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 (案)

1 審議事項

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(以下「電力線 搬送通信」を「PLC」という。)設備の屋外利用に係る許容値及び測定法」に ついて審議を行った。

2 委員会の構成

委員会は、審議の促進を図るために委員会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。)で審議を行った。

委員会及び作業班の構成、作業班の構成は、それぞれ参考資料1.1、1.2の とおりである。

3 審議経過

審議経過は次のとおりである。

- ア「広帯域PLC設備の屋外利用に係る許容値及び測定法」について、平成 23年2月、委員会第1回会合において作業班の設置と審議の開始が決定 された。
- イ 作業班を8回開催し、「広帯域PLC設備の屋外利用に係る許容値及び測 定法」に関する検討を行い、結果を取りまとめた。
- ウ 平成24年___月__日に委員会第__回会合を開催し、作業班の報告を基に、 「広帯域PLC設備の屋外利用に係る許容値及び測定法」に関する答申(案) について審議を行った。

4 審議概要

4.1 背景

PLC設備は、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、電波が漏れやすい。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2月までに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、提案をユースケースとして屋外広帯域PLC設備のこれら提案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、これを基にして審議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、特に信号を送信し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

作業班での審議の開始前に、総務省で広帯域PLC設備の屋外利用について、 事業者からの具体的提案等を確認したところ、高速電力線通信協議会 (PLC-J)から、図4.1に示す利活用例の提案があった。



図4.1 屋外利用広帯域PLC設備の利活用例

また、同協議会から、広帯域PLC設備の屋外利用に関する共存条件としては、

- ・ 屋外利用広帯域PLC装置及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。)よりも低い許容値を設定する。

が提案された。

防犯カメラ、電気自動車(EV)充電システムの構成例は、参考資料2.1のとおり。

作業班では、この提案を基に議論が行われ、法令に記述することを踏まえ、 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* 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装置内蔵設備

(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。

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 ものについても、屋内広帯域PLC設備の技術基準とは前提条件が異なり、技 術基準を根本から検討し直す必要があり閣議決定で定められた期間内に結 論を得ることが見込めないため、今回の作業班での審議の対象とはしなかっ た。 4.3 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、屋外に電源回路となる屋外広帯域PLC装 置があり、これが電力線に接続され、家屋の壁面コンセントに接続されている 構成となる。屋外広帯域PLC装置はディファレンシャルモード(DM)と呼ばれる高 周波電源であり、電力線は対称構造であると平衡度が高いので、平衡度が悪い 地点は壁面コンセントから家屋内側を見たときになる。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、DM電流とCM電流とに分解することが出来る。 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(CM)成分 が発生し(この現象をモード変換と称する)、CM電流が電力線に流れることにな 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、漏えい電波の主原因はCM電流である。



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 Ω 、コモンモード(CM)インピーダンス25 Ω 、LCL=16 dBが採用されている。

以上の理由から、数値シミュレーションを実施する際においては、CM成分に

着目している。すなわち、電源として内部抵抗25Ωの1A電流源または1V電圧源 を基本的に採用している。

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。 有効性を確認した後、屋外広帯域PLC設備を模擬する構成として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気的挙動を検討した。

4.3.1 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、参考資料3.1参照のこと。) 図4.3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4.3 電波暗室での模擬実験

この模擬実験の結果例を図4.4に示す(詳細は参考資料3.1を参照)。測定結果から、

・線路高が低いと漏えい電波は低いレベルとなる

- ・ピークの漏えい電波レベルは、立上り部分を含む配線長がおよそ4分の1波長 およ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波 レベルは、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4.4 模擬実験結果の例

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4.3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3.2を参照のこと)

(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4.5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

^{4.3.2} 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

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が小さいとして、本解析は考慮していない。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xy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。



(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4.6に示す。他の周波数の結果については参考資料3.2を参照のこ と。なお同図におけるreference point(電力線上の位置基準点)は、屋外電 力線の水平(10m)に張った部分の左端である(図4.5参照)。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。また電力線高さ1mおよび2mに対する結果では周波数 2 MHz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4.6 電力線上のコモンモード電流計算結果(上:2MHz、下:30MHz)

