

# 移動する磁界内における磁性粒子回転の一応用

一回転磁界直視装置—

高木三郎

An Application of the Rotation of the Magnetic Particles  
in the Shifting Magnetic Field

—The Direct-seeing Device of the Revolving Magnetic Field—

SABURŌ TAKAGI

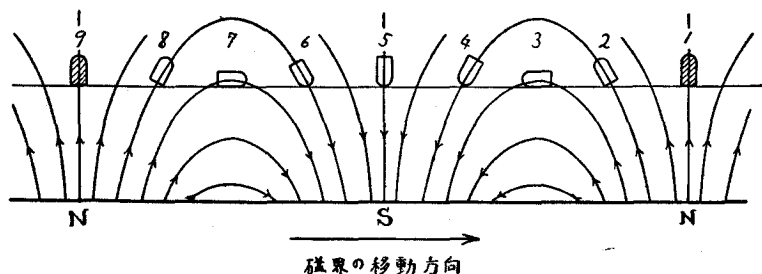
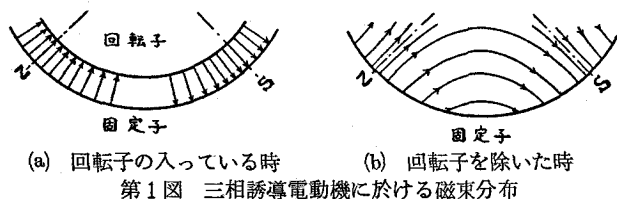
## 1. 緒言

磁界内における磁力線の形状等の観察には、磁界内に置かれた適当なる平面上に、砂鉄等の磁性粒子を散布し、その配列により観察する方法が行なわれることは周知のことである。しかし、この方法では回転または移動する磁界については観察できない。回転または移動する磁界の観察には、ブラウン管を用いる方法、あるいは搜索線輪を用いる方法があるが、何れも簡単ではなく、また直接的ではない。

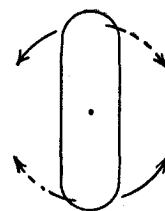
筆者は先に、移動磁界による磁力選鉱機についての基礎的研究をなしたが（文献参照）、この研究よりヒントを得て、磁性鉱物の移動原因であった磁性粒子の回転の一応用として、磁界の回転または移動する状況を、直接的に観察することを試み、装置を試作し実験したところ、好結果を得たのでここに報告する。

## 2. 回転磁界直視装置の原理

図版第1図は、先に研究した移動磁界型交流磁力選鉱機の外観であるが、移動磁界を与えるための magnet は、同図に見える平板の裏面に装着されており、三相誘導電動機の固定子を平に展開した形のものである（図版第4図（C）参照）。今この平板上的一端（写真では右上方）に砂鉄等の



第3図 磁性粒子の回転原理図



第2図 磁性粒子の回転方向と磁界の移動方向との関係

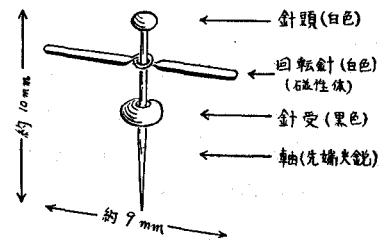
原磁を適当に送ると、その中の砂鉄等の磁性粒子のみが、移動磁界の作用で他方（写真では左）へ移動し、選磁の目的を達するものである。なお平板には傾斜をもたせ、振動を与えている。

前論文において、この磁性粒子の移動は、従来考えられたような磁気による吸引、反撥により行なわれるものではなく、磁性粒子が回転し、それが摩擦面を得て始めて移動するものであることを明かにしたが、この磁性粒子の回転原理については明かにしていなかった。

この回転は、第1図(a)に示す誘導原動機の空隙におけるように、磁束分布が磁極面に対し同一角度をもつような磁界では行なわれず、誘導電動機の回転子を取り除いた時の同図(b)のように円弧状の分布の時に回転し、その回転数は極数に関係なく電源周波数と一致し、且つ回転方向と磁界の移動方向が第2図の如くなる等の点から、この回転は次のようにして行なわれることは確かと思われる。

すなわち、円弧状の磁束分布をする移動または回転磁界内に置かれた磁性粒子は順次に到来する傾斜の違う磁力線の方向に配列するような運動をするために回転を行なうものである。これを図解すると第3図の如くなる。同図では磁界を固定し、相対的に磁性粒子を磁界の移動方向と反対方向に移動したように表わしてある。図中の(1)→(9)を見ると磁界の一周期毎に粒子が一回転することは明かであるが、磁界の一周期は電源の一周期により生ずるのであるから、粒子の回転数は電源周波数と一致することになり、回転方向も第2図と一致する。

