特集

第10回職業能力開発研究発表講演会 ■ 8

回転ソーラーパネル給電式直流ブラシレスモータの実験製作

ポリテクカレッジ青森　制御技術科　佐々木　進
（青森職業能力開発短期大学校）

1．はじめに

一般的な直流モータにおいて，回転子に電力を供給するのにブラシと整流子を設けている場合が多い。このブラシと整流子は接触式で，摩擦，騒音，ノイズおよび保守上などから敬遠される場合もあり，ブラシモータの欠点にもなっている。本実験はこのようなブラシと整流子を省き，非接触式の代替照光式給電法による直流ブラシレスモータの可能性を検討し，実機を試作したものである。

実験製作した，回転ソーラーパネル給電式直流ブラシレスモータ（以下，「ソーラーモータ」という。）は，ソーラーパネルをモータの回転子に直接取り付け回転させ，モータ外部からの照光で無接触の給電をしようとする新しい試みである。ソーラーパネルを回転させることにより，電気的にも回転子コイルに直接接続することができ，ブラシと整流子を省略する構想である。

ソーラーモータの実験製作結果は，このモータの回転子ソーラーパネルに直接照光することにより，目的の有効な回転が得られ，本照光式給電法の有効性が確認できた。また，このソーラーモータの界磁の励磁は電磁石式，永久磁石式およびソーラーパネルの起電力使用式のものが考えられる。さらに，ソーラーモータの回転子はソーラーパネル４枚角形配置型，８枚角形配置型および円形配置型のものも実験製作の対象としている。これらを組合せ，全５種類のものを実験製作した。ここでは，主に，製作が比較的簡単な電磁石励磁ソーラーパネル４枚角形配置型のものについて述べている。このソーラーモータは，太陽光が十分な場所で，直接動力を必要とする簡易モータとしての実用が期待できる。だが，現在のところ，実験製作したソーラーモータの発生トルクは，きわめて少ない状況にあり，実用化を模索している。

2．ソーラーモータの実験製作構想，設計

2.1　実験製作品の外形

電磁石励磁ソーラーパネル４枚角形配置型ソーラーモータ組立完成品は，図１の写真のように仕上がっている。図１の右側は励磁部分で，外部からの直流電源で励磁する。また，ソーラーモータの特徴である回転するソーラーパネルは図１の中央に位置している。このソーラーモータはつぎに示す構想のもとに設計，実験製作した。

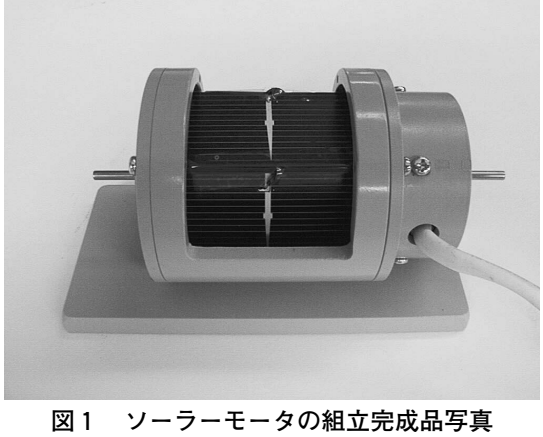

図１　ソーラーモータの組立完成品写真
（電磁石励磁ソーラーパネル４枚角形配置型）

2.2　実験製作の構想概念

図2に実験製作したソーラーモータの構想概念を示す。ソーラーパネルの発生起電力でモータを回転させようとする場合，回転子コイルと一緒にソーラーパネルを回転させると，ソーラーパネルの接続線は回転子コイルに直接接続できる。これを一般モータと比較した場合，ソーラーモータはブラシと整流子を省略させた形になる。また，固定界磁部分のN，S磁極を発生させる励磁は，別の外部直流電源あるいは永久磁石を使用する。回転するソーラーパネルに照光することで，外部とは機械的に無接触で回転子コイルにエネルギーの供給ができる。これで，回転子コイルおよび固定界磁部分から発生する磁界との相互作用によりソーラーモータは回転力を得る。実際の回転子は図2の回転ソーラーパネルと回転子コイルの組合せのものを複数個（この実験製作例では4組）使用する。

