

MO-P 型核磁気儀による 水平、垂直成分観測とその補償磁場

櫻 岡 勉

概 要

MO-P 型核磁気儀は標準磁気儀 (A-56) にかわり副準器として絶対観測に常用することを目的として設置されたものである。この磁気儀の仕様は全磁力 F 、水平分力 H および鉛直分力 Z を精度 0.3γ もしくはそれ以上で観測できるようになっている。

この磁気儀全体については、いずれ報告される予定であるが、ここでは観測に常用するために加えた二、三の改善、主として補償電源について述べる。

H および Z 成分の観測の場合には、ヘルムホルツコイルによってほかの一方の成分をベクトル的に打消すが、このときの補償磁場の安定度が観測精度を決定する一つの重要な要素になる。最初に設計製作された補償電源による場合には、1 時的に補償コイル電流を切ったとき、あるいは電流値を 2 分の 1 など切换到るとその後の変動が大きくなり、連続観測にはこの大きな変動が直接的に、あるいは観測時間を長くすることから間接的に誤差の原因となり、期待の観測精度を得るには困難である。

その後、Dummy load および補償抵抗を入れることによって、大きな電流変動の起らない安定した補償電源を得ることができた。観測精度に影響を与えないためには、補償磁場を 40γ 以下の変動におさえればよい。これに対して、電流の安定度は 1 時間で 1×10^{-3} mA (補償磁場 7γ に相当する) 以下であり、短時間の場合 3×10^{-3} mA (2γ) 以下となった。

この補償電源を使用して観測した 1965 年 10 月の結果では、 $|F - \sqrt{H^2 + Z^2}|$ の最大は 0.4γ 、平均で 0.1γ である。

1. は し が き

標準磁気儀 (A-56) にかわり副準器として、地磁気絶対観測に常用することを目的として設置された MO-P 型核磁気儀は、検出コイルおよび補償コイル (水平および垂直ヘルムホルツコイル) をそなえた磁気儀部と、出力信号の周波数を測定する計測部とから構成された “Proton precession magnetometer” である。各部はそれぞれ標準観測室、プロトン室に設置してあり、全磁力 F 、水平分力 H および鉛直分力 Z を観測する装置で、その観測精度は 0.3γ 以内に設計されている。

この装置では、全磁力 F の観測精度は主として周波数の測定精度だけが問題となる。水平分力 H および鉛直分力 Z の成分観測の場合には、周波数の測定精度はもちろん、それとともに磁気儀の器械的な精度および補償磁場の安定度が重要な要素となる。

これに関する総合的な報告は別の機会になされる予定であるが、ここではとくに補償磁場、すなわち補償電源の成分観測における観測精度への影響についてのみ述べてみたい。

最初に設計製作された補償電源では、定常電流の場合の安定度は1時間で最大 1×10^{-2} mA の変動、補償磁場の大きさに換算して約 7γ の変動であり、短時間の変化は 3×10^{-3} mA、約 2γ である。実際の観測精度に影響を与えないためには補償磁場の変動を 40γ 以下におさえればよい。これに対して安定度はよいが、実際の観測において、コイル電流を切ったり、電流値を大きく急激に切換えたりするため、そのときの電流変動が大きくなり、期待の観測精度が得られなかった。

その後、電流調整器に補償抵抗および Dummy load を入れて、これらの大きな変動を取り除くことができた。その結果、定常電流についての安定度は前と同じであるが、切換えなどによる変動はきわめて小さくなり、このために、 H および Z 成分に対する補償磁場 H' 、 Z' は F との比較から、 $|H-H'|$ 、 $|Z-Z'|$ をそれぞれ 5γ 程度で容易に調整でき、コイル反転による H' 、 Z' の差はそれぞれ 15γ および 5γ 以内になっている。

1965年10月の観測結果から F の実測値と、成分観測からの計算値 $F' = \sqrt{H^2 + Z^2}$ を比較したところ、 $|F-F'|$ の最大値は 0.4γ 、平均で 0.1γ である。また、このときの H および Z 成分の観測について、各観測値に対する変化計記録の基線値から求めた観測誤差はいずれも 0.2γ 以下である。

2. 観測装置

MO-P型核磁気儀は大きく分けて、磁気儀部と計測部の二つの部分から構成されている。磁気儀部は成分観測に必要な部分で、 H 成分補償コイル(直径600mmの垂直なヘルムホルツコイル、以下 H -コイルという)と Z 成分補償コイル(直径700mmの水平なヘルムホルツコイル、以下 Z -コイルという)があり、この両補償コイルの中心には蒸留水を試料

