

太陽熱エンジンを駆動するための 到達温度の制御法^(注)

Control System of the Temperature for Driving the Solar Heat Engine

宍戸 昂郎^{*1}, 香川 澄^{*2}, 杉浦昌男^{*3}

1. はじめに

太陽光によって、太陽熱エンジンを駆動しようとする場合、エンジンを駆動するための太陽光は、放物面鏡によってその焦点に収斂され、そこでの到達温度によって高圧ガス球のガスを熱し、エンジンを駆動する。高温を得るための条件としては、発熱に繋がる赤外線を受取るレンズを用いるのではなく、放物面鏡を用いることによってその焦点に収斂される。これに使用される放物面鏡は、その直径(口径)がD、焦点距離がfで、口径比(f/D)が約0.3の時、晴天に恵まれ、しかも焦点における太陽光の直径が焦点距離の1/100であれば、その放物面鏡としては、最高の温度が得られ、約3,500℃にも達する。(式1並びに図1参照)

2. 到達温度の制御法

従って、このような条件の下で、エンジンを駆動出来る条件としては、放物面鏡をセグメント鏡によって構成し、セグメント鏡の鏡面の向きを変えることによっての反射光が、光軸上で、焦点より遠く的位置に太陽像を結ぶようにすれば良く(図2参照)、そこでの到達温度をより低く出来る考えであり、図のFは焦点、F'はセグメント鏡の鏡面の向きを変化させることによって生じる太陽像としての第2の像である。

3. セグメント鏡の鏡面の向きを変える方法

そこで、セグメント鏡の鏡面の向きを変える方法として考えたことを前記において提案した太陽熱エンジンをを用いて紹介すると、エンジンを構成している中の高圧熱球の内側か外側の部分に温度センサーとしての熱電対、例えばアルメル、クロメルの組み合わせによるものを装置し、制御すれば良い。(図3参照)

