

第3回 短波デジタル固定局作業班 資料

電波防護の考え方

2023年3月8日

短波デジタル固定局作業班 事務局

1 概要

総務省では、無線局の開設者に電波の強さに対する安全施設を設けることを義務づけている。（平成11年10月1日施行）

本資料は、短波無線固定局デジタル化においても、当該無線局設置に必要な敷地面積について、電波防護指針に関する事項について確認することを目的とする。

2 電波防護指針について

「電波防護のための基準への適合確認の手引き」に基づき、短波固定局を設置した場合、安全施設を設置し、一般の人々が容易に出入りできないように無線局免許人等に義務付けられている。



短波固定局デジタル方式も同様に実施

本制度及び基準値：電波法施行規則第 21 条の 3、別表第 2 号の 3 の 2
(平成 10 年 10 月 1 日公布、平成 11 年 10 月 1 日施行)
算出方法及び測定方法：平成 11 年郵政省告示第 300 号
特定の場合の基準値：平成 11 年郵政省告示第 301 号
(平成 11 年 4 月 27 日公布、平成 11 年 10 月 1 日施行)

2.1 関連法規

電波防護のための基準の制度化においては、電波法令及び施行規則等によって、その基準値を定めている。

関係法令 電波法（抜粋）

第三十条無線設備には、人体に危害を及ぼし、又は物件に損傷を与えることがないように、総務省令（*）で定める施設をしなければならない。

（改正昭二七第二八〇号、平一一第一六〇号）

* 施行規則第二十一条の二 - 第二十七条

関係法令 電波法施行規則（抜粋）

第二十一条の三無線設備には、当該無線設備から発射される電波の強度（電界強度、磁界強度及び電力束密度及び磁束密度をいう。以下同じ。）が別表第二号の三の二に定める値を超える場所（人が通常、集合し、通行し、その他する場所に限る。）に取扱者のほか容易に出入り(でいり)することができないように、施設をしなければならない。ただし、次の各号に掲げる無線局の無線設備については、この限りではない。

（適用除外）

- ① 平均電力が20 mW以下の無線局の無線設備
- ② 移動する無線局の無線設備
- ③ 地震や台風などの非常事態が発生、または発生するおそれのある場合において臨時に開設する無線局の無線設備
- ④ 総務大臣が別に告示する無線局の無線設備

2.1 関連法規

関係法令 無線設備規則(抜粋)

第十四条の二人体(側頭部及び両手を除く。)にばく露される電波の許容値は、次のとおりとする。

一無線局の無線設備(送信空中線と人体(側頭部及び両手を除く。)との距離が二〇センチメートルを超える状態で使用するものを除く。)から人体(側頭部及び両手を除く。)にばく露される電波の許容値は、次の表の第一欄に掲げる無線局及び同表の第二欄に掲げる発射される電波の周波数帯の区分に応じ、それぞれ同表の第三欄に掲げる測定項目について、同表の第四欄に掲げる許容値のとおりとする。

無線局	周波数帯	測定項目	許容値
(1) 携帯無線通信を行う陸上移動局、広帯域移動無線アクセスシステムの陸上移動局、高度MCA陸上移動通信を行う陸上移動局、七〇〇MHz帯高度道路交通システムの陸上移動局、時分割多元接続方式広帯域デジタルコードレス電話の無線局、時分割・直交周波数分割多元接続方式デジタルコードレス電話の無線局、非静止衛星(対地静止衛星(地球の赤道面上に円軌道を有し、かつ、地球の自転軸を軸として地球の自転と同一の方向及び周期で回転する人工衛星をいう。以下同じ。)以外の人工衛星をいう。以下同じ。)に開設する人工衛星局の中継により携帯移動衛星通信を行う携帯移動地球局、第四十九条の二十三の二に規定する携帯移動地球局、インマルサット携帯移動地球局(インマルサットGPS型に限る。)及び第四十九条の二十四の四に規定する携帯移動地球局	一〇〇kHz以上六GHz以下	人体(側頭部及び四肢を除く。)における比吸収率(電磁界にさらされたことによつて任意の生体組織一〇グラムが任意の六分間に吸収したエネルギーを一〇グラムで除し、更に六分で除して得た値をいう。以下同じ。)	毎キログラム当たり二ワット以下
		人体四肢(両手を除く。)における比吸収率	毎キログラム当たり四ワット以下

