

(討 論) 地震予知研究計画によるプロトン磁力計の製作とその試験

地震予知研究地磁気グループ

(代表者 力 武 常 次)

1. ま え が き

地震予知研究計画<sup>1)</sup>の一環として高精度の地磁気永年変化観測が考えられていたが、昭和40年度政府予算により、この目的のためのプロトン磁力計の製作が実施されるに至った。これは日本学術会議地球物理学研究連絡委員会に附置された地震予知小委員会の提案した地震予知研究5カ年計画<sup>2)</sup>、<sup>3)</sup>の地磁気部門の計画のうち、地磁気永年変化精密観測および特殊観測<sup>1)</sup>地震予知計画研究グループ、地震予知一現状とその推進計画、(1962)2)地震予知小委員会、地震予知研究年次計画(1965)3)、T. Rikitake, A five-year plan for earth quake prediction research J. Tectonophys, 3, (1966)1-15 観測のために、地磁気グループが立案し、地震研究所が製作したプロトン磁力計による磁力差変化計である。

昭和41年4月現在の修正5カ年計画によれば、この磁力計は才1表に示すように、逐次日本各地に設置されることになっている。

才1表 地震予知研究5カ年計画によるプロトン磁力計の設置予定

地 域	機 関	40年度	41年度	42年度	43年度	44年度
関 東 甲・ 信 越	気象庁		柿 岡	松 代		
	地理院			鹿野山		
	東大震研	伊豆大島※		野辺山		山中湖
	水路部		八丈島		三宅島	
北海道	北大理			浦 河		
	気象庁			女満別		
関 西 南 海	京大防災研		鳥 取※		室戸・高知	
	水路部			下 里		
東 北	東北大理		男 鹿※		浅虫・金華山 波江	気仙沼
九 州	気象庁					鹿 屋
	京大理					阿 蘇

※印 : 磁力差計方式による特殊観測

才1図はこれらのプロトン磁力計による観測網を示した図である。

地震発生前後に地磁気の変化があったという報告は、過去に於てたくさんある。しかしながら、観測精度の点に於て必ずしもじゆうぶんであったとはいえず、その信頼性について疑をもつ学者も多かった。最近、プロトン磁力計や光ポムピング磁力計の発達によって、いわゆるドリフトのない磁気測定が可能となったので、今回の計画ではプロトン磁力計による地磁気永年変化の精密観測を目的としている。つまたその一部として、数km離れた2点間の磁力差を観測するいわゆるダイアレンシヤル方式を特殊観測としてとりいれている。

このプロトン磁力計によって得られる資料は、アナログおよびデジタルに記録されるとともに、紙テープにパンチされるようになっていて、資料整理の能率化をはかっている。このような磁力計によれば、測定点に於ける磁力値を± $\mu$ の精度で観測することは容易である。

しかし2点間の測定値を比較して、非局地的地磁気変化を取りのぞき、地震活動に関係があると思われる変化だけを抽出することは必ずしも容易であるとは思えない。磁気嵐、日変化などの変化磁場の一様性は、日本附近に於ては、はなはだしく乱されていることが、過去の研究によって知られているので、今後の観測資料にもとづいて、非局地的地磁気変化除去の方策をたてる必要があることが予想される。しかしながら本報文に於ては、今回製作された磁力計の概略および試験結果だけを述べる。

## 2. 構成および動作

今回製作されたプロトン磁力計は2つの測定部(以下A部とよぶ)によって、2地点での地球磁場全磁力を測定して、アナログ、デジタルおよびパンチテープ方式によって記録するとともに、各テープの観測値の差を演算部(以下B部とよぶ)に於て計算し、同じくアナログ、デジタルおよびパンチテープ方式によって記録する。

### 2-1. 測定部(A部)

A部のブロックダイアグラムは才2図に示す通りである。2つのA部を用いて、2地点の同時観測を行なうために、高安定度水晶にもとづくProgrammerにより、各部の動作がコントロールされるようになっている。また水晶時計の較正のためにJJY受信機を備えている。Power supplyよりSensing headに送られる電流によって励磁を行ない、電流を切ったとき発生するプロトンのPrecession信号電圧はAmplifierで増幅されて後、Multiplierで通倍されFrequency counterによって計数されるが、この際適当な水晶発振器を使用して、ゲートタイムを設定し、計数値が

