

この方法は、図5のように、ペースメーカー等を使用している患者から体表心電図を誘導し、その心電図からR波を抽出して、体内の機器の不応期に雑音に相当する、制御された信号を加え、機器のテレメトリを利用して、その信号が検知されたか否かを判定するものである。雑音は機器の不応期に加えられるため、機器の動作には全く影響を与えることなしに、機器が反応し始める信号の強さを求めることが出来る。

臨床家の協力により、研究への参加に同意が得られ、インフォームドコンセントに署名捺印した少数の患者でこの方法の試験を行って、評価した。

### C. 研究結果

#### I) 人体モデルのペーシングパルス検出擬似心電位注入兼用電極の性能の評価

表1に示したのは著者らが考案した、人体モデルのペーシングパルス検出擬似心電位注入兼用電極の性能の評価結果である。心房側の電極に3.5Vの振幅のパルスを発生させた場合、心室側の円形電極には、心房電極が単極設定時に2mV、双極設定時には0.6mVとほぼ無視できる振幅のパルスしか検出されないのに対し、心室側の電極に3.5Vの振幅のパルスを発生させた場合、心室側の円形電極からは、

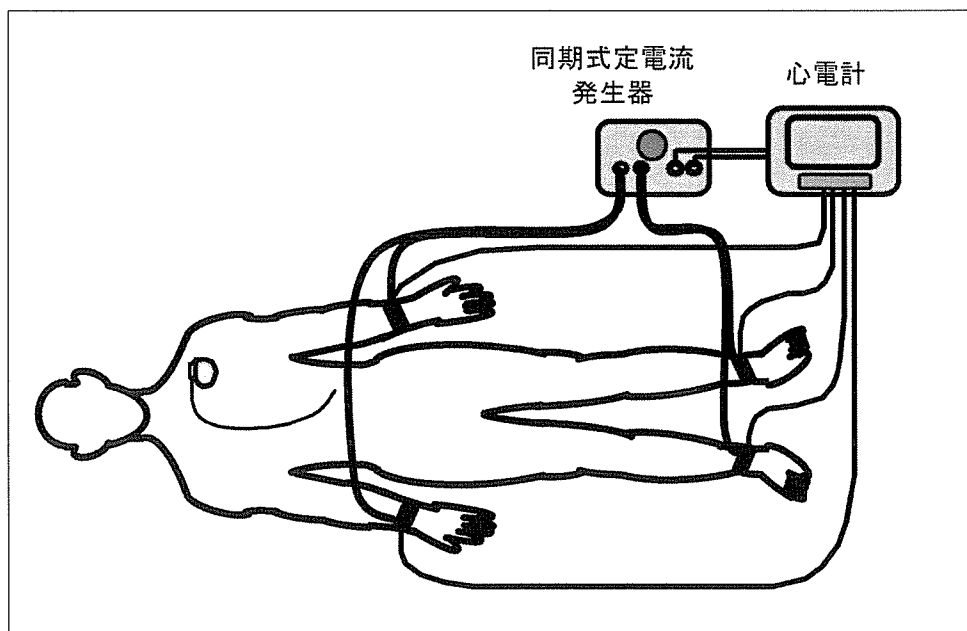


図5

ペースメーカーパルス検出電極としての性能				
	心房側出力 (3.5V設定)		心室側出力 (3.5V設定)	
	単極設定時	双極設定時	単極設定時	双極設定時
心室側検出電極振幅	+2mV	-0.6mV	-0.13V	-0.11V

擬似心電位注入電極としての性能				
	心房側検出信号振幅		心室側検出信号振幅	
	単極設定時	双極設定時	単極設定時	双極設定時
心室側電極注入時	検出不可	+0.07mV	-7.0mV	-7.5mV

表1

単極設定時に0.13V、双極設定時には0.11Vとほぼ同等で十分な振幅のパルスが検出された。したがって、心房側と心室側の出力を十分に分離して観察できることがわかった。また心室側に7.5mVの感度に相当する擬似心電位信号を注入した場合、心房側の電極に誘導される信号の振幅は、単極設定時には検出不能であり、双極設定時には0.07mVであった。したがって、擬似心電位注入も心房、心室を分離した形で行えることが確認できた。また図6(A)はこの円形電極で、ペースメーカーの出力設定を変

化させたときに、円形電極から検出されるパルスの振幅を示したものである。単極、双極いずれの設定時にも、ほぼ設定された出力に比例した振幅のパルスが観測できることが分かる。さらに図6(B)は円形電極から、ペースメーカーの各設定感度検知できる擬似心電位を注入したときの設定感度対注入電位の振幅の関係を示したものである。単極、双極いずれの設定時にも、ほぼ感度値に比例した振幅の電位を注入すればよいことが分かる。

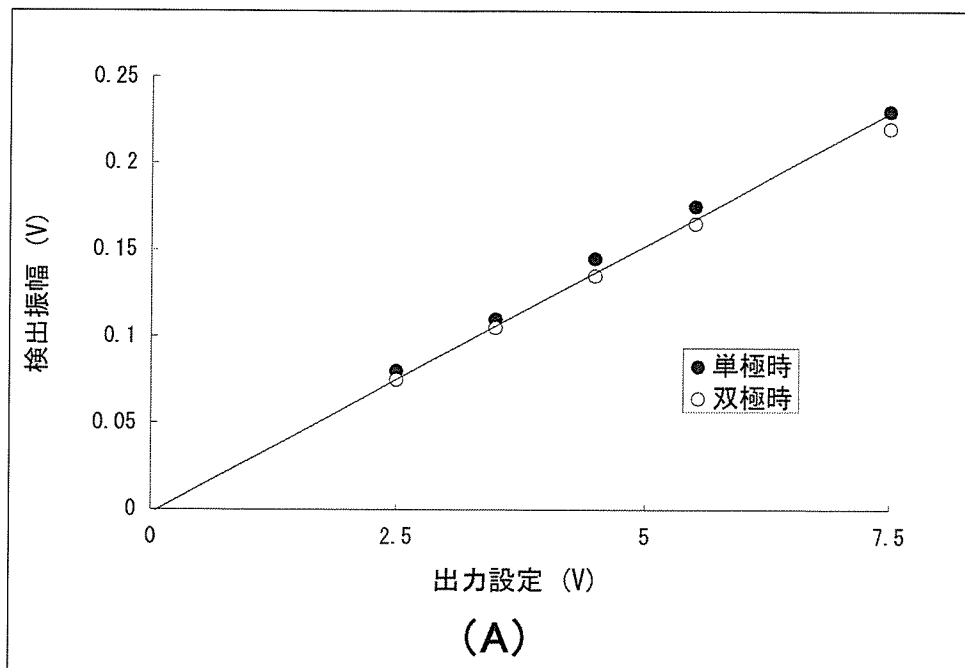


図6-A

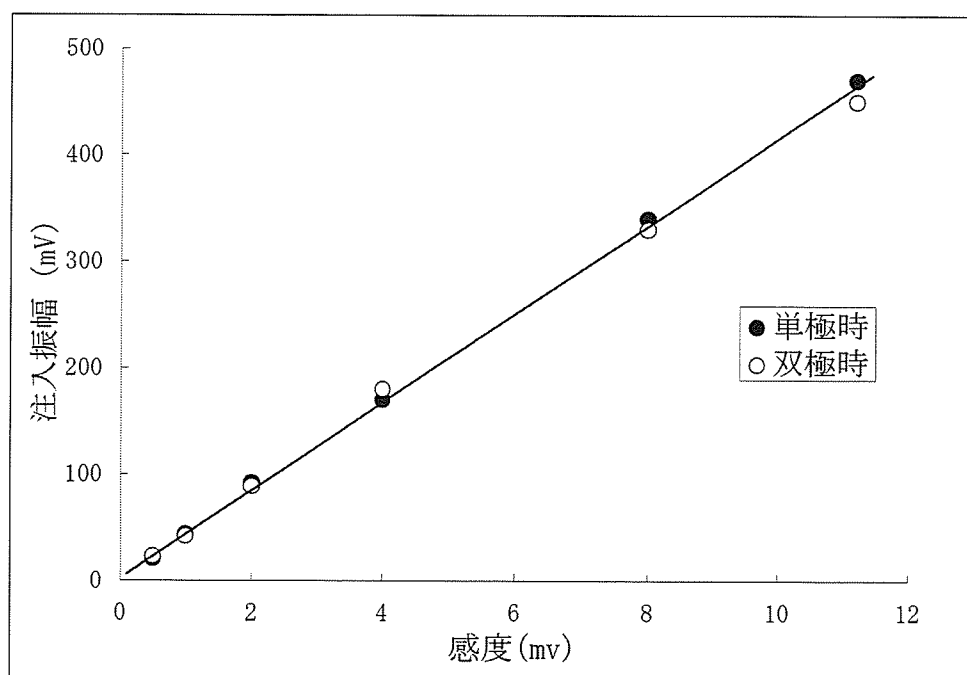


図6-B

## II) 人体モデル内のペースメーカー電極のループ面積対誘導雑音電圧振幅間の関係の評価

図7は食塩水の中に、半円形の配置で沈めたペースメーカー電極に、ヘルムホルツコイルで平等磁界を照射したときの、磁界の強さと電極に誘導される起電力の振幅の関係を求めてみたものである。この結果、半円形の電極と水槽の中心が一致していれば、電極の配置が垂直(0°)であっても、水平(90°)であっても、ほぼ理論値に等しい起電力が発生するのに対し、いずれの配置でも、中心が互いにずれると、発生する起電力が小さくなることが示されている。

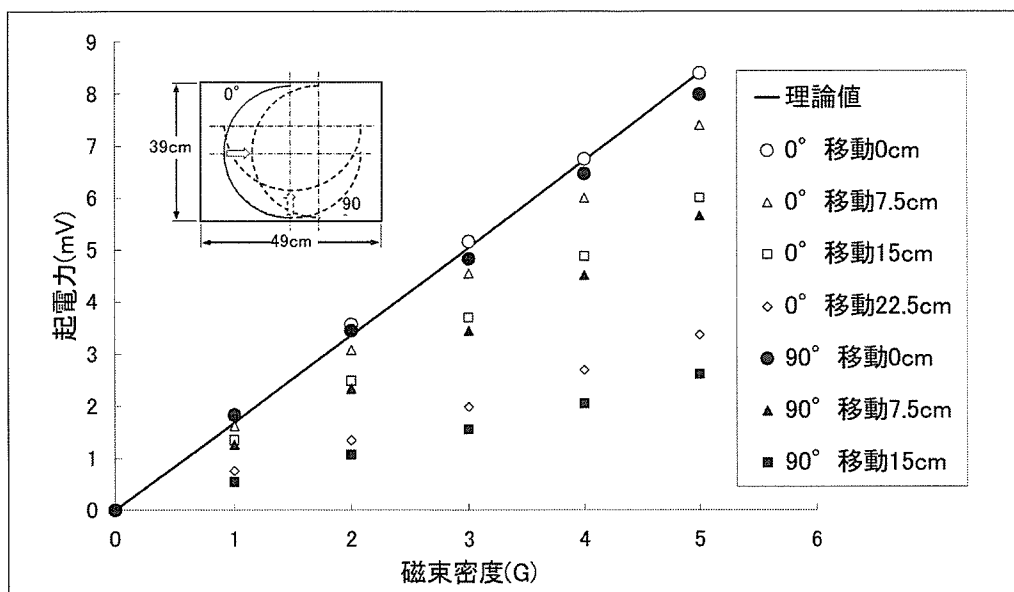


図 7

## III) 外部磁界発生源の物理的大きさの変化による磁界の影響の変化の評価

図8、9は磁界発生源であるコイルの直径を変え、それぞれの大きさで、互いに密着した状態で人体モデル内のペースメーカーに1 mVの雑音を誘起する変動磁界の強さを求め、さらに磁界発生源と人体モデル間の距離を変えたときにどのように雑音が減衰するかを求めてみたものである。磁界は50Hzの変動磁界である。

