

平成10年度

# 電気通信技術審議会答申

諮問第104号

「電波防護指針への適合を確認するための電波の強度の  
測定方法及び算出方法」

平成10年11月30日

# 目 次

	ページ
1 答申書・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1
2 答申書別紙（諮問第 104号答申）・・・・・・・・・・・・・・・・	3
3 電気通信技術審議会電波防護指針測定委員会報告・・・・・・・・	5 3
4 参考資料・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	5 9
5 諮問書・諮問理由・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	1 4 3

## 電気通信技術審議会委員

(五十音順、敬称略)

会 長	西 澤 潤 一	岩手県立大学学長
会長代理	徳 田 修 造	(財)電気通信振興課理事長
委 員	青 木 利 晴	日本電信電話(株)代表取締役副社長
〃	生 駒 俊 明	日本テキサス・インスツルメンツ(株)代表取締役社長
〃	太 田 亨	国際電信電話(株)代表取締役副社長
〃	金 子 尚 志	日本電気(株)代表取締役社長
〃	川 田 隆 資	松下通信工業(株)代表取締役社長
〃	北 城 恪太郎	日本アイ・ビー・エム(株)代表取締役社長
〃	國 井 秀 子	(株)リコー研究開発本部情報通信研究所所長
〃	倉 内 憲 孝	住友電気工業(株)代表取締役社長
〃	小 舘 香椎子	日本女子大学理学部教授
〃	坂 田 浩 一	日本テレコム(株)代表取締役会長
〃	関 澤 義	富士通(株)取締役会長
〃	高 橋 寛 子	筑波技術短期大学教授
〃	長 尾 真	京都大学総長
〃	名 取 晃 子	電気通信大学電気通信学部教授
〃	長谷川 豊 明	日本放送協会専務理事・技師長
〃	羽 鳥 光 俊	東京大学大学院工学系研究科教授
〃	原 島 博	東京大学大学院工学系研究科教授
〃	安 田 靖 彦	早稲田大学理工学部教授

平成10年11月30日

郵政大臣 野田 聖子 殿

電気通信技術審議会  
会長 西澤 潤一

## 答 申 書

本審議会は、諮問第104号「電波防護指針への適合を確認するための電波の強度の測定方法及び算出方法」（平成10年7月27日付け郵電環第13号に基づく諮問）の審議を行った結果、別紙のとおり答申します。



# 別 紙

諮問第 104号

「電波防護指針への適合を確認するための電波の強度の  
測定方法及び算出方法」

# 目 次

1	はじめに .....	7
2	目的と範囲 .....	8
2.1	目的 .....	8
2.2	確認法の対象とする無線局と適用される電波防護指針 .....	8
3	定義および用語 .....	11
4	確認手順の基本的な考え方 .....	16
4.1	算出と測定の関係 .....	16
4.2	確認すべき物理量 .....	16
5	標準算出方法 .....	19
5.1	標準算出方法の性格と構成 .....	19
5.2	基本算出式 .....	19
5.3	個々のアンテナに対する算出式 .....	21
5.4	算出式を用いた適合性確認法 .....	26
6	標準測定方法 .....	28
6.1	標準測定方法の性格と構成 .....	28
6.2	等方性電磁界プローブによる方法 .....	28
6.3	汎用の測定器による方法 .....	30
6.4	測定上の注意事項 .....	32
7	課題 .....	33
別紙1	遠方領域の算出式を近傍領域に適用した場合の 電磁界強度算出結果の検討 .....	35
別紙2	F M、テレビジョン放送局に使用されるアンテナの 垂直面指向性減衰量について .....	39
別紙3	コリニアアレーアンテナに対する算出式の適用範囲 .....	43
別紙4	入手可能な電磁界プローブの測定可能範囲 および測定可能レベル .....	49

## 1 はじめに

電波が人体に及ぼす影響については、これまで40年以上に渡って様々な研究が行われてきており、国際的なコンセンサスを得ている項目が数多くある。我が国においては、これらの研究成果に基づき、電波のエネルギーが人体に好ましくない影響を及ぼさないよう、指針となる電波のエネルギー量等に関して、平成2年6月に電気通信技術審議会から「電波利用における人体の防護指針」（通称、「電波防護指針」）が答申されている。この電波防護指針の値は、十分な安全率を考慮した人体防護を前提としたものである。また、この答申に基づき、平成5年に（財）電波システム開発センター（現在の（社）電波産業会）が「電波防護標準規格」を策定しており、民間レベルのガイドラインとして活用されているところである。

一方、電波利用の進展に伴い、携帯電話などの無線施設が従来に比べ人々が生活、活動するエリアの内部や周辺に整備されるようになり、また、無線機器の小型化に伴う携帯型端末の普及により、アンテナが身体より近い位置に存在するようになってきた。無線局の電波による健康影響に対する関心が高まり、これらの無線設備から発射される電波が人体に好ましくない影響を及ぼすのではないかという懸念が提起され、電波に対する社会的な不安や誤解を生ずる可能性も増えてきている。

電波利用における安全性の確保は人の健康という基本的価値に係わる重要な問題である。このため、電気通信技術審議会は、電波防護指針の取扱いについて検討し、電波利用における安全性に関し、国民の健康を守る観点から、平成9年4月「電波利用における人体防護の在り方」の答申において、人体が電磁波に局所的にさらされる場合等の人体の防護指針を提示した。さらに、民間ガイドラインを一步進める意味で、「測定法及び推定法が既に十分確立していると考えられる領域から規制導入を行うべきであり、当面、身体のごそばで使用される携帯型等の無線局以外の電波利用施設を対象に、一般国民の安全性を考慮した規制を導入すべきである。」と提言している。

こうした状況も踏まえ、郵政省では、これまで民間のガイドラインとして運用されてきた電波防護のための基準を制度化し、「無線設備から発射される電波の強度が定められた値を超える場所にその無線設備の取扱者以外の者が容易に出入りできないように施設することを免許人に義務づける」こととした。

本答申においては、この電波防護のための基準の制度化に際し、無線局の免許申請、検査等の際に、電波防護指針への適合性をできる限り容易に、かつ、統一化された方法により確認できるよう電波の強度の測定方法及び算出方法を提示している。本答申で提示されている測定方法及び算出方法は、諸外国の状況も踏まえ、現時点において広く認められている知見に基づいているものである。今後、電波利用において免許人の安全確保の認識を高め、安全な電波利用のより一層の徹底を図っていくため、本答申に基づく測定方法及び算出方法が十分活用されることが望ましい。

## 2 目的と範囲

### 2.1 目的

「電波防護指針への適合を確認するための電波の強度の測定方法及び算出方法（電波防護指針適合性確認方法、あるいは単に確認法と略）」は、無線局から発射される電波が電波防護指針に適合していることを確認するための標準となる方法を提示することにより、電波防護のための基準の制度化に伴う免許人の負担の軽減と審査事務の簡素化、適合性確認結果の再現性向上を図り、もって電波防護指針の円滑な運用に資することを目的とする。

### 2.2 確認法の対象とする無線局と適用される電波防護指針

確認法の対象とする無線局は、電波防護のための基準の制度化の対象となる無線局とする。

(注) 電波防護のための基準の制度化の対象とならない無線局

- ① 平均電力が20ミリワット以下の無線局
- ② 移動する無線局
- ③ 地震、台風、洪水、津波、火災、暴動その他非常の事態が発生し、又は発生するおそれがある場合において、臨時に開設する無線局

適用する電波防護指針は、一般環境（条件G）の電磁界強度指針（表 2.1）及び補助指針（表 2.2）とする。但し、注1、注2および誘導電流、接触電流に関する補助指針は、以下の理由から電波防護のための基準の制度化の対象とはせず、従来通り民間のガイドラインとして活用するのが望ましい。

- ① 誘導電流、接触電流に関しては、測定法、測定器が十分に確立していないこと。
- ② 誘導電流の指針値については、人体の非接地条件の合理的な定義がなく、かつ、それを実際に満たしているかどうかを判定することが難しいこと。
- ③ 接触電流の指針値は、感知閾値に基づいており、これを越えたからといって直ちに健康に影響を与えるものではないこと。
- ④ 同じ電界強度でも、対象となる金属物体の大きさにより人体に流入する電流値が異なり、接触電流を考慮した電磁界強度を一律に決定できないこと。
- ⑤ 制度化を導入あるいは導入を検討している米国やオーストラリアでは一般環境において規定がないこと。

今後、測定方法等について引き続き検討し、諸外国の状況にも注意し、これらが確立した段階で見直しを行うこととする。



参考 一般環境（条件G）の電磁界強度指針及び補助指針  
 （※印を付した項目については本答申の対象とはしない）

## 1 電磁界強度指針

表 2.1(a) 電磁界強度（平均時間6分間）の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力束密度 S [mW/cm <sup>2</sup> ]
10kHz - 30kHz	275	72.8	
30kHz - 3MHz	275	$2.18f[\text{MHz}]^{-1}$ (72.8-0.728)	
3MHz - 30MHz	$824f[\text{MHz}]^{-1}$ (275-27.5)	$2.18f[\text{MHz}]^{-1}$ (0.728-0.0728)	
30MHz - 300MHz	27.5	0.0728	0.2
300MHz - 1.5GHz	$1.585f[\text{MHz}]^{1/2}$ (27.5-61.4)	$f[\text{MHz}]^{1/2}/237.8$ (0.0728-0.163)	$f[\text{MHz}]/1500$ (0.2-1)
1.5GHz - 300GHz	61.4	0.163	1

表 2.1(b) 低周波領域における電磁界強度（平均時間<1秒）の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]
10kHz - 100kHz	894	72.8

※注1：接触ハザードが防止されていない場合の電界強度の実効値は、15MHz以下の周波数では61.4V/m以下（平均時間<1秒）でなければならない。ただし、これを満たさない場合であって、表2.1(a)及び表2.1(b)の指針値を下回るときは、接触電流に関する補助指針を適用することができる。

※注2：人体の非接地条件を満たさない場合の電界強度の実効値（平均時間6分間）は、3MHzから30MHzまでの周波数では $1,430f[\text{MHz}]^{-3/2}\text{V/m}$ （すなわち275V/m~9V/m）、30MHzから100MHzまでの周波数では9V/m、100MHzから300MHzまでの周波数では $0.09f[\text{MHz}]\text{V/m}$ （すなわち9V/m~27V/m）以下でなければならない。ただし、これを満たさない場合であって、表2.1(a)の指針値を下回るときは、誘導電流に関する補助指針を適用することができる。

注3：表2.1(a)に示した平均時間内において、電界強度又は磁界強度が変化する場合は平均時間内で実効値を自乗平均平方根した値を用い、電力束密度が変化する場合は平均時間内での平均値を用いる。

注4：電磁界が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、電界強度及び磁界強度に関しては各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求め、電力束密度に関しては各周波数成分の指針値に対する割合の和を求める。この総和が1を超えてはならない。

## 2 補助指針

(1) 表 2.2 人体が電磁界に不均一又は局所的にさらされる場合の補助指針

	10kHz-300MHz	300MHz-1GHz	1GHz-3GHz	3GHz-300GHz
電磁界強度の空間的平均値	表 2.1 (a) の電磁界強度指針値以下			
電磁界強度の空間的最大値	四肢以外: 4mW/cm <sup>2</sup>			体表: 10mW/cm <sup>2</sup>
			頭部: 2mW/cm <sup>2</sup>	眼: 2mW/cm <sup>2</sup>
適用する空間	電磁放射源、金属物体から 20cm 以上離れた人体の占める空間	電磁放射源、金属物体から 10cm 以上離れた人体の占める空間		
平均時間	6 分 間			

※(2) 接触ハザードが防止されていない場合の接触電流に関する補助指針

10kHz から 100kHz までの周波数において測定された接触電流（平均時間 < 1 秒）が  $4.5 \times 10^{-4} f[\text{Hz}] \text{mA}$  以下、100kHz から 15MHz までの周波数においては 45mA 以下であれば、表 2.1 の注 1 を満たさなくてもよい。

ただし、接触電流がこの指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が 1 を超えてはならない。

※(3) 非接地条件を満たさない場合の誘導電流に関する補助指針

3MHz から 300MHz までの周波数で測定された足首における誘導電流（平均時間 6 分間）が、片足当たりで 45mA 以下ならば、表 2.1 の注 2 を満たさなくてもよい。

ただし、誘導電流がこの指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が 1 を超えてはならない。

### 3 定義および用語

- ・「電磁波」とは、電界および磁界の振動が真空中や物質中を伝搬する波動の総称である。電磁波には低周波の電磁界から、通信に使われているいわゆる電波、太陽より放射される光（赤外線、可視光線、紫外線）、医療に応用される放射線（X線、 $\gamma$ 線）などが含まれる。紫外線より波長の短い電磁波が電離放射線、波長の長いものが非電離放射線に大別される。
- ・「電波」とは、電波法第2条に定められた3000GHz以下の周波数の電磁波をいう。電波防護指針においては、10kHzから300GHzまでの周波数帯を対象とする。
- ・「電波防護指針」とは、電波利用において人体が電磁界（周波数範囲は10kHzから300GHzまでに限る。）にさらされるとき、その電磁界が人体に不要な生体作用を及ぼさない電磁界量の上限值等に関わる指針である。十分な安全率が付加されている。基礎指針を満たすための実測できる物理量（電界強度、磁界強度、電力束密度及び電流）で示したものであり、電磁界強度指針と補助指針により構成される。
- ・「基礎指針」とは、人体が電磁界にさらされるとき、人体に生じる各種の生体作用（深部体温上昇、電流刺激、高周波熱傷等）に基づいて、人体の安全性を評価するための指針をいう。電波防護指針の考え方の根拠として位置づけられ、SAR、誘導電流、接触電流等で記述される。
- ・「電磁界強度指針」とは、対象とする空間における電界強度、磁界強度及び電力束密度によって、当該空間の安全性を評価するための指針をいう。条件PとGの二つの条件によって異なる数値をとる。
- ・「補助指針」とは、電磁界強度指針を満足しない場合において、基礎指針に従った詳細評価を行うために使用する指針をいう。電磁界にさらされる状況（不均一、局所、表面など）、対象とする生体作用（接触電流及び誘導電流）、電波発射源の属性（アンテナ入力電力及び周波数帯）が明らかな場合、これらの状況に基づき電磁界強度指針の適用を緩和又は除外する形で表した指針である。
- ・「管理環境（条件P）」とは、人体が電磁界にさらされている状況が認識され、電波放射源を特定できるとともに、これに応じた適切な管理が行える条件を指す。例えば電波を日常的に取り扱う環境（放送送信所、高周波加工所等）における作業者が、電磁界にさらされているケース等に適用するものである。
- ・「一般環境（条件G）」とは、人体が電磁界にさらされている状況の認識や適正管理等が

期待できず、不確定な要因があるケース（環境）を指す。一般の居住環境等において住民が電磁界にさらされているケース等がこれに該当する。このため、適用する指針値においては一般環境は管理環境に比べて厳しい値となっている。

- ・「均一ばく露」とは、人体が存在する空間領域の電磁界がほぼ均一とみなせる場合であって、全身がその電磁界にさらされることをいう。この場合、自由空間における波動インピーダンスが  $120\pi$  [ $\Omega$ ] とならない場合も含まれる。自由空間中では、波源からの距離が身長に比べ十分大きい場合（例えば、0.3MHz 以下の周波数では 15m 以上、0.3 MHz から 300 MHz までの周波数では 10 m 以上、300 MHz 以上の周波数では 5m 以上）であれば均一とみなす。
- ・「平均時間」とは、指針値への適合性を評価するために、着目した生体作用に基づき設定した測定のための時間をいう。本指針で用いる平均時間は、刺激作用においては 1 秒以内、熱作用においては 6 分間である。
- ・「比吸収率 (SAR: Specific Absorption Rate)」とは、生体が電磁界にさらされることによって生じる、単位質量当たりの吸収電力をいう。
- ・「接触電流」電磁界中に置かれた非接地導電物体に、接地された人体が触れることによって接触点を介して流れる電流をいう。
- ・「接触ハザード」とは、接触電流を生じさせるような潜在的な状況をいう。
- ・「誘導電流（密度）」とは、人体が電磁界にさらされることにより人体内部に誘導される電流（密度）をいう。
- ・「非接地条件」とは、誘導電流が大地へ流れないような大地の影響が無視できる条件をいう。例えば素足の場合は大地から 10cm 以上離れた状態である。
- ・「電磁界（電磁場）」とは、電界（電場）及び磁界（磁場）の総称である。電界と磁界が時間的に変化しないような静的な場合を除けば、両者は必ず同時に存在し、それらの関連はマクスウェル方程式で規定できる。
- ・「電界強度」とは、与えられた点に対し、その点に静止した微小正電荷を置くと、その点電荷が受ける力を電荷の量で割ったベクトル量をいう。力を  $F$ 、電荷量を  $q$  とすれば、電界強度  $E$  は、 $E = F/q$  で与えられる。この本指針では、電界強度の大きさを単に電界強度と呼ぶ。
- ・「磁界強度」とは、その回転が電流密度及び変位電流密度となるベクトル量をいう。磁束密度を媒体の透磁率で割った量に等しい。単位は  $A/m$  で与えられる。本答申では、



磁界強度の大きさを単に磁界強度と呼ぶ。

- ・「電力束密度」とは、伝搬の方向に垂直な単位面積当たりの放射電力をいう。例えば、平面波の場合の電力束密度  $S$  [ $\text{W}/\text{m}^2$ ] は、電界強度を  $E$  [ $\text{V}/\text{m}$ ]、磁界強度を  $H$  [ $\text{A}/\text{m}$ ] とすれば、自由空間における波動インピーダンス  $120\pi$  [ $\Omega$ ] により、 $S = E^2/120\pi = 120\pi \cdot H^2$  のように関連付けられる。
- ・「遠方界」とは、電磁波の電磁界強度が距離に反比例して減衰する領域（遠方領域）の電磁界をいう。
- ・「近傍界」とは、遠方界とはならない領域（近傍領域）の電磁界をいう。
- ・「周波数非同調型測定系」とは、対象とする電磁波の周波数に測定器の受信周波数を同調することなく、広い周波数範囲（例えば、10kHz から 300MHz まで）にわたって、電磁界をほぼ同一感度で測定できる測定系をいう。
- ・「周波数同調型測定系」とは、対象とする電磁波の周波数に測定器の受信周波数を同調させることにより、電磁界を周波数成分ごとに測定する測定系をいう。通常、測定範囲は極めて広く（例えば、10kHz～18GHz）、高感度で応答時間が短い。
- ・「電磁界プローブ」とは、物理的に微小なダイポールアンテナ又はループアンテナを用いて広帯域特性を持たせるとともに、高抵抗線などを用いて干渉特性等を改善したアンテナ系をいう。主に広帯域等方性電磁界強度計に用いる。なお、直交三軸に微小アンテナを配置することによって等方性を持たせたものを等方性電磁界プローブと呼ぶ。
- ・「等方性」とは、任意の電磁波の入射方向に対して、その電磁界強度が同じであれば、同一指示値を与えるプローブ（又はアンテナ）の特性をいう。
- ・「応答時間」とは、電磁界強度測定系に対して測定対象量が印加された場合に、測定系の指示値が最終値の 90% に達するまでの時間をいう。
- ・「実効値」とは、周期波形 1 周期の全体にわたって波形の自乗の平均をとり、その平方根をとった値をいう。周期的に変化する電磁界の電界強度、磁界強度の実効値は、ジュール熱と関連する値である。
- ・「時間平均値」とは、電界強度又は磁界強度の場合は、実効値指示を瞬時値として平均時間にわたる自乗平均平方根値をいい、電力束密度の場合は、実効値指示を瞬時値として平均時間にわたる平均値をいう。
- ・「デューティサイクル」とは、周期性を有するパルスにおいては、パルス周期に対する

パルス幅の割合をいい、周期性を有する間欠波においては、間欠周期に対する間欠波の発射時間の割合をいう。

- ・「電波防護指針適合性確認方法」とは、対象とする地点、領域の電磁環境が電波防護指針に適合していることを確認するための方法をいい、標準算出方法及び標準測定方法からなる。
- ・「標準算出方法」とは、対象とする地点、領域の電磁環境が電波防護指針の指針値に適合していることを確認するための標準となる算出方法をいう。
- ・「標準測定方法」とは、対象とする地点、領域の電磁環境が電波防護指針の指針値に適合していることを確認するための標準となる測定方法をいう。
- ・「アンテナ入力電力」とは、送信機出力からアンテナ給電系の損失及び不整合損を減じた、アンテナに給電される正味の電力をいう。
- ・「尖頭電力」とは、通常の動作状態において、変調包絡線の最高尖頭における無線周波数一サイクルの間に送信機からアンテナ系の給電線に供給される平均の電力をいう。
- ・「平均電力」とは、通常の動作中の送信機からアンテナ系の給電線に供給される電力であって、変調において用いられる最低周波数の周期に比較して十分長い時間(通常、平均の電力が最大である約十分の一秒間)にわたって平均されたものをいう。
- ・「搬送波電力」とは、変調のない状態における無線周波数一サイクルの間に送信機からアンテナ系の給電線に供給される平均の電力をいう。ただし、この定義は、パルス変調の発射には適用しない。
- ・「等価等方輻射電力(EIRP:Equivalent Isotropically Radiated Power)」とは、アンテナに供給される電力と、与えられた方向における等方性アンテナの絶対利得の積のことをいう。(実効輻射電力の約1.64倍となる。)
- ・「実効輻射電力(ERP:Effective Radiated Power)」とは、アンテナに供給される電力と与えられた方向における半波長ダイポールアンテナに対する相対利得の積のことをいう。
- ・「アンテナの利得」とは、与えられたアンテナの入力部に供給される電力に対する、与えられた方向において、同一の距離で同一の電界を生ずるために、基準アンテナの入力部で必要とする電力の比をいう。この場合において、別段の定めがないときは、アンテナの利得を表わす数値は、主輻射の方向における利得を示す。

・「アンテナの絶対利得」とは、基準アンテナが空間に隔離された等方性アンテナであるときの与えられた方向におけるアンテナの利得をいう。

・「アンテナの相対利得」とは、基準アンテナが空間に隔離され、かつ、その垂直二等分面が与えられた方向を含む半波無損失ダイポールであるときの与えられた方向におけるアンテナの利得をいう。

## 4 確認手順の基本的な考え方

### 4.1 算出と測定の関係

無線設備から発射される電波の強度の指針値への適合性の確認は、算出によることを基本とする。ただし、近傍に反射物体があり強い反射が予想される場合で、算出結果が、指針値から 6dB を減じた値を超える時には測定により適合確認をしなければならない。

算出によることを基本とする理由は、指針値への適合性確認のために行う電波強度の測定が、多くの時間・労力を要し、困難を伴うことが予想されるためである。その原因としては、無線局自体の諸元が多様であり近傍界の特性が複雑であること、発射される電波自体が時間的に変動すること、周囲環境の影響を大きく受けることがある。加えて、測定器自体に伴う誤差等、測定結果の正確性や再現性を損なう要因は多い。このため、単一周波数を使用する無線局でも、その周囲の電磁環境を空間的、時間的に把握し、適合確認を行うためには、種々の測定器、測定技術に関する専門的知識及び測定の経験を必要とする。共用の電波塔や、大規模な送信所など複数周波数の混在する環境ではその困難さがさらに増し、免許人の大きな負担となる。

また、新たに免許を申請する際は、電波を発射できないので測定は不可能であり算出によって適合確認を行う他はない。

このため、まず第5章で述べる標準算出方法により適合性を確認することとし、これにより適合性が確認できる時は、測定はしなくても良いこととする。このためには、標準算出方法により算出した電波の強度が、実際の値より低くならないようにする必要があり、標準算出方法を定めるにあたっては、この条件を満足するように留意した。

近傍に反射物体があり強い反射が予想される場合で、標準算出方法の算出結果が指針値から 6dB を減じた値を超える時は、第6章に示す標準測定方法により測定を行うこととする。

なお、本答申で示した標準算出方法とは異なる方法については、適正な工学的技術に基づいたものであれば、必ずしもその適用を排除するものではない。また、標準測定方法については技術の進展があれば必要に応じて見直しを行うことが望ましい。

### 4.2 確認すべき物理量

確認すべき物理量は、対象領域が遠方領域か近傍領域かにより、2つの場合に分類される。以下、遠方領域の目安として、最も近い電波の放射に寄与するアンテナ構造体からの距離が  $2D^2/\lambda$  または、 $\lambda/2\pi$  のいずれよりも遠い領域とする。ただし  $D$  は電波の放射に寄与するアンテナ構造体の最大寸法、 $\lambda$  は自由空間波長とする。



#### 4.2.1 確認の対象となる場所が遠方領域の場合

遠方領域においては、電界強度  $E$  [V/m]、磁界強度  $H$  [A/m]、電力束密度  $S$  [W/m<sup>2</sup>] の間に次式の換算関係が成り立つ。ここで、 $377 (=120\pi)$  は自由空間における波動インピーダンス [ $\Omega$ ] である。

$$S = \frac{E^2}{377} = 377H^2 \quad (4.1)$$

すなわち、遠方領域においては、上記の物理量のうち、任意の1つが決まれば、他のものは(4.1)式の関係を用いて換算できる。

一方、第2章に示した表2.1の指針値において、各物理量の間関係は以下のようになっている。

- ・ 3 MHz 以下 指針値の根拠が異なるために、電界強度と磁界強度の指針値には一定の換算関係はない。電界強度指針値と、磁界強度指針値を換算関係を用いて等価的な電界強度に換算した値を比較すると、電界強度指針値の方が同一か小さい値となる。
- ・ 3 MHz 超 電界強度と磁界強度の指針値には、(4.1)式の遠方領域における換算関係が成り立つ。30 MHz を超える周波数については、電界強度と磁界強度の指針値に加えて電力束密度の指針値も規定されており、これらの間には(4.1)式の換算関係が成り立つ。

従って、3 MHz 以下の周波数においては、電界強度が指針値を満たしていれば、換算した磁界強度は指針値を満たすことから、指針値への適合性の確認は、電界強度に対し行えばよい。

3 MHz を超える周波数においては電界強度、磁界強度のいずれか1つについて算出又は測定し、その指針値との適合性を確認するだけでよい。

30 MHz を超える周波数においては、電界強度、磁界強度、電力束密度のいずれか1つについて算出又は測定し、その指針値との適合性を確認するだけでよい。

#### 4.2.2 確認の対象となる場所が近傍領域の場合

近傍領域においては電界強度、磁界強度の間に一定の関係は成立しないので、各々を算出又は測定し、それぞれ対応する指針値への適合を確認する。

ただし、適当な近傍領域の算出式がない場合は、遠方領域の算出式を用いて算出を行う。これは、遠方領域の算出式は、一般に近傍領域では過大な値を示すと考えてよいためである。(別紙1参照) この場合に算出する物理量は、電界強度、磁界強度、電力束密度のいずれか1つでよく、相互に換算可能とする。指針値への適合確認方法は、遠方領域の場合と同様に行う。

また、1 GHz を超える周波数において測定を行う場合は、現時点において一般

に入手可能な磁界強度測定器の測定範囲を超えることから、電界強度のみを測定し確認すればよいこととする。

## 5 標準算出方法

### 5.1 標準算出方法の性格と構成

ここで示す算出方法は、簡易に算出でき、かつ実際の電磁界のレベルより低くならないことを考慮したものである。本章ではまず基本算出式を 5.2 に示す。基本算出式は遠方領域では正確な結果を与えるが、近傍領域では一般に過大な結果を与える。このため近傍領域における算出にも使用しても良いが、過度に過大な値を示す場合がある。このため、基本算出式を用いて得た算出結果が指針値を超える場合は、5.3 に示す、個々のアンテナについてのより詳細な算出方法を用いて評価することができる。なお、個々のアンテナに関する算出方法については、適正な工学的技術に基づいたものであれば、他の方法を用いても良い。

### 5.2 基本算出式

本算出式は、基本的に遠方領域において適用される算出式である。近傍領域においても本算出式を適用することは可能であるが一般に過大側の結果を与える。なお、本算出式は、米国 FCC が指針適合性確認のために推奨している文献[1]においても使用されている。

アンテナ入力電力  $P$  [W]、最大輻射方向のアンテナの絶対利得を  $G$  とすると、距離  $R$  [m] の位置での電力束密度  $S$  [ $W/m^2$ ] は、

$$S = \frac{PG}{4\pi R^2} \quad (5.1)$$

により算出できる。ただし、距離  $R$  は、電波の放射に寄与するアンテナ構造体のうち観測点に最も近い箇所からの距離とする。

(5.1) 式で求められる電力束密度の単位は [ $W/m^2$ ] であるが、指針値に定められている単位 [ $mW/cm^2$ ] へは、算出結果を 1/10 倍することにより変換できる。

絶対利得  $G$  がデシベル (dB もしくは dBi) で与えられている ( $G_{dB}$  と表記する) ときは、

$$G = 10^{(G_{dB}/10)} \quad (5.2)$$

で電力比率に換算する。

上記の算出式は、最大輻射方向を評価するためのものであり、他の方向に対しても適用することができるが過大評価となる。アンテナの指向性が明らかな時は、それを用いることで、より詳細な評価が可能となる。

例えば、角度  $\theta$  に対する規格化された電力束密度の指向性を  $D(\theta)$  とすると、角度  $\theta$  に対する電力束密度  $S(\theta)$  は、

$$S(\theta) = \frac{PG}{4\pi R^2} D(\theta) \quad (5.3)$$

と表される。(5.3)式は、水平面、垂直面における算出に適用する。ただし、 $D(\theta)=0$ となる方向の近傍の電力束密度を求める場合は、当該方向の指向性を、近似的に指向性パターンの包絡線（例えば、サイドローブが複数ある場合、それらのピークを結ぶ線）で表したものとし、算出することとする。

主ビーム方向以外の垂直面指向性を考慮した評価を行う場合、厳密な指向性を考慮しなくても、以下のような方法を用いることで簡便な評価を行うことができる。この方法によって得られた算出結果は実際の電波の強度に比べて過大な結果を与える。

- ① 主ビーム外側の垂直面指向性を考慮する場合は、第一サイドローブの利得を用いることにより過大側に評価することができる。
- ② FM、テレビジョン放送局の無線設備においては、素子を2段以上積み重ねたアンテナでは、俯角45度以上において垂直面指向性減衰量を一律10dBとして評価することができる。これは、国内で使用されているアンテナの主ビーム外側の垂直面指向性減衰量は、上記俯角では10dB以上と見なして良いためである。（別紙2参照）

一般的に、反射が想定される場合には、反射がない場合に比べて、最大電界強度はおおよそ2倍程度となり、電力束密度はおおよそ4倍程度になる。

反射物が大地に限定されるなどの場合は、(5.1)式に大地反射の効果を示す係数を乗ずることにより算出を行う。

大地反射の効果を示す係数については、米国環境保護局（EPA）がFM放送局やテレビ放送局の送信アンテナについて作成したモデル[2]を参考にした。EPAは、電界強度の増加を最大1.6倍と仮定することにより、より現実的な大地反射の予測を推奨している。一般に周波数が高くなるに伴い大地は完全導体と見なせなくなるため、大地反射の影響は小さくなるので、本答申ではEPAモデルを参考にし、FM放送周波数以上(76MHz以上)の周波数領域における大地反射による電界強度の増加は1.6倍として算出することとする。

この時の電力束密度は、

$$S = 1.6^2 \frac{PG}{4\pi R^2} \quad (5.4)$$

と表される。

一般に周波数が低くなるに伴い大地は完全導体と見なせるようになるため、大地反射による電界強度の増加は大きくなると考えられるので、FM放送周波数未満(76MHz未満)の周波数領域においては、過大側に評価することとし、大地反射による電界強度の増加は2倍とする。この時の電力束密度は、次式で表される。

$$S = 2^2 \frac{PG}{4\pi R^2} \quad (5.5)$$



### 5.3 個々のアンテナに対する算出式

#### 5.3.1 コリニアアレーアンテナ

本算出式は、移動通信基地局等で一般的に用いられているコリニアアレーアンテナに対し主ビーム内側のアンテナ近傍において適用できる。このようなアンテナの近傍での電磁界の評価には、円筒形モデルの使用が有用であるとされている。本算出式は、円筒形モデルを用い、基本算出式を用いると過大評価されてしまうような、アンテナのごく近傍の電磁界レベルを比較的正確に表す算出式である。ただし、アンテナから遠ざかるにつれて過大評価となり、基本算出式の方が正確に評価できる。より厳密な算出モデル等との比較検討によれば、アンテナからの距離が  $0.6D^2/\lambda$  より遠方では過大評価となる。(別紙3参照)

アンテナ入力電力  $P$  [W] を、放射アンテナの長さを取り囲む想像上の円筒形の表面積で割ることにより、平面波相当の電力束密度の空間平均値を予測する。 $R$  をアンテナからの距離 [m]、 $D$  をアンテナの開口面長さ [m] とすると、電力束密度  $S$  [W/m<sup>2</sup>] は、以下により算出できる。

$$S = \frac{P}{2\pi RD} \quad (5.6)$$

セクタータイプのアンテナについては、アンテナ入力電力を、電力半値幅  $\theta_{BW}$  [度] に相当する部分の表面積で割ることにより電力束密度を算出することができる。

$$S = \frac{P}{2\pi RD} \left( \frac{360}{\theta_{BW}} \right) \quad (5.7)$$

#### 5.3.2 開口面アンテナ

開口面アンテナは、衛星地球局、固定マイクロ波回線、各種レーダー等に用いられるアンテナである。一般に、開口面アンテナは放物(パラボラ)面を持ち、開口面の切り口が円形のものが多い。ビーム角の鋭いペンシルビームで電力を送信し、高利得である。開口面アンテナが使用されるのは、マイクロ波帯(通常 900MHz 以上)のシステムである。

これらの開口面アンテナは指向性が非常に鋭いため、主ビーム以外の方向では、重大なマイクロ波ばく露の可能性は大幅に低くなっている。通常、人間がマイクロ波ばく露する可能性のある場所での電力束密度は、主ビーム(軸上)の電力束密度に比べてかなり低い。

近傍領域および遷移領域における軸外の計算については、ある地点が主ビーム中心から少なくともアンテナの直径以上離れていれば、その地点の電力束密度は、主ビームにおける同等距離での計算値の少なくとも 100 分の 1 (-20dB) となる。

開口面アンテナからのマイクロ波の電力束密度を算出するため、アンテナ理論と実測に基づいた実験モデルが作成されている。円形の切り口を持つパラボラ開口面アンテナについては、この実験モデルから得られた以下の情報および算出式を用いて、当該システムの周囲の電力束密度を算出することができる。

(1) アンテナ表面

アンテナ表面での最大電力束密度  $S_{\text{surface}}$  は、次式で算出することができる。

$$S_{\text{surface}} = \frac{4P}{A} \quad (5.8)$$

ここに、 $P$  はアンテナ入力電力、 $A$  は開口面アンテナの物理的面積である。

(2) 近傍領域

主ビームの近傍領域、即ちフレネル領域では、電力束密度が距離とともに減衰し始める前に、いったん最大値に到達する可能性がある。ここで、近傍領域の範囲は、アンテナ開口面からの距離が次式で与えられる  $R_{\text{nf}}$  より近傍となる領域とする。 $(D$  および  $\lambda$  は同一単位とする)。

$$R_{\text{nf}} = D^2/4\lambda \quad (5.9)$$

ここに、 $D$  は最大アンテナサイズ (円形の場合は直径)、 $\lambda$  は波長である。

軸上 (主ビーム) の電力束密度の大きさは距離  $R$  に依存する。しかし、近傍領域における軸上の電力束密度の最大値  $S_{\text{nf}}$  は距離に依存せず、次式であらわすことができる。

$$S_{\text{nf}} = 16 \frac{\eta P}{\pi D^2} \quad (5.10)$$

ここに、 $\eta$  は開口面効率 (通常 0.5 から 0.75)、 $P$  はアンテナ入力電力、 $D$  は最大アンテナサイズ (直径) である。

円形開口面の開口面効率  $\eta$  の概算値は、実効開口面積と物理的面積の比から次のように求められる。

$$\eta = \frac{\frac{G\lambda^2}{4\pi}}{\frac{\pi D^2}{4}} = \frac{G\lambda^2}{(\pi D)^2} \quad (5.11)$$

ここに、 $G$  はアンテナの絶対利得、 $\lambda$  は波長、 $D$  は最大アンテナサイズ (直径) である。

アンテナの絶対利得  $G$  がわからない場合には、実際の、または推測した開口面効率を使って次式で算出することができる。

$$G = 4\pi \eta A / \lambda^2 \quad (5.12)$$

ここに、 $\eta$  は開口面効率、 $\lambda$  は波長、 $A$  はアンテナの物理的面積である。

(3) 遷移領域

遷移領域における電力束密度はアンテナからの距離に反比例して減少し、遠方領域 (フラウンホーファー領域) における電力束密度は距離の二乗に反比例して減少する。マイクロ波ばく露の評価において、遠方領域の開始点 (遷移領域の限界点) までの距離  $R_{\text{ff}}$  は、以下の方程式により算出することができる。

$$R_{ff} = 0.6D^2 / \lambda \quad (5.13)$$

ここに、 $D$ は最大アンテナサイズ（直径）、 $\lambda$ は波長である。

遷移領域は、アンテナ開口面からの距離が、(5.9)式より算出される  $R_{nf}$  から(5.13)式により算出される  $R_{ff}$  までの範囲ということになる。問題の地点がこの遷移領域にある場合、軸上での電力束密度  $S_L$  は次式により算出される。

$$S_L = S_{nf} \times \frac{R_{nf}}{R} \quad (5.14)$$

ここに、 $S_{nf}$  は(5.10)式で算出した近傍領域での最大電力束密度、 $R_{nf}$  は(5.9)式で算出した近傍領域の範囲、 $R$  はアンテナからの距離である。

### 5.3.3 中波放送用モノポールアンテナ

中波放送局で最も一般的に用いられる頂冠付きモノポールアンテナ近傍の電磁界強度は、文献[3],[4]を参考にして導出した式を用いて算出することができる。

この式の適用にあたっては、アンテナの波長短縮率  $s$ 、頂冠の補正係数  $\kappa$  に適切な数値を当てはめて評価することとする。 $s$ 、 $\kappa$  は測定値との比較をし、最も良く一致する値を採用することとするが、測定による比較が不可能な場合は暫定値として  $s=0.88$ 、 $\kappa=0.7$  を用いて評価する。

