



太陽の追尾方法と太陽電池の発電量に関する検討

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2013-12-11 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 大濱, 吉紘, 重井, 宣行, 當村, 一朗, 松本, 俊郎, 多賀, 正夫 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.24729/00007713

太陽の追尾方法と太陽電池の発電量に関する検討

大濱吉敏*, 重井宣行**, 當村一朗***, 松本俊郎****, 多賀正夫*****

An Examination of the Sun Tracking Mechanism
and Generation of Electricity with Solar Cells

Yoshihiro OHAMA*, Nobuyuki SHIGEI**,
Ichiroh TOHMURA***, Toshiro MATSUMOTO**** and Masao TAGA*****

ABSTRACT

A lot of fixed array methods of solar module have been used for the generation of the electricity by the sunlight. In this method, a direction and elevation of the solar module are fixed at the wall or wall of building. The position of the sun changes with the time. In this paper, the two methods are presented to track automatically the sun. The direction of solar panel which coincides with the motion of the sun is controlled horizontally and vertically by means of pulse motors with the computer. The comparison between the fixed array method and the sun tracking systems is carried out by the measurement of generation of power.

Key Words: fixed array method, sun tracking system, generation of power

1. はじめに

現在の太陽光発電には、フラットパネル型太陽光発電のうち、主として固定アレイ方式が利用されている⁽¹⁾。この方式では、屋根の形状、影の影響を考慮し、発電電力量が最大となる方位角および仰角を求め、住宅の屋根に固定して設置している。ここで、一日の太陽の動きに着目すれば、方位角が時々刻々と変化しているため、固定アレイ方式では発電に損失が生じてしまう。

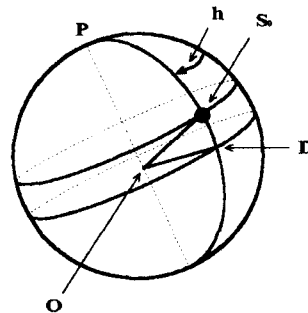
そこで、本論文では、方位角および仰角が変更可能なトラッキング方式による発電を行い、固定アレイ方式による発電量との比較を行う。また、トラッ

キング方式における太陽の追尾について、一次関数化予測、軌道計算式予測の方法を提案し、これらの発電量に関する比較検討をおこなう。

2. 太陽の追尾方式

2.1. 太陽位置の表現

太陽の追尾を行うために、太陽の位置を定量的に表現する。ここで、Fig.1 に示すような赤道座標系を導入する。



$\angle DOS_0$: 赤緯; P: 天球の極;
h: 時角; O: 地球; S_0 : 太陽
Fig. 1 赤道座標系

2000年4月12日受理

*豊橋技術科学大学(Toyohashi Univ. of Tech.)

**電子情報工学科(Dept. of Electrical Eng. and Computer Science)

***一般教養科(Dept. of Liberal Arts)

****近畿大学(Kinki Univ.)

*****元近畿大学(Formerly, Kinki Univ.)

(本論文は、平成11年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会で発表したものをまとめた。)

赤道座標系は、地球の同心球である天球での太陽位置を表現する。この座標系において、太陽位置は

地球のグリニッジ世界標準時刻の子午線を基準とした経度である時角 h と, 赤道を基準とした緯度である赤緯 δ ($=\angle DOS$) で表現される。

この座標系では任意時刻の太陽位置を表現することはできるが, 地表上の任意測定地点での太陽位置を, 表現することができない。したがって, 測定地点を基準とした地平座標系に変換する。

地平座標系では, 太陽位置は測定地点からみた方位角 z ($0 \leq z < 360$) [deg] と, 高度 a ($0 \leq a < 90$) [deg] の2つのパラメータからなる。ここで, 方位角は真北を 0 [deg], 高度は地平線高度を 0 [deg] として基準づける。

ここで, 赤道座標系を地平座標系に変換する式は, 次式で与えられる^{(2), (3)}。

$$z = \sin^{-1}\{-(\cos \delta \sin h) / \cos a\} \quad (1)$$

$$a = \sin^{-1}(\sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos h) \quad (2)$$

2. 2. 軌道計算式予測

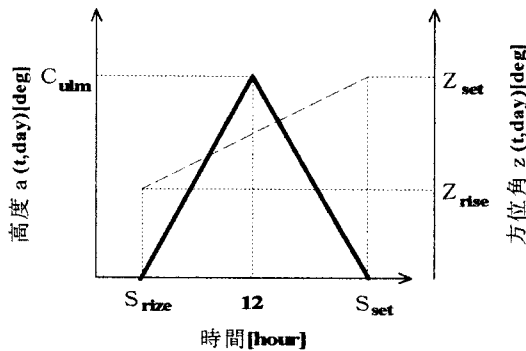
太陽位置略算式⁽⁴⁾から赤道座標系による太陽位置を求め, 地平座標系に変換して太陽の方位角および太陽の高度を予測する方法である。

