

# 磁気測定記録システムの開発

梶原 暁

(技術研究所)

## Development of a Magnetic Measurement and Recording System

by Gyo Kajiwara

### Abstract

Magnetism has become a problem in the construction industry. Problems in research and development can be solved through measurements, but this is always difficult to do effectively. The difficulty may or may not be peculiar to the construction industry.

The author investigated the characteristics of current measuring devices and determined the measuring needs of the construction industry. The author then developed a measuring system consisting of a measuring amplifier and a computer. This measuring system is small and portable and can handle almost any need for magnetic measurement during construction work.

### 概要

磁気の問題は比較的建築の中では新しい問題である。測定は問題に対応する場合の基本であるが、建築の特殊性のため、中々効率良く行うことが難しい。そこでまず現状の調査を行い、測定機側の特徴を掴み、一方、建築側の状況から要求機能を知りこれらをまとめて盛り込む機能を整理し、コンピュータと測定機のまとめで表現した。測定機のアンプとコンピュータソフトの組み合わせで機能は形成している。可搬で小型で移動測定ができ、建築内の測定のほとんどすべてに対応する測定システムが完成した。

### § 1. はじめに

近年建築内でも清浄空間の要求やノイズの影響の除去などに関連する磁気測定の必要性が増している。また、様々の家電製品は大型化し、電力送配電系と住居の接近が起ることも測定必要性に繋がって

る。磁気測定機は基本的な測定機であり昔からあるが、汎用に設計されているために建築関連の測定に使う場合には不備な点がある。実験室での測定あるいは現場の測定における経験を通して、出来るだけ実用性の高い測定機にしたいとの思いから、測定記録システムを開発した。

表 - 1 測定機の調査結果

No.	型名	メーカー	重量(KG)	電源	周波数	レンジ	表示	分解能(mG)	外部接続	記録	センサ	測定軸	規格	価格	判定	備考
1	MHM-310	M社	3	A/D	DC	2G	D	1	RS232C		磁気発振	3		85万		
2	MHM-315	M社	3	A/D	AC50-20kHz	2.0,2G	D	0.1	RS232C		?	3		95万		
3	MHM-320	M社	3	A/D	D/A50-20kHz	2G	D	1	RS232C		?	3		108万		
4	MHM-302A	M社	8	A/D	DC-5Hz	0.1G	D	0.005	RS232C		FG	3		300万		
5	MHM-101	M社	0.4	D	DC	2G	D	1	無し		磁気発振	1		31.8万		
6	MHM-150	M社	0.4	D	AC50-20kHz	2G	D	1	モニタ端子		サコ儀	1		28.8万		
7	MHM-201	M社	2	A/D	D/A50-20kHz	2G	D	1	モニタ端子		磁気発振+コ儀	1		35万		MHM-101とMH
8	MMM-123	M社	3.2	A	D-200Hz	1,10G	D	1.0,1	モニタ端子		FG	1		60万		RS232C, GPIB
9	MMM-340	M社	5	AC	D 200	1,10G	D	0.1	RS2232C,GPIB		FG	3		150万		
10	MFM-3200	M社	5	AC	DC	2,20G	D	0.1	RS-232C		FG	3		未定		
11	MFM-1010	M社	3.5	AC	DC	0.001,0.01,0.1,1	D	0.005	10V/FS		FG	1		98万		
12	MFM-1200	M社	3	AC	DC	2,20G	D	1		FG	1	未定				
13	GDM-4300	D社		AC	A/D	40,400,4K,40KG	D	4000	±4V,RS232CD		ホール素子	3				
14	GDM-8000S	D社			A/D							1				未発売
15	FGW-3D1	W社	0.4	D	D 100	.02,2.2G	D	0.01	2V/FS		FG	1	National Burea	25万		K電子
16	DGauss	P社	0.15	D	A	0.01,0.001G	A	0.1			puコ儀	1		8.9千		
17	電磁		0.125	D	A40-2000Hz	0.01G		1						1.6万		
18	トリメ		0.22	D	A40-3GHz	A	1				1		4万			磁界、電力；精度20%
19	マイク口		0.57	D	A40-2000Hz	2G	D	0.1				1	ANSI	5.8万		
20	GP-10	N社	11	A	A/D/P	200,2k,20k,100 graphic		100(DC)		ロガ内蔵	ホール素子					演算処理機能
21	501	N社	3	A	A/D	10,100,1k,10k,1	D	10	5V/FS		ホール素子					
22	TG-1000	N社	3	A	D		D	10						122万		
23	AHI-3604	A社	1.1	D	A 50-1000Hz	0.1mG-20G	D		波形,光コ儀,ディシ		コ儀	1	IRPA/INIRC	32万		電界も可
24	AHI-3627	A社	0.9	D	A5-2kHz	2,20,200m,2,20	A	0.2	5V		等方性コ儀	3		41万		
25	AHI-3002	A社	3	D	A10M-300MHz		D	0.2	1V		等方性コ儀	3	IEEE/ANSI	9.6万		
26	AHI-3012	A社	3	A	A10M-300MHz		D	12				1				