図8は磁界発生源のコイルの直径を10、30、100cmとした場合、人体モデルの表面に密着させた状態で、ペースメーカー/ICDに1 mVの雑音を誘

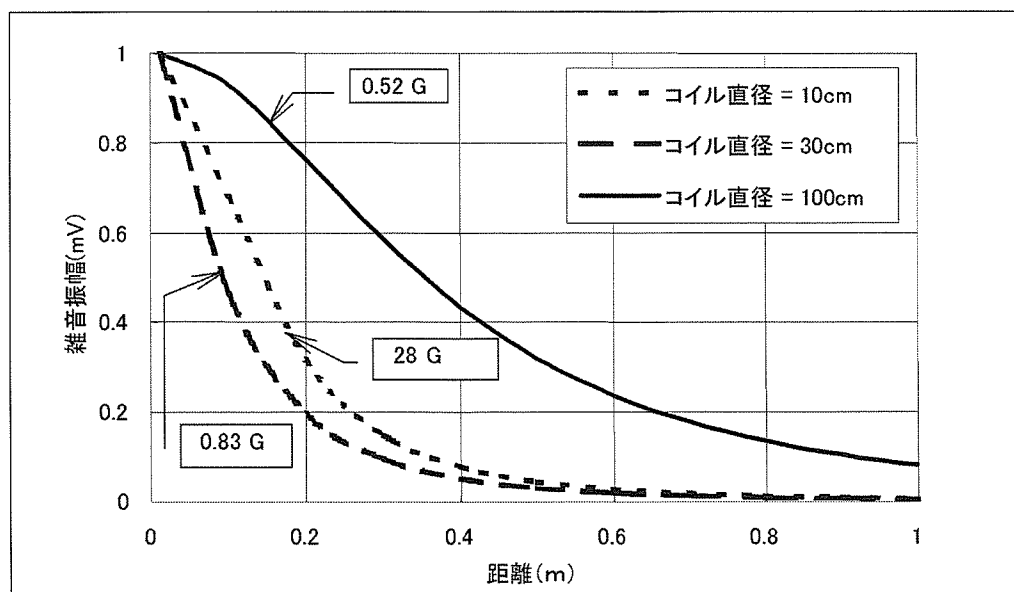


図 8

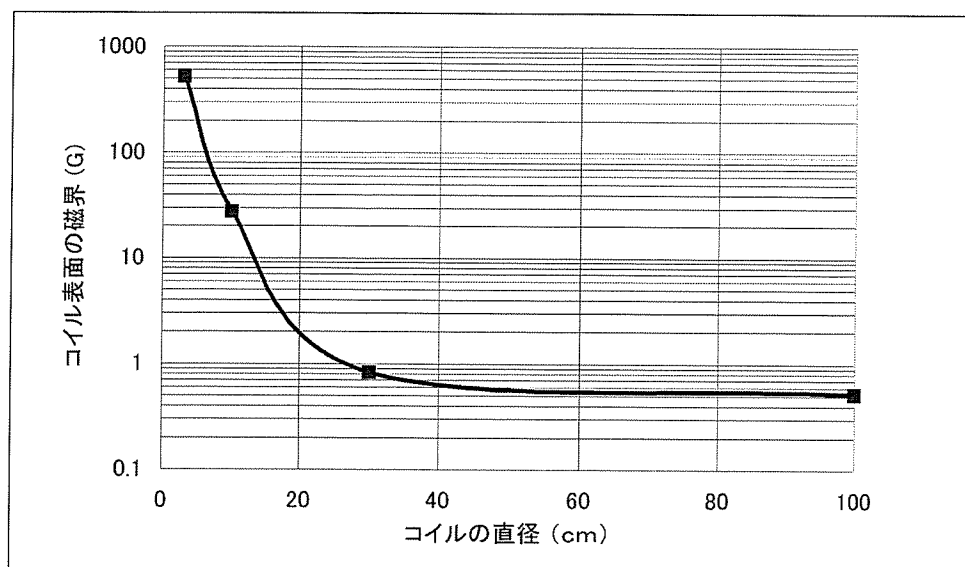


図9

起させるには、コイル直径が10cmの場合28Gの磁界が必要であるのに対し、コイル直径が30cmの場合には、0.83G、コイル直径が100cmの場合には、0.52Gで1 mVの雑音が誘起されることを示している。また、直径30cm以下では距離の増加につれ、雑音が急速に減衰するのに対し、直径100cmでは距離による雑音の減衰の度合いが小さくなることが分かる。さらに、密着状態でペースメーカー/ICDに1 mVの雑音を誘起させるために必要な磁界の強さを、磁界発生源のコイルの直径毎に求めたものが図9である。Irnichの人体モデル内の電極リードの直径(38cm)より小さい磁界発生源コイルでは、直径が小さくなるにつれ、急速に磁界を増さなければならなくなることが分かる。

#### IV) 人体を使用し、ペースメーカー等の動作を乱すことなく、その雑音検知能力を実測する方法の評価

図10は本試験法で、実際の患者の体内に、心電図に同期させながら、500  $\mu$  A以下の微弱な電流を注入している様子を示している。電流を次第に増していくと、ある時点でペースメーカーのテレメトリ信号に「VR」のマークが現われ、注入した電流をペースメーカーが不応期内で感知し始めたことが分かる。ペースメーカーが雑音を感知し始めても、ペースメーカーのリズムには何の乱れも生じていないことが分かる。この測定法で、研究への参加に同意が得られ、インフォームドコンセントに署名捺印した11名の患者で、ペースメーカーの感度設定を変えて、伝導電流を注入し、実際にペースメーカーが感知し始める電流の強さを求めたものを図11に示してある。図中の実線は平均値を示している。

#### D. 考察

現実にEMIの発生が懸念される環境の電磁界を評価することは重要である。しかし、そのような環境で、どのような現象が生じるかをあらかじめ予測することは容易ではなく、その環境に実際の患者を立ち入らせて評価することはきわめて危険であり避けなければならない。このため、人体と等価な反応を示す、人体モデルが不可欠となる。しかし、このようなモデルが、果たして本当に人体と等価であるかを評価するには、再び、実際の環境に患者を立ち入らせて比較しなければ判断できないという状況に陥ってしまうことになる。

今回著者らは、人体モデルに改善を施し、内部に設置したペースメーカー等の動作を的確に監視できると共に、正確な擬似心電位信号を注入して制御できるものとした。これらはますます機能が高度化するペースメーカー等を、最も妥当な状況で動作させ、影響を受けた際の現実的な動作を、ありのままに観察する上で不可欠な手段になると考える。

また、このような人体モデルが、人体と等価な反応を示すであろうことは、理論的には受け入れられるにしても、実際にどの程度等価といえるのかについて、これまで証左を示した研究はなかった。

これに対し、今回の評価実験では、水槽中央に設置されたペースメーカー等の電極には、電磁誘導理論と合致する起電力が誘導されることが確認された。しかし一方で、電極配置が中心から偏るにつれて、誘導される起電力が低下するという知見が得られた。これと同じ現象は、人体内でも生じるはずで、電極が人体の中心に設置されることはほとんどあり得ないため、電極を中央に配置した人体モデルで最も大きな雑音が誘導され、実際の人体内の雑音はこれより小さくなるという意味で、人体モデルが最悪条件化での

評価を行っていることが確認できた。

また、変動磁界については、磁界発生源の大きさが人体モデルに対して十分に大きい場合に、理論と合致する雑音が誘導され、磁界発生源の大きさが小さくなれば、より強い磁界を照射しないと同等強さの雑音が誘導されなくなることも分かった。

また、実際に人体内にあるペースメーカー等に、その動作を乱すことなく雑音を注入して、それを感知されるレベルを実測できる手法を確立できたことは、今後、慎重な評価を要求されるような環境が露呈した場合に、その裏付けを得る上で重要なことといえる。

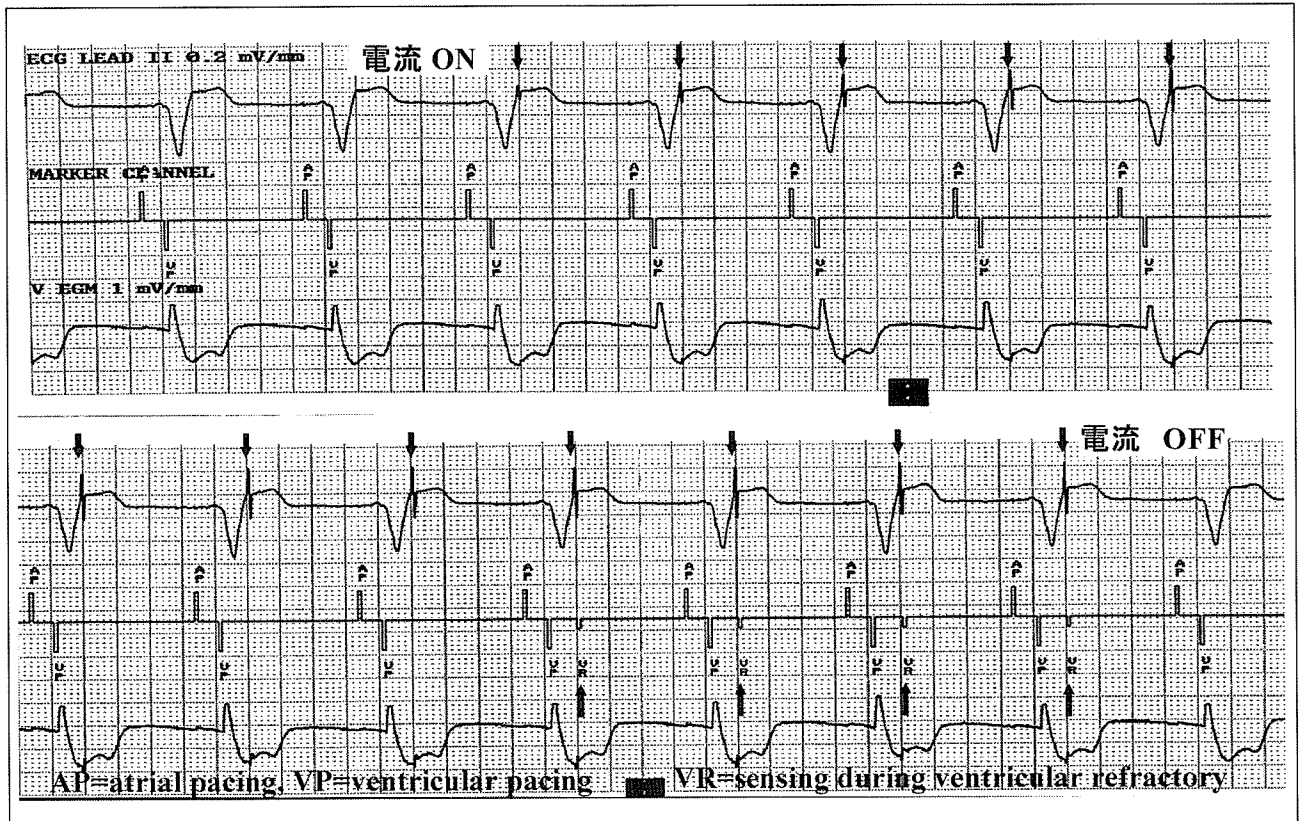


図 10

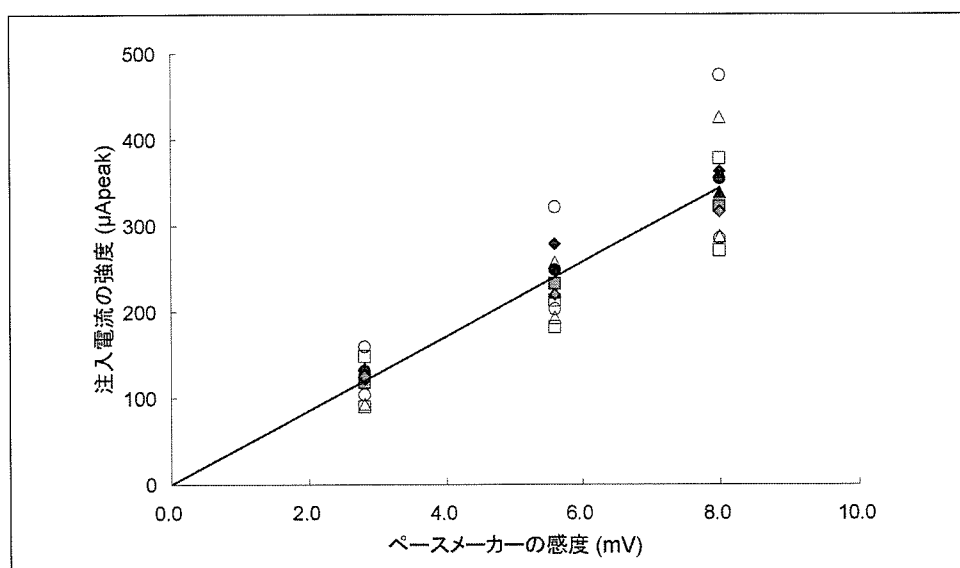


図 11

## E. 結 語

ペースメーカー等に EMI の発生が懸念される環境を、適確に、しかも患者を危険に曝すことなく、評価する手法としての人体モデルの改善を行った。その結果、人体モデル内に設置したペースメーカー等の動作を的確に監視できると共に、正確な擬似心電位信号を注入して制御できるものを完成することができた。また、この人体モデルの電磁界に対する反応を理論と比較し、さらに人体と人体モデルを比較することで、人体モデルに誘導される雑音がもっとも大きくなることの裏付けが得られた。また、変動磁界については、磁界発生源の大きさが人体モデルに対して十分に大きい場合に、理論と合致する雑音が誘導され、磁界発生源の大きさが小さい場合は、より強い磁界を照射しないと同等強さの雑音が誘導されなくなることが判明した。さらに、慎重さを要求されるような電磁環境を評価する場合に、その裏付けを取るうえで有用と思われる、人体内にあるペースメーカー等に、その動作を乱すことなく雑音を注入して、それが感知されるレベルを実測できる手法を確立することができた。

## F. 文 献

[1] Irnich W: Interference in pacemakers. PACE, 1984; 7 :1021-1048.

## G. 健康危険情報

なし

## H. 論 文

Tarusawa, Y., Ohshita, K., Suzuki, Y., Nojima, T and Toyoshima, T.: Experimental Estimation of EMI from Cellular Base-Station Antennas on Implantable Cardiac Pacemakers. IEEE Trans. on Electro Electromag. Comp. (2005), Vol. 47, No. 4, pp. 938.

