

参考資料

参考資料 1 屋外広帯域 PLC 設備の対象について

- 参考資料 1.1 屋外利用 PLC 機器の共存方法について（改訂版 - 2）
（資料 3 - 2）

参考資料 2 実験及びシミュレーションによる漏えい電波の推定

- 参考資料 2.1 高速 PLC の屋外利用にあたっての放射ノイズの測定結果、低減対策とその効果について（資料 2 - 6）
- 参考資料 2.2 屋外 PLC の不要電磁界および電流分布の数値計算結果（資料 3 - 3）
- 参考資料 2.3 様々な配線のコモンモード電流と漏えい電磁界（コモンモード電圧源による解析）（資料 8 - 2）

参考資料 3 許容値及び測定法案とその検討

- 参考資料 3.1 高速 PLC の屋外での許容値及び測定法案（資料 4 - 5）
- 参考資料 3.2 屋外利用高速電力線搬送通信（PLC）機器の試験法および許容値（案）（資料 4 - 6）
- 参考資料 3.3 屋外 PLC 許容値の在り方（資料 4 - 7）
- 参考資料 3.4 PLC モデムの電力（PSD）測定法（参考資料 6 - 4）
- 参考資料 3.5 コモンモード電流による規制を提案する理由（資料 7 - 3）

参考資料 4 実証実験結果と考察

- 参考資料 4.1 広帯域電力線搬送通信設備の漏洩電波の電界強度等の測定の業務報告書（資料 8 - 7）

参考資料 5 広帯域電力線搬送通信(PLC)と無線利用

- 参考資料 5.1 電波天文観測に有害干渉をもたらす広帯域電力線搬送通信（PLC）の拙速な屋外利用を進めないこと（参考資料 7 - 3）
- 参考資料 5.2 高速電力線搬送通信（PLC）の屋外利用への拡張に対する要望書（参考資料 7 - 4）

参考資料 6 諸外国の現状

- 参考資料 6.1 高速 PLC の海外における規制について（資料 2 - 8）

屋外利用PLC機器の共存方法について

(第1回作業班提出資料の改定版-2)

2011年7月20日
高速電力線通信推進協議会

提案趣旨

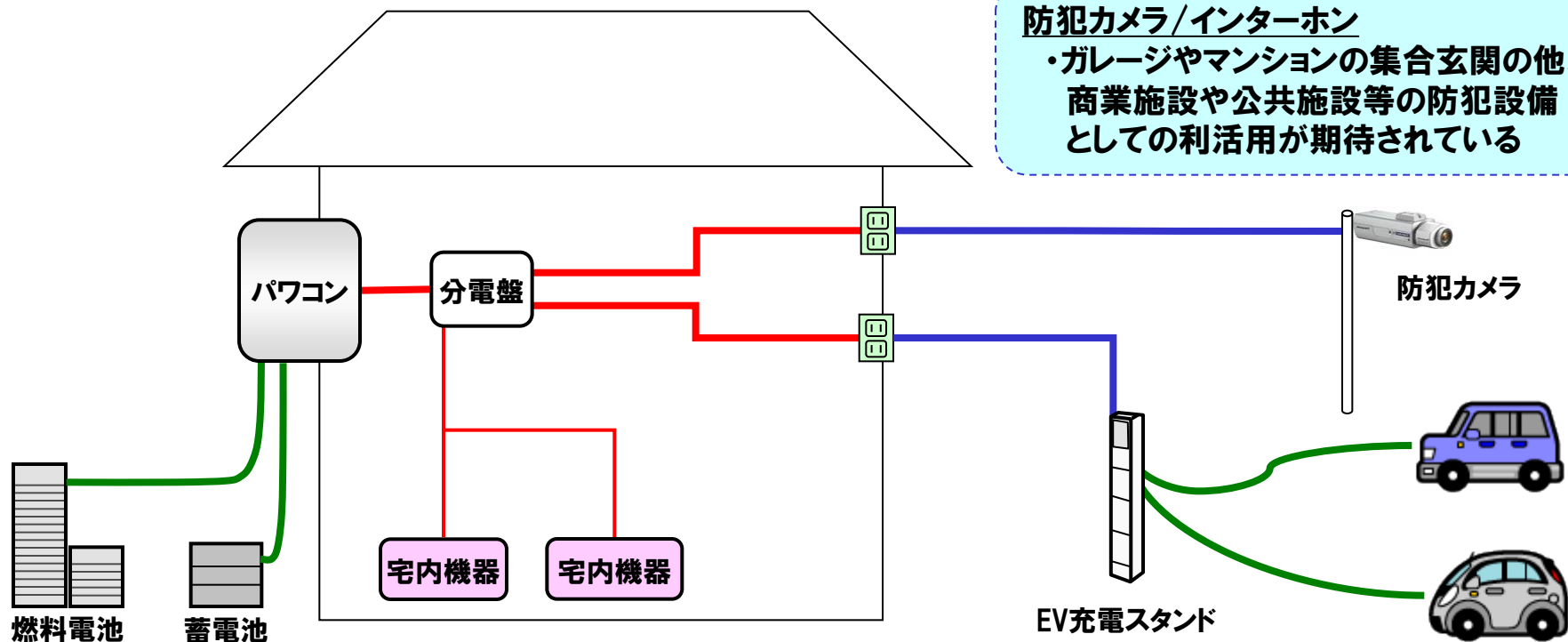
平成18年の広帯域電力線搬送通信設備(高速PLC)の型式指定開始以降、多くのPLC機器が市場に登場し活用されるようになりました。また、それに伴い、市場からは更なる適用範囲の拡大を求める声も大きくなってきており、PLC-Jあるいは各事業者からは、屋内PLC設備の許容値緩和や屋外における利用などの様々な要望を、継続的に総務省殿に提案させていただいております。

本作業班におきましては、これらの提案のうち、特に多くの活用シーンが考えられる建物近傍の屋外PLCの利用につきまして、ご検討いただきたいと考えております。

本日のご説明内容

- 屋外利用PLC機器の利活用例
- 共存条件の対象となる屋外利用PLC機器の定義
- 屋外利用PLC機器の共存方法

シンプル施工・低ケーブルコストで、屋内PLCとともに省資源・省エネの相乗的な効果を実現する「高速大容量グリーンネットワーク」を構築



HEMS: Home Energy Management System

ネットワーク化により、電力の供給をコントロール。
再生可能エネルギー(DC or AC)の最適制御と併せ、
創・蓄・省エネルギーを実現する

電気自動車(EV)用充電/蓄電制御

・充電時に車内蓄積情報や地図情報等の
ダウンロード/アップロード
・EVを蓄電池として活用

【共存条件の対象となる屋外利用PLCの定義】

- 2線から成る直流または交流の配電線を利用して通信を行うもの
- 同一敷地内に設置されるPLC機器間で通信を行うものであって、
 - A) 屋外に設置されたPLC機器(またはPLC機器を内蔵した機器)と屋内専用のPLC機器間で通信を行う「**屋内/屋外通信用PLC機器**」
 - B) 屋外に設置された複数のPLC機器(またはPLC機器を内蔵した機器)間で通信を行う「**屋外専用PLC機器**」

【屋外利用PLC機器の共存条件】

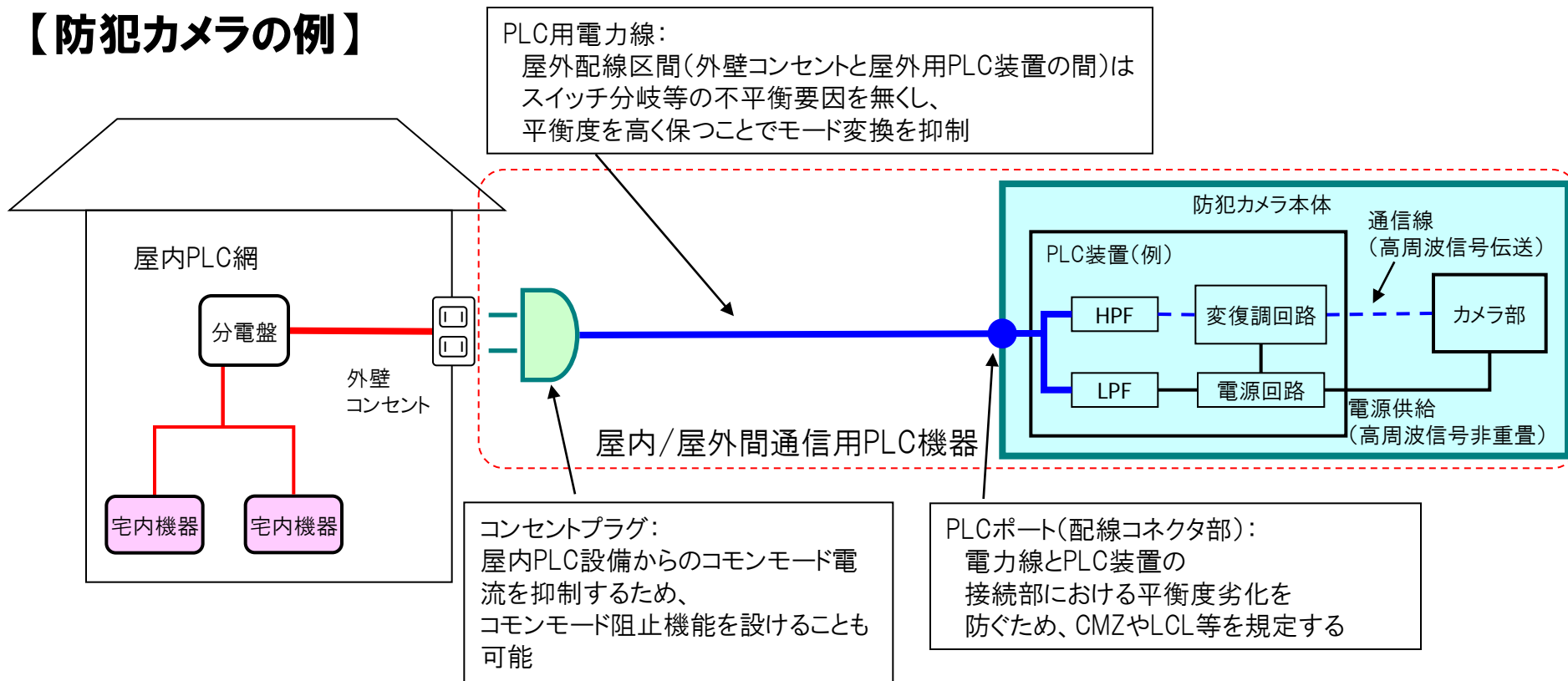
- 屋外利用PLC機器およびその配線から放射される放射電界強度は、無線受信機の受信点において周囲雑音程度以下とする
- 放射電界強度を低減するため、屋外配線区間におけるコモンモード電流は、現行の屋内専用PLC機器よりも低い許容値を設定する

A) 屋内/屋外間通信用PLC機器の共存方法

□ コモンモード電流を低減するための屋内/屋外PLC機器の対策

- 1) 屋外配線においては、平衡度(LCL)を高く保つ対策を行い、コモンモードへの変換を抑制する
たとえば、PLC用電力線は**スイッチ分岐等の不平衡要因を無くし**、配線コネクタ、コンセントプラグを含めた屋外配線の平衡度を規定することなどが挙げられる
- 2) 屋外用PLC装置の出力端子(PLCポート)は、CMZ(コモンモードインピーダンス)およびLCLを規定し、PLC機器から配線へのコモンモード伝播を抑制する

【防犯カメラの例】

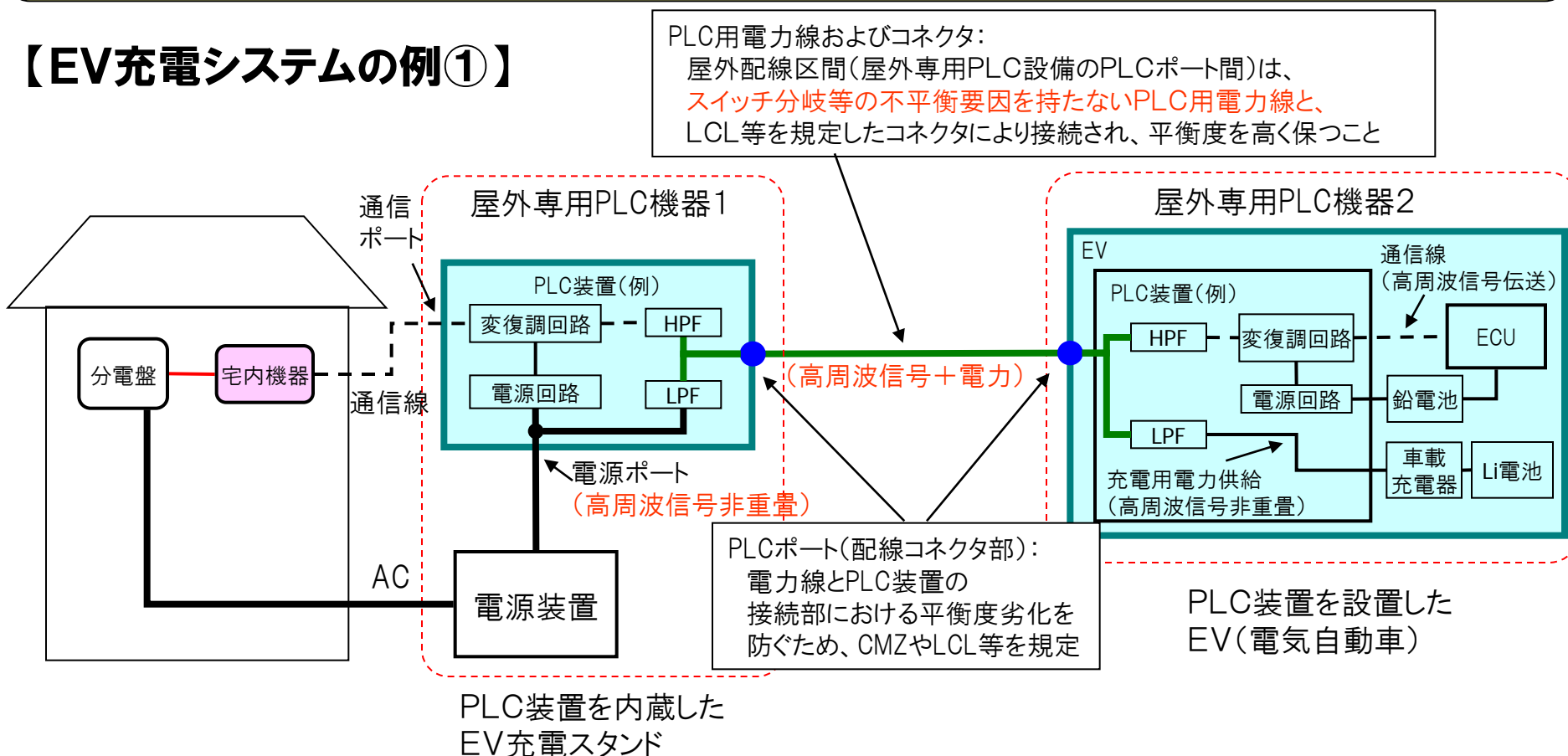


B) 屋外専用PLC機器の共存方法

□ コモンモード電流を低減するための屋外専用PLC機器の対策

- 1) 屋内/屋外PLC機器同様、屋外配線区間は**スイッチ分岐等の不平衡要因を無くし**、LCL(平衡度)を高くすることによって、コモンモードへの変換を防ぐ
- 2) 屋外用PLC装置の出力端子(PLCポート)は、CMZ(コモンモードインピーダンス)およびLCLを規定し、PLC機器から配線へのコモンモード伝播を抑制する

【EV充電システムの例①】



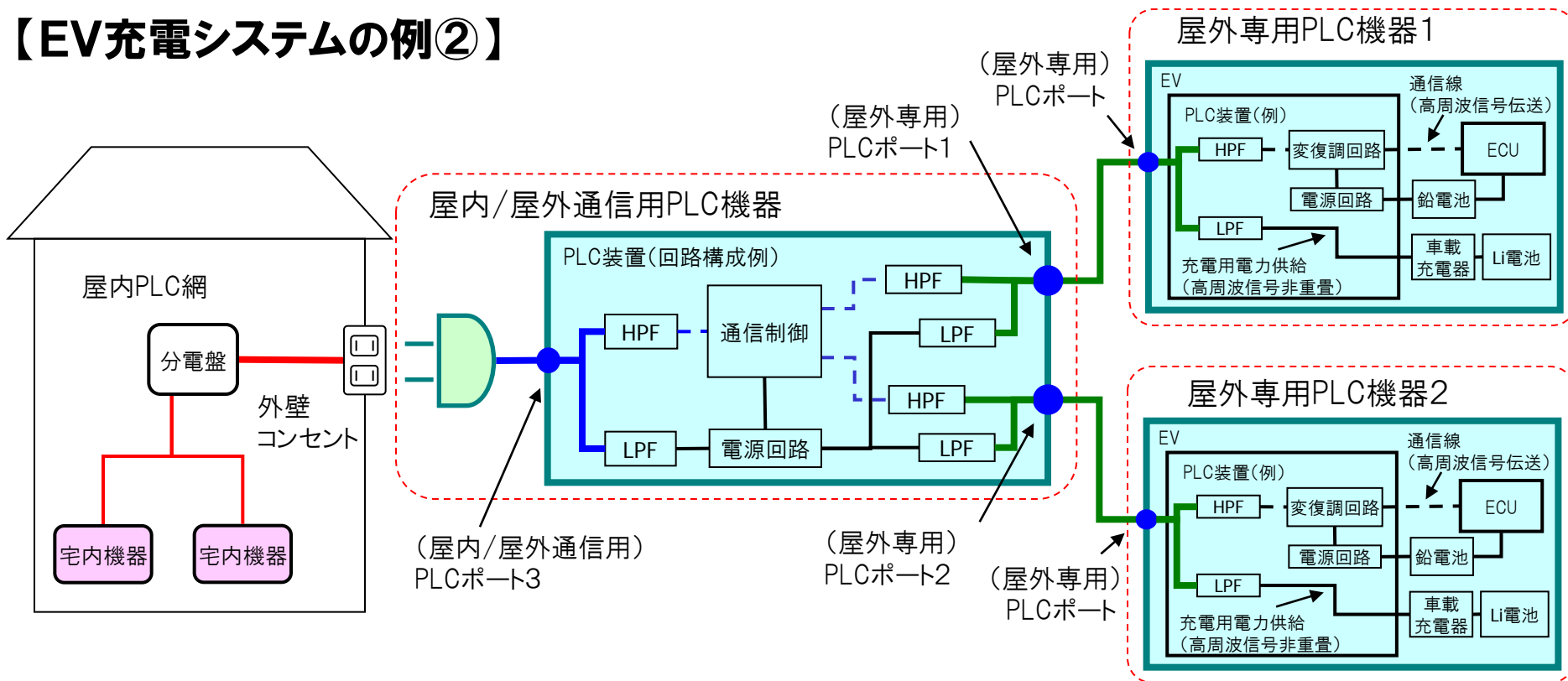
B-2) 複数の屋外PLC機器からなる設備

□ 屋外専用PLC機器と屋内/屋外専用PLC機器の混合設備

複数のPLCポートを具備する装置は、各PLCポートにおいて条件を満たす必要がある。

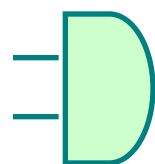
- 1) それぞれの屋外配線区間は**スイッチ分岐等の不平衡要因を無くし**、LCL(平衡度)を高くすることによって、コモンモードへの変換を防ぐ
- 2) それぞれの屋外用PLC装置の出力端子(PLCポート)は、CMZ(コモンモードインピーダンス)およびLCLを規定し、PLC機器から配線へのコモンモード伝播を抑制する

【EV充電システムの例②】

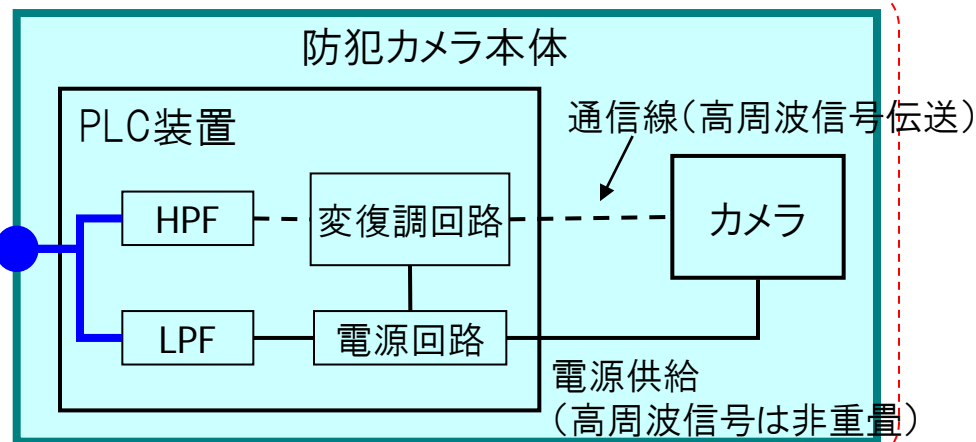


- PLCポートの直近で電源と高周波信号は分離される
→ 内部電源線には高周波信号は重畳されない構成

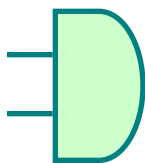
屋内/屋外間通信用PLC機器



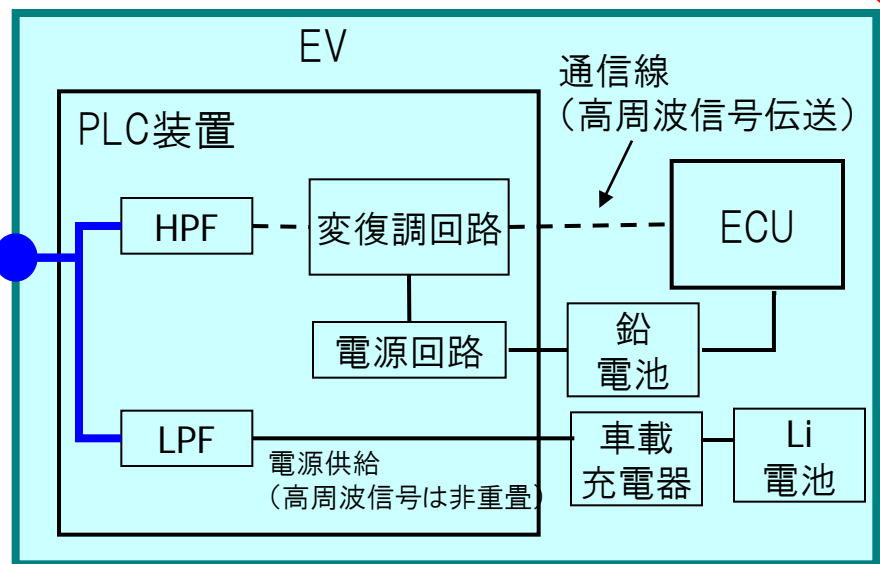
PLC
ポート



屋内/屋外間通信用PLC機器
(EVの場合)



PLC
ポート



**高速PLCの屋外利用にあたっての放射ノイズの測定結果、
低減対策とその効果について**

**2011年5月31日
高速電力線通信推進協議会**

【目的】 高速PLC装置を屋外利用する場合の放射ノイズを把握する目的で、以下の測定を実施する

【測定】 模擬屋外PLC装置(屋内PLCモデムとPC)を用い、架空配線の高さをパラメータとして放射ノイズを測定する

- ISN1(LCL=16dB)を介してPLCシステムを接続した環境(屋内/屋外間通信を想定)における放射ノイズ測定
- 上記において、コンセントプラグ近傍にコモンモード阻止回路(フェライトコア)を装着して、低減効果を検証

【略語】

VVF(Vinyl insulated Vinyl sheathed Flat-type cable):一般的な住宅用電力ケーブル

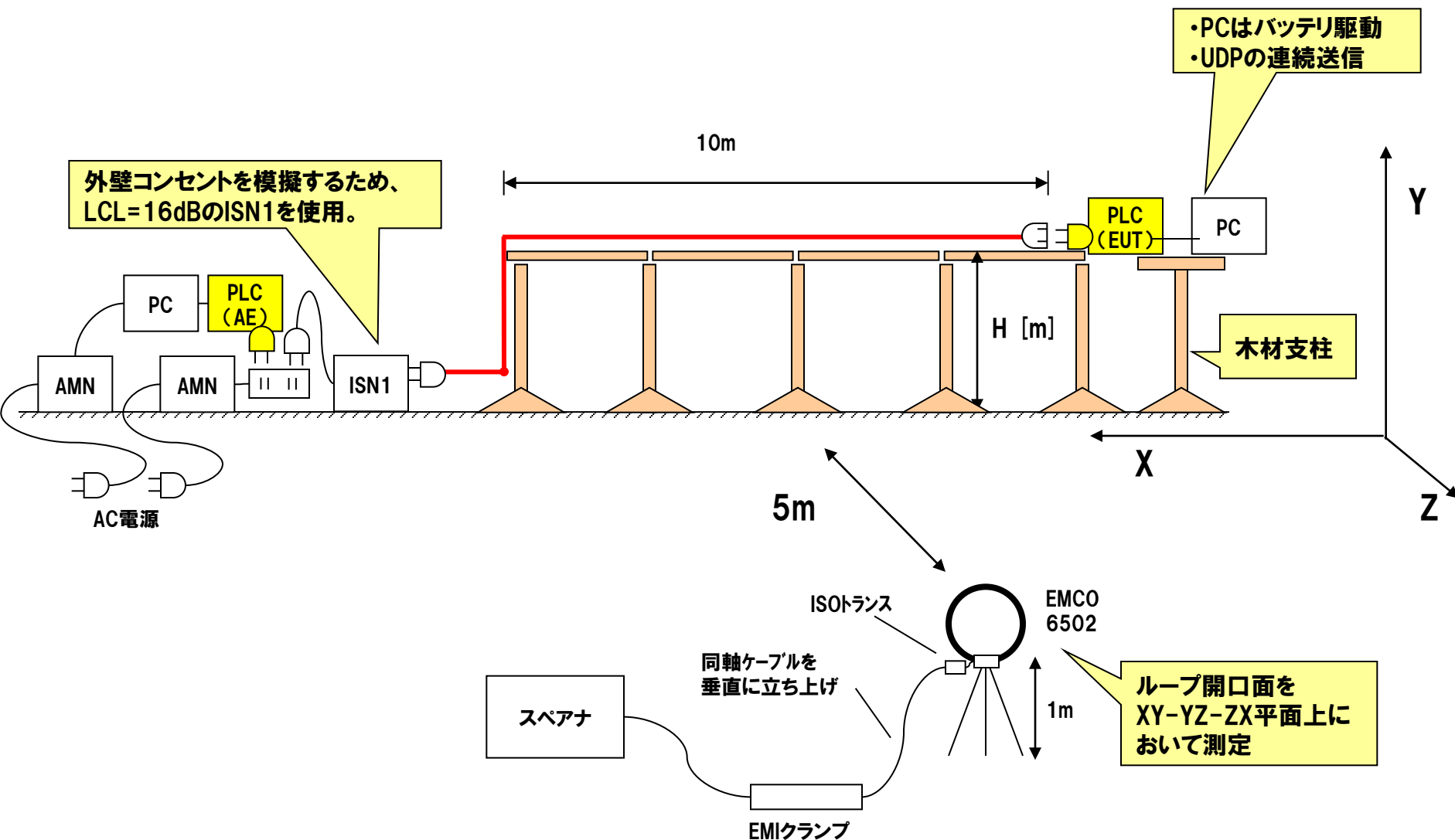
ISN(Impedance Stabilization Network):インピーダンス安定化回路網

AMN(Artificial Mains Network):擬似電源回路網

LCL(Longitudinal Conversion Loss):縦方向変換損、平衡度

EUT(Equipment Under Test):供試機器、AE(Auxiliary Equipment):補助機器

UDP(User Datagram Protocol):IPの通信プロトコル。送達確認を行わないため転送効率が高い



【EUT設置条件等】

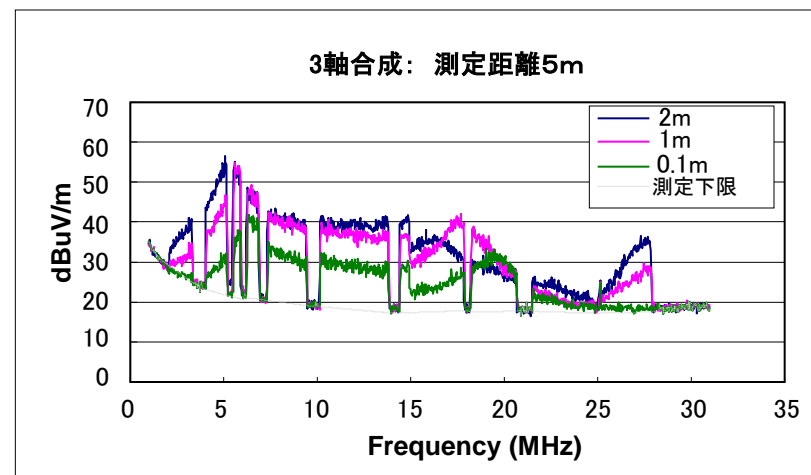
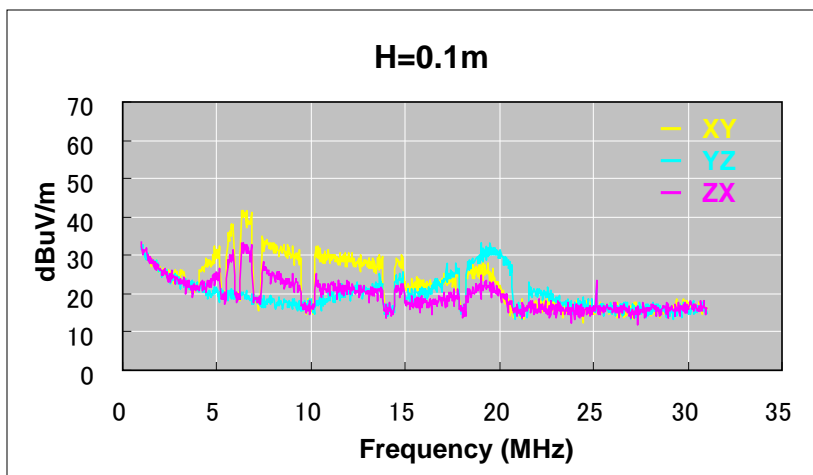
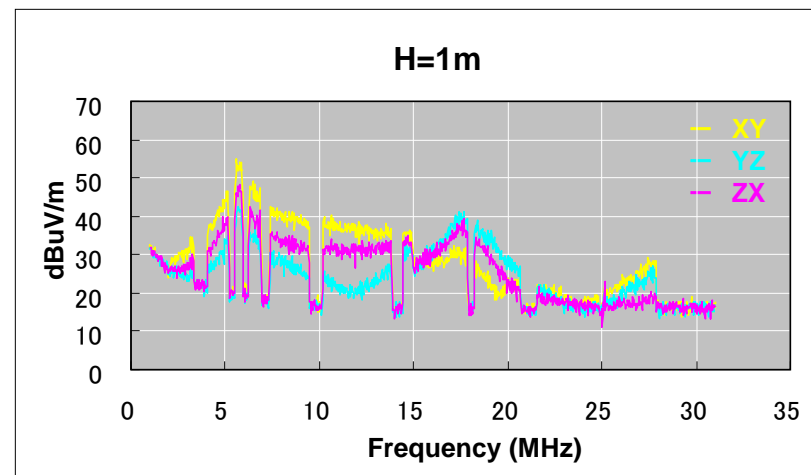
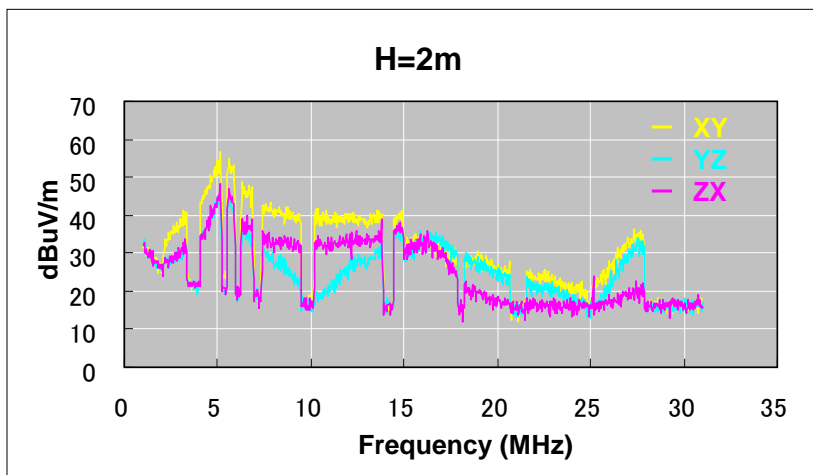
使用電力線	VVF(φ 1.6mm) 2芯
電力線高さ(H)	0.1m, 1m, 2m
EUT	型式指定準拠のPLCアダプター + ノートPC(バッテリー駆動)
EUT条件	80Mbps(UDP)で連続送信

【測定器設置条件等】

スペアナ	Agilent E4404B
分解能帯域幅 (kHz)	10
ビデオ帯域幅 (kHz)	100
開始周波数 (MHz) ~ 終了周波数 (MHz)	1.0 ~ 31.0
測定周波数点	1001
挿引時間設定	AUTO
検波モード	サンプル検波
アベレージ方法	RMS
アベレージ回数	30
アンテナ	EMCO 6502 配線中央から5m地点にて測定(1箇所)

1. VVF (2芯) 配線時の放射ノイズ

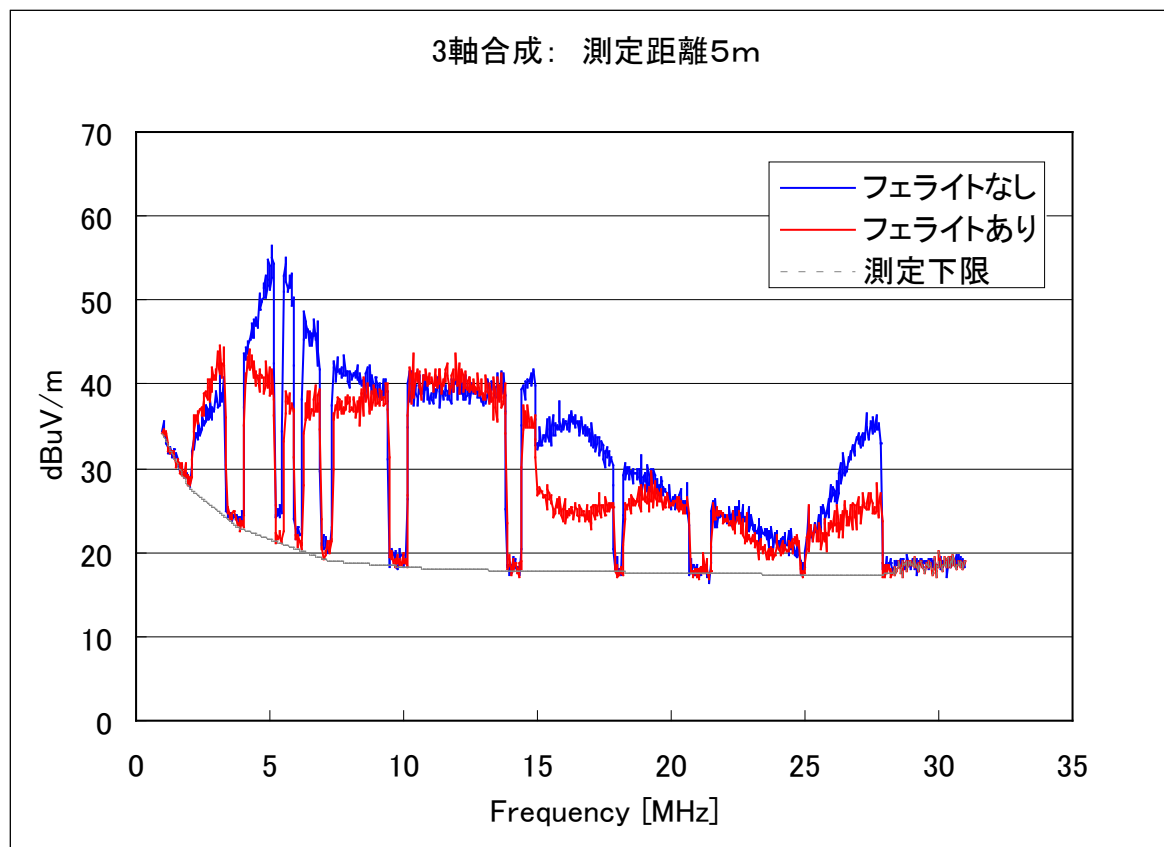
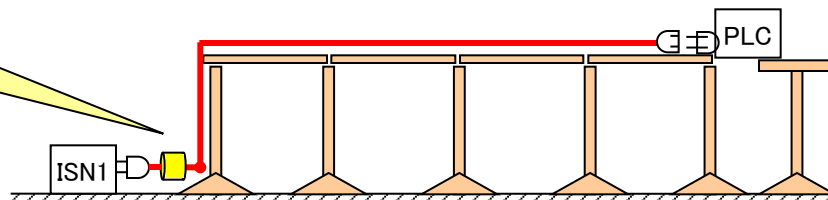
□配線高が高いほど放射ノイズは大きくなる傾向



2. フェライトによる低減効果

ロフェライト挿入により10dB程度の低減効果が見られる

コモンモード阻止回路(フェライトコア)をコンセントプラグ近傍に装着



屋内－屋外間通信を想定した放射ノイズ測定

ISN1(LCL=16dB)を介してPLCシステムを接続した環境では、
以下の結果が得られた

- 配線高が高いほど放射ノイズは大きくなる傾向が見られる
- コンセントプラグ近傍にコモンモード阻止回路を装着した場合、
10dB～20dB程度の低減効果が見られる

屋外PLCの不要電磁界および電流分布の数値計算結果

独立行政法人 情報通信研究機構

2011年7月20日

1

National Institute of Information and Communications Technology

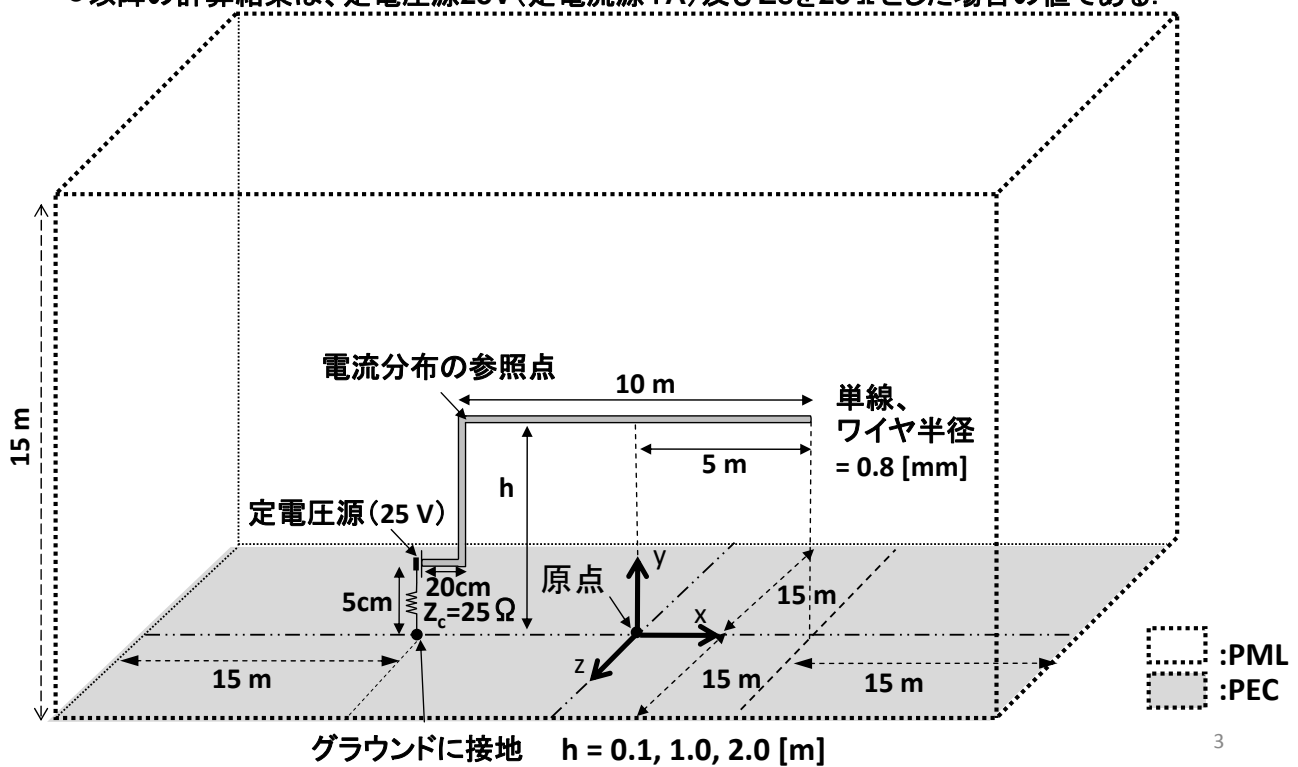
目次

1. 解析モデル
2. 電流分布の数値計算
3. 電磁界強度の数値計算(周波数特性)
4. 磁界分布の数値計算
5. まとめ

2

National Institute of Information and Communications Technology

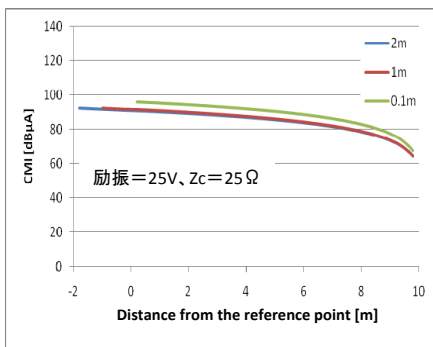
- 第2回作業班資料2-6記載の試験環境をモデル化
- 以降の計算結果は、定電圧源25V(定電流源1A)及び Z_c を25Ωとした場合の値である。



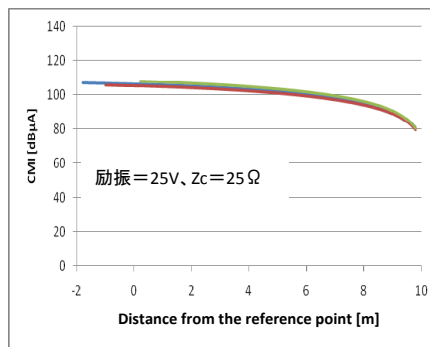
3

電流分布

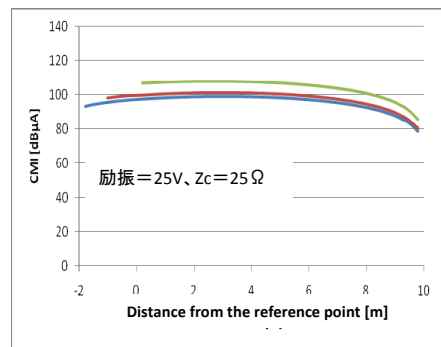
2 MHz



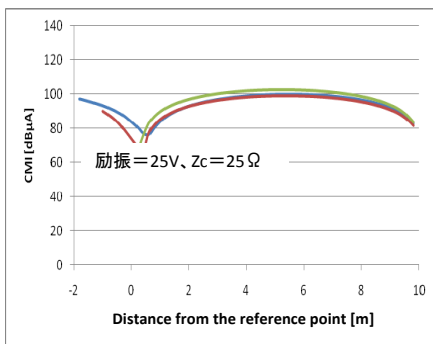
5 MHz



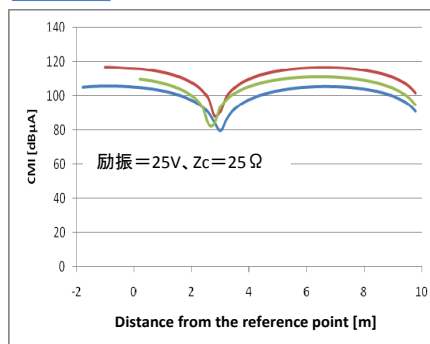
10 MHz



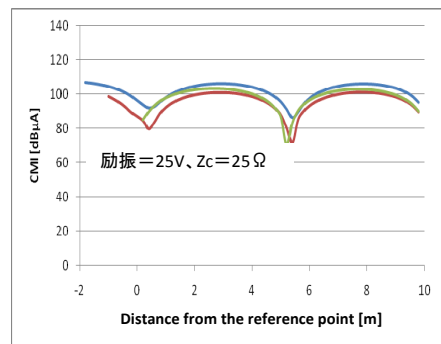
15 MHz

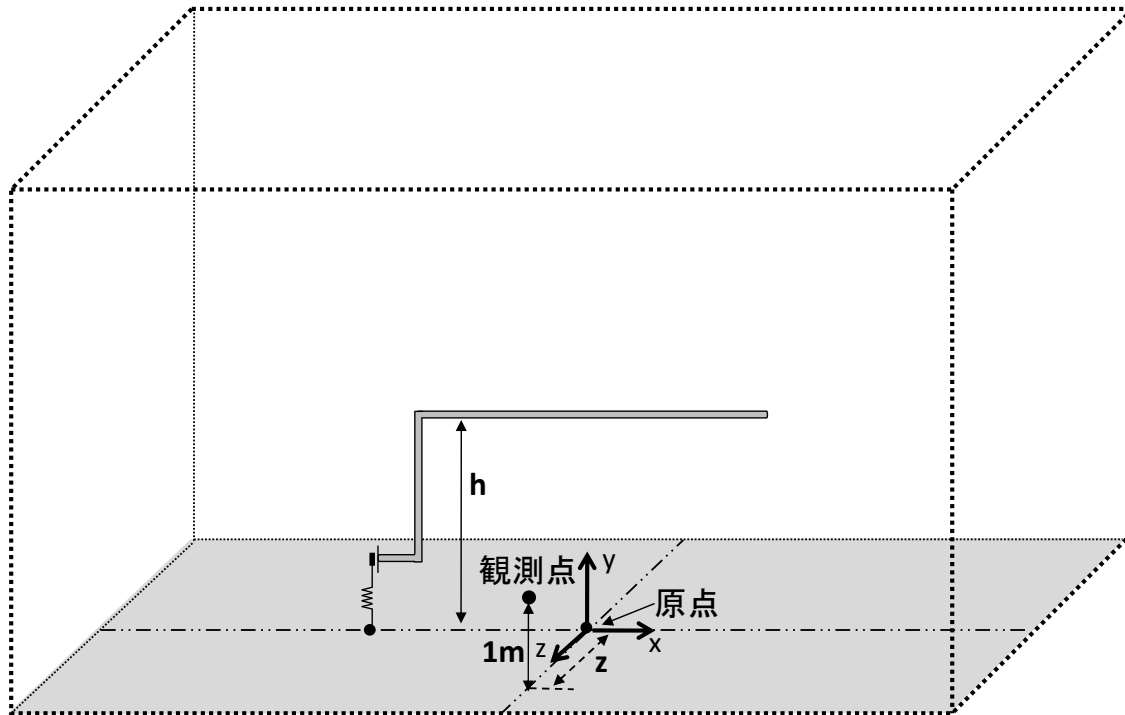


20 MHz



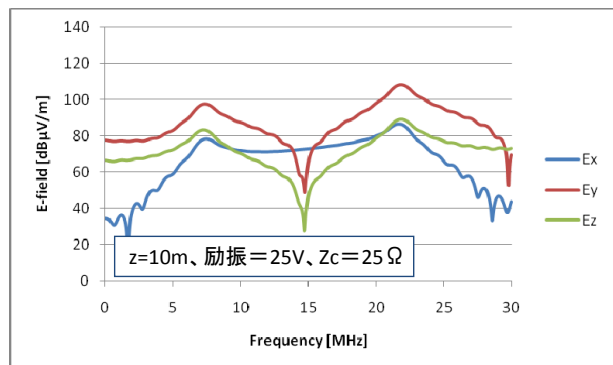
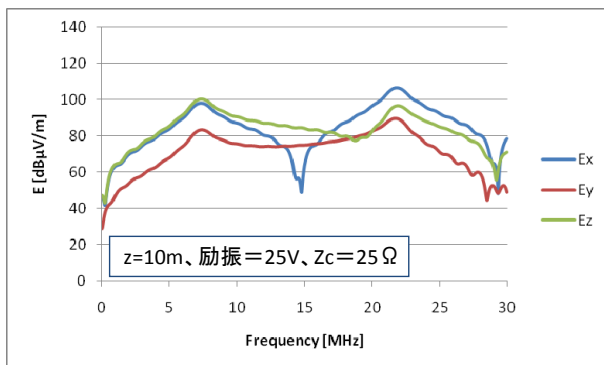
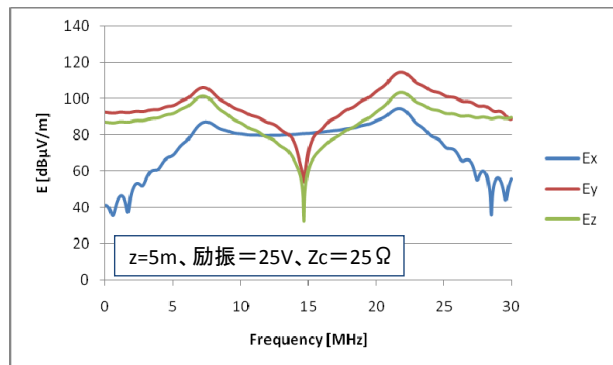
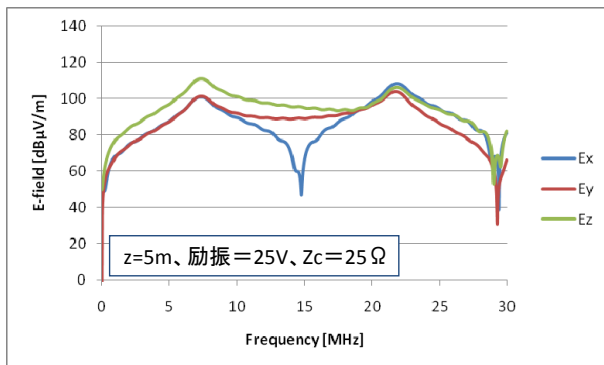
30 MHz





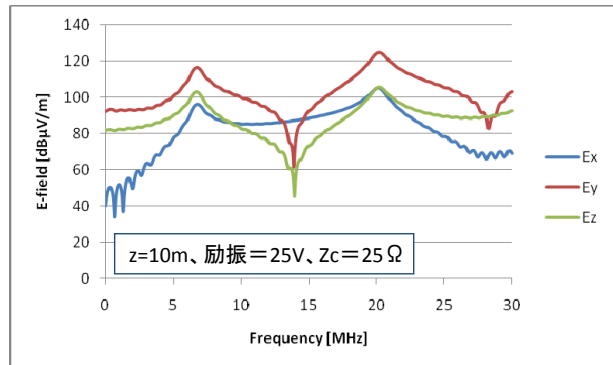
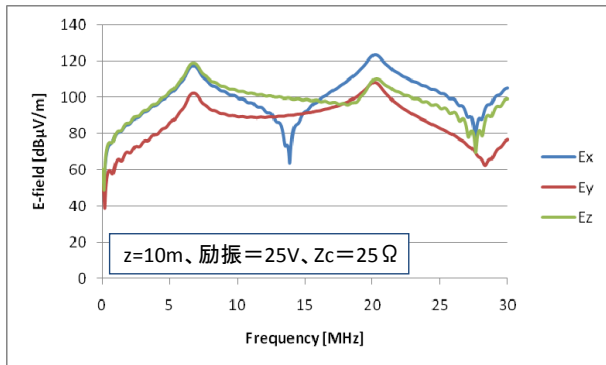
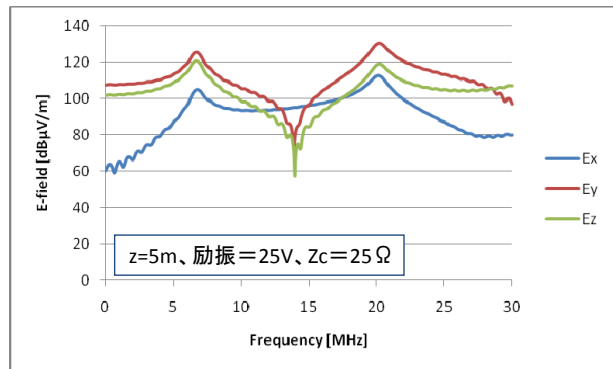
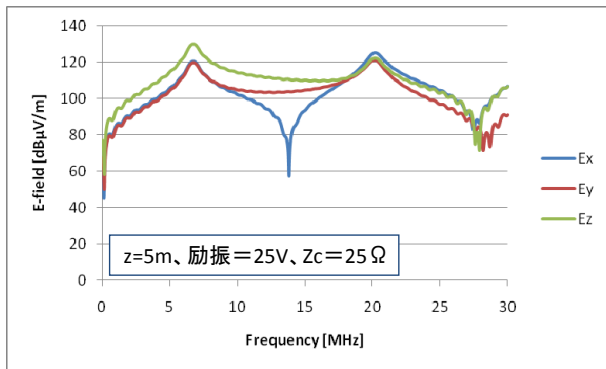
観測位置 $(x,y,z) = (0,1,5)$ および $(0,1,10)$ [m]

電界分布（周波数依存性、電力線高さ $h=0.1m$ ）



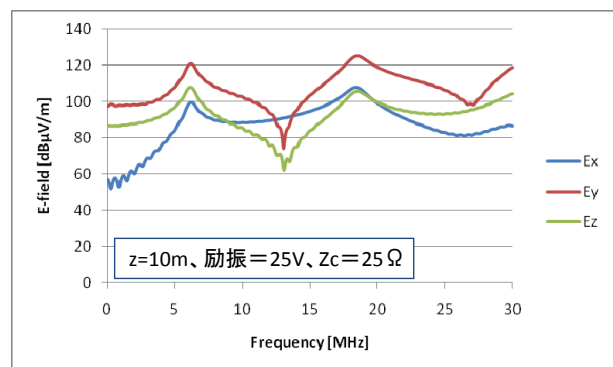
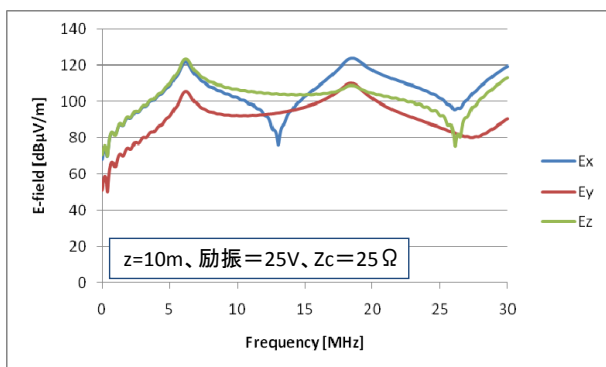
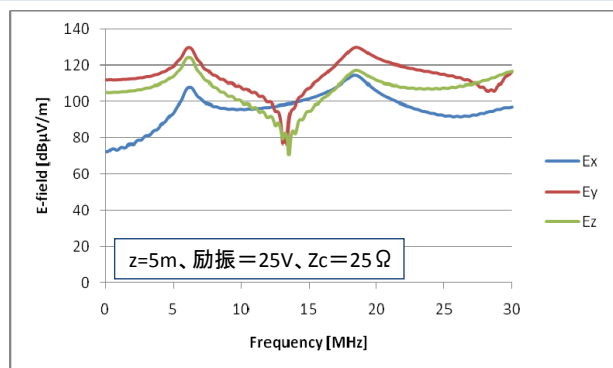
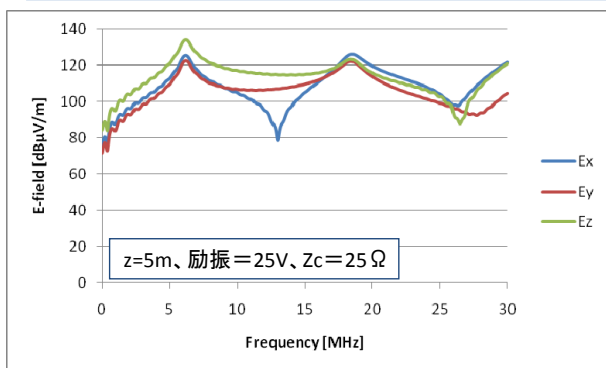
電界分布 $(120\pi \times H)$
(Hは磁界強度)

電界分布 (E)



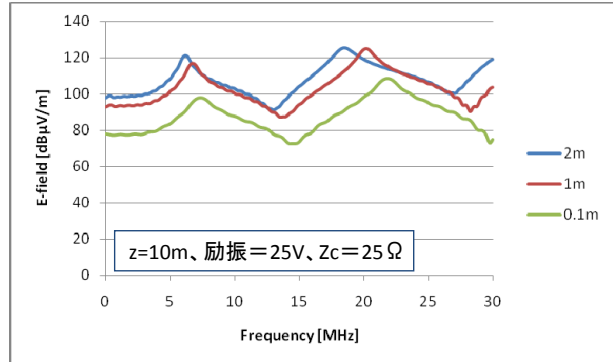
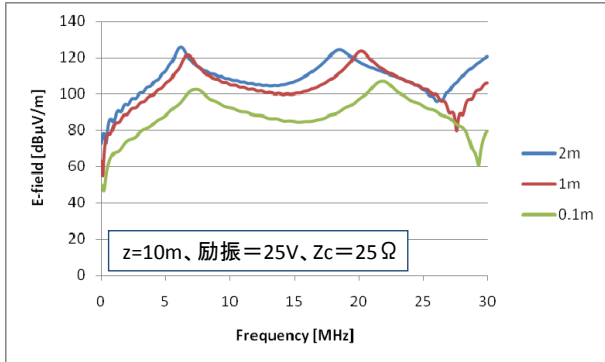
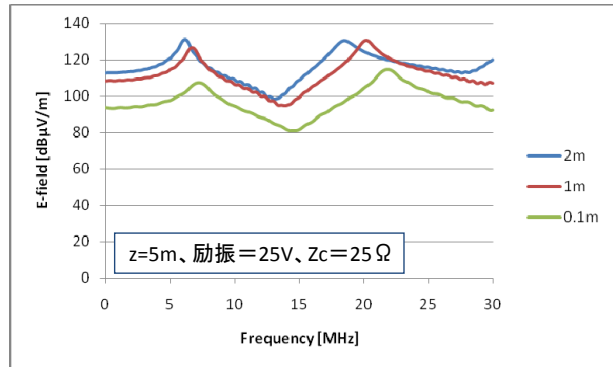
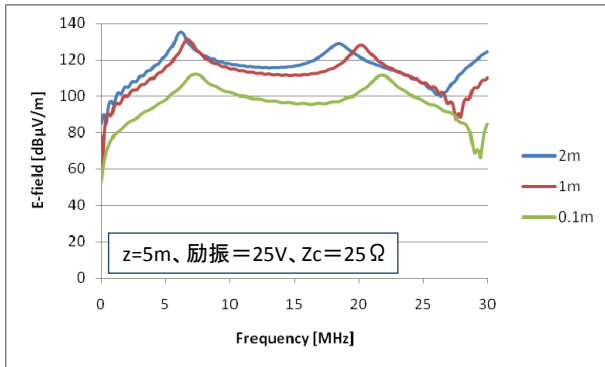
電界分布($120\pi \times H$)
(Hは磁界強度)

電界分布(E)



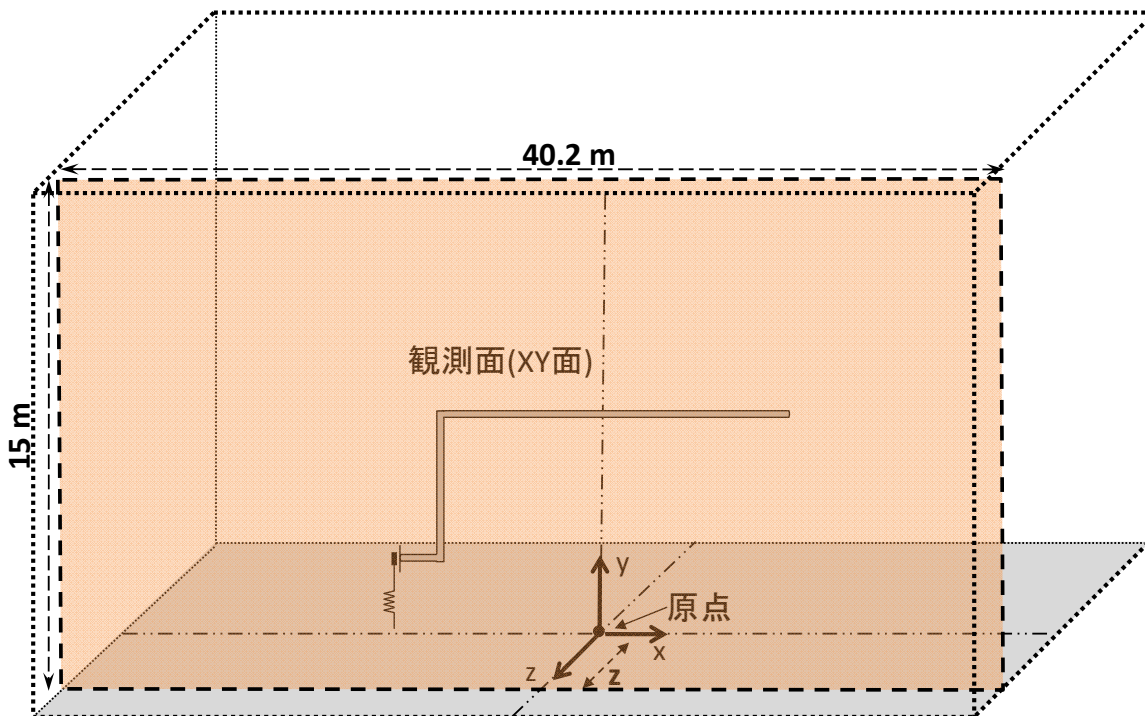
電界分布($120\pi \times H$)
(Hは磁界強度)

電界分布(E)



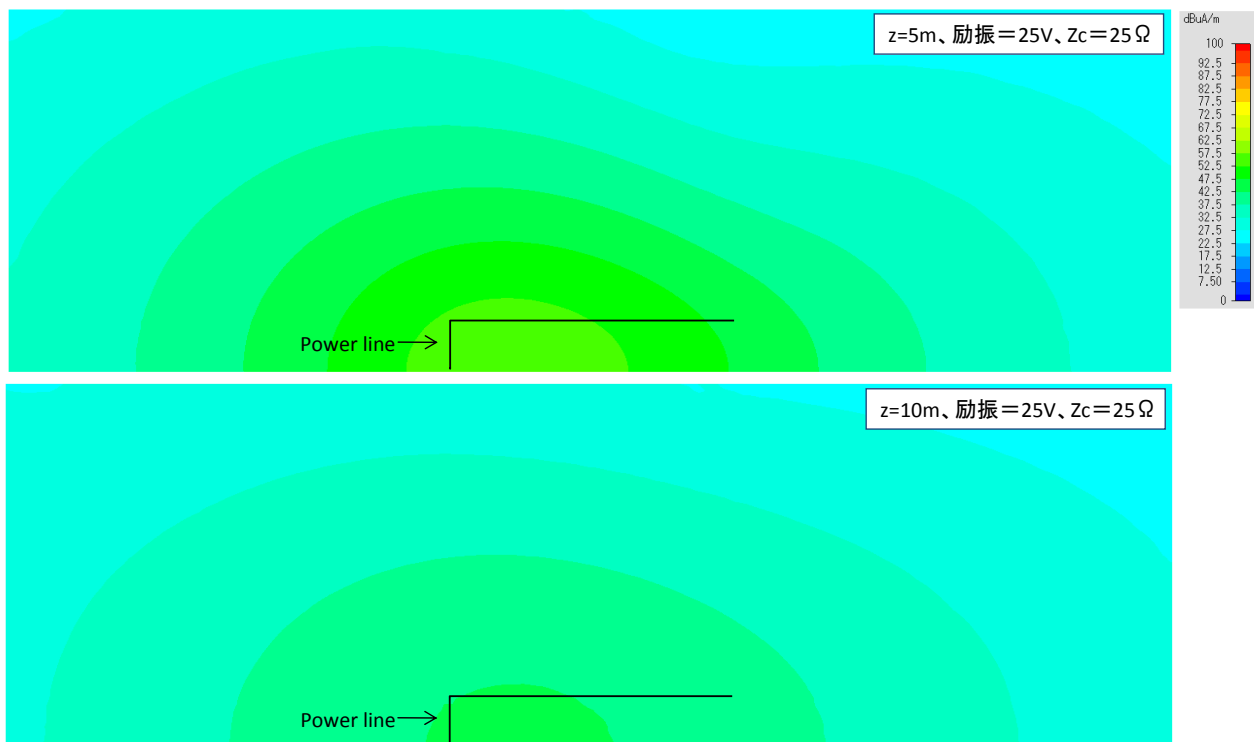
電界分布($120\pi \times H$)
(Hは磁界強度)

電界分布(E)

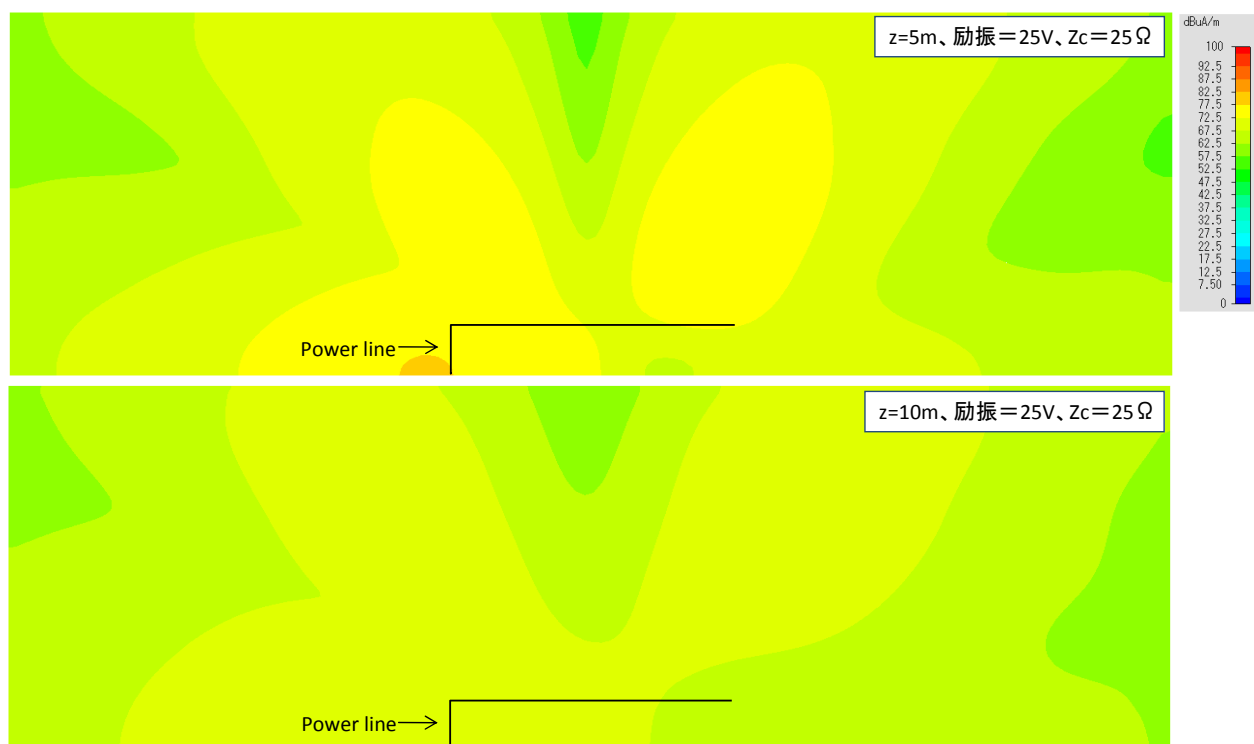


$z = 5, 10$ [m]

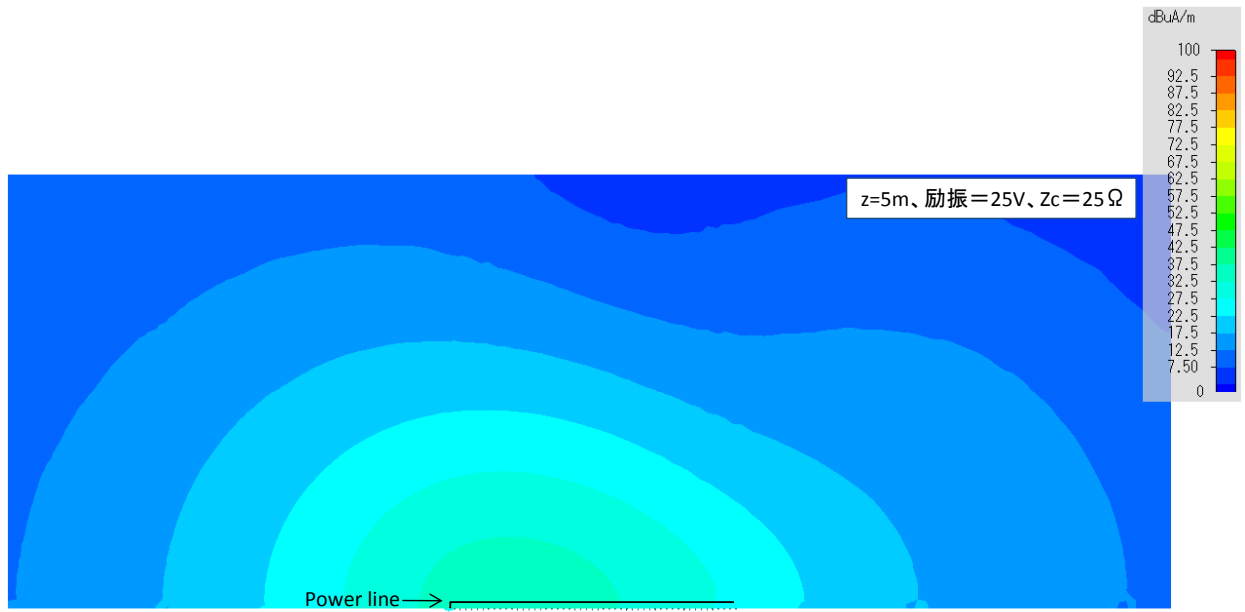
周波数= 2,5,10,15,20,30 [MHz]



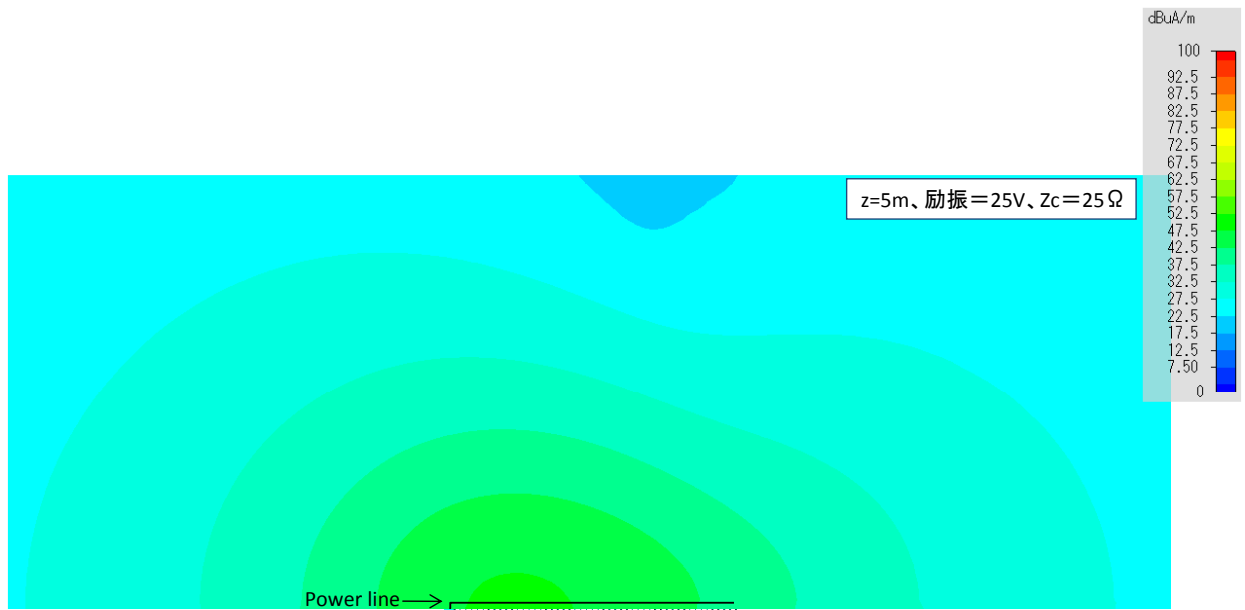
* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$]= $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



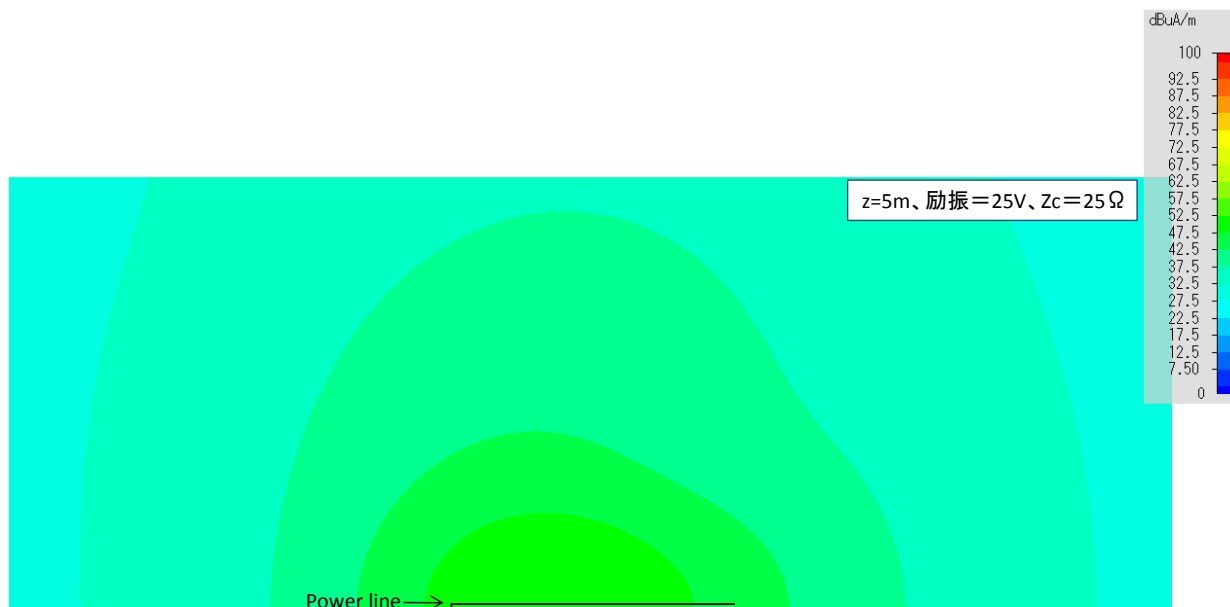
* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$]= $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



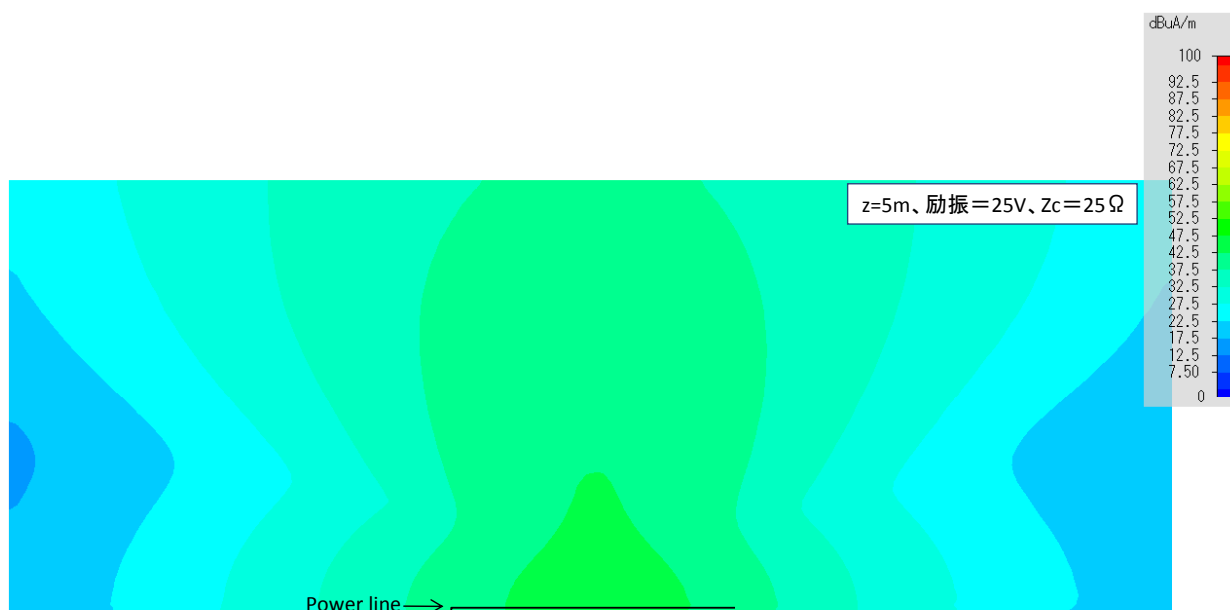
* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$]= $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



