

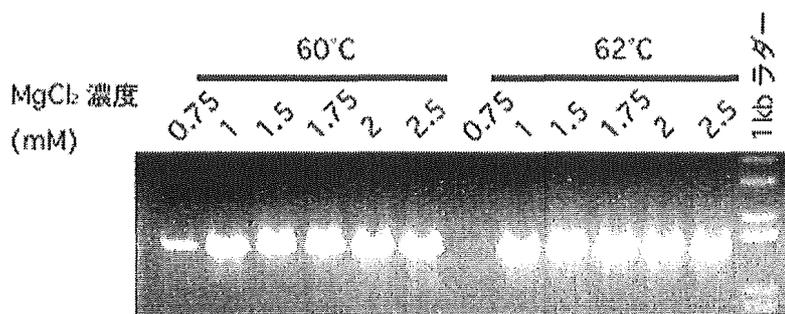
72°C、1 min 30sec

↓

72°C、10 min

4°C、hold

(結果)



(考察)

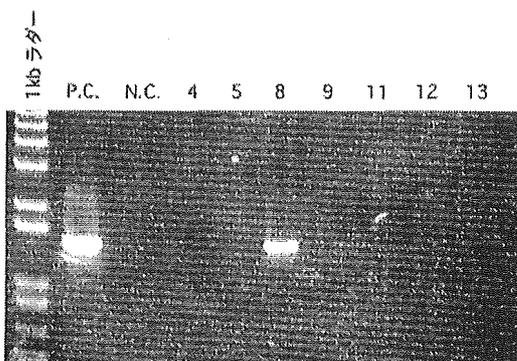
ほとんどすべての条件で PCR 産物がうまく増幅できた。ただし MgCl₂ 濃度が薄いとうまく PCR 産物ができなかった。MgCl₂ 濃度は 1.75 mM が一番ちょうどよい条件だと判断した。アニーリング温度はどちらでも 1 本のバンドがはっきりとでていたので問題ない。

<各クローンの PCR による変異体の確認
>

(目的)

(結果)

図 A



ターゲティングベクターを ES 細胞にトランスフェクションし、Positive and Negative selection により生き残ってきたクローンの中から正しくベクターが挿入されているものを PCR を使って調べる。

(手順)

すべてのクローンは最終 MgCl₂ 濃度 1.75 mM、アニーリング温度 62 度に設定して PCR 条件決めした同じプロトコールで PCR を行った (図 A-D)。

図 B

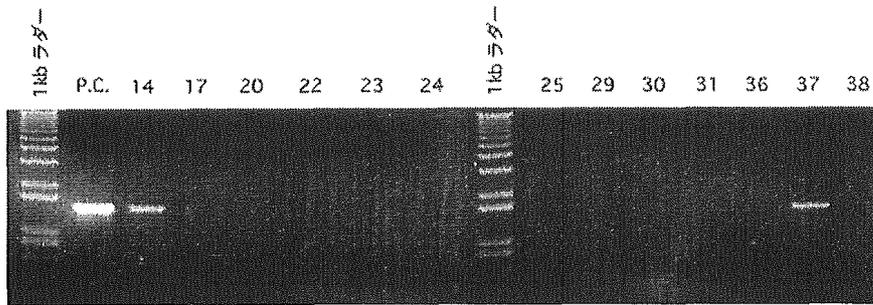


図 C

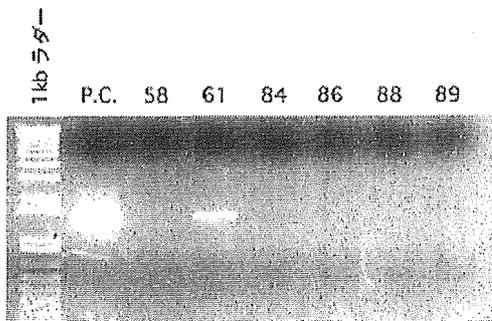
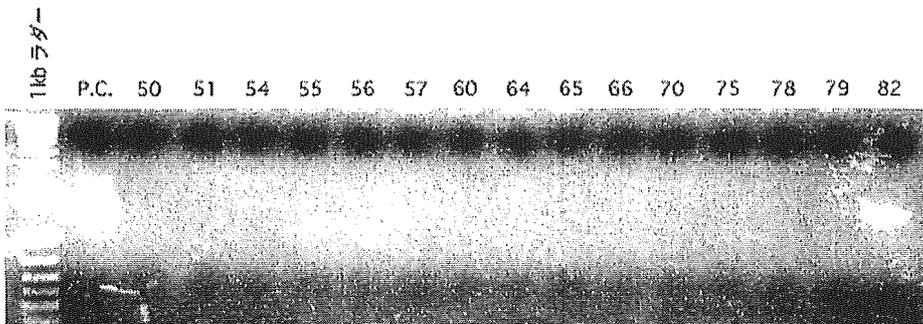


図 D



<変異体ES細胞のサザンプロット解析による確認>

(目的)

上記の結果を受けて、PCRにより変異体と思われるクローンが5つ得られた。この5つのクローンが本当に変異体であるかどうかをサザンプロット解析でも調べて間違いないことを確認する。

(手順)

[プローブ作成]

Short Arm の3'側隣に位置する長さ1.4 kbのBamHI-EcoRI fragmentを使用するため、11-6 BamHI selfligationクローンからEcoRIとBamHIによる処理で切り出した。

[ゲノムの制限酵素処理]

各クローンからゲノムを以下の要領で取り出した。

DNA Extraction Solution を作成するためにまず DNA Extraction Premix を作成する。

ES genome (20 µg)	17 µl
10 X H Buffer	10 µl
EcoRV	5 µl
DDW	68 µl
Total	100 µl

組成 : 0.1M NaCl, 50mM Tris-HCl, pH8.0, 10mM EDTA, 1% SDS

作成方法

5M NaCl	10 ml
1M Tris-HCl, pH 8.0	25 ml
0.5M EDTA	10 ml
10% SDS	50 ml
H ₂ O	380 ml
Total	475 ml

DNA Extraction Solution 作成

DNA Extraction Premix	190 µl
10mg/ml Proteinase K	10 µl
Total	200 µl

DNA Extraction for Southern Blot

1. Cut a mouse tail ~1 cm
2. Add Extraction solution 500 µl
3. Incubate at 55°C more than 6hr.
4. Phenol Extraction, 2 times
5. Phenol/CHCl₃ Extraction, 1 time
6. CHCl₃/iAA Extraction, 1 time
7. Ethanol Precipitation
8. Resuspent DNA in ~200 µl TE, pH8.0
9. Determination of DNA concentration
10. Restriction Enzyme Digestion for Southern Blot Analysis

1 レーン分

37°C ヒートブロックで一晩インキュベート。

↓

Phenol Extraction, 1 time
Phenol/CHCl₃ Extraction, 1 time
CHCl₃/iAA Extraction, 1 time
Ethanol Precipitation
Resuspent DNA in 10 µl TE, pH8.0