## I. 知的財産権や特許等の出願・登録状況

なし

## 就労現場におけるペースメーカー / ICD の電磁干渉

研究報告者 藤本 裕<sup>1)</sup>

共同研究者 豊島 健<sup>2)</sup>、安部 治彦<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> 日本メドトロニック株式会社 CRDM 教育部

<sup>2)</sup> 同 シニアテクニカルフェロー

<sup>3)</sup> 産業医科大学 第2内科学教室

### 【研究要旨】

植込み型ペースメーカーや植込み型除細動器（以下 ICD とよぶ）などの植込み型医療機器の患者数は高齢人口の増加とともに年々増える傾向にある。一方、患者を取り巻く環境はここ数年で大きく変化し、ユビキタス社会と言われるように、身の回りで電磁波を放射する機器が急速に増加しており、これらの機器による電磁干渉の懸念が増えている。また、植込み型医療機器側を見ると、ICD の使用患者が増えており、この機器では、電磁干渉を引き起こした場合に不適切治療が発生する可能性が生じるため、ペースメーカー患者に比較して心理的なストレスがかなり大きいことを考慮しなければならなくなっている。さらに最近では心不全用の両心室ペーシング機能を持った新しいペースメーカー、ICD が承認され、治療が開始されている。

このような背景の下、植込み型医療機器による治療を受けている者が職場復帰を希望するケースが増えており、職場の電磁環境の点検が必要となってきた。本研究では、過去に日本メドトロニック株式会社が、それらの職場で電磁環境調査を行なった際の報告書から、影響の大きかった産業分野、機具類を拾い出し、その実際の影響度合い等を類別すると同時に、その逆に影響がありそうに思われながら、実際には心配のない機器等を洗い出すことを目的とした。

### A. 研究の目的

一般家庭および職場環境で、植え込み型医療機器の電磁干渉がどのような機器および環境下でより多く生じているかを明らかにすることと、逆に一般には植え込み型医療機器へ影響が広く懸念されいながら、実際の調査では、さほど影響を与えない機器を紹介する。さらにそれらの機器が植え込み型医療機器に影響を与える機序と、その影響の度合い、そしてその回避方法等を明らかにし、患者の職場復帰の手助けとなることを目的とする。

### B. 研究方法

日本メドトロニックでは電磁環境調査は1996年より開始し、ペースメーカーで約282件、ICDでは約170件、合計で452件の調査報告書が蓄積されている。今回は、これらの報告書に基づき、各機具別あるいは電磁波の発生源別に、その影響を及ぼす距離と範囲、その傾向をまとめた。各調査場所での、電磁環境評価方法は上のフローチャート1に従った。

スクリーニングの測定項目はVLFの交流電界、交流磁束密度、そして直流磁束密度と測定対象からの距離をあわせた4つのパラメータで行なった。最初の電磁界計測器によるスクリーニングで交流電界2KV/m、変動磁束密度100 $\mu$ T（1Gauss）、直

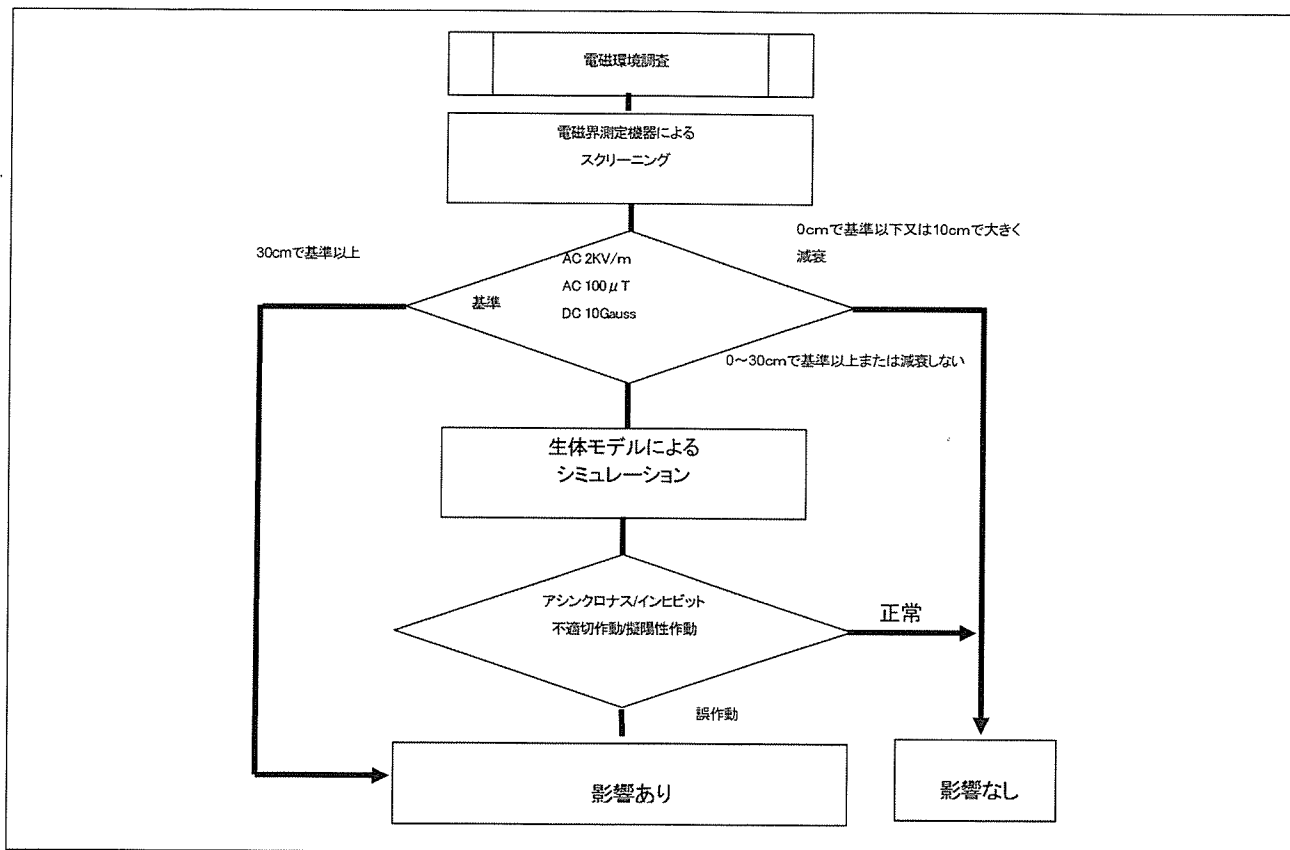
流磁束密度10Gaussを目安の基準値とし、これに何点かの距離（約10cm間隔）で測定した値から影響の有無と人体モデルを用いたシミュレーションの必要性の判断をした。また、計測器の計測可能周波数を超えるノイズが認められた場合は、基本的にシミュレーション<sup>1)2)3)4)</sup>を行なった。

### C. 結果

#### 影響調査の全体像

図1に調査の第1ステップ目のスクリーニングを行った結果を示す。ペースメーカー282件、ICD170件の報告書のうち、計測を行った箇所はペースメーカー3170箇所、ICD3241箇所、合計6411箇所に上る。

スクリーニングの結果、計測器による測定で明らかに影響が無いと判断されたものは、全体の58%（3743箇所）、影響の可能性を指摘された箇所は42%（2668箇所）であった。これをペースメーカーとICD別に見ると、図2および図3のようになった。ペースメーカーでは66%にあたる2099箇所、ICDでは51%の1644箇所が計測器により影響が無いと判断された。いずれにしても半数程度が計測器により明らかに影響が無いと判定されたことになる。次にスクリーニングの測定で影響があるか、もしくはその可能性があるかと判断された箇所の内訳を示す。



フローチャート 1

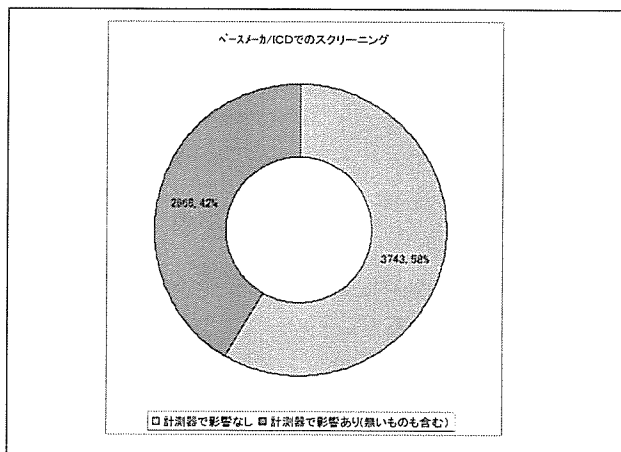


図 1 ペースメーカー・ICD のスクリーニング箇所数

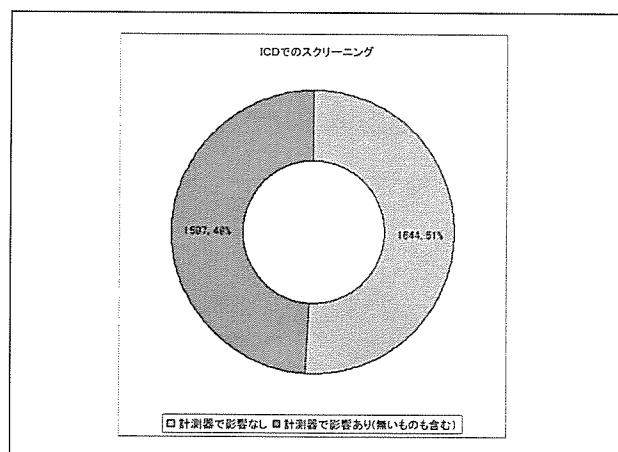


図 3 ICD のスクリーニング箇所数

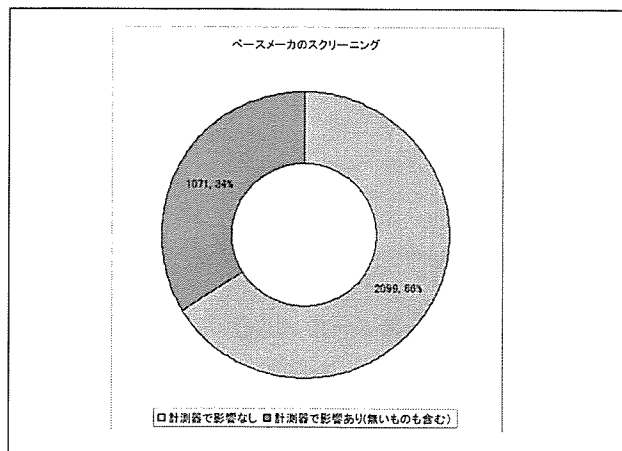


図 2 ペースメーカーのスクリーニング箇所数

図 4 にペースメーカー、ICD の両者を含む結果を示す。これによるとスクリーニング結果から影響ありとされた約 80% の 2109 箇所が測定のみで最終的に影響ありと判断されている。残り 20% の 559 箇所がシミュレーションによる測定が必要と判断され、シミュレーションを実施したことになる。シミュレーション結果によると、14% (382 箇所) で影響を認め、7% (177 箇所) で影響が認められなかったことになる。これをペースメーカーと ICD 別に同様の図を描くと図 5 と図 6 になる。これらの結果より、ペースメーカー植込み患者の場合、40% 程度がシミュレーションを行なっているのに対し、ICD



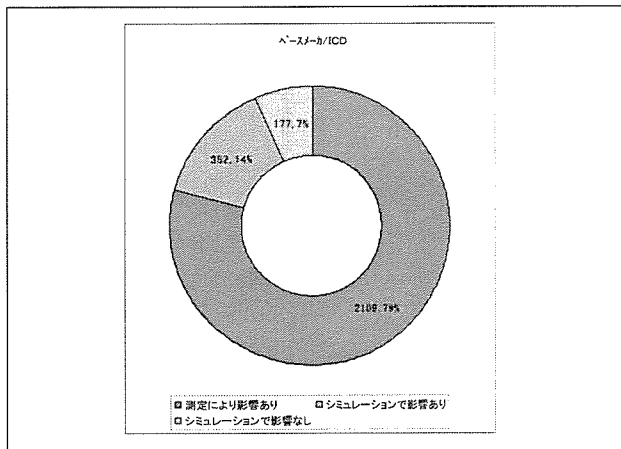


図4 ペースメーカー/ICDでのスクリーニング結果から影響ありとされた内訳

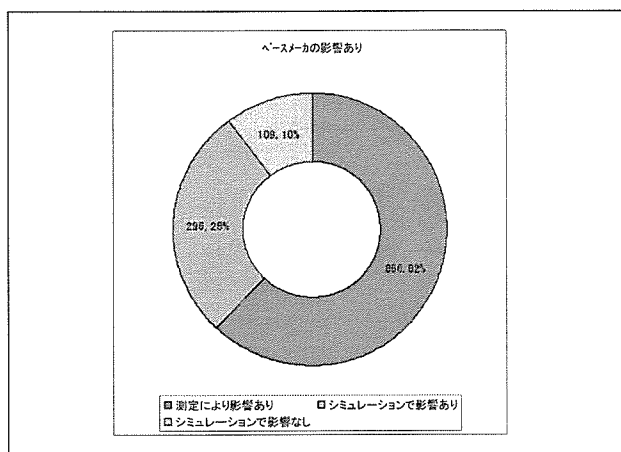


図5 ペースメーカーでのスクリーニング結果から影響ありとされた内訳

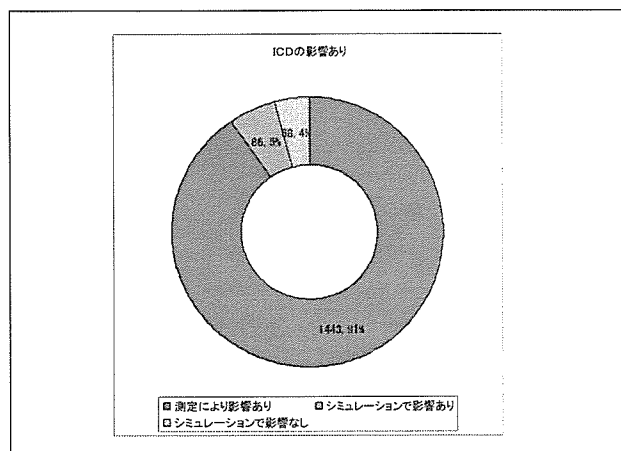


図6 ICDでのスクリーニング結果から影響ありとされた内訳

植込み患者の場合、90%近くが測定器による測定で影響ありと判断され、シミュレーションはわずか10%程度となっている。ただいずれの場合も、シミュレーションによって影響有と判断されたものと無と判断されたものの比率には変化がないといえる。このことはICDの場合は、過去の経験から明らかに影響がない、あるいはその逆に影響が出ると思

