

新システム：地磁気変化量観測装置の概要

大和田毅・徳本哲男・山田雄二・小嶋美都子・熊坂信之
横山恵美・菅原政志・小池捷春・清水幸弘

(1997年12月26日受付, 1998年2月20日改訂)

要 旨

地磁気観測所では、1995年～1996年の2年間に、女満別・鹿屋両出張所において地磁気変化観測装置（吊り磁石式変化計）と地磁気変化度観測装置（誘導磁力計）の機能を統合して新たに地磁気変化量観測装置を製作し運用を開始した。新装置は、地磁気の検出部に短周期変化から長周期変化まで高い精度で計測できる高感度フラックスゲート磁力計を採用するとともに、全てのデータをデジタル化した。このシステムでは、1台のフラックスゲート磁力計から0.1秒値および1秒値を取得し、また、1分値、1時間値は、この1秒値を用いて、平均処理、補正処理を経て作成される。柿岡においては、既に1秒値が収録されていたが、さらに短周期の変化についても、地磁気変化度観測装置（誘導磁力計）に代わって、既存の高感度フラックスゲート磁力計を改造することで、出張所と同様に0.1秒値を収録できる地磁気変化量観測装置を整備した。このように、柿岡、女満別、鹿屋において、1秒値、0.1秒値のデジタルデータを取得する観測システムが完成したことによって、データの高度な利用が可能となった。

1. はじめに

地磁気観測は、大きく分けて絶対観測、変化観測および変化度観測からなる。絶対観測には、地磁気の方角（偏角・伏角）を測定する磁気儀（柿岡はDI-72型、女満別・鹿屋両出張所はFT (Fluxgate-magnetometer Theodolite) 型磁気儀）とその強さ（全磁力）を測定するプロトン磁力計が使用されている。また、これまで変化観測には、フラックスゲート磁力計を主として、吊り磁石式変化計やベクトルプロトン磁力計等も使用されてきた。変化度観測には、高透磁率金属を芯に銅線を数万回巻いたセンサーと増幅器、およびフィルターより構成される誘導磁力計が使用されてきた。

従来、変化観測と変化度観測とで異なる観測装置を使用してきた大きな理由の一つは、観測の対象とする地磁気現象の周期・振幅が異なることから、両方の観測に共通して使用できるだけの高い精度の測定器の製作が技術的に困難であったことである。しかし、近年地磁気を測定する装置の技術が著しく向上し、変化観測および変化度観測に共通して使用するのに耐えられるだけの性能を持ったフラックスゲート磁力計が製作され、それを用いて効率的な観

測システムの構築が可能となった。地磁気観測所では、その様なシステム“地磁気変化量観測装置”を製作し、1995～1996年にかけて柿岡、女満別、鹿屋に整備して運用を開始した。

地磁気変化量観測装置は、高感度フラックスゲート磁力計（以後FMと略す。また、柿岡、鹿屋、女満別のFMを区別するため、整備した西暦年の下2桁を付けて、柿岡用を90FM、鹿屋用を95FM、女満別用を96FMと呼ぶ。）に傾斜計および温度計を搭載した検出部と、これより得られたデジタル並びにアナログ信号の変換・処理・収録および解析を行う計測制御・処理解析部からなる。データは全てデジタル化され、効率的なデータ処理・解析が可能となるとともに、より高精度のデータを利用できるようになった。これにともなって、長年行って来た吊り磁石式変化計（プロマイド記録）、および誘導磁力計（アナログ磁気テープ記録と直記式モニター記録）による観測を終了した。

この論文では、新しく整備した地磁気変化量観測装置の概要を紹介する。

2. 検出部 — 高感度フラックスゲート磁力計

95FM, 96FMは、1990年に整備した柿岡の90FM (Tsunomura et al., 1994) の仕様を基本としたもので、(株)島津製作所が製作した。これらのFMは、3軸 (H, Z, D) それぞれソレノイド2コア型を採用したが、通常より長いコアを使用することにより安定した信号を得ることができ、分解能を上げることに成功した。検出器には傾きおよび温度を連続的に測定可能にするための小型傾斜計と温度計を内蔵した他、90FMでは無かったいくつかの機能を追加している。同時に、90FMについても、新たに傾斜計、温度計を組み込むなど、95FM, 96FMと同程度の機能となるようグレードアップを行った。

2-1 構成と仕様

検出部の主な仕様を Table 1 に示す。なお旧90FMからの主な改良点は以下の通りである。

①アナログ出力端子の追加

脈動現象も測定できる様に、広い通過帯域を持つアナログ信号出力端子を追加した。

②外部感度信号端子の追加

外部から既知の電圧を入力することにより、感度信号が印加される様にした。これは、これまではFMの長期的な感度の変動のチェックは、FM

本体に組み込まれている内蔵感度信号で行ってきたが、この方法では内蔵感度信号用の基準電源の変化との区別ができなかったことを改善するためである。

③測定レンジの拡大

大規模な磁気嵐時の欠測を避けるために、測定範囲を500nTレンジで±500nTであったところを±600nTとした。これは、IGY (1957年) 以降の磁気嵐で最大となった1989年3月13日から15日に観測された磁気嵐 (女満別の水平成分レンジ747nT) と同程度の変化でもスケールアウトせずに観測できるレンジである。

④傾斜・温度計の内蔵

FMによる地磁気観測は、FM検出器の傾斜や温度の変動がそのまま観測値に誤差として含まれるため、それを監視するためFM検出器内部に傾斜計および温度計 (米国 Applied Geomechanics 社製 AGI-756) を取り付けた。磁性検査の結果では、磁性は、傾斜計、温度計ともに計測に全く支障のない、ごく僅かな量であった。

2-2 FMの感度測定結果

FMは出力値が測定する磁場の大きさを表すように設計されているが、厳密には必ずしも真の磁場の

Table 1 Major specifications of the sensor

検出器	a. 温度係数	0.5nT/°C以下
	b. 安定性	±0.1nT/日以内
	c. 軸方向誤差	各軸相互間6' 以内 (Table 4. 参照)
増幅器	a. 温度係数	0.5nT/°C以下
	b. 安定性	±0.1nT/日以内
	c. 測定範囲	-600~+600nT
	d. 出力ノイズレベル	0.05nT以下
	e. 感度の誤差	0.2%以内
	f. 外部感度信号	外部からの電圧信号で感度信号がかかる
	g. 内蔵感度信号	±60, ±80, ±100, ±200, ±300nT (95FM, 96FM) 誤差0.2%以内
	h. 出力信号	アナログ1 DC~1Hz/DC~5Hzフィルター アナログ2 DC~5Hzフィルター
	i. 計測および デジタル出力タイミング	各成分1秒間に32回A/D変換, 平均処理後出力
	j. デジタル出力分解能	0.01nT
傾斜・温度計	a. 測定成分	東西, 南北, 温度

