

電波利用環境委員会  
高速電力線搬送通信設備作業班  
報 告

## 目次

1	検討事項	1
2	委員会の構成	1
3	検討経過	1
4	検討概要	4
4.1	背景	4
4.2	屋外広帯域PLC設備の対象について	5
4.3	許容値とするパラメータとその測定法の検討	7
4.4	模擬実験及びシミュレーションによる屋外広帯域PLC設備からの漏えい電波の推定	10
4.4.1	電波暗室での模擬実験	11
4.4.2	数値シミュレーションによる基本検討	11
4.4.3	様々な屋外電力線配線状況を模擬した数値シミュレーションによる漏えい電磁界の検討	12
4.4.4	中遠距離における電波伝搬	16
4.5	実証実験	18
4.5.1	実証実験場所	18
4.5.2	離隔距離	18
4.5.3	実測結果	19
4.6	許容値及び測定法について	23
4.6.1	屋外広帯域PLC装置により生じるコモンモード電流の許容値	23
4.6.2	測定法について	24
4.6.3	その他	24
4.7	諸外国等の現状	25
4.7.1	米国	25
4.7.2	欧州	25
4.7.3	国際無線障害特別委員会(CISPR)における国際規格の策定状況	25
4.7.4	国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)における検討	25
5	検討結果	27
	別表	28
	附録	30

## 1 検討事項

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(以下、「委員会」という。)は、電気通信技術審議会諮問第3号「国際無線障害特別委員会(CISPR)の諸規格について」に基づき、「広帯域電力線搬送通信設備の屋外利用に係る許容値及び測定法」について検討を行った。

## 2 委員会の構成

委員会は、検討の促進を図るために委員会の下に設置された高速電力線搬送通信設備作業班(以下、「作業班」という。)で検討を行った。

委員会及び作業班の構成は、それぞれ別表1及び別表2のとおりである。

## 3 検討経過

検討経過は次のとおりである。

### (1) 電波利用環境委員会

#### ア 第1回(平成23年2月14日)

「広帯域電力線搬送通信設備の屋外利用に係る許容値及び測定法」について、委員会において、運営方法に関する検討を行ったほか、検討の促進を図るため、作業班を設置し、主任を指名した。

#### イ 第7回(平成24年7月3日)

作業班の報告を基に、「広帯域電力線搬送通信設備の屋外利用に係る許容値及び測定法」に関する検討が行われた。

### (2) 電波利用環境委員会 高速電力線搬送通信作業班

#### ア 第1回(平成23年3月11日)

作業班の設置及び主任の指名について説明があり、主任代理及び構成員の指名並びにスケジュールについて確認等が行われた。また、検討対象とする屋外広帯域電力線搬送通信設備(以下「電力線搬送通信」を「PLC」という。)の提案について説明が行われた。

- イ 第2回（平成23年5月31日）  
広帯域PLC設備の屋外利用に当たっての放射ノイズの測定結果等について報告があり、屋外PLC設備と他の無線機器との共存方法等に関する検討が行われた。  
諸外国の規制の現状について報告があった。
- ウ 第3回（平成23年7月20日）  
屋外PLC設備の漏えい電磁界及び電流分布のシミュレーション（F I 法）結果等について報告があり、屋外PLCと他の無線機器との共存方法等に関する検討が行われた。
- エ 第4回（平成23年9月20日）  
構成員からの提案に基づき、屋外PLC装置の型式指定の対象、許容値案、測定法案及び屋外実証実験計画案等について検討が行われた。
- オ 第5回（平成23年11月8日）  
屋外での実証実験について、実験手順及び場所等実施計画について検討した。また、提案された屋外PLCの許容値及び測定法案について、メリット・デメリットの比較検討を行った。
- カ 第6回（平成24年1月13日）  
屋外PLC設備による妨害波のシミュレーション（モーメント法）の結果について報告があった。  
許容値及び測定法案について検討され、コモンモード電流で規制することです承された。
- キ 第7回（平成24年2月29日）  
シミュレーション（モーメント法）による検討を進めるため、電波暗室での実測との比較を行った。  
屋外での実証実験について、主な結果に関する報告を行い、今後の分析方法について検討した。
- ク 第8回（平成24年3月27日）  
ユースケースに基づく各種の配線モデルについて、コモンモード電流と漏えい電磁界のシミュレーション（モーメント法）の結果に関する報告があった。

また、実証実験の分析を踏まえた許容値案について報告が行われるとともに、それを取り入れた報告案の提案があった。

ケ 第9回（平成24年6月4日）

前回作業班における検討内容を踏まえ、分析結果等再整理した報告案について検討され、取りまとめられた。

## 4 検討概要

### 4.1 背景

電力線搬送通信設備（以下「電力線搬送通信」を「PLC」という。）は、電力線を利用して通信するシステムである。電力線を通信に利用するため、別途、通信ケーブルを敷設することなくネットワークの構築が可能であるという特長がある。しかし、電力線は、元々通信信号を流すことを想定していないため、電波が漏えいしやすい。そのため、2～30MHzの周波数帯を使用する広帯域PLC設備については、これまで屋内利用のみに限って認められてきた。

広帯域PLC設備の屋内利用については、平成24年3月末までに145件が型式指定されており、総務省が受理した混信申告の内、屋内で利用する広帯域PLC設備からの漏えい電波により他の無線システムに障害が発生したと確認したものはない。

近年、省エネルギーへの関心の高まり、プラグイン・ハイブリッド自動車の普及等から、広帯域PLC設備の屋外利用のニーズが顕在化し、スマートメータ等への屋外利用に関する要望が行政刷新会議で審議され、平成22年6月、規制・制度改革に係る対処方針の1つとして、以下の内容が閣議決定された。

#### 「スマートメータの普及促進に向けた屋外通信（PLC通信）」

高速通信が可能となる2MHz～30MHzの周波数帯でのPLCの屋外利用について、事業者からの具体的な提案等を確認のうえ、無線システムへの影響等の検証・検討を速やかに開始し、結論を得る。＜平成22年度検討開始、平成23年度中結論＞」

これを受け、総務省において事業者からの具体的な提案等を確認したところ、防犯カメラ及び電気自動車の充電制御への広帯域PLC設備の屋外利用の提案があった。

そこで、これらの提案をユースケースとして屋外利用可能な広帯域PLC設備の技術基準を検討するため、委員会に作業班を設置し、無線利用との共存条件が検討され、広帯域PLC設備の屋外利用に関する許容値及び測定法を提案した。

以下では、広帯域PLC設備の屋外利用により発生する漏えい電波に関して、検討結果の要点を説明し、これを基にして検討した許容値及び測定法について、その概要を報告する。

なお、本報告において、特に信号を送信及び受信する伝送装置のみを指す場合には「PLC装置」とし、一般にPLC装置と電力線を含めた広い概念のものを指す場合には「PLC設備」としている。

## 4.2 屋外広帯域 PLC 設備の対象について

作業班における検討に当たって、総務省が確認した事業者からの具体的提案等は、図4.1に示す高速電力線通信推進協議会 (PLC-J) からの利活用提案であった。

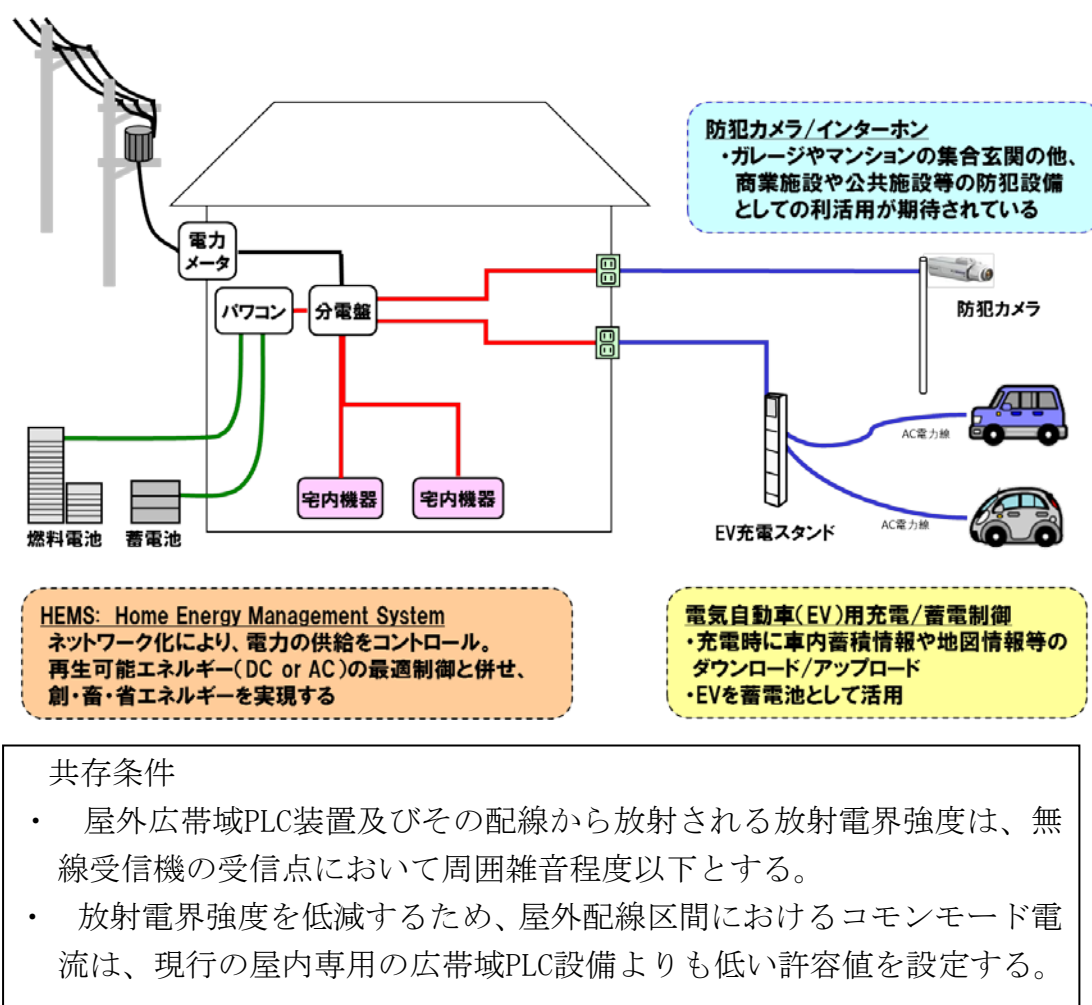


図4.1 屋外広帯域PLC設備の利活用例等の提案

防犯カメラ、電気自動車(EV)充電システムの構成例は、図4.1のとおりである。(詳細は参考資料1.1)

作業班では、この提案を基に議論が行われ、高周波利用設備の技術的条件として制度化されることを前提に、広帯域PLC設備からの漏えい電波の発生原理が同じと考えられるものについて一般化し、許容値及び測定法の対象となる屋外広帯域PLC設備及び屋外広帯域PLC内蔵設備を以下のとおりとした。

(1) 屋外広帯域PLC設備

ア 定格電圧100V又は200V及び定格周波数50Hz又は60Hzの単相交流を通じる電力線を信号伝送用に用いる広帯域PLC設備で、同一の分電盤<sup>※</sup>の屋内側に接続され、かつ、同一の者が占有する連続した敷地内の他の広帯域PLC設備と通信するもの。なお、屋内でのみの使用を目的とするもの及びPLC信号の受信のみを目的とするものを除く。

※ 同一施設内に複数の分電盤が存在する大規模施設の場合、各分電盤を集約した施設全体の分電盤を指す。

イ 搬送波の周波数が、2MHzから30MHzまでの範囲にあること。

(2) 屋外広帯域PLC内蔵設備

(1)のア及びイの条件を満たす屋外広帯域PLC装置を他の機器に内蔵した設備。

以下、屋外広帯域PLC装置を他の機器に内蔵した装置を屋外広帯域PLC内蔵装置とし、特に区別する場合を除き、屋外広帯域PLC装置には屋外広帯域PLC内蔵装置を、屋外広帯域PLC設備には屋外広帯域PLC内蔵設備を含むものとする。

なお、分電盤の屋外側に接続する広帯域PLC設備については、事業者からの具体的な提案がなかったため、今回の検討の対象とはしなかった。

また、直流電源を使用するもの、100V又は200V以外の交流電源を使用するものについては、屋内専用の広帯域PLC設備（以下「屋内専用の広帯域PLC」を「屋内広帯域PLC」という。）とは各種の技術的条件が異なり、技術基準を根本から検討し直す必要があるが、事業者から具体的な提案がなかったため、今回の検討の対象とはしなかった。



#### 4.3 許容値とするパラメータとその測定法の検討

許容値及びその測定法について、作業班では、表4.1のとおり、屋外広帯域PLC設備からの漏えい電波を、漏えい電界、コモンモード電流、最大電力で規制する3つの提案があった(参考資料3.1~3.3)。

表4.1 提案された許容値と測定法

許容値対象パラメータ	許容値	測定法	備考
漏えい電界	29.5dBuV/m@30m 48.6dBuV/m@10m	高さ4mの高さに敷設した20mの電力線に沿って、水平距離10mの地点で測定。 コンセントをLCL=16dBのISNで模擬	FCC part 15.31、アマチュア無線帯域には30dB以上のノッチ挿入
コモンモード電流	測定やシミュレーションの結果が出た段階で決める	屋内広帯域PLC設備の場合と同等： コンセントをLCL=16dBのISNで模擬	屋内広帯域PLC設備における手法と整合性あり
最大電力	-125dBm/Hz@2MHz -130dBm/Hz@30MHz	差動モード電流トランスによる測定(参考資料3.4のとおり)	周囲雑音レベルをITU-R P.372のRural: 10dBuV/m@2MHz, 0dBuV/m@30MHzとし、これから0.5dB以下の許容値

漏えい電界、コモンモード電流、最大電力の間には、図4.2に示す関係があり、いずれのパラメータでも漏えい電波を規定することが論理的には可能である。

このうち、漏えい電界で規定する方法は、実際に使用されるとき配線レイアウト、動作条件等が様々に異なることから、測定条件の規定が難しく、再現性も乏しくなる。

また、最大電力で規定する方法では、提案された内容では、漏えい電界を発生する実回路(電力線)の影響が反映されないため、最大電力で駆動された実回路部分にコモンモード電流がどの程度誘導され、それによる漏えい電波がどのくらい発生するかという問題点にこたえるものではない。さらに、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。

これに比べ、コモンモード電流により規定する方法は、漏えい電波と直接対応し、測定が容易で再現性が高いという利点がある。

このため、検討の結果、屋内広帯域PLC設備と同様に、コモンモード電流により規制値を定めることとなった。(参考資料3.5を参照)

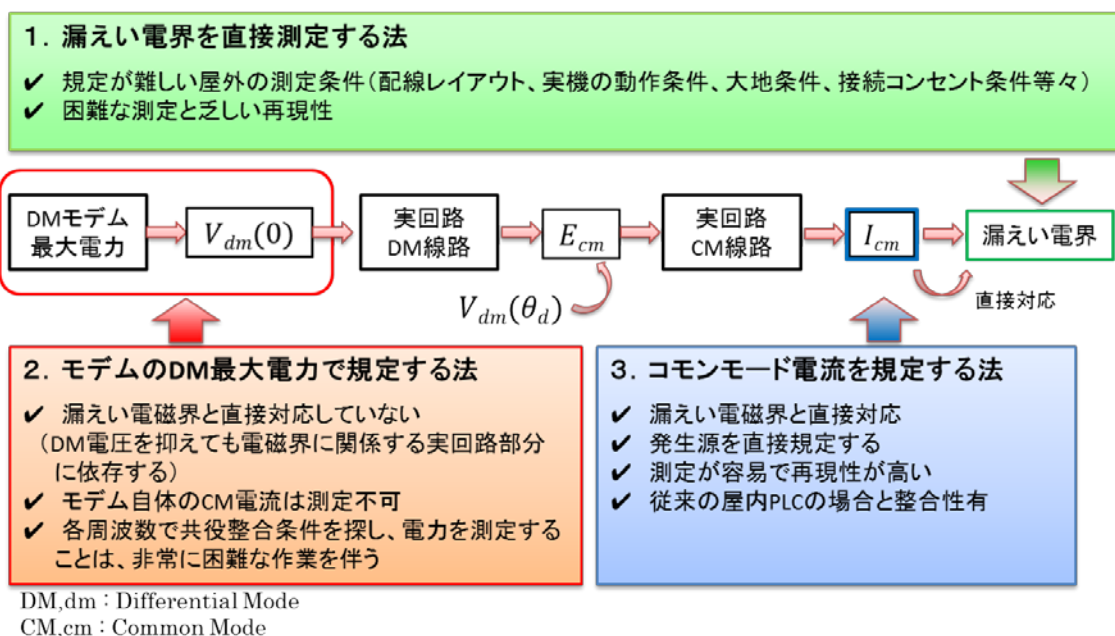


図4.6 漏えい電波を規定する方法

広帯域PLC設備から発生する漏えい電界の強さは、様々なパラメータによって決まってくるが、平成17年度の「高速電力線搬送通信に関する研究会報告書」において、屋内に設置された屋内広帯域PLC設備における技術基準について様々な検討が行われ、次のような屋内PLC設備の主要特性に基づき許容値と測定法を提言している。

- ア 漏えい電波の発生に係る基本的なパラメータ (LCL, CMZ, DMZ)
- イ 電力線近傍の電界分布 (屋内の配電系を想定したモデルによるシミュレーションと実験で評価)
- ウ 近距離、中遠距離における電波伝搬
- エ 家屋密集地域における漏えい電波の累積効果
- オ 家屋・ビルによる遮へい効果
- カ 配電系の伝送特性

今回、屋外広帯域PLC設備の許容値等を検討するに当たっては、これら屋

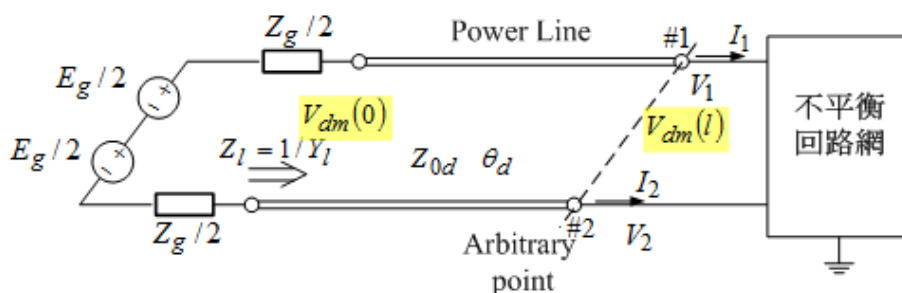
内広帯域PLC設備の主要特性の多くがそのまま適用できるものの、次のような相違点がある。

- ア 屋内配電系を想定したモデルと比べて、分岐がないものの配線長が長い
- イ 建物による遮へい効果がない
- ウ 大地面の影響が大きい

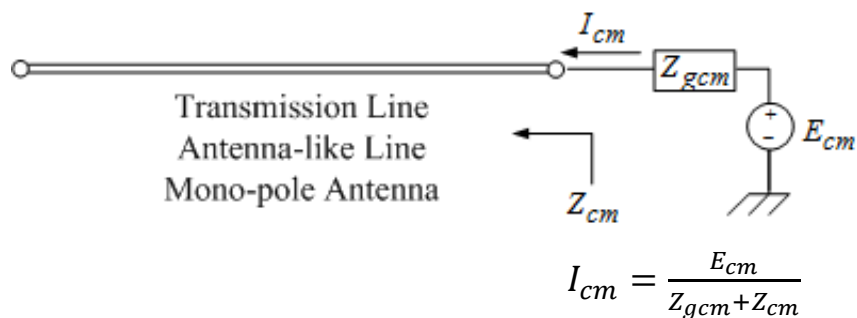
そこで、これら相違点を与える影響について、検討することとし、必要に応じて模擬実験、数値シミュレーション(4.4)及び屋内広帯域PLC装置を用いた実証実験を行った(4.5)。

#### 4.4 模擬実験及びシミュレーションによる屋外広帯域 PLC 設備からの漏えい電波の推定

屋外広帯域PLC設備(図4.1に示された構成モデル)において、漏えい電波を考察するための電気回路論的なモデルは、屋外に広帯域PLC装置があり、電力線によって家屋の壁面コンセントに接続されている構成となる。平行な2本の導体線で構成される電力線に流れる電流は、ディファレンシャルモード(DM)電流とコモンモード電流とに分解することができる。平衡度の悪い(対称でない)回路網にDM電圧が加わると、コモンモード成分が発生し(この現象をモード変換と称する)、コモンモード電流が電力線に流れることになる。コモンモード電流が作る電磁界は、同じ方向であるために強め合う方向で加算され、コモンモード電流は小さくても大きな電磁界を発生することになる。電力線の断面寸法は屋外広帯域PLC設備で使用する周波数帯の波長に比べて非常に小さいので、屋外広帯域PLC装置は基本的にはコモンモード成分を発生させないものの、壁面コンセントから家屋内側は、平衡度が悪いために、コモンモード成分が発生しやすい状況であることが考えられる。



(a) ディファレンシャルモード電源に接続された屋外電力線



(b) 等価なコモンモード電源で励振される屋外電力線

図4.2 屋外広帯域PLC設備の電気回路論的モデル

図4.2は、屋外広帯域PLC設備におけるモード変換メカニズムを表しており、

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でコモンモード成分が発生する。その結果、電力線にコモンモード電流が流れ、電力線がアンテナと同様の働きをする。以上より、数値シミュレーションを実施する際においては、コモンモード成分に着目することとした。また、平衡度の悪いコンセントの等価回路として、平成17年「高速電力線搬送通信に関する研究会報告書」においては、擬似電源回路網ISN1が採用されている。この電気特性は、DMインピーダンス $100\ \Omega$ 、コモンモードインピーダンス $25\ \Omega$ 、 $LCL=16\ \text{dB}$ であることから、電源として内部抵抗 $25\ \Omega$ の1 A電流源または1V電圧源を基本的に採用している。

作業班においては、電波暗室での模擬実験結果と2種の数値シミュレーション手法(FI法とモーメント法)を用いた結果とを比較し、数値シミュレーションの有効性を確認した(4.4.1)。有効性を確認した後、屋外広帯域PLC設備の構成を模擬する可能性の高いモデルを対象とした数値シミュレーションを行い、発生する漏えい電波の傾向等の電氣的挙動を検討した(4.4.2)。

#### 4.4.1 電波暗室での模擬実験

屋外広帯域PLC装置からの漏えい電波の状況を把握するために、電波暗室内で、屋内広帯域PLC設備とPCで屋外広帯域PLC設備を模擬した場合での漏えい電波とコモンモード電流を測定した。(詳細は附録を参照)

電波暗室で行った模擬実験では、模擬屋外広帯域PLC装置が高さHの位置にあり、水平距離10mの架空配線を介して家屋の外壁コンセントを模擬するISN1に接続されている構成である。このとき架空配線の中央から5m離れた位置での電磁界を測定した。

このときの測定結果から、以下のことが言える。

- (1) 線路高が低いと漏えい電波は低いレベルとなる。
- (2) 漏えい電波のピークは、立上り部分を含む配線長がおよそ4分の1波長及びその奇数倍の場合である。
- (3) この模擬実験における線路高2mと1mの場合において、観測点での漏えい電波レベルはほとんど同じであるが、高さ0.1mの場合は、これより約10dB程度低い値で観測されている。

#### 4.4.2 数値シミュレーションによる基本検討

屋外広帯域PLC設備によって発生する漏えい電磁界分布、放射指向特性等の基礎的検討として、水平に設置した長さ10メートル程度の屋外電力線を想定したモデル(模擬実験に対応)を用いて積分形式のMaxwellの方程式(電磁界を表

現する方程式)を有限差分する手法のFinite Integration (FI)法による数値シミュレーションを行った。(詳細は附録を参照)

この結果は、

- (1) 線路高が低い場合には、電流が同程度であっても漏えい電磁界レベルは低い。
- (2) 電力線が波長に比べて長い場合には、電力線上の電流分布に、ほぼ半波長ごとの電流の腹節が現れる。
- (3) 電力線からの距離10m程度の範囲内では、電界分布と磁界からの換算値( $120\pi \times H$ )の分布は異なり、近傍界の領域である。
- (4) 電力線の総延長(垂直部分含む)が、おおむね $\lambda/4$ 、 $3\lambda/4$ に相当する周波数において、電流及び周囲の電磁界強度が増大する。(詳細は、附録を参照。)
- (5) 磁界強度の分布や最大となる位置は、周波数や電力線の高さによって大きく異なる。特に周波数が高くなると周囲の磁界強度分布は場所による変化が大きくなる傾向がある。

以上のまとめは、簡略化したモデルを用いた数値シミュレーションの結果と模擬実験で得られている測定結果の傾向と一致しており、屋外の電力線からの漏えい電波の状況を把握するのに有効と言える。

#### 4.4.3 様々な屋外電力線配線状況を模擬した数値シミュレーションによる漏えい電磁界の検討

現実の屋外広帯域PLC設備の電力線は様々な形状となることが考えられるが、漏えい電波の放射に寄与する基本的な構造は共通するので、漏えい電波が懸念される代表的なモデルを考え、数値シミュレーションで漏えい電磁界の基本的な性質を検討した。(詳細は附録を参照)

4.4.2での数値シミュレーション手法のFI法は、厳密な計算が行えるが、この種の計算を行うには非常に大きな計算資源と計算時間が必要である。このため線条アンテナの類に有効なNEC2(モーメント法)と呼ばれる数値計算プログラムソフトを採用した。NEC2(モーメント法)による手法は、4.4.1の模擬実験結果及び4.4.2のFI法での結果と比較して有効性を確認し、複雑な線路構成や実験が不可能な観測点での解析による漏えい電波の特性評価に適している。

数値シミュレーションを行う電力線モデルには、実際の防犯カメラの配置

状況として最も多いと予想される例を模擬した(a)逆L形配線モデル、(b)傾斜配線モデル、(c)垂直配線モデルの3つを選定した。またEVスタンドについては、駐車場まで地下に埋設されることがほとんどであり、垂直配線モデルで代表できると考えた。これらの数値計算シミュレーションにおいては、グラウンド面を完全導体面(完全グラウンド面)とした場合と、実際の大地をモデルとするITU-R P. 527-3によるWet Groundモデルの電気定数(導電率0.01、比誘電率30)を考慮した場合で計算を実施し、検討を行った。

屋外広帯域PLC設備が対象とする周波数帯域での電界測定は、一般に3方向の磁界を測定し、合成磁界Hから合成電界を $E=120\pi H$ で評価することで行われている。この換算法を適用したときは、縦軸がH(dB $\mu$ V/m)で表示してある。

以下に数値シミュレーションの計算結果例を示す。なお、電力線が共振する周波数で大きな漏えい電波が生じることから、各数値シミュレーションは、それぞれの電力線の共振周波数で計算を行った。

#### (a) 逆L形配線モデル

図4.3が逆L形配線モデルである。次に示す数値シミュレーションでは、線路が水平距離 $L=30\text{m}$ 、線路高 $H_t=4\text{m}$ の架空線である。観測点は、高さ $H_r=2\text{m}$ で、線路から $10\text{m}$ 離れた線路に沿った点(xで表示)である。

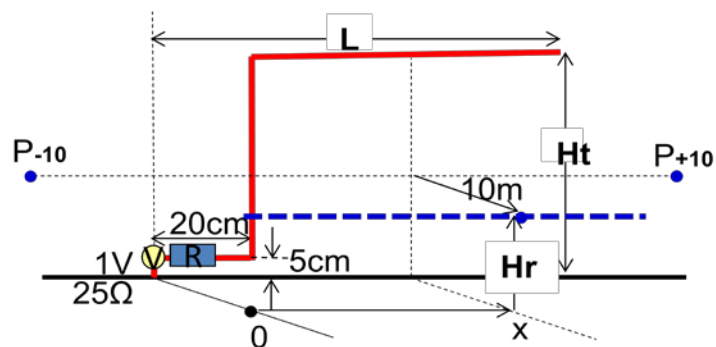


図4.3 逆L形配線モデル

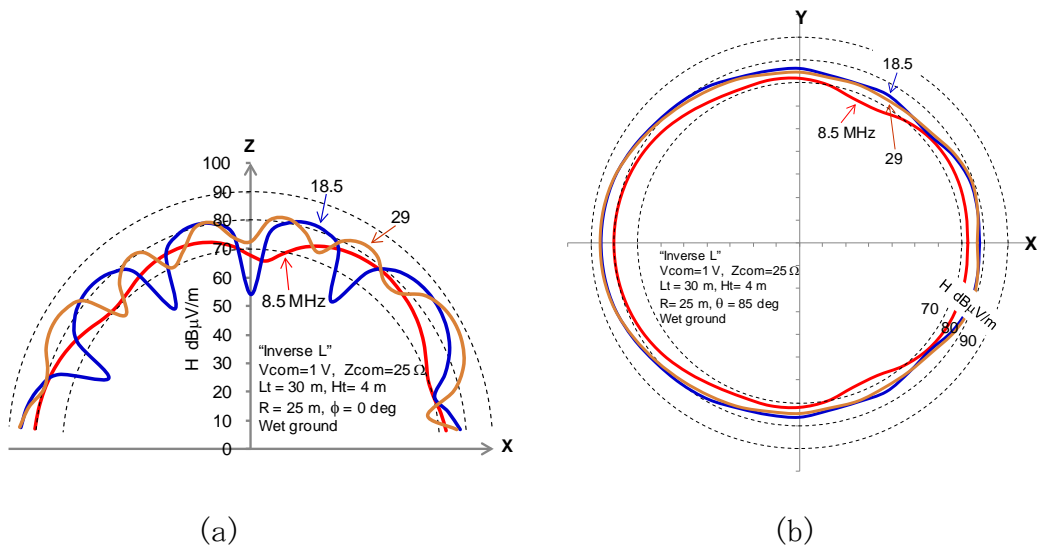


図4.4 逆L形電力線モデルにおける  
仰角方向指向特性(a)と方位角方向指向特性(b)

これらの指向特性からは、周波数が高くなるとローブ(突出部)が多くなるが、そのピーク値が非常に大きくなることはないことを示している(この図では極大値は75±数dB以内)。また電力線の前後比は電源側が数dB大きくなる傾向を示している。さらに、水平線路部分が長くなった例としてL=100mでのシミュレーション結果においても、配線長が長いと指向特性にはローブ(突出部)が多くなってくるが、その極大値が非常に大きくなるわけではないことが確認できた。

(b) 傾斜配線モデル

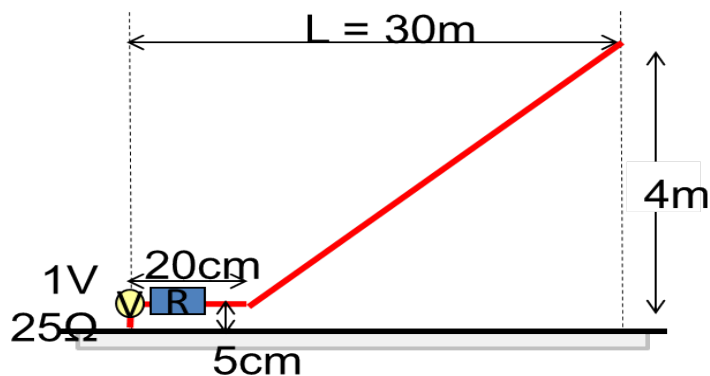
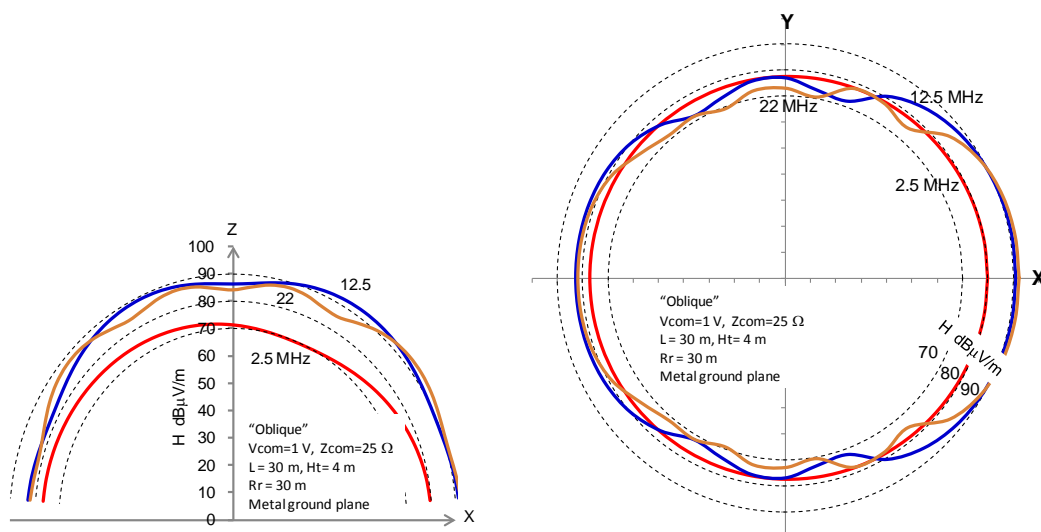


