

24. プロトン磁力計の試作研究

文部省科学試験研究費研究班

(代表者 力 武 常 次)

(昭和 33 年 5 月 27 日発表—昭和 33 年 6 月 14 日受理)

1. 緒 言

Packard と Varian¹⁾ が水中のプロトンの核磁気モーメントを利用し、地球磁場中に於ける自由歳差運動周波数を測定して、地球磁場全磁力の絶対測定を行う方法を提唱して以来、各国に於てこの方法による地球磁場測定の実用化が試みられている。例えば Waters と Phillips²⁾ は約 500 cc の水のはいつたびんに励磁コイルをまいて、約 100 ガウスの人工磁場を地球磁場とほぼ直角に加え、この磁場を急に切断することにより、水中のプロトンに自由歳差運動を起させる方法を採用した。この歳差運動は同じびんに巻かれた受信コイルによつてピック・アップされ、狭帯域増巾器を経て周波数計数器により計数される。計数は 100 kc/s の水晶発振器を基準としている。この方法により、 10^{-5} の精度で周波数を計数することができるから、英国の地球磁場全磁力に相当する約 2000 c/s の計数にあつては ± 0.02 c/s の精度を保つことになり、全磁力が $\pm 0.5 \gamma$ の精度で測定できることになつた。英国 Abinger 地磁気観測所に於て、地磁気変化計と比較観測を行つたところでは良好な一致を得ている。

Cahill および Allen³⁾ はこの方式の磁力計を気球にのせて、高空の地球磁場測定を行つた。蒸溜水約 300 cc を用い、切換りレーにより同一コイルを励磁および検出に共用、タイマーを用いて 1 分毎に約 5 秒間励磁するようにした。信号はトロイダル変圧器を経て増巾され、91 Mc/s FM 発信器により地上に送られる。このような方式により高さ 10^4 ft に達する高空の全磁力が $\pm 2 \gamma$ の精度で測定されている。

本邦に於ても、このような方式の磁力計は物理学者および地球物理学者の注目するところとなり、建設省地理調査所^{4),5)}、気象庁地磁気観測所、東京教育大学^{6),7)} 等に於て各種の実験が行われるようになった。これら各機関の関係者を統合して相互に情報を交換するとともに、プロトン磁力計を製品化することを目的として「プロトン磁力計の試作研究」に関する研究組織がつくられ、昭和 32 年度文部省科学試験研究費をうけて研究活動を開

1) M. PACKARD and R. VARIAN, *Phys. Rev.*, **93** (1954), 941.

2) G. S. WATERS and G. PHILLIPS, *Geophys. Prosp.*, **4** (1956), 1.

3) L. J. CAHILL, JR. and J. A. VAN ALLEN, *Journ. Geophys. Res.*, **61** (1956), 547.

4) 坪川家恒・田島稔・瀬戸孝夫 測地学会誌 **4** (1957), 24.

5) 坪川家恒 科学 **28** (1958), 73.

6) 小島昌治・大井喜久夫・小川静子・鳥塚一男 科学 **27** (1957), 255.

7) 小島昌治・小川静子・鳥塚一男・大井喜久夫 計測 **7** (1957), 456.

始した。

1957年4月、第一次南極地域観測隊が帰国したが、南極大陸プリンスハラルド海岸の地球磁場が異常に弱いことを報告し、その異常地域の範囲を明らかにするためには、海上磁気測量を行うことが必要であるとし、そのためにはプロトン磁力計検出部を観測船で曳航する方式が望ましく、至急南極地域観測用プロトン磁力計を製作してほしいという要請が本研究組織に対し申込まれた。かくして、本組織としては南極地域観測用磁力計を優先的に試作することとなり、1957年10月に出港した観測船「宗谷」にはその試作器械が積込まれた。時間的制約のために、器械の調整その他に不備の点があつたが、船上での調整修理の結果、東支那海、印度洋、南極海域等の磁気測量が実施され、地球磁気学上貴重な資料を得ることができた。

一方、固定観測所用プロトン磁力計1台を試作するという本来の目的に対しては、本邦中部にて使用するため、標準周波数として2000および1900 c/sを有する装置を作製し、信号周波数との唸周波数をペン書きオシログラフ記録上で数える方式とした。この磁力計は1958年3月一応完成し、神奈川県油壺に於て地磁気変化計と比較して良好な結果を得たので、1958年4月19日の金環食に際しては、八丈島に於ける観測に実用された。これらの試験の結果、この形式の磁力計は固定観測所用プロトン磁力計としては一応満足できる性能を有することがわかつた。

本研究組織はさらに、南極地域観測用プロトン磁力計に類似した性能を有する海底地質探査用磁力計の製作に協力するほか、各種記録方式の研究、周波数直読方式の研究、ロケット搭載の可能性の検討等を行つた。また本研究組織に参加している各機関に於ては、それぞれの目的に応じて研究を進めていることはもちろんであるが、その結果は別の機会に発表されるであろうから、ここには重複をさけて、主として科学試験研究費補助金により製作した固定観測所用プロトン磁力計について報告することにする。

