

情報通信審議会 情報通信技術分科会

C I S P R 委員会

報 告

諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会（C I S P R）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」

目 次

I	審議事項	1
II	委員会及び小委員会の構成	1
III	審議経過	1
IV	審議概要	2
V	審議結果	9
別表 1	C I S P R 委員会	10
別表 2	高速電力線搬送通信設備小委員会	11
別添	一部答申案	13
	参考資料	23

I 審議事項

CISPR 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」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」について審議を行った。

II 委員会及び小委員会の構成

委員会及び委員会の下に高速電力線搬送通信（以下「電力線搬送通信」を「PLC」という。）設備の許容値及び測定法に係る専門的な審議を行うために設置された高速電力線搬送通信設備小委員会（以下「小委員会」という。）の構成は、別表 1 及び別表 2 のとおりである。

III 審議経過

1 情報通信審議会情報通信技術分科会（平成 18 年 1 月 23 日）

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「高速電力線搬送通信設備に係る許容値及び測定法」について、本委員会で審議を開始することが報告された。

2 委員会（第 16 回）（平成 18 年 2 月 13 日）

情報通信技術分科会において、本委員会が「高速電力線搬送通信設備に係る許容値及び測定法」に関する審議を行うことになった旨の報告が行われた。

引き続き、平成 17 年 12 月にまとめられた総務省における「高速電力線搬送通信に関する研究会」（以下「研究会」という。）の報告書（参考資料 1）の内容説明があり、この報告書を基礎にして「許容値及び測定法」の審議を行うことが了承された。さらに、小委員会の設置並びに主任・主任代理及び構成員の指名、審議スケジュールの確認等が行われた。

3 小委員会（第 1 回）（平成 18 年 2 月 13 日）

小委員会の設置並びに主任・主任代理及び構成員の指名について説明があり、また、審議スケジュールの確認等が行われた。その後、上記研究会の報告書の内容説明があり、この報告書を基礎にして「許容値及び測定法」の審議を行う旨が説明された。さらに、専門家により「許容値及び測定法」の草案を作成することとされた。

4 小委員会（第 2 回）（平成 18 年 3 月 6 日）

研究会の報告書及び国際規格 CISPR 22 に基づく「許容値及び測定法」の草案が示され、その内容について審議を行った結果、委員会に提案することとされた。

5 委員会（第 17 回）（平成 18 年 3 月 6 日）

小委員会から提案された「許容値及び測定法」の草案の審議を行った結果、この案を含めて、許容値及び測定法に関して関係者からの意見聴取を行うことが決定された。

6 委員会（第 18 回）（平成 18 年 4 月 18 日）

許容値及び測定法に関して、8 者から意見陳述の申し出があり、欠席 1 者を除く 7 者から意見聴取が行われた。

7 小委員会（第 3 回）（平成 18 年 4 月 18 日）

委員会における関係者の陳述意見について審議が行われた。さらに、高速 PLC 設備を実際の家屋に設置して漏えい電波の実測等を行い、その結果に基づいて必要があれば「許容値及び測定法」案の見直しを行うこととされた。

8 小委員会（第4回）（平成18年5月22日）

実際の家屋に高速 PLC 設備を設置して漏えい電波の測定を行った結果（参考資料2）について報告があり、審議が行われた。さらに、関係者からの陳述意見に対する見解案について審議が行われた。その後、「許容値及び測定法」修正案が提案され、審議が行われた。

9 小委員会（第5回）（平成18年6月5日）

「許容値及び測定法」修正案について、構成員から提出された意見を基に審議が行われ、一部修正が行われた。また、関係者からの陳述意見に対する見解案について審議が行われ、一部修正が行われた。これら審議に基づき「CISPR 委員会報告案」が取りまとめられ、委員会に提案することとされた。

10 委員会（第19回）（平成18年6月5日）

小委員会からの提案に基づき審議が行われた結果、「CISPR 委員会報告」が取りまとめられ、情報通信技術分科会に報告することとされた。

IV 審議概要

1 背景

近年、情報通信インフラのブロードバンド化が図られており、屋内に敷設された電力線を利用する PLC 設備について、従来の 10kHz～450kHz を利用する設備以外に、より高速の情報伝送を可能にする周波数帯 2MHz～30MHz を用いる高速 PLC 設備の導入が要望されている。しかしながら、高速 PLC 設備の導入に当たっては、同じ周波数帯を各種無線業務が利用しているため、これら無線利用に及ぼす影響を極力避ける必要がある。このため、平成17年、総務省において研究会が開催され、無線利用との共存条件が検討され、高速 PLC 設備に課すべき 2MHz～30MHz 帯の許容値及び測定法が提案された。

以下では、2MHz～30MHz を利用する高速 PLC 設備から発生する電磁妨害波に関して、研究会で行われた検討結果の要点を説明し、これを基にして委員会で審議した周波数 150kHz～1000MHz の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。

2 電力線の特性や家屋の遮へい特性

高速 PLC 設備は、短波帯(2MHz～30MHz)の信号を電力線を介して伝送することにより高速通信を行おうとするものであり、電波を空間に放射して通信を行うことを意図しているものではない。しかしながら、他の有線伝送路の場合と同様に、線路の平衡度が十分でない場合は、不要な電波を放射することがあるため、これを実用化するには、高速 PLC 設備からの漏えい電波の許容値を定めて、無線利用システムとの間で共存できるようにしなければならない。

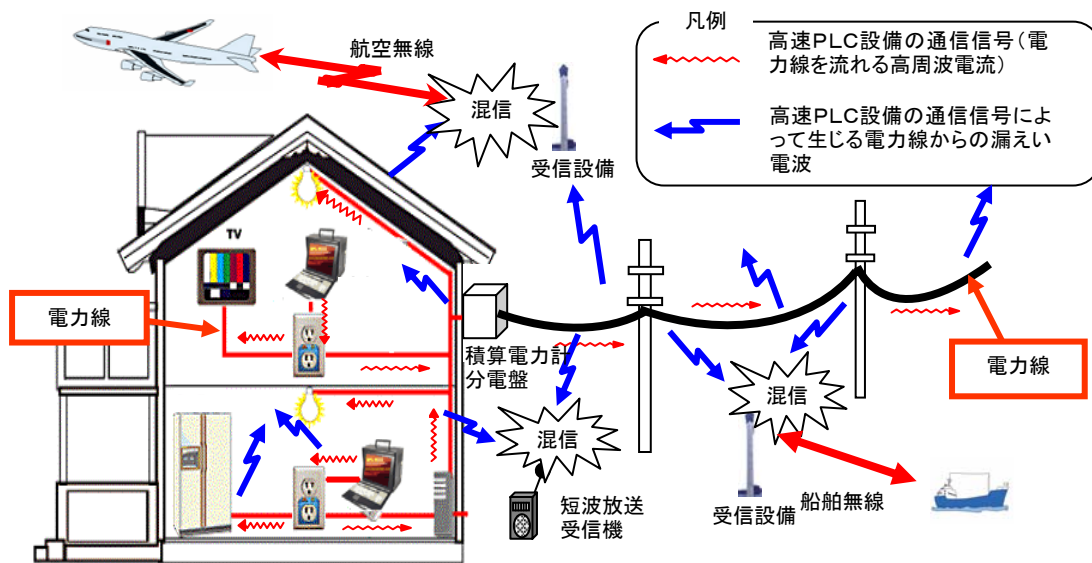


図1 高速PLC設備
(屋内及び屋外の電力線を利用する場合)

2.1 屋内電力線の平衡度と伝送特性

屋内電力線の各種特性の実測値は、以下のとおりである。

(1) LCLで表した電力線の平衡度 (参考資料1、図4-6)

LCL (縦電圧変換損) は、時間や場所によって大きく変動するが、信号周波数帯において、16dB以上が99%、28dB以上が80%の頻度であった。

(2) 電力線のインピーダンス (参考資料1、図4-7、図4-8)

コモンモード・インピーダンス及びディファレンシャルモード・インピーダンスの50%値は、それぞれ、240Ω及び83Ωであった。

(3) 屋内電力線の伝送損失 (参考資料1、図5-29)

ブレーカを含まない同相線路のコンセント間の伝送損失は、信号周波数帯において、10dB程度であった。また、相が異なったりブレーカを経由したりする場合のコンセント間の損失は、周波数や時間、場所によって大きく異なるが、30dB以上であった。

(4) 電力線を介した外部への信号漏えい (参考資料1、図5-31、図5-33)

集合住宅内の隣接住宅への信号減衰量は、ブレーカや積算電力計等による損失があるため、概ね30dB以上であった。また、外部 (屋外低圧配電線) への信号減衰量は、20dB以上あり、平均減衰量は40dB~60dB程度であった。

2.2 家屋による遮へい効果

高速PLC装置が設置された家屋から漏えいする電波の強度は、周波数や距離のみならず、家屋の遮へい効果に依存する。FI法を用いた計算機シミュレーションを行った結果 (参考資料1、5.4)、木造家屋の遮へい効果は距離10mにおいて7dB~22dB、鉄筋コンクリート造家屋で30dB程度であることがわかった。

3 高速 PLC 装置の電磁妨害波に関する許容値

3.1 研究会における検討（参考資料 1、第 8 章）

委員会より以前に開催された研究会では、高速 PLC 設備の利用周波数帯 2MHz～30MHz に関する許容値と測定法を検討した。その結果を要約すれば、以下のとおりである。

3.1.1 2MHz～30MHz に関する許容値の検討の基本方針

屋内に設置された高速 PLC 設備から漏えいする電波の強度を、離隔距離において、周囲雑音レベル程度以下に制限する。

なお、離隔距離は、商業・住宅環境で 10m、田園環境で 30m とした。また、これらの環境における雑音について我が国の最近のデータがないため、ITU-R 勧告 P.372-8 のデータ（昭和 41 年～46 年に米国で実測されたもの）を利用することとした。したがって、現在の我が国の周囲雑音よりも低いことが予想された。

3.1.2 2MHz～30MHz に関する測定法の検討の基本方針

この周波数帯における漏えい電波の波源及び測定の容易さを考えて、高速 PLC 設備の電磁妨害波測定では、電力線から漏えいする電波を測定する代わりに、高速 PLC 装置の電源端子から流出するコモンモード電流を測定することを基本にして、測定法を検討することとした。また、この電流測定では、屋内電力線の代わりに、LCL99%値（実測値：16dB）のインピーダンス安定化回路網を用い、これに高速 PLC 装置を接続して、この電力線に流れるコモンモード電流を測定することとした。

3.1.3 2MHz～30MHz に関する許容値

許容値の算出に当たっては、図 2 の 2 階建てモデル家屋を想定した。この家屋内の高速 PLC 設備から漏えいし、無線局空中線が受信する PLC 妨害波 E_p が、離隔距離 R において、ITU-R 勧告の雑音レベルに等しくなる場合、電力線に流れるコモンモード電流は次式で与えられる。これを算出した結果を表 1 に示す。

$$I_{com} = E_p + L + A - Z + K \quad [\text{dB}(\mu\text{A})]$$

I_{com} ：電力線に流れるコモンモード電流[$\text{dB}(\mu\text{A})$]

E_p ：無線局空中線が受信する PLC 妨害波[$\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$]

（周囲雑音レベルに等しいとする）

L ：離隔距離と 10m の換算値[dB]

A ：建築物の遮へい損失[dB]

Z ：10m 点の妨害波とコモンモード電流の比[$\text{dB}\Omega/\text{m}$]

K ：QP/RMS 換算値[dB]

なお、表 1 の値は、同勧告中、雑音が高い「商業環境」と低い「田園環境」の雑音指数を基に算出した。同勧告に記載されている「住宅環境」の雑音指数を利用しなかったのは、同勧告では 2000 m^2 に 1 戸以上の住宅が存在する環境を「住宅環境」と定義しており、我が国では田園環境に相当すると考えたためである。また、電波の距離減衰特性は数値計算によって求めた。

これに関してパブリックコメントを求めたところ、高速の信号伝送を可能とするために電波の漏えいをできる限り許容すべきとする意見、これとは正反対に、無線利用システムが受ける妨害を極力排除するために電波の漏えいをできる限り制限すべきとする意見など、様々な意見が出され、考え方の乖離は非常に大きいものであった。また、測定法など、その他の論点についても多様な意見が出されたが、約1年間にわたる研究会での検討の結果、以下の共存条件が取りまとめられた。

建築物内に敷設された電力線を利用して通信を行う高速 PLC 装置が発生するコモンモード電流は、周波数 2MHz から 30MHz までの範囲において、コモンモード・インピーダンス 25Ω 、LCL16dB のインピーダンス安定化回路網 (ISN) を用いて帯域幅 9kHz で測定したとき、 $30\text{dB}\mu\text{A}$ (準尖頭値) 以下であること。

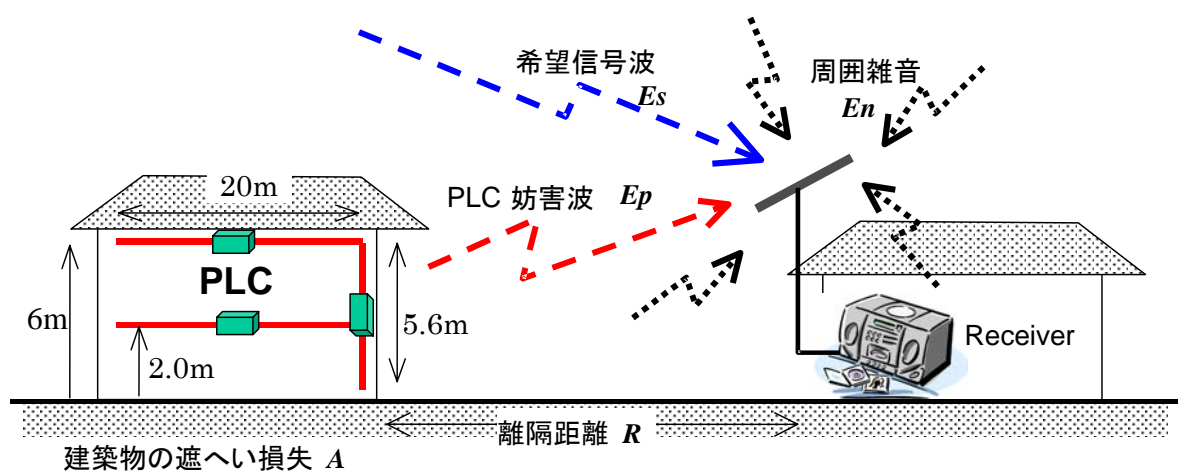


図2 2MHz~30MHzに関する許容値(通信時)算出のためのモデル家屋

表1 高速 PLC 装置から流出するコモンモード電流の許容値算出

	周波数帯 (MHz)	無線局空中線が受信する PLC 妨害波 $E_p(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m})$	離隔距離 $R(\text{m})$	離隔距離と 10m の換算値 $L(\text{dB})$	建築物の遮へい損失 $A(\text{dB})$	10m 点の PLC 妨害波 $E_p(10\text{m})(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m})$
田園環境	2-10	6	30	18	17	41
	10-30	3	30	14	10	27
商業環境	2-10	16	10	0	27	43
	10-30	12	10	0	27	39

	周波数帯 (MHz)	10m 点の PLC 妨害波 $E_p(10\text{m})(\text{dB}\mu\text{V}/\text{m})$	10m 点の妨害波とコモンモード電流の比 $Z(\text{dB}\Omega/\text{m})$	QP/RMS 換算値 $K(\text{dB})$	PLC 信号電流のコモンモード成分 $I_{\text{com}}(\text{dB}\mu\text{A})$	
					準尖頭値	平均値
田園環境	2-10	41	15	10	36	26
	10-30	27	16	10	21	11
商業環境	2-10	43	15	10	38	28
	10-30	39	16	10	33	23
				平均値	32	22

3.2 委員会における許容値の審議

高速 PLC 設備の利用周波数帯である 2MHz～30MHz に関して研究会において検討された許容値を踏まえて、委員会では、150kHz～1000MHz 帯の全域にわたる許容値について、以下のよう
に審議を行った。

3.2.1 許容値の設定の基本方針

- (1) 非通信時の許容値は、パソコンなどの IT 機器の許容値と等しくする。
- (2) 通信時における利用周波数帯(2MHz～30MHz)の許容値は、前節で紹介した研究会の結論に従う。

なお、研究会では、伝導妨害波の許容値のみを検討したため、この周波数帯に関するきょう体からの放射妨害波に関する許容値は、この伝導妨害波の許容値及び微弱電波機器の許容値を参考にして算出する。

- (3) 通信時の非利用周波数帯(150kHz～2MHz、30MHz～1000MHz)の許容値は、パソコンなどの IT 機器の許容値と等しくする。

3.2.2 高速 PLC 装置に適用すべき許容値の当初案

上記の基本方針に基づいて導出された許容値の当初案が表 2 である。

表 2 高速 PLC 装置の電磁妨害波に関する許容値 (当初案)

	測定点	通信状態	非通信状態
伝導妨害波	電源端子	0.15 MHz～0.5 MHz ⁽¹⁾ <QP> 36～26 dB μ A ^(注1) <Av> 26～16 dB μ A ^(注1) ISN1 を使用	0.15 MHz～0.5 MHz ⁽³⁾ <QP> 66～56 dB μ V ^(注1) <Av> 56～46 dB μ V ^(注1) AMN を使用
		0.5 MHz～2 MHz ⁽¹⁾ <QP> 26 dB μ A <Av> 16 dB μ A ISN1 を使用	0.5 MHz～5 MHz ⁽³⁾ <QP> 56 dB μ V <Av> 46 dB μ V AMN を使用
		2 MHz～30 MHz ⁽²⁾ <QP> 30 dB μ A <Av> 20 dB μ A ISN1 を使用	5 MHz～30 MHz ⁽³⁾ <QP> 60 dB μ V <Av> 50 dB μ V AMN を使用
	通信端子 ⁽⁴⁾ ^(注2)	0.15 MHz～0.5 MHz ⁽³⁾ <QP> 40～30 dB μ A ^(注1) <Av> 30～20 dB μ A ^(注1) ISN2 を使用	
		0.5 MHz～30 MHz ⁽³⁾ <QP> 30 dB μ A <Av> 20 dB μ A ISN2 を使用	
	放射妨害波	距離 10m	2 MHz～30 MHz ⁽⁵⁾ <QP> 40 dB μ V/m <Av> 30 dB μ V/m
30 MHz～230 MHz ⁽³⁾ <QP> 30 dB μ V/m			
230 MHz～1000 MHz ⁽³⁾ <QP> 37 dB μ V/m			

<QP>及び<Av>は、それぞれ準尖頭値及び平均値を表す。
ISN1 及び ISN2 は、それぞれ電源端子用及び通信端子用のインピーダンス安定化回路網を表す。
AMN は、擬似電源回路網を表す。
周波数範囲の境界においては、低い方の許容値を適用する。
(注1) 許容値は、周波数の対数に対して直線的に減少するものとする。
(注2) 当分の間、通信端子に関する許容値の適用を延期する。

表中の(1)～(5)については、次のとおりである。

- (1) 非通信状態の許容値(AMNを用いて測定した電圧値) から ISN1 を用いて測定した電流値に変換。

変換式: 非通信状態における電圧許容値 V に対応する通信状態の電流許容値 I は、AMN (非通信状態の測定で使用) の一線・大地間インピーダンスが 50Ω 及び ISN1 (通信状態の測定で使用) の Z_{com} が 25Ω であるから、 $I=(V/50)\times(50/25)=V/25$ となる。この式の各項を対数変換し、 $I(\text{dB}\mu\text{A})=V(\text{dB}\mu\text{V})-20\log 25(\text{dB})$ 。ここで $20\log 25$ を 30 で近似し、 $I(\text{dB}\mu\text{A})=V(\text{dB}\mu\text{V})-30(\text{dB})$ とした。

- (2) 参考資料 1 の結論に準拠。

- (3) CISPR規格 CISPR 22 に関する平成 11 年度電気通信技術審議会答申に準拠。

- (4) 電流測定の代わりに、端子電圧を測定してもよい。その場合、電圧に関する許容値は、表の電流に関する許容値より 44dB 高い数値($\text{dB}\mu\text{V}$)とする。上記の平成 11 年度電気通信技術審議会答申に準拠。

変換式: 電流許容値 I に対応する電圧許容値 V は、ISN2 の Z_{com} が 150Ω であるため、 $V=I\times 150$ となる。この式の各項を対数変換し、 $V(\text{dB}\mu\text{V})=I(\text{dB}\mu\text{A})+20\log 150(\text{dB})$ 。ここで $20\log 150$ を 44 で近似し、 $V(\text{dB}\mu\text{V})=I(\text{dB}\mu\text{A})+44(\text{dB})$ となる。

- (5) 参考資料 1 の表 8.6 に準拠。

なお、表中の(注2)については、現時点でパソコン等の IT 機器の通信端子に許容値が適用されていないため、当分の間、この適用を延期する。

3.2.3 意見聴取

表 2 の許容値案及びこれに付随する測定法案を提示して、関係者から意見を求めたところ、8 件の意見が出された。その主なものは研究会のパブリックコメントと同様であったが、その他、(a)住宅環境の周囲雑音に基づいて許容値を算出すべき、(b)許容値案を満足する高速 PLC 装置を実際に住宅に設置して漏えい電波を測定すべき等の意見が出された。

3.2.4 住宅に設置した高速 PLC 設備から漏えいする電波の測定 (参考資料 2)

表 2 の許容値案の妥当性を確認するために、この許容値を満足する高速 PLC 装置 3 機種を 3 箇所の住宅に実際に設置して動作させ、その周囲で漏えい電波の強度を測定した。3 箇所の住宅は、①住宅地内の鉄筋コンクリート造集合住宅、②郊外の住宅地内の木造住宅、③研究地域内で周囲雑音が高い機器試験用鉄骨木造住宅 (機器試験用のため、住居としては使用していない。) である。

その結果、次のことがわかった。

- (1) 鉄筋コンクリート造住宅からの漏えい電磁界強度は、周囲雑音以下であると判断できた。
(2) 木造住宅からの漏えい電磁界強度は、周波数 $2\text{MHz}\sim 15\text{MHz}$ で、周囲雑音以下である

と判断できた。しかしながら、周波数 15MHz～30MHz においては、漏えい電磁界強度が周囲雑音を上回る可能性があることがわかった。

したがって、周波数 15MHz～30MHz について許容値（表 2 の黒太枠で囲った数値）の見直しが必要と考えられた。

3.2.5 15MHz～30MHz の許容値の見直し

既に記載したように、周波数 15MHz～30MHz に関する許容値の見直しが必要なため、以下のような方針で、実測結果に基づいて許容値の修正案を作成した（参考資料 3）。

(1) 住宅環境の周囲雑音レベルについて、実測値（図 3）を基準にして許容値を算出する。

ただし、周囲雑音の代表値として、図 3 の 3 本のグラフの中の Y のグラフ（YRP での実測値のグラフ）から、周波数帯 2MHz～15MHz では 28dB μ V/m、15MHz～30MHz では 18dB μ V/m を採用する。

(2) 木造建造物の遮へい効果については、各周波数帯内で低い値を採用する。

住宅環境の周囲雑音に対応する高速 PLC 装置のコモンモード電流の算出結果を表 3 に示す。

許容値算出において住宅環境を基準にした理由は、離隔距離 10m の住宅環境では、田園環境（離隔距離 30m）に比べて、隣接する無線局空中線に強い PLC 妨害波が到達するためである。また、木造建造物を基準にした理由は、他の構造材の住宅などに比べて遮へい減衰量が小さいため、電波の漏えいが一番大きいためである。住宅環境における木造住宅から漏えいする PLC 妨害波を基準にして許容値を算出すれば、他の商業環境、田園環境のいずれにおいても、2MHz～30MHz の周波数において、高速 PLC 装置からの漏えい電波を周囲雑音以下に抑えることができることになる（参考資料 3）。

表 3 の検討結果を考慮して、以下の値を許容値修正案として採用することとした。

2～15 MHz <QP>Icom=30 dB μ A (表 2 と同じ)

15～30 MHz <QP>Icom=20 dB μ A (表 2 より 10dB 低減)

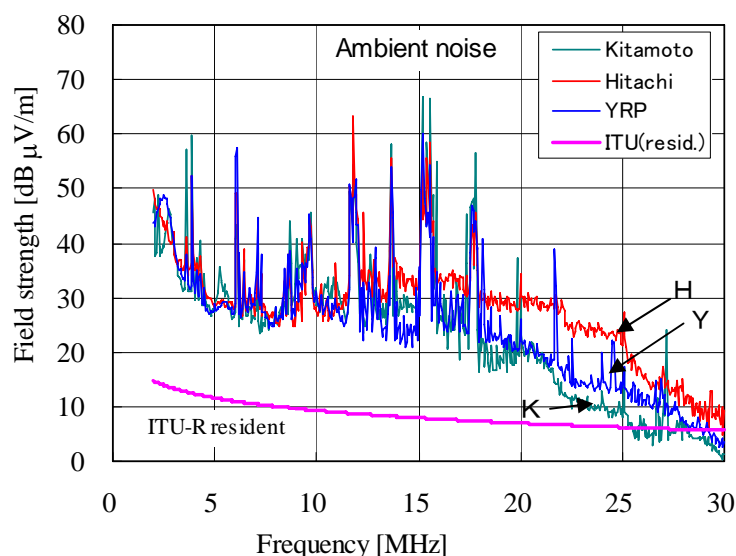


図 3 住宅地における周囲雑音の実測値

表3 PLC信号電流のコモンモード成分の許容値の見直し

	周波数帯 (MHz)	無線局空中線が受信するPLC妨害波 $E_p(\text{dB}\mu\text{V/m})$	離隔距離 $R(\text{m})$	離隔距離と10m間の減衰 $L(\text{dB})$	建築物の遮へい $A(\text{dB})$	10m点のPLC妨害波 $E_p(10\text{m})$ ($\text{dB}\mu\text{V/m}$)
住宅環境	2-15	28	10	0	12	40
	15-30	18	10	0	7	25

	周波数帯 (MHz)	10m点のPLC妨害波 $E_p(10\text{m})$ ($\text{dB}\mu\text{V/m}$)	10m点の妨害波とコモンモード電流の比 $Z(\text{dB}\Omega/\text{m})$	QP/RMS換算値 $K(\text{dB})$	PLC信号電流のコモンモード成分 $I_{com}(\text{dB}\mu\text{A})$	
					準尖頭値	平均値
住宅環境	2-15	40	15	10	35	25
	15-30	25	16	10	19	9

4 高速 PLC 装置の電磁妨害波に関する測定法

基本方針を次のとおりとした。

- (1) 一般の電子機器と同様の測定法を適用する。

すなわち、高速 PLC 装置のきょう体又は同装置が内蔵される電気・電子機器の寸法が波長より十分小さくなる 30MHz 以下では、漏えい電磁妨害波の発生源は主として屋内の電力線であり、したがって、これを流れる妨害波電流等をきょう体近傍で測定する。

これより高い周波数帯では、電磁妨害波がきょう体及びその近傍の電力線から直接放射されるため、これを測定する。

- (2) 通信時の測定では、最大通信速度の状態での測定を行う。

V 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「高速電力線搬送通信設備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。

C I S P R 委員会 の 構成

主 査	杉浦 行	東北大学電気通信研究所 教授
主査代理	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 情報通信システム学講座教授
副主査	雨宮不二雄	N T T アドバンステクノロジー(株)アクセスネットワーク事業本部 理事 EMC センタ 主幹担当部長
副主査	篠塚 隆	(独)情報通信研究機構 電磁波計測研究センター推進室 研究マネージャー
副主査	塚原 仁	日産自動車(株)電子技術本部電子システム開発部 電子信頼性グループ主査
副主査	徳田 正満	武蔵工業大学工学部電子通信工学科教授
副主査	藤原 修	名古屋工業大学大学院工学研究科 おもひ領域 情報工学専攻/電気電子工学教育類教授
副主査	山中 幸雄	(独)情報通信研究機構 電磁波計測研究センターEMCグループ グループリーダー
	市野 芳明	(財)テレコムエンジニアリングセンター電磁環境試験部 電磁環境試験部長
	井上 正弘	(財)電気安全環境研究所横浜事業所EMC試験センター課長職
	越後 宏	東北学院大学工学部電気工学科教授
	岡本和比古	三菱電機(株)情報技術総合研究所主席研究員
	上 芳夫	電気通信大学電気通信学部情報通信工学科教授
	川崎 邦弘	(財)鉄道総合技術研究所信号通信技術研究部信号主任研究員
	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
	田上 雅照	富士通(株)品質保証本部 品質保証推進統括部技術サポート部 EMC安全技師
	千代島敏夫	(株)P F U システムプロダクト事業部テクノロジー開発部主任技術員
	富田 誠悦	(財)電力中央研究所電力技術研究所領域リーダー・上席研究員
	長沢 晴美	情報処理装置等電波障害自主規制協議会常務理事
	仁田 周一	サレジオ工業高等専門学校専攻科生産システム工学専攻教授
	野本 俊裕	日本放送協会技術局技術主幹
	羽田 隆晴	(財)日本品質保証機構 安全電磁センター電磁環境試験部試験課課長
	平伴 喜光	松下電工(株)照明事業本部照明デバイス開発事業部営業企画グループ 課長
	堀 和行	ソニー(株)CSセンタープロダクトクオリティ室品質戦略グループ 課長
	山口 高	日本アイ・ビー・エム(株)開発製造スタッフオペレーションズ 技術推進・EMC技術開発次長

高速電力線搬送通信設備小委員会の構成

主任	杉浦 行	東北大学電気通信研究所教授
主任代理	上 芳夫	電気通信大学電気通信学部情報通信工学科教授
	雨宮不二雄	NTTアドバンステクノロジー(株)アクセスネットワーク 事業本部 理事 EMCセンタ主幹担当部長 (Iグループ主任)
	有高 明敏	パナソニックコミュニケーションズ(株) 副社長付き特命担当ディレクタ
	小倉 敏彦	(社)日本民間放送連盟 企画部主幹 (第3回から)
	長部 邦廣	情報処理装置等電波障害自主規制協議会 技術専門委員会副委員長
	加藤 高昭	東京電力(株)電子通信部長
	河合 直樹	日本放送協会 技術局技術主幹
	小林 哲	(社)電波産業会 常務理事
	佐藤 雄二	海上保安庁総務部情報通信企画課長
	徳田 正満	武蔵工業大学工学部電子通信工学科教授 (Hグループ主任)
	中坪 克行	国土交通省航空局管制保安部無線課長
	弘津 研一	情報通信ネットワーク産業協会 PLC タスクフォース
	山中 幸雄	(独)情報通信研究機構 電磁波計測研究センター EMCグループ グループリーダー (Aグループ主任)
	芳野 赳夫	(社)日本アマチュア無線連盟 電磁環境委員会委員長
	渡辺 昌己	(社)日本民間放送連盟 企画部主幹 (第2回まで)

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「高速電力線搬送通信設備に係る許容値及び測定法」についての一部
答申案

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「高速電力線搬送通信設備に係る許容値及び測定法」についての一部答申案

高速電力線搬送通信設備に係る許容値及び測定法については、次のとおりとすることが適当である。

1 対象設備

本許容値及び測定法は、次の条件を満足する高速電力線搬送通信（以下「電力線搬送通信」を「PLC」という。）設備に適用する。

- (1) 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高速 PLC 設備で、屋内でのみ使用するもの。なお、受信のみを目的とするものを除く。
- (2) 搬送波の周波数が、2MHz から 30MHz までの範囲にあること。

なお、本答申において、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。

2 許容値

高速 PLC 装置の電磁妨害波に適用する許容値を表 1 に示す。

表 1 高速 PLC 装置の電磁妨害波に関する許容値

	測定点	通信状態	非通信状態
伝導妨害波	電源端子	0.15 MHz～0.5 MHz <QP> 36～26 dB μ A ^(注1) <Av> 26～16 dB μ A ^(注1) ISN1 を使用	0.15 MHz～0.5 MHz <QP> 66～56 dB μ V ^(注1) <Av> 56～46 dB μ V ^(注1) AMN を使用
		0.5 MHz～2 MHz <QP> 26 dB μ A <Av> 16 dB μ A ISN1 を使用	0.5 MHz～5 MHz <QP> 56 dB μ V <Av> 46 dB μ V AMN を使用
		2 MHz～15 MHz <QP> 30 dB μ A <Av> 20 dB μ A ISN1 を使用	5 MHz～15 MHz <QP> 60 dB μ V <Av> 50 dB μ V AMN を使用
		15 MHz～30 MHz <QP> 20 dB μ A <Av> 10 dB μ A ISN1 を使用	15 MHz～30 MHz <QP> 60 dB μ V <Av> 50 dB μ V AMN を使用

	通信端子 ^(注2)	0.15 MHz～0.5 MHz <QP> 40～30 dB μ A ^(注1) <Av> 30～20 dB μ A ^(注1) ISN2 を使用	
		0.5 MHz～30 MHz <QP> 30 dB μ A <Av> 20 dB μ A ISN2 を使用	
放射妨害波	距離 10m	30 MHz～230 MHz <QP> 30 dB μ V/m	
		230 MHz～1000 MHz <QP> 37 dB μ V/m	
<p><QP>及び<Av>は、それぞれ準尖頭値及び平均値を表す。 ISN1 及び ISN2 は、それぞれ電源端子用及び通信端子用のインピーダンス安定化回路網を表す。 AMN は、擬似電源回路網を表す。 周波数範囲の境界においては、低い方の許容値を適用する。 ^(注1) 許容値は、周波数の対数に対して直線的に減少するものとする。 ^(注2) 当分の間、通信端子に関する許容値の適用を延期する。</p>			

3 測定設備

高速 PLC 装置の電磁妨害波の測定に使用する設備は、以下のとおりとする。

3.1 測定用受信機

準尖頭値測定用受信機は、平成 10 年度電気通信技術審議会答申（「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『無線妨害波及びイミュニティ測定装置の技術的条件』の一部答申」をいう。以下同じ。）の 2「周波数 9kHz から 1000MHz までの準尖頭値測定用受信機」に規定された特性を満足すること。

平均値測定用受信機は、平成 10 年度電気通信技術審議会答申の 4「周波数 9kHz から 1000MHz までの平均値測定用受信機」に規定された特性を満足すること。

3.2 伝導妨害波測定設備

3.2.1 擬似電源回路網

擬似電源回路網(AMN)は、平成 10 年度電気通信技術審議会答申の 11.3「50 Ω /50 μ H V 型擬似電源回路網(150kHz から 30MHz まで)」に規定された特性を満足すること。

3.2.2 インピーダンス安定化回路網

(a) 電源端子用インピーダンス安定化回路網 (ISN1)

電源端子用インピーダンス安定化回路網 (ISN1) は、以下の特性を満足すること。

- ① 被測定高速 PLC 装置を接続するための供試機器端子、AC 電源端子及び接地端子を備えていること。

- ② 供試機器端子から見たコモンモードインピーダンスは、周波数範囲 150kHz～30MHz において、 $25\Omega \pm 3\Omega$ 、位相角 $0^\circ \pm 20^\circ$ であること。
- ③ 供試機器端子から見たディファレンシャルモードインピーダンスは、周波数範囲 150kHz～30MHz において、 $100\Omega \pm 10\Omega$ 、位相角 $0^\circ \pm 25^\circ$ であること。
- ③ 供試機器端子から見た LCL は、周波数範囲 150kHz～30MHz において、 $16\text{dB} \pm 3\text{dB}$ であること。
(注) LCL の定義は、ITU-T 勧告 G.117 (1996) を参照。
- ④ AC 電源端子に接続された対向高速 PLC 装置 (補助装置) から発生する信号波 (ディファレンシャルモード) がコモンモードに変換されて測定結果に現れることを防ぐために、補助装置からの信号波を 20dB 以上減衰すること。
- ⑤ 補助装置から発生するコモンモード電流が供試機器端子に現れる割合は、150kHz～30MHz の範囲において、 -35dB 以下であること。

(b) 通信端子用インピーダンス安定化回路網(ISN2)

通信端子用インピーダンス安定化回路網(ISN2)は、平成 11 年度電気通信技術審議会答申 (「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『情報技術端末からの妨害波の許容値と測定法』の一部答申」をいう。) の 9.5「通信ポートにおける伝導妨害波の測定法」に規定された特性を満足すること。

3.2.3 電流プローブ

電流プローブは、平成 10 年度電気通信技術審議会答申の 12.1「電流プローブ」に規定された特性を満足すること。

3.3 放射妨害波測定設備

3.3.1 測定場

周波数 30MHz～1000MHz の測定に使用する放射妨害波測定場は、平成 10 年度電気通信技術審議会答申の 16「周波数 30MHz から 1000MHz までの無線周波妨害波測定用試験場」に規定された測定距離 10m に使用する測定場の特性を満足すること。

なお、野外測定場の代わりに電波無反射室 (金属大地面付き) を利用する場合は、電波無反射室は平成 10 年度電気通信技術審議会答申の 16 に規定された特性を満足すること。

3.3.2 測定用アンテナ

周波数 30MHz～1000MHz の測定に使用するアンテナは、平成 10 年度電気通信技術審議会答申の 15「無線周波放射妨害波測定用アンテナ」のうち、15.4「30MHz から 300MHz までの周波数帯」及び 15.5「300MHz から 1000MHz までの周波数帯」に規定された特性を満足すること。

4 測定法

高速 PLC 装置の電磁妨害波の測定法は、以下のとおりとする。

4.1 電源端子における伝導妨害波の測定(150kHz～30MHz)

被測定高速 PLC 装置の電源端子における伝導妨害波の測定は、当該設備の非通信状態及び通信状態において、それぞれ以下のように行う。

なお、外来妨害波の影響を除去するために、測定は電磁遮へい室内で行い、電源供給は高域除去電源フィルタを介して行うこと。

4.1.1 非通信状態

測定には、図1のように、被測定高速 PLC 装置及び通信線を介して接続された通信用装置（例えば、ホストコンピュータ）を用いる。

なお、通信用装置から発生する電磁妨害波及び通信線から漏えいする妨害波が、測定結果に影響を及ぼさないこと。

- 1) 被測定高速 PLC 装置と通信用装置を、広さ 2m x 2m 以上の金属面上に置かれた高さ 40 cm の非導電性台の上に設置する。
- 2) 擬似電源回路網(AMN)を上記金属面上に設置し、金属面と電氣的に接続する。
- 3) 被測定高速 PLC 装置、AMN 及び通信用装置を、それぞれの機器に付属する電源線及び通信線を用いて接続する。

なお、電源線や通信線が被測定装置に付属していない場合は、通常使用する線路と同じ特性でかつ長さ 1m のものを用いる。

- 4) 被測定装置と AMN の距離は 80cm に固定し、余分な電源線は長さ 40cm の束にしてまとめる。
- 5) AMN の電源端子を電源に接続して、被測定装置及び通信用装置を動作させる。
なお、被測定装置は、非通信状態にする。
- 6) 測定用受信機を AMN の測定端子に接続し、妨害波電圧の準尖頭値(QP)及び平均値(Av)を測定する。