この理論に基いて、磁性粒子を軽小な針状にし、且つ移動しないでその場において回転するようにその中心に軸を設け、これを多数磁界内に配置したものが本装置である。図版の第2図は三相誘導電動機の回転磁界の観察に用いたもので、観察範囲の形にした台紙に、第4図の如き回転針を10mm間隔で多数植え込んだものである。この回転針は全く自作のものであり、軸にはぬい針（太さ0.5mm）の先端10mmを用い、針頭はセメダインCで作り白色ラッカーを塗布してある。回転針は太さ約0.3mmの軟鉄線で作り、長さ約9mm、少しく潰ぶし巾約0.6mmにし、表面には白色ラッカーを塗布してあるが、回転を円滑にするためには時計の秒針の如く一枚の板から打ち抜いた形ものが望ましい。針受とあるのは径約1.7mmのビーズであり黒色にしてある。なお台紙には、撮影の際に反射及び影を防ぐため艶のない黒紙を帖ってある。本装置は以上の如く極めて簡単であり、分解して保管できる。



第4図 回転針

この装置を、上述のような円弧状の磁束分布をなす移動または回転する磁界内に置くと、各回転針は回転するが、その状態は白熱電灯等の普通照明では図版第3図(a)の如く見えるに過ぎない。しかし、放電管式ストロボ・スコープで照射し、回転針の回転数に同期させると各回転針は静止状態で観察でき、しかも上述の原理により各回転針はストロボ・スコープが照射する瞬間、それぞれの位置における磁力線の方向に配列されているのであるから、図版第3図(b)等に見られる如く、全体として磁力線の形状を明瞭に現示することになり、撮影も可能である。

なおこの際、ストロボ・スコープに移相装置を設けることにより、任意の点が極になった時について静止像が観察され極めて便利であり、また連続的に位相を変えてやることにより磁界の移動状態を観察することも可能である。しかし、この移動状態を見るためには移相装置によらず、ストロボ・スコープの周波数を少しくずらすことにより極めて簡単にできる。すなわちストロボ・スコープの周波数を少しくずらすと、回転針はそれだけずれた位置において照射されることになり、且つそれが連続的にずれて行くため、回転針の像はある速度で回転し、全体としては磁界の移動を示す

ることになり、実察その状態は手に取るように明瞭に観察でき、その速さ、方向はそれぞれ周波数のずらしの程度、及びずらしの方向により簡単に調節できる。この移動状態を直接観察できることは本装置の一大特長である。

### 3. 実 験 結 果

この装置により実際観察した数例について述べる。

#### (1) 三相誘導電動機 (200V, 2 IP, 4 極, 50c/s, 1410r.p.m. 籠型)

回転子を抜き取り、固定子を横にし、その中の適当な位置に装置を水平に設置し、定格電流を超さないように三相電圧調整器で電圧を降して励磁する。この際、励磁が強過ぎると周辺の磁極に近い部分で、弱い場合は中心部で、それぞれ回転針の回転が不円滑になるから適当な励磁を必要とする。

図版第3図(a)は前述した通り、普通の白熱電灯で照明した場合で、中央の一個が回転しないのが見られるが、この回転針には何ら力が作用しておらず、任意の向きに動かし得るのでこの点には磁束分布がないことを示している。同図(b)は放電管式ストロボ・スコープで照射した場合で、数個不円滑な回転をしてはいるが極めて正常な四極の磁界の磁力線の形状が観察される。

(c)は位相をずらした場合で、極が約 $45^\circ$ (中心角)移動した状態である。

ストロボ・スコープの周波数をずらすことにより、磁界が回転する状態を観察できることは前述の通りである。なお(d)は単相励磁の場合で、回転針は回転しないので白熱電灯で照明したものである。

#### (2) 移動磁界型交流磁力選鉱機 (200V, 6 極, 3 kVA, 力率15%)

図版第4図(a)は白熱電灯で照明した場合で、数個回転しないものが見られるが、これは磁束分布の関係ではなく、magnet の関係でこの装置を水平にできず、鉛直に設置したため機械的にひっかかりを生じたためである。同図(b)はストロボ・スコープで照射した場合で、円弧状の磁力線の形状がよく見られ、次の単相励磁の場合の(c)と同様、六極になっていることが見られる。なお(c)は単相励磁であるから回転しないので白熱電灯で照明したものである。移動状態の観察は前例と同じく可能である。