2. 研究組織

「プロトン磁力計の試作研究」に関する研究班の組織は次のようなものである。

分担事項	所 属	氏 名	分担事項	所 属	氏 名
記録方式の研究	東京教育大学 お茶の水女子大学 東京学芸大学	小島 昌治 小川 静子 鳥塚 一男	比較測定	東京大学理学部 東京大学地震研究所	秋本 俊一 上田 誠也
			比較測定および南極観測	東京大学理学部 東京大学地震研究所	永田 武 力武 常次*
標準周波計および増幅器の製作	日本電子光学研究所 同	関 利正 草鹿 履一郎	比較測定およびロケット観測	東京大学理学部	福島 直
比較測定	建設省地理調査所 同 同	坪川 家恒 瀬戸 孝夫 田 島 稔	海上観測	工業技術院 地質調査所 同	佐藤光之助 長谷川 博

*) 代表者

3. 測定原理

プロトンの自由歳差運動を利用する地球磁場の測定原理については、上述の文献に詳細に報告されているから、ここではきわめて簡単に述べる。

プロトンは磁気モーメント μ をもっているから、偏極磁場 H_p を与えることにより、単位体積あたりの有効なプロトンの数を n とすれば、全体として

$$M_0 = n\mu \quad (1)$$

という磁気モーメントを発生することができる。 H_p は地球磁場とそれに直角な人工磁場とよりなるが、前者は後者にくらべてはるかに小さいから、 H_p は励磁コイルの発生する磁場と考えてよい。プロトンのスピンの $1/2$ で熱平衡にあるときボルツマン分布に従うことを考えれば、 n は

$$n = \frac{\mu N}{kT} H_p \quad (2)$$

で与えられる。 N は単位体積中のプロトンの数、 k はボルツマン常数、 T は絶対温度である。

偏極磁場を充分長い時間与えた後、 $t = 0$ で磁場を急に取りのぞいたとすれば、緩和時間を T_1 として

$$M = M_0 \exp(-t/T_1) \quad (3)$$

であらわされるように帯磁が減少する。 T_1 は水中のプロトンに対して約3秒である²⁾。磁場の急変にともなつて、プロトンは地球磁場のまわりに自由歳差運動を起し、その周波数 f は

$$2\pi f = \gamma F \quad (4)$$

となる。ここに F は地球磁場の全磁力、 γ は gyromagnetic ratio というプロトンに固有の常数で、プロトンのスピン角運動量を $\hbar I$ としたときに

$$\mu = \gamma \hbar I \quad (5)$$

という関係がある。

結局、全体の磁気モーメントベクトルも周波数 f で歳差運動を起すことになる。励磁コイルを受信コイルに使えば、その軸方向の磁束密度成分は

$$4\pi M \cos 2\pi ft$$

という時間的变化をすることになるから、コイル中に誘起される電圧 V は、(3)を考慮して、

$$V = V_0 e^{-t/T_1} \cos 2\pi ft \quad (6)$$

となる。したがつて f を測定し、(4)式により F を求めることができることになる。 γ の値は水では

$$\gamma = (2.67528 \pm 0.00006) \times 10^4 \text{ sec}^{-1} \text{ gauss}^{-1} \quad (7)$$

と与えられている。したがつて f を c/s で測れば

$$F = 23.4861 f \gamma \quad (8)$$

という計算式が得られる。

地球磁場の不均一があると、各プロトンの周波数がわずかにちがってくるから歳差運動の位相に不一致をきたし、信号の減衰時間は(6)で与えられるものより小さくなる。

4. 装置の説明

1) 構成

第1図は固定観測所用プロトン磁力計のブロック・ダイアグラムを示したものである。

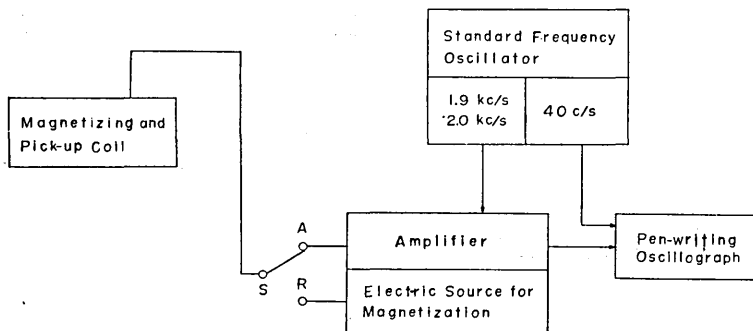


Fig. 1. Block diagram of the proton magnetometer.