値を示すわけではなく、真の値からずれていることが多い。そのため出力値を真の磁場の値に換算するためには感度較正値を必要とする。即ち、

$$\text{真の磁場の大きさ} = \text{FMの測定値} \times \text{感度較正値}$$

となる較正値を決定する必要がある。今回3台のFMについて、柿岡の大型矩形ヘルムホルツコイルによる感度較正値の測定(小池・他, 1990)を、直流・交流それぞれについて行った。

2-2-1 直流感度

測定の方法については、小池・他(1990)や菅原・他(1991)に記述されているため、ここでは省略し測定結果だけを述べることにする。Table 2は大型ヘルムホルツコイルによって柿岡で測定した各FMの感度較正値である。Table 2で明らかな様に、各FMとも感度較正値は1.000に非常に近い値となっているが、これは、メーカーに調整をさせた後の測定結果である。

これまではFMの感度をモニターする手段としては、FMに内蔵された基準電源によって一定磁場をつくり、その出力値によって較正値を求める、いわゆる内蔵感度測定しかなく、それによって得られる感度較正値が信頼できるかどうか確認の方法がなかった。これはFMに内蔵されている定電圧電源によってセンサー内部に較正用の磁場を作るため、測定された感度較正値が時間変化しても、それが定電圧電源の出力の時間変動によるものなのか、真に較正値が時間変化したものなのか、区別ができないからである。今回整備した高感度FMを、外部から較正電圧を入力できる構造としたことで、加えた電圧値をモニターすることが可能となり、また必要精度

に応じて電圧源に精度の良いものを使用することも可能で、そのため較正電圧の時間変動に伴う感度較正値の誤差は取り除くことができる。

Table 3は外部較正信号として電圧1Vを加えた場合に、センサーコアに加えられる磁場の大きさを算出したものである。今後、それぞれのFMにおける感度較正値の長期的な確認にはこの値を使用することになる。

しかしそれでもなお、外部感度信号の定数自体が今後時間変化しないという保証は無い。なぜならば外部から加える電圧をFM本体のV/I変換回路によって電流に変換し、感度磁場を作っているため、V/I変換回路の定数が時間変動すれば測定される較正値も見かけ上変動する可能性があるためである。今回の改良によって感度の測定における大きな不確定要素を一つ除去することができたが、依然として不確定な部分は残っている。今後も機会があれば外部感度信号の定数を再測定し、変動の様子を調査していく必要がある。

2-2-2 交流感度

測定は、FMの2系統のアナログ出力(フィルターがDC~5HzとDC~1Hz)それぞれについて行った。交流磁場の生成には、大型ヘルムホルツコイルに交流電流を流すことによって行った。測定した周波数は0.001Hz~5Hzまでの16周期である。0.001Hz~0.1Hzについては10Hzサンプリングで、それ以上の周波数については100Hzサンプリングで収録処理した。

Fig. 1は大型ヘルムホルツコイルによる感度測定結果のH成分についての例を図示したものである。他の成分についても同様の結果を得ている。Fig. 1を見

Table 2 Result of the measurements of the DC-sensitivity of the three FMs. The measurements were carried out in $\pm 500\text{nT}$.

	H	D	Z
96 FM (MMB)	1. 0004	0. 9996	0. 9997
90 FM (KAK)	1. 0001	0. 9994	1. 0005
95 FM (KNY)	0. 9995	0. 9999	0. 9997

Table 3 Intensity of the magnetic field produced within the sensor when an external calibration signal of 1 volt is applied (nT/V).