われるケースであっても、患者あるいは依頼医師より、調査依頼があった場合、実際に調査し、その結果を示して納得していただかなければならないケースが多いことを示している。

この結果を全調査箇所6411箇所で見えた場合(図7)、計測器によるスクリーニングで判定できた箇所は5852箇所全体91%になる。このうち「影響あり」と判定された箇所は33%(2109箇所)、「影響なし」と判定された箇所は58%(3743箇所)である。シミュレーションを行った箇所は9%の559箇所その内「影響あり」が382箇所6%、「影響なし」が177箇所3%となっている。

この結果をペースメーカーで見えた場合(図8)計測器によるスクリーニングで判定できた箇所は2765箇所全体88%であった。このうち最終的に「影響あり」と判定できた箇所は21%の666箇所、「影響なし」と判定した箇所は67%の2099箇所になる。シミュレーションを行った箇所は12%の405箇所、その内「影響あり」が296箇所(9%)、「影響なし」が109箇所(3%)となっている。さらにICDで見えた場合(図9)、計測器によるスクリーニングで判定された箇所は3087箇所全体95%であり、「影響あり」と判定された箇所は45%(1443箇所)、「影響なし」と判定された箇所は50%(1644箇所)になる。シミュレーションを行った箇所は5%にあたる154箇所、その内「影響あり」が86箇所(3%)、「影響なし」が68箇所(2%)となっている。ここで示した影響の判断方法は、0cmの距離で影響がなかった機器は「影響なし」とし、その他は「影響あり」と判断としている。したがって、実用上は問題とならないものも多く含まれていることを付け加えておく。

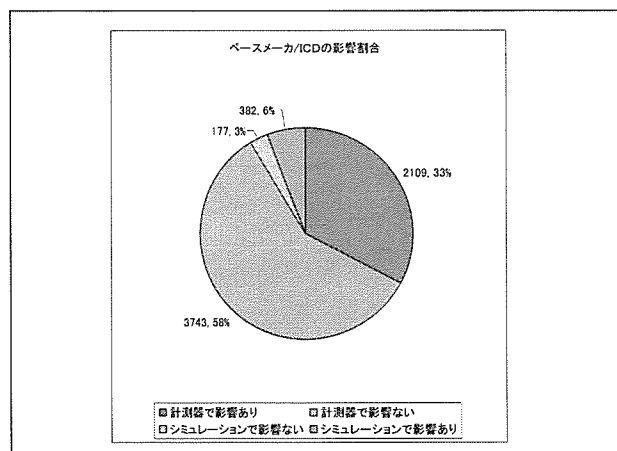


図7 ペースメーカー/ICDの影響の全体像

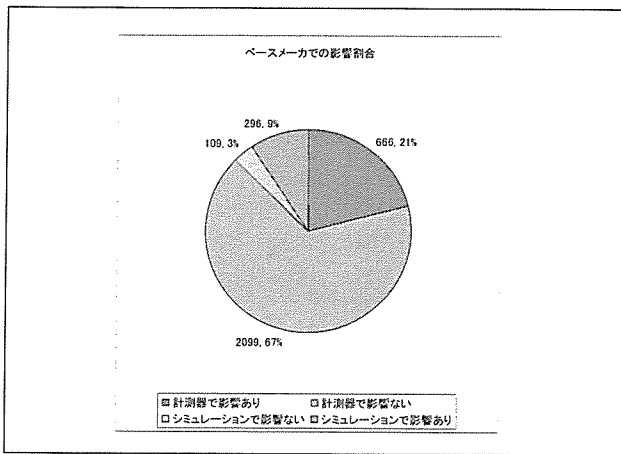


図8 ペースメーカーの影響の全体像

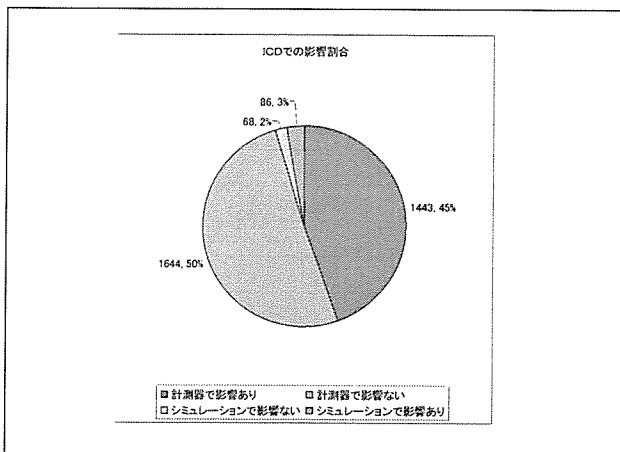


図9 ICDの影響の全体像

### 調査機具類から見た全体像

ペースメーカーおよびICDの電磁環境調査を行った機具類別にその調査件数の多い順にまとめた図を図10、図11に示す。これらで調査件数の多い順に16機具類を選択し、その詳細を吟味した。ペースメーカーとICDでは機具類の順番は違うものの、多いほうから16種の機具類の内容は同一となった。この事は、依頼ベースで行なわれている調査であるため、これらは依頼する側ですでに、影響が出ることを懸念している代表的な機具類と考えられると同時に、このような機具類を使用する業種に携わっている患者からの依頼が多いと言う推測も成り立つ。また、総務省で調査されている携帯電話端末、電子商品監視機器、無線LANやRFIDなどの調査依頼は少なく、これらの影響に関する知識が広く浸透していると考えられる。下記に16機具類に分類した内訳、詳しい個別機器の代表例を下の表1に示す。

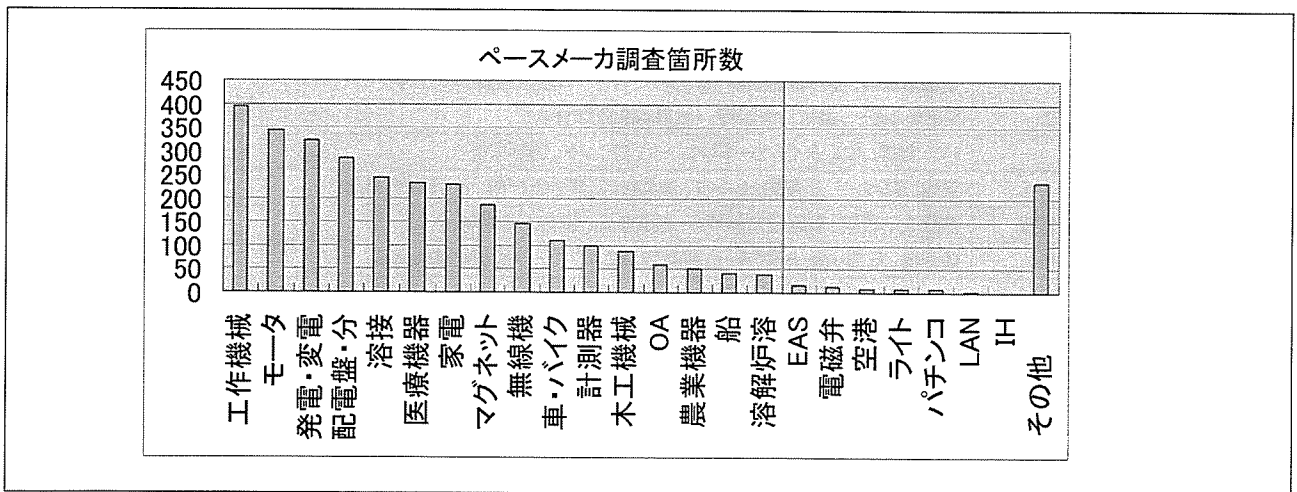


図10 ペースメーカーの機具類別調査項目

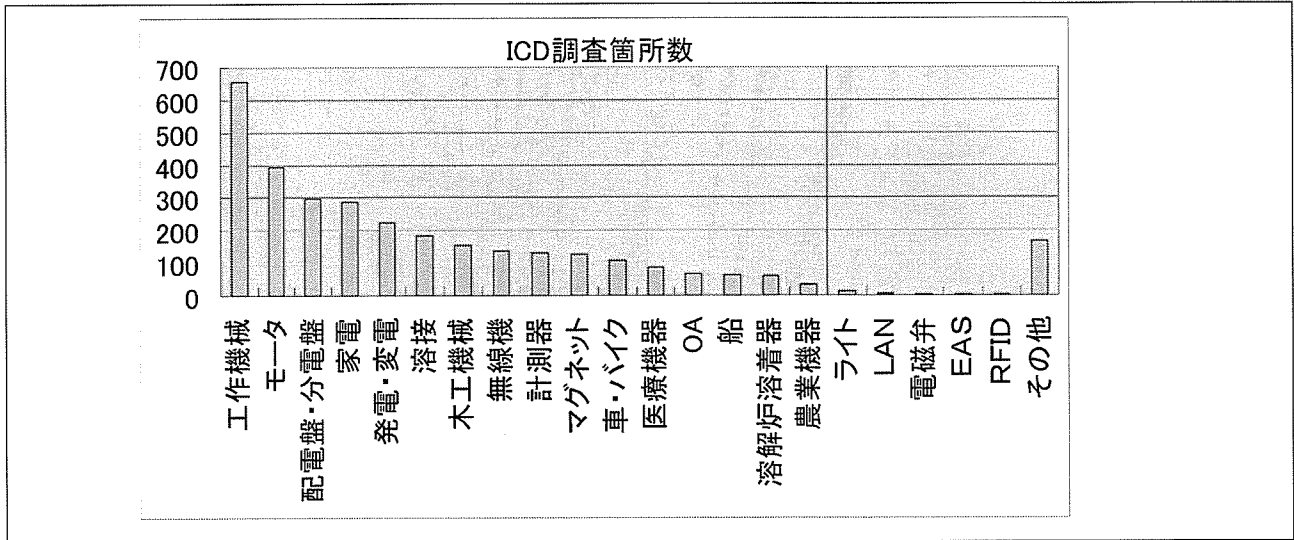


図11 ICD 機具類別調査項目数

機具類項目	内訳詳細
工作機械	旋盤、ボール盤、フライス、グラインダー、研磨機、各種組み立てロボット等
モータ	ポンプ、コンプレッサー、ブLOWER、クレーン、ハンディ工具等
配電盤・分電盤	制御盤、配電盤、ブレーカ、受電盤、配線ラダー、キュービクル等
家電	一般家電、冷蔵庫、IH機器、家庭用医療用具等
発電・変電	火力発電、水力発電、原子力発電、変電所等
溶接	TIG、MIG、MAG、CO2 ガス溶接、アーク溶接、スポット溶接、溶接ロボット、プラズマ溶接、プラズマ切断器、半自動溶接等
木工機械	チェーンソー、丸鋸、帯鋸、自動カンナ、ギャグソー、木工旋盤、トリマー等
無線機	アマチュア無線、警察無線、業務無線、消防無線、シチズンバンド、トランシーバ等
計測器	直流安定化電源、高周波サージ試験機、振動試験機、ヘルムホルツコイル、ガスクロ、金属探知機、各種測定器等
マグネット	消磁コイル、脱磁気装置、電磁磁石、クレーン、マグネット等
車・バイク	自動車工場、鉄道車両、車検場、ハイブリッド車、電動いす、配膳車等
医療機器	電位治療器、赤外線治療器、電気メス、マイクロ波治療器、ホットマグネージアテルミー、通電治療器等。(放射線装置は含まず)
OA	PC、無線LAN、タイムカードレコーダ、プリンタ、電話機等
船	漁船、タンカー、巡視船、レーダ、漁業無線、巻き上げ機、イカ釣り電球等
溶解炉溶着器	高周波溶着器、高周波溶解炉、一般電気炉、電気溶鉱炉等、
農業機器	噴霧器、草刈り機、トラクター、耕運機、コンバイン、脱穀機、搾乳器等

表 1

機具類別の影響調査結果

以下で、表1の16の器具類について個別に分析する。各機具類毎に、調査件数に対する、影響が認められたものの比率が異なるため、それぞれの項でその比率のグラフを示している。グラフ上の「Positive」が影響のあった事を示している。また、各機具類で影響が生じなくなった距離の累積グラフも示してある。距離は10 cm間隔で取りまとめた。累積表示のため、ある距離の件数は、それ以上の距離で影響が現れているものを全てを含んでいることになる。これらは類似の機器全般の傾向を示すもので、それぞれの機具類での一般的な影響距離を推測

することができる。また、これらの中で、他よりもかけ離れて大きな距離で影響するものが有る場合は、横軸の目盛りを非連続表記にして記述した。また、それらの一般名称と影響を明記してあるので、これらは特別に注意を要するものと判断して頂きたい。同時に、その機具類別での傾向や注意点を記述した。