2) 偏極および検出コイル

内径 67 mm, 内長 70 mm の円筒型硬質塩化ビニール製容器に蒸留水約 200 cc をいれ、その外側に径 1 mm エナメル銅線を 540 回巻いてある。

3) 励磁電源

励磁電源は交直両用とし、増幅器と同一シャーシーに納められている。直流用のときには、24 V 蓄電池をパネルの所定端子に接続する。

励磁電源からの電流(約 5 アンペア)で、励磁コイルを励磁するが、その際はスイッチ S を R 側とし、数秒後スイッチを A 側に切り換えることにより、励磁コイルは検出コイルと兼用される。緩和時間を考慮して、プロトンを飽和値にまで配向するためには、数秒の励磁時間が必要である。

4) 増幅器

検出コイルに誘起した信号電圧は約 25 mV のシールド線にて結合変圧器に導かれ、前置増幅器、2 kc/s 狭帯域増幅器により増巾される。50 c/s リジェクター 2 組を用いハム除去を行つている。この増幅器の電圧利得は約 140 db である。第 2 図に励磁電源および増幅器の結線図を示す。

増幅器の出力は、第 2 図に見られるように、平衡型混合回路に導かれ、標準周波電圧(標準周波発振器より端子 J₀ を経て混合回路に加えられる)との唸周波数が出力として取出される。この出力は記録計に導かれる。

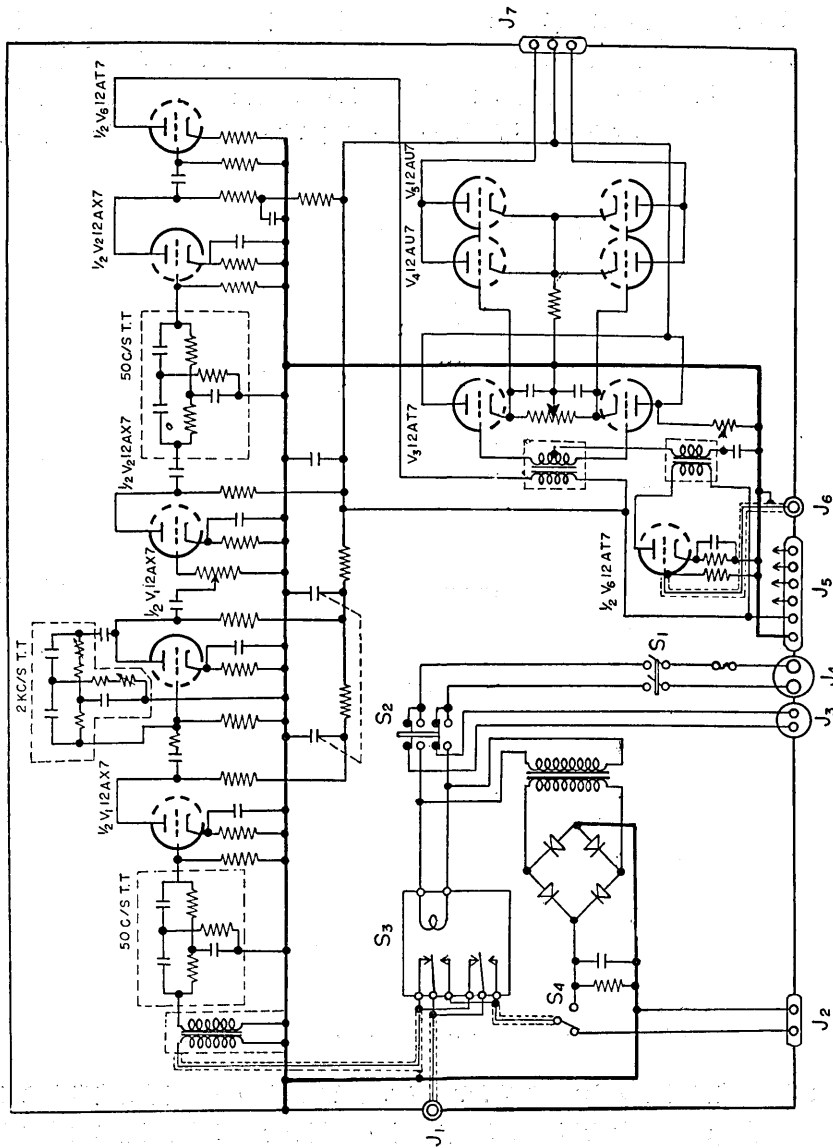


Fig. 2. Electric circuits of the electric source for magnetization and the amplifier.

