

研 究 紀 要

第 58 号

RESEARCH REPORTS

National Institute of Technology,

Fukushima College

NO. 58

2 0 1 7

福島工業高等専門学校

目 次

組立式トラスコアパネル (ATCP) の実用化開発	寺田 耕輔・戸倉 直・高橋 徹・萩原 一郎	1
渦励振発電実験のための振動特性評価	渡部 世大・櫻井 健太・小出 瑞康	9
シミュレーテッドアニーリングを用いたパズルゲーム「タングラム」の近似解法アルゴリズム	大槻 正伸・小泉 康一・中野 良樹・新井 広	15
〈写真技術〉と〈科学的合理性〉—その裂けめはどこに生じうるか—	車田 研一・笠井 哲	23
身近な環境に生息する微生物の単離と培養	鈴木 喬也・M.Ajmal Khan・十亀 陽一郎	29
身近な人物で演出する学生実験の試み—福島高専専攻科化学・バイオシステム工学実験を例に—	十亀 陽一郎・市川 誠・鈴木 喬也・江本 久雄・羽切 正英・押手 茂克・石原 万里・青柳 克弘	35
高専生による橋梁目視点検とその健全度評価の試み	長谷部 有希・飯高 優翔・大平 太貴・松田 弘毅・門馬 瑠莞 蓬田 世羅・鈴木 溪太・箱崎 悠哉・江本 久雄	41
橋梁目視点検時の空間線量率の安全性に関する研究	江本 久雄・十亀 陽一郎・佐藤 佳子	47
学生実験のための中性化試験の供試体の作製についての一考察	江本 久雄・十亀 陽一郎	53
エネルギー資源の歴史と課題	若林 晃央・神尾 真	57
学生実験「ミリカンの実験」におけるIT端末の試行的応用	鈴木 三男・増田 健二	65
order, command, directionの対照意味分析	鳥居 孝栄	69
James Shirleyの描く女性達—『結婚』	石原 万里	75
『百科全書』における技術の思想について	笠井 哲	81
カントにおける「自己意識と自由」について	笠井 哲	87
芸術家かつ科学者としての司馬江漢の思想について	笠井 哲	93
藤沢周平『残日録』における隠居の生き方について	笠井 哲	99
雑誌「地方経済」からみた昭和戦前期における茨城県の地方都市	川崎 俊郎	105
西黒門町という「磁場」—樋口一葉を始めとした6名の著名人—	渡辺 賢治	111
選挙権と年齢制限	大岩 慎太郎	119
強磁性金属・合金のスピン波スティフネス定数の計算手法に関する検討	小田 洋平	125
二次元磁性ヘテロ構造における熱電効果の理論的研究	千葉 貴裕	131
東北に於けるキリシタンの世紀について	モリス・ジェームズ・ハリー	137

組立式トラスコアパネル(ATCP)の実用化開発

Practical Development of ATCP (Assembly Truss Core Panel)

寺田 耕輔・戸倉 直*¹・高橋 徹*²・萩原 一郎*³

国立高等専門学校機構 福島工業高等専門学校 機械システム工学科

*¹株式会社トクラシミュレーションリサーチ・*²一般財団法人ふくしま市町村支援機構 試験審査所・*³明治大学 先端数理科学インスティテュート

Kousuke Terada, Sunao Tokura*¹, Toru Takahashi*² and Ichiro Hagiwara*³

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of Mechanical System Engineering,

*¹ Tokura simulation research corporation, *² Fukushima Municipality Support Organization,

*³ Meiji University, Meiji Institute for Advanced Study of Mathematical Sciences

(2017年9月7日受理)

In recent years, there is a great need for lightweight, high stiffness structural technology that can realize fuel efficiency improvement as CO₂ reduction measures to prevent global warming. Also human-friendly environment technology as noise prevention / impact absorption structure is very important. For example, honeycomb panel as lightweight and high stiffness panel is widely applied into various structure. However, honeycomb panel, which needs glue process, is very weak for shear stress and hot temperature. Therefore, innovative high stiffness panel technologies have been required. In response to these needs, we developed Assembly Truss Core Panel (ATCP) by using bending method, suggesting the possibility to make much wider range of structure than before, which was reported as lightweight, high stiffness structural technology in 2014. In this paper, we report cardboard shock absorbing ATCP with no glue, sound absorption ATCP using perforated panels and how to design and make these new concept products as practical applications, which were exhibited at Innovation Japan 2017.

Key words: high stiffness panel, honeycomb panel, assembly truss core panel, bending stiffness

1. はじめに

省エネルギー化の実現や構造物の安全性向上のために、軽量高剛性構造に関する研究開発¹⁻⁵⁾のニーズは大きい。そのニーズに応えるため、筆者らは2014年に組立式トラスコアパネル(ATCP: Assembly Truss Core Panel)を提案し、ATCPの試作と曲げ剛性評価結果について報告⁶⁻⁷⁾している。ATCPの特徴は、Fig. 1に示すように正四面体コアと正八面体コア(あるいは正八面体ハーフコア)を用いて空間充填することによって高剛性化を図った構造体である。そして、素材や材質は適用される用途に合わせて選定し、Fig. 2に示すようにコアを曲げ加工し組立てる。コアによる空間充填率は100%タイプ、あるいは100%未満タイプもある。アスペクト比 $f (= d/c)$ は0.6以上の設定が可能であり、従来よりも約2倍程度以上に向上されており設計自由度が高い。

筆者らは、2014年以降、各種ATCPの実用化開発を進め、本年8/31-9/1に東京ビッグサイトで開催されたイノベーション・ジャパン2017に試作品を出展している。ここでは、イノベーション・ジャパン2017に出品したATCPの開発内容について報告する。

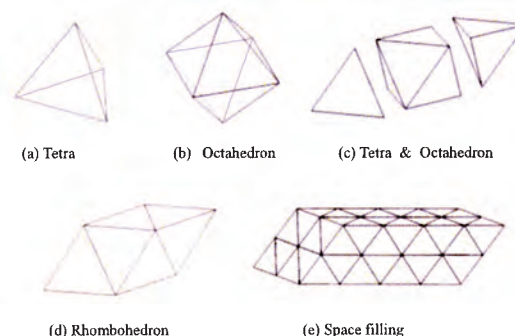


Fig.1 Space filling with tetra and octahedron

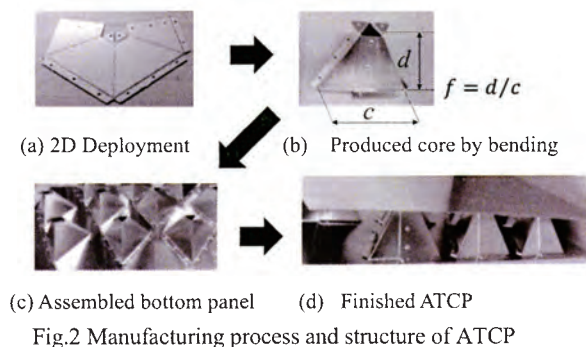


Fig.2 Manufacturing process and structure of ATCP

2. 実用化開発の方針

2.1 設計コンセプト

現在、市販のダンボール製緩衝材の主力製品は、ハニカムボード (Fig. 3) と呼ばれているものである。Fig. 3 に示すように、正六角形や四角形断面の柱が上下プレートに接着剤で接合された構造になっている。輸送用貨物コンテナの荷物の周辺にハニカムボードがダンボール製緩衝材として活用されている。



Fig.3 Cardboard honeycomb panel

しかし、ハニカムボードは、接着剤を使用しないと上下プレートの柱が固定できないため、いろいろな方向から荷重を受けると柱が偏り倒壊して緩衝材として機能できなくなる。このため、ダンボール製ハニカムボードは接着剤が不可欠であることにより、次の欠点がある。

- ①温度上昇する環境では接着剤の粘着力がなくなり、使用できない。
- ②接着剤で固めているため、荷重を受けて損傷すると修復はできず廃却となる。

ダンボール製緩衝材ATCPの開発にあたり、現行ハニカムボード工法の欠点を解決するために、接着剤がなくても緩衝材として使用できることを設計コンセプトとしている。

また、2014年に報告した金属製ATCPではコアフランジを上下プレートに接合するためのボルトやブラインドリベット用穴が必要となる。実用化開発では、上下プ

レートに穴あけ工程を省略するために、有孔パネル (Fig. 4) を利用できることも設計コンセプトに取り入れている。

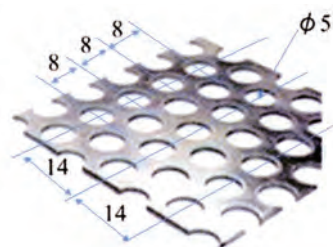


Fig.4 SUS304 perforated panel φ5×P8

2.2 コアフランジ設計手法

ダンボール用紙を用いてコアを製作する際、どのようなフランジ形状寸法であれば接着剤がなくてもコアとして形状凍結するかについて、多数のフランジ形状寸法のコア展開図をもとに試作実験を行った結果、次のような知見を得ている。

- ①コアフランジ幅が長すぎると (Fig. 5(a))、コアを折り曲げる際にダンボール用紙が干渉し作業を行いにくく、かつ材料を必要以上に余計使い無駄である。
- ②コアフランジ幅が短すぎると (Fig. 5(b))、作成されたコアに荷重が作用するとフランジ面がコア面から離れて崩壊しやすくなる。
- ③フランジ角は、コア面を形成している正三角形の一つの角度60°と同じであれば、折り曲げ角度の誤差等によりコア辺上に段差 (Fig. 5(c)) が生じ連続性がなくなるため、フランジ角度は60°よりも小さくする必要がある。

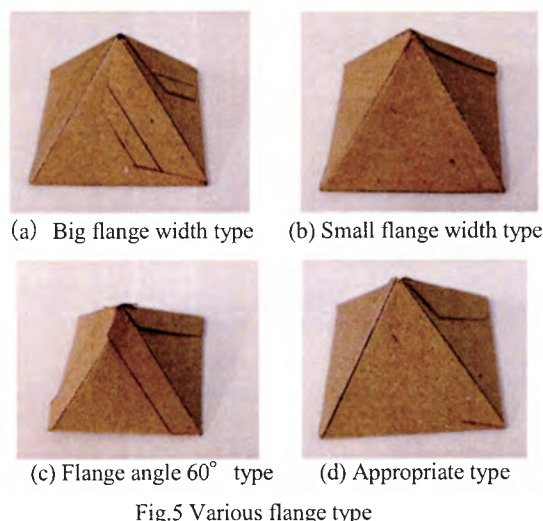


Fig.5 Various flange type

以上の知見をもとに、コア展開図を種々検討した結果、展開図の角度は三角定規の角度 (30, 45, 60, 90°) をペー

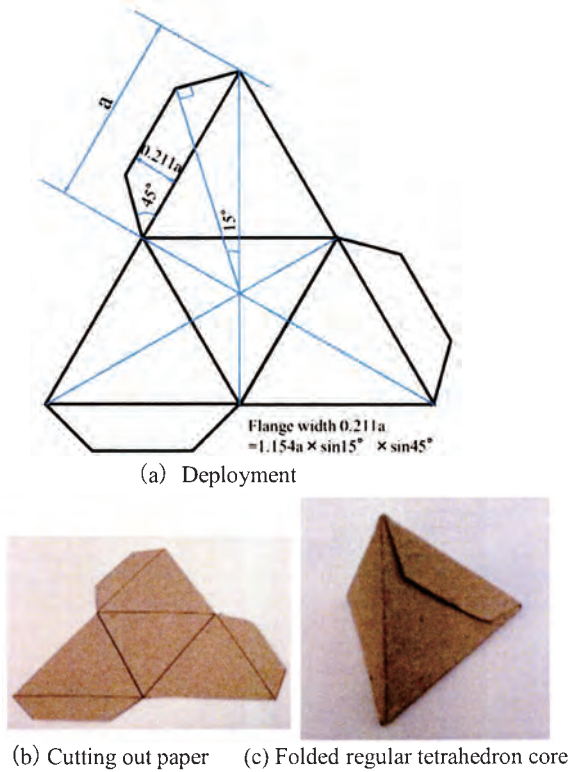


Fig.6 Appropriate flange design for regular tetrahedron core

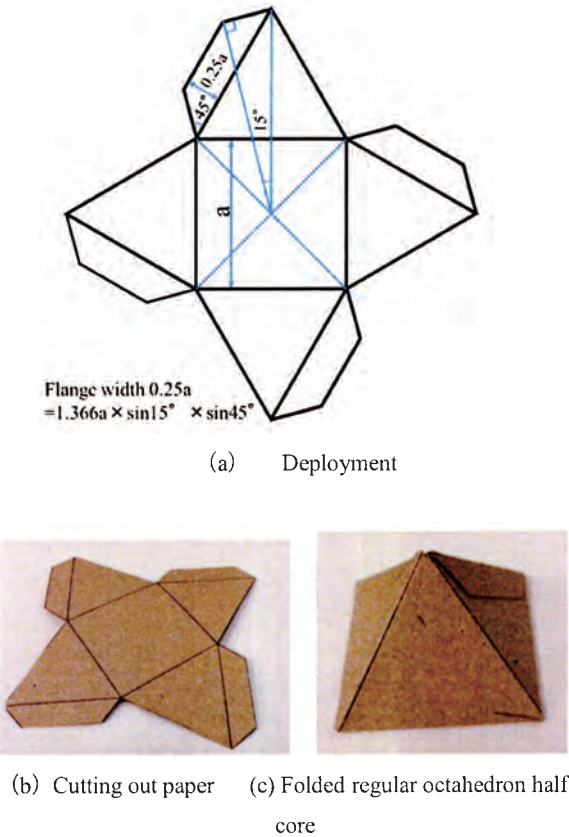


Fig.7 Appropriate flange design for regular octahedron half core

スにすると作図が行い易く、正四面体および正八面体ハーフの展開図(Fig. 6, 7)においては、フランジ角を 45° としコア底面重心位置とフランジ側辺が 90° となるフランジ幅にすれば、上記①～③が解決できることが見いだされる。

2.3 コアフランジ穴設計手法

量産されている市販有孔パネルの例として、吸音材として利用されている板厚1.5mmのSUS304パンチング $\phi 5 \times P8$ を用いて設計手法を考案する。ATCPを構成する上下パネルを有孔パネルとすることで、コア接合用の穴あけ作業が不要になるとともにコアの底面を音源側に設置すれば逆メガフォン(Fig. 8)となりさらなる吸音効果がねらえる。有孔パネルの使用しない穴については、メーカーに依頼すれば穴をあけない対応も可能である。ATCPに有孔パネルを利用することで、軽量高剛性のほかに工程の簡略化と吸音性能も効果として期待できる。

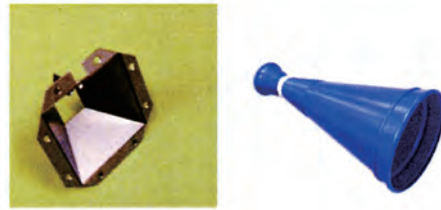


Fig.8 Regular octahedron half core looks like megaphone

しかし、コアフランジ穴と有孔パネルの穴位置を対応させる設計をいかに行うかという問題があるが、次のような方法で実行可能である。

即ち、展開図をもとにコア作成後のフランジ底面の穴と頂点側フランジ上面の穴等の中心位置をコア頂点を中心とする円上に設置させる幾何学的関係から検討すれば、明快な設計手法を確立できるのである。

ここでの有孔パネル(Fig. 4)の場合、横方向の穴ピッチは8mmで縦方向の穴ピッチは14mmであるから、8mmピッチ $\times 5$ とし、14mmピッチ $\times 3$ として、Fig. 9のように穴中心点 P_1 に半径42.5mmの円を描いてみると、 P_1 と16mm間隔の4つ穴の一つの穴中心 P_2 の距離を L_1 とすると

$$L_1 = \sqrt{(42^2 + 8^2)} = 42.7\text{mm}$$

同様に、 P_1 と28mm間隔の4つの穴の一つ穴中心 P_3 の距離を L_2 とすると、 $L_2 = \sqrt{(40^2 + 14^2)} = 42.3\text{mm}$ となる。

よって、コアフランジ底面の8つの穴は平均半径42.5mmの円上に近似的に設置できればうまく対応されることがわかる。平均半径42.5mmからの誤差 $\pm 0.2\text{mm}$ と非常に小さい。

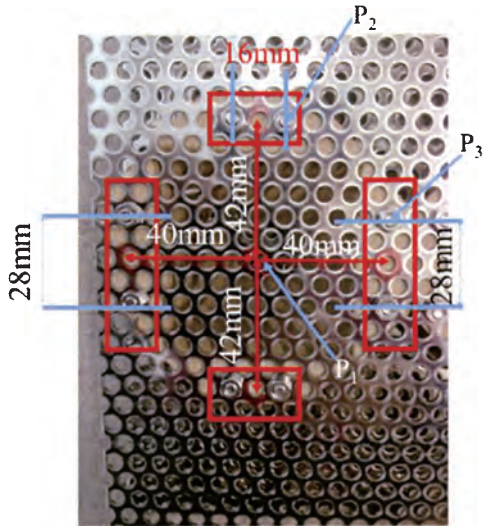


Fig.9 Eight holes of perforated panel on circle

次に、この円上に設置されるフランジ底面の穴8つを正三角形の1辺の長さを a とするコア展開図上に表す方法を示す。展開図 (Fig. 10) では、先述の知見からフランジ底面も上面も幅寸法を $0.25a$ とし、フランジ底面の穴中心はフランジ幅中心線上に、フランジ上面の穴中心は各正三角形の重心位置としている。展開図を折り曲げてコア (Fig. 11) を作成すると、有孔パネルに接するフランジ折り線は底面と上面に正方形を形成する。正方形のサイズは、底面側 $a \times a$ 、上面側 $0.29a \times 0.29a$ となる。頂点 Q_1 とフランジ底面穴の16mm間隔の穴の一つの穴中心 Q_2 との距離を L_3 とすると $L_3 = \sqrt{(0.5a + 0.125a)^2 + 8^2}$ となる。同様に、頂点 Q_1 とフランジ底面穴の28mm間隔の穴の一つの穴中心 Q_3 との距離を L_1 とすると

$$L_1 = \sqrt{(0.625a)^2 + 14^2} \text{ となる。}$$

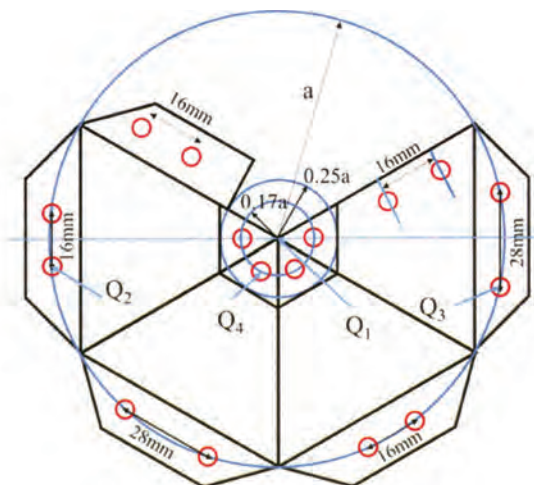


Fig.10 Deployment for regular octahedron half core using perforated panel

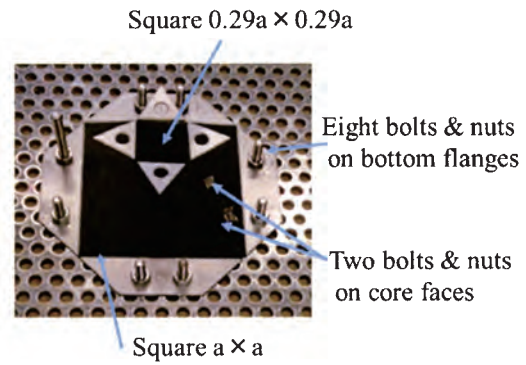


Fig.11 Assembly regular octahedron half core on perforated panel

よって、 L_3 と L_4 の平均を L_5 とすると

$$L_5 = \sqrt{(0.625a)^2 + 11.4^2} \text{ となる。}$$

L_5 が先述の平均半径42.5mmとなる a を算出すると $a = \sqrt{(0.625a)^2 + 11.4^2}$ より、 $a = 65.5$ (mm) となる。 $a = 65.5$ (mm) の時、 $L_3 = 41.7$ (mm)、 $L_4 = 43.3$ (mm) となり、平均半径42.5 \pm 約1.0mm以内である。したがって、穴径 $\phi 5$ mmに対してM4ボルト&ナット or $\phi 3.2$ mmのブラインドリベットを用いれば取り付けが可能である。

また、展開図上では、フランジ底面の8つの穴は半径 a の円上にほぼ設置できることもわかる。なお、コア側辺にある16mm間隔の穴は閉じたコア面接合用である。

次に、フランジ上面穴4つ用に、8mmピッチ $\times 2$ 、14mmピッチ $\times 1$ として、Fig. 11に示すように穴中心点 B_1 から縦方向に1ピッチ分離れた穴中心点 B_2 との距離 L_6 は14.0mmである。半径誤差1mm以内の円を描くには、横方向に2ピッチ分離れた穴中心点 B_3 を選定すると、その距離 L_7 は16.0mmである。

よって、フランジ上面穴4つは平均半径15.0mmの円上に誤差約1.0mmに設置できる。

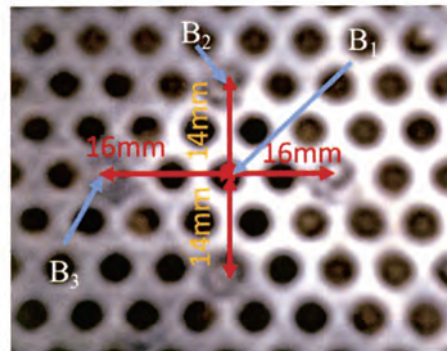


Fig.12 Four holes for upper flanges

次に、展開図を折り曲げてコアを作成すると頂点 Q_1 とフランジ上面穴中心 Q_2 との距離を L_8 とすると

$$L_8 = (0.25 \times 0.5 / 0.866 + 0.08) a = 0.224a \text{ となる。}$$

$a=65.5\text{mm}$ の時、 $L_8=14.7(\text{mm})$ となる。よって、フランジ上面穴については、 $\phi 3.2\text{mm}$ のブラインドリベットを用いれば取り付けが可能である。

実際に、 1000×800 の有孔パネル2枚と12個のコアを用いて、Fig. 13に示すように取り付けられている。コアは軟鋼板材（厚さ 0.8mm ）を使用し、製作方法は既報のとおりである。吸音効果がありかつ透けているため、オフィスや家庭用パーティションとしての活用が期待されるが、実験による定量的な評価は今後の課題である。



Fig.13 Sound absorption partition ATCP
1000×800×55

3. ダンボール製緩衝材ATCP試作品の製作

3.1 構成品の仕様

作り易いサイズと試作費用の制限等を考慮し、市販のダンボール箱（ $408 \times 408 \times 55$ ）に正三角形の1辺の長さを 68mm とするコアを、Fig. 14のように充填することで基本寸法を決めている。

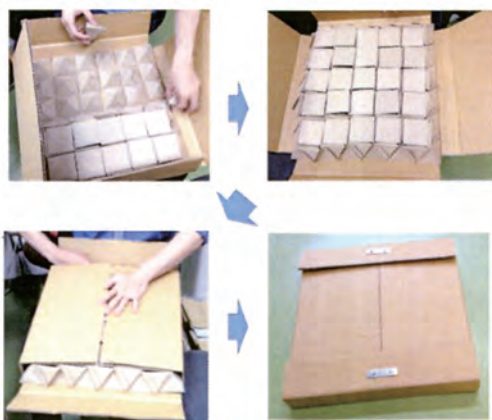
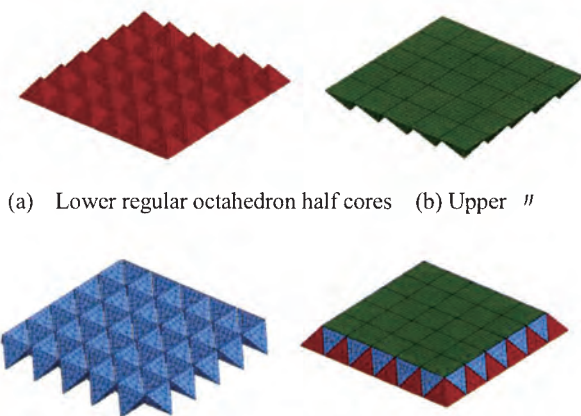


Fig.14 Cardboard ATCP with no glue

市販ダンボール箱の紙の外観厚さは約 5mm あるが、周知のように内部構造はコルゲート状になっており圧縮すると厚さは約 $2 \sim 3\text{mm}$ 程度になる。コア製作は、丈夫な用紙としてダンボールメーカーの推奨商品”強化200g原紙（厚さ約 0.2mm ）”を購入し、第2章で述べた要領で展開図を作成し接着剤はいっさい使用せずに行っている。

Fig. 15に示すようにコア数は、下側の正八面体ハーフは $36 (=6 \times 6)$ 個、上側の $\#$ は $25 (=5 \times 5)$ 個、正四面体は 60 個である。ダンボール箱内をコアで充填した後、ダンボール箱の閉じ面を締結するためにM4ボルト&ナットとプレート板 (Fig. 14の完了状態参照) を使用している。



(a) Lower regular octahedron half cores (b) Upper #
(c) Regular tetrahedron cores (b) Space filling with cores

Fig.15 Cardboard ATCP composed of 121 cores

3.2 構成品の重量

ダンボール製緩衝材ATCPは2個製作し、全体および各構成品の重量を電子天びんで測定した結果をTable 1に示す。ダンボール箱、コア、金具部品等の重量はほとんど変動しないが、複数回重量を測定し平均値を掲載している。このほか、正八面体ハーフコア単体の展開図面積は 16100.8mm^2 、平均重量は 3.29g 、正四面体コア単体の展開図面積は 9192.5mm^2 、平均重量は 2.09g である。コアの素材用紙の密度 ρ は約 1.0 である。

重量割合では、ダンボール箱が半分弱の 42.5% 、両タイプのコア総合がほぼ半分の 51% を占めている。

Table 1 Weight list of cardboard ATCP

Item	Weight (g)	%
Cardboard box	272.1	42.5
61 octahedron half cores	200.4	31.4
60 tetrahedron cores	125.3	19.6
Metal plate, bolts & nuts	41.4	6.5
Total	639.2	100.0

3.2 試作後の印象

今回はじめてダンボール製緩衝材ATCP試作品を製作した結果、次の印象が得られている。接着剤を使用していないので、市販ハニカムボードのようなゴツゴツ感はなく、しなやかなクッションのようなさわり心地であるが、Fig. 16のようにATCP試作品の上に人が何度立っても損傷は生じない。たとえ損傷が生じたとしても接着剤を使用していないから損傷した部分のコアを新しいコアに差し替えれば何度でも再利用できる利点もある。

素材の用紙を耐水性や耐火性用紙を使用すれば、接着剤がいらない緩衝材マットとしていろいろな分野に利用できることが期待される。

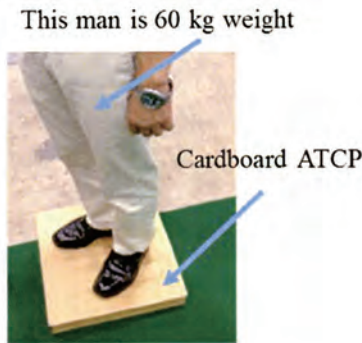


Fig.16 Man standing on cardboard ATCP

4. ダンボール製緩衝材ATCP試作品の曲げ剛性評価

4.1 3点曲げ試験方法と結果

ダンボール製緩衝材ATCP試作品の曲げ剛性評価を、3点曲げ試験により行う。試験機として(株)島津製作所製の油圧式万能試験機 (Table 2, Fig. 17) を用いる。この試験では三本の丸棒を、上面中央部に一本を荷重負荷用ロード、下面両サイドに二本の受け治具として設置する。荷重負荷用ロードを0.08mm/secの速度で下降させながら、荷重 P と荷重負荷用ロードの降下量 δ を測定して曲げ剛性 D を評価する。荷重負荷用ロードは $\phi 25$ 丸鋼、受け治具は $\phi 20$ 丸鋼である。

Table 2 Specifications of hydraulic system universal testing machine AG-300kN

Press load	Max.300 kN
Tensile stroke	600 mm
Frame stiffness	400kN/mm
Crosshead to table spacing	Max.1440 mm
Machine size W×D×H	1186×752×2423 mm



Fig.17 Hydraulic system universal testing machine and cardboard ATCP

3点曲げ試験によって得られた P と δ の関係から、次の式(1)を用いて D を評価する。

$$D \cong \frac{(P/\delta)l^3}{48} \quad (1)$$

ここで、 l は二本の治具支持間隔で250mmである。

曲げ剛性試験における P と δ の関係を、Fig. 18に示す。 P が約400Nまでは、 P と δ は線形関係にあり、ATCP試作品はほぼ弾性変形している。

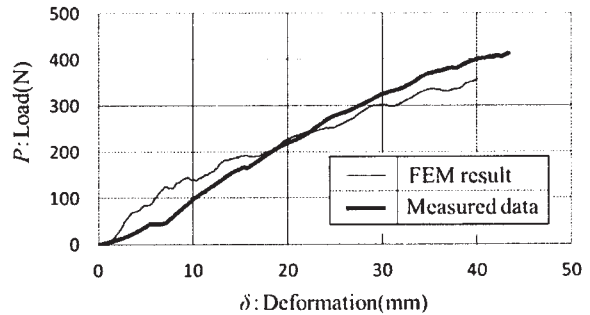


Fig.18 FEM results and Measured data of P and δ

δ が40mmを超えて、これまでの P と δ の比例関係から離脱し非線形現象を示し始めた時点で試験を終了した。試験結果から、 $P/\delta = 10.37$ (N/mm)となり、式(1)から $D = 3.38 \times 10^6$ ($N \cdot mm^2$)と算出される。

4.2 考察

今回のATCP試作品に対して、スチール板材を用いた同投影面積($L \times B$)、同重量の中実矩形断面からなる構造体を想定し、この構造体の曲げ剛性 D^* を評価する。幅 B は408mm、長さ L は408mm、ATCP試作品重量 W 、スチールの比重 $\rho 7.8$ として、この構造体の断面厚さ T

(mm)を式(2)から計算する。

$$T = 1000 \times W / (\rho \times L \times B) \quad (2)$$

$$= 639.2 / (7.8 \times 408 \times 408 / 1000) = 0.49 \text{ (mm)}$$

想定した構造体断面寸法は幅 B ×厚さ T であるから、曲げ剛性 D^* は、材料力学の公式から式(3)で表される。

$$D^* = E \times B \times T^3 / 12 \quad (3)$$

E : スチールのヤング率210000MPa

式(3)を計算すると、 $D^* = 0.84 \times 10^6 \text{ (N} \cdot \text{mm}^2)$ となる。

今回のATCP試作品の曲げ剛性 D は、同投影面積、同重量の中実矩形断面からなるスチール製構造体の曲げ剛性 D^* の約4.1倍(=3.38/0.83)に高剛性化されている。紙からなるATCP試作品であるが、単純なスチール板材よりも強固な構造体として評価できることがわかる。

次に、用途に応じてATCP設計変数(コア数や正三角形の1辺の寸法、紙の材質等)を最適化できるように、FEM解析事例を示す。ATCP試作品の曲げ剛性試験を対象としたFEM解析基本モデルをFig.19に示す。FEM解析ソルバーとしては、市販ソフトであるLS-DYNA(LS-DYNA Version 971 User's Manual, 2012)を用いている。

本解析は破断に至る大変形現象を対象としていることから、陽解法で行っている。FEMモデル化では、ダンボール箱およびコアをシェル要素(完全積分シェル要素タイプ)で表し、材料モデルとしては、3点曲げ剛性試験では構造パネルの弾性変形域の範囲に限定しているため、塑性域の材料モデル定義が簡便である多直線近似等方弾塑性体モデルを用いている。ATCP試作品は、柔らかいダンボールの箱(Box)と強化200g原紙からなるコア(Core)で構成されており、両者の主な材料定数(Table 3)は文献値⁸⁻⁹⁾を参考にFig.18の測定結果に適合するように設定している。

両サイドと中央部の三本の丸棒治具は剛体モデルである。また、『治具と板材』および『板材と板材』の接触問題はペナルティ法で解析し、摩擦係数および動摩擦係数等はすべて0.1としている。解析条件としては、両サイドの丸棒治具モデルは完全位置固定とし、中央の荷重荷用ロッドモデルを鉛直下方に降下させて、降下量 δ (mm)と鉛直下方荷重 P (N)の出力結果をFig.18、変形図をFig.20に示している。

Table 3 Major material constants of FEM model

Item	Young's modulus(MPa)	Yield stress(MPa)	Slope after yield(MPa)
Box	100.0	10.0	10.0
Cores	2250.0	12.0	80.0

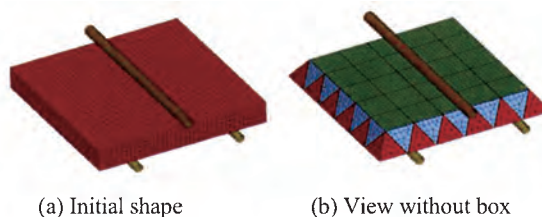


Fig.19 FEM model for cardboard ATCP

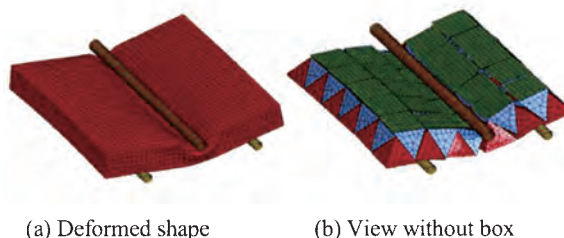


Fig.20 Deformed shape by FEM results at $\delta=40\text{mm}$

紙の材料定数を厳密に設定することは非常に難しい作業であるが、Fig.18に示した実験結果をFEM解析から概ね評価できているため、用途に応じたATCP設計変数について適正に検討することは可能であると考えている。

5. まとめ

本稿では、イノベーション・ジャパン2017に出品した新しい組立式トラスコアパネル(ATCP)の開発内容について報告している。会場では、鉄鋼や非鉄材料メーカ、住宅機器メーカ、ダンボールメーカの多くの関係者からご意見やアドバイスなどをいただくことができた。今回の取組から、さらに実用化を推進するためには、次のような今後の課題が指摘される。

- ・ダンボール製緩衝材ATCPは、輸送用コンテナの緩衝材など多くのニーズが見込まれる。工業製品とする場合、量産品としてコストや保証期間などの検討が必要となる。また、コア用紙にゲームキャラクターやスポンサーCMの図柄をいれたホビー用クッションとしても期待できる商品である。
- ・有孔パネルを利用した防音用ATCPについては、コアやパネル穴のサイズ、数、位置などを吸音効果に適した設計手法の確立が課題である。

謝 辞

本研究は、科研費補助金 No. 15H02228, 日本学術振興会, 基盤研究(A)により遂行できましたことに深く感謝いたします。

参考文献

- 1) Saito, K., and Nojima, T., Modeling of New Light-Weight, Rigid Core Panels Based on Geometric Plane Tilings and Space Filings, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series A, Vol. 73, No. 735, (2007).
- 2) Saito, K., Nojima, T., Morimura, H. and Hagiwara, I., Evaluation of Bending Rigidity in Newly Developed Light-Weight Core Panels, Transaction of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series A, Vol. 75, No. 750, (2009).
- 3) Saito, K., and Nojima, T., Designing Method for a Folding Line Diagrams of Arbitrary Cross-Section Honeycomb Cores, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series A, Vol. 78, No. 787, (2012), pp. 324-335.
- 4) Hagiwara, I., Welding by pressing 2 sheets of cheaper steel panel than honey comb, Automotive Technology(2011-11), pp.96-101.
- 5) Tokura, S., and Hagiwara, I., Forming Process Simulation of Truss Core Panel, Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers, Series A, Vol. 74, No. 746(2008), pp. 1379-1385.
- 6) 寺田耕輔・佐藤秀俊・牧田哲暢・高橋徹・萩原一郎, 組立式トラスコアパネルの開発: 福島工業高等専門学校研究紀要, 55, 1-5(2015).
- 7) 寺田耕輔・戸倉直・佐藤秀俊・牧田哲暢・萩原一郎, 組立式軽量高剛性構造パネルの曲げ剛性評価: 日本機械学会論文集, No. 15-00039, Vol. 81, No. 828, DOI: 10.1299/transjsme.15-00039 (2015).
- 8) 上坂鉄・村上浩二・今村力造, 紙の面内弾性定数の坪量依存性, 材料, Vol. 26, No. 284, 472-476(1976).
- 9) 木村実・中尾哲也・加藤護, 引張り試験からの紙のヤング率の実験的算出法, 紙パ技協誌, Vol. 39, No. 11, 1057-1062(1985).

渦励振発電実験のための振動特性評価

Characteristics of Circular Cylinder Vibration on Vortex Induced Vibration Power Generation

渡部 世大・櫻井 健太・小出 瑞康*

福島工業高等専門学校専攻科

*福島工業高等専門学校機械システム工学科

Seidai Watanabe, Kenta Sakurai, Mizuyasu Koide*

National Institute of Technology, Fukushima College, Advanced Course

*National Institute of Technology, Fukushima College, Department of Mechanical System Engineering

(2017年 9月 7日 受理)

In recent years, floods and river flooding have occurred due to local heavy rains. These heavy rains caused by abnormal weather, so prediction of these floods is difficult. When there is a possibility of the river flooding, it is necessary to convey the warning to the residents around and downstream them. Effective prevention system for these disaster is the system monitoring water level, flow velocity, flow rate etc. in many places along the river. A monitoring device for the system should be compact, inexpensive and independent from external power supply, to install the many devices in observation objects. The specific aim of this study is to produce a micro power generator for low cost small river monitoring equipment. The micro power generator is adopting vibration power generation by vortex induced vibration (VIV) which have possibility of operate low flow rate, low velocity. However, VIV power generation technique has not been established. Therefore, the authors investigate characteristics of VIV power generation and behavior of VIV during power generation by wind tunnel experiment. Electric power is generated by VIV and the maximum electric power reached 0.28 mW. Many experiments clarify the reproducibility of VIV power generation.

Key words: vortex-induced vibration, power generation, wind tunnel experiment

1. はじめに

近年、日本では季節により局所的な豪雨が降るようになり、それにより河川の洪水や氾濫が起きることがある。また、都市化が進むにつれ道路は舗装され、雨水が下水や河川に流れ込んで氾濫を起こす都市型水害などが増えている。それらの対策の1つとして河川監視装置をこれらの下水や河川に多数設置し、水量や流速等を監視することがあげられる。従来の河川監視装置は高価であり電源工事も必要であるため、装置を多くの場所に設置することは現実的ではない。そこで構造が簡単であり独立型の電源を備えた装置を開発することで、河川に監視装置を多数設置することが可能になると考えられる。

中小河川付近の地形は様々であるため、それらに対応できる発電方法として河川の流水を利用した小水力発電を用いるのが適当である。流水を利用した発電機としては回転機構を持つ水車やタービン型などが一般的で

あるが、定期的にメンテナンスを行う必要があり、コストが大きく、利用が難しい場合もある。これらの点において、渦励振発電¹⁾は構造が簡素で安価に製造でき、地形の複雑な中小規模の河川に設置することができると考えられる。しかしながら、渦励振発電の実用化のためには発電量の少なさなどの課題が多く、研究データの蓄積が望まれる。

著者らは渦励振発電に関する研究を行うために風洞装置を用いて発電実験を行った。渦励振発電の特性や発電時の振動物体の挙動を明らかにするために、発電時の振動振幅および渦流出周波数、発電量等のデータを様々なパラメータのもとで測定することが必要である。本報では、複数回の風洞実験により渦励振発電装置の発電時における振動挙動、発電特性を明らかにするとともに、その再現性を確認することを目的とする。

2. 実験装置

2.1 風洞装置

図1と図2に風洞の全体図, 及び主要寸法を示す. 主要構成要素は送風部, 整流部, 絞り部, テストセクションとなっている. 送風部, 整流部断面は450 mm×450 mm, テストセクション断面は200 mm×200 mmであり, 絞り部において面積比で約1/5に絞っている. 整流部では, ハニカムメッシュを2枚挟み整流している. 風洞装置の平均乱れ率は流速3 m/sで約1.2%となっている.

2.2 送風機

本風洞装置の送風機として, (株)Suiden製軸流型ポータブル送排風機を用いる. 電源装置として三菱製の汎用インバータFREQROL-E700を用いて送風機の回転数を制御することで風速を変化させる. インバータ出力を0.5~60 Hzの範囲で0.01 Hzずつ変化させることが可能である.

2.3 渦励振発電装置

図3に渦励振発電装置の全体図を, 図4に発電装置のコイル付近の拡大図を示す. 渦励振発電装置の円柱を流れ

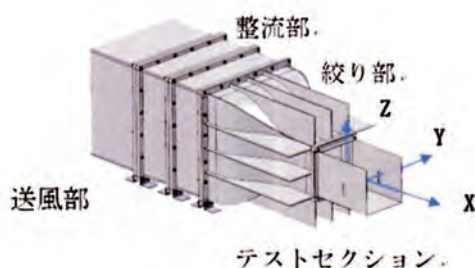


図1 風洞装置

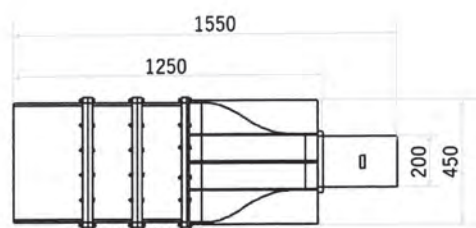


図2 風洞装置の主要寸法

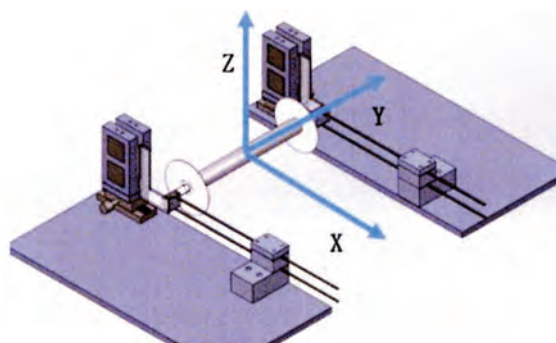


図3 渦励振発電装置

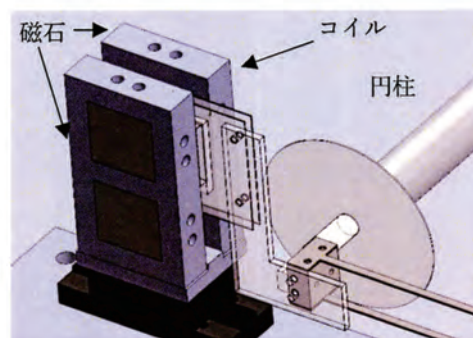


図4 発電部拡大図

に対して垂直方向に直線的に振動させるため, 振動子を2枚の板バネで挟んで保持する. この発電装置を図1のテストセクションに設置する. 円柱にのみ気流が当たるようにするため, 円柱の支持部品をテストセクション側面の穴を通して外部に出し, これを板バネにより支持する. また, 円柱の両端にコイルを設置し, このコイルを2枚のネオジウム磁石で挟み込む (図4). 発生する磁界の中でコイルを振動させ, 電磁誘導により発電を行う. 装置の固有振動数 f_n は17.58 Hz, 円柱長さ $l = 200$ mm 円柱直径 $d = 31$ mmである. 減衰率については後述する.

2.4 測定装置及び測定方法

円柱から流出する渦の流出周波数 f_v を測定するために, 円柱の後流において, 渦の流出にともなう流れ方向の速度変動を熱線流速計 (KANOMAX Model 7000Ser) を用いて測定する. 円柱の中心から上方に d , 下流方向に $2d$ の位置にI型熱線プローブを設置し, 速度変動を電圧データとしてLabVIEWでデータ収録する. 得られたデータをFFT解析し, 卓越した周波数成分を f_v とした.

主流速度 U は日本カノマックス製の流速計

(ANEMOMASTER LITE, MODEL6006-00, 測定精度 $\pm 5\%$) を用いてテストセクション断面中央で測定した。

円柱の振動振幅は、レーザー変位計を用いて変位 Z を測定し、その実効値 Z_{rms} を d で除して無次元振動振幅 Z_{rms}/d とした。また、円柱の両端で Z を測定し、円柱が並進運動していることを確認した。

2.5 電力の測定について

発電装置の回路図を図5に示す。発電時に発生する電力 P は、POWER METER (HIOKI PW3335) を用いて測定した。円柱に取り付けられたコイルに電力消費用の抵抗を取り付けその、一つにPOWER METERを接続し、測定時間内に記録した電力の最大値を P とした。円柱は並進運動しているため、おおよそ2倍の電力を得ることができるものと考えられる。

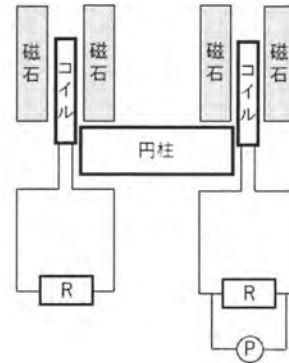


図5 発電装置回路図



図6 カルマン渦列⁽³⁾

3. 渦励振による振動実験

3.1 渦励振とは

一様流中に円柱を置くと、円柱の後方に交互に周期的な渦が流出する。この渦はカルマン渦(図6)と呼ばれ、流速に比例し流出周波数 f_v が変化するという特徴を持っている。この渦は円柱斜め方向に流出するため、流れに対して垂直な方向と平行な方向に流体力が作用する。本装置で円柱は流れに対してZ方向に振動できるように弾性支持されている。渦の流出周波数 f_v と発電装置の固有振動数 f_n が一致したとき共振が発生し、円柱に流れに対して垂直方向の振動が励起される。このようなカルマン渦による共振現象をカルマン渦励振と呼ぶ。カルマン渦励振は通常の共振現象とは異なった様相を見せる。通常の共振現象では渦流出周波数 f_v と装置の固有振動数 f_n が一致したときのみ狭い範囲で振動が発生する。しかしカルマン渦励振では、円柱が振動することにより渦の流出模様が変化し図7に示すように一定の範囲で渦流出周波数 f_v と装置の固有振動数 f_n が一致し続け、広い範囲で共振が発生する。この現象を同期現象と言う。

渦励振発電は同期現象により通常の共振現象に比べ広い流速範囲で振動が発生する。そのため広い範囲で発

電が可能となり、常に流速が変化する河川においても発電が可能となる。

3.2 振動実験結果

図7に発電装置を取り付けていない $d = 31\text{ mm}$ の円柱を風洞内に設置し、 U を $0\sim 5\text{ m/s}$ の範囲で増加させたときの U に対する Z_{rms} と f_v の変化を示す。

装置の固有振動数 f_n に f_v が一致する $U = 2.5\text{ m/s}$ 付近で振動の発生が始まり、 U の増加にしたがって Z_{rms} は増大していく。振動が発生する流速範囲では $f_v \approx f_n$ の共振状態が継続する。 $U = 3.2\text{ m/s}$ 付近で振幅は最大となり、その後は徐々に振幅が減少していく。 $U = 3.7\text{ m/s}$ 付近で $f_v \neq f_n$ となって共振状態が終わり、 Z_{rms} が大きく減少して振動が止まる。その後、 U の増加によって振動は発生しない。この実験でカルマン渦励振が発生していること、および本装置での振動特性を明確にした。

4. 渦励振による発電実験

4.1 電力発生に伴う減衰

図4に示したように、発電装置の発電部は永久磁石でコイルを挟み込む構造となっている。円柱が振動するこ

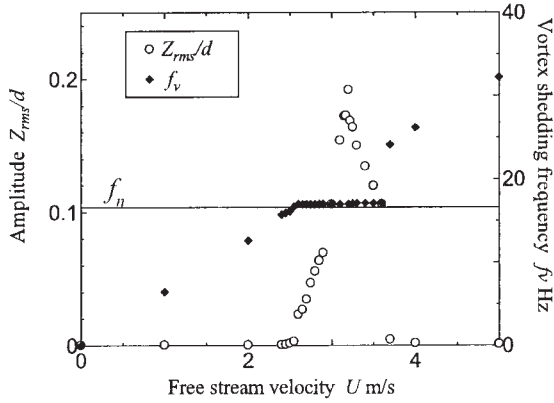


図7 流速と振幅,渦流出周波数の関係

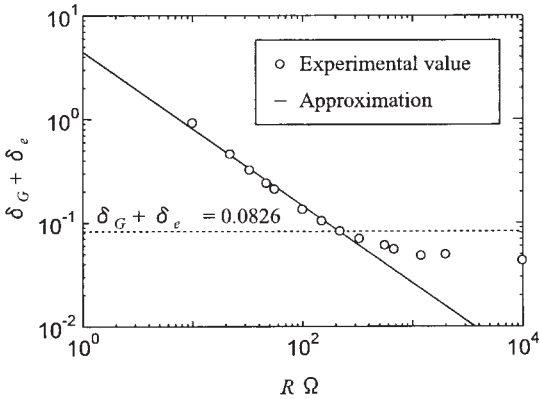


図8 抵抗Rと対数減衰率の関係

とで磁石が作る一様な磁場内をコイルが振動し起電力が生じる. 電力を取り出すことによってローレンツ力が発生し,これが円柱の振動に対して粘性減衰とほぼ等価に作用する. ローレンツ力の大きさは発生する電力の大きさにほぼ比例するため,大きな電力を取り出そうとすると減衰が大きくなり円柱は振動しない. よって発電器に接続する抵抗の値 R を調整することで得られる電力の値を調整し,円柱の振動を妨げないようにする必要がある. 理論解析⁽¹⁾から,発電機による対数減衰率 δ_G が構造減衰と空気による減衰を含めた有効対数減衰率 δ_e に等しいときに最大電力が得られることがわかっている.

本実験で使用した弾性支持装置は, $\delta_e = 0.0413$ であるので, $\delta_e + \delta_G = 0.0826$ となるよう R の値を決める. 図8に R に対する $\delta_e + \delta_G$ の結果を示す. 対数減衰率の値は円柱を自由振動させ抵抗値ごとに5回測定した. 測定したデータの最大値と最小値を切り捨てた3つのデータの平均値を各抵抗の対数減衰率とした. R を増加させてい

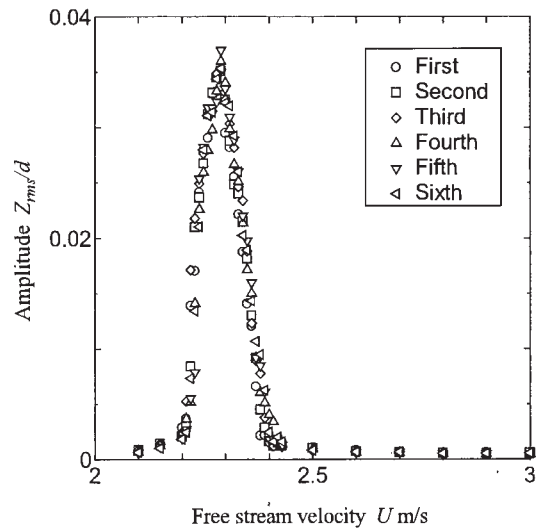


図9 発電時の振動振幅

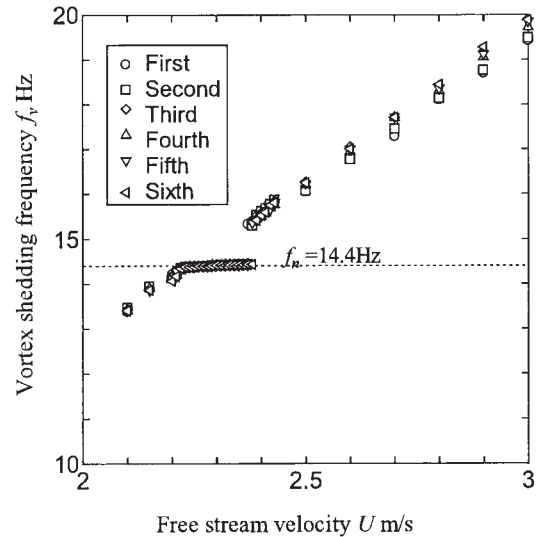


図10 発電時の渦流出周波数

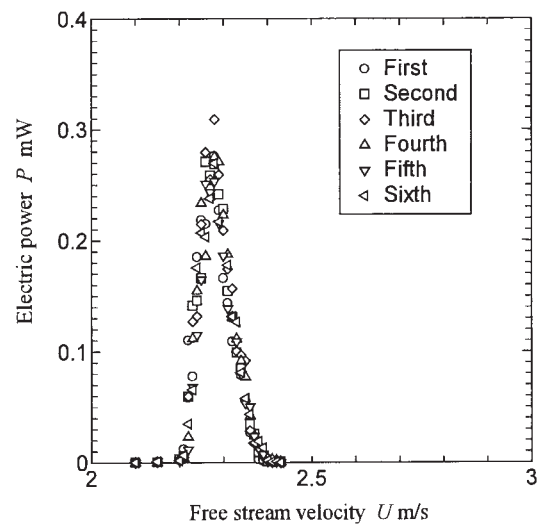


図11 流速と電力の関係

くと徐々に減衰率が減少し、 $R > 1 \text{ k}\Omega$ でほぼ一定となる。この結果から、 $\delta_e + \delta_G = 0.0826$ となる抵抗値として $R = 216 \Omega$ とした。

4.2 発電実験結果

回路に 216Ω の抵抗を接続し、主流速度 U を 0.01 m/s ずつ増加させ振動振幅 Z_{rms} 、渦流出周波数 f_v 、電力 P の測定を行った。図9～11に測定結果を示す。 Z_{rms} と f_v は前述の測定方法でサンプリングレートを 100 サンプル/秒として測定した。主流速度を増加させ振動が停止したところで送風を止め、一定時間経過後に再度実験を行った。これを6度繰り返し発電実験の再現性の確認を行った。

発電時の同期範囲は、 $2.2 \sim 2.5 \text{ m/s}$ となり、発電を行わないときに比べ約 $1/4$ に減少している。 Z_{rms} の最大となる U は 2.3 m/s で、その値は 0.038 と約 $1/5$ に減少している。発生する電力の値は最大 0.28 mW であった。図9と図11に示されるように、振動振幅と電力はほぼ同じ挙動を示している。同期領域の縮小は減衰によるものと考えられ、抵抗の値を変化させることで同期領域の範囲も変化すると考えられる。

5. 結論

本報では、渦励振発電の発電時の特性や円柱の振動挙動を明らかにすべく複数回の発電実験を行った。これらの結果から以下の結論が得られた。

- (1) 発電時の同期領域は非発電時に比べ $1/4$ に減少している。従って同期領域の幅は発電に影響を受ける。
- (2) 発電を行っている時の円柱の振動は、発電を行っていない時とほぼ同じ振動挙動を示す。
- (3) 本報の実験条件下では、振動振幅と電力はおおよそ比例の関係を示す。

参考文献

- (1) 小出 瑞康, 関崎 敬広, 山田 修一, 高橋 勉, 白樫 正高(2011)「水流による渦励振を利用したマイクロ発電の将来性と実証実験」『日本機械学会論文集(B編)』, 77巻775号
- (2) 亀本 喬司(2011)「渦放出とロックイン現象」, 『ターボ機械』, Vol.25(1997)No.9, P488-496, 日本工業出版
- (3) An Album of Fluid Motion, THE PARABOLIC PRESS

シミュレーテッドアニーリングを用いたパズルゲーム「タングラム」の 近似解法アルゴリズム

An Approximation Algorithms for Solving the Puzzle Game “Tangram” with Simulated
Annealing

大槻 正伸・小泉 康一・中野 良樹*・新井 広**

福島工業高等専門学校電気電子システム工学科

*秋田大学教育文化学部

**高知工科大学

Masanobu Ohtsuki, Koichi Koizumi, Yoshiki Nakano*, Hiroshi Arai**

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of Electrical and Electronic System
Engineering

*Akita University, Faculty of Education and Human Studies

**Kochi University of Technology

(2017年8月28日受理)

“Tangram” is a puzzle game, using seven pieces of 5 triangles, a square, and a parallelogram, which construct an original big square with no intersection. A problem is expressed by a figure, shown in silhouette, which can be constructed with all these seven pieces with no intersection. The problem solver, given these seven pieces, and a problem silhouette figure, have to construct the problem figure with all these seven pieces.

In this paper, we have designed an algorithm for searching an approximation solution of this puzzle instead of human solver, with Simulated Annealing (SA), and researched how good solution for a simplified 2-Tangram problem can be got by this algorithm.

Key words: Tangram, Computational Geometry, Simulated Annealing (SA)

1. はじめに

「タングラム」とは次のようなパズルである。

まず Fig.1(左)のように、大きな正方形を分割してできる7個の「ピース」と「問題図形」(例えば Fig.1(右))ーピースで構成すべき影絵の図形ーが与えられる。解答者は7個のピースを全て用いて、それらを重ねることなく問題図形を構成する (Fig.2) ^{2) 6) 8) 9) 10) 11) 13)}。通常問題図形は連結な1つの図形とする。今回は、問題が2つ以上の連結成分からなる場合は考えないこととする。

さて、このパズルは、小学校等の算数教育の教材としても使われ、また人間が解く場合の問題解決方法について心理学的な研究も行われている ^{8) 9)}。

また、従来のコンピュータによる解法の研究では標準的問題を実用的な時間で解くアルゴリズムが開発さ

れている ^{2) 10) 11)}。この種の問題は、情報科学の中の「計算幾何学」^{4) 5)}で扱うべきものであるが、計算幾何学の分野でも解法アルゴリズムについてはほとんど研究されていない。

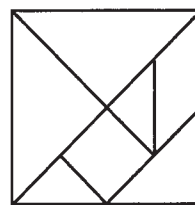


Fig.1 The basic 7-pieces of Tangram(left) and an example of a problem “Airplane(reduced scale 0.7)”(right)

文献 6)において、タングラムを含むある種の図形パズルに関する、一般的な数学的考察がなされ、大きな理

論的進展があったが、ここでも解法アルゴリズムを具体的に構成しているわけではない。

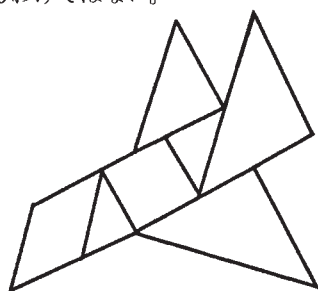


Fig.2 A Solution to the Problem "Airplane" in Fig.1

本論文では、文献 2) 10) 11) で構成した、厳密解探索アルゴリズムとは全く異なる方法による近似解探索アルゴリズムを、シミュレーテッドアニーリング (焼きなまし法、Simulated Annealing, 以下 SA と略す^{3) 12)}) を用いて構成する。そして、今回は「2 ピースタングラム問題」¹⁰⁾ (「p ピースタングラム」については後出→ 2.1 節) の近似解を探索させ、この手法がどの程度有効であるかを検証する。

本研究の位置づけは次のように考えられる。

まず、従来の解法アルゴリズム^{2) 10) 11)}は、いわば「引き算プロセスのアルゴリズム」であった。すなわち、問題シルエットの角 (かど) に着目し、ピースを角に当てはめてみて、うまく当てはまりそうだったら、全体シルエットから当てはめたピースを引き算し、残った (引き算結果の) シルエットと、残ったピース群による縮小されたタングラム問題に帰着させる、というものであった (Fig.3 Subtraction Process)。

しかし、実際に人間が解く場合の解法アルゴリズムを考えてみると、個人差も大きい一般的なには、「足し算のアルゴリズム」も大きな位置を占めていると考えられる。すなわち「このピースとこのピースを、このように組み合わせると、問題シルエットのこの部分ができそうだ」というように考えることも多々あると思われる。実際は、両方向の思考を同時に用いているものと推測される (Fig.3)。Fig.3 は、3 ピースタングラムの例で、問題図形は上に示されている。角を当てはめてみて、図形の引き算により解を探索する過程が「Subtraction Process」の矢印で、足し算による解の探索過程が「Addition Process」矢印で示されている。コンピュータアルゴリズムとしては、現在のところ「引き算」のアルゴリズムしか開発されていない。図形の引き算、特に、角がぴったりと当てはまった場合の引き算は比較的簡単なアルゴリズムで引き算結果図形が求まる。しかし、

図形の足し算は、数体系の演算と異なり、自由となるパラメータが多数あり、例えば、2つのピースのどの辺とどの辺をどの程度共通とするか等の自由度があり、図形の足し算結果を求めたり、足し算プロセスをアルゴリズムとして表現することは簡単ではない。

しかし、ピース数が大きくなった場合、引き算プロセスのアルゴリズムでは、計算量¹⁾が大きすぎてコンピュータの手に負えない場合でも、足し算プロセスの近似アルゴリズムで短時間でよい近似解が求まる可能性もあるところから、研究の価値があると思われる。

本論文では、足し算プロセスを用いたアルゴリズムを構成するための方法を提案する。そして今回は SA を用いた近似アルゴリズムを構成し、2 ピースタングラム問題に応用し、その有効性を調べる。

以下 2. では、タングラム問題を定式化し、問題の表現方法、基本概念について述べる。3. では、実際に SA を用いた近似アルゴリズムを構成し、どの程度厳密解に近づけられるかを調べる。4. では今後の課題、研究方針を提示する。

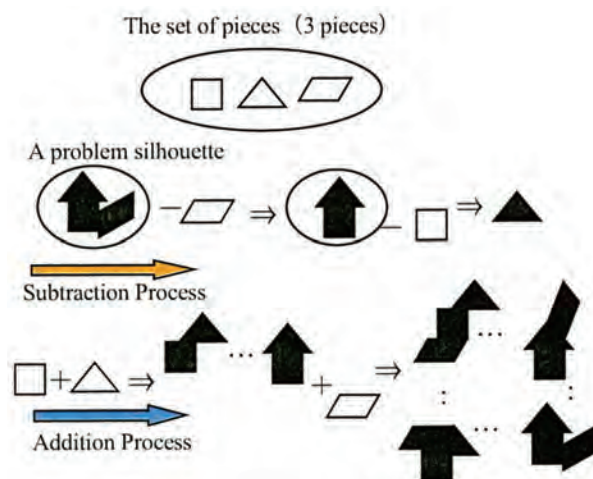


Fig.3 Addition and Subtraction of Pieces

2. 図形の表現方法と基本的概念

2.1 タングラム問題

通常「タングラム」という場合、ピースは Fig.1 のように分割した 7 個で行うものを指すが、この種のパズルでは類似したものもあり、ピースの形が別のもも考えられている。そこで本論文では一般的に、「タングラム」という場合次のパズルを意味するものとする。

- (1) ピースは閉じた有限の図形であり、ピースのエッジ (辺) は全て直線とする。
- (2) ピース数は p である ($p=2,3,4,\dots$)。通常のタングラ

ムでは $p=7$ である。

(3)指定されたシルエット図形を、与えられたピースで、ピースの重なりなしに構成する。

この問題を「一般的なタングラム問題」あるいは「 p (ピース) タングラム問題」などとよぶことにする。

2.2 ピースと問題図形の表現方法

図形 (以下「図形」という場合、ピースや問題のシルエット図形を意味する) は、コンピュータに与えるために、何らかの数値データとして表現する必要がある。ここでは、以後の説明のために、単純な次の2-ピースタングラム問題の例 (Fig.4) で図形の表現方法を説明する。図形を表現するためのデータを、ここでは自然に「図形内部を常に左に見るように頂点を順番に訪れるものとし、その順番での頂点座標」とする。

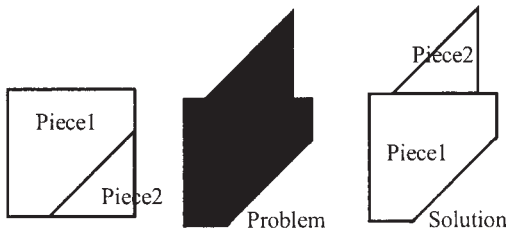


Fig.4 An Example of 2-pieces Tangram Problem and its Solution

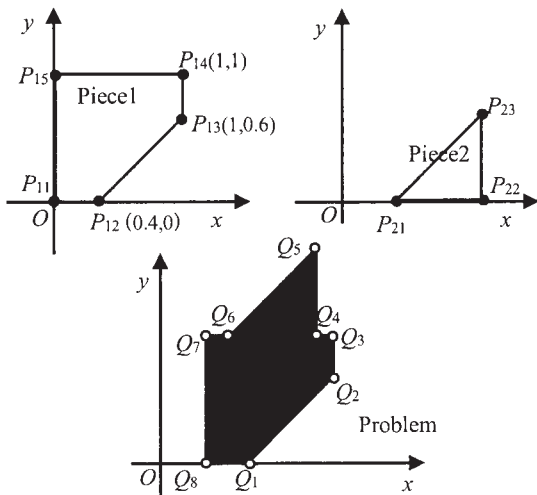


Fig.5 Expression of the 2-pieces Tangram Problem

すなわち、例えば Fig.4のピース 1 (Piece1) であれば、Fig.5に示す各頂点を用いて $\{P_{11}, P_{12}, P_{13}, P_{14}, P_{15}\}$ と表現できる。 $\{P_{13}, P_{14}, P_{15}, P_{11}, P_{12}\}$ と表現してもよい。Fig.4のピース 1 (Piece1)、ピース 2 (Piece2) と問題 (Problem) の図形もデータ表現すると一例として

$$\text{Piece1} = \{P_{11}(0, 0), P_{12}(0.4, 0), P_{13}(1, 0.6), P_{14}(1, 1), P_{15}(0, 1)\}$$

$$\text{Piece2} = \{P_{21}(0.4, 0), P_{22}(1, 0), P_{23}(1, 0.6)\}$$

$$\text{Problem} = \{Q_8(0.3, 0), Q_1(0.7, 0), Q_2(1.3, 0.6), Q_3(1.3, 1), Q_4(1.1, 1), Q_5(1.1, 1.6), Q_6(0.5, 1), Q_7(0.3, 1)\}$$

などと表現される。なお、図形の表現は「どの連続する3点をとっても一直線上にない」ように無駄を省いて表現するものとする。また、最後の頂点と最初の頂点は結ばれているものと、すなわち「最後の点の『次の点』は最初に戻って初めの点」と解釈する。

この連結成分のデータ (表現) を、「基本図形データ (表現)」とよぶことにする。

2.3 図形表現の拡張

前節(2.2 節)の表現方法を基本として、一般の図形の表現方法を次のように拡張する。これは「図形の和」を考えるための拡張である。

【定義 1】 (図形の拡張表現)

F_1, F_2, \dots, F_p を基本図形データ表現で表現された図形 (図形の境界線および内部の点集合) とする。

$$F = \{F_1, F_2, \dots, F_p\} \text{ を } F = F_1 \cup F_2 \cup \dots \cup F_p \text{ で定義する。}$$

F_1, F_2, \dots, F_p を F の成分図形とよぶ。

□ (定義 1)

例えば、 $F = \{(0,0), (1,0), (1,1)\}, \{(1,0), (2,0), (1,0.5)\}$ で表現される図形は Fig.6 (1) のような図形であり、

$F' = \{(0,0), (1,0), (0,1)\}, \{(0.5,0), (2,0), (2,0.5), (0.5,0.5)\}$ で表現される図形は Fig.6 (2) のような図形である。

この表現方法は、データ構造として、単に基本的図形表現法による図形データを並べその和集合を考えるだけであるから、タングラムのパズルの解としてはあり得ないもの、例えば2つの図形の交わりを持つ Fig.6(2) のような図形も許すことになる。しかし、図形の和を求めるアルゴリズムは簡単になる。定義 1 の図形データ (表現) を、「拡張図形データ (表現)」とよぶことにする。

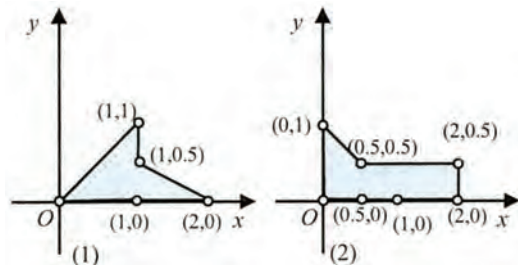


Fig.6 Examples of extended expression of Figures

2.4 図形の正規化

基本的、あるいは拡張図形表現で表現された図形の

頂点 v_k による「正規化」を次で定義する。

【定義2】 (正規化)

正規化とは、平行移動により v_k を原点に移動し、その後回転により辺 $v_k v_{k+1}$ が x 軸の正方向に重なるように合同変換することである (Fig.7)。 □ (定義2)

正規化の主な目的は、2つの図形の角(かど)を合わせて、角同士を比較しやすくすることである。

正規化アルゴリズムは、図形の頂点数(拡張表現の場合は全図形の頂点数)を m とすると $O(m)$ 時間で実行可能なものが簡単に構成できる⁹⁾¹⁰⁾¹¹⁾。

図形 F を頂点 v で正規化した図形を $\text{Norm}(F,v)$ で表すこととする。

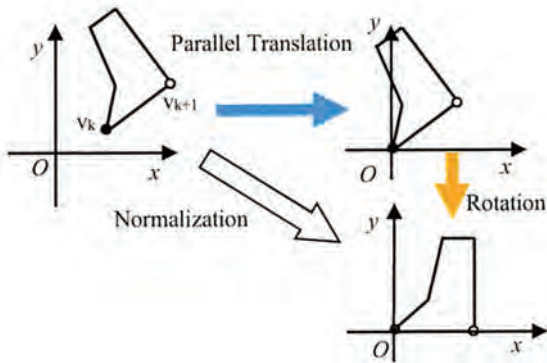


Fig.7 Normalization of a figure by v_k

2.5 図形の和

ここで、「足し算によるアルゴリズム」の構成の基本となる「図形の和」を定義する。

図形 F_1, F_2 の和の演算子「 $+(\theta, (v_x, v_y))$ 」を次で定義する。これを演算「 $+(Tr)$ 」ただし $Tr=(\theta, (v_x, v_y))$ とも表記する。

【定義3】 (図形の和)

$F_1 + (\theta, (v_x, v_y)) F_2 = \{F_1\}, \{F_2 \text{ を原点中心に } \theta \text{ 回転し、その後 } v=(v_x, v_y) \text{ だけ平行移動した図形}\}$ □ (定義3)

$\theta, v=(v_x, v_y)$ は演算「 $+$ 」に付随するパラメータである。図形の和の場合2つの図形の「組み合わせ方」が必要になる。その組み合わせ方を示すパラメータが、回転角と平行移動ベクトルである。

例えばFig.5 (2.2節) の問題図形は、 $\text{Piece1} + (Tr1) \text{ Piece2}$ と合同である(ここで $Tr1=(0, (0.1, 1))$)。また、Fig.8の3ピースタングラム問題の(2)の図形は、(4)のように各ピースを考えると、

$(\text{Piece2} + (Tr1) \text{ Piece1}) + (Tr2) \text{ Piece3}$

ただし $Tr1 = (\frac{3\pi}{4}, (0, 0.4 + 0.6\sqrt{2}))$ $Tr2 = (\frac{\pi}{4}, (1, 0.6))$

となる。この演算「 $+(Tr)$ 」は交換法則、分配法則等の法則が成り立たない。また、Fig.8(3)の図形のようにタングラム問題の解にはなり得ない図形もこの演算から結果として出てくることに注意する。

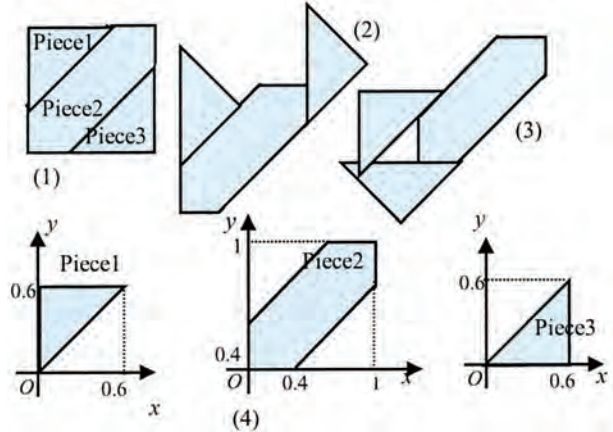


Fig.8 Examples of Sum of 3-Figures

2.6 図形の誤差

足し算によるアルゴリズムを構成するには、前節の図形の和により、2つ以上の図形から構成された新たな図形が、問題図形とどの程度誤差があるのかを計量する必要がある。図形の誤差を次で定義する(今回は2種類の誤差を考える)。

【定義4】 (図形の誤差)

ある p -ピースタングラムパズル問題を1つ固定しピースの和の図形の集合 U_p を考える。

$F_1, F_2 \in U_p$ に対し、

$$d(F_1, F_2) = \inf \{S(F_1' \triangle F_2')\}; F_1' \equiv F_1 \text{ かつ } F_2' \equiv F_2$$

$$d_N(F_1, F_2) = \min_{v, w} \{S(F_1' \triangle F_2')\}; F_1' = \text{Norm}(F_1, v), F_2' = \text{Norm}(F_2, w)$$

ここで $S(\cdot)$ は平面図形の面積とする。 \triangle は対象差である。

□ (定義4)

$d(F_1, F_2)$ は、 F_1 と F_2 を(合同変換で全く自由に動かしていき)できる限り一致させた場合、どうしても一致しない部分の面積であり、 $d_N(F_1, F_2)$ は、一致させようとする合同変換を、正規化に限ったものである (Fig.9)。

$F_1 \equiv F_2$ であれば、 $d(F_1, F_2) = 0, d_N(F_1, F_2) = 0$ となる。

$d_N(F_1, F_2)$ には、合同変換の(正規化という)制約があるため、 $d(F_1, F_2) \leq d_N(F_1, F_2)$ となる。

【性質1】 $\langle U_p, d \rangle, \langle U_p, d_N \rangle$ は疑似距離空間となる。

<証明> 略 □ (性質1)

この疑似距離 d 、あるいは d_N により、2つの図形の誤差、すなわち2つの図形がどの程度かけ離れているか、一致するかが計量できるようになった。

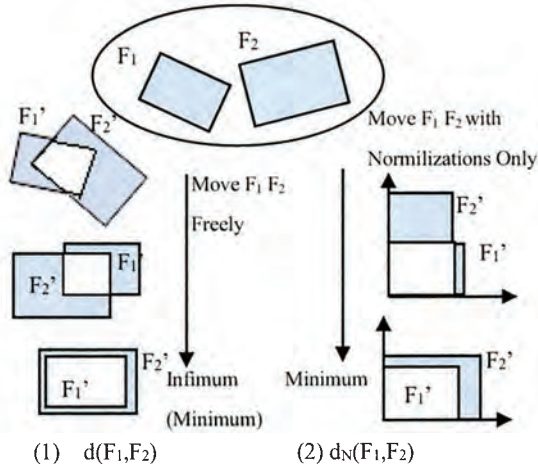


Fig.9 Image of the Error of 2-Figures (d and d_N)

3. SAによる近似解探索アルゴリズム

以下でSAによる近似解探索アルゴリズムを構成する。

3.1 点の図形内外判定

基本あるいは拡張表現された図形 F と点 $B(x,y)$ が与えられたとき、 $B(x,y) \in F$ かどうかを判定するアルゴリズムを次のように構成した。

【基本アルゴリズム A1】 [点 \in 図形の判断、i.e. 平面上の任意の点 $B(x,y)$ と、図形 $F = \{F_1, F_2, \dots, F_p\}$ を与え、点 B が図形 F の内部の点かどうか判断する]

ここで $F_k = \{P_{k1}, P_{k2}, \dots, P_{k(n_k)}\}$ は基本表現されているものとする ($n_k(k)$ は F_k の頂点数)。

function InOut((x,y) , $F(F_1, F_2, \dots, F_p)$);

begin

inflag:=0;

for k:=1 to p do

begin

sumangle:=0;

for j:=1 to $n_k(k)$ do

sumangle := sumangle + α_{jj+1}

{* α_{jj+1} は辺 BP_{kj} と辺 $BP_{k(j+1)}$ とのなす角*};

if sumangle = 2π then inflag:=1

end;

InOut:= inflag

end.

アルゴリズムA1は、基本表現されている各図形 F_k に対し、点 B から F_k の各頂点に直線を引き、各頂点間の角度の総和が 2π のとき「 B は F_k の内部」、それ以外 (角度の総和が 0 のとき) 「 B は F_k の外」と判定し、それを全ての F の成分図形で調べるといものである (Fig.10)。

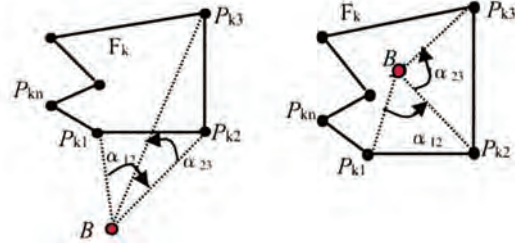


Fig.10 Examples of a point B out of a figure F_k (left), and B in F_k (right)

この点の図形内外判定アルゴリズムの時間計算量は図形の頂点数 (拡張表現の場合は全図形の頂点数) を m とすると $O(m)$ である ($O()$ 記号については文献1) 参照)。

3.2 2つの図形の誤差の計量

2つの図形 F_1, F_2 の誤差の計測を行うアルゴリズムは次のように構成できる。これは、疑似距離 d_N ($\rightarrow 2.6$) により2つの図形の誤差を近似計算するものである。本来は疑似距離 d で計量するのが自然であるが、今回はアルゴリズムを構成するのに容易な d_N を採用した。

【基本アルゴリズムA2】 [図形 $F = \{F_1, F_2, \dots, F_p\}$

と $G = \{G_1, G_2, \dots, G_q\}$ の誤差]

function Error(G_1, G_2);

begin

解像度 h 設定; { *例えば $h=0.01$ 等* } err:= ∞ ;

for $v_F \in F$ の頂点集合 do

for $v_G \in G$ の頂点集合 do

begin

$F' := \text{Norm}(F, v_F)$; $G' := \text{Norm}(G, v_G)$; { *正規化* }

{ F', G' の頂点の x 座標 }, { F', G' の頂点の y 座標 }

の最大値、最小値をそれぞれ a, b, c, d とする;

$s:=0$;

for $i:=0$ to $\text{round}((b-a)/h) - 1$ do

for $j:=0$ to $\text{round}((d-c)/h) - 1$ do

begin

$x := a + i * h$; $y := c + j * h$;

if $((x,y) \in F' \cup G')$ and $((x,y) \notin F' \cap G')$ {A1}

then $s := s + 1$

end;

```

err1:=s*h*h ;
if err1 < err then err:=err1 ;
end ;
Error:=err
end.

```

このアルゴリズムの時間計算量は F, G の全頂点数をそれぞれ m_1, m_2 とすると、 $O(\frac{m_1 m_2 (m_1 + m_2)}{h^2})$ である。

3.3 SAによる近似解法アルゴリズム

SAによるタングラムの近似解法アルゴリズムは次のように構成される。タングラム問題は、 p ピースタングラムであり、各ピースの頂点数はそれぞれ $n_{v1}, n_{v2}, \dots, n_{vp}$ とする。通常のタングラムでは、 $p=7, n_{v1}=3, n_{v2}=3, n_{v3}=3, n_{v4}=3, n_{v5}=3, n_{v6}=4, n_{vp}=n_{v7}=4$ となる。

【SAによる近似解法アルゴリズム】

入力 {Piece₁, Piece₂, ..., Piece_p (ピースの基本図形表現), FProblem(問題図形の基本図形表現)}

```

function Temperature(r); { *時間経過で下がる温度関数* }
begin
    Temperature:=αr (αは0<α<1 に設定)
end ;
function Probability (e1,e2,t) ;
begin
    if (e1 > e2) then Probability:=1
    else Probability:= e(e1-e2)/t
    { * 今回はProbability:=0 を採用* }
end ;

```

Main Program { * random() は [0,1] 上の一様(疑似)乱数* }

```

begin
    //***** 初期パラメータ設定 *****
    for j:=2 to p do Tr(j)=(θj, vxj, vyj) の3パラメータ設定 ;
    F:=(Piece1+Tr(2)Piece2)+...+(Tr(p)Piecep)
    { * 図形の和を拡張表現* }
    e1:=Error(F, FProblem) { * 【A2】 * }
    //*****
    for i:=1 to Loopmax do
        begin
            for j:=2 to p do dTr(j)=(dθj, dvxj, dvyj) 設定 ;

```

```

F':=((Piece1+Tr(2)+dTr(2))Piece2)+...
+ (Tr(p)+dTr(p))Piecep ;
e2:=Error(F', FProblem) ;
r:=i/Loopmax ;
if random() < Probabiliry(e1,e2, Temperature(r))
then
    begin
        F:=F' ;
        e1:=e2 ;
        for j:=2 to p do Tr(j):=Tr(j)+dTr(j)
    end
end
//*****
Output(F)
end.