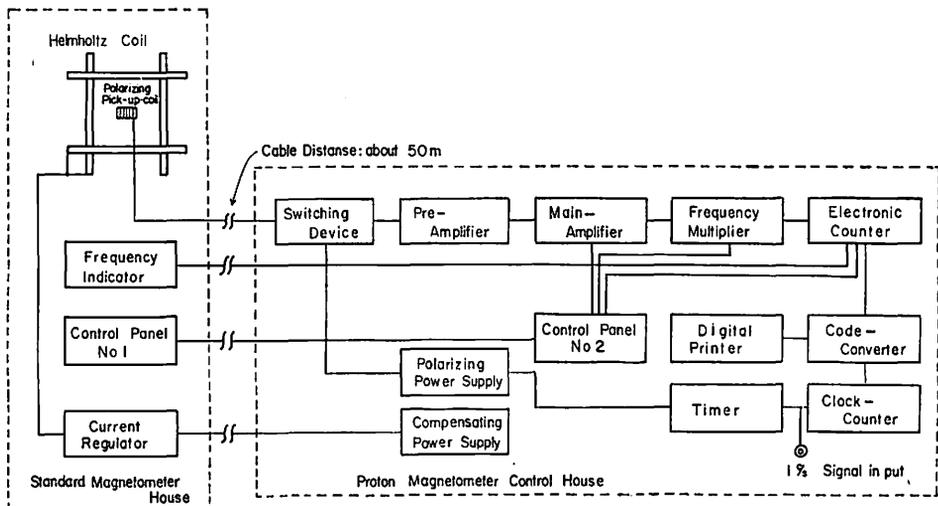


Fig. 1. Block diagram of Vector proton magnetometer, MO-P.

とした励磁検出併用コイルが取り付けられていて、これら全体は水平面内で回転できる。

計測部は、第1図に示すように低周波増幅器、周波数通倍器(2025 通倍)、周波数カウンターからなる精密周波数測定装置である。

この主装置のほかに、計測部を更正、チェックするための更正装置、測定周波数とその成分、時刻を記録する記録装置、時計部および補償電源部がある。

磁気儀部は標準観測室内の観測台上に設置してあり、同室内にて観測できるよう、制御器、カウンター表示器および補償電源電流調整器を、観測上影響のない位置に配置してある。そのほかの装置はすべてプロトン室(標準観測室から東へ約 50 m)に設置してある。制御器およびカウンター表示器は並列に接続してあり、両室内において制御できると同時に観測値をつねに監視することができる。

1回の観測は10秒間で終了するよう時間設定してあり、自動観測にセットした場合は、10秒1回の観測を繰返し連続記録することができる。

3. 観測方法

全磁力 F を観測する場合は、検出コイルを地球磁場に大体直角において簡単に観測できるが、 H 成分、 Z 成分の場合は、それぞれ他の一方の成分を人工磁場によってベクトル的に打消さなければならない。 H 成分を消去する場合は、はじめに磁気子午線の方向を決定しておかなければならない。

3.1 H 成分観測

補償コイルの位置はとくに関係しないから、観測上最も都合のよい位置(検出コイルが H 成分に直角の位置になるよう)にセットし、 Z コイルに Z 成分を打消す向きに適当な電流を流せば、自然磁場 \vec{F} と人工磁場の合成磁場 \vec{F}_z を得る。つぎに F と F_z の観測値を比較しながらこれが $F \equiv F_z$ なるように、 Z コイル電流を調整すれば、 $2Z \equiv 2Z'$ (第2図(a))となり、この時の Z コイル電流を $1/2$ にすれば $Z' \equiv Z$ 、すなわち、 Z 成分はベクトル的に打消され H 成分だけが残る(第2図(b))。

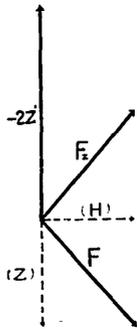


Fig. 2 (a) Vector diagram of the compensating field $F_z = F$.

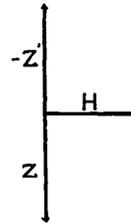


Fig. 2 (b) Vector diagram of the compensating field $Z' = Z$ for H component observation.

3.2 Z 成分観測

H 成分を打消すためには、 H コイル軸を磁気子午線方向に一致させなければならないから、最初に磁気子午線方向を決定する。

H コイル軸をコンパスなどで大体磁気子午線方向に対して直角におき、 H コイルに一定の電流 (MO-P 型核磁気儀の場合周波数測定上人工磁場の大きさが H に近い値になる電流値とする) を流せば、自然磁場 \vec{F} と人工磁場 \vec{H}' の合成磁場 \vec{D}_+ を得る。つぎに電流値をかえずに電流の方向のみ反転すれば、 \vec{F} と $-\vec{H}'$ の合成磁場 \vec{D}_- を得る。両者の観測値を比較しながら $D_+ \cong D_-$ なるように、 H コイルの位置を調整すれば、そのときの H コイル軸の方向は磁気子午線方向と直角となり (第 3 図), H コイルをその位置から $\pm 90^\circ$ の位置にセットすれば磁気子午線方向に一致する。

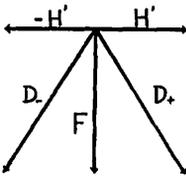


Fig. 3. Vector diagram of the resultant field $D_+ = D_-$, that is at the determined time of magnetic meridian.