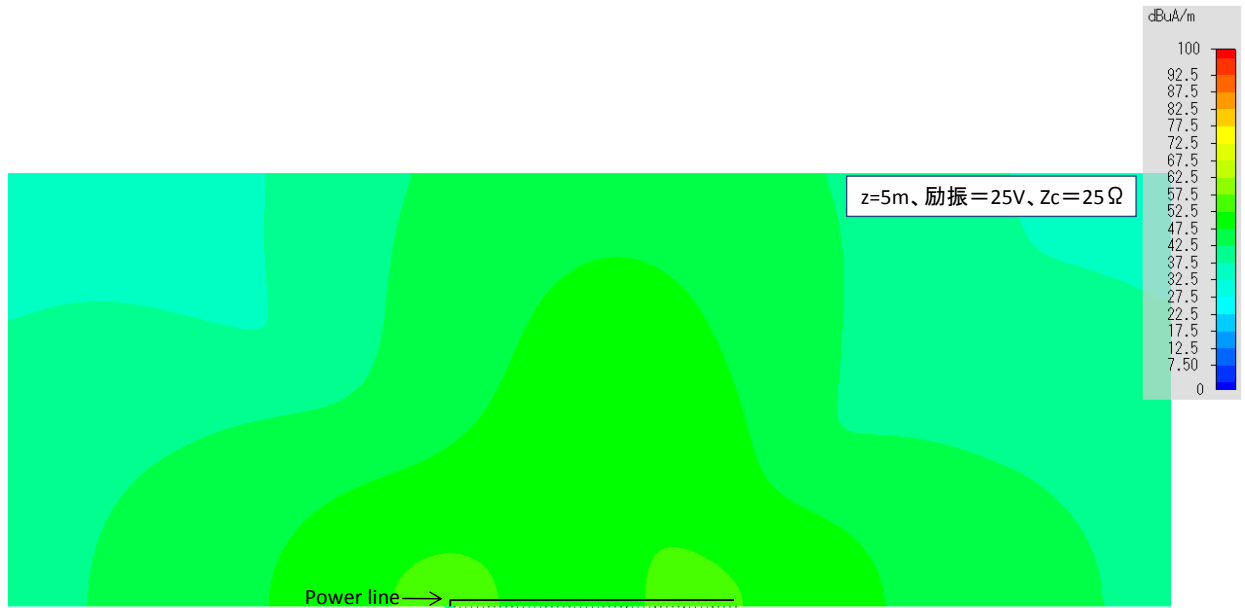
* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$]= $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



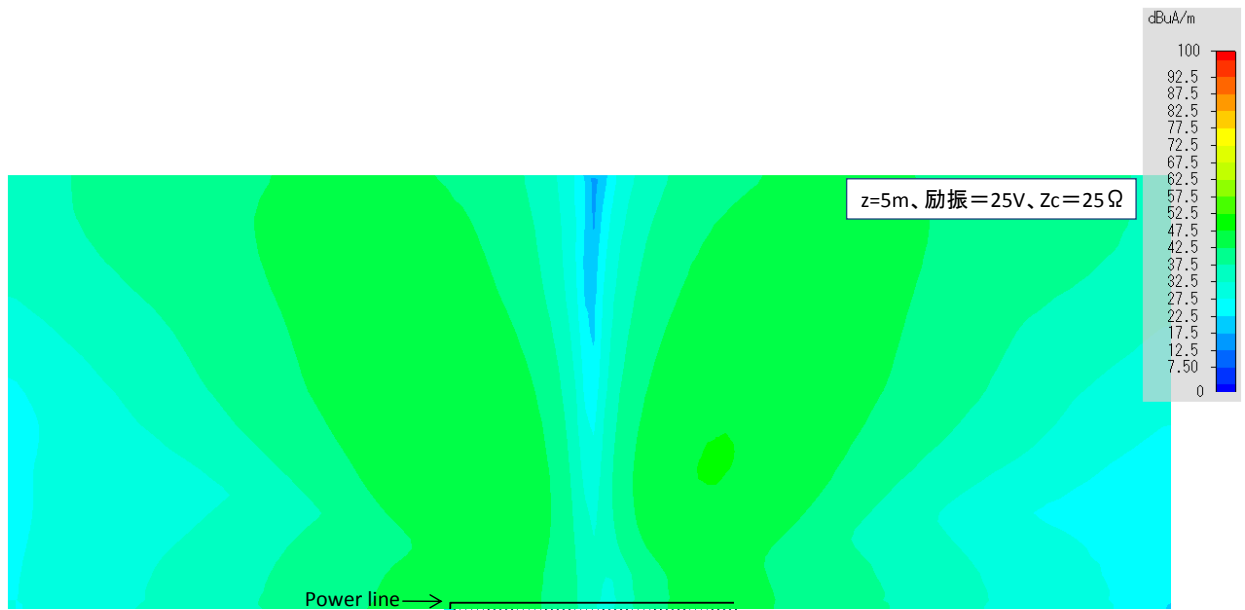
* 電界強度 [μ V/m] = $120 \pi \times$ 磁界強度 [μ A/m]



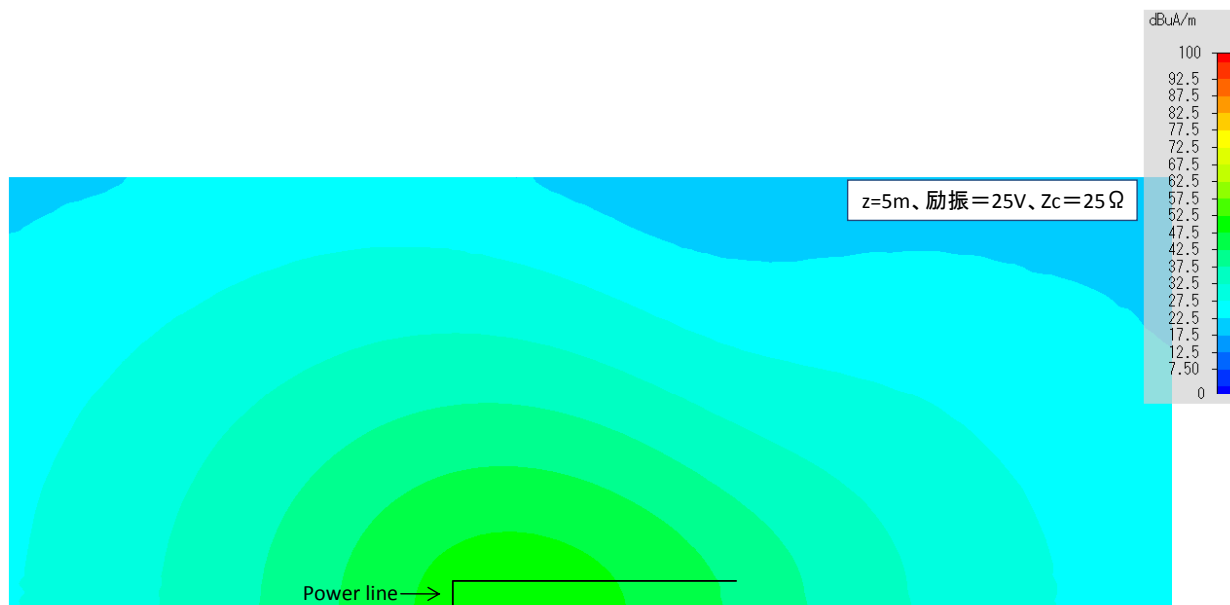
* 電界強度 [μ V/m] = $120 \pi \times$ 磁界強度 [μ A/m]



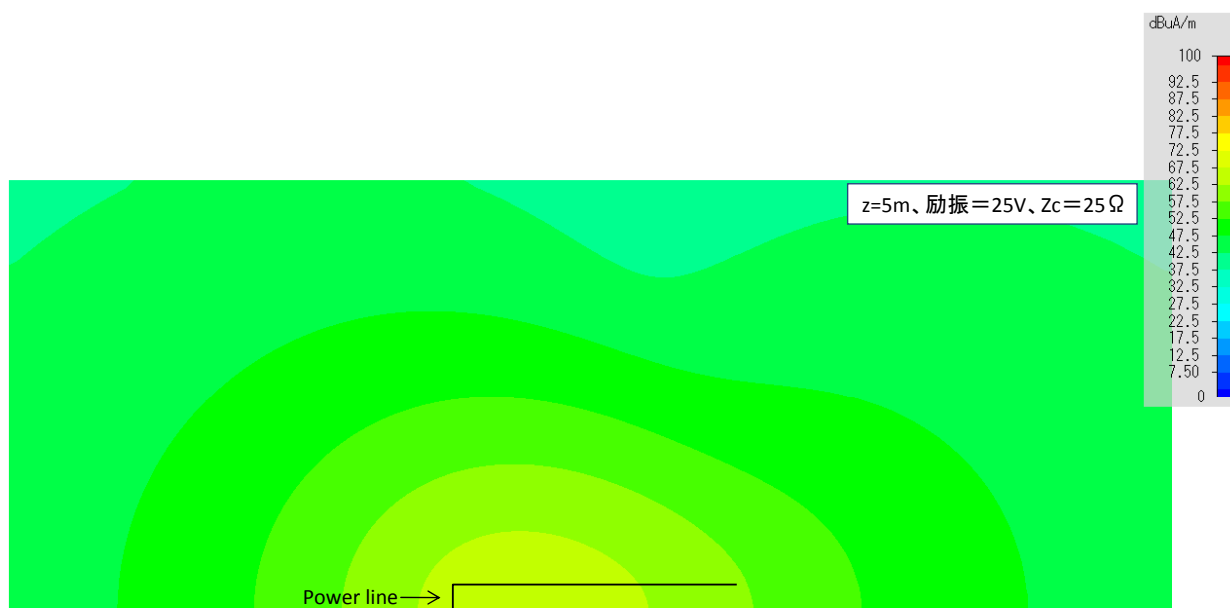
* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$] = $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



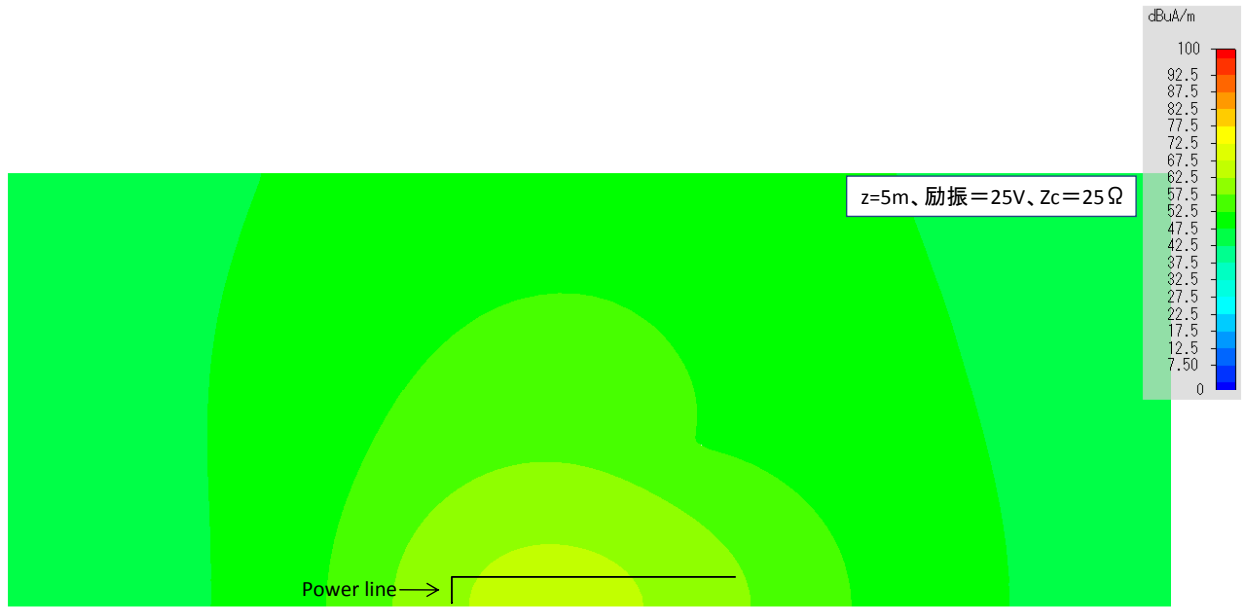
* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$] = $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



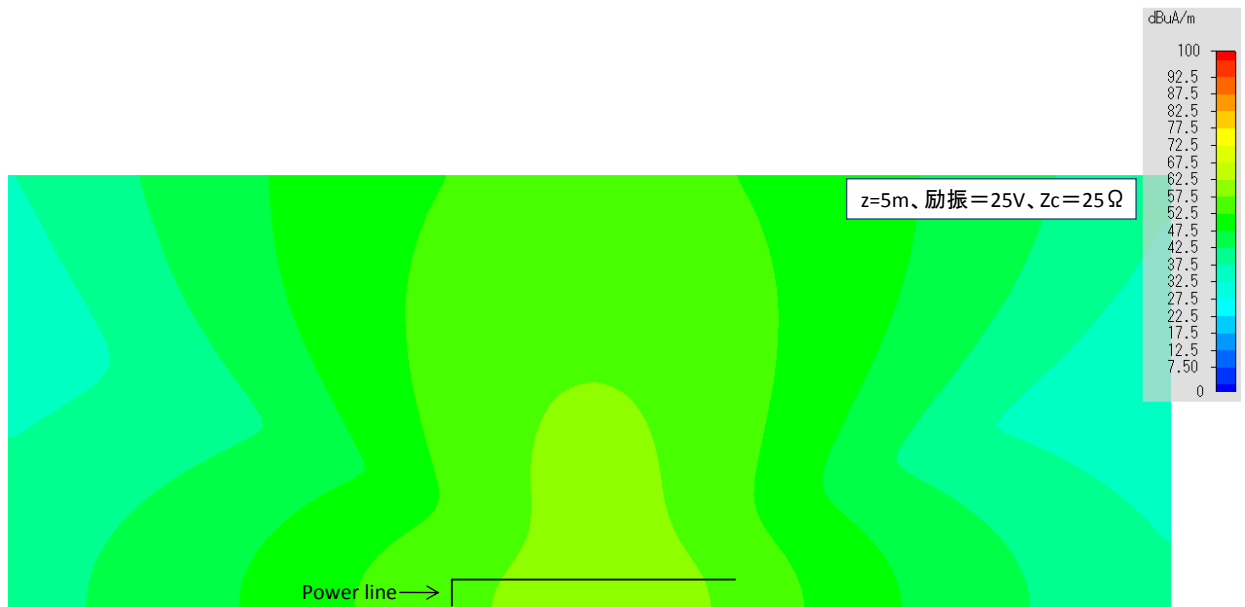
* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$] = $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



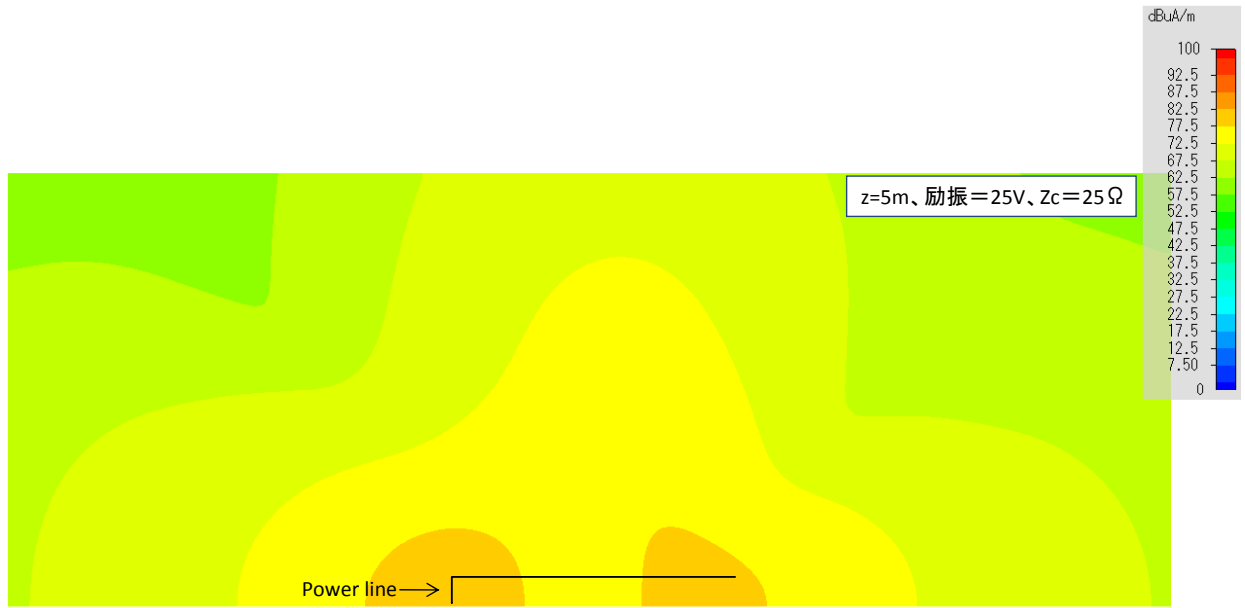
* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$] = $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



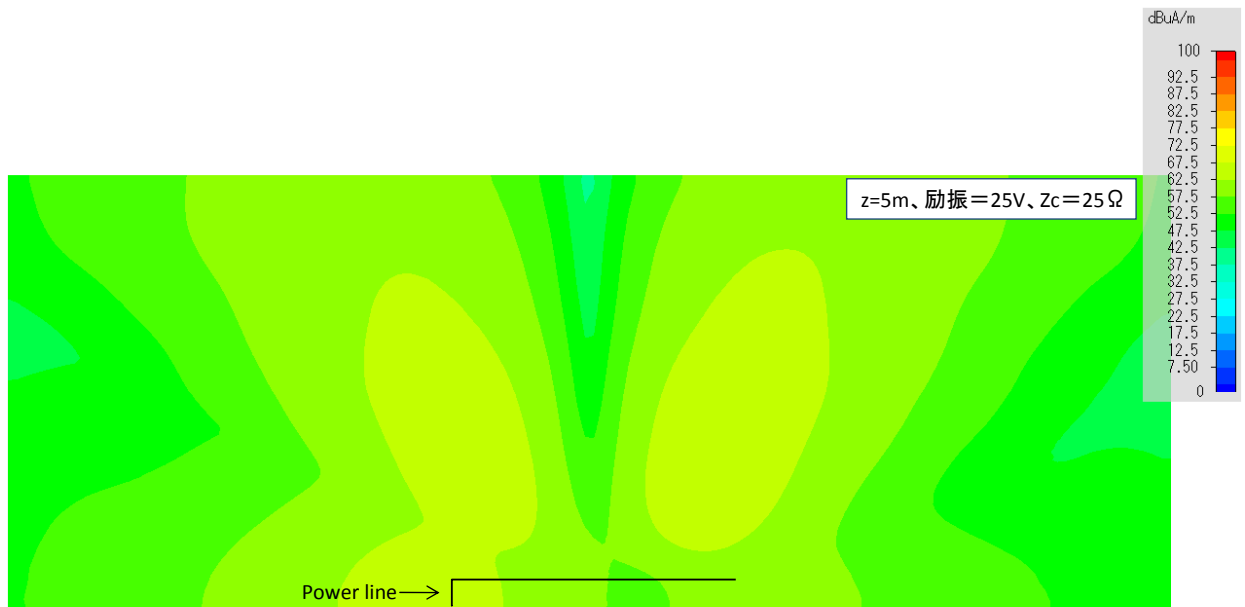
* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$] = $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



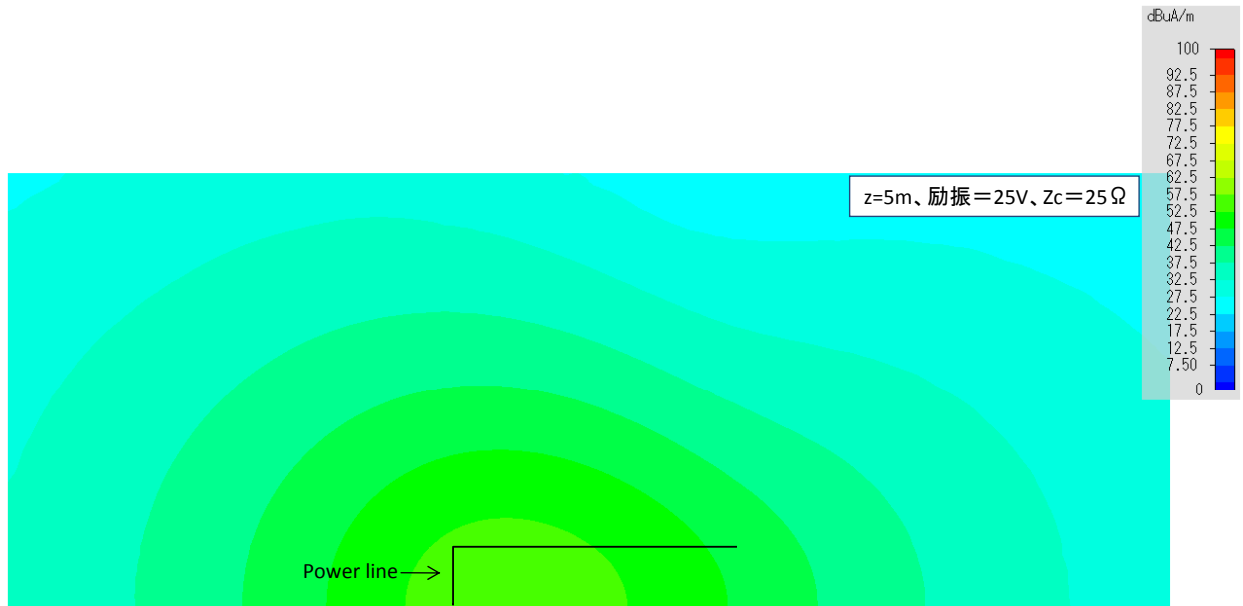
* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$] = $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



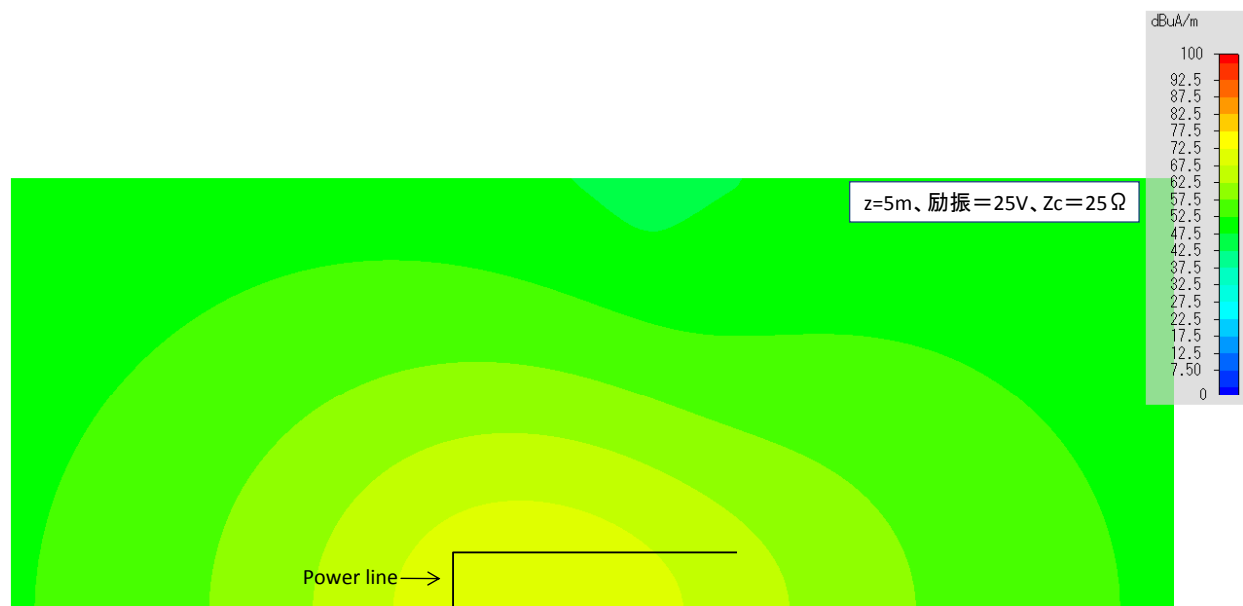
* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$]= $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



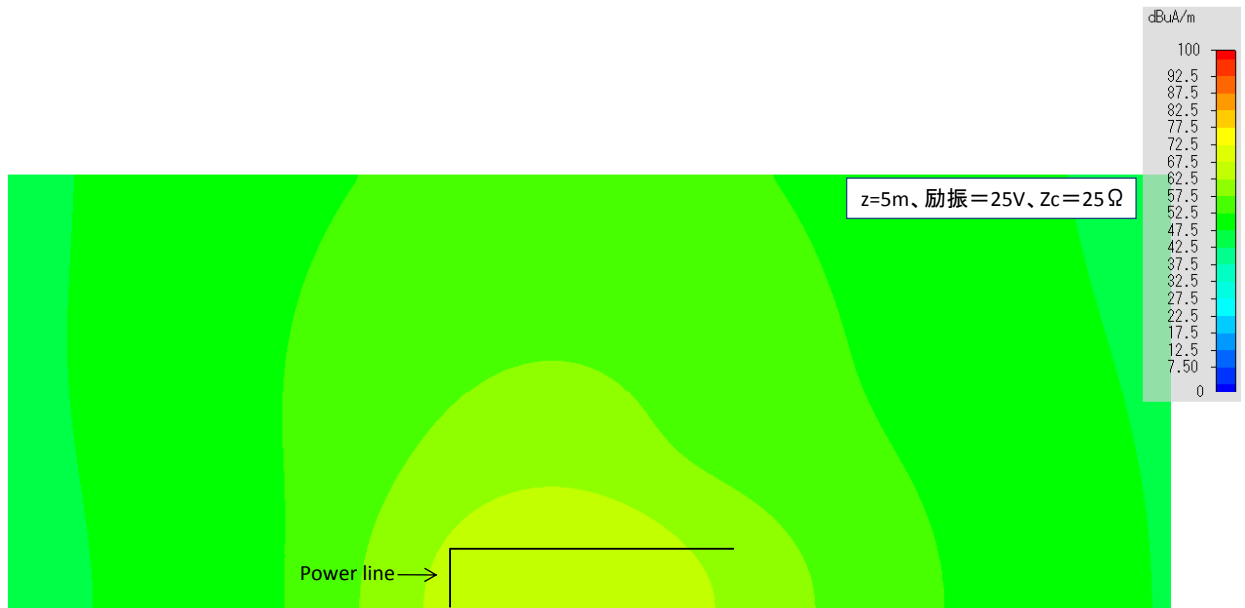
* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$]= $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$] = $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



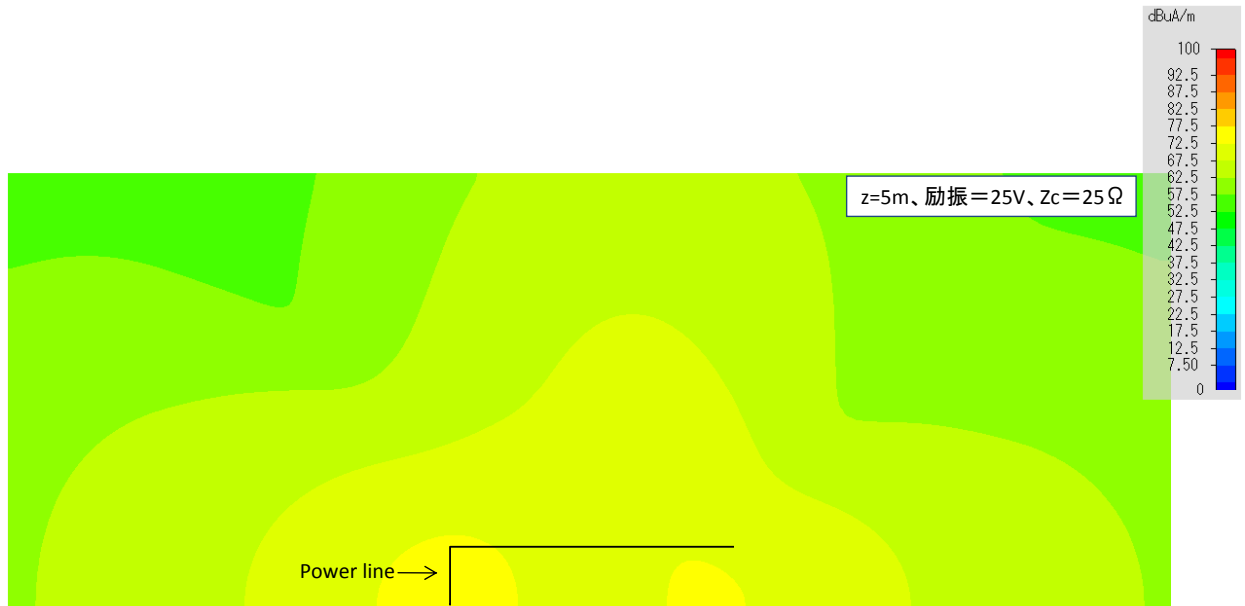
* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$] = $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$] = $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$] = $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$] = $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]



* 電界強度 [$\mu\text{V/m}$] = $120\pi \times$ 磁界強度 [$\mu\text{A/m}$]

屋外PLCにより発生する電磁界と電流分布について数値計算を行った。
(単線でモデル化した電力線的一方(屋外コンセント側)を
定電圧源で励振, 励振源インピーダンス 25Ω)
得られた結果を以下に示す。

- 電界分布と磁界からの換算値 ($120 \times H$) の分布は異なる。
- 線路の総延長 (垂直部分含む) が, おおむね $1/4$ 、 $3/4$ に相当する周波数において, 電流および周囲電磁界強度が増大する。
- 電磁界強度の分布や最大となる位置は, 周波数によって大きく異なる。

様々な配線のコモンモード電流と漏えい電磁界 (コモンモード電圧源による解析)

— NEC2による電磁界シミュレーション —

高速電力線搬送通信設備作業班

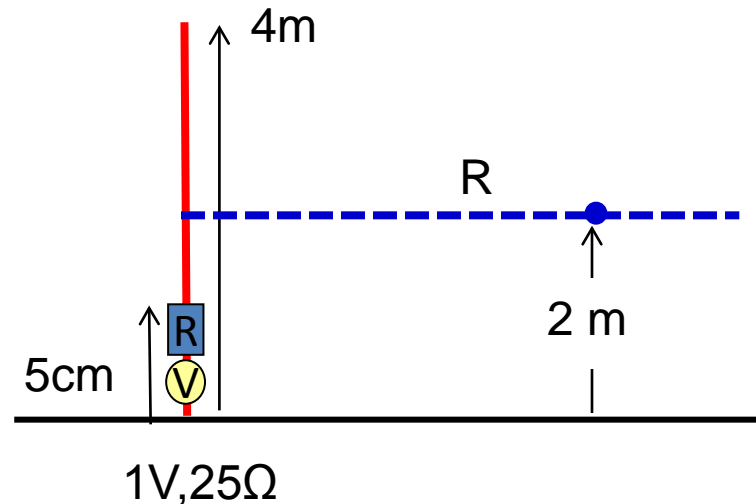
垂直線モデル

モデル線半径の決定：等価半径の計算

VVF線(半径0.8mm, 線間隔3.2mm)を想定
但し、ビニール被覆を無視して**等価半径**を求めると、

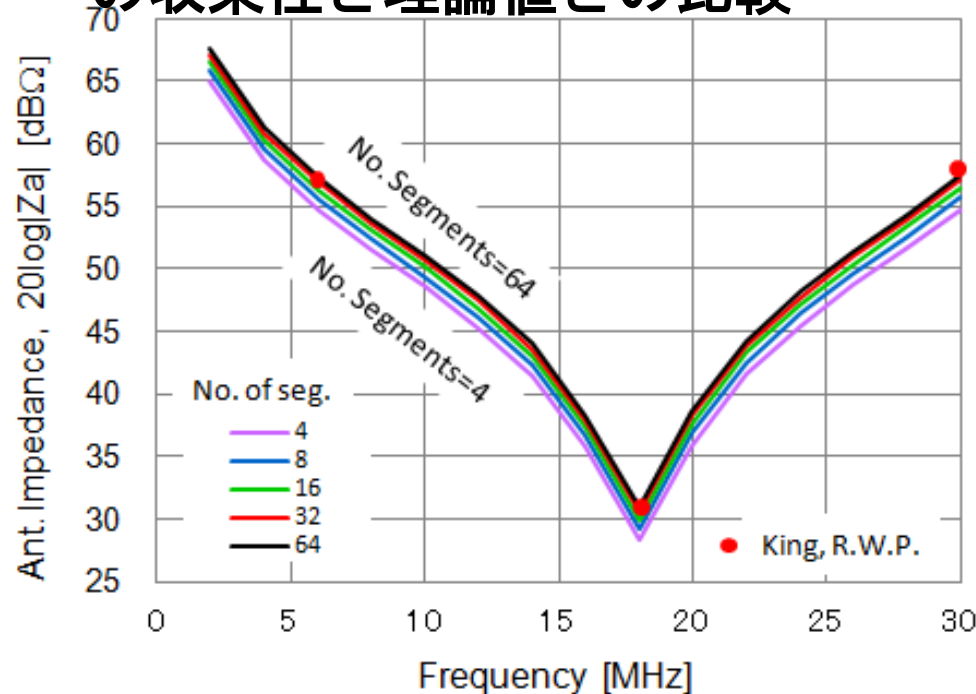
$$a_e \approx \sqrt{ad} = \sqrt{0.8 \times 3.2} = 1.6 \text{ mm}$$

この等価半径を持つ一線について、周波数2～30 MHzにおいて、NEC2を用いてシミュレーションを行う。



分割セグメント長の決定

シミュレーション・ソフトNEC2のSegment長を決定:
アンテナ入力インピーダンス Z_a (Metal ground)
の収束性と理論値との比較

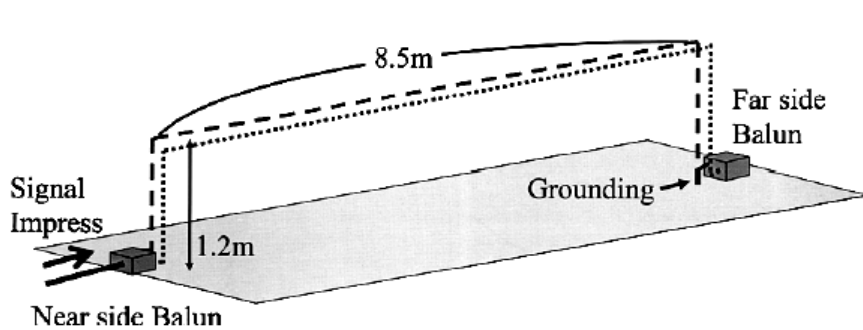


**Segment長 = $4\text{m}/64 = 6.25\text{cm}$ で収束。
不連続部近傍のsegment長を5 cmとする**

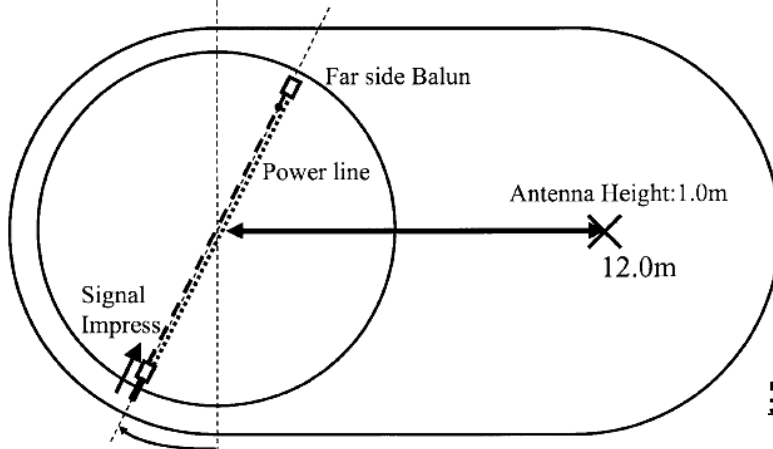
King, R.W.P.の理論値: アンテナ工学ハンドブック (電子情報通信学会)

実測値との比較

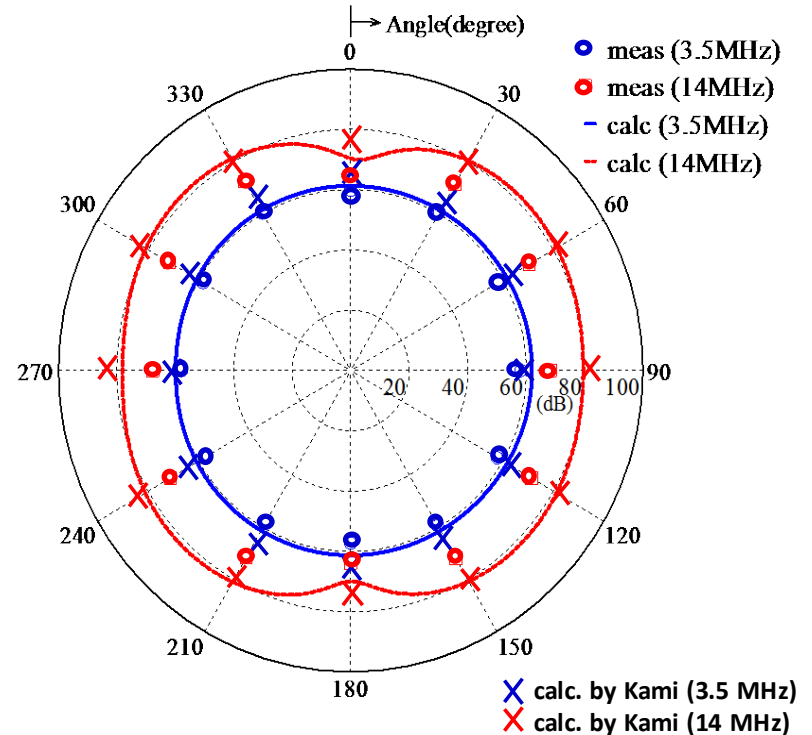
平行2線(裸線)モデル



被測定電力線(VVF線)の配置 (1)



測定用ループアンテナの配置 (1)



実測結果との比較

実測：高速電力線搬送通信に関する研究会
報告書(H17.12) 図5.3(a)

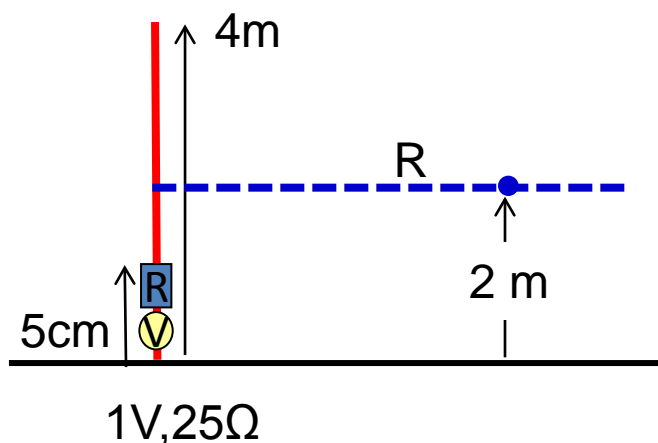
実測値とシミュレーション結果は約10dB以内で一致。
誤差要因：裸線近似、バランの詳細な特性が不明

参考(1)：渡邊、徳田、森田、信学論 J90-B,
3, pp.288-297, 2007.

電磁界シミュレーション・モデル

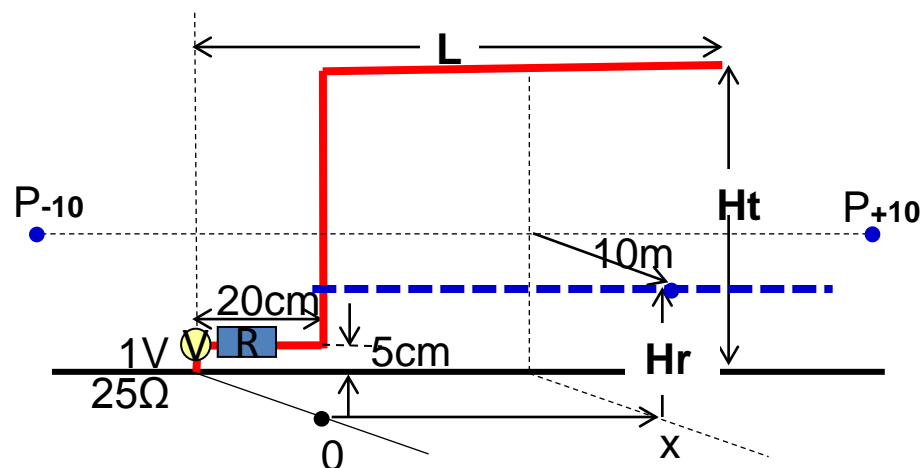
1. 垂直線モデル

(EV充電スタンド、外壁設置の防犯カメラ)



2. 架空配線モデル (L-shaped line)

(柱上設置の防犯カメラ)



解析手法: モーメント法 (NEC2)

モデル条件: コモンモード電源, 1芯電線 (誘電体被覆無し)

地面は広さ無限の metal ground or wet ground

出力データ: 放射電力

電線上のコモンモード電流分布

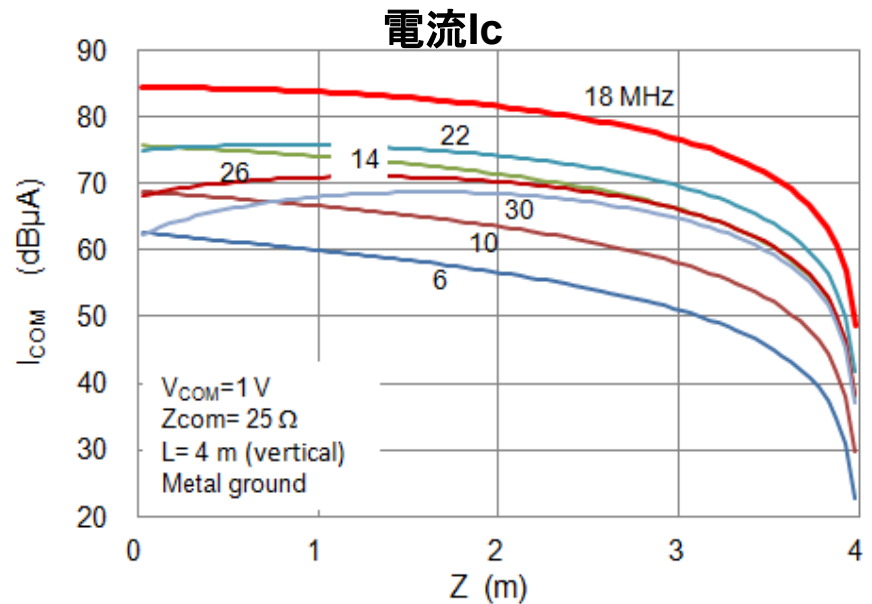
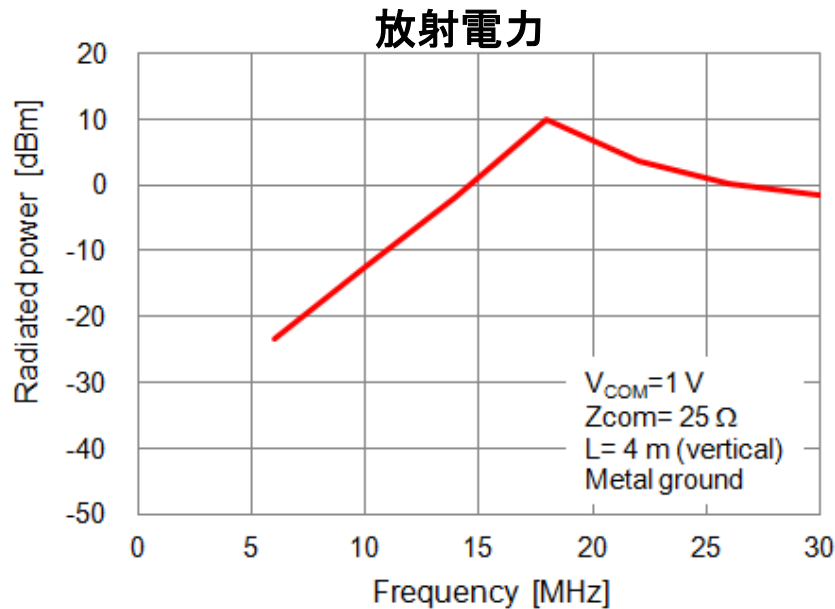
電界 (X, Y, Z, 3成分合成), 磁界 (X, Y, Z, 3成分合成) など

4m垂直線 (Metal ground) 1

単線モデル

$$P = \text{Re}(V_{ant} I_{ant}^*)$$

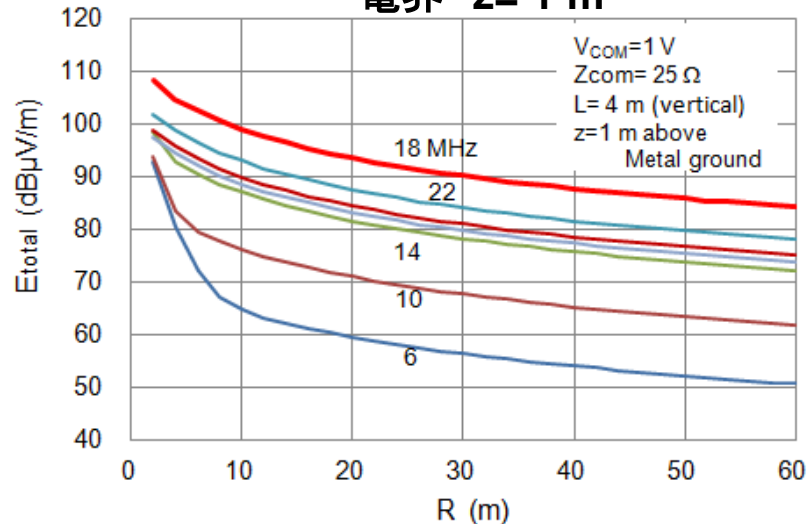
$V_{COM}=1$ V, $Z_{COM}=25$ Ω , Z_a : NEC2の計算結果



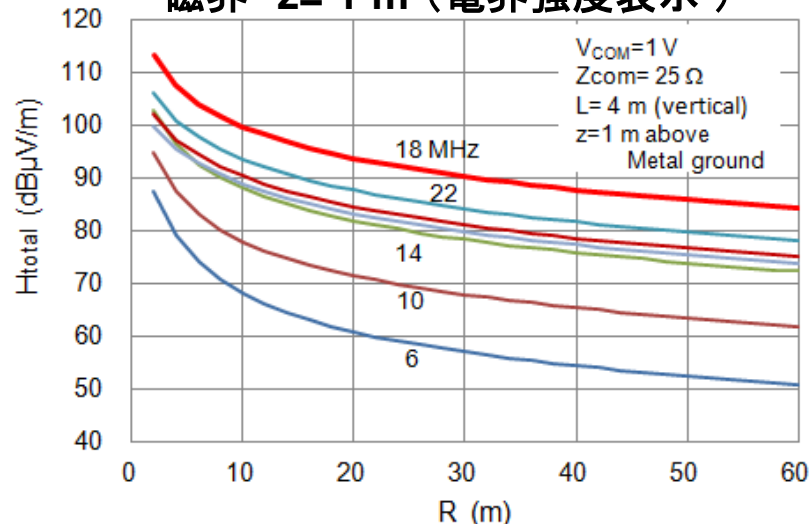
線路長が約 $\lambda/4$ になる約18 MHzで共振 → 電流が最大
放射電力 \leq 有能電力 [$=V^2/(4R) = 10$ dBm]

4m垂直線(Metal ground) 2

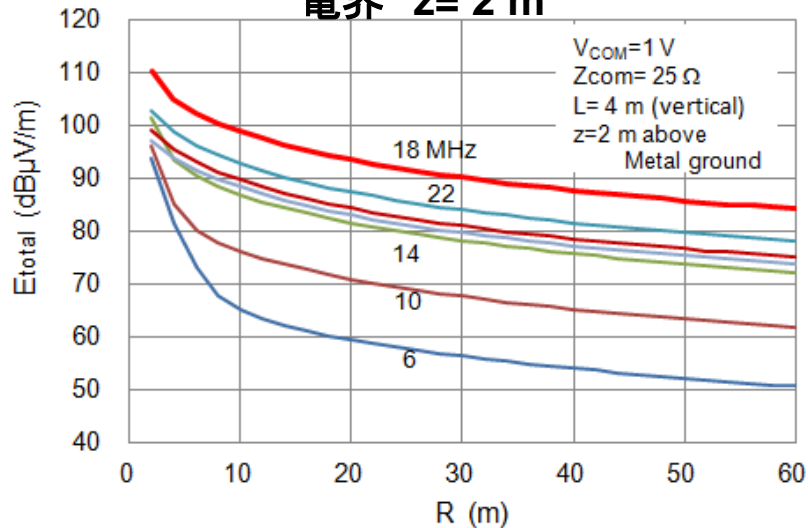
電界 z= 1 m



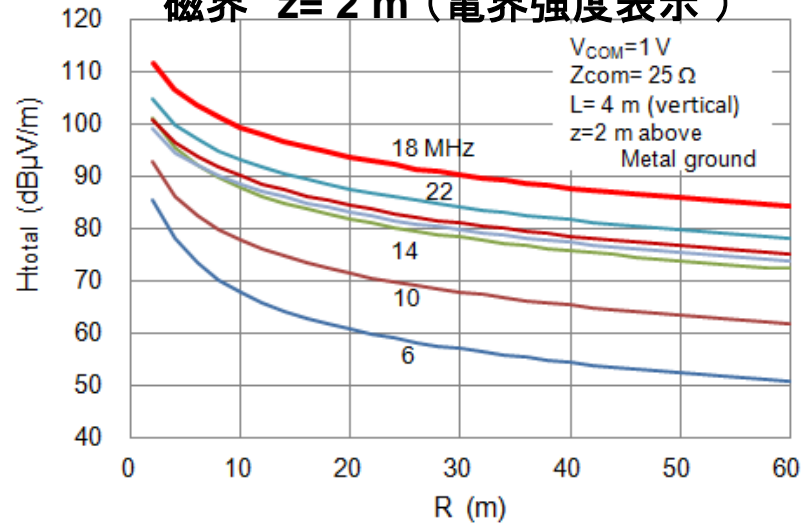
磁界 z= 1 m (電界強度表示)



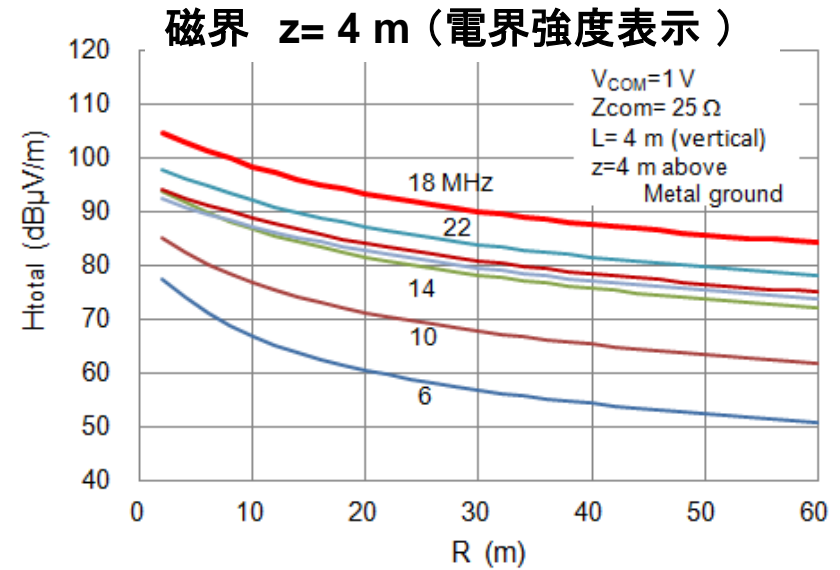
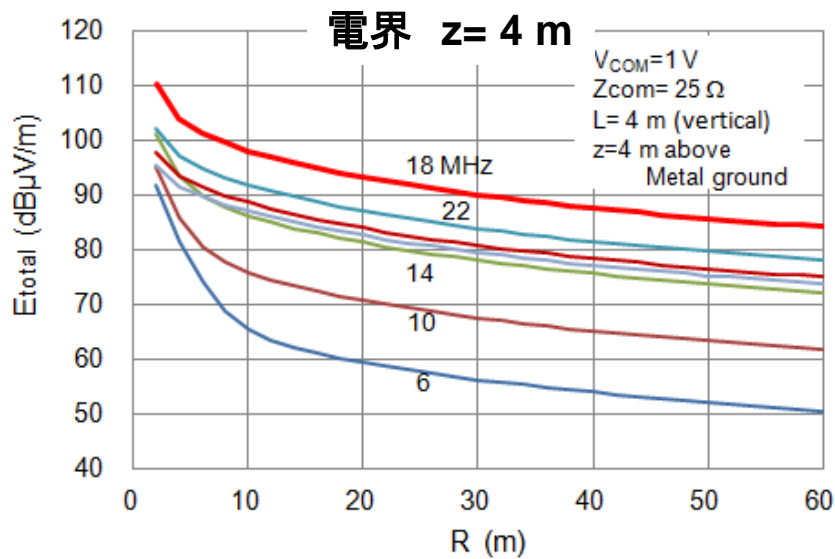
電界 z= 2 m



磁界 z= 2 m (電界強度表示)



4m垂直線 (Metal ground) 3



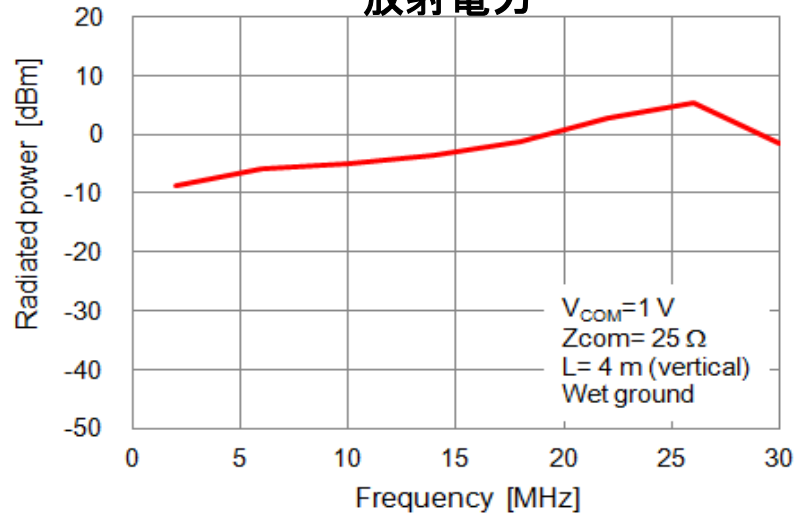
$R \geq 10\text{m}$ であれば、電界強度／磁界強度 = 377 Ω

半波長共振時の電界強度は $E \approx \frac{7\sqrt{2P}}{R}$

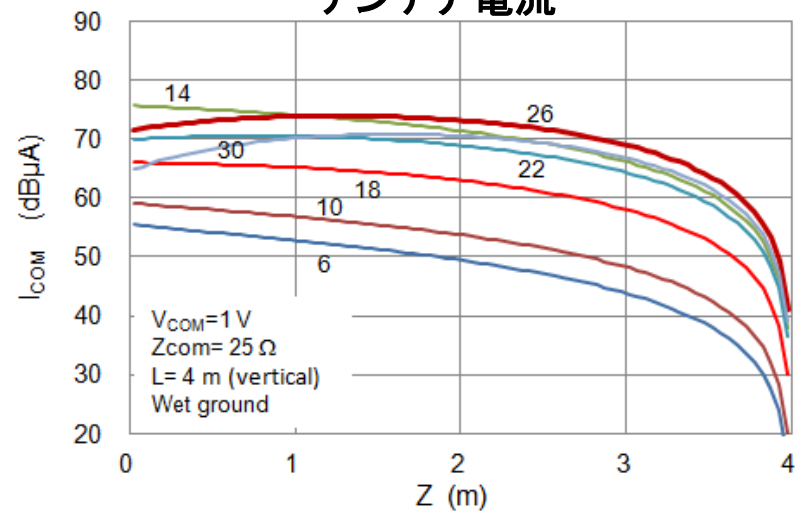
受信高 $H_r = 1 \sim 4\text{ m}$ 程度では、電磁界強度は余り変化しない。

4m垂直線 (Wet ground)

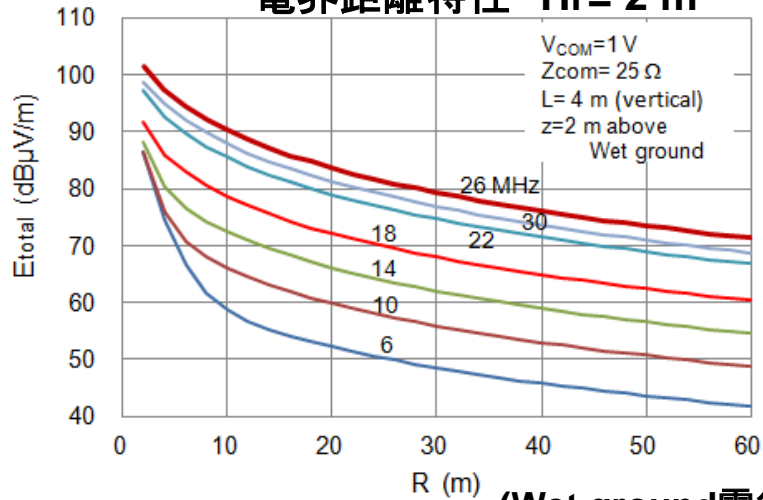
放射電力



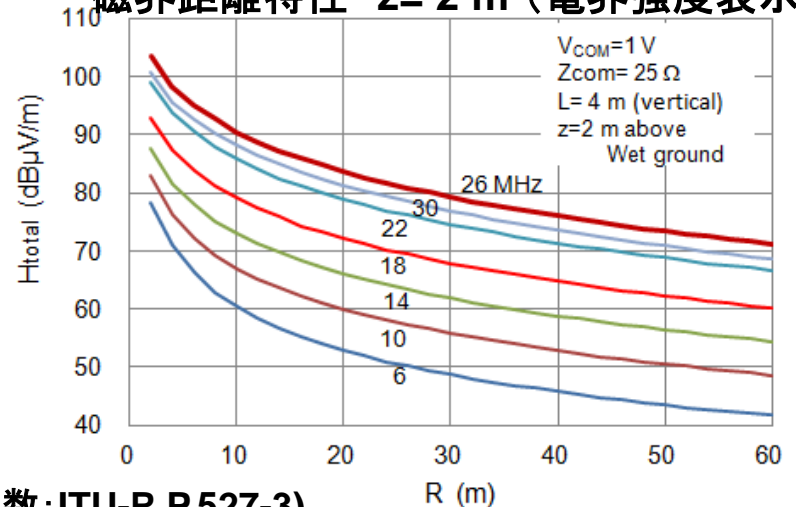
アンテナ電流



電界距離特性 Hr= 2 m



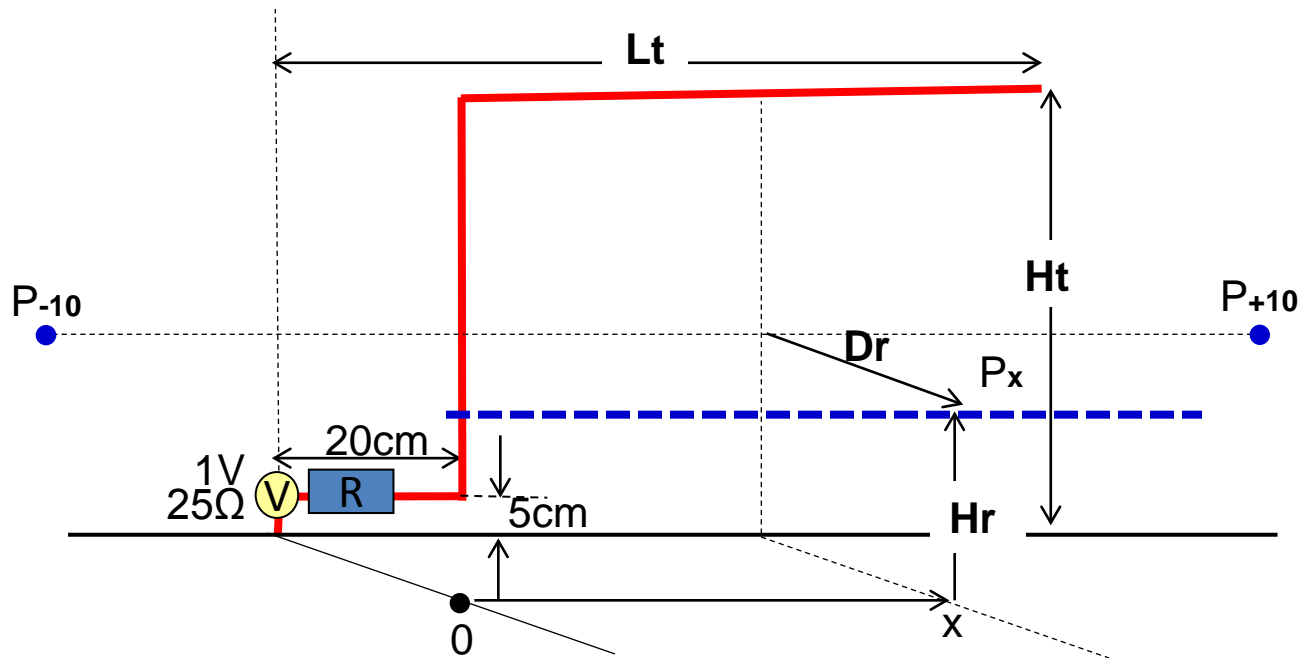
磁界距離特性 z= 2 m (電界強度表示)



(Wet ground電気定数:ITU-R P.527-3)

架空配線モデル (Metal ground)

単線モデル



$L_t = 10 \text{ m}, 30 \text{ m}, 100 \text{ m}$

$H_t = 4 \text{ m}$

$D_r = 10 \text{ m}, H_r = 2 \text{ m}$

Ground : Metal plane , Wet ground

10m架空配線 (Metal ground) 1

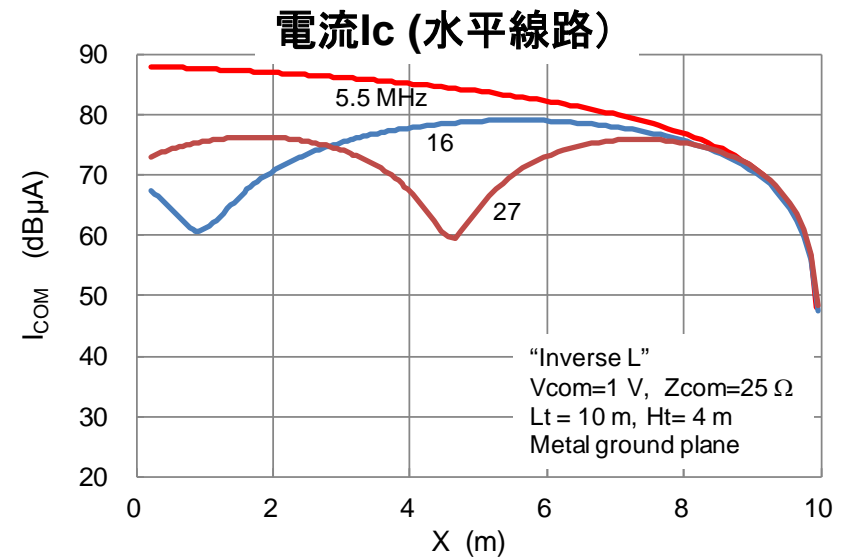
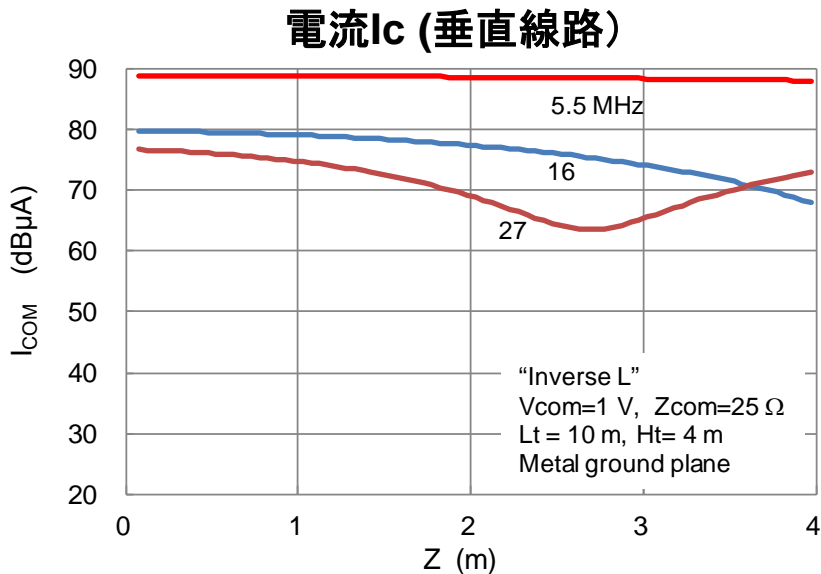
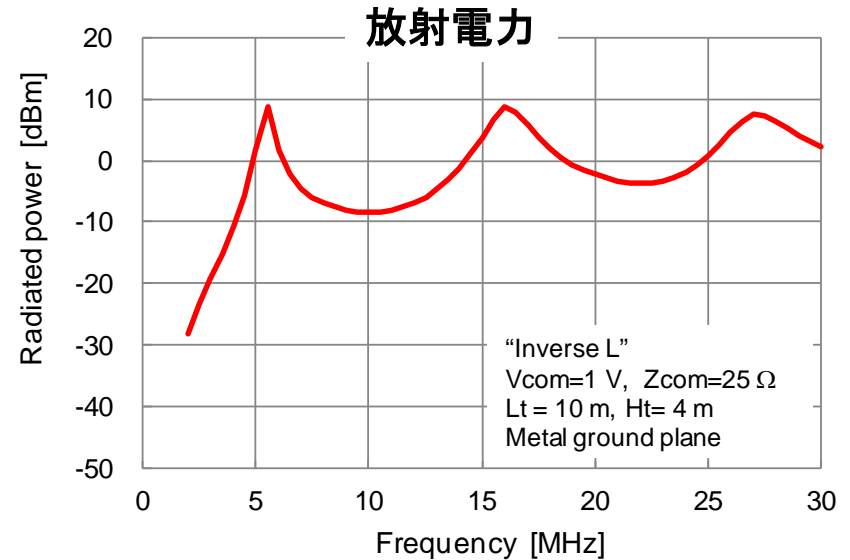
“Inverse L”

$V_{com}=1$ V, $Z_{com}=25$ Ω

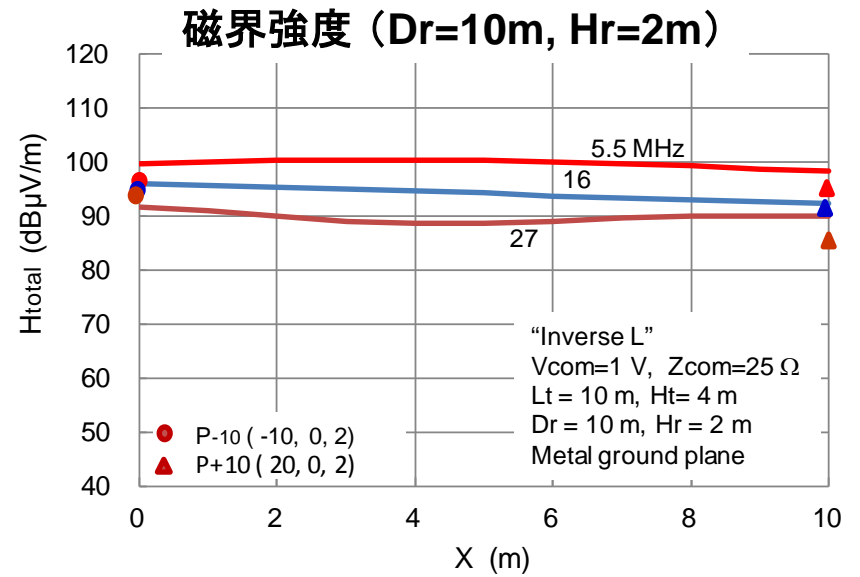
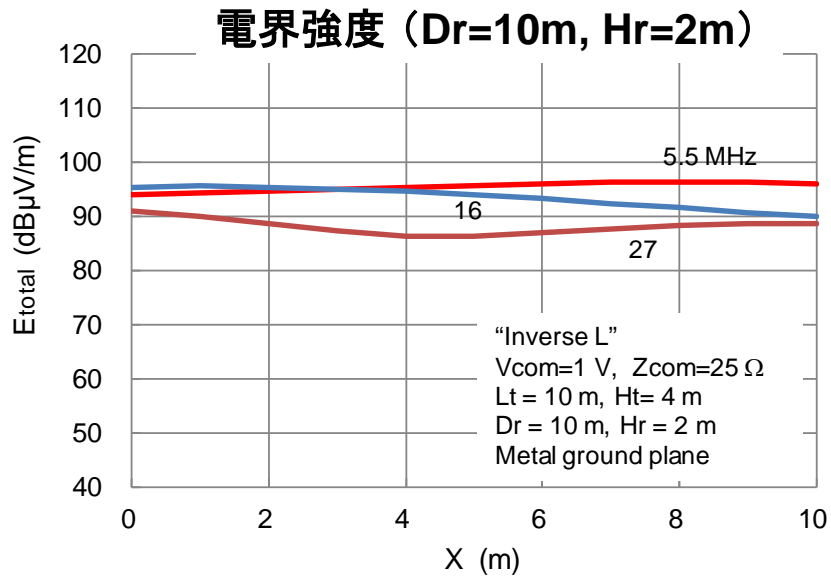
$L_t = 10$ m, $H_t = 4$ m

$D_r = 10$ m, $H_r = 2$ m

Metal ground plane



10m架空配線 (Metal ground) 2



10m架空配線 (Wet ground) 1

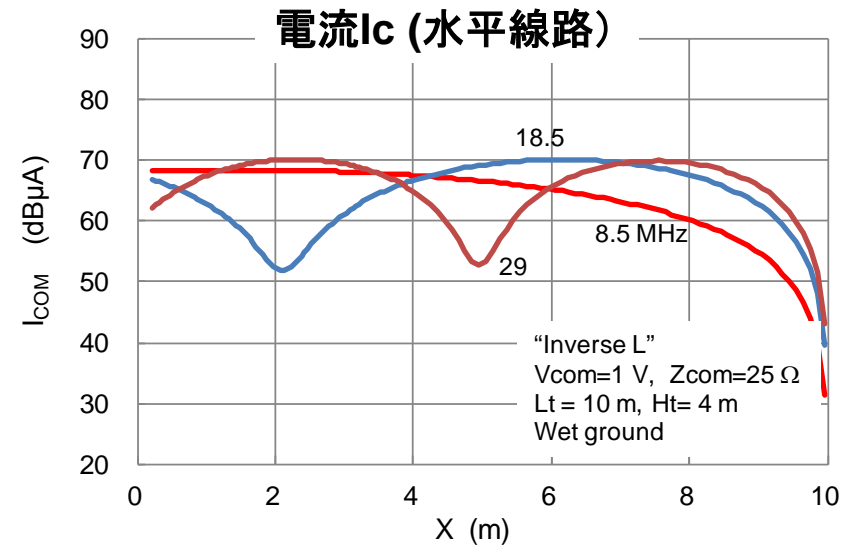
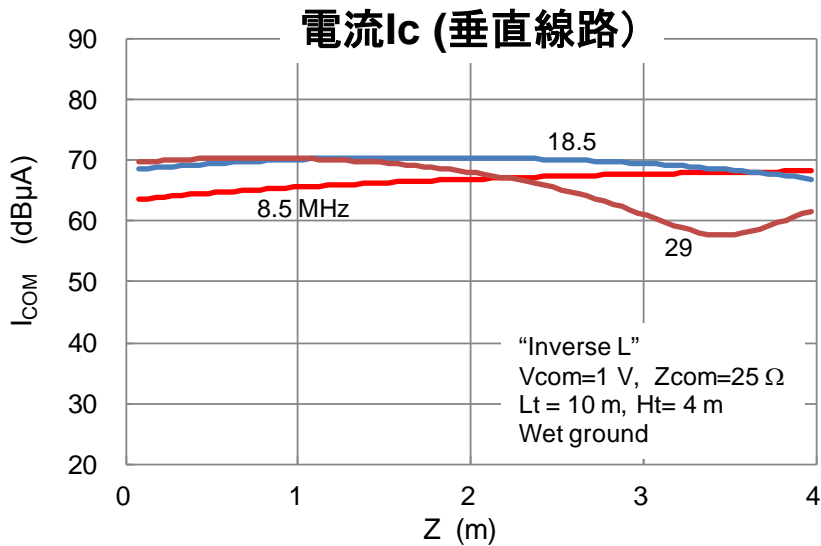
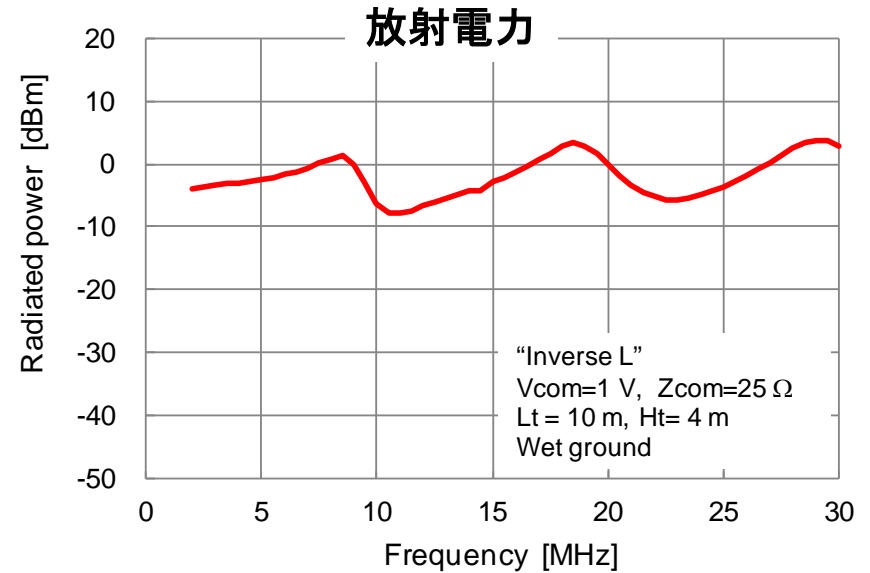
“Inverse L”

$V_{com}=1\text{ V}$, $Z_{com}=25\ \Omega$

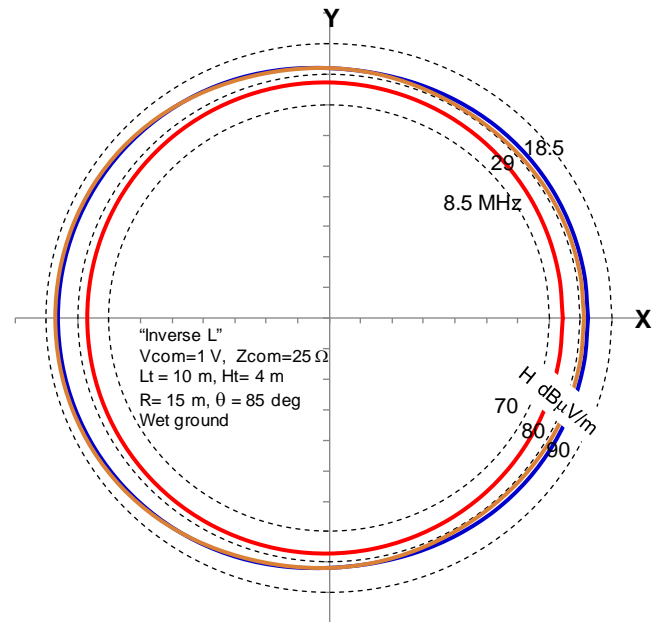
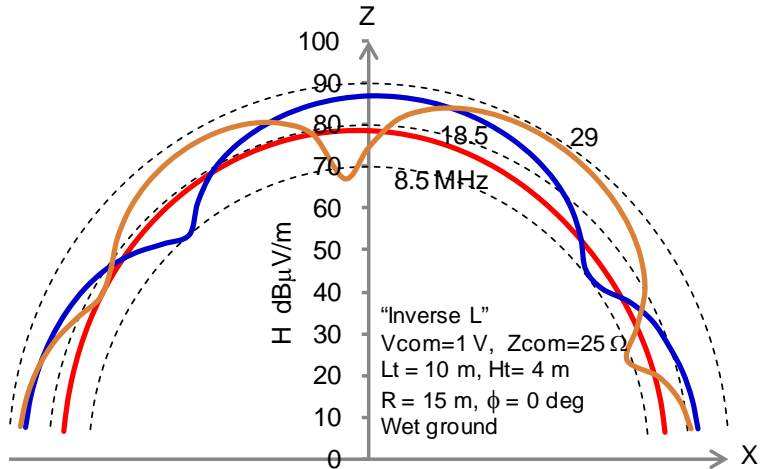
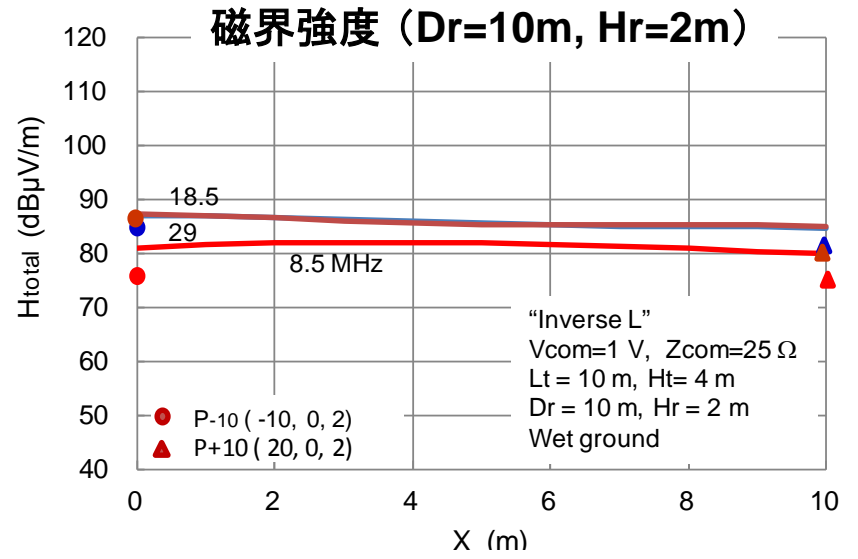
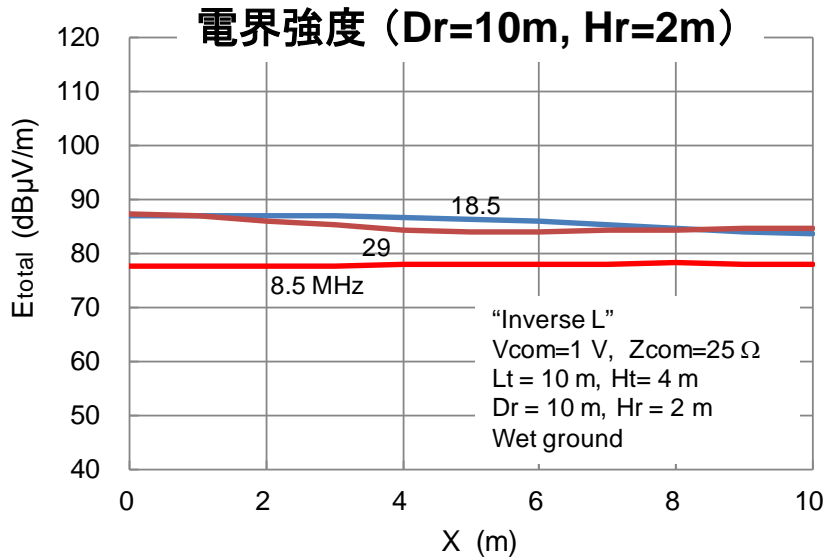
$L_t = 10\text{ m}$, $H_t = 4\text{ m}$