↓

0.8% アガロースゲルで 60V, 6 時間電気泳動。

↓

EtBr 入り TAE で 45 分間振盪

↓

写真をとる。

↓

ゲルを加水分解液 (0.25M HCl) 中で振盪、色が変わってからさらに 10 分間振盪。

↓

ゲルを少し DDW で洗い、変性溶液で室温 30 分間振盪。

変性溶液 : 1.5M NaOH, 0.5M NaCl

↓

ブロッキング。メンブレンは Hybond-N+, トランスファーバッファーは 0.4M NaOH を用いる。

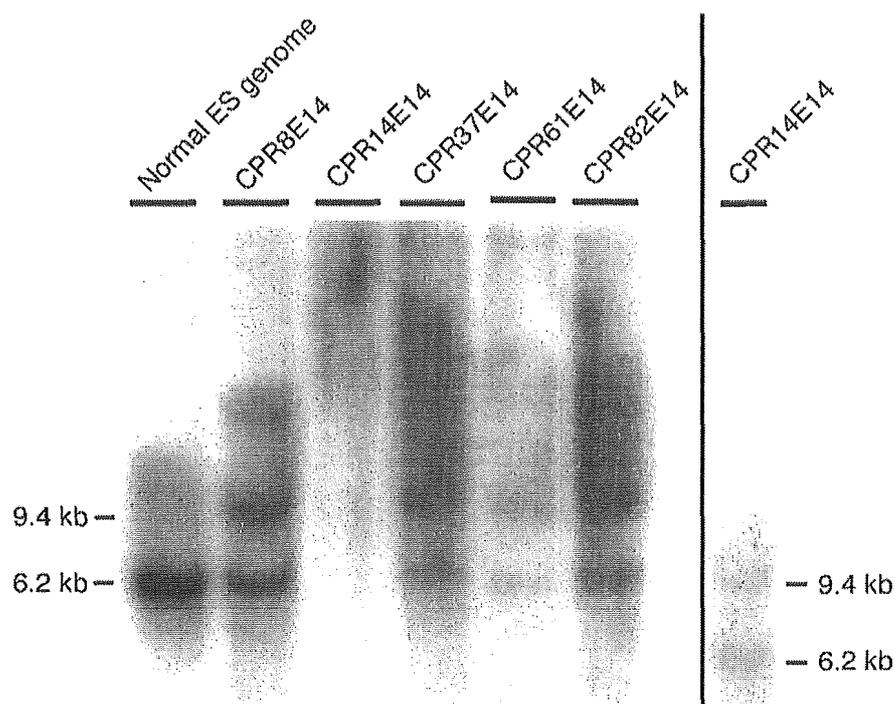
↓

トランスファー後のメンブレンは 2XSSC で少し洗ったあと、オーブンで 80°C、2 時間乾燥。

↓
プローブは Megaprime ラベリングキット
を用いて、³²P で標識した。

↓
ハイブリダイゼーションは Quikhyb
buffer (STRATAGENE)を用いて、行った。

<結果>



はじめ CPR14E14 のレーンはゲノムがうまく流れていなくてスメアを引いておらず、失敗。もう一度行った結果を右に追加して示した。この結果、どのクローンも Wild-type allele を示す 6.2 kb と Mutated allele を示す 9.4 kb でバンドが認められた。その濃さもだいたい 1 : 1 を示していた。以上より変異体 ES 細胞クローンは 5 つ得られたといえた。

<変異 ES 細胞の凍結ストック作成法>

凍結ストックにする well はその 2 時間前に Medium 交換を行っておく。

↓
24 well plate の well の中で passage 可

能なものを凍結ストックにするため培地を吸引。

↓
Trypsin/EDTA を 200 μl ずつ加える。

↓
37°C で 5 分 CO₂ インキュベーター内で静置。

↓
クライオチューブにラベルして 2X Freezing Medium を 500 μl ずつ入れておく。

↓
冷えた cES Medium (LIF なし) を 800 ml を インキュベート後の各 well に加えてよくピペッティングする。

↓

混ぜた細胞懸濁液はそれぞれ 500 ml ずつあらかじめ 2X Freezing Medium を入れておいたクライオチューブに入れ、ピペティングで混ぜて凍結用の BOX に入れて、-80°C の Deep Freezer へ入れておく。

↓

一晩たったら、凍結用の BOX から通常の紙製のフリーズ BOX へ移しておく。

(7) 胚盤胞へのマイクロインジェクション～キメラマウス誕生まで

このプロセスはすべて日本エスエルシー株式会社受託試験部において実施して頂いた。こちらから送った凍結したクロー

ンは CPR8E14, CPR14E14, CPR37E14, CPR61E14, CPR82E14 の計 5 クローンである。エスエルシーで実施された事の概要を以下に示す。

過排卵処理を受け、交配したメスの C57BL/6 マウスから胚盤胞を取り出す。同時に凍結保存していた ES 細胞クローンを起こして培養しておく。状態の良好な胚盤胞約 60 個に変異体 ES 細胞を各 20 個ほどマイクロインジェクションする。インジェクション後の胚盤胞は仮親の子宮へ移植する。仮親は精管結紮を行ったオスの ICR マウスと交配させたメスの ICR マウスを使用した。産後は離乳するまで育ててから名市大医学部実験動物研究教育センターへ移した。

<結果>

各クローンから得られた結果を以下に示す。

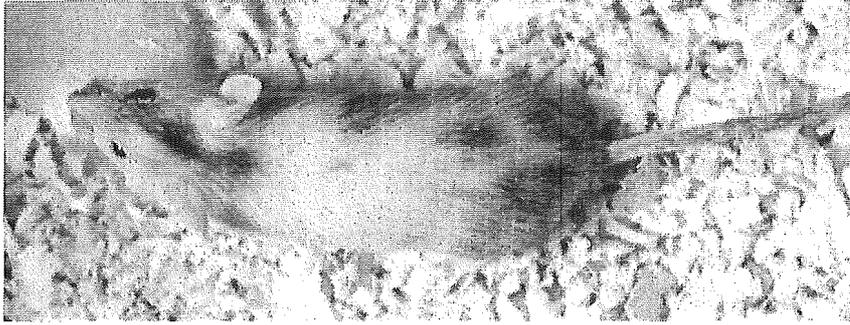
クローン名	移植卵数	産仔数	死亡数	非キメラ数	キメラ数(♂:♀)
CPR8E14	144	16	8	6	2 (0:2)
CPR14E14	157	24	11	0	11 (4:7)
CPR37E14	129	4	3	1	0
CPR61E14	31	7	1	3	3 (1:2)
CPR82E14	65	6	2	2	2 (2:0)

マウスが死亡した原因には生まれた時から弱っていたり、親に喰殺されてしまうということがあげられる。

キメラの中で、ヘテロを生むことができるのは雄のキメラのみであり、その合計は 7 匹。そのうち毛色からキメラ率が少なくとも 70%以上と判断されたキメラマウスが CPR14E14 由来の 3 匹(0007K-2-1、0007K-6-1、0007K-F1-1)であった。このうち 0007K-2-1 および 0007K-6-1 と付けられたキメラマウスが 2001 年 2 月 28 日に

名市大医学部実験動物研究教育センターへ搬入された。一方、0007K-F1-1 というマウスはエスエルシーの都合(微生物汚染の疑いが発生した)によりエスエルシーにてヘテロマウスの作成が行われた。

実際に得られたキメラマウスの一例(ただしこのマウス自身はメスであって野生型のオスと交配させてもヘテロが生まれることは無かった。)



(8) 野生型マウスとの交配によるヘテロマウス作成

<経過>

先に出来ていた CPR14E14 クローン由来のキメラマウス 0007K-2-1 および 0007K-6-1 は名市大医学部実験動物研究教育センターにおいて野生型 BALB/c マウスと交配が行われた。残念ながら 2002 年 1 月に他の研究グループから 129/B6 バックグラウンドの TAFI(CPR) ノックアウトマウスが作成され論文になってしまったので C57BL/6 ではなく BALB/c と交配させたわけである。その結果、0007K-2-1 の仔マウスの中に 1 匹のメスのヘテロマウスが含まれていた。