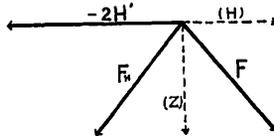


Fig. 4 (a) Vector diagram of the compensating field $F_H = F$.

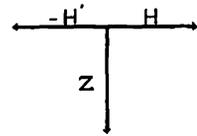


Fig. 4 (b) Vector diagram of the compensating field $H' = H$ for Z component observation.

H コイルの位置が決定すれば、 Z 成分を打消す場合と同様に、 F と F_H の観測値を比較しながらコイル電流を調整して $F \cong F_H$ にすれば、 $2H' \cong 2H$ (第 4 図 (a)) となりこのときの電流値を $1/2$ にすれば、 $H' \cong H$, すなわち、 H 成分はベクトル的に打消され Z 成分だけが残る (第 4 図 (b))。

以上観測方法について簡単に述べたが、絶対観測の場合、観測精度を上げるために、各成分共補償コイルの位置を 180° 反転して同じ観測を繰返し、両者の平均値をとることは、他の磁気儀による観測の場合と同様である。

4. 観 測 精 度

成分観測の場合は、標準磁気儀などと同様、磁気儀の器械的な精度、ヘルムホルツコイルの幾何学な精度、補償磁場の安定度および周波数の測定精度の総合されたものが観測精度として表わされる。

ここではとくに、補償磁場の安定度が成分観測におよぼす観測誤差について、理論的に考察してみる。

4.1 Z 成分観測

第 5 図に示すような磁気儀の状態を考える。 u, v はそれぞれ磁気儀の $S-N$ 方向、 $E-$

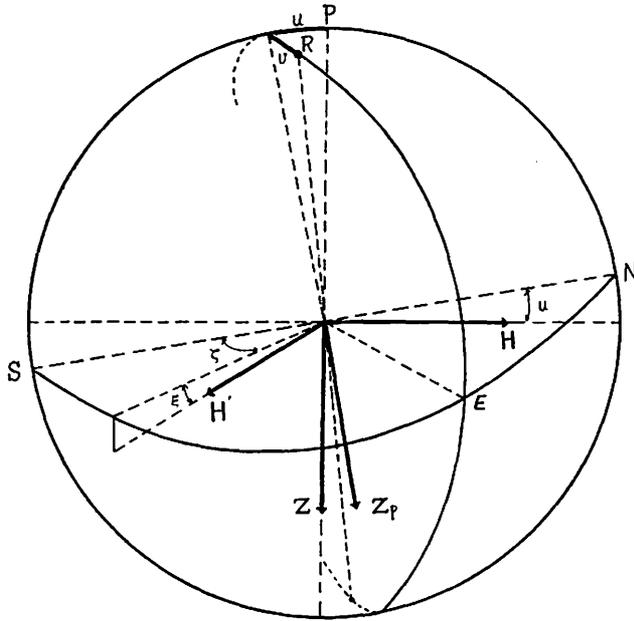


Fig. 5. Case of Z-component observation.

W 方向の水平面からの傾き, ζ は H コイル軸の磁気子午線方向とのずれ, ξ は H コイルによる補償磁場 \vec{H}' のコイル軸からのずれとすれば, \vec{H} , \vec{Z} , \vec{H}' の合成磁場 \vec{Z}_p は, 二次項まで考えると,

$$Z_p = Z + H'u + H'\xi + \frac{(H-H')^2}{2Z} + H'\zeta v + \frac{H'^2 \zeta^2}{2Z} + \frac{H'^2 (u+\xi)^2}{2Z} \quad (1)$$

したがって Z_p の観測誤差は,

$$Z_p - Z = H'u + H'\xi + \frac{(H-H')^2}{2Z} + H'\zeta v + \frac{H'^2 \zeta^2}{2Z} + \frac{H'^2 (u+\xi)^2}{2Z} \quad (2)$$