```

このアルゴリズムは、 $3(p-1)$ 次元空間中の点が決まると、すなわち、3次元ベクトル $(p-1)$ 個、 $Tr(2), Tr(3), \dots, Tr(p)$ が決まると1つ和の図形が決まる。これを解の候補とし、問題図形に対する誤差も求まる。結局のところ、その誤差 $Error: \mathbf{R}^{3(p-1)} \rightarrow \mathbf{R}^+$ という関数を「エネルギー」として見ることにより、エネルギーを最小にするSAを行うということになる。

3.4 SAによる近似解法プログラムの実行結果

今回は、2-ピースタングラム問題1つについて上記SAを用いたアルゴリズムによるプログラムを用いて、どの程度正確な近似解が導かれるかを調べてみた。

プログラムはWindows7上で動作するDelphiXE2を用いてパソコン (Intel(R)Core™i5-2540M CPU, 2.6GHz、メモリ8GB) に実装して実行した。元の正方形(ピースを得るために分割する元の正方形)の一边を1としてある。

上記のプログラムにおいて、

- (1) for j:=2 to p do Tr(j)=(θ_j, vx_j, vy_j) の3パラメータ設定 ; [初期解候補設定]
- (2) for j:=2 to p do dTr(j)=(dθ_j, dvx_j, dvy_j) 設定 ; の部分であるが、「random()」を[0,1]上の一様(疑似)乱数として、
 $\theta_j := 2 * \pi * \text{random}()$ $vx_j (vy_j) := \text{random}()$
 $d\theta_j := (2 * \text{random}() - 1) * A$
 $dvx_j (dvy_j) := (2 * \text{random}() - 1) * B$
 とした。

このパラメータA, Bにより、解の探索の様子が異なるため、同じプログラムで実行するにしても、パラメータ

A,Bの選び方も重要となる。また、上記関数Probabilityをそのまま用いると収束性が悪かったため、else以下に「Probability:=0」を採用した。これは、最適解でない局所解に陥らないための幅広い探索、すなわち高温状態では改悪もある確率で受け入れることを捨てた形で、本来のSAの方針に沿わない形である。今後は、探索の幅、収束性のよいパラメータの検討が必要な部分である。

誤差計量のための解像度パラメータhは、プログラム実行時間と正確さの両方を考慮し、0.01とした。

典型的な実行例をFig.11に示す。Fig.11には3つの例が示されているが、いずれも、上段は左から問題図形、2つのピース、下段は、初期近似解、Loopmax=500の焼きなまし結果（100,200,300,400回時点での解候補も表示）である。焼きなまし結果の似解候補はピース1（5角形のピース）の第1頂点で正規化してある。

典型的な実行例としては、Fig.11（上）かなり正確な近似解が求まる場合、（中）小三角形（ピース2）を間違えてつけてしまう誤った解候補に陥ってその解から脱出できない場合、（下）全く間違った解候補に陥って脱出できない場合、があった。ただし（下）全く間違った解候補に陥る場合はそれほど多くなく試行回数の5%以下程度であった。A=B=0.1の場合A=B=0.2、A=π、B=0.2の場合でそれぞれ上記プログラムを、

Loopmax=500で10回実行し誤差平均をとったところ

- ・ A=B=0.1の場合、平均誤差=0.0697、
- ・ A=B=0.2の場合、平均誤差=0.0462、
- ・ A=π、B=0.2の場合平均誤差=0.031であった。

A,Bは大きいほど、一気に広い範囲での探索ができるが、大きすぎると、場合によっては収束性が悪くなり、必要な焼きなまし回数も増加すると考えられるから、上述のようにこの手の近似アルゴリズムにおいては選び方が重要となる。

4. 考察および今後の課題

タングラム問題を解く（近似解を求める）ためのSAによるアルゴリズムを構築し、2-タングラム問題に適用した。より多くの問題に対しての検証は必要であるが、2-ピースタングラムでは、SAの手法はかなり有効であることが示唆される結果となった。ただし、よいパラメータの選択方法が非常に重要な課題となる。

また、解像度hの値にもよるが、誤差計算に多くの時間がかかってしまう。例えば、今回は100回の焼きなましで、誤差計算のためと考えられるが、20[s]の時間がかかった。このままでは、実用的な時間で十分正確な解

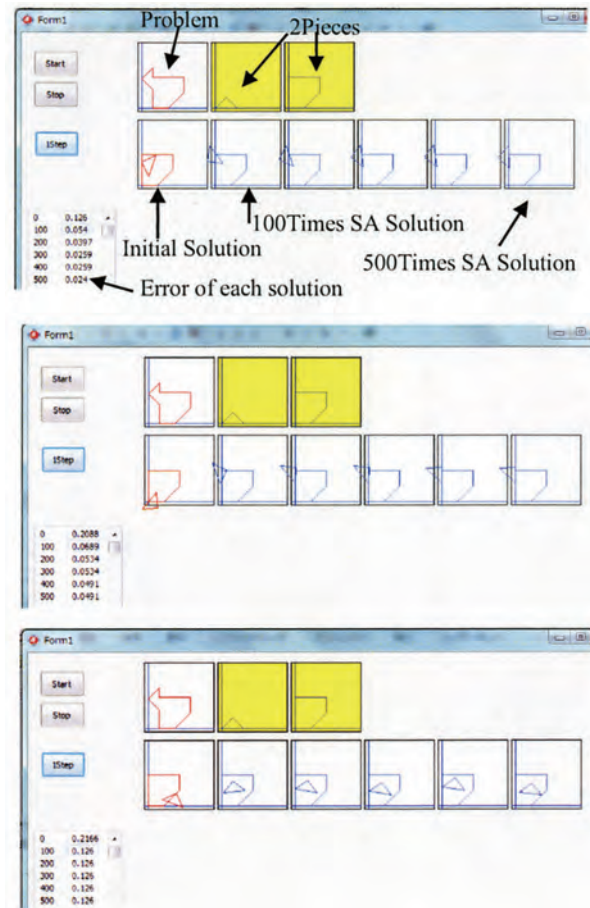


Fig.11 Results of the Program Execution

を、十分大きい確率で求めるのは難しい状況にある。

各種パラメータの設定、2つの図形の誤差計算アルゴリズムの研究等が今後の課題となる。

今後の課題をまとめる。

- (1) 2つの図形の誤差計算のための効率良いアルゴリズムを開発すること
- (2) 他の多くの2-ピースタングラム問題で今回のプログラムを実行してみること
- (3) 今回のSAによるアルゴリズムを、本来のSAの形にして一般のp-タングラムへ応用すること
- (4) GA（遺伝的アルゴリズム）⁶⁾ 等他の近似計算アルゴリズムと今回のSAによるアルゴリズムを比較すること
- (5) 人間が行っているであろう思考、すなわち、足し算プロセスからと引き算プロセスからの両方向性からの解探索を用いた効率のよい解法アルゴリズムについて研究すること

今回の研究はこれらの研究の第一歩ともいえるものである。

参考文献

- 1) A.V. Aho, J.E.Hopcroft, J.D.Ullman, The Design and analysis of Computer Algorithms, pp364-404, Addison – Wesley Publishing Company,1974
- 2) 秋田 匡人, 榎田 渉, 齋藤 隼杜, 小泉 康一, 大槻 正伸, タングラムを解くアルゴリズムの実装と改良 情報処理学会 第 37 回ゲーム情報学研究会 (Vol.2017_GI_37 No.13) , 2017
- 3) 浅居 喜代治編著, 基礎 システム工学 p143、オーム社, 2001
- 4) 浅野 哲夫, 計算幾何学, 朝倉書店, 1990
- 5) M.ドバーク, O.チョン, M.ファンクリベルド, M.オーバマーズ著 (浅野 哲夫訳) , コンピュータ・ジオメトリ, 近代科学社, 2010
- 6) S.Z.Kovalsky, D.Glasner, R.Basri, A Good Approach for Solving Edge-Matching Puzzles, SIAM J, IMAGING SCIENCE Vol 6. No.2 pp916-938, 2015
- 7) 北野 宏明, 遺伝的アルゴリズム, 産業図書, 1993
- 8) 中野 良樹, 児玉 佳一, 数理パズル「タンングラム」の洞察的問題解決における解決を予測する要因の探索, 秋田大学教育文化学部研究紀要 教育科学第 69 集, pp121-131, 2014
- 9) 中野 良樹, 数理パズル「タンングラム」における洞察的問題解決, 秋田大学教育文化学部研究紀要 教育科学第 64 集, pp65-72, 2009
- 10) 大槻 正伸, 中野 良樹, 新井 広, パズルゲーム「タンングラム」解法の基本アルゴリズム, 福島高専研究紀要 第 56 号 pp 19-24,2016
- 11) 大槻 正伸, 小泉 康一, 中野 良樹, 新井 広, パズルゲーム「タンングラム」の解法アルゴリズム, 福島高専研究紀要 第 57 号 pp 15-20,2017
- 12) 焼きなまし法に関するホームページ, <https://ja.wikipedia.org/wiki/%E7%84%BC%E3%81%8D%E3%81%AA%E3%81%BE%E3%81%97%E6%B3%95>
- 13) タングラムに関するホームページ URL <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%BF%E3%83%B%E3%82%B0%E3%83%A9%E3%83%A0>

〈写真技術〉と〈科学的合理性〉

－ その裂けめはどこに生じうるか －

A Skeptical Approach to the Photographic Technique
as a Basis of Scientific Rationality

車田研一・笠井 哲

福島工業高等専門学校

Kenichi Kurumada* and Akira Kasai

National Institute of Technology, Fukushima College

(2017年9月7日受理)

The invention of photography is considered as the most epoch-making event in our history of the cognition in the natural science. The use of a photograph as a scientific evidence deprived us of the purposeful process of depicting the observed phenomenon, which inevitably affects our cognition in the phase of the unconsciousness. The action of the depicting the intentionally chosen object incessantly reminds ourselves of the fact that our scientific cognition can never be free of a certain arbitrariness in the incipient stage of the observation. Intercalating the photograph in the course of the observation releases ourselves from feeling primarily responsible for the tacit decision of what to pick up in what comes into our vision. Moreover, looking at a photograph unavoidably accompanies a slight feeling of momentary shock, which originates in the undeniable fact that what we are watching is an actual photograph. What we recognize as the tacit knowledge is embedded into how we can see a photograph with proper comprehension of what the photograph is of as M. Polanyi implied in the well-known phrase, "We can know more than we can tell." However *scientific* a photograph looks, it inevitably entails the nature of what R. G. Barthes calls the *Punctus* (painful satimulus). The photographic technology forces us to keep silent while it produces innumerable images even within a moment of a single blink. "Believing what is taken in the photo" appears as a spontaneous compensation by which we attempt to recover ourselves after being deprived of the only opportunity to reconstruct the cognitively sound relationship with the object.

Keywords: Photograph, *Punctus* (Painful stimulus), Tacit knowledge, Focused gaze, Shaman

1. 〈テクノロジー〉としての写真

写真技術が発明されたのはすでに二百年以上も前のことであり、その発生と普及がその時代に生きていたひとびとにどのような心理的衝撃を生じせしめたのか、という質問のたてかたは、もはやいかなる方法的な考察を受けつけないように感じられる。わたしたちは「写真を見る」という行為から事物を知ろうとするというひとつの固定化したパターンに馴れすぎており、写真そのものが身のまわりから突然消失したときにわたしたちの認識世界がどのように変容しうるかなど、どのように想像

すればよいかすらもわからない。

日本についての強烈な個人的印象に満ちた手記（『表徴の帝国』）を遺したこともあり、日本でもなじみのふかい20世紀のフランスの批評家・哲学者であったロラン・バルトが、まさに彼の死の直前に書き、ひとつの写真論のバイブルとしてしばしばとりあげられる『明るい部屋－写真についての覚書』は、どこまでも繊細な作品であり、幾度でも読みかえずに値するような写真にまつわる複数の位相を提示しており、魅力に絶えない¹⁾。ただし、この作品は、写真というモノの遍在をすでに前提

にしており、いわば、写真が消費の対象としての地位を確立してからの写真論であるという意味では、すでに写真そのものの物質的な「構造」に依拠してしまっている。つまり、わたしたちが写真というモノがなにを表現するのかということについては一定の共通の理解が成立しているということを前提にした写真論であるようにみえる。この点では、高速で動くものの連続写真を、いっさいの雑音を排して生涯撮りつづけた19世紀のフランスの自然科学者エティエンヌ・ジュール・マレーが終生いざきつづけていたであろう、写真の光学原理への始原的なおどろきは対照的である²。マレーは純粋に写真の「マジック」にとり憑かれつづける「非合理性」を生涯保持できたのであり、その点においてマレーは真の「科学者」として生きた人物であったのである。自然科学者としてのマレーのしごとの代わり映えのなさを知的愚鈍であるとして批判する者は、その点における「科学的な才能としての、きわめて人間的で非合理であるとしかいいようがない、個人内面における説明のつきがたい力動性をまったく理解していない。マレーが不世出の非凡さでかき立てられる自然科学者であったことは、いまだにわたしたちを身体的なレベルで感嘆させる。その意味において、科学も写真も、けっしてそのみかけ上の合理性の視座ではとらえきれないものである。写真と科学はそもそも共依存関係にあり、そのことじたいに本源的な合理性はなにもない。

写真の出現の時点での写真というモノへのおどろき（これは、写真技術へのおどろき、ではない）をわたしたちが再生的に感ずることはもはやできないが、写真がわたしたちの生活史じたいにどれだけ浸潤してきたかという「程度」の視点で考えると、その変化はたかだか数十年という時間スケールしか生きていない個人のライフスパンのなかでもいちじるしく、わたしたちには、これを「写真の出現の衝撃」を押し測るための間接的な手がかりとするしか方法はない。これはむしろ、デジタルカメラの出現以前に、現在のような形態での写真の横溢がまったく予測できなかった、という、写真の現出状態のすさまじい変化をかんがみ得たことである。

たとえば、2011年の大津波の災禍は記憶に新しい。しかし、周知のとおり、大津波じたいは無数に繰り返されてきた事象で、こと国内にかぎってもおびただしい記録が遺されているのである。とくに近世以降の三陸や南海の津波災害の記録はモノカラーの写真が多くあり、舟が陸にあがっていてそれを人が傍らで眺めているというような写真は理科や社会科の教科書にも載せられてお

り、つとに知られてきた。しかしその古い写真に写った光景は、それを眺めるわたしたちにはなにかしら遠いことであるように思われる。それは時間的な遠さだけに因るものではない。その写真が、その時点でははっきりと、ある事件の「記録写真」として撮影されたという、写真のいわば「制度的な性格」が、わたしたちがふつう写真にたいしていただく感触と大きく異なること因るのであり、そのときの写真の「テクノロジー」としての位相が、現在のそれとは根本的に異なっていることを象徴的に示唆している。もしも写真にリアリズムというべき性質があるとしたら、それはレストランのショーケースにはいつている蠟細工のリアルさではなくて、写真によって、あるフォルムが指名的に、かつ、暴力的に、状況におかまいなしにその場に出現させられるという、「写真の力動性」の強さに因るのである。これはバルトが言及した、写真の「Punctus(プンクトゥス)」性であり、写真が具えた「読み取り用のコード」を蹂躪して破壊したうえで飛びこんでくるころのなにかである。その意味で、写真のリアルさは、本性的になにか神がかっている。蠟細工のハンバーグには、写真がはなつような兇暴性はないが、写真には、なにか抗えないようなリアルさと、想定をうらぎるグロテスクさが共有されている。自分じんの顔写真をみたときに感じる、抗いがたい違和感は、写真という記録媒体の性格を端的に示している。

記録手段としての写真の考察にもどると、今般の津波災害の記録のありかたは、わずかに数十年から百年へだたるだけの「古い」記録と比較しても、まったくそのありようが異なっている。デジタルカメラや携帯電話の徹底的な普及は、たがいに可視的ではない各地点においてなにごこったのかを記録し、わずかに二・三十年前には想像もつかなかったような生々しきで記録した。「テクノロジー」ということばはあまりに自明化したかたちで人口に膾炙しているので、わたしたちじしんがテクノロジーの触感をすでに見失っており、宙で眉目秀麗な人物が指をひろげて腕を打出の小槌のように振れば眼の前にびかびかと検索情報が移しだされる、というような手品のようなメタファーを思いうかべるばかりだが、じつはテクノロジーとはわたしたちの生活史の一断面に、それを記録する者の恣意とはまったく関係なく、画像として彫りこまれる光景であり、演出のしようがない物質的な現出であり、痕跡である。その意味において、テクノロジーは無意識のうちに制度的な性格を必然的に具える運命にあり、ぎゃくに、発明者の思惟や予測の射程などまったくおかまいなしに、それだけの「支配力」を

有するようになる。その支配力という事後的な事実性が、その共時的なつめあとしてのテクノロジーとして認識され、記録される。(携帯電話の出現と普及はその好例である。携帯電話が普及する以前の生活を、普及後の生活様式しか知らない世代のひとびとに理解させることはもはやできない。)

もどり、写真のことを考えると、写真以外の手法で記録を行うことを、ほぼすべての人がもはや思いつかなくなったのは、おそらくわずかに最近十年から十五年ほどのことなのである。(筆者らの世代が学校時代にスケッチで記録することを教育されたのは、それほど昔のことではない。)それまでは、写真をのこすことはかなりの金銭的な負担を強いる作業であって、記録するものはいったいじぶんがなにを記録しているのかを明確に意識しながら写真機のシャッターをおすことを無条件に強いられてきた。いわば、写真の撮影は、(熟慮を経ていようが直感にもとづいてであろうが)その前提として分節化行為 (articulation) だった。写真を撮ることは、コード(意味記号)を写真へ写しこむことであって、この対置的關係として、写真を観ることはコードを読みとることに相当した。

こんにち、ひとびとの掌中のスマートフォンで日々無数にとられる写真は、すでに被写体のコードとしての意味は有していない。いなむしろ、写真を撮るがわが、現在の写真のありように構造的にとりこまれており、コーディング行為じたいを意識する契機を失っている。その変化じたいを包含して写真テクノロジーが本質的に変化したというべきである。この変化はすくなくとも個人の平均的な生涯のタイムスケールよりもはるかに短い期間で生じており、たとえば携帯電話がまだ全面的には普及していなかった1990年代後半に撮られたスチール写真をながめるとき、わたしたちにはそこにすでに現在失われた「画像の意味だて」へのデフォルトな姿勢をみいだして瞬間的にぎよっとする。写真はたしかに、失われたときをとびこえて、わたしたちにPunctusとして突き刺さってくるのである。

世のなかに写真技術が普及しつつあったとき、ひとびとはどのような感慨をもって写真を観たのだろうか。このようなことを考察するにあたっての手がかりをつかむのはほぼ不可能である。それはもちろんわたしたちじしんが写真がなかったときを経験したことがないからである。現在のわたしたちであれば必ず写真に頼るであろう状況において、写真を使うことが許されないという場面を想起してみる。たとえば、ある熟練した職人Aが、

舎弟のBに、ある熟練技術を伝えなくてはならないばあいを考える。その状況下で、Aがことばを尽くしてBへ技術を伝えようとする事態は現実的には想像できず、いわばAはBにみずからの技術を盗むことを要求するであろう。このとき、もしもBがなにがしかの記録媒体の使用を許容されるとすると、Bはあたうかぎり写真を用いると思われる。このような「写真」のあらわれかたは、まさにテクノロジーとしてのそれであり、制度化し、生活上の規範となってしまうている。というのは、わたしたちはもはやそれ以外の記録の様態を常識的な範囲で想起することができないからである。いわば、わたしたちは〈写真〉に腕をもがれているのである。このような想定のもとで、もしもわたしたちが写真を用いることができないという状況を強いられたとしたら、わたしたちはなにを試みるだろうか。

このような、ほとんど言語によって伝えることができないような「知識」の領域が意識的に自覚されるようになったのは、マイケル・ポランニーが「暗黙知 (tacit knowledge)」という語に言及しはじめたときであるといつてよい。むろん、言語化の射程内にはいかなる方法で包含しうかがまったく想像がつかないような「知の領域」じたいは、それよりもはるかに以前より気づかれていたであろうし、それがどのように具体的に言及されてきたのかは知るすべがないが、言語表現による分節化が無力な領域・次元があることは、ある種の身体的調和感として表現されてきた。ポランニーはもともと二十世紀中盤を代表する物理化学の大家のひとりであり、彼がその泰斗としての名声のピークにあった五十歳代に、「なぜかわたしたちに気づかせるもの」の後ろ姿を追いかけるように、暗黙知の考究へはいりこんでいったことは、自然科学者のあいだではいまだに不思議な伝説とされている。いっぽうで、「健全な自然科学」とゆるぎなく認知されてきた物質科学の領域で「合理性の綱目」ではとらえきれないような「非合理におとずれる発明」としての知識の生成過程をつよく意識し、その学者としての後半生をその探求に費やしたことじたいのラディカルさが、ポランニーの伝説的な啓示性の源となっている。ポランニーの暗黙知についての考察は、ポランニーじしんの専門分野である物理化学の色彩を色濃く反映しており、じつは直感的で飛躍的な示唆に富んでおり、徹底的なスケプティズムに貫かれている印象はない。このことは一面において哲学論考としての欠陥とみなされる側面をはらんでいるが、反面、ポランニーじしんの鋭敏かつ具体的な「気づき」のモーメントをつよく感じさせ

る所以でもある。ポランニーの著書は、その長きにわたる粘着的な格闘を反映しており、たとえ訳文であっても読むのが困難であるが、以下、暗黙知と写真の交叉点が端的にあらわれる、もっとも読みやすいとおもわれる著書「暗黙知の次元 (The Tacit Dimension)」にヒントをえて³、考察をすすめる。

2. <写真>と暗黙知

わたしたちには、ことばでは伝えられない技のようなものが現にあり、なおかつそれがなにか決定的に重要なものである、というような無言の了解を無根拠に信じているようなところがある。そのような考えたいは、通念の範囲内ではきわめて妥当であり、わたしたちはその吐露的な表現としての「暗黙知」というフレーズを自然に受容できることが多い。暗黙知の伝達は可能か、不可能か、という問題は、技術が多層化の度合いを増す現代において、多くのひとびとの口にのぼりながらも、その問題の相貌を容易にはつかませない壁である。暗黙知は「ことばの使用という伝達様式に本性的な、原理的キャパシティー不足」と短絡的にうけとられがちであり、そのため、ことばの代替となる手段は画像的手法であろうという、現在頻出する議論には、たいてい大きな考察の欠落がともなっている。しかし当面ここで問題になるのは、「ことばにならない重要な事々」の領域を包絡する行為を発生しようとしたときに、圧倒的な確率で「写真を撮る」という光景しか思いうかばないという写真の制度化されたテクノロジーとしての浸潤性である。暗黙知という語を<写真>の考察においてひとつのとば口にしたのには強い状況的な理由がある。テクノロジーという考えは、現在においても、終局的にはある技術が「(職)人の手」に帰される、というかたちでまとまりがつけられることが多い。みのまわりに横溢する無数の製品が規格化され、わたしたちじしんがその個体を明確なかたちで差異化できず、なおかつそのことが「質の保証」の裏打ちとみなされるなかで、手作りという表現がほとんど無根拠に“ultimate supreme (究極的に最高の品質)”の象徴となることには、なぜか不用意に説得させられてしまいがちな倒錯に陥った気がして、ふと立ちどまらざるをえない。この意味で「手作り」性がひとの口にのぼるとき、ひとはそこになにを期待しているのだろうか。そこには、「ひとはなにかを知っているのだが、しかし、その向こうにはけっして「理解された」という言質を受けつけないようなものがあるはずだ」という、祈りのような前提づけがある。

ポランニーが「暗黙知の領域」の冒頭で、「われわれは語るよりも多くのことを知ることができる」例として、モンタージュ写真を挙げている。ある人物の容貌をことばで説明し尽くし、その人物を特定できるようにすることはけっしてできないといってよい。しかし、モンタージュ写真を使えば、「この人だ!」という顔を見つげだすことが可能である。この話は、ポランニーといえれば必ずといってよいほど言及される上記のフレーズ(We can know more than we can tell.)にたいする具体的な説明事例として用いられているのだが、もともとのポランニーの意図を超えて多用されているきらいがある。ポランニーがもっとも不思議に感じていることは、「これだ!」という照合の感覚が突如発生する契機である。このとき、記憶の像とモンタージュ写真上の像のあいだの差異がもはや「大⇄小」という次元ではとらえられなくなるということがじっさいにおこり、なおかつ、それにたいする言語的な説明の可能性がもはや跡形もなく消失するということである。

バルトの写真論の根幹をなす「Studium (コード化された意味)」と「Punctum (はつとさせられるもの)」の区分でいえば、「これだ!」という合致感覚のもたらす衝撃は後者に相当することは明らかである。このことは、写真の(すくなくとも通念的な)特徴である「写実性」の視点からみたときには、ひとつの認識上のねじれをもたらず。写真の写実性は、本来は写真のコードを精確に伝達するのに必須の性質であるからだ。この「忠実がゆえのPunctus性」という特性は、先に述べた写真のリアリズムの根幹をなすものであるが、このリアリズムは「見えるもの」を目に見えるように写実的にうつしとるとはかぎらず、そのときにこそ、写真が合理的科学の一ツールとして比類のない威力を示す場面がやってくる。すなわち、なぜわたしたちは、写真を信じるのかということが問題である。1878年にエドワード・マイブリッジが「ギャロップしている馬の四本の脚のすべてが宙にうく瞬間があるのか?」という議論にたいして高速度撮影で引導を渡したという逸話はよく知られている²。「科学的合理性」が自明化されている世界に生きるわたしたちには、当時のひとびとがマイブリッジの写真によりどう説得されたのかを推し測ることは難しい。ただ、写真が、ひとびとに感じさせたものは、「合理的な真実」のあらわれよりは、はるかにむしろ、神がかったPunctusであり、(ギャロップする馬のすべての脚が地をはなれるという)合理的な了解は事後的にあらわれてきたのだ。

3. 〈書く〉, 〈描く〉 vs 〈撮る〉 (写真の神性)

ある対象を捉え、それを書いたり、描いたりすることは、いっけん、主体により完全にコントロールされた行為のように見える。しかし、それはじっさいに生起してみないといかなる結果へ至るかが予想できないような、制御不可能な自然過程としての感触をつよく内部にかかえこんだ身体現象のようなものであることは、じっさいに従事したことがあるひとはわかっているはずだ。その過程においては、「自然過程」の重力のような吸引力を意識的に感じながら眼前の創作物と人工的に距離をたもち、落下のポテンシャル力を駆動力としながらもそれを短時間で区切りながらひとふでひとふでを加えていくという、不自然きわまりない筋肉作業が不断に要求される。この不自然さが、書いたり、描いたりする過程における不可抗力的な不快さであり、そのような行為に附随してくる時間性を生みだす。

写真を撮影するという行為は上記の点において筋肉作業の性質を欠いており、たとえ写真の撮影で記録を残したとしても、わたしたちはなにか了解の烙印をおつけられるまえに囲いの外へほうりだされるような不全感覚を覚える。写真への凝視は、描くというバルキーで粘着質な行為過程によって消費され、去勢されるはずだったエネルギーが、写真撮影によりすでに画像が形成されたのちに事後的に写真へたいして逆噴射する現象であって、本来はうごきのなかにある対象を暴力的にスタティックなスナップショットへ閉じこめた操作への補償作用としておこる。写真の時間性は、写真を凝視する段階になってようやく生じるのだ。写真の「神性」は、決して理解されえない動的な自然過程をスナップショットとして人工物のうねへ二次元的に降誕させるシャーマン性 (shamanistic character) であり、自然科学の合理性は、そのシャーマンにたいして究極的に従順であることによって保証される。自然科学の合理性という信念は、どこまでも非合理にしか生じえない。合理性じたいは、自然科学という作業スキームのなかに「てつづき論」のかたちで埋めこまれており、それは自然科学そのものが合理的であるという命題にはけっして結びつかない。

主体—客体の概念上の二元的な絶対的分離性が強い「裂けめ」は、あくまで対象を写しとるということしかしない〈写真〉によってもたらされていると同時に、「写真を撮る」という、一回的でありながら原理としては普遍的な写実性をもたらす行為がもたらす神なりリズムへの従順な愛によって埋めあわされている。こ

の「愛」によって、主体は主体として分節化されきりとりられ、写真はひとつの神として、撮影者の意図などといったつかみどころのないものごとを捨象してひとりだちを始める。もしも、写真には感じるが絵画には感じない不可抗力的な魅力があるとすれば、それはこのリアリズムへの愛という非合理的な制度的な心理傾向 (信心) である。そのことじたいはたしかに呪術である。しかし、この呪術性を嚙むことはできない。「科学的合理性」の美学という非合理で短絡的な偏愛が、現在横行する、抽象的な概念の過剰なまでの可視化・図式化により生じうることは、その基部において、写真のシャーマン性と通底しているはずである。その意味で、写真は「合理的科学のしもべ」ではなく、「写真というテクノロジー」が、合理的科学という「制度」をもたらした。写真の出現がわたしたちの生活史におよぼした影響は、わたしたちが世界をとらえる方法にも、はかりしれない影響をおよぼしているに違いない。

わたしたちの「人生の光景」が、写真として記録されるほかはないという、不可抗力的な写真の浸潤性は、わたしたちがわたしたちの「生」そのものを写真としてとらえているという、まぎれもないテクノロジーな「転倒」である。しかし、わたしたちにはそのような転倒をのがれえたときがあったのだろうか。それはおそらくなかったし、たとえあったとしても、わたしたちがけっして戻れないような、わたしたちがそれを「わたしたち自身の過去」とよぶことすら躊躇われるような、異次元的に遠い地点であろう。比喩的にいえば、その遠い地点では、わたしたちはまだ人間ではなかったというべきである。わたしたちは、なしがしかの支配的な人造のシステムを始原的な生の光景としてかかえこんで生きるよりほかはなくなっているのであり、その範疇の外へ抜け出すことは、「狂気」と表現すらできないほどの埒外のアモルフ (amorph) でしかなく、わたしたちの意識がそれをとらえることは原理的に不可能である。

生の光景は、それが現実に人造であろうとなかろうと、すでに言語により分節化された意識であり、わたしたちはその言語化された世界から自力で抜け出すことはできない。要するに、わたしたちは最初から「科学」的ではありようがなかったのだし、それをわたしたちの生の自明さの普遍宗教として抱きかかえて生きるほかはないのだ。そしてこれは、わたしたちが「歴史」と認識するもののレジームのなかでは、みかけ上はそれがいかに変容を経験していようと、不変の事実、一種の宿痾としてわたしたち自身と表裏一体でありつづける。よっ

て、わたしたちには、「自明」をのがれうる「科学」はありうるか、という、すわりの悪い自己磨滅的な疑念の範疇に永久にとどまりつづけるほかには、認識において誠実であるための方途はない。

写真という、人間にとってはひとつの大きな不可逆的なマイルストーンだったとしかいいようがないテクノロジーについて思いを馳せれば、写真の発明としての或る根幹的な事物相貌的な特徴は、わたしたちがある地点より前のことをいかようにしても手繰り寄せることができないことを、「モノ」のかたちで、わたしたちに宣告しつづけている。わたしたちは「その以前(写真以前)」のわたしたちとは、もう永遠に疎隔されているのだ。しかし、そのことじたいはたえず繰り返されてきたことである。わたしたちがもつとも怖れるべきことは、わたしたちがこの疎隔を忘れ、そしてついには、なにを忘れてしまったかすらも思い出すことができなくなることである。写真は、それ自体が「自明性」を体現しているがゆえに、写真の自明性はそれを見ている者には意識されない。その意味で、写真の自明性は、自明とはどういうことかということをおぼろげに忘れさせるほど麻痺的であり、わたしたちは写真以外に事物を記録する手段をもちや思い出すことができないのである。否、自明化がおそろしいのではなく、自明化はつねに或る契機に全面的に上塗りなされるという自然的な事実を意識化できずにそれをいつのまにか見失っていることがおそろしいのだ。わたしたちは、「過去の過ちの時代」という、つごうのよい自己慰安的な幻想に寄りかかってまどろんではいけない、ということである。

わたしたちは常に「自明」という不透明なフィルムでつつまれた御仕着せのパッケージのかたちを眺めて何かゆるぎないものを認識したと信じこんでいるに過ぎ

ないし、そのようなありかたから逃げることもできない。それは社会科学的認識のうえであろうと、自然科学的認識のうえであろうと、さらには政治的認識のうえであろうと、絶対的にかわりはない。わかつたつむりの快感は比較的自戒しやすい墮落であるが、わたしたちがその墮落から遁れられる日はけっしてない。「写真の神性」がわたしたちに与えてくれる一種の「正確さの象徴」に圧倒されて恍惚を覚えているとき、その裏面としての「了解という墮落」の翳^{かげ}がたちのぼる。科学の鬼子として人の生活史・精神史にここまでの影響をおよぼしたテクノロジーは、筆者にはほかに想像がつかない。

謝 辞

- 1) ロラン・バルト著(花輪光訳)『明るい部屋—写真についての覚書』(みすず書房)を勧めていただいたS. M.氏に深謝します。
- 2) 現在入手が困難な 松浦寿輝著『表象と倒錯—エティエンヌ=ジュール・マレー』(筑摩書房)の入手にあたり多大な御尽力をいただいた福島高専図書館スタッフ皆様へ御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) ロラン・バルト著 花輪光訳 『明るい部屋—写真についての覚書』 みすず書房 ISBN-10: 4622049058
- 2) 松浦寿輝著 『表象と倒錯—エティエンヌ=ジュール・マレー』 筑摩書房 ISBN-10: 4480847073
- 3) マイケル・ポランニー著 高橋勇夫訳 『暗黙知の次元』 筑摩書房 ISBN-10: 4480088164

身近な環境に生息する微生物の単離と培養

Isolation and culture of micro-organism inhabiting in an ambient environment

鈴木喬也・M. Ajmal Khan*・十亀陽一郎**

福島工業高等専門学校物質工学科

*理化学研究所光量子工学研究領域

**福島工業高等専門学校化学・バイオ工学科

Kyoya Suzuki, M. Ajmal Khan*, and Yoichiro Sogame**

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of Applied Chemistry engineering

* RIKEN, 2-1 Hirosawa Wako, Saitama, 351-0198, JAPAN

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

(2017年8月31日受理)

On the planet earth, many organisms/animals are living in various environments and habitats. Some of the environment are suitable for them to live in, however, others are not suitable for these organisms. Some organisms which live in an unfavorable environments are slowly and gradually become tolerant against the unfavorable environments. In this article, we aim to understand the tolerance behavior and its underlying mechanism of microorganism against the unsuitable and unfavorable environmental conditions. Therefore, we focus on to investigate about the micro-organism, *Colpoda* sp having a single cell, who are inhabiting in an ambient environments/conditions (water pools, etc). Especially we report about the collection, isolation, and culture growth of a *Colpoda* sp microorganism to reveal the underlying mechanisms of tolerance against the unfavorable environmental condition: Cryptobiosis. Such investigations are very crucial to understand the tolerance mechanism of such microorganism for the future applications in the growing challenges of global warming phenomenon.

Key words: Cryptobiosis, single cell animal, protozoa, *Colpoda*, cyst

1. はじめに

地球上には、多様な環境が存在し、多種多様な生物がそれぞれの環境下で生息している。私たちは、比較的穏やかな環境下において生活を営んでおり、生涯を通して日常的に死に直面しつつ生命を失うことに怯えながら生活するようなことはないであろう。しかしながら、地球上には我々の想像をはるかに超えるような劣悪な環境下で生存している生物も多く存在する。例えば、暑く乾燥した地帯に生息するラクダは、断熱材の役割を担う脂肪を蓄えたコブを背中に背負い、血液中に水分を大量に蓄えるなどしてその環境に適応することが出来ている。このように劣悪な環境＝極限環境に生息する生物

たちは様々な適応戦略を駆使しながら生命をつないでいる。上述したように私たちは基本的に穏やかな環境で生活しているが、私たちの身近にも意外と極限環境は存在する。たとえば、田んぼや水たまりなどの一時的に出現する水環境がそれにあたる。一見すると単なる“水たまり”であるが、ひとたび顕微鏡で眺めると無数の微生物が生息する“環境”が広がっている。これらの微生物にとって水たまりは絶好の生息環境であるといえるが、海や川とは違いその環境は乾燥すればまたたくまに消失する。つまり、絶好の生育環境が乾燥という環境ストレスをともなう極限環境に変容するのである。このような環境に生息している多くの単細胞生物は、乾燥に対する

適応戦略として休眠シストを形成する⁽¹⁾。この状態：クリプトビオシスでは、代謝は停止しており、限りなく“物質”に近い状態である。もちろん環境ストレスが回避され、水環境が戻ってくるとそれらはあたかも何事もなかったかのように通常の状態に復帰する。また、コルポーダと呼ばれる単細胞生物の場合、シストは、乾燥のみならず、高温や低温⁽²⁾⁽³⁾、酸⁽⁴⁾など様々な環境ストレスに対する耐性を獲得している。

我々は、これから単細胞生物における環境ストレスへの適応戦略：休眠シスト形成のしくみを解明する研究を展開するため、身近な極限環境に生息する単細胞生物の採集と単離を行い、新規培養株の樹立を行った。さらに、我々が新たに樹立した培養株を用い、無代謝休眠の実験を行うために必須の2つの実験系 (1) 実験的にシストを誘導すること (2) 実験的に脱シスト (シストが通常細胞の状態に復帰すること) を誘導することの条件検討を先行研究の報告をもとに行った。本稿では、それらの過程について報告する。

2. 採集と単離

2.1 採集

単細胞生物は、畑や道ばたに出来た水たまり(流れのない水たまり: Fig. 1)に多数生息している。今回、我々は、確実に乾燥耐性を有する単細胞生物を採集するため、乾燥した畑周辺の土壌を採集した。この試料中には、多数の単細胞生物のシストが存在していると考えられる。



Fig. 1 A photograph of a habitat for single cell animals.

2.2 単離

乾燥状態の土壌を採集した。この試料を水戻し(水もしくは培養液を加えて1ないし2日程度インキュベート)させることによりシストの状態の単細胞生物を通常状態に復帰させた。この状態では、土壌にシストの状態が存在していた様々な単細胞生物やその他の生物が通常状態に復帰し、生存している。

複数の単細胞生物が混在している試料液から目的の単細胞生物1種1個体を取り出すことを単離という。単離の手順をFig. 2に示す。前述した水戻しサンプルを培養液で薄め、目的の単細胞生物を1匹パスツールピペットで取り出し、無菌状態の培養液の入ったシャーレに移す。次に、その1匹を再度パスツールピペットで取り、同様に培養液が入ったシャーレに移す。これを3~4回繰り返す。目的の単細胞生物を単離し、その周りに付着しているバクテリアなどを洗浄する。なお、この過程では、使用する器具は毎回滅菌する必要がある。

単離した単細胞生物1個体を培養し、クローン化する。単離、培養した単細胞生物、オカメゾウリムシの一種 *Colpoda* sp (コルポーダ)をFig. 2に写真で示す。コルポーダは、クリプトビオシスを行う繊毛虫の代表種である。コルポーダは、栄養細胞の状態 (Fig. 2, vegetative cell) では、水中で遊泳生活している。一方、乾燥を感知すると、乾燥耐性を有するシストを形成する (Fig. 2, cysts)。

3. 培養

3.1 培養液

コルポーダの培養液は、稲葉浸出液を用いた。培養液の材料である稲葉は、日本産無農薬のものを入手した。稲葉は、水で軽く洗い、滅菌後、乾燥させて保存した。稲葉浸出液は下記手順で作成した。まず、乾燥稲葉をミキサーでグラインドした。グラインドしたものを質量パーセント濃度 (w/v) で1%になるように純水に懸濁してオートクレーブすることにより1%稲葉浸出液を作成した。1%稲葉浸出液を0.05%になるように純水で希釈して培養液とした。

3.2 培養

コルポーダの培養は、高腰シャーレもしくはフラスコを用いて行った。通常、コルポーダは、シストの状態に保管した。使用する際は、培養液を新しい培養液に取り替えることにより脱シスト化させ、栄養細胞を得た。脱シスト化させた栄養細胞を新しい培養液に移すことにより継代培養を行った。

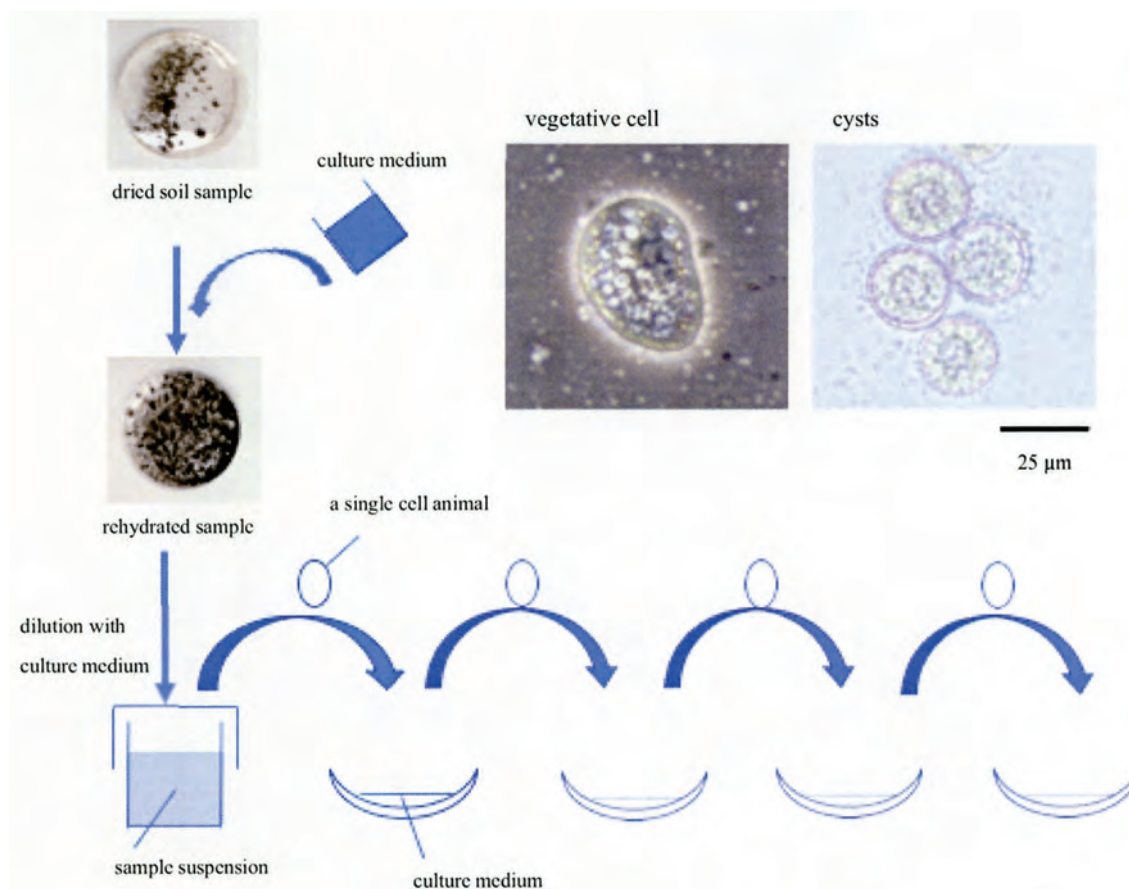


Fig. 2 A method for isolation of single cell animals and photographs of *Colpoda* vegetative cell and cysts.

3.3 餌

コルポーダの餌として、バクテリア *Klebsiella pneumoniae* (クレブシラ) を用いた。クレブシラは、LB 寒天培地上で培養し、それをコルポーダの培養液に懸濁してコルポーダに与えた。

4. シスト誘導と脱シスト誘導

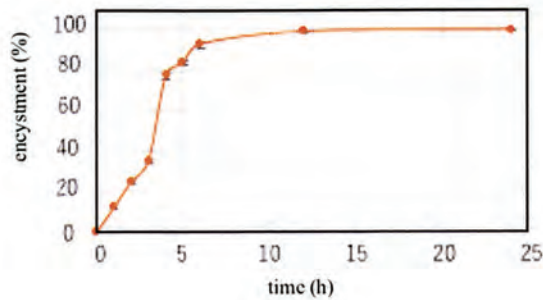
クリプトビオシスの機構を明らかにするための実験を行うためにはシスト形成と脱シストを実験的に誘導する必要がある。我々は、先行研究で報告されている実験方法を用いて、今回我々が単離培養したコルポーダのシスト形成と脱シスト化を実験的に誘導出来るかどうか試行した。

4.1 シスト誘導

シスト誘導は、Sogame et al., 2011⁽⁵⁾ に従い、 Ca^{2+} /高密度誘導で行った。 Ca^{2+} /高密度誘導は、コルポーダを高密度 50000 cells/mL でカルシウムイオン存在液下に懸濁す

る方法である。シスト誘導を行うに先駆けて、下記手順でコルポーダが懸濁されている培養液を実験液 (10^{-3} mol/L Tris-HCl pH 7.2) に置き換えた。まず、コルポーダ培養液を遠心 ($1500 \times g$, 1min) し、上澄みを取り除く。続いて、これに後実験液を加えた。この作業を2回繰り返すことにより、餌の残存バクテリアを洗浄しつつ培養液を実験液に置き換えることができる。最終的に細胞密度が 50000 cells/mL になるように実験液でコルポーダを再懸濁した。再懸濁後、最終濃度が 10^{-4} mol/L になるようにコルポーダ懸濁液に 10^{-2} mol/L CaCl_2 を加え、 Ca^{2+} /高密度誘導によるシスト誘導を行った。

シスト誘導後、経時的にシスト形成率を計測した。シスト形成率の計測は、顕微鏡下で行った。シスト形成率は、ランダムに選択した視野下におけるシスト形成率とし、シスト形成率 = シストの数 / (シストの数 + 栄養細胞の数) として算出した。シスト誘導後のシスト形成率の経時経過を Fig. 3 に示す。

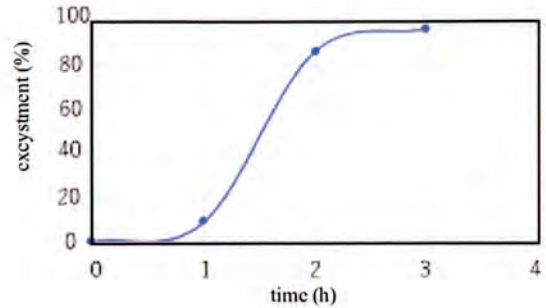
Fig. 3 The rate of encystment of *Colpoda*.

コルポダは、培養液下において通常直線的に遊泳しているが、シスト誘導を行うと、スパイラルに泳ぐようになり後に底面で回転運動をするようになる⁽⁶⁾。その後徐々に細胞がソラマメ型から球形に変形し始める。シスト誘導後、1時間程度で約10%程度の細胞がシストになり、全体的にシスト形成が始まった。さらに、1ないし2時間程度で急激にシスト形成を始める細胞が増え、誘導後3-5時間程度で80%程度の細胞がシストを形成した。これらの結果は、先行研究⁽⁵⁾と矛盾していない。よって、今回我々が樹立させた培養株にてシスト誘導の実験系を確立することが出来たと言える。

4.2 脱シスト誘導

脱シスト誘導は、シスト誘導液を脱シスト誘導液に取り替えることにより行った。シストは、上述したシスト誘導方法でシスト形成を人為的に誘導し、ディプレッションスライド上にシスト化した細胞を実験に用いた。脱シスト誘導液は濃い培養液 (0.2%稲葉浸出液) を用いた。ディプレッションスライドのシスト誘導液を取り除き、水で洗浄後脱シスト液を加えることにより脱シスト誘導を行った。脱シスト誘導後、経時的に脱シスト率を計測した。脱シスト率の測定は、顕微鏡下で以下の方法で行った。顕微鏡下の視野をランダムに選択し、視野に存在するシストのカラ(シストが脱シストした後残存する)をカウントし、以下の計算式で脱シスト率を算出した。脱シスト率=脱シスト後残存したシストのカラの数 / (脱シストしていないシストの数+脱シスト後残存したシストのカラの数)。算出した脱シスト率の経時経過をFig. 4に示す。

脱シスト誘導後1時間後、早くも抜け殻状態になったシスト壁と泳いでいる細胞を観察することが出来た。また、脱シスト誘導後3時間程度で、ほぼ全ての細胞の脱シストを確認することが出来た。これらの結果は、これ

Fig. 4. The rate of excystment of *Colpoda*

までの先行研究で報告されている結果⁽⁷⁾と矛盾しない。よって、脱シストの験系も今回確立した培養細胞で確立出来たと言える。

5. おわりに

本稿では、単細胞生物コルポダの採集、単離、培養に関して紹介した。今回は、環境ストレス耐性能力を有する単細胞生物を採集するため、乾燥した土壌を採集し、それを水戻しすることで耐性能力を有する単細胞生物を採集した。通常の単細胞生物の採集を行う場合は、田んぼの水、川の水、水たまりの水をそのまま採集し、泳いでいる生物を本稿で紹介した方法で単離すればよい。培養方法に関しては、培養する生物に応じて試行錯誤する必要があるが、稲葉浸出液で培養できる単細胞生物は少なくない。

今回、我々は、単細胞生物の無代謝休眠の研究を行うため、単細胞生物繊毛虫コルポダを採集、単離、培養し、実験環境を調べた。また、コルポダを用いた無代謝休眠の機構解明に関する実験を行う上で必須の実験系: 実験的にシストを誘導する実験系、実験的に脱シストを誘導する実験系の2つの実験系を先行研究で行われている方法を用い、我々が新たに樹立した培養株で確立することができた。今後、この培養株を用いて単細胞生物の無代謝休眠に関わる研究が精力的に展開されることを期待する。

謝 辞

本校、化学・バイオ工学科 尾形慎准教授には研究遂行に辺り多くのご助力を賜りました。謹んでお礼申し上げます。また、本研究は、日本科学協会 平成29年度笹川科学研究助成(29-808)、公益信託 成茂動物科学振興基金、JSPS 科研費(16K18827)の研究助成のもと推進できましたことに感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 松坂理夫：原生動物学雑誌, 39, pp205-216(2006).
- 2) C.V.Tylor, A.G.R.Strickland:Physiol. Zool., 9, pp15-26(1936).
- 3) H. Maeda, T. Akematsu, R. Fukui, T. Matsuoka: J. Protozool. Res., 15, pp7-13(2005).
- 4) Y. Sogame, A. Kida, T. Matsuoka: African J. Microbiol. Res., 5, pp. 4316-4320(2011).
- 5) Y. Sogame, H. Asami, E. Kinoshita, T. Matsuoka, Acta protozool. 50 pp71-79 (2011).
- 6) H. Asami, Y. Ohtani, Y. Iino, Y. Sogame, T. Matsuoka, J. Protozool. Res. 20, pp. 1-6(2010).
- 7) S. Tsutsumi, T. Watoh, K. Kumamoto, H. Kotsuki, T. Matsuoka, Jpn. J. Protozool, 37, pp119-126 (2004).

身近な人物で演出する学生実験の試み

—福島高専専攻科化学・バイオシステム工学実験を例に—

An Attempt to Introduce a Role-Play to Chemistry and Bio-system Engineering Experiments
in Advanced Course Program of Fukushima College.

十亀陽一郎・市川誠*・鈴木喬也**・江本久雄***・羽切正英・押手茂克・

石原万里****・青柳克弘

福島高専化学・バイオ工学科

*東京理科大学 基礎工学部教養

**福島高専 物質工学科

***福島高専 都市システム工学科

****福島高専 一般教科

Yoichiro Sogame, Makoto Ichikawa*, Kyoya Suzuki**, Hisao Emoto***, Shigekatu Oshite,
Masahide Hagiri, Mari Ishihara****, and Katsuhiko Aoyagi

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of Applied Chemistry and Biochemistry

*Tokyo University of Science, Faculty of Industrial Science and Technology

**National Institute of Technology, Fukushima College, Department of Chemistry and Material Engineering

*** National Institute of Technology, Fukushima College, Department of Civil and Environmental Engineering

****National Institute of Technology, Fukushima College, Department of General Education

(2017年8月31日受理)

Advanced Course in Chemistry and Bioengineering of National Institute of Technology, Fukushima College provides freshman students with one-year lecture called “Chemistry and Bio-system Engineering Experiments.” Since the experiments are conducted by different researchers of different research fields, the focus of topics is wide-ranging. Despite this variety, each experiment should not only be feasible within a limited period of time but also be profitable for the future research of the students. As one of the experiments, the present authors conducted an experiment on STR method, with the purpose of training the students in such techniques as PCR and DNA electrophoresis, both of which play an important role in the field of molecular biology. In order for the students to have a better understanding of our experiment, we also used a role-play, in which the students should act as a participant in a fictitious crime. In this paper, we will report our attempt to introduce a role-play, discuss the result of our experiment, and evaluate the questionnaires about the experiment.

Key words: Kosen Education, Advanced Course Program

1. はじめに

福島高専 専攻科 産業技術システム工学専攻 化学・バイオ工学コースにおける化学・バイオシステム工学実験は、同コース教員が1年生を対象にオムニバスで担当する学生実験授業である。本科目で扱う実験の領域は多岐に渡り、物理化学領域、材料化学領域、合成化学領域、生体機能工学領域、放射線工学領域の五領域である。各領域ごとに担当教員が2人ないし3人割り当てられている。実施時間は、各教員あたり1日程度であるため、それぞれの実験は、短時間で実施可能であり、かつ専攻科におけるメインイベントである特別研究に向けて意義のある実験であることが望まれる。それゆえ本科目における実験は、短時間で完結し、学生に印象づけられるかということが重要なポイントである。

我々は、本科目生体機能工学領域の実験において、近年の犯罪捜査でよく行われているDNA鑑定法の一つ、STR法を体験できる実習を行った。この実験では、学生は分子生物学の研究分野で最も基軸となるPCRとDNAの電気泳動を習得することができる。近年の高専における授業やミニ研究では、犯罪捜査に関する実験を取り入れた例もあるが⁽¹⁾、今回の授業では、ただ実験を消化するだけでなく、架空の事件を創作し、それを身近な人物で演出しながら、ストーリー仕立ての授業展開を目指した。本稿では、我々が行った実験の内容と準備を記述しつつ、身近な人物で演出した授業導入の試みについて議論と評価をすることを目的とする。

2. 犯罪捜査とDNA鑑定

我が国では、産業社会も高度に発達し、世界最高水準の豊かな生活を送ることが出来る。一方、我々が生活する社会は、“ストレス社会”と揶揄されるように、高度に発展しすぎた現代社会の副作用として、過度な競争の加速化や並外れた欲求への渴望が生み出す個人と社会との摩擦による我々の精神的健康への被害が後を絶たない。また、それらが引き金となり引き起こされる残虐な事件に阿鼻叫喚しなければならないことも事実である。これらの事件を未然に防ぎ、社会全体の発展と各々の幸福が共存出来る未来を創造することが我が国における課題であると言える。そのため、過去に起こってしまった事件を分析し、犯罪心理学の観点で研究を進めることは非常に重要である。事件解決のために専門家が科学的に分析するというシステムができあがったのは19世紀後半からである⁽²⁾。その成り立ちや歴史に関しては参考文献を参照されたい。また、犯罪の定義や科学捜査の流

れに関しては中井(2002)に非常にわかりやすくまとめられている⁽³⁾。近年では、化学分析技術が発展し、犯罪現場に残された僅かな生物学的証拠から個人を特定できるまでに至っている。たとえば、現場の毛髪や体液などからDNAを抽出し、そのDNAを持つ個人を特定することが可能である。また、どのような生物学的証拠を分析するかということや分析の手段は、置かれた状況により多種多様である。

今回の実験では、架空の犯罪現場から発見された毛髪から採集したDNAを証拠として仮定した上で、STR法(DNAの特定領域における反復配列の繰り返し回数の違いを調べる方法)によるDNA鑑定の模擬実験を行った。この方法では、我々のDNAが持つ繰り返し配列の個人差を指標にして、そのDNAの持ち主を同定することが出来る。

3. ストーリー『福島高専殺人事件—まりが語る真相—』

我々は、学生の関心を引き立てるため、架空の事件を創作した上で、下述するようなストーリーを創作し、学生に取って身近な人物:教員でそのストーリーを演出した。実験では、学生もその演出に参加し、科捜研の捜査官を演じ、科学的に事件の犯人の推定を行う。登場人物と主な証言は別途Table 1にまとめる。事件の流れは実習前にスライドで説明した。説明の際は、演出者の写真なども使用しながら学生の関心を引きつけるように試みた。

福島高専殺人事件—まりが語る真相—

2018年10月8日、福島高専専攻科棟にて20代男性の遺体が発見される (Fig. 1)。



Fig. 1 The photograph of the crime scene

死亡推定時刻は10月7日午後10時頃。死因は、背部を刃物により刺されたことによる失血死。第一発見者は学科長である。遺体は“まり”を握りしめてうつ伏せで倒れていた。また、部屋のドアノブには指紋が付着しており、後述する容疑者Aの指紋と一致した。警察は、現場状況から殺人事件と断定し、犯行時刻は学校が施錠されていたことか学校関係者による犯行であると断定して捜査を進めた。犯行現場のドアノブに残されていた指紋が容疑者Aのものと同じだったこと、被害者のダイニングメッセージ（握りしめていた“まり”）が容疑者Aを暗示するものであったことを根拠に容疑者Aを逮捕した。しかしながら、容疑者Aは、被害者の死亡推定時刻直前に犯行現場に行ったことを認めたが、犯行を否認した。この事情を知った刑事は、どうしても容疑者Aの犯行と信じる事が出来なかった。真相を明らかにするため、念入りに聞き込み調査を行い、事件を再捜査することにした。刑事は、まず、念入りの聞き込み調査を行った。その結果、4人の容疑者が浮上した。

まずは、逮捕された容疑者Aである。容疑者Aは、指紋が被害者の部屋のドアノブに残されていたことから、部屋に行ったことは確実である。容疑者Aは、刑事の取り調べに対し、犯行時刻前に被害者の部屋に行ったことを認めたが、あくまでも打ち合わせのためであると主張した。また、後述するが、容疑者Dが証言した自身の悲鳴については、被害者の部屋にかわいいぬいぐるみがあったから思わず声が出たと証言。さらに、打ち合わせに言った帰り容疑者Bと廊下ですれ違ったと証言した。

続いて、刑事は、容疑者Bの聞き込みを行った。周囲の情報から判断すると、容疑者Bと被害者の仲は良好であったと考えられた。容疑者Bは、刑事の取り調べに対し、犯行推定時刻には学校にいなかったと証言した。容疑者Aの自分とすれ違ったという証言に関しては、容疑者Aの勘違いであると証言した。さらに、容疑者Cが事件発生の2-3日前に被害者ともめて、前歯が折れたことを妬み、容疑者Cが被害者を殺害したのではないかと証言した。

容疑者Cは、容疑者Bの証言通り、前歯が折れたためか、マスクを着用していた。刑事の取り調べに対し、容疑者Cは被害者ともめ合ったことを事実と認めたが、犯行時刻は学校におらず、自身は事件と関係ないと主張した。さらに、部屋が被害者の隣の容疑者Dが怪しいと証言した。

最後に容疑者Dの聞き込みを行った。確かに、容疑者Dの風貌は怪しかった。また、容疑者Dは頻繁に被害者

を訪れていた。これに関して、容疑者Dはそれを事実と認めたが、共同研究を行っていたためと主張し、被害者との関係は良好で自身には殺害の動機がないことを主張した。また、犯行が行われたとされる時間も犯行現場隣の部屋にいたことを認めた上で、犯行時刻直前に容疑者Aの悲鳴を聞いたことを証言した。

上記4人の容疑者が浮上したところで刑事は再度現場検証を行った。その結果、ダイニングメッセージであった“まり”の中に1本の毛髪が埋もれていることを発見した。これは事件の鍵に違いないと確信した刑事は、この毛髪のDNAと4人の容疑者から採集したDNAを科捜研に提出し、DNA鑑定を依頼した。登場人物と主な証言を表1にまとめる。

登場人物	出演	詳細のまとめ
被害者	教員A	・まりを握りしめた状態で死亡(失血死)
発見者(学科長)	教員B	・学生から教員が授業に来ないと連絡があり、様子を見に行ったら被害者が死亡していたと証言
容疑者A	教員C	・現場に指紋が残っていた ・現場には犯行時刻前に行た ・犯行時刻は学校にいた ・逮捕されるが容疑を否認
容疑者B	教員D	・犯行時刻学校で容疑者Aに目撃されるが居なかったと主張 ・被害者と容疑者Cが2-3日前にもめ合っていたと証言
容疑者C	教員E	・犯行時刻は学校に居なかったと主張 ・数日前の口論は事実 ・容疑者Dが怪しいと証言
容疑者D	教員F	・部屋が被害者の隣 ・犯行時刻に容疑者Aの悲鳴が聞こえたことと証言
刑事	教員G	・容疑者Aが犯人と思えない ・ダイニングメッセージのまりから毛髪を発見し、DNA鑑定を依頼

Table 1 Characters and casts

本実験では、刑事からDNA鑑定を依頼されたという設定で、学生はDNA鑑定を行い、刑事が犯人を追い詰める手助けをする。

4. 実験

本実験では、現場のまりに付着していた毛髪からDNAを採集したという設定で、採集したDNAに含まれる反復配列の遺伝子型と容疑者DNAと仮定したDNAサンプルの反復配列の遺伝子型を照らし合わせることでDNA鑑定を行う。まず、現場とそれぞれの容疑者から採集したDNAの目的的反復配列が含まれる部位をPCR法で増幅し、電気泳動でDNA断片を大きさごとに分離する。すなわち、繰り返し配列の繰り返し回

数により、DNA 断片のゲル上の移動度が変化する。現場 DNA の反復配列の遺伝子型と容疑者 DNA の反復配列の型を照らし合わせることで犯人を推定する。

今回の授業では、受講者が4名だったため、2名ずつ2班に分かれて実験を行った。下記は2班で実験を実施した場合を想定して記述している。なお、今回は、Biorad 社の Crime Scene Investigator PCR Basics Kit を用いて実験を行った。本キットは、法医学で利用されている遺伝子座位における遺伝子型分析を体験できるようにデザインされたものである。このキットには、5つの DNA サンプル（現場 DNA と4人の容疑者の DNA サンプル）と PCR に必要な試薬が提供されており、TH01 遺伝子座を想定した DNA 型の分析を行うことが出来る。このキットで提供されている DNA サンプルのうち、現場 DNA をまりから採集した DNA、4人の容疑者 DNA をそれぞれの容疑者から採集した DNA サンプルと仮定して実験を進めた。下述する材料と方法は、基本的に Biorad 社のキットに付属する説明書を参考に著者らが今回の実習用に作成したものである。Biorad 社のキットの説明書はホームページ上⁽⁴⁾からダウンロードが可能である。

4.1 実験の準備 (2班で実施した場合)

【事前準備】

- 各DNAサンプル(現場 DNA、教員 A の DNA、教員 B の DNA、教員 C の DNA、教員 D の DNA) を 12 μL ずつ分注 (12 μL ×5 本) ×2 セット
- アレルラダーを 15 μL ×2 本に分注
- 1×TAE を 1 L 調整
- 3% アガロースゲルを 100 ml 調整
- 染色液の調整 (50 mL TAE に 10 μL ゲルレッドを加える)

【直前の準備 (実習が始まる2時間程度前)】

- マスターミックス (MM : PCR に必要な酵素などを混合したもの) とプライマーを混合する (MMP)。MMP は、1 サンプルの DNA を PCR するために 10 μL 必要である。よって、10 μL ×5 (サンプル数)×2 (実施班の数)=100 μL 少し多めで 120 μL 準備する。MM とプライマーは、MM:プライマー = 50:1 混合。よって、MM 120 μL とプライマー 2.4 μL を混合する。混合後 MMP を 60 μL ずつ 2 本に分注する。

4.2 実験(実際の実習)の手順 (2班で実施した場合)

4.2.1. チーム分けしよう!! (2人×2チーム)

あみだくじをすると盛り上がる

4.2.2. ゲルの作成 (合同)

- 下記の通り試薬を調整
アガロース

1×TAE バッファー

Final 3% (アガロース/TAE)

- レンジで温める
- 60度以下になるまで冷ます
- 冷ましている間にゲルプレートの準備
- 気泡ができないようにゲルプレートにゲルを流し込む (厚さ 0.5 cm 以上)
- ラップをかけて 30 分程度静置

4.2.3. PCR 試薬の調整

- 準備するもの
 - ・ PCR チューブ (5 本)
 - ・ MMP
 - ・ 現場 DNA
 - ・ 教員 A の DNA
 - ・ 教員 B の DNA
 - ・ 教員 C の DNA
 - ・ 教員 D の DNA
- 試薬の混合
 - ・ DNA 各 10 μL を PCR チューブに入れる
 - ・ MMP 10 μL をそれぞれの DNA サンプルチューブに加える
- サーマルサイクラーにセット
- プログラムを選択して PCR スタート
- 作成したゲルを泳動層にセット

4.2.4. 電気泳動 (PCR 終了後)

- ローディングダイ 5 μL を各サンプルチューブに加える
- 各サンプル 15 μL ずつとアレルラダー15 μL をアプライ
- 電気泳動 (100 V:30 分泳動)

4.2.5. 染色

- 染色液に泳動後のゲルを浸し 30 分振とう

4.2.6. ゲルの撮影

- Biorad ケムドックを用いてゲルの撮影を行った (Fig. 2)。

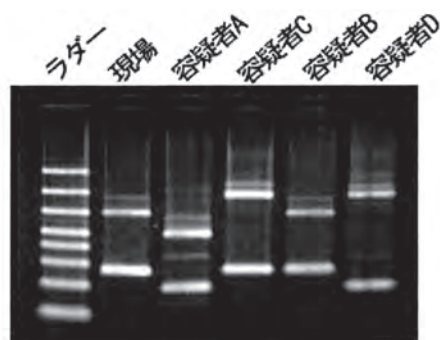


Fig. 2 Result: a photograph of DNA electrophoresis

5. 実験結果と結果の考察

本実験により得られた成果を Fig. 2 に示す。ラダーは、各繰り返し回数 DNA 断片がゲル状のどの辺に分離するかという基準を示している。すなわち、現場 DNA の 2 本のバンドと等しい位置にバンドが出たサンプルが現場 DNA と同じ繰り返し配列を持つことになり、同一人物の DNA である可能性があることになる。人の場合、染色体を父と母から受け継ぐため、繰り返し方の型が染色体ごとで異なるため、バンドが 2 本になる。実験結果より、現場 DNA と同じ遺伝子型を持つのは容疑者 B の DNA であり、まりに付着した毛髪の持ち主は容疑者 B ということになる。

6. 授業評価

今回の授業に対する授業評価を受講学生 (4 人) を対象に独自に実施したアンケートを分析することにより行った。本章では、その評価について議論する。

まず、今回の我々の最も重要な試み：身近な人物で実験を演出することに関してアンケートを実施した。その結果、本実験で実験を身近な人物でストーリー立てて演出したことに関して、「授業がおもしろくなって良かった」という評価を得ることが出来た (Fig. 3)。

この結果から、やはり単に授業で実験を行うだけでなく、ストーリー性を持たせることや、身近な人物でそのストーリーを演出することはより良い授業をおこなうために効果的であることがわかる。

次に、今回の実験で創作したストーリーに関してアンケートを実施した。その結果、50%の学生から「良かった」の高評価を得られた。しかしながら、「ストーリーが普通過ぎる」25%、「ベタである」25%というようにストーリーに対して物足りなさを感じた学生も多かった (Fig.4)。この結果は、おそらくダイニングメッセージが単に容疑者 A の名前にちなんでいる“まり”であっ

たことや、容疑者の証言が安易過ぎることに起因するだろう。もう少しそれぞれの容疑者のアリバイや事件全体の流れに関して十分に検討し、複雑なトリックを取り入れるなど改善の余地が十分にある。

続いて、今回の実験の実験内容に関するアンケートを実施した。今回の実験の内容自体は、PCR による DNA の増幅と DNA の電気泳動である。アンケートの結果、実験の内容に関しては、「良い」という評価を得られた (Fig. 5)。今回の実験では、様々な内容の実験を実施したいという気持ちは山々であったが、実験の時間が短く限られていることから、思い切って内容を限定して行ったことが良い評価に結びついたことが考えられる。

最後に、今回の実験の実験レベルに関してアンケートを実施した。その結果、100%の学生から実験のレベルは「ちょうど良い」との評価を得られた (Fig. 6)。

今回の実験では、分子生物学の研究において最も根拠かつ基礎の実験手法である PCR と DNA の電気泳動に絞って実施した。専攻科 1 年生の実験内容にしては簡易過ぎる危惧はあったが、上述した実験内容に関する議論と同様に実験の時間が非常に短いため、詰め込まずにゆとりをもって最も根本的な内容に絞り実施したことが良い評価につながったと考えられる。たとえば、本課における半期の学生実験程度の時間を確保出来るのであれば、犯行現場から証拠を探し出し、様々な証拠から DNA を抽出した上で DNA 鑑定を行うなど様々な発展を想定することができる。

Q1. 身近な人物で実験を演出することに関してどうでしたか

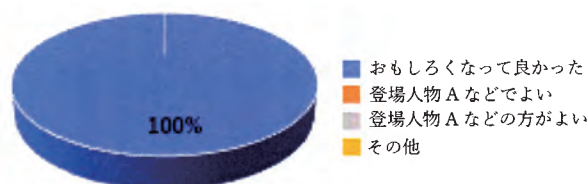


Fig. 3 Class questionnaire 1

Q2. ストーリーはどうでしたか

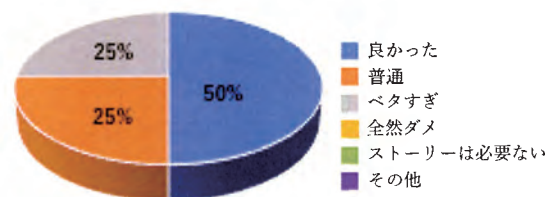


Fig. 4 Class questionnaire 2

Q3 : 実験の内容についてどう思いますか



Fig. 5 Class questionnaire 3

Q4 : 実験のレベルについてどう思いますか

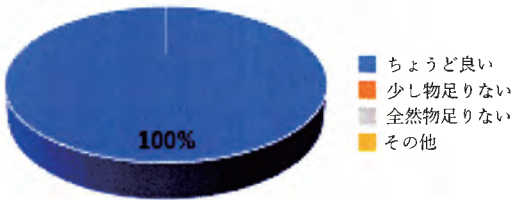


Fig. 6 Class questionnaire 4

7. おわりに

今回の学生実験では、福島高専専攻科1年を対象として、分子生物学の基礎となるPCRとDNA電気泳動の実験実習を行った。今回は、通常通り実験を行うだけでなく、身近な人物で演出した事件を創作し、学生は科捜研の検査官の役割を演じた。アンケートの結果から伺えるように、ストーリー性を持たせることは学生の関心を引きつけるために良い手段であると言える。一方、ストーリーの内容に関して、学生へのアンケート調査からも伺えるようにストーリー性を豊かにするなど改善点が今後の課題も多く得られた。

謝 辞

授業実施に対して多大なご助力を頂きました、福島高専 化学・バイオ工学科 尾形慎准教授に深謝申し上げます。また、本研究は、平成29年度日本科学協会笹川研究助成 (29-808) の助成を賜り実施できたものです。

参 考 文 献

- 1) 羽切正英, 佐藤潤, 安藤守: 高専教育, 34, pp. 565-570, (2011)
- 2) 鈴木隆雄: 日本写真学会誌, 67, pp339-344, (2004)
- 3) 中村泉: ぶんせき, 10, pp591-594, (2002)
- 4) <http://www.bio-rad.com/> 2017/08/27現在

高専生による橋梁目視点検とその健全度評価の試み

Introduction of the visual inspection for RC bridge on young engineers (Kosen students) and evaluation of bridge conditions using by the BREX system

長谷部 有希*・飯高 優翔*・大平 太貴*・松田 弘毅*
門馬 瑠莞*・蓬田 世羅*・鈴木 溪太*・箱崎 悠哉*・江本 久雄**

*福島工業高等専門学校 建設環境工学科

**福島工業高等専門学校 都市システム工学科

Yuki Hasebe *, Yuto Iitaka *, Taiki Ohira *, Koki Matuda *

Rui Monma *, Seira Yomogida *, Keita Suzuki *, Yuya Hakozaki *, Hisao Emoto **

*National Institute of Technology, Fukushima College, Dept. of Civil Engineering

** National Institute of Technology, Fukushima College, Dept. of Civil and Environmental Engineering

(2017年 8月 31日受理)

In our country, recently there has been considerable interest in bridge management because of half of all civil infrastructures including of bridges has been damaged at more than 50 years passed. It is needed to engineers to inspect and evaluate bridge conditions accurately.

The purpose of this study has been to get knowledge for bridge visual inspection technic as young engineers, for example “Kosen Students” in order to lecture how to inspect as bridge maintenance technology increasingly important in the future.