図4.5 傾斜配線モデル



このモデルにおける指向特性では、前後比で数dBから10dB、線の真横と開放端側の比で10dB程度の差がある。



(a) 仰角方向の指向特性

(b) 方位角方向の指向特性

図4.6 傾斜配線モデルにおける完全グラウンド面上の指向特性

(c) 垂直配線モデル

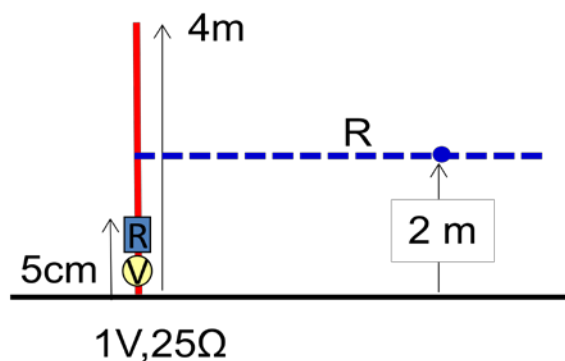


図4.7 垂直配線モデル

この配線モデルは、モノポールアンテナと同様の構造であり同じ特性となる。漏えい電波が最大となる周波数は、配線長が4分の1波長に対応する共振周波数を基本としているが、その電磁界が他と比べて非常に大きいものではない。(詳細は付録を参照)

以上の計算シミュレーション結果をまとめると、次表のようになる。

表4.2 計算シミュレーション結果のまとめ

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

以上のシミュレーション結果から、

- (1) 金属大地(完全グラウンド)面に比べて、一般大地(Wet Ground)の方が、電流(コモンモード電流に対応)及び電磁界強度が平均値で共に10dB以上低下する。
- (2) 共振周波数は、一般大地では上昇する。
- (3) 共振周波数で漏えい電波は大きくなり、共振点は配線長に関係する。
- (4) 配線長が長くなるほど指向特性に多くのローブ(突出部、極大値)が発生するが、その極大値が次第に大きくなっていくものではない。

現実の大地面の電気特性は特に水分の含有量に左右され、場所による違いがあるが、上述の傾向は同じであると考えられる。

#### 4.4.4 中遠距離における電波伝搬

社団法人日本天文学会、地球電磁気・地球惑星圏学会から、電波天文業務の保護に関する要望が総務大臣宛に出された(参考資料5.1, 5.2)。

この中で、電離層等の反射により、非常に遠くまで伝搬するとあるが、既に「高速電力線搬送通信に関する研究会」報告書(平成17年12月)において数値計算によって詳細に検討されている。すなわち、一般に電波天文施設は人口密集地帯から離れた場所にあり、PLC設備による影響は、漏えい波の地上波による影響だけではなく、Sky-wave(電離層反射)による影響も考慮する必要があるが、その影響については、同報告書「5.3 中遠距離における電波伝搬」において数値計算の結果、以下のように結論づけている。

「電波天文業務に対する累積効果において、Sky-wave 伝搬による影響は、

地上波伝搬による影響に比べて十分に低く、支配的な要素とはならないと考えられる。また、地上波伝搬による累積効果の影響は、受信点数k m内の高速電力線搬送通信設備設置数が重要な要素であり、近傍での設置数があまり多くないであろうと想定される電波天文施設では、その影響の軽減が期待できると考えられる。(中略) 想定される高速電力線搬送通信の送信電力では、累積された干渉電界強度も低くなっており、Rural地域の雑音以下となる。」

この数値計算においては、建築物による遮へい効果を考慮していないことから、この結論は屋外広帯域PLC設備においてもそのまま適用できる。

#### 4.5 実証実験

屋外PLC設備におけるコモンモード電流の許容値を定めるために、現状の屋内広帯域PLC設備の許容値を満足する屋内広帯域PLC装置を設置して動作させ、その周囲で漏えい電波の強度を測定した。

表4.3のとおり定められている現在(平成23年12月現在)の屋内広帯域PLC設備を用いて、屋外での実測実験(以下「実証実験」という。)結果を検証することでコモンモード電流等の規制値を最終的に定めることにした。

表4.3 屋内広帯域PLC装置の電源端子における伝導妨害波許容値(通信状態)

周波数範囲 (MHz)	電流許容値 (dB $\mu$ A)	
	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ほうの許容値を適用する。

測定する屋外広帯域PLC設備は、カメラと電気自動車を想定し、屋外電力線から水平方向に、屋外広帯域PLC装置の周囲8方向及び屋外広帯域PLC装置と通信を行う屋内広帯域PLC装置を設置した建物の周囲8方向の地点で測定した。(詳細は附録を参照)

##### 4.5.1 実証実験場所

構成員から提案された実験場所のうち、(1)電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(東京都調布市)、(2)HD-PLC検証ハウス(福岡市)を選定した。(1)においては、敷地の制約からカメラを想定したモデルのみで、(2)においては、カメラ及び電気自動車(EV)を想定したモデルでの実証実験を行った。また、この実証実験は作業班の構成員に公開された。

##### 4.5.2 離隔距離

平成17年「高速電力線搬送通信に関する研究会」報告書においては、離隔距離として、商業地域において10mを採用している。屋外広帯域PLC装置においても主としてこれを踏襲する。主な放射源が屋外に架設される電力線であることから、家屋からだけでなく、配線から10mの距離も離隔距離とする。

### 4.5.3 実測結果

- (1) 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(カメラモデル)  
 離隔距離10mを満足する位置での測定データ例を示す。

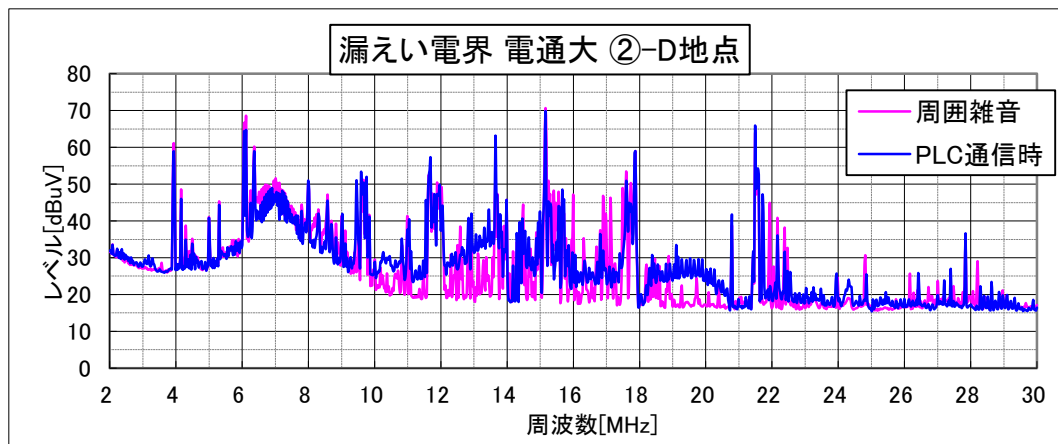


図4.8 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟での電界強度測定結果例

この測定結果では、PLC通信時は13MHz付近で周囲雑音より大きい雑音が観測されている。このモデルでは、壁面(屋外)コンセントから屋外広帯域PLC装置までの電力線の全長は約6.7mであり、この長さを4分の1波長とする周波数は約11MHzである。しかし、数値シミュレーションの結果から不完全なグラウンド面(大地面)では、理想的な共振周波数より上昇することが分かっている。

したがって13MHzの現象は電力線の共振に起因していることが考えられる。

次の図は、横軸に観測点での電界強度をとり、縦軸にPLC非動作時(周囲雑音：黒線)とPLC通信時(PLC漏えい波+周囲雑音：赤線)での累積確率分布をとった分布図である。

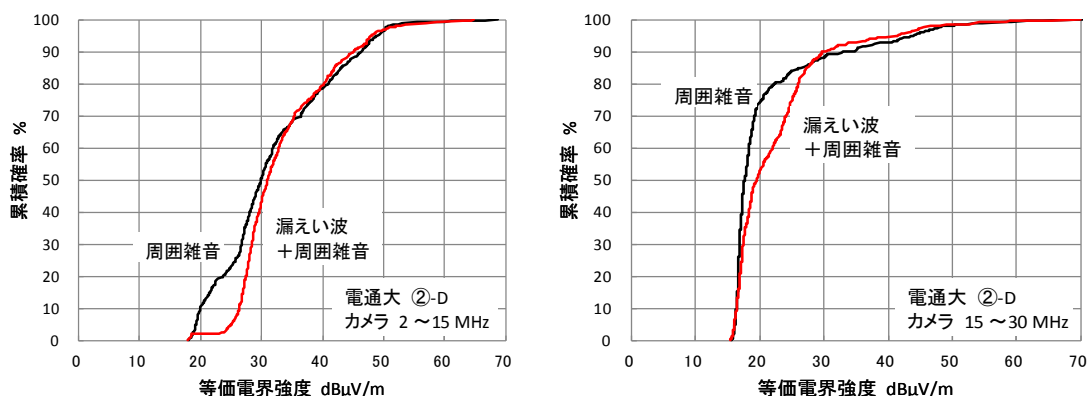


図4.9 電気通信大学グラウンド管理棟でのカメラモデルでの累積確率分布例

この結果から、以下のことが分かる。

- ア 約40dB $\mu$ V/m以上の電界強度成分では、PLC通信時と非動作時の累積確率分布の曲線はほとんど一致している。
- イ 図4.8において、二つの曲線が一致していない部分で、PLC通信時の赤曲線が非動作時の黒曲線より右側に移動している増分の電界強度が周囲雑音を超える漏えい波レベルとなる。

さらに、15MHz以下と15MHz以上の領域でPLC非動作時に大きな電界が観測されていない領域かつPLC通信時に漏えい電界が明らかに観測されている領域において、PLC非動作時の電界強度とPLC通信時の電界強度のそれぞれの平均値を求め、その変化分(増分)を求めると、表4.4の例のようになる。

表 4.4 漏えい電界が観測される領域での平均値による評価  
(電気通信大学グラウンド管理棟でのカメラモデル)

測定点	周波数(MHz)	周囲雑音 (dB $\mu$ V/m)	PLC漏えい波+周囲 雑音(dB $\mu$ V/m)	増分(dB)
電通②-D	12.948~13.900	27.37	36.16	8.79
	18.912~20.004	17.94	26.43	8.49
電通②-E	12.948~13.900	30.03	36.99	6.96
	18.912~20.004	20.07	22.32	2.25

(2) 福岡HD-PLC検証ハウス(カメラモデル)

福岡HD-PLC検証ハウスでのカメラモデルでの実測結果は、電気通信大グラウンド管理棟での実測結果と比較すると、PLC漏えい電波の大きさは小さい。以下に例を示す。

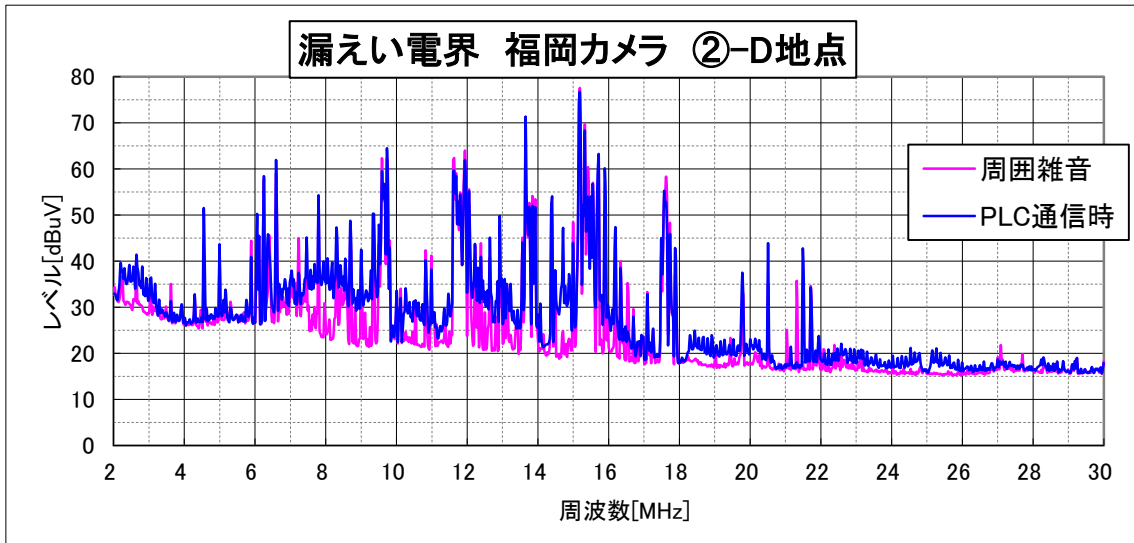


図4.10 福岡カメラモデルでの電界強度測定結果例

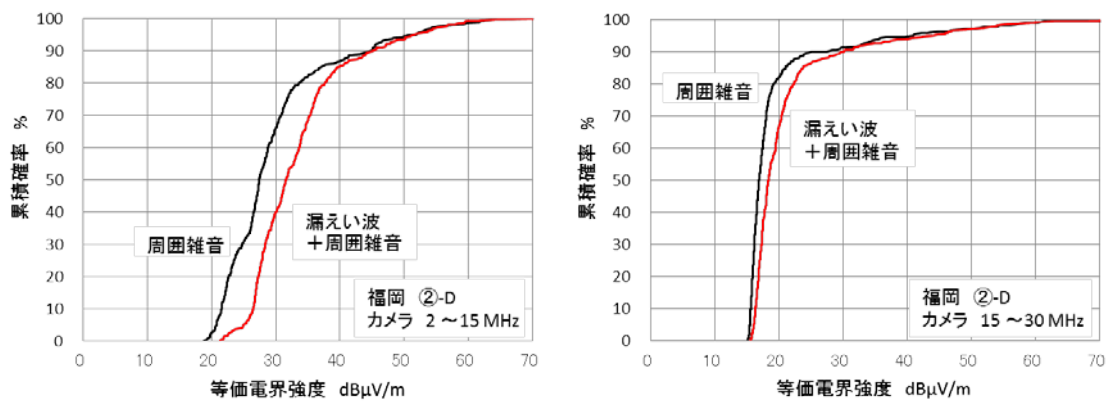


図4.11 福岡カメラモデルでの累積確率分布例

表 4.5 漏えい電界が観測される領域での平均値による評価  
(福岡 HD-PLC 検証ハウスのカメラモデル)

測定点	周波数 (MHz)	周囲雑音 (dB $\mu$ V/m)	PLC 漏えい波 + 周囲 雑音 (dB $\mu$ V/m)	増分 (dB)
福岡②-D	8.020~9.420	28.09	35.91	7.83
	12.080~12.892	27.00	33.90	6.91

(3) 福岡 HD-PLC 検証ハウス (EV モデル)

EVモデルにおいては、電力線高は1m前後であり、シミュレーションの結果から得られているように、電力線高が低いことから、漏えい電界の大き

さはカメラモデルの場合に比較して小さい。

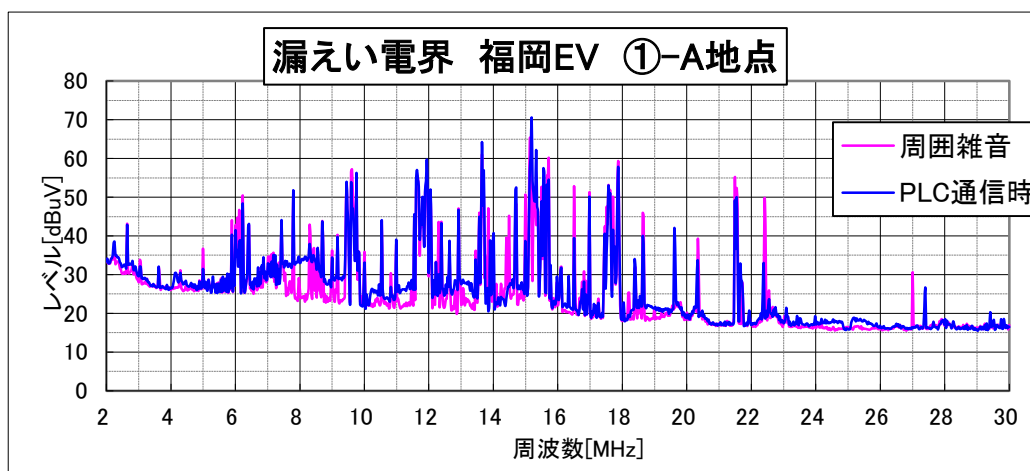


図4.12 福岡EVモデルでの電界強度測定結果例

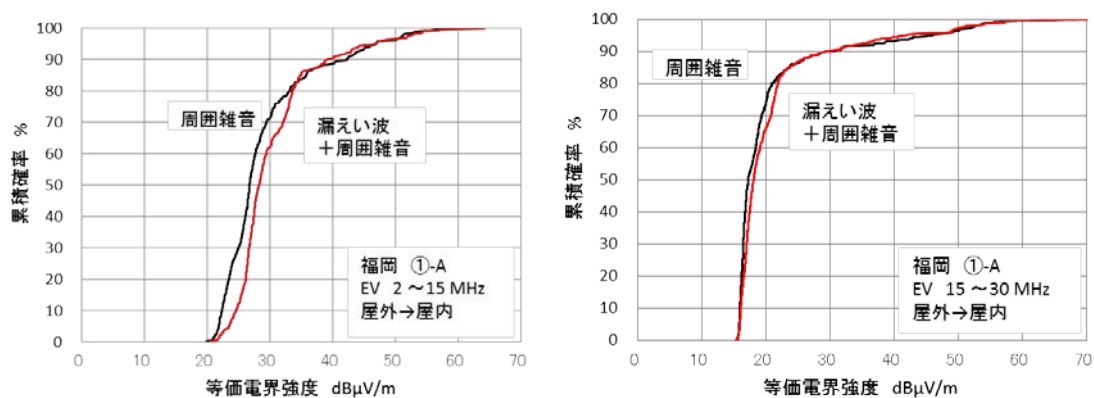


図4.13 福岡EVモデルでの累積確率分布例

表 4.6 漏えい電界が観測される領域での平均値による評価  
(福岡 HD-PLC 検証ハウスの EV モデル)

測定点	周波数 (MHz)	周囲雑音 (dB $\mu$ V/m)	PLC 漏えい波 + 周囲 雑音 (dB $\mu$ V/m)	増分 (dB)
福岡①-A	7.460~9.392	27.53	32.44	4.91



## 4.6 許容値及び測定法について

### 4.6.1 屋外広帯域 PLC 装置により生じるコモンモード電流の許容値

屋内広帯域PLC装置を使用して屋外広帯域PLC設備を模擬した漏えい電界の実測により、周囲雑音を越す結果が得られた。これは、屋外電力線長に関係する共振周波数で漏えい電界が強くなるためであり、屋内広帯域PLC設備でのコモンモード電流の許容値を屋外用に単純に適用するのではなく、10dB下げることが検討された。また、これまで作業班が実施したシミュレーション及び実証実験した単純化した配線状況の範囲においては、屋外配線長を変えると、共振周波数は変化するものの、共振時の漏えい電界のレベルを上げるものではないことを確かめたので、対象とする周波数全域でコモンモード電流許容値を10dB下げた値、すなわち表4.7のとおりとすることとなった。

一方、PLC装置が非通信状態における伝導妨害波及び放射妨害波は、屋内広帯域PLC装置と同様に、CISPR規格CISPR22に関する平成11年度電気通信技術審議会答申に準拠するものとする。

表4.7 屋外広帯域PLC装置の電源端子における伝導妨害波許容値（通信状態）

周波数範囲 (MHz)	電流許容値 (dB $\mu$ A)	
	準尖頭値	平均値
2～15	20	10
15～30	10	0

注：周波数の境界では低いほうの許容値を適用する。

ただし、今回の検討では、漏えい電界の直接的な放射源となる屋外広帯域PLC設備の電力線に注目してシミュレーション及び実験を実施しており、周囲の状況によっては、コーナーリフレクタアンテナと同等の構成など、これまで行った実験等の結果では表現しきれない事態もあり得るとの意見もあった。

また、そのような場合が発生する頻度は小さいため、許容値には影響を与えない、実際の配線を取り巻く状況は単純なものから複雑な構造まで幅広く存在し、放射電磁界に与える影響の分類やその発生頻度の統計的な分析についてこの作業班には報告されていない等の意見もあった。

これに関しては、無線利用との共存状況について把握し、新たに考慮すべき知見が得られた場合など、必要に応じて許容値及び測定法を見直すことが重要である。

#### 4.6.2 測定法について

測定法については、基本的に屋内広帯域 PLC 設備の測定法に準じることとするが、電流許容値の測定系において ISN1 と対向広帯域 PLC 装置との間に挿入する減衰器を 20dB から 40dB に変更し、対向機器からのコモンモード電流測定への影響を低減するとともに、屋外で使用する電力線が非常に長くなることに対処するものとする。

#### 4.6.3 その他

屋外の電力線の設置に係る条件として、次のような事項についての懸念があった。

- (1) 屋外広帯域PLC設備の電力線に不平衡成分を有する機器を接続すること。
- (2) 屋外広帯域PLC設備の電力線の片線を接地すること。
- (3) 屋外広帯域PLC設備の電力線に直列に片切り又は両切りスイッチを含む分岐電力線を接続すること。

これらについては、屋外広帯域PLC設備の電力線等の状況が、漏えい電界に直接的に影響を与えることから、屋外広帯域PLC設備に接続する電力線は、コンセントに直接接続し、(1)から(3)に該当するケーブルは使用しないようにすることが必要である

また、屋外広帯域PLC内蔵設備の型式指定については、内蔵される屋外広帯域PLC装置を更改する場合はもとより、当該装置と一体となって構成されている部分について、その一部を更改する場合についても新たな型式指定となることを周知しておく必要がある。

加えて、上述のように、電力線の接続状況の他、屋外に配置されることから自然環境等の影響を受けやすいので、配線の経年変化等を配慮した適切な施工が行われるように、屋外広帯域PLC装置の製造業者など関係者においては、設備の設置工事業者が適切な工事を行えるようガイドラインを作成するなど協力していくことが重要である。

今回の検討においては、無線利用の保護に最大限配慮し、技術的に詳細な検討を行って、広帯域PLC設備の屋外利用に係る許容値及び測定法を検討したものであるが、今後、無線利用との共存状況について把握し、新たに考慮すべき知見が得られた場合など、必要に応じて許容値及び測定法を見直すことが重要である。

## 4.7 諸外国等の現状

4.2で決定した検討の対象とする屋外広帯域PLC設備について、諸外国の制度の現状は、以下のとおりである。

### 4.7.1 米国

米国における規制はFCC Part15に記載されている。

広帯域PLC設備はアクセスと屋内（In-Home）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。（FCC 15.3）

FCC Part15の技術基準では、放射妨害波による規制がなされており、その概要は、参考資料6.1のとおり。

### 4.7.2 欧州

欧州では広帯域PLC設備等の出荷要件としてCEマーク取得が必要である。作業班開催当時、CISPR/I/301CDのType1及び302DCを基にした技術基準案（EN50561-1）がCENELECで審議されていたが、平成23年9月に行われた投票の結果、否決された。

これまで、国内の広帯域PLC装置メーカーでは、CISPR/I/89CD+Opt. A, Opt. Bを基にした審査を受けCEマークを取得した実績がある。

CISPR/I/89/CD+Opt. A, Opt. Bの技術基準では、屋内、屋外による分類はされておらず、伝導妨害波電圧による規制がなされており、その概要は参考資料6.1のとおり。

### 4.7.3 国際無線障害特別委員会(CISPR)における国際規格の策定状況

CISPRでは、広帯域PLC設備の妨害波許容値と測定法を検討するためのプロジェクト(PT-PLT)を設置し、平成17年6月から会議を開催し、国際規格化の合意を目指してきたが、IECルールに基づく5年の検討期間以内に国際規格を合意するに至らなかった。また、平成22年のSC-Iシヤトル会議で広帯域PLC設備の妨害波許容値と測定法についての今後の進め方を審議したが、当面、SC-Iとしての検討は再開せず、欧州での検討結果を待つことになっている。

### 4.7.4 国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)における検討

ITU-Rでは、周波数共用等を所掌しているWP1Aにおいて、広帯域PLC設備から漏えいする電磁波が既存の無線システムに与えるインパクトを検討するため、CISPRと連携を取りつつ検討を行っている。平成22年に開催されたITU-R

WP1A会合の結果、30MHz以下の広帯域PLC設備から他の無線への保護基準を定めた勧告ITU-R SM. 1879が作成された。

## 5 検討結果

検討の結果、別添のとおり電気通信技術審議会諮問第3号「国際無線障害特別委員会(CISPR)の諸規格について」のうち「広帯域電力線搬送通信設備の屋外利用に係る許容値及び測定法」について、一部答申(案)を取りまとめた。

## 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 構成員

(敬称略、専門委員は五十音順 平成24年4月1日現在)

	氏名	主要現職
主査	ふじわら おさむ 藤原 修	名古屋工業大学 総合工学プロジェクト研究所 プロジェクト教授
専門委員	あめみや ふじ お 雨宮 不二雄	NTTアドバンステクノロジー(株) ネットワークシステム事業本部 主幹担当部長
〃	あんどう まこと 安藤 真	東京工業大学大学院 理工学研究科 教授
〃	いのうえ まさひろ 井上 正弘	(一社) KEC関西電子工業振興センター
〃	うえの しょうごう 上野 照剛	九州大学大学院工学研究科 特任教授
〃	くまだ あき こ 熊田 亜紀子	東京大学大学院工学系研究科 電気系工学専攻 准教授
〃	くろだ みちこ 黒田 道子	東京工科大学コンピュータサイエンス学部 学部長
〃	しのづか たかし 篠塚 隆	(独)情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室
〃	しみず ひさえ 清水 久恵	北海道工業大学医療工学部医療福祉工学科 教授
〃	しらい ともゆき 白井 智之	社会福祉法人名古屋市総合リハビリテーション事業団 総合リハビリテーションセンター長
〃	たき まさお 多氣 昌生	首都大学東京大学院理工学研究科 教授
〃	たなか けんじ 田中 謙治	(財)テレコムエンジニアリングセンター 理事
〃	つかはら ひとし 塚原 仁	日産自動車(株) 電子システム開発部 電子信頼性グループ主査
〃	とくだ まさみつ 徳田 正満	東京大学大学院新領域創成科学研究科 先端エネルギー工学専攻 大崎研究室 客員共同研究員
〃	のじま としお 野島 俊雄	北海道大学大学院情報科学研究科 メディアネットワーク専攻 教授
〃	はせやま みき 長谷山 美紀	北海道大学大学院情報科学研究科 教授
〃	はやし りょうじ 林 亮司	三菱電機(株) 情報技術総合研究所 光・マイクロ波回路技術部専任
〃	ふくなが かおり 福永 香	(独)情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室 研究マネージャー
〃	ほり かずゆき 堀 和行	ソニー(株) 品質センター コンプライアンス推進Gp課長
〃	よしかわ まりこ 吉川 萬里子	(社)全国消費生活相談員協会 専務理事
〃	わたなべ そういち 渡邊 聡一	(独)情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室 研究マネージャー

(計 21 名)

## 高速電力線搬送通信設備作業班 構成員

(敬称略、構成員は五十音順)

氏名		主要現職
主任	かみ よしお 上 芳夫	電気通信大学 産学官連携センター 特任教授
主任代理	あめみや ふじお 雨宮 不二雄	NTT アドバンステクノロジー(株) ネットワークシステム事業本部システム開発ビジネスユニット EMC チーム主幹担当部長(CISPR I 作業班主任)
構成員	うちやま まさひろ 内山 昌洋	パナソニックシステムネットワークス(株) 技術統括グループ (第9回)
"	おおいし まさとし 大石 雅寿	国立天文台天文データセンター准教授 (~第6回)
"	おさべ くにひろ 長部 邦廣	(株)電磁環境試験所認定センター認定業務部長
"	おぜき しげる 小瀬木 滋	(独)電子航法研究所機上等技術領域上席研究員
"	かがみ ひろよし 鏡 弘義	国土交通省航空局管制保安部管制技術課長
"	かない よしかず 金井 義和	東京電力(株)電子通信部長
"	きたじ せいほう 北地 西峰	パナソニックシステムネットワークス(株) 技術統括グループ (~第8回) 高速電力線通信推進協議会運営委員会委員長 (第9回)
"	さいとう きよたか 齋藤 清貴	高速電力線通信推進協議会運営委員会委員長 (~第8回)
"	ささき しん 佐々木 伸	(社)全国漁業無線協会業務部長
"	しのづか たかし 篠塚 隆	(独)情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室(CISPR A 作業班主任)
"	すけむね よしゆき 資宗 克行	(一社)情報通信ネットワーク産業協会専務理事
"	たかはし れおな 高橋 玲王奈	(株)日経ラジオ社編成センター長補佐
"	たき まさお 多氣 昌生	首都大学東京大学院理工学研究科教授
"	つかはら ひとし 塚原 仁	日産自動車(株)電子・電動要素開発本部 電子システム開発部 電子信頼性グループ主査(CISPR D 作業班主任)
"	つぼうえ こうじ 坪上 浩治	海上保安庁総務部情報通信課長
"	ひろつ けんいち 弘津 研一	住友電気工業(株)パワーシステム研究所機器・システム部長
"	ふじわら ひさお 藤原 久夫	(一社)日本船主協会通信問題サブワーキンググループ
"	まつい ふさき 松井 房樹	(一社)電波産業会研究開発本部長
"	まつざき ただし 松崎 正	三菱電機(株)戦略事業開発室主管技師長
"	まつもと やすし 松本 泰	(独)情報通信研究機構 電磁波計測研究所 電磁環境研究室 室長
"	もちづき けんじ 望月 健司	日本放送協会技術局計画部チーフエンジニア
"	よしの たけお 芳野 越夫	(一社)日本アマチュア無線連盟電磁環境委員会委員長
"	わだ ひろゆき 和田 博之	(一社)全日本航空事業連合会事務局長

## 附録

### 屋外広帯域PLC設備における漏えい電界

屋外広帯域PLC設備における漏えい電界の評価を行うに当たり、電波暗室におけるモデル実験、それに対応する数値シミュレーション及び大地グラウンドを考慮したときの数値シミュレーションの結果と予想される事項をまとめた。また屋内広帯域PLC装置を用いた実証実験の結果及びそれに統計的な考察を行うことによって漏えい波を電磁界強度で評価した結果を示す。

#### 1. 電波暗室での模擬実験

屋外広帯域PLC設備からの漏えい波の状況を把握するために、電波暗室内で、屋内広帯域PLC装置とPCで屋外広帯域PLC設備を模擬した場合での漏えい波の電磁界強度とコモンモード電流を測定した。(詳細は参考資料2.1を参照)

図1.1は電波暗室で行った模擬実験の構成である。模擬屋外広帯域PLC装置が高さHの位置にあり、水平距離10mの架空配線を介して家屋の外壁コンセントを模擬するISN1に接続されている。このとき架空配線の中央から5m離れた位置での電磁界を測定した。