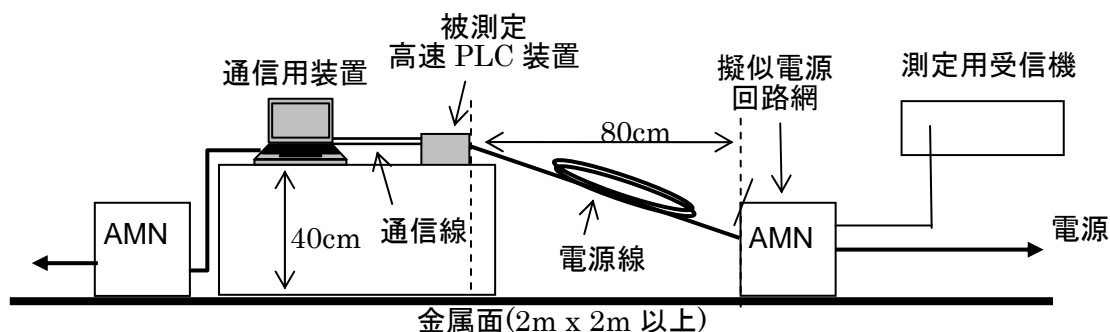


図1 電源端子妨害波電圧の測定（非通信状態）

4.1.2 通信状態

測定には、図2のように、被測定高速 PLC 装置及び通信線を介して接続された通信用装置（例えば、ホストコンピュータ）、さらに被測定高速 PLC 装置と電源線を介して通信を行う対向高速 PLC 装置と対向通信用装置を用いる。

なお、通信用装置、対向高速 PLC 装置、対向通信用装置から発生する妨害波、さらに通信線から漏えいする妨害波が、測定結果に影響を及ぼさないこと。

- 1) 被測定高速 PLC 装置と通信用装置、さらに対向高速 PLC 装置と対向通信用装置を、広さ 2m x 2m 以上の金属面上に置かれた高さ 40 cm の非導電性台の上に設置する。
- 2) 電源端子用インピーダンス安定化回路網(ISN1)を上記金属面上に設置し、金属面と電氣的に接続する。
- 3) 被測定高速 PLC 装置、通信用装置、ISN1、対向高速 PLC 設備及び対向通信用装置を、それぞれの機器に付属する電源線又は通信線を用いて、図 2 のとおり接続する。
 なお、電源線や通信線が被測定高速 PLC 装置に付属していない場合は、通常使用する線路と同じ特性でかつ長さ 1m のものを用いる。
- 4) 被測定高速 PLC 設備と ISN1 の距離は 80 cm に固定し、余分な電源線は長さ 40 cm の束にしてまとめる。
- 5) ISN1 及び AMN の電源端子を電源に接続して、被測定高速 PLC 装置及び対向高速 PLC 装置を介して、通信用装置と対向通信用装置間で通信を行う。
 なお、測定時は、最大通信速度に設定する。
- 6) 図 2 のように、被測定高速 PLC 装置の電源線に電流プローブを設置して、ISN1 から 10cm 離れた位置における妨害波電流を測定用受信機で測定する。
 なお、妨害波電流の準尖頭値(QP)及び平均値(Av)を測定する。

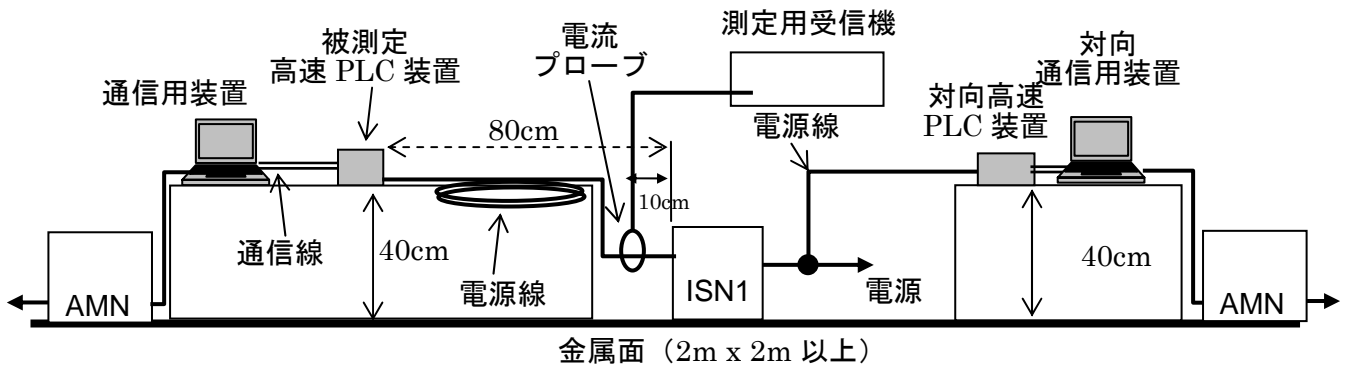


図 2 電源端子妨害波電流の測定（通信状態）

4.2 通信端子における伝導妨害波の測定(150kHz～30MHz)

被測定高速 PLC 装置の通信端子における伝導妨害波の測定は、以下のように行う。

測定には、図 3 のように、被測定高速 PLC 装置及び通信線を介して接続された通信用装置（例えば、ホストコンピュータ）、さらにと電源線を介して通信を行う対向高速 PLC 装置と対向通信用装置を用いる。

なお、外来妨害波の影響を除去するために、測定は電磁遮へい室内で行い、電源供給は高域除去電源フィルタを介して行うこと。また、通信用装置、対向高速 PLC 装置、対向通信用装置から発生する妨害波が測定結果に影響を及ぼさないこと。

- 1) 被測定高速 PLC 装置と通信用装置、さらに対向高速 PLC 装置と対向通信用装置を、広さ 2m x 2m 以上の金属面上に置かれた高さ 40cm の非導電性台の上に設置する。
- 2) 通信端子用インピーダンス安定化回路網(ISN2)を上記金属面上に設置し、金属面と電氣的に接続する。

- 3) 被測定高速 PLC 装置、通信用装置、ISN2、対向高速 PLC 装置及び対向通信用装置を、それぞれの機器に付属する電源線又は通信線を用いて、図3のとおり接続する。
 なお、電源線や通信線が被測定高速 PLC 装置に付属していない場合は、通常使用するものを用いる。
- 4) 被測定高速 PLC 装置と ISN2 の距離は、80cm に固定する。
- 5) ISN2 及び AMN の電源端子を電源に接続して、被測定高速 PLC 装置及び対向高速 PLC 装置を介して、通信用装置と対向通信用装置間で通信を行う。
 なお、測定時は最大通信速度に設定する。
- 6) 図3のように、被測定 PLC 装置の通信線に電流プローブを設置して、ISN2 から 10cm 離れた位置における妨害波電流を測定用受信機で測定する。
 なお、妨害波電流の準尖頭値(QP)及び平均値(A_V)を測定する。

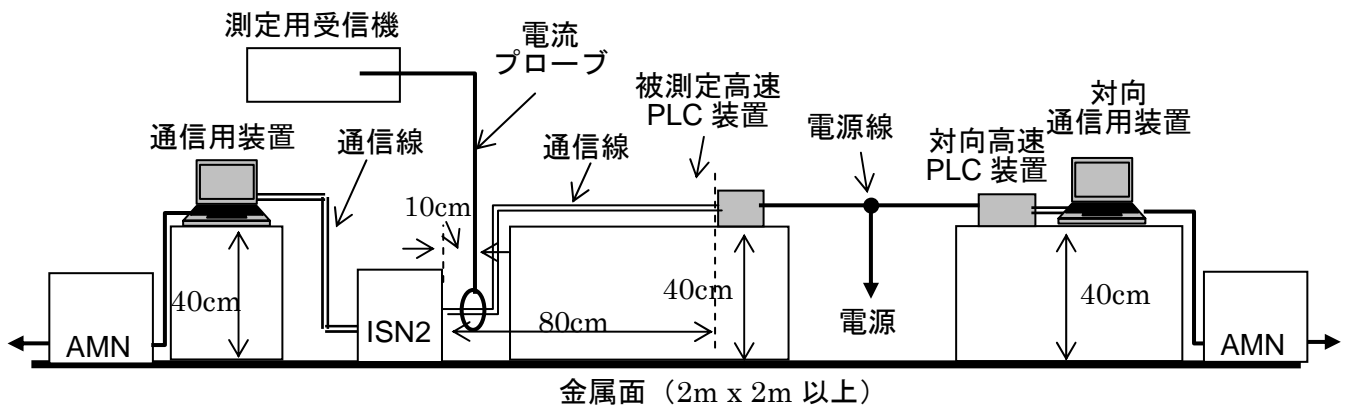


図3 通信端子妨害波電流の測定（通信状態）

4.3 放射妨害波の測定(30MHz~1000MHz)

被測定高速 PLC 装置の放射妨害波の測定は、図4に示すように、3.3.1の放射妨害波測定場において、高速 PLC 装置の通信状態において行う。測定には、被測定高速 PLC 装置及び通信線を介して接続された通信用装置（例えば、ホストコンピュータ）、これらと電源線を介して通信を行う対向高速 PLC 装置と対向通信用装置を用いる。さらに電源端子用インピーダンス安定化回路網（ISN1）を用いる。

なお、これらの装置類に対する電源供給は高域除去電源フィルタを介して行うこと。また、通信用装置、対向高速 PLC 装置、対向通信用装置から発生する妨害波が測定結果に影響を及ぼさないこと。

4.3.1 測定時の装置類の配置

- 1) 被測定高速 PLC 装置と通信用装置を高さ 80cm の非導電性回転台に設置する。さらに ISN1、対向高速 PLC 装置及び対向通信用装置は、金属大地上又は金属大地面下（地下室）に設置する。
- 2) ISN1 を金属大地面と電氣的に接続する。

3) 被測定高速 PLC 装置、通信用装置、ISN1、対向高速 PLC 装置及び対向通信用装置を、それぞれの機器に付属する電源線又は通信線を用いて接続する。図5に回転台上の機器の具体的配置を示す。

なお、電源線や通信線が被測定高速 PLC 装置に付属していない場合は、通常使用するものを用いる。

4) ISN1 の電源端子を電源に接続して、被測定高速 PLC 装置及び対向高速 PLC 装置を介して、通信用装置と対向通信用装置間で通信を行う。

なお、測定時は最大通信速度に設定する。

4.3.2 周波数 30MHz～1000MHz の測定

1) 3.3.2 に示す電界測定用アンテナを、図4に示すように、回転台上の被測定高速 PLC 装置及び通信用装置から距離 10m 離して金属大地面上に設置する。

2) アンテナに測定用受信機を接続した後、回転台を回転しながら、アンテナの高さを金属大地面上 1m～4m の範囲で掃引しながら、最大受信レベルを測定する。

3) 上記の測定を水平偏波及び垂直偏波について行う。

4.3.3 その他の注意事項

野外の測定では、無線局等の到来電波や周囲雑音の混入が予想されるため、まず、被測定高速 PLC 装置への電源供給を停止し、かつ通信用装置、ISN1、対向高速 PLC 装置及び対向通信用装置への電源供給を行った状態で、測定周波数において周囲雑音レベルを測定し、許容値より 10dB 以上低いことを確認すること。

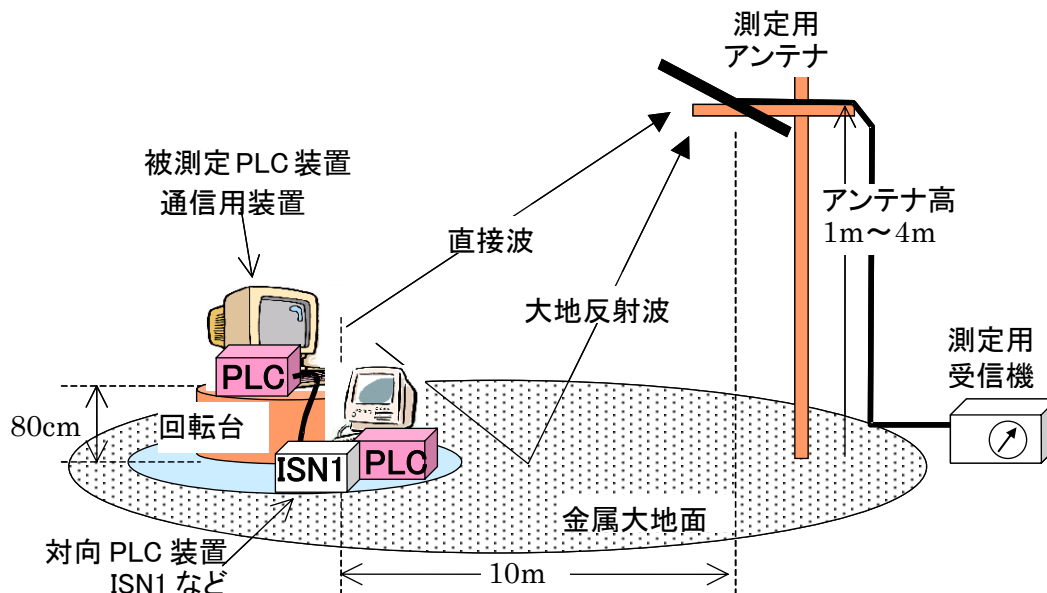


図4 放射妨害波の測定

(この例では、ISN1、対向高速 PLC 装置及び対向通信用装置を金属大地面上に設置)

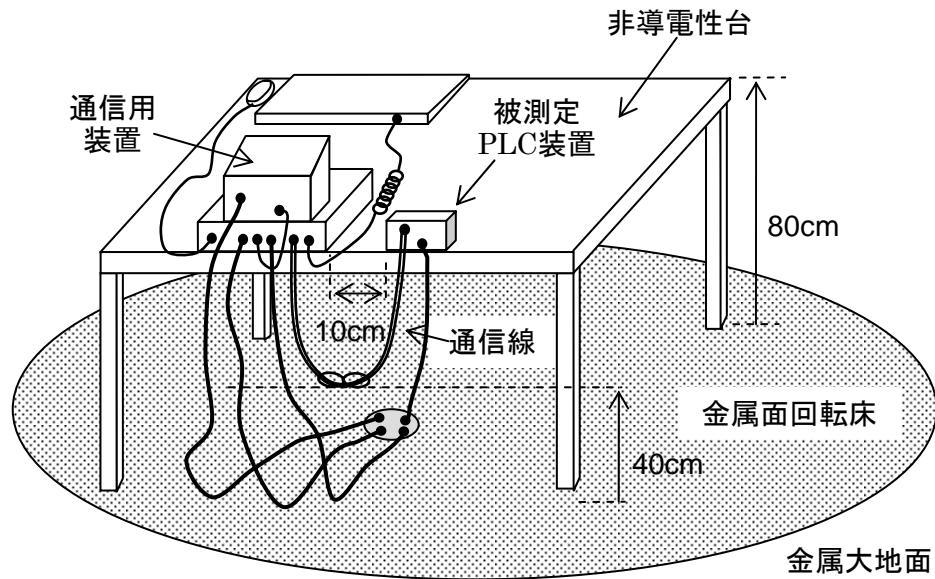


図5 被測定高速 PLC 装置等の配置

(この例では、ISN1、対向 PLC 装置及び対向通信用装置を金属大地面下に設置)

4.4 測定法全般に関わる事項

- (1) 被測定高速 PLC 装置及び対向高速 PLC 装置に複数の入出力端子がある場合は、使用しない端子を規定のインピーダンスで終端すること。
- (2) クランプ型の高速 PLC 装置については、その装置に付属する電源線にクランプして妨害波測定を行うこと。

5 その他

5.1 高速 PLC 装置の製造業者など関係者の努力

高速 PLC 装置の製造業者など関係者においては、高速 PLC 設備が広く一般世帯に普及することを考慮して、設備利用者が無線利用との共存について十分に理解できるように必要な情報を周知すること、また、利用者からの相談に応じられるように相談窓口を設けることが必要である。さらに、万一漏えい電波が無線利用に障害を及ぼした場合に備えて、PLC 信号の停止機能など、高速 PLC 装置に漏えい電波による障害を除去することができる機能を施すとともに、障害が発生した場合にその除去に積極的に協力することが必要である。

5.2 許容値・測定法の見直し

本答申は、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、高速 PLC 設備の許容値及び測定法を検討したものであるが、今後、高速 PLC 設備が実用に供された段階で無線利用との共存状況について把握し、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。

また、高速 PLC 設備の漏えい電波に関して、無線通信規則や CISPR 規格が策定された場合は、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。

参考資料

参考資料 1 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） （参考資料を除く。）	2 5
参考資料 2 PLC 公開実験結果	9 1
参考資料 3 PLC 公開実験に基づく許容値の見直し	9 7

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

はじめに

電力線搬送通信は、電力を供給する電力線を伝送路として通信を行おうとするものである。しかしながら、電力線自身は通信を目的として敷設されたものではないため、これに通信信号を伝送させた場合、電波が漏えいして無線利用に影響を及ぼす可能性がある。このため、電力線搬送通信は、これまでは10kHz～450kHzの周波数帯を使用して、家庭内用インターホンや家電機器のリモコン操作等の低速のデータ伝送に利用されてきた。

近年、情報通信インフラのブロードバンド化が進展していく中で、既存の電力線を使用することにより容易にネットワーク構築が可能な電力線搬送通信が注目され、高速の情報伝送を行うことが要望されている。このため、家電機器から発生する雑音の周波数特性や電力線の伝送特性を考慮して、2MHz～30MHzの周波数帯を使用して高速通信を行うことが検討されている。一方、この2MHz～30MHzの周波数帯は、航空通信、海上通信、短波放送、アマチュア無線、電波天文等に利用されており、電力線搬送通信でこの周波数帯を使用する場合、漏えい電波を可能な限り低減させ、これらの無線利用との間で共存を図る必要がある。

2MHz～30MHzを使用する高速の電力線搬送通信については、既に平成14年に総務省において「電力線搬送通信設備に関する研究会」が開催されており、各方面の関係者からのヒアリングや実環境での実験が行われ、電力線搬送通信に使用する周波数帯を拡大した場合に、同じ周波数帯を既存の電波利用と共存することができるか否かについて検討が行われた。その結果、

「現在開発されているモデム及び現在の電力線の状況では、電力線搬送通信設備が航空管制や短波放送等の無線通信に対する有害な混信源となり得ることから、使用周波数帯を拡大することは困難である。しかし、今後モデムや電力線等において漏洩電界強度を大幅に低減する技術の開発が期待されることから、研究開発等を継続することが必要である。」

「モデムの研究開発の促進、国際基準策定に必要なデータ取得等のため、実証実験を今後も実施する必要がある、そのための制度整備（研究開発目的の設備の許可制度）が必要である。」

などの提言を内容とする報告書が取りまとめられた。これらの提言を受け、その後、漏えい電波低減技術の開発が行われてきており、平成16年3月からは屋内電力線の使用を中心とした実験によるデータ取得も行われている。

本報告書は、このような状況を受け、高速電力線搬送通信と無線利用との共存の可能性及び共存条件等について検討を行い、その結果を取りまとめたものである。

目次

はじめに

第1章	高速電力線搬送通信の概要	1
1.1	高速電力線搬送通信	1
1.2	高速電力線搬送通信設備からの漏えい電波による影響	2
1.3	漏えい電波低減技術の開発	2
1.4	海外における高速電力線搬送通信の利用	3
第2章	短波帯(2MHz~30MHz)の無線利用	4
第3章	無線局の信号波強度	6
3.1	無線局等の受信機の感度等	6
3.2	周囲雑音のレベル	7
3.3	無線局等の受信点での信号波電界強度	9
第4章	妨害波の発生	11
4.1	概要	11
4.2	電力線に流れる電流	11
4.3	コンセントでの評価	12
4.4	コモンモード電流を知るためのパラメータ	12
4.4.1	LCL(縦電圧変換損)	12
4.4.2	CMZ(コモンモードインピーダンス)とDMZ(ディファレンシャルモードインピーダンス)	13
4.4.3	LCLとDMZ、CMZの関係	13
4.5	LCL、DMZ、CMZの実測値	14
4.6	コモンモード電流	16
4.7	CMZとDMZに対するコモンモード電流の変化	17
4.8	LCLに対するコモンモード電流の変化	18
第5章	妨害波の電波伝搬	19
5.1	電力線近傍の電界分布	19
5.1.1	測定値と計算値の関係	20
5.1.2	分岐数に対する角度分布の変化	21
5.1.3	分岐数に対する周波数特性の変化	21
5.1.4	周波数特性に対するスイッチ分岐のON-OFF依存性	22
5.1.5	受信アンテナ高に対する依存性	22
5.1.6	電力線近傍の電界分布特性	23
5.1.7	まとめ	23
5.2	近距離における電波伝搬	25
5.2.1	計算機シミュレーション	25
5.2.2	水平線路のコモンモード電流によって生じる電磁界	25

5.2.3	垂直線路のコモンモード電流によって生じる電磁界	28
5.2.4	家屋密集地域における高速電力線搬送通信設備から放射される電磁波の累積効果	29
5.3	中遠距離における電波伝搬	30
5.3.1	検討手順・条件・設定パラメータ	30
5.3.2	計算結果	33
5.4	家屋・ビルによる遮蔽	38
5.4.1	計算モデル	38
5.4.2	数値解析結果(鉄筋コンクリート構造物)	39
5.4.3	数値解析結果(木造構造物)	40
5.4.4	まとめ	40
5.5	配電系の伝送特性	41
5.5.1	住宅内電力系統の伝送特性測定結果	41
5.5.2	集合住宅における隣接住戸間の電力系統の伝送特性測定結果	43
5.5.3	住宅から屋外低圧配電線への伝送特性測定結果	44
第6章	高速電力線搬送通信に関連する許容値の現状	45
6.1	諸外国の現状	45
6.1.1	米国	45
6.1.2	欧州	45
6.1.3	その他	46
6.2	国際無線障害特別委員会(CISPR)における国際規格の策定	46
6.3	国際電気通信連合無線通信部門(ITU-R)における検討	47
第7章	高速電力線搬送通信に関連する妨害波測定法	48
7.1	高速電力線搬送通信の使用形態	48
7.2	高速電力線搬送通信による不要電磁波発生メカニズム	48
7.3	高速電力線搬送通信に関連する各種妨害波測定法	48
7.3.1	電源線伝導妨害波の測定法(9kHz~30MHz)	48
7.3.2	信号線伝導妨害波の測定法(150kHz~30MHz)	50
7.3.3	妨害波電力の測定法(30MHz~300MHz)	52
7.3.4	放射妨害波の測定法(30MHz~1000MHz)	53
第8章	許容値及び測定法	54
8.1	PLC機器の妨害波の許容値(信号周波数帯)	54
8.1.1	屋内配線モデル	54
8.1.2	屋内配線から放射される電磁波の距離特性	55
8.1.3	PLC機器に適用すべき許容値	55
8.2	PLC機器の妨害波に関する測定法	58
8.2.1	妨害波測定のための回路	58
8.2.2	PLC機器の妨害波測定法	59
おわりに		60

第1章 高速電力線搬送通信の概要

1.1 高速電力線搬送通信

電力線搬送通信は、既存の電力線を使用することにより容易にネットワークを構築し、通信を行うことができるものであるが、無線利用への影響を考慮し、現在のところ10kHz～450kHzの周波数を使用することが可能とされている。近年、この電力線搬送通信について、伝送可能な情報量を増大させた高速電力線搬送通信を実現するため、使用可能な周波数を拡大（2MHz～30MHzを追加）することが要望されている。

本研究会においては、屋外配電系については平衡度が悪いことが懸念され、漏えい電波が十分に低減できる目途が立っていない状況にあることから、屋内配電系を用いた高速電力線搬送通信を対象として検討を行った。

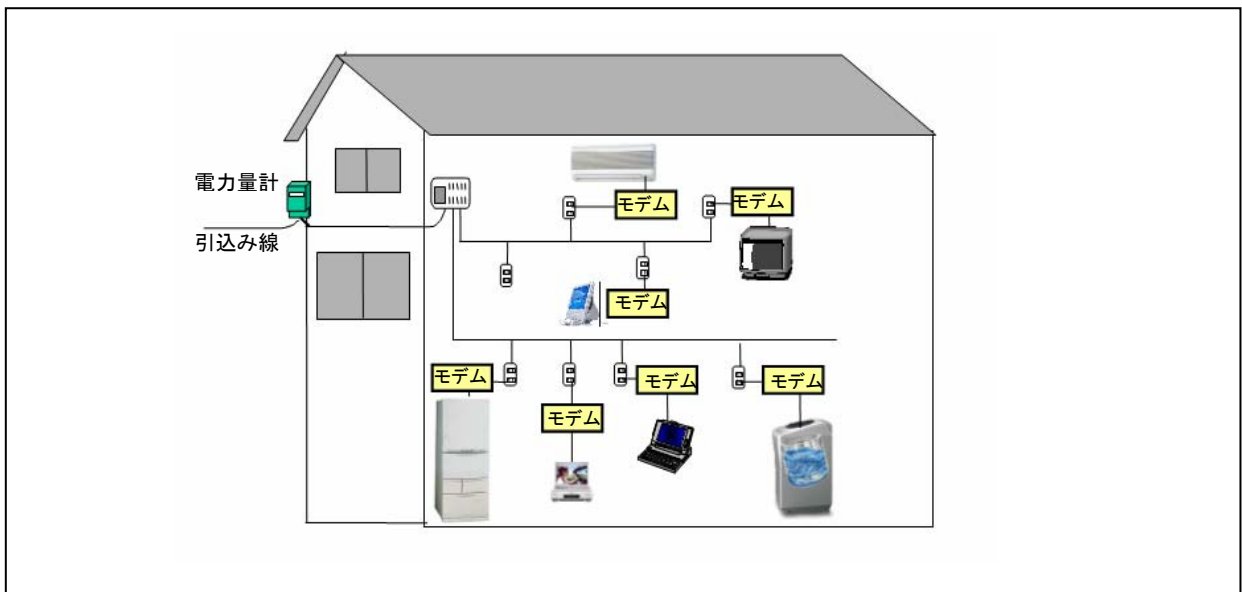


図 1-1 高速電力線搬送通信（屋内系）

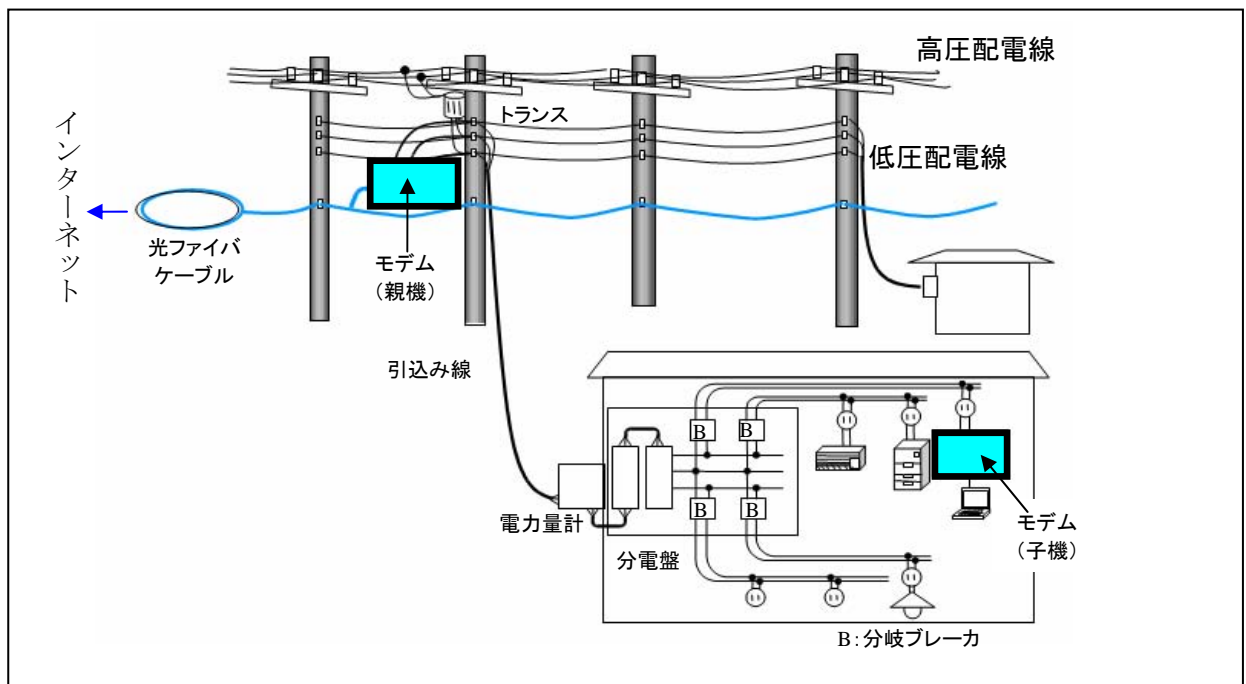
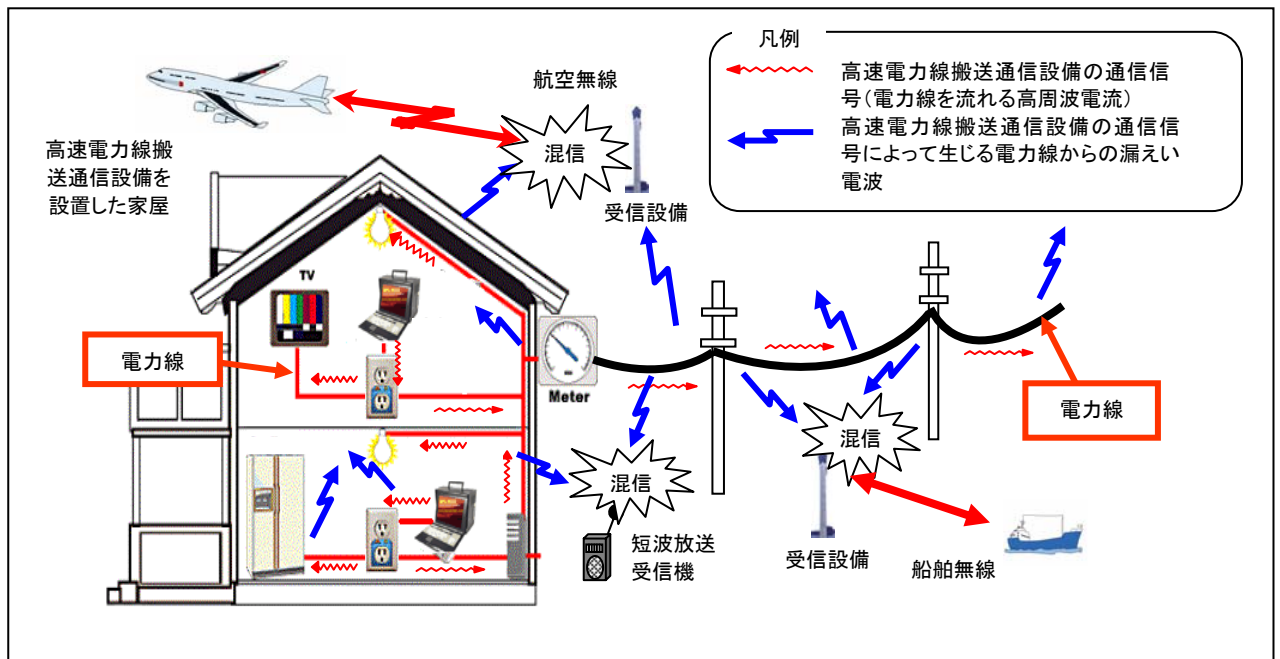


図 1-2 高速電力線搬送通信（アクセス系）

1.2 高速電力線搬送通信設備からの漏えい電波による影響

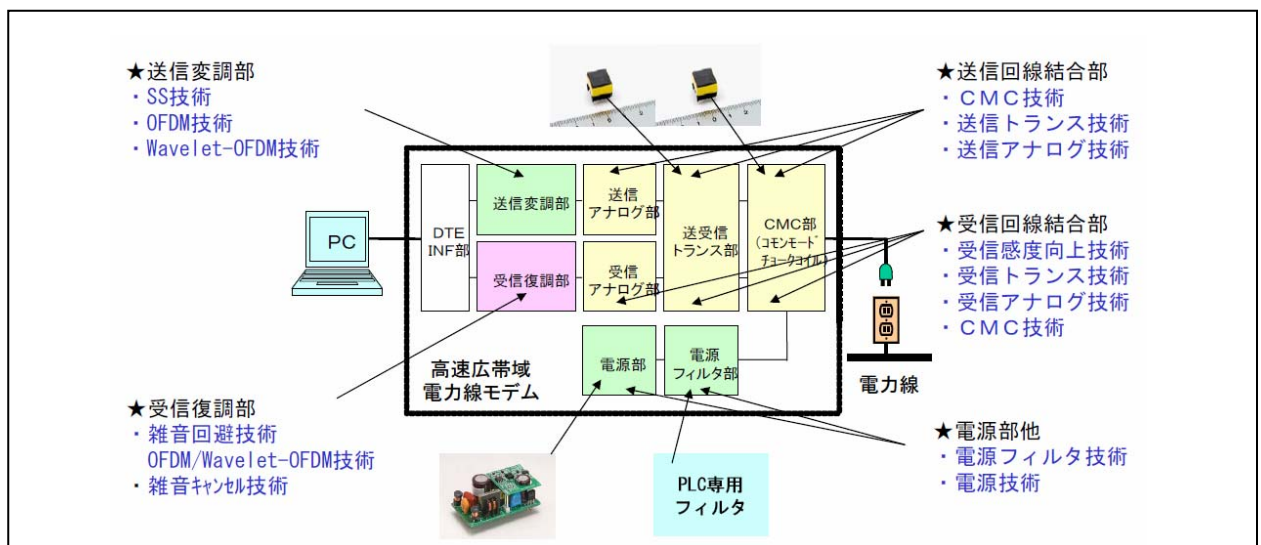
高速電力線搬送通信については、電力線から漏えいする電波が無線利用に影響を及ぼすことが懸念されている。



1.3 漏えい電波低減技術の開発

総務省において、電力線搬送通信と無線通信との共用の可能性等について検討を行うため、平成 14 年に「電力線搬送通信設備に関する研究会」が開催された。同研究会では、ヒアリングや実環境実験の結果から、「現時点においては、電力線搬送通信設備の使用周波数帯を拡大することは困難であるが、今後、漏えい電波を大幅に低減するための技術の開発が期待されることから、研究開発等を継続することが必要」、「モデムの研究開発の促進、国際基準策定に必要なデータ取得等に必要な実験を実施するために、研究開発目的の設備の許可制度を整備することが必要」などとする提言が取りまとめられた。

この提言を受け、平成 16 年 1 月に、漏えい電波低減に係る実験制度が導入され、平成 16 年 3 月から屋内電力線の使用を中心とした実験によるデータ取得が行われている。



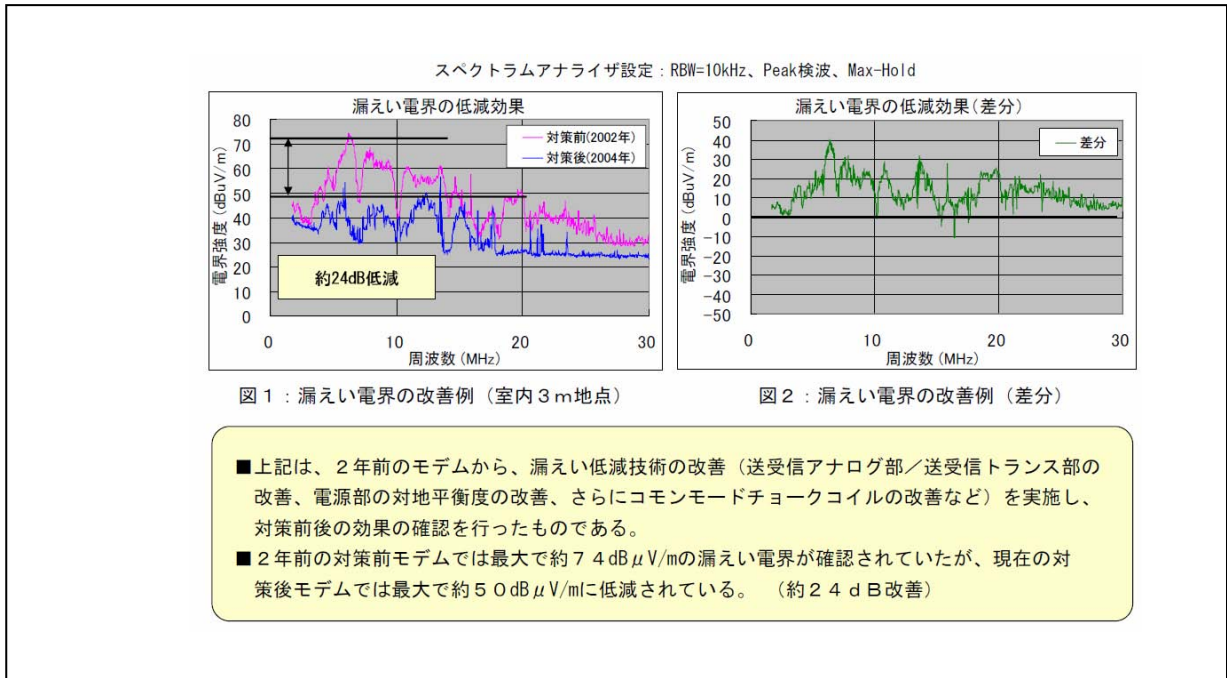


図1-5 漏えい電界低減技術の効果（SS方式）の例

1.4 海外における高速電力線搬送通信の利用

米国において、屋内用として14Mbps（物理層レベル）のモデムが民間で規格化・商品化されているが、伝送速度が十分に出ないなどの状況もあり、次世代モデムを開発中である。また、アクセス系での利用に関しては、平成16年10月にFCCルールを改正し、使用禁止周波数帯の設定、特定周波数帯における使用禁止地域の設定、データベースへの登録・公開、干渉申し立てへの対応などの事前・事後の規制を導入している（数百kbps～数Mbps程度のサービスの提供例がある。）。

欧州においては、2001年8月に欧州委員会が標準化団体に対して技術仕様策定を指示しており、未だ策定に至っていない状況にあるが、スペインやドイツにおいて、地中化率の高い屋外電力線による電力線搬送通信がインターネット接続に利用されている（最大伝送速度は1Mbps程度）。

第2章 短波帯 (2MHz~30MHz) の無線利用

短波帯 (2MHz~30MHz) は、航空通信 (遭難通信等を含む)、海上通信 (遭難通信等を含む)、短波放送、アマチュア無線、電波天文のほか、固定通信、移動通信、市民ラジオ、ラジオマイク、ラジコン、ワイヤレスカード等の各種業務に使用されている。