Key words: bridge visual inspection, education of young engineers (Kosen students), evaluation of bridge conditions, BREX system

1. はじめに

近年、わが国において社会基盤構造物の老朽化が大きな問題^{1),2),3)}となっている。高度経済成長期に建設された社会基盤構造物の多くは、短期間の間に大量に建設されたためその更新時期も同時期になる。また、日本社会は少子高齢化や人口減少、技術者不足などの多くの問題を抱えている。そのため、橋梁維持管理の政策方針として、これまでと同様の事後保全的な取り組みでは社会基盤を維持していくことは困難になる。

これらのことから、予防保全的な取り組みが重要であり、道路や橋梁の補修などといった社会基盤構造物の維持管理を行う技術者の育成⁴⁾が重要になってくる。

そこで、本研究では、今後の維持管理業務を担うであろう若手技術者の高専生が、いわき市の橋梁を対象に橋梁点検を実施した。点検内容としては、1) 橋梁維持管理業務において主となる「近接目視点検」、2) 点検結果を定量的に評価できる「BREX システム^{5),6)}」への点検結果の入力である。また、実際に橋梁点検を実施した主な高専生は、建設環境工学科に所属する本科2年生である。本科2年生の専門知識は、橋梁や土木分野のこと

を学び始めた学年である。対象橋梁の概要は、1955年に供用開始されたいわき市内に位置するRC橋梁である。橋梁調査に際して、高専生を3人ずつの2グループ作成し、それぞれのグループで目視点検を実施した。

本研究の目的は、将来土木分野の技術者を目指す若手の技術者に対して橋梁点検の方法を説明して、橋梁点検をフィールドで体験させることで、次世代に活躍できる技術者の育成だけでなく、今後の若手技術者を育成していくにあたっての効率的な知見を得ることである。本論文では、高専生によって橋梁目視点検を実施した結果およびBREXシステムによって橋梁の状態を評価した結果及び、その取り組み方に関して報告する。

2. 橋梁点検の流れと調査対象の詳細

2.1 概要と実施にあたっての注意点

本研究の橋梁目視点検の調査の流れをFig.1に示す。橋梁の目視点検を実施する前に、その橋梁の設計図書である基本諸元データをもとに予備調査を実施する。ここでは、変状図を記載するための橋梁の展開図を作成する。特に、橋梁の供用開始年が50年以上経過している場合に

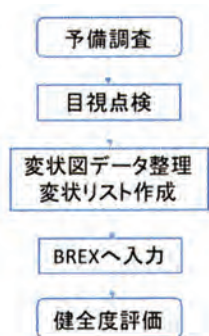


Fig.1 Investigation flow of the visual inspection

は基本諸元データの一般図が異なっている場合がよくあるので、現地踏査を必ず実施し一般図を確認する。また、現地踏査をすることで、現地の安全確認や必要な道具などが確認できる。現地踏査後に展開図を作成し、一般的に点検に必要な道具(点検ハンマー、クラックゲージ、コンベックスなど)と現地に併せて必要な道具(はしご、長靴、胴長など)を準備する。

その後、目視点検を実施する。この際に注意することは、梅雨シーズンといった雨期であれば雨による増水や蛇や蜂といった害虫対策を検討することである。増水が考えられれば延期し、蛇や蜂は近場の病院の調査と殺虫剤の携帯が必要である。現地では、変状図にひび割れ剥離などの変状を記入する。

目視点検を実施後に変状図データを電子化し、変状図ごとにリストを作成する。これらを元に、BREXシステムへ入力を実施し、健全度評価を行う。

2.2 対象橋梁

今回調査した橋梁の概要をTable1に示す。本橋梁は、1955年供用開始した62年経過したRC-T桁である。供用開始後、2回にわたり拡幅工事が実施されている。拡幅箇所は床版桁であるが、本調査ではRC-T桁部分のみを調査対象としている。

2.3 調査方法

2017年6月のはじめに橋梁点検の計画を立て、6月10日に学生8名(本科2年生5名, 本科5年生3名)が高専周辺にあるH橋を2グループに分かれて点検を行った。予備日として6月24日を設定した。グループの構成としては、3人で1グループとして、その役割は記録が1名、調査・計測が2名である。2グループの名称をTeam AとTeam Bとした。Team Aは2年生が2名と5年生が1名と、Team Bは2年生が3人とした。

2グループで実施した理由は、誤差をなるべく少なくするために、今回はそれぞれ上流側からと下流側から目

Table1 Specification data of a bridge

橋梁名	H橋
所在地	いわき市内郷高野町平石
路線名	小名浜小野線
管内名称	いわき
事務所名	いわき建設
道路種名	主要地方道
供用開始日	昭和30年(1955年1月)
橋長	6.40m
上部構造形式	RC橋
活荷重・等級	一等橋
適用示法書	昭和41年



Fig.2 Map of the Hiraishi bridge

視点検を行った。また、2グループ間での点検結果の差異を確認するためでもある。

対象橋梁の構造形式はRC-T桁の4主桁、主な調査箇所は主桁の側面と下面、床版とした。点検方法としては、点検ハンマーやカボチャ玉打診棒を使って浮きや剥離を調査した。点検ハンマーなどで調査した浮きや剥離をチョークで全体を覆い、その縦横の長さを測定した。また、鉄筋露出などを写真で記録し、欠陥部分を変状図にまとめた。目視点検後、現地で調査した記録の変状図を電子化し、さらに変状図リストにし、BREXで評価した。

2.4点検道具

点検ハンマーとは、“一点”を叩いて不具合を確認し、発見するためのツールのことで、異常のある所は濁った音がする。カボチャ玉打診棒とは、棒状の先端がカボチャ型の球になっていて、その球で“線上”にコンクリートなどを撫でて異常を発見する。問題がある箇所では、音が軽くなる。クラックゲージは、ひび割れ幅を計測する定規で、ひび割れのある箇所のうちひび割れ幅の一番大きな幅を計測する。

3. 目視点検結果

3.1 変状図

目視点検の結果をもとに、Fig.3の変状図を作成した。変状図とは、ひび割れや豆板などの変状を各指定された記号を使って、その変状の大きさや向きなどを橋の平面図上に表したものである。変状図には、指定された記号のほかに長さや面積を表す数字を併記したものがある。また、橋梁の主桁と床板にある変状を示すものがある。

3.2 変状図リスト

Fig.4に示す変状図リストは、実際の橋梁点検で得られた変状データを元に作成したものである。変状図リストとは、目視点検で確認できた変状に通り番号を付けて、各変状のデータを表に記入したものである。具体的には、変状のある場所やひび割れの長さ・幅・向き、その他には、変状の種類の詳細や面積、鉄筋の種類などである。

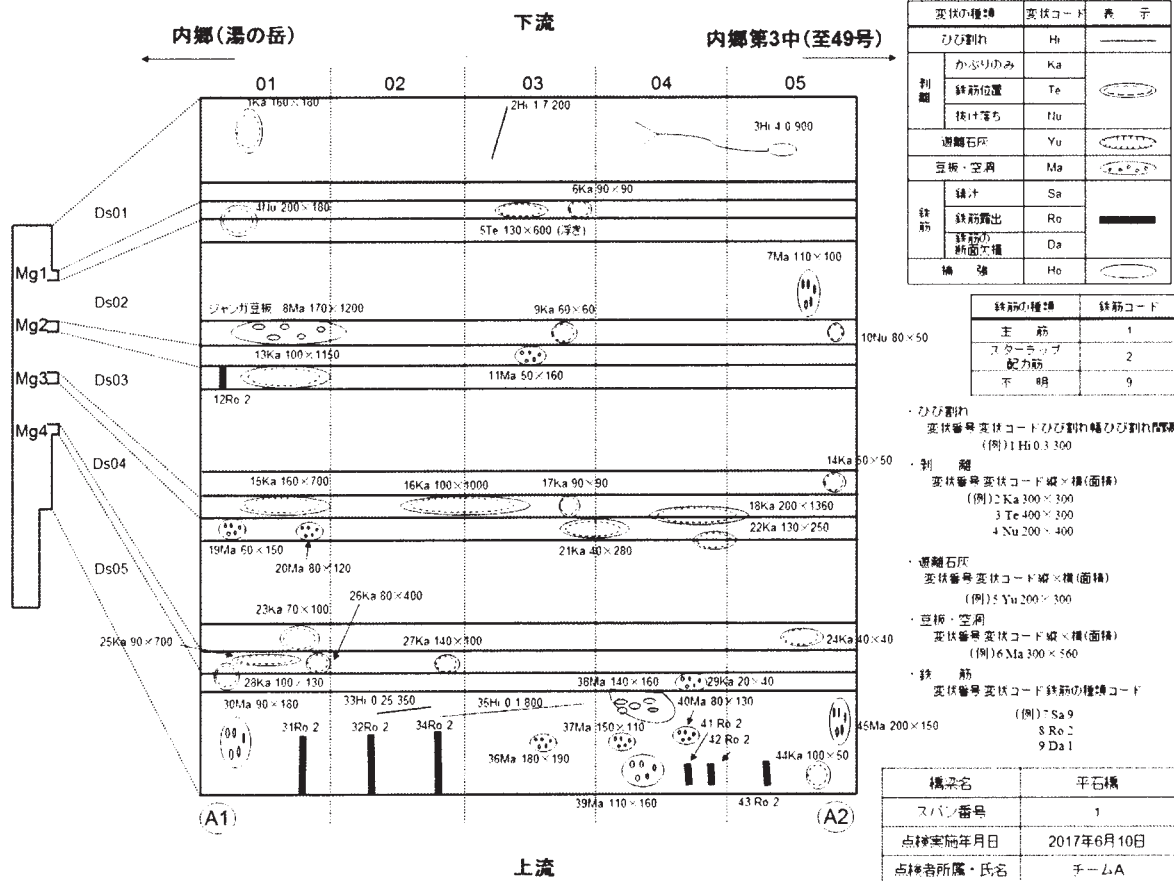
4. BREXによる評価

4.1 BREXについて

BREXとは、橋梁管理者、専門技術者の橋梁の総合的な劣化診断を支援するシステムである。使用条件・環境状況などの基本諸元データと、目視点検結果である点検データを入力する。出力として構造物の劣化に関連する外力によって評価する「耐荷性」と、建設直後より劣化外力に応じた材料変化を評価する「耐久性」を得られる。これらを100点満点で評価する。評価対象基準は1スパンごと。部材は主桁と床版とする。

4.2 BREXシステムによる健全度評価の結果

BREXシステムに基本諸元データ、点検データを入力して得られた結果をFig.5に示した。Table2に示す結果は、チームAは、主桁耐荷性が29.87、主桁耐久性が59.75、床版耐荷性が31.92、床版耐久性が63.83となった。チームBは、主桁耐荷性が30.96、主桁耐久性が61.92、床版耐荷性が31.4、床版耐久性が62.81となった。



(a) Team A

Fig.3 Damage sheet drawings

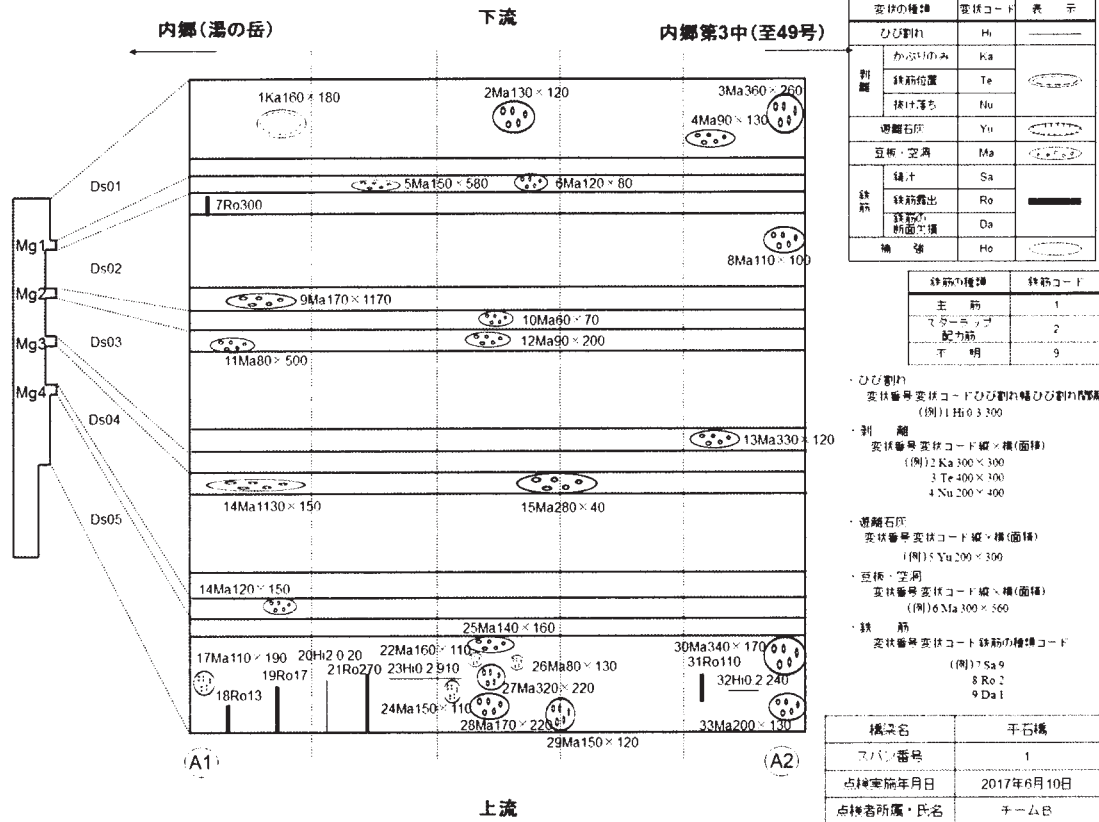
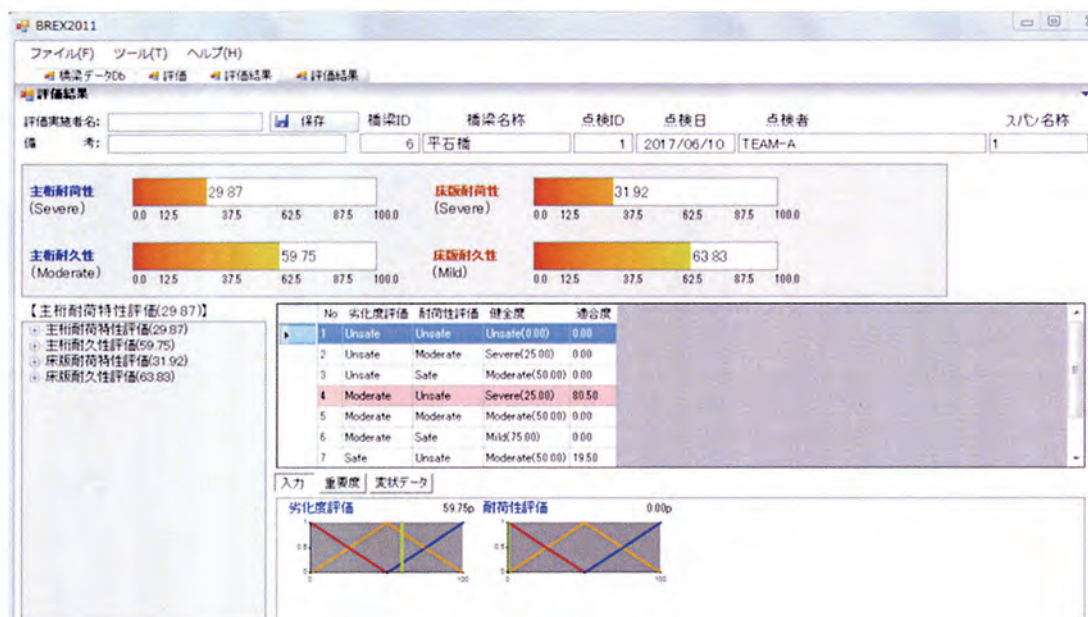


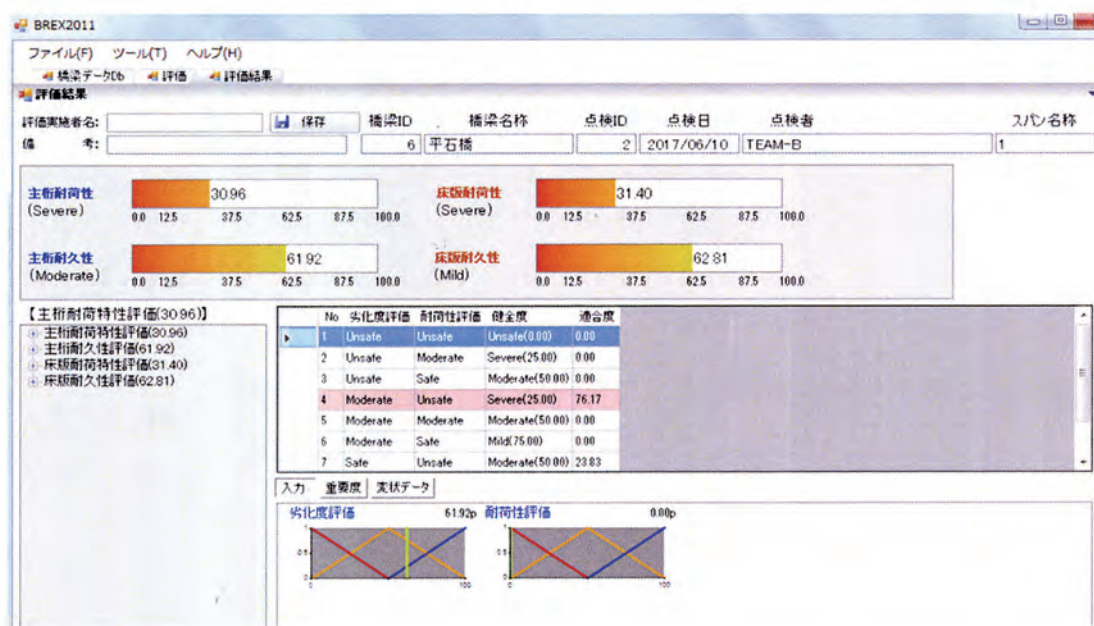
Fig.3 Damage sheet drawings

橋梁名		チームA														
点検番号	桁・床版番号	部材種別	点検種別	近接目視	点検年月日	2012年12月18日			経閉番号			点検者所属・氏名				
						上下位置	方向	本数(本)	巾(mm)	筋高(mm)	面積(mm ²)	深さ	鉄筋の種類	鉄筋の支持種別	補強工種別	補強の支持種別
1	Ds0101	床版	剥離	-	-	-	-	-	-	-	160×180	かぶりのみ	-	-	-	-
2	Ds0103	床版	ひび割れ	-	-	-	ななめ	1	1.7	200	-	-	-	-	-	-
3	Ds0105	床版	ひび割れ	-	-	-	水平 橋軸方向	1	4	900	-	-	-	-	-	-
4	Mg1	主桁	剥離	端支点部	桁下面	-	-	-	-	-	200×180	かぶりのみ	-	-	-	-
5	Mg1	主桁	剥離	中間支点部	桁下面	-	-	-	-	-	130×600	鉄筋位置	-	-	-	-
6	Mg1	主桁	剥離	中間支点部	桁下面	-	-	-	-	-	90×90	かぶりのみ	-	-	-	-
7	Ds0205	床版	豆板・空洞	-	-	-	-	-	-	-	110×100	-	-	-	-	-
8	Ds0201	床版	豆板・空洞	-	-	-	-	-	-	-	170×1200	-	-	-	-	-
9	Ds0203	床版	剥離	-	-	-	-	-	-	-	60×60	かぶりのみ	-	-	-	-
10	Ds0205	床版	剥離	-	-	-	-	-	-	-	80×50	かぶりのみ	-	-	-	-
11	Mg2	主桁	豆板・空洞	中間支点部	桁下面	-	-	-	-	-	50×160	-	-	-	-	-
12	Ds0301	床版	鉄筋	-	-	-	-	-	-	-	-	-	スラップ・配筋	鉄筋露出	-	-
13	Ds0301	床版	剥離	-	-	-	-	-	-	-	100×1150	かぶりのみ	-	-	-	-
14	Ds0305	床版	剥離	-	-	-	-	-	-	-	50×50	かぶりのみ	-	-	-	-
15	Mg3	主桁	剥離	端支点部	桁下面	-	-	-	-	-	160×700	かぶりのみ	-	-	-	-
16	Mg3	主桁	剥離	支間1/4	桁下面	-	-	-	-	-	100×1000	かぶりのみ	-	-	-	-
17	Mg3	主桁	剥離	中間支点部	桁下面	-	-	-	-	-	80×90	かぶりのみ	-	-	-	-
18	Mg3	主桁	剥離	支間1/4	桁下面	-	-	-	-	-	200×1380	かぶりのみ	-	-	-	-
19	Ds0401	床版	豆板・空洞	-	-	-	-	-	-	-	60×150	-	-	-	-	-
20	Ds0401	床版	豆板・空洞	-	-	-	-	-	-	-	80×120	-	-	-	-	-
21	Ds0403	床版	剥離	-	-	-	-	-	-	-	40×260	かぶりのみ	-	-	-	-
22	Ds0404	床版	剥離	-	-	-	-	-	-	-	130×250	かぶりのみ	-	-	-	-
23	Ds0401	床版	剥離	-	-	-	-	-	-	-	70×100	かぶりのみ	-	-	-	-
24	Ds0405	床版	剥離	-	-	-	-	-	-	-	40×40	かぶりのみ	-	-	-	-

Fig.4 Example of damage listing



(a) Team A



(b) Team B

Fig. 5 Assessment results from BREX system

5. 考察

5.1 目視点検結果に関する考察

今回調査したH橋は1950年代に建設された比較的古いものであるため供用中ではあるが、いくらかの変状を確認できた。変状の位置は主桁の側面にも見られた。これは、今回点検を行った2グループともに確認できた。

Fig.3 (a), (b)より、Team AとTeam Bでは豆板や剥離の確認できた数はほぼ同数あったが、ひび割れや鉄筋露出

の数に違いがあり、Team AはTeam Bよりも多くの変状を確認できた。Team Aの変状図は、橋全域に変状を見られることができたが、Team Bの変状図は、点検を開始した上流側の方に、多くの変状が確認された。また、それぞれの変状図に、少なからず相違が見られた。これは点検者による変状の認識の差によるものである。

また、2グループの変状図の特徴としては、床版のDs01とDs05に特に多くの変状が確認できた。この結果

から、この橋梁においては主桁端部付近に大きな負荷がかかっているものと推測できる。

また、2グループともに若手技術者であるため、点検技術者の教育という観点で、お互いの変状図から議論を行った。今後、変状がお互い差異無く確認できることを期待する。

本目視点検結果の変状図としては、2グループの点検結果をお互いに補うように合成することで、活用できる。これより、ひび割れ、剥離、鉄筋露出、豆板・空洞が確認できたためその補修が必要であると考えられる。

5.2 健全度評価に関する考察

この目視点検結果をもとに BREX システムに入力して得られた出力画面を Fig.4 と Fig.5 に、健全度の値を Table 2 に示す。BREX システムの健全度の値は、0 点から 100 点（悪い方から良い方）の整数の連続値で表す。

この結果は、それぞれのグループによって多少の差が確認できた。Team A の方が変状を多く確認できたため Team A の健全度評価が全体的に低くなった。

今後の検討としては、劣化曲線を設定して余寿命予測を行い、補修・補強を実施した場合はこの余寿命がどのように向上できるかを検討することで、今後の維持管理業務へ応用できる。

6. まとめ

本研究は、橋梁目視点検を若手技術者である高専生が、点検結果の整理、BREXを用いた健全度評価、結果に対する考察までの点検作業を一気通貫で実施したものである。本研究から得られたことを以下に示す。

- 1) 教育的な観点から供用中の実橋梁で、目視点検を実施したことから点検作業の具体的な手順がよく理解できた。
- 2) 2グループで目視点検を実施し変状図を作成したことで、グループ間での変状数などの差を議論することができた。
- 3) 2グループの変状データを入力データとして、BREXを用いて定量的な評価を実施した。
- 4) 維持管理の技術は、幅広い総合的な知識が必要であるが、専門科目を習い始めた早期に現場で実体験することで、より具体的に変状が理解でき、今後の維持管理をはじめとする専門科目のモチベーションにつながることを期待する。

本研究によって得られた知見から、維持管理に関する教育プログラムの参考になれば幸いである。

Table 2 List of soundness each of teams

	Team A		Team B	
	主桁	床版	主桁	床版
耐荷性	29.87	31.92	30.96	31.40
耐久性	59.75	63.83	61.92	62.81

謝 辞

本研究を実施するにあたり対象橋梁をご紹介いただきました福島県いわき建設事務所企画管理部企画調査課遠藤恒司課長様には深く感謝申し上げます。また、橋梁点検に関しましてご指導いただきました株式会社小野工業所取締役技術部長高橋昭彦様には深く感謝申し上げます。橋梁踏査にあたり快く協力いただきました福島工業高等専門学校化学・バイオ工学科特命助教十亀陽一郎先生には深く感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 石橋健, 中津 功一朗, 古田 均, 野村 泰稔, 高橋 亨輔: GAを用いた大規模橋梁群の長期的な維持管理計画の最適化, Vol. 69, No. 2, pp.1_731-pp.1_740, 土木学会論文集A2(応用力学), 2013.
- 2) 古田 均, 茅野 牧夫, 渡邊 英一: 橋梁の維持管理とブリッジマネジメントシステムの現状と将来展望, Vol.63, No.3, pp.287-pp.294, 土木学会論文集F, 2007.7.
- 3) 独立行政法人土木研究所, 日本構造物診断技術協会: 非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル, pp.50-pp.53, 技報堂出版, 2003.10.
- 4) 公益社団法人 土木学会: 社会インフラ メンテナンス学 I .総論編 II .工学編, pp.95-pp.108, 丸善出版株式会社, 2015.12.
- 5) 宮本文穂, 江本久雄, 高橋順, 平西邦裕: 現地調査に基づく撤去橋梁の健康診断と余寿命推定およびその検証法, Vol.23, No.3, pp.119-pp.132, コンクリート工学論文集, 2012.
- 6) Hisao Emoto, Jun Takahashi, Ayaho Miyamoto: Practical application of bridge rating expert system to an aged bridge, Science and Information Conference 2014, 2014.8.

橋梁目視点検時の空間線量率の安全性に関する研究

Study on the air dose rate safety at the bridge visual inspection

江本 久雄*・十亀 陽一郎**・佐藤 佳子**

*福島工業高等専門学校 都市システム工学科

**福島工業高等専門学校 化学・バイオ工学科

Hisao Emoto*, Yoichiro Sogame** and Keiko Sato**

*National Institute of Technology, Fukushima College, Dept. of Civil and Environmental Engineering

** National Institute of Technology, Fukushima College, Dept. of Applied Chemistry and Biochemistry

(2017年 8月31日受理)

At March 11, 2011 the Great East Japan Earthquake occurred, radioactive substance was released due to the accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant. Now 6 years passed, bridge inspection engineers need to check bridges at evacuation order release area. In this study, we report on surveys of air dose rate at working bridge visual inspection under the deck and drain. And also, mapping method technic without GPS function device is proposed by using handy GPS. Finally, the obtaining knowledge for making a safe working environment is expected for bridge inspection engineers in the future.

Key words: Bridge visual inspection, safety management, air does rate, environmental radioactivity, mapping

1. はじめに

近年、わが国では、橋梁をはじめとする社会基盤構造物(インフラ)の維持管理が重要となっている。このことは、日本の社会的な環境が、人口減少、少子高齢化、専門技術者不足といったことに起因する。ここでは、橋梁の維持管理のうち現場での目視点検に着目する。目視点検とは、主に橋梁の下面の変状を詳細に目視で確認し、変状図と呼ばれる図面に、その位置や長さといった形状を記録する作業である。変状とは、ひび割れ、浮き、剥離といったものがある。

そのため、橋梁の下面である川に入り点検する場合や、橋面上から橋梁点検車や足場によるアプローチで桁下面の変状を確認する。

しかし、ここ福島県では、橋梁の目視点検(維持管理)に注目されている時期に、2011年3月11日未曾有の東日本大震災が発生し、福島第一原子力発電所事故発生により放射性物質が放出された。そのため、帰還困難地域、居住制限区域、避難指示解除準備区域といった区域区分によって区分されている。2017年現在、これらの区分のうち避難指示解除といった地域もある。この判断¹⁾は、年間空間線量が20ミリシーベルト以下になることが確実に、生活に必要なインフラが復旧した域といった要件で判断されている。

今後、避難指示解除エリアなどのインフラである橋梁の目視調査が実施されることが容易に想像できる。そこで、本研究では、橋梁目視点検時における点検技術者の環境放射線の安全性を調査するために、「第1編汚染状況重点調査地域内における環境の汚染状況の調査測定方法に係わるガイドライン」²⁾に基づいて基本的な放射線測定を実施する。さらに、比較的放射線量の高い原因となっているポイントを特定するための測定法である「放射線測定に関するガイドライン」³⁾に基づいて、橋梁目視点検時の安全性を調査する。橋梁には、橋の性能維持のために排水溝が必ず設置されている。そこで、桁下や排水溝箇所での作業時の環境放射線レベルに注意して調査を実施した結果を報告する。また、調査を実施するにあたり、GPS機能がない測定装置におけるマッピング技術を検討したので報告する。本研究は、今後の点検技術者の安全な作業環境を構築するための知見を得ることを期待して実施したものである。

2. 放射線測定方法

2.1 一般的な測定手順

一般的な除染実施計画の策定などの空間線量率(環境放射線)の測定²⁾方法は、以下の通りである。a)測定しようとする区域の地図を準備し、どの順番でどの程度の

箇所数を測定するか計画する。また、この地図に直接、測定順番と数値を記入する。b) 平均的な空間線量率に基づいて判断するため、くぼみ、建造物の近く、樹木の下や近く、側溝・水たまり、草地・花壇の上の測定さける。c) プローブ(検出部)をビニールで覆い、測定対象からの汚染を避ける。d) 原則として地用から1mの高さで測定する。ただし、幼児・低学年児童等の生活空間を想定し、50cmの高さでも測定する。e) プローブ(検出部)は地表面に平行にし、体からなるべく離す。f) 測定値が安定するのを待って、測定値を読み取る。g) a)で作成した記録紙に記入する。この測定の様子をFig.1に示す。

2.2 特異な箇所の測定のポイント

ここでは、特に橋梁目視点検時に影響がありそうな橋梁周辺の環境で測定のポイントをまとめる³⁾。A) 雨水が集まる場所およびその出口で橋梁の場所という排水、ドレインなどが該当する。放射性物質(セシウム)は土や落ち葉に付着しやすいため、これらがたまりやすい集水マスの泥土や底面などは、重点的に測定する。B) 植物およびその根元で橋梁の場所という張出床版部や排水ますなどが該当する。C) 雨水・泥・土がたまりやすいところで橋梁の場所という路面、縁石、ジョイント(伸縮継手)、コンクリートの割れ目などが該当する。これらの場所は、周囲から雨水が流れ込む場合や泥や土がたまると、その泥土に放射性物質が濃縮しやすくなるため、周囲より放射性物質が付着しやすいため、空間線量率が高くなる可能性がある。D) 微粒子が付着しやすい構造物としては、錆びた鉄構造物などがあり、橋梁であれば鋼橋や耐候性鋼材が該当する。E) その他、橋梁の目視点検では桁下面を目視するので、点検員が河川に入る場合もあり、河川に流入するドレインなども注意すべきである。

また、一般的な測定手順と異なる点は、排水ますなどの低い箇所付近の影響を確認したいため、地表からの高さを1cmおよび1mの距離において測定した点である。

2.3 マッピング方法

放射線測定機(サーベイメータ)は、GPS機能などの位置情報を取得する機能は実装されていないので、Handy GPSを活用したマッピング方法の手順をFig.2に示す。また、その手順を以下に示す。

- (1) GPS未対応のデータをマッピングするには、Fig.2に示すStep1 GPS対応カメラか、Fig.3のようなハンディGPSを使って測定する。
- (2) Step2では、測定箇所でハンディGPSによってMARK(ウェイポイント)を作成する。その後、撮影や



Fig.1 Measurement of air dose rate

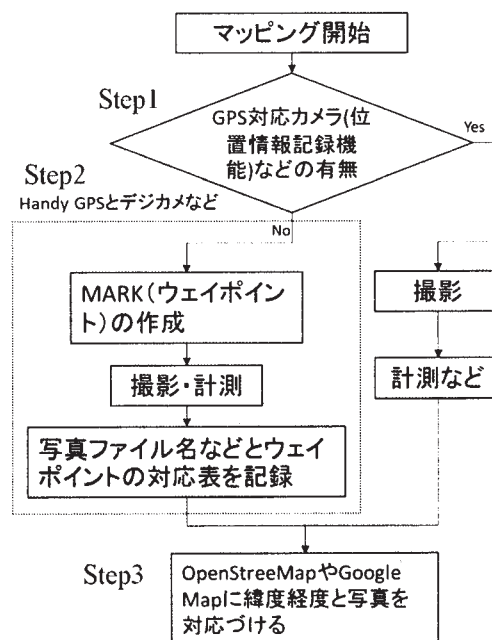


Fig.2 Flow of mapping

計測を実施する。その際の写真ファイル名やデータ名とともにウェイポイントの番号を記録する。

- (3) OpenStreetMapやGoogle Mapや国土地理院地図にウェイポイントから位置(緯度・経度)を特定して、写真や計測データ(空間線量率)とマッピングする。

3. 空間線量率(環境放射能)のマッピング結果

まず、空間線量の測定を実施するにあたり、一般的な除染計画の策定に用いられる高さ1mの箇所の測定をFig.4に示す福島工業高等専門学校敷地内とネガティブコントロールとしてFig.5に示す山口県内のY大学工学

部内およびFig.6に示す山口県宇部市のSF山で測定した。次に、特異な箇所の測定となる橋梁においてFig.7に示すいわき市内のHI橋およびネガティブコントロールとしてFig.8に示す山口県宇部市のSG橋で測定を実施した

ここで、用いた測定器は、NaI(Tl)シンチレーションサーベイメータ (ALOKA TCS-172)である。

これらのマッピングデータは、測定ポイント毎に番号とその放射線量率 ($\mu\text{Sv/h}$) を表記している。さらに、高さを@マーク以下に明記している。明記していないデータは、1mの高さで測定したものである。Fig.7(a)の桁下面は、水面からの高さを表している。W.L.は水面である。

4. 考察

Fig.4に示す福島高専内とネガティブコントロールとして調査したFig.5に示す山口県宇部市のY大学のキャンパスの空間線量率を比較した。その結果は、平均値で0.08 ($\mu\text{Sv/h}$)と同程度となった。さらに、ネガティブコントロールのFig.6の山では、平均値で0.13 ($\mu\text{Sv/h}$)となった。全国平均空間線量率(環境放射能)⁴⁾⁻⁶⁾は、約0.05-0.11 ($\mu\text{Sv/h}$)であるので、Fig.6の場所は平均値より高め



Fig.3 Example of handy GPS (made by Garmin)



Fig.4 Air dose rate at Fukushima college



Fig.5 Air dose rate at Y. Univ. in Ube City

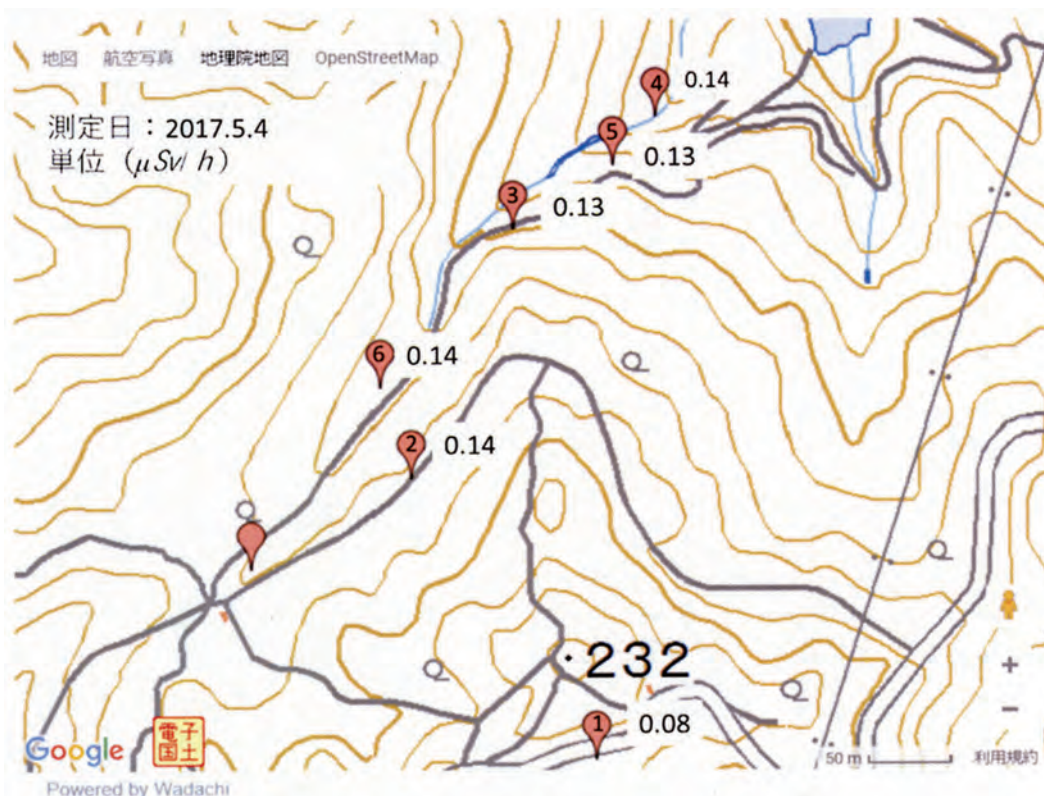
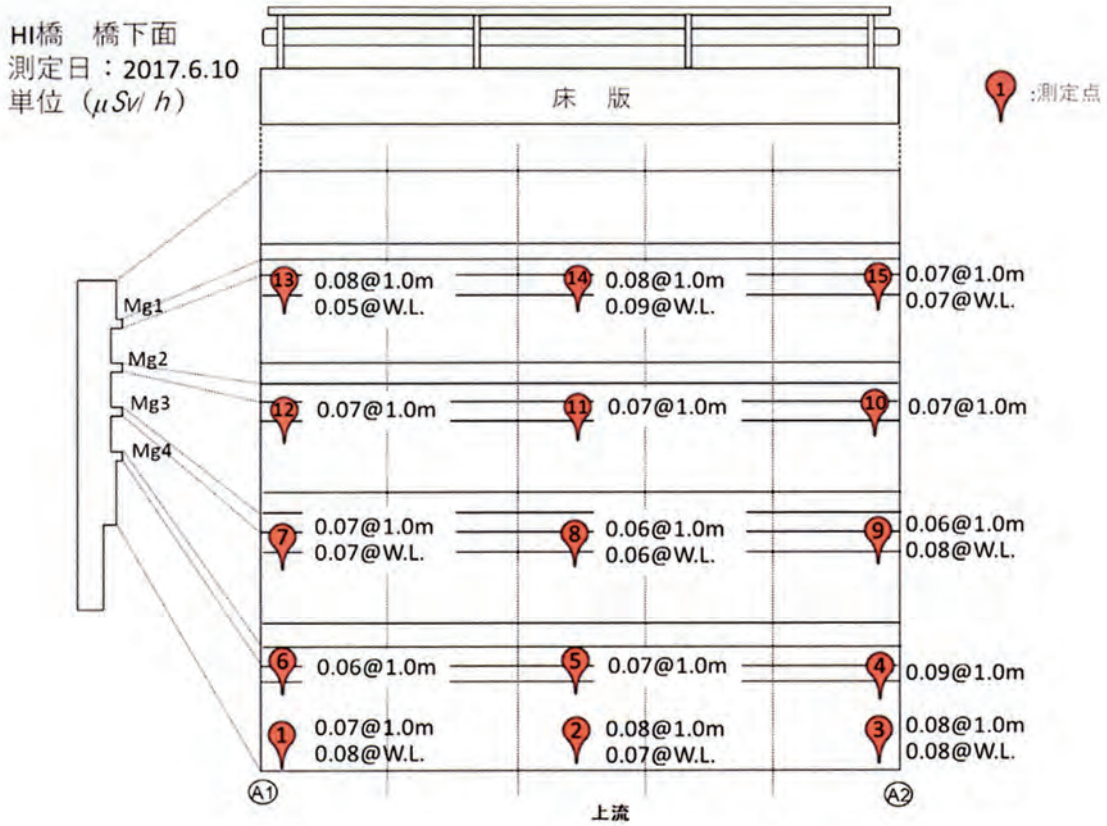


Fig.6 Air dose rate at Mt.SF in Ube city



(a) girder bottom



(b) bridge surface

Fig.7 Air dose rate at HI bridge in Iwaki city

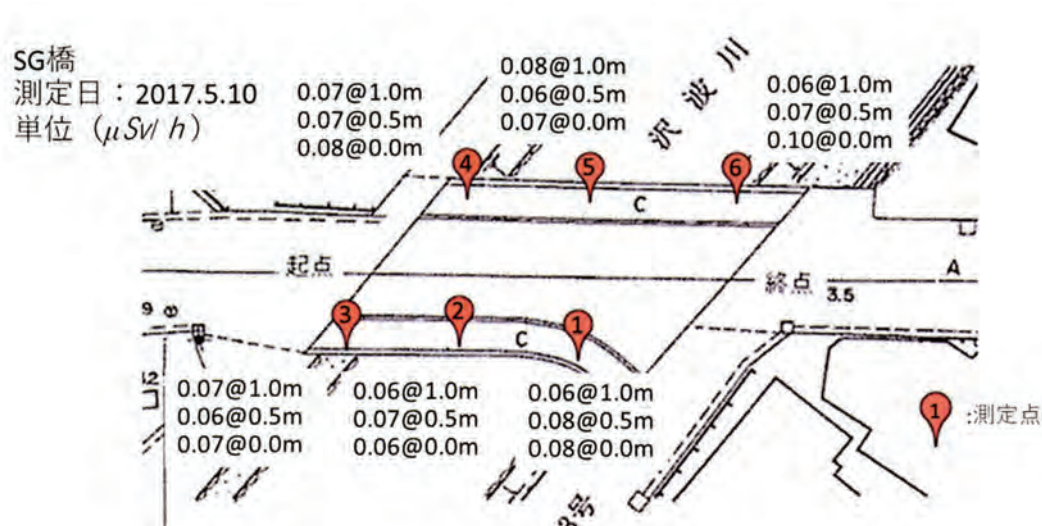


Fig.8 Air dose rate at SG bridge in Ube city (bridge surface)

である。ただし、除染実施計画の基準値 $0.23(\mu\text{Sv/h})$ よりも低い。これは、花崗岩からなる山であるためである。いわき市内の橋梁であるFig.7(a)と(b)に示す桁下面(水面)および橋面ともに平均値は $0.07(\mu\text{Sv/h})$ で、Fig.8に示すネガティブコントロールの山口県のとある橋梁では、橋面だけであるが平均値 $0.07(\mu\text{Sv/h})$ であった。今回の橋梁付近では、空間線量率が高そうな土がたまっている排水ますや桁下の雨水の流入箇所などを調査したが、全国平均の範囲内であることが確認できた。

5. まとめ

本研究では、身近な学内と橋梁の目視調査時に立ち寄りそうな箇所やネガティブコントロールとして福島第一原子力発電所事故の影響のない山口県内における空間線量率をそれぞれ調査した。本調査により得られた知見をまとめる。

- 1) 学内及びネガティブコントロールの山口県のあるキャンパスの空間線量率は、ほぼ同程度であった。
- 2) ネガティブコントロールの山口県の山では、平地よりも花崗岩の影響で高い空間線量率を示した。
- 3) 本研究で調査した橋梁においては、目視調査時に近寄る箇所や空間線量率が上がりそうな土がたまっているような箇所をいわき市内およびネガティブコントロールの山口県の橋梁ともに調査したが、いずれも全国の平均的な値の範囲内であった。

以上から、本研究で調査した橋梁においては安全に問題ないが調査数が限定的であるため、今後の課題としては、橋梁のサンプル数を増やすとともに、避難指示解除区域の橋梁に対して、本調査で実施した場所程度、もしくは、

それ以上の箇所の空間線量の測定を実施して、目視調査などの橋梁点検を実施する専門家の安全性を担保するために、これらのことを明らかにする必要がある。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、対象橋梁の選定にご協力いただきました「福島県いわき建設事務所企画管理部企画調査課」の皆様、空間線量の測定に快く協力して頂きました江本光行氏に感謝の意を表します。また、本研究は、日本科学協会 平成29年度笹川科学研究助成(29-808)のもと推進できましたことに感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 経済産業省：(参考2) 避難指示解除の要件, http://www.meti.go.jp/earthquake/nuclear/kinkyu/hinanshiji/2017/0310_01.html, <accessed 2017.08.31>
- 2) 環境省：第1編 汚染状況重点調査地域内における環境の汚染状況の調査測定方法に係るガイドライン, 2011.12.
- 3) 文部科学省：放射線測定に関するガイドライン, 2011.10.
- 4) 赤羽利昭：見て学ぶ放射線, (株)通商産業研究社, 1999.12.
- 5) 公益社団法人 日本アイソトープ協会: 5版やさしい放射線とアイソトープ, 丸善出版株式会社, 2014.1.
- 6) 東京都健康安全研究センター：環境放射線測定結果, <http://monitoring.tokyo-eiken.go.jp/etc/qanda01/>, <accessed 2017.08.31>

学生実験のための中性化試験の供試体の作製についての一考察

Preparation of test pieces for the practical education of concrete carbonation test

江本 久雄*・十亀 陽一郎**

*福島工業高等専門学校 都市システム工学科

**福島工業高等専門学校 化学・バイオ工学科

Hisao Emoto*, Yoichiro Sogame**

*National Institute of Technology, Fukushima College, Dept. of Civil and Environmental Engineering

** National Institute of Technology, Fukushima College, Dept. of Applied Chemistry and Biochemistry

(2017年 8月31日受理)

The preparation method of concrete test pieces for the practical education of carbonation test is reported. Since on actual carbonated concrete specimen is rarely obtained, a couple of methods for preparing specimens which appear to have been used for decades were examined. Both the artificially facilitated neutralization with sulfuric acid and the masking method with water were shown viable. Imitated carbonated concrete specimens could be rendered to have the apparent carbonation depth, which can be used as the materials for diagnostic training of the degree of concrete aging.

Key words: carbonation test, concrete test pieces, practical education

1. はじめに

現在、わが国は、高度経済成長期に建設された多くの社会基盤ストックの補修・補強および更新の時期を迎えている。そのため、橋梁をはじめとするインフラの長寿命化計画の策定が急務となっている。このような維持管理の計画を立案するためには、その評価の基準となる社会基盤ストックの健全度評価（健康診断）が非常に重要である^{1),2)}。本研究は、社会基盤構造物のうちコンクリート橋梁を対象としている。

さらに、本報で紹介する手法は、コンクリート製の構造物、例えば、貯水タンクや護岸などの大型構造物の健全度評価にも適用可能である。

供用中のコンクリート橋梁の材料試験による評価方法のうち、よく実施される検査としては、中性化試験、塩化物イオン濃度試験、圧縮強度試験などがある。このうち中性化試験の実習（学生実験）を実施するには、中性化した供試体が必要である。しかし、供用中の橋梁からコア採取はできない。

一方で、橋梁点検技術者の育成は非常に重要であるため、中性化試験の実習方法を検討する必要がある。擬似供試体の作製方法としては、短期間（1日間）で作製する方法、中期間（1週間程度）で作製する方法などが提案できる。

2. 供試体の作製方法

2.1 中性化試験方法

中性化による劣化度³⁾の評価のためには、コンクリート表面からの中性化深さを測定する。これは、破壊試験であり、一般的に、可能な限り構造物に損傷を与えないようにするためφ75mmからφ100mmのコアを採取して実施される。この中性化深さの測定方法は、JIS A 1152（コンクリートの中性化深さの測定方法）として規定されている。その他の方法としては、NDIS3419（ドリル削孔粉を用いたコンクリート構造物の中性化深さ試験方法）、通称ドリル法などがある。

中性化深さは、フェノールフタレインアルコール溶液をコアの側面やドリル削孔粉に噴霧したときに、鮮明な赤紫色に発色した部分の表面からの距離である。コア側面での測定する際の測点数は、コアの状況により4から5箇所以上とし、平均中性化深さを求める。

中性化は、コンクリート表面から浸入した二酸化炭素と水和生成物との反応によりコンクリートのアルカリ性が低下するという典型的な酸・塩基の中和現象である。中性化がおこると、鉄筋の不動態皮膜が破壊され鉄筋が腐食しやすくなる。鉄筋腐食とこれに伴うひび割れが発生する。中性化が鉄筋位置まで到達しているかによって、劣化の程度を判断する。ここで、中性化残りは、鉄筋かぶり厚から平均中性化深さとの差として定義する。その

結果, 劣化度が高い場合中性化残り0mm未満, 劣化度が中程度のとき中性化残り0mm以上10mm未満, 劣化度が低いとき中性化残り10mm以上30mm未満, 30mm以上の場合劣化度無し, と判定する⁴⁾.

2.2 作製方法

一般的には, 二酸化炭素により中性化がおこるが, 中性化の進行が遅すぎ, 学生実験用の供試体の作製にはむかない. そこで, 本研究では, 強酸である硫酸で強制的に中和をおこし, 供試体を作製した.

本研究では, コンクリートコアを使用した. 学生実験までの供試体準備の流れをFig.1に示す. Step.1では, 中性化試験を実施するための供試体を自作するか, もしくは廃材を手配する. Step.2では, 供試体を作製した場合は, 適切な中性化深さを設定し, 強制的な中性化をおこなう条件(深さ)を決める. 実際の廃材の場合は使用期間から中性化深さを推測しておく. Step.3では, 硫酸と水中養生による中性化をおこなう. 一般的には, 中性化はコンクリート内部にまで浸透するが, この方法は, 表面のみ中性化する. 硫酸による中性化処理は1日で作製できる. 硫酸と水中養生による供試体作製では, 中性化の養生に1週間程度必要である. Step.4では, 学生実験に供試体を利用して中性化試験を実施する

2.3 硫酸による供試体作製

Fig.2に中性化処理中の様子を示す. まず, バケツ内に供試体をセットし, 0.5 M 硫酸水溶液を想定した中性化深さになるように注いだ. その後, 3分から5分程度静置した.

2.4 水中養生による作製方法

コンクリートは空気中では1週間程度その表面が中性化するので, Fig.3に示すように, 中性化させたい部分を空気に曝し, 他の部分を水中に浸漬することにより, 教材用供試体を作製できる.

3. 学生実験の実施

3.1 擬似供試体の中性化試験

Fig.4に, 擬似供試体による中性化試験の染色状態を示す. この供試体は, みかけ中性化深さが25mmになるように作製されたものである. また, この供試体は廃材を再利用したものである.

3.2 供用中の構造物から採取した供試体の中性化試験

Fig.5に供用中のコンクリート壁から供試体を採取している様子を示す. このコンクリート壁は, 建設後3年程度しか経過していないため中性化は, 測定可能なほど進んでいないと考えられたが, Fig.6に示すように3mm程

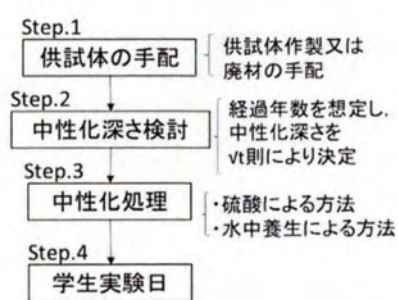


Fig.1 Scheme of preparation



Fig.2 Accelerated neutralization with sulfuric acid

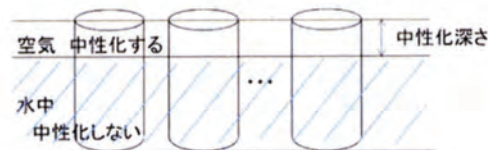


Fig.3 Neutralization by soaking in sulfuric acid

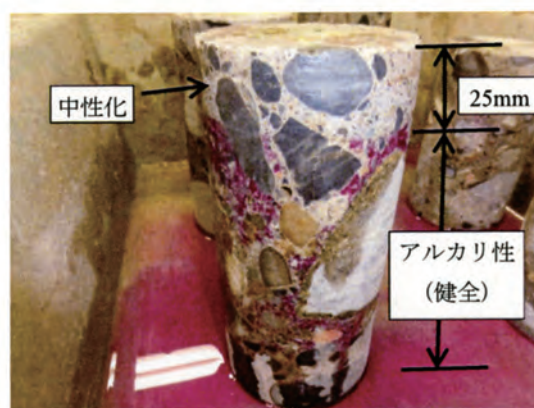


Fig.4 Image of the tested piece by spraying the indicator

度中性化していた. また, 採取後すぐにフェノールフタレインによる中性化試験を実施したので正常なアルカリ性の部分は非常に鮮やかに紫色に反応した.



Fig.5 Sampling of concrete core

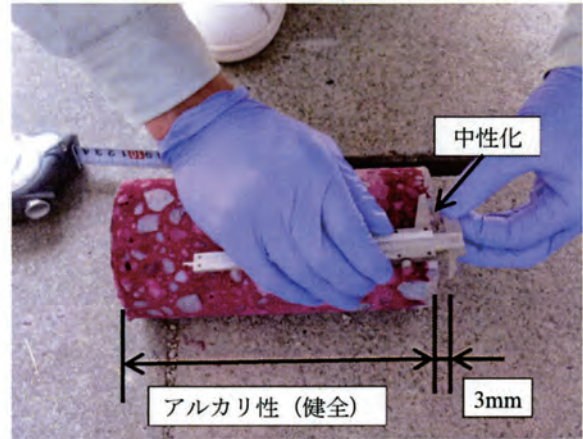


Fig.6 Image of the tested sample phenolphthalein

4. 結言

中性化試験方法の実習のための供試体として、コンクリート表面を擬似的に中性化させ、実習教材として使用できた。橋梁をはじめとする維持管理技術の教育が必要となることから、広く活用できる。

- 1) 濃度0.5M の硫酸水溶液のコンクリート供試体の浸漬により擬似的な教材用の中性化試料を作製できた。この方法では、中性化深さが可変であるため、様々な中性化の進行程度を模した擬似的な供試体を作製できる。
- 2) 一週間程度の空気への暴露により、中性化供試体を作製できた。見かけ中性化深さは、中性化させたい部分のみを空気に曝すことによって可変であり、供試体の擬似使用期間を自在に模擬することが可能である。
- 3) 硫酸に代わる弱酸の使用や、防護手袋などの使用のマニュアル化など、実習内容の安全管理をいっそうすすめることにより、実習教材としてより適切なものとすることができよう。

謝 辞

本紀要の投稿にあたり、査読者の大変丁寧な修正意見を頂きました。ここに感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 石橋健, 中津 功一朗, 古田 均, 野村 泰稔, 高橋亨輔: GAを用いた大規模橋梁群の長期的な維持管理計画の最適化, Vol. 69, No. 2, pp.1_731-pp.1_740, 土木学会論文集A2(応用力学), 2013.
- 2) 古田 均, 茅野 牧夫, 渡邊 英一: 橋梁の維持管理とブリッジマネジメントシステムの現状と将来展望, Vol.63, No.3, pp.287-pp.294, 土木学会論文集F, 2007.7.
- 3) 独立行政法人土木研究所, 日本構造物診断技術協会: 非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル, pp.50-pp.53, 技報堂出版, 2003.10.
- 4) 土木学会: 2012年制定コンクリート標準示方書 [施工編], 2013.3.

エネルギー資源の歴史と課題

The History and Issue of Energy Resources

若林晃央・神尾真*

福島工業高等専門学校ビジネスコミュニケーション学科

*クリナップキャリアサービス株式会社

WAKABAYASHI Akihiro and KAMIO Makoto*

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of Business Communication

*Cleanup Career Service Corporation

(2017年8月28日受理)

The purpose of this paper is to make clear the characteristics and problems of each energy resources, and the issue of present Japanese society. For this purpose, we paid attention to the history of each energy resources. Humankind has sought a use of alternative energy resources, when the main energy resource faces a crisis. Unless fundamental problems of each renewable energy resources are solved, present attention to renewable energy will be a repetition of the booms.

Keywords: renewable energy, fossil fuel, nuclear power

1. はじめに

2011年3月の東日本大震災による福島第一原発事故以降、原子力発電の今後について活発な議論がなされている。例えば、2015年のNHKの世論調査では、原発再稼働に賛成が17%、反対が48%と、反対多数であった(水野[2015])。2016年のNHKの世論調査でも、再稼働に賛成が17%、反対が46%と、同様の結果であった(水野[2016])。このように、概ね世論は原発再稼働に反対が多数と見なせる。しかし、経済産業省[2015]によると、国の電源構成計画は、2030年度の電源構成について、原子力発電の比率を20~22%、再生可能エネルギーを22~24%を目指すとのことである。以上のように、世論では原発再稼働反対の声が多いにもかかわらず、国は2030年になってもなお原発を主要電源の一つに位置付けているのは、どのような必要性に基づく判断なのだろうか。また、原発の代替エネルギーとして近年注目を集めている太陽光や風力などの再生可能エネルギーは、どこまで可能性があるのだろうか。本研究の目的は、各エネルギー資源の特徴や課題を整理すると共に、歴史的視点から現在の日本社会の課題を明らかにすることである。

2. 各エネルギー資源の特徴と課題

2.1 太陽光

太陽光発電の特徴は、太陽が存在する限り持続的に供給され、有害物質や騒音を出さず、二酸化炭素についても、太陽光パネル等の製造過程はともかく、発電時には全く排出しない、環境負荷の少ない再生可能エネルギーである(石井[2014]、伊藤[2012]、丸山[2014])。一方、気象条件に左右されるため、安定性に問題がある。このため、石井[2014]は、必要な時にいつでも電気を使えるようにするためには、バックアップ電源が必要であり、これにはコストの問題と環境負荷の問題が生じてくることを指摘している。

まず、コストの問題について、石井[2014]は、「このバックアップ電源は、極めて高価な蓄電池か、水を電気分解した水素貯蔵か、天然ガスのシングル・サイクル発電、ないし水力発電(揚水発電を含む)になるが、

そのコストも上乘せなければ、火力発電や原子力発電と本当のコスト比較、すなわちイコール・フッティングされた比較にはならない。しばしば、再生可能エネルギーの一部の積極推進派は、このコストを意図的に無視する。これを含めると、太陽光発電や風力発電はさらに数倍もコストが高くなり、全く経済的な競争力はなくなり、社会的コストは極めて高くなる。」(p.91)、「蓄電池で、大量の太陽光・風力発電の大量導入というのは、著しい高コストを無視した幻想であると言ってしまっただけで差し支えない。」(p.92)と指摘している。

次に、環境負荷の問題について、石井[2014]は、「いずれのバックアップ電源の場合も、大規模に利用した場合には、別途大きな環境負荷も新たに生じる。例えば、よく将来的な可能性が言われるリチウムイオン電池は、現状で1キログラムの電池を製造するために、リチウム採掘現場において、かん水約1トンを精製して残滓460キログラムを生成し、精製・製造過程でCO₂45キログラムを排出するとされている。この膨大な残滓精製比率は、鉄鉱石から鉄を取り出す場合の約1000倍というすさまじさである(物質・材料研究機構特命研究員 原田幸明氏)。大量に導入すれば、必ずこの問題が深刻になる。」(pp.112-113)と指摘している。

また、太陽光を大規模に導入する際の環境負荷の問題は、バックアップ電源によるものだけではない。太陽光や風力などは出力密度(地表面積当たりの出力)が低いため、太陽光を大規模に導入すると、土地に対する負担を無視できなくなる可能性がある。石井[2014]は、「農地・休耕地や原野、森林など、植生のある土地で一か所に大規模に地表に敷き詰めると、その下は太陽光が当たらなくなり、必然的に植物は生育できない。もちろん、それに依存している動物相も壊滅的な打撃を受ける。また、その地域全体の保水力も大幅に低下するので、台風などで大雨が降れば、たちまち洪水になる。」(p.97)、「夏場の快晴時には、大きな発電量は得ることができるが、パネルの色が通常黒色(太陽光を目いっぱい利用するため)なので、パネルの温度は最高摂氏70度以上にもなり、その地域全体

で強い上昇気流が発生し、局地的気象さえ変えてしまうリスクも一部で指摘されている。極端な場合、積乱雲や竜巻生成の危険も出てくるかもしれない。もちろん、その場所で局地的なヒート・アイランド現象を間違いなく引き起こし、設置場所付近の温度は大きく上昇する。」(p.97)と指摘している。

以上の環境負荷の問題は、石井[2014]によると、大規模に導入した場合の話であり、小規模、分散して利用すれば、この問題は深刻にならないが、それでは非再生可能エネルギーを代替するには至らない。現代人は、再生可能エネルギーに全面的に依存していた産業革命前と比べて、凄まじいまでに膨大なエネルギーを使用して生活し、社会を維持してきた。この内の大部分を仮に再生可能エネルギーで賄えば、これまでの非再生可能エネルギーによる環境破壊とは比較にならないほどの環境破壊が発生する。「太陽光発電や風力発電などが環境に優しいというのは、導入量が比較的に少ない場合のみで、今後、本格的に大量導入すれば、必然的にこの問題が大きく生じてくる」(p.115)と述べている。

以上の太陽光発電の課題を考慮すると、大規模導入は、経済面や安定供給の面のみならず、環境面からも大きな問題があるため難しく、どのぐらいの導入であれば無理がないか、他の選択肢と比較しつつ導入することが必要である。また、一部の地域に集中するよりは、各地に分散的に導入していくことが望ましく、それには多くの主体者が必要になると考えられる。

2.2 バイオマス

バイオマスと言えば、歴史的には薪炭が中心であった。しかし、バイオマスには、他にも、廃棄物、下水汚泥、蓄糞、食品残渣など多くの種類があり、その利用方法も多種多様にある(丸山[2014]、山家[2013])。このため、様々な未利用資源、廃棄物系資源の有効活用が図れることがバイオマスの特徴である。また、新エネルギー・産業技術総合開発機構[2015]は、バイオマスによる発電が、太陽光発電や風力発電と異なり、出力が自然任せではないこと、すなわち安定性があることを指摘している。

一方、バイオマスの課題は、基本的にコストの問題である。この問題さえ除けば、自国の資源であり、かつ未利用資源、廃棄物系資源の有効活用が図れ、安定性もあるバイオマスは、優秀な資源と言える。しかし、バイオマスはその性質上、地上に浅く広く分布しているため、収集コストが高くつくのである。この問題は、経済的な収集コストが高いと事業として成立しなくなるだけの話ではない。最悪、資源収集に必要なエネルギーが、資源から生み出されるエネルギーを上回れば、エネルギーを無駄に消費するだけになるのである。

コストに関するもう一つの原因は、バイオマスのエネルギー効率が悪いという点である。丸山[2014]は、化石燃料と比較した場合、発電のエネルギー変換効率は高くても30%程度であり、残りは発電には使えない廃熱となるため、「技術を工夫することによって、改善が可能であるとしても、理論上の限界があり、発電した後の廃熱を利用しない限り全体の効率を改善することは困難である」(p.104)と述べている。

以上より、活用できるバイオマス資源は、地域によって異なり、利用方法も様々である。このため、丸山[2014]は、「多様な選択肢がある中で地域の資源状況や需要状況に合った事業にすることが課題」(p.105)と指摘している。これを実現するには、中央集権的に進めるのではなく、地域分散的に進めることが合理的であり、多くの主体者が必要となると考えられる。

2.3 水力

水力発電の特徴は、一般に発電原価が安く、安定性があり、発電時に二酸化炭素を排出しない再生可能エネルギーなことである。石井[2014]は、「他の全ての再生可能エネルギーは、原理的に、効率・コスト、安定性・信頼性、環境負荷などの全ての面で水力発電よりも大きく劣る」(p.78)と述べている。このように水力発電は全ての面で非常に優れたエネルギー資源である。ただし、大型ダムを設置を伴う大型水力発電と、流れ込み式の中小水力発電は、分けて考える必要がある。

石井[2014]は、「大型水力発電所は、再生可能エネルギーの中では最優秀性である。なぜならば、出力当たり、あるいはエネルギー供給量当たりの自然生態系の破壊程度は、メガソーラー発電所や風力発電所等に比べれば小さく、しかも再生可能エネルギーの中では最も発電コストが低い。かつ最も供給量が安定しており、また機動性(電力需要の変動に応じた出力の随意の調整能力)も高い。コスト、安定性、供給可能量の面では火力発電や原発に肉薄し、機動性の面では石炭火力や原子力をはるかに上回る」(pp.77-78)と述べている。このように、大型水力発電は燃料が要らず二酸化炭素を出さないクリーンなエネルギー資源でありながら、コスト、安定性、供給可能量の面でも火力発電や原発に肩を並べることができる唯一の再生可能エネルギーなのである。

このように極めて優秀な大型水力発電であるが、課題もある。伊藤[2012]は、ダム湖における堆砂量急増の問題、ダム放流水の温度差問題、濁水の発生、貯水池での淡水赤潮の発生など、河川生態系の保護が取り上げられるようになったことを指摘している。石川[2011]は、ダムによって大量に貯められた水の重量による地下への圧力増加が原因とみられる地滑りや崖崩れが起きたり、さらに地震を誘発する可能性があることを指摘している。

そして、最大の課題は、日本の大型水力発電の可能地点は1970年頃にはほぼ開発し尽くしたことであり、水力発電開発の中心は既に中小水力発電に移行した。石井[2014]は、日本は年間平均降水量の多さや地形の急峻さなど、世界的に見ても水力資源に最も恵まれた国であり、その水力資源をほぼ目一杯使い尽くし、既存の水力発電所だけでスウェーデンの全必要電力量の150%を賄える計算になるほど活用しているにもかかわらず、日本の電力需要量では僅か8~9%を賄うに過ぎないことを指摘している。

中小水力発電の特徴として、伊藤[2012]は、大型ダム建設を必要とせず、河川環境に過大な負荷を与えずに開発が可能なこと、また河川だけでなく、上下水道、工業用水など様々な水路に設置でき、未利用水資源を有効活用できることを挙げている。一方、課題として、

伊藤[2012]は、大水力に比べて発電原価が高い傾向にあること、特に山奥では建設原価が増大し、保守点検の面でも発電原価が割高になってしまうことを指摘している。さらに、丸山[2014]は、水利権の問題も中小水力利用の障害となることを指摘している。

2.4 風力

風力発電の特徴は、前述の太陽光と同様に、自然から持続的に供給され、環境負荷の少ない再生可能エネルギーである一方、安定性に問題があるため、バックアップ電源によるコスト増加と環境負荷が生じることである。これに加えて、石井[2014]は、「太陽光パネルよりもさらに低い出力密度しかないので、同じ発電量で太陽光発電の数倍の広大な面積を必要とし、大規模に利用すれば、動物相への影響や、広範囲の低周波騒音（健康被害が想定される）、景観の問題が生じ、やはり重大な環境負荷を生じさせる。また、陸上設置の場合、膨大な土地が他の用途に利用できなくなり、海洋であれば漁業や海洋生態系、特に魚類などの動物相に甚大な悪影響を及ぼす。」(pp.104-105)と述べている。

さらに、伊藤[2012]は、風力発電の立地は風況によって大きく制限されることを指摘する。風が良く吹く場所は限られており、そのような適地は、北海道や東北など自然豊かな地域に集中し、人口密集地域や産業集積地域ではない。このため、送電距離が伸び、送電ロスや送電コストが高くなると思われる。ただし、送電線は初期投資に費用がかかるもの、一度作ってしまえば、地域分散の他の再生可能エネルギーの送電にも役立てることができる。

以上の風力発電の課題を考慮すると、太陽光と同様に大規模導入は難しく、一部の地域に集中するより、風況の良い特定地域に限定的だが各地に分散的に導入していくことが望ましいエネルギー資源であると言えるであろう。

2.5 地熱

地熱発電の特徴は、地球熱に依存しているため、二酸化炭素を排出しない、環境負荷の少ない再生可能エネルギーでありながら、太陽光発電や風力発電と異なり安定電源であるため、出力安定化のための投資（バックアップ電源等）が不要な分だけコストも安いことである（石井[2014]、伊藤[2012]、山家[2013]）。特に、資源エネルギー庁[2016]によると、日本は地熱資源が豊富な国であり、地熱資源量は2347万kwと、世界第3位を誇っている。

一方、地熱発電の課題は、開発するための障害が多いことである。まず、地表調査や掘削作業などの開発段階で、多額の資金と時間がかかってしまう（伊藤[2012]、広瀬[2012]）。このハードルを越えて、計画に一応のメドが立っても、次に環境影響調査や地元の説得というハードルが横たわり、そこを越えるまでは銀行融資も難しく、資金は自己資金で賄うことになる（山家[2013]）。そして、山家[2013]は、この地元の説得で、地熱発電開発によって温泉資源が枯渇することを恐れる温泉業者が強く反対してくることを指摘する。地熱発電が温泉と競合するかは不明だが、そのリスクがゼロではない以上、温泉業者の反対は強いのである。

また、地熱資源の8割が国立・国定公園内にあることも、地熱開発の大きな障害である。山家[2013]は、「世界3位の潜在量を持ちながら発電能力で8位に甘んじ、14年間も新規稼働実績がないのは、エネルギー行政の位置づけに負うところが大きい、環境行政上からくる立地制約も大きかった」（p.158）と述べている。ただし、環境省は、2012年3月27日付で「国立・国定公園内で地熱開発に関する新たな通知」を都道府県に伝達し、現在は規制緩和の方向に動いている。

地熱資源には地域的な偏りがあり、大半が北海道に集中し（環境省地球環境局地球温暖化対策課[2010]）、特に大雪山国立公園は日本の熱水資源総量の4割以上、知床国立公園は約2割を占めている（石井[2014]）。このことから、地熱発電も風力発電と同様に、特定地域ごとに分散的に開発していくことが望ましいエネルギー資源であると言えるであろう。

2.6 石炭

石炭を含む化石燃料について、石井[2011]は、再生されるまでに少なくとも数百万年の時間を要するものであり、「人間のタイムスケールにおいては、一回使用してしまえば、二度と再生されることはない。その意味で再生不能である。」(p.26)、裏を返せば「化石燃料は、いわば太古の長期間にわたる太陽エネルギーが生物体や地熱などに変換され、それが濃縮貯留された缶詰、貯金の類、つまり太陽エネルギーの「ストック」である」（pp.26-27）と述べている。この蓄積により、石炭の特徴は、重量当たり、体積当たりでのエネルギー量が薪炭よりもずっと高く、エネルギー量ベースの可採埋蔵量も薪炭の資源量に比べて桁違いに大きいのである（石井[2014]）。

石炭の課題は、化石燃料全般に言えることだが、有限であること、そして採れない国では輸入に頼るしかなく、ゆえに外貨獲得の必要性と政治的リスクを伴うこと、さらに二酸化炭素を排出するため地球温暖化の原因になることである。これらの問題より、少なくとも将来的には代替エネルギー資源を見つける必要があるのである。

2.7 石油

石油の特徴は、石炭と比べて、重量・体積当たりのエネルギー量が約2倍と更に高いことであり、例えば重量・体積当たりエネルギー効率を特に要求する航空機は、石油でしか飛ばせない（石井[2011]）。これに加えて、石油は自噴するため、エネルギーの産出/投入比率が石炭の数倍高く（石井[2014]）、エネルギー当たりのコストも更に安くなる。また、石油は使い勝手も非常に良く、「常温常圧下で液体であり、揮発性も高くないので、どんな容器でも貯蔵、輸送が可能であり、消費現場でも出力調整が非常に容易である」（石井[2011] pp.68-69）。そして、環境負荷についても、「石炭に比べると、産出現場でも消費現場でも汚染物質排出ははるかに少なく、またCO₂排出も2~3割程度少ない」（石井[2011] p.69）。このように、石油は、石炭と比べて、高性能かつ経済的で、使い勝手も良く、環境負荷も低く、非常に優れたエネルギーなのである。

石油の課題は、石炭と同じであり、有限であること、

そして採れない国では輸入に頼るしかないこと、さらに石炭よりはましとはいえ二酸化炭素を排出することである。

2.8 天然ガス

天然ガスの特徴は、まずシェールガス革命をはじめとした生産技術革新の結果、世界の天然ガス資源量は爆発的に拡大し、資源量的に石油よりずっと豊富な資源となったことである(石井[2011][2014])。また、天然ガスは、石油と同様に高圧で自噴するため、エネルギーの産出/投入比率が大きい(石井[2011])。さらに、同じ熱量でのCO₂排出量は石油より約3割、石炭より約5割少なく、汚染物質も圧倒的に少ないという、石油以上に環境に優しいエネルギー資源である(石井[2011])。そして、石炭や石油による従来のボイラー型火力発電では、投入エネルギー量に対する発電量はせいぜい40%程度に対して、天然ガスによる最新型のコンバインド・サイクル発電の発電効率は60%を超えており、この効率アップの分の省エネと環境負荷低減が実現した(石井[2014])。

天然ガスの課題は、石炭・石油と同様に、有限であること、そして採れない国では輸入に頼るしかないこと、さらに二酸化炭素を排出することである。これに加えて、天然ガスは気体なため、使い勝手が悪いというデメリットが存在する。石井[2011]によると、「気体であるために体積当たりの熱量が石油の1000分の1と少なく、高圧パイプライン以外では輸送コストが高くつく。日本では、輸入天然ガスのすべてを高圧パイプラインではなく、マイナス162℃まで冷却して液化した状態、つまりLNG(Liquefied Natural Gas)にしたものを、魔法瓶のようなLNGタンカーで輸入している」(pp.75-76)。このように、天然ガスはパイプラインで輸送できるなら良いのだが、それ以外の方法で運ぶには、一度液化して体積を小さくして送る必要がある。これにはエネルギーやコストがかかり、エネルギーの約1割を自家消費してしまうのである。

2.9 原子力

原子力発電の特徴は、一発電所あたりの発電量が火力発電と比べて大きいこと、現代人の消費する膨大なエネルギー需要を、効率的かつ安定して供給できることである。また、稼働中はCO₂も化学的な意味での汚染物質もほとんど排出しないため、地球温暖化対策には極めて有効である(石井[2011])。さらに、「資源量的にも、ウラン資源自体は豊富とはいいかねるが、燃えかすであるプルトニウムも再利用が可能なので、事実上、資源量は膨大」(石井[2011] p.118)と、実質的な資源量の多さも指摘されている。

原子力発電の課題は、長期の安全な保存管理が困難な放射性汚染物質を排出し続け、しかもその技術的な処理の方法がまだ確立されていないこと、および原発事故が起こった際には広域放射能汚染のリスクがあることである(石井[2014])。

2.10 小括

現在の日本のエネルギー政策は、「3E+S」(安定供給、経済効率性、環境適合、安全性)を基本的視点と

している。上述の各エネルギー資源の特徴と課題を簡単に整理すると、再生可能エネルギーは持続可能であり、発電時にはCO₂をほとんど排出しない。しかし、水力以外は、非再生可能エネルギーと比べて総じてコストが高い。さらに、太陽光や風力は天候に依存するために安定供給が難しく、バックアップ電源を必要とするが、これには更なるコストの問題と環境負荷の問題がある。バックアップ電源の必要性も考慮すると、再生可能エネルギーが環境に優しいとは必ずしも言い切れない。一方、非再生可能エネルギーは、安定的に発電でき、経済性にも優れている。しかし、いずれも有限であり、供給の政治的なリスクが存在し、CO₂の排出量が多い。原子力は、CO₂は出さないものの、処理が困難な放射性廃棄物を出すため、環境に優しいとは言えない。

3. 各エネルギー資源の歴史

3.1 太陽光

太陽光は有史以前から、生物にとって一番身近で重要なエネルギー源であり、人類もその恩恵に預かってきた。しかし、太陽光を直接発電に使用しようという試みは現代になってからであり、伊藤[2012]によると、1950年代、アメリカや旧ソ連が人工衛星用電源として太陽電池の実用化を図ったことに始まる。石井[2014]によると、1973年の石油危機により、石油にかわるエネルギーが模索され、再生可能エネルギーとしての太陽光や風力に強い期待が寄せられるようになった。

日本でも、石油危機をきっかけにして、1974年にはサンシャイン計画がスタートし、1978年にはムーンライト計画、1993年からはニューサンシャイン計画が実行された。しかし、石井[2014]は、「計画開始から40年近くたった現在、これらの研究開発によって、商業性が確立された新エネルギー技術はほとんどなく、再生可能エネルギーによる「第三のエネルギー革命」は、これまでのところ全くの不発に終わった。」(p.40)と述べている。しかし、2008年には、今後約20年間で太陽光発電の普及率を現在の40倍に引き上げるなどの具体的な数値目標が政府方針として示され、現在は再び太陽光促進の流れにいと考えるとされる。

3.2 バイオマス

バイオマスの一種としての薪炭は、身近にある木を切れば使えるため非常に使い勝手がよく、古くから人類が使用してきたエネルギー資源の中心であった。このため、薪炭を過剰に利用して、過度な森林伐採をしたことが原因となり、多くの古代文明が破壊されてきたと考えられている。石井[2014]は、文明の崩壊パターンについて、「人口増加に伴う、農地拡大による森林破壊もあるが、通常は過度な薪炭採取によって森林が破壊された後に、農地として利用されたケースが大半と考えられる。薪炭の過度利用→森林破壊→農地拡大→人口拡大→薪炭のさらなる需要拡大と回転していき、遠からず環境崩壊に突き当たり、人口崩壊することになった。」(p.48)と述べている。

さらに、中世以降のヨーロッパについても、石井[2014]は、「製鉄・金属産業や、窯業、レンガ製造、製塩、暖房・炊事の燃料として、18世紀までに森林を大

規模破壊してしまった。産業革命の直前には、欧州の薪炭消費量は年間 2 億トンに達し、スイスやオランダの全面積に相当する森林が 4 年毎に消滅していた」(p.50)と述べている。しかし、18 世紀以降の産業革命によって、エネルギーの中心は薪炭から石炭へとシフトしていった。これによって、過度の森林伐採をしなくて済むようになり、ヨーロッパは文明の崩壊を免れたのである。

以上のように、産業革命以降、薪炭はエネルギー資源の中心からは退いたが、化石燃料が不足した社会では依然として利用されてきた。例えば、林野庁によると、第二次大戦直後の日本では、薪炭は燃料として大量に利用されていたとのことである。そして、現在、バイオマス資源として再注目されている。

3.3 水力

石井[2014]によると、水力の利用は、古代ギリシアで水平水車が発明されたことに始まる。水車は次第に大型化、効率化され、用途も拡大された。そして、産業革命直前には、欧州全体で 50~60 万の水車小屋が存在していたとのことである。

石井[2014]によると、水力による発電は、1870 年代のイギリスが世界初である。日本では、1891 年に京都の琵琶湖疏水を利用した蹴上発電所が営業用として初めて建設され、その後次々と建設された。いずれも、既存水路を利用した水力発電で、その場で電力が消費される地産地消発電であり、大型ダムを伴わない小型水力発電であった。日本で大型ダムを伴う大型水力発電所は、大正末期の 1924 年に木曾川水系に建設された大井ダムが初である。その後、1960 年代、70 年代ごろまでに日本全国に次々と水力発電用の大型ダムが建設されたとのことである。伊藤[2012]は、1970 年頃には、日本の大型水力発電の可能地点はほぼ開発が終了したとしている。そして、資源エネルギー庁[2016]によると、日本の発電設備容量(一般水力)は 2010 年に 2076 万 kw でピークに達し、2013 年以降は逆に減少している。

3.4 風力

石井[2014]によると、風車としての風力の利用は、紀元前 1000 年頃のエジプトで始まったが、種々の用途に本格的に利用されたのは 7 世紀のイスラム圏であり、欧州では十字軍が中近東から風車を持ち帰った 12 世紀からである。しかし、風車を水車と比べると、風任せのため使い勝手が悪く、維持費も高かった。このため、川がほとんど流れない全くの平地や、低湿地、乾燥地など、水車あまり使えない場所以外ではそれほど普及せず、水車の補完的位置づけに過ぎなかった。この水力と風力の関係について、石井[2014]は、「この水車と風車の歴史的な優劣関係の事実は、ぜひ記憶にとどめておいてもらいたい。それは、今日での、水力発電と風力発電の原理的な優劣関係と同じだからである。」(p.82)と述べている。真っ平らな低地のために水車が使えない一方、北海からの風の風向が一定しているオランダでは、最盛期の 19 世紀半ばには 1 万基近い風車が回っていたが、蒸気機関動力が普及した 19 世紀末までに 2000 基以下にまで激減した。

伊藤[2012]によると、風力を利用した発電は、1887 年にイギリスのジェームズ・ブライスが照明用として風力発電を行ったことに始まる。そして、石井[2014]によると、1930 年代にはアメリカ西部で風力発電の大ブームが起こった。しかし、ニューディール政策の一環で、アメリカ西部でも送電線網が整備されて大型火力発電所が設立されていくと、圧倒的なコストの低さと安定性によって、1950 年代にはこの風力発電ブームは完全に駆逐された。その後、1970 年代の 2 度の石油危機により、今度は石油の代替策としてアメリカのカリフォルニアで 2 度目の風力発電ブームが訪れた。連邦政府と州政府の手厚い税制優遇策で起きたブームだが、1986 年に石油価格が急落し、価格が安定化すると、税制優遇策も次第に減少し、風力発電ブームは下火になり、1990 年代初めにはほぼ完全に終息した、と述べている。その後、山家[2013]によると、1991 年にはデンマークで初の洋上風力発電が開発され、2000 年代以降日本でも活発に洋上風力発電の研究・開発が進んでいる。石井[2014]は、「現在は、歴史上 3 度目の風力発電ブーム」(p.85)と呼んでいる。

3.5 地熱

伊藤[2012]によると、「地熱エネルギーの直接利用については、医療用、娯楽用の温泉としての利用が古くから行われてきた。温室暖房や農産物乾燥、魚介類の養殖、家畜の養育などにも、地熱は有効に使われてきた」(p.104)。

石油天然ガス・金属鉱物資源機構によると、世界で初めて地熱発電実験が成功したのは 1904 年のイタリアである。日本では、1919 年に海軍中将の山内万寿治が大分県での噴気孔掘削に初めて成功し、その事業を引き継いだ東京電燈株式会社が 1925 年に日本最初の地熱発電に成功したことに始まる。そして、戦後、電力の安定供給という大きな課題を抱えた日本は、水力や大型火力の建設を進めるとともに、地熱の実用化に向けた調査・研究開発にも力をそそぎ、1966 年に日本で最初の本格的な地熱発電所として、松川発電所が岩手県で運転を開始した。その後、石油危機の影響を受け、東北と九州を中心に地熱開発は加速した。しかし、石油価格が安定化すると、日本のエネルギー政策の転換等により、地熱発電の進展は横ばいの時代を迎える。地熱発電の普及には、発電コスト、自然公園法の規制、温泉事業者との共生など、多くの課題があるため、2002 年には国の技術開発予算が一旦の終了した。しかし、2011 年の東日本大震災によるエネルギー危機により、現在、再生可能エネルギーの中でも安定的に発電できる地熱発電への期待は高まっている。

3.6 石炭

石井[2014]によると、産業革命以前より、石炭は燃料として存在自体は知られていた。しかし、見た目が汚く、燃焼させると臭い煤煙が出る上に、地中から掘り出すには困難が伴ったため、取得が容易で臭い煤煙が出ない薪炭に劣る燃料としてしか見なされず、本格的に利用されることはなかった。

しかし、1700 年代初頭までヨーロッパで森林伐採が進み、イギリスでも薪炭が手に入らない状況になった。

そこで、薪炭の代わりに石炭を使用し始めたところ、たまたま同時期に発明されたワットの蒸気機関と結合し、石炭をエネルギー源として蒸気機関を駆動し、その蒸気機関を利用して石炭を掘るというスパイラル的な拡大生産が可能になり、安価大量に供給できるようになった。その結果、産業革命以降、石炭が一気にエネルギー資源の中心となったのである。

3.7 石油

石井[2011]によると、石油は、古代から局地的に存在は知られていたが、ランプ以外にエネルギー源として利用されることはほとんどなかった。しかし、1859年に米国ペンシルヴァニアでエドウィン・ドレーク大佐が、初めて地中深くから石油を生産することに成功してから、米国で油田掘削ブームが発生した。そして、価格が下がった石油を、ランプだけではなく、動力源として使用することを考えたのがドイツのゴットリープ・ダイムラーであり、1886年に内燃機関（エンジン）を実用化し、その後ガソリンを燃料として走る自動車を開発した。さらに、石油は、第一次大戦直前に軍艦の燃料に使用されると、石炭燃料の軍艦に比べて燃料庫を大幅縮小できたため、武器や戦闘員の積載量を増加させ、かつ航続距離を数倍に伸ばし、燃料積み込み時間も大幅短縮したので、軍事的に圧倒的に有利になり、国家戦略の要となった。

石井[2011]によると、第二次大戦の段階では、中東での石油発見はまだ本格化していなかったため、石油生産の七割は米国が占めていた。しかし、第二次大戦後は、中東で次々に最大規模の油田が発見されたことに伴い、石油の供給量は急増し、価格は低位安定化した。このため、石油は軍需用の希少資源から豊富低廉な民需用資源に変わり、本格的な石油時代が到来したのである。1950年代から70年代にかけて、石炭は急速に主役の座から追い落とされ、1970年代までに、世界のエネルギー源の中での石油シェアが、約6割を占めるまでになった。しかし、この石油シェアの増大は、中東などの産油国を強気にさせたため、1970年代の2度の石油危機を発生させた。このため、世界の石油消費国が、今度はこぞって、石油以外のほかのエネルギー源に目を向けた。その結果、現在では世界のエネルギー消費の中での石油シェアは4割弱まで落ちた。今や石油は発電にはほとんど使用されなくなったが、交通用エネルギーでは独占状態であり、依然として最も重要なエネルギー資源であると言える。

3.8 天然ガス

紀元前から天然ガスの存在は知られていたが、一般的な熱源、動力源として利用されるようになったのは、20世紀前半からであり、原油の副産物に過ぎなかった（石井[2011]、岩瀬[2014]）。その後、「パイプライン輸送による天然ガスの大規模な利用は、米国では第二次世界大戦前から、欧州・ロシアでは戦後になってから本格的に始まった。1970年代になると、液化天然ガス（LNG）の海上輸送ができるようになり、生産地から遠く離れた日本においても大規模利用が始まった。」（森島[2004] p.115）。すなわち、天然ガスは石油より数十年遅れて生産が始まったが、世界的に見ても

着々と生産量を伸ばしてきた。特に、石油危機により、石油以外のエネルギー資源、とりわけ天然ガスの重要性は増したと考えられる。さらに、岩瀬[2014]は、1990年以降の技術革新により、今まで採取できなかったシェール層からも効率的かつ経済的に採取できるようになり、2000年代にシェールガス革命と呼ばれたことを指摘している。そして、日本では、2011年の東日本大震災以後、原子力発電の代わりに天然ガスを用いた火力発電が増加しており、天然ガスの需要は大幅に増しているのである。

3.9 原子力

石井[2014]によると、原子力は、石油危機後の石油代替エネルギーとして大きく伸びたが、原子力への社会の期待はそれ以前から始まっており、「原子力は、この時代次世代の期待の星、夢のエネルギーだった」（pp.32-33）と述べている。しかし、1979年のスリーマイル原発事故、さらに1986年のチェルノブイリ原発事故は、世界の原子力に対する見方に影響を及ぼした。それでも日本は、1990年代中葉まで原発を増設したが、2011年には福島第一原発事故が発生した。石井[2014]が、原子力は第三のエネルギー革命を期待され、世界の一次エネルギー源に占めるシェアが0%近くから現在の5%程度まで大きく上昇したものの、「石油の33%、あるいは石炭の28%、天然ガスの22%と比べると、ささやかな数字である」（p.36）と述べているように、その期待に見合った革命を起こすことはなかったのである。

4. まとめ

文明史的に見ると、再生可能エネルギー（主に薪炭）に始まり、石炭、石油、天然ガスや原子力に至る非再生可能エネルギーの時代を経て、現在の再生可能エネルギーへの再注目というシフトが見られる。ここで、人類は中心的エネルギー資源について何か問題に直面した時、他の代替エネルギーの使用を模索する傾向にあることが指摘できる。具体的には、森林伐採が進んだために石炭へ移行し、石油危機が起きたために原子力発電を促進し、地球温暖化や原発事故が起きたために再生可能エネルギーに注目する、といったようにである。石炭への注目は、現在に至る非再生可能エネルギーの時代への移行をもたらした、森林破壊による文明の崩壊を防ぐことに成功したが、原子力発電への注目と再生可能エネルギーへの注目は、問題解決に至っていない。原子力発電については、もはや社会的に「夢のエネルギー」とは見なされなくなったし、再生可能エネルギーについても、1930年代と1970年代のアメリカの風力発電ブームや、1970年代と1990年代の日本の太陽光促進計画のように、導入を試みたものの失敗に終わった過去が何度もあった。このようなエネルギー史的観点から見ると、近年の再生可能エネルギーへの注目は新しいことでは全くない。再生可能エネルギーが個々に抱えている根本的課題が解決されない限り、現在の再生可能エネルギーへの注目は、ブームの繰り返しで終わってしまう可能性が高いと思われる。

前近代までは、人類は再生可能エネルギーのみを利用していた。しかし、前近代の社会と現在の日本社会

では、エネルギー需要が全く異なる。前近代の社会と同等の需要であれば、再生可能エネルギーだけで十分供給可能であるが、現在の日本社会では、膨大なエネルギー需要を安定的に満たすと共に、企業の国際競争力や家計への大きな負担とならないよう経済効率性を求めつつ、環境や安全性への支障を最小化できるよう、全体的視点から最適化を目指す必要があるのである。

参考文献

- 1) 広瀬隆[2012]『原発ゼロ社会へ！新エネルギー論』集英社。
- 2) 石井彰[2011]『エネルギー論争の盲点』NHK出版。
- 3) 石井彰[2014]『木材・石炭・シェールガス』PHP研究所。
- 4) 石川憲二[2011]『電気とエネルギーの未来は？』オーム社。
- 5) 伊藤義康[2012]『分散型エネルギー入門』講談社。
- 6) 岩瀬昇[2014]『石油の「埋蔵量」は誰が決めるのか？』文藝春秋。
- 7) 環境省地球環境局地球温暖化対策課[2010]「平成21年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査調査報告書」環境省ホームページ
(<https://www.env.go.jp/earth/report/h25-05/full.pdf>) (2017年8月3日確認)。
- 8) 経済産業省[2015]「長期エネルギー需給見通し」経済産業省ホームページ
(http://www.meti.go.jp/press/2015/07/20150716004/20150716004_2.pdf) (2017年8月3日確認)。
- 9) 丸山康司[2014]『再生可能エネルギーの社会化』有斐閣。
- 10) 水野倫之[2015]「川内原発再稼働 原子力政策を問う」NHK解説委員室ホームページ
(<http://www.nhk.or.jp/kaisetsu-blog/100/226317.html>) (2017年8月3日確認)。
- 11) 水野倫之[2016]「原発再稼働 教訓は生かされているか」NHK解説委員室ホームページ
(<http://www.nhk.or.jp/kaisetsu-blog/100/251673.html>) (2017年8月3日確認)。
- 12) 森島宏[2004]「天然ガスのすべて—21世紀の主役 エネルギーの最新知識」『石油・天然ガスレビュー』第37巻、第1・2号、pp.114-169。
- 13) 林野庁ホームページ
(<http://www.rinya.maff.go.jp/index.html>) (2017年8月3日確認)。
- 14) 石油天然ガス・金属鉱物資源機構ホームページ
(<http://geothermal.jogmec.go.jp/>) (2017年8月3日確認)。
- 15) 資源エネルギー庁[2016]「平成27年度エネルギーに関する年次報告（エネルギー白書2016）」資源エネルギー庁ホームページ
(<http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2016html/>) (2017年8月3日確認)。
- 16) 新エネルギー・産業技術総合開発機構[2015]「バイオマスエネルギー導入ガイドブック」第4版、NEDOホームページ
(<http://www.nedo.go.jp/content/100859993.pdf>) (2017年8月3日確認)。
- 17) 山家公雄[2013]『再生可能エネルギーの真実』エネルギーフォーラム。

学生実験「ミリカンの実験」におけるIT端末の試行的応用

IT-aided application of Millikan's experiment in student experimental practice

鈴木 三男・増田 健二*

福島工業高等専門学校一般教科

*静岡大学工学部

Mitsuo Suzuki and Kenji Masuda*

NIT, Fukushima College, Department of General

and *Faculty of Engineering, Shizuoka University

(2017年9月5日受理)

Millikan's experiment is a historically famous experiment measuring the elementary charge. Three years ago, it was one of the experimental themes of the 4th grade applied physics experiment. However, it was difficult for students to measure time while looking through the microscope. In order to solve this problem, we used an IT terminal. The use of an IT terminal in tracing the translational motion of small droplets with a microscope was shown effective to help the students obtain the data automatically recorded at every 1/30 s. The automation in the data acquisition enabled the students to carry out the repeated measurements. Application of the same IT-aided automatic measurement system to other observational studies is expected to enrich the educational technical discipline.