$D_r = 10\text{ m}$, $H_r = 2\text{ m}$

Wet ground



10m架空配線 (Wet ground) 2



30m架空配線 (Metal ground) 1

単線モデル

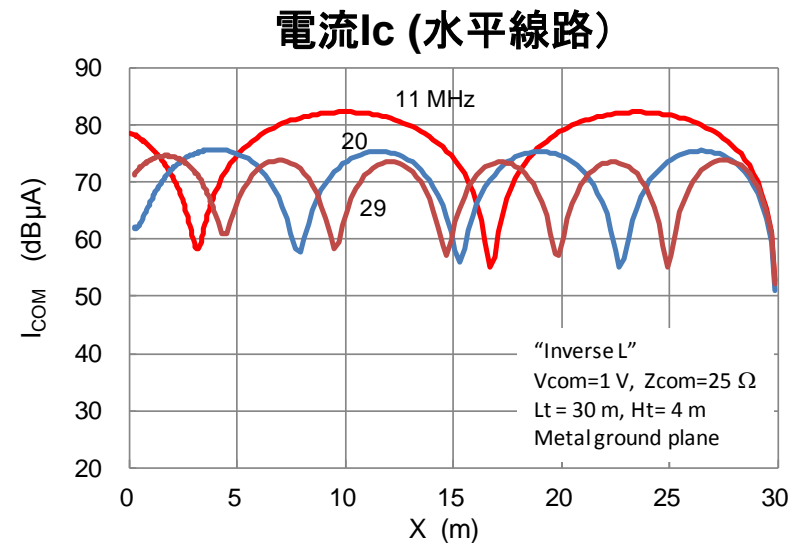
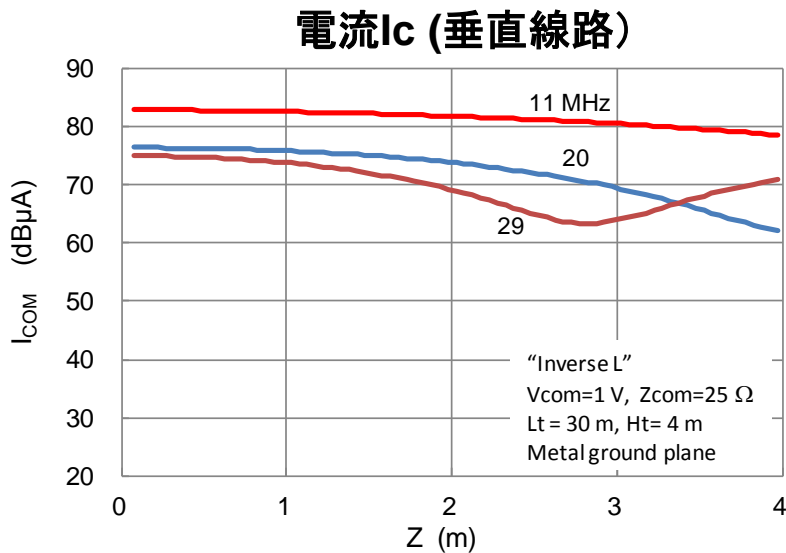
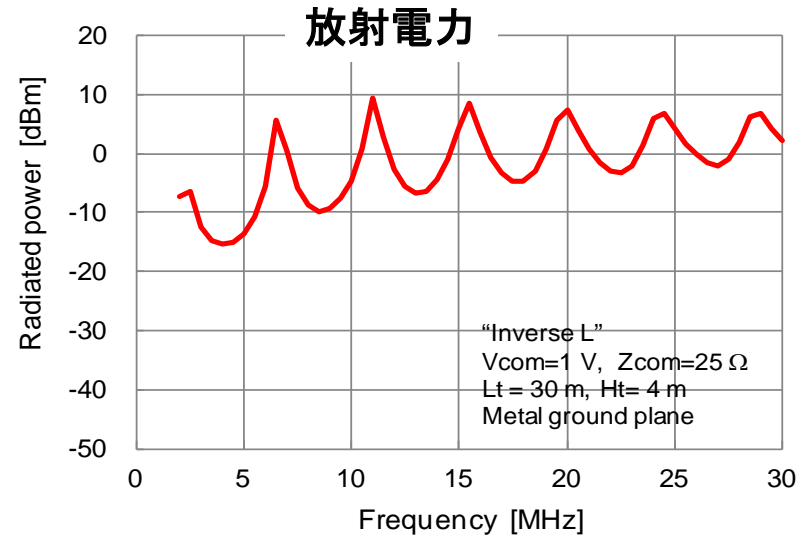
“Inverse L”

$V_{com}=1\text{ V}$, $Z_{com}=25\ \Omega$

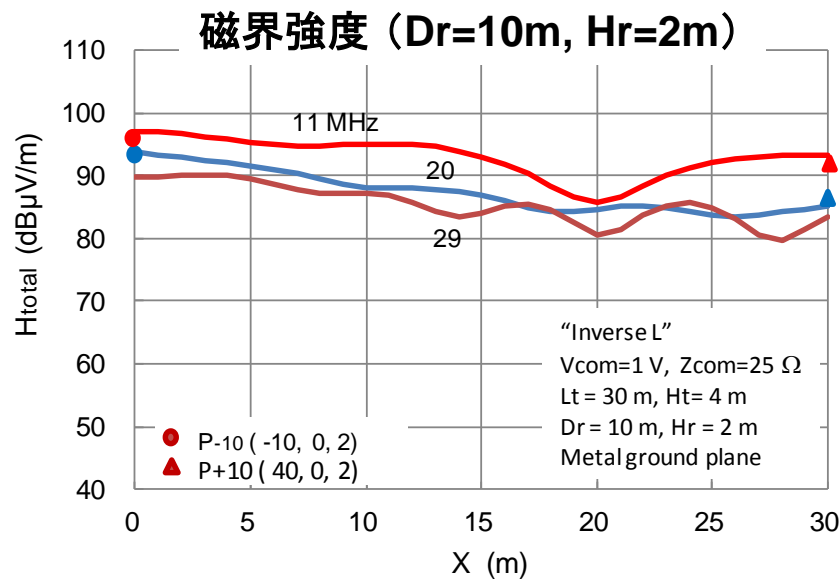
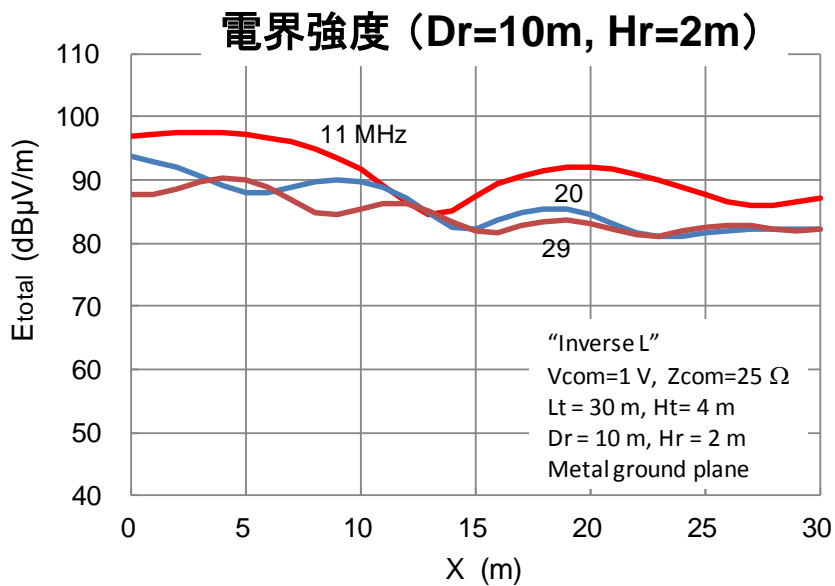
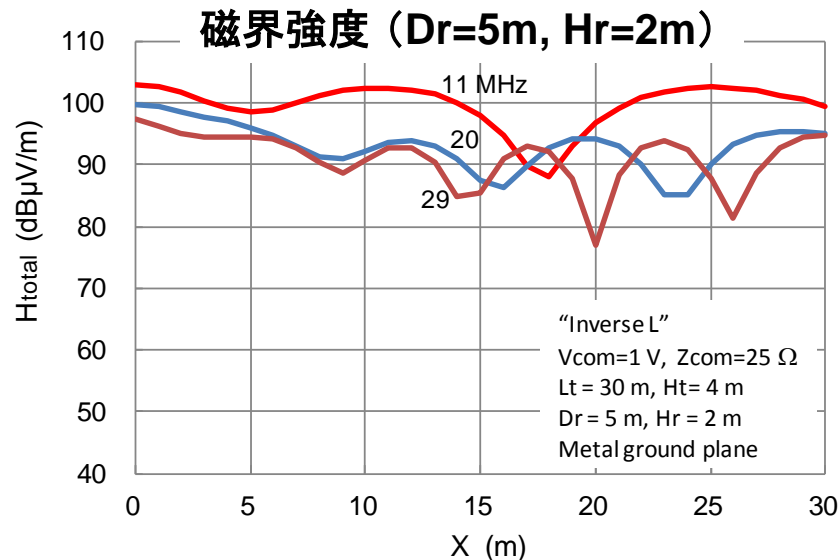
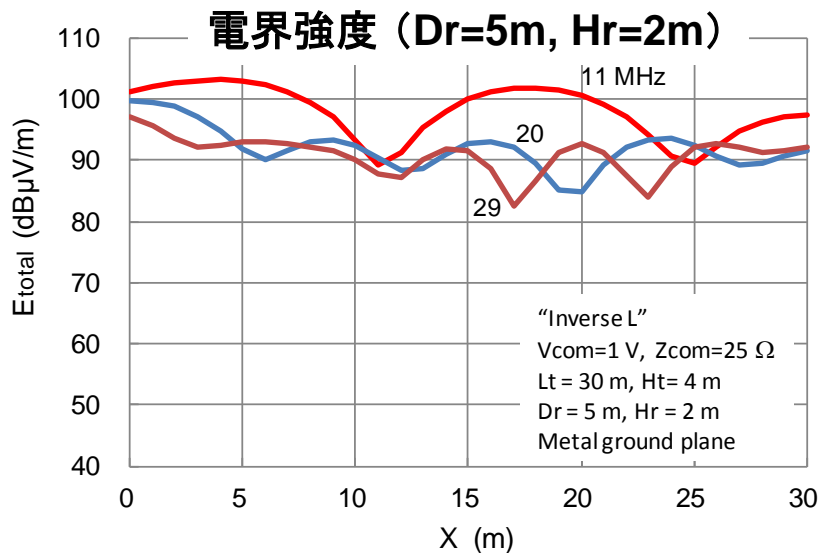
$L_t = 30\text{ m}$, $H_t = 4\text{ m}$

$D_r = 5, 10\text{ m}$, $H_r = 2\text{ m}$

Metal ground plane



30m架空配線 (Metal ground)2



30m架空配線 (Wet ground) 1

単線モデル

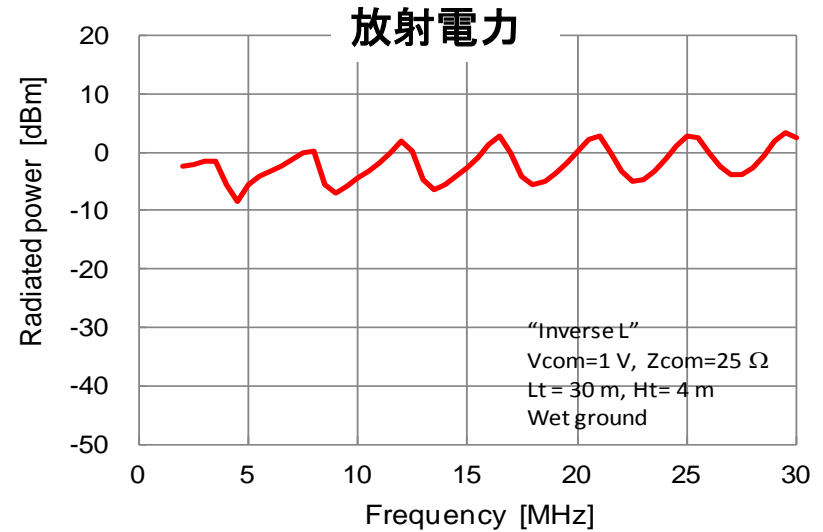
“Inverse L”

$V_{com}=1\text{ V}$, $Z_{com}=25\ \Omega$

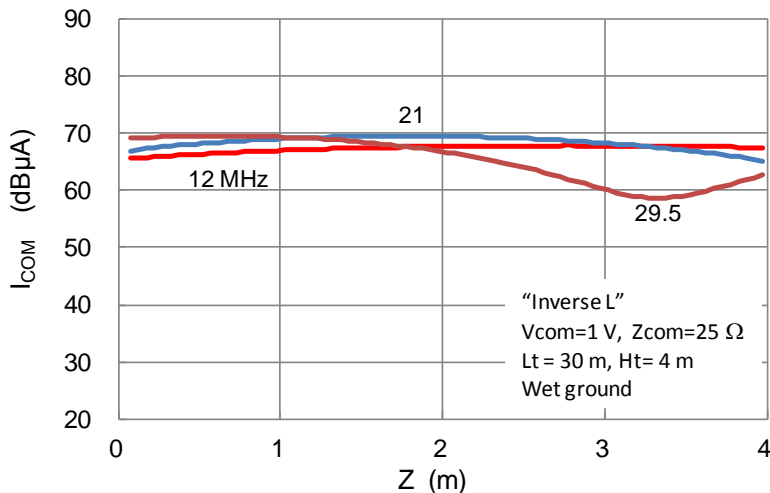
$L_t = 30\text{ m}$, $H_t = 4\text{ m}$

$D_r = 10\text{ m}$, $H_r = 2\text{ m}$

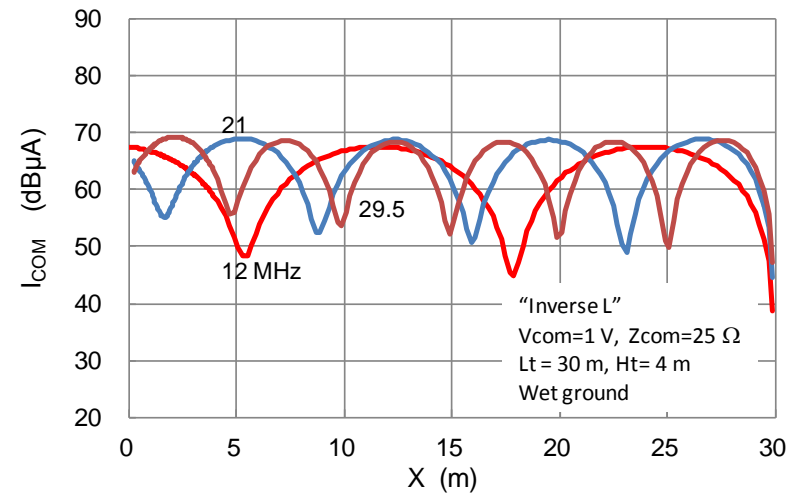
Wet ground



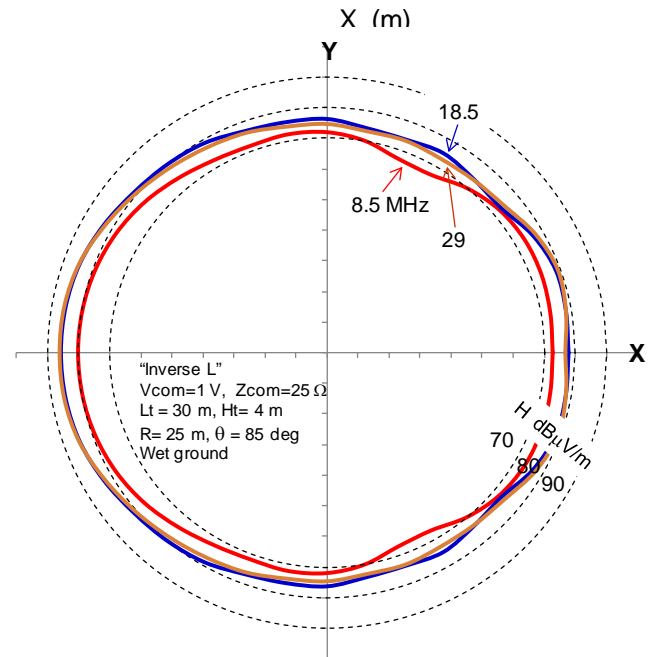
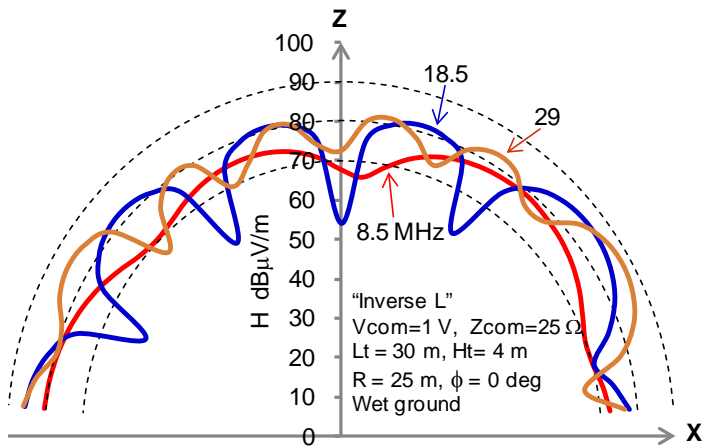
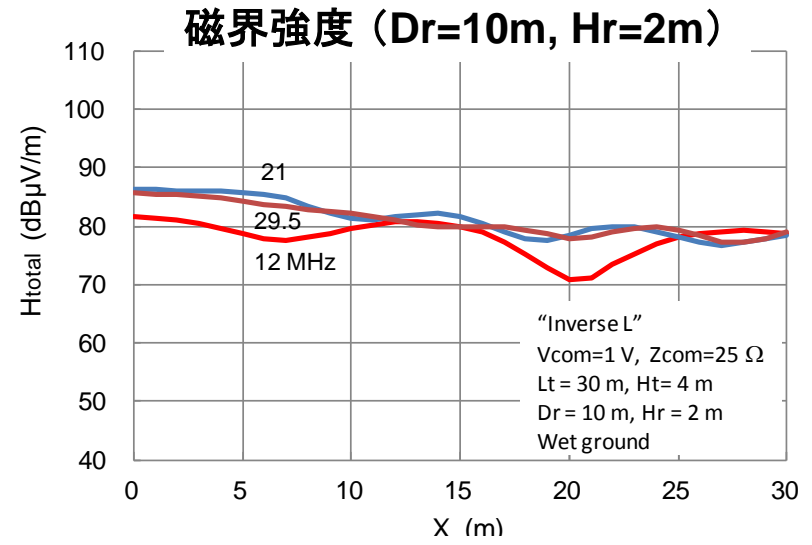
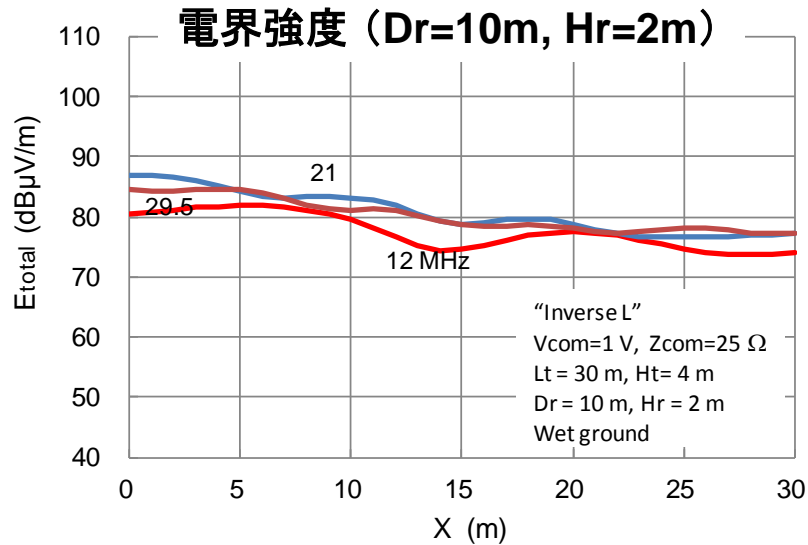
電流 I_c (垂直線路)



電流 I_c (水平線路)



30m架空配線 (Wet ground) 2



100m架空配線 (Wet ground) 1

放射電力

単線モデル

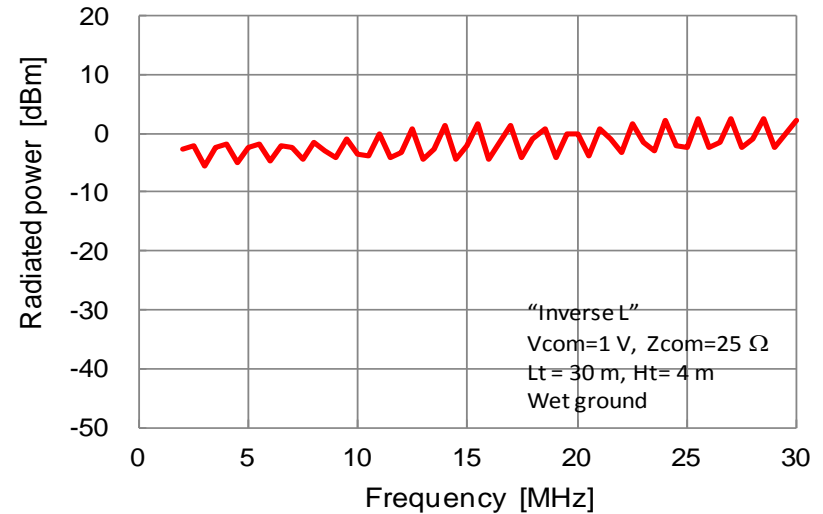
“Inverse L”

$V_{com}=1\text{ V}$, $Z_{com}=25\ \Omega$

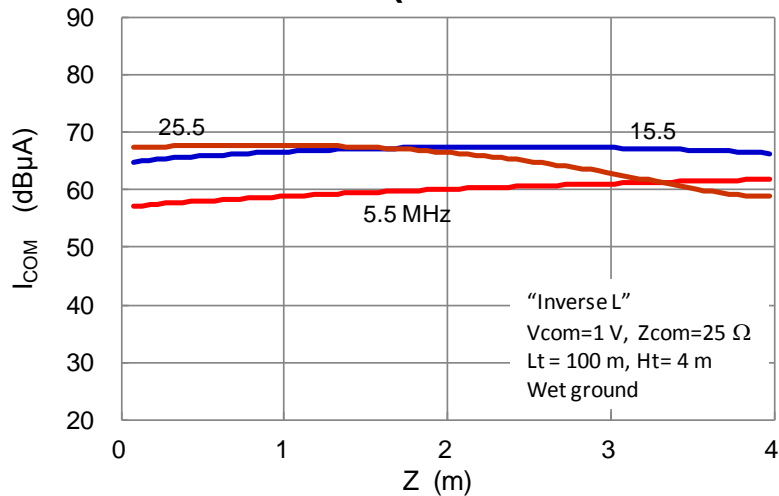
$L_t = 100\text{ m}$, $H_t = 4\text{ m}$

$D_r = 10\text{ m}$, $H_r = 2\text{ m}$

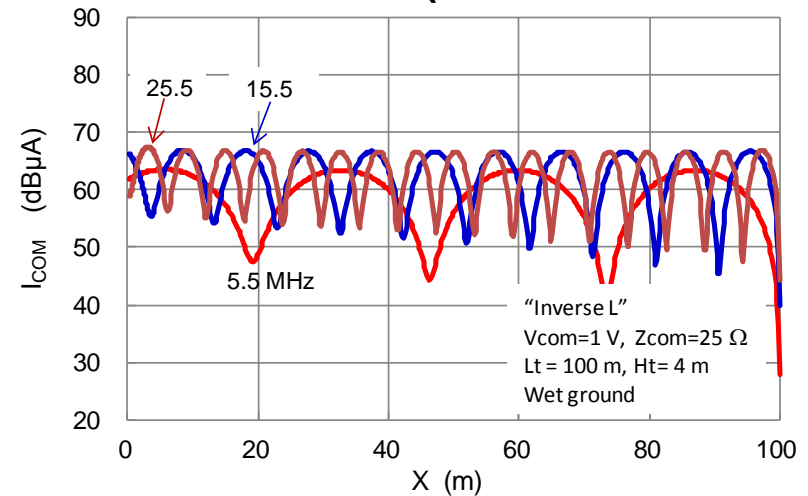
Wet ground



電流 I_{com} (垂直線路)

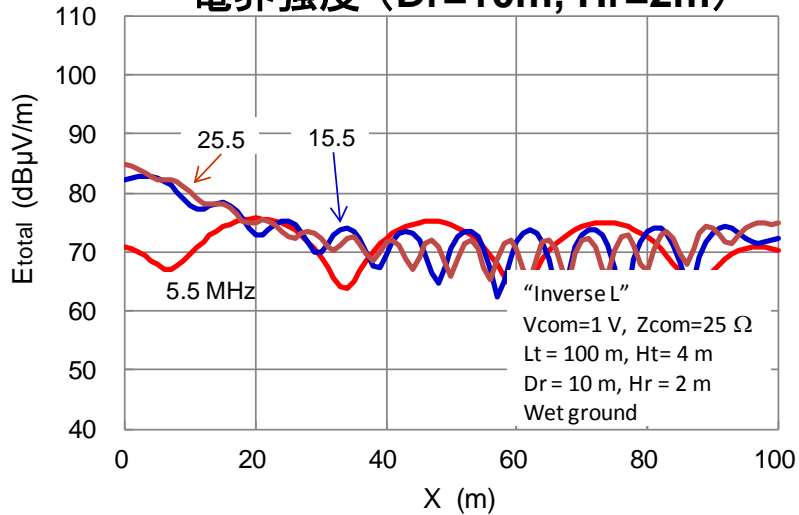


電流 I_{com} (水平線路)

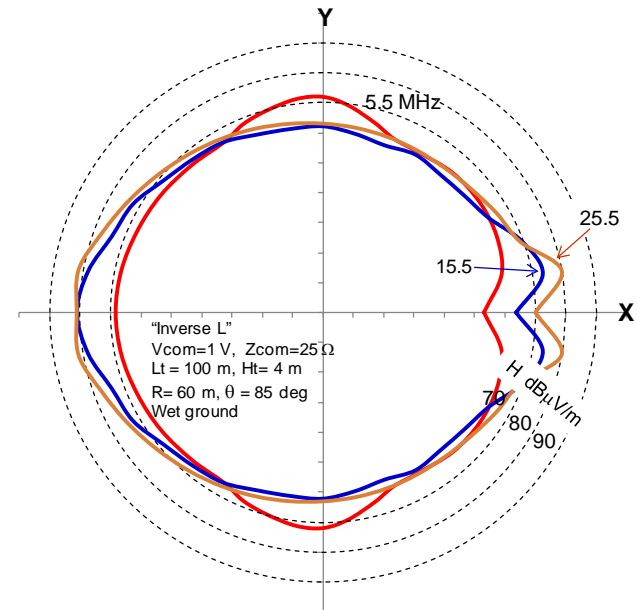
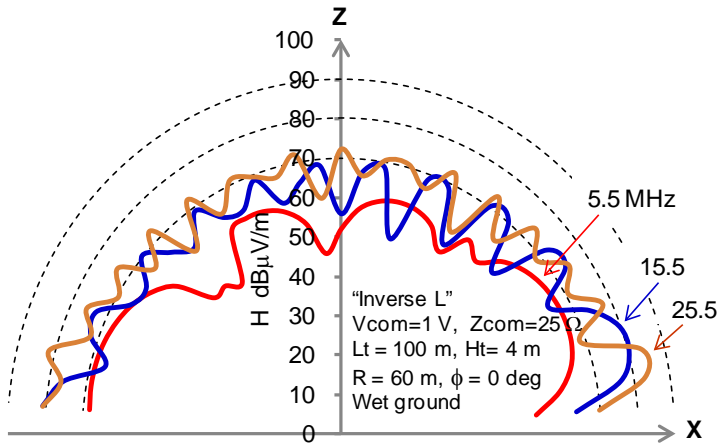
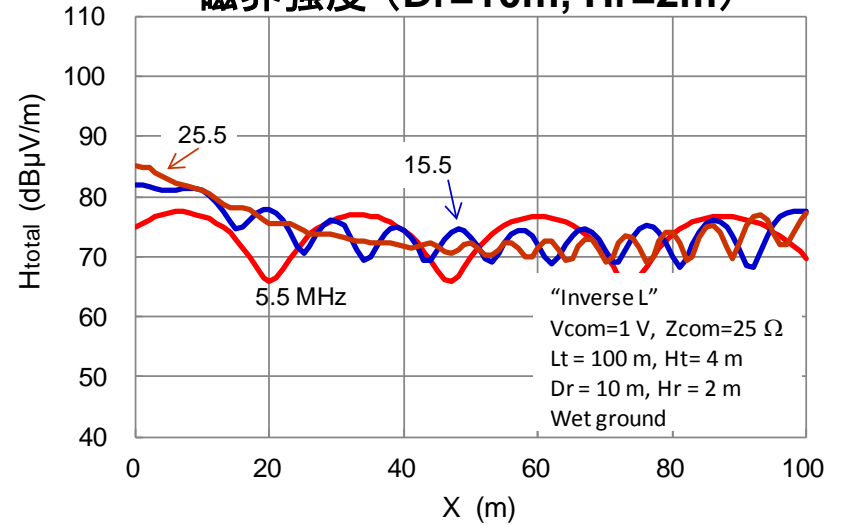


100m架空配線 (Wet ground) 2

電界強度 (Dr=10m, Hr=2m)

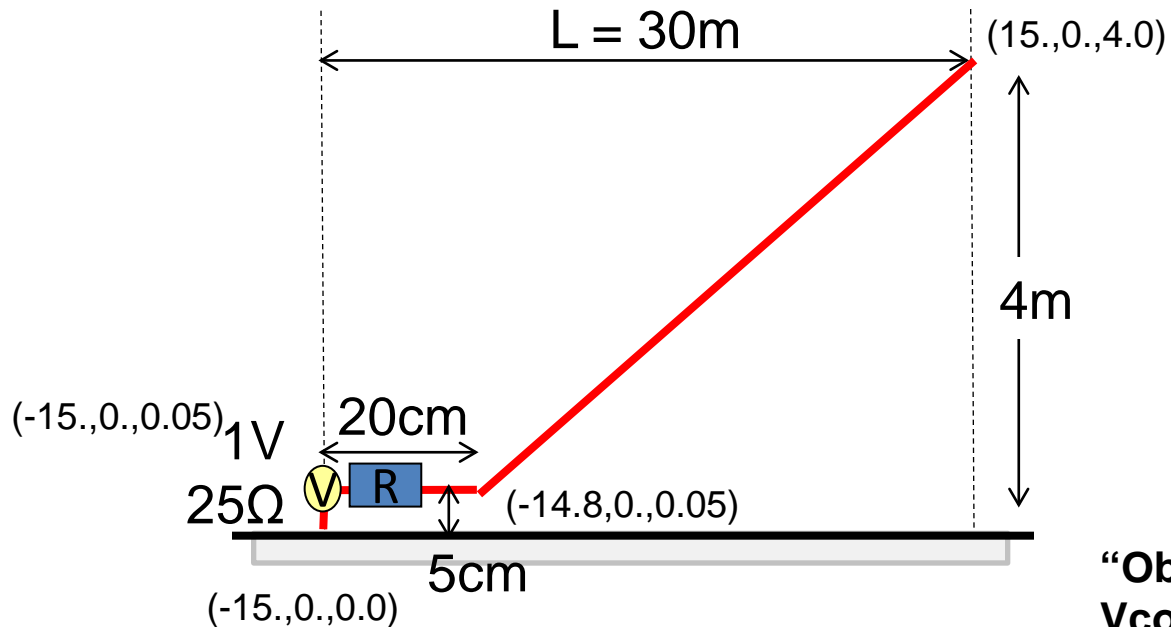


磁界強度 (Dr=10m, Hr=2m)



30m 傾斜線モデル (Metal ground)

単線モデル



“Oblique”

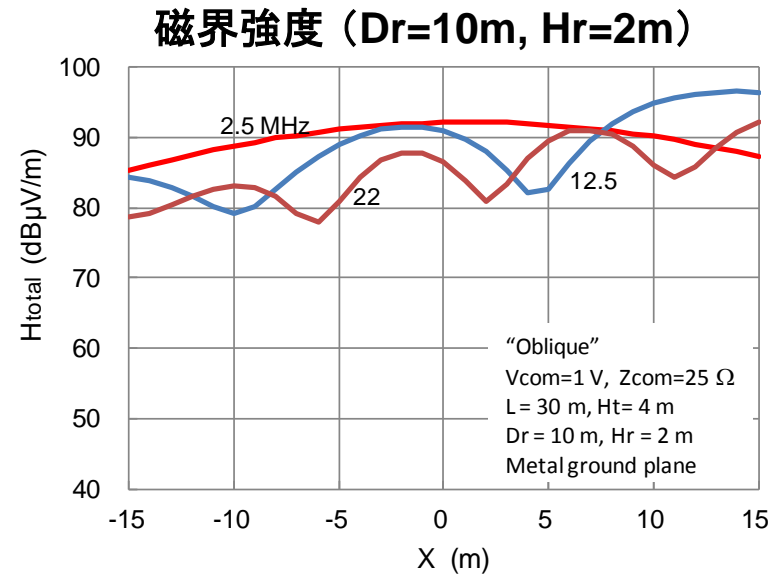
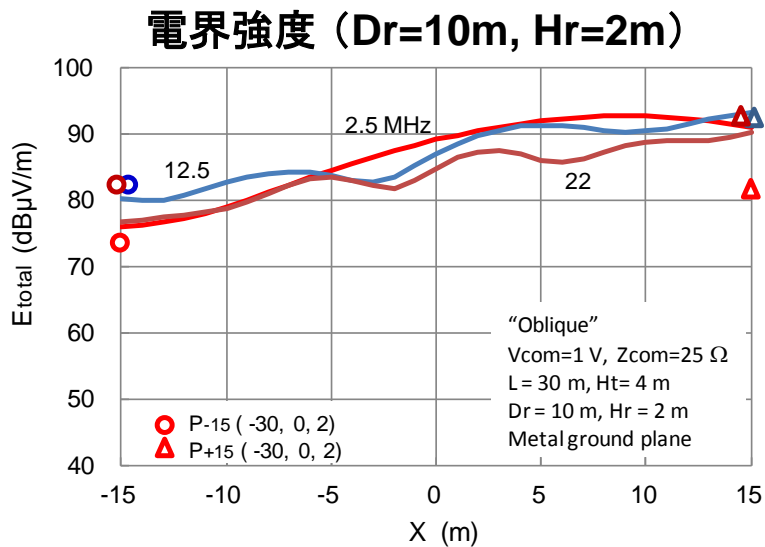
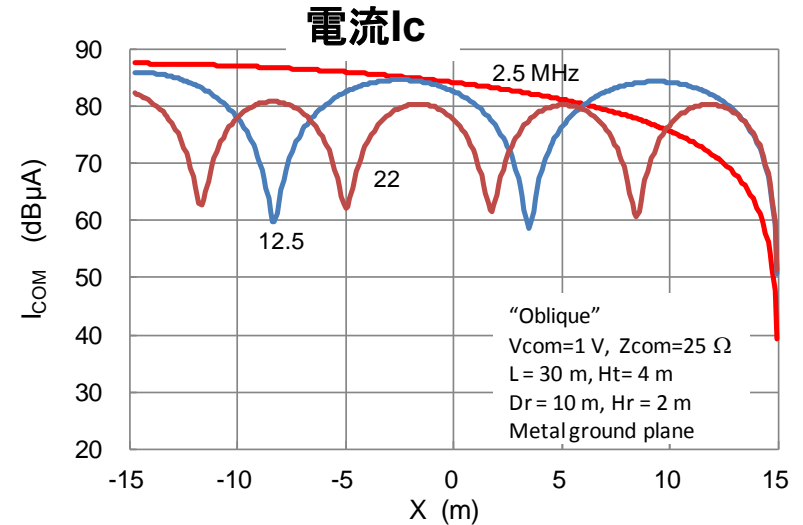
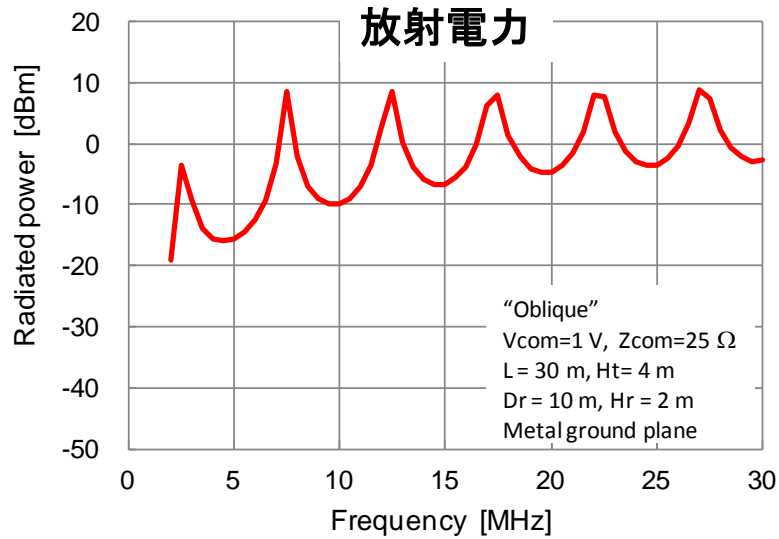
$V_{com}=1\text{ V}$, $Z_{com}=25\ \Omega$

$L = 30\text{ m}$, $H_t = 4\text{ m}$

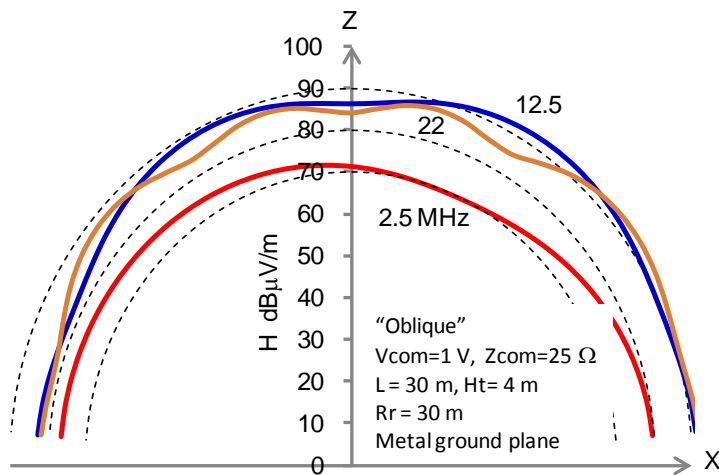
$D_r = 10\text{m}$, $H_r = 2\text{ m}$

Metal ground plane

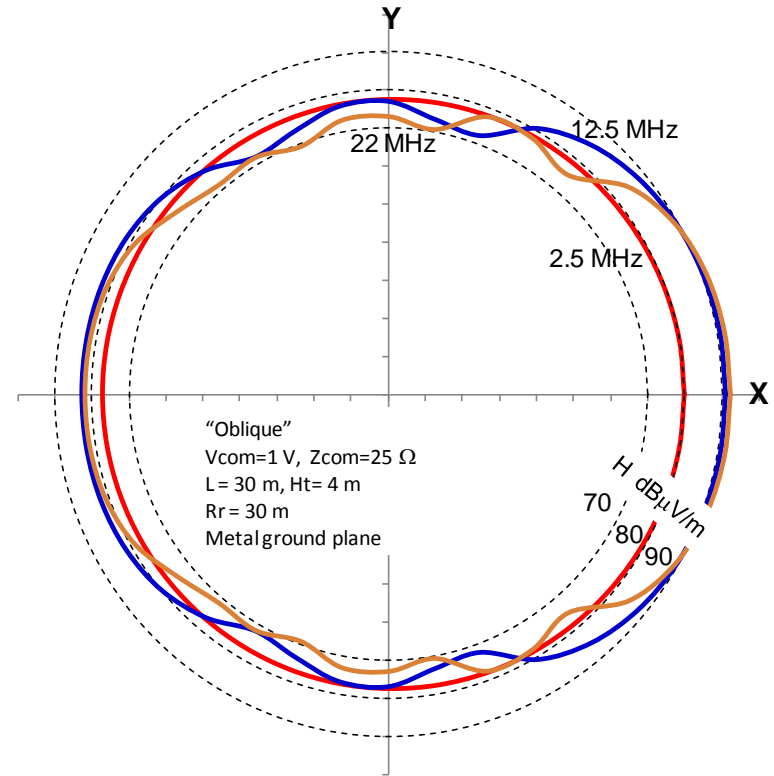
30m 傾斜線 (Metal ground) 1



30m 傾斜線(Metal ground) 2



θ方向のパターン (Rr=30m)



φ方向のパターン (Rr=30m)

30m 傾斜線 (Wet ground)

単線モデル

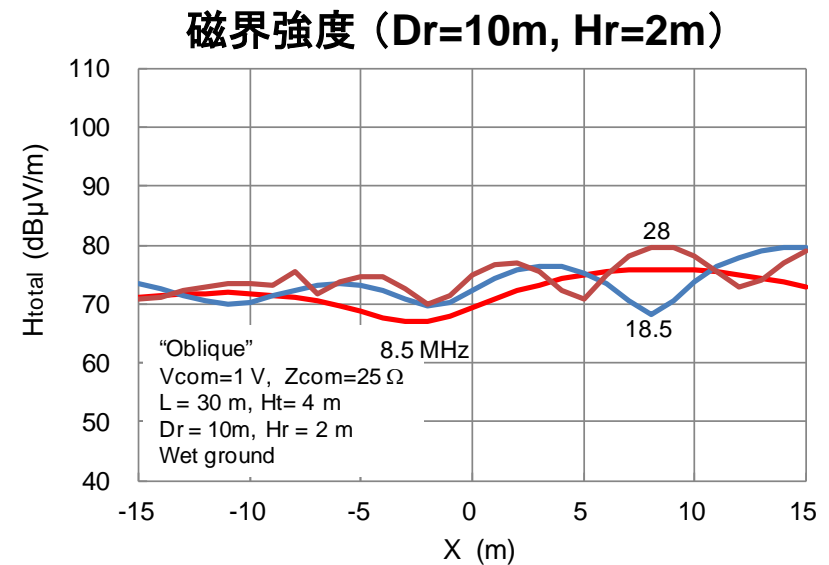
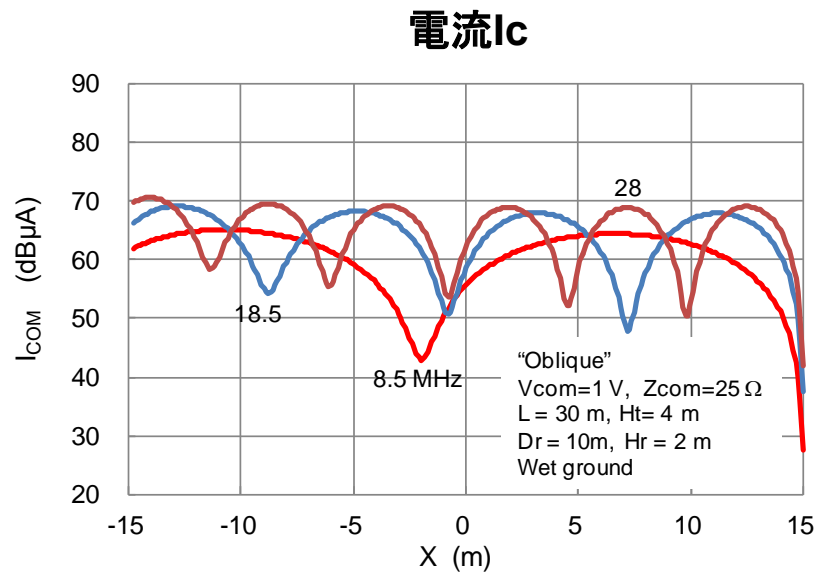
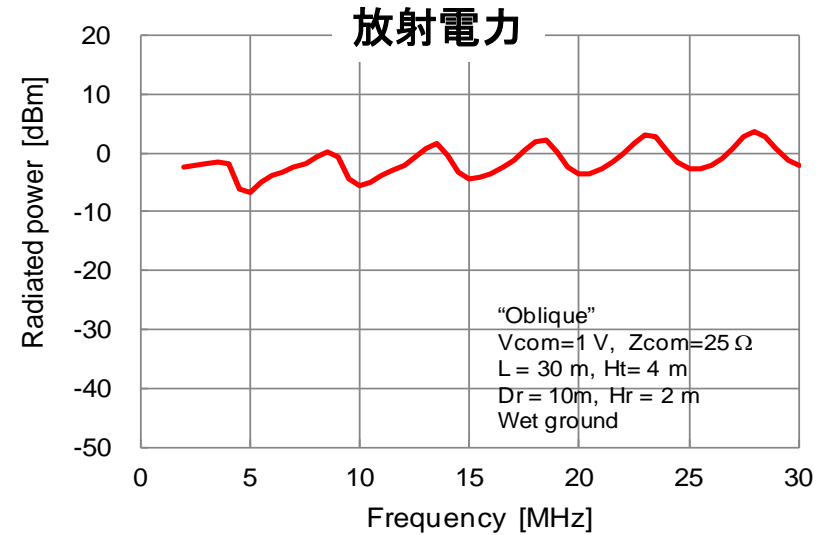
“Oblique”

$V_{com}=1\text{ V}$, $Z_{com}=25\ \Omega$

$L = 30\text{ m}$, $H_t = 4\text{ m}$

$D_r = 10\text{ m}$, $H_r = 2\text{ m}$

Wet ground



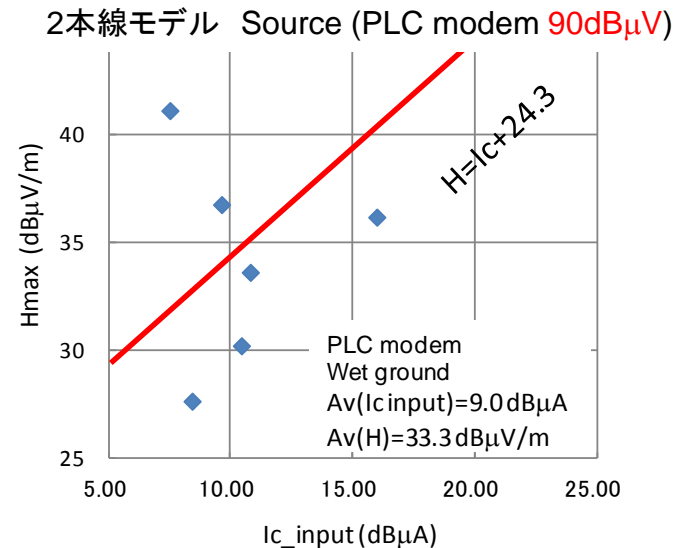
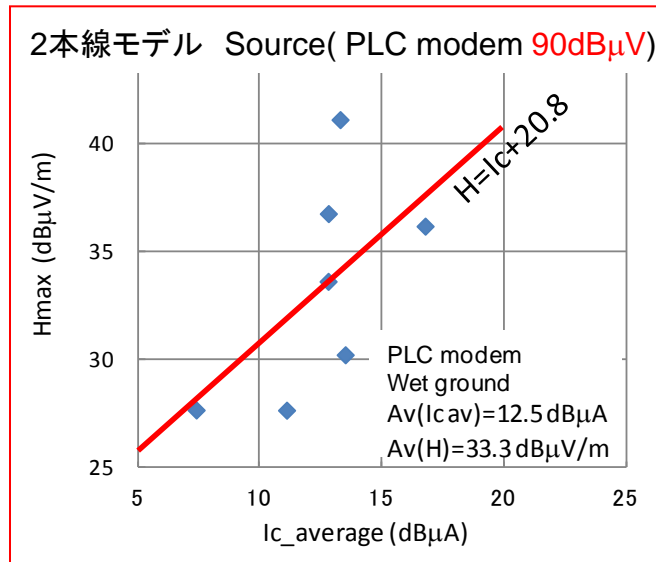
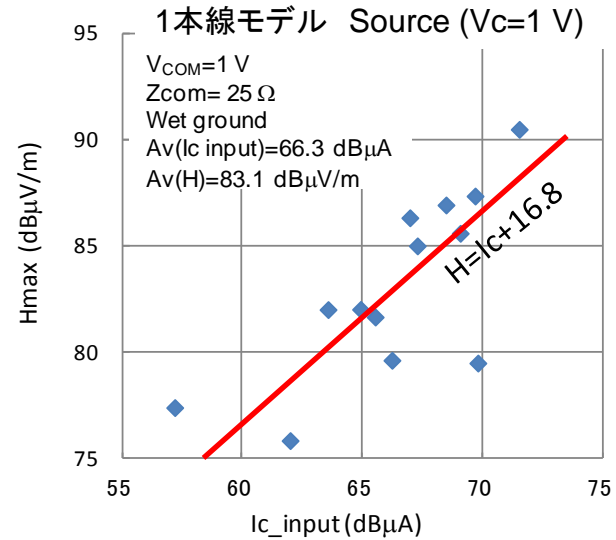
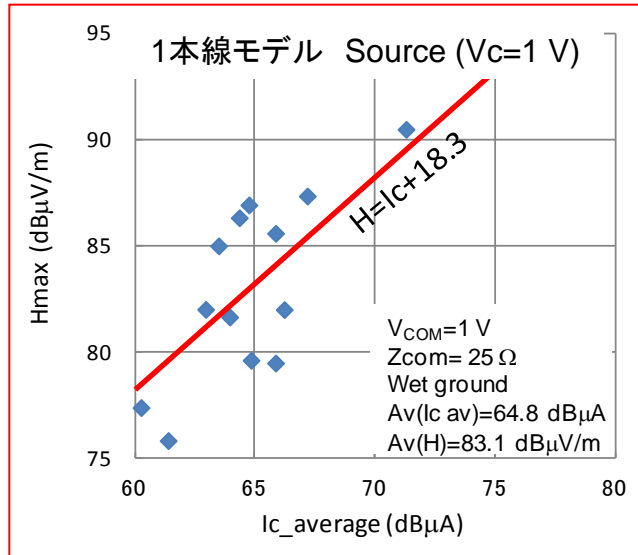
シミュレーション結果のまとめ 1

Vcom=1 V (120dB μ V) Zcom = 25 Ω		Metal Ground Plane		Wet Ground				電流 (dBmA) Metal-Wet	電磁界強度 (dBmV/m) Metal-Wet
		電流 max (dB μ A)	電磁界強度 max (dB μ V/m) Dr=10m, Hr=2m	電流 max (dB μ A)	電磁界強度 max (dB μ V/m) Dr=10m, Hr=2m				
4m-垂直線	f \leq 15 MHz	68.8	88.5	75.7		73.1			
	f $>$ 15 MHz	84.4	99.4	71.5		90.5			
10m-L	f \leq 15 MHz	88.7	100.2	68.2		82.0			
	f $>$ 15 MHz	79.8	95.6	70.2		87.0			
30m-L	f \leq 15 MHz	82.9	97.1	67.4		81.7			
	f $>$ 15 MHz	76.4	93.8	69.4		86.0			
100m-L	f \leq 15 MHz			61.8		77.4			
	f $>$ 15 MHz			67.4		85.0			
30m-斜線	f \leq 15 MHz	87.5	96.4	66.0		75.9			
	f $>$ 15 MHz	85.8	92.2	70.6		79.5			
平均値	f \leq 15 MHz	82.0	95.6	67.8	+7.9 / -6.0	78.0	+4.0 / -4.9	14.2	17.5
	f $>$ 15 MHz	81.6	95.3	69.8	+1.7 / -2.4	85.6	+4.9 / -6.1	11.8	9.7
			f \leq 15 MHz	1 mAの時		70.2			
			f $>$ 15 MHz	1 mAの時		75.8			

H17 高速PLC 研究会 報告書 Icom(max) =1 mA	水平距離 D	10 m
	磁界強度 H	10 mA/m (72dB μ V/m)
	電界強度 E	3.8x10 ³ mV/m (72dB μ V/m)

- (1) 金属大地面に比べて、一般大地(Wet ground)の方が、Icom, 電磁界強度は、共に10dB以上低下
- (2) 線路の様々な配置にもかかわらず、Icom(max)=1 mAによって発生する距離10mにおける電磁界強度は、70~76 dBmV/m程度で、H17年度高速PLC研究会報告書に記載の値とほぼ同じである。

シミュレーション結果のまとめ 2



モデム出力端電流と漏えい電磁界の相関は無し

単線モデルのIc回路インピーダンス

$$Z_{cd} = \frac{Z_4 - Z_5}{2} \left(= \frac{66.3 - 33.7}{2} = 16.3 \right) [$$

$$I_c \approx \frac{E_{PLC}}{Z_{Gdd} + Z_{Ldd}} \frac{Z_{cd}}{Z_{Lcc} + Z_{com}} \approx \frac{31.6 \times 10^3}{100 + 100} \frac{16.3}{25 + Z_{ant}} \approx 20 \text{ dB}(\mu\text{A})$$

Wet Ground上のAntenna Impedance (大地を含む)					
	MHz	Real(Zant)	-Zcom	Imag(Zant)	ABS(Zant)
10L(wet)	8.5	731.1	706.1	-23.8	706.5
	18.5	395.1	370.1	-122.8	389.9
	29.0	319.3	294.3	-143.0	327.2
30L(wet)	12.0	511.2	486.2	-243.8	543.9
	21.0	494.8	469.8	-77.9	476.2
	29.5	323.9	298.9	-176.4	347.1
100L(wet)	5.5	1486.3	1461.3	-14.4	1461.4
	15.5	582.2	557.2	-195.4	590.5
	25.5	385.0	360.0	-230.0	427.2
30V(wet)	8.5	770.0	745.0	-345.1	821.0
	18.5	524.6	499.6	-141.6	519.2
	28.0	316.1	291.1	-147.0	326.1
4m垂直線	6.0	763.2	738.2	-1494.1	1666.5
	10.0	421.2	396.2	-1015.9	1090.4
	14.0	274.5	249.5	-695.0	738.4
	18.0	215.7	190.7	-451.7	490.3
	22.0	209.2	184.2	-237.2	300.3
	26.0	265.4	240.4	-8.1	240.5
	30.0	497.0	472.0	287.6	552.7

Zant=200 ohmの場合

高速電力線搬送通信に関する研究会 1

報告書 2005.12

電力線を流れるコモンモード
電流によって発生する電磁界
の距離減衰特性を計算

電流最大値は
1 mA (60 dB μ A)に固定

大地: wet ground

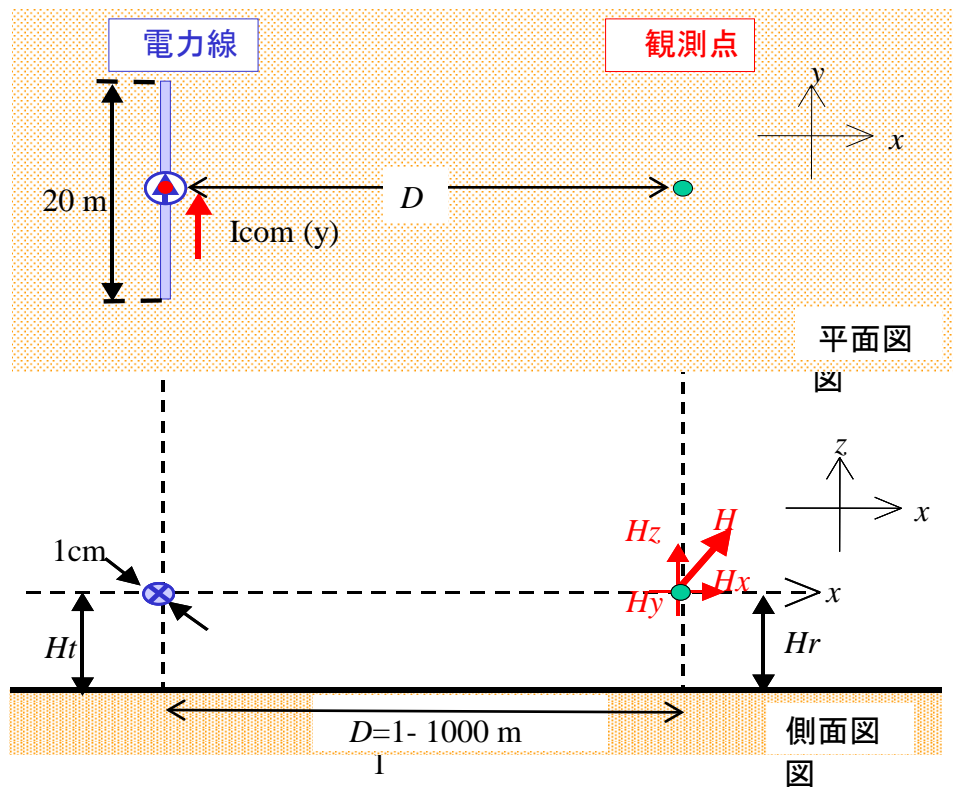


図5-10
水平設置の電力線モデルと観測点

高速電力線搬送通信に関する研究会 2

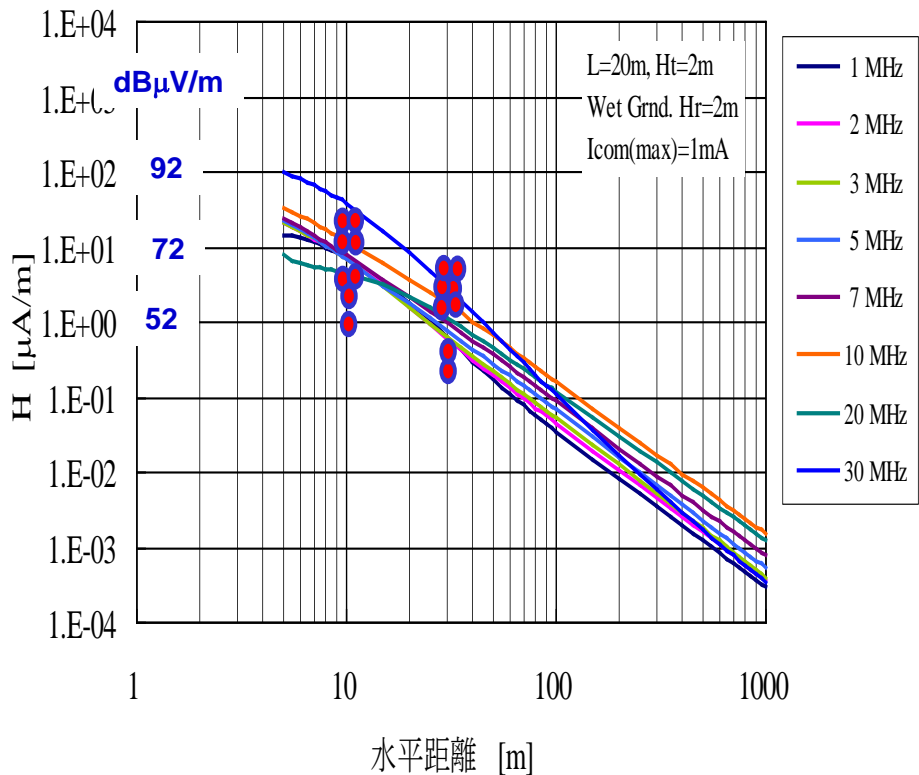


図5-11

水平線路の電流(1mA max)によって生じる磁界の距離特性
(Wet ground, $H_t=2\text{m}$, $H_r=2\text{m}$)

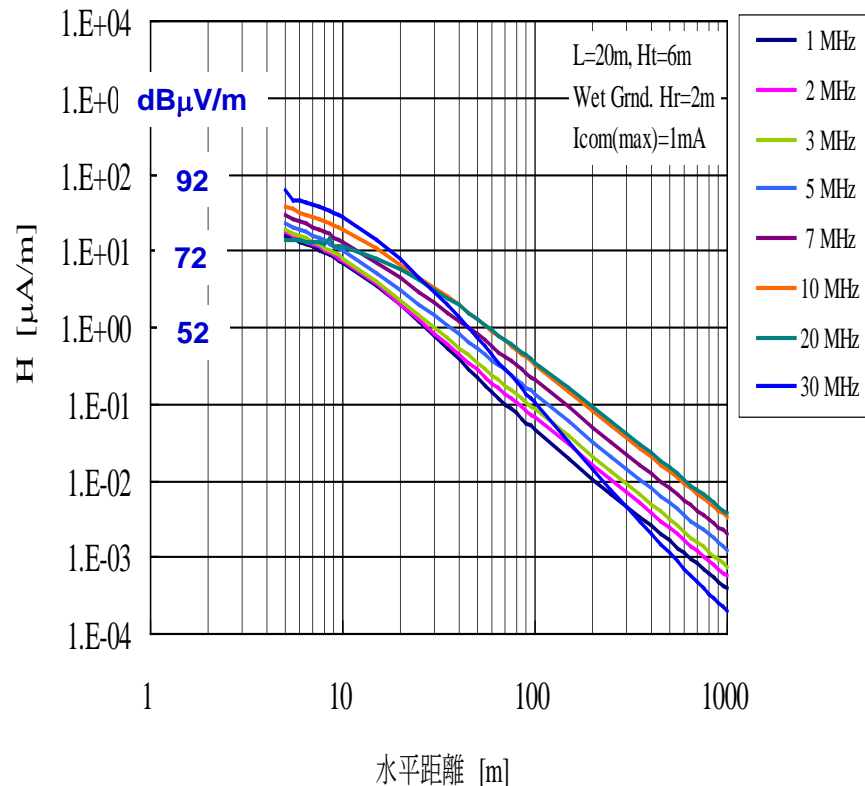


図5-13

水平線路の電流(1mA max)によって生じる磁界の距離特性
(Wet ground, $H_t=6\text{m}$, $H_r=2\text{m}$)

高速電力線搬送通信に関する研究会 3

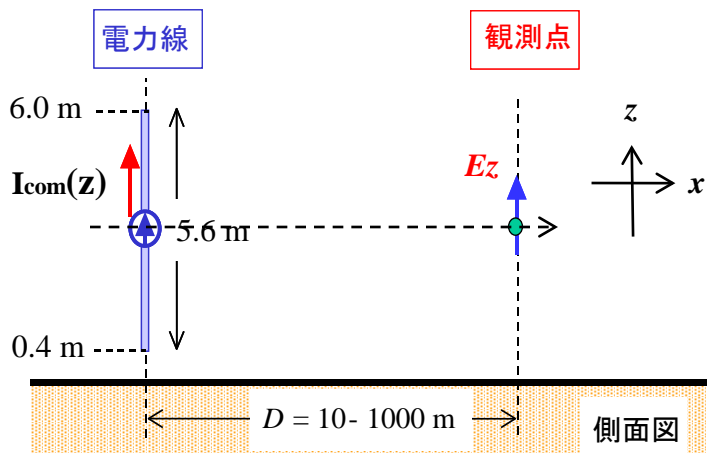


図5-15
垂直設置の電力線モデルと観測点

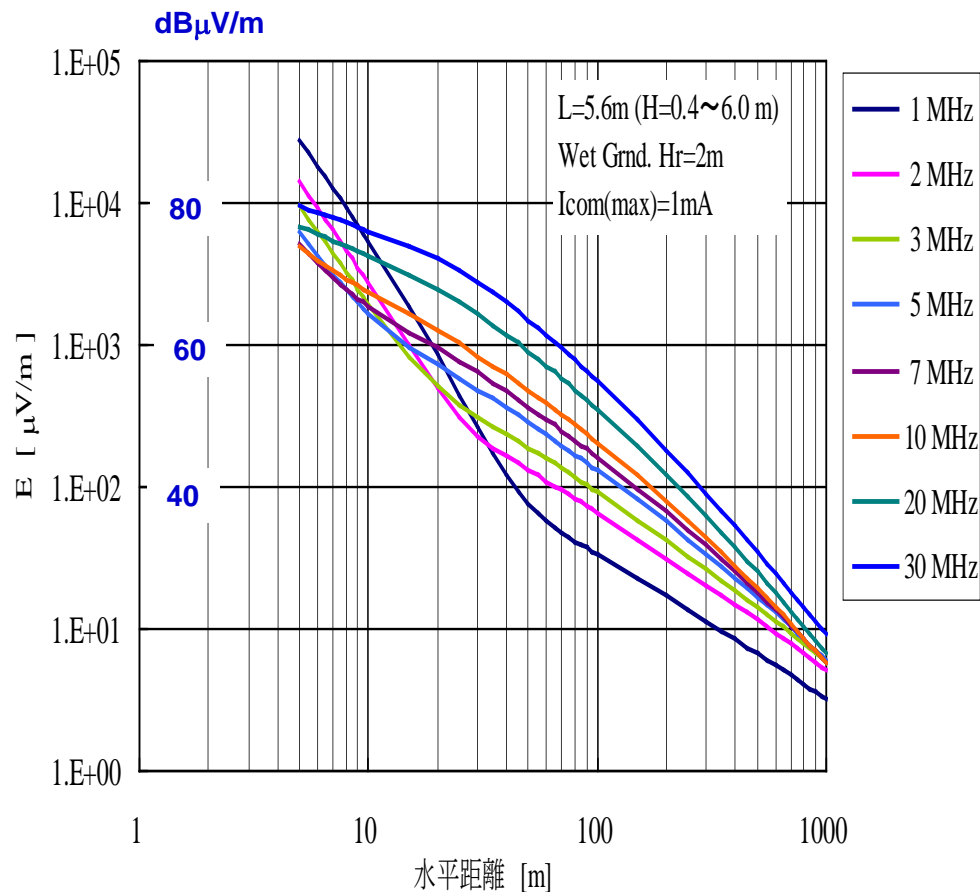


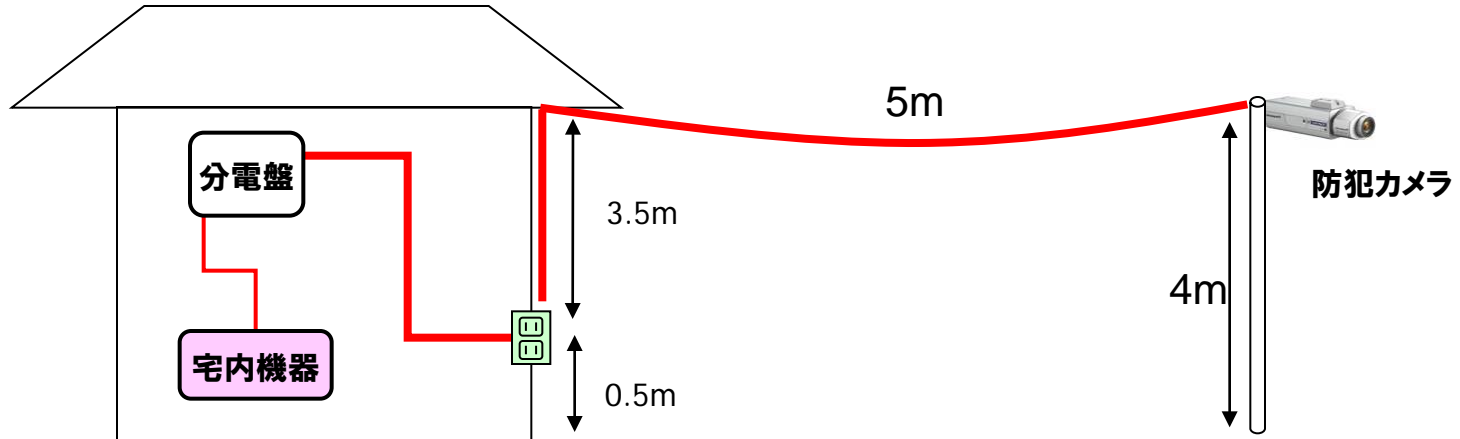
図5-16
垂直線路の電流(1mA max)によって生じる電界の距離特性
(Wet ground)

高速PLCの屋外での許容値案および測定法案

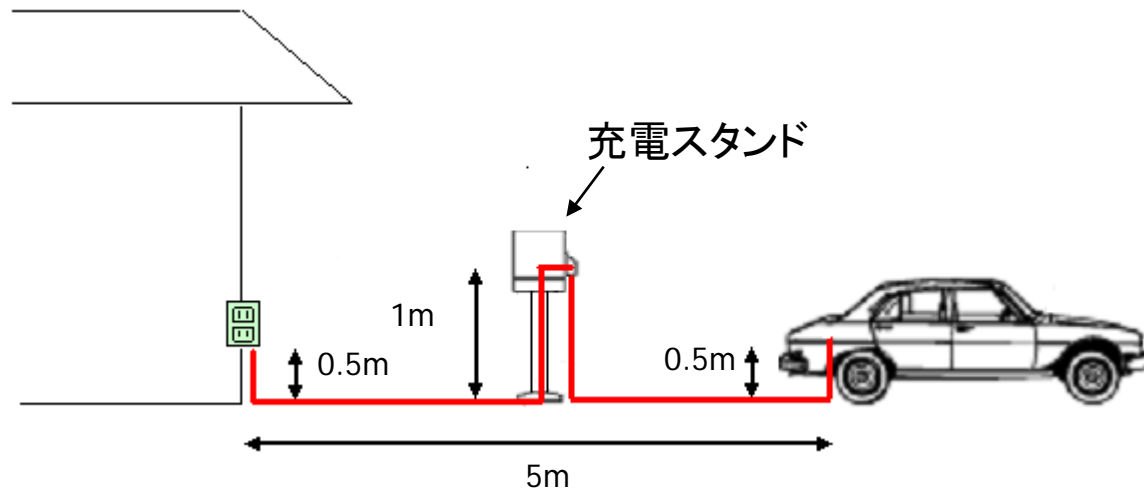
2011年9月20日
高速電力線通信推進協議会

- ・屋外PLCに対する許容値を2005年に策定し、6年間の運用実績を持つFCC part15のIn-Homeに関する規定を参照する。
- ・海外展開および貿易障壁回避のためにもモデムについては日米で使用できるものとする。
- ・FCC part15のIn-Homeに関する規定に加え、他の無線機器との干渉が生じる帯域(アマチュア無線帯域)については、ノッチを挿入し、漏洩電界を環境雑音程度以下に抑える。
- ・対象は宅内電力線に接続される屋外電力線に限る。同一敷地外への電力線(架空配電線等)は含まない。

1. カメラ

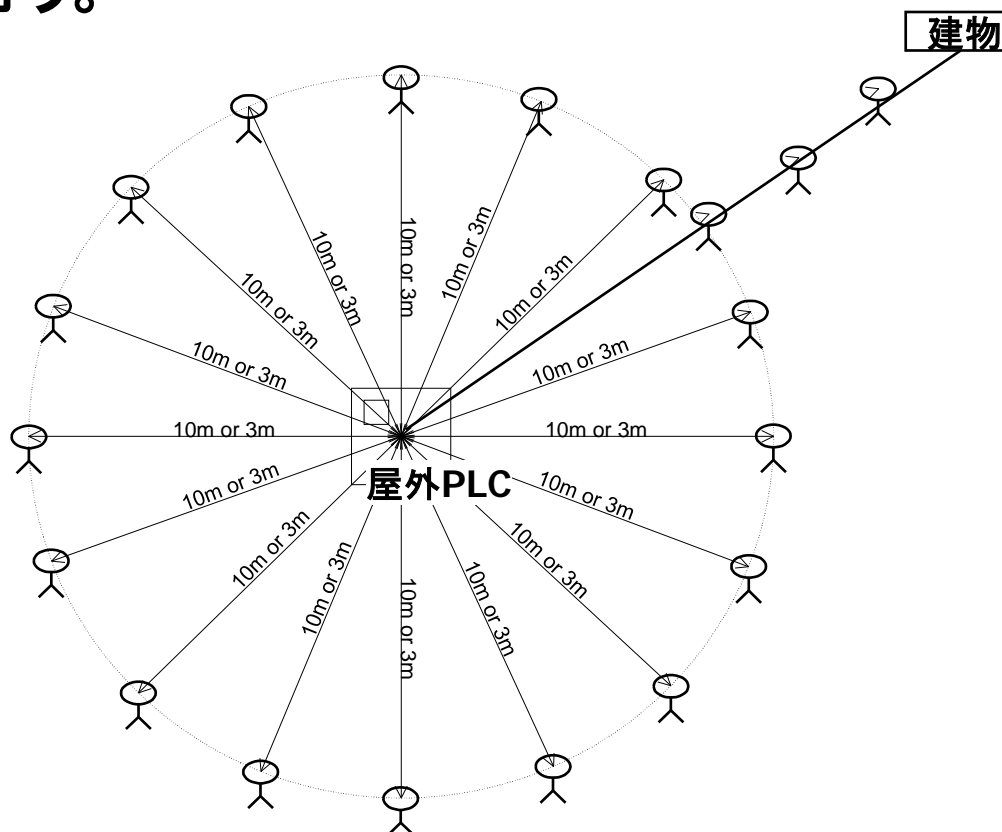


2. EV



	許容値案
漏洩電界	30uV/m@30m(FCC part15.209に準拠) -> 29.5dBuV/m@30m 48.6dBuV/m@10m (FCC part15.31に従い漏洩電界は距離の2乗に反比例)
ノッチ	アマチュア無線帯域には30dB以上のノッチを挿入する

- 前述の標準的な屋外配線形態で屋外PLC機器周辺の電界を測定
- 屋外PLC機器の周囲8～16方位にて、屋外PLC機器から3mまたは10mの距離で測定。
- また、屋外PLC機器が接続されている屋外配線に沿って3箇所以上で測定を行う。



屋外利用高速電力線搬送通信 (PLC) 機器の試験法および許容値 (案)

(株) 電磁環境試験所認定センター

長部邦広

適用範囲

屋外で利用する指定された PLC 装置および PLC 装置を内蔵する機器に適用する。尚、PLC 装置を内蔵する機器については、宅内電力線に接続して使用するもので、低圧電力線配電網には接続しないものとする。

許容値

宅内低圧電力線に接続する屋外利用 PLC 機器の電力線搬送通信端子に現れる伝導妨害波電流を次項に記述される試験法に従って平均値測定用受信機および準尖頭値測定用受信機により測定し、表 1 の許容値を満たすこと。

ただし、準尖頭値測定用受信機を使用した測定値が平均値許容値を満たす場合、供試装置 (EUT) は両方の許容値を満たしていると思われ、平均値測定用受信機による測定を必要としない。

表 1 屋外利用 PLC 機器の周波数範囲 2 MHz～30 MHz における電力線搬送通信端子の伝導コモンモード (非対称モード) 妨害波許容値 (通信状態)

周波数範囲 (MHz)	電流許容値 dB(μA)	
	準尖頭値	平均値
2 ～ 15	30	20
15 ～ 30	20	10

注：周波数の境界では低い方の許容値を適用する。

許容値の提案理由：

低圧電力線配電網に接続される屋内利用 PLC 機器に適用している電流許容値を基にしている。この許容値の妥当性は、シミュレーションおよび実測等により判断する必要がある。

試験法

屋外利用 PLC 機器の接続点から見た宅内電力線網のコモンモードインピーダンスおよび不平衡減衰量を模擬する擬似通信回路網により伝導妨害波電流を測定する。

試験法の提案理由：

電気・電子機器の筐体および電源接続端子から伝導または放射される 30 MHz 以下の妨害波については、擬似電源回路網 (AMN) による伝導妨害波端子電圧を測定する試験法が一般的な方法として採用されて

いる。

しかしながら、屋外で使用する PLC 機器の電源接続端子には伝送信号が存在するため、伝送信号が宅内電力線網の不均衡により変換されて発生するコモンモード妨害波を測定する必要がある。したがって、従来の通信回線網の試験法と同様に擬似回路網（ISN）による試験法が適切である。

この通信回線網に接続される通信端子から発生する妨害波の試験法は、各国合意の基に CISPR 規格によって規定されている。国内では、IT 機器の妨害波自主規制運用を行っている VCCI において、昨年 4 月からこの試験法に基づく通信端子の妨害波規制が始まっている。尚、屋内で利用される PLC 装置から発生する妨害波試験法としても既に規定されている。

屋外利用 PLC 機器の試験に使用する擬似回路網（ISN）の特性

屋外利用 PLC 機器の伝導妨害波測定に使用する擬似回路網は、以下のように、屋内で利用される PLC 機器の試験に用いる擬似回路網（ISN1）と同じ特性とする。

- ・ コモンモードインピーダンス $25\ \Omega \pm 3\ \Omega$ 、位相角 $0^\circ \pm 20^\circ$
- ・ ディファレンシャルモードインピーダンス $100\ \Omega \pm 10\ \Omega$ 、位相角 $0^\circ \pm 25^\circ$
- ・ 不平衡減衰量 $16\ \text{dB} \pm 3\ \text{dB}$

