



高速電力線搬送通信と 既存無線局の共存について

2005年2月23日

高速電力線通信推進協議会

1. 利用形態
2. 共存条件の基本的考え方
 - 2.1 外部雑音の設定
 - 2.2 距離減衰特性
 - 2.2.1 距離減衰特性(理論解析)
 - 2.2.2 距離減衰特性(実測)
 - 2.3 実用上の漏えい電界低減効果
 - 2.4 各無線局の設置環境による分類
 - 2.5 各分類における許容妨害の検討
3. 漏えい電界強度の許容値
 - 参考1 実測結果など
 - 参考1.1 環境雑音実態値(参考)
 - 参考1.2 アンテナの指向性を考慮した漏えい電界の影響(参考事例)
 - 参考1.3 シールド効果(参考事例1)
 - 参考1.4 建物近傍での実測例
 - 参考1.5 漏えい電界の周波数分布(参考事例)
 - 参考1.6 漏えい電界の位置分布(参考事例)
 - 参考2.1 航空無線局の設置状況
 - 参考2.2 海上保安庁海岸局の配置状況
 - 参考2.3 HF帯電波天文観測局の設置状況
 - 参考3 Wavelet OFDMの送信電力制御について

1. 利用形態

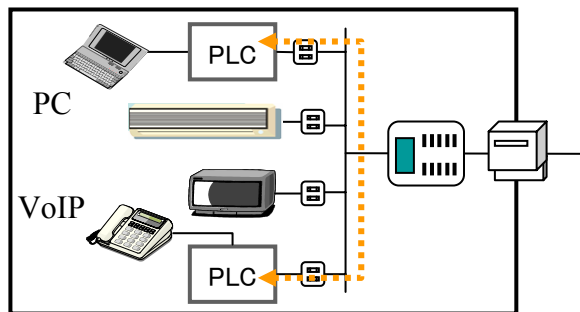
1 利用形態

屋内配線を用いたホーム/構内ネットワークを周波数拡大の対象とし、
今回は、屋外架空配線を用いたシステムは対象としない

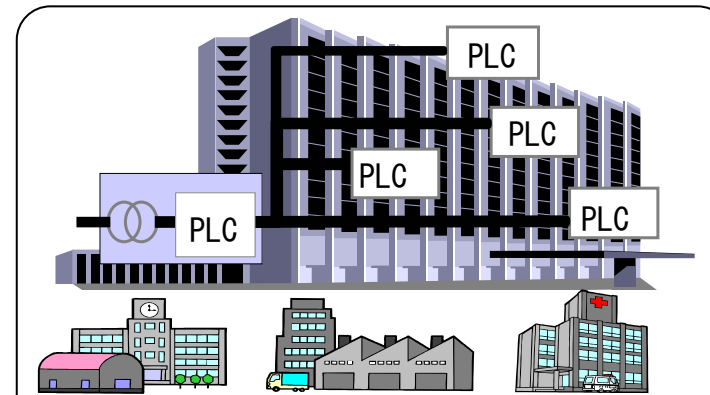
①戸建住宅



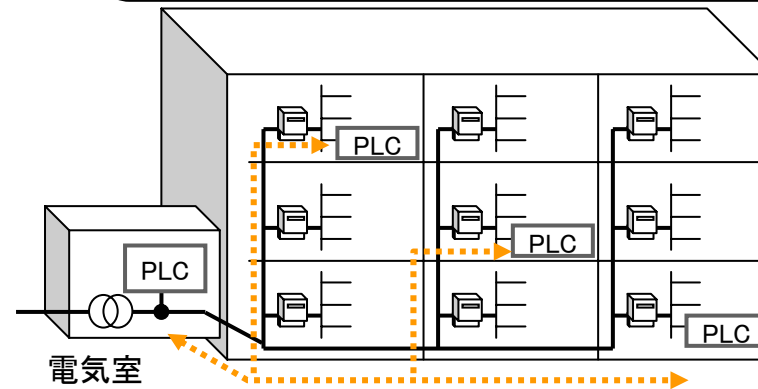
住宅内電力線を用いたホームNW



②集合住宅



その他、学校・オフィス・工場・病院などの構内NW



2. 共存条件の基本的考え方

2 共存条件の基本的考え方

共存条件の考え方

- ・現状の運用に対して、実用上の影響を与えないこと
 - A. PLC設備と既存無線設備との間に離隔距離を確保
 - B. 実用上の漏えい電界低減要素を加味
- ⇒ AおよびBの低減要素を考慮し、既存無線設備の受信点で外部雑音以下となる10m地点のPLCの漏えい電界強度： E_{PLC} を検討する

共存条件

$$E_{PLC} < E_n + A + B$$

E_n : 外部雑音レベル [dBuV/m] ※本資料2. 1参照

A : 離隔距離 L [m] による距離減衰量 [dB] ※本資料2. 2参照

B : 漏えい電界の影響を低減する、その他の効果 [dB] ※本資料2. 3参照

E_{plc} : 10m地点でのPLCの漏えい電界 [dBuV/m]

2. 1 外部雑音の設定

ITU-R における外部雑音の設定値【米国1971年の実態値による】

- ・ 外部雑音：短波帯域では人工雑音が支配的
- ・ ITU-R の外部雑音 E_n [dB μ V/m] の設定式

ITU-R REPORT 258-5,
ITU-R P1.372「無線雑音」の人工雑音を参照

$$E_n = \beta - 7.7 * \text{Log}(f) \quad \text{※}f : \text{周波数 [MHz]}$$

β [dB]: 17.3 (高雑音地域), 13.0 (中雑音), 7.8 (低雑音) ※BW=9 kHz

日本における外部雑音

- ・ 人工雑音は電力消費密度 (EIPR) に比例すると仮定
- ・ 米国1971年と日本2000年とのEIPR比を用いて、日本における外部雑音 (β 値) を設定

外部雑音実態値の
測定結果 (PLC-J調査) と
概ね一致 (参考1. 1節参照)

区 分	周波数換算式 [MHz]	f = 2	10	20	30
高雑音地域	$26.8 - 7.7 * \text{Log}(f)$	24.5	19.1	16.8	15.4
中雑音地域	$24.8 - 7.7 * \text{Log}(f)$	22.5	17.1	14.8	13.4
低雑音地域	$21.2 - 7.7 * \text{Log}(f)$	18.9	13.5	11.2	9.8

※雑音地域分類：中波放送区域区分による

2.2 距離減衰特性

距離による減衰量Aは、理論計算および実測値に基づき、算出する。

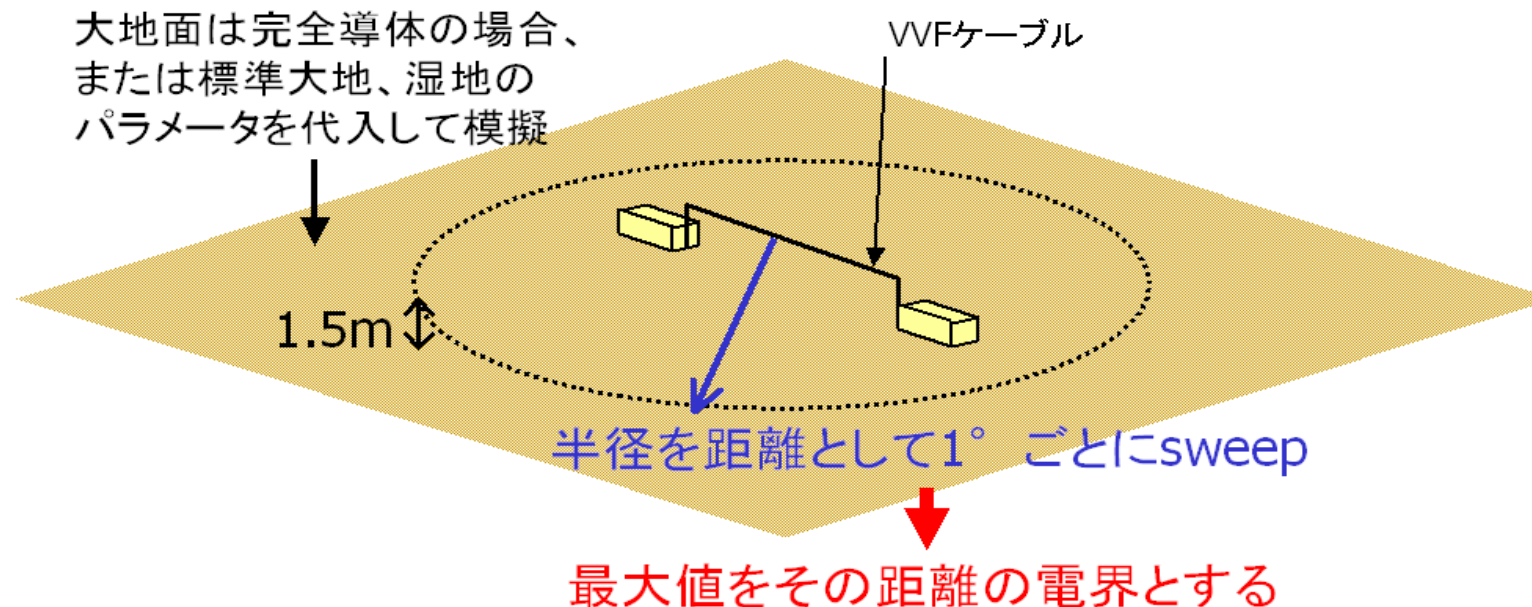
1. モーメント法による距離減衰の理論解析 – モデル化した大地面における減衰量
2. 実環境における減衰測定 – 工場敷地内(大地面はアスファルトまたはコンクリート)での測定