## § 2 . 従来システムの概要

### 2 . 1 磁気測定機の現況

通常の測定機の一例を図-1.1～図-1.2に示す。基本的には測定プローブとアンプの入った筐体と両者を結ぶケーブルで構成される。プローブの種類には種々あり、何れも磁界を電圧に変換するが対象の磁場に依じてホール素子、フラックスゲート、磁気抵抗素子等が使い分けられる<sup>1)</sup>。

全体の形態は、携帯型から机上型まであり重量が違い電源が違う。電源は電池あるいは交流あるいは両用とバリエーションに富んでいる。また、対象の磁界には交流磁界と直流磁界をそれぞれ専用で行うものと両用で行うものがある。磁界はベクトルであり、プローブは一方向だから全体を捉えるためには



図 - 1 . 1 磁気測定機の場合  
ホール素子を使う三軸卓上型。  
やや高い磁場測定に使う。



図 - 1 . 2 磁気測定機の場合  
フラックスゲート型の一軸携帯型。  
低磁場の測定用

3つのプローブが必要になる。これらをあらかじめ組み合わせたx, y, z軸を全部同時に計れる三軸タイプと一軸タイプがある。さらに周波数は直流単独のものから200Hz位までの極めて低い周波数のものとずっと高いkHzないしMHzオーダーのものがある。その他に分解能、規格、価格等を調べて作表したその一部を表-1に示す。以上のような項目は大分変化に富んでいるが、記録機能についてはほとんどの機種にない。また、あっても少量の記録容量になっている。ただ外部端子を備えているものは多く、外部に信号を取り出して記録することが主流のようである。

### 2 . 2 測定対象

建築関係の測定対象を磁気の障害という観点から示したものが図-2である。以下にその概要を記す。

#### (1) 鉄筋の残留磁気

建築物の中では鉄筋が磁化して永久磁石になる。直流磁場を発生してテレビ(CRT)の色ずれの原因になる。磁界の強度は最大で10G(1mT)程度である。磁化している位置を正しく割り出してそこに強磁界をかけることで消磁を行う。広がり