一方、後から得られた CPR14E14 クローン由来のキメラマウス 0007K-F1-1 は日本エスエルシーにおいて野生型 C57BL/6 マウスと交配が行われた。それによりアグーチ (野ネズミ色) の仔マウスが 4 匹生まれた。それぞれを A1~A4 と名付けて、それぞれの尾よりゲノム DNA を抽出し、PCR によりヘテロかどうかを確認した (図 1, 図 2)。野生型アリの検出には Exon5 (primer 名: Exon5) と Intron5-6 (primer 名: SA) 間の約 1.4kb を PCR し、変異型

アリの検出には Neo vector 配列 (primer 名: Neo/4.3 368+) と Intron6-7 (primer 名: Neo/4.3 1775-) 間の約 1.4kb を PCR した。その結果、A1, A2, A4 がヘテロであることが分かった。しかし、エスエルシーの都合上 (微生物汚染の疑いが発生した) このヘテロマウスを納入することができずに受精卵移植によるクリーンアップのために用いられた。その後生まれたマウス 5 匹 (オス 3 匹、メス 2 匹) (バックグラウンド: 129XC57BL/6) を 2002 年 3 月 15 日に名市大医学部実験動物研究教育センターに納入してもらった。

<方法>

DNA Extraction Solution を作成するためにまず DNA Extraction Premix を作成する。

組成: 0.1M NaCl, 50mM Tris-HCl, pH8.0, 10mM EDTA, 1% SDS

作成方法

5M NaCl	10 ml
1M Tris-HCl, pH 8.0	25 ml
0.5M EDTA	10 ml
10% SDS	50 ml

H ₂ O	380 ml	DDW	24 μ l
Total	475 ml	Primer (10 μ M)	各 2.5 μ l
		MgCl ₂	4 μ l
		Total	43 μ l

DNA Extraction Solution 作成		Taq solution	1 本分
DNA Extraction Premix	190 μ l	rTaq	0.25 μ l
10mg/ml Proteinase K	10 μ l	DDW	5.75 μ l
Total	200 μ l	Total	6 μ l

1 μ l の tail lysate を加え、PCR start する。94°C になったところで 6 μ l の Taq solution を加える。

DNA Extraction for PCR

1. Cut a mouse tail	2 ~ 3 mm		
2. Add Extraction solution	200 μ l	94°C、5 min	
3. Incubate at 55°C more than 6hr.		↓	
4. Phenol/CHCl ₃ Extraction		94°C、1 min	} X 32 cycles
5. Take 1 μ l for PCR		60°C、1 min 30sec	
		72°C、1 min 30sec	
	1 本分	↓	
10XPCR Buffer (Mg free)	5 μ l	72°C、10 min	
dNTP mixture	5 μ l	4°C、hold	

<結果>

図 1

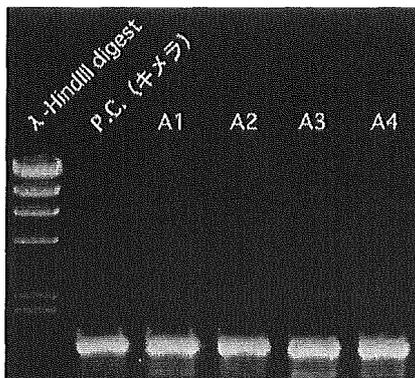
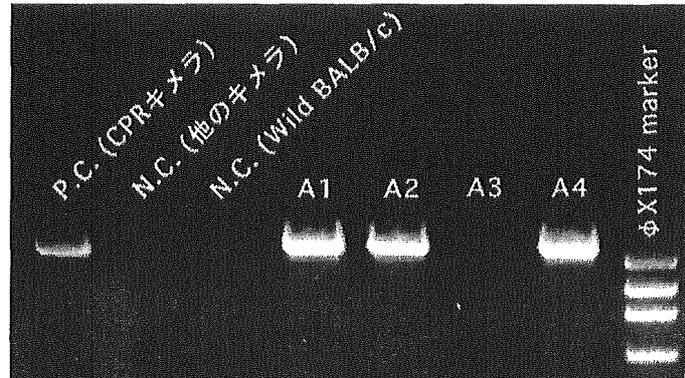


図 2



<考察>

独立した 2 クローンからヘテロマウスが得られることを目標としていたが、結果

は 1 クローンのみとなった。

得られた 1 クローンからは 129×BALB/c バックグラウンド、129×C57BL/6 バック

グランドのヘテロを得た。今後は 129×BALB/c バックグラウンドのマウスは BALB/c と戻し交配することで純系に近い BALB/c のバックグラウンドを持った CPR ノックアウトマウスが得られる予定になっている。同様に 129×C57BL/6 バックグラウンドのマウスからは C57BL/6 と戻し交配することで C57BL/6 のバックグラウンドを持った CPR ノックアウトマウスが得られ、この両者を比較して解析することも可能となってくるであろう。

(9) CPR ノックアウトマウス (ホモ) 誕生

<経過>

129XBALB/c のヘテロマウス (メス) が出来て、その交配はやはり同じバックグラウンドを持ったマウスと交配したいと思い、同腹仔のオスを使った。しかし、これが後から混乱する原因となったことを記載しておく。

そもそも B6 の胚盤胞に 129 由来の ES 細胞を注入してできたキメラの体はある部分は B6 由来、ある部分は 129 由来ということである。したがって精巣も同様にキメラとなることもある。もし精巣が 129 由来だけから出来ていた場合は、BALB/c との交配により黒色のマウスは生まれなことになる。しかし、実際は黒色のマウスがうまれているので、B6 由来の精子が混ざっていることが分かる。つまり同腹仔には 129XBALB/c とともに B6×BALB/c というマウスが存在し、そのマウスとも交配を行っていたことになり、実験に使うマウスが 129XBALB/cXB6 がバラバラに混合したバックグラウンドのマウスになってしまった。しかし無作為に交配が行われているので多数のマウスを使って実験を行えば、バックグラウンドが実験に与える影響は避けられると考えている。また、戻し交配を重ねた純系に近いマウスも産出が順調に進むようになってきた。

分担研究報告書

電磁界暴露評価に関する研究

分担研究者 伊坂勝生 徳島大学工学部電気電子工学科教授
多氣昌生 都立大学大学院電気工学専攻教授

研究要旨

生活空間における電磁界暴露評価を行うために、トランジェント磁界に着目した研究を進めた。ピーク値が 1mT を超える磁界の発生源としてブラウン管式ビデオモニタと盗難防止ゲート監視装置を取り上げ、それらが発生する磁界の特性を測定した。盗難防止ゲート内では人体の頭部付近で最大、約 2.8mT の磁界を観測した。また、開発したトランジェント磁界を実験動物に曝露するための曝露装置を 50Hz の磁界との同時曝露も可能な仕様とした。この装置を用いたときの実際の曝露磁界を測定し、トランジェント磁界波形を模擬した 7.4kHz、300 μ T のバースト波形のほぼ均一な磁界をヘルムホルツコイル内に発生できることを確認した。

A. 研究目的

極低周波 (ELF) 電磁界の人体影響に関する研究において、医学的研究と並行して工学的研究、すなわち電力設備周辺、居住・職場環境等における電磁界特性の解明および個人の電磁界曝露量の解析等についての研究が進められている。

このような工学的研究に関連した平成 12 年度報告では[1]、商用周波磁界曝露と小児白血病を関連付ける要因を調査するために、商用周波磁界発生回路から生じる過渡的磁界、すなわちトランジェント磁界に焦点を当てて研究を行った。測定対象を乗り物、配電線、身の周りの各種電気製品にまで広げてトランジェントカウンタによる測定を実施した。その結果、乗り物では高速バス、ディーゼル特急列車、直流電車、新幹線 (のぞみ号) の順に平均カウント数が小さくなっていることが分かった。さらに、身の周りの電気製品、主として電気こたつからのトランジェント磁界の波形を観察した結果について考察した。屋内生活空間における屋内生活空間におけるトランジェント磁界の発生源は多くあるが、電気