大地面を考慮したモーメント法による理論解析

大地面 種別	比誘電率	導電率
標準大地	13	0.001
湿地	30	0.01
完全導体	---	∞

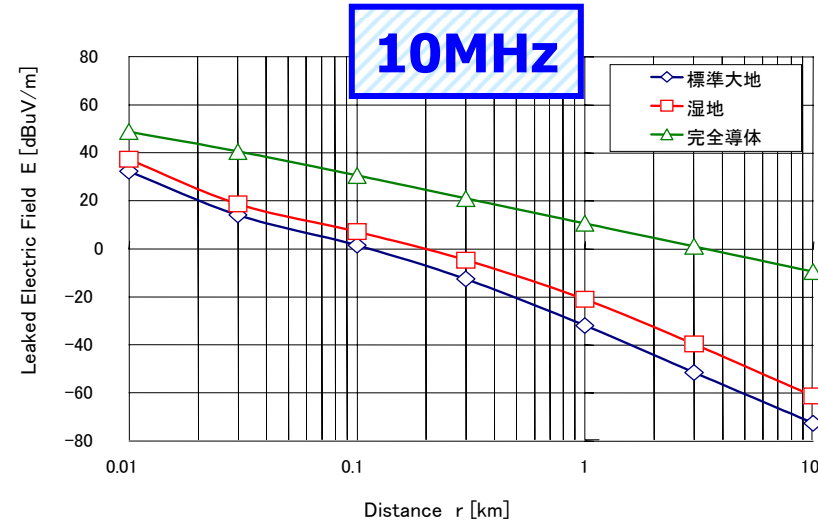
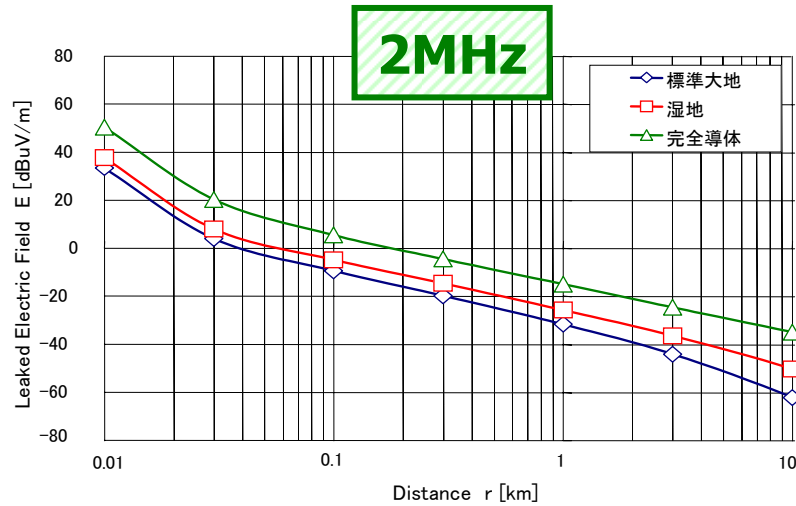
Rec. ITU-R P.527-3: “Electrical characteristics of the surface of the Earth,” ITU-R Recommendations, Volume 1997 P Series-Part 1, pp.140-144, ITU, Geneva (1998)

より抜粋

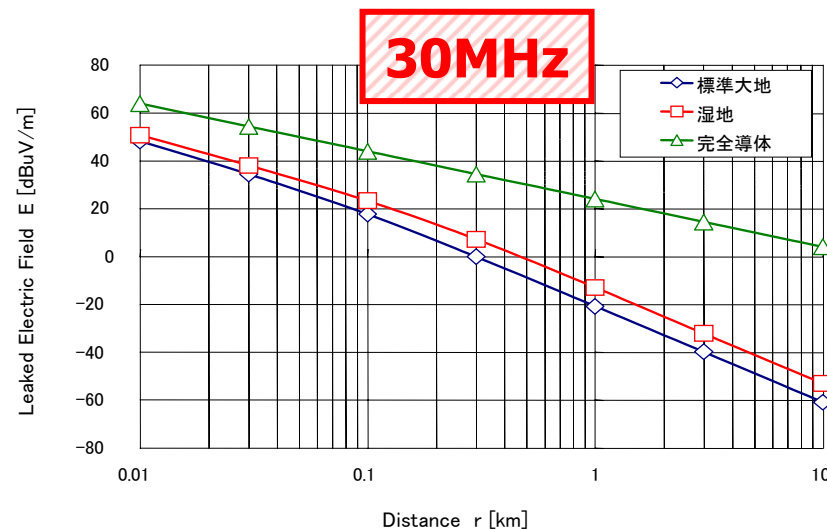


2.2.1 距離減衰特性(理論解析)

