



# MRI の原理



ここに書かれている内容は、最低限知っておいて欲しいことを今西好正・他著『MRI 原理と MRS』（医療科学社，2009 年）から抜粋したものです。さらに詳細を知りたい方は、原本を参照してください。

## 磁場変化と電流

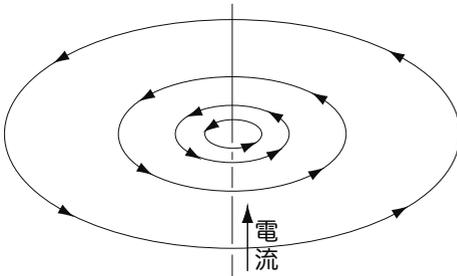
銅線に電流を流すと周囲に磁場ができます（図 61-1）。そのため、高圧線の周囲ではこの磁場のためにラジオに雑音が入ったり聞こえにくくなったりします。

皆さんは、電磁石を作ったことがありますか。絶縁体でコーティングされた銅線を円筒状に何百回も巻いてコイルを作ります。このコイルに電流を流すと磁石になります（図 61-2）。

逆に、コイルに豆電球を繋いでおいて、コイルの中に永久磁石（棒磁石）を入れたり出したりするとコイルに繋いだ豆電球が点灯します。すなわち、コイルが置かれた磁場が変化するとコイルに電流が流れるのです。

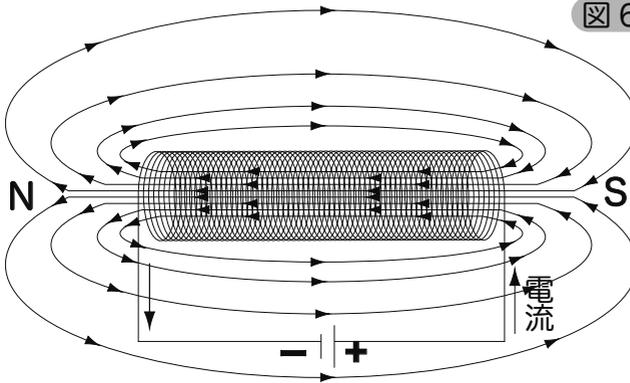
発電所でもこれと同じ原理で電気を作っています（図 61-3）。もし、ダムから落ちる水の勢いで永久磁石を回せば水力発電だし、火で沸かしたお湯から出る水蒸気の勢いで永久磁石を回せば火力発電だし、原子力の核分裂の熱で沸かした水蒸気の勢いで永久磁石を回せば原子力発電なのです。こうして永久磁石を回すとコイルに N 極が近づいたり遠のいたり、S 極が近づいたり遠のいたりするので、コイルの置かれている場所の磁場が強くなったり弱くなったり、逆向きに強くなったり弱くなったりします。このため、コイル内には右から左へ、左から右へと永久磁石の回転に従って交流の電流が流れます。このとき、永久磁石を 1 秒間に 50 回回せば 50Hz の交流電流となります。

図 61-1 電流と磁場



電流が流れると、その周囲には「右ねじの法則」に従って、電流が流れる方向を取り巻くように磁場ができます。電流に近いほど強い磁場になります。

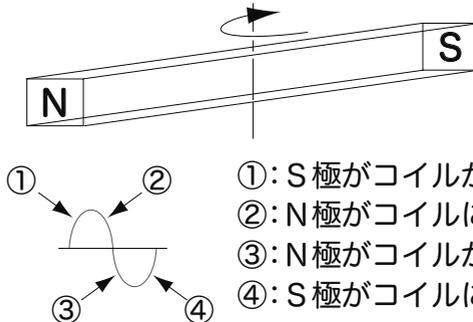
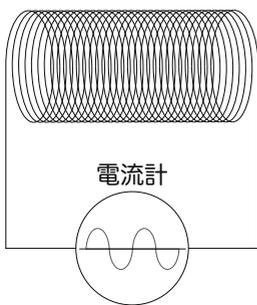
図 61-2 電磁石と磁場



同じ向きに巻いた電線などに電流を流すと、電線の一本一本から生ずる磁場は同じ向きに揃って磁場を作り、あたかも棒磁石のような磁力線の分布になります。

図 61-3 磁場の変化と電流

下図のような装置で、棒磁石を回転させるとコイルには交流の電流が流れます。この状態は、磁石の回転によって磁場が変化し、この変化をコイルが捕らえていることによります。この磁場の変化が電磁波（電波）で、磁場が1秒間に何回変化するかを表したのが周波数 (Hz) です。