	H	D	Z
96 FM (MMB)	104. 28	104. 33	104. 03
90 FM (KAK)	110. 91	110. 76	110. 71
95 FM (KNY)	110. 79	111. 02	110. 97

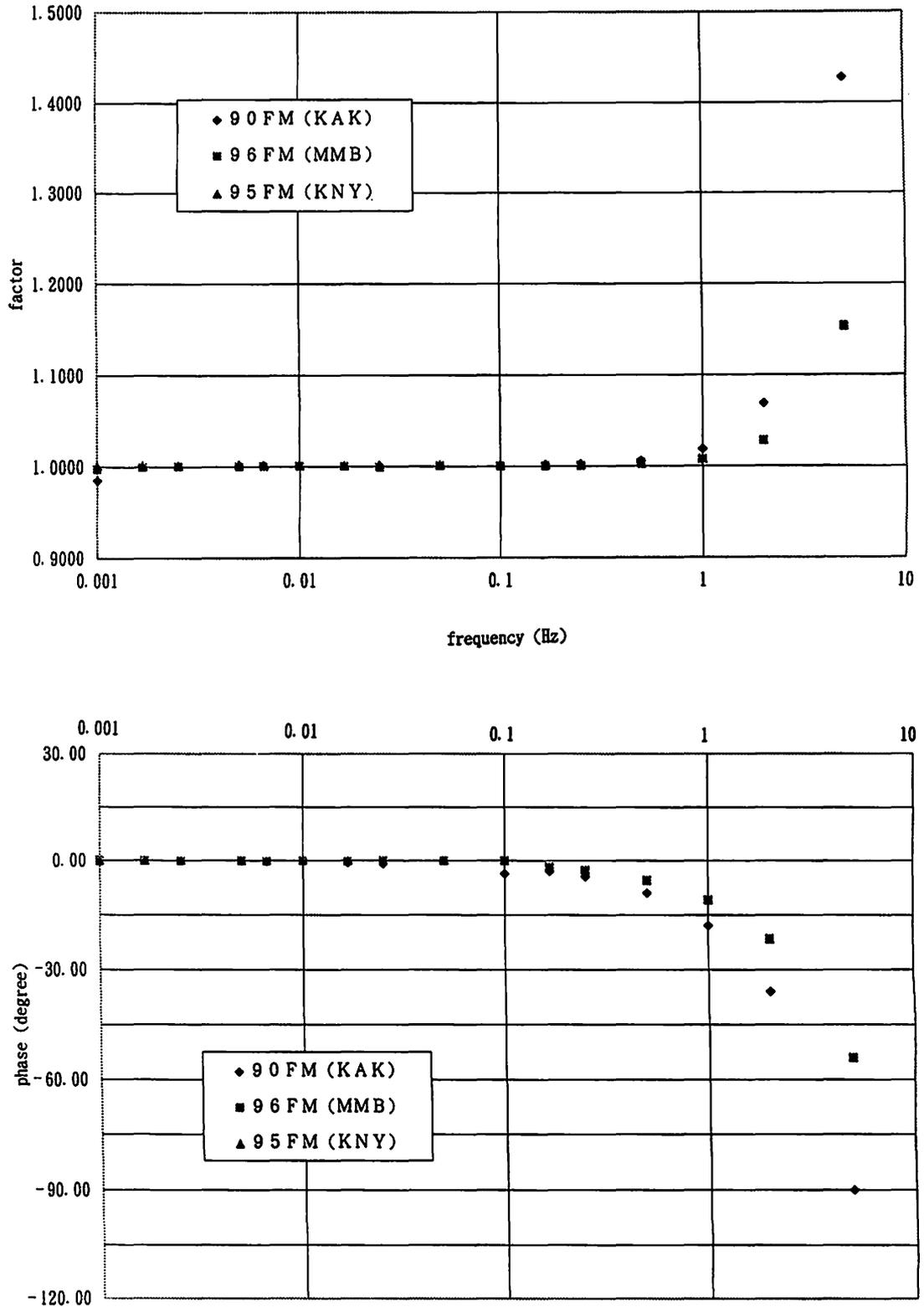


Fig. 1 Sensitivity of the three FM(H-component) against the frequency from 0.001 to 5Hz measured by use of a large Helmholtz Coil system. upper: amplitude factor, lower: phase

ると1Hz以下の周波数域ではどのFMも感度はフラットである。それより高周波になると徐々に感度較正值が大きくなる（ゲインが小さくなる）。位相については0.1Hz以下ではほとんど0度であるが、それより高周波では位相角が小さくなる（外部磁場の変化に対して出力値の位相が遅れてくる）。これらの結果はMB162型FMについて山本・小池（1996）が行った結果とよく似ており、本質的に同じ型のフィルターを使用しているものと思われる。

2-3 3軸の直交度の測定

Table 4はFMの3軸の軸間の角度の90°からのずれを柿岡において測定した結果を、各FMについてまとめたものである。直交度に誤差があると測定成分値の観測精度を落とすことになるが、センサーコアブロックの工作精度からはやむを得ないと考え

2-4 ノイズレベルの測定

96FMについて測定を実施した結果を Fig.2に示

Table 4 Result of the measurements of the angle within the three axes of the sensor for the three FM. Numbers indicate deviation from the rectangle. All were measured in the field of 500nT.

	∠HD	∠HZ	∠DZ
96FM (MMB)	- 4' 12"	+ 2' 03"	- 2' 12"
90FM (KAK)	+ 2' 05"	+ 4' 10"	+ 2' 58"
95FM (KNY)	+ 1' 01"	- 3' 23"	+ 2' 06"

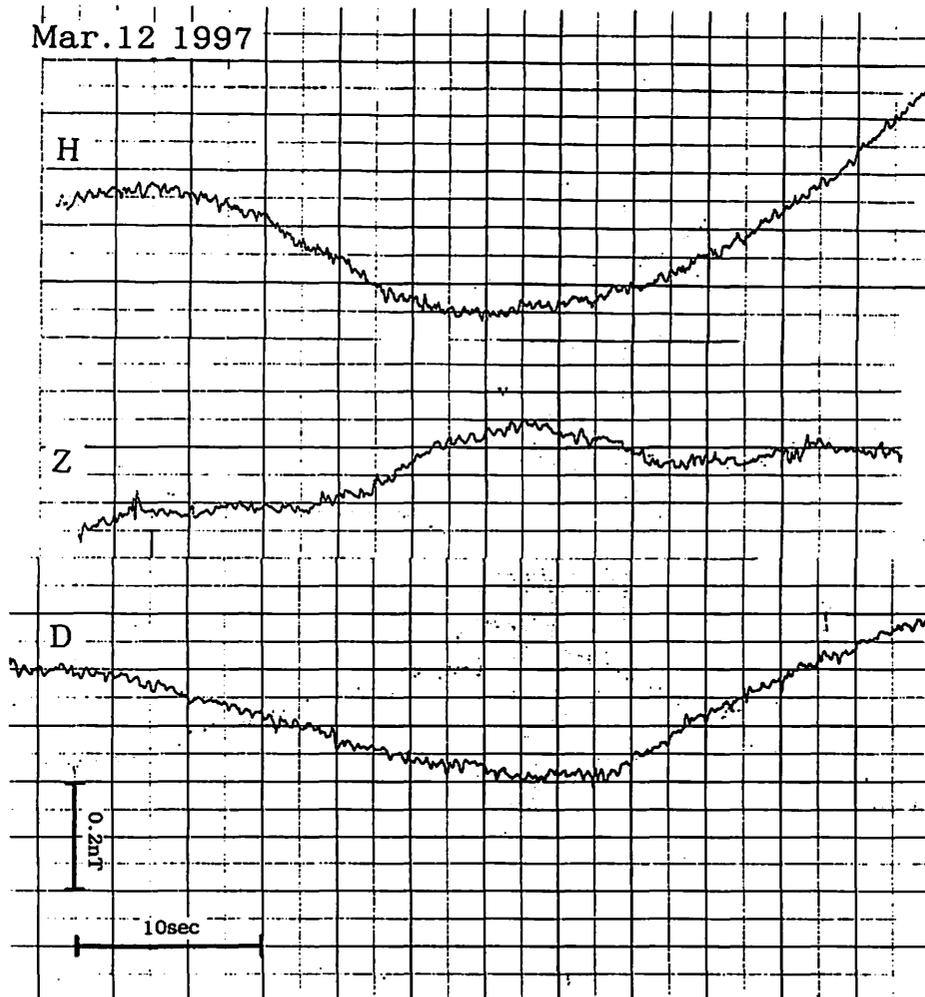


Fig. 2 Noise-level of 96FM for the three components.

す。測定方法は検出器を比較校正室西台上に設置し、DC~5Hzのフィルター通過後のアナログ信号を1成分ずつ直接ペンレコーダで記録した。図では便宜上3成分を並べてあるが同じ時間の記録ではない。各成分ともノイズ巾は0.02nTp-p程度であり、Table 1に示した仕様をみたしている。90FMが0.01nTp-p強であった(Tsunomura et al.,1994)のに比べ僅かに大きい。これは人工ノイズの大きい日中に測定したため、短周期のノイズが含まれていると考えられる。

3. 計測制御・処理解析部

計測制御・処理解析部は、信号分岐ユニット、シリアルデータ変換器等の今回新たに制作した製作品と、市販品のデータモニター部、データ処理部、解析装置用のパーソナルコンピュータ(以下PCと略す)と周辺機器、およびデータ収録器から構成されている。また、各PC間をLAN接続することにより媒体を介してのデータ交換を極力さける様にした。得られるデータは、1秒値と0.1秒値である。