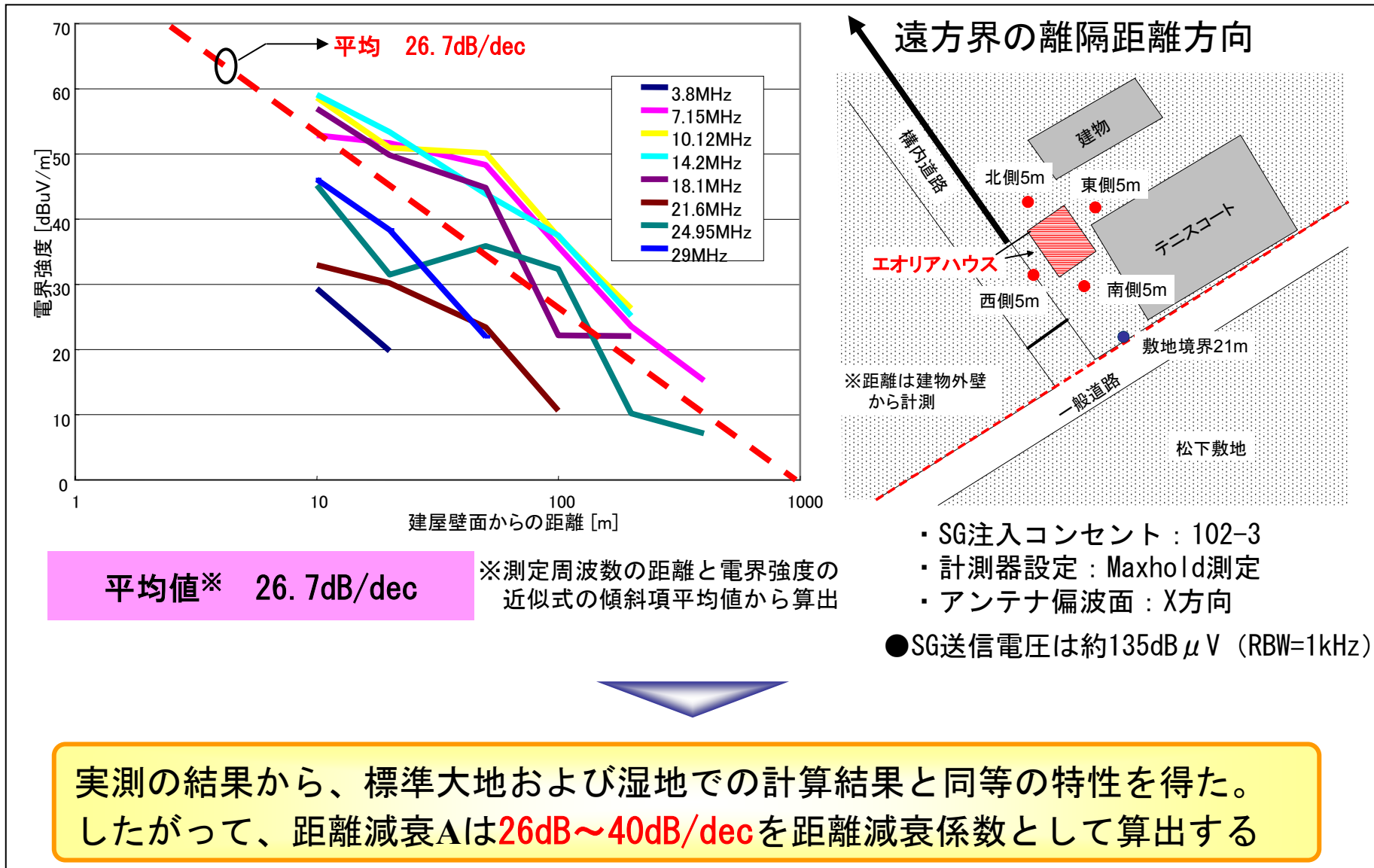
モーメント法による距離依存性の解析



完全導体(自由空間伝搬)では
20dB/dec
 標準大地および湿地(実際の
 伝搬モデル)での距離減衰Aは
26~40dB/dec



2.2.2 距離減衰特性(実測)



2.3 実用上の漏えい電界低減効果



	実用上想定される漏えい電界の影響と低減効果	低減量B [dB]
ア) アンテナ指向性 ※参考1.2節参照	一般に無線送信局/受信局は、送受信アンテナに指向性を持たせており、6dB~12dB程度、漏えい電界による影響が低減されると考えられる	6~12
イ) 距離減衰 ※2.2節参照	実際の漏えい電界は、自由空間伝搬ではなく、ほぼ見通し可能な地域では26dB/decの距離減衰係数となるが、見通し外地域では、40dB/decの距離減衰係数として算出できる。	14
ウ) シールド効果	伝搬経路に建物や森林などの障害物がある場合、漏えい電界は低減する	2~12
エ) 遮蔽効果 ※参考1.3節参照	短波放送の受信など、屋内や窓際に受信アンテナが設置される場合、建物外壁による遮蔽で、5~20dB受信強度が低下する。	5~20
オ) 建物近傍での外部雑音増加 ※参考1.4節参照	建物の近傍、特に集合住宅における隣家への影響を考慮する場合、PLCの漏えい電界だけでなく、屋内(自家、隣家ともに)からの人工雑音も増加していることを考慮する。	10~20
カ) 周波数分布 ※参考1.5節参照	PLCからの漏えい電界は、電力線伝送路のコモンモードインピーダンスや平衡度の変化によって、局所的に10~20dBの漏えい電界のレベル差がある。 一般的に、時間や場所により伝搬特性が異なる短波帯では、一つの通信目的に対し複数の周波数が割り当てられているため、PLCの漏えい電界が局所的に大きくなる周波数を回避できる可能性がある。	10~20
キ) 位置分布 ※参考1.6節参照	建物内に設置されたPLCは、屋内配線が放射源となるため、漏えい電界の大きさは、その受信場所によって異なるが、受信アンテナが移動できる場合には、10~20dBの低減効果が期待できる。	10~20

2.4 各無線局の設置環境による分類

各無線局の設置環境から以下の分類分けで共存条件を検討

分類	使用環境	地域	該当無線局	離隔距離
①	<ul style="list-style-type: none"> ・広い敷地内に設置された大型施設 ・船舶、航空機等の移動局 	低雑音地域	航空通信 海上通信	100m以上
②	広い敷地内に設置された大型施設で、微弱な電波を観測する施設	低雑音地域	電波天文	100m以上
③	<ul style="list-style-type: none"> ・比較的広い敷地に設置 ・ビルの屋上に設置 ・支持物(タワー等)に設置 	高雑音地域	航空通信 海上通信 アマチュア無線	30m以上
④	戸建住宅における使用	高雑音地域	アマチュア無線 短波放送	10m以上
⑤	集合住宅における使用	高雑音地域	短波放送	3m以上

2.5 各分類における許容妨害の検討

分類	該当無線局	最大周波数 [MHz]	外部雑音 E_n [dBuV/m] (雑音地域区分)	距離減衰 A[dB] (離隔距離)	低減効果 B[dB]	E_{PLC} (RMS) [dBuV/m]
①	a)航空通信	22.00	10.9 (低雑音)	26.0~40.0 (100m)	8~14	44.9
	b)海上通信	22.825	10.7 (低雑音)	26.0~40.0 (100m)	8~14	44.7
②	a)電波天文	25.67	10.3 (低雑音)	26.0~40.0 (100m)	8~14	44.3
③	a)航空通信	22.00	16.5 (高雑音)	12.4~19.1 (30m)	6~12	34.9
	b)海上通信	3.023(海保)	23.1 (高雑音)	12.4~19.1 (30m)	6~12	41.5
		28.00(漁業)	15.6 (高雑音)	12.4~19.1 (30m)	6~12	34.0
c)アマチュア無線	29.7	9.9 (低雑音)	12.4~19.1 (30m)	12~18	34.3	
④	a)アマチュア無線	29.7	15.4 (高雑音)	0 (10m)	22~28	37.4
	b)短波放送	21.66	16.5 (高雑音)	0 (10m)	22~28	38.5
⑤	a)短波放送	21.66	16.5 (高雑音)	-13.6(3m)	32~40	34.9

注1: 最大周波数は、当該無線局が送信/受信する最大使用周波数

注2: 外部雑音は、最大周波数での雑音レベル

注3: E_{PLC} は、距離減衰Aと低減効果Bの最小値を用いて算出した

3. 漏えい電界強度の許容値

3 漏えい電界強度の許容値

以上の検討結果を考慮し、下記の条件で共存可能と考える

- ・分類①については、距離減衰で十分な減衰が得られる
- ・分類②に関しては、観測用途であり条件は異なるが、それぞれの低減効果により、実用上問題ないと考えられる。
- ・分類③～⑤については、周波数分布、アンテナ指向性などの各効果を加味し、さらに移動可能な受信機を想定した分類④、⑤については位置分布の効果も加味する。



