

## 第 編 携帯電話端末等の電波が心臓ペースメーカーへ及ぼす影響の検討

携帯電話端末等から発射される電波が医用機器に及ぼす影響については、不要電波問題対策協議会が、平成7年度から平成8年度にかけて詳細な実証実験を実施し、その調査をもとに平成9年3月に「医用電気機器への電波の影響を防止するための携帯電話端末等の使用等に関する指針」を策定し、平成9年4月に詳細な調査結果等を調査報告書「携帯電話端末等の使用に関する調査報告書～医用電気機器への電波の影響を防止するために～」として取りまとめている。

その中で、植込み型心臓ペースメーカーに対しては、「携帯電話端末の使用及び携行に当たっては、携帯電話端末を植込み型心臓ペースメーカー装着部位から22cm程度以上離すこと。」などの指針が示され、国民が安心して携帯電話端末等を利用できる電波環境の確保に大きく寄与しているところである。しかしその後、符号分割多元接続(CDMA)方式の新しい携帯電話のサービスが開始されたこと、心臓ペースメーカー等の医用機器自身の妨害電波排除能力が向上していること、さらに、植込み型除細動器についても、装着者が徐々に増加しつつあることなど、携帯電話等の無線設備及び心臓ペースメーカー等の医用機器の双方において状況が変化している。

このような状況の下で、携帯電話端末等から発射される電波が植込み型心臓ペースメーカー及び植込み型除細動器に及ぼす影響について、新方式携帯電話サービスの開始等の電波環境の変化も考慮した調査研究を行い、不要電波問題対策協議会による前回の実証実験以降に発売された新機種の植込み型心臓ペースメーカー及び植込み型除細動器について、「22cm」の指針が妥当であることの確認、及び現在の指針の下で安心して携帯電話端末等を利用できる電波環境が維持されていることの再確認を目的として、調査研究を行った。

具体的には、平成12年度には、不要電波問題対策協議会による実証実験以降に発売された新機種の植込み型心臓ペースメーカーと、植込み型除細動器について、従来のPDC方式携帯電話、PHSに加えて、信号発生器及び標準ダイポールアンテナを用いて発生させたCDMA方式による新しい携帯電話の電波に対しても試験を実施した。

平成13年度は、引き続き平成12年度の試験以降発売された新機種についての試験及び新方式の携帯電話端末実機についての試験を行い、試験データの蓄積及び新方式携帯電話端末実機による確認試験を実施した。

本編は、携帯電話端末等の電波が植込み型心臓ペースメーカー及び植込み型除細動器に及ぼす影響に関する調査研究結果を取りまとめたものである。

## 第1章

### 携帯電話端末から発射される電波による心臓ペースメーカーへの電磁干渉試験

携帯電話による植込み型心臓ペースメーカー（以下ペースメーカーと呼ぶ）および植込み型除細動器への影響調査を行なう方法を以下のように定める。今回の調査では、平成9年4月の「不要電波問題対策協議会」の報告書で扱われているデータとの整合性が失われないよう注意が払われたものとなっている。

すなわち、ペースメーカーが人体内に装着されたのと同等の環境を再現するため、前回、海外での同様の調査試験の方法を参考に、それらと互換のデータが採取できるように製作した人体ファントムを今回も使用する。また、携帯電話の実機のアンテナは、標準ダイポールアンテナと比較すると、電波の放射効率が低く、携帯電話の機種によっても、実際の効率が異なっていることから、前回、最悪条件を設定するため採用した、標準ダイポールアンテナによる試験を、今回も行うこととする。

また上記報告書での調査対象はペースメーカーのみであったが、今回は植込み型除細動器の試験も含めて行うこととする、また同様に、携帯電話の方式として、PDC、PHSに加え、W-CDMA、CDMAおよびCDMA2000 1×(800MHz帯)による試験も追加する。

#### 1.1 試験方法

通信中の携帯電話は、基地局からの指令により、出力が通信に必要十分な電力に制御される。このため、通常の通信状態では、必ずしも最大電力の電波を発射しているとは限らず、電力が毎回一定となる保証も無い。このため、本調査では試験データの再現性を確保するため、専用の制御器を用いて送信条件を一定にし、常に最大電力を発射させることにする。この携帯電話の電波が外部に漏れると、現実の携帯電話の回線に無用の混乱を招くおそれがあるため、外部に電波が漏れない施設内で試験を行うこととする。

また、最悪条件を設定するために、携帯電話実機より高い利得を有する標準ダイポールアンテナを用いて、高周波発生器で携帯電話と同一の変調フォーマットの高周波を発生させ、高周波パワーアンプで所定の電力まで増幅して給電する方法での試験も行う。実機に

よる試験は、この方法で干渉を受けたペースメーカーに対して行う。

## 1.2 試験装置の構成

### 1.2.1 人体ファントムと被試験ペースメーカーおよび植込み型除細動器の設置法

被試験ペースメーカーあるいは植込み型除細動器は、人体組織による電波の減衰、電磁干渉に起因する人体内での電流の誘起等をシミュレーションするため、図1.1に示すような0.18重量%の食塩水を満たした人体ファントム（水槽）内に設置する。ペースメーカーおよび植込み型除細動器には、通常通り電極を接続し、水深18mmに置かれたペースメーカー保持板上に設置する。また電極は、それぞれ専用電極の使用を原則とし、専用電極を有していない機種の場合はMedtronic社の電極を使用することとする。

### 1.2.2 ペースメーカーおよび植込み型除細動器の動作監視および信号注入用の電極

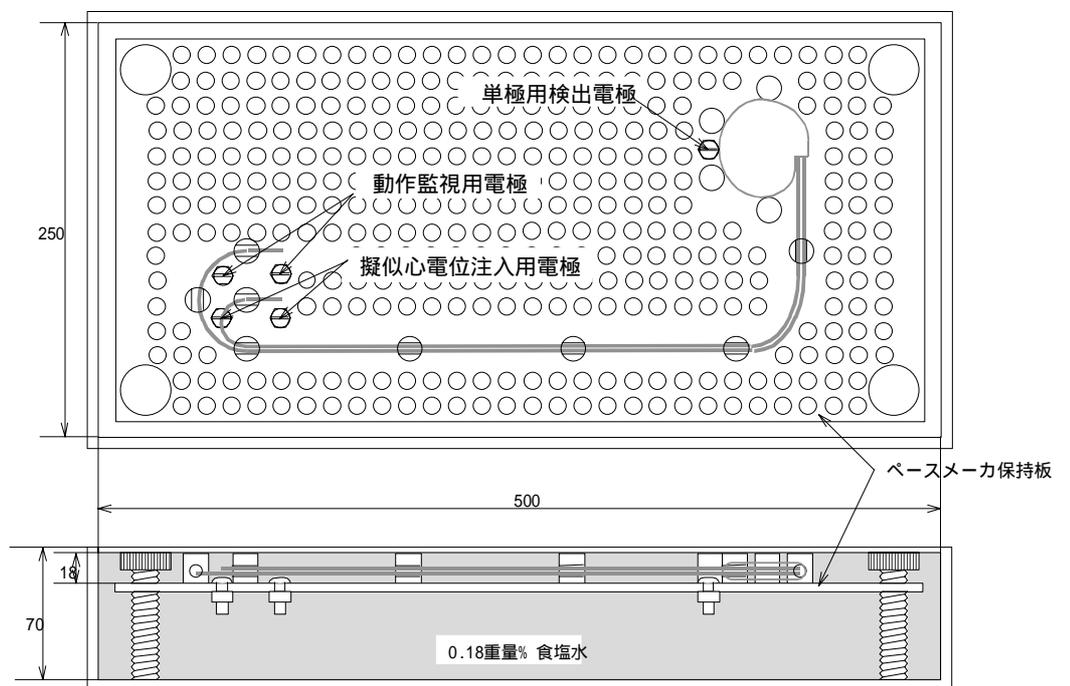
ペースメーカーおよび植込み型除細動器の動作状況の監視、記録、さらにペースメーカーおよび植込み型除細動器に擬似心電位信号を入力するために、図1.1に示すようなペースメーカー保持板上に設置した、ステンレス・ボルトによる電極を用いる。

#### (1) ペースメーカーおよび植込み型除細動器の動作状況の監視、記録用電極

心房、心室、両ペース電極の先端部の中間に一つの検出電極を設置し、ペースメーカーおよび植込み型除細動器が双極の場合は、同じく両不関電極の中間にもう一つの電極を設置し、ペースメーカーおよび植込み型除細動器の動作状況の監視、記録を行う。ペースメーカーおよび植込み型除細動器が単極の場合は、第2の電極の代わりに、ペースメーカーおよび植込み型除細動器本体近くに設置した電極を使用する。

#### (2) 擬似心電位入力用電極

ペースメーカーおよび植込み型除細動器が双極の場合は、心房用ペース電極の近くの、心室電極と反対側の電極先端部近くに設置した一つの電極と、不関電極の近くに同様に設置したもう一つの電極を用い、ペースメーカーおよび植込み型除細動器が単極の場合は、この電極の代わりに、先に述べたペースメーカーおよび植込み型除細動器本体近くの動作監視用電極を共用する。これらのステンレス・ボルト電極は、ペース電極と直接接触しないよう配置する。



単位 mm

ペースメーカー協議会 提供

図1. 1 人体ファントム

### 1.2.3 携帯電話及び標準ダイポールアンテナの設置法と動作

電波発射源としては市販されている携帯電話を用いることを基本とするが、参考として標準ダイポールアンテナについてもデータを取得する。

#### (1) 携帯電話

携帯電話は、市販されているいくつかの機種から最も放射効率の良いものを各方式毎に1機種選定して使用している。実際の携帯電話のアンテナ利得は、-2dBd（完全半波長アンテナに対する相対利得）程度とされている<sup>[1]</sup>。携帯電話の送信出力、周波数の設定は、基地局シミュレータおよび外部制御器（送受信動作を制御するもので、ケーブルを用いて携帯電話と外部制御器を接続する）で行う。なお、断続で電波を照射する場合は、外部制御器を用いる。

#### (2) 標準ダイポールアンテナの基本諸元

使用した標準ダイポールアンテナの基本諸元を表1.1に示す。

#### (3) ポジショナー

ダイポールアンテナまたは携帯電話は、塩化ビニール製のポジショナーに固定する。このポジショナーはx、y、zの各方向に1mmの単位で携帯電話の位置を固定でき、これによりペースメーカーとの距離を調節することができる。

表 1. 1 試験に使用した標準ダイポールアンテナ

名称	製造メーカー 型名	中心周波数	最大利得	VSWR (中心周波数)	帯域幅	接栓および公称入 カインピーダンス	利得校正
900MHz帯ダイポ ールアンテナ	電気興業製 DP-900	948MHz	2.4dBi	1.45	40MHz (VSWR1.5以下)	N型、50	米国NIST
1.5GHz帯ダイポ ールアンテナ	電気興業製 DP-1500	1441MHz	1.9dBi	1.3	100MHz (VSWR1.5以下)	N型、50	米国NIST
1.9GHz帯ダイポ ールアンテナ	電気興業製 DP-1900	1906MHz	2.0dBi	1.3	100-150MHz (VSWR1.5以下)	N型、50	米国NIST
2GHz帯ダイポ ールアンテナ	電気興業製 DP-1920	1920MHz	2.0dBi	1.1	100-200MHz (VSWR1.5以下)	N型、50	米国NIST

#### 1.2.4 その他測定機器

図1.2は、今回使用する試験装置の全構成を示したものである。今回の試験のために使用する測定器とその使用目的は次のようなものである。

##### (1) 波形発生器 1：NF回路設計ブロック製、モデル1920/1940

擬似心電位信号としてペースメーカーおよび植込み型除細動器に inputsする Sine 二乗波を発生するために使用する。

##### (2) オシロスコープ

ペースメーカーおよび植込み型除細動器の動作監視および Sine 二乗波の監視に使用する。

##### (3) 直記式記録計

ペースメーカーおよび植込み型除細動器の動作記録に使用する。

##### (4) 波形発生器 2

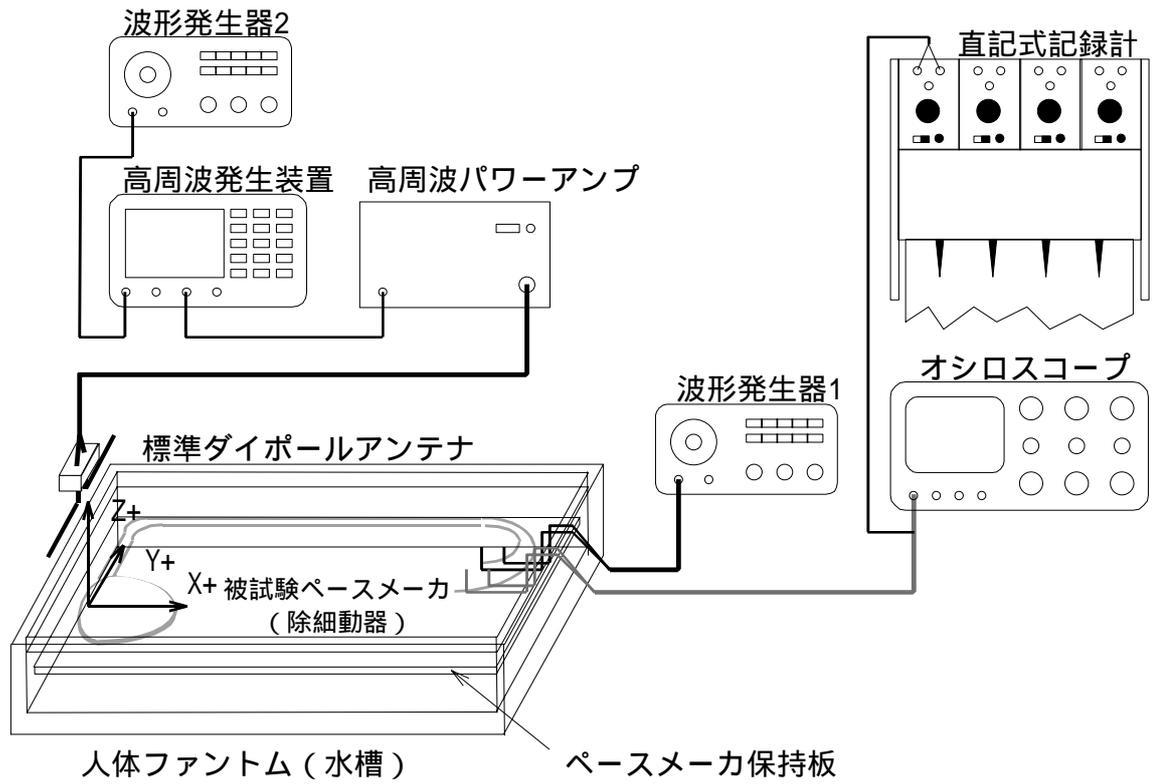
携帯電話が基地局に対して位置登録要求を行なう等、携帯電話の電波の発射を制御するために使用する。