5) 標準周波発振器

標準周波発振器としては、本邦中部に於て使用することを目的として、2000 および 1900 c/s の二つを発振できるようにした。2000 c/s 標準周波は 100 kc/s の水晶発振器から、ブロッキング発振方式 2 段により逡降し、1900 c/s 標準周波は 3.8 kc/s の水晶振発器から、マルチバイブレーター方式により逡降している。また記録計の時間の標準とするため、2000 c/s をさらにマルチバイブレーター方式により逡降して 40 c/s をつくつてある。

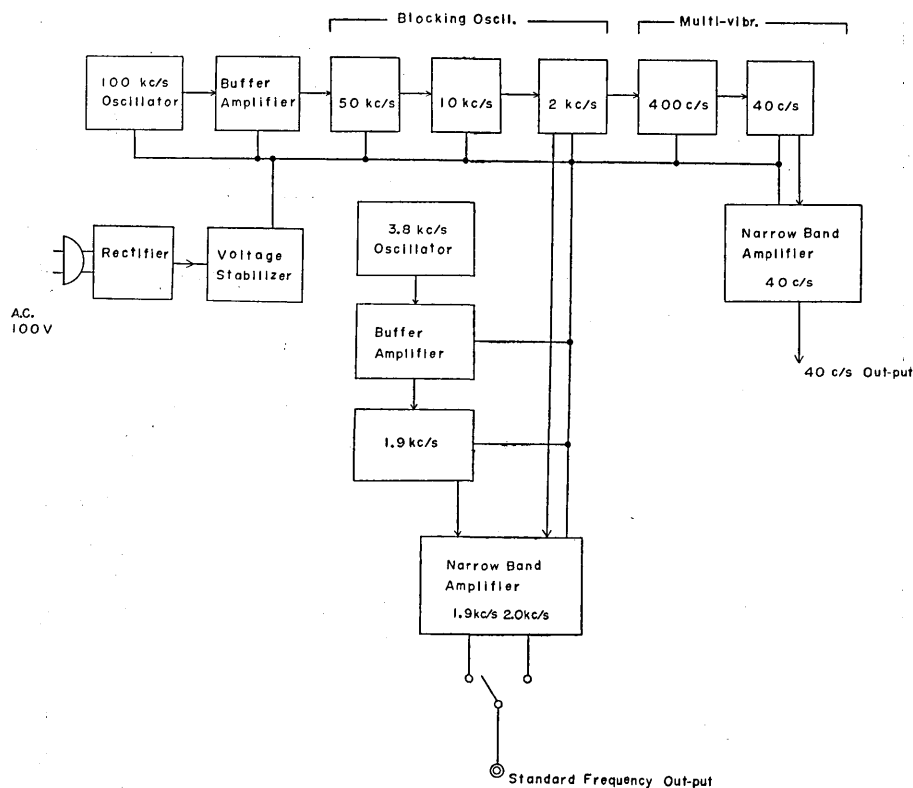


Fig. 3. Schematic diagram of the standard frequency oscillator.

第3図は標準周波発振器のブロックダイアグラムを示したもので、標準周波出力は必要に応じて 2000 c/s と 1900 c/s を切換えて、第2図の J₆ 端子を経て混合回路に供給する。標準周波数発振器の結線図は省略する。

6) 記録計

記録計としては2成分ペン・オシログラフを使用し、感度は 0.5 mm/mA で 60 c/s ぐらいまではほぼ平坦な特性を有する。記録紙の送りは通常 12.5 cm/sec である。

第4図は記録計、偏極および検出コイル、増幅器および励磁電源、標準周波発振器をとりまとめて、その外観を示したものである。

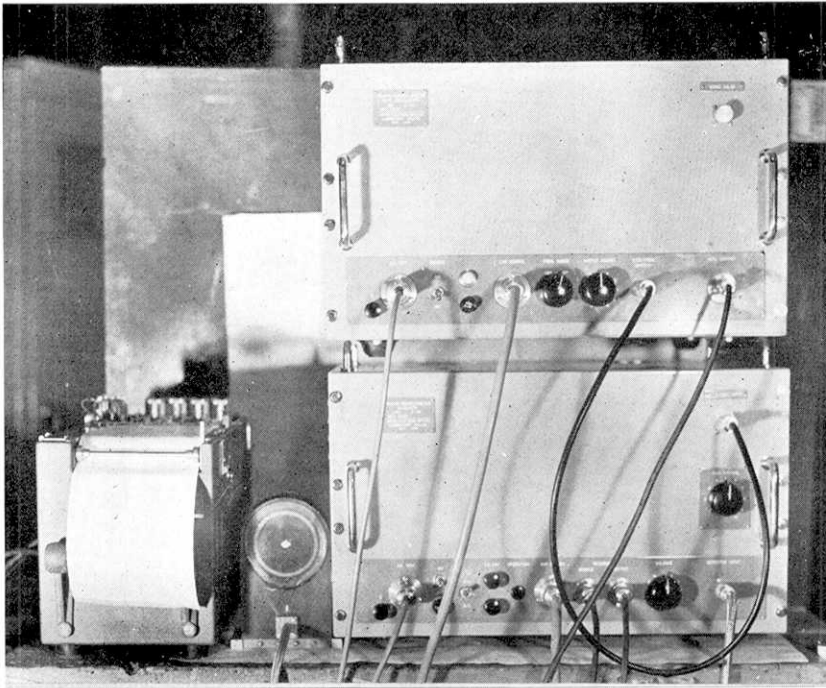


Fig. 4. Assembly of the magnetometer (From left to right: recorder, detector, standard oscillator and amplifier).