$$T = \frac{5200}{\sqrt{\gamma}} \times 0.7 - 273 \quad (1)$$

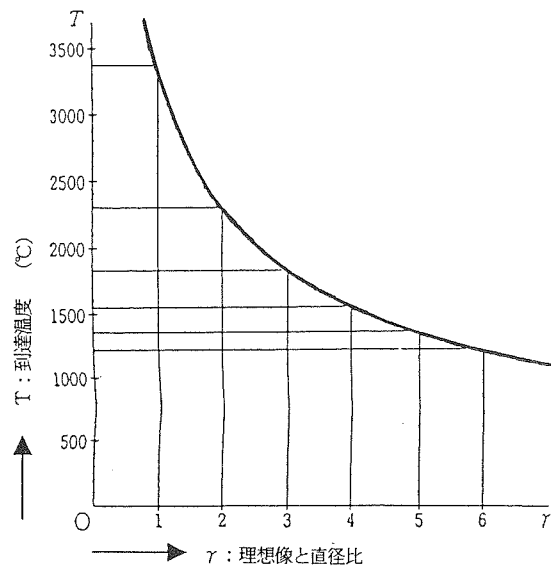


図.1 f/D=0.3のときの到達温度

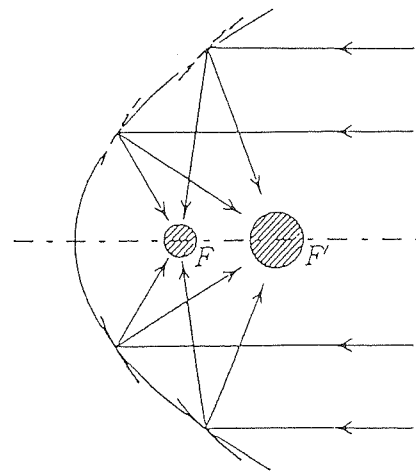


図.2 セグメント鏡の傾きによる太陽像

*1 東北学院大学名誉教授, 太陽エネルギー開発研究所所長
*2 防衛大学校教授
*3 東北学院榴岡高校教諭
(注)特許出願中

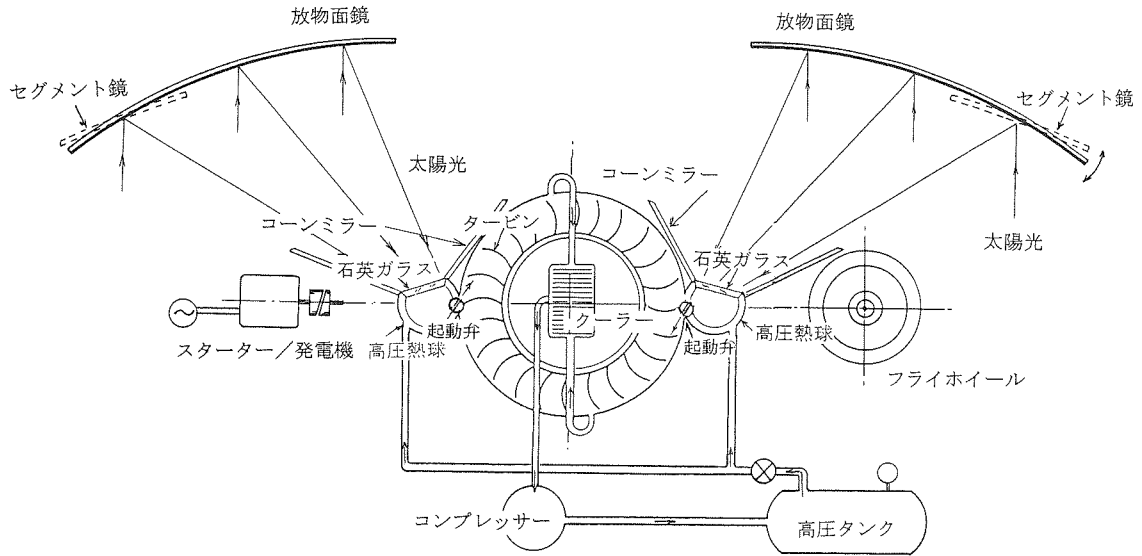


図. 3 ロータリーエンジン

4. セグメント鏡の鏡面を傾かせたときの太陽像

図. 4は、口径比 (f/D) が約0.3の放物面鏡で、焦点における太陽像の直径が焦点距離の $1/100$ の場合の太陽像を示し、図. 5はセグメント鏡の鏡面を傾け、光軸上で焦点より遠くの位置に結像させたときの太陽像の一例であり、同じ輪帯（ゾーン）のセグメントによっては、図. 5での点線で示した大きさの太陽像となり、図. 4における像の大きさの約2.5倍になっている、図. 1によれば、約 $2,000^{\circ}\text{C}$ の温度になっている。

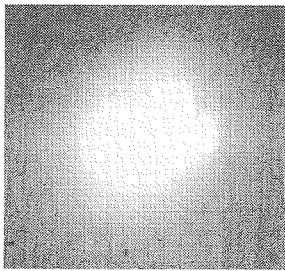


図. 4 焦点における太陽像

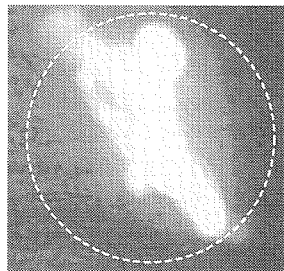


図. 5 焦点の位置より遠い位置におけるセグメント鏡1個による太陽像

尚、セグメント型放物面鏡によって太陽光を集める時、もし太陽光が強い場合には、セグメント鏡を操作して図. 5に示したような、焦点における太陽像とは違った大きな像と、より低い温度の像として取扱うことになる。従って、このような場合には、図. 3に示したような、周囲を2重にした水冷式のコーンミラーを用いて太陽光を高圧熱球に導入する必要がある。