7単位になるようにしてある。この計数値はD-A変換器を通して記録計にアナログ記録される。また適当な出力結合回路を経て、プリンターおよびパンチャーに導かれる。

A部の主要部は才3図に示すような筐体に納められていて、上からJ J Y受信機部(J J Y receiver)日時を表示する時計部(Timer)全磁力値を表示する計数部、日時や磁力値のデジタル信号をプリンターおよびパンチャーに送る制御部(Data programmer)パンチャーを駆動するための電力増幅部(Puncher controller)、信号増幅器および通倍器部(Amplifier and multiplier)励磁電源および制御部(Power supply and controller for magnetizing current) D-A変換部(D-A converter)、追加計器用の予備パネル(Blank panel)ならびに総電源部(Power source)の10パネルから成立っている。才4図はその模様を示す写真である。

以下A部の各部の構成および動作について簡単に説明する。

#### 2-1-1. Sensing head

直径9 cm、長さ10 cmのペークライト製容器にアル線(1.3 mm  $\rho$ )を600回捲いたコイル2組を使用する。コイルの直流抵抗は40 Km、自己誘導係数は30 mHである。その一つに蒸留水をいれ、他の一つは空として、雑音を減少するように結線する。このSensing headは、ジュラルミン製のしっかりした台にとりつけられ、地上約1.5 mの高さにおかれる。才5図はSensing headの外観を示す。

#### 2-1-2 Amplifier

入力増幅器(トランジスタ2箇)および主増幅器(トランジスタ3個)よりなり、40000~52000  $\gamma$ の間を25ステップで撰択する共振LC回路をもっている。増幅器の増幅度は2 kcで120 dbである。

#### 2-1-3 Multiplier

信号周波数を一定のゲートタイムのもとに、ガンマ単位の端数まで計数するために、周波数を10~40倍することが必要である。この目的のために、Multiplierは才6図のような構成になっている。周波数 $f$ の信号電圧は整形回路を経て位相検波器に送られるが、 $f$ にきわめて近い周波数 $f_0$ の20倍の周波数の発振器からも通降器を通して周波数 $f_0$ の電圧が検波器に送られる。この場合には検波器の出力電圧は $f-f_0$ に比例することになるので、増幅器を通して発振器にフィードバックし、 $f-f_0$ が常に零になるように保つ。このようにして周波数 $f$ の入力信号に対して、常に20  $f$ の出力電圧が得られる

ことになる。

#### 2-1-4 Frequency counter

446.459 kc/s の恒温槽にいた高安定度水晶発振子を基準にして、flip-flop 回路により逡降して、1.1743秒のゲートタイムをつくり、20倍に逡昇した信号周波数を計数することにより、地球磁場全磁力の $\gamma$ 直読値を得られる。しかしながら、counter の誤差 $\pm 1$  count が絶対に有効数字に含まれないために、pulse が二つ与えられてはじめて有効数字が一つだけ動くようにしてあるので、実際には40fを使用して $\gamma$ 直読値を求めている。信号の継続時間がじゆうぶん長くない場合には、ゲートタイムを半分にするようになっているので、直読値を2倍しなければならない。

#### 2-1-5. JJY receiver および Programmer

1.024 Mc/s の恒温槽にいた高安定度水晶発振子を基準とした水晶時計を内蔵し、すべての時間の基準とする。万一故障の場合は64 kc/s の副発振子を使用するようになっている。日、時、分および秒はネオンランプによって Timer パネルに表示される。水晶時計は、JJYの1 kc/s 標準周波数を用いてリサーチ図形をつくることにより校正される。

この水晶時計により、1分および10分の測定間隔を決定し、またRecorder, Printer, Puncher に日時 of デジタル信号を送る。

#### 2-1-6 D-A converter および Recorder

切換装置により、下2けたより4けたまで記録するように感度を変更できる。記録紙の送り速度も適宜調節可能である。

#### 2-1-7. Printer および Puncher

通常日、時のみプリントまたはパンチし、つぎに60箇の測定値を打出すようになっている。パンチ方式は1部を除きNEAC方式になっている。

### 2-2 演算部 (B部)

ブロックダイアグラムオ7図に示すように、B部は2地点で得られた同時観測のテープを読取って記憶し、引き算を行なった結果をアナログ、デジタルおよびパンチテープ方式によって求めるための装置である。このようにして、1分または10分間隔の地球磁場全磁力値の差が求められるわけであるが、結果のテープを他の電子計算機と組合せて、1時間平均、日平均などを求める予定である。