(出典:総務省HP)

2.2 制度の概要

(1) 電波の強度に対する安全施設

人が通常出入りする場所で無線局から発射される電波の強さが基準値を越える場所がある場合には、無線局の開設者が柵などを施設し、一般の人々が容易に出入りできないようにする必要がある。



この基準への適合確認方法等については、「[電波防護のための基準への適合確認の手引き](#)」参照することになっている。

電波防護のための基準への適合確認の手引き：

<https://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/material/dwn/guidance.pdf>

3 短波固定局の基準値の確認

前述したとおり、電波法施行規則に基づき周波数帯によって電界強度の基準値が定められている。

① 通常用いる基準値

電磁界強度（平均時間6分間）の基準値（電波法施行規則別表第2号の3の2）

周波数	電界強度の実効値 [V/m]	磁界強度の実効値 [A/m]	電力束密度の実効値 [mW/cm ²]
100kHz - 3MHz	275	$2.18/f$	
3MHz - 30MHz	$824/f$	$2.18/f$	
30MHz - 300MHz	27.5	0.0728	0.2
300MHz - 1.5GHz	$1.585\sqrt{f}$	$\sqrt{f}/237.8$	$f/1500$
1.5GHz - 300GHz	61.4	0.163	1

- fは、MHzを単位とする周波数とする。
- 電界強度、磁界強度及び電力束密度は、それらの6分間における平均値¹とする。
- 同一場所若しくはその周辺の複数の無線局が電波を発射する場合又は一の無線局が複数の電波を発射する場合は、電界強度及び磁界強度については各周波数の表中の値に対する割合の自乗和の値、また電力束密度については各周波数の表中の値に対する割合の和の値がそれぞれ1を超えてはならない。

（出典：電波防護のための基準への適合確認の手引き）

3 短波固定局の基準値の確認

前項の表に基づき、短波固定局の基準値を確認する。

HF帯の基準値は、周波数に反比例するため、周波数が高くなるほど基準値が厳しくなる。よって、本資料ではHF帯の最高周波数帯である30MHzを使用することを想定し、電波強度の算出及び適用基準値の比較を行う。

30MHz帯の電界強度及び磁界強度の実効値は次のとおり。

基準値（ $f=30\text{MHz}$ の場合）

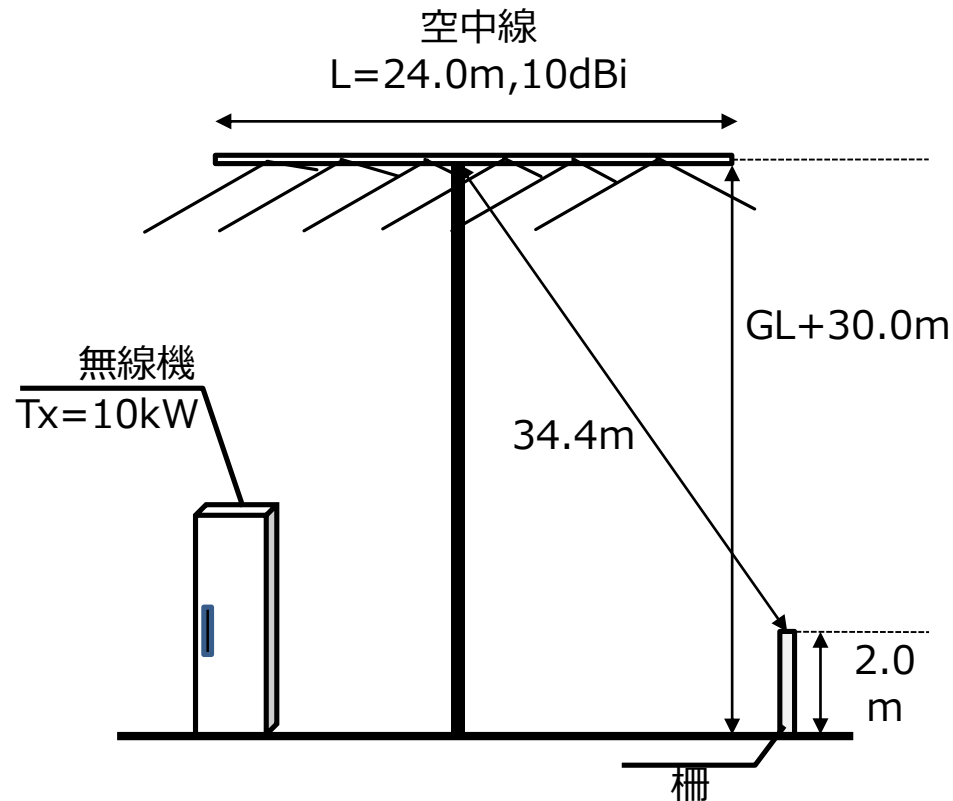
周波数帯	電界強度の実効値 [V/m]	磁界強度の実効値 [A/m]	電測力密度の実効値 [mW/cm ²]
30MHz	27.46666667	0.072666667	—