表 2-1 2MHz~30MHz の主な周波数割当て

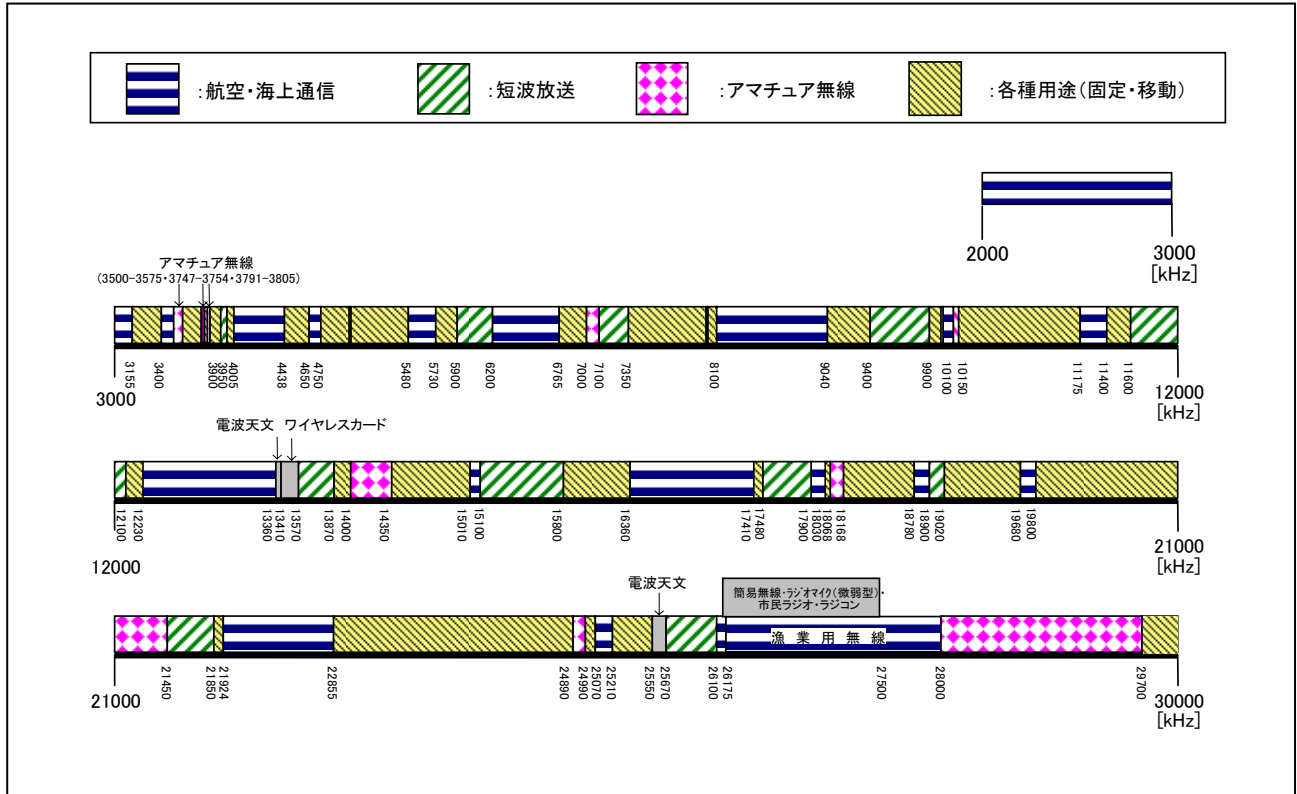


表 2-2 周波数割当表 (抜粋)

国内分配 (kHz)	
2000-2065	固定 海上移動 陸上移動
2065-2107	海上移動
2107-2170	固定 陸上移動 海上移動
2170-2173.5	海上移動
2173.5-2190.5	移動
2190.5-2194	海上移動
2194-2495	固定 陸上移動 海上移動
2495-2501	標準周波数報時
2501-2502	標準周波数報時 宇宙研究
2502-2505	標準周波数報時
2505-2850	固定 陸上移動 海上移動
2850-3025	航空移動 (R)
3025-3155	航空移動 (OR)
3155-3230	固定 移動 (航空移動 (R) を除く。)
3230-3400	固定 移動 (航空移動を除く。)
3400-3500	航空移動 (R)
3500-3575	アマチュア
3575-3747	固定 移動 (航空移動 (R) を除く。)
3747-3754	アマチュア
3754-3791	固定 移動 (航空移動 (R) を除く。)
3791-3805	アマチュア
3805-3900	固定 移動 (航空移動 (R) を除く。)
3900-3950	航空移動 放送
3950-4000	固定
4000-4063	固定 海上移動
4063-4438	海上移動
4438-4650	固定 陸上移動 海上移動
4650-4700	航空移動 (R)
4700-4750	航空移動 (OR)
4750-4995	固定 陸上移動
4995-5003	標準周波数報時
5003-5005	標準周波数報時 宇宙研究
5005-5060	固定
5060-5450	固定 陸上移動 海上移動
5450-5480	固定 陸上移動 航空移動 (OR)
5480-5680	航空移動 (R)
5680-5730	航空移動 (OR)
5730-5900	固定 陸上移動 海上移動 航空移動 (OR)
5900-6200	放送
6200-6525	海上移動
6525-6685	航空移動 (R)
6685-6765	航空移動 (OR)
6765-7000	固定 移動 (航空移動 (R) を除く。)
7000-7100	アマチュア アマチュア衛星

国内分配 (kHz)	
7100-7200	アマチュア 固定 移動 (航空移動 (R) を除く。)
7200-7450	放送
7450-8100	固定 移動 (航空移動 (R) を除く。)
8100-8195	固定 海上移動
8195-8815	海上移動
8815-8965	航空移動 (R)
8965-9040	航空移動 (OR)
9040-9400	固定
9400-9900	放送
9900-9995	固定
9995-10003	標準周波数報時
10003-10005	標準周波数報時 宇宙研究
10005-10100	航空移動 (R)
10100-10150	アマチュア
10150-11175	固定 陸上移動 海上移動 航空移動 (OR)
11175-11275	航空移動 (OR)
11275-11400	航空移動 (R)
11400-11600	固定
11600-12100	放送
12100-12230	固定
12230-13200	海上移動
13200-13260	航空移動 (OR)
13260-13360	航空移動 (R)
13360-13410	固定 電波天文
13410-13570	固定 陸上移動 海上移動 航空移動 (OR)
13570-13870	放送
13870-14000	固定 陸上移動 海上移動 航空移動 (OR)
14000-14250	アマチュア アマチュア衛星
14250-14350	アマチュア
14350-14990	固定 陸上移動 海上移動 航空移動 (OR)
14990-15005	標準周波数報時
15005-15010	標準周波数報時 宇宙研究
15010-15100	航空移動 (OR)
15100-15800	放送
15800-16360	固定
16360-17410	海上移動
17410-17480	固定
17480-17900	放送
17900-17970	航空移動 (R)
17970-18030	航空移動 (OR)
18030-18052	固定
18052-18068	宇宙研究
18068-18168	アマチュア アマチュア衛星
18168-18780	固定
18780-18900	海上移動
18900-19020	放送
19020-19680	固定
19680-19800	海上移動
19800-19990	固定
19990-19995	標準周波数報時 宇宙研究

国内分配 (kHz)	
19995-20010	標準周波数報時
20010-21000	固定 陸上移動 海上移動 航空移動 (OR)
21000-21450	アマチュア アマチュア衛星
21450-21850	放送
21850-21924	固定
21924-22000	航空移動 (R)
22000-22855	海上移動
22855-23000	固定
23000-23200	固定 陸上移動
23200-23350	固定 航空移動 (OR)
23350-24000	固定 陸上移動 海上移動
24000-24890	固定 陸上移動
24890-24990	アマチュア アマチュア衛星
24990-25005	標準周波数報時
25005-25010	標準周波数報時 宇宙研究
25010-25070	固定 陸上移動 海上移動
25070-25210	海上移動
25210-25550	固定 陸上移動 海上移動
25550-25670	電波天文
25670-26100	放送
26100-26175	海上移動
26175-27500	固定 移動 (航空移動を除く。)
27.5-28 MHz	移動
28-29.7 MHz	アマチュア アマチュア衛星
29.7-37.5 MHz	移動

※ 下線は二次業務。脚注分配を除く。

第3章 無線局等の受信点での信号波強度

短波帯を利用する高速電力線搬送通信からの妨害波の許容値を検討するに当たっては、この周波数帯を利用する既存の無線局等の受信点での信号波強度や周囲雑音強度を参考にする必要がある。このため以下では、本研究会および平成14年度「電力線搬送通信設備に関する研究会」に提出された資料をもとに、各種無線局等の受信点での信号波強度や周囲雑音レベルを考察する。

3.1 無線局等の受信機の感度等

2MHz-30MHz帯の無線局等の受信設備の感度等に関し、本研究会および平成14年度の研究会において各種団体から提出された資料に記載されている値を抜粋して表3-1に示す。

表3-1 無線局等の感度等

周波数	無線局等	受信機感度等 V_r	条件・根拠	備考
1.6MHz~26MHz	MF/HF 無線設備 (DSC, 無線電話, NBDP)	DSC, NBDP $1 \mu V$ (0dB μV) 無線電話 $6 \mu V$ (16dB μV)	DSC, NBDP 無線設備規則第40条 の7 (文字誤り率1%以下) 無線電話 SINAD=20dB	ヒ3-3 (日本船主協会) DSC:デジタル選択呼出し装置 NBDP:狭帯域直接印刷電信装置)
27MHz	MF/HF 無線設備 沿岸小型船舶通信	DSB $10 \mu V$ (20dB μV) SSB $3 \mu V$ (10dB μV)	技適証明規則	ヒ3-9 (日本無線)
4MHz, 8MHz, 13MHz/12MHz, 17MHz/16MHz, 22MHz	海上移動業務	$3 \mu V$ (10dB μV)	SINAD=20dB 無線設備規則第57条	ヒ4-5 (KDDI)
8MHz/11MHz	航空管制等	$1 \mu V$ (0dB μV)	SSB:S/N=10dB AM:S/N=6dB	ヒ4-4 (定期航空協会)
2MHz~22MHz	国際対空通信業務	$3 \mu V$ (10dB μV)	S/N=20dB (b=3 kHz 3dB 帯域幅)	ヒ6-3 (国土交通省航空局)
3.9MHz, 6.0MHz/6.1MHz, 9.5MHz/9.7MHz,	短波放送受信	受信機雑音 等価電界強度 $4dB \mu V/m$	ITU-R WP1A/46E (May, 2004)	研究会資料3-3 (日経ラジオ)
3.5MHz, 3.8MHz, 7MHz, 10MHz, 14MHz, 18MHz, 21MHz, 25MHz, 28MHz	アマチュア無線	(-16dB μV ~ -21dB μV)	S/N=10dB (b=2.4kHz 6dB 帯域幅)	ヒ5-4 (日本アマチュア無線機器工業会)

同上	同上	($-10\text{dB}\mu\text{V}$ $\sim 6\text{dB}\mu\text{V}$)	S/N=10dB	ヒ 3-9 (日本無線)
13.385 MHz ($\Delta f = 50\text{ kHz}$) 25.610 MHz ($\Delta f = 120\text{ kHz}$)	電波天文	電力束密度 ($\text{dB}(\text{W}/\text{m}^2)$) -191 (@13MHz) -189 (@25MHz)	ITU-R RA.769-2 検出可能な受信レベル の最小変化に相当 (積分時間:2000s)	

※ 備考欄の「ヒ」は、平成14年度の研究会のヒアリングWG資料を表す。

なお、電波天文については、目安として、ITU-R RA.769-2 から検出可能な受信レベルの最小変化 ΔP Δf に相当する電力束密度を求めている。この値は観測用受信機の積分機能によって得られるもので、通常の通信設備の受信感度とは異なる。

また、この他に電離層定常観測(1MHz~30MHz)や短波電離層ドップラ観測(5MHz/8MHz)、さらには短波海洋レーダ(5.2MHz~42MHz)等の実験局が運用されている。それらの受信電界強度 E_s は $1\mu\text{V}/\text{m} \sim 2\mu\text{V}/\text{m}$ (S/N=10dB) 程度とされている。

3.2 周囲雑音のレベル

周囲雑音には、空電等による自然雑音と、人間の活動に伴う人工雑音が存在するが、2MHz~30MHz の周波数帯では、人工雑音が継続的かつ顕著である。このため、ITU-R 勧告 P.372-8 に基づいて、人工雑音による雑音指数 F_a (dB) の周波数特性を図 3-1 に示す。

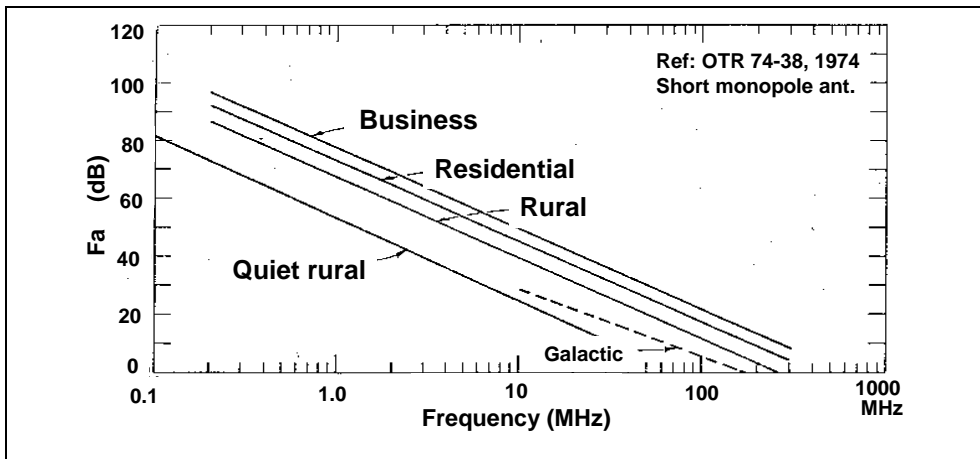


図 3-1 人工雑音の周波数特性 (ITU-R P.372-8)

これを、式で表すと

$$F_a = c - d \cdot \log(f) \quad (3.1)$$

となる。ここで、 f :周波数(MHz)であり、定数の c , d は表 3-2 のように与えられている。

表 3-2 各環境における雑音パラメータ

環境の分類	c	d
商業環境(Business)	76.8	27.7
住宅環境(Residential)	72.5	27.7
田園環境(Rural)	67.2	27.7
極めて雑音の少ない環境 (Quiet Rural)	53.6	28.6

これらのデータより、人工雑音の電磁界強度(中央値)は以下の通り計算できる。

$$E_n = F_a + 20 \log f \text{ MHz} + B - 95.5 \text{ dB } \mu\text{V/m} \quad (3.2)$$

$$B = 10 * \log(b) \quad b: \text{等価雑音帯域幅(Hz)} \quad (3.3)$$

例えば b=10kHz の時、B=40 であるから、上式は

$$\text{商業環境} \quad E_n = 21.3 - 7.7 * \log(f \text{ MHz}) \text{ dB } \mu\text{V/m} \quad (3.4)$$

$$\text{住宅環境} \quad E_n = 17.0 - 7.7 * \log(f \text{ MHz}) \text{ dB } \mu\text{V/m} \quad (3.5)$$

$$\text{田園環境} \quad E_n = 11.7 - 7.7 * \log(f \text{ MHz}) \text{ dB } \mu\text{V/m} \quad (3.6)$$

$$\text{極めて雑音の少ない環境} \quad E_n = -1.9 - 8.6 * \log(f \text{ MHz}) \text{ dB } \mu\text{V/m} \quad (3.7)$$

となる。これを計算すると表 3-3 のようになる。

なお、b=9kHz の時は、B=39.5 となるから、上式から 0.5dB を減ずれば良い。

表 3-3 2MHz～30MHz 帯の外來雑音指数と等価電界強度 (ITU-R P. 372-8)

	外來雑音指数 F_a (dB)				等価雑音電界強度 E_n (dB $\mu\text{V/m}$ 、()内は $\mu\text{V/m}$) (b=10kHz)			
	2MHz	3MHz	10MHz	30MHz	2MHz	3MHz	10MHz	30MHz
商業環境	68.5	63.6	49.1	35.9	19.0 (8.9)	17.6 (7.6)	13.6 (4.8)	9.9 (3.1)
住宅環境	64.2	59.3	44.8	31.6	14.7 (5.4)	13.3 (4.6)	9.3 (2.9)	5.6 (1.9)
田園環境	58.9	54.0	39.5	26.3	9.4 (2.9)	8.0 (2.5)	4.0 (1.6)	-0.3 (1.0)
極めて雑音の 少ない環境	45.0	40.0	25.0	11.4	-4.5 (0.6)	-6.0 (0.5)	-10.5 (0.3)	-14.6 (0.2)

なお、今回の研究会に提出された雑音レベルの測定例は以下のとおりである。

(1) 研究会資料 1-4 の実測例

都市部（準工業地域、住居地域）及び郊外（住居地域）で環境雑音を測定した結果、2MHz～30MHz の範囲内の平均値が約 40dB $\mu\text{V/m}$ であることが紹介されている。測定条件は、RBW=10kHz、peak 検波（30 秒の Maxhold）、測定アンテナはループアンテナ（アンテナ高は 1m）である。ただし、検波方式が異なるので ITU-R P. 372-8 との直接的な比較は困難である。

(2) 研究会資料 2-3 で提案されているモデル式及び実測例

人工雑音は電力消費密度に比例すると仮定し、1971 年における米国の電力消費密度と 2000 年における我が国の電力消費密度の比を用いて、ITU-R P. 372-8 の人工雑音を修正した下記のモデル式 (b=9kHz) を提案している。

$$\text{高雑音地域} \quad E_n = 26.8 - 7.7 * \log(f \text{ MHz}) \text{ dB } \mu\text{V/m} \quad (3.8)$$

$$24.5 \text{ dB } \mu\text{V/m} \sim 15.4 \text{ dB } \mu\text{V/m} @ 2\text{-}30\text{MHz}$$

$$\text{中雑音地域} \quad E_n = 24.8 - 7.7 * \log(f \text{ MHz}) \text{ dB } \mu\text{V/m} \quad (3.9)$$

$$22.5 \text{ dB } \mu\text{V/m} \sim 13.4 \text{ dB } \mu\text{V/m} @ 2\text{-}30\text{MHz}$$

$$\text{低雑音地域} \quad E_n = 21.2 - 7.7 * \log(f \text{ MHz}) \text{ dB } \mu\text{V/m} \quad (3.10)$$

$$18.9 \text{ dB } \mu\text{V/m} \sim 9.8 \text{ dB } \mu\text{V/m} @ 2\text{-}30\text{MHz}$$

例えば、高雑音地域のモデル式を上にも示す ITU-R P. 372-8 の商業環境のモデル式と比較すると前者が 5.5dB 高い。また、中雑音地域は住宅環境に比べて 7.8dB、低雑音地域は田園環境に比べて 9.5dB、高いレベルとなっている。

なお、研究会資料 2-3 では、b=10kHz、アクティブループ (AF=約 10dB)、アンテナ高（ループ下辺）1m を用いて実測を行い、その結果から上記のモデル式が実態値と概ね一致したと報告している。

(3) 研究会資料 8-10 の実測例

半波長ダイポール、地上高 50m、周波数 6.996MHz、RBW(-6dB)=2.7kHz、での測定結果で-4.7dB μ V/m \sim 0.3dB μ V/m としているが、アンテナ特性を再検討する必要があるとしている。この測定結果を RBW(-3dB)=10kHz に帯域幅換算 ($10\log(10/2.7)=5.7$ dB を加算) すると、約 1dB μ V/m \sim 6dB μ V/m となる。ITU P. 372-8 モデルで 7MHz とすると 5.2dB μ V/m (田園環境) \sim 14.8dB μ V/m (商業環境) となり、実測結果のほうが低い値となっているが、これは測定アンテナの高さが大きく異なること (ITU P. 372-8 では 2m 高/2m 長の垂直モノポールアンテナ使用) が影響していると考えられる。

(4) 研究会資料 9-9 の実測例

電波天文観測地の背景雑音の測定例として、東北大学飯館観測所における 25.6MHz 帯の Power flux density の測定結果 (日変化) が示されている。昼間は人工雑音が多少入るが、夜間は銀河雑音によって背景雑音が決まるとしている。なお、そのレベルは約 1 E-20W/m²/Hz 程度で、ITU-R P. 372-8 モデルの Quiet Rural 環境のレベル(0.5E-20W/m²/Hz) よりも、約 2 倍 (3dB 程度) 高い結果となっている。

3.3 無線局等の受信点での信号波電界強度

3.1 で示した無線局等のうち、代表的なものに対して、受信感度に対応する信号波電界強度 E_s の導出を試みる。図 3-2 に受信機の等価回路モデルを示す。表 3-1 の規定感度は受信機入力端のレベル V_r であるが、理想的な整合状態で、かつ伝送線の損失を無視すれば、この値はアンテナの開放端電圧 heE (he : アンテナ実効長) の半分に相当するものと考えられる。したがって、入射電界強度 E_s は

$$E_s = 2 V_r / he \quad (3.11)$$

で、求められる。ただし、この式は整合回路や伝送系等に大きく依存する。

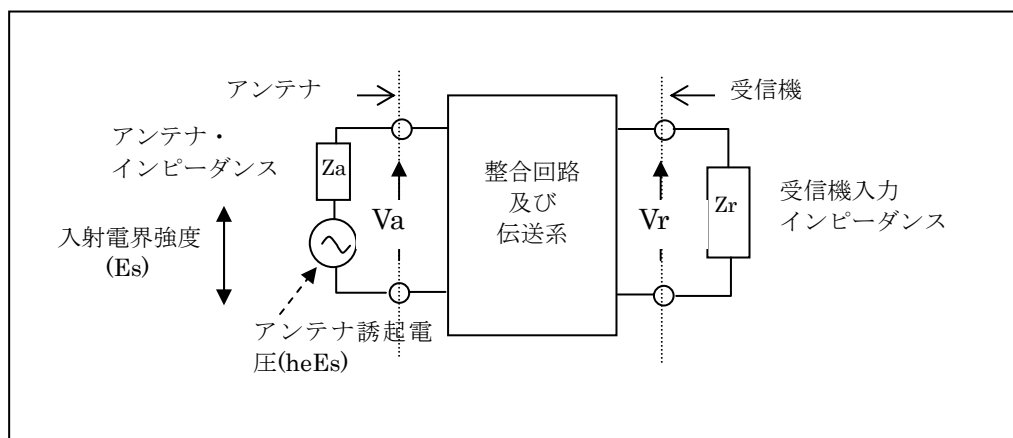


図 3-2 受信機の等価モデル

ところで、固定・移動の通信業務では通常、波長に見合ったアンテナを使用するため、ここでは、簡単のためアンテナを $\lambda/4$ (λ : 波長) の垂直モノポールアンテナと仮定すると、その実効長は $\lambda/(2\pi)$ となる。この場合、(3.11)式は

$$E_s = 4\pi V_r / \lambda \quad (3.12)$$

となる。ここで、 $\lambda = 300 / f_{MHz}$ の関係を用い、さらに dB 表現にすると

$$E_s [\text{dB}\mu\text{V/m}] = V_r [\text{dB}\mu\text{V}] + k [\text{dB/m}] \quad (3.13)$$

$$k = 20 \log(f_{MHz}) - 27.6 \quad (3.14)$$

と書ける。2MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz, 30MHz において k 値はそれぞれ、-22dB/m, -14dB/m, -8dB/m, -4dB/m, 2dB/m 程度となる。

以上の考察から、表 3-1 の受信機感度 V_r に対応する信号波電界強度 E_s を計算した結果を表 3-3 に示す。ただし、短波放送や電波天文においては、ITU-R 等の規定の値を記した。また、参考までに周囲雑

音レベル(ITU-R P.372-8, 田園環境及び商業環境等)の代表値についても記載した。

表 3-4 無線局等の受信機感度相当の信号波電界強度等

無線業務等	周波数帯	受信機感度 V_r (μV)	無線局等の受信機感度相当の信号波電界強度 E_s ($dB \mu V/m$) b=10kHz 相当	周囲雑音 E_n ($dB \mu V/m$) b=10kHz 相当 (注)
航空・海上等 一般無線	2MHz~10MHz	$1 \mu V, 3 \mu V, 6 \mu V$	-14~2	田園環境：6 商業環境：16
	10MHz ~30MHz	$1 \mu V, 3 \mu V, 6 \mu V, 10 \mu V$	-4~16	田園環境：3 商業環境：12
アマチュア無線	2MHz~10MHz	-19+7 $dB \mu V$ (帯域幅換算)	-25	田園環境：6 商業環境：16
	10MHz ~30MHz	-19+7 $d \mu V$ (帯域幅換算)	-16	田園環境：3 商業環境：12
短波放送	2MHz~10MHz	-	4	田園環境：6 商業環境：16
	10MHz ~30MHz	-	4	田園環境：3 商業環境：12
電波天文		検出可能な受信レベルの最小変化に相当する電力束密度： Pfd ($dB(W/m^2)$)	(Pfd から換算)	田園環境： 10 (@13MHz) (b=50kHz 相当) 12 (@25MHz) (b=120kHz 相当)
	13.385MHz ($\Delta f = 50kHz$)	-191 (@13MHz)	-45 (@13MHz)	極めて雑音の少ない環境： -5 (@13MHz) (b=50kHz 相当) -3 (@25MHz) (b=120kHz 相当)
	25.610MHz ($\Delta f = 120kHz$)	-189 (@25MHz)	-43 (@25MHz)	
(注) 代表値として、周波数 5MHz 及び 15MHz の値を示す。				

以上の結果をまとめると、各無線局等の受信機感度相当の信号波電界強度は、一般の無線局（音声）は $-14dB \mu V/m \sim 16dB \mu V/m$ 程度
短波放送は $4dB \mu V/m$ 程度
アマチュア無線局はこれより低く $-25dB \mu V/m \sim -16dB \mu V/m$ 程度
電波天文の検出可能な最小変化レベルはさらに低く $-44dB \mu V/m$ 程度
であると言える。一方、ITU-R P. 372-8 によれば、この周波数帯の周囲雑音は、田園環境において $0dB \mu V/m \sim 10dB \mu V/m$ (10kHz)程度である。

したがって、周囲雑音は一般の無線局の感度レベルと同程度か、それより高くなることもあると考えられる。また、短波放送、電波天文、アマチュア無線局の受信設備の感度レベルよりは、周囲雑音が相当高いことが分かる。したがって、周囲雑音によって多くの無線設備の受信性能が制限されていることが解る。

なお、上記の周囲雑音レベルは 1970 年代に測定されたもので、近年はこれらの値より相当上昇しているものと予想される（研究会資料 2-3）。

第4章 妨害波の発生

4.1 概要

一般に電磁界は、電流が流れることによって発生する。図4-1は携帯電話や送信機から線条アンテナに高周波電流を流すことで電波(通信用に使われる電磁波)の出る様子を模式的に表した図である。

必要な信号の電波を作り出すために、アンテナでは電流が効率良く電磁界を発生するようにアンテナ長が決められる。この電流はアンテナ電流と呼ばれる一方通的に流れる電流である。また、アンテナの配置によって発生する電界、磁界の方向が異なる。

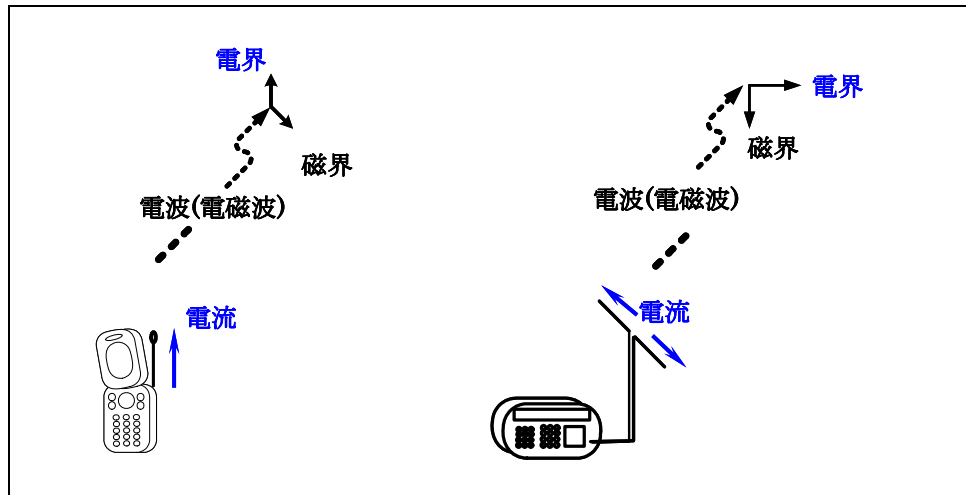


図4-1 アンテナを流れる高周波電流が電磁界を作る様子

高速電力線搬送通信では通信路として屋内配線を使用する。2本の線路から成る電力線に高周波信号を流すと、往復的(逆相)に流れる電流成分と一方向(同相)に流れる電流成分が発生する。この一方向に流れる電流はアンテナ電流と同じであるので、この電流が流れると電磁波が放射されることになり、電力線からの漏えい電磁界を発生することになる。しかし、アンテナのように効率が良いわけではない。

4.2 電力線に流れる電流

電力線のような2本線路に高周波信号を流したときに流れる電流成分のうち、往復に流れる成分をディファレンシャルモード電流と呼び、一方向に流れる成分をコモンモード電流と呼ぶ。電力線を流れる電流はこのふたつの成分に分解することができる。

電力線を流れる各モード電流が作る電磁界を遠方で考えると、図4-2のように考えることができる。それぞれの線を流れるディファレンシャルモード電流が作る電磁界は、反対方向の電磁界を作るので、合成すると打ち消しあうように働く。電力線を構成する2本の線路間隔は非常に接近しているので合成電磁界はほとんど0となる。このため、ディファレンシャルモード電流が大きくても、この成分が作る電磁界は結果的に非常に小さいレベルとなる。これに対し、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に加算される。この結果、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。したがって、高速電力線搬送通信においては、電力線に流れるコモンモード電流の大きさを知ることが重要であり、これを見積もることが電力線から漏えいする電磁界レベルを評価することにつながる。

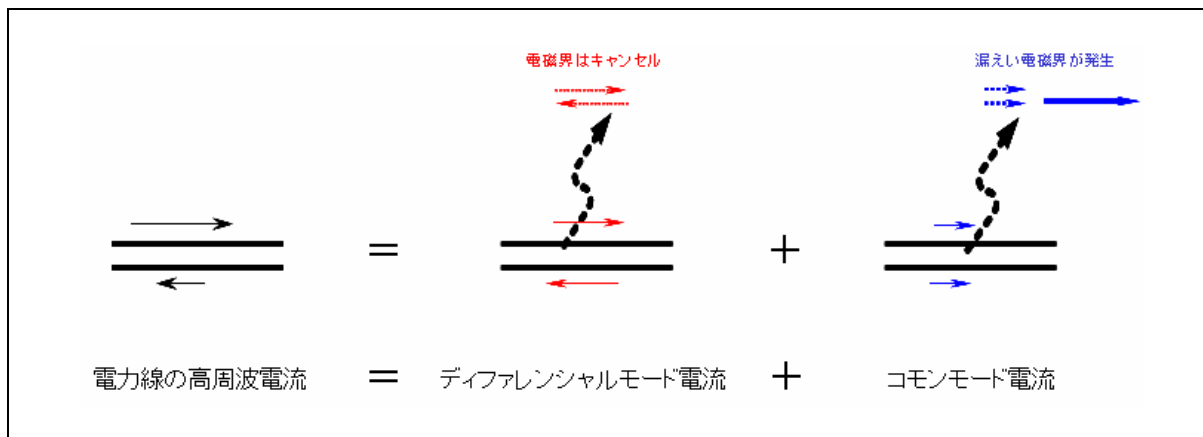


図 4-2 ディファレンシャルモード電流とコモンモード電流

4.3 コンセントでの評価

高速電力線搬送通信のための機器（以下「PLC 機器」という。）が電力線に接続されると、電力線を通る高周波信号のうち一部がコモンモード電流成分に変換される。このコモンモード電流を評価する必要がある。しかし、建築物内に張り巡らされた配線を、コモンモード電流がどのように流れているかを直接測定することは不可能である。可能なことはコンセント端子で電氣的パラメータを測定することである。

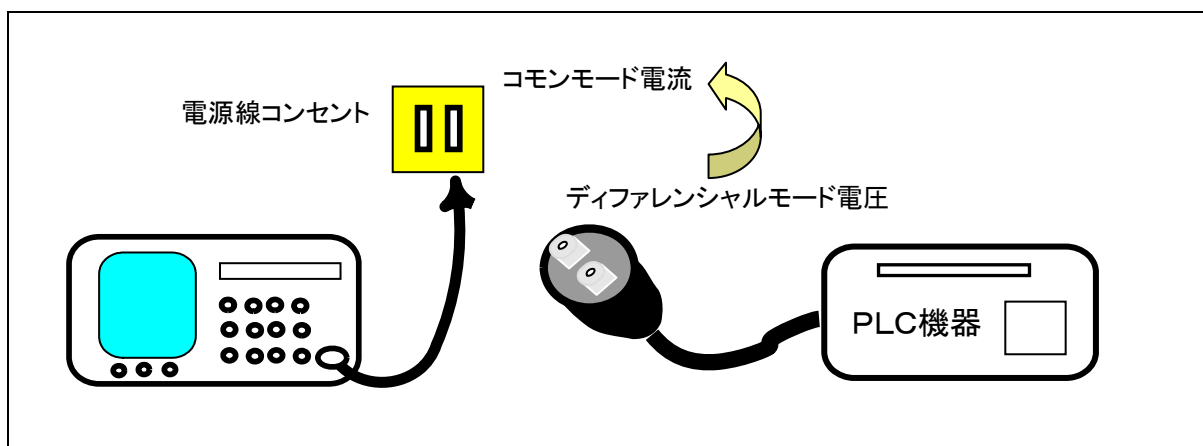


図 4-3 コモンモード電流はコンセントに接続した PLC 機器により発生

コンセント端子に流れ込むコモンモード電流は、PLC 機器が接続されたときに発生するコンセントでのコモンモード電圧とコモンモードインピーダンス(直流での抵抗に対応)がわかれば求めることができるが、メーカーによって異なる仕様の PLC 機器をあらかじめ考慮することはできない。しかし、コモンモード電流を予測するためにはある種のパラメータを測定すれば可能となる。これらのパラメータは、コンセント毎に、建築物内の電気製品の使用状況、周波数によっても異なる。このために多くのサンプルでパラメータを測定し集計することによってどの程度の範囲にあるかを予測することが可能となる。このパラメータ値から PLC 機器を接続したときにコモンモード電流がどの程度誘導されるかが予測できることになる。

4.4 コモンモード電流を知るためのパラメータ

4.4.1 LCL(縦電圧変換損)

電力線において、コモンモード電流成分は PLC 機器のディファレンシャルモード電圧から変換される。ディファレンシャルモード成分からコモンモード成分へ変換される要因は、電力線が物理的、電氣的にバランスが取れていないことが主因である。この非平衡の状態(平衡度)を評価する尺度として LCL(Longitudinal Conversion Loss : 縦電圧変換損)がある。

図 4-4 は、通信線路の LCL を定義する回路図である。この回路図を PLC 機器に適用した場合、被測定物(UT)とはコンセント端子から見た電力線回路を意味し、コモンモード電圧源 E_{CM} によって誘導されるディファレンシャルモード電圧 V_{DM} がどれだけ発生するかを測定するものである。

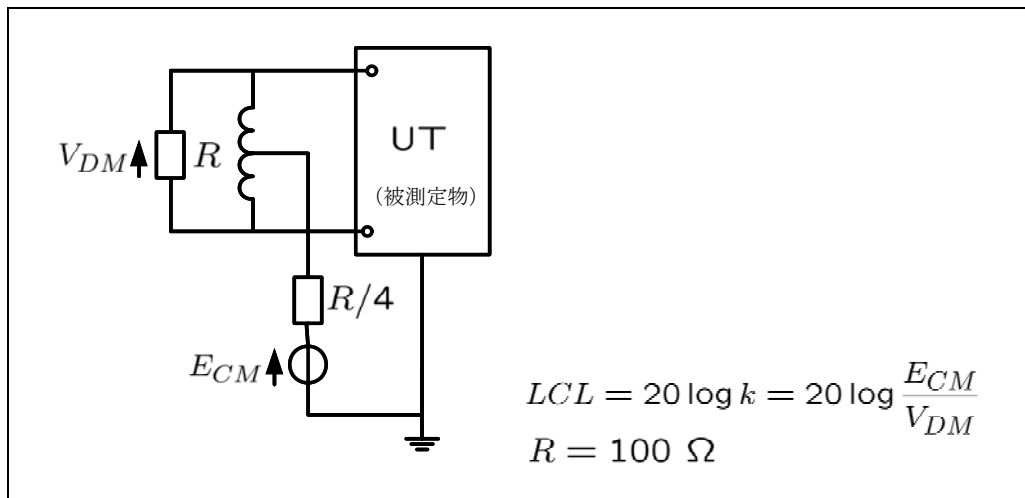


図 4-4 LCL の定義

4.4.2 CMZ(コモンモードインピーダンス)と DMZ(ディファレンシャルモードインピーダンス)

建築物内の電力線の電気的性質を評価するには、配線網の中で測定を実施することが不可能であるため、コンセント端子だけのパラメータから予測、評価しなければならない。コンセント端子で測定できるパラメータには、上述の LCL の他に、CMZ(コモンモードインピーダンス)と DMZ (ディファレンシャルモードインピーダンス) がある。

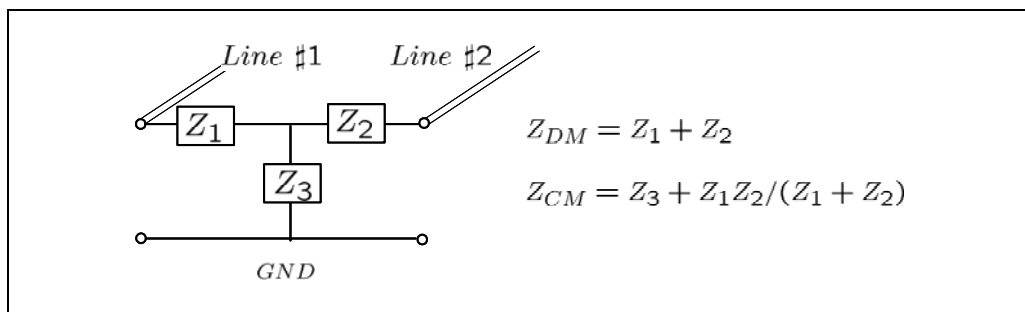


図 4-5 コンセント端子から電力線を見込んだ T 型等価回路

いま、コンセント端子から配線網を見込んだ回路を図 4-5 のように T 型回路で表現したとき、DMZ (Z_{DM})と CMZ (Z_{CM})は図中の式で与えられる。この回路において、電力線の平衡度が悪い原因は Z_1 と Z_2 が等しくないことに因るものであり、このために PLC 機器のディファレンシャルモード電圧がコンセントにコモンモード電流を誘起する原因となる。

4.4.3 LCL と DMZ、CMZ の関係

図 4-5 に示した等価回路の素子は 3 個であるので、上記に示した 3 つのパラメータ間にはある関係が存在する。図 4-4 で与えた LCL の測定回路をコンセント端子で測定するとする。図 4-4 の UT (被測定物) を図 4-5 に示した等価回路とし、そこに用いた素子で LCL(真数表現を k とする)を求めると、

$$k = \frac{2Z_{CM}}{R(Z_1 - Z_2)} \left\{ Z_{DM} + R\delta + \frac{R_2 R + 2R_2 Z_{DM}}{Z_{CM}} \right\} \quad (1)$$