#### (1) 頂冠の等価長

頂冠の等価長は、大地が完全導体のとき次式で示され

$$l' = \frac{\tan^{-1}(\omega C Z_0)}{k_a} \quad (5.15)$$

る。ここで、 $Z_0$  は円管柱の特性インピーダンス、 $C$  は大地に対する頂冠の静電容量である。

図1(頂冠アンテナと座標系)の記号を用いれば、 $\kappa$  は

$$Z_0 = 60 \left( \ln \left( \frac{2l}{d} \right) - \ln \sqrt{3} \right) \quad (5.16)$$

$$C = 4\kappa \epsilon_0 D \quad (5.17)$$

頂冠が金属円板でないことによる補正係数で、通常 0.6~0.8 の値をとる。

また、 $s$  はアンテナ上の伝搬定数  $k_a$  を決める係数で、 $k_a = k_0 / s$  の関係があり、通常 0.85~0.9 である。

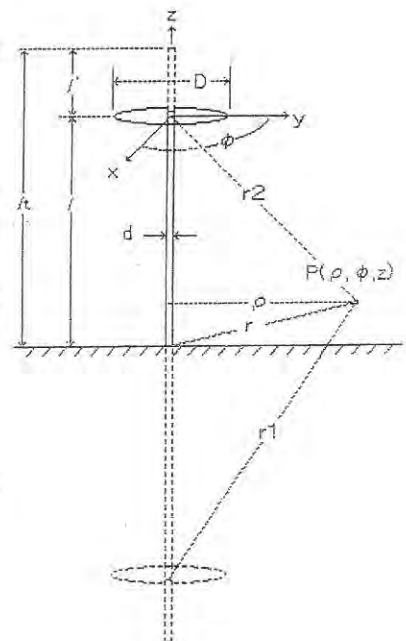


図1 アンテナと座標系

#### (2) アンテナの電流波腹値

図1の  $z$  軸上の任意の点  $\xi$  の電流は次式で表される。

$$I(\xi) = I_0 \sin(ka(lt - |\xi|)) \quad (5.18)$$

$$I_0 = \frac{\sqrt{\left(\frac{P_t}{R_f}\right)(R_f^2 + X_f^2)}}{Z_0 \cos(ka \cdot lt)} \quad (5.19)$$

ここで、 $l_t$  はアンテナの全長 ( $=|+l'$ ) である。また、 $I_0$  は電流波腹値で、アンテナ基部の給電点の入カインピーダンス  $Z_f (=R_f + jX_f)$  と空中線電力  $P_t$  とから計算される。

入カインピーダンスは Hallen の係数  $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2$  (参考文献[8]) を用いて、次式で表される。

ただし、 $\Omega = 2 \ln(4l_t/d)$  である。

$$Z_f = -j30 \frac{\Omega \cos(ka \cdot l_t) + \alpha_1 + \alpha_2/\Omega}{\sin(ka \cdot l_t) + \beta_1/\Omega + \beta_2/\Omega^2} \quad (5.20)$$

### (3) 電界強度の表示式

アンテナ上に (5.18) 式の電流が流れているとき、観測点  $P(\rho, \phi, z)$  におけるベクトルポテンシャル  $A$  は、 $z$  成分だけとなり次式で表される。

$$A_z = \frac{\mu_0}{4\pi} \int_{-l}^l \frac{I(\xi) e^{-jk_0 r}}{r} d\xi \quad (5.21)$$

ただし、 $r = \sqrt{\rho^2 + (z - \xi)^2}$

一方、電磁界は一般的にベクトルポテンシャル  $A$  と次の関係にある。

$$\begin{aligned} E &= -j\omega A + \left( \frac{1}{j\omega \epsilon_0 \mu_0} \right) \nabla (\nabla \cdot A) \\ H &= \left( \frac{1}{\mu_0} \right) \nabla \times A \end{aligned} \quad (5.22)$$

従って、 $A_z$  による放射電磁界の各成分は次式となる。

$$\begin{aligned} E_z &= -j\omega A_z - j \frac{(\omega/k_0^2) \partial^2 A_z}{\partial z^2} \\ E_\rho &= -j \frac{(\omega/k_0^2) \partial^2 A_z}{\partial \rho \partial z} \\ H_\phi &= - \frac{(1/\mu_0) \partial A_z}{\partial \rho} \\ E_\phi &= H_z = H_\rho = 0 \end{aligned} \quad (5.23)$$

(5.21) 式を (5.23) 式に代入して放射電磁界強度が求められるが、(5.21) 式に含まれる伝搬定数が、 $I(\xi)$  ではアンテナの  $ka$ 、指数部項では自由空間の  $k_0$  であるため、演算が極めて難しくかつ複雑になる。このため、(5.21) 式を (5.23) 式に代入し、電磁界の各成分について微分演算を行い、電磁界成分を積分型の表示式にし、数値積分で電磁界強度を計算する。

各電磁界成分の積分表次式を示すと次のようになる。

$$E_z = -j \frac{\omega \mu_0 I_0}{4\pi k_0} \int_{-l}^l \sin k_a (l_t - |\xi|) \left[ \left\{ \frac{k_0}{r} - \frac{1}{k_0 r^3} - \frac{k_0 (\xi - z)^2}{r^3} + \frac{3(\xi - z)^2}{k_0 r^5} \right\} (\cos k_0 r - j \sin k_0 r) d\xi \right. \\ \left. + j \left\{ -\frac{1}{r^2} + \frac{3(\xi - z)^2}{r^4} \right\} \right] \quad (5.24)$$

$$E_\rho = -j \frac{\omega \mu_0 I_0}{4\pi k_0} \int_{-l}^l \sin k_a (l_t - |\xi|) \rho (z - \xi) \left\{ -\frac{k_0}{r^3} + \frac{3}{k_0 r^5} \right\} + j \frac{3}{r^4} \left\{ (\cos k_0 r - j \sin k_0 r) d\xi \right\} \quad (5.25)$$



$$H \phi = \frac{I_0}{4\pi} \int_{-l}^l \sin k_a (lt - |\xi|) \rho \left\{ \frac{1}{r^3} + j \frac{k_0}{r^2} \right\} (\cos k_0 r - j \sin k_0 r) d\xi \quad (5.26)$$

ただし、空中線からの距離  $r$  は

$$r = \sqrt{\rho^2 + (z - \xi)^2} \quad (5.27)$$

とする。(  $\xi$  はアンテナ上の任意の点)

電界および磁界の合成値は

$$\begin{aligned} E_c &= \sqrt{(|E_z|^2 + |E_\rho|^2)} \\ H_c &= |H_\phi| \end{aligned} \quad (5.28)$$

で求められる。

なお、PCによる積分計算では次の変換を行い、プログラムコードを作成する。

$$\begin{aligned} d\xi &\rightarrow \nabla \xi = \frac{2l}{n} \\ \xi &\rightarrow \xi_i = -l + \nabla \xi \cdot i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \\ r &\rightarrow r_i = \sqrt{(\rho^2 + (z - \xi_i)^2)} \end{aligned} \quad (5.29)$$

近傍電界の実測データがある場合は、計算時に係数を上下に僅か変えて、仮定係数毎に距離対電磁界のカーブを作成し、現場における実測値と良く一致するものを選択する。

これにより、当該空中線の正確な定数が決定でき、測定点以外の電磁界を計算で推定できる。

トラス式など円管柱式アンテナではない場合は、計算により求められる  $Z_f$  から円管柱と等価になる半径を導出し、上式にて電磁界強度を推定する。

#### 5.3.4 カーテンアンテナ (短波国際放送用)

短波国際放送に用いられているカーテンアンテナによる電磁界強度は、カーテンアンテナを構成する各々の放射素子による合成電磁界強度として求めることができる。

合成電磁界を求めるには、大地による反射、反射器を有する場合はその反射を考慮しなければならないが、それぞれ完全反射とみなして計算する。

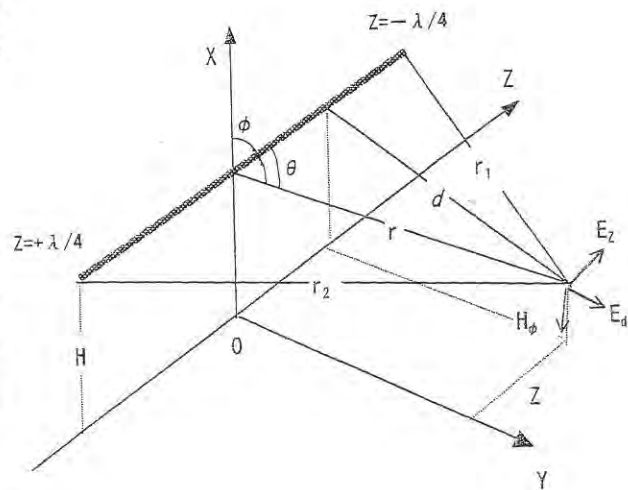


図2 水平ダイポールの座標系

各放射素子は、各々半波長等価ダイポールアンテナで置き換えられ、各素子は同位相、等電力で給電されているものと仮定する。

ここで、1個の半波長ダイポールによる電磁界は、次式で与えられる。

$$E_z = \frac{-jkI}{4\pi\omega\epsilon} \left\{ \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} + \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} \quad (5.30)$$

$$E_d = \frac{-jkI}{4\pi\omega\epsilon d} \left\{ \left( Z + \frac{\lambda}{4} \right) \frac{\exp(-jkr_1)}{r_1} + \left( Z - \frac{\lambda}{4} \right) \frac{\exp(-jkr_2)}{r_2} \right\} \quad (5.31)$$

$$H_\phi = \frac{jI}{4\pi d} \{ \exp(-jkr_1) + \exp(-jkr_2) \} \quad (5.32)$$

ここで、

$\omega$  ; 角周波数、 $k$  ; 位相定数、

$\epsilon$  ; 自由空間の誘電率

$r_1$ 、 $r_2$ 、 $d$ 、 $Z$ 、 $E_z$ 、 $E_d$ 、 $H_\phi$  は図2に示す。

又、 $I$  は、空中線電力、素子数、各素子の入力インピーダンス等により求める。

#### 5.4 算出式を用いた適合性確認法

##### 5.4.1 算出対象となる空間

人が通常、集合し、通行し、その他出入りする場所を対象とする。高さについては、地上では0から2mの範囲とする。通常、アンテナはビルの屋上や鉄塔などの高い位置に設置されることが多いため、2mの位置で算出することにより、最悪の場合の評価を与えることが多い。

##### 5.4.2 空間平均の取り方

アンテナの近傍や周囲反射波の影響等で対象とする空間の電磁界強度が不均一である場合は、補助指針で定めるように、人体の占める空間に相当する全領域の電力束密度分布の空間的な平均値(電界強度又は磁界強度の場合は自乗平均値の平方根)を算出し、これと指針値とを比較して適合性を確認しても良い。

##### 5.4.3 時間平均が必要な場合(レーダーパルス、デジタル変調等)

レーダー波など、輻射形式が間欠的である場合は、アンテナ入力電力に代わり、デューティファクタを用いアンテナ入力電力の時間平均を用いることで評価することができる。

パルス幅を $\tau$ 、パルス繰り返し周波数を $f_p$ とすると、デューティファクタ $F$ は、

$$F = \tau \cdot f_p \quad (5.33)$$

と表される。この時のアンテナ入力電力の尖頭値 $P$ に対する時間平均 $\langle P \rangle$ は、

$$\langle P \rangle = P \cdot F \quad (5.34)$$

で表される。

ただし、繰返し周期が6分より長い場合は、6分間での時間平均の最大値を求める必要がある。

#### 5.4.4 アンテナの回転を考慮する場合

レーダーなど、アンテナが回転している無線設備の場合には、アンテナ回転による補正係数を考慮した時間平均をとったアンテナ入力電力を用いる。

アンテナ回転補正係数  $K$  は、次のように定義される。

遠方領域においては、アンテナの水平面ビーム幅を  $\theta_{BW}$  の矩形と仮定し補正係数を算出している。アンテナ回転補正係数  $K$  は、

$$K = \theta_{BW} / 360 \quad (5.35)$$

となる。

近傍領域及び遷移領域においては、アンテナ径の範囲内に電力束密度が集中しているため、アンテナビーム幅に代わり、距離  $R$  におけるアンテナ直径の見込み角  $\psi$  を使用し、補正係数を算出する。アンテナ回転補正係数  $K$  は、

$$K = \psi / 360 \quad (5.36)$$

$$\text{ただし、} \psi = 2 \tan^{-1}(D/2R) \quad (5.37)$$

となる。

アンテナ入力電力の尖頭値  $P$  に対して、デューティファクタ、アンテナ回転による平均化補正係数を考慮した時間平均をとったアンテナ入力電力  $\langle P \rangle$  は、

$$\langle P \rangle = P \cdot F \cdot K \quad (5.38)$$

で表される。

#### 5.4.5 周波数の異なる複数波の場合

入射波が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分から成る場合は、それぞれの入射波の電力束密度、電界強度又は磁界強度を算出し、それぞれ指針値に対する割合を算出し、それらの和（電界強度又は磁界強度においては、自乗和）を得る。この値が1を超えなければ、指針値を満たすと評価される。

## 6 標準測定方法

### 6.1 標準測定方法の性格と構成

本章で示す標準測定方法は、通常入手可能な一般的な測定器を用いて行う方法で、簡便に測定を行う方法を示したものである。適正な工学的技術に基づいたものであれば、ここに示す測定方法と異なる方法を用いても良い。

本測定法においては、任意の方向・偏波を持つ電波の電磁界強度を正確に測定することが目的であり、このためには、入射波の直交3軸成分実効値の二乗和の平方根を測定することが基本となる。

この値を測定する方法には大きく分けて、次の2種類の方法がある。

- ・専用の等方性電磁界プローブを用いる方法
- ・汎用の測定器を用いる方法

等方性電磁界プローブは、6.2.1 に示す特徴を有しており、上記の測定が簡便に行える。汎用の測定器を用いる方法は、等方性電磁界プローブでは十分な測定が行い得ない場合(6.2.3 参照)や現在市販されている電磁界プローブの測定可能周波数範囲(電界:10kHz-50GHz 磁界:300kHz-1GHz 別紙4参照)以外の周波数でも測定を行うことができる。

### 6.2 等方性電磁界プローブによる方法

#### 6.2.1 等方性電磁界プローブの構成と特徴

等方性電磁界プローブは、アンテナ部、検波部、指示計等から構成されている。アンテナ部は、直交する3軸のアンテナエレメント(微小ダイポールまたは微小ループ)からなり、各エレメントの応答を合成処理することにより偏波や到来方向に依存しない特性を得ようとするものである。検波の方式によって、ダイオード検波型と熱電対検波型がある。ダイオード検波型はパルス波のように振幅変動幅の大きいものに対する応答が良いとは言えず、2乗検波特性から外れるため、必ずしも正しい電力(実効値)を指示するとは限らない。熱電対検波型はパルスの電力(実効値)を指示することができるが、許容入力範囲が狭いため、過大な入力があると破壊されるおそれがある。指示計はプローブのセンサ部(アンテナ部、検波部)と一体になったものや、両者を分離して、その間を光ファイバで接続するものがある。

等方性電磁界プローブは、

- ①空間分解能が高い
- ②波源との結合性が小さい
- ③偏波が不明でも最大値を簡便かつ正確に測定することが可能である

等の特徴を持ち、使用するプローブの特徴を理解して使用すれば、狭い空間内や



放射源近傍の測定等に簡便に利用できる。

## 6.2.2 等方性電磁界プローブの条件

### (1) 等方性

対象無線局の周波数範囲において、電磁波の入射方向に対する応答の変動が 3 dB 以内であること。

### (2) 周波数特性

対象無線局の周波数範囲において、周波数に対する振幅特性の応答が平坦であること。(通常、ある周波数範囲における応答偏差という形で示される。)また、その周波数範囲以外の電磁波に対する応答が明らかであること。

### (3) 振幅特性

対象無線局の周波数範囲において、正確に測定できる電磁界レベルの範囲が明らかであること。また、プローブおよび付属のケーブル等が測定する物理量以外の物理量に応答しないこと。(例えば、微小ループを用いたプローブは電界に対して応答しないこと。)

### (4) 応答時間

1 秒以内であること。

## 6.2.3 測定方法

### (1) 基本的な測定手順

- ・ 確認の対象となる測定地点において、人体の占める空間にわたり、プローブを走査して最大値を探る。
- ・ 各測定点における平均時間は、原則として 6 分間 (100kHz 以下は 1 秒未満) とする。但し、対象無線局の電波の変調特性から考えて 6 分間より短い時間で 6 分間の平均値が得られると考えられる場合は適宜平均時間を短縮しても良い。
- ・ この方法による測定値が指針値を超える場合は、補助指針に定める条件を満たす空間での空間平均をとった値を測定値とする。空間平均をとるポイントは原則として、300MHz 未満の周波数においては 20cm 間隔、300MHz 以上の周波数では 10cm 間隔とする。また、人体が占める空間に相当する場所における最大値を測定し、補助指針に定める値のうち最小の値と比較する。
- ・ 上記各項の手順により、対象となる領域において、アンテナの指向性が広い場合は、最大輻射方向を含み、送信アンテナを中心に少なくとも 45 度間隔、アンテナの指向性が狭い場合はメインローブ、サイドローブの方向にて測定を行うこと。

### (2) 等方性電磁界プローブ使用上の注意点

人体や偏波の影響を受けないようにプローブを保持すること。例えば、プローブのアンテナ部分や高抵抗線の部分を持たないこと。また、電界プローブの軸が電界と平行にならないようにすること。

測定用プローブと電磁波源、大地、金属物体などとの結合を避けるため、これらの間の最小距離は、原則として 300MHz 未満の周波数では 20cm 以上、300MHz 以上の

周波数では10cm以上とすること。

(3) 複数波が存在する環境における測定の注意点

電磁界プローブは、一般に非常に広帯域であるので、他の無線局の電波の影響が無視できない場合は使用してはならない。この場合は、6.3に示す周波数同調型測定系を使用する必要がある。

(4) パルス波の場合の注意点

パルス波の測定に電磁界プローブを用いる時は、熱電対型の電磁界プローブを用いること。

### 6.3 汎用の測定器による方法

#### 6.3.1 測定系の構成と特徴

基本的には、一般の電磁界強度測定と同様にアンテナ部（給電ケーブルを含む）と汎用の測定器を組み合わせ測定を行う。

測定系は、周波数同調型測定系と周波数非同調型測定系に分類される。

周波数同調型測定系は特定の周波数に同調し、その周波数を中心とした帯域幅内にある電磁界に対してのみ応答する測定系である。周波数同調型の測定器としては、スペクトラムアナライザ、妨害波測定器、電界強度測定器などがある。

この測定系は、同調可能な周波数範囲は極めて広く（例えば10kHz～18GHz）、また受信感度が高く、応答時間が極めて短い。測定対象波が複数波である場合でも、各周波数成分を分離してそのレベルが測定可能なので、複数波の測定に適している。

なお、パルス波のようにその占有する帯域幅が測定器の分解能帯域幅より広い場合は正しいレベルを示していないことに注意する必要がある。

周波数非同調型測定系は、広い周波数にわたり電磁界レベルに対する出力値が均一な応答を示す測定系である。基本的な構成としては、広帯域アンテナと広帯域特性を持つ測定器を用いる。具体的な測定器としては、ダイオード検波器とオシロスコープ等の時間波形測定器、パワーセンサとパワーメータなどの組み合わせがある。前者は、電磁界の包絡線の時間波形を測定し、後者は電磁界の実効値を測定できる。このため、パルス波の測定のように時間的に変動する電磁界の測定に適している。但し、感度は周波数同調型測定系に比べて悪い。

#### 6.3.2 測定系の条件

(1) アンテナ

測定対象の無線局に応じて、適切なアンテナを用いる。ただし、そのアンテナ係数が既知であること。

## (2) 測定器

測定器の測定可能周波数範囲、周波数分解能帯域幅（周波数同調型測定系のみ）、入力感度、検波方式、最大許容入力既知であること。入力インピーダンスが測定ケーブルと整合していること。強電磁界測定を対象としているので、測定器およびケーブルに十分なシールド特性があること。測定対象以外の高周波電磁界および低周波電磁界の影響を受けないこと。

### 6.3.3 測定方法

#### (1) 基本的な測定手順

- ・ 確認の対象となる測定地点において、人体の占める空間にわたり、測定アンテナを走査して最大値を探る。
- ・ この場合、測定アンテナの向き及び偏波面は受信電圧が最大になるように配置し、その値を測定する。例えば、送信アンテナの偏波面等の特性が既知の場合は、そのアンテナの偏波面に測定アンテナの偏波面を合わせて測定する。但し、偏波損失を考慮した次の補正值を加えることとする。
  - ア 波源が直線偏波アンテナで、測定アンテナが円偏波アンテナの場合 3dB
  - イ 波源が円偏波アンテナで、測定アンテナが直線偏波アンテナの場合 3dB
- ・ 各測定点における平均時間は、原則として6分間（100kHz以下は1秒未満）とする。但し、対象無線局の電波の変調特性から考えて6分間より短い時間で6分間の平均値が得られると考えられる場合は適宜平均時間を短縮しても良い。
- ・ この方法による測定値が指針値を超える場合は、補助指針に定める条件を満たす空間での空間平均をとった値を測定値とする。空間平均をとるポイントは原則として、300MHz未満の周波数においては20cm間隔、300MHz以上の周波数では10cm間隔とする。また、人体が占める空間に相当する場所における最大値を測定し、補助指針に定める値のうち最小の値と比較する。
- ・ 上記各項の手順により、対象となる領域において、アンテナの指向性が広い場合は、最大輻射方向を含み、送信アンテナを中心に少なくとも45度間隔、アンテナの指向性が狭い場合はメインローブ、サイドローブの方向にて測定を行うこと。

#### (2) 測定器使用上の注意点

測定場所において、測定アンテナからケーブルを取り外し、ケーブル端を整合負荷で終端した時のレベルが、測定アンテナを接続した時のレベルに比べ無視できるほど小さいことを確認すること。

測定アンテナと電磁波源、大地、金属物体などとの結合を避けるため、これらの間の最小距離は、原則として300MHz未満の周波数では20cm以上、300MHz以上の周波数では10cm以上とすること。

なお、測定アンテナのサイズは専用の電磁界プローブと比べて大きいため、電磁波源、大地、金属物体などとの結合が大きくなることに注意すること。

測定アンテナを走査する時は、人体の影響が小さくなるように注意すること。

(3) 複数波の測定の注意点

周波数同調型測定系を用いる。6.3.3の(1)の方法に従って、各周波数成分ごとに入射波の最大値を測定すること。(最大点、最大方向は必ずしも一致しないことに注意する)。各周波数成分ごとに指針値に対する割合を算出し、それらの和(電界強度又は磁界強度においては、自乗和)が1を超えなければ、指針値を満たすと評価される。

(4) パルス波の測定の注意点

周波数非同調型測定系を用いる。ダイオード検波器とオシロスコープを用いた場合は、時間波形より平均値を計算すること。

6.4 測定上の注意事項

- (1) 測定に際して測定場所に立ち入る場合には、予め電磁界強度を推定し必要に応じて防護対策を講じるなど、測定者の安全を確保することが重要である。
- (2) 測定系の選定を誤らないこと。例えば、ダイオード検波型の等方性電磁界プローブを用いてレーダ波を測定したような場合は、電磁界強度を過小評価することがある。
- (3) 測定空間の内又は近傍に反射物等がある場合は、測定位置のわずかな変化に対して、電磁界強度が複雑に変化し局所的に大きくなることがあるので、測定位置の選定に注意すること。
- (4) 指向性を有するアンテナを用いる場合には、その指向特性(水平・垂直)を十分考慮し、主輻射方向以外の方向からの入射波の影響についても考慮すること。
- (5) 測定実施時には、測定者及び測定系に起因する電磁界のじょう乱を極力避けるように配慮すること。特に、時間的に変化している電磁界を測定している間は、測定者、アンテナ及び周囲の物体は移動させないこと。また、走査測定に伴って生じる電磁界の変動が、空間的な変動か、時間的な変動かを区別するため、走査を遅くするなど十分な注意を払いながら測定を実施すること。
- (6) 測定機器は、環境条件(温度、湿度、振動、電磁界など)の影響を受ける場合があるので注意すること。
- (7) 測定系は較正されたものを用い、構成機器の経過年数、使用頻度などに応じて定期的に較正を実施することが望ましい。
- (8) 測定に用いた測定器の型番、特性等を記録しておくことが望ましい。



## 7 課題

誘導電流、接触電流の測定については、現在測定法、測定器が十分に確立しているとは言えず、様々な技術的な課題が存在する。今後も、測定法、測定器の研究、開発を引き続き推進し、誘導電流、接触電流の測定技術が確立されることが望まれる。

また、電波防護指針適合性確認のための電磁界プローブの開発（1GHz以上の磁界プローブ、複数波が測定できるプローブ）の推進や国内における較正体制の充実が望まれる。

別紙1 遠方領域の算出式を近傍領域に適用した場合の電磁界強度算出結果の検討

果の検討

1 目的

半波長ダイポールアンテナを例にとり、その近傍電磁界を3種の方法で計算・比較し、遠方領域の近似式が、厳密な近傍領域の算出法に比べて、より過大側の結果を与えることを示す。

2 計算手法

図1に座標系を示す。

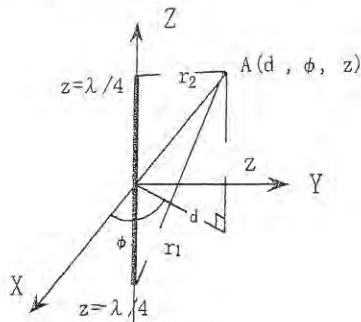


図1 円筒座標系

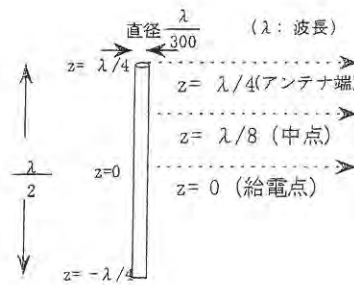


図2 距離特性の計算範囲

(1) 近似式(遠方領域の式)

電界強度  $E = \frac{\sqrt{30PG}}{d} (V/m)$

P: アンテナ入力電力(W)

G: アンテナ絶対利得(1.64)

磁界強度  $H = \frac{E}{120\pi} (A/m)$

d: アンテナからの距離(m)

なお、上式は遠方領域の電力束密度の式(基本算出式)  $S = \frac{PG}{4\pi d^2} (W/m^2)$  と等価。

(2) 数値計算法

モーメント法による数値電磁界解析プログラム(NEC2)(文献[5])を使用。

(分割数: 11、ワイヤー直径:  $\lambda/300$ )

(3) 完全半波長空中線(太さがゼロ、損失ゼロ、正弦状電流分布)の理論式(文献[7])

図1において、A点での電磁界は、以下の式で与えられる。ここで、Iは給電点での電流、 $\epsilon$ は空間の誘電率である。また、 $\omega = 2\pi f$ 、 $k = 2\pi/\lambda$  ( $f$ : 周波数、 $\lambda$ : 波長)である。

$$\begin{cases} E_z = -\frac{jkI}{4\pi\omega\epsilon} \left( \frac{e^{-jkr_1}}{r_1} + \frac{e^{-jkr_2}}{r_2} \right) \\ E_d = \frac{jkI}{4\pi\omega\epsilon d} \left\{ \left( Z + \frac{\lambda}{4} \right) \frac{e^{-jkr_1}}{r_1} + \left( Z - \frac{\lambda}{4} \right) \frac{e^{-jkr_2}}{r_2} \right\} \\ H\varphi = \frac{jI}{4\pi d} (e^{-jkr_1} + e^{-jkr_2}) \end{cases}$$

### 3 計算結果

図2に計算範囲を、図3、図4に各点に対応する波長で規格化した電界、磁界の距離特性を示す。

#### 3.1 電界について

##### (1) 給電点 ( $z=0$ )

電界は、1波長以上離れるといずれの方法でも同じ値となる。1波長以下においても、遠方領域の式が他の方法による値より大きい。なお、理論式は線の太さを考えていないので、モーメント法(NEC2)の方が極近傍では正しいと予想される。

##### (2) 中点 ( $z=\lambda/8$ )

1波長以上離れるといずれの方法でも同じ値となる。1波長以下においても、遠方領域の式が他の方法による値より大きい。

##### (3) アンテナ端 ( $z=\lambda/4$ )

1波長以上離れるといずれの方法でも同じ値となる。1波長以下では、基本的に遠方領域の式が他の方法による値より大きい。但し、モーメント法(NEC2)の結果のみ、遠方領域の値を上回るが、それはアンテナの太さと同程度となる極近傍( $\lambda/500$ より近いところ)のみ。なお、極近傍においてモーメント法(NEC2)の結果が必ずしも正しいとは限らない。

#### 3.2 磁界について

##### (1) 給電点 ( $z=0$ )

3種とも同じ結果を与える。この場合は、近似式も近傍まで正しい。

##### (2) 中点 ( $z=\lambda/8$ )

約1波長以上離れるといずれの方法でも同じ値となる。近傍では近似式が最大の結果を与える。

##### (3) アンテナ端 ( $z=\lambda/4$ )

中点( $z=\lambda/8$ )の場合と同様の結果。

### 4 結論

半波長ダイポールアンテナの場合について、近似式(遠方領域の式)による算出値は、近傍領域ではより厳密な手法による算出値に比べ、過大となることを示した。

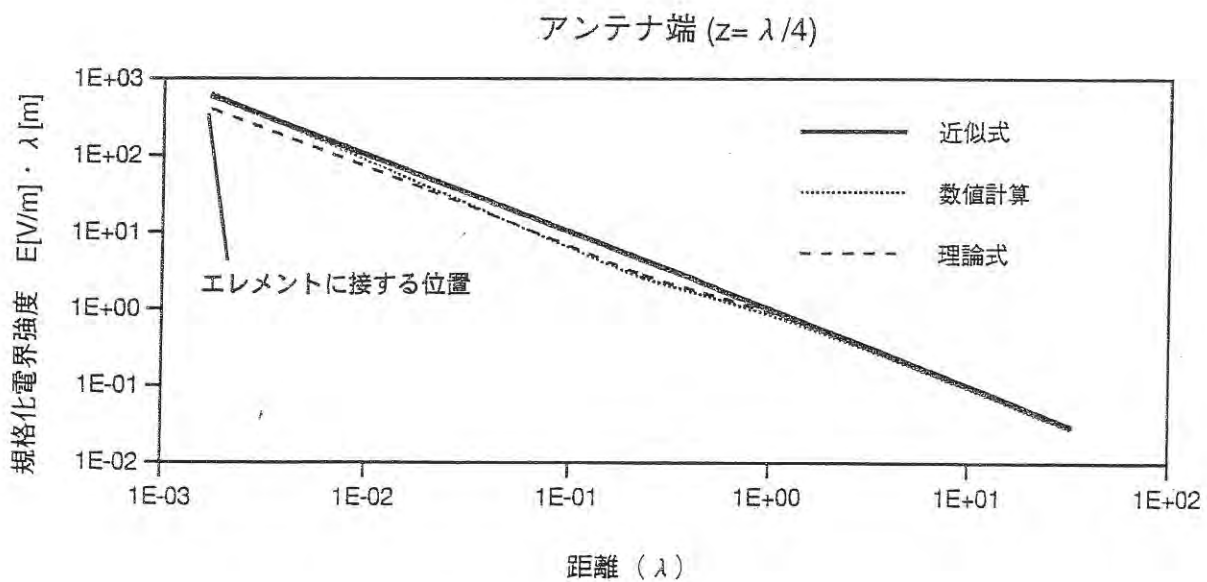
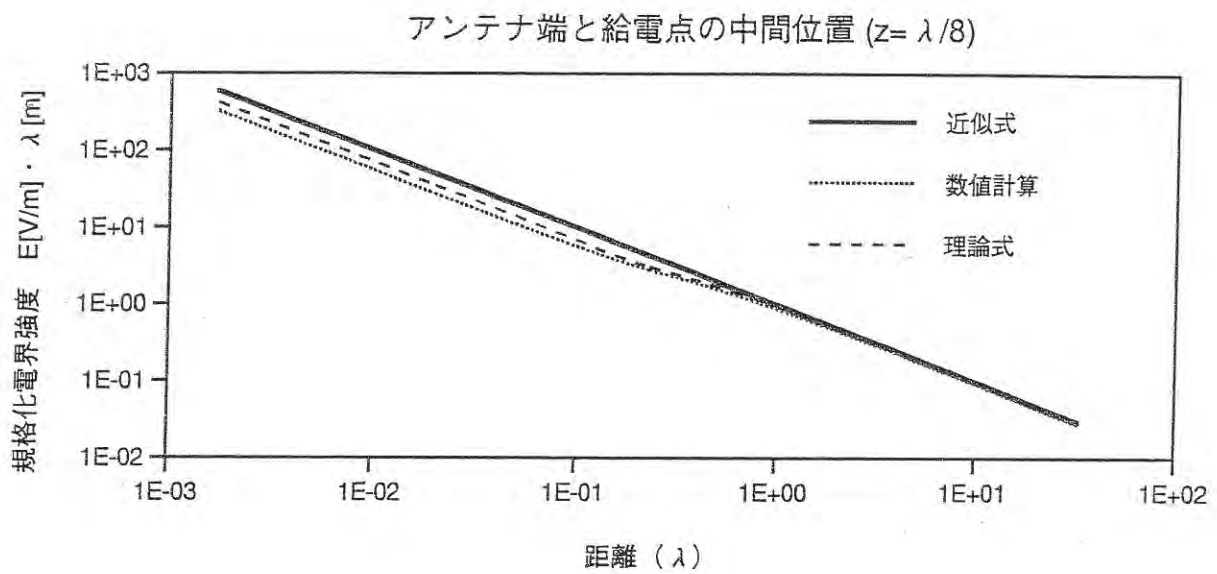
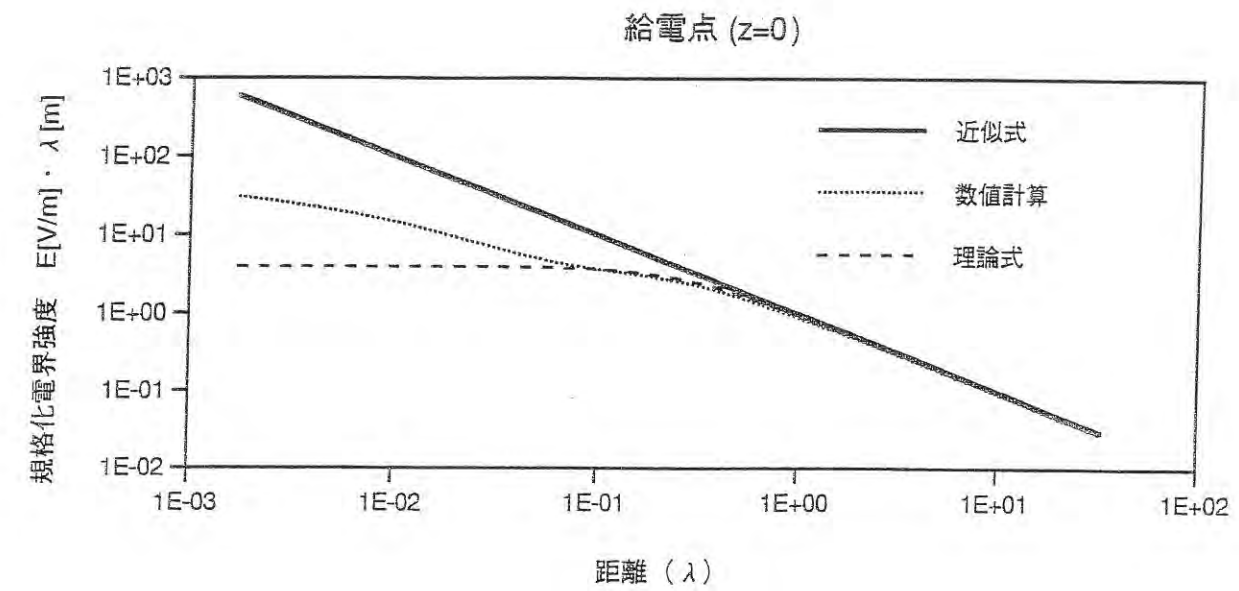
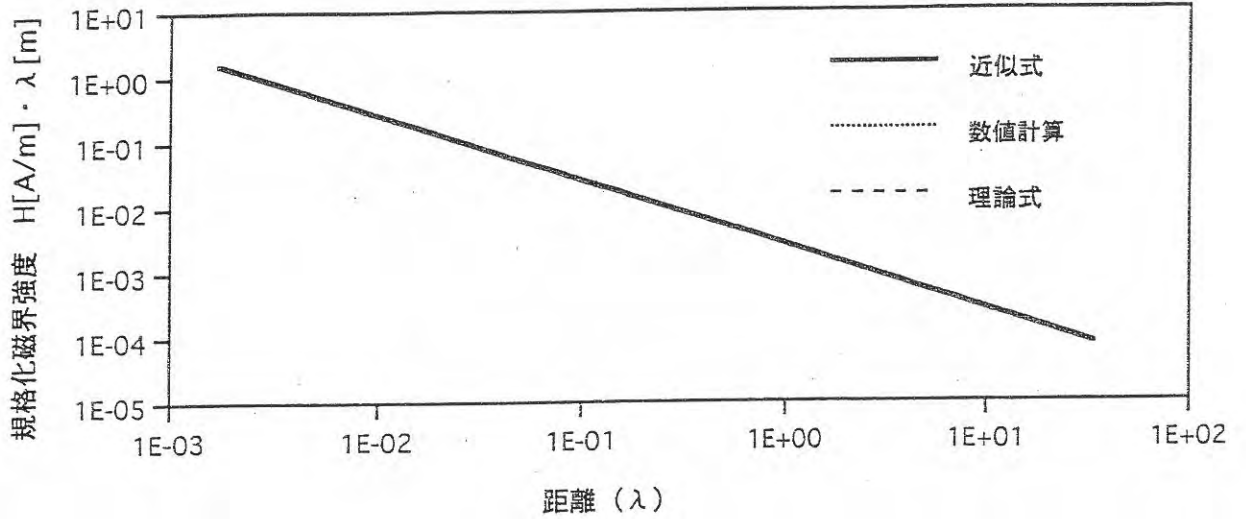


