

センサー吊り方式の dIdD 磁力計

地磁気のベクトル成分の観測は、オーバーハウザー磁力計、フラックスゲート磁力計、セオドライト等の機器を組み合わせで行っています。最近、GEMは単独で高精度の地磁気ベクトル成分を観測するための dIdD 磁力計システムを開発し、実用化しました。



現在、改良を進め、上の写真のような検出器の吊り下げ方式化により、検出器の垂直軸・水平面が地球の水平面、垂直軸に沿うよう自己補正するセンサー・システムを開発しました。これによって dIdD 磁力計の精度は著しく高性能になりました。

吊り方式の dIdD センサーは、直径 250 mm の球状で、オーバーハウザー磁力計の検出器と、2 個の互いに直交したバイアス・コイルより構成されています。

地磁気のベクトル観測の簡素化

センサー吊り方式の dIdD 磁力計は、水素原子核の才差運動を検出し、その運動の周波数信号を検出測定することを基本にしているため、温度係数が極めて小さいフラックスゲート磁力計のように温度ドリフトを抑えるための断熱構造のセンサー室を必要としません。

そのため、観測所において地磁気観測装置の設置を簡素化することができます。

加えて、新システムは動作中の観測システムのデータ補正作業を最小限にして、

その結果、データ解析や分析の作業のための労力を減らすことができます。

センサー吊り方式の dIdD 磁力計は次のような特徴を持っています。

温度係数は $0.1\text{nT} / \text{ }^\circ\text{C}$ 以下で温度ドリフトが小さい。(フラックスゲート磁力計では $0.5\text{nT} / \text{ }^\circ\text{C}$)

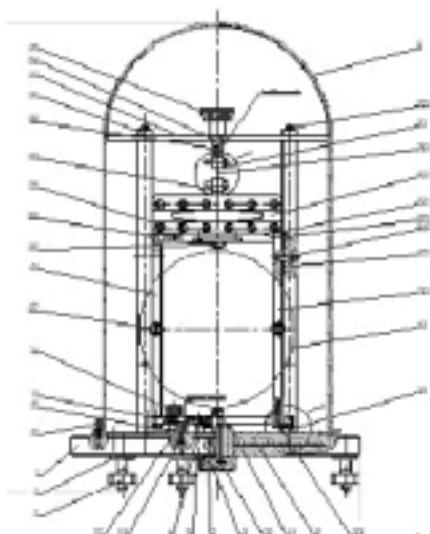
吊り方式センサーのため水平レベルの調整が簡単です。

レベル調整が簡単なため移動観測にも使用できます。

長期間連続動作によるドリフトは $2\text{nT} / \text{年}$ 以下であり優れています。データの補正・解析・分析の作業が軽減されます。

センサーの吊り機構

新型 dIdD 磁力計のセンサーは、2 個のリン青銅で作られたスプリングを使って吊り下げられています。2 個のスプリングは、安定度を高めるため、互に直交するように調整され取り付けられています。



システムの基礎部分の部品や、吊り下げ機構の部品が傾いたとしても、2 個のスプリングが、コイル軸の角度が変動しないよう保ちます。また、センサー・システムが据えられている台座や基礎が傾いても同様のことがいえます。

従って、測定する地磁気の水平面とコイル軸の角度・位置の関係が変化しないので、精密な地磁気ベクトル成分の測定を保証しています。

センサーコイルの構造

設計で特に考慮したことは、オーバーハウザーの検出器の開発でした。それは、コイルを取り囲む磁界をより正確にピックアップできるようにする事でした。下の写真は吊り下げられたセンサー・システムの中心位置にある球形の外部容器を開いた状態を示しています。



外部容器はベージュ色のプラスチック製で、上部のプレートは、センサーが動かないように支えています。

より小さいサイズのセンサーは、機械的にも強度を増しています。（例えば、従来大きい円筒型のセンサーよりも耐久性がある）従って、より容易に持ち運ぶことが可能になっています。

吊り下げの機構をロックすることにより、最小限の人員体制で安全に持ち運ぶことができます。

オーバーハウザー磁力計の動作原理

GEM のオーバーハウザー磁力計の心臓部は、吊り下げ型の dIdD センサー・システムにあります。

通常のプロトン磁力計は、水素原子を含んだ液が収められているセンサー容器の外側に巻いたコイルに電流を流し、100 ガウス以上の分極磁場を作ります。これは液体中で高い熱平衡状態におかれていた水素原子核（プロトン）を分極させます。

