

[研究ノート]

## ネオジム磁石を用いた直流モーター

田口 功

### The Direct Current Motors by using a Neodymium Magnets

Isao TAGUCHI

Among the materials used for teaching science in elementary schools, the application of neodymium magnets, especially as a foundation of a motor, is spreading gradually in elementary and middle school education for their low price, small-size and high power. Recently, many magnets of this type came onto the market also in household applications, such as solar cell powered direct current motors or LED products.

Simple motors were created together with the students using the neodymium magnets during actual scientific experiments or scientific education classes, and the results obtained are reported in the present bulletin.

- (1) The basic principle of a motor can be understood easily.
- (2) Students can learn with interest because this simple motor can be made easily and it spins well.
- (3) With the use of a heating wire, the intensity of current can be reduced to prevent burns due to heat.

## 1. はじめに

レアメタルを用いた最近の自動車部品、特に磁石や蓄電池の進歩には、目を見張るものがある。小学校教材においても、とくにモーターの土台となる磁石、ネオジム磁石などは値段が安価であり、しかも、小型で強力ということで小学校、中学校教育での応用範囲は、広くなると考えられる。最近、家庭においても太陽光発電による直流モーターやLEDが市販されるようになった。ネオジム磁石そのものの性質を生かすことによって、実験器具を小学生用に新たに製作し考察しても、面白さを含んだ実験ができると考えられる。本紀要では、実際に理科実験や科学教育の時間にネオジム磁石を用い、学生と簡易モーターを作成した結果、①モーターの原理が容易に学べる、②容易に作成でき面白く、しかも興味を持って学習できる、③簡単に電熱線を巻きつける工夫でやけどの防止ができ、安全、という結果となったことを、本紀要で報告するものである。

## 2. 準備するもの、工具

- ・ネオジム磁石 (2400gauss、直径13mm、ニッケルメッキ)
- ・電熱線 (抵抗線 [0.26mm、20.3Ω/m、10cm程度])
- ・エナメル線、銅線、真鍮針金、電池 (単三、単二)
- ・ペンチ、ニッパ
- ・マッピングテープ、セロテープ
- ・紙やすり