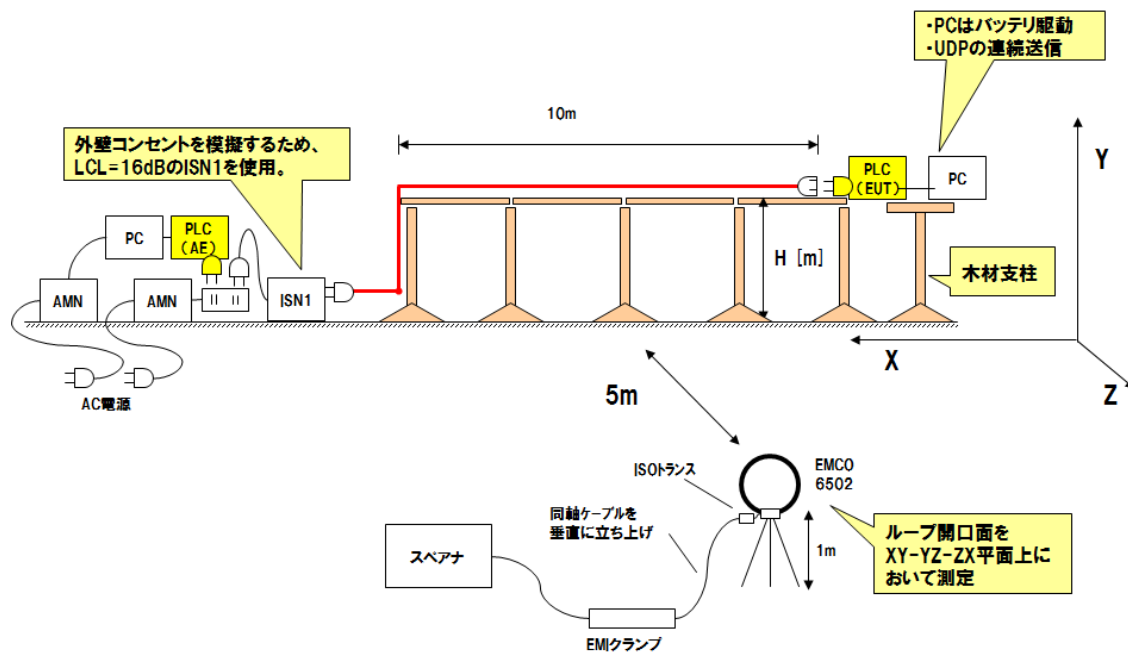


図1.1 電波暗室での模擬実験

この模擬実験の結果例を図1.2に示す(詳細は参考資料2.1を参照)。測定結果から、

- ・ 線路高が低いと漏えい電界強度は低くなる
- ・ 漏えい電界強度のピークは、立上り部分を含む配線長がおよそ4分の1波長及びその奇数倍のときである
- ・ この模擬実験における線路高2mと1mの場合において、観測点での漏えい電界強



度は、ほとんど同じ程度であり、高さ0.1mの場合は、これより約10dB程度低い値で観測されている。

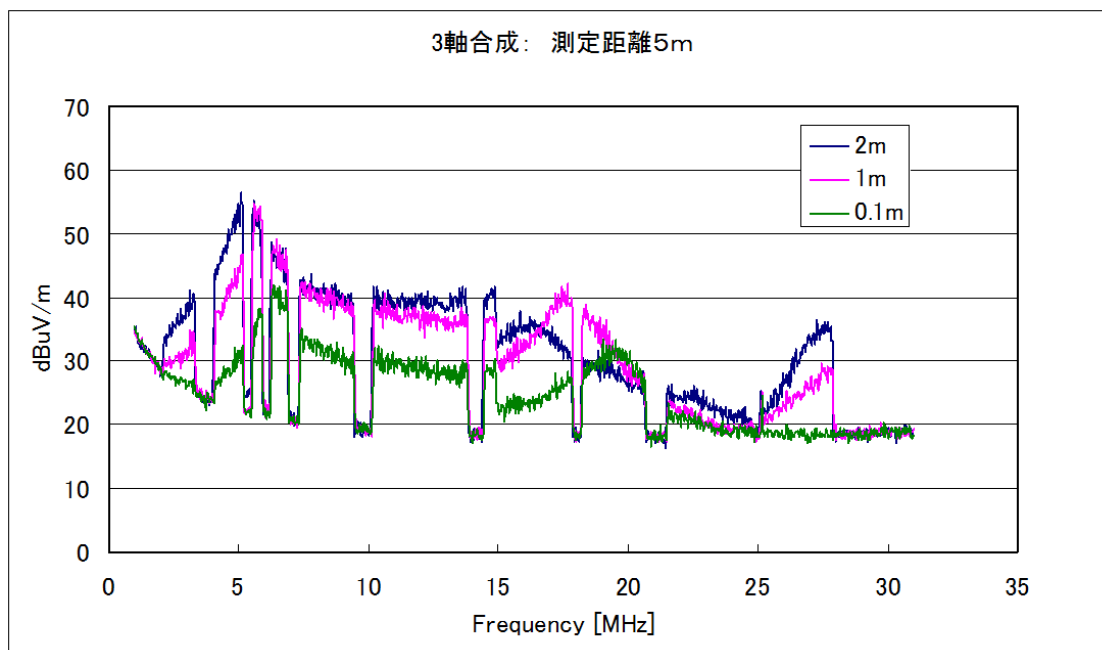


図1.2 模擬実験結果の例

## 2. 模擬実験の電力線配置に対応する数値シミュレーションによる基本検討

屋外広帯域PLC設備によって発生する漏えい電磁界分布、放射指向性等の基礎的検討として、水平に設置した長さ10メートル程度の屋外電力線を想定したモデル(図1.1に示した模擬実験に対応)を用いて積分形式のMaxwellの方程式(電磁界を表現する方程式)を有限差分する手法のFinite Integration (FI)法による数値シミュレーションを行った。(詳細は参考資料2.2を参照)

### 2.1 解析モデル

FI法による数値シミュレーションにおける解析モデルは、図2.1に示すとおりである。屋外電力線の右端には、屋外に設置された屋外広帯域PLC装置が接続されていることを想定している。一方、電力線の左端は家屋の電源コンセントに接続されており、家屋電源配線の不平衡によりコモンモード電流が発生すると仮定し、左端にコモンモード励振を模擬した定電圧源(25V)及びコモンモードインピーダンス(25Ω)が接続されている。その際、コモンモード電流のみを考慮するため、完全導体で模擬した電力線は単線(線の半径:0.8mm)とし、被覆誘電体による影響は小さいとして本解析では考慮していない。解析空間は、x軸方向に10m張られた屋外電力線の中心から延びる垂線とxz平面(グラウンド面、完全導体を仮定)との交点を原点とし、z方向に±15m、y方向に15m、x方向に+20m、-20.2mの立方体であり、グラウンド面を除く5面の吸収境界は4層のPML層を解析空間外側に設置している。屋外電力線の高さ $h$ は、0.1、1.0、2.0(m)の三種類用意し、数値解析を行う。

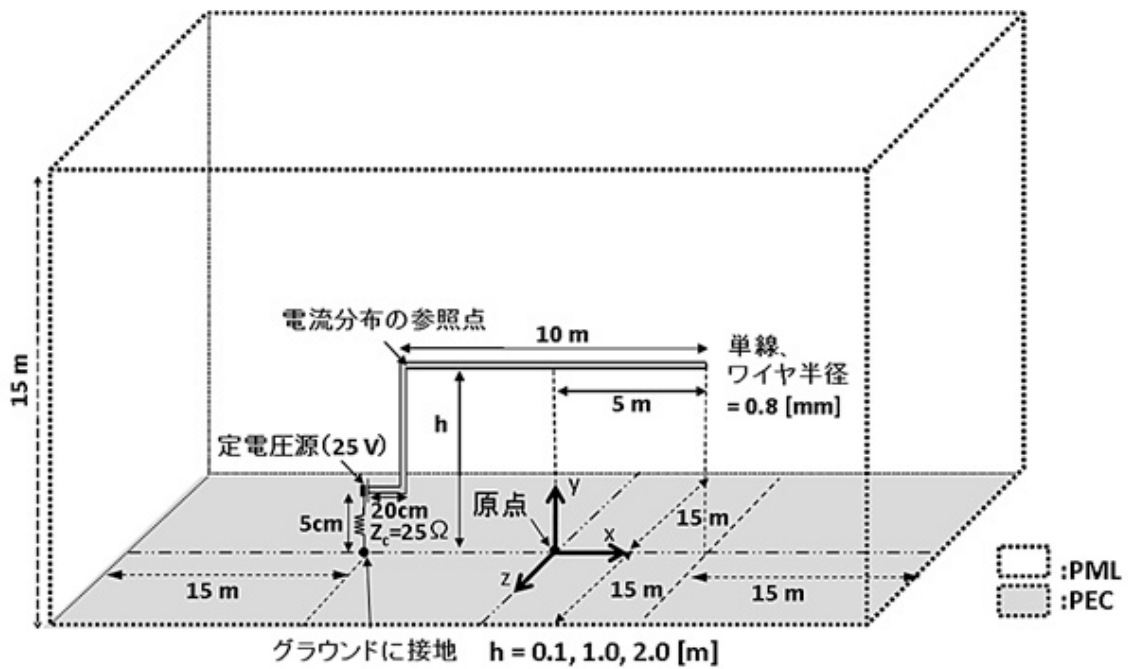


図2.1 解析モデル

## 2.2 電流分布

数値シミュレーションによって求められた電力線上のコモンモード電流の計算結果を図2.2に示す。他の周波数の結果については参考資料2.2を参照のこと。なお同図における電力線上の位置基準点(電流分布の参照点)は、屋外電力線の水平(10m)に張った部分の左端である(図2.1参照)。同図より、波長の長い2MHz(波長150m)では電流分布は電力線が右端に近づくにつれて単調減少となっているが、波長10mの30MHzでは、水平部のほぼ中央と右端、及び参照点に節がある分布となっている。屋外電力線を空中線とみなしたとき、エレメント(電力線)部分に半波長(5m)ごとの電流の腹節が見られることより、この動作は、先端開放の逆Lアンテナの動作に近いと考えられる。以上の結果より、電力線が波長に比べて長い場合には、電力線上の電流分布に、ほぼ半波長ごとの電流の腹節が現れる。また電力線の高さが1m及び2mに対する結果では、周波数2MHzに比較して30MHzの方が、電流分布の最大値(腹の部分)が大きくなっている。

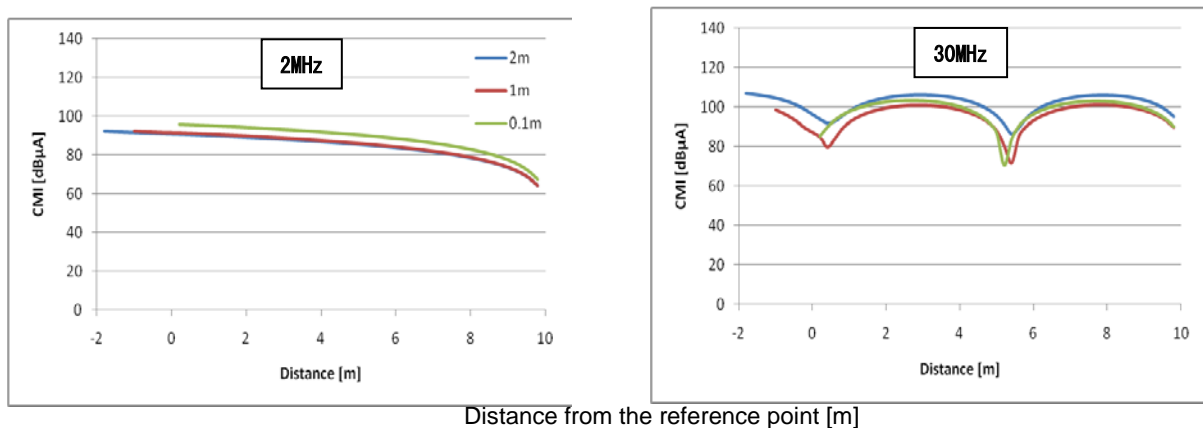


図2.2 電力線上のコモンモード電流計算結果(左:2MHz、右:30MHz)

### 2.3 電磁界強度

高さ1m、図2.1の参照点よりz方向に5m離れた距離における電磁界強度の計算結果を図2.3に示す。他の距離における結果については参考資料2.2を参照のこと。同図より、同点における電界強度分布と磁界強度分布の周波数特性は異なっており、単純に磁界強度に波動インピーダンスの $120\pi\ \Omega$ を乗じた値とは異なっていることが分かる。すなわち、同点の電磁界は放射界以外の成分である誘導界成分が支配的であり、遠方界条件に当てはまらないことが分かる。

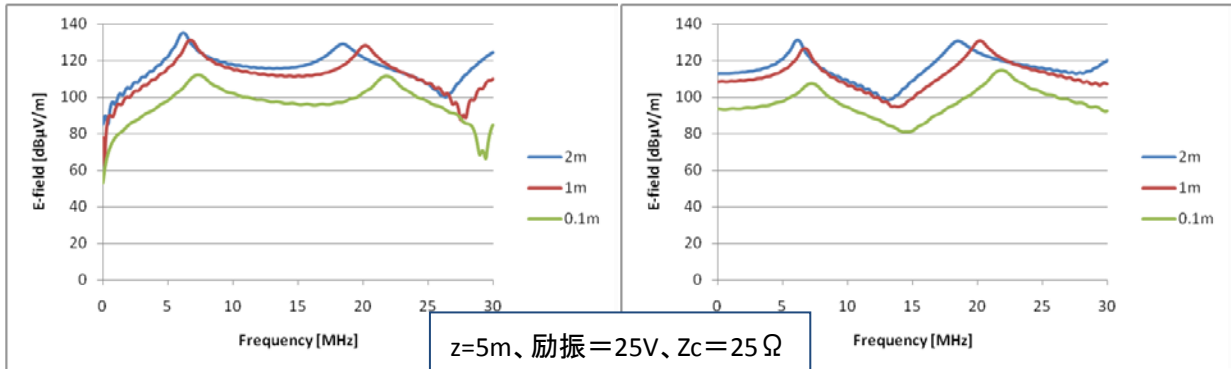


図2.3 電磁界強度（左：磁界強度 $\times 120\pi\ \Omega$ 、右：電界強度）

### 2.4 磁界分布

観測面を図2.1のxy面とし、電力線からの距離を5mとしたときの磁界分布の計算結果を図2.4～図2.6に示す。図2.4と図2.5を比較すると、電力線の高さが高い方が全体的に磁界強度の大きいことが分かるが、磁界分布については周波数が同一であれば類似した分布を示すことが分かる。周波数が30MHzの場合、給電点がエレメント端部に存在する場合の1波長線条アンテナの放射パターンのようにビームが左右に分かれる。また図2.6は周波数が2MHzの場合の磁界分布であるが、30MHzの場合のような鋭いビームは現れない。

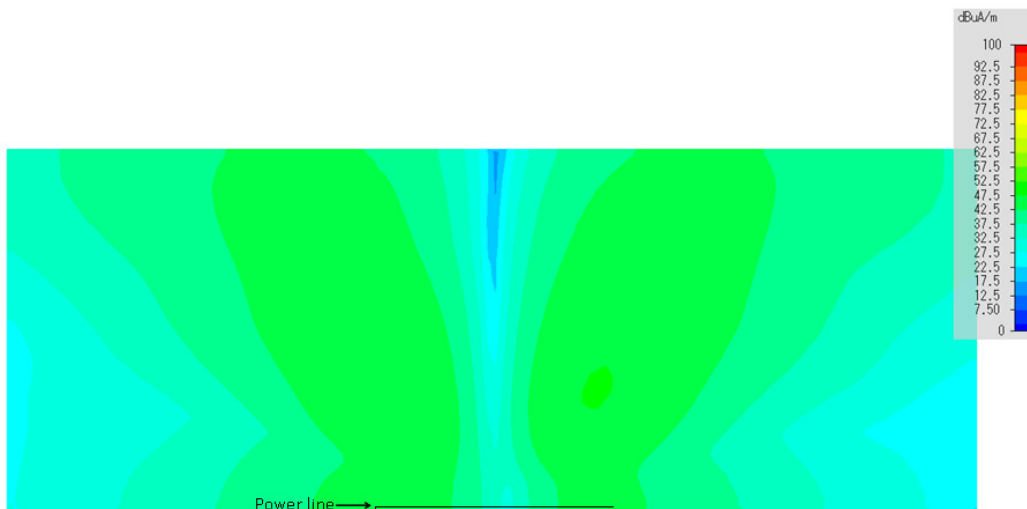


図2.4 磁界分布（電力線高さ $h = 0.1\ \text{m}$ 、 $f = 30\ \text{MHz}$ 、 $z = 5\ \text{m}$ ）

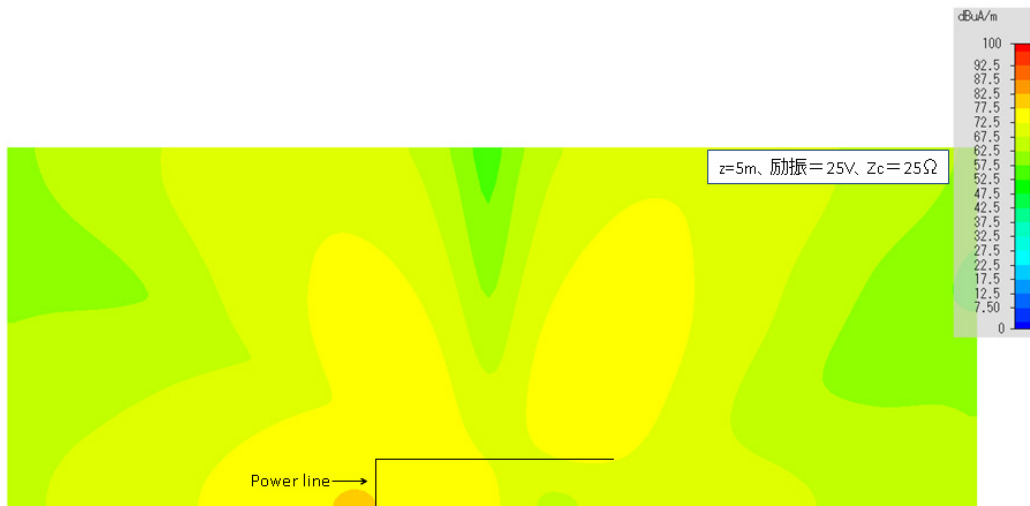


図2.5 磁界分布 (電力線高さ $h = 2$  m,  $f = 30$  MHz,  $z = 5$  m)

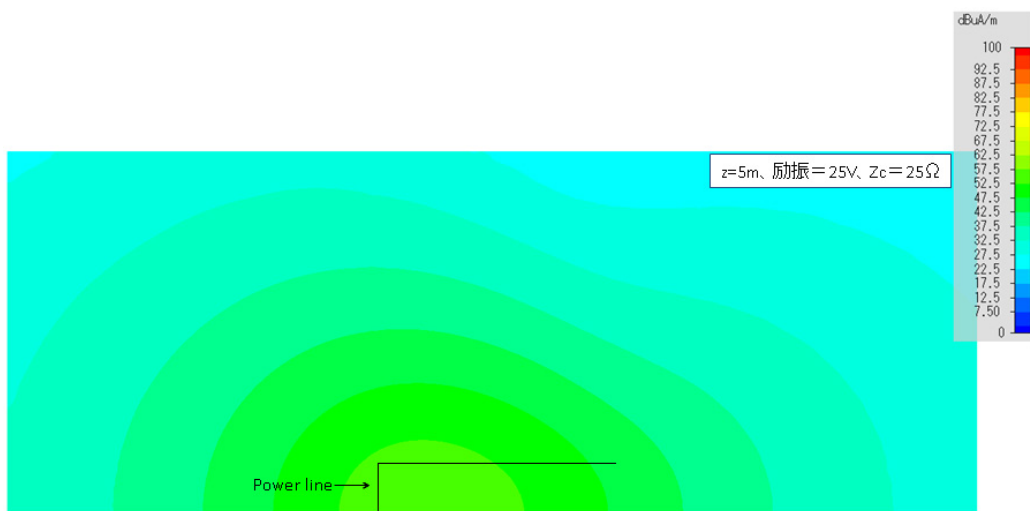


図2.6 磁界分布 (電力線高さ $h = 2$  m,  $f = 2$  MHz,  $z = 5$  m)

## 2.5 まとめ

屋外広帯域PLC設備により発生する電磁界とコモンモードの電流分布についてFI法を用いた数値計算を行った。単線でモデル化した電力線的一方（屋外コンセント側）を定電圧源で励振し、得られた結果を以下に示す。

- 電力線高が低い場合には、電流が同程度であっても漏えい電磁界強度は低い。
- 電力線が波長に比べて長い場合には、電力線上の電流分布に、ほぼ半波長ごとの電流の腹節が現れる。
- 電力線からの距離10m程度の範囲内では、電界強度分布と磁界強度からの換算値 ( $120\pi \times H$ ) の分布は異なり、近傍界の領域である。
- 電力線の総延長（垂直部分含む）が、おおむね  $\lambda/4$ 、 $3\lambda/4$ に相当する周波数において、電流および周囲の電磁界強度が増大する。（参考資料2.2を参照）
- 磁界強度の分布や最大となる位置は、周波数や電力線の高さによって大きく異なる。

特に、周波数が高くなると、周囲の磁界強度分布は場所による変化が大きくなる傾向がある。

以上のまとめは、簡略化したモデルを用いた数値シミュレーションの結果と模擬実験で得られている測定結果の傾向と一致しており、屋外の電力線からの漏えい電波の状況を把握するのに有効と言える。

### 3. 様々な屋外電力線状況を模擬した数値シミュレーションによる漏えい電磁界の検討

現実の屋外広帯域PLC設備の電力線は様々な形状となることが考えられる。漏えい電波が懸念される代表的なモデルを考え、数値シミュレーションで漏えい電磁界の基本的な性質を検討した。

2.での数値シミュレーション手法のFI法は、厳密な計算が行えるが、この種の計算を行うには非常に大きな計算資源と計算時間が必要である。このため線条アンテナの類に有効なNEC2(モーメント法)と呼ばれる数値計算プログラムソフトを採用して計算を行った。以下に模擬実験結果との比較を示す。

図3.1は、図1.1の模擬実験での電力線上の電流分布の測定結果であり、図3.2は、観測点での磁界強度特性である。これらにおいてシミュレーション結果は使用した屋外広帯域PLC装置のDM出力電圧および周波数特性を補正している。

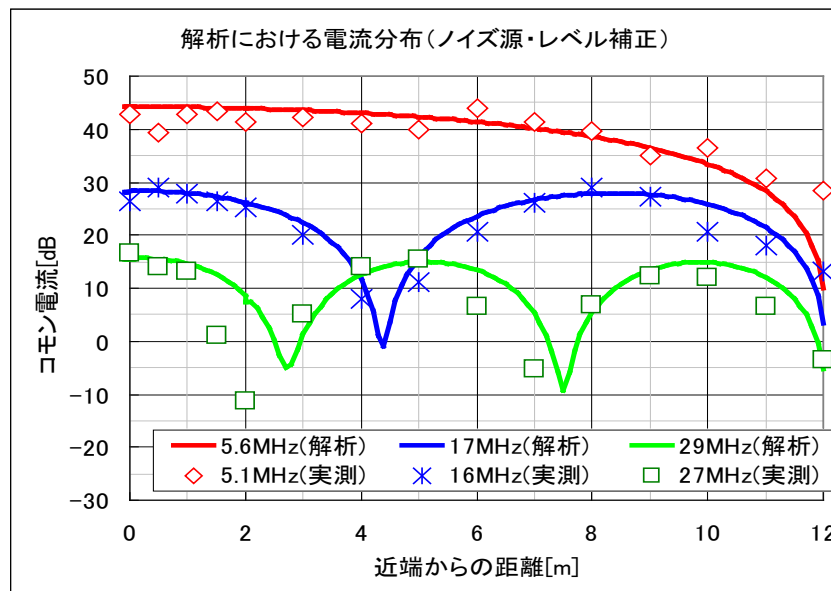


図 3.1 模擬実験での電力線上の電流分布特性：  
測定結果と NEC2 によるシミュレーション結果の比較

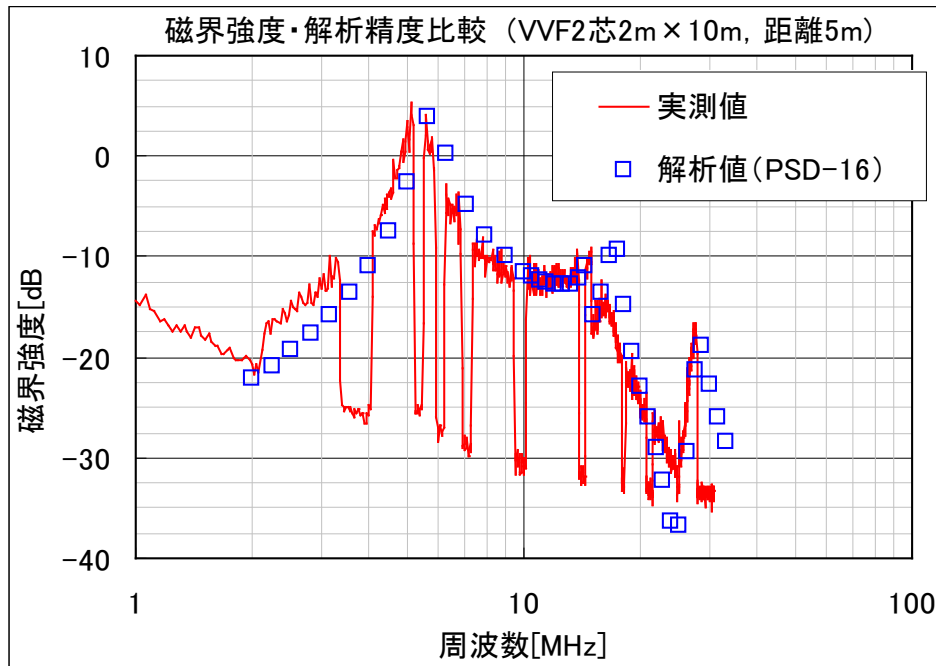


図 3.2 模擬実験における観測点での磁界強度結果と NEC2 によるシミュレーション結果との比較

以上の結果は良い一致があり、複雑な線路構成や実験が不可能な観測点での解析結果が NEC2(モーメント法)による手法を用いると有効な漏えい電波の電磁界強度特性、評価等に適用できると言える。

数値シミュレーションを行う電力線の配線モデルには、実際の防犯カメラの配置状況として最も多いと予想される例を模擬した逆L形配線モデル、特定方向への漏えいが懸念される傾斜配線モデル、最も漏えい電波が放射されると考えられる垂直配線モデルの3つを選定した。これらの数値計算シミュレーションにおいては、グラウンド面を完全導体面(完全グラウンド面)とした場合と、実際の大地をモデルとするITU-R P. 527-3によるWet Groundモデルの電気定数(導電率0.01、比誘電率30)を考慮した場合で計算を実施した。また、電力線が共振する周波数で大きな漏えい電波の電磁界が生じることから、共振周波数を与えた場合における計算結果の一部を次に示す。

注：屋外広帯域PLC設備が対象とする周波数帯域での電界強度測定は、一般に3方向の磁界強度を測定し、合成磁界Hから合成電界強度を $E=120 \pi H$ で評価することで行われている。この換算法を適用したときは、縦軸がH(dB  $\mu$  V/m)で表示してある。

### 3.1 逆L形配線モデル

図3.3が逆L形配線モデルである。次に示す数値シミュレーションでは、電力線が水平距離 $L=30\text{m}$ 、線路高 $H_t=4\text{m}$ の架空線である。観測点は、高さ $H_r=2\text{m}$ で、電力線から $10\text{m}$ 離れた線路に沿った点(xで表示)である。

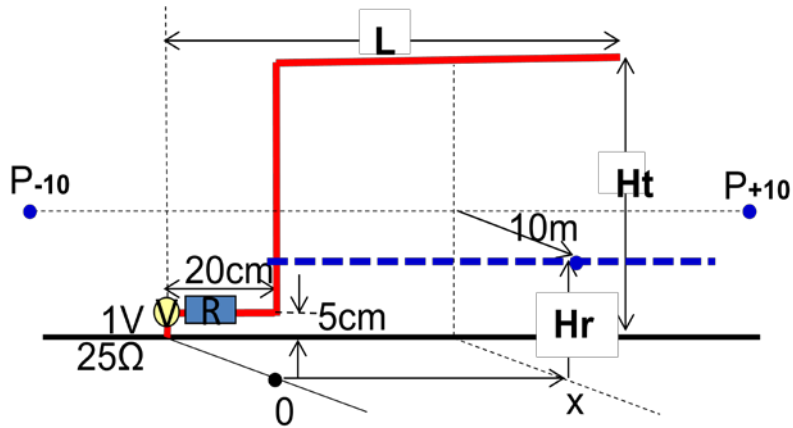
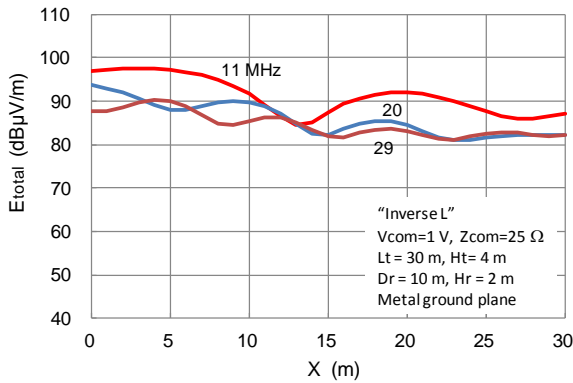
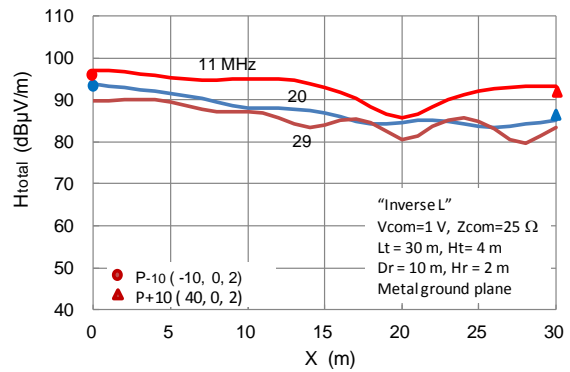