(3) 電磁界強度

高さ1m、図4.5の参照点よりx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4.7に示す。他の距離における結果については参考資料3.2を参照のこ と。同図より、同点における電界分布と磁界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120Ωを乗じた値にはなっていないこ 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わかる。





図4.7 電磁界強度(上:磁界強度×120□、下:電界強度)

(4) 磁界分布

観測面を図4.5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4.8~図4.10に示す。図4.8及び図4.9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波長線上アンテナの放射パタ ーンの様にビームが左右に分かれる。また図4.10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4.8 磁界分布 (電力線高さh = 0.1 m, f = 30 MHz, z = 5 m)



図4.9 磁界分布 (電力線高さh = 2 m, f = 30 MHz, z = 5 m)



図4.10 磁界分布 (電力線高さh = 2 m, f = 2 MHz, z = 5 m)

(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の一方(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。

- ・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。
- ・電力線高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、電界分布と磁界からの換算値 (120 π×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λ/4、3λ/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3.2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。 4.3.3 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設備の電力配線は様々な形状となるであろう。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。

4.3.2 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 4.11 は、図 4.3 の模擬実験での電力線上の電流分布の測定結果と、図 4.12 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 4.11 模擬実験での電力線上の電流分布特性例: 測定結果と NEC2 によるシミュレーション結果の比較



図 4.12 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(a)、特定方向への漏えいが懸念される傾斜配線モデル(b)、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(c)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。それらの一部を次に示す。

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=120πH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_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。ここで与えてある周波数

は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、共振周波数 での計算結果である。

(a)逆L形配線モデル

図4.13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=30m、線路高Ht=4mの架空線である。観測点は、高さHr=2mで、線路から10m離れた線路に沿った点(xで表示)である。



図4.13 逆L形電力線モデル

完全グラウンド面の場合:



(a) 直接求めた電界特性の例



(b)磁界から換算による電界特性の例



(c)線路上の電流分布特性の例 図4.14 完全グラウンド面上の逆L形配線モデル

大地(Wet Ground条件)面の場合:



(b)磁界から換算した電界特性の例



(c)電流分布特性 図4.15 大地面上の逆L形配線モデル

以上の特性は、完全グラウンド面上の配線と大地面上の配線を比較すると、 漏えい電波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。この ために仰角指向性と方位角指向性を求めた。これが図4.16および図4.17である。 ここでは、大地面での特性である。



図4.16 仰角方向指向特性



図4.17 方位角方向指向性

図4.16および図4.17の指向性特性からは、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。

さらに水平線路部分が長くなった例としてL=100mで、大地の場合の計算例は、



(a)磁界から換算した電界特性



(c) 仰角方向の指向特性



(d)方位角方向の指向特性図4.18 逆L形配線モデル:大地面上の水平線路長100m

この結果は、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。 しかし、その極大値が非常に大きくなるわけではない。

(b)傾斜配線モデル



図4.19 傾斜配線モデル



(b)磁界から換算した電界特性



図4.20 完全グラウンド面上の傾斜配線モデル

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4.21 完全グラウンド面上の指向特性

この指向性特性から、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)磁界から換算した電界特性



(b) 電流分布特性図4.22 大地面上の傾斜配線モデル

(c) 垂直配線モデル



図4.23 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波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4.24 垂直線モデルでの磁界から換算した電界の距離特性 (最大レベルの特性のみが共振周波数している)