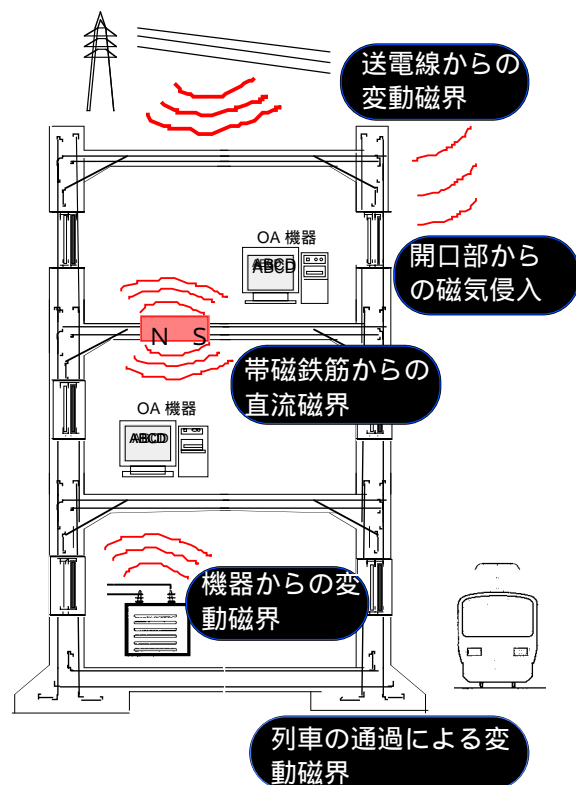


図 - 2 建築関連の磁気障害

る平面的な磁界分布を測定して最大の位置を捜し出すことが目的であり、少しずつ移動しながら迅速な入力が要求される。また分かりやすい出力が必要である。

#### (2) 高圧線の付近

建築予定地近くに高圧送電線があり建物内に精密機器が置かれる予定があると付近の磁場の測定を要求されることがある。交流磁界で数 10mG (数  $\mu$  T) 程度である。場合により日変動程度の長い変化が必要になる。また、地中送電線も同じ送電線だが電線により近くなるために磁界が数 10 G (数 mT) に達することもある。移動しながら測定することが必要であり迅速な入力が要求される。また、波形も必要な場合がある。

#### (3) 鉄道の付近

鉄道の付近では列車の移動にともない、架線から磁界が発生して、やはりテレビの色ズレや電子顕微鏡の揺れを引き起す。交流と直流の中間の変動磁場であり強度は数 100mG (数 10  $\mu$  T) 程度である。比較的遅い変動である。架線の発生磁界の変化の記録が必要になり、30 秒から 5 分程度の連続記録が要求される。建物内のエレベータ、自動車の移動等も同じような条件になる。

#### (4) 機器の発生磁界

建物内の電源機器は電気室内に通常置かれるが、居住スペースが近い場合には発生する磁界がテレビに影響してゆれを引き起こすことがある。配電ケーブルが床下に布設されている場合等も同様の現象が発生する場合がある。強度的には数 10mG (数  $\mu$  T) 程度で交流である。

#### (5) 磁気シールド工事

磁気シールドルームを設ける場合には、遮蔽率の達成を検査するために測定が要求される。例えば外部から磁場をかけて内部で磁場を測定し、減衰度合いを検査する。たいていは直流磁場であり、外部で印加する側は強く、内部は弱くなる<sup>2)</sup>。この強弱の差は性能がよいシールドルーム程大きい。また同様の測定は機器周り等でシールドする場合にも起きる。レンジが広く要求されると共に分布測定が必要になる。

また、以上の各々に共通する項目として測定の記録が必要である。測定は後々の記録を残すことが一つの目的であり、整理の作業を視野において記録の方法を考慮しておくことが必要である。

### 2.3 システムの要求条件の整理

必要な条件を整理すると以下のようなになる。

#### (1) 記憶装置を付ける。

容量が大きく、スピードが早く、形態が全体の可搬型のイメージに整合しなければいけない。使い勝手もよくする。

#### (2) 入力スピードアップ

測定機の使用で、最も時間の掛かるのは測定の部分である。動作をスピードアップするためにプローブの移動法からデータ入力・記録法に至る全体の作業で効果をあげる。

#### (3) 出力データをできるだけ整理する。

表・グラフの処理、さらにはレポートに載せることを前提とした出力方法をとる。またできるだけ測定直後、出来れば測定中に見たい。

#### (4) 対応磁界は交流・直流・変動磁界

建築で必要な測定は交流・直流・変動磁界である。これら全てに対応するには正統的な方法は直流用のプローブは磁場強度に合わせた素子を選び、交流用は電磁誘導作用を利用したコイルを用いることが一般的である。しかし、これではプローブが倍数必要になる。一本のプローブで全部の測定を行いたい。変動磁界はできるだけ細かく測定できるようにしたい。また、測定中は観察しながら行い必要に応じて何らかのマークを入れたい。