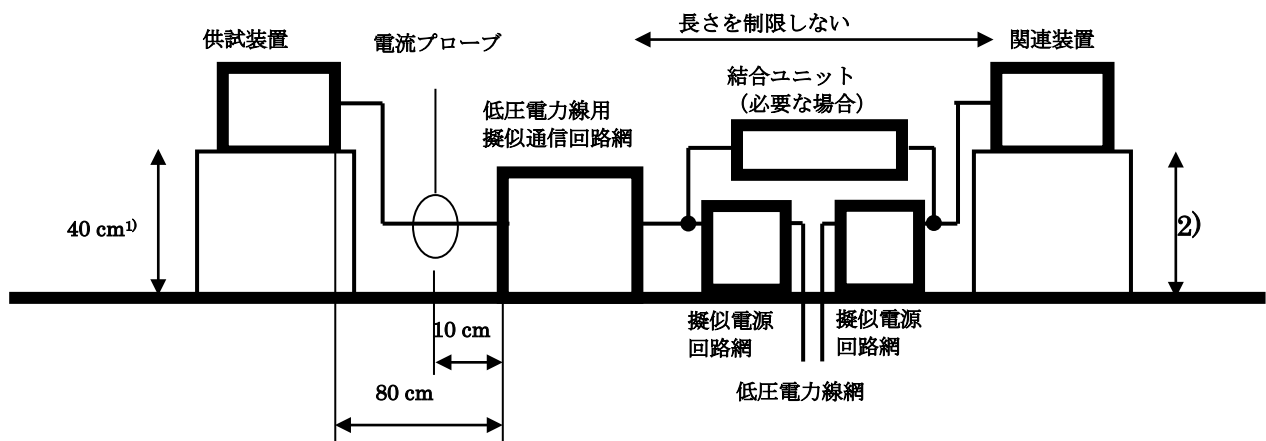
この特性の提案理由：屋外利用 PLC 機器は、ディファレンシャルモードの信号を発生するものであるため、これによるコモンモード成分は、主として、これを接続する宅内電力線網の不均衡によって生じる。このため、この機器の試験に用いる擬似回路網の特性は、宅内電力線の特性を模擬するものでなければならない。したがって、既に宅内 PLC 装置の試験に使用する擬似回路網の特性として規定されている値を採用することが妥当である。

試験配置

屋外で利用する指定された PLC 装置および PLC 装置を内蔵する機器は、基準金属面に対して 40 cm の位置に配置すること。ただし、PLC 装置を内蔵する機器が床置型機器として設置される場合は、基準金属面上に絶縁した状態で 15 cm 以下の絶縁材で金属面との接触を分離して配置すること。

ケーブルは大地面から絶縁すること（15 cm 以下の高さで）。機器の接地が指定されている場合は、大地面にボンディングすること。

試験配置の例としては、CENELEC 規格として投票段階にある以下の図を提案する。



- 1) 垂直または水平基準金属面までの距離
- 2) 基準金属面までの距離は厳密でなくてよい。

この試験配置の提案理由

この試験配置は、通信回線網に接続される機器の通信端子から発生する妨害波の CISPR 22 規格に採用されている試験配置を基に、機器設置条件から機器の持つコモンモードインピーダンスによる影響を考慮し EUT 設置条件を明確にした。

屋外PLC許容値の在り方

2011年9月20日

国立天文台 大石雅寿

大阪大学 北川勝浩

考え方

- これまでの議論で分かったこと
 - この屋外PLCは、現行の屋内PLCの文字通り延長線
 - アクセスPLCではない(明文化が必要)
- 現行の屋内PLCと異なる点
 - 屋外なので家屋の遮蔽が効かない
 - スマートグリッド用途なのでMbpsを越える高速性は必要ない
- 許容値をどう決めるか
 - 現行の屋内PLC許容値の現況を精査する
 - そこから家屋の遮蔽分低い値を許容値とする
 - 実環境実験によって、周囲雑音レベルを0.5dBまでしか上げないことを確認する

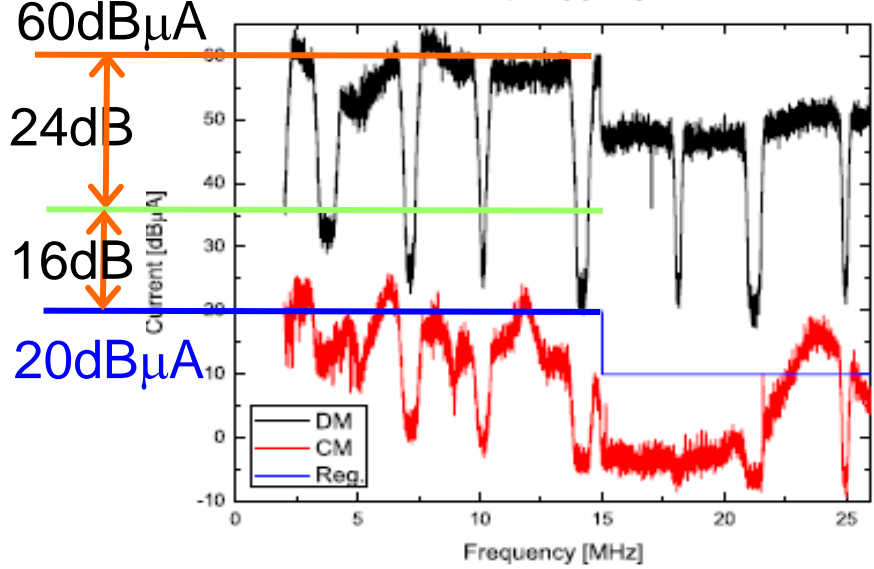
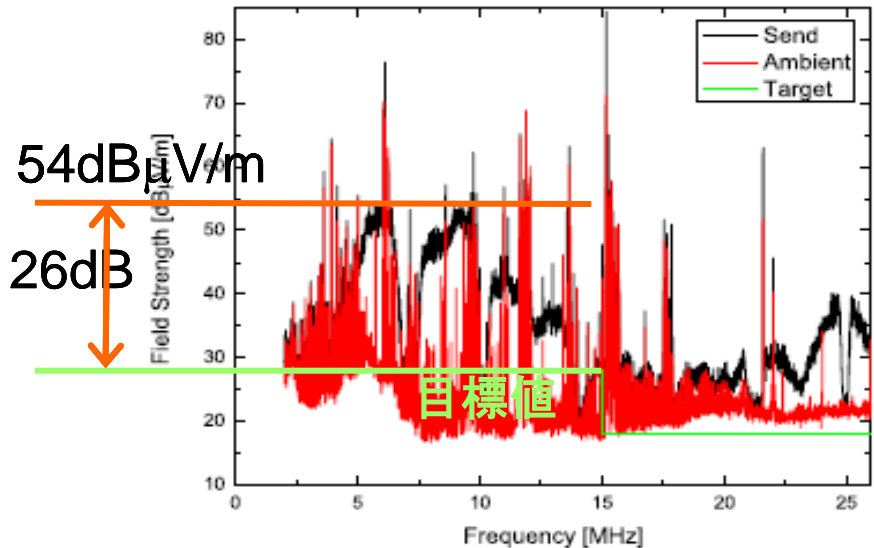
現行の屋内PLC許容値

- 目的: 短波帯無線業務への妨害を防ぐ
- 目標: 離隔距離10mにおける漏洩電磁界を周囲雑音レベル以下に抑える
- 許容値: CM電流
(QP) 30dB μ A (15MHz以下), 20dB μ A (15MHz以上)
(RMS) 20dB μ A (15MHz以下), 10dB μ A (15MHz以上)
- 測定法: LCL=16dB, DMZ=100 Ω , CMZ=25 Ω のISNを用いてCM電流を測定
- 前提: 周囲雑音レベル 28dB μ V/m (15MHz以下), 18dB μ V/m (15MHz以上) を想定
- 前提: ノッチ不要

現行の屋内PLCの実環境評価

- 木造住宅で $54\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ の漏洩電界強度
 - 想定周囲雑音レベル $28\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ を 26dB も超過
 - 保護すべき放送 $40\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ よりも 14dB も高い
 - 実際の周囲雑音レベル ($18\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ 以下) を 36dB も超過
- 実環境でどうしてこういうことが起こるのか?
 - PLCを接続したコンセントでのCM電流は許容値をほぼ満足
 - 屋内配線上にはそれより 20dB 以上大きなCM電流が流れている
 - $\text{DM電流値} = 60\text{dB}\mu\text{A} \gg \text{CM電流許容値} + \text{LCL} = 20 + 16 = 36\text{dB}\mu\text{A}$
 - このDM電流の超過分 (24dB) が、想定外の過大な漏洩電界強度の主因
 - 想定した周囲雑音レベルも 10dB 程度以上高すぎる
 - 合計 34dB 以上モデム出力が大き過ぎる

目標値を大幅に上回る漏えい電界強度



- 漏えい電波の電界強度が目標値を20dB以上越える
 - なぜこんなに漏れるのか?
- DM電流
 - CM電流許容値より40dB大
 - CM電流許容+LCL(=16dB) (DM電流想定値)を24dB超過
- この家が特別漏れ易いか?
 - $LCL \geq 24dB > 16dB$
 - 技術基準の想定内

図1 UPAモデムの漏えい電界強度(上)
DM電流, CM電流(下), 木造2階建て

屋内電力配線上のコモンモード電流

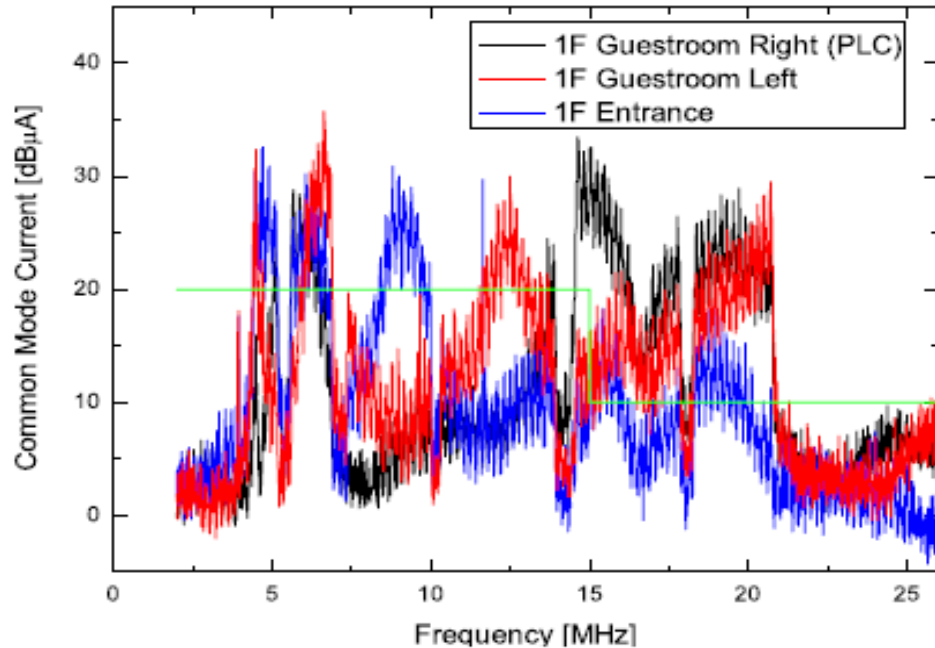


Figure 7. The CMI distributions measured at unused outlets

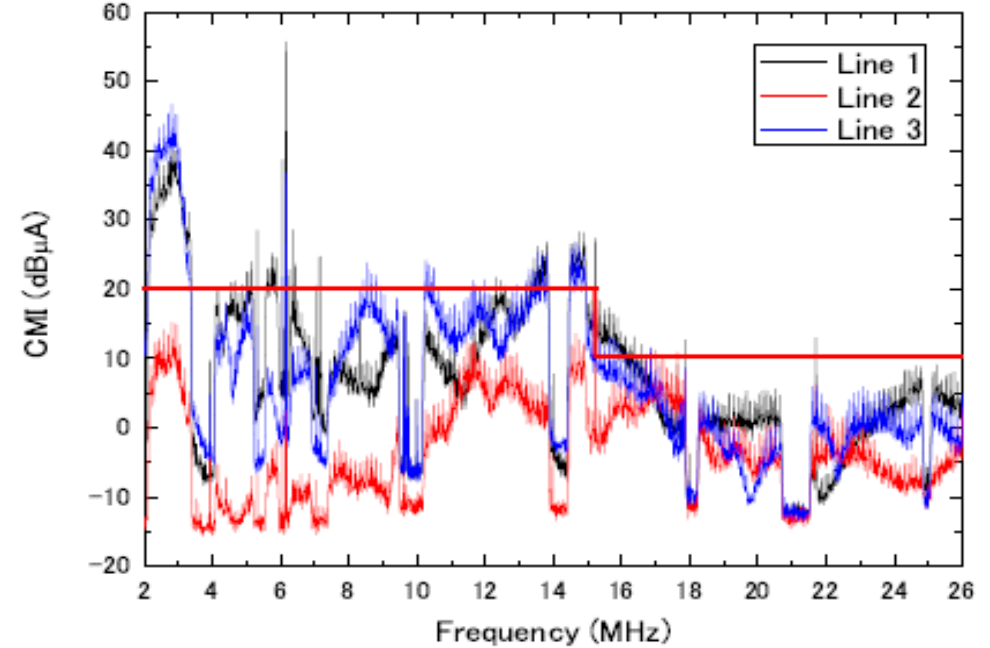


図 11 CMI の直接測定結果. 3つの測定箇所のデータを重ねたもの. 赤くて太い水平線は PLC 技術基準の CMI 許容値 (平均値) を示す.

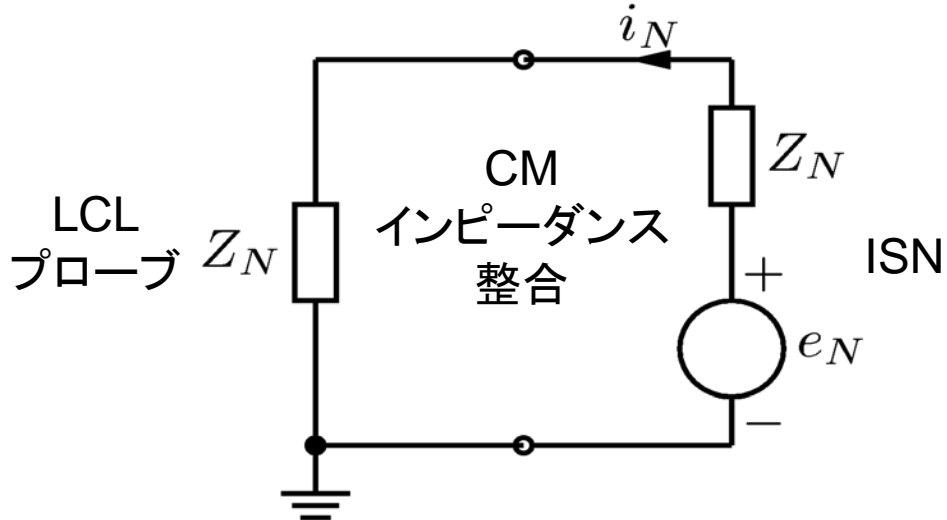
(Kitagawa, Ohishi, EMC Europe 08)

(大石, 北川, 三澤, 土屋, EMCJ2009-40)

PLCモデムを接続しているコンセントで測ったCM電流よりも
20dB以上大きなCM電流が屋内配線上に流れている

コンセントに誘導されるCM電流だけを考えても意味が無い

過大なモデム出力が規制できない測定法



CM等価回路

ISNのLCLを測定している状態

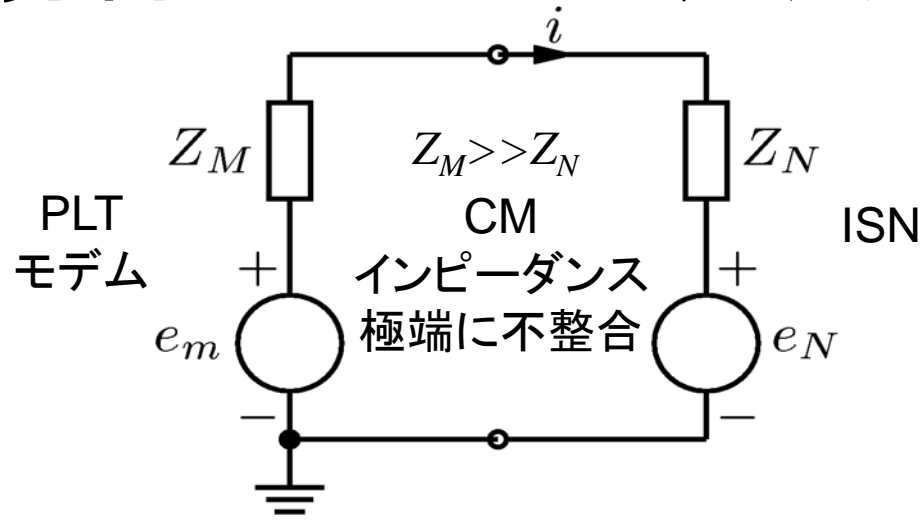
Z_N : ISNのCMインピーダンス=25 Ω
=LCLプローブのCMインピーダンス

$$e_N = 2Z_N i_N = i_{dm} \frac{2Z_N}{k}$$

モード変換によって生じるCM電流が

$$i_N = \frac{i_{dm}}{k} \quad k: \text{ISNのLCL (真値)}$$

となるようにISNは i_{dm} から e_N を発生する



CM等価回路

PLCモデムをISNに接続してCM電流を測っている状態

Z_M : PLCモデムのCMインピーダンス

理想的なPLCモデム ($e_m = 0$) について

$$\frac{|i|}{|i_N|} = \frac{2}{\left|1 + \frac{Z_M}{Z_N}\right|} \approx \frac{2Z_N}{|Z_M|} \ll 1$$

i を測っても i_N は下記のとおり過小評価される

17dB ($Z_M = 350\Omega$ の場合)

18dB ($Z_M = 400\Omega$ の場合)

20dB ($Z_M = 500\Omega$ の場合)

屋内PLCの出力(PSD)

- 現行の屋内PLCモデム出力~ -55dBm/Hz
- これで、技術基準が目標とした周困雑音レベルを大幅に超過
- その原因は、ISNによる測定法の穴
→ PSDで直接規制すればこの穴は防げる
- 木造住宅で離隔距離10mの漏洩電界強度
E(Bw=10kHz)とPSDの関係は概ね
 $E[\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}] = \text{PSD}[\text{dBm}/\text{Hz}] + 109$
(PSD=-55[dBm/Hz]でE=54[dBμV/m]の実測値より)
- Eを決めれば、PSDが決まる。

屋内PLCの漏洩電界許容値

- 技術基準は周囲雑音レベルを3dBまで上げることが許容←→勧告ITU-R SM.1879は0.5dBまで
- それ以前に、技術基準が想定した周囲雑音レベルはそもそも高過ぎる→短波放送受信困難
- 周囲雑音レベルは勧告ITU-R P.372のRuralを参照
10dB μ V/m@2MHz, 0dB μ V/m@30MHz (Bw=10kHz)
- 周囲雑音レベルを0.5dBしか上昇させないとは：
周囲雑音(X)とPLC漏洩(Y)は独立なので電力の加算
 $10\text{Log}[(X+Y)/X]=0.5\text{dB}$
 $Y/X=0.122$, $10\text{Log}(Y/X)=-9.13\text{dB}$
- $E=1\text{dB}\mu\text{V/m}@2\text{MHz}$, $-9\text{dB}\mu\text{V/m}@30\text{MHz}$

屋内/屋外PLCのPSD許容値

- 屋内PLCのPSD許容値
-108[dBm/Hz]@2MHz, -118[dBm/Hz]@30MHz
- 家屋による遮蔽
 - 木造 17dB (2-10MHz), 10dB(10-30MHz)
 - 鉄筋 27dB (2-30MHz)
- 屋外PLCのPSD許容値 = 屋内PLCのPSD許容値
-家屋による遮蔽
-125[dBm/Hz]@2MHz, -135[dBm/Hz]@30MHz
- 以上、住宅環境で離隔距離10mの場合の許容値
(放送受信、アマチュア業務に適用)
- 他業務については個別検討が必要

PLCモデムの電力(PSD)測定法

2012年1月13日

第6回PLC作業班資料

国立天文台

PLCモデム単体でのPSD測定法

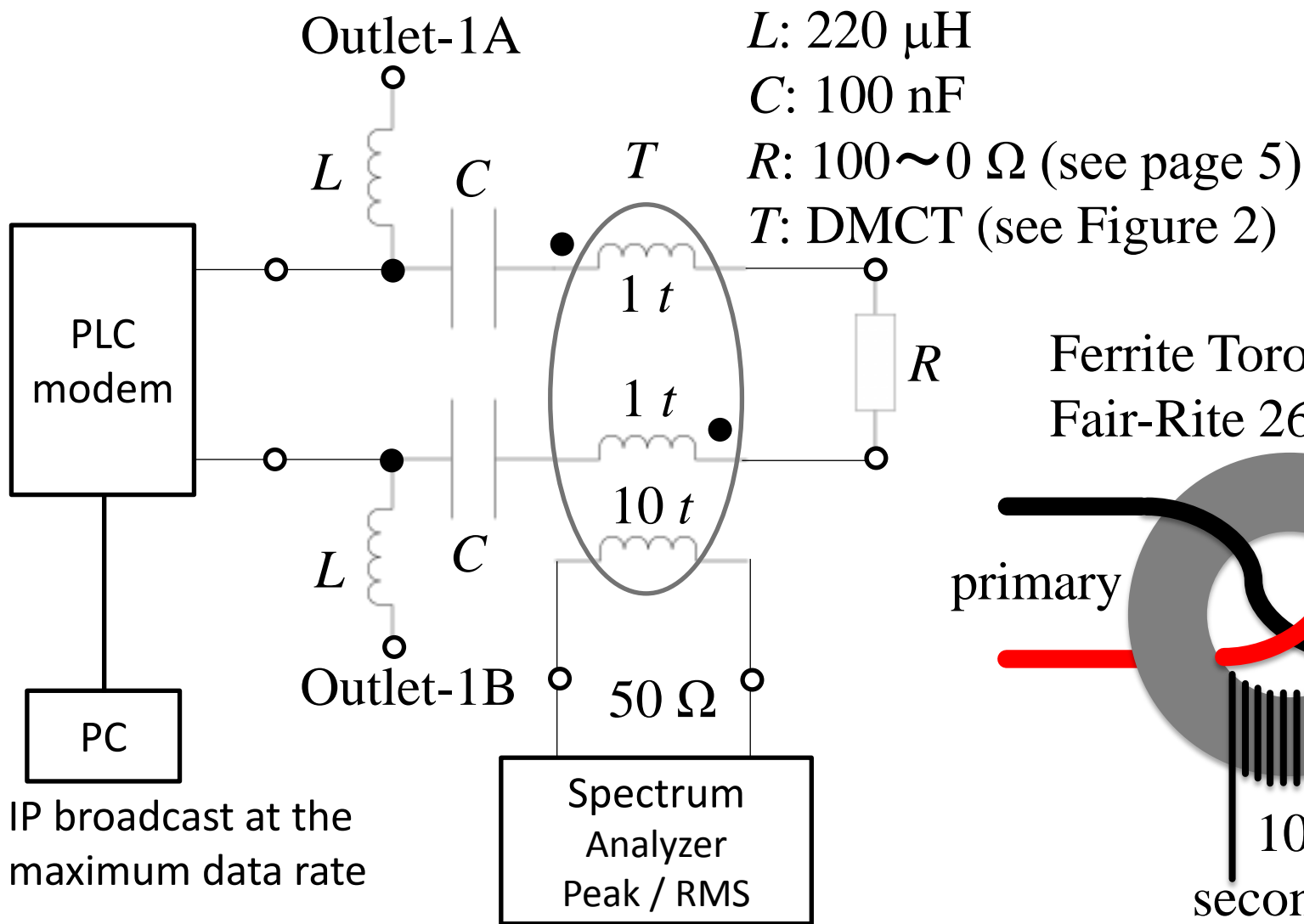


Figure 1: PSD measurement method for single PLC modem

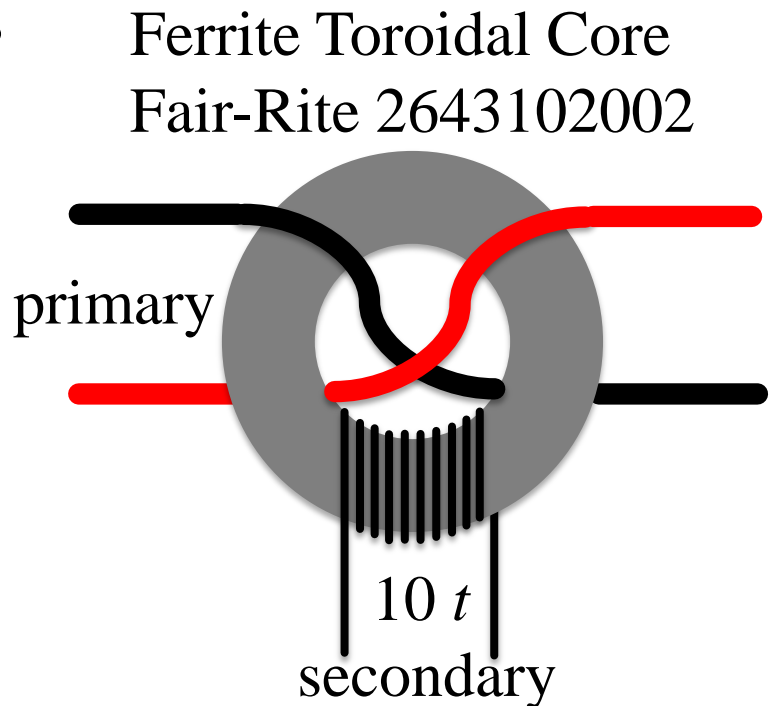


Figure 2: Differential-Mode Current Transformer

PLCモデム2つ対向でのPSD測定法

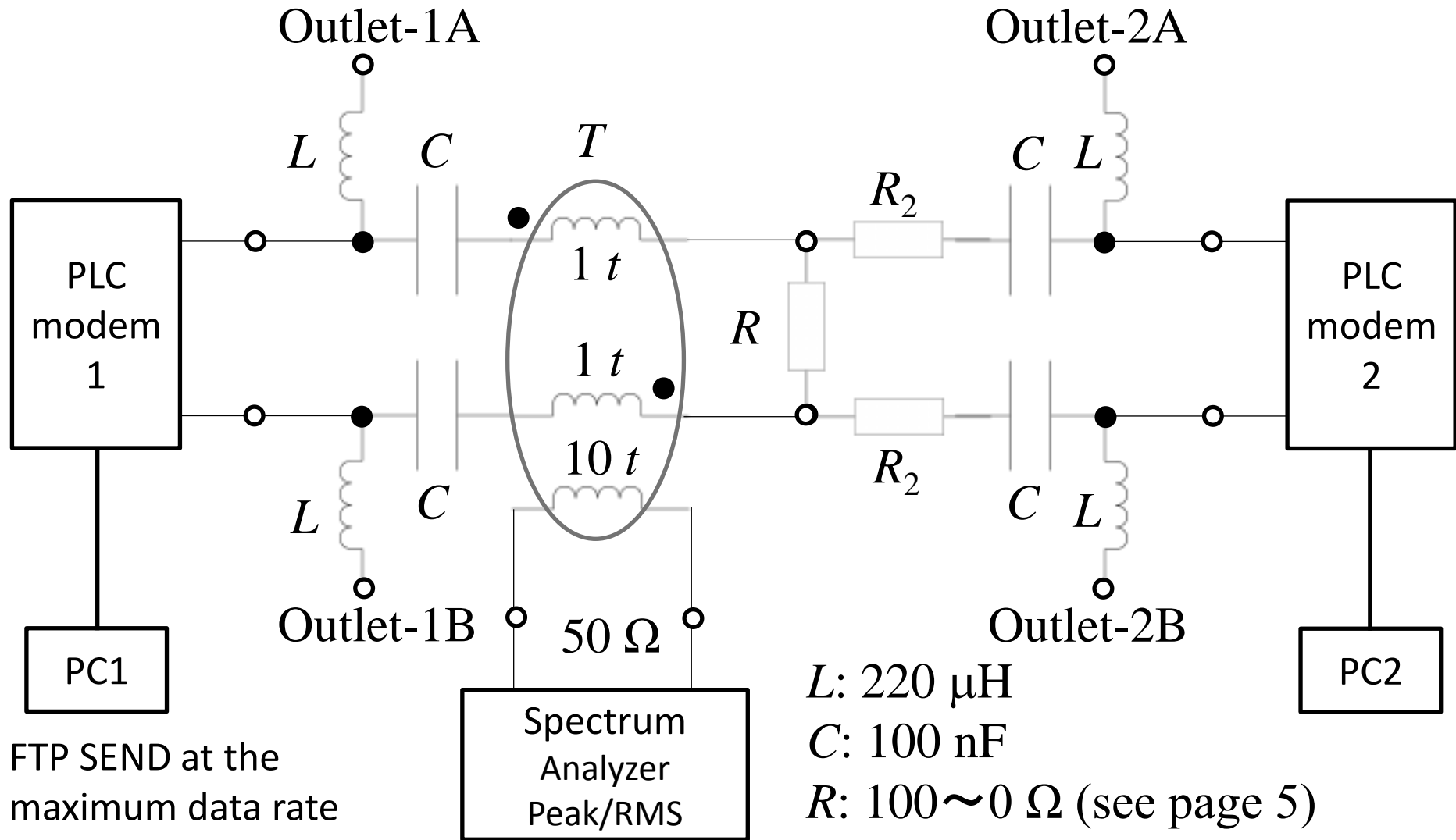
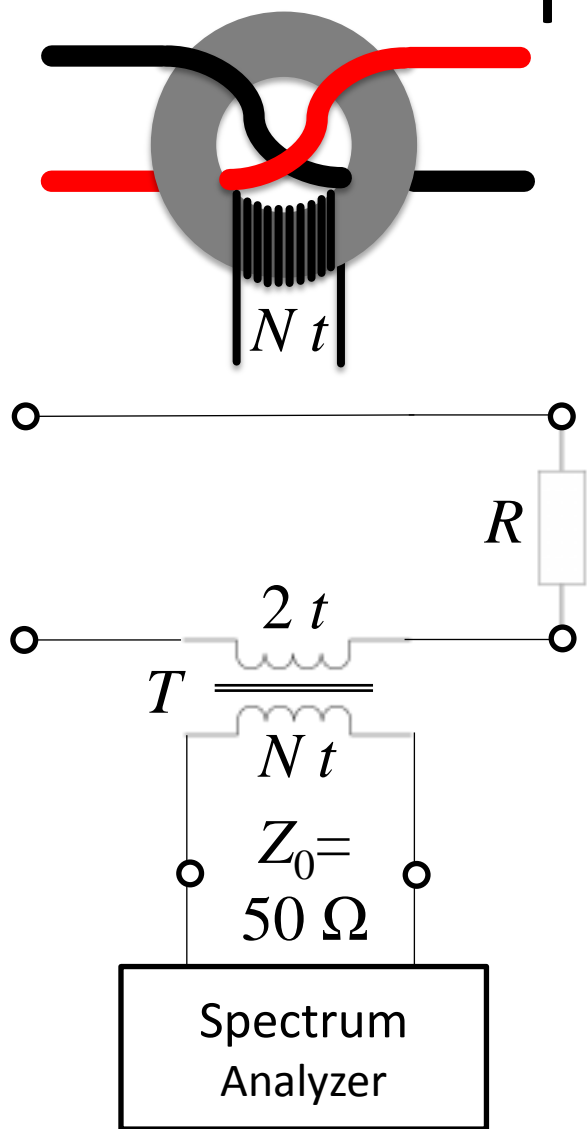


Figure 3: PSD measurement method using two PLC modems

差動モード電流トランス(DMCT)による PSD測定法の原理



Primary

Effective Load Impedance

$$R_e = R + r, \quad r = (2/N)^2 Z_0$$

Power $P = i^2 R_e$

Secondary

Current $i_m = i/N^2$

Power $P_m = i_m^2 Z_0$

Ratio $k = P/P_m = 1 + N^2 R/4Z_0$

$P[\text{dBm}] = P_m[\text{dBm}] + 10 \log_{10} k$

$$N=10, Z_0=50$$

$$R_e = R + 2$$

$$k = 1 + R/2$$

Figure 4: PSD Measurement by Differential-Mode Current Transformer

PSDの負荷インピーダンス依存性

5

PLC modem DM: Open Voltage E , Source Impedance R_s (unknown)

DM Load Impedance: R_e

Power: $P = R_e E^2 / (R_s + R_e)^2 = (E^2 / 4R_s) (2 / (x^{1/2} + 1/x^{1/2}))^2$, $x = R_e / R_s$

Maximum Power: $P_{\max} = E^2 / 4R_s$ ($x=1$)

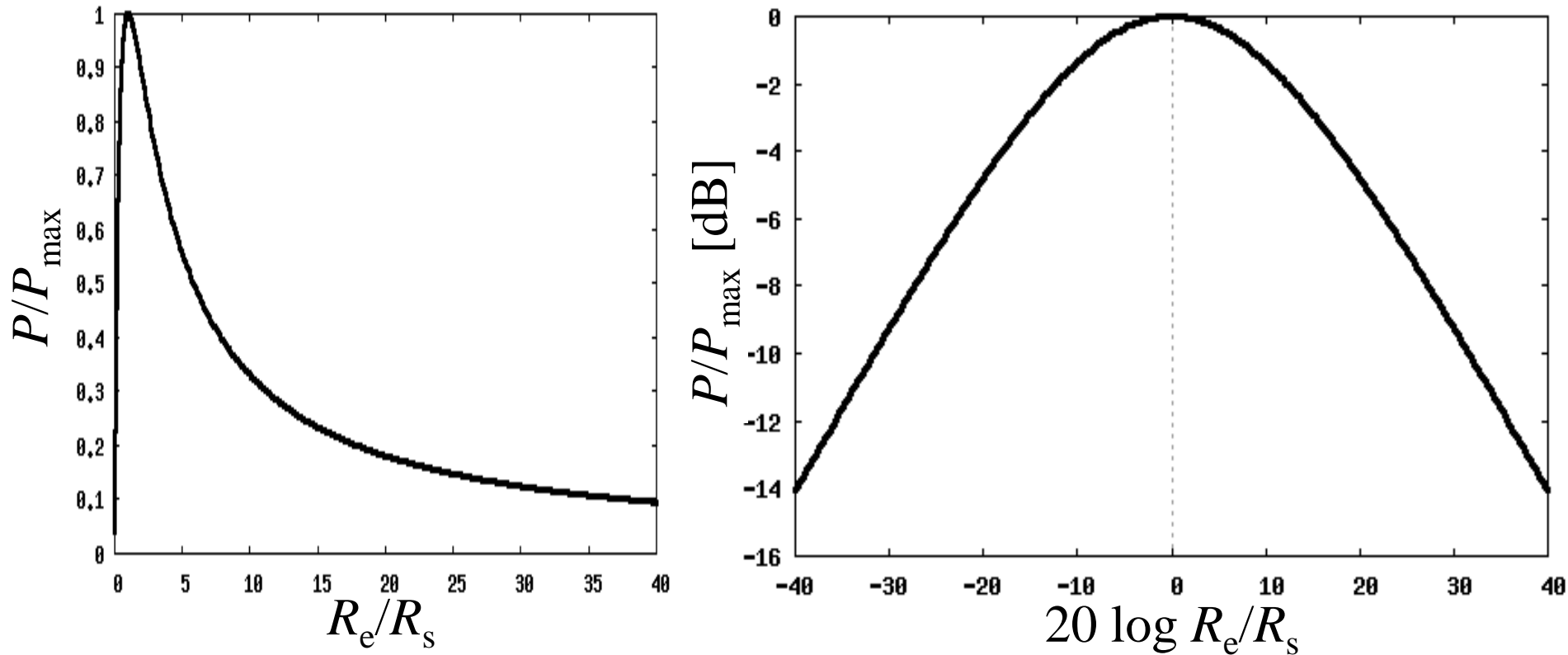


Figure 5: PSD dependence on load impedance

R_s as low as 1 Ω is reported.

$R_e = R + 2$, $R = 0, 1.0, 2.2, 4.7, 10, 22, 47, 100$ (E3 series, minimum req.)

コモンモード電流による規制を 提案する理由

高速電力線搬送通信設備作業班 事務局

屋外PLCの漏えい電磁界を知るには、何を知ればいいのか

電力線路に高周波信号電流が流れると、電磁界が発生する。

線路を流れる電流が分かると、電磁界は数学演算を行うことで求めることができる。

すなわち、**電流と電磁界とは直接対応**していると言える。

参考

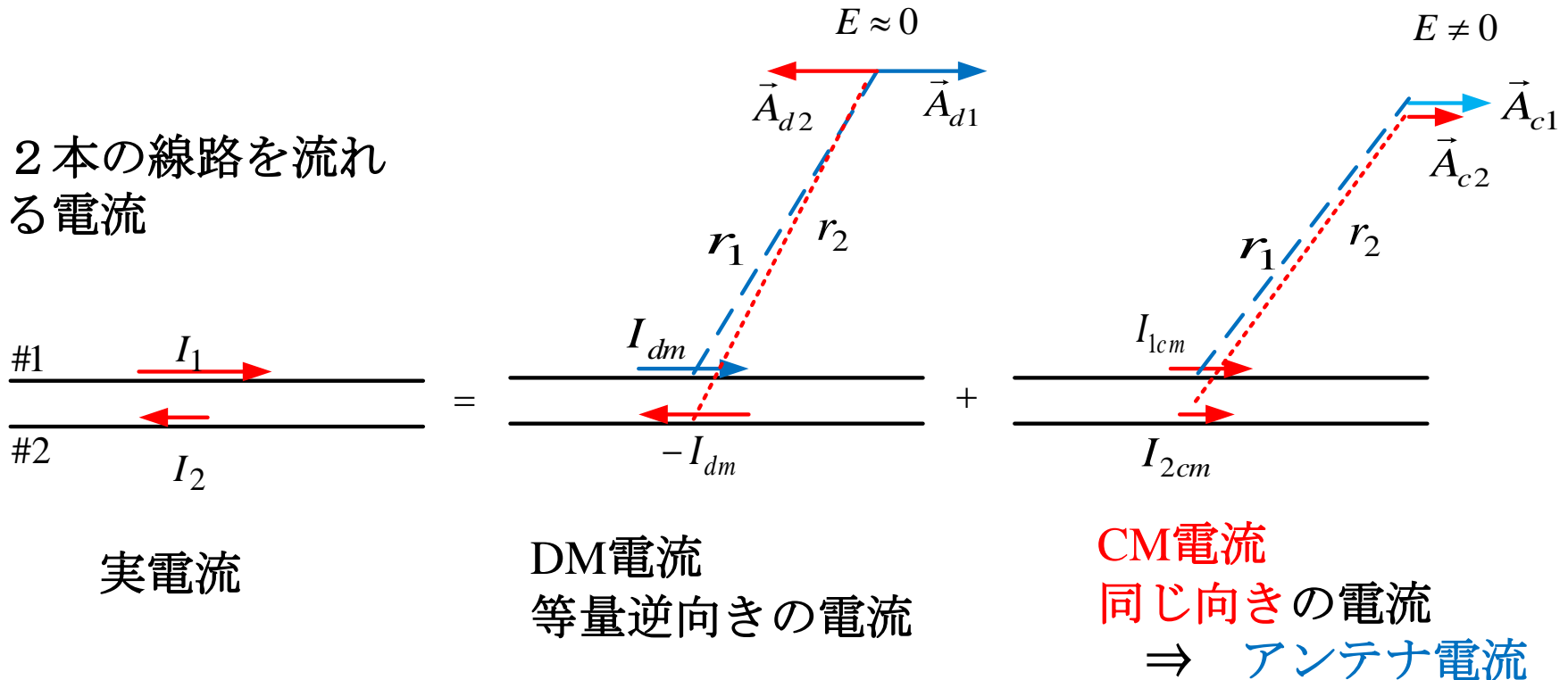
- ✓ 線路を流れる電流が分かると、ベクトルポテンシャルが求まる。
- ✓ ベクトルポテンシャルは、磁界との関係(ベクトル演算)で直接定義され、さらに電界に関しても求められる。

電流分布が分かると、ベクトルポテンシャルが求まる
$$\vec{A} = \frac{\mu}{4\pi} \int_L \frac{\vec{J} e^{-jkr}}{r} dl$$

ベクトルポテンシャルが知れると、電磁界が求まる

$$\text{磁界: } \vec{H} = \frac{1}{\mu} \nabla \times \vec{A} \qquad \text{電界: } \vec{E} = -j\omega\vec{A} + \frac{1}{j\omega\mu\epsilon} \nabla \nabla \cdot \vec{A}$$

電力線からの漏えい電磁界はCM電流が主流

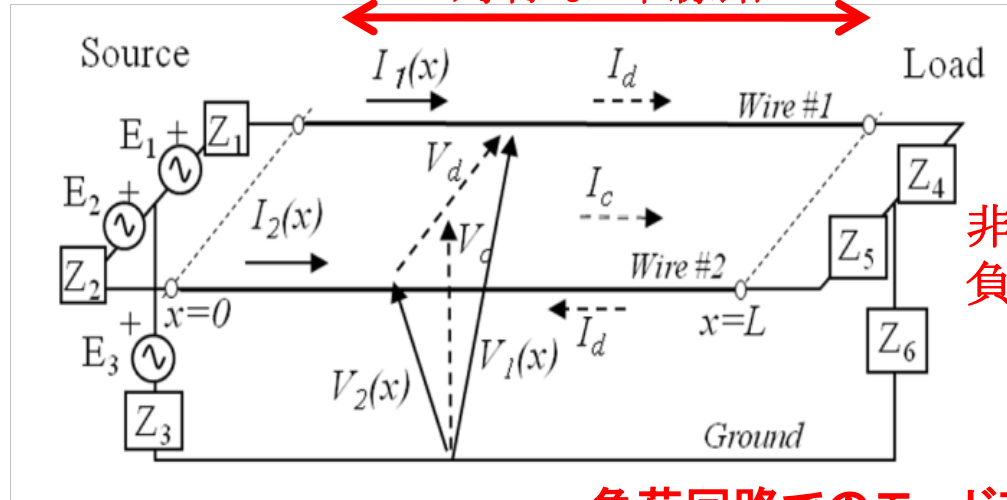


2本線路を流れる信号電流は、等量逆向きに流れる成分(DM電流)と、同じ向きに流れる成分(CM電流)とに分解できる。
 それぞれの線を流れるDM電流成分が作る電磁界成分は、逆向きであるためにキャンセルされる。
 CM電流成分が作る電磁界成分は加算される。アンテナ電流もこの成分である。

一般的な2本線路系システムにおけるモード変換

一般的な
非対称な
電源回路

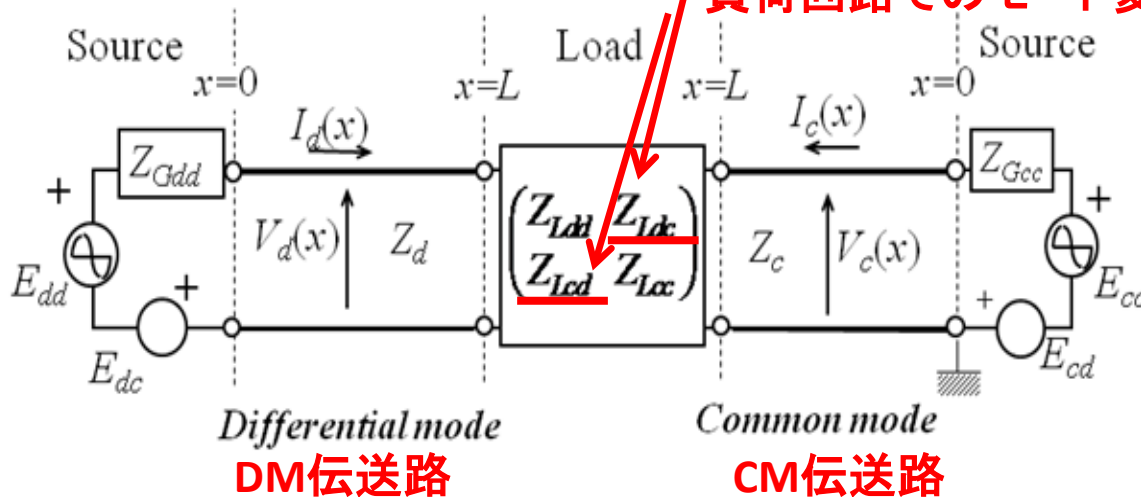
対称な2本線路



非対称な
負荷回路

モード変換

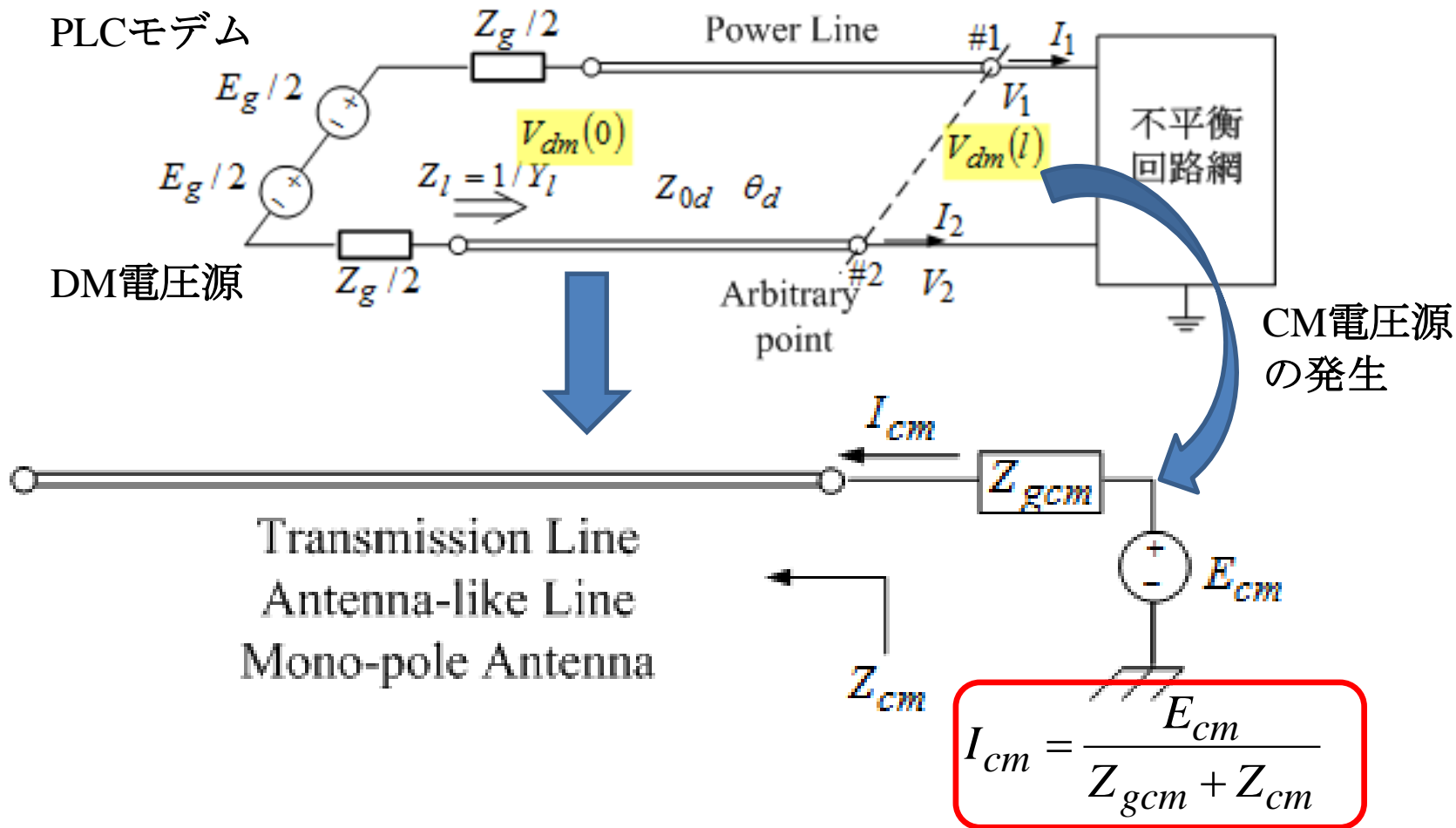
負荷回路でのモード変換⇒等価電源



Launched
CM成分

A. Sugiura, Y. Kami, "Generation and propagation of common-mode currents in a balanced two-conductor line," IEEE Trans. EMC, in press.

屋外PLCにおけるモード変換メカニズム



DMのPLCモデムが屋外の平衡電力線を励振(通信)すると、電力線に存在する不平衡な回路(今回の場合は殆どが屋内に存在)でCM成分が発生する。その結果、電力線にCM電流が流れ、電力線がアンテナと同様な働きをする。

PLCモデムのDM電力で規定することは

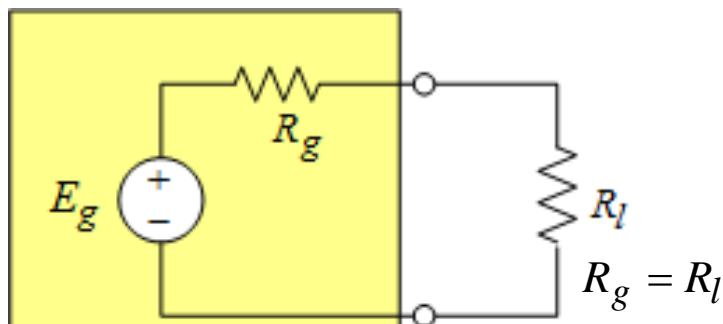
一般に電源回路(送信機)の電力を測定することは、電源回路から見ると、**供給電力を最大**にすることであり、負荷回路からみると**消費電力を最大**にすることである。

この条件は**共役整合**のときであり、電源回路の内部(出力)インピーダンスと負荷回路のインピーダンスが共役複素数の関係にあることである。すなわち、**実部(抵抗成分)は等量で、虚部(リアクタンス成分)は等量異符号**の条件である。

$$\begin{aligned} \text{電源内部インピーダンス } Z_g &= R_g + jX_g \\ \text{負荷インピーダンス } Z_l &= R_l + jX_l \end{aligned}$$

整合条件 \Rightarrow

$$\begin{aligned} R_g &= R_l \\ X_g &= -X_l \end{aligned}$$



\Rightarrow モデムの最大電力

$$P_g = \frac{|E_g|^2}{4R_g}$$



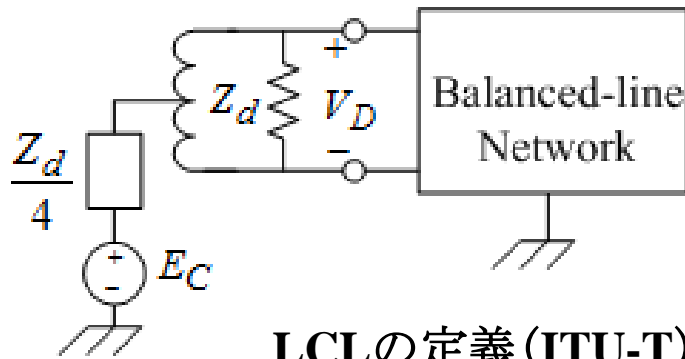
MODEMの電圧源電圧 $|E_g| = 2\sqrt{R_g P_g}$

整合時の等価電圧源回路

- ✓ モデムのDM電力で規定することは、周波数を変化させながら、整合条件を見つけ出し、そのときの電力を測定する必要がある。
 - ✓ 電力と抵抗値が分かると**電源電圧の大きさ**が分かる。
- すなわち、DM電力で規定することはDM電圧で規定することにつながるが、これが直接漏えい電磁界を規定していることではない。

モード変換メカニズム DM電圧からCM電圧への変換

ITU-Tにおいては、平衡回路網に存在する不平衡な部分において発生するモード変換の度合いをLCLで定義している。この定義は、図に示すように平衡回路網にCM電圧源を印加したときに発生するDM電圧との逆比で定義されている。



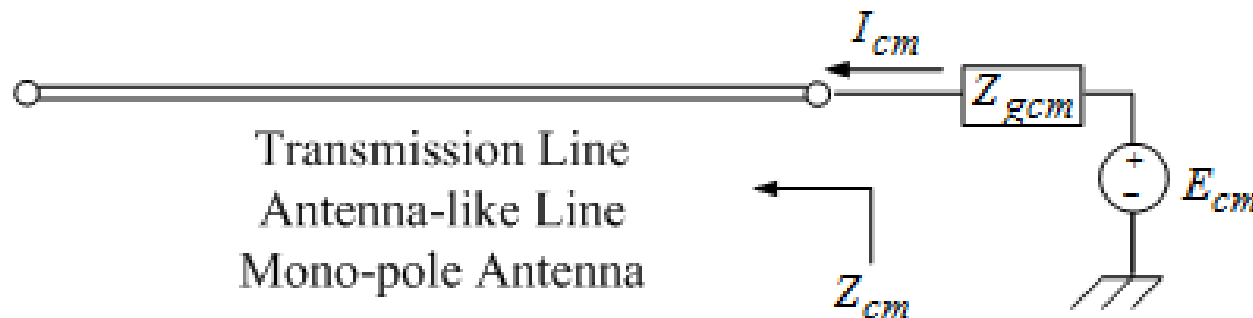
LCLの定義 (ITU-T)

$$LCL = 20 \log \left| \frac{E_C}{V_D} \right| = 20 \log k$$

LCL: longitudinal conversion loss

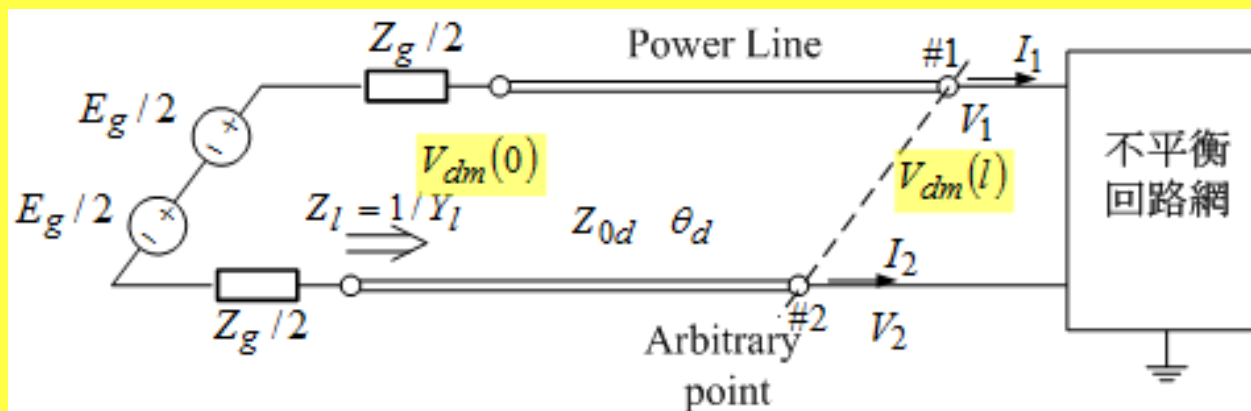
受動回路網の**相反(可逆)定理**(逆が成立する性質)から、PLCモデムが平衡度の高い電力線をDM信号電圧源で励振すると、平衡度の崩れる個所でモード変換が発生し、この点のDM電圧が V_{dm} であると等価CM電圧源 E_{cm} が発生する。

相反(可逆)定理から $\Rightarrow |E_{cm}| \approx \frac{1}{k} |V_{dm}|$



$$I_{cm} = \frac{E_{cm}}{Z_{gcm} + Z_{cm}}$$

屋外PLCにおけるDM電圧から等価CM電圧源へは



$$\theta_d = 2\pi \frac{l}{\lambda_d}$$

モデムのDM最大電力から、DM電源電圧の大きさが分かる： $|E_g| = 2\sqrt{R_g P_g}$
 モデムの電源電圧と不平衡回路網間に成立する式は、

$$\begin{bmatrix} V_{dm}(0) \\ I_{dm}(0) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_d & jZ_{0d} \sin \theta_d \\ j(1/Z_{0d}) \sin \theta_d & \cos \theta_d \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_d(l) \\ I_d(l) \end{bmatrix}$$

上記の回路網での左側の端子条件

$$I_{dm}(0) = E_g / Z_g - V_{dm}(0) / Z_g$$

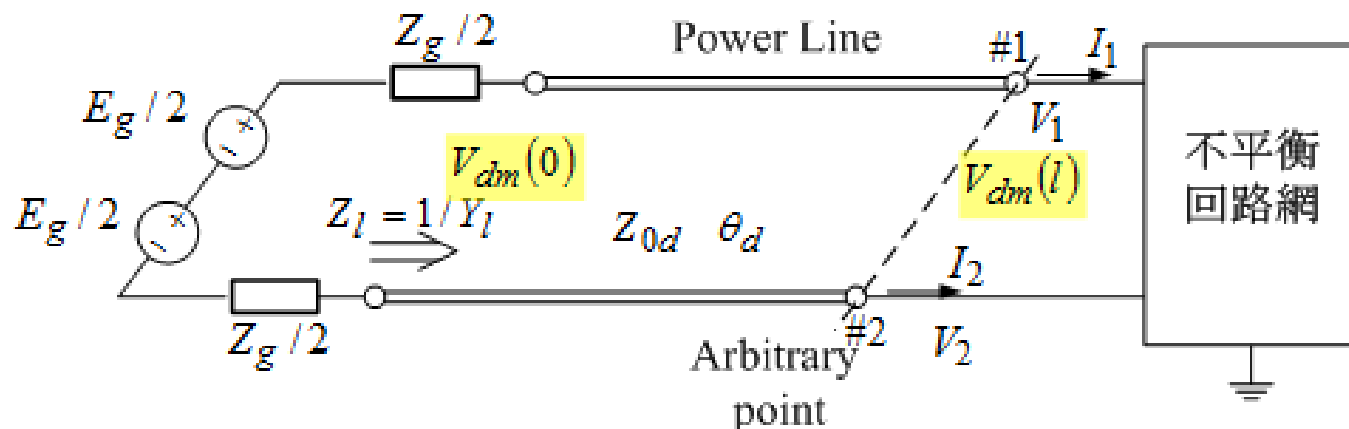
上記の回路網での右側の端子条件

$$I_{dm}(l) = V_{dm}(l) / Z_l$$

この条件を代入して

$$V_{dm}(l) = - \frac{E_g}{(1 + Z_g / Z_l) \cos \theta_d + j(Z_{0d} / Z_l + Z_g / Z_{0d}) \sin \theta_d}$$

屋外PLCにおけるDM電圧から等価CM電圧源へは



モデムのDM最大電力から、DM電源電圧が分かる： $|E_g| = 2\sqrt{R_g P_g}$

モデムに接続された電力線の線路から、電気角 $\theta_d (= 2\pi l / \lambda)$ での不平衡な個所に発生するDM電圧の大きさは、

$$|V_{dm}(\theta_d)| = \left| \frac{2\sqrt{R_g P_g}}{(1 + Z_g / Z_l) \cos \theta_d + j(Z_{0d} / Z_l + Z_g / Z_{0d}) \sin \theta_d} \right|$$

注：これは、CM電流が流れている電力線の任意点でも同様に成立する。

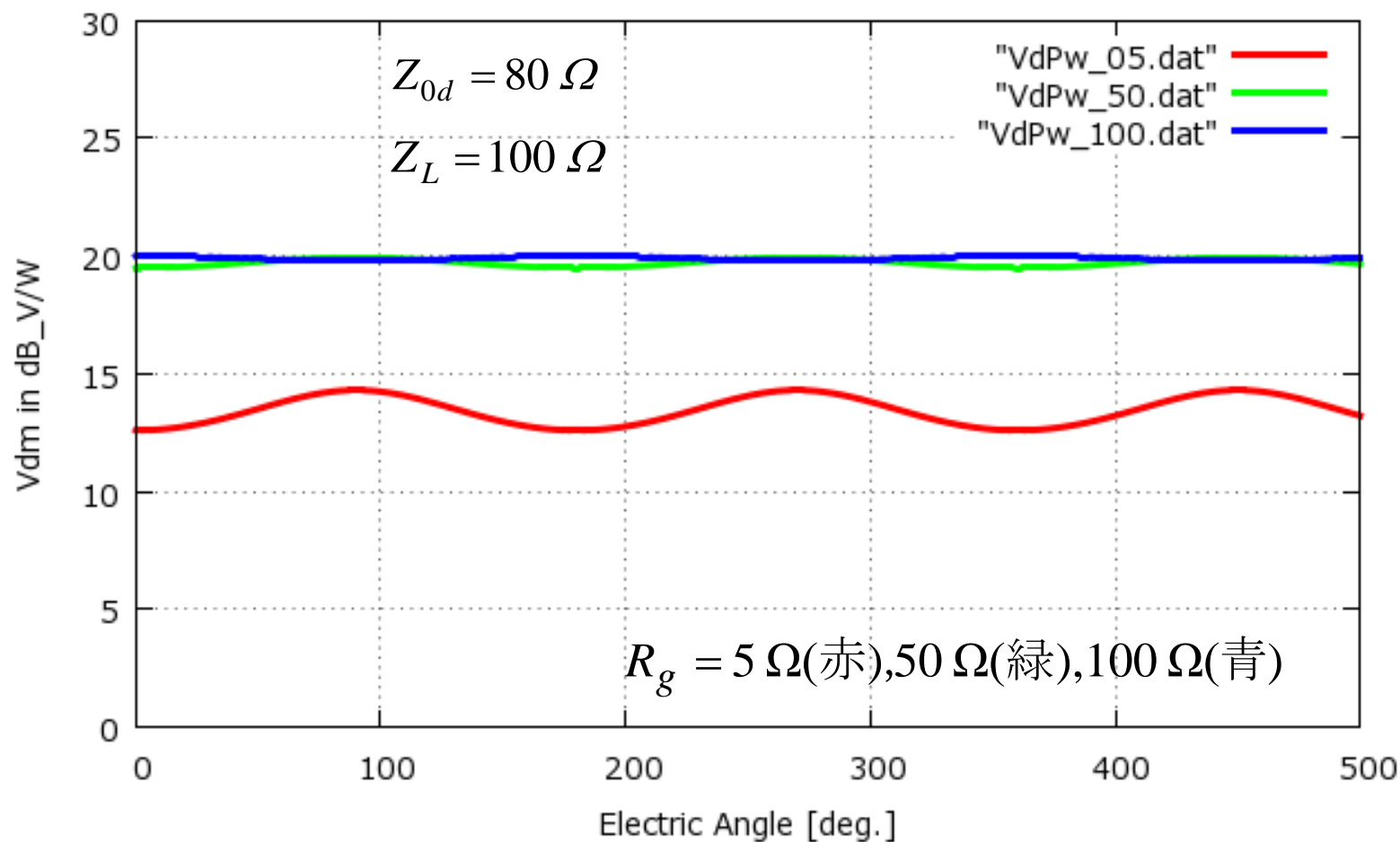
→ 等価CM電圧源が発生する $|E_{cm}| \approx \frac{1}{k} |V_{dm}(\theta_d)|$

注：モデムの内部抵抗が小さいとコモンモード成分が大きく発生するわけではない。(次図参照)

屋外PLCにおけるDM電圧

$Z_g = R_g$ のとき

$$|V_{dm}(\theta_d)| = \left| \frac{2\sqrt{R_g P_g}}{(1 + R_g / Z_l) \cos \theta_d + j(Z_{0d} / Z_l + R_g / Z_{0d}) \sin \theta_d} \right|$$



縦軸は、1 Wのモデム出力電力のときに発生するDM電圧(dBV)を意味している¹⁰

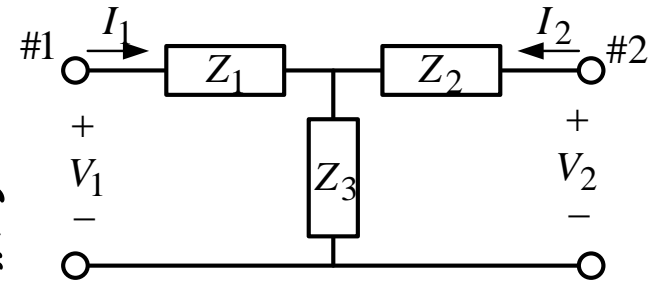
DM電圧とCM電流が不変

電力線にCM電流が流れていることは、その点で見た等価回路は、T形(あるいはπ形)回路で表現できる。図の非対称T形回路では、#1と#2はそれぞれの線路に対応しており、その時のモードインピーダンスは

$$Z_{dm} = Z_1 + Z_2$$

$$Z_{cm} = Z_1 // Z_2 + Z_3 = \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} + Z_3$$

と定義される。このことは図の実電圧と実電流からモード電圧とモード電流へ変換したときの関係式が次式で与えられる時である。



$$\begin{bmatrix} V_{dm} \\ V_{cm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_d & 0 \\ 0 & Z_c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{dm} \\ I_{cm} \end{bmatrix}$$

この関係が成立するためには、次の関係式が成立する。

$$\begin{bmatrix} V_{dm} \\ V_{cm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ v & 1-v \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_{dm} \\ I_{cm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1-v & -v \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$



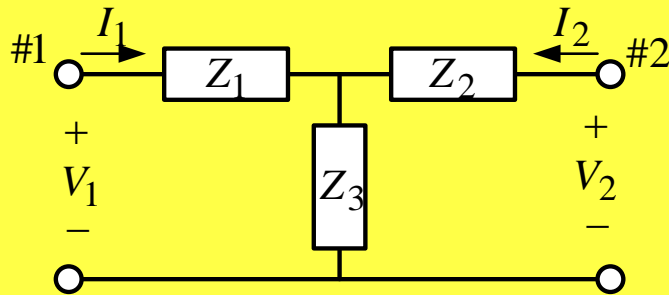
$$V_{dm} = V_1 - V_2$$

$$I_{cm} = I_1 + I_2$$

$$v = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

これは、**DM電圧**と**CM電流**だけが、回路網の非対称性と無関係に、すなわち平衡が崩れた時にも**独立**であるという性質！

DM電圧とCM電流が不変



実電圧、電流からモード電圧、電流に変換するモード変換行列を次のように選定する

$$\begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1-\nu & 1 \\ -\nu & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_{dm} \\ V_{cm} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \nu \\ -1 & 1-\nu \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{dm} \\ I_{cm} \end{bmatrix}$$

$\nu = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$ とすれば、

$$\begin{bmatrix} V_{dm} \\ V_{cm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Z_1 + Z_3 & 0 \\ 0 & \frac{Z_1 Z_2}{Z_1 + Z_2} + Z_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_{dm} \\ I_{cm} \end{bmatrix}$$

逆行列をとると

このとき、対角要素がDMとCMインピーダンス

$$\begin{bmatrix} V_{dm} \\ V_{cm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ \nu & 1-\nu \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} I_{dm} \\ I_{cm} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1-\nu & -\nu \\ 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} I_1 \\ I_2 \end{bmatrix}$$

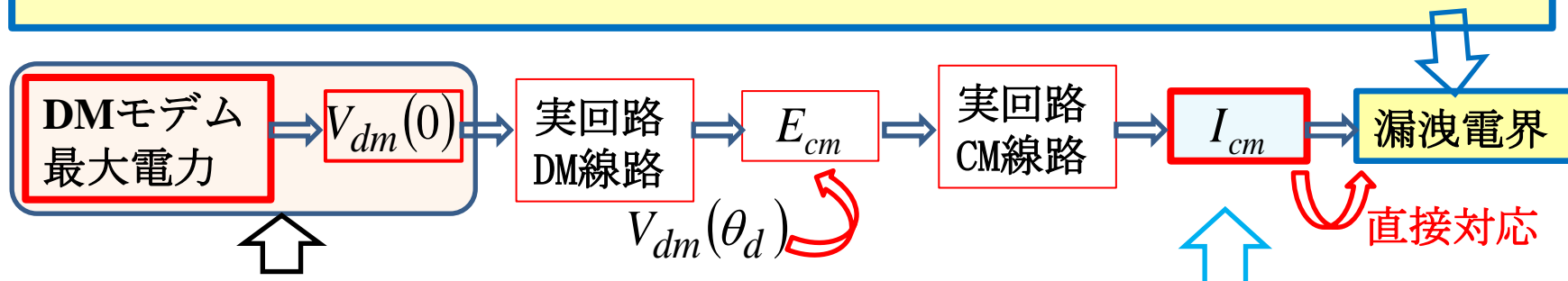
$$V_{dm} = V_1 - V_2$$

$$I_{cm} = I_1 + I_2$$

漏えい電磁界を規定する方法

1. 電界を直接測定する法

- ✓ 規定が難しい屋外の測定条件(配線レイアウト、実機の動作条件、大地条件、接続コンセント条件等々)
- ✓ 困難な測定と乏しい再現性



2. モデムのDM最大電力で規定する法

- ✓ 漏洩電磁界と直接対応していない (DM電圧を抑えても、電磁界に関する実回路部分に依存する)
- ✓ モデム自体のCM電流は測定不可
- ✓ 各周波数で共役整合条件を探し、電力を測定することは、非常に困難な作業を伴う

3. CM電流を規定する法

- ✓ 漏えい電磁界と直接対応
- ✓ 発生源を直接規定する
- ✓ 測定が容易で再現性が高い
- ✓ 従来の屋内PLCの場合と整合性有

広帯域電力線搬送通信設備の漏洩電波の電界強度等の測定の業務報告書

平成24年6月15日

株式会社ザクタテクノロジーコーポレーション

<目 次>

ページ

1. 件名.....	1
2. 目的.....	1
3. 作業日時.....	1
4. 測定対象機器.....	1
5. 測定実施場所における測定対象機器の設置場所.....	1
6. 測定実施方法.....	6
7. 測定機材リスト及び試験構成.....	7
8. 測定実施場所における電界強度測定のアナテナ設置場所.....	8
(1) 電気通信大学 多摩川グラウンド (東京都調布市).....	8
(2) パナソニック HD-PLC検証ハウス (福岡県福岡市).....	20
9. 測定結果.....	43
(1) 電気通信大学 多摩川グラウンド 実験1 (カメラ).....	43
(2) パナソニック HD-PLC検証ハウス 実験1 (カメラ).....	55
(3) パナソニック HD-PLC検証ハウス 実験2 (EV).....	66
別紙1.....	94
別紙2.....	95

1. 件名

広帯域電力線搬送設備（以下「PLC設備」という。）の漏洩電波の電界強度等の測定の実務請負

2. 目的

PLC設備の屋外利用に係る情報通信審議会情報通信技術部会電波利用環境委員会高速電力線搬送通信設備作業班の審議に資するため、PLC設備の非動作時の電界強度（以下「周雑音」という。）及び通信時の漏洩電界強度等の測定を行い、取得したデータ等を報告書として取りまとめ、提出する。

3. 作業日時

(1) 測定実施場所による測定

- ① 電気通信大学 多摩川グラウンド（東京都調布市）
実施日：1月31日～2月2日 午前10時～午後4時 天候：曇り
- ② パナソニック HD-PLC検証ハウス（福岡県福岡市）
実施日：2月7日～2月9日 午前9時～午後6時 天候：曇り一時雨／雪

4. 測定対象機器

PLC設備（2台1セットとして高々カメラ、EVの2種類）並びにそれらを動作状態とするのに必要な機器類及びソフトウェアであって、高速電力線搬送通信設備作業班が別途用意した機器を対象とする。

5. 測定実施場所における測定対象機器の設置場所

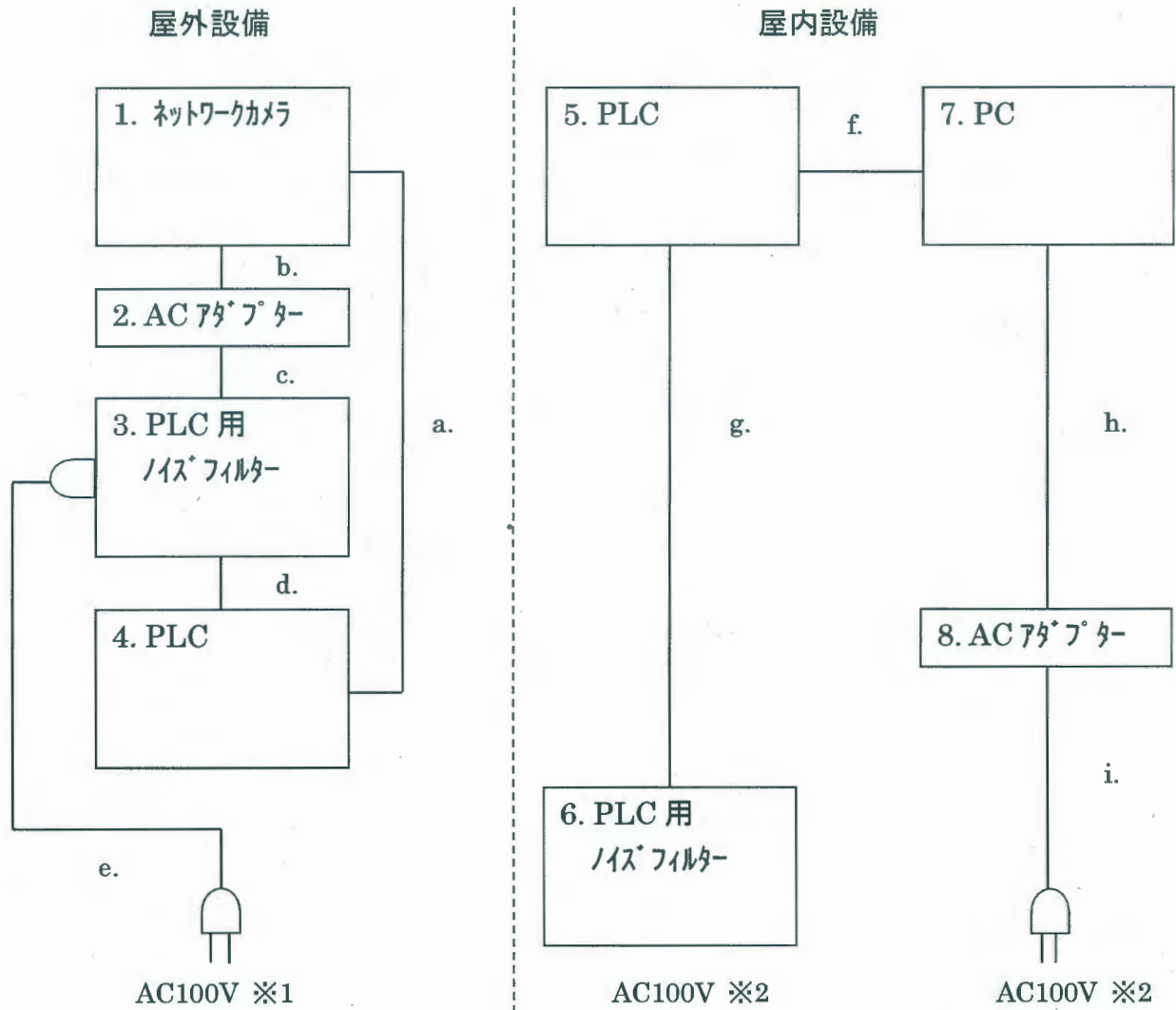
(1) 測定設置場所

- ① 東京都調布市 電気通信大学 多摩川グラウンド
 - ・実験1（カメラ）
住宅外壁コンセントから5mの屋外電力線を空中に這わせて高さ4mの位置にカメラとPLC設備を設置
- ② 福岡県福岡市 パナソニック HD-PLC検証ハウス
 - ・実験1（カメラ）
住宅外壁コンセントから5mの屋外電力線を空中に這わせて高さ4mの位置にカメラとPLC設備を設置
 - ・実験2（EV）
充電スタンド（模擬中継回路）から5mの屋外電力線を地表に這わせてPLC設備とPCを設置

(2) 測定実施場所における使用設備

① 構成図

- ・ 実験1 (カメラ)



※1. AC100Vは屋外のコンセントパネルから供給した。

※2. AC100Vは屋内にて延長タップを経由し、コンセントパネルから供給した。

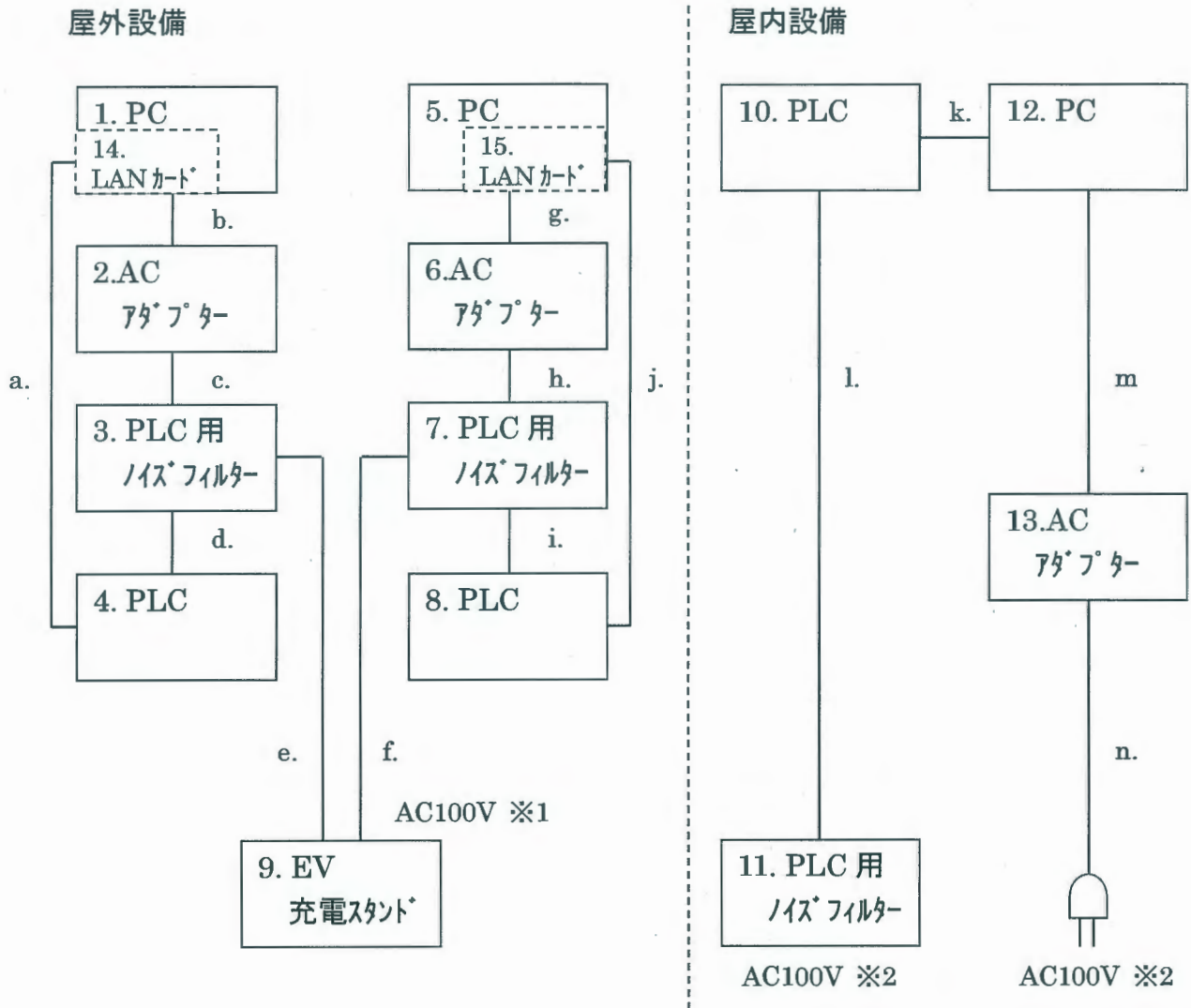
注記1. 東京及び福岡で設置した付則設備は、屋外電力線以外同一の組み合わせにて実施した。