こたつはそのレベルも高く、発生頻度も多いことが分かった。

平成 13 年度の研究では[2]、生活環境中でのトランジェント磁界についての前年度までの波形観察の検討結果の考察に基づいて、トランジェント磁界の発生装置の設計・製作およびその評価が行われた。この曝露装置は 10 kHz の成分を主に含む減衰振動波形の磁界 (最大波高値は 8 mT) を発生することができる。曝露空間は動物実験用として十分な大きさを有し、またトランジェント磁界と同時に商用周波磁界も発生することができるため、居住環境における実際の磁界環境を再生することが可能になった。

本研究の目的は、(1)これまでの極低周波 (ELF) 磁界の生体影響実験において主として用いられて来た定常的な商用周波磁界だけではなく、生活環境で過渡的に現れる、いわゆるトランジェント磁界の時間波形や波高値の特性を把握すること、(2)実際の生活環境に現れる磁界環境を曝露装置によって再生すること、の 2 点である。本年度はこの目的 (1) に沿って、特に大きな波高値が生じる身の周

りの電気電子機器を特定し、その周辺において集中的にトランジェント磁界の測定を行った。また、上記の目的(2)に沿って、曝露装置システムについての基礎的な検討を行ない、その適応範囲について考察した。

なお、本報告書では磁束密度を単に磁界と呼び、その単位としてmTまたは μT を用いる。1T = 10^4 Gである。

B. 研究方法

本研究では、今までに行われた生活環境における磁界発生状況の実測経験から、最も大きな波高値を有するトランジェント磁界を発生する電気機器として、ブラウン管式パソコンモニタと盗難防止ゲート監視装置を取り上げ、その時間波形の観察を行うと共に波高値の空間分布の測定を行った。

1. 測定

トランジェント磁界の時間波形を観察するために増幅器付き磁界センサーコイルと波形観察装置を用いた。これらの装置、測定対象および測定方法について以下に述べる。

1.1 磁界センサ

トランジェント磁界の測定には昭電(株)製の増幅器付き一次元磁界センサーコイル(MFM-12A)を用いた。図1にその外観を示す。コイルは空心で、その外径と内径はそれぞれ8cm および 4cm である。このコイルは一次元であるから、空間の1点における磁界の測定は3回繰り返す必要がある。この測定系には広帯域モードが備わっており、その帯域は40Hz~10kHz となっている。その測定分解能は $0.01\mu\text{T}$ で、最大の検出磁界は交流実効値で2mTである。

上記のセンサにより定常的な交流磁界の測定も可能であるが、一次元測定器であるので、三次元測定には多大の時間を要する。そこで、三次元空心コイルを内蔵した可搬式磁界メー

タ(電力テック製 TMM-1)により各測定点における交流磁界の測定も行った。この測定器の周波数帯域は30Hz~1000Hzで、測定分解能は $0.01\mu\text{T}$ である。

1.2 時間波形観察装置

本研究の目的のためには通常のおシロスコープが使用できるが、多数の波形観察を行ない、それらを分析・保存するために、観察装置(HIOKI 製メモリハイコーダ)を用いた。本装置は、周波数帯域がDC~1MHzであり、高速記録、データ保存が可能で、周波数解析(FFT)機能を有する。そのメモリ容量は本体に8M、さらにM0やFDドライブが内蔵されており、PCにデータ保存が可能である。本装置のトリガレベルを設定すると、連続してトランジェント磁界波形をM0内のフォルダ中にデータが保存できる。本装置の外観を図2に示す。

2. 測定対象機器

2.1 ブラウン管式パソコンモニタ

実験に使用したモニタはGateway 17型のブラウン管式のものである。一般にブラウン管の水平・垂直の掃引は磁界によるためにブラウン管保護ケースが磁化された場合はビームの触れが影響を受ける。この現象を除去するためにそのケースの消磁する必要がある。通常は、電源スイッチを入れた瞬間にブラウン管を囲むように配置されたコイルに交流減衰振動性の磁界を発生させ、ケースを消磁するようになっているが、パソコン使用中においてソフトによってもそのような消磁を可能にすることができると言われている。

2.2 盗難防止ゲート監視装置

最近、書店、CD店、デパートなどの出入口に商品盗難防止のために監視装置が置かれるようになって来た。大学の図書館にも設置さ

れているが、どのような動作原理に基づいているか、磁界の特性はどのようなものか、などはまだあまり明らかにされていない。予備的な磁界実測を行った結果、大きなトランジェント磁界が発生していることが分かったので、本研究で取り上げることにした。

図書館における盗難防止ゲート監視装置では、人がゲートを通る度に磁界により図書の貸出許可・不許可の識別を行ない、必要があれば警報機を作動させる仕組みになっている。この装置は、人が歩いてゲートを通るわずかな時間にその識別を行う必要があるために、短い継続時間のトランジェント磁界を複数回発生させている。図書の貸出許可を受けた人は勿論、図書を携帯しない人に向けても磁界が発生されることになり、この結果、大多数の人は必要もなく、磁界曝露を受けることになる。

3. 測定方法

3.1 ブラウン管式モニタからのトランジェント磁界の測定

図3に測定風景を示す。モニタは高さ20cm、幅40cm、奥行き25cmの木製の台の上に置き、その周辺の磁界の測定を行った。測定範囲はモニタを囲む 1m^3 の空間で、測定系の座標は図4-1に示す通りである。測定は $Z = -50\text{cm}$ の面から、 $Z = -20\text{cm}$ 、 $Z = 0\text{cm}$ 、 $Z = 20\text{cm}$ 、 $Z = 50\text{cm}$ の5つの面に分けて行われた(図4-2参照)。原点(0, 0, 0)はモニタ内部に入っているため、測定点から除外されている。したがって、測定点の総数は、トランジェント磁界に対して125となった。定常磁界に対しては空間分布を細かく調査するため605点を測定点とした。モニタの電源スイッチをオフにしてから3分後にオンすることを繰り返し測定を行った。

3.2 盗難防止ゲート監視装置からのトランジ

ェント磁界の測定

図5-1に図書館の出入口に設置されている盗難防止ゲートの写真を掲げる。足元にある人感センサにより磁界発生回路が作動するようになっている。図5-2に示すように通過する人(実験では身長1.7mの成人を想定)の頭部、腹部、膝の3つの部位に相当する位置における磁界を測定した。頭部および腹部については3箇所、膝については左右2箇所を測定点とした。

3.3 動物実験用曝露装置における磁界測定

(1) 曝露装置の構成

本研究で用いた *in vivo* 用の曝露装置はトランジェント磁界生成用電源、ELF 磁界生成用電源、曝露用コイルから構成される。曝露用コイルは3軸方向に独立に磁界を発生できるコイルから構成されており、 z 軸方向の磁界(B_z)生成用コイルにはトランジェント磁界生成用電源、 x, y 軸方向の磁界(B_x, B_y)生成用コイルには ELF 磁界生成用電源がそれぞれ接続されている。このような構成にすることによりトランジェント磁界と ELF 磁界を同時に曝露できる。