それとは別に大きな変動もみたい。

記録時間は短くも長くもできるようにする。記録しながら波形も見られるようにしたい。

#### (5) 電源は交流、電池両用にする。

電池はできるだけ長く使えるようにする。電池を大きくすれば幾らでも可能だが、重くなり機動性が落ちる。そこでできるだけ消費電力を抑える。

#### (6) 入力データのチェックを行う。

データの輸入は人間の動作が絡む以上は必ずミスが起きる。ミスを防ぐために、できるだけ簡単で効果のあるチェックを行いたい。入力時の波形の観察と隣接データ同士のチェックによる確認を行う。

#### (7) フィールドおよび実験室の両測定に対応。

移動測定に効率良く対応できるのは当然だが、移動しない場合にも効率を上げたい。

#### (8) 全体を一体にまとめて収納する。

フィールド測定の場合に、特に急いで測定に出かけるときにも、間違いなく必要資材を運べるように整頓した収納ができるようにしたい。

#### (9) 収納したケースのまま運べる

そのまま手で運べるのはもちろんだが運送してもある程度の振動に耐えるように堅牢なものにする。同時にできるだけ小型軽量にする。

(10) 高いところでも測定できる。

天井付近や壁の高いところなどの測定があっても  
 予め治具としてポールを用意しておくことで対応す  
 る。

(11) 使いやすい架台

プローブを固定して一定の方向高さを保ちながら  
 移動するのが測定の動作である。手で持つのでは不  
 安定であり、固定がしやすく移動がスムーズで持ち  
 運びに便利な固定が欲しい。

以上の要求に合うようにシステムは次のように構  
 成した。

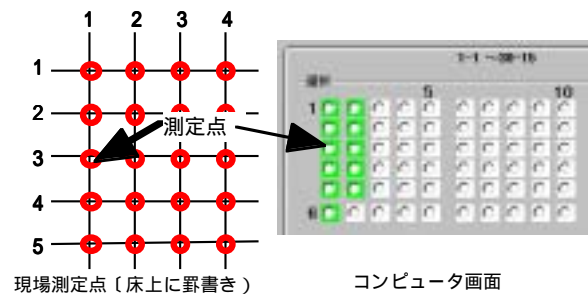


図-4 現場測定点とコンピュータ画面の対応

現場での測定は図-4の左側のように格子状に測定  
 点を床あるいは壁に取ることが一般的である。そこ  
 で、同じようにコンピュータ画面上に格子点を表示  
 し、入力すると色が変わるようにしてある。プロー  
 ブを移動して画面上の当該点をクリックすることで  
 ワンタッチで入力できる。色の変わりでチェックす  
 るから入力漏れがなく、スムーズ、かつ、スピー  
 ディーに作業が行える。また入力間違いに対応して