4 無線局の諸元

短波固定局デジタル方式の技術的条件については、制定されていないため、ここでは暫定値として計算する。
本資料で採用する無線局の諸元は次のとおり。

安全防護算出パラメータ

必要諸元	適用値
空中線入力電力P[W]	10kW
アンテナの利得G[倍]	10dBi
アンテナから算出地点までの距離R[m]	34.4m
損失[dB]	-5dB
周波数f[MHz]と波長λ[m]	30MHz /10m
アンテナの最大長D[m]	24m
アンテナ回転の有無	無
同一場所又はその周辺の無線局、複数周波数の電波の発射の有無	無



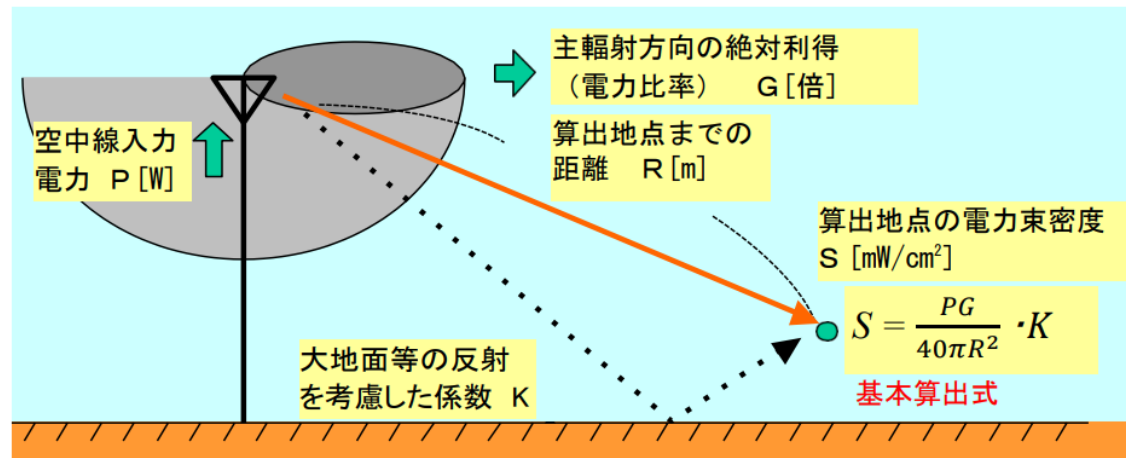
5 基本算出式

無線局の諸元から電波強度の算出には、次の基本算出式を採用する。

(1) 基本算出式

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K [mW/cm^2] \quad ※ S = \frac{E^2}{3770} = 37.7H^2 \quad ※ 30MHz以下の場合$$

※ 電力束密度[mW/cm²]を電界強度[V/m]及び磁界強度[A/m]に換算する。



(出典：電波防護のための基準への適合確認の手引き)