(2) トランジェント磁界発生部

トランジェント磁界発生部は図6に示すように信号発生器(NF回路設計ブロックWF1945)、精密電力増幅器(NF回路設計ブロック4510)、約 $0.01\mu\text{F}$ のコンデンサスタック、約 40mH の磁界発生用コイルから構成されている。コイルとコンデンサは直列に接続されており、共振現象を利用することによりコイルに大電流を流し磁界を発生している。共振周波数の実測値は約 7.4kHz であり、連続波を入力した場合、磁界がほぼ均一になると考えられるコイルの中心部(測定点は写真を参照)で最大値で約 0.7mT の磁界を発生できる。

トランジェント磁界は信号発生器をプログラムすることにより生成する。トランジェント磁界の波形として、 50ms の間 7.4kHz の連

続波をバースト発振し 1s 信号を出さない設定 (設定 1) と 500ms の間 7.4kHz の連続波をバースト発振し 30s の間信号を出さない設定 (設定 2) の 2 通りを典型的なトランジェント磁界としてプログラムして用いた。

(3) 磁界測定 of 構成図

磁界測定は図 7 のように磁界測定用プローブ (電力中央研究所製) を曝露装置の中心部に設置し (写真参照) その出力をデジタルストレーオシロスコープ (岩通BRINGO) に取り込むことにより行った。

C. 研究結果と考察

1. モニタからの磁界測定結果

モニタの電源スイッチを入れると、消磁用コイルに 10A を超える電流が流れ、60Hz の周波数の磁界が発生し、1 秒以内には減衰することが分かった。スイッチはオフしてから 3 分後にオンしたが、この時間を短くすると、消磁用コイルに電流がながれないようになっている。磁界波形は 5 つの平面の測定点において収集されたが、極めて大きなトランジェント磁界の発生が観察された 2 つの平面、すなわち $Z = 0 \text{ cm}$ と $Z = 20 \text{ cm}$ における波形をそれぞれ図 8 ~ 図 31 および図 32 から図 56 に示す。1 つの測定点における 3 軸方向の波形をよく見ると、1 つ 1 つが微妙に異なっているが、これは前章で説明したように実験には一次元コイルを使用したために、1 箇所 of 測定点で 3 回の測定を独立に行っているためである。消磁用コイルに流れる電流が毎回異なるのは電流発生回路のキャパシタの残留電荷の影響によるのではないかと考えられる。

図 16(b) と図 17(a) には極めて大きな磁界の波形が示されている。前者は消磁コイルの中心軸方向 (Y 軸方向) の磁界を示しており、X および Z 軸方向の磁界に比して大きくなっている。後者は消磁用コイルの垂直部分に近い

位置での測定結果である。したがって、X 軸方向の磁界が大きくなり、同時に Y 軸方向磁界も大きくなっている (図 17(b) 参照)。

これら一連の測定の中で最も大きなトランジェント磁界のピーク値 (1.4mT) が現れた波形が図 44(c) に示されている。消磁コイルの近傍における磁界で、Z 軸方向となっている。以上の測定結果のまとめを図 57 に示す。平面 $Z=0\text{cm}$ 、 $Z=20\text{cm}$ では X、Y あるいは Z 軸方向の磁界が極端に大きくなる場所があることがわかった。これらの最大値は 1mT を超えるものであり、日常生活空間では極めて大きな磁界がブラウン管式モニタの周辺に発生することを見つけた。消磁コイルは図 58 に示すようにモニタ内部に組み込まれており、これに流れる波高値の大きな減衰交流電流により磁界が発生する。モニタ周辺の平面 $Z = 0 \text{ cm}$ における定常磁界分布とトランジェント磁界のピーク値の分布を図 59, 60 に示す。

2. 盗難防止ゲート監視装置からの磁界の測定結果

ゲートを通過中の人の頭部、腹部および膝付近 (図 5-2 参照) の磁界の時間波形を測定した結果を図 61 ~ 図 68 に示す。これらの波形から、(1) 減衰交流磁界が断続的に 3 回発生している、(2) その時間間隔は約 0.15 秒である、(3) 1 つの磁界波形の継続時間は約 24.9 秒である、そして (4) その減衰波形の基本周波数は 900Hz である。警報機が反応する場合は 1 回目の磁界発生から 0.1 秒以内にもう 1 度磁界を発生させて盗難の確認を取っているようである (図 69 と図 70 参照)。

実験で得られたトランジェント磁界のピーク値を人体の部位ごとに整理すると、表 1 を得る。それを図にしたものが図 71 である。頭部、腹部、膝の周辺で 1mT を超える磁界が現れているが、それらの磁界は、頭部と膝周辺では左右方向、腹部では垂直方向、に向いて

いることが分かる。また、頭部の中心部ではどの方向の成分も小さいことが分かった。

3. トランジェント磁界の発生方法

計測された磁界波形からそれと同一の磁界波形を発生させる方法について検討した。例えば、ウェーブフォーム発生器（図72参照）を使用すると、図73と74に見られるように磁界波形と同一の波形の電圧を発生することができる。したがって、単一周波数の波形の場合、磁界発生コイルの誘導性リアクタンスをキャパシタで打ち消し、直列共振回路の状態にもって行くことができるならば、パワーアンプを使うことにより、磁界を再生させることができると考えられる。

4. 動物実験用曝露装置の磁界測定結果

垂直方向 (B_z 方向) のトランジェント磁界だけを発生した場合の磁界の測定結果を示す。設定1の場合のバースト発振時の50ms間の波形(図75)では、約 $300\mu\text{T}_{\text{p-p}}$ の B_z 成分の磁界の発生が確認できる。この時 B_x , B_y 成分は無視できる程度の大きさであった。この波形はアンプの最大出力時に得られた波形であり、アンプがバースト発振の立ち上がりに追従できず、連続波入力時の最大出力 $1400\mu\text{T}_{\text{p-p}}$ と比較してバースト発振時の磁界強度は弱いことがわかる。図76に図75の60msから62msまでを拡大した波形を示す。詳しく見ると、バーストon時にはこのような約7.4kHzの正弦波形の磁界を発生していることが確認できる。図77に設定2の500ms間のバースト発振時の B_z 成分の磁界波形を示す。この場合も B_x , B_y 成分は B_z と比較して無視できる程度であった。図77を見ると横軸の200msでは約 $300\mu\text{T}_{\text{p-p}}$ の磁界波形が700msあたりで約 $1100\mu\text{T}_{\text{p-p}}$ まで増加しているのが確認できる。このような波形は設定1の場合と同じく精密電力増幅器が信号発生器の入力信号に正確に追従出来ないことによって生じている。ただし

両方の設定に関してトランジェント磁界の曝露実験に十分な強度の磁界波形が得られているものと考えられる。

D. 今後の研究

生活空間でのトランジェント磁界の内、ピーク値の極端に大きいものを取り上げて、その特性を測定した。このような磁界に曝露される人体の内部誘導電流密度の計算を今後行う必要がある。

E. 結論

3年間の研究結果の結論は次の通りである。

1. 生活空間には多くのトランジェント磁界発生源がある。乗り物から発生する磁界の特性を明らかにし、屋内での発生源としての電気こたつからのトランジェント磁界の特性を重点的に調査した。
2. トランジェント磁界を実験動物に曝露するための曝露装置を開発した。また、50Hzの磁界との同時曝露も可能な仕様とした。この装置を用いたときの実際の曝露磁界を測定し、トランジェント磁界波形を模擬した7.4kHz、 $300\mu\text{T}$ のバースト波形のほぼ均一な磁界をヘルムホルツコイル内に発生できることを確認した。
3. 生活空間において mT オーダのピーク値のトランジェント磁界の発生源としてブラウン管式モニタと盗難防止ゲート監視装置を取り上げ、その発生磁界の特性を明らかにした。実測調査の一例では盗難防止ゲート内の人体の頭部は最大で約2.8mTの磁界に曝露されることが分かった。