#### (3) 分相起動型単相誘導電動機 (100V, 200W, 4 極, 50c/s, 1430r.p.m.)

単相誘導電動機の運転中の磁界は、三相の場合と異なり交番磁界であって、実際の回転磁界は存在しないから、回転針は回転しないことは予想されたが、起動時の状況について観察したのが図版第5図である。(a)は起動時、すなわち分相起動回路が入っている時、(b)は運転時、すなわち分相回路が切り離された時であり、両者の差が明瞭に観察できる。しかし、前者の場合も不完全な回転磁界のため、回転針は回転せずに振動するのみのものもあり、回転するものもその回転が不規則である等で静止状態で観察できず、再者とも白熱電灯で照明した場合である。

### 4. 考 察

(1) 回転針(磁性粒子)が得る回転力の大きさには、磁界の強さ、周波数、磁束分布状態、及び回転針(磁性粒子)の磁気特性、形状、質量等が関係するが、本装置としては必要なかったため検討を加えなかったが、前記の磁力選鉱機の特性等の考察には是非必要であるから改めて検討する予定である。

(2) このままの装置では、力としては極めて弱いものであり、磁束を有効に使うためには磁極の形状、極数及び回転体の磁性等を吟味する必要があるが、軽小な回転体は磁力線の方向に敏感に追

随することは着目すべきことと思われる。

- (3) 本装置ではストロボ・スコープを必要とするが、CR発振器等による放電管式のもの、また更に簡単なものとしては豆電球の前面で、光の通る孔をあけた円板を小型モーターで廻す構造のもの等を作製し、商用周波数附近で若干可変のものとするれば実験用としては充分である。
- (4) この装置では、砂鉄等により永久磁石等の磁束分布を観察する時のように、磁束密度を観察することはできない。

## 5. 結 言

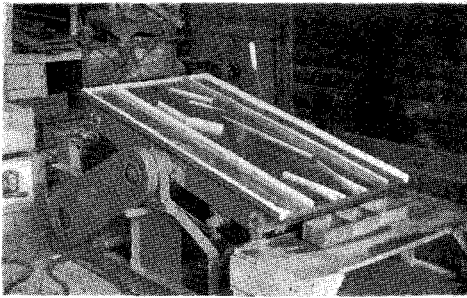
本装置は極めて簡単なものであるが、実験結果より明かなように、移動または回転する磁界における磁力線の形状を直接且つ明瞭に現示するのみでなく、理論的理解に頼っていたその移動する状態をも容易に観察できる特長をもつから、回転磁界の説明等には極めて有効である。更に回転針を小型にするとか、数を多くする等すれば機器の点検等に役立つものと思われる。

なおこの移動する磁界内の磁性粒子の回転を他へ応用する際、その回転が磁力線の方向に敏感に追隨していること、及び回転数が電源周波数に一致すること等が着目すべきことと思われる。

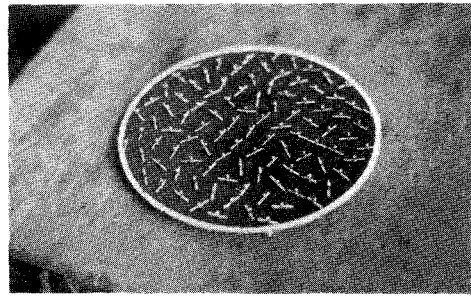
最後に、本研究に関し種々御指導を頂いた岩手大学工学部草刈遜教授、並に実験に御協力頂いた同学部湧井源二郎講師、及び鉱山工学科選鉱学教室教職員の方々に衷心より謝意を表するものである。

## 文 献

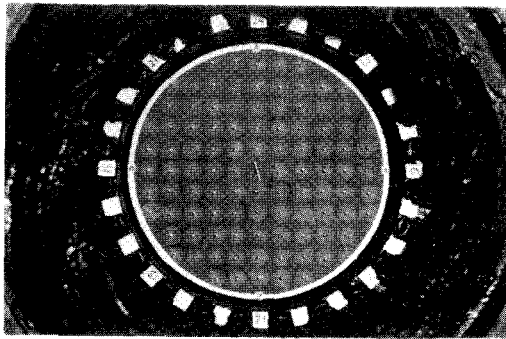
- 大山正、高木三郎 移動磁界型交流磁力選鉱機に関する基礎的研究（第一報） 東北鉱山 第6巻 第2号（1959）。