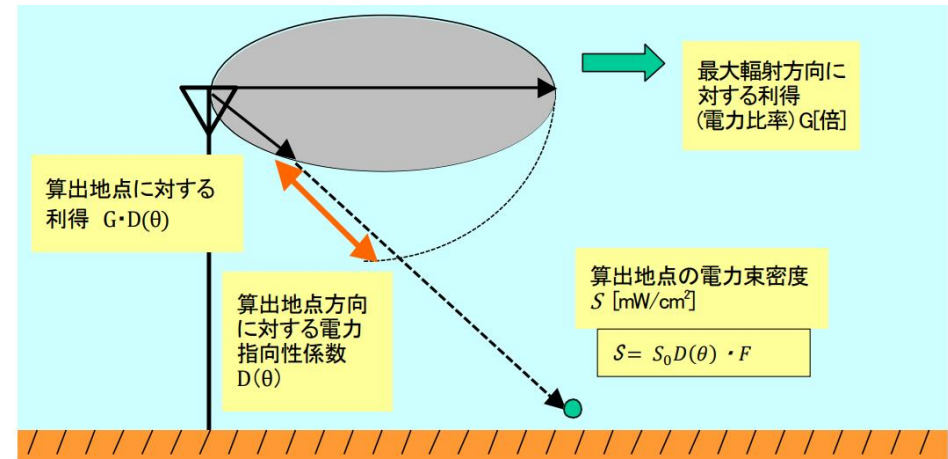
5 基本算出式

(2) 指向性を考慮した基本算出式

基本算出式の算出結果は、指向性を考慮していないため指向性アンテナを用いている場合は算出結果が過大になる場合がある。そのため、本算出式の算出結果が基準値を超えた場合は、指向性を考慮して算出する。

前項で求めた、基本算出式の算出結果 S_0 [mW/cm²]に、算出地点の方向に対する電力指向性係数 $D(\theta)$ を乗じることにより算出する。

$$S = S_0 D(\theta) \cdot F \text{ [mW/cm}^2\text{]}$$



5 基本算出式

(3) 指向性を考慮した基本算出式

基本算出式による算出結果が基準値を超えた場合は、各アンテナ毎の算出式により算出する。算出式は次のアンテナについて規定されている。

(仕様アンテナが次のアンテナと異なる場合はこれらの式を使用できない。)

算出式が規定されているアンテナ	備考
コリニアアレイアンテナ(空中線コードCLに相当するアンテナ)	
開口面空中線(空中線コードPA、HO、GG、KG又はCRのいずれかに相当するアンテナ)	
中波放送用モノポールアンテナ	※
カーテンアンテナ	※

※ 「電波防護のための基準への適合確認の手引き」では省略されている。

5 基本算出式

(3) 平成30年総務省告示第356号に規定する空中線型式基本コード

項目	コード
単一	TI
八木	YA
パラボラ	PA
平面	PL
ホーン	HO
ダイポール	DP
グレゴリアン	GG
カセグレン	KG
ループ(リングを含む。)	LU

ターンスタイル	TS
スーパーゲイン	SG
ワイヤ(L、V、T、逆L、逆Vを含む。)	WI
漏洩同軸	LC
コーリニア	CL
レンズ	LN
コーナリフレクタ	CR
スロット	SR
ヘリカル	HE
カージオイド	CO
頂部負荷型	TL
基部設置型	BG
その他指向性アンテナ(注)	ZD
その他無指向性アンテナ(注)	ZO

6 基準値確認方法の手順

算出式は複数あるが、途中の手順で基準値を満足した場合、最後の手順までには行う必要はない。



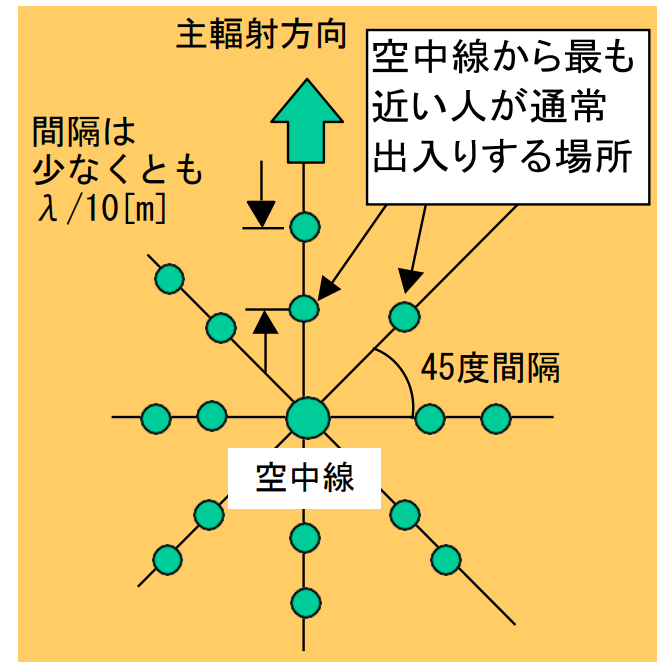
(出典：電波防護のための基準への適合確認の手引き)