さらに, 観測誤差を小さくするため, H コイルの位置を 180° 反転して同じ観測を行い, その平均値をとれば,

$$Z_{p1} - Z_1 = H_1' u_1 + H_1' \xi_1 + \frac{(H_1 - H_1')^2}{2Z_1} + H_1' \zeta_1 v_1 + \frac{H_1'^2 \zeta_1^2}{2Z_1} + \frac{H_1'^2 (u_1 + \xi_1)^2}{2Z_1} \quad (3)$$

$$Z_{p2} - Z_2 = H_2' u_2 - H_2' \xi_2 + \frac{(H_2 - H_2')^2}{2Z_2} + H_2' \zeta_2 v_2 + \frac{H_2'^2 \zeta_2^2}{2Z_2} + \frac{H_2'^2 (u_2 - \xi_2)^2}{2Z_2} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} \{ (Z_{p1} + Z_{p2}) - (Z_1 + Z_2) \} &= \frac{1}{2} (H_1' u_1 + H_2' u_2) + \frac{1}{2} (H_1' \xi_1 - H_2' \xi_2) \\ &+ \frac{1}{4} \left\{ \frac{(H_1 - H_1')^2}{Z_1} + \frac{(H_2 - H_2')^2}{Z_2} \right\} + \frac{1}{2} (H_1' \zeta_1 v_1 + H_2' \zeta_2 v_2) \end{aligned}$$

$$+ \frac{1}{4} \left\{ \frac{H_1'^2 \zeta_1^2}{Z_1} + \frac{H_2'^2 \zeta_2^2}{Z_2} \right\} + \frac{1}{4} \left\{ \frac{H_1'^2 (u_1 + \xi_1)^2}{Z_1} + \frac{H_2'^2 (u_2 - \xi_2)^2}{Z_2} \right\} \quad (5)$$

補償磁場のおよぼす観測誤差は、 H コイルを反転しない場合は (2) 式の第 3 項 $(H-H')^2/2Z$ による誤差だけであるが、平均値をとった場合は、(5) 式第 2 項の $1/2(H_1'-H_2')\xi$ ($1/2H'\Delta\xi$ による誤差はここでは考えないから) による誤差を考えなければならぬ。観測は磁氣的に静穏な時間を選んで短時間で行えば自然磁場の変化は小さいから、(5) 式の第 2 項および第 3 項による最大誤差は次の項を考えればよい。

$$\frac{1}{2} |\Delta H'| \xi + \frac{|H-H'|^2}{2Z}$$

柿岡における Z の値を約 $(3.5 \times 10^4) \gamma$ とし、 ξ は、大きく見積って $3'$ の場合、 $|\Delta H'|$ 、 $|H-H'|$ による誤差を計算してみると Table 1 に示す値になる。

Table 1. Error of Z-component affected by compensating field.

$ \Delta H' , H-H' $	100γ	80γ	60γ	50γ	40γ	30γ	20γ	10γ
$\frac{1}{2} \Delta H' \xi$	0.04γ	0.03γ	0.03γ	0.02γ	0.02γ	0.01γ	0.01γ	0.00γ
$\frac{ H-H' ^2}{2Z}$	0.14	0.09	0.05	0.04	0.02	0.02	0.01	0.00
max. error	0.18	0.11	0.08	0.06	0.04	0.03	0.02	0.00

したがって補償磁場による観測誤差を無視し得るためには 40γ 以下の安定度で、コイル反転による差を 40γ 以下にしなければならぬ。

4.2 H 成分観測

Z 成分の場合と同様、第 6 図から \vec{Z} , \vec{Z}' , \vec{H} の合成磁場 \vec{H}_p は、

$$H_p = H - Z'u + Z'\eta \cos \tau + \frac{(Z-Z')^2}{2H} + \frac{Z'^2(\eta \sin \tau + v)^2}{2H} + \frac{Z'^2(\eta \cos \tau - u)^2}{2H} \quad (6)$$

H_p の観測誤差は、

$$H_p - H = -Z'u + Z'\eta \cos \tau + \frac{(Z-Z')^2}{2H} + \frac{Z'^2(\eta \sin \tau + v)^2}{2H} + \frac{Z'^2(\eta \cos \tau - u)^2}{2H} \quad (7)$$

Z コイルを垂直軸のまわりに 180° の位置に反転して観測し、その平均値をとれば、

$$H_{p1} - H_1 = -Z_1' + Z_1' \eta_1 \cos \tau_1 + \frac{(Z_1 - Z_1')^2}{2H_1} + \frac{Z_1'^2(\eta_1 \sin \tau_1 + v_1)^2}{2H_1} + \frac{Z_1'^2(\eta_1 \cos \tau_1 - u_1)^2}{2H_1} \quad (8)$$

