Fig. 7 の EUV 波形は、コンデンサの放電開始から 1.6 [μs]、放電電流の最大時刻から 0.9 [μs] 遅れてピーク (約 3 [V]) となった。全空間へ放射された EUV 光のごく一部を EUV 検出用フォトダイオードは受光しているため、一般性を持たせるために全空間へ等方的に EUV 光が放射されたものと仮定して EUV 最大出力 W [J] を評価する^{4, 5)}。EUV 検出器の最大出力電圧 v_p より、フォトダイオードの出力電流 i_1 を求めると、

$$i_1 = v_p / R = 3 / 10^9 = 3.0 \times 10^{-9} \text{ [A]} \quad (2)$$

すなわち、単位時間の移動電荷 Q は、

$$Q = 3.0 \times 10^{-9} \text{ [C/s]} \quad (3)$$

電子の電荷 $e = 1.602 \times 10^{-19}$ [C]より、フォトダイオードから出力された電子数 n_e は、

$$n_e = Q / e = 1.87 \times 10^{10} \text{ [個/s]} \quad (4)$$

SXUV20HS1 の量子効率 η は、13.5 [nm]において 1.017 [%]であるので、入射した光子数 n_p は、

$$n_p = n_e / (\eta / 100) = 1.84 \times 10^{12} \text{ [個/s]} \quad (5)$$

EUV の波長を $\lambda = 13.5$ [nm]とすると、プランク定数

$h = 6.624 \times 10^{-34}$ [J · s]、光速 $c = 2.998 \times 10^8$ [m/s]より、EUV 検出器への入力 W_i [W] は

$$W_i = n_p h c / \lambda = 2.71 \times 10^{-5} \text{ [W]} \quad (6)$$

電極中心軸から SXUV20HS1 の受光面までの長さ $R_d = 45 \times 10^{-2}$ [m]、受光面の半径 $r = 1.9 \times 10^{-3}$ [m]から、全空間への EUV 出力 W は、

$$W = W_i \times 4\pi(R_d)^2 / \{\pi \times (r)^2\} = 6.1 \text{ [W]} \quad (7)$$

となる。

EUV 信号のピークがコンデンサの放電電流の最大となる時刻から遅れているのは、水素プラズマが固体の Sn を加熱、蒸発、電離する過程で時間を要したためと考えられる。その理由としては、固体ターゲットの電極形状が突起型であるため、電流シートと接触する面積が広くなり、Sn の蒸気を多く発生して取り込んでしまうため、EUV が発生する時刻が遅くなったと考えられる。

EUV 検出器の出力から、全空間への EUV 最大出力を評価すると 6.1 [W]であった。これは、EUV 信号波形のピーク値から評価した出力であるが、実際にフォトレジストを露光する際には単位時間の出力[W]と照射時間[sec]の積[J]が閾値を超えれば露光できる。今回実験で得られた EUV 信号はテイルが長い。これは高温プラズマから移行した比較的低温度のプラズマからの放射である可能性があり、フォトレジストを露光させるには好ましいと言える。しかし、現段階ではフォトレジストを実際に露光可能かどうかは検証できていない。今後は、EUV の単位時間当たりの出力とその持続時間についても研究を進める必要があると考える。

5.2 電流シートのピンチについて

固体ターゲットを備えた内部電極を用いた放電実験では、Fig.6 および Fig.7 に示したようにコンデンサの放電電流波形は減衰する正弦波であった。電流シートが急激にピンチすれば以下の理由により電流波形にディップが生じるはずであるので、今回の実験ではピンチが不十分であったと考えられる。

電極先端部におけるプラズマフォーカス放電の電流路を Fig.8 に示す同軸往復電流路として模式化すると、プラズマ柱の部分の往復同軸線路のインダクタンス L は、次式で表わされる。

$$L = \{\mu_0 \ell \ln(r_2/r_1)\} / (2\pi) \quad [\text{H}] \quad (8)$$

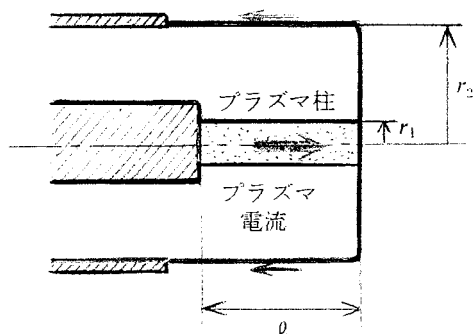


Fig. 8 電極先端部における電流路の模式図

ここで、プラズマ柱の半径 r_1 、外部電極の半径 r_2 、プラズマ柱の長さ ℓ 、真空の透磁率 μ_0 である。プラズマがピンチしてプラズマ柱の半径 r_1 が小さくなると、 L が大きく、すなわち回路インピーダンスが大きくなるため、プラズマが急激にピンチすると放電電流にディップを生じる。また、プラズマに生じた不安定性によりプラズマ柱が切断されると、切断部の電子密度が低下して放電電流の減少をもたらす。この二つの効果が放電電流波形のディップの原因である。よって、今回の実験では、プラズマの急激なピンチが起こらなかったと言える。その原因としては、次の理由が考えられる。① 電流シートが内部電極中心軸上でピンチする間に、Sn が蒸発してかき集められて電流シートの質量が増加したため、十分にプラズマが圧縮されなかった。② Fig.6 の放電電流波形において、コンデンサの放電開始時刻は揃っていたが、最上段の電流波形の最大時刻は他 3 つの電流波形のそれに比べて約 0.2 $[\mu\text{s}]$ 早い。そのため、コンデンサバンクのエネルギーをプラズマへ効率良く入力できなかった。

6. 結言

プラズマフォーカス装置を再構築し、従来よりもコンデンサバンクの充電電圧、蓄積エネルギーを高めることができた。Sn 固体ターゲットをプラズマフォーカス電極先端に設けて放電させることにより、EUV のピーク出力 6.1 $[\text{W}]$ が得られた。