##### (5) 高周波発生装置（疑似携帯電話信号発生器）

疑似携帯電話信号発生器としては、アンリツ社製 Model 3660A、アジレントテクノロジー社製 Model E4437Bを用いている。携帯電話と同一の変調フォーマットの高周波を発生させるために使用する。

##### (6) 高周波パワーアンプ

高周波を所定の電力まで増幅し、標準ダイポールアンテナに給電するために使用する。



ペースメーカー協議会 提供

図 1. 2 試験装置の構成

### 1.3 試験手順

#### 1.3.1 試験ペースメーカーおよび植込み型除細動器のプログラム設定

(1) 感度設定を最大感度、レート設定は 60ppmとし、その他はそのペースメーカーおよび植込み型除細動器の標準設定とする。

(2) 電極を単極と双極にプログラム出来る機種では、もっとも高い感度を採用できる極性で試験を行う。

(3) DDD/DDDR モードの機種では、電極接続は通常の DDD 接続とし、試験は結果判定を容易にするため AAI、VVI、またはAAIR、VVIR の両方のモードで行うこととする。

#### 1.3.2 被試験ペースメーカーおよび植込み型除細動器の動作状態

(1) ペースメーカーおよび植込み型除細動器が無信号入力で、設定レートでパルスが発生している状態で電波を照射 (Inhibition 試験)。ペースメーカーが電波の干渉を受けないで正常に動作しているときに試験系で観測されるペーシングパルスを図 1.3 に示す。

(2) ペースメーカーおよび植込み型除細動器がレート 80ppm の Sine 二乗パルスを感じ、出力パルスが抑制されている状態で電波を照射する。この時、Sine 二乗波のパルス幅は 25ms、周期を 0.75s (1.33Hz)とし、振幅は、ペースメーカーおよび植込み型除細動器が反応する最小振幅の約 2 倍とする (Asynchronous 試験)。ペースメーカーが電波の干渉を受けずに正常に動作しているときの試験系でペーシングパルスが抑制されている様子を図 1.4 (a)に示す (記録されている波形はSine二乗パルスである)。同図(b)と(c)はそれぞれ注入したSine 二乗パルスの電圧軸および時間軸を拡大したものである。

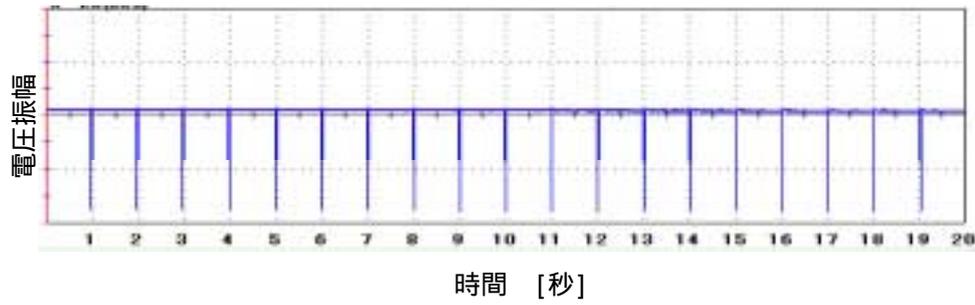
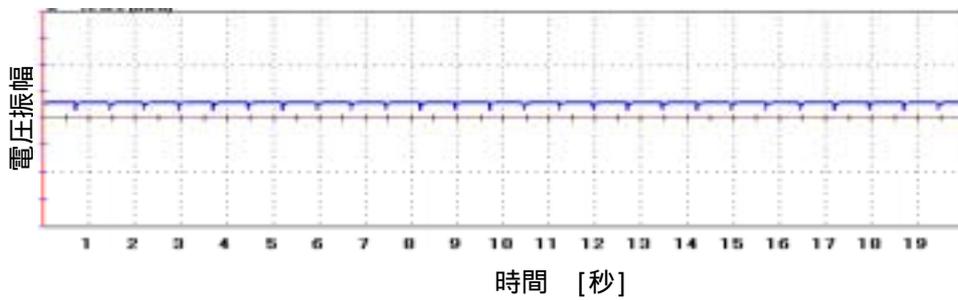
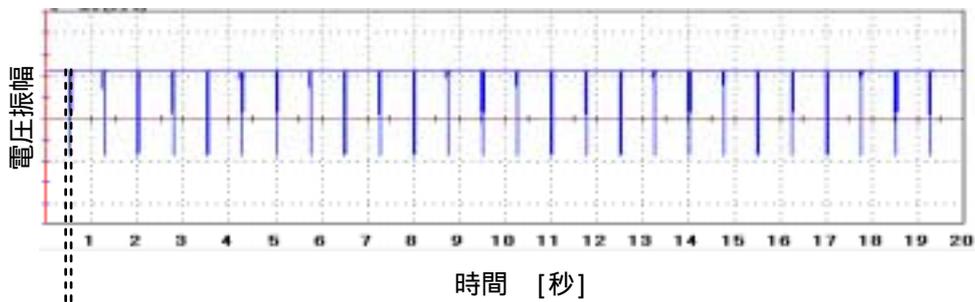


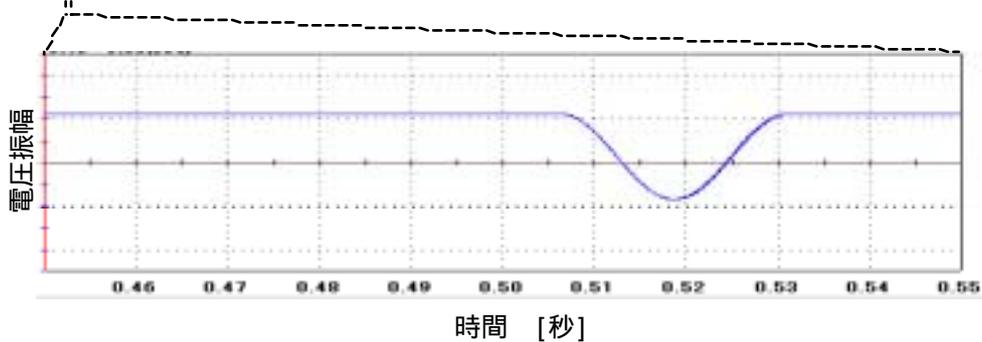
図 1. 3 ペーシングパルス観測波形 (レート設定 : 60ppm)



(a) Sine二乗パルスを注入した際の記録  
(Sine二乗パルスのみ記録されている)



(b) 注入したSine二乗パルスの電圧軸拡大図



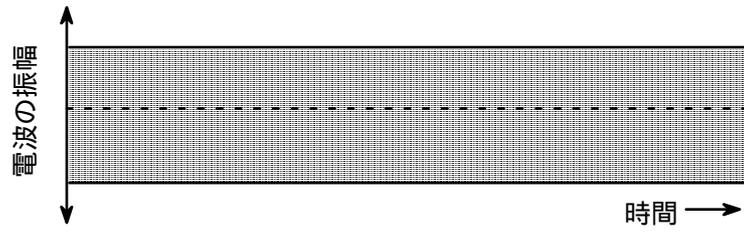
(c) 注入したSine二乗パルスの時間軸拡大図

図 1. 4 疑似心電位注入時のペーシングパルス観測波形

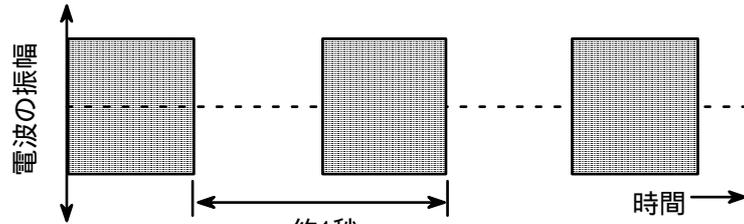
### 1.3.3 照射電波と変調フォーマット

前回からの調査により、干渉はペースメーカー本体のコネクター部での照射電波の強さ、発射条件（連続照射、断続照射等）、偏波方向、搬送波周波数、変調フォーマット、に依存することが報告されている。今回のこれらの条件は次の通りである。

- (1) 電波は、ポジショナーに固定された標準ダイポールまたは携帯電話から照射する。人体が近傍にある場合、その吸収効果により、放射方向でのアンテナ利得は自由空間の場合より数十%以上低下することが確認されている<sup>[1]</sup>。従って、通常の通話状態で人体が近傍に無い条件は、過大側の評価を可能にする。また、直方体の人体ファントムは過大側の評価を与える<sup>[2]</sup>
- (2) 電波照射がペースメーカーの動作周期（心拍周期）やそれに近い周期で断続する場合に、電磁干渉（EMI）が大きくなることが確認されている。そこで、図1.5(a)、(b)に示すように連続照射と、周期0.6秒から1.2秒で照射を断続する断続照射の二つの条件を設定している。
- (3) アンテナ給電電流方向が、ファントムに平行(x-y)面でx軸に平行（ペースメーカー端子軸方向）、y軸に平行（ペースメーカーリード軸方向）およびその中間方向となるように設定する（図1.2）。
- (4) 電波の搬送波周波数については、各帯域内において、周波数による干渉影響の差がほとんどみられないことから、携帯電話実機では、帯域内の一つの周波数で試験を行う。また、標準ダイポールアンテナは、利得が最大となる中心周波数で試験を行う。
- (5) 変調信号フォーマットとして、電波産業会（ARIB）の標準規格（STD-27、STD-28、STD-T63、STD-T53）に定められた方式諸元を適用する。表1.2に各方式の変調信号の諸元を示す<sup>[3][4][5]</sup>。図1.6は各方式における送信信号の時間波形例（連続照射）を示している。PDC携帯電話、PHS端末はバースト波であり、バースト内の包絡線は変動している。W-CDMA携帯電話、CDMA携帯電話/CDMA2000 1x(800MHz帯)携帯電話は連続波であり、包絡線は変動している。



(a) 連続照射



(b) 断続照射

図 1. 5 電波の照射方法

表 1. 2 本調査研究の対象とした携帯電話・PHS端末の無線諸元

ARIB標準規格名 (規格番号)	デジタル方式自動車 電話システム (STD-27)	第二世代コードレ ス電話システム (STD-28)	IMT2000 DS-CDMA System (STD-T63)	CDMA方式携帯 自動車電話システム (STD-T53)
方式名	PDC	PHS	W-CDMA	CDMA/CDMA2000 1x (800MHz帯)
サービス名または通称	PDC	PHS	FOMA、他	cdmaOne
本報告書携帯端末名	PDC携帯電話	PHS端末	W-CDMA携帯電話	CDMA携帯電話/CDMA2000 1x(800MHz帯)携帯電話
送信周波数帯域	800MHz帯 1.5GHz帯	1.9GHz帯	2GHz帯	800MHz帯
アクセス方式 デュプレクシング	TDMA/FDMA FDD	TDMA/FDMA TDD	CDMA FDD	CDMA FDD
1キャリア当たりのチャ ネル数	3(full rate CODEC) 6(half rate CODEC)	4	可変	64/128
TDMAフレーム周期	20ms(full rate CODEC) 40ms(half rate CODEC)	5ms	-----	-----
キャリア占有帯域幅	25kHz	300kHz	5MHz (200kHz単位で可変)	1.25MHz
変調方式	/4シフトQPSK	/4シフトQPSK	1次変調 : PSK 2次変調 : 直接拡散	1次変調 : PSK 2次変調 : 直接拡散
キャリア変調速度	42kbps	384kbps	3.84Mcps (チップレート)	1.2288Mcps (チップレート)
パースト出力	800mW	80mW	250mW	200mW
平均出力	266mW(full rate CODEC) 133mW(half rate CODEC)	10mW	250mW	200mW
送信電力制御	-4dBステップ 最大-20dB	無し (一部で-10dB)	-1, -2, -3dBステッ プ65dB以上	-1dBステップ 73dB以上/0.5dBステップ 最大73dB
定常送信時 包絡線 基本周波数	50Hz(full rate CODEC) 25Hz(half rate CODEC)	200Hz	-----	-----