FMの計測や、1秒値、0.1秒値の収録のタイミングには十分な時刻精度が必要なことから、刻時装置には、JJYの信号を受信し自動的に較正できるものを採用した。

計測制御・処理解析部の製作にあたっては次の様なことを考慮し設計した。

- ①信頼性：地磁気変化を0.1秒サンプリングと1秒サンプリングで、1日24時間欠測無しで収録できること。
- ②操作性：定常業務として毎日操作することから、その操作が容易にできること。
- ③柔軟性：装置の一部の故障に際して、必要最小限の部分だけを分離し、残り部分でデータ収録ができる様に各部をブロックに分けること。

データの収録を行う部分については、その故障による欠測を避けるために二重化した。

3-1 ハードウェアの構成と主な機能

ハードウェアの構成は、以下にa~l項で記述する各機器からなる(女満別・鹿屋両出張所 Fig.3, 柿岡 Fig.4参照)。

a. 信号分岐ユニット

FM, プロトン磁力計等各種観測装置のデジタル、アナログ信号を受信し複数に分岐する。分岐された出力信号については、1つの出力信号が短絡しても他の出力に影響しない様にした。以下の信号分岐を

行う。

①秒パルス

刻時装置から1秒パルスを受け、これを5つに分岐しFMの計測トリガー、0.1秒計測用10Hz信号発生器およびシリアルデータ変換器の各データ収録トリガー用として使用される。

②アナログ信号

15チャンネルのアナログ信号を入力することが可能である。全ての信号はそれぞれ3系統に分岐し、3台のシリアルデータ変換器へ出力される。15チャンネルの内の3チャンネルは、FM検出器内部に取り付けられた傾斜計(東西、南北の2チャンネル)・温度計(1チャンネル)からのアナログ信号の入力に使用する。残りの12チャンネルは予備として使用可能である。

③BCD信号

2台のベクトルプロトン磁力計(F, H)からのデジタルBCD信号をそれぞれ3系統に分岐し、3台のシリアルデータ変換器へ出力する。

④時刻情報

刻時装置から出力される時刻情報(西暦年下2桁, 月・日・時・分・秒それぞれ2桁)からのデジタルBCD12桁を3系統に分岐し、3台のシリアルデータ変換器へ出力する。この他に、16ビットの時刻情報(データ収録部DR-M3a用)と、2ビットの時刻情報(A/D変換器PS-9351用)、1ビットのタイムマーク(時)を出力する。

⑤RS-232C信号

FM増幅器からRS-232C信号として出力される測定値を3系統に分岐し、3台のシリアルデータ変換器へ出力する。

b. シリアルデータ変換器

データ処理部1, 2および絶対観測データ収録部にデータを渡すためのデータの変換・バッファリングを行うものであり、同じもの3台を並行で使用する。データは以下の順に処理される。

①A/D変換

分岐回路から入力したアナログデータを、分岐回路から入力した1秒パルス信号と同期してA/D変換(16ビット分解能の逐次変換型)を行う。各チャンネルについてA/D変換を0.5秒間に100回繰り返す。その平均値を出力する。入力レンジは±5V・±10Vの切り替え可能となっている。

②データの変換

A/D変換されたデータと分岐回路よりデジ

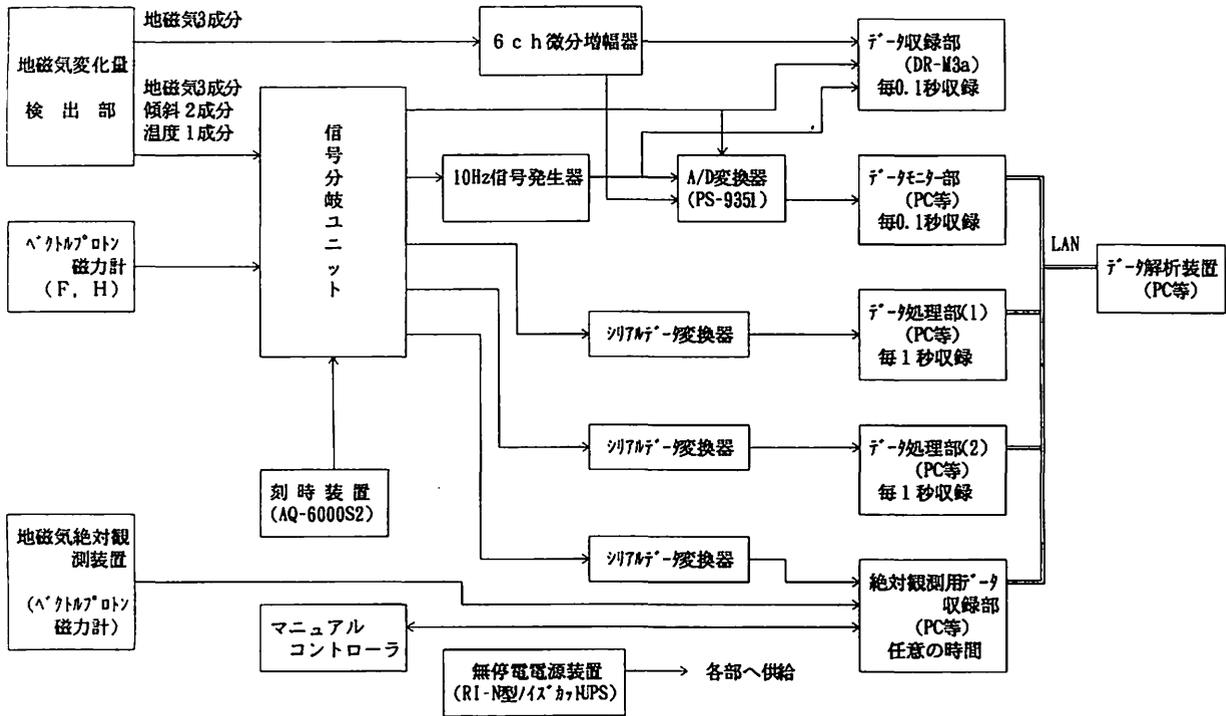


Fig. 3 Block diagram of the constitution of the measurement-controlling, data transforming and editing unit of the system at Memambetsu and Kanoya.