プラズマが十分にピンチすれば、Sn 表面で局所的な加熱が起こり、イオン化される Sn の量が増加することにより EUV 出力の増加が期待できる。今後は、①メインギャップスイッチの同期始動、②放電電流最大時刻におけるプラズマのピンチ、③円滑にピンチが起こるように固体ターゲットの形状を工夫することが課題である。

7. 参考文献

- 1) 牧野昇 他: 総予測 21 世紀の技術革新, p.38 (工業調査会, 東京, 2000).
- 2) 上野巧 他: 短波長フォトレジスト材料, p.3 (ぶんしん出版, 東京, 1993).
- 3) K.Takasugi, T.Umeda, E.Kiuchi and T. Hayashi: Dense Z-Pinches, 6th International Conference on Dense Z-Pinches, Ed. J. Chittenden, AIP Conf. Proceedings 808, p, 223 (American Institute of Physics, New York, 2006).
- 4) 甲高友則, 二瓶元気, 山本敏和: Journal of JACT, 14, 35 (2009).
- 5) 二瓶元気, 甲高友則, 山本敏和: Journal of JACT, 14, 41 (2009).
- 6) 横山昌弘: プラズマ理工学-大電流プラズマ現象とその応用, 日刊工業新聞社, p. 53, (日刊工業新聞社, 東京, 1988).
- 7) 山本敏和, 高橋亜紀生, 中野兼輔, 綿引順一: 撃大電流放電による高温高密度プラズマ生成の基礎研究, 福島高専研究紀要 46, 35 (2005).
- 8) 赤崎正則 他: プラズマ工学の基礎, p. 204 (産業図書, 東京, 2004).
- 9) <http://www.ird-inc.com/sxuvwdd/sxuvwdd.html>
- 10) 堀田和明, EUV 光源, プラズマ・核融合学会誌, Vol. 81, No. 12, p. 1007 (2005).

付 教員研究業績報告書（平成24年10月～平成25年9月）

機械工学科

2) 論文

- ① N. Sakaguchi, Y. Ohguchi, T. Shibayama, S. Watanabe, H. Kinoshita, Surface Cracking on $\Sigma 3$, $\Sigma 9$ CSL and Random Grain Boundaries in Helium Implanted 316L Austenitic Stainless Steel, J. Nucl. Mater., Vol. 452, 23-27, (2013)
- ② Koya Otake, Hiroshi Kinoshita, Tatsuya Kikuchi, Ryosuke O. Suzuki, CO₂ gas decomposition to carbon by electro-reduction in molten salts, Electrochimica Acta, 100, 293-299, (2013)

4) 口頭発表

- ① 箱崎英俊, 木下博嗣, 鈴木亮輔, 水レンズを利用した熱電発電, 機械学会東北支部学生会, 一関高専, (2013.3.11)
- ② 伊藤圭太, 箱崎英俊, 木下博嗣, 鈴木亮輔, 水レンズを利用した熱電発電, 第十回熱電学会, 名古屋大学, (2013.9.8-9)
- ③ 小出瑞康, 上條将広, 高橋 勉, 周期的外力の印加に対する渦励振現象の過渡応答特性と渦励振のアクティブ制御, 日本機械学会2013年度年次大会, J052033, 日本機械学会, (2013)

5) その他

- ① 松本匡以, 切削加工, 平成24年度会津ものづくり技術塾（会津技塾）での講演, (2012年10月30日)
- ② 松本匡以, 切削加工, いわきものづくり塾 機械加工コースでの講演, (2013年8月27日)

電気工学科

2) 論文

- ① 植 英規, 根本裕太, MTシステムによる通常会話音声からの個人識別, 品質工学, Vol.21, No. 2, pp.55-61, 品質工学会, (2013)

4) 口頭発表

- ① Takeshi Kasuga, Design of a Lane Marker Lighting System Using Piezoelectric Bimorph Modules, 8th EUROSIM Congress on Modelling and Simulation, The City Hall, Cardiff, Wales, United Kingdom, (13 September, 2013) (Registration Only)
- ② 小田公則, 友常裕太, 松本涼佑, 伊藤 淳, 鈴木晴彦, 反磁性グラファイト板の端形状効果を用いた反磁性磁気反発力に関する研究, 平成24年度東北地区高等専門学校専攻科 産学連携シンポジウム講演論文集, T12-A-01(2013)p.129, (2013年3月3日)
- ③ 小田公則, 友常裕太, 伊藤 淳, 鈴木晴彦, PG板試料の両端部に作用する反磁性磁気反発力の差の計測, 平成25年電気学会産業応用部門大会（山口大学吉田キャンパス）, ヤングエンジニア・ポスター・コンペティション, Y-125 (2013), (2013年8月28日)
- ④ 水野 毅（埼玉大学）, 丸山 裕（東芝）, 柿木稔男（崇城大学）, 岡 宏一（高知工科大学）, 鈴木晴彦（福島工業高等専門学校）, エネルギーの効率的な利用をめざして - 省エネルギーに関わる技術 -, 平成25年電気学会産業応用部門全国大会, シンポジウムS11「環境調和型磁気支持応用技術の現状」, 3-S11-6(2013), (平

成25年8月28日)

- ⑤ 吉渡穂高, 植 英規, バスケットボール競技映像からの選手位置自動追尾アルゴリズムに関する研究, 第18回高専シンポジウムin仙台, 講演論文集D-31, p221, 仙台 (2013)
- ⑥ 柴口 大, 植 英規, 大槻正伸, 2次元グラフカット法による胸腹部X線CT画像の3次元分割, 第18回高専シンポジウムin仙台, 講演論文集PD-04, p424, (2013)
- ⑦ 植 英規, 高専2年生に対するロバスト設計の導入教育, 電気学会教育フロンティア研究会, FIE-13-002, pp.7-11, (2013)
- ⑧ 植 英規, 江尻 開, MTシステムによる太陽光発電システムの出力予測の試み, 第21回品質工学会研究発表大会, pp314-317, (2013)