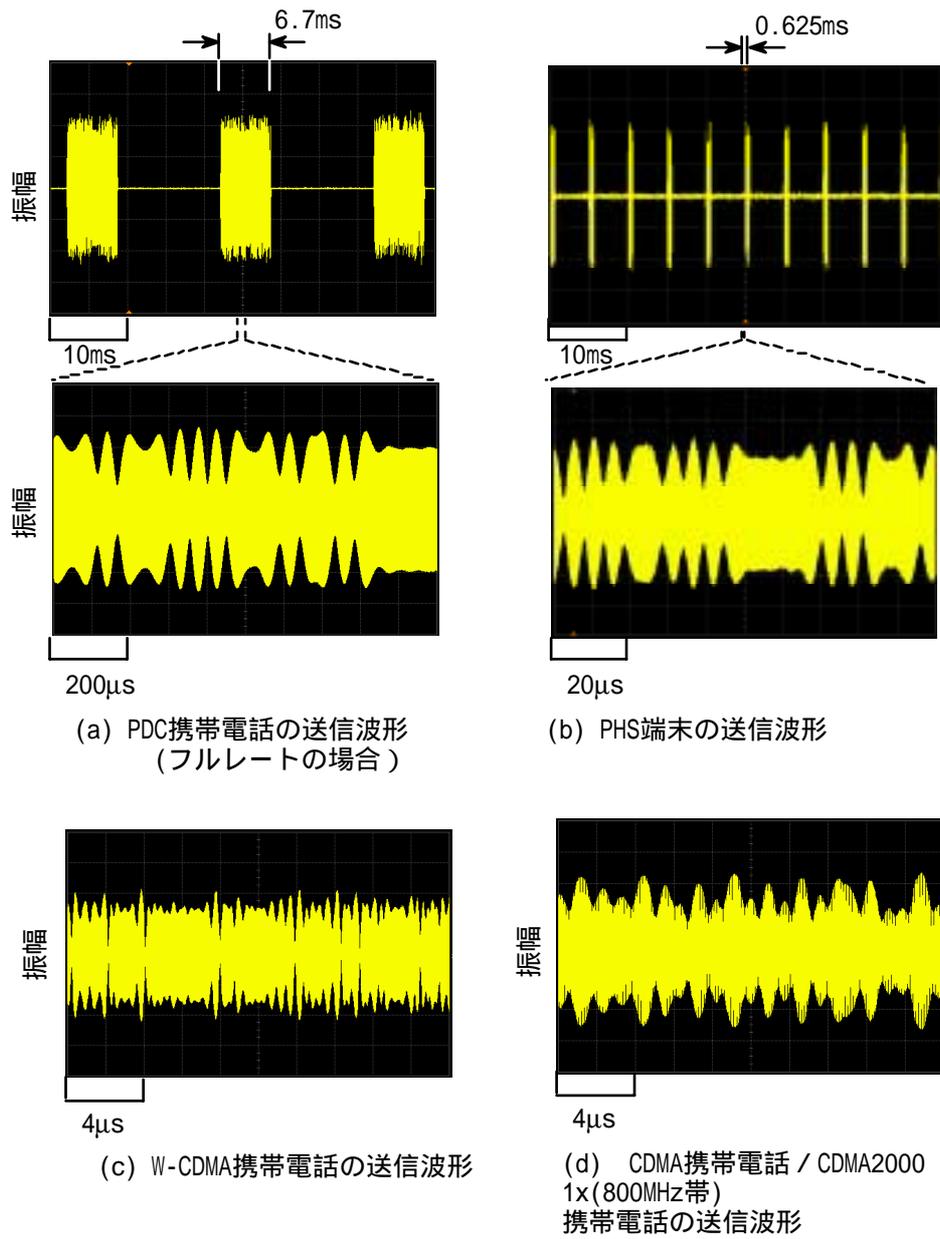


図 1. 6 試験に用いた携帯電話の送信波形例 (連続照射)

#### 1.3.4 アンテナとペースメーカーの位置関係

ダイポールアンテナが電波を照射している場合、アンテナには定在波がたち、アンテナの給電点（中央部）では磁界、アンテナの先端部では電界の、それぞれがもっとも強くなる。前回の調査では、磁界の影響が支配的であったため、今回はアンテナ中央部での結合に着目して試験を行った。

(1) 磁界試験では、標準ダイポールアンテナ、実機とも、給電点（ダイポールアンテナでは中央部、実機ではアンテナの付根近辺の筐体表面で、磁界強度を実測して決定）を基準点とする。また、アンテナとペースメーカーおよび植込み型除細動器の角度を0度（ペーシング電極走行方向に平行）から90度（電極走行方向に直角）の範囲で行う。

(2) ペースメーカーおよび植込み型除細動器では、単極コネクタの場合は、電極リードのピンとコネクタの接続部。双極コネクタの場合は、2つの接続部の中央を基準点とする。

(3) ペースメーカーおよび植込み型除細動器とダイポールアンテナおよび実機の距離を表すために、図1.2に記入した方向にX、Y、Zの各座標を設定した。原点はペースメーカーおよび植込み型除細動器基準点の直上の水表面に一致させる。

(4) ダイポールアンテナ、および実機が、ペースメーカーおよび植込み型除細動器に干渉を生じる距離は上記座標内のアンテナとペースメーカーおよび植込み型除細動器両者の基準点間の距離を測定して記録する。

#### 1.3.5 干渉の有無の判定

(1) Inhibition試験では、被試験ペースメーカーおよび植込み型除細動器に所定のフォーマットの電波の照射を開始して、25～30秒間ペースメーカーおよび植込み型除細動器の動作を記録し、この観察期間内にパルスの抑制、あるいはパルス間隔の延長が1パルスでも認められた場合、再度同一条件で試験を行い、再現性があれば干渉されたと判定する。

(2) Asynchronous試験では、所定のフォーマットの電波の照射を開始して、やはり25～30秒間ペースメーカーおよび植込み型除細動器の動作を記録し、観察期間内に、パルスの発

生が 1 パルス でも認められた場合、再度同一条件で試験を行い、再現性があれば干渉されたと判定する。

(3) 植込み型除細動器の試験では、上記Inhibition /Asynchronous 試験において、ショック電流のための、コンデンサーの充電が開始された場合、あるいはそのショック電流が放電された場合は干渉されたと判定することとする。

### 1.3.6 試験手順のフロー

携帯電話端末がペースメーカー及び植込み型除細動器に与える影響の試験手順のフローを図 1.7 ~ 図 1.12 に示す。以下に各試験に共通の要点を記す。

ペースメーカー、植込み型除細動器を無信号入力状態にする。

試験しようとする形式の電波をダイポールアンテナで、再接近距離から照射する。

刺激出力が 1 パルスでも抑制、周期延長が認められたら（植込み型除細動器では、ショックの発生の有無を確認する）、アンテナまでの距離を変え、影響の出なくなる距離を求める。