$$E_{\text{PLC}} < E_n + A + B = 34.0 \sim 44.9 \text{ dBuV/m (RMS)}$$

QP値に換算(10dB)すると、44.0～54.9 dBuV/mとなる。
したがって、**44dB μ V/m @10m** 以下を許容条件と考えることができる

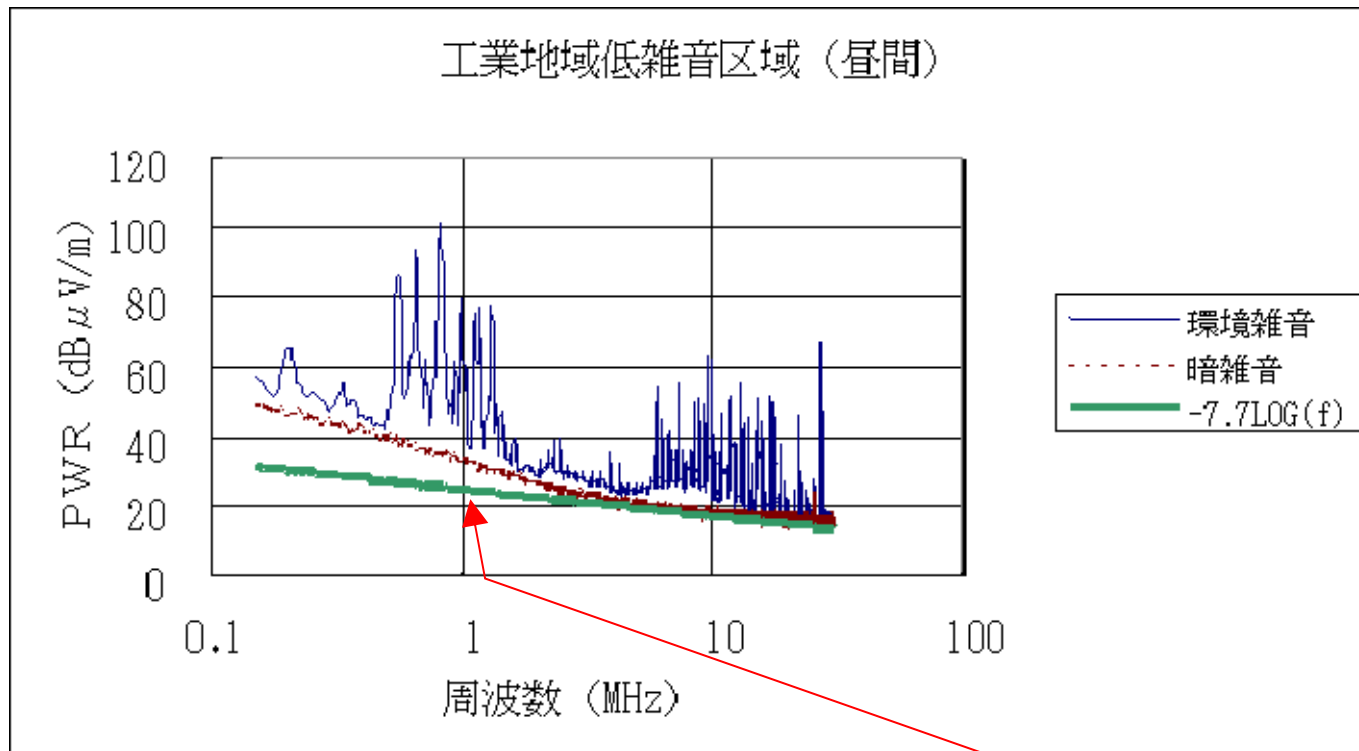
参考1 実測結果など

参考1.1 環境雑音実態値(参考)



低雑音地域における環境雑音の測定例

※出典：PLC-J主要各社の集計データによる



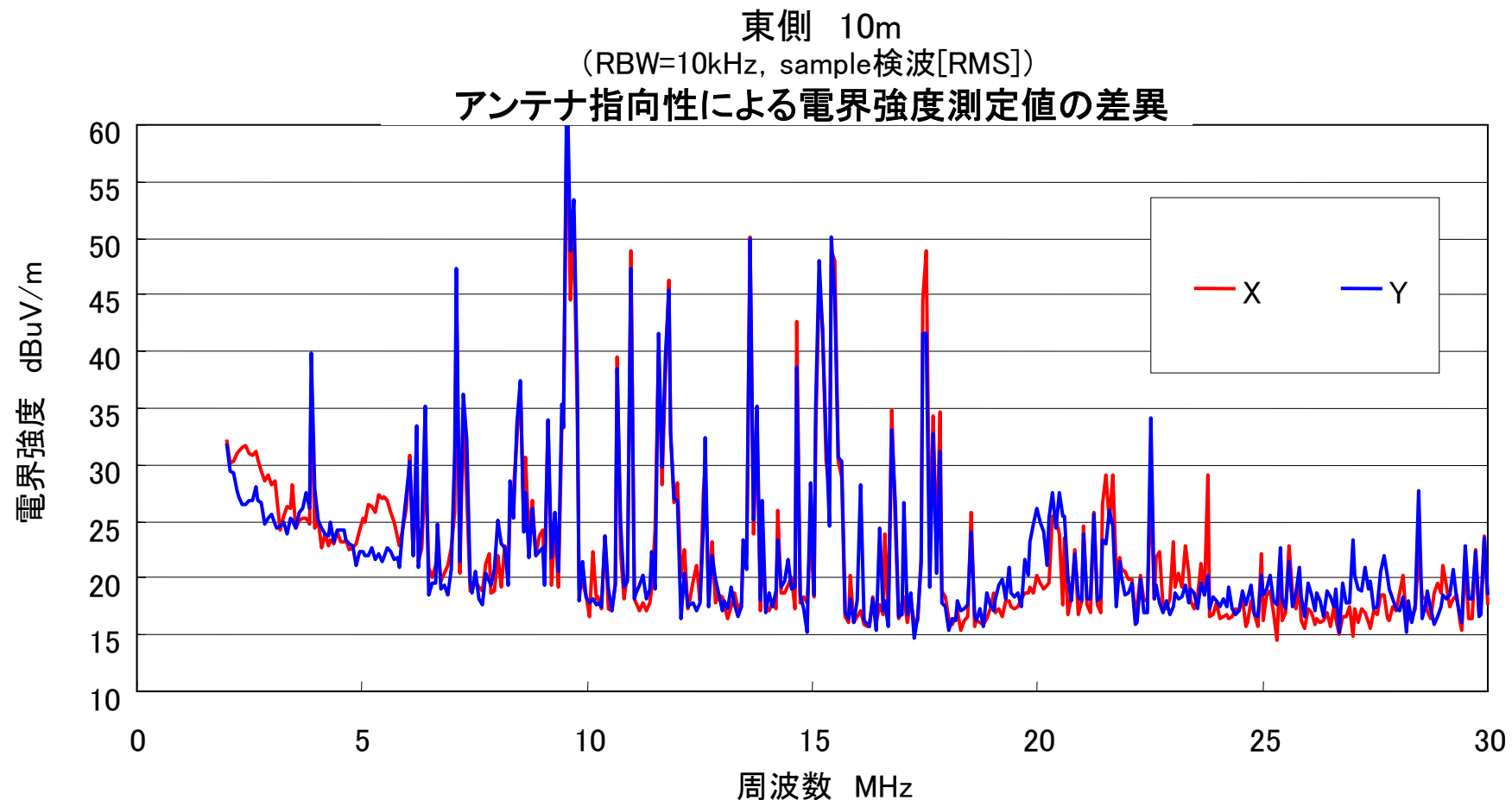
- ・測定方法：サンプル検波平均値表示値 (RMS値と同等)
- ・測定分解能：10 kHz

$$En[\text{dB } \mu\text{V/m}] = \beta - 7.7 \log(f)$$

f: 周波数 [MHz]
により β を算出

参考1.2 アンテナの指向性を考慮した漏えい電界の影響 (参考事例)

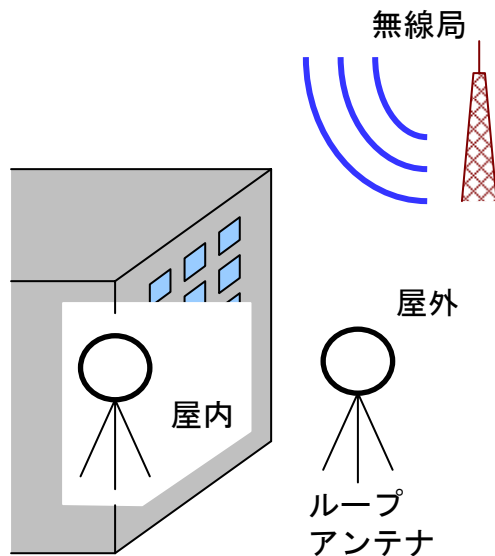
- 漏えい電界の影響は、アンテナの受信状態（偏波面、指向性）によって異なる
- 戸建住宅の実証実験（資料1-3で報告）の最大漏えい電界が観測された東側10mの例では、測定用ループアンテナの方向を90°回転させることで、6dB低い値となった。



参考1.3 シールド効果(参考事例1)

【平面波（既存無線局電波）によるシールド特性】

●実測例 1



シールド効果（平面波）

周波数 (MHz)	電界強度 (dB μ V/m)		シールド効果 (dB)
	屋内	屋外	
6.055	26.9	50.3	23.4
9.595	32.0	56.7	24.7
11.865	33.1	58.6	25.5
15.16	26.1	41.0	14.9
21.66	13.2	33.5	20.3



シールド効果：20dB前後（コンクリート外壁）

参考1.3 シールド効果(参考事例2)