物質工学科

2) 論文

- ① Kayesh Mohammad Ashraf, Shinya Matsumoto, Ken-ichi Kurumada, Determination of Heat Treatment Temperature for Completing Polycondensation of Vinyl Substituted Silica Particles Prepared by Sol-Gel Method, *Chemical Engineering and Technology*, 35巻, 2155-2160頁 (2012年)
- ② K. Kurumada, How can we truly study “powder” or “particle” ? -How can the observational method contribute to clarifying the characteristic kinematics of “powder” ?-, *Journal of Powder Technology, Japan*, 50巻, 272-276頁, (2013年)
- ③ K. Kurumada, K. M. Ashraf, Shinya Matsumoto, Effects of heat treatment on various properties of organic-inorganic hybrid silica derived from phenyltriethoxysilane, *Materials Chemistry and Physics*, DOI:10.1016/j.matchemphys.2013.12.031, (2013年)
- ④ 押手茂克, 林 真, 中学校への出前授業での新しい分析技術の導入—高専間教員交流制度で得た教育力の利用—, 福島工業高等専門学校研究紀要, No.53, p. 7, (2012)
- ⑤ Nobuyuki ICHINOSE, Masahide HAGIRI, Jun-ichiro KINUGASA, Nobuyuki SHICHI, and Toshihiro NAKAYAMA, Study on Excited States of Hexamethoxybenzene-NO⁺ Charge-Transfer Complex, Incorporation of Excited Radical Cation., *Research on Chemical Intermediates*, 39(1), 425-435, (2013)
- ⑥ Ogata, M., Umemoto, N., Ohnuma, T., Numata, T., Suzuki, A., Usui, T., Fukamizo, T. A novel transition-state analogue for lysozyme, 4-*O*- β -tri-*N*-acetylchitotriosyl moranoline, provided evidence supporting the covalent glycosyl-enzyme intermediate. *J. Biol. Chem.*, 288, 6072-6082 (2013).
- ⑦ Osada, M., Kikuta, K., Yoshida, K., Totani, K., Ogata, M., Usui, T. Non catalytic synthesis of Chromogen I and III from *N*-acetyl-D-glucosamine in high-temperature water. *Green Chem.*, 15, 2960-2966 (2013).
- ⑧ Dong, J., Harada, M., Yoshida, S., Kato, Y., Murakawa, A., Ogata, M., Kato, T., Usui, T., Park, E. Y. Expression and purification of bioactive hemagglutinin protein of highly pathogenic avian influenza A (H5N1) in silkworm larvae. *J. Virol. Methods*, 2013, in press.
- ⑨ Takahashi, T., Kawakami, T., Mizuno, T., Minami, A., Uchida, Y., Saito, T., Matsui, S., Ogata, M., Usui, T., Sriwilaijaroen, N., Hiramatsu, H., Suzuki, Y., Suzuki, T. Sensitive and direct detection of receptor binding specificity of highly pathogenic avian influenza A virus in clinical samples. *PLoS ONE*, 2013, in press.

3) 雑誌・記事・総説・解説

- ① 押手茂克, 小林高臣, 〈特集〉ソノケミストリーとマイクロバブルの新展開 均一液液抽出で形成されるイオン液体における超音波の影響, *CHEMICAL ENGINEERING 2013*, Vol. 58, No. 4, p. 62, 化学工業社, (2013.4.1)

- ② 羽切正英, 学生・生徒実験としての無電解Ni-Pめっき, 化学と教育, 61(1), 24-25, (2013)
- ③ 尾形 慎, キチン由来産業糖質基材を活用した新素材開発, 応用糖質科学, 2012, 2, 218-220.

4) 口頭発表

- ① 松井美樹, 天野仁司, いわき地域におけるゲンジボタルのゲノム解析, 平成24年度東北地区高等専門学校専攻科産学連携シンポジウム要旨集, p.108, (2013年3月2日)
- ② 車田研一, 「ものづくりの黒子」としての暗黙知 ―わたしたちが無意識にできる“状態判別”の視点から―, 茨城大学社会公開セミナー (先端科学トピックス), (2013年5月23日)
- ③ 車田研一, 強制運動下の粉粒体を液体と誤認しやすい状況の研究, 公益社団法人化学工学会第78年会, 講演番号F304, (2013年3月19日)
- ④ 車田研一, 「ねばる」と「のびる」は同時発生するか? ―界面の関与の視点から―, 公益社団法人化学工学会第78年会, 講演番号F305, (2013年3月19日)
- ⑤ 車田研一, 視覚的誤認の契機としての粉粒体の運動上の不連続性の指標化の試み, 公益社団法人化学工学会第78年会, 講演番号R317, (2013年9月18日)
- ⑥ Shigekatu Oshite, “Development of Homogenous Liquid-liquid Extraction (HoLLE) Method for the Trace Amounts of Material in the Environment”, *Abstracts of Sendai Symposium on Analytical Science 2012* (P18) (Tohoku Univ., Sendai, Japan), p.70, (2012)
- ⑦ 押手茂克, 小林高臣, 均一液抽出で形成されるイオン液体における超音波の影響, 第21回ソノケミストリー討論会講演論文集 (*Proceedings of the 21th Annual Meeting of the Japan Society of Sonochemistry*, P21) (Meiji Univ., Kawasaki, Japan) (2012)
- ⑧ 古内有希, 押手茂克, 均一液抽出法を用いたセシウムの簡便な分離・濃縮法, 第18回高専シンポジウムin仙台講演要旨集 (*Abstract of the 18th Kosen Symposium in Sendai*, PF-15), p. 449, (2013)
- ⑨ 内田修司, 羽切正英, 押手茂克, 大城 優, 小林高臣, 放射性セシウムの回収技術について, 第18回高専シンポジウムin仙台講演要旨集 (*Abstracts of the 18th Kosen Symposium in Sendai*, PF-16), p. 450, (2013)
- ⑩ 佐藤 潤, 押手茂克, 薄葉ゆかり, 大久保洋美, 青柳克弘, 福島高専地域復興支援室における放射性物質の測定活動, 第18回高専シンポジウムin仙台講演要旨集 (*Abstract of the 18th Kosen Symposium in Sendai*, PG-02), p. 453, (2013)
- ⑪ 小沼賢治, 菅野優香, 小椋優奈, 飯野春菜, 中川 葵, 吉田結香, 尾形祐輔, 後藤映里佳, 羽切正英, 佐藤 潤, 林 真, 車田研一, 内田修司, 山内紀子, 押手茂克, 課外活動と連動した公開講座の実施, 第18回高専シンポジウム講演要旨集, p.457, (2013年1月26日)
- ⑫ Shigekatu Oshite and Yuki Furuuchi, Development of Separation and Concentration Method based on Homogeneous Liquid-liquid Extraction Method for the Trace Amounts of Cesium ion, *Abstract Book of International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan* (1P041), p. 256, (2013)
- ⑬ 押手茂克, 放射性セシウムの分離・回収～福島高専での活動～, 日本分析化学会東北支部福島地区講演会-分析化学による復興への足掛かり-講演要旨集 (いわき明星大学), 主催: 日本分析化学会東北支部, 共催: いわき明星大学・福島工業高等専門学校 (2012)
- ⑭ 内田修司, 大城 優, 羽切正英, 押手茂克, 小林高臣, 焼却飛灰からの放射性セシウムの除去, 第2回コンクリート技術大会講演論文集, pp.121-122, (2012年11月9日)
- ⑮ 小林高臣, 大城 優, 内田修司, 押手茂克, 羽切正英, 放射性セシウム吸着剤の開発, 第2回コンクリート技術大会講演論文集, pp.141-144 (2012年11月9日)
- ⑯ 小林高臣, 内田修司, 押手茂克, 羽切正英, 大城 優, 超音波を利用した放射性セシウム飛灰処理の研究, 第21回ソノケミストリー討論会講演論文集, pp.41-42, (2012年11月9日)
- ⑰ Haruka SUZUKI, Masahide HAGIRI, and Go KAWAMURA, Preparation of a surface porous polymer film

