

太陽熱を利用する無動力太陽追尾装置の開発

齋藤研究室 1616124 千葉 萩詩

1. 背景と目的

東日本大震災に伴う原発事故によって、日本のエネルギー構造を転換する時期に来ており、近年、再生可能エネルギーの代表とも言える太陽光発電が急速に普及している。その大多数は固定式であり、この場合、太陽は常に移動するので太陽の光を真正面から受ける時間が少なく、最大出力に近い電力を発生できる時間は快晴の正午前後に限られる。そこで太陽を追尾することで、常に太陽を真正面から捉えることができ、固定式より多く電力を得ることが出来る。

本研究では、太陽熱による空気の膨張をエネルギー源として活用し、動力を使わない太陽追尾装置方式の開発を目的とした。

2. 装置の概要と動作原理

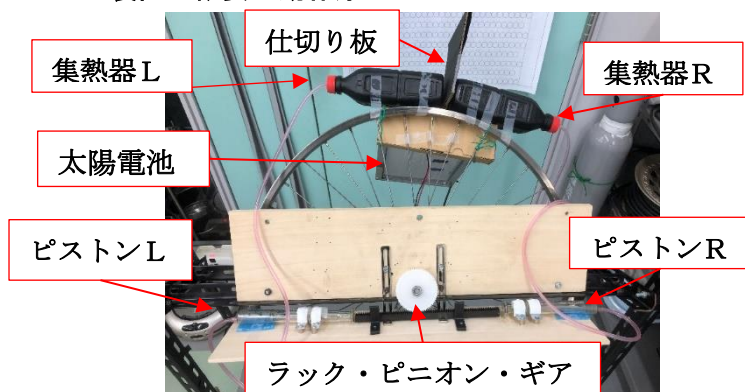


図1 製作した太陽追尾装置

本装置の構成は、次の通りである。ソーラー・パネルと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つの集熱器の間には、仕切り板が円板上に固定されている。集熱器につながったチューブの他端にはピストンが接続されている。そのピストンの伸び縮みが円板の回転運動になるようラック・ピニオン・ギアを使用している。

太陽光発電パネルおよび2つの集熱器に対し、始めに左方から太陽光が射しているとする、左の集熱器L内の空気温度が右の集熱器R内の空気温度より高くなる。するとピストンLが円板を左回りに回す力がピストンRが円板を右回りに回す力より大きくなり、円板を左回りに回し始める。太陽光パネルと2つの集熱器が太陽光に正対する位置になると、2つの集熱器温度は同じになり2つのピストンの力が釣り合い、円板は太陽光に正対した位置で静止する。太陽が動くとバランスがくずれ同様にバランス

する向きに回転、つまり追尾する仕組みとなる。

3. 実験

3.1 【予備実験】集熱器温度の実測

大学10号館屋上に、日向と日陰に集熱器（ペットボトルを黒く塗ったもの）を設置し、集熱器内部の空気の温度を熱電対で計測することにした。

熱電対はチューブから通して集熱器の中央まで差込み、日向用の集熱器の固定には陰が生じないよう細い針金と黒いビニールテープを使用して固定した。

集熱器に入れた熱電対はデータロガー（Graphtech GL100）に接続して、10分毎に収録する設定とした。



図2 温度測定風景

動力の推定は以下の通りである。モル数を n 、ピストンの断面積を S 、日陰、日向のそれぞれの集熱器の温度を T_1, T_2 、圧力を P_1, P_2 、体積を V_1, V_2 、力を F_1, F_2 とするとき、力の差 $F_2 - F_1$ により生じる力 F は以下のように与えられる。

$$F = F_2 - F_1 = (P_2 - P_1)S = nRS \left(\frac{T_2}{V_2} - \frac{T_1}{V_1} \right)$$

ピストンが動くことによって体積 V_1, V_2 は変化するが、ピストンの体積に比べて集熱器の体積が大きいのでどちらも V で一定とし、温度差 $T_2 - T_1 = \Delta T$ とすると、

$$F = \frac{nR\Delta T}{V} S$$

ここでモル数 n は、ピストンが大気圧 P_0 と平衡しているときの集熱器体積 V 、気温 T_0 を用いて、ボイル・シャルルの法則から以下の式で与えられる。

$$n = \frac{RT_0}{P_0 V}$$

3.2 追尾装置製作と実証検証

装置製作に使用した主な部品は以下の通りである。
・ペットボトル 2本

- ・太陽電池 1枚
- ・注射器(ピストン直径 18.5mm、稼動距離 80mm) 2個
- ・ゴムチューブ(外径 7mm、長さ 1m) 2本
- ・ラックピニオンギア 1個
- ・歯車(モジュール 1 歯数 70) 1個
- ・車輪(直径 60cm) 1個
- ・Lアングル(120cm) 5本 / (180cm) 4本