ペースメーカー、植込み型除細動器に感度閾値の 2 倍の振幅のサイン二乗波を入力する。

試験しようとする形式の電波をダイポールアンテナで、再接近距離から照射する。

刺激出力が 1 パルスでも発生されたら（植込み型除細動器では、ショックの発生の有無を確認する）、アンテナまでの距離を変え、影響の出なくなる距離を求める。

上記で影響があったペースメーカー、植込み型除細動器については、実機での試験を繰り返す。

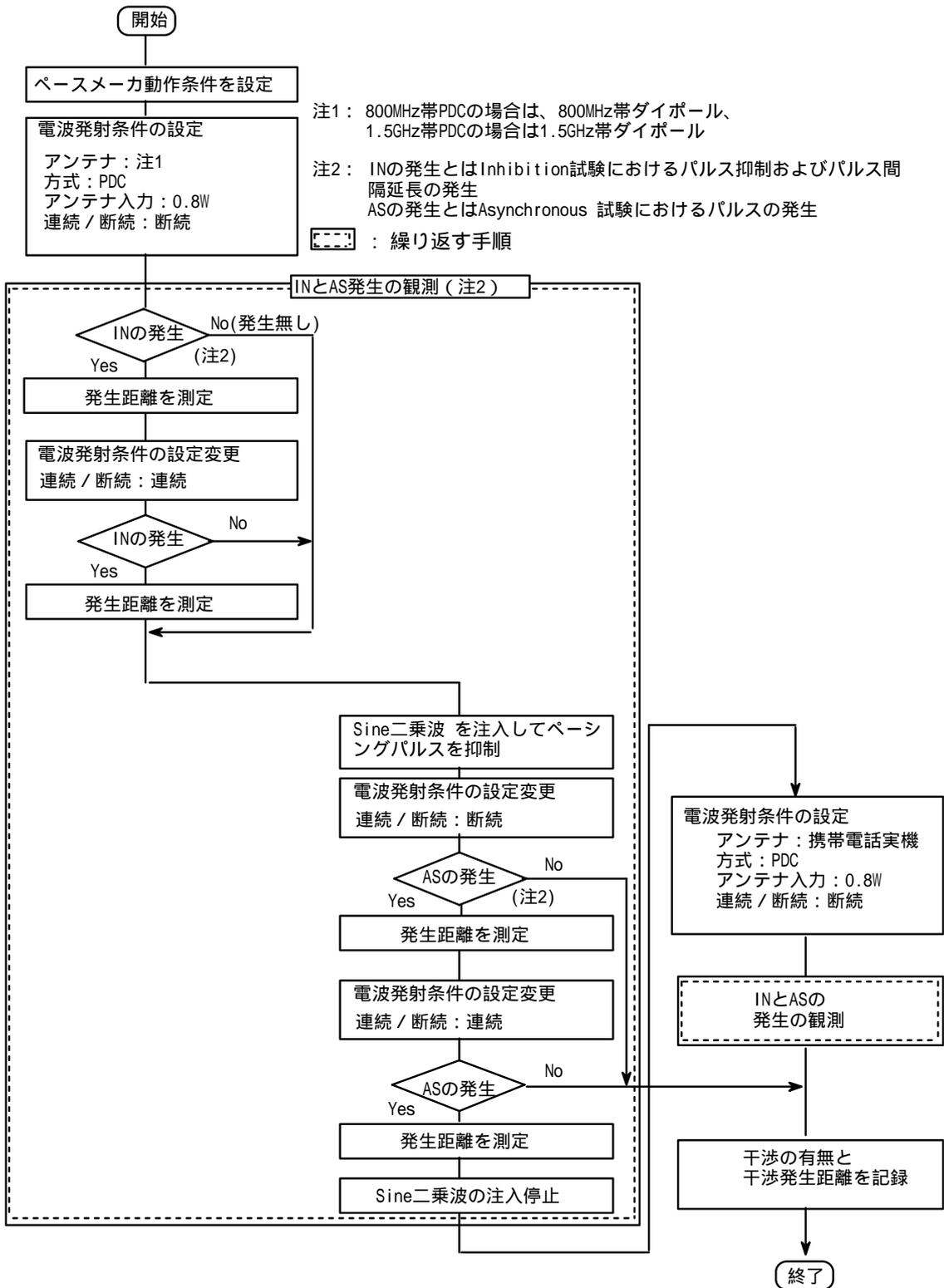


図 1. 7 800MHz帯・1.5GHz帯PDC携帯電話がペースメーカーに与える影響の試験手順

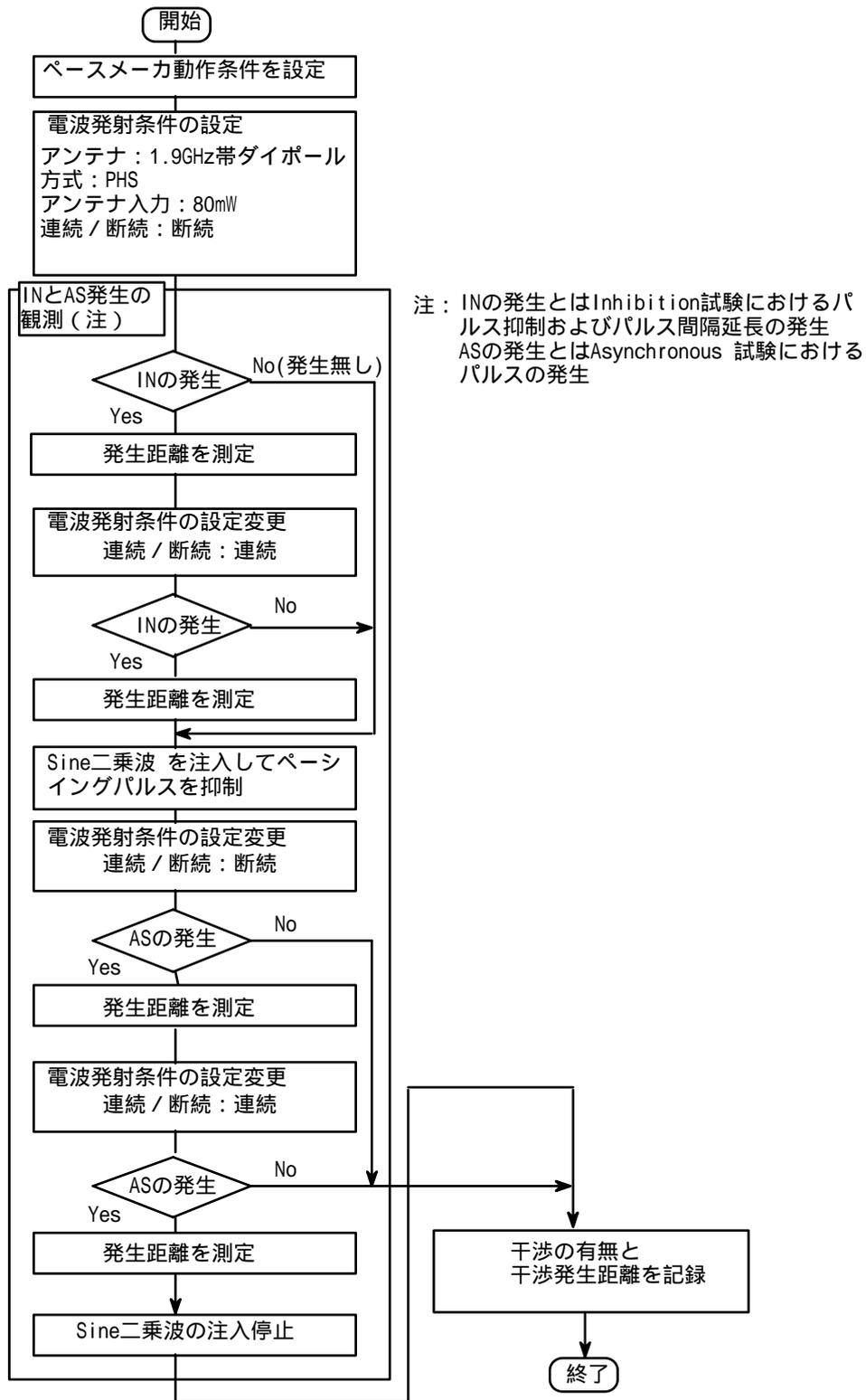


図 1. 8 PHS端末がペースメーカーに与える影響の試験手順

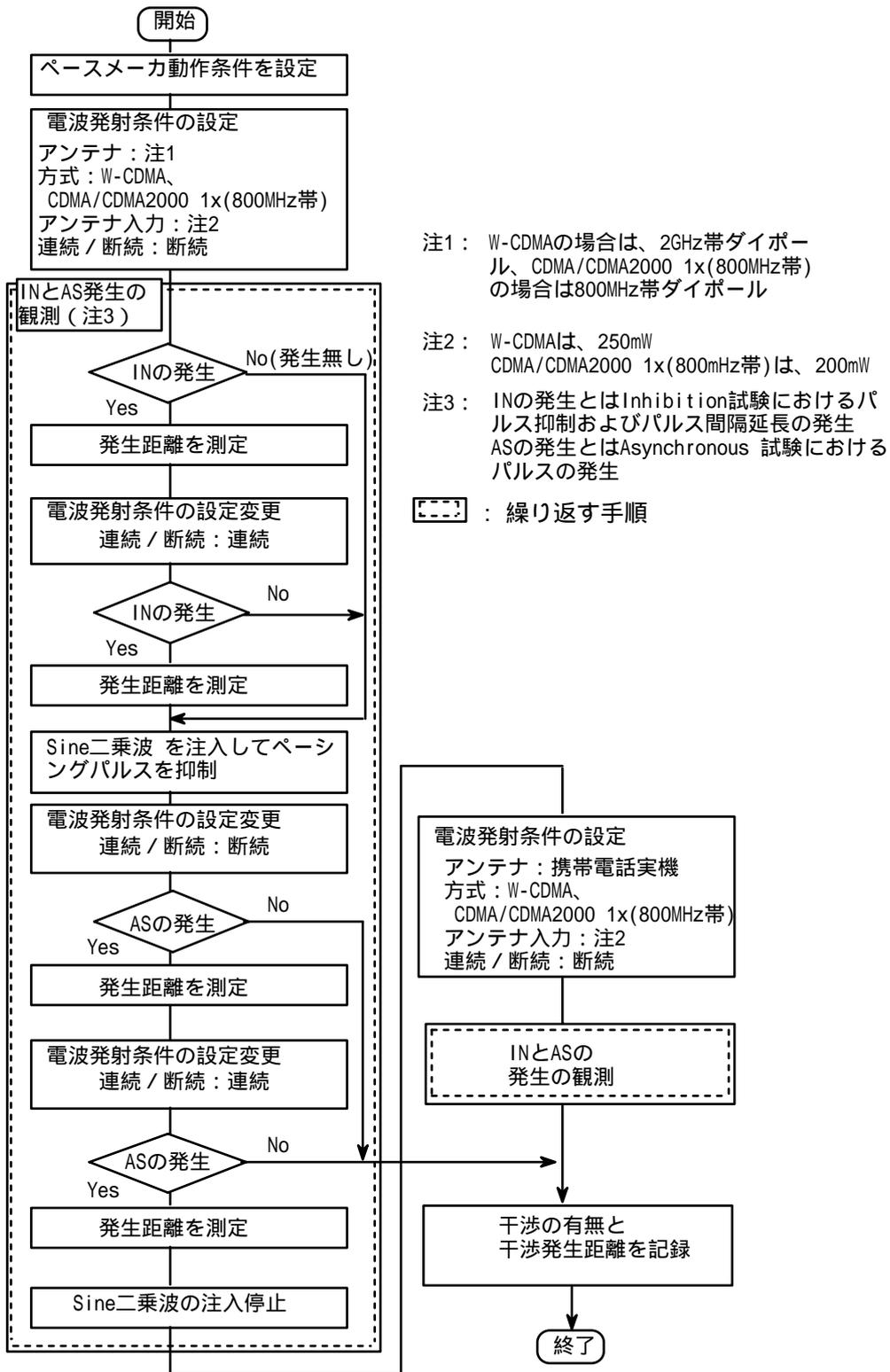


図 1. 9 W-CDMA携帯電話、CDMA携帯電話/CDMA2000 1x(800MHz帯)携帯電話がペースメーカーに与える影響の試験手順

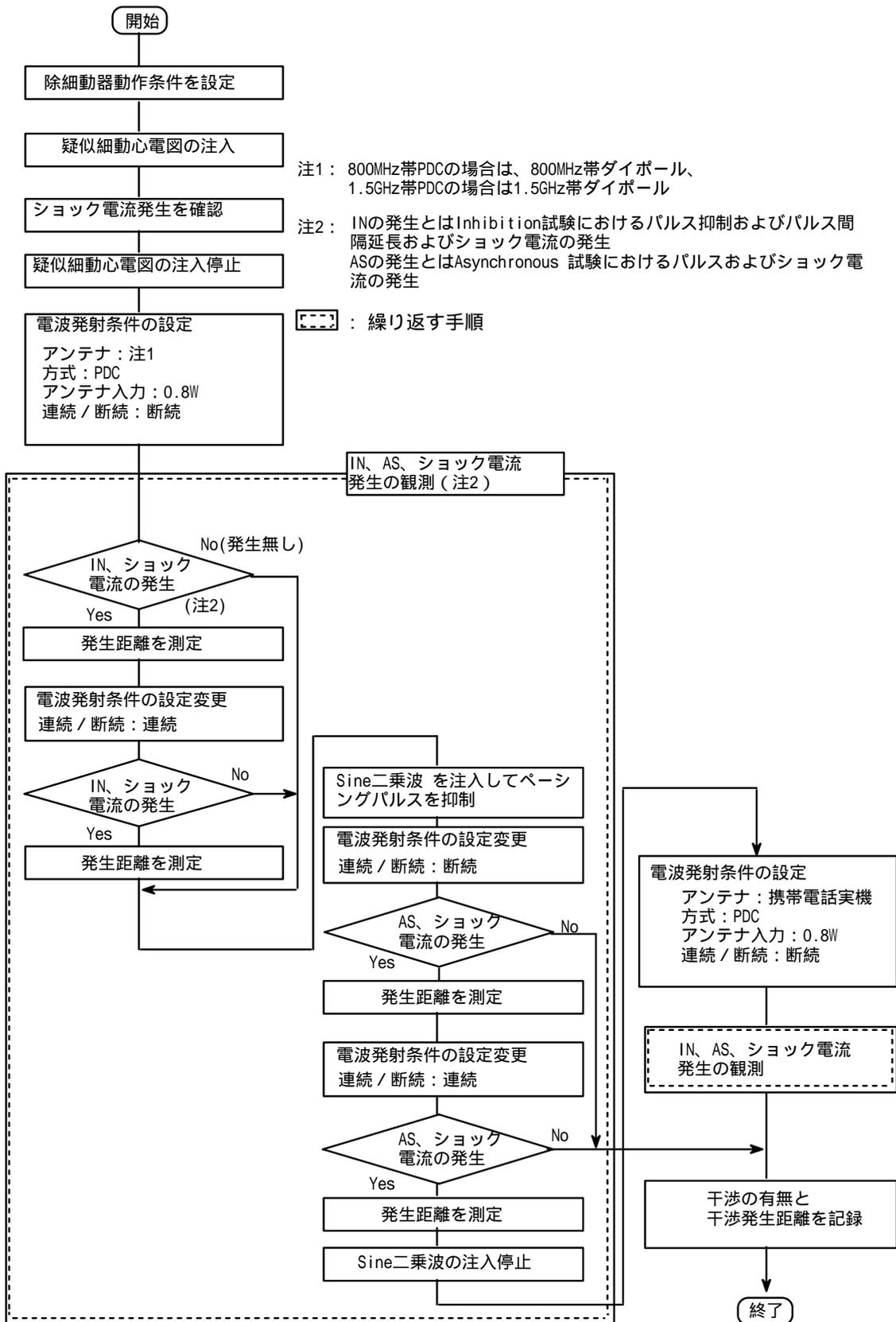


図1. 10 800MHz帯・1.5GHz帯PDC携帯電話が植込み型除細動器に与える影響の試験手順

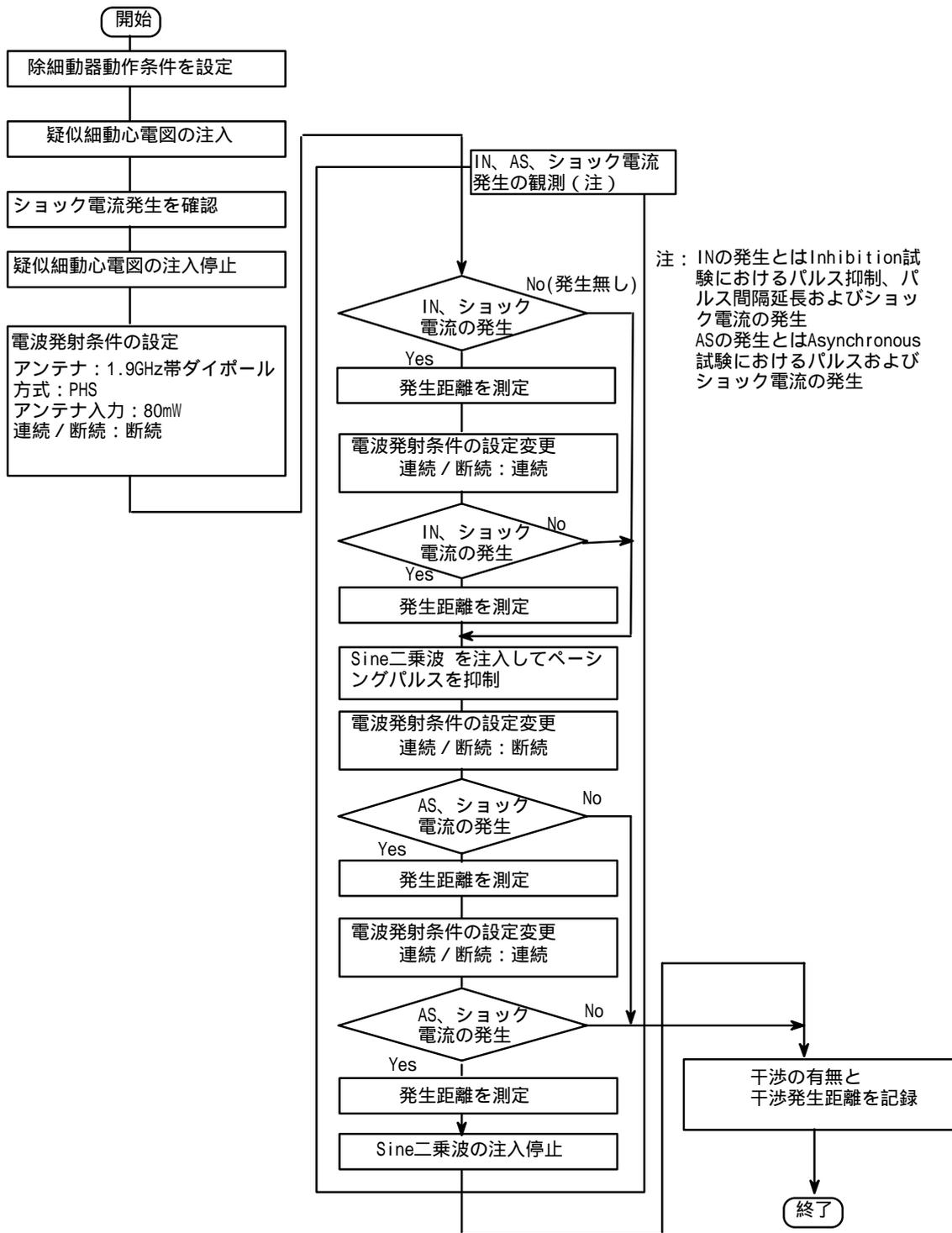


図 1. 1 1 PHS端末が植込み型除細動器に与える影響の試験手順

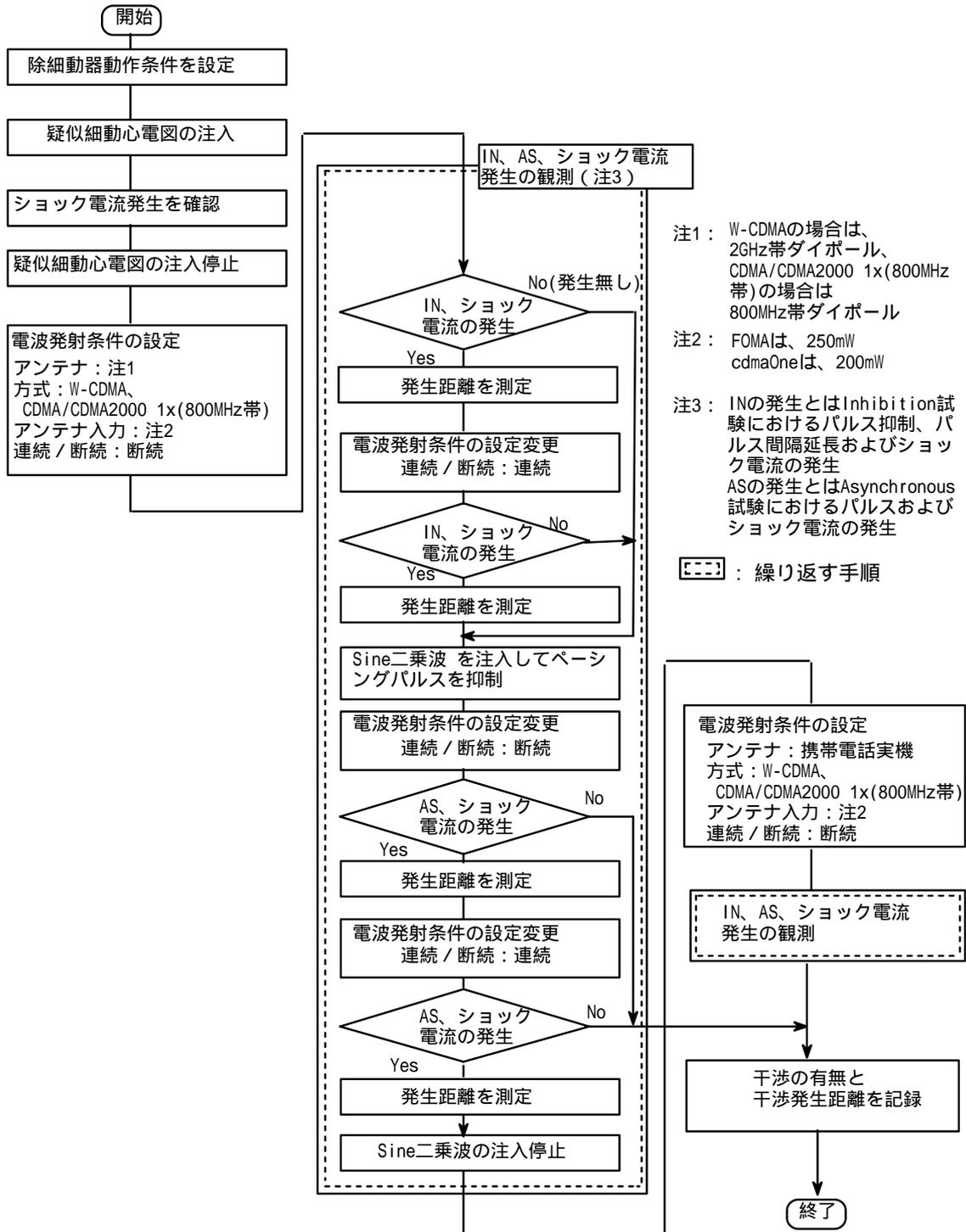


図 1. 1 2 W-CDMA携帯電話、CDMA携帯電話/CDMA2000 1x(800MHz帯)携帯電話が  
植込み型除細動器に与える影響の試験手順

## 参考文献

- [1] TOKIO TAGA, KOUICHI TSUNEKAWA, "Performance Analysis of Built-In Planer Inverted F Antenna for 800MHz Band Portable Radio Units", IEEE Journal on Selected Area in Communications Vol. SC-5, No. 5, 1987.
- [2] 大島 健史, 王 建青, 藤原 修, "半波長ダイポールアンテナで心臓ペースメーカーに生ずる干渉電圧の人体全身 MRI 数値モデルによる FDTD 計算", 電子情報通信学会, 総合大会論文集, B-4-75, 2001.
- [3] デジタル方式自動車電話システム, ARIB 標準規格, RCR STD-27 I 版, 平成 12 年
- [4] CDMA 方式携帯自動車電話システム, ARIB 標準, ARIB STD-T53 2.0 版, 平成 11 年
- [5] IMT-2000 DS-CDMA 標準規格, ARIB 標準規格, ARIB STD-T63 1.00 版, 平成 12 年

## 第 2 章

### 試験結果に基づく心臓ペースメーカーの誤動作の分析

#### 2.1 ペースメーカーが受ける影響

試験を行ったペースメーカーの機種数（同一モデルのペースメーカーで動作条件が異なる場合は別機種としてカウントした）、このうち干渉を受けた数、最大の干渉距離を表 2.1 に示す。

##### 2.1.1 干渉の観測例

800MHz 帯 PDC 携帯電話の電波が DDD 型ペースメーカーに与えた影響観測例を図 2.1 に示す。図 2.1 (a)は Inhibition 試験における干渉例であり、1 秒周期で電波を断続的に照射している全ての間、ペースメーカーのペースアップパルスが抑制されている（断続照射において同様の抑制が起きるとは限らない、ペースメーカーに依存する）。図 2.1 (b)は Asynchronous 試験における干渉例であり、電波を照射している間に非同期のペースアップパルスが発生している。

