

太陽追尾型光発電システムの製作・運転

Construction and Operation of a Solar Tracking Type Photovoltaic System

(平成 18 年 9 月受理)

山本敏和* (YAMAMOTO Toshikazu)

小松昌太郎** (KOMATSU Syoutarou)

佐藤明博** (SATO Akihiro)

Abstract

In recent years there has been a growing interest in photovoltaic system as renewable energy sources without environmental pollution and excess heating of air. Photovoltaic cells convert the energy of sunlight directly into electricity. However, solar radiation varies with changing atmospheric conditions (clouds and dust) and the changing position of a photovoltaic system relative to the sun. In this work, it was intended to enhance the watt-hour efficiency of a solar cell module. A photovoltaic system tracking the azimuthal movement of the Sun was constructed. The system was driven azimuthally with a geared motor controlled by a solar sensing circuit. And a PIC data logger circuit to accumulate the data of the system power was equipped. It was verified experimentally that watt-hour efficiency was enhanced 27 [%] by using the solar tracking type photovoltaic system.

1. はじめに

太陽の表面温度は 5800 [K] であり、中心温度は 15000 [K] といわれている。このような高温状態をもたらしているのは太陽内部における水素が融合してヘリウムが生成される核融合反応である。太陽からは様々な波長の光や太陽風と呼ばれる荷電粒子などが放出されている。地球は太陽から約 1 億 5 千万 [km] 離れているため直接高温にさらされず、また磁気圏が荷電粒子を阻止し、大気圏、オゾン層が有害な紫外線を減衰させている。その結果、太陽光は大気、大地、海水を暖め、植物の光合成のためのエネルギー源になっている。化石燃料である石炭及び原油はそれぞれ太古に太陽エネルギーを得て生育した植物及び微生物が変性してできたものであり、地球における大気の移動、水の蒸発及び大気中での移動は太陽からのエネルギーによって生じている。従って、火力、水力、風力の源は太陽であり、原子力や地熱を除いて地球上で利用されるエネルギーのほとんどは太陽に由来すると言える。

* 福島工業高等専門学校 電気工学科 (いわき市平上荒川字長尾 30)

** 福島工業高等専門学校 電気工学科卒業生

太陽から定常的に地球に届いている太陽光エネルギーは、次のような長所を持つことから、実用的な利用が期待されている¹⁾。

(a) エネルギー量が膨大であること

地球付近の宇宙空間における太陽エネルギーの密度は $1.38 \text{ [kW/m}^2\text{]}$ であり、地球の断面積は $1.27 \times 10^{14} \text{ [m}^2\text{]}$ であるので、太陽から地球にやってくるエネルギー量は1時間あたり $1.76 \times 10^{14} \text{ [kW} \cdot \text{h]}$ である。そのうち約70 [%] にあたる $1.23 \times 10^{14} \text{ [kW} \cdot \text{h]}$ が地表に達し、残り約30 [%] は大気や雲で反射される。

(b) ほぼ永久的なエネルギー源であること

水素の核融合反応を起こしている太陽の寿命は約100億年、現在は太陽の誕生から約46億年経過したと推定されている。したがって太陽光エネルギーは、枯渇が心配される化石燃料とは異なり、ほぼ永久的に利用可能なエネルギーである。

(c) クリーンなエネルギー源であること

化石燃料により火力発電を行うと炭酸ガスや大気汚染物質が排出され、原子力発電を行うと放射性廃棄物が生じる。前者は過去に蓄えた太陽光エネルギーを熱エネルギーに換え、後者は核エネルギーを新たに熱エネルギーに変換することになり、現在も地球に届いている太陽光エネルギーに加わる事になる。そのため地球温暖化の原因となる。また、化石燃料の使用による二酸化炭素ガス濃度の上昇が温室効果によって地球温暖化をもたらす。しかし、太陽光エネルギーは過去に蓄積されたエネルギーを使うものではなく、二酸化炭素などの温室効果ガスを排出する事のないクリーンなエネルギーである。

(d) 地域的な偏りが少ないこと

地球上の原油、石炭、天然ガス、核燃料資源は地域的に偏って存在している。一方、太陽光エネルギーは、地表におけるエネルギー密度が緯度によって異なるものの、世界のどの地域においても利用できる。

以上のように、太陽光エネルギーには多くの優れた点があるが、実際に利用する場合には次のような問題点もある。その一つは、地球上に降り注ぐ太陽エネルギーの密度が $1 \text{ [kW/m}^2\text{]}$ であり、化石燃料などのエネルギー源に比べてエネルギー密度が低いことである。二つめは、曇りの日、雨の日などでは太陽光エネルギーを十分利用できないため、使いたい時にタイミングよく利用することができないことである。三つ目は、太陽光エネルギーの有効利用可能な時間が日照のある時間帯に限られるため、エネルギー変換コストが割高になることである。したがって、太陽光エネルギーの効率的な利用のためには、このような欠点を克服していく必要がある。