工作機械類

ペースメーカーとICDの影響の比率のグラフを図12、13に示す。図12、図13よりペースメーカー・ICD

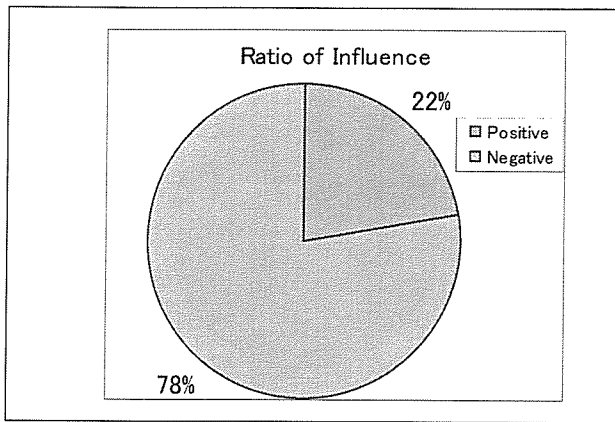


図12 工作機械のペースメーカーの影響比率

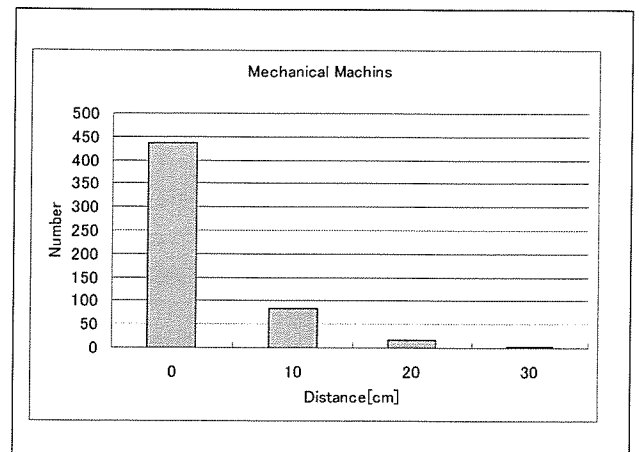


図15 工作機械のICDの累積グラフ

データに示すように、40cm程度の距離を取れば影響しない事がわかる。影響が生じる箇所はほぼ決まっており、モータ部や磁気バイス部分などである。しかし、これらの配置は、保守などの作業を除けば、一般的な作業中に近づくことはないことが多いため、作業中に支障をきたすような影響を出す機器は希である。

#### モータ類

ペースメーカーとICDの影響の比率のグラフを図16と図17に示す。

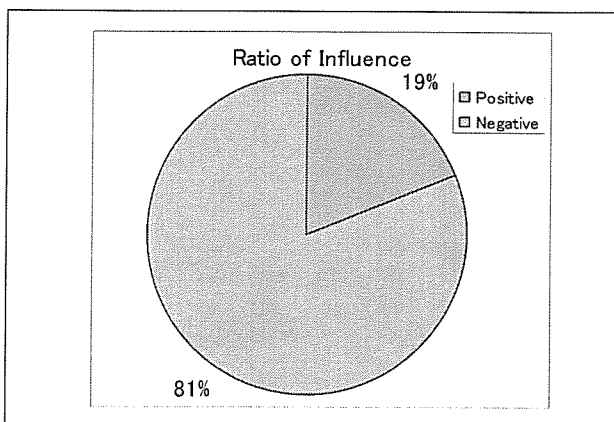


図13 工作機械のICDの影響比率

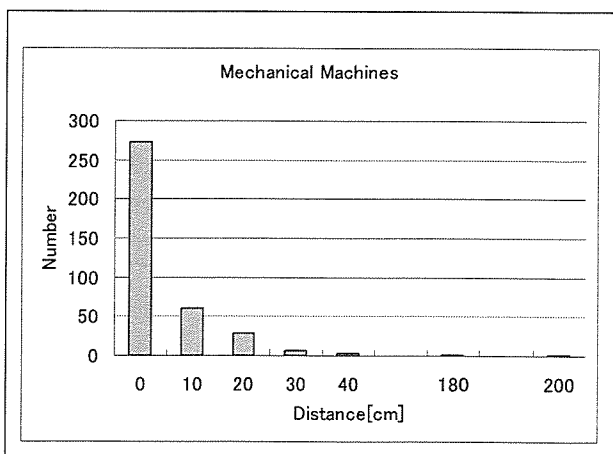


図14 工作機械のペースメーカーの累積グラフ  
180cm 内輪脱着装置(外径480mm 内径200mm)  
200cm 鋼片誘導装置

ともにほぼ同じ程度の比率で影響が認められることが分かる。さらに距離に関する累積グラフを図14、図15に示す。

工作機械類は工業系の工場には必ずといってよいほどある機器である。また、一般に影響がありそうなイメージを抱く機器でもある。ほとんどの機器では

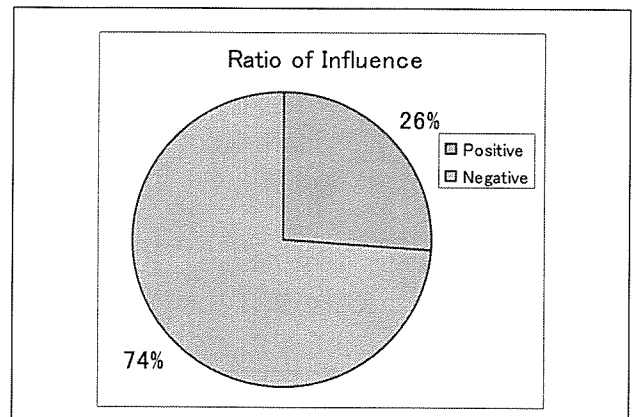


図16 ペースメーカーの影響比率

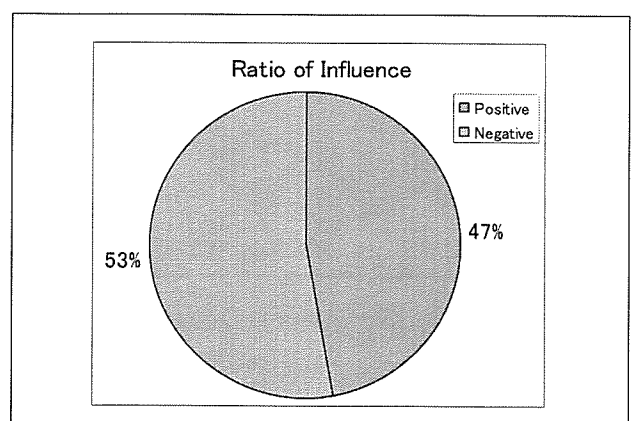


図17 ICDの影響比率

距離に関する累積グラフを図 18、図 19 に示す。

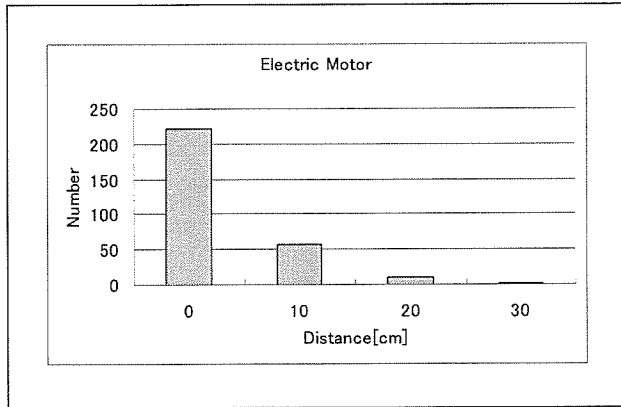


図 18 モータのペースメーカーの累積グラフ

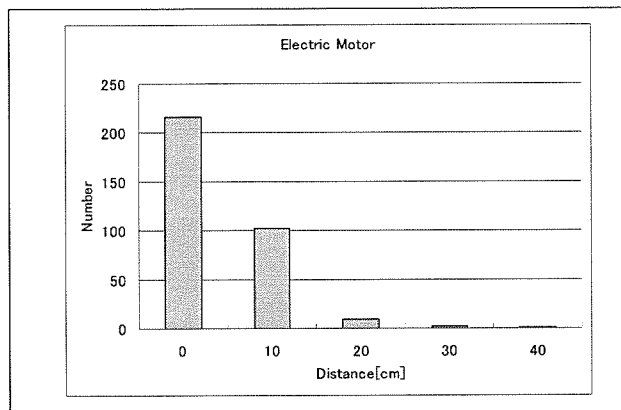


図 19 モータの ICD の累積グラフ

モータに関しては「個別の特長」の中で詳しく解析するが、磁場の広がりには限られており、ほとんどのもので 30cm 以内での影響となっている。

#### 配電盤・分電盤類

ペースメーカーと ICD の影響の比率のグラフを図 20 と図 21 に示す。

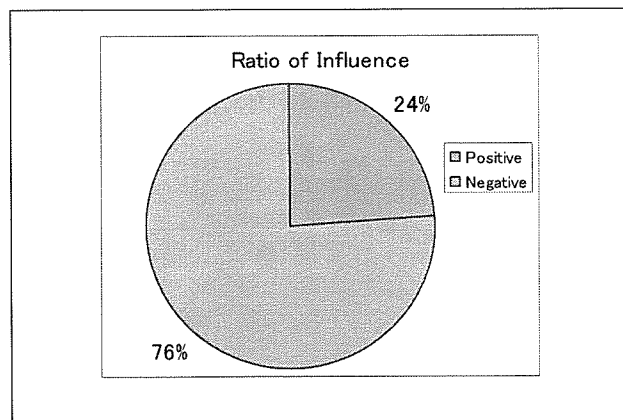


図 20 ペースメーカーの影響比率

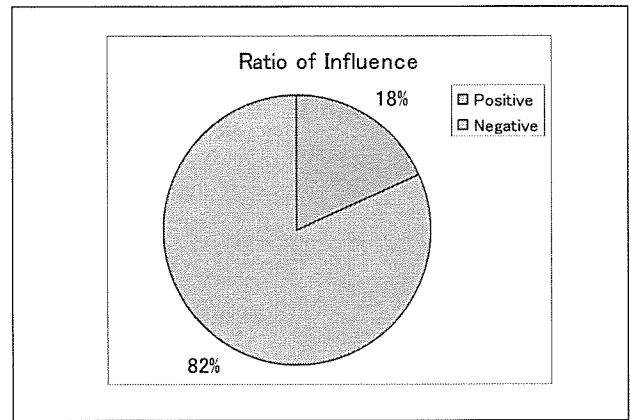


図 21 ICD の影響比率

距離に関する累積グラフを図 22、図 23 に示す。

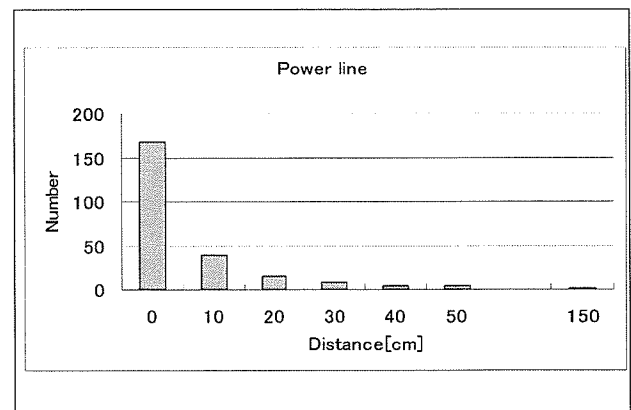


図 22 配電盤・分電盤のペースメーカーの累積グラフ  
150cm の影響場所は特高変電所高圧線下高さ 2 m の地上での値。

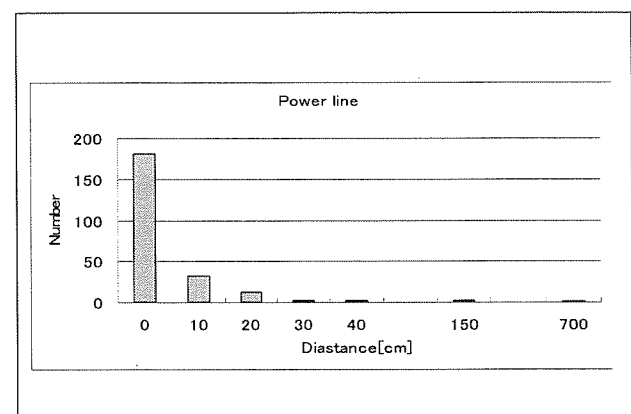


図 23 配電盤・分電盤の ICD の累積グラフ  
150cm 精鎖機(溶接)制御盤裏側  
700cm 受電 1 万 1 千ボルト創弧遮断機受電設備(開放型)

配電盤・分電盤類はその機器設備の状況により大きく影響の度合いが変わる。新しい設備であればあるほど、周囲の環境への配慮がなされているためか、影響されにくいように思われる。これらの配電盤・分電盤類は、一般の工場勤務者が立ち入る箇所ではないが、職業柄立ち入る必要がある電気関連業務の就労者には厳しい状況となる。特に受電電圧が高い場合や、工場が大きく大電力を使用している場