調査したペースメーカーの数に対してこのような干渉の発生した割合[%]と干渉発生距離の関係を図 2.2 から図 2.6 に示す。

##### 2.1.2 800MHz 帯 PDC 携帯電話による試験結果

(1) 干渉発生割合は、ダイポールアンテナで 21%、実機で 6.5%であった（平成 9 年度報告：ダイポールで 37.3%、実機で 19.3%）。

(2) 最大干渉距離は、ダイポールアンテナで 15.5cm、実機で 11.5cm（平成 9 年度報告：実機で 14cm（特殊な 1 機種を除く））であった。

##### 2.1.3 1.5GHz 帯 PDC 携帯電話による試験結果

(1) 干渉発生割合は、ダイポールアンテナで 20.2%、実機で 1.8%であった（平成 9 年度

報告：ダイポールで 25%、実機で 4.4% )。

(2) 最大干渉距離は、ダイポールアンテナで 6cm、実機で 4cm (平成 9 年度報告：実機で 15cm) であった。

#### 2.1.4 PHS 携帯端末による試験結果

(1) 干渉発生の割合は、ダイポールアンテナで 2.4% であった (平成 9 年度報告：2.6%)。

(2) 最大干渉距離は、ダイポールで 2.5cm であった (平成 9 年度報告：7cm)。

#### 2.1.5 W-CDMA 携帯電話による試験結果

(1) 干渉発生の割合は、ダイポールアンテナで 7.1% (800MHz 帯 PDC 方式では 21%)、実機で 3.6% であった。実機でのペースメーカーの調査機種数は 56 であり、PDC 方式携帯電話実機での調査機種数 124 より少なかった。

(2) 最大干渉距離は、ダイポールで 3.5cm、実機で 1cm であった。

#### 2.1.6 CDMA 携帯電話 / CDMA 2000 1x (800MHz 帯) 携帯電話による試験結果

(1) 干渉発生の割合はダイポールアンテナで 3.7%、実機で 3.6% であった。実機でのペースメーカーの調査機種数は 56 であり、PDC 方式携帯電話実機での調査機種数 124 より少なかった。

(2) 最大干渉距離は、ダイポールで 6cm、実機で 1.8cm であった。

## 2.1.7 携帯電話の影響の分布

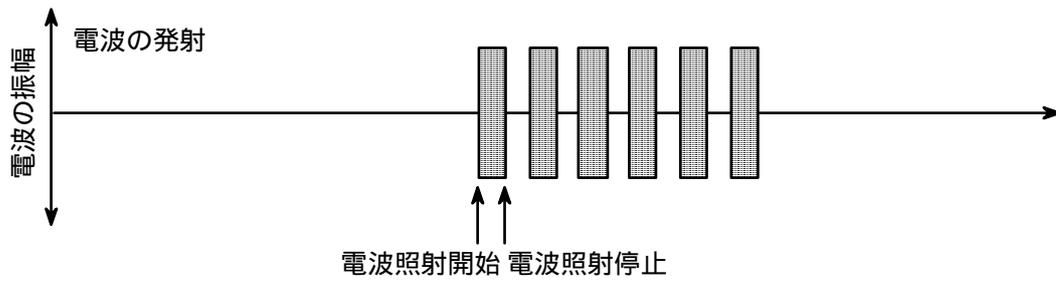
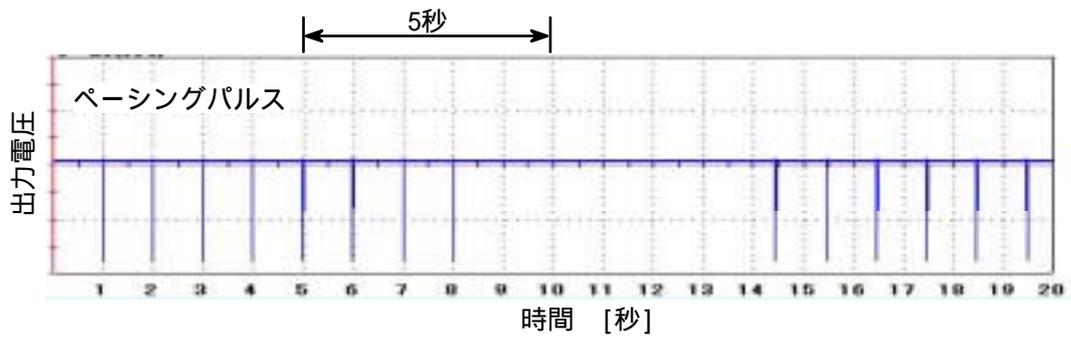
今回試験したペースメーカー 124 機種が、各方式の携帯電話から受けた影響の大きさの分布を示したものが表 2.2 である。この表は、何らかの影響を受けたペースメーカーの各々が、影響を受けなくなる距離の中央値 2cm を境界として、区分けして示してある。

表2.1 携帯端末による植込み型ペースメーカーへの影響

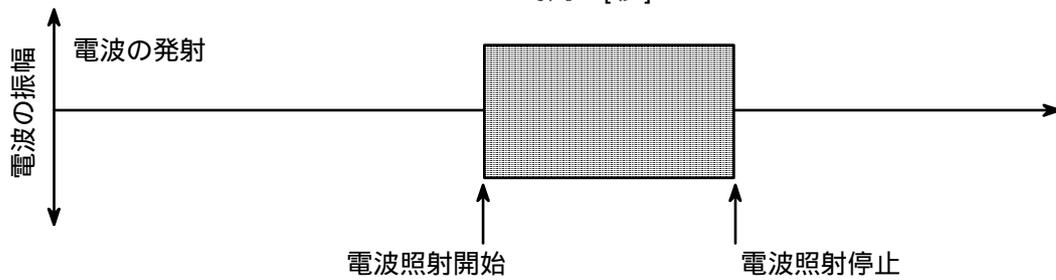
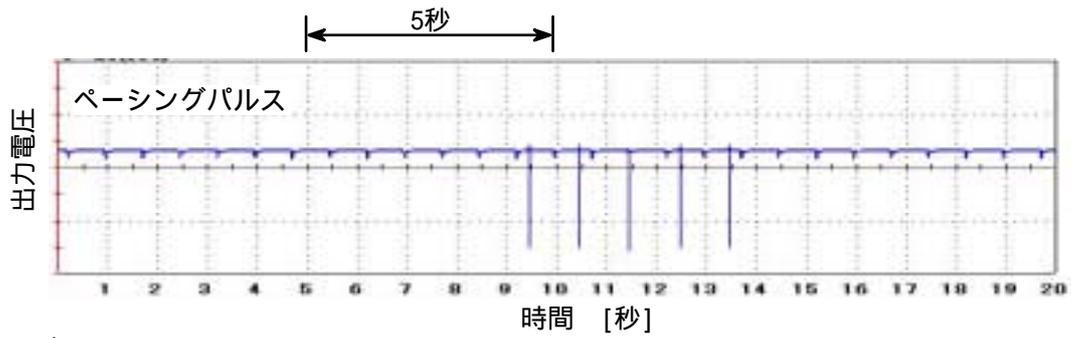
方式名	PDC				PHS		W-CDMA		CDMA/CDMA2000 1x(800MHz帯)	
	800MHz帯		1.5GHz帯 注1		1.9GHz帯		2GHz帯		800MHz帯	
送信周波数	800MHz帯		1.5GHz帯 注1		1.9GHz帯		2GHz帯		800MHz帯	
アンテナ入力 (バースト出力)	800mW		800mW		80mW		250mW		200mW	
電波発射源	ダイポ ール	実機	ダイポ ール	実機	ダイポ ール	実機	ダイポ ール	実機	ダイポ ール	実機注2
ペースメーカー 試験対象機種数	124	124	124	109	124	--	99	56	81	56
干渉を受けなかつ た機種数	98	116	99	107	121	--	92	54	78	54
干渉を受けた 機種数	26	8	25	2	3	--	7	2	3	2
最大干渉距離 [cm]	15.5	11.5	6	4	2.5	--	3.5	1	6	1.8