$$H_{p2} - H_2 = -Z_2'u - Z_2'\eta_2 \cos \tau_2 + \frac{(Z_2 - Z_2')^2}{2H_2}$$

$$+ \frac{Z_1'^2(-\eta_2 \sin \tau_2 + v_2)^2}{2H_2} + \frac{Z_2'^2(-\eta_2 \cos \tau_2 - u_2)^2}{2H_2} \tag{9}$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}\{(H_{p1} + H_{p2}) - (H_1 + H_2)\} &= -\frac{1}{2}(Z_1'u_1 + Z_2'u_2) + \frac{1}{2}(Z_1'\eta_1 \cos \tau_1 - Z_2'\eta_2 \cos \tau_2) \\ &+ \frac{1}{4}\left\{\frac{(Z_1 - Z_1')^2}{H_1} + \frac{(Z_2 - Z_2')^2}{H_2}\right\} + \frac{1}{4}\left\{\frac{Z_1'^2(\eta_1 \sin \tau_1 + v_1)^2}{H_1} + \frac{Z_2'^2(-\eta_2 \sin \tau_2 + v_2)^2}{H_2}\right\} \\ &+ \frac{1}{4}\left\{\frac{Z_1'^2(\eta_1 \cos \tau_1 - u_1)^2}{H_1} + \frac{Z_2'^2(-\eta_2 \cos \tau_2 - u_2)^2}{H_2}\right\} \end{aligned} \tag{10}$$

Z 成分の場合と同様，補償磁場による観測誤差は (10) 式第 2 項 $1/2(Z_1' - Z_2')\eta \cos \tau$ および第 3 項 $(Z - Z')^2/2H$ によって表わされ，その最大誤差は次の項を考えればよい。

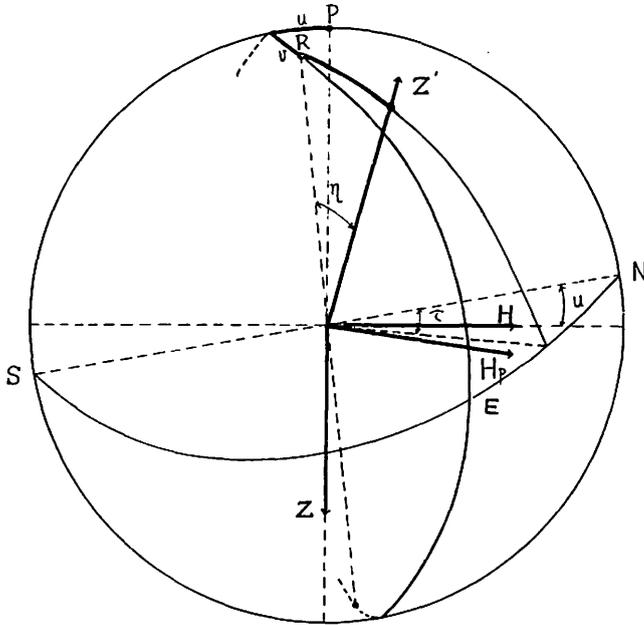


Fig. 6. Case of H-component observation.

Table 2. Error of H-component affected by compensating field.

$ AZ' , Z - Z' $	100 ^r	80 ^r	60 ^r	50 ^r	40 ^r	30 ^r	20 ^r	10 ^r
$\frac{1}{2} AZ' \eta \cos \tau$	0.04 ^r	0.03 ^r	0.03 ^r	0.02 ^r	0.02 ^r	0.01 ^r	0.01 ^r	0.00 ^r
$\frac{ Z - Z' ^2}{2H}$	0.17	0.11	0.06	0.04	0.03	0.02	0.01	0.00
max. error	0.21	0.14	0.09	0.06	0.05	0.03	0.02	0.00

$$\frac{1}{2} |AZ'| \eta \cos \tau + \frac{|Z-Z'|^2}{2H}$$

柿岡における H の値を約 $(3.0 \times 10^4) \gamma$ とし, $\eta, \cos \tau$ は大きく見積って, $\eta=3', \cos \tau=1$ とすれば, $|AZ'|, |Z-Z'|$ による誤差は Table 2 に示す値になる。

したがって, Z 成分観測の場合と同様 $|AZ'|, |Z-Z'|$ を 40γ 以下にすれば, 補償磁場による観測誤差は無視することができる。

5. 補 償 電 源

成分観測においては, 補償磁場の安定度が観測精度を左右する重要な要素であることは前述したが, ここでは, MO-P 型核磁気儀の成分観測に使用している補償電源の安定度について, 二, 三の実験結果から述べる。