電気エネルギーは、様々な電気機器によって光、熱、動力に変換でき、エネルギー利用の断続も容易であるので、極めて利用しやすいエネルギーである。太陽光エネルギーを直接電気エネルギーに変換する太陽電池は、1954年にPearsonらにより単結晶太陽電池として最初に開発された。太陽電池を用いた電源としては、アメリカの人工衛星（バンガード1号、1958年）の通信用電源が最初である。その後、太陽電池はラジオや無線中継器、灯台などで限定的に利用されていた。第1次石油危機（1973年）を契機に、日本では国家プロジェクトとして、化石燃料の代替エネルギー源に適する低コスト高性能太陽電池の開発が始まった。1978年には小型電卓に太陽電池が搭載され、身近な生活での利用も始まった。1990年代に入ると二酸化炭素などの温室効果ガスによる地球温暖化問題が世界的に注目され、日本では新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）により、実験的な太陽光発電システムが作られた。特に、温室効果ガスである二酸化炭素の排出を削減するため、1997年京都において第3回気候変動枠組条約締約国会議が開かれ、日本は温室効果ガスを1990年の排出量に対して、2008年から2012年における排出量を6 [%] 削減する事を約束している²⁾。その削減方法としては、エネルギーに関する革新的技術開発や国民の努力によって二酸化炭素、メタン、亜酸化窒素を削減すること、および土地利用の変化と森林活動による削減が目指されている³⁾。太陽光発電は前者の革新的技

術開発の一つとして期待されている。

近年、各種公共施設、学校、企業等において実用的な太陽光発電設備が設けるところが増えている。また設備に対して国や市から補助を得ることによって、一般家庭にも太陽光発電設備が普及し始めている。太陽光による発電が可能な時間は日照のある時間に限られるので、年間日照時間が長い程、年間の総発電電力量が多くなり有利である。日本では天候が日々変化し、また季節によっても変化するため、年間を通じて長い日照時間を得ることは難しい。日本の各都道府県庁の所在地およびいくつかの観測地（いわき市小名浜、高知県清水市等）の年間日照時間（1971年～2000年までの平均値）⁴⁾を Fig. 1 に示す。Fig. 1 においては、高知県清水市の年間日照時間が最長であり、太平洋岸の地域、本州内陸地域、瀬戸内地域がそれに続いている。一方、冬季の降雪が多い日本海側の地域の年間日照時間が短い。例として、年間日照時間が最長の清水市と最短の富山市では、その差が 603 時間ある。なお、いわき市内の小名浜では年間日照時間が 2058 時間あり、日照時間の長さで第 9 位である。いわき市は「サンシャイン・シティ」と呼称するにふさわしく、また、冬季の降雪はほとんど無いので太陽光発電に適していると言える。

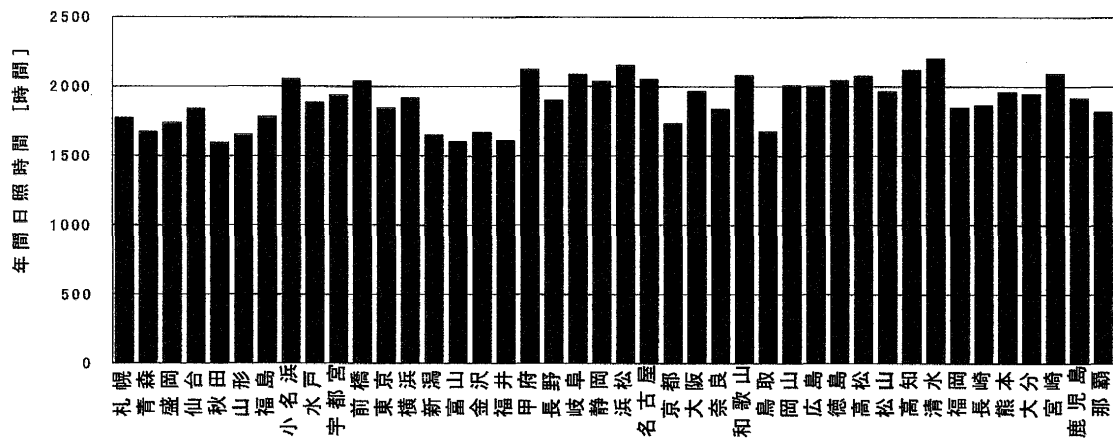


Fig. 1 日本各地の年間日照時間 (1971年～2000年までの平均値)

太陽光発電に適した晴天の場合においても太陽の日周運動に伴い、太陽の方位および高度が変化する。そのため太陽電池モジュール（複数の太陽電池セルをまとめて一つの容器に収めたもの）や太陽電池アレイ（複数の太陽電池モジュールをまとめたもの）が固定式である場合は、太陽の方位及び高度の変化により太陽電池の単位面積当たりの日射強度が変化し、発電電力が変化する。太陽光発電電力は、太陽光が常に太陽電池のパネルに対して垂直に入射した場合に最大となる。一戸建て住宅などの場合には、東向きの屋根、南向きの屋根、西向きの屋根に太陽電池モジュールを固定設置することにより、それぞれの屋根にある太陽電池モジュールがそれぞれ朝、昼、夕に効率良く時間的に分担して発電するように施工される場合がある⁵⁾しかし、この方法では、設置した全ての太陽電池モジュールで同時に効率良く発電することができず、太陽電池モジュールおよび家屋の設備においてムダが多い。そこで、時間的に分担するのではなく用意した全ての太陽電池モジュールのパネルが常に太陽光に対して直角となるように太陽を追尾するシステムとすれば、日中の発電電力量を最大にする事ができる。

本研究では、まず常に太陽の方位角方向の日周運動に関して太陽を常時追尾する光発電システムおよび発電状況の記録システムを製作し、試験運転を行なった。方位角方向で太陽追尾を行うためには、モジュールの姿勢制御用のエネルギーが必要であるが、駆動機構を工夫する事により使用するモジュールの発電電力に比べて少ない電力で太陽追尾を可能とした。また、太陽追尾の方法としては、光センサ2個を備えた単純な追尾用アナログ回路を製作した。太陽追尾の方法として、一般的には追尾型太陽光発電設備を設置する地点の緯度によって決まる年間の太陽の日周運動のデータをマイクロコンピュータ等に蓄えておいて追尾する方