注1: 1.5GHz帯PDCの試験において、ダイポールでの影響発生距離5cm以下を「影響なし」とするスクリーニングにより、実機15機種については試験を省略した。

注2: CDMA携帯電話実機のみについて試験を実施。



(a) Inhibition試験における干渉発生例



(b) Asynchronous試験における干渉発生例

図2. 1 PDC携帯電話によるペースメーカー干渉発生例

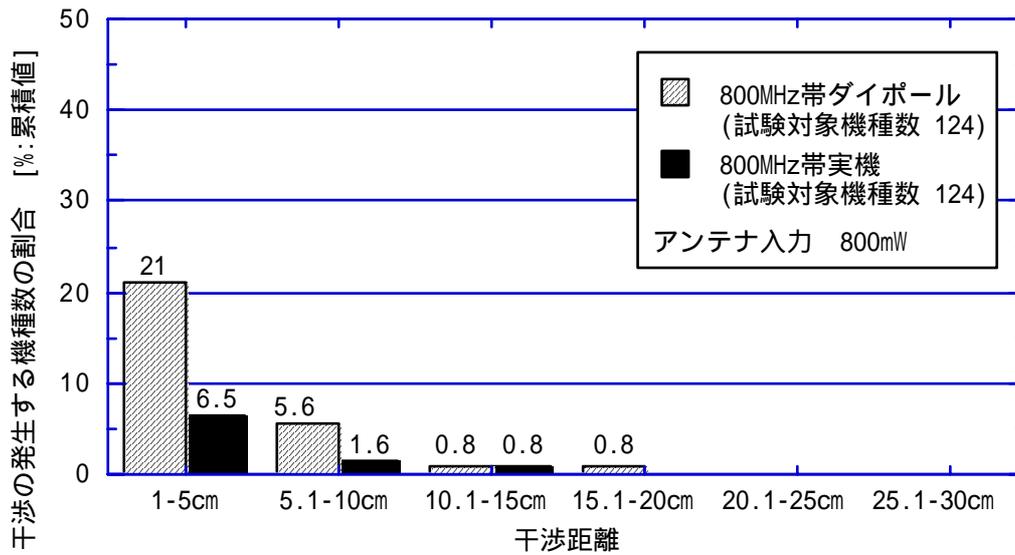


図 2. 2 800MHz帯PDC携帯電話におけるペースメーカー干渉発生割合

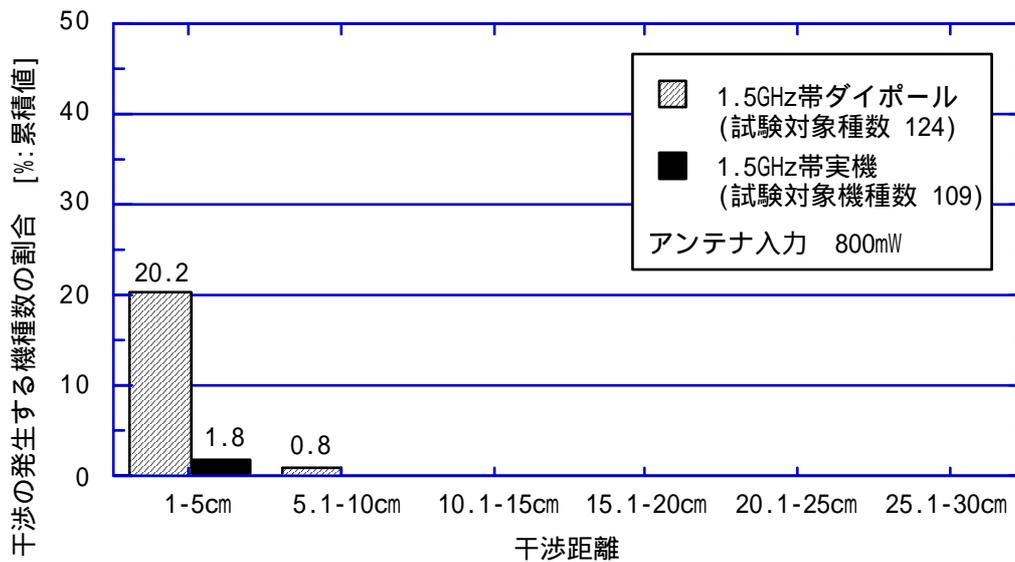


図 2. 3 1.5GHz帯PDC携帯電話におけるペースメーカー干渉発生割合

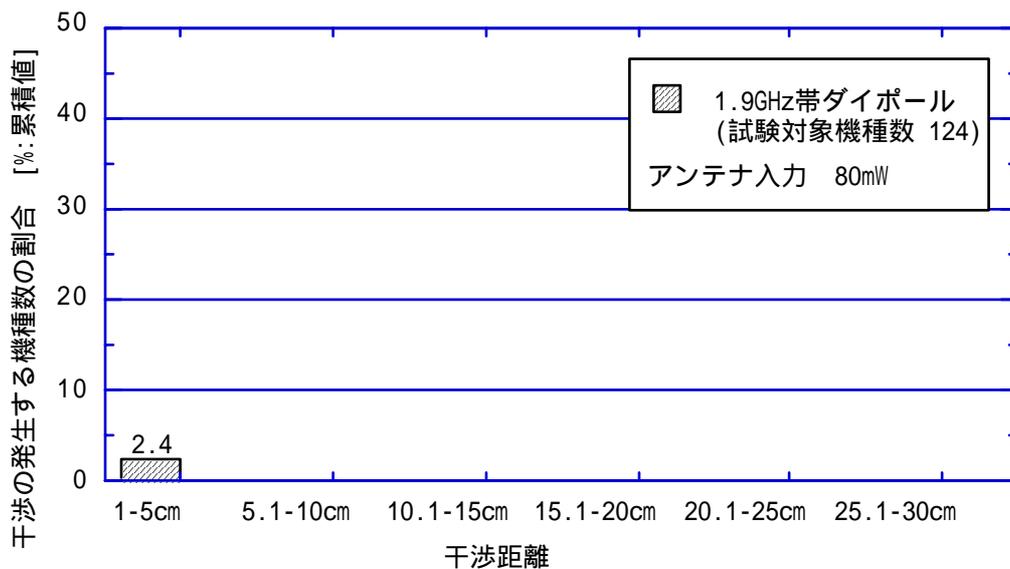


図2.4 PHS端末におけるペースメーカー干渉発生割合

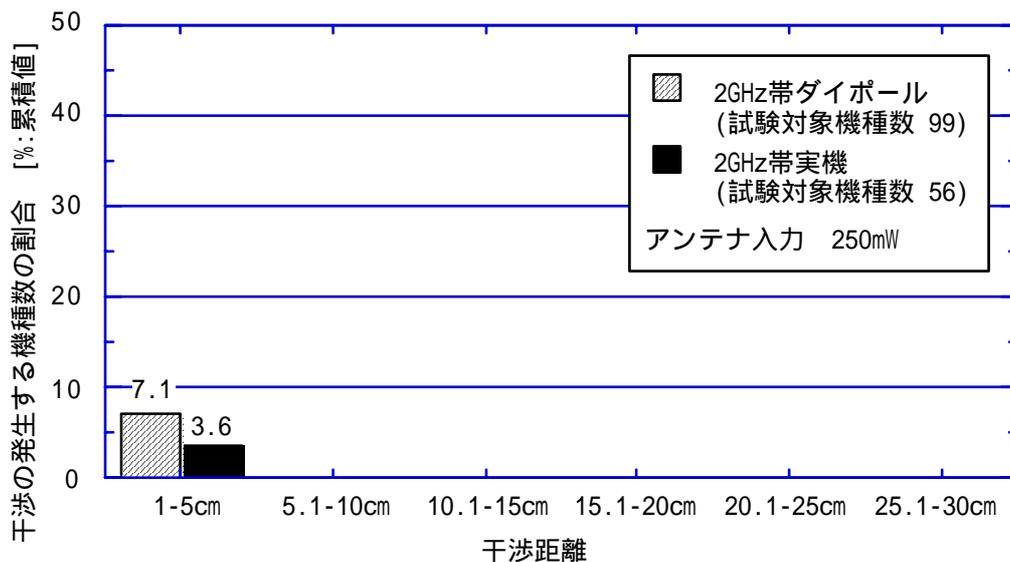


図2.5 W-CDMA携帯電話におけるペースメーカー干渉発生割合

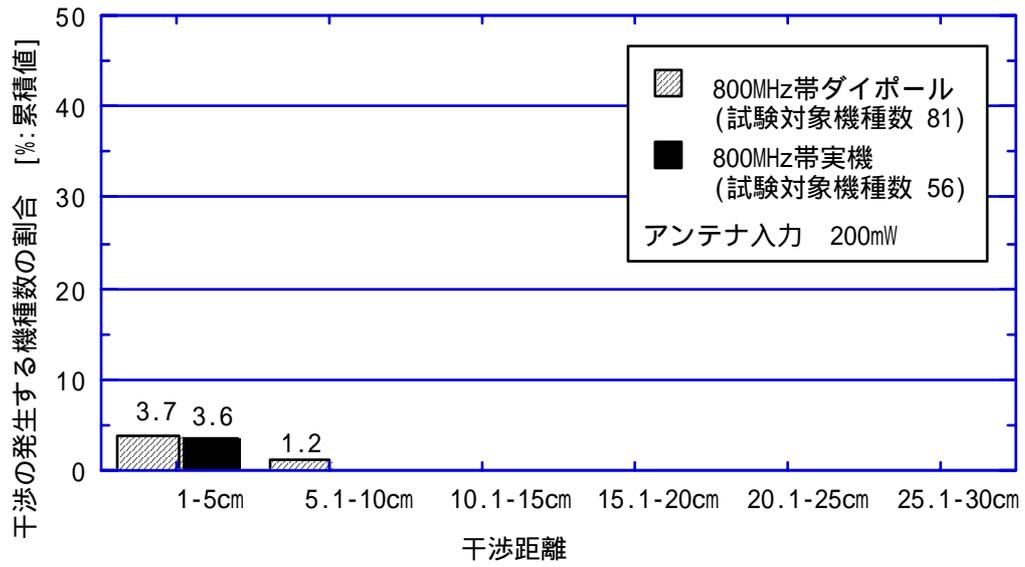


図 2. 6 CDMA携帯電話/CDMA2000 1x(800MHz帯)携帯電話における  
 ペースメーカー干渉発生距離  
 (実機は、CDMA携帯電話のみについて実施)

表 2. 2 携帯電話の影響(1) □ 影響なし、▨ 2cm 以下で影響、■ 2cm を超えて影響

ペース メーカー	PDC 800M帯				PDC 1.5GHz帯				PHS		W-CDMA				CDMA/CDMA2000 1x(800MHz帯)				
	DP		実機		DP		実機		DP		DP		実機		DP		実機		
	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	
1	▨	▨									/	/	/	/	/	/	/	/	
2											/	/	/	/	/	/	/	/	
3	▨	■									/	/	/	/	/	/	/	/	
4	■	■	▨	▨							/	/	/	/	/	/	/	/	
5	■	▨			▨			/	/	■	▨	■	▨	/	/			/	/
6					▨	■		/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
7	■	■	■	■	▨	▨		/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
8	■	■	■	■	▨	▨		/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
9												/	/	/	/	/	/	/	/
10	▨	■			▨	■		/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
11	■	▨			▨	▨		/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
12						▨		/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
13	▨	▨			▨	▨		/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
14	▨	▨			■	■		/	/		▨	/	/	/	/	/	/	/	/
15												/	/	/	/	/	/	/	/
16												/	/	/	/	/	/	/	/
17					▨			/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
18												/	/	/	/	/	/	/	/
19												/	/	/	/	/	/	/	/
20		■										/	/	/	/	/	/	/	/
21	■	■			▨							/	/	/	/	/	/	/	/
22	▨	■			■	■		/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
23	■	■	■	■	■	■	■			▨	▨	■	▨	/	/	■	▨	/	/
24												/	/	/	/	/	/	/	/
25	▨				▨			/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
26	▨	▨			▨			/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
27					▨			/	/			/	/	/	/	/	/	/	/
28													/	/	/	/	/	/	/
29													/	/	/	/	/	/	/
30													/	/	/	/	/	/	/
31													/	/	/	/	/	/	/
32													/	/	/	/	/	/	/
33													/	/	/	/	/	/	/
34													/	/	/	/	/	/	/
35													/	/	/	/	/	/	/
36													/	/	/	/	/	/	/
37													/	/	/	/	/	/	/
38													/	/	/	/	/	/	/
39													/	/	/	/	/	/	/
40													/	/	/	/	/	/	/
41													/	/	/	/	/	/	/