第 7 図は AC 100 V を電源としたその補償電源部 (定電圧安定回路) および電流調整器

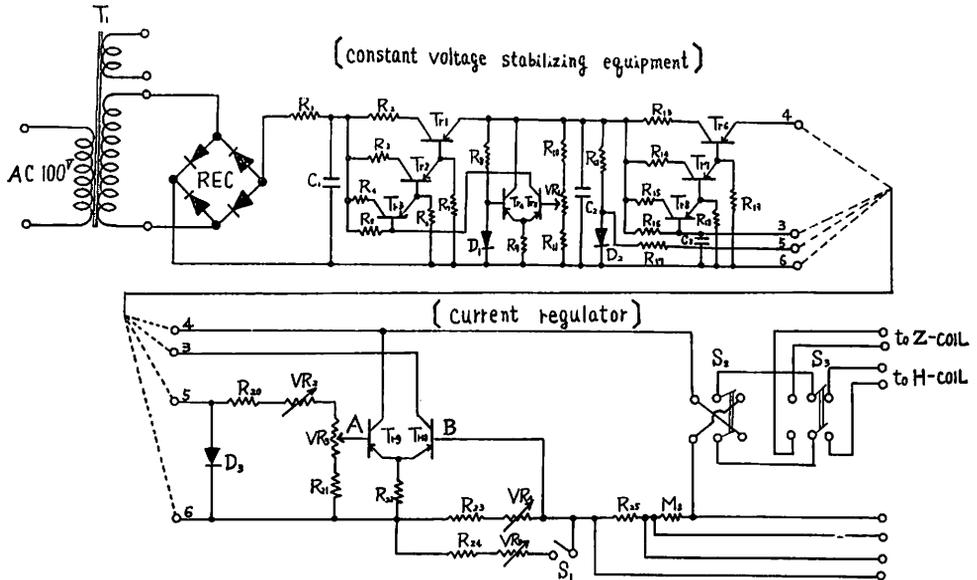


Fig. 7. Circuit diagram of the power supply of compensating field (old device).

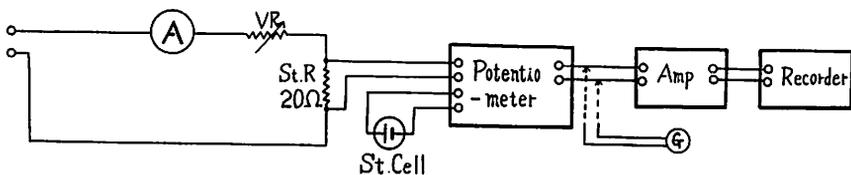


Fig. 8. Experimental measurement of the stability of coil current.

の最初に設計製作されたものの回路図である。この回路は定電圧ダイオードを基準電圧としたトランジスタ回路で、電流の安定度は、基準電圧の安定度で制限されるが、一般に定電圧ダイオードの電圧安定度は 10^{-4} まで信頼し得る精度といわれている。第 8 図に示すように、標準電池、標準抵抗により、高抵抗型電位差計（測定精度 5×10^{-6} V）を使って、補償電源の安定度試験を行った。

使用電流値は、 H コイルに対して $I_H=86$ mA, $1/2I_H=43$ mA, Z コイルに対して $I_Z=98$ mA, $1/2I_Z=49$ mA であり、 20Ω の標準抵抗に対してそれぞれ、 1.72 V, 0.86 V, 1.96 V, 0.98 V の電圧降下を生じる。この場合、安定度は電流の大きさ（或いは電圧の大きさ）には関係しないから、 $1/2I_H$ の場合について試験した結果を述べる。

定常電流の場合、電源を入れた直後の大きな変動は考えないとして、安定後 30 分では約 0.2 mV/10 min のような減衰が残るが、その後の変動は 1 時間で 0.2 mV 以内、短時間の変化は 0.05 mV 以内に安定する。この変動量は電流値および補償磁場の大きさに換算するとそれぞれ、 0.01 mA で 7γ , 0.003 mA で 2γ である。（コイル常数は約 700γ /mA

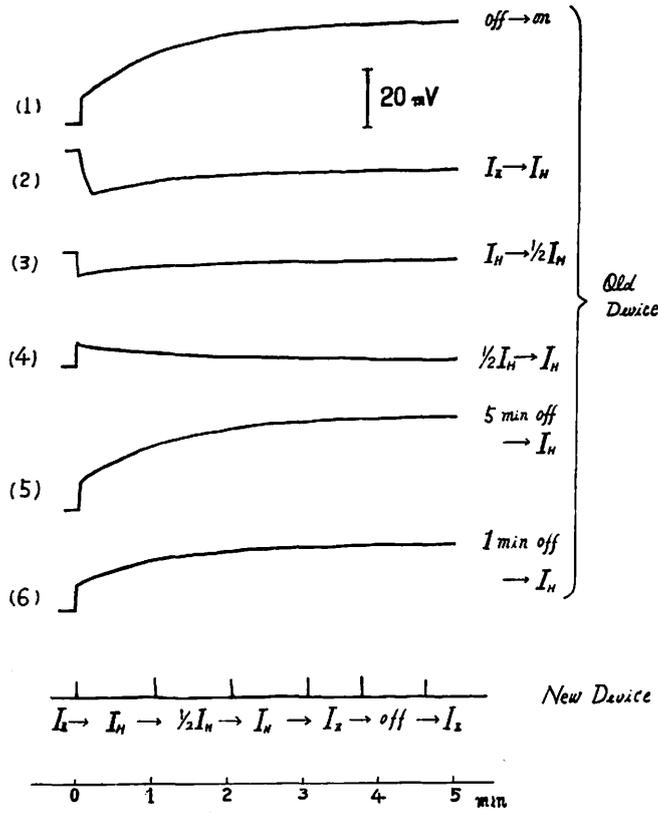


Fig. 9. Change of coil current expressed by potential difference between A and B, against standard voltage of about 5 volt.