以上(詳細は参考資料3.3参照)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。

		Metal Ground Plane		Wet Ground					
Vcom=1 V (120dBμV) Zcom = 25 Ω		電流 max (dBµA)	電磁界強度 max (dBμV/m) Dr=10m, Hr=2m	電 ma (dB	流 ax μA)	電磁界 ma (dBµ Dr=10m,	≹強度 ax V/m) Hr=2m		
4m-垂直線	f≦15 MHz	68.8	88.5	75.7		73.1			
	f>15 MHz	84.4	99.4	71.5		90.5			
10m-1	f≦15 MHz	88.7	100.2	68.2		82.0			
TOTTEL	f>15 MHz	79.8	95.6	70.2		87.0			
30m-L	f≦15 MHz	82.9	97.1	67.4		81.7			
	f>15 MHz	76.4	93.8	69.4		86.0			
100m-L	f≦15 MHz			61.8		77.4			
	f>15 MHz			67.4		85.0		電流	電磁界強度
30m-斜線	f≦15 MHz	87.5	96.4	66.0		75.9		(dBmA)	(dBmV/m)
	f>15 MHz	85.8	92.2	70.6		79.5		Metal-Wet	Metal-Wet
平均値	f≦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≦15 MHz	1 mAの時		70.2			
			f>15 MHz	1 mAの時		75.8			

表4.1 計算シミュレーション結果のまとめ

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 (コモンモード電流に対応)、電磁界強度は共に10dB以上低下する。
- ・共振周波数は、一般大地では上昇する。
- ・配線長に関係する共振周波数で漏えい電波は大きくなる。
- ・線路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、
 その極大値が非常に大きくなるものではない。

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。

4.3.4 中遠距離における電波伝搬

国立天文台、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出された。

<u>これに関しては、既に「高速電力線搬送通信に関する研究会」報告書(平</u> <u>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、</u> <u>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るため、PLC設備に</u> 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。

<u>地上波の影響については、前節(4.3.3節)で検討した。一方、Sky-wave</u> 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km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。」

4.4 許容値及び測定法

許容値及び測定法について、作業班で構成員から意見を募集したところ、 表4.2のとおり、屋外広帯域PLC設備からの漏えい電波を、漏えい電界強度、 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4.1~ 4.3)。

許容値対象パ	許容値	測定法	備考
ラメータ			
漏えい電界	29.5dBuV/m@30m	高さ4mの高さに敷設し	FCC part 15.31、アマ
	48.6dBuV/m@10m	た20mの電力線に沿っ	チュア無線帯域には
		て、水平距離10mの地点	30dB以上のノッチ挿入
		で測定。	
		コンセントをLCL=16dB	
		のISNで模擬	
コモンモード	測定やシミュレーシ	屋内広帯域PLC設備の	屋内広帯域PLC設備に
電流	ョンの結果が出た段	場合と同等:	おける手法と整合性あ
	階で決める	コンセントをLCL=16dB	Ŋ
		のISNで模擬	
最大電力	-125dBm/Hz@2MHz	参考資料4.4のとお	周囲雑音レベルを
	-130dBm/Hz@30MHz	り。	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

表4.2 提案された許容値と測定法

漏えい電界、コモンモード電流、最大電力の間には、図4.25に示す関係が あり、同じ漏えい電波を規定することが可能である。

このうち、漏えい電界で直接規定する方法は、配線レイアウト、実機の動作条件等が様々に異なり、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、実回路(電力配線)とは無関係に規定 することとなる。このため、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、漏えい電波が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、審議の結果、屋内広帯域PLC設備と同様に、コモンモード電流 による規制を行うこととなった。詳細は、参考資料4.5参照。



図4.25 漏洩電波を規定する方法

屋外広帯域PLC設備からの漏えい電波は、大地面の状況が非常に大きな役割を 演じている。平成17年度の「高速電力線搬送通信に関する報告書」において技 術基準の対象としたのは、屋内に設置された屋内広帯域PLC設備であり、その放 射源は屋内に存在している。これに対し今回の対象は屋外電力配線を流れる電 流が主流である。したがって最大の相違点は前者は家屋壁面や屋根による遮蔽 効果があることであり、後者は大地面の効果が直接影響してくる可能性が高い ことである。

平成23年度の現時点においては、屋外広帯域PLC設備は存在しない。従って屋 内広帯域PLC設備を用いて規制値の検討を行った。

以下のようなCM電流で規制されている現在の屋内広帯域PLC設備(表4.3参 照)を仮に屋外広帯域PLC設備の許容値と設定し、屋外での実測実験(ここでは実 証実験と称する)結果を検討することから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。

周波数範囲	電流詞	午容値		
(MHz)	dB (µ A)			
	準尖頭値	平均值		
$2 \sim 15$	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。				