図3.3 逆L形配線モデル

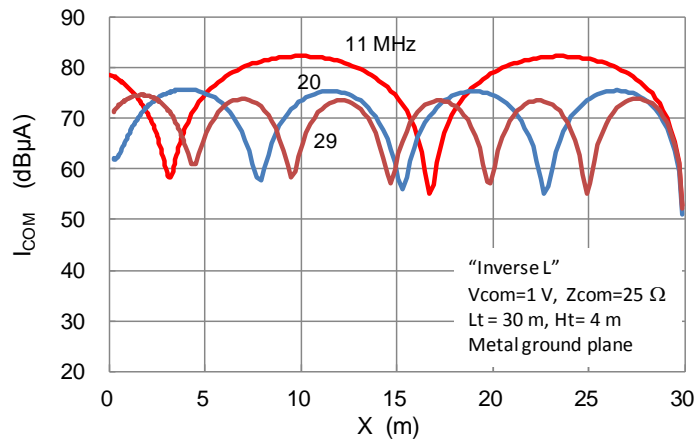
完全グラウンド面の場合：



(a) 直接求めた電界強度特性



(b) 磁界強度から換算による電界強度特性

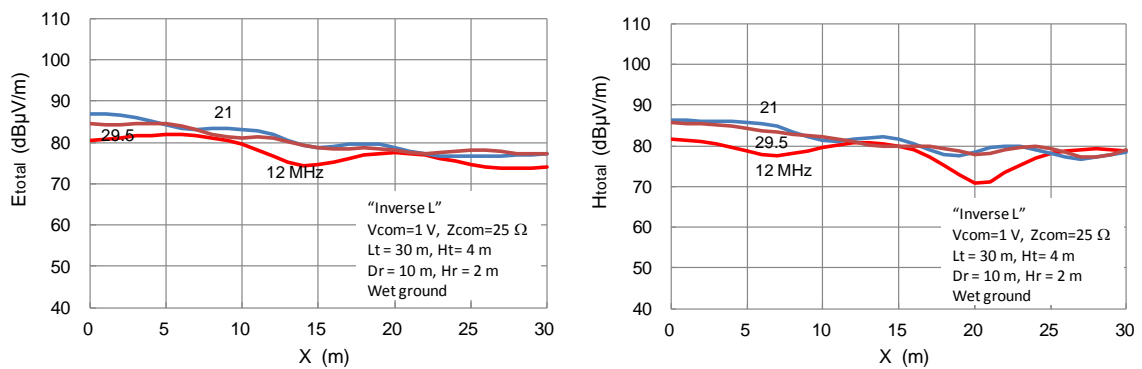


(c) 線路上の電流分布特性

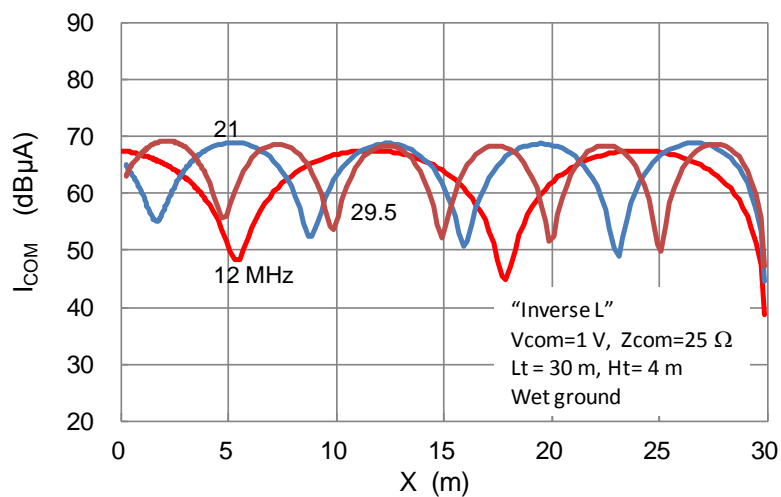
図3.4 完全グラウンド面上の逆L形配線モデルにおける特性



大地(Wet Ground 条件)面の場合：



(a) 直接求めた電界強度特性の (b) 磁界強度から換算した電界強度特性の

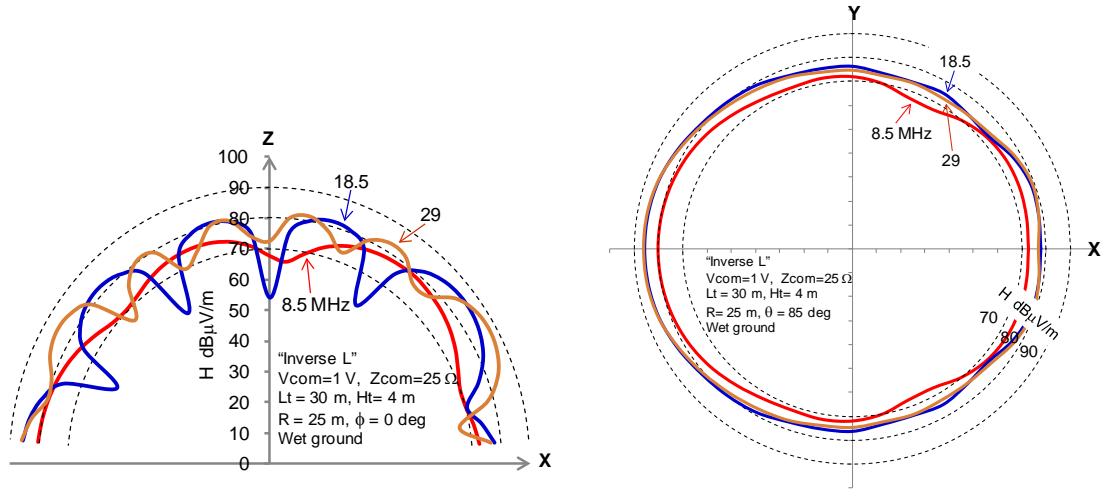


(c) 電流分布特性

図3.5 大地面上の逆L形配線モデルにおける特性

以上の特性は、完全グラウンド面上の電力線と大地面上の電力線を比較すると、漏えい電磁界強度レベルも電流分布も大地面上の場合が小さくなっている。

ここで計算した逆L形配線モデルでの漏えい電波は、電力線の舷側から10mの位置でのシミュレーション結果である。屋外広帯域PLC装置が接続される側が回路的には開放になっていることから、この方向での漏えいが懸念されるため、大地面の場合について、仰角指向特性と方位角指向特性を求めた。これが図3.6である。



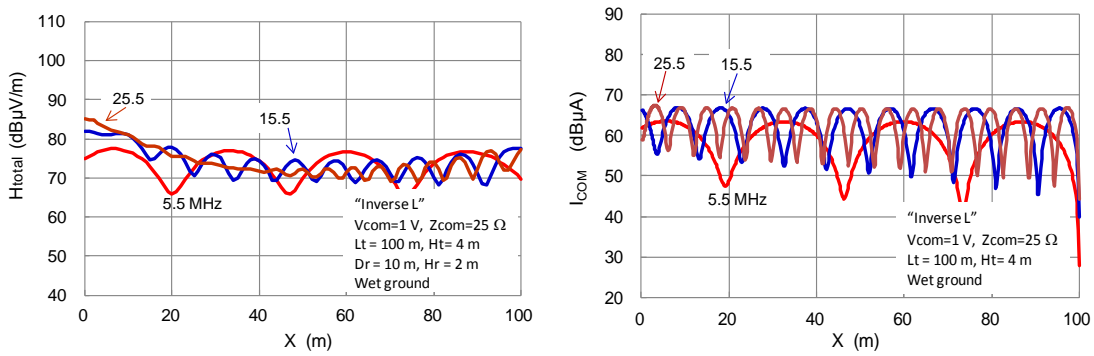
(a) 仰角方向指向特性

(b) 方位角方向指向特性

図3.6 大地面上の逆L形配線モデルにおける指向特性

図3.6の指向特性からは、周波数が高くなるとローブ(突出部)が多くなるが、そのピーク値が非常に大きくなることはないことを示唆している。また線の前後比は電源側が数dB大きくなる傾向を示している。

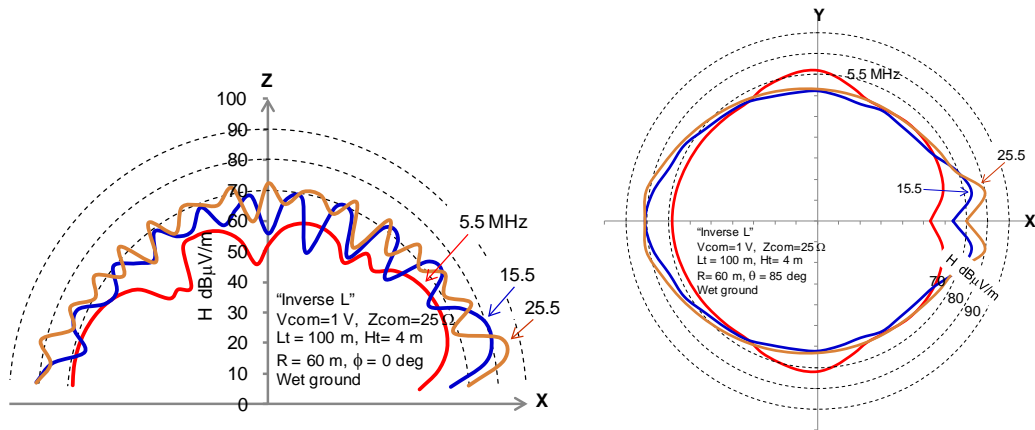
さらに水平電力線部分が長くなった例として、L=100mで大地面の場合の計算例を図3.7及び図3.8に示す。



(a) 磁界強度から換算した電界強度特性

(b) 水平線路上での電流分布特性

図3.7 逆L形配線モデル：大地面上の水平電力線長100mにおける特性



(a) 仰角方向の指向特性 (b) 方位角方向の指向特性  
 図3.8 逆L形配線モデル：大地面上の水平電力線長100mにおける指向特性

この結果は、電力線長が長いと指向特性にはローブ(突出部)が多くなっていく。しかし、その極大値が次第に大きくなっていくものではない。

(b) 傾斜配線モデル

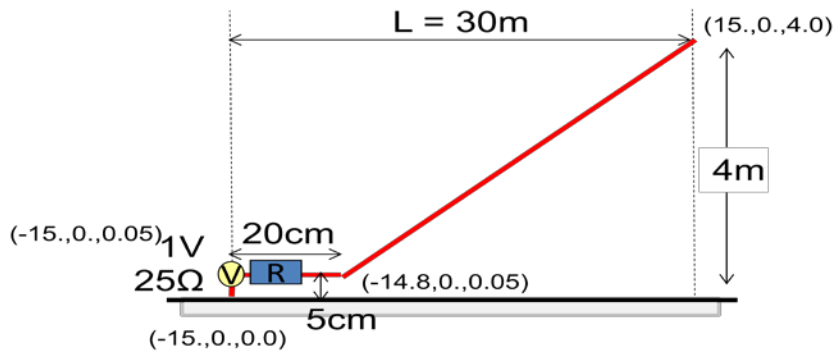
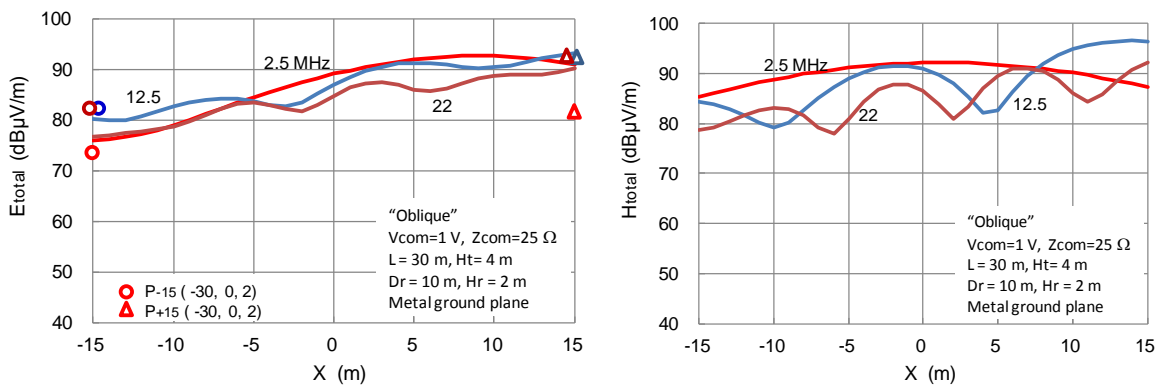
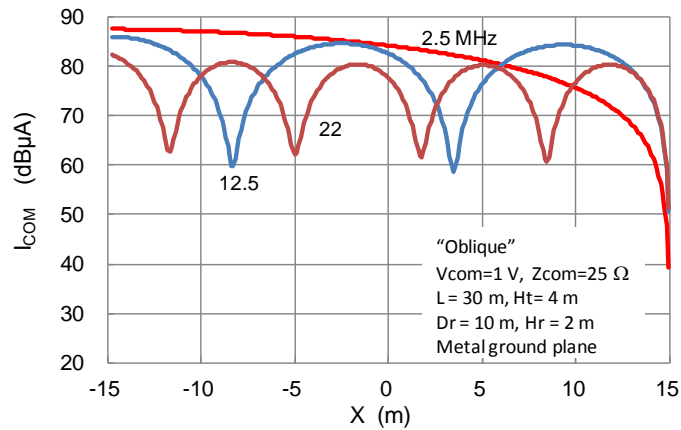


図3.9 傾斜配線モデル

完全グラウンド面の場合：



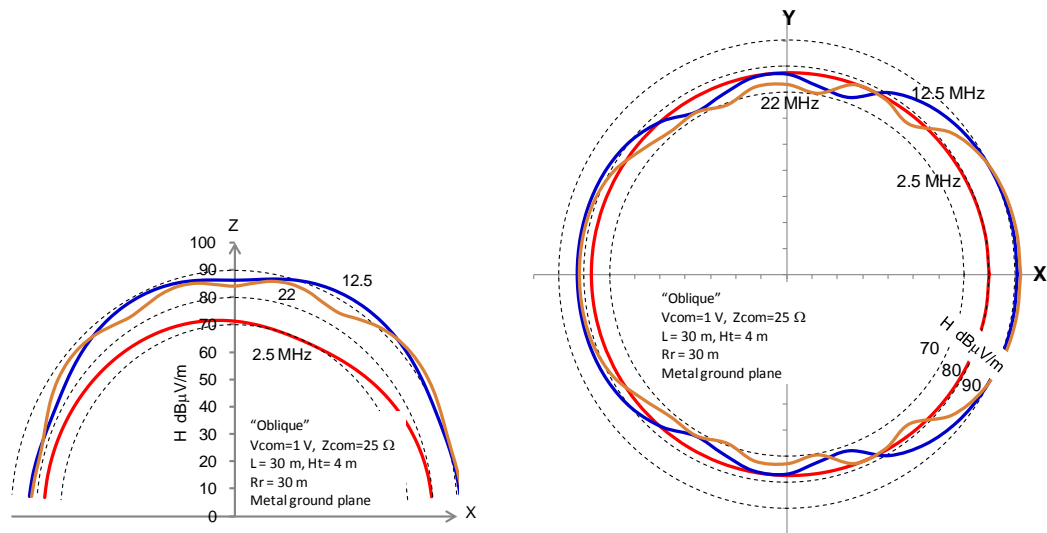
(a) 直接求めた電界強度特性 (b) 磁界強度から換算した電界強度特性  
 図3.10 完全グラウンド面上の傾斜配線モデルにおける特性



(c) 電流分布特性

図3.10 完全グラウンド面上の傾斜配線モデルにおける特性 (続き)

このときの仰角と方位角方向の指向性特性は次のようになる。



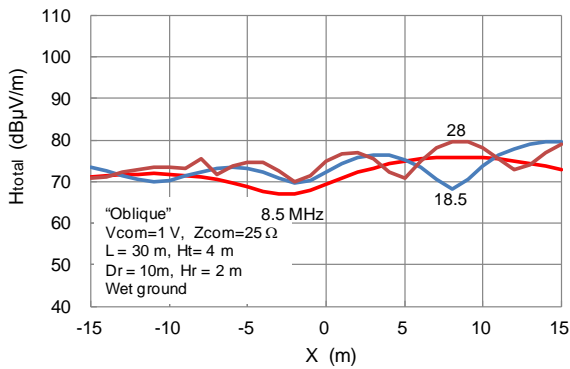
(a) 仰角方向の指向特性

(b) 方位角方向の指向特性

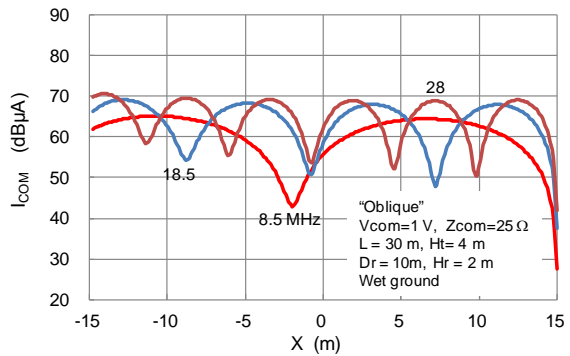
図3.11 完全グラウンド面上の傾斜配線モデルにおける指向特性

この指向特性から、前後比で数dBから10dB、線の真横と開放端側の比で10dB程度の差があることが予測される。

大地面の場合：



(a) 磁界強度から換算した電界強度特性



(b) 電流分布特性

図3.12 大地面上の傾斜配線モデルにおける特性

### 3.3 垂直配線モデル

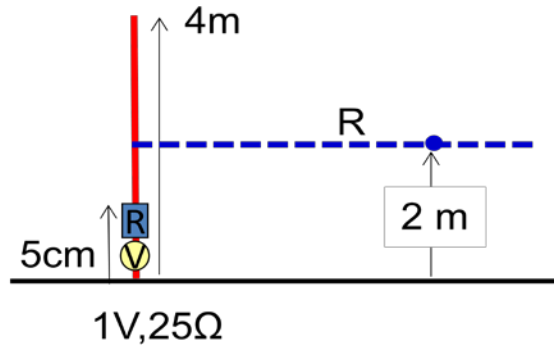
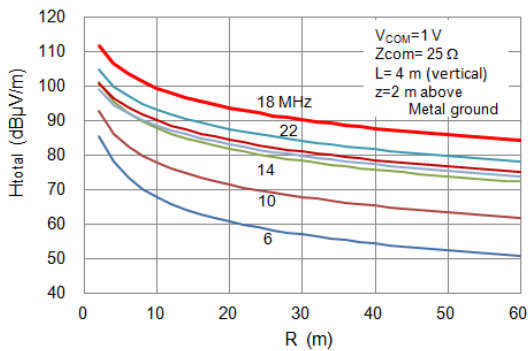
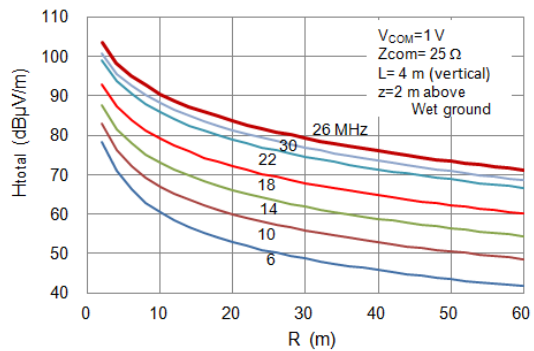


図3.13 垂直配線モデル

この配線モデルは、モノポールアンテナと同様の構造である。以下の計算シミュレーションの結果は、共振周波数は漏えい電磁界強度が最大値を示しているものだけであり、他の周波数成分は共振してはいない。



(a) 完全グラウンド面



(b) 大地面

図3.14 垂直線モデルでの磁界強度から換算した電界強度の距離特性

以上(詳細は参考資料2.3を参照)の計算シミュレーション結果をまとめると、次表のようになる。

表3.1 計算シミュレーション結果のまとめ

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

以上のシミュレーション結果から、

- ・ 金属大地(完全グラウンド)面に比べて、一般大地(Wet Ground)の方が、電流(コンモンモード電流に対応)、電磁界強度は平均値で共に10dB以上低下する。
- ・ 共振周波数は、一般大地では上昇する。
- ・ 配線長に関する共振周波数で漏えい波(電磁界強度)は大きくなる。
- ・ 電力線長が長くなればなるほど指向特性に多くのローブ(突出部)が発生するが、その極大値が次第に大きくなっていくものではない。

現実の大地面の電気特性は特に水分の含有量に左右され、場所による違いがあるが、その傾向は同じであると考えられる。

#### 4. 実証実験結果と考察

許容値案を決めるために、現状の屋内広帯域PLC設備の許容値を満足する屋内広帯域PLC装置を設置して動作させ、その周囲で漏えい波の電界強度を測定した。

測定する屋外広帯域PLC設備は、カメラと電気自動車を想定し、屋外電力線から水平方向に、屋外広帯域PLC装置の周囲8方向及び屋外広帯域PLC装置と通信を行う屋内広帯域PLC装置を設置した建物の周囲8方向の地点で測定した。(詳細は参考資料4.1を参照)

##### 4.1 実証実験場所

構成員から提案された実証実験場所のうち、(1)電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(東京都調布市)、(2)HD-PLC検証ハウス(福岡市)を選定した。この実証実験は構成員に公開された。

平成17年「高速電力線搬送通信に関する研究会」報告書においては、離隔距離として、商業地域において10mを採用している。屋外広帯域PLC設備においてもこれを踏襲する。主な放射源が屋外に架設される電力線であることから、家屋のみならず電力線から10mの間隔をも離隔距離とする。

##### 4.2 実測結果と統計処理

実証実験場所と選定した電気通信大学多摩川グラウンド管理棟においては、屋外広帯域PLC設備としてカメラのみを想定するモデルで実施し、HD-PLC検証ハウスにおいては、カメラモデルと電気自動車用充電システムモデル(EVモデル)での測定を行った。

一般に、雑音の電界強度は場所によって異なり、さらに時々刻々と変動している。このためPLC設備の漏えい電波による雑音(ここでは電界強度)の変化分の程度を定量的に知る手法として、観測される電界強度の累積確率分布を調べた。PLC非動作時の電界強度とPLC通信時の電界強度の累積確率分布を、15MHz以下の帯域と15MHz以上の帯域とに分けて求めた。

さらに、観測結果は、全体的に通信放送波の影響が大きく出ている帯域が多いため、通信放送波成分が少なく、かつPLC設備の漏えい電界強度が大きくなっている帯域を選定して、PLC非動作時とPLC通信時でのそれぞれの電界強度の平均をとり、その差分を評価した。この場合は、評価点数がそれほど多くはないが、PLC設備の漏えい電界強度成分を定量的に評価する指標になると考える。

#### 4.2.1 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(カメラモデル)

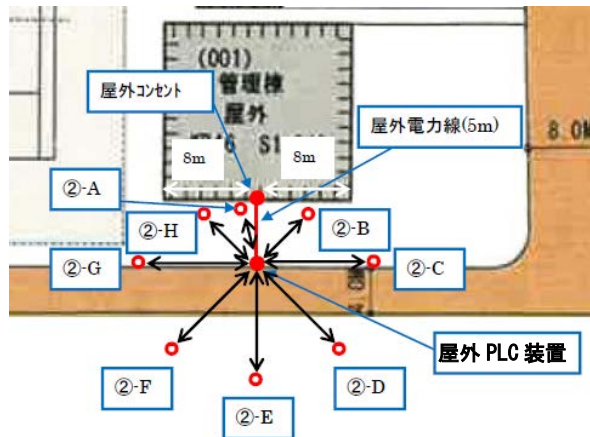


図4.1 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(I)の測定点配置

図4.1において、離隔距離10mを満足する位置は、②-D、②-E、②-F地点である。

##### (i) 測定データ

PLC非動作時に観測される電界強度を周囲雑音として赤で、PLC通信時の電界強度を青で表記(以下同様)した測定結果を以下に示す。

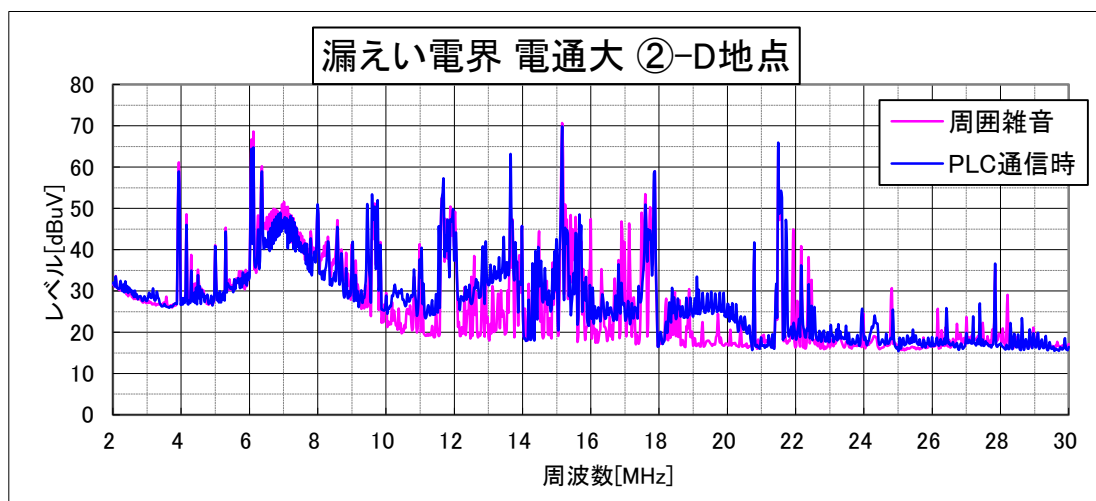


図4.2 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(I)の測定結果(②-D地点)



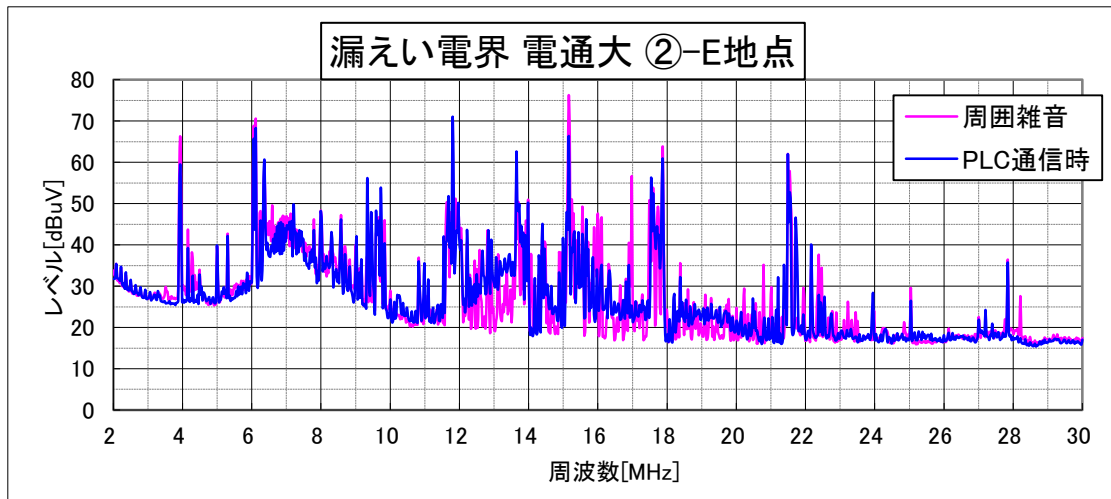


図4.3 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(I)の測定結果(②-E地点)

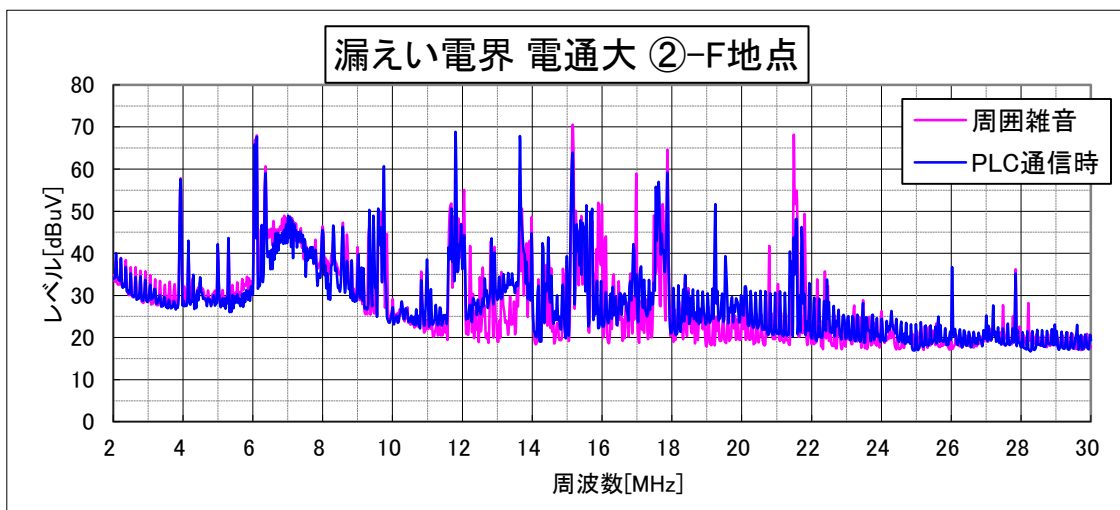


図4.4 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(I)の測定結果(②-F地点)

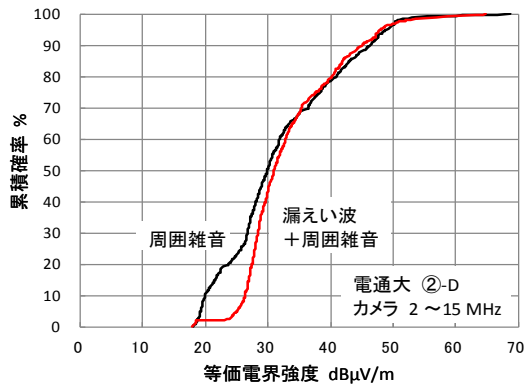
この測定結果では、13MHz付近で周囲雑音より数dB上昇している。このモデルでは、壁面(屋外)コンセントから屋外広帯域PLC装置までの電力線の全長は約6.7mであるので、この長さを4分の1波長とする周波数は約11MHzである。しかし、数値シミュレーションの結果から、不完全なグラウンド面(大地面)では、理想的な共振周波数より上昇することが分かっている。

したがって13MHzの現象は電力線の共振に起因していることが考えられる。

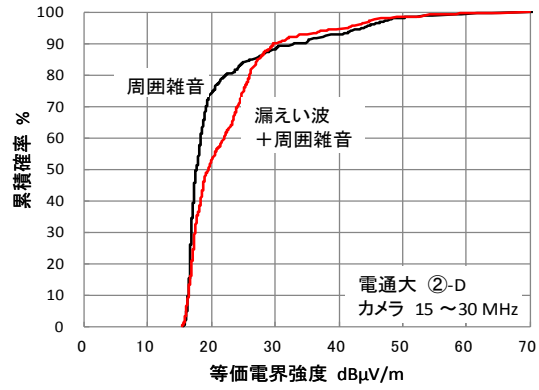
#### (ii) 累積確率分布特性

図4.2から図4.4の実測結果から求められる累積確率分布を図4.5から図4.7に示す。PLC非動作時を黒の曲線(“周囲雑音”と表示)とPLC通信時を赤の曲線(“漏えい波+周囲雑音”と表示)で示している(以下同様)。

(注：電界強度はループアンテナで測定される磁界強度を換算してあるので、値は等価電界強度として表示されている。)

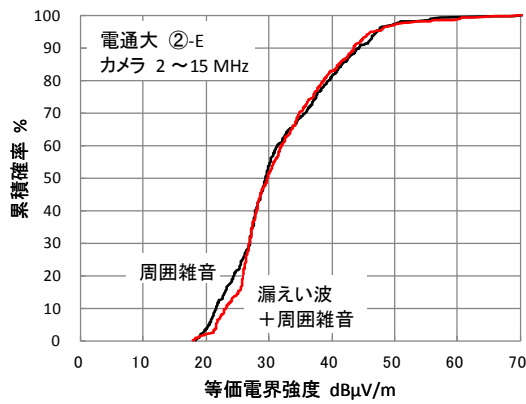


(a) 2~15MHzの帯域

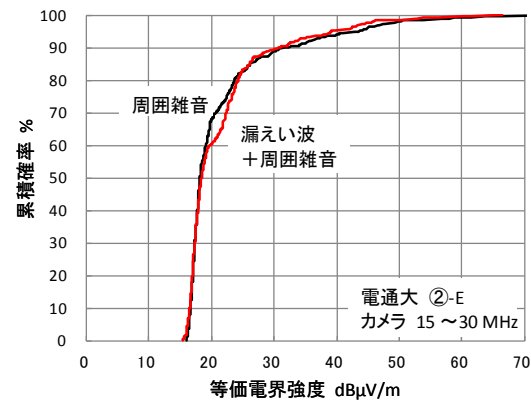


(b) 15~30MHzの帯域

図4.5 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(I)での累積確率分布特性 (②-D)