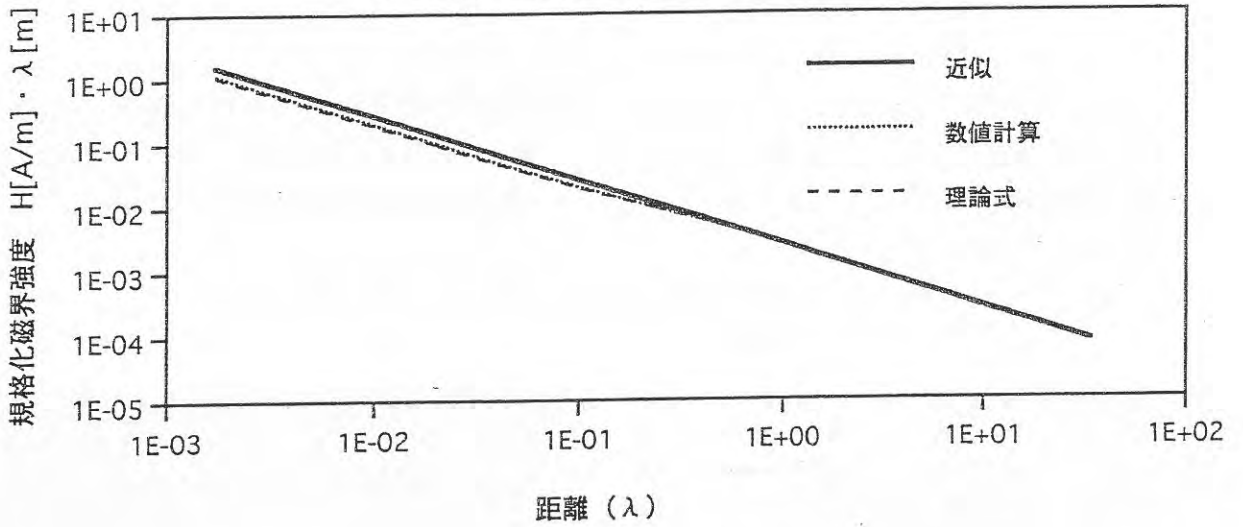
図3 各点における電界強度の距離特性  
半波長ダイポールアンテナ アンテナ入力：20mW



給電点 ( $z=0$ )



アンテナ端と給電点の中間位置 ( $z=\lambda/8$ )



アンテナ端 ( $z=\lambda/4$ )

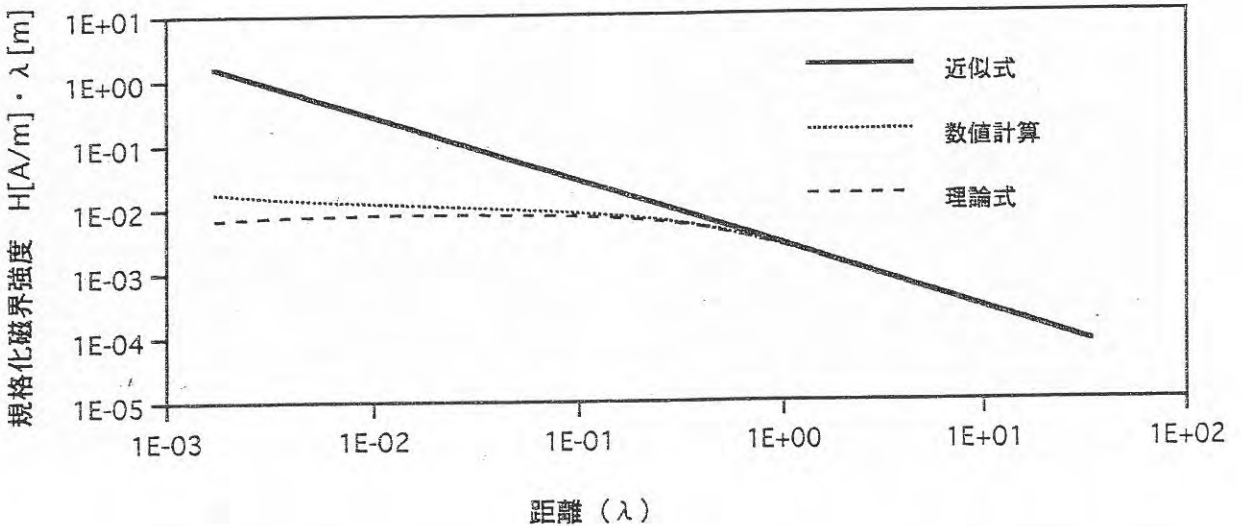


図4 各点における磁界強度の距離特性  
半波長ダイポールアンテナ アンテナ入力：20mW

別紙2 FM、テレビジョン放送局に使用されるアンテナの垂直面指向性減

衰量について

国内における、FM、テレビジョン放送局に使用される代表的なアンテナとしては、次のものが挙げられる。

- ① 八木アンテナ
- ② スーパーゲインアンテナ
- ③ 双ループアンテナ
- ④ コーナーアンテナ
- ⑤ 2ダイポールアンテナ
- ⑥ スーパーターンスタイルアンテナ（水平偏波のみ）
- ⑦ 棒型アンテナ（水平偏波のみ）

上に示す各アンテナについて、アンテナの垂直面指向特性の実測値を得、検討した結果、素子を2段以上積み重ねたアンテナでは、俯角45度以上においては垂直面指向性減衰量が10 dB以上であることから、垂直面指向性減衰量を一律10 dBとして評価してよいこととした。

各アンテナについて、代表的な垂直面指向特性のグラフを以下に示す。

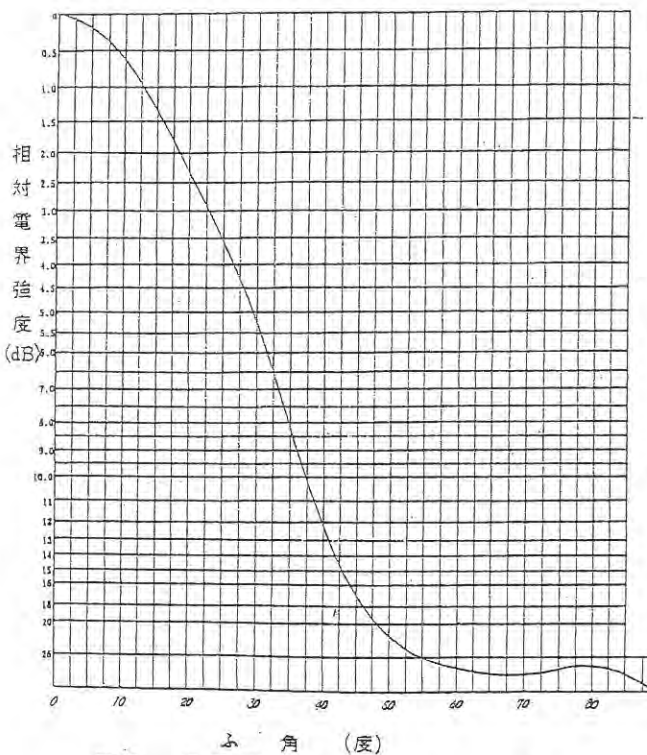


図1 2段5素子八木アンテナ（水平）

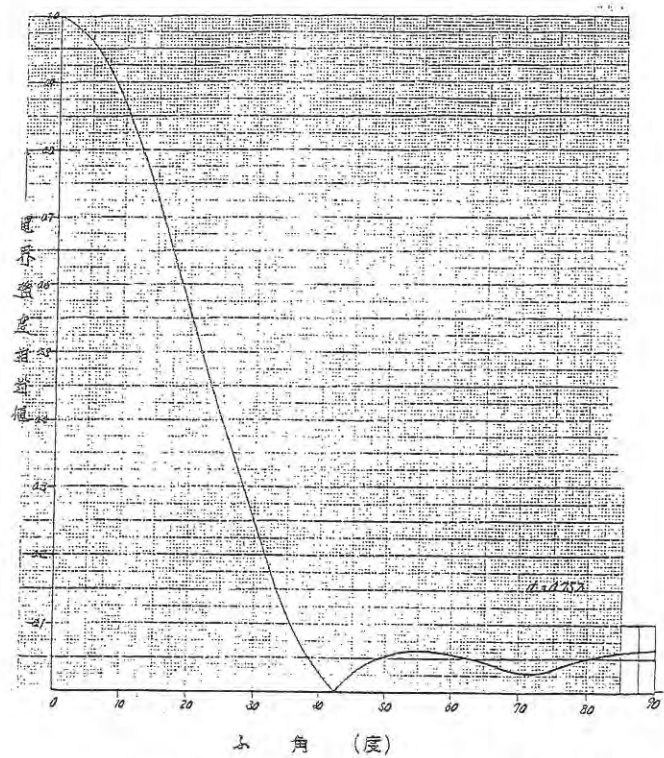


図2 2段5素子八木アンテナ（垂直）

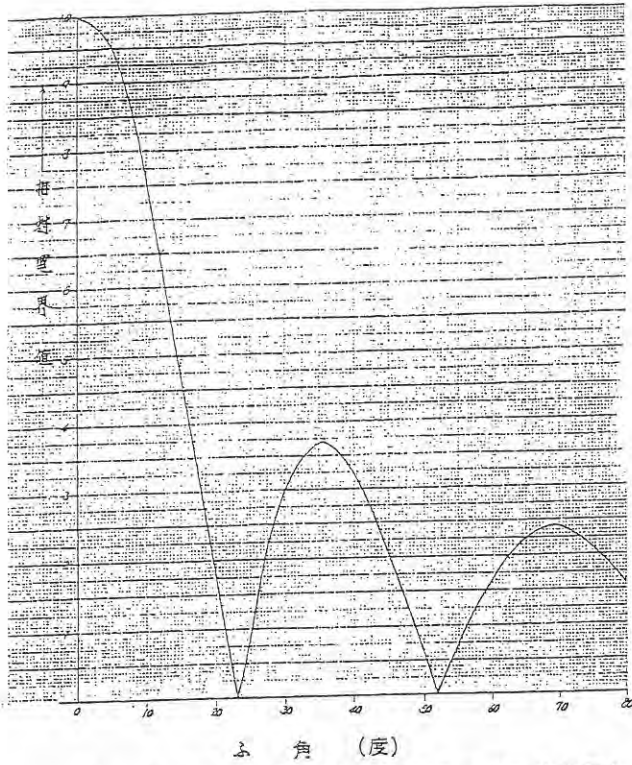


図3 3段スーパーゲインアンテナ (水平)

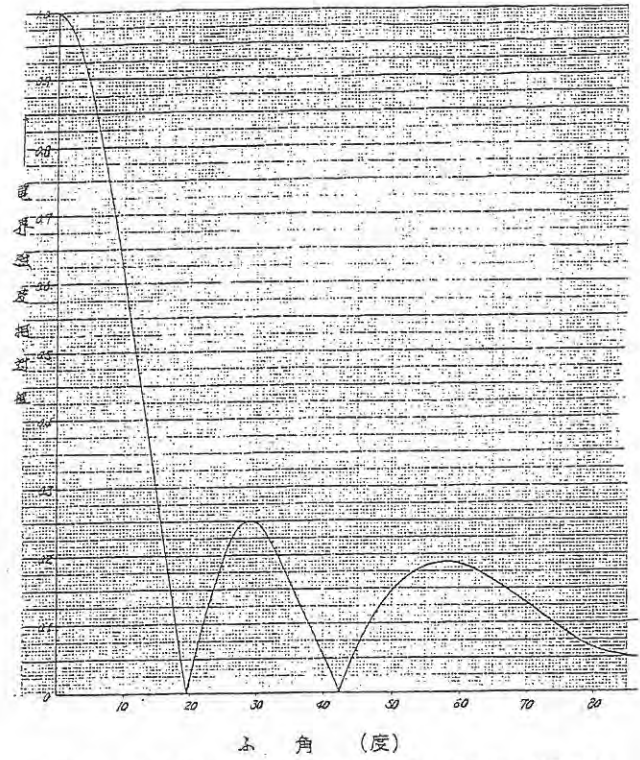


図4 3段スーパーゲインアンテナ (垂直)

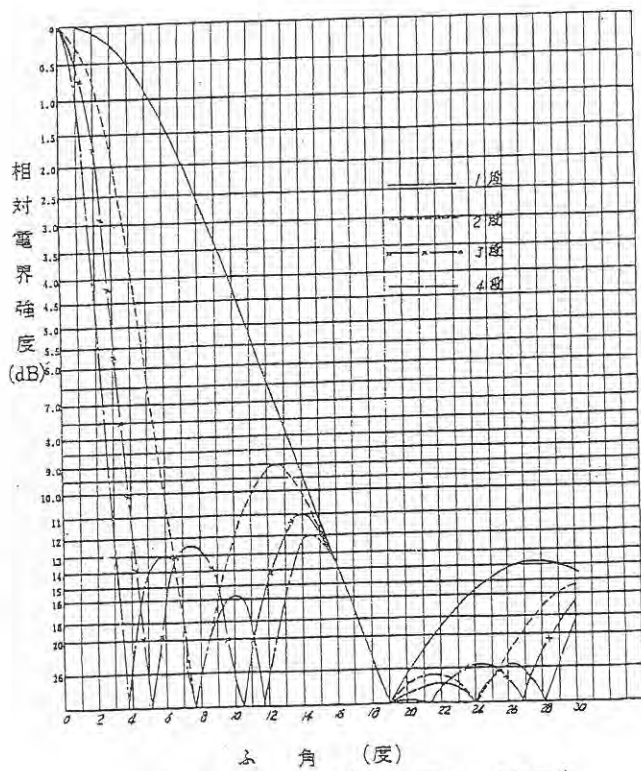


図5 双ループアンテナ (水平)

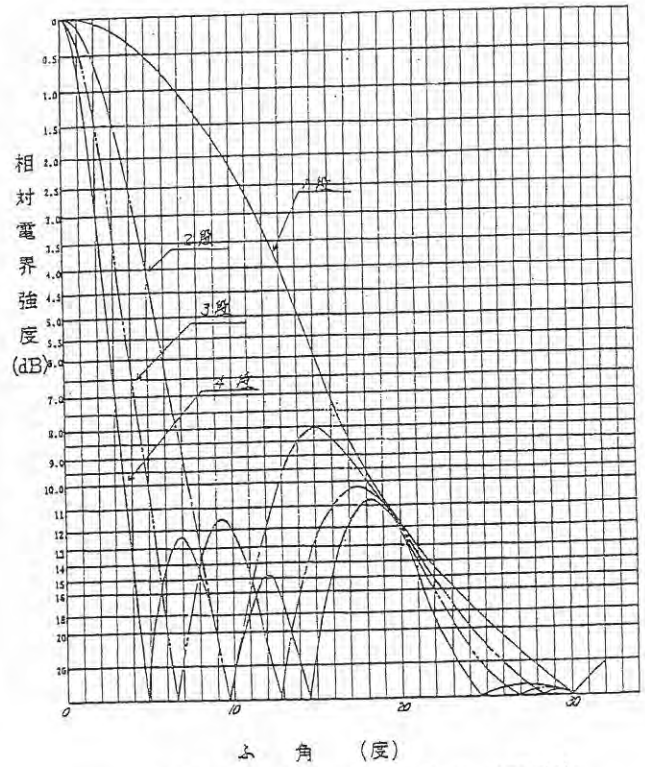


図6 双ループアンテナ (垂直)



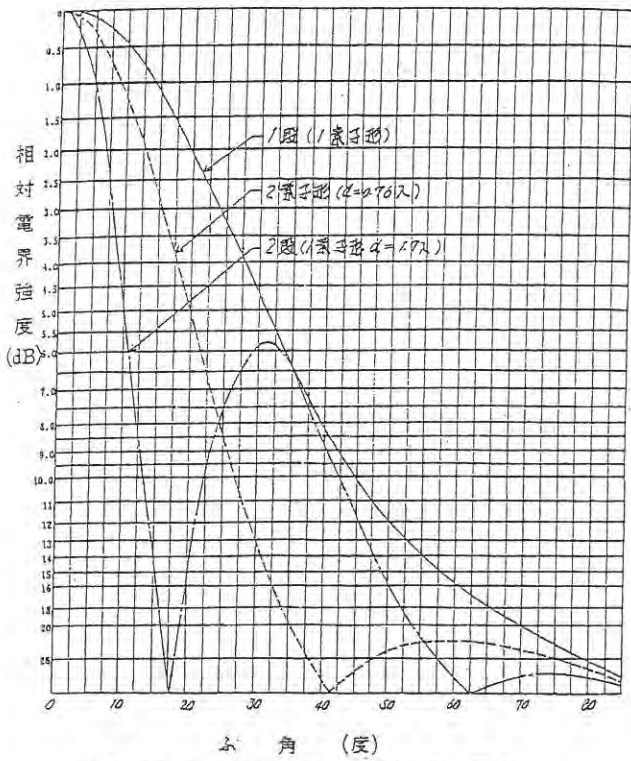


図7 コーナーアンテナ (水平)

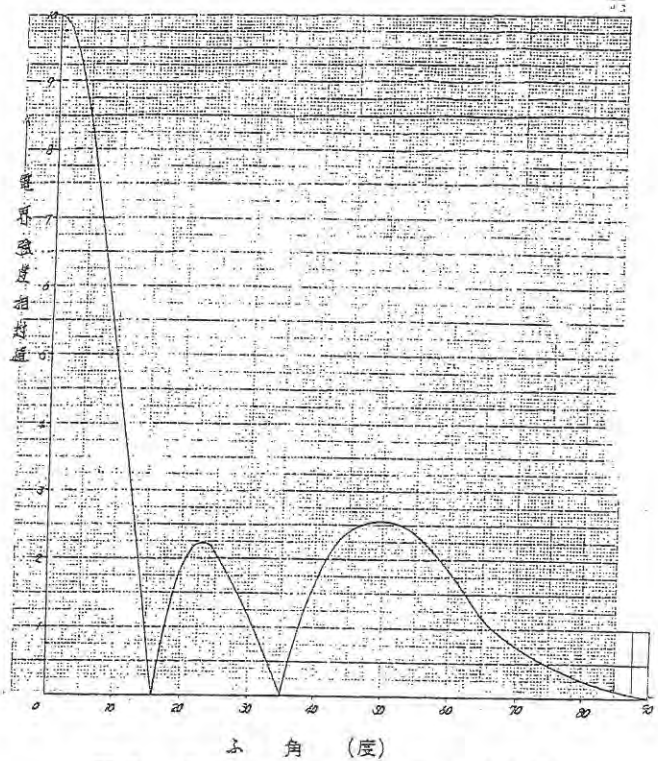


図8 3段コーナーアンテナ (垂直)

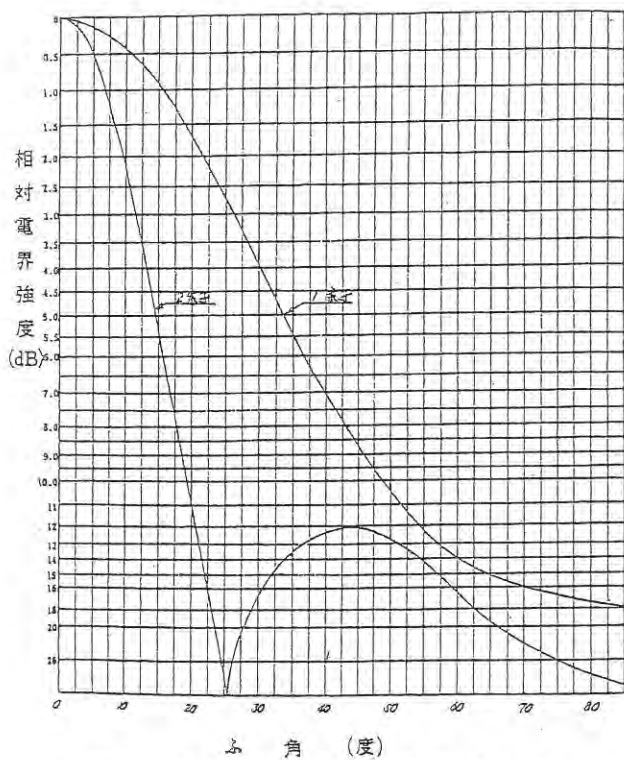


図9 2ダイポールアンテナ (水平)

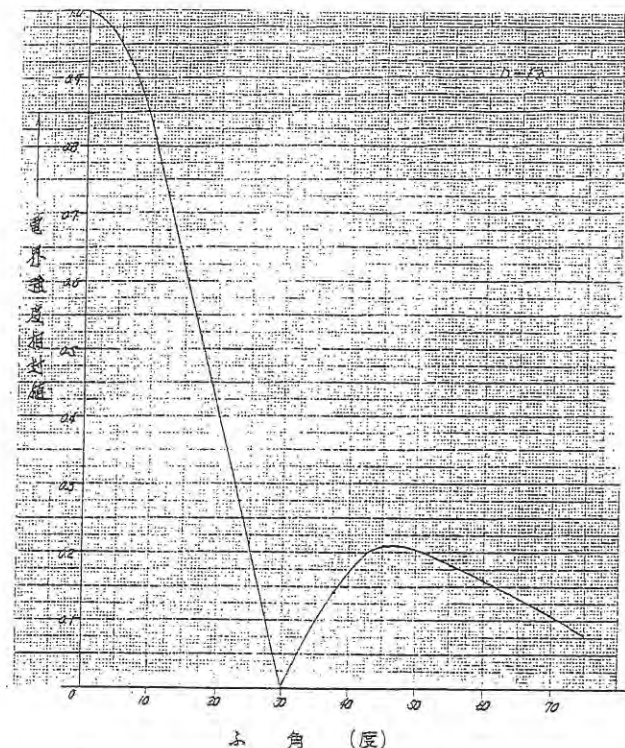


図10 2ダイポールアンテナ2段 (垂直)

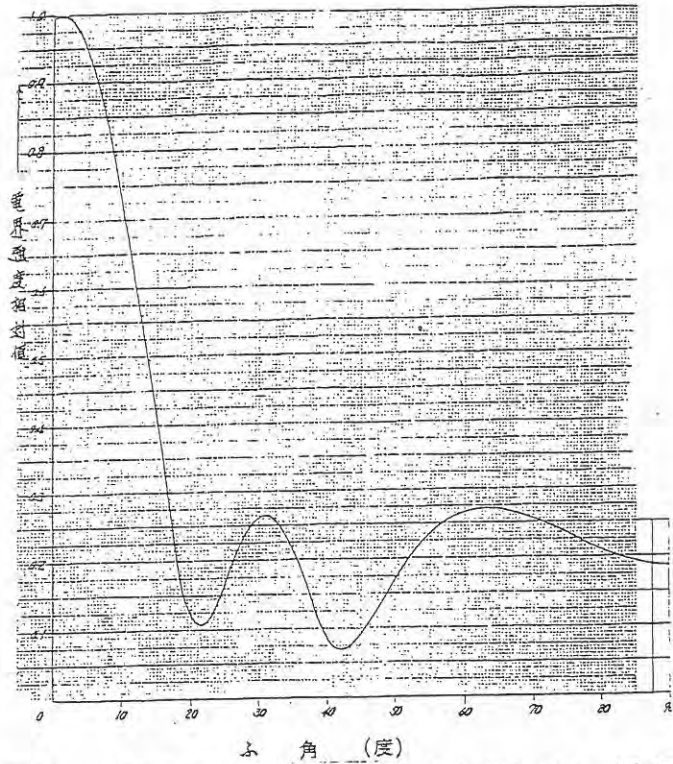


図11 3段スーパーターンスタイルアンテナ (水平)

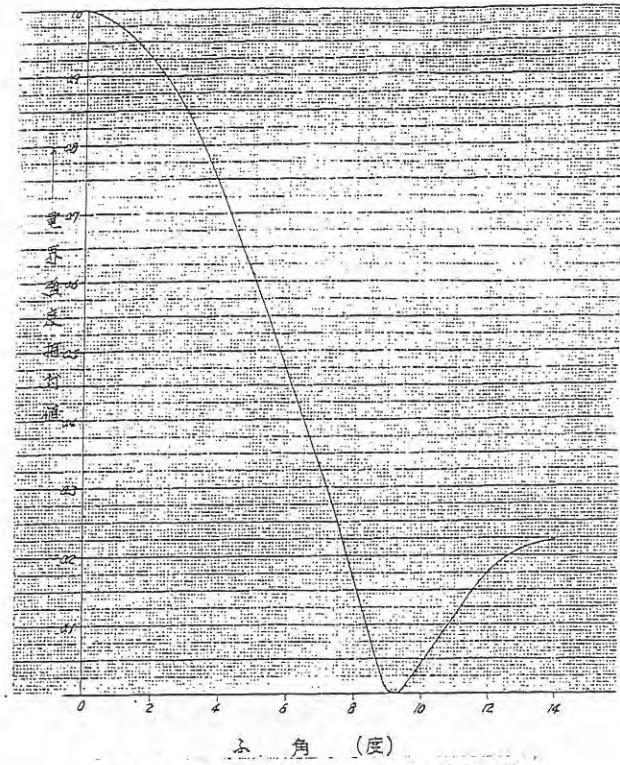


図12 8段棒型アンテナ (水平)



### 別紙3 コリニアアレーアンテナに対する算出式の適用範囲

コリニアアレーアンテナを用いた移動通信基地局（携帯・自動車電話、無線呼び出し、PHS 基地局）周辺の電磁界強度について、電波防護指針値との適合性を簡易な計算手法により評価するため、球モデルと円筒モデルを適用する。厳密な解析法であるモーメント法[5]および励振係数法[6]による理論値とこれら簡易計算法による計算例とを比較検討している。アンテナからある距離 ( $0.6D^2/\lambda$ ) を境界として、遠方領域では球モデル、近傍領域では円筒モデルを適用することにより、比較的精度よく適合性の評価ができることを明らかにする。

#### 1 遠距離領域と近距離領域の境界

円筒モデルと球モデルは、それぞれ主として近傍領域及び遠方領域で適用するが、本推定法ではそれらの適用領域の境界は、FCC OET65（参考文献[1]）に記述されている式で計算する。OET65 の式は開口面アンテナに本来適用されるが、ここではコリニアアンテナの具体例について、本推定法の計算で得られる電界の合成カーブと厳密解の計算結果を図的に比較し、そのような境界決定法の妥当性を確認する。厳密解としては、一般的なモーメント法（文献[5]）とコリニアアレーアンテナの厳密な計算法（ここでは励振係数法と呼ぶ）とされる文献[6]の二つ方法を用いている。

#### 1.1 モーメント法

N 個のアンテナ素子を図1のように直線上に配置したアンテナモデルについて、文献[5]の方法で計算を行った。各素子をダイポールとし、各素子間の相互結合も考慮して計算している。

ただし、基本モデルは、無指向性であるため、セクタ構成のための指向性については、 $120^\circ$  ビームの場合には、計算して得られた電磁界強度値に $\sqrt{3}$  を乗じることにより求めた。

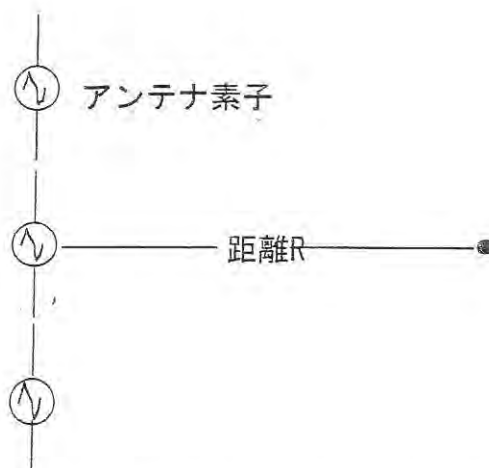


図1 ダイポールアンテナを直線上に配置

## 1.2 励振係数法

本計算法のモデルは、図2のように直線状に並んだ点波源のうち任意のj番目の点波源からの点Aの電界強度Fを次式で与える。

コリニアアレーアンテナ近傍の電磁界強度を推定する方法として、アンテナ素子を点波源として推定する方法がある(本資料では、励振係数法と呼ぶ)[6]。本方法では、直線状に並んだ点波源のうち任意のj番目の点波源からの点Aの電界強度Fを次式により求める。

$$\hat{F} = a_j f_E(\theta_j) f_H(\phi_j) \frac{e^{-jk r_j}}{r_j} \hat{\theta}_j \quad (1)$$

ただし、

$a_j$  : 素子jの励振係数

$f_H(\theta)$  : 素子jのH面の放射パターン

$f_E(\phi)$  : 素子jのE面の放射パターン

$k$  : 自由空間の位相定数

$r_j$  : 素子jからの距離

$\hat{\theta}_j$  : 素子jに対する $\theta$ 方向の単位ベクトル。

そこで、N個の素子による総合の電界強度 $E_A$ は、各波源からの電界をベクトル加算して次のように求められる。

$$E_A = \sqrt{\frac{G_d LP}{N} \sum_{j=1}^N |a_j|^2} \sqrt{\sum_{k=x,y,z} \left| \sum_{j=1}^N \hat{F}_{jk} \right|^2} \quad (2)$$

ただし、

$G_d$  : 相対利得

$P$  : アンテナ入力電力

$L$  : フィーダ損失

ただし、基本モデルは、無指向性であるため、セクタ構成のための指向性については、例えば120°ビームの場合には、計算して得られた電磁界強度値に $\sqrt{3}$ を乗じることにより求めた。

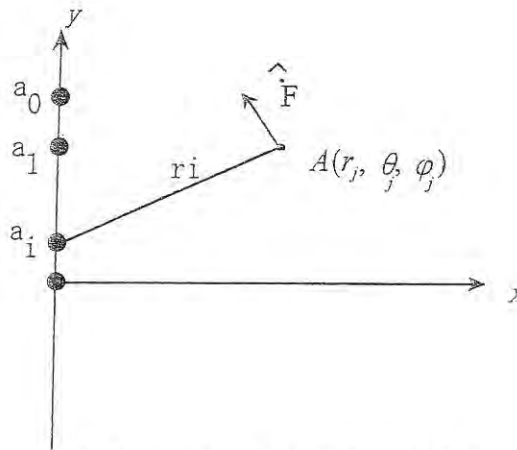


図2 点波源を直線上に配置

### 1.3 携帯・自動車電話基地局の計算例

代表的な例として、図3示す概観およびおよび表1の諸元を示すコリニアアレーアンテナの主ビームの電磁界強度を球モデル、円筒モデル、モーメント法、励振係数法で求めた。その結果を図4および図5に示す。

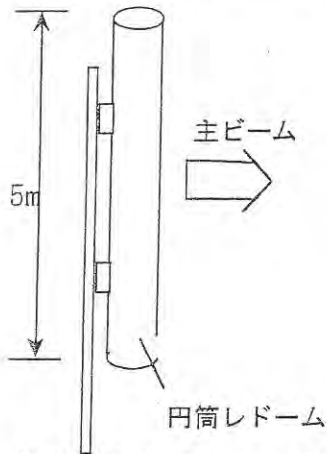


図3 携帯電話基地局アンテナ例

表1 推定に用いた携帯電話基地局アンテナ諸元例

項目	数値等
基本構成	反射板付コリニアアレイ
周波数	900MHz
アンテナ開口高さh	5m
主ビーム最大絶対利得G	17dBi
第一副ビーム絶対利得	-3dBi
水平方向指向特性	120° ビーム
アンテナ入力電力P	32W

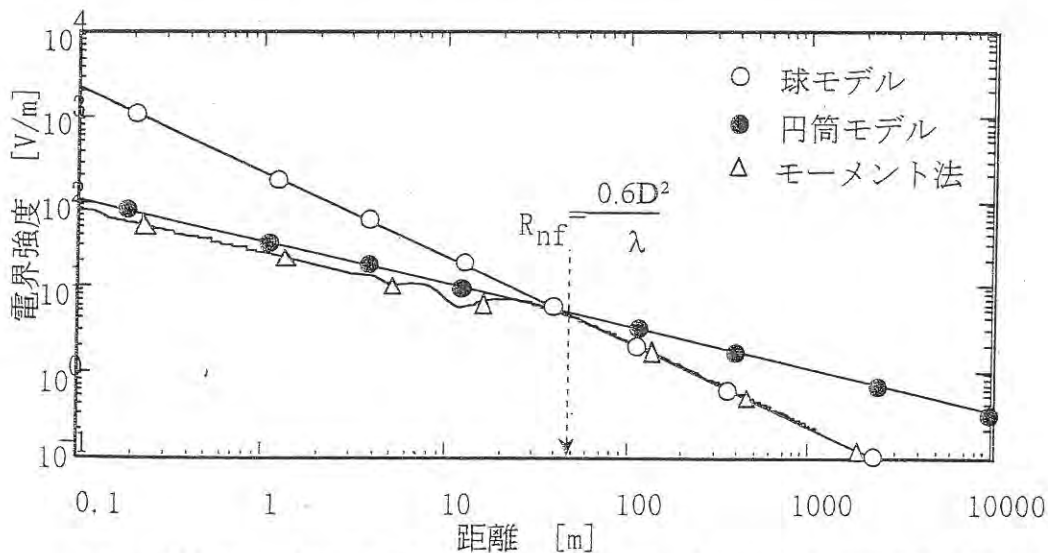


図4 900MHz、26素子アレーアンテナの主ビーム方向の電界強度の計算結果 (モーメント法と球モデル、円筒モデルとの比較)

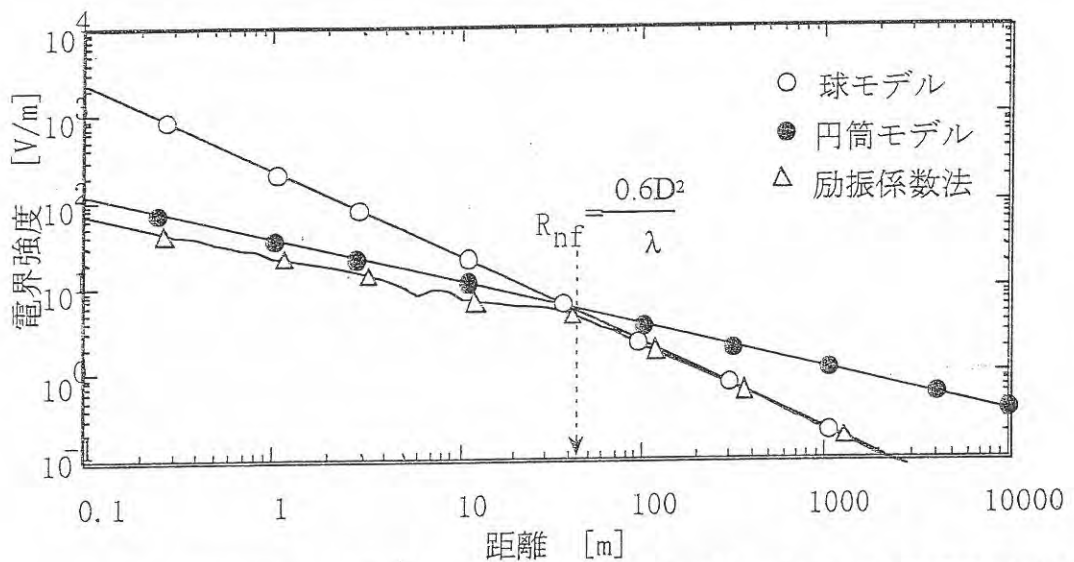


図5 900MHz、26素子アレーアンテナの主ビーム方向の電界強度の計算結果  
(励振係数法と球モデルおよび円筒モデルの比較)

図4および図5から以下のことが分かる。

- (1) 円筒モデルと球モデルで求めた電界強度の二つのカーブの交点を境界として、近傍で円筒モデル、遠方で球モデルを連続的に接続させた電界強度のカーブは、厳密な計算で得られた電界強度の二つのカーブとよく一致する。
- (2) この交点について、文献[1]によれば、開口面アンテナにおける電力密度が距離の2乗に反比例して減少する遠距離領域の開始点  $R_{nf}$  を

$$R_{nf} = \frac{0.6D^2}{\lambda} \quad (3)$$

で与えられている。ここで、 $D$ はアンテナ開口の物理的な直径である。この $D$ がコリニアアレーアンテナの長さ $h$ に等しいと仮定すると、表1のパラメータの場合  $R_{nf} = 45\text{m}$  となる。この  $R_{nf}$  は、球モデルと円筒モデルの交点とほぼ一致している。従って、 $R_{nf}$ として FCC OET65 に記載されている式(3)を適用することができる。

#### 1.4 無線呼び出し基地局の計算例

代表的な例として、図6に概観を、および表2に諸元を示すコリニアアレーアンテナについて、1.3と同様の計算を行った結果を図7、図8に示す。

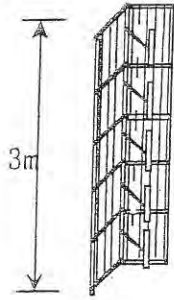


図6 無線呼び出し  
基地局アンテナ例

表2 推定に用いた携帯電話基地局アンテナ諸元例

項目	数値等
基本構成	反射板付コリニアアレイ
周波数	280MHz
アンテナ開口高さh	3m
主ビーム最大絶対利得G	10dBi
第一副ビーム絶対利得	-3dBi
水平面指向特性	120° ビーム
アンテナ入力電力P	2000W