となる。ここで $R=100\Omega$ であり、 R_2 は図 4 の $R/4=25\Omega$ である。また、 δ は

$$\delta = \frac{1}{2} \left(K_1 + \sqrt{K_1^2 - 4K_2} \right) \quad (2)$$

であり、係数は次式である。

$$K_1 = \{k^2 z_{dm} - 2(z_{dm}/r + r_2 + 2r_2 z_{dm}/r_{dm})\} \quad (3)$$

$$K_2 = (z_{dm} + r_2 + 2r_2 z_{dm}/r)^2 - (k/2)^2 \{z_{dm}^2 - 4z_{dm}\}$$

$$\begin{aligned} z_{dm} &= Z_{DM}/Z_{CM}, & r &= R/Z_{CM} = 100/Z_{CM}, \\ r_2 &= R_2/Z_{CM} = 25/Z_{CM} \end{aligned} \quad (4)$$

式(1)中の $(Z_1 - Z_2)$ は δ で表現可能であるが後述のコモンモード電流との関係を明らかにするために未変換である。これが0でないことが、平衡度を悪くしている原因である。

4.5 LCL、DMZ、CMZの実測値

日本の建築物におけるLCLとCMZ、DMZの実測値を、図4-6、図4-7及び図4-8に頻度分布と累積分布特性として示す(研究会資料8-5)。このデータは、関西地区39、関東地区23の建築物の、それぞれ271個と216個の総計487個のコンセントにおいて周波数を変化させて測定したものを合計して処理した結果である。これらの結果から、日本の建築物におけるLCLおよび各モードのインピーダンス値は広範囲に分布していることが理解できる。LCLの平均値は約35.5dB、CMZの平均値は240.1Ω、DMZの平均値は約83.4Ωと読み取れる。

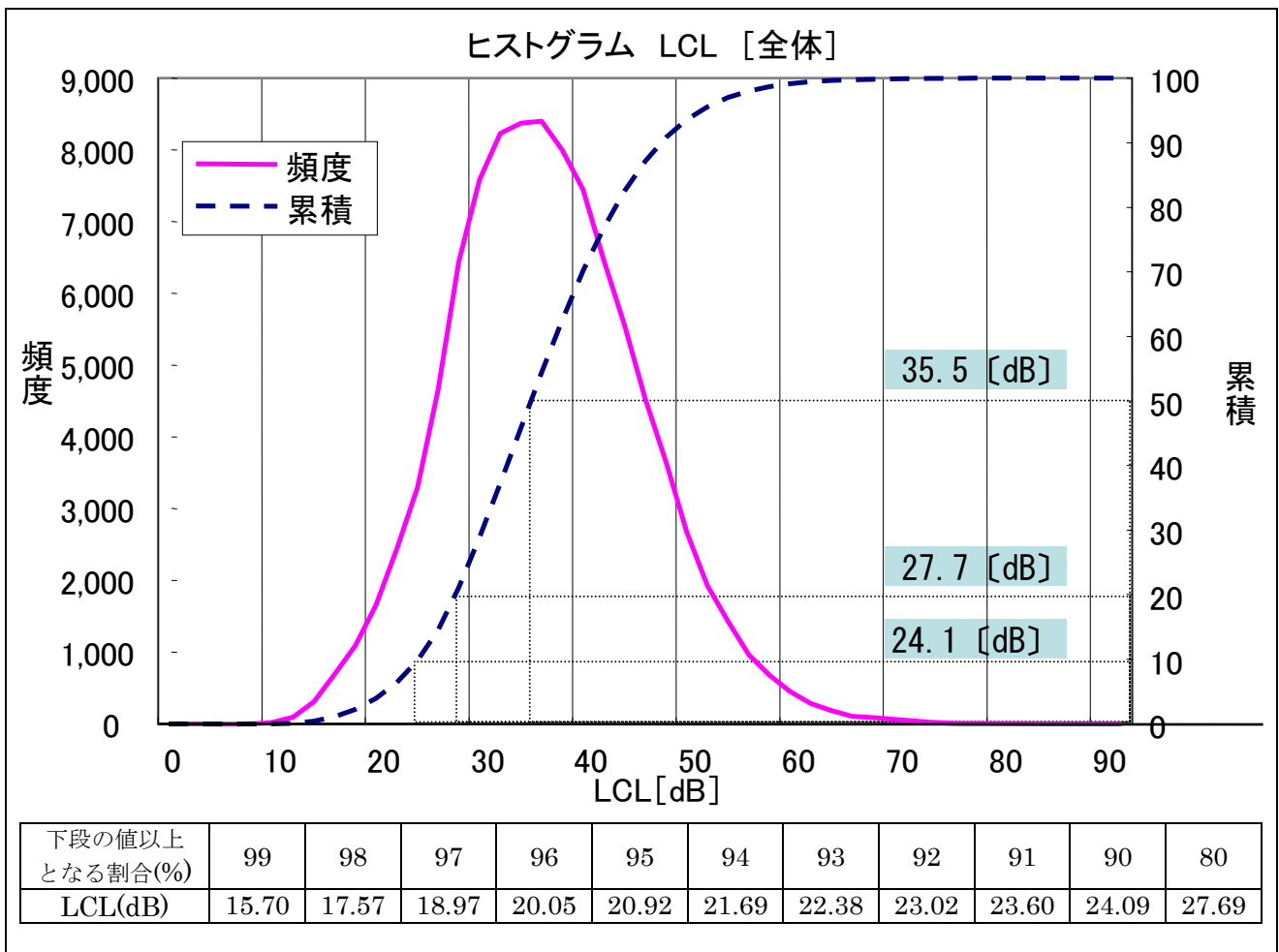


図4-6 LCL実測値(頻度分布と累積分布特性)

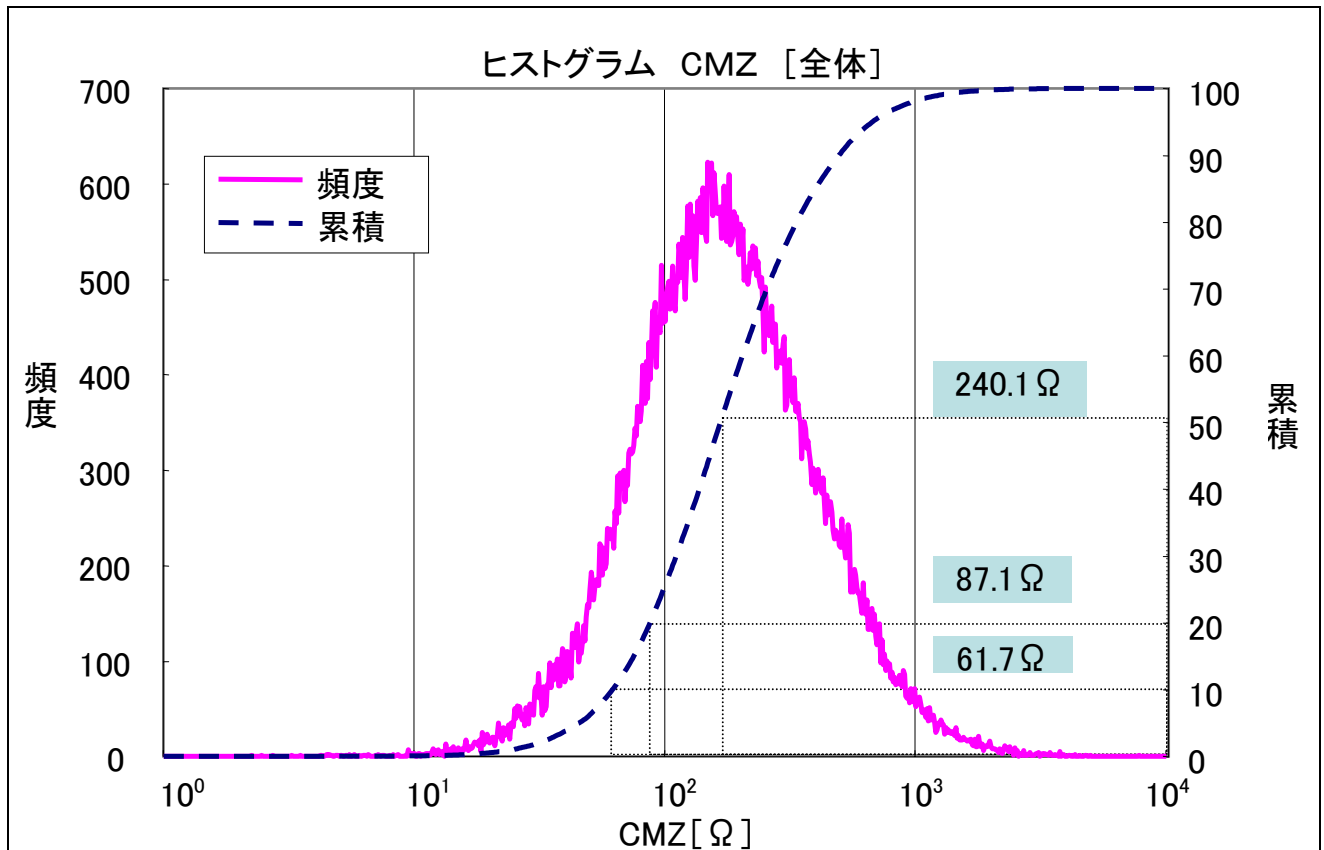


図 4-7 CMZ の頻度分布と累積分布特性

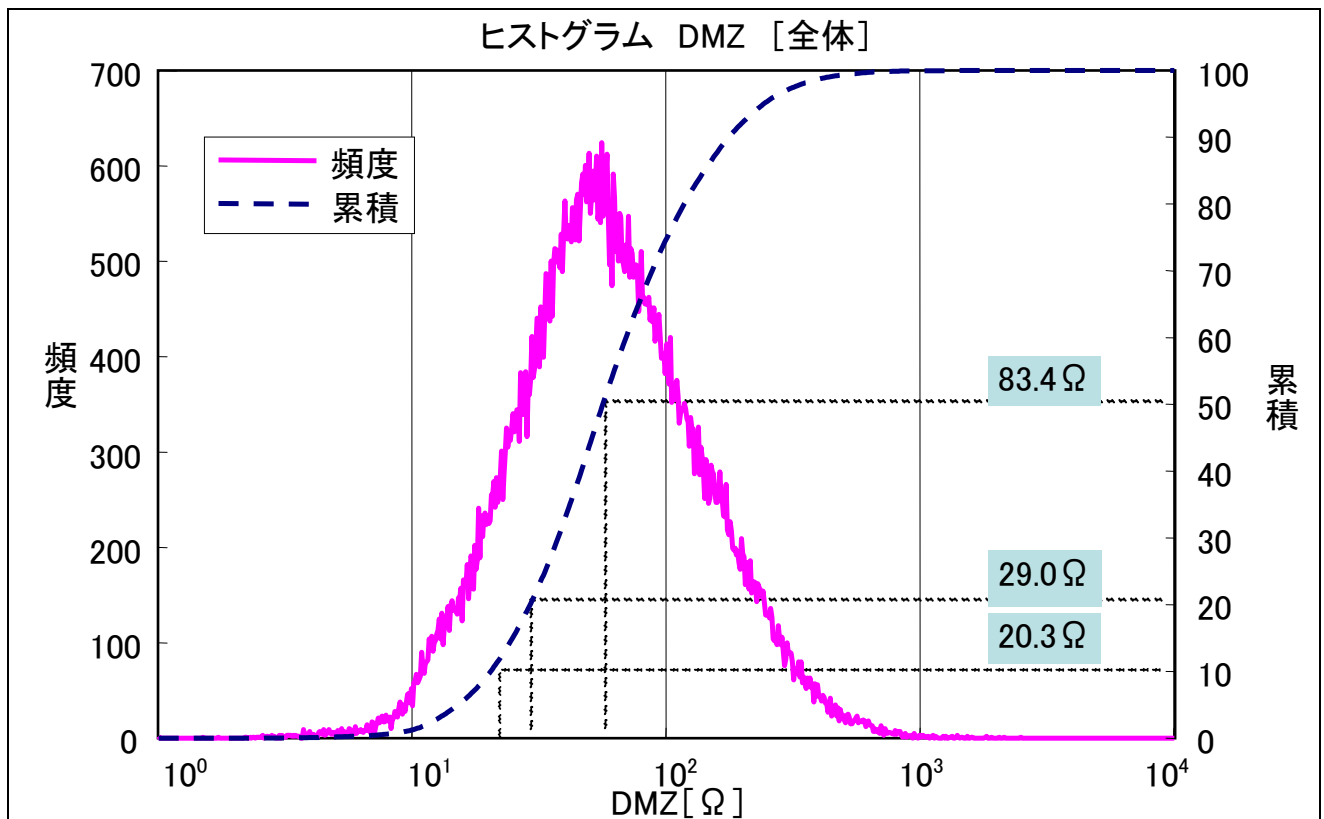


図 4-8 DMZ の頻度分布と累積分布特性

4.6 コモンモード電流

PLC 機器が電源コンセントに接続された等価回路を図 4-9 に示す。

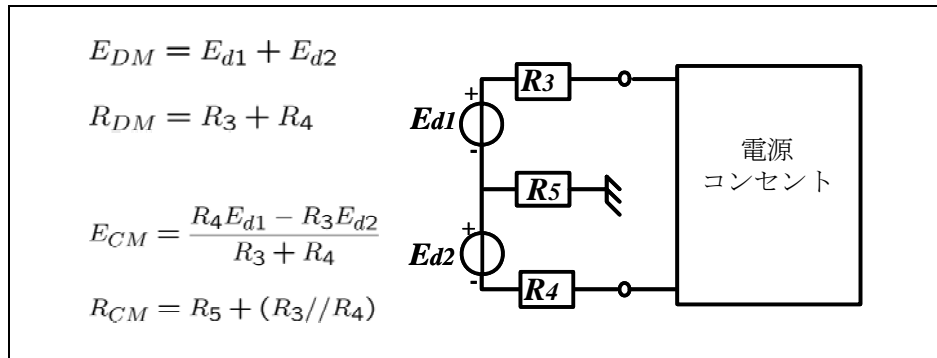


図 4-9 PLC 機器が電源コンセントに接続されたモデル

図 4-9 において、PLC 機器の電圧（ディファレンシャルモード電圧）は E_{DM} であり、その内部インピーダンスは T 型で表現されている。この PLC 機器が電源コンセントに接続されると、PLC 機器の信号電源自体の平衡が取れていないとすれば、内部インピーダンス R_{CM} をもつコモンモード電圧 E_{CM} が必然的に発生する。

コンセントに誘導されるコモンモード電流を求めると、次のようになる。

$$I_{CM} = \frac{(R_{DM} + Z_{DM})E_{CM} - (Z_1 - Z_2)E_{DM}/2}{(R_{DM} + Z_{DM})\{R_{CM} + (Z_{DM} + 4\delta Z_{CM})/4\} - (Z_1 - Z_2)^2/4} \quad (5)$$

この式において、分子第 1 項は PLC 機器の平衡がくずれているときに発生する成分を表し、第 2 項が電力線の非平衡状態によって発生する成分を表している。

PLC 機器の平衡度が高いとすると、コモンモード電流は、式 (5) の分子が第 2 項だけで近似できる。誘導されるコモンモード電圧 V_{CM} とコモンモード電流は $LCL(k)$ を用いて

$$V_{CM} = \frac{1}{k} \cdot \left\{ \frac{1}{r} \cdot \frac{z_{dm}(1 + 2r_2) + r(r_2 + \delta)}{z_{dm}(1 + r_{cm} + r_{dm}/4) + r_{dm}(r_{cm} + \delta)} \right\} E_{DM} \quad (6)$$

$$I_{CM} = \frac{V_{CM}}{Z_{CM}} \quad (7)$$

となる。小文字で与えたパラメータは、式 (4) で与えたものの他は以下のとおりである。

$$r_{dm} = R_{DM}/Z_{CM}, \quad r_{cm} = R_{CM}/Z_{CM} \quad (8)$$

4.7 CMZ と DMZ に対するコモンモード電流の変化

図 4-10 は、PLC 機器の内部インピーダンスを $R_{DM}=50\ \Omega$ 、 $R_{CM}=500\ \Omega$ としたとき、PLC 機器のディファレンシャルモード電圧で規格化したコンセント端子に誘導されるコモンモード電流を、デシベル表現したものである。LCL は 20dB と設定している。パラメータはコンセント端子の DMZ であり、 $30\ \Omega$ から $150\ \Omega$ の値で変化させた。この図から、コモンモード電流はこの例では $64\pm 2\ \text{dB}\ \mu\text{A}/\text{V}$ の範囲にあり、CMZ と DMZ の変化に対してその変化は少ないことがわかる。

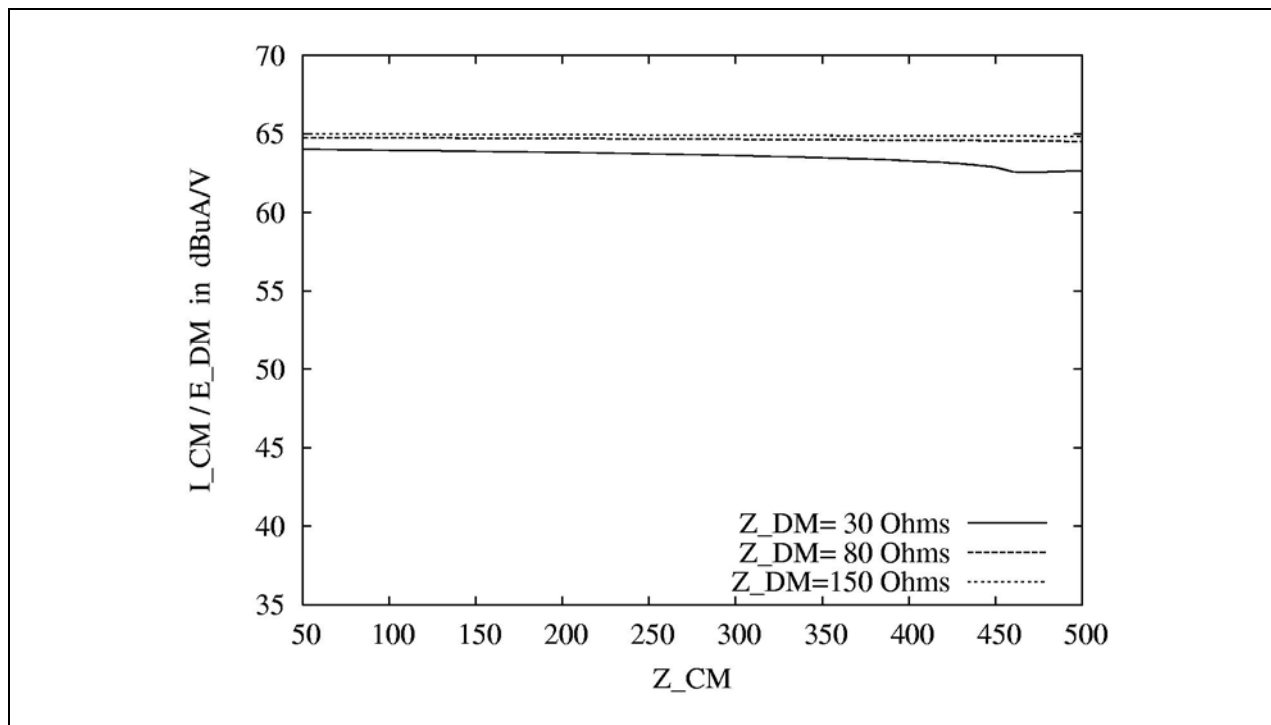


図 4-10 CMZ 対コモンモード電流特性例：
PLC 機器が $R_{DM}=50\ \Omega$ 、 $R_{CM}=500\ \Omega$ 、コンセントの LCL=20dB のとき

4.8 LCL に対するコモンモード電流の変化

式(6)から、コンセント端子に誘導されるコモンモード電流は LCL (k) に逆比例することがわかる。図 4-11 は、LCL の変化に対するコモンモード電流特性の計算例である。ここでは PLC 機器の内部抵抗を $R_{DM}=50\ \Omega$ 、 $R_{CM}=500\ \Omega$ とし、コンセントのインピーダンスが $Z_{DM}=100\ \Omega$ 、 $Z_{CM}=25\ \Omega$ のとき、 $Z_{DM}=100\ \Omega$ 、 $Z_{CM}=150\ \Omega$ のとき、 $Z_{DM}=83\ \Omega$ 、 $Z_{CM}=240\ \Omega$ のときを比較している。

この結果からは、LCL が 20dB 以上の範囲では直線的に変化していること、及び、用いた DMZ と CMZ の条件では変化が小さいことが理解できる。

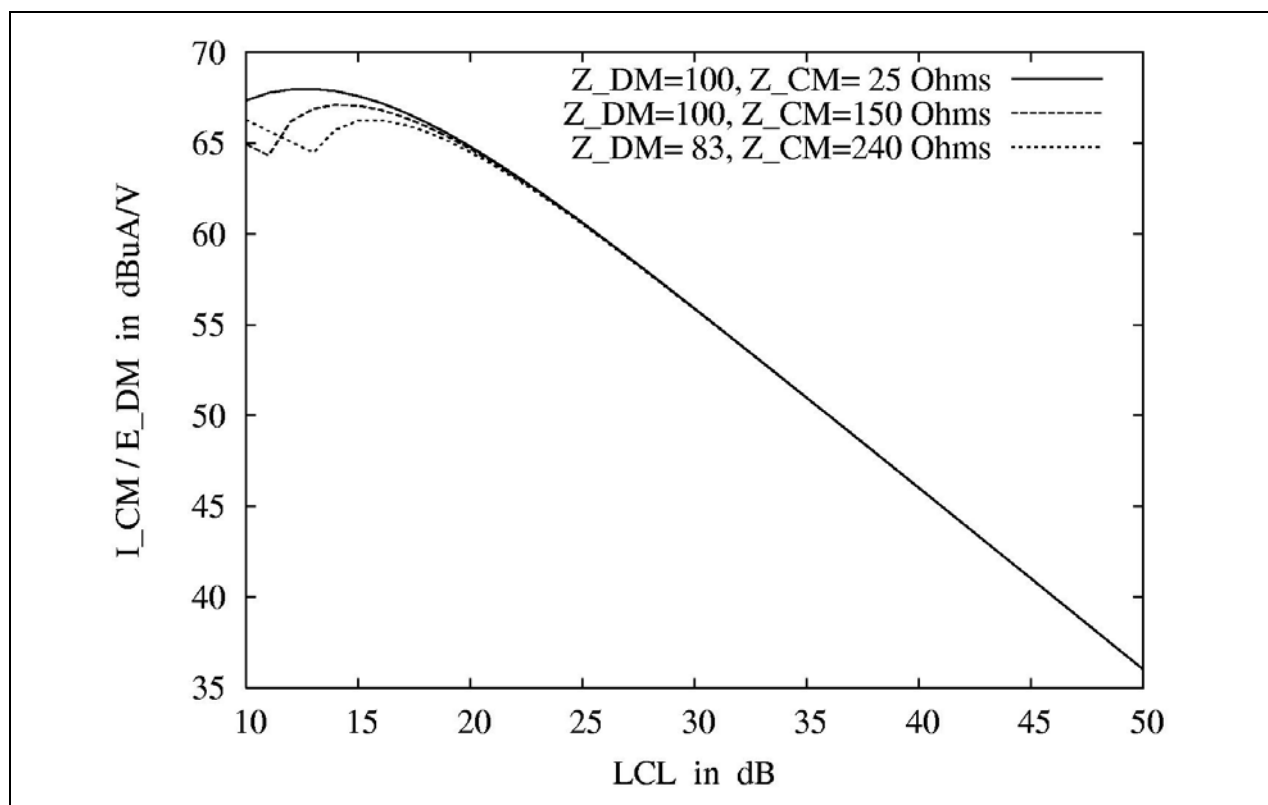


図 4-11 LCL の変化に対するコモンモード電流特性

PLC 機器の内部抵抗	:	$R_{DM}=50\ \Omega$ 、 $R_{CM}=500\ \Omega$
コンセントの条件	:	$Z_{DM}=100\ \Omega$ 、 $Z_{CM}=25\ \Omega$ (実線)
		$Z_{DM}=100\ \Omega$ 、 $Z_{CM}=150\ \Omega$ (破線)
		$Z_{DM}=83\ \Omega$ 、 $Z_{CM}=240\ \Omega$ (点線)

参考文献

[1] 上 芳夫、“高速電力線搬送通信における屋内電源コンセントの等価表現とコモンモード電流、” 電子情報通信学会技術研究報告、EMCJ2005-71、2005 年 9 月。

第5章 妨害波の電波伝搬

5.1 電力線近傍の電界分布

通信線と異なり、電力線には多数の分岐が存在しているため、それが電界分布に及ぼす影響を明確にする必要がある。本節では、図 5-1 に示すような単純化された電力線モデルに対する電界分布を、オープンサイトによる実験とモーメント法によるシミュレーションの両面から検討した。電力線の分岐を平衡度という観点から分類すると、電力線を構成する2本の線の長さが等しいコンセント分岐と、それらの長さが異なる照明用のスイッチ分岐に分類される。図 5-1 のモデルでは、それらの分岐が一つずつ含まれている。実際の実験では、全く分岐を含まない「無分岐」、コンセント分岐のみを接続した「1分岐」、1分岐にスイッチ分岐を接続した「2分岐」の3つのパターンで電界を測定している。

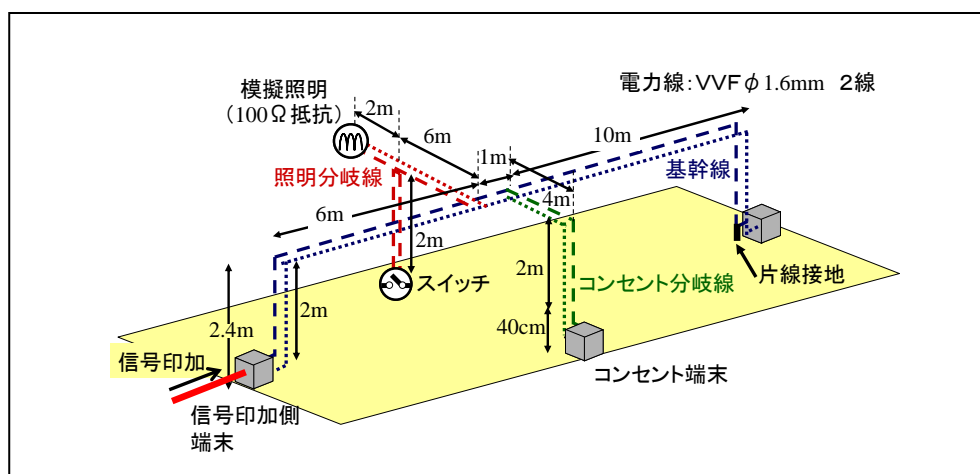


図 5-1 単純化された電力線モデルの構成

実験では測定設備の制約により、半分に縮尺したモデルを構成して、電界を測定しているため、シミュレーションに対しても実験と同様に半分に縮尺したモデルで計算している。図 5-1 のモデルをオープンサイトのターンテーブル上に構成して電界を測定した状態を図 5-2 に示す。受信アンテナは、モデルの中心から 12m に位置に設置して電界を測定した。しかし、ターンテーブル上のモデルは半分の縮尺モデルのため、図 5-1 の構成では、24m の位置での電界を測定しているのと等価である。

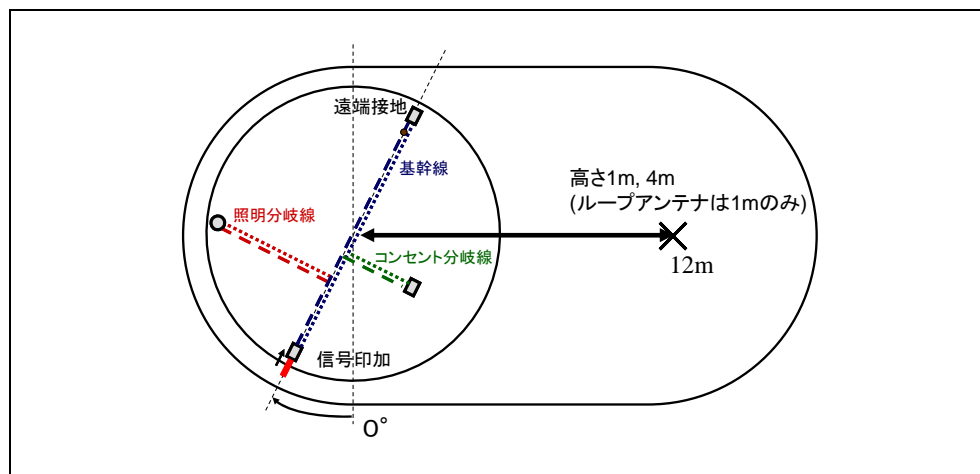


図 5-2 電界測定時のモデルと受信アンテナの関係

5.1.1 測定値と計算値の関係

受信アンテナとしてループアンテナを使用し、無分岐のモデルを30度ごとに回転した場合の電界角度分布を図5-3に示す。計算も図5-2と同じ配置条件で行っており、1度ごとに計算した結果を図5-3に示した。ループアンテナでは磁界を測定しており、それに空間インピーダンスをかけて等価電界強度値に変換しているため、計算でも同様の手法で電界強度値を求めた。また、磁界にはx、y、zの3軸成分があるが、図5-3では、3軸をベクトル合成したものを示した。周波数に関しては、図5-1に変換した周波数で示しているが、ループアンテナで実際に測定した周波数は、3.5MHzの時は7MHzで測定しており、14MHzの時は28MHzで測定している。両方の周波数とも、測定値と計算値は良く一致している。角度分布で見ると、3.5MHzでは等方的であるのに対し、14MHzではダイポールのような指向性になっている。

ループアンテナでは、周波数30MHz、すなわち変換周波数15MHzまでしか測定できないため、それ以上の周波数に対しては、トリログアンテナを使用した。測定結果を図5-3(b)に示す。計算値の方が10dBほど大きくなっているが、その原因としてはグラウンドプレーンの導電率が考えられる。計算では、完全導体としているが、実際にはグラウンドプレーンとして鉄板を使用しており、その表面が若干錆びているため、測定値が計算値より小さな値になった可能性がある。もう一つの原因としては、受信アンテナのアンテナファクタが考えられる。今回使用した受信アンテナは2mの高さでアンテナファクタを求めているが、それを1mの高さで測定すると、測定値が数dB小さくなる傾向がある。いずれにしても、絶対値では計算と測定で差はあるが、周波数の変化に対する傾向はとらえているものと考えられる。周波数が高くなると、電界のレベルが大きくなり、かつ、角度分布が非常に複雑になっているのがわかる。ループアンテナでは、14MHzになると、90度の方向、すなわち、電力線の伝搬方向に指向性が鋭くなっている。トリログアンテナについては、水平偏波と垂直偏波の両方をプロットしたが、計算値と測定値の両方とも、最大値を示す角度では、約15dBほど垂直偏波の方が水平偏波より高い。

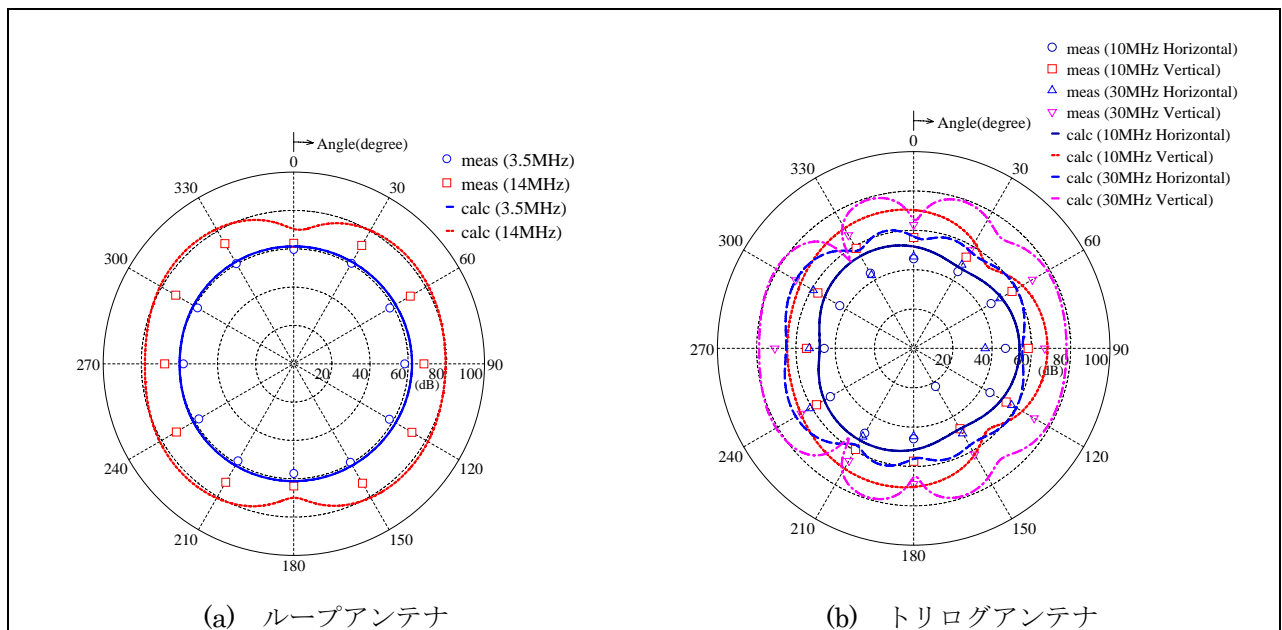


図5-3 電界の角度分布

図5-3の角度分布で最大値を示す電界をその周波数の電界として、電界の周波数依存性を測定した結果を図5-4に示す。(a)がループアンテナの測定値で、(b)がトリログアンテナの測定値に対応している。図5-4(a)で、測定値の下にある線は、オープンサイトにおける放送波等のアンビエントや妨害波測定器のノイズレベルを示している。(a)、(b)共にうねるような周波数特性になっているが、その周期が測定値で短くなっている。この原因としては、モーメント法では、電力線の周囲にある絶縁材料の誘電率を考慮することができないために発生しており、計算方法の原理上止むおう得ないものと考えられる。図5-4の結果より、周波数特性の測定値と計算値の関係は、図5-3の角度分布と同様に、ループアンテナでは比較的一致しているが、トリログアンテナでは10dB程度計算値が大きくなっている。また、全ての周波数にわたって、水平偏波の方が垂直偏波より15dBほど電界レベルが小さくなっていることがわ

かる。

本検討では、測定と計算の両方を行っているが、図 5-3 と図 5-4 の結果から、両者の傾向が一致しているため、以下では、計算値をベースとする。

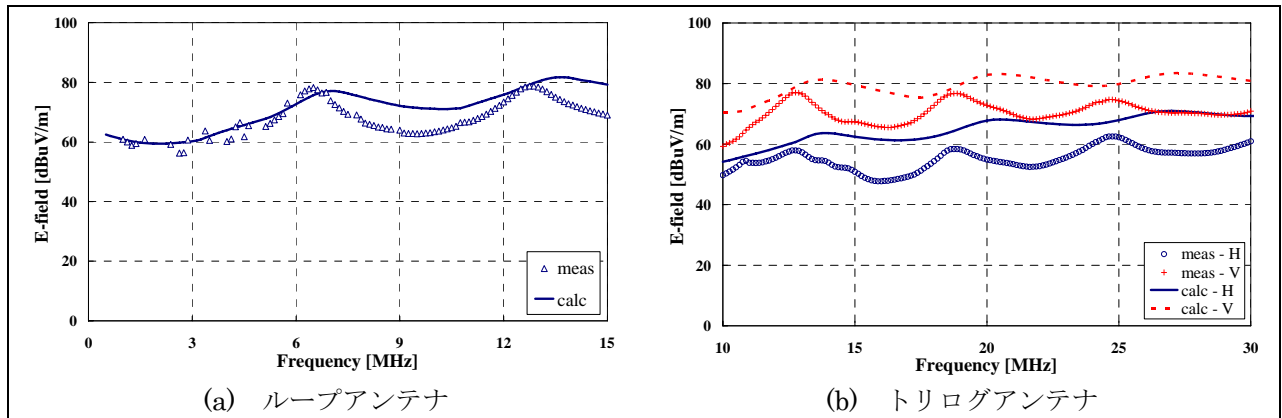


図 5-4 電界の周波数特性

5.1.2 分岐数に対する角度分布の変化

分岐数に対する電界強度の角度分布依存性を図 5-5 に示す。電界の値は、3 軸をベクトル合成したものである。2 分岐ではスイッチ分岐が追加されているが、そのスイッチが ON の状態で、かつ、スイッチの存在する線を接地した状態が最も電界レベルが大きかったので、その結果を図 5-5 に示した。3.5MHz の周波数では、無分岐が最も電界が大きくて、分岐数を増加すると電界が若干ではあるが減少している。30MHz でも、1 分岐では無分岐より電界が小さくなっているが、2 分岐では逆に無分岐よりも若干ではあるが電界が大きくなっている。また、角度に対する指向性も無くなっているため、2 分岐で追加されたスイッチ分岐の垂直部分に相当する 2 m の長さの電力線から漏洩される電界が主体になったものと考えられる。

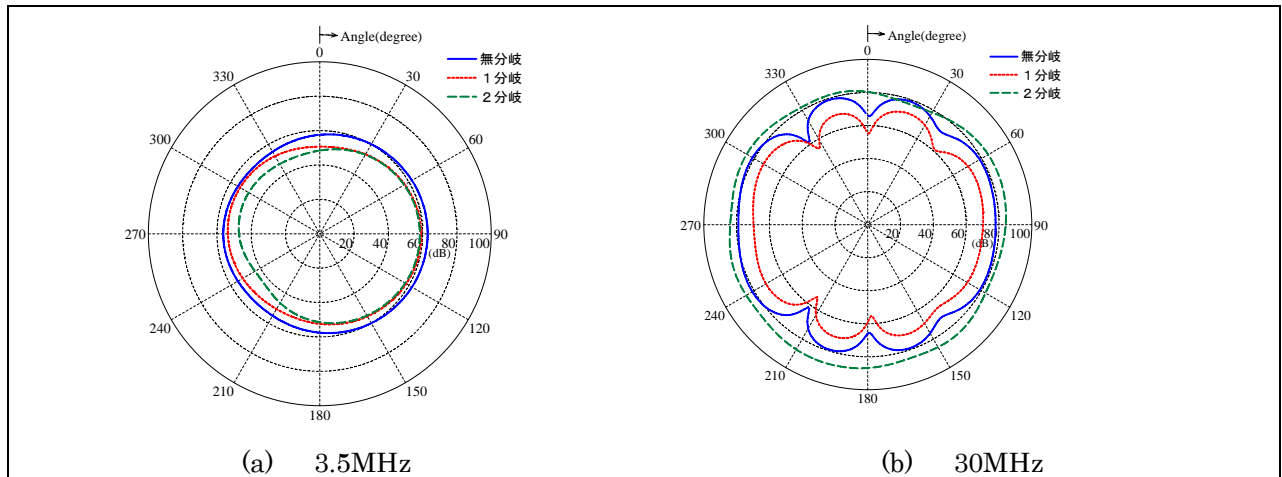


図 5-5 分岐数に対する角度分布の変化

5.1.3 分岐数に対する周波数特性の変化

図 5-5 の角度分布で最大値を示す電界をその周波数の電界レベルとして、分岐数に対する電界の周波数依存性を図 5-6 に示す。水平偏波と垂直偏波の両方とも、無分岐の状態で電界レベルが大きくなる割合が多く、特定の周波数領域で 2 分岐と 1 分岐が大きくなることもある。1 分岐と 2 分岐を比較すると、無分岐より大きくなる領域では、2 分岐が 1 分岐より電界が大きくなっている。水平偏波と垂直偏波を比較すると、全般的に 10dB~15dB 程度、垂直偏波の電界が大きくなっている。