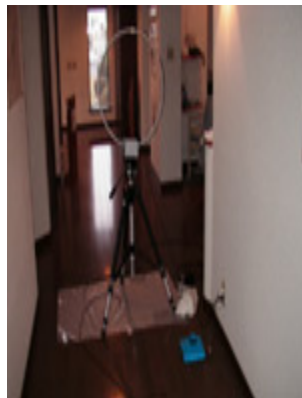


●実測例2

既存無線局からの電波(平面波)を利用し、建物のシールド効果の大規模調査を実施

【測定項目】

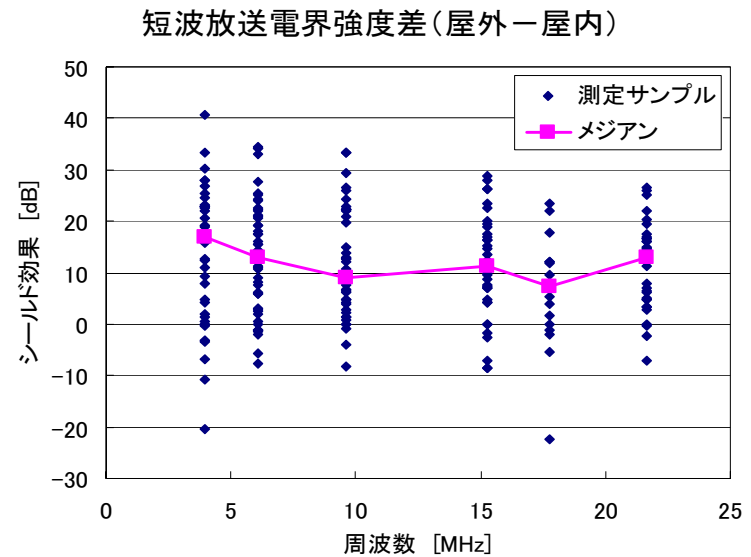
- ・実施期間：2004年8月5日～23日
- ・データ数：226箇所
(戸建住宅, 集合住宅, オフィスビル他)
- ・測定周波数
ラジオ日経：3.925, 6.055, 9.595MHz
BBC：15.280, 17.760, 21.660MHz



屋内



屋外



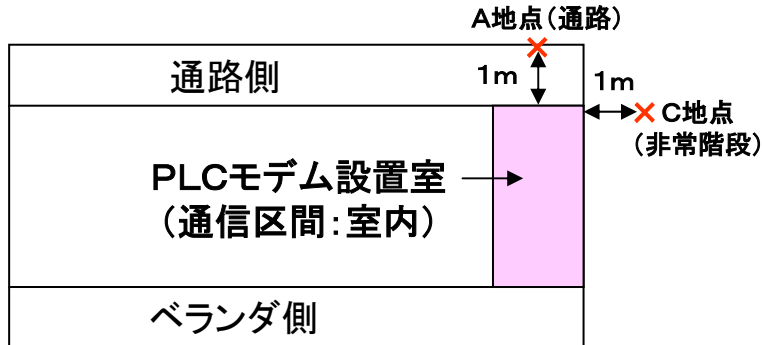
メジアン=7.4~16.7dB

- ・建物のシールド効果の代表値=約 12 dB (メジアンの平均値)
- ・CISPRでも建物のシールド効果を約10dBと見ており、建物のシールド効果として**約 10dB程度**見込んでよいのではないかと考える。
- ★参考著書：「電磁妨害波の基本と対策」P170 (電子情報通信学会)

参考1.4 建物近傍での実測例



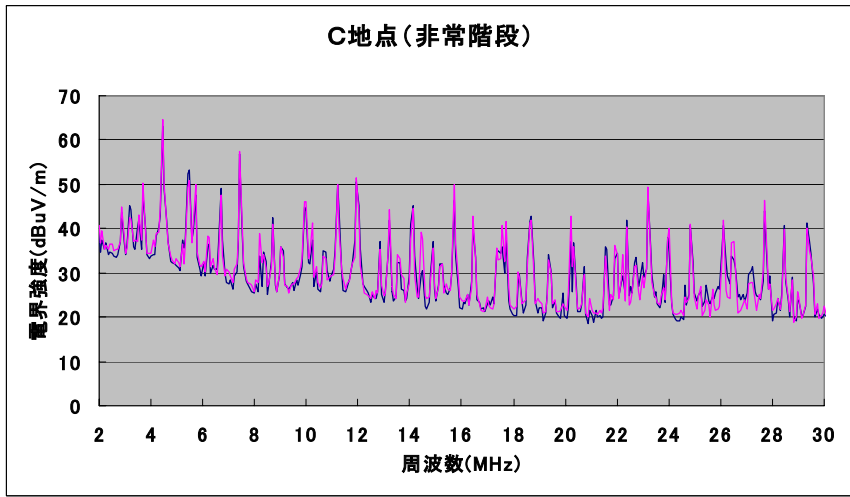
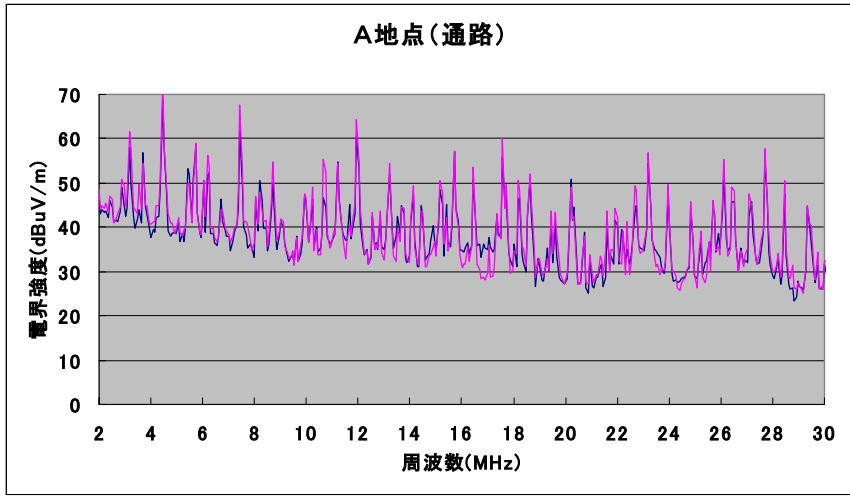
集合住宅: 7F測定地点



— モデムON
— モデムOFF
 Sample検波
 RBW=VBW=10kHz

戸建住宅の近傍では、外部雑音が多い

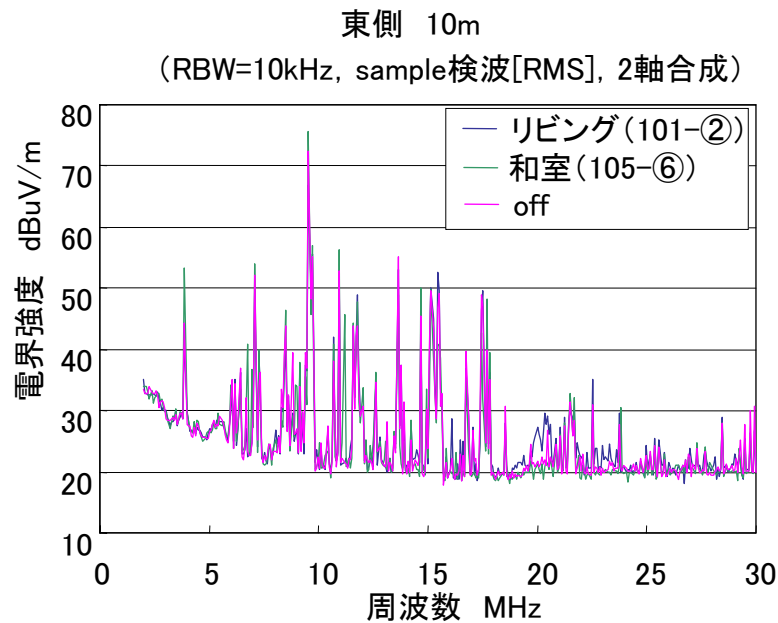
- ・電界強度 (20~40dBuV/m以上)
 - > 高雑音地域の外部雑音レベルとなる
- ・スイッチングノイズなどの影響によるものと考えられる。