B部の主要部は才8図に示すような筐体に納められている。上から日時を表示かつその信号をRecorder等に送る時計部(Timer)、2本のテープの読取り結果を表示かつ記憶する読取り部(Data read-out panel)、比較減算を行ない、その結果を表示かつ送り出す計算部(Subtractor)、A部と同様の制御部(Data programmer)、パンチャー電力増幅部(Puncher controller)、D-A変換部(D-A converter)、予備パネル(Blank panel)および電源部(Power source)によって構成されている。これら各部の動作はA部のそれと共通しているので、くわしい説明は省略する。

### 2-3 所要電力

A部は1分間隔測定の際の所要電力650vA、B部では450vAである。

### 3. 伊豆大島地磁気観測所に於ける試験結果

器械の性能テストのために、伊豆大島地磁気観測所に於て、running testが行なわれた。まず約3m離して、ほぼ全磁力値の等しい2点に二つのSensing headを設置し連続観測を行なった。1966年3月27日18時より28日17時59分にわたる1440回の測定値について差をつくると、才2表の結果が得られた。

才2表 全磁力差24時間観測結果

磁力値差( $\gamma$ )	回数
-3	1
-2	12
-1	145
0	537
1	571
2	153
3	17
6	1
20	2
プリント不鮮明	1

測定値の1 $\gamma$ 以下は信頼度がないため切捨てた。この結果よりみて、磁力差20 $\gamma$ というのは明らかに miscount であるから捨てることにすると、磁力差の平均値および各測定値の標準偏差は、

$$\text{磁力差平均値} = 0.537$$

$$\text{標準偏差} = 0.917$$

となり、2地点の磁力差を±1 $\gamma$ の精度で比較することは、測定器の性能に関する限り、問題がないと考えられる。才9図は磁力差毎分値の histogram を示した図である。

#### 4. 結 論

地震予知研究計画によるプロトン磁力計才1号機の製作および試験結果について述べたが、器械そのものは地球磁場全磁力を±1 $\gamma$ の精度で測定するという所期の性能を有していると思われるが、長期間の観測に際しての故障その他については今後の検討を要する。

終りにこの計画の実現について御配慮を得た日本学術会議地震予知小委員会委員長萩原尊礼教授をはじめ、文部省当局に感謝の意を表す。また実際の製作に当られた株式会社測機舎および国際電子工業の担当各位の努力に敬意を表したい。なお性能テストは、地震研究所の行武毅、山崎良雄、沢田宗久、笹井洋一、吉野登志男、木本榮次、下村高史らによって行なわれた。