合に影響が大きくなる。

### 家電類

ペースメーカーとICDの影響の比率のグラフを図24と図25に示す。

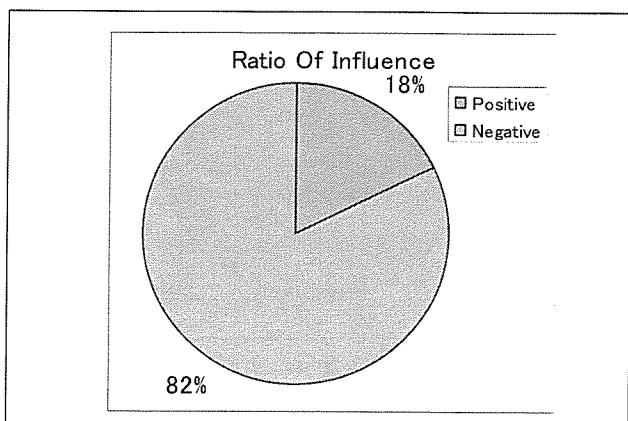


図24 パースメーカーの影響比率

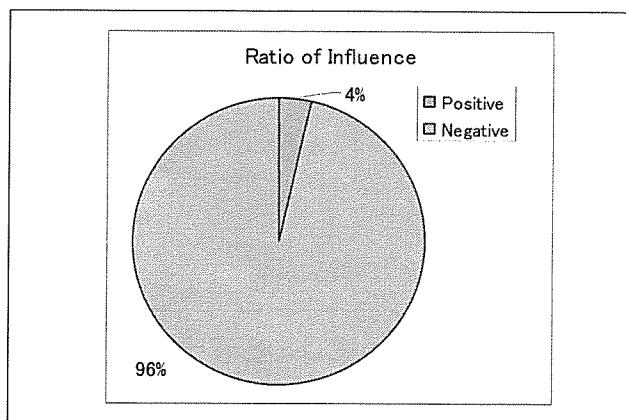


図25 ICDの影響比率

距離に関する累積グラフを図26、図27に示す。

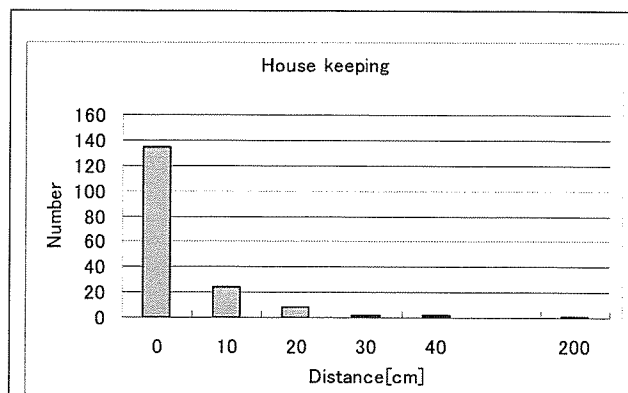


図26 家電のペースメーカーの累積グラフ  
200cm 家庭用高電位治療器 HEF-K9000

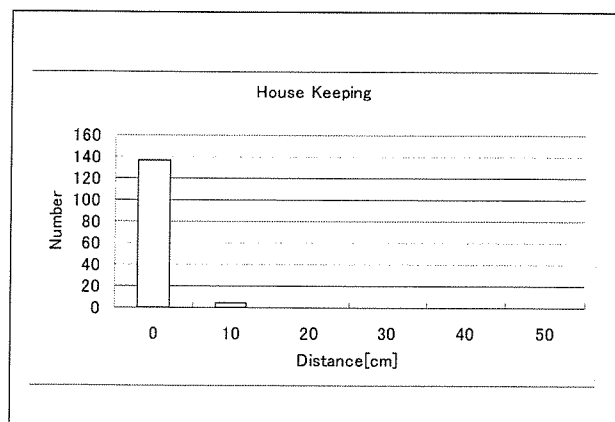


図27 家電のICDの累積グラフ

一般家電で影響が現われるものは、IH機器と高電位治療機器（電位布団を含む）、ジアテルミー（高周波温熱療法）装置、体脂肪計に尽きる。これ以外の機器ではほとんど影響を生じないと言っても過言ではない。

### 発電・変電施設

ペースメーカーとICDの影響の比率のグラフを図28と図29に示す。

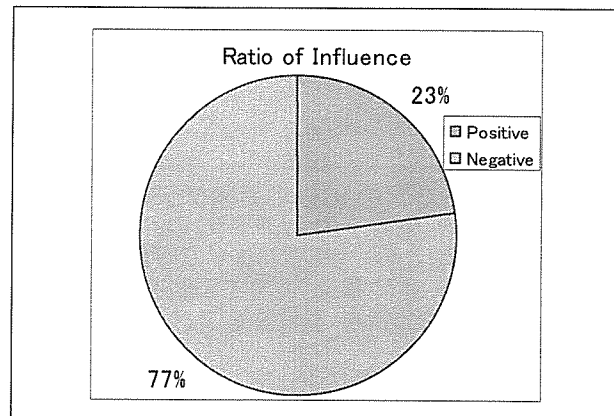


図28 パースメーカーの影響比率

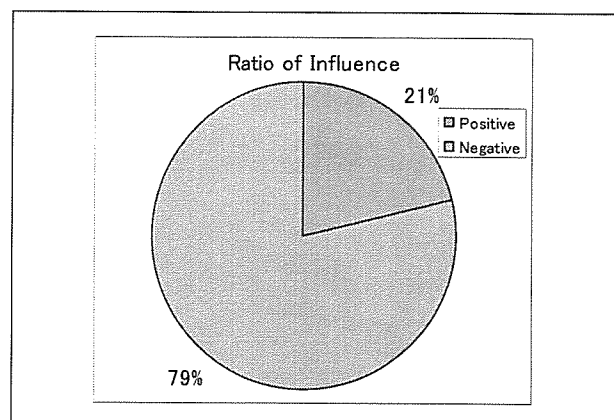


図29 ICDの影響比率

距離に関する累積グラフを図 30、図 31 に示す。

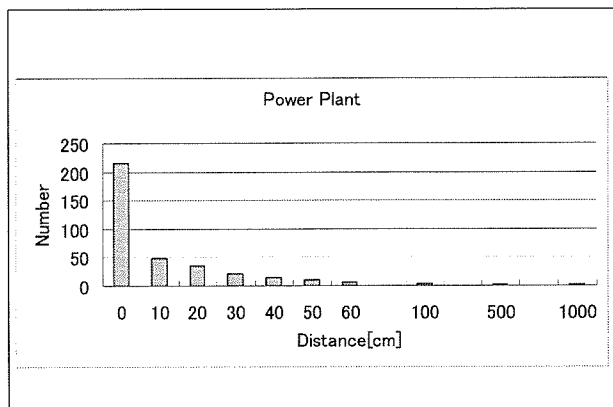


図 30 発電・変電のペースメーカーの累積グラフ  
100cm 発電所内、湿式脱鉄機(直流磁界式)  
500cm 発電所内、IDB ダクト  
1000cm 発電所内、変圧器(外設置) 2 次側

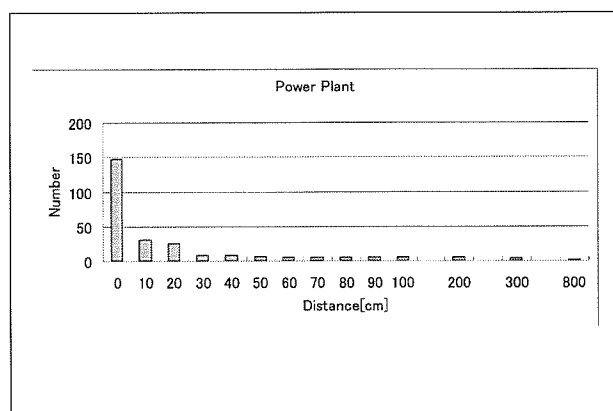


図 31 発電・変電の ICD の累積グラフ  
100cm 発電所内、APトランス  
200cm 変電所内、変電側(6万V)(変圧器ロープから2m)  
300cm 車両基地内架線下通路上(車両有り)  
800cm 発電所内、変電設備(フェンス内) 6万ボルト

発電・変電施設はどうしても影響が生じやすい場所となる。しかしその周辺には影響は及ばない。発電・変電施設に隣接する道路や民家では全く影響を及ぼさない。発電・変電施設内でも影響が現われる箇所は限られる。変電トランスの付近や、発電所の発電タービンなどでは影響が出ている。

### 溶接機器類

ペースメーカーと ICD の影響の比率のグラフを図 32 と図 33 に示す。

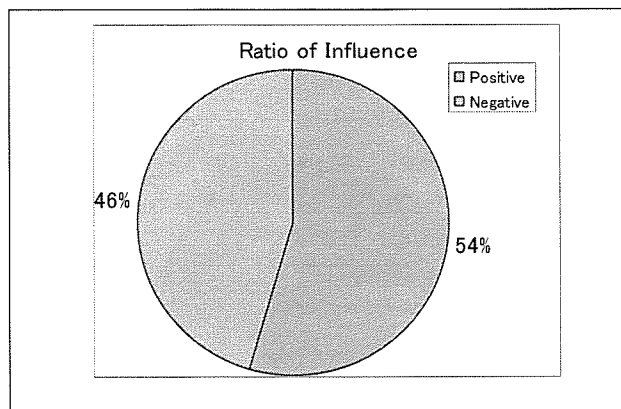


図 32 ペースメーカーの影響比率

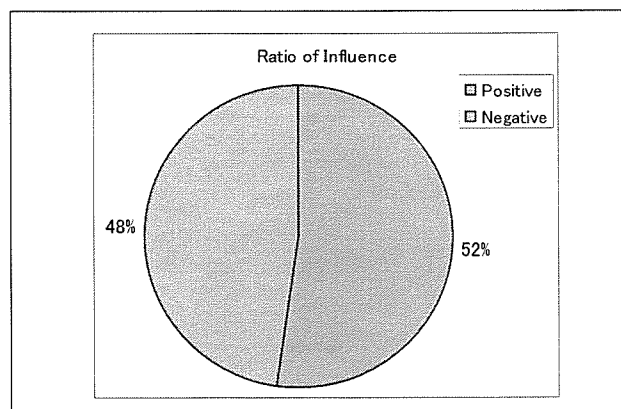


図 33 ICD の影響比率

距離に関する累積グラフを図 34、図 35 に示す。

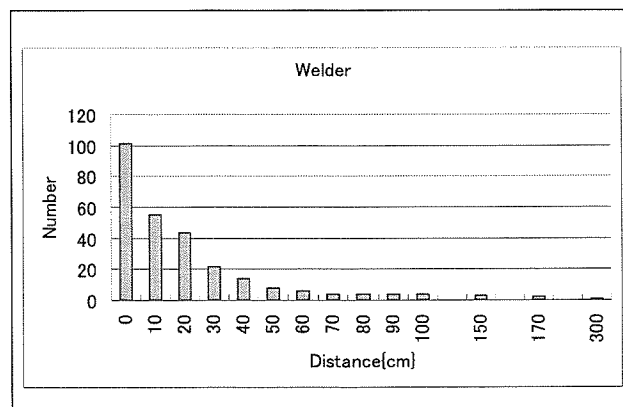


図 34 溶接のペースメーカーの累積グラフ  
100cm スポット溶接機  
150cm スポット溶接(容量 15000アンペア)  
170cm プロジェクション(小)溶接器  
300cm ブレード高周波溶接機

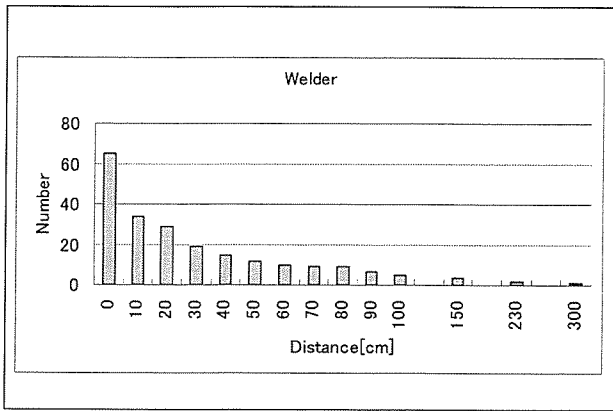


図35 溶接のICDの累積グラフ  
 100cm スポット溶接  
 150cm スポット溶接  
 230cm スポット溶接 100KVA  
 300cm ウェルダー溶接器  
 (圧延鋼板のような面を溶接する機械)

溶接はペースメーカー/ICD使用者に対して、一般に禁忌とされている。溶接機器の本体ではなく、そのケーブルが作る磁場が特に大きいため、その磁場にペースメーカー/ICDが入ると影響を受ける。溶接機器は「個別機器の特長」の中で詳しく解析する。

木工機械類

ペースメーカーとICDの影響の比率のグラフを図36と図37に示す。

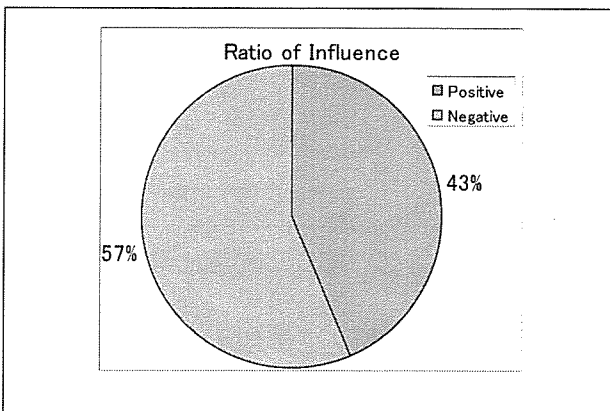


図36 ペースメーカーの影響比率

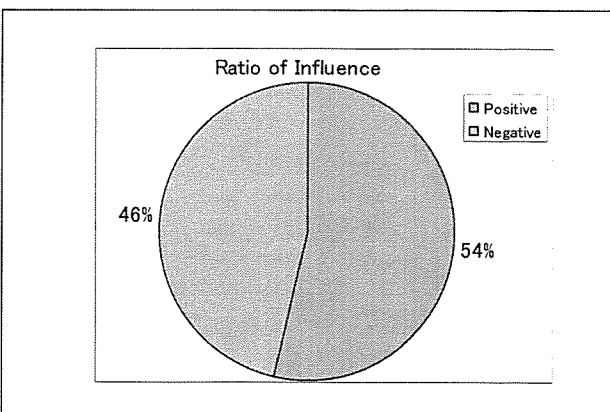


図37 ICDの影響比率

距離に関する累積グラフを図38、図39に示す。

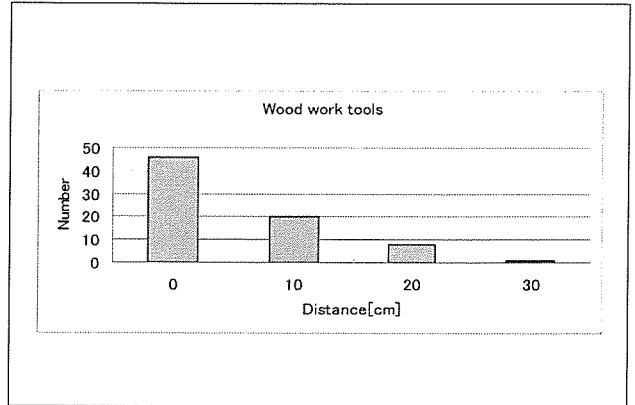


図38 木工機械のペースメーカーの累積グラフ

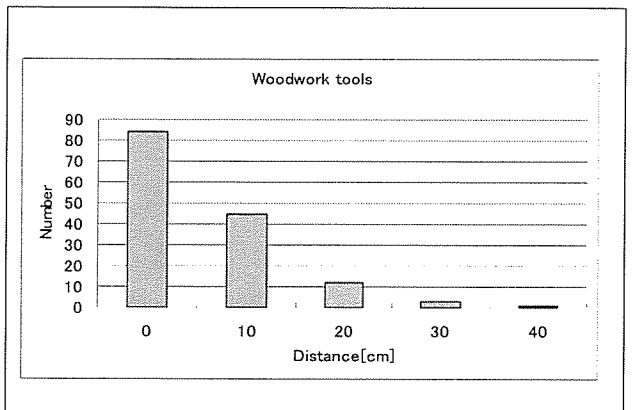


図39 木工機械のICDの累積グラフ

木工機器の影響の有無を見ると半数程度が影響するものの、その距離は以外に短い。むしろ注意を要するものは、二次的な被害の発生であろう。これについては「個別機器の特長」の中で詳しく解析する。