法^{6,7)}が採られるが、この方法ではデータの準備が煩雑であり、またコンピュータが常に電力を消費する欠点がある。本研究で製作した回路では太陽光を時々刻々と検出してモータを駆動するアナログ回路であるので、回路が単純かつ消費電力が小さい。更に、マイクロコンピュータおよび設置地点における太陽の日周運動のデータが不要であるので、設置すればデータの再入力する必要もなく動作可能である。よって、本研究における太陽追尾型光発電システムは、設置可能な面積が狭い土地や建物、外洋を航行し移動距離の大きい船舶等の移動体、災害地での緊急的発電等において効率良く太陽光発電を行うのに適している。また、発電状況の記録システムとしても電池駆動が可能なPICデータロガーを用いて省電力化を図った。更に太陽非追尾の場合における発電状況を記録し、追尾時の発電状況と比較する事により、太陽追尾を行なった場合の優位性を確かめた。

2. 太陽追尾型光発電システム

本研究においては、太陽追尾型光発電システムの製作方針を次のように設定した。

A. 電気関係

- (1) 太陽追尾のための駆動用電力を上回る最大発電電力を持つ太陽電池モジュールを用いる。
- (2) 光センサ関連回路およびモータ駆動回路の部品数を少なくし、回路の単純化および低消費電力化を計る。
- (3) 太陽電池モジュールの発電状態をデータ・ロガーで記録し、発電電力、発電電力量を求める。

B. 機構

- (1) 太陽の日周運動の方位角方向について追尾する。
- (2) 装置全体が旋回する際に車輪が滑らないよう、本体をレールの上に設置する。

2. 1 設計概要

製作したシステムの外観を Fig. 2 に示す。太陽を追尾するために、光検出器として2個の硫化カドミウム (CdS) セルを用いた。2個の CdS セルの間には衝立を設け、太陽の方位と太陽電池モジュールの方位がずれたときに CdS セルに対する照度の差を検出して装置全体を駆動した。

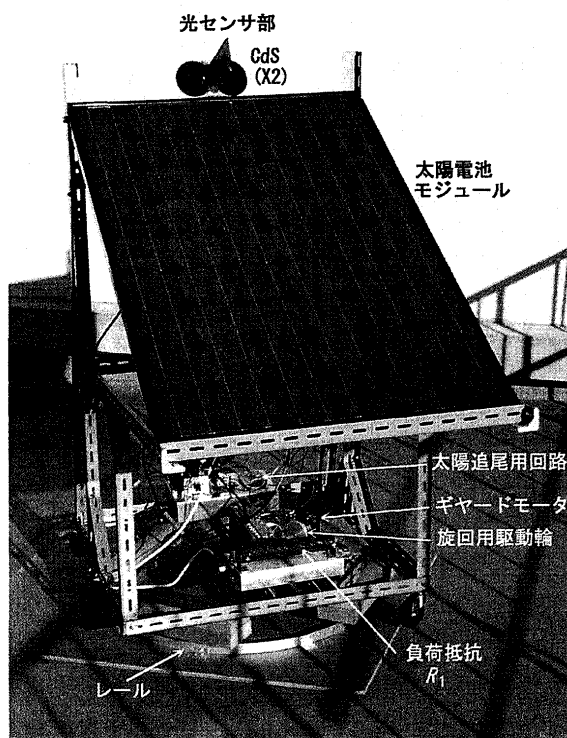


Fig. 2 太陽追尾型光発電システムの外観

追尾用回路、駆動用モータ、データロガー、実験用負荷抵抗器 R_1 等は全て装置底部に設置した。使用した太陽電池モジュールは縦 119 [cm]、横 80 [cm]、重量 12.5 [kg] である。また装置全体の重量は 48 [kg] である。なお、固定型太陽光発電設備においては、モジュールの傾斜角 = 設置場所の緯度とすると年間の発電電力量が最大となるといわれているので、本装置ではモジュールの傾斜角を 35 度 (= 福島高専の緯度 37 度) とした。

Fig. 2 の光発電システムの回転架台の側面図を Fig. 3 に示す。太陽電池モジュールを支える上部は奥行き約 106 [cm] であるが、レールに乗る回転部分は床面積を小さくするため、縦横とも 81 [cm] とした。Fig. 2 に示すように、架台の旋回にはギヤードモータ (定格電圧 24 [V], 19 [W]) とモータに直結した駆動輪 (直径 75 [mm]) 1 個を用いた。また、駆動輪の他に小型の車輪 3 個が架台下部に設けられ、駆動輪とともに円形のレール (外径 70 [cm], 厚さ 2 [mm]) に載っている。

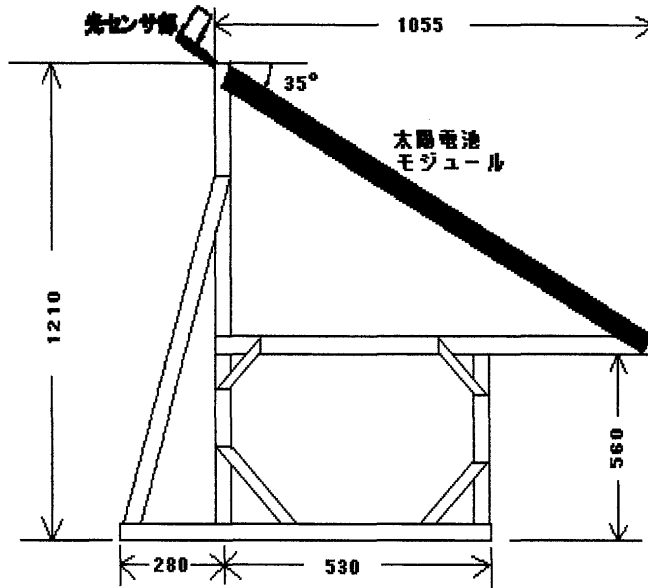


Fig. 3 太陽光発電回転架台の側面図 (単位：mm)

