

赤道儀方式太陽追尾装置の実証実験とその性能評価

齋藤研究室 1616108 小澤知生

1. 背景と目的

近年、再生可能エネルギー源の中で急速に普及が進んで注目されているのが太陽光発電である。太陽の位置は、時間帯や季節によって変わるため、太陽光発電パネルを固定しておくよりも、追尾した方が発電量は多くなるが、設備によりコストがかかり、動かすためのエネルギーが必要となるため、これらの得失を考慮することが重要である。

追尾方式はさらに経緯儀と赤道儀に大別される。経緯儀では、鉛直軸回りの方位角と水平軸回りの仰角の2つの回転を制御する。一方、赤道儀では水平面から傾いた極軸（赤経軸）とそれに直交する赤緯軸の2軸回りの回転を制御する。

本研究では、始めの位置合わせをした後は、1軸の一定の回転速度で追尾できる利点を持つ赤道儀について、より低コストで簡便に製作する方法を探るとともに、実際の製作・設置・運用に必要な指針を作成し、性能評価することを目的とした。

2. 赤道儀の原理と概要

赤道儀と、図1に示したように、天の北極を向く極軸回りに、地球の自転の向きと逆向きに地球の自転の回転速度と同じ回転速度で回転させることにより、太陽を追尾する方式である。太陽光発電パネルに太陽光が垂直に入射するよう、極軸回りの回転に加えて、極軸と垂直な軸回りの回転も利用し、最初に太陽位置を合わせると、後は極軸回りの一定速度の回転で容易に追尾できるのが赤道儀の大きな利点である。極軸は方位角を真北、仰角を設置地点の緯度と等しい角度で設定する。

2.1. 原理と設計・製作

自転車の車輪等手身近で安価な部品と1個のステッピング・モーターをオープンループで使用することによって赤道儀方式の太陽追尾を試作した。

極軸の回転の動力には、ギア付きの2相ステッピングモーターを使用した。極軸には自転車のホイールが自由に回転するように取り付け、ホイール上に南向きとなるよう太陽光発電パネルを固定した。ギア付きの2相ステッピングモーターの回転軸はホイールの外側に極軸と平行になるように配置し、ホイールの外周とモータ軸との間には、自転車のタイヤのゴムチューブをかけ、パネルを東から西へ回せるように円運動をさせる。

パネルが回転する際にパネル自身の重さと釣り合うようカウンターバランスを取り付けた。

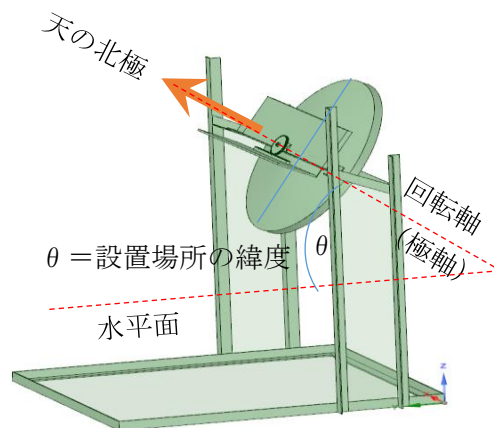


図1 製作した赤道儀方式太陽追尾装置

2.2. 実験材料

用いた主な実験用機材は次の通りである。

- データロガー GL100-N/GL
- 太陽放射照度測定用フォトダイオード S1227-101013Q (14N3)
- T型熱電対
- ギア付きの2相ステッピングモーターユニット PK223PA-SG7.2
- 太陽電池モジュール CS-SM-013（主な仕様を表1に示す）

表1 使用した太陽電池モジュール

型式	CS-SM-013
最大出力動作電圧 (Vm)	16V
最大出力動作電流 (Im)	66mA
開放電圧 (Voc)	20V
短絡電流 (Isc)	750mA

3. 基本型赤道儀実験

3.1. 赤道儀の設置

極軸を真北に向けるために磁気コンパスを使用すると、磁偏差の補正が必要なほか、環境によっては磁気の乱れなどがあるために正確な方位角をセットできない場合がある。そのため、本実験では、Google マップにより実験場所付近の10号館と真北の関係を調べ、それを利用することにした。その結果、真北は10号館の長辺から反時計回りに45度の角度と分かった。戸外のような広大な場所では、小さな分度器では正確な角度設定が困難なため、図2に示したように、二等辺三角形の三角

関数の関係を使い、真北に設置した。



図 2 ひもで三角形を形成して正しい角度設定で追尾装置を真北方向に設置

3.2 実験方法と結果

太陽追尾の実証実験の一例を以下に示す。実験は、2020年1月23日の13時から15時まで本学八木山キャンパス10号館の中庭で行った。国立天文台による太陽の高度角（仰角）を調べ、固定式ソーラーパネルを同じ角度に設定した。