templated by gold nanoparticles., Extended Abstracts of The 8th International Student Conference at Ibaraki University, 6-9, (2012年11月10日)

- ⑱ 吉田圭佑, 河村 剛, 羽切正英, 水熱法による金ナノ粒子とゼオライトの同時合成, 第18回高専シンポジウム講演要旨集, p.98, (2013年1月26日)
- ⑲ 内田権一, 羽切正英, リン酸銀の薄膜化と可視光触媒活性の評価, 第18回高専シンポジウム講演要旨集, p.362, (2013年1月26日)
- ⑳ 羽切正英, 鈴木 悠, 吉田圭佑, 超音波還元法による金ナノ粒子の合成と材料表面への導電性薄膜形成への応用, 第18回高専シンポジウム講演要旨集, p.377, (2013年1月26日)
- ㉑ 内田修司, 羽切正英, 押手茂克, 大城 優, 小林高臣, 放射性セシウムの回収技術について, 第18回高専シンポジウム講演要旨集, p.450, (2013年1月26日)
- ㉒ 吉田圭佑, 奥野照久, 河村 剛, 松田厚範, 橋本修一, 羽切正英, テトラクロロ金(III)酸イオンの水熱還元による金ナノ粒子/ゼオライトL複合体の合成, 日本化学会第89春季年会講演予稿集, p.1047, (2013年3月24日)
- ㉓ Masahide HAGIRI, Keisuke YOSHIDA, Teruhisa OKUNO, Go KAWAMURA, Hiroyuki MUTO, Atsunori MATSUDA, and Shuichi HASHIMOTO, Synthesis of gold nanoparticles / zeolite-L composite by hydrothermal reduction of tetrachloroaurate., Abstract Book of International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, p.254, (2013年9月28日)
- ㉔ Masahide HAGIRI, Ken-ichi UCHIDA, and Ayumi KOBAYASHI, Preparation and characterization of silver orthophosphate films for photocatalytic applications., Abstract Book of International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, p.323, (2013年9月28日)
- ㉕ Shuji UCHIDA, Shigekatsu OSHITE, Masahide HAGIRI, Masaru OSHIRO, and Takaomi KOBAYASHI, Development of radioactive cesium removal system of incineration fly ash., Abstract Book of International Symposium for the 70th Anniversary of the Tohoku Branch of the Chemical Society of Japan, p.337, (2013年9月29日)
- ㉖ 山内紀子, 車田研一, アミン中でのマグネタイトナノ粒子表面への有機シリカシエルの形成, 化学工学会第45回秋季大会 S205, (2013年9月17日)
- ㉗ 山内紀子, 岩崎真歩, 渡辺一貴, 車田研一, アミン中でのシランカップリングによるマグネタイトナノ粒子の表面疎水化, 化学工学会第78年会 D320, (2013年3月19日)
- ㉘ 山内紀子, 車田研一, ルイス塩基中における酸化鉄ナノ粒子の表面コーティング, 第3回福島地区CEセミナー, O5, (2012年12月22日)
- ㉙ 山内紀子, 磁性ナノ粒子の表面改質に関する研究, 平成24年度女性研究者研究交流会, (2012年12月15日)
- ㉚ 尾形 慎, 杉山尚弘, 朴 龍洙, 渡邊浩史, 柳瀬美千代, 鷹羽武史, 門川淳一, 碓氷泰市, 多糖ナノ粒子を構造基盤としたインフルエンザウイルス結合性糖鎖クラスター材料の機能設計, 日本農芸化学会2013年度大会, 公益財団法人日本農芸化学会, p.88,
- ㉛ 尾形 慎, 水産バイオマス“キッチン”を活用した新規糖質材料の開発, 日本応用糖質科学会東北支部会講演会, 日本応用糖質科学会東北支部会, p.5-8,
- ㉜ 尾形 慎, 梅本尚之, 沼沼貴之, 沼田倫征, 鈴木亜日里, 深溝 慶, 碓氷泰市, リゾチーム遷移状態アナログの設計に基づく反応機構の解析, 応用糖質科学シンポジウム, 日本応用糖質科学会, p.54,