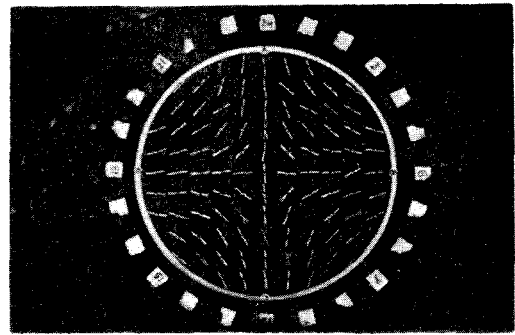
第1図 移動磁界型交流磁力選鉱機



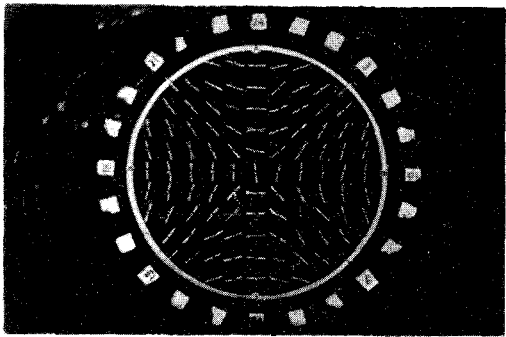
第2図 装 置



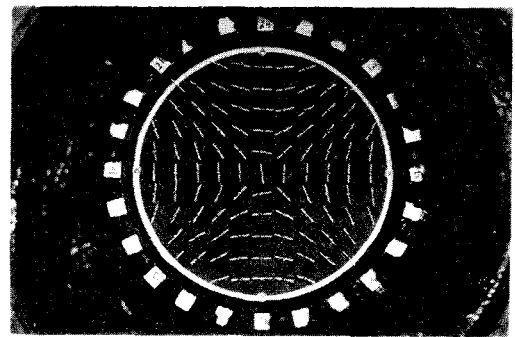
(a) 白熱電灯の照明による



(b) 放電管式ストロボスコープの照射による

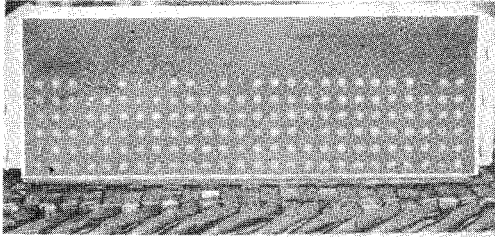


(c) ストロボスコープの照射による

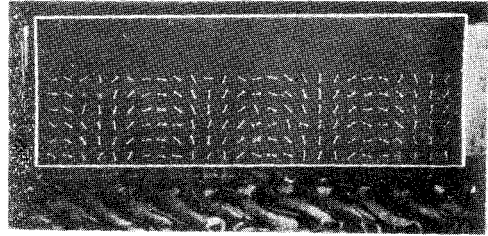


(d) 単相励磁の場合 (白熱電灯照明)

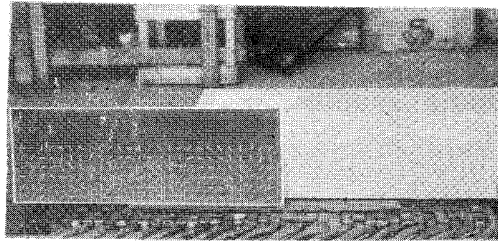
第3図 三相誘導電動機の回転磁界



(a) 白熱電灯の照明による

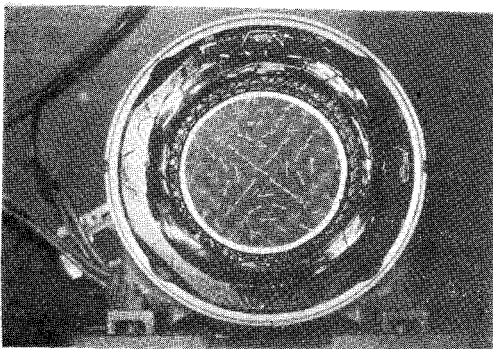


(b) ストロボ・スコープの照明による

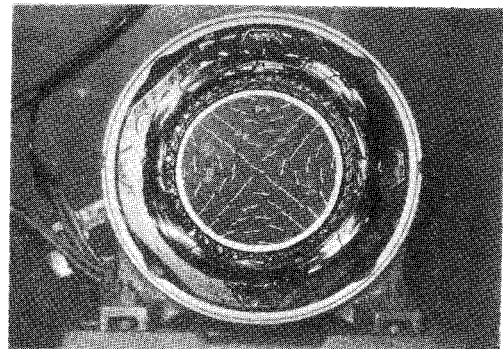


(c) 単相励磁の場合(白熱電灯照明)

第4図 移動磁界型交流磁力選鉱機の場合



(a) 起 動 時 (白熱電灯照明)



(b) 運 転 時 (白熱電灯照明)

第5図 単相誘導電動機の磁界