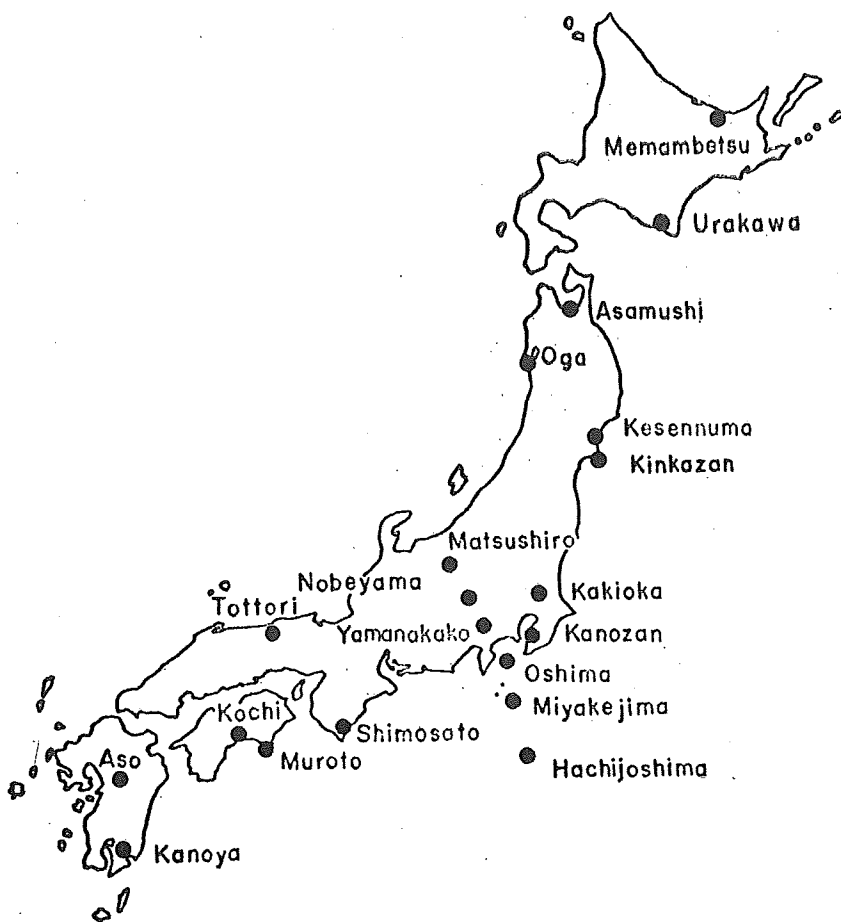


Fig. 1 Proton precession magnetometer network for precise observation of the geomagnetic secular variation.

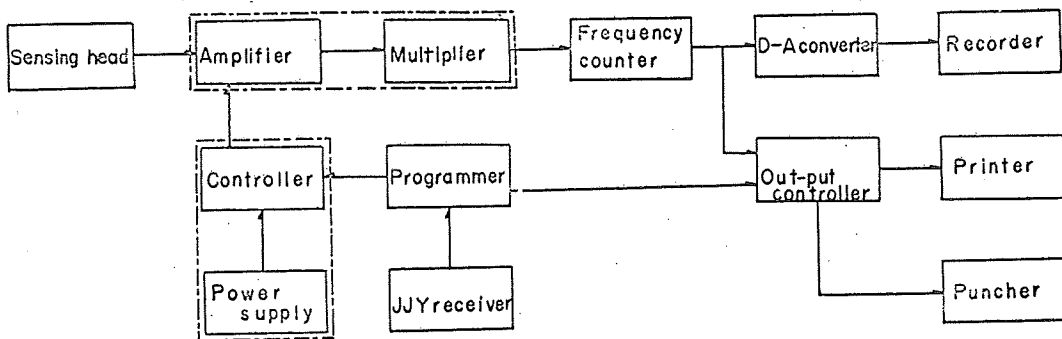


Fig. 2 Block-diagram of measuring unit (A-unit).