2. 2 太陽電池モジュール

地表での標準的な太陽光エネルギー密度は $1 \text{ [kW/m}^2\text{]}$ 、太陽電池セルの発電効率は 20 [%] 程度である。一方、太陽追尾時における駆動用モータの消費電力を数 [W] と見込み、太陽電池モジュールの発電電力をその 10 倍以上とする事とした。そこで、比較的大型の太陽電池モジュール (定格出力 128 [W]) を用意した。その仕様を Table 1 に示す。

Table 1 太陽電池モジュールの仕様

メーカー名	シャープ
型名	NT-J1288
公称質量	12.5 [kg]
公称最大出力	128 [W]
公称開放電圧	33.2 [V]
公称短絡電流	5.42 [A]
公称最大出力動作電圧	26.5 [V]
公称最大出力動作電流	4.83 [A]
バイパスダイオード電流	10 [A]
但し、放射照度 $1000 \text{ [W/m}^2\text{]}$ モジュール温度 $25 \text{ }^\circ\text{C}$ における値	

2. 3 太陽追尾用回路

太陽電池モジュールを乗せた装置全体を方位角方向に回転させて太陽を追尾するための回路を Fig. 4 に示す。回路は CdS セル 2 個と抵抗 $2.7\text{ k}\Omega$ 2 個からなる光センサ部、基準電圧設定用の半固定抵抗 $2\text{ k}\Omega$ 、 $5\text{ k}\Omega$ および抵抗 $1\text{ k}\Omega$ 、電圧比較用オペアンプ (コンパレータ) 回路、直流モータ駆動用のダーリントントランジスタ、バッテリー (12 V) で構成されている。モータは直流ギヤードモータであり、回転速度を減速させて十分な駆動トルクを持たせた。モータに流す電流の断続および電流の流れる方向 (直流モータの回転方向) はダーリントントランジスタで切り替える。

太陽追尾用回路は次のように動作する。

- (1) 二つの CdS に当たる光の強さが同じ時： 二つの CdS の midpoint の電圧と基準電圧が等しく、コンパレータの出力は 0 V 、上下のダーリントントランジスタともに OFF でモータは回転しない。このとき、太陽電池モジュールが太陽に正対している。装置が静止しているときは駆動回路のみに電流 10 mA 程度が流れ、消費電力は約 0.3 W である。
- (2) 二つの CdS に当たる光の強さが異なる時： 二つの CdS の midpoint の電圧と基準電圧に差が生じ、コンパレータの出力電圧が正負に変位する。コンパレータ出力が正の時は上側のダーリントントランジスタが ON となりモータが正回転する。コンパレータ出力が負の時は下側のダーリントントランジスタが ON となり、モータが逆回転する。なお、製作した装置においては、太陽追尾時のモータの負荷電流 0.5 A 、消費電力 6 W であった。
- (3) モータが正回転または逆回転することによって、二つの CdS に当たる光の強さが等しくなると、(1) の状態に戻り、装置は停止する。

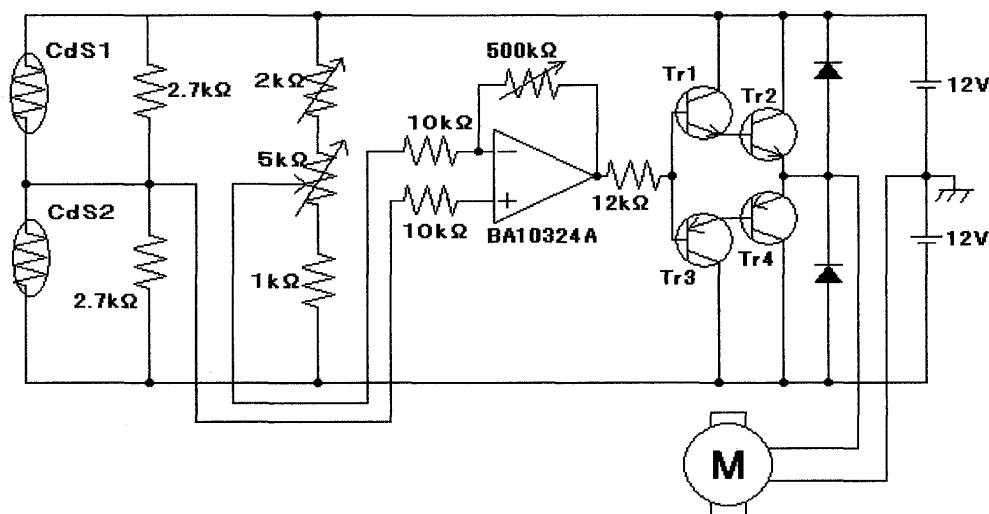


Fig. 4 太陽追尾用回路

2. 4 太陽電池モジュールの発電状況の自動計測

太陽を追尾しながら発電している太陽電池モジュールの発電状況を一定周期で自動計測した。実験では負荷抵抗と直列に低抵抗を接続し、低抵抗の端子間電圧を PIC 計測&データ・ロガー⁸⁾により一定周期で自動計測した。これにより、太陽電池モジュールの発電電圧、負荷電流、出力電力を測定できる。