Key words: IT-aided student experiment, Millikan's experiment, Automatic data acquisition system

1. はじめに

ミリカンの油滴実験¹⁻³⁾は、ロバート・ミリカンらが電子の電荷(素電荷・電気素量)を測定し、ノーベル賞を受賞した歴史的にも有名な実験である。この実験は原理が簡単で分かりやすいことから、基礎物理実験のテーマとして適しており、これまでにも創意工夫^{4), 5)}がなされ、大学の物理実験⁶⁾でも導入されている。本校物理科ではここ数年、年度ごとに学生が違った物理実験を体験できるように、実験テーマ数を増やす努力をしてきた。その中で、ミリカンの油滴実験も3年前に一度、4年生の応用物理実験に採用したことがあったが、導入してみると、学生は顕微鏡を覗きながら油滴の速度を測定しなければならず、目に非常に負担がかかる上に、瞬間を捉える集中力が必要であった。予想以上に学生が測定に苦労することから、現在の実験テーマには入れていない。

このような測定上の問題を解決するため、顕微鏡にCCDカメラを装着し、その画像をパソコンに取り込で、速度を測定する方法がすでに導入され、市販もされている。しかし学生実験用に台数を揃え、準備するには高価であるため、他の方法を検討してきた。そこで今回、比較的安価なIT端末を顕微鏡に装着し、油滴の運動を録画

した。その動画をパソコンに取り込んで、速度測定をする試行実験を行った。IT端末には、学生たちが使い慣れ、その操作法を熟知している「ipod touch」を選んだ。本方法の特徴は、安価で、測定方法の問題点を改善が図れ、また何度でも見直しできるので、測定ミスセルフチェックできる点である。

ここではIT端末を用いた試行実験の結果を報告するとともに、学生実験に実際に導入するに当たっての問題点を整理した。

2. 原理

物理学実験のテキスト⁷⁾で用いられているミリカンの油滴実験では、帯電した油滴を平行平板電極の間に噴霧し、油滴を自由落下させる。自由落下(Fig.1(a))の終端速度 v_1 と電場を加えた場合(Fig.1(b))での終端速度 v_2 から、油滴に帯電した電気量 q を求める。

まずFig.1(a)のように、油滴が終端速度 v_1 で落下している時、油滴には重力 mg 、浮力 B と空気の粘性抵抗 F_1 が働き、つりあっているので次式が成り立つ。

$$F_1 = mg - B \quad (1)$$

ここで、油滴の半径 r 、油の密度 ρ とすれば重力 mg は

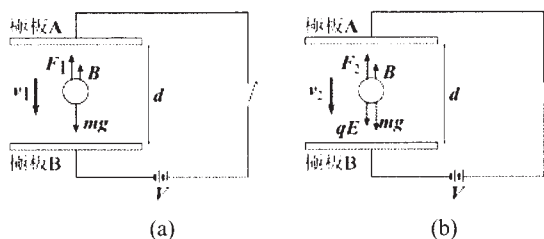


Fig. 1 Measurement principle

$$mg = \frac{4}{3}\rho\pi r^3g \quad (2)$$

となり、空気の密度 ρ_a とすれば、アルキメデスの原理より、浮力 B は

$$B = \frac{4}{3}\rho_a\pi r^3g \quad (3)$$

となる。また空気の粘性率 η とすれば、ストークスの法則から、粘性抵抗 F_1 は

$$F_1 = 6\pi\eta r v_1 \quad (4)$$

と表される。(1)式に(2)(3)(4)式を代入すると、

$$r = \frac{3}{\sqrt{2}}\sqrt{\frac{\eta v_1}{(\rho-\rho_a)g}} \quad (5)$$

となり、終端速度 v_1 から油滴の半径 r が求まる。

次に、平行平板電極の間の電場を E 、油滴は $+q$ に帯電したとし、Fig.1(b)のように、油滴が終端速度 v_2 で落下している時、油滴には重力 mg 、浮力 B 、電気力 qE と粘性抵抗 F_2 が働き、同様に次式が成り立つ。

$$F_2 = qE + mg - B \quad (6)$$

(1)と(6)式より

$$q = \frac{(F_2-F_1)}{E} = 6\pi\eta r(v_2 - v_1)\frac{d}{V} \quad (7)$$

が得られる。ここで、平行平板電極の間の間隔 d 、極板間の電位差 V とし、極板間の電場 E は

$$E = \frac{V}{d} \quad (8)$$

の関係を使った。自由落下の終端速度 v_1 、電界を加えた場合の終端速度 v_2 を測定し、(7)式から油滴に帯電した電気量 q を求める。この q は電気素量 e の整数倍であるので、数回の q の測定から e が求まる。

3. 測定方法

Fig. 2に測定器全体の構成を示す。測定器にはミリカン電気素量測定器(島津理化製MLD-5)を使用し、スマートフォン用カメラアダプター(Vixen社製)を使って、顕微鏡にipod touchを装着した。実際にipod touchで撮影した顕微鏡内の画像をFig. 3に示す。顕微鏡内には既知の目盛線(2mmあたり10目盛：最小目盛0.2mm)があり、油滴が1mm(5目盛)を通過するのに要した時間を計測

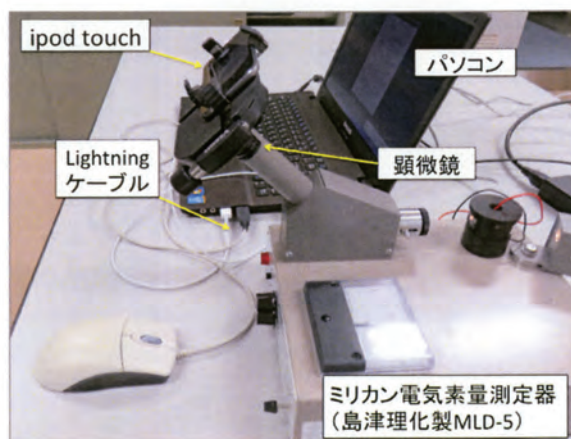


Fig. 2 Experimental arrangement

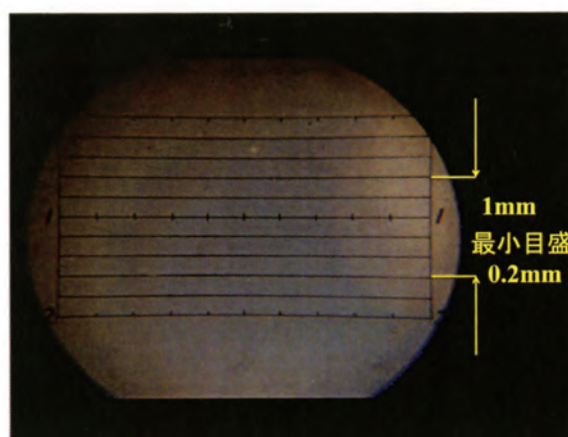


Fig. 3 Inside the microscope

し、終端速度 v_1 、 v_2 を算出した。算出までは以下の通りである。

- ① 測定器内に油滴(ラテックス液)を噴霧し、電場を数回切り替えて、標的となる油滴が選別する。電場ない場合と加えた場合のその油滴の落下運動を ipod touch でビデオ撮影(1080p/30fps)する。
- ② ipod touch とパソコンを Lightning ケーブルで接続し、撮影した動画をパソコンに取り込む。
- ③ フリーソフト「GOM PLATER」を使って、「映像メニュー」-「スナップショット作成」により、1/30秒単位の静止画(*.jpg)として、保存される。
- ④ 保存された静止画をWindowsフォトビューアーで開くと、Fig.4に示す画面が表示される。画面下の□(a)内の送るボタンをクリックすると、次の画面が表示され、自動時に□(b)内のファイル番号が1つ増える。2枚の画像の時間的な差は1/30秒であるから、油滴が1mm(5目盛)を通過するファイル番号の差から時間を算出する。



Fig. 4 Windows Photo Viewer

4. 結果

油滴の自由落下の終端速度 v_1 、電界を加えた場合の終端速度 v_2 は、Fig.3に示す上から2, 3, 4番目の各目盛線から1mm離れた5本下の各目盛線までの時間を測定し、その平均値を用いて算出した。極板間には300Vの電位差 V をかけて、同条件のもとで、40回の測定を行った。その結果を整理し、まとめたものをTab.1に示す。

Tab.1の数値は、油の密度 $\rho = 1.05 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、空気の密度 $\rho_a = 1.21 \text{ kg/m}^3$ 、空気の粘性率 $\eta = 1.81 \times 10^{-5} \text{ kg/m s}$ 、重力加速度 $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ 、極板間隔 $d = 5.0 \times 10^{-3} \text{ m}$ より求めた。ここで、電荷量 n は油滴に付着したと想定される電子の個数で、帯電量 q を電気素量 $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ で割って求めた。この電荷量 n を昇順に並べ替えて、棒グラフにしたものがFig.5である。棒グラフは階段状に増加し、量が離散的(とびとび)になっていることが分かる。電荷量 n は電子の付着個数なので、理想的にはその値は整数であることから、Tab.1の電荷量 n は、小数第一を四捨五入し、整数化している。Tab.1の電気素量 e は、帯電量 q をこの電荷量 n で割って求めた値である。

電荷量 n と電気素量 e との関係をFig.6に示す。電荷量 n が5未満の場合、電気素量 e が1.5以下と1.7以上の両極端に分かれ、1.6近傍の値が得られにくい傾向がある。それは同量の帯電量 q の違いでも、電荷量 n が小さな場合は、電気素量 e への影響は大きくなる事に起因すると考えられる。終端速度 v_2 の時間測定では、3.3秒を超える場合($v_2 < 30 \times 10^5 \text{ m/s}$)が該当するので、3.3秒を超える時には特に注意が必要である。

今回の40回測定による総帯電量 $\sum q$ と総電荷量 $\sum n$ から、平均電気素量 e を求めると、

$$e = \frac{\sum q}{\sum n} = \frac{966.69 \times 10^{-19}}{601} = 1.61 \times 10^{-19} [\text{C}]$$

No	終端速度 v_1 [$\cdot 10^{-5} \text{ m/s}$]	終端速度 v_2 [$\cdot 10^{-5} \text{ m/s}$]	半径 r [μm]	帯電量 q [$\cdot 10^{-19} \text{ C}$]	電荷量 n [個]	電気素量 e [$\cdot 10^{-19} \text{ C}$]
1	3.94	81.82	0.559	24.72	15	1.65
2	2.73	103.45	0.465	26.63	17	1.57
3	6.51	119.21	0.718	46.00	29	1.59
4	4.26	25.28	0.581	6.94	4	1.74
5	4.64	24.73	0.606	8.92	4	1.73
6	7.01	78.98	0.745	30.49	19	1.60
7	7.94	21.18	0.793	5.97	4	1.49
8	2.95	75.03	0.484	19.82	12	1.65
9	3.36	53.89	0.516	14.81	9	1.65
10	3.81	74.10	0.550	21.96	14	1.57
11	9.28	33.59	0.857	11.85	7	1.69
12	2.36	19.83	0.432	4.29	3	1.43
13	3.94	59.81	0.559	17.75	11	1.61
14	2.89	119.22	0.461	30.56	19	1.61
15	2.37	56.10	0.433	13.23	8	1.65
16	11.25	163.66	0.944	81.79	51	1.60
17	5.52	107.79	0.661	38.43	24	1.60
18	2.64	85.31	0.458	21.50	13	1.65
19	8.15	46.04	0.804	17.31	11	1.57
20	3.37	55.56	0.517	15.32	10	1.53
21	3.45	155.20	0.523	45.08	28	1.61
22	5.04	60.00	0.632	19.74	12	1.65
23	3.75	151.28	0.545	45.89	29	1.58
24	2.98	28.66	0.486	7.09	4	1.77
25	4.22	57.33	0.578	17.45	11	1.59
26	9.54	46.88	0.870	18.45	12	1.54
27	3.92	61.86	0.557	18.35	11	1.67
28	2.54	35.09	0.449	8.31	5	1.66
29	4.25	46.39	0.580	13.89	9	1.54
30	2.61	27.82	0.455	6.51	4	1.63
31	2.39	93.77	0.435	22.59	14	1.61
32	2.18	140.64	0.415	32.67	20	1.63
33	3.85	234.07	0.552	72.24	45	1.61
34	16.07	61.65	1.129	29.23	18	1.62
35	8.82	53.74	0.836	21.34	13	1.64
36	2.70	101.71	0.463	26.05	16	1.63
37	6.15	96.26	0.698	35.75	22	1.63
38	2.68	18.81	0.461	4.23	3	1.41
39	3.83	131.40	0.551	39.96	25	1.60
40	10.63	60.00	0.918	25.75	16	1.61

Table 1 Results

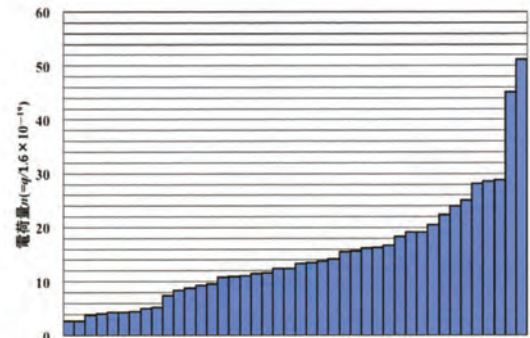


Fig. 5 Distribution of charge number of oil droplets

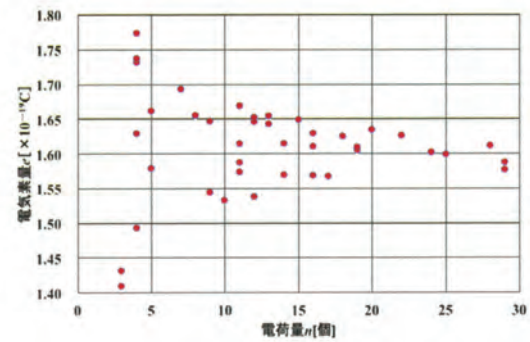


Fig. 6 Relationship between charge number and elementary charge

となった。物理定数表による値は、電気素量は $e=1.60217733 \times 10^{-19} [C]$ であることから、上記の結果は、満足のいくものである。

5. 問題点

今回提案した時間測定法では、一番の問題は動画のまま、時間測定が出来ない点が最大の問題である。まず、1/30秒間隔の静止画に変換する際、利用していたパソコンでは、動画10MB当たり約1分の時間を要し、録画時間60秒程度の動画は、変換に約15分程度かかるため、授業時間の枠内で学生実験を終了するのが困難な事である。

また、終端速度の速い油滴が目盛線通過する時、その前後の静止画には、目盛線から上下に外れた位置に油滴が写っていることもある。そのため出来るだけ正確な時間に近い値として、目盛線通過前後のファイル番号の中間値を採用する対策を講じたが、1/60秒程度の時間的誤差が含まれる事である。

また、フリーソフト「GOM PLATER」の変換上もしくは機能上の原因からか、1/30秒間隔の静止画中に油滴の逆行現象が見られ、先の問題同様に平均値を採用して対応した事もある。

これらの観点から、静止画変換によるタイムロス省けて、測定精度向上させるためにも、動画のまま時間測定出来る方法を学生実験では導入する必要がある。

6. まとめ

3年前の学生実験では、33グループ中10グループの約1/3の実験グループが授業中に10個の油滴を測定出来ずに終わっており、中に数個の油滴しか測定出来なかったグループも見受けられた。このことから、目視による測定は難しく、実験が終わる頃に、学生が測定に疲れ果てていたのも納得できる。また Fig. 7に各グループが測定した平均電気素量のヒストグラムを示す。今回の測定値同様の $e=1.60 \sim 1.61 \times 10^{-19} C$ の範囲の値が得られたのは8グループと最も多かったが、その値は $1.55 \sim 1.71 \times 10^{-19} C$ まで幅広い範囲にわたっており、ここでも目視による測定が難しかった事が伺える。

今回提案したipod touch を活用する測定法に関しては、ipod touchの画面上に油滴が大きく映し出され、学生はその落下運動を目で楽に追う事ができる上、ストップ

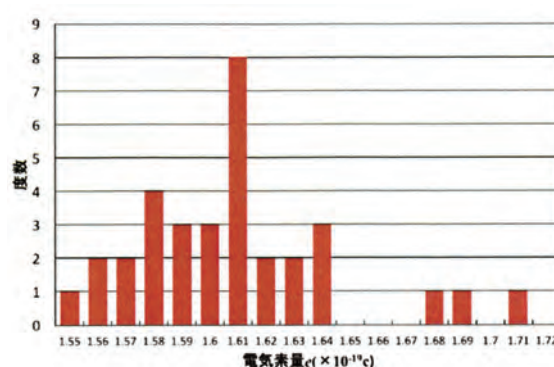


Fig. 7 Histogram of mean elemental charge in student experiment

ウォッチで時間を撮影する必要がないので、標的となる油滴の撮影に専念出来る。これにより学生への負担はなくなり、実験中に終始求められてきた集中力も撮影する間だけとなり、大幅な改善が図れたと考えている。

また測定値を分析すると、電荷量 n はその量が離散的(とびとび)になっていることが確認でき、平均電気素量は $e=1.61 \times 10^{-19} C$ という結果が得られた。学生実験的に満足のいく実験と成りえることから、応物実験の実験テーマに再び加える可能性は十分に考えられる。

しかし、先の問題点で述べたように、時間測定の方法については、動画まま測定出来る方法が学生実験再導入には不可欠であり、更なる工夫が求められる。今後は、短時間で時間測定出来る新たな安価な方法を見つけ出し、ミニ研学生に新測定システムの有効性を実際に確認してもらう予定である。その結果を踏まえ、新測定システムを用いたミリカンの実験を学生実験に導入したいと考えている。

参考文献

- 1) R. A. Millikan :Phil. Mag. 19,209 (1910).
- 2) R. A. Millikan : Phys. Rev. (Series I) 32, 349 (1911)
- 3) R. A. Millikan : Phys. Rev. 2, 109 (1913)
- 4) 後藤道夫：物理教育，14-4，221-226(1966)．
- 5) 宮下敬司：物理教育，15-4，215-219(1968)．
- 6) 山本裕樹：慶応義塾大学日吉紀要．自然科学，44，81-97 (2008)．
- 7) 吉田卯三郎 他：物理学実験，六訂版，三省堂，(1978) 300-304

order, command, direction の対照意味分析

The Contrastive Semantics of 'order', 'command', and 'direction'

鳥居 孝栄*

*福島工業高等専門学校一般教科

Kouei Torii

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of General Education

(2017年7月27日受理)

This paper offers a contrastive analysis of the meanings of 'order', 'command', and 'direction.' 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 'order' means an instruction given by a person who has the right to control, 'command' means an instruction given by a person who has the supreme authority, and 'direction' means a concrete and detailed instruction on what to do or how to do something.

Key words: contrastive, instruction, control, supreme authority

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(2015)¹⁾では aim, goal, objective, target を、鳥居(2016)²⁾では bear, endure, tolerate, stand を、鳥居(2017)³⁾では eternal, permanent, perpetual 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「命令」の意味になる名詞 order, command, direction 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、order, command, direction 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、辞書の例を見ていて、だれがだれに対して出した命令であるかについて、若干違いがあることに気づい

た。命令であるから、当然身分の高い者から低い者へ下す例がほとんどであったが、身分に差がない場合も少しあった。そして、この点に関して、3語に違いがあることが分かった。違いを示すと、Table 1 のようになる。○は7つの辞書のいずれかに用例があることを、×は用例がないことを示す。身分に差がない場合の用例は、order には少数ではあるが例があるが、command には皆無であった。direction が、3語のうちでは、この用例が最も多く、そのうちの大部分は、使用法など「命令」というよりは「指示」に近い意味の用例であった。身分に差がない場合の例を挙げてみよう。

- (1) I don't take orders from you. (Global)
- (2) You must obey my orders. (Longman)
- (3) Read the directions before using it. (College)
- (4) Follow the directions for the use of the medicine. (Proceed)

次に、身分の高い者が低い者に命令を下す場合、身分の高い者とはどういう者か、その中味の違いがないかを調べてみた。その結果、order と command は、身分が高いこと、権威を持っていることを明示する例が多いのに対し、direction は明示している例は少ないということが分かった。order と command の違いについては、はっきりしなかった。例を挙げておこう。

- (5) The Mayor gave orders that the streets should be kept more clean (Global)

- (6) The captain gave orders for a salute to be fired.
(Genius)
- (7) He was shot on the order of the dictator.
(Proceed)
- (8) The colonel gave the command to attack.
(Random)
- (9) The Admiral issued the command for the fleet to set sail. (College)
- (10) Nobody obeyed the teacher's command to stop chatting. (Proceed)
- (11) give him directions to fetch the car
(Random)
- (12) at the directions of the boss (College)

最後に、参照した7つの辞書のうち4つに、名詞ではないが、動詞 order, command, direct 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。

- (13) Progressive
 - order: 上位者が権限をもって下位者に命令する
 - command: 命令者の絶対権限を示唆する
 - direct: 指示する権限ではなく中味に主眼を置く

Random

- order: 上位者が下位者に対して与える命令
- command: 権限に基づく形式張った命令
- direct: 目的達成に必要な手順に重点を置く。
説明や助言を含む指示

Global

- direct: 命令の意味は order より弱く、組織的かつ具体的説明を伴う

Genius

- direct: command, order ほど強い命令ではないが、instruct より強い

また、英語類語用法事典¹¹⁾にも、3語の意味の違いについての記述が載っていたので、紹介しておく。

- (14) order: 普通の語である
- command: 軍事用語以外ではまれである
- direction: 同義であるが、頻度はより低く、常に複数形で用いられる

(13)、(14)からは、

- (15) order: 上位者が下位者に対して与える命令
- command: 絶対的な権限・権威を持っている者が与える命令
- direction: order、command ほど強い命令では

Table 1 Comparison of the difference of status in the uses of 'order', 'command', and 'direction' in dictionaries

身分	order	command	direction
身分が高い人から低い人へ	○	○	○
身分に差がない	○	×	○

なくて、命令の中味に主眼を置き、具体的な説明を伴う
のような違いがあることが予想される。

3 実例からの考察

ここでは、2の辞書についての考察を踏まえて、収集した実例から、さらに考察を進めていく。実例は新聞(The Japan Times 以下 J.T.) や論説などから、order を 51 例、command を 52 例、direction を 52 例、それぞれ収集した。

まず、収集した実例を Table 1 の枠組みにしたがって分類集計して、「身分に差がない場合」の頻度に違いがあるかを調べてみた。結果は Table 2 のようになった。command にも用例が見つかった点は、辞書とは異なっているが、order、command よりも direction に多く見つかったという点では、合致している。direction の例は、「指示」に近い意味の例がほとんどであった。「身分に差がない場合」の代表例を挙げておこう。

- (16) "Open the window," is short and looks like an order, but offered in gentle, loving, rising intonation it can be a very kind request.

(Carl Becker "Communication: East and West" 英宝社 (1988) p.53)

- (17) The rise and fall of his voice may have told us when he was asking a question or making a statement or issuing a command.

(L.A.Samovar, R.E.Porter, and N.C.Jain "Understanding Intercultural Communication" 研究社 (1987) p.64)

- (18) Observers sometimes use airplanes to study the progress of the flames and issue directions to ground crews by radio.

(Andreas Feininger "Trees" 英宝社 (1992) p.85)

- (19) I haven't enjoyed one bite of this dinner because of your constant direction on how to

eat it.

(Tennessee Williams “The Glass Menagerie” 英宝社 (1992) p.9)

(20) Before leaving the house and the town for ever, he gave instructions to a friend and neighbor to sell his furniture for anything that it would fetch, and to apply the proceeds towards employing the police to trace her. The directions were honestly followed, and the money was all spent; but the enquiries led to nothing.

(Wilkie Collins “The Dream Woman” 鈴木四郎編 “The Dream Woman and Other Stories” 英宝社 (1961) p.40)

次に、上位者が下位者に与える命令の場合の上位者の中味について調べてみた。まず、(14)において、commandは軍事用語で使うことが多いと指摘されていたので、確かめてみたが、軍事用語の実例の数は、orderが5例、commandが2例、directionが皆無であった。特にcommandが多いとは言えない結果となった。むしろ目についたのが、神や王など絶対的な権威者、あるいは大統領・首相などかなり大きな権威を持った者が下す命令の頻度に違いがあるということであった。そこで、「上位者が下位者に与える命令」の実例を、①神、②王、③大統領・首相、④その他の上位者、の4つのグループに分類して、それぞれの頻度の違いを調べてみた。(④には、民衆に対する政府・警察、組織の人員に対する上司・幹部、患者に対する医者、生徒に対する学校・先生、子供・家族に対する親・主人、動物に対する飼い主などが多かった。)結果は、Table 3 のようになった。

Table 3 から、大きな権威を持った者が下す命令の頻度について、大まかな傾向を指摘すると、

- (21) ① command は他の2語より圧倒的に多い。しかも神や王など絶対的権威者が下す命令の例が多い。
 ② orderはcommandほどではないが、directionよりは多い。
 ③ directionは他の2語より少ない。

のようになる。directionは、③と「身分に差がない場合」の命令が多いことを考えると、他の2語に比べて、大きな権威を持った者からの命令という意味合いは弱く、むしろ命令の中味に重点があるということが推測される。以上から(15)がほぼ正しいことが確認された。

以下、「上位者が下位者に与える命令」の代表例を、①、

Table 2 Frequency of equal status in 'order', 'command', and 'direction' in actual uses

身分	order	command	direction
身分が高い人から低い人へ	49	50	41
身分に差がない	2	2	11
計	51	52	52

Table 3 Frequency of various kinds of authority in 'order', 'command', and 'direction' in actual uses

上位者の中味	order	command	direction
神	2	12	2
王	2	15	1
大統領・首相	6	0	3
その他の上位者	39	23	35
計	49	50	41

②、③、④のグループ別に挙げておこう。

<①神の代表例>

(22) Brown's lawyers tried to get him off by pleading insanity, but this failed when Brown himself told the court that he rejected any such defense. Like Joan of Arc centuries before, Brown insisted throughout his trial that he was acting on orders and instructions from God.

(Jim Knudsen “History on Trial” 南雲堂 (1997) p.49)

(23) Specific instructions for marriage, sex, divorce, gender roles, slavery and war, law courts, and trials and civil behavior can be found in the Koran in the form of commands from the Muslim God, Allah.

(Lisa Stefani “Culture and Communication” 弓プレス (1999) p.26)

(24) These two elements, money and religion, have been linked since the earliest times in America with the Protestant notion that riches are a reward from God to those who work hard and obey His commands.

(Frank E. Osterhaus “An Introduction to American Studies” 松柏社 (2000) p.79)

- (25) The priest did not take five minutes to make up his mind.

“I will have death in the twenty-four hours,” he said, “so that my soul may be saved at last.”

On this the angel gave him directions as to what he was to do, and left him.

(Lady Wilde “The Priest’s Soul” W.B.Yeats 編 ‘Irish Folk Stories’ 松柏社 (1974) p.12)

<②王の代表例>

- (26) After a while the king broke up the London Company and took charge of Virginia himself. He sent a governor to act for him and to carry out his orders, but he allowed the people to continue electing their own legislature, as they had done.

(E.C.Barker “The Episodes of American History” 南雲堂 (2006) p.17)

- (27) Pharaoh thereupon gave his people a cruel command: “Every son that is born to the Israelites from this day on, you shall cast into the river. Only the daughters shall you save alive.”

(Pearl S. Buck “A Shorter Story Bible: The Promised Land” 英潮社 (1991) p.62)

- (28) The Emperor Claudius, who felt that unmarried men made better soldiers, decided to forbid the custom of marriage. In 270 A.D. a young bishop named Valentine opposed the emperor’s unusual command. Bishop Valentine invited young lovers to visit him in secret and he joined them in a ceremony of marriage.

(James M. Vardaman “Here’s How It Started” 松柏堂 (1992) p.76)

- (29) In the 17th century different groups of Englishmen with the approval of the King, but not acting under his formal direction, created settlements along the Atlantic Coast. (Ralph Henry Gabriel “Traditional Values in American Life” 南雲堂 (1964) p.6)

<③大統領・首相の代表例>

- (30) Crying, she recalled that her brother and their

uncle, then only 18, had been killed on Saddam’s orders more than 20 years earlier because he had written graffiti on a wall at his university criticizing the president’s Ba’ath Party.

(J.T. Wednesday, October 26, 2011 p.13)

- (31) Tokyo Electric Power Co. started to inject seawater into the No. 1 reactor at the Fukushima No. 1 nuclear plant a day after the March 11 earthquake and tsunami but suspended the operation for 55 minutes at the direction of Prime minister Naoto Kan, according to government sources.

(J.T. Sunday, May 22, 2011 p.1)

<④その他の上位者の代表例>

- (32) Hired helpers like these are very sensitive to the way they are treated by their employers. They do not like employers who are too “high and mighty” and give orders in a haughty manner.

(James Kirkup “Scenes from American Life” 成美堂 (1988) p.30)

- (33) In those days, survival depended more on nursing care than on doctor’s orders, and my mother was a devoted nurse.

(Edward E. Rosenbaum “The Doctor Tells the Truth” 南雲堂 (2000) p.40)

- (34) When adults scold or punish children, they often tell youngsters, “Look at me when I talk to you!” Children might obey the command, but their eyes usually don’t focus directly on the adult.

(Kathlyn Gay “Getting Your Message Across” 成美堂 (1996) p.40)

- (35) The famous Soviet circus trainer, Vladimir Durov, was able to give commands to his animals telepathically, without speaking, sometimes without even being in the same room with the animals.

(Carl Becker “Communication: East and West” 英宝社 (1988) p.59)

- (36) Being a leader often involves giving directions to others, but girls who tell other girls what to do are called “bossy.”

(Deborah Tannen “Talking from 9 to 5” 松
柏社 (2000) p.28)

(37) “Mr. Rochester will be here in three days, and
a great many fine people are coming with
him. He sends directions for the whole
house to be prepared.

(Charlotte Bronte “Jane Eyre” 英宝社
(1959) p.53)

4 まとめ

以上の考察を踏まえて、最終的に order, command,
direction の意味の違いについて試案を提出する。

(38) order : 上位者から下位者に与えられる指示

command : 絶対的な権限・権威を持った者から与
えられる指示

direction : 何をどうすべきかについての具体的
で詳細な指示

参考文献

- 1) 鳥居孝栄 : aim, goal, objective, target 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,
34, pp. 1-10 (2015)
- 2) 鳥居孝栄 : bear, endure, tolerate, stand の対照
意味分析, 福島高専研究紀要, 56, pp. 79-84
(2016)
- 3) 鳥居孝栄 : eternal, permanent, perpetual の対照
意味分析, 福島高専研究紀要, 57, pp. 93-97
(2017)
- 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)

James Shirley の描く女性達—『結婚』

Female characters in James Shirley's *The Wedding*

石原 万里

福島工業高等専門学校一般教科

Mari Ishihara

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of General Education

(2017年9月7日受理)

The Wedding, a comedy, written by James Shirley (1596-1666) is a unique play in the sense that it was not in the office-book of Sir Henry Herbert nor in the Stationers' Register. This means that it was not licensed to be performed or printed. The play was, however, published in a quarto in 1629 and then in 1633, and the title page shows that it was performed by Henrietta Maria's Men. The first part of this paper is on the date of this play and the second part focuses on two women: Gratiana, the accused heroine and Milliscent/Lucibel, who committed a sin so she disguised herself to redeem her honour. Even though the play was written in the early stages of Shirley's career, his heroines have strong characteristics. Those heroines were strongly influenced by Henrietta Maria, who, in 1625, had just arrived in England as their Queen.

Key words: *The Wedding*, James Shirley, Henrietta Maria, Caroline drama

1. はじめに 作品*The Wedding* の背景

『結婚』*The Wedding* は、チャールズ一世時代（キャロライン朝（広義ではエリザベス朝））最後の劇作家であるジェイムズ・シャーリー（James Shirley(1596-1666)）によって書かれた喜劇で、Alexander Dyce は「シャーリーの作品の中でも完成された作品のひとつ」(one of Shirley's most perfect productions)と評価している。¹ 作品の執筆年代は、奇妙なことに、他の Shirley の作品とは異なり、不明である。何故ならば、この作品は祝典局長の Sir Henry Herbert の Office-Book には載っておらず、そのため上演権を得ていないのである。さらには、書籍出版業組合記録（Stationers' Register）にも記録がないため、正式に出版も許可されていないことになる。最初にこの作品が世に出たのは、1629 年で、Quarto 版の扉には、*The Wedding. As it was lately Acted by her Majesties Seruants, at the Phenix in Drury Lane. Written By James Shirley, Gent...*1629 の文字があることから、出版前に、作品がフェニックス劇場で、王妃一座によって上演されたことが分かる。1629 年版には、次のページに Shirley 自身によって書かれた献辞もあることから、海賊版でもないため、なんらかの事情で公演認可も出版認可もなく存在することになる、それでも、1629 年までには、この作品が執筆され、上演されていたのは事実である。²

作品の第3幕第2場で、やせでしみつたれの Rawbone の、Jane に寄せる詩のなかに、“in the second year of the reign of King Cupid”という言及があり、これがチャールズ一世を指していると考え、この作品は 1626 年の5月の終わりくらいまでには書かれたのではないとも考えられる。³

James Shirley は、チャールズ一世が戴冠し、フランスの王女ヘンリエッタ・マライアと結婚したまさに 1625 年から劇作家としての道を歩み始めたと考えられる。Shirley の名前が最初にロンドンの劇壇に現れるのは、『お世辞学校(またの名、恋のたくらみ)』*The School of Compliment (Love Trick)*で、Sir Henry Herbert により、公演許可を得たのが 1625 年 2 月 11 日で、Christopher Beeston が率いる劇団、当時のエリザベス王女一座により、Cockpit 座で上演されたとある。Beeston がのちのヘンリエッタ・マライア妃一座を率いることになるため、この劇団がヘンリエッタ・マライア一座に代わった可能性は大きいと考えられている。第一作 *Love Tricks* の次の作品が、『乙女の復讐』*Maid's Revenge* で、公演許可は 1626 年 2 月 9 日である。James Shirley は極めて多作な作家で、彼の作品は Beeston によって、1625 年に 2 本、1626 年に 2 本と Beeston の劇団のために、平均して年に 2 本のペースで上演許可が取られることとなる。

Shirley の劇作は、1642 年に劇場が閉鎖され、エリザベス朝演劇の歴史が幕を閉じることになるその年まで続けられる。*The Wedding* は、平均して年に 2 本のペースで劇作を続けた劇作家にとっては初期にあたる 1626 年から 1629 年の間に書かれたと考えられる。

Alfred Harbage は、*The Wedding* の中の多くの出来事は、当時人口に膾炙していた Sir Kenelm Digby と Venetia Stanley の結婚との繋がりが強く、この作品を見た人は、彼らの結婚を思い出さずにはいられなかったのではと考えている。結婚の約束をした Digby は、大陸へ行き、帰ってきてから、婚約者の不貞を疑いながらも結婚をする。彼らが結婚したのが、1625 年のことだが、その結婚が公にされたのは 1627 年のことである。Alfred Harbage はさらに論を進めて、この作品は *The Brothers* と同一作品であると解釈している。*The Brothers* は、1626 年 11 月 4 日に出版許可を得ながらも、実際に出版されたのは、1653 年の『新六作品』(Six New Plays) の中でのことである。一方 *The Wedding* は、出版許可も上演許可も記録には残されていない。*The Wedding* には兄弟は出てこないのだが、それは、Kenelm とその兄弟を思いやっつての改定と解釈し、Harbage は、1626 年に出版許可を得たこの *The Brothers*こそが、*The Wedding* と同一作品であると結論づけている。⁴

2. *The Wedding* あらすじ

Beauford は、Sir John Belfare の娘 Gratiana との結婚を控えている。しかし、親戚の Marwood が “I have enjoyed her.” と告白したため、Beauford は、剣で Marwood を切り付け、瀕死の彼を公園に置き去りにする。その後、Marwood が亡くなったことが報告される。Beauford は、結婚式で、Gratiana を非難し、結婚を取り消す。Beauford の親友の Captain Landby は、Gratiana の無実を信じ、彼女をかくまうこととする。

一方、Captain Landby の叔父の Justice Landby の娘 Jane に、やせの Rawbone と太っちょの Lodam が求愛をしている。Justice Landby は、二人の求婚者を認めていないのだが、表向きは、Rawbone との結婚を娘に進め、彼女を試そうとしている。Jane には実は恋人がおり、その恋人は変装して、Haver と名前を変え、彼女の求婚者の一人である Rawbone に仕えている。Jane は、Landby 家に仕えている若者である Milliscent に自分の恋について打ち明ける。

Gratiana は、Landby 家にかくまわれることになり、Milliscent に、犯してもいない罪を糾弾されたことを打

ち明ける。Milliscent は、自分は Marwood の親戚であり、彼の最後に立ち会ったものだとして Gratiana に話をし、この件の証人として、Gratiana に仕えている Cardona を調べようとする。

Beauford は、Gratiana からの手紙をもらい、彼女が亡くなったと思いこむ。悲しんでいる Beauford の元へ、Milliscent は、Marwood の遺骸を運んできたことを告げ、彼の親戚であるという理由で、Beauford に決闘を申し込む。だが、Beauford が、遺体を入れた箱を開けると、生きている Gratiana が出てきて、Beauford は喜ぶ。そこへ役人がやってきて、Marwood を殺した罪で、Beauford を逮捕する。

最後に、Marwood が生きていたことが分かり、Marwood には、実はベッドトリックが Cardona によって仕掛けられていて、Cardona の娘の Lucibel が Gratiana の身代わりになっていたことが明かされる。その Lucibel は男装して、Milliscent として Landby 家に仕えていたのである。

一方、Jane の恋人の Haver (Jasper として Rawbone に仕えていたが、Rawbone の身代わりとして Lodam との決闘に臨む) は、Justice Landby に認められて、めでたく結婚することとなる。

最後に、Beauford と Gratiana、Jane と Haver、Marwood と Lucibel の三組の結婚が整うことになる。

3. *The Wedding* に登場する女性たち

The Wedding の主人公は女性ではなく、新婦の不貞に悲しみ結婚の取り消しをすることとなる新郎 Beauford である。さらに、新婦 Gratiana の父親 Sir John Belfare、Jane の父親 Justice Landby と、家父長制社会の男性が、芝居の中では強い印象を与えている。その一方で、突然結婚を破棄されて戸惑う Gratiana、父親の決めた相手との結婚を強要される Jane、Gratiana の身代わりになる Lucibel の三人の女性は、のちに Shirley が描き出す女性主人公達へとつながっている。三人の女性達の特徴をここでは見ていきたい。

3.1 Gratiana

Gratiana は、Sir John Belfare の娘で、Beauford との結婚の約束をしている。この作品は結婚式の招待客問題や、花嫁のための結婚準備が始まる。Gratiana の登場は、やや遅く、第二幕第三場である。彼女は登場するや、恋人の Beauford から結婚破棄を言い渡されることになる。この Gratiana には、シェイクスピアの影響が非常に強

く、『空騒ぎ』 *Much Ado about Nothing* の中で、身に覚えがないのに、教会で恋人から突然不実の罪を着せられる Hero に重なる。

ここで特筆しておきたいのは、Beauford の言葉である。彼は、どうしても Gratiana が実際に何をしたのかを口にすることができない。「おまえは」と言いかけて、Gratiana に「何？」と問われると「口にはできないものだ」 (a thing I would not name) と言ってしまふ。

Gra. Then hear me a few syllables:---you have,
Suspicion that I am dishonour'd.

Beau. No,
By heaven I have not. I have too much knowledge
To suspect thee sinful. (2.3)

Gratiana は、何故自分が不名誉を被ったのかその理由も聞かされず、Beauford は、それを口にすることもできないまま、二人は別れることとなる。『空騒ぎ』の Claudio が、Hero を罵るとは違って、Beauford の言葉は、Gratiana を信じたいという想いにあふれており、それが、「君の罪深さを疑うには、あまりにも（君を）知りすぎている」という謎めいた言葉になる。

Gratiana の次の行動は、シェイクスピアの Ophelia を思い出させるものである。彼女は、宝石箱を持つてくると、Beauford に贈り物を返そうとする。

Gra. First, I release
And give you back your vows, with them, your
heart
Which I had lock'd up in my own, and cherish'd
Better; (3.1)

Beauford は、贈り物を受け取ることなく去るが、親友の Captain Landby はその場に残り、Gratiana を信じて、彼女をかくまうことにする。シェイクスピアの女性主人公の影響を強く受けている Gratiana は、自らの運命を受け入れ、ひたすら耐える女性として描かれる。彼女に付加されるのは、水のイメージである。彼女は、a weeping Niobe のようで、

A water-nymph placed in the midst of some
Fair garden, like a fountain, to dispense
Her chrystal streams upon the flowers, which cannot
But, so refresh'd, look up, and seem to smile

Upon the eyes that feed them: (3.1)

と描かれる。Bailey は、Gratiana の涙が彼女の純潔を表し、Beauford の言葉である「黒い魂」 (black soul) を洗い清めるものであるとしている。⁴ この水のイメージは続き、Gratiana の死は、「溺れる」 (Drowned) として表現される。身に覚えのない罪を着せられた Gratiana は、それでも恋人の Beauford を想い、運命に耐える女性として描かれている。

3.2 Jane

Jane は、Justice Landby の娘で、やせた高利貸しの市民である Rawbone と、太った貴族の Lodam に求婚されている。しかし、彼女には恋人がいて、財産はないが若い貴族の Haver は、Jasper に変装して Rawbone に仕えている。Jane をめぐるプロットは、二人の体格の異なる求婚者が示すように、笑いに満ちたものとなっている。自分の恋人を自分で見つけたいとする娘に、父親は自分の決めた婚約者を押し付けるという構図を表向きは取りながら、実は、この父親は、ものわりの良い父親で、自分の娘が正しい判断をすることができるかどうかを見定めようとしている。Gratiana のプロットに比べ、Jane をめぐる求愛者の場面は、シャーリーが得意とするコミカルな印象を観客に与える。

3.3 Lucibel

作品 *The Wedding* で、一番問題となる登場人物が、Milliscent/Lucibel である。Justice Landby の家に仕える若者である Milliscent は、最初はそれほど大きな印象がない。彼女はまず、主人の娘である Jane に付き添い、彼女の秘密を共有することとなる。次に、Gratiana の世話をし、彼女が結婚を破棄されたことを、そして、Marwood が彼女を破滅に追い込んだことを知ることになる。Milliscent は、自分は Marwood の親戚であると嘘をつきながら、Gratiana の名誉回復のために、力を貸すことを約束する。若者 Milliscent は、二人の女性の秘密を打ち明けられる友として描かれている。

1883 年の Alexander Dyce の全集でこの *The Wedding* を読むと、Dramatis Personae がついていて、Lucibel, Cardona's daughter; but disguised as a young man, under the name of Milliscent, and servant to mistress Jane と書かれている。そのため、私は迂闊にも、Milliscent が本当は Cardona の娘で、男装していることを頭に置きながら読んでしまっていた。それでは、この作品の最初の読者は

どうだったのだろうか。この作品が1629年に出版されたことは前に述べた。その版を紐解いてみると、The Actors names.のページには、*Milliscent, Cardonaes Daughter.*とだけ記されている。その後出版された1633年版と1660年版には、スペリングが変わって、*Milliscent, Cardona's Daughter* としるされている。そのため、私だけでなく、19世紀の読者も、17世紀の読者も、*Milliscent* が、実は「女性」でありながら、「男装」して、Justice Landby に仕える召使であることを知りながら読んだはずである。

ところで、*The Wedding* の「登場人物一覧」には特徴がある。この作品の *Dramatis Personae* は、*Actors names* と書いてあり、文字通り、役者の名前が登場人物の横に記されているのである。これは、大変稀なことであるが、Bentley に寄れば、1629年に、時を同じくして、Massinger, Ford, も役者の名前を載せていることから、Shirley を含む三人の劇作家が役者を保護しようという意図をもっていたことと、三人の間に交友があったと考えている。話を元に戻せば、*Milliscent* を演じた役者は、Edward Rogers である。⁵ エリザベス朝演劇では、女性は少年俳優によって演じられていた。そのため、少年俳優である Edward Rogers は、男装して *Milliscent* を演じる Lucibel という女性の役を演じていることになる。文字にするとややこしいが、シェイクスピアの時代から、男装の女主人公は、『十二夜』の Viola、『お気に召すまま』の Rosalind などがあり、一つの演劇での約束事ではあったため、観客にはすんなりと受け入れられたはずである。ただ、ここで問題にしなくてはならないのは、「彼女」が「男装していること」が劇中では語られないことである。つまり、Viola も Rosalind も、それぞれの目的のために男装することを舞台上で明言して、男装することになるのだが、Lucibel は違っている。彼女は、男装すること告げることなく、「男性」として Landby 家で仕えているのである。

私たちは第一幕第三場の以下の台詞で、彼女がこの家に仕えて間もないことがわかる。

Justice Landby: I will
Not urge how I receiv'd you first a stranger,
Nor the condition of your life with me,
Above the nature of a servant, to
Oblige your faith: I have observ'd thee honest.
Mil. You are full of noble thoughts. (1.3)

Milliscent が何らかの事情でこの家の召使となり、実は素性が知られないということだけが、明らかになるが、これだけでは、*Milliscent* が実は女性であることは、分らない仕掛けになっている。となると、問題は、役者が「女性であるにも関わらず、男装をしていること」を、観客に対して、分かるように演技をしたのかどうかである。すべては役者の演技にかかっているのである。*Milliscent* は、*Gratiana* に会おうと、二人は離れたい結びつきを感じる。

Mil. I know not why;
Your sorrow does invite me.
...
Gra. He looks as he would make me leave
My own misfortune to pity his: --- thy name?

Milliscent の悲しみの理由が、観客に明かされるのは最後であるが、少なくとも、彼女が悲しみを抱えていることがここで示される。女性二人のお互いの悲しみがお互いをひきつけあっている。女性が女性の助けとなるのが *Shirley* の女性同士の友情である。*Gratiana* は、*Milliscent* が悲しい顔をしているのを見て、*Mine is above The common level of affliction.* と言う。ここでの *Mine* とは自分の顔のことである。それに対して、*Milliscent* は以下のように答える。

Mil. Mine
Had no example to be drawn by.—
I would they were akin, so I might make
Your burthen less by mine own suffering.

Gratiana はさらに、*Mine (affection) will admit no parallel* とは言うが、最後になって観客は、*Milliscent* の悲しみの方が上であることがわかる。

Gratiana と *Beauford* の二人を救うのは *Milliscent* である。*Milliscent* は、*Gratiana* の無実を突き止めるため、まず、*Cardona* を *Beauford* のところで連れていき、*Gratiana* の純潔を確認すると、次に *Beauford* と *Gratiana* を引き合わせる。この芝居の中で、問題解決のために行動しているのは、実は *Milliscent* であり、彼女は陰の主人公であるとも言える。二人の恋人達を救った *Milliscent* は、次のように言って姿を消す。

Mil. One sorrow's cur'd; [now] *Milliscent*, be gone,

Thou has been too long absent from thy own.

Milliscent が変装して、自分ではない自分を演じていたことが分かる初めての台詞である。前にも述べたように、彼女は自分の目的のために、変装することを観客に向かって明言することもなければ、この台詞よりも前に、彼女が変装（男装）していることを知らせることはない。すべては、役者の技量にかかっているのである。

Milliscent は、最後に変装をとくことで、Lucibel に戻ることで、自分の罪を公表することになる。その罪とは母親から強要されて身代わりとなったため、自分から犯した罪ではないものの、観客に大きな衝撃を与えることになったはずである。自分自身の罪を公表することでしか、Lucibel は周りの人々を救うことができず、このことが、彼女のそれまでの悲しみを観客に思い起こさせることとなる。演劇の手法として、Shirley の劇作家としての特徴が見られる。

Bailey は、Milliscent にマグダラのマリアのイメージがあるとす。マグダラのマリアは、聖書には確実な記述はないものの、罪を犯し、罪を贖うことで聖人として認められたと解釈されることが多く、絵画にも表されてきている。Bailey は、Gratiana に聖母マリアを、Lucibel にマグダラのマリアを重ね合わせている。⁶

4. Henrietta Mariaの影響

フランス王ヘンリー四世と、マリア・デ・メディチの娘ヘンリエッタ・マライアは、1625年6月12日にチャールズ一世と結婚するためにイングランドのドーバーに到着する。先王ジェームズ一世が亡くなり、チャールズ一世が戴冠したのは、その少し前、3月27日のことである。

ヘンリエッタは、多くの従者を連れて到着したが、そのなかには、カトリックの司祭も含まれている。ヘンリエッタは、強い信仰を持つカトリック教徒であり、プロテスタントで、国教会という独自の宗派を持つイングランドをカトリックに改宗し、そうすることでイングランドを救うという使命感を持って、イングランドに到着したのである。⁷

シャーリー自身は、なんらかの理由で、途中からカトリックに改宗したと信じられている。カトリック教徒の王妃と宗教的な結びつきがあったと考えるならば、この芝居は、シャーリーが王妃のために書いた芝居とも考えられる。シャーリーは、カトリック教会の聖人として認められる聖母マリアと、また、カトリック教会でのみ聖

人として認められている、罪をおかした女性が罪を贖おうとする女性マグダラのマリアの二つのイメージを劇に取り組むことで、カトリック教徒の王妃の後押しをしている。シャーリーは、王妃と王妃を取り巻く宮廷人の中で、自分の存在を確かなものにしていったのである。*The Wedding*は、その後、王妃のお気に入りとなっていくシャーリーの、まさに王妃との「結婚」を記念する作品だったのである。

注

1 *The Dramatic Works and Poems of JAMES SHIRLEY* ed. W. Gifford and Alexander Dyce, 6 vols. London: J. Murray, 1833. 尚、作品の引用も断り書きのない限り、この版より引用している。

2 *The Jacobean and Caroline Stage*. Oxford: Clarendon Press. 1941. Vol V. p1164.

3 Alfred Harbage Shirley's *The Wedding and the Marriage of Sir Kenelm Digby* *Philological Quarterly*, 16, 1937 の中で、Harbage は以下のように述べている。Shirley's play by no means dramatizes literally the affair of Kenelm and Venetia, but it utilizes themes from it in a way that would have been most conspicuous to the audience for which the play was written.

4 Bailey, Rebecca A. *Staging the old faith Queen Henrietta Maria and the theatre of Caroline England 1625-1642*. Manchester: Manchester University Press, 2009

5 Bentley に寄れば、Edward Rogers は、ヘンリエッタ王妃一座の最初の2作品に名前のある少年で、その後の記録はない。彼が演じたもう一作の記録は以下の通りである。1625—'Donvsa neece to Amvrath. Edward Rogers' in Massinger's *Renegado*, presented by Queen Henrietta's company at Drury Lane. Vol.2 p.553.

6 Bailey, Rebecca A. *Staging the old faith Queen Henrietta Maria and the theatre of Caroline England 1625-1642*. Manchester: Manchester University Press, 2009. P.66.

7 ヘンリエッタ・マライアの、イングランドをカトリックへ改宗させるという使命感については Britland, Karen. *Drama at the Courts of Queen Henrietta Maria*. Cambridge University Press, 2006. が詳しい。

参考文献

- 1) Bailey, Rebecca A. *Staging the old faith Queen Henrietta Maria and the theatre of Caroline England 1625-1642*. Manchester: Manchester University Press, 2009
- 2) Bentley, Gerald Eades. *The Jacobean and Caroline Stage*. 7 vols. Oxford: Clarendon Press. 1941.
- 3) Burner, Sandra A. *James Shirley: A Study of Literary Coteries and Patronage in Seventeenth-Century England*. London: University Press America, 1989.
- 4) Britland, Karen. *Drama at the Courts of Queen Henrietta Maria*. Cambridge University Press, 2006.
- 5) Butler, Martin, *Theatre and Crisis 1642-1660*. Cambridge: Cambridge University Press, 1984.
- 6) Clark, Ira. *Professional Playwrights Massinger, Ford, Shirley & Brome*, Kentucky: University Press of Kentucky, 1992.
- 7) *The Dramatic Works and Poems of JAMES SHIRLEY* ed. W. Gifford and Alexander Dyce, 6 vols. London: J. Murray, 1833
- 8) Harbage, Alfred. "Shirley's The Wedding and the Marriage of Sir Kenelm Digby," *Philological Quarterly*, 16, 1937 pp.35-40.
- 9) Sanders, Julie. *Caroline Drama The Plays of Massinger, Ford, Shirley and Brome*. Plymouth: Northcote House, 1999

『百科全書』における技術の思想について

On the Thought of Technique in *the Encyclopedia*

笠井 哲

福島工業高等専門学校一般教科

Akira Kasai

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of General Education

(2017年8月24日受理)

The purpose of this paper is to consider the thought of the technique in *the Encyclopedia*. The characteristic of *the Encyclopedia* is that there are many items about the technique. The reason is because Diderot who is the editor was the son of the craftsman working as the blade grinder. He is the philosopher who studied the technique. He showed how the technique affected the real life.

Key words: *the Encyclopedia*, Diderot, technique, philosopher, real life

1. はじめに

ディドロ（1713～1784）とダランベール（1717～1783）らによる『百科全書』は、啓蒙思想を広めフランス革命を準備したという点が広く認められている。しかし、従来の階級社会で蔑まれて来たものづくり労働が、『百科全書』により脚光を浴びた点も見逃せない。『百科全書』の正式なタイトルは、「百科全書、または学問、芸術、工芸の合理的事典」である。

それは、編集者であり刃研ぎ職人の息子であった、ディドロの発案によると考えられている。『百科全書』において、技術的な問題に関する項目が著しく多いことに対して、フランスのイエズス会士が憤慨したことから、「文化的価値の圏外へ排除されていた」¹⁾ことがわかる。

18世紀フランスにおいて、ディドロは『百科全書』を編むに当たって、技術の知識化を図ろうとした。彼は、ギルドやマニファクチュアの中に、非言語的に、つまり公共性を持たずに、存在している様々な生産技術を、言語と図版とを通じて『百科全書』に集録し、いわば「知識化」を目指した。それは、職人層における技術が、概ね頭ではなく、身体で憶えられた身体的熟練に他ならず、知のレヴェルにまで引き上げられてはいなかったことを示している。

本稿の目的は、『百科全書』における技術の思想について考察することである。『百科全書』の考察の前に、ディドロについて触れておきたい。

2. 編集者ディドロ

ディドロは、特に日本では同じ18世紀のルソー（1712～1778）やヴォルテール（1694～1778）ほどは知られていない。しかし、哲学・思想の歴史において、ディドロは単に彼の生きていた近代を超えていた、というにはとどまらず、はるかに巨大な存在である。

なぜ日本で、ディドロがそれほど知られていないのであろうか。それは、日本では19世紀後半になってようやく、江戸時代から脱却するという時代的制約の下で、とにかくルソーに学んで民主主義を学び始めること、つまり近代に入ることが先決問題であったからである。

そこで到底、ディドロが取組んでいた問題、近代を基にしつつ近代を乗り越えることには、目がいかなかったからである。これが、とくに日本でディドロがルソーほど知られていない理由の一つである。

これに対して、ディドロの母国フランスでは、どうであろうか。実はフランスでも、ディドロの研究は、20世紀後半までそれほど盛んではなかった。その理由は、ディドロの著作の全貌が、それまで研究者を含め一般に知られていなかったからである。

ディドロの膨大な自筆未完原稿群のうちの最大のもは、フランスのノルマンディー城の中に、人目にさらされず眠っていた²⁾。しかしその後、状況は改善され、今日ではディドロ研究は、様々な角度から盛んに行われている。

さて、ディドロが生まれたのは、1713年10月5日、フランスのブルゴーニュ州バシニ地方の中心都市ラングルにおいてであった。日本人にとって興味深いことに、ディドロはラングルのコレージュ（現代日本の中学校）で成績優秀者として、『日本教会史』という書物を学校から授与されている。

このように成績優秀であったディドロは、学業をさらに本格的に続けたいと思い、15歳でパリに出る。そしてパリ大学教養課程を修了後に、後の自作の対話篇文学作品『ラモーの甥』で、その一面を描いたような貧しくも自由な青春時代を過ごし、その後、『哲学断想』や『盲人書簡』などの鋭い哲学的著作を著し、時代の先端をいく思想家となっていく。

ディドロの名が、一般に最もよく知られているのは、『百科全書』の編集者としてであった。これは、大冊大型本で本文が全17巻、図鑑が全11巻であった。この壮大な知の大系の編集・執筆・校正のため、壮年期の25年間を捧げている。その上になお、忙しい合間を縫い、多方面にわたる著作を執筆したのであった。

それらの分野の主なものを挙げると、哲学、道徳哲学、教育学、教育政策、言語学、文体論、数学、物理学、化学、生物学、病理学、公衆衛生学、政治学、政治政策、経済学、経済政策、美学、芸術理論、比較芸術学、美術論、美術批評、音楽論、クラヴサン教程、音楽批評、戯曲、演劇論、演劇批評、詩、小説、文学理論、書評、頌辞、評伝、史論、自伝的記録、旅行記、時事的論文、論争文、ギリシア・ラテン古典テキスト注解、翻訳（英語からフランス語へ、ギリシア語からフランス語へ）等、驚くべき多領域にわたっている。

中川久定は、「ディドロの著作の総体に初めて接したひとは、彼の扱う主題的領域の果てしない広がり、まず驚かされるだろう。もちろん『百科全書』の編集責任者だったディドロは、他に適当な筆者が見当たらない場合には、必要に応じてあらゆる種類の項目——科学技術から哲学史をへて類義語解説にいたる当時の知のほとんど全領域を覆う項目——を自ら執筆せざるをえなかった。しかしながら、ディドロの主題的分野のこの限らない拡散は、『百科全書』のなかだけではなく、彼の個人的著作のすべてにまでも及んでいるのである」³⁾ という。

ディドロが執筆した「趣意書」によれば、これは、「技術と学問のあらゆる領域にわたって参照されるような、そしてただ自分自身のためにのみ自学する人々を啓蒙すると同時に、他人の教育のために働く勇

気を感じている人々を手引きするのにも役立つような」⁴⁾ 事典であった。

しかしこれは無味乾燥な事実の集成ではなく、ディドロらが採用した編集方針（思想的な主張）は、ジョン・ロック流の経験論とニュートンの打ち立てた新科学、およびこれから派生してきた感覚論、唯物論を核とするものであった。

これらの思想にもとづいて当時の技術的・科学的な知識の最先端を集めた『百科全書』は、スコラ哲学、デカルト主義などの古典的世界観をうち破り、自由な考え方を普及するのに大きく貢献した。

また、企画段階から体制側との緊張関係の中で刊行された『百科全書』は、そこに記された思想によって意味をもつだけでなく、その刊行自体が、一つの政治的な意味をもっており、18世紀のフランス思想界が成し遂げた金字塔といえる。

『百科全書』の初版の発行部数は4,250部。当時としては大成功であり、フランス国外でも好評であった。中心となった予約購買者は新興のブルジョワ階級で、これはフランス革命の推進派とも一致している。

総執筆者は184人で、最年長のファルコネは1671年生まれ、最年少のモルレは1819年に亡くなっている。百科全書の執筆に参加した人々は通常「百科全書派」と呼ばれており、必ずしも有名ではない知識人がその大半を占める。

『百科全書』の意義は、そうした大規模な知識人の結集・共同作業を実現した点にもある。ただし共同作業であるための困難もあり、1757年にダランベールが「ジュネーヴ」の項を執筆すると、ルソーらがそれに異議を唱えて協力を拒否し、ダランベールおよびそれに同調したヴォルテールも執筆をやめてしまった。

それに追い打ちをかけるように、1759年には『百科全書』の出版許可そのものが取り消され、思想家のドルバック（1723～1789）らの協力のもと、ディドロは非合法的に編集作業を続けた。『百科全書』本文の刊行が再開されたのは、1765年のことであり、図版は1762年に刊行開始されたのであった。

3. 『百科全書』の成立

科学史家のギリスピー（1918～）によると「合理主義と実証的方法によってなったディドロの『百科全書』にも、庶民性と感傷主義という正反対の含蓄がある。それは勤労の尊厳を説くキリスト教の教えの世俗化したものであって、われわれは謙譲と真理とを追求

すべきであるとし、科学をではなくて技術を求めるのである」⁶⁾という。

『百科全書』そのものが、「世俗化」された知識の集大成であったと考えることができよう。ディドロは、数学の部分などの編集業務を担当したダランベールとともに、序文を書いている。

その中で、『百科全書』がアルファベット順の見出し配列になっていることを強調している。つまり見出し語の綴り字という、その語の持つ意味や内容とは全く無関係な偶然を利用し、語を配列するという方式を採用しているのである。

これは、現在では当たり前であるが、しかし当時は当たり前ではなかった。その意味するところは、神学的な序列や順序などに拘泥していない、ということの表明であった。

しかし、『百科全書』にはもう一つの大きな特徴があった。それは、「技術」に関して大きな関心を示したことであった。それは編集者であり、前述のように刃研ぎ職人の息子であった、ディドロの発案によると考えられている。

『百科全書』には、それだけを取り出して大冊になる『百科全書絵引き』という大型本があるほど、大量の図版が含まれている。これらの大半は、技術に関するもので、ディドロはそうした技術もまた「知識」として、社会が共有すべきと考えたのであった。

職人やマニュファクチュアにおける技術は、ほとんど現場の職人の間で、個人が言葉にされていない状態で持っている経験や勘に基づく「暗黙知」として存在していた。

換言すれば、その職人たちが亡くなれば、そのまま終わってしまう。その授受や伝承もまた、親方や徒弟の関係の中で、対人的に行われるだけであり、教科書はもちろん存在しない。

日本の相撲社会では、かつては「無理偏に拳骨と書いて兄弟子と読む」⁶⁾といわれた。職人の社会も、親方や兄弟子は手取り足取り教えてくれる存在ではなく、徒弟は修行の時間の間に、見よう見まねで盗みながら会得していくほかなかったのであった。教えるノウハウも開発されていたわけではなかった。

こういう状況は改善されなければならない、というのがディドロの考えであった。彼は、職人やマニュファクチュアの現場をしばしば訪れ、口の重い、またそもそも言語化されていないノウハウを聞き出し、言語化できないものを図版として表現する手法を採用し

た。これは、ヨーロッパにおける技術の「社会化」としては、きわめて初期のものであったといえる。

技術が一つの文化領域として、人々の注目を引くようになった「近代」に先駆けて、ディドロやダランベールその他多くの唯物論的思想家の協力により、『百科全書』が編まれたことは興味深い。

1748年前後のディドロの周囲には、ルソー、コンデイヤック（1714～1780）、ダランベールらが集まり、親交を結んでいた。次のルソーの言葉は、『百科全書』誕生の経緯を簡潔に物語っている。

「この二人の著述家〔ディドロとダランベール〕はその時『百科事典』を計画していた。これは最初、ディドロが完成したばかりのジェームズの『医学事典』ほどのもので、チェンバーズの翻訳のようなものになる見込みだった」⁷⁾。

イギリスの文物の紹介を心がけていたディドロが、ジェームズの『医学事典』の翻訳の後、この事典の浩瀚な内容にも刺激され、当時イギリスで高い評判を得ていた、本格的な百科事典としてはヨーロッパで初めてのものであるエフレム・チェンバーズ（1680～1740）の『百科事典・技芸と科学に関する普遍的事典』（1728）の翻訳・出版に参画したことが、『百科全書』の出発点であった。

『百科全書』は、1751年に第一巻が公刊され、第2、第3巻の続刊は、いくつかの困難を切り拓いて実現され、第4、5、6、7巻は、それぞれ年を追って1754、1755、1756、1757年と続いて出版された。

その後は、ダランベール、ルソーなどが脱退したためもあり、しばらく中絶した。この間には、発売を禁止されるという受難もあった。終始この労作に傾倒したディドロが、不屈な意志と情熱でもって戦い通したのは、まさにこの時期である。

第8巻から第17巻までの10巻は、1756年に出版され、その後はもはや中絶というほどのことはなく、1772年までさらに図版11冊ができ、ついに完成を遂げたのである。

我々にとって『百科全書』が問題になってくるのは、自然科学的かつ技術的な側面においてである。ディドロは、『百科全書』において、科学と技術とにわたる諸々の事項を叙述するとどまらずに、科学と技術とが相互に助け合うものであること、したがって「それらを結合する鎖がある」⁸⁾ことを強調している。

科学に対する理解が、技術を通じて深められていることが知られるとともに、この全書の中では科学や技

術の取り扱い方が、技術において見られるような具体的処理の特質を示していることが目立っている。「私たちの諸知識の系譜と家系、すなわちそれらを誕生させたはずの諸原因とそれらを相互に区別する諸特性、を吟味すること」⁹⁾ が企てられているのである。

4. 「趣意書」の精神

科学と技術との連携をこのように探り求め、啓蒙に役立てようとしている哲学的精神は、編纂者のうちのおそらくディドロが、最も強く抱いていたものであろう。この書の序論は、ダランベールの署名になっているが、ディドロがその前に書いた「趣意書」に基づいてできたものである。

先に述べたように、ディドロは刃研ぎ「職人」の息子として生まれたが、実はカント(1724~1804)も馬具「職人」の息子として生まれたのであった。カントほど、技術について精細な思索を描き残した哲学者は他にいないし、ディドロほど、技術の精神について深い洞察を示した思想家は他に類を見出せない。それは、彼らの出自と無縁ではないと考えられる。

「趣意書」は、ディドロが執筆した『百科全書』の出版予告である。その中でディドロは、当時提案されたチェンバーズの『百科全書』の翻訳で「事足れり」としなかった理由として、次のように述べている。「学問においてはあきれるほどの多くの事項が足りず、自由芸術においては数ページが必要であったところに一語しかなく、また機械技術においては全部を補充せねばならないことを、私たちは見出したのである。なるほどチェンバーズは本をたくさん読んでいるが、技術家たちにほとんど会わなかった。しかしながら、仕事場でしか学べない事項がたくさんあるのだ」¹⁰⁾ といっている。これは、たいへん含蓄のある言葉である。

そして、『百科全書』そのものの内容紹介で、「この『百科全書』の全内容は、結局三つの大項目に帰着しうる。すなわち、学問と自由芸術と機械技術。まず始めに学問と自由芸術に関して述べ、そして、機械技術で終ろう」¹¹⁾とこの三つをまったく同等に扱い、機械技術を重視している。これは、これまでの歴史において珍しいことである。

「私たちはパリやこの国の熟練工に言葉をかけた。私たちは彼らの仕事場にないって、質問し、口述を筆記し、彼らの考えを詳述し、彼らの職業に固有な用語を抽出し、その一覧表を作製して定義を与え、前もって手記をもらった人々と会話し、そして(ほとんど不

可欠の用心だが)一方の人たちと長いたびたびの対話によって、他の人たちが不完全に曖昧に時として不正確に説明していたことを訂正する、という労をはらったのである。技術家たちのうちには同時に学問のある人もいるし、私たちはここでその名を挙げることもできよう。しかしその数はきわめて少ない。機械技術を行使する人々の大部分は、ただ必要からその技術を身につけたただけであり、ただ本能によって作業するだけである。彼らが使う道具や作る製品についてある程度の明晰さで自分の考えを表現することができるのは、千人のうち十二人もいないくらいである。私たちは、四十年間も自分の機械について何も理解しないで働いている職人たちに会った。私たちは彼らのもとで、ソクラテスが誇りとした役目、すなわち、精神にお産をさせるとい骨がおれ慎重を要する役目、精神の産婆をつとめねばならなかったのである」¹²⁾。

「しかし、自分自身が働き、自分の手で機械を動かす、その製品ができるのを目の前で見るのでなければ、それについて正確に語るのがむづかしいほど、非常に特異な職業や非常に手のこんだ操作がある。それゆえ、幾度も、機械を手に入れて組み立て仕事をしてみる——すなわち、いかにして立派な作品がつくられるかを他人に教えるために、いわば徒弟となって自分自身でそのまづい作品を作ってみる——必要があったのである」¹³⁾。

「それぞれの技術について、私たちは以下のような方法に従ったのである。私たちが論じたのは、次の諸点である。(1)原料、その産地、それを用意する仕方、その性質の良否、その種類の多様さ、それに加工前と加工中とで加える操作。

(2)主要製品とその製法

(3)道具と機械——その細部の各部品と部品の集合の全体——の名称と説明と形状、また、内部や側面等を理解するのが適当な鋳型その他の断面図、を私たちは示した。

(4)一枚ないし数枚の図版で、職工と主要な作業法とを私たちは説明し図示した。その図版で読者は、ある時は技術家の手だけを、ある時はその技術の最も重要な製品を作っている最中の技術家の全像を、見る事ができる。

(5)その技術に固有な用語を可能なかぎり最も正確に蒐集して定義した」¹⁴⁾。

現場における技術についての当時の模様が、このように行き届いた仕方で、『百科全書』の序論のうちに

書かれているということ、私たちは見逃してはいけないのである。

なお序論の中に、編纂者たちは生涯の仕事場へ画家を連れて行き、道具や機械をスケッチさせたことも記されており、こみ行った機械については、製品の知識から機械の仕組みを探り、機械の知識から製品の性質を知る必要のあったことなども叙述している。

『百科全書』が、発明の世紀といわれる18世紀のほどに現われて、近代人に対して技術が文明の中で何ほどかを占めているかを教えたことは、技術史の中で大きな出来事であるといわねばならない。

この企ては、実際に技術の発達を促したのである。私はここにフランス人たちに愛好せられるガラスの生産技術について、一例を挙げておこう¹⁵⁾。

この方面の技術について、『百科全書』は新しい他国の工夫や創案を記し、念の届いた図をもはさみ、貴重な記述を怠っていない。18世紀には、冶金や窯業において燃料(木炭—石炭—コークス)の使用で技術が動揺し発展したが、ガラス瓶づくりにおいて、フランス人は固く閉じられたつぼの使い方を知らなかった。木炭であれば、開かれたつぼで煙のために色を乱されることはないが、石炭やコークスではこの点で影響を受ける。閉じたつぼの使用のことは、イギリス人は早くから知っていて効果をあげていた。

フランス人がこの点で技術を一步進めたのは、『百科全書』の中にあるガラスづくりの技術の項にある注意に基づいたものである、と考えられる。

5. 技術の思想 — おわりにかえて —

まず、ディドロは「科学と技術の起源」について、次のように述べている。

「科学や技術を生み出したものは、その必要性のためとか、その奢侈のためとか、その娯楽のためとか、あるいはその好奇心のために、自然の産み出した物にもつばら注がれた人間の精励である」¹⁶⁾。

では、科学と技術の相異はどこにあるのであろうか。ディドロによると技術とは、対象が実際に作製される場合、作成に当たって手引となる諸法則の集合や技巧上の手筈である。これに対して、科学とは、対象が熟視されるだけならば、その観察の結果の集合と技巧上の手筈である。そこで、形而上学は科学であり、道徳は技術であるという¹⁷⁾。

次に、「技術の理論と実践」について、次のように説明している。

「すべての技術には理論と実践とがある。その理論とは技術の諸法則の非操作的な認識にほかならず、その実践とはその法則そのものを習慣的かつ無反省的に使用することにすぎない」¹⁸⁾。

理論を知らずに実践したり、実践を弁えずに理論に精通しようとしたりしても難しい。すべての技術は、実践で困難があらわれ、思いがけない現象に出会い、理論でその現象が説明され、困難が取り除かれる。したがって、自分の技術についてよく語りうる技芸家のみが正しく考えて行けるといえる。

次に「自由芸術と工芸技術の区分」を述べる。そこで、この区分には根拠はあるが、好ましくない結果をもたらした。「大いに尊敬すべき、かつ非常に有用な人びとの品位をいやしめ、私にも何かよくわからない、精神の遅鈍を、自然にわれわれのうちに強めたのであり、このためわれわれは次のように信じこむようにしむけられることとなった。すなわち、経験や個々の対象——感覚的であろうと物質的であろうと——に、恒常的かつ継続的に没頭することは、人間精神の尊厳にふさわしからぬことであると、また、工芸技術を実践することは、あるいは研究することさえも、その探究は骨折り多く、その省察は下賤であり、それについての説明は困難、それとかわりをもつこと是不真面目、その数はつきることなく、そしてその価値はとるにたらぬような事柄にまで身をおとすことであると、信じさせられるようになった」¹⁹⁾。

このような偏見は、ベーコン(1561~1626)やコルベール(1619~1683)のような賢者たちにはない。それどころか、ベーコンは工芸技術の歴史を「真の哲学のもっとも重要な部門」²⁰⁾と見ていたので、その実践を軽蔑しようという考えはなかったのである。またコルベールは、「人民の精励と工場の建設とを王国のもっとも確実な富」と見ていたという²⁰⁾。

「技術の一般的目的」については、次のようにいう。それは「自然によって与えられた土台に、ある一定の形式を印刻すること」²¹⁾である。そして、工芸技術については、これまでの著述家たちが、わずかしか語らなかったのが、ディドロは愛着を感じるとして、こう述べている。

「工芸技術においては、人間の能力というものは自然の物体を近づける、あるいは遠ざけることに帰するのである。人間から見れば、この接近または隔遠の可能、あるいは不可能によって、すべてが可能、あるいは不可能となる」²²⁾。

「工芸技術の一般概論の企画」については、次のように述べている。工芸技術の起源は、しばしば無視されており、その進歩もぼんやりとしか認識されていないため、あらゆる時代の、文明的であろうとなかろうとあらゆる国民により、工芸技術に専念している人への軽侮の念が抱かれていたという自然な風潮があるという²³⁾。

こうしてデイドロは『百科全書』の中で技術関係の項を採用、執筆するに当たって、まず職人の世界、マニファクチュアの世界の中に、秘かに内包されつつも、明示的な公共の知識、いわば社会の公共財産として記帳され、確認されたことのない技術の細目を、文章と図版の形で明示的に表現しようとする仕事にとりかかった。

そこで、デイドロは『百科全書』では、できる限り詳細に製品の原料、産地、加工上の操作、品質、道具や器械の内部構造、さらに職人の技術的介入も含めた製品の製造工程のチャート、あるいは特殊な用語類などを掲げるように努めたという。

そして、そうした記述において図版の果たす役割の大きさを考え、ハードウェア、ソフトウェア、あるいはアセンブリー・ラインのシステム分析を、できる限りわかりやすく、図示するように心がけたともいっている。

これは、デイドロが如何に技術の問題に腐心していたか、という点をよく示している。確かにここでの技術の思想は、熟練工を中心とするマニファクチュア規模の産業構造の中での技術を扱っており、産業革命後の、労働の質の低下と均一化からくる工場労働者の問題や巨大工業の本質についての視点は、望むべくもない。

しかし、一方において職人に対しては、自らの技術を客観的・明示的に位置づけるための科学的な、あるいは組織的な知識体系を読み取る機会を与える。また他方において一般の人々に対しては、技術の世界で行われ起こっていることが、実際の私たちの生活にどう関わってききているのか、という点を具体的に把握する機会を与えようとする。こういうデイドロの目論見は、科学と技術と人間の生活が否応なく強力な形で結び合わされ、一つの社会的制度として機能し始める、

産業革命以後の近代的な科学技術の様相を、先取りしていたといえよう。

参考文献

- 1) パオロ・ロッシン：哲学者と機械—近代初期における科学・技術・哲学—（科学史研究叢書第1巻），伊藤和行訳，p. 39（学術書房，1989）
- 2) 中川久定：デイドロ（人類の知的遺産 41），p. 340（講談社，1985）
- 3) 前掲書，p. 209
- 4) 『百科全書』の引用は、デイドロ・ダランベール編：百科全書一序論および代表項目—（岩波文庫，1971）による。p. 138
- 5) チャールズ・C・ギリスピー：客観性の刃—科学思想の歴史[新版]，島尾永康訳，p. 113（みすず書房，2011）
- 6) 出典は不明であるが、角界（大相撲の社会）での上下関係しきたりの厳しさについて、使われる言葉である。兄弟子または番付が上のものが下のものに理不尽なことをいい、従わなければ殴る、あるいは従っても殴るといような状況をいう。
- 7) ルソオ：懺悔録 中巻（石川戯庵訳），p. 506（岩波文庫，1950）
- 8) 『百科全書』，p. 18
- 9) 同前，p. 19
- 10) 同前，pp. 141—142
- 11) 同前，p. 148
- 12) 同前，pp. 156—157
- 13) 同前，p. 157
- 14) 同前，p. 158
- 15) 同前，p. 300
- 16) 同前，p. 295
- 17) 同前，p. 296
- 18) 同前
- 19) 同前，pp. 296—297
- 20) 同前，p. 297
- 21) 同前，p. 299
- 22) 同前
- 23) 同前

カントにおける「自己意識と自由」について

On the Self-Consciousness and Freedom in Kant's Philosophy

笠井 哲

福島工業高等専門学校一般教科

Akira Kasai

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of General Education

(2017年8月17日受理)

The purpose of this paper is to consider the self-consciousness and freedom in Kant. The philosophy of his transcendental idealism opened out by subjective spontaneity. The subjective spontaneity action is free as thing in itself. The action of the subjective self-activity is called apperception. The action of the apperception becomes the problem of the self-consciousness. The subjective self-activity acts as free spontaneity while being conscious of oneself as the person of wisdom.