DP : 標準ダイポール、IN : Inhibition 試験、AS : Asynchronous 試験、/ : 試験を行っていない機種

表 2. 2 携帯電話の影響(2) □ 影響なし、▨ 2cm 以下で影響、■ 2cm を超えて影響

ペース メーカー	PDC 800M帯				PDC 1.5GHz帯				PHS		W-CDMA				CDMA/CDMA2000 1x(800MHz帯)			
	DP		実機		DP		実機		DP		DP		実機		DP		実機	
	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS
42													/	/	/	/	/	/
43													/	/	/	/	/	/
44													/	/	/	/	/	/
45													/	/	/	/	/	/
46													/	/			/	/
47													/	/			/	/
48													/	/			/	/
49	■	■			■	■	/	/					/	/			/	/
50	■	■											/	/			/	/
51													/	/			/	/
52													/	/			/	/
53													/	/			/	/
54													/	/			/	/
55													/	/			/	/
56													/	/			/	/
57													/	/			/	/
58													/	/			/	/
59													/	/			/	/
60													/	/			/	/
61													/	/			/	/
62													/	/			/	/
63													/	/			/	/
64													/	/			/	/
65													/	/			/	/
66													/	/			/	/
67													/	/			/	/
68													/	/			/	/
69	■	■	■	■	■	■	▨	■							■		▨	
70					▨													
71																		
72	■	■	■	■	▨	▨									■		▨	
73	▨	▨																
74					▨	▨												
75	▨	▨									▨							
76																		
77																		
78																		
79																		
80																		
81																		
82																		

DP : 標準ダイポール、IN : Inhibition 試験、AS : Asynchronous 試験、/ : 試験を行っていない機種

表 2. 2 携帯電話の影響(3) □ 影響なし、▨ 2cm 以下で影響、■ 2cm を超えて影響

ペース メーカー	PDC 800M帯				PDC 1.5GHz帯				PHS		W-CDMA				CDMA/CDMA2000 1x(800MHz帯)			
	DP		実機		DP		実機		DP		DP		実機		DP		実機	
	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS
83																		
84																		
85																		
86																		
87																		
88																		
89																		
90																		
91																		
92																		
93																		
94																		
95																		
96																		
97																		
98																		
99																		
100																		
101																		
102																		
103					▨	▨					▨		▨					
104	▨	▨	▨	▨														
105																		
106	▨	▨	▨	▨	▨	▨					▨							
107																		
108	■				▨						▨		▨					
109																		
110																		
111																		
112																		
113																		
114																		
115																		
116																		
117																		
118																		
119																		
120																		
121																		
122																		
123	▨	▨			▨	▨					▨							
124																		

DP : 標準ダイポール、IN : Inhibition 試験、AS : Asynchronous 試験、/ : 試験を行っていない機種

## 2.2 植込み型除細動器が受ける影響

試験を行った植込み型除細動器の機種数（同一モデルで動作条件が異なる場合は別機種としてカウントした）、このうち干渉を受けた数、最大の干渉距離を表2.3に示す。

### 2.2.1 干渉の観測例

800MHz帯PDC携帯電話の電波がデュアルチャンバー型植込み型除細動器に与えた影響観測例を図2.7に示す。図2.7(a)はInhibition試験における干渉例であり、電波照射開始直後からペーシングパルスが抑制されている。さらに照射開始約5秒後にショック電流が発生している。電波照射停止後に振幅の大きなペーシングパルスが約10秒続いた後に、正常なペーシングパルスにもどっている。図2.7(b)はAsynchronous試験における干渉であり、電波照射開始約5秒後にショック電流が発生している。電波照射停止後は、ペーシングパルスは抑制状態を維持している。なお、疑似心電位の注入を停止すれば、ペーシングパルスが正常に発生することを確認している。

調査した植込み型除細動器の数に対してこのような干渉の発生した割合[%]と干渉発生距離の関係を図2.8から図2.12に示す。

### 2.2.2 800MHz帯PDC携帯電話による試験結果

(1) 干渉が発生した割合は、ダイポールアンテナと携帯電話実機ともに19%であった。

(2) 最大干渉距離は、ダイポールアンテナで6.5cm、実機で5cmであった。

### 2.2.3 1.5GHz帯PDC携帯電話による試験結果

(1) 干渉が発生した割合は、ダイポールアンテナで19%、実機で9.5%であった。

(2) 最大干渉距離は、ダイポールアンテナで2.5cm、実機で1cmであった。

#### 2.2.4 PHS 端末による試験結果

ダイポールアンテナを使用した試験で干渉の発生した植込み型除細動器は1機種も無かった。

#### 2.2.5 W-CDMA 携帯電話による試験結果

ダイポールアンテナおよび実機を使用した試験で干渉の発生した植込み型除細動器は1機種も無かった。

#### 2.2.6 CDMA 携帯電話 / CDMA 2000 1x (800MHz 帯) 携帯電話による試験結果

(1) 干渉発生の割合は、ダイポールアンテナで 23.5%であった。実機で 12.5%であった。

(2) 最大干渉距離は、ダイポールアンテナで 3cm、実機で 2cm であった。

#### 2.2.7 携帯電話の影響の分布

表 2.4 は今回試験した植込み型除細動器が、各方式の携帯電話から受けた影響の大きさの分布を示したものである。この表は、何らかの影響を受けた植込み型除細動器の各々が、影響を受けなくなる距離の中央値 1.5cm を境界として、区分けして示してある。

表 2. 3 携帯端末による植込み型除細動器への影響

方式名	PDC				PHS		W-CDMA		CDMA/CDMA2000 1x(800MHz帯)	
	800MHz帯		1.5GHz帯		1.9GHz帯		2GHz帯		800MHz帯	
送信周波数	800MHz帯		1.5GHz帯		1.9GHz帯		2GHz帯		800MHz帯	
アンテナ入力 (バースト出力)	800mW		800mW		80mW		250mW		200mW	
電波発射源	ダイポ ール	実機	ダイポ ール	実機	ダイポ ール	実機	ダイポ ール	実機	ダイポ ール	実機 <sup>注</sup>
除細動器 試験対象機種数	21	21	21	21	21	--	20	8	17	8
干渉を受けなかつ た機種数	17	17	17	19	21	--	20	8	13	7
干渉を受けた 機種数	4	4	4	2	0	--	0	0	4	1
最大干渉距離 [cm]	6.5	5	2.5	1	--	--	--	--	3	2

注：CDMA携帯電話実機のみについて試験を実施。

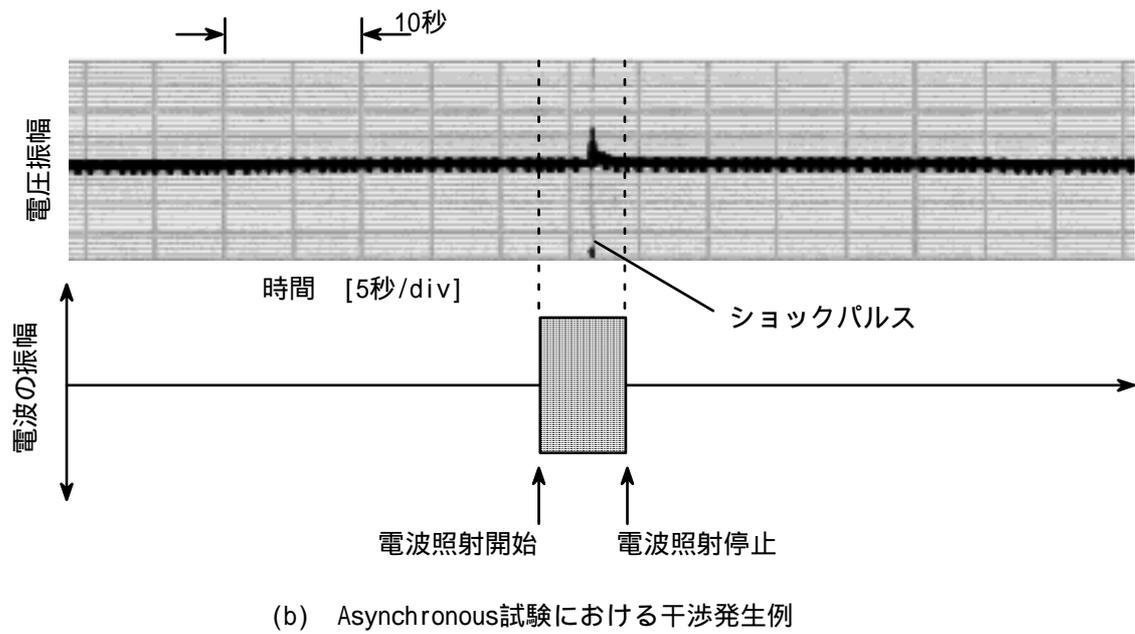
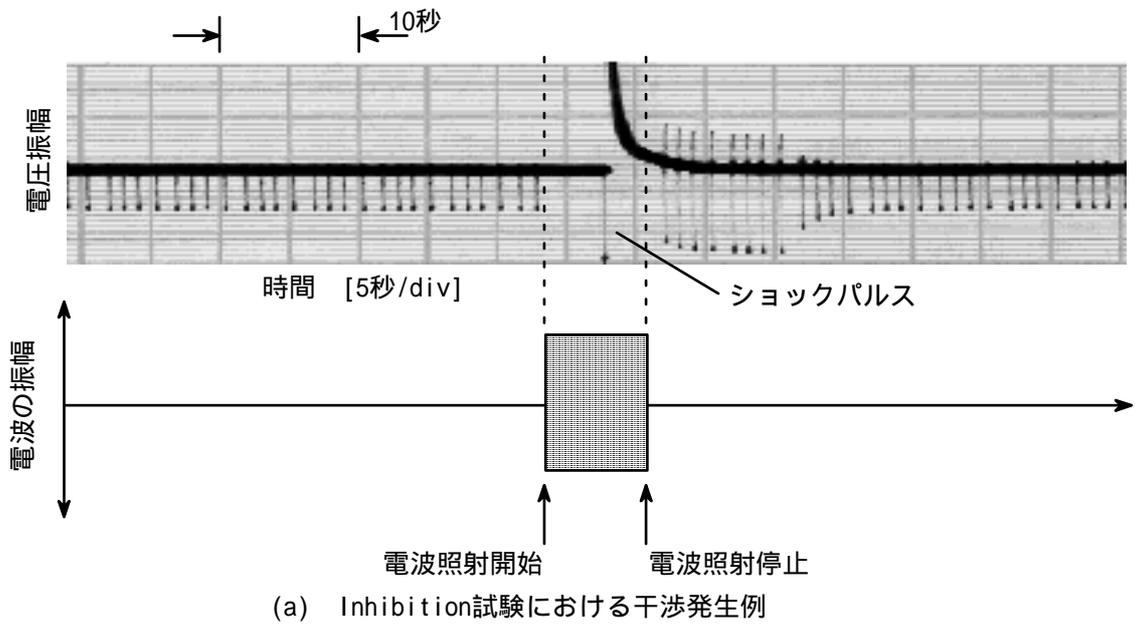