2.3　内部構造の概要

ソーラーモータは上記の構想に基づき，図3のような構造に設計した。重ねて言及すると，このソーラーモータの特徴は，回転するソーラーパネルに外部上方から照光することで，無接触給電を可能にするものである。ここでは，主に，比較的実験製作が簡単な電磁石励磁ソーラーパネル4枚角形配置型のソーラーモータの例で述べている。このソーラーモータの発電部となるソーラーパネル4枚は，箱型組立，回転子に取り付け，リード線は各1個ずつ回転子コイルと直接接続してある。ソーラーモータの外部照光用穴は構成材の上方半円部分を切り欠いてある。なお，回転子の界磁はソーラーパネルを4枚使用して，4磁極構成にしてある。また，ソーラーパネル8枚使用時も2枚直列にし，4枚時と同様の4磁極構成の回転子としてある。

固定子の界磁は4磁極（4コイル）にしてあるが，原理上，左右2磁極としての使用で大きな駆動力が得られるが，4磁極構成にすることにより外部電源で磁極の極性替えができ，種々の極性実験ができる。記述している例（図1の実験製作品）では，励磁部分のエネルギー供給を直流電圧1［V］に固定，2極に励磁している。

3．ソーラーモータの製作概要

3.1　部品の作成と設計データ

ソーラーモータの実験製作で使用および作成した部品の主な設計データを表1に示す。ソーラーパネル，軸受等以外は，多くが手作り品対応である。

使用するソーラーパネルの大きさ，電気的定格等により，ソーラーモータの外形およびコイルの巻数等の諸データは大きく変動する。記述している例（図1の実験製作品）で使用しているソーラーパネル（単結晶NP型シリコン，3-400SMJ，ソーラーテック製）は，つぎのような定格値である。この定格値は，巻線する回転子コイルの巻数（抵抗値）と大きく関連する。

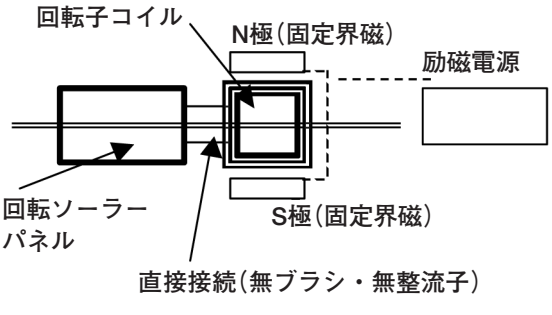

図2　ソーラーモータの構想概念

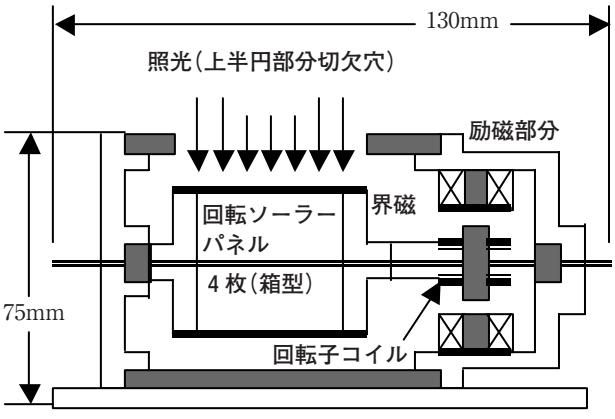

図3　ソーラーモータの内部構造概要

表１　ソーラーモータ使用部品の主な設計データ（電磁石励磁ソーラーパネル４枚角形配置型）

電気定格	界磁励磁電圧：1V（外部直流電源） 回転子：0.2W(0.5V，0.4A，パネル１枚)
外形寸法	全長140，本体幅60，高75
ソーラーパネル	最大電圧0.5V，定格電流0.4A， 幅35, 長52, 3-400SMJ（ソーラーテック製） 回転子部分４枚
固定子	界磁継鉄：外径約52，内径約45，幅30 界磁コイル：200回巻／極，4極 電線ϕ0.2ポリエステル絶縁被覆銅線 抵抗値：平均8.1Ω／極 界磁鉄心：幅16×長8×厚9，軟鉄
回転子	軸：長130，直径3，鉄材，軸受2個 回転子コイル：70回巻／極，4極 電線ϕ0.2ポリエステル絶縁被覆銅線 抵抗値：平均1.8Ω／極 界磁鉄心：外径26，厚４，軟鉄
空隙	片側1.0（励磁部分と回転部分間）
重量	回転子40g，完成品総重量 1.3kg