5) その他

- ① 天野仁司, ロボットづくりの話あれこれ「電気計算」電気書院, (2012年10月～2013年9月)
- ② 内田修司, 押手茂克, 化学への招待 実験2: エジソン電球をつくろう, 日本化学会東北支部主催(東北支部第220回)実験講師, (2012.8.10)

建設環境工学科

1) 著書

- ① 緑川猛彦 (分担執筆), 東日本大震災に関する東北支部学術合同調査委員会報告書 第5部門 (コンクリート工学), 東日本大震災に関する東北支部学術合同調査委員会, pp.42-53, (2013.9)
- ② 川崎興太, 齊藤充弘, 東日本大震災に関する東北支部学術合同調査委員会報告書 4.3 福島県の復興計画, 東日本大震災に関する東北支部学術合同調査委員会 (2013年)

2) 論文

- ① 椎名貴快, 久田 真, 羽原俊祐, 緑川猛彦, 災害がれき焼却灰を細骨材としたモルタルの諸物性, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.35, No.1, pp.1609-1614, (2013.7)
- ② 椎名貴快, 平野孝行, 久田 真, 羽原俊祐, 緑川猛彦, 仮設焼却施設から発生した災害廃棄物焼却残渣のセメント固型化利用に関する検討, 第2回コンクリート技術大会 (仙台) 講演論文集, pp.41-48, (2012.11)
- ③ 伊神光男, 緑川猛彦, 羽原俊祐, 放射能汚染土砂を混合したモルタルの強度及び放射能, 第2回コンクリート技術大会 (仙台) 講演論文集, pp.91-96, (2012.11)
- ④ 羽原俊祐, 伊神光男, 緑川猛彦, 震災ガレキ焼却残渣を細骨材として用いたコンクリートの性状, 第2回コンクリート技術大会 (仙台) 講演論文集, pp.49-54, (2012.11)
- ⑤ 緑川猛彦, 伊神光男, 羽原俊祐, コンクリートの放射線遮断効果に及ぼす骨材物性の影響, 第2回コンクリート技術大会 (仙台) 講演論文集, pp.97-104, (2012.11)
- ⑥ 衛藤俊彦, 菊地卓郎, 大澤範一, 微細粒子の沈降・巻上げを考慮した $k-\epsilon$ 乱流モデルによる煙型雪崩の数値解析, 土木学会論文集A2(応用力学), Vol.69, No.2(応用力学論文集Vol.16), I_537-I_544, 公益社団法人土木学会, (2013年8月)

3) 雑誌・記事・総説・解説

- ① 齊藤充弘, 復興まちづくりにみる計画論的課題について, 新都市第67巻第8号, pp.49~51, 公益財団法人都市計画協会 (2013)

4) 口頭発表

- ① 椎名貴快, 石渡寛之, 石山宏二, 岩永克也, 久田 真, 緑川猛彦, 天然鉱物由来微粉末を添加した飛灰セメント固化物の放射性セシウム溶出抑制, 土木学会第68回年次学術講演会講演概要集, CS5-013, pp.25-26, (2013.9)
- ② 山田一夫, 竹内幸生, 高田光康, 大迫政浩, 緑川猛彦, 実コンクリートへの事故由来の放射性Csの浸透状況, 第2回環境放射能除染研究発表会要旨集, (2013.6)
- ③ 伊藤洋輔, 加藤湧亮, 齊藤充弘, 東日本大震災におけるコミュニティの機能について~いわき市沿岸域を対象として~, 平成24年度土木学会東北支部技術研究発表会, IV-30, (2013)
- ④ 緒方みさき, 齊藤充弘, 東日本大震災における道路体系の被災と特徴について~いわき市を対象として~, 平成24年度土木学会東北支部技術研究発表会, IV-31, (2013)
- ⑤ 佐藤優海, 齊藤充弘, 地域イメージの捉え方とエレメントの変化について, 平成24年度土木学会東北支部技術研究発表会, IV-61, (2013)
- ⑥ 佐藤淳哉, 加藤雅俊, 齊藤充弘, 中心市街地における土地利用変化の特徴について~いわき市平中心市街地を対象として~, 平成24年度土木学会東北支部技術研究発表会, IV-62, (2013)
- ⑦ 板倉彩香, 渡辺彩花, 齊藤充弘, 中山間地域におけるまちづくりへの取り組みと評価について, 平成24年度土木学会東北支部技術研究発表会, IV-63, (2013)
- ⑧ 加藤雅俊, 齊藤充弘, 街区単位にみる土地利用変化の特徴について~いわき市平中心市街地を対象とし

て～, 平成24年度日本都市計画学会南東北ブロック学術交流会, No.4, (2013)

- ⑨ 渡辺彩花, 齊藤充弘, 中山間地域におけるコミュニティの実態と変化について, 平成24年度日本都市計画学会南東北ブロック学術交流会, No.5, (2013)
- ⑩ 大平浩之, 菊地卓郎, 伊藤勲信, 橋本孝一, いわき市沿岸部における海岸林を用いた津波減衰効果について, 平成24年度土木学会東北支部技術研究発表会講演概要, 公益社団法人土木学会東北支部, II-65, (2013年3月9日)
- ⑪ 衛藤俊彦, 菊地卓郎, 大澤範一, 微細粒子の沈降・巻上げを考慮した $k-\varepsilon$ 乱流モデルによる煙型雪崩の数値解析, 第16回応用力学シンポジウム, 公益社団法人土木学会応用力学委員会, Vol.16-7-I537, (2013年9月3日)

5) その他

- ① 齊藤充弘, 三和町まちづくり基本構想策定委員会, 三和町まちづくり基本構想, いわき市三和町 (2012年)

コミュニケーション情報学科

2) 論文

- ① T. Sugiyama, The forbidden subgraphs condition for the existence of spanning f-trees, Advances and Applications in Discrete Mathematics, 11, 67--77, Pushpa Publishing House, (2013).