2. 4. 1 電圧・電流・電力計測回路

太陽電池モジュールの発電状況 (発電電圧、負荷電流、出力電力) を記録するために、Fig. 5 の自動計測

装置を構成した。太陽電池モジュールの出力端子間に負荷抵抗 R_1 と電流測定用抵抗 R_2 を挿入し、 R_2 の端子電圧をオペアンプで増幅し、データ・ロガーでデジタル化して記録した。

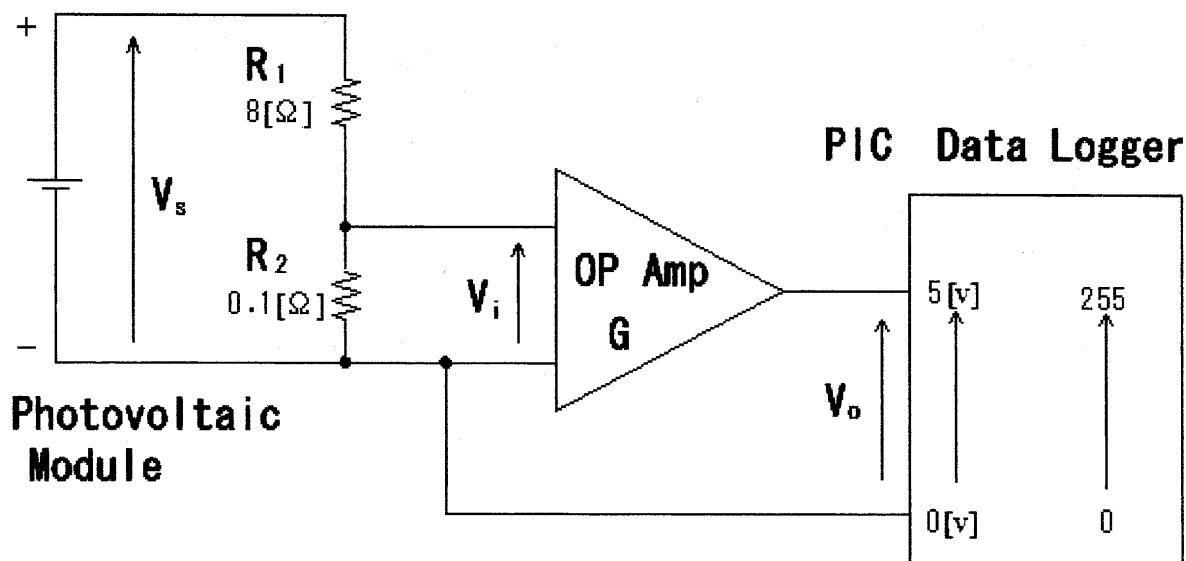


Fig. 5 電流・電圧・電力自動計測回路

Table 1 に示したように太陽電池モジュールの規格は、地表に達する太陽光エネルギーの平均値 1000 [W/m^2]において公称最大出力 128 [W]、公称開放電圧 33.2 [V]、公称短絡電流 5.42 [A] であるが、後述の PIC 計測アダプター&データ・ロガーの許容最大入力電圧が 5 [V] である。そのため太陽電池の出力電圧を直接データロガーに入力すると入力電圧が許容最大入力電圧を大きく超えてしまう。そこで、モジュールの端子電圧を抵抗 R_1 、 R_2 により分圧してデータロガーに入力した。回路の簡単化のため、分圧器自体がモジュールの負荷を兼ねさせた。モジュールの公称出力、開放電圧、短絡電流に耐えられるよう、 R_1 には 8 [Ω]、300 [W] を用いた。また、低抵抗 R_2 は 0.1 [Ω] とした。 R_2 の端子電圧 V_i を入力インピーダンスの大きいオペアンプに入力し、その出力電圧 V_o をデータ・ロガーで記録する。なお、公称短絡電流が R_2 に流れてもデータ・ロガーの許容最大入力電圧 5 [V] を越えないように、オペアンプのゲイン G は 11 倍に設定した。

2. 4. 2 PIC 計測アダプター&データ・ロガー回路

太陽電池モジュールの出力電圧および電流のデータを記録するために、PIC 計測アダプター&データ・ロガーを組み立てて使用した。PIC 計測アダプター&データ・ロガー回路を Fig. 6 に示す。また、仕様を Table 2 および Table 3 に示す。この回路は、設定した時間周期毎に入力電圧をデジタル化し、内蔵 EEPROM に記録することができるデータ記録装置付きの電圧計である。パソコンのシリアル・ポートに取り付けて使う電圧計である。用意した回路は、パソコンの RS - 232C 端子に接続して計測ができる他、回路ユニットだけでも自動計測ができる。また回路ユニットだけで測定を行った後に RS - 232C 端子を経由してパソコンへデータを転送できる。本回路では4チャンネルの8ビットの A/D コンバータを内蔵したワンチップマイコン (PIC16C711) を備えており、EEPROM (24LC256) に4種の電圧データを記録することができる。回路はコンパクトかつ電池駆動可能であり、太陽追尾型光発電システムを軽量化および省電力化する事ができた。