記入以外の寸法単位 [mm]

使用ソーラーパネルの定格例
発生最大電圧　DC0.5［V］
定格電流　DC0.4［A］
負荷抵抗値　1.25［Ω］

この例のソーラーパネルに直接接続できる回転子コイルの電気抵抗値は1.25［Ω］（＝0.5［V］÷0.4［A］）以上でなければ，ソーラーパネルが過負荷となり，最大発生起電力が得られない。本例のソーラーモータ実験製作では，回転子コイル１個の電気抵抗値は1.8［Ω］（ϕ0.2，70回巻／極）に仕上がっている。

さらに，磁気飽和を避けるために，回転子鉄心および固定子界磁鉄心の巻線部分の断面積にも注意する必要がある。本例では回転子鉄心断面積：16［mm^2］（＝幅4［mm］×厚4［mm］），固定子界磁鉄心断面積：128［mm^2］（＝幅16［mm］×長8［mm］））にしてある。なお，この値は明確な設計計算値からのものでなく，許容される構造スペースから設定してある。

3.2　回転子の組立

図４は図１の実験製作品ソーラーモータに使用の組立途中回転子写真を示す。写真の左側部分がソーラーパネル部，右側部分が回転子鉄心と回転子コイルである。一般モータの整流子がソーラーパネルに置き替わったような形になっている。図４のように，各ソーラーパネルと回転子コイル組の構成は各90°平面に配置，対向平行の箱型に組立ててある。また，図５，図６にソーラーパネル４枚角形，８枚角形配置型回転子の製作状況および完成ソーラーパネル円形配置型のものを示す。回転子の磁極構成は，いずれも４極にしてある。

3.3　固定子の組立

図７にはソーラーパネル側から見た，ソーラーモータの固定子界磁の組立状況を示す。界磁極は４極

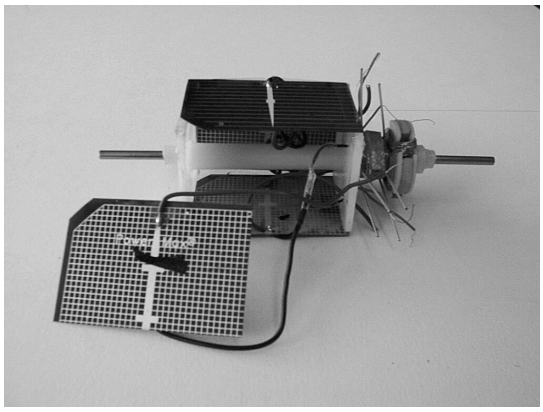

図４　組立中のソーラーパネル４枚角形配置型回転子写真

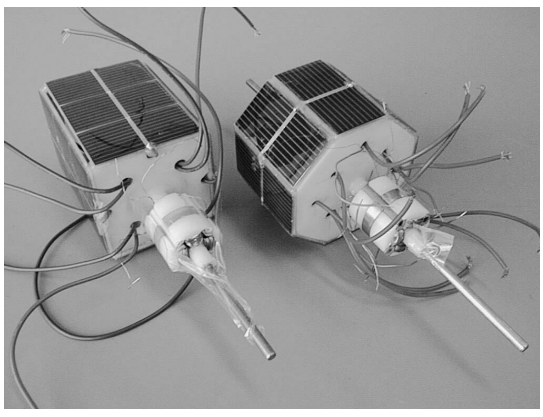

図５　組立中のソーラーパネル４枚角形および８枚角形配置型回転子写真

で，電磁石のエネルギーは外部直流電源から供給するようになっている。これは，一般のモータと同様である。

図８はソーラーモータの照光に必要な切り欠き部分（上半円）と固定界磁コイルとの位置関係を示す。これは駆動回転力の発生に関係し，図４で説明した回転子ソーラーパネル，回転子コイルと整合をとる必要がある。上方から照光する場合，回転ソーラーパネルが水平となるとき最大起電力が発生するから，回転子コイルの上部磁極（例えばＮ磁極）が固定子磁極（Ｎ，Ｓ磁極）の中間に位置するように配置すれば，反発吸引力の作用により最大駆動トルクが得られる。一方，回転子磁極上部の受光側をＮ磁極とすれば，下部の磁極はＳ磁極に誘導され，これも駆動力に関与する。