Key words: Kant, self-consciousness, freedom, spontaneity, self-activity, apperception,

1. はじめに — 問題の所在 —

批判期のカント（1724～1804）の自由論において、最大の問題は、消極的自由と積極的自由とが直接つながるのか否か、ということである。消極的自由すなわち超越論的自由は、「自由による原因性」として措定されアンティノミーに陥った。この超越論的自由¹⁾は、後述するように「論理的自由」が批判的に反省されたものである。論理的自由とは、自己意識が自発性として働いたものである。本稿の目的は、カントにおける「自己意識と自由」について考察することである。

カントは、『道徳形而上学の基礎づけ』の第3章において、自由を「純粹実践理性からの自由の概念の演繹」²⁾の問題として論じる。そこでまず「生命を持つ存在者が理性的である限り、意志はそのような存在者の持つ一種の原因性であり、自由は「このような原因性の特性」³⁾であるとされる。そして自由についてのこの説明は「消極的であり、それゆえその本質を洞察するためには不毛」³⁾であるが、そこからは「それだけに、ますます豊富で実り多い自由の積極的概念が生じてくる」³⁾。この両者をつなぐはずのものが演繹である。この自由の積極的概念は、特殊な種類のものであるが、決して無法則のものではなく、「不変の法則に従った原因性」³⁾であり、「意志の自律以外のものではありえない」⁴⁾。この意志の自律とは、「自己自身をまた普遍的法則として対象となしうるような

格律にしたがってのみ行為し、それ以外の格律にはしたがわないという原理のみを示す」⁴⁾のものであり、「このことはまさしく定言命法の範式」であり、道徳性の原理であり、したがって「自由な意志と道徳法則に従った意志とは同一である」⁴⁾とカントはいう。

この演繹は、これだけではきわめて曖昧であり、疑問が起こってくる。まず「自由な意志」と「道徳法則に従った意志」とが一義的に同一であるならば、もともと何も「純粹実践理性から自由の概念を演繹」する必要などないであろう。

演繹の必要があるのは、両者が同一ではなく、また「自由の概念の分析によって、道徳性はその原理と共にそこから帰結してくる」⁴⁾からでもなく、「道徳性の原理は常に総合的」⁴⁾だからである。この総合的とは如何なる意味か。またカントはここで、「意志の自由が前提されるならば」⁴⁾と条件を付けているが、それは意志の自由が前提されない場合もありうることを示している。

『道徳形而上学の基礎づけ』における自由の問題は、意志の自由として論ぜられ、最初から実践的な形で取り上げられているように見える。しかし、そこで消極的であるといわれている「一種の原因性」として自由の考察は、その性質からいって「超越論的自由」としてもともと理論的考察に属するものである。したがって、演繹を広い意味に解するならば、その中には自由

の理論的考察から実践的考察への移行行きも含まれているのでなくてはならない。

ところで、超越論的自由と呼ばれる自由の理論的考察とは、「自由による原因性」が存在するという正命題も、それは存在しないという反対命題も、いずれも矛盾を含まぬものとして成立することを示すものであった⁵⁾。したがって、演繹は、単に自由を前提する人たちに対してのみならず、それを否定する人たちに対しても説得力を持つものでなくてはならない。次に「自由の概念の演繹」が、その意味で成功したといえるかどうかという点から検討してみよう。

2. 自由概念の演繹

演繹が広い意味に解されるならば、それは次の二つの課題を持つことになる。つまり、「理性を持っている人間にとって、自由の理念を持つことは必然的かどうか」、「自由の意識は必然的に道徳性と結びつくかどうか」⁶⁾、この二つの必然性が示されねばならない。ところでカントはこの演繹の過程において、「自由はあらゆる理性的存在者の意志の特性として前提されねばならない」ことを論じ、「意志を有するあらゆる存在には、その存在者がその下でのみ行為するところの自由の理念をも必然的に与えねばならぬと主張」⁷⁾するが、その後で「それゆえ我々は、そもそも自由の理念において道徳法則つまり意志そのものの自律の原理を、単に前提しただけに止まり、その法則の実在性と客観的必然性を、それ自体として証明することはできなかつたように見える」⁸⁾と反省し、さらに「率直に告白されねばならないことだが、ここには一種の循環が示されており、その循環から脱出することはできないように見える」⁹⁾といっている。

その循環とは、「我々が自分自身を目的の秩序において道徳法則に服していると考えられるためには、自分たちが作用原因の秩序において自由であると想定し、そして後になって、我々は自分に意志の自由を付与したのだから、自分でこの道徳法則に服していると考えられる」⁹⁾という循環である。つまり前述のように、「自由な意志と道徳法則は同一」つまり交換概念であって、互いに一方を他方の説明根拠とすることは許されないのに、その禁令が犯されているという指摘である。

この指摘は重要である。なぜならそれは、道徳が道徳である所以の説明を不可能にするものであり、たとえ我々に道徳法則の定言命法が示されたとしても、カント自身もいうように「一体私はなぜこの原理に、し

かも理性的存在者一般として服すべきなのか」¹⁰⁾説明できないということであり、「一体なぜ法則としての我々の格律の普遍妥当性が、我々の行為の制約的条件でなくてはならないのか、そして我々がこのような仕方の行為に付与する価値はきわめて大であるべきであって、一般にこれより高い如何なる関心も存し得ないほどであるが、我々はこの価値をどこに根拠づけようとするのか、そしてまた人間がかかる行為によってのみ、自分の人格的価値を感ずると信じ、これに対して快もしくは不快の状態の価値は無に等しいと考えられるのは、どうしてそうなるのか、という問を發する人に、如何なる満足のゆく答えも与えることはできないであろうから」¹⁰⁾という状態に陥ることだからである。もし、道徳法則の演繹が可能であるとすれば、そこには何らかの意味で、この循環を越えるものがないとはならない。

カントによれば、この循環を越える「一つの逃れ道が我々にはまだ残されている」¹¹⁾。それは「我々が自由によって自分をア・プリオリな作用原因として考える場合、我々は自分を、行為によって生じた眼前に見ている結果として見なす場合とは、別な立場をとっているのではないかと究明してみる」¹¹⁾という方法である。「自由によって自分をア・プリオリな作用原因として考える場合」とは、自分を物自体として考えるということであり、「自分を行為によって生じた眼前に見ている結果として見なす場合」とは、自分を行為として現われた現象として見なすということである。

ところでカントが超越論的観念論と呼ばれる立場を提示したとき、最初から力説しているのは、批判は客観を二つの意味において、つまり現象もしくは物自体として解することを教えるということであった。してみると、今カントが自由から道徳法則への演繹の過程において論理の循環を見出し、それを越える「逃れ道」として持ち出してきたものは、超越論的観念論という彼の哲学の本来の立場なのである。この立場が、果たして自由の理念を単に前提するだけでなく、意志の自律の客観的実在性を意識させ、それをさらに道徳性と結びつけるだけの必然性を示しうるかどうか。このことが改めて検討されなくてはならない。

3. 主観の自発性

まず、論じなければならないのは、我々が当面している自由の問題が、カントの本来の立場である超越論的観念論と如何なる関係をもつのか、ということであ

る。それは、換言すれば、カントの哲学において自由は、そもそも如何なる形で問題になってくるのかということである。周知のように、自由が最初に主観的に論じられるのは、超越論的弁証論のアンティノミー論においてである。カントによればアンティノミー論とは、「たとえば誰かが超越論的感性論における直接的証明に満足しない人がいる場合に、現象の超越論的観念性を間接的に証明しよう」¹²⁾とするものであるという。したがって、自由の問題は、アンティノミー論で間接的に論じられるに先立って、すでに何らかの形で直接的に論じられているのでなくてはならない。

対象の認識が主観における現象についてのみ成立し、物自体の認識は不可能であるというのが超越論的観念論の立場である。これは、カントによれば、経験において「如何にして純粋数学は可能であるか」¹³⁾という問題を追究するとき必然的に生じてくる。

その議論は『プロレゴメナ』の方が簡潔であるが、「現在すでに驚嘆すべき広がりを持ち、将来に対して無限な拡張を約束する偉大な確証された認識」¹⁴⁾である数学は、「その概念をあらかじめ直観において、しかもア・プリオリに、したがって経験的ではなく純粋直観であるような直観において描出しなければならぬという特性」¹⁵⁾を持っている。

しかし、これに際して「あらゆるものをア・プリオリに直観することは如何にして可能であるか」¹⁶⁾という難問が生じる。なぜならば「直観とは、直観が対象の現存に直接依存であるような形での表象」¹⁷⁾であり、対象の現存に依存するということは、ア・ポステリオリであるということであり、ア・プリオリな直観とはならないからである。

この難問の解決策としてカントが見出したのが、直観の超越論的観念性である。すなわち「もし我々の直観が、物をそれらがあるがままの形で表象するという仕方のものであるならば、如何なるア・プリオリな直観も成立しないであろう」¹⁸⁾し、「もし私の直観が私の主観において、私がそれによって諸対象から触発されるあらゆる現実的な印象に先行する感性の形式以外の何ものをも含まない」¹⁹⁾とすれば、その感性の形式はア・プリオリでありうる。

「なぜならば感官の諸対象がこうした感性の形式に従ってのみ直観されるということ、私はア・プリオリに知りうるから」²⁰⁾である。その現象のア・プリオリな形式が空間および時間であり、現象と物自体を区別する超越論的観念論の立場は、経験において純粋数

学的認識を根拠づけようとするところに成立する。

このことは、カントが数学的認識を学問的認識の典型と見て、それに従って人間の認識の構造を考えようとしたことを意味している。ところで、周知のようにカントは、数学的認識を単にア・プリオリであるだけでなく、ヒュームやライブニッツと異なって、それを総合的であると考えた。数学的認識が分析的であるか総合的であるかという問題は、今日でもいろいろ論のあるところである。しかしカントにおいてはっきりしているのは、彼が数学の公理的性格を考え、たとえば幾何学的認識における三角形の諸性質は、概念を分析することによってではなく、その概念をユークリッド空間において構成するところに見出されると考え、それを総合的と呼んだということである。

カントは、「二等辺三角形を論証した最初の人に一筋の光が射しそめた」²¹⁾という。「なぜならば彼は、図形においてみたものや、あるいは図形の単なる概念を追跡し、いわばそれから図形の諸性質を学びとるのではなく、概念に従って自分でア・プリオリに考え入れ、構成によって描出したものによって産み出されねばならないということ、そして確実にあるものをア・プリオリに知るためには、彼が自分の概念に従ってみずからその中におき入れたものから必然的に帰結するもの以外には、何ものもその事柄に付加してはならぬことを見出したからである」²²⁾。

したがって総合的にア・プリオリな数学的認識が成立するためには、経験に先立って「自分の概念に従ってみずからその中におき入れる」という作用が先行していなければならない。それは主観の自発性の作用であるといつてよい。カントは、「すべての我々の認識が対象に依準しなければならない」²³⁾という従来の想定の下では、「対象に関してア・プリオリに概念によって、対象について、それによって我々の概念が拡張されるような決定をしようとするあらゆる試みは破滅する」²⁴⁾ことを論じて、「対象が我々の認識に依準する」²⁵⁾という試みを提唱し、それをコペルニクスの転回に比しているが、それは上述の主観の自発性を中心とする立場のことである。カントの超越論的観念論の哲学は、主観の根源的自発性に注目するところに開けてきたといつてよい。

4. 自発性と自由

次に論じたいのは、超越論的観念論の立場を開く主観の自発性の作用は、そのもの自体として自由である

ということである。自由とは、それを消極的に表現すれば自然法則に支配されないということであり、空間および時間の外にあるということである。

今まで我々が超越論的観念論の立場を開くものとして論じてきた主観の自発性は、すべての直観に先立って直観の中へとおき入れられるものなのだから、それ自体すべての空間的・時間的規定に先立ち、したがって自由であると考えられるのは当然である。

問題は、超越論的観念論の立場に従って、この自発性の活動性そのものは認識されうるものではなく、単に前提されているという以外に、いようなものがないということである。

しかしまた、この自発性を前提することなしには、カントの哲学は始まらない。おそらく1770年代の後半の批判哲学成立期に書かれたものと推定される、次の二つのレフレクションは、その消息の片鱗を示すものである。そこには、主観の自発性の自己活動性が、自由という節で表現されているのを見ることができる。

「ある理性的存在者の現象において、単に相対的に始まるだけで、時間の上からその現存在に関して一つの規則を規定するある他のものを前提するようなものは、このことの中に、始まることなく、そして時間の上から如何なる先行する状態にも従属しないものにおいて、叡知者としてその根拠をもっている。このことの中に、自分の理性の現員としての理性的存在者の自由が成立する。なぜならそれは、自分自身をア・プリオリに規定する能力だからである」²⁰⁾。「すべて我々の行為および他の存在者の行為は（必然的に）必然化されている。ただ悟性（および悟性によって規定されうる限りでの意志）のみが自由であって、自分自身以外の何ものによっても規定されていない純粋な自己活動性である、この根源的で不変な自発性なしには、我々は何ものをもア・プリオリに認識しないだろう。なぜならば我々はすべてに対して規定されており、そして我々の思考さえも経験的な法則の下に立つことになるだろうからである。ア・プリオリに思考し行為する能力は、すべての他の現象の根源の可能性の唯一の条件である。当為すならんらの意味をもたないであろう。

自由と絶対的必然性は唯一の純粋な理性概念であって、それらは説明不可能なものではあるが客観的である。なぜならば理性という場合には、普遍的なものから特殊なものに進み、しかもそれをア・プリオリに行う、つまり端的な必然性をもって行う自己活動性

が理解されているからである。規定可能なものに関しては絶対的必然性、そして規定するものに関しては自由である」²¹⁾。

これらのレフレクションに、我々が求めている自由の概念のもっとも根源的な形を見ることができるであろう。幾何学の始まりについての所見に見られるように、認識は「自分の概念に従ってみずからその中におき入れる」という主観の自発性の作用から始まる。逆にいえば「この根源的で不変な自発性なしには、我々は何ものをもア・プリオリに認識」しえない。そして、その自発性の作用は自由である。

してみるとこの自由なしには、我々の一切のア・プリオリな法則的認識は成立しえないことになる。カントは「我々は自由の理念において道徳法則つまり意志の自律の原理を、単に前提しただけ」²²⁾に過ぎないのではないかと反省していたが、道徳法則の問題はしばらく措くとしても、少なくとも理論的認識に関しては、自由は単に前提されただけではなく、それなくしては法則的認識が成立しえない、という必然的な関係において、根源的に法則的認識に先行している。自由は理論的認識に関して、最初からその成立の存在根拠なのである。カントが「偶然的術語であるすべてのものに関する論理的自由」²³⁾といているので、この根源的自由を「論理的自由」と呼んでおこう。

第三アンティノミーにおける「超越論的自由」は、この「論理的自由」が批判的に反省されたものである。根源的必然的に前提されるものでも、それ自体としては認識されえないものである論理的自由は、もしそれを「自由による原因性」として措定することになると、そこにアンティノミーが生ぜざるをえない。それを示すことにより「現象の超越論的観念性を間接的に証明しよう」とするのが超越論的自由の問題である。論理的自由は、超越論的自由と「いわば表裏の関係に立つものであり、自由による原因性は前提されねばならぬが、それ自体認識不可能であるという事態を、互いに逆な面から表現している」²⁴⁾といえる。

「論理的自由」は、現象における理論的認識に必然的に先行するが、それ自体としては「時間の上から如何なる先行する状態にも従属」せず、「始まることのない叡知者」であり、本体的な作用であり、現象ではなく物自体に属する。したがってそれは、「自由による原因性」として認識されることが、その本性上不可能なものである。しかしそれなくしては、一切の理論的認識は始まりえない。認識不可能なものを以て認識

を始めようとするのは、一見矛盾して見えるが、カントの超越論的観念論が、こうした一見矛盾と思われるものの対立的緊張関係に、その基礎をおいていることは、注意されねばならないだろう。

5. 自己意識 — おわりにかえて —

批判哲学と呼ばれるカントの超越論的観念論の哲学は、フェノメナとしての現象とヌーメナとしての物自体とを区別し、我々の認識は、前者についてのみ成立するものとするところから始まる。先にこの区別を、対立的緊張関係と呼んだ。しかし批判とは、客観を同時に現象として、もしくは物自体そのものとして教えるものであり、この対立を単なる論理的対立として捉えるのは誤りである。

「物自体」は、確かに「現象でないもの」であるが、「石自体」が同時に「石でないもの」であるなどというのが無意味であるように、「現象」と「物自体」は論理的に対立するものではない。対象の認識が現象においてのみ成立するとは、物自体を排除することではなく、「現象一般という概念からおのずから生ずるのは、現象にはそれ自体現象でないある者が対応しなければならないということ」²⁵⁾であり、「現象という語がすでにあるものとの連関を暗示している」²⁶⁾のであり、対象の認識はこの「暗示された連関」の必然的關係において成立する。

その必然的關係を構成するのが感性と悟性である。現象としての表象の多様は、主観が触発されるままに直観に与えられる。しかし感性的な直観の多様は感覚の断片ではなく、多様を多様として時間関係において成立させる結合は、「決して感官によって我々の中に入ってくることのできるものではなく、それゆえまた感性的直観の純粹形式において、同時に含まれているということはあるにない。なぜならば、結合は表象力の自発性の作用であって、そこで我々はこの自発性を、感性と区別して悟性と名づけねばならないから」²⁷⁾である。結合はまた、「主観の自己活動性の作用」²⁸⁾であるともいわれ、「純粹統覚」もしくは「根源的統覚」²⁹⁾と呼ばれ、「私のあらゆる表象に伴いうるのでなければならぬ」ような「私は考える」という統一作用である。対象の認識は、この悟性と、それとは区別された感性的直観の結合において成立するのでなくてはならない。

この結合について論ずるのが、『純粹理性批判』の「超越論的演繹論」である。この問題に詳しく立ち入

らないが、問題連関から取り上げておかねばならないのは、それ自体としては叡知的な自由な作用である主観の自発性が直観表象の中におき入れられたときに、現象と物自体という、必然的な対立的緊張関係を惹起し、それを維持しつつ、如何なる形でその統一作用を遂行するのか、換言すれば統覚の統一作用は、如何に意識されるのかという自己意識の問題である。

周知のようにデカルトにおいては、「私は考える」という思惟は直接「私はある」という存在の自己意識に繋がる。しかし感性の直観表象と悟性の知的表象が対立的緊張関係において区別されるカントにおいては、そこに「内的感官の形式の解明におけるパラドクス」³⁰⁾と称するものが現われてくる。つまり「内的感官は我々自身すらも、ただ我々が自分に現象するままに意識に描出するだけであって、我々が自分自身においてあるがままに描出するのではないということであり、それはつまり我々が自分を内的に触発されるがままにしか直観しないからなのであるが、このことは、我々が自分自身に対しても受動的なものとして関係しなければならなくなるということによって、矛盾であるように見える」³¹⁾というパラドクスでもある。

しかし上述の引用で注意しなければならないことは、「我々が自分を内的に触発されるがままにしか直観しない」といわれていることである。触発される内官が存するならば、それを触発するものも存在しなくてはならない。「それゆえ悟性は、内的感官においてたとえばすでにこのような多様の結合を見出すのではなく、悟性が内官を触発することによって、そのような結合を見出すのである」³²⁾。

「我々は、思考の中でそれを引いてみることなしには、如何なる線も考えることはできない」³³⁾ように、あるいはまた「時間でさえも、我々が内的感官をそれによって継起的に規定するところの多様なものの総合の働きのみ注意到し、そしてまたこのことにより、内的感官におけるこうした規定の継起に注意することがなければ、表象できない」³²⁾ように、触発された直観表象は客観化されていても、そこにはそれらの直観表象を触発し、その多様を生み出す主観の純粹統覚が働いており、表象されるものが外感であろうと内感であろうと、結合する統一作用が働いていることには変わりはない。悟性の自発性と感性の受容性ととの区別は、内的表象においても依然として維持されている。

してみると悟性と直観の総合において意識される「私は考える」という統覚の自己意識とは、「自分自

身においてあるがまま」つまり物自体としての意識でもなければ、「自分に現象するがまま」つまり現象としての意識でもなく、両者の対立的緊張関係をそのまま維持した上での意識である。

カントは「これに反して私は、諸表象一般の多様なものの超越論的綜合において私自身を意識しているが、それは私が自分に現象するままにでもなければ、私が自分自身においてあるがままにでもなく、ただ私は存在する、ということだけを意識しているのである」³⁴⁾ といい、さらに「この表象は思考であって、直観ではない」³⁴⁾ といっている。

それ自体は自由なものである主観の自発性の自己意識は、「ただ私は存在するということだけ」の意識である。この箇所の註で、カントはこの自己意識を詳しく分析している。「私が考えるということは、私の現存在を規定する作用を表現する。それゆえそのことによって現存在はすでに与えられているが、私が如何にしてそれを規定するかというその仕方、つまりこの現存在に属する多様なものを私の内に定立すべき仕方は、そのことにより、まだ与えられていない」³⁵⁾。

そして私が「別の自己直観」つまり知的直観を持たぬ限り、「私は自分の現存在を、自己活動的存在者の現存在として規定することはできず、私は自分の思考の自発性を、つまり規定作用の自発性を表象するだけである」³⁶⁾ といい、さらに「しかしこのような自発性があればこそ、私は自分を叡知者と名づけるのである」³⁶⁾ と付け加えている。主観の自己活動性そのものの現存在は規定できない。しかし、それはむしろ主観の現存在を規定する作用として、自分を叡知者として意識しながら、自由な自発性として働くのである。

参 考 文 献

- 1) 拙論：カントにおける「超越論的自由」の構造について、『研究紀要』第52号所収，pp. 43-49（福島工業高等専門学校，2011）を参照。
- 2) 引用は、アカデミー版全集により、巻数（ローマ数字）と頁数（アラビア数字）を表記する。
 - 3) IV. 446
 - 4) IV. 447
 - 5) 『純粹理性批判』の引用は、慣例により第1版をA，第2版をBとし頁数（アラビア数字）を表記する。A. 444-446，B. 472-474
 - 6) IV. 447
 - 7) IV. 448
 - 8) IV. 449
 - 9) IV. 450
 - 10) IV. 449
 - 11) IV. 450
 - 12) A. 506，B. 534
 - 13) B. 20，IV. 280 (*Prolegomena*)
 - 14) ebenda (*Prolegomena*)
 - 15) IV. 281
 - 16) IV. 282
 - 17) B. X I
 - 18) B. X II
 - 19) B. X VI
 - 20) X VIII. 176
 - 21) X VIII. 182-183
 - 22) IV. 449
 - 23) X VIII. 183
 - 24) 門脇卓爾：カントにおける自由概念の形成とその四つの意味について、『ゲーテ年鑑』第26巻所収，p. 137（日本ゲーテ協会，1984）
 - 25) A. 251
 - 26) A. 252
 - 27) B. 129-130
 - 28) B. 130
 - 29) B. 132
 - 30) B. 152
 - 31) B. 152-153
 - 32) B. 155
 - 33) B. 154
 - 34) B. 157
 - 35) B. 157. Anmerkung
 - 36) B. 158. Anmerkung

芸術家かつ科学者としての司馬江漢の思想について

On the Thought of Shiba Kokan as the Artist and the Scientist

笠井 哲

福島工業高等専門学校一般教科

Akira Kasai

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of General Education

(2017年8月31日受理)

The purpose of this paper is to consider the thought of Shiba Kokan. He was an artist and a scientist roll in one. Kokan formed the new viewpoint for nature through the western painting. His interest was astronomy in science. Kokan is known as the introducer of the Copernican theory. However, his thought was affected by the earth, globe theory.

Key words: Shiba Kokan, artist, scientist, western painting, astronomy, globe theory

1. はじめに

司馬江漢(1747~1818)は、わが国洋画の先駆者として、また地動説の普及者としても知られている芸術家かつ科学者であった。日本における地動説の紹介は、江漢に始まるわけではない。しかし、江戸時代の知識人の間に地動説を普及させた功労者は、江漢であるといっても過言ではない。

彼は、蘭学者たちから知識を吸収し、啓蒙家として紹介に努めた。江漢の真の独創性は、むしろ思想家としての活動に認められる。本稿の目的は、司馬江漢の思想について考察することである。

江漢の生涯を二つに分けるなら、天明8年(1788)、51歳の折に長崎への西遊の途に上ったことをもってすべきであろう。彼は、それまで学んでいた洋画の技を極めるために、長崎まで行った。だがこの旅行では、その方面では失望せざるをえなかった。

しかし、思いがけずに彼を待っていたのは、西洋窮理学の世界である。彼のその後の興味は、絵画から自然科学の方へ傾斜して行く。かつて大西祝が、江漢を我が国のショーペンハウエルに擬した¹⁾のは、江漢晩年の著作『春波楼筆記』以後に展開された思想を通じてであった。

しかし我々は、江漢の最晩年の著作のみを検討するわけにはいかない。というのは村岡典嗣の見解、すなわち「江漢の思想の完成せる姿が、その晩年の著なる春波楼筆記や天地理談に於ける、反省と思索とに求む

べきことは明らかである。しかもまた、他方にその完成せる姿には、青年時代以来の江漢が、人間として又思想として脱離されたのではなくて、むしろ畳み込まれた。而してこの関係が、人格的にも思想的にも、一種の矛盾を現じて、江漢を特色づけてゐる。思ふにこの矛盾について考へることが、江漢を理解する端緒である」²⁾ というのは正しいからである。そこで、江漢の前半生から注意して見ていくことにする。

2. 洋画への開眼

司馬江漢は、前半生において如何なる生涯を送り、如何なる思想を形成したのであろうか。彼の前半生の中心は、絵画にあった。では、如何なる画歴であったのだろうか。彼は、次のようにいっている。「わたしの先祖には絵など描いた者がいたのだろうか。私の伯父は生まれながらに絵がうまかったというが、わたしにもその血脈が伝わったのか。——私は六歳のとき、焼きものの器に雀の模様があるのを見て、その雀を紙にうつして伯父に見せたことがあったし、十歳ごろになると達磨をかくのが好きで、何枚も描いてはこれも伯父に見てもらった。その後大きくなってからは狩野古信について学んだ。だが和画(日本画)は俗っぽいと思ったので、かわって宋紫石(楠本雪溪)についた。そのころ鈴木春信という浮世絵師がいて、当世の女の風俗を描くのがうまかったが、四十すぎでにわか死んでしまった。それでわたしは春信のにせものを描い

て版画にしてみたところ、それをにせものという人もなく、世間ではわたしをすっかり春信あつかいにしてしまった。だがわたしは春信ではないのだからいつまでもそれに従うわけにゆかず、春重と号して、唐画(漢画)の仇英や周臣の彩色法に学んでわが国の美人を描くことにした。たとえば夏月の図では、薄ものの衣に裸体がすきとおって見えるすがたを唐画の画法で描いたし、冬付きの図ではあばらやのまわりに竹林があり、庭に石燈籠などがあって、みな雪にうもれているところを、淡墨で唐画のなかの雪のように隈どりして描いたりした。そのうえ、ちょうどそのころから、婦人の髪の毛の鬢をふくらませる鬢さしというものが考案されて、そのため髪の毛の結いかたが一変したが、さっそくそれを絵のなかにとりいれて描いたところ、たいへん世にもてはやされた。しかしこんな絵ばかりかいてはわがが名を失うことになりはせぬかと思ひ、以後筆を捨てて二度とこの方面の絵は描かなかった³⁾。

その後江漢は、26歳の折に、平賀源内に出会う。源内は彼に、洋画を習い、銅版画を試みることを勧めた。この勧めを実現することは遅れたが、洋画への開眼は江漢の生涯に大きな影響を与えた。彼は洋画を通じて、自然の新しい観方を教えられた。

江漢は源内の物産の学ひにひかれ、安永2年(1773)、源内の鉱山開発に際して、秋田まで同行している。源内の鉱山の見立ては確実でないことを知って、やがて離れてしまう。だが、この時以来、源内を通じて窮理の世界への憧憬を抱き始めた。秋田に行った年から5年経った安永7年、41歳の折、江漢は前野良沢の門を叩いて蘭学を学んだ。彼の場合、相弟子の大槻玄沢とは違って蘭学の方は、文字通りの初歩にとどまった。

しかし玄沢の助けによって、天明3年(1783)46歳の年に、ボイスのウォーデンブークの技巧の部を研究し、それによって銅版画の製作に成功した。そして50歳ごろからは、オランダの画法の書によって、油画製作の技法を学んだ。

ところで良沢の門を叩いたことは、彼にとって如何なる意味があったのだろうか。江漢は語学的には、その師から大槻玄沢ほどには、多くを学ぶことはできなかったようである。しかし、良沢の普遍主義的側面は、玄沢によってよりもむしろ江漢によってより多く吸収されたらしい。

彼の画論の背景をなしているものは、窮理の思想と実学の思想である。江漢は、『西洋画談』で次のよう

にいつている。西洋画は筆意というようなことより、ただ造化の意、すなわち天地自然の理をとらえることのみを眼目とするのである。それにくらべれば和漢の絵画は単なるなぐさみものにすぎず、ものの用に立たない。そのうえ西洋画の画法では、濃淡によって、対象たる物の明暗や、凹凸や、遠近や、深淺の度をあらわして、その物の真のすがたを正確に再現する。そのことによって文字と同じように情報・知識の伝達に役立つのだが、特に物の形状などは文字でいくら書いてもわからず、結局画によらない限り伝えることはできない。そのため、西洋の書籍には画図によって物を説明しているものが多いのである。西洋画は、だからけっして和漢の画のように、主席の余興に一筆腕をふるって遊ぶ、といった気軽な遊戯などではありえない。真に実際の用に役立つ技術であり、また政教の道具でもあるのだ⁴⁾。

また、『春波樓筆記』では、次のようにいつている。「ところで、絵画のもっともいいところは、見たことのないものをすぐその場で見せてくれることにある。だから絵は対象をありのままに写しだすのでなければ、そのせつかくの妙用もむだになってしまう。たとえば富士山は他国にはない山である。外国人がそれを見ようとしたら、絵でなければ見られない。しかしその絵がただ筆意・筆法のみをとんとんで富士山にちっとも似ていないというのでは、絵のいい点が、なんら發揮されていないことになる。ものの真を写すことができるのは蘭画である。蘭画では、わが日本の唐画とちがって、筆法・筆意・筆勢というようなことをいわない。ただ対象であるものを真に写して、山水なら山水の現地にいるかのように感じさせる方法なのである。写真鏡という道具があつて、それによって万物を写しとるのだ。だから見ないものを描くということはけっしてない」⁵⁾。

このような彼の考え方は、江漢が若い時源内によって示された蘭書の銅版画挿絵に触発されるところが大きかったであろう。そして彼の遺した多くの銅版画の中には、こうした真と実用とが結びついたものが多いのである。しかし彼の油画や銅版画は、決してそのような実用画の類だけではない。そこには、実用を離れた新しい美の世界がある。だとすれば、そこには真と美との新たな結合がなければならない。その点を江漢がどう考えたのであろうか。彼は次のようにいつ。絵画というものは、くり返して言うように、写真、つまり真を写しているものでなければすぐれたものとい

えない、画とするにたらないからである。その写真というの、山水・花鳥・牛羊・木石・昆虫などのたぐいの何を描いても、見るたびごとに新鮮で、画中の物がみな生きて飛び、動いているように見えることである。これは、西洋風の画法でなければできないことなのである⁶⁾。

江漢の画論は、リアリズムの画論として発展し、深められていく端緒だったのである。さらにまた重要なことは、江漢が洋画とその社会との関係において、一つの自覚を持っていたことである。彼は『春波楼筆記』でいう。洋画においては、「絵を製作するのに、五色の絵具はどれも、にかわ水ではなく蠟油を用いて調製して使う。貴人の酒席にはべって座興に描くなどということは不可能なのである。文字と同じでたわむれにあつかうべき画法ではない。国用の具なのである」⁷⁾。続けて、また次のようにいっている。「わが国の人は自然万物の理を窮める（窮理）ということ好まず、天文・地理などのことも好まない。浅慮短智である。わたしがこの日本にいながら、この国の人たちとちがうのは、わたしのおかしたはなはだしい間違いの一つである」⁷⁾。

3. 西洋に対する讚美

彼の絵画上の活動は文化3年（1806）、69歳の折に退隠書画会を開くまで続いた。しかし、長崎への旅行の後では、主要な関心が窮理学特に天文学の方に移って行った。西洋の天文学、特に地動説の普及のための精力的な啓蒙活動が始まる。我が国における地動説の紹介ないし主唱の功は、志筑忠雄（1760～1806）に譲らねばならないとしても、地動説の啓蒙者として彼の果たした役割は大きい。

この時期の地動説そのものについては、ここで紹介しない。問題は、地動説の背後にある彼の窮理思想が、文化や社会等の諸問題に、如何なる仕方で展開したかということである。窮理ということについて、彼はこういっている。「遠西ノ諸州ハ、格物窮理ヲ学デ天性空言・虚談・妄説ヲ不為、近ヲ不取、必ズ遠ヲ慮テ、目前ノ利ヲ不言」⁸⁾。

では、彼の格物窮理は、如何なる仕方で広い意味の社会思想として展開したのであろうか。まず、指摘されねばならないことは、中華意識からの解放ということである。

このような中華思想批判に見られる彼の普遍主義的志向は、当時の知識人たちの中国文化への隷属意識

と西洋に対する偏見への批判となっている。

前者について興味深いのは、それが文字の問題と結びついていることである。彼はこう考えている。日本は往古から漢字を用いている。そして漢字に通ずる者を儒者といっている。

しかし世界万国のうち漢字を用いる国は、わずか三国に過ぎない。他の国はみな、訓をもって字としており、それは我が国の仮名のようなものといえる。したがって、そうした国では「師ナクシテ天地ノ理ニモ通ズル也」⁹⁾のである。

彼がここでいっていることの要点は二つある。一つは、当時の日本人が世界通用のものと思っていた漢字が、実は地方的な存在に過ぎないということである。もう一つは、西洋諸国の文字が音を表したものであり、容易に文字を習得することができ、したがって我々が師なくして天下の理に達することができるということである。

その後、山片蟠桃（1748～1821）や本多利明（1743～1821）により、西洋の文字の習得が如何に容易であり、西洋人が如何に能率的に文化を吸収し、知を磨くかということが強調されるが、江漢の洋字論はこうした考え方の嚆矢であろう。

江漢は、西洋人についての当時の偏見から完全に開放されていた。否むしろ賞賛の念さえ抱いていた。彼は、次のように述べている。「樹木谷（芝白金）の織田候（大和芝村藩主）の隠居をたずねたときのこと、織田某と云って公家衆だそうだが三十あまりの人が客として来ておられた。その某氏が言われるのは『江漢は西洋のオランダのことをよく知っているそうだな。オランダ人は人類ではなくて、獣の類だそうじゃないか。それにしても細工はなかなか気の利いたことをするものだ』——そこでわたしは答えてやった。『人は獣に及びません』と」¹⁰⁾。

西洋の道徳に関しては、「一切異端二不従、五倫ノ道ヲ以四時万国二相通ジ」¹¹⁾と、それを五倫の道と同一視している。これを見ると、58歳当時まで儒教的な価値観から解放されてはいなかったようである。

しかし、次の箇所をみると、本当の関心事は儒教的な五倫の道ではなく、西洋においてあらゆる人間が、人間としての平等性を保証されていることということであったといえる。「彼国ノ学ハ天文ニ本キ、孝貞・忠信・人倫ノ道ヲ専ラニシテ、貴トハ天子・諸侯ヲ云、卑キトハ農夫・商工ナリ。然ニ、天ヨリ是ヲ定ムレバ同ジ人ナリ、禽獸・魚虫ニ非ズ」¹²⁾。

これを見ると、彼は身分制の否定までは考えていないが、人間の尊厳が尊重され、人間が人間らしく生きることのできる社会を如何に強く望んだかがわかる。もちろん江漢以前でも、身分制の存在を一応容認しつつ、人間の平等を唱えたタイプの思想家がいなかったわけではない。

西洋に対して上のような態度をとっていた江漢は、晩年、松平定信の外交政策に対して批判的であった。『春波楼筆記』において、「白河侯（松平定信）は博学で頭のいい人ではあるが、地理のことに關してはまだ勉強の足りないところがあるように思われる。（侯は蝦夷地にやってきたロシア使節に対して長崎に廻れと命じたが）長崎まで千里もの遠路であることだし、そのうえ蝦夷地で交易を開けば、蝦夷地はひとりでに開けることにもなるだろう。また侯がやたらにキリシタンを恐れるのはいったいどういうわけか。信長がキリシタンの宗法を信じて、かの国の僧がおおぜい渡来するのを許したため、僧たちは日本がすばらしい国であることを知り、ひそかにこの国をとろうと考えたのか、多くの民衆を手なづけ服従させた。その後になって神祖徳川家康公は、この宗法の影響をにくむようになり、キリシタンの残党が群れをなして徒党を組んだり、さらに大乱のもととなったりする危険を見こして、きびしい禁令を出されたのであった。しかし今の日本では、たとえロシア人がこの宗法をひろめようとしても、誰ひとりとしてそれに従うものはいまいと思われるのだ」¹³⁾ といひ切る。

そして文化2年（1805）、長崎に交易を求めてきたロシア使節レサノットに対する幕府の処置を不当とし、江漢は『春波楼筆記』の中で「一概に夷敵あつかいにしたのは、国としての礼儀に反することではなかろうか。レサノットはいやしくもかのロシア国王の使者だったのである。ロシアの王も王たる以上、わが国の王と異なるところはないはずだ。そもそも礼とは人間の踐むべき道の第一歩なのである。それに反した今回の措置は、衣冠を正した人の前に裸で立ったようなものである。彼らはきっと日本人をまるで禽獣のようだと思っているにちがいない。ああ、まったく嘆かわしいことだ」¹⁴⁾ と慨嘆している。

4. 自然哲学と人間観

次に、江漢の自然哲学とその人間観への展開を見てみよう。自然哲学に関しては、精密の度においては差があるけれど、後期を通じて基本的な相違はない。

まず、彼の天についての理解から見てみよう。『和蘭天説』に、「天ノ虚ハ非ズ、天ノ蒼々タルハ空色ナリ。天必ズ色ヲ不設、天気ノ之ニ塞滿テ空隙ナシ」¹⁵⁾ という。

ここにはすでに、朱子学的な天の観念はない。天は自然科学的に、そして感覚的に捉えられている。

では、この問題が人間論として展開されるとどういうことになるか。『和蘭天説』で、次のようにいっている。人の体を破ってみると、木を切ってみたら木の中に花実はないようなものである。木の中には脂があるだけだ。そしてこの木の生命の本体は、この脂なのである。人間の体を破ってみる。そこには膏があるだけだ。そしてこの膏こそ木の脂にあたるものであり、人間の生命の本源なのである。膏に火をつけると燃える。だとすれば膏は火である。人間の意識の作用を考えてみよう。頭の中で膏が最初に考える。その後で胸でこれを憶う。人間の呼吸作用を見よう。それは、韃を吹くようなもので、天の気を呑んだり吐いたりして、その膏の日が消え無いようにするのである、火が消えれば人間は死ぬ、人間の喜怒哀楽の情は、みな膏のつかさどるところである。すなわち、自分というものはみなこの膏である¹⁶⁾。

そしてこの後で、「火ハ神（タマシヒ）ナリ」¹⁷⁾ という。これは、火一元論からの人間の生命や精神作用についての説明である。

さて彼の自然哲学の人間論への展開は、『春波楼筆記』において、如何になされたのだろうか。江漢は、「いま西洋の天文学、大自然の窮理の学に照らして考えてみると、この天地の中にはなにひとつとして静止しているものはない。日輪・五星・地球・月、みな動き、旋り、一刻としてとどまることがない。もとより生物である人間が、走り、動き、惑い、迷うのも、その天と同じ作用に従っているのにほかならない。目に物が映り、耳に音がひびき、神経はそれによって外界を認知する。すると物欲・色欲・食欲が生じて、人間は貴賤を問わずその欲のためにじっと静かにしていることができなくなる。しかしこの三つの欲望のために迷い、惑うというのは、まさに活着しているものの本質である」¹⁸⁾ という。

また、次のようにもいう。「わたしは名利という大欲に駆られて奔走してきた。名をもとめ、利をもとめ、この二つのものに迷い続けて数十年におよんだ。だがいまになって考えてみると、名のある者はその身にわずかのあやまちをおかしても、たちまちひろい世間に

知られてしまい、名がなければ、あやまちをおかしても誰にもしられないですむ。これは名声を得たことへの後悔であって、いまになってはじめてそれがわかった。ずいぶんおろかなことではないか」¹⁹⁾。

さらに、人間の欲望について『春波楼筆記』で、次のような見解を示している。「人は百歳になっても欲念のぬけるということはさらさない。老人は恥じて言わぬだけのことだ。情気（色欲）というのはすなわち神経の働きであり、魂そのものの作用である。人間が生きて動いているうちはこの欲念がある。老僧が杖にすがっていても、その心根にはこの念がひそんでいる。鳥が轉るのも啼くのもみな発情するからである。虫が羽を動かして音を出すのも盛りのあらわれだ。秋の末になって西風が吹き、ものみな枯れ落ちようとするところ、なお草のなかにかれがれに虫の声がする。死ぬまぎらまで声を発しつづけるのは、まことに奇妙につくられているものである。これは実はみな（それらの活物をつらぬく）天の火のはたらきなのである」¹⁹⁾。

そして、「人間だけは、智恵というものがあって、その智恵のために自分を苦しめ、一生涯この浮世で迷いつづける。その点では、貴賤上下の差なくみな同じだ。下の賤しいものから上の貴い身分の者を仰ぎ見ると、歓楽のみがなくて苦しみがないように思われる。自分より下の賤しい者を見下せば、苦しみがなくて楽しいことはなにもないように思われる。だがそれはじぶんのことはわかっても、他人のことはわからないための迷妄である。上下いずれもそれぞれの苦しみと愉しみはあるのだ。その苦しみや楽しみは、名誉欲や利欲のために生ずるのであり、その欲を投げ捨てさえすれば心は安らかになるはずである。ところが、欲を捨てれば捨てたてまた別な苦しみと楽しみが追っかけてやってくる。だから修行者となって山林に入って住んだり、市井の隠者となったりしても、ほんとうに安逸を楽しむことはできるものだろうか」²⁰⁾ というのである。

人間の欲望と智恵との相剋葛藤からくる苦悩から、如何にして脱離するかが、江漢の人生の最後の時期の最大の関心事となったといえる。

5. 地球体説 — おわりにかえて —

さて、江漢の思想に決定的な影響を与えたのは、実は「地球体説」であった。『独笑妄言』の中で彼は、「今から三百三十八年前、ホログホ国のコウペルという者が、この地球をはじめ、他の五つの星、月なども

すべて、球体であることをつきとめ、地動説というものを発表した、西洋の古い考えでは、はじめ地の形は三稜だとし、のちは方隅だと主張されていたのである。聖人孔子でさえ、天は円く、地は方だといい、釈迦は須弥山というものを中心にして世界を説明し、これを諸経の中で説いていた」²¹⁾ といっている。

この一節から、江漢もコペルニクスの地動説を知っていたのだ、江漢に影響を与えたのは地動説であるという結論を導き出すかもしれない。しかし、残念ながら天動説から地動説への転換は、キリスト教文化圏はいざ知らず、少なくとも、仏教と儒教と神道の三教文化圏には、何の衝撃も与えなかったに等しい。

むしろ、本質的な衝撃を与えたのは「地球は丸い」、否「地は丸い球としての地球」という事実であった。だからこそ、江漢は、「コウペルという者が、この地球をはじめ、他の五つの星、月などもすべて、球体であることをつきとめ」といい、西洋古代の地三稜説、中国の地方説、インドの須弥山説を列挙しているのである。

人類史の中で、地球の球体が三角だとか四角だとか須弥山状だとかいう想定は、それぞれの時代とそれぞれの文化圏で現実性を持ち、人間の思想や文化や宗教の根本を支配していたわけであるから、三角や四角や須弥山状と考えられたものが、実は球体であったとなれば、これが思想成立の本質に関わらないと考える方が不自然であろう。

江漢が地球体説から得た収穫には、巨大なものが二つあった。一つは、幕藩体制を縦に一貫する「上下定分の理」から解放される本体論的根拠、もう一つは、思想・文化・宗教の民族的相対化の本体論的論拠である。前者について、江漢は次のようにいう。「この大地というのは球であって、天のなかにかかっている上下のないものだ」²²⁾ と。

この上下否定論は、三浦梅園やその他の思想家も大きな影響を受けた『天経或問』²³⁾ からの情報に基づいている。江漢は『和蘭天説』でいう。「万国には、各々その邦の聖教があつて、それによって国民を治めている、支那の国のことを『中華』と称し、我が日本国のことを『葦原ノ中津邦』と称するようなものである。この論法でいくと地球の『中央』に相当しない邦はなくなってしまふ」²⁴⁾。

このような徹底した相対主義の視座を、18世紀後半の日本人が構築していた事実は驚きである。このような相対主義は、当時の日本の思想界を支配していた儒

教的中華主義と仏教的中華主義の独善を攻撃し、否定しそこから解放される論拠にもなった。江漢は、相対主義による民族の自立を標榜しながら、日本における儒者と仏僧の墮落に我慢がならなかった。「わが国には儒者という者がいる。かれらが聖典として仰ぐのはシナの書であり、そのシナの文字を読む者を儒者というのである」²⁵⁾。

当時の日本の指導者の主な教養は儒教であり、武士は朱子学で理論武装していた、だから、儒者とは本来的に政治家であった。それを単なる「シナの文字を読む者」つまり「リーディング・マシン」に過ぎないと決めつけたのだから、この舌鋒はなかなか厳しい。仏僧に対するそれは、さらに一段と徹底している。

「また僧という者がいる。釈迦の残した八万のことは、それをおさめた仏教教典のすべてに通じている者のことである。だがその釈迦の国、天竺では梵語が使われていたのであり、シナ人がそれを漢字に翻訳したのだが、要するにそれらはみなたとえ話やつくり話にすぎず、もともと一言もまともにわかるはずがないのだ。だいたい僧侶で仏とはなにかがほんとうにわかった者など、いたためしが無い。ただたくさんいるのは、人をだますことがうまい坊主ばかりだ。むかし名僧といわれたような人たちも、つまりは他人をだまし惑わせた人種だが、そのやりくちがいまになお残っているのだ」²⁵⁾。

江漢は、このように儒者と僧侶を攻撃した後で、日本人のよるべき指導原理を示して、次のように主張している。「それにくらべわが国の神道は、ただひたすら正しくまっすぐで、人間の道を開いた始祖を神霊として祀って」²⁵⁾ いるというのである。

司馬江漢が立脚した、地球相対主義の視座の帰結が、虚無主義に墮落せずに「神道」を中心とした日本主義に傾斜している事実は、地球体説がもたらしたものの豊かさを示しているといえよう。

参 考 文 献

- 1) 大西祝：司馬江漢の世界観、『大西博士全集』第七卷所収，pp. 159—197参照（警醒社，1904）
- 2) 村岡典嗣：市井の哲人司馬江漢—思想家としての司馬江漢，前田勉編『新編 日本思想史研究—村岡典嗣論文選（東洋文庫726）』所収，p. 228（平凡社，2004）
- 3) 司馬江漢：春波楼筆記，芳賀徹編『日本の名著22 杉田玄白 平賀源内 司馬江漢』所収，pp. 427—428（中央公論社，1971）
- 4) 司馬江漢：西洋画談、『日本思想大系64 洋学上』所収，pp. 491—492参照（岩波書店，1976）
- 5) 司馬江漢：春波楼筆記，pp. 429—430
- 6) 司馬江漢：西洋画談，p. 493参照
- 7) 司馬江漢：春波楼筆記，p. 430
- 8) 司馬江漢：和蘭天説、『日本思想大系64 洋学上』所収，p. 447（岩波書店，1976）
- 9) 司馬江漢：和蘭天説，p. 448
- 10) 司馬江漢：春波楼筆記，p. 446
- 11) 司馬江漢：和蘭天説，p. 452
- 12) 同前，p. 485
- 13) 司馬江漢：春波楼筆記，p. 464
- 14) 同前，p. 465
- 15) 司馬江漢：和蘭天説，p. 455
- 16) 同前，pp. 481—482参照
- 17) 同前，p. 482
- 18) 司馬江漢：春波楼筆記，p. 431
- 19) 同前，p. 438
- 20) 同前，p. 460
- 21) 司馬江漢：独笑妄言，芳賀徹編『日本の名著22 杉田玄白 平賀源内 司馬江漢』所収，p. 492（中央公論社，1971）
- 22) 同前，p. 493
- 23) 17世紀中国の游子六（游芸ともいう、子六は字）による原著。前集(1675年)と後集(1681年)があり、『天経或問』は、一般には前集のことを指す。日本には延宝年間に輸入されたと推定される。それまでの中国天文書は、大部分暦の計算方法ばかりを論じていたのに対して、本書は初等的ながら西洋天文学に基づく天文学全般を扱った一般書だった。鎖国以後、日本人が西洋天文学について最初に知った本といってよい。そのため、我が国では専門家から一般人にまで非常に注目された。幕末まで解説書、注釈書が出版され、多方面に影響を及ぼした。例えば、貞享暦を作った渋川春海（1639～1715）も、本書によって太陽の近日点の移動に気づいたとされる。
- 24) 司馬江漢：和蘭天説，p. 449
- 25) 司馬江漢：春波楼筆記，p. 461

藤沢周平『残日録』における隠居の生き方について

On the Way of Life of Retired Person in Fujisawa Shuhei's *Zannjitsuroku*

笠井 哲

福島工業高等専門学校一般教科

Akira Kasai

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of General Education

(2017年8月17日受理)

The purpose of this paper is to consider the way of life of the retired person in Fujisawa Shuhei's *Zannjitsuroku*. The sorrow of the aging is one of the things making the flow of this novel. By the physical condition of the day, mind may get excited and may be depressed, and the sense of balance collapses. This will be reality of the old age. Seizaemon revivifies vitality from human relations.

Key words: Fujisawa Shuhei, *Zannjitsuroku*, way of life, retired person, human relations

「衰えて死がおとずれるそのときは、おのれをそれまで生かしたすべてのものに感謝をささげて生を終えればよい。しかしよいよ死ぬるそのときまでは、人間はあたえられた命をいとおしみ、力を尽くして生きぬかねばならぬ」¹⁾。

1. はじめに

上に引用した一文は、『三屋清左衛門残日録』（以下『残日録』と略記する）のものである。これは、同時期に書かれた『蟬しぐれ』²⁾と並び、藤沢周平(1927～1997)の長編小説を代表する作品である。

『残日録』の主人公は、家老に次ぐ用人にまで出世し、今は隠居の身の清三屋左衛門である。『残日録』には、藩の仕事に致仕し、52歳で三屋家を隠居したばかりの清左衛門の心境が、次のように描かれる。

「勤めていたころは、朝目ざめたときにはもうその日の仕事をどうさばるか、その手順を考えるのに頭を痛めたのに、隠居してみると、朝の寝ざめの床の中で、まずその日一日をどう過ごしたらいいかということから考えなければならなかった。君側の権力者の一人だった清左衛門には、藩邸の詰所にいるときも藩邸内の役宅にくつろいでいるときも、公私織りまぜておとずれる客が絶えなかったものだが、いまは終日一人の客も来なかった。

清左衛門自身は世間と、これまでにくらべてややひかえめながらまだまだ対等につき合うつもりでいた

のに、世間の方が突然に清左衛門を隔ててしまったようであった。多忙で気骨の折れる勤めの日日。ついこの間まで身をおいていたその場所が、いまはまるで別世界のように遠く思われた」³⁾。

隠居は、現代では定年退職⁴⁾である。上の引用には、定年退職したばかりの男の心境が、余すところなく語りつくされている。引退した彼は、世間から隔離されたような自閉的な感情に襲われた。そこで、委縮する気持ちを払いのけるため、道場通いを再開し、子どもたちに交じり、塾で経書を読むことにした。老いてからの鍛錬と勉学は、現在でも有効であろう。

ただし、清左衛門は隠居の身だから経済的には窮屈であることは否定できないが、国元の屋敷を出ずに隠居部屋も与えられ、文字通り隠居という立場を利用し、ある程度社会に役立つ仕事をしながら、悠々自適の生活を送ることができるのだから、恵まれた環境といわなくてはならない。本稿の目的は、この『残日録』における隠居の生き方を考察することである。

2. 『残日録』とは何か

まず、『残日録』というタイトルは何を意味しているのか。「残された日々の記録」と読めば、老いの寂しさを感じ取らないわけにはいかない。

物語の中でこの『残日録』を巡って、日記の書き手三屋清左衛門が、息子又四郎の嫁の里江から訝しがられる。三屋清左衛門は、又四郎に家督を譲り渡し隠居

したばかりであった。

「でも、残日録というのはいかがでしょうね」

里江にははなれた机の上においた日記の文字が読めるらしかった。里江は眼に舅の機嫌をとるような微笑をうかべている。

「『いましておにぎやかなお名前でもよかったですのは、と思いますが』

祝い事の掛りの報告は口実で、嫁はわしの様子を見に来たのではないかと、清左衛門はふと思った。数日沈んだ気分であった間は、それが外にも現われずにいなかったろう。

『なに、心配はない』

と清左衛門は言った。

『日残りテ昏ルルニ未ダ遠シの意味でな、残る日を数えようというわけではない』

『そうですか』

『いろいろとやることが出て来た。けっこうわしもないそがしくなりそうなのだ』⁵⁾。

里江は本書で、終始よくできた嫁として描かれている。ものものしい釣り支度のわりには、成果の上がない清左衛門が、里江から「たくさん釣っておいでなさいませ。夜食のあてにしておりますよ」と声をかけられる。清左衛門は、それが景気づけの諧謔だとわかっているが、次のように思う。

「——それにしても……」。

清左衛門は微笑した。日ごろ生まじめな嫁があんなおどけを口にするのは、それだけ三屋の家にもひとにも慣れて来たということである。めでたいことだと思った。

清左衛門の年齢になると、そういうささいなことにも、ふと幸福感をくすぐられることがあった。珍重すべきことのように思われて来る⁶⁾。

そういう清左衛門も、若い頃には事件が多く、その荒波の中にいた。清左衛門が二十三歳の時、藩を二分する改革が近く起こるだろう、という噂で藩内は騒然となった。激突する二大勢力は、家老の山村喜兵衛と組頭の朝田弓之助を、それぞれの長とするグループであった。

どちらにつくかという選択で、清左衛門は同僚の金井奥之助と意見を異にした。家老の山村には、数々の失政があり、その証拠を朝田派はしっかりつかんでいる。家老に勝ち目はなく、と見たのは金井奥之助の方であった。

清左衛門は、そう読んで遠藤側についたのだ。金井

にも翻意を勧めたが、金井はうなずかなかった。結果は、清左衛門の見通した通りになった。

二十三歳で、それだけの予見と決断ができたのは、大したものである。清左衛門の器量の大きさがうかがわれるというものである。予見が的中した清左衛門とはずれた金井との間には、当然、その後の人生に大きな差がついた。三十年経って、清左衛門は二百七十石、金井は二十五石とまったく身分違いとなった。

金井は不遇を不満として上書を出し、それがかえって咎められ減石されるなど、悪い方へ、悪い方へと運がころがっていった。しかし、出世しなかった人間は、自分の不出来を反省するよりも、出世した人間を徒に嫉むものである。

三十年ぶりに清左衛門と再会した金井は、あまりにも大きい二人の距たりを目のあたりに見て、嫉妬のあまり理性を失う。「零落」の章で清左衛門を海に突き落とそうとしたのが、この金井奥之助である。

「零落」では、磯釣りをしている清左衛門は、「うしろから重い風のようなものがのしかかって」⁷⁾くるといふ危機に見舞われた。

とっさに横っ飛びに飛んで危機を免れたが、清左衛門に身をかわされて、自分が海に落ちる羽目になった男は、その日、清左衛門を磯釣りに誘った清左衛門の旧友の金井であった。彼は、出世した清左衛門を羨むあまり、凶行に及んだのであった。

さて、隠居した清左衛門は道場に通うとともに学塾清左衛門にも通い文武の道を再び修める。若者たちにまじって木剣を振るい、経書を開くと、「気持ち若返る感じがするばかりでなく、前途に、宮仕えのころは予想もつかなかった新しい世界がひらけそうな気もして来る」⁸⁾のである。

それも二百七十石になって隠居したからである。二十五石では、そんなのんきなことをいってはいらなかったであろう。

では、経済的にも健康的にも不足のない清左衛門の隠居生活は、何の憂いもないものか、というそうではない。清左衛門は、藩主の好意で建ててもらった別棟の隠居部屋で、日々を送ることになるのであるが、「夜ふけて離れに一人でいると、清左衛門は突然に腸をつかまれるようなさびしさに襲われることが、二度、三度とあった。そういうときは自分が、暗い野中にただ一本で立っている木であるかのように思い做されたのである」⁹⁾と強い孤独感にさいなまれたといふのである。

それを癒してくれたのが、あちらこちらから、彼に持ち込まれた頼まれごとであった。

3. 頼まれごとの解決

「醜女」の章で、町奉行が清左衛門のもとに持ち込んだのは、一人の娘が思いもよらない誤解のため命を奪われるかもしれない、という物騒な話であった。

清左衛門は若い頃、ひとかどの剣の使い手であった。君側に仕えて出世街道を歩いたため、中年以降は剣技を磨く暇がなかった。隠居したのを機会に、再び道場に通うことにしたのだが、「立会い人」の章では、その道場の若い道場主中根から、思いもよらぬ頼みを受ける。それは果たし合いの立会い人になってくれ、というものである。果たし合いは凄まじい死闘であった。土壇場の一瞬、あまりの緊迫感に清左衛門は、思わず目をつむってしまう。立会い人失格だ、と清左衛門は苦笑するが、後で気がつく。

清左衛門が目をとじたその一瞬の早業で、中根はそれまでの劣勢をひっくり返して、挑戦者を倒す。しかしその早業は、どうやらまともなものではなく、道場の高弟たちには見られたくないものようであった。「——すると……。

あそこで目をつむったのは、中根ののぞむところで、またたとえ目をあいていたとしても、おれには技の全容を見きわめられないことが、中根にはわかっていたのではないかと清左衛門は思った」¹⁰⁾。

たぶん、それが立会い人に自分が選ばれた理由なのだろうと、清左衛門は納得し、隠居老人というものにも、相応しい様々な役割があるものだ、と再び苦笑するのである。

清左衛門は、次から次とトラブルに巻き込まれる。それも簡単な問題ではない。ついには藩主の弟が陰謀に絡んで、毒殺されるという大事件まで持ち上がる。しかし、清左衛門はあわやというところでいつも危機を脱し、面倒な頼まれごとを見事に片づけていく。

「闇の談合」の章における清左衛門の立ち働きぶりは、目覚ましい限りである。先述のように藩にはもともと二つの派閥の対立があった。筆頭家老であった山村喜兵衛に従う派閥と、これに対抗する組頭の朝田弓之助一派の勢力である。組頭から家老に昇進した朝田は、山村の失政を暴き、班の主導権を握るが、まだ年齢も若く、経験不足ということもあり、三年で政権を投げ出す。

その後、山村喜兵衛の右腕であった遠藤治郎助が筆

頭家老の地位に上り、藩を支配することになるが、朝田派もこれに対抗して様々に手段を尽くす、といった状況なのである。

そうした中で、藩主の弟である石見守が毒殺されるという衝撃的な事件が発生する。藩主には、世継ぎとなるべき男子が一人しかいないが、生来病弱で頼りない。そこにつけこみ、石見守は自分の息子を藩主の養子とし、やがては藩の実権を掌握しようと企んだ。

この相談に乗ったのが、一方の派閥のリーダーである朝田家老である。ところが病弱だった藩主の息子が、いつの間にか見違えるように元気になり、養子の必要がなくなる。しかし、どうしても野望を捨てきれない石見守は、それでは思い切って藩主を毒殺してしまえ、と逆上する。

こういう無茶な人物とこれ以上つきあっているのは、自分の身が危うい、と思いついた朝田が先手を打ち、石見守を抹殺してしまった、というのがあらましの経緯である。真相は明らかになったが、問題はその始末である。表沙汰にすると、内紛の責任を問われ、藩自体が幕府からお咎めを受ける羽目になる。とあって、朝田を放置しておくわけにもいかない。朝田の権力を遠藤治郎助に渡し、引退させる。

もちろん、閉門、減石などの処分も合わせて行う。その言い渡しの大役を清左衛門にさせよ、と藩主の命令を受け、後任の用人がやって来るのだ。これは、本当に大任であり、隠居のやる仕事ではない。

用人は、君側に仕えるという特別な立場から、家中の一同からは一目も二目もおかれる存在ではあるが、身分としてはそれほど上位ではない。石高も清左衛門は、三百二十石であった。

ましてや、今は現役を離れた隠居の身である。それが現役の家老を相手に、因果を含める役をするのだから、並大抵のことではない。朝田は石見守を毒殺させた男だ。刺客を使い清左衛門を抹殺するぐらいのことはしかなれない。文字通り、命がけの対決である。

藩主の意向を聞き、「最後のご奉公という言葉が頭をよぎった。清左衛門は改めて軽く頭を下げて。うけたまわったと言った」¹¹⁾ という。そして、清左衛門は見事にその役を果たしたのであった。

さて清左衛門の人生には、女性絡みの事件も起こる。たとえば、「白い顔」、「梅咲くころ」のような艶っぽい話を取り上げておこう。艶っぽいといっても、その語られ方は実に洗練されたものである。

「白い顔」の章は、清左衛門が二十一歳の夏に自ら

体験したことである。湊町の魚崎から、家中の若い女性を同道して城下まで帰ることになった。若い女性は家中の若者なら、たいていは名前を知っているほど美人の聞こえが高い、杉浦兵太夫の娘、波津である。

途中、夕暮れ時に猛烈な雷雨にあい、二人は道端の庚申堂に入り雷雨をしのいだ。波津は格別に雷が苦手らしい。身体が振るえ、両腕で我が身をしっかりと押さえている。振るえがとまらず、白い顔を清左衛門の方に向けている。清左衛門は立って行き、波津のそばに腰をおろし、振るえる手を握ってやった。

やがて雷雨は唐突におさまり、洗われたような月に照らされながら、何事もなく城下に帰る。ただそれだけのことであった。ただそれだけのことだが、人に知られればただでは済まない。「話が外に洩れればたとえ雷のためとはいえ、男女相擁して済むと考える者はいまい」¹²⁾ というのである。二人は、決して誰にも洩らさないと約束する。

そして三十年後に、波津の娘である加瀬家の多美が、不幸な結婚で離縁しているのを清左衛門は知り、自分の周辺にいて最も信頼できる若者・平松与五郎に、妻合わすことになる。三十年のはるかな時間を越え、清左衛門の波津へのかすかな思いが生き延びている。この思いは、実際の男女の関係を邪魔しないのが特徴である。

また、たとえば「梅咲くころ」の章における松江の書き方にもそれが現われている。松江は十七歳とはいえ、女遊びで名を売っている村川某に騙されるような女であった。しかし、清左衛門がふと思いついて持ち込んだ藩屋敷の梅の枝に心を動かす。

そして十五年後に、帰郷した松江が清左衛門に再会する。これが、奥勤めの女性かと思われるほど魅力的になった。松江は、闊達で範を越えない女であった。「太ってはいるものの、松江はむかし清左衛門が感じたかしこさ、気持のやさしさをそのまま持ち続けているように思えたのである。そして色白のふっくらした顔には、それなりに若いころとは違ったうつくしさがあつた」¹³⁾。

4. 老いの悲しみと愉しみ

次に、「ならず者」と「草いきれ」の章の二篇に、触れておきたい。この二篇は、話柄がまったく異なっているにもかかわらず、「年をとる」ということが共通するテーマである。

「ならず者」の章は、「涌井」の女将である、みさ

の情夫で、料理人だった男を指しているが、一篇の主人公は、半田守右衛門という御納戸役人である。

半田は十年前、江戸屋敷で御納戸頭を勤めていた。仕事がよくできた手腕家であったが、商人から収賄があつたとして、国元に帰され平の御納戸役になり、家禄五分の一を削られた。ところが、江戸での改めの調べで、半田の収賄事件は冤罪ではなかつたかという疑いが出て来た。近習頭取が江戸からやって来て、清左衛門に改めの調べを依頼した。

江戸の収賄は、冤罪らしい。しかし現在、まじめな勤めと暮らしを實踐している半田が、なぜか、城に入りしている商人から、何がしかの金を受け取っていることが判明した。すなわち、収賄事件の移行である。

半田の家を継ぐ孫が厄介な病気に罹り、その高価な薬を買うため高利貸から金を借りた。返済のために、心ならずも出入りの商人から、僅かな金を月々受け取っていた、という事情を清左衛門がつきとめた。

年をとると、一家一族のための責任は大きくなる。しかし、家禄がそれにしたがって増えるわけではない。それが藩政の制度である。半田の話は、武家社会の経済的矛盾を示すとともに、そこで年をとっていくことの切なさを、それとなく語っている。

清左衛門は半田について、「肩の盛り上がったいかつい身体つきをしているが、半田の髪は半ば白くなつていた。年齢は清左衛門より二つ三つ下のはずだが、半田の顔を皺が深く、総じて老けて見える」¹⁴⁾ といっている。

「草いきれ」の章は、中根道場の少年たちの喧嘩沙汰を見て、清左衛門が同じことをやっていた自分の少年時代を回想する話である。喧嘩を通じて新しく友達になった吉井彦四郎は、清左衛門と一緒に釣りに行った帰途、落雷に打たれて死ぬ。

清左衛門が、替わって喧嘩をしてやった弱虫の小沼金弥は「脂ぎった大男」になって、勘定奉行まで勤めた。懐かしい思いに駆られて、小沼惣兵衛を訪問した清左衛門を、惣兵衛は新しく得た妾の家に連れていくのである。清左衛門はがっかりして、悪酔いするしかない。惣兵衛にも彼を訪ねる清左衛門にも、年をとることの切なさがついてまわっている。この妾について、「病気で倒れたとき、あの若い妾が親身に看護してくれるかどうかは疑問だと、清左衛門は思った。しかし惣兵衛も自分も、そういうことで足掻く齢になったのはたしかだと思ひながら、清左衛門は頭の痛みをこらえて歩きつづけた」¹⁵⁾ という。

加齢の悲しみは、そもそも清左衛門が隠居した「醜女」の章から、彼の心中の感慨としてあるいは彼の佇まいの描写としてあった。それは、この小説の流れを作っているものの一つで、最後まで消えない。

さて藤沢周平は、清左衛門という人物の造形にあたり、「諦念」と「精一杯」と「華やぎ」を、程よく調和させ、その老いゆく生命を輝かせている。

「諦念」が強くなり過ぎれば、塞ぎ込むことにもなるであろう。また「精一杯」が色濃く浮かび上がれば、頑迷という落とし穴にもはまることになる。「華やぎ」が過剰になれば、周囲の齟齬も買うことになる。

このバランスを上手く保ちながら、よりよく生きたいと心がけるのは至難の業である。その日の体調により、気が高ぶったり滅入ったりで、平衡感覚が崩れたりもする。これが、老いの現実であろう。清左衛門にしても、その内面は日々揺れ動いている。

「高札場」の章で、「いつの間にか倅夫婦に気兼ねする気分が生まれたようで、わびしくないことはないが、しかしそれが家の秩序というものだった。家の当主としての又四郎を立てなければならぬ、と清左衛門は思っている」¹⁶⁾ という。

「白い顔」の章で、「ひよっとしたら隠居気分が身について来たということかな、と清左衛門はいささかさびしくなる。世俗のことがおもしろくなくなるとは、老いは加速してこの身にのしかかって来るばかりだろう」¹⁷⁾ という。

こうしたせめぎ合いを抱えながら、三屋清左衛門は、人間関係の中から活力をよみがえらせる。そこには絵空事ではない、如何にも藤沢周平らしい虚実の皮膜さえも忘れさせてくれる、リアリティに溢れる、輝ける老いが描かれている。

さて、藤沢は54歳の時に、「剰余価値」というエッセイの中で、老いの愉しみについて書いている。

「年をとることはいやなことである。そのことに特別の飾りはいらないと思う。

ただしそういう認識とはべつに、私には、人間の老化は自然の現象で、じたばたしても仕方がないという気持もある、と言っても話はさほど矛盾するわけでもないと思う。人間はあまりいつまでも若若しくても困りものである。

やはり年相応に老いてみつもなくなっていくのが、一面、人間ののぞましい姿なのではなからうか。

そう観念すれば、年をとることはたしかに不愉快なことには違いないが、受け入れ難いほどに不愉快な現

象でもないようにも思えて来る。そして事実、年をとって悪いこと、いやなことだけがあるわけではなく、人生には長生きして得したということがあるのにも気づくのである」¹⁸⁾。

「長い間の気がかりがある日突然に解消される、“時の恩恵”とでも言うべきものは、おそらく長生きしなければ得られないものだろう。他を顧みるひまもなく、いっばいっばいに過ごして来たのが、老境に踏みこんだころになって、ようやく人生の剰余価値を受け取ることが出来るようになったということかも知れない。そうだとすれば、年をとることはまんざら捨てたものでもないのである。老後は闇ではあるまい。そこには若いころとは異なる、べつの光が満ちているようでもある」¹⁹⁾。

『残日録』にも、時の恩恵がやわらかに降り注いでいる。最後にこの点を考えてみよう。

5. おわりに

『残日録』の最終章は、「早春の光」と題される。藩政をめぐる政権交代のごたごたが、ここでも背景にある。ここに、清左衛門、佐伯熊太の前髪の頃からの友人、大塚平八が出て来る。彼は以前にも、「平八の汗」の章で登場していた。

平八は、代々御祐筆衆の家柄で八十石をもらっている。平八は、すでに息子に家督を譲り、清左衛門と同様、隠居の身である。それが中風で倒れた。病気そのものは軽く、外に出て歩く方がいいと医者にも勧められているが、本人は、右手右足が萎えて歩こうにも力が入らないと、臥せっている。

熊太にいわせると、医者が修練を積めば中風のあとでも目立たないほど歩けるといふのだから、歩けばよいのだ、そこがああ男のふんぎりの悪いところだとなる。つまり、「事にあたってきわめて慎重、といえは聞こえはいいが、要するに臆病なのだ。万事おっかなびっくりで、勇猛心が足らん。わしなら歩けといわれたら、あへのへんの塀につかまってでも歩く」²⁰⁾ということになる。「ひとにはそれぞれ流儀がある」²⁰⁾と熊太にいいながらも、それが老いかと清左衛門は思う。この最終章では、大塚平八を見舞って行こうかと足を向けたとき、本稿の冒頭に引用した文が出てくる。

著者は城山三郎との対談で、この箇所について、「あんな利いたふうなことを書かなきゃよかつた、いまだに頭の隅に引っかかっているんです」²¹⁾ といった。この点に注目し高橋敏夫は、「しかし、作品のなかで

は、この言葉は場面から突出しているわけではない。むしろ、場面に不可欠の言葉としてなじんでいる、といったほうがよい」²²⁾ という。

それは、次のような場面である。

「路地をいくつか通り抜けて、清左衛門は大塚平八の家がある道に出た。そして間もなく、早春の光が溢れているその道の遠くに、動く人影があるのに気づいた。清左衛門は足を止めた。

こちらに背をむけて、杖をつきながらゆっくりゆっくり動いているのは平八だった。ひと足ごとに、平八の身体はいまにもころびそうに傾く。片方の足に、まったく力が入っていないのが見てとれた。身体が傾くと平八は全身の力を太い杖にこめる。そしてそろそろとべつの足を前に踏み出す。また身体が傾く。そういう動きを繰り返しているのだった。見ているだけで、辛くて汗ばむような眺めだった。

つと清左衛門は路地に引き返した。胸が波打っていた。清左衛門は後を振りむかずに、いそいでその場をはなれた。胸が波打っているのは、平八の姿に鞭打たれた気がしたからだろう。

——そうか、平八。

いよいよ歩く練習をはじめたか、と清左衛門は思った。

人間はそうあるべきなのだろう。衰えて死がおとずれるそのときは、おのれをそれまで生かしたすべてのものに感謝をささげて生を終えればよい。しかしいよいよ死ぬるときまでは、人間はあたえられた命をいとおしみ、力を尽くして生きぬかねばならぬ、そのことを平八に教えてもらったと清左衛門は思っていた」²³⁾。

「家に帰りつくまで、清左衛門の眼の奥に、明るい早春の光の下で虫のようなしかし辛抱強い動きを繰り返していた、大塚平八の姿が映ってはなれなかった。今日の日記には平八のことを書こう、と思った。」²⁴⁾

家に帰った清左衛門は、嫁の里江にこの日家老によばれた件を話すとともに、納屋から釣竿を出すように頼む。「今年は、お早いお手入れでございますこと」とくすくす笑う里江に、

「『それからな』

清左衛門は機嫌よく、もうひとことつけ加えた。

『平八がやっと歩く練習をはじめたぞ』」²⁵⁾

という。作品はこのように閉じられる。老いることは、

諦めることでも、恐れることでもない。生きること、生きていまること、そして力を尽くし生き抜くのが、何ものにも代えがたいのであるといえよう。

参考文献

- 1) 藤沢周平全集 第二十一巻, p. 261 (文芸春秋, 1994)
- 2) 拙論: 藤沢周平『蟬しぐれ』における人間観, 『研究紀要』第51号所収, pp. 115-120 (福島工業高等専門学校, 2010) を参照。
- 3) 藤沢周平全集 第二十一巻, p. 12
- 4) 城山三郎: 「三屋清左衛門残日録」, 『わたしの藤沢周平』所収, p. 116 (宝島社, 2009) を参照。
隠居も定年も世代交代を目的に引退する点では共通しているが、「しかし隠居は自由意志に基づいた主体的な選択であるのに対して、定年は本人の意思にかかわらず引退する意味合いが強い」という。
楠本新: 定年後, p. 17 (中公新書, 2017)
- 5) 藤沢周平全集 第二十一巻, pp. 13-14
- 6) 同前, p. 98
- 7) 同前, p. 59
- 8) 同前, p. 48
- 9) 同前, p. 11
- 10) 同前, pp. 224-225
- 11) 同前, p. 235
- 12) 同前, p. 70
- 13) 同前, p. 136
- 14) 同前, p. 155
- 15) 同前, p. 178
- 16) 同前, p. 30
- 17) 同前, p. 72
- 18) 藤沢周平全集 第二十三巻, pp. 260-261 (文芸春秋, 1994)
- 19) 藤沢周平全集 第二十三巻, p. 262
- 20) 藤沢周平全集 第二十一巻, p. 216
- 21) 城山三郎・藤沢周平: 「日本の美しい心」, オール読物責任編集: 文集ムック『藤沢周平のこころ』所収, p. 87 (文芸春秋, 2016)
- 22) 高橋敏夫: 藤沢周平という生き方, p. 203 (PHP新書, 2007)
- 23) 同前, pp. 260-261
- 24) 同前, p. 261

雑誌「地方経済」からみた昭和戦前期における茨城県の地方都市

The Study about the value of the magazine “CHIHOKKEIZAI” for Understanding of The Local cities in IBARAKI Prefecture

川崎 俊郎

福島工業高等専門学校一般教科

Toshio Kawasaki

National Institute of Technology, fukushima College, Department of General Education

(2017年9月4日受理)

The purpose of this research is to examine the geographical value of economic magazine published in Ibaraki Prefecture. The name of the economic magazine is “CHIHOKKEIZAI”. The geographical value of this magazine is the following three points. First of all, you can grasp the rough composition of merchants and wealthians in each regional city in the 1930s. Next, you can learn the business organization and genealogy of each merchant and wealthy. Finally you can learn the typical of the establishment of business owners, the closing of business, and the formation of relative ship.

Key words: Local cities, economic magazine, IBARAKI Prefecture,

1. はじめに

近年、近代以降の地方都市研究において、商家同族団の展開から、都市機能の変化を解明する研究や、商工業者の構成から、都市構造を解き明かす研究がみられる¹⁾。これらの研究に関しては、個々の商家の経営資料や家族史に関する資料の利用だけではなく、地方都市に関する様々な民間資料の利用の拡大という特徴がある²⁾。

民間資料の代表例としては「大日本商工人名録」などの商工名鑑類、「繁昌記」や「案内記」の名を冠する各種町案内、地方都市ごとの鳥瞰図などが挙げられる³⁾。これらの資料は1890年頃から登場し、様々に形態を変化させながら、日中戦争が始まる1930年代まで発行されていた⁴⁾。

ただし、これらの民間発行の地方都市に関する資料の多くは、時代が下るにつれて総合的な地誌的情報が少なくなる、名所・旧蹟など観光情報に情報が偏る等の傾向がみられる⁵⁾。そのため1930年代の地方都市に関して、商工業者の情報が得られる民間発行の資料はあまり多くない。

本研究は、1930年代を中心に茨城県で発行されていた雑誌「地方経済」に着目し、その連載記事から、地方都市ごとの商工業者の構成や商家の特徴がどれほど解明できるのかを示したい。そして、この作業を通じて、1930年代の

地方レベル（府県レベル）を対象とした地域経済雑誌の資料的価値についての検討を行うことを目的とする⁶⁾。

2. 雑誌「地方経済」について

2.1 概要

雑誌「地方経済」（以下、本誌とする）は、昭和戦前期に茨城県内で発行された経済雑誌である。発行期間は1926（昭和元）年～1942（昭和17）年の17年間、発行所は地方経済社（本社：水戸市）である。発行人は古賀進、米田政夫の2名である。雑誌の発行部数は不明であるが、資料の残存状況などから、1000部単位での発行があったのではないかと推測される。発行形態は毎月1日発行の月刊誌であり、毎号ほぼ40ページ前後であった。

2.2 資料の残存状況

本誌は茨城県立歴史館資料室において、寄託文書の形式で保管されているものが中心で、1929（昭和4）年～1942（昭和17）年の期間に関してはほぼ残存している。また国立国会図書館に1942年発行の一部が所蔵されている。現在のところ、1926年から1928年までの本誌は確認できていない。

2.3 雑誌の性格

本誌の内容は発行年によって多少の変化はあるものの、おおそつぎのような内容が取上げられている。まず株式の募集、茨城県内の企業情報などの投資情報、つぎに県内財界人のゴシップ、長者番付、地方都市の商人や有力者紹介、県庁の人事といった人事情報、そして税制変更に対する対応策の紹介などである。

本誌は茨城県内を販売範囲とし、購読者層は高額納税者、地主、商家経営者などの町村レベルにおける有力者であったと考えられる⁷⁾。これは本誌に広告を掲載していた企業のほとんどが茨城県内の企業に限られていることや、県内の人物紹介を積極的に行っている点から判断した。以上のような検討を踏まえて、本誌は茨城県内の資産家や投資家を対象に、県内企業への投資や新規事業を紹介する経済雑誌であったと評価できる。

3. 地方都市に関する記事

本誌においては地方都市（正確には都市的性格を有する市町村、以下地方都市と表記する）に関する記事が多く見られる。厳密な定義はないものの、つぎのような選定基準によって地方都市に関する記事を取上げた。

- ①記事そのものが特定の市町村を取上げている
 - ②記事の内容から地理的範囲が特定できる
 - ③特定の企業や人物に関する記事ではない
- 以上の条件に該当する記事は以下の4種類になる。

1. 「商人繁昌記」とこれに類する記事
2. 「茨城県長者番付」・高額所得者一覧など
3. 「地方人物色」などの人物紹介記事
4. その他

以下にそれぞれ類型化された記事の概要を説明する。

3.1 「商人繁昌記」

本誌では地方都市に関する記事が多くみられる。なかでも「〇〇商人繁昌記」（〇〇に地方都市名が入る、以下「繁昌記」と略す）という県内の地方都市ごとに商人や資産家の情報をとりまとめた連載記事は、昭和初期における茨城県の地方都市を把握する上で興味深い内容を提供している。「繁昌記」は1929（昭和4）年から1931（昭和6）年と1939（昭和14）年から1940（昭和15）年の2つの時期に、ほぼ毎月のペースで本誌に掲載されていた。1回の記事で掲載される商家・商人の数は、多い場合で100名以上、少

ない場合でも30～40名に及んでいる。

「繁昌記」で紹介される内容は、商家の当主氏名、年商、資産規模、親戚関係、学歴、地域社会における地位などである。本誌の「繁昌記」は従来の「商工人名録」や「紳士録」、「人名録」とつぎの3点で異なっている。

まず、商家の業種や当主氏名に加えて年商や資産規模に言及している点である。資料としては不正確さを認めないものの商業活動の規模そのものを示しており、ほかの資料にはみられない特徴を持っている。

また、「商工人名録」などの資料は、過去の一時点における商家の活動を示しているのに対して、「繁昌記」は過去から記事が書かれた時点までの商家の来歴を示している場合が多い。なかでも商家の創業に関わることや、商家経営の浮沈に関する記事、商家当主の人物評価など、他の資料ではあまりみられない世評や風聞を含んでいる点が特徴である。

そして、上記のような内容を含む記事が、地域単位（多くは町村単位）でまとめられていることが、「繁昌記」の三番目の特徴といえよう。「商工人名録」でも昭和初期になると、地域単位ではなく、業種単位での記載が一般的になる。また「紳士録」、「人名録」の多くはイロハ順、または五十音順による記載が普通である。この点で「繁昌記」は歴史地理学で取上げる意味のある資料と考えられるのである。

一方で「繁昌記」は、資料上の3つの問題点が挙げられる。まず「繁昌記」に紹介されている商家は、それぞれの地方都市において、どのような地位にあったのかが不明であることである。つぎに、それぞれの商家に関する年商や資産の数値の正確性が保障されていない点である。そして各商家に関しては「商賣熱心」などの評価が加えられているが、これには世評や風聞が含まれており、偏りがあることを否定できない点である⁸⁾。

3.2 「茨城県長者番付」・高額所得者一覧など

この記事は大半が資産規模を示す長者番付、あるいは所得の大きさを表す高額納税者一覧の形式をとる。長者番付の場合は茨城県全体のものと、水戸市など特定の市町村を取上げたものがある。前者は各長者の居住市町村が挙げられており、地方都市ごとの集計も可能である。こちらは「繁昌記」とは異なった視点から地方都市ごとに資産家がどの

表 茨城県における地方都市の商業従事者数と「地方経済」に紹介された商家数

No.	都市	町村	商業従事者数	紹介された商家数 1929～1931	紹介された商家数 1939～1940	備考	
						おもに鉱工業に関連する事項	その他都市機能に関連する事項
1	水戸	水戸	7147				
2	新治郡	土浦町	3487	107		筑波鉄道、常南電気鉄道 工業従事者数1788	海軍航空隊
3	真壁郡	下館町	2514			常総鉄道	
4	猿島郡	古河町	2449	89	74	製糸業 工業従事者数3590	群馬、埼玉も商圏に含める
5	新治郡	石岡町	2207			鹿島参宮鉄道 工業従事者数2361 酒造などの醸造業	
6	那珂郡	湊町	1900			湊鉄道、水濱鉄道	海運・水産業 水産業従事者数585
7	東茨城郡	磯浜町	1886			水濱鉄道	海運・水産業 水産業従事者数908
8	結城郡	結城町	1764			工業従事者数1699	結城紬
9	久慈郡	太田町	1691	91	43	常北電気鉄道	タバコ、コンニャク、和紙などの集散地
10	西茨城郡	笠間町	1475	62			笠間稲荷
11	結城郡	水海道町	1432	76	31	常総鉄道	
12	多賀郡	日立町	1373	30	95*	工業従事者数3847 鉱業従事者数1279	日立鉱山・日立製作所 工業化に伴う人口急増
13	多賀郡	助川町	1366	83		工業従事者数1787	
14	稲敷郡	龍ヶ崎町	1149	180		龍ヶ崎鉄道	
15	久慈郡	久慈町	1054			常北電気鉄道	水産業 水産業従事者数696
16	真壁郡	下妻町	1038	65	15	常総鉄道	
17	東茨城郡	常盤村	970				水戸市に連結
18	猿島郡	境町	884		34		利根川水運
19	多賀郡	松原町	855	54	18	常磐炭鉱 鉱業従事者数832	
20	真壁郡	真壁町	818	64		筑波鉄道	石材
21	北相馬郡	取手町	798	79	31	常総鉄道	
22	多賀郡	磯原町	720			炭鉱 鉱業従事者数680	
23	行方郡	潮来町	689				霞ヶ浦・利根川水運
24	那珂郡	平磯町	681				水産業 水産業従事者数1132
25	新治郡	真鍋町	662				土浦町に連結
26	久慈郡	大子町	652	41			
27	西茨城郡	岩瀬町	629				
28	多賀郡	大津町	627				海運・水産業 水産業従事者数518
29	鹿島郡	銚田町	603	45		鹿島参宮鉄道	
30	東茨城郡	小川町	576	39		鹿島参宮鉄道	
31	筑波郡	北条町	563	55		筑波鉄道	
32	結城郡	石下町	543	63		常総鉄道	
33	鹿島郡	波崎町	502				水産業 水産業従事者数687
34	那珂郡	大宮町	496	61			
36	猿島郡	岩井町	464		17		
38	筑波郡	谷田部町	423	31			
44	多賀郡	豊浦町	368		8		
62	鹿島郡	鹿島町	233	44			鹿島神社

* 日立町と助川町は1939年に合併し日立市となった

商業従事者数など国勢調査報告1930年、その他はおもに地方経済1929～1931年および1939～1940年の各号

ように所在していたのかを把握できる資料である。第二次世界大戦前における地方都市での商工業活動は、現業者の活動とともに、資産家による直接・間接の支援や保証が重

要な意味を持っていた。よって地方都市における資産家の規模や人数を把握することは都市機能の理解に寄与すると思われる。

また高額納税者一覧は水戸市、土浦市、日立市の3市にほぼ限定されており、茨城県全体での比較はできない。その一方で高額納税者の職業と居住地が町丁単位で示されているため、上記3市の職業構成や都市内部の職業分布を把握することができる。高額納税者には給与所得者も含まれており、従来の商工名鑑などでは不明な点が多かった地方都市における官吏や銀行員などを把握することができる。

3. 3市町村単位での人物紹介

この記事は「地方人物色」と題する市町村ごとの著名人紹介、商工会の役員紹介、県内企業の経営者紹介がおもな記事である。短期の掲載記事が多く、「繁昌記」のように1年以上の連載はない。「地方人物色」は地方都市単位の記事であり、それぞれの地方都市におけるおもな商工業者が把握できる。ただ、人物紹介にとどまる例が多く、家業や同族に関する情報は「繁昌記」に比較して少ない。

3. 4その他の記事

その他の記事としては、茨城県西部における資産家および近江商人を特集した記事、また日立市の地域性を紹介する単発の記事などが挙げられる。これらの記事は連載数が少ない、全県を網羅するだけの内容がないなど、地誌資料としては限定的な内容となっている。

本研究では、以上の4類型の記事のうち、最初に取上げた「繁昌記」について以下に考察を試みる。

4. 「商売繁昌記」にみる茨城県の地方都市

ここでは「商売繁昌記」を通じて茨城県内の地方都市の特徴を考えたい。

まず、地方都市の定義を行う。本研究では1930（昭和5）年の国勢調査報告において商業人口500人以上の市町村を地方都市と定義する。ただし、本誌記事で取上げられている場合は商業人口500人未満でも地方都市として扱う。この例外となる地方都市については、必要に応じて説明を行うことにする。

1930年の茨城県において上記の地方都市の定義を満たす市町村は33あり、このうち「繁昌記」で紹介されている町村はのべ18になる。また商業人口500人未満の町村が、のべ5つが紹介されている（表、図1）。商業人口の規模で比較すると、2000人以上で土浦と古河、1000人以上で太田、笠間、水海道、日立、助川、龍ヶ崎、下妻の7都市、

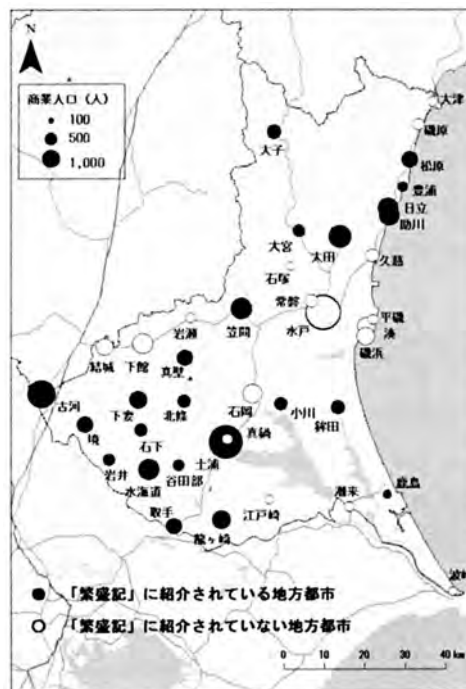


図1 商業人口からみた茨城県の地方都市（1930）

資料：国勢調査（1930）

500人以上では松原以下8都市が紹介されている。地域的傾向としては、県北地域（多賀郡、久慈郡、那珂郡）および県南地域の都市が取上げられる傾向にある。逆に水戸を中心とした県央地域（東茨城郡および西茨城郡）や県西地域（真壁郡や結城郡）では紹介されない都市が散見される。紹介されていない都市の代表例としては、水戸（県庁所在都市）、下館、石岡、結城のほか、磯浜、湊、大貫、久慈、波崎、大津など水産業や海運に関連する都市が「繁昌記」の対象になっていない。

1929年から1931年掲載の記事で地方都市ごとに紹介されている商家数は、かなりばらつきがある。最多は龍ヶ崎の180名で、最小は谷田部の31名である。商業人口1000人以上の都市では、日立町以外では100～60名程度が紹介されている。商業人口1000未満になると取手町のように79人紹介される例もあるが、多くは50～60名程度の紹介数にとどまる。おおよそ商業人口規模に応じて紹介される商家数が決まっているようである。ただ、500人未満の場合でも大宮町のように61名紹介される事例もあり、上記の読解はおおよその傾向にとどまる。

また1939年から1940年の「繁昌記」では全体的に紹介される商人・商家数が少なくなる。またその数も最大が93名

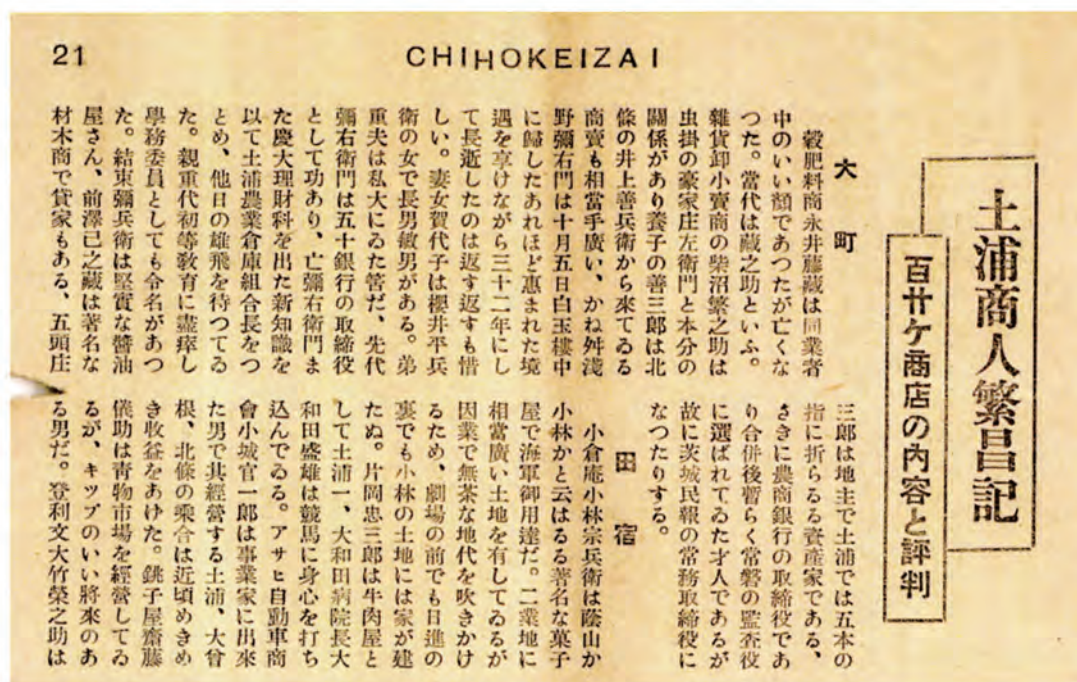


図2 「土浦繁昌記」の冒頭部分（「地方経済」1929年11月号掲載）

（日立市），最少が8名（豊浦町）となり，全体として情報量が少なくなっている。

紹介された地方都市からつぎのような傾向が指摘できる。まず1929年から1931年の「繁昌記」では，茨城県南部および西部における地方都市の商家を積極的に紹介している。ただし結城や下館など同地域の上位都市はあまり紹介されていない。さらに水戸を中心とした地域の地方都市は紹介記事自体がなく，対照的である。

また1939年から1940年では古河と日立の紹介に力点が置かれている。古河に関しては製糸工業に関連した商工業者の紹介が大半を占め，隣接する埼玉県や栃木県に関する情報も紹介されている。また日立に関しては日立鉱山や日立製作所ではなく，これらの企業につながる下請け企業や物流関係の商工業者が紹介されている。

「繁昌記」から判明する当時の商工業者の特徴を指摘しておく。まず，商家間の嫁取り，婿取りや養子縁組による「家」の維持が重要であったことが挙げられる。そのために地方都市をまたいで商家間での婚姻や養子縁組が盛んに行われた。また番頭や奉公人が勤め先から独立して開業する場合もあり，血縁・非血縁の双方で商家間のつながりは，地方都市内はもちろん地方都市間でも密に形成されていた。以下に「土浦繁昌記」の冒頭部分を引用する。原文は図2に示したとおりである。

「穀肥料商永井藤蔵は同業者の中のいい顔であつたが亡くなつた。當代は蔵之助といふ。雑貨卸小売商の柴沼繁之助は虫掛の豪家庄左衛門と本分の関係があり養子の善三郎は北条の井上善兵衛から来てゐる。商売も相当手広い。（以下略）」

ここから雑貨卸小売の柴沼家の当主は虫掛の豪家庄左衛門の分家であり，その息子，善兵衛は北条の井上善兵衛家からの養子であることがわかる。なお，井上善兵衛は北条の肥料及油類兼塩元賣捌である⁹⁾。柴沼家は土浦の商家ではあるが，虫掛や北条などの近隣地域の有力者や商家とのつながりが強い家であり，近隣の同業者との親族関係を図っていたことがわかる。

また，商家経営者の複合的性格があげられる。呉服問屋などの家業に加えて，鉄道や農業倉庫といった地域の企業を経営する場合や開墾地投資・地主経営をも含むもので，一人の人物・一つの家が複数の都市的機能を果たしていた。これも土浦繁昌記からの引用を示す（原文は図2）。

「（前略）五頭庄三郎は地主で土浦では五本の指に折らるる資産家である。さきに農商銀行の取締役であり，合併後，暫く常盤の監査役に選ばれてた才人である

が故に茨城民報の常務取締役になったりする。(以下略、一部句読点を補った)」

ここで紹介されている五頭庄三郎は地主、銀行役員、新聞社役員の3役を担っている。商家経営に銀行役員と農業倉庫組合長兼務の事例もある。

さらに地方都市の規模にかかわらず、創業者である事例や、2代目や3代目にあたる人物がそれまでの家業と異なる事業に着手する内容の記事も多く見られた。逆に商家経営を成功させた人物の中には事業を整理し、財産収入に依存している「仕舞た屋」という資産家がいたことも「繁昌記」の記事から判明する。当該時期における地方都市での商家の消長は活発であった可能性が高い。

最後に、商家経営は「家」が基本であり、合資会社などの企業組織は基本的に採用されなかった。場合によっては、合資会社などを設立する場合もあったが、その場合は、一度、倒産など経営不振に陥り、自己資金だけでは家業の再建が困難な場合や、創業において資金力に不安のある場合のみ採用されている。家業の再建がなったため、合資会社を解散し、個人経営に改める事例も確認できた。

5. むすびにかえて

昭和戦前期の茨城県における地方都市の特徴と、その変容について、本誌掲載の記事を通じて検討を行ってきた。

ここから本誌の地理学的価値は以下の3点にまとめられる。まず1930年代における地方都市ごとの商家や資産家の大まかな構成を捉えることができた。「繁昌記」の記述からは、当該時期における地方都市の商家について、資産規模や親族関係、なかでも分家や養子縁組などの様子を大まかではあるが捉えることができた。

つぎにそれぞれの商家や資産家の経営組織や系譜の解明にも手がかりを得ることができた。なかでも商家経営は「家」が基本であり、合資会社などの企業組織は基本的に採用されていなかったことがわかった。これは地方都市における商工業者の構成を考える場合、企業組織の位置づけを判断する材料のひとつとなる。

最後に商家の創業や廃業、親戚関係の形成の典型を知ることができた。養子縁組や奉公人の分家・別家が頻繁に行われていたことや、事業を整理した「仕舞た屋」という資産家が地方都市において一定の地位を得ていたことも商

家の廃業と関連して興味深いものといえる。

ただし、「繁昌記」に掲載されている年商や資産規模はあくまでも伝聞であり、税務統計などの裏付けはない。その意味で、本誌の統計資料としての評価は低くせざるを得ない。以上のことから、本誌のもつ資料的価値は、同時代における「聞き取り資料」にあるといえよう。

また、「茨城県長者番付」などの記事や、「地方人物色」などの人物紹介、特定地域を取上げた特集記事については、紙幅の都合もありここでは紹介できなかった。これに関しては、稿を改めて、分析と考察を進めたい。

参考文献及び注

- 1) 川崎俊郎, 河野敬一; 近代後期以降における中位中心地の機能とその変容—常陸太田における前島同族団の事業展開を中心に—, 歴史地理学, 59 (1), 33-54, 2017
- 2) 中西僚太郎, 関戸明子編; 『近代日本の視覚的経験: 絵地図と古写真の世界』, ナカニシヤ出版, 2008
- 3) 中西僚太郎; 近代日本の景勝地の鳥瞰図に関する歴史地理学的考察, 人文地理学会大会研究発表要旨, 2009
- 4) 網島聖; 明治後期地方都市における商工名鑑的「繁昌記」の出版—山内實太郎編『松本繁昌記』を事例に—, 史林, 93 (6), 837-862, 2010
- 5) 前出4)
- 6) 川崎俊郎; 雑誌「地方経済」からみた昭和戦前期における茨城県の地方都市, 第241回歴史地理学会例会発表要旨
- 7) 確認されている本誌の所蔵者は以下の通り。①旧新治郡中家村の酒井家, 土浦を拠点とした銀行家・地方政治家を輩出した家。②旧結城郡上山川村の広江家, 地主経営・肥料商・酪農・養蚕業など多角的な家業を行った資産家。③, 水戸市旧馬喰町の渡辺(辰巳屋)家, 清酒製造および醤油醸造家。
- 8) 「繁昌記」作成では, ①商家や地方有力者に代表される本誌購読者による情報提供, ②自ら「繁昌記」に紹介してほしい商家や地方有力者による記事の提供, ③公的機関の協力があつた可能性などが推測される。ただし②については「繁昌記」が世評や風聞を含んでいることと矛盾する。
- 9) 「北條商人繁昌記」, 「地方経済」1931年10月号掲載

西黒門町という「磁場」

―樋口一葉を始めとした6名の著名人―

“Magnetic field” called Nishi kuromon-cho

―Six celebrities including Higuchi Ichiyo―

渡辺 賢治

福島工業高等専門学校一般教科

Kenji Watanabe

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of General Education

(2017年9月7日受理)

Six celebrities lived in Nishi Kuromon-cho. It is Higuchi Ichiyo, Ogino Ginko, Okakura Tenshin, Tei Eikei, Hiratafuku Suian, Ishii Ryoichi. About eight years from the Meiji - 17 to the 25 - year, they lived in Nishi Kuromon-cho and later became famous. In this paper, focused on the characteristics of Nishi Kuromon-cho at the time and the trend of six celebrities.