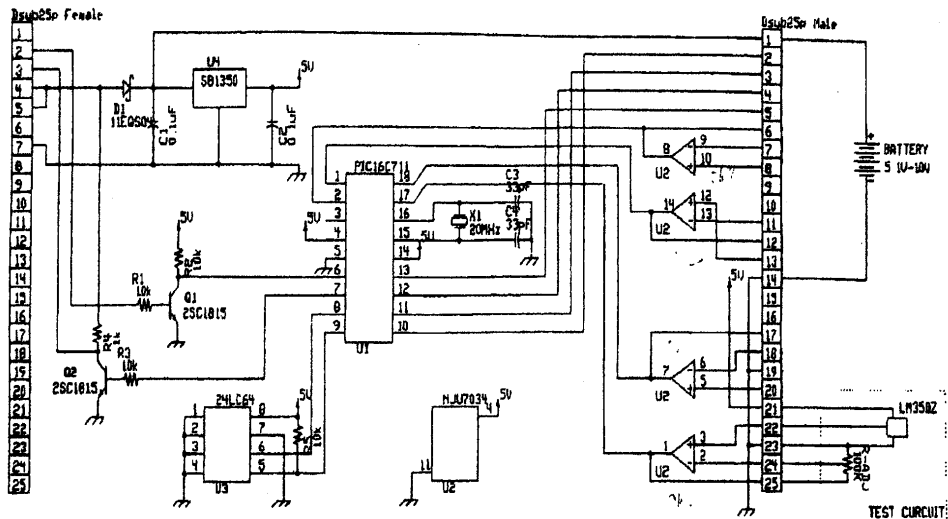


Fig. 6 PIC計測&データ・ロガー回路

Table 2 PIC計測&データ・ロガーの仕様 (パソコン接続時)

分解能(ビット数)	8ビット	256段階 誤差 ± 1 LSB (1LSB=約 19.5 [mV]) (外部電源使用時)
チャンネル数	4チャンネル(max)	外部リファレンス使用時は3チャンネル
入力電圧範囲	0 ~ 5 [V]	外部リファレンス使用時は 0 [V] ~ Ref 外部リファレンス電圧は 3 ~ 5[V]
最大サンプリング速度	11520 [Sa/S](max)	P C 転送速度 115200 bps 時
パソコンとのインターフェース	RS232C (COMポート)	通信スピード 1200 ~ 115200 [bps] (可変可能)
消費電流	10 [mA]以下	センサーユニット未接続時

Table 3 PIC計測&データ・ロガーの仕様 (スタンドアローン時)

自動計測バッファ	約 8000 [回毎分] (約 8000 サンプリング)	24LC64(64kEEPROM)使用時 測定時間はチャンネル数で変わる
サンプリング周期	1秒単位で何秒周期にも設定できる	EEPROM にデータが記録され電源を切っても内容は消えない
消費電流	10 [mA]以下	センサーユニット未接続時

2. 4. 3 発電電圧、負荷電流、出力電力

自動計測回路 (Fig. 5) において、データ・ロガーは入力電圧 0 ~ 5 [V] を 8ビットの2進数すなわち 0 ~ 255 の数値として記録する。前述のように、オペアンプのゲイン $G = 11$ 、 $R_1 = 8 [\Omega]$ 、 $R_2 = 0.1 [\Omega]$ であるので、データ・ロガーに記録された数値が X である場合、オペアンプ出力電圧 V_o 、入力電圧 V_i 、太

太陽電池モジュールの発電電圧 V_s は次のように計算できる。

$$V_o = \frac{5}{256} X \quad [\text{V}] \quad (1)$$

$$V_i = \frac{V_o}{G} \quad [\text{V}] \quad (2)$$

$$V_s = \frac{8.1}{0.1} V_i = \frac{81 \cdot 5}{256 \cdot G} X = 1.44 \times 10^{-1} X \quad [\text{V}] \quad (3)$$

よって出力電流 I および出力電力 P は次式で表される。

$$I = \frac{V_s}{R_1 + R_2} = 1.78 \times 10^{-2} X \quad [\text{A}] \quad (4)$$

$$P = \frac{(V_s)^2}{8.1} = 2.55 \times 10^{-3} X^2 \quad [\text{W}] \quad (5)$$

以上より、Fig. 5 の本測定系ではデジタル量 X を時々刻々データロガーに記録するのみで、太陽電池モジュールの出力電圧、出力電流、出力電力を求める事ができる。使用したデータロガーは4入力可能であるので、今回は温度センサ LM3502 により気温も同時に記録した。なお、式 (3), (4), (5) において $X=1$ と置くことにより、この測定系における太陽電池モジュールの出力電圧、出力電流、出力電力の分解能が求められる。それらの値は、それぞれ 1.44×10^{-1} [V]、 1.78×10^{-2} [A]、 2.55×10^{-3} [W] であり、十分な分解能と言える。

3. 実験結果

3. 1 太陽追尾を行った場合の測定結果

装置を福島高専電気棟屋上に設置し、天候の安定している冬季に実験を行った。なお、実験は午後の半日とした。太陽追尾を行った場合の発電電力と気温の時間推移の例を Fig. 7 に示す。測定日時は2006年2月12日12時17分から16時47分である。なお、天候は晴れ時々曇り、測定開始時刻の気温 2.3 [°C]であった。また、国立天文台のホームページ⁹⁾によれば、2006年2月12日12時17分（測定開始時刻）でのいわき市（緯度 37.051 度、経度 140.888 度）の太陽高度 38.8 度、方位度 188.2 度（真北が0度で時計回り方向）である。Fig. 7 においては、測定開始から235分経過した後、気温が 0 [°C]一定となっているが、使用したデータロガーでは負の電圧入力はゼロとして記録されるので、235分経過後の気温は零下となっていると考えられる。

Fig. 7 では、発電電力の最大値は 97 [W] であり、12時17分から14時17分ころまでは発電電力がほぼ一定で推移していることがわかる。その後、太陽の高度が落ちるにつれて発電電力も低下し、日没時に発電電力ゼロとなる。この間、雲による日射強度の増減に伴い発電電力も増減している。なお、本装置では、日没に近づくまで発電電力が、追尾用モータの消費電力を上回っている。