5. 測定の実際

本磁力計によつて実際の測定を行うにあつて、まず注意しなければならないことは、磁場の不均一の影響である。例えば地表に直接検出部を設置すると、信号の継続時間がきわめて短くなつてしまう。またコイルのそばに強磁性物質を近づけると信号は全く出なくなる。非磁性の金属であつても、その中に誘導される電流が二次的磁場を発生するから、金属板などをあまり近づけることはよくない。通常、地表から $1\sim 2\text{ m}$ の高さに木の台をつくつて、その上に検出部を置くことにより、信号が雑音のレベルまで減衰するのに3秒程度の継続時間があるので、信号周波数を充分の精度で数えることができる。もし、すべて直流電源を使用して雑音のレベルをさげれば、さらに継続時間を増加させることも可能であらう。

測定のための操作はつぎのようなものである。増幅器および発振器のスイッチをいれて作動状態とした後、押しボタンスイッチ S_1 を押す。押しつづけている間は励磁電流が励磁コイルに送られる。つぎに記録計のモーターのスイッチをいれる。しかし、 S_1 を押し

ている間は、モーターは回転しないようになっているので、記録紙は送られない。約 10 秒後、記録計の検流計スイッチを 2 成分ともいれと同時に押しボタンを離す。そうすると記録紙が送られ、信号および 40 c/s 標準周波が記録されるから、数秒後に検流計スイッチおよびモータースイッチを切る。これで 1 回の操作が終了するわけであるが、適当な工夫をすれば 1 箇のスイッチによる単一操作も可能である。

測定記録としては、第 5 図および第 7 図のような記録が得られる。これらの記録上で、 40 c/s 標準周波により 1 秒あるいは 2 秒を定め、その間にはいる信号の波数を求める。あるいは適当な信号波数をえらび、その間に標準周波数がいくつあるかを数える。このようにして記録紙の信号周波数が $10\sim 20\text{ c/s}$ の場合には 0.05 c/s の精度で読みとることは容易であるから、(8) 式により 1γ の精度が容易に保たれることになる。記録紙上の周波数がさらに少なくなつてゼロ・ビートの状態に近くなつたり、あるいは 50 c/s 以上にもなると、周波数の読取りがやや困難になるので、このような場合にはさらに 50 c/s おきの標準周波との唸をとることが望ましい。

本装置に於ては、 2000 c/s および 1900 c/s の 2 つの標準周波があるので、例えば 1900 c/s 標準周波を使用して唸周波数 10 c/s を得た場合に、プロトンの歳差運動周波数が 1910 c/s であるか 1890 c/s であるかを直ちに判別できる。

6. 神奈川県油壺に於ける比較観測

1958 年 4 月 3—4 日にわたつて、神奈川県油壺の臨海実験所構内に於て本磁力計の試験を行い、地磁気変化計と比較した。油壺に於ては、1952 年以降地磁気 3 成分の連続観測を実施しており⁸⁾、今回の比較観測では、磁力計検出部は観測壕より約 400 m の距離に設置され、約 21 時間にわたつてほぼ 30 分から 1 時間間隔で測定を行つた。第 5 図は 2000 c/s を標準周波とした場合の記録の 1 例である。

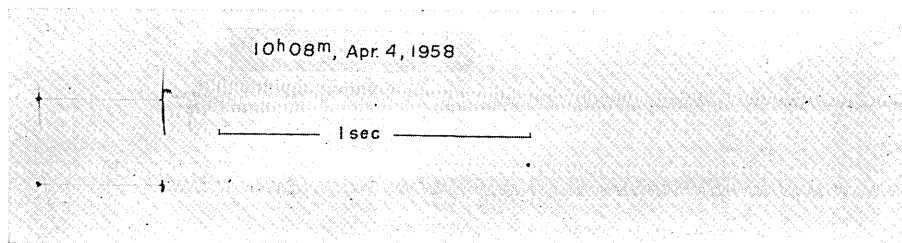


Fig. 5. One example of the records at Aburatsubo.

測定結果は第 1 表の通りであつた。

8) T. RIKITAKE, I. YOKOYAMA and Y. HISHIYAMA, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **33** (1952), 207.