注記2. それぞれの場所で屋内に設置した付則設備と屋外に設置した付則設備は全て同一の組み合わせで実施した。

注記3. 上記構成図内の配線は全てプラグの差す方向までを全て同一として実施した。

注記4. 動作プログラムによるファイル転送は屋外(カメラ)から屋内(PC)への画像転送のみで測定を実施した。

・ 実験 2 (EV)



※ 1. AC100V は屋外の EV 充電スタンドから供給した。

※ 2. AC100V は屋内のコンセントパネルから供給した。

注記 1. 動作プログラムによるファイル転送は屋外 PC (2 台) から屋内 PC (1 台) への転送及び屋内 PC (1 台) から屋外 PC (2 台) への転送で測定を実施した。

② 構成表

・ 実験 1 (カメラ)

No.	装置名	メーカー	型名	S/N	補足
1	ネットワークカメラ (屋外タイプ)	パナソニックコミュニケーションズ 株式会社	BB-HCM531	8BBXE006383	
2	ACアダプター	パナソニックコミュニケーションズ 株式会社	BB-HCM3	N/A	カメラ付属品
3	PLC用ノイズフィルター	パナソニックコミュニケーションズ 株式会社	BL-PST25	852088	PLC 付属品
4	PLC (HD-PLC)	パナソニックコミュニケーションズ 株式会社	BL-PA510	81BXA010500	MASTER
5	PLC (HD-PLC)	パナソニックコミュニケーションズ 株式会社	BL-PA510	81BXA010510	TERMINAL
6	PLC用ノイズフィルター	パナソニックコミュニケーションズ 株式会社	BL-PST25	852410	PLC 付属品
7	PC	HP	Compaq nx9005	CNF3350X3Q	OS:XP Pro
8	ACアダプター	HP	Series PPP014L	3703349601	

No.	名称	長さ	シールド	補足
a	LAN ケーブル	1.0m	なし	
b	DC ケーブル	3.0m	なし	カメラ用。0.1m 程度に束ねる。
c	AC パワーコード	1.8m	なし	カメラ用。0.2m 程度に束ねる。
d	AC パワーコード	1.2m	なし	BL-PST25 (ノイズフィルター付き増設タップ)
e	屋外電力線 (VCTFK 1.25x2 (sq))	7.0m	なし	電気通信大学 多摩川カウント (東京調布市)
		9.0m	なし	パナソニック HD-PLC 検証ハウス (福岡県博多市)
f	LAN ケーブル	1.0m	なし	
g	AC パワーコード	1.2m	なし	BL-PST25 (ノイズフィルター付き増設タップ)
h	DC ケーブル	1.8m	なし	PC 用。PC 側にフェライトコアあり。
i	AC パワーコード	1.7m	なし	PC 用。

実験2 (EV)

パナソニック HD-PLC検証ハウス (福岡県福岡市)

No.	装置名	メーカー	型名	S/N	補足
1	PC	HP	Compaq nx6320	CNU7071H4D	OS:XP Pro
2	ACアダプター	HP	Series PPP009L	7108054501	
3	PLC用ノイズフィルター	パナソニックコミュニケーションズ株式会社	BL-PST25	852088	PLC 付属品
4	PLC (HD-PLC)	パナソニックコミュニケーションズ株式会社	BL-PA510	81BXA010500	MASTER
5	PC	HP	Compaq nx6320	CNU7071D2W	OS:XP Pro
6	ACアダプター	HP	Series PPP009L	7118525901	
7	PLC用ノイズフィルター	パナソニックコミュニケーションズ株式会社	BL-PST25	852410	PLC 付属品
8	PLC (HD-PLC)	パナソニックコミュニケーションズ株式会社	BL-PA510	81BXA010510	TERMINAL
9	EV 充電スタンド	パナソニックコミュニケーションズ株式会社	N/A	N/A	屋外コンセント × 2
10	PLC (HD-PLC)	パナソニックコミュニケーションズ株式会社	BL-PA510	81BXA010510	TERMINAL
11	PLC用ノイズフィルター	パナソニックコミュニケーションズ株式会社	BL-PST25	852410	PLC 付属品
12	PC	FUJITSU	FMV-C8230	R7106610	OS:XP Pro
13	ACアダプター	FUJITSU	ADP-60ZH A	06841040A	
14	LANカード	BUFFALO	LPC-CB-CLGT	001D73 FC2C79	
15	LANカード	BUFFALO	LPC-CB-CLGT	001D73 FC1637	

No.	名称	長さ	シールド	補足
a	LAN ケーブル	1.0m	なし	
b	DC ケーブル	1.8m	なし	PC 用。
c	AC パワーコード	1.7m	なし	PC 用。
d	AC パワーコード	1.2m	なし	PLC 用。BL-PST25 (ノイズフィルター付き増設タップ)
e	屋外電力線	6.0m	なし	VCT 1.25x2 (sq)
f	屋外電力線	6.0m	なし	VCT 1.25x2 (sq)
g	DC ケーブル	1.8m	なし	PC 用。
h	AC パワーコード	1.7m	なし	PC 用。
i	AC パワーコード	1.2m	なし	PLC 用。BL-PST25 (ノイズフィルター付き増設タップ)
j	LAN ケーブル	1.0m	なし	
k	LAN ケーブル	1.0m	なし	
l	AC パワーコード	1.2m	なし	PLC 用。BL-PST25 (ノイズフィルター付き増設タップ)
m	DC ケーブル	1.8m	なし	PC 用。
n	AC パワーコード	1.7m	なし	PC 用。

6. 測定実施方法

(1) 周囲雑音測定及びPLC漏洩電界強度測定

- ・ 分解能帯域幅 (RBW) : 10kHz
- ・ ビデオ帯域幅 (VBW) : 100kHz
- ・ 測定周波数 : 2MHz~30MHz
- ・ 測定ポイント : 1001
- ・ 検波モード : 平均値検波 (RMS) ※スペアナによる。
QP, AVG 検波 ※EMI レシーバーによる。
- ・ アベレージ回数 : 30
- ・ 使用アンテナ : ループアンテナ
ETS LINDGREN 社製 6502
- ・ 測定用フィルタ : Apexradio 社製 2M-HPF
- ・ 使用測定機器 : ①スペクトラムアナライザー
Agilent 社製 E4440A(1DS)
②EMI レシーバー
R&S 社製 ESCI

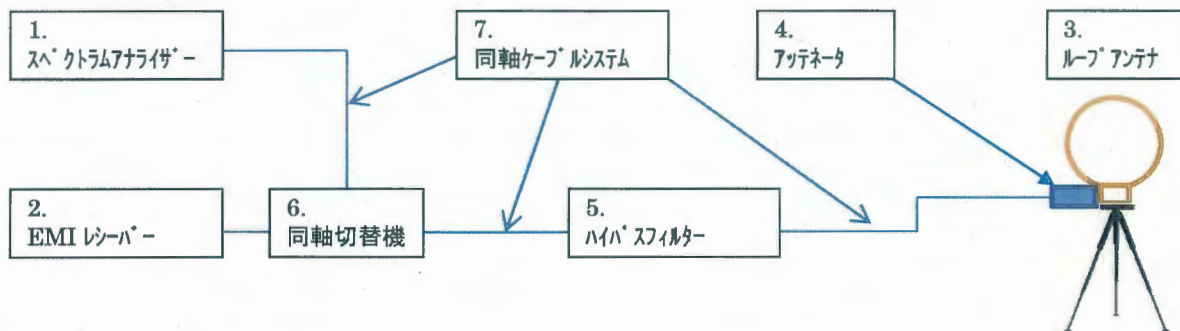
(2) コモンモード電流測定

- ・ 分解能帯域幅 (RBW) : 10kHz
- ・ ビデオ帯域幅 (VBW) : 30kHz
- ・ 測定周波数 : 2MHz~30MHz
- ・ 測定ポイント : 1001
- ・ 検波モード : 尖頭値検波 (PEAK) ※スペアナによる。
平均値検波 (RMS) ※スペアナによる。
QP, AVE 検波 ※EMI レシーバーによる。
- ・ 使用電流プローブ : 電流プローブ
協立電子社製 KCT-2504
- ・ 測定用プリアンプ : テクノサイエンスジャパン製
MLA-100K01-B01-26
- ・ 使用測定機器 : ①スペクトラムアナライザー
Agilent 社製 E4440A(1DS)
②EMI レシーバー
R&S 社製 ESCI

7. 測定機材リスト及び試験構成

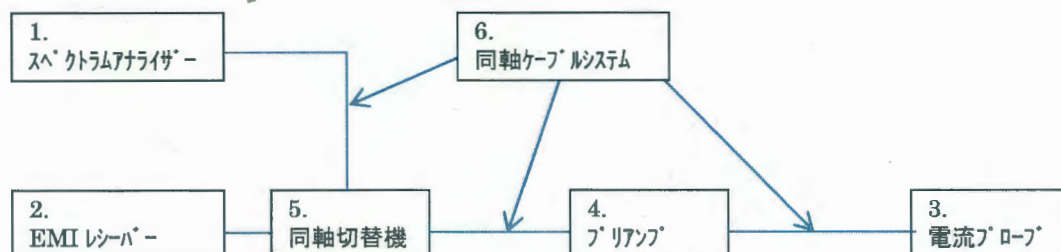
(1) 周回雑音測定及びPLC漏洩電界強度測定

No.	測定機器	会社名	モデル名	Serial No.	校正日
1	スペクトラムアナライザー	Agilent Technologies	E4440A	US40420937	2011.10.21
2	EMI レシーバー	ROHDE&SCHWARZ	ESCI	10764	2011.6.21
3	ループアンテナ	EMCO	6502	00081199	2011.11.8
4	アッテネータ(6dB)	TDC	TAT-43B-06	N/A	2011.6.10
5	ハイパスフィルター	Apexradio	2M-HPF	N/A	2012.1.18
6	同軸切替機	Anritsu	MP59B	6200331882	2011.7.7
7	同軸ケーブルシステム	FUJIKURA	8D-2W	N/A	2011.12.1
		SUNER	SUCOFLEX104	317672/4	
		SUNER	SUCOFLEX104	317673/4	
		SUNER	SUCOFLEX106	54444/6	
		SUNER	SUCOFLEX106	54445/6	



(2) コモンモード電流測定

No.	測定機器	会社名	モデル名	Serial No.	校正日
1	スペクトラムアナライザー	Agilent Technologies	E4440A	US40420937	2011.10.21
2	EMI レシーバー	ROHDE&SCHWARZ	ESCI	10764	2011.6.21
3	電流プローブ	協立電子工業	KCT-2504	8S-2803-3	2011.5.31
4	プリアンプ	テクノサイエンスジャパン	MLA-100K01-B01-26	1295544	2011.7.7
5	同軸切替機	Anritsu	MP59B	6200331882	2011.7.7
6	同軸ケーブルシステム	FUJIKURA	8D-2W	N/A	2011.12.1
		SUNER	SUCOFLEX104	317672/4	
		SUNER	SUCOFLEX104	317673/4	
		SUNER	SUCOFLEX106	54444/6	
		SUNER	SUCOFLEX106	54445/6	



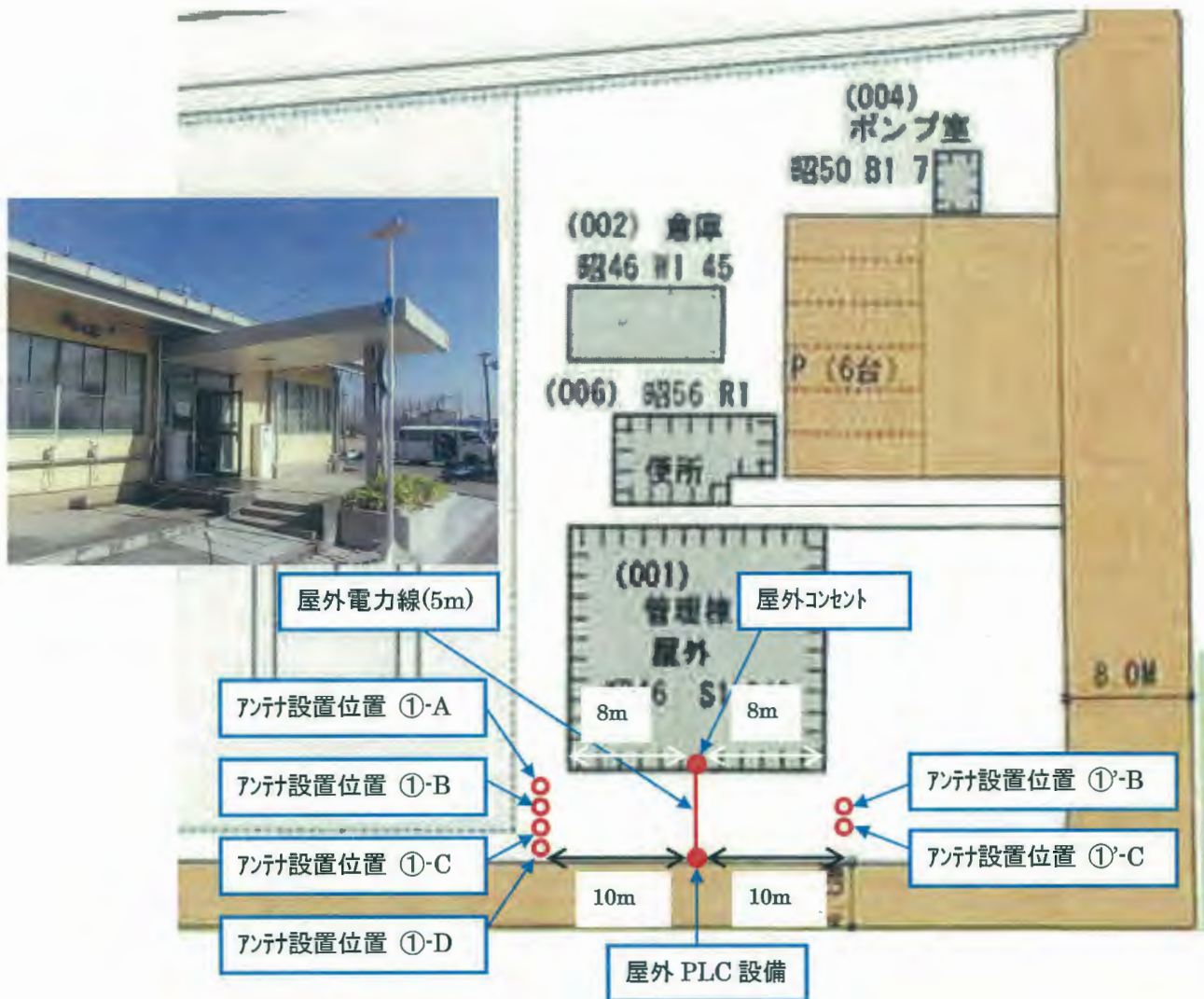
8. 測定実施場所における電界強度測定のアンテナ設置場所

(1) 電気通信大学 多摩川グラウンド (東京都調布市)

① 実験1 (カメラ)

- ・ 測定ポイント①および測定ポイント①'

アンテナ設置位置は、管理棟壁より屋外電力線に沿って、1mごとに水平方向10m地点で4箇所測定。



※ 補足説明

- ・ 下図1のように、①の測定結果は建物壁より屋外電力線に沿って、1mごとにA, B, C, Dとした。また、①'の測定結果は建物壁より屋外電力線に沿って、2mおよび3m (B, C) のみ測定した。(比較の為。)
- ・ 下図2のように、屋外コンセントの高さは、約1.3mである。また、屋外電力線は、屋外コンセントより高さ約1.7mに這わせ、空中(斜め)に5.0m這わせ、高さ4m上の屋外PLC設備(カメラ)に接続した。

図1

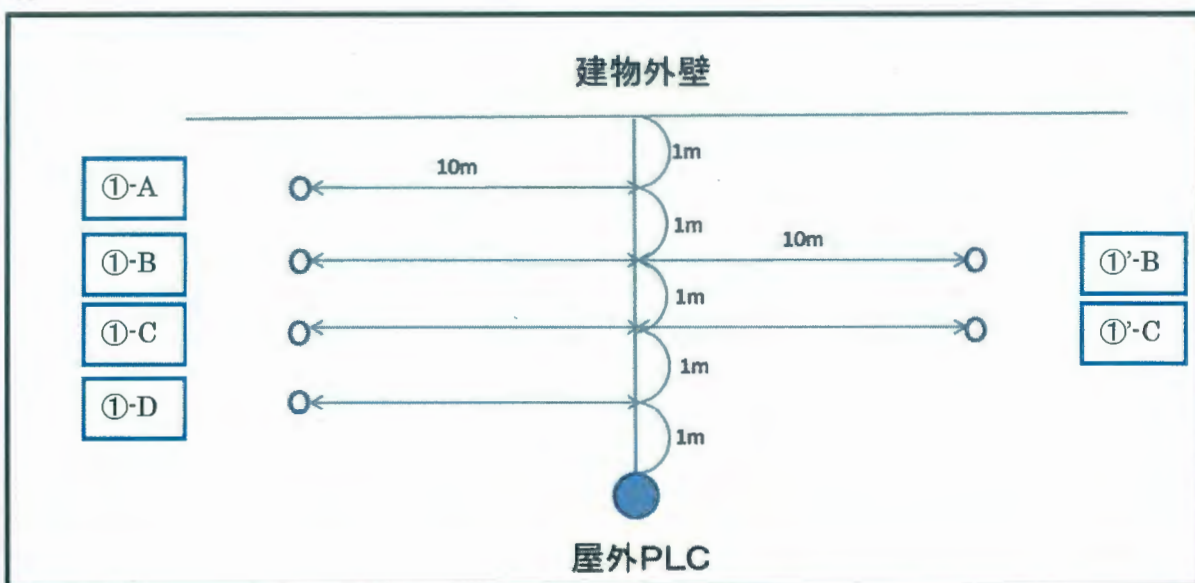
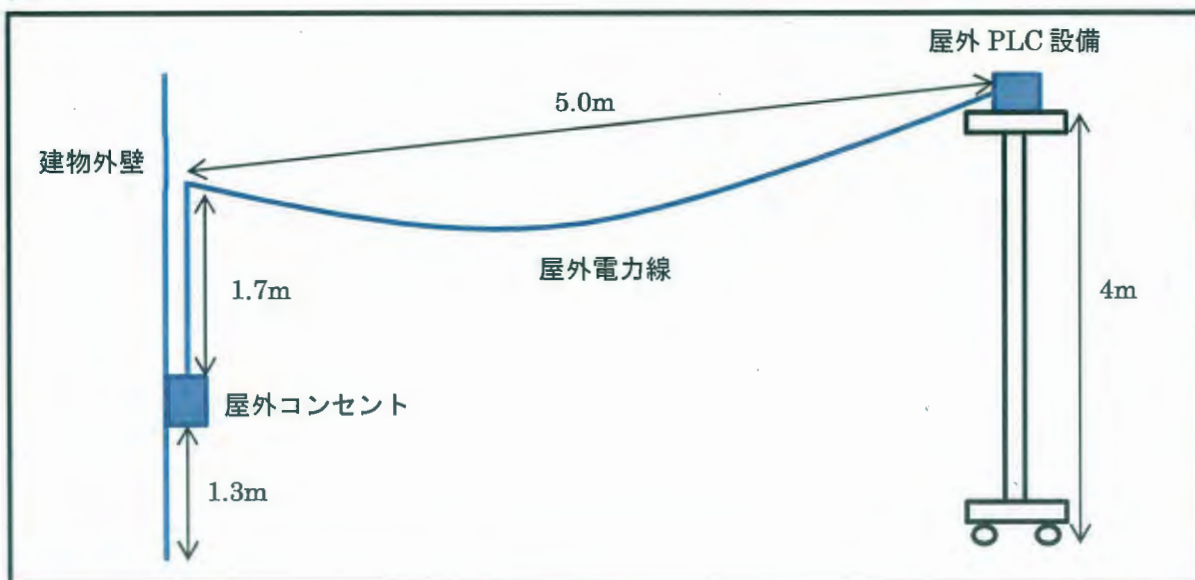


図2



- 測定風景（測定ポイント①および測定ポイント①'）
測定ポイント①

Position ①-A



Position ①-B



Position ①-C



Position ①-D



測定ポイント①'

Position ①'-B

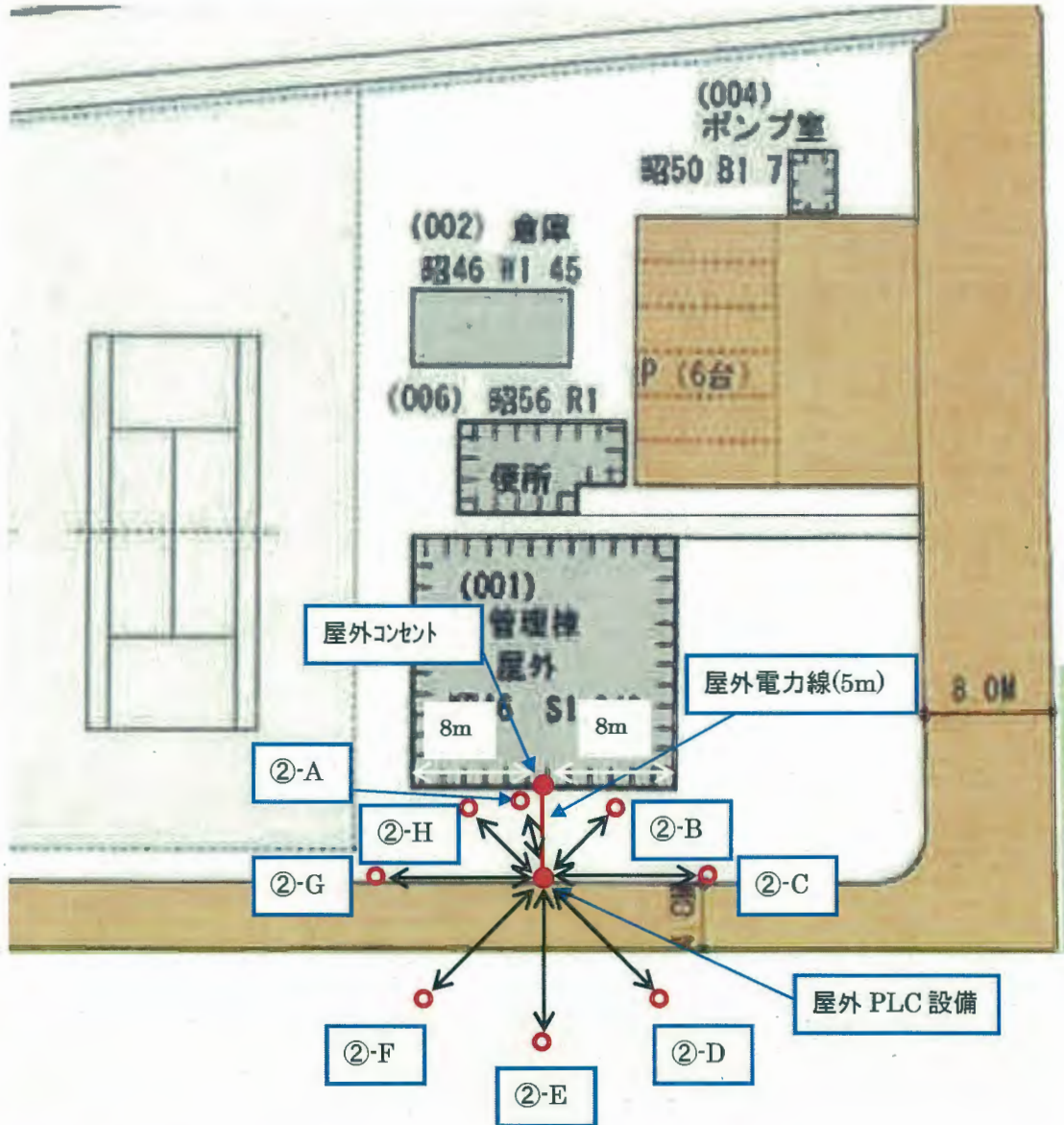


Position ①'-C



測定ポイント②

アンテナの設置位置は、屋外PLC設備（カメラ）の周り8方位、屋外PLCから10m又は5m（4.5m）の距離で測定。（※1参照）



※1測定距離は、下記とした。

測定ポイント [Ant位置]	測定距離 [m]
②-A	4.5
②-B	5.0
②-C	10.0
②-D	10.0
②-E	10.0
②-F	10.0
②-G	10.0
②-H	5.0

10mの距離に設置できない場合には、「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規格について」のうち「高速電力線搬送通信設備に係る許容値及び測定法」(平成18年度情報通信審議会答申諮問第3号)の「PLC公開実験結果」(参考資料2)の「距離5mと距離10m又は30mにおける電磁界強度の差異」(表1)に基づき、10m換算値を算出した。

表1 距離5mと距離10m又は30mにおける電磁界強度の差異

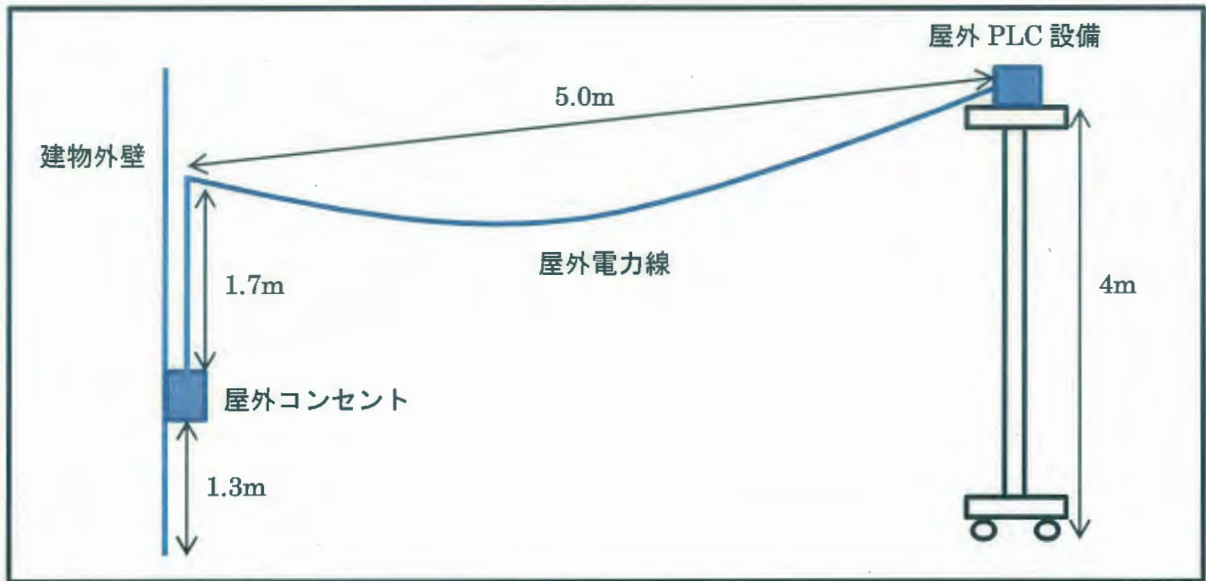
周波数帯	2MHz~15MHz	15MHz~30MHz
E(10m)/E(5m)	-10.0dB	-7.1dB

※ ②-A、②-B、②-Hに関しては、上記の距離換算値を採用した。

※ 補足説明

- ・ 下図1のように、屋外コンセントの高さは、約1.3mである。また、屋外電力線は、屋外コンセントより高さ約1.7mに這わせ、空中（斜め）に5m這わせ、高さ4m上の屋外PLC設備（カメラ）に接続した。

図1



・ 測定風景

測定ポイント②

Position ②-A



Position ②-B



Position ②-C



Position ②-D



Position ②-E



Position ②-F



Position ②-G

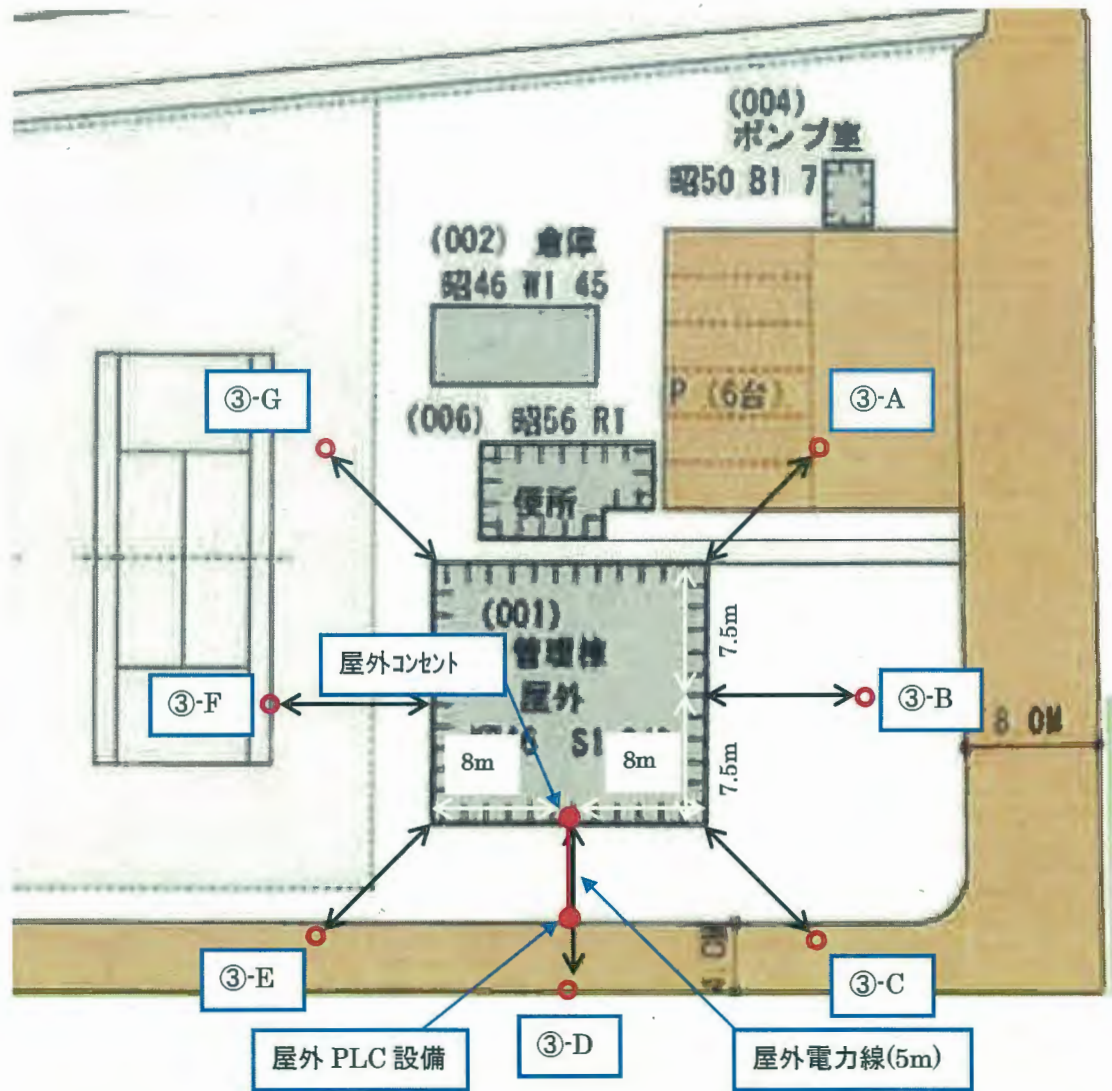


Position ②-H



- 測定ポイント③

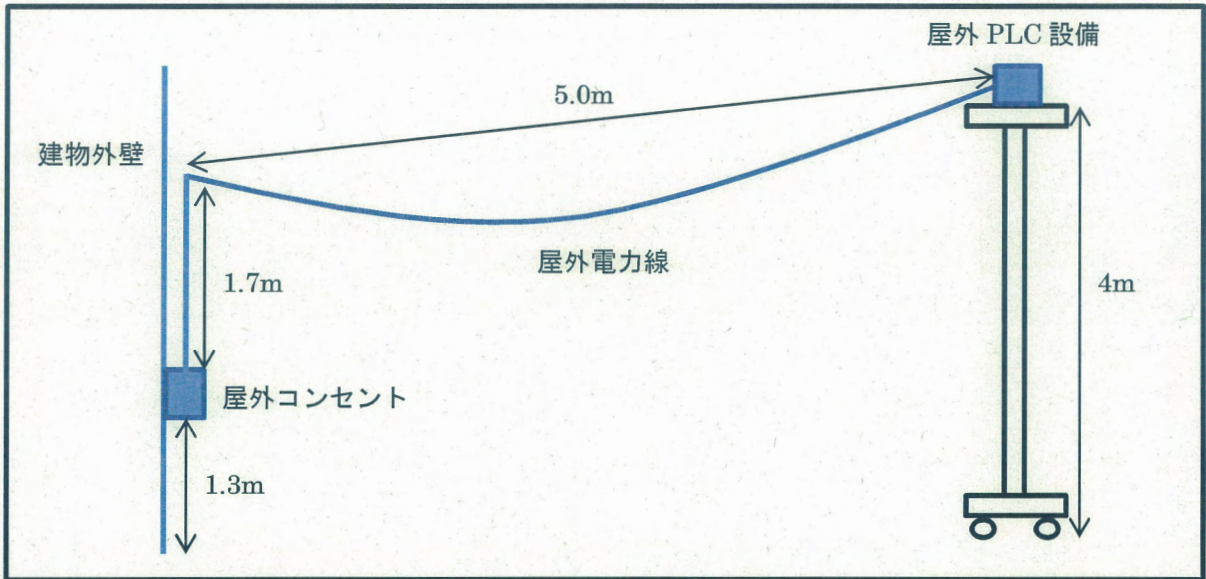
アンテナの設置位置は、管理棟の周り7方位、建物外壁から10mの距離で測定。



※ 補足説明

- ・ 下図1のように、屋外コンセントの高さは、約1.3mである。また、屋外電力線は、屋外コンセントより高さ約1.7mに這わせ、空中（斜め）に5.0m這わせ、高さ4m上の屋外PLC設備（カメラ）に接続した。

図1



測定風景
測定ポイント③

Position ③-A



Position ③-B



Position ③-C



Position ③-D



Position ③-E



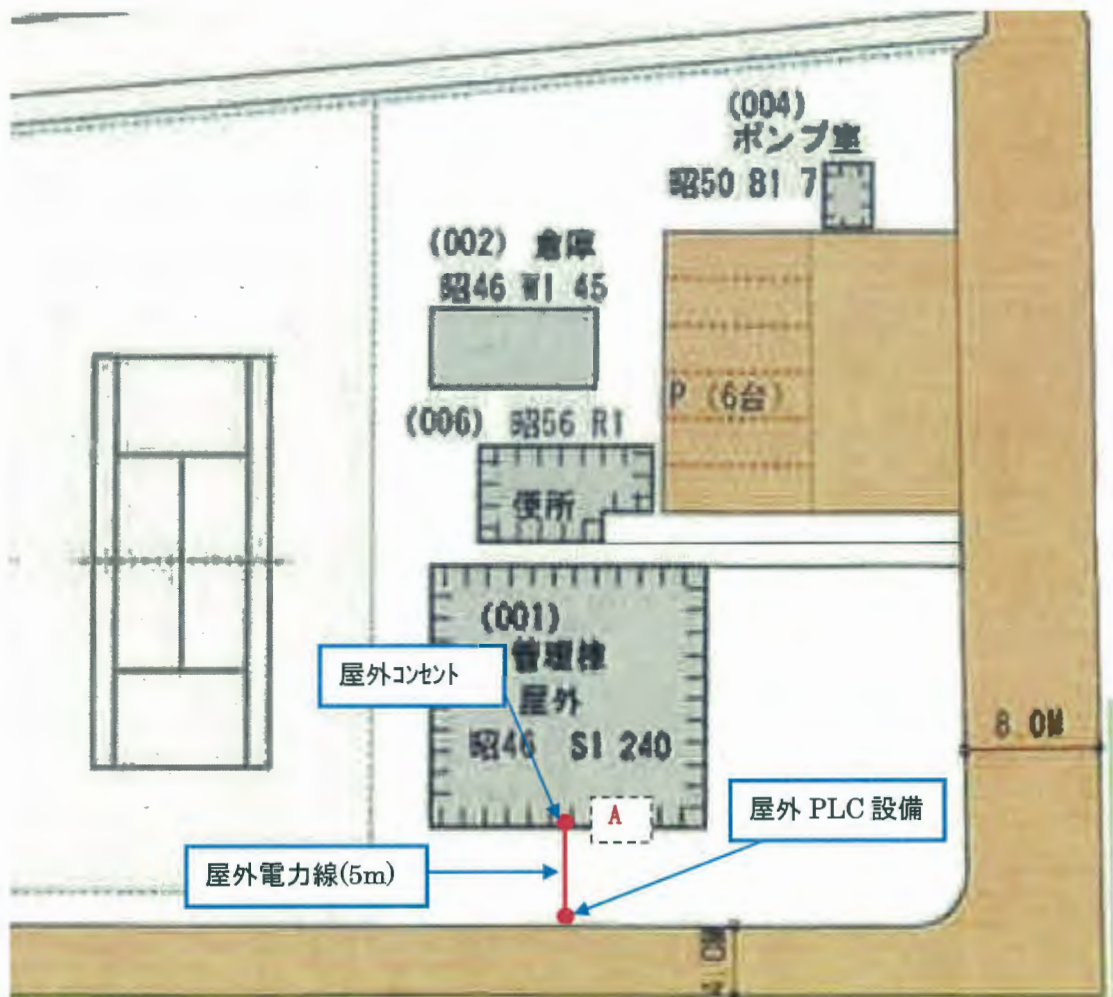
Position ③-F



Position ③-G



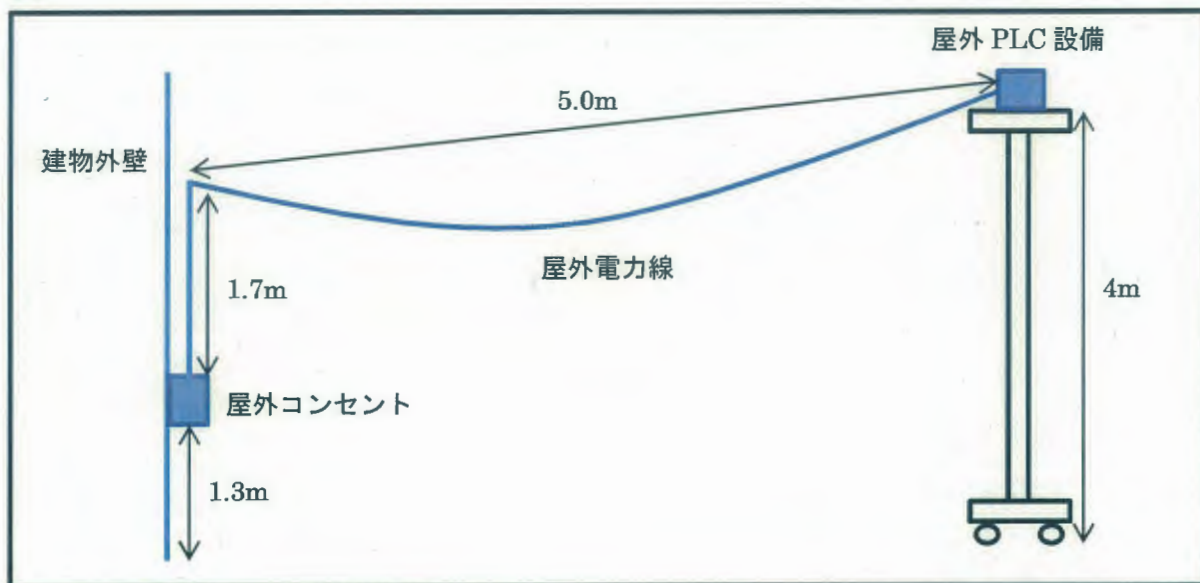
- 漏洩電流測定
測定用プローブは、屋外コンセント付近（A）に設置して測定。



※ 補足説明

- 下図1のように、屋外コンセントの高さは、約1.3mである。また、屋外電力線は、屋外コンセントより高さ約1.7mに這わせ、空中（斜め）に5m這わせ、高さ4m上の屋外PLC設備（カメラ）に接続した。

図1



- 測定風景
漏洩電流測定

Position A

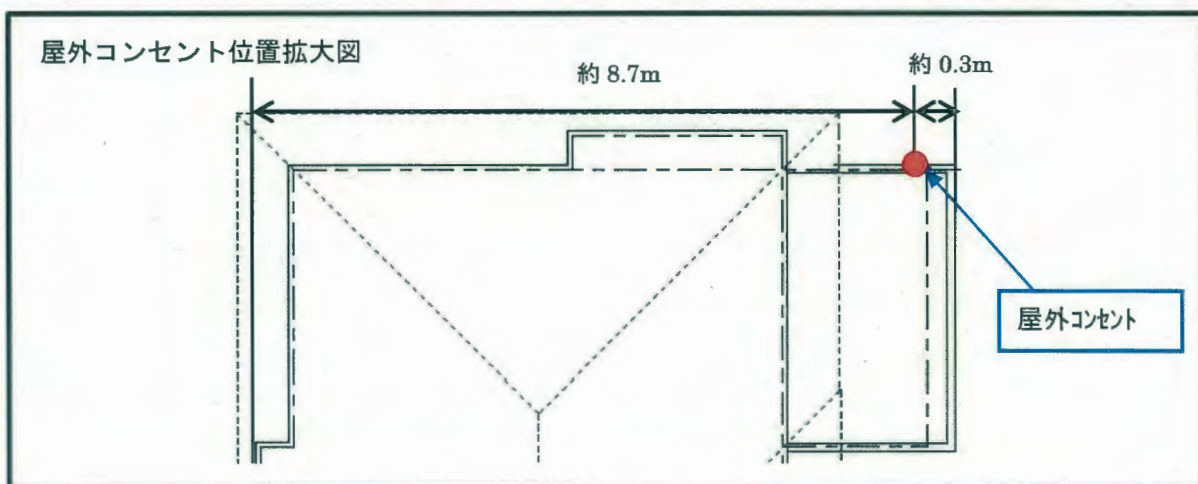
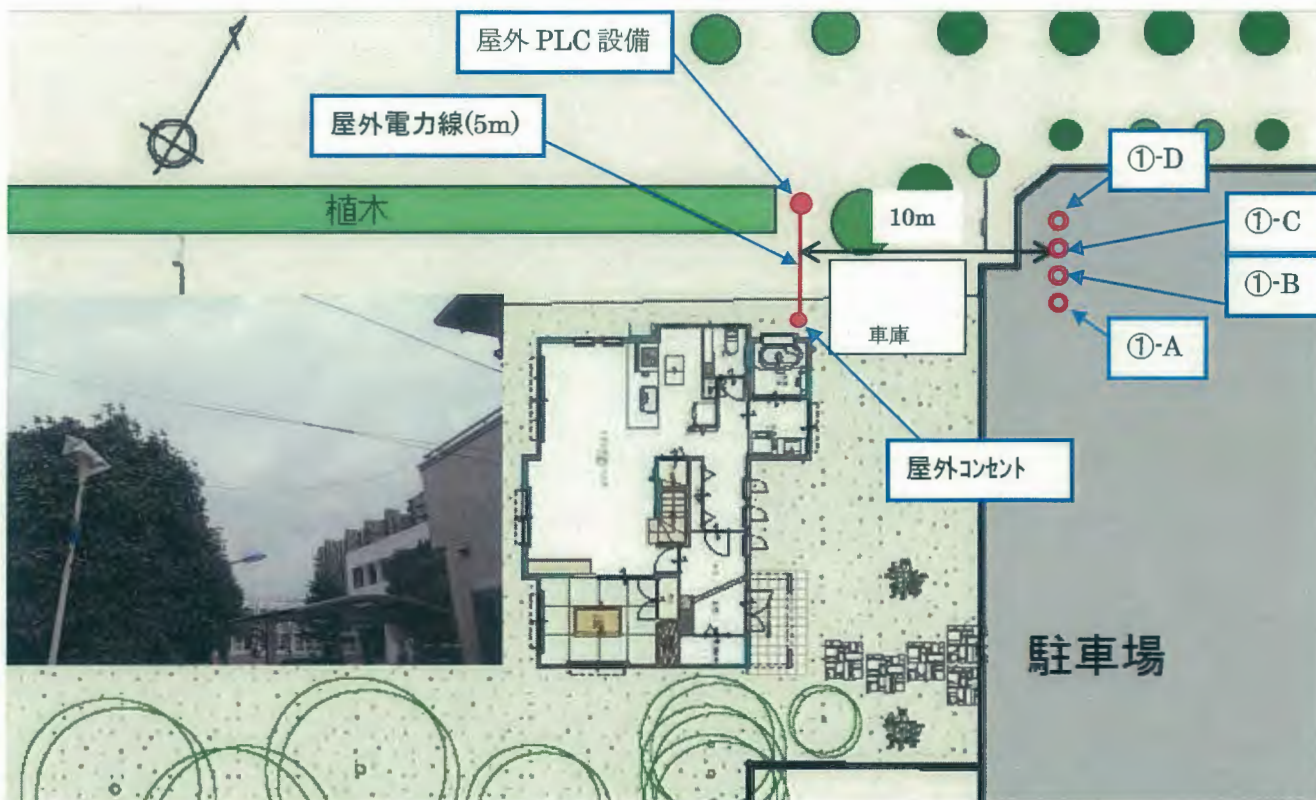


(2) パナソニック HD-PLC検証ハウス (福岡県福岡市)

① 実験1 (カメラ)

・ 測定ポイント①

アンテナの設置位置は、建物より屋外電力線に沿って、1mごとに水平方向10m地点で4箇所測定。



※ 補足説明

- ・ 下図1のように、①の測定結果は建物壁より屋外電力線に沿って、1mごとにA, B, C, Dとした。
- ・ 下図2のように、屋外コンセントの高さは、約0.7mである。また、屋外電力線は、屋外コンセントより高さ約3.3mに這わせ、空中に5m這わせ、高さ4m上の屋外PLC設備（カメラ）に接続した。

図1

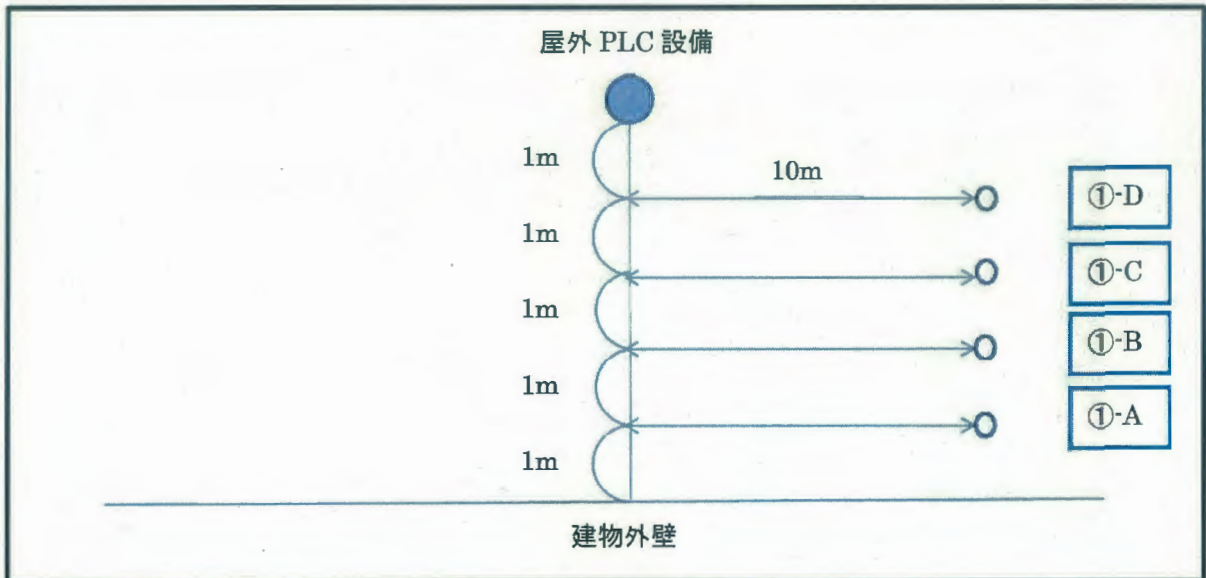
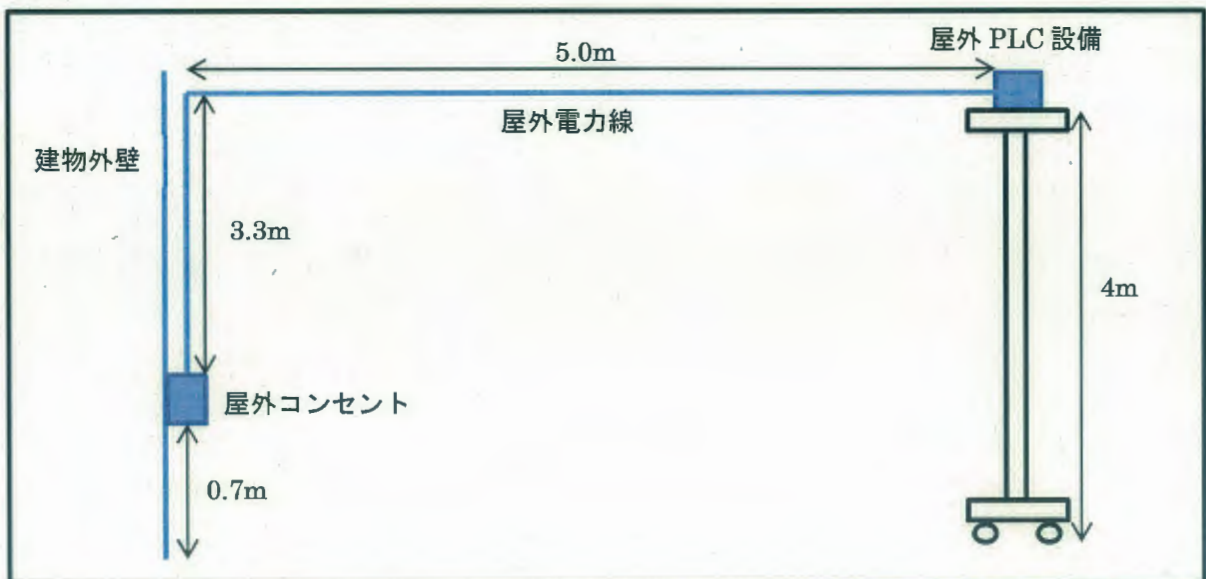


図2



測定風景
測定ポイント①

Position ①-A



Position ①-B



Position ①-C

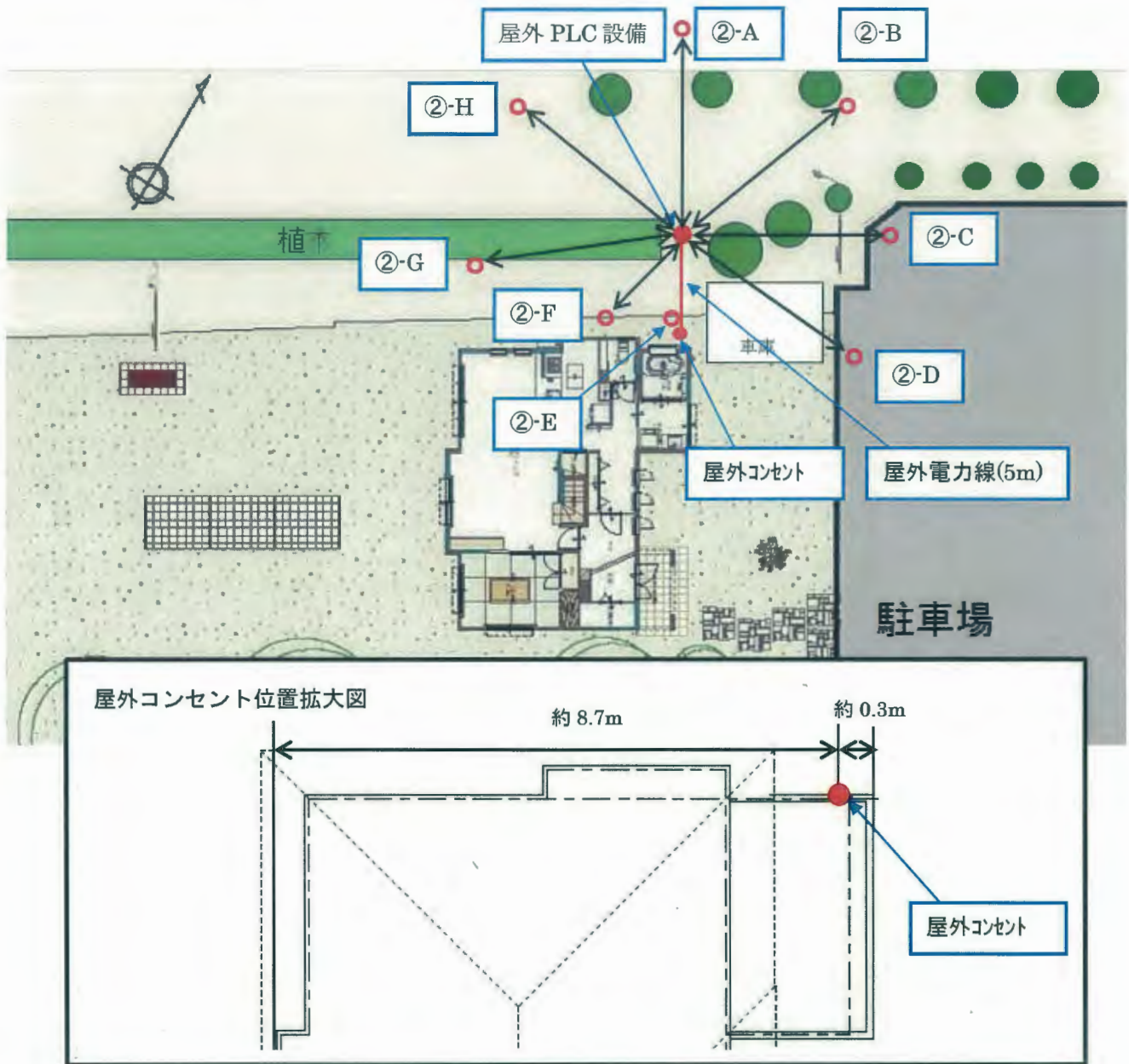


Position ①-D



・ 測定ポイント②

アンテナの設置位置は、屋外PLC設備（カメラ）の周り8方位、屋外PLCから10m又は5m（4.5m）の距離で測定。（※1参照）



※1測定距離は、下記とした。

測定ポイント	測定距離
[Ant位置]	[m]
②-A	10.0
②-B	10.0
②-C	10.0
②-D	10.0
②-E	4.5
②-F	5.0
②-G	10.0
②-H	10.0

10mの距離に設置できない場合には、「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規格について」のうち「高速電力線搬送通信設備に係る許容値及び測定法」(平成18年度情報通信審議会答申諮問第3号)の「PLC公開実験結果」(参考資料2)の「距離5mと距離10m又は30mにおける電磁界強度の差異」(表1)に基づき、10m換算値を算出した。

表1 距離5mと距離10m又は30mにおける電磁界強度の差異

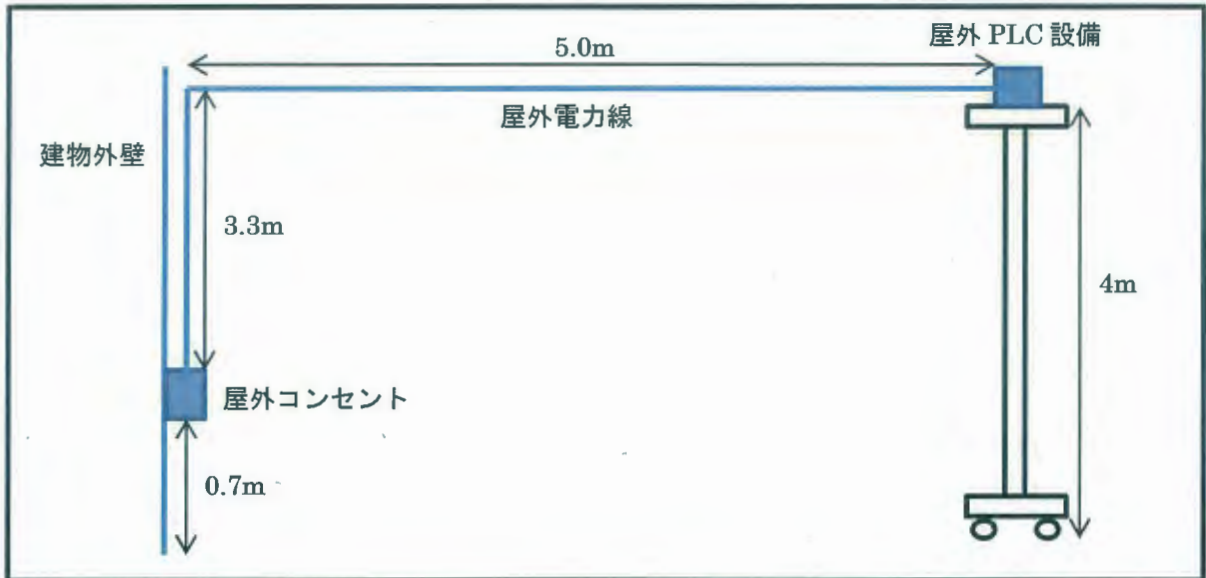
周波数帯	2MHz~15MHz	15MHz~30MHz
E(10m)/E(5m)	-10.0dB	-7.1dB

※ ②-E、②-Fに関しては、上記の距離換算値を採用した。

※ 補足説明

- ・ 下図1のように、屋外コンセントの高さは、約0.7mである。また、屋外電力線は、屋外コンセントより高さ約3.3mに這わせ、空中に5m這わせ、高さ4m上の屋外 PLC 設備（カメラ）に接続した。

図 1



・ 測定風景

測定ポイント②

Position ②-A



Position ②-B



Position ②-C



Position ②-D



Position ②-E



Position ②-F



Position ②-G

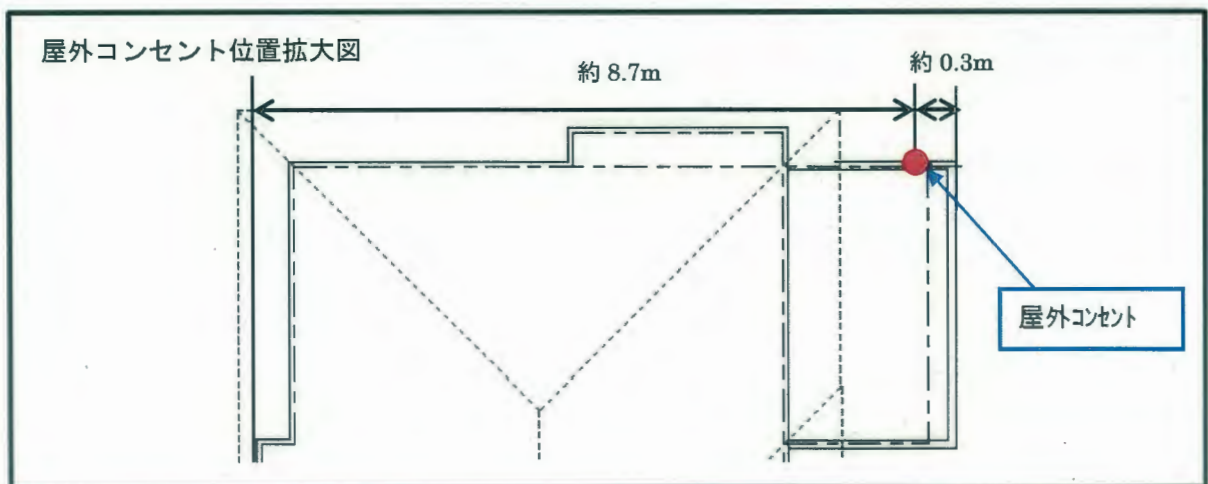
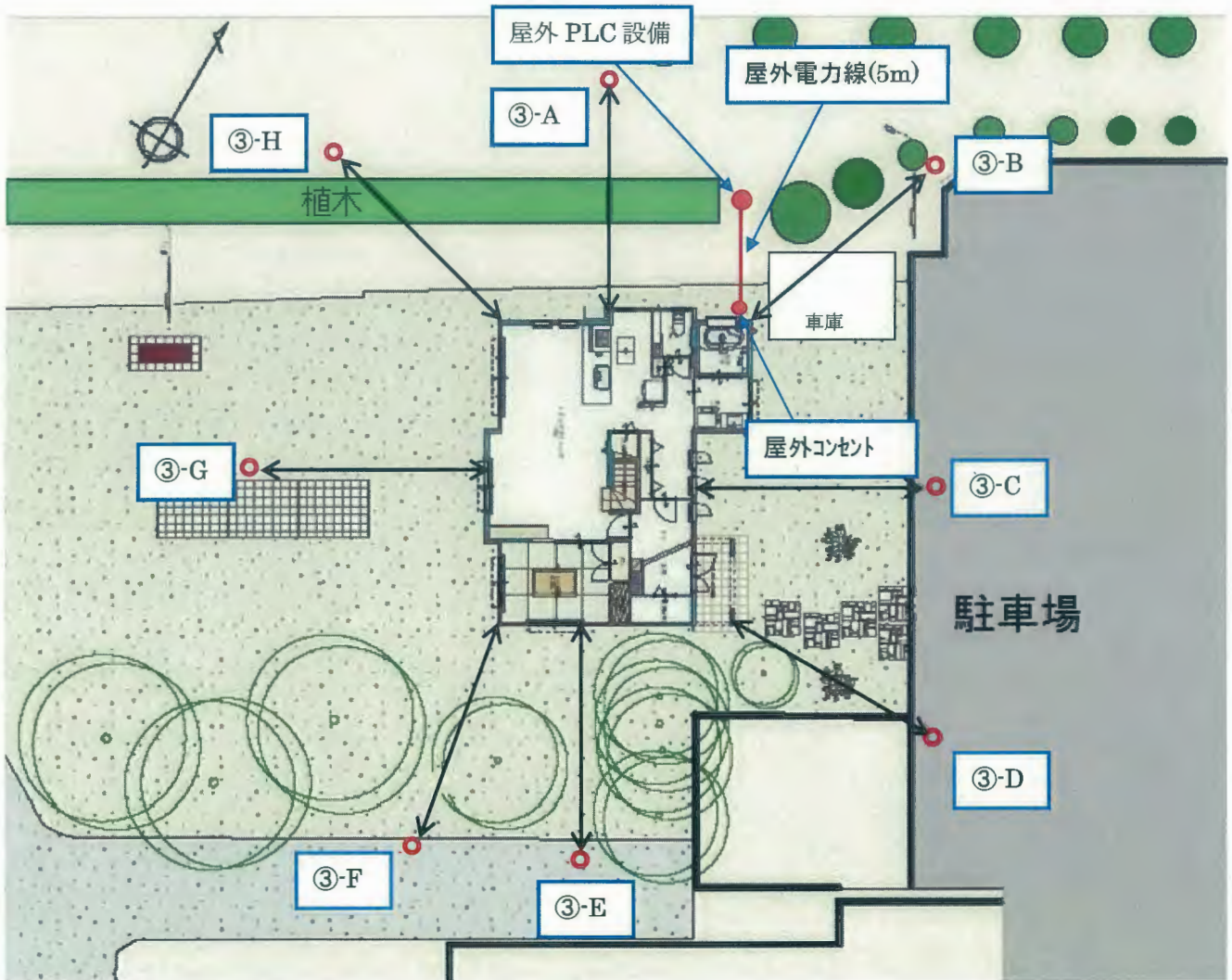


Position ②-H



・ 測定ポイント③

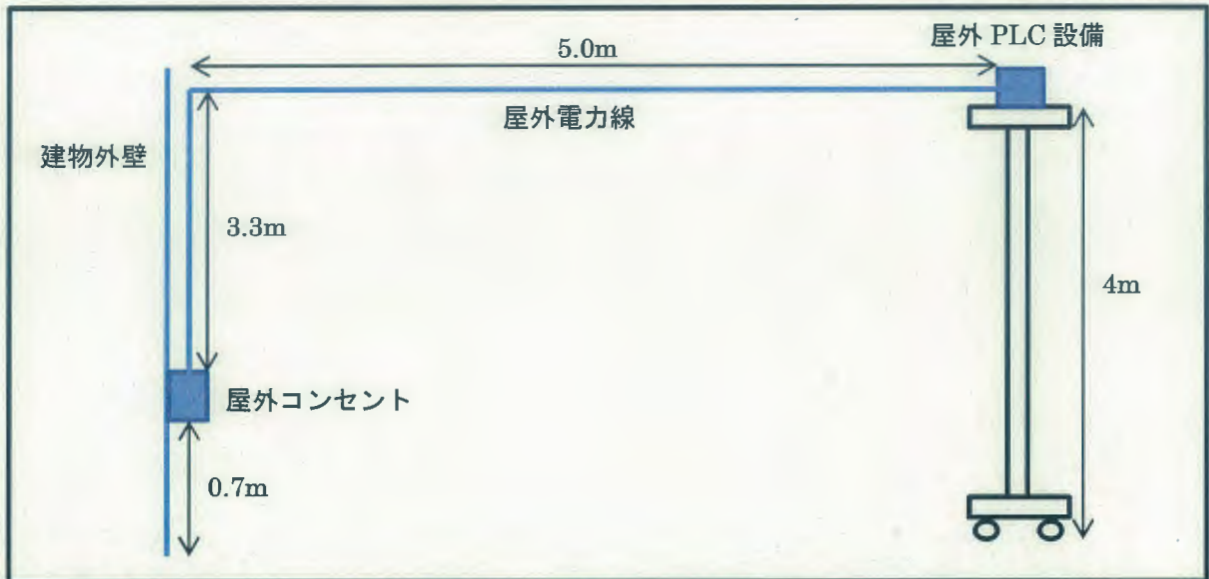
アンテナの設置位置は、建物の周り 8 方位、建物外壁から 10 m の距離で測定。



※ 補足説明

- ・ 下図1のように、屋外コンセントの高さは、約0.7mである。また、屋外電力線は、屋外コンセントより高さ約3.3mに這わせ、空中に5m這わせ、高さ4m上の屋外 PLC 設備（カメラ）に接続した。

図 1



・ 測定風景

測定ポイント③

Position ③-A



Position ③-B



Position ③-C



Position ③-D



Position ③-E



Position ③-F



Position ③-G

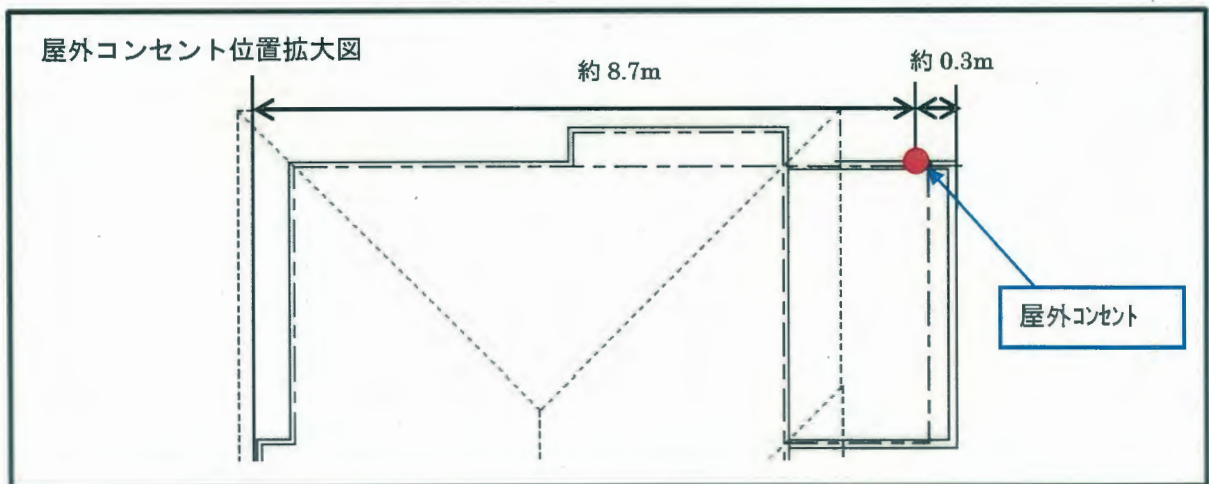
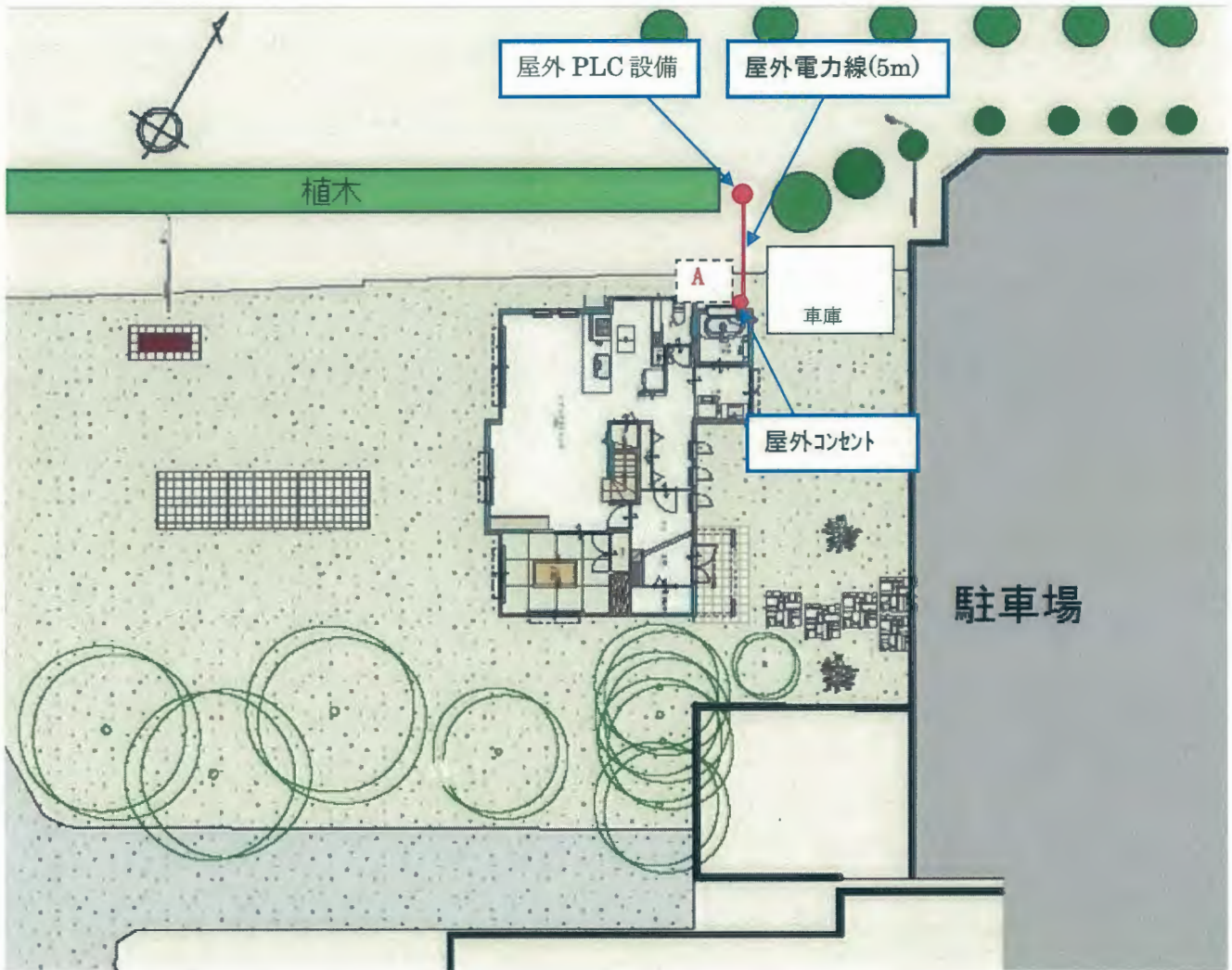


Position ③-H



・ 漏洩電流測定

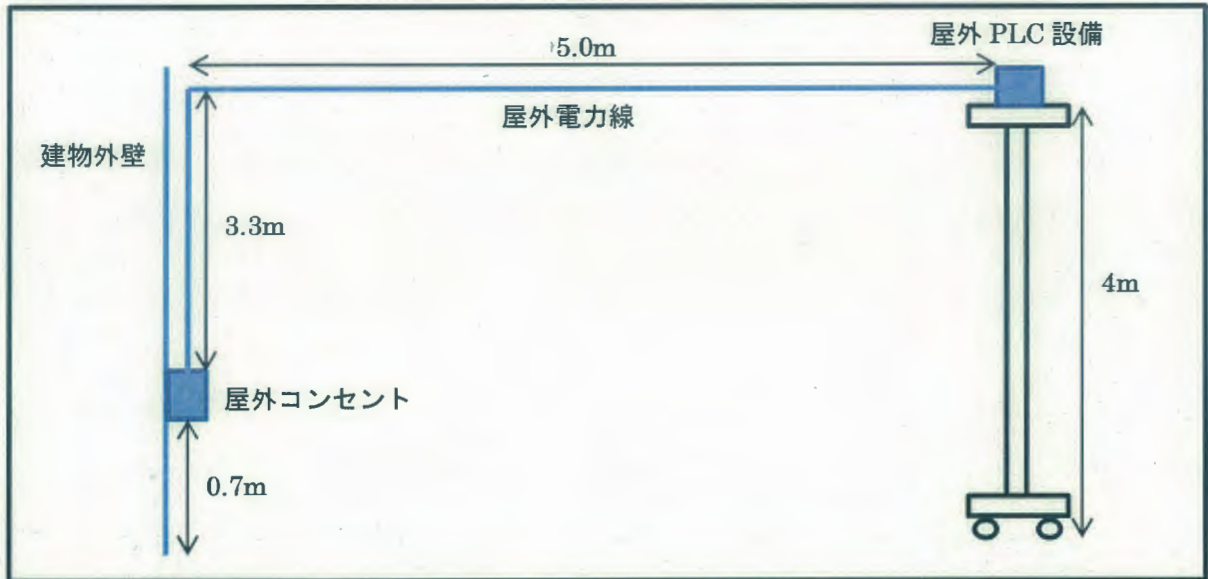
測定用プローブは、屋外コンセント付近（A）に設置して測定。



※ 補足説明

- ・下図1のように、屋外コンセントの高さは、約0.7mである。また、屋外電力線は、屋外コンセントより高さ約3.3mに這わせ、空中に5m這わせ、高さ4m上の屋外PLC設備（カメラ）に接続した。