文献

- [1] 伊坂、多氣：電磁界曝露評価に関する研究(分担研究)、平成12年度厚生科学研究費補助金・研究報告書

[2] 多氣、伊坂：電磁界曝露評価に関する研究(分担研究)、平成 13 年度厚生科学

研究費補助金・研究報告書

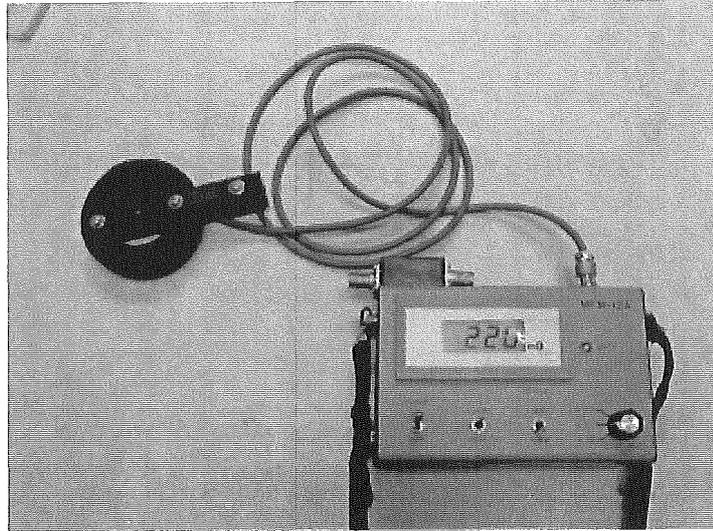


図1 実験に使用された一次元センサーコイルと増幅器
(周波数帯域：40Hz～10kHz)

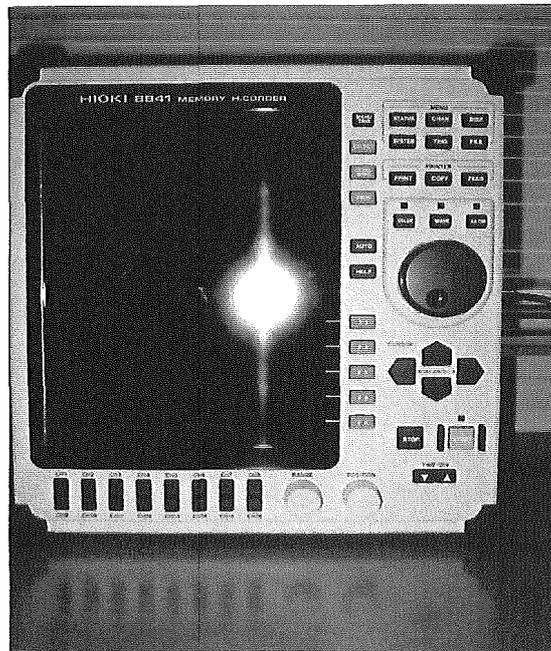


図2 トランジェント磁界波形記録装置

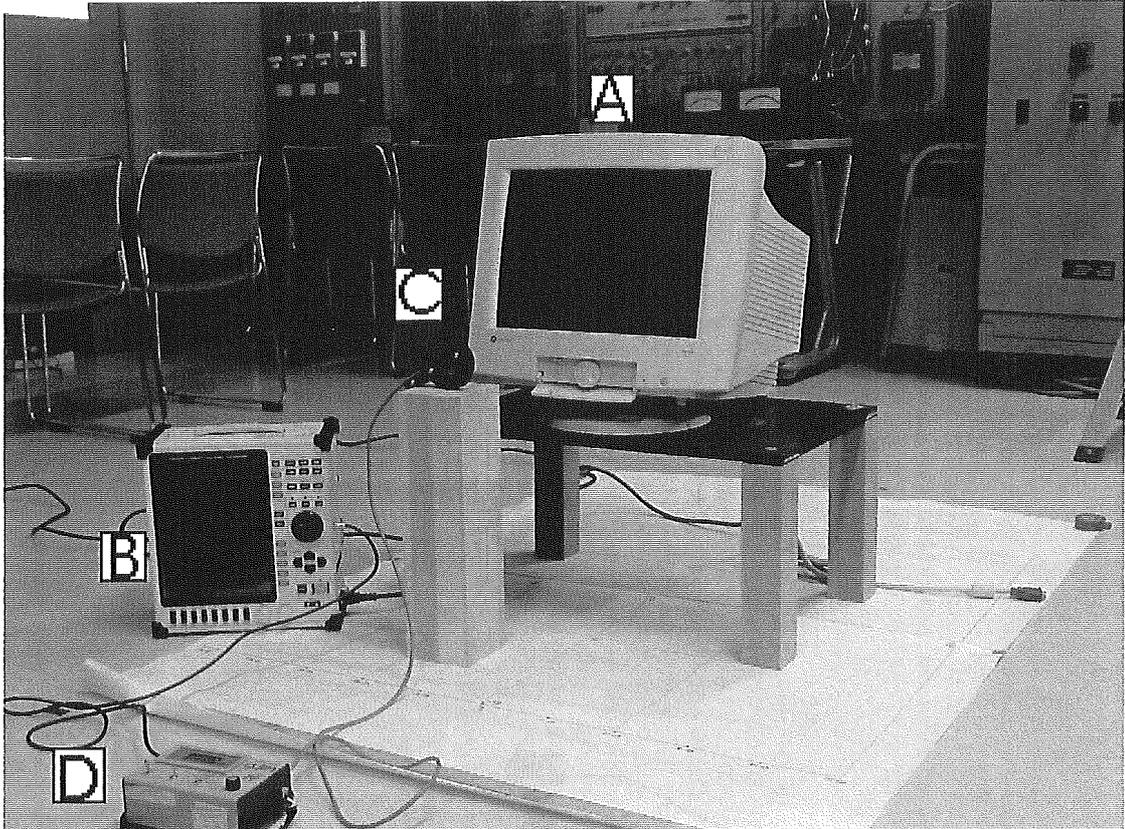


図3 ブラウン管式モニタからのトランジェント磁界の測定風景
(A : GateWay17 型モニタ)
(B : トランジェント磁界波形測定装置)
(C : センサコイル)
(D : 増幅器)