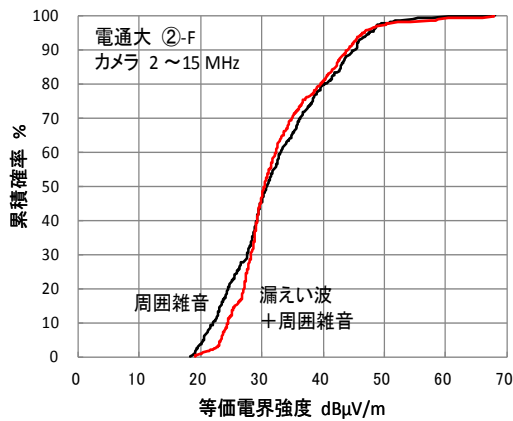


(a) 2~15MHzの帯域

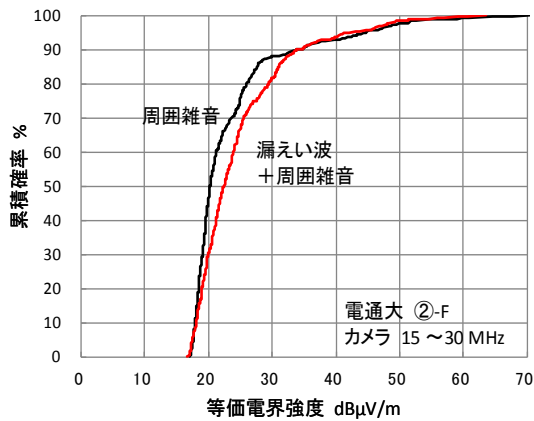


(b) 15~30MHzの帯域

図4.6 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(I)での累積確率分布特性 (②-E)



(a) 2~15MHzの帯域



(b) 15~30MHzの帯域

図4.7 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(I)での累積確率分布特性 (②-F)

図4.5から図4.7に示した累積確率分布特性から以下のことが言える。

- (1) PLC非動作時の電界強度は周囲雑音のみであるが、異なる測定位置では異なる累積確率分布特性を示している。このことは、周囲雑音は場所や時間によって変動が激しく、再現性が取り難いことを示している。

- (2) 電界強度が約40dB $\mu$ V/m以上のレベルにおいては、PLCの非動作時とPLC通信時の累積確率分布特性はほとんど同じである。このことは、周囲雑音レベルが大きいとPLC漏えい波は埋もれてしまい、分離不可能であることを意味している。
- (3) PLC漏えい波による増加分は、PLC通信時に観測される累積確率分布の曲線が非動作時の曲線と比較したときの横軸での間隔で評価できる。測定位置②-Dの場合では、7から8dB程度の増加が観測されている。

(iii) 平均値による評価

図4.2から図4.4による測定結果では、いずれも同じような周波数帯域でPLC通信時での雑音レベルが増加している。この周波数帯域のうち、12.948MHzから13.900MHzの帯域(低域側)と18.912MHzから20.004MHzの帯域(高域側)とで平均値を算出して、PLC漏えい電波による増加分を評価すると、表4.1のようになる。(注：測定は28kHz毎に行われているので、この場合では低域側は35個、高域側は40個のデータ数である。)

表4.1 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(I)での測定結果から抽出した帯域での漏えい波の電界強度増加分評価

測定点	周波数 (MHz)	周囲雑音 (dB $\mu$ V/m)	PLC 漏えい波+周囲雑音 (dB $\mu$ V/m)	増加分 (dB)
電通大②-D	12.948~13.900	27.37	36.16	8.79
	18.912~20.004	17.94	26.43	8.49
電通大②-E	12.948~13.900	30.03	36.99	6.96
	18.912~20.004	20.07	22.32	2.25
電通大②-F	12.948~13.900	29.29	35.25	5.96
	18.912~20.004	21.65	28.10	6.45

この結果からは、PLC通信時の最大漏えい電界強度による増加分は約9dB未満であると評価できる。

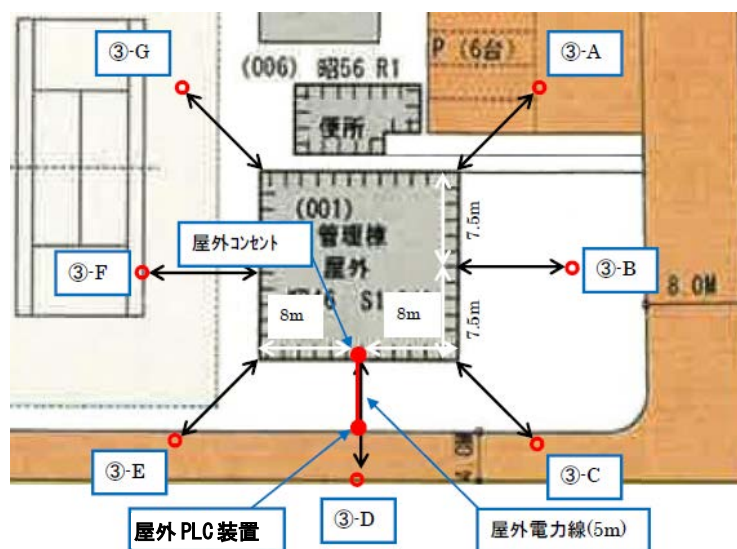


図4.8 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(II)の測定点配置

図4.8において、離隔距離10mを満足する位置は、③-Dを除く全てである。このうち屋外電力線から直接影響を強く受ける位置は、③-Cと③-Eである。以下に測定結果とその結果から求めた累積確率分布特性を示す。

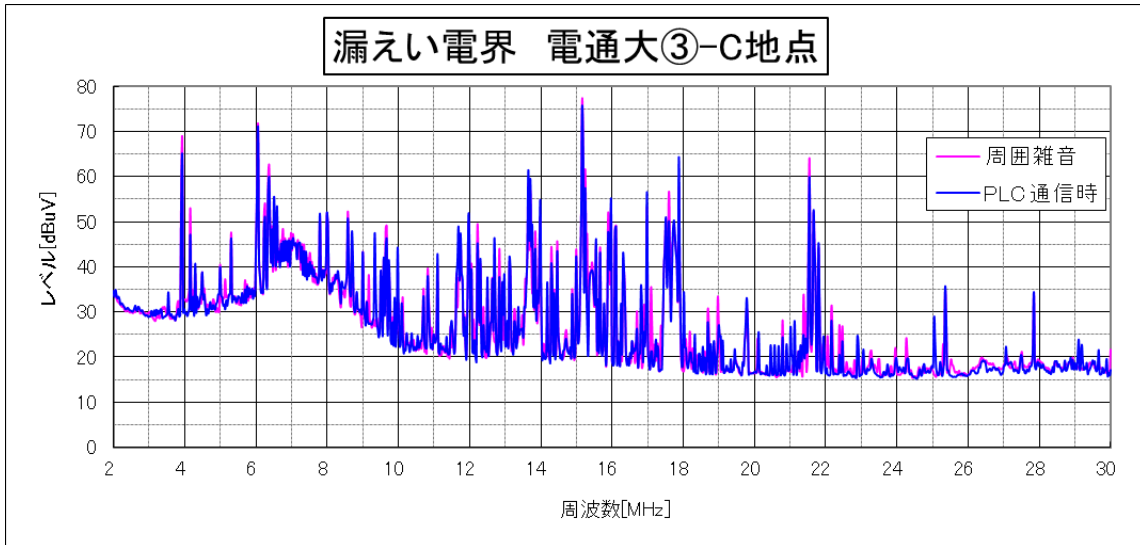
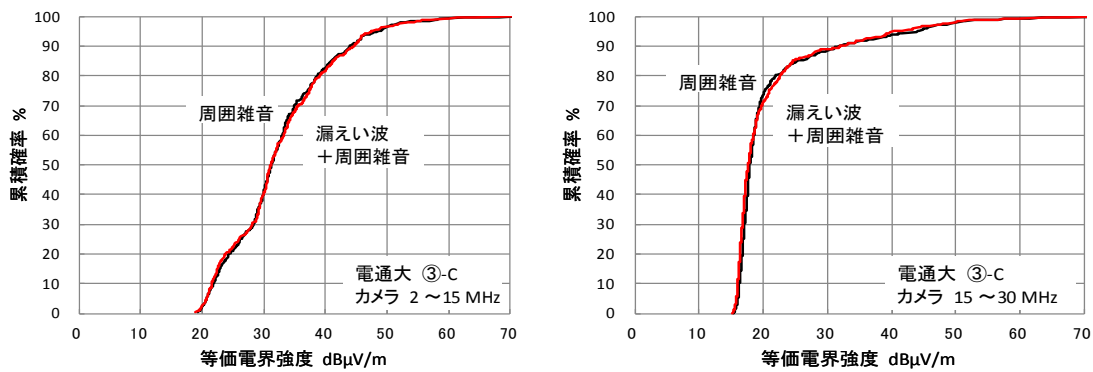


図4.9 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(II)での測定結果(③-C地点)



(a) 2~15MHzの帯域

(b) 15~30MHzの帯域

図4.10 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(II)での累積確率分布特性(③-C地点)

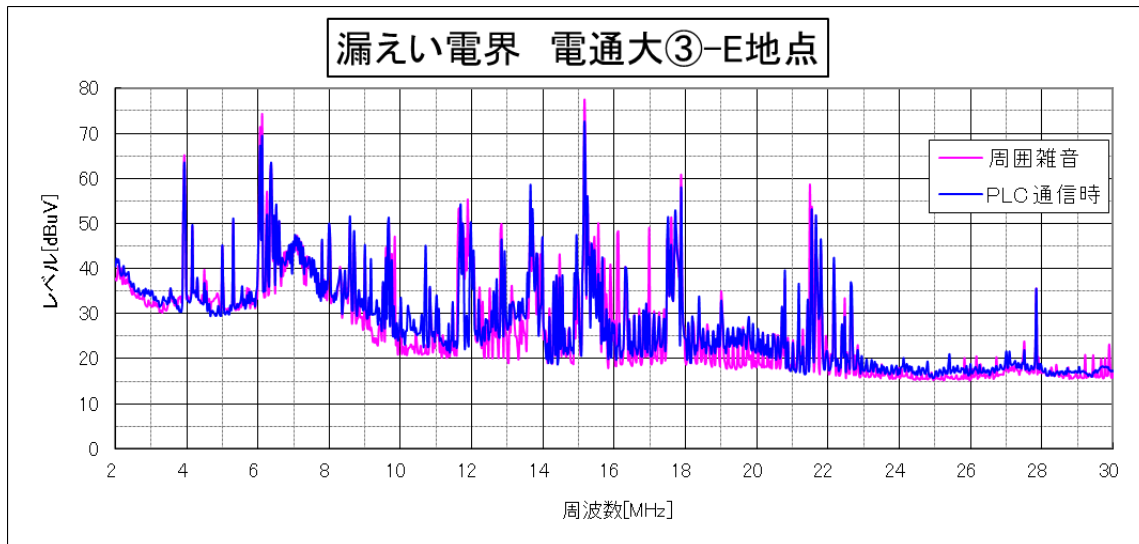
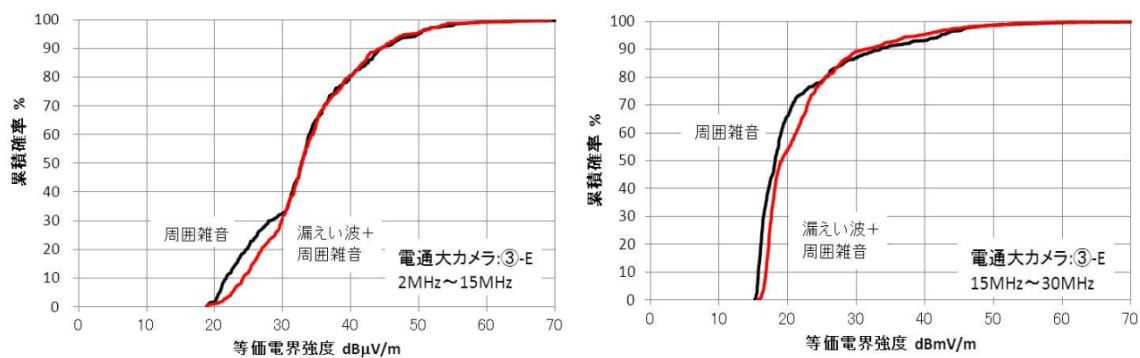


図4.11 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(II)での測定結果(③-E地点)



(a) 2~15MHzの帯域

(b) 15~30MHzの帯域

図4.12 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(II)での累積確率分布特性(③-E地点)

電気通信大学多摩川グラウンド管理棟において、離隔距離が10mである測定点で屋外電力線の影響があると考えられる5件のうち、4件が電力線の共振と考えられる周波数で周囲雑音を数dB超えている。

以上の電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(II)での測定結果から、PLC非動作時とPLC通信時において差異が大きい周波数領域での漏えい電界強度による増加分を評価すると表4.2となる。

表4.2 電気通信大学多摩川グラウンド管理棟(II)での測定結果から抽出した帯域での漏えい波の電界強度増加分評価

測定点	周波数(MHz)	周囲雑音 (dB $\mu$ V/m)	PLC漏えい波+周 囲雑音(dB $\mu$ V/m)	増加分 (dB)
電通大③-C	12.948~13.900	31.61	32.61	1.00
	18.912~20.004	19.09	19.30	0.21
電通大③-E	12.948~13.900	30.81	33.91	3.11
	18.912~20.004	21.09	24.71	3.61

#### 4.2.2 福岡HD-PLC検証ハウス(カメラモデル)

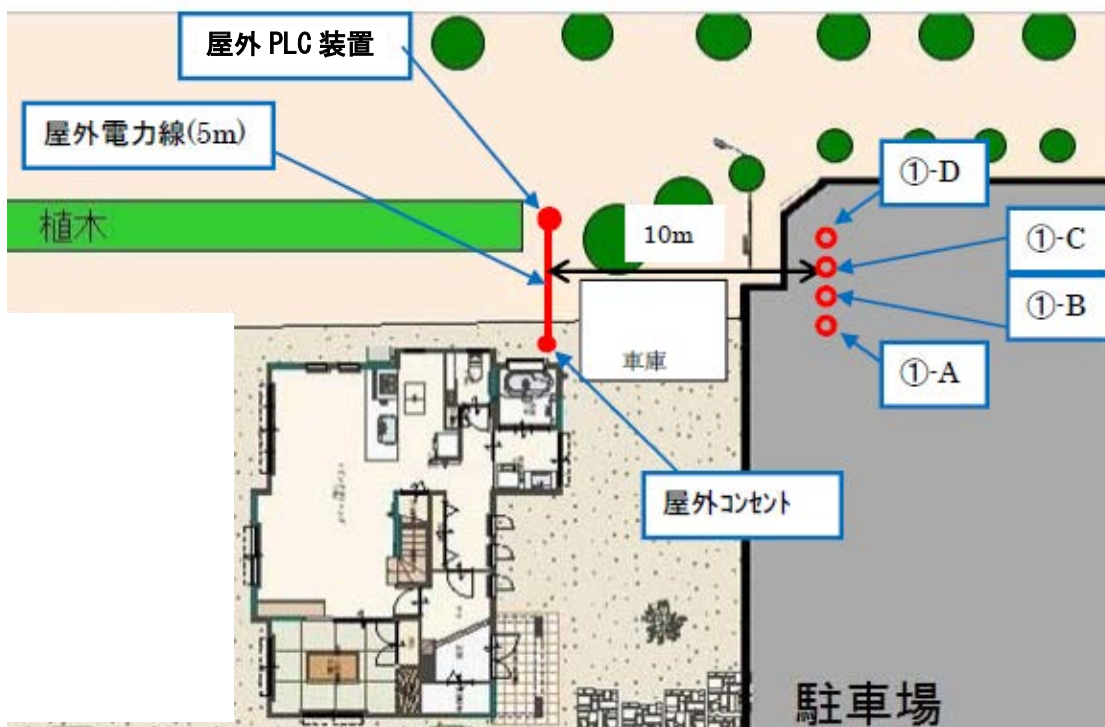


図4.13 福岡HD-PLC検証ハウス(カメラ I)

図4.13において、全ての位置が離隔距離10mを満足している。ここでの電界強度測定結果と累積確率分布の計算結果を以下に示す。



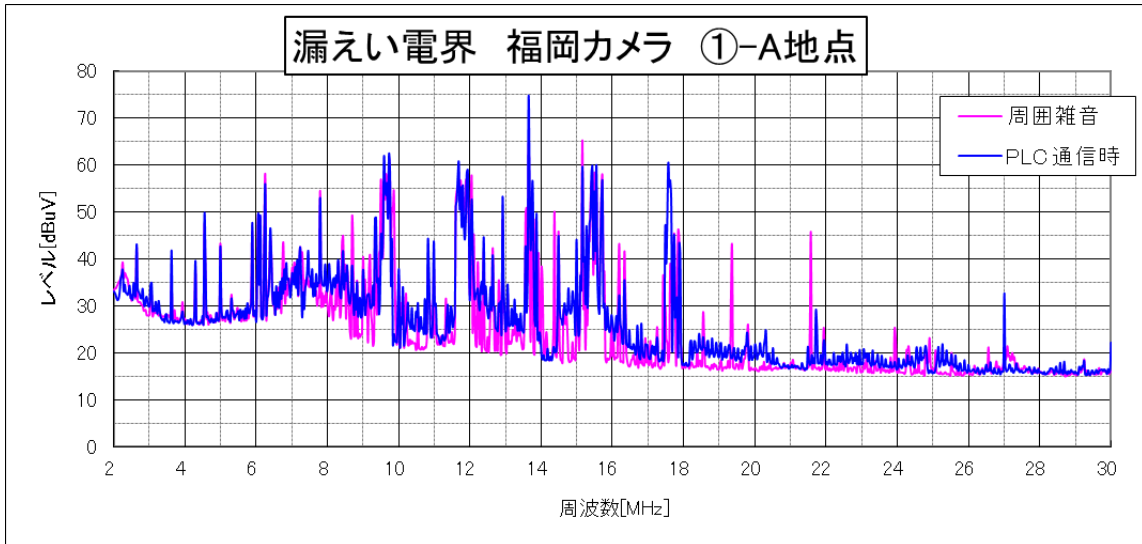
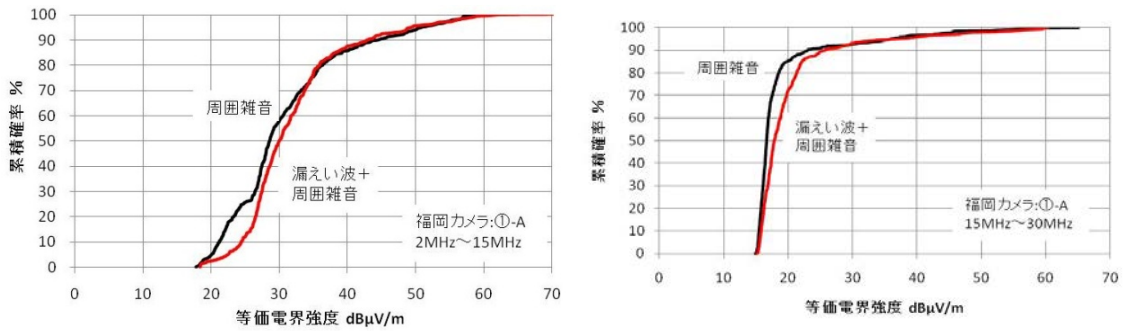


図4.14 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラ I）での測定結果(①-A地点)



(a) 2~15MHzの帯域

(b) 15~30MHzの帯域

図4.15 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラ I）での累積確率分布特性(①-A地点)

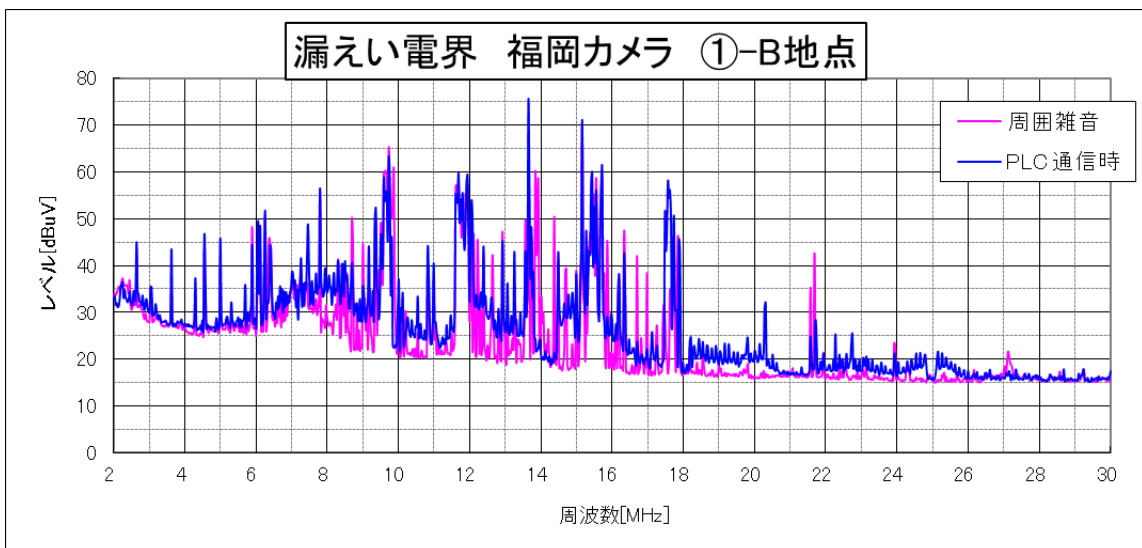
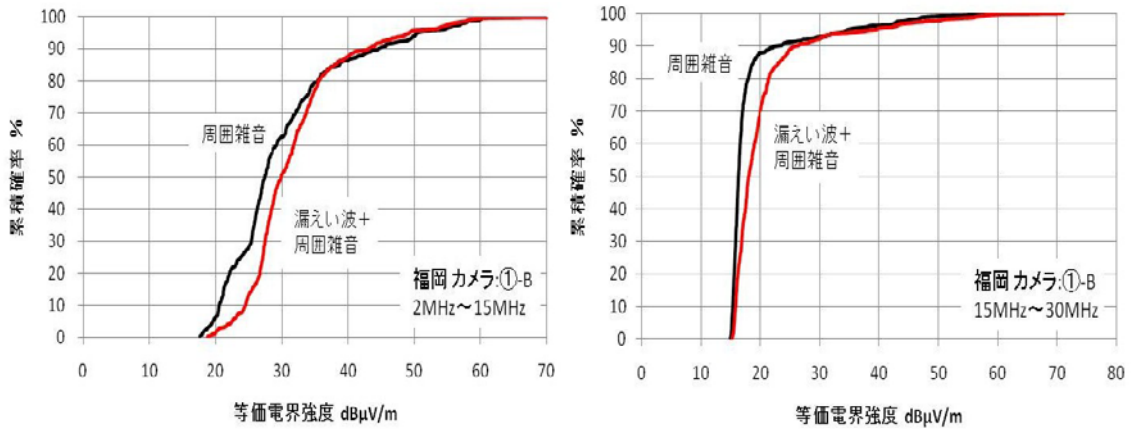


図4.16 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラ I）での測定結果(①-B地点)



(a) 2~15MHzの帯域

(b) 15~30MHzの帯域

図4.17 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラ I）での累積確率分布特性（①-B地点）

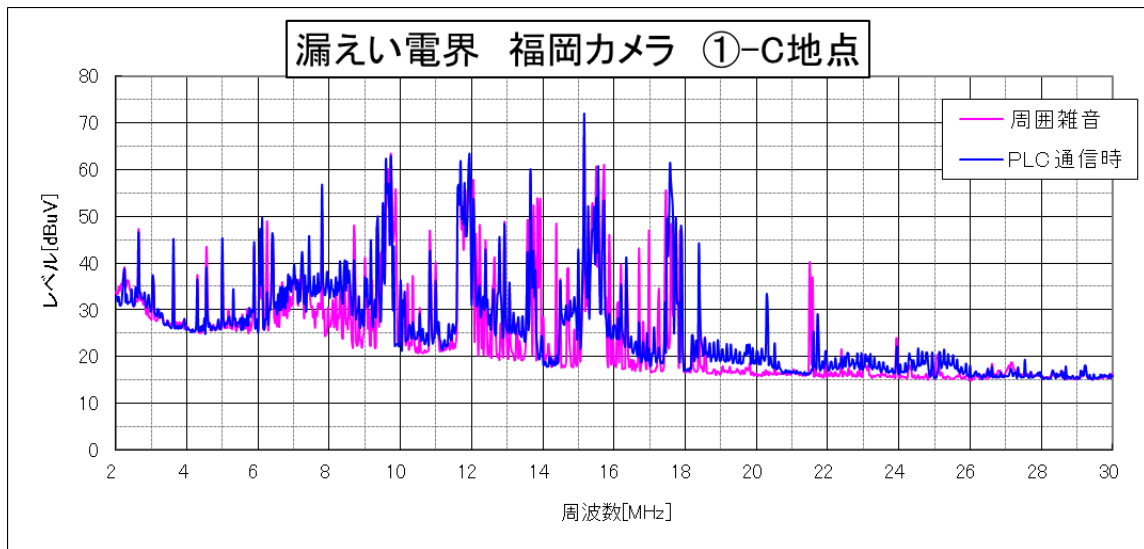
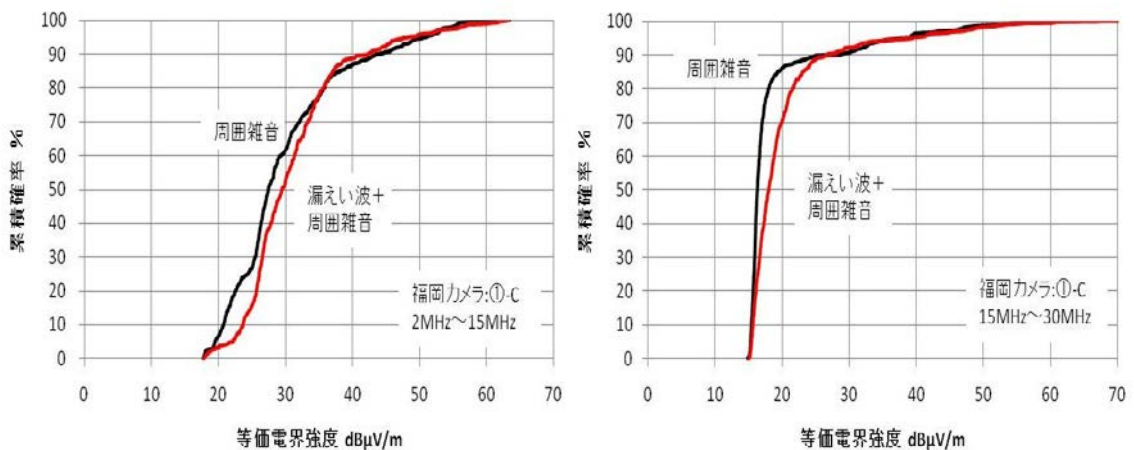


図4.18 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラ I）での測定結果（①-C地点）



(a) 2~15MHzの帯域

(b) 15~30MHzの帯域

図4.19 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラ I）での累積確率分布特性（①-C地点）



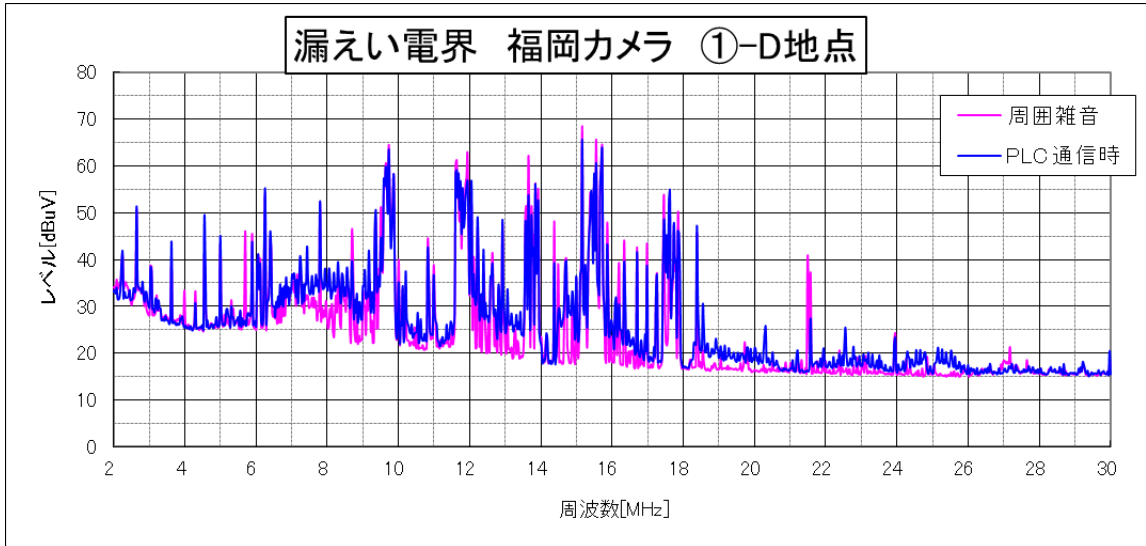
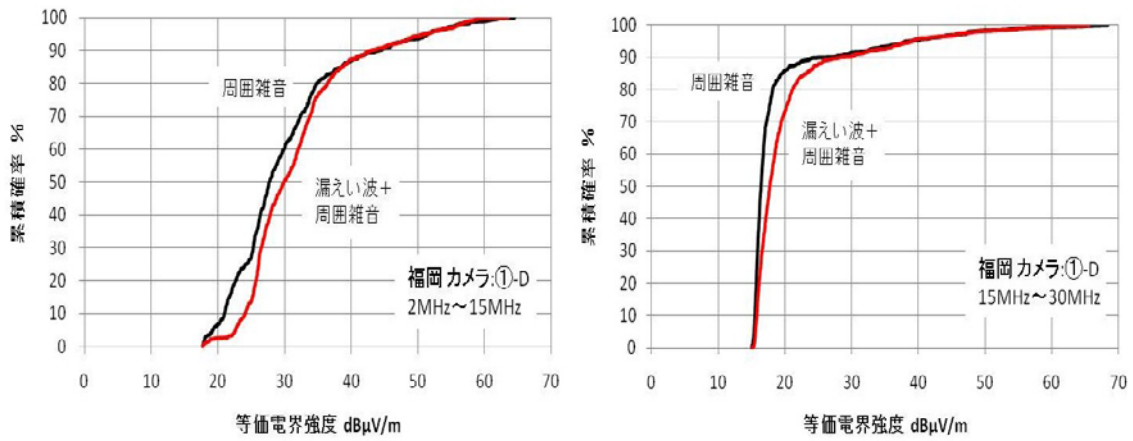


図4.20 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラ I）での測定結果(①-D地点)



(a) 2~15MHzの帯域

(b) 15~30MHzの帯域

図4.21 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラ I）での累積確率分布特性(①-D地点)

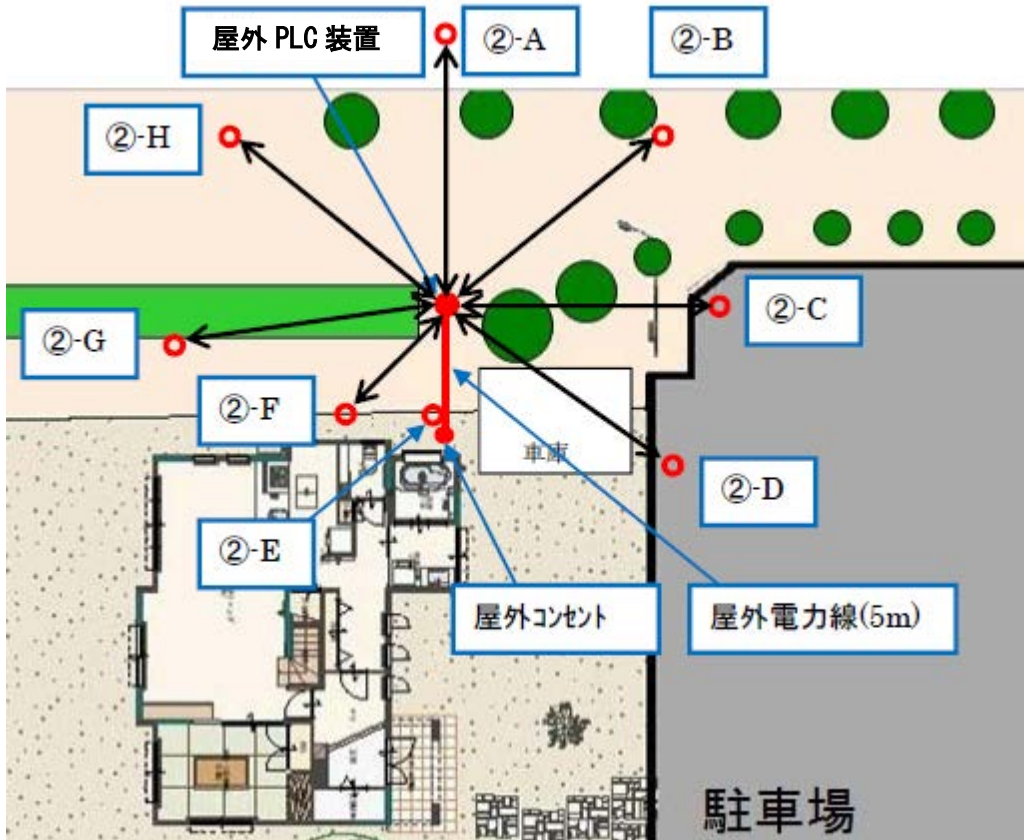


図4.22 福岡HD-PLC検証ハウス(カメラII)