4) 口頭発表

- ① 西口美津子, 大野邦夫, マトリックス履歴書から見た異文化交流の先駆者達: フランクリンと福澤諭吉, 2013年度年次大会, 異文化コミュニケーション学会, (2013年9月)
- ② 横井久美子, 非技術職による新技術の評価と異分野連携, 経営情報学会2012年秋季全国研究発表大会, (2012)
- ③ 横井久美子, 人材タイプに応じたリーダーシップのあり方, 経営情報学会2013年春季全国研究発表大会, (2013)
- ④ 小関健太, 杉山武史, Large k-trees in connected star-free graphs, 応用数学合同研究集会, (2012)
- ⑤ K. Ozeki and T. Sugiyama, A large k-tree in connected $K_{\{1, k+1\}}$ -free graphs, Seventh Czech-Slovak International Symposium on Graph Theory, Combinatorics, Algorithms and Applications, (2013).
- ⑥ 菅野瑛大, 松本行真, 杉山武史, いわき市被災沿岸部における現状と課題-豊間・薄磯・四倉地区の復興組織を事例に-, 東北都市学会, (2013)

一般教科

1) 著書

- ① 高橋宏宣 (共著), 日本近代文学会東北支部編『東北近代文学事典』(「荒正人」他人物編8項目, 事項編「教育機関(福島県)」執筆), 日本近代文学会東北支部, (2013)
- ② 磯上慎二 (共著), 「基礎原子力工学」, 独立行政法人国立高等専門学校機構 原子力工学テキスト作成部会, (2013)

2) 論文

- ① 笠井 哲, 1962年の意義—高専創立とレイチェル・カーソン—, 平成24年度いわきヒューマンカレッジ (市

- 民大学) 講演集, 31-35, いわき市生涯学習プラザ, (2013年 2月19日)
- ② 笠井 哲, 沢庵『太阿記』における思想とその影響について, 印度学仏教学研究, 第61巻第2号, 15-20, 日本印度学仏教学会, (2013年 3月20日)
- ③ Masato Arai, Filip Blaschke, Minoru Eto, Norisuke Sakai, Matter fields and non-Abelian gauge fields localized on walls, Progress of Theoretical and Experimental Physics 2013 (2013) 013B05 (pp.1-37) (Oxford Publishing)
- ④ Masato Arai, Gi-Chol Cho, Karel Smolek, Kyoko Yoneyama, LHC sensitivity to Kalzua-Klein gluon in two b-jets decay channel, Physical Review D87 (2013) 016010 (pp.1-6) (American Physical Society)
- ⑤ Masato Arai, Filip Blaschke, Cotangent bundle over Hermitian symmetric space $E_7/E_6 \times U(1)$ from projective superspace, Journal of High Energy Physics 02 (2013) 045 (pp.1-17) (SISSA, Springer)
- ⑥ Masato Arai, Shin Sasaki, Non-Abelian gauge groups and hypermultiplets in projective superspaces, Journal of High Energy Physics 03 (2013) 174 (pp.1-26) (SISSA, Springer)
- ⑦ Masato Arai, Shinsuke Kawai, Nobuchika Okada, Higgs-lepton inflation in the supersymmetric minimal seesaw model, Physical Review D87 (2013) 065009 (pp.1-14) (American Physical Society)
- ⑧ Masato Arai, Filip Blaschke, Minoru Eto, Norisuke Sakai, Stabilizing matter and gauge fields localized on walls, Progress of Theoretical and Experimental Physics 2013 (2013) 0903B01 (pp.1-21) (Oxford Publishing)
- ⑨ S. Isogami, et. al., The enhancement of magnetic damping in Fe_4N films with increasing thickness, Jpn. J. Appl. Phys., 52, 073001-1-3, (2013).
- ⑩ S. Isogami, et. al., Enhancement of spin pumping efficiency in Fe_4N/Pt bilayer films, Appl. Phys. Express, 6, 063004-1-4, (2013).
- ⑪ D. H. Kim, D. K. Kim, J. U. Cho, S. Y. Park, S. Isogami, et. al., Transport and switching behaviors in magnetic tunnel junctions consisting of $CoFeB/FeNiSiB$ hybrid free layers, J. Appl. Phys., 111, 093913-1-4, (2012).
- ⑫ T. Iida (単著), Weighted inequalities on Morrey spaces for linear and multilinear fractional integrals with homogeneous kernels, to appear in Taiwanese J. Math.
- ⑬ T. Iida (共著), Y. Sawano and H. Tanaka, Atomic decomposition for Morrey spaces, to appear in Zeitschrift für Analysis und ihre Anwendungen J. for Analysis and its Applications.
- ⑭ N. Hara, T. Sawada, T. Yasuda, F-blowups of normal surface singularities, Algebra Number Theory 7, no. 3, 733-763, mathematical sciences publishers, (2013)

4) 【口頭発表】: 学会及び講演会にかかる概要・要旨・予稿集を含む

- ① 笠井 哲, 沢庵「剣禅一如」思想の近代人への影響について, 日本印度学仏教学会 第64回学術大会, 於 島根県民会館, (2013年 9月1日)
- ② 吉村忠晴, 川崎俊郎, いわき駅周辺における落書きの空間的分布 —東日本大震災前後の比較—, (社) 地理情報システム学会学術研究発表大会 地理情報システム学会講演論文集VOL.21, (2012年)
- ③ 高橋宏宣, 裏切りのエシックス—太宰治「駈込み訴へ」論—, 日本近代文学会東北支部, 第41回研究発表大会, (2012年12月15日)
- ④ Masato Arai, Cotangent bundle over all the hermitian symmetric spaces from the projective superspace, International workshop, “Quantum Theory and Symmetries 8,” 国立メキシコ自治大学, メキシコシティ, (2013年 8月7日)
- ⑤ 新井真人, 射影超空間における非アーベルゲージ群とハイパー多重項, 日本物理学会・秋の分科会 (高知大学), 日本物理学会, (2013年 9月22日)
- ⑥ S. Isogami, et. al., Generation of spin current from γ' - Fe_4N film, The 2nd International Conference of Asia

Union Magnetism Society, 5aD-4, p.454, (2012).