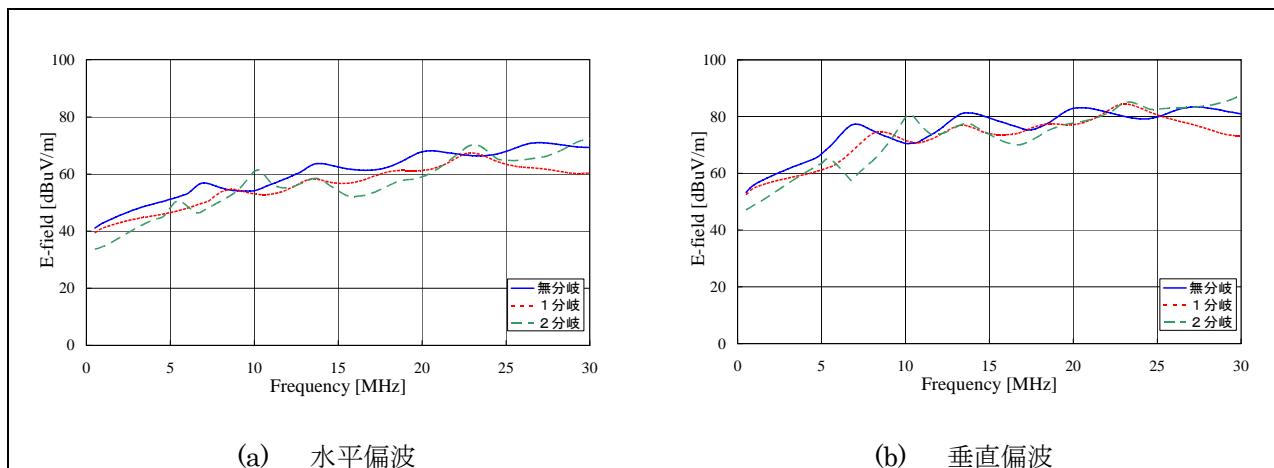


図 5-6 分岐数に対する周波数特性の変化

5.1.4 周波数特性に対するスイッチ分岐の ON-OFF 依存性

漏洩電界の周波数特性に対するスイッチ分岐の ON-OFF 依存性を図 5-7 に示す。2分岐のスイッチ分岐を接地する場合、スイッチ片切線に対応する線を接地した状態（スイッチ片切線＝接地線）とスイッチ片切線とは別な線を接地した状態（スイッチ片切線≠接地線）の2つが考えられる。両者の状態においてスイッチを ON-OFF するため、全部で4つの組合せが考えられる。図 5-7 を見ると、4つの組合せで電界の周波数特性はほぼ同じような傾向になっているが、水平偏波より垂直偏波の方が 10dB 程度大きな電界になっている。スイッチの ON-OFF 依存性を見ると、OFF の方が若干ではあるが電界が大きくなる傾向である。スイッチ OFF の状態で接地依存性をみると、若干ではあるが、スイッチ片切線とは別な線を接地した方が電界が大きくなっている。

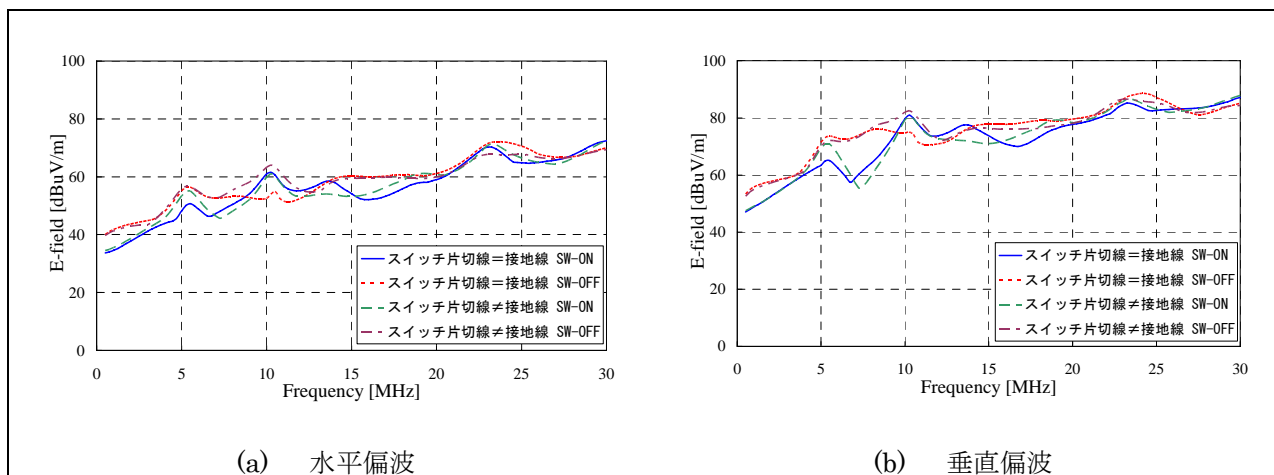


図 5-7 スイッチ分岐の ON-OFF に対する依存性

5.1.5 受信アンテナ高に対する依存性

漏洩電界の周波数特性に対する受信アンテナ高依存性を図 5-8 に示す。水平偏波は、グランドプレーンの影響を強く受け、完全導体のグランドプレーン表面では、水平電界成分が0になると言う性質を持っているため、1 mから4 mになると 10dB 程度電界が上昇するというように、高さ依存性が強く現れている。それに対して、垂直偏波では、高さ依存性はほとんどなく、1 mの電界が4 mの電界よりも数 dB 程度大きくなっている。

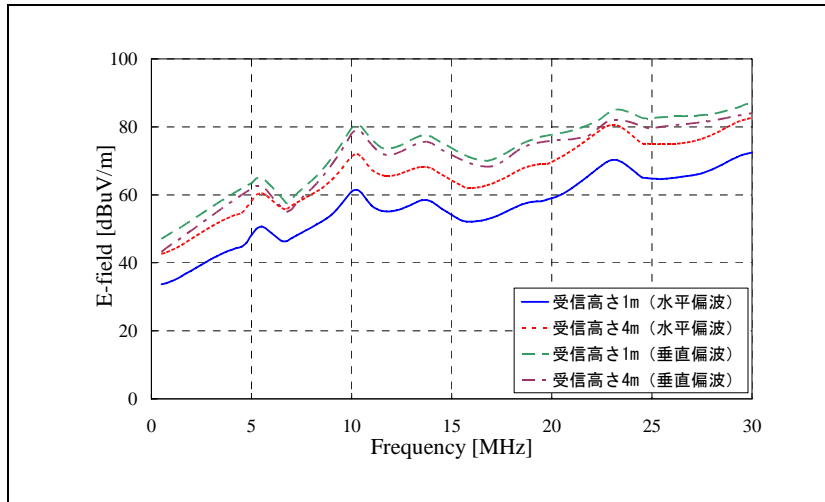


図 5-8 受信アンテナ高に対する依存性

5.1.6 電力線近傍の電界分布特性

電力線近傍の電界分布特性を図 5-9 に示す。分岐としては、無分岐、1 分岐及び 2 分岐の 3 つの状態を図示している。また、偏波についても、水平偏波と垂直偏波の両方を示している。周波数は、3.5MHz と 30MHz の 2 つの周波数を取り上げた。図 5-9 の上面図を見ると、3.5MHz では分岐をしても電界分布はあまり変化しないが、30MHz では分岐によって電界分布が複雑になっており、垂直偏波でその傾向が顕著になっている。水平偏波と垂直偏波を比較すると、垂直偏波の方がレベルの強い電界分布になっている。図 5-9 の断面図を見ると、分岐の影響に関しては、図 5-9 の上面図とほぼ同じである。逆に、図 5-9 の側面図では、分岐を付けても電界分布の形状はあまり変わっていない。なお、水平偏波に関しては、グランドプレーン上で電界レベルがほぼ 0 になるが、その傾向が図 5-9 の断面図と側面図で現れている。

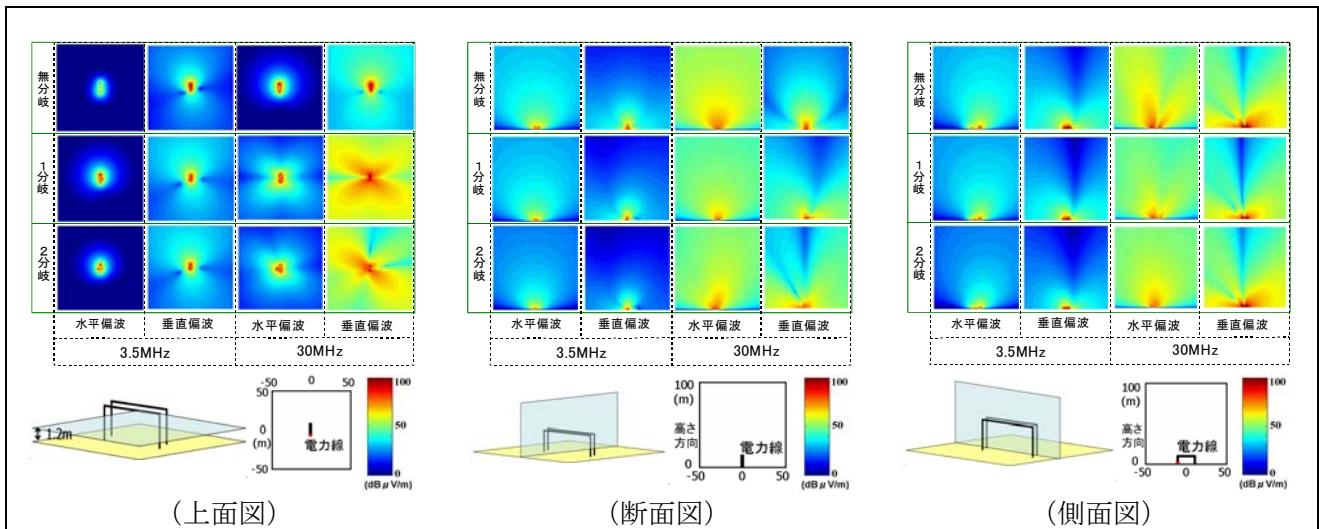


図 5-9 電力線近傍の電界強度分布

5.1.7 まとめ

屋内配電系を想定して、2本の平行線からなる VVF 電力線を使い、かつ分岐やスイッチを取り付けて、それによる近傍電磁界の変化について、実験及び計算機シミュレーションによって検討した。その結果、磁界の周波数特性や角度特性については、ループアンテナによる測定（等価電界表示）と数値計

算はほぼ一致した結果が得られた。一方、電界については、トリログアンテナを用いた測定と数値計算の結果には 10 dB 程度の乖離が見られたが、これは測定用アンテナの特性の地上高変化によるものと考えられる。

配電系の分岐やスイッチの影響については、配電系の平衡度を左右する負荷に関わる分岐やスイッチは電磁界に影響を及ぼすと考えられるが、そうで無い場合は、分岐やスイッチの影響はあまりなく、全周波数帯で平均すれば近傍電磁界レベルの変化はあまり見られなかった。

参考文献

- [1] 渡邊陽介、繁永正健、徳田正満：電力線近傍の電磁界に関する実験的理論的検討、平成15年電気学会電子・情報・システム部門大会講演論文集、OS1-2, pp.256-261, 2003.8
- [2] 渡邊陽介、徳田正満；電力線からの漏洩電界距離依存性に対する大地面の影響、平成16年電気学会電子・情報・システム部門大会、電気学会C部門大会投稿論文集、OS1-5, pp. 278-283, 2004.9.
- [3] Y. Watanabe, M. Shigenaga and M. Tokuda: Electromagnetic field near power line for a power line communication system, 2004 International Symposium on Electromagnetic Compatibility, Sendai, 4C3-3, pp.845-848, 2004.6.
- [4] Y. Watanabe and M. Tokuda: Influence of Ground Plane to Distance Dependence of Leaked Electric Field from Power Line, 2005 IEEE EMC International Symposium, Chicago, Vol.3, pp.1008-1013, 2005.8.
- [5] 渡邊陽介、徳田正満、森田淳士；分岐のない電力線モデルの平衡度と漏洩電界に対するモーメント法計算、電子情報通信学会技術研究報告、EMCJ2005-68, pp.55-60, 2005.9.
- [6] 渡邊陽介、徳田正満、牧昌弘；分岐のない電力線モデルの平衡度と漏洩電界に対するモーメント法計算、電子情報通信学会技術研究報告、EMCJ2005-69, pp.61-66, 2005.9.

5.2 近距離における電波伝搬

屋内配電系から発生する電磁波のレベルは、大地面が平坦で、見通しの距離（送信高 2m で数 km 以内）であれば、モーメント法による数値計算によって容易にかつ精度良く推定できる。したがって、以下では、広く使われているモーメント法の数値計算プログラム NEC-2 を用いた。

5.2.1 計算機シミュレーション

高速電力線搬送通信設備から放射される電磁波は、主に電力線に流れる共通モード電流によって発生する。したがって、実際の電力線は平行 2 線であるが、数値計算ではこれを単線と見なして、これに電流を流した場合の電磁波放射を扱った。この電力線（単線）は、図 5-10 に示すとおり、長さが $L=20\text{m}$ で、地上から $H_t=2\text{m}$ または 6m の高さに水平に張られていると仮定し、様々な距離で、地上高 $H_r=2\text{m}$ における電磁界を計算した。

なお、高周波電力は電力線の中央から供給したが、固定長の線路であるため、線路上には電流定在波が発生する。このため、電磁界の距離特性は、定在波電流の最大値 $I_{\text{com}}(\text{max})$ を 1mA に固定して求めた。また、大地の条件としては、我が国の土壤に近い Wet ground 及び Medium dry ground を考慮した。

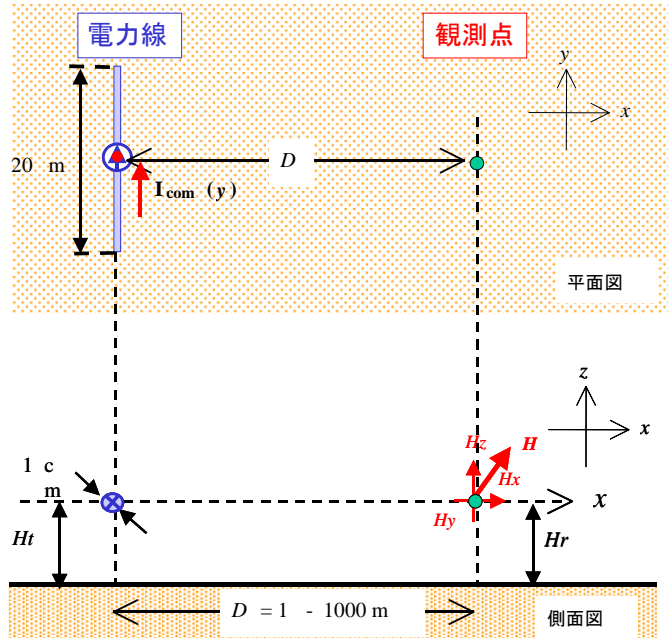


図 5-10 水平設置の電力線モデルと観測点

5.2.2 水平線路のコモンモード電流によって生じる電磁界

(1) 水平距離に対する減衰特性

Wet ground 上で高さ 2m に水平に張られた単線（長さ 20m）から放射される電磁波のうち、磁界強度に関する距離特性を図 5-11 に示す。ただし、単線上の電流最大値が 1mA の場合の磁界強度を表

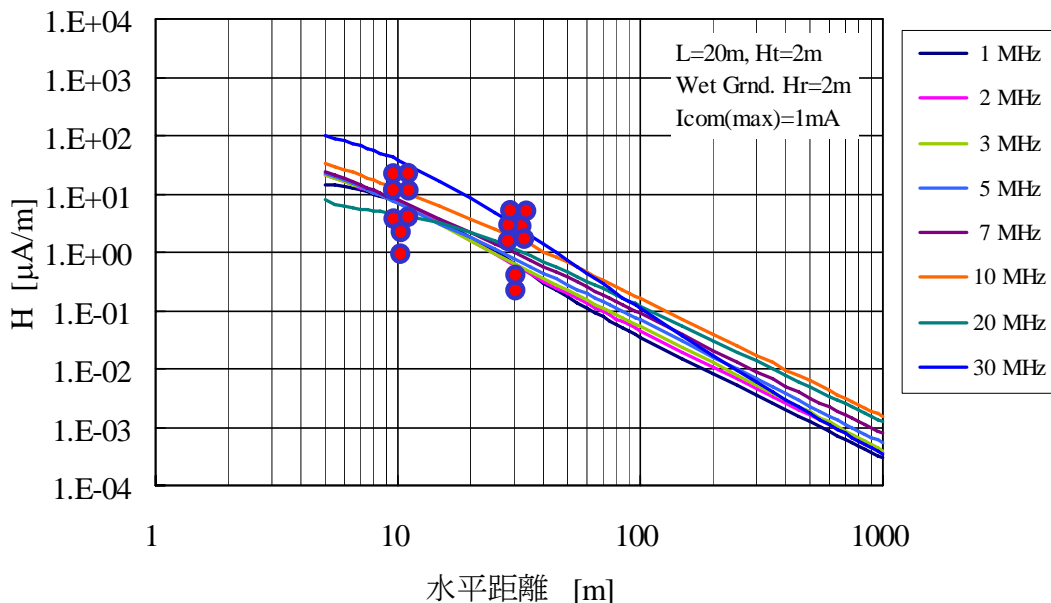


図 5-11 水平線路の電流によって生じる磁界の距離特性 (Wet ground, $H_t=2\text{m}$)

した。また、図には、野外測定場で行った実測結果も併せて示した（研究会資料 3-6）。ただし、実測で用いた線路は垂直面内でコの字型になっており、水平線路部は長さ $L=10\text{ m}$ 、高さ $H_t=2\text{ m}$ であり、観測点の高さは $H_r=1\text{ m}$ であった。したがって、数値計算と実測では線路等の配置が幾分異なるが、磁界レベルについては良く一致していることがわかる。

同様に、大地面の状態が **Medium dry ground** の場合についても計算したので、その結果を図 5-12 に示す。電力線や観測点の配置は前図と同じである。**Medium dry ground** 上における磁界強度は、**Wet ground** 上に比べて大地反射の影響が少ないため周波数依存性も少なく、そのレベルは **Wet ground** に関する計算結果とほぼ重なっている。

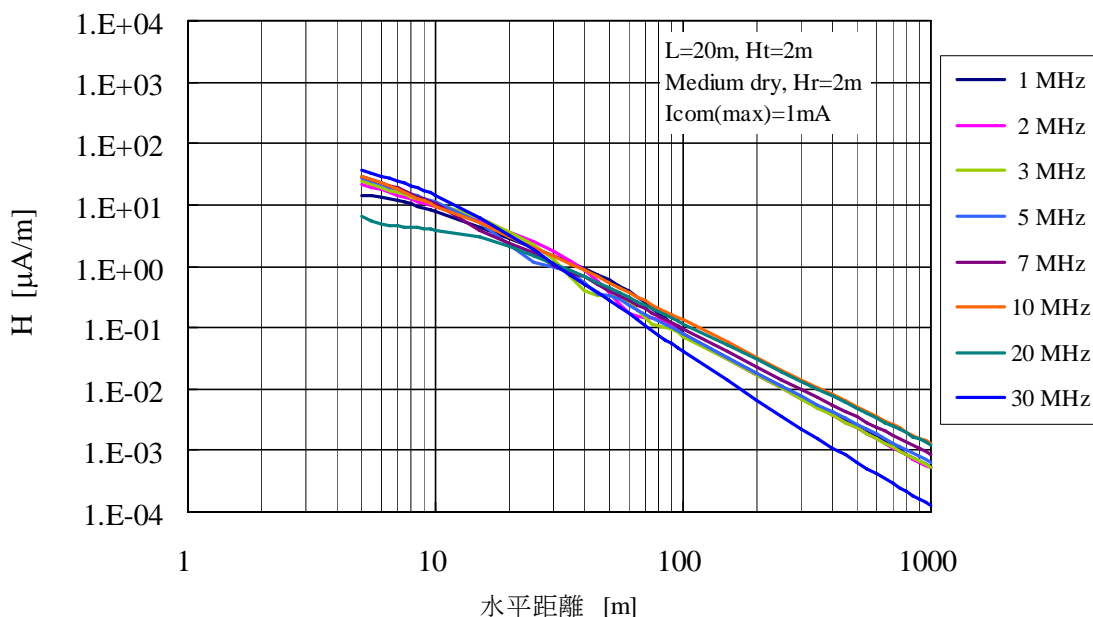


図 5-12 水平線路の電流によって生じる磁界の距離特性 (**Medium dry ground, $H_t=2\text{m}$**)

さらに、同一電力線を地上高 $H_t=6\text{m}$ に設置した場合の磁界強度の計算値を図 5-13 に示す。この図より、電力線の地上高を $2\text{m} \sim 6\text{m}$ の間で変えても、磁界強度は余り変化しないことが判る。

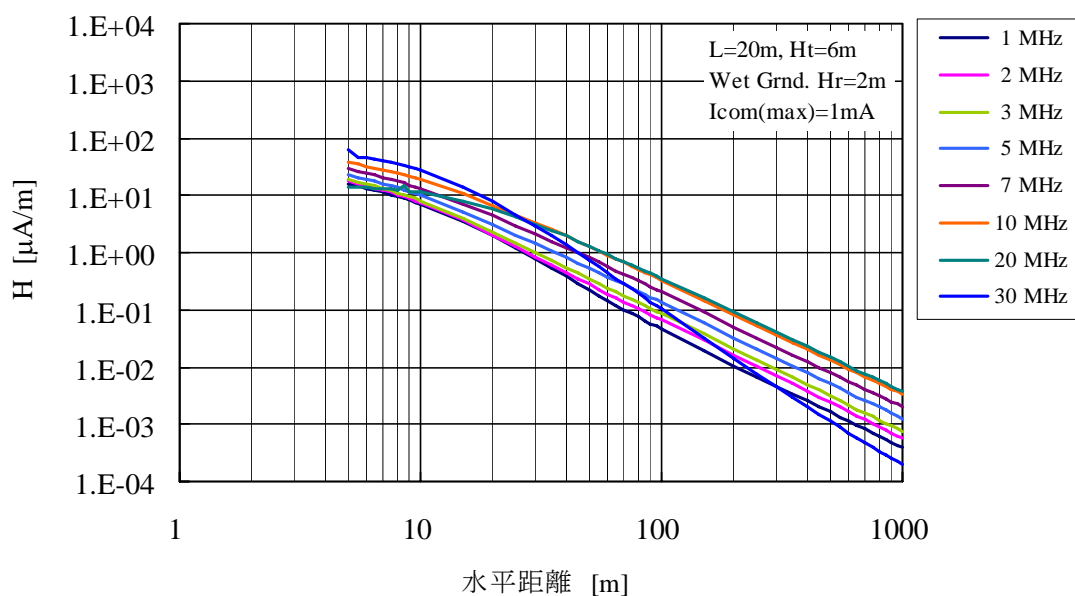


図 5-13 水平線路の電流によって生じる磁界の距離特性 (**Wet ground, $H_t=6\text{m}$**)

以上をまとめると、水平に設置された単線路に電流 $I_{com(max)}=1mA$ が流れている場合、地表付近の磁界強度は、図 5-11 の平均値から表 5-1 の値となる。また、電界強度も同時に計算したが、電界強度と磁界強度の比は特性インピーダンスに近かったため、磁界強度に 377Ω を乗じた値を等価的な電界強度として表に示した。

表 5-1 水平線路(L=20m)の電流によって生じる電磁界強度 ($I_{com}=1mA$, $H_t=2, 6m$, $H_r=2m$)

水平距離 D	10 m	30 m	50 m	100 m	1000 m
磁界強度 H	10 $\mu A/m$	0.9 $\mu A/m$	0.3 $\mu A/m$	0.08 $\mu A/m$	0.0008 $\mu A/m$
電界強度 E	$3.8 \times 10^3 \mu V/m$ (72dB $\mu V/m$)	$3.4 \times 10^2 \mu V/m$ (51dB $\mu V/m$)	$1.1 \times 10^2 \mu V/m$ (41dB $\mu V/m$)	30 $\mu V/m$ (30dB $\mu V/m$)	0.3 $\mu V/m$ (-10dB $\mu V/m$)

(2) 垂直方向の放射波に関する減衰特性

垂直方向の電磁界強度は、一般に、受信点の高さが $H_r \gg \lambda/2\pi$ で、かつ電力線の広がりよりも十分高ければ $H_r \gg L$ 、高さ H_r の 1 乗に反比例して減衰する。それより近傍では 2 乗に反比例して減衰する。なお、周波数 $f_{MHz} = 75/H_t$ [MHz] 近傍では、大地面反射によって放射波の強度が 2 倍近くになることがある。また、図 5-14 から、電磁界のレベルは周波数によって相当変化することがわかる。また、図 5-11 と比較すると、水平方向よりも垂直方向の電磁界レベルが高いことが予想される。

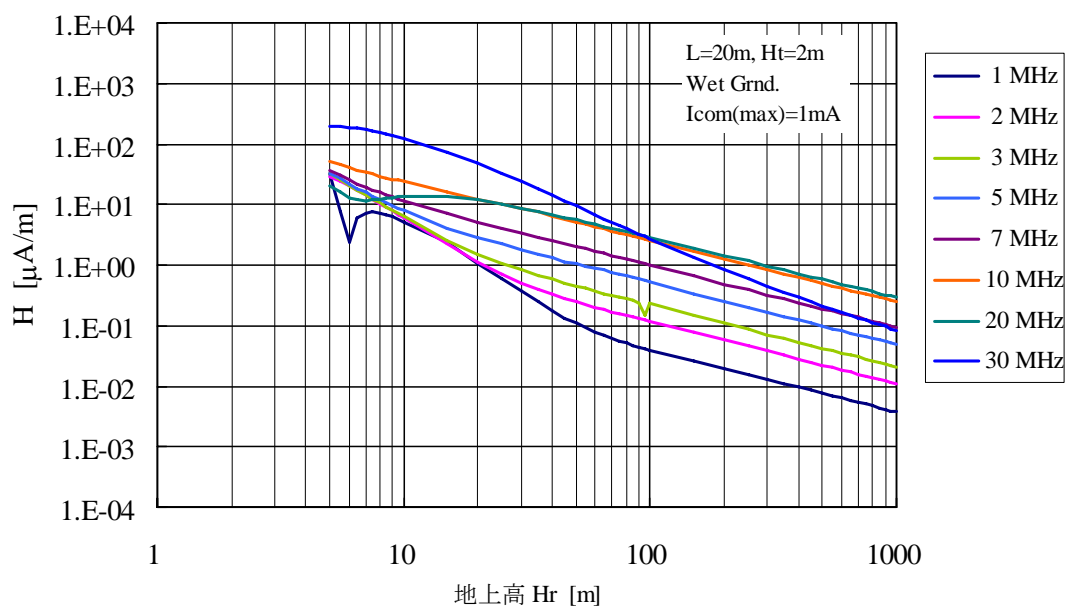


図 5-14 水平線路の電流によって生じる磁界の地上高特性 (Wet ground, $H_t=2m$)

5.2.3 垂直線路のコモンモード電流によって生じる電磁界

(1) 水平距離に対する減衰特性

図 5-15 に示すように電力線が垂直に張られた場合の電磁界を計算した。ただし、電力線は長さ $L=5.6\text{m}$ の単一導線で、その中心を高さ $H_t=3.2\text{m}$ に設置し、中心から給電して線路上の最大電流が $I_{com(max)}=1\text{mA}$ になるようにした。なお、大地面の条件としては **Wet ground**, **Medium dry ground** について、モーメント法による数値計算を行った。

その結果を図 5-16 に示す。また、表 5-2 はその代表値を示す。この表と水平線路に関する表 5-1 を比べると、遠距離になれば垂直線路の電磁界が強くなることわかる。

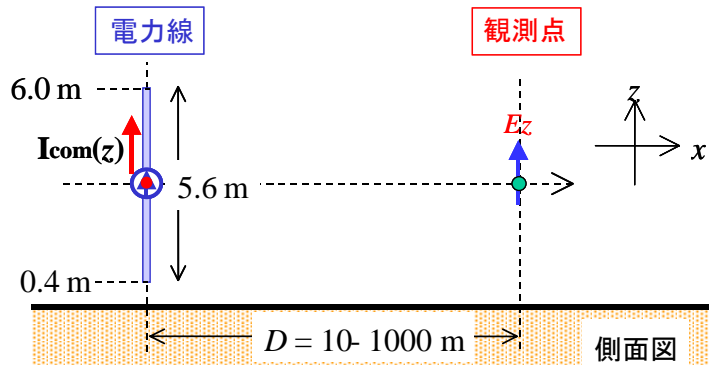


図 5-15 垂直設置の電力線モデルと観測点

表 5-2 垂直線路($L=5.6\text{m}$)に流れる電流によって生じる電界強度 ($I_{com}=1\text{mA}$, $H_t=3.2\text{m}$, $H_r=2\text{m}$)

水平距離 D	10 m	30 m	50 m	100 m	1000 m
2 - 10 MHz	$1.7 \times 10^3 \mu\text{V/m}$ (64 dB $\mu\text{V/m}$)	$4.9 \times 10^2 \mu\text{V/m}$ (54 dB $\mu\text{V/m}$)	$2.9 \times 10^2 \mu\text{V/m}$ (49 dB $\mu\text{V/m}$)	$1.3 \times 10^2 \mu\text{V/m}$ (42 dB $\mu\text{V/m}$)	$5.9 \mu\text{V/m}$ (15 dB $\mu\text{V/m}$)
10 - 30 MHz	$3.2 \times 10^3 \mu\text{V/m}$ (70 dB $\mu\text{V/m}$)	$1.2 \times 10^3 \mu\text{V/m}$ (61 dB $\mu\text{V/m}$)	$6.6 \times 10^2 \mu\text{V/m}$ (56 dB $\mu\text{V/m}$)	$2.7 \times 10^2 \mu\text{V/m}$ (49 dB $\mu\text{V/m}$)	$6.2 \mu\text{V/m}$ (16 dB $\mu\text{V/m}$)

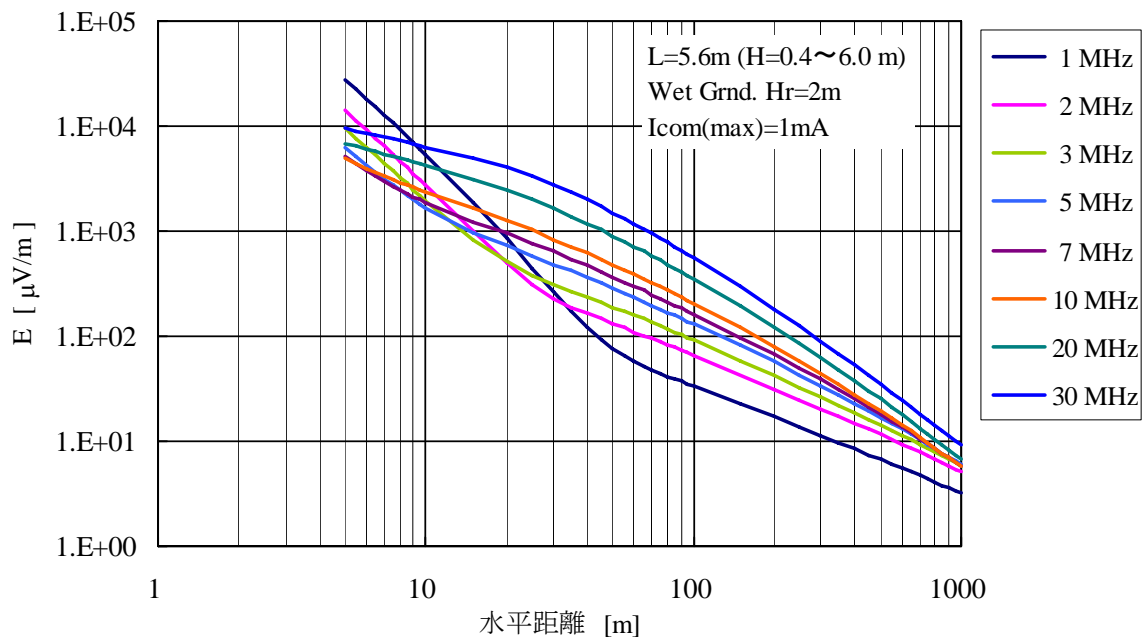


図 5-16 垂直線路の電流によって生じる電界の距離特性 (Wet ground)

5.2.4 家屋密集地域における高速電力線搬送通信設備から放射される電磁波の累積効果

本項では住宅密集地域における計算結果を示す。

図 5-17 に示すように、10m 四方の家 (100m²) が密集している場合、中央の家屋に周囲の家屋の高速電力線搬送通信設備から到来する電磁波の累積効果を検討する。

<条件>

- (1) 家屋モデル： 8.1.1 項の図 8-1 に示す 2 階建て家屋に高速電力線搬送通信設備が敷設されていると仮定する (水平 2 配線、垂直 1 配線)。
- (2) 隣接家屋間の距離：R₀=10(m)
- (3) 電磁界の距離減衰特性：
 中心家屋からの距離 R によって以下の 2 種類を仮定。
 表 8.3 に従って、電界強度は近距離では距離の 1.5 乗に反比例、1km より以遠では ITU-R P.368-7 -1992 に従って、距離の 2 乗に反比例すると仮定した。
 R₀=10 m : E₀=76 dB μ V/m
 R₁=1000 m : E₁=16dB μ V/m=E₀/1000
 R₀<R<R₁ : E= E₀ (R₀/R)^{1.5}
 R₁< =R : E= E₁ (R₁/R)²

T	T	T	T	T
T(i,j)	T(-1,1)	T(0,1)	T(1,1)	T
T	T(-1,0)	R(0,0)	T(1,0)	T
T	T(-1,-1)	T(0,-1)	T(1,-1)	T
T	T	T	T	T

図 5-17 家屋密集地における累積効果

<累積効果の計算>

図 5-17 の中心家屋には、周囲家屋の高速電力線搬送通信設備から放射される電磁波が到来する。この中心家屋における累積電界強度は、次式で示すように、幾何光学的見通しの距離約 +/-10km 方形範囲内にある家屋 (400 万個) 全てに高速電力線搬送通信設備が存在すると仮定して、個々の高速電力線搬送通信設備から放射される電磁波の受信電力を数値計算によって加算すれば得られる。ただし、電界強度は、上記の条件に従って、距離 1km 以内では距離 R の 1/R^{1.5} に比例して減衰し、これより遠方では 1/R² に比例して減衰するものとする。

$$E^2 \approx \sum_{\pm 1km \text{ 正方向内}} \frac{E_0^2}{(R(i, j)/R_0)^3} + \sum_{\pm 10km \text{ 正方向内}} \frac{E_1^2}{(R(i, j)/R_1)^4} = 9.0E_0^2$$

この値は、範囲を無限大にとって理論上一定値に近づくが、累積範囲に対する特性を図 5-18 に示す。これより、隣接した 8 個の家屋の影響が最も顕著であることがわかる。

また、密集地域では、隣の家屋一軒のみによる電磁波レベル E₀ より、3 倍 (9.5 dB) 上昇することが判る。しかし、例えば PLC の普及率を 35% とすれば、上昇は 5dB になる。

さらに、実際の市街地では、道路等があるので、このように密集することは有り得ないため、実際のレベルは、さらに下がると思われる。

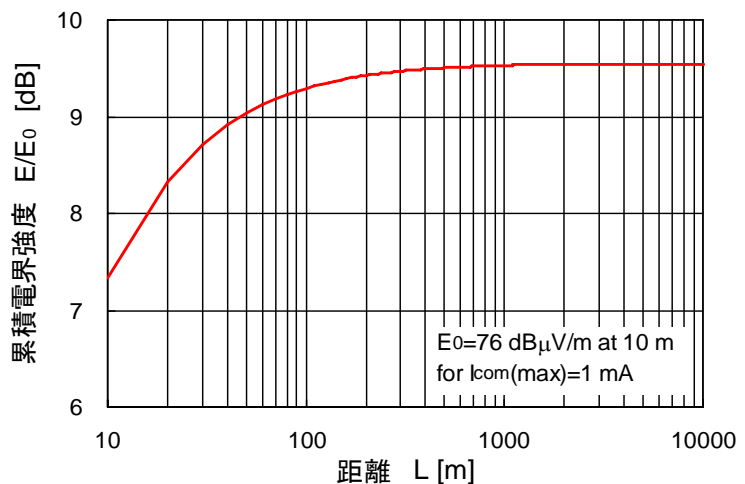


図 5-18 家屋密集地における高速電力線搬送通信設備から放射される電磁波の累積効果

5.3 中遠距離における電波伝搬

短波帯での中長距離伝搬は、地上波による伝搬だけではなく、Sky-wave（電離層反射）によるものを考慮する必要がある。

ここでは、ITU-R 勧告 P.533 「HF propagation prediction method」の伝搬モデルに基づき、累積電界強度を算出する。また、地上波による累積効果について、直接波による伝搬として累積電界強度を算出する。

Sky-wave による累積効果の検討では、国内を9地域に分割して各地域の想定放射電力値を設定し、各地域の想定放射点からの干渉電界強度分布を計算・合成して国内約1,500万システム（平均普及率30%）からの干渉電界強度分布を求めた。

ここでは複雑な Sky-wave 伝搬を十分に評価したと云い難いが、具体的な受信点の一例として検討した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。

短波帯における長距離の電波伝搬は、直接波によるものではなく、電離層反射を繰り返して伝搬する。ここでは、ITU-R 勧告に基づいた Sky-wave（電離層伝搬）シミュレーションソフトを使用し、累積電界強度を算出する。

5.3.1 検討手順・条件・設定パラメータ

5.3.1.1 検討手順・条件

(1) 高速電力線搬送通信1システムからの放射電力

高速電力線搬送通信のモデムの送信電力を-60dBm/Hz(RMS 値)、LCL を 30dB と想定して電力線に注入されるコモンモード電力を求め、放射源から十分に遠方の電界強度計算を前提としているので点波源からの放射として、ここでは、下記無線利用の帯域を取り上げ、高速電力線搬送通信1システムからの放射電力 P_{plc} を表 5-3 のとおり設定した。