図4.22において、離隔距離が10mである位置は、②-E、②-F、②-G以外の位置である。ここでの電界強度測定結果と累積確率分布の計算結果を以下に示す。

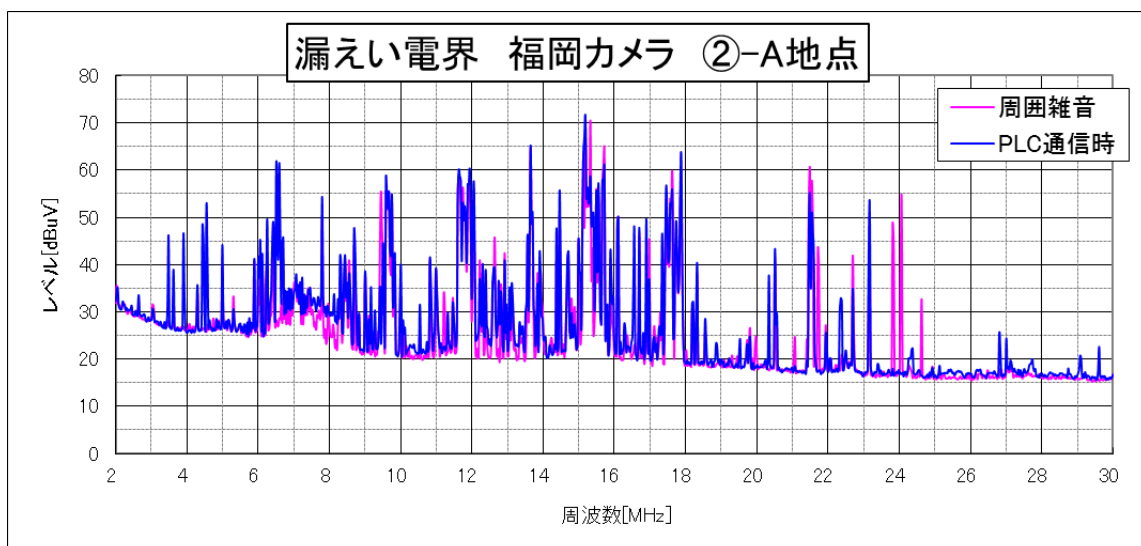
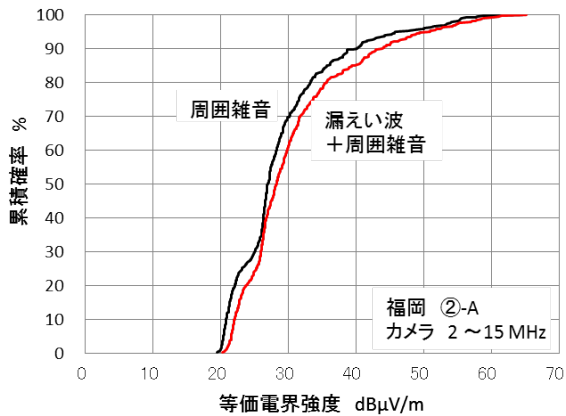
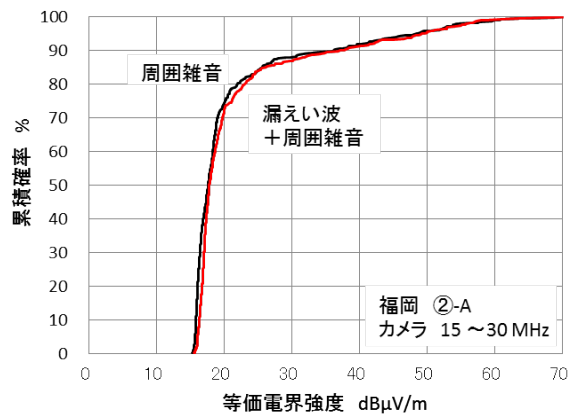


図4.23 福岡HD-PLC検証ハウス (カメラII) での測定結果(②-A地点)



(a) 2~15MHzの帯域



(b) 15~30MHzの帯域

図4.24 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラII）での累積確率分布特性（②-A地点）

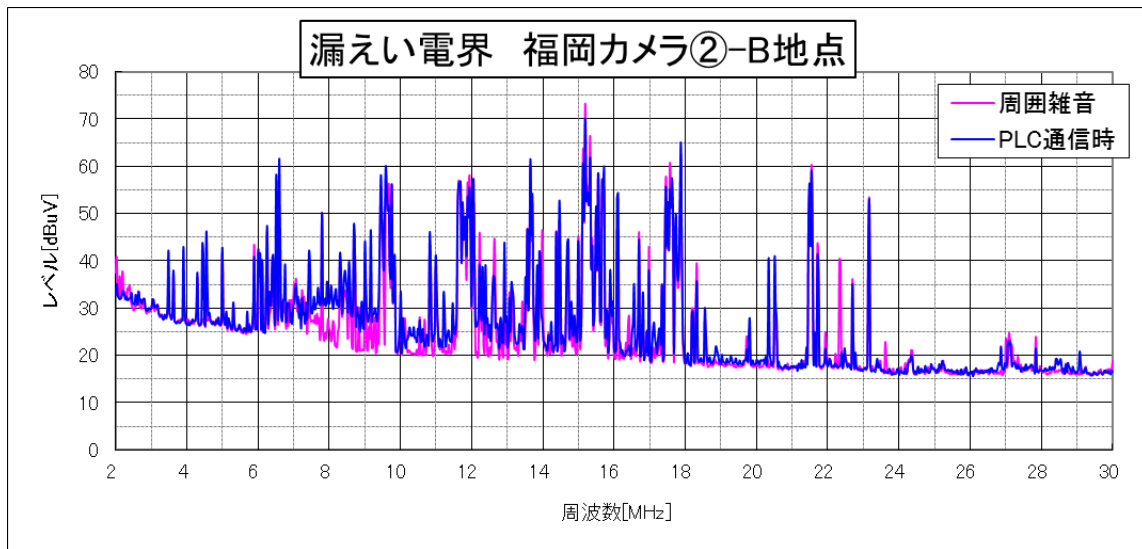
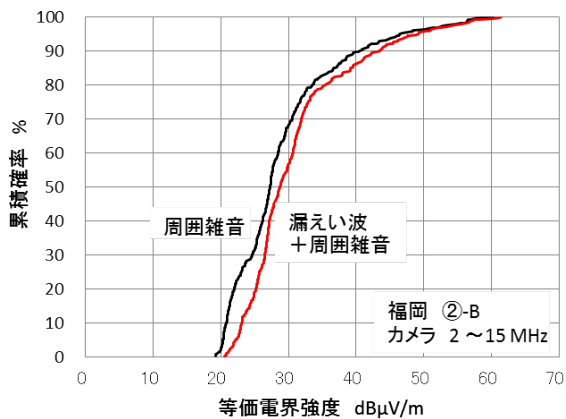
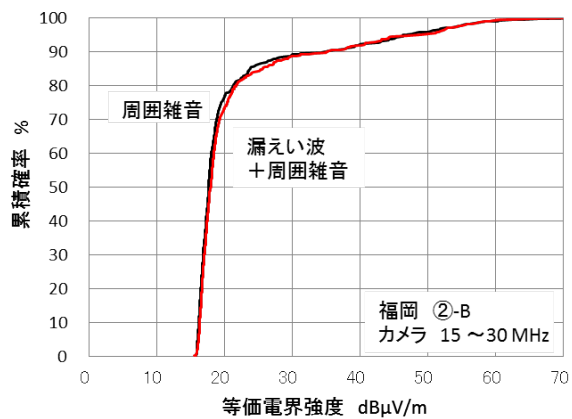


図4.25 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラII）での測定結果（②-B地点）



(a) 2~15MHzの帯域



(b) 15~30MHzの帯域

図4.26 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラII）での累積確率分布特性（②-B地点）

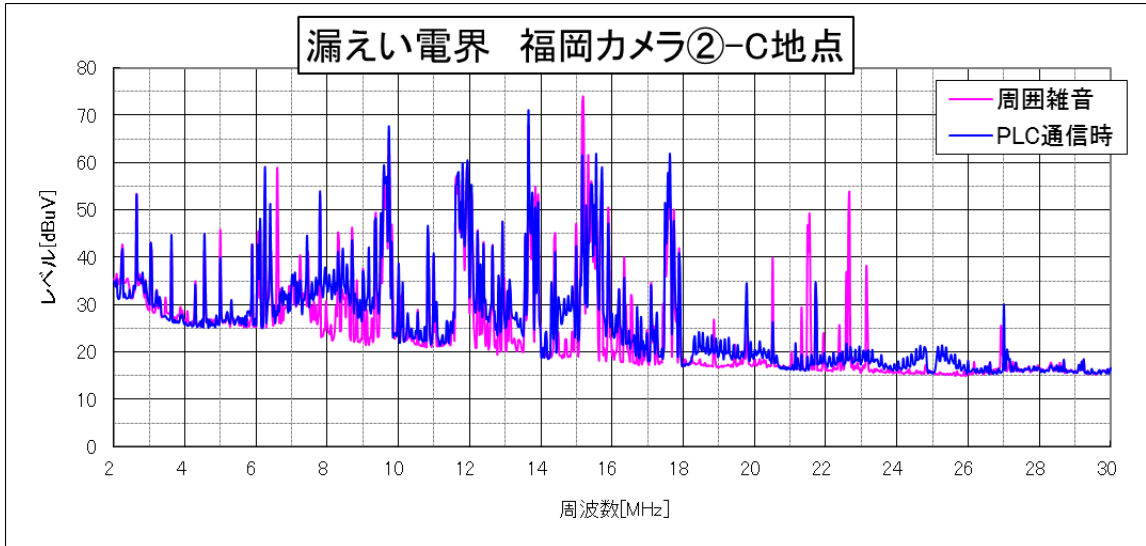
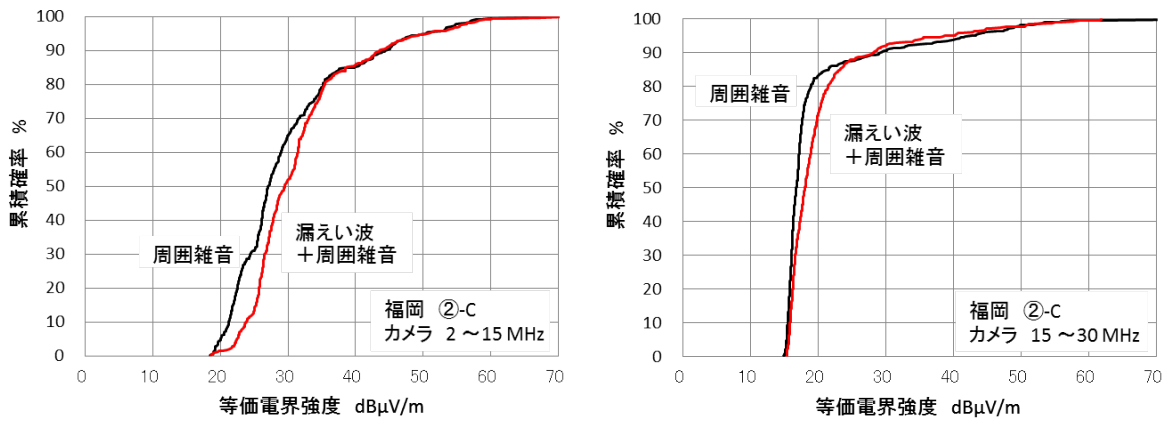


図4.27 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラII）での測定結果(②-C地点)



(a) 2~15MHzの帯域

(b) 15~30MHzの帯域

図4.28 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラII）での累積確率分布特性(②-C地点)

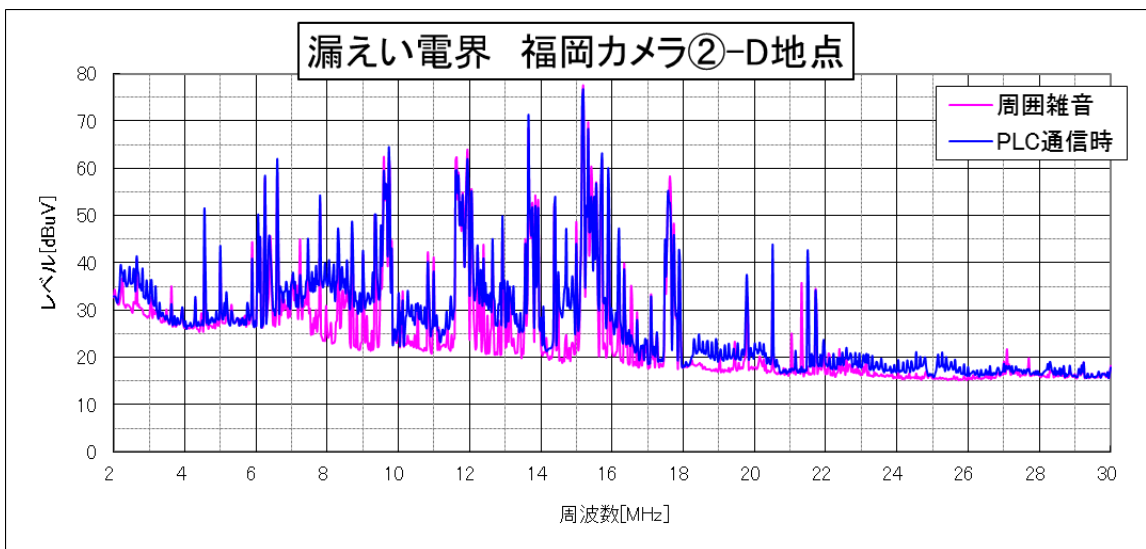
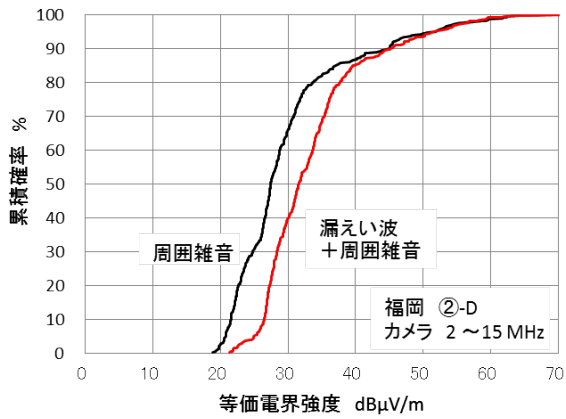
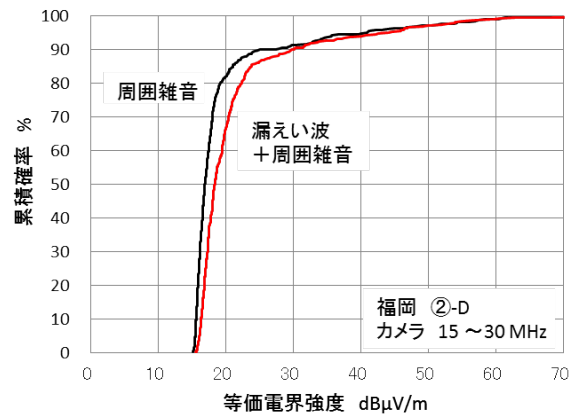


図4.29 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラII）での測定結果(②-D地点)



(a) 2~15MHzの帯域



(b) 15~30MHzの帯域

図4.30 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラII）での累積確率分布特性（②-D地点）

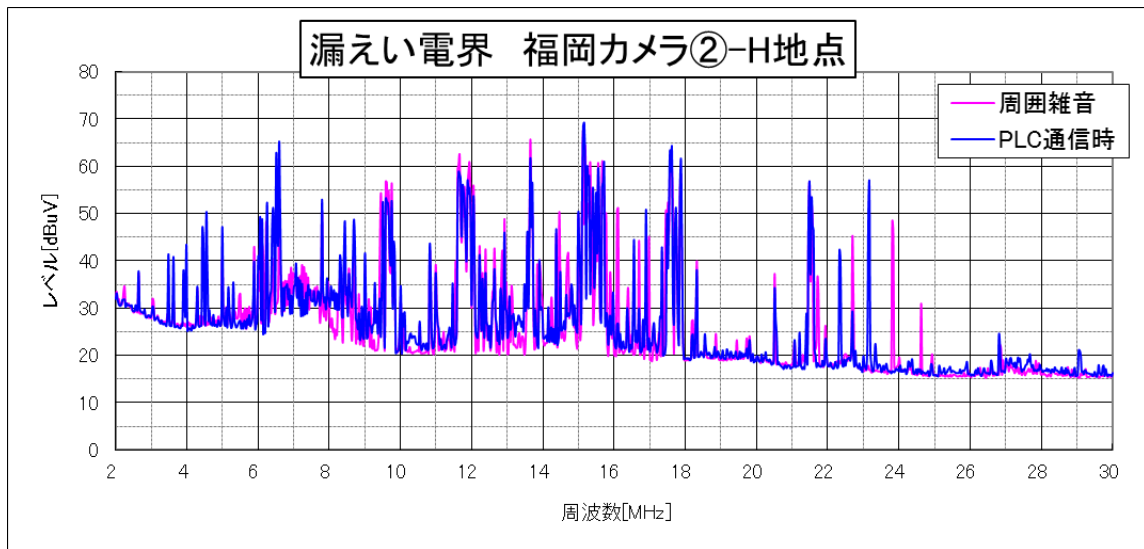
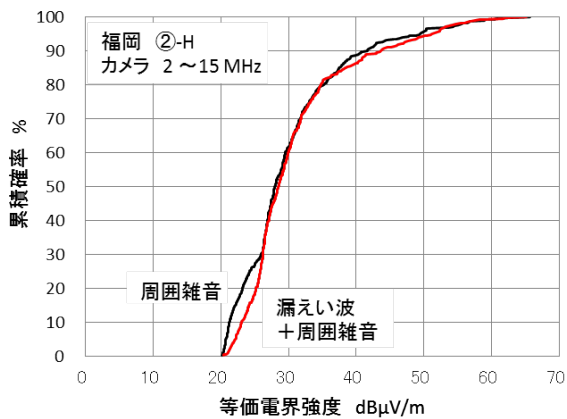
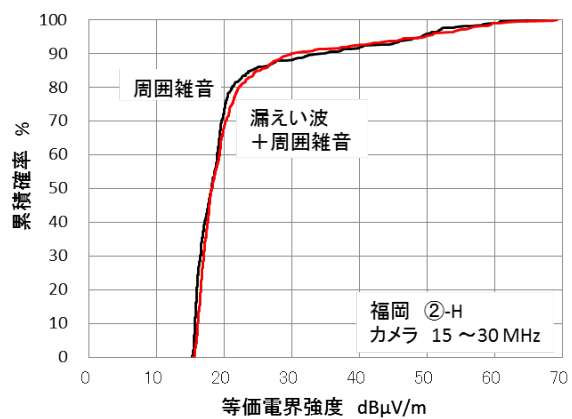


図4.31 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラII）での測定結果（②-H地点）



(a) 2~15MHzの帯域



(b) 15~30MHzの帯域

図4.32 福岡HD-PLC検証ハウス（カメラII）での累積確率分布特性（②-H地点）

以上の福岡HD-PLC検証ハウスにおけるカメラモデルでの測定結果から、PLC非動作

時とPLC通信時において差異が大きい周波数領域での漏えい電界強度による増加分を評価すると表4.3となる。

表4.3 福岡HD-PLC検証ハウスでのカメラモデルの測定結果から抽出した帯域での漏えい波の電界強度増加分評価

測定点	周波数(MHz)	周囲雑音 (dB $\mu$ V/m)	PLC 漏えい波+周囲 雑音 (dB $\mu$ V/m)	増分(dB)
福岡①-A	8.020~9.420	31.50	33.99	2.49
	12.080~12.892	26.88	31.59	4.72
福岡①-B	8.020~9.420	29.79	34.54	4.75
	12.080~12.892	26.13	31.15	5.01
福岡①-C	8.020~9.420	29.13	33.91	4.77
	12.080~12.892	28.05	31.67	3.62
福岡①-D	8.020~9.420	29.38	33.86	4.48
	12.080~12.892	28.16	31.47	3.32
福岡②-A	8.020~9.420	27.10	29.45	2.34
	12.080~12.892	27.01	29.46	2.45
福岡②-B	8.020~9.420	27.32	32.47	5.14
	12.080~12.892	26.73	28.77	2.04
福岡②-C	8.020~9.420	28.23	33.69	5.47
	12.080~12.892	27.50	31.38	3.87
福岡②-D	8.020~9.420	28.09	35.91	7.83
	12.080~12.892	27.00	33.90	6.91
福岡②-H	8.020~9.420	27.95	31.36	3.40
	12.080~12.892	28.42	28.57	0.15



(3) 福岡HD-PLC検証ハウス (EVモデル)

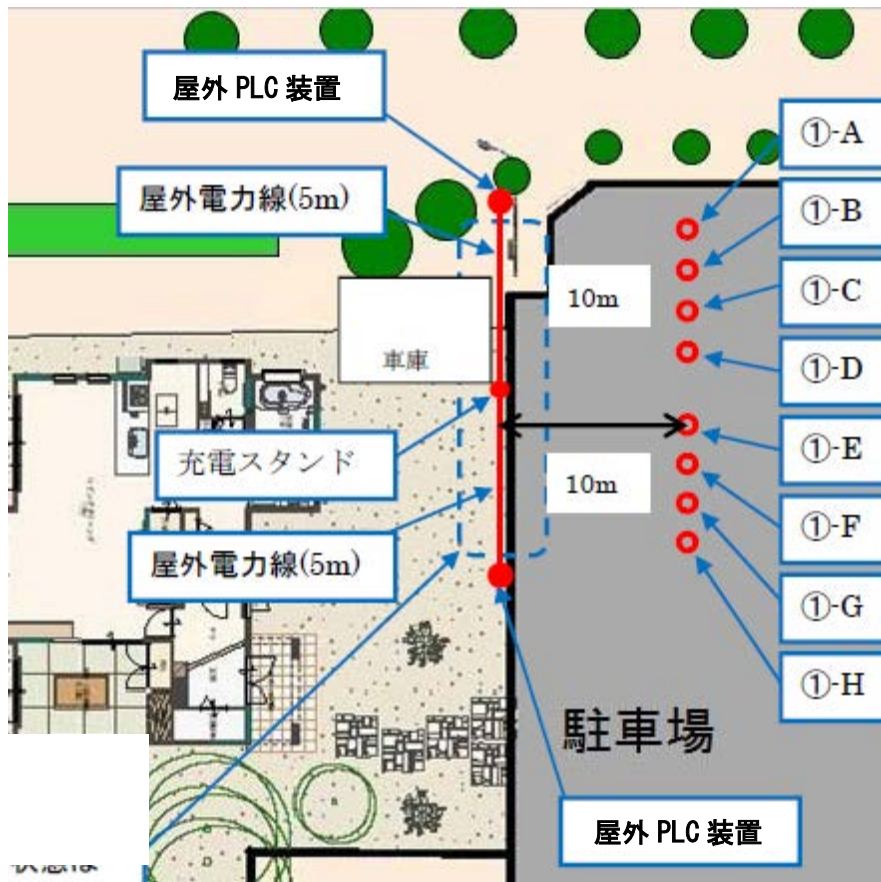


図4.33 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I)

図4.33においては、全て離隔距離が10mである。ここでは、屋外から屋内への通信時と、参考として屋内から屋外への通信時も示している。電界強度測定結果と屋外から屋内への累積確率分布の計算結果は以下のとおりである。

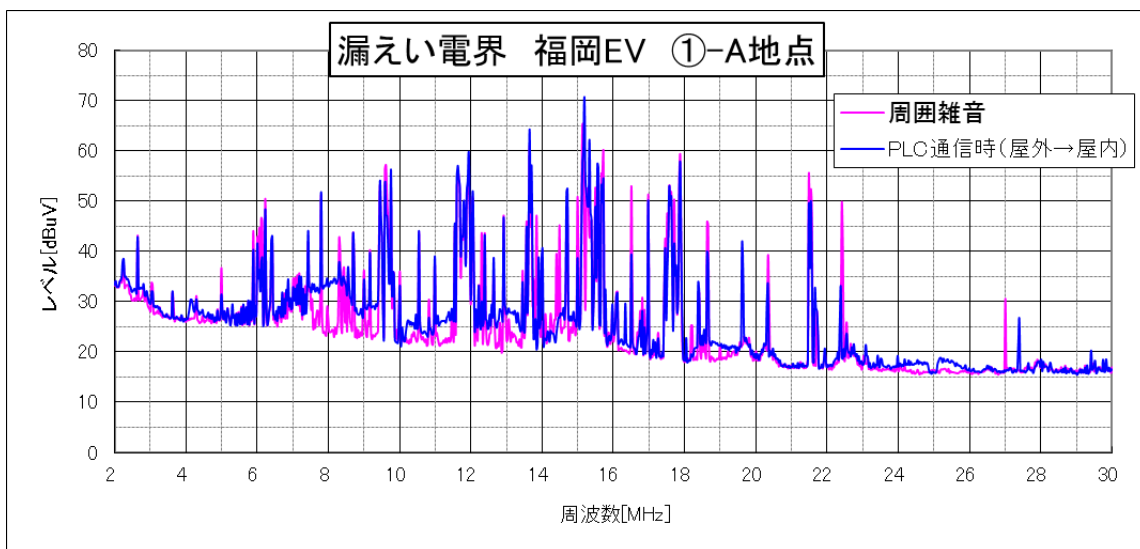
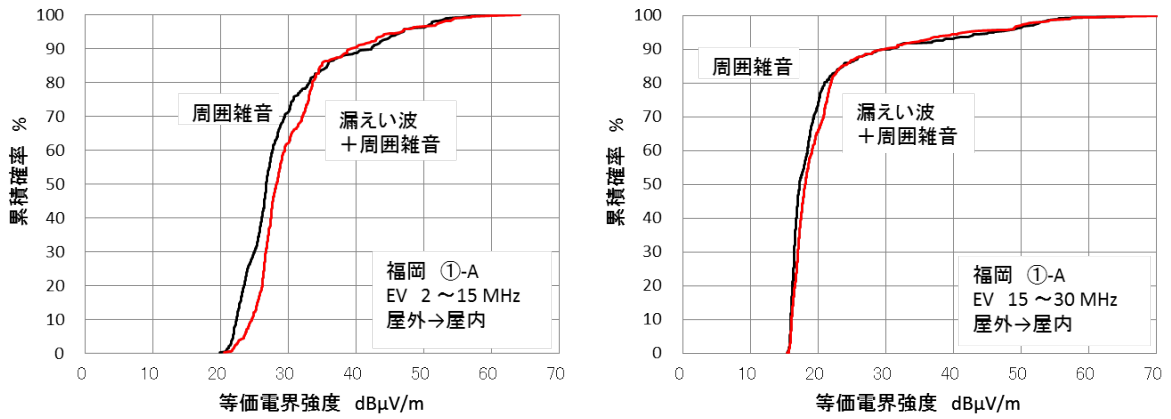


図4.34 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果 (①-A地点：屋外→屋内)



(a) 2~15MHzの帯域

(b) 15~30MHzの帯域

図4.35 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での累積確率分布特性 (①-A地点: 屋外→屋内)

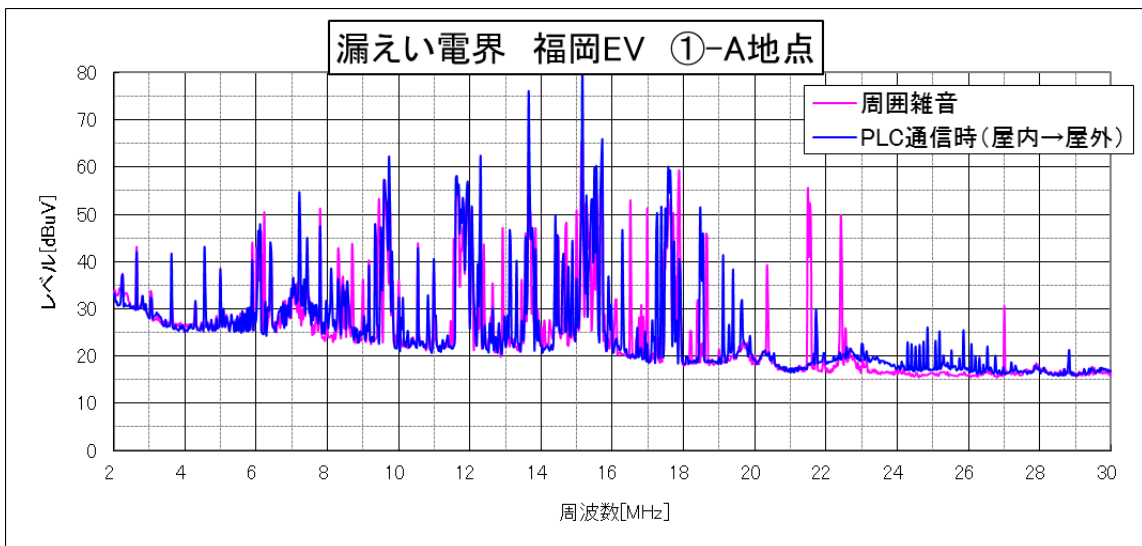


図4.36 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果 (①-A地点: 屋内→屋外)