Key words: Nishi kuromoncho, Six celebrities, culture, Magnetic field

1. はじめに

明治期に活躍した作家・樋口一葉(1872～96年)は、生涯15回にわたって転居を繰り返している。下谷区上野西黒門町(現・東京都台東区上野一丁目)二十番地には十二歳から十六歳までの約四年間、一家で居住していた(明治十七～二十一年)^{注1)}。

樋口家が居住していた時期とほぼ重なる明治十七～二十五年の間、西黒門町には荻野吟子(近代日本の最初の女医)・岡倉天心(近代日本美術界の先覚者)・鄭永慶(日本初の本格的コーヒー店を開業)・平福穂庵(日本画家)・石井亮一(知的障害児教育の父)も居住していた。詳細は後述するが、ほとんどが樋口家と近隣であった。

一時的にせよ、いわば一区画のような場所に著名人が密集していた事例は決して多くはない。さらには西黒門町の文化・風習と分野の異なる6名の著名人という関わりを考察するといった視点には皆無である。そこで本稿では、西黒門町の様相と彼らの動向について、明治十七～二十五年という期間に焦点を絞って考察してみたい。

2. 「西黒門町」という名称とその概況

現在、台東区が発行している『台東区史』や同区ホームページに掲載された資料によると^{注2)}、西黒門町は寛永二年(1625年)、東叡山寛永寺の創建に伴い、翌年その門前町として起立した町であることが分かる。当初は寛永寺の門前町として起立したが、既に寛永寺の総

門であった黒門の前に「黒門町」として町が形成されていたため、「新」の字を冠して「新黒門町」と命名された。この新黒門町はもともと下谷広小路の両側に形成された町であったが、明治二年に下谷広小路を境目に東西二分され、「上野西黒門町」「上野東黒門町」として新たに発足した。その後、上野西黒門町は明治五年、亀山藩上屋敷と武家小屋敷を合併し、上野東黒門町も壬生藩邸を合併したことでそれぞれ町域が定められ、今日に至る原形となった。明治四十四年には、「上野」の二文字を略して「西黒門町」「東黒門町」と改められる。昭和三十三年の住居表示制度において、西黒門町は「上野一丁目」、東黒門町は「上野三丁目」に編入された。

その他、西黒門町の名称の由来に関しては、現在まで続く黒門町会が発行した『西黒門町会名簿』^{注3)}にある「西黒門町々名由来」という項目からも経緯が窺える。

新黒門町の命名については御府内備考が「東叡山御成門に相成、元黒門町に引続町屋に御成候に付新黒門町と唱候哉」と述べている。(中略)黒門町に続いて起立した東叡山の門前町であった関係から、黒門にちなんで命名したのであろう黒門は東叡山の総門であった。

「黒門は東叡山の総門」であり、黒門という名称の由来は江戸時代まで遡ることが出来る。ちなみに黒門町会は明治末期に創設された町会であり、以降、太平洋戦争により一時期中断を挟みながらも現在まで続いている。

ところで、樋口一葉を始めとした6名の著名人が居住していた明治十七～二十五年頃の西黒門町の様相はどのようなものであったろうか。

管見の限りだが、当時を詳細に伝える資料は今のところほとんど見当たらない^{註4)}。ただし、やや時代は下るが『新撰東京名所図会』第五十三編(明治四十一年三月東洋堂)からはある程度窺い知ることが出来る。この『新撰東京名所図会』第五十三編(以下、『東京名所図会』と略す)には、明治四十年前後の西黒門町の状況が記されており、「下谷区の部 其三」という項目の中で確認出来る。なお『東京名所図会』は、明治後半の東京の街を場所や地域ごとに紹介する内容となっており、着想は江戸末期に刊行された斎藤月岑『江戸名所図会』に倣うものと想定される。「下谷区の部 其三」では「上野東黒門町」「上野西黒門町」「上野南大門町」「上野北大門町」「上野元黒門町」に分けられており、当時の各町の特色がそれぞれ掲載されている。

「上野西黒門町」の紹介部分では、「位置及地勢」「町名の起原並沿革」「景況」といった項目が設けられており、具体的な店名や人名などが分かる。まずは「位置及地勢」を参照すると、次のように記されている。

上野西黒門町は此辺に於ける大市街にして、東は旧御成路を隔て、上野東黒門町に対し。西北は本郷区に界し。南は神田区に隣れり。道路四周し。又縦横に貫通す。地勢は平坦なり、土地の番号は一より二十三に至る。其の中六より十までを欠きたり

上記引用からは「大市街」「道路四周し。縦横に貫通」「地勢は平坦」といった特徴が挙げられる。また「番号」すなわち番地は一から二十三番地までであるが、途中、六から十番地までは欠いていることも読み取れる。

続いて「町名の起原並沿革」だが、ここでは「東黒門町の條にいへるが如し」と記されているため、「上野東黒門町」の紹介部分を参照してみたい。

上野黒門町往古下谷村の内にして、宝永三年市街地と為し。元黒門町に対して。新黒門町と称したり。明治二年に至り。東西の二町に区分し。今の名に改む。(傍点、原文ママ引用者注)
先に挙げた西黒門町会の資料と同様、元黒門町に対して「新」の字を冠したこと、また明治二年に東西二分したことなどが読み取れる。

続いて「景況」では、次のように記されている。

当町は神田五軒町に接し、一郭を成せる市街にして御成街道に臨めるを以て常に繁華なり。各営業者

には一番大弓具加藤商店 城北合資会社。四番地に蓄音堂、釣具商津の国や、旅館広集館。五番地に博物標本小川商店、洋品山口屋、金文商会。十一番地に雇人口入富士屋、加島酒店、中島薬局、十五番地に菓子舗岡野栄泉、しるこ大和屋。十七番地に打物日野屋等あり。又一番地に明星教会。四番地に弁護士中島松四郎事務所あり。十九番地には銀杏の老樹二株聳立して。其の下に小祠あり。同町五番地に閑居せる尺八の教授柏木弘雲(平太郎)氏は血染の尺八「烈の音」を秘蔵す。

各番地における具体的店名や人名などが列挙されており、当時から時代は下るにせよ、ある程度の情報把握に繋がるだろう。弓具を始め雑貨や食品、さらには教会や弁護士事務所、尺八の教授など様々である。ちなみに「銀杏の老樹二株聳立」「小祠」とあるが、前掲「西黒門町々名由来」に拠ると^矢弓 稻荷(銀杏稻荷とも言う)のことを指す。その他、「上野東黒門町」の項目の最後には「下谷警察署」に関して記載されており、明治五年の設置を起源に幾つもの変遷を経て、同十四年には「第五方面下谷区西黒門町警察署(此時阪本町警察署を置き尋て之を廃せり)第五方面下谷警察署となり以て今に至る」ことなどが記されている。

3. 6名の著名人と西黒門町との関わり

西黒門町に居住していた6名の著名人と当地との関わりはどのようなものであろうか。現存する資料を手がかりに個々に検証してみたい。

【樋口一葉】

冒頭でも触れたように、一葉が西黒門町に居住したのは明治十七年十月から二十一年五月までの約四年間であった。具体的には明治十七年十月一日、下谷区西黒門町二十番地の家を百二十二円五十銭で購入している。

当時、父則義は警視庁の警視属として月給二十円を得ていたほか、金融業での副業でも収入を得ていた。また当時の家族構成は、父則義、母たき、兄泉太郎、一葉、妹くにの五人家族であったが、兄泉太郎は西黒門町時代の後半、明治二十年十二月二十七日に肺結核で亡くなっている。その後、樋口家は同二十一年五月二十六日に西黒門町の家を百四十円で売却し、芝区高縄北町(現・港区高輪二丁目)十五番地にあった、一葉の次兄虎之助の借家に転居している。

なお一葉自身、生涯15回の転居を繰り返しているが、西黒門町への転居は6回目の転居に該当し、居住期間は三年九ヶ月間と、他所での居住の多くが一年未満であっ

た期間に比べ、長期間であった。

西黒門町時代の一葉の動向に関してだが、明治十八年に裁縫の稽古に通い始めたこと、同十九年八月には父則義の知人で医師の遠田澄庵の紹介で中島歌子の歌塾「萩の舎」へ入門していることが挙げられる。また兄泉太郎も同十八年二月、明治法律学校（現・明治大学）に入学し、翌年六月には大蔵省出納局に勤務したが、先述した通り同年十二月二十七日には病没している。父則義は明治十五年六月に警視庁を依願退職しており、家督も同十六年十二月には泉太郎が相続しており、いわば隠居の身であった。そこで一葉が泉太郎の家督を引き継ぎ、樋口家の法定相続人となったわけである。先行研究でも指摘されているように、泉太郎の死を契機に樋口家は衰退していく。西黒門町時代の樋口家は「中産階級程度」^{注5)}の暮らしを営んでいた時期から衰退へと変転する、まさに節目の時期であった。

一葉自身の西黒門町時代に関しての言及だが、日記「身のふる衣まきのいち」が資料として挙げられる^{注6)}。ただし、この日記は散佚したため断片的にしか現存していない。明治二十年一月十五日から同年八月二十五日までの内容で、主に萩の舎での稽古歌合に関するものだが、一家の生活背景も垣間見られる。

日記の中で西黒門町に関する直接的な記述は見当たらないものの、例えば日記の一月二十一日付の項に「身はいさめとも（中略）午前十一時といへるほとになんあたり近きおきな車にうちのりて参りぬ」とあり、近所の車を使って歌会へ出掛けたようである。なお高橋和彦『完全現代語訳 樋口一葉日記』^{注7)}に拠ると、同箇所では「午前十一時に近所の『翁屋』の車で出かける」と訳されている。この「翁屋」については未詳であるが、少なくとも当時、樋口家の近隣には歌会に行く際に使用する車屋があったと考えられる。

その他、「身のふる衣まきのいち」以外の日記で西黒門町に関する記述が確認出来るのは「蓬生日記 一」である。明治二十四年十月四日付の項では、

四日 晴天 午前読書をなし午後作文をす（中略）前住ける家の前を過てくるにあやしき待合なといふ家出来たり 中坂の頂き先の日の大風にや崩れけん一間斗石段落たり

というように、「前住ける家」が西黒門町の家を指している。その家の前を通り過ぎる際に「あやしき待合なといふ家出来たり」ということが記されている。どうやら一葉が居住していた家が「待合」として変貌を遂げていたようである。なお「待合」とは、待ち合わせや会合の

ための場所を提供する貸席業のことであり、芸妓との遊興や飲食を目的として利用された場を指す（「待合茶屋」とも呼ばれる）。この「待合」に関して、一葉は同日付の日記後半で次のように言及している。

待合といふものはいかなる物にや おのれはしらねと只もしの表よりミレはかり初に人を待あはすのみの事なめりとミるにあやしう唄女など呼上で酒打のみ燈あかうこゑひくゝ夜更るまで打興すめり（中略）家名は行燈にかきたるもあり額打たるもあり ときはと呼あり 梅のや竹のや 湖月はからす森に名高く花月は新橋の裏町にあり（中略）世にはいかにあまのこかねありてかう用なき人のいととかなるよを過すらむ（中略）代議士かかる遊びに費すのこかねのをしからずとは不学不識のものしれかたき事にこそ

一葉自身、待合という施設が何なのか詳細は分からないとしつつも「あやしう唄女など呼上で酒打のみ燈あかうこゑひくゝ夜更るまで打興すめり」と述べているように、芸者が男性相手に遊興に耽る場所であるという認識はあるようだ。それは「ときは」「梅のや」「竹のや」「湖月」「花月」といった具体名を挙げていることから証左される。そして上記引用末尾では、学問のない私には当代の代議士がこうした遊興に耽りお金を投じることが理解できない旨を述べている。前項で挙げたが、既に西黒門町時代から兄泉太郎の療養費がかさんでおり、経済的問題が重くのしかかっていた時期である。兄を亡くし西黒門町の家を引き払った後に書かれた「蓬生日記 一」以降、金銭に悩まされる一葉にとって、旧居が金銭の飛び交う遊興の場になってしまったことへの穏やかならぬ思いはあっただろう。

ちなみに、この旧居における待合に関して、前掲『東京名所図会』には直接該当する箇所は見当たらない。ただし、近隣には「四番地に（中略）旅館広集館。」「十一番地に雇人口入富士屋、加島酒店」など、明治四十年頃の街況ではあるが、人の往来を受け入れる施設や酒屋が存在している。一葉が過ごした明治十七年から二十一年頃から続く様相としても捉えられる。総じて、「蓬生日記 一」から窺えるのは、明治二十四年には西黒門町の旧家は待合に変貌を遂げていたことである。

その他、西黒門町との関わりのある可能性として、日記「よもきふにつ記」の明治二十五年十二月二十八日付の項に注目してみたい。

廿八日 夕へより野々宮君泊まりて今朝も帰らず 家にては餅つきの祝ひにしる粉をこしらへ

んなと勝手に母君の手いそかし 我れも岡野やより
持ちこむに先立て金港堂より金うけ取来たらん
とて十時といふに家を出ぬ

年の瀬、新年の準備に勤む姿が読み取れる。その中に「岡野や」とあるが、『樋口一葉全集』第三卷(上)^{註8)}脚注に拠れば、本郷区本郷三丁目十一番地に所在する菓子舗「岡埜栄泉堂」を指している。ただし当時、「岡埜栄泉堂」は複数の店舗を所有しており、本郷区森川町三十番地や田町二十三番地にも同店舗がある。いずれの店舗が該当するのか判然としないが、前掲『東京名所図会』にも「十五番地に菓子舗岡野栄泉」という記述があり、断定できないものの一葉が「よもきふにつ記」に記した「岡野や」である可能性は高い。なお「岡野や」は現在も「岡埜栄泉総本家」として上野に所在しており、ウェブ上の同ホームページには「慶応、明治初期に浅草の駒形『岡埜栄泉』から親戚筋の五軒に暖簾分けされたうちの軒が上野駅前岡埜栄泉である。(中略)暖簾分けされた五軒は、上野、根岸、本郷三丁目、森川、竹早町にあり、本家を含み、いずれも岡埜(岡野)姓であったが、弊店を除きいずれも閉店してしまっている^{註9)}とある。この引用から、西黒門町に存在した「岡野や」は上記引用のどの店舗なのかは未詳である。いずれにせよ「よもきふにつ記」に記された「岡野や」に関しては、西黒門町に居住していた頃には近隣に所在し、一葉はもとより樋口家も利用していたと見るべきであろう。

【荻野吟子】

荻野吟子(1851~1913年)は近代日本の女医の嚆矢である。明治十八年に医術開業試験に合格し、本郷湯島に「産婦人科荻野医院」を開業した。

明治初期、新政府は江戸時代の家業継承とは異なる西洋医術の医師免許制度を創設し、明治八年から暫時試験を実施し始めたが、当初は女性の受験を認めなかった。そうした中、明治十四年、長崎県より佐賀病院医学場の各科を卒業した女子が受験を請願したことを機に、明治十六年には西洋医学を東京府病院などで学んだ生沢クノや高階医学塾(好寿院)で学んだ荻野吟子らが受験請願を提出した。しかし容易に受験許可は下りず、石黒忠恵らの斡旋によって当時、内務省衛生局長であった長與専齋を説得し、受験資格を認めさせ吟子は明治十八年に合格した^{註10)}。

西黒門町時代の荻野吟子の動向だが、吟子自身が西黒門町の文化や風習について直接言及した資料は確認出来ない。具体的な住所に関しては、『女学雑誌』289号(明治二十四年十月三十一日付)広告欄に「女医 下

谷西黒門町廿二番地 荻野吟子」と掲載されている。また吟子に関する著作物から^{註11)}、当初は明治十八年五月に本郷湯島、すなわち「本郷三組町八十四番地」にて開業したが、翌年の明治十九年には「門前市をなす盛況で、忽ち家が狭くなり」云々とあり、西黒門町に移転開業している。ただし具体的な月日までは詳らかではない。こうした所在地の特定に関しては、既に津曲裕次が先鞭を付けている^{註12)}。また同年には本郷教会で海老名正弾牧師より洗礼を受け、キリスト教に入信し、それを契機にキリスト教伝導者、志方之善に出会い明治二十三年十一月に結婚している。いずれにせよ、吟子は一葉が居住していた西黒門町二十番地の近隣に移転開業したことが判明する。その他、当時『女学雑誌』記者であった清水紫琴が吟子宅へ訪問した際の様子を「女医荻野ぎん子女史を訪ふ」^{註13)}で「一日閑を得て女史を下谷西黒門町廿二番地の居に訪ふ。(中略)婦人科医師荻野ぎん子てふ標札によりて、たやすく求むる事を得たりき」と述べており、住所が「下谷西黒門町廿二番地」であることが判明する。また「婦人科医師荻野ぎん子」という標札が明示されているといった特徴も挙げている。

さらに、女医志望の学生であった吉岡弥生と山本イツ子が荻野医院へ訪問した際の内容^{註14)}からも「下谷西黒門町の荻野さんのお家を訪ねて行きました。いもりの黒焼きのならんでいる上野の御成街道を少し入ったところで」云々とあり、確認出来る。なお具体的な番地までは書かれていないものの、今までの資料から判断すると二十二番地であろう。また「いもりの黒焼きのならんでいる上野の御成街道」とあるが、「いもりの黒焼き」は媚薬効果のある精力剤として、江戸時代には淫薬専門の四目屋(よつめや)と称する薬屋が販売した撒布薬である。前掲『東京名所図会』の「上野西黒門町」の紹介部分に「十一番地に雇人口入富士屋、加島酒店、中島薬局」とあり、近隣では「中島薬局」がこれを扱っていた可能性も十分考えられる。

上記の資料から、吟子は「西黒門町二十二番」に居住していたものと判断される。また「石井亮一」の項で後述するが、吟子の家すなわち「荻野医院」は明治二十四年十二月には石井亮一に「孤女学院」として提供している。これは同年十月に起きた濃尾地震による「震災孤女」を引き受けた場所が荻野医院であった。この経緯は津曲裕次の論考に詳しい^{註15)}。その他、明治二十四年四月には夫之善が北海道へ渡り、吟子も翌年の二十五年には明治女学校舎監就任に伴い西黒門町での荻野医院は閉鎖している^{註16)}。ただし詳細な月日は未詳である。

以上の内容から、吟子の西黒門町での居住期間は明治十九～二十五年頃までの約六年間であったことが窺える。当地の文化や風土など、吟子が直接言及している資料は見当たらないが、一葉の近隣に医院を開業し、多くの婦女の治療に貢献していたものと考えられる。

【岡倉天心】

近代日本美術界の先覚者である岡倉天心(1862～1913年)は西黒門町居住時代、東京美術学校創設間もない時期、同校に奉職し、日々精励勤務していた。

岡倉天心の本名は岡倉覚三で、文久二年(1862年)十二月二十六日に横浜の貿易商の家に次男として生まれた。明治十年には新設の東京大学文学部に学び、十三年に卒業している。同年十月には文部省に出仕、十七年には文部省図書教育調査会委員、十九年には美術取調委員として欧州へ出張している。そうした中、明治二十二年二月に東京美術学校が開校し、監事に就任した。翌年十月には同校の校長に二十八歳で就任、非職を命じられるまで約八年間にわたって在職し、横山大観や菱田春草など優れた弟子を育成した。それ以降は日本美術を海外に紹介する先駆者として活躍した¹⁷⁾。

天心が西黒門町に居を構えたのは、明治二十一年の夏頃とされているが、具体的な年月日は詳らかではない。明治二十三年冬頃には下谷中根岸七番地に転居していることは息子の岡倉一雄が著した『父 岡倉天心』¹⁸⁾から明らかである。天心自身、西黒門町に関して言及した形跡は見当たらないが、住所は西黒門町二十三番地であったようだ¹⁹⁾。なお後年、息子の一雄が前掲『父 岡倉天心』の「西黒門町の家」の項目で当時の様子を次のように伝えている。

西黒門町の住居は、御成街道の西側、旧下谷警察署の裏通りにあった。かたわらに一株の柳が垂れた門にはいと、正面は玄関で、母屋は古いには古いだが相当ガッチリとした平家であった。右側にはあたかも廃屋のような二階建が、物置とも書生部屋ともつかず立っていて、ここには岡倉秋水、本多天城、ならびに表六さんで通っていた山本松谿の三人が住まっていた。左側には、俵置場と車夫部屋があり、若い車夫が一人起き臥ししていた。

上記引用では、西黒門町の周辺環境がいくつか挙げられている。まず「旧下谷警察署」というのは前掲『東京名所図絵』に記載された「下谷警察署」のことであろう。息子の回想ではもはや「旧」警察署として扱われているようである。続いて家屋の特徴として「正面は玄関で、母屋は古いには古いだが相当ガッチリとした平家」であっ

たこと、また右側には「廃屋のような二階建が、物置とも書生部屋ともつかず立って」いること、左側には「俵置場と車夫部屋」が存在したことなどを挙げている。

これらの特徴について、一雄の回想からは隣接する二十二番地に関して言及していることが読み取れる。断定は出来ないが「廃屋のような二階建て」は、先の荻野吟子の項目で、家が二階建てであったことと一致する。また「俵置場と車夫部屋」についても一葉の日記「身のふる衣まきのいち」の明治二十年一月二十一日付の項で「身はいさめとも(中略)午前十一時といへるほどになんあたり近きおきなか車にうちのりて参りぬ」というように、歌会参加に際して近所の車屋を使っていたこととの関連も指摘される。部分的だが、一雄の回想と一致している点も認められる。

その他、前掲『父 岡倉天心』では当時、天心の妹でふ子が美術学校彫刻科の教授山田鬼斎に嫁いだことを挙げている。西黒門町時代の天心の動向は断片的ではあるものの、明治二十一年夏頃～二十三年冬の下谷根岸転居までの約二年間、天心ならびに周辺人物は過渡期な状況にあったと言える。

【鄭永慶】

鄭永慶(1858～94年)は明治時代の実業家としてその名を世に残している。明治二十一年四月、日本初の本格的コーヒー店となる「可否茶館」を西黒門町に開業した人物である。

安政五年(1858年)、鄭永寧の長男として長崎に生まれた永慶は漢語、中国語、英語、フランス語などの語学を修め、明治七年にエール大学へ留学している。だが明治十二年、腎臓病を患い同大学を中途退学し、帰国の途に着くこととなった。帰国後、外務省官吏となるが、明治十三年に大学の同窓生であった駒井重格が岡山師範中学校の校長就任に伴い、永慶は当地に招かれ教頭となる。その後、明治十五年頃に上京し、大蔵省に入省、結婚等を経るも妻子に先立たれ、さらには明治二十年の春、西黒門町の家が焼失するという不運にも見舞われる。ちなみに焼失した家は父所有の家で、永慶も上京後にはこの西黒門町の家に住居したようだ。ただし、父は西黒門町へ転居する前、八丁堀に住居していたため、永慶の西黒門町への居住時期は未詳である。永慶が明治十五年に上京した際、既に西黒門町の家であったか否か、この辺の経緯は詳らかではない²⁰⁾。

受難を乗り越えた永慶は、留学中に見聞した経験をもとに本格的なコーヒー店を開業する。友人からの借金で明治二十一年四月十三日、焼失した地に新たに日本初の

本格的コーヒー店「可否茶館」を開業する。間取りは八間、五間の二階建ての西洋館であった^{注21)}。

開業に際しては、例えば硯友社の石橋思案は『我楽多文庫』（明治二十一年五月）において「下谷西黒門町 可否茶館告條」という戯文を掲載している。思案は長崎の唐通詞の流れを汲んでおり、「可否茶館」の命名者であったとも言われている。永慶自身も『可否茶館広告 附世界茶館事情』^{注22)}に「遠カラスシテ仏蘭西ノ昔ノ如ク、貴頭カ英邁ノ光臨有ラン」というように、開業の意気込みを述べている。また同書には「世界茶館事情」という項目を設け、留学時に足を運んだとされるニューヨークやボストンなどのカフェ事情に関して言及している^{注23)}。

なお『可否茶館広告 附世界茶館事情』の巻頭言と奥付には当時の住所が記載されており、「下谷区上野西黒門町二番地」であったことが確認出来る。一葉や吟子、天心らとは多少番地は離れているが、同町内であった。

明治二十一年四月に「可否茶館」を開業した永慶であったが、同二十四年には経営が悪化し、翌年には渡米してしまう。閉店した具体的時期は未詳である。また前後するが、同二十三年には再婚した後妻が先妻同様に病没する。そして明治二十八年には永慶自身も三十七歳の若さで没してしまう。「可否茶館」は明治二十一年四月十三日に開業して以来、四年余で閉店となったのである。永慶の西黒門町の文化や風土に関する言及は見当たらないが、前掲『東京名所図会』の西黒門町の「景況」に「常に繁華なり」とあるように、西洋館の外観で存在した「可否茶館」もその一翼を担ったことは間違いないだろう。

【平福徳庵】

平福徳庵（1844～90年）は日本画家として名を成した人物であるが、西黒門町時代の動向はもとよりそもそも徳庵自体の情報が乏しい。

弘化元年（1844年）、徳庵は本名を平福芸（うん）と言ひ（通称・順藏）、秋田県仙北郡角館町横町に父太治右衛門、母きくの一人息子として出生した。実家は米や乾物、魚を扱っていたが、父の代には染物屋へ転業している。京都や函館での生活を経て明治十四年、日本美術協会の前身となる龍池会に『乞食図』を出品、明治二十三年には『入虎図』を第三回内国勲業博覧会に出品し銀牌賞を受賞、名声を得た。中国や日本の伝統的画法を加味した作風と現実写生に基づく自由で独特の筆跡が特徴である。なお彼の息子は平福百穂であり、幼少期より父徳庵の薫陶を受け、日本画家として大成している。その他、弟子には後年、日本美術院創立メンバーの一人となった寺崎広業がいる^{注24)}。

西黒門町における徳庵の動向については、ほとんど不明である。『近代の美術』（通巻51号、昭和五十四年三月）に掲載された「平福徳庵略年譜」に拠ると、明治二十年の項目に具体的な月日までは書かれていないものの「○下谷黒門町二十三番地に転居」とある。ただし「西黒門町」ではなく「黒門町」となっているが、この点をどう判断すべきであろうか。「西黒門町」か「東黒門町」なのかを断定するには、現時点では不明な部分が多く、今後の研究課題とせざるを得ない。

前掲『近代の美術』の「平福徳庵略年譜」に拠ると、明治二十一年の項目に「○十一月（中略）この頃から手足の痺れを感じる。帰京を考え、黒門町の家を引き払い」云々と書かれていることから、黒門町での居住期間は明治二十年（月日未詳）から二十一年十一月という短期間であったことが窺える。その後、徳庵は健康を害し秋田の角館へ戻るも、明治二十三年に四十六歳で病没した。

【石井亮一】

石井亮一（1867～1937年）は「知的障害児教育の父」として、近代日本における社会福祉事業の先駆者として知られている。その功績は大きく、明治二十四年十月に発生した濃尾地震を機に「孤女学院」を創設、明治三十年には「滝野川学園」を創設し、知的障害児教育の基盤を築くに至った。現在は東京都国立市に「社会福祉法人 滝野川学園」として所在し、創設から125年を超える今も脈々とその理念は受け継がれている。

現在まで石井亮一に関する伝記や滝野川学園に関する先行研究は多数存在する。ここでは西黒門町時代の動向に焦点を絞っていく。なお当時、亮一は大須賀姓であったが、便宜上、石井姓で述べていくこととする^{注25)}。

既に「荻野吟子」の項目で述べた通り、石井亮一が西黒門町の「荻野医院」に「孤女学院」を創設したのは、明治二十四年十二月三十日であった。当時、吟子は夫の志方之善と共に自宅兼医院である「荻野医院」を開業している。亮一との出会いは明治女学校の教頭巖本善治を介しての交流であった。キリスト教精神に基づき、互いの理想を認め合い、その結果、濃尾地震の際には亮一の求めに応じるべく吟子夫妻は「荻野医院」を開放し、「孤女学院」創設へ至ったものと推察される^{注26)}。ただし西黒門町の「孤女学院」はあくまで仮設としての位置づけであり、亮一は養母から海外留学のために貰っていた費用を元に、北豊島郡滝野川村七百四十三番地に約五百坪の土地を買収し、新築校舎を建立している。これが「滝野川学園」の始まりであった。

ちなみに、濃尾地震の際に二十数名の孤女を引き取っ

たが、その中には知的障害の子どももいた。このことが契機となり、知的障害児教育への第一歩となる。当時の様子については『石井亮一伝』^{注27)}の「八、精神薄弱児教育の一歩前」に詳しい。

先生は天地の同情を傾けても惜しからぬその少女と之も同様の悲境にありし同年輩の少女ありしを共に引取り下谷区西黒門町に借家して心利きたる老婆を雇ひその世話を託し且濃尾震災地より引取りたる薄命の女兒二十余名を迎へて朝は立教女学校に、帰宅しては二十余名の少女の父ともなり乳呑児には帰途買ひ求めたるミルクを与へ慣れぬ襦袢の世話まで為して我が良心に昼夜の満足を感じられたり、この借家されしは明治二十四年初秋にして先生が二十五歳の時なり。

上記引用の「その少女と之も同様の悲境にありし同年輩の少女ありし」云々については、濃尾地震が発生する以前に二名の孤女を引き取ったことを指す。また「下谷区西黒門町に借家して心利きたる老婆を雇ひその世話を託し」というように、番地までは書かれていないものの西黒門町の「借家」、つまり荻野吟子の自宅兼医院での孤女教育を始めていることが分かる。続いて、立教女学校で奉職する傍ら、地震で被災した孤女を引き取り「少女の父」として様々な孤女育成に挺身している姿が窺える。なお引用末尾に「この借家されしは明治二十四年初秋」とあるが、先述したように、明治二十四年十二月三十日が「孤女学院」の創設となる。ここでは学院創設の前段階の動きも含めた上での時期の記載であろう。

西黒門町での孤女学院はあくまで仮設であったため、瞬く間に手狭となったようだ。前掲『石井亮一伝』では「下谷区西黒門町の住居は既に手狭にて万事に不自由を感じしかば（中略）北豊島郡滝野川村七百四十三番地に約五百坪の土地を買収し」云々と書かれており、明治二十五年三月、北豊島郡滝野川村（現在の北区西ヶ原）へと移転することとなった。だが実際に滝野川村へ移転したのは四月九日であったという^{注28)}。

以上の内容から、亮一が西黒門町に滞在したのは明治二十三年初秋（孤女学院は十二月三十日）から翌年三月という、かなり短期間であったことが窺える。また亮一自身、西黒門町の文化や風土などに対し、具体的な言及をしている資料は見当たらない。

4. 西黒門町における居住期間や特徴など

前項での検証結果をもとに、6名の著名人が西黒門町にどれ位の期間過ごしたのかを表にまとめてみた。もち

ろん未詳な部分が多く存在しており、今後更新される可能性は大いにあることをお断りしておく。

	居住期間	住所
樋口一葉	明治17年10月1日～21年5月26日	西黒門町二十番地
荻野吟子	明治19年～25年頃	西黒門町二十二番地
岡倉天心	明治21年夏頃～23年冬頃	西黒門町二十三番地
鄭永慶	明治15年頃？～25年頃 ※「可否茶館」は21年4月13日に開業	西黒門町二番地
平福穂庵	明治20年～21年11月	(西)黒門町二十三番地 ※「東黒門町」の可能性もあり
石井亮一	明治24年12月30日～25年3月12日	西黒門町二十二番地

表 6名の著名人の西黒門町居住期間及び住所

上記の表からはいくつかの特徴や問題点が挙げられる。例えば、一葉と吟子との接点は年月日だけで判断すれば重なっているが、互いの交流が窺える資料は見当たらない。また天心と穂庵との交流も同様である。鄭永慶に関しては、上京時期が明治十五年頃であっても八丁堀から西黒門町への転居時期は詳らかではない。穂庵の居住地も断定するには至らない。総じて、今後の資料発掘を踏まえての解明が待たれる。

共通する特徴については、彼らはそのほとんどが西黒門町二十～二十三番地に居住していたという点である。また吟子と亮一は互いに交流していたことは先述した通りである。その他、一葉に関しては詳細な情景描写が日記等に記されており、未だ精査の余地は残る。

冒頭で述べたように、これだけ密集したいわば一区画のような場所に著名人が6名居住していたという類例は決して多くはないだろう。いずれにせよ、西黒門町という目には見えない「磁場」に6名の著名人が「縁(えにし)」によって同じ空間に居住したようにも捉えられる。今後は実証的論証での構築のもと、鬼門や風水などを含めた地政学の観点からの検証も必要であろう。

5. おわりに

西黒門町における6名の著名人の動向について、可能な限り明確にすべく検証を試みてきたが、未詳な部分は多い。ただその一方で、現在の西黒門町でも新たな胎動

も認められる。それは黒門町会の存在である。

平成二十九年六月、西黒門町に居住する数名の有志によって「黒門町歴史研究会」が発足し、同月に行われた町会の総会においても活動が承認された。筆者も当該研究会への機縁を頂戴し折々に参加している。現況としては、6名の著名人が居住した頃から西黒門町に今も居住している住民の子孫への取材が必須である。これらの子孫が集まり、人的ネットワークが構築されれば未詳部分の解明にも繋がる。また代々商家など店舗を営んできた家の帳簿や日記、雑記帳や書簡等の資料の発掘も同様である。ただ研究会は胎動し始めたばかりだが、当時の様子を伝え聞いているとされる子孫の高齢化は顕著である。早急な取材等が欠かせない状況にあると言えよう。

明治十七～二十五年という約八年間の考察ではあるが、傍証資料による当時の西黒門町の街況把握ならびに6名の動向の検証、さらには問題の所在も含め、その輪郭の一端を浮き彫りにしたことを以て成果としたい。

参 考 文 献

- 1) 塩田良平『樋口一葉研究』〈増補改訂版〉(昭和四十三年十一月 中央公論社)、『樋口一葉事典』(平成八年十一月 おうふう) 掲載の「年譜」等参照。
- 2) 平成十四年二月 東京都台東区。下記の台東区ホームページ参照。
<http://www.city.taito.lg.jp/index/kusei/abouttaito/kyuchomei/kyu-tyoumei.html>
- 3) 昭和五十四年五月 黒門町会。
- 4) 『東京名所図絵』等に類する当時の資料はあるものの、一部の場所に特化しており、区や町の情報は未詳。
- 5) 和田芳恵『新装版 一葉の日記』(平成十七年四月 講談社)。
- 6) 本稿で一葉日記の引用は全て『樋口一葉全集』第三卷〈上〉(昭和五十一年十二月 筑摩書房)に拠る。
- 7) 平成三年十一月 アドレー。
- 8) 注5)の出版年月日に同じ。
- 9) 下記の岡埜榮泉総本家ホームページ参照。
<http://www.okanoeisen.com/company/>
- 10) 『日本人名大事典』〈復刻版〉第一卷(昭和五十四年七月 平凡社)、『明治時代史大辞典』第一卷(平成二十三年十二月 吉川弘文館)等参照。
- 11) 荻野吟子女史顕彰碑建設期成会編集『荻野吟子』(昭和四十二年十二月 瀬棚町)。
- 12) 「滝野川学園史の研究—孤女学院期の建築計画学的検討—」(『人間文化研究』6〈平成二十年三月 長

崎純心大学大学院人間文化研究科)。

- 13) 『紫琴全集』(昭和五十八年五月 草土文化)。
- 14) 『吉岡弥生伝』改訂版(昭和四十二年 吉岡弥生伝伝記刊行会)。
- 15) 注12)前掲論文参照。
- 16) 注11)および、下記の北海道せたな町ホームページ参照。
<http://www.town.setana.lg.jp/archive/setana/k12.htm>
- 17) 『日本人名大事典』〈復刻版〉第一卷(昭和五十四年七月 平凡社)等参照。
- 18) 平成二十五年九月 岩波書店。
- 19) 『岡倉天心全集』別巻(昭和五十六年七月 平凡社) 掲載の「年譜」参照。
- 20) 焼失前の家は父永寧が「観樹將軍」と呼ばれた三浦梧楼の屋敷を買い取った家だが、具体的な購入年月日や入手経緯は未詳(斉藤孝治「シアトルで客死した『可否茶館』主人、鄭永慶の数奇な運命について」〈平成二十四年十二月『コーヒー文化研究』〉等参照)。
- 21) 『近代日中関係史人名辞典』(平成二十二年七月 東京堂出版)、富田仁『日本の「創造力」—近代・現代を開花させた470人』(平成四年十二月 日本放送出版協会)等参照。
- 22) 明治二十一年四月。奥付には「印刷社」として「浅香忠蔵」の名が記されている。
- 23) 『明治時代史大事典』第一卷(平成二十三年十二月 吉川弘文館)に拠ると、永慶は「可否茶館」において洋酒、煙草、パンやバター、菓子類、各種新聞雑誌や書籍、さらには文房室や更衣室まで備えていたという。
- 24) 『日本人名大事典』〈復刻版〉第五卷(昭和五十四年七月 平凡社)等参照。
- 25) 明治八年、亮一が九歳の時、大須賀家へ養子に出されたが、ほどなくして大須賀氏死去に伴い、実家の石井家へ戻った。明治三十一年には石井姓に復籍している(『石井亮一伝』〈昭和十五年二月 滝野川学園〉)。
- 26) 葛井義顕「知的障害の父、石井亮一研究—孤女学院設立時を中心として—」(平成二十一年九月『金城学院大学論集』)等参照。
- 27) 注25)の出版年月日に同じ。
- 28) 滝野川村の新校舎の落成を待たずに石井亮一は一時期ではあるが、王子村の自宅に仮院として移転していた。詳細は注12)の論文参照。

※本稿での引用文は適宜、現代仮名遣いに改めた。

※本稿執筆に当たり、黒門町歴史研究会の方々にお世話になりました。記して御礼申し上げます。

選挙権と年齢制限

The right to vote and age limit

大岩 慎太郎

福島工業高等専門学校一般教科

Shintarou Oiwa

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of General Education

(2017年8月31日受理)

The purpose of this paper is to clarify the justification reason about the age limit of the right to vote in Japan. The age limit of the right to vote distinguishes a minor from the adulthood and treats it. For justification of distinctive treatment, it is necessary to meet the criteria for special justification indicated by the court so far. I can assume the justification reason of the age limit in Japan to be ability. However, I conclude that I cannot justify an age limit of the right to vote by ability in this paper.

Key words: right to vote, age limit

1. はじめに

2016年6月施行の改正公職選挙法(平成27年法律第43号)¹⁾によって、公職の選挙の選挙権を有する者の年齢について、「満20年以上」から「満18年以上」に改められ、それと関連し、選挙人名簿及び在外選挙人名簿の被登録資格を有する者並びに在外選挙人名簿登録の申請をすることができる者の年齢も「満18年以上」に、また、選挙運動を行うことができない者の年齢についても「満18年未満」に改めることで18歳選挙権が実現した²⁾。この改正公職選挙法に基づき、地方自治体選挙では2016年7月3日の福岡県うきは市長選挙にて、国政選挙では同年7月10日の参議院議員選挙にてはじめて18、19歳の従前の公職選挙法上では年齢制限によって選挙権を行使できなかった者たちが「投票」という形での政治参加をすることとなった。これを機に、選挙権年齢を18歳に引き下げたことによる影響、今後の年齢制限の緩和の可能性、18歳に対する主権者教育のあり方、実際に18歳が選挙権を行使する選挙の制度上あるいは実務上の課題³⁾等が議論されている⁴⁾。しかし、これらの議論

の多くは、年齢制限それ自体が選挙権の制限であり、その制限の正当化は如何なるものなのかという、選挙権に年齢制限をかけること自体の検討をするようなものは見てとることができないし、そもそも、多くの人にとって、選挙権に年齢制限があることは当たり前のことで、選挙権の年齢制限についてはもはや特別な正当化を必要としないような扱いがなされているようにさえ感じられる。確かに、日本国憲法では「成年者による普通選挙を保障する」(15条3項)という規定があり、年齢が選挙権の要件とされることが当然のように予定されているわけだが、あくまでも「成年者」に選挙権を保障することが憲法上明記されているというだけで、それ以外の

³⁾事務上の課題は、18、19歳に関する不在者投票の問題である。18、19歳の高校生、大学生の中には住所(住民票)を実家から移さずにそのままにする者もいる。そのような18、19歳の有権者は名簿登録地以外の市区町村の選挙管理委員会における不在者投票を利用することになる。初めての国政選挙となった2016年7月10日実施の参議院議員選挙では、このような住民票を実家から移さなかった有権者(学生)が投票できなかった事例や航海実習のため海洋・水産高校の生徒らが洋上投票制度の「船員」には当たらないとされ、洋上投票を行うことができなかったという事例が生じた(詳しくは、斎藤一久「憲法からの検討—18歳選挙権をめぐる憲法上の諸問題」法学セミナー744号12頁(2017)参照)。

⁴⁾例えば、梶山玉香「18歳選挙権：大学生の投票機会の保障と不在者投票制度」法学セミナー747号64頁(2017)、井田正道「18歳選挙権は妥当か」教育と医学64巻8号628頁(2016)等がある。

¹⁾ この公職選挙法の改正にいたる経緯については、二本柳高信「18歳選挙権—選挙権年齢を法律で決めることの意味」法学教室430号44頁(2016)参照。

²⁾ その他、漁業法の海区漁業調整委員会委員選挙の選挙権・被選挙権、農業委員会等に関する法律に規定する農業委員会委員選挙の選挙権・被選挙権を有する者についても、「満18歳以上」に改正された(選挙制度研究会編『公職選挙法のうごき』(国政情報センター2016年))。

者に選挙権を認めることを憲法が禁止しているわけではない⁵⁾。加えて、在外日本国民の選挙権に関する訴訟⁶⁾で示された通り、本来、「国民の選挙権又はその行使を制限することは原則として許されず」、選挙権を制限するためには、「やむを得ない事由」が必要とされ、「そのような制限することなしには選挙の公正を確保しつつ選挙権の行使を認めることは事実上不能ない著しく困難であると認められる場合でない限り」、選挙権を制限するためのやむを得ない事由があるとは言えないとされる。当該判決では、「選挙権又はその行使を制限すること」という文言で選挙権の制限を2つの型⁵⁾に分けた上で、2つの型の選挙権制限ともに「やむを得ないと認められる事由があるかどうか」という基準を用いている。そうであるならば、年齢制限もこの基準に照らして制限が正当化可能であるかを議論すべきものといえる。選挙権の年齢制限を満たすか、満たさないかで「国民の国政への参加の機会を保障する基本的権利として、議会制民主主義の根幹を成すもの」³⁾である選挙権の有無が決定する以上、その制限の正当化事由をうやむやにして、立法裁量の問題だけにするのは危険な行為といえるだろう⁶⁾。

そこで本稿では、日本における選挙権の年齢制限の変遷を踏まえたうえで、選挙権の年齢制限はそもそも正当化事由を必要としないものなのかどうか、必要とするならば、どのような正当化事由が想定されるのか、その正当化事由は、民主的正統性の連鎖にとって重要である選挙権を制限するのに妥当なものといえるかを検討していく。

2. 選挙権の年齢制限の変遷

日本だけでなく、民主主義国家であれば、およそすべての国において普通選挙制度が実現するまでの間、選挙権は「教養と財産を有する者のみが公民たりうる」とする考えに基づき、有産階級の「特権」として扱われてお

り、納税要件等とともに年齢制限も当然のこととして設定されていた。日本における選挙権の年齢制限の歴史の始まりは、日本初めての国政選挙である1890年の衆議院議員選挙である。この際に適用された衆議院議員選挙法(明治22年法律第3号)では、25歳以上の日本国民⁷⁾男子で直接国税15円以上納めている者に選挙資格を限定していた。その後、納税要件が徐々に緩和され⁸⁾、1925年の衆議院議員選挙法全文改正により、同法(大正14年法律第47号)5条に「帝国臣民たる男子にして年齢二十五年以上の者は選挙権を有す」と規定し、25歳の日本国民男子に選挙権が保障された。この段階で、それまで一部の人の「特権」であった選挙権が少なくとも25歳以上の日本国民男子にとっては当たり前の権利となった。その後、1945年12月の改正で「帝国臣民にして年齢二十年以上の者は選挙権を有す」(5条)と規定し⁹⁾、日本国民である20歳以上の男女であれば選挙権が保障されることとなった。

選挙権の始まりと同時に設定されていた「25歳」という年齢制限が「20歳」に引き下げられた理由と目的については、堀切善次郎内務大臣が改正法案の帝国議会審議の中で以下のように述べている⁴⁾。

「第一の選挙権及被選挙権の擴張に付きましては、選挙権の年齢を二十五年より二十年に、被選挙権の年齢を三十年より二十五年に、それぞれ五年づつ引下げますと共に、新たに女子に對しましても、男子と同一の條件を以て、選挙権及被選挙権を認めることに致したのでありまして、教育文化の普及状況、一般民度の向上、殊に戦時中に於きまする社会的、経済的活動の實際等に徴しまして、近時青年の知識能力著しく向上致し、今日満二十年に達しました青年は、民法上の行為能力を十分に有して居りますのみならず、國政參與の能力と責任觀念にとりても、些かも缺くる所がないものと考へた次第であります、寧ろ是等の清新澁刺、純眞熱烈なる青年有権者の選挙への参加に依りまして、選挙界の固著せる弊竇を一新し、之に新日本建設の新しき政治力を形成する、重要な要素を加へることに相成るものと信じて居る次第であります」

⁵⁾ 選挙権制限の2つの型とは、一つは、選挙権に関して、特定の人的グループには選挙権を保持させないとする制限であり、もう一つは、有権者が選挙をする際に、法的ないし事実上の制約のために実際に投票をすること(選挙権の実質的行使)ができないというものである。

⁶⁾ 確かに、選挙権の制限というものも、憲法上明記された選挙諸原則等の要請に反しない限りで、立法者に裁量が認められている。ただし、その場合の立法者による選挙権制限も「やむを得ない事由」を必要とすることは、成年被後見人の選挙権に関する訴訟(東京地判H25・3・14)を見る限り明らかである。

⁷⁾ 正確に表現するならば「帝国臣民」である。

⁸⁾ 1900年に第2次山県有朋内閣のもとで改正され、納税資格は営業税を加えたうえ10円に引下げられ、1919年原敬内閣のもとでの改正で3円に引き下げられた。

⁹⁾ 1947年3月の改正で「帝国臣民」という文言は「国民」に変更された。

つまり、①教育文化の普及と一般民度の向上、戦争中という特殊状況下での青年による活動の評価、満20歳以上に達した青年は、民法上の行為能力を有している、国政参加の能力と責任観念において欠けていないという能力論に基づいた理由と、②青年の選挙参加によって、選挙界の弊害を一新し、新日本建設の新しい政治力を形成するという目的のもと、選挙権の年齢制限を25歳から20歳に引き下げたということになる⁵⁾。年齢制限引き下げに関する帝国議会における審議過程の中で、年齢制限の正当化事由は明らかにされているわけではないが、少なくとも選挙権年齢を20歳と設定するこの段階では、それまで選挙権を持つことができなかった青年に何らかの能力が備わり選挙権を持つことが可能になったという能力論によって選挙権の年齢制限を正当化していたと考えられる¹⁰⁾。

この20歳への選挙権年齢の引き下げ後、長らく日本における選挙権年齢は20歳で固定化されていたわけだが、先に述べた通り、2016年の公職選挙法改正で20歳から18歳へと更なる引下げが行われた。選挙権年齢の20歳から18歳への引き下げに関する衆議院・参議院の委員会審議では、若者の政治への関心、投票率を高める、世代間格差の是正、あるいは諸外国において18歳以下の選挙権年齢が主流であることなど政策的な理由あるいは目的ばかりが見られ⁶⁾、なぜ18・19歳のそれまで選挙権を持つことができなかった者が選挙権を持つことができるのか、そもそも17歳以下はなにゆえ選挙権を制限されるのかについては言及されなかった。25歳から20歳への年齢制限引き下げ段階では、年齢制限の正当化事由として「国政参加の能力」や「一般に政治を批判し候補者を選択する能力」⁷⁾等表現は異なるが、明らかに能力論を支持していることが読み取れた。しかし、20歳から18歳への引き下げ段階では、選挙権年齢の設定は選挙権の制限の問題ではなく、立法政策上の問題として扱っているため、年齢制限の正当化事由というものを推定するのが難しい状態となっている。

¹⁰⁾ 選挙権を持つためには何らかの能力を備える必要があるという能力論による正当化が行われていると思われるが、その際に備えるべき能力については、定かではない。そもそも、戦争中の活動がなければ選挙権年齢は引き下げられなかったという意見もあるが(大串隆吉「法律に見る成人年齢に関するノート」人文学報、教育学38(2013)34頁参照)、戦争を経験することによって得た能力等が基礎となるため、戦争中の活動=何らかの能力の獲得という構図になると考えられ、結局のところ能力論に帰結する。

3. 年齢制限の正当化事由とは何か？

選挙権を制限する際の大前提となるのは、その選挙権制限に「やむを得ない事由」があるかどうかということになる。当然、年齢制限も選挙権年齢を満たしていない者にとっては選挙権の制限である以上、この基準を満たす必要があるといえるだろう。そうであるとするならば、年齢制限の正当化事由とは、いったい何なのだろうか。選挙権年齢の引下げを議論する際の国会審議の中では明らかにされていないが、概ね以下のようなものを正当化事由と考えているように思われる。それは、選挙権年齢を満たしていない者には、法律的にみて十分な能力(民法上の行為能力等の問題)、あるいは政治的判断能力(成熟度の問題)が備わっていないため選挙権を持つことができないというような何らかの能力の有無というものである。確かに、読み書きできる能力がないと、投票用紙に候補者名を書くことができないため、投票する権利があったとしても実際に投票をするのは困難だと言える。しかしながら、現行法上、選挙権年齢を含む諸要件を満たさずすれば、読み書きできなくても選挙権を剥奪されていない以上、単純な読み書きできる能力の有無というのは選挙権を実質的に行使できない要因とはなるが、選挙権制限の根拠にはならないと推測される。

3.1 選挙権年齢と民法上の成年年齢

これまで、選挙権年齢と民法上の成年年齢は1945年の衆議院議員選挙法の改正以降長い間同一の年齢とされていた。そのため、多くの人にとって、この成人性の有無(成年年齢を満たすかどうか)が選挙権を与えないでおくためのやむを得ない事由であると捉えられがちであった。しかし、民法上の行為能力が認められるとされる民法上の「成年年齢」というものは、その年齢でなければならない発育上の必然性や根拠があつて設定されたものではなく、「この年齢になれば責任を負えるはずだ、この年齢であれば認めてもよい、この年齢なら適しているといった、年齢と成熟についての規範や期待によって定められた」⁸⁾ものにすぎないのである。そして、この成人性の有無の判断をする際の判断基準は商業取引や財産行為などに関して保護を必要とするかどうかであり、選挙権を行使する際にこんな能力が必要だといったようなものを判断しているわけではないことは明らかである。そのことを考慮すると、選挙権年齢と成年年齢は同一でなければならない、あるいは、民法上の成年年齢を満たすことによって得られる能力が選挙権行使に必要な能力であるとはできない

のである¹¹⁾。そもそも、憲法学説では憲法15条3項の「成年者」と民法上の「成年」が一致しなければならないかについて、一致させる必要はないと考えており⁹⁾、選挙権年齢と民法上の成年年齢との関係性は緩やかなものと捉えている¹²⁾。

少なくとも、民法によって判断される能力の有無を根拠として選挙権の年齢制限を正当化することができないのは明らかであるといえるだろう。

3.2 能力の有無は選挙権制限の正当化事由となるか？

では、民法によって判断される能力以外の何らかの能力が備わっているかどうかを根拠として選挙権を制限するかどうかを決めること、つまり、選挙権制限の正当化事由として能力の有無を挙げることは可能なのだろうか。成年被後見人選挙権回復訴訟¹⁰⁾において、「たしかに選挙権が単なる権利ではなく、公務員を選定するという一種の公務としての性格を併せ持つものであることからすれば、選挙権を行使するに足る能力を具備していないと考えられる、事理を弁識する能力を欠く者に選挙権を付与しないとするは、立法目的として合理性を欠くものとはいえない¹³⁾」として、成年被後見人の選挙権を一律に剥奪する公職選挙法上の規定の立法目的を認め、「選挙権を行使する者には、選挙権を行使するに足る能力を具備していることが必要である」と考えることは不合理とはいえないと選挙権行使に能力が必要であることに「合理性あり」の判断を下している。以上のことを踏まえると、選挙権制限の正当化事由として能力の有無を挙げることは自体は可能だといえるのか

もしれない¹⁴⁾。ただし、選挙権制限の正当化事由として「選挙権を行使するに足る能力」を挙げるのならば、その「選挙権を行使するに足る能力」の有無の判断基準に関して、他の制度を借用できるのかという問題が生じることになる。この点については、同判決の中で、「後見開始の許否の際に判断される能力は、その制度趣旨とされる本人保護の見地から「自己の財産を管理・処分する能力」を判断することが予定されるのであって、そのようないわゆる財産管理能力の有無や程度についての家庭裁判所の判断が、…主権者であり自己統治をすべき国民として選挙権を行使するに足る能力があるか否かという判断とは、性質上異なるものであることは明らかであり¹⁵⁾、「成年被後見人とされた者が総じて選挙権を行使するに足る能力を欠くわけではないことは明らかであり、…後見開始に際して判断される能力と選挙権を行使するに足る能力が同じであるという前提に立つのであれば、そのような前提に基づいた成年被後見人に選挙権を与えないとする主張は失当というほかならないとしていることから、他の制度を借用して「選挙権を行使するに足る能力」を判断するのは許容されないということになる。つまり、選挙権の年齢制限の正当化事由は「選挙権を行使するに足る能力」の有無ということになるわけだが、その能力の判断については制度趣旨の違う他制度の借用は認められず、憲法上独自の判断基準によるものでなければならないということになる。

3.3 政治的判断能力は正当化事由足りえない

選挙権年齢を満たしていない者は「選挙権を行使する

11) 衆議院選挙法が公布され、民法が施行されて以来、半世紀近くの間、選挙権年齢と成年年齢を一致させずにいたことから明らかであり、また、他の国、例えば、ドイツにおいても選挙権年齢と成人年齢がズレていた歴史的事実があることを踏まえれば当然の帰結である。

12) 法制審民法成年年齢部会では、憲法15条の「成年者」と民法4条の「成年年齢」とは常に一致すべきものとする理論的根拠はないと理解した上で、①両者の年齢は一致している方が「法制度としてシンプルである」、②多くの国で両年齢を一致させている、③国民投票法の法制審議の際の提出者の答弁等において、民法上の判断能力と参政権の判断能力とは一致すべきとの説明がなされていること等を考慮して、特段の弊害のない限り一致していることが望ましいとしている(法制審議会民法成年年齢部会「民法の成年年齢の引き下げについての最終報告書(第2次案)」(平成21年7月29日)6頁)。

13) 東京地裁の当該判断の根拠には二元説による選挙権解釈があり、選挙権の公務性というものから能力による規制の合理性を導き出していると考えられる。

14) 選挙犯罪者の選挙権・被選挙権に関する訴訟(最大判S30・2・9刑集9巻2号217頁)において「選挙の公正はあくまでも厳粛に保持されなければならないのであって、一旦この公正を阻害し、選挙に関与せしめることが不相当とみとめられるものは、しばらく、被選挙権、選挙権の行使から遠ざけ選挙の公正を確保する…これを以て不当に国民の参政権を奪うものというべきではない」と選挙の公正保持による選挙権制限を許容しており、「選挙の公正保持」という観点からも選挙権行使に一定程度の能力を要するという結論を導くことは可能だろう。

15) 家庭裁判所が後見開始の審判に利用する診断書について医師が記載する判断能力の意見欄には、「自己の財産を管理・処分することができない」、「自己の財産を管理・処分するには、常に援助が必要である」、「自己の財産を管理・処分するには、援助が必要な場合がある」、「自己の財産を単独で管理・処分することができる」の4つのいずれかにチェックするか、意見欄に記入する方式が採用されており、医師が判断しているのは「自己の財産を管理・処分する能力」についてである。

に足る能力」＝「政治的判断能力」が欠如している、それゆえ、選挙に参加することができないという構図は、選挙権の年齢制限を支持する人々にとっては自明のこととなっている。そして、その政治的判断能力の有無を判断する基準として制度趣旨の違う他制度を借用してはならないということを先に示した判例では述べているわけだが、そもそも、政治的判断能力なるものは具体的にどのような能力を指すのか、誰にその判断能力があり、誰にないのかを公平公正、透明性をもって測定するのか、この点が明確にならない限り、政治的判断能力が選挙権の年齢制限の正当化をするための「やむを得ない事由」とはならないのではないだろうか。政治的判断能力がいかようなものかは当然明確ではないが、選挙権年齢を満たしていない未成年者への選挙権付与を反対する立場の意見から推測すると以下のようなものということができる。政治的判断能力とは、他人からの影響を受けることなく、議会制民主主義の制度を理解したうえで、政治に興味をもち政治的情報を持ち、自らの決定がどのような結果を生じるか予見し得る能力とであると¹⁶⁾。このような政治的判断能力を備えていることは、議会制民主主義において理想ではあるが、現実的に有権者すべてがこのような判断能力を有しているとは言い難いだろう。仮に、この政治的判断能力が年齢制限の根拠とされるのなら、言うまでもなく政治的判断能力を欠く成年者からも選挙権を奪いとらなければなくなってしまふ。しかし、成年被後見人選挙権回復訴訟において東京地裁も「我が国の公職選挙法は、選挙権を行使するに足る能力が欠けている者から選挙権を剥奪することをしておらず、現に、我が国に相当数存在すると考えられる選挙権を行使するに足る能力を欠く者に対して、一般的に選挙権が与えられているのである」とするように、現行法上、政治的判断能力が欠けているからといって選挙権を剥奪されず、(成年者に限れば)政治的判断能力の有無は選挙権を奪いとるための「やむを得ない事由」足りえないことを認めている。成年被後見人選挙権回復訴訟において「選挙権を行使するに足る能力」として表現された「政治的判断能力」は確かに選挙において必要であり、選挙権を制限するための目的として能力を持ちだ

すことの合理性はあると判断したわけだが、成年者であれば政治的判断能力を欠く者に対しても選挙権を認めている現状を踏まえると、政治的判断能力は選挙権の年齢制限の正当化事由とはならないという結論を導くことができるだろう。加えて、この政治的判断能力というものは、ある特定の年齢に達したまさにその日にすべての人が獲得する能力というわけではなく、年齢との関係性で言えば緩やかな関係性でしかない¹⁷⁾。選挙権年齢として設定された年齢は、未成年者の多くがこの手の能力を備えていないだろうという推測を多分に含んで決められたものである。仮に推測ではなく、統計的なデータとして未成年者の多くが政治的判断能力を備えていないという事実が提示されたとしても、その事実をもって年齢制限を正当化することはできないだろう。仮に、その理論によって選挙権制限を正当化してしまうと、選挙権を実際に行使できない者を内包する成年被後見人の選挙権は認められないということにつながってしまうのである。選挙権年齢を満たさない未成年者の中には、確かに選挙権を行使するに足る能力が欠けている者も含まれるだろうが、選挙権を行使するに足る能力を備えているものも存在するのである。そのような選挙権を行使するに足る能力を備えている者も含んだ未成年者から一律に選挙権を剥奪する形になる年齢制限は、選挙権に対する「やむを得ない」制限であるとはできない。さらに、選挙権を行使するに足る能力が欠けているために選挙権を実際に行使できない状態だとしても、そのように権利を行使する状態にないからといって、ある人からその権利を奪うということは基本権の理念に反するといえるだろう。ただし、選挙権を通説の二元説で解釈した場合、公務性の面から、これらの者が「選挙の公正保持」という目的のために排除される可能性があることは否定できないだろう。しかし、有権者の中に相当数存在する選挙権を行使するに足る能力を欠く者、あるいは、実際に行使するのが難しい者にも選挙権が与えられ、それらのことを理由に選挙権を剥奪されていない現状を踏まえると、未成年者の選挙権のみ実際に行使できないから剥奪するというのはおかしい話といえるだろう。

4. 結びにかえて

選挙権の年齢制限も選挙権制限であり、判例上示された選挙権を制限する際の原則である「やむを得ない」、すなわち「そのような制限をすることなしには選挙の公正を確保しつつ選挙を行うことが事実上不能ないし著しく困難である」と認められる事由があるかを検討する

¹⁶⁾一般に未成年者の選挙権に反対する立場の意見には、①選挙に参加するには成熟性が欠けている、②他人(親等)に影響されやすい、③政治に関する複雑な制度を理解しきれない、④自らの決定の影響を予見できない、⑤政治より他のことで頭がいっぱい等直観的なものが多く見られる。

必要があるという立場から、選挙権の年齢制限の正当化事由について考察してきたわけだが、少なくとも、選挙権の年齢制限の正当化事由として能力を挙げることは出来ず、現行法上の年齢制限の正当化の根底にあるのが何らかの能力の有無だとすれば、それは許容することのできない選挙権制限なのではないかと考えている。では、そのような許容できない制限である選挙権の年齢制限を撤廃し、乳幼児も含めてすべての年齢の者に選挙権を認めるべきなのかということについては、慎重な議論を要するだろう。なぜなら、本稿で示したのはあくまで選挙権の年齢制限の正当化について能力論というのは使えないということだけであり、他の正当化事由が存在するかもしれないからである。仮に、現行法上の年齢制限を能力論以外のものでも正当化しようとするならば、「政治的社会化(political socialization)」というものが鍵となるのではないかと考えている。人は生まれながらにして、何らかの集団に同一化し、その集団に沈潜した直観的知識を身体化させ、人は他者あるいは他集団のメンバーと対話的な接触を持つことになる。このような過程をへて、直接的知識をコントロールして、「現実」を解釈する能力を身につけ、第一次言語としての意味を、他者と相互に理解しあい、言語の間接的機能を高め、言語について考える機能を習得し、その際に政治の言葉は「社会的現実」として構成される¹²⁾。このような「個人が、家族、仲間集団、学校、成人集団、マス・メディアなどの「媒体(agency)」を介して、政治に関する知識、態度、価値、行動パターン等を習得していく過程」¹³⁾である政治的社会化というものは、一定期間を要するのであり、その一定期間、つまり、そこでの「経験」こそが選挙権の年齢制限の正当化事由足りえるのではないだろうか。「経験」であれば、能力の差異に関係なくその年齢を満たすことによって必然的に満たす要件となり、かつ、ある一定の年齢までの「経験」であれば、成年者がもつ特性であり、未成年者がもっていない特性ということにもなるだろう。

いずれにせよ、紙面の都合上これ以上の考察は避けることとするが、選挙権の年齢制限について「経験」というものが正当化事由足り得るか、また、子どもの選挙権をどう考えていくのかを諸外国における検討¹⁴⁾を参考

¹⁴⁾ 例えば、Isabel Ruprecht, Das Wahlrecht für Kinder Verfassungsrechtlich Zulässigkeit und praktische Durchführbarkeit, 2012. Udo Lihs, Dürfen wir Kindern das Wahlrecht vorenthalten? Politische Mitbestimmung Minderjähriger als philosophisches Problem, 2010. Sebastian Müller-Franken, Familienwahlrecht und Verfassung, 2013.

として今後考察を加えていく必要がある。

参考文献

- 1) 法制審議会民法成年年齢部会「民法の成年年齢の引き下げについて」の最終報告書(第2次案)(平成21年7月29日)5頁、長尾一紘『日本国憲法 全訂第4版』(世界思想社、2011年)176頁
- 2) 最大判H17・9・14民集59巻7号2087頁
- 3) 最大判H17・9・14民集59巻7号2087頁
- 4) 第89回帝国議会貴族院衆議院議員選挙法中改正法律案特別委員会議事速記録第1号昭和20年12月12日1頁(http://teikokugikai-i.ndl.go.jp/cgi-bin/TEIKOKU/swt_dispdoc.cgi?SESSION=17503&SAVED_RID=1&PAGE=0&POS=0&TOTAL=0&SRV_ID=5&DOC_ID=660&PAGE=1&DTOTAL=32&DPOS=6&SORT_DIR=1&SORT_TYPE=1&MODE=1&DMY=17535)
- 5) 国立国会図書館調査及び立法考査局「主要国の各種法定年齢 選挙権年齢・成人年齢引下げの経緯を中心に」(2008年)4頁
- 6) 第189回国会衆議院政治倫理の確立及び公職選挙法改正に関する特別委員会議録第四号(平成27年5月29日)1頁以下、第189回国会参議院政治倫理の確立及び公職選挙法改正に関する特別委員会議録第四号(平成27年6月15日)2頁以下
- 7) 田上穰治『憲法撮要』(有信堂、1963年)138頁
- 8) 広井多鶴子「成年年齢と若者の「精神的成熟」 - 民法と少年法の改正をめぐって - 」実践女子大学人間社会学部紀要第6集(2010年)13、14頁
- 9) 辻村みよ子『選挙権と国民主権 - 政治を市民の手に取り戻すために』(日本評論社、2015年)160頁
- 10) 東京地判H25・3・14
- 11) ベンヤミン・キーゼヴェッター、寺田俊郎訳「子供に選挙権を与えないことは許されるか?」プライム33号(2011年)76頁
- 12) 土倉莞爾「18歳選挙権について考える」関西大学法学論集65巻5号(2016年)23(1475)頁以下参照
- 13) 佐藤孝夫「政治文化と政治的社会化 - G. アーモンドの所説を中心に - 」産業経済研究所紀要5号(1995年)96、97頁、その他、政治的社会化については、山田真裕『シリーズ日本の政治4 政治参加と民主政治』(東京大学出版会 2016年)73頁、真鍋一史「政治的社会的化の研究課題」関西学院大学社会学部紀要27号44頁、山本英弘「政治的社会的化研究からみた主権者教育」山形大学紀要(教育科学)16巻4号(2017年)257頁参照

強磁性金属・合金のスピン波スティフネス定数の 計算手法に関する検討

Examination of calculation methodology of spin-wave stiffness constant
in ferromagnetic metals and alloys

小田 洋平

福島工業高等専門学校 一般教科

Yohei Kota

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of General Education

(2017年9月7日受理)

In this report, we examined two methodologies of first-principles calculation for spin-wave stiffness constant D in ferromagnetic metal and alloy systems such as bcc-Fe, fcc-Ni, and fcc-Fe_xNi_{1-x} ($0 \leq x \leq 0.5$). The constant D was evaluated from the total energy difference or the band energy difference between the ferromagnetic ground state and the spin-spiral state in the wave-number q based on the adiabatic spin-wave approximation. We confirmed that the D values obtained by these methodologies are quantitatively equivalent each other. The calculated D can reproduce the behavior of experimental data, although there is several ten percent error.

Key words: Spin-wave stiffness constant, Adiabatic spin-wave approximation, First-principles calculation, Ferromagnetic metals and alloys

1. はじめに

物質の磁気的な性質は予てから永久磁石、磁気ヘッドや磁気記録媒体など磁気工学の分野で応用され、磁気を利用した製品は我々の身の回りに数多く存在している。また物質の磁気的な性質は物質中の電子のもつスピンの由来するが、この電子スピンを利用したエレクトロニクス(スピントロニクス)も以前から注目を集めており、基礎物理から産業応用に至るまで裾野の広い研究が行われてきた。

磁気工学やスピントロニクスの分野において喫緊の課題とされているのが、高性能な永久磁石材料の開発と低消費電力を実現する磁気メモリデバイスの開発である。これらの背景として、電気自動車の普及と情報化社会の発展がそれぞれ挙げられる。永久磁石材料の高性能化は電気自動車に内蔵されるモーターの性能向上に直結し、磁気メモリの低消費電力化は今日際限なく増え続けるデータを処理するコンピューターの消費電力削減に貢献する。もしこれらの技術が実用なものとなれば、社会全体のエネルギー消費が抑制され、環境負荷をより小さくできることが期待される。

しかしながら磁性体の温度特性の問題が一因となり、これらの材料やデバイスは未だ実用化には至っていない。低温では良好な特性を示す報告例は多いものの、実際の使用温度(室温もしくはそれ以上)では熱による磁性体のスピンの揺らぎが大きく影響する。熱に対して堅固な磁性物質を理論計算によって設計できれば問題解決の糸口となり得ることが期待されるが、そのためにも磁性体における磁気的な励起状態を解析することは重要な課題である。

そこで本研究では強磁性金属・合金のスピン波励起を考え、スピン波スティフネス定数を物質の電子状態の第一原理計算から求める手法について検討する。スピン波スティフネス定数を評価する種々の手法を試行し、計算結果の比較を行う。

2. 計算方法

強磁性ハイゼンベルグ模型において、波数 q のスピン波のエネルギー(スピン波分散)は

$$\hbar\omega(q) = \frac{4}{m}[J(0) - J(q)] \quad (1)$$

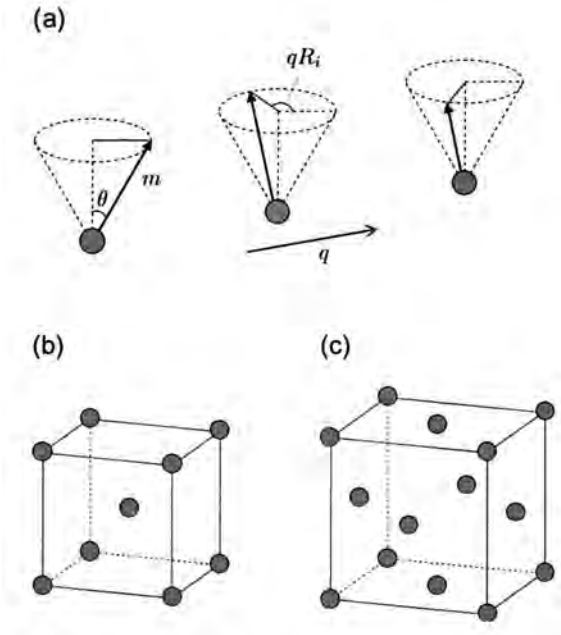


Fig. 1 Schematics of (a) spin-helical (spin-spiral) structure, (b) unit cell of bcc, and (c) that of fcc.

と表される。ここで m はスピン磁気モーメント、 $J(q)$ は交換相互作用定数 J_{ij} を波数 q でフーリエ変換

$$J(q) = \sum_{j(\neq i)} J_{ij} e^{iq(R_i - R_j)} \quad (2)$$

したものである (i, j : サイトインデックス)。なお波数については単純化のためベクトルではなくスカラー表記とし、 R_i は位置を表す。長波長の極限 ($q \rightarrow 0$) を考えると、スピン波分散は q^2 に比例し

$$\hbar\omega(q) \approx Dq^2 \quad (3)$$

と近似される。この比例定数 D がスピン波スティフネス定数であり、強磁性体のスピンのねじれに対する剛性を表す量である。

電子状態の第一原理計算からスピン波スティフネス定数 D を求めるためには Eq. (1), (2) より $J(0) - J(q)$ (または J_{ij}) を評価する必要がある。ここでスピン波励起による局所スピンの運動の時間スケールは物質中の電子の運動の時間スケールよりも十分に大きいと仮定し、局在スピンの運動が電子の運動に影響を与えないと考える (断熱スピン波近似)。すると $J(0) - J(q)$ は、スピンヘリカル・スパイラル磁気構造 [Fig. 1(a)] のエネルギーから求めることができる (局所スピンの天頂角

と方位角をそれぞれ θ, qR_i とする)。強磁性の基底状態 ($q=0$) から波数 q のスピンヘリカル・スパイラル状態になったとき、スピンのねじれによるエネルギーの変化を $\Delta E(q, \theta)$ として古典ハイゼンベルグ模型にマッピングすれば

$$J(0) - J(q) = \frac{\Delta E(q, \theta)}{\sin^2 \theta} \quad (4)$$

となる。

エネルギーの変化 $\Delta E(q, \theta)$ を第一原理計算から求める方法として次の2通りの手法 A, B を採用する。手法 A では波数 q 状態における電荷密度 $n(q, \theta)$ をセルフコンシステントに計算して得られるトータルエネルギーの変化

$$\Delta E_A(q, \theta) = E_{\text{tot}}[n(q, \theta)] - E_{\text{tot}}[n(0, \theta)] \quad (5)$$

を直接評価する。一方、手法 B では $q=0$ の基底状態から波数 q 状態の状態密度 $\rho(\epsilon; q, \theta)$ をワンショットで計算して得られるバンドエネルギーの変化

$$\Delta E_B(q, \theta) = \int_{-\infty}^{E_F} \rho(\epsilon; q, \theta) \epsilon d\epsilon - \int_{-\infty}^{E_F} \rho(\epsilon; 0, \theta) \epsilon d\epsilon \quad (6)$$

を評価する (E_F : フェルミエネルギー)。これはトータルエネルギーの変化を考えると、パラメーター q の変化による電荷密度の変化を δn_q とすると、クーロンエネルギーの変化と交換相関エネルギーの変化に対する δn_q の1次の寄与はそれぞれゼロになることに由来する (力の定理)。したがってクーロンエネルギーの変化と交換相関エネルギーの変化に対する δn_q の2次以上の寄与を無視すれば、トータルエネルギーの変化はバンドエネルギーの変化と等価になる。つまり手法 B は手法 A に対する近似的なアプローチという位置付けになるが、計算負荷は手法 A よりも手法 B の方が小さい。あとは $\Delta E(q, \theta)$ の $q \rightarrow 0$ 近傍における q^2 の比例定数を C とすれば

$$D = \frac{4C}{m_0 \sin^2 \theta} \quad (7)$$

から D が得られる。なお原子の磁気モーメント m はサイト内の多数 (少数) スピン状態の状態密度を $\rho_\uparrow, (\rho_\downarrow)$ として

$$m = \int_{-\infty}^{E_F} [\rho_\uparrow(\epsilon; q, \theta) - \rho_\downarrow(\epsilon; q, \theta)] \epsilon d\epsilon \quad (8)$$

より求められ、 $q=0$ における m を m_0 とした。

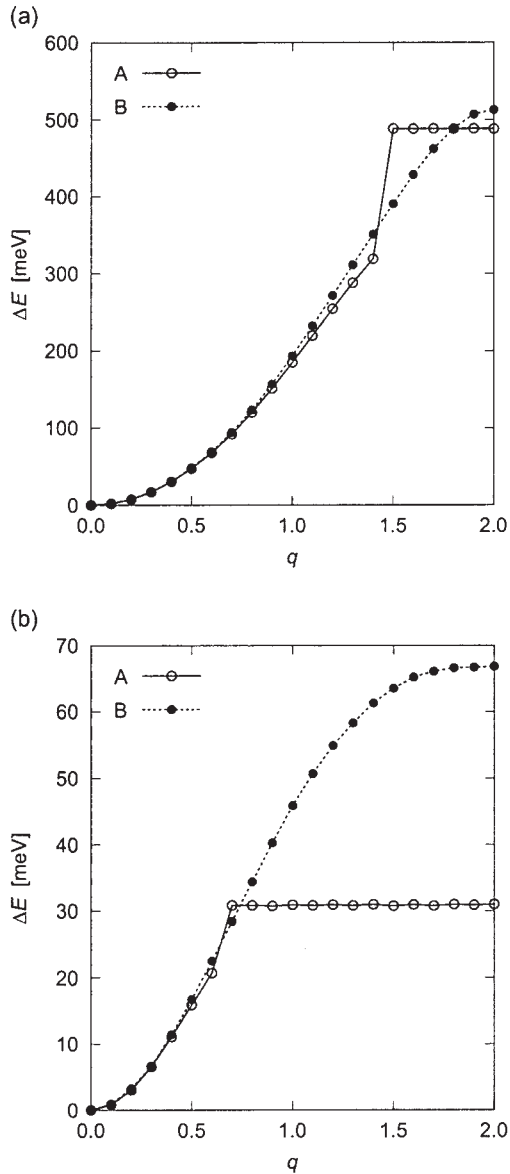


Fig. 2 Calculated total energy (open circles) and band energy (solid circles) of (a) bcc-Fe and (b) fcc-Ni as a function of the wave number q in the spin-spiral state.