表 5-3 高速電力線搬送通信1システムからの放射電力

<電波天文>	1 3 MHz 帯（中心周波数：13.385MHz）：
	- 73.0 [dBW]（RMS 値、帯域幅 50 kHz）
<アマチュア>	2 5 MHz 帯（中心周波数：25.610MHz）：
	- 69.2 [dBW]（RMS 値、帯域幅 120 kHz）
<アマチュア>	3 MHz 帯（計算周波数：3.538MHz）：
	- 86.2 [dBW]（RMS 値、帯域幅 2.4 kHz）
<アマチュア>	7 MHz 帯（計算周波数：7.050MHz）：
	- 86.2 [dBW]（RMS 値、帯域幅 2.4 kHz）

(2) 累積による放射電力

表 5-4 に示すように、日本国内を9地域に分割し、各地域の全ての高速電力線搬送通信設備が想定放射点に存在すると仮定して、次式により各地域の想定放射電力値を設定した。

想定放射電力 = (1 システムの放射電力) + 10 × log(システム数) - (低減効果)

システム数：(地域世帯数) × (地域の普及率)

世帯数：平成 16 年 3 月末現在(総務省自治行政局報道資料)

普及率：研究会資料 3-8 に従い、全国平均を 30% と想定し、都道府県別ブロードバンドサービス世帯普及率(平成 17 年 3 月末現在、総務省報道資料)から各地域の高速電力線搬送通信設備の普及率を推定

低減効果：0dB(「低減効果なし」として検討)

表 5-4 地域別の想定放射点と放射電力

	地 域	想定放射点	世帯数 (万世帯)	普及率	システム数 (万システム)	想定放射電力 (dBW)
1	北海道 (北海道)	札幌 (43.06N、141.33E)	2 5 2	2 0 %	5 0 . 4	13M帯：-16.0 25M帯：-12.2 3M/7M帯：-29.2
2	東北 (青森、岩手、 宮城、秋田、山形、 福島)	仙台 (38.26N、140.90E)	3 4 1	2 5 %	8 5 . 3	13M帯：-13.7 25M帯：-9.9 3M/7M帯：-26.9
3	関東 (東京、神奈川、埼 玉、千葉、茨城、栃 木、群馬、山梨)	東京 (35.67N、139.77E)	1 , 7 1 7	3 5 %	6 0 0 . 9	13M帯：-5.2 25M帯：-1.4 3M/7M帯：-8.4
4	信越・北陸 (新潟、長野、富山、 石川、福井)	金沢 (36.59N、136.63E)	2 6 3	2 5 %	6 5 . 8	13M帯：-14.8 25M帯：-11.0 3M/7M帯：-28.0
5	東海 (愛知、岐阜、静岡、 三重)	名古屋 (35.17N、136.97E)	5 3 6	3 5 %	1 8 7 . 5	13M帯：-10.3 25M帯：-6.5 3M/7M帯：-23.5
6	近畿 (大阪、兵庫、京都、 滋賀、奈良、和歌山)	大阪 (34.68N、135.52E)	8 2 9	3 0 %	2 4 8 . 7	13M帯：-9.0 25M帯：-5.2 3M/7M帯：-22.2
7	中国・四国 (鳥取、島根、岡山、 広島、山口、徳島、 香川、愛媛、高知)	広島 (34.40N、132.46E)	4 6 4	2 5 %	1 1 6 . 0	13M帯：-12.4 25M帯：-8.6 3M/7M帯：-25.6
8	九州 (福岡、佐賀、長崎、 熊本、大分、宮崎、 鹿児島)	福岡 (33.58N、130.38E)	5 3 1	2 5 %	1 3 2 . 9	13M帯：-11.8 25M帯：-8.0 3M/7M帯：-25.0
9	沖縄 (沖縄)	那覇 (26.21N、127.69E)	5 0	2 0 %	1 0 . 0	13M帯：-23.0 25M帯：-19.2 3M/7M帯：-36.2

(3) 累積効果による干渉電界強度分布の計算

各地域の想定放射点からの干渉電界強度分布を計算した後、これらの9データを電力和にて合成し、国内約1,500万システムからの干渉電界強度分布 (Median 値) を各周波数帯域について求めた。

5.3.1.2 ソフト計算における設定パラメータ

(1) 放射 (送信) 電力

計算ソフトの設定下限値 (0dBW) を考慮して、入力パラメータを「想定放射電力値+28dB」(3MHz/7MHz 帯の場合：+40dB) に設定し、計算後に「-28dB (同：-40dB)」の補正を行う。なお、高速電力線搬送通信1システムの計算では補正值を80dBとした。

(2) 送信アンテナ

アンテナ種別：5.3.1.1 項の放射電力設定方法から等方性アンテナとした。

放射角度 (Minimum Takeoff Angle)：計算ソフトの設定下限値 (3degrees) とした。

主ビーム方位角：等方性アンテナにつき設定不要。

(3) 月、時刻

電離層の諸特性は月と時刻によって変動し、時刻では昼間の方が、条件が良いと云われている。この特性変動に伴って電界強度・分布は変化し、図 5-19 の計算データ例に示すように、(6)に示すプロット範囲内における最大電界強度値は、設定する月及び時刻によって変化する。ここでは、計算デー

タ例を基に最大電界強度が高い範囲にある「月：4月、時刻：06UT」（13MHz/25MHz帯）及び「月：7月、時刻：12UT」（3MHz/7MHz帯）をパラメータ値として採用した。（UT：Universal Time、日本時間＝UT+9H）

(4) SSN (Sun Spot Number)

図5-20にSSNを変えて、(6)のプロット範囲内における最大電界強度値を計算したデータ例を示す。ここでは比較的太陽活動が活発なSSN=100とした。

(5) 受信アンテナ/受信機帯域幅

電界強度 (DBU) 計算につき無関係なパラメータ。

(6) プロット範囲

計算結果のプロット範囲は、日本近傍とし、東京 (35.67N、139.77E) を基点に東 700 km、西 1,300 km、北 1,200 km、南 1,000 kmとした。

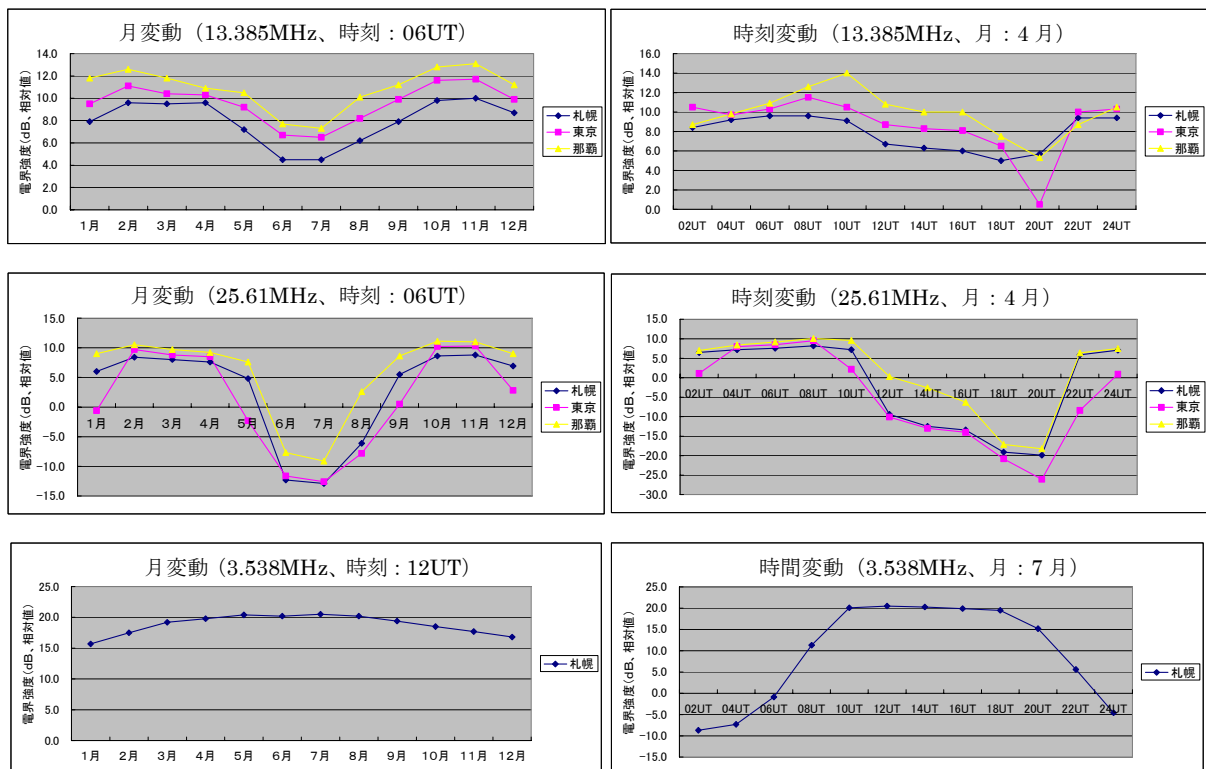


図 5-19 月/時刻による電界強度変動データ例

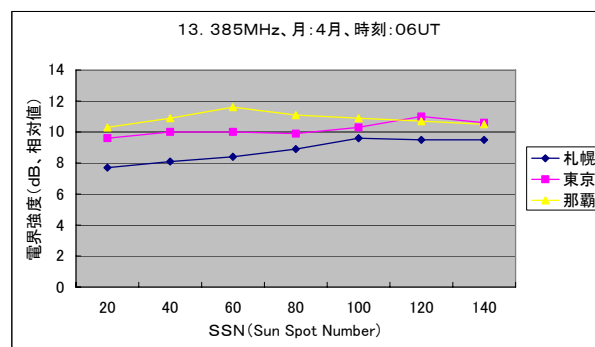
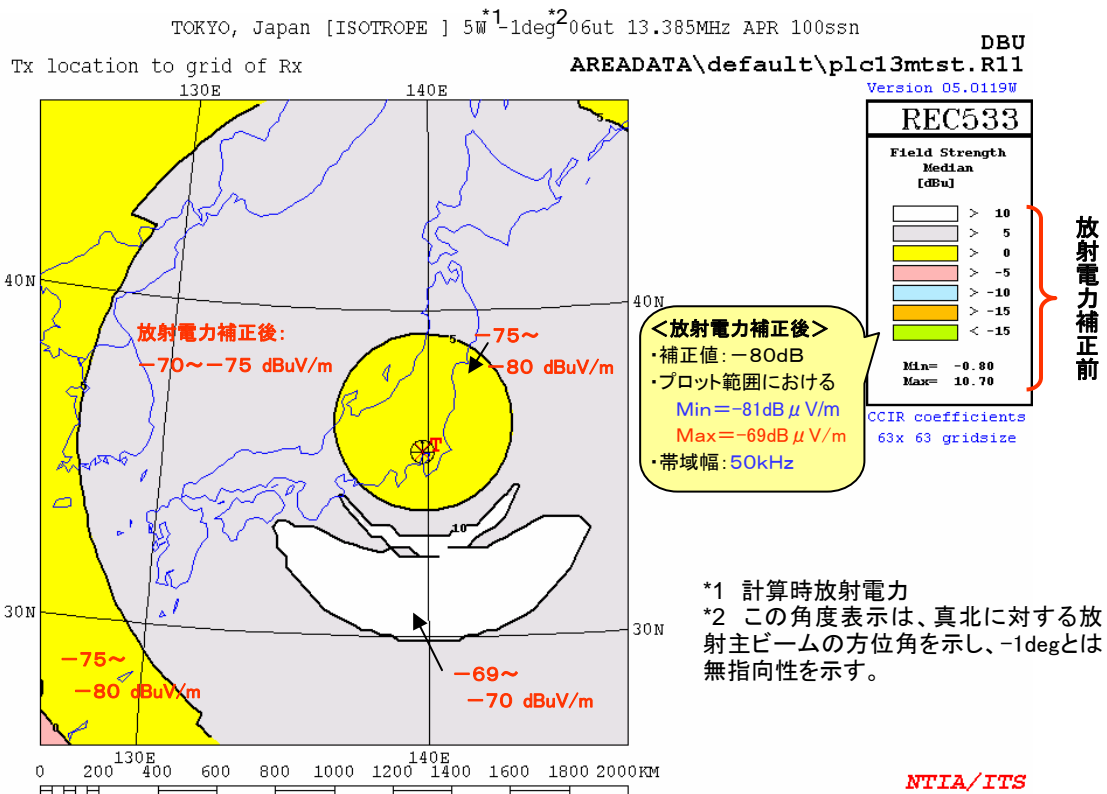


図 5-20 SSNによる電界強度変動データ例

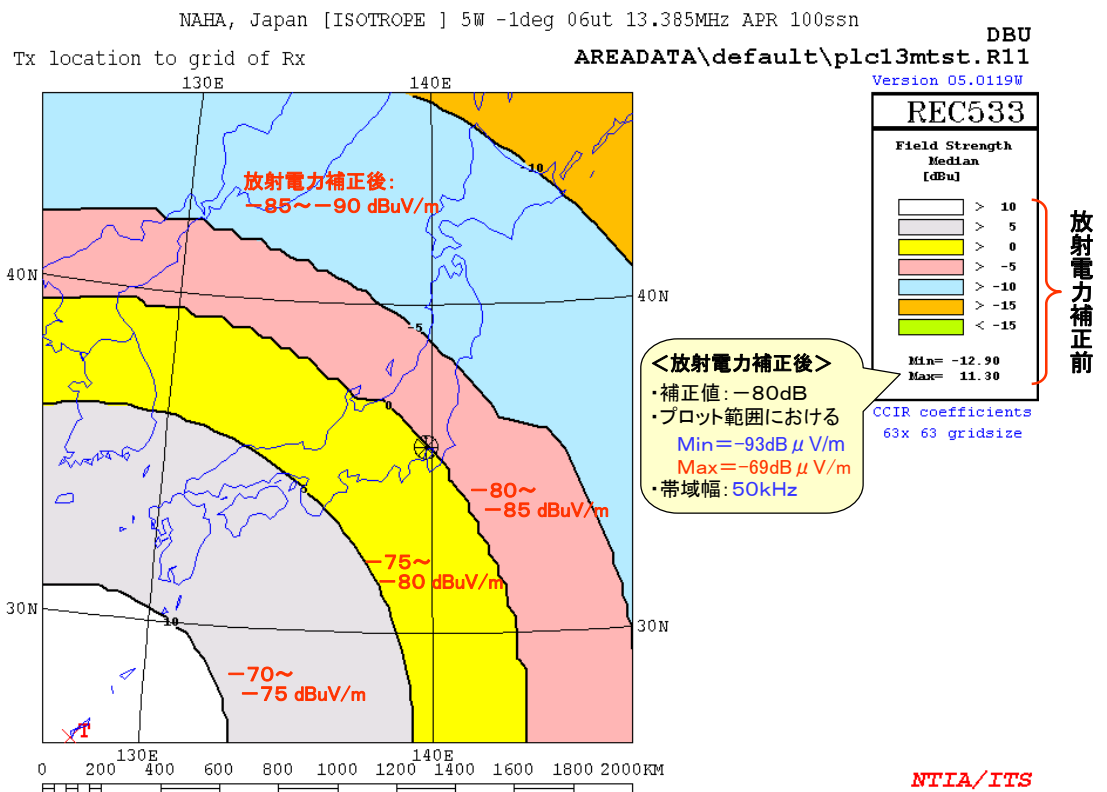
5.3.2 計算結果

図 5-21 に、高速電力線搬送通信 1 システムのみから漏えい電磁界が放射された場合の計算結果を示す。Sky-wave による干渉電界強度は、放射点から離れた箇所でも最大値を示す場合もあり、その箇所は月、時刻、周波数等で変わるが、1 システムからの干渉波の絶対強度は十分低い値である。また、図 5-22 に示すように、最大点からさらに離れるに従い電界強度は低下する。

図 5-23 及び図 5-24 は、各地域の想定放射点からの干渉電界強度分布を計算した後、これらの 9 データを電力和にて合成し、国内約 1,500 万システムからの干渉電界強度分布 (Median 値) を計算したものである。計算の結果、1 システムの場合と同様、放射点から離れた箇所でも最大値を示す場合があることがわかるが、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。



a) 13MHz、放射点：東京



b) 13MHz、放射点：那覇

図 5-21 高速電力線搬送通信 1 システムによる干渉電界強度分布計算例

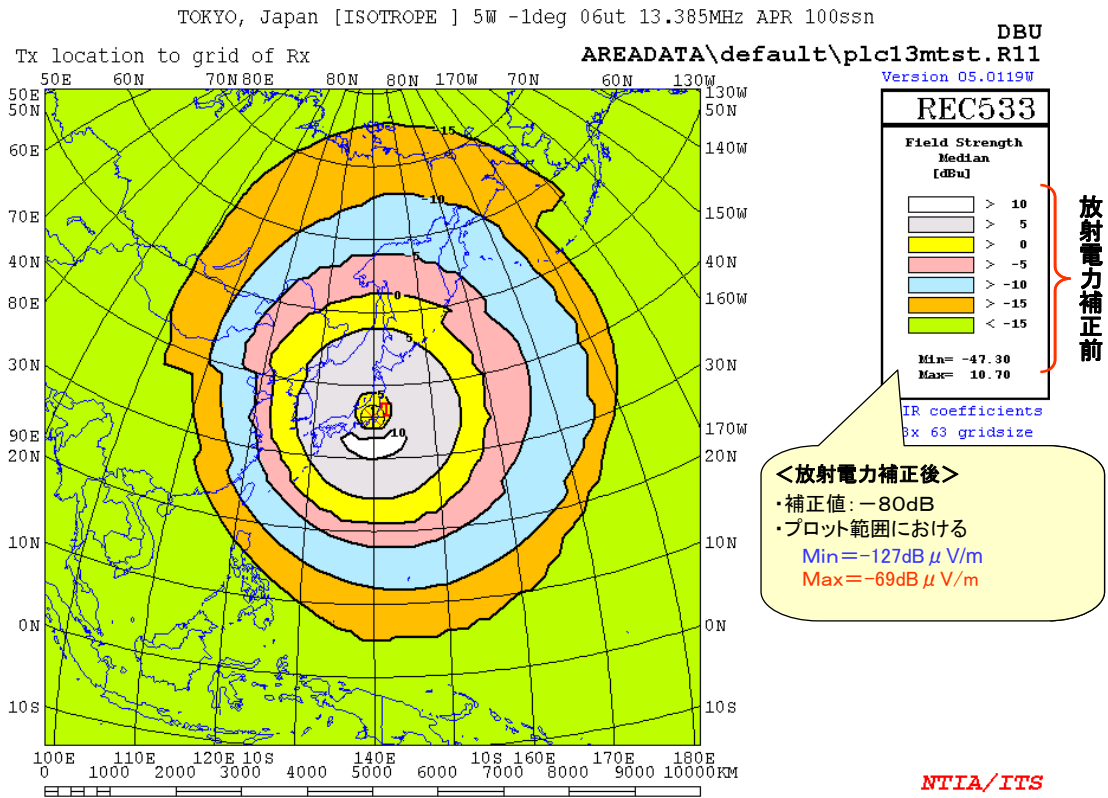
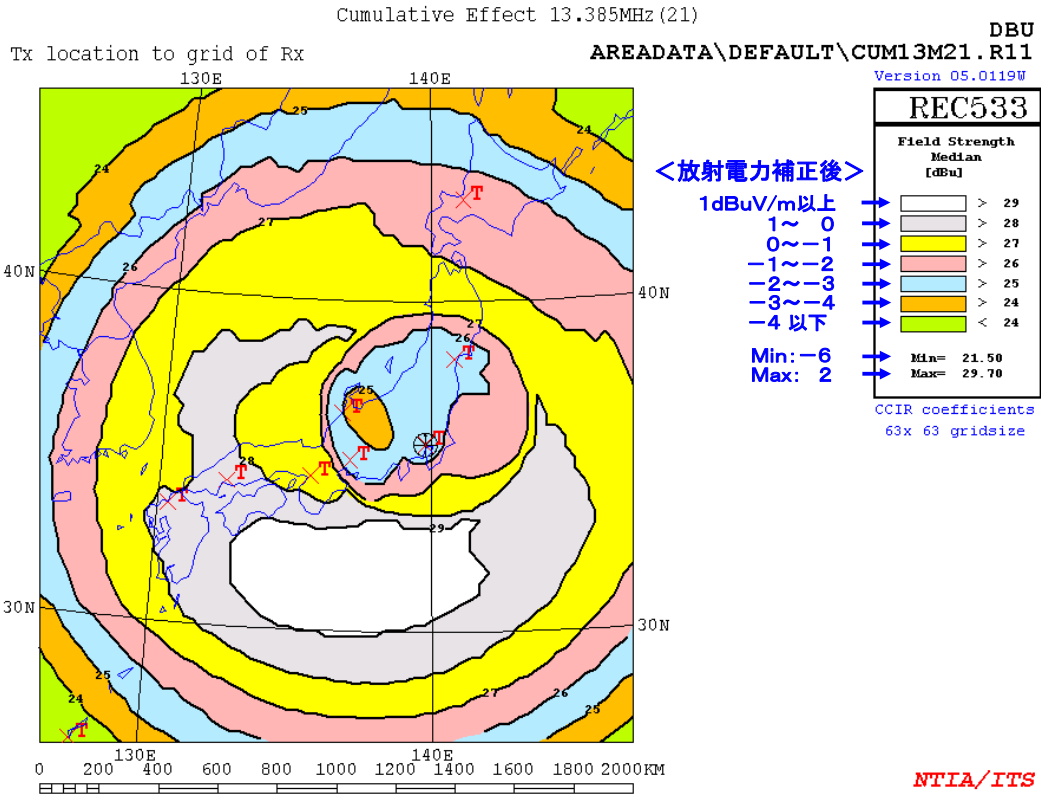
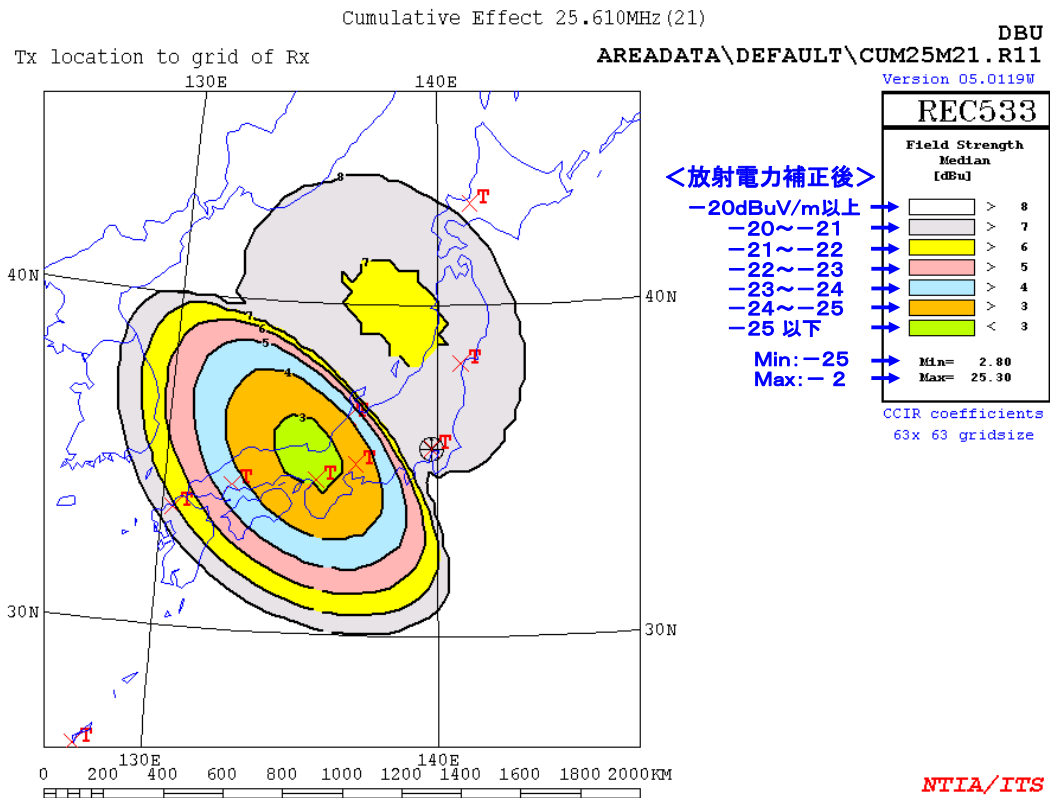


図 5-22 高速電力線搬送通信 1 システムによる広範囲の干渉電界強度分布例 (13MHz 帯、放射点: 東京)

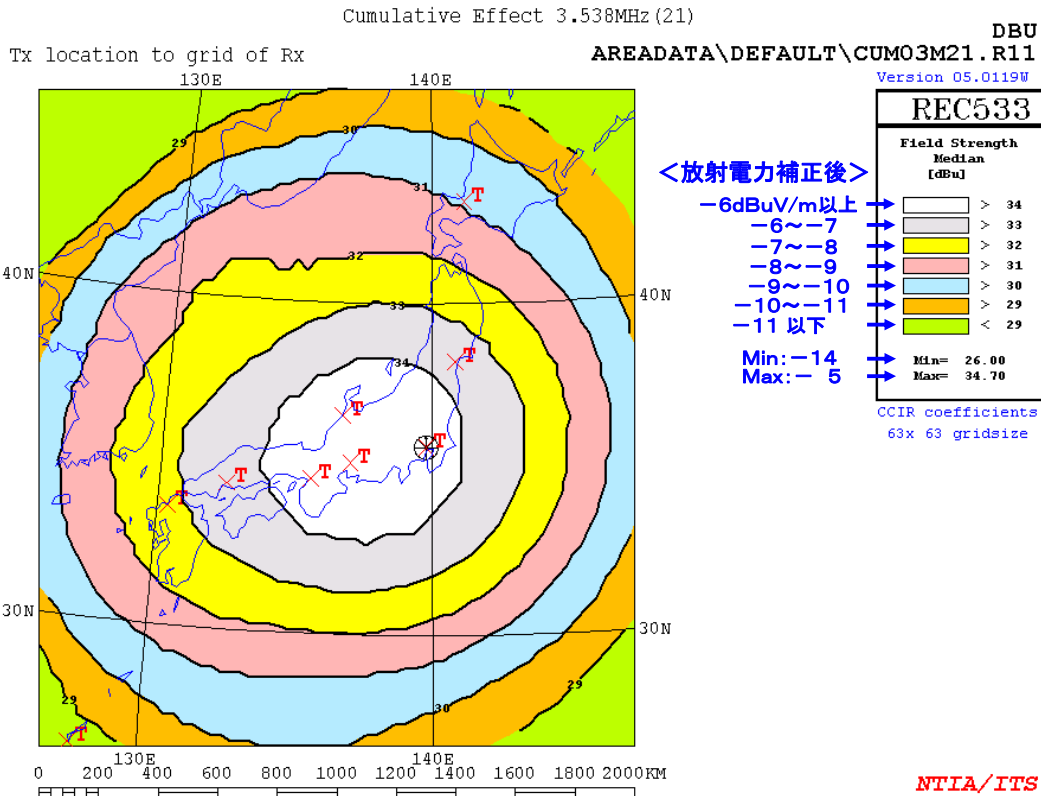


a) Sky-wave : 13MHz 帯、帯域幅 : 50kHz

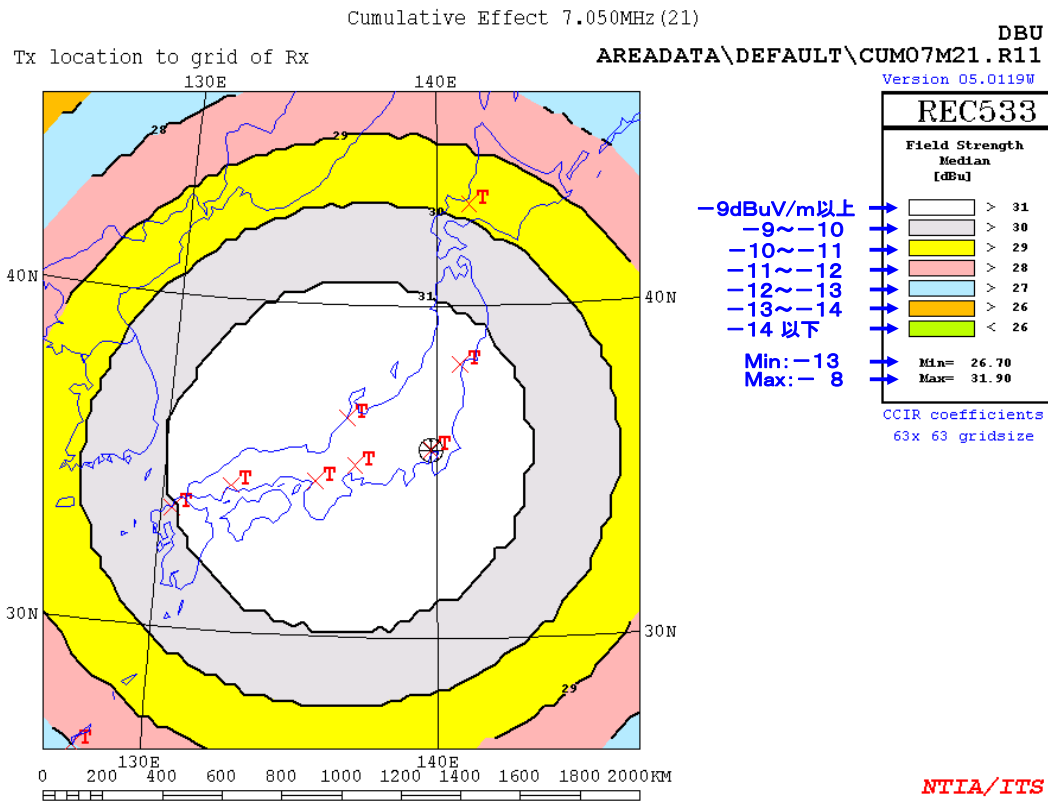


b) Sky-wave : 25MHz 帯、帯域幅 : 120kHz

図 5-23 累積効果による干渉電界強度分(13MHz 帯、25MHz 帯)



c) Sky-wave : 3MHz 帯、帯域幅 : 2.4 kHz



d) Sky-wave : 7MHz 帯、帯域幅 : 2.4 kHz

図 5-24 累積効果による干渉電界強度分布 (3MHz 帯、7MHz 帯)

5.4 家屋・ビルによる遮蔽

高速電力線搬送通信により信号が送受されている電力線からの漏えい電波が、建築物（鉄筋コンクリート建築物及び木造家屋）によってどの程度減衰するのかを明らかにするため、Finite Integration (FI) 法による数値解析を行った。

5.4.1 計算モデル

計算モデルとして、平行二線の電力線が六畳間相当の構造物（建築物）に壁面に沿って配線され、電力線の片側端子に PLC 機器が接続され、もう一方の端子をあるインピーダンスで終端している状態を考える。鉄筋コンクリート構造物の構造は図 5-25 のとおりである。また、木造構造物は、鉄筋コンクリート構造物と同じ寸法であり、その概観は図 5-26 のとおりである。なお、同図において、x 軸方向は上面から見て構造体の短辺方向、z 軸は構造体の長辺方向、y 軸は高さ方向である。

鉄筋コンクリート構造物は幅 130mm の金属（完全導体）角柱で外枠が組まれており、また、壁面 4 面と上面はコンクリートで構成されている。コンクリートの複素比誘電率は $\epsilon_r = 6.0 - j40$ (30MHz のとき)、また、誘電正接は $\tan \delta = 0.0462$ とする。この複素比誘電率は、マイクロ波における比誘電率の虚部について、30MHz においても導電率が変化しないと仮定して算出した。コンクリート内部には格子状に鉄筋（完全導体を仮定）が入り、その間隔は 455mm である。これらの鉄筋は外枠の金属角柱とは電気的に接続されていない。床と天井は厚さ 50mm の木材であり、また床は構造体より 455mm 高い場所に取り付けられている。木材の比誘電率及び導電率は、比誘電率を 4.0、導電率を約 10^{-3} S/m とした。窓は金属枠（サッシ）にガラスがはめ込まれているものとし、ガラスの比誘電率は 4.0 を仮定した。ドアは木材製で、窓と同様に金属枠の内側にドアが取り付けられている。

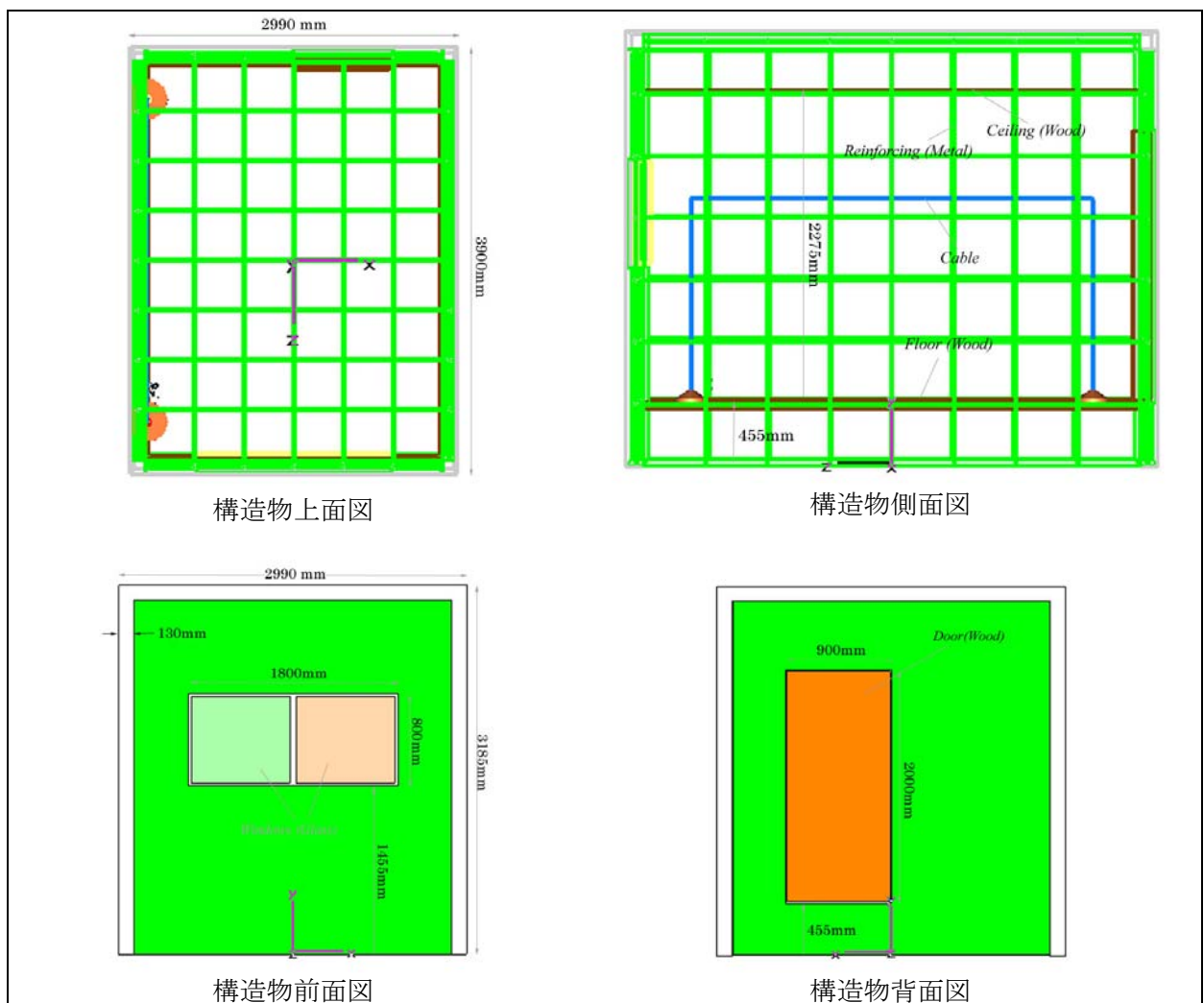


図 5-25 計算モデルの構造（鉄筋コンクリート構造物）

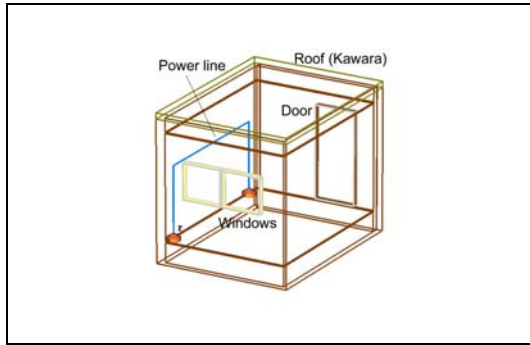


図 5-26 木造構造物の概観

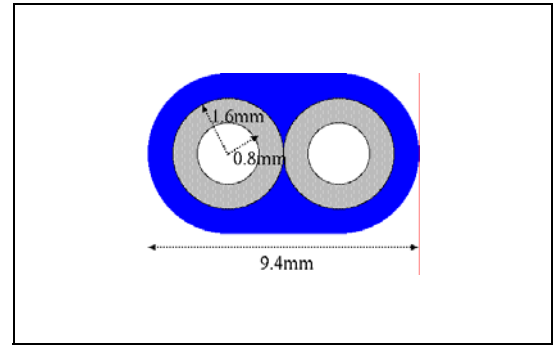


図 5-27 電力線の断面寸法

電力線は、ドアから遠いほうの壁面に平行二線の 2 つの導体が這うように設置され（図 5-25 構造物側面図参照）、z 方向の長さが 3m、y 方向の長さが 1.5m である。電力線は、ポリ塩化ビニール（比誘電率 2.95、 $\tan \delta=0.014$ ）のシースを持つ 2 芯 VVF ケーブルである（図 5-27 参照）。平行二線の窓に近い方の端子の双方の線に特性インピーダンス 150Ω の電源を接続し、さらにケーブルの平衡度を下げるために、一方の線にのみ LCR 並列回路を電源と線との間に挿入している。LCR 回路の回路定数は、それぞれ $L=1\text{mH}$ 、 $R=10\Omega$ 、 $C=11\text{nF}$ である。電力線のもう一方の端子の 2 線はそれぞれ 150Ω で終端され、さらに LCR 並列回路が終端と線間（線は窓に近い方の端子の場合と同じ線）に接続されている。

信号が流れている電力線からのコモンモード放射の電界計算には FI 法を用いる。FI 法による計算においては、市販のソフトウェアを用いた。計算における周波数範囲は $1\text{MHz}\sim 100\text{MHz}$ とした。入力端子に印加する波形は 100MHz 帯域相当の立ち上がり時間を有するガウシアンパルスとした。ただし、この波形は PLC の信号強度及び波形を模擬したものではない。また、セルサイズは構造物の部位によって異なり、ケーブル等の構造の細かい箇所では最小セル寸法（約 0.8mm ）を取り、構造物の容積部分では最大セル寸法（ 305mm ）となる。境界条件は、上方および各側面の方向の境界では、4 層の PML による吸収境界条件、 $y=0$ となる面では完全導体の境界条件をそれぞれ適用する。

FI 法による計算は、構造物がなく、電力線のみの場合についても行う。構造物がある場合と無い場合とで放射指向パターンが異なるので、ここでは構造物がある場合における放射電界強度の最大値とない場合における電界強度の最大値の比をもって電界強度の減衰量と定義する。

5.4.2 数値解析結果（鉄筋コンクリート構造物）

構造物が鉄筋コンクリートの場合の電界強度減衰効果を計算した。表 5-5 に構造物中心からの距離 10m （近傍界）及び距離 150m （ 2MHz における一波長、遠方界）における減衰特性を示す。同表より、減衰量の最小値は 10MHz のときに現れ、その値は近傍界で 23dB 、遠方界で 22dB である。逆に減衰量の大きいのは 30MHz のときの 31dB （近傍界）及び 29dB （遠方界）であることがわかった。近傍界と遠方界の減衰量を比較すると、遠方界では $0\text{dB}\sim 2\text{dB}$ 程度減衰量が小さくなっていることがわかる。

表 5-5 減衰特性（鉄筋コンクリート構造物）

周波数	2MHz	5MHz	10MHz	20MHz	30MHz
減衰量（距離 10m）	29dB	28dB	23dB	27dB	31dB
減衰量（距離 150m）	28dB	26dB	22dB	27dB	29dB

5.4.3 数値解析結果（木造構造物）

構造物が木材の場合の電界強度減衰効果を計算した。構造物の寸法及び窓、ドア等の配置は鉄筋コンクリートの場合と同様である。構造物の屋根部分（図 5-26 の”Roof (Kawara)”）は、木造建築の多くが瓦であることを考え、長石質磁器（瓦）の誘電率及び誘電正接の値を用いた。それぞれ 5～6.5, 0.007～0.012（1MHz のとき）であるので、中間値をとり、誘電率 5.75, 誘電正接 0.01 とした。鉄筋コンクリートの場合と同様、表 5-6 に構造物中心よりの距離 10m（近傍界）および距離 150m（遠方界）における減衰特性を示す。同表より、減衰量の最小値は 30MHz のときに現れ、その値は近傍界で 6.8dB, 遠方界で 5.0dB である。逆に、減衰量の大きいのは、近傍界では 2MHz のときの 22dB で、遠方界では 5MHz における 16dB となった。近傍界と遠方界の減衰量を比較すると、遠方界では 0dB～7dB 程度減衰量が小さくなっており、鉄筋コンクリートの場合と比較してその差は大きい。

表 5-6 減衰特性（木造構造物）

周波数	2MHz	5MHz	10MHz	20MHz	30MHz
減衰量（距離 10m）	22dB	16dB	12dB	10dB	6.8dB
減衰量（距離 150m）	15dB	16dB	13dB	7.6dB	5.0dB

5.4.4 まとめ

研究会資料 2-3 の参考 1.3 によれば、コンクリート外壁の遮蔽効果の実測値は 20dB 前後であり、また、戸建て住宅、集合住宅、オフィスビルなどの複数の建築物における遮蔽効果を実測した結果、各周波数における測定値のメジアンが 7.4dB～16.7dB であることが報告されている。上記の数値解析結果も研究会資料 2-3 の実測結果と同様の値となっていることがわかる。ゆえに、本数値解析結果は妥当であるといえる。

参考文献

- [1] 総務省 高速電力線搬送通信に関する研究会 資料 2-3 高速電力線搬送通信と既存無線局の共存について, February, 2005.
- [2] 石上, 後藤, 松本, “電力線通信における建築物による電磁界減衰効果の数値解析”, 電気学会 C 部門大会, OS1-4, 2005.