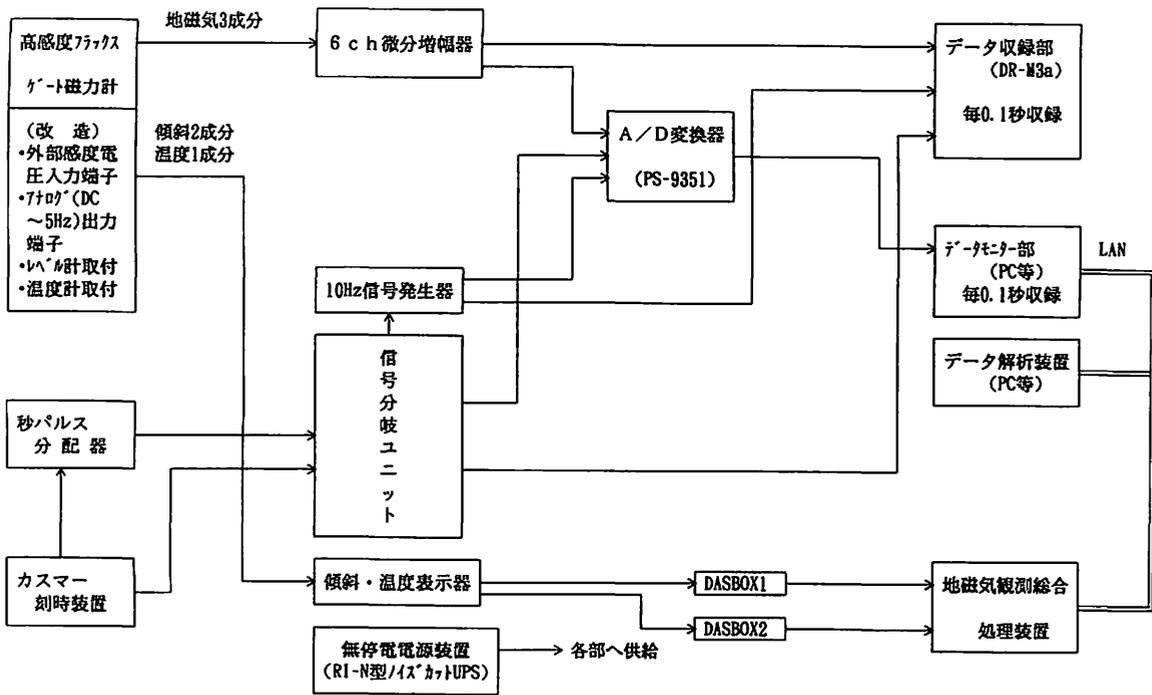


Fig. 4 Block diagram of the constitution of the measurement-controlling, data transforming and editing unit of the system at Kakioka.

タルデータとして入力した全てのデータをASCII文字列に変換する。

③バッファリング

ASCII変換されたデータをバッファリングし、収録装置からの転送要求に合わせてRS-232Cを通して出力する。絶対観測用データ収録部(女満別)に対して出力する際にはバッファリングせずに常にリアルタイムのデータでなければならないため、バッファ機能はオン・オフの切り替え可能とした。バッファ容量は1メガバイトである。

c. 6ch 微分増幅器

FM増幅器より出力された3成分(H, Z, D)のアナログ信号からHPF(ハイパスフィルター)およびLPF(ローパスフィルター)によって、ノイズや長周期成分を除去し増幅する。増幅後、データ収録部DR-M3aおよびA/D変換器PS-9351へ出力される。

①フィルタリング

P_c , P_i として観測される脈動現象の周期は、0.2秒($P_c 1$)から600秒以上($P_c 6$)におよぶ。HPFで150秒を遮断周波数とし、遮断特性を1000秒で-60dB以上とした。これは $P_c 1$ から $P_c 4$ (0.2秒~150秒)の現象をとらえるためである。また商用電源等の高周波ノイズ対策として、遮断特性が50Hzで-60dB以上のLPFを入れた。Fig. 5に柿岡の6ch微分増幅器の周波数特性を示す。

②増幅

入力信号の大きさに合わせられる様に、0.1, 1, 5, 10, 50, 100倍に増幅率の切り替えを可能にした。出力数は各チャンネルとも3である。

d. A/D変換器 PS-9351

6ch微分増幅器から入力したアナログデータを、10Hz信号発生器から入力した0.1秒パルスと同期して、デジタル0.1秒値にA/D変換を行う。A/D変換は14ビット分解能の逐次比較型で、32チャンネル分ある。また時刻情報の「時」と「分」のそれぞれの数値の最下位1ビットずつをデジタル入力し、A/D変換データとともに出力する。この変換器は30キロバイトの出力バッファを備えており、入力レンジは $\pm 2V \cdot \pm 5V$ の切り替え可能であり、GP-IB信号としてデータモニター部へ出力される。なおこの変換器は市販品(株)TEAC社製)である。

e. 10Hz 信号発生器

信号分岐ユニットからの1Hzパルスを10通倍し、A/D変換器PS-9351およびデータ収録部DR-M3aへ、0.1秒値のサンプリングクロックとして供給する。

f. データ収録部 DR-M3a

データ収録部は、市販されているDR-M3a(株)TEAC社製)である。この装置は6ch微分増幅器より出力されたアナログ信号をA/D変換して0.1秒毎に収録し、信号分岐ユニットから入力する16ビットの時刻情報とともに3.5インチ光磁気ディスクに書き込まれる。使用できる光磁気ディスクは倍/単密度対応(230メガバイト/128メガバイト)自動切り替えである。A/D変換は16ビット分解能で、8チャンネル入力可能の全チャンネル同時サンプリングである。入力レンジは $\pm 1V \cdot \pm 2V \cdot \pm 5V \cdot \pm 10V$ が選択できる。

g. データモニター部

データモニター部としてはNEC製PCを採用した。脈動観測用としてデータ変換部より出力された0.1秒毎のデータと時刻情報の一部をともに収録し、最新のデータを含む過去一定時間の時系列グラフと数値リストをディスプレイに表示する等の機能を有している。OSはWindows95である。

h. データ処理部1, 2

データ処理部にはPCを採用した。シリアルデータ変換器から地磁気3成分、FM検出器の傾斜データ、温度データおよび時刻情報を欠落無く1秒毎に収録する。また最新の収録データを数値およびグラフでリアルタイムで表示する機能を持っている。なおデータ処理部は、PCの故障による欠測をできるだけ避けるため、全く同じ機能を有するものを2台整備し並行して収録を行うこととした。

i. データ解析装置

データ解析装置は、データモニター部、データ処理部で得られた0.1秒値あるいは1秒値の編集・解析、定期報告値等の処理を行うもので、PCとページプリンター等の周辺機器で構成されている。この解析装置は、データモニター部、データ処理部1および2(および女満別のみ絶対観測用データ収録部)の各PC間とLANで接続されている。

j. 絶対観測用データ収録部(女満別のみ)