である)

この測定結果は良い安定度を示している。これは定常電流の場合の結果で、実際の観測においては、前述したように、電流調整する場合、全磁力 F の値と比較して電流値を決めるため、 F を観測するときには、コイル電流を切らなければならない。また連続観測を行う場合 F 観測でも 1 時電流を切る必要があり、その他観測に応じて、 I_H , I_Z , $1/2I_H$, $1/2I_Z$ に電流値を切換えなければならない。

この変動を第 7 図の A, B 間の電位差測定から実験的に調べ、その結果を第 9 図に示した。電流を 5 分以上切ると、その変動量は最初に電源を入れた状態とほとんど同じになり、 $0.33 \text{ mA}/5 \text{ min}$ ($230 \gamma/5 \text{ min}$) で大きい値となる。1 分間断にして切った場合でも大きくなり $0.13 \text{ mA}/5 \text{ min}$ ($90 \gamma/5 \text{ min}$) ある。この大きな変動は、電流調整を困難にし、観測誤差に直接影響を与える。また電流値を切換えた場合には変動の向きは変るが、いずれの場合も同程度の変動量約 $0.04 \text{ mA}/5 \text{ min}$ ($30 \gamma/5 \text{ min}$) で、それほど大きな値にはならない。しかし最初の電流調整が困難であるため $|H-H'|$ および $|Z-Z'|$ の値が大きく、さらに F 観測のときにコイル電流を切るために変動がおこる。したがって、電流値切換えによる変動分は両者が加わる変動量であるから無視できない。これらの変動はいずれの場合も 5 分以上の安定時間を要し、補償磁場による観測誤差をさけるためには観測時間が長くなり、この回路による補償電源では、いずれの方法を取っても期待される観測精度は得られない。

第 10 図は観測のときの大きな電流変動を除くために、電流値の切換えに対して補償抵抗を入れ、電流を切ったときに対して Dummy load を入れた回路図である。また補償コイルの負荷抵抗 R_H , R_Z が等しくなるように r_0 で調整してある。

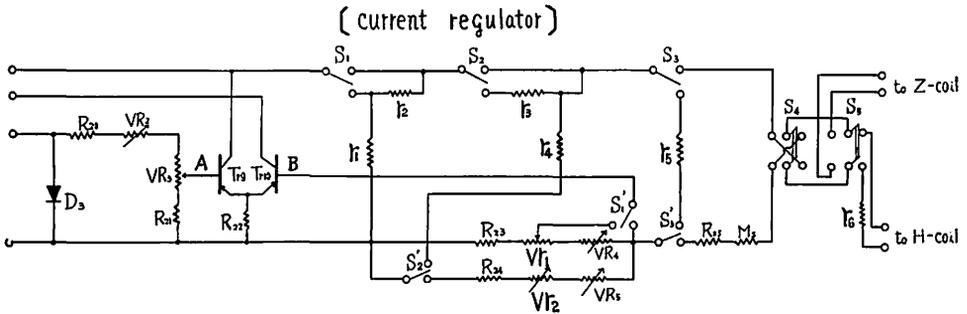


Fig. 10. Circuit diagram of the new device.

各補償抵抗は第 10 図の A, B 間の電位差の測定から実験的に最もよい状態に調整してある。その結果は第 9 図に示すように、いずれに切換えてもその変動は認められない。ただし、この場合は S_1 と S_1' , S_2 と S_2' および S_3 と S_3' は同時に切換えないと、遅れの時間だけ回路電流は切れてそのための変動が生ずることになる。

次に、この回路による補償電源の I_H の電流値の場合について、電流を少変化させその都度 $1/2I_H$ に切換え、あるいはその逆の切換を行った直後の値を前の測定と同様、高低抗型電位差計で測定した結果を次に示す。

電流調整ダイヤル目盛	I_H に対する電圧	$1/2I_H$ に対する電圧
380	1,6984 V	0.8492 V
385	7023	512
390	062	531
395	102	551
400	139	570
405	178	589
410	217	608
415	257	628
420	296	648

又切換えあるいは on-off により電流に変化のない様子は第 9 図最下段に示した通りである。この結果は定常電流の安定度以内であるから、この補償磁場の安定度は 1 時間で 7γ 、短時間では 2γ 以内である。実際に電流調整は容易であり、 $|H-H'|$ 、 $|Z-Z'|$ は 5γ 以内に十分調整できる。

したがって自然磁場の変化が小さいとき、最初に電流値を決めておけば 1 時間くらいの連続観測を行っても $|H-H'|$ 、 $|Z-Z'|$ およびコイル反転による H' 、 Z' の差は 40γ 以内に安定しており、補償磁場による観測誤差は 0.04γ 以下で無視することができる。

6. 観測結果

第 2 表に 1965 年 10 月の観測結果を示した。 H 成分の観測値は、コイル反転した場合の差が $2\sim 3\gamma$ で小さいがかなりの分散があるのに対し Z 成分の場合この差は 14γ で大きい安定した値である。

Table 3. Observational results during Oct. 1965.