5.5 配電系の伝送特性

低圧電力系統の伝送特性は、①住宅内の伝送特性、②住宅間（隣家など）の伝送特性、③住宅から屋外配電線への伝送特性の3つに大別できる。以下に、これらの伝送特性の測定結果を示す。

5.5.1 住宅内電力系統の伝送特性測定結果

一般的な住宅への配電方式は単相二線式と単相三線式である。二線式は中性線（0V）と+100Vの電力線から構成され、三線式は中性線とL1（+100V）とL2（-100V）の三線で構成される。最近の住宅の多くは単相三線式になっているため、ここでは、この配電系統の住宅で測定を行った結果を示す。

単相三線式の電力系統の場合、その伝送特性は、①同相同一回路（分電盤を介さない伝送系）、②同相別回路（分電盤で分岐された別回路への伝送系であり、かつ、相が等しい伝送系）、③異相回路（分電盤で分岐された別回路への伝送系であり、かつ、相が異なる伝送系）の3種類に分類される。なお、単相二線式の場合は、上記のうち①と②のみで構成されることになる。

測定は、5軒の住宅（戸建住宅、集合住宅の一住居）において、図5-28に示すように測定対象とするコンセントがこれらの区分を網羅するようにコンセント4箇所以上を選定し、実施した。測定した伝送特性を図5-29に示す。図に示すように、同相同一回路においては、10dB～20dB程度の減衰であるが、同相異相を問わず、分電盤で分岐される別回路間の伝送特性は20dB～80dBの減衰であった。

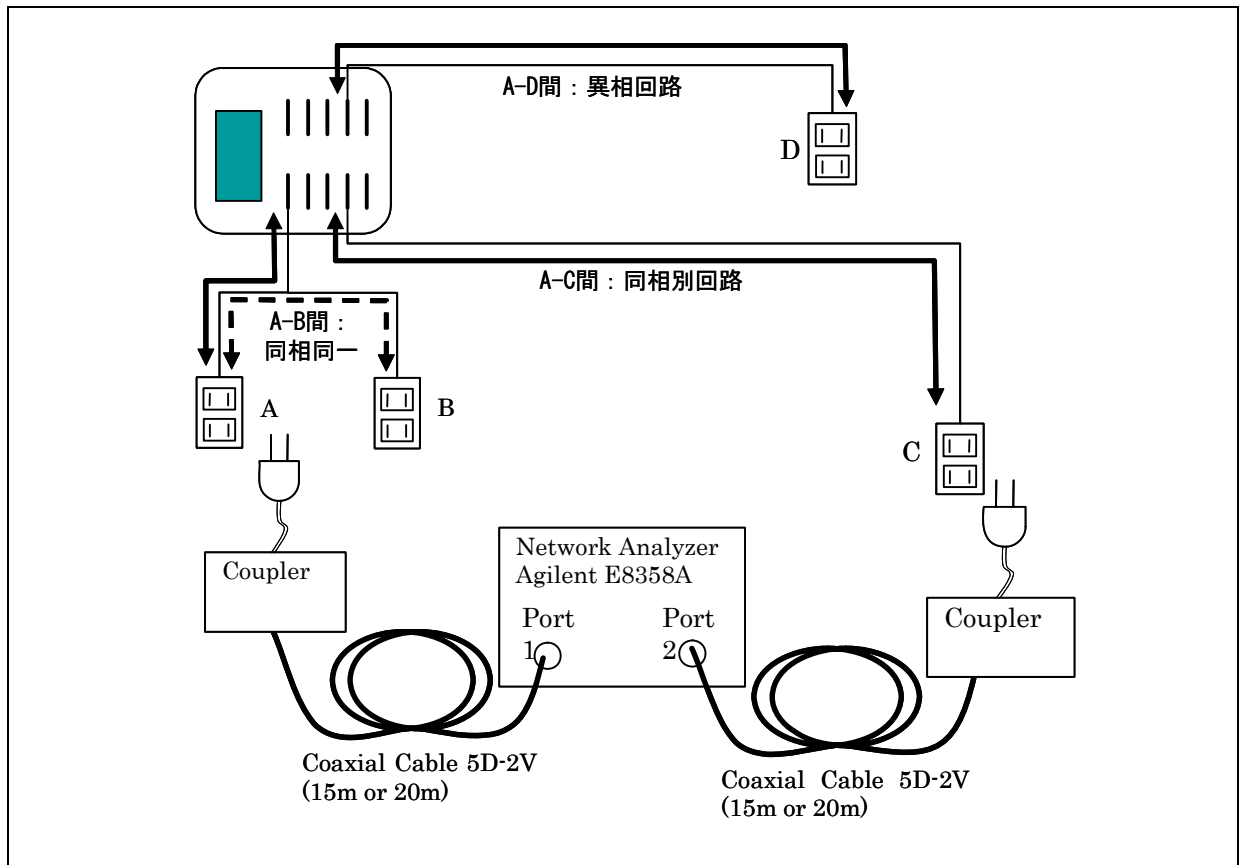


図 5-28 住宅内電力系統伝送特性の測定系

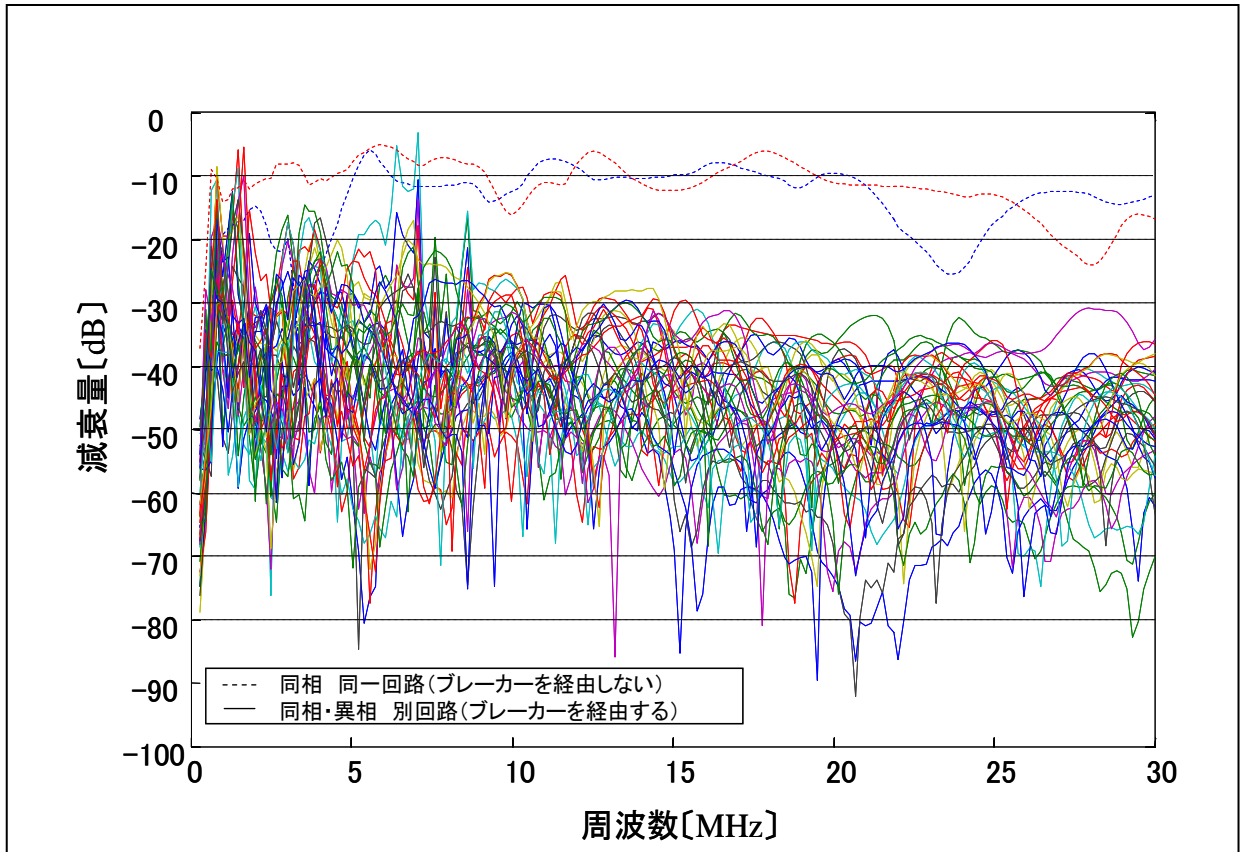


図 5-29 住宅内電力システムの伝送特性測定結果

5.5.2 集合住宅における隣接住戸間の電力系統の伝送特性測定結果

集合住宅における隣接住戸間の伝送特性を、図 5-30 のような住戸配置で、全ての住戸が同一の電力系統に接続されている集合住宅において測定した。

集合住宅の住戸間の減衰特性は、図の I 宅の④番コンセントから、W 宅の④～⑥番コンセントについて測定した。この測定を行った集合住宅では③番のコンセントのみ、その他のコンセントとは相の異なる回路となっており、今回測定したデータは全て同相の伝送特性ということになる。

測定結果を図 5-31 に示す。この測定結果では、30dB～60dB 程度の減衰となることがわかった。これは、前項で示した、住宅内配電線における同相・異相の別回路での伝送特性の測定結果と同等の数値である。

このように、分電盤を介する電力系統においては、概ね 30dB 以上の減衰が発生していることがわかる。

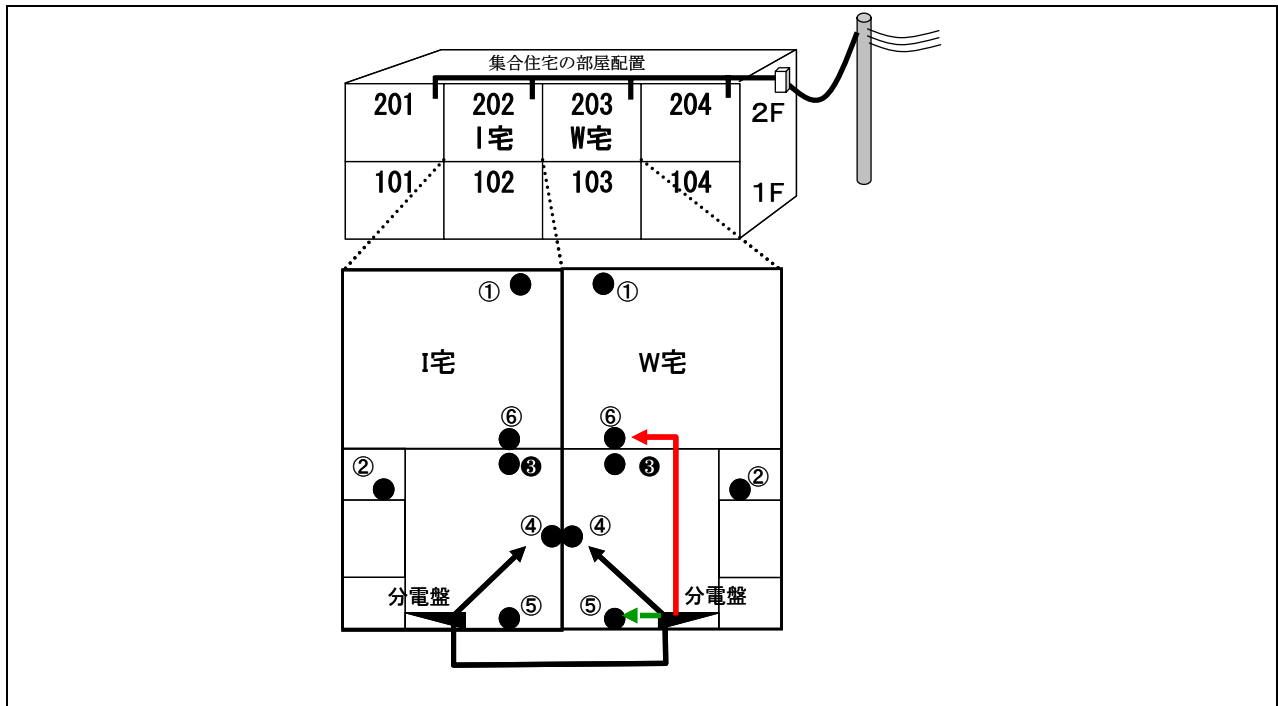


図 5-30 集合住宅の電力系統

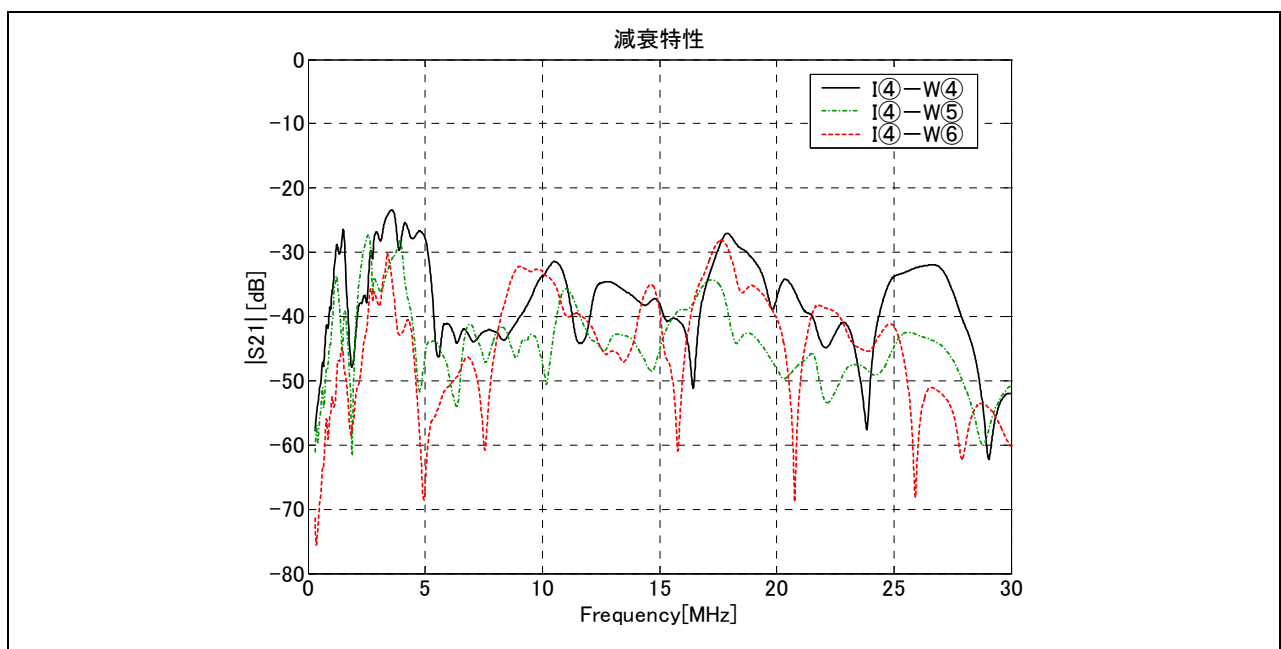


図 5-31 集合住宅の隣家間の伝送特性測定結果

5.5.3 住宅から屋外低圧配電線への伝送特性測定結果

住宅から屋外低圧配電線への伝送特性について、図 5-32 に示すように電柱部の柱上トランスの低圧側にコンセントを仮設し、このコンセントと宅内コンセントの伝送特性を測定した。

なお、測定に当たっては、バランの特性を考慮し、入出力間でキャリブレーションを実施した。

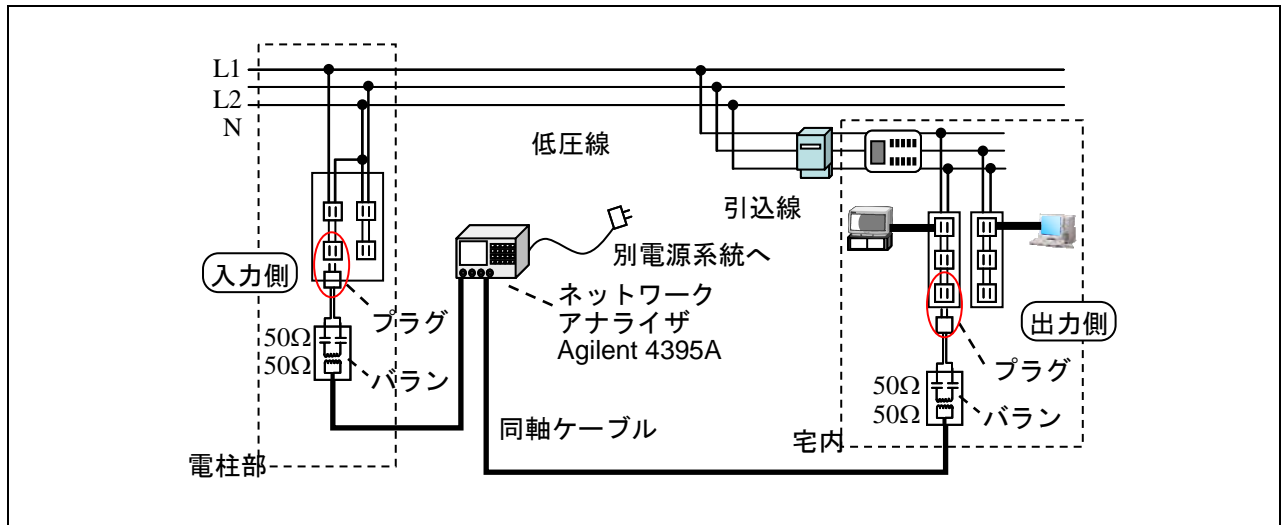


図 5-32 宅内コンセントと屋外配電線間の電力系統

屋外配電線と宅内コンセント間の伝送特性を国内 84 箇所にて測定した結果を図 5-33 に示す。

図に示すとおり、宅内コンセントから屋外配電線への信号減衰量は 20dB~100dB 程度であり、平均の減衰量は 40dB~60dB 程度であった。

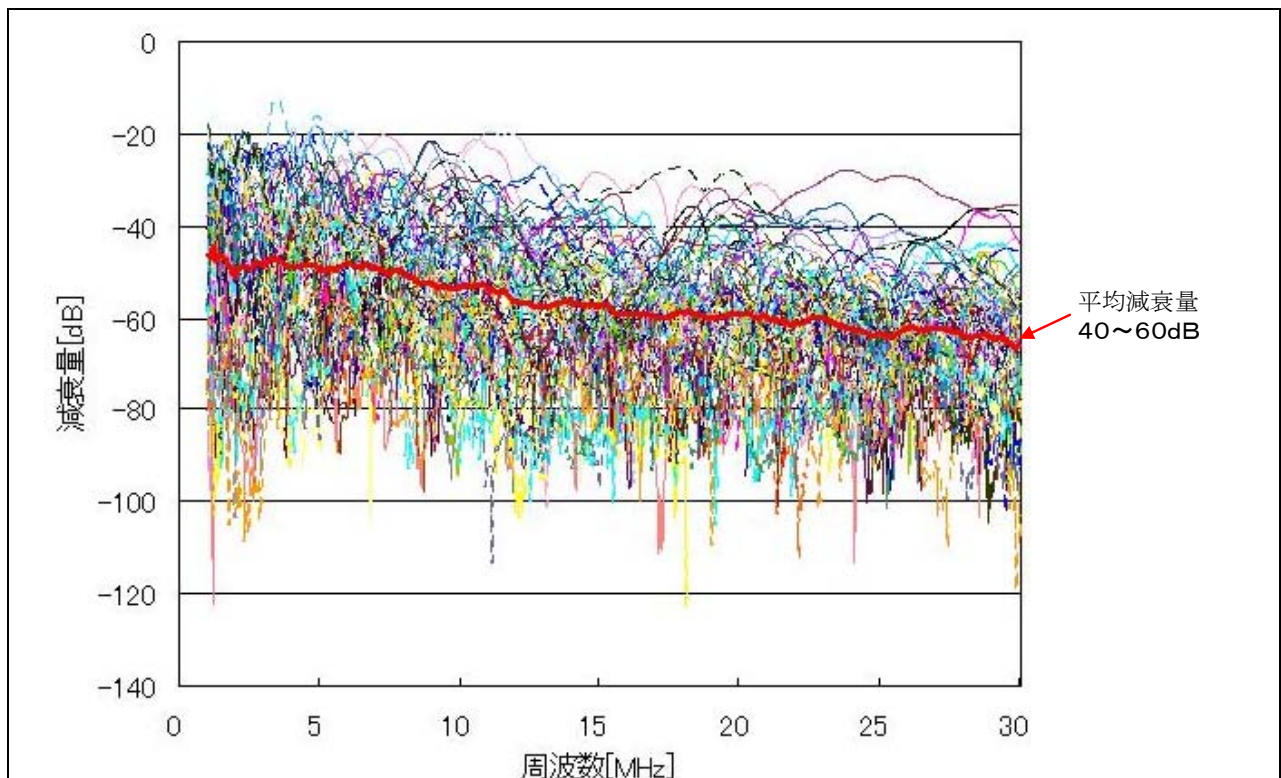


図 5-33 宅内コンセントから屋外配電線への伝送特性測定結果

第6章 高速電力線搬送通信に関連する許容値の現状

6.1 諸外国の現状

6.1.1 米国

米国では、FCCが平成16年10月にレポート&オーダー（FCC 04-245）を発表し、高速電力線搬送通信に係るFCC規則第15部の規定を改正した。アクセス系の高速電力線搬送通信（Access BPL）に関しては、漏えい電波の許容値として他の機器に対する既存の許容値を準用（周波数範囲が1.705～30MHzで中圧電線を使用するものには§15.209の許容値、周波数範囲が30MHz以上で中圧電線を使用するものには§15.109(b)の許容値、低圧電線を使用するものには§15.109(a)及び(e)の許容値を準用。）するとともに、次のような事前・事後の規制を課している。

- ・ 干渉を緩和・回避するためのモデム機能の追加
- ・ 使用禁止周波数帯の設定
- ・ 特定周波数についての使用禁止地域の設定
- ・ 特定の施設についての協議エリアの設定
- ・ データベースへの登録・公開（使用周波数、設置場所、干渉申し立てのための連絡先等）
- ・ 公共安全関係ユーザとの事前協議
- ・ 干渉申し立てへの対応

また、屋内で利用する高速電力線搬送通信（In-House BPL）については、表6-1に示す許容値等が適用される。

表6-1 FCC規則第15部の関連規定（搬送波電流システム）

適合性 評価方法	§ 15.101	検証（Verification）																								
伝導妨害波	§ 15.107(c)(2)	許容値：535～1705kHz：1000 μV 測定方法：50 μH/50 ΩのLISNで測定																								
放射妨害波	§ 15.109(e) § 15.209 § 15.35(a) § 15.31(d)	許容値： <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>周波数 (MHz)</th> <th>電界強度 (μV/m)</th> <th>測定距離 (m)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.009 — 0.490</td> <td>2400 / F (kHz)</td> <td>300</td> </tr> <tr> <td>0.490 — 1.705</td> <td>24000 / F (kHz)</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>1.705 — 30</td> <td>30</td> <td>30</td> </tr> <tr> <td>30 — 88</td> <td>100</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>88 — 216</td> <td>150</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>216 — 960</td> <td>200</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>960を超えるもの</td> <td>500</td> <td>3</td> </tr> </tbody> </table> 測定方法：CISPR16 準拠 測定方法：測定にあたっては、典型的な設置場所を代表するものであると実証することが可能な最低3ヶ所の設置場所で測定を行う必要がある	周波数 (MHz)	電界強度 (μV/m)	測定距離 (m)	0.009 — 0.490	2400 / F (kHz)	300	0.490 — 1.705	24000 / F (kHz)	30	1.705 — 30	30	30	30 — 88	100	3	88 — 216	150	3	216 — 960	200	3	960を超えるもの	500	3
周波数 (MHz)	電界強度 (μV/m)	測定距離 (m)																								
0.009 — 0.490	2400 / F (kHz)	300																								
0.490 — 1.705	24000 / F (kHz)	30																								
1.705 — 30	30	30																								
30 — 88	100	3																								
88 — 216	150	3																								
216 — 960	200	3																								
960を超えるもの	500	3																								

6.1.2 欧州

欧州委員会は、平成13年8月にマニフェスト M/313 を発出し、欧州電気標準会議（CENELEC）及び欧州電気通信標準化機構（ETSI）に対して、電力線を含めた通信ネットワークのEMC調和基準の策定を指示したが、現時点ではまだ策定に至っていない。一方、同委員会は、平成17年4月、電力線によるブロードバンド電子通信に関して、次の内容を加盟国に勧告する委員会勧告（2005/292/EC）を発出した。

- 加盟国は不当な規制障壁を取り除くべきである。
- EMC指令の下で電力線通信の適合性を推定するための調和基準が策定されるまでの間は、加盟国は次の場合に同指令に適合していると見なすべきである。
 - ・ 電力線通信システムが同指令に適合している設備から構成され、意図された目的のために使用される場合

- ・ 電力線通信システムが同指令の基本要件を満たすように策定された good engineering practices に従って設置され、運用される場合
- 電力線通信システムが関係者によって解決できない有害な干渉を引き起こしていることが判明したとき、加盟国の権限のある当局はシステムの（EMC 指令への）適合性に関する証拠を要求すべきであり、適切な場合には評価を開始すべきである。
- もし、評価により電力線通信システムが不適合とされる場合、権限ある当局は、適合性を保証するために、相応で、非差別的で、透明な措置を課すべきである。
- もし、電力線通信システムが適合しているにもかかわらず、干渉がある場合は、権限ある当局は同指令第6条（注：問題がある場合に、加盟国が特別の措置を執ることを認めることとした条文）に従って特別の方法を執ることを検討すべきである。
- 加盟国は、電力線通信システムの展開と運用について、定期的に（欧州委員会の）通信委員会に報告すべきである。

EMC 指令では、CISPR22 に準拠して策定された EN 規格 (EN55022) に適合していれば、同指令に適合していると見なされることとなるが、CISPR22 のクラス B 装置の通信ポートの 0.5MHz～30MHz における伝導コモンモード妨害波許容値（準尖頭値）は 30dB μ A となっている。

6.1.3 その他

オーストラリアでは、平成 17 年 4 月から 6 月までの間に高速電力線搬送通信からの干渉の管理に関してパブリックコメントを招請したところ、275 件の意見が寄せられた。屋内利用については、CISPR の議論を見守るべきか、米国 FCC の基準を採用すべきかについて意見を求めているものである。

カナダでは、平成 17 年 7 月に高速電力線搬送通信システムに関するパブリックコメントを招請したが、屋内利用については既存の基準（放射妨害波許容値：1.075MHz～30MHz において 30m の距離で 30 μ V/m。伝導妨害波については今後検討。）を適用するとしている。

韓国では、高速電力線搬送通信に関して、平成 16 年 12 月に電波法が、平成 17 年 7 月に電波法施行規則が改正されており、現在、詳細な技術基準等を定める告示について検討が行われているところである。

6.2 国際無線障害特別委員会（CISPR）における国際規格の策定

CISPR においては、CISPR/G フランクフルト会議（1998 年）以降、高速電力線搬送通信、xDSL 等の広帯域通信からのエミッションに関する話題が増加し、CISPR/G サンディエゴ会議（1999 年）から正式課題として議論が開始された。CISPR/G サンクトペテルブルク（2000 年）では、タスクフォース（TF）が構成され、本格的な検討が開始された。

平成 16 年 9 月に開催された CISPR/I 上海会議において、TF で作成した投票用委員会原案（CDV）の素案（Option-A、Option-B）を審議し、一本化を合意できれば CDV を作成して投票にかけることとなったが、合意に至らず、CDV 化を断念し、高速電力線搬送通信に関する規格はステージゼロに戻った。また、一般公開仕様書（PAS（Publicly Available Specification））化することについて合意されたものの、PAS 案の合意に至らず、投票にかけることも断念された。

その後、2005 年 6 月に、I/WG3（プエルトリコ）において、新 TF の設立、検討課題の整理及び検討スケジュールが合意された。

CISPR における高速電力線搬送通信に関する規格策定に関しては、CISPR22 の適用方法として以下の課題が掲げられているところである。

① 適用する許容値

CISPR22 には、電源ポートの許容値（電圧）あるいは通信ポートの許容値（電圧、電流）が規定されているが、これらの許容値をどのように適用すべきであるのか。

② 測定方法

CISPR22 には、電源ポートでの測定のための擬似電源回路網と通信ポートでの測定のための擬似通信回路網が規定されているが、規格への適合性を確認するときどのような測定回路を使用すべきであるのか。

6.3 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、周波数共用技術等を所掌している WP1A において、高速電力線搬送通信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 と連携をとりつつ検討を行っている。平成 17 年 9 月に開催された ITU-R WP1A 会合においては、他の各 WP からの既存の無線システム保護条件等の情報を集約した「レポート案作成に向けた作業文書」が作成され、今後内容について検討していくこととなったほか、電力線搬送通信に関する干渉低減技術の開発の必要性を含む勧告作成に向けた作業が開始された。

第7章 高速電力線搬送通信に関連する妨害波測定法

高速電力線搬送通信による不要電磁波等の測定法と測定条件を検討するには、まず、その使用形態、不要電磁波発生メカニズム、測定すべき物理量を調べ、さらに、既存の妨害波測定法を精査することが必要である。

7.1 高速電力線搬送通信の使用形態

高速電力線搬送通信の使用形態は、図7-1のように、基本的に高速電力線搬送通信のための機器（以下「PLC 機器」という。）自体が他の機器システムに外付けで接続される場合と、内部に組み込まれる場合がある。また、PLC 機器には、機器システムに AC 電力を供給するための電源入力及び出力ポート、さらに高速電力線搬送通信のための信号（以下「PLC 信号」という。）を送受信するための信号ポートがある。

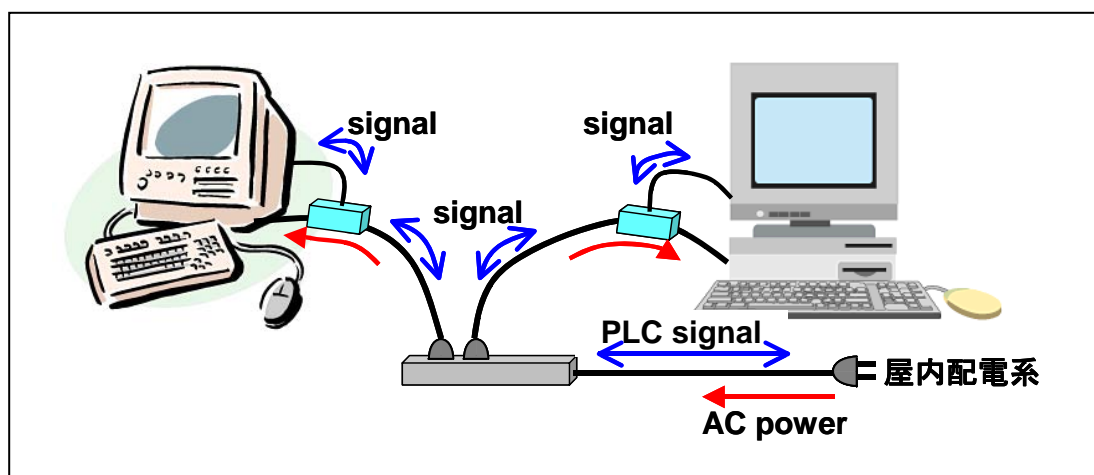


図7-1 高速電力線搬送通信の使用形態

7.2 高速電力線搬送通信による不要電磁波発生メカニズム

高速電力線搬送通信による不要電磁波は、主として以下の2種類の原因によって発生する。

- (1) ディファレンシャルモードの PLC 信号電流が機器システムの電源線や屋内配線を伝搬し、これに伴ってコモンモード成分の電流が生じて、不要電磁波が放射される (HF 帯)。
- (2) PLC 機器 (又は PLC 機器を組み込んだ機器) の筐体から、不要電磁波が直接放射される (VHF 帯以上)。

したがって、HF 帯 (30MHz 以下) の周波数帯における不要電磁波のレベルを抑制するには、特に、電力線を伝搬する PLC 信号電流のコモンモード成分を測定し、これを低減すべきである。

7.3 高速電力線搬送通信に関連する各種妨害波測定法

以下では、現在広く利用されている国際無線障害特別委員会 (CISPR) 規格に基づく妨害波測定法の概要を紹介する。

7.3.1 電源線伝導妨害波の測定法 (9kHz~30MHz)

図8-2のように、供試機器を基準金属面上 40 cm の高さに配置して、供試機器の電源線を伝搬する妨害波のレベルを擬似電源回路網を介して測定する。擬似電源回路網は、50Hz/60Hz の AC 電源と、高周波の妨害波を分離するための装置で、規定されたインピーダンス負荷に誘起する妨害波電圧を妨害波測定器 (一種の高周波電圧計) で測定する。

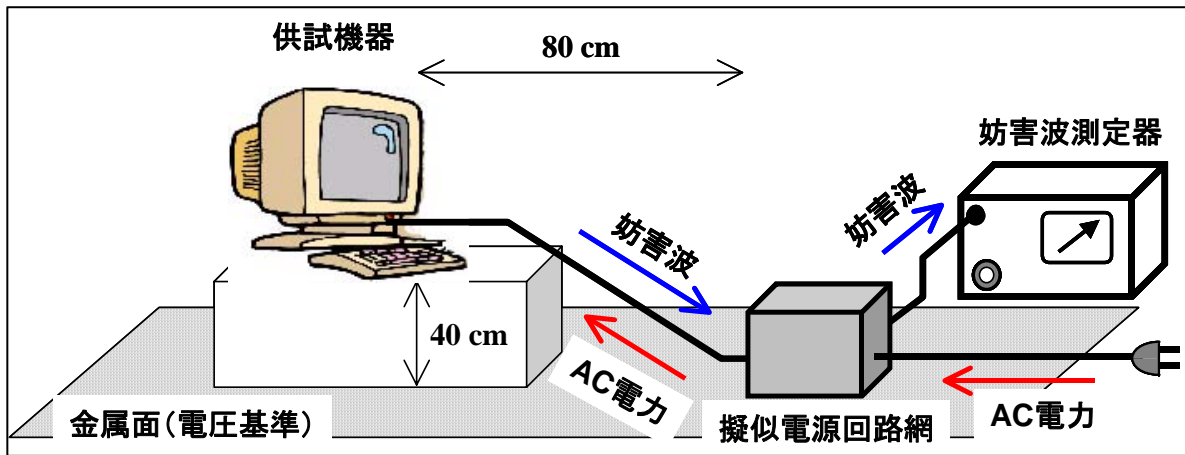


図 7-2 擬似電源回路網による測定

CISPR 規格では数種類の擬似電源回路網を規定しているが、その代表的なものは以下の通りである。

7.3.1.1 50Ω V型擬似電源回路網

本回路網は、現在、最も広く利用されている擬似電源回路網で、図 7-3 に示すように、供試機器の電源線の各端子と基準金属面間に 50Ω 負荷を接続して、それに誘起する妨害波電圧 V_A 及び V_B を測定する際に使用する。したがって、等価的には、電源線の一線と基準金属面を周回する妨害波電流を測定することになる。なお、実際の妨害波測定では、 V_A 及び V_B の大きい方を測定値としている。

この回路網によって発生する電源端子間の負荷インピーダンスは

ディファレンシャルモード： $Z_{diff}=100\ \Omega$

コモンモード： $Z_{com}=25\ \Omega$

となる。また、測定される妨害波電圧は一線大地間電圧であり、

測定値 $V_{meas}=V_A$ 及び $V_B=V_{com}+V_{dif}/2$ (ベクトル和)

ただし、供試機器が PLC 機器である場合、PLC 機器の高周波信号は回路網を介して妨害波測定器に加わるが、回路網の電源入力端子には出力されない。このため、本回路網を挿入した状態で PLC 機器間の通信を行えないため、PLC 機器の実運用時の妨害波レベルを測定することは不可能である。