従来の絶対観測は磁気儀を操作する観測者、観測

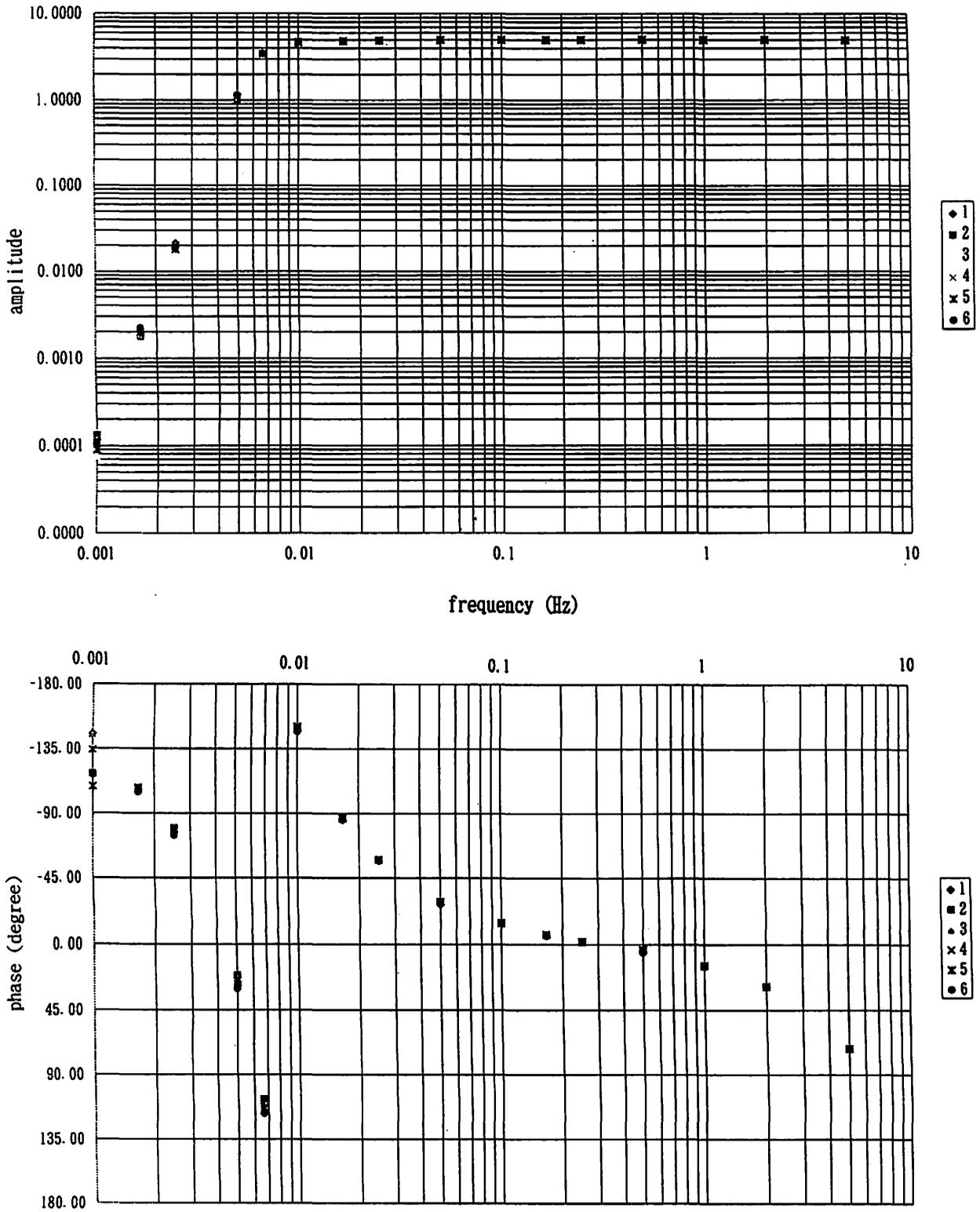


Fig. 5 Frequency-dependence of the output of the 6ch-amplifier at Kakioka.
upper: amplitude factor, lower: phase

値を野帳に記入する記録者、観測を挟んでプロトン磁力計による全磁力の観測や異常値の確認を行う制御者の3人で実施していた。観測値の処理も手作業の部分がかなりあった。これを省力化する方法として、PCとマニュアルコントローラからなる絶対観測用データ収録部を整備した。記録者が絶対観測用データ収録部を操作することにより、FMのデータ取り込み、プロトン磁力計の制御とデータ取り込み等を行い、また観測中に観測の良否判定が行える様になっている。

k. 刻時装置 AQ-6000 S2

脈動観測として0.1秒毎のサンプリングを行うためには、高精度の時刻情報が必要になる。そこで、JJY信号（短波帯10MHz）を受信しそれによって時刻を自動的に較正する機能を有した刻時装置（AQ-6000 S2, (株)エコー計測器製）を採用した。主な仕様を以下に示す。

総合時刻精度	±5msec (6時間間隔修正の場合)
自動較正範囲	±0.5sec 以内
時刻修正精度	±2.5msec 以内
水晶発振子	1 MHz ±5×10 ⁻⁸ /日 (恒温槽入り)

l. 無停電電源装置 RI-N型ノイズカットUPS

採用した無停電電源装置（(株)電研精機研究所製RI-N型ノイズカットUPS）は、電源ラインノイズや機器から発するノイズを遮断するノイズカットトランス内蔵型である。

3-2 プログラム

3-2-1 データファイル

データファイルにはいくつかのタイプがある。Table 5にデータファイルの記号と種類を示す。表中のファイルサイズの / 以下はファイルの単位を表す。例えば /hour では1時間分ごとに別のファイ

ルにしていることを示している。

od, os は、0.1秒値、1秒値の収録オリジナルデータファイルで、これに対してフォーマット変換、データ補正を行って最終データファイルが作成される。d3は今回新しく加わった0.1秒値最終3成分ファイルで、フォーマットを Table 6に示す。

s1, m1はそれぞれ1成分毎秒値、毎分値データファイルである。温度や傾斜データなどは、Table 5のs1, m1形式でファイル化している。このファイル中には、データを物理量に換算するための情報も含まれている。s4, m4はそれぞれ4成分毎秒値、毎分値ファイルである。

3-2-2 データの流れ

収録データおよびその処理は大きく0.1秒値（変化度観測データ）と毎秒値（変化観測データ）に分かれている。そのためプログラムも一部を除いて0.1秒値用、毎秒値そして毎分値用に分けられる。データの流は直線的で、

変化度観測データ od → d3
 変化観測データ os → s4 → m4(暫定値)
 → m4(最終値) → 毎時値ファイル
 温度等データ os → s1 → m1

と順に処理されていく。

4. 計測データのサンプル

地磁気変化量観測装置で得られたデータを示す。Fig.6は、1997年10月19日11時59分（UTC）から始まったPi 2の、女満別、柿岡、鹿屋の0.1秒値のプロットである。また、Fig. 7は1997年11月22日09時49分（UTC）から始まった磁気嵐（ssc）の女満別、柿岡、鹿屋のH成分の毎秒値を出力したものである。これら0.1秒値、1秒値は従来の誘導磁力計、吊り磁石式変化計のアナログ記録と比べてより明瞭に短周期現象を検出することが可能であり、各方面における研究に広く利用されることが期待される。