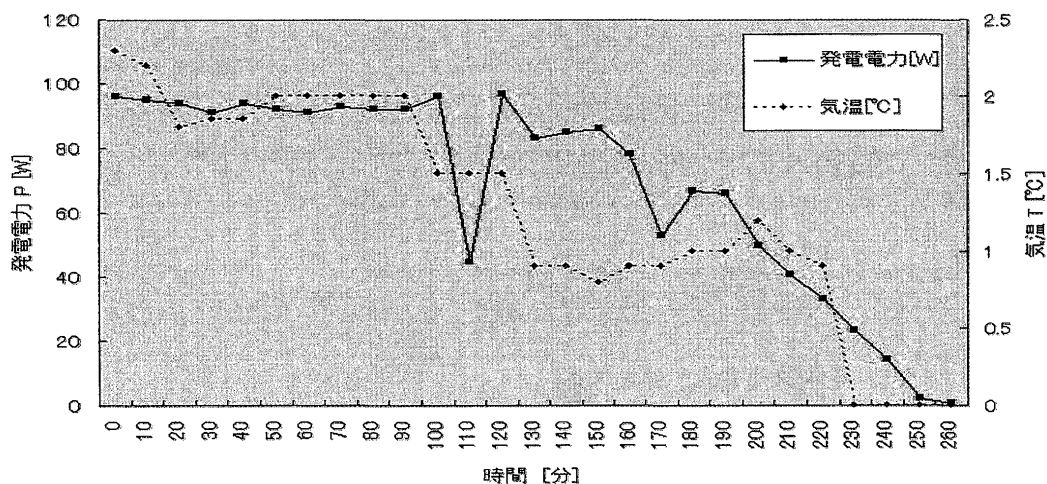


Fig. 7 太陽追尾時の発電電力および気温の時間推移

3. 2 太陽非追尾の場合の測定結果

太陽追尾を行う場合と行わない場合での発電状況を比較するため、追尾型太陽光発電システムの太陽電池モジュールを真南に向けて固定して太陽光発電実験を行った。発電電力と気温の時間推移の例を Fig. 8 に示す。測定日時は、2006年2月14日、測定開始時刻および終了時刻は太陽追尾時と同じく、12時17分および16時47分である。天候は晴れ時々曇り、測定開始時の気温 17.5 [°C]であった。文献9によると、測定開始時刻におけるいわき市での太陽高度 39.5度、方位度 188.3 度であり、太陽追尾実験時とほぼ同じ太陽高度、方位度と言える。Fig. 8 においては、発電電力の最大値は 85 [W] であり、12時17分から13時47分ころまでは発電電力がほぼ一定で推移していることがわかる。太陽追尾実験と同様に雲の増減による発電電力の増減を伴いながら、太陽の高度が落ちるにつれて全体的に発電電力も低下し、日没時に発電電力ゼロとなっている。

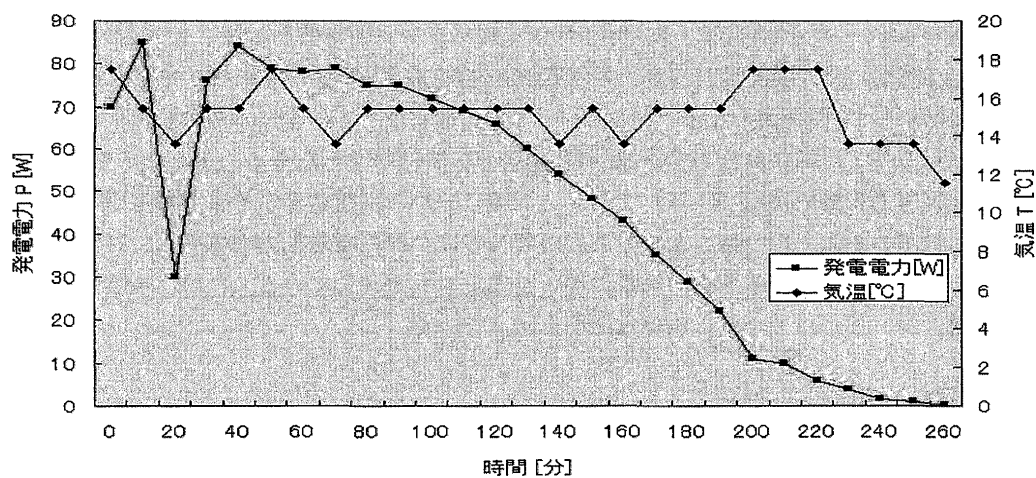


Fig. 8 太陽非追尾時の発電電力および気温の時間推移

3. 3 太陽追尾時と非追尾における測定結果の比較

同一の太陽電池モジュールを用いて、太陽追尾を行った場合と非追尾の場合での発電電力の時間推移が Fig. 7, Fig. 8 であるが、天候は同様であるものの実験日が異なるので、発電電力の最大値が異なっている。また、太陽追尾時には気温が 2.3 [°C] から 0 [°C] 以下まで変化しているのに対して、非追尾時には気温が 17.5 [°C] から 11.8 [°C] まで変化している。シリコン太陽電池の温度が 1 [°C] 上がると、変換効率が 0.4 ~ 0.5 [%] 減少する¹⁰⁾。そのため、測定開始時刻において非追尾実験の場合は追尾実験の場合に比べて、太陽電池の温度が 15.2 [°C] 高く、変換効率は約 7.6 [%] 低下していると考えられる。一方、両実験での測定開始時刻において太陽の方位度は 188 度であるが、非追尾時には太陽電池モジュールを真南（方位度 180 度）に設定したので、測定開始時刻において方位度が 8 度ずれている。そのため、太陽の方位に対するモジュールの正射影の面積は 1 [%] 減少し、変換効率も 1 [%] 減少すると考えられる。