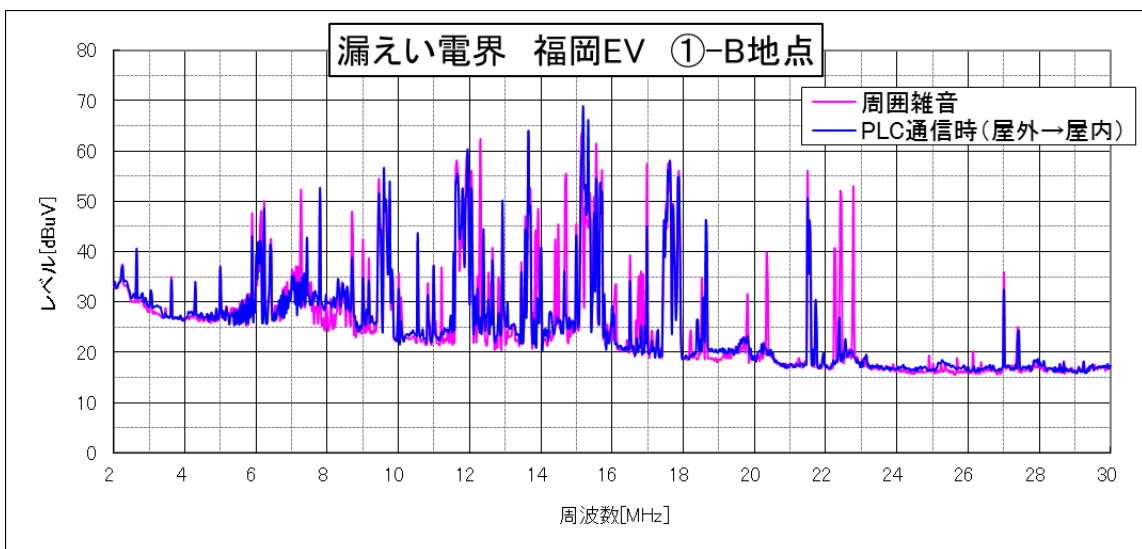
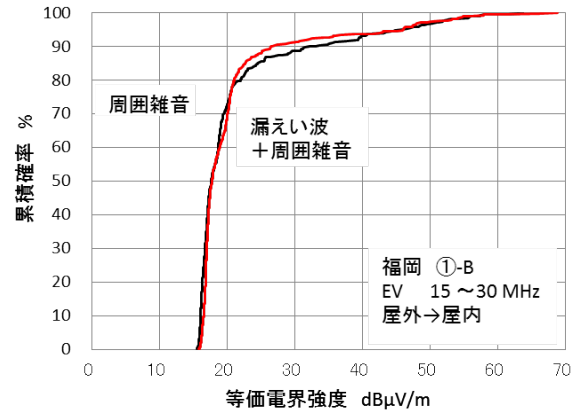
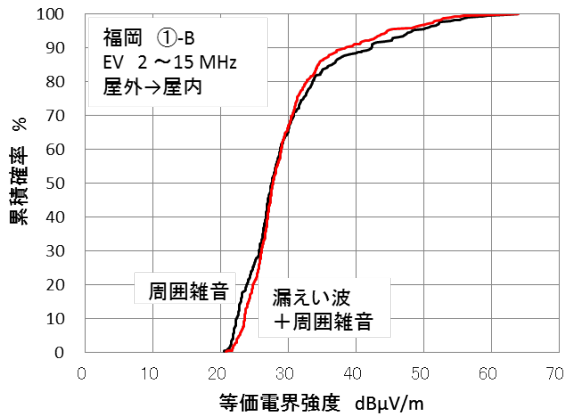


図4.37 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果 (①-B地点: 屋外→屋内)





(a) 2~15MHzの帯域

(b) 15~30MHzの帯域

図4.38 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での累積確率分布特性 (①-B地点: 屋外→屋内)

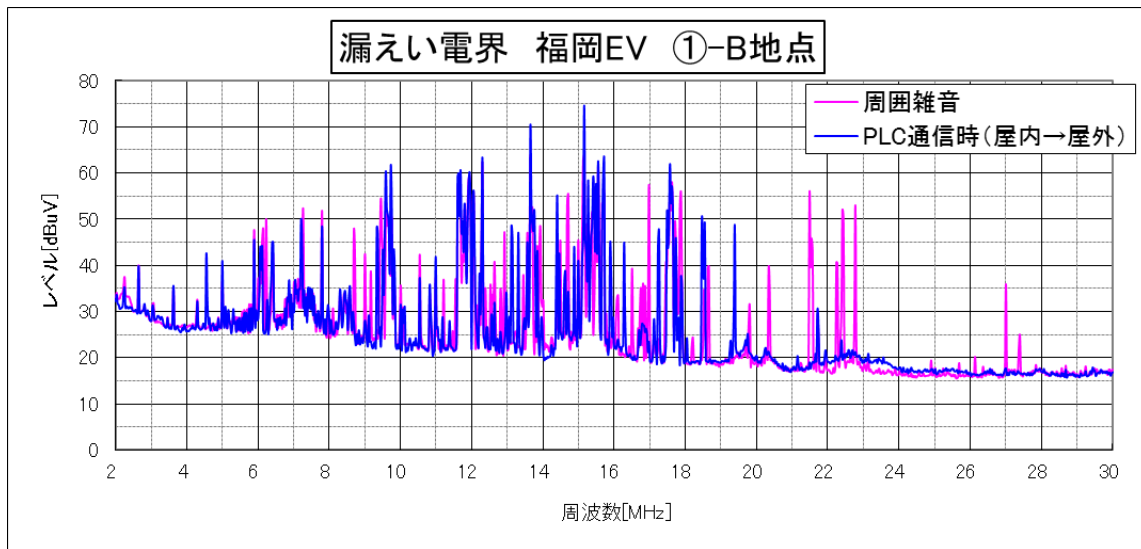


図4.39 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果 (①-B地点: 屋内→屋外)

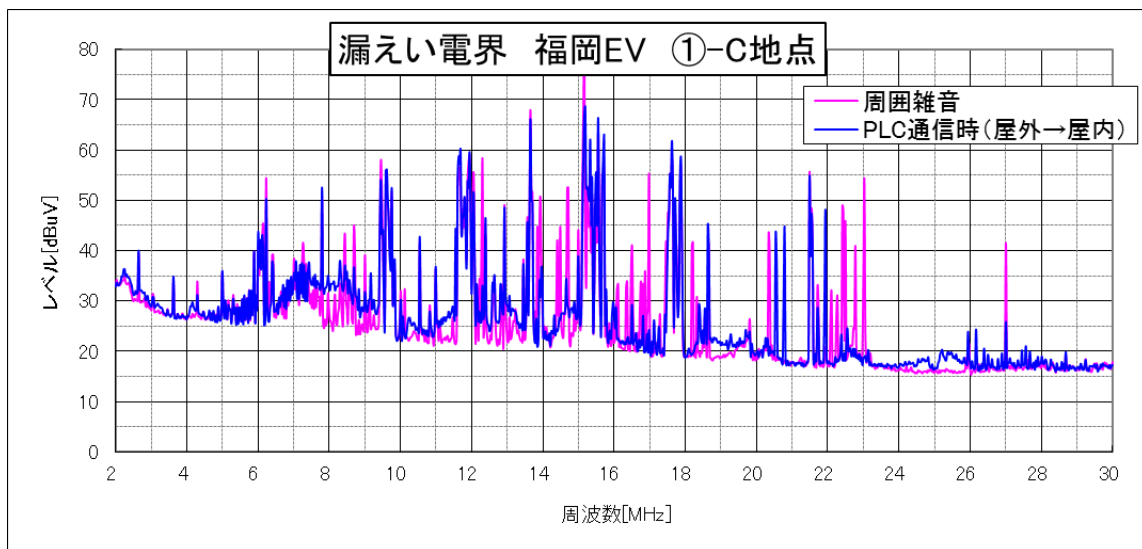
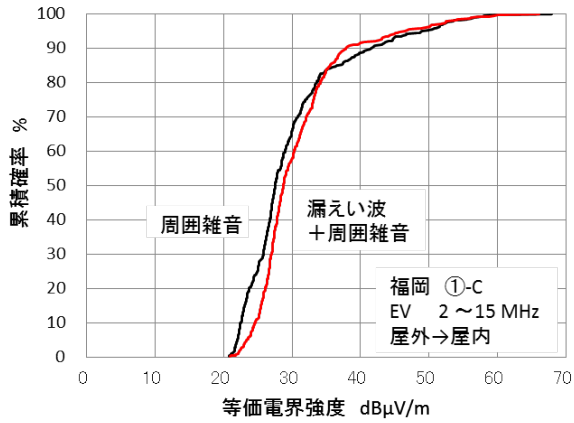
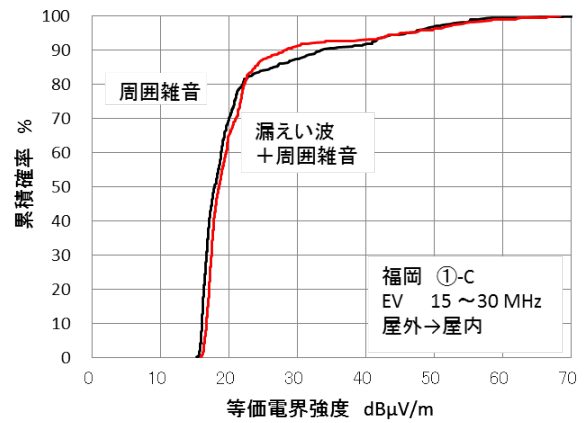


図4.40 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果 (①-C地点: 屋外→屋内)



(a) 2~15MHzの帯域



(b) 15~30MHzの帯域

図4.41 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での累積確率分布特性 (①-C地点: 屋外→屋内)

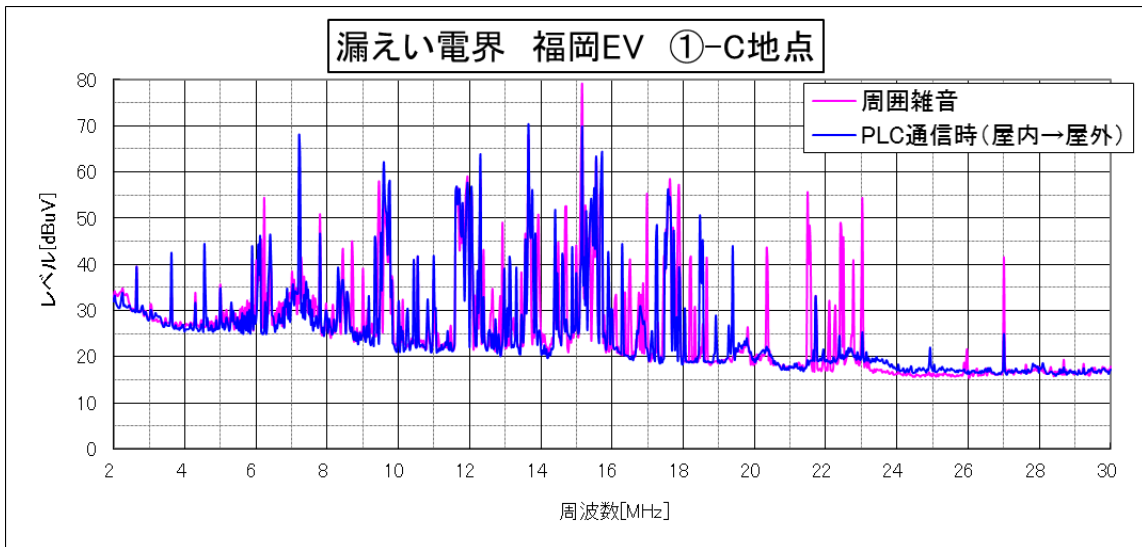


図4.42 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果 (①-C地点: 屋内→屋外)

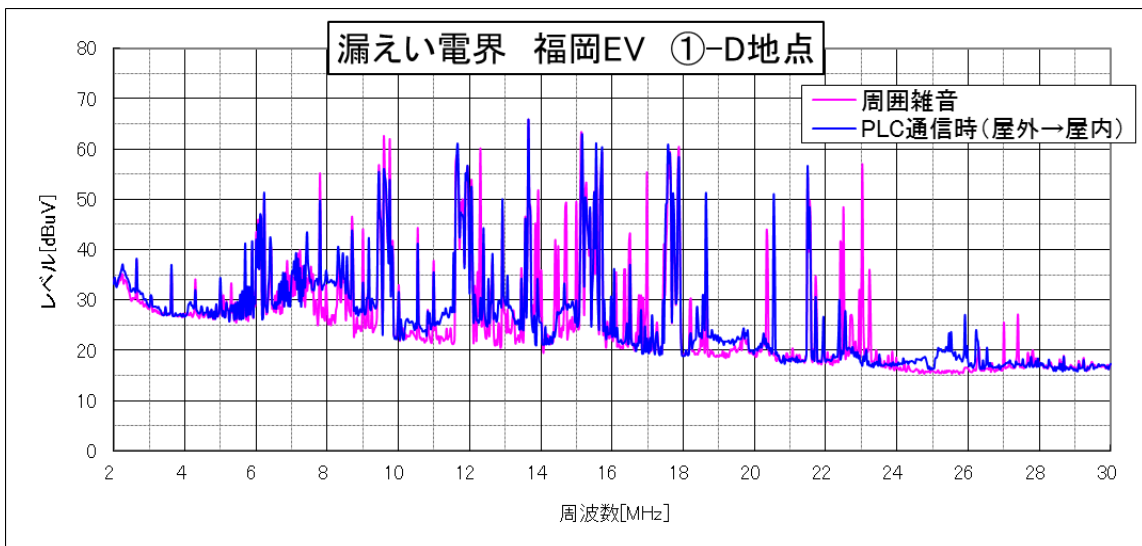
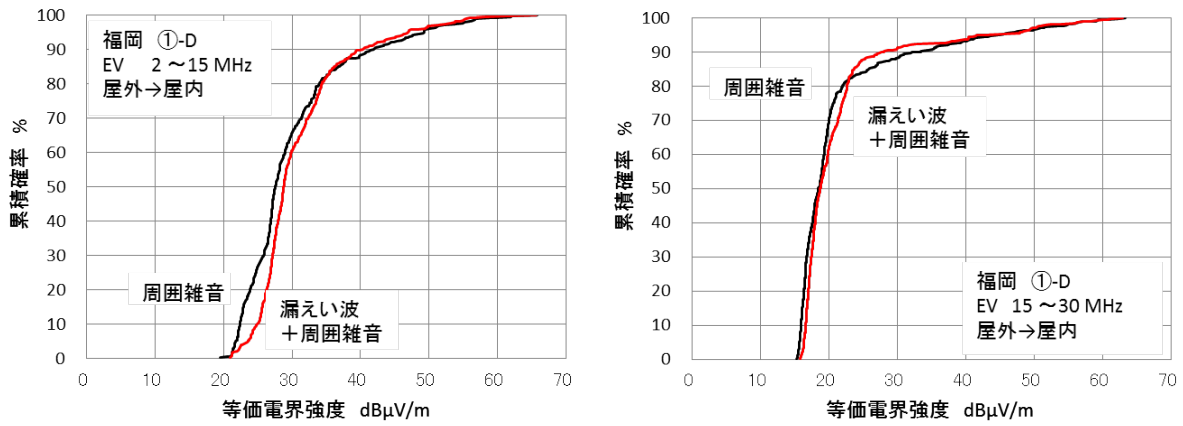


図4.43 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果(①-D地点：屋外→屋内)



(a) 2~15MHzの帯域

(b) 15~30MHzの帯域

図4.44 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での累積確率分布特性(①-D地点：屋外→屋内)

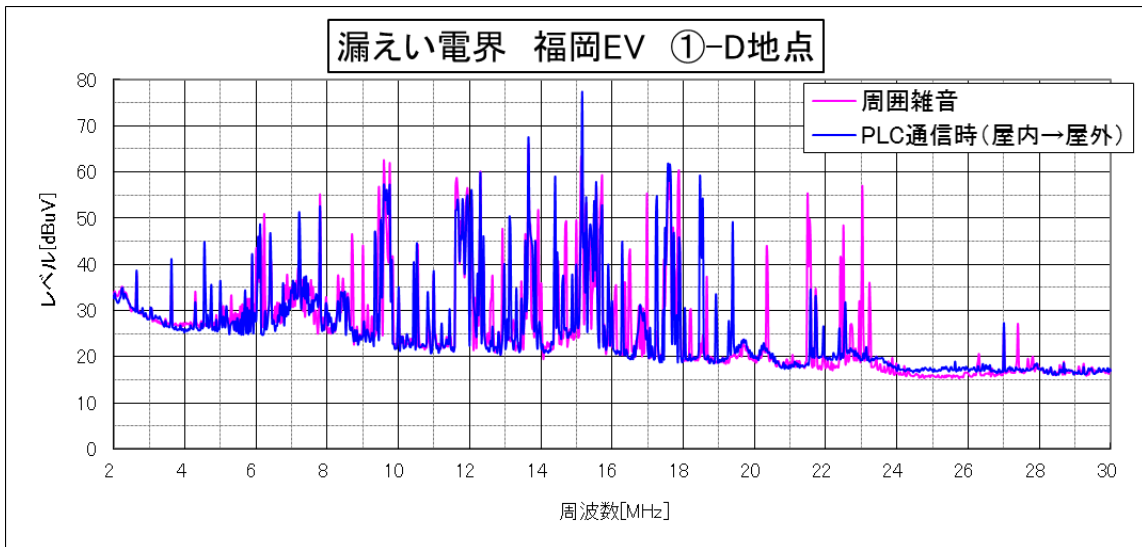


図4.45 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果(①-D地点：屋内→屋外)

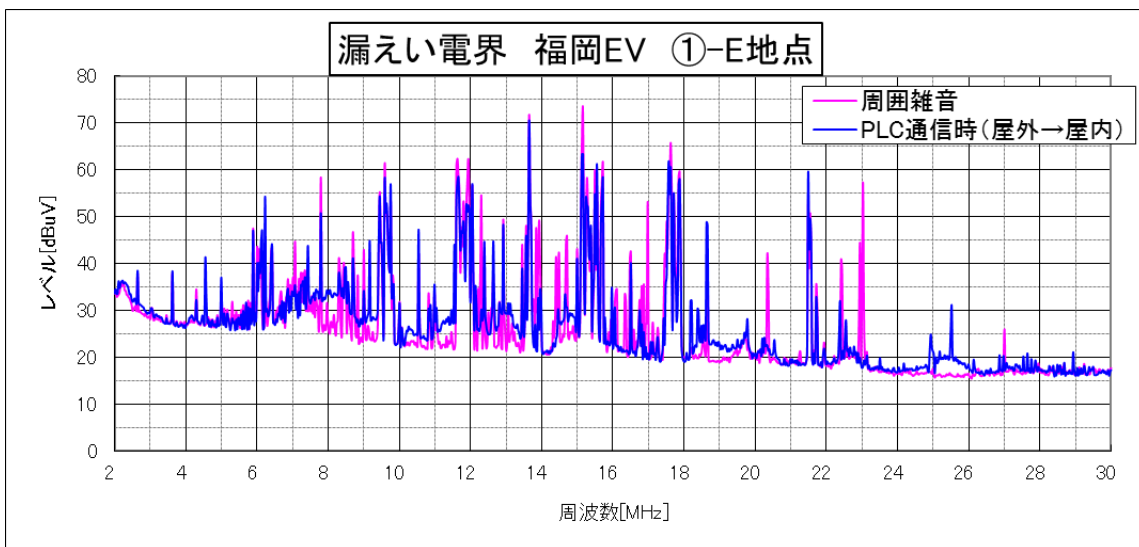
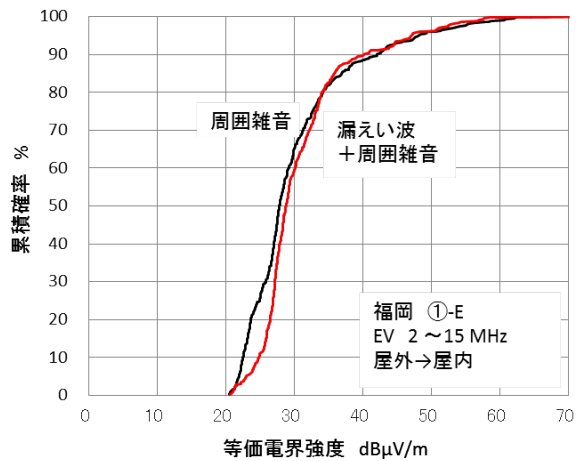
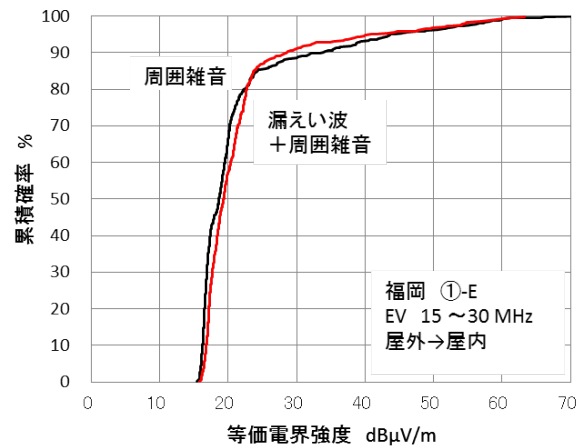


図4.46 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果(①-E地点：屋外→屋内)



(a) 2~15MHzの帯域



(b) 15~30MHzの帯域

図4.47 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での累積確率分布特性 (①-E地点: 屋外→屋内)

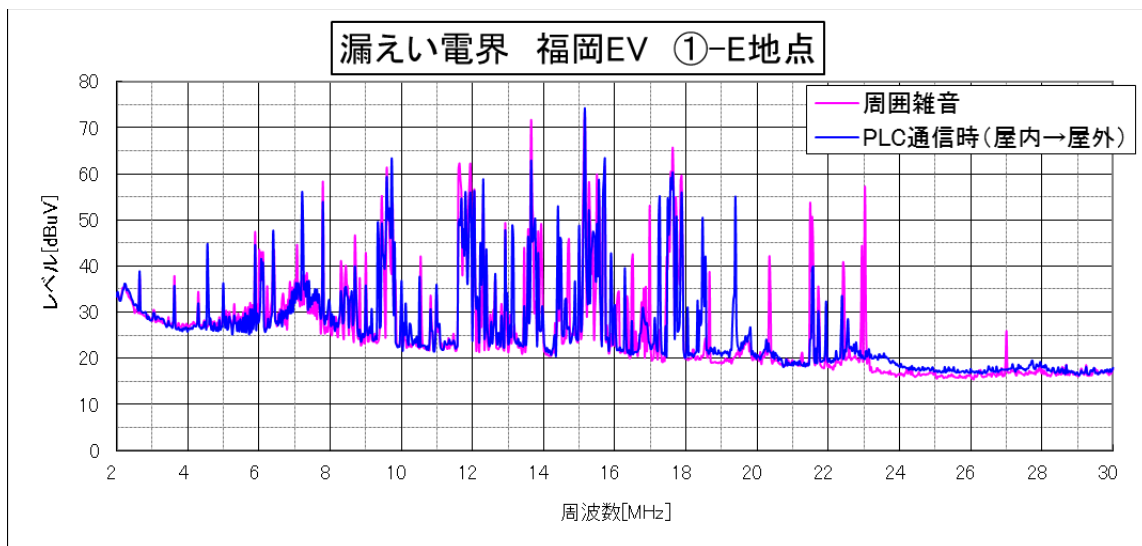


図4.48 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果 (①-E地点: 屋内→屋外)

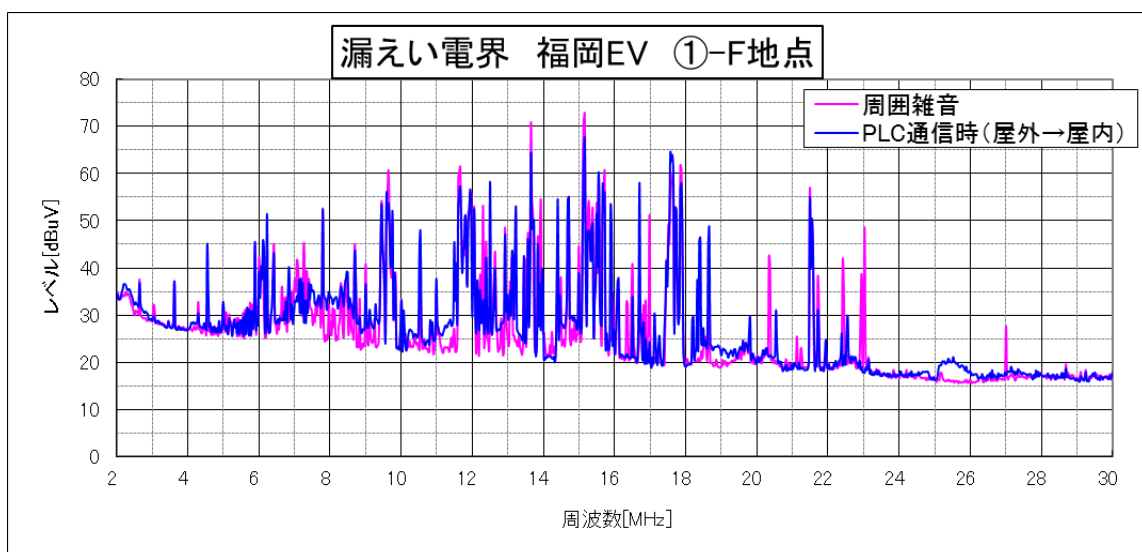
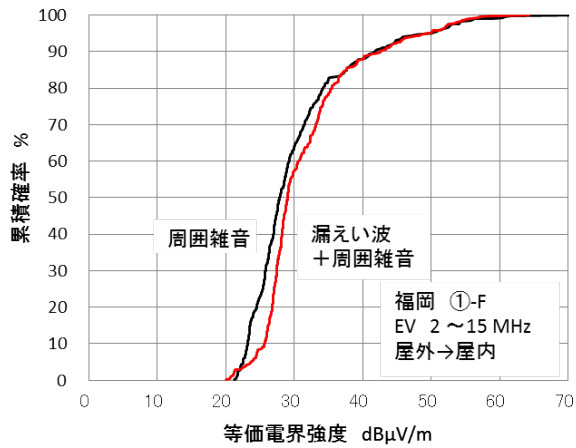
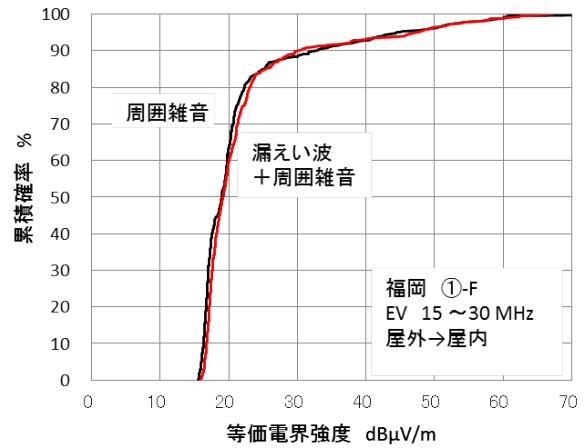


図4.49 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果 (①-F地点: 屋外→屋内)



(a) 2～15MHzの帯域



(b) 15～30MHzの帯域

図4.50 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での累積確率分布特性 (①-F地点: 屋外→屋内)

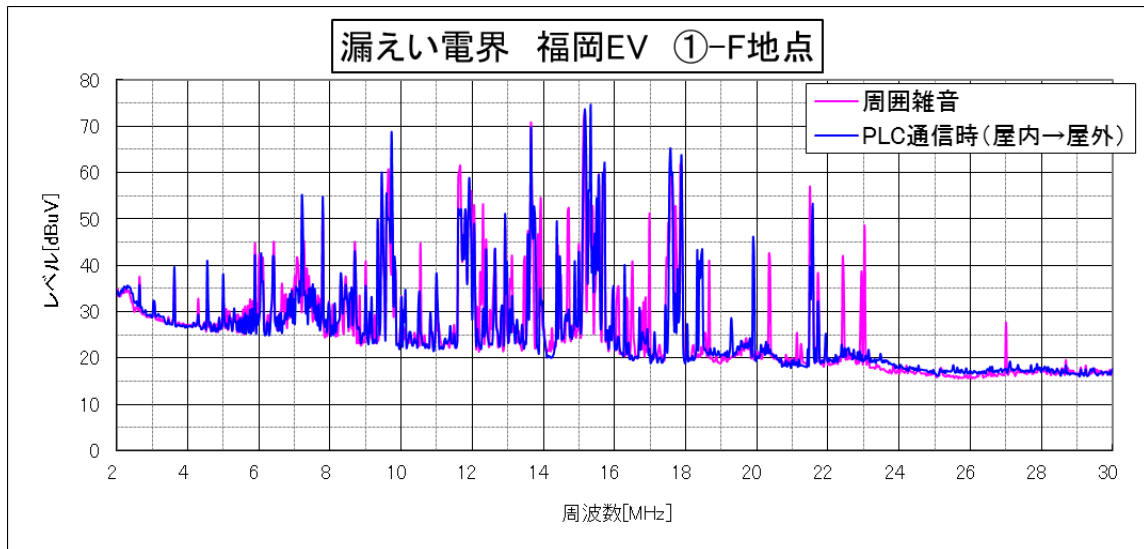


図4.51 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果 (①-F地点: 屋内→屋外)

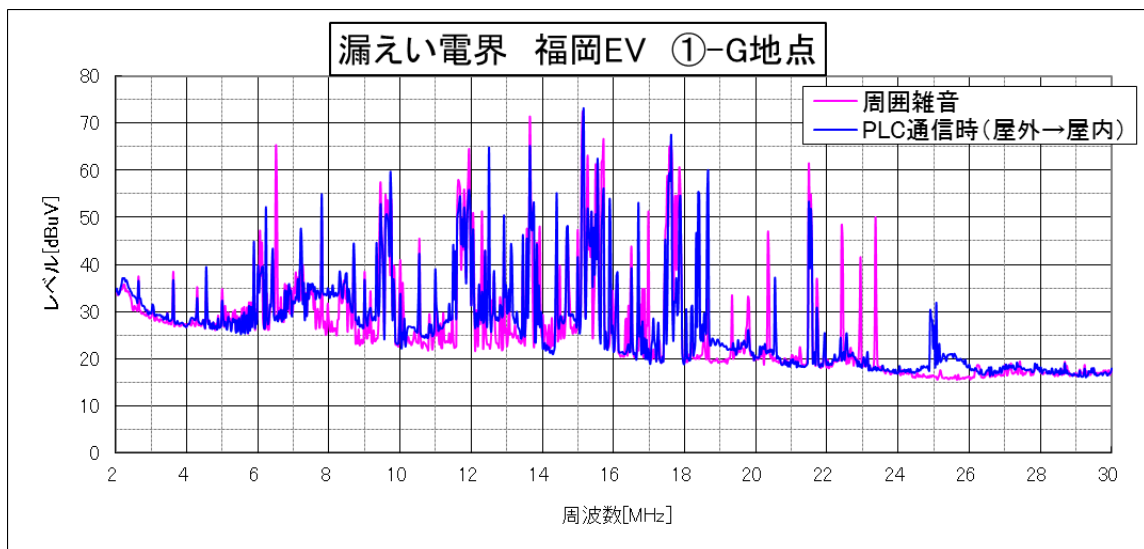
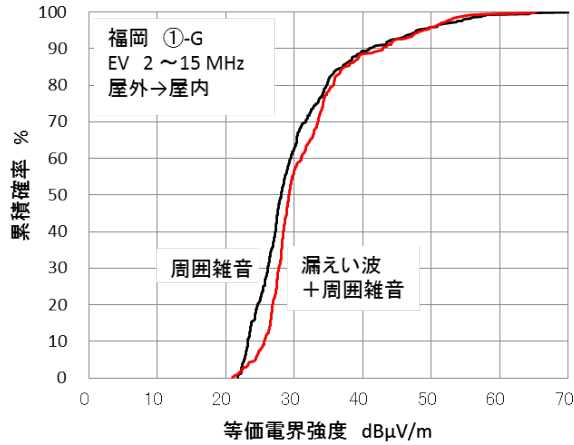
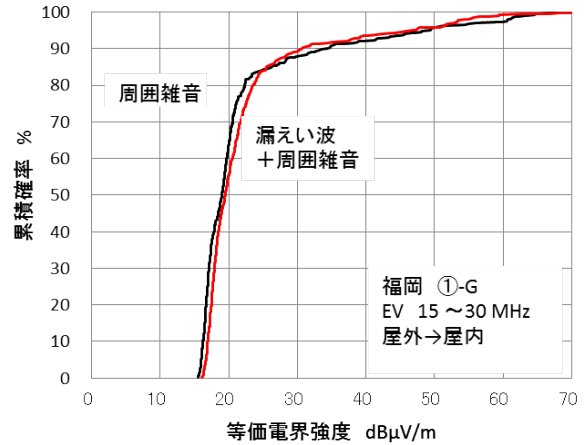


図4.52 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果 (①-G地点: 屋外→屋内)



(a) 2~15MHzの帯域



(b) 15~30MHzの帯域

図4.53 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での累積確率分布特性 (①-G地点: 屋外→屋内)