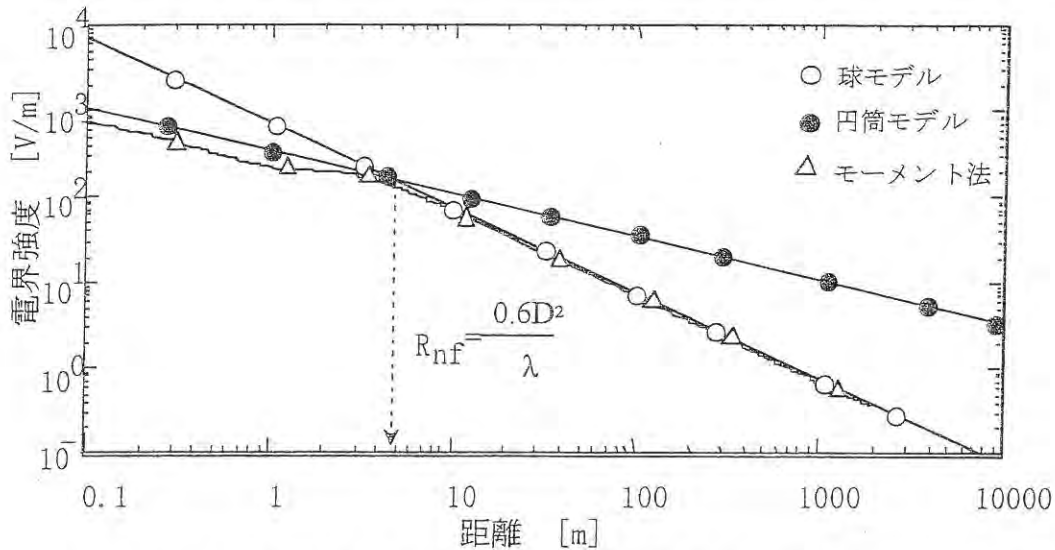


図7 280MHz、5素子アレーアンテナの主ビーム方向の電界強度の計算結果  
(モーメント法と球モデルおよび円筒モデルの比較)

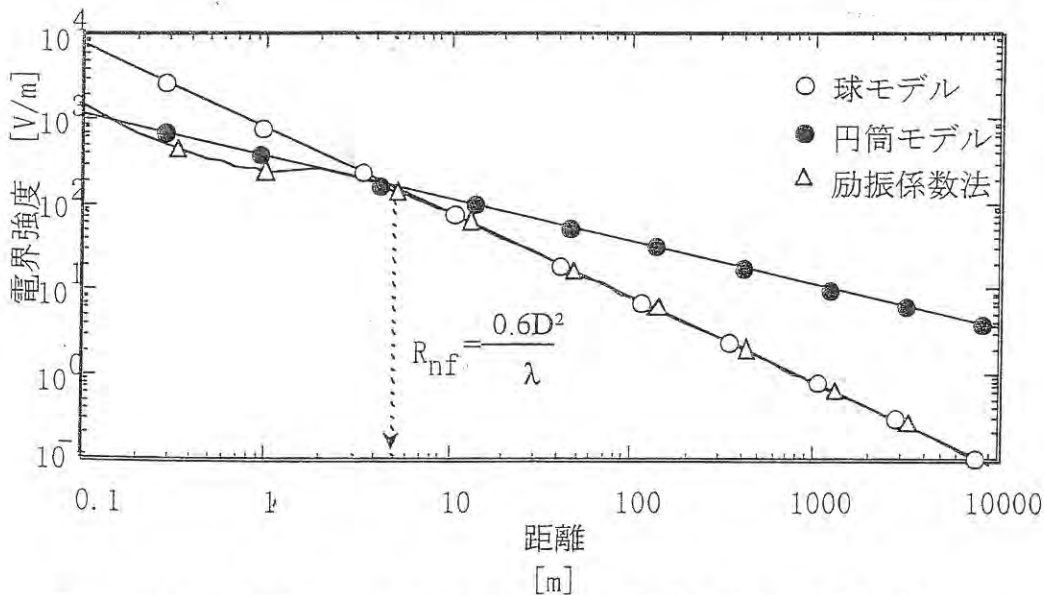


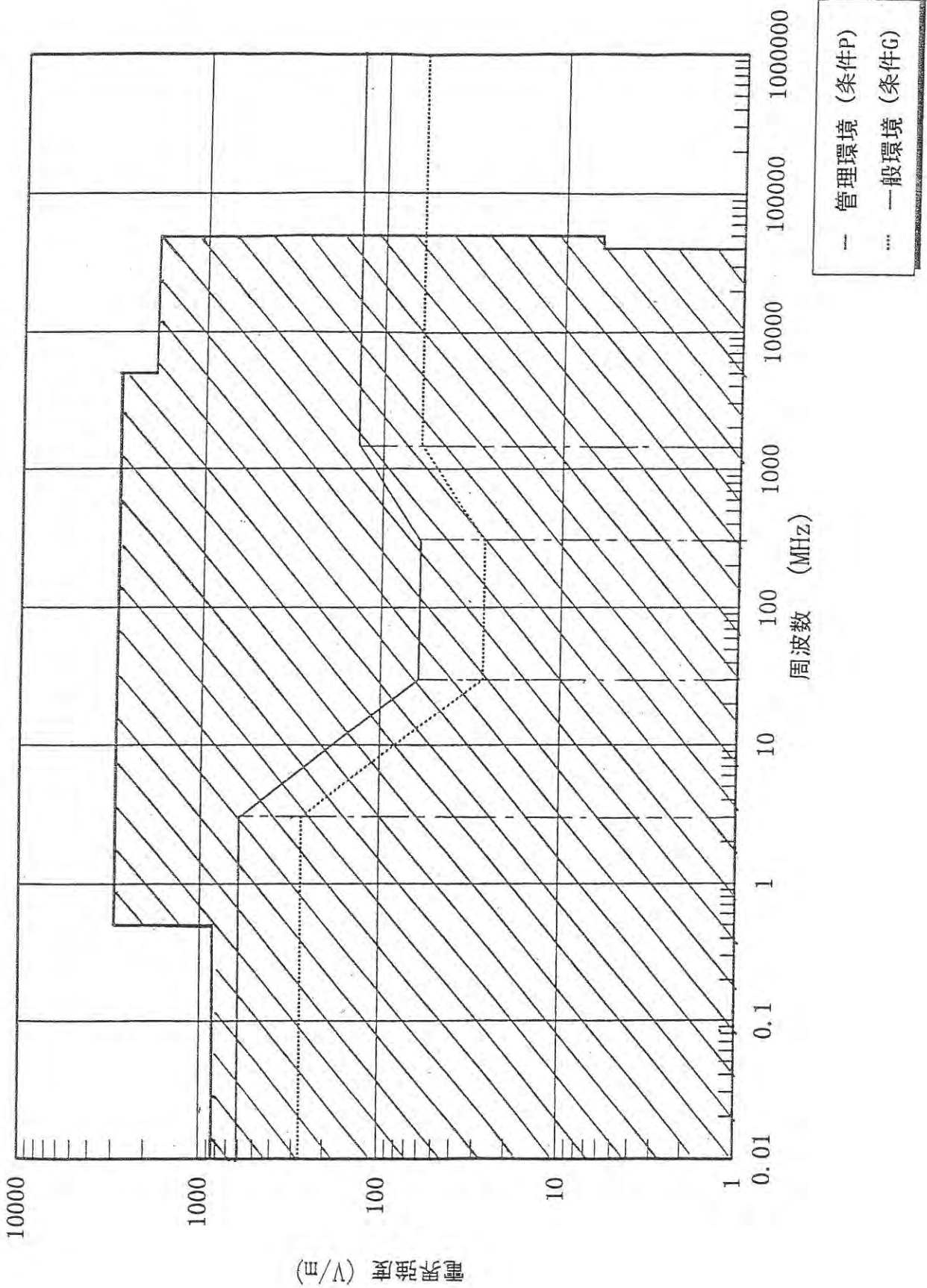
図8 280MHz、5素子アレーアンテナの主ビーム方向の電界強度の計算結果  
(励振係数法と球モデルおよび円筒モデルの比較)

この計算から 1.3 と同様の結果が得られた。

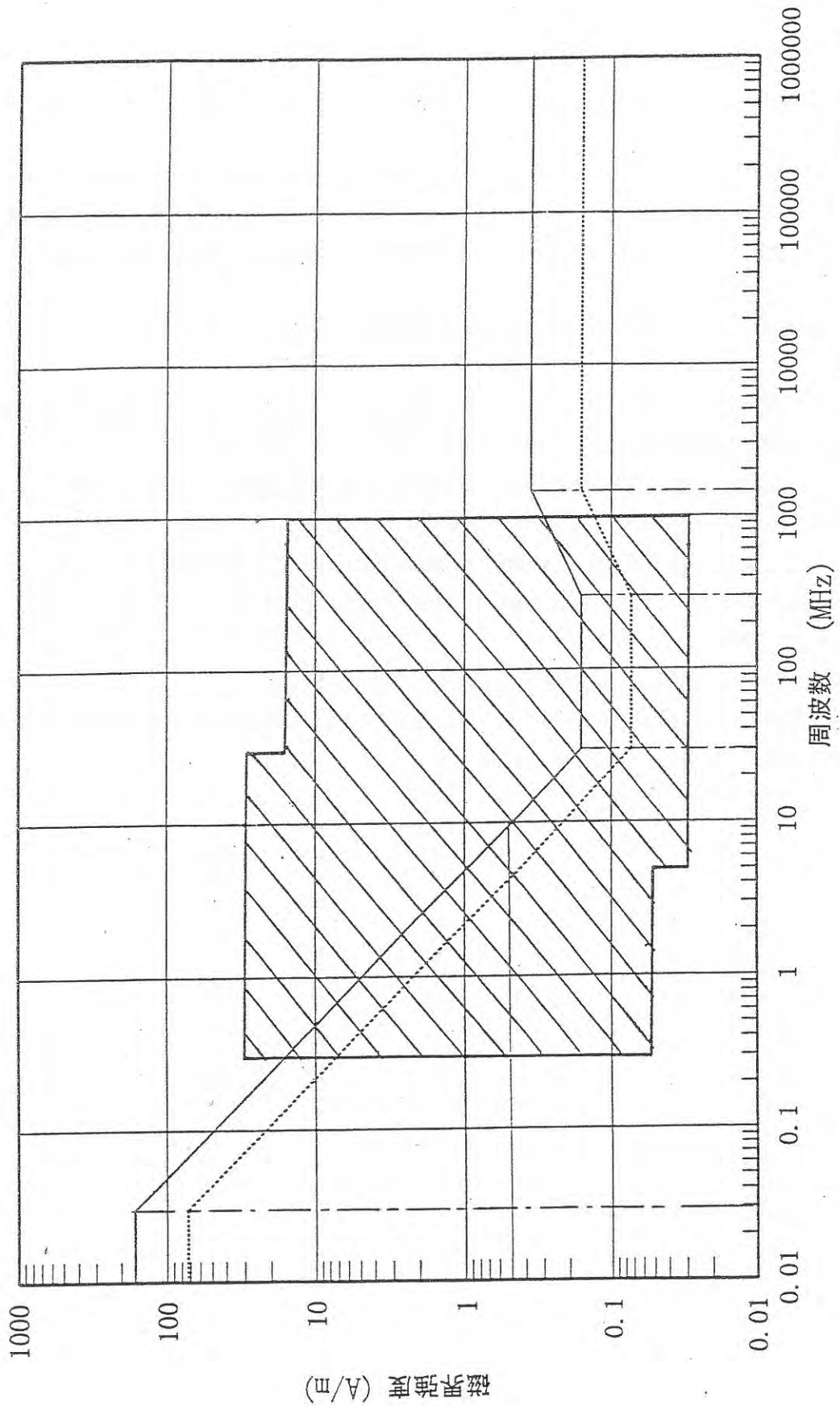


別紙4 入手可能な電磁界プローブの測定可能範囲および測定可能レベル

市販品等方性広帯域電界モニタ—計測定範囲



市販品等方性広帯域磁界モニタ一計測定範囲



- 管理環境 (条件P)
- ... 一般環境 (条件G)

## 参考文献

- [1] FCC, "Evaluating Compliance with FCC Guidelines for Human Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields", OET Bulletin 65 Edition 97-1, August 1997
- [2] P. C. Gailey and R. A. Tell, "An Engineering Assessment of the Potential Impact of Federal Radiation Protection Guidance on the AM, FM, and TV Broadcast Services," U.S. Environmental Protection Agency. Report No. EPA 520/6-85-011, April 1985
- [3] 木名瀬亮, "中波送信アンテナ近傍の電磁界," NHK技研, Vol. 14, no. 3, pp. 178-186, April 1962
- [4] 徳重寛吾, 山中幸雄, 早川正士, "中波放送局周辺地域における電磁界強度予測法," 電子情報通信学会論文誌, Vol. J80-B-II, No. 6, pp. 524-532, June 1997
- [5] G. J. Burke and A. J. Poggio, Numerical Electromagnetics Code (NEC)-Method of Moments, Lawrence Livermore National Laboratory, Rept. UCID-18834, 1981.
- [6] T. Kobayashi and T. Nojima, "Estimation of Electric Field Intensity in the Fresnel Region of Colinear Array Antennas", IEICE Trans. Commun. , Vol. E77-B, No. 6, 1994.
- [7] 内田英成, 虫明康人, "超短波空中線", コロナ社, 1995
- [8] 佐藤源貞, 川上春夫, "ノイズ/EMIにおけるアンテナ理論とその応用", ミマツデータシステム, 1992

電氣通信技術審議会

電波防護指針測定委員会

報 告

## 1 審議事項

電波防護指針測定委員会は、電気通信技術審議会諮問「電波防護指針への適合を確認するための電波の強度の測定方法及び算出方法」（第104号、平成10年（1998年）7月27日）に基づき、「電波の強度に対する安全施設の規定の対象となる無線局における電波の強度の測定方法」及び「電波の強度に対する安全施設の規定の対象となる無線局における電波の強度の算出方法」の事項について審議を行った。

## 2 委員会の構成

委員会及び委員会の下に審議の効率化を図るために設置された分科会の構成は、それぞれ別表1及び別表2のとおりである。

## 3 審議経過

電波防護指針への適合を確認するための電波の強度の測定方法及び算出方法について、委員会及び分科会での審議経過は以下のとおりである。

### (1) 委員会での審議

#### ① 第1回委員会（平成10年8月25日）

委員会の運営方法、分科会の設置並びに分科会構成員及び主任の指名、審議事項及び審議スケジュールについて審議を行った。

#### ② 第2回委員会（平成10年10月27日）

答申案について審議を行った。

なお、関係者からの意見聴取の機会を設けたが、所定の期日までに申し出はなかった。

#### ③ 第3回委員会（平成10年11月16日）

これまでの委員会での審議を踏まえ、答申（案）及び委員会報告（案）について取りまとめを行った。

### (2) 分科会での審議

#### ① 第1回会合（平成10年9月10日）

審議項目及び審議スケジュール、測定方法等について審議を行った。

#### ② 第2回会合（平成10年10月5日）

答申骨子（案）、答申目次（案）及び個別課題について審議を行った。

#### ③ 第3回会合（平成10年10月20日）

答申骨子（案）及び答申（案）について審議を行った。

#### ④ 第4回会合（平成10年11月11日）

答申（案）について取りまとめを行った。



#### 4 審議結果

別添のとおり、電気通信技術審議会諮問第104号「電波防護指針への適合を確認するための電波の強度の測定方法及び算出方法」に対する答申（案）を取りまとめた。

## 電波防護指針測定委員会

(敬称略、あいうえお順)

区分	氏名	所 属	備 考
委員長	安藤 真	東京工業大学工学部電気・電子工学科教授	
専門委員	上野 照剛	東京大学大学院医学系研究科教授	
〃	久留 勇	日本モトローラ(株)代表取締役社長	
〃	小坂 克彦	全国移動無線センター協議会国際部長	
〃	酒匂 一成	N T T 移動通信網(株)取締役設備企画部長	
〃	志水 清美	アンリツ(株)顧問	
〃	杉浦 行	郵政省通信総合研究所総合研究官	
〃	多氣 昌生	東京都立大学大学院工学研究科教授	
〃	トマス P. ローガン	米国電子協会日本担当本部長兼日本事務所所長	
〃	長谷川 徹	(財)テレコムエンジニアリングセンター専務理事	
〃	パトリック キャロル	欧州ビジネス協会通信・情報処理アドバイザー	
〃	林 豊	通信機械工業会専務理事	
〃	原 昌三	(社)日本アマチュア無線連盟会長	
〃	古川 弘志	(社)電波産業会専務理事	
〃	森 忠久	(社)日本民間放送連盟事務局次長兼研究所長	
〃	吉野 武彦	日本放送協会放送技術研究所所長	

電波防護指針測定委員会  
電波防護指針測定分科会 構成員

(敬称略、あいうえお順)

区分	氏名	所 属	備 考
主任	山中 幸雄	郵政省通信総合研究所電磁環境研究室長	
	秋山 佳三	アステック(株)電子応用事業部部長	
	市野 芳明	(財)テレコムエンジニアリングセンター 研究開発部部長	
	上村 佳嗣	宇都宮大学工学部情報工学科助教授	
	小倉 敏彦	(社)日本民間放送連盟企画部副部長	
	多氣 昌生	東京都立大学大学院工学研究科教授	
	近藤 俊幸	(社)日本アマチュア無線連盟 技術研究所技術課長	
	谷中 雅雄	(社)電波産業会研究開発本部 電磁環境グループ担当部長	
	徳丸 芳孝	三菱電機(株)監視・管制システム部 航空機気象担当部長	
	戸田 幸一	アンリツ(株)計測器事業部第2開発部長	
	野島 俊雄	NTT移動通信網(株)ワイアレス研究所 無線回線研究室長	
	藤松 博道	日本放送協会技術局送信センター副部長	
	山倉 隆男	国際電信電話(株)ネットワーク本部 ワイアレス事業部担当部長	

参 考 资 料

- 1 算出式の適用例
  
- 2 平成2年電気通信技術審議会答申  
「電波利用における人体の防護指針」(抜粋)
  
- 3 平成9年電気通信技術審議会答申  
「電波利用における人体防護の在り方」(抜粋)



参考資料1 算出式の適用例

第1章 移動通信基地局 .....	65
A 携帯電話 .....	65
B 無線呼び出し .....	70
C PHS .....	73
D MCA無線 .....	76
E タクシー無線（一般の場合） .....	79
F タクシー無線（集中基地局の場合） .....	81
H 早見図（携帯電話、無線呼び出し等） .....	83
I 早見図（PHS） .....	91
第2章 地上放送 .....	96
A 中波放送 .....	96
B 短波放送 .....	98
C FM親局・大電力中継局（空中線電力100W以上） .....	102
D FM小電力中継局（空中線電力100W未満） .....	104
E テレビ親局・大電力中継局（空中線電力100W以上） .....	106
F テレビ小電力中継局（空中線電力100W未満） .....	110
第3章 固定無線局 .....	113
A 固定マイクロ .....	113
B 衛星地上局 .....	115
C レーダー .....	117
第4章 アマチュア無線局 .....	119
概論 .....	119
A ダイポールアンテナ .....	120
B バーチカルアンテナ .....	123
C 八木アンテナ .....	125

## 第1章 移動通信基地局

### A 携帯電話

#### アンテナの諸元および環境

##### 1 代表的なアンテナ系の諸元

携帯・自動車電話基地局（以下携帯電話基地局と呼ぶ）における代表的なアンテナ系及びそれに入力される送信信号の主要諸元は（1）～（7）に示す通りである。また、図1にアンテナの外観の例を示す。

###### （1）周波数

900MHz 帯、1.5GHz 帯

###### （2）アンテナ形式等

垂直コリニアアレー

利得：15～20dBi

水平面指向特性：60° ビーム、120° ビーム

指向性減衰量：鉛直方向 20dB 以上、後方：25dB 以上

開口高さ：1.4m～5m

###### （3）変調方式

$\pi/4$  シフト QPSK、QPSK

###### （4）アクセス方式

TDMA (PDC)、CDMA

###### （5）送信機出力

16W～39W

（通話中のチャネル数に依存して時間的に変動するのでここでは、最大値例を示す。）

###### （6）給電系損失

3 dB

###### （7）アンテナ入力電力

8W～19.5W（送信機出力から給電系損失分をひいた正味のアンテナ入力電力）

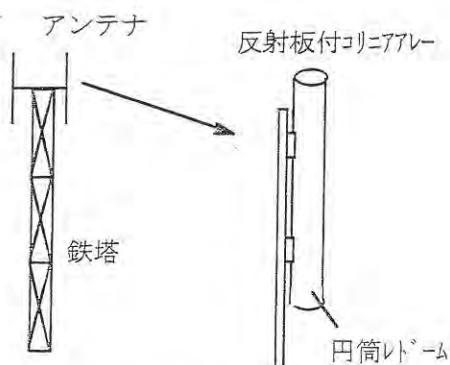


図1 携帯電話基地局のアンテナ系

## 2 アンテナが設置される環境

アンテナ専用の鉄塔に設置する場合（図2）と、一般ビルの屋上に設置する場合（図3、4）が多い。



図2 アンテナ専用の鉄塔に設置する場合

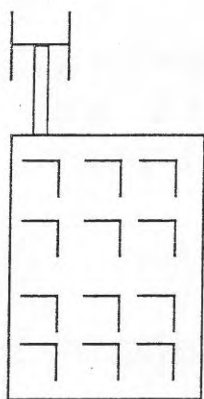


図3 一般ビル屋上に設置する場合

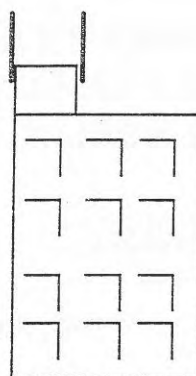


図4 ビル屋上のペントハウスに設置する場合

## 算出方法

### 1 適用する算出式

#### 1-1 算出式

(1) アンテナが最も強く電波を放射する方向（主ビーム上）で、距離  $R$  が式(4)の  $R_{nf}$  より遠い領域では、第5章に示す基本算出式(1)を適用する。

$$S = \frac{PG}{4\pi R^2} k \quad (1)$$

※ $k$ ：反射波を考慮する場合は 2.56、考慮しない場合は 1

(2) アンテナが最も強く電波を放射する方向（主ビーム上）で、距離  $R$  が式(4)の  $R_{nf}$  より近い領域では、第5章に示すコリニアアレーアンテナに対する算出式(2)を適用する。

$$S = \frac{P}{2\pi RD} \left( \frac{360}{\theta_{BW}} \right) \quad (2)$$

(3) アンテナの上下鉛直方向では、主ビームについて放射電力が最も大きい副ビームの絶対利得  $G(\theta_s)$  を  $G$  に代入した基本算出式(3)を適用する。ただし、アンテナ近傍界の測定データがある場合には、それに基く利得を適用してもよい。

$$S = \frac{P G(\theta_s)}{4\pi R^2} k \quad (3)$$

※ $G(\theta_s)$ ：主ビームに次いで放射電力の大きい副ビームの絶対利得

※ $k$ ：反射波を考慮する場合は 2.56、考慮しない場合は 1

(4) アンテナ後方では、(3)式を適用する。ただし、アンテナ近傍界の測定データがある場合には、それに基づく利得を適用してもよい。

#### 1-2 算出式の適用範囲

・(1)式及び(3)式は、 $R_{nf}$  以遠の領域に適用する。ただし、 $R_{nf}$  は次式とする。

$$R_{nf} = \frac{0.6D^2}{\lambda} \quad (4)$$

・(2)式及び(4)式は、 $R_{nf}$  以内の領域に適用する。

・(1)式と(3)式における反射波に関する係数  $k$  は、当該地点において、大地等の反射

の影響を考慮する場合に  $k=2.56$  とする。反射波の影響を考慮しない場合は、 $k=1$  とする。

## 2 算出例

### 2-1 代表例

表1から表4に示す代表的な四つの携帯電話基地局について、前項の算出手順に従って、一般環境の防護指針の指針値に適合する領域を求めた結果を図5から図8にそれぞれ示す。図は垂直面内の結果を示している。

#### (1) 900MHz 帯の例1

周波数	900MHz
主ビーム最大絶対利得	17dBi
第一副ビーム絶対利得	4dBi
水平方向ビーム幅	120°
アンテナ入力電力	16W
アンテナの長さ	5m

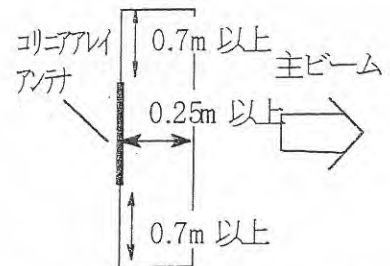


図7 0.6 W/cm<sup>2</sup>以上の領域

#### (2) 900MHz 帯の例2

周波数	900MHz
主ビーム方向最大利得	19dBi
第一副ビーム絶対利得	6dBi
水平方向ビーム幅	60°
アンテナ入力電力	19.5W
アンテナの長さ	2.5m

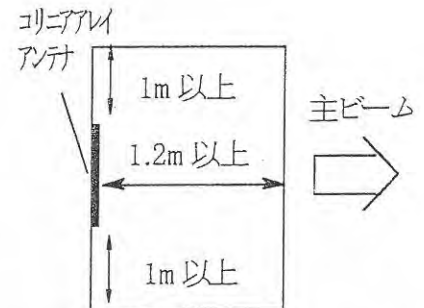


図8 0.6 W/cm<sup>2</sup>以上の領域

#### (3) 1.5GHz 帯の例1

周波数	1470MHz
主ビーム最大絶対利得	20dBi
第一副ビーム絶対利得	-4dBi(上方) 5dBi(下方)
水平方向ビーム幅	60°
アンテナ入力電力	14W
アンテナの長さ	2.1m

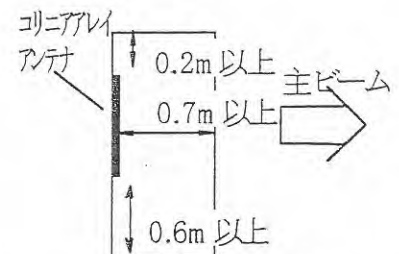


図9 0.98 W/cm<sup>2</sup>以上の領域

#### (4) 1.5GHz 帯の例2



表4 1.5GHz帯の例1の諸元

周波数	1470MHz
主ビーム最大絶対利得	18dBi
第一副ビーム絶対利得	3dBi(上方) 5dBi(下方向)
水平方向ビーム幅	60°
アンテナ入力電力	14W
アンテナの長さ	1.4m

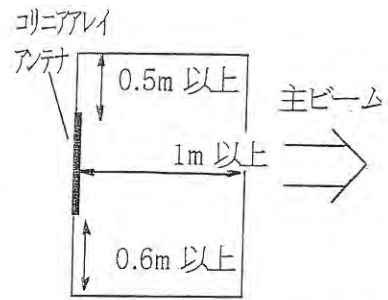


図10 0.98mW/cm<sup>2</sup>以上の領域

## 2-2 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

2-1(2)の場合で最大電力放射方向では、最大1.2mとなる。また、アンテナの下方向では、1mとなる。

## B 無線呼び出し

### アンテナの諸元および環境

#### 1 代表的なアンテナ系の諸元

無線呼び出し基地局における代表的なアンテナ系及びそれに入力される送信信号の主要諸元は次の(1)～(7)に示す通りである。また、図1～2はアンテナの外観例の図である。

(1) 周波数

280MHz 帯

(2) アンテナ形式等

・ コリニアアレーアンテナ

利得：最大 7.6～10dBi

水平面指向特性：120° ビーム、無指向性

指向性減衰量：鉛直方向 20dB 以上、後方(120° ビームの場合) 25dB 以上

開口高さ：3～3.7m



(a) 水平方向120° ビームアンテナ



(b) 水平方向無指向性アンテナ

図1 コリニアアレーアンテナ

・ 八木アンテナ

利得：最大 10dBi



図2 八木アンテナ

(3) 変調方式

FSK

(4) 送信機出力

2kW (コリニアアレーアンテナの場合)、500W (八木アンテナの場合)

なお、1キャリア当たりの出力は約250Wであり、多くの基地局は複数キャリアを合成した信号をアンテナに供給する。例えば8キャリアを合成すると送信機出力は総合で約2kWとなる。

(5) 給電系損失

3 dB

(6) アンテナ入力電力

1kW (コリニアアレーアンテナの場合)、250W (八木アンテナの場合)

(送信機出力から給電系損失分をひいた正味のアンテナ入力電力)

2 アンテナの置かれる環境

アンテナ専用の鉄塔に設置する場合 (図3) と、一般ビルの屋上に設置する場合等 (図4、5) がある。



図3 アンテナ専用の鉄塔に設置する場合

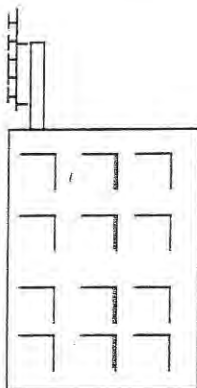


図4 一般ビル屋上に設置する場合

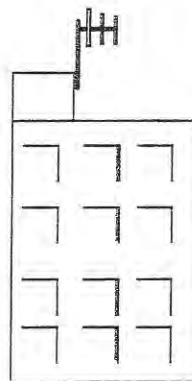


図5 ビル屋上のペントハウスに設置する場合

## 算出方法

### 1 適用する算出式

#### 1-1 算出式

コリニアアレーアンテナの場合はA 携帯電話の算出例と同様の算出式を使用、八木アンテナについては基本算出式の指向性を考慮した算出式を使用する。

#### 1-2 算出式の適用範囲

A 携帯電話の算出式と同様である。

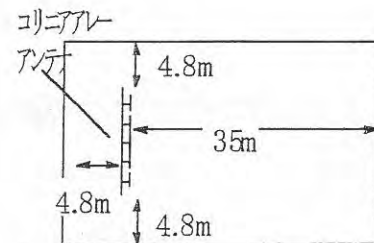
### 2 算出例

#### 2-1 代表例

表1に示す代表的な無線呼び出し基地局について、前項の算出手順に従って、一般環境の指針値に適合する領域を求めた結果を図6に示す。図は垂直面内の結果を示している。

表1 基地局アンテナの諸元

周波数	280MHz帯
主ビーム方向最大利得	10dBi
第一副ビーム利得	-3dBi
水平方向ビーム幅	120°
アンテナ入力電力	1000W
アンテナの長さ	3m



反射波：主ビーム方向で $k=2.56$   
後方と上下鉛直方向で $k=1$

図6 0.168mW/cm<sup>2</sup>以上となる領域

#### 2-2 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

代表例では、主ビーム方向において1kWで35mとなる。

## C PHS

### アンテナの諸元および環境

#### 1 代表的なアンテナ系の諸元

(1) 周波数 : 1.9GHz 帯 (1.8935~1.9196GHz)

#### (2) アンテナ形式

形式A : 垂直コリニアアレー

利得 : 10dBi (最大)

指向 : (水平) : 主に無指向性 (オムニ)

(垂直) : 主に水平方向 (ビーム半値幅 10° 程度)

長さ : 1.2~1.4m

形式B : パッチ (平面)

利得 : 3dBi (最大)

指向 : (水平) : 主に無指向性 (オムニ)

(垂直) : 主に単向 (下方) 性

(3) 変調方式等 :  $\pi/4$  シフト QPSK 方式 TDMA/TDD 方式

(4) 送信出力 (基地局装置出力端にて)

: 0.5 W (平均電力)

2.0 W (TDMA4 スロット送信時における最大平均電力)

以下、2つのアンテナ形式 (形式A : コリニアアレー、形式B : パッチ) により、算出法を記す。

#### 2 アンテナのおかれる環境

主に次のような設置環境がある。

形式A : 垂直コリニアアレーの場合

(1) コンクリート柱先端に設置 (電柱共架または単独柱)

(2) 建物屋上ペントハウス上部に設置

形式B : パッチ (平面) の場合

(3) 建物屋内天井表面に設置

設置の概念図を図1から図5に示す。



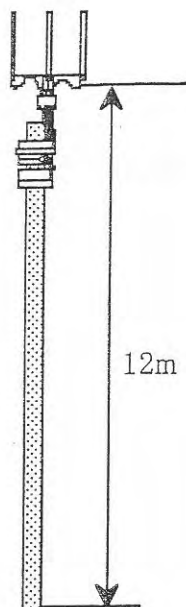


図 1. 単独柱

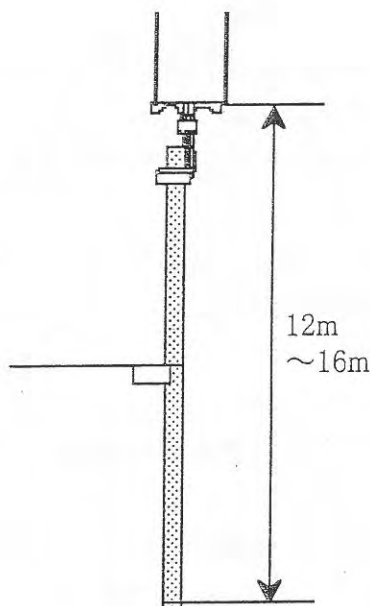


図 2 電柱共架

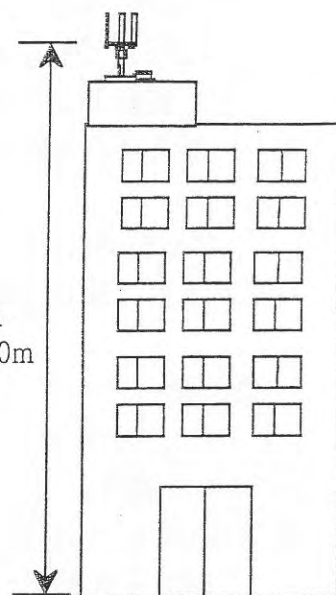


図 3. 屋上ペントハウス  
(4アンテナ)

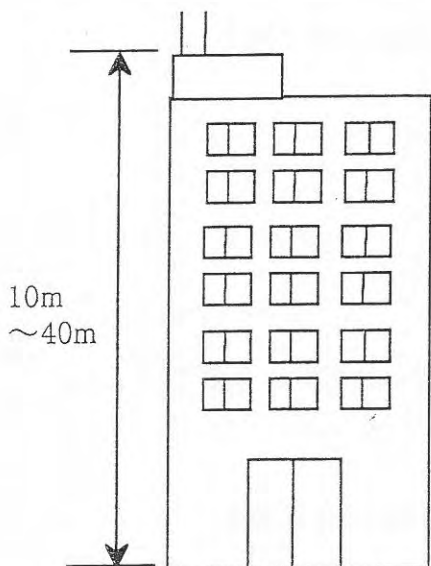


図 4. 屋上ペントハウス  
(2アンテナ)

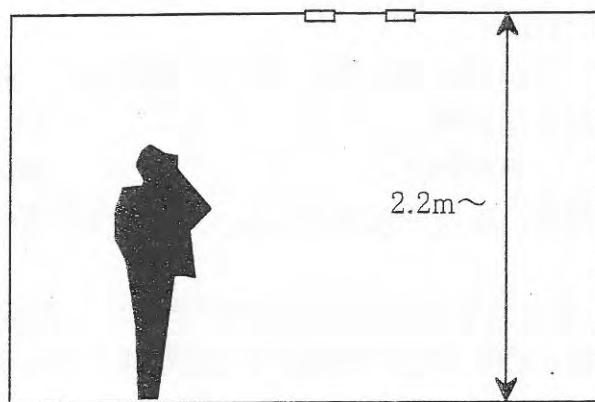


図 5. 屋内天井設置

## 算出方法

### 1 適用する算出式

#### 1.1 アンテナ形式A：垂直コリニアアレーの場合

(1) 距離Rが $0.6D^2/\lambda$ 以上の場合

第5章に示す基本算出式を適用する。

(2) 距離Rが $0.6D^2/\lambda$ 以下の場合

第5章に示すコリニアアレーアンテナに対する算出式を適用する。

#### 1.2 アンテナ形式B：パッチ（平面）の場合

第5章に示す基本算出式を適用する。

### 2 算出例

#### 2.1 アンテナ形式A：垂直コリニアアレーの場合

##### 2.1-1 代表例

1.9GHz 帯の指針値： $10\text{W}/\text{m}^2$  ( $1\text{mW}/\text{cm}^2$ )

最大平均電力 : 2W

アンテナ開口長 : 1.2m

の場合、指針値以下となる距離は、0.03m 以上となる。

##### 2.1-2 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

指針値との適合性が問題となる距離は、アンテナから 0.03m 以内である。

#### 2.2 アンテナ形式B：パッチ（平面）の場合

##### 2.2-1 代表例

1.9GHz 帯の指針値： $10\text{W}/\text{m}^2$  ( $1\text{mW}/\text{cm}^2$ )

最大平均電力 : 2W

アンテナ利得 : 3dBi

の場合、主ビーム方向において指針値以下となる距離は、0.18m 以上となる。

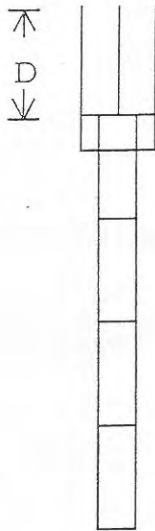
##### 2.2-2 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

指針値との適合性が問題となる距離は、アンテナから 0.18m 以内である。

## D MCA無線

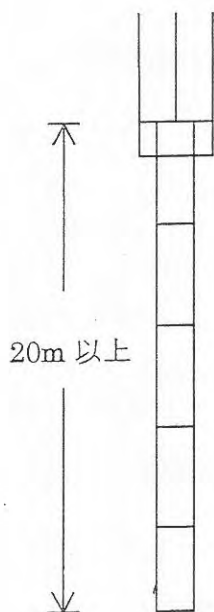
### アンテナの諸元および環境

#### 1 代表的なアンテナ系の諸元

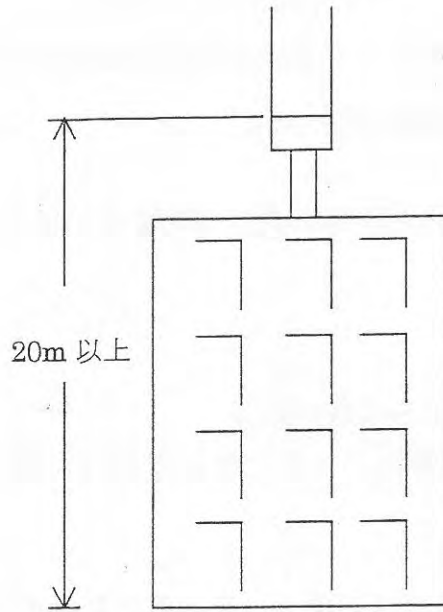


- ・周波数 : 800MHz 帯、1.5GHz 帯
- ・アンテナ指向特性
  - 水平 : 無指向
  - 垂直 : 半値幅 約 10 度
- ・アンテナ利得 : 10dB
- ・アンテナの長さ (D)
  - 800MHz : 2.5m
  - 1.5GHz : 2.5m
- ・アンテナの入力電力 (1 キャリアあたり)
  - 800MHz : 4W
  - 1.5GHz : 8W
- ・キャリア数
  - 800MHz : 16
  - 1.5GHz : 8
- ・変調方式
  - 800MHz : FM
  - 1.5GHz : FM、M16QAM