図1 ネオジム磁石、電熱線、電池、真鍮針金

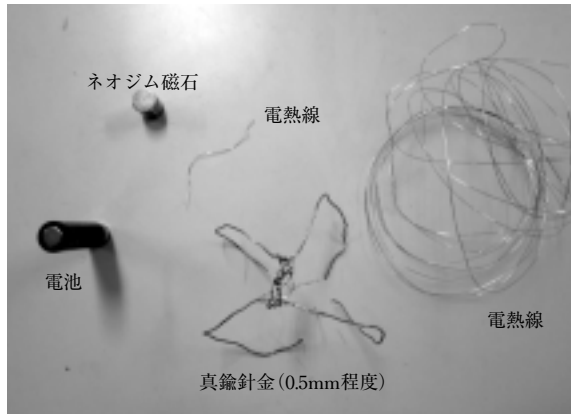


図2 抵抗、電熱線

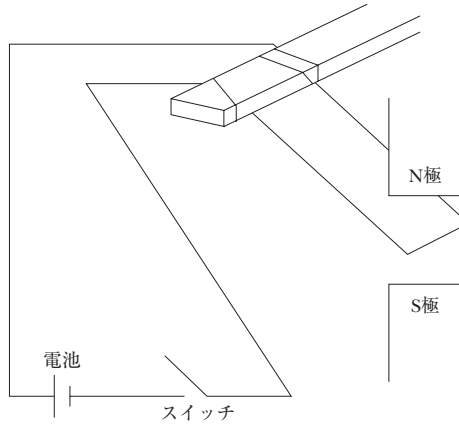


### 3. モーターの基本原理

#### 3.1 従来からよく作られていた直流モーターの原理

磁石の近くにある導線に電流を流すと、その導線にフレミングの左手の

図3 直流モーターの原理図

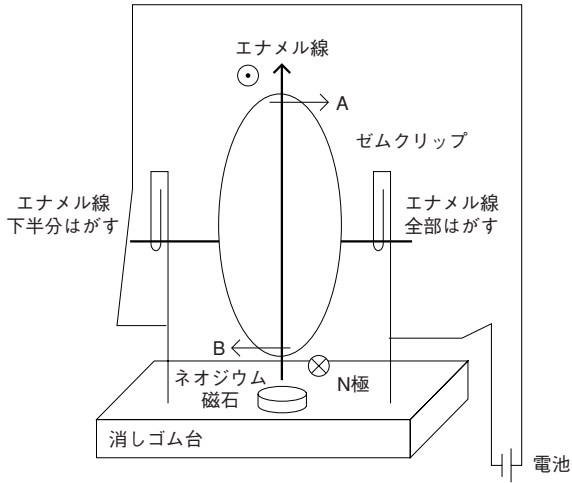


法則に従った力が発生する。力の働く導線部分の長さが長ければ長いほど、電流値が大きいほど大きな力が発生する。電流の流れる方向と垂直方向の磁束の方向によって作られる平面に垂直な方向に力は働く。したがって、そこに流れる電流の方向が逆になれば逆方向に力が働くことになる。

電流が電池の+側からエナメル線を半分はがした左側のクリップを通り、円形のエナメル線の流れ、エナメル線を全部はがした部分に接続されたゼムグリップを通り、電池のマイナスにつながり閉回路を作る。図4において、円形のエナメル線で作成したコイルに対して丁度上には、A方向に電流が流れ、下は、B方向の電流が流れているものとする。エナメル線の半分が紙やすりで削られていると仮定する。もちろん、右側のエナメル線とゼムグリップはいつも電気的につながっていることになる。すると、この状態では、フェライト磁石のN極から上に向かって磁力線が出ているために磁界の方向は、下から上方向になる。したがって、円形エナメル線の上は、フレミングの左手の法則から手前の方向に力を受ける(⊙)。また、N極に近い円形エナメル線の下は、逆方向(⊗)の力を受けることになる。

すなわち、90度回転するまで電流が流れているが、それから180度回る間は電流が流れなくなる(下半分削ったエナメル線側が半回転分しか電流が流れ

図4 ネオジム磁石を使用した直流モーター



ないため)。すると、電流が流れないときには力は働かない。水平状態から、また、力が働き始め90度回転して説明の最初の状態に戻り、さらに、90度力が働き、この繰り返しとなる。言い換えれば、1回転するとき半回転は、惰性で回っていることになる。これが簡易モーターの原理である。

### 3.2 ネオジム磁石を用いた簡易直流モーター

実際に簡易直流モーターを構成する部品を図5に示し、組み立てたときの様子を図6に示す。

### 3.3 ネオジム磁石を用いた簡易モーターの原理

図6をもとにネオジム磁石を用いた簡易モーターの原理を述べる。簡単にするために、図6の左側は、回転のバランスを取るために真鍮針金を用いている。真鍮針金の先に1ヵ所だけ電熱線（抵抗線）を6cmほど抵抗値（約2Ω程度）を増やし、電流値を減らすために接続した。電流は、電池の+側が下であるからADCの方向に電流が流れている。ネオジム磁石のN極の上に乾電池が載せてあるものとして説明を行う。電流の流れる向き

図5 電池、真鍮針金、ネオジム磁石

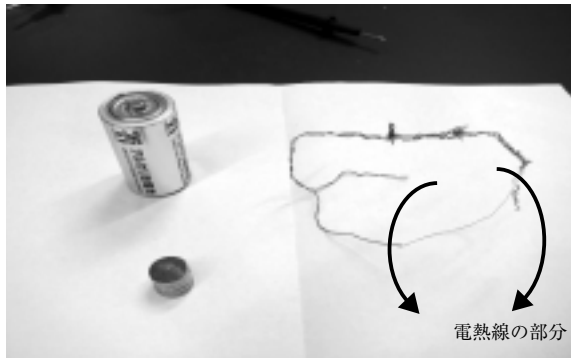
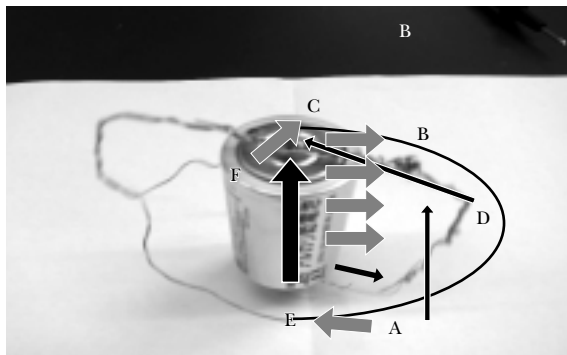
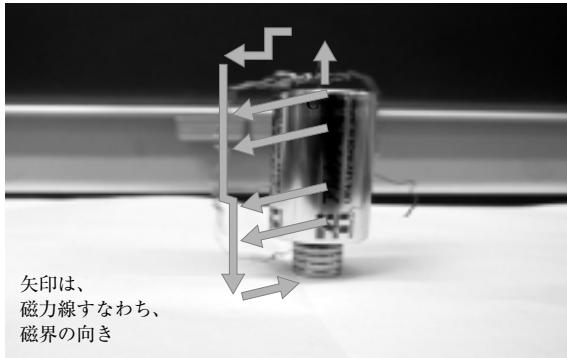