この予測方法により, 一定期限の元でほぼ正確な太陽位置を予測できる。

2. 3. 一次関数化予測

地平座標系における太陽の日周運動を, 一次関数で近似し, 太陽の方位角および太陽の高度を予測する方法⁽⁵⁾である。赤道座標系を介さないため式(1)(2)を用いる必要はなく, また通用期限はない。

ある1日における太陽位置の時間変化を, 一次関数に一般化してグラフに描くと, Fig. 2 のようになる。



S_{rise} : 日の出時刻; S_{set} : 日の入時刻;
 C_{ulm} : 南中高度; Z_{rise} : 日の出方位; Z_{set} : 日の入方位
 Fig. 2 日中における太陽の高度と方位角の変化

地球は真球かつ, 公転軌道が真円なる条件の下で,

Fig. 2 に現れたパラメータを算出することができる。

まず, 夏至・冬至における南中高度を求める。北半球においては, 夏至の南中高度 C_s が極大値, 冬至の南中高度 C_w が極小値となる三角型の南中高度を定義する。すなわち, 横軸に通日 day ($0 \leq day < 365$) を, 縦軸に南中高度 $C_{ulm}(day)$ [deg] をとれば, Fig. 3 のような図が得られる。

Fig. 3 を式で表すと, 測定地点における南中高度 $C_{ulm}(day)$ は, 次のようになる⁽⁵⁾。

$$C_{ulm}(day) = \begin{cases} 0.2564day + C_s - 44.1008 & (0 \leq day < 172) \\ -0.2564day + C_s + 44.1008 & (172 \leq day < 354.5) \\ 0.2564day + C_s - 137.9432 & (354.5 \leq day < 365) \end{cases} \quad (3)$$

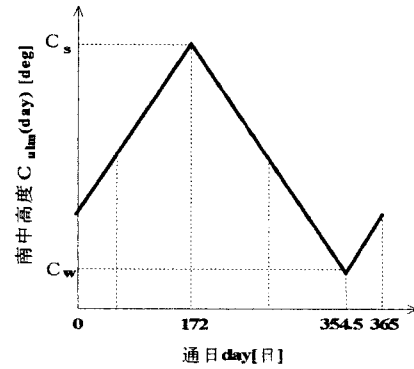


Fig. 3 年間における南中高度の変化

つぎに, 日の出と日の入りの時間および方位角を求める。まず, 測定日を決め, 横軸に時刻 t ($0 \leq t < 24$) [hour] を, 縦軸に高度 a ($0 \leq a < 90$) [deg] および方位角 z ($0 \leq z < 360$) [deg] をとる。

ここで, 測定日における日の出時刻を $S_{rise}(day)$ [hour], 日の入り時刻を $S_{set}(day)$ [hour], 日の出の方位角を $Z_{rise}(day)$ [deg], 日の入りの方位角を $Z_{set}(day)$ [deg] とする⁽⁵⁾。Fig. 2 から, 太陽の方位角 $z(t, day)$, 高度 $a(t, day)$ は次式で与えられる⁽⁵⁾。

$$\begin{cases} z(t, day) = 0 \\ a(t, day) = 0 \end{cases} \quad (t < S_{rise}, t > S_{set}) \quad (4a)$$

$$\begin{cases} z(t, day) = \frac{Z_{set} - Z_{rise}}{S_{set} - S_{rise}} t + \frac{S_{set} Z_{rise} - S_{rise} Z_{set}}{S_{set} - S_{rise}} \\ a(t, day) = \frac{C_{ulm}}{12 - S_{rise}} t - \frac{C_{ulm} S_{rise}}{12 - S_{rise}} \end{cases} \quad (S_{rise} \leq t < 12) \quad (4b)$$

$$\begin{cases} z(t, day) = \frac{Z_{set} - Z_{rise}}{S_{set} - S_{rise}} t + \frac{S_{set} Z_{rise} - S_{rise} Z_{set}}{S_{set} - S_{rise}} \\ a(t, day) = -\frac{C_{ulm}}{12 - S_{rise}} t + \frac{C_{ulm} S_{set}}{12 - S_{rise}} \end{cases} \quad (12 \leq t < S_{set}) \quad (4c)$$