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)

4.5 実証実験結果

4.4で仮に決めた許容値案が妥当であるかを調べるために、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。

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、屋外広帯域PLC装置の周囲8方向、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5.1参照)

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 (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。

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配線であるこ とから、家屋のみならず配線から10mの間隔をも離隔距離とする。

- 4.5.3 実測結果
 - (1) 電気通信大学多摩川グラウンド(カメラモデル) 131232222 (001)管理搜 屋外コンセント 屋外電力線(5m) 8 01 \$1 8m 8m 2-A 2-B 2-H >0 2-G 2-C

2-E

2-F



図4.26において、離隔距離10mを満足する位置は、2D-D、2D-E、2D-F地点で

2-D

屋外 PLC 設備











(c) 図4.27 電気通信大学多摩川グラウンド(I)の測定結果

この測定結果では、13MHz付近で周囲雑音より10dB程度上昇している。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。したがって13MHzの現象は電力配線の共振に 起因していることが考えられる。



図4.28 電気通信大学多摩川グラウンド(II)

図4.28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個所は、③-Cと③-Eである。





(b) 図4.29 電気通信大学多摩川グラウンド(II)での測定結果

電気通信大学多摩川グラウンドでの離隔距離10mを満足する場所で屋外電力線 の影響があると考えられる5件のうち、4件が配線の共振と考えられる周波数で 周囲雑音を10dB程度超えている。



(2) HD-PLC検証ハウス(カメラモデル)

図4.30 HD-PLC検証ハウス(カメラI)



図4.30において、全ての位置が離隔距離10mを満足している。

(a)







(c)



⁽d)

図4.31 HD-PLC検証ハウス(カメラI)での測定結果



図4.32において、離隔距離10mを満足する位置は、2-E、2-F、2-Gを除

く他の位置である。







(b)











⁽e)

図4.33 HD-PLC検証ハウス(カメラII)での測定結果

HD-PLC検証ハウスにおけるカメラモデルにおいては、壁(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8.3mである。8.3mを4分の1波長とする周波数は約9MHzである。測定結果は9件のうち7件がこの周波数付近で周囲雑音から10dB程度上昇している。

(3) HD-PLC検証ハウス(EVモデル)



図4.34 HD-PLC検証ハウス(EV-I)

図4.34において、全てが離隔距離10mを満足している。ここでは、屋外から 屋内への通信時と屋内から屋外への通信時とを併記している。



(a-1)



(a-2)



(b-1)



(b-2)



(c-1)



(c-2)



(d-1)



(d-2)



(e-1)



(e-2)



(f-1)



(f-2)



(g-1)



(g-2)



(h-1)



(h-2)図4.35 HD-PLC検証ハウス(EV-I)での実測値

図4.36 HD-PLC検証ハウス(EV-II)

図4.36において、離隔距離10mを満足する位置は、②-Cだけである。

(a-2)図4.37 HD-PLC検証ハウス(EV-II)における実測値

図4.38 HD-PLC検証ハウス(EV-III)

(a-1)

(b-1)

⁽b-2)

図4.39 HD-PLC検証ハウス(EV-III)における実測値

ここで行ったEVスタンドをモデルとした実測値は、監視カメラをモデルとした場合に比較して線路高が低いこともあり、屋外から屋内への通信において 漏えい電波が周囲雑音程度を若干超える場合があるが、監視カメラモデルに比し小さい。

4.5.4 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 測結果は、屋外電力配線長に関係する共振周波数で周囲雑音を約10dB超す結果 が得られた。この結果は多くの測定場所で得られている。したがって屋内広帯 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ことは不 可能であり、屋外配線長が任意であることを考慮すると、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4.4のとおりとするこ とが妥当である。

周波数範囲	電流許容値			
(MHz)	dB (μ A)		
	準尖頭値	平均值		
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。				

表4.4 屋外広帯域PLCの電源端子における伝導妨害波許容値(通信状態)