図1



測定風景

漏洩電流測定

Position A

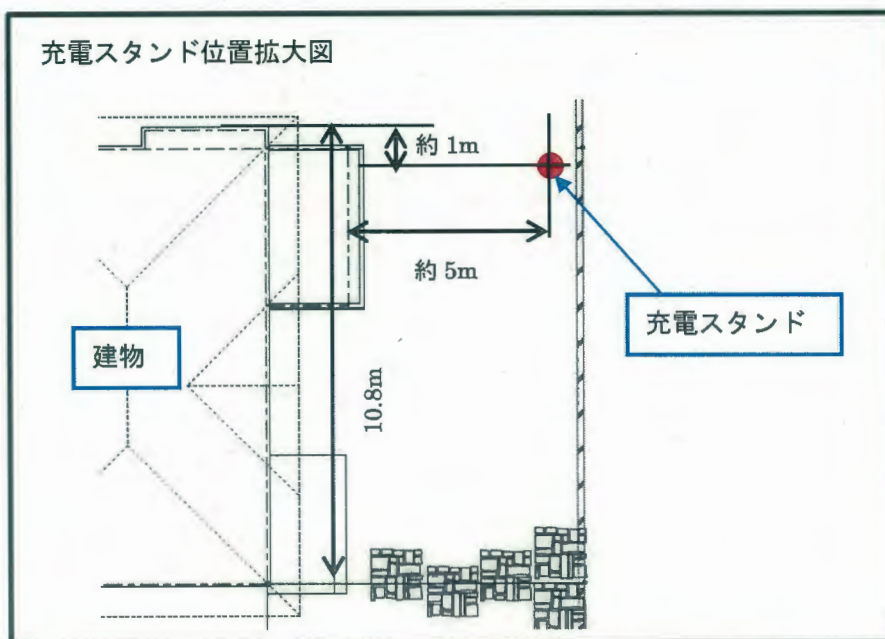
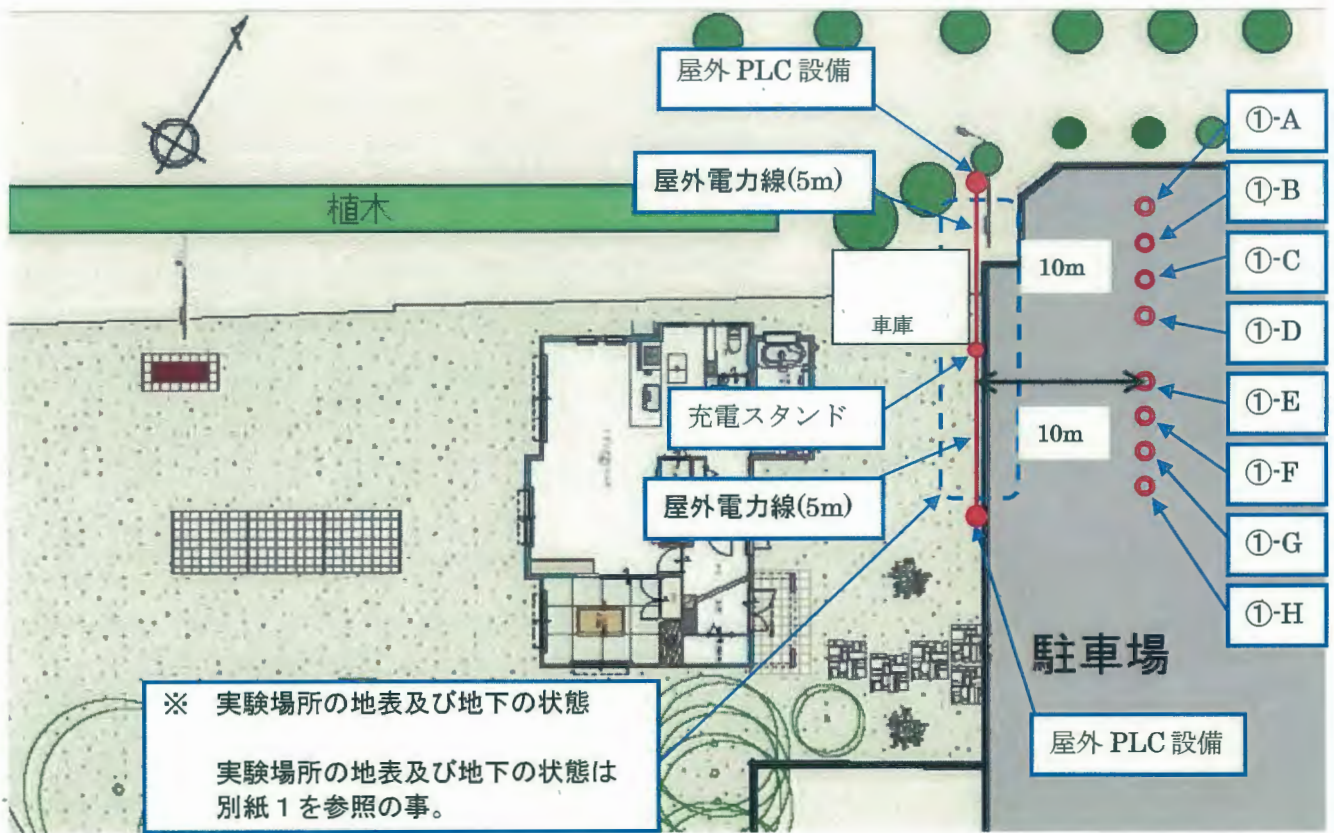


② 実験 2 (EV)

・ 測定ポイント①

アンテナの設置位置は、充電スタンドより屋外電力線に沿って、1mごとに水平方向10m地点で8箇所測定。

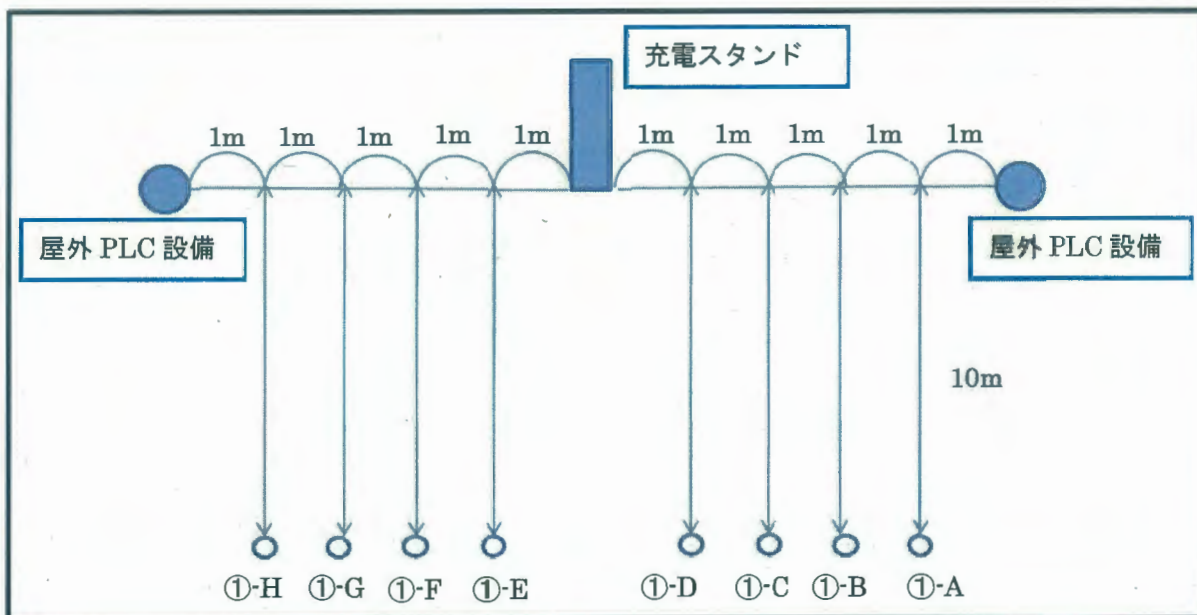
※ 屋外PLC設備2台とも通信した状態（屋外→屋内、屋内→屋外）と2台とも非通信の状態の3つの状態を測定。



※ 補足説明

- ・ 下図1のように、①の測定結果は充電スタンドより屋外電力線に沿って、1mごとにA~H（8ヶ所）とした。

図1



- ・ 充電スタンドより屋外 PLC 設備までの屋外電力線は、地上に這わせ接続した。
- ・ 屋外 PLC は高さ約 10 cm の台の上に設置した。
- ・ 充電スタンド内の PLC 設備は、高さ約 20 cm の台の上に設置した。

測定風景

測定ポイント①

Position ①-A



Position ①-B



Position ①-C



Position ①-D



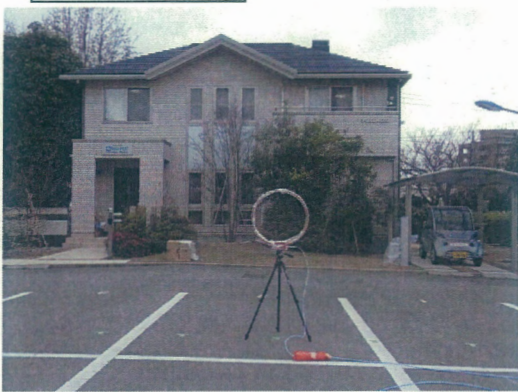
Position ①-E



Position ①-F



Position ①-G

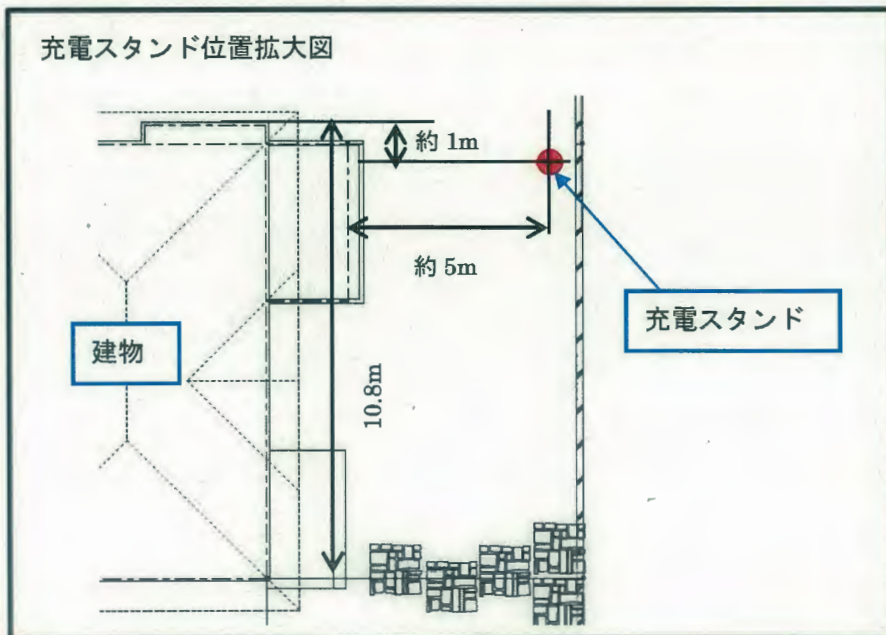
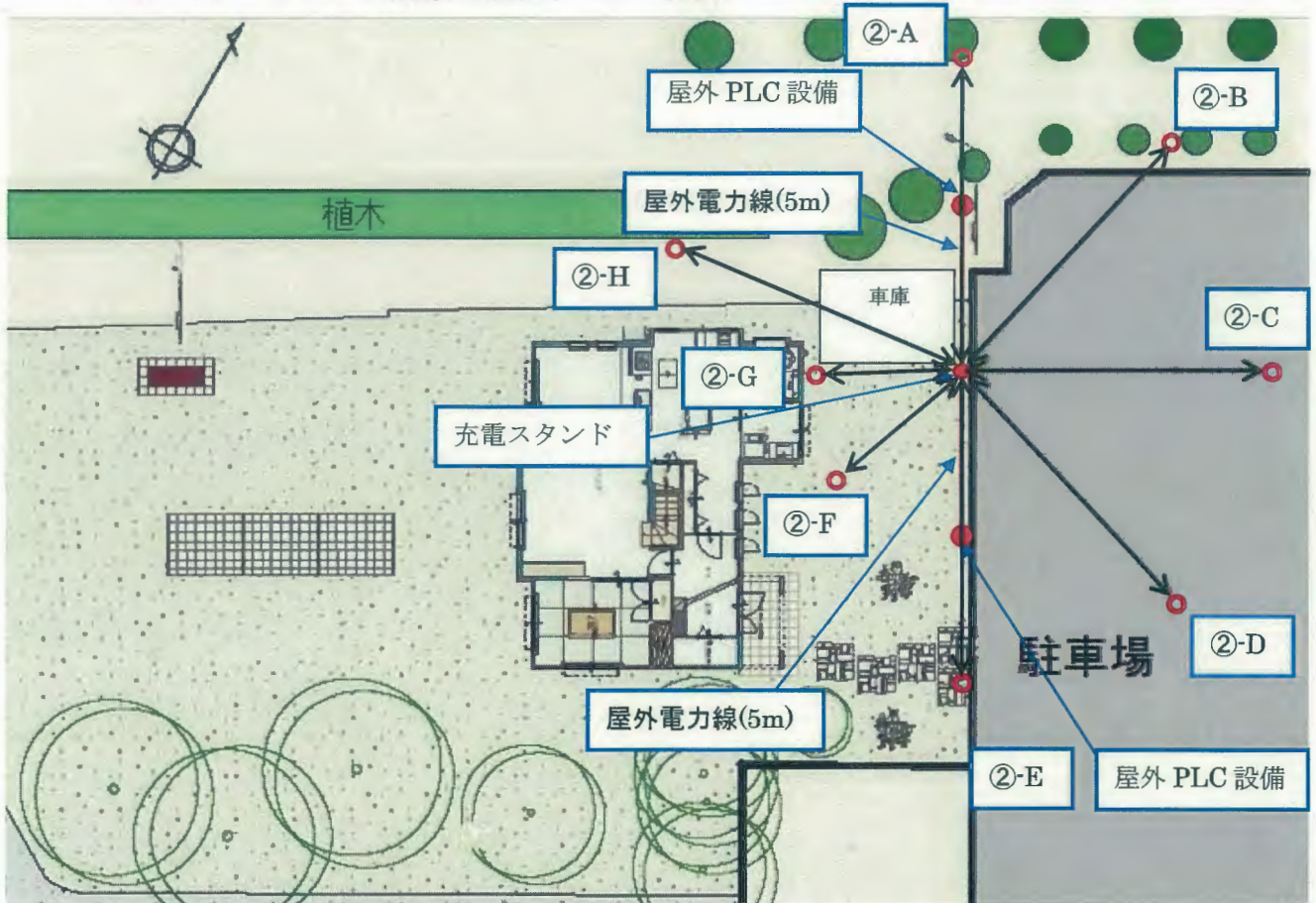


Position ①-H



・ 測定ポイント②

アンテナの設置位置は、充電スタンドの周り8方位、充電スタンドから10m又は5m（4. 5m）の距離で測定。（※1参照）



※1測定距離は、下記とした。

測定ポイント	測定距離
[Ant位置]	[m]
②-A	10.0
②-B	10.0
②-C	10.0
②-D	10.0
②-E	10.0
②-F	5.0
②-G	4.5
②-H	10.0

10mの距離に設置できない場合には、「国際無線障害特別委員会 (CISPR) の諸規格について」のうち「高速電力線搬送通信設備に係る許容値及び測定法」(平成18年度情報通信審議会答申諮問第3号)の「PLC公開実験結果」(参考資料2)の「距離5mと距離10m又は30mにおける電磁界強度の差異」(表1)に基づき、10m換算値を算出した。

表1 距離5mと距離10m又は30mにおける電磁界強度の差異

周波数帯	2MHz~15MHz	15MHz~30MHz
E(10m)/E(5m)	-10.0dB	-7.1dB

※ ②-F、②-Gに関しては、上記の距離換算値を採用した。

※ 補足説明

- ・ 充電スタンドより屋外 PLC 設備までの屋外電力線は、地上に這わせ接続した。
- ・ 屋外 PLC は高さ約 10cmの台の上に設置した。
- ・ 充電スタンド内の PLC 設備は、高さ約 20cmの台の上に設置した。

測定風景

測定ポイント②

Position ②-A



Position ②-B



Position ②-C



Position ②-D



Position ②-E



Position ②-F



Position ②-G

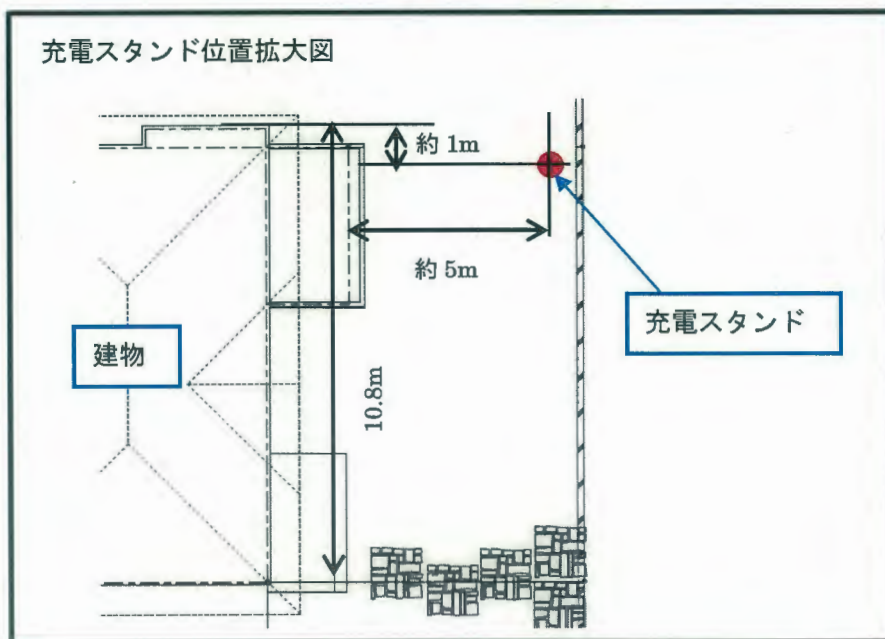
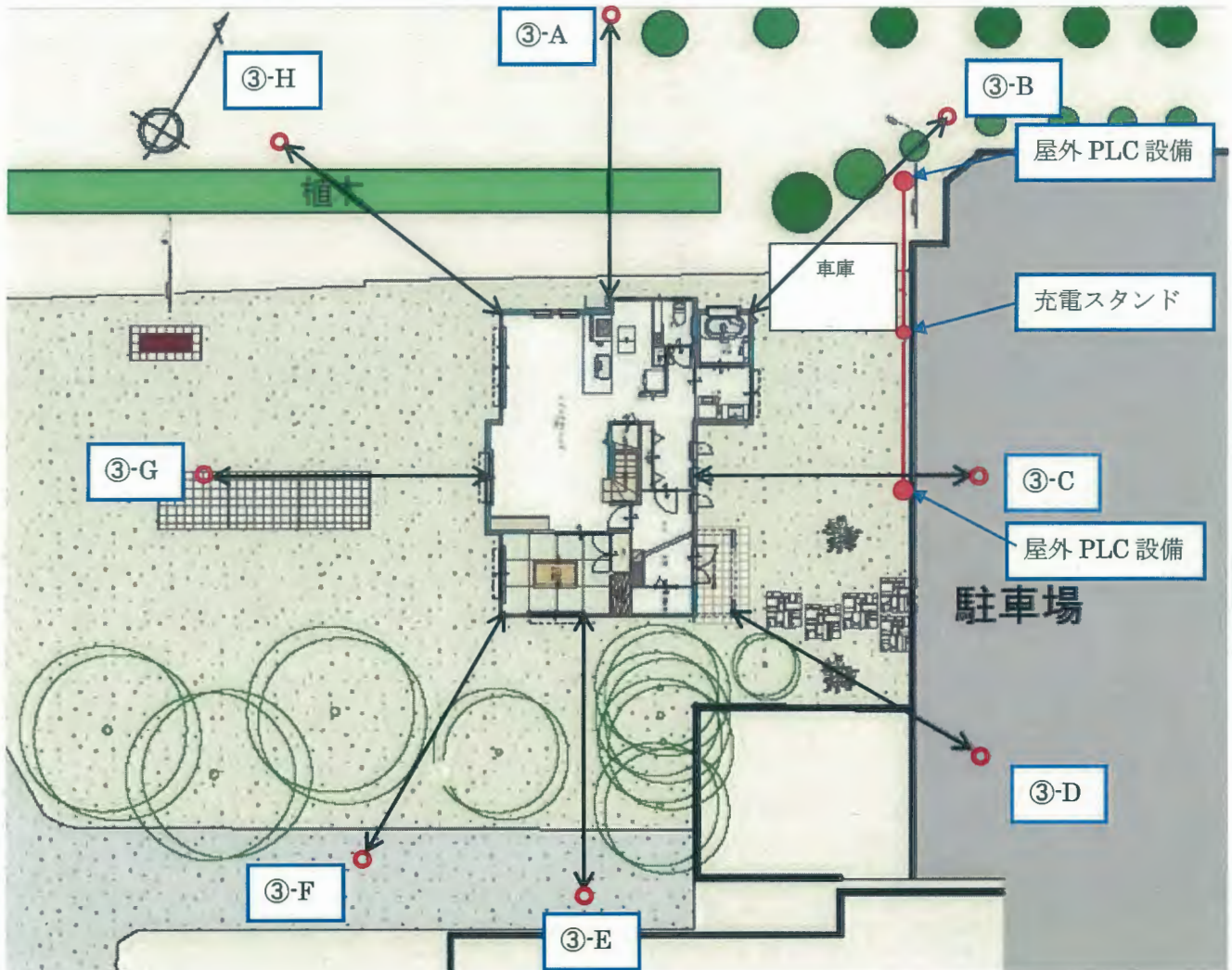


Position ②-H



・ 測定ポイント③

アンテナの設置位置は、建物の周り8方位、建物外壁から10mの距離で測定。



※ 補足説明

- ・ 充電スタンドより屋外 PLC 設備までの屋外電力線は、地上に這わせ接続した。
- ・ 屋外 PLC は高さ約 10 cm の台の上に設置した。
- ・ 充電スタンド内の PLC 設備は、高さ約 20 cm の台の上に設置した。

・ 測定風景

測定ポイント③

Position ③-A



Position ③-B



Position ③-C



Position ③-D



Position ③-E



Position ③-F



Position ③-G

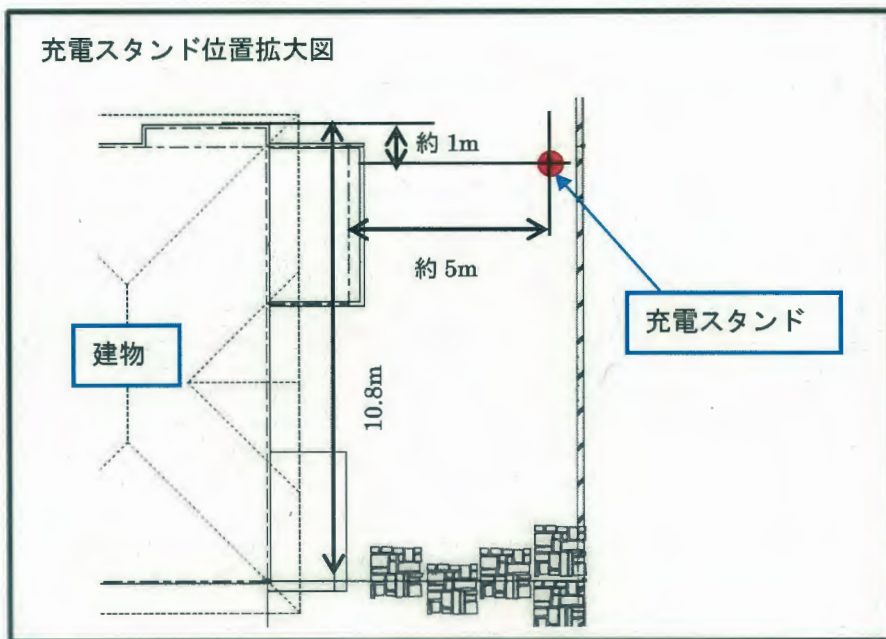
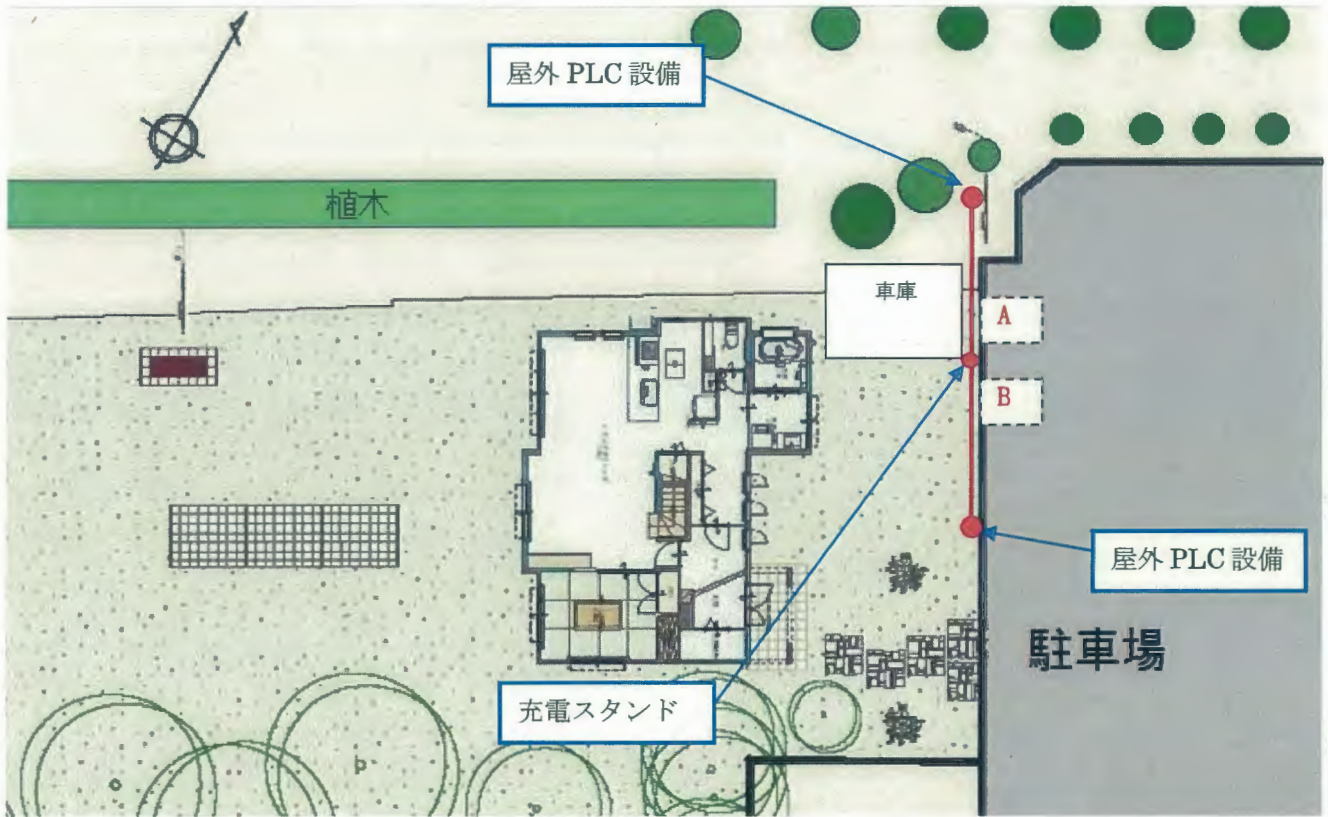


Position ③-H



・ 漏洩電流測定

測定用プローブは、充電スタンド付近（AおよびB）に設置して測定。



※ 補足説明

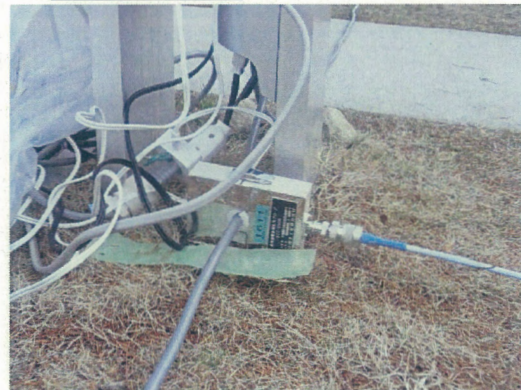
- ・ 充電スタンドより屋外 PLC 設備までの屋外電力線は、地上に這わせ接続した。
- ・ 屋外 PLC は高さ約 10 cm の台の上に設置した。
- ・ 充電スタンド内の PLC 設備は、高さ約 20 cm の台の上に設置した。

- ・ 測定風景
漏洩電流測定

Position A



Position B



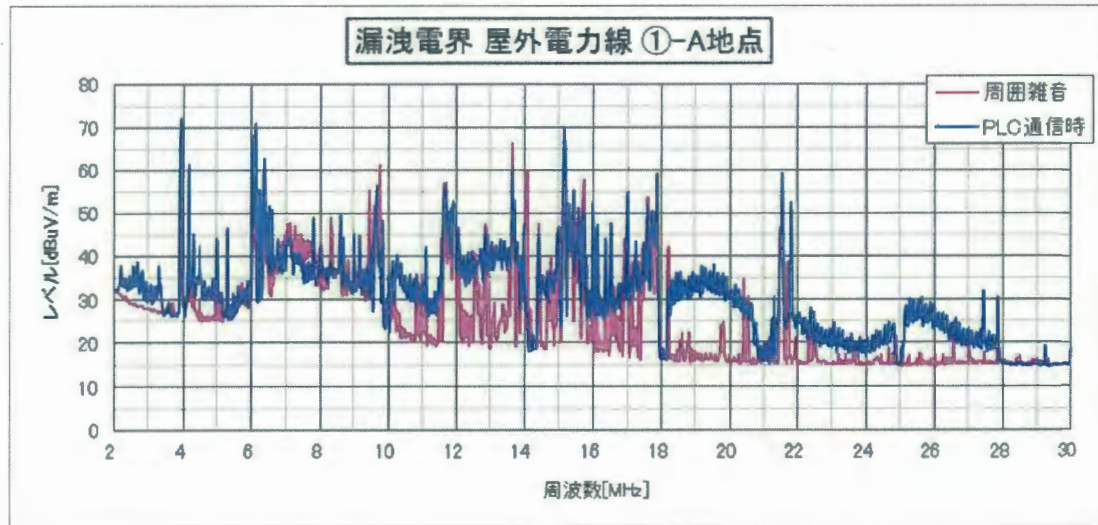
9. 測定結果

(1) 電気通信大学 多摩川グラウンド 実験1 (カメラ)

・ 測定ポイント①

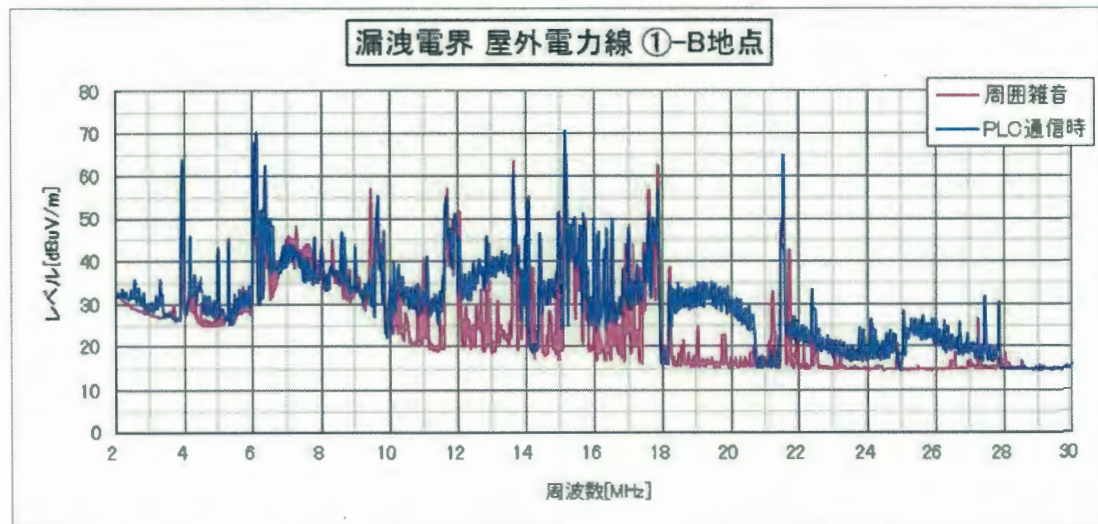
場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	①-A
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



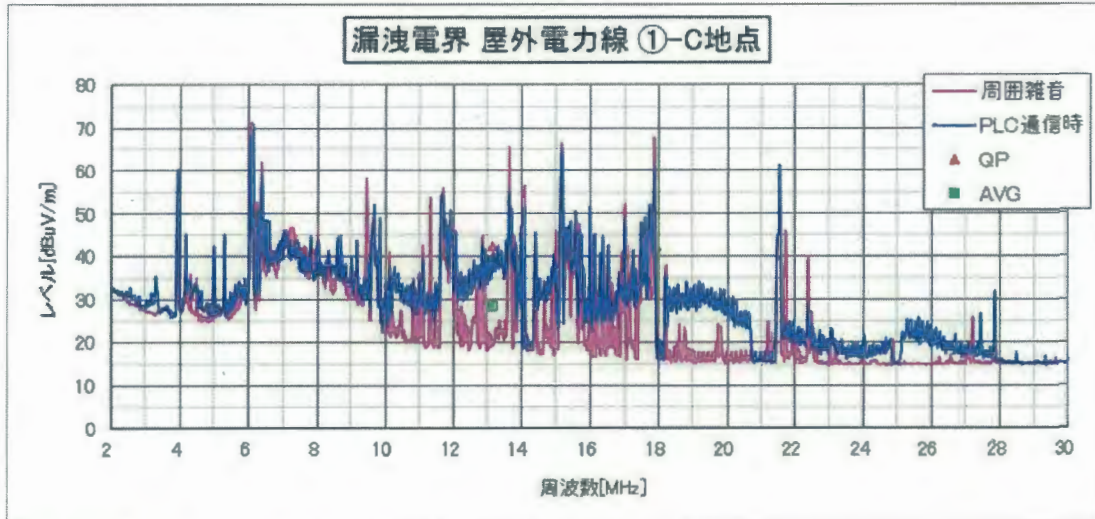
場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	①-B
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	①-C
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

- ・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））

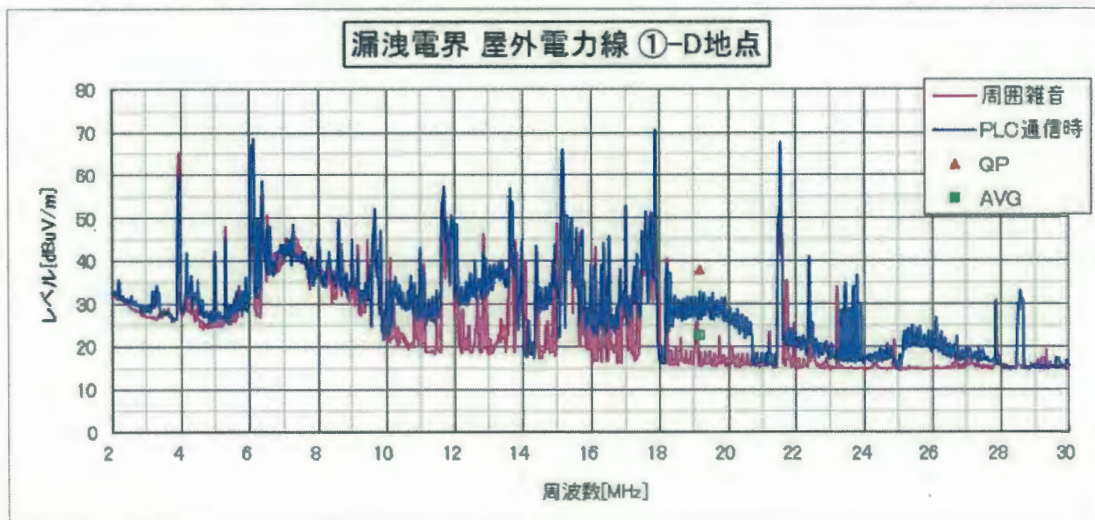


- ・漏洩電界レベル（EMI レシーバー）

周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
13.170	42.4	28.2

場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	①-D
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

- ・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））

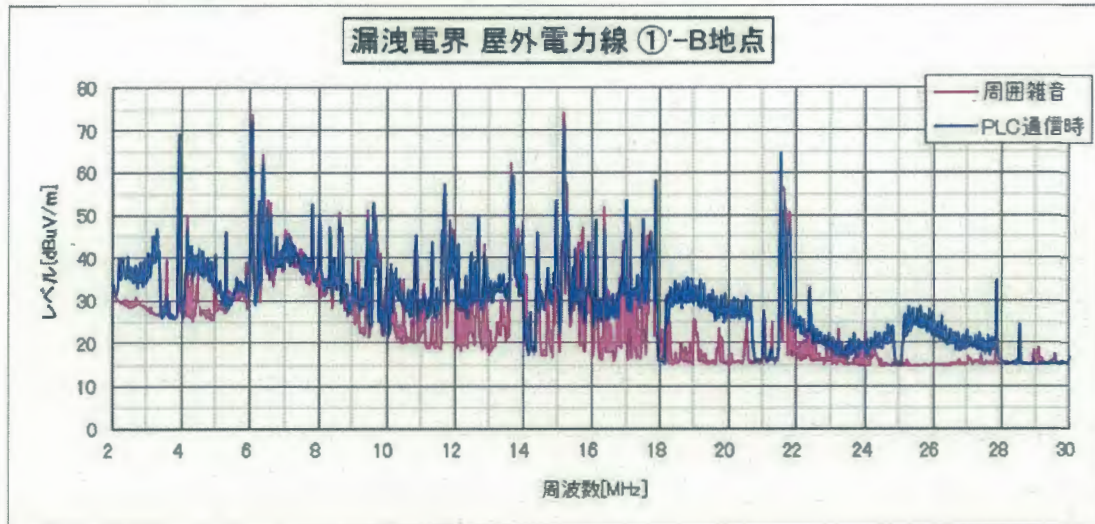


- ・漏洩電界レベル（EMI レシーバー）

周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
19.180	37.8	22.7

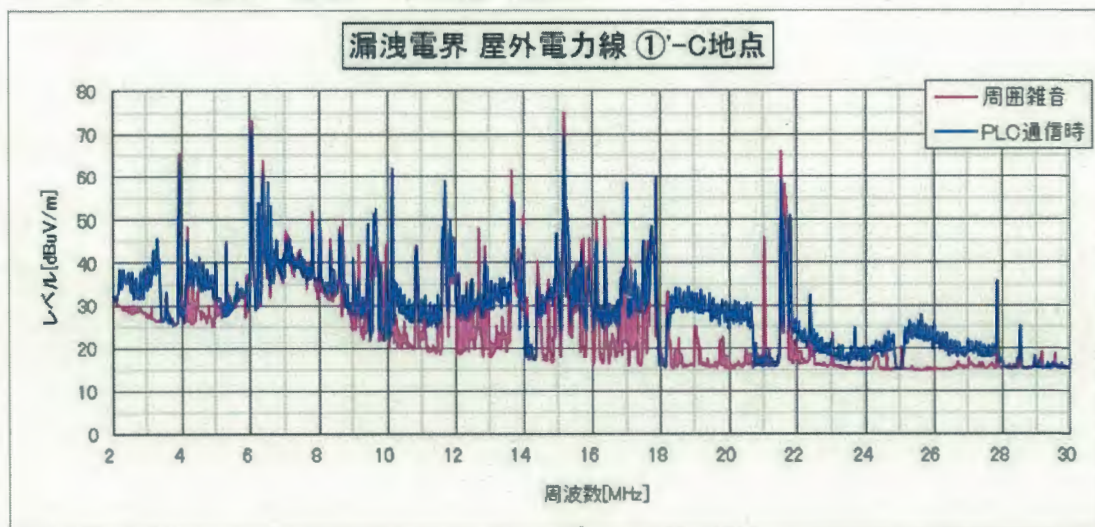
場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	①' -B
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	①' -C
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

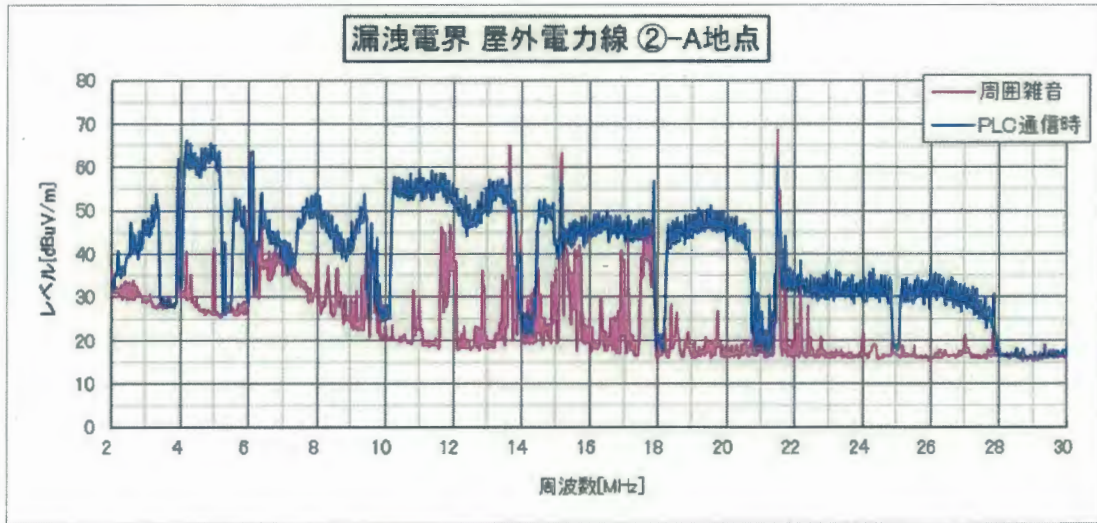
・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



測定ポイント②

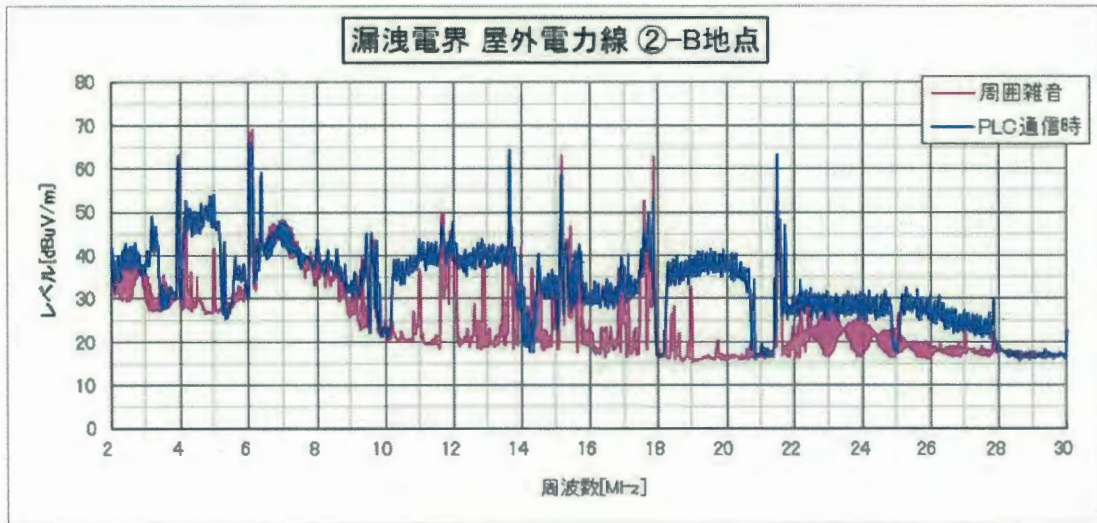
場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	4.5m
測定ポジション	②-A
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



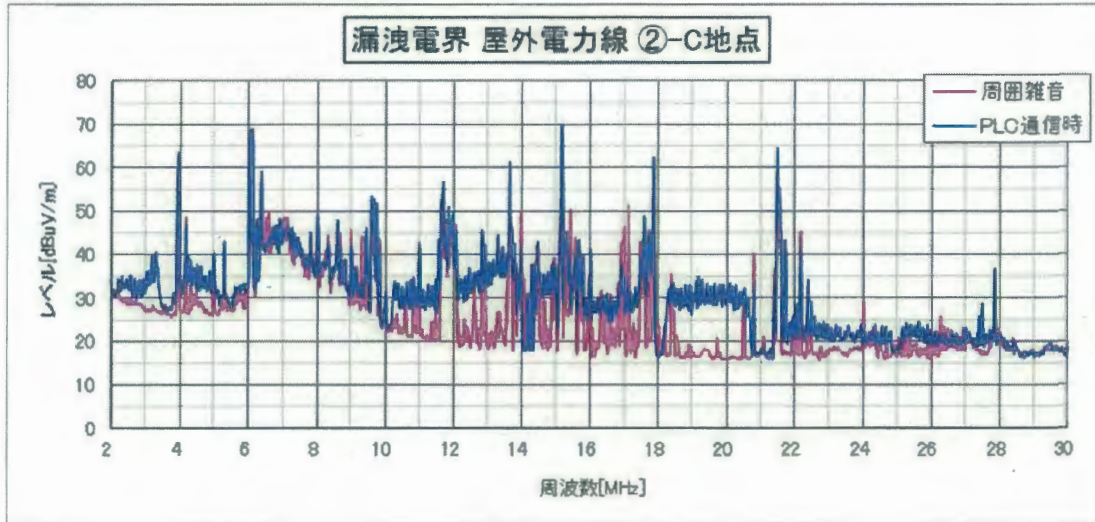
場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	5m
測定ポジション	②-B
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



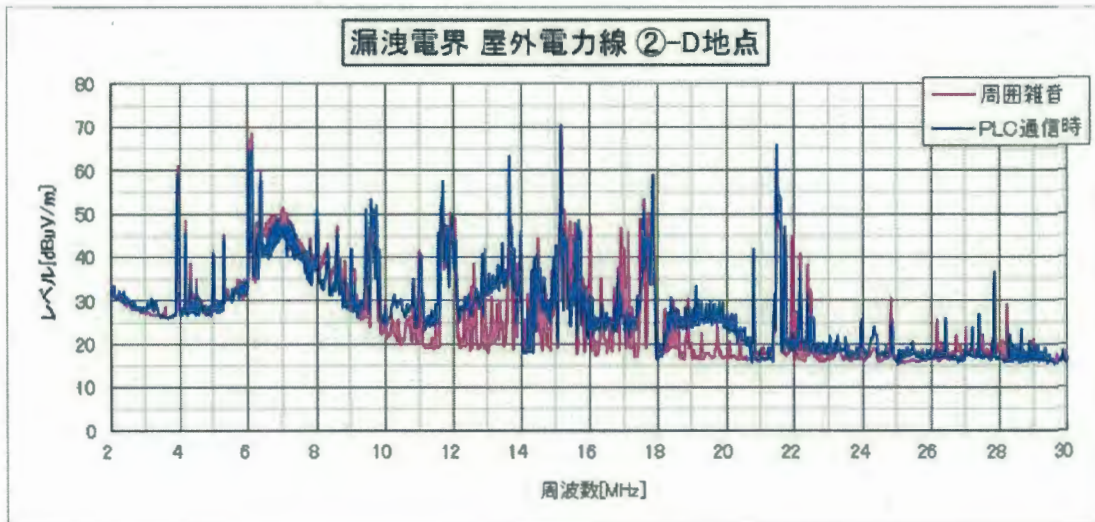
場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	②-C
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



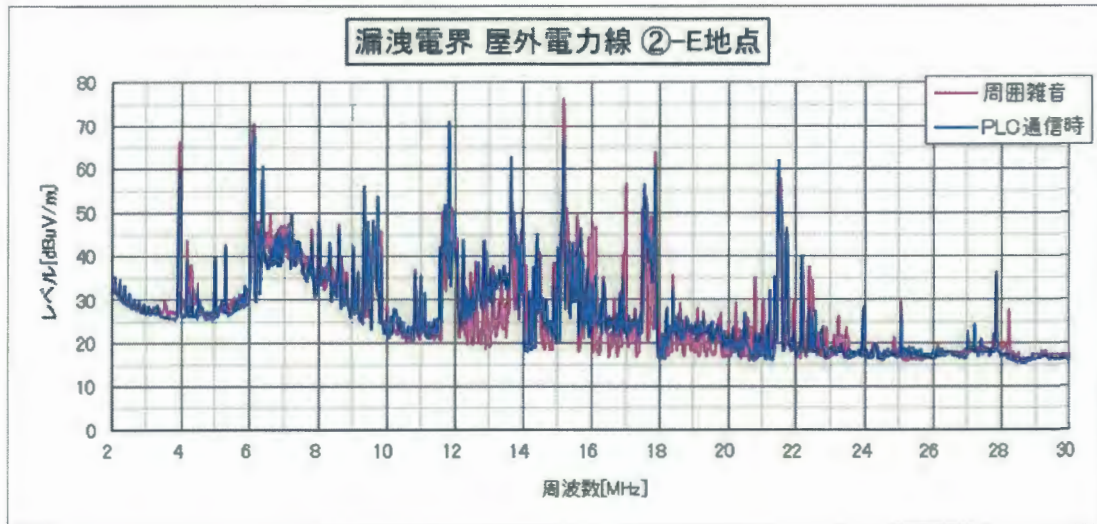
場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	②-D
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



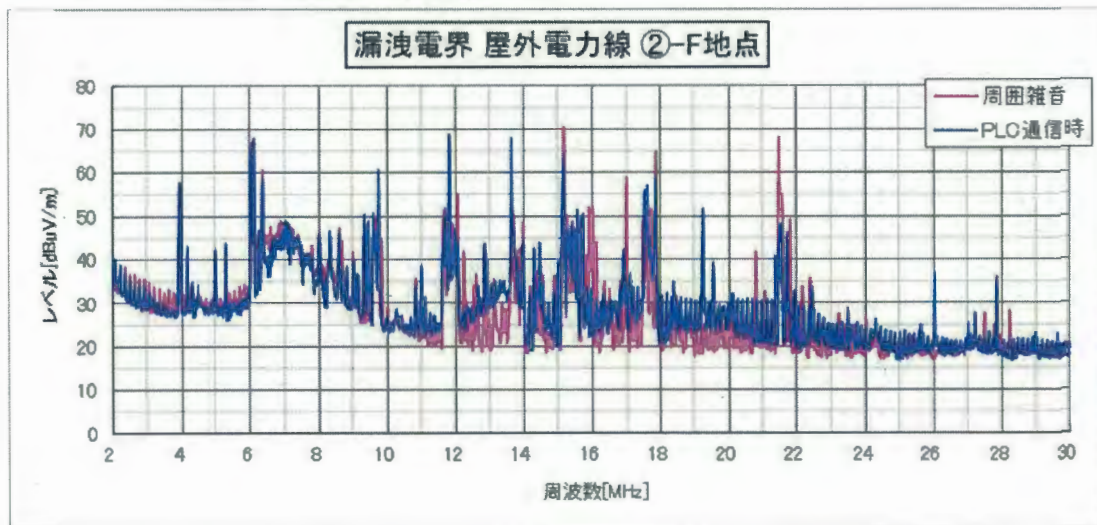
場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	②-E
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



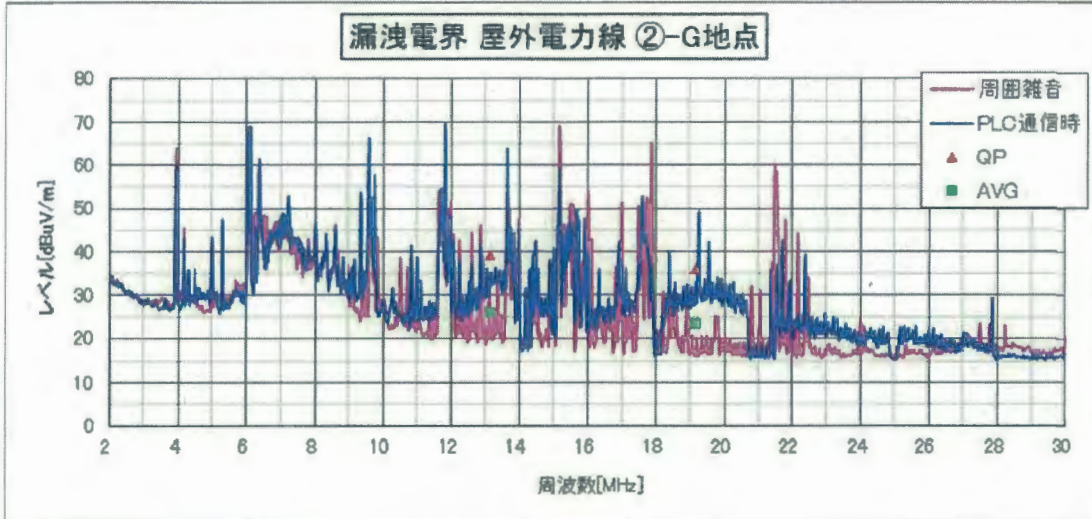
場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	②-F
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	②-G
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))

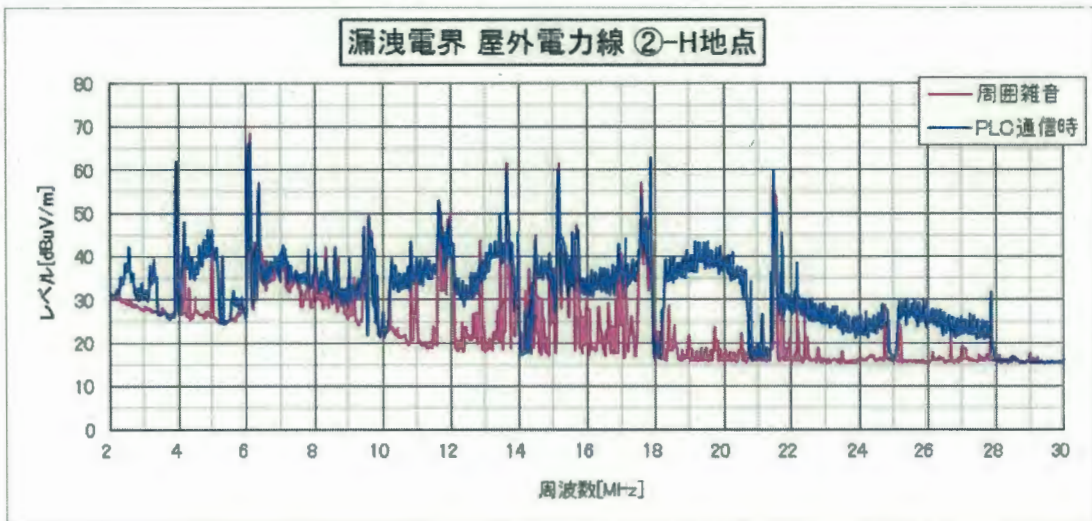


・ 漏洩電界レベル (EMI レシーバー)

周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
13.170	38.8	25.9
19.180	35.8	28.8

場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	5m
測定ポジション	②-H
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

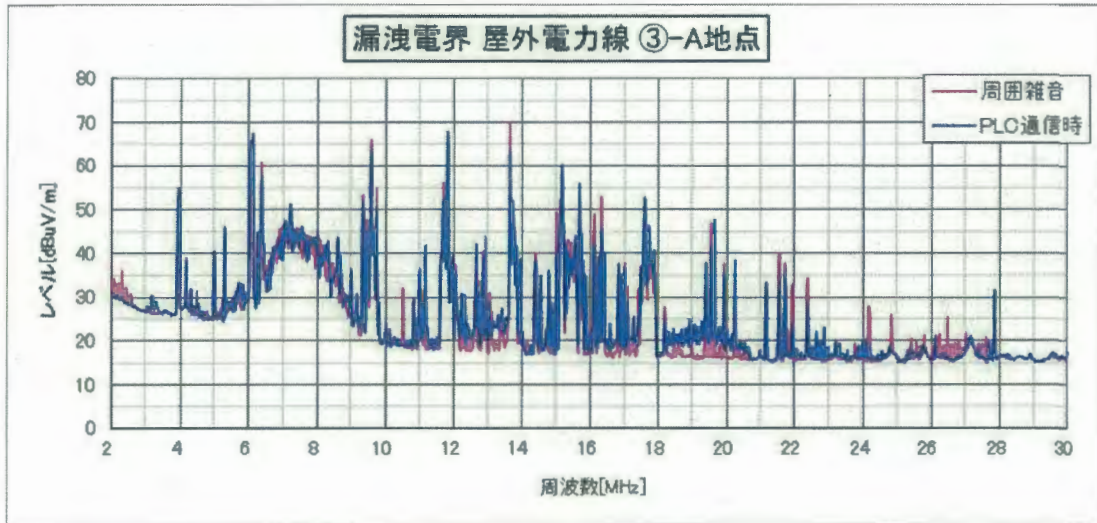
・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



測定ポイント③

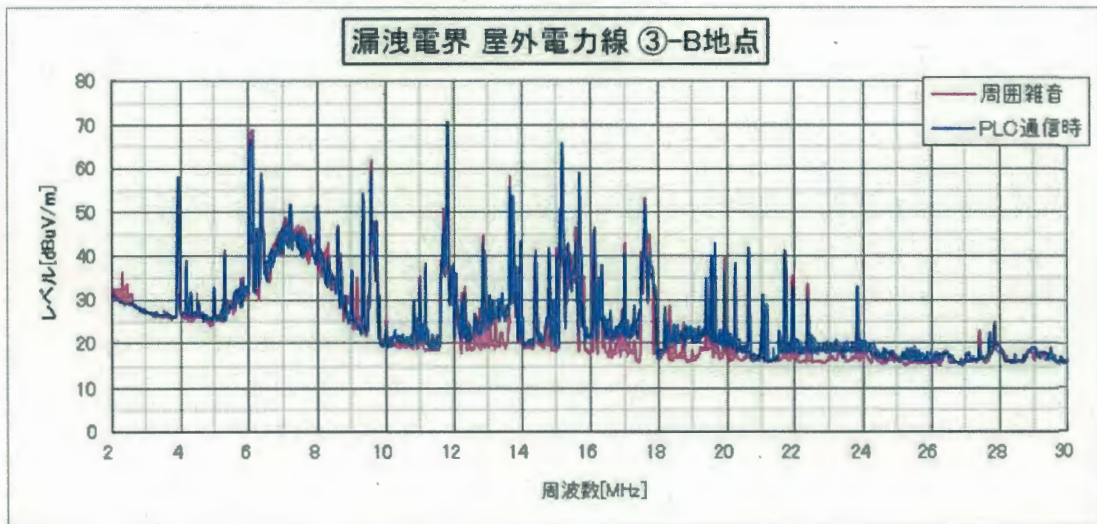
場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	③-A
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



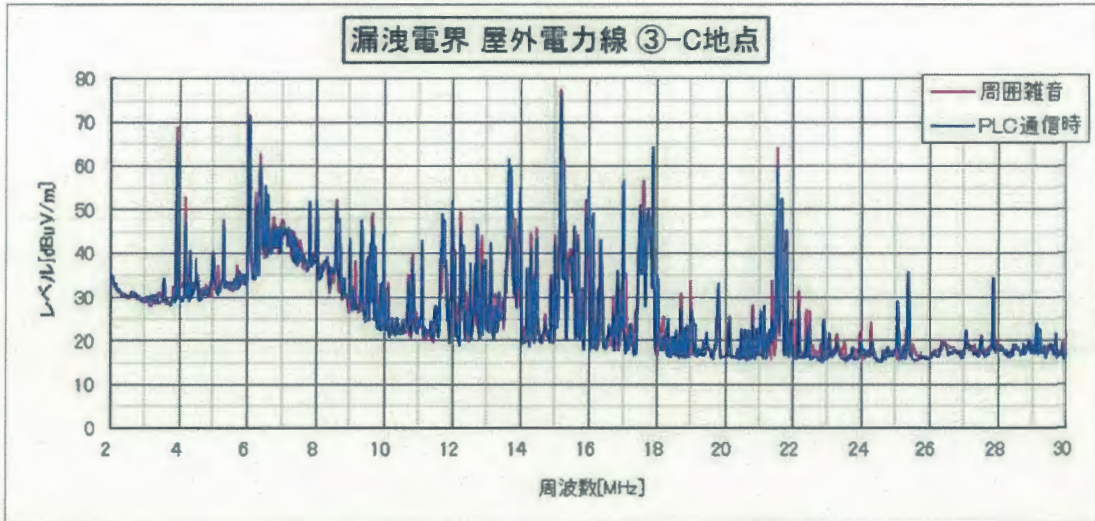
場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	③-B
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



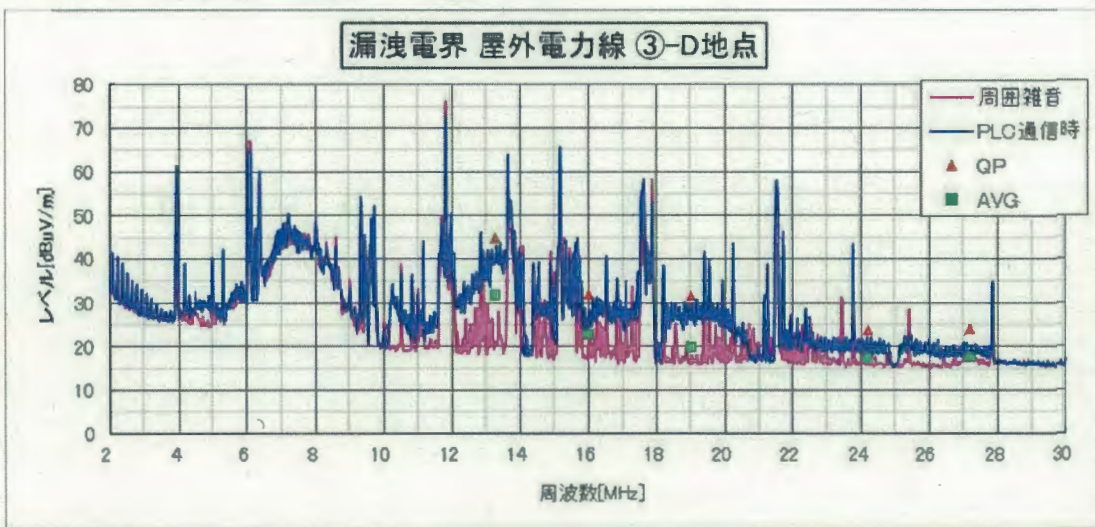
場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	③-C
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	③-D
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))

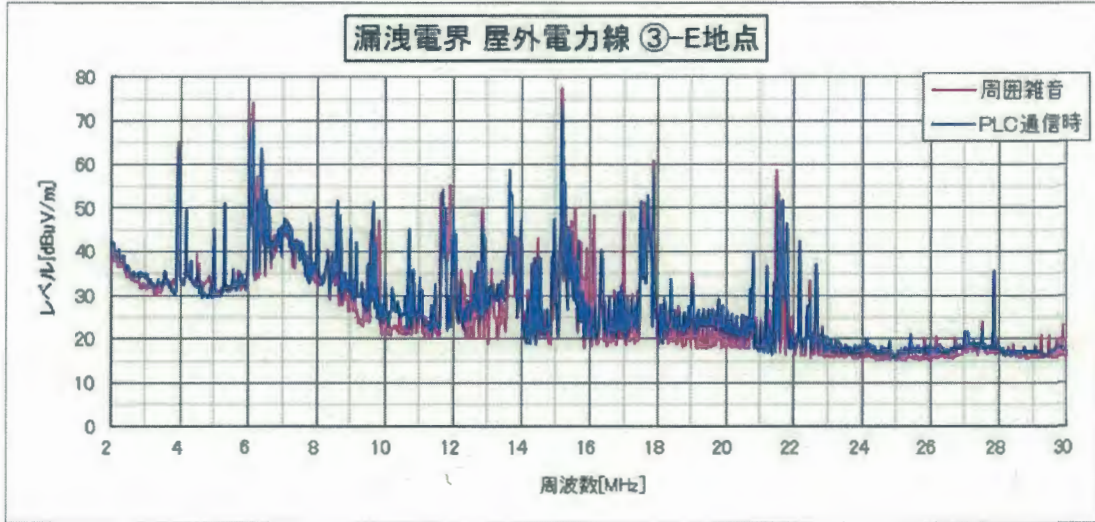


・ 漏洩電界レベル (EMI レシーバー)

周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
13.270	44.7	31.8
15.984	32.0	22.8
19.000	31.6	19.8
24.192	23.8	17.5
27.178	24.0	17.6

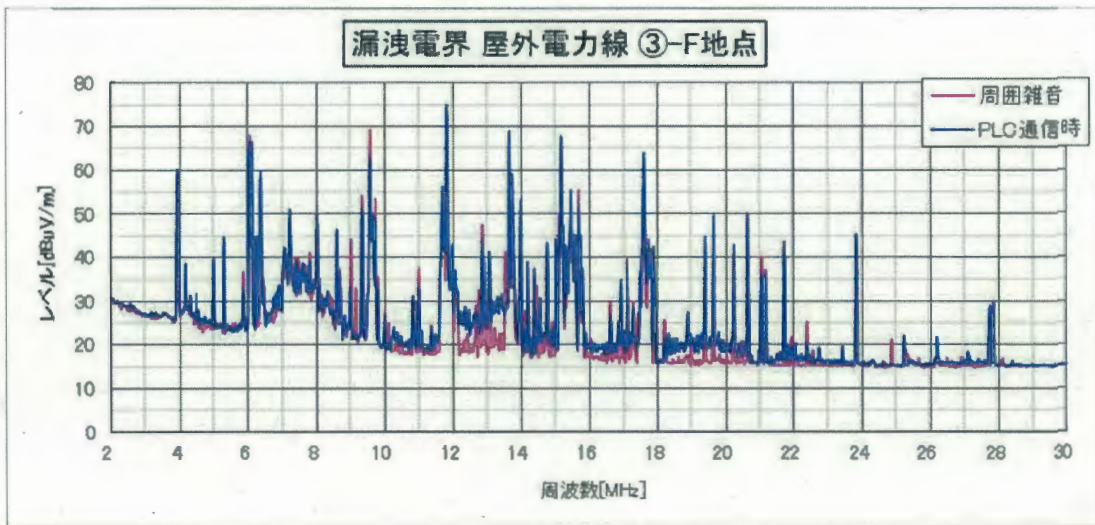
場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	③-E
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



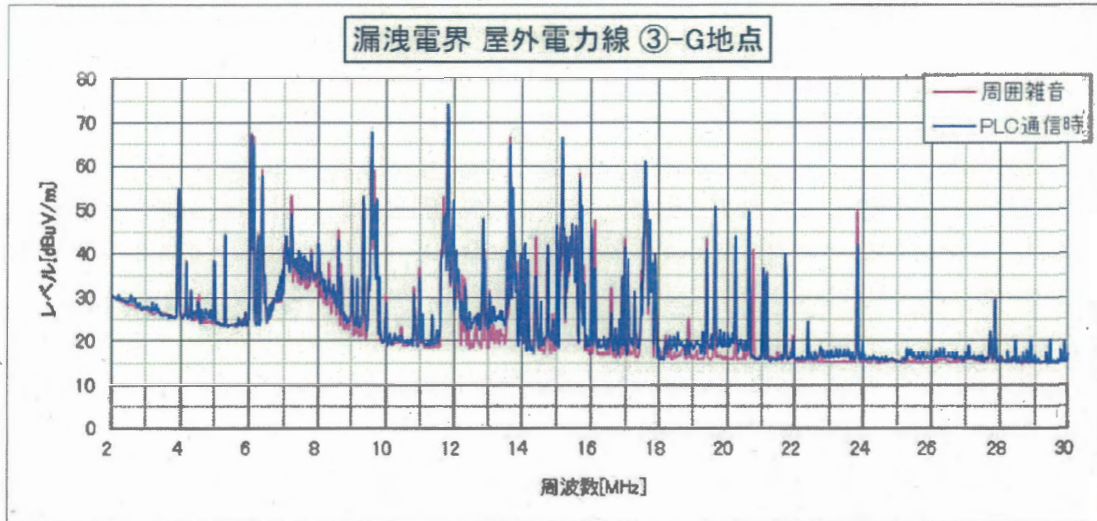
場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	③-F
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定距離	10m
測定ポジション	③-G
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

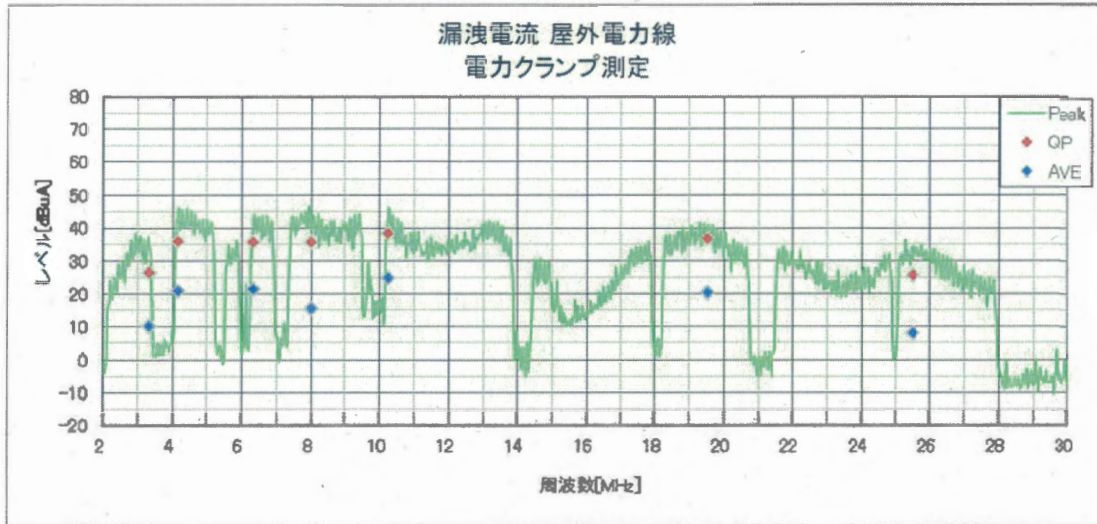
■ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



漏洩電流測定

場所	電気通信大学 多摩川グラウンド
測定ポジション	屋外コンセント付近で測定。
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 尖頭値 (PEAK))



・ 漏洩電界レベル (EMI レシーバー)

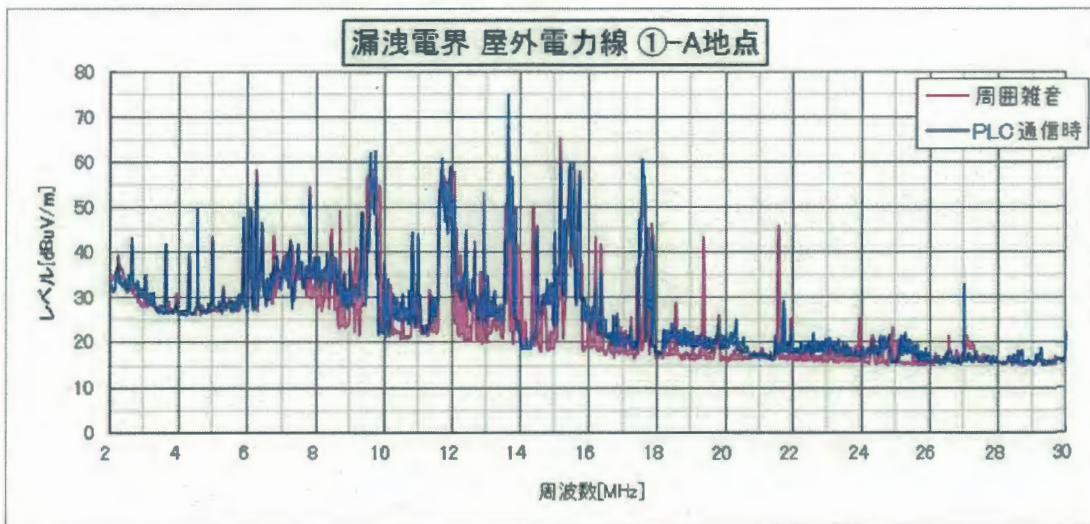
周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
3.320	26.5	10.0
4.160	35.8	20.7
6.340	35.7	21.2
8.000	35.7	15.4
10.260	38.4	24.7
19.530	36.7	20.3
25.500	25.5	7.9

(2) パナソニック HD-PLC検証ハウス 実験1 (カメラ)

・ 測定ポイント①

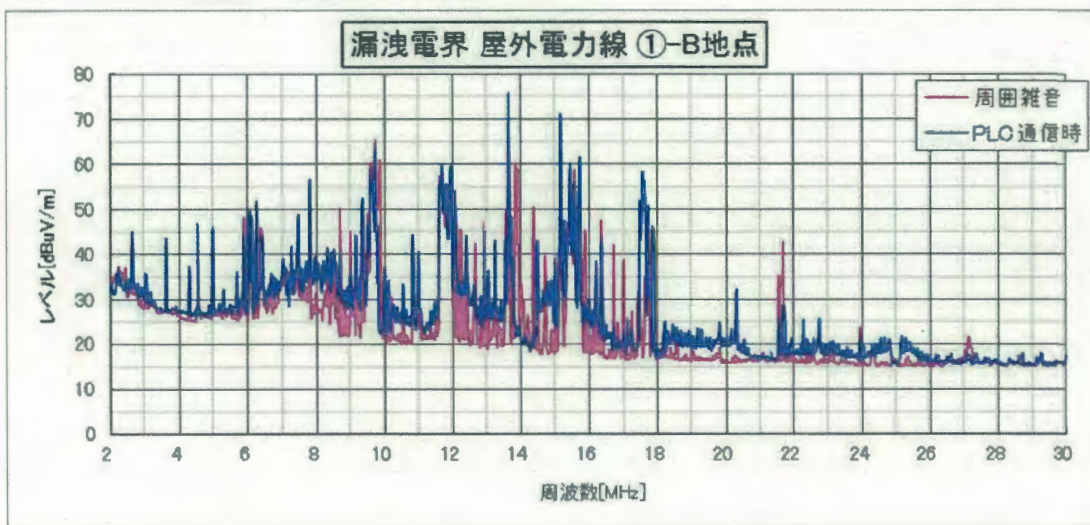
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-A
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



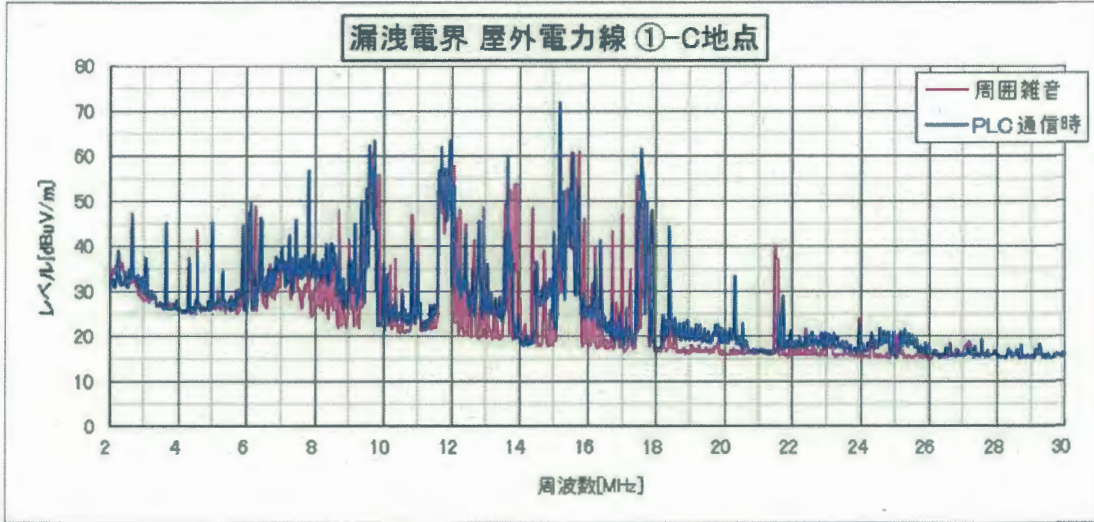
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-B
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



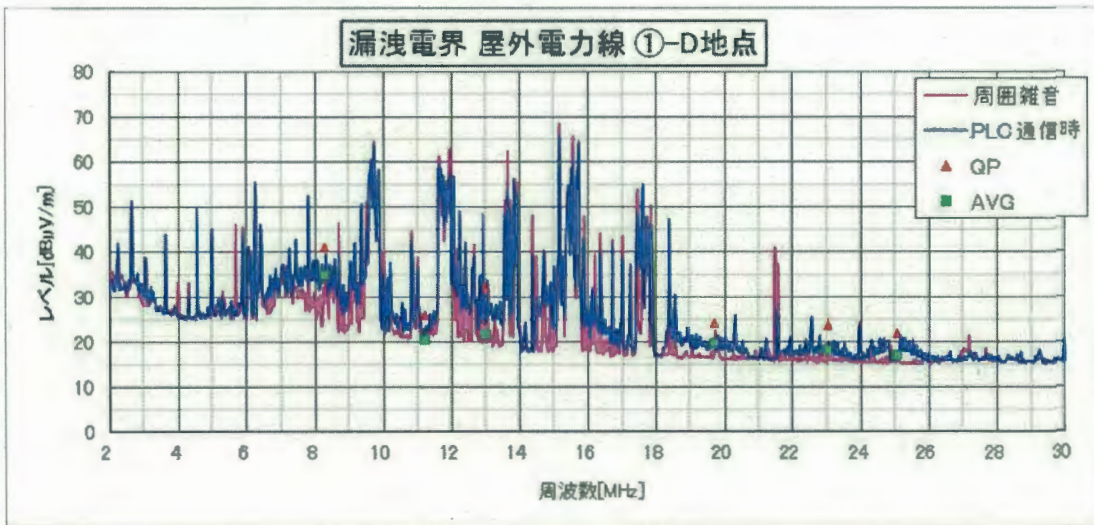
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-C
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-D
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



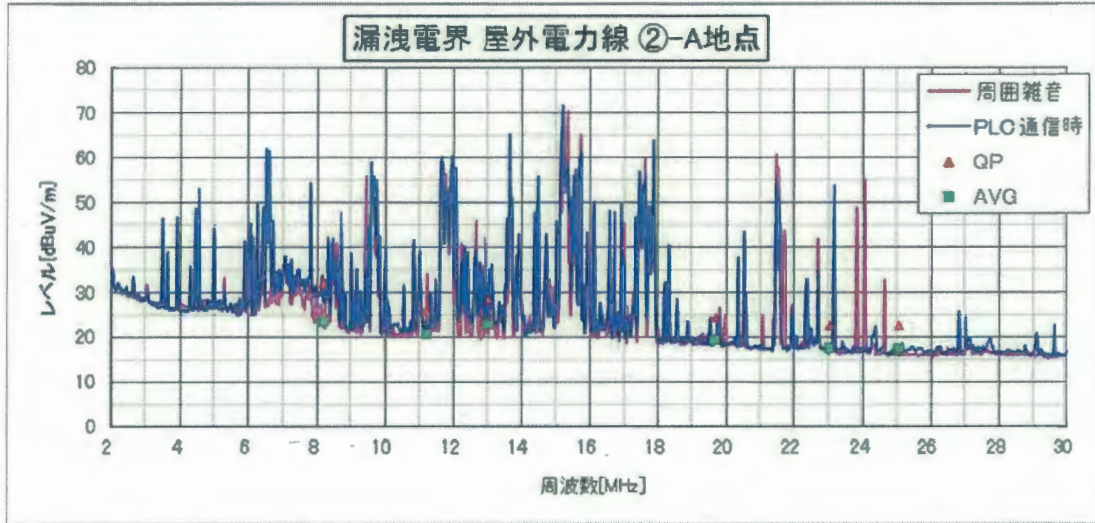
・ 漏洩電界レベル (EMI レシーバー)

周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
8.260	40.8	34.6
11.200	25.7	20.5
13.000	32.0	21.4
19.700	23.9	19.6
23.040	23.5	18.0
25.040	21.7	17.1

測定ポイント②

場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-A
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））