Table 1. Results of the observation at Aburatsubo

Time (JST)	Standard freq.	Signal freq.	Total force	Time (JST)	Standard freq.	Signal freq.	Total force
Apr. 3, 1958							
17h 30m	kc/s 2.0	c/s 1948.00	γ 45750.9	4h 08m	kc/s 2.0	c/s 1948.56	γ 45764.1
17 31	2.0	1947.44	45737.8	5 08	2.0	1948.58	45764.5
18 05	2.0	1947.68	45743.4	6 06	2.0	1948.64	45766.0
18 10	1.9	1947.54	45740.1	7 06	2.0	1948.89	45771.8
18 18	2.0	1947.44	45738.8	8 04	2.0	1948.36	45759.4
19 36	2.0	1947.88	45748.1	8 46	2.0	1947.38	45736.4
19 38	1.9	1947.84	45747.2	9 42	2.0	1946.31	45711.2
20 05	2.0	1947.96	45750.0	10 08	2.0	1946.20	45708.6
20 07	1.9	1947.88	45748.1	10 32	2.0	1945.92	45702.1
21 11	2.0	1947.96	45750.0	10 43	2.0	1945.75	45698.1
22 05	2.0	1948.40	45760.3	11 06	2.0	1946.15	45707.5
23 04	2.0	1948.16	45754.7	11 29	2.0	1946.30	45711.0
23 05	2.0	1948.16	45754.7	12 03	2.0	1946.52	45716.2
Apr. 4, 1958				12 24	2.0	1946.93	45725.8
0 03	2.0	1948.80	45769.7	12 25	1.9	1946.84	45723.7
1 03	2.0	1948.92	45772.5	13 08	1.9	1948.18	45755.2
2 05	2.0	1948.76	45768.8	13 38	2.0	1948.50	45762.7
3 05	2.0	1948.60	45765.0	13 39	1.9	1948.35	45759.1
3 17	2.0	1948.75	45768.5	13 50	2.0	1948.05	45752.1

測定結果を図に示すと、第6図の黒点のようになり、較差 70 γ に達する地球磁場全磁力の日変化が顕著にあらわれている。

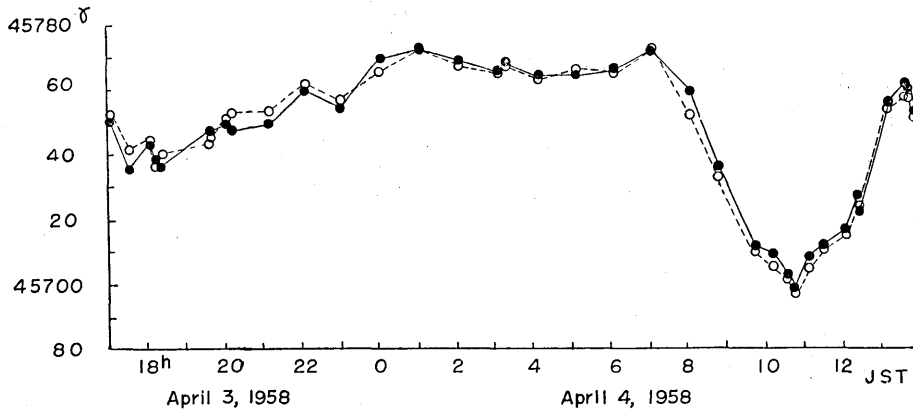


Fig. 6. Comparison of the results observed by the proton magnetometer (black circle) with those observed by a magnetograph of ordinary type (hollow circle). From Apr. 3 to 4, 1958 at Aburatsubo.

変化計の基線の絶対値の正確な値は不明であるから、基線より測つた水平分力および鉛直分力の変化をそれぞれ ΔH , ΔZ とすれば

$$F = \sqrt{(H_0 + \Delta H)^2 + (Z_0 + \Delta Z)^2}$$

という関係がある。 H_0 および Z_0 は水平分力および鉛直分力の基線値で、 F は全磁力とし、その基線値を F_0 とする。 $\Delta H \ll H_0$, $\Delta Z \ll Z_0$ であるから

$$F = F_0 + \frac{H_0}{F_0} \Delta H + \frac{Z_0}{F_0} \Delta Z$$

という関係が得られる。これはまた基線値に対応する伏角を I_0 として

$$F = F_0 + \cos I_0 \cdot \Delta H + \sin I_0 \cdot \Delta Z \quad (9)$$

と書くこともできる。

変化計の平均感度をも検定する意味で、変化計記録を基線値から mm 単位で読取つて、水平分力および鉛直分力の変化をそれぞれ Δh , Δz とあらわせば

$$F = F_0 + S_H \cos I_0 \cdot \Delta h + S_Z \sin I_0 \cdot \Delta z \quad (10)$$

という関係があることになる。 F はプロトン磁力計により測定されているから、 F_0 , $S_H \cos I_0$, $S_Z \sin I_0$ をパラメーターとして、その値を最小自乗法により決定することができる。

計算の結果は

$$F_0 = 45750.4 \pm 0.5 \gamma$$

$$S_H \cos I_0 = 0.849 \pm 0.070 \gamma/mm$$

$$S_Z \sin I_0 = 2.993 \pm 0.095 \gamma/mm$$

ということになり、 S_H および S_Z がわかつているとして、伏角 I_0 が求められることになるが、 S_H および S_Z の値は充分な精度では知られていないから、むしろ I_0 を与えて S_H , S_Z を求めることにする。1952年の絶対測定の平均値⁶⁾は $I_0 = 48^\circ 22'$ であるから

$$S_H = 1.28 \pm 0.10 \gamma/mm$$

$$S_Z = 4.00 \pm 0.13 \gamma/mm$$

という値が求められ、伏角の永年変化を考慮してもこの値はほとんど変化しない。このようにして定められた変化計の感度の値は、変化計のコイル常数および変化計設置点の水平分力の大きさをもととして求められている値に誤差の範囲で一致している。