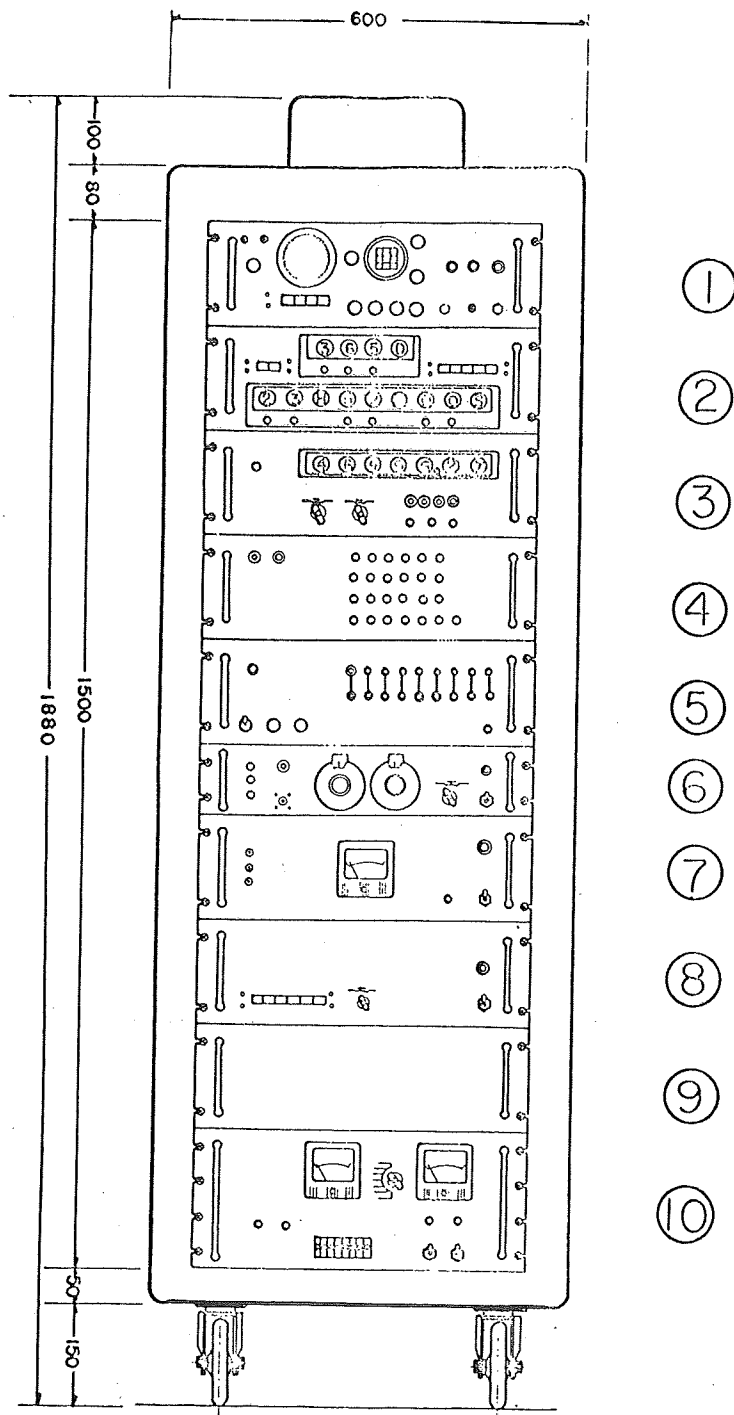


Fig. 3 Schematic view of A-unit. Lengths are measured in units of mm.  
 1 : JJY-receiver, 2 : Timer, 3 : Counter,  
 4 : Data programmer, 5 : Puncher controller,  
 6 : Amplifier and multiplier, 7 : Power supply and controller  
 for magnetizing current, 8 : D-A converter, 9 : Blank panel,  
 10 : Power source.



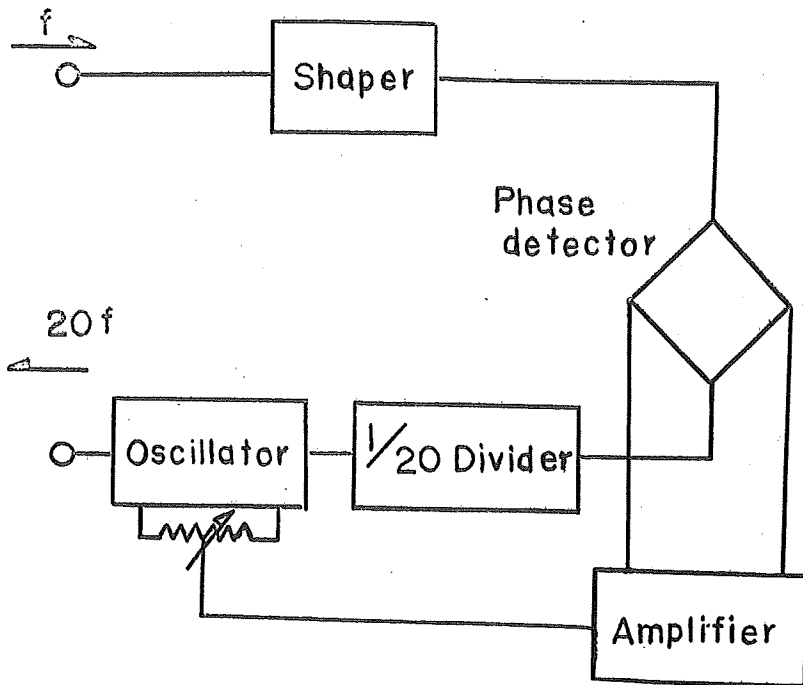


Fig. 6 : Block-diagram of the frequency multiplier.