3. 測定装置および方法

3.1. 装置の概要

発電システムの概略図を Fig. 4 に示す。

パソコンは常に、以下のデータを保持する。

- (イ) 太陽電池モジュールの姿勢
- (ロ) 太陽電池モジュールの発電電力
- (ハ) 測定日時における太陽位置 (地平座標系)

パソコンは、データ (イ) を (ハ) から生成する。
 (ハ) は 2 章で述べた式を使って求められ、信号①に反映される。また、(ロ) は信号④から算出されるものであり、測定日時とともに記憶媒体に記録する。

モータ制御および電力取得装置は、太陽電池モジュール姿勢制御信号をモータ駆動信号に変換し、太陽電池モジュールの姿勢を、パソコンの保持するデータ (イ) に設定する。また、太陽電池モジュールから生じる電圧 (信号③) は、8[bit]の A/D 変換を施してパソコンへ出力する (信号④)。

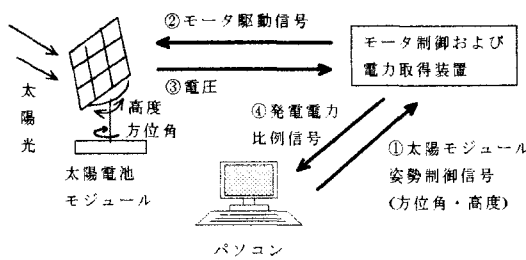


Fig. 4 発電システム

太陽電池モジュールには、SANYO 社製の単結晶 Si 太陽電池 CCP-0108 を使用した。この太陽電池の仕様を Table 1 に示す。

Table 1 太陽電池の仕様

モジュール仕様	
外形寸法	167x120x12[mm]
質量	0.3[kg]
電気特性仕様 (AM-1.5, 周囲温度 25[°C])	
最大出力	1.4[W]
最大出力動作電圧	8.00[V]
最大出力動作電流	0.175[A]
開放電圧	10.20[V]
短絡電流	0.20[A]

太陽の追尾には、方位角および高度が任意の位置へ移動ができるように 2 軸のステッピングモータを使用した。このモータは、方位角・高度ともに約 0.34[deg]刻みで制御可能である。また、2 相励磁方式により正転・逆転の制御を行うことができる。

3.2. 測定方法

固定アレイ方式とトラッキング方式との差異を比較するため、固定アレイ方式については、方位を真南に、高度を秋分時の南中高度に設定した。また、トラッキング方式については、一次関数化予測、軌道計算式予測を順に実行し、これらの違いについても考察することにした。測定条件を Table 2 に、測定手順を Fig. 5 に示す。

Table 2 測定条件

測定地点	大阪府泉大津市
測定日・天候	1999年11月3日 快晴(測定時)
測定時間	6時23分(日の出) ~ 12時23分(南中時刻後)
測定間隔	30[sec]
接続負荷抵抗	44[Ω]

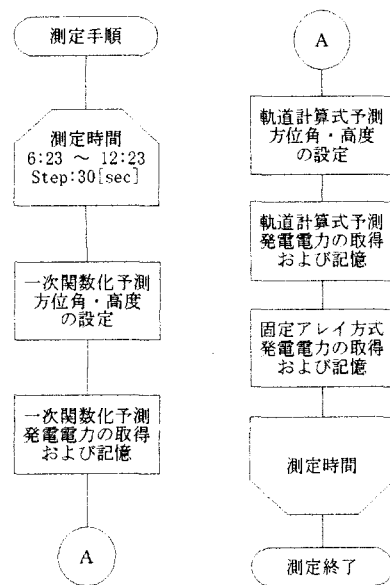


Fig. 5 測定手順

4. 測定結果

横軸に測定時間、縦軸に測定時における電力をとり、グラフ化したものを Fig. 6 に示す。また、測定時の太陽方位角、高度の時間変化を Fig. 7 に示す。

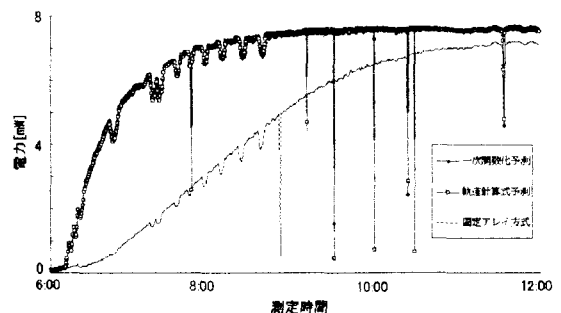
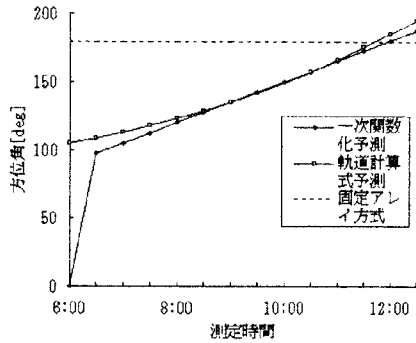