#### 2 アンテナの置かれる環境



鉄塔に設置する場合



一般ビル屋上(ペントハウスを含む)に設置する場合

\* 鉄塔に設置する場合は周囲を柵で囲っており、また、一般ビル屋上に設置する場合は一般の人が立ち入ることができないよう施錠されている。

## 算出方法

### 1 適用する算出式

#### 1-1 算出式

(1) 距離Rが $0.6D^2/\lambda$ 以上の場合

第5章に示す基本算出式を適用する。

(2) 距離Rが $0.6D^2/\lambda$ 以下の場合

第5章に示すコリニアアレーアンテナに対する算出式を適用する。

#### 1-2 アンテナの指向特性による電磁界強度

アンテナの主ビームは水平方向にあり、アンテナの指向特性による放射電力の半値幅は約10度である。

近地点における地上の電磁界強度は、水平方向より10dB以上の指向性減衰があるので、算出値で得られた値よりはるかに小さな値となる。

### 2 算出例

#### 2-1 800MHz帯の場合の代表例

・実効放射電力は1キャリア当たり40Wであり、アンテナ利得を10dBとすると、アンテナ入力電力は4Wである。

・16キャリアとすれば、全アンテナ入力電力は64Wである。

$$S = \frac{f}{1500} \quad S: \text{一般環境における最大許容限界値の電力束密度 [mW/cm}^2\text{]}$$
$$= 0.53 \quad f: \text{使用電波の周波数 [MHz]}$$

1-1 (2) より算出を行った場合、最大許容限界値の距離R [m] は

$$R = 0.77 \text{ m}$$

となる。

#### 2-2 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

指針値との適合性が問題となる距離はアンテナから0.77 m以内である。

#### 2-3 1.5GHz帯の場合

実効放射電力は1キャリア当たり80Wであり、アンテナ利得を10dBとすると、アンテナ入力電力は8Wである。

8キャリアとすれば、全アンテナ入力電力は64Wである。

$$S = 1.0 \quad S: \text{一般環境における最大許容限界値の電力束密度 [mW/cm}^2\text{]}$$

1-1 (2) より算出すると、最大許容限界値の距離R [m] は

$$R=0.41 \text{ m}$$

となる。

2-4 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

指針値との適合性が問題となる距離はアンテナから 0.41 m 以内である。

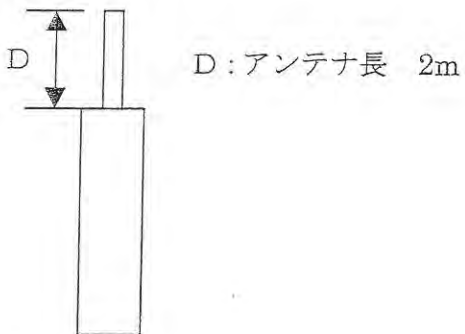


## E タクシー無線（一般の場合）

### アンテナの諸元および環境

#### 1. 代表的なアンテナ系の諸元

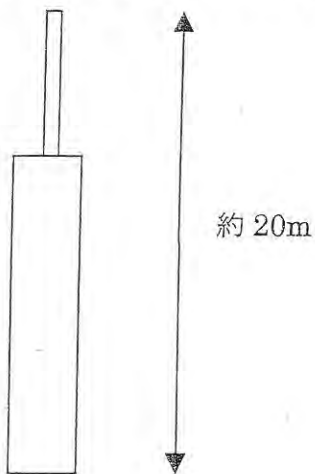
算出に必要な主要パラメータを抽出



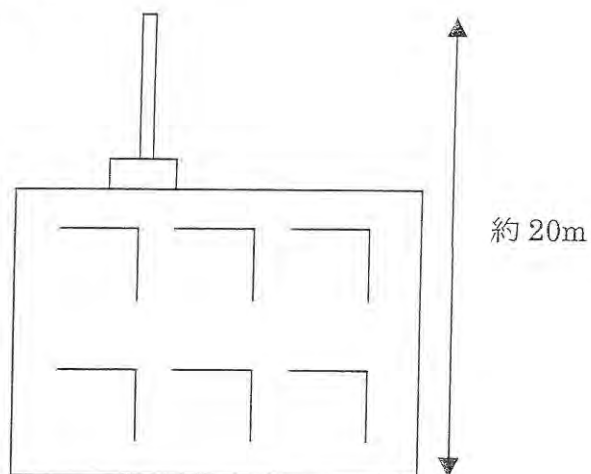
- ・周波数帯 450MHz 帯
- ・アンテナ指向性 主に水平方向
- ・アンテナの利得 7.15dBi
- ・アンテナ供給電力 10W
- ・キャリア数 1
- ・変調方式 FM

#### 2 アンテナの置かれる環境

アンテナ専用の鉄塔または事務所建物屋上の鉄塔ないし鉄柱に設置。  
いずれもアンテナ高は地上から約 20m に設置。



鉄塔に設置する場合の例



事務所建物屋上へ設置する場合の例

## 算出方法

### 1 適用する算出式

- (1) 距離 $R$ が $0.6D^2/\lambda$ 以上の場合  
第5章に示す基本算出式を適用する。
- (2) 距離 $R$ が $0.6D^2/\lambda$ 以下の場合  
第5章に示すコリニアアレーアンテナに対する算出式を適用する。

### 2 算出例

#### 2-1 代表例

アンテナ供給電力10W、アンテナ利得7.15dBi、450MHz帯の電力束密度指針値 $0.3\text{mW}/\text{cm}^2$ とすると、1-1(1)より距離 $R$ は1.88mである。一方、 $0.6D^2/\lambda$ は $D=2\text{m}$ とすると、3.58mである。

したがって、1-1(2)より距離 $R$ を求める。その結果、指針値以下となる距離は0.26m以上となる。

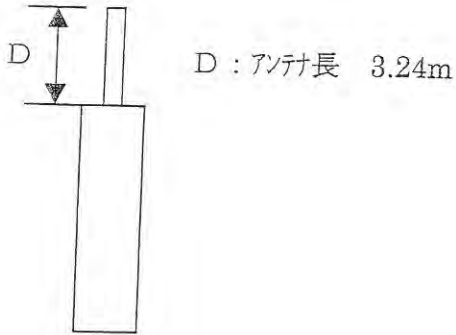
#### 2-2 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

指針値との適合性が問題となる距離はアンテナから0.26m以内である。

## F タクシー無線（集中基地局の場合）

### アンテナの諸元および環境

#### 1 代表的なアンテナ系の諸元

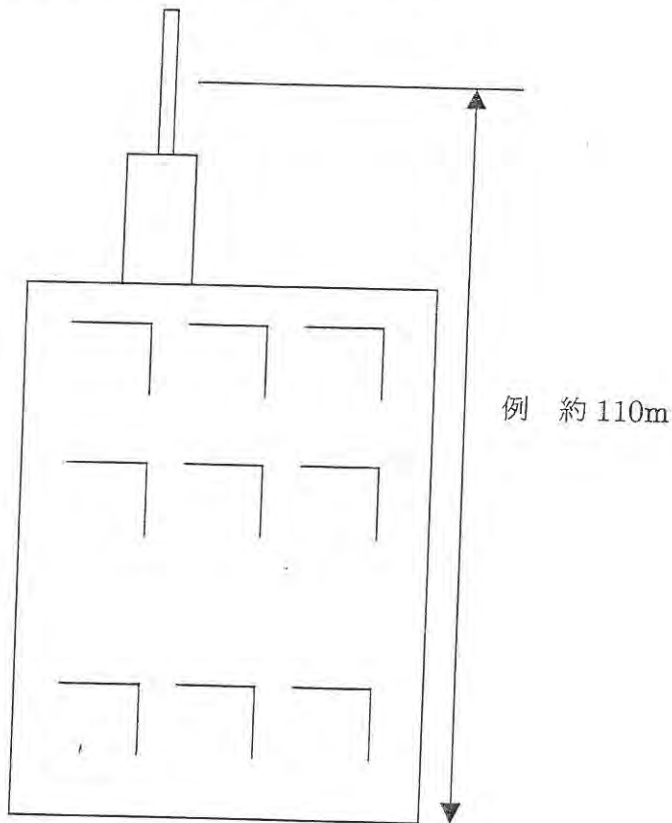


算出に必要な主要パラメータを抽出

- ・周波数帯 450MHz 帯
- ・アンテナ指向性 主に水平方向
- ・アンテナの利得 8.0dBi
- ・アンテナ供給電力  
共用装置出力 26W
- ・キャリア数 5
- ・変調方式 FM

#### 2 アンテナの置かれる環境

アンテナはビルの屋上の鉄塔に設置される。



## 算出方法

### 1 適用する算出式

- (1) 距離  $R$  が  $0.6D^2/\lambda$  以上の場合  
第5章に示す基本算出式を適用する。
- (2) 距離  $R$  が  $0.6D^2/\lambda$  以下の場合  
第5章に示すコリニアアレーアンテナに対する算出式を適用する。

### 2 算出例

#### 2-1 代表例

アンテナ供給電力 26W、アンテナ利得 8.0dBi、450MHz 帯の電力束密度指針値  $0.3\text{mW}/\text{cm}^2$  とすると、(1) より距離  $R$  は 3.3m である。一方、 $0.6D^2/\lambda$  は  $D=3.24\text{m}$  とすると、9.4m である。

したがって、(2) より距離  $R$  を求める。その結果、指針値以下となる距離は 0.43m 以上となる。

#### 2-2 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

指針値との適合性が問題となる距離はアンテナから 0.43m 以内である。

H 早見図(携帯電話、無線呼び出し等)

関係式

$$s = \frac{PG}{4\pi R^2} \times 2.56$$

s : 電力束密度  
 P : 正味のアンテナ入力電力  
 G : 絶対利得  
 R : アンテナからの距離  
 2.56 : 反射波を考慮した係数

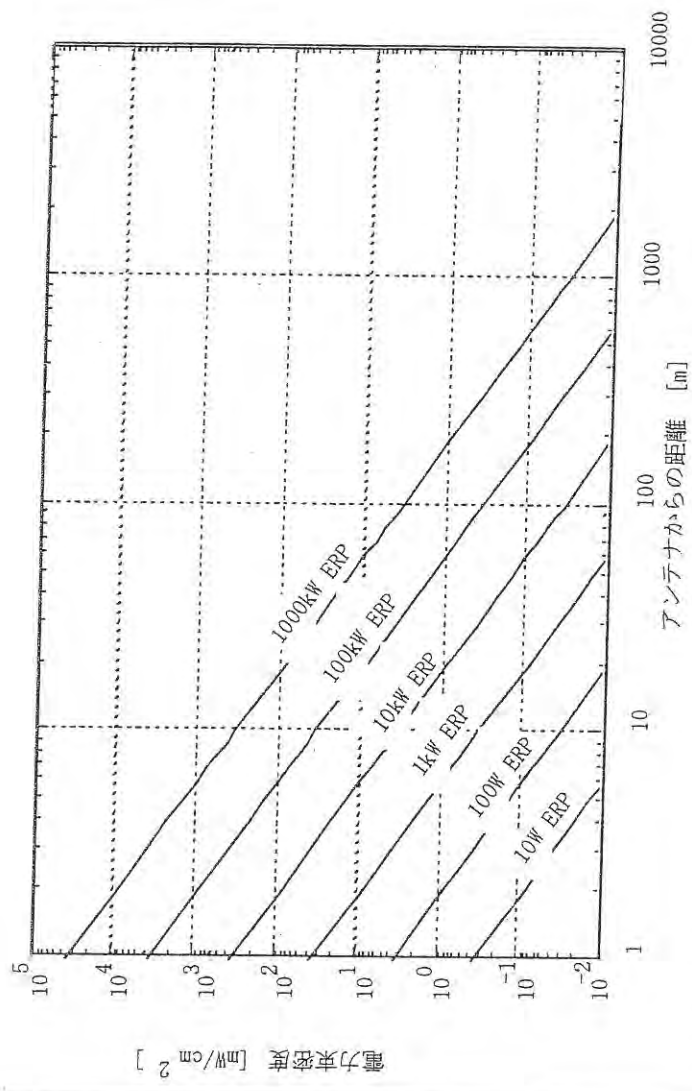
$$\text{EIRP} = PG$$

EIRP : 等方実効電力

$$\text{ERP} = PG_d$$

ERP : 実効電力  
 G<sub>d</sub> : d<sup>0</sup>方向の相対利得

$$\text{EIRP} = 1.64\text{ERP}$$

$$s = \frac{\text{EIRP}}{4\pi R^2} \times 2.56 = \frac{1.64\text{ERP}}{4\pi R^2} \times 2.56$$


早見図 1 基本算出式における電力束密度対アンテナからの距離 (反射波を考慮)



関係式

$$s = \frac{PG}{4\pi R^2}$$

s : 電力束密度  
 P : 正味のアンテナ入力電力  
 G : 絶対利得  
 R : アンテナからの距離

$$\text{EIRP} = PG$$

EIRP : 等方実効電力

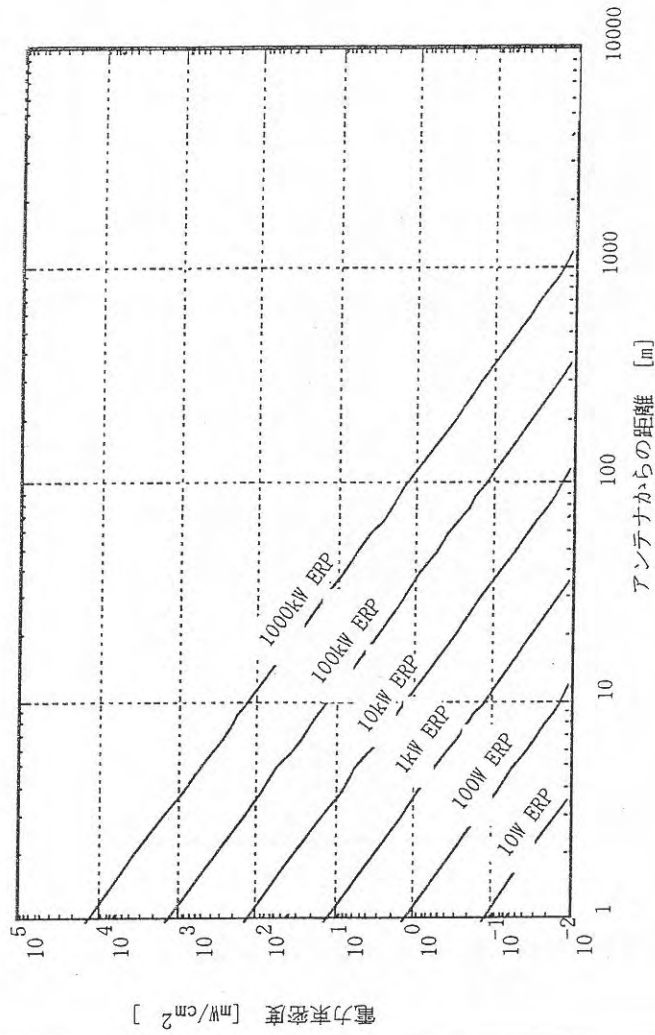
$$\text{ERP} = PG_d$$

ERP : 実効電力

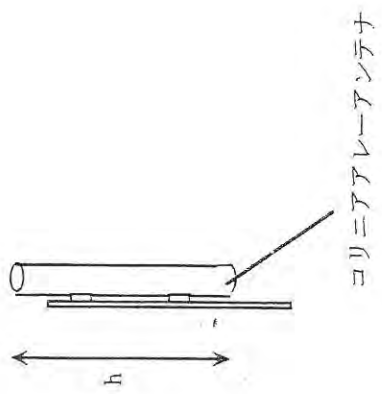
G<sub>d</sub> : 方向性係数(絶対利得)

$$\text{EIRP} = 1.64\text{ERP}$$

$$s = \frac{\text{EIRP}}{4\pi R^2} = \frac{1.64\text{ERP}}{4\pi R^2}$$



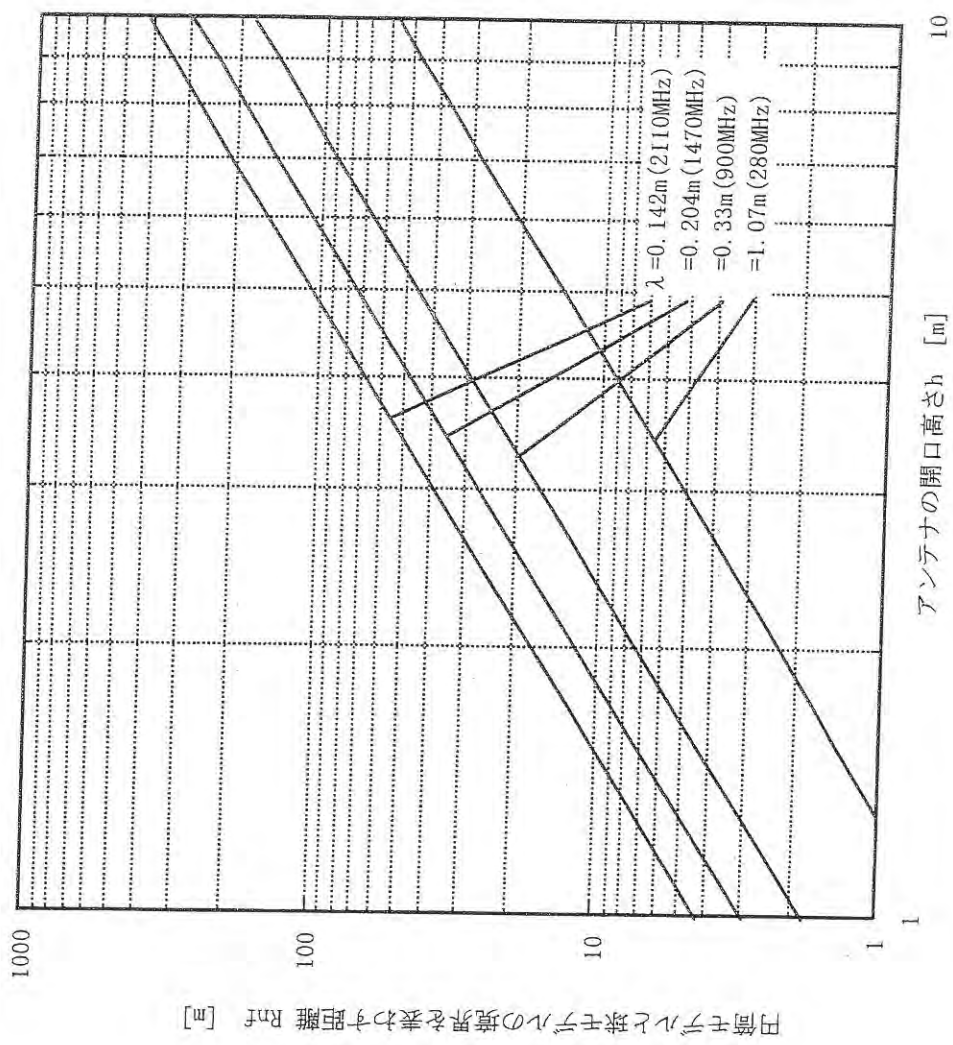
早見図 2 基本算出式における電力束密度対アンテナからの距離 (反射波無し)



関係式

$$R_{nf} = \frac{0.6h^2}{\lambda}$$

$R_{nf}$  : 円筒モデルと球モデルの境界を表わす距離  
 $h$  : アンテナ開口高さ  
 $\lambda$  : 波長



早見図3 コリアレーアンテナにおける円筒モデルと球モデルの境界

関係式

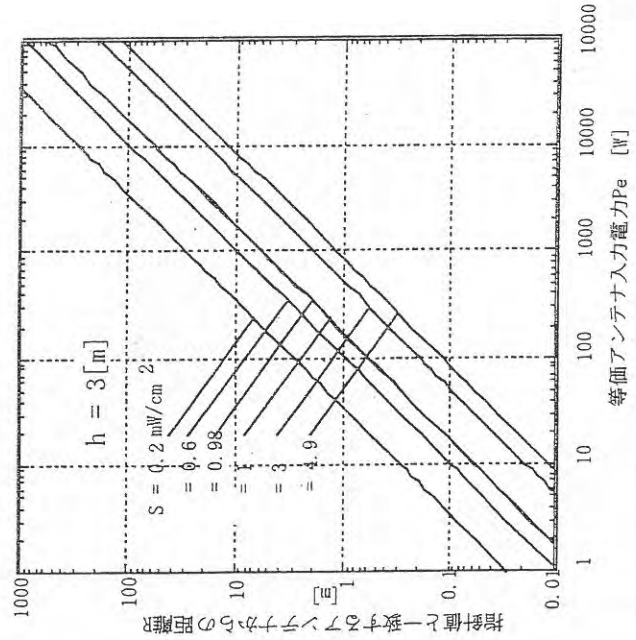
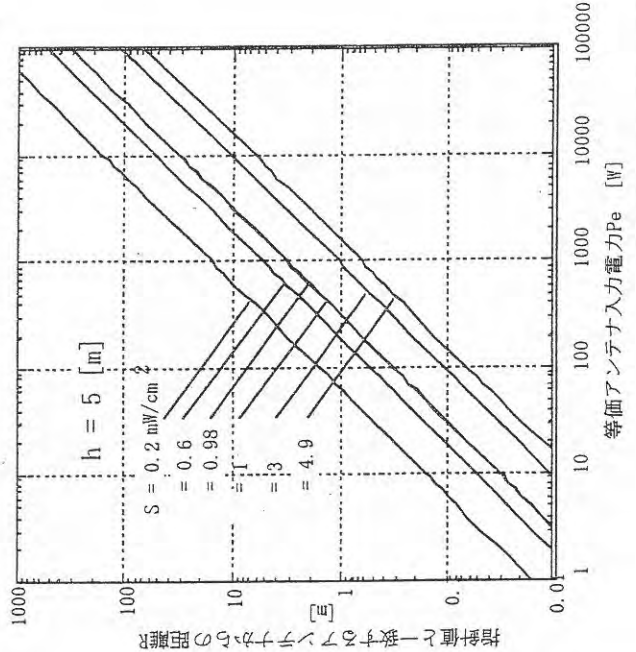
$$S = \frac{P_e}{2\pi R h}$$

$$P_e = P \left( \frac{360}{\theta_{BW}} \right)$$

S: 電力束密度  
 P<sub>e</sub>: 等価アンテナ入力電力  
 P: 正味のアンテナ入力電力  
 R: アンテナからの距離  
 h: アンテナ開口面高さ  
 θ<sub>BW</sub>: ビーム幅

電力束密度Sの指針値      mW/cm<sup>2</sup>

周波数	条件G
280MHz	0.2
900MHz	0.6
1470MHz	0.98



早見図4 電波防護指針値と一致するアンテナからの距離 (円筒モデル)

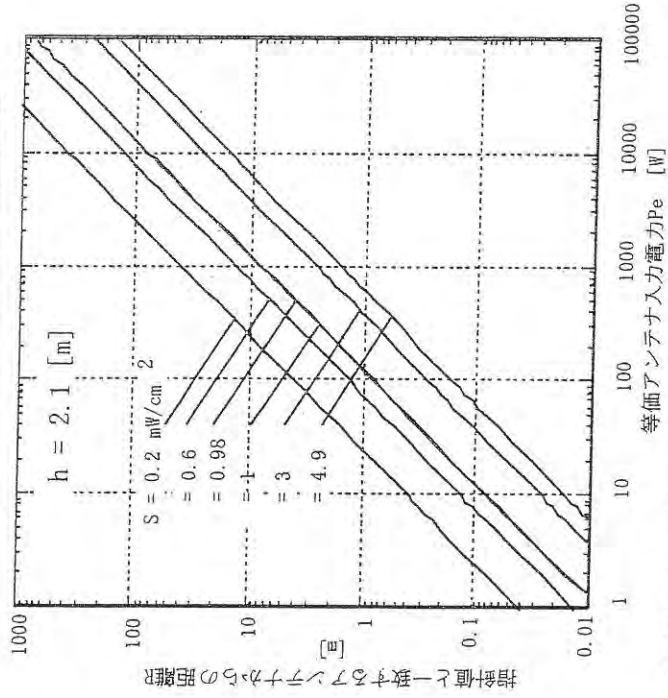
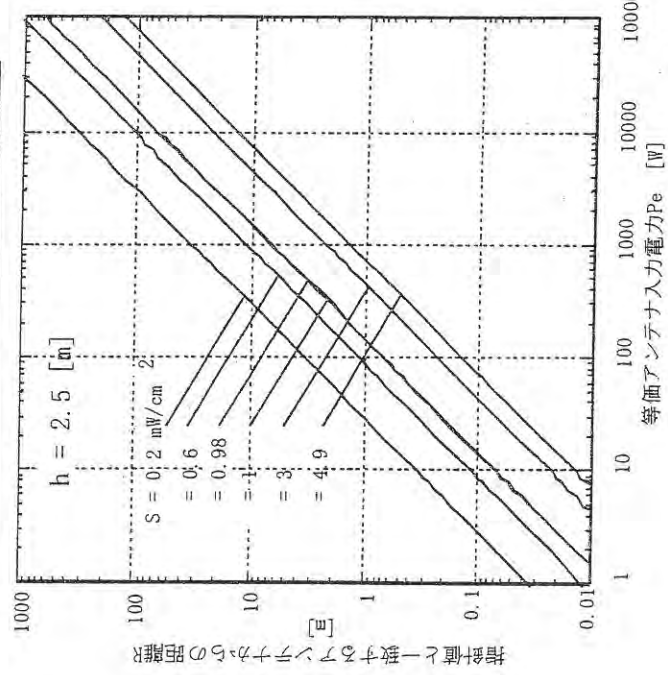
関係式

$$S = \frac{P_e}{2\pi R h^2}$$

$$P_e = P \left( \frac{360}{\theta_{BW}} \right)$$

- S : 電力束密度
- Pe : 等価7/4入力電力
- P : 正味の7/4入力電力
- R : アンテナからの距離
- h : アンテナ開口面高さ
- θBW : ビーム幅

電力束密度Sの指針値 $\text{mW/cm}^2$	
周波数	条件G
280MHz	0.2
900MHz	0.6
1470MHz	0.98



早見図5 電波防護指針値と一致するアンテナからの距離 (円筒モデル)

電力束密度 S の指針値  $\text{mW}/\text{cm}^2$

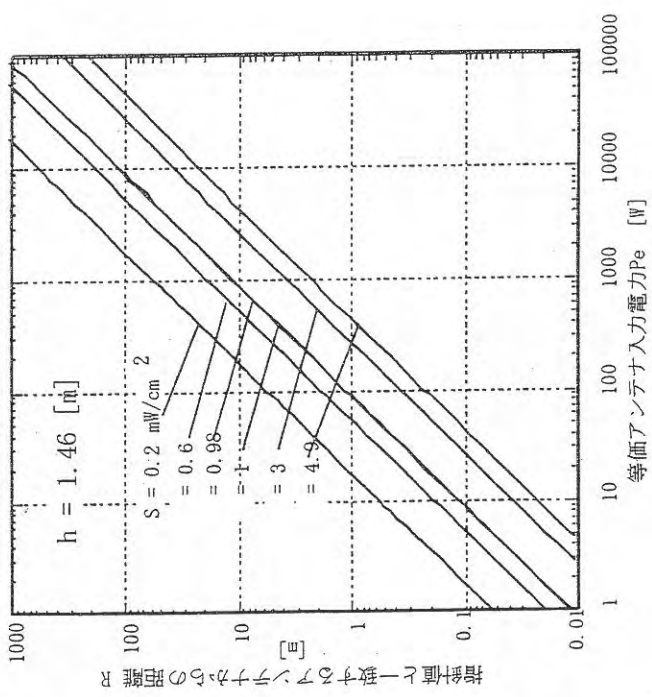
周波数	条件G
280MHz	0.2
900MHz	0.6
1470MHz	0.98

関係式

$$S = \frac{P_e}{2\pi R h}$$

$$P_e = P \left( \frac{360}{\theta_{BW}} \right)$$

S : 電力束密度  
 Pe : 等価アンテナ入力電力  
 P : 正味のアンテナ入力電力  
 R : アンテナからの距離  
 h : アンテナ開口面高さ  
 $\theta_{BW}$  : ビーム幅



早見図 6 電波防護指針値と一致するアンテナからの距離 (円筒モデル)



関係式

$$S = \frac{PG}{4\pi R^2} \times 2.56$$

S : 電力束密度  
 P : 正味のアンテナ入力電力  
 G : 絶対利得  
 R : アンテナからの距離  
 2.56 : 反射波を考慮した係数

$$EIRP = PG$$

EIRP : 等方実効電力

$$ERP = PG_d$$

ERP : 実効電力

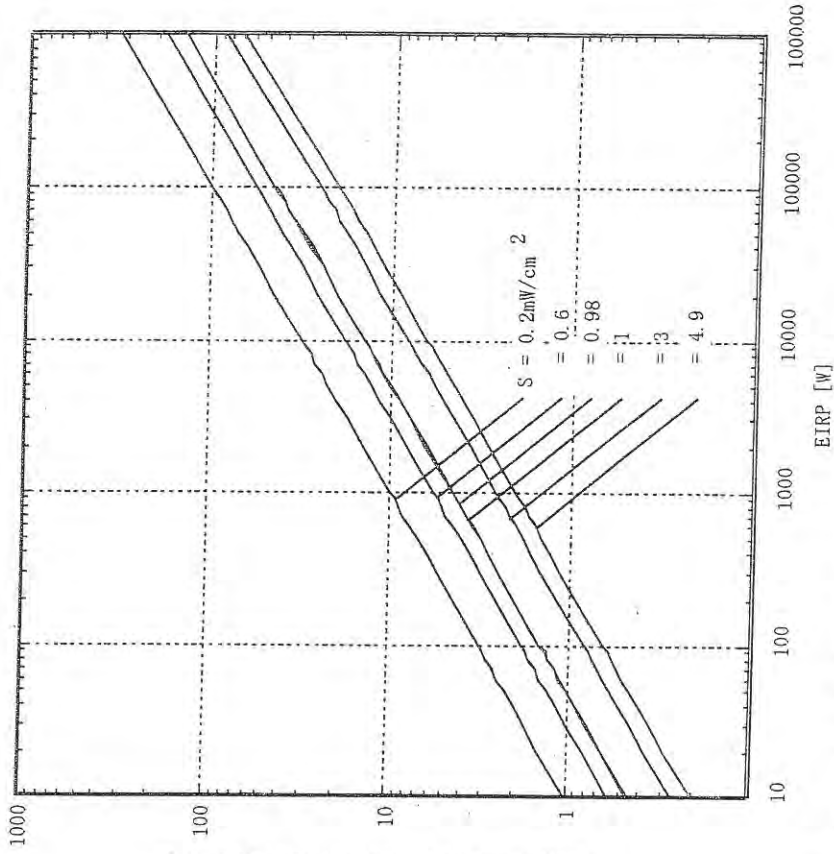
Gd : ガ\*体\*利得

$$EIRP = 1.64ERP$$

$$S = \frac{EIRP}{4\pi R^2} \times 2.56 = \frac{1.64ERP}{4\pi R^2} \times 2.56$$

電力束密度Sの指針値 mW/cm<sup>2</sup>

周波数	条件G
280MHz	0.2
900MHz	0.6
1470MHz	0.98



電波防護指針値と一致するアンテナからの距離

早見図7 電波防護指針値と一致するアンテナからの距離  
 (球モデル、反射波を考慮)

関係式

$$S = \frac{PG}{4\pi R^2}$$

S : 電力束密度  
 P : 正味の放射入力電力  
 G : 絶対利得  
 R : アンテナからの距離

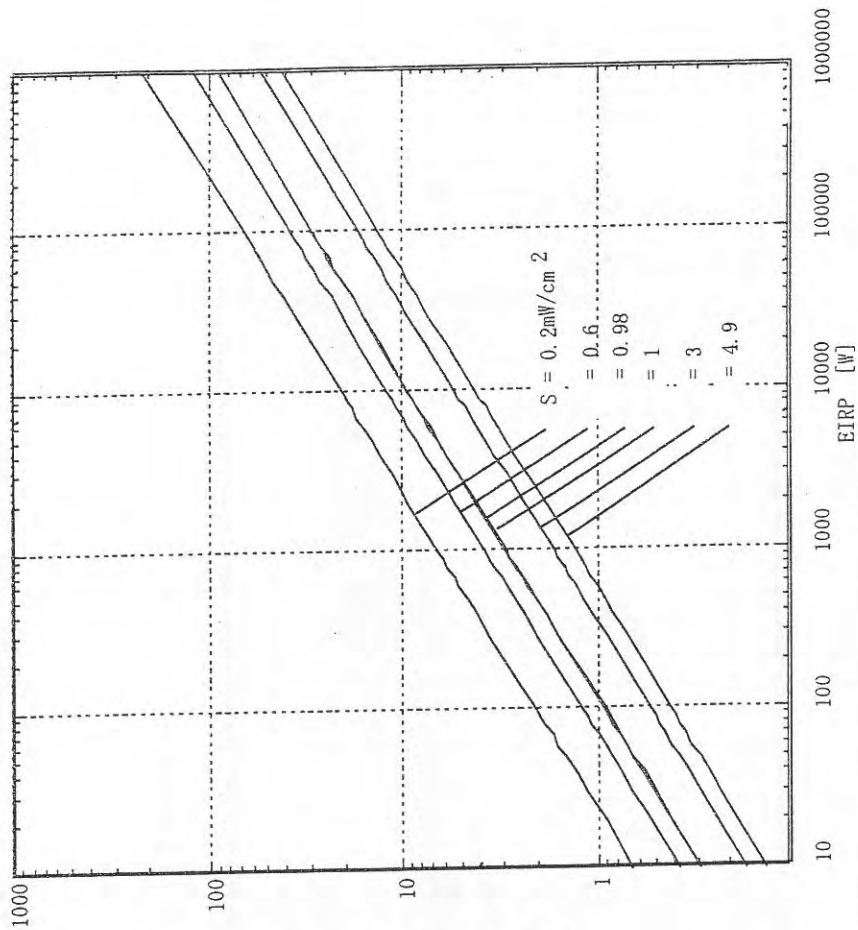
EIRP = PG  
 ERP = PG<sub>d</sub>  
 G<sub>d</sub> : ガイナル相対利得

EIRP = 1.64ERP

$$s = \frac{EIRP}{4\pi R^2} = \frac{1.64ERP}{4\pi R^2}$$

電力束密度sの指針値 mW/cm<sup>2</sup>

周波数	条件G
280MHz	0.2
900MHz	0.6
1470MHz	0.98

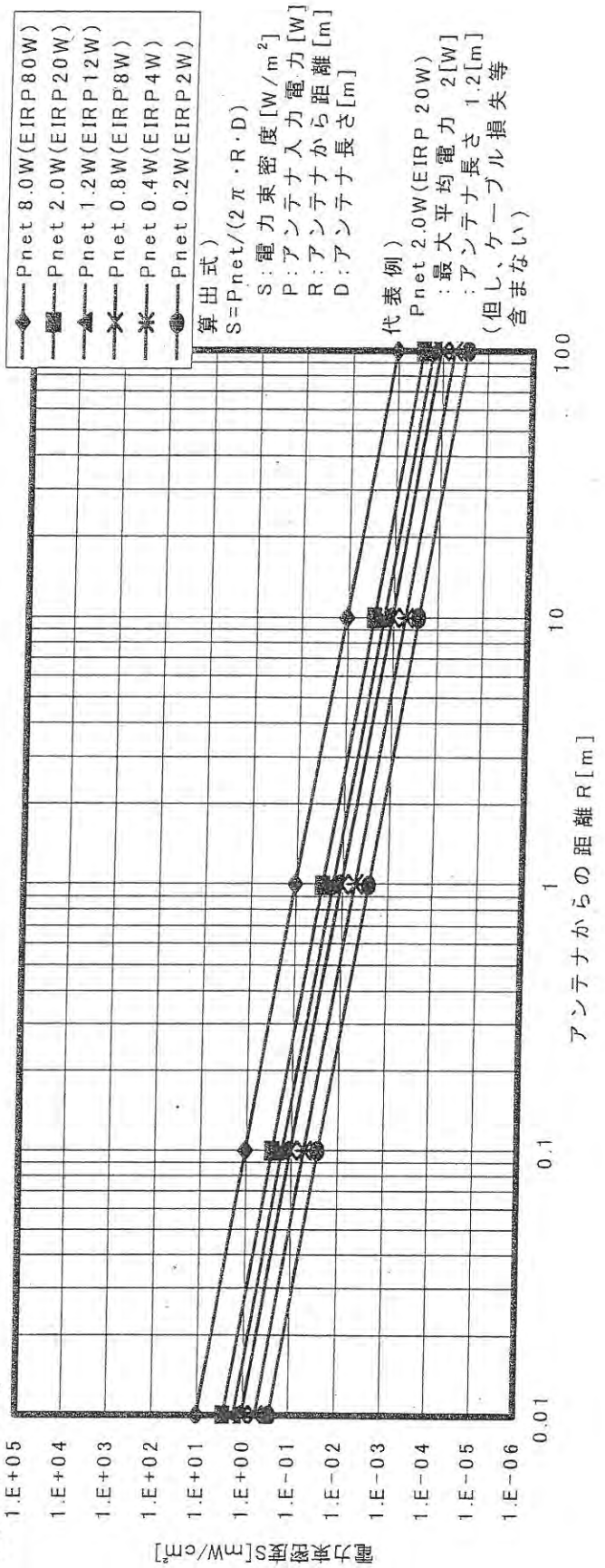


【E】 電波防護規格値と一致するアンテナからの距離

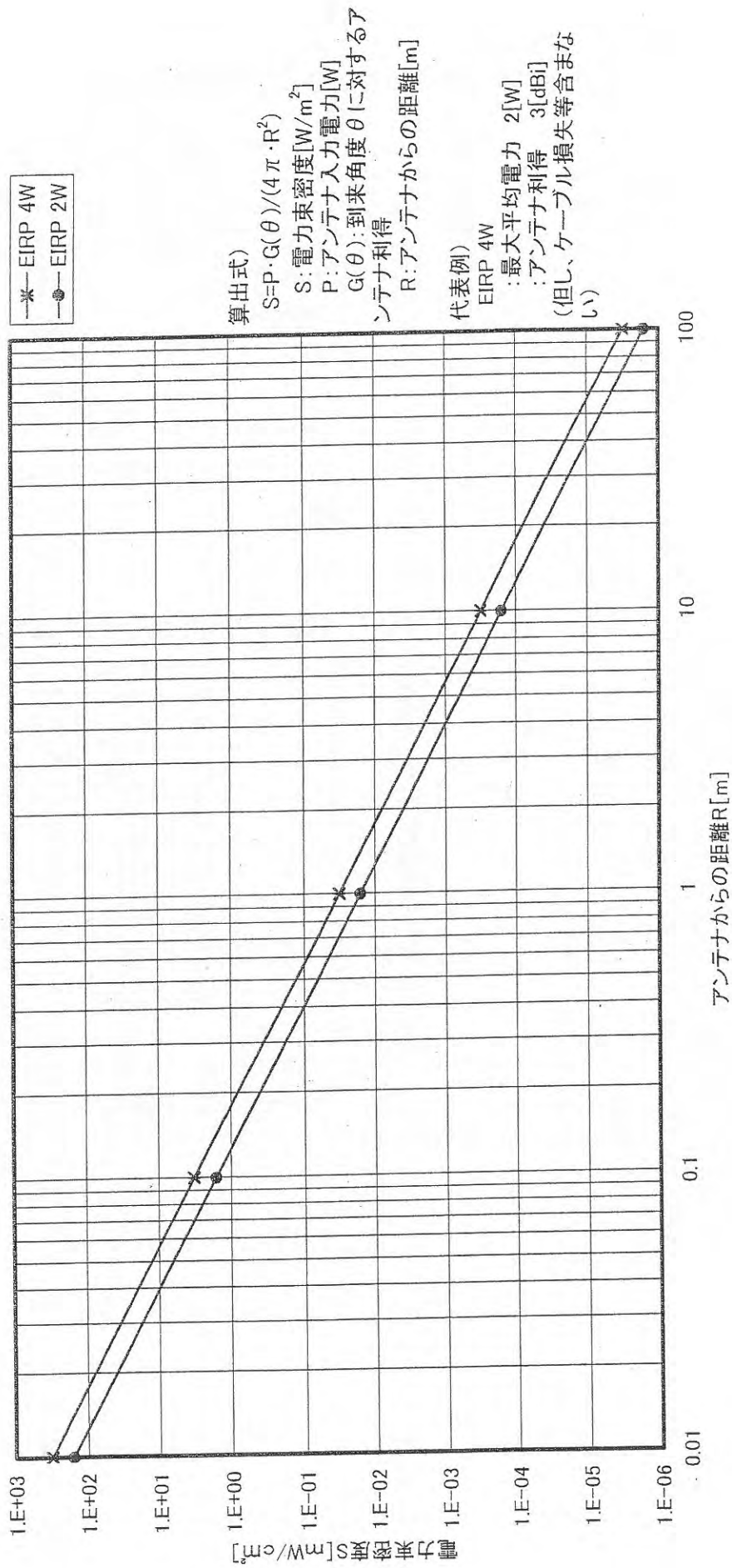
早見図 8 電波防護規格値と一致するアンテナからの距離  
 (球モデル、反射波無し)