追尾式および固定式ソーラー・パネルのそれぞれに最適負荷抵抗 R を接続してそれぞれ両端の電圧 V を測定して、 R/V^2 により電力を求めて比較を行った。データロガーで計測したものは次の通りである。CH1: 固定太陽光発電モジュール出力電圧（負荷抵抗 43Ω ）、CH2: 追尾太陽光発電モジュール出力（負荷抵抗 43Ω ）、CH3: Si フォトダイオード出力（負荷抵抗 10Ω ）。

結果を図3に示した。激しく上下しているのは、雲が通り過ぎたためである。追尾と固定の両出力は始めほぼ同じであったが、徐々に追尾している方が予測通り上回った。

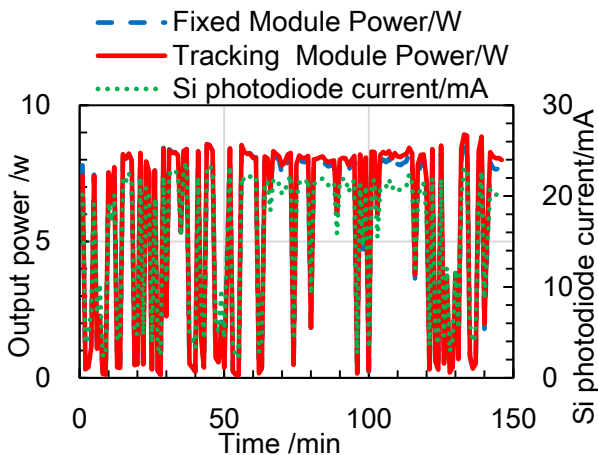


図 3 太陽追尾式と固定式の出力比較結果

4. 熱利用追尾装置予備実験

太陽熱を利用することによって、動力を使わないで太陽追尾する可能性を探る実験も行った。

本装置では、仕切り板を挟んで2つの集熱器が、赤道儀の極軸回りに回転可能な円板上に取り付けられている。2つの集熱器からはチューブを通したピストンが接続され、ピストンは互いに向かい合うように配置されている。太陽光に正対していないときには温度差が生じてピストン位置に偏りが生じて、これが円板を太陽光に正対するように動かす仕組みである。

この装置の開発にあたって、まず始めに集熱器温度がどの程度になるかを調べるため、大学10号館屋上に、日向と日陰に集熱器を設置し、集熱器内部の空気の温度を熱電対で計測した。結果を図4に示した。最大で温度差は約 10°C 、力は 120 gw 、発生することが確認できた。

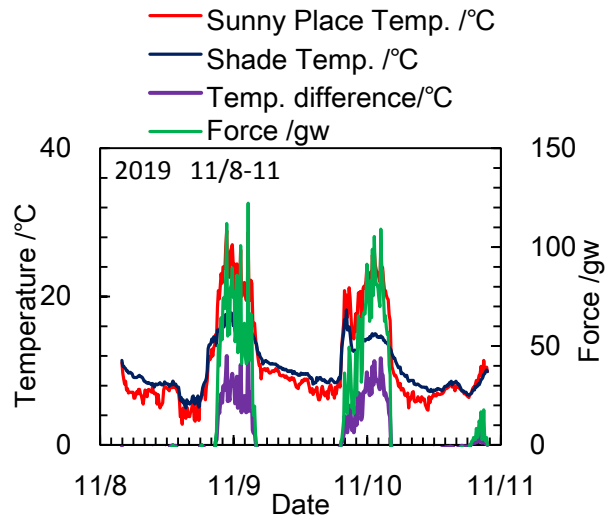


図 4 熱利用追尾のための集熱器温度計測結果

5. まとめ

- 自転車の車輪等手身近な部品と1個のステッピング・モーターをオープンループで使用することによって赤道儀方式太陽追尾を容易に製作できることを実証した。
- その実際の製作・設置・運用に必要な要点をまとめた指針を作成した。
- 追尾式および固定式ソーラー・パネルの出力を比較する実証実験を実施した。
- 追尾と固定の両出力は始めほぼ同じであったが、徐々に追尾している方が予測通り上回った。
- 太陽熱利用による無動力で太陽追尾装置を使わないで太陽追尾する可能性を探るため、日向と日陰に集熱器を設置し、集熱器内部の空気の温度を熱電対で計測した。
- 集熱器実験の結果、最大で温度差は約 10°C 、力は 120 gw 、発生することが確認できた。