Date	No. of Obs	H-component					Z-component					$ F - \sqrt{H^2 + Z^2} $	
		Base-line value	Diff. by coil E.W.	Max. diff.	Mean error	Single error	Base-line	Diff. by coil E.W.	Max. diff.	Mean error	Single error	Max. diff.	Mean diff.
1	10	30085.9	2.3	0.6	0.05	0.1	34743.5	14.2	0.6	0.05	0.1	0.3	0.1
9	10	85.2	2.8	0.3	3	.0	43.8	14.1	0.7	5	.1	0.3	0.1
12	10	85.2	2.3	0.7	5	.1	43.7	14.2	0.6	4	.1	0.3	0.2
15	9	84.3	3.1	0.4	3	.0	43.3	13.8	0.4	3	.0	0.3	0.2
19	10	84.4	2.8	0.3	3	.0	43.6	14.0	0.8	3	.1	0.4	0.1
22	10	84.2	2.7	0.6	5	.1	43.9	14.1	0.7	5	.1	0.4	0.2
26	10	84.1	2.3	0.7	5	.1	44.6	14.1	0.5	5	.1	0.3	0.2
29	10	83.6	2.6	0.6	3	.1	45.2	13.9	0.5	3	.1	0.2	0.1
Mean			2.6					14.1					0.1

各観測日の基線値は連続 10 回の絶対観測値から求めた平均値で、その差は変化計の温度係数などによるものである。

基線値計算には変化計記録の読取り誤差が含まれているが、参考までに基線値に対する観測誤差を求めた結果は、平均値に対しては 0.1γ 以下の値であり、1 回の観測に対して 0.2γ 以下の値となり、非常に良い結果を示している。

また F の実測値と、 H 、 Z の実測値に変化計記録から自然変化分を補正して求めた計算値 $F' = \sqrt{H'^2 + Z'^2}$ を比較した値 $|F - F'|$ の最大は 0.4γ 、平均で 0.1γ である。

これらの結果は MO-P 型核磁気儀による絶対観測が安定して精度のよいものであることを示すものとする。

7. む す び

成分観測には補償電源をとくに取り上げたが、まだ完成した状態ではなく、他の問題が二、三残されている。現在、試験観測的な意味を含んで週二回の絶対観測を実施しているが、上に述べた結果のように、よい安定性が得られている。

終りに臨み、直接ご指導いただいた柳原観測課長、技術課相馬研究官に感謝の意を表わします。

文 献

- (1) L. Hurwitz & H. Nelson (1960): Proton Vector Magnetometer. *J. Geophys. Res.* **65**, 6, 1759~1764.
- (2) 坪川家恒 (1958): 核誘導型磁力計による地球磁場の測定, *科学*, **23**, 2, 73~78.
- (3) 柳原一夫 (1961): 核磁力計について (1). 地磁気観測所技術報告, **1**, 1, 47~54.

Observations on H - and Z - Component and Compensating Magnetic Field of Vector Proton Magnetometer, MO-P, for Routine Use

T. SAKURAOKA

Abstract

Vector proton magnetometer, MO-P, has been installed in the Kakioka Magnetic Observatory for routine use. With this magnetometer H and Z components and total force F can be measured with the accuracy of 0.3γ . Full detail will be published elsewhere.

Here necessary improvement of initial device of compensating magnetic field will be

reported together with observations by new device.

When H or Z component is measured the perpendicular component should be cancelled with a Helmholtz-coil. Stability of compensating field produced by the coil is an important factor for the accuracy of observation.

The initial device of compensating field supply is not enough stable when the current of coil is cut off or changed. The large change of compensating field occurs at that time. Nevertheless cut-off or change of the current is necessary for the routine observation of H or Z . This large change, which is considered to be due to the change of coil current, has been reduced considerably by the use of newly designed power supply for the coil.

In this case changes at the switching of the current are not found practically, and the stability of coil current is about 1×10^{-2} mA (7γ) per hour, or 3×10^{-3} mA (2γ) per few minutes.

The directly observed value F of the total force is compared with the computed value $F' = \sqrt{H^2 + Z^2}$ from the respective observed value H and Z components.

The absolute value of difference $|F - F'|$ is 0.4γ in maximum and 0.1γ in average.