

プロトン磁力計のしくみ

物理探査ハンドブック（物理探査学会編（1998）、第9章3節（牧野雅彦）より）

- プロトン磁力計は水素原子核の核磁気共鳴現象を利用したもので、磁場の方向にかかわらず、磁場の強さだけを測定する。

現在、その取り扱いの簡便さから、磁気探査ではこのプロトン磁力計が広く用いられる。

ただし、センサー位置の磁気傾度が高いと計測不能になるため、磁化物体の近傍や例えばボーリング孔内においては使用が困難である。

○ 原理

- 原子核の多くはスピン磁気モーメントを持ち、磁場方向を軸として歳差運動をする。

Packard and Varian(1954)は、この原理を水素原子核（プロトン）に応用してプロトン磁力計を開発した。

プロトン（陽子）の磁場中での歳差運動の角速度を考える。磁束密度 B の磁場の中にスピン磁気モーメント m を置くと、 mB に等しいトルクがそれに働く。

プロトンの角運動量を L とすれば、釣り合いの条件より歳差運動の角速度 ω_p は $\omega_p = (m/L)B$ で与えられる。

$\gamma_p = (m/L)$ は、プロトンの磁気回転比（gyromagnetic ratio）と呼ばれる物理定数であり、現在使用されている数値は、 $0.26751927 \times 10^9 \text{s}^{-1}\text{T}^{-1}$ である。

これを歳差運動の周波数 $(\omega_p/2\pi)$ のHz単位の値 f で書きなおすと、 $B = 23.486851f(\text{nT})$ となる。

周波数 f が2kHzであれば全磁力は約47,000nTとなる。

○ 装置

- ケロシンのような水素原子核を豊富に含む液体の入った容器の周りにコイルを巻く。(a)

- 電流を流して地球磁場の100倍程度の磁場を発生させ、プロトンのスピンの軸を一列にそろえる。(b)(c)
- 電流を切ると、プロトンが自然に地球磁場を軸とした歳差運動を始める。

この歳差運動の大きさが地球磁場に比例することによって地球磁場強度を測定する。(d)

- 具体的には検知コイルに誘導される電圧信号の周波数を水晶発振器等による基準周波数を用いて測定する。

得られた周波数 f から全磁力値は $B=23.486851f(\text{nT})$ を用いて計算される。