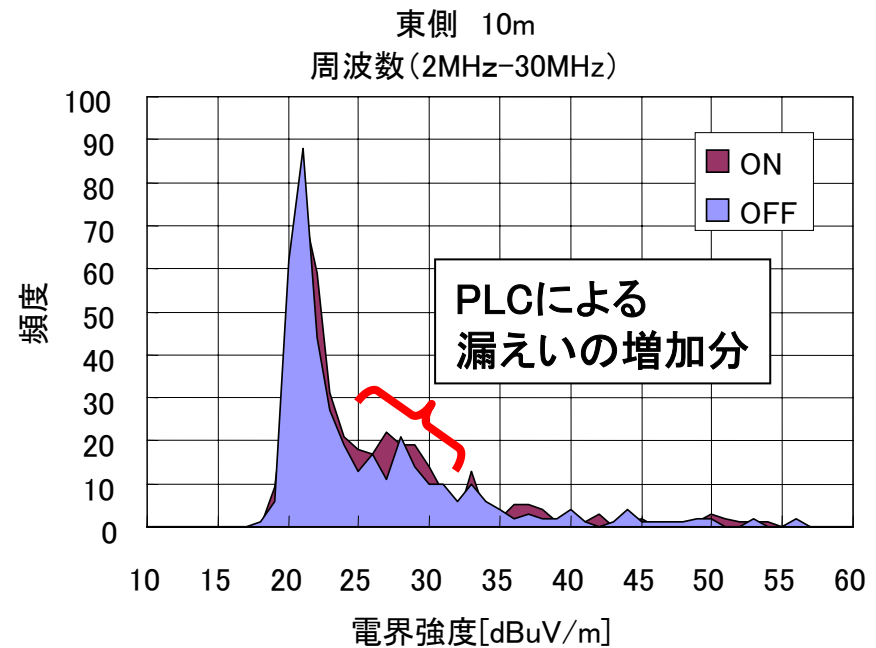
参考1.5 漏えい電界の周波数分布(参考事例)



○漏えい電界の分布は、線路の共振や平衡度の分布に応じて変化し、一定値ではない。
○戸建住宅の実証実験（資料1-3で報告）においては、最大漏えい地点の測定結果では、使用周波数の90%程度の帯域が外部雑音と同レベル以下で、外部雑音以上の値となる帯域は10%程度となった。



最大漏えい地点での測定結果

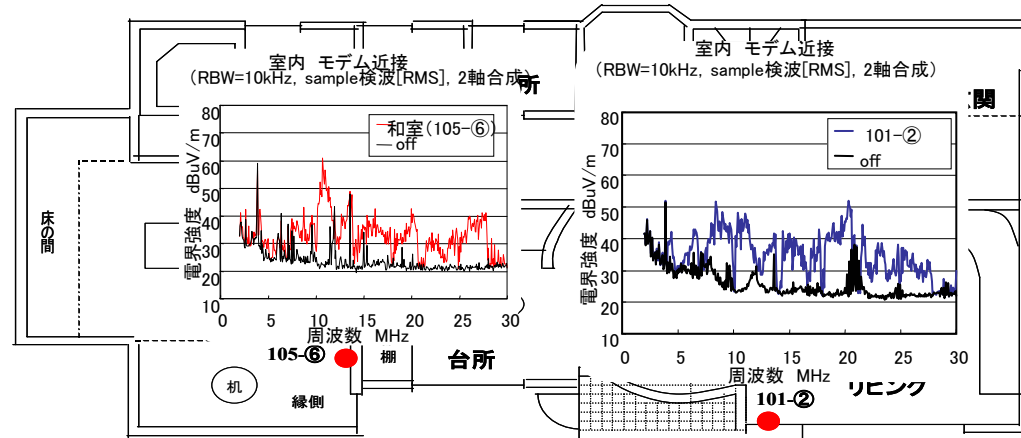


電界強度の分布(頻度)
※放送波の受信変動も含む

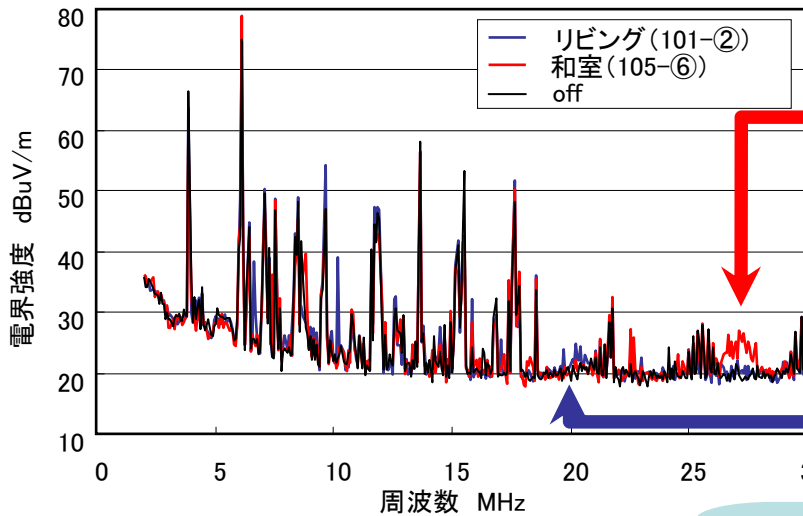
参考1.6 漏えい電界の位置分布(参考事例)



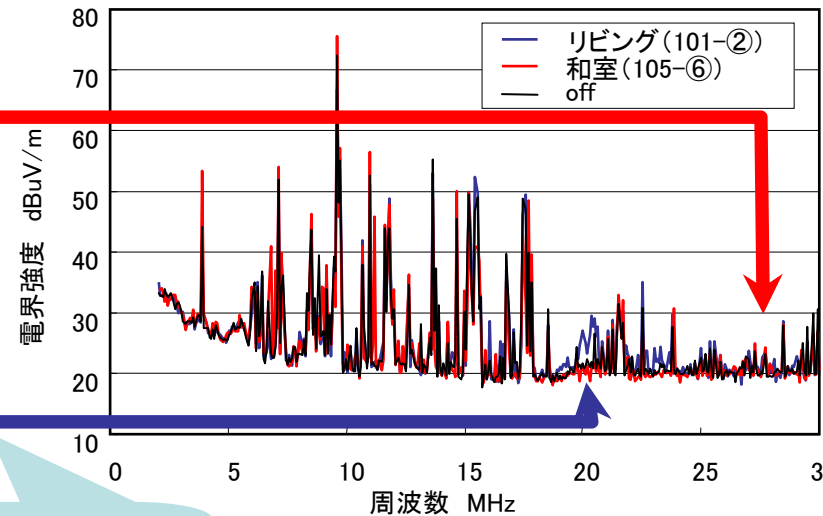
- ・ 建物周囲の最悪値 (実効値) で約 $30\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$
- ・ 同一距離でも測定場所により漏えい電界の大きさは異なる



南東側 10m
(RBW=10kHz, sample検波[RMS], 2軸合成)