電力束密度対距離の早見図(垂直コリニアアレー)

I 早見図 (PHS)

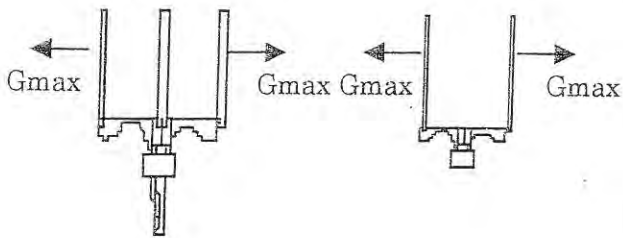


# 電力束密度対距離の早見図(パッチ(平面))



事例 1. 垂直コリニアアレー (屋外)

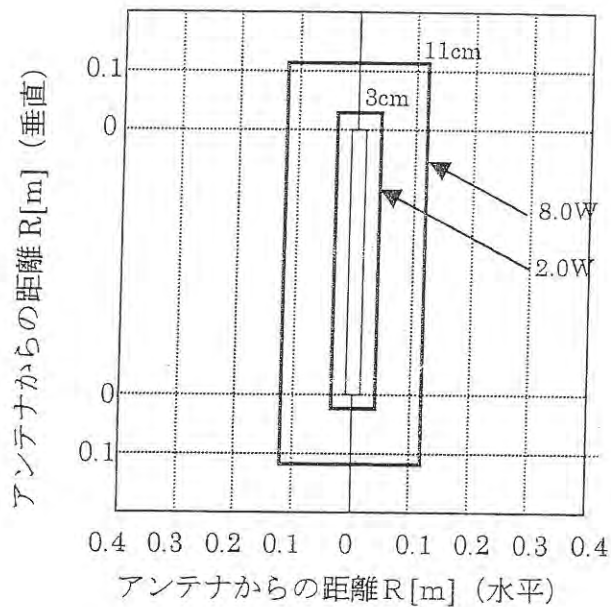
PHS 基地局における指針値との適合性早見図



アンテナ形式 (特性)	垂直コリニアアレー ・利得 : 10dBi (最大) ・指向 : (水平) 主に無指向 (オムニ) (垂直) 主に水平方向 (ビーム 半値幅 10° 程度)
アンテナ入力電力	0.4~2.0W (平均電力 0.1~0.5W)

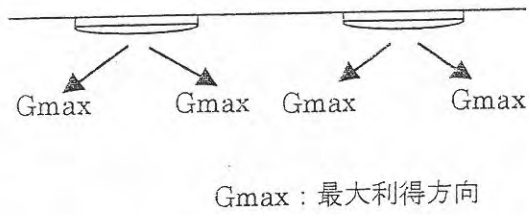
一般環境 (条件 G) :

1.9GHz 帯指針値 : 1 mW/cm<sup>2</sup>



事例 2. パッチ (平面) (屋内)

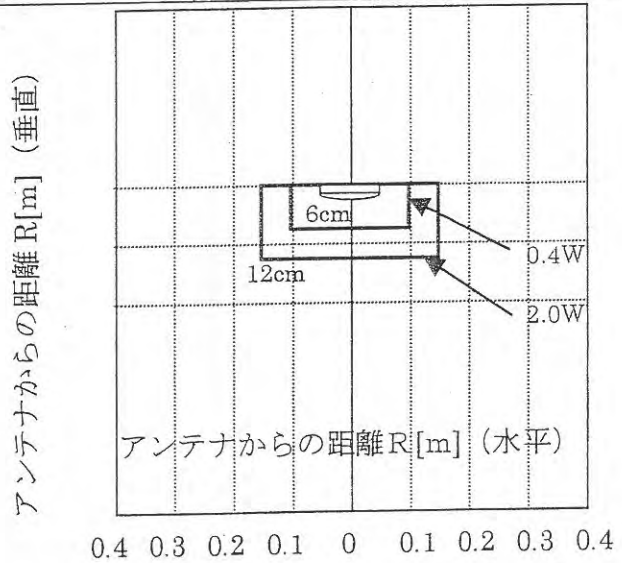
PHS 基地局における指針値との適合性早見図



アンテナ形式 (特性)	パッチ (平面) ・利得 : 3dBi (最大) ・指向 : (水平) 主に無指向 (オムニ) (垂直) 主に下側方向 最大利得 : 概ね 4 時及び 8 時方向
アンテナ入力電力	0.4~2.0W (平均電力 0.1~0.5W)

一般環境 (条件 G) :

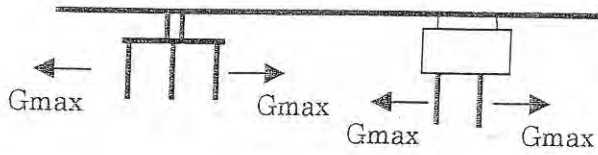
1.9GHz 帯指針値 : 1 mW/cm<sup>2</sup>





事例 3. 垂直コリニアアレー (屋内等)

PHS 基地局における指針値との適合性早見図

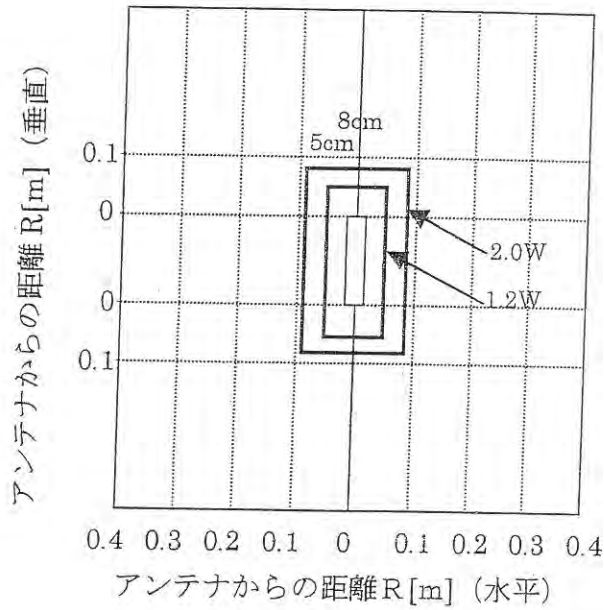


Gmax : 最大利得方向

アンテナ形式 (特性)	垂直コリニアアレー ・利得 : 4dBi (最大) ・指向 : (水平) 主に無指向 (オムニ) (垂直) 主に水平方向 ・長さ : 0.4m
アンテナ入力電力	0.4 ~ 2.0W (平均電力 0.1 ~ 0.5W)

一般環境 (条件 G) :

1.9GHz 帯指針値 :  $1 \text{ mW/cm}^2$



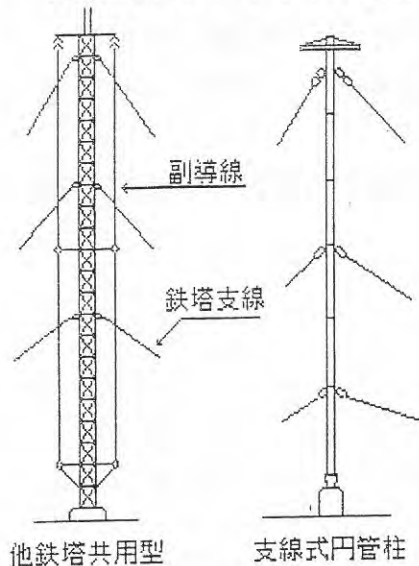
## 第2章 地上放送

### A 中波放送

#### アンテナの諸元および環境

##### 1 代表的なアンテナ系の諸元

・算出に必要な主要パラメータを抽出



最も一般的に用いられる中波アンテナ (モノポールアンテナ)

支線式円管柱 : 長さ 36m ~ 250m

頂冠なし、頂冠付き、傘形折り返し支線など

能率 30% ~ 120% 程度、平均 70% 程度

基部接地鉄塔 : 高さ 47m ~ 130m

副導線絶縁、副導線搭体接続、折り返し接地

能率 50% 程度

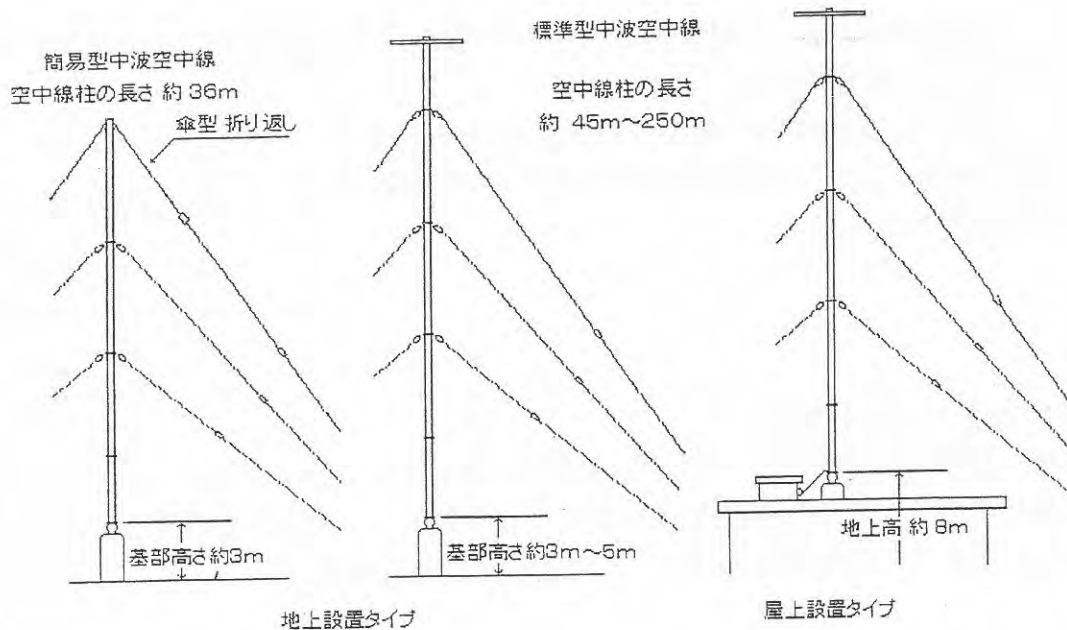
基部絶縁形自立式円管柱

長さ 45m

頂冠付き

能率 約 75%

##### 2 アンテナのおかれる環境



支線式アンテナについては局舎に隣接または屋上に建っているため、一般的には外柵により防護されている。自立式アンテナ局では、小電力局において人家や道路に近く設置されている場合があるが、アンテナの周囲には防護柵が設けられている。

## 算出方法

### 1 適用する算出式

第5章に示す、中波放送用モノポールアンテナに対する算出式を適用する。

経験則に基づき当該設備における、アンテナの波長短縮率  $s$ 、頂冠の補正係数  $\kappa$  に適切な数値を当てはめて、検討対象となる距離範囲を上式により計算し電磁界値を得る。定数を上下に僅か変えて、仮定数毎に距離対電磁界のカーブを作成し、現場における実測値と良く一致するものを選択する。

これにより、当該アンテナの正確な定数が決定でき、測定点以外の電磁界を計算で算出できる。

### 2 算出する手順

#### 手順

- ① 調査対象局の諸元[周波数  $f$ 、空中線電力  $P_t$ 、アンテナ寸法 ( $l, d, D$ )]などの情報を得る。
- ② 当該アンテナの波長短縮率 ( $s$ )、頂冠の補正係数 ( $\kappa$ ) を予想される範囲でいくつか仮定する。
- ③ 仮定に基づき算出式で計算を実施し、各定数毎の「距離対電磁界カーブ」を用意する。
- ④ 調査対象アンテナの極近傍域で、 $N$ 個の測定点(水平距離  $\rho$ 、地上高  $z$ )における電界強度  $E_\rho$  と磁界強度  $H_\rho$  を測定する。
- ⑤ 先に用意したカーブから、測定値に一番合致するものを選択する。
- ⑥ 測定点以外の任意の距離における電磁界強度をカーブから読み取る。
- ⑦ 規制値に該当する距離を確定する。

### 3 算出例

#### 3-1 代表例

NHK 菖蒲久喜ラジオ放送所(第1放送)

空中線電力は 300kW、周波数は 594kHz、アンテナ諸元 ( $l:240\text{m}$ 、 $d:1.25\text{m}$ 、 $D:12\text{m}$ )

$s$ 、 $\kappa$  をいくつか仮定して得たカーブと実測値を比較し、 $s=0.9$ 、 $\kappa=0.65$  を採用して防護距離を算出すると、275 V/m の電界強度は約 15m 程度で発生する。

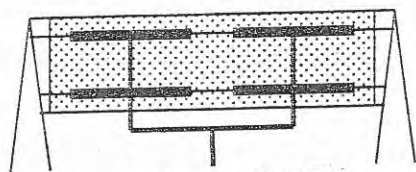
#### 3-2 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

最大電力(500kW)局でも、指針値に抵触するのは十数m以内である。

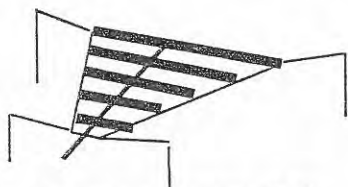
## B 短波放送

### アンテナ諸元および環境

#### 1 代表的なアンテナ系の諸元



カーテン・アンテナ (国際放送用)  
折返し格体・ポールを2列2段に配置  
背面に反射器(スクリーン)有り



水平対数周期 (国際放送用)



折返し格体・ポール (国内放送用)

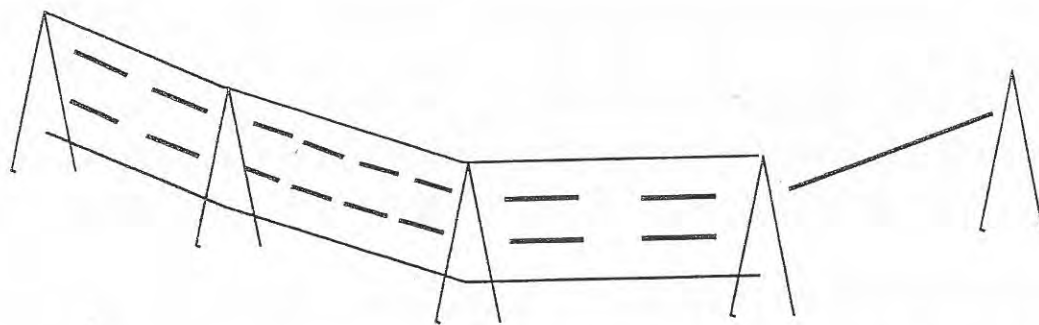
#### ・算出に必要な主要パラメータを抽出

- ・周波数帯 5.9~21.9MHz の国際放送バンド
- ・アンテナ指向特性 水平面半値幅 15° ~40°
- ・アンテナ利得 14~16dBi
- ・打上角度 10° ~20°
- ・アンテナ供給電力 300kW (1キャリア/アンテナ)
- ・変調方法 DSB
- ・タイプ 4列2段、2列2段

- ・周波数帯 5.9~21.9MHz の国際放送バンド
- ・アンテナ指向特性 水平面半値幅 約65°
- ・アンテナ利得 約14dBi
- ・打上角度 約20°
- ・アンテナ供給電力 100kW (1キャリア/アンテナ)
- ・変調方法 DSB

- ・周波数帯 3MHz帯、6MHz帯、9MHz帯
- ・アンテナ指向特性 水平面半値幅 78° (ハの字)
- ・アンテナ利得 2.14dBi
- ・打上角度 30° (9MHz) ~90° (3MHz)
- ・アンテナ供給電力 10kW、50kW (1キャリア/アンテナ)
- ・変調方法 DSB

#### 2 アンテナのおかれる環境



- ・比較的広大な敷地平面上にエレメント展張用鉄塔を設定し、鉄塔間に放射器、反射器を展張する。
- ・アンテナ用敷地の境界は、フェンス、ガードレール、垣根、杭等によって明示されている。

## 算出方法

### 1 適用する算出式

#### 1-1 算出式

##### (1) カーテンアンテナ

第5章に示すカーテンアンテナに対する算出方法を用いる。

地上付近の電磁界強度が高さに比例するとみなせる場合、人間の身長を1.75mと仮定すると、地上1mの点の電磁界強度を求めることにより、人体がばく露される電磁界強度の等価的な空間平均値を算出することができる。

但し、上記の方法は、主放射方向以外では、過大評価となるので、当該放射方向における平均電磁界強度をより厳密に算出してよい。

##### (2) 水平LPアンテナ

水平LPアンテナによる電磁界は、使用周波数に応じた一つの半波長等価ダイポールアンテナによる電磁界とみなして、第5章に示す算出方法を用いて求める。

水平LPアンテナについてもカーテンアンテナと同様、主放射方向における地上高1mの点の電磁界強度を求めることにより、人体がばく露される電磁界強度の等価的な空間平均値を算出し評価するものとする。

#### 1-2 算出式の適用範囲

アンテナ前面から適用する。

### 2 算出例

#### 2-1 代表例

##### (1) カーテンアンテナ

カーテンアンテナを構成する放射素子が折返し放射素子（入力インピーダンス $Z = 600\Omega$ ）であり、配列が4列/2段/最低地上高1波長（4/2/1と表す。）反射器有りのものが、短波放送の代表的なカーテンアンテナである。

この場合、折返し素子数が8であるから空中線電力を $P_0$ とすると各素子への供給電力 $P = P_0/8$ 、折返し素子電流 $I' = \sqrt{P/Z}$ 、従って等価ダイポールの素子電流 $I = 2 \times I'$ となる。

又、大地及び反射器の反射を考慮して、等価ダイポール数を $8 \times 2 \times 2 = 32$ として、その合成電界強度を求める。

比較的多用される17MHz帯の周波数を使用し、空中線電力300kWの場合の計算結果及び実測値のグラフを図1に示す。又、地上高と電界強度の関係を図2に示す。

図1は、地上高1.0m、1.5m、2.0mの電界強度について、カーテンアンテナ中心直下から150m離れた点までの変化の様子である。

図2はアンテナから30m離れた点における電界強度について、高さ（及び周波数）



による変化の様子である。

図1及び図2から、地上高1mの電界強度を用いるのが人体の空間平均値として適当であること、指針値を満たすのは、17.86MHzの場合、アンテナ前方約55mであることが判る。

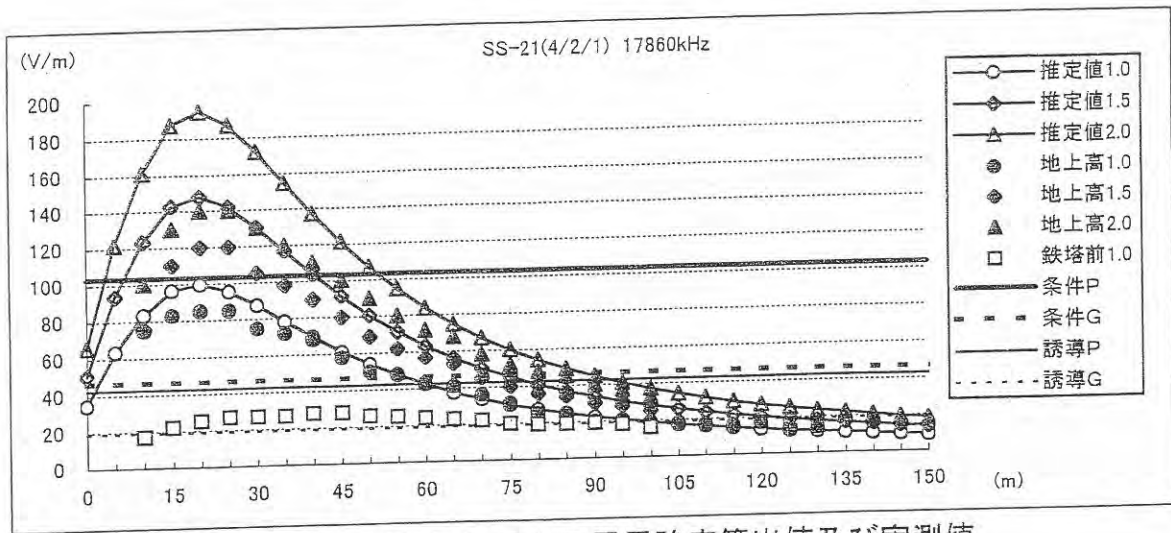


図1 カーテンアンテナの電界強度算出値及び実測値

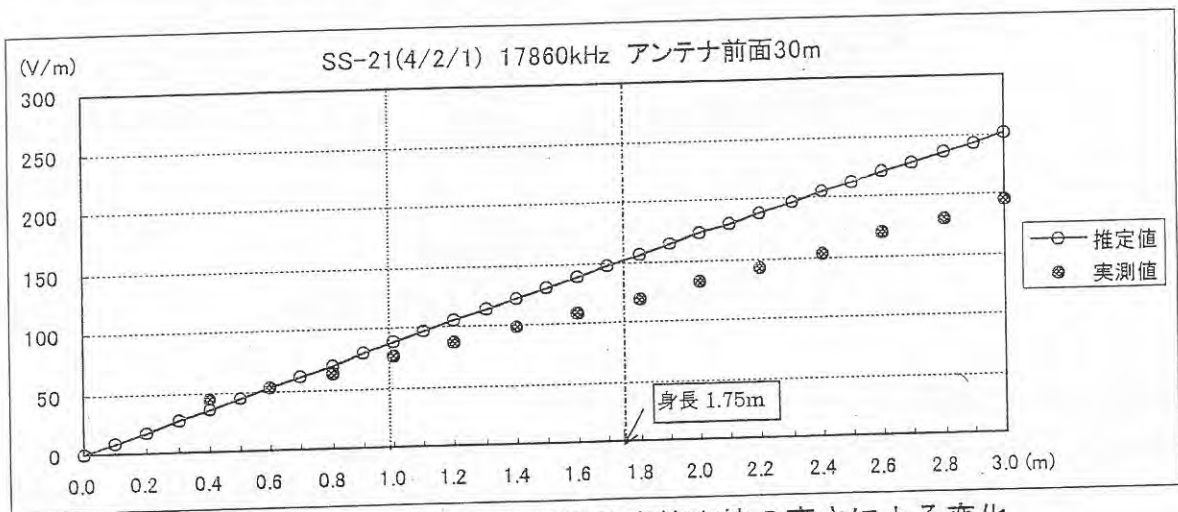


図2 カーテンアンテナ電界強度算出値の高さによる変化

## (2) 水平LPアンテナの場合

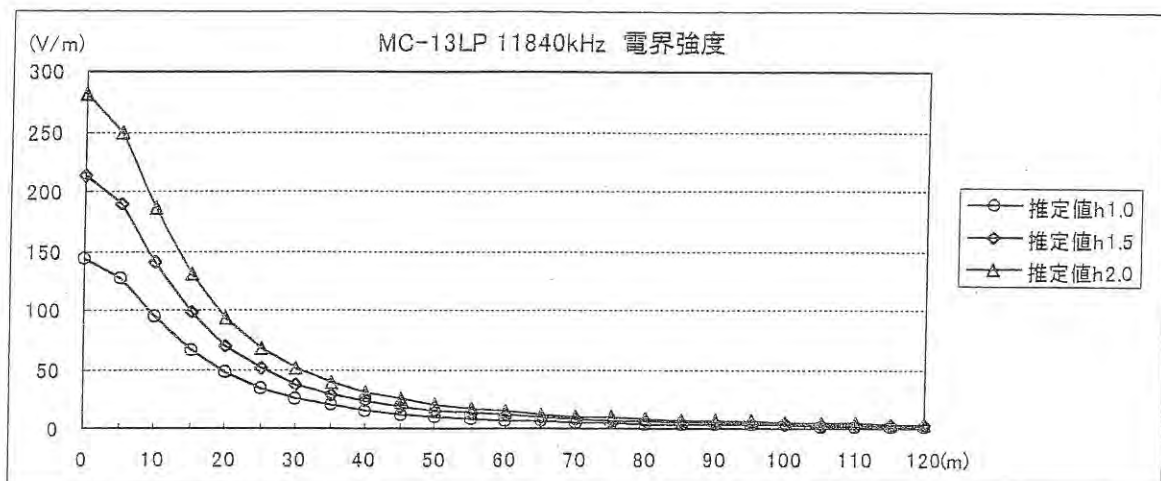
放送（短波）用としては、国際放送用の水平LPアンテナがある。

この場合、地上半波長の高さに、半波長等価ダイポールアンテナがあると仮定し、素子電流  $I$  は、空中線電力を  $P_0$ 、半波長アンテナの入力抵抗を  $R_r (=73\Omega)$  とし、 $I = \sqrt{P_0/R_r}$  で求める。

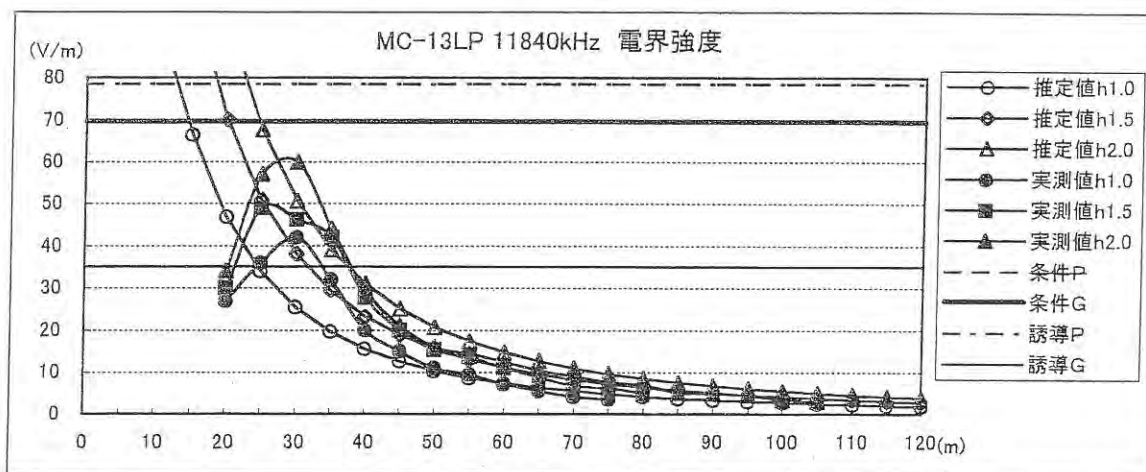
水平LPアンテナで比較的多用される11MHz帯を使用し、空中線電力100kWの場合の計算結果及び実測値のグラフを図3(a), (b)に示す。

図3(b)の距離30mには給電柱があり、実測値を乱しているが、算出値と実測値がほぼ一致している様子が伺える。





(a) 算出値(11840kHz)



(b) 算出値と実測値(11840kHz)

図3 水平LPアンテナ電界強度算出値及び実測値

## 2-2 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

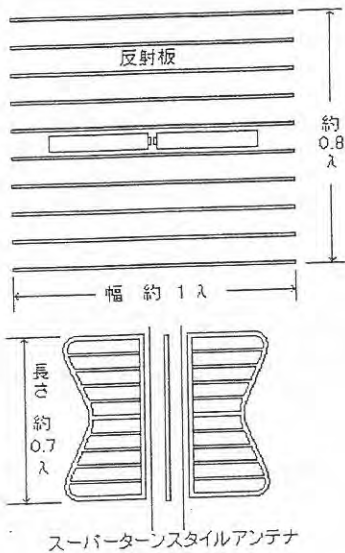
使用周波数、放射素子の配列等により異なるが、実際に最も厳しい条件は、4/2/1アンテナで空中線電力300kW、周波数21.9MHz（最高使用周波数）を使用した場合で、このときの指針を満足するためのアンテナ中心からの距離は約75mとなる。

ただし、アンテナにより、素子の配列、使用する周波数範囲、空中線電力が異なるため、実際の使用条件に応じ、個々のアンテナについて評価するのが妥当である。

## C FM親局・大電力中継局(空中線電力 100W 以上)

### アンテナの諸元および環境

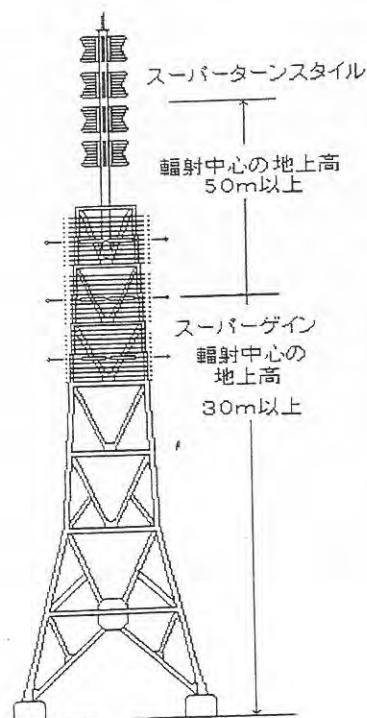
#### 1 代表的なアンテナ系の諸元



FM親局・中継局に用いられる送信アンテナ (VHFスーパーゲイン、スーパーターンスタイル)

- ・スーパーゲインアンテナ (SG) は、2段～8段程度
- ・スーパーターンスタイル (ST) は、3段～8段程度
- ・周波数帯 76～90 MHz
- ・アンテナ指向性 垂直および水平偏波 (STは水平のみ)
- ・アンテナ利得 SG 2段 : 8.2dB ・8段 : 14 dB  
ST 3段 : 5.0dB ・8段 : 9 dB
- ・空中線電力 最大10 kW程度までの局に適用
- ・キャリア数 1
- ・平均電力 定格電力
- ・変調方法 周波数変調

#### 2 アンテナのおかれる環境



首都圏や大都市では平地に設置されている場合があるが、一般的には山頂に設置され、アンテナは支柱式鉄柱またはトラス式鉄塔に取付けられる。

空中線電力が100W以上の大電力局では、平地で100m以上、山頂では30～50m程度の大型鉄塔が用いられる。

アンテナの高さは、鉄塔側面に設置されるスーパーゲインアンテナでも、ほとんどの場合地上30m以上である。また、送信所の敷地には外柵が設置されている。FM放送はVHFローチャンネルテレビ放送と送信アンテナを共用している場合もある。

## 算出方法

### 1 適用する算出式

一般に100W以上の電力で送信するFM中継局においては、アンテナ高は30m以上確保されており、一般の人がアンテナに近づく可能性がある距離は、近くても30mと考えられる。

この場合は第5章で示す、基本算出式の適用が可能である。(大地反射の効果として2.56倍の係数をかけている。)

$$S = \frac{33.4 ERP}{R^2} \quad (1)$$

S : 電力束密度 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )  
ERP : 実効輻射電力 (W)  
R : 距離 (m)

FM放送の親局や大電力中継局の場合は、一般に垂直方向に積み重ねたアレイアンテナを用いており、下方向の放射は制限されているので、垂直指向特性を考慮するのが妥当である。

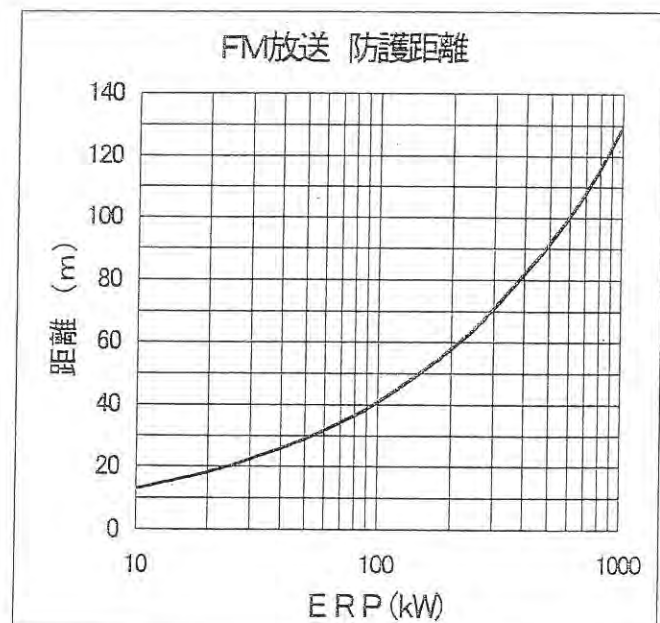
ここで、アンテナの垂直面内指向減衰量を10dB(0.1倍)とすると

$$S = \frac{3.34 ERP}{R^2} \quad (2)$$

となる。

### 2 算出例

算出式(2)に基づき、当該距離での電波の強度を算出する。電波の強度がFM放送周波数帯での指針値となる距離と、出力との関係を求めた早見表を右図に示す。

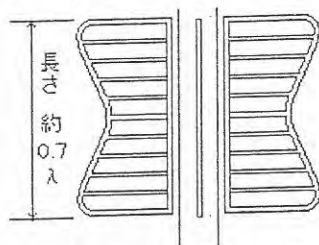
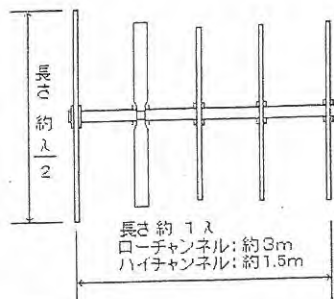


## D FM小電力中継局(空中線電力100W未満)

### アンテナの諸元および環境

#### 1 代表的なアンテナ系の諸元

FM中継局に用いられる送信アンテナ (VHF八木、スーパーターンスタイル)



スーパーターンスタイルアンテナ

・送信に用いられる八木アンテナは、3素子または5素子で1段~2段積み重ねて用いる

スーパーターン(ST)は小電力局では1~3段程度

・周波数帯 76~90 MHz

・アンテナ指向性 垂直および水平偏波(STは水平のみ)

・アンテナ利得 3素子 : 5.5dB / 5素子 : 9.0dB

ST1段 : 0.3dB / 3段 : 5.0dB

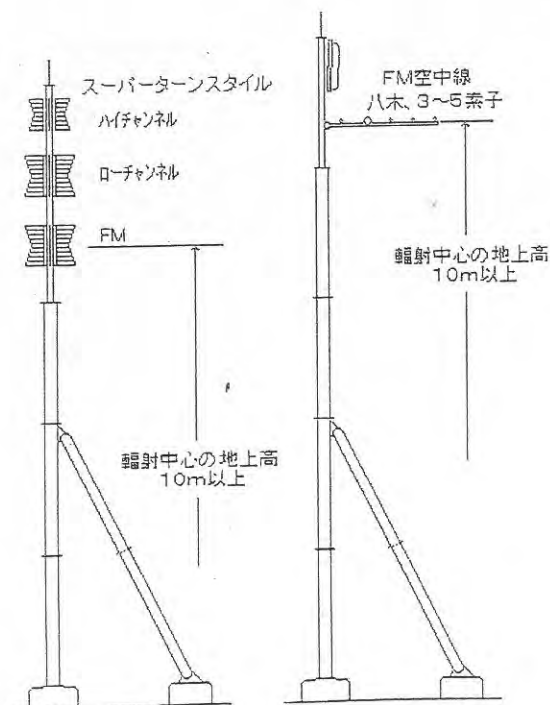
・空中線電力 最大100W程度の局に適用

・キャリア数 1

・平均電力 定格電力

・変調方法 周波数変調

#### 2 アンテナのおかれる環境



一般的に山頂に設置され、支柱式鉄柱またはトラス式鉄塔に取付けられる。

空中線電力が100W未満の小電力局では、送信アンテナの高さは、ほとんどの場合地上10m以上である。

## 算出方法

### 1 適用する算出式

小電力のFM中継局において、一般人がアンテナに近づく可能性がある距離は、近くても10mと考えられる。この条件では第5章に示す基本算出式を適用することが可能である。(大地反射の効果として2.56倍の係数をかけている。)

$$S = \frac{33.4ERP}{R^2} \quad (1)$$

S : 電力束密度 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )  
ERP : 実効輻射電力 (W)  
R : 距離 (m)