- ⑦ M. Suzuki, T. Nakamura, Y. Kondo, S. Isogami, et. al., X-ray lensless holographic imaging of magnetic nanostructures: development in soft and hard X-ray regions, the 2nd International Conference of Asia Union Magnetism Society, 4aB-1, p.249 (2012). Invite speech
- ⑧ S. Isogami, et. al., Enhancement of magnetic damping with increasing γ' -Fe₄N film thickness, The 3rd International Symposium on Advanced Magnetic Materials and Applications, QD-04, p.66, (2013).
- ⑨ 磯上慎二, 他, 擬単結晶Fe₄N膜における磁気緩和の温度および結晶方位依存性, 第37回日本磁気学会学術講演会, 5aD-10, p.270, (2013)
- ⑩ 飯田毅士, The boundedness of the Hardy-Littlewood maximal function on weighted Morrey spaces, 実解析シンポジウム, (2012)
- ⑪ 飯田毅士, The inequalities on weighted Morrey spaces for Hardy-Littlewood maximal function and singular integrals, 日本数学会実関数論分科会, 日本数学会, (2013)
- ⑫ 飯田毅士, Multilinear fractional integral operators on weighted Morrey spaces, 東大数理セミナー(調和解析駒場セミナー), (2013)
- ⑬ 飯田毅士, Multilinear fractional integral operators on weighted Morrey spaces, RIMS研究集会(調和解析と非線形偏微分方程式), 京都大学数理解析研究所, (2013)

5) その他

- ① 笠井 哲, 殿中の刃傷・大序～四段目, NHKカルチャー平成24年度10月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編1>～「仮名手本忠臣蔵」の世界～第1回, 於NHK文化センターいわき教室, (2012年10月13日)
- ② 笠井 哲, 「文明災」からの「自然と人間」の復興—コミュニティの再生を目指して—, 平成24年度いわき市生涯学習プラザ主催講座, 「環境とまちづくり」(環境まちづくり講座)第1回, (2012年11月14日)
- ③ 笠井 哲, 雌伏の時・五段目～八段目, NHKカルチャー平成24年度10月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編1>～「仮名手本忠臣蔵」の世界～第2回, 於NHK文化センターいわき教室, (2012年11月17日)
- ④ 笠井 哲, 1962年の意義—高専創立とレイチェル・カーソン—, 平成24年度いわきヒューマンカレッジ(市民大学)「環境再生学部」代表講師の講演, 於いわきワシントンホテル椿山荘, (2012年12月2日)
- ⑤ 笠井 哲, 討入りへ・九段目～十一段目, NHKカルチャー平成24年度10月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編1>～「仮名手本忠臣蔵」の世界～第3回, 於NHK文化センターいわき教室, (2012年12月15日)
- ⑥ 笠井 哲, 狂言作者の誕生, NHKカルチャー平成24年度1月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編2>～黙阿弥「白浪五人男」の世界～第1回, 於NHK文化センターいわき教室, (2013年1月26日)
- ⑦ 笠井 哲, 七五調のオペラ, NHKカルチャー平成24年度1月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編2>～黙阿弥「白浪五人男」の世界～第2回, 於NHK文化センターいわき教室, (2013年2月16日)
- ⑧ 笠井 哲, 勧善懲悪の人間観, NHKカルチャー平成24年度1月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編2>～黙阿弥「白浪五人男」の世界～第3回, 於NHK文化センターいわき教室, (2013年3月16日)
- ⑨ 笠井 哲, 知盛—諸行無常の美学—, NHKカルチャー平成25年度4月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編3>～「義経千本桜」の世界～第1回, 於NHK文化センターいわき教室, (2013年4月20日)
- ⑩ 笠井 哲, 権太—自己犠牲の悲劇—, NHKカルチャー平成25年度4月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編3>～「義経千本桜」の世界～第2回, 於NHK文化センターいわき教室, (2013年5月18日)
- ⑪ 笠井 哲, 狐忠信—肉親への情愛—, NHKカルチャー平成25年度4月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編3>～「義経千本桜」の世界～第3回, 於NHK文化センターいわき教室, (2013年6月15日)
- ⑫ 笠井 哲, 武部源蔵の覚悟, NHKカルチャー平成25年度7月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編4>～「寺子屋」悲劇の世界～第1回, 於NHK文化センターいわき教室, (2013年7月27日)
- ⑬ 笠井 哲, 松王丸の葛藤, NHKカルチャー平成25年度7月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編

- 4 >～「寺子屋」悲劇の世界～第2回, 於NHK文化センターいわき教室, (2013年8月24日)
- ⑭ 笠井 哲, 復興のための「世代間倫理」について, 平成25年度いわきヒューマンカレッジ (市民大学)「環境再生学部」第1回講座, 於 福島工業高等専門学校, (2013年9月7日)
- ⑮ 笠井 哲, 身代わりの悲劇, NHKカルチャー平成25年度7月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編4>～「寺子屋」悲劇の世界～第3回, 於NHK文化センターいわき教室, (2013年9月21日)
- ⑯ 磯上慎二, 他, 負のスピントルを有するFe₄N薄膜の磁気緩和定数, 東北大学電気通信研究所 第3回共同プロジェクト研究会, 仙台, (2013年2月23日)

専攻科

1) 著書

- ① 佐々木栄三, 霜田宜久, エクセレント ドリル 25年度版 2級土木施工管理技士, 市ヶ谷出版社, (2013年3月15日発行)

2) 論文

- ① Shiro Jitsukawa, Yosuke Abe, Kazuhiko Suzuki and Nariaki Okubo, "Development of Models for Irradiation-induced Changes to Microstructure and Stress-Strain Relations of Austenitic Steels," Effects of Radiation on Nuclear Materials, STP 1547, pp. 288-312, ASTM International, West Conshohocken, PA 2012, U.S.A.(2013年).
- ② Q. Huang, N. Baluc, Y. Dai, S. Jitsukawa, A. Kimura, J. Konys, R.J. Kurtz, R. Lindau, T. Muroga, G.R. Odette, B. Raj, R.E. Stoller, L. Tan, H. Tanigawa, A.-A.F. Tavassoli, T. Yamamoto, F. Wan, Y. Wu, "Recent progress of R&D activities on reduced activation ferritic/martensitic steels", J. of Nuclear Materials 442(Issues 1-3, Supplement 1)(2013)S2-S8
- ③ Eun Jin Seo, Chan Woo Jeong, Seichi Sato, "Application of risk-based approach to post closure safety assessment in radioactive waste disposal : An integration of complex radiation exposure situations", Annals of Nuclear Energy, Vol. 49, November, pp.96-101, Elsevier, (2012).
- ④ Eun Jin Seo, Chan Woo Jeong, Seichi Sato, Tamotsu Kozaki, "An optimal model of the representative habit data for complex environmental exposure systems", Journal of Nuclear Science and Technology, Vol.50, No.5, 534-545(2013).