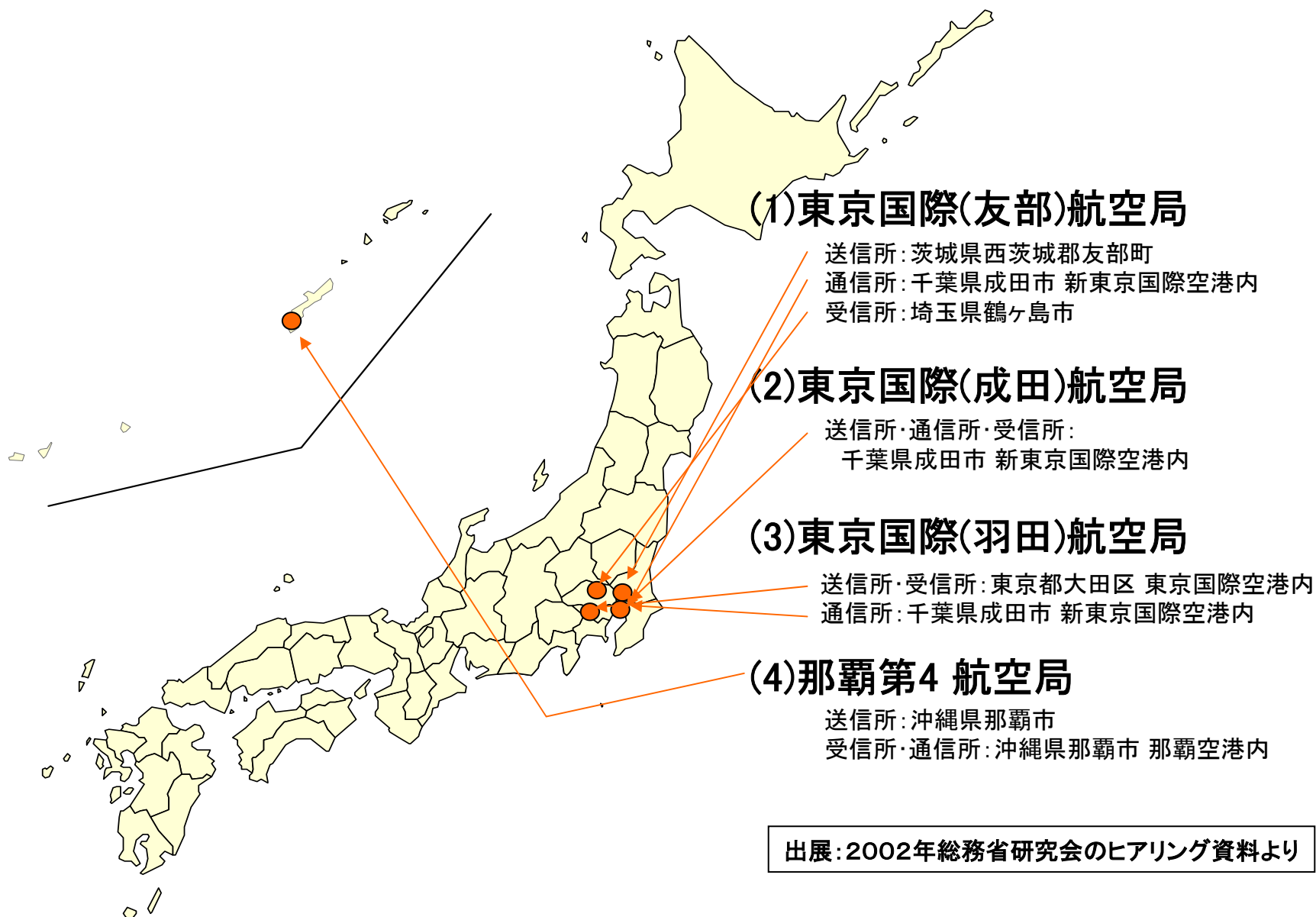
東側 10m
(RBW=10kHz, sample検波[RMS], 2軸合成)