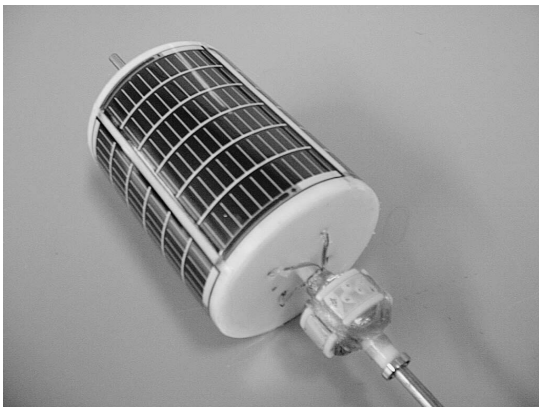

図６　完成のソーラーパネル円形配置型回転子写真

図７　ソーラーモータの固定子界磁組立写真

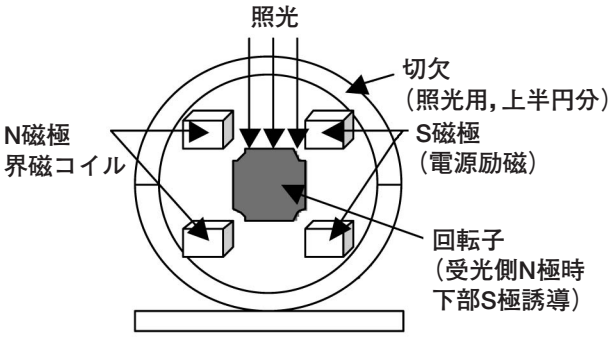

図８　ソーラーモータの回転子・固定子界磁位置関係

ソーラーモータが加速していれば問題は発生しないが，ソーラーパネルの接続角が上部にΛ（逆Ｖ）になっている状態からの起動には，起動しづらい問題が残っている。これは，回転子のΛ両面のソーラーパネルに同等の起電力が発生し，固定子磁極から回転子の磁極に作用する吸引，反発力が同等で軸方向に大きく作用し，回転力にはならない理由が考えられる。この起動しづらい問題は回転子コイルを集中巻きにしないで，巻線を回転方向の極に１割くらい，分布巻きさせることで発生トルクのバランスを崩し，解決している。

３.４　実験製作各種ソーラーモータ

図９に実験製作した各種ソーラーモータの写真を示す。図９の上部，左から電磁石励磁式ソーラーパネル４枚角形配置型，永久磁石励磁式ソーラーパネル８枚角形配置型，ソーラーパネル励磁式ソーラーパネル円形配置型のものを示す。また，図９下部中央左側は，永久磁石励磁式ソーラーパネル４枚角形配置型，右側はソーラーパネル励磁式ソーラーパネ