- ①: S極がコイルから離れる
- ②: N極がコイルに近づく
- ③: N極がコイルから離れる
- ④: S極がコイルに近づく

MRI 信号は体内に非常に多く存在する水や脂肪の水素原子核からの信号ですので、まず水素原子の構造について述べます。

## 水素原子の構造

水素原子の原子核は1個の陽子で、陽子の周囲を1個の電子が公転しています。この陽子および電子は自転しており、各々小さな磁石になっています(図62-1)。水素原子の直径は $25 \times 10^{-12} \text{m}$ で、陽子の直径の25,000倍です。水素原子核をピンポン玉(直径4cm)にたとえるなら、鉛筆の芯の先ほどしかない非常に小さな電子が500mも離れたところを回っていることになるのです。

## こま(独楽)の歳差運動と水素原子核の歳差運動

こまがまっすぐ立っているときは、ただ回転しているように見えますが、こまの軸が倒れてくると徐々に軸の先端が円を描き始めます。この動き(図62-2a)は歳差運動(ゴマ搦り運動、首振り運動)と呼ばれています。水素原子核の磁場内での振る舞いは、このこまの動きにそっくりなのです。すなわち、水素原子核は自転をしながら歳差運動をしているのです。しかし、水素原子核では、自転の速度や軸の傾きの角度は変化しませんが、歳差運動の速度は周囲の磁場が強ければ強いほど速く回ります。さらに、こまが自由に回れる状態で天井から吊るして $180^\circ$ 回転させた状態も一緒に考えてみると(図62-2a)重力は同じ向きですが、こまの回転は逆向きになり、歳差運動も逆向きですが、速度は同じです。元のこまは摩擦で失速すると倒れてしまうので不安定の安定状態ですが、天井から吊るしたこまは摩擦で失速するとまっすぐに立ってくるので安定の安定状態です。この様相は、磁場内で自転しながら歳差運動をしている水素原子核の回転の仕方や安定・不安定の様子(図62-2b)とそっくりなのです。

図 62-1 水素原子の構造

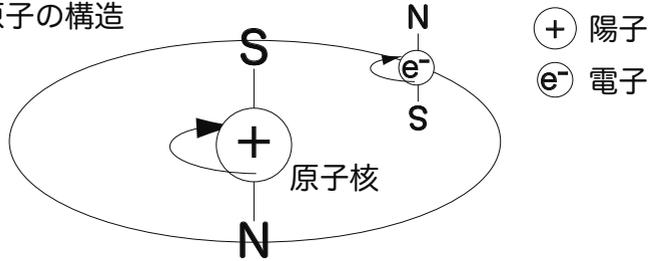
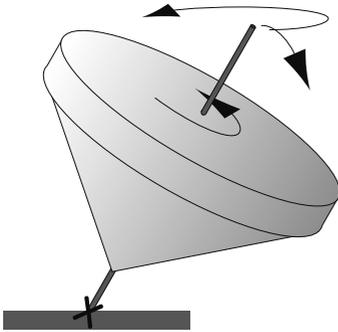
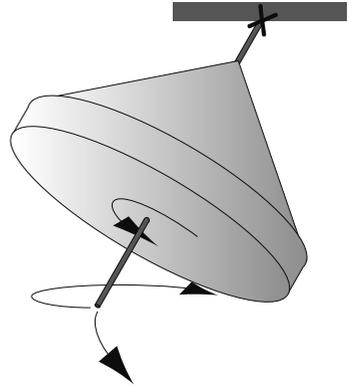


図 62-2 こま（独楽）の歳差運動と水素原子核の歳差運動

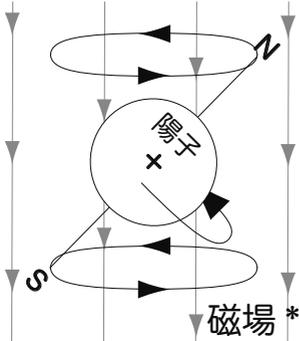
a. こまの歳差運動

元のこま（不安定の安定状態）

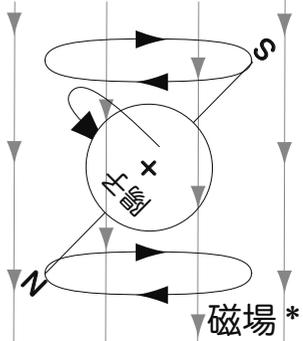
天井から吊るしたこま  
（安定の安定状態）

b. 水素原子核の歳差運動

励起状態（不安定の安定）



基底状態（安定の安定）



\* 磁場の向きを重力の向きと一致させるため、磁場が他図と逆になっています。