第6図の白点はこのようにして定められたパラメーターの値を使用し、(10)式によりプロトン磁力計による測定時刻に対応する時刻の全磁力を変化計の記録から求めたものである。

7. 1958年4月19日、金環食の際の八丈島に於ける観測

1958年4月19日には本邦南方海上に於て金環食が起り、地震研究所は八丈島に於ける地磁気変化の観測を分担した。八丈測候所附近の観測壕 ($33^\circ 06'N$, $139^\circ 47'E$) に地磁気変化計を設置して、連続観測を実施するとともに、数10m離れた地点にプロトン磁力計検出部を設置し、食甚をはさんで6時間にわたり、10分間隔で測定を行つた。八丈島

は玄武岩質の火山であるので、地球磁場の局地的勾配が大きく、このために信号継続時間は約2秒ぐらいになっている。第7図は記録の1例で、測定実施中の状況は第8図に示してある。

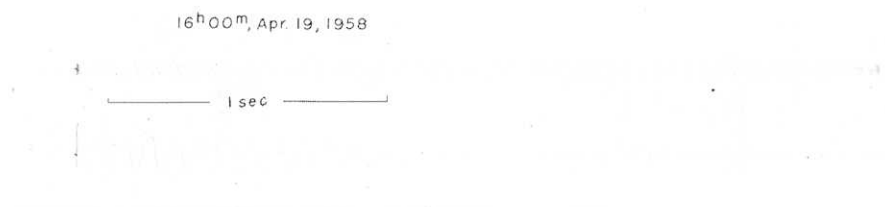


Fig. 7. One example of the records at Hachijo-shima Island.



Fig. 8. The observation at Hachijo-shima Island at the time of the solar annular eclipse on April 19, 1958.

測定結果は第2表に示され、また第9図中の黒丸によつても示されている。第9図には日食のはじめとおわりおよび金環食時間が書きこんである。本報告に於ては、日食と地磁気変化の関係を論じることが目的でないから、これは別の機会にゆずり、このような変化を測定したことを報告するにとどめる。

Table 2. Results of observation at Hachijo-shima Island

Time (JST)	Standard freq.	Signal freq.	Total force	Time (JST)	Standard freq.	Signal freq.	Total force
Apr. 19, 1958							
9h 00m	1.9 <i>kc</i>	1887.50 <i>c/s</i>	44330.0 <i>γ</i>	13h 00m	1.9 <i>kc</i>	1888.65 <i>c/s</i>	44357.0 <i>γ</i>
9 35	1.9	1887.70	34.7	13 10	1.9	1888.70	58.2
10 00	1.9	1887.60	32.4	13 20	1.9	1888.80	60.5
10 10	1.9	1887.50	30.0	13 30	1.9	1888.80	60.5
10 20	1.9	1887.30	25.3	13 40	1.9	1888.80	60.5
10 30	1.9	1887.30	25.3	13 50	1.9	1888.90	62.9
10 40	1.9	1887.30	25.3	14 00	1.9	1889.25	71.1
10 50	1.9	1887.50	30.0	14 10	1.9	1889.35	73.5
11 00	1.9	1887.50	30.0	14 20	1.9	1889.42	75.1
11 10	1.9	1887.70	34.7	14 30	1.9	1889.40	74.6
11 20	1.9	1887.75	35.9	14 40	1.9	1889.40	74.6
11 30	1.9	1887.90	39.4	14 50	1.9	1889.27	71.6
11 40	1.9	1888.25	47.6	15 00	1.9	1889.15	68.8
11 50	1.9	1888.30	48.8	15 10	1.9	1889.00	65.2
12 00	1.9	1888.40	51.2	15 20	1.9	1888.86	62.0
12 10	1.9	1888.45	52.3	15 30	1.9	1889.00	65.2
12 20	1.9	1888.45	52.3	15 40	1.9	1889.10	67.6
12 30	1.9	1888.80	60.5	15 50	1.9	1889.10	67.6
12 40	1.9	1888.76	59.6	16 00	1.9	1889.00	65.2
12 50	1.9	1888.70	58.2	16 22	1.9	1889.00	65.2

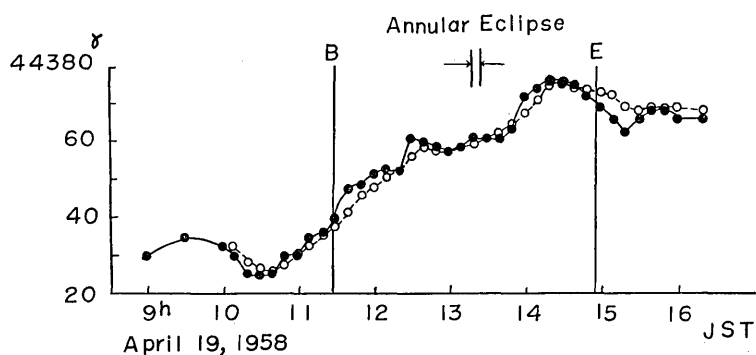


Fig. 9. Comparison of the results observed by the proton magnetometer (black circle) with those observed by a magnetograph of ordinary type (hollow circle). During the eclipse period on April 19, 1958 at Hachijo-shima Island.