5. セグメント鏡の鏡面の向きを傾ける法

セグメント鏡の鏡面の向きを傾ける方法としては、セグメント鏡の鏡面の光軸に近い内側の辺の両端を中心にして、外側の辺の軸中心の部分で、ネジとか歯車（ピニオン）等を用いて傾ければ良いこと等が考えられる。（図. 6参照）

6. 収斂した太陽光の温度の検知法

放物面鏡によって収斂した太陽光は、太陽熱エンジンの中の高圧熱球を熱する。図. 3はタービン型ロータリーエンジンを示したもので、この図の中の高圧ガス球には、その内部か外側の一部に、温度センサーとしての熱電対が取り付けられている。

7. 結び

昭和28～29年頃、世の中に原子力発電の話が出始めた頃、私はその危険性から考えて、それを太陽熱発電にすべきであろうと考え、昭和34年から36年にわたり、当時勤務していた東北大学科学計測研究所で、直径10m、焦点距離3.2mの放物面鏡を持ち、1辺15m角の平面鏡を持ったヘリオスタット型の太陽炉を製作し、直径6mm、長さ8mmのタングステン（融点： $3,400^{\circ}\text{C}$ ）を石英のフラスコの中に入れ、アルゴンガスを吹き込んだ状態の中で、20秒で溶解したりもした。しかし、結果的には私の考えた太陽熱エンジンの開発に繋がる研究の話にはなることなく、縁があって、当時設立されたばかりの東北学院大学工学部に移籍し、直径1.5mと3.2mの放物鏡を持った太陽炉を製作し、スターリングエン