7 算出地点

電波の強度の算出を行う地点は水平方向と垂直方向の2種類がある。

(1) 水平方向

送信空中線を中心に、最大輻射方向を基準とする45度間隔の各方位における、人が通常、通行し、集合し、その他出入りする場所について送信空中線から見て最も近い地点から、少なくとも $\lambda/10$ [m]間隔の各地点で、基本算出式(後述)の算出結果が基準値を満たす地点まで算出を行う。

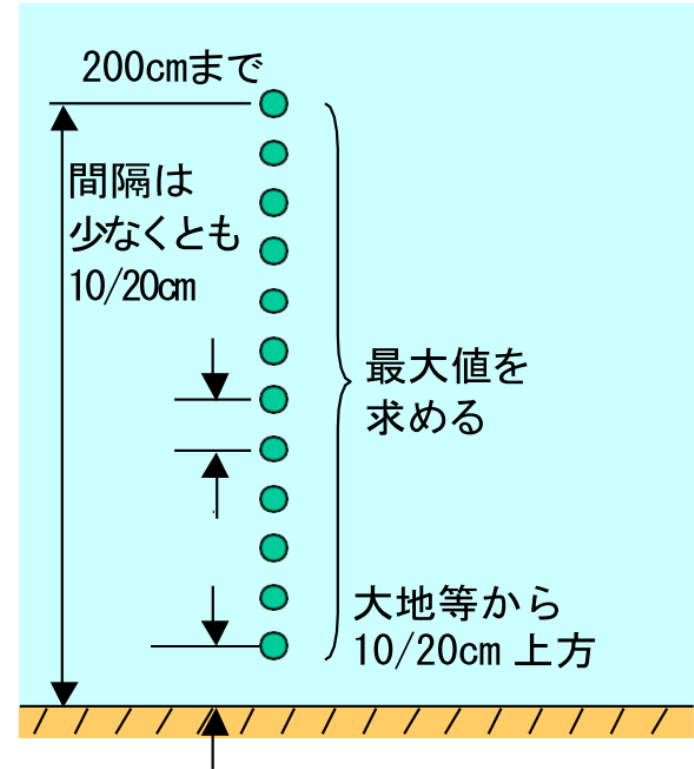


(出典：電波防護のための基準への適合確認の手引き)

7 算出地点

(2) 垂直方向

水平方向の地点において、大地等から 10cm (300MHz 未満の周波数においては20cm) の上方から高さ 200cm までの領域において、少なくとも 10cm 間隔 (300MHz 未満の周波数においては20cm) で算出を行い、その最大値を求める。ただし、各算出地点は、送信空中線及び金属物体から 10cm 以上 (300MHz未満の周波数においては 20cm 以上) 離れている必要がある。



(出典：電波防護のための基準への適合確認の手引き)