Table 5 List of data-file

記号	種類	成分数	ファイルサイズ
od	0.1秒値	1~6	432 Kbyte/hour(6成分)
d3	0.1秒値	3	5.898 Mbyte/day
os	1秒値	1	346 Kbyte/day
s1	1秒値	1	5.714 Mbyte/month
s4	1秒値	4	22.856 Mbyte/month
m1	1分値	1	95 Kbyte/month
m4	1分値	4	381 Kbyte/month

Table 6 Record-format of 0.1-second value file(d3)
 X': Magnetic North, Y': Magnetic West, Z: Downward
 1-record: 1024-byte(data of 3 components for 15 seconds)

word	byte	形式	内容
1	2	整数	年(1997, 1998, ...)
2	2	整数	月(1, 2, 3, ..., 12)
3	2	整数	日(1, 2, 3, ..., 31)
4	2	整数	時(0, 1, 2, ..., 23)
5	2	整数	分(0, 1, 2, ..., 59)
6	2	整数	s (先頭の秒(0, 15, 30, 45))
7	2	整数	通し日(1, 2, ..., 366)
8	2	整数	通し分(1, 2, ..., 1440)
9	2	整数	先頭の通し秒(1, 16, 31, ..., 3585)
10	2	整数	情報コード
11	2	整数	X' 成分の一定値の桁数
12	2	整数	X' 成分の変化分の分解能
13	2	整数	s ~s+ 4.9秒のX' 成分の一定値
14	2	整数	s+ 5.0~s+ 9.9秒のX' 成分の一定値
15	2	整数	s+10.0~s+14.9秒のX' 成分の一定値
16	2	整数	0.0秒のX' 成分の変化分
17	2	整数	0.1秒のX' 成分の変化分
.	.	.	
.	.	.	
165	2	整数	14.9秒のX' 成分の変化分
166	2	整数	Y' 成分の一定値の桁数
167	2	整数	Y' 成分の変化分の分解能
168	2	整数	s ~s+ 4.9秒のY' 成分の一定値
169	2	整数	s+ 5.0~s+ 9.9秒のY' 成分の一定値
170	2	整数	s+10.0~s+14.9秒のY' 成分の一定値
171	2	整数	0.0秒のY' 成分の変化分
172	2	整数	0.1秒のY' 成分の変化分
.	.	.	
.	.	.	
320	2	整数	14.9秒のY' 成分の変化分
321	2	整数	Z 成分の一定値の桁数
322	2	整数	Z 成分の変化分の分解能
323	2	整数	s ~s+ 4.9秒のZ 成分の一定値
324	2	整数	s+ 5.0~s+ 9.9秒のZ 成分の一定値
325	2	整数	s+10.0~s+14.9秒のZ 成分の一定値
326	2	整数	0.0秒のZ 成分の変化分
327	2	整数	0.1秒のZ 成分の変化分
.	.	.	
.	.	.	
475	2	整数	14.9秒のZ 成分の変化分
476	74		空き領域
512			

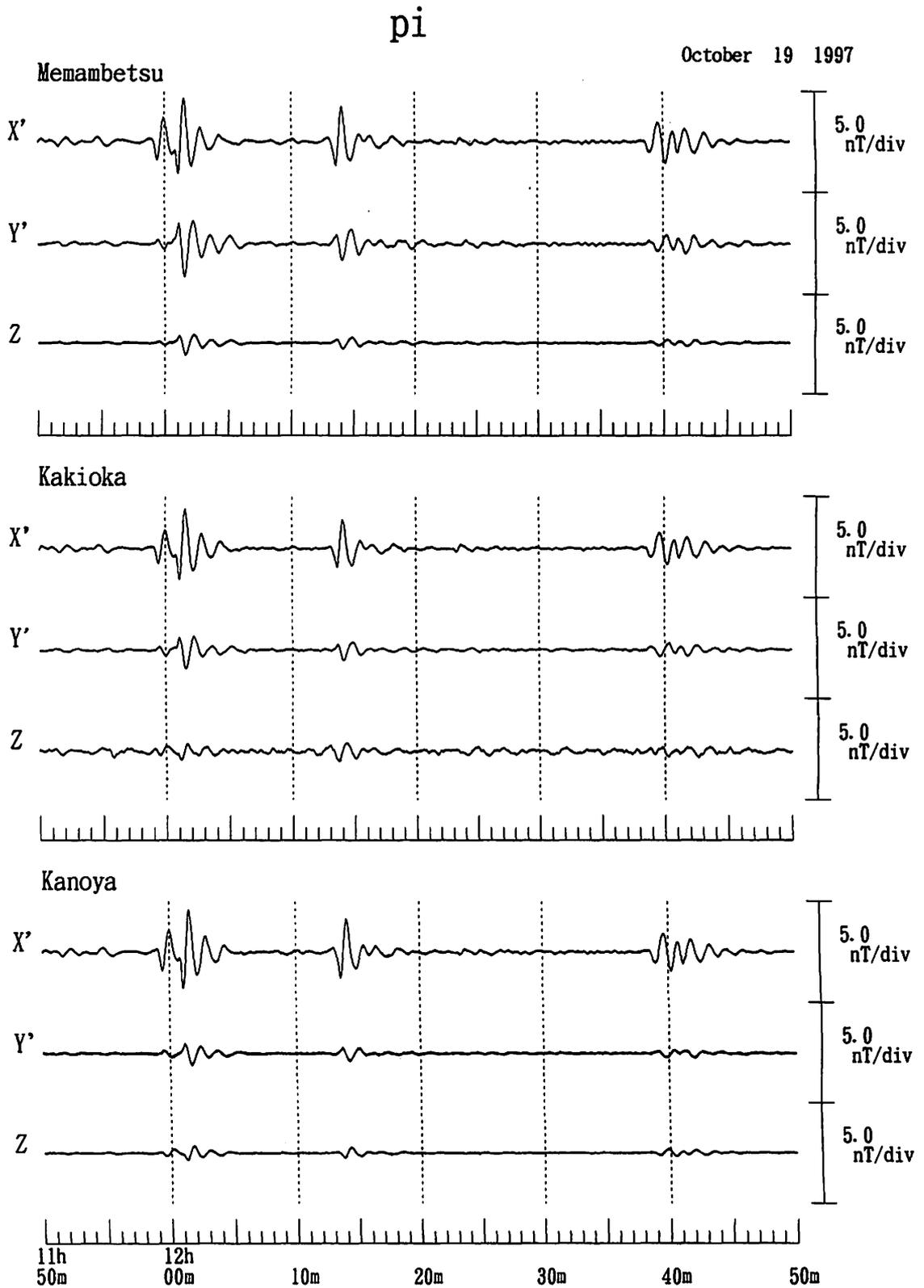


Fig. 6 Example of a plot of 0.1-second values showing a PI pulsation at Memambetsu, Kakioka, and Kanoya.