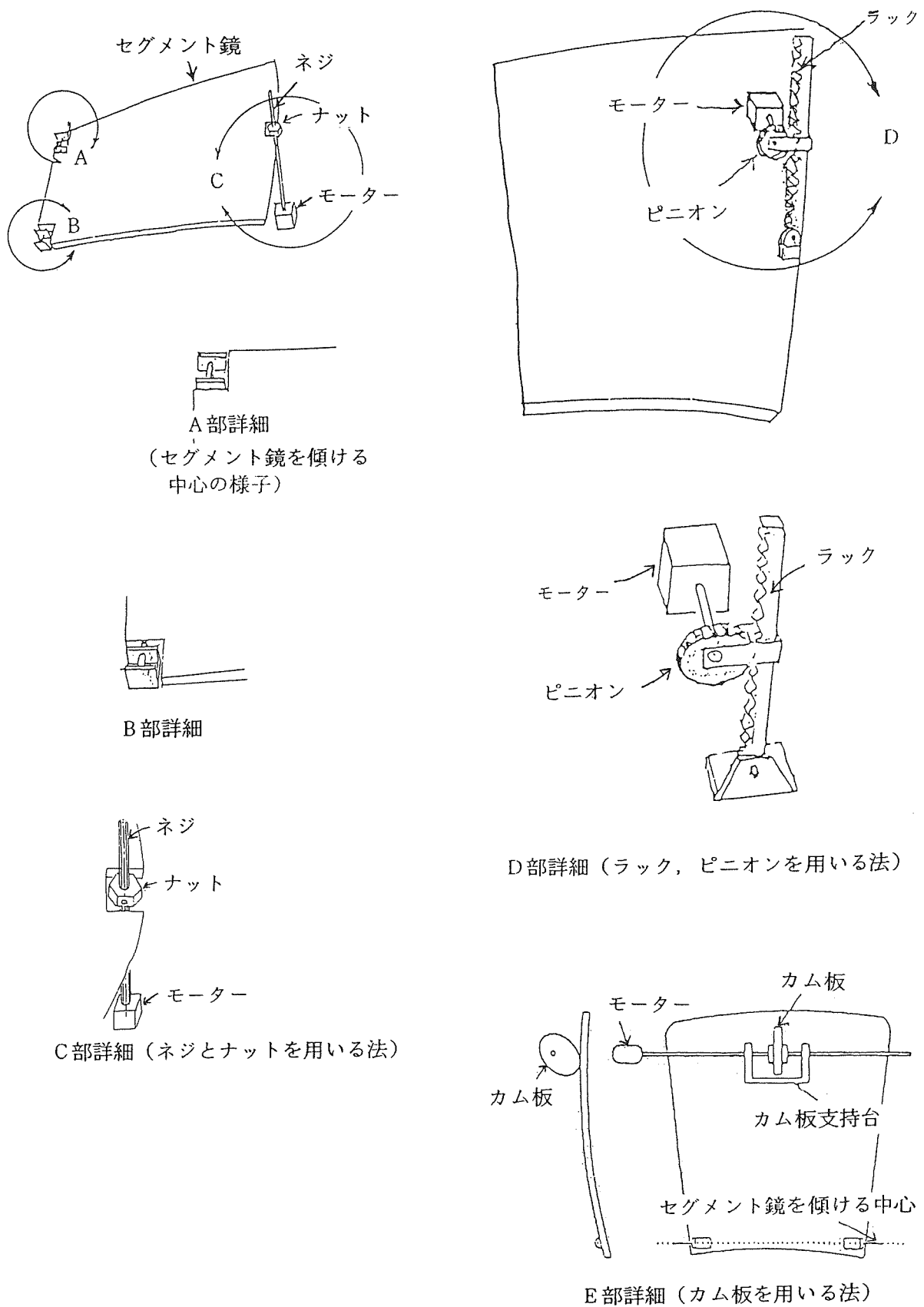


図.6 セグメント鏡を傾ける法としての一例 (A部~E部)

ジンの駆動実験に入った。そこでは東北電力(株)の協力もあった中で、当時日本大学工学部の一色尚次教授によって試作されたスターリングエンジンの駆動実験に終始し、光学系として考えたカセグレン系による実験としての研究が実行された。

平成9年東北学院大学を退職、平成11年、スターリングエンジンに代わる太陽熱エンジンを発案し、当時防衛大学の香川澄助教授によって理論的解析が行われ、その成果は第34回IECEC国際会議に出席して発表がなされ、引き続き、平成13年、同15年、太陽エネルギー学会誌に発表してきた。(3) (4)

しかし、宍戸にとって、今日まで、太陽熱によつての恒常的エンジンの駆動に対して、どのような手段を用いたら良いかについての考えには至らなかった中で、太陽光によって収斂される太陽光の温度を制御出来る方法として、焦点に収斂した太陽光の温度が高い場合を考えた時、放物面鏡をセグメント鏡で構成し、それによつて反射する光を光軸上で、焦点より遠くに集めれば、太陽像の大きさは大きくなり、そこでの温度は低くなることに思い至った。

即ち、この太陽熱エンジンを駆動する場合、熱エンジンの発熱部の温度がその時の天候に左右され、熱エンジン等の出力や運転状態の安定性に大きな問題を引き起こすことになり、安定したエンジンの駆動に、上記の温度制御のシステムが役立つことが考

えられ、しかも、太陽電池の効率が、一般に10%から13%と言われていることに対して、ここでは、25%以上が保証されることでは、これを製作する上での産業廃棄物も殆ど無く、作業する上での危険性や公害もないことでは、原子力発電とは違って、全く評価度が異なるものとなることが期待されることになる。

参考文献

- 1) Koro Shishido, Naotugu Iishiki, Yukio Shibata, Yasutomo Nagai, Hiromichi Watanabe, Shinki Kikuchi, Mitsuhiko Ohtomo
Characteristics of an Optical System for Driving a Kilowatt Range Solar Stirling Engine Conference, Eindhoven 1993 Paper No. 1999-01-2683
- 2) Koro Shishido, Noboru Kagawa
Proceedings proposal for New-Types Solar Heat Engine System, IECEC 1999, Vancouver
- 3) 宍戸 昂郎, 香川 澄
密閉サイクル式太陽熱エンジン
太陽エネルギー, 144 Vol.27 No.4 2001
- 4) 宍戸 昂郎,
密閉サイクル式太陽熱エンジン
太陽エネルギー, 156 Vol.29 No.4 2003