本研究において電子状態の第一原理計算を実行するにあたり、局所スピンドensity近似に基づくタイトバインディング線形マフィントン軌道法^{1,2)}を採用した。この方法によるスピンヘリカル・スパイラル構造を計算については著者の前年の研究紀要³⁾で説明されている。体心立方格子 (body-centered cubic, bcc) [Fig. 1(b)] の鉄 (Fe)、面心立方格子 (face-centered cubic, fcc) [Fig. 1(c)] のニッケル (Ni) および鉄とニッケルの合金 ($\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$) を対象とし、 $\theta=90^\circ$ のスパイラル構造を考慮してスピนว波スティフネス定数の評価を行った。なお $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$

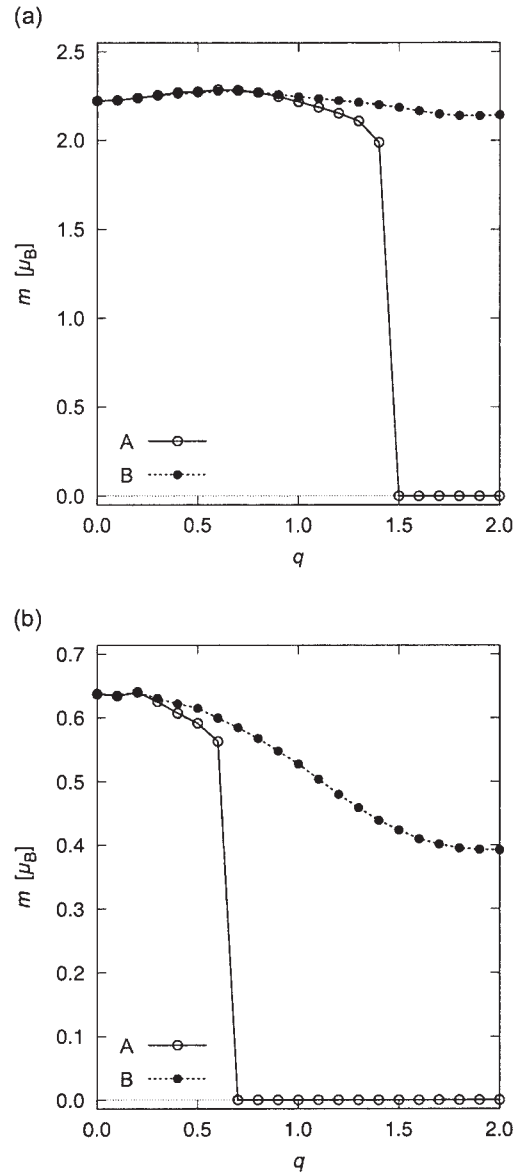


Fig. 3 Spin magnetic moment m per atom in (a) bcc-Fe and (b) fcc-Ni as a function of the wave number q in the spin-spiral state. Open (solid) circles present the result by the method A (B).

における Fe と Ni の不規則性はコヒーレントポテンシャル近似により扱った。またこれらの物質の格子定数 a については文献値⁴⁾を参照した。

3. 計算結果

スピนว波スティフネス定数を求める前段階として、まず bcc-Fe と fcc-Ni のスピンスパイラル状態についての検証する。Figure 2 は、Fe と Ni について、手法 A により求めたトータルエネルギーの変化および手法 B

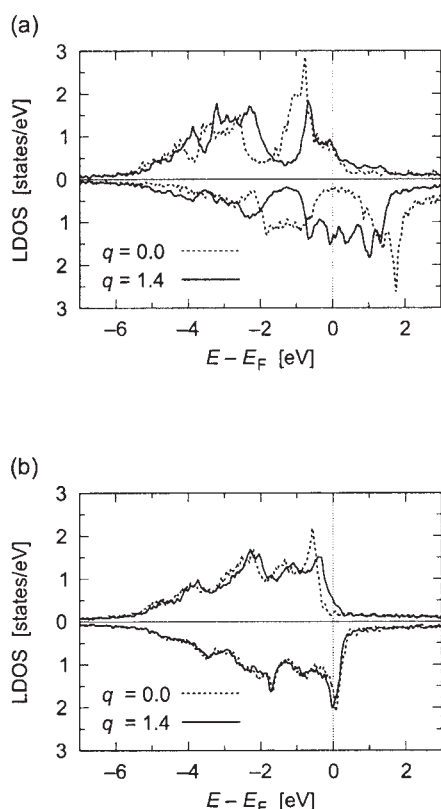


Fig. 4 Local density of states (LDOS) in (a) bcc-Fe for $q = 0.0$ (dashed line), and $q = 1.4$ (solid line) and (b) fcc-Ni for $q = 0.0$ (dashed line) and $q = 0.6$ (solid line). The upper and lower panels present the majority and minority spin states in the local spin coordinate, respectively.

により求めたバンドエネルギーの変化とスパイラル状態における波数 q との関係を示したものである。波数 q については $q=0$ から $q=2\pi/a$ (第1ブリルアンゾーンのエッジ) までの範囲を考慮した。これ以降 q については π/a で規格化し $0 \leq q \leq 2$ までの範囲を考える。また波数ベクトルの向きは $[001]$ 方向とした。

Figure 2 より、いずれの手法においても q の小さな領域ではエネルギーが単調に増大するが、ある q 以上の領域では2つのエネルギーの計算結果が大きく異なっている。手法 B により求めたバンドエネルギーは q の大きな領域でも依然として単調に増加し、全体としては概ね $1 - \cos(qa/2)$ に従うように見られ、古典ハイゼンベルグ模型のような振る舞いを示す。ところが手法 A により求めたバンドエネルギーは、Fe の場合 $q > 1.4$ 、Ni の場合 $q > 0.6$ の領域でそれぞれ一定の値となつて

いる。なお Fig. 2 に示した結果はあくまで $\theta = 90^\circ$ のスピンスパイラル状態のエネルギーであり、スピン波分散ではないことを付記しておく。そのため例えば Fe の $q = 1.5$ 近傍に現れるコーン異常は完全に消失している。

以上の結果について考察するために、スパイラル状態におけるスピン分極の様子について議論する。Figure 3 は Fe および Ni 1 原子あたりのスピン磁気モーメント m の波数 q 依存性を示したものである。手法 A では各 q の状態について m をセルフコンシステントに求め、手法 B では $q=0$ の基底状態のポテンシャルパラメータを用いて各 q の状態における m をワンショットで求めた。

手法 A で求めた m は Fe の場合 $q > 1.4$ 、Ni の場合 $q > 0.6$ の領域では $m = 0$ となっている。つまりセルフコンシステントな計算の解として、ある波数 q 以上のスピンスパイラル状態は非磁性状態よりもむしろ不安定となる。ここで基底状態 ($q=0$) と非磁性状態となる寸前のスピンスパイラル状態 ($q > 0$) での電子構造を比較するため、Fig. 4 に bcc-Fe の $q=0$ と $q=1.4$ および fcc-Ni の $q=0$ と $q=0.6$ における局所状態密度 $\rho(\epsilon)$ を示す。基底状態とスピンスパイラル状態の局所状態密度を比較すると、Fe では状態密度のピーク位置が全体的に高エネルギー側にシフトしており、Ni でも特に多数スピン状態のフェルミ準位直下のピークがブロードになってその裾がフェルミ準位を横切っている。これらの変化は多数スピン状態と少数スピン状態のバンドの混成によるもので、その結果バンドエネルギーが上昇することは明らかである (現に Fig. 2 の手法 B の結果はこの事実を定量的に示している)。

ストーナー理論によると、bcc-Fe や fcc-Ni でスピン分極が起こるのは、スピン分極によるバンドエネルギーの上昇をクーロンエネルギーの利得が上回るためと考えられているが⁵⁾、スピンスパイラル状態になるとバンドエネルギーがさらに上昇してしまう。それならむしろスピン分極をなくしてしまう方がエネルギーの上昇を抑えられることから、ある q 以上では非磁性状態がセルフコンシステント計算の解になると考えることができる。ただしスピン分極消失に関するこのシナリオはあくまで著者の推測の域を出ず、今後より詳細なデータに基づき検討を進める必要がある。加えて Fig. 2 および Fig. 3 において手法 A により求めたエネルギーや磁気モーメントの値が不連続的にゼロとなっているが、これに関してもセルフコンシステント計算の収束状況等について慎重な検討を要する。

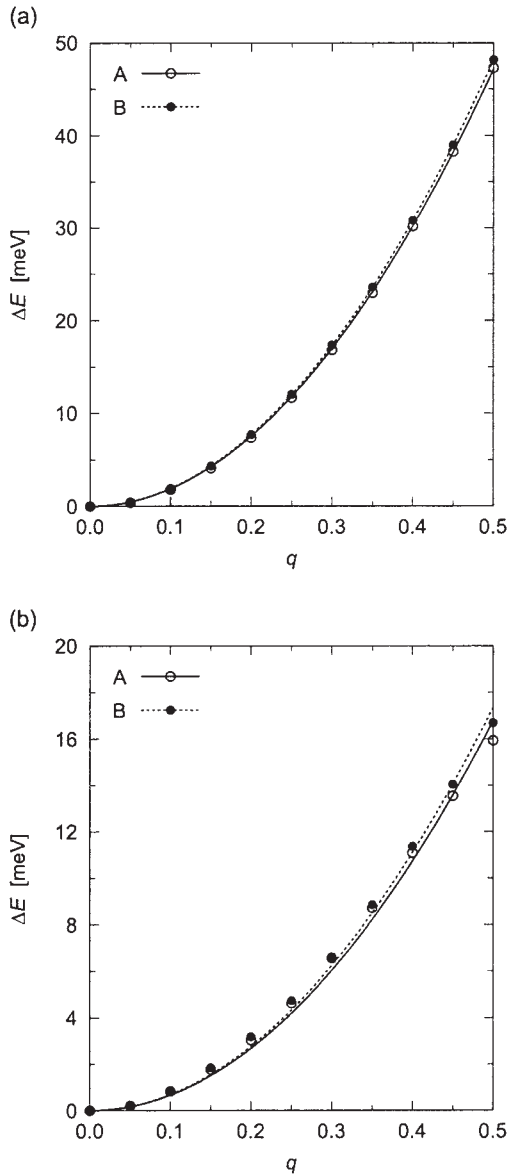


Fig. 5 Calculated total energy (open circles) and band energy (solid circles) of (a) bcc-Fe and (b) fcc-Ni as a function of the wave number q in the spin-spiral state. Solid (dashed) line is the q^2 fitting curve of the result by the method A (B).

一方、Fig. 3 において手法 B で求めた磁気モーメント m は波数 q の全領域で有限の値となるが、一定値ではなく、 q が大きくなるにつれて次第に小さくなる傾向を示す。これも q の増加により多数スピン状態と少数スピン状態のバンドの混成がより顕著になるためと理解される。ただしハイゼンベルグ模型は m の大きさが一定であることが前提であり、この点には留意する必要がある。

Table 1 Spin-wave stiffness constants, D [$\text{meV}\text{\AA}^2$], of bcc-Fe and fcc-Ni. Note that D_A and D_B are obtained by the method A and B, respectively, and D_{exp} is experimental data cited in Ref. 6.

	D_A	D_B	D_{exp}
bcc-Fe	267	270	314
fcc-Ni	690	710	550

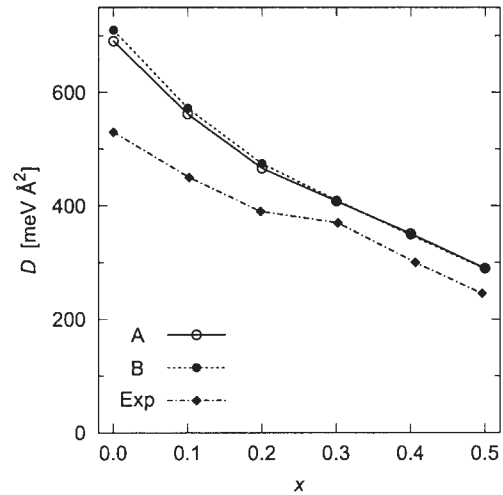


Fig. 6 Spin-wave stiffness constant D of $\text{Fe}_x\text{Ni}_{1-x}$ as a function of Fe concentration x . Open (solid) circles are the result by the method A (B), and solid diamonds are experimental data in Ref. 7.

ここからは本研究の主目的であるスピン波スティフネス定数 D の評価手法について検討する。これまでに示した電子状態計算の結果より、スピンスパイラル状態の波数 q に対して磁気モーメント m が一定になるとは限らない。特に基底状態からエネルギーの高い励起状態になるほど m の変化は大きくなる（あるいは $m=0$ となってしまう、そもそも磁性体ではなくなる場合すらある）。しかし D の評価に必要なのは $q \rightarrow 0$ 近傍におけるエネルギーの q^2 の比例定数であり、裏を返せば q に対する m の変化が小さい範囲でフィッティングするのが妥当と判断される。

Figure 5 は、Fig. 2 と同様に、bcc-Fe と fcc-Ni について手法 A と B により求めた各エネルギーの変化を $0 \leq q \leq 0.5$ の範囲で表したものである。またフィッティングによって得られた q^2 の曲線も示した。それぞれ手法により求めた q^2 の比例定数 C と $q=0$ における

m を Eq. (7) に代入して得られたスピン波スティフネス定数 D を Table 1 にまとめる. Fe および Ni の D の値は手法 A と B の違いにほとんど依存しない. これは q の小さな範囲におけるエネルギー変化から D を見積もった結果, 力の定理に基づく近似のエラーが小さくなったためと考えられる. また実験値 $D_{\text{exp}}^{(6)}$ との比較においては, Fe で 15%, Ni で 30% 程度の相対誤差がある.

最後に, fcc-Fe_xNi_{1-x} 合金の D の Fe 濃度 x 依存性の計算結果を Fig. 6 に示す. bcc-Fe や fcc-Ni と同様に, 手法 A と B の違いによる差は小さい. また実験値 $D_{\text{exp}}^{(7)}$ との比較においては, x が増加すると D が減少する振る舞いは一致しているが, 計算結果は実験値よりも全体的に 20% 程度大きくなっている. これらの誤差は理論計算を実行する上で用いられた局所スピン密度近似や断熱スピン波近似など種々の近似に起因すると考えられるが, 実験値についても文献によって結果にばらつきがあることを付記しておく. しかし非経験的な電子状態計算によって得られた結果は, bcc-Fe と fcc-Ni の D の大小関係や fcc-Fe_xNi_{1-x} 合金の D の x 依存性の傾向に関する実験事実を定量レベルで再現できおり, 物質の個別性を考慮した磁性体の励起状態を理論的に解析するための有力な手段と言える.

4. まとめと今後の課題

本研究では強磁性金属 (bcc-Fe, fcc-Ni) および合金 (Fe_xNi_{1-x}) のスピン波スティフネス定数 D を電子状態の第一原理計算を用いて計算する手法について検討を行った. 強磁性の基底状態と波数 q のスピンスパイラル状態におけるトータルエネルギーあるいはバンドエ

ネルギーの差を計算し, 断熱スピン波近似のもとで D を評価した. その結果, 得られた D の値はこれらの手法の違いには大きく依存しないことが明らかになった. また D の計算結果と実験値との比較においては, 数十パーセントの誤差はあるものの, 計算結果は実験の振る舞いをよく再現することを確認した.

今後の課題として, 前節でも言及した q が大きい領域におけるスピン分極消失のシナリオや計算の収束状況のより詳細な検証のほか, $q \rightarrow 0$ 近傍におけるエネルギー変化に対する q^4 や q^6 成分の寄与の解析も必要と思われる. また断熱スピン波近似とは別の手法として, Eq. (1), (2) に含まれる交換相互作用定数 J_{ij} やそのフーリエ変換 $J(q)$ を摂動論的に求める手法があり, その妥当性や今回得られた結果との比較を行っているところである.

参考文献

- 1) H. L. Skriver: The LMTO method (Springer, Berlin, 1984).
- 2) I. Turek, V. Drchal, J. Kudrnovský, M. Šöb, and P. Weinberger: Electronic Structure of Disordered Alloys, Surface and Interfaces (Kluwer, Boston, 1997).
- 3) 小田洋平: 福島工業高等専門学校 研究紀要, **57**, 193 (2016).
- 4) R. M. Bozorth: Ferromagnetism (D. van Nostrand, New York, 1951).
- 5) 佐久間昭正: 磁性の電子論 (共立出版, 東京, 2010).
- 6) J. Kübler: Theory of Itinerant Electron Magnetism Revised Edition (Oxford University Press, New York, 2009).
- 7) I. Nakai: J. Phys. Soc. Jpn. **52**, 1781 (1983).

二次元磁性ヘテロ構造における熱電効果の理論的研究

Theory of the thermoelectric effect in two-dimensional magnetic heterostructures

千葉 貴裕

福島工業高等専門学校一般教科物理

Takahiro Chiba

Department of General Education Physics, National Institute of Technology, Fukushima College

(2017年8月29日受理)

We theoretically study the thermoelectric properties of two-dimensional Dirac electrons on the surface of three-dimensional topological insulators that are capped by a ferromagnetic insulator. We calculate electrical conductivity and thermopowers by using the Boltzmann transport theory, taking into account the in-scattering due to normal disorder. We show that the thermoelectric figure of merit, ZT , can be large due to a magnetoresistance and the Berry phase which are tuned by a magnetization direction. The large values of ZT make this magnetic heterostructure a promising candidate for applications in the thermoelectric conversion technology.

Key words: thermoelectric effect, two-dimensional electron gas, topological insulator, ferromagnetic insulator

1. はじめに

熱から電気エネルギーを生成する方法として熱電変換あるいは熱電発電と呼ばれる技術がある。これは「温度差を有する導体の両端または垂直方向に起電力が生じる」という熱電効果を利用している¹⁾。特に熱電効果において試料両端に起電力が生じるものをゼーベック効果、温度差と垂直方向に起電力が生じるものをネルンスト効果と呼ぶ。一般に導体の両端に温度差を与えると、熱の流れに伴ったキャリア移動が起こり電圧が発生する。このような熱を電気に変える熱電変換素子を並列につなげることにより高出力の起電力が得られる。この発電機は小型化が可能であり、温度差がある場所であればどこにでも設置できる。そこでこの発電機を工場、自動車のエンジン、さらにはパソコンなどに用いることで大量に廃棄される廃熱エネルギーからの発電が可能である。また温泉熱、太陽熱、地熱などの自然界の熱をこの発電に利用することも可能である。そのため熱電変換技術は、省エネルギー・地球温暖化問題の緩和策として期待されている。

電気の源である電子は「電荷」と「スピン」の二つ内部自由度をもっている。従来のエレクトロニクスが利用してきた電荷に加えて、このスピンも制御することで高機能・高効率な素子の実現を目指す技術分野をスピント

ロニクスと呼ぶ²⁾。近年の研究では、磁性体と非磁性体の接合からなる「磁性ヘテロ構造」において、交換相互作用とスピン軌道相互作用を利用した電氣的な磁化制御や新規な磁気抵抗効果が研究されている。これら二つの相互作用を組み合わせることで、従来の熱電変換においてもスピンに基づく新機能を実現できることが期待される。

一般に電子は量子力学において波動関数で記述される。その波動関数の位相情報が物質の巨視的な性質である輸送現象に大きな影響を与える場合がある。これは波動関数を作る電子構造の幾何学的な性質に起因するため、電子構造のトポロジーと呼ばれている³⁾。またトポロジカルな性質をもつ物質の代表例として、トポロジカル絶縁体 (TI) が知られている⁴⁾。TIは強いスピン軌道相互作用と時間反転対称性に起因して、バルクが絶縁体であるのに対し表面にギャップレスな金属状態をもつ。表面の伝導電子はヘリカルなスピン構造をもち、電子の運動方向とスピン方向が一对一に対応している (スピン軌道ロック)。したがってTI 表面に電場を印加することでスピン軌道ロックによりスピンの蓄積が誘起される (Rashba-Edelstein 効果)。そのためTIは電気とスピンの変換材料としての利用が期待されている⁵⁾。またトポロジカル絶縁体相はこれまで熱

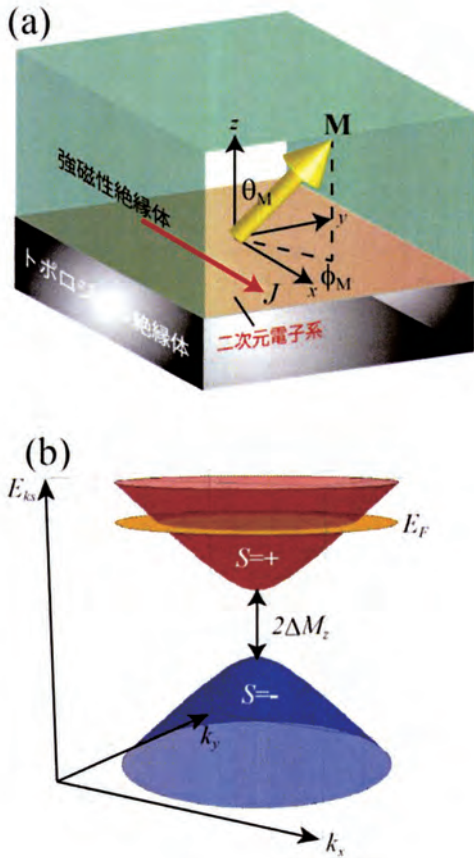


Fig. 1 (a) Bilayer system of a topological insulator (TI) and a ferromagnetic insulator (FI). Electric currents flow on the surface of the TI in proximity of the FI (shown as the red area). (b) Schematic energy dispersion of the gapped two-dimensional Dirac Hamiltonian. The Fermi level E_F is measured from the Dirac point and taken to be above the gap.

電変換材料として知られていたBiカルコゲナイド系において発現するため、近年では熱電効果においても電子構造のトポロジーが及ぼす影響が研究されている⁶⁻⁹⁾。そこで本研究では、物質のトポロジカルな性質に立脚した新しい熱電技術の提案を目的として、磁性ヘテロ構造における電子構造のトポロジーを利用した熱電変換の理論構築を行う。

2. 計算手法

2.1 有効バンドモデル

本研究では、Fig. 1(a)に示すようなTIと強磁性絶縁体 (FI) の二層膜からなる二次元磁性ヘテロ構造¹⁰⁻¹²⁾ において熱電現象を研究する。TI表面でのスピン蓄積とFIの磁化との交換相互作用を介すことで、磁化によりTI表面での電気抵抗および熱電効果を制御できることが

期待される。そこでTI表面を記述する二次元ディラックハミルトニアンに近接磁気効果による交換ポテンシャルを加えたモデルを用いてこの系をモデル化する¹³⁾。そのハミルトニアンは

$$H = -i\hbar v_F \sigma \cdot (\nabla \times \mathbf{z}) + \Delta \sigma \cdot \mathbf{M} \quad (1)$$

である。第一項はTI表面の伝導電子を記述する二次元ディラックハミルトニアンである。ここで \hbar はディラック定数、 v_F はディラック電子のフェルミ速度である。例えば、典型的なTIであるBi₂Te₃表面では $v_F = 4.3 \times 10^5$ m/sである。第二項はFIからの近接磁気効果による交換ポテンシャル (大きさ Δ) を表している。ここで σ は電子スピンを表すパウリ行列、 \mathbf{M} はFIの磁化ベクトルを表し、ハット付きはその単位ベクトルである。(1)式から、この系の電子のバンド構造は

$$E_{k_x} = s\sqrt{(\hbar v_F k_x + \Delta M_y)^2 + (\hbar v_F k_y - \Delta M_x)^2 + (\Delta M_z)^2} \quad (2)$$

となる。ここで $s = \pm$ はFig. 1(b)に示したスピン分裂に対する上下のバンドを表している。(1)式は面内磁化による有効ベクトルポテンシャル $\mathbf{A} = -\Delta / (c v_F) \mathbf{M} \times \mathbf{z}$ ($e > 0$ は電気素量) に対してゲージ不変であるため波数空間で変換

$$(k_x, k_y) \rightarrow (q_x + c A_x / \hbar, q_y + c A_y / \hbar) \quad (3)$$

を行うことが許される。そのため電子のバンド構造および波動関数は

$$E_{q_s} = s\sqrt{(\hbar v_F)^2 (q_x^2 + q_y^2) + (\Delta M_z)^2} \quad (4)$$

および

$$\begin{aligned} \psi_{q_s}(\mathbf{r}) &= e^{i\mathbf{q}\cdot\mathbf{r}} |u_{q_s}\rangle, \quad (5) \\ |u_{q_+}\rangle &= \begin{pmatrix} \cos(\theta/2) \\ -ie^{i\phi} \sin(\theta/2) \end{pmatrix}, \quad |u_{q_-}\rangle = \begin{pmatrix} \sin(\theta/2) \\ ie^{i\phi} \cos(\theta/2) \end{pmatrix} \quad (6) \end{aligned}$$

となる。ここで $\cos \theta = \Delta M_z / |E_{q_s}|$ 、 $\tan \phi = q_y / q_x$ である。

2.2 ボルツマンの輸送理論

本研究では、二次元磁性ヘテロ構造における熱電効果をボルツマンの輸送理論により取り扱う。平衡状態における電子分布はフェルミ分布関数 $f^{(0)}(\mathbf{q})$ で与えられる。一方で系に電場や温度差などの外場がある場合、電子の分布関数はボルツマン方程式に従って変化する。このような非平衡状態における分布関数を $f(\mathbf{r}, \mathbf{q}, t)$ と表すと、ボルツマン方程式は

$$\dot{\mathbf{r}} \cdot \frac{\partial f}{\partial \mathbf{r}} + \dot{\mathbf{q}} \cdot \frac{\partial f}{\partial \mathbf{q}} = \left(\frac{\partial f}{\partial t} \right)_{\text{coll}} \quad (7)$$

となる。ただしここでは定常状態を扱うので $f(\mathbf{r}, \mathbf{q})$ と

した。右辺は衝突項と呼ばれ電子散乱による分布関数の変化を表している。衝突項は外場により平衡分布からずれた分布関数を元へ戻す役割を担うので、

$$\left(\frac{\partial f}{\partial t}\right)_{\text{coll}} = -\frac{f(\mathbf{r}, \mathbf{q}) - f^{(0)}(\mathbf{q})}{\tau(\mathbf{q})} \quad (8)$$

という形を仮定する。ここで $\tau(\mathbf{q})$ は電子の輸送緩和時間であり、

$$\frac{1}{\tau(\mathbf{q})} = \sum_s \int \frac{d^2 \mathbf{q}'}{(2\pi)^2} W_s(\mathbf{q}, \mathbf{q}') \left(1 - \frac{\mathbf{v}_{q's} \cdot \mathbf{v}_{qs}}{v_{qs}^2}\right) \quad (9)$$

のように表すことができる。ここで $\mathbf{v}_{qs} = \nabla_{\mathbf{q}} E_{qs}/\hbar$ は電子の群速度であり、

$$W_s(\mathbf{q}, \mathbf{q}') = \frac{2\pi}{\hbar} |\langle \mathbf{q}', s | V | \mathbf{q}, s \rangle|^2 \delta(E_{qs} - E_{q's}) \quad (10)$$

は不純物ポテンシャル V による $q \rightarrow q'$ への散乱確率を表している。 $\tau(\mathbf{q})$ の表式における群速度の内積は前方散乱が電気抵抗に寄与しないことを意味している。ただしここでは後に扱う Π のバンド構造を想定して上下のバンド間での電子散乱を無視している。一方で系に電場および温度勾配がある場合を考えると、分布関数は

$$f(T(\mathbf{r}), (\mathbf{q})) = \left[\exp\left(\frac{E_{qs} - \mu}{k_B T(\mathbf{r})}\right) + 1 \right]^{-1} \quad (11)$$

のように局所温度 $T(\mathbf{r})$ および化学ポテンシャル μ を用いて表される。そこでこれらの外場による分布関数 $f(\mathbf{r}, \mathbf{q})$ の平衡状態からのずれを $g(\mathbf{r}, \mathbf{q}) = f(\mathbf{r}, \mathbf{q}) - f^{(0)}(\mathbf{q})$ としてボルツマン方程式に代入すると、 \mathbf{E} と ∇T の一次までの範囲で

$$g(\mathbf{r}, \mathbf{q}) = \tau(\mathbf{q}) \mathbf{v}_{qs} \cdot \left[-c \mathbf{E} + (E_{qs} - \mu) \left(-\frac{\nabla T}{T} \right) \right] \left(-\frac{\partial f^{(0)}}{\partial E_{qs}} \right) \quad (12)$$

と求まる。したがって電流 \mathbf{j} は

$$\mathbf{j} = \sum_s \int \frac{d\mathbf{q}}{(2\pi)^2} (-c) \mathbf{v}_{qs} g(\mathbf{r}, \mathbf{q}) \quad (13)$$

となる。

2.3 ベリー位相

次に電子構造のトポロジーが輸送現象に与える影響について議論する。電子構造に幾何学的な性質がある場合、結晶内を運動する電子の波動関数は幾何学的位相あるいはベリー位相と呼ばれる付加的な位相を得る。これにより外場下における電子の群速度は

$$\dot{\mathbf{v}}_{qs} = \frac{1}{\hbar} (\nabla_{\mathbf{q}} E_{qs} + c \mathbf{E} \times \boldsymbol{\Omega}_{qs}) \quad (14)$$

のように変更される。ここで $\boldsymbol{\Omega}_{qs} = \nabla_{\mathbf{q}} \times i \langle \mathbf{q}, s | \nabla_{\mathbf{q}} | \mathbf{q}, s \rangle$ は上下のバンドにおけるベリー曲率であり、電子構造の

トポロジー的性質を反映している。(14)式から、ベリー曲率は波数空間に存在する有効磁場とみなすことができる。この式から外部磁場がなくとも \mathbf{E} と垂直方向に電子の運動が生じ、ホール効果を誘起することがわかる。実際に上式の第二項は異常速度と呼ばれ、強磁性体での異常ホール効果の一要因となっている。一方でベリー位相はブロッホ電子の軌道磁化 $\mathbf{M}(\mathbf{r})$ に対しても影響を与える。マクスウェル方程式に従うと $\mathbf{M}(\mathbf{r})$ は磁化電流 $\mathbf{j}_M = -\nabla \times \mathbf{M}(\mathbf{r})$ を生じる。この $\mathbf{M}(\mathbf{r})$ は熱力学ポテンシャル F から、

$$\begin{aligned} \mathbf{M}(\mathbf{r}) &= - \left(\frac{\partial F}{\partial \mathbf{B}} \right)_{\mu, T} \\ &= \sum_s \int \frac{d\mathbf{q}}{(2\pi)^2} \mathbf{m}_{qs} f(\mathbf{r}, \mathbf{q}) \\ &\quad + k_B T(\mathbf{r}) \sum_s \int \frac{d\mathbf{q}}{(2\pi)^2} \frac{c}{\hbar} \boldsymbol{\Omega}_{qs} \log \left(1 + e^{-\frac{E_{qs} - \mu}{k_B T(\mathbf{r})}} \right) \end{aligned} \quad (15)$$

と求まる。ここで \mathbf{m}_{qs} はブロッホ電子の軌道磁気モーメントである。

2.4 トポロジカル熱電効果

ここでは $\tau(\mathbf{q})$ は既知のものとし、輸送係数について議論する。これまでの議論からトポロジカルな電子構造をもつ系における電流 \mathbf{J} は

$$\begin{aligned} \mathbf{J} &= \sum_s \int \frac{d\mathbf{q}}{(2\pi)^2} (-c) \dot{\mathbf{v}}_{qs} f(\mathbf{r}, \mathbf{q}) + \mathbf{j}_M \\ &= \mathbf{j} + \sum_s \int \frac{d\mathbf{q}}{(2\pi)^2} (-c) \mathbf{v}_{qs}^{\text{int}} f^{(0)}(\mathbf{q}) \\ &\quad - \nabla \times k_B T(\mathbf{r}) \sum_s \int \frac{d\mathbf{q}}{(2\pi)^2} \frac{c}{\hbar} \boldsymbol{\Omega}_{qs} \log \left(1 + e^{-\frac{E_{qs} - \mu}{k_B T(\mathbf{r})}} \right) \end{aligned} \quad (16)$$

と表すことができる⁶⁾。ここで $\mathbf{v}_{qs}^{\text{int}} = e \mathbf{E} \times \boldsymbol{\Omega}_{qs} / \hbar$ はベリー曲率による異常速度である。第一項はトポロジカルに自明な項からの寄与であり、電場および温度勾配

(ゼーベック効果) による通常の電流である。第二項はベリー位相が波数空間での仮想磁場となり生じる内因的な異常ホール効果を表している。そして第三項はベリー位相による軌道磁化から生じる磁化電流であり、内因的な異常ネルンスト効果に対応している。また第二項と第三項は電子散乱により決まる $\tau(\mathbf{q})$ を含まないことから特殊な電子構造に由来した内因的な寄与であることが窺える。以上により熱電効果における各々の輸送係数は

$$\sigma_{xx} = e^2 \sum_s \int \frac{d\mathbf{q}}{(2\pi)^2} \tau(\mathbf{q}) (\mathbf{v}_{qs})_x^2 \left(-\frac{\partial f^{(0)}}{\partial E_{qs}} \right) \quad (17)$$

$$\sigma_{xy} = -\frac{e^2}{\hbar} \sum_s \int \frac{d\mathbf{q}}{(2\pi)^2} (\Omega_{qs})_z f(\mathbf{q}) = -\sigma_{yx} \quad (18)$$

$$\alpha_{ij} = -\frac{1}{c} \int dE_{qs} \left(-\frac{\partial f^{(0)}}{\partial E_{qs}} \right) \sigma_{ij}(E_{qs}) \frac{E_{qs} - \mu}{T} \quad (19)$$

となる。低温極限において α_{ij} は

$$\alpha_{ij} = -\frac{\pi^2 k_B^2 T}{3c} \sigma'_{ij}(E_F) \quad (20)$$

となる (モット公式) ため、ゼーベック係数 S とネルンスト係数 N はそれぞれ

$$S = \alpha_{xx} / \sigma_{xx} \quad (21)$$

$$N = \alpha_{xy} / \sigma_{xx} \quad (22)$$

のように表される。

3. 計算結果

本研究では、TI表面での電子散乱として非磁性不純物による機構を想定する。この機構は表面の乱れや格子欠陥からくる散乱効果であり、非磁性の短距離型ポテンシャルにより取り扱う。以下にこの不純物ポテンシャルに対する輸送緩和時間および熱電効果の輸送係数の計算結果を示す。

3.1 輸送緩和時間

非磁性不純物として以下の短距離型ポテンシャル

$$V(\mathbf{r}) = V_0 \sum_{i=1}^N \delta(\mathbf{r} - \mathbf{R}_i) \quad (23)$$

の形を仮定する。この散乱ポテンシャルは短距離ガウス分布 $\langle V(\mathbf{r}_1) V(\mathbf{r}_2) \rangle_{\text{imp}} = nV_0^2 \delta(\mathbf{r}_1 - \mathbf{r}_2)$ に従うものとし、多重散乱過程においてポテンシャルの詳細が急速に関与しなくなることを反映している。ここで n は不純物濃度であり、 V_0 はポテンシャル強度を表している。この不純物による $s=+$ バンド内における散乱確率は V_0 の最低次までの範囲で

$$\begin{aligned} \langle | \langle u_{q'} + V | u_{q+} \rangle |^2 \rangle_{\text{imp}} &= nV_0^2 | \langle u_{q'} + | u_{q+} \rangle |^2 \\ &= nV_0^2 \left(1 - \sin^2 \theta \sin^2 \frac{\phi - \phi'}{2} \right) \end{aligned} \quad (24)$$

となるので、(9)式より電子の輸送緩和時間は

$$\frac{1}{\tau(E_F)} = \frac{1}{4\tau_e(E_F)} \left(1 + 3 \frac{m^2}{E_F^2} \right) \quad (25)$$

と求まる。ここで $m = \Delta M_z$ はFig. 1(b)に示した交換ギャップの大きさ (その半値) であり、

$$\frac{\hbar}{\tau_e(E_F)} = 2\pi n V_0^2 D(E_F) \quad (26)$$

は非弾性散乱時間である。また $D(E_F) = E_F / [2\pi(\hbar v_F)^2]$ はディラック電子の状態密度である。

3.2 電気伝導率

次に前節の $\tau(\mathbf{q})$ を用いて各々の輸送係数を計算していく。フェルミエネルギーが交換ギャップの上方にある ($E_F > m$) 場合、ベリー曲率は $\Omega_{qz} = -m(\hbar v_F)^2 / [2(E_{qs})^3] z$ となる。したがってボルツマンの輸送理論から縦電気伝導率およびホール伝導率は

$$\sigma_{xx}(E_F) = \sigma_D \frac{E_F^2 - m^2}{E_F^2 + 3m^2} \quad (27)$$

$$\sigma_{xy}(E_F) = -\sigma_Q \frac{m}{E_F} \quad (28)$$

と求まる。ここで $\sigma_D = 2(e^2/\hbar)(E_F \tau_e/\hbar)$ 、 $\sigma_Q = e^2/(2\hbar)$ は量子化コンダクタンスの半値である。異常ホール効果にはベリー位相からくる内因性のもの他に不純物散乱に由来する外因的なものも存在する。しかしここでは界面は比較的クリーンな状況を想定して、電子散乱によらない内因性効果 (全占有状態からの寄与) のみを扱った。一方で系の不純物濃度が高い場合は不純物散乱による外因性効果 (フェルミ面からの寄与) を取り込む必要がある。ボルツマンの輸送理論において外因性効果も考慮した結果は、久保公式の結果と対応することが知られている¹²⁾。

3.3 性能指数 ZT

熱電変換の効率評価には性能指数 Z_X ($X=S, N$)、もしくはそれに絶対温度 T を掛けて無次元化した

$$Z_X T = \frac{\sigma_{xx} X^2 T}{\kappa_{\text{el}} + \kappa_{\text{ph}}} \quad (29)$$

が用いられる¹⁾。ここで κ_{el} 、 κ_{ph} はそれぞれ電子、フォノンによる熱伝導率を表している。この無次元性能指数が1程度で熱電変換の効率が10%を超えるため、素子としての実用には $Z_X T \geq 1$ が必須条件となる。ところで電子の熱伝導率と電気伝導率の間にはヴィーデマン-フランツ則と呼ばれる

$$\frac{\kappa_{\text{el}}}{\sigma_{xx} T} = \frac{3}{2} \left(\frac{k_B}{\epsilon} \right)^2 \quad (30)$$

の関係式が成り立つ。また(20)式のモット公式からゼーベック係数およびネルンスト係数は

$$S(E_F) = \frac{\pi^2 k_B^2 T}{3} \frac{8m^2 E_F}{e E_F^4 + 2m^2 E_F^2 - 3m^4} \quad (31)$$

$$N(E_F) = -\frac{\pi^2 k_B^2 T}{3} \frac{\sigma_Q m(E_F^2 + 3m^2)}{e \sigma_D E_F^2 (E_F^2 - m^2)} \quad (32)$$

となる。以下では(29)式の $Z_{\chi}T$ を用いて熱電変換の効率について議論していく。

4. 考察

4.1 電気伝導率および熱起電力

Fig. 2にTI/FI界面における電気伝導率、そのエネルギー微分係数、および熱起電力 (S, N) のフェルミエネルギー依存性を示す。図では熱エネルギー $k_B T$ により無次元化した交換ポテンシャルの値を $m/(k_B T) = 0.5$ としている。まずFig. 2(a)の縦電気伝導率 σ_{xx} に注目すると低エネルギー側で大きく変化していることがわかる。これはFig. 1に示す交換ギャップ直上では E_F の位置によってバンドの曲率が急激に変化するため、それに伴い電子の群速度も大きく変わることに由来している。またFig. 2(b)のホール伝導率 σ_{xy} も同様に低エネルギー側で大きく変化している。これはベリー曲率が交換ギャップの大きさに比例することから、仮想磁場による異常速度

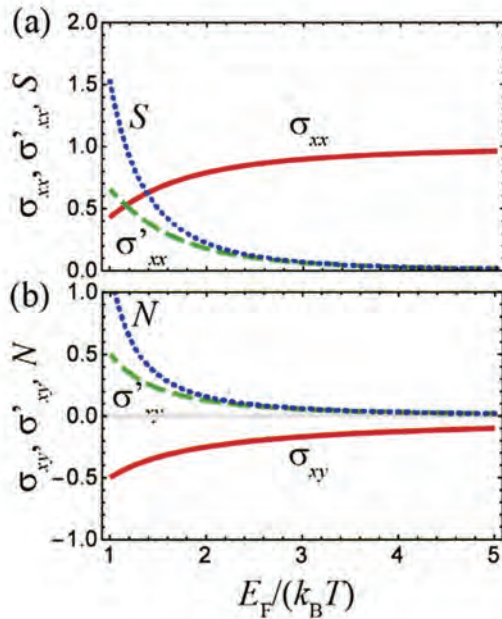


Fig. 2 (a) Longitudinal thermoelectric coefficients of a TI/FI bilayer as a function of $E_F/(k_B T)$ for $m/(k_B T) = 0.5$. (b) Transverse thermoelectric coefficients of a TI/FI bilayer as a function of $E_F/(k_B T)$ for $m/(k_B T) = 0.5$. σ_{xx} and σ'_{xx} are normalized by σ_D and σ_Q , respectively. S and N are normalized by $-(\pi^2/3)(k_B/e)$ and $-(\pi^2/3)(k_B/e)(\sigma_Q/\sigma_D)$, respectively.

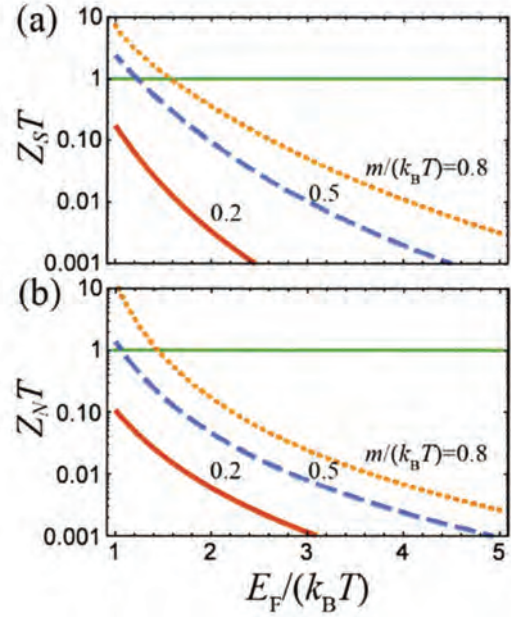


Fig. 3 (a) The figure of merits $Z_S T$ of a TI/FI bilayer as a function of $E_F/(k_B T)$ for various $m/(k_B T)$. (b) The figure of merits $Z_N T$ of a TI/FI bilayer as a function of $E_F/(k_B T)$ for various $m/(k_B T)$ and $\sigma_Q/\sigma_D = 1$.

も E_F の位置によって変化するためである。したがって σ_{ij} と σ_{xx} の比で定義される熱起電力は図からわかるように低エネルギー側で大きな値を示す。一方で高エネルギー側ではバンドの傾きはほぼ一定となるため、群速度はほとんど変化せず熱起電力も小さな値となってしまう。

4.2 性能指数 ZT

次にTI/FI界面における熱電変換の性能指数について議論する。Fig. 3に $Z_{\chi}T$ のフェルミエネルギー依存性を示す。図では無次元化した交換ポテンシャル $m/(k_B T)$ をパラメーターとして ZT の値を計算している。この計算において $T \sim 1$ K における $(\text{Bi}_x\text{Sb}_{1-x})_2\text{Te}_3$ 表面での $\rho_D = \sigma_D^{-1} = 10 \mu\Omega\text{cm}$ および $\kappa_{\text{ph}} = 1 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ の値を用いた^{(10), (11), (14)}。またFig. 3 (b)においてクリーンな系を想定して $\sigma_Q/\sigma_D = 1$ とおいた。Fig. 3においてゼーベック効果および異常ネルンスト効果による ZT は共に低エネルギー側で大きな値を示している。この理由も熱起電力と同様に交換ポテンシャルによる電子速度の急激な変化によるものである。特にFig. 3(a)において E_F が交換ギャップの直上で縦電気伝導率が著しく減少する。この交換相互作用による縦電気伝導の急激な減少はトポロジカル絶縁体表面に特有なものである。そのため $N \sim$

$(\sigma'_{xy}/\sigma_{xx})^2$ からクリーンな系ではより大きな Z_{NT} の値が期待される。

5. まとめ

本研究では、物質のトポロジカルな性質に基づいた新しい熱電変換の提案を目的として、二次元磁性ヘテロ構造における電子構造のトポロジーを利用した熱電変換の理論を構築した。二次元磁性ヘテロ構造として強磁性絶縁体とトポロジカル物質の代表例であるトポロジカル絶縁体との接合界面を扱った。この系のモデルとしてトポロジカル絶縁体表面を記述する二次元ディラックハミルトニアンに強磁性絶縁体からの近接磁気効果による交換ポテンシャルを加えたモデルを用いた。そしてこの系における熱電効果の輸送係数をボルツマンの輸送理論により計算した。特に電子構造のトポロジーの影響を波数空間における仮想磁場（ベリー曲率）みなすことで、電子の異常速度および軌道磁化として理論に取り込んだ。その結果ゼーベック効果および異常ネルンスト効果による熱起電力が共にフェルミエネルギーが交換ギャップの直上にくる低エネルギー側で大きく変化することがわかった。またそれに伴い性能指数が 1 を超えるような大きな値を取りうることもわかった。本研究が提案する熱電変換は、今後低温における高効率なナノ熱電素子の有力な候補となることが期待される。

謝 辞

本研究において熱電効果研究の方向性や情報を提供して下さった茨城大学の小峰啓史准教授に厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) H. J. Goldsmid, Thermoelectric Refrigeration Plenum, (New York, 1964).
- 2) A. Hoffmann and S. D. Bader, Phys. Rev. Appl. **4**, 047001 (2015).
- 3) 野村健太郎、トポロジカル絶縁体・超伝導体、(丸善出版、2016).
- 4) Y. Ando, J. Phys. Soc. Jpn. **82**, 102001 (2013).
- 5) K. Kondou, R. Yoshimi, A. Tsukazaki, Y. Fukuma, J. Matsuno, K. S. Takahashi, M. Kawasaki, Y. Tokura, Y. Otani, Nat. Phys., **12**, 1027 (2016).
- 6) D. Xiao, Y. Yao, Z. Fang, and Q. Niu, Phys. Rev. Lett. **97**, 026603 (2006).
- 7) R. Takahashi and S. Murakam, Phys. Rev. B **81**, 161302(R) (2010).
- 8) O. A. Tretiakov, Ar. Abanov, and J. Sinova, Appl. Phys. Lett. **99**, 113110 (2011).
- 9) M. Ikhlas, T. Tomita, T. Koretsune, M. Suzuki, D. Nishio-Hamane, R. Arita, Y. Otani, and S. Nakatsuji, Nat. Phys., doi:10.1038/nphys4181 (2017).
- 10) Z. Jiang, C. Chang, C. Tang, P. Wei, J. S. Moodera, and J. Shi, Nano. Lett. **40**, 5835 (2015).
- 11) Z. Jiang, C.-Z. Chang, M. R. Masir, C. Tang, Y. Xu, J. S. Moodera, A. H. MacDonald, and J. Shi, Nat. Commun. **7**, 11458 (2016).
- 12) T. Chiba, S. Takahashi, and G. E. W. Bauer, Phys. Rev. B **95**, 094428 (2017).
- 13) K. Nomura and N. Nagaosa, Phys. Rev. B **82**, 161401(R) (2010).
- 14) X.-L. Qi and S.-C. Zhang, Rev. Mod. Phys. **83**, 1057(2011).

東北に於けるキリシタンの世紀について

The *Kirishitan* Century in Tōhoku

モリス・ジェームズ・ハリー

福島工業専門学校一般教科

James Harry Morris

National Institute of Technology, Fukushima College, Department of General Education
(August, 2017)

This paper provides a brief history of the 16th and 17th Century presence of Christianity in the Tōhoku region of Japan. The paper describes aspects of the 16th and 17th Century Catholic missions to Japan which are unique to Tōhoku, whilst simultaneously exploring potential issues associated with studying the history of Christianity in the region.

Keywords: Kirishitan, Martyrdom, Sendai, Franciscans, Jesuits

1. Introduction

The *Kirishitan* Century (J. *Kirishitan no Seiki* キリシタンの世紀) is the period of Japanese history from the arrival of Francis Xavier (1506–1552) in 1549 to the death of the last Christian missionary in Japan, Mancio Konishi (*Mansho Konishi* マンショ小西, 1600–1644) in 1644 (Miyazaki, 2003). Studies of the *Kirishitan* Century have overwhelmingly taken a Kyūshū and Kansai-centric focus, overlooking the histories of Christianity in other areas of Japan. In spite of this post-*Kirishitan* Century sources suggest that over 10% of *Kirishitan* were from the Tōhoku 東北 region, the second largest population after Kyūshū's 71.9% (Shimizu, 1986). Several Japanese studies have focused on *Kirishitan* history in the Tōhoku region most notably Urakawa Wasaburō's *Tōhoku Kirishitanshi* (1968) and Takagi Kazuo's *Tōhoku no Kirishitan junkyōchi o yuku* (2001), however, there is a sparsity of English language research on the area. This paper explores some of the history of the *Kirishitan* presence in the Tōhoku region, and describes and assesses potential problems with the study of this history.

2. The Arrival of the Kirishitan in Tōhoku

The earliest suggested dating for the arrival of Christianity in Tōhoku follows the arrival of the Senmatsu brothers (Senmatsu Daihachirō 千松大八郎 and Senmatsu Kohachirō 千松小八郎) in the village of Ōkago 大籠 (in modern day Ichinoseki 一ノ関) in 1558 (Fujisawa Machi Bunka Shinkō Kyōkai, 2007; Nishida, 1995; Urakawa, 1968; Tadano, 1990; Kubota, 1987; Numakura, 1996; Miyagi Kenshi Hensan Īnkai, 1961; Shitō, 1968). These brothers are said to have moved from Bitchū 備中 (where they had been converted to Christianity) in order to work in Ōkago's iron industry (Fujisawa Machi Bunka Shinkō Kyōkai, 2007; Urakawa, 1968). This dating provides several issues. Firstly, documents such as the *Saizōbō Monogatari* 裁増坊物語 which attest to these events are rather late in composition. The text's author, Saizō 裁増 (also 才三), is said to have lived from 1611 to 1750, becoming a monk at the age of 93 and subsequently writing the text (Nishida, 1995). The problem of this impossibly large lifespan aside, it appears that the text was therefore composed in the early 18th Century. It is noteworthy that other documents from the area corroborate that

Christianity arrived during the *Eiroku* 永祿 period (1558–1570) (Miyagi Kenshi Hensan Īnkai, 1961; Tadano, 1990). However, documents such as the *Ōkago Fūdoki* 大籠風土記 whilst referring to the Senmatsu brothers, date the large scale appearance *Kirishitan* communities to the *Kanei* 寛永 period (1624–1645) (Miyagi Kenshi Hensan Īnkai, 1961; Shutō, 1995). These documents are also late in composition with the *Ōkago Fūdoki* for instance dating from 1775 (Shutō, 1995). Other oral accounts and documents from the area date the arrival of Christianity to the 1610s (Nishida, 1995; Urakawa, 1968; Tadano, 1990). The late dating of these sources is not necessarily grounds to doubt the testimony of the documents on its own, as they recorded older oral traditions. However, as noted by Saitō Koichi the date of 1558 provides a potential issue as whilst the *Saizōbō Monogatari* and other documents attribute the beginning of iron manufacturing in the area to the Senmatsu brothers in 1558, documents from elsewhere in the region provide the date of 1606 for the beginning of the iron industry there (Saitō, 1996; Shitō, 1968). Nevertheless, the most important indicator that the story is likely legendary is the lack of contemporaneous reference to the existence of *Kirishitan* in the area by the Jesuits. Perhaps, this is to be expected as the Senmatsu brothers were not the wealthy, high-profile converts which Jesuit letters tended to place at their centre. Indeed, as ordinary *Kirishitan*, it may have even been the case that the Jesuits were unaware of the existence of the Senmatsu brothers and the community in Ōkago. Conjecture aside, if the dating of 1558 is accepted another problem arises, namely what form the religion took. There were no missionaries or mission staff present in the north of Japan, let alone the Ōkago area. Beyond the act of engaging with new symbols and in new rituals as was defining of new converts elsewhere (Higashibaba, 2001), it is difficult to imagine what form the religion took, how the Senmatsu brothers proceeded in spreading the religion, and how converts understood it.

The potential arrival of *Kirishitan* in Ōkago in 1558 can only be explored conjecturally. There are several issues which make accepting the account as anything more than legendary problematic. There is a higher probability that documents dating the arrival of *Kirishitan* in the Sendai 仙台 area to the 1610s are accurate, as missionaries existed in the area at the time and persecuted *Kirishitan* were migrating to Tōhoku from elsewhere. If the Senmatsu brothers were involved in the iron trade, they likely arrived during the early Edo period following the genesis of Tōhoku's iron industry in 1606. Despite all this, accounts providing a 1558 dating point to two important historical truths. Christianity was likely first brought to Tōhoku by ordinary *Kirishitan*, and the religion likely spread primarily through the social networks of ordinary *Kirishitan* rather than at the hands of the missionaries.

A less problematic dating for the arrival of Christianity in Tōhoku, and the one which in lieu of other evidence must be accepted as the genesis of the *Kirishitan* presence in the region, is the arrival of *Kirishitan daimyō* キリシタン大名 Gamō Ujisato 蒲生氏郷 (1556–1595) in Aizu 会津 in 1590 (Kroehler and Kroehler, 2006; Takagi, 2001; Cieslik and Ōta, 1999). Ujisato was granted Aizu domain (*Aizu han* 会津藩) in 1590 following faithful service to Toyotomi Hideyoshi 豊臣秀吉 (1537–1598) (Kroehler and Kroehler, 2006). He had been baptized in 1584 by the Jesuit, Gnecci-Soldo Organtino (1530–1609), having been informed about the religion and persuaded to convert by his friend Takayama Ukon 高山右近 (1552–1615) (Urakawa, 1968). Following the contemporaneous mores of *cuius regio, eius religio* Ujisato's vassals were also brought to the religion and encouraged to spread it amongst their subjects (Takagi, 2001; Kroehler and Kroehler, 2006). Ujisato requested that Visitor Alessandro Valignano (1539–1606) send missionaries to his domain, however, due to contemporaneous persecution against the *Kirishitan* under Hideyoshi, these failed to materialize (Urakawa, 1968; Takagi, 2001). Alongside this Ujisato's

long absences in Korea and elsewhere in Japan make the effects he had on spreading Christianity in Aizu unclear. The subsequent rulers of Aizu were not *Kirishitan*, however, through neither encouraging nor discouraging the spread of the religion Christianity could grow in popularity in the region (Kroehler and Kroehler, 2006). Around 2,000 *Kirishitan* are thought to have existed in the domain by 1612 (Ibid.). The spread of the religion at the hands of *Kirishitan daimyō* or through a relaxed domainal policy vis-à-vis *Kirishitan*, were other important means through which the religion was disseminated. However, as with the example of the Senmatsu brothers, the lack of missionaries in Aizu following the arrival of Christianity raises questions about the form that the religion took.

Traditionally scholars have tended to focus on the lives and narratives of missionaries rather than ordinary *Kirishitan* (Higashibaba, 2015). In Tōhoku, this occurred in 1611, when the first Franciscans were invited to Sendai domain (*Sendai han* 仙台藩) by *daimyō* Date Masamune 伊達政宗 (1567–1636) (Tadano, 1990; Takagi, 2001). The Jesuits followed shortly afterwards in 1615, whereas the Augustinians and the Dominicans both arrived in 1626 (Takagi, 2001.). The missionary groups had a different, but overlapping geographic spread but covered the areas of Sendai, Aizu, Hirosaki 弘前, Kubota 久保田, Nanbu 南部, Shōnai 庄内, Shirakawa 白河, Yamagata 山形, and Yonezawa 米沢 (Cieslik and Ōta, 1999). The presence of missionaries provides a further means through which the religion spread in the region, however, as they were absent from the area for more than twenty years following the genesis of Christianity there, the religion must have spread primarily through the aforementioned and other means.

3. Conversion and the Spread of the Religion

The study of conversion in the *Kirishitan* century is problematic when modern and sometimes older theories focusing on individual, epistemological

change take centre stage. The contemporaneous term *Kirishitan ni naru* きりしたんになる provides few clues to what conversion actually meant, however, that one became a *Kirishitan* following *Bachizumo* バウチズモ/ばうちずも (Baptism) is clear (Ebisawa, 1954). Indeed, amongst the ordinary Japanese population, conversion was principally communal (*Shūdan kaishū* 集団改宗), and although baptism was expected to be followed by periods of further instruction and ensuing epistemological changes, these did not necessarily materialize (Cieslik, 1997; Ryan, 1997; Muldoon, 1997). As noted, conversion adhered to the logic of *cuius region, eius religio*, so that it was often based on political factors, and personal and familial allegiance, rather than belief or doctrine (Knobler, 1996). Simply put, the conversion of ordinary Japanese often followed the conversion of their *daimyō* or another local political or familial leader. None of this means to imply that epistemological and personal change were absent from the conversion process. In many cases, they were present (Ross, 1994), however, these were usually post-conversion changes rather than pre-conversion push factors. It is impossible to discuss the full complexities of *Kirishitan* Century conversion in this paper; however, a few general patterns may be explored. Three such patterns were noted in the foregoing section, all of which appear to have taken place throughout Japan. These were likely responsible for the majority of conversions in Tōhoku, however, the religion spread to the Tōhoku region in at least one relatively unique way which will be explored below.

The *bakufu* 幕府 proscribed the religion in 1614 through the *Bateren tsuihō no fumi* 伴天連追放之文 (also called the *Hai Kirishitan bun* 排吉利支丹文). One of the results of this edict was the voluntary and involuntary exile of 71 noble *Kirishitan* to the Tōhoku region (Cieslik, 1954; Ross, 1994), where *tozama daimyō* 外様大名 such as Date Masamune refused to instate the law (Takagi, 2001; Urakawa, 1968). These *Kirishitan* nobles taking their own families, vassals and servants

into exile with them spurred the creation of sizeable *Kirishitan* communities in the north of Japan which the missionaries were desirous to preach to (Ross, 1994). As the traditional strongholds of Christianity in the south of Japan came under greater persecution, Tōhoku undoubtedly offered short-term relative safety for both missionaries and *Kirishitan* making it an important region in the mission field during the 1610s and beyond. Elsewhere, I argued that the migration of *Kirishitan* from the Aizu region, likely meant that *Kirishitan* communities existed throughout Tōhoku even prior to the migrations of the 1614 (Morris, 2015). This sort of migration mirrors the earlier movement of *Kirishitan daimyō* such as Gamō, and had precedent during the Sengoku period (J. *Sengoku jidai* 戦国時代) when migration was used to avoid the consequences of unwanted domainal decisions (Elisonas, 1991). The 1622 Jesuit publication, *Maruchiriyō no kokoroē* マルチリヨの心得 (E. Instructions on Martyrdom), even permitted migration in order to avoid arrest (Higashibaba, 2001). Nevertheless, the scale of the migration to Tōhoku and the fact that it spurred the genesis of widespread *Kirishitan* communities there makes it particularly significant. Indeed, the scale of the migration is part of the reason that Tōhoku gained the second most numerous *Kirishitan* population behind Kyūshū.

The aforementioned refusal of *tozama daimyō* in the region to enact anti-*Kirishitan* legislation or their refusal to enact it rigorously was another unique facet of the Tōhoku-context. Elsewhere in the country, anti-*Kirishitan* persecution had existed sporadically from the genesis of the mission in 1549, but became an almost universal phenomenon from 1614 onwards. In Tōhoku, on the other hand, beyond a lone exception when a family of six were executed in Mizusawa 水沢 in 1602 (Kataoka, 1979), anti-*Kirishitan* persecution didn't begin until the 1620s. Masamune banned the religion in his domain in 1620 (Gonoi, 2003). Three years later the third Shōgun, Tokugawa Iemitsu 徳川家光 (1604-1651), took control of the country. Under Iemitsu 'the Tokugawa

regime was able to reach its final stage of evolution...all, from the Emperor to the last samurai and simplest citizen, were ruthlessly subjected to the regime' (Cieslik, 1954). Anti-*Kirishitan* persecution was also intensified. As such, following the rise of Iemitsu, refusal to implement anti-*Kirishitan* policy became untenable and persecution thereby spread to the Tōhoku region. Despite this, from 1614 to the early 1620s, the lack of anti-*Kirishitan* persecution in Tōhoku encouraged *Kirishitan* migration to the area, and ensured that the potentiality of conversion was not restricted by legal factors.

4. The *Keichō* Embassy

One of the most important achievements in the history of the mission to Tōhoku was what is now known as the *Keichō* Embassy (J. *Keichō shisetsu* 慶長使節). The embassy (which returned to Japan in 1620) was dispatched by Date Masamune in 1613 and was headed by his retainer Hasekura Tsunenaga 支倉常長 (1571-1622) (Kashiyama, 1993; Gonoi, 2003; Hamada, 2012). The embassy travelled via Mexico to Spain, France and Italy, returning via Mexico and the Philippines, and consisted of some 180-people including tradespeople, a small number of Europeans amongst whom were members of the Franciscan Order, and representatives of the Shōgun's navy (Gonoi, 2003). The purpose of the embassy is debated; however, modern scholars tend to agree that Masamune's desire to expand his trade network and introduce Western methodologies and technologies to his domain were the main impetuses behind the embassy (Gonoi, 2003; Hamada, 2012). Due to the 1614 ban on Christianity which followed the departure of the embassy, and the intensifying anti-Christian climate, the objectives of the embassy became untenable. In 1616, Tokugawa Hidetada's 徳川秀忠 (1579-1632) *Nikō seigen rei* 二港制限令 made any hopes Masamune might have had in conducting Sendai-Mexico or Sendai-European trade impossible. The edict outlawed foreigners from staying

in major cities and confined foreign trade to the ports of Nagasaki 長崎 and Hirado 平戸 (Ebisawa, 1971). As such the embassy was ultimately a failure, and in Japan remained forgotten for over two centuries until the reopening of Japanese–European relations in the 19th Century (Gonoi, 2003).

Despite this, the embassy produced some unusual outcomes. Embassy members remained in both Mexico and Spain with families being able to trace their lineage even today (Kudō, 2014). More profound was the fact that the embassy fostered a deeply positive impression of Masamune in Europe increasing the Church's focus on Tōhoku as a suitable area to proselytize. Following Masamune's ban on the religion in 1620, missionary letters to the Pope in 1621 assured him that Masamune was acting only out of fear of the *bakufu* (Gonoi, 2003). Despite the ban, the number of missionary personnel and conversions in Tōhoku increased throughout the 1620s (Takagi, 2001; Ross, 1994). A 1622 Jesuit letter notes for instance that two missionaries in the region had converted some 966 people (Gonoi, 2003), whilst Franciscans reported 1500 converts in Yonezawa in 1626 (Urakawa, 1968). Charles Boxer estimates that between 1614 and 1629 a total of 26,000 converts were made in Tōhoku (Boxer, 1951). Moreover, some embassy members (all of whom had converted during the journey) provided safe havens for *Kirishitan* in their own portions of Sendai domain (Kashiyama, 1993). Following his return Tsunenaga's own family and servants converted, some of whom were executed for adherence to the religion during persecutions in the late 1630s (Gonoi, 2003; Hamada, 2012). Nevertheless, the increased focus on Tōhoku may have reflected little more than the relatively greater intensity of persecution (and therefore danger) elsewhere in Japan (Morris, 2015).

5. Persecution and Hiding

Hubert Cieslik and Ōta Yoshiko note a total of 990 martyrs in Tōhoku over 12 domains (Cieslik and Ōta,

1999). Estimating the number of martyrs is a difficult task. National figures often refer only to named martyrs, whereas the Tōhoku specific figures produced by Cieslik and Ōta are conservative when compared to the estimations given by local historians. For instance, in the village of Ōkago (part of Sendai domain) alone it is estimated by local historians that over 300 *Kirishitan* were martyred (Fujisawa Machi Bunka Shinkō Kyōkai, 2007; Numakura, 1996).

Kirishitan facing persecution could make one of three choices; apostasy, practicing the religion in hiding, and martyrdom. Several scholars concur that the number of converts nationally could not have exceeded 300,000 at the peak of the mission in 1614 (Boxer, 1951; Nosco, 1993; Lares, 1954). Around 50,000 *Senpuku Kirishitan* 潜伏キリシタン came out of hiding at the end of the Edo period (Cary, 1976), however, some estimate as many as 150,000 entered hiding in the 17th Century (Nosco, 1993). As such, it appears that the majoritarian response to persecution over the Edo period was apostasy. In popular consciousness *Senpuku Kirishitan* were a phenomenon unique to Kyūshū, however, groups and individuals also entered hiding in the Tōhoku region. *Shūmon aratame yaku* 宗門改役 (E. Inquisitor), Inoue Masashige 井上政重 (1585–1661), a former *Kirishitan* vassal of Gamō Ujisato (Elison, 1973) recorded the discovery of *Kirishitan* from the *Kanei* to the *Meireki* 明暦 Period (1655–1658) in his *Kirishitan ide mōsu kunitokoro no oboe* 吉利支丹出申国所之覚 (Shimizu, 1986). The text records a minimum of 231 *Kirishitan* discovered in Tōhoku, including 6 missionaries and 29 members of the warrior classes (Ibid.). These figures too appear conservative when compared to other sources, Takagi for instance notes the arrest of between 150 and 160 *Kirishitan* in Motoyoshi 本吉 in 1632 (Takagi, 2001).

Whilst Masamune had banned the religion in Sendai in 1620, widespread persecution did not begin until 1623 and 1624 (Takagi, 2001; Urakawa, 1968). Even then large scale martyrdom events could be avoided through migration to neighbouring domains where

persecution had failed to take full effect. For instance, a prominent local *Kirishitan* in the area of Iwaigun 磐井郡, Gotō Juan 後藤寿庵 (1575-?), led 100 *Kirishitan* to Kubota domain in 1623, before fleeing to Nanbu the following year when persecution began in Kubota (Takagi, 2001; Urakawa, 1968). Nevertheless, 1624 saw the genesis of major martyrdom events including the infamous martyrdom of nine people by the method of *mizurō* 水牢 (torture with water) in the Hirose River (J. *Hirosegawa* 広瀬川) (Urakawa, 1968; Kataoka, 1971). National statistics show a lull in the ferocity of the persecution in 1625 and 1626 with a total of 29 martyrdoms over the two-year period (Boxer, 1951), two of which occurred in Tōhoku (Kataoka, 1971). This was a time when the *bakufu* was changing its approach by aiming to create apostates rather than martyrs (Cieslik, 1954). By 1627, new methodologies to persecute the *Kirishitan* had been developed and wide scale persecution resumed (Kataoka, 1971). Between 1627 and 1629, the overwhelming response by those arrested in Tōhoku appears to have been apostasy (Takagi, 2001). However, in 1629 major martyrdom events also resumed, in Yonezawa where *Kirishitan* had still been able to find asylum, 62 were martyred (Urakawa, 1968; Takagi, 2001). There were also martyrdoms in Aizu and the following year, some 400 to 500 *Kirishitan* there were imprisoned (Takagi, 2001), whilst 50 people were also martyred in Akita 秋田 (Kataoka, 1971). Although the early 1630s brought no wane to the persecution, it was the second half of the decade following the events of the Shimabara Rebellion (J. *Shimabara no ran* 島原の乱) in 1637 and 1638, when it reached its climax. In 1639, prominent missionaries including Petro Kasui Kibe ペトロ・カスイ岐部 (1587-1639) were captured in the Sendai area (Tadano, 1990; Cieslik 1971; Takagi, 2001). And, between 1639 and 1641 some 300 are said to have been martyred in Ōkago (Fujisawa Machi Bunka Shinkō Kyōkai, 2007; Numakura, 1996).

According to Kataoka Yakichi, the persecutions in Tōhoku created both martyrs and apostates, and consequently a particularly harsh system of religious surveillance was imposed upon the area expunging the seeds of Christianity planted there (Kataoka, 1971). Despite this, it appears that some *Kirishitan* continued to practice their religion in hiding after 1640. Masashige's aforementioned *Kirishitan ide mōsu kunitokoro no oboe* provides some evidence for this, however, other pieces of evidence mostly archaeological in nature have also been offered by historians. Shitō Masataka notes that some of these findings need to be viewed with caution and are not necessarily evidence for the continued existence of *Kirishitan* communities (Shitō, 1968). One such piece of evidence is the discovery of *Maria Kannon* マリア観音 (Buddhist *Koyasu Kannon* 子安観音 used as images of Mary usually containing a hidden cross) in the area (Shitō, 1968; Numakura, 1996; Kubota, 1987). Hubert Cieslik laments that there has been a tendency to identify all *Koyasu Kannon* containing a cross (a common troupe) as *Maria Kannon* (Cieslik, 1997). For Cieslik it is the origin of the statues which is important. He argues that if they were discovered on altars in *Kirishitan* or once *Kirishitan* households they are likely *Kirishitan* in nature, however, if found at temples or elsewhere then they do not constitute evidence for the existence of *Senpuku Kirishitan* (Ibid.). Many such statues and similar Buddhist items in Tōhoku appear to have been discovered at Buddhist temples (Miyagi Kenshi Hensan Īnkai, 1961; Shitō, 1968; Kroehler and Kroehler, 2006) or their origin is left unrecorded in the major works on the topic, and therefore following Cieslik's line of argument the majority must be rejected as evidence for *Senpuku Kirishitan* presence in Tōhoku. A famous piece of evidence from the Tōhoku area are hanging scrolls portraying *Fudō Myō-ō* 不動明王 on whose body can be seen the hidden letters of "S" and "J" (Shitō, 1968). It is claimed that these letters are an abbreviated form of *Societas Iesu* (the Society of Jesus)

(Cieslik; 1997). Cieslik argues that links between such images (common in mountainous areas and areas linked to mining in both Kyūshū and Tōhoku) and Christianity have not been proven (Cieslik; 1997). The existence of crosses etched onto other objects both religious and mundane has also been used as evidence for the presence *Senpuku Kirishitan* (Miyagi Kenshi Hensan Īnkai, 1961; Shitō, 1968; Numakura, 1996; Kubota, 1987), however, as with the foregoing examples these are also problematic. Cieslik notes that crosses have a variety of meanings not only related to Christianity, but also to Chinese religion (Cieslik, 1997). They may even lack meaning altogether. Congruent with Cieslik's thesis, such items cannot be presented as evidence for the existence of *Senpuku Kirishitan* without pertinent information regarding the origin of such items, the crosses thereon, or their historical usage. Indeed, as the majority of archaeological finds appear to have been discovered in the precincts of Buddhist temples (Shitō, 1968; Kroehler and Kroehler, 2006) it is difficult to assert that they point to the existence of *Senpuku Kirishitan* communities in Tōhoku until further information regarding their origin and usage is discovered. None of this means that there is no archaeological evidence for the existence of *Senpuku Kirishitan*. The discovery of medallions and other devotional items (Numakura, 1996; Fujisawa Machi, 1996) used in the *Kirishitan* Century and by *Senpuku Kirishitan* elsewhere (Turnbull, 1998) suggests ongoing underground *Kirishitan* practice. Man-made and natural caves containing *Kirishitan* artefacts also constitute concrete evidence (Numakura, 1996; Kroehler and Kroehler, 2006; Fujisawa Machi Bunka Shinkō Kyōkai, 2007). Regardless of the unreliability of many archaeological finds, the fact that *Senpuku Kirishitan* continued to exist is attested to by post-*Kirishitan* Century outbreaks of persecution. Endō Shūsaku reports on one such event between 1716 and 1732, when some 200 *Kirishitan* were executed in Yonekawa 米川 (Endō, 1992; Shigematsu, 1996). As such the continued existence of *Kirishitan* in Tōhoku

following the close of the *Kirishitan* Century can be affirmed. Nevertheless, these *Senpuku Kirishitan* communities in Tōhoku do not appear to have survived to the modern period.

6. Conclusions

This paper has provided a brief overview of the history of the *Kirishitan* religion in Tōhoku. It has sought to explore potentially contentious points in said history and aspects of *Kirishitan* history which are unique to the region. The topic is an interesting footnote in history about which there are still ongoing debates and uncertainties. It is my hope that this paper has contributed to some of those debates. Towards the end of his seminal work on the *Kirishitan* Century, George Elison writes of the missionaries; 'Seen in strict terms, the sum of their cultural contribution to Japan was nil' (Elison, 1973). Such a conclusion holds true for the mission to Tōhoku and the history of the *Kirishitan* religion there. As interesting as it may be, the contributions of the *Kirishitan* to Tōhoku were destroyed alongside its martyrs, and the political and religious consequences that the period set into motion were swept aside with the coming of the *Bakumatsu* 幕末 (1853-1867).

Bibliography

English Sources

- Boxer, C. R. *The Christian Century in Japan: 1549-1650*. Manchester: Carcanet Press Ltd., 1951.
- Cary, Otis. *A History of Christianity in Japan*, 2 vols. Rutland, VT: Charles E. Tuttle Company, 1976.
- Cieslik, Hubert. "The Great Martyrdom in Edo 1623: Its causes, Course, Consequences." *Monumenta Nipponica* 10, no. 1 (1954): 1-44.
- Elison, George. *Deus Destroyed: The Image of Christianity in Early Modern Japan*. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1973.
- Elisonas, Jurgis. "Christianity and the Daimyo." In *The Cambridge History of Japan*, vol. 4, *Early Modern Japan*, edited by John Whitney Hall, 301-372. Cambridge: Cambridge University Press, 1991.
- Higashibaba, Ikuo. *Christianity in Early Modern Japan: Kirishitan Belief and Practice*. Leiden: Brill, 2001.

Higashibaba, Ikuo. "Historiographical Issues in the Studies of the 'Christian Century' in Japan." In *Critical Readings on Christianity in Japan*, vol. 1, edited by Mark R. Mullins, 71-92. Leiden: Brill, 2015.

Knobler, Adam. "Pseudo-Conversions and Patchwork Pedigrees: The Christianization of Muslim Princes and the Diplomacy of Holy War." *Journal of World History* 7, no. 2 (Fall, 1996): 181-197.

Kroehler, Armin H., and Evelyn M. Kroehler. *Kirishitan in Aizu*. Aizuwakamatsu: Aizu Christian Rural Life Center, 2006.

Laures, Johannes. *The Catholic Church in Japan: A Short History*. Tokyo: Charles E. Tuttle Company, 1954.

Morris, James Harry. "Christianity, Martyrdom, and Pilgrimage in Ōkago Village." *Japan Mission Journal* 69, no. 3 (Autumn, 2015): 206-216.

Miyazaki Kentarō. "Roman Catholic Mission in Pre-Modern Japan." In *Handbook of Christianity in Japan*, edited by Mark R. Mullins, 1-18. Leiden: Brill, 2003.

Muldoon, James. "Introduction: The Conversion of Europe." In *Varieties of Religious Conversion in the Middle Ages*, edited by James Muldoon, 1-10. Gainesville, FL: University of Florida Press, 1997.

Nosco, Peter. "Secrecy and the Transmission of Tradition: Issues in the Study of the 'Underground' Christians." *Japanese Journal of Religious Studies* 20, no. 1 (March, 1993): 3-29.

Ross, Andrew C. *A Vision Betrayed: The Jesuits in Japan and China, 1542-1742*. Maryknoll, NY: Orbis Books, 1994.

Ryan, James D. "Conversion vs. Baptism? European Missionaries in Asia in the Thirteenth and Fourteenth Centuries." In *Varieties of Religious Conversion in the Middle Ages*, edited by James Muldoon, 146-167. Gainesville, FL: University of Florida Press, 1997.

Turnbull, Stephen. *The Kakure Kirishitan of Japan: A Study of Their Development, Beliefs and Rituals of the Present Day*. Richmond: Japan Library, 1998.

Japanese Sources

海老沢有道. どちらなきりしたん. 東京: 岩波書店, 1954.

海老沢有道. 日本キリシタン史. 東京: 塙書房, 1971.

遠藤周作. 切支丹時代—殉教と棄教の歴史—. 東京: 小学館, 1992.

H. チースリク. キリシタン史考: キリシタン史の問題に答える. 長崎: 聖母文章, 1997.

フーベルト・チースリク. 世界を歩いた切支丹. 東京: 春秋社, 1971.

H. チースリクと太田淑子. キリシタン: 日本史小百科. 東京: 東京堂出版, 1999.

藤沢町. 大籠の歴史と文化財. 藤沢: 藤沢町, 1996.

藤沢町文化振興協会. 大籠の切支丹と製鉄. 藤沢: 藤沢町文化振興会, 2007.

濱田直嗣. 政宗の夢 常長の現 慶長使節四百年. 仙台: 河北新報出版センター, 2012.

五野井隆史. 支倉常長. 東京: 吉川弘文館, 2003.

片岡弥吉. 日本キリシタン殉教史. 東京: 時事通信社, 1984.

櫻山巖. 支倉常長の総て. 仙台: 金港堂, 1993.

久保田玄立. 私考・宮城県南の奥州隠れキリシタン. 仙台: 宝文堂, 1987.

工藤律子. 伊達侍と世界をゆく「慶長遣欧使節」とめぐる旅. 仙台: 河北新報出版センター, 2014.

宮城縣史編纂委員会. 宮城縣史12(学問宗教). 仙台: 宮城縣史刊行会, 1961.

西田耕三. 基調講演「キリシタンと製鉄」関連論考 切支丹遺跡についての伝承から史実へ— 村岡史学の堤起したもの. In 切支丹と製鉄: 県際三町・東和町・藤沢町・本吉町歴史シンポジウム全記録, 48-72. 気仙沼: 耕風社, 1995.

沼倉良之. 洞窟が待っていた仙北隠れキリシタン物語. 仙台: 宝文堂, 1996.

斎藤紘一. 仙台藩にゆかりのある史跡と人物. *Chemistry and Education* 44, no. 1 (1996): 34-35.

重松一義. 東北隠れ切支丹弾圧の研究. 藤沢: 藤沢町文化振興協会, 1996.

清水紘一. キリシタン禁制史. 東京: 教育社, 1986.

紫桃正隆. 仙台領キリシタン秘話—追害と流血の記—. 仙台: 宝文堂, 1968.

首藤康夫. シンポジウム資料「3」. In 切支丹と製鉄: 県際三町・東和町・藤沢町・本吉町歴史シンポジウム全記録, 192-254. 気仙沼: 耕風社, 1995.

只野淳. みちのくキリシタン物語. 東京: 春秋社, 1990.

高木一雄. 東北のキリシタン殉教地をゆく. 長崎: 聖母の騎士社, 2001.

浦川和三郎. 東北キリシタン史. 東京: 日本学術振興会, 1968.

付 教員研究業績報告書（平成28年10月～平成29年9月）

機械システム工学科

2) 論文

- ① Kousuke Terada, Kota Kadoi, Sunao Tokura, Takamichi Sushida, Ichiro Hagiwara, The deformation mechanism on origami-based foldable structures : International Journal Vehicle Performance, 3-4 (2017), 334-346
- ② Mizuyasu Koide, Tsutomu Takahashi, Masataka Shirakashi, Sheikh Ahmad Zaki Bin Shaikh Salim, Three-dimensional structure of longitudinal vortices shedding from cruciform two-cylinder systems with different geometries, Journal of Visualization, 16 Feb. 2017
- ③ Z.-L. Wang, T. Akao, T. Onda, Z.-C. Chen, "Microstructure and thermoelectric properties of Bi-Sb-Te bulk materials fabricated from rapidly solidified powders", Scripta Materialia, Vol. 136, pp.111-114, (2017. 4).
- ④ Z.-L. Wang, T. Akao, T. Onda, Z.-C. Chen, "Formation of Te-rich phase and its effect on microstructure and thermoelectric properties of hot-extruded Bi-Te-Se bulk materials", Journal of Alloys and Compounds, Vol. 684, pp.516-523, (2016.11).
- ⑤ Satsuya Noda, Toshio Takayama and Toru Omata, Optimization of the flexural rigidity of a concentric pipe used in transmitting rotation for arc-shaped forceps, ROBOMECH Journal, Vol. 4, No. 1, 11, Springer International Publishing, (2017.4)

3) 雑誌・記事・総説・解説

- ① 寺田耕輔・萩原一郎, 自由自在な折り紙のような工法 : 日本機械学会誌 119-1175 (2016年, 10月号), 564-565.
- ② 赤尾尚洋, "電子ビーム加工機を利用した金型鋼の表面改質", FORM TECH REVIEW (ISSN 0917-690X), Vol. 26, pp. 121-125, (2017.3)

4) 口頭発表

- ① Terada, K., Characteristics of deformations on assembled structures by origami forming : International Conference on Mathematical and Application 2016, 4-4, 2016年11月9日.
- ② 寺田耕輔 : グリッパー曲げ加工における変形メカニズム, 明治大学先端数理科学インスティテュート (MIMS)現象数理学拠点共同研究集会, 折紙の幾何学的構造とモデリング, 2017年8月17日.
- ③ 寺田耕輔 : 折紙工法によるAssembly Truss Core Panel開発提案品, 第12回日本版イグノーベル賞「研究部門・発明賞」受賞講演, 於 学士会館, 2017年9月30日.
- ④ 鈴木晴彦, 小出瑞康, 植 英規, 尾形 慎, 齋藤充弘, 若林晃央, 鄭 耀陽, 車田研一, 緑川猛彦, 西口美津子福島高専専攻科のシステムデザイン演習の活動 -PBL教育と社会実装へのアプローチ-, 電気学会, 教育フロンティア研究会 FIE-17-005, 2017年3月
- ⑤ 川田雄大, 小出瑞康, 流体関連振動を用いた流れエネルギーの利用に関する研究, 平成28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, T16-P-15, 2016年11月
- ⑥ 島 朋也, 小出瑞康, 渦励振を利用したマイクロ発電に関する研究, 平成28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, T16-P-16, 2016年11月
- ⑦ 川田雄大, 高橋 勉, 小出瑞康, 流体関連振動を用いた流れエネルギーの利用に関する研究, 第47回学生員卒業研究発表講演会, 機械学会東北学生会, 東北学院大学, 2017年3月
- ⑧ 島 朋也, 高橋 勉, 小出瑞康, 渦励振を利用したマイクロ発電に関する研究, 第47回学生員卒業研究発表講演会, 機械学会東北学生会, 東北学院大学, 2017年3月
- ⑨ 川田雄大, 小出瑞康, 流体関連振動を用いた流れエネルギーの利用に関する研究, 福島高専地域フォーラム, 2017年3月

- ⑩ 島 朋也, 小出瑞康, 渦励振を利用したマイクロ発電に関する研究, 福島高専地域フォーラム, 2017年3月
- ⑪ 福島高専専攻科学生と教員によるPBL演習の活動, 鈴木晴彦, 植 英規, 小出瑞康, 尾形 慎, 電気学会, 教育フロンティア研究会, FIE-16-35 39-42, 2016年12月
- ⑫ 野田幸矢, 高山俊男, 小俣 透, 鉗子用3軸力センサのための力分解能等方性起歪体の提案, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2017, 1A1-K04, (2017.5)

5) その他

- ① 寺田耕輔, 第12回日本版イグノーベル賞「研究部門・発明賞」受賞, 受賞日2017年9月30日, 於 東京・学士会館

電気電子システム工学科

2) 論文

- ① Takashi Wakamatsu, Ryushi Fujimura, and Kotaro Kajikawa, "Emission waveguiding in organic thin films supported by metal," Applied Optics, Vol. 56, pp. 482-486 (2017.1).