図 2. 7 PDC携帯電話電波が植込み型除細動器に与えた影響の例

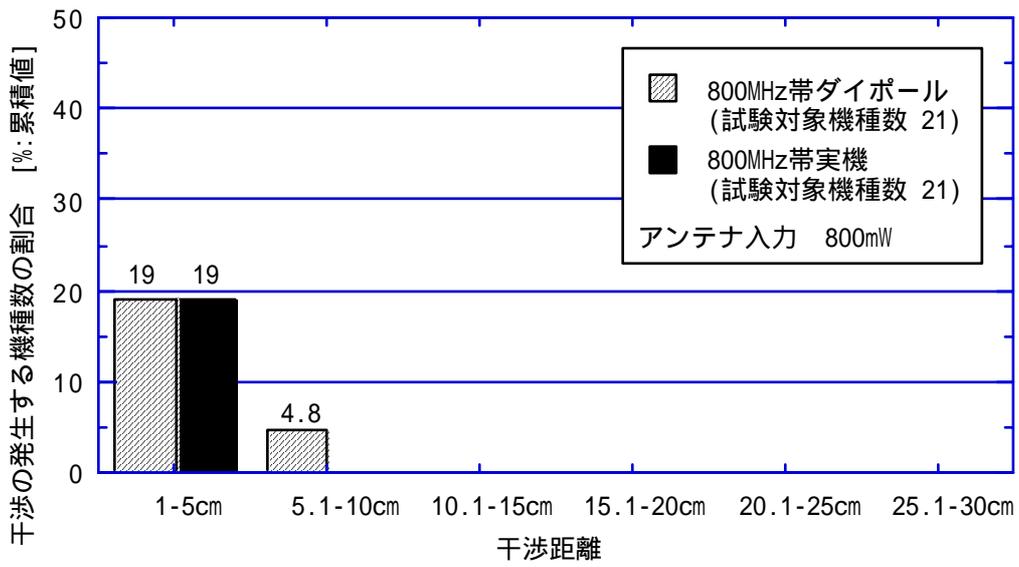


図 2. 8 800MHz帯PDC携帯電話における植込み型除細動器干渉発生割合

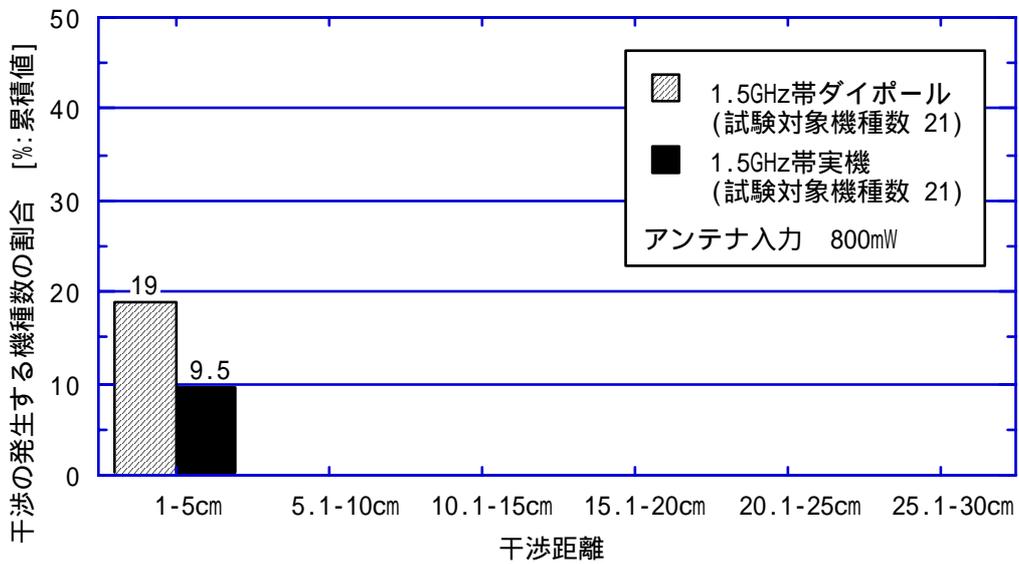


図 2. 9 1.5GHz帯PDC携帯電話における植込み型除細動器干渉発生割合

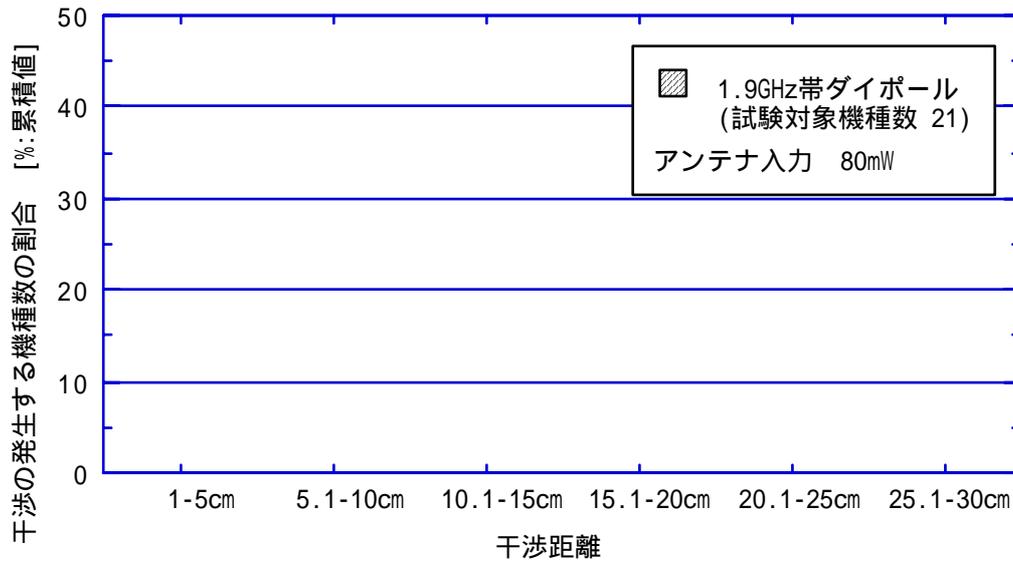


図 2. 1 0 PHS端末における植込み型除細動器干渉発生距離

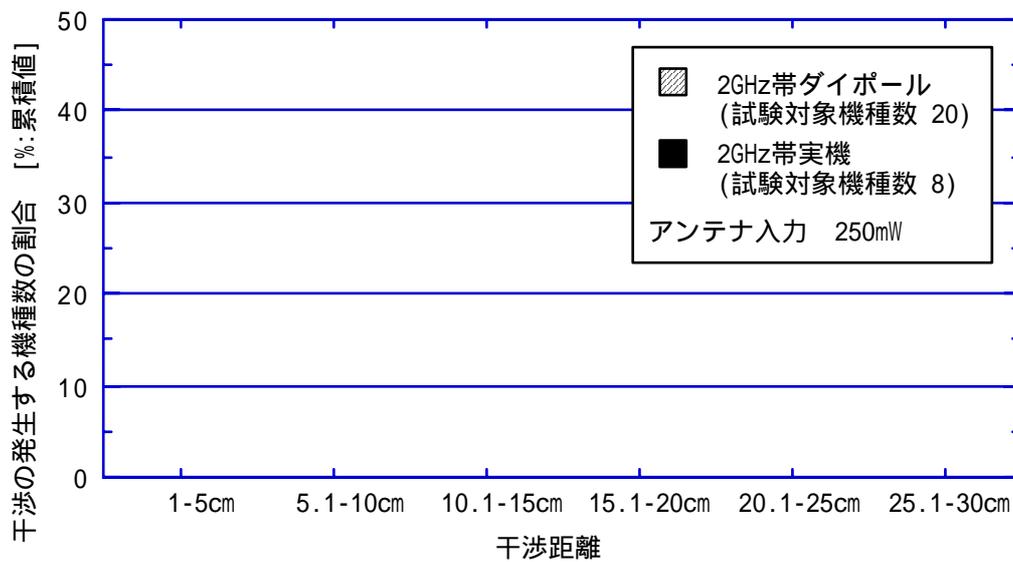


図 2. 1 1 W-CDMA携帯電話における植込み型除細動器干渉発生距離

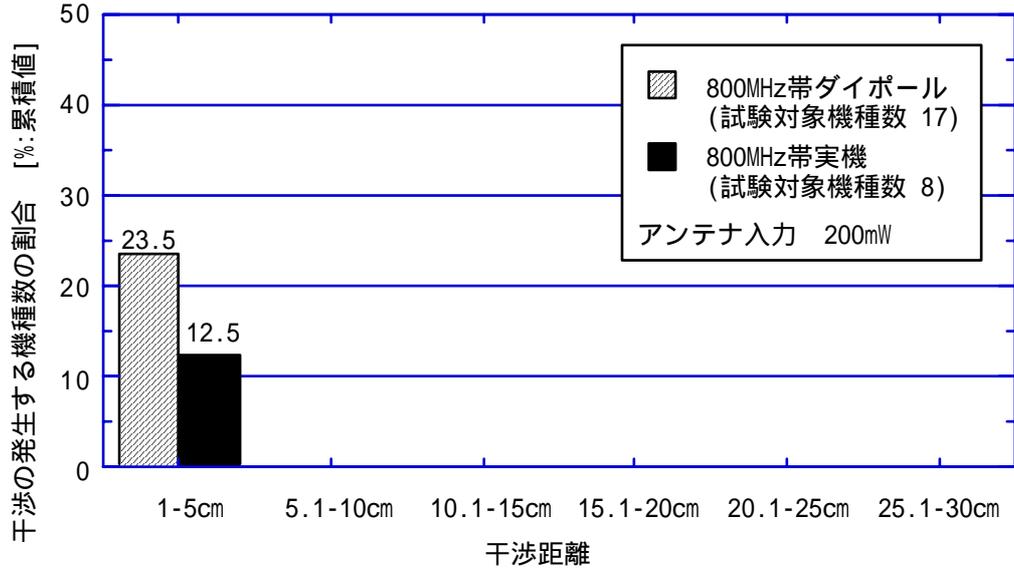


図 2. 1 2 CDMA携帯電話/CDMA2000 1x(800MHz帯)携帯電話における  
植込み型除細動器干渉発生距離  
(実機は、CDMA携帯電話のみについて実施)

表 2. 4 携帯電話の植込み型除細動器に対する影響

□ 影響なし、▨ 1.5cm 以下で影響、■ 1.5cm を超えて影響

除細動器 通番	PDC 800M帯				PDC 1.5GHz帯				PHS		W-CDMA				CDMA/CDMA2000 1x(800MHz帯)			
	DP		実機		DP		実機		DP		DP		実機		DP		実機	
	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS	IN	AS
1											/	/	/	/	/	/	/	/
2													/	/	/	/	/	/
3													/	/	/	/	/	/
4													/	/	/	/	/	/
5	■		▨		■		▨						/	/	▨		/	/
6	■	▨	■	▨	■		▨						/	/	▨		/	/
7													/	/			/	/
8													/	/			/	/
9													/	/			/	/
10													/	/			/	/
11													/	/			/	/
12													/	/			/	/
13													/	/			/	/
14																		
15																		
16																		
17																		
18	■		■		▨										▨			
19	■		■		▨		▨								■		■	
20																		
21																		

DP : 標準ダイポール、IN : Inhibition 試験、AS : Asynchronous 試験、/ : 試験を行っていない機種

## 第3章

### 障害発生防止のための対応について

#### 3.1 植込み型心臓ペースメーカーへの電波の影響を防止するための指針

ペースメーカーへの電波の影響を防止するための対応策については、不要電波問題対策協議会がまとめた報告書に詳述されている。またそこでは、「携帯電話端末の使用及び携行に当たっては、携帯電話端末をペースメーカー装着部位から22cm程度以上離すこと。」などの指針が示されている。

この指針は、前回の実証実験結果を踏まえ、「携帯電話、PHS端末実機における最大干渉距離15cmに対して、電磁界の電力密度が距離の2乗に反比例することより最大干渉距離に安全マージンを考慮し強度が半分になる22cmを使用上の安全距離と定めた。」ものであり、安全マージンが考慮されている。

#### 3.2 着目すべき電波環境等の変化

上記の指針が定められた時点以降、符号分割多元接続(CDMA)方式の新しいCDMA携帯電話やW-CDMA携帯電話のサービスが開始されたこと、また近々CDMA2000 1x(800MHz帯)方式のサービスが開始される予定であること、ペースメーカー等の医用機器自身の妨害電波排除能力が向上していること、さらに、植込み型除細動器についても、装着者が徐々に増加しつつあることなど、携帯電話端末等の無線設備及びペースメーカー等の医用機器の双方において状況が変化してきている。

#### 3.3 今回の調査結果

本調査報告書の「第2章 試験結果に基づくペースメーカーの誤動作の分析」で示したように、今回は、携帯電話側に符号分割多元接続(CDMA)方式を、ペースメーカー側には植込み型除細動器を加え、さらに、前回の実証実験以降に発売されたペースメーカーの新機種についての試験を行った。

800MHz帯及び1.5GHz帯PDC方式携帯電話、並びに新方式携帯電話(W-CDMA、CDMA/CDMA2000 1x(800MHz帯)の各方式)に対し、ペースメーカー延べ124機種及び植込み型除細動器延べ21機種について試験を行った結果、前回の実証実験での実機による最大干渉距離

である15cmを越えて影響を受けた機種はなかった。

### 3.4 現行指針の妥当性

3.3 の調査結果から、新しい方式の携帯電話端末及び植込み型除細動器について上記指針の適用は妥当であり、また、前回の実証実験以降に発売された新機種のペースメーカーについても現行の指針が妥当であることが確認できた。

また、前回の実証実験と同条件のPDC方式携帯電話及びPHSに関する実験結果(2.1.2~2.1.4)では、干渉発生の割合及び最大干渉発生距離は、前回の結果より概して良い値が得られており、イミュニティの改善傾向が見られる。

さらに、新方式(CDMA)の携帯電話によるペースメーカー及び植込み型除細動器への干渉発生の割合及び最大干渉発生距離は、PDC方式に比して小さい値となっている。

従って、以上を総合すると、今回の実験結果から、

- (1) ペースメーカーでは、新方式の携帯電話を加えても「22cmの現行指針」は有効である、
- (2) 植込み型除細動器でも「22cmの現行指針」を守れば問題ないが、5cm以内の距離では、ショックを放電する可能性が示唆されており、より注意が必要である、
- (3) 新方式(CDMA)の携帯電話は影響の軽減傾向が見られる、

ことが明らかとなった。

全体を通じて、携帯電話の影響が小さくなっている傾向は認められた。しかし、この事から直ちに現行指針の見直しにはつながらない。何故なら、前回、実証実験を行い、現行の指針を決定した時のペースメーカーは現在も使用されており、この以前の機種が使用されなくなるまでは現行の指針を変更することは適当でないと思慮される。

以上により、新たに調査対象となったCDMA方式の携帯電話端末及び除細動器を含めても、現行の指針を変更する必要性は認められない。