7 算出地点

電波防護のための基準への適合確認の手引きから算出地点についての考え方は、「空中線から最も近い点での強度」を基本算出式で求めることとなる。

この場合、第4項の無線局諸元に当てはめると次のようになる。

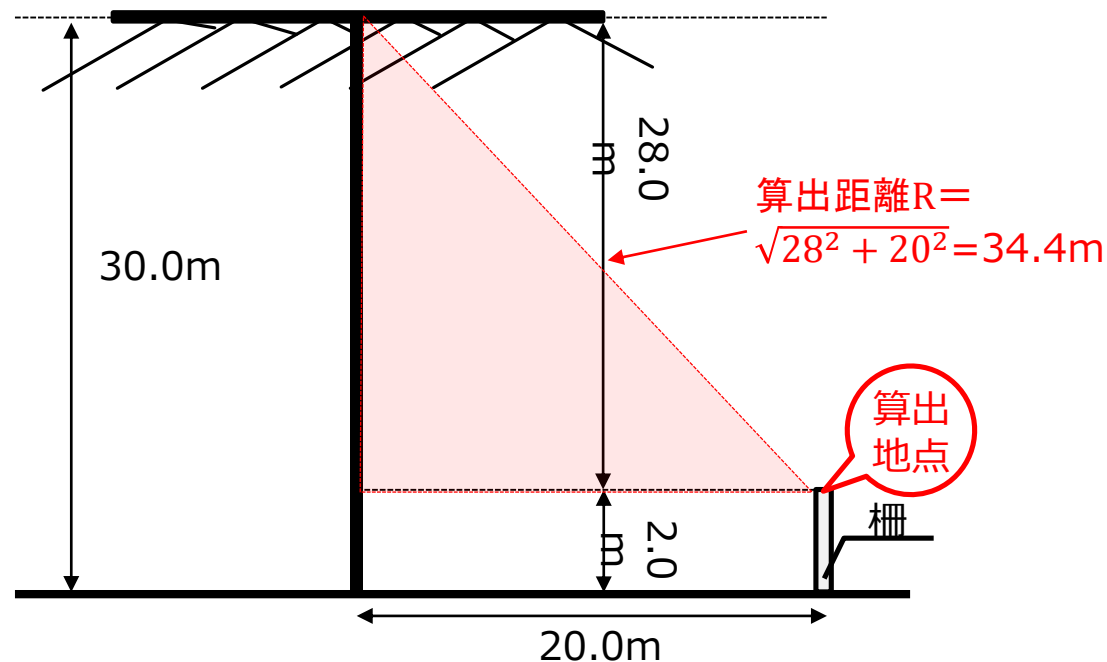
人が通常、通行し、集合し、その他出入りする場所のうち、送信空中線に最も近い地点



柵のある場所かつ地上200cm までの範囲の
最大値を求める。

アンテナからの距離Rは次式で求める。

$$\text{算出距離 } R = \sqrt{28^2 + 20^2} = 34.4\text{m}$$



8 電波強度の算出

基本算出式を用いる前に、基本算出式に代入する各パラメータの値を算出した

(2) 各種パラメータの算出

基本算出式へ代入するための各パラメータ計算式は次のとおり。

ア 空中線入力電力P

送信機出力から、給電線損失等を差し引いた値が空中線入力電力となる。

(ここでは、送信機出力10kW (70dBm)に損失-5dBを引いた値。)

$$P = 10kW - 5dB = 10 \log \left(\frac{10000}{10^{-3}} \right) - 5dB = 65dBm \approx 3162.28 [W] \cdots \textcircled{1}$$

変換 : [kW] → [dBm]

8 電波強度の算出

イ アンテナ利得G

絶対利得を電力比率に変換する。

$$10dBi = 10^{\frac{10(dBi)}{10}} = 10 \text{ [倍]} \cdots \textcircled{2}$$

ウ 反射波 K

Kの値は、大地面の反射及び水面等大地面以外の反射を考慮する場合で値が異なる。

HF帯は3MHz～30MHzの周波数帯のため($f < 76\text{MHz}$)、赤枠が該当する。

	$f \geq 76\text{MHz}$	$f < 76\text{MHz}$	全周波数帯
大地面の反射を考慮する場合	K=2.56	K=4	-
水平等大地面以外の反射を考慮する場合	-	-	K=4
全ての反射を考慮しない場合	-	-	K=1

(出典：電波防護のための基準への適合確認の手引き)

8 電波強度の算出

(3) 計算結果

前項で算出した各種パラメータを基本算出式にあてはめて、電力束密度 S [mW/cm²] の値を算出した。

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K = \frac{3162.28 \times 10.0}{40\pi \times 34.4^2} \cdot 4 \approx 0.851(\text{mW}/\text{cm}^2)$$

(出典：平成 11 年郵政省告示第 300 号)

HF帯(3～30MHz帯) は、電力束密度 [mW/cm²] の基準値がないため、電力束密度を電界強度 [V/m] 及び磁界強度 [A/m] に換算する。

電界強度 [V/m]	$S = \frac{E^2}{3770} = 37.7H^2 \quad E = \sqrt{3770 \times S} = \sqrt{3770 \times 0.851} \approx 56.64(\text{V}/\text{m})$
磁界強度 [A/m]	$H = \sqrt{\frac{S}{37.7}} = \sqrt{\frac{0.851}{37.7}} = 0.150(\text{A}/\text{m})$