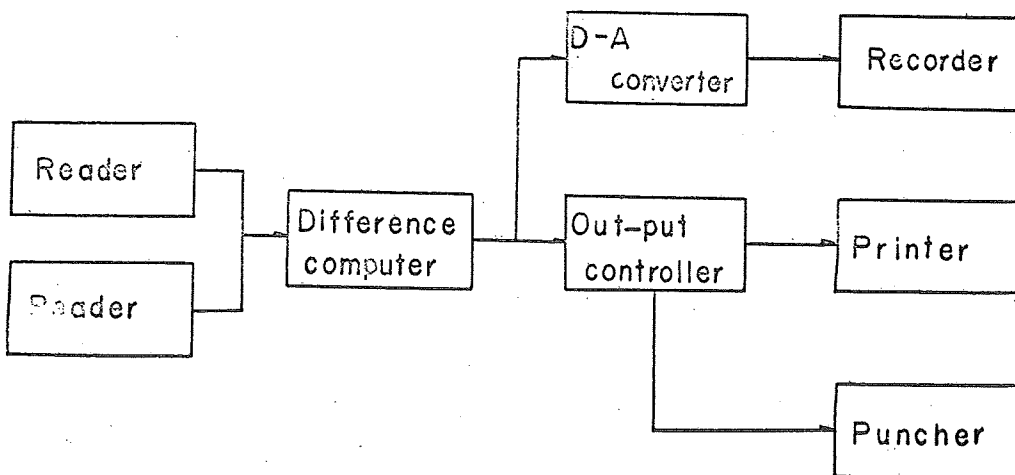


Fig. 7 : Block-diagram of subtracter unit (B-unit).