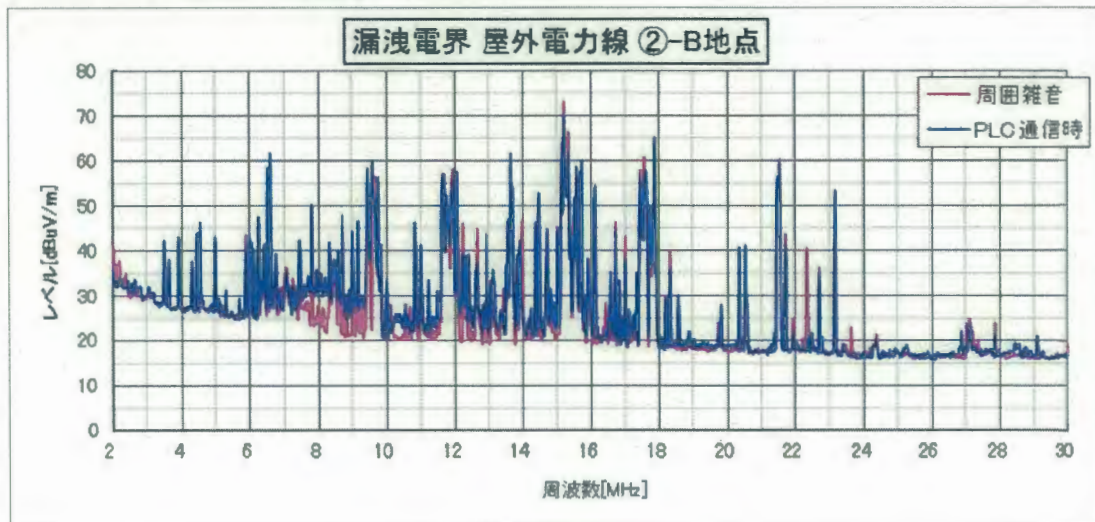


・漏洩電界レベル（EMI レシーバー）

周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
8.180	31.8	23.4
11.200	25.8	20.7
13.000	28.2	22.7
19.700	24.0	19.3
23.040	22.3	17.4
25.040	22.2	17.1

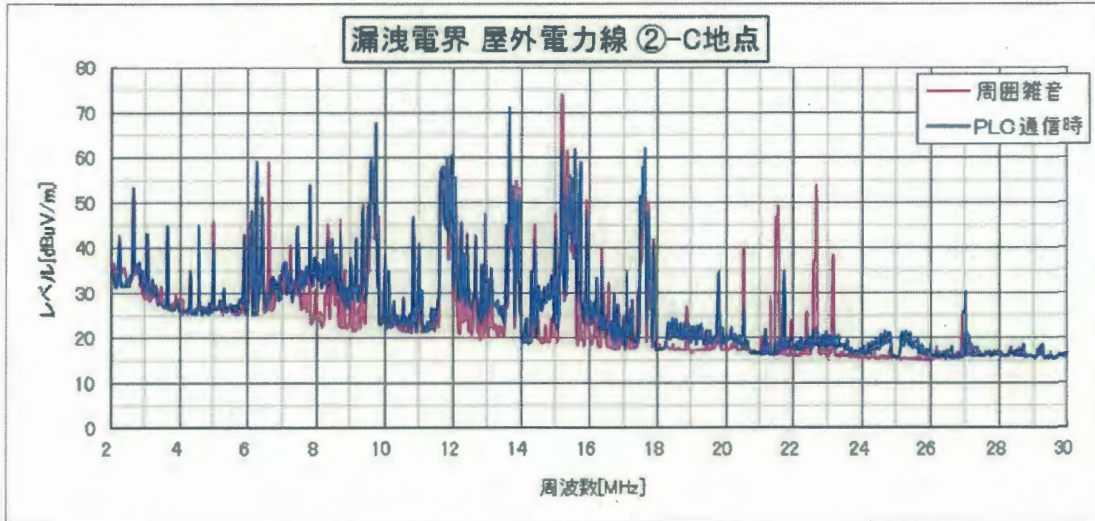
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-B
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



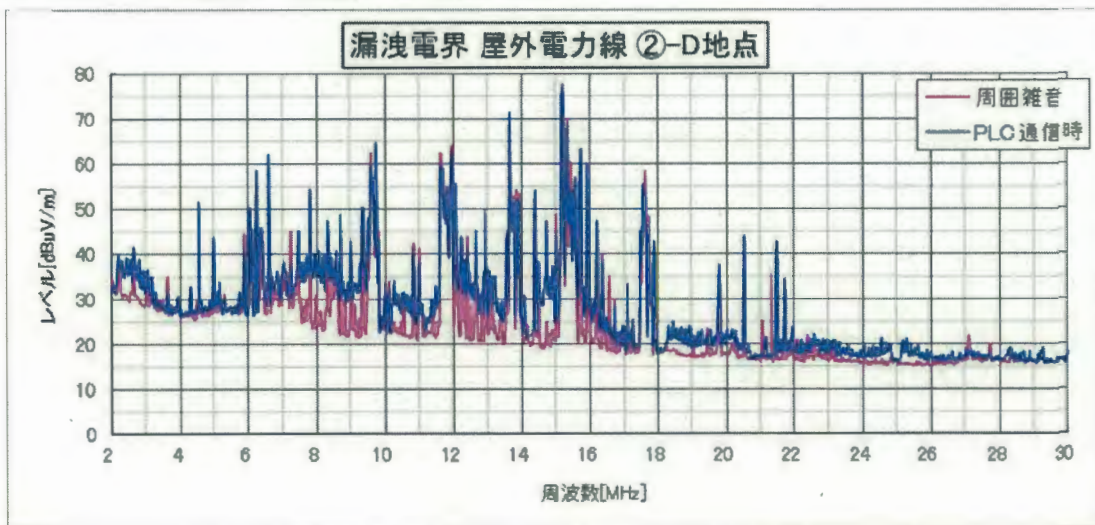
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-C
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



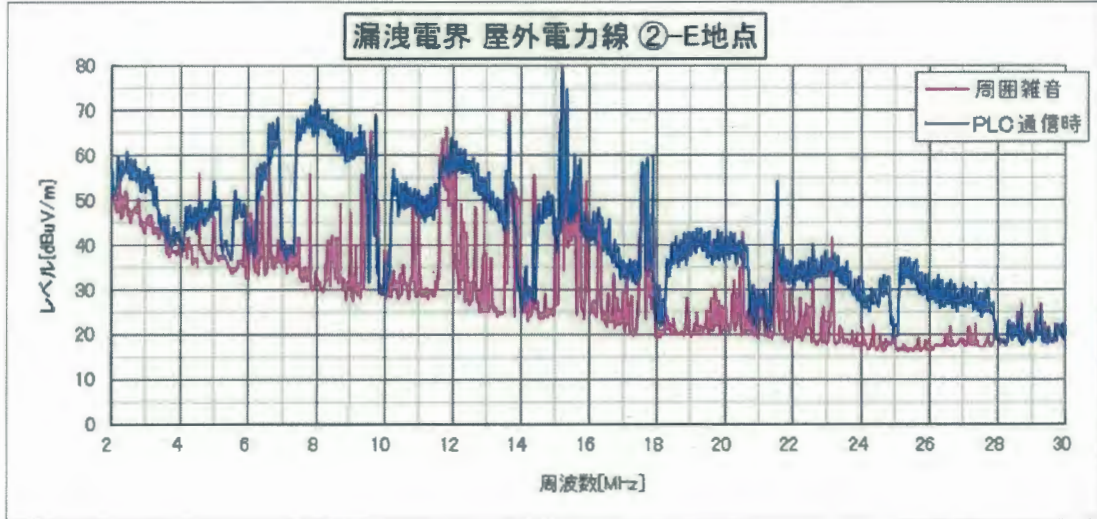
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-D
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



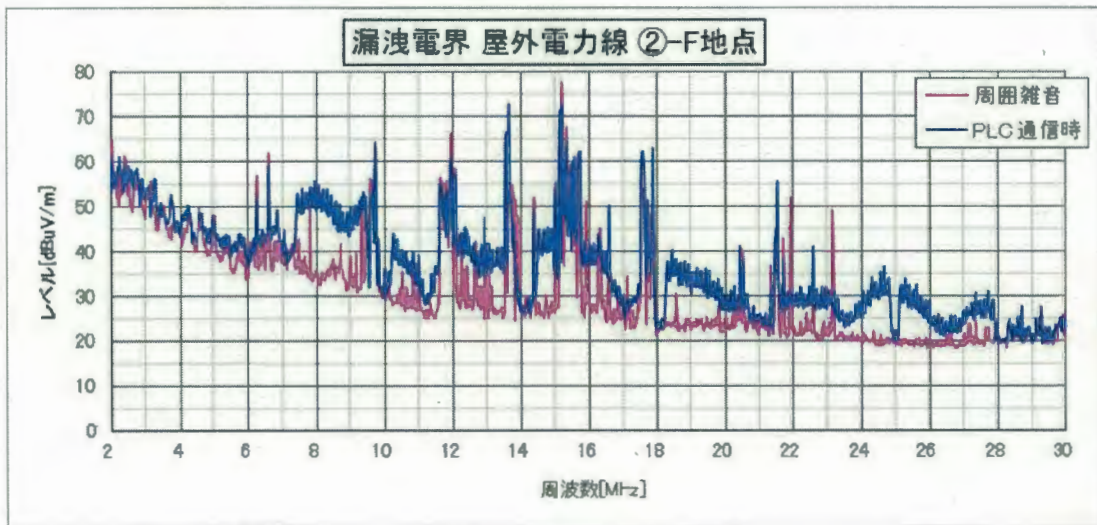
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	4.5m
測定ポジション	②-E
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



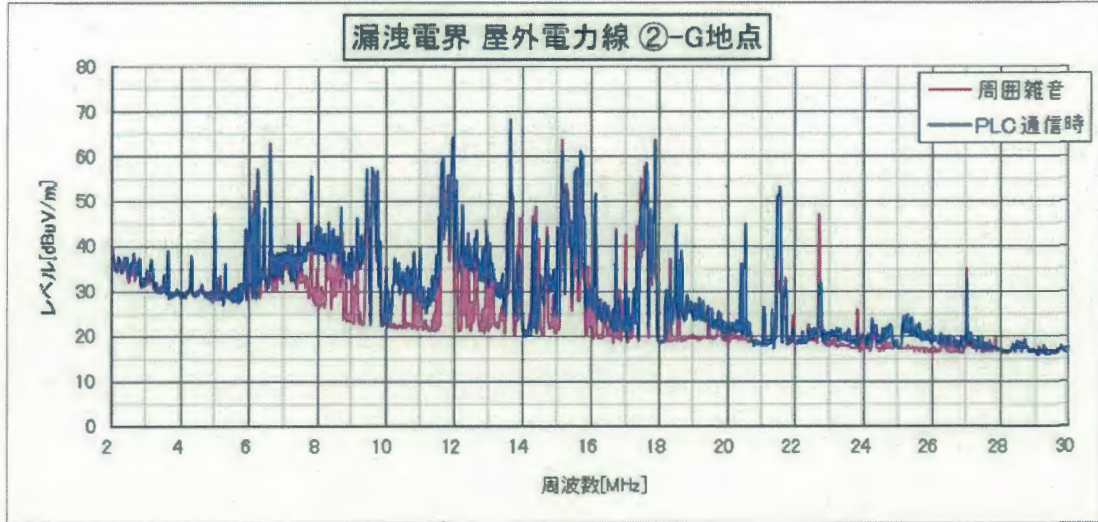
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	5m
測定ポジション	②-F
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



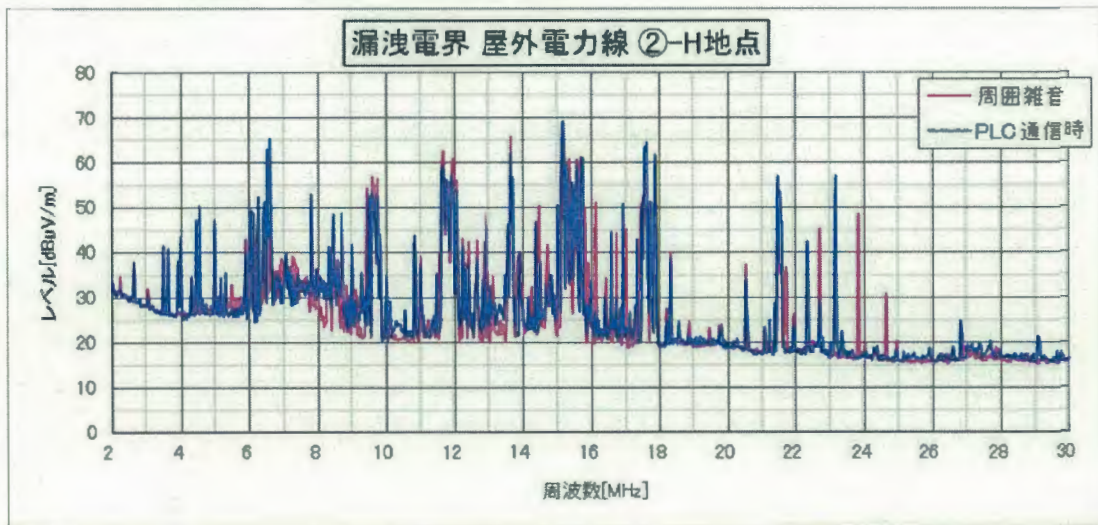
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-G
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-H
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

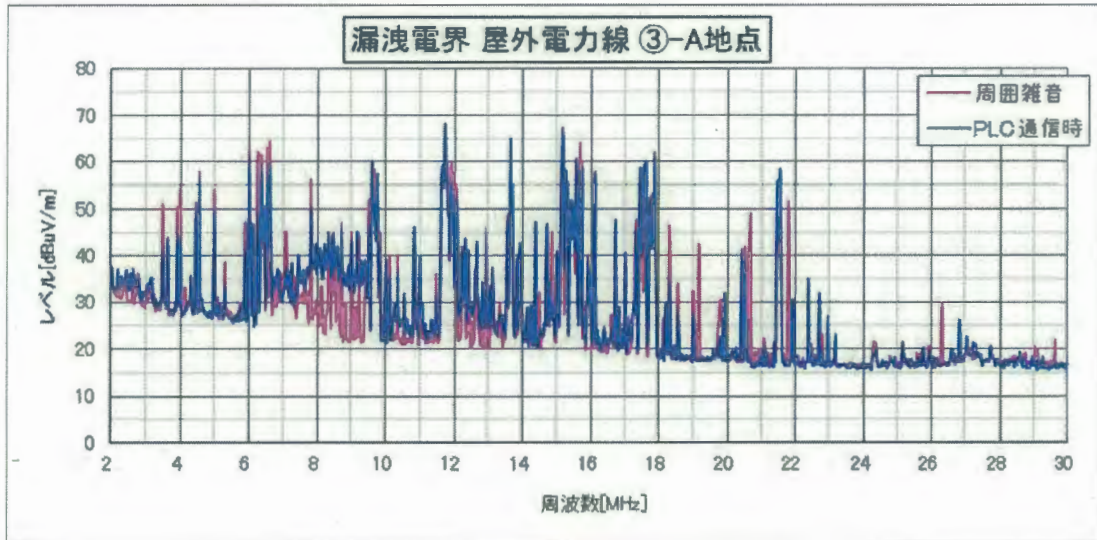
・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



測定ポイント③

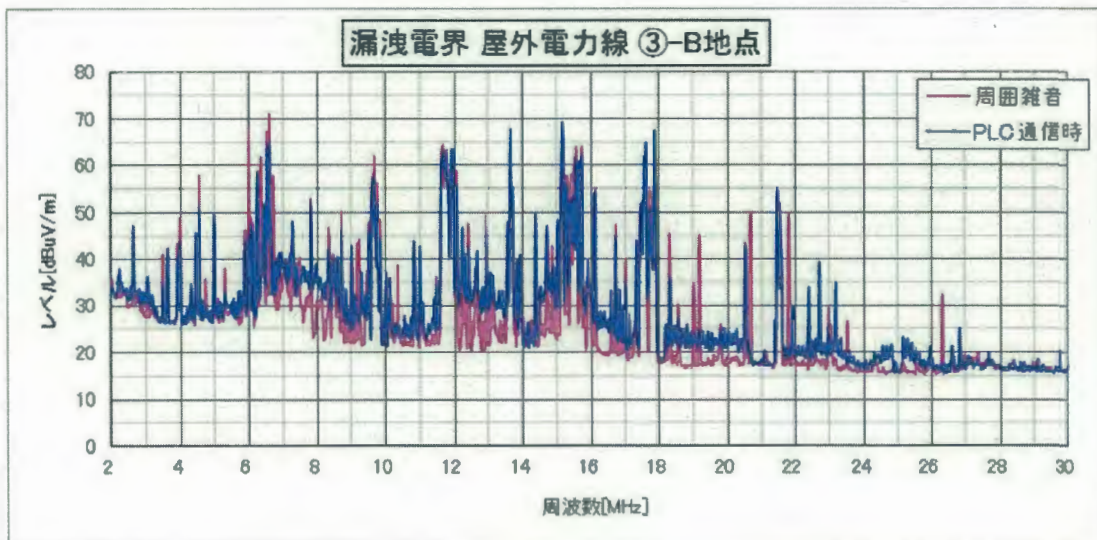
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-A
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



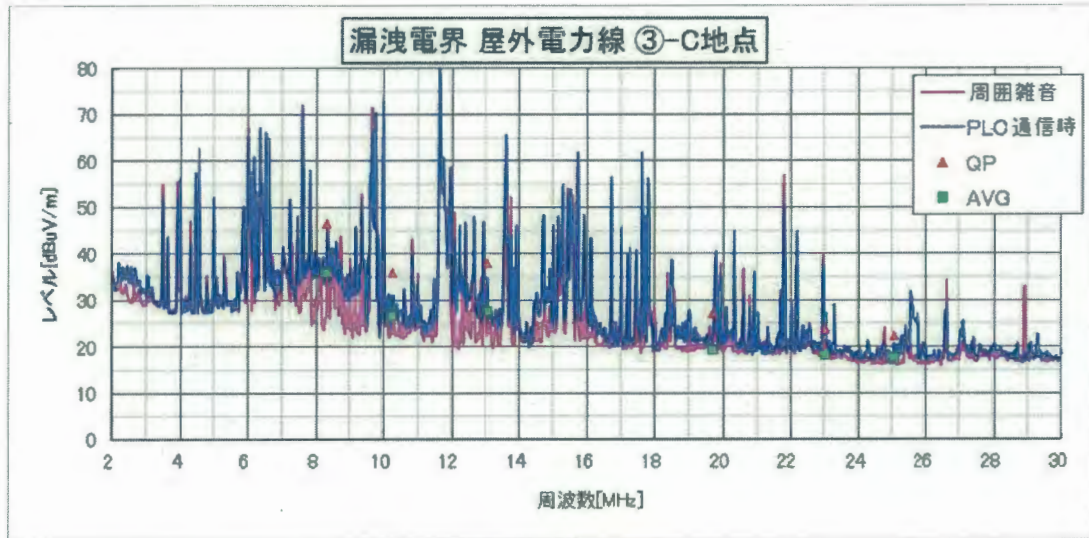
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-B
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-C
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))

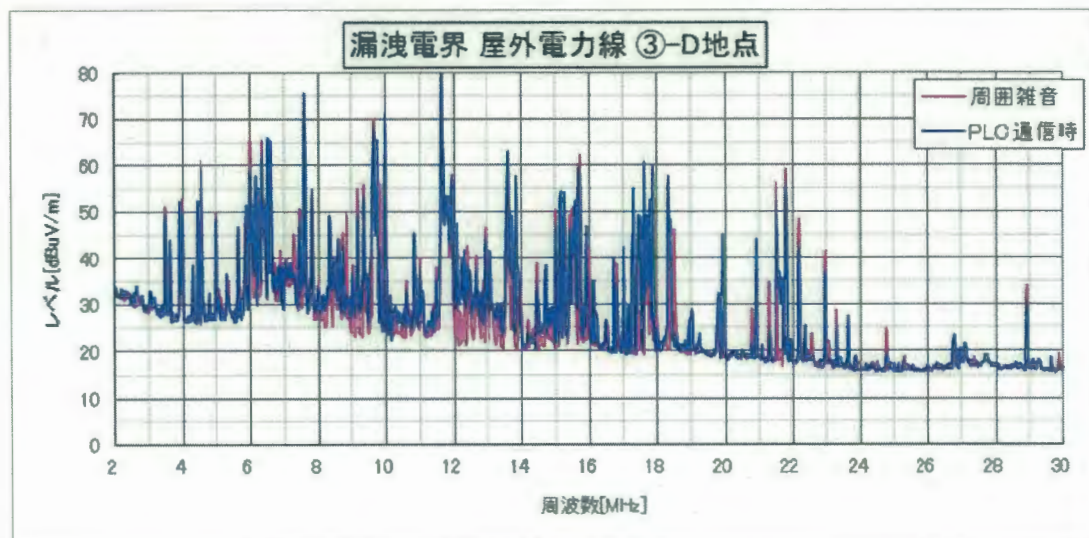


- ・ 漏洩電界レベル (EMI レシーバー)

周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
8.300	46.4	35.6
10.260	35.9	26.6
13.060	38.0	27.6
19.700	27.0	19.1
23.040	23.8	18.1
25.040	22.2	17.4

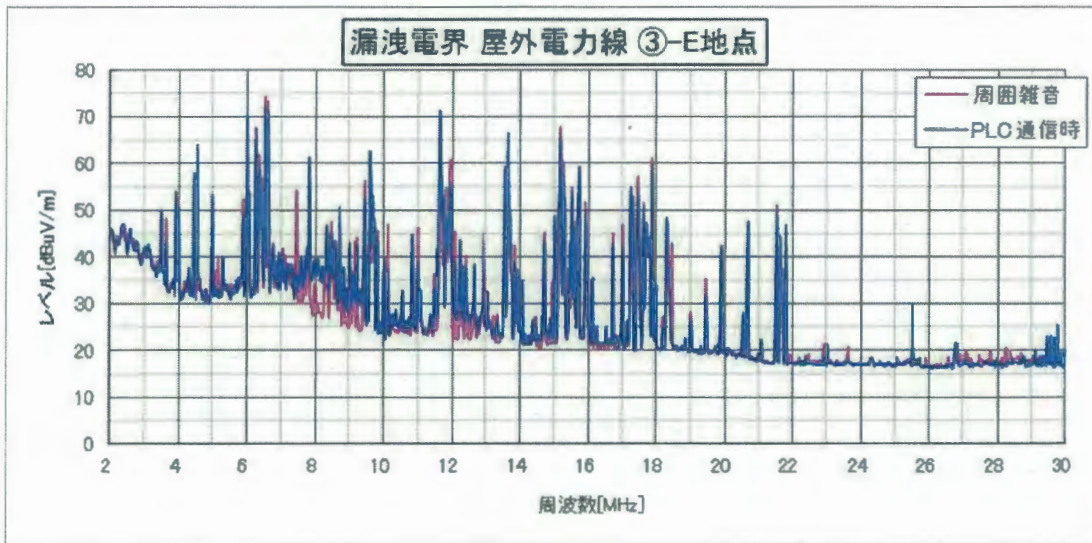
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-D
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



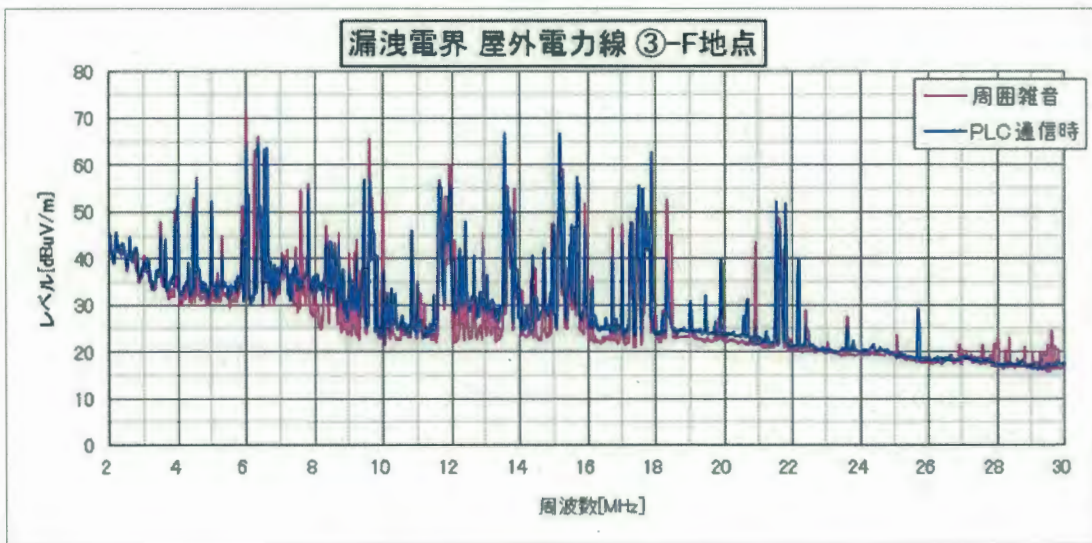
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-E
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



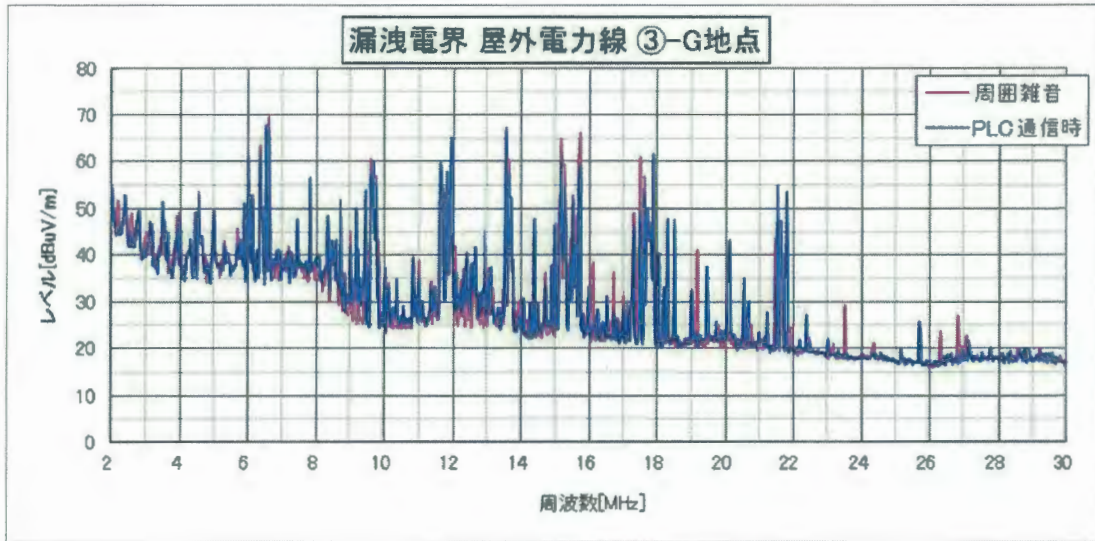
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-F
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



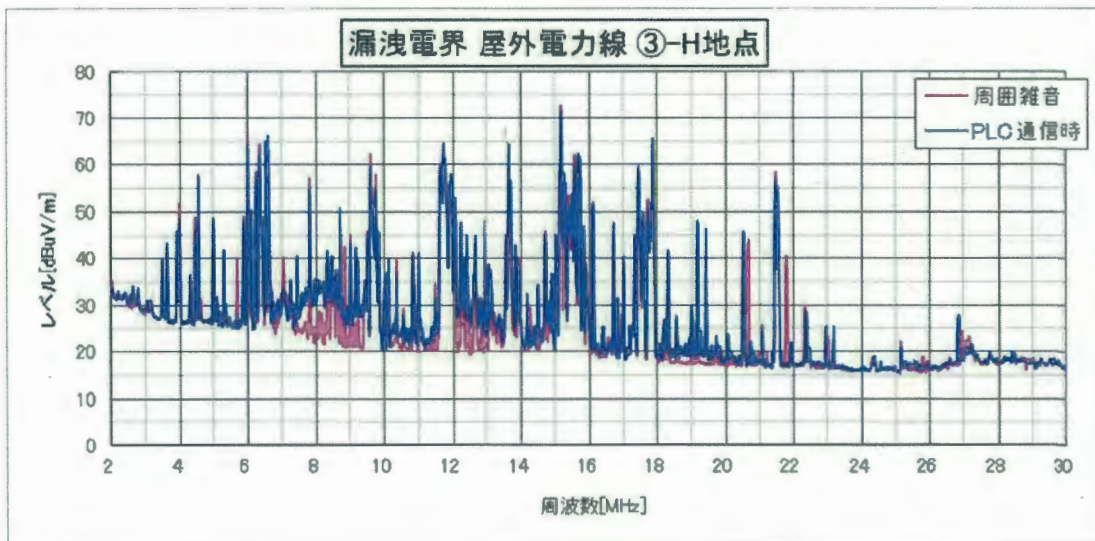
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-G
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-H
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

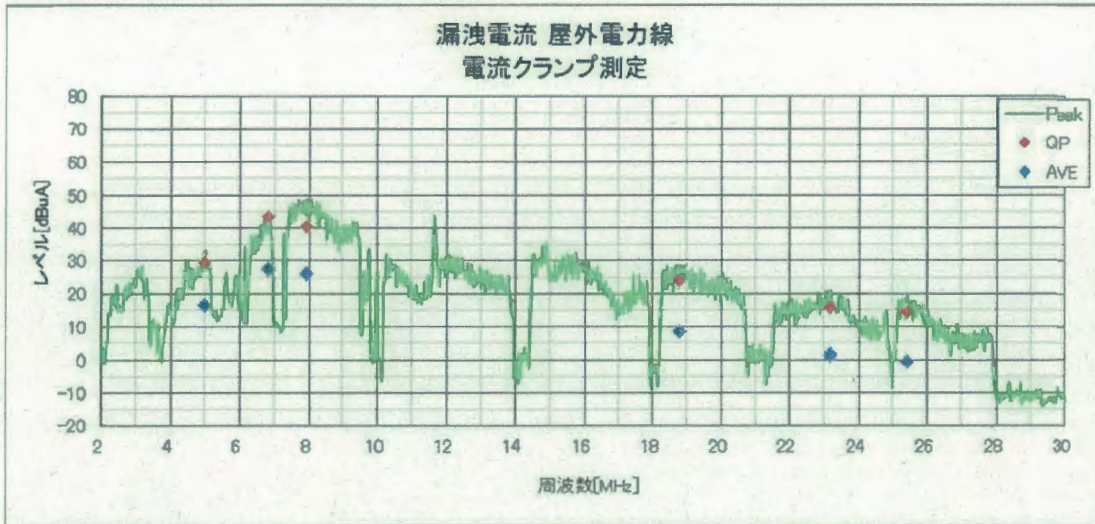
- ・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



漏洩電流測定

場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定ポジション	屋外コンセント付近で測定。
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 尖頭値 (PEAK))



・ 漏洩電界レベル (EMI レシーバー)

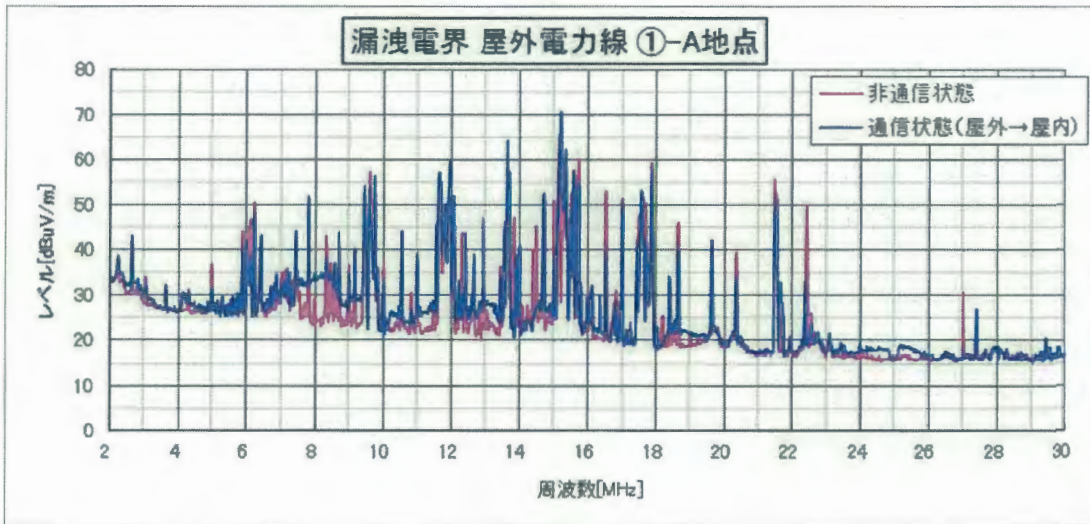
周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
5.000	29.2	16.4
6.840	43.3	27.3
7.940	40.4	26.0
18.800	23.9	8.4
23.190	15.7	1.3
25.390	14.3	-0.6

(3) パナソニック HD-PLC検証ハウス 実験2 (EV)

- 測定ポイント① (通信状態: 屋外→屋内)

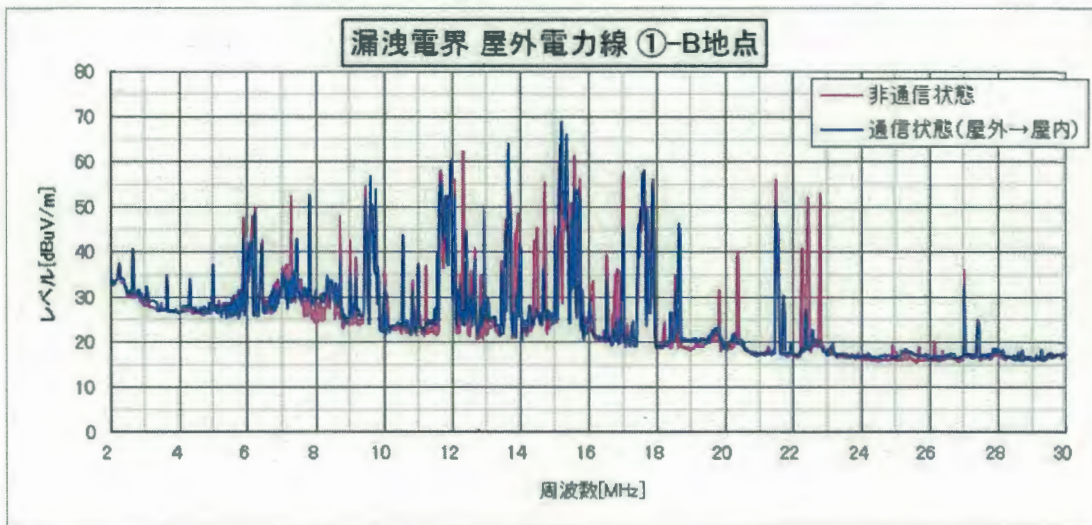
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-A (通信状態: 屋外→屋内)
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

- スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



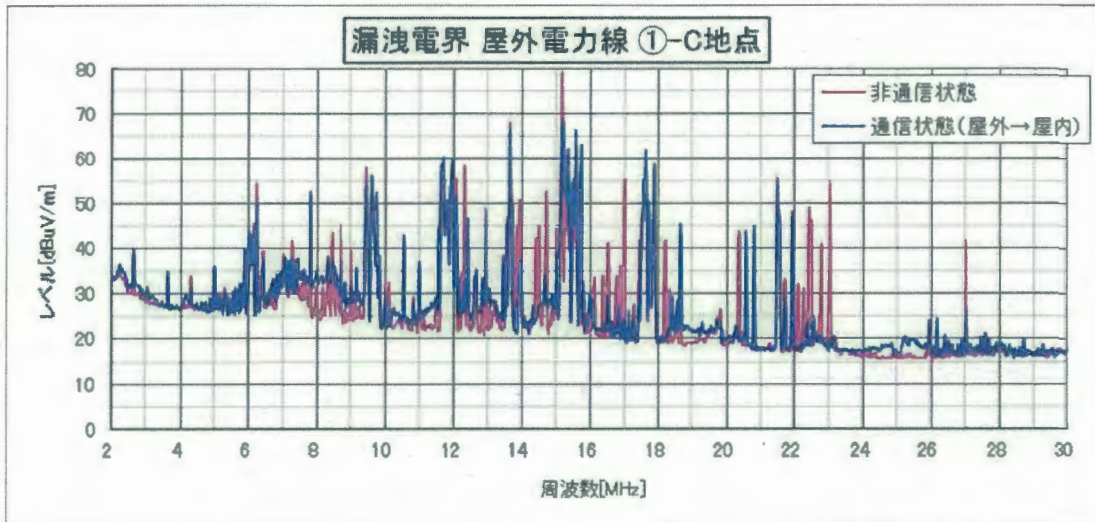
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-B (通信状態: 屋外→屋内)
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

- スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



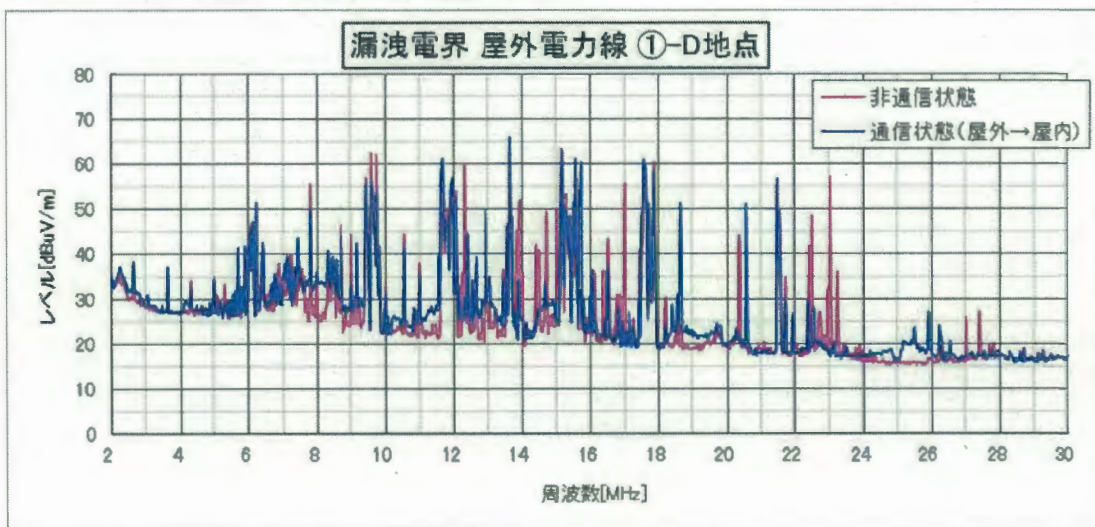
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-C(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



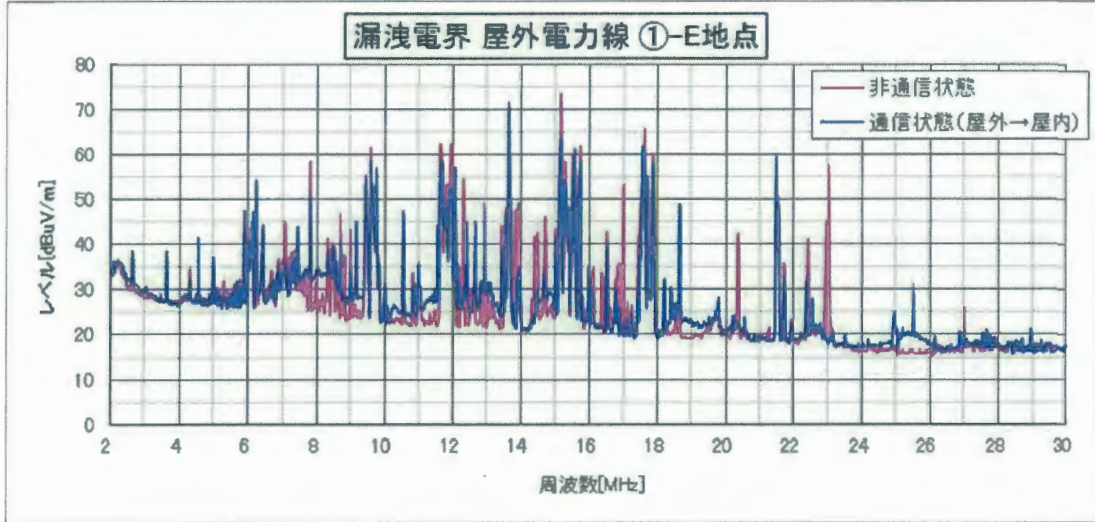
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-D(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



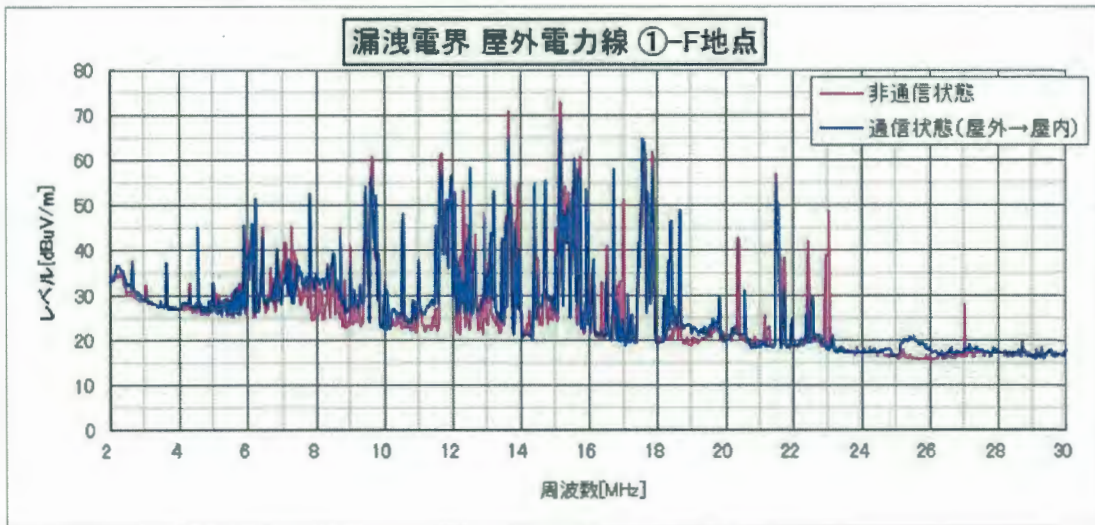
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-E(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



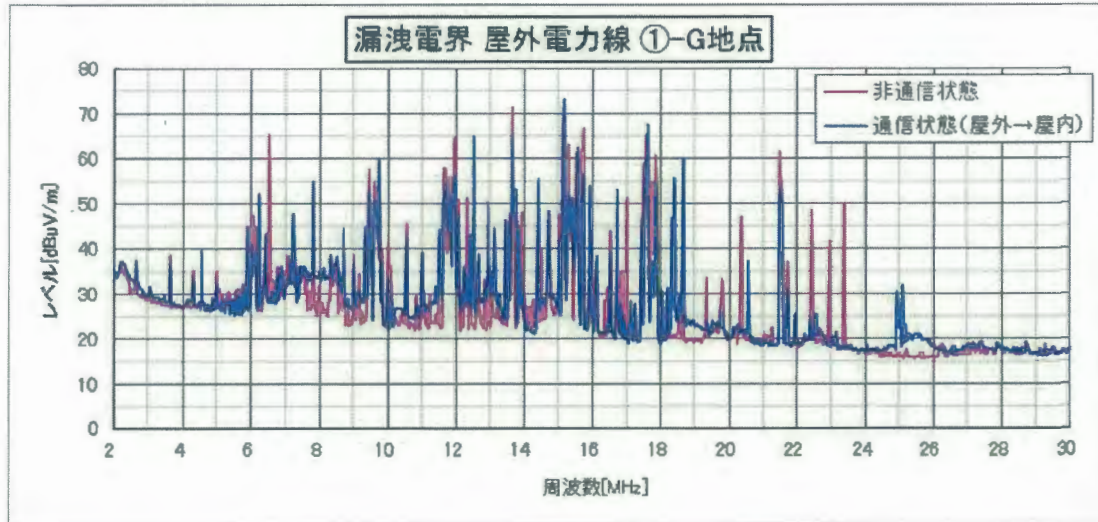
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-F(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



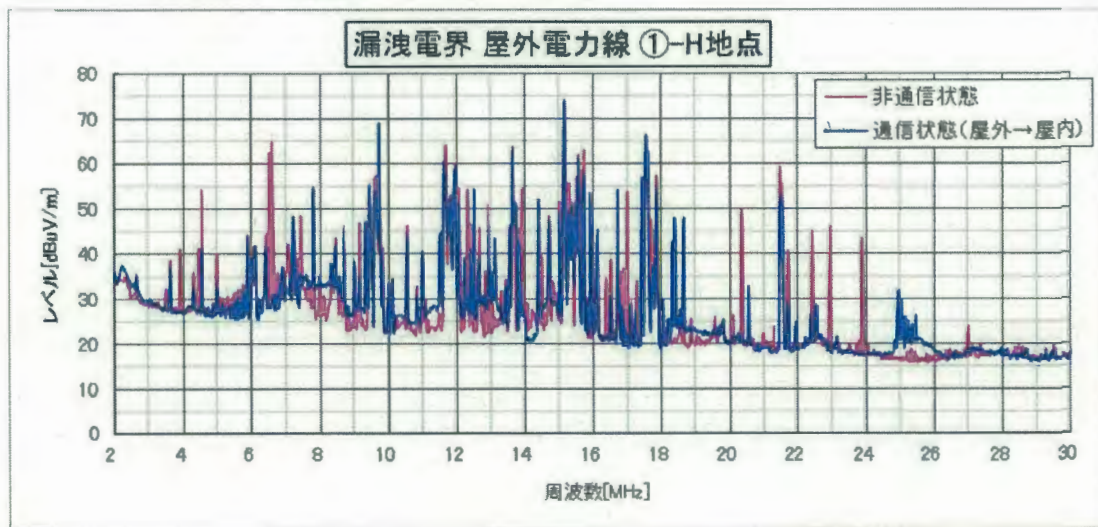
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-G(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-H(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

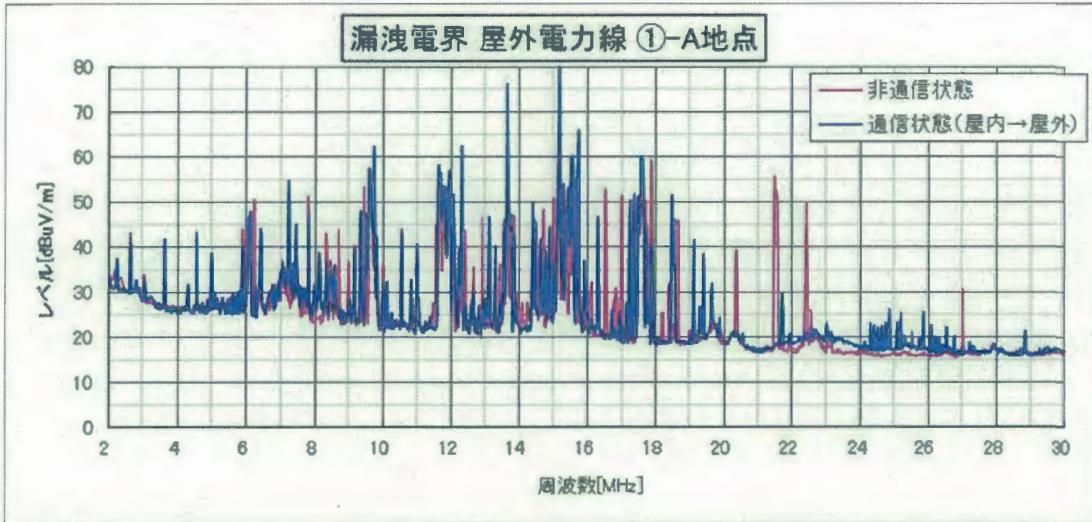
・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



測定ポイント①（通信状態：屋内→屋外）

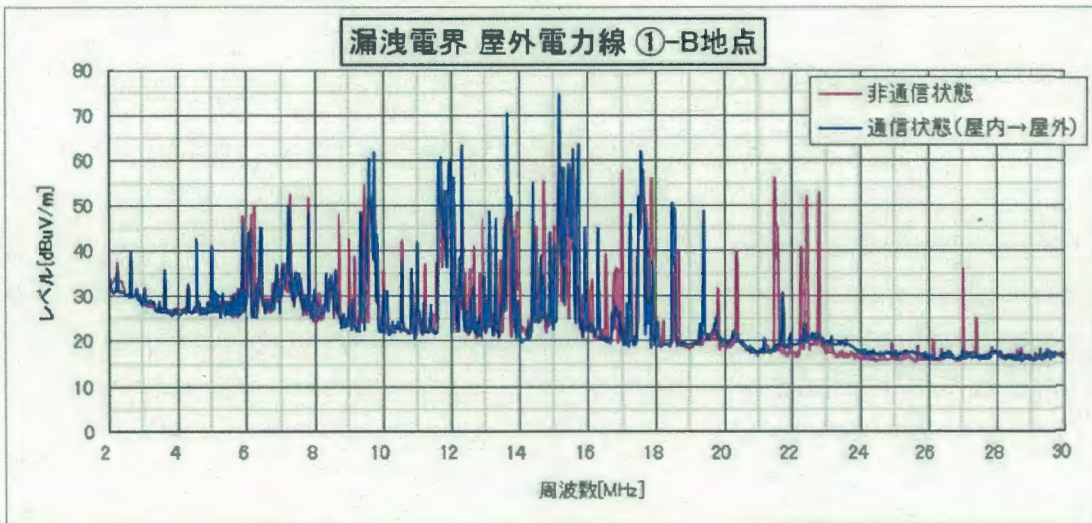
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-A(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



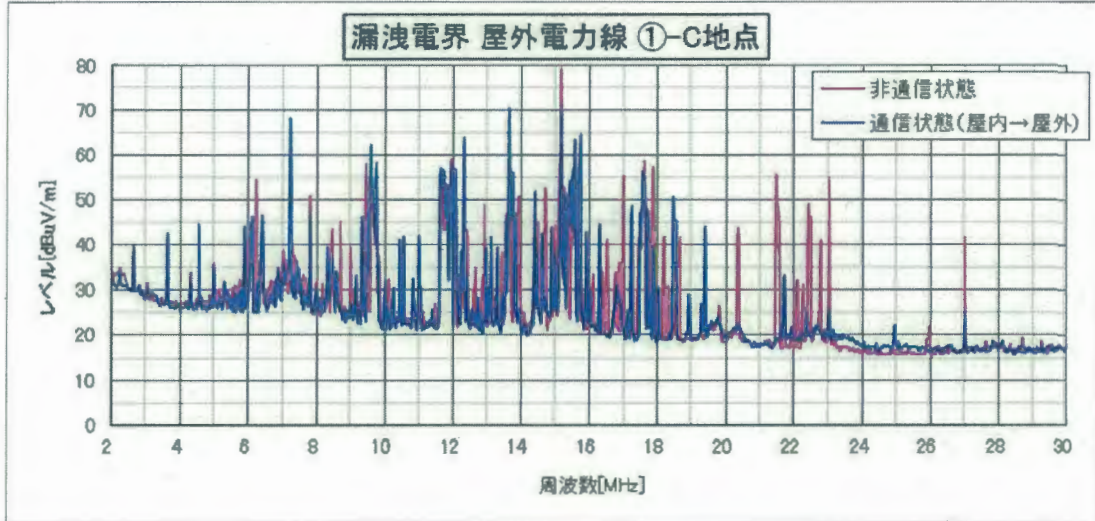
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-B(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



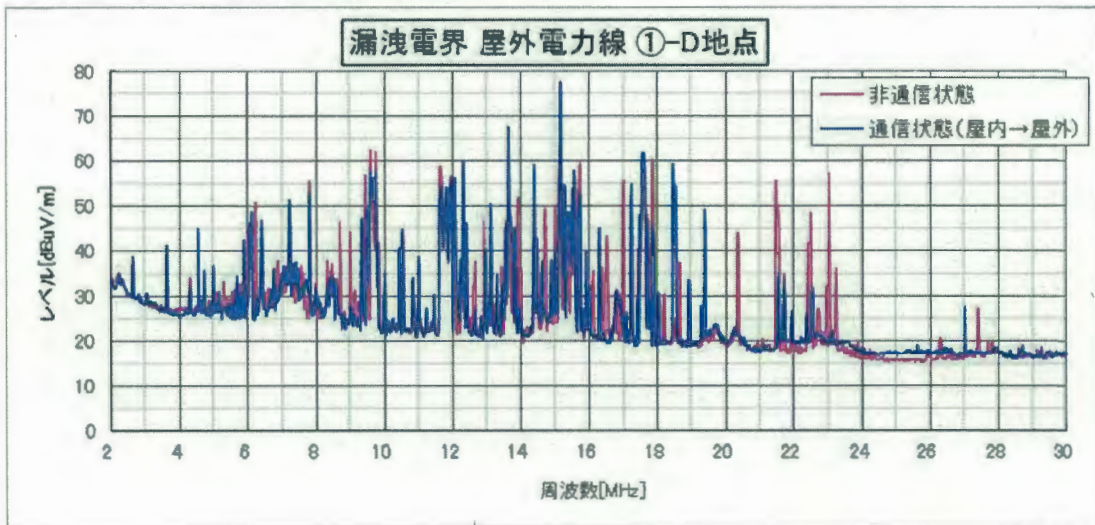
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-C(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



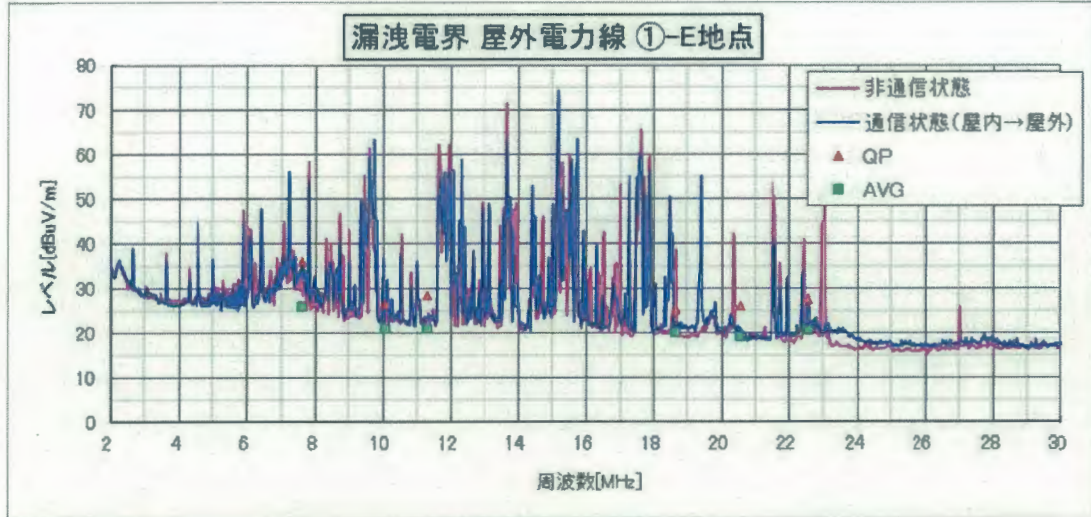
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-D(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定位置	①-E (通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波：平均値 (RMS))

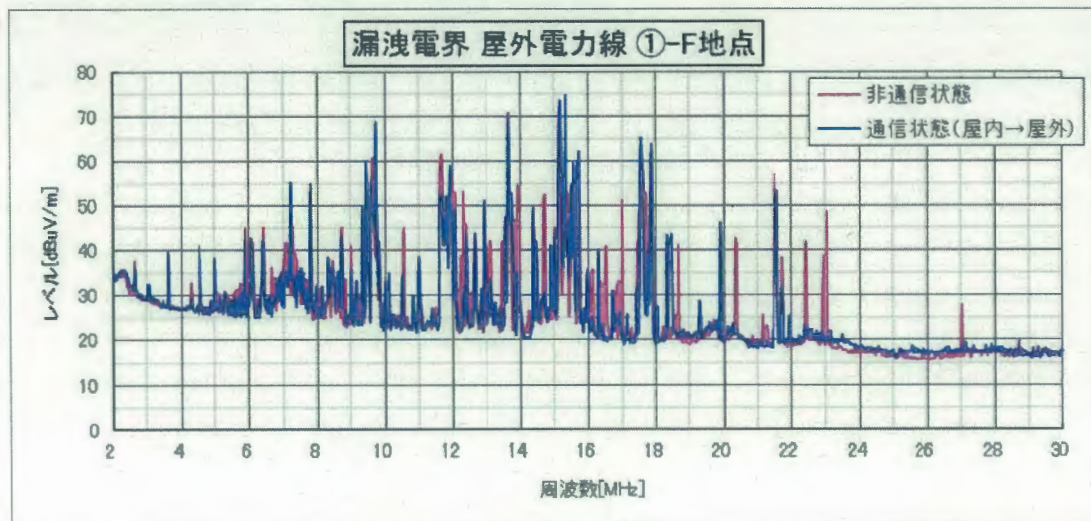


- ・ 漏洩電界レベル (EMI レシーバー)

周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
7.600	35.8	25.8
10.060	26.5	20.8
11.300	28.2	20.7
18.660	25.2	19.9
20.540	26.0	19.1
22.550	27.5	20.4

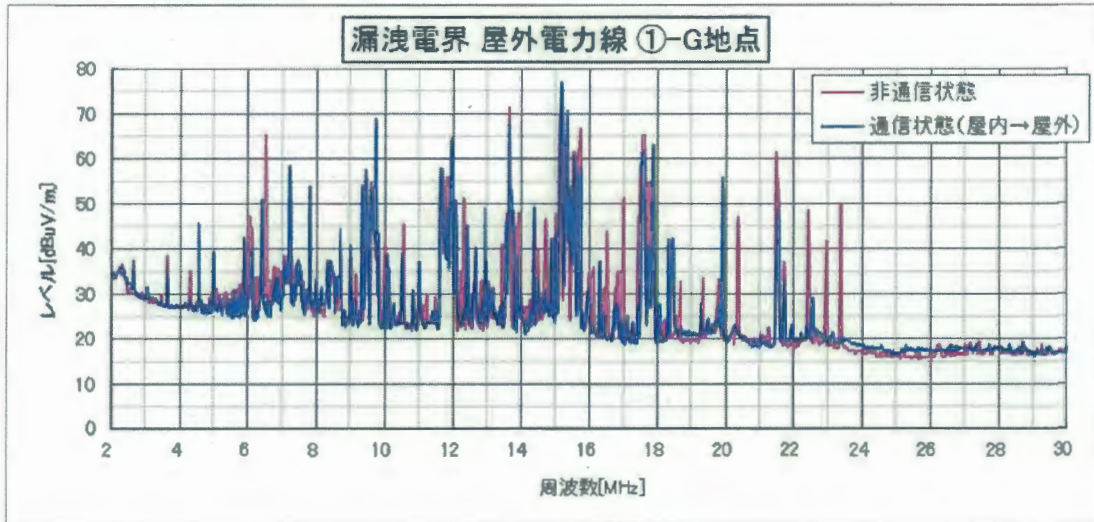
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定位置	①-F (通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

- ・ スペクトラム波形 (検波：平均値 (RMS))



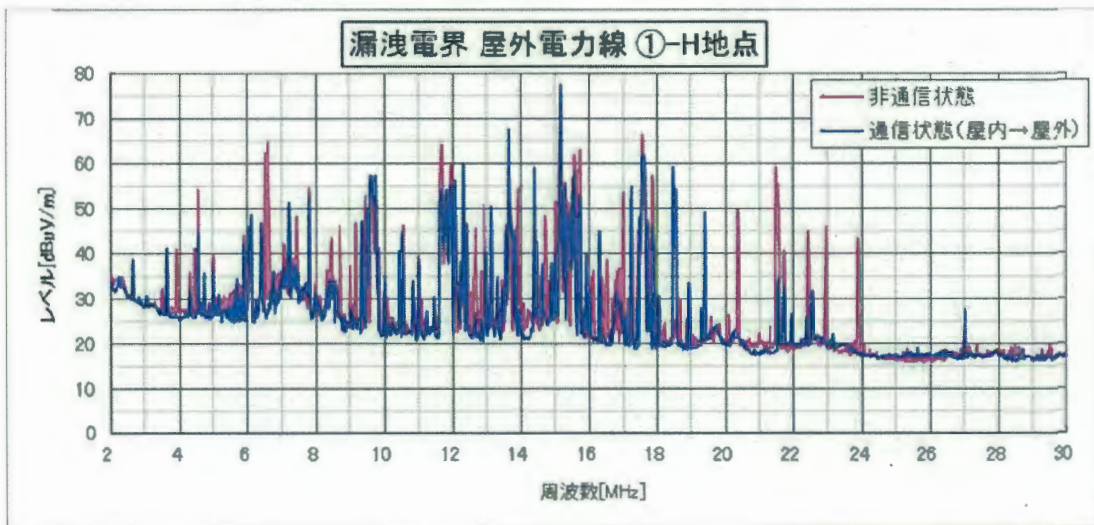
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-G(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	①-H(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

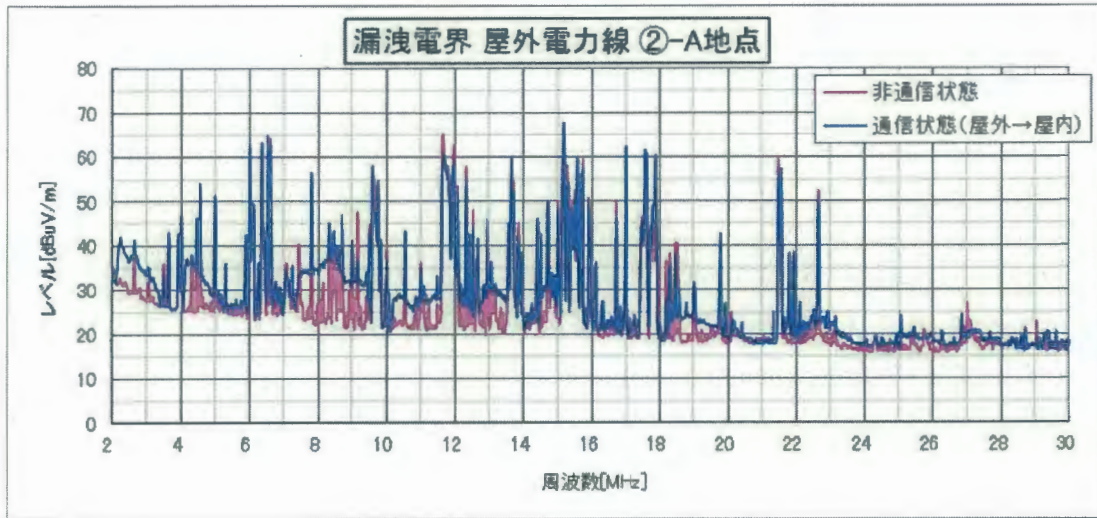
・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



測定ポイント②（通信状態：屋外→屋内）

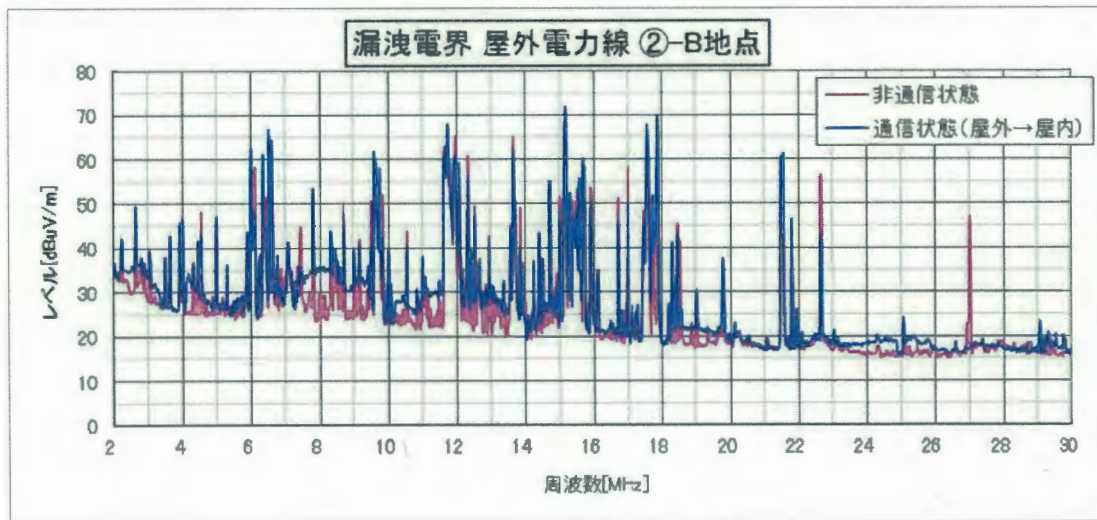
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-A(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



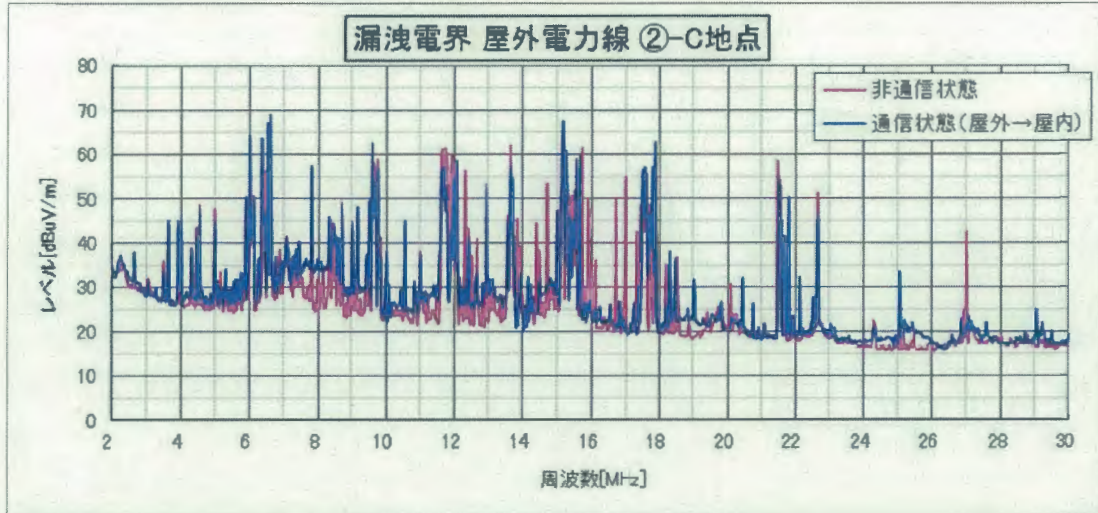
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-B(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



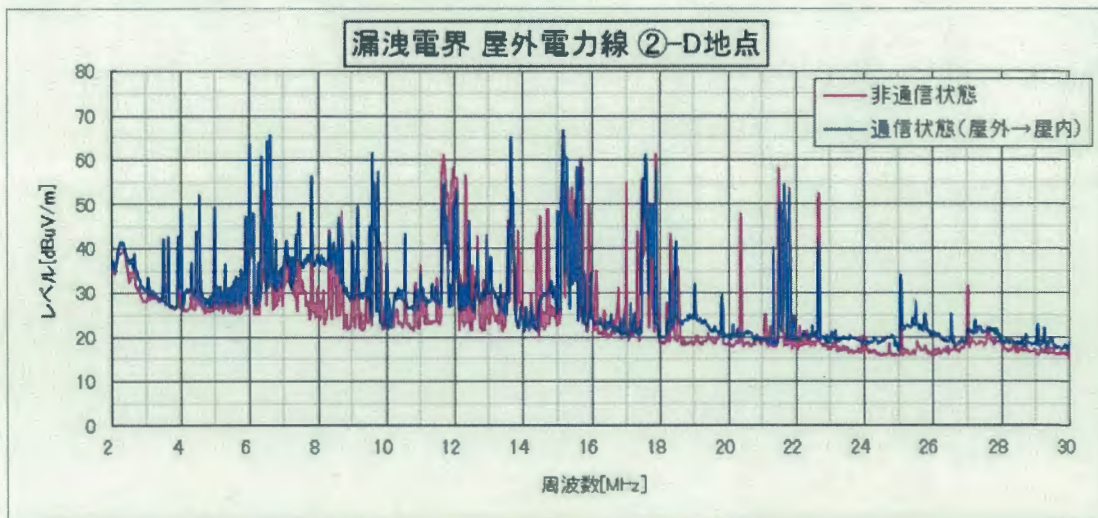
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-C(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



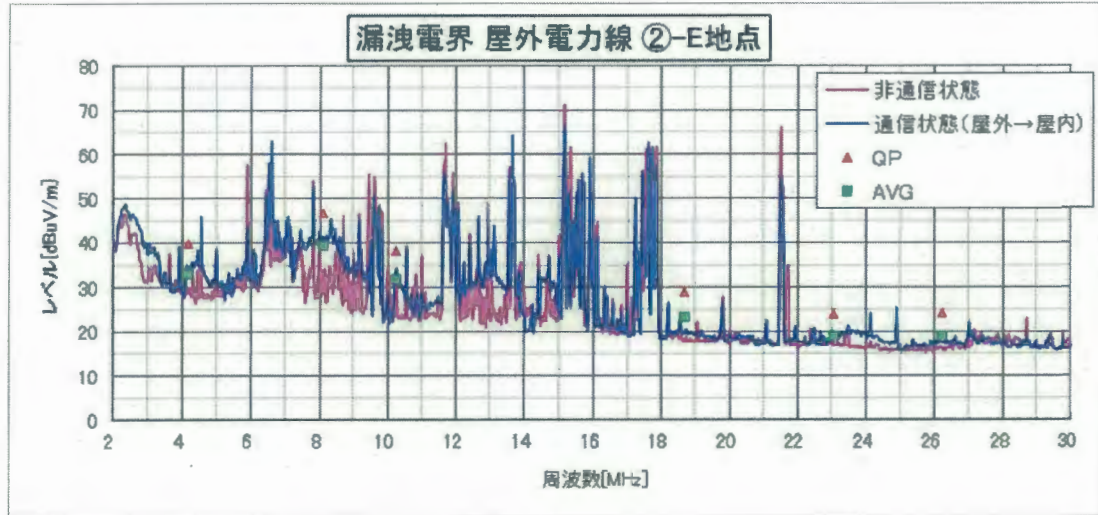
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-D(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



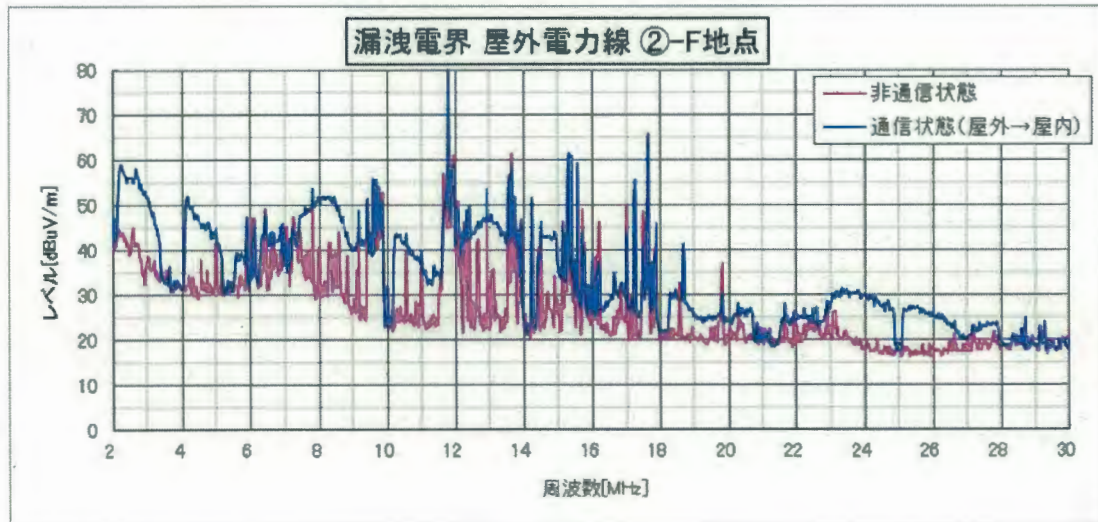
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-E(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



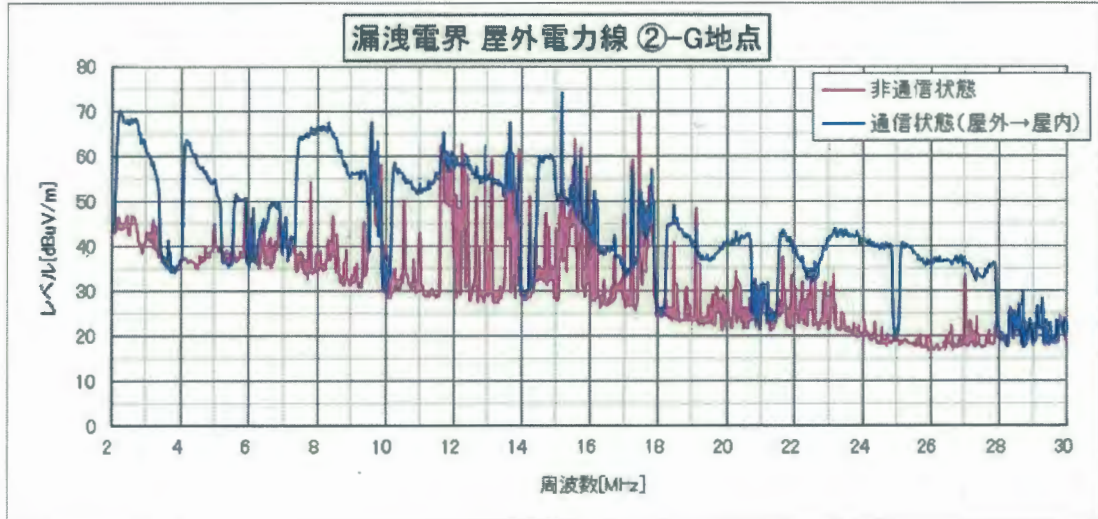
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	5m
測定ポジション	②-F(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



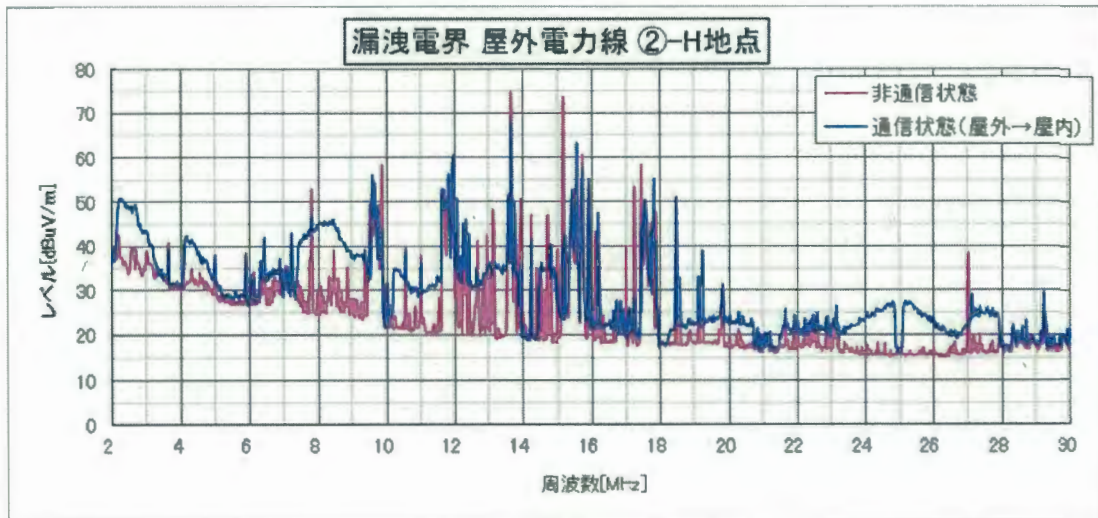
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	4.5m
測定ポジション	②-G(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-H(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

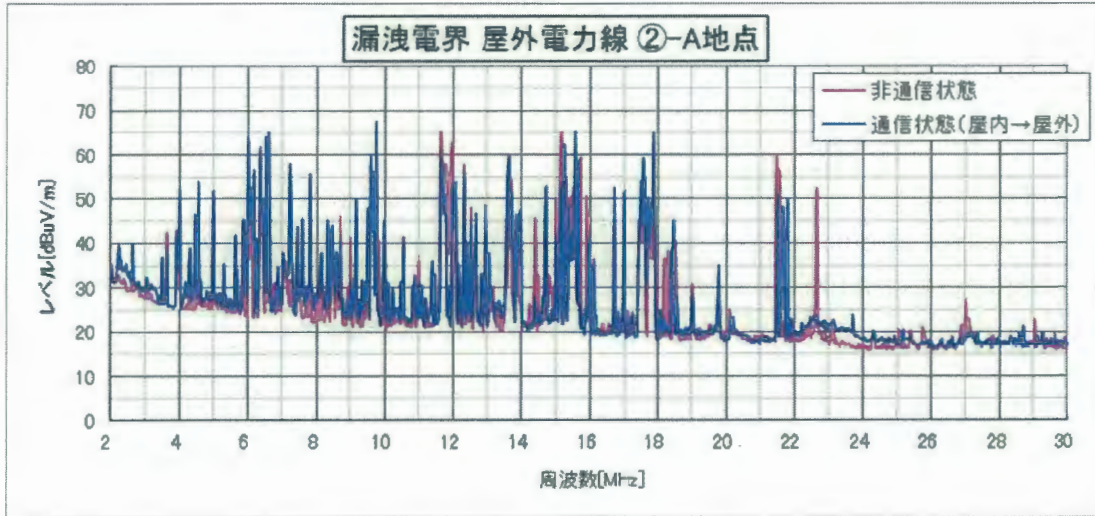
・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