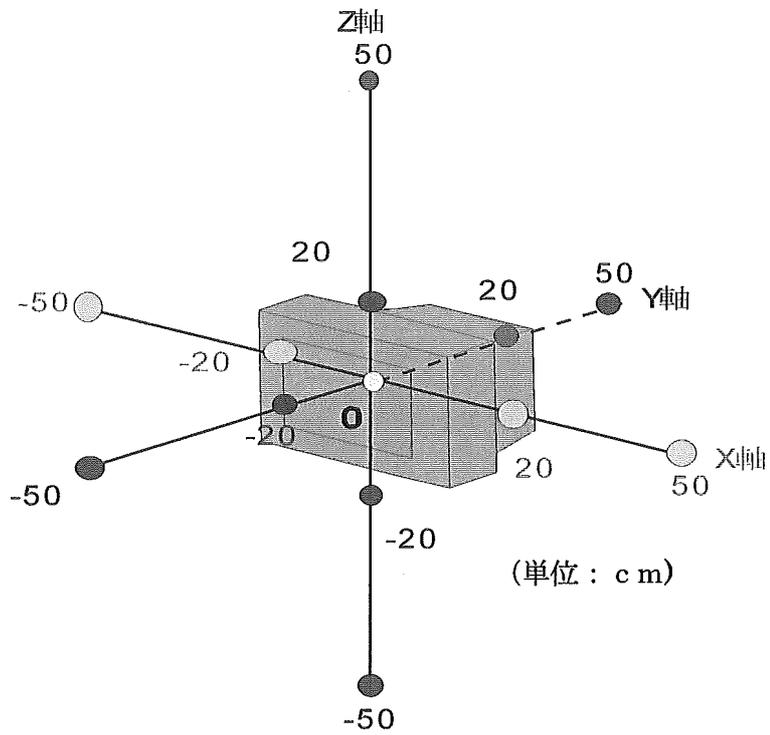


図4-1 モニタ周辺の測定点の座標の説明

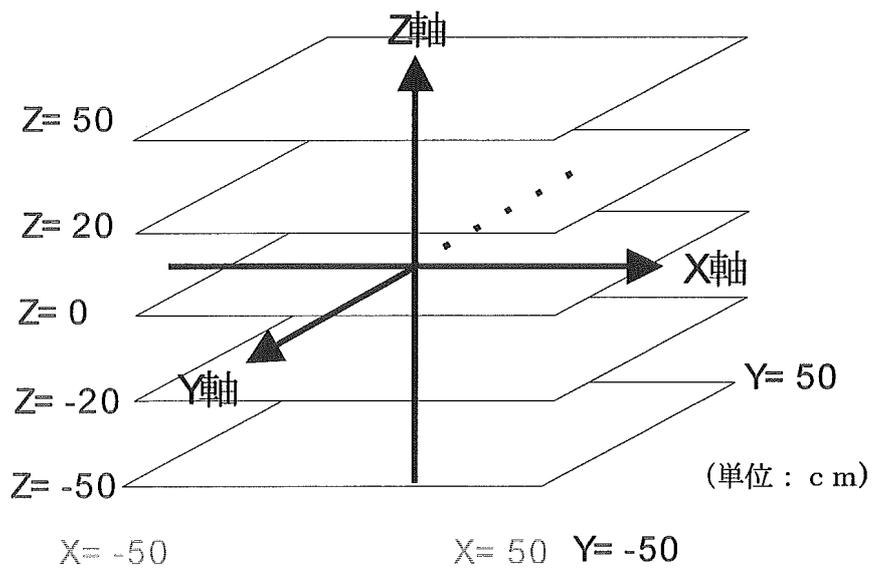


図4-2 モニタ周辺の測定面の説明

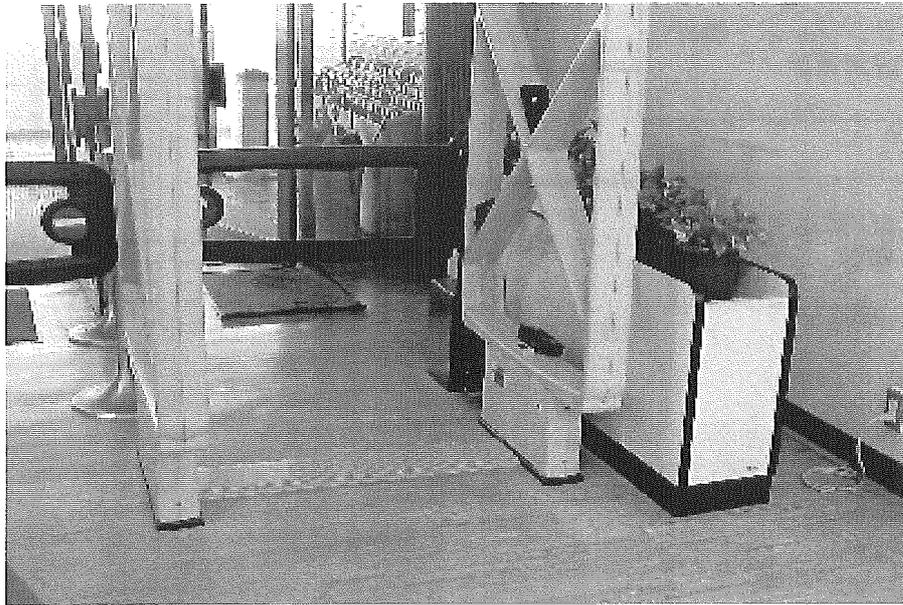


図 5 - 1 盗難防止ゲート

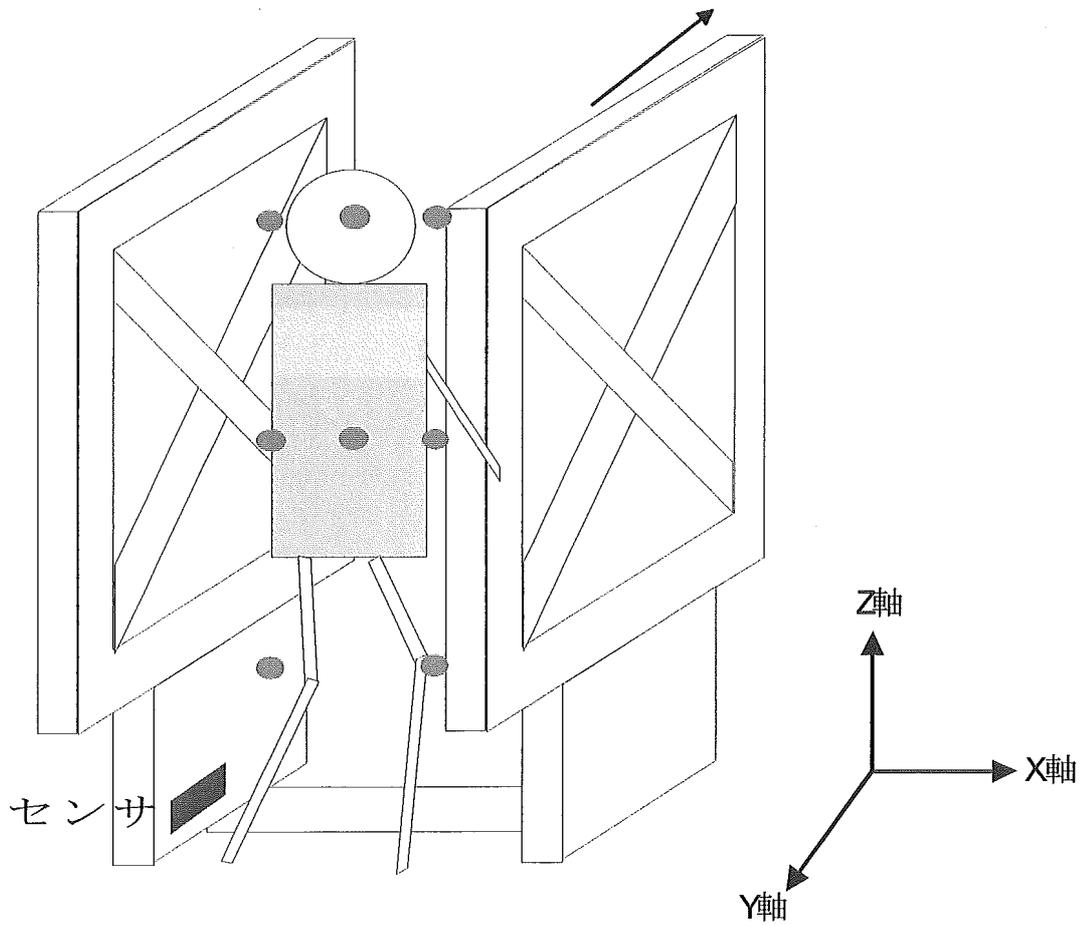
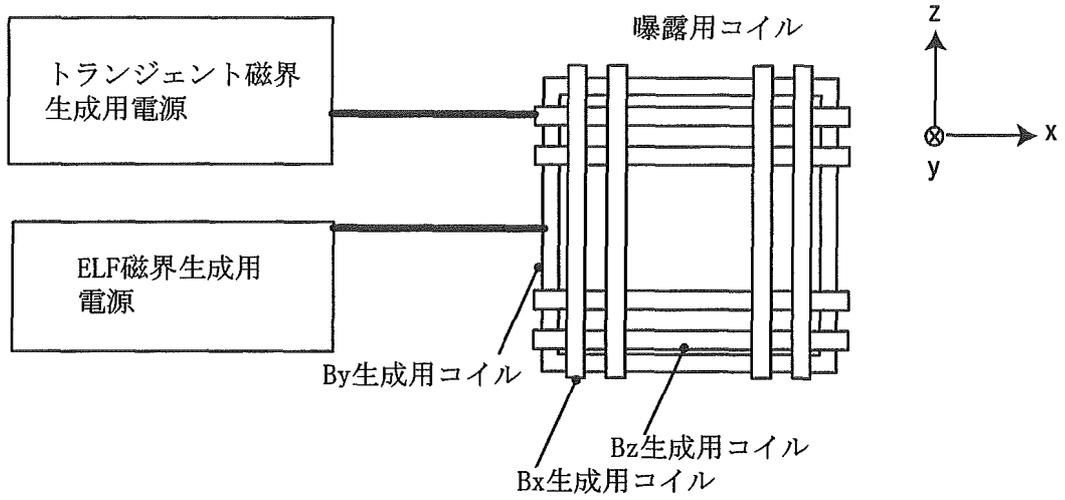
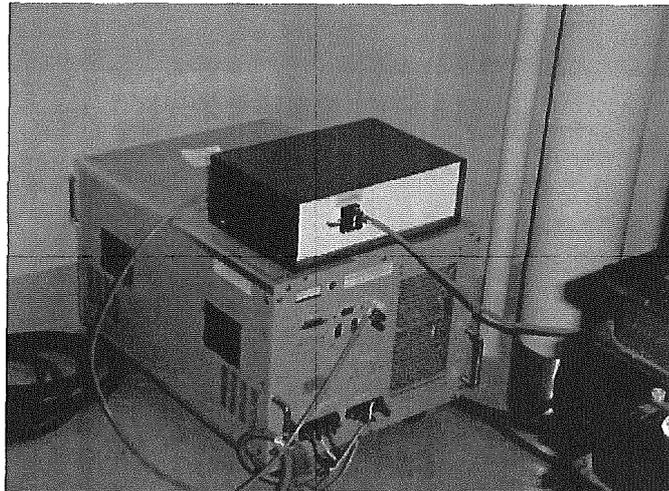