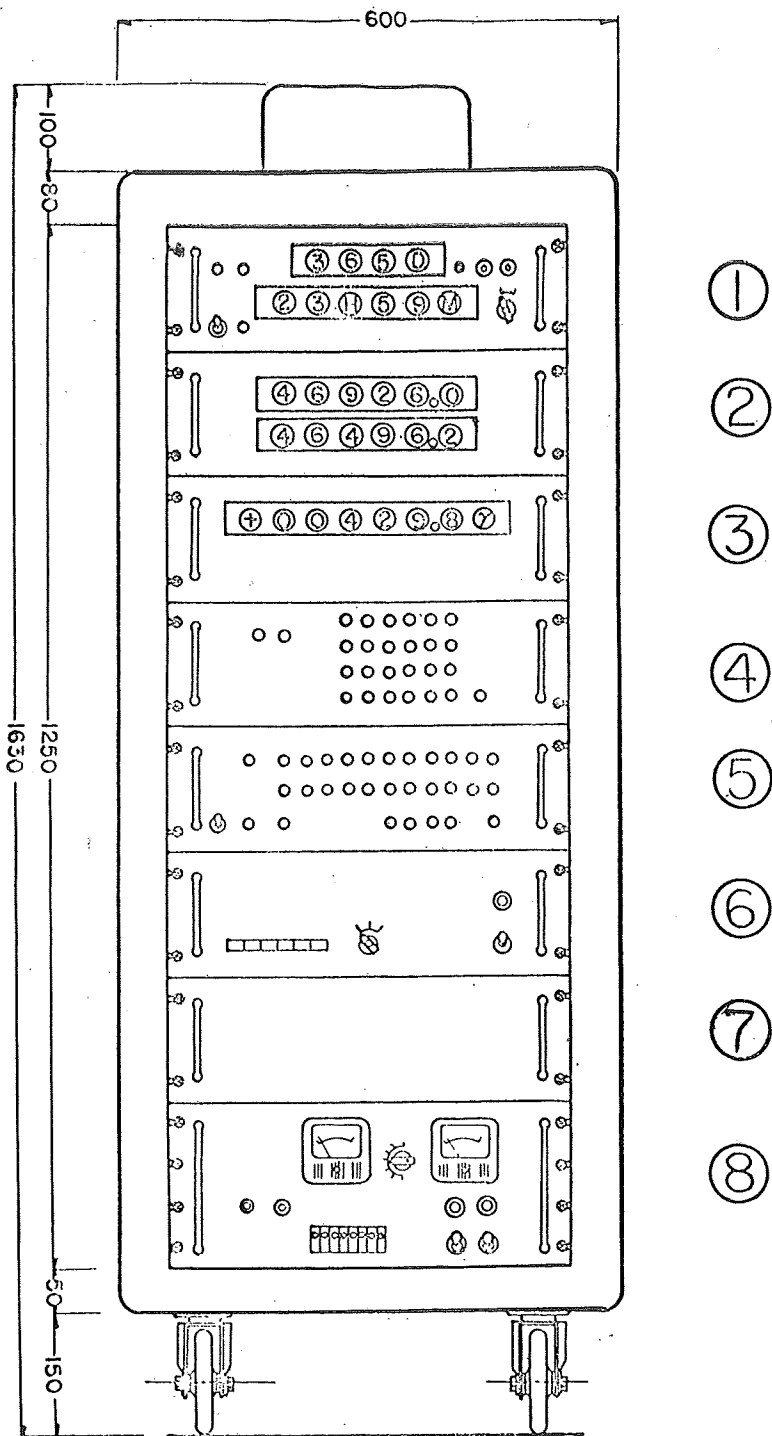


Fig. 8 : Schematic view of B-unit. Lengths are measured in units of mm.  
 1: Timer, 2: Data read-out panel, 3: Subtractor,  
 4: Data programmer, 5: Puncher controller, 6: D-A converter,  
 7: Blank panel, 8: Power source.

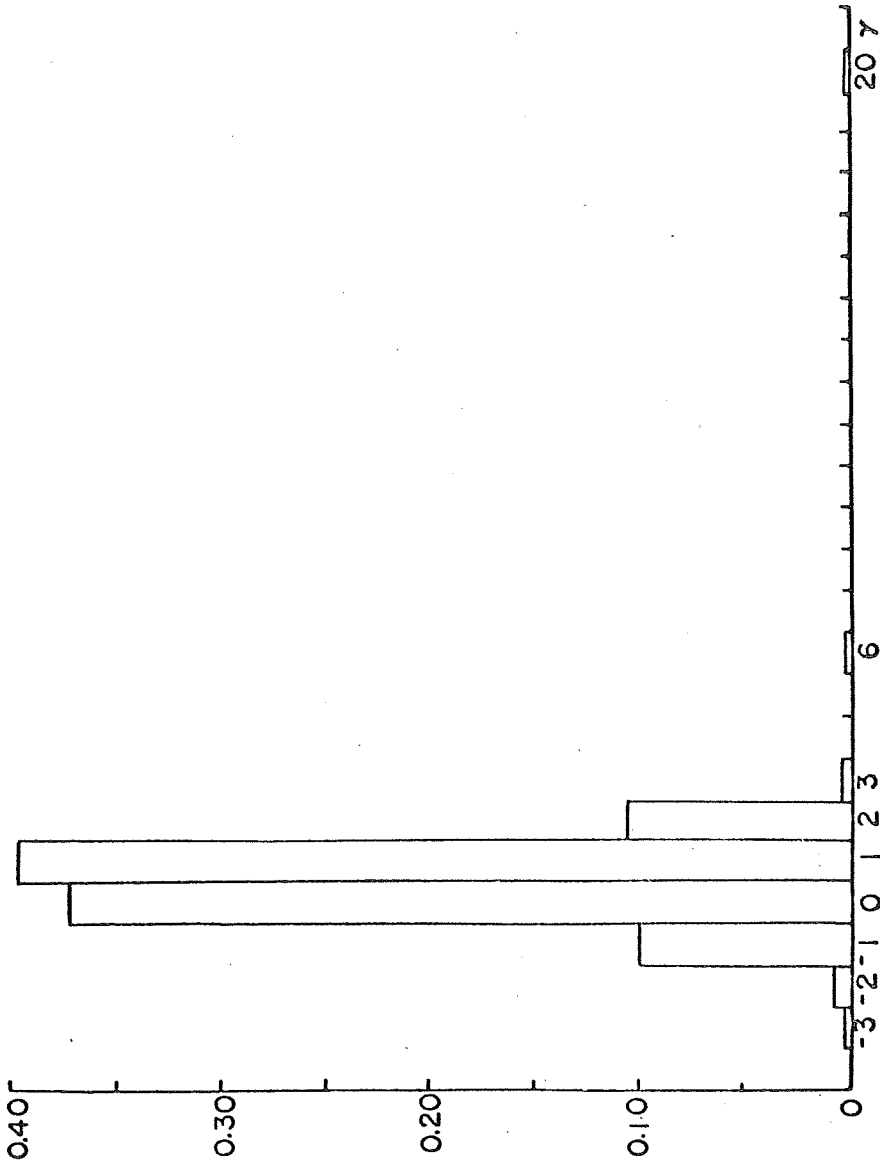


Fig. 9 Histogram for differences in the total geomagnetic intensity between the two heads as measured every one minute during the 24 hours on March 27 and 28, 1966.