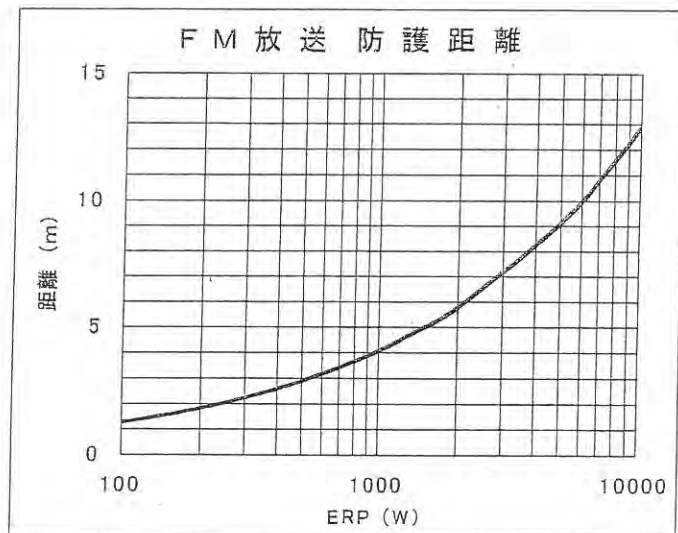
さらに、アンテナ下方での垂直面内指向減衰量を10dB(0.1倍)とすると

$$S = \frac{3.34ERP}{R^2} \quad (2)$$

となる。

### 2 算出例

算出式(2)に基づき、当該距離での電波の強度を算出する。電波の強度がFM放送周波数帯での指針値となる距離と、出力との関係を求めた早見表を右図に示す。



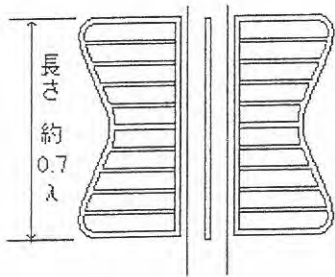
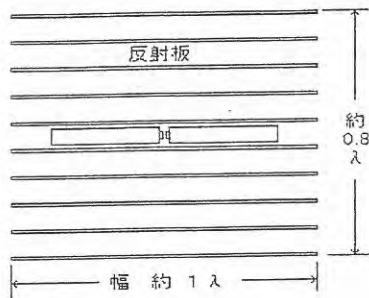
E テレビ親局・大電力中継局(空中線電力 100W 以上)

アンテナの諸元および環境

1 代表的なアンテナ系の諸元

(1) VHFスーパーゲイン・スーパーターンスタイルアンテナ

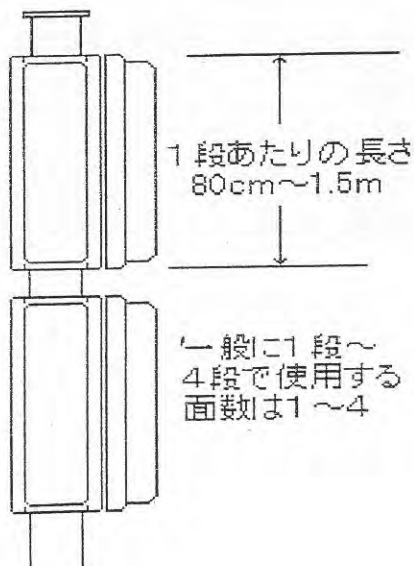
VHF親局・中継局に用いられる送信アンテナ (VHFスーパーゲイン、スーパーターンスタイル)



- ・スーパーゲインアンテナ (SG) は、2段～10段程度
- ・スーパーターンスタイル (ST) は、3段～12段程度
- ・周波数帯
  - ローバンド：90～108 MHz
  - ハイバンド：170～222MHz
- ・アンテナ指向性 垂直および水平偏波 (STは水平のみ)
- ・アンテナ利得
  - SG 2段：8.2dB ・10段：15dB
  - ST 3段：5.0dB ・12段：10.8dB
- ・空中線電力 最大50 kW程度までの局に適用
- ・キャリア数 映像1・音声1
- ・平均電力 映像：定格電力の約0.3倍
- ・変調方法
  - 映像：振幅変調
  - 音声：周波数変調

(2) UHF双ループアンテナ

TV親局・中継局に用いられるUHF双ループアンテナ

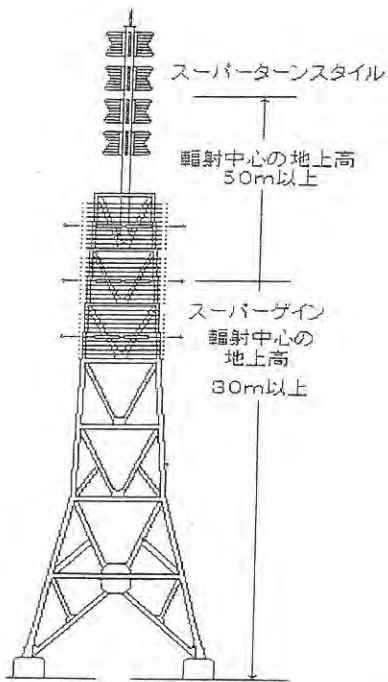


- ・送信に用いられるのは、2素子から6素子
- ・周波数帯
  - 470～770 MHz
  - UHF帯を4分割程度に分けて、各バンド毎に使用する。
- ・アンテナ指向性 垂直および水平偏波
- ・アンテナ利得
  - 2素子：7.5 dB / 6素子：12.3 dB
- ・空中線電力 最大30 kW程度までの局に適用
- ・キャリア数 映像1・音声1
- ・平均電力 映像：定格電力の約0.3倍
- ・変調方法
  - 映像：振幅変調
  - 音声：周波数変調



## 2 アンテナのおかれる環境

### (1) VHFスーパーゲイン・スーパーターンスタイルアンテナ

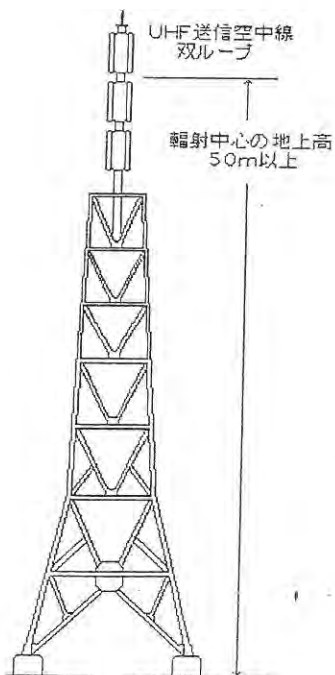


首都圏や大都市では平地に設置されている場合があるが、一般的には山頂に設置され、アンテナは支柱式鉄柱またはトラス式鉄塔に取付けられる。

空中線電力が100W以上の大電力局では、平地で100m以上、山頂では30～50m程度の大型鉄塔が用いられる。

アンテナの高さは、鉄塔側面に設置されるスーパーゲインアンテナでも、ほとんどの場合地上30m以上である。FM放送はVHFローチャンネルテレビ放送と送信アンテナを共用している場合もある。

### (2) UHF双ループアンテナ



親局や中継局は一般的に山頂に設置され、アンテナは支柱式鉄柱またはトラス式鉄塔に取付けられる。

空中線電力が100W以上の大電力局では大形の鉄塔が用いられるので、アンテナの高さは、ほとんどの場合地上30m以上である。

一部の都市などでは平地に設置されているが、平地では鉄塔の高さは少なくとも50m以上である。

また、送信所の敷地には外柵が設置されている。

UHFのテレビ中継局では数社の放送装置がアンテナを共用することが多く、3～5波の共用の例が多い。

## 算出方法

### 1 適用する算出式

一般に100Wを越える電力で送信するテレビ中継局においては、アンテナ高は30m以上が確保されている。この場合は遠方領域での式の適用が可能であり、第5章に示す基本算出式が適用できる。(大地反射の効果として2.56倍の係数をかけている。)

$$S = \frac{33.4 ERP}{R^2} \quad (1)$$

S : 電力束密度 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )  
ERP : 実効輻射電力 (W)  
R : 距離 (m)

TV放送の親局や大電力中継局の場合は、一般に垂直方向に積み重ねたアレイアンテナを用いており、下方向の放射は制限されているので、垂直指向特性を考慮するのが妥当である。

ここで、アンテナの垂直面内指向減衰量を10dB(0.1倍)と仮定すると次式となる。

$$S = \frac{3.34 ERP}{R^2} \quad (2)$$

さらに、TVの場合ERPは映像搬送波の同期尖頭による実効輻射電力で示され、通常の映像信号による変調で平均値は5dBほど低下する。

また、TV放送電波は映像の他に映像電力の1/4の音声搬送波から成っており、合成電力束密度 $S_{tv}$ は映像の平均電力を定格の約0.32倍(-5dB)とすると、

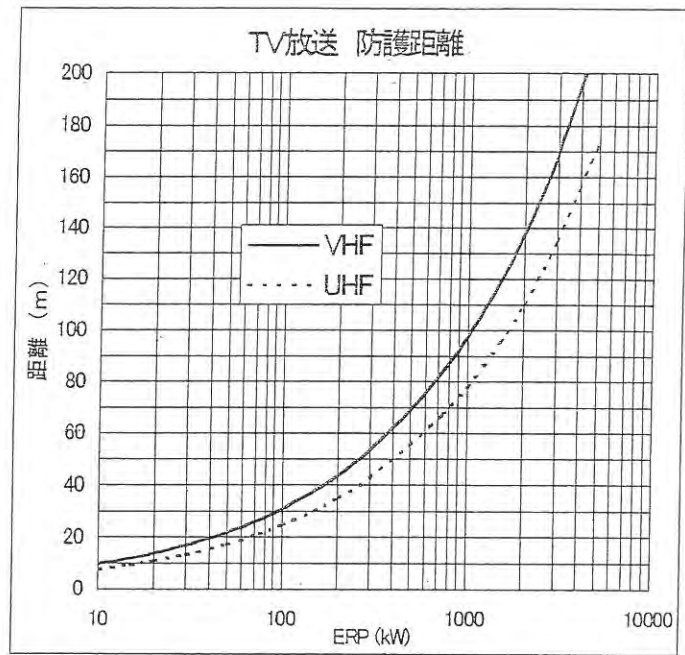
$$S_{tv} = 0.32 S + \frac{S}{4} = S(0.32 + 0.25) = \frac{1.9 ERP}{R^2} \quad (3)$$

で近似される。

$S_{tv}$  : 映音合成電力束密度 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )

## 2 算出例

算出式に基づき、当該距離での電波の強度を算出する。電波の強度がTV放送周波数帯での指針値となる距離と、出力との関係を求めた早見表を右図に示す。

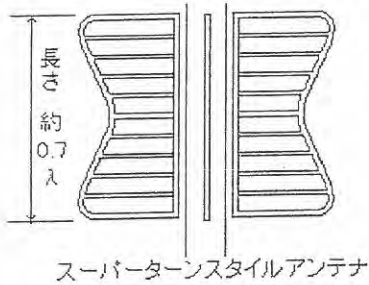
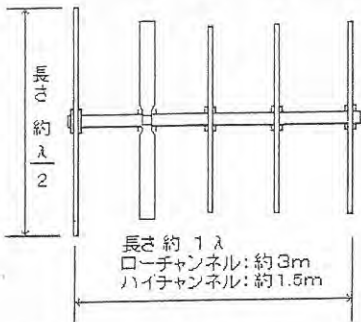


F テレビ小電力中継局（空中線電力 100W 未満）

アンテナの諸元および環境

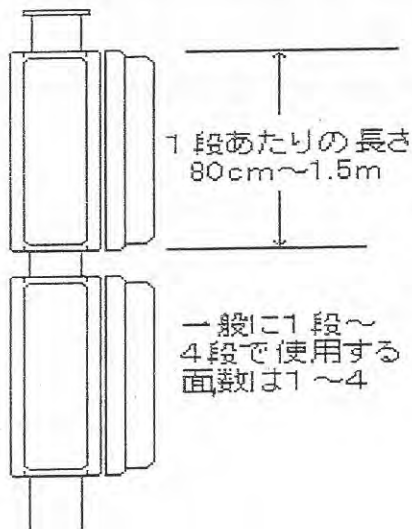
1 代表的なアンテナ系の諸元

(1) VHF八木アンテナ及びVHFスーパーターンスタイルアンテナ  
TV中継局用送信アンテナ（VHF八木、スーパーターンスタイル）



- ・送信に用いられる八木アンテナは、3素子または5素子で1段～2段を積み重ねて使用
- ・スーパーターン（ST）は小電力局では1～3段が主
- ・周波数帯
  - ローバンド：90～108 MHz
  - ハイバンド：170～222 MHz
- ・アンテナ指向性 垂直および水平偏波（STは水平のみ）
- ・アンテナ利得
  - 3素子：5.5dB / 5素子：9.0dB
  - ST 1段：0.3dB・3段：5.0dB
- ・空中線電力 最大100 W程度の局に適用
- ・キャリア数 映像1、音声1
- ・平均電力 映像：定格電力の約0.3倍
- ・変調方法
  - 映像：振幅変調
  - 音声：周波数変調

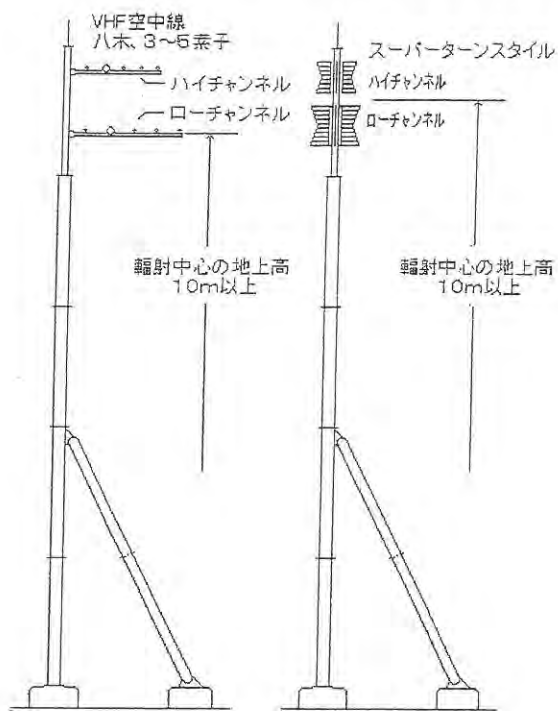
(2) UHF双ループアンテナ  
TV中継局用UHF双ループアンテナ



- ・送信に用いられるのは、2素子、4素子、6素子基本ユニットを1段～4段積み重ねて使用
- ・周波数帯 UHF帯を4分割程度に分けて、各バンド毎に使用する。
- ・アンテナ指向性 垂直および水平偏波
- ・アンテナ利得
  - 2素子：7.5 dB / 6素子：12.3 dB
- ・空中線電力 最大 数 kW 程度までの局に適用
- ・キャリア数 映像1、音声1
- ・平均電力 映像：定各電力の約0.3倍
- ・変調方法
  - 映像：振幅変調
  - 音声：周波数変調

## 2 アンテナのおかれる環境

### (1) VHF八木アンテナ及びVHFスーパーターンスタイルアンテナ

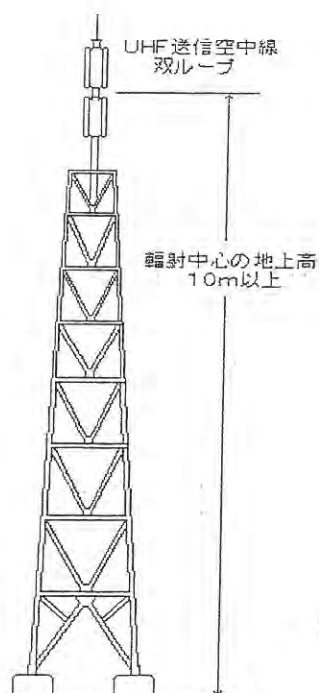


一般的に山頂に設置され、支柱式鉄柱またはトラス式鉄塔に取付けられる。

空中線電力が100W未満の小電力局の場合、送信アンテナの高さは、ほとんどの場合地上10m以上が確保されている。

また、中継局の敷地には簡易な外柵が設置されている。

### (2) UHF双ループアンテナ



一般的に山頂に設置され、支柱式鉄柱またはトラス式鉄塔に取付けられる。

アンテナの高さは、ほとんどの場合地上10m以上である。

まれにビルの屋上などに設置される場合もあるが、この場合もアンテナは屋上面から10m程度は離れて設置されている。

また、中継局の敷地には簡易な外柵が設置されている。

中継局では数社の放送装置がアンテナを共用することが多く、3~5波の共用の例が多い。

## 算出方法

### 1 適用する算出式

小電力のテレビ中継局において、一般の人がアンテナに近づく可能性がある距離は、近くても10mと考えられる。この条件では第5章に示す基本算出式の適用が可能である。(大地反射の効果として2.56倍の係数をかけている。)

$$S = \frac{33.4 ERP}{R^2} \quad (1)$$

S : 電力束密度 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ )

ERP : 実効輻射電力 (W)

R : 距離 (m)

TV放送の小電力中継局の場合、特にUHF局では垂直方向に積み重ねたアレイアンテナを用いている。VHF局ではアンテナを1段で用いる例もあるが、俯角60度以上であれば下方向の放射は十分制限されている。アンテナ直下での保護環境を議論する場合は、垂直指向性を考慮するのが妥当である。ここで、アンテナの垂直面内指向減衰量を10dB(0.1倍)とすると

$$S = \frac{3.34 ERP}{R^2} \quad (2)$$

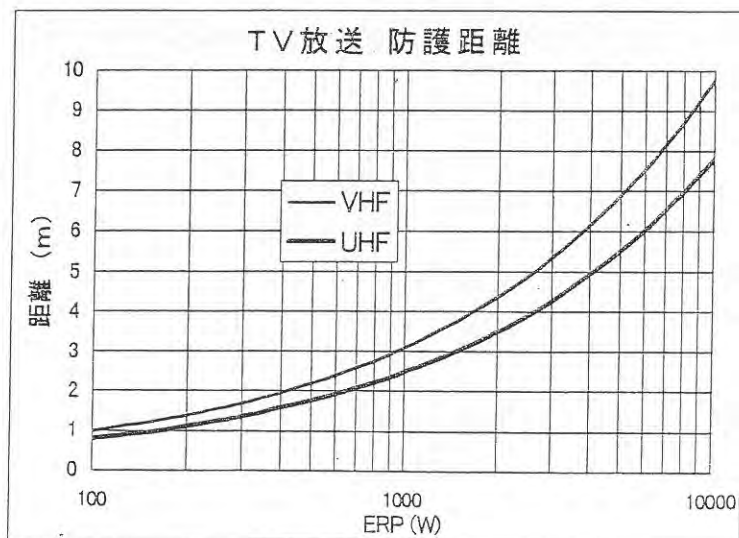
さらに、テレビ放送の場合ERPは映像搬送波の同期尖頭による実効輻射電力で示され、通常の映像信号による変調で平均値は5dB程低下する。また、TV放送電波は映像の他に映像電力の1/4の電力の音声搬送波から成っており、合成電力束密度Sは映像の平均電力を定格の約0.32倍(-5dB)とすると、

$$S_{tv} = 0.32 S + \frac{S}{4} = S(0.32 + 0.25) = \frac{1.9 ERP}{R^2} \quad (3)$$

$S_{tv}$  : 映像音声合成電力束密度 ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ) で近似される。

### 2 算出例

算出式に基づき、当該距離での電波の強度を算出する。電波の強度がTV放送周波数帯での指針値となる距離と、出力との関係を求めた早見表を右図に示す。





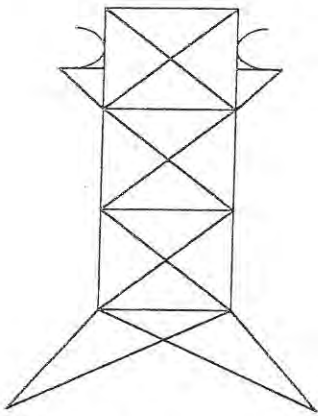
### 第3章 固定無線局

#### A 固定マイクロ

#### アンテナの諸元および環境

##### 1 代表的なアンテナ系の諸元

代表的なアンテナ系の諸元及びアンテナに入力される送信信号の代表的諸元を以下に示す。



- ・アンテナ種別：  
オフセットパラボラ  
カセグレン等
- ・アンテナ口径：0.7m~4.0m

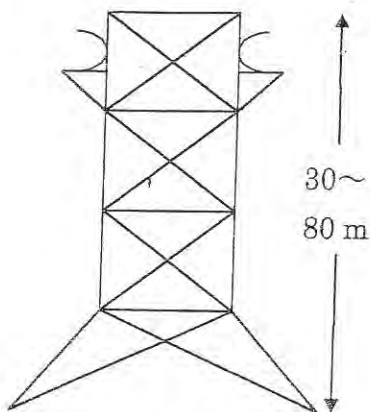
- ・周波数帯：電気通信事業用 4/5/6/11/15GHz 帯  
公共業務用 6.5/7.5/12 GHz 帯
- ・アンテナ指向特性：主に水平方向
- ・アンテナ利得：主ビーム方向で約 30~50dBi
- ・アンテナ供給電力：最大 44dBm  
(1キャリア当り 25dBm×80 キャリア：4/5/6GHz 帯 16QAM-52M 方式)

\*但し、アンテナ設置環境において送信側の供給系損失は 3dB 以上となる。(例：上記方式 30m 鉄塔において分波器ロス 6dB、導波管ロス 1dB、合計 7dB 減衰する。)

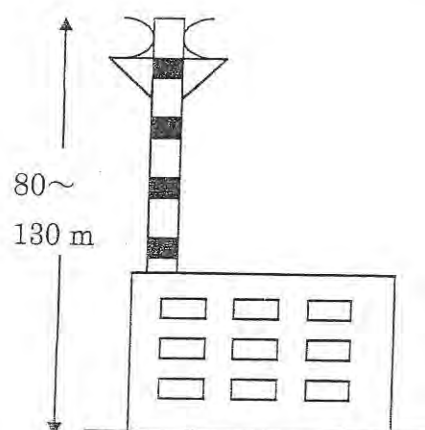
- ・キャリア数：1周波数帯域当たり最大 28 キャリア (4/5GHz 帯)
- ・キャリア当たりの平均電力：19~37dBm  
(方式によりキャリア数は異なる)

##### 2 アンテナのおかれる環境

アンテナ専用の鉄塔に設置する場合や都市部においてはビル屋上に設置する場合がある。



無線中継局 (郊外型)



無線中継局 (都市型)

## 算出方法

### 1 適用する算出式

#### 1-1 算出式

第5章に示す基本算出式、開口面アンテナに対する算出式を適用する。

#### 1-2 算出式の適用範囲

アンテナからの距離に応じて、基本算出式、開口面アンテナに対する算出式をそれぞれ適用する。

### 2 算出する手順

1-1により、基本算出式から求めたRの値について以下の判定を行う。

- ①  $R_{ff}$ より大きい場合、指針値に適合する範囲はこの距離の外側とする。
- ②  $R_{nf}$ より小さい場合、まず第5章の(5.8)式(アンテナ表面の電力束密度の算出式)を用いて $S_s$ を求め、指針値以下なら全ての領域で問題なしとする。
- ③ (5.8)式により得られた算出値が指針値以上の場合、(5.10)式(近傍領域の電力束密度の算出式)を用いて $S_{nf}$ を求め、指針値を満たせば $R_{nf}$ 以遠が防護指針に適合する範囲である。
- ④ ③で(5.8)式により得られた算出値が指針値以上の場合、指針値に一致する距離は $R_{nf}$ と $R_{ff}$ の間にあり、(5.14)式を変形した次式の $S_L$ に指針値を代入する。これより得られたR以遠が指針に適合する範囲である。

$$R = \frac{S_{nf} \cdot R_{nf}}{S_L}$$

### 3 算出例

#### 3-1 代表例

5GHz帯-16QAM-52M方式において(4.42GHz:  $\lambda=0.068\text{m}$ )、1システム当たりの電力が25dBm、アンテナ利得42dBi、アンテナ直径3.6mの装置が6キャリアあるとする。ここで1.5GHz以上の電力束密度指針値は $1\text{mW}/\text{cm}^2$ である。給電系ロス7dBとすると、アンテナ供給電力は25.8dBmとなり、(5.8)式よりアンテナ表面での電力束密度は $0.06\text{mW}/\text{cm}^2$ であり全方位において指針値を満たす。

#### 3-2 出力等が最も大きくなる例

上記例でフルシステム導入(80キャリア)した場合、そのときのアンテナ供給電力和は37.0dBmとなる。前項と同様に計算を行うと、アンテナ表面での電力束密度は $0.79\text{mW}/\text{cm}^2$ となり全方位において指針値を満たす。

#### 3-3 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

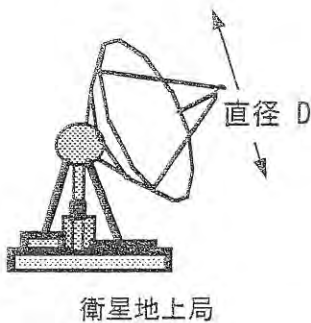
アンテナ全方位において問題ない。

## B 衛星地上局

### アンテナの諸元および環境

#### 1 代表的なアンテナ系の諸元 ・ 算出に必要な主要パラメータを抽出

- ・ 周波数帯： 6GHz 帯、14GHz 帯、17GHz 帯、30GHz 帯
- ・ アンテナ指向特性： 主に衛星方向
- ・ アンテナ利得： 主ビーム方向で約 43.0dBi～65.6dBi
- ・ 変調方法： BPSK、QPSK、TCM 等
- ・ アンテナ種別： カセグレン、オフセットグレゴリアン、パラボラ等
- ・ アンテナ口径： 1.2mφ～34mφ



#### 2 アンテナのおかれる環境

地面に設置する場合とビル屋上に設置する場合がある。

### 算出方法

#### 1 適用する算出式

##### 1-1 算出式

第5章に示す基本算出式と、開口面アンテナに対する算出式を適用する。

##### 1-2 算出式の適用範囲

アンテナからの距離に応じて、基本算出式、開口面アンテナに対する算出式をそれぞれ適用する。

## 2 算出例

### 2-1 代表例

アンテナ供給電力 3000[W]、アンテナ利得 2.6[dBi] (主軸から 15° :  $G=32-25\log 15^\circ$ )、アンテナ直径 18[m]、開口面効率 0.7、6GHz 帯の電力束密度指針値 10[W/m<sup>2</sup>]とする。

主軸上でない場合、基本算出式より距離  $R=\sqrt{PG/4\pi S}=\sqrt{3000\times 1.8 / 4\times \pi \times 10}=6.6$ [m]であるため、指針値以下となる距離は 6.6[m]以上となる。

## C レーダー

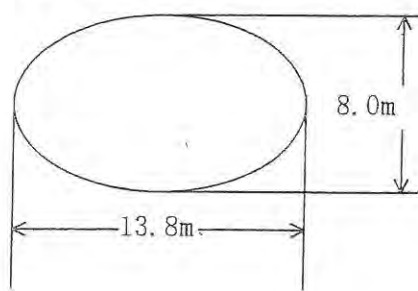
### アンテナの諸元および環境

#### 1 代表的なアンテナ系諸元

算出に必要な主要パラメータを抽出する。

航空路監視レーダー (ARSR)

変形パラボラアンテナ



送信周波数	1,300 MHz
送信電力 (尖頭値)	2 MW
パルス幅	3 $\mu$ s
繰返し周波数	345 pps
アンテナ利得	35 dBi
アンテナ水平面ビーム幅	1.3°
アンテナ垂直面ビーム幅	3.5°
アンテナ回転数	6 rpm

#### 2 アンテナの置かれている環境

航空路監視レーダー

専用局舎の屋上又は鉄塔に設置する。

### 算出方法

#### 1 適用する算出式

##### 1-1 算出式

第5章に示す、基本算出式、開口面アンテナに対する算出式を用い、時間平均、アンテナ回転の考慮する。

##### 1-2 算出式の適用範囲

アンテナからの距離に応じて、基本算出式、開口面アンテナに対する算出式をそれぞれ適用する。

#### 2 算出例

##### 2-1 代表例

ARSRの電力束密度指針値

レーダー諸元	送信周波数	1,300 MHz
	空中線電力 (尖頭値)	2 MW
	パルス幅	3 $\mu$ s
	繰返し周波数	345 pps
	アンテナ利得	35 dBi (主軸方向)

アンテナ寸法	長径 13.8m、短径 8.0m
水平面ビーム幅	1.3°
開口面効率	0.15

(5.10) 式によりアンテナ半径 (6.9m) に相当する距離の電力束密度を算出すると  $0.83\text{mW}/\text{cm}^2$  であり、一般環境の指針値  $1\text{mW}/\text{cm}^2$  以下となる。アンテナが回転することを考慮すると、これ以下の距離に人が入りこむことはできない。従って、防護指針に適合する距離はアンテナから 6.9m 以上である。

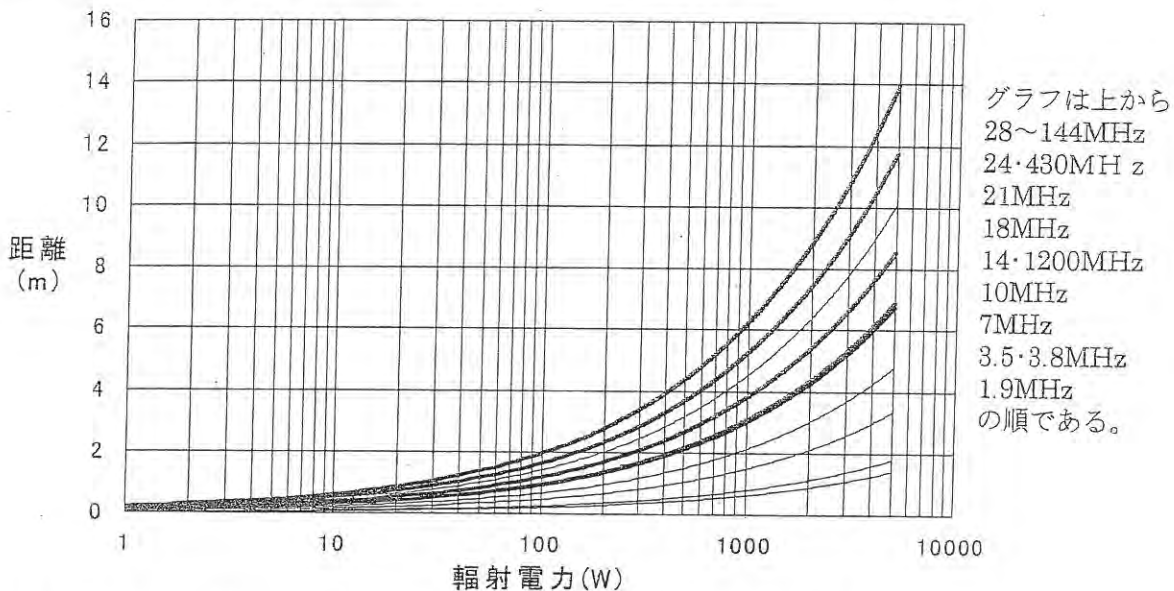
## 2-2 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

指針値との適合性が問題となるアンテナ主軸方向の距離は 6.9m である。



## 第4章 アマチュア無線局 概論

アマチュア局においては、電界強度を算出するのに必要な要素である運用周波数、空中線電力及びアンテナの型式等のバリエーションが多いので、初めに第5章に示す基本算出式を用いて、輻射電力と運用周波数帯から、指針値に適合する距離がどの程度になるかを知らるために算出したグラフを示す。



このグラフの使用については、次の条件を考慮する必要がある。

- (1) 大地の反射の効果を考慮していない。これを考慮した場合、距離は最大2倍になる。
- (2) 輻射電力は、送信機の出力から給電線のロス（損失）を差し引き、アンテナの絶対利得を加えたものである。デシベル（dB）で表示されるこれらの値と、送信機出力への倍数を次の表に示す。

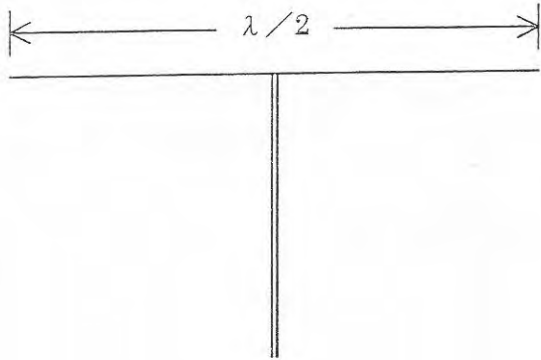
利得 (dB)	倍 率	利得 (dB)	倍 率	損失 (dB)	倍 率
0	1.00	16	39.81	1	0.79
1	1.26	17	50.12	2	0.63
2	1.58	18	63.10	3	0.50
3	2.00	19	79.43	4	0.40
4	2.51	20	100.00	5	0.32
5	3.16	21	125.89	6	0.25
6	3.98	22	158.49	7	0.20
7	5.01	23	199.53	8	0.16
8	6.31	24	251.19	9	0.13
9	7.94	25	316.23	10	0.10
10	10.00	26	398.11	11	0.08
11	12.59	27	501.19	12	0.06
12	15.85	28	630.96	13	0.05
13	19.95	29	794.33	14	0.04
14	25.11	30	1000.00	15	0.03
15	31.62	31	1258.93	16	0.025

## A ダイポールアンテナ

### アンテナの諸元と環境

#### 1 代表的なアンテナの諸元

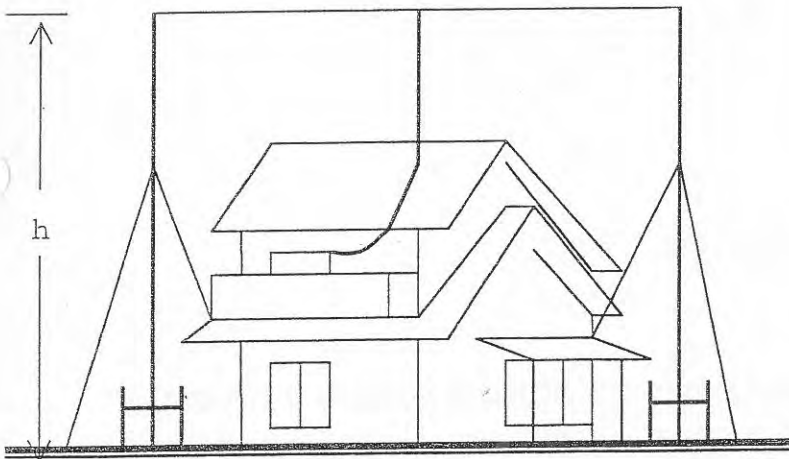
- ・算出に必要な主要パラメータを抽出



型式名 半波長ダイポールアンテナ

周波数帯	1.9~50MHz 帯
指向特性	主に水平
利 得	2.15dBi : ×1.64
アンテナ供給電力	1 kW (Max)
変調方式/平均電力率	
電信	/ 0.5
SSB 電話	/ 0.16~0.5
RTTY・SSTV	/ 1.0

#### 2 アンテナのおかれる環境



標準的な高さは、約 10m である。

アンテナ（支柱）の保持方法としては、立木を利用する、建物にポールを抱かせる等の方法がある

敷地の都合等の理由から、給電部のみ高くしたもの、端部を折り曲げたもの等もある。

## 算出方法

### 1 適用する算出式

#### 1-1 算出式

算出式として、第 5 章に示す基本算出式を用いる。(周波数に応じた大地反射の影響を考慮した係数を適用する。)

#### 1-2 近傍領域と遠方領域の境界

半波長ダイポールアンテナの場合、 $2D^2/\lambda = \lambda/2 > \lambda/2\pi$  であり、近傍界と遠方界との境界は、アマチュアの各周波数帯ごとにおよそ次のようになり、これはまた、アンテナの寸法に他ならない。

周波数帯 (MHz)	波長 (m)	境界距離 (m)
1.9	157.1	78.5
3.5	83.9	42.0
3.8	78.9	39.5
7	42.5	21.3
10	29.6	14.8
14	21.2	10.6
18	16.6	8.3
21	14.1	7.1
24	12.0	6.0
28	10.4	5.2
50	5.8	2.9
144	2.1	1.0

### 3 算出例

#### 3-1 代表例

周波数 21.35MHz、電波型式 J3E、空中線電力 100W とする。

指針の基準値は、38.6V/m である。

##### (1) 指針値に適合する距離

SSB の場合、平均電力率は、無線設備規則においては 0.16 と定められており、この場合平均電力は 16W となるので、基本算出式に大地反射の影響を考慮した係数 4 を乗じて求めると、 $R \geq 1.45\text{m}$  の領域で指針値以下となる。

##### (2) アンテナ高 10m アンテナ直下、地上高 2m の点の電界強度

アンテナからの距離は、 $10 - 2 = 8$  (m)

空中線電力の平均値は、16 (W)