図6 電池の下 (+)、上-, ネオジム磁石は下にある



に対して磁束の方向が垂直にぶつかる成分があれば力が強く働くことになる。ネオジム磁石は、強力であることから電池とぴったりとくっついてい  
る。磁束は、EからF方向、FからC方向、CからB方向、AからE方向が  
主であると考えられ、電流は、EからA、D、C方向に流れるものと考えら  
れる。磁力線の向きと電流の流れる向きに直角成分が少しでもあれば、そ  
こには力が働くことになる。図7に大まかな磁束の方向および電流の流れ  
る向きを示す。図6において、AからD方向の電流と、CからB方向の  
磁力線の方向が力をもたらす最も大きな要因と考えられる。

図 7 真横から見た簡易モーター



#### 4. 作成に対しての注意点と工夫

- (ア) 2種類の自作モーターでは、電池からエナメル線および真鍮鉄線に直接電流が流れるために非常に熱くなり、場合によっては、小学生が自作した場合、ジュール熱の発生でやけどの可能性もあることが実験中に何度も経験することができた。電熱線を7cmほど使用することで電流値を抑え熱くなることを防止することができた。
- (イ) 真鍮鉄線を用いたモーターでは、回転のバランスをうまく取る事が重要で、形を長方形に整える必要はないことが分かった。
- (ウ) フェライト磁石を用いたモーターに対しても電熱線を5cmほど使用し、回転させることができ、ジュール熱の発生を抑えることができた。また、エナメル線を半分削ることの難しさと、その理由を考察することが重要ということが分かった。

#### 5. おわりに

簡易モーターを作成することで原理の説明が容易になると思い、ネオジム磁石と真鍮線を使用した簡易モーターを学生と共に、作成した。一見簡単に見えてもネオジム磁石の作る磁界の分布、すなわち、磁界の方向を簡

図8 モーター作成の様子



図9 モーターが回っている様子(細い真鍮線使用)



図10 モーターが回っている様子(太い〔0.5mm程度〕真鍮線使用)





単化できないと原理を簡単には、説明できない。磁界の大きさが強力と言うことで、回転に対しては問題はなかった。

一般的に作成されている簡易モーターは、熱くなって真鍮線でやけどになるという説明は、どこにも掲載されていない。簡単にできることだけが強調されている文献が多い。そこで、本紀要では、やけど防止という目的で、電熱線を数センチメートル用い、電流値を減らし、ジュール熱を減少させ、熱の発生を抑えた。結果的に熱の発生は抑えられ、実験は成功したものの、回転が電流値減少で、弱くなり、回転に対してのアピール力は、減少した。最適のやけど防止電流の調節、回転力をもう少し付ける工夫、磁界の分布の細かい解析が今後必要であることの課題が残った。

(参考文献)

- (1) 山口静夫「クリップモーターによる回転と発電の原理を学ぶ教材の検討」『九州共立大学研究所紀要』第6号、2013年、49-52ページ。
- (2) 仲川昌幸「興味をひきだす簡易モーター 6年 電流のはたらき」『理科の教育』第44号、9月、1995年、592-593ページ。
- (3) 周游、小山英樹「簡易なクリップモータ制御システムの開発」、日本産業技術学会、第57回全国大会、2014年8月。