電流を切り、分極磁場を取り去ると、分極化された水素原子核は、地球磁場において才差運動を始めます。そして、才差運動は急激に衰えながら安定したもとの自然状態に戻ります。この過程で発生した才差運動の信号を検出し測定します。下の写真は、オシロスコープで才差信号を観測しているところです。



オーバーハウザー磁力計はより効率良く才差運動を検出できます。それは、フリーラジカル分子を含んで多くの負対電子と水素原子核を持っている液体を使う方法です。

フリーラジカルの液体に、RF 周波数の磁場をかけると負対電子が刺激され、一定のエネルギー準位に遷移します。

放射線はこのエネルギーを放出してしましますが、負対電子はエネルギー放出をしない代わりに、液体の中の水素原子核にそのエネルギーを伝えます。

その結果、水素原子核の分極化が起こり、より強い才差運動が起こります。この才差運動の信号を検出し測定します。

オーバーハウザー磁力計、従来のプロトン磁力計のどちらの磁力計も水素原子核の才差運動を検出し磁気測定をするという点では同じ原理です。水素原子核の才差運動の周波数と磁束密度との間には、高い精度の直線的比例関係が成り立っています。

本磁力計の信号の品質度は才差周波数信号の振幅の大きさと、その減衰の特性から計算されています。

センサー吊り方式 dIdD 磁力計の動作
dIdD 磁力計は、地球磁場の伏角・偏角・全磁力等の地磁気ベクトル成分を連続的にモニタリングすることを可能にしたベクトル磁力計です

GEM の dIdD は相互に直交したバイアス・コイルを持っており、バイアス無しの測定を一度、バイアスした測定を4回行います。互に直交性を調整されているバイアス・コイルの、一方のコイル軸が地球磁場の水平面に、他方のコイル軸が地磁気の垂直の子午線面に沿うよう向きを調整します。そうすると、両方のコイルの軸が、地球磁場の全磁力成分 F のベクトル方向に対し直角になります。

最初に、全磁力 (F) のベクトルに垂直な Inclination (I) コイルに順方向、続いて、逆方向に等しくバイアス電流を流し、偏

向磁場を作ります。この偏向磁場は地球磁場の子午線面に沿っています。その結果として生じたバイアスされた全磁力 (I_p , I_m) をオーバーハウザー磁力計によって測定します。



次に、バイアス・コイルに電流を流さないで真の全磁力 (F) を測定します。

そしてその次に、全磁力 (F) のベクトルに直角の Declination (D) コイルに順方向、続いて、逆方向に等しくバイアス電流を流し、偏向磁場を作ります。この偏向磁場は地球磁場の水平面に沿っています。その結果として生じたバイアスされた全磁力 (D_p , D_m) をオーバーハウザー磁力計によって測定します。

測定結果で得られた I_p, I_m, F, D_p, D_m は即座に2個のバイアス・コイルの軸方向と地球磁場の全磁力ベクトル方向間の角度差を簡単な計算で求めます。それら角度の差は dI と dD であり地磁気の伏角、

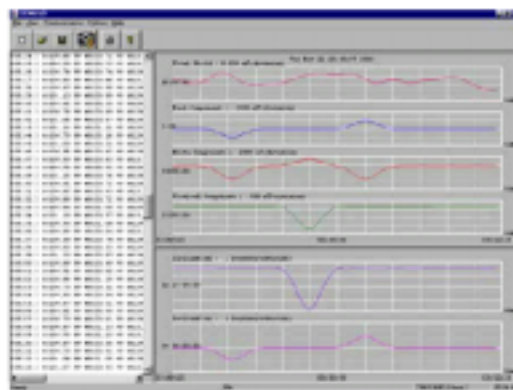
偏角の変化分の絶対値です。

dI と dD にベースライン値 (I_b, D_b) を加えた値 (I, D) は地磁気の伏角、偏角の絶対値となります。(ベースライン値はあらかじめ DI メータ等の機器により観測された値を使います。) その結果地磁気の各成分 F, H, Z, D, I, X, Y 等が瞬時に観測できます

データ収録・表示ソフト

GEM の吊り方式 dI, dD ベクトル磁力計にはデータの表示・収録のためのソフトウェアが付属しています。

測定時刻データ、及び、地磁気測定データを数字表示します。これは、基本的システム機能をモニタリングするのに役立ちます。また、地磁気的全磁力成分、東西方向成分、南北方向成分、垂直成分、伏角成分、偏角成分の順にデータをプロットしたグラフ表示します。



グラフのフルスケールは、それぞれのデータがプロット・エリアに正しく表示されるように自動的に調整されます。

測定時刻データ、測定生データ、計算結果データを自動的にファイルに記録します。