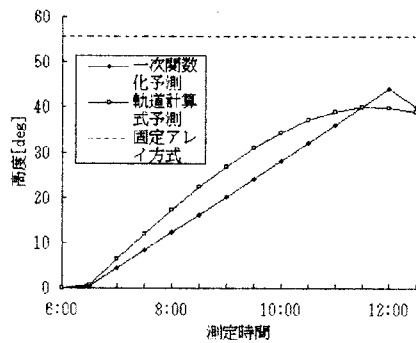
Fig. 6 測定結果

Fig. 6 より, 固定アレイ方式とトラッキング方式における発電に差異が見られる. 両方式における傾きが最大の時間は7時30分頃であった.

この時間における太陽の方位角および高度を Fig. 7 から求め, 固定アレイ方式との差を調べると, それぞれ 60[deg]以上, 40[deg]以上になっていた.



(a) 太陽方位角



(b) 太陽高度

Fig. 7 太陽方位角および高度の時間変化

トラッキング方式による発電では, 一次関数化予測および軌道計算式予測に差がほとんど見受けられない. また, 10時11分以降の発電は両予測ともに一定値であった.

つぎに, Fig. 6 を基にして, 日の出から1時間ごとの電力量を台形則による数値積分⁽⁶⁾をつかって求め, Table 3 にまとめた. また, この表をグラフで表したものを Fig. 8 に示す.

Table 3 電力量の比較 単位: Wh

時間	一次関数化予測	軌道計算式予測	固定アレイ方式
6:23~7:22	0.340	0.334	0.0476
7:23~8:22	0.751	0.749	0.253
8:23~9:22	0.871	0.877	0.509
9:23~10:22	0.887	0.883	0.708
10:23~11:22	0.896	0.892	0.811
11:23~12:22	0.901	0.895	0.843
総電力量	27.9	27.8	19.0

Fig. 8 より, 電力量について比較すると, トラッキング方式が固定アレイ方式より勝っているが, 時間変化とともに7~1.1[倍]になっている.

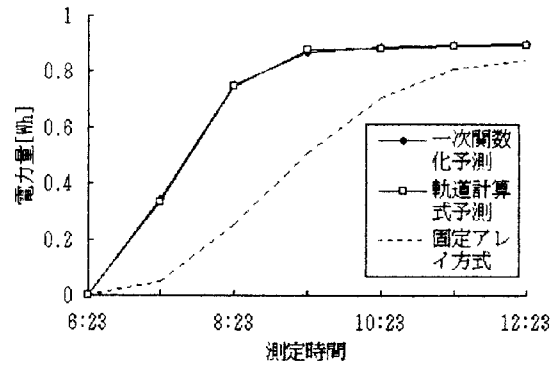


Fig. 8 電力量の算出結果

総電力量を比較すると, Table 3 より, トラッキング方式は固定アレイ方式の約 1.5[倍]である.

また, トラッキング方式における総電力量では, 軌道計算式予測と一次関数化予測とに約 0.4[%]の違いがあったものの, ほぼ同じ電力量が得られた.

5. まとめ

トラッキング方式は固定アレイ方式に比べて, 約 1.5[倍]の発電電力量が得られることがわかった. また, トラッキング方式による発電では, 一次関数化予測は軌道計算式予測に対して, ほぼ同じ電力が得られることが示された.

以上から, トラッキング方式は固定アレイ方式を上回る発電能力を有する. また, 一次関数化予測はトラッキング方式の追尾に耐える予測法である.

参考文献

- [1] 西澤: 太陽光発電の初歩と住宅への応用, pp. 90-93, 理工図書, 1998.
- [2] 長谷川: 天文計算入門, p. 34, 恒星社, 1978.
- [3] 堀: 現代天文学講座 14 天文計算セミナー, p. 189, 恒星社, 1981.
- [4] 海上保安庁水路部: 太陽位置略算式, p. 1s, 日本水路協会, 1983.
- [5] 大濱: トラッキング方式太陽光発電システムにおける太陽電池モジュール姿勢制御アルゴリズムの考察, 平成 11 年度大阪府立工業高等専門学校卒業研究論文, 1999.
- [6] 佐藤: C 言語による電気・電子工学問題の解法, pp. 70-71, コロナ社, 1995.