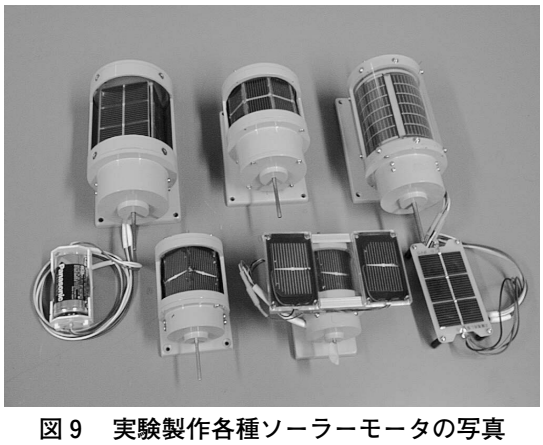

図９　実験製作各種ソーラーモータの写真

ル 4 枚角形配置型を示している。

4．ソーラーモータの回転実験結果，考察

4.1　回転実験結果

図10の回転数特性は，図 1 電磁石励磁ソーラーパネル 4 枚角形配置型ソーラーモータのものである。界磁の励磁が直流定電圧1［V］，回転ソーラーパネルへの照光がハロゲン電球使用（150W）で，照光距離を手法により変化させ，照度を変えて回転数を測定したものである。このソーラーモータの回転数は照度の増加につれ増加，比例しているが，照度54［klx］を過ぎたあたりから回転数800［rpm］の近傍値で飽和する傾向にある。これは，回転ソーラーパネル起電力の飽和，回転子界磁の磁気飽和等に起因すると思われる。

4.2　実験製作品の考察

回転子のソーラーパネル配置は 4 枚角形，8 枚角形および円形のもの，また，固定界磁極の励磁は外部電源電磁石式，永久磁石式および別置きのソーラーパネル式のものが考えられる。これら回転子形式および固定界磁極の励磁方法を組合せ，図 9 の写真に示したような 5 種類のものを実験製作した。永久磁石励磁式の製作は汎用の単品永久磁石を使用した関係上，磁石の固定に工夫を要し，電磁石使用と比較した場合，磁極の位置出しが困難で，難製作であった。

実験製作品の回転数は，5 種類いずれも有効なものが観測できたが，ソーラーパネル円形配置型のものがフレキシブルの条件を満たすソーラーパネル（BSC0906P6，アモルファスシリコン材，3［V］，0.045［A］，TDK）を使用した関係上，比較的中型（回転子単体重量200［g］）になり，また，最大発生出力が0.135［W／枚］と少なく，数回転の観測に終っている。ちなみに，図 1 で説明してある実験製作品は，最大発生出力0.2［W／枚］）であるが，小型（回転子単体重量40［g］）のため，高速回転が観測できている。

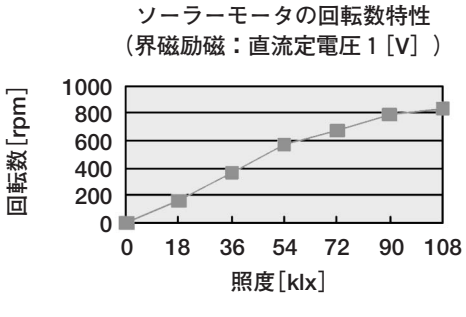

図10　ソーラーモータの回転数特性

5．おわりに

直流モータの新しいブラシレス化の方策として，回転可能なソーラーパネルにモータ外部から照光することで，電源と回転子が無接触での給電方法を考案し，実験製作した。すでに，総合制作実習[1)]で取り組んだ経過はあったが，回転の観測までに至っていなかった。また，実験製作[2),3)]では全面的に設計変更を行い，回転子の重量の軽減に努めるなどの結果，有効な回転を観測することができていた。本報告は，実験製作品の種類を広げて説明し，加えて読者の追実験製作の一助になれればと思って記述した。

この実験製作により，モータの駆動電源にソーラーパネルを使用する場合，回転ソーラーパネル照光方式で整流子とブラシが省略でき，直流モータの新しいブラシレス化の可能性を実証できた。

今後はこの照光方式で大きな駆動トルクを発生できるソーラーモータを設計，実験製作していきたい。また，実用化も視野に入れ，模索していきたい。

＜参考文献＞

1）松橋賽：「ソーラーパネル給電式直流モータの試作」，『東北職業能力開発大学校附属青森職業能力開発短期大学校制御技術科総合制作実習発表要旨集』，p23-24，2001.
2）佐々木進：「内蔵ソーラーパネル給電式直流モータの実験製作」，『実践教育研究発表会講演予稿集』，p107-108，実践教育訓練研究協会，2002.
3）佐々木進：「回転ソーラーパネル給電式直流ブラシレスモータの実験製作」，『第10回職業能力開発研究発表講演会予稿集』，p177-178，職業能力開発総合大学校，2002.