3) 雑誌・記事・総説・解説

- ① 伊藤佳祐, 鈴木 颯, 山田貴浩, 小型UAVと地上調査を併用した植生のモニタリング, いわき地域環境科学会誌EQUAL, 第30号, pp.33~36, いわき地域環境科学会 (2017. 5)

4) 口頭発表

- ① 野口孝浩, 大島幸平, 鈴木尚紀, 鈴木涼太, 伊藤 淳, 鈴木晴彦, マイクロ風力発電に利用するグラファイト板の反磁性を活用した非接触磁気軸受・回転機構, 第25回MAGDAコンファレンスin Kiryu, 日本AEM学会, PS-9(2016)pp.122-125, (2016.11)
- ② 鈴木晴彦, 佐藤瑞起, 金丸允駿, 伊藤 淳, シリンダ形状永久磁石を用いたラウンドレイアウト・リニアHalbach配列の磁場特性, マグネティクス・モータードライブ・リニアドライブ合同研究会 (熊本), 電気学会, MAG-16-168/MD-16-108/LD-16-122 (2016) pp.59-62, (2016.12)
- ③ 鈴木晴彦, 植 英規, 小出瑞康, 尾形 慎, 齊藤充弘, 若林晃央, 福島高専専攻科学生と教員によるPBL演習の活動, 教育フロンティア研究会 (京都), 電気学会, FIE-16-35 (2016) pp.39-42, (2016.12)
- ④ 齋藤裕城, 若松大地, 境 拓哉, 伊藤 淳, 鈴木晴彦, 配列バルク超電導体試料を用いた側壁型非接触支持機構の磁気支持力特性の改善, 超電導機器研究会 (新潟), 電気学会, ASC-17-008 (2017) pp.37-42, (2017.1)
- ⑤ 鈴木晴彦, 小出瑞康, 植 英規, 尾形 慎, 齊藤充弘, 若林晃央, 鄭 耀陽, 車田研一, 緑川猛彦, 西口美津子, 福島高専専攻科のシステムデザイン演習の活動 -PBL教育と社会実装へのアプローチ-, 教育フロンティア研究会 (神戸), 電気学会, FIE-17-005(2017)pp.21-24, (2017.3)
- ⑥ 野口孝浩, 後田駿理, 櫻井健太, 佐藤瑞樹, 鈴木 颯, 松崎慎也, 矢内 優, 鈴木晴彦, 福島高専専攻科における多分野の学生によるシステムデザイン演習の活動 (I) -便利な文房具に注目して-, 教育フロンティア研究会 (神戸), 電気学会, FIE-17-006(2017)pp.25-28, (2017.3)
- ⑦ 渡辺世大, 青木大地, 大滝真優, 小野郁朗, 角田 元, 徳永大輝, 斑目佳小里, 鈴木晴彦, 福島高専専攻科における多分野の学生によるシステムデザイン演習の活動 (II) -個人の安全と警備に注目して-, 教育フロンティア研究会 (神戸), 電気学会, FIE-17-007(2017)pp.29-32, (2017.3)
- ⑧ 鈴木晴彦, 佐藤瑞起, 貝沼秀一郎, 徳永昇吾, 金丸允駿, 伊藤 淳, デュアルクロス構成した層状シリンダ形状永久磁石型リニアHalbach配列の磁場特性, 第29回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム (SEAD29), 日本AEM学会, 3-2-03, (2017) pp.119-122, (2017.5)
- ⑨ 若松大地, 小野郁朗, 岡崎貴啓, 山田一圭, 伊藤 淳, 鈴木晴彦, シリンダ形状永久磁石型リニアHalbach配列とバルク超電導体試料を用いた側壁型非接触磁気支持機構の検討, 金属・セラミックス/超電導機器合同研究会 (いわき), 電気学会, MC-17-002/ASC-17-019(2017)pp.7-12, (2017.7)

- ⑩ 鈴木晴彦, 小野郁朗, 佐藤瑞起, 貝沼秀一郎, 伊藤 淳, Ahmad Izzat MOHD HANAFI, シリンダ形状永久磁石型リニアHalbach配列を利用した非接触アクチュエーションの検討, 金属・セラミックス/超電導機器合同研究会 (いわき), 電気学会, MC-17-001/ASC-17-018(2017)pp.1-6, (2017.7)
- ⑪ 小野郁朗, 貝沼秀一郎, 若松大地, 伊藤 淳, 鈴木晴彦, シリンダ形状永久磁石型Halbach配列の磁場スライド機能によるバルク超電導体の非接触アクチュエーションの検討, 平成29年電気学会産業応用部門大会 (函館・函館アリーナ), 電気学会, ヤングエンジニア・ポスター・コンペティション, Y-140 (2017), (2017.8)
- ⑫ 鈴木晴彦, 小野郁朗, 佐藤瑞起, 貝沼秀一郎, 若松大地, 伊藤 淳, 磁場スライド性能を有するシリンダ形状永久磁石型Halbach配列の新奇レイアウトの磁場特性と応用に関する検討, 平成29年電気学会産業応用部門大会 (函館・函館アリーナ), 電気学会, R3-3-21(2017), (2017.8)
- ⑬ Haruhiko Suzuki, Mizuki Sato, Ahmad Izzat MOHD HANAFI, Yusuke Itoi, Shigekazu Suzuki, Atsushi Ito, Magnetic Field Performance of Round Layout Linear Halbach Array using Cylinder-shaped Permanent Magnets, The 11th International Symposium on Linear Drives for Industrial Applications (LDIA 2017), Osaka- Japan, IEEJ, OT-2(2017), (2017.9)
- ⑭ 中野良樹, 大槻正伸, 数理パズル“タングラム”の洞察的問題解決における視線移動の分析, 日本認知科学会第34回大会発表論文集pp.1004-1010 (2017.9)
- ⑮ 大槻正伸, 大塩智規, 小泉康一, 車田研一, ランダムに配置された粒子群画像の周期的提示による運動認知II, 日本認知科学会第34回大会発表論文集pp.1051-1056 (2017.9)
- ⑯ Takashi Wakamatsu, “Characterization of Electric Field-Induced Aggregation of Lysozyme using In Situ Forward-Light-Scattering Measurement Technique,” 26th Annual Meeting of MRS-Japan 2016, D2-P20-019 (2016.12).
- ⑰ 若松 孝, 「前方光散乱瞬時測定による電場印加におけるタンパク質凝集化の観察」, 第64回応用物理学会春季学術講演会, 16a-P2-8(2017.3).
- ⑱ 若松 孝, 小野田崇司, 尾形 慎, 「前方光散乱瞬時測定によるリゾチーム凝集・結晶化のキャラクタリゼーション」, 第17回日本蛋白質科学会年会, 1P-092(2017.6).
- ⑲ 青木大地, 田中大輔, 尾形 慎, 若松 孝, 「リゾチーム結晶化における電場印加の効果」, 第17回日本蛋白質科学会年会, 1P-095(2017.6).
- ⑳ 青木大地, 鈴木萌花, 田中大輔, 尾形 慎, 若松 孝, 「電場印加がニワトリ卵白リゾチームの結晶化に与える影響」, 第9回日本応用糖質科学会東北支部講演会, 7(2017.7).
- ㉑ 青木大地, 鈴木萌花, 田中大輔, 尾形 慎, 若松 孝, 「ニワトリ卵白リゾチームの結晶化における電場印加の効果」, 第31回日本キッチン・キトサン学会大会, 1P-42(2017.8).
- ㉒ 鈴木 颯, 山田貴浩, 小型UAVと近赤外カメラを用いた湿原における植生分布の分析, 平成29年東北地区若手研究者研究発表会, pp.229~230 (2017.3) ※優秀発表賞受賞
- ㉓ 矢内 優, 山田貴浩, Red Edgeバンドの導入による衛星画像の植生分類への効果の検討, 平成29年東北地区若手研究者研究発表会, pp.231~232 (2017.3) ※映像情報メディア学会東北支部表彰受賞
- ㉔ 山田貴浩, 鈴木 颯, 矢内 優, 伊藤佳祐, 小型UAVと近赤外カメラを併用した湿原の観測, 平成29年電気学会全国大会, p.3-97 (2017.3)
- ㉕ Takahiro Yamada, Hayate Suzuki, Yu Yanai, Keisuke Ito, Observation of wetland using drone and infrared camera for the environmental education, International Symposium on Remote Sensing 2017, pp.681~682 (2017.5)
- ㉖ 山田貴浩, 交流理論の基礎教育におけるグループワークの導入, 電気学会教育フロンティア研究会FIE-17-025, pp.43~48 (2017.9)
- ㉗ Takahiro Yamada, Takaaki Oguchi, Mamoru Ando, Ai Yachidate, Yoshito Matsuguchi, Hitoshi Yaginuma, Makoto Hayashi, Shin-ichi Hamazaki, Practice based education of introduction to electronics for other course students, The 11th International Symposium on Advances in Technology Education(2017.9)
- ㉘ 植 英規, 電気系学生に対するロバスト設計教育の実践, 教育フロンティア研究会, 電気学会, FIE-17-011, pp.45-48, (2017.3)
- ㉙ 中村泰貴, 磯上慎二, 豊島 晋. 動的磁気光学像の撮影と磁場解析へ向けた自作磁石回転機構ならびに画

像処理プログラムの構築, 第64回応用物理学会春季学術講演会. (2017.3)

- ⑳ Susumu Toyoshima, Change of protein crystallization conditions related to applied voltage levels, 9th International Conference on Molecular Electronics and Bioelectronics, (2017.6)
- ㉑ 橋本慎也, 濱崎真一, 山本敏和, 安藤 守, 谷地館藍, 鈴木晴彦, 「創作実習」における学生のアイデア実現に向けた効果的サポート, 電気学会, 教育フロンティア研究会, FIE-17-012, pp.49-53 (2017.3)
- ㉒ Takayuki Nakamura, Shinya Hashimoto, Training Project in Higher Education: Regional Rehabilitation for Safer and More Secure Society in Fukushima without Nuclear Energy, BIT's 4th Annual Global Congress of Knowledge Economy-2017, BIT Congress Inc. (2017.9)

5) その他

- ① 若松 孝, 「タンパク質凝集・結晶化の促進技術と分析技術」, 科学技術振興機構(JST)&国立高等専門学校機構主催 新技術説明会, 4(2017.2).
- ② 若松 孝, 田中大輔, 千葉 薫, 城所俊一, 「蛋白質の凝集・結晶化における塩の効果」, ソルト・サイエンス研究財団・2015年度助成研究報告書, 1526, pp.241-249 (2017.3).
- ③ 若松 孝, 「タンパク質の凝集・結晶化の促進技術と分析技術」第16回バイオ・ライフサイエンス研究展(BIO Tech 2017)・第14回アカデミックフォーラム, D-13(2017.6).
- ④ 若松 孝, 田中大輔, 尾形 慎, 「タンパク質凝集・結晶化の促進技術と分析技術」, 科学技術振興機構(JST)主催 イノベーション・ジャパン2017(大学見本市), M-04(2017.8).
- ⑤ 若松 孝, 田中大輔, 尾形 慎, 「タンパク質凝集・結晶化の分析技術」, 分析・科学機器展(JASIS2017), R-2(2017.9).
- ⑥ 山田貴浩, ドローンを用いた湿原の観測システムの構築と湿原の季節的変化のモニタリング, 公益財団法人福島県学術教育振興財団助成事業 (2016. 4~2017. 3)

化学・バイオ工学科

2) 論文

- ① T. Kato, S. Saito, S. Oshite, S. Igarashi, Powerful Concentration of Rhodium in Plating Wastewater Using Homogeneous Liquid-Liquid Extraction (HoLLE) and Study for Scale-up, Environment and Natural Resources Research, in press (2017)
- ② Ogata M, Matsui M, Kono H, Matsuzaki Y, Kato Y, Usui T. A novel analytical procedure for assaying lysozyme activity using an end-blocked chitotetraose derivative as substrate. Analytical biochemistry 538 64-70 (2017.9)
- ③ Kono H, Kondo N, Hirabayashi K, Ogata M, Totani K, Ikematsu S, Osada M. Two-dimensional NMR data of a water-soluble β -(1 \rightarrow 3, 1 \rightarrow 6)-glucan from Aureobasidium pullulans and schizophyllan from Schizophyllum commune. Data in brief (2017.9 in press)
- ④ Kono H, Kondo N, Hirabayashi K, Ogata M, Totani K, Ikematsu S, Osada M. NMR spectroscopic structural characterization of a water-soluble β -(1 \rightarrow 3, 1 \rightarrow 6)-glucan from Aureobasidium pullulans. Carbohydrate polymers 174 876-886 (2017.7)
- ⑤ Ogata M, Koizumi A, Otsubo T, Ikeda K, Sakamoto M, Aita R, Kato T, Park EY, Yamanaka T, Hidari KI. Chemoenzymatic synthesis and characterization of N-glycolylneuraminic acid-carrying sialoglycopolypeptides as effective inhibitors against equine influenza virus hemagglutination. Bioscience, biotechnology, and biochemistry 81(8) 1520-1528 (2017.4)
- ⑥ Chika Suwabe, Noriko Yamauchi, Daisuke Nagao, Haruyuki Ishii, Mikio Konno, Low-temperature synthesis of water-dispersible magnetic composite particles with high monodispersity, Colloid and Polymer Science, Vol. 294, pp.2079-2085 (2016.10)
- ⑦ Noriko Yamauchi, Kenichi Kurumada, Surface hydrophobization of magnetite nanoparticles with

polyhexylsilsesquioxane in diethylamine as reaction solvent, *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 508, 178-183 (2016.11)

- ⑧ 稲垣照美, 糸賀裕哉, 李 艶栄, 山内紀子, 鉛直磁場下におけるフェライト系磁性流体の熱物性と水平密閉矩形容器内の自然対流熱伝達, *化学工学論文集*, 第43巻第4号 pp296-305 (2017.7)
- ⑨ K. Sato, H. Kawabata, D. W. Scholl, H. Hyodo, K. Takahashi, K. Suzuki, H. Kumagai, ^{40}Ar - ^{39}Ar dating and tectonic implications of volcanic rocks recovered at IODP Hole U1342A and D on Bowers Ridge, Bering Sea, *Deep Sea Research II*, 2015, doi://10.1016/j.dsr2.2015.03.008, (2016)
- ⑩ 熊谷英憲、佐藤佳子. 希ガス同位体変動の時空間スケール. 第14回同位体科学会研究会, 2016
- ⑪ ガス分析用前処理装置及びガス分析用前処理方法, 佐藤佳子・熊谷英憲, JAMSTEC イノベーションニュース, 2016
- ⑫ Kikuta S, Watanabe J S, Sato R, Gusev O, Nesmelov A, Sogame Y, Cornette R, Kikawada T Towards water-free biobanks: long-term dry-preservation at room temperature of desiccation-sensitive enzyme luciferase in air-dried insect cells. *Scientific Reports* 7(1) Article no.: 6540. 2017.
- ⑬ Sogame Y, Kikawada T. Current findings on the molecular mechanisms underlying anhydrobiosis in *Polypridulum vanderplanki*. *Current Opinion in Insect Science* 19 16-21 2017.
- ⑭ Sogame Y, Okada J, Kikuta S, Miyata Y, Cornette R, Gusev O, Kikawada T. Establishment of gene transfer and gene silencing methods in a desiccation-tolerant cell line, Pv11. *Extremophiles* 21 65-72. 2017.

3) 雑誌・記事・総説・解説

- ① 山内紀子, 飯野春菜, 尾日向駿介, 谷地起拓, 尾形 慎, 車田研一, 医療・バイオ分野の可視化技術に貢献する機能性微粒子の合成 - Preparation of functional particles for visualization in medical and biotechnology fields -, *可視化情報*, Vol.36, Suppl. No.2 (2016.10)
- ② 保坂雅子, 倉田祥一朗, 山内紀子, 大隅典子, 田中真美, 米永一郎, 自然科学系女子大学院生による次世代人材育成活動ー東北大学サイエンス・エンジェルの挑戦ー, *化学工学*, 第81巻, 第1号, pp20-23 (2017.1)

4) 口頭発表

- ① 押手茂克, 機器分析特論“福島大学・高貝准教授らの開発したカスケード濃縮型ICP-MSシステムの概要とSr検出及び均一液液抽出 (HoLLE) による濃縮の重要性の説明”, 国家課題対応型研究開発推進事業『英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業 (原子力基礎基盤戦略研究プログラム)』「マルチフェーズ型研究教育による分析技術者人材育成と廃炉措置を支援加速する難分析核種の即応的計測法の実用化に関する研究開発」学生を対象とする人材教育プログラム～高専生を対象とする人材教育プログラムの事前指導(講義導入部分)の検討～, 富山高等専門学校物質化学工学科, 依頼講演 (2016.11).
- ② 鈴木笙眞, 斎藤昇太郎, 押手茂克, 山口仁志, 五十嵐淑郎, フッ素系界面活性剤と第四級アンモニウム塩から成るイオン液体を用いる貴金属元素の相互分離への応用, 第13回茨城地区分析技術交流会, 日本分析化学会関東支部・同茨城地区分析技術交流会, 第13回茨城地区分析技術交流会要旨集 (P 8), p.13 (2016.12).
- ③ I. Kaito, N. Sue, S. Oshite, Application to environmental water using the new absorbent for cesium, 第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム, 北関東磐越地区科学技術フォーラム, 第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム要旨集 (PP-37), p.36 (2016.12).
- ④ T. Ishii, H. Youguek, S. Oshite, Investigation of preconcentration based on the homogeneous liquid-liquid extraction (HoLLE) for instrumental analysis, 第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム, 北関東磐越地区科学技術フォーラム, 第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム要旨集 (PP-38), p.36 (2016.12).
- ⑤ 羽切正英, 山崎明日美, 鈴木 悠, 押手茂克, 遠心力を利用した金ナノ粒子固定化基板の粒子数密度制御と媒質屈折率検出への応用, 第22回高専シンポジウムin Mie, P-039 (2017. 1).
- ⑥ 押手茂克, 海藤育未, 諏江なつき, 第6回環境放射能除染研究発表会, 一般社団法人環境放射能除染学会, 第6回環境放射能除染研究発表会要旨集 (P4-01), p.77 (2017.7).
- ⑦ S. Oshite, H. Youguek, T. Ishii, Investigation to Recovery of Cesium ion in the River water using the new

- Fibrous adsorbent, 平成29年度化学系学協会東北大会, 日本化学会東北支部, 平成29年度化学系学協会東北大会講演予稿集 (1P002), p.87 (2017.9).
- ⑧ 押手茂克, 均一液抽出 (HoLLE) 法による放射性核種の抽出分離 ~ HoLLE法の利用による精密分離・高倍率濃縮法の付加 その2 ~, 平成29年度廃炉分析技術若手セミナー, 福島大学・環境放射能研究所, 依頼講演 (2017.9).
- ⑨ 【招待講演】: Hirohito Umezawa, Olivier Lebel, Jean-Michel Nunzi and Ribal Georges Sabat, Second-Order Nonlinear Optical Properties and Surface Structure of Mexylaminotriazine- Functionalized Molecular Glass Films, The 16th International Symposium on Advanced Organic Photonics (ISAOP-16), (2016.10)
- ⑩ 【ポスター発表】: 金澤脩平、梅澤洋史, ジュロリジニル基を導入した新規有機2次非線形光学材料の合成, 第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム (2016.12)
- ⑪ 藤崎智行, 加島敬太, 羽切正英, 今井正直, プルシアンブルーを包埋したキトサン膜の調製とセシウムイオンに対する吸着特性の評価, 化学工学会福島大会2016, A112, (2016.11)
- ⑫ 羽切正英, 内田修司, 銅製錬スラグ利活用の現状とケミカルリサイクルへの取り組み, 化学工学会福島大会2016, A208, (2016.11)
- ⑬ Keita Kashima, Kento Osawa, Masahide Hagiri, Masanao Imai, High performance dye removal by embedded activated carbon in calcium alginate membrane combination with low-molecular-weight polyethylene glycol, Proceedings of The 5th Asian Conference on Innovative Energy and Environmental Chemical Engineering, 5, 70-73, (2016.11)
- ⑭ Masahide Hagiri, Kazufumi Honda, Shuji Uchida, Wet Chemical Synthesis of Porous Silica from Acid Extract of Copper Smelting Slag, Proceedings of The 5th Asian Conference on Innovative Energy and Environmental Chemical Engineering, 5, 836-839, (2016.11)
- ⑮ 小野拓実, 本田一史, 内田修司, 羽切正英, 銅製錬スラグ酸抽出物を原料とした機能材料合成の試み, 第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム, OP-04, (2016.12)
- ⑯ 渡邊隆也, 羽切正英, バナジン酸銀系光触媒の湿式合成と被膜化の試み, 第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム, PP-25, (2016.12)
- ⑰ 坂本隆晃, 羽切正英, 加島敬太, 今井正直, 定圧濾過条件下におけるアルギン酸膜のCu(II)イオン捕捉能の検討, 第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム, PP-32, (2016.12)
- ⑱ 藤崎智行, 加島敬太, 羽切正英, 今井正直, プルシアンブルーを包埋したキトサン膜の等温吸着試験によるセシウム吸着特性の解析, 第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム, PP-40, (2016.12)
- ⑲ 上遠野賞, 小野拓実, 本田一史, 内田修司, 羽切正英, 銅製錬スラグの酸抽出特性の検討と鉄回収法の開拓, 第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム, PP-47, (2016.12)
- ⑳ 鈴木真由子, 羽切正英, 遠心膜濾過法によるニワトリ卵殻膜の純水透過能の検討, 第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム, PP-52, (2016.12)
- ㉑ 加島敬太, 大澤健人, 羽切正英, 今井正直, 活性炭包埋アルギン酸膜のMethylene Blue吸着能と分子ふるい効果の協働作用, 第7回福島地区CEセミナー, P9, (2016.12)
- ㉒ 小野拓実, 上遠野賞, 本田一史, 内田修司, 羽切正英, 銅製錬スラグ酸抽出物を原料とした無機機能材料の合成, 第22回高専シンポジウム, A-15, (2017.1)
- ㉓ 渡邊隆也, 羽切正英, バナジン酸銀系光触媒のガラス基板表面への固定化法, 第22回高専シンポジウム, P-030, (2017.1)
- ㉔ 坂本隆晃, 佐川千尋, 羽切正英, 加島敬太, 低分子量ポリエチレングリコールを導入したアルギン酸膜の金属イオン捕捉能, 第22回高専シンポジウム, P-032, (2017.1)
- ㉕ 鈴木真由子, 羽切正英, ニワトリ卵殻膜の分子透過能の検討, 第22回高専シンポジウム, P-047, (2017.1)
- ㉖ 上遠野賞, 小野拓実, 本田一史, 内田修司, 羽切正英, 銅製錬スラグからの鉄抽出に対する酸濃度の影響, 第22回高専シンポジウム, P-048, (2017.1)
- ㉗ 坂本隆晃, 羽切正英, 加島敬太, 膜透過試験および回分試験によるアルギン酸膜の金属イオン捕捉能の評価, 第19回化学工学会学生発表会小金井大会, A104, (2017.3)
- ㉘ 鈴木真由子, 佐藤 潤, 羽切正英, ニワトリ卵殻膜の細孔構造と溶媒・溶質分子透過能の評価, 第19回

- 化学工学会学生発表会小金井大会, C110, (2017.3)
- ②⑨ Nobuyuki Ichinose, Kenji Mutashima, Masahide Hagiri, Jun-ichiro Kinugasa, Toshihiro Nakayama, Hiroshi Harima, Excitation wavelength effect on the fluorescence of 1,3,5-Trimethoxybenzene (TMB)-Tetracyanoethene (TCNE) CT-complex, The 28th International Conference on Photochemistry, FundPP-POS-20, (2017.7)
- ③⑩ Masahide Hagiri, Kenichi Uchida, Mika Sasaki, Shofiyah Sakinah, Preparation and characterization of silver / silver orthophosphate composite coating film for photocatalytic applications, IUMRS-ICAM 2017; The 15th International Conference on Advanced Materials, D4-P30-002, (2017.8)
- ③⑪ Masahide Hagiri, Hiroyuki Urita, Hydroxyapatite Coating on Volcanic Glass Microballons by the Homogeneous Precipitation Process, IUMRS-ICAM 2017; The 15th International Conference on Advanced Materials, D6-P1-002, (2017.8)
- ③⑫ Fujisaki Tomoyuki, Keita Kashima, Masahide Hagiri, Masanao Imai, Efficient adsorption characteristics of cesium on novel chitosan membrane with embedded Prussian Blue particles under different temperature, 21st European Conference on Thermophysical Properties, EA-P2, (2017.9)
- ③⑬ 一ノ瀬暢之, 牟田島健司, 羽切正英, 衣笠潤一郎, 中山敏弘, 播磨 弘, 1,3,5-トリメトキシベンゼン-テトラシアノエテン電荷移動錯体の蛍光挙動, 2017年光化学討論会, 2P72, (2017.9)
- ③⑭ Masahide Hagiri, Material recycling of copper smelter slag: characterization, base metals recovery by acid leaching, and conversion to inorganic materials, 平成29年度化学系学協会東北大会, 17G4, (2017.9)
- ③⑮ 河角燐太, 甲野裕之, 尾形 慎, 戸谷一英, 池松真也, 近藤修啓, 平林克樹, 長田光正, 高温圧水処理による β -グルカンからのオリゴ糖生成, 化学工学会第49回秋季大会 (2017.9)
- ③⑯ 相田玲奈, 坂本舞央, 谷地越拓, 山内紀子, 大坪忠宗, 池田 潔, 加藤竜也, 朴 龍洙, 山中隆史, 左一八, 尾形 慎, N-グリコリルノイラミン酸固定化微粒子の合成とウマインフルエンザウイルス濃縮能評価, 日本応用糖質科学会 (2017.9)
- ③⑰ 松井 萌, 松崎優香, 加藤優奈, 河野はるか, 碓氷泰市, 尾形 慎, 末端ガラクトシル化キトテトラオース誘導体に対するニワトリ卵白リゾチームの加水分解特性, 日本応用糖質科学会 (2017.9)
- ③⑱ 長田光正, 河角燐太, 甲野裕之, 尾形 慎, 戸谷一英, 池松真也, 近藤修啓, 平林克樹, 黒酵母由来 β -グルカンの水熱処理によるオリゴ糖生成, 日本応用糖質科学会 (2017.9)
- ③⑲ 甲野裕之, 近藤修啓, 平林克樹, 尾形 慎, 戸谷一英, 池松真也, 長田光正, 水熱処理した黒酵母由来 β -グルカンの分子構造解析, 日本応用糖質科学会 (2017.9)
- ④⑩ 近藤修啓, 平林克樹, 甲野裕之, 尾形 慎, 戸谷一英, 池松真也, 長田光正, 水熱処理した黒酵母由来 β -グルカンを基質としたゲンチオビオースの酵素生産方法について, 日本応用糖質科学会 (2017.9)
- ④⑪ 尾形 慎, 糖鎖クラスター修飾技術を用いた機能性材料の開発とその利用, 日本キチン・キトサン学会～特別セッション～「機能性材料開発における糖鎖の活用とその解析技術」(2017.8)
- ④⑫ 東海林真也, 末永 信, 尾形 慎, 戸谷一英, 長田光正, 高温高圧水中でのN-アセチルグルコサミンの脱水反応における酸塩基触媒の影響, 日本キチン・キトサン学会 (2017.8)
- ④⑬ 松井 萌, 松崎優香, 加藤優奈, 河野はるか, 碓氷泰市, 尾形 慎, 末端ガラクトシル化キトテトラオース誘導体に対するリゾチームの水解特性と新規活性測定法への応用, 日本キチン・キトサン学会 (2017.8)
- ④⑭ 青木大地, 鈴木萌花, 田中大輔, 尾形 慎, 若松 孝, ニワトリ卵白リゾチームの結晶化における電場印加の効果, 日本キチン・キトサン学会 (2017.8)
- ④⑮ 相田玲奈, 坂本舞央, 谷地越拓, 山内紀子, 車田研一, 尾形 慎, キトビオース被覆型有機シリカ微粒子の合成とその特性評価, 日本キチン・キトサン学会 (2017.8)
- ④⑯ 尾形 慎, 山内紀子, 藤田彩華, 甲野裕之, 糖被覆型微粒子の合成と視的識別が可能なウイルス検出システムの開発, 全国高専フォーラム (2017.8)
- ④⑰ 尾形 慎, 小泉亜未, 大坪忠宗, 池田 潔, 坂本舞央, 相田玲奈, 加藤竜也, 朴 龍洙, 山中隆史, 左一八, N-グリコリルノイラミン酸含有人工糖鎖ポリペプチドの化学酵素合成, 日本糖質学会 (2017.7)
- ④⑱ 相田玲奈, 小泉亜未, 大坪忠宗, 池田 潔, 加藤竜也, 朴 龍洙, 山中隆史, 左一八, 尾形 慎, ウマインフルエンザウイルス吸着剤としてのN-グリコリルノイラミン酸含有糖鎖高分子の合成と特性解析, 日

本応用糖質科学会東北支部会 (2017.7)

- ④⑨ 松井 萌、松崎優香、加藤優奈、河野はるか、碓氷泰市、尾形 慎、末端ガラクトシル化キトテトラオース誘導体の合成とニワトリ卵白リゾチームによる水解特性、日本応用糖質科学会東北支部会 (2017.7)
- ⑤⑩ 青木大地、鈴木萌花、田中大輔、尾形 慎、若松 孝、電場印加がニワトリ卵白リゾチームの結晶化に与える影響、日本応用糖質科学会東北支部会 (2017.7)
- ⑤⑪ 若松 孝、小野田崇司、尾形 慎、前方光散乱瞬時測定によるリゾチーム凝集・結晶化のキャラクタリゼーション、第17回日本蛋白質科学会 (2017.6)
- ⑤⑫ 青木大地、田中大輔、尾形 慎、若松 孝、リゾチーム結晶化における電場印加の効果、第17回日本蛋白質科学会 (2017.6)
- ⑤⑬ 尾形 慎、山内紀子、大坪忠宗、池田 潔、加藤竜也、朴 龍洙、山中隆史、左 一八、インフルエンザウイルスを吸着濃縮可能な糖鎖プローブの開発、インフルエンザ研究者交流の会シンポジウム (2017.6)
- ⑤⑭ 尾形 慎、大坪忠宗、池田 潔、加藤竜也、朴 龍洙、山中隆史、左 一八、インフルエンザウイルスの種間伝播機構解明を可能にする異種抗原型糖鎖プローブの開発、日本農芸化学会 (2017.3)
- ⑤⑮ 松井 萌、松崎優香、碓氷泰市、尾形 慎、 β -N-アセチルヘキソサミニダーゼに対する新規活性測定法の開発、第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム (2016.12)
- ⑤⑯ 坂本 陽、藤原欄紫、大坪忠宗、寺岡文照、池田 潔、尾形 慎、 α 2,3-シアリルトランスフェラーゼに対する糖供与体の分子設計、第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム (2016.12)
- ⑤⑰ 小野晶子、加藤紗優里、河野はるか、後藤咲季、尾形 慎、鈴木智大、イトマキヒトデ由来 α -L-フコシダーゼの精製・諸性質解明・クローニング、第6回宇都宮大学オプトバイオシンポジウム (2016.12)
- ⑤⑱ 河野はるか、後藤咲季、柴田公彦、加藤紗優里、小野晶子、鈴木智大、尾形 慎、イトマキヒトデ由来新規 α -L-フコシダーゼの構造解析、東北高専シンポジウム (2016.11)
- ⑤⑲ 坂本舞央、谷地超拓、山内紀子、車田研一、尾形 慎、キトピオース被覆型有機シリカ微粒子とWGAとの相互作用解析、東北高専シンポジウム (2016.11)
- ⑤⑳ 小野田崇司、鈴木哲朗、朴 龍洙、碓氷泰市、尾形 慎、低分子型糖鎖クラスターを用いたウイルス粒子の簡便除去技術の開発、東北高専シンポジウム (2016.11)
- ⑥① 青木大地、田中利彦、細見 修、尾形 慎、メリピオサミンの合成と効率的な分離・精製条件の確立、東北高専シンポジウム (2016.11)
- ⑥② 相田玲奈、小泉亜未、大坪忠宗、池田 潔、加藤竜也、朴 龍洙、山中隆史、左 一八、尾形 慎、ウマインフルエンザウイルス結合性Neu5Gc含有糖鎖ポリペプチドの合成、東北高専シンポジウム (2016.11)
- ⑥③ 尾形 慎、糖鎖クラスター修飾による高分子機能化とその利用、高分子学会東北支部研究発表会 (2016.11)
- ⑥④ (依頼講演) Noriko Yamauchi, One-pot aqueous formation of sugar-immobilized monodisperse submicron polymer particles, 化学系学協会盛岡大会 (2017.9)
- ⑥⑤ 山内紀子、谷地超拓、車田研一、ハイブリッドシリカサブミクロン粒子の形成時の表面での溶媒との極性の自発的接近、化学工学会 第49回秋季大会 (2017.9)
- ⑥⑥ 山内紀子、飯野春菜、尾日向駿介、尾形 慎、車田研一、ウイルスの高精度検出を可能にする糖固定化ポリマー粒子のワンポット形成、化学工学会 第49回秋季大会 (2017.9)
- ⑥⑦ 谷地超拓、山内紀子、車田研一, One-pot formation of hexyl-containing hybrid silica particles in diethylamine as catalytic reaction solvent, 化学系学協会 盛岡大会 (2017.9)
- ⑥⑧ (招待講演) 山内紀子, ソープフリー乳化重合を利用した糖固定化単分散ポリマー粒子のワンポット形成, 平成28年度東北地区先端高分子セミナー (2017.3)
- ⑥⑨ 山内紀子, 表面機能化微粒子のワンポット作製法, 化学工学会 第82年会 (2017.3)
- ⑦⑩ 山内紀子, 飯野春菜, 尾日向駿介, 尾形 慎, 車田研一, 糖鎖固定化単分散ポリマー粒子のワンポット水相形成, 化学工学会 第82年会 (2017.3)
- ⑦⑪ (招待講演) 山内紀子, なじみやすさと化学 ～水に分散する微粒子と油に分散する微粒子～, 日本化学会東北支部講演会 (2017.2)
- ⑦⑫ (Invited poster presentation) Noriko Yamauchi, Kenichi Kurumada, Spontaneous formation of nanometer-thick coating of polyhexylsilsesquioxane on the surface of magnetite nanoparticles dispersed in diethylamine,

- 12th Japan-Korea Symposium on Materials & Interface International Symposium on Frontiers in Chemical Engineering (2016.11)
- ⑦③ 尾日向駿介, 飯野春菜, 山内紀子, 尾形 慎, 車田研一, 機能性糖種が表面に固定化されたサブミクロン単分散ポリスチレン粒子のワンポット水相形成, 第7回福島地区CEセミナー (2016.12)
- ⑦④ 飯野春菜, 尾日向駿介, 山内紀子, 尾形 慎, 車田研一, サブミクロン単分散PMMA粒子表面への機能性糖種のワンポット固定化法, 第7回福島地区CEセミナー (2016.12)
- ⑦⑤ 谷地赳拓, 山内紀子, 車田研一, ジエチルアミン中での疎水性有機シリカ粒子の形成過程上の特徴, 第7回福島地区CEセミナー (2016.12)
- ⑦⑥ 佐藤瑞樹, 谷地赳拓, 山内紀子, 車田研一, 有機シリカ粒子の蛍光色素の浸透による耐水性染色, 第7回福島地区CEセミナー (2016.12)
- ⑦⑦ 片寄愛良, 谷地赳拓, 坂本舞央, 佐藤瑞樹, 山内紀子, 尾形 慎, 車田研一, 疎水性相互作用による糖鎖固定のための疎水性ポリシロキサン粒子のワンポット合成, 第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム (2016.12)
- ⑦⑧ 石川裕太, 齊藤玲子, 山内紀子, 車田研一, ポリシロキサンオルガノゲルの形成を促進する均一触媒としてのジエチルアミン, 第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム (2016.12)
- ⑦⑨ 齊藤玲子, 石川裕太, 山内紀子, 車田研一, ワンポットで作製可能な有機溶媒吸収性ポリオルガノシロキサングル, 第2回北関東磐越地区化学技術フォーラム (2016.12)
- ⑧① 山内紀子, 谷地赳拓, 坂本舞央, 尾形 慎, 車田研一, 疎水化糖鎖ポリペプチド固定化のための疎水性ポリシロキサン粒子のワンポット作製, 化学工学会福島大会 (3支部合同大会) (2016.11)
- ⑧② 飯野春菜, 尾日向駿介, 山内紀子, 尾形 慎, 車田研一, ソープフリー乳化重合中の単分散PMMA粒子表面への糖同時固定化法, 化学工学会福島大会 (3支部合同大会) (2016.11)
- ⑧③ 尾日向駿介, 飯野春菜, 山内紀子, 尾形 慎, 車田研一, アルキル- β -D-グルコピラノシドを表面に固定化したポリスチレン粒子のワンポット重合, 化学工学会福島大会 (3支部合同大会) (2016.11)
- ⑧④ 山内紀子, 飯野春菜, 尾日向駿介, 谷地赳拓, 尾形 慎, 車田研一, 医療・バイオ分野の可視化技術に貢献する機能性微粒子の合成, 可視化情報全国講演会 (2016.10)
- ⑧⑤ 佐藤佳子, 武部義宜, 熊谷英憲, 伴雅雄最新期のK-Ar 年代をもつ蔵王火山の初生比および希ガス同位体比の変遷日本火山学会秋期大会2016 (2016.10)
- ⑧⑥ 佐藤佳子, 熊谷英憲, 羽生 毅K-Ar年代測定およびAr測定試料のワーキングスタンダード日本質量分析学会同位体比部会2016 (2016.11)
- ⑧⑦ 佐藤佳子, 武部義宜, 山崎誠子, 熊谷英憲, 岩田尚能, 伴 雅雄蔵王火山の希ガス同位体比の変遷—最新期の火山とその周辺日本地球惑星連合 2017年度連合大会, JPGU-AGU joint meeting 2017 (2017.5)
- ⑧⑧ 佐藤佳子環境動態に対する同位体地球化学からのアプローチ化学工学会、福島化学工学懇話会総会2017 (2017.5) (招待講演)
- ⑧⑨ Keiko Sato, Yoshinori Takebe, Seiko Yamasaki, Hidenori Kumagai, Naoyoshi Iwata, Masao Banhe noble gas isotope anomaly in the newest-stage products of Zao volcano, NE Japan IAVCEI 2017 (国際火山学会) 2017年8月
- ⑧⑩ 佐藤佳子, 熊谷英憲, 岩田尚能, 伴雅雄蔵王火山周辺の湖水・湧水の希ガス同位体比日本地球化学会2017年会 (2017.9)
- ⑧⑪ H. Kumagai, K. Sato, M. Ban, N. Iwata Noble gas abundance and isotope ratios dissolved in surface water at an active volcano, Zao, Japan, using newly developed preprocessing apparatus DINGUE 5th, 2017 (2017.8)
- ⑧⑫ 鈴木喬也, 佐藤佳子, 江本久雄, 北村早苗, 櫛田 拳, 齋藤詩乃, 佐藤 暁, 富川康之, 十亀陽一郎, アミガサタケ属 (*Morchella*) のキノコを用いた環境放射能の定量解析日本きのこ学会2017年会 (2017.9)
- ⑧⑬ 鈴木喬也, 佐藤佳子, 江本久雄, 北村早苗, 櫛田 拳, 齋藤詩乃, 佐藤 暁, 十亀陽一郎 福島県に自生するキノコの含有放射性物質濃度の解析日本地球化学会2017年会 (2017.9)
- ⑧⑭ 江本久雄, 十亀陽一郎. 発光バクテリアの発光強度による下水管評価及びそのデータベース構築第42回土

木情報学シンポジウム.第42回土木情報学シンポジウム講演論文42 279-282.2017.

- ④ Sogame Y., Miyata Y., Kikuta S., Cornette R., Oleg Gusev O., Kikawada T. Pv11 cells as an effective tool to investigate molecular mechanisms underlying the extreme desiccation tolerance, anhydrobiosis. International Congress on Analytical Proteomics. 2017. (招待講演)
- ⑤ Sogame Y., Miyata Y., Deviatiiarov R., Kikuta, S., Richard, C., Gusev, O., Kikawada T. Analysis of a powerful constitutive Promoter in Pv11 cells: Establishment of a strong constitutive gene expression vector for insect cells. International Congress on Analytical Proteomics. 2017.
- ⑥ 尾納隆大, 山口勝司, 十亀陽一郎, 黄川田隆洋, 重信秀治. ネムリユスリカ *Polypedilum vanderplanki* のゲノムアセンブリ NGS field meeting 2017.
- ⑦ 十亀陽一郎. 極限環境を生きる生物たち. 2017年度福島化学工学懇話会. 2017. (招待講演)

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, (2016.10~2017.9)
- ② 尾形 慎: 第16回インテリジェント・コスモス奨励賞 (2017.5)
- ③ 尾形 慎、大坪忠宗、池田 潔、加藤竜也、朴 龍洙、山中隆史、左 一八: 日本農芸化学会第8回トピックス賞 (2017.4)
- ④ Keiko Sato, Hidenori Kumagai, Takehiro Hirose, Naoyoshi Iwata, Hironobu Hyodo, Katsuhiko Suzuki, Anomaly of crustal noble gases associated with fault movement and aftershock the 3.11 Northeast Japan Mega Earthquake, Golschimidt 2016 conference, 2745, 2016
- ⑤ H. Kawabata, K. Sato, J.-I. Kimura, Q. Chang, R. Senda, T. Takahashi, Y. Hirahara, T. Miyazaki, D.W. Scholl, Origin of Bowers Ridge and its Oligocene Adakitic/Normal Arc Magmatism, Golschimidt 2016 conference, 1452, 2016
- ⑥ Keiko Sato, Yoshinori Takebe, Seiko Yamasaki, Hidenori Kumagai, Naoyoshi Iwata, Masao Ban, K-Ar age connected with initial Ar isotopes and anomalous noble gas isotope ratio, observed in eruption products at Zao newest stage, JPGU-AGU joint meeting 2017
- ⑦ Keiko Sato, Yoshinori Takebe, Seiko Yamasaki, Hidenori Kumagai, Naoyoshi Iwata, Masao Ban, The noble gas isotope anomaly in the newest-stage products of Zao volcano, NE Japan, IAVCEI 2017.
- ⑧ H. Kumagai, K. Sato, M. Ban, N. Iwata, Noble gas abundance and isotope ratios dissolved in surface water at an active volcano, Zao, Japan, using newly developed preprocessing apparatus, DINGUE 5th, 2017
- ⑨ 特願2016-217844 (2016.11.8)
【発明の名称】 ガス分析用前処理装置及びガス分析用前処理方法 佐藤佳子・熊谷英憲
- ⑩ ヨーロッパ特許新出願: EP16201675.2 (2016.12.1)
PREPROCESSING APPARATUS AND METHOD FOR GAS ANALYSIS
Keiko Sato, Hidenori Kumagai
- ⑪ 経費名: 科学研究費 基盤研究(C)
期間: 2016-2018年
課題名: 希ガス同位体を用いて爆発的噴火の準備過程が熱水活動に与える影響の検討
役割: 佐藤佳子 (研究代表者)、研究統括および希ガス同位体測定および若い火山の年代測定および解析
- ⑫ 【日本学術振興会】佐藤佳子, 特別研究員等審査会審査員 2017.6~

都市システム工学科

1) 著書

- ① 金 高義, 協力, 南極建築1957-2016, LIXIL, (発行年 (2016.12))

2) 論文

- ① Kenichi Kurumada, Takehiko Midorikawa and Hisashi Hayashi: Heat Deterioration and Rehydration Recovery of Concrete as A Reproductive Experiment of The Nuclear Furnace Accident, 42nd Conference on Our world in Concrete & Structures, pp.261-270, 2017.8
- ② 乾 康代, 齊藤充弘, 中田 潤, 原子力発電所の廃炉後の跡地利用と地元の町の再生ードイツ, 旧グラフィックスヴァルト原発の事例研究ー, 日本都市計画学会都市計画論文集第51巻3号, pp.1062~1069, 2016.10
- ③ 市川 希, 金澤伸一, 林 久資, 石山宏二, 飯塚 敦: 地層処分施設内における温度・密度・飽和度変化を考慮したベントナイト緩衝材の力学特性, 第12回環境地盤工学シンポジウム論文集, 地盤工学会, pp.557-560, 2017 (査読有り)
- ④ 武藤尚樹, 金澤伸一, 林 久資, 市川 希, 石山宏二, 飯塚 敦: 地層処分施設内における温度, 飽和度変化を考慮したベントナイト緩衝材の力学挙動に関する研究, 第12回環境地盤工学シンポジウム論文集, 地盤工学会, pp.567-570, 2017 (査読有り)
- ⑤ 市川 希, 金澤伸一, 林 久資, 石山宏二, 飯塚 敦, 水質の違いによるベントナイトの膨潤特性, 第12回環境地盤工学シンポジウム論文集, 12号, pp.557-560, 2017.9
- ⑥ 武藤尚樹, 金澤伸一, 林 久資, 石山宏二, 飯塚 敦, 地層処分廃棄施設内における温度・密度・飽和度を考慮したベントナイト緩衝材の力学特性, 12号, pp.567-570, 2017.9
- ⑦ 江本久雄, 十亀陽一郎, 発光バクテリアの発光強度による下水管評価方法に関する研究, 第42回土木情報学シンポジウム講演論文集, Vol.42, pp.279-pp.282, 2017.9
- ⑧ 衛藤俊彦, 菊地卓郎, 大澤範一, OpenFOAMによるDynamic SGSモデルを用いた傾斜壁面粒子サーマルの数値解析, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol.72, No.2 (海岸工学論文集第63巻), I_601-I_606, 公益社団法人土木学会, 2016.11
- ⑨ 金 高義, 内山庄一郎, 積雪観測のためのマルチコプター空撮技術ー2015/2016年冬期の福島県西会津国道49号線道路法面の事例研究ー, 福島工業高等専門学校研究紀要, 57, 59-62, (発行年 (2016.12))
- ⑩ Kouji Kim, Y. Miyazawa, M. Ishihara, Attempts of TOEIC tests at National Institute of Technology, Fukushima College -Summary and analysis from 2004 through 2016-, 11th International Symposium on Advances in Technology Education, 19-22 Sep 2017 Ngee Ann Polytechnic, Singapore (2017.9)

4) 口頭発表

- ① 緑川猛彦, 林 久資, 車田研一: 急激な高温加熱を受けたコンクリートの細孔構造について, 土木学会第72回年次学術講演会V-476, pp.951-952, 2017.9
- ② 佐藤翔太郎, 緑川猛彦: 高炉スラグ微粉末を用いたジオポリマーの圧縮強度について, 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集, V-8(CD-ROM), 2017.3
- ③ 田代小牧, 緑川猛彦: 高温履歴を受けたセメントペーストの温度生成物について, 土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集, V-7(CD-ROM), 2017.3
- ④ 近藤絢乃, 齊藤充弘, 仮設住宅の立地と震災後の土地利用変化について, 2016年度土木学会東北支部技術研究発表会, IV-9, 2017.3
- ⑤ 大浦 悠, 齊藤充弘, 幹線道路に着目した広域合併後の都市構造変化に関する研究, 2016年度土木学会東北支部技術研究発表会, IV-10, 2017.3
- ⑥ 山野辺百花, 齊藤充弘, 分散型市街地の土地利用変化について~いわき市北中部地域を対象として~, 2016年度土木学会東北支部技術研究発表会, IV-11, 2017.3
- ⑦ 四倉悠介, 齊藤充弘, 分散型市街地の土地利用変化について~いわき市南部地域を対象として~, 2016年度土木学会東北支部技術研究発表会, IV-12, 2017.3

- ⑧ 原 匡彦, 齊藤充弘, コミュニティに着目した災害公営住宅の現状と課題について, 2016年度土木学会東北支部技術研究発表会, IV-32, 2017.3
- ⑨ 吉田大輝, 齊藤充弘, 学生にみる自転車の利用と通学手段について, 2016年度土木学会東北支部技術研究発表会, IV-41, 2017.3
- ⑩ 齊藤充弘, 市街化調整区域に立地する災害公営住宅の実態とコミュニティについて, 2017年度日本建築学会大会, 都市計画7211, 2017.9
- ⑪ 市川 希, 金澤伸一, 林 久資, 石山宏二: 地層処分施設内における温度, 飽和度変化を考慮したベントナイト緩衝材の力学挙動に関する研究, 第52回地盤工学研究発表会講演集, pp.109-110, 2017.
- ⑫ 武藤尚樹, 金澤伸一, 林 久資, 石山宏二, 飯塚 敦: 地層処分施設内における温度・密度変化を考慮したベントナイト緩衝材の力学特性, 平成29年度土木学会全国大会, 第71回年次学術講演会,
- ⑬ 赤津雄介, 金澤伸一: キャピラリーバリア機能を有した覆土手法の開発に関する研究, 第52回地盤工学研究発表会講演集, pp.2007-2008, 2017.
- ⑭ 五十嵐日菜, 金澤伸一, 松崎慎也: 施工時期の違いを考慮した盛土構造物の初期応力解析第52回地盤工学研究発表会講演集, pp.1123-1124, 2017.
- ⑮ 市川 希, 金澤伸一, 林 久資, 石山宏二: 地層処分施設内における温度, 飽和度変化を考慮した ベントナイト緩衝材の力学挙動に関する研究: 第52回地盤工学研究発表会講演集, pp.2047-2048, 2017.
- ⑯ 小野里花子, 金澤伸一, 松崎慎也: 外水位変動が堤体内の応力状態に及ぼす影響, 第52回地盤工学研究発表会講演集, pp.999-1000, 2017.
- ⑰ 北郷真理, 金澤伸一, 坂本将吾: 被災確率に基づく液状化判定の構築, 第52回地盤工学研究発表会講演集, pp.1575-1576, 2017.
- ⑱ 松崎慎也, 金澤伸一, 五十嵐日菜: 解析を用いた突発的集中豪雨による盛土構造物の力学挙動: 第52回地盤工学研究発表会講演集, pp.①817-1818, 2017.
- ⑲ 山本龍一, 林 久資, 金澤伸一, 高荒智子, 石山宏二: 水質の違いによるベントナイトの膨潤性能について: 第52回地盤工学研究発表会講演集, pp.2051-2052, 2017.
- ⑳ 金澤伸一, 五十嵐日菜: 解析を用いた施工時期の違いが盛土の初期応力に与える影響, 第20回応用力学シンポジウム, 2017 (Flash Memory).
- ㉑ 西内瑞生, 林 久資, 金澤伸一, 石山宏二, 数値解析を用いた直接処分施設の掘削・廃棄体運搬時における影響予測, 平成29年度土木学会年次学術講演会, 土木学会, III-403, pp.805-506, 2017.9
- ㉒ 武藤尚樹, 金澤伸一, 林 久資, 市川 希, 石山宏二, 地層処分施設内における温度・密度変化を考慮したベントナイト緩衝材の力学特性, 平成29年度土木学会年次学術講演会, 土木学会, VII-054, pp.107-108, 2017.9
- ㉓ 市川 希, 金澤伸一, 林 久資, 武藤尚樹, 石山宏二, 地層処分施設内における温度変化を考慮したベントナイト緩衝材の膨潤特性, 平成29年度土木学会年次学術講演会, 土木学会, VII-055, pp.109-110, 2017.9
- ㉔ 市川晃央, 山本雅広, 小川 淳, 吉川直孝, 林 久資, 山岳トンネルのリスク低減に関する検討 (その3) - 一切羽崩壊・地表面陥没に関連するリスクの管理 -, 平成29年度土木学会年次学術講演会, 土木学会, III-338, pp.675-676, 2017.9
- ㉕ 山本龍一, 林 久資, 金澤伸一, 石山宏二, 高荒智子, 水質の違いによるベントナイトの膨潤性能について, 地盤工学研究発表会発表講演集(CD-ROM), 52巻, 1028, pp.2051-2052, 2017.9
- ㉖ 市川 希, 金澤伸一, 林 久資, 石山宏二, 地層処分施設内における温度・飽和度変化を考慮したベントナイト緩衝材の力学挙動に関する研究, 地盤工学研究発表会発表講演集(CD-ROM), 52巻, 1026, pp.2047-2048, 2017.9
- ㉗ 坂本美咲, 林 久資, 金澤伸一, 緑川猛彦, 大深度立坑掘削に伴い岩盤や覆工コンクリートに生じる力学定期影響について, 平成28年度土木学会東北支部技術研究発表会, III-43, 2017.3
- ㉘ 西内瑞生, 林 久資, 金澤伸一, 初期応力の方位依存性を考慮した直接処分坑道断面の安定性評価, 平成28年度土木学会東北支部技術研究発表会, III-42, 2017.3
- ㉙ Kouji Kim, Y. Miyazawa, M. Ishihara, Attempts of TOEIC tests at National Institute of Technology, Fukushima College -Summary and analysis from 2004 through 2016-, 11th International Symposium on

Advances in Technology Education, 19-22 Sep 2017 Ngee Ann Polytechnic, Singapore (2017.9)

- ⑩ 金 高義, 橋本慎也, 山本敏和, 福島高専における風車設置に関する風況解析—電気学科との融合事例—, 第29回高専技科大交流集会 (2017.8)
- ⑪ 金 高義, 内山庄一郎, 今村 元, 渡辺貴志, 積雪観測のためのマルチコプター空撮技術 - 2016/2017 年冬期の福島県西会津国道49号線道路法面の事例研究 -, 2017年度日本雪氷学会東北支部大会 (2017.5)
- ⑫ 金 高義, 永井 誠, 極地設営技術, 第3回CiRfSEワークショップ (2017.1)
- ⑬ 金 高義, STUDY ON THE SEGREGATION POTENTIAL OF FAIRBANKS SILT UNDER DIFFERENT FREEZING, The 2nd Asian Conference on Permafrost (ACOP2017) 2017.7.
- ⑭ 加村晃良, 風間基樹, 河井 正, 金 鍾官, 疋田信晴, 小西成治, 縦打ちマイクロパイルによる補強土工法を適用した斜面の数値シミュレーション, 第22回計算工学講演会論文集, F03-2, 3p., DVD-ROM, (2017.5)
- ⑮ 荒川逸人, 金 高義, 友松岳土, UAV撮影画像を用いた昭和基地の積雪深分布, 第14回南極設営シンポジウム, 2017.6.
- ⑯ 加村晃良, 風間基樹, 河井 正, 金 鍾官, 疋田信晴, 小西成治, 縦打ちマイクロパイルによる補強土工法を適用した斜面の破壊形態に及ぼす打設間隔の影響, 第52回地盤工学研究発表会講演集, pp.1453-1454, (2017.7)
- ⑰ 加村晃良, 河井 正, 金 鍾官, 縦打ち補強土工法の力学挙動の解明に関する実験的研究, 第52回地盤工学研究発表会 (研究助成成果報告会), 成果報告書, pp.1-10, (2017.7)
- ⑱ 鹿又善憲, 加村晃良, 傾斜基盤を有する斜面の縦打ち地山補強土工法の力学挙動に関する考察, 平成28年度土木学会東北支部技術研究発表会講演集, 2p., DVD-ROM, (2017.3)
- ⑲ 金子友美, 加村晃良, 切土抑止壁として用いた縦打ち地山補強土工法の動的解析, 平成28年度土木学会東北支部技術研究発表会講演集, 2p., DVD-ROM, (2017.3)
- ⑳ 江本久雄, 十亀陽一郎, 発光バクテリアの発光強度による下水管評価方法に関する研究, 第42回土木情報学シンポジウム, 2017.9
- ㉑ 鈴木喬也, 佐藤佳子, 江本久雄, 北村早苗, 櫛田 拳, 齋藤詩乃, 佐藤 暁, 十亀陽一郎, 福島県に自生するキノの含有放射性物質濃度の解析, 2017年度日本地球化学会第64回年会要旨集, 2017.9
- ㉒ 江本久雄, 緑川猛彦, ラフ集合を用いた実橋梁目視点検結果の有効活用, 平成29年度全国大会第72回年次学術講演会要旨集, 土木学会, 2017.9
- ㉓ 吉武俊章, 木下義博, 江本久雄, 宮本文穂, センサデータを活用したトンネル内走行軌跡推定手法の提案, 平成29年度全国大会第72回年次学術講演会要旨集, 土木学会, 2017.9
- ㉔ 鈴木喬也, 佐藤佳子, 江本久雄, 北村早苗, 櫛田 拳, 齋藤詩乃, 佐藤 暁, 富川康之, 十亀陽一郎, アミガサタケ属 (Morchella) のキノコを用いた環境放射能の定量解析, 日本きのこ学会第21回大会講演要旨集, pp.49, 2017.9
- ㉕ 江本久雄, 鈴木溪太, 吉武俊章, 木町元康, 走行映像および車両振動による道路施設維持管理支援システムの適用検討, 平成29年度国土交通省東北地方整備局管内業務発表会, 2017.6
- ㉖ 江本久雄, 中村秀明, 橋梁維持管理におけるメタデータ技術による写真管理方法の検討, 土木学会東北支部技術研究発表会, 2017.3

5) その他

- ① 金 高義, 南極での極地設営工学【講師】南極講演会「南極からさぐる宇宙」2016年12月11日
- ② 金 高義, マルチコプター空撮技術による道路法面積雪量の三次元測量手法開発: 山形県新庄市 教育委員会社会教育課・克雪技術研究協議会, 成果報告書, pp.1-14, (2017.3)
- ③ 加村晃良, 河井 正, 金 鍾官, 縦打ち補強土工法の力学挙動の解明に関する実験的研究, 地盤工学会, 道路保全地盤技術向上の調査・研究助成, 成果報告書, pp.1-10, (2017.5)
- ④ 江本久雄, システムによるRC構造物の診断, 平成29年度 高専フォーラム 研究オーガナイズセッション 15 「社会基盤構造物の長寿命化に関する研究セッション」パネラー, 2017.8

ビジネスコミュニケーション学科

2) 論文

- ① 西口美津子・渡部美紀子・芥川一則・大野邦夫, 中高年女性の起業家育成に向けた能力開発コースの検討, 産業教育学研究, 日本産業教育学会, 47(1), pp.21-28, (2017.1)
- ② 西口美津子・安藤真珠, 福島県における伝統的工芸品のイノベーションとブランド化, 福島工業高等専門学校研究紀要, (2017.2)
- ③ 田淵義英, 現代アルピニズムの一課題, 福島高専研究紀要, 57号, 75-84, (2017.2)
- ④ 若林晃央, 「情動の合理性判断が組織にもたらす影響」, 『研究紀要』, 第57号, pp.85-92, 福島工業高等専門学校, (2017.2)
- ⑤ Nghiêm-Phú Bình, From perception to action: A segmentation study based on local residents' attitude toward tourism development. *Tourism Review International*, 20(2/3), 103-121 (2016.10)
- ⑥ Nghiêm-Phú Bình, User evaluation of airport service scape characteristics: A quantitative datamining approach. *Proceedings of CAUTHE 2017: Time for Big Ideas? Re-thinking the Field for Tomorrow* (pp. 105-114), Dunedin: University of Otago (2017.2)
- ⑦ Nghiêm-Phú Bình; Nguyễn Thành Hưng, An intra-cultural study on accounting students' and practitioners' perceptions of accountants and accounting in Vietnam, *International Journal of Accounting, Auditing and Performance Evaluation*, 13(4), 380-397 (2017.9)

3) 雑誌・記事・総説・解説

- ① 西口美津子, 東日本大震災後の福島県いわき市の現状と展望, 産業教育学研究, 日本産業教育学会, 47(1), p.58, (2017.1)

4) 口頭発表

- ① Mitsuko Nishiguchi, Mikiko Watabe, Kunio Ohno, "Analysis of a Successful Entrepreneur using Visualization Tools - Case of the Pokemon Creator-", *Proceeding of 5th IEEEJ International Workshop on Image Electronics and Visual Computing 2017*, pp.1-4, (2017.3.1)
- ② Mitsuko Nishiguchi, "Impact of Crowdfunding on Early-Stage Women Entrepreneurs in Japan", 16th *International Entrepreneurship Forum Conference*, pp.1-17, (2017.9.15)
- ③ 西口美津子・先崎一寿, 情報化社会におけるE-Sportsの今後ー日本とフランスの学生の意識調査からー, 画像電子学会第280回研究会in 長崎, pp.1-6, (2017.3.10)
- ④ 田淵義英, 登山活動の思想的諸側面ーアルピニストの登山意識を事例にー, 日本山岳文化学会第14回大会, 日本山岳文化学会, (2016.11)
- ⑤ 鈴木晴彦・小出瑞康・植 英規・尾形 慎・齋藤充弘・若林晃央・鄭 耀陽・車田研一・緑川猛彦・西口美津子, 「福島高専専攻科のシステムデザイン演習の活動ーPBL教育と社会実装へのアプローチー」, 電気学会教育フロンティア研究会, 神戸国際会館, pp.21-24, (2017.3)
- ⑥ Nghiêm-Phú Bình, Passenger evaluation of airline services: A quantitative database analysis. Paper Presented at the 3rd *Asian Conference on the Social Sciences and Sustainability*, December 3-5, 2016, International Education for Sustainable Development Alliance (INTESDA), Nagoya, Japan (2016.12)
- ⑦ Nghiêm-Phú Bình, Student creativity in the college campus environment: Its correlation with creative education environment and campus satisfaction, *Proceedings of the 4th Regional Conference on Campus Sustainability, Volume 2* (pp. 38-44). Kota Kinabalu: Universiti Malaysia Sabah (2017.4)
- ⑧ Nghiêm-Phú Bình, An analysis of airline/airport lounge service using data gathered from airlinequality.com, *Proceedings of the 3rd Asia Pacific Conference on Contemporary Research* (pp. 41-48), Kuala Lumpur: Asia Pacific Institute of Advanced Research (2017.8)
- ⑨ Erika Watanabe, The Effects of Overseas Experiences on Japanese EFL Learners' Motivation, *The 2017 1st International Conference on Redesigning, Re-Engineering Academic Direction for Global Competitiveness*

(ICRRADGC 2017), Adamson University (2017, 09)

5) その他

- ① 西口美津子・渡部美紀子・芥川一則・大野邦夫, 女性のための起業マニュアルー未来は自分で切り開くー, 科研費成果物, pp.1-111, (2017.4)

一般教科

1) 著書

- ① James Harry Morris, "Alvaro de Semedo," 351-355; "Diego de Pantoja," 291-296; "Ferdinand Verbiest," 425-431; "Jesuits and Muslims in 17th-century China," 432-441; "Johann Adam Schall," 377-381; "Lodovico Buglio," 393-399; "Matteo Ricci," 301-305; "Nicolas Trigault," 313-320; "Roman Catholic orders in 17th-century China," 446-460; "The Jesuits in 17th-century Japan," 332-338; "Yang Guangxian," 382-389. In *Christian-Muslim Relations: A Bibliographical History 1500-1900*, Volume 11, edited by David Thomas and John Chesworth (Leiden: Brill, 2016.12).
- ② James Harry Morris, "Roman Catholic orders in 17th-century China," in *Christian-Muslim Relations: A Bibliographical History, Selected Readings* (Bangalore: SAIACS Centre for Islamic Studies, 2017.2), 54-65.

2) 論文

- ① 笠井 哲, 沢庵における「仏教と儒教との対決」, 印度学仏教学研究, 第65巻第1号, 103-110, 日本印度学仏教学会, (2016.12)
- ② M.Kaneko, S.Yamashita, H.Makishita, K.Nishiura, S.Takato, "Collaborative use of KeTCindy with other mathematical tools", The Electronic Journal of Mathematics and Technology, vol.11, No.2, 100-111 (2017.6).
- ③ K.Nishiura, S.Ouchi, K.Usui, "Analysis of the Use of Teaching Materials Generated by KeTCindy as an Aid to the Understanding of Mathematics", Lecture Notes in Computer Science, 10407 IV, Springer Verlag, 216-227 (2017.7).
- ④ 川崎俊郎, 河野 敬一, 近代後期以降における中位中心地の機能とその変容-常陸太田における前島同族団の事業展開を中心に-, 歴史地理学59巻1号, 33-54, 歴史地理学会, (2017.1)
- ⑤ Akiko Kato, Human Resource Development Programs to Meet the Needs of the Nation and Local Communities for Sustainable Development, Journal of BIMP-EAGA Regional Development, vol3, Universiti Malaysia Sabah (2017)
- ⑥ 渡辺賢治, 中島 敦「名人伝」と幸田露伴「一口剣」における求道性, 解釈学, 第78輯, pp.35-39, (2016.11)
- ⑦ 渡辺賢治, 国語教育における知識とイメージの展開ー文学とサブカルチャーの融合とその可能性ー, 福島工業高等専門学校研究紀要, 第57号, pp.187-191, (2017.2)
- ⑧ 渡辺賢治, 露伴「いさなとり」試論ー因縁を超越する力ー, 解釈学, 第80輯, pp.41-49, (2017.7)
- ⑨ D. Hirose, T. Sawada, Korff F-signatures of Hirzebruch surfaces, preprint, arXiv: 1701.01905 (2017.1)
- ⑩ T. Iida, Note on the integral operators in weighted Morrey spaces, Hokkaido. Math. J., to appear. (2017. 9).
- ⑪ T. Iida, Various inequalities related to the Adams inequality on weighted Morrey spaces, Math. Inequal. Appl. 20 (2017), 601-650. (2017. 2)
- ⑫ T. Iida and S. Nakamura, A note on the Fefferman-Stein inequality on Morrey spaces, Rev. Mat. Complut., (2016), 1-21. (2016. 12)
- ⑬ Y. Kota and H. Imamura, "Narrowing of antiferromagnetic domain wall in corundum-type Cr₂O₃ by lattice strain", Applied Physics Express, vol. 10, no. 1, pp. 013002-1- 013002-4, 2017.
- ⑭ Y. Kota, Y. Yoshimori, H. Imamura, and T. Kimura, "Enhancement of magnetoelectric operating temperature in compressed Cr₂O₃ under hydrostatic pressure", Applied Physics Letters, vol. 110, iss. 4, pp. 042902-1- 042902-4, 2017.

- ⑮ T. Nozaki, Y. Shiokawa, Y. Kitaoka, Y. Kota, H. Imamura, M. Al-Mahdawi, S. P. Pati, S. Ye, S. Yonemura, T. Shibata, and M. Sahashi, "Large perpendicular exchange bias and high blocking temperature in Al-doped $\text{Cr}_2\text{O}_3/\text{Co}$ thin film systems", *Applied Physics Express*, vol. 10, no. 7, pp. 073003-1- 073003-4, 2017.
- ⑯ James Harry Morris, "Rereading the evidence of the earliest Christian communities in East Asia during and prior to the Tang Period," *Missiology: An International Review*, Vol. 45, No. 3 (2017.6), 252-264.
- ⑰ James Harry Morris, "The Figures of Koho and Li-mi-i, and the origins of the case for a Christian missionary presence in Tenpyo Era Japan," *Journal of the Royal Asiatic Society*, Vol. 27, No. 2 (2017.3), 313-323.

3) 雑誌・記事・総説・解説

- ① 川崎俊郎, 学界展望 (2015年1月~12月) 近・現代, 人文地理学, 68巻3号, 348~351, (2016.11)
- ② James Harry Morris, "Metsubo no Hi," in *End of Days: An Encyclopaedia of the Apocalypse in World Religions*, edited by Wendell G. Johnson (Santa Barbara, CA: ABC-CLIO, 2017.7), 239-243.

4) 口頭発表

- ① 笠井 哲, ライスキング・国府田敬三郎における自然—いわきから世界へ—, 平成28年度いわきヒューマンカレッジ (市民大学) 講演集, (いわきヒューマンカレッジ「環境再生学部」学部代表講師の講演, 於いわきワシントンホテル椿山荘, 2016.12), いわき市生涯学習プラザ, 33-37, (2017.2)
- ② 笠井 哲, 沢庵禅師の医学思想について, 印度学仏教学会第68回学術大会, 於花園大学, 日本印度学仏教学会, (2017.9)
- ③ K.Nishiura, "Analysis of the Use of Teaching Materials Generated by KeTCindy as an Aid to the Understanding of Mathematics", The 17th International Conference on Computational Science and Its Applications, Trieste, Italy (2017.7)
- ④ 西浦孝治, 「KeTCindyによる数学教材の作成とその教育効果の検証」, 京都大学数理解析研究所, 数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究 (2017.9)
- ⑤ 出口直人, 西浦孝治, 「図入り数学教材の作成ツールとその教育的効果の検証」, 平成28年度豊橋技術科学大学高専連携教育研究プロジェクト進捗状況報告会 (2016.12)
- ⑥ 布施雅彦, 仮想現実や空撮の技術を利用したいわき市における廃校のデジタル化の試み, 2017 PC Conference, コンピュータ利用教育学会, 217-218ページ, (2017.8)
- ⑦ 布施雅彦, 福島高専における1年生へのタッチタイピング指導における取り組みと課題, 2017 PC Conference, コンピュータ利用教育学会, 111-112ページ, (2017.8)
- ⑧ Kyota Aoki, Hiroko Kanoh, Masahiko Fuse, Trend of Immediate Response Syndrome Viewed from Visual Synchronization Task, International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, KES2017,(2017.9)
- ⑨ Akiko Kato, A report on outreach programs-National Institute of Technology, Fukushima College-4th REGIONAL CONFERENCE ON CAMPUS SUSTAINABILITY 2017, Universiti Malaysia Sabah (2017.04)
- ⑩ Akiko Kato, Human resources development programs at NIT-FC-Issues in Japan and Fukushima4th REGIONAL CONFERENCE ON CAMPUS SUSTAINABILITY 2017, Universiti Malaysia Sabah (2017.04)
- ⑪ Akiko Kato Challenges and Future Direction of Cooperartive and Work-Integrated Engineering Education in Japan The 2017 1st INTERNATIONAL CONFERENCE ON REDESIGNING, RE-ENGINEERING ACADEMIC DIRECTION FOR GLOBAL COMPETETIVENESS (ICRRADGC 2017), Adamson University (2017.09)
- ⑫ 飯田毅士, On sufficient conditions for the boundedness of the fractional maximal operator between weighted L_p -spaces with different weights, 日本数学会2017年度秋季総合分科会(実函数論分科会), 山形大学, (2017.9).
- ⑬ 飯田毅士, The Pérez inequality on weighted Morrey spaces, 日本数学会2017年度年会(実函数論分科会), 首都大学東京, (2017.3).
- ⑭ 飯田毅士, 澤野嘉宏, 田中 仁, Decomposition of Morrey spaces, 日本数学会2017年度年会(実函数論分

- 科会), 首都大学東京, (2017. 3).
- ⑮ 飯田毅士, The Pérez inequality on weighted Morrey spaces, 調和解析セミナー, 金沢大学, (2017. 3).
- ⑯ 飯田毅士, The Pérez inequality on weighted Morrey spaces, 実解析学シンポジウム2016, 奈良女子大学, (2016. 10).
- ⑰ 澤田幸一, Globally F-regular F -sandwiches of degree p of a projective space, 大阪大学理学研究科数学教室 代数幾何学セミナー (2017.7)
- ⑱ 【ポスター発表】小田洋平, 「Fe-Ni 合金系の交換スティッフネス定数の第一原理計算」, 日本物理学会第72回年次大会, 17aK-PS-37, 大阪大学, 2017年3月17日.
- ⑲ 【ポスター発表】小田洋平, 「5d 元素をドーブした $\text{Fe}_{0.2}\text{Ni}_{0.8}$ 合金の異方性磁気抵抗効果および異常ホール効果の第一原理計算」, 日本物理学会2017年秋季大会, 21aPS-100, 岩手大学, 2017年9月21日.
- ⑳ James Harry Morris, "China, Japan, and Christian Emissaries to Muslim Lands," at South Asian Intercultural Understandings in Historical Perspective: Select Studies, at the South Asia Institute of Advanced Christian Studies, February 19th to February 21st, 2017.

5) その他

- ① 笠井 哲, 娘お久の孝行心, NHKカルチャー平成28年10月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編17>~『文七元結』の人情~第1回, 於NHK文化センターいわき教室, (2016.10)
- ② 笠井 哲, 父長兵衛の侠気, NHKカルチャー平成28年10月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編17>~『文七元結』の人情~第2回, 於NHK文化センターいわき教室, (2016.11)
- ③ 笠井 哲, 江戸っ子の人情, NHKカルチャー平成28年10月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編17>~『文七元結』の人情~第3回, 於NHK文化センターいわき教室, (2016.12)
- ④ 笠井 哲, 江戸の顔見世狂言, NHKカルチャー平成29年1月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編18>~市川團十郎『暫』の世界~第1回, 於NHK文化センターいわき教室, (2017.1)
- ⑤ 笠井 哲, 権五郎の武勇と知略, NHKカルチャー平成29年1月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編18>~市川團十郎『暫』の世界~第2回, 於NHK文化センターいわき教室, (2017.2)
- ⑥ 笠井 哲, 勧善懲悪の祝祭劇, NHKカルチャー平成29年1月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編18>~市川團十郎『暫』の世界~第3回, 於NHK文化センターいわき教室, (2017.3)
- ⑦ 笠井 哲, 維新以後の黙阿弥, NHKカルチャー平成29年4月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編19>~『魚屋宗五郎』の世界~第1回, 於NHK文化センターいわき教室, (2017.4)
- ⑧ 笠井 哲, リアルな酒乱の演技, NHKカルチャー平成29年4月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編19>~『魚屋宗五郎』の世界~第2回, 於NHK文化センターいわき教室, (2017.5)
- ⑨ 笠井 哲, 実直一途の宗五郎, NHKカルチャー平成29年4月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編19>~『魚屋宗五郎』の世界~第3回, 於NHK文化センターいわき教室, (2017.6)
- ⑩ 笠井 哲, 蜂須賀家のお家騒動, NHKカルチャー平成29年7月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編20>~『伊勢音頭』の世界~第1回, 於NHK文化センターいわき教室, (2017.7)
- ⑪ 笠井 哲, 思いもよらぬ縁切り, NHKカルチャー平成29年7月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編20>~『伊勢音頭』の世界~第2回, 於NHK文化センターいわき教室, (2017.8)
- ⑫ 笠井 哲, 生命と環境との繋がりを考える, 平成29年度いわきヒューマンカレッジ「都市環境生命学部」第1回, 於福島高専, (2017.9)
- ⑬ 笠井 哲, ぴんとこな・福岡貢, NHKカルチャー平成29年7月期講座, 芸道の心に触れる<歌舞伎・探究編20>~『伊勢音頭』の世界~第3回, 於NHK文化センターいわき教室, (2017.9)
- ⑭ 川崎俊郎, 「百姓」は虐げられた?, 平成28年NHKカルチャー10月期講座, 日本史再訪25「江戸時代の語られ方~暗黒の時代?・エコの時代?~」第1回, 於NHK文化センターいわき教室 (2016.10)
- ⑮ 川崎俊郎, 江戸時代は「エコ時代」?, 平成28年NHKカルチャー10月期講座, 日本史再訪25「江戸時代の語られ方~暗黒の時代?・エコの時代?~」第2回, 於NHK文化センターいわき教室 (2016.11)
- ⑯ 川崎俊郎, 統計データで見る江戸時代, 平成28年NHKカルチャー10月期講座, 日本史再訪25「江戸時代の語られ方~暗黒の時代?・エコの時代?~」第3回, 於NHK文化センターいわき教室 (2016.12)

- ⑰ 川崎俊郎, 掘ってみたら大発見～三内丸山遺跡は歴史を書き換えたか?～,平成29年NHKカルチャー1月期講座,日本史再訪26「言葉からはみえない歴史～考古学からみた日本史～」第1回, 於NHK文化センターいわき教室 (2017.1)
- ⑱ 川崎俊郎, お宝は土の中に～古銭の語る日中交流史～, 平成29年NHKカルチャー1月期講座, 日本史再訪26「言葉からはみえない歴史～考古学からみた日本史～」第2回, 於NHK文化センターいわき教室 (2017.2)
- ⑲ 川崎俊郎, 古代ばかりが考古学じゃない～近代遺跡からみた明治日本～, 平成29年NHKカルチャー1月期講座, 日本史再訪26「言葉からはみえない歴史～考古学からみた日本史～」第3回, 於NHK文化センターいわき教室 (2017.3)
- ⑳ 川崎俊郎, 国民史学としての民俗学～柳田国男～, 平成29年NHKカルチャー4月期講座, 日本史再訪27「民俗学と歴史～知の巨人達がみた日本～」第1回, 於NHK文化センターいわき教室 (2017.4)
- ㉑ 川崎俊郎, 民具からみた日本と世界～渋沢敬三～, 平成29年NHKカルチャー4月期講座, 日本史再訪27「民俗学と歴史～知の巨人達がみた日本～」第2回, 於NHK文化センターいわき教室 (2017.5)
- ㉒ 川崎俊郎, 旅人が記した日本・日本史～宮本常一～, 平成29年NHKカルチャー4月期講座, 日本史再訪27「民俗学と歴史～知の巨人達がみた日本～」第3回, 於NHK文化センターいわき教室 (2017.6)
- ㉓ 川崎俊郎, ゲノムで読み解く日本人のルーツ, 平成29年NHKカルチャー7月期講座, 日本史再訪28「科学で読み解く日本の歴史～近接諸科学からみた日本史像～」第1回, 於NHK文化センターいわき教室 (2017.7)
- ㉔ 川崎俊郎, にほんご!ニホンゴ?日本語の正体, 平成29年NHKカルチャー7月期講座, 日本史再訪28「科学で読み解く日本の歴史～近接諸科学からみた日本史像～」第2回, 於NHK文化センターいわき教室 (2017.8)
- ㉕ 川崎俊郎, 病は骨から?～古病理学でみる日本史～, 平成29年NHKカルチャー7月期講座, 日本史再訪28「科学で読み解く日本の歴史～近接諸科学からみた日本史像～」第3回, 於NHK文化センターいわき教室 (2017.9)

研究紀要

第 58 号

平成29年12月14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

Kousuke Terada, Sunao Tokura, Toru Takahashi and Ichiro Hagiwara Practical Development of ATCP(Assembly Truss Core Panel)	1
Seidai Watanabe, Kenta Sakurai and Mizuyasu Koide Characteristics of Circular Cylinder Vibration on Vortex Induced Vibration Power Generation	9
Masanobu Ohtsuki, Koichi Koizumi, Yoshiki Nakano and Hiroshi Arai An Approximation Algorithms for Solving the Puzzle Game “Tangram” with Simulated Annealing	15
Kenichi Kurumada and Akira Kasai A Skeptical Approach to the Photographic Technique as a Basis of Scientific Rationality	23
Kyoya Suzuki, M.Ajmal Khan and Yoichiro Sogame Isolation and culture of micro-organism inhabiting in an ambient environment	29
Yoichiro Sogame, Makoto Ichikawa, Kyoya Suzuki, Hisao Emoto, Shigekatu Oshite, Masahide Hagiri, Mari Ishihara and Katsuhiko Aoyagi An Attempt to Introduce a Role-Play to Chemistry and Bio-system Engineering Experiments in Advanced Course Program of Fukushima College	35
Yuki Hasebe, Yuto Iitaka, Taiki Ohira, Koki Matuda, Rui Monma, Seira Yomogida, Keita Suzuki, Yuya Hakozaki and Hisao Emoto Introduction of the visual inspection for RC bridge on young engineers(Kosen students) and evaluation of bridge conditions using by the BREX system	41
Hisao Emoto, Yoichiro Sogame and Keiko Sato Study on the air dose rate safety at the bridge visual inspection	47
Hisao Emoto and Yoichiro Sogame Preparation of test pieces for the practical education of concrete carbonation test	53
Akihiro Wakabayashi and Makoto Kamio The History and Issue of Energy Resources	57
Mitsuo Suzuki and Kenji Masuda IT-aided application of Millikan's experiment in student experimental practice	65
Kouei Torii The Contrasive Semantics of ‘order’, ‘command’, and ‘direction’	69
Mari Ishihara Female characters in James Shirley's <i>The Wedding</i>	75
Akira Kasai On the Thought of Technique in <i>the Encyclopedia</i>	81
Akira Kasai On the Self-Consciousness and Freedom in Kant's Philosophy	87
Akira Kasai On the Thought of Shiba Kokan as the Artist and the Scientist	93
Akira Kasai On the Way of Life of Retired Person in Fujisawa Shuhei's <i>Zannjitsuroku</i>	99
Toshio Kawasaki The Study about the value of the magazine “CHIHOKKEIZAI” for Understanding of The Local cities in IBARAKI Prefecture	105
Kenji Watanabe “Magnetic field” called Nishi kuromon-cho — Six celebrities including Higuchi Ichiyo —	111
Shintarou Oiwa The right to vote and age limit	119
Yohei Kota Examination of calculation methodology of spin-wave stiffness constant in ferromagnetic metals and alloys	125
Takahiro Chiba Theory of the thermoelectric effect in two-dimensional magnetic heterostructures	131
James Harry Morris The <i>Kirishitan</i> Century in Tōhoku	137