電界強度は、約 7.02[V/m] になる。

なお、尖頭電力は 100W であり同様に基本算出式に代入すると約 17.5 (V/m) となり、尖頭値においても、この位置で指針を満足することが判る。

### 3-3 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

1.9~144MHz 帯で連続キャリアの場合の、空中線電力と指針値に適合する距離の関係を、次の表に示す。

距離：m

周波数帯	空中線電力(W)				
	10	50	100	200	500
1.9MHz	0.16	0.36	0.51	0.72	1.14
3.5-3.8MHz	0.20	0.46	0.65	0.91	1.45
7MHz	0.38	0.85	1.21	1.71	2.70
10MHz	0.55	1.22	1.73	2.44	3.86
14MHz	0.77	1.73	2.44	3.46	5.46
18MHz	0.99	2.19	3.09	4.37	6.92
21MHz	1.15	2.58	3.65	5.17	8.17
24MHz	1.35	3.01	4.25	6.02	9.51
28MHz	1.60	3.58	5.06	7.15	11.31
50-144MHz	1.61	3.60	5.10	7.22	11.41

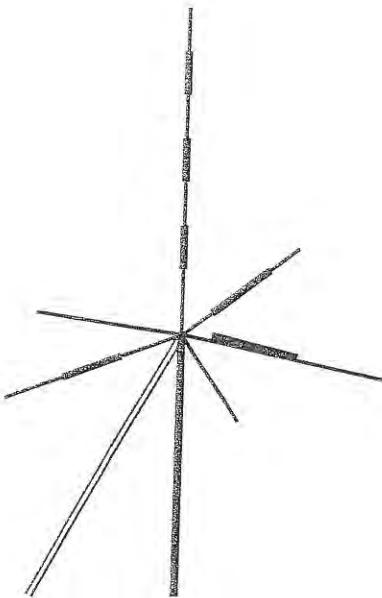
## B バーチカルアンテナ

### アンテナの諸元および環境

#### 1 代表的なアンテナの諸元

算出に必要な主要パラメータを抽出する。

型式	1/4 波長 (短縮型) 垂直アンテナ
周波数帯	7~28MHz 帯
アンテナ指向特性	水平面無指向性
利得	2.15dBi : $\times 1.64$
アンテナ供給電力	100~200W以下
変調方式/平均電力率	
電信	/0.5
SSB 電話	/0.16~0.5
RTTY・SSTV	/1.0



輻射エレメントは、複数の周波数に同調させるため、トラップや延長コイルが挿入されている。

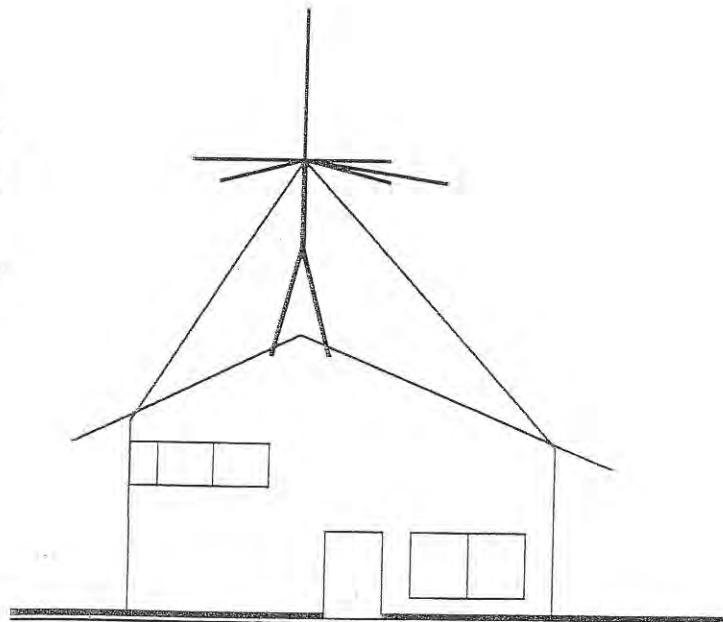
仮想大地エレメントは、ほぼそれぞれの周波数ごとに用意され、それぞれ1/4波長のワイヤか、これに等価になるよう延長コイルを挿入したものとなっている。

なお、一部この仮想大地エレメントを持たないものもある。(不平衡電流の処理を、アンテナ基部の給電点において集中常数で行っている。)

#### 2 アンテナのおかれる環境

建物壁面にポールを抱かせ、または屋上に屋根馬で取付けポールを建てる等した頂上に取り付ける。

標準的な高さ(給電点)は、約10mである。



## 算出方法

### 1 適用する算出式

第 5 章に示す基本算出式を用いる。(周波数に応じた大地反射の影響を考慮した係数を適用する。)

### 2 算出例

#### 2-1 代表例

周波数 21.35MHz、電波型式 J3E、空中線電力 100W とする。

指針の基準値は、38.6V/m である。

SSB の場合、平均電力率は、無線設備規則においては 0.16 と定められており、この場合平均電力は 16W となるので、基本算出式より、 $R \geq 1.45\text{m}$  の領域で指針値以下となる。

#### 2-2 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

電力を 100W とし、使用周波数帯ごとに連続送信の場合で計算すると

周波数帯 [MHz]	3.5	7	10	14	18	21	24	28
最少距離 [m]	0.65	1.21	1.73	2.44	3.09	3.65	4.25	5.06

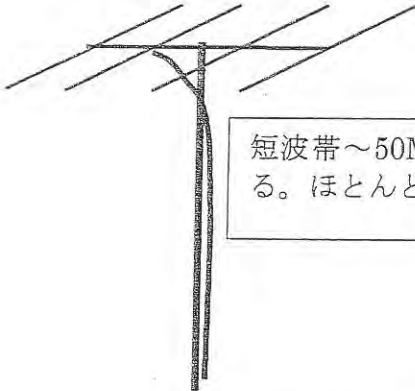
距離はそれぞれ電力比の 1/2 乗に比例する。



## C 八木アンテナ

### アンテナの諸元と環境

#### 1 代表的なアンテナの諸元 ・算出に必要な主要パラメータを抽出

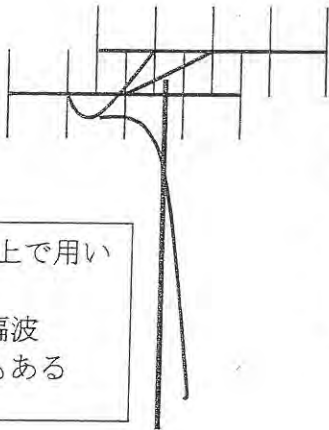


周波数帯 14～5600MHz 帯  
 指向特性 主に水平  
 利 得 6～30dBi\*  
 : ×1.64～1000

アンテナ供給電力 1～1kW

変調方式/平均電力率

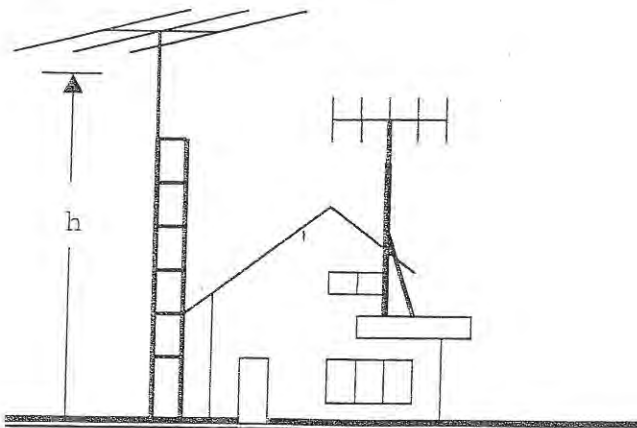
電信	/ 0.5
SSB 電話	/ 0.16～0.5
FM 電話他	/ 1.0



#### \* 利得について

短波帯では3～4素子、利得6～10dBi、50・144MHz帯では5素子以上、利得10～15dBi以上、430MHz帯では、利得15～20dBi程度、1200MHz帯以上では、利得20dBi以上のものがよく使われている

#### 2 アンテナのおかれる環境



自立鉄塔、屋根馬等に設置する。標準的な高さ(h)は、約15mである。

水平面の回転機構を持つ場合が多く、衛星通信を行う局の場合には、仰角の調整機能をも備えている。

前述のように、50MHz帯以下では水平偏波が、144MHz帯以上では垂直偏波で用いることが多い。

## 算出方法

### 1 適用する算出式

#### 1-1 算出式

第5章に示す基本算出式を用いる。(周波数に応じた大地反射の影響を考慮した係数を適用する。)

#### 1-2 近傍領域と遠方領域の境界

境界距離については、ダイポールアンテナの資料を参照すること。この境界領域を考へるとき、低い周波数帯ではアンテナエレメントが短縮されている場合があり、 $2D^2/\lambda$ より $\lambda/2\pi$ の方が大きい場合があることに注意しなければならない。

また、この算出式は、ビーム方向についてのものであり、八木アンテナを使用するときにはたいがい回転機構を備えているため、側方及び後方については検討していない。固定して側方や後方について距離が問題になりと思われるときは、NEC法等により詳細に解析することが必要である。

### 2 算出例

#### 2-1 代表例

(1) 周波数 21.35MHz、電波型式 J3E、空中線電力 100W、アンテナの利得を 6.5dBi とする。

指針の基準値は、38.6V/mである。

SSBの場合、平均電力率は、無線設備規則においては0.16と定められており、この場合平均電力は16W、給電線損失を無視するとEIRPは71.5Wとなるので $R \geq 2.4\text{m}$ の領域で指針値以下となる。

#### 2-2 指針値を超える領域のアンテナからの最大距離

多数の局が免許を受けている空中線電力及びアンテナで連続波の場合、次表のとおりとなる。

周波数帯	14	18	21	24	28	50	144	430	1200
電力(W)	100	100	100	100	100	100	50	50	10
アンテナ利得	6.5	7.0	7.0	8.0	8.0	10.0	15.0	20.0	30.0
距離(m)	3.98	5.39	6.32	8.32	9.63	12.61	12.68	18.75	15.45

## 参考資料 2

# 電気通信技術審議会答申 諮問第 38 号「電波利用における人体の防護指針」(抜粋) (平成 2 年 6 月 25 日)

## 第 1 章 目的と範囲

電波防護指針は、人体の安全と電波利用施設の運用との間の適切な調和を図ることによって、社会・経済的に需要の高まっている電波利用の健全な発展に資することを目的とする。このため、電波利用において人体が電磁界にさらされる場合、その電磁界が人体に好ましくない電磁現象(深部体温の上昇、電撃、高周波熱傷など)を及ぼさない安全な状況であるか否かの判断をする際の基本的な考え方と、それに基づく数値、電波利用施設周辺における電磁界強度等の測定法及び推定法並びに人体に照射される電磁界の強度を軽減するための防護法を示し、電波利用の安全基準、勧告、実施要領などを定める際の指針を提供する。ここで示した数値は、十分な安全率を考慮した人体防護を前提としており、これを超えたからといってそれだけで人体に影響があるものではない。

電波防護指針において対象とする電磁界の周波数範囲は、電波法第 2 条に定められている範囲(「電波」とは、3.000 GHz 以下の周波数の電磁波をいう。)を全て網羅することが望ましいが、周波数割当ての現状、電波利用技術の動向等を考慮し、10 kHz から 300 GHz までの周波数を対象とした。

電波防護指針は電波利用全般において適用する。具体的には、業務上において電磁界にさらされる場合や日常生活において電磁界にさらされる場合が考えられるが、電波防護指針を実際に適用する場合には、電磁波源の諸元や電磁界にさらされる状況などの様々な条件を十分吟味した上で、電波防護指針の考え方にに基づき適切に行うことが必要である。

ここで提示する電波防護指針は、現時点において専門家が共通の認識に達している事項に基づいて記述しているが、暫定的な性格も有している。したがって、今後、この分野における調査研究が進展し、科学的に裏付けされた根拠や新しい考え方等が示された場合には、社会における電波利用の状況等に応じて本防護指針の内容を改訂する必要がある。

### 第3章 防護指針

#### 3.1 防護指針の性格と構成

##### 3.1.1 防護指針の基礎とする電磁界の生体作用

人体内の各組織は電磁的にはある電気的定数を持った誘電体と考えられている。電磁界と生体の相互作用に関しては、この生体の電気的特性の面から理論的解析が行われているほか、適切な誘電率及び導電率で構成した模擬人体などによる実験的分析手法も確立されている。これらに基づく研究成果によれば、電磁界による生体作用は、表1に示すように、熱作用、刺激作用及びその他の作用に大別できる。

表1 電磁波と生体作用の関係

作用の区分		生体の変化の要因	作用の評価量	電磁波との関係
熱作用	全身加熱	熱調節応答 深部体温上昇 熱ストレス	全身平均SAR 上昇温度 (深部体温)	マクロな相互作用(線量学的アプローチが可能)
	局所加熱	組織の加熱	局所平均SAR 上昇温度 (局所組織温)	
刺激作用		電流刺激による神経、筋の興奮	誘導電流(密度)	
その他の作用		不明	電磁界強度など(変調周波数)	ミクロな相互作用

この生体作用のうち、熱作用及び刺激作用については多くの研究の蓄積があり、電磁界強度との因果関係がほぼ定量的に把握されている。それらによれば、100kHzを境界領域として、刺激作用は低周波領域において、熱作用は高周波領域において支配的である。しかし、熱作用、刺激作用以外のその他の作用については、生体内の現象と関連した状態で確認されたものではなく、人の健康に支障を及ぼすという事実も示されていない。

このため、電波防護指針において対象とする電磁界の生体作用は、熱作用、刺激作用に限定した。この中には、熱作用及び刺激作用の範疇で捉えられるパルス波や変調波などによる作用が含まれている。また、電磁界から生体が直接受ける作用ではないが、電磁界が原因となって生ずる接触電流についても考慮した。

なお、諸外国でも同様な考え方に基づいて電波防護指針を定めているが、それらの指針の範囲内において、熱作用、刺激作用はもとよりその他の作用についても、好ましくない影響が生じたという事実は、現在まで示されていない。

### 3.1.2 生体作用の評価に関する問題点

電磁界による生体に対する熱作用は、組織内でのジュール熱の発生による体温あるいは組織温の上昇である。この温度上昇は、組織の吸収エネルギー量と密接に関係し、単位質量の組織に単位時間に吸収されるエネルギー量、すなわち比吸収率（SAR）を評価量として用いる。一方、刺激作用は人体組織に誘導される電流密度と関係づけられ、比吸収率及び誘導電流は、いずれも人体組織内部の電界強度と組織の導電率に依存する現象として捉えられる。

このように、電磁界の生体作用は組織内部の電界強度等と密接な関係がある。しかし、組織内部の電界強度等は直接測定することができないため、なんらかの方法により人体内部の電磁現象を推定しなければならない。現在、この推定を行う手順は定式化されておらず、一部の研究機関等が個別の問題として推定（評価）を行っているのみである。したがって、現時点においては、人体内部の電磁現象を測定の対象量とすることは一般的ではないと言える。

電波防護指針は、我々が電波利用機器とかかわるさまざまな場面において、その安全性を迅速に評価できるようになっている必要があり、直接測定できない人体内部の電磁現象に関する量による表現では、防護指針としての現実的な役割を果たすことはできない。このため、人体内部の電磁現象を測定可能な量（電磁界強度、電流）に変換し、これによって安全性の評価を行うことが必要となる。

### 3.1.3 防護指針の構成

防護指針の適用を必要とする状況は、概ね次の3つのケースに分類できる。

- ① 空間の電磁環境の評価
- ② 電波利用機器の放射電磁界及び機器の使用状況に関する評価
- ③ 電磁界に対する防護手段の評価

①では、人体の存在しない空間の電磁界が評価の対象である。電波発射源が十分遠方にあり、人体の位置する空間の至近距離に金属などの電波を散乱させる物体がなけ



れば、その位置における人体内部の電磁現象は、その空間に人体が存在しない場合に測定した電界強度及び磁界強度とほぼ一定の関係があるとみなすことができる。このような条件の下では、人体の存在しない空間における電磁界強度を用いて防護指針が設定できる。この指針を電磁界強度指針と呼ぶ。防護指針の対象となる電磁界は、通常、近傍界又は不均一であるため、電磁界強度指針をそのまま適用できる状況は限られている。このような条件を満たさない電磁環境は、空間のみを対象とした評価が適切でない場合である。この場合は②のケースとして考える。

②では、電磁放射源と人体の相互関係が評価の対象となる。電磁放射源と人体との関係が一定であれば、電磁放射源自体に対する評価とみなすこともできる。すなわち、放射源が遠方にある場合などは①のケースの問題とみなせるが、一般的には人体内部の電磁現象に基づく評価を行う必要がある。このような人体内部の電磁現象に基づく評価のための指針を基礎指針と呼ぶ。

しかし、基礎指針には測定できない量による表現が含まれているため、②の問題すべてに対して基礎指針による評価を行うとなると、防護指針としての現実的な活用が期待できない。そこで、②の問題に現実的に対処するため、測定可能な評価量による指針を設ける必要がある。この指針を補助指針と呼ぶ。補助指針は、基礎指針に基づき電磁界強度指針を補う形で示され、次の4項目から構成する。

- (1) 不均一又は局所的な電磁界にさらされる場合
- (2) 接触電流
- (3) 誘導電流
- (4) 低電力放射源

なお、補助指針は基礎指針に代わる人体内部の電磁現象の簡易評価方法としての性格を有するものであつて、②のケースは、本来、基礎指針で扱うべき問題であることを念頭に置く必要がある。

③では、人体内部の電磁現象を直接評価しなくては判断できない問題が含まれる。この場合には、基礎指針による評価を行う必要があり、研究機関等で慎重に推定・評価を行う必要がある。

以上のように、防護指針は電磁界強度指針、補助指針及び基礎指針から構成する。このうち、電磁界強度指針及び補助指針は、実際の問題へ具体的に適用するための指針である。この二つの指針を管理指針と呼ぶ。基礎指針は、管理指針の根拠であると



ともに、管理指針で扱えない特別な場合において、安全性を判断する際の根拠を与える性格を有する。

防護指針は、現時点の研究成果と電波利用状況の実態を基礎に定められたものである。したがって、これらの状況の変化に応じて補足又は改訂する必要がある。電磁界の生体作用に関する研究の進展は主に基礎指針に反映され、生体内の電磁現象に関する測定法・推定法に関する研究の進展及び電波の利用状況の変化に伴う実社会との整合性については、管理指針に反映される。このような位置づけを考慮すると、基礎指針は容易に改訂される性格のものではないが、管理指針は状況によって適宜変更されるものである。

#### 3.1.4 管理指針の2段階構成

防護指針による評価が信頼できるものであるためには、防護指針が適切に用いられ、また、電磁環境の状況に変化がないかどうかを必要に応じ確認できる必要がある。このような状況を確保できる場合は、基礎指針から換算される数値に基づく管理指針（電磁界強度指針及び補助指針）を適用する。しかし、電波利用の状況が正しく認識されていないような場合では、基礎指針を満たさない状況が無意識のうちに生じてしまうおそれがあり、また、電磁界の存在を意識した行動も期待できない。したがって、このような状況下でも十分な安全性を確保するため、諸外国の防護指針などにおいても合理的な対応策として取り入れられている方法と同様に、付加的な安全率を考慮した適切な指針を設ける必要がある。

以上のような観点から、管理指針を防護指針の主旨が生かされ電磁環境が管理されている状況を対象とする条件Pと、防護指針及び電波利用の状況が認識されていない状況を対象とする条件Gに区分する。条件Gは条件Pに比べ電磁界の管理の不十分さに伴う不確定性を考慮し、条件Pより電力密度に換算しておおむね5倍の付加的安全率を設けている。

#### 3.1.5 防護指針の適用手順

管理指針（電磁界強度指針及び補助指針）及び基礎指針で構成される防護指針の適用の手順は、次のとおりとする。

実際に評価を行う場合は、放射源等の条件にかかわらず電磁界強度指針を最初に適

用する。評価する対象が、電波利用の実情が認識され防護指針の主旨に基づいた電波利用を行うことが可能な場合は、条件Pを適用し、このような条件が満たされない場合は、条件Gを適用する。対象とする全空間（場所）において電磁界強度指針が満足されている場合は、その空間（場所）は安全であると判断する。

対象とする空間の電磁界は、一般的に不均一又は近傍界であることが多く、真の電磁界強度より大きな値として評価される。こうした状況において電磁界強度指針が満たされない場合には、補助指針による詳細な評価を行うことによって、安全かどうかを判断する。

このような手順による評価の結果、条件Gの管理指針を満たさない場合には、条件Pに該当するような管理を行うか、若しくは指針を満たすように対策を講ずる。条件Pの管理指針が満たされていないことが示された場合は、基礎指針を満たさないおそれがあり、これを満たすよう対策を行うか、あるいは人体への障害の可能性をより直接的に判断するために基礎指針に立ち戻った評価を行う必要がある。

基礎指針による評価には、規定される量に具体的な測定法・推定法が十分に確立されていない量が含まれている。このため、本指針では実際の評価法について例示するにとどめる。この場合の評価は、研究機関等で適切と認められている方法に従って行う。

### 3.2 管理指針

管理指針は、基礎指針に基づいて定められたもので、実際の電磁環境の評価は主に管理指針を用いて行う。この指針は、電磁界強度指針及び補助指針から成り、第4章及び第5章で示す測定法及び電磁界強度の推定法に基づいて適用する。

### 3.2.1 電磁界強度指針

#### (2) 条件G

条件Gに該当する場合の電磁界強度指針を表3(a)及び表3(b)に示す。

測定対象空間が局所的にこの表の値を満足しない場合には、3.2.2(1)の補助指針を適用する。

表3(a)及び表3(b)の指針値をグラフ化したものを図3及び図4に示す。

表3(a) 条件Gの電磁界強度(平均時間6分間)の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm <sup>2</sup> ]
10kHz - 30kHz	275	72.8	
30kHz - 3MHz	275	$2.18f[\text{MHz}]^{-1}$ (72.8-0.728)	
3MHz - 30MHz	$824f[\text{MHz}]^{-1}$ (275-27.5)	$2.18f[\text{MHz}]^{-1}$ (0.728-0.0728)	
30MHz - 300MHz	27.5	0.0728	0.2
300MHz - 1.5GHz	$1.585f[\text{MHz}]^{1/2}$ (27.5-61.4)	$f[\text{MHz}]^{1/2}/237.8$ (0.0728-0.163)	$f[\text{MHz}]/1500$ (0.2-1)
1.5GHz - 300GHz	61.4	0.163	1

表3(b) 条件Gの低周波領域における電磁界強度(平均時間<1秒)の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]
10kHz - 100kHz	894	72.8

注1：接触ハザードが防止されていない場合の電界強度の実効値は、15MHz以下の周波数では61.4V/m以下(平均時間<1秒)でなければならない。ただし、これを満たさない場合であって、表3(a)及び表3(b)の指針値を下回るときは、3.2.2(2)を適用することができる。

注2：人体の非接地条件を満たさない場合の電界強度の実効値(平均時間6分間)は、3MHzから30MHzまでの周波数では $1.430f[\text{MHz}]^{-3/2}\text{V/m}$ (すなわち275V/m~9V/m)、30MHzから100MHzまでの周波数では9V/m、100MHzから300MHzまでの周波数では $0.09f[\text{MHz}]\text{V/m}$ (すなわち9V/m~27V/m)以下でなければならない。ただし、これを満たさない場合であって、表3(a)の指針値を下回るときは、3.2.2(3)を適用することができる。

注3：表3(a)に示した平均時間内において、電界強度又は磁界強度が変化する場合は平均

時間内で実効値を自乗平均平方根した値を用い、電力密度が変化する場合に平均時間内の平均値を用いる。

注4：電磁界が指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、電界強度及び磁界強度に関しては各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求め、電力密度に関しては各周波数成分の指針値に対する割合の和を求める。これらの総和が1を超えてはならない。

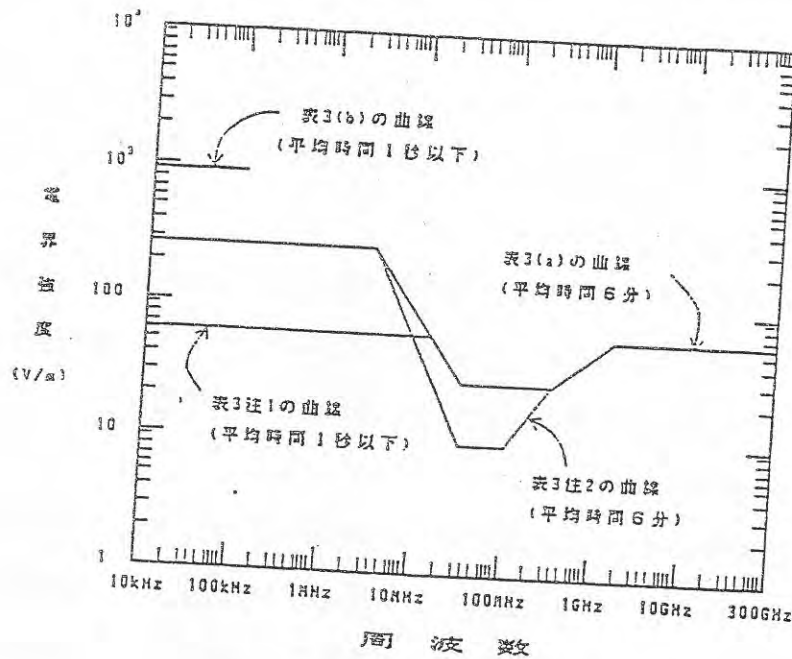


図3 電界強度指針値 (条件G)

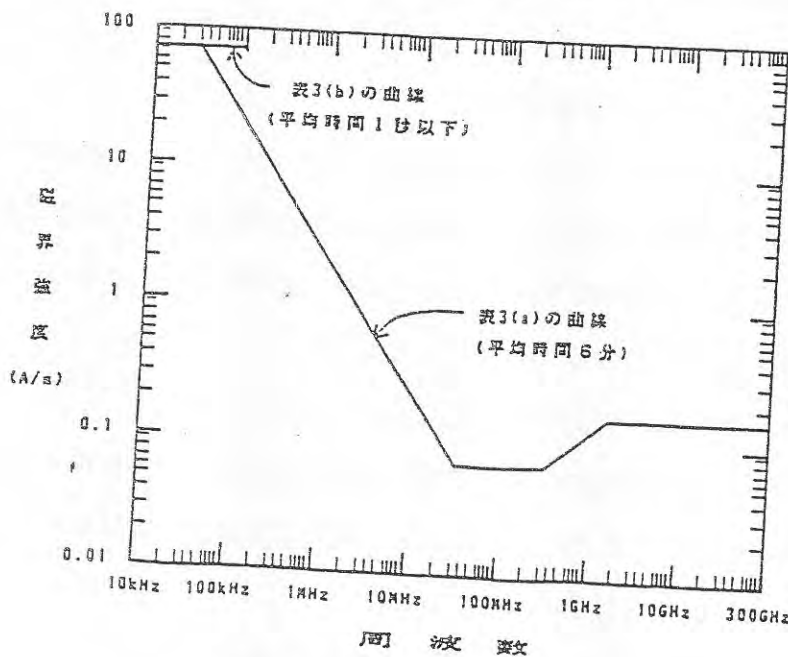


図4 磁界強度指針値 (条件G)



### 3.2.2 補助指針

電磁界強度指針だけでは防護指針を満たしていることを示すことができない場合に、人体が電磁波にさらされる状況、考慮すべき生体作用等に着目してより厳密に評価するための指針である。

#### (1) 人体が電磁界に不均一又は局所的にさらされる場合の指針

周波数に応じて該当する条件が全て満たされている場合は、管理指針を満足しているものとみなす。

対象とする周波数が以下の区分にまたがって存在する場合は、①、②(a)及び(b)並びに③(a)及び(b)については各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求め、これらの総和が1を超えてはならない。

なお、人体から20cm以内(300MHz以上の周波数では10cm以内)の空間で使用する機器等については、その状況ごとに個別の判断が必要である。基礎指針を超えるおそれがある場合には、基礎指針に基づく評価を行うことが望ましい。

#### ① 周波数が300MHz未満の場合

電磁放射源及び金属物体から20cm以上離れた空間において、人体の占める空間に相当する全領域の電力密度分布の空間的な平均値(電界強度又は磁界強度の場合は自乗平均値の平方根である。)が、対応する条件(条件Pあるいは条件G)の電磁界強度指針値(3.2.1項)以下であること。

なお、表2あるいは表3の注1～注4は、本項でも適用する。

#### ② 周波数が300MHzから1GHz未満の場合

(a) 電磁放射源及び金属物体から10cm以上離れた空間において、人体の占める空間に相当する全領域の電力密度分布の空間的な平均値(電界強度又は磁界強度の場合は自乗平均値の平方根である。)が、対応する条件(条件Pあるいは条件G)の電磁界強度指針値(3.2.1項)以下であること。

なお、表2あるいは表3の注1～注4は、本項でも適用する。

(b) 四肢を除く人体の占める領域内における電力密度の空間的な最大値が $20\text{ mW/cm}^2$ 以下(6分間平均値)であること。ただし、電磁放射源及び金属物体から10cm以上離れた空間のみを対象とする。

なお、表2あるいは表3の注3及び注4は、本項でも適用する。

③ 周波数が1 GHzから3 GHz未満の場合

- (a) 電磁放射源及び金属物体から10 cm以上離れた空間において、人体の占める空間に相当する全領域の電力密度分布の空間的な平均値（電界強度又は磁界強度の場合は自乗平均値の平方根である。）が、対応する条件（条件Pあるいは条件G）の電磁界強度指針値(3.2.1項)以下であること。

なお、表2あるいは表3の注1～注4は、本項でも適用する。

- (b) 四肢を除く人体の占める領域内における電力密度の空間的な最大値が $20 \text{ mW/cm}^2$ 以下（6分間平均値）であること。ただし、電磁放射源及び金属物体から10 cm以上離れた空間のみを対象とする。

なお、表2あるいは表3の注3及び注4は、本項でも適用する。

- (c) 頭部に入射する電力密度の空間的な最大値が $10 \text{ mW/cm}^2$ 以下（6分間平均値）であること。ただし、電磁放射源及び金属物体から10 cm以上離れた空間のみを対象とする。

なお、表2あるいは表3の注3及び注4は、本項でも適用する。

④ 周波数が3 GHz以上の場合

- (a) 電磁放射源及び金属物体から10 cm以上離れた空間において、人体の占める空間に相当する全領域の電力密度分布の空間的な平均値（電界強度又は磁界強度の場合は自乗平均値の平方根である。）が、対応する条件（条件Pあるいは条件G）の電磁界強度指針値(3.2.1項)以下であること。

なお、表2あるいは表3の注1～注4は、本項でも適用する。

- (b) 電磁放射源及び金属物体から10 cm以上離れた空間での体表に入射する電力密度の空間的な最大値が、条件Pの場合は $50 \text{ mW/cm}^2$ 以下、条件Gの場合は $10 \text{ mW/cm}^2$ 以下（いずれも6分間平均値）であること。

なお、表2あるいは表3の注3及び注4は、本項でも適用する。

- (c) 電磁放射源及び金属物体から10 cm以上離れた空間での眼に入射する電力密度が、 $10 \text{ mW/cm}^2$ 以下（6分間平均値）であること。

なお、表2あるいは表3の注3及び注4は、本項でも適用する。

以上の各条件を表4に示す。



表4 不均一又は局所的にさらされる場合の補助指針

	10kHz-300MHz	300MHz-1GHz	1GHz-3GHz	3GHz - 300GHz
電磁界強度の空間的平均値	条件P：表2の電磁界強度指針値以下（注1から注4も適用） 条件G：表3の電磁界強度指針値以下（注1から注4も適用）			
電磁界強度の空間的最大値	四肢以外：20 mW/cm <sup>2</sup>		体表： 条件P：50 mW/cm <sup>2</sup> 条件G：10 mW/cm <sup>2</sup>	
			頭部： 10 mW/cm <sup>2</sup>	眼： 10 mW/cm <sup>2</sup>
適用する空間	電磁放射源、金属物体から20 cm以上離れた人体の占める空間	電磁放射源、金属物体から10 cm以上離れた人体の占める空間		
平均時間	6 分 間			

(2) 接触電流に関する指針

(a) 条件Pにおいて接触ハザードが防止されていない場合

10 kHzから100 kHzまでの周波数において測定された接触電流（平均時間<1秒）が $10^{-3} f$  [Hz]mA以下、100 kHzから15 MHzまでの周波数においては100 mA以下であれば、表2の注1を満たさなくてもよい。

ただし、接触電流がこの指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が1を超えてはならない。

(b) 条件Gにおいて接触ハザードが防止されていない場合

10 kHzから100 kHzまでの周波数において測定された接触電流（平均時間<1秒）が $4.5 \times 10^{-4} f$  [Hz]mA以下、100 kHzから15 MHzまでの周波数においては45 mA以下であれば、表3の注1を満たさなくてもよい。

ただし、接触電流がこの指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が1を超えてはならない。

(3) 誘導電流に関する指針

(a) 条件Pにおいて非接地条件を満たさない場合

3 MHzから300 MHzまでの周波数で測定された足首における誘導電流（平均注：「人体が電磁界に不均一又は局所的にさらされる場合の指針」は、平成9年の電気通信技術審議会（電波利用における人体防護の在り方）で明確化されている。

時間6分間)が、片足当たりで100mA以下ならば、表2の注2を満たさなくてもよい。

ただし、誘導電流がこの指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が1を超えてはならない。

(b) 条件Gにおいて非接地条件を満たさない場合

3MHzから300MHzまでの周波数で測定された足首における誘導電流(平均時間6分間)が、片足当たりで45mA以下ならば、表3の注2を満たさなくてもよい。

ただし、誘導電流がこの指針値に対して無視できないレベルの複数の周波数成分からなる場合は、その各周波数成分の指針値に対する割合の自乗和を求める。これらの総和が1を超えてはならない。

(4) 低電力の電磁放射源に関する指針

100kHzから3GHzまでの周波数において定格出力7W以下の電磁放射源に関しては、通常の使用状態では基礎指針を満たすものと考えられ、管理指針及び他の補助指針での評価を要しない。ただし、放射源が身体に極めて近い場合及び放射エネルギーが特定方向に集中する場合は、局所的に大きなSARを生じることがあるので注意することが望ましい。

### 3.3 基礎指針

基礎指針を表5に示す。基礎指針は管理指針の根拠となる概念であるとともに、生体作用発生の可能性を判断するための基礎を与えるものである。

注：「低電力の電磁放射源に関する指針」は、平成9年の電気通信技術審議会(電波利用における人体防護の在り方)で答申された局所吸収指針に含まれることから削除されている。

(4) 金属を身につけている人

金属を身につけている場合は、特に誘導加熱炉などの近くでは、指針値以下の電磁界でも金属が発熱する可能性があり、注意が必要である。

電気通信技術審議会答申  
諮問第 89 号「電波利用における人体防護の在り方」(抜粋)  
(平成 9 年 4 月 24 日)

Ⅱ 補助指針 (概要) 【一般環境の明確化 (一部のみ)】

(1) 人体が電磁界に不均一又は局所的にさらされる場合の指針

	10kHz-300MHz	300MHz-1GHz	1GHz-3GHz	3GHz-300GHz
電磁界強度の空間的平均値	管理環境：表 1 適用 一般環境：表 2 適用			
電磁界強度の空間的最大値	四肢以外： 管理：20 mW/cm <sup>2</sup> 一般：4 mW/cm <sup>2</sup>		体表： 管理：50mW/cm <sup>2</sup> 一般：10mW/cm <sup>2</sup>	
			頭部： 管理：10mW/cm <sup>2</sup> 一般：2mW/cm <sup>2</sup>	眼： 管理：10mW/cm <sup>2</sup> 一般：2mW/cm <sup>2</sup>
適用する空間	電磁放射源、金属物体から 20cm 以上離れた人体の占める空間	電磁放射源、金属物体から 10cm 以上離れた人体の占める空間		
平均時間	6 分間			

(2) 接触電流に対する指針

周波数	接触電流
10kHz~100kHz	$10^{-3} f$ [Hz]mA (平均時間 < 1 秒間)
	$4.5 \times 10^{-4} f$ [Hz]mA (平均時間 < 1 秒間)
100kHz~15MHz	100mA 以下 (平均時間 6 分間)
	45mA 以下 (平均時間 6 分間)

上段：管理環境      下段：一般環境

(3) 足首誘導電流に対する指針

周波数	足首誘導電流
3MHz~300MHz	100mA 以下 (平均時間 6 分間)
	45mA 以下 (平均時間 6 分間)

上段：管理環境      下段：一般環境

諮問書・諮問理由

郵電環第13号  
平成10年7月27日

電気通信技術審議会  
会長 西澤 潤 一 殿

郵政大臣  
自見 庄三郎

諮 問 書

下記について諮問する

記

諮問第104号 電波防護指針への適合を確認するための電波の強度の測定  
方法及び算出方法



電波防護指針への適合を確認するための電波の強度の測定方法及び算出方法

## 1 諮問理由

電波利用における人体の防護については、平成2年6月の電気通信技術審議会答申「電波利用における人体の防護指針」を踏まえ、民間のガイドラインとして、社団法人電波産業会が「電波防護標準規格」を策定し、免許人が自主的に無線局の建設・運用に活用している状況にある。

一方、携帯電話の普及等により、電波利用施設が生活圏の近辺に設置されるようになったことに伴い、電波利用における安全性の懸念が増大していること、国際的にも防護指針の制定、強制規格化の動きが進んできたことから、電気通信技術審議会において審議いただき、その結果、平成9年4月答申「電波利用における人体防護の在り方」により、

- ① 平成2年6月答申の電波防護指針値（電磁界強度指針値）が現在においても妥当であること。
- ② 測定方法及び算出方法が既に十分確立していると考えられる領域から規制導入を行うべきであり、当面、身体のすぐそばで使用する携帯電話等の無線局以外の電波利用施設を対象に、一般国民の安全性を考慮した規制を導入すべきであること。

が示されている。

この度、同答申も踏まえ、規制を導入することとしたが、その際、電波防護指針への適合性をできる限り容易に、かつ、統一化された方法により確認する必要があることから、電波の強度の測定方法及び算出方法について審議を求めるものである。

## 2 答申を希望する事項

- (1) 電波の強度に対する安全施設の規定の対象となる無線局における電波の強度の測定方法
- (2) 電波の強度に対する安全施設の規定の対象となる無線局における電波の強度の算出方法

## 3 答申を希望する時期

平成10年11月ころ

## 4 答申が得られたときの行政上の措置

電波防護指針への適合を確認するための電波の強度の測定方法及び算出方法の基準の作成に資する。