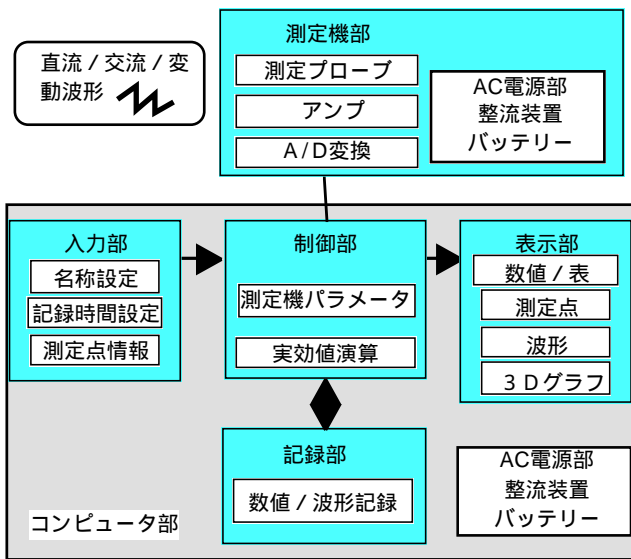


図-3 システムの構成

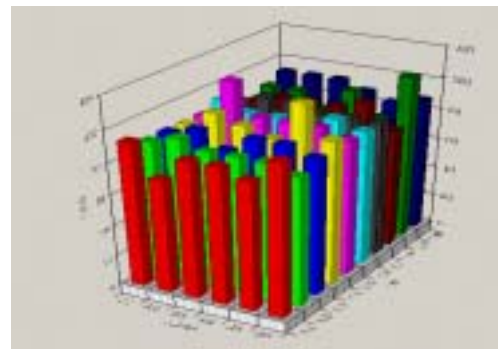


図-5 チェック用3Dグラフ

### § 3. システム仕様

要求条件を実現するためにコンピュータとアンプ  
 を組み合わせた。プローブはB社製のフラックス  
 ゲート型を標準装備として考えている。アンプ側で  
 A/D変換を行い、コンピュータ側で様々な機能をプ  
 ログラムにより組み込ませた。イメージを図-3に示  
 す。

#### 3.1 アンプ

アナログのアンプをコンピュータのサイズに合わ  
 せて作り、一体化できるようにした。電源部とA/D  
 変換部も含めてコンピュータにデジタルデータ信号  
 を供給している。

#### 3.2 コンピュータプログラム部

(1) 分布測定入力部分

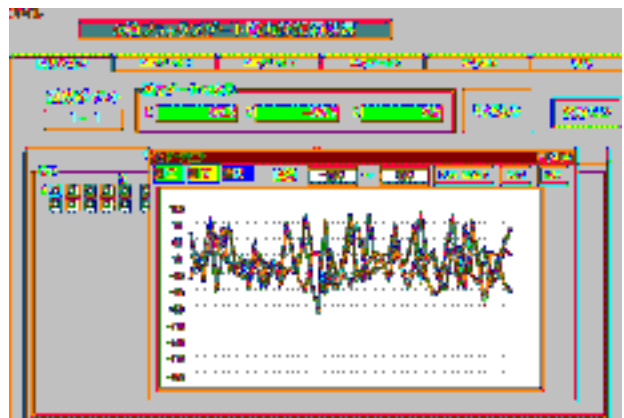


図-6 波形のチェック  
 入力時の波形の安定を主としてみる。

2度入力して上書きすることもできる。

#### (2) 入力チェック部分

入力時にデータをグラフ表示することで、安定か不安定かの判定ができる。入力中にも3Dグラフを表示して特異な点や測定忘れがチェックできる。画面を切り替えて入力データの値も表示できる。

#### (3) データ記録

コンピュータ内に記録されたデータは測定点群と同じ行と列の形でファイルになる。したがってそのままスプレッドシートプログラムに読み込ませて整理・処理が行える。交流波形については計算して実効値を出すようにしているが、実効値の値だけでなく波形データも一つの点に対応して記録もできる。

#### (4) 時間記録部分

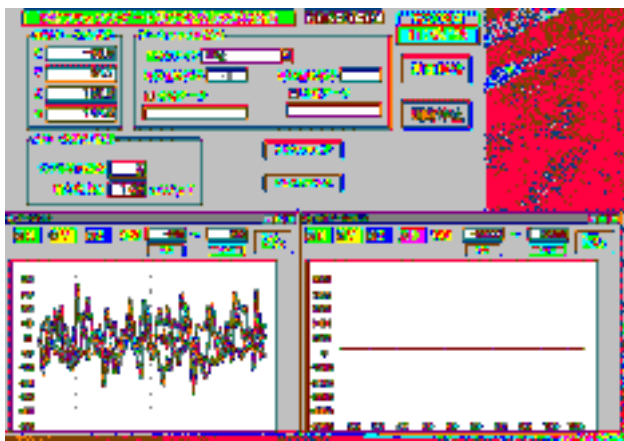


図 - 7 定点観測

秒ごとと分ごとの測定を行い記録する。

定点での測定を行い時間変動を記録するために、1秒間での平均値を取得する動作を、1分間隔で行うことにより、長時間に亘る変動時間データを記録できる。また、早い変動のデータも0.1秒程度の間隔で測定表示して記録できるようにした。データはハードディスクに記録するようになるので、長い時間測定できる。