無線機器類

ペースメーカーとICDの影響の比率のグラフを図40と図41に示す。

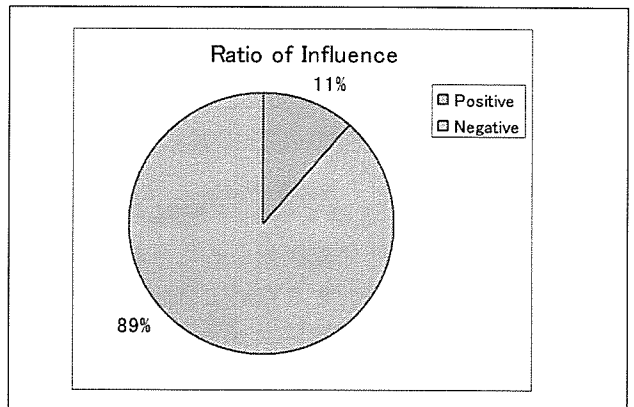


図40 ペースメーカーの影響比率



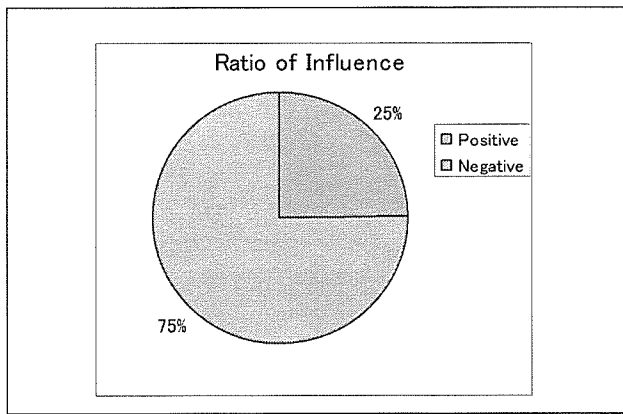


図41 ICD の影響比率

距離に関する累積グラフを図42、図43に示す。

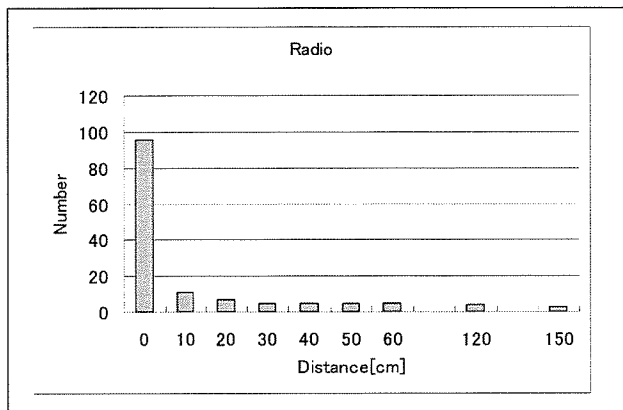


図42 無線機のペースメーカーの累積グラフ  
150cm VHF 帯 1 W から 10W 無線機アンテナ 3台  
120cm VHF 帯 トランスミッター

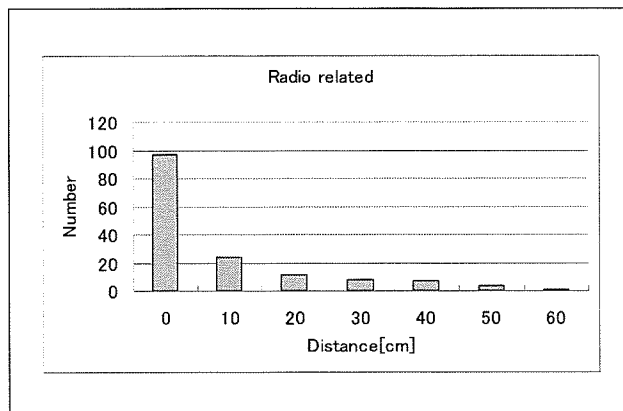


図43 無線機のICDの累積グラフ

無線機器は携帯電話も含めて影響する機器に入る。これらの機器は無線送信を行なう時に、アンテナの周囲に電波を発射するために、強烈な高周波磁場を作る。この磁場がペースメーカー/ICDに影響をおよぼす。また、無線機器の本体そのものは影響しないことがわかっている。調査データより、25%程度が影響しているが、その影響距離はアンテナからの距離で150cmもあるものがあり、注意を要する。本来ペースメーカー/ICDは高周波帯域まで感知する機器ではない。しかし、無線機は送信時にデータ伝

送のための変調をかけており、この変調で電波の振幅が変動する場合に影響が大きくなり、変調周波数が低周波帯域に入るものはより影響を生じやすくなることが分かっている。

計測機器

ペースメーカーとICDの影響の比率のグラフを図44と図45に示す。

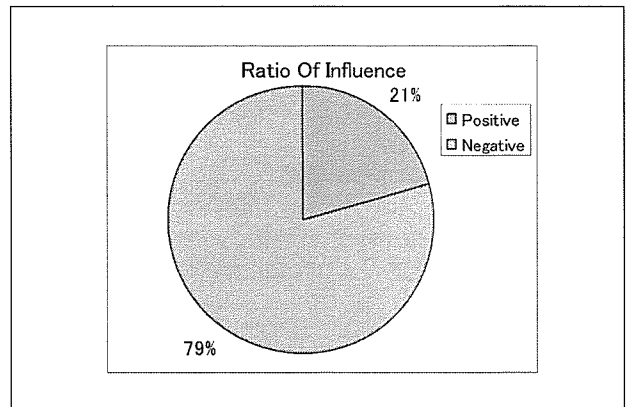


図44 ペースメーカーの影響比率

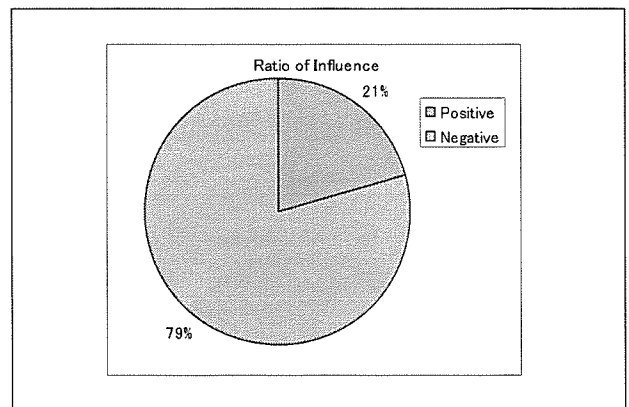


図45 ICDの影響比率

距離に関する累積グラフを図46、図47に示す。

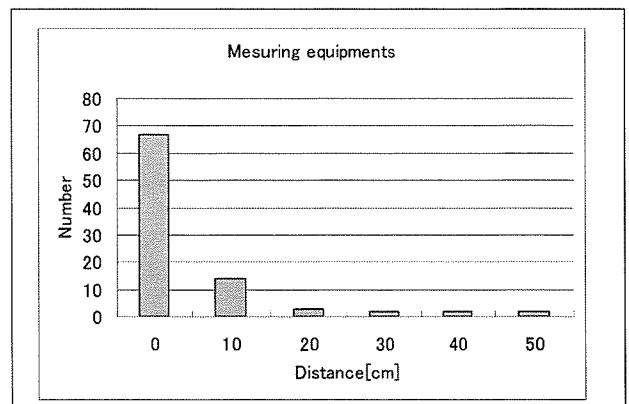


図46 計測器のペースメーカーの累積グラフ

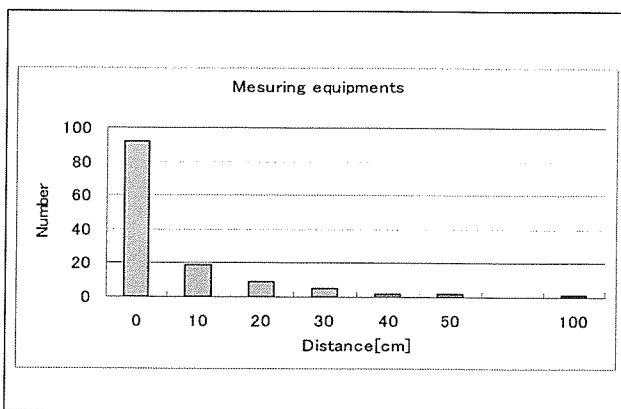


図 47 計測器のICDの累積グラフ  
100cm 工業用MRI

計測機器は種々のものが存在する。大きな影響が現われ他ものに工業用MRIがあるが、一般的には高電圧を発生させている試験装置や、磁場を利用した試験装置が要注意である。

マグネット機器類

ペースメーカーとICDの影響の比率のグラフを図48と図49に示す。

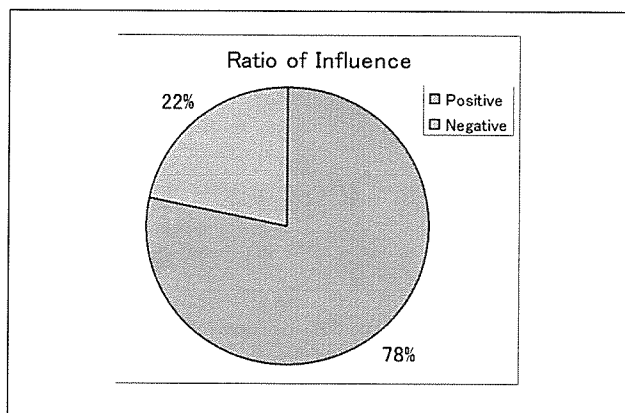


図 48 ペースメーカーの影響比率

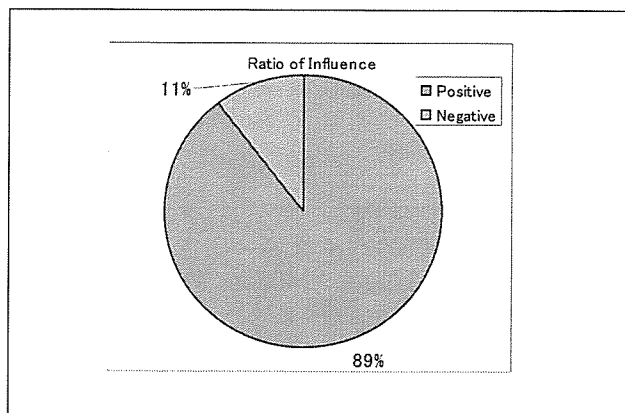


図 49 ICDの影響比率

距離に関する累積グラフを図50、図51に示す。

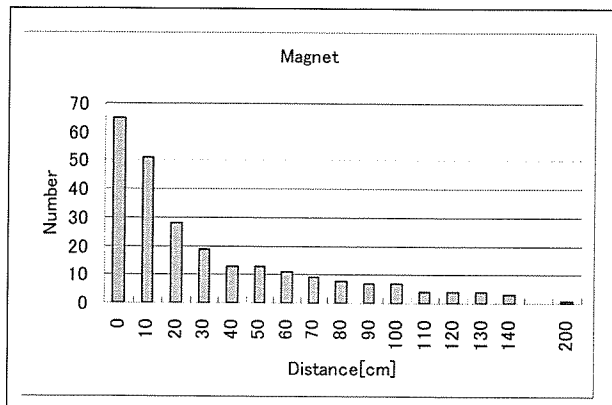


図 50 マグネットのペースメーカーの累積グラフ  
200cm パワーシャベル電磁磁石

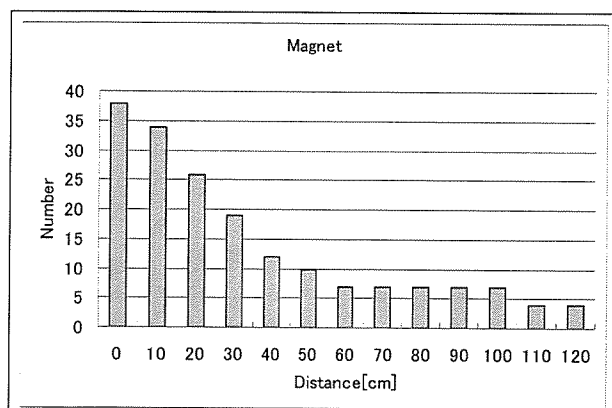


図 51 マグネットのICDの累積グラフ  
100cm以上 リフティングマグネット類 7個

マグネット類はやはり影響を生じやすいと言える。マグネットが大きくなると作り出される磁場も大きくなるため、磁束密度は小さくても影響を受けやすくなる。リフティング用マグネット等はその典型と言える。