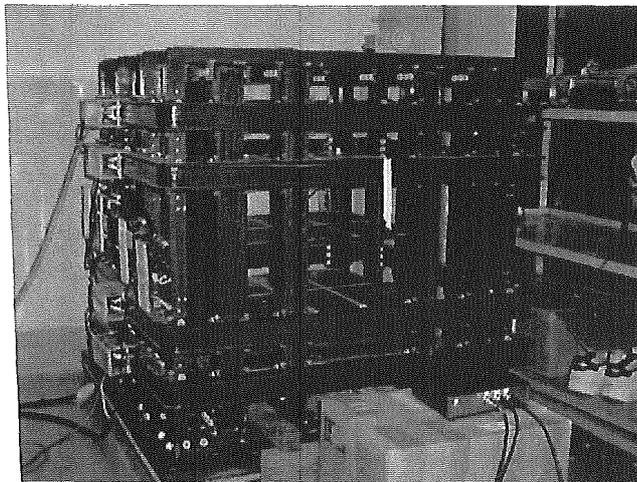
図 5 - 2 盗難防止ゲート通過時の各部位の位置の説明



(a) 構成図

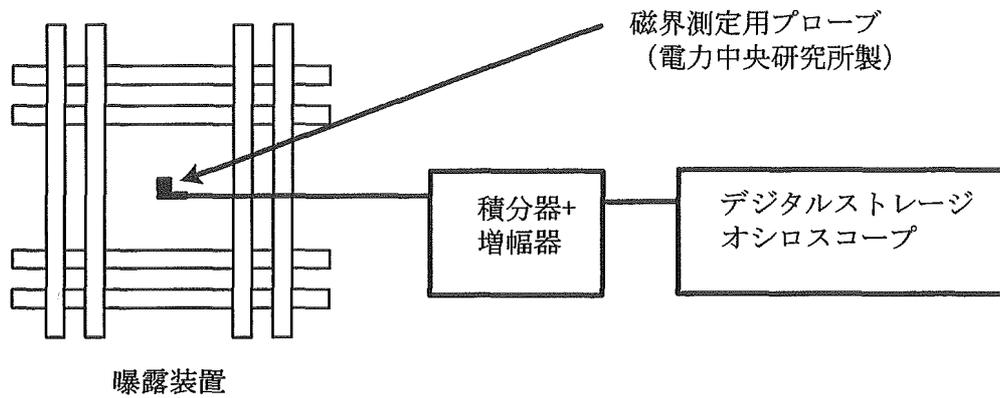


(b) 電力増幅器

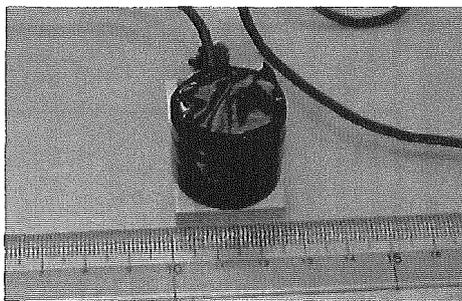


(c) ヘルムホルツコイル

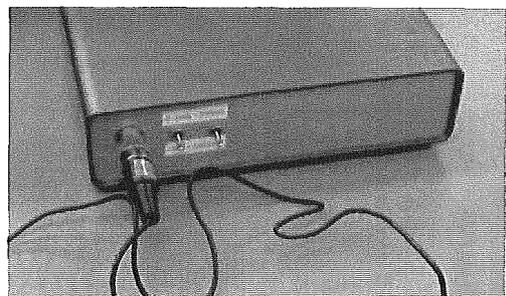
図6 トランジェント磁界発生装置の構成



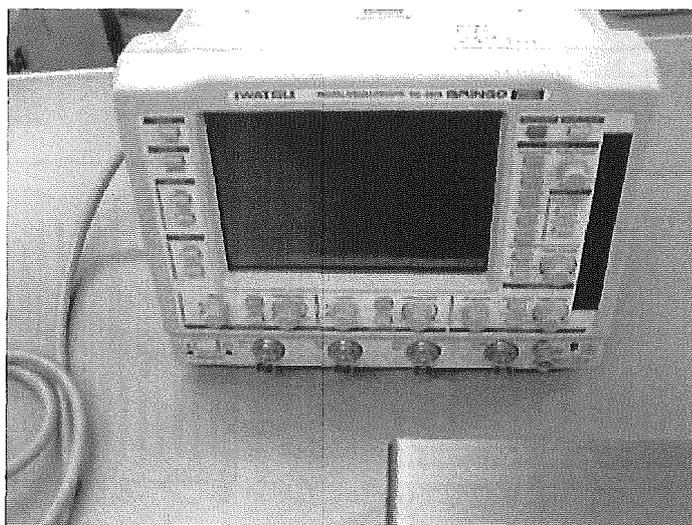
(a) 測定器の構成



(b) センサ



(c) 積分器・増幅器



(d) ストレージオシロスコープ

図7 測定器の構成図