また、測定法については、基本的に屋内広帯域 PLC 設備のものに準じること とするが、電流許容値を測定する系において ISN1 と対向広帯域 PLC 装置間に挿 入する減衰器 20dB を 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配線が非常に長くなることに 対処するものとする。

この他、屋外に設置される電源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。

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

これらについては、屋外に設置される電力線は、屋外コンセントに直接接続し、 付属のケーブル以外使用しないこととすると共に、屋外広帯域PLC装置の製造業 者など関係者に、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。

また、屋外広帯域PLC設備からの漏えい電波は電力線等の状況により変化する ため、その型式指定について、屋外広帯域PLC装置を使用した設備の全てを更改 する場合はもとより、屋外広帯域PLC装置や電力線、その他内蔵設備の一部を更 改する場合についても新たに型式指定となることを周知しておく必要がある。 4.6 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。

4.6.1 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。

4.6.2 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+0pt.A, 0pt.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+0pt.A, 0pt.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。

4.6.3 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シアトル会議で広帯域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。

4.6.4 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-RWP1A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-RSM.1879が作成された。

5 審議結果

審議の結果、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PLC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。

参考資料

- 参考資料1 電波利用環境委員会及び高速電力線搬送通信設備作業班の構成 参考資料1.1 電波利用環境委員会構成員
 - 参考資料 1.2 高速電力線搬送通信設備作業班構成員
- 参考資料2 屋外広帯域 PLC 設備の対象について

参考資料 2.1 屋外利用 P L C 機器の共存方法について(改訂版 - 2) (資料 3 - 2)

参考資料3 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 3.1 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 3.2 屋外 P L C 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 3.3 さまざま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4 許容値及び測定法案とその検討
 - 参考資料 4.1 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 4.2 高速 PLC の屋外での許容値案及び測定法案(資料 4-6)
 - 参考資料 4.3 屋外利用高速電力線搬送通信 (PLC) 機器の試験法及び許容値 (案) (資料 4 - 7)
 - 参考資料 4.4 PLC モデムの電力 (PSD) 測定法 (参考資料 6 4)
 - 参考資料 4.5 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5 実証実験結果と考察
 - 参考資料5.1 広帯域電力線搬送通信設備の漏えい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)

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 年 月 日現在)

	氏名	主要現職
主查	ふじわら おさむ 藤原 修	名古屋工業大学工学研究科 教授
専門委員	^{ぁぁぁ} 。。ぃぃぉ 雨宮 不二雄	NTTアドバンステクノロジ(株)EMCチーム主幹担当部長
"	^{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
"		一般社団法人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院 特任教授
"	くまだ ぁ き こ 熊田 亜紀子	東京大学大学院工学系研究科 准教授
"	くるだ 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 教授
"		(独)情報通信研究機構 EMCグループ
"	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
"	Lisin Etalpe 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 常務理事
"	ondes Del 塚原 仁	日産自動車(株) 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 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 教授
"	はせゃま 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 亮治	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 EMCグループ 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
"	ましかわ まりこ 吉川 萬里子	(社)全国消費生活相談員協会 専務理事
"	かたなべ そういち 渡邊 聡一	 (独)情報通信研究機構 EMCグループ 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、平成24年3月27日現在)

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(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	さっき しん 佐々木 伸	全国漁業無線協会業務部長
"	まさべ 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 ひろょし} 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)技術統括グループ標準化推 進室長
"	さいとう きょたか 齋藤 清貴	高速電力通信推進協議会運営委員会委員長
"	さかじり としみつ 坂尻 敏光	全日本航空事業連合会専務理事
"		(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	一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会専務理事
"	たかはし れまな 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 多気 昌生	首都大学東京大学院理工学研究科教授
"		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)
"	っぽかみ ひろはる 坪上 弘治	海上保安庁総務部情報通信課長
"	ひろっ 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 ひきお 藤原 久夫	(社)日本船主協会通信問題サブワーキンググループ
"	まっい ふきお 松井 房樹	一般社団法人電波産業会研究開発本部長
"	まつざき ただし 松崎 正	
"	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
"	^{ょしの たけお} 芳野 赳夫	日本アマチュア無線連盟電磁環境委員会委員長

(計 23 名)