3) 雑誌・記事・総説・解説

- ① 徐 艶濱, 奈良宏一, スマートグリッド実規模実験装置とその機能, 技術総合誌OHM, 第100巻 第1号, 64~68, 2013年1月12日発行, ISSN 0386-5576
- ② 佐藤正知, 「原子力」福島で伝えたい, 朝日新聞・北海道内版, (2013年3月10日)

4) 口頭発表

- ① Shiro Jitsukawa, Nariaki Okubo, Norito Ishikawa and Kazuhiko Suzuki, "Mechanical response of martensitic and austenitic steels after ion-irradiation to high damage levels", 16th International Conference on Fusion Reactor Materials (ICFRM-16), ICFRM international committee and University of Science and Technology Beijing (2013)
- ② 徐 艶濱, 「スマートグリッド実規模実験装置」の運用実績, 電気学会 電力・エネルギー部門大会, 276, 一般社団法人 電気学会 電力・エネルギー部門, (2013年8月27日)
- ③ 佐藤正知, 福島県における除染と発生する廃棄物の管理に関する現状と課題, 分析化学討論会, 日本分析化学会, (2013年5月19日)

研究紀要

第 54 号

平成26年 1 月30日 発行

編集兼発行者 **いわき市平上荒川字長尾30
福島工業高等専門学校**
TEL 0246 - 46 - 0700

印刷所 **いわき市平下荒川字諏訪下36-1
（株）ネクスト情報はましん**
TEL 0246 - 25 - 0111

乱丁落丁はお取替えいたします。

C O N T E N T S

Kouei Torii The Contrastive Semantics of 'acute', 'keen', and 'sharp'	1
Akira Kasai Image of Human Being in Kant's <i>Natural History of Heavens</i>	7
Akira Kasai On the Significance of Scientific Philosophy in Tanabe Hajime	13
Akira Kasai Image of Human Being in Fujisawa Shuhei's <i>Gokui Tachibana Noboru Tebikae</i>	19
Akira Kasai On the Significance of the Force in <i>Star Wars</i>	25
Akira Kasai Engineering Ethics in Higashino Keigo's <i>Galileo</i>	31
Masanobu Ohtsuki Construction of Variable Logic Circuits with Memristors	37
Hironobu Takahashi Ethics of betrayal in the text of “Kakekomiuttae” written by Osamu Dazai	43
Masamitsu Harada Research on the Content of Radioactive Cesium in the Evergreen Leaves Contaminated with the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident and Its Release Property	55
Yaoyang Zheng Basic study for development of artificial arm with tactile sense	61
Koji Nishiura, Kurando Baba, Takuho Miyamoto On Proficiency-based Teaching of Mathematics at Fukushima National College of Technology	67
Masahide Hagiri, Jun Sato, Shigekatu Oshite, Katsuhiro Aoyagi Development of a New Laboratory Experiment for the First Year Students in Advanced Course	73
Katsuhiro Aoyagi, Takahiko Haga Synthesis, Characterization, and Structure of High Distorted Porphyrin with Trifluoromethyl Group at the meso-Position I.-meso-(Trifluoromethyl)octaethylporphyrin-	79
Yoshihide Tabuchi Philosophical Tasks on Fukushima Daiichi Nuclear Disaster	83
Makoto Ichikawa, Masato Arai An Attempt to Adopt National Center Test for University Admissions as an Achievement Test of English and Physics	91
Makoto Ichikawa An Attempt to Translate Wulfstan's <i>Institutes of Polity into Japanese</i>	97
Shinji Isogami, Masato Arai, Mitsuo Suzuki Development of the new theme on the automatic measurement system using the LabVIEW software	107
Takeshi Sugiyama, Akihiro Kanno, Michimasa Matsumoto A Study of Brand Image : a case study of Michinoeki Yotsukura Kou	111
Kenichi Kurumada A mechanical attempt of physical perception of “viscosity/stickiness” -focusing attention on the phonologic parallelism between <i>NEBARU</i> and <i>NOBIRU</i> -	121
Mari Ishihara A Looking Glass for King Lear	129
Tadaharu Yoshimura A Study on Assessment for Allocation of Emergency Evacuation Sites in Occurrence of Tsunami Disaster Using GIS Spatial Analysis -A Case of Coastal Area in Iwaki City-	135
Noriko Yamauchi, Ken-ichi Kurumada Formation of hydrophobic silica shell on the surface of ferromagnetic nanoparticles in amine as reaction solvent	143
Hitoshi Amano, Miki Matsui, Misato Igarashi, Miho Tanaka, Eviyanti Safrizal Complete mitochondrial genome sequence of <i>Luciola cruciata</i>	149
Toshinori Waga, Sanae Kitamura, Hiroshi Shimamura, Koichi Koizumi, Masanobu Ohtsuki The Renewal of the Local Area Network System	153
Mitsuko Nishiguchi Introduction of the “Stage-Gate System” to a Product Development Course	159
Koji Nishiura, Takeshi Nozawa Analysis of Mathematical Software Used at High School	165
Toshikazu Yamamoto, Suguru Watanabe High Voltage Plasma Focus Device with a Installed Sn Solid Target for Production of EUV Light	169