同一周波数で比較した場合、漏えい電界の強度が異なる

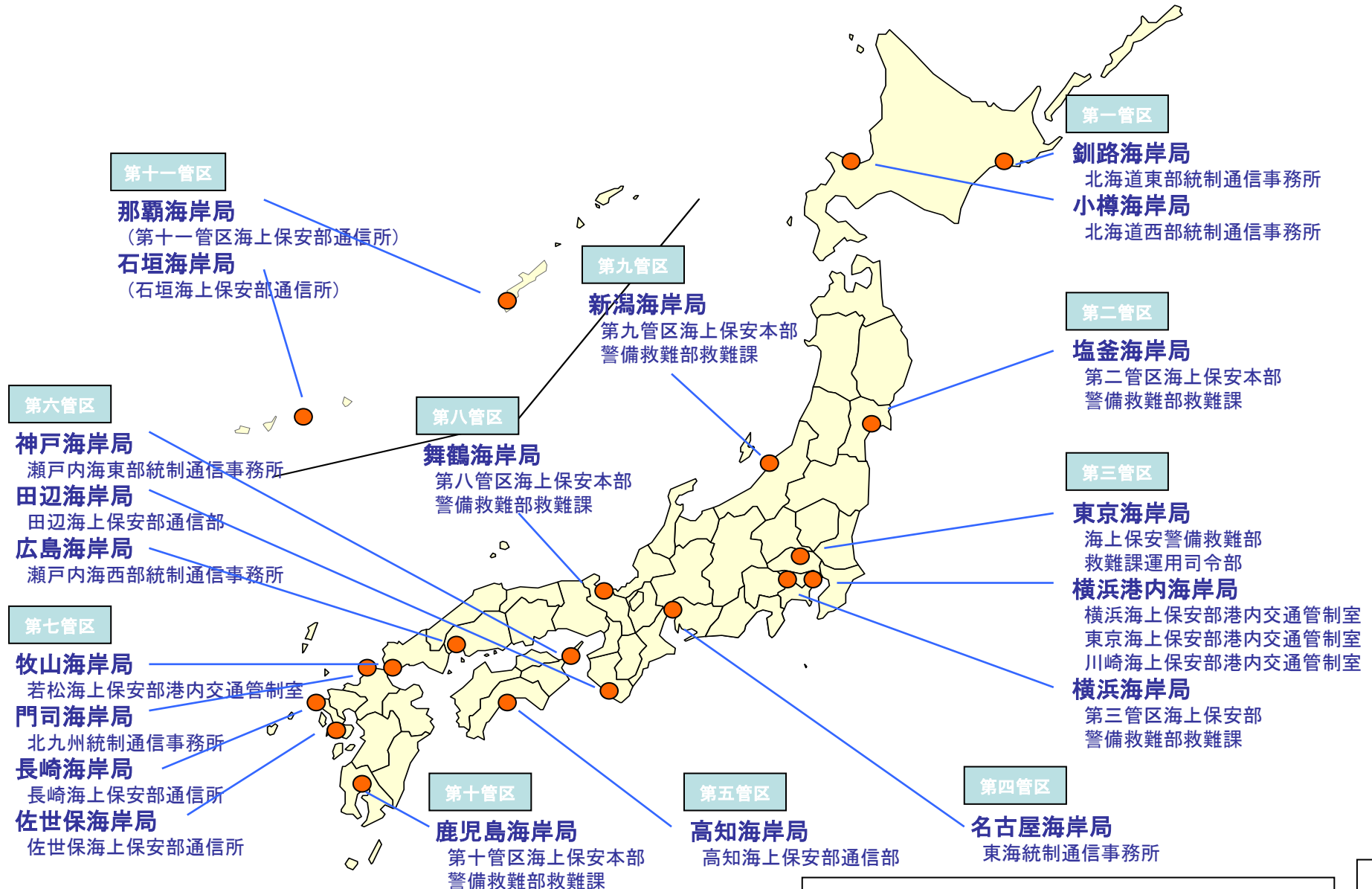
参考2 既存無線局の設置状況

参考2.1 航空無線局の設置状況

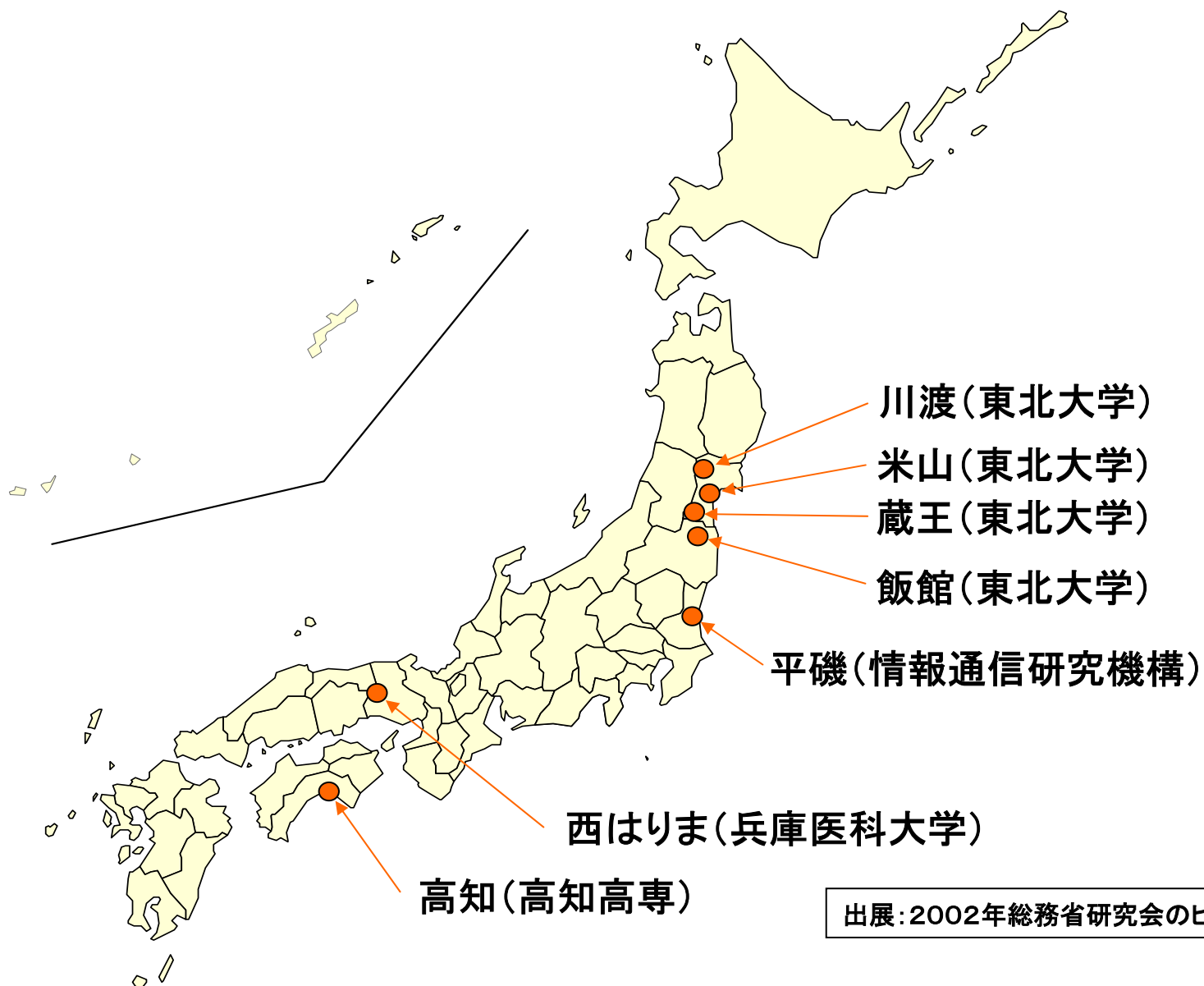


出展:2002年総務省研究会のヒアリング資料より

参考2.2 海上保安庁海岸局の配置状況



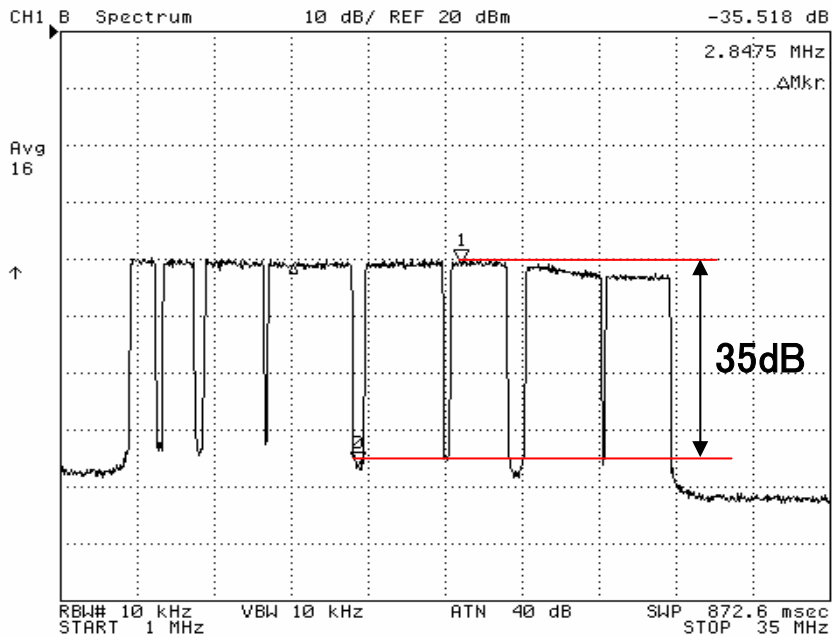
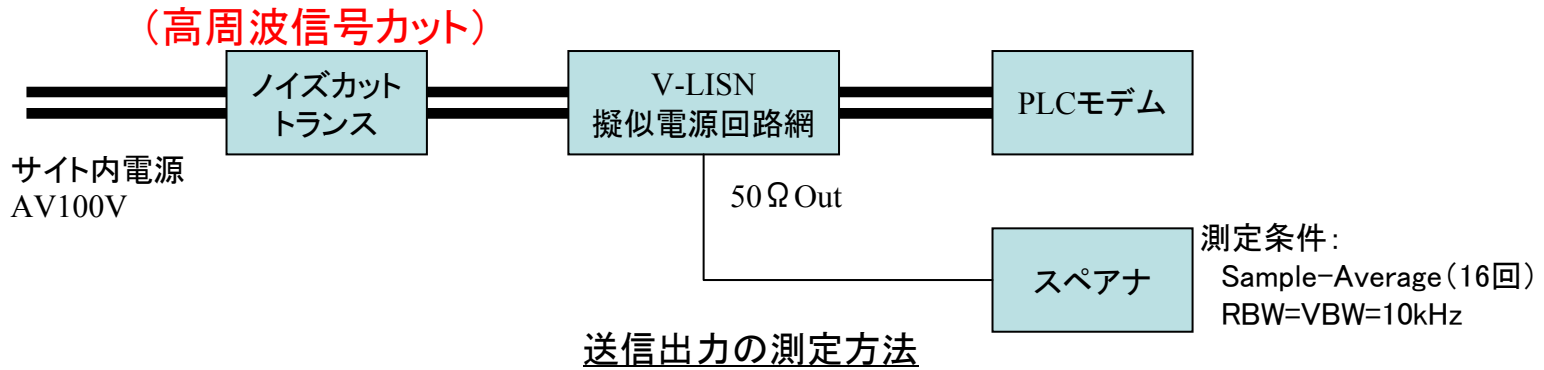
参考2.3 HF帯電波天文観測局の設置状況



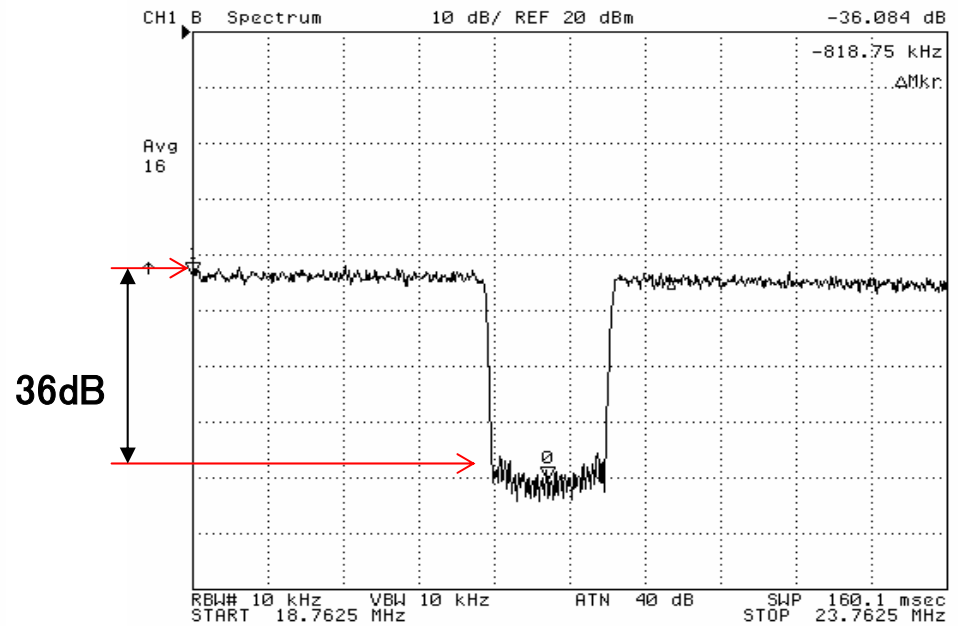
出展:2002年総務省研究会のヒアリング資料より

参考3 Wavelet OFDMの出力制御

参考3 Wavelet OFDMの送信電力制御について



使用帯域(4MHz~28MHz)のPSD



阻止帯域(21MHz)のPSD