(出典：平成 11 年郵政省告示第 300 号)

9 算出結果の比較

算出結果を基準値と比較した結果を次項に示す。

算出結果と基準値比較表- 1

	電界強度 E[V/m]	磁界強度 H[A/m]
計算値	56.64	0.150
基準値	27.47	0.073
結果	NG	NG

f=30MHz R=33m P=10kW(損失5.0dB) G=10dBi

想定した無線局の諸元では、R（算出地点までの距離） = 34.4mだと基準値を満足できない。

10 基準値を満足する値

R=33mでは基準を満足できなかったため、当該基準値を満足するための算出距離を計算した結果、当該値は74.0mであった。

算出結果と基準値比較表- 2

R[m]	ANT高	電界強度 E[V/m]	判定	磁界強度 H[A/m]	判定
40	42.0	51.2640	NG	0.1360	NG
45	47.0	45.3030	NG	0.1202	NG
50	52.0	40.5840	NG	0.1076	NG
55	57.0	36.7553	NG	0.0975	NG
60	62.0	33.5867	NG	0.0891	NG
65	67.0	30.9211	NG	0.0820	NG
70	72.0	28.6475	NG	0.0760	NG
74	76.0	27.0560	OK	0.0718	OK

f=30MHz R=74m P=10kW(損失5.0dB) G=10dBi

11 アンテナ高と算出距離の関係性

R=74mとした場合、必要敷地面積を以下の通り算出した。

なお、算出式からもわかるように、敷地面積を少なくするためには、アンテナ地上高を高くすることが有効である。

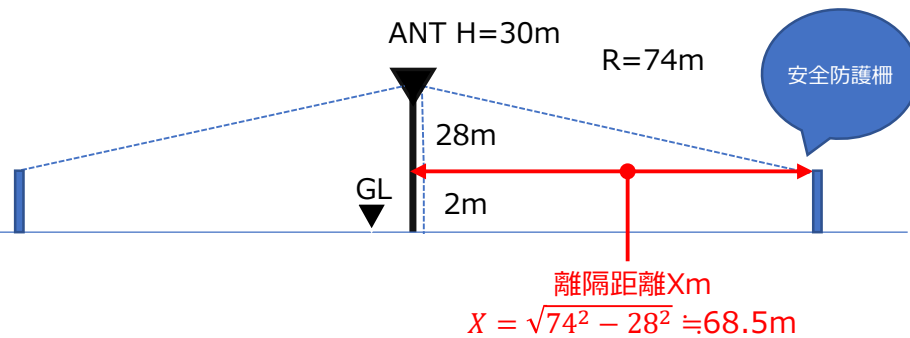
周波数帯	アンテナ利得	アンテナ高	必要離隔距離 (アンテナ中心部から)	必要敷地面積 ※	備考
30MHz	10dBi	30m	約68.4m	約137.0m×137.0m	R値 74.0m
		35m	約66.2m	約132.5m×132.5m	
		40m	約63.5m	約126.0m×126.0m	
		45m	約60.2m	約120.4m×120.4m	
		50m	約56.3m	約112.6m×112.6m	
		55m	約51.6m	約103.3m×103.3m	
		60m	約46.0m	約92.0m×92.0m	
		65m	約38.8m	約77.6m×77.6m	
		70m	約29.2m	約58.4m×58.4m	

※ 全方位に対して主輻射方向の利得を用いている。

12 算出地点までの距離Rと必要離隔距離について

基本算出式は、利得Gを全方向において主輻射電力方向の利得として算出されるため、電波が放出される地点から地上地点までの距離については、アンテナ地上高によって左右される。よって、前項から算出された算出地点R (R = 74m) を当てはめて考えると、ANT高を変更することで、アンテナ中心部からの離隔距離を縮小することが可能であると考える。

ANT高 = 30.0mの場合 必要敷地面積 = 大
(必要敷面積 約134m×134m)



ANT高 = 70.0mの場合 必要敷地面積 = 小
(必要敷面積 約58.4m×58.4m)