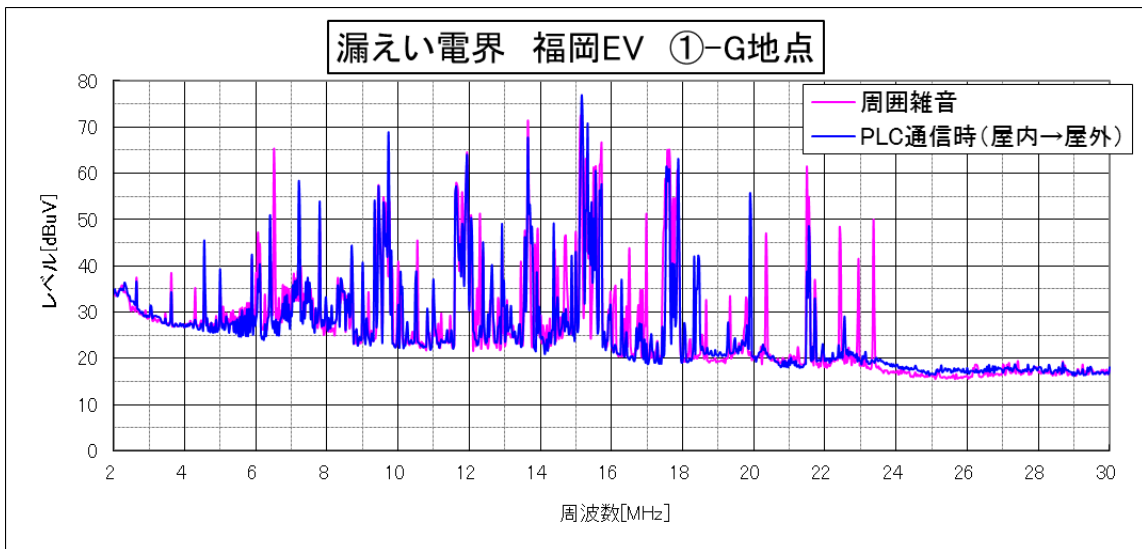


図4.54 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果 (①-G地点: 屋内→屋外)

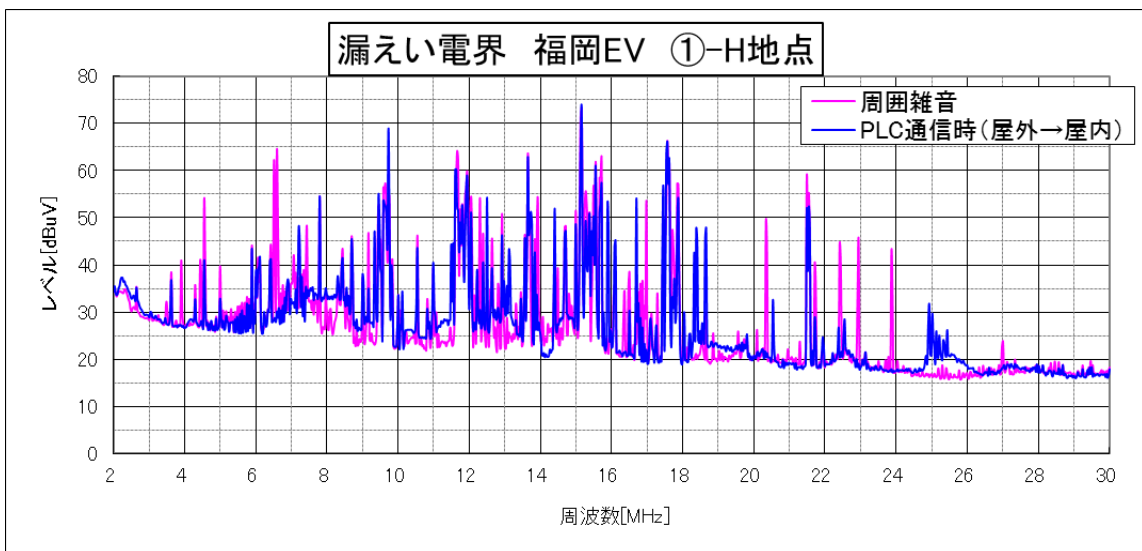
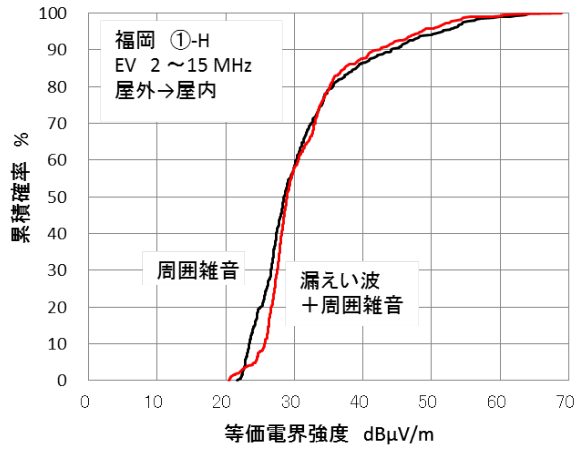
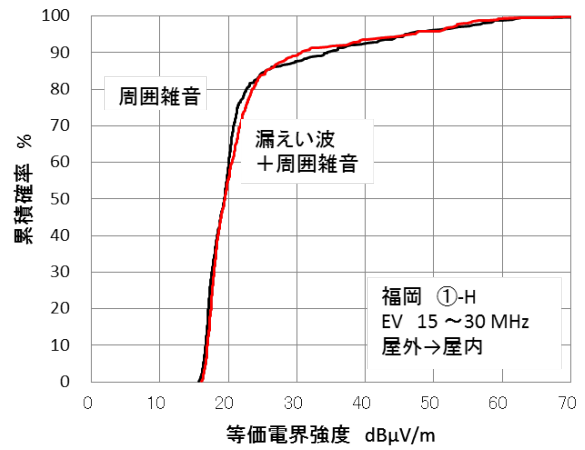


図4.55 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果 (①-H地点: 屋外→屋内)



(a) 2~15MHzの帯域



(b) 15~30MHzの帯域

図4.56 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での累積確率分布特性 (①-H地点: 屋外→屋内)

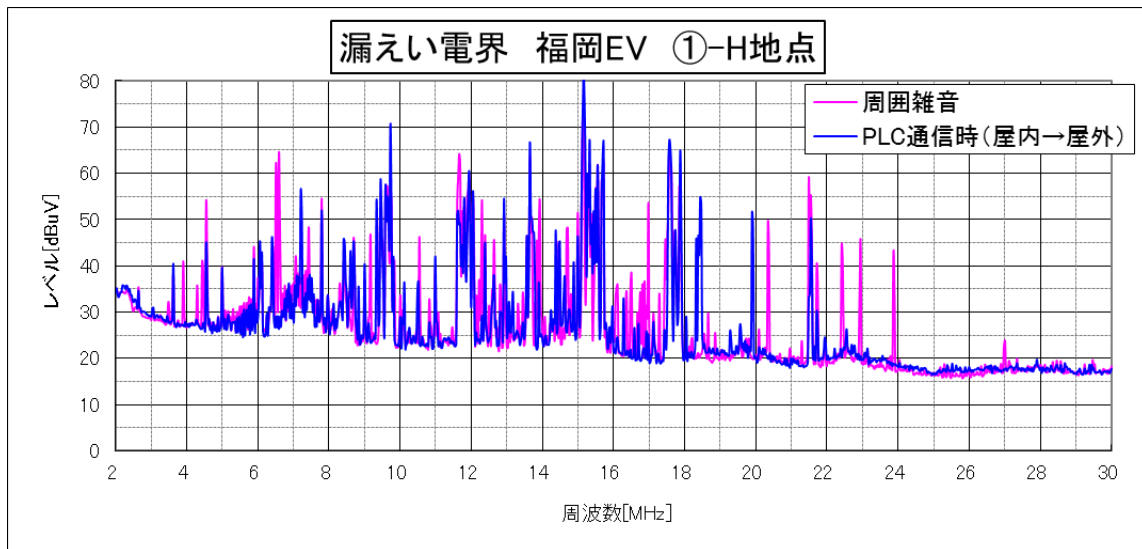


図4.57 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-I) での測定結果 (①-H地点: 屋内→屋外)



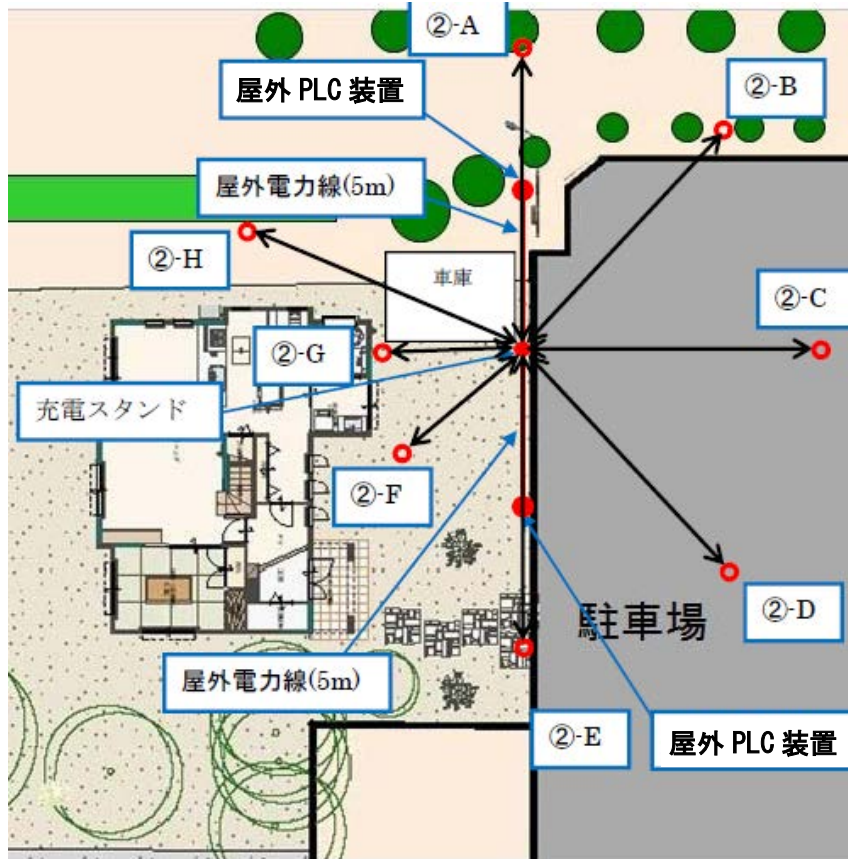


図4.58 HD-PLC検証ハウス (EV-II)

図4.58において、離隔距離が10mである位置は②-Cだけである。この結果は以下のとおりである。

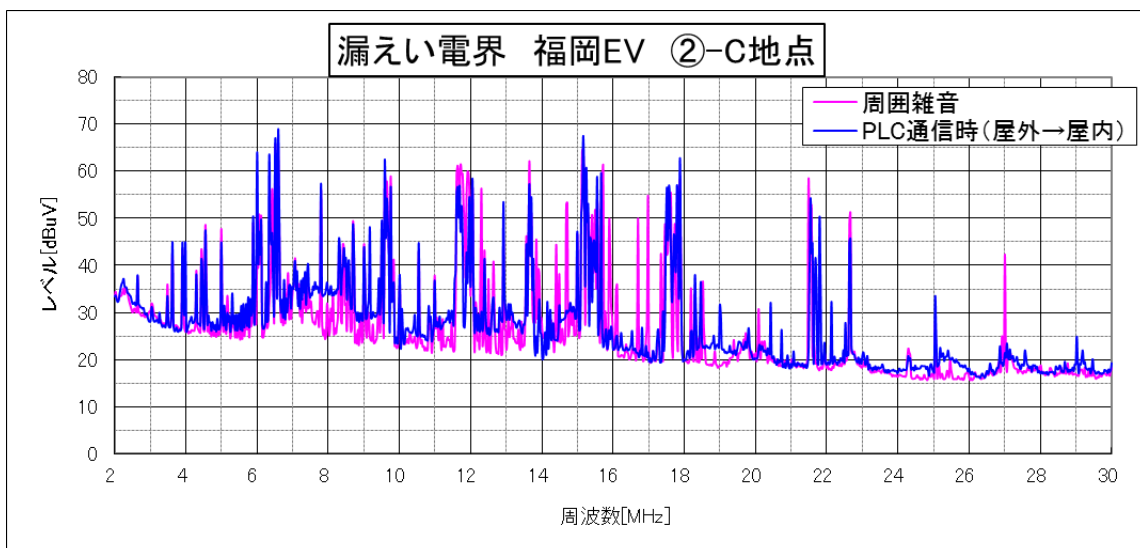
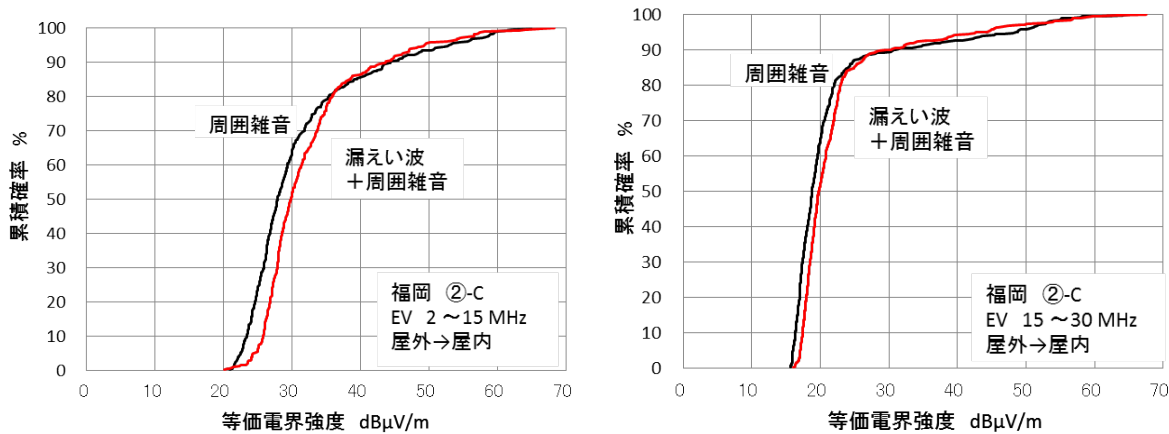


図4.59 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-II) での測定結果(②-C地点：屋外→屋内)





(a) 2~15MHzの帯域 (b) 15~30MHzの帯域

図4.60 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-II) での累積確率分布特性 (②-C地点：屋外→屋内)

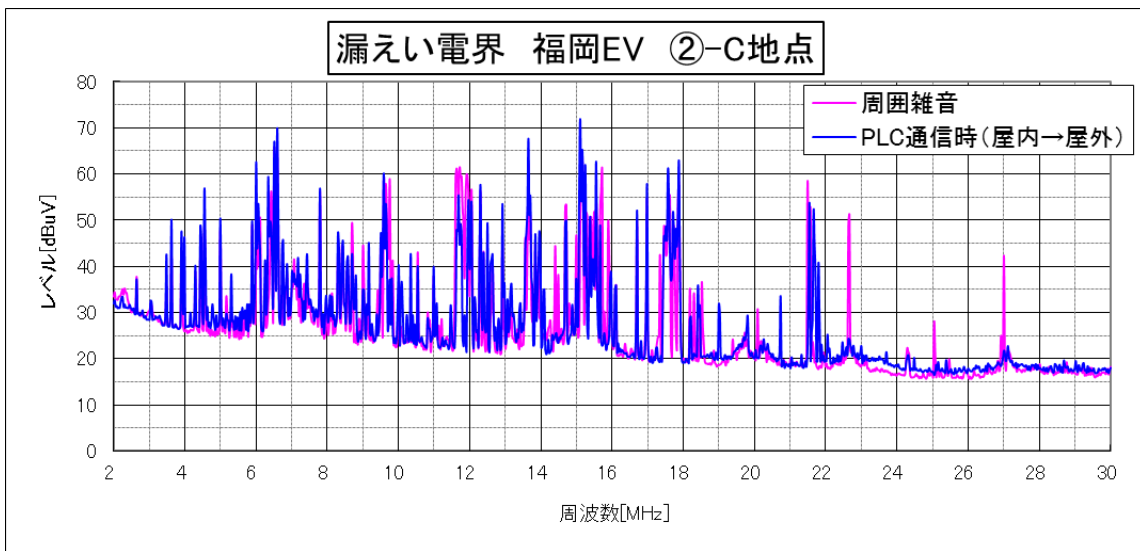


図4.61 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-II) での測定結果(②-C地点：屋内→屋外)

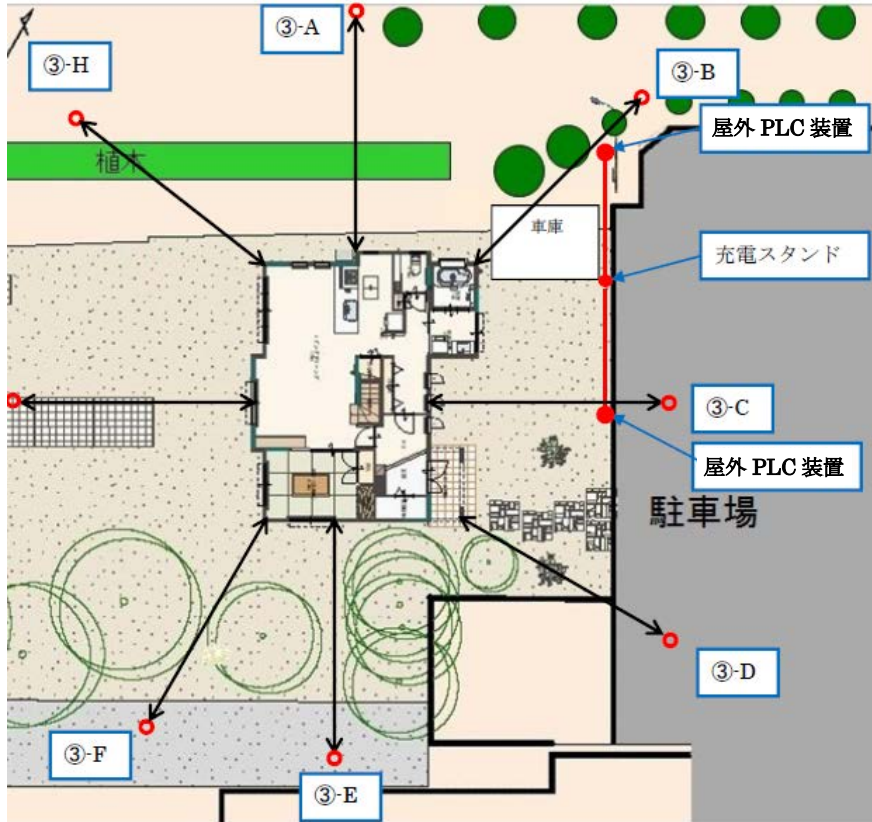


図4.62 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-III)

図4.62において、建物の陰に隠れずに離隔距離が10mである位置は、③-Aと③-Dである。この結果は以下のとおりである。

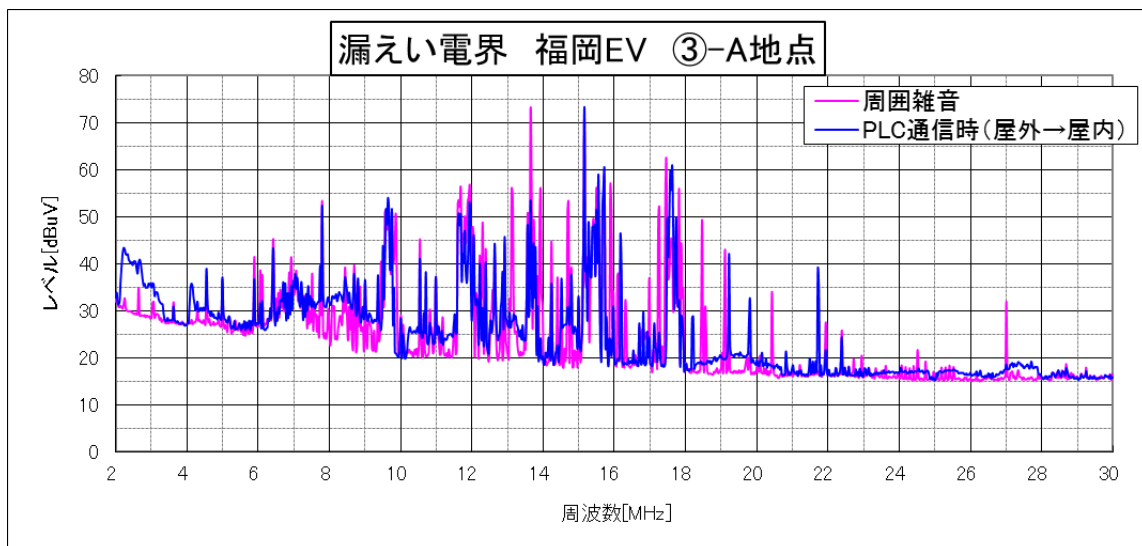
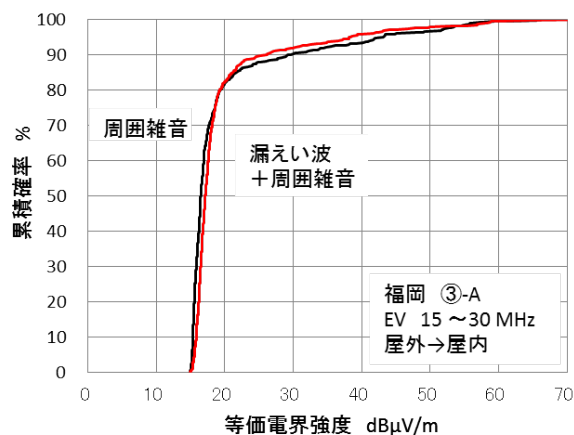
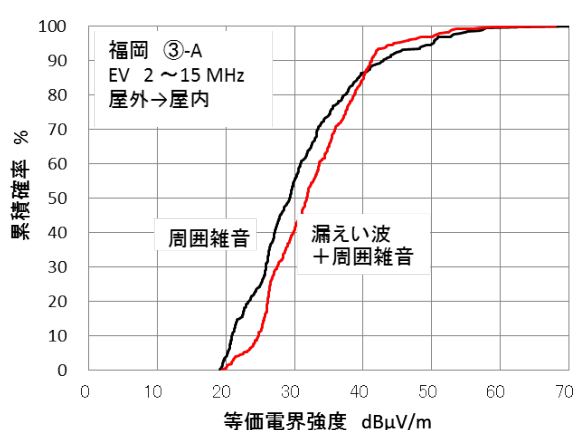


図4.63 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-III) での測定結果(③-A地点：屋外→屋内)



(a) 2~15MHzの帯域

(b) 15~30MHzの帯域

図4.64 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-III) での累積確率分布特性 (③-A地点：屋外→屋内)

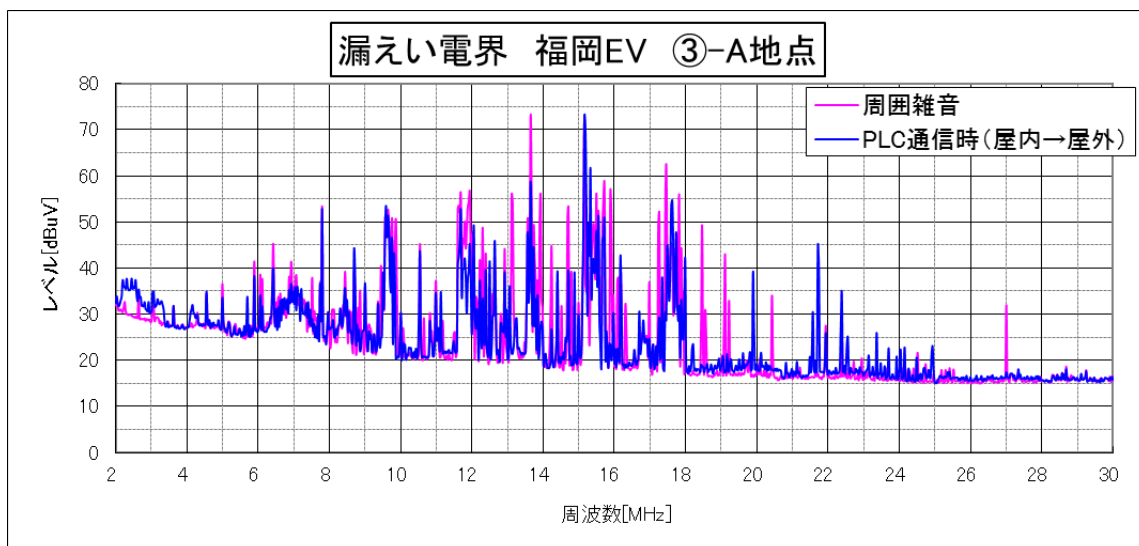


図4.65 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-III) での測定結果 (③-A地点：屋内→屋外)

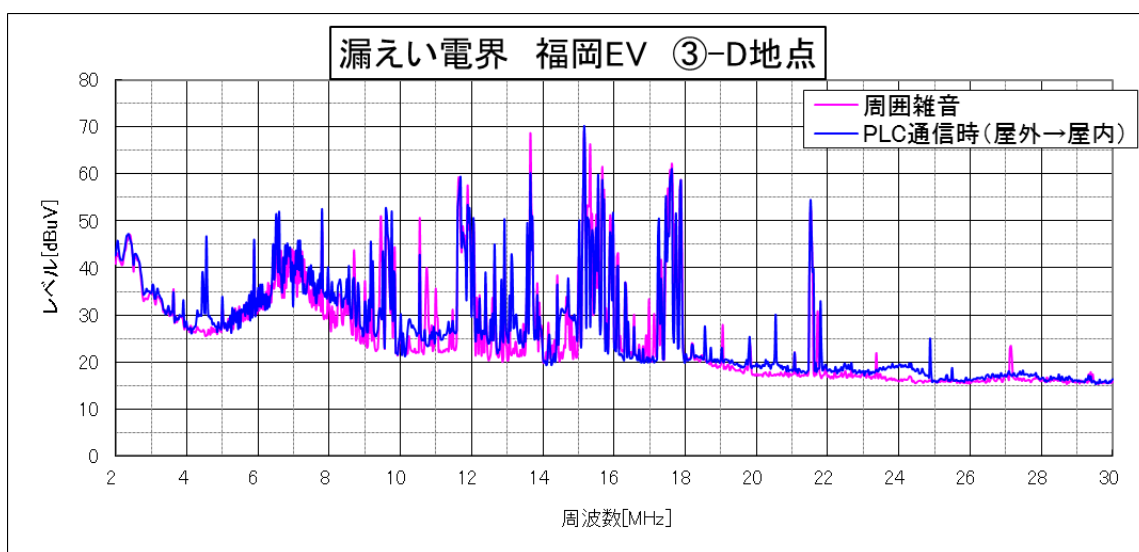
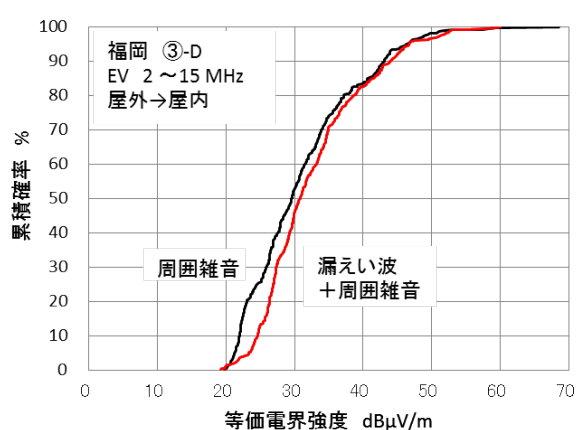
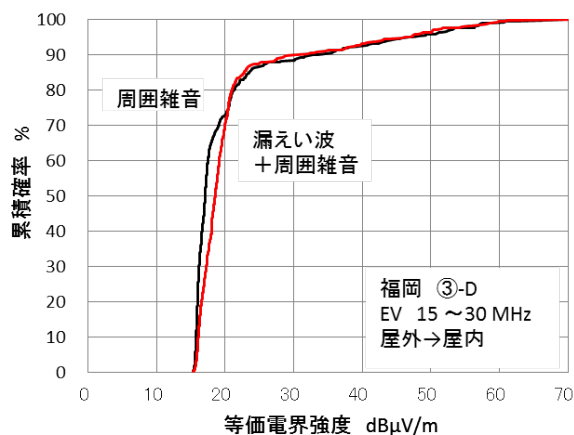


図4.66 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-III) での測定結果 (③-D地点：屋外→屋内)



(a) 2～15MHzの帯域



(b) 15～30MHzの帯域

図4.67 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-III) での累積確率分布特性  
(③-D地点：屋外→屋内)

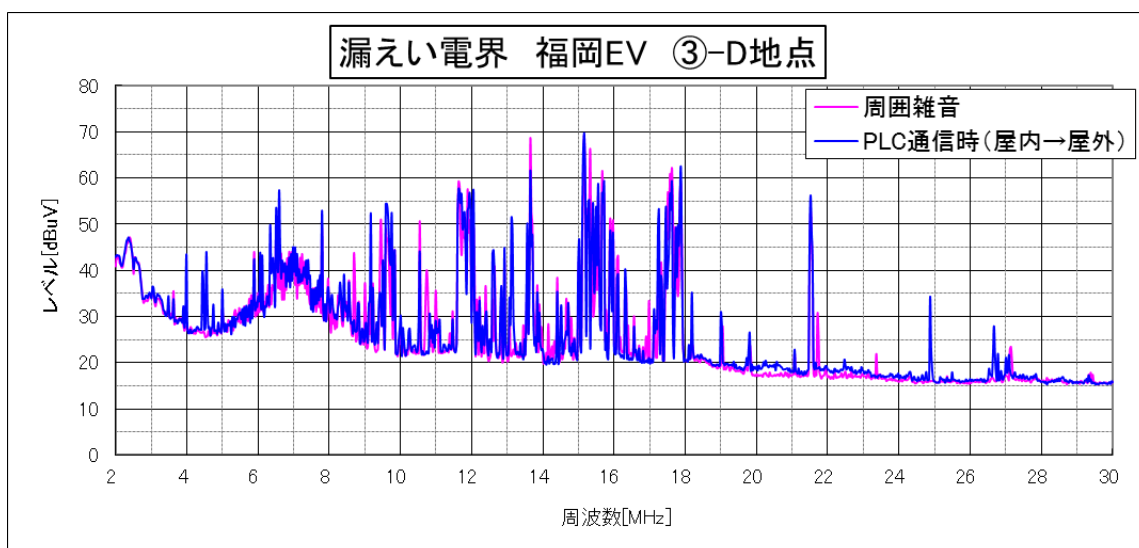


図4.68 福岡HD-PLC検証ハウス (EV-III) での測定結果(③-D地点：屋内→屋外)

以上の福岡HD-PLC検証ハウスにおけるEVモデルでの測定結果について、PLC非動作時(周囲雑音)とPLC通信時において差異が大きい周波数領域での漏えい電界強度による増加分を評価すると表4.4のとおりとなる。

表4.4 福岡HD-PLC検証ハウスでのEVモデルでの測定結果から抽出した帯域での漏えい波の電界強度による増加分の評価

測定点	周波数(MHz)	周囲雑音 (dB $\mu$ V/m)	PLC漏えい波+周 周囲雑音 (dB $\mu$ V/m)	増分(dB)
福岡①-A	7.460~9.392	27.53	32.44	4.91
福岡①-B	7.460~9.392	28.52	29.72	1.20
福岡①-C	7.460~9.392	28.63	32.28	3.66
福岡①-D	7.460~9.392	29.32	32.84	3.51
福岡①-E	7.460~9.392	29.12	32.30	3.18
福岡①-F	7.460~9.392	28.76	32.43	3.67
福岡①-G	7.460~9.392	28.89	33.12	4.23
福岡①-H	7.460~9.392	29.72	32.94	3.22
福岡②-C	7.460~9.392	29.99	34.84	4.85
福岡③-A	7.460~9.392	27.90	32.00	4.11
福岡③-D	7.460~9.392	30.47	33.57	3.11

以上のEVモデルでの測定結果からは、以下のことが言える。

- ・ シミュレーションで予測されたように電力線高が低いことから、漏えい電界強度はカメラモデルに比べて小さい。
- ・ 15MHz以上の帯域では、PLC通信時と非動作時では顕著な差は測定されなかった。
- ・ ここでの測定結果では、PLC通信時では最大約5dBの増加であった。