次に、Fig. 7 および Fig. 8 のデータに基づき、太陽電池モジュールを真南に向けて固定設置した非追尾の場合と追尾した場合の発電電力の比較を試みる。追尾と非追尾による発電電力の違いの他、温度による太陽電池の変換効率および大気の状態（雲やチリ等）による日射強度の変動によって発電電力は時々刻々と変わるので、追尾と非追尾による発電電力の違いのみを抽出することは難しい。しかし、両実験は冬のよく似た天候のもとで行なったので、両グラフの最大発電電力でそれぞれの発電電力値を割り、発電電力規格化することによって実験日の日射強度および温度の違いによる影響を避け、太陽追尾の有無による発電電力の時間変化を抽出する。結果を Fig. 9 に示す。Fig. 9 では、太陽追尾を行った場合の方が非追尾の場合に比べて発電電力をほぼ一定に保っている時間が長い。また、非追尾の場合、日没に近づいた際に発電電力がより早く減少している。よって、太陽電池モジュールが太陽追尾を行うことによって発電電力量（発電電力×時間）[W・h]が増加すると言える。Fig. 9 において規格化した発電電力量を比較すると、太陽追尾を行った場合は、非追尾の場合に比べて発電電力量が約 27[%]増加している。これは、太陽非追尾型光発電システムに対する太陽追尾型光発電システムの優位性を示している。

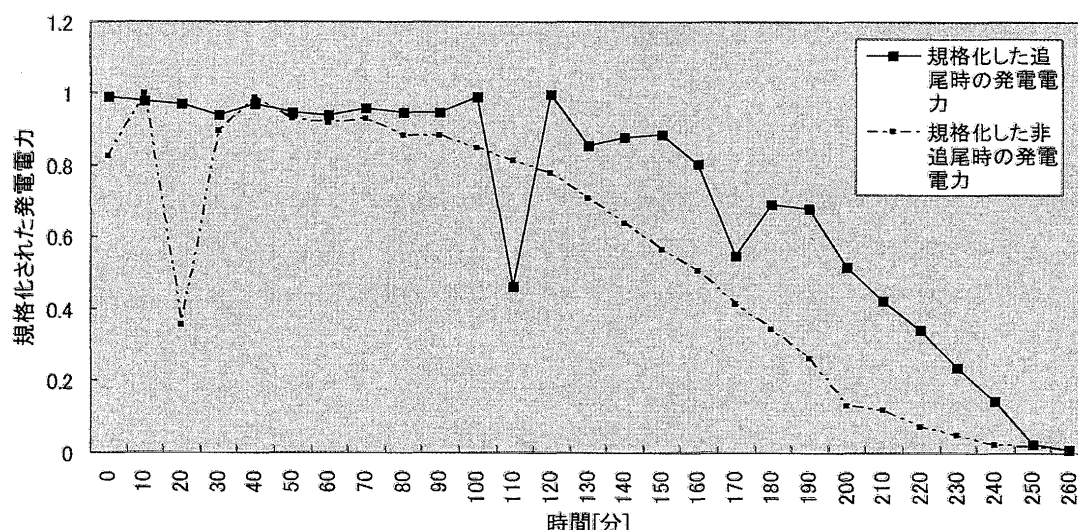


Fig. 9 太陽追尾時と非追尾時の規格化された発電電力の時間推移

4. 結言および今後の課題

方位角方向で太陽追尾を行う光発電システムと固定型光発電システムとの発電状況の比較を行うことができ、太陽電池モジュールで太陽を追尾するシステムの優位性が示された。今後は太陽の高度の変化に対しても追尾させることで更に発電電力量の増加を図る事、また、追尾型および非追尾型の発電システムでの同時測定を行なうことにより、追尾型発電システムの特性を評価する事が今後の課題である。

謝辞

本研究を遂行するにあたり、太陽電池の動作や特性等について御指導ならびに太陽電池モジュールの御提供をして下さいました永木猛弘 元福島高専電気工学科教授に心より感謝致します。また共同研究者である小松君、佐藤君においては、太陽追尾用回路の設計・製作に関して4年次の「電気工学科モノづくり教育」で得たトランジスタ回路、光センサ回路等の知識および製作経験が大いに役立ちました。ここに、御指導をして下さった電気工学科の諸先生方に感謝申し上げます。

参考文献

- (1) 浜川圭弘、桑野幸徳 編、「アドバンスト エレクトロニクス I -3 太陽エネルギー工学」
培風館 (1998)
- (2) 環境省ホームページ、<http://www.env.go.jp/cop3/kaigi/pointing.html>
- (3) 環境省ホームページ、<http://www.env.go.jp/earth/cop3/bousi/kodo-5.html>
- (4) 国立天文台 編、「理科年表」机上版 第79冊 p.214 丸善株式会社 (2006)
- (5) シャープ株式会社ホームページ、http://www.sharp.co.jp/sunvista/product/by_roof/yosemune/index.html
- (6) (株) グリーンファンド ホームページ、<http://www.greenfund.co.jp/equipment1.html>
- (7) オムロン株式会社ホームページ、<http://www.omron.jp/press/2006/i1211.html>
- (8) 高木誠利、吉田功、「秋月電子通商の電子キットを作る」 p.132 CQ出版社 (2004)
- (9) 国立天文台ホームページ、<http://www.nao.ac.jp/koyomi/koyomix/koyomix.html>
- (10) 太陽光発電技術研究組合監修 小長井 誠 編著、「薄膜太陽電池の基礎と応用」 p.57 オーム社 (2001)