X': magnetic northward, Y': magnetic westward, Z: downward

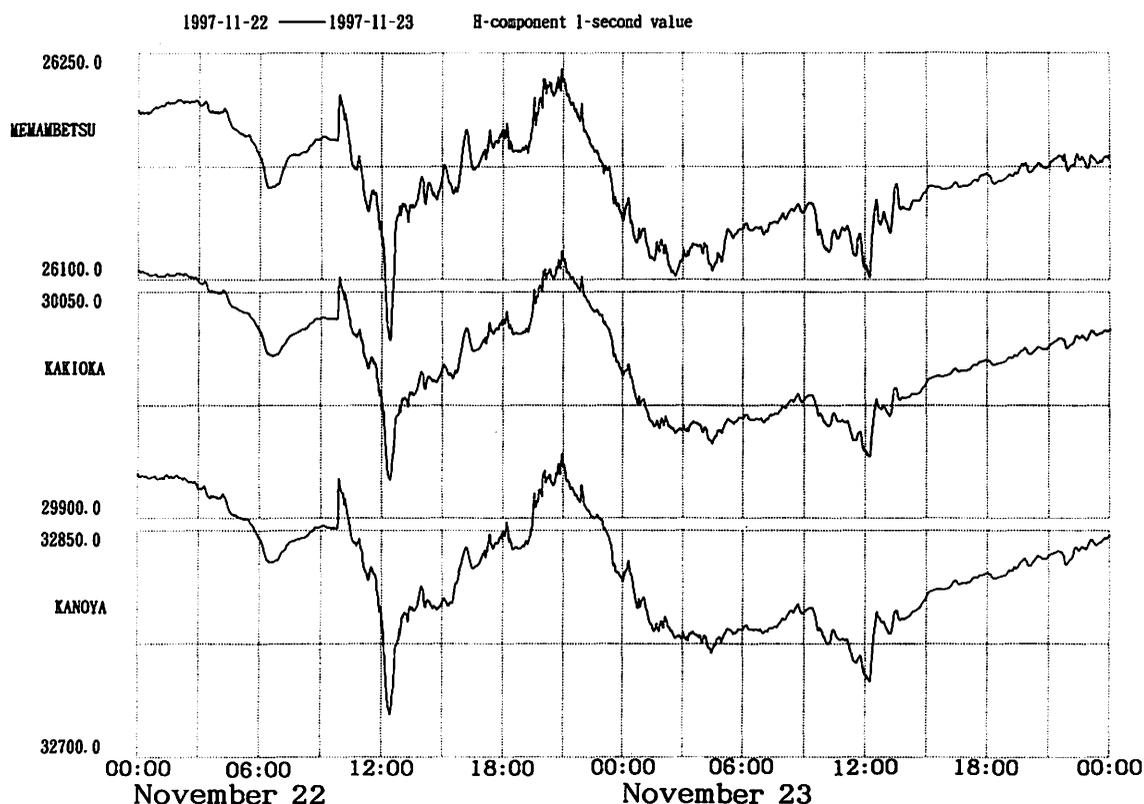


Fig. 7 Example of a plot of 1-second values at Memambetsu, Kakioka, and Kanoya for the H-component.

これらの最終デジタル値は、柿岡に集積され光磁気ディスクに保存されるとともに、世界データセンターにも毎月提供している。

5. まとめ

1995年～1996年の2年間で、女満別・鹿屋両出張所の地磁気変化量観測装置の更新、および柿岡の90 FMの改造と観測装置の整備が行われ、地磁気観測を0.1秒値、1秒値のデジタルデータとして高精度の観測が可能となった。しかし、高精度の観測を維持して行くためには以下のような問題点も残っている。

- ① 検出部には外部電圧電源によって感度校正用の磁場が印加される機能を付加したが、FM本体内で電圧を電流に変換する回路が時間とともに変動することは無いか。
- ② FM計測値の長期安定性はどの程度か。
- ③ PCを基本としたデータ収録関連部の耐久性および信頼性はどうか。

これらの問題点を解決するためには、今後も調査・改良を行う必要がある。

最後に、新しい装置により、柿岡、並びに女満別、鹿屋両出張所を含む地磁気観測所のデータは、かつてない高精度・高分解能となるとともに、デジタル

化されたことによって多方面に渉る分野での利用が可能となった。所内はもとより、関係各機関からのより多くの利用を希望している。

謝辞

今回の更新計画を進めるにあたり、本所所長を始め女満別・鹿屋両出張所長並びに気象庁本庁の関係官の方々のご指導・ご協力を頂きましたことに感謝の意を表します。

参考文献

- 小池捷春, 中島新三郎, 清水幸弘; フラックスゲート磁力計の性能—感度及びその校正精度—, 地磁気観測所要報, 第24巻, 第1号, 1990.
- 菅原政志, 外谷健, 峯野秀美, 立川徹, 福島秀樹, 橋本雅彦, 上井哲也, 加藤諄司; フラックスゲート磁力計の常数測定について, 技術報告, 第31巻, 第1, 2号 (第92号), 1991.
- Tsunomura, S., A. Yamazaki, T. Tokumoto, and Y. Yamada, The New System of Kakioka Automatic Standard Magnetometer, Memoirs of the Kakioka Magnetic Observatory, Vol. 25, No.1, 2, 1994.
- 山本哲也, 小池捷春; フラックスゲート磁力計MB162の交流感度測定, 技術報告, 第35巻, 第3, 4号 (第101号), 1996.

Introduction to our New System: Magnetometer for Wide Frequency Range

by

**Takeshi Oowada, Tetsuo Tokumoto, Yuji Yamada, Mituko Ozima, Nobuyuki Kumasaka,
Megumi Yokoyama, Masashi Sugawara, Kazuharu Koike, and Yukihiro Shimizu**

(Received December 26, 1997; Revised February 20, 1998)

Abstract

During 1995 and 1996, Kakioka Magnetic Observatory developed a new measurement system of magnetometer for wide frequency range at both two branches, Memambetsu and Kanoya and we just started to operate them. By the use of one single highly sensitive fluxgate-magnetometer as a sensor which is applicable for low-frequency to high-frequency ranges, we can obtain digital values at every 0.1-second and 1-second. Data collections are carried out using a personal computer basically. At Kakioka, we reconstructed our high-sensitivity fluxgate-magnetometer which has been operated for 1-second value measurement since 1990, and added a data collection unit in such a way that we can obtain 0.1-second values as well. We can draw a magnetogram-like picture of which time-response is better than that by so-called variometer by plotting these 1-second values of the three components. Similarly, we can detect rapid variations such as magnetic pulsations easily and precisely by plotting these 0.1-second values of the three components. Accordingly, we terminated both the variometer measurements and the observation with induction coils at three observatories. These digital values of 0.1-second and 1-second are expected to be utilized in every field of geomagnetism.