車・バイク類

ペースメーカーとICDの影響の比率のグラフを図52と図53に示す。

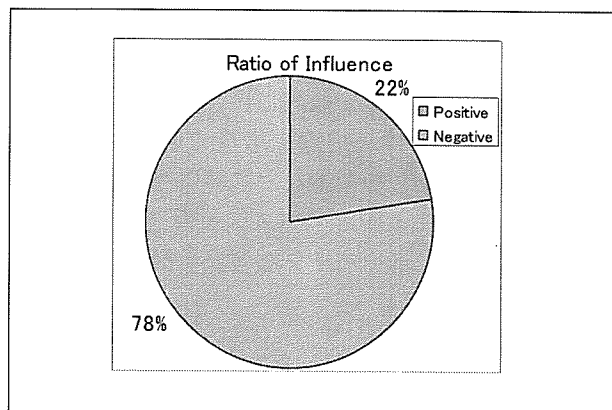


図 52 ペースメーカーの影響比率

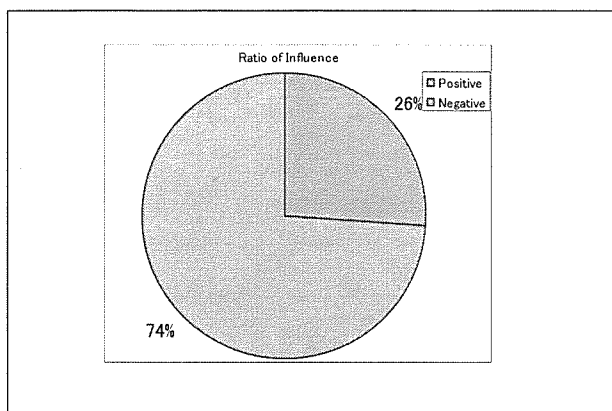


図 53 ICD の影響比率

距離に関する累積グラフを図 54、図 55 に示す。

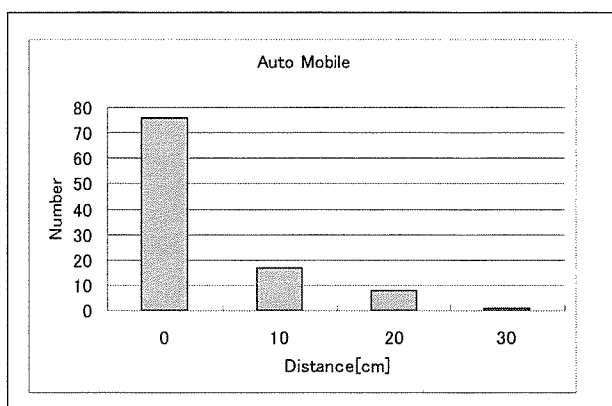


図 54 車・バイクのペースメーカーの累積グラフ

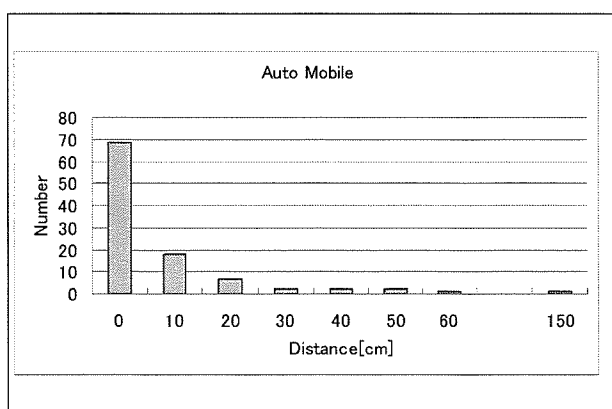


図 55 車・バイクのICDの累積グラフ

車・バイク自体は一般的に影響しにくい部類に入る。影響するのは、整備工場等で使うプラグテスターやコイルかしめ装置などの特殊な機器となっている。データによるとペースメーカー/ICD患者が乗車中や運転中に車やバイクなどから影響を受けることはほとんど無い。

### 医療機器類

ペースメーカーとICDの影響の比率のグラフを図 56 と図 57 に示す。

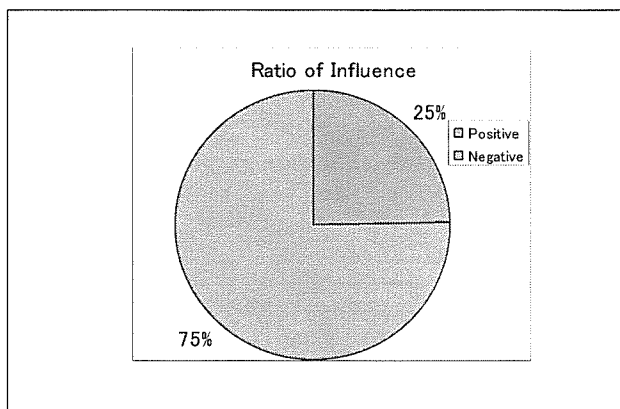


図 56 ペースメーカーの影響比率

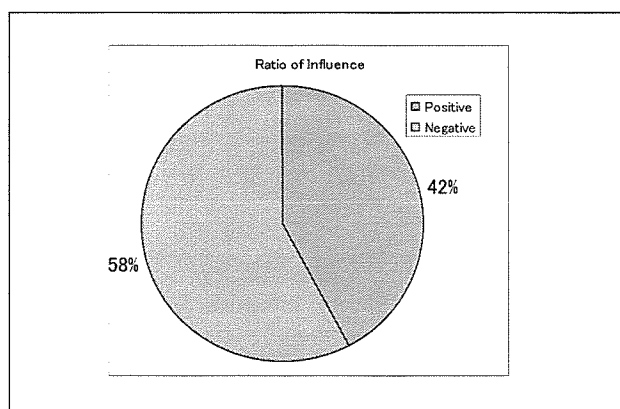


図 57 ICD の影響比率

距離に関する累積グラフを図 58、図 59 に示す。

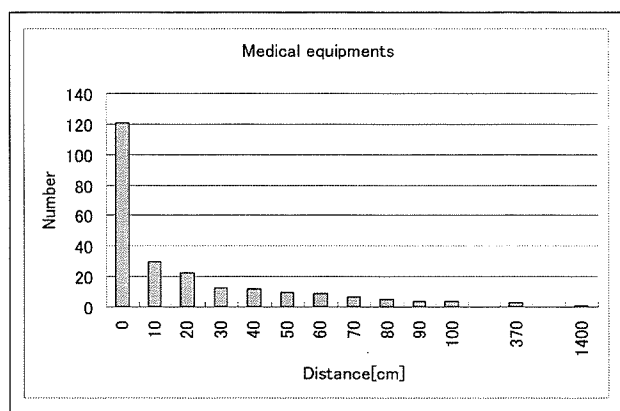


図 58 医療機器のペースメーカーの累積グラフ  
100cm, 370cm, 1400cm マイクロ波装置  
ジアテルミー装置

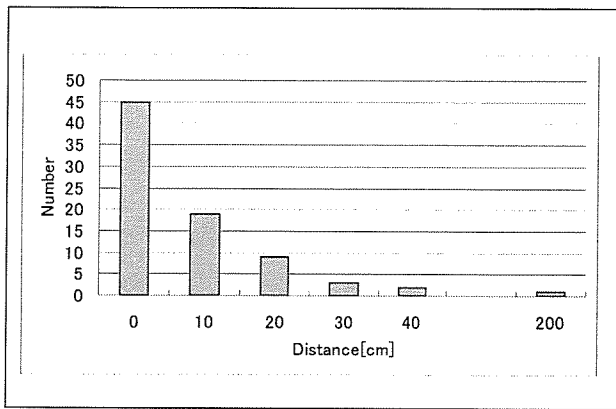


図 59 医療機器の ICD の累積グラフ  
200cm マイクロ波治療器

ここでの医療機器は、鍼灸院やリハビリテーションで利用する温熱治療や電位治療の機器が主である。これらの機器は、一般整形外科や外科などでも使用されている機器である。写真で示した機器はやはり影響発生する機器である。特に鍼灸院等では操作側にペースメーカ / ICD の知識が少なく、誤ってこれらの機器を操作し、不適切ショックを発生してしまった事例があり、注意を要する。

#### OA 機器類

ペースメーカと ICD の影響の比率のグラフを図 60 と図 61 に示す。

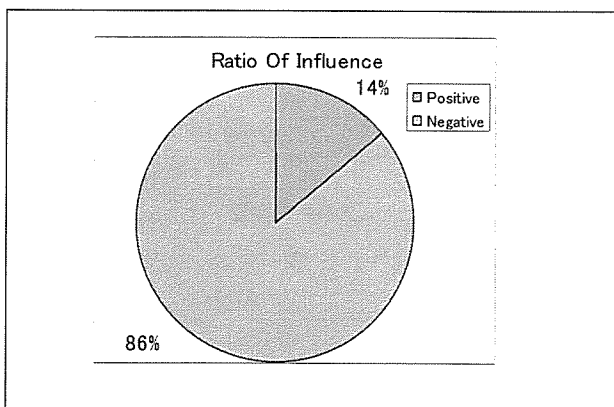


図 60 ペースメーカの影響比率

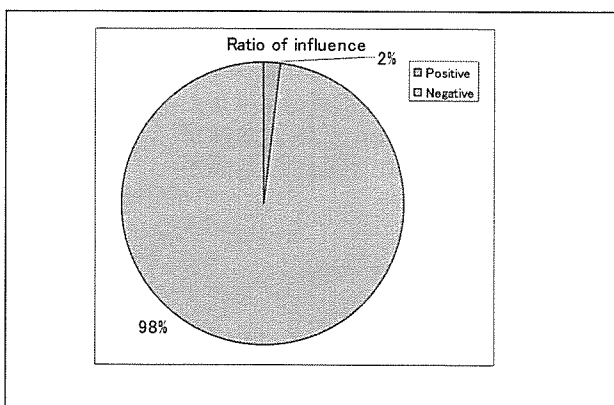


図 61 ICD の影響比率

距離に関する累積グラフを図 62、図 63 に示す。

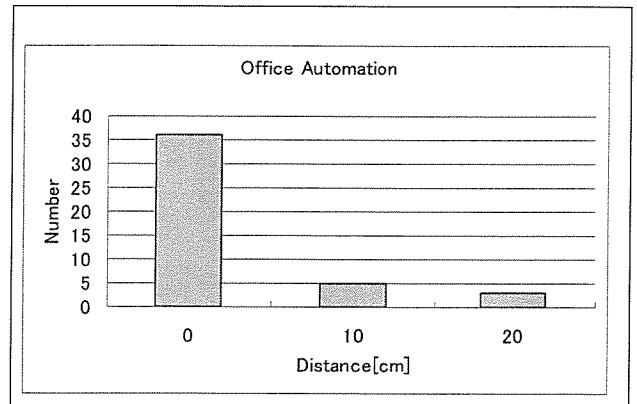


図 62 OA 機器のペースメーカの影響累積グラフ

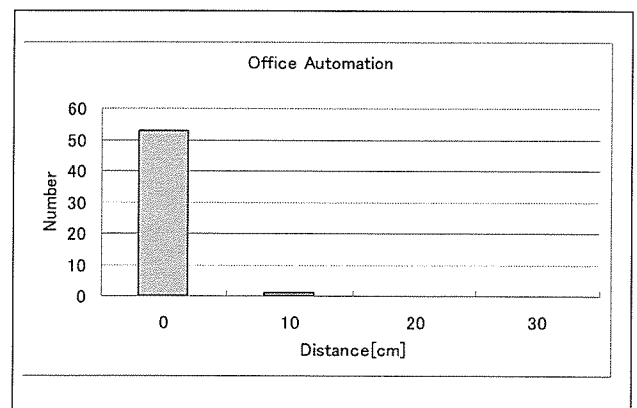


図 63 OA 機器の ICD の累積グラフ

OA 機器は影響を発生しない機器に入る。データでは大きな影響を発生した機器は存在しなかった。また総務省での報告<sup>6)</sup>において無線 LAN は影響がないことが確認されている。

#### 船舶関連機器類

ペースメーカと ICD の影響の比率のグラフを図 64 と図 65 に示す。

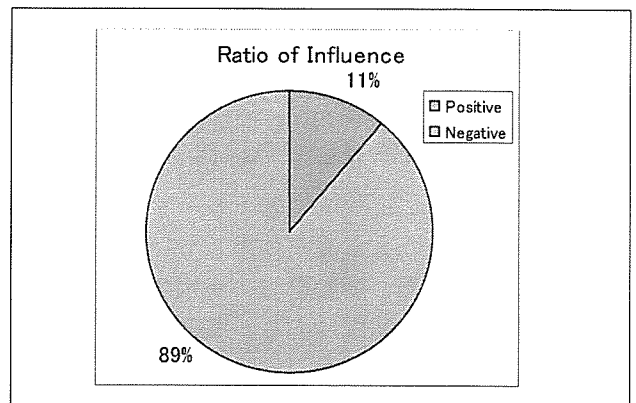


図 64 ペースメーカの影響比率