大学 10 号館屋上に無動力太陽追尾装置を車輪の軸を真北に向け設置し、1 日中晴れの 2020/1/16 9:00-12:00 の 3 時間観測した。



図 3 実証検証風景

4. 結果・考察

4.1 予備実験の結果・考察

11/19 の計測データを図 4 に示す。11/19 は 6:00-14:00 まで晴れ、15:00-23:00 まで雨だった。

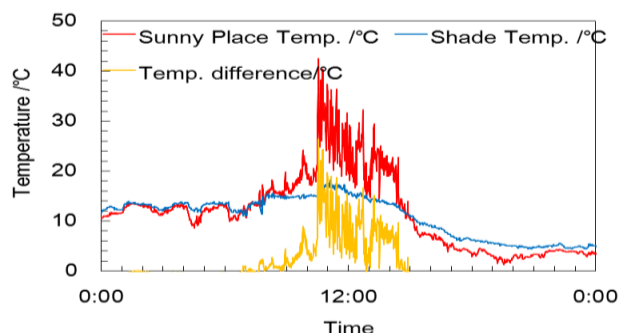


図 4 晴れの日(11/19)の測定結果

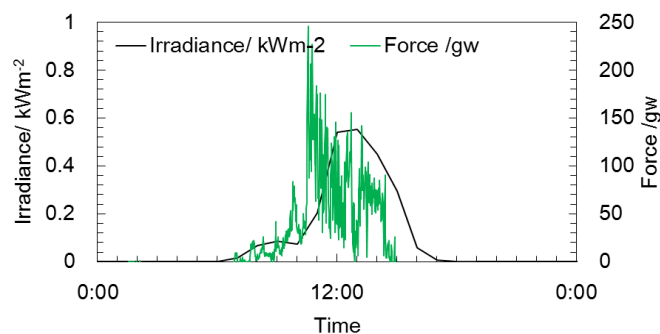


図 5 11/19 気象庁の全天日射量データと計測温度から求めた力との比較

気象庁から得た全天日射量のデータと計測温度差から求めた力を図 5 に示す。図 5 中の 2 つの曲線は、

ややずれがあるものの、高い相関が見られる。推定した力は最大 246 gw となった。全天日射量は、10:00 のとき 0.08 kWm² で、13:00 に最大の 0.55 kWm² になった。この日は曇りの時間帯もあったが、快晴が続くとより大きな温度差、力を発生すると思われる。

4.2 実証検証の結果・考察

観測した 3 時間で装置が太陽を追尾してる様子は確認できなかった。図 6 のように集熱器に日向と日陰は生じていたが、予備実験の結果のような温度差が得られなかったことが原因だと考える。また、集熱器と遮光用の木板が風を受け追尾動作に支障をきたしている可能性がある。装置製作上、車輪のバランス調整のためのおもりなどにより、予備実験時に予想していたより強い力が必要となってしまった。



図 6 観測終了時の追尾装置の様子

5. 成果・結論

本研究で得られた主な成果は以下の通りである。

- ・温度差には全天日射量との関係が大きく、外気温に関わらず日向と日陰の集熱器の温度には、最大 26.4°C の温度差が生じたことを確認した。ポイル・シャルル法則より計算した結果、その温度差から 246 gw の力が発生することが推定された。
- ・車輪に固定した集熱装置とバランスを取るには、回転モーメントが釣合えばいいので、おもりを取り付ける棒の長さを長くすることにより、おもりの軽量化ができ、予備実験で得られた動力での動作が可能になることが予想される。
- ・動力の推定から、集熱器内のモル数が多ければ多いほど原理上、大きな力が得られるはずなので、大気圧より高い圧力の空気を封入した実験も行う予定である。

6. 参考文献

- ・気象庁 | 過去の気象データ検索 [2019 年 11 月 19 日の 1 時間ごとの値を表示](#)