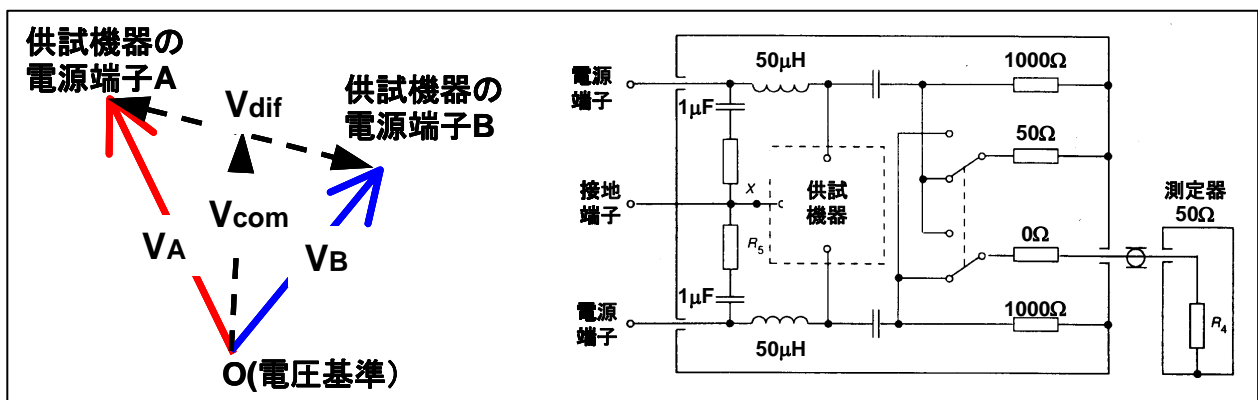


図 7-3 50Ω V型擬似電源回路網

7.3.1.2 150Ω 擬似電源回路網

本回路網は、1995 年頃まで主にテレビ受信機等の電源線を伝搬する妨害波の測定に使われていた回路網で、図 7-4 のように、供試機器の電源端子間に現れるディファレンシャルモード電圧及びコモンモード電圧の測定に使用していた。なお、両モードに対する負荷インピーダンスは共に 150Ω で、等価的に、この負荷に流れるディファレンシャルモード電流及びコモンモード電流を測定することになる。

この回路網によって発生する電源端子間の負荷インピーダンスは

ディファレンシャルモード : $Z_{diff}=150\ \Omega$

コモンモード : $Z_{com}=150\ \Omega$

である。また測定される妨害波電圧は、線間のディファレンシャルモード電圧及びコモンモード電圧であり、

測定値 $V_{meas}=V_{com}$ or V_{diff}

ただし、供試機器が PLC 機器である場合、前項の 50Ω V 型擬似電源回路網と同様に、PLC 機器の高周波信号は回路網を介して妨害波測定器に加わるが、回路網の電源入力端子には出力されない。このため、本回路網を挿入した状態で PLC 機器間の通信を行えないため、PLC 機器の実運用中の妨害波レベルを測定することは不可能である。

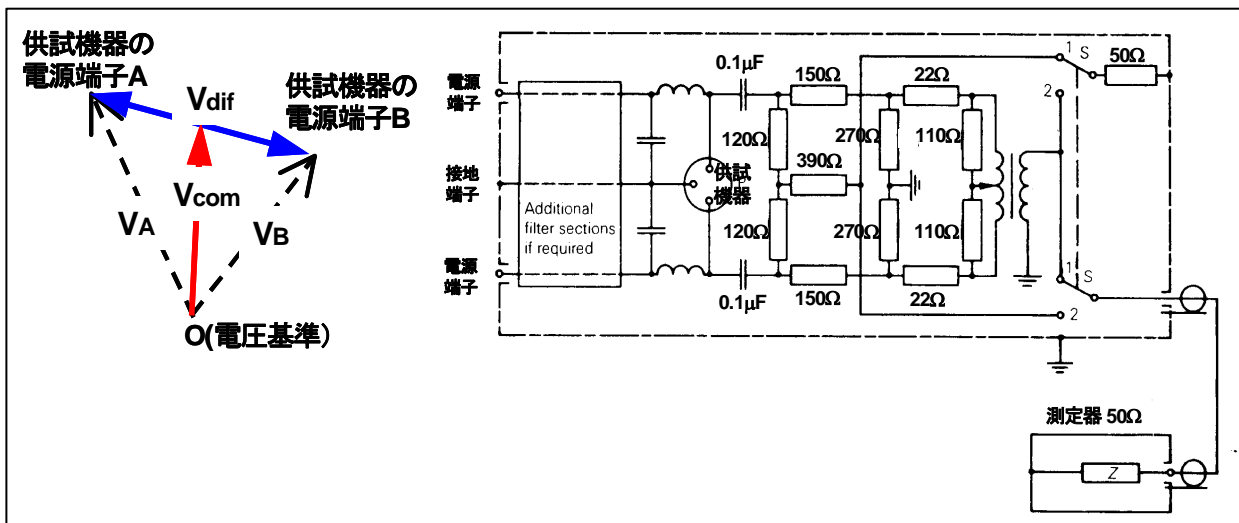


図 7-4 150Ω 擬似電源回路網

7.3.2 信号線伝導妨害波の測定法 (150kHz~30MHz)

電話線などの平衡線路を利用して信号伝送を行う場合、信号はディファレンシャルモードの電圧・電流によって伝搬する。しかし、実際の信号源や伝送線路、更に負荷は、少なからず不平衡成分を有しているため、コモンモードの電圧・電流が発生し、これによって妨害波が発生して、受信障害等が引き起こされる。したがって、信号線路に接続される通信機器の伝導妨害波測定では、実際の伝送線路や負荷の不平衡の度合いを回路的に組み込んだ擬似回路網 (インピーダンス安定化回路 : ISN) を用いて、機器から発生するコモンモード成分の妨害波電圧及び電流を測定する。

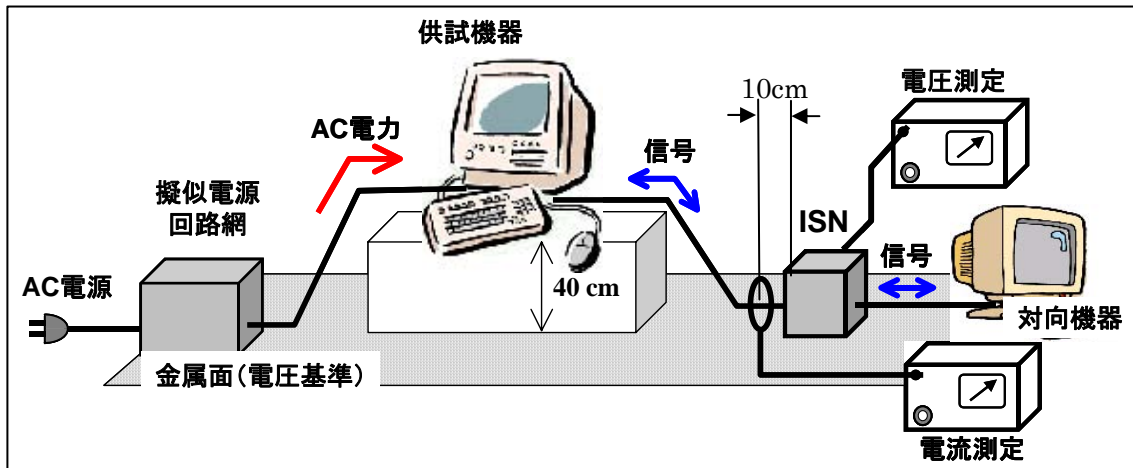


図 7-5 信号線伝導妨害波の測定法

7.3.2.1 インピーダンス安定化回路 ISN (CISPR 22:2005-4)

CISPR 22 に規定されている信号線用回路網で、基本的に平衡回路系であるが、LCL 調整用抵抗によって、実際の信号線路の不平衡を模擬している。また、この擬似回路網のコモンモードインピーダンスは、実際の線路のインピーダンスにほぼ等しく設定している。

通信機器から発生する平衡モードの信号の一部は、LCL 調整抵抗によってコモンモード成分に変換され、測定器に加えられる。一方、ディファレンシャルモードの信号成分は対向機器に加えられるため、供試機器は対向機器と通信が行える。したがって、実運用時に通信線路に発生するコモンモード成分の妨害波（電圧、電流）を測定することができる。

Z_{diff} = 対向機器の入力インピーダンス

$Z_{com} = 150 \Omega$

LCL = 信号線路の LCL 代表値

であり、電圧 $V_{meas} = V_{com}/3$ 及び、電流プローブによるコモンモード電流測定を行う。

なお、供試機器が PLC 機器の場合、信号線は AC100V の電源線であるため、上記の ISN に交流電源供給回路を付加すると共に、回路素子が数 10A の交流電流に耐えるものに変更する必要がある。

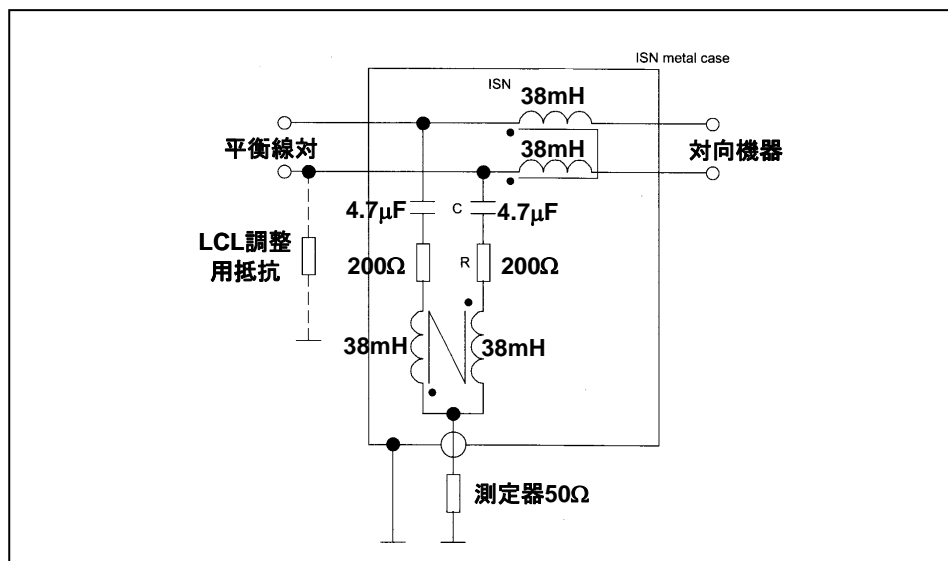


図 7-6 インピーダンス安定化回路 ISN (CISPR 22:2005-04)

7.3.2.2 インピーダンス安定化回路 ISN (CISPR/I/xyz/DPAS: Draft Publicity Available Specification)

CISPR の小委員会 SC-I で、長年にわたり PLC 機器の妨害波に関する許容値と測定法を検討してきたが、図 7-7 に 2004 年に提案されて否決された擬似回路網($Z_{com}=150\ \Omega$)を改良したもの($Z_{com}=25\ \Omega$)を示す。この回路網の諸特性は

Z_{diff} =対向機器の値

$Z_{com}=25\ \Omega$

LCL = 30 dB (欧州)、25 dB (日本及びその他)

であり、妨害波測定器による電圧と、電流プローブによるコモンモード電流測定を行う。

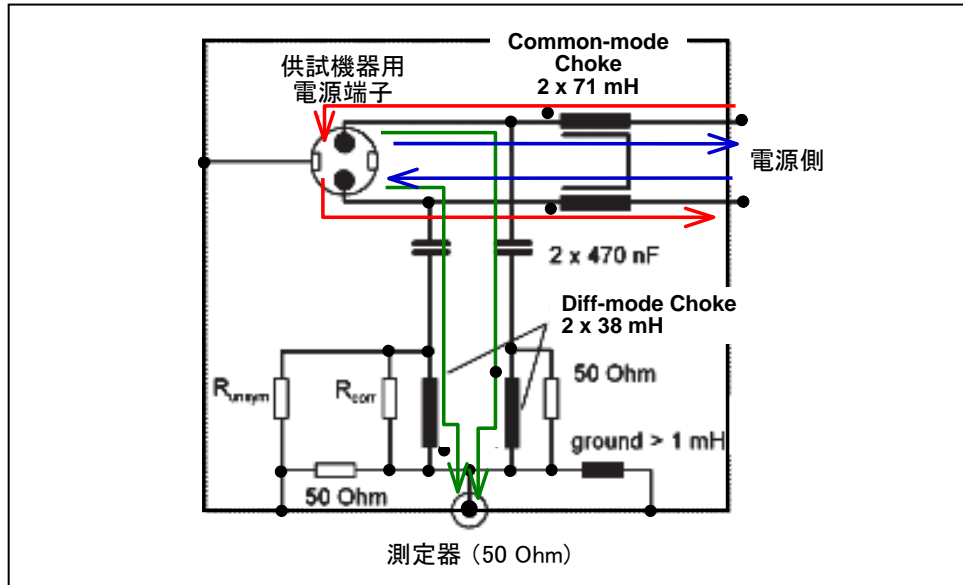


図 7-7 インピーダンス安定化回路 ISN (CISPR/I/DPAS-B 案)

7.3.3 妨害波電力の測定法 (30MHz~300MHz)

周波数 30MHz~1000MHz の妨害波については、通常、アンテナを用いて放射妨害波の電界強度を測定するが、次項で述べるように、広い測定場が必要なこと、また測定に時間を要することなどのために、家庭用電気機器の妨害波測定では、以下に説明する吸収クランプを用いた妨害波電力の測定を行う。

すなわち、300MHz 帯までの周波数帯においては、供試機器から発生する放射妨害波は、基本的に機器の電源線をアンテナにして放射される。したがって、電源線に重畳する妨害波電流の最大値を求め、この測定値から放射電力を等価的に求める測定法である。

具体的には、図 7-8 に示す吸収クランプを用いて、電源線に重畳する妨害波電流の最大値を測定する。吸収クランプは、挿入損失 20dB~40dB のフェライトコアと、これと一体になった電流プローブから構成されており、モノポールアンテナ系を用いて予め校正しておき、アンテナに加えられる高周波電力と、モノポール上の最大電流値の関係 (校正値) を求めておく。

実際の妨害波電力の測定においては、図 7-8 に示すように、供試機器を金属大地面から 80cm の高さに設置して、電源線を水平に伸ばし、これに吸収クランプを装着する。吸収クランプを電源線に沿って半波長程度掃引して、最大電流値を測定し、この値に前述の校正値を補正することによって、供試機器の妨害波電力を求める。

PLC 機器から発生する周波数 30MHz~300MHz の妨害波の測定に、本測定法を適用することは可能である。しかし、PLC 機器と直接接続されるパソコンなどの情報技術装置の妨害波測定には、次項の放射妨害波の測定が適用されており、本測定法が用いられていないことを考慮すると、PLC 機器に本測定法を適用することは、測定法の整合性の観点から好ましくないと考える。

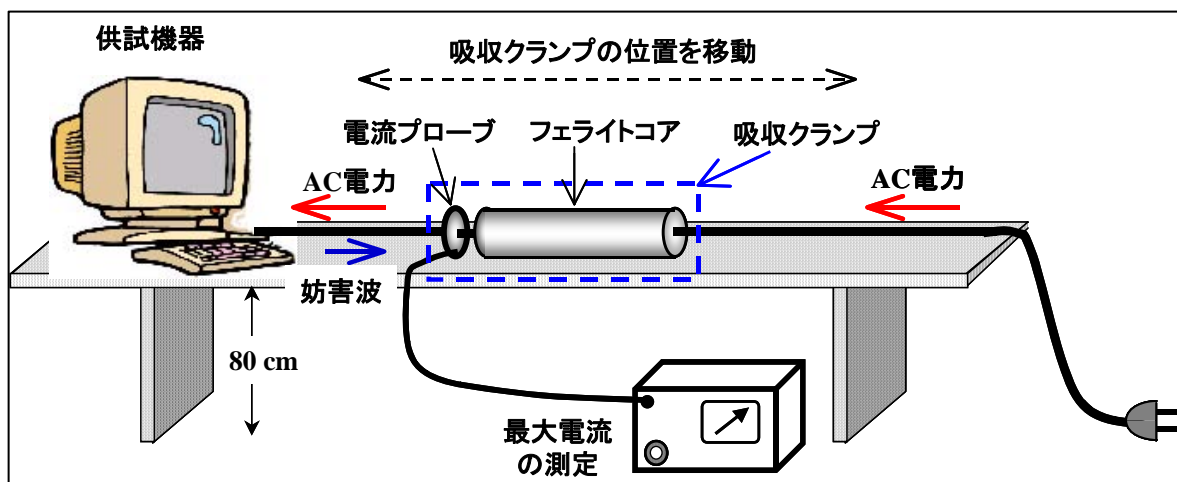


図 7-8 吸収クランプによる妨害波電力の測定法

7.3.4 放射妨害波の測定法 (30MHz~1000MHz)

パソコンなどの情報技術装置のみならず様々な機器から発生する周波数 30MHz~1000MHz の妨害波は、図 7-9 に示すように、屋外又は電波半無反射室内において、放射される妨害波の電界強度をアンテナを用いて測定する。

この測定法では、供試機器を金属大地面に置かれた高さ 80cm の非金属回転台上に設置し、これより規定の距離 (3m 又は 10m) だけ離れた位置に直線偏波の測定用アンテナを設置する。供試機器を回転しながら、かつアンテナを高さ 1m~4m の範囲で昇降しながら、最大受信電圧を測定する。この受信電圧に、予め校正によって求めたアンテナの特性 (アンテナファクタ) を補正することによって、妨害波の最大電界強度を求める。なお、測定は、水平及び垂直偏波について行う。

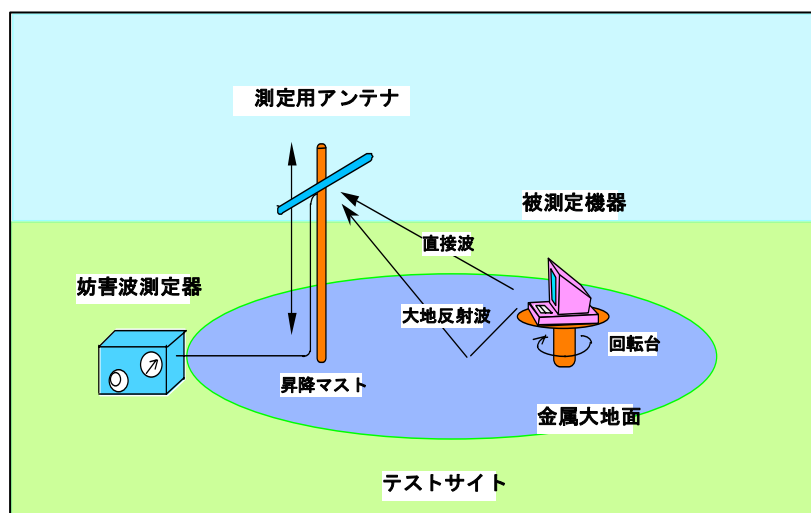


図 7-9 放射妨害波の測定法

第8章 許容値及び測定法

PLC 機器から発生する不要電磁波の許容値及び測定法を検討するために、前章までの各章において、妨害される無線局等の受信点における信号波レベル、PLC 信号の伝搬と妨害波の発生メカニズム、実際の屋内配線の特徴、さらに妨害波の電波伝搬特性などを理論的および実験的に検討した。また、諸外国の関連基準や一般的な妨害波測定法の現状を調査した。本節では、これらの調査検討結果に基づいて、PLC 機器に関する妨害波の許容値及び機器の基準認証に関わる測定法を検討する。

8.1 PLC 機器の妨害波の許容値（信号周波数帯）

8.1.1 屋内配線モデル

建築物の構造は千差万別であり、その電力線の配線も非常に複雑で、接続されている負荷も様々である。しかしながら、以下のことが前章までの検討でわかった。

5.1 節 配電系の線路から放射される電磁界について、線路の水平分岐や垂直分岐、さらに負荷スイッチの影響について理論的・実験的検討を行った結果、線路の平衡度を左右するような負荷が接続されていなければ、分岐やスイッチの影響はあまりない。

4 章 PLC 信号は、電力線の平行2線を互いに逆相（ディファレンシャルモード）で流れる電流によって伝搬するが、妨害波を発生するのは、同相で流れるコモンモードの電流である。このコモンモードの電流は、線路の平衡度(LCL)の値から推定できる。

なお、**5.1 節**によれば、平衡度に著しく影響する負荷が接続されている配電系の分岐やスイッチ動作は、周囲の電磁界に影響するが、この影響は線路の平衡度 (LCL) の値から推測できる。

5.5 節 配電線の伝送特性の実測結果より、同一建築物内の電力線を伝搬する PLC 信号波は、同相同一回路のコンセント間で、10dB~20dB 程度減衰することがわかった。また、同相・異相を問わず、分電盤で分岐される別回路間の伝送特性は 20dB~80dB の減衰であった。

これらの結果から、PLC 機器の妨害波の許容値算出に当たっては、図 8.1 に示す 2 階建ての家屋を想定し、各階に長さ 20m の直線状の水平配線を仮定する。また、これら 2 層の水平配線に電力供給するために、長さ 5.6m 程度の電力線を垂直に配置する。ただし、4 章の結果に従って、PLC 信号電流のコモンモード成分のみに着目し、平行 2 線の電力線の代わりに単一の導線を設置する。また、屋内配線の伝送特性に関する実測結果 (**5.5 節**) より、2 層の水平配線および垂直配線は互いに独立と仮定し、各配線の中心に 1 個の PLC 機器（信号源）を配置する。

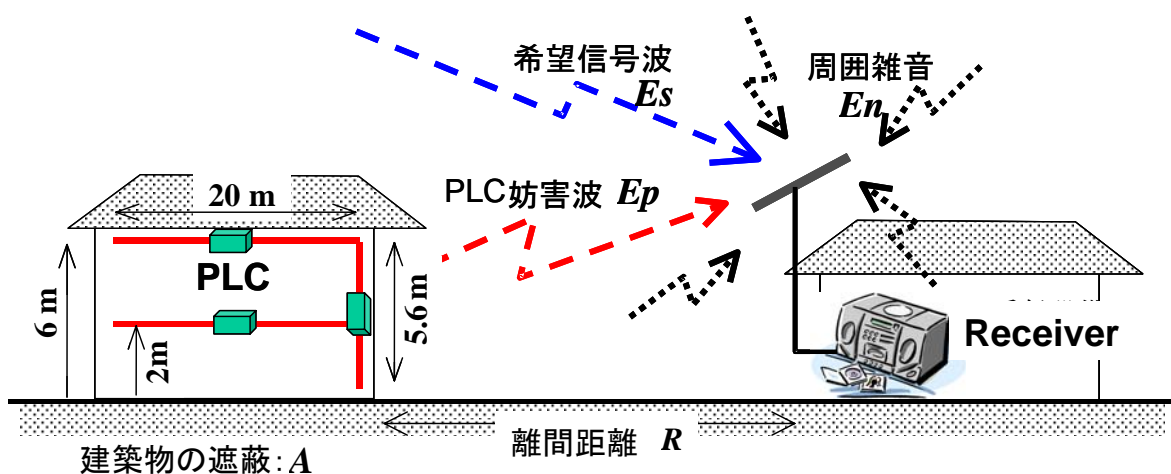


図 8.1 許容値算出のための屋内配線モデル

8.1.2 屋内配線から放射される電磁波の距離特性

本項では、5.2 節の数値計算結果を用いて、図 8.1 のモデル家屋に設置された水平及び垂直の電力線から放射される電磁波の電界強度を推定する。すなわち、各電力線の中心に信号を加えた場合、壁面等の影響がなければ、電界強度は表 5.1 及び表 5.2 の値になるが、これを表 8.1 及び表 8.2 に再掲する。なお、各電力線を流れるコモンモード電流の振幅は線上の場所によって異なるが、その最大値を $I_{com(max)}=1\text{ mA}$ に固定して計算している。また、表 8.1 には、図 8.1 のモデル家屋の配線を想定して、独立な 2 本の水平電力線から放射される電磁波の合成電界強度も示した。

表 8.1 長さ 20m の水平配線より放射される電磁波の電界強度 ($I_{com(max)}=1\text{mA}$)

水平距離 D	10 m	30 m	50 m	100 m	1000 m
水平配線 1 本	72dB μ V/m	51dB μ V/m	41dB μ V/m	30dB μ V/m	-10dB μ V/m
水平配線 2 本	75dB μ V/m	54dB μ V/m	44dB μ V/m	33dB μ V/m	-7dB μ V/m

表 8.2 長さ 5.6m の垂直配線より放射される電磁波の電界強度 ($I_{com(max)}=1\text{mA}$)

水平距離 D	10 m	30 m	50 m	100 m	1000 m
2 - 10 MHz	64 dB μ V/m	54 dB μ V/m	49 dB μ V/m	42 dB μ V/m	15 dB μ V/m
10 - 30 MHz	70 dB μ V/m	61 dB μ V/m	56 dB μ V/m	48 dB μ V/m	16 dB μ V/m

これらの表より、図 8.1 のモデル家屋の水平・垂直配線から放射される電磁波の合成電界強度は、表 8.3 の値になる。ただし、水平配線と垂直配線の電磁波は偏波が異なるため、表 8.1 (水平配線 2 本) の値と表 8.2 の値を電力加算して求めた。また、各配線に接続されている PLC 機器から発生するコモンモード電流の最大値は $I_{com(max)}=1\text{ mA}$ である。

表 8.3 モデル家屋から放射される電磁波の電界強度 ($I_{com(max)}=1\text{mA}$)

水平距離 D	10 m	30 m	50 m	100 m	1000 m
2 - 10 MHz	75 dB μ V/m	57 dB μ V/m	50 dB μ V/m	43 dB μ V/m	15 dB μ V/m
10 - 30 MHz	76 dB μ V/m	62 dB μ V/m	56 dB μ V/m	48 dB μ V/m	16 dB μ V/m

8.1.3 PLC 機器に適用すべき許容値

PLC 機器に適用すべき許容値は、機器から放射される妨害波を一定レベル以下に制限し、かつ測定可能な物理量でなければならない。4 章によれば、PLC 機器からの妨害波は、主として電力線を伝わるコモンモード電流によって発生する。したがって、PLC 機器の妨害波を制限するには、屋内の電力線を流れる PLC 信号電流のコモンモード成分を制限しなければならない。このため、以下では、前節までの調査検討結果に基づいて、屋内配線を流れる PLC 信号電流のコモンモード成分の許容値を算出する。

(1) PLC 機器の妨害波の許容レベル: E_p

3 章において、周波数 2MHz~30MHz 帯を使用する無線局等について、各無線局等の感度から受信点での信号波強度を推定し、周囲雑音レベルと比較した。その結果、周囲雑音の強度は、無線局等の感度レベルと同程度か、それよりも高く、多くの無線局等では周囲雑音によって受信性能が制限されていることが判った。このため、PLC 機器の妨害波も、このレベル以下に抑制することが望ましい。したがって、PLC 機器の妨害波の許容レベルは、表 8.4 に示すように、式(3.4)、(3.6)に基づいて算出した周囲雑音強度の代表値に等しいとする。

なお、表の周囲雑音レベルは 1970 年代に測定されたもので、現在は表の値より相当上昇している

ことが予想される（研究会資料 2-3）。

表 8.4 PLC 機器の妨害波の許容レベル E_p (10 kHz 帯域幅：実効値)

周波数 (MHz)	田園環境	商業環境
2 - 10	6 dB μ V/m	16 dB μ V/m
10 - 30	3 dB μ V/m	12 dB μ V/m

(2) 離隔距離： R

PLC 機器を設置した建築物と無線局等の空中線の距離は環境によって異なるが、PLC 機器に適用する許容値を算出する際の離隔距離（保護距離）は、

田園環境において 30m
商業環境において 10 m

とする。

(3) 離隔距離(30m 点)と 10m 点の電磁波減衰特性： L

PLC 妨害波の離隔距離（30m 点）における強度と 10m 点における強度比は、前項の表 8.3 より、

2 - 10 MHz : 18dB
10 - 30 MHz : 14 dB

と見なせる。

(4) 建築物による電磁波の遮蔽効果 A

ビルや木造家屋の壁面・屋根等による電磁波の遮蔽効果については、建築物のモデルを仮定して計算機シミュレーションを行った結果が 5.4 節に示されている。このモデルの構造は極めて単純で、実際の建築物と大きく異なるが、既に報告されている実測結果ともある程度一致するので、本項ではこのシミュレーション結果を利用する。遮蔽効果は、周波数によって変化するが、その代表値を表 8.5 に示す。なお、実際の構造物では、間仕切り構造物や、什器・設備類が置かれているため、外壁に隣接した電力線以外の線路からの放射に対する遮蔽効果は、この表より大きい値であると思われる。

表 8.5 建築物の壁面等による電磁波の遮蔽効果： A （代表値）

	木造家屋	鉄筋コンクリート建築物
2 - 10 MHz	17 dB	27 dB
10 - 30 MHz	10 dB	27 dB

(5) 10m 点の妨害波レベルとコモンモード電流の比： Z

屋内配線に流れる PLC 信号電流のコモンモード成分によって妨害波が発生するが、前項の表 8.3 に示した電界強度は、コモンモード電流の最大値を $I_{com(max)}=1$ mA (=60dB μ A) に固定した時の値である。したがって、10m 点の妨害波レベルとコモンモード電流の比 Z (=E(10m)/ I_{com})は、表 8.3 より、

2 - 10 MHz : $Z = 15$ dB Ω /m
10 - 30 MHz : $Z = 16$ dB Ω /m

となる。

(6) 実効値、準尖頭値、平均値間の比

表 8.4 の元になった周囲雑音レベルは実効値振幅(RMS 値)である。しかし、一般に、妨害波測定では、準尖頭値 (QP 値) および平均値 (Av 値) を用いる。ガウス雑音に関する QP 値対実効値の比は 7.2dB、QP 値対 Av 値の比は 5.3dB であるが、通常の妨害波はガウス雑音よりパルスのため、

$$\text{QP 値} : \text{実効値} = 10\text{dB}$$

を使用している。また、狭帯域妨害波と広帯域妨害波を区別するために、通常

$$\text{QP 値} : \text{Av 値} = \text{約 } 10\text{dB}$$

を使用している。

(7) PLC 信号電流のコモンモード成分の許容値

前項までの検討結果から、屋内配線に流れる PLC 信号電流のコモンモード成分に関する許容レベル (準尖頭値) は次式で求められる。

$$I_{\text{com}}(\text{max}) = E_p + L + A - Z + K \quad [\text{dB}(\mu\text{A})]$$

この式を用いて算出した値を表 8.6 に示す。

表 8.6 PLC 信号電流のコモンモード成分の許容値の算出

	周波数帯 (MHz)	無線局空中線が受信する PLC 妨害波 $E_p(\text{dB } \mu\text{V/m})$	離隔距離 $R(\text{m})$	離隔距離と 10m 間の減衰 $L(\text{dB})$	建築物の遮蔽 $A(\text{dB})$	10m 点の PLC 妨害波 $E_p(10\text{m})$ ($\text{dB } \mu\text{V/m})$
田園環境	2-10	6	30	18	17	41
	10-30	3	30	14	10	27
商業環境	2-10	16	10	0	27	43
	10-30	12	10	0	27	39

	周波数帯 (MHz)	10m 点の PLC 妨害波 $E_p(10\text{m})$ ($\text{dB } \mu\text{V/m})$	10m 点の妨害波とコモンモード電流の比 $Z(\text{dB } \Omega/\text{m})$	QP/RMS 換算値 $K(\text{dB})$	PLC 信号電流のコモンモード成分 $I_{\text{com}}(\text{dB } \mu\text{A})$	
					準尖頭値	平均値
田園環境	2-10	41	15	10	36.0	26.0
	10-30	27	16	10	21.0	11.0
商業環境	2-10	43	15	10	38.0	28.0
	10-30	39	16	10	33.0	22.0

平均値 32.0 22.0

上表に示した「10m 点の PLC 妨害波 $E_p(10\text{m})$ 」の数値は、遮蔽物のない場所の配電線に PLC 機器を設置したときの値である。従って、通常の屋内配線に PLC 機器を設置した場合は、壁や屋根などによる遮蔽があるため、実際の電界強度は表の $E_p(10\text{m})$ より 10dB~20dB 以上低い値になる。

表 8.6 に示した「PLC 信号電流のコモンモード成分」(準尖頭値) のレベルは、平均として 32dB μA であり、この値は、情報技術装置の妨害波に関する国際規格 CISPR 22 (2005-04) に記載されているクラス B 機器の通信ポートに関するコモンモード電流許容値 30dB μA にほぼ等しい。したがって、この 30dB μA を「PLC 信号電流のコモンモード成分」の許容値として採用すれば、PLC 機器が一般に接続される情報技術装置の妨害波規制とも整合性がとれ、一貫した妨害波抑止対策を確保できる。

このコモンモード電流成分は、PLC 機器自身の不平衡のみならず、屋内配電系の不平衡によっても生じる。したがって、PLC 信号電流のコモンモード成分の規制に当たっては、屋内配線の影響を含めて、準尖頭値 30dB μ A、平均値 20dB μ A 以下に制限することが適当である。

なお、上記の制限値を適用すると、田園環境において周波数 10MHz~30MHz の PLC 妨害波に対する規制がやや緩いが、周囲雑音のレベルは 1970 年代より相当増大していることが予想され、また短波帯において、受信機感度レベルではフェージングの影響も大きいため、この制限値を採用しても問題ないと思われる。さらに、PLC 妨害波が周囲雑音レベルになる状況は、次項で述べる LCL の変動確率を考慮すれば、極めて希であることが予想される。

8.2 PLC 機器の妨害波に関する測定法

本節では、個々の PLC 機器の基準認証試験において、前項(7)で求めた「PLC 信号電流のコモンモード成分の許容値」を満足することを確認できる測定法を検討する。

8.2.1 妨害波測定のための回路

既に 7 章で現在使用されている様々な妨害波測定法を調査検討したが、PLC 機器から電源線に供給される信号周波数のコモンモード電流の測定には、図 8.2 のようにインピーダンス安定化回路網 (ISN) を用いた測定が最も適している。ここで ISN は、実際の屋内配線の線路状態や電気的特性を模擬する回路で、本測定法における最も重要な装置である。以下で、その仕様を検討する。

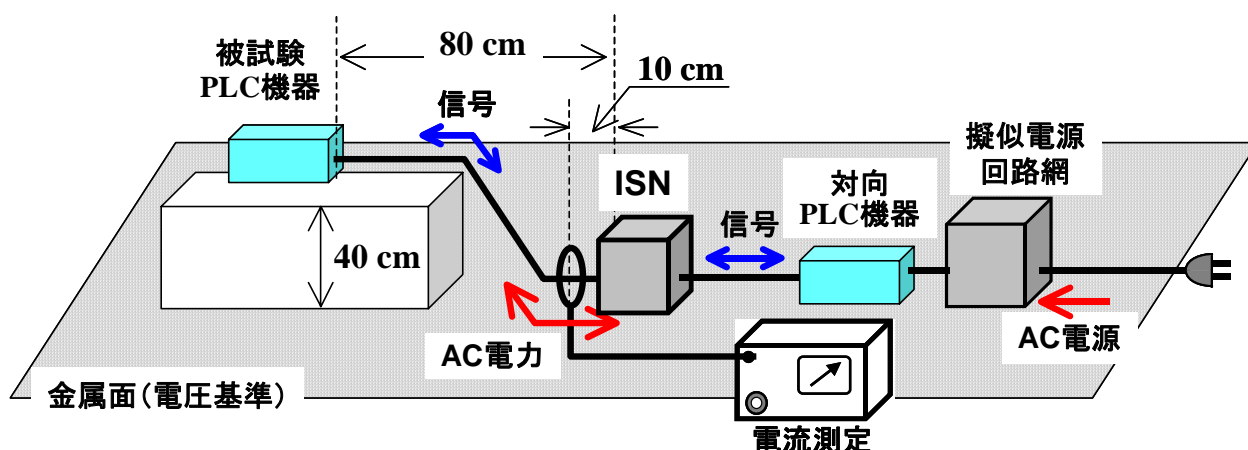


図 8.2 PLC 機器の妨害波測定 (信号周波数帯)

(1) ISN のコモンモード・インピーダンス Z_{CM}

屋内配線のコモンモード・インピーダンスに関しては、極めて多数の実測例があり、その結果は 4 章の図 4-7 に統計的に示されている。この図より、実際の屋内配線のコモンモード・インピーダンスは、240 Ω を中央値として、数 10 Ω ~数 1000 Ω に広く分布していることがわかる。しかし図 4-10 から、PLC 妨害波の発生源である信号周波数のコモンモード電流は、 Z_{CM} の大きさに殆ど依存しないことがわかる。したがって、本測定法では、他の伝導妨害波測定法と整合性を確保するために、インピーダンス安定化回路網(ISN)のコモンモード・インピーダンスを $Z_{CM}=25\Omega$ とする。

(2) ISN のディファレンシャルモード・インピーダンス Z_{DM}

屋内配線のディファレンシャルモード・インピーダンスの実測値は、4 章の図 4-8 に示されている。それによれば、中央値は 83 Ω で、10 Ω ~1000 Ω に分布していることがわかる。この Z_{DM} は、PLC 機器から配線系に送出される信号波のレベルを決定する極めて重要なパラメータで、これによって PLC 機器の信号伝送性能が変化し、コモンモード電流も左右される。このため、PLC 機器の妨害波測定時にも所期の通信性能を確保するために、インピーダンス安定化回路網(ISN)のディファレンシャルモード・インピーダンス Z_{DM} は特に定めず、対向 PLC 機器の入力インピーダンスとする。

(3) ISN の LCL (縦電圧変換損)

4章からわかるように、LCLは線路の平衡度を表すパラメータであり、線路から放射される妨害波のレベルに直接的に影響する極めて重要な特性である。図4-11によれば、PLC機器の妨害波電流(コモンモード電流)はLCLに反比例して変化する。一方、図4-6の実測結果によれば、屋内配線のLCLは、約36dBを中心として10dB~70dBまで、極めて広く分布していることがわかる。

PLC機器の認証試験の測定に使用するインピーダンス安定化回路網(ISN)は、実際の屋内配線の特性を模擬するものである。例えば、ISNのLCLを高く設定すれば、屋内配線の平衡度が良く、低レベルの妨害波しか発生しない建築物を模擬することになり、逆にLCLを低く設定すれば、平衡度が悪く、高い妨害波レベルの建築物を模擬することになる。このため、平衡度が悪い家屋からの妨害波によって生じる無線局等の受信障害を極力低減するために、99%の建築物においてコモンモード電流が前項の許容値以上であるようにLCLを設定する。配線系の様々な状態のうち99%を超えるLCL値は、図4-6によれば16dBである。したがって、測定に使用するISNのLCLを16dBとする。

8.2.2 PLC機器の妨害波測定法

PLC機器の基準認証に関わる試験では、周波数帯2MHz~30MHzにおいて、PLC機能をON及びOFFの状態にして試験する。PLC機能ONの状態では、前項で規定したISNを用いて妨害波電流を測定する。また、PLC機能OFFの状態では、従来の妨害波測定法に基づく試験を行う。

なお、8.1節では帯域幅を10kHzとして許容値を算出したが、測定においては、広く使われている妨害波測定器(帯域幅9kHz)を用いる。

おわりに

高速電力線搬送通信は、短波帯(2~30