変化計の対応する記録から、前節に準じて (10) 式により計算すると

$$F_0 = 44383.8 \pm 0.3 \gamma$$

$$S_H = 0.86 \pm 0.06 \gamma/mm$$

$$S_Z = 1.51 \pm 0.08 \gamma/mm$$

という結果が得られ、この値を用いて、変化計より得られた対応する時刻の全磁力の値を白丸で第9図に示してある。上述の計算には地理調査所型二等磁気儀による絶対測定の結果にもとづいて $I_0 = 43^\circ 52'$ としてある。

第9図を見ると、プロトン磁力計測定値と変化計記録よりの計算値との間に若干の不一致があるが、その原因についてははつきりしたことはわからない。

8. 性能に対する意見および将来の計画

油壺および八丈島に於ける試験の結果から判定して、本装置は固定観測点用としてはほぼ充分の性能を有し、注意して測定を実施することにより 1γ の精度で、地球磁場全磁力の絶対測定を行うことができる。測定は原子核固有の常数をもととしているから、温度その他の環境の変化に無関係に測定し得ることは、従来標準電池を基準として行つてきた絶対測定に比して、大きな利点である。従つて、各地磁気観測所にプロトン磁力計を設置して、絶対値の基準とすることはきわめて望ましいことである。

南極地域観測用および海上磁気測量用プロトン磁力計の成果からもわかるように、本方式の磁力計は動揺に対してきわめて鈍感である。この特徴を利用して、航空機用およびロケット用のプロトン磁力計を早急に実用化することが望ましい。

今回試作したプロトン磁力計の欠点としては雑音がやや大きいことがあげられる。この点は改良を要する。また標準周波数として 2000 および 1900 c/s を設けたが、実用上からはさらに 1950 c/s があることが望ましく、さもないと信号周波数が 1950 c/s に近いときに、周波数計数の精度が悪くなるおそれがある。また器械全体を小型軽量化することもさらに可能と考えられる。

将来の計画としては次のような点が重視される。

- 1) 本研究組織の東京教育大学グループによつて研究されたように、周波数直読方式を実用化し、できればカードにパンチすることを考える。
- 2) 米国に於て実用化されていると伝えられるように、トランジスターを利用して、きわめて軽量小型のプロトン磁力計をつくり、磁気探鉱に役立てる。
- 3) ロケットに搭載可能な超小型プロトン磁力計およびテレメータタリングの研究を促進する。

終りに本研究に対し財政的援助を賜つた文部省当局に感謝の意を表する。

24. *A Proton Magnetometer.*

By Research Group for Proton Magnetometer.

A nuclear precession magnetometer is constructed by the Research Group for Proton Magnetometer. The group, represented by T. RIKITAKE of the Earthquake Research Institute, has been active since April, 1957. Although the group was first formed in the hope of constructing a practicable magnetometer of nuclear precession type for station-use, the members of the group have cooperated in constructing the magnetometer which was used by the Japanese Antarctic Research Expedition on the Antarctic, Indian and Chinese Oceans. A magnetometer for magnetic prospecting on the sea was also designed and constructed with the cooperation of the group. Some of the members of the group have studied various methods of recording related to magnetometers of the principle, direct counting method of signal frequency, possibility of rocket-mounting and so on.

In this report, however, only the magnetometer specially designed for a magnetic station is described. The instrument was made with the financial help of the Research Grant from the Ministry of Education.

The principle of the magnetometer is more or less the same as those appearing in many references. Protons in 200 cc water contained in a bottle are magnetized by the magnetic field produced by the magnetizing coil wound around the bottle. When the electric currents in the coil are abruptly switched off, precession of protons around the earth's magnetic force is excited. By using the magnetizing coil as the pick-up one as well, the induced electromotive force is introduced to the narrow-band amplifier. Since the frequency of the precession is slightly less than 2000 c/s in the central part of Japan, beat frequency can be easily recorded by mixing the signal with the standard 1.9 or 2.0 kc/s frequencies. The standard frequencies are supplied from the standard oscillator containing quartz oscillators. A two-component pen-writing oscillograph is used for recording. With the aid of the 40 c/s standard frequency which is also supplied from the standard oscillator and is recorded on the same paper, the beat frequency is readily counted with an accuracy of 0.05 c/s.

Comparisons of the present instrument with magnetic variometers have been made at Aburatsubo and Hachijo-shima Island. It is likely that the magnetometer can be used at ordinary magnetic stations with satisfactory accuracy.

The research group is now going to continue its activity in relation to construction of a portable magnetometer on the same principle. A direct reading or punched-card instrument will also be attempted in the future.