#### (5) 様々の機器(プローブ)への対応

測定機からのアウトプット電圧と信号強度の換算値をコンピュータに入力して、その値をデータにかけることで測定値に単位を換算できる。この形をとりあらゆる測定機に対応できる。また、その値を記憶しておき、迅速にプローブあるいは測定機の交換に対応できる。

### 3.3 ポールと架台構成



図 - 9 各種プローブの切り替え

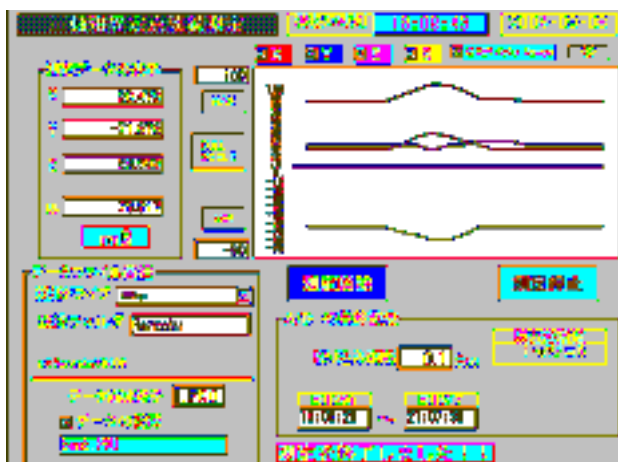


図 - 8 定点連続測定(短)

0.1 ~ 30秒間隔で連続測定を行なう。



図 - 10 高所の測定

ポールを接いで天井付近を測定している。



図 - 1 1 架台の使用  
架台にプローブを載せて壁の前で測定している。

アルミ製の30cmのポールを作り、ねじ込みで繋ぎ合わせて延ばせるようにした。これにより天井付近の測定をトンネル内で行った例を図-10に示す。架台もアルミで作成し、車をつけて移動を容易にした。図-11に室内で測定に用いている例を示す。

以上のような治具及び測定機の全体をアルミ製のケースに収納している。この状況を図-12に示す。

#### § 4 . 効果

測定機の要求条件はほぼ満足するものになってい



図 - 1 2 システム全体

る。これまでの測定機の使用に比べて測定間違いが無く入力時間、データ処理時間を減らすことが出来た。測定者が読み上げて手書きでデータ記録する方法に比べると相当の時間節減になる。さらに準備や調整や移動に伴う種々の手間を考えればもっと効果は大きい。また、ロガーと測定機の組み合わせに対しても使い勝手の良さ、組み合わせの操作の要らないことなどかなり良くなっている。一人での測定も問題なく行えている。

#### § 5 . 終わりに

測定は技術の基礎であり、またできるだけ正確に迅速に行うことで結果を検討するゆとりが増える。特に建築のように様々の要因が複雑に絡み合う環境では、如何にしてスムーズに測定できて環境に左右されない測定機を手に入れて使うかが大きな問題になる。

現場での測定あるいは実験室での測定を通して、作業性を向上させて人手不足と時間の不足を解決するために、記録等の機能を測定機に付加して磁気測定記録システムを考案した。これまでに現場で数回使用され使用者から使いやすいとの感触を得ている。今後とも技術の進展に併せて改良していきたい。

#### <参考文献>

- 1) 例えば 毛利佳年雄、“磁気センサ理工学”、コロナ社 1998
- 2) 例えば 清水康敬、杉浦行編、“電磁妨害波の基本と対策”、p 223、電子情報通信学会