測定ポイント②（通信状態：屋内→屋外）

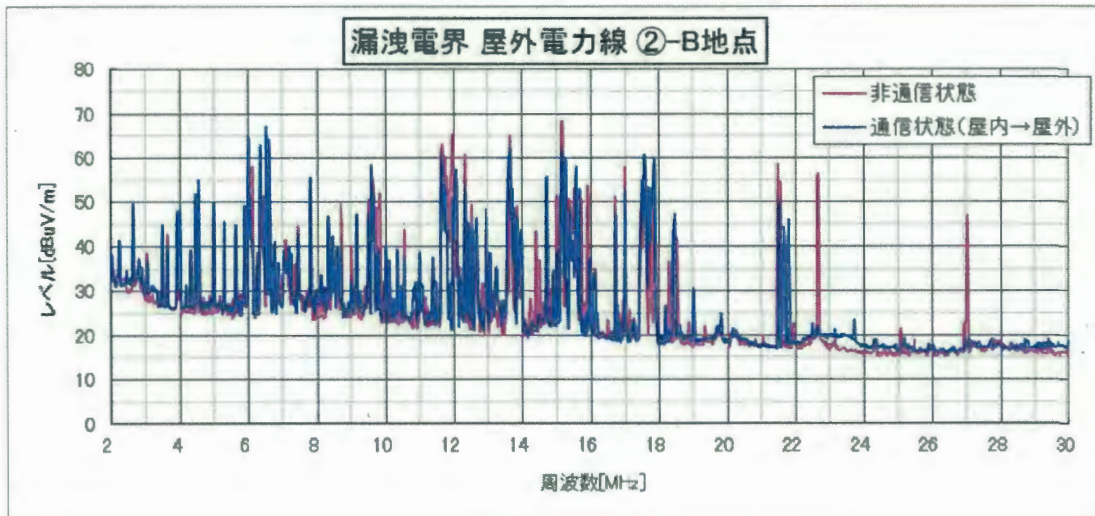
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-A(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



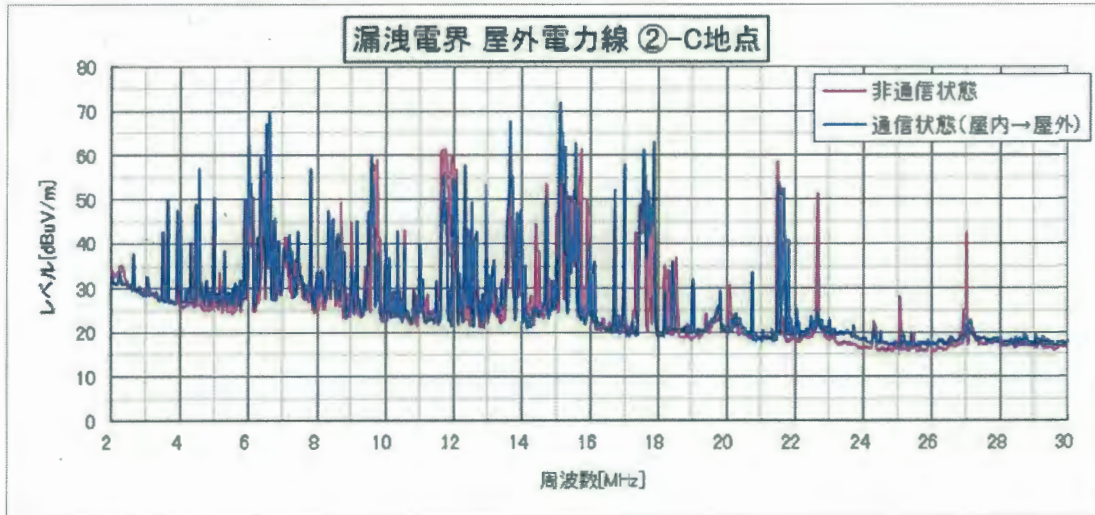
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-B(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



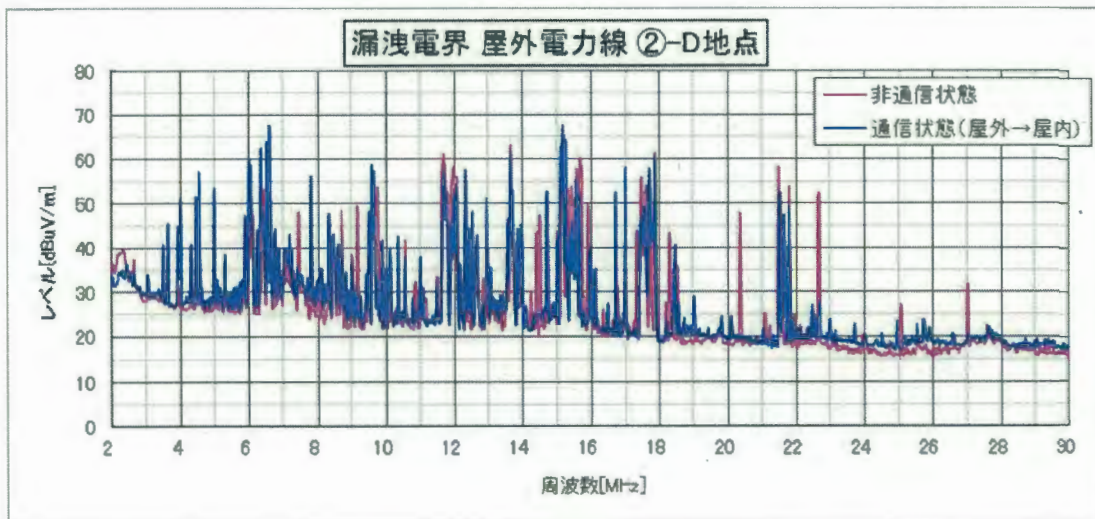
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-C(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



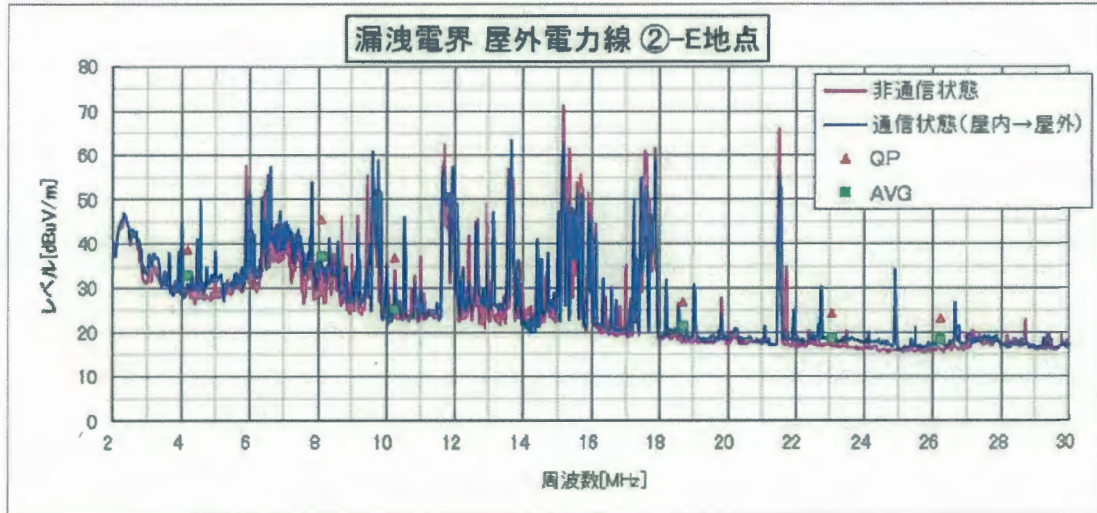
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-D(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-E(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））

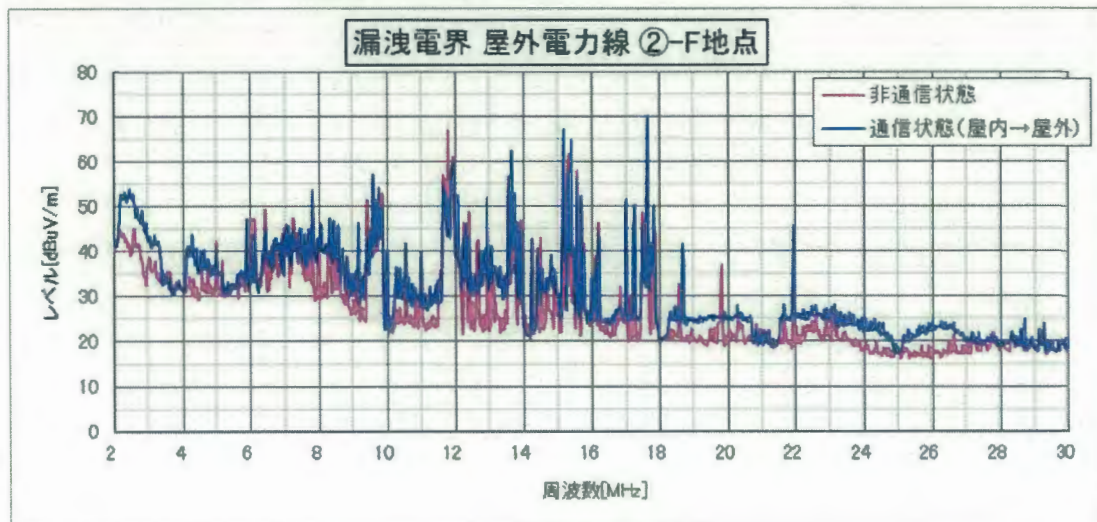


・漏洩電界レベル（EMI レシーバー）

周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
4.160	38.6	32.7
8.080	45.5	36.9
10.260	36.7	25.1
18.690	26.8	21.2
23.060	24.4	18.7
26.220	23.2	18.3

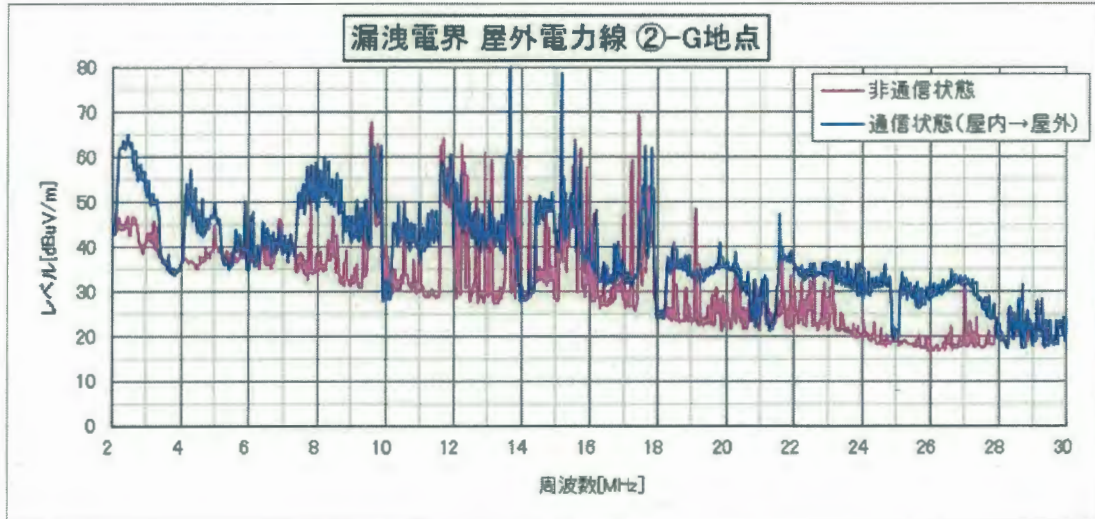
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	5m
測定ポジション	②-F(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



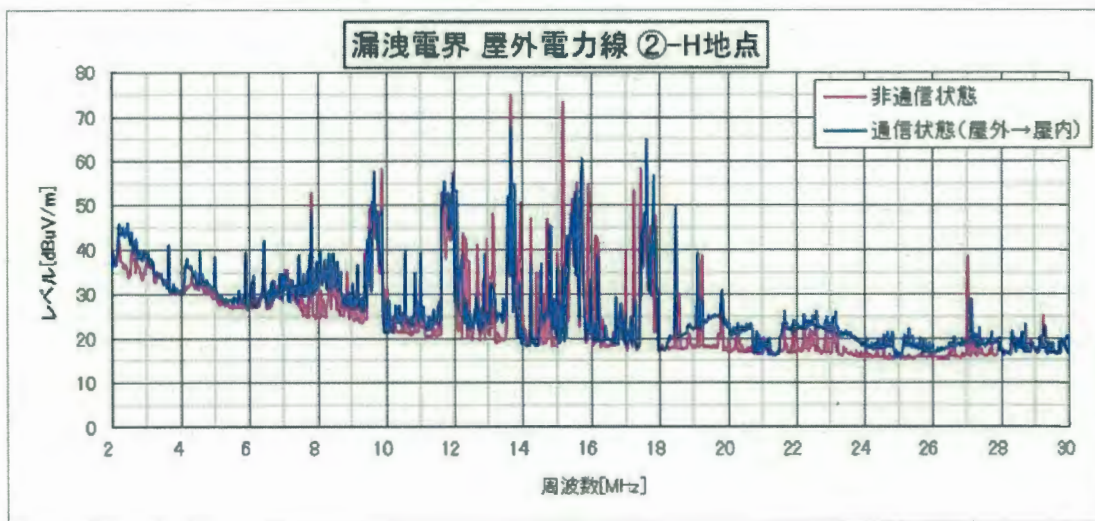
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	4.5m
測定ポジション	②-G(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	②-H(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

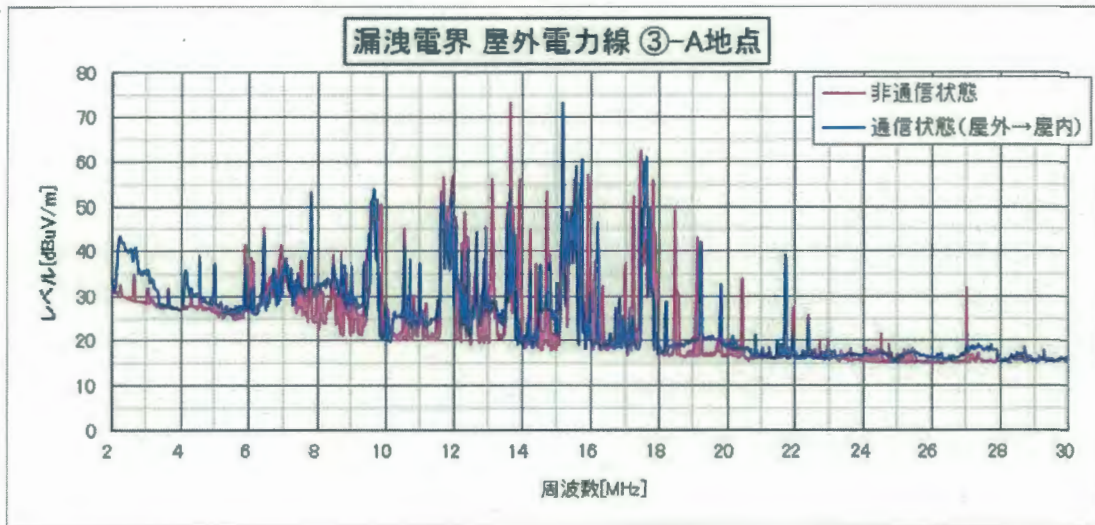
・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



測定ポイント③（通信状態：屋外→屋内）

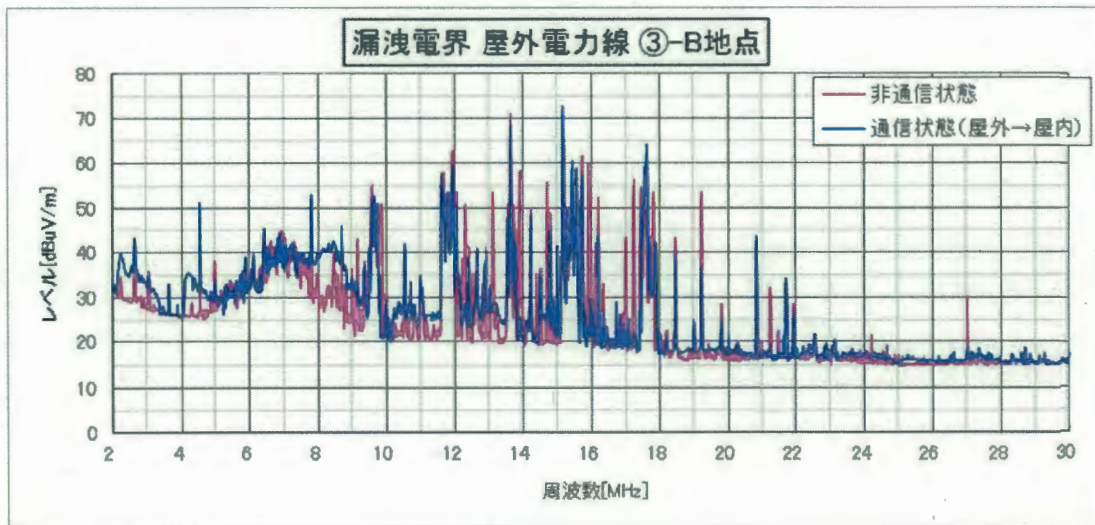
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-A(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



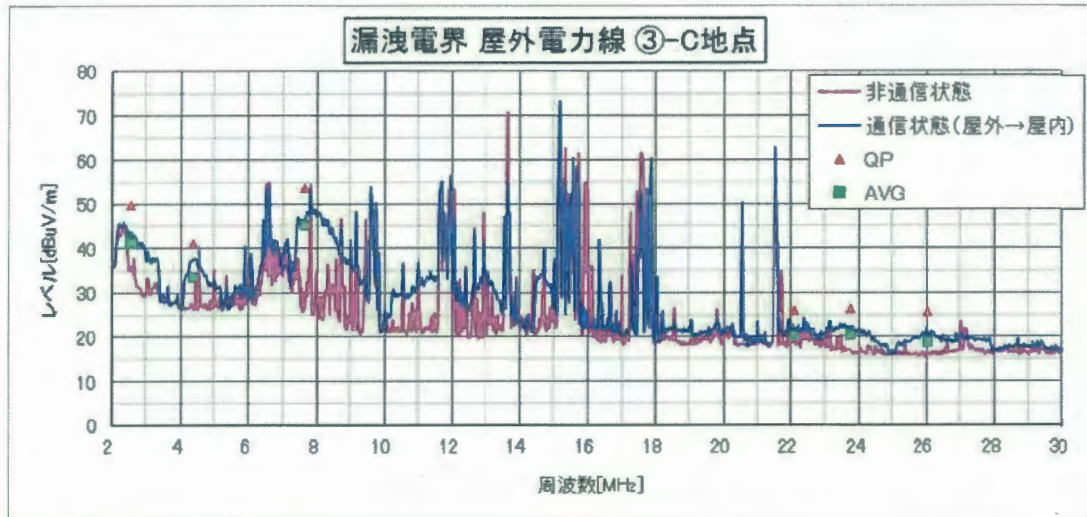
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-B(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-C(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））

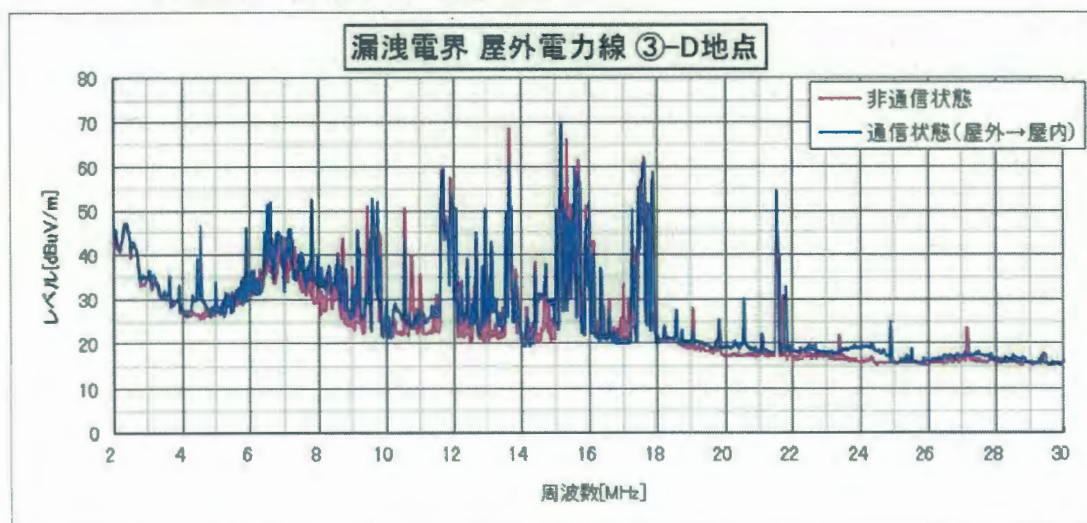


・漏洩電界レベル（EMI レシーバー）

周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
2.560	49.6	41.3
4.380	41.1	33.4
7.630	53.5	45.2
22.100	25.7	20.0
23.760	26.2	20.3
26.050	25.5	18.8

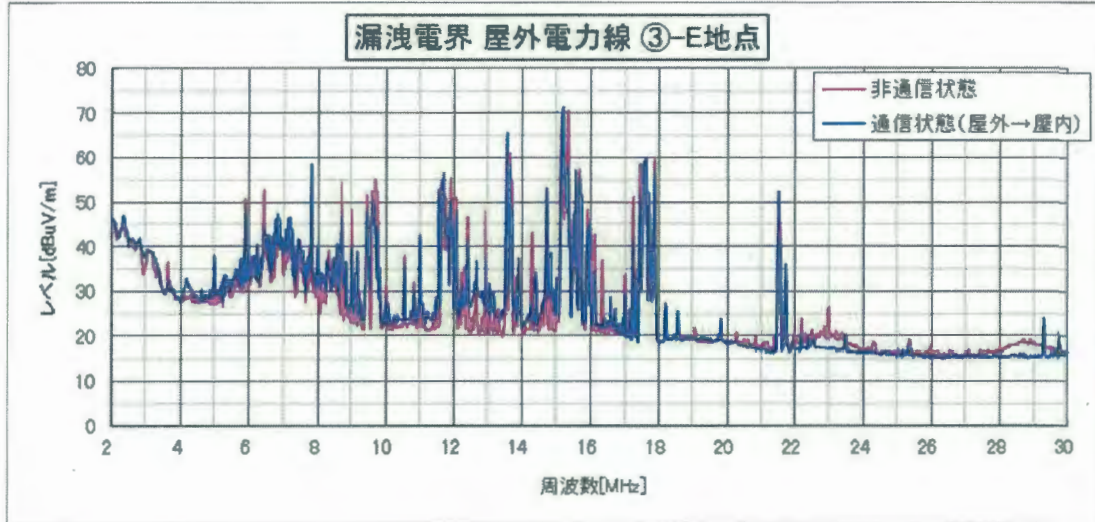
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-D(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



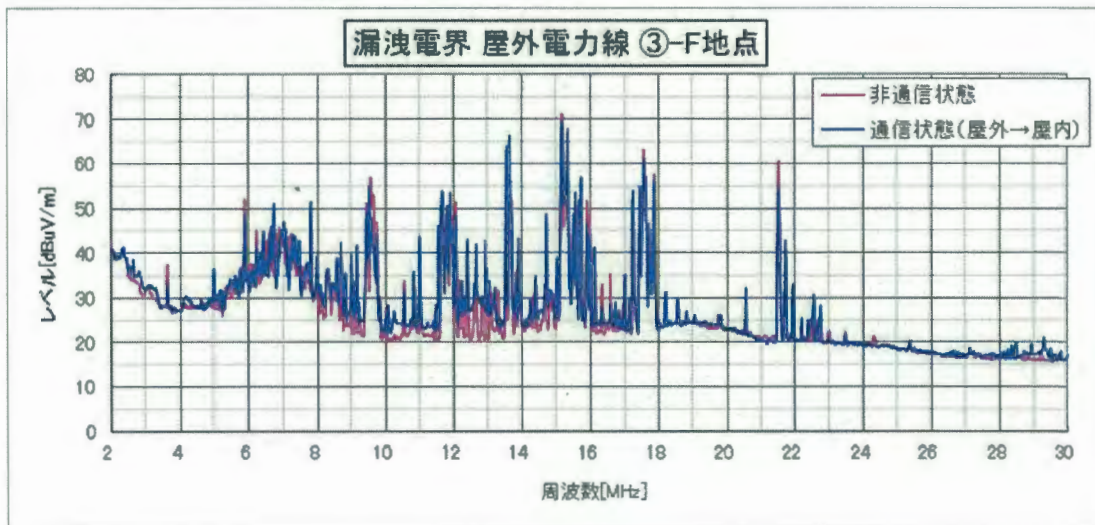
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-E(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



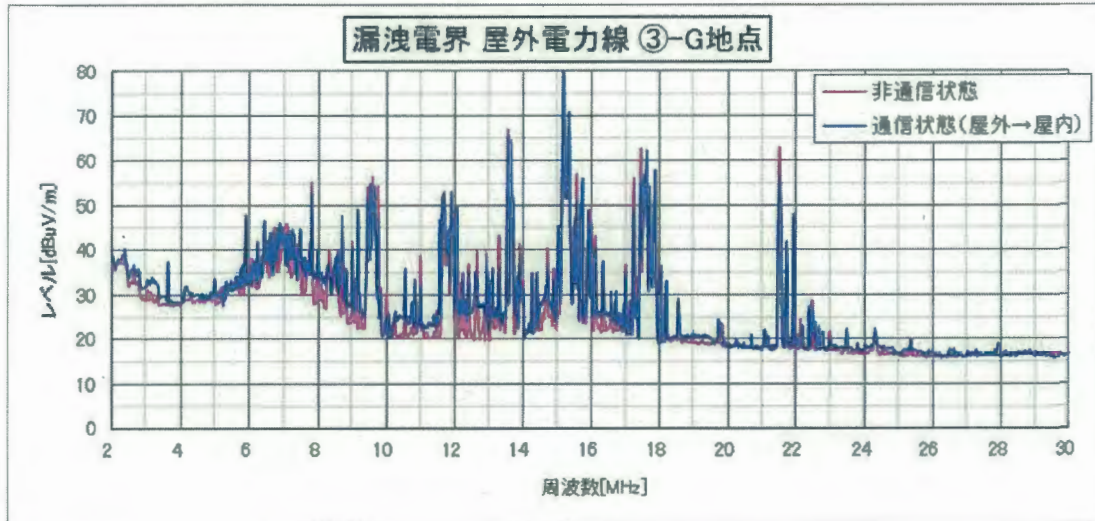
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-F(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



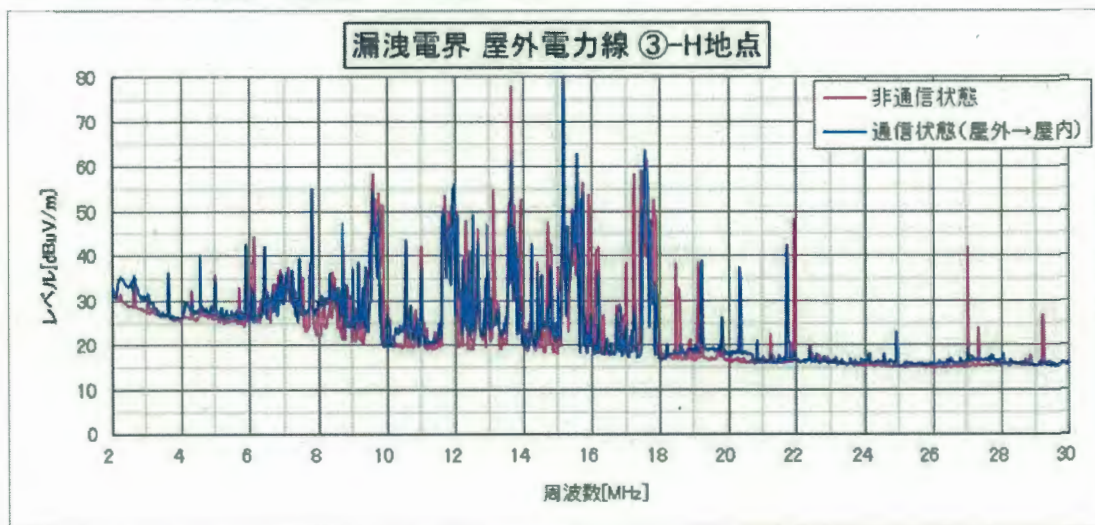
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-G(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-H(通信状態：屋外→屋内)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

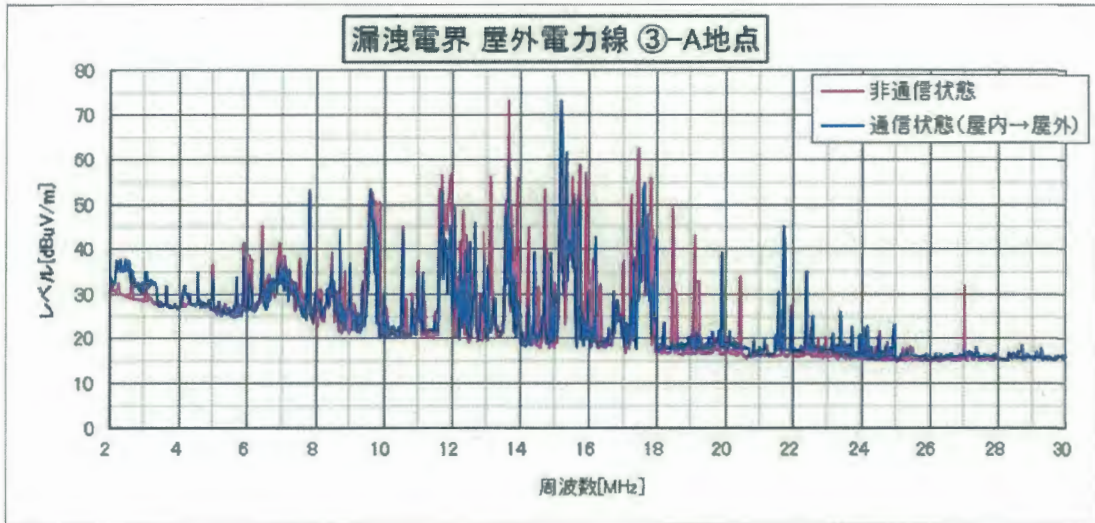
・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



測定ポイント③（通信状態：屋内→屋外）

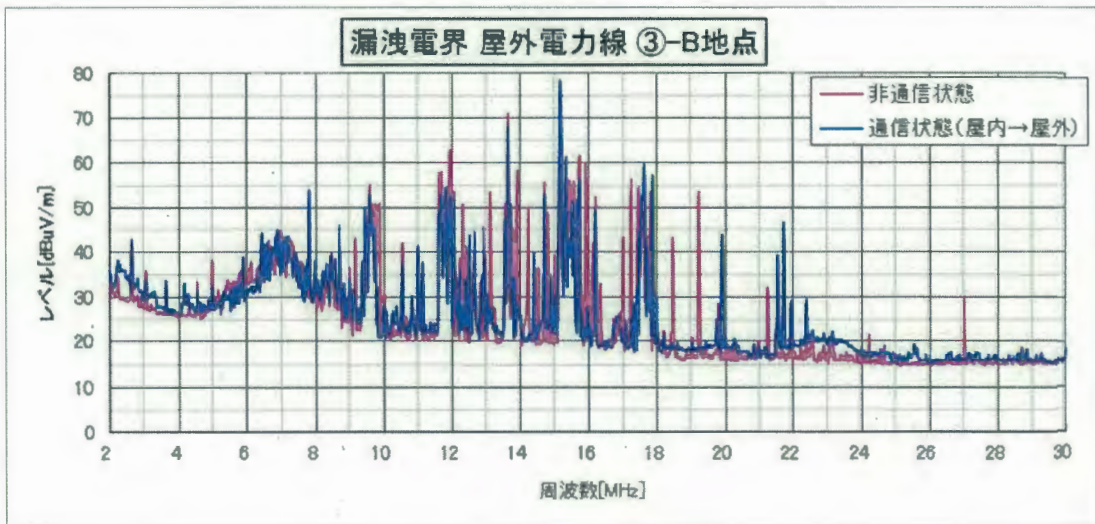
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-A(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



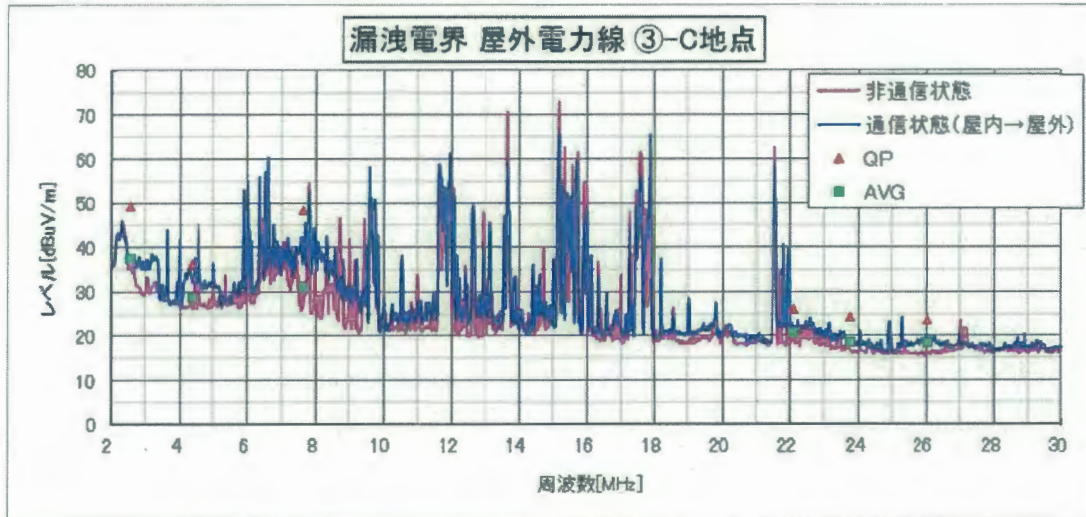
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-B(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-C(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））

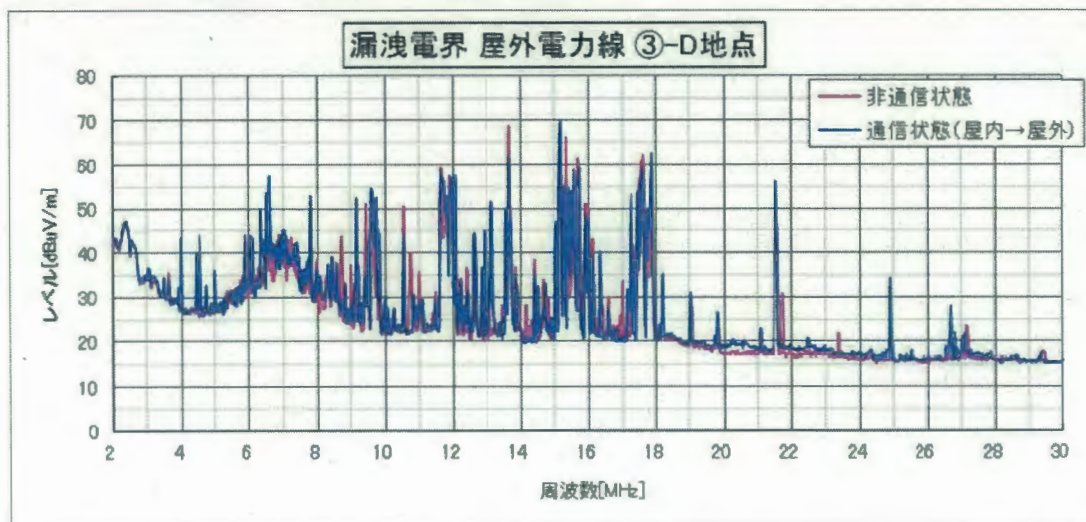


・漏洩電界レベル（EMI レシーバー）

周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
2.560	49.1	37.3
4.380	36.2	28.7
7.630	48.4	31.1
22.100	26.2	20.6
23.760	24.3	18.4
26.050	23.5	18.3

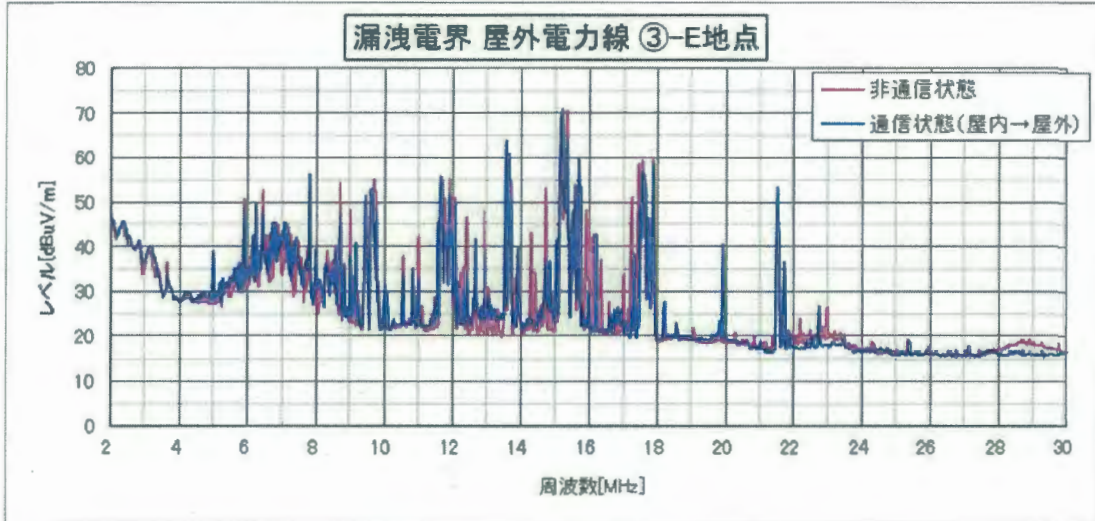
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-D(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



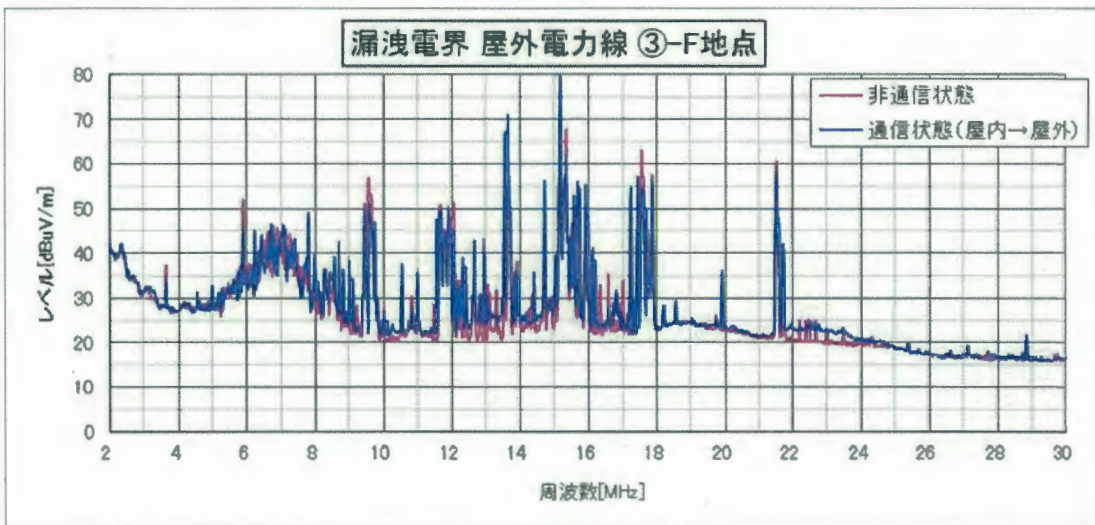
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-E(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



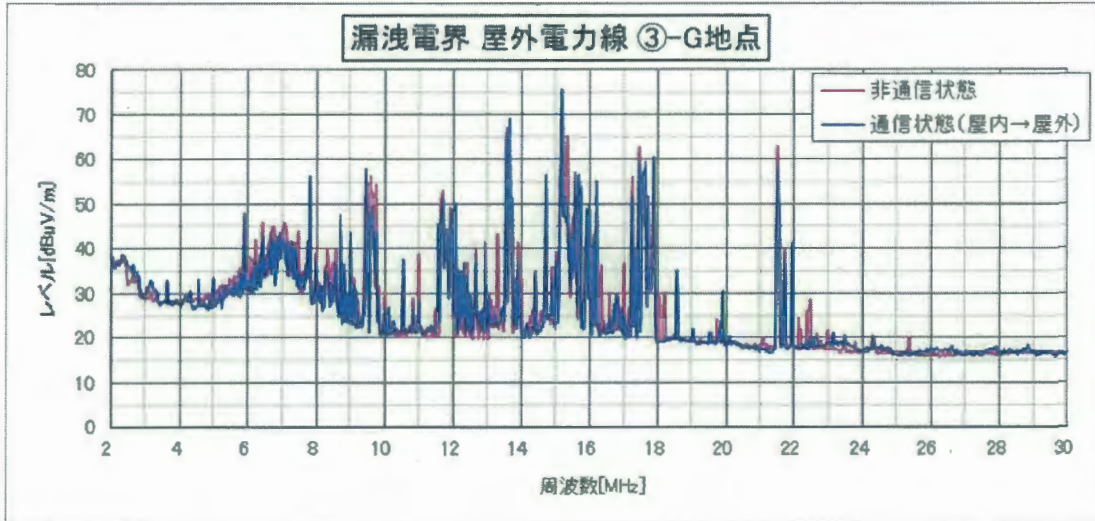
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-F(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



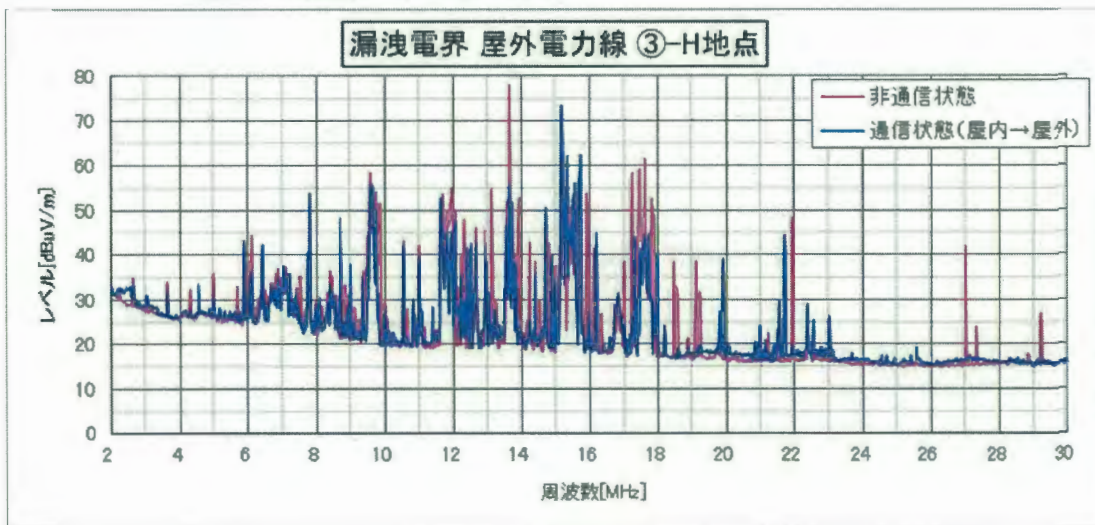
場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-G(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定距離	10m
測定ポジション	③-H(通信状態：屋内→屋外)
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

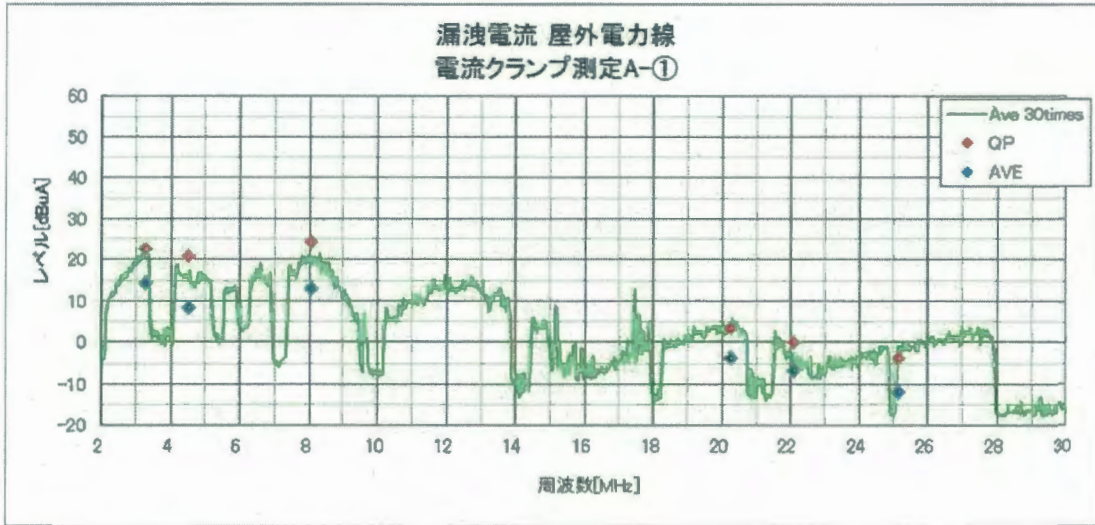
・スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



・ 漏洩電流測定（通信状態：屋内→屋外）

場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定ポジション	通信状態（屋内→屋外）において、充電スタンド（検証ハウス正面）に向かって右側（A）の電源線を測定A-①とした。
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））

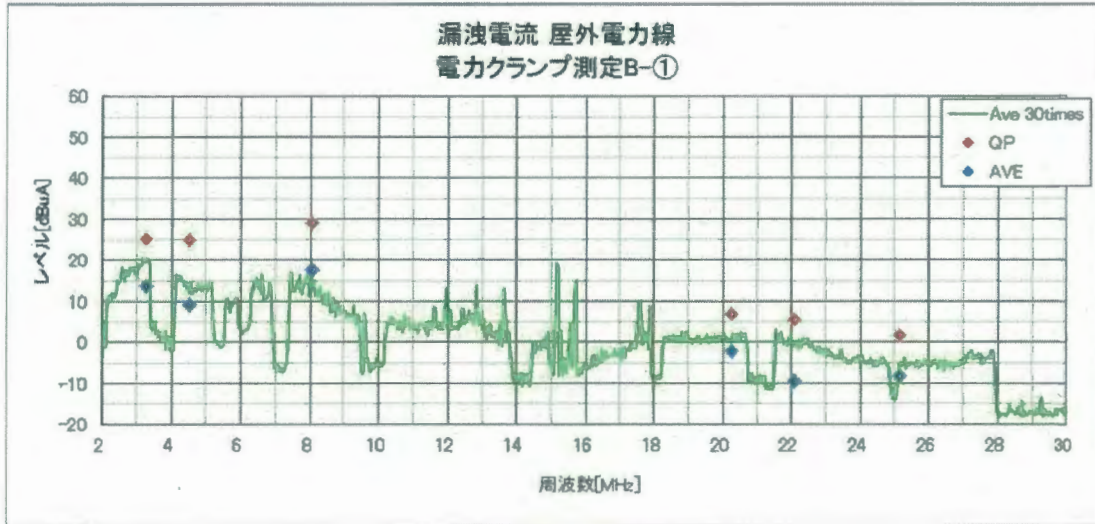


・ 漏洩電界レベル（EMI レシーバー）

周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
3.290	22.4	14.2
4.520	20.7	8.2
8.060	24.2	12.9
20.260	3.3	-3.7
22.100	-0.1	-6.8
25.150	-3.9	-11.9

場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定ポジション	通信状態（屋内→屋外）において、充電スタンド（検証ハウス正面）に向かって左側（B）の電源線を測定B-①とした。
分解能帯域幅(RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））



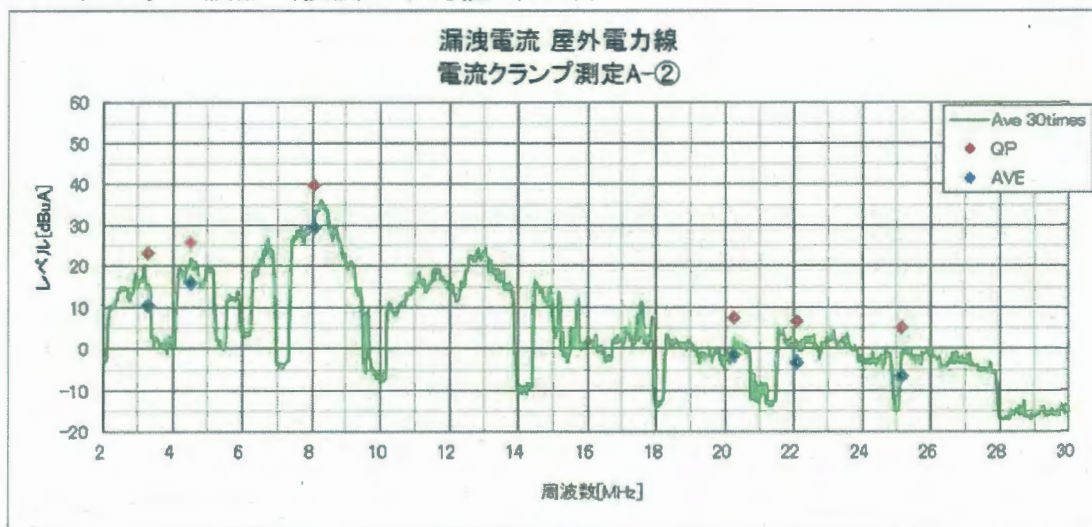
・ 漏洩電界レベル（EMI レシーバー）

周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
3.290	25.1	13.6
4.520	24.7	9.0
8.060	28.8	17.6
20.260	6.8	-2.3
22.100	5.5	-9.7
25.150	1.5	-8.4

・ 漏洩電流測定（通信状態：屋外→屋内）

場所	パナソニック HD-PLC検証ハウス
測定ポジション	通信状態（屋外→屋内）において、充電スタンド（検証ハウス正面）に向かって右側（A）の電源線を測定 A-②とした。
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形（検波：平均値（RMS））

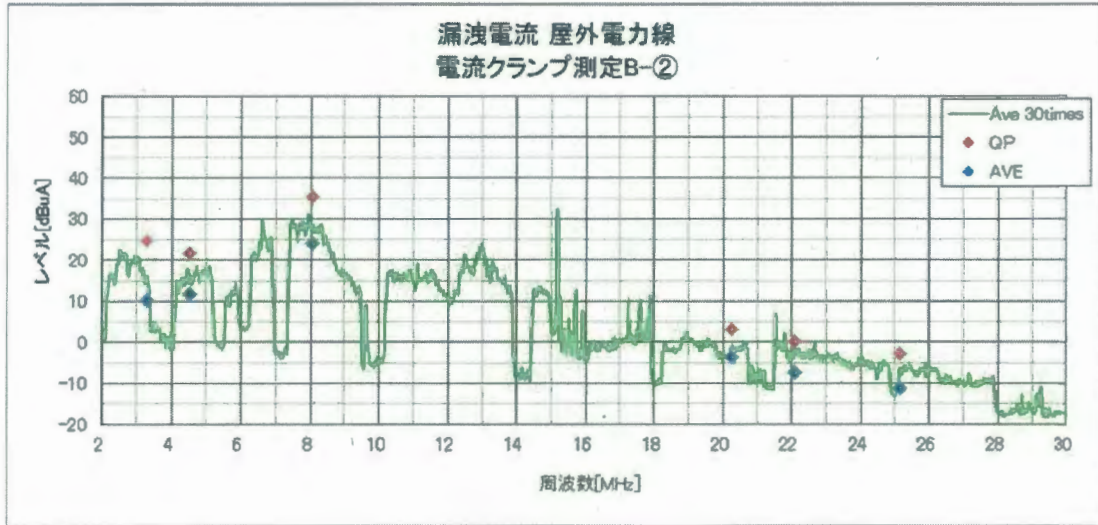


・ 漏洩電界レベル（EMI レシーバー）

周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
3.300	23.0	10.4
4.520	25.7	15.9
8.060	39.6	29.4
20.260	7.3	-1.7
22.100	6.6	-3.3
25.150	5.1	-6.5

場所	パナソニック HD-PLC 検証ハウス
測定ポジション	通信状態 (屋外→屋内) において、充電スタンド (検証ハウス正面) に向かって左側 (B) の電源線を測定 B-②とした。
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



・ 漏洩電界レベル (EMI レシーバー)

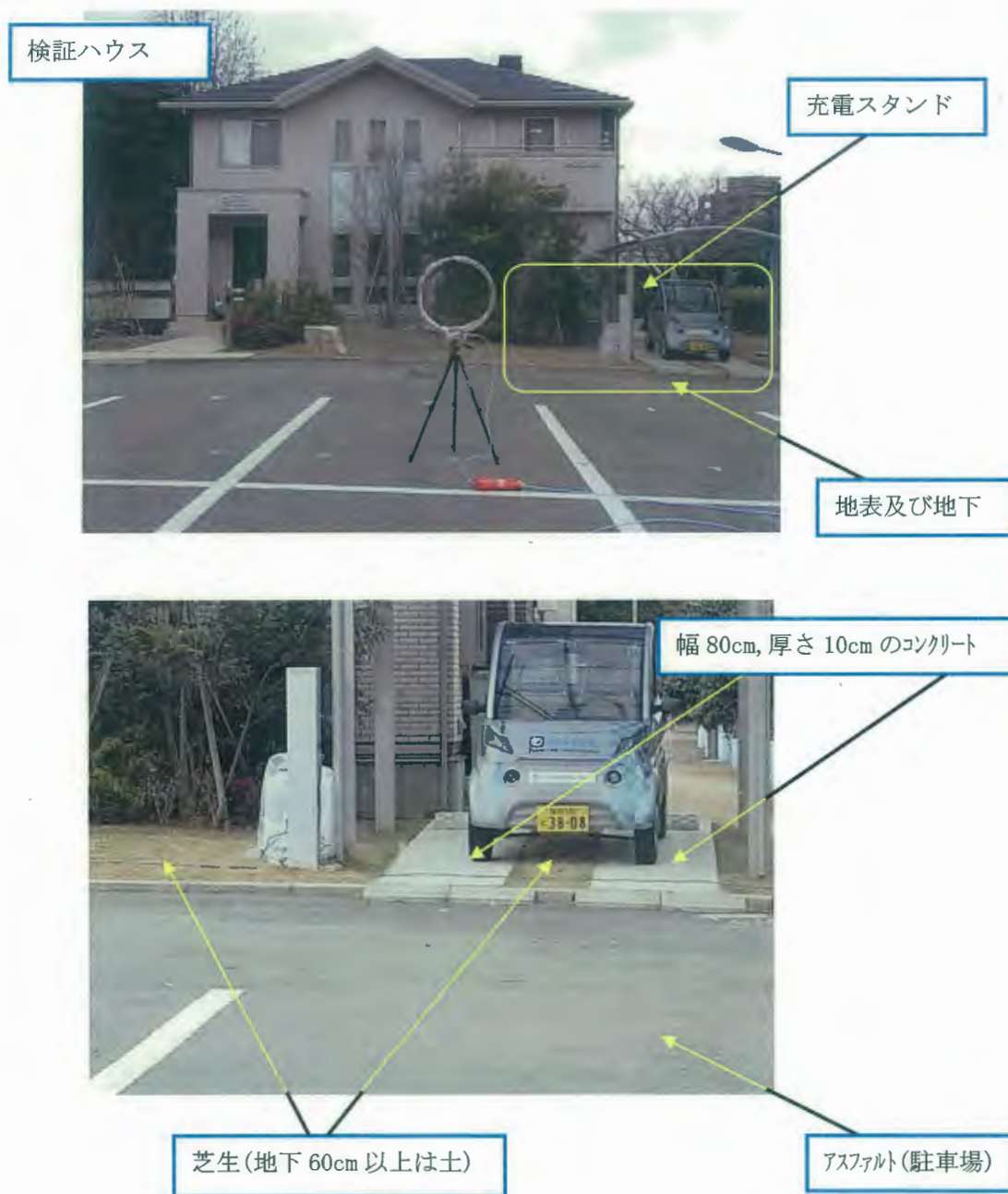
周波数 [MHz]	QP 値 [dBuV]	AVG 値 [dBuV]
3.300	24.6	10.2
4.520	21.5	11.6
8.060	35.3	23.9
20.260	3.0	-3.8
22.100	0.1	-7.5
25.150	-3.0	-11.4

※ 実験場所の地表及び地下の状態

パナソニック HD-PLC 検証ハウス

・実験 2 (EV)

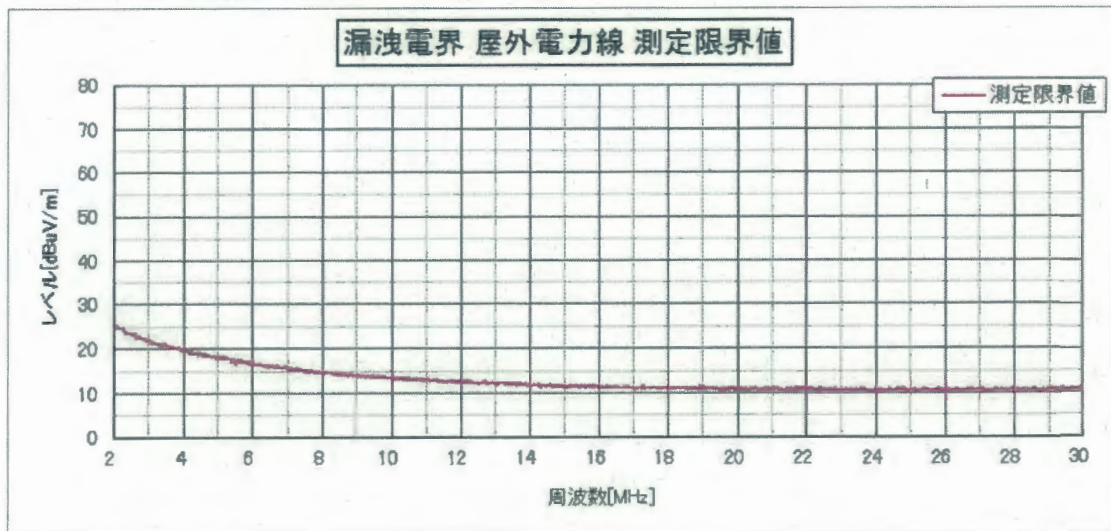
検証ハウスに向かって右側の EV 充電スタンド周辺の地表及び地下の状態を下記に記録する。



- ・充電スタンドは、地中に 60 cm 埋め込み。
- ・充電スタンドとコンクリートの間 (芝生) の距離は、35 cm。
- ・コンクリート間の距離は、50 cm。

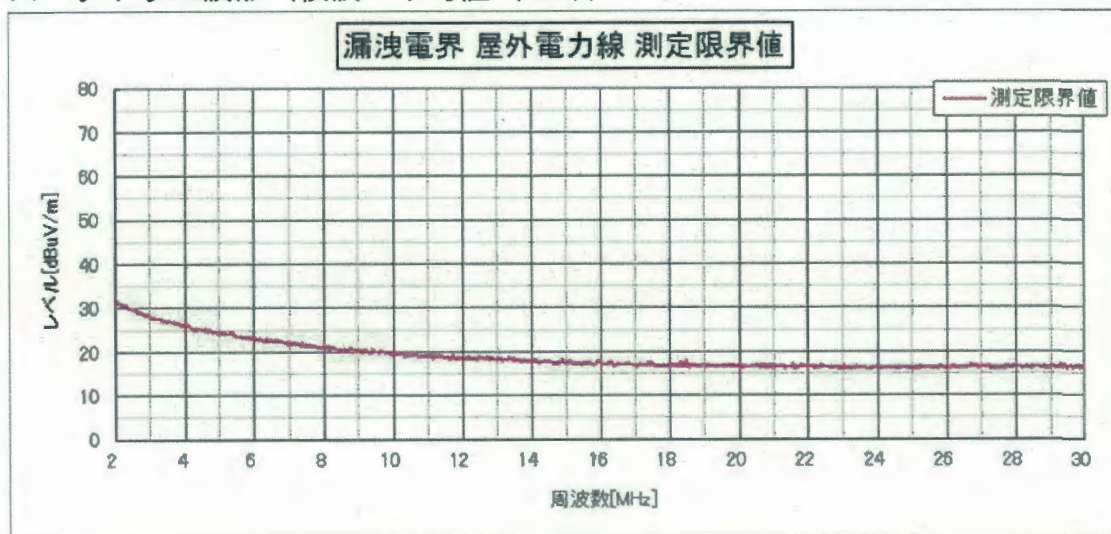
場所	ザクタテクノロジーコーポレーション 10m 法電波暗室
測定ポジション	測定限界値測定 (X軸のみ)
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



場所	ザクタテクノロジーコーポレーション 10m 法電波暗室
測定ポジション	測定限界値測定 (XYZ 軸合成)
分解能帯域幅 (RBW)	10kHz

・ スペクトラム波形 (検波: 平均値 (RMS))



要望

電波天文観測に有害干渉をもたらす広帯域電力線搬送通信 (PLC) の拙速な
屋外利用を進めないこと

2012年1月28日

総務大臣 川端 達夫様

社団法人 日本天文学会
理事長 岡村定矩

総務省が現在広帯域電力線搬送通信 (PLC) の屋外利用を認める検討を進めていることについて、日本天文学会は強い懸念を表明すると同時に、拙速な PLC 利用を進めないことを要望いたします。

日本の大学等においては、周波数 10-30MHz の電波波長帯で、極めて微弱な宇宙電波 (銀河電波、太陽電波、木星電波等) の観測が行われ重要な天文学成果を生み出しております。また、太陽電波の定常観測は、太陽活動に伴う惑星間空間物理を理解するための重要な基礎データにもなっています。このためこの周波数帯域には、国際電気通信連合 (ITU) が定める電波天文保護バンドが二つ存在し、電波天文観測が保護されています。

電力線は、電気を送るために最適化した線路設計になっており、電磁シールドはされていません。PLC は、電力線に 2-30MHz の高周波信号を重畳させて高速データ通信をしようとする方式であるため、電力線から極めて強い漏洩電波が発生することが広く知られています。PLC からの漏洩電波は短波帯にあるため、空気中の水蒸気などによる減衰がほとんど効かず、電離層で反射され非常に遠くまで伝搬します。これは微弱な宇宙電波を受信する上で大きな障害となります。

このため日本天文学会は、2002年7月8日付けで、「電力線搬送通信が低周波電波天文観測にもたらす有害干渉への懸念」と題して、PLC からの有害干渉を防ぐ方策が確立する前に拙速に PLC の導入を進めることに強い懸念を表明いたしました。この時点では PLC の実用化は見送られましたが、2006年に総務省は、屋内限定という条件下での PLC 技術基準を策定し、PLC の利用を解禁しました。その結果市販されるようになった PLC モデムを使用した漏洩電波の実測結果によれば、短波放送等を聴取不能にするほどの漏洩電波が発生することが多数報告されています。我々も独自の調査で、屋内にあるモデムでもその周辺の広い範囲で電波天文観測に甚大な影響が生じることを確認しております。

現在屋内使用と同じ技術基準の下で屋外利用を認めようという検討が、情報通信審議会情報通信技術分科会電波利用環境委員会で行われています。屋内利用の場合には期待できた建物壁による電波強度の減衰は屋外利用ではまったく存在せず、これまでに報告されている漏洩電波よりもさらに強力な漏洩が生じることは明らかです。日本天文学会は、このような基準で PLC の屋外利用を進める動きについて強い懸念を表明すると同時に、短波帯天文観測に有害な干渉を与えないための干渉軽減技術が確立するまでは拙速な PLC 利用を進めないことを要望いたします。

平成 24 年 2 月 29 日

川端 達夫 総務大臣殿

高速電力線搬送通信 (PLC) の屋外利用への拡張に対する要望書

地球電磁気・地球惑星圏学会
会長 家森俊彦

現在総務省で検討されています高速電力線搬送通信 (PLC) 設備の屋外利用について、地球電磁気・地球惑星圏学会は深刻な懸念を表明するとともに、短波帯への漏洩抑制の技術基準が不十分な状態での PLC の利用を拙速に推進しないよう、強く要望いたします。

全国の大学・高専および研究機関に所属する多くの研究者を中心に構成される本学会は、1947 年に創設され、以来、地球内部の電磁気学、大気圏から電離圏・熱圏・磁気圏さらには太陽、太陽系の彼方に至る宇宙空間の探査・研究において、世界をリードする活動を行ってきました。これらの学術研究活動では、100 年スケールの地磁気変化から通常の電磁波、光、さらにはガンマ線に至る幅広い周波数帯の電磁場観測が、研究の基礎的手段となっています。

PLC で用います短波帯の周波数領域 (3MHz~30MHz) では、60 年以上の歴史を有し、現在も情報通信研究機構 (NICT) で行われています電離層の基礎的定常観測の他、GPS の測位精度に影響を与える電離圏擾乱の観測、地震や火山噴火の研究、電離大気による地球環境変動のモニター、木星や太陽から放射される電波の放射機構の解明、さらには太陽系外のパルサーやブラックホールの観測研究などが進められています。国際電気通信連合 (ITU) は、短波帯に二つの電波天文保護バンドを設け、天体からの微弱な電波の観測を保護しています。当学会では、PLC からの漏洩電界によるこれら短波帯を用いた観測研究への壊滅的被害の発生を懸念します。

当学会は平成 14 年 6 月 10 日付けで、「電力線搬送通信 (PLC) に使用する周波数帯域の拡大に関する要望書」を総務省に提出し、PLC が短波帯の観測に有害干渉をもたらす事に強い懸念を表明いたしました。が、残念ながら総務省は平成 18 年に屋内利用に限定した PLC の技術基準を策定し、その利用を解禁しました。その結果市販されるようになった PLC モデムを使用した、当学会会員による漏洩電波の実測結果によれば、平成 18 年の情報通信審議会の答申において、短波帯の既存無線業務を保護するために基本方針とした漏洩電界強度の想定値の 10 倍に達する雑音の発生が確認されています。また、短波放送の受信においても大きな雑音となる例が報告されています。これら事実は、現在の PLC 技術基準では電波の漏洩を十分に抑制できない事を示しています。

こうした状況にもかかわらず、現在、情報通信審議会情報通信技術分科会電波利用環境委員会では、屋内と同じ技術基準による PLC の屋外利用への拡張が検討されています。屋外利用では、建物の壁による遮蔽効果が期待できないため、更に強い漏洩電界が発生することは火を見るより明かです。加えて、短波帯の電波は、地表波や電離圏での反射により、地上から見通せない遠方へ伝搬する特徴があり、今後、広域に普及した PLC 設備からの漏洩電界の集積効果によって、市街地から離れた短波帯観測施設でも、観測環境が壊滅的な影響を受けることが強く懸念されます。

以上、短波帯における学術研究の重要性と、それに対する PLC の影響の重大性に鑑み、現在検討が進められている PLC の屋外利用の検討に強い懸念を表明するとともに、PLC と短波帯電波観測による学術的研究との共存が可能となるよう、現状の技術基準を再検討頂き、PLC の屋外利用を拙速に推進しないよう、再度強く要望いたします。

高速PLCの海外における規制について

2011年5月31日

高速電力線通信推進協議会

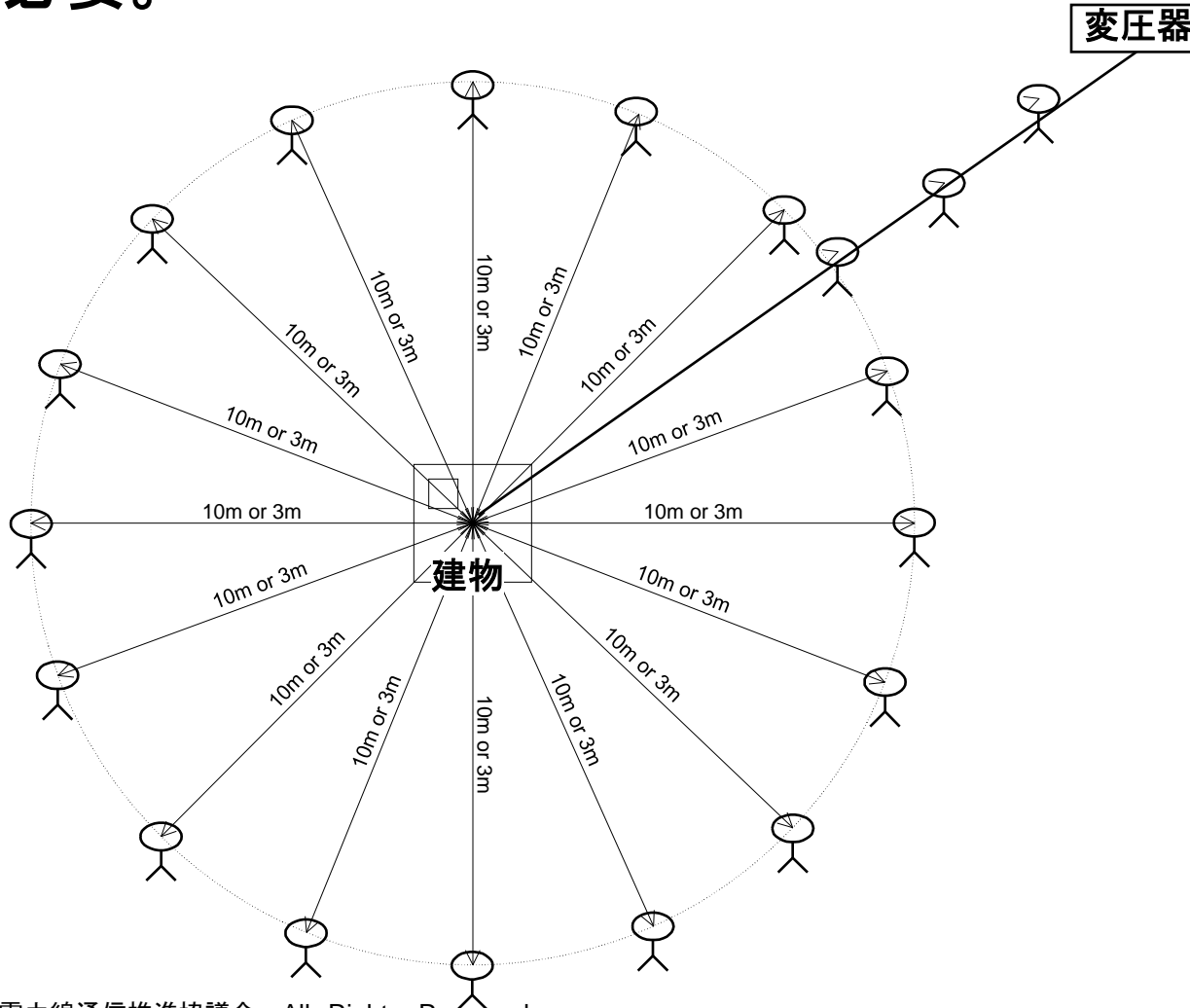
※ 本資料は、高速電力線搬送通信設備作業班事務局からの依頼により、
高速電力線通信推進協議会が作成したものです。

- 米国における規制はFCC Part15に記載されている。
- PLC機器はアクセスと屋内(In-Home)機器に分類されており、電力会社の電力線に接続されている機器がアクセス機器、それ以外が屋内機器である。したがって、同一敷地内は屋内機器に相当する。(15.3)
- 屋内PLC機器の放射妨害波の許容値

	周波数(Hz)	許容値	備考
屋内PLC	9k-30M	30uV/m@30m	FCC part15.209
	30M-88M	100uV/m@3m	Class A@FCC Part15.109 (a)
	88M-216M	150uV/m@3m	
	216M-960M	200uV/m@3m	
	960M以上	500uV/m@3m	

データ通信バーストレートが20 バースト/秒より早い場合は準尖頭値検波、それ以下の場合は準ピーク検波で測定。

- 建物の回り16方位、建物から3mまたは10mの距離で測定。建物に架空線が接続されている場合には、その架空線に沿って3箇所で測定必要。



- 欧州ではPLC装置等の出荷要件としてCEマーク取得が必要であり、今後は2011年9月頃に承認される予定のEN50561-1 (CISPR/I/301CD Type1および302DCベース)に従うことになると予想される。
- 従来のCEマーキング取得実績：CISPR/I/89CD+Opt.A、Opt.B

(CISPR/I/89/CD+Opt.A,Opt.Bの主なレギュレーション)

- ・ PLC Inactive状態ではAMN測定、ActiveではISN測定
- ・ ISNのLCL特性：EUは $30\text{dB} \pm 3\text{dB}$ 、日本・他は $25\text{dB} \pm 3\text{dB}$
- ・ ISNのコモンモードインピーダンス(CMZ)の違いにより、許容値はOpt.AまたはOpt.Bのいずれかを適用

Opt.A: CMZ=150 Ω として、許容値は表3/表4を適用

Opt.B: CMZ=25 Ω として、許容値は表1/表2を適用

**表1 クラスA情報技術装置の
電源ポート伝導妨害波電圧の許容値**

周波数範囲 MHz	許容値(dB μ V)	
	準尖頭値	平均値
0.15~0.50	79	66
0.50~30	73	60

**表3 クラスA装置の通信ポートの
伝導コモンモード(非対称モード)妨害波許容値**

周波数範囲 MHz	電圧許容値(dB μ V)		電流許容値(dB μ A)	
	準尖頭値	平均値	準尖頭値	平均値
0.15~0.50	97~87	84~74	53~43	40~30
0.50~30	87	74	43	30

**表2 クラスB情報技術装置の
電源ポート伝導妨害波電圧の許容値**

周波数範囲 MHz	許容値(dB μ V)	
	準尖頭値	平均値
0.15~0.50	66~56	56~46
0.50~5	56	46
5~30	60	50

**表4 クラスB装置の通信ポートの
伝導コモンモード(非対称モード)妨害波許容値**

周波数範囲 MHz	電圧許容値(dB μ V)		電流許容値(dB μ A)	
	準尖頭値	平均値	準尖頭値	平均値
0.15~0.50	84~74	74~64	40~30	30~20
0.50~30	74	64	30	20

※以下に記載の内容については、2011年1月発行のドラフトに基づく。

1. PLCポートの伝導妨害(非対称モード)

以下の測定環境において、表1の許容値を満たすこと

※LCL=55dB、CMZ=25ΩのISNを用いて行う。

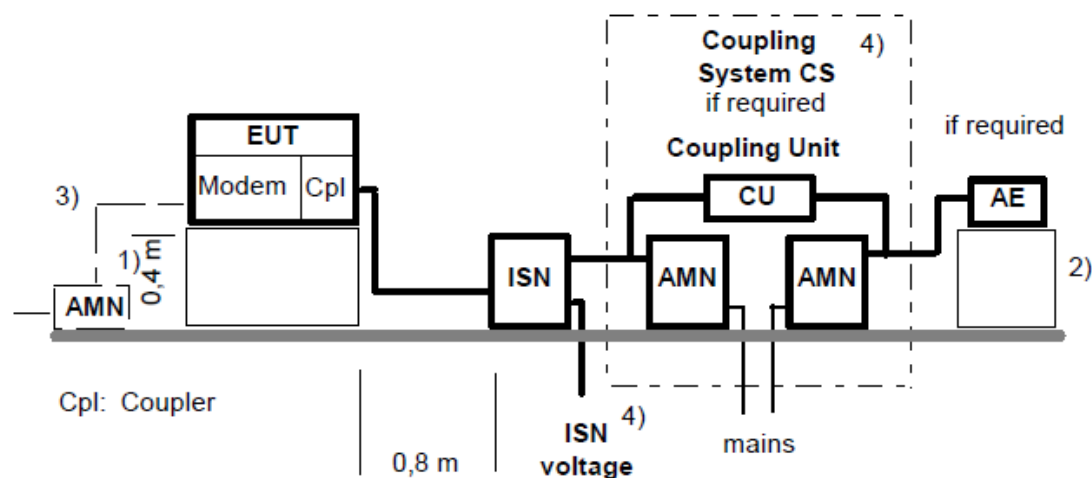


表1. 伝導妨害許容値

周波数 (MHz)	電圧 dB(μV)	
	準尖頭値	平均値
0.15 to 0.50	66 to 56	56 to 46
0.50 to 5	56	46
5 to 30	60	50

2. 出力抑制機能

2-1. 表2で示されるように、線路特性に応じて少なくとも30dBの信号出力減衰を行う動的電力制御の機能を持つこと

表2. 最大送信信号レベル

EUTからAEの対称モード挿入損失(dB)	10	≥ 40
最大送信信号レベル(平均値、dB μ V)	65	95
最大送信信号レベル(準尖頭値、dB μ V)	75	105

2-2. 静的ノッチ

Table A.1に示される帯域において、固定ノッチ(30dB以上)を適用すること

2-3. 動的ノッチ

Table A.2に示される帯域において、固定ノッチまたは動的ノッチを適用すること

Table A.1 - Permanently excluded frequency ranges

Excluded frequency range (MHz)	Service
1,80 – 2,00	Radio amateur
2,85 – 3,025	Aeronautical mobile
3,4 – 4,0	Aeronautical mobile (3,4-3,5), radio amateur (3,5-4,0)
4,65 – 4,7	Aeronautical mobile
5,25 – 5,41	Radio amateur
5,48 – 5,68	Aeronautical mobile
6,525 – 6,685	Aeronautical mobile
7,00 – 7,30	Radio amateur
8,815 – 8,965	Aeronautical mobile
10,005 – 10,15	Aeronautical mobile (10,005-10,1), radio amateur (10,1-10,15)
11,275 – 11,4	Aeronautical mobile
13,26 – 13,36	Aeronautical mobile
14,00 – 14,35	Radio amateur
17,9 – 17,97	Aeronautical mobile
18,068 – 18,168	Radio amateur
21,00 – 21,45	Radio amateur
21,924 – 22,00	Aeronautical mobile
24,89 – 24,99	Radio amateur
26,965 – 28,00	CB radio (26,965 – 27,405), model control, elderly alarms
28,00 – 29,7	Radio amateur

Table A.2 - Permanent or dynamically excluded frequency ranges

Excluded frequency range (MHz)	Service
2,30 – 2,498	Broadcasting
3,20 – 3,40	Broadcasting
3,90 – 4,05	Broadcasting
4,75 – 5,11	Broadcasting
5,75 – 6,20	Broadcasting
7,20 – 7,7	Broadcasting
9,30 – 9,95	Broadcasting
11,55 – 12,10	Broadcasting
13,55 – 13,90	Broadcasting
15,05 – 15,85	Broadcasting
17,40 – 17,95	Broadcasting
18,90 – 19,02	Broadcasting
21,45 – 21,85	Broadcasting
25,65 – 26,10	Broadcasting

NOTE The bands in this table include frequency ranges allocated under Article 5 of the Radio Regulations to the Broadcasting Service, plus a realistic appraisal of use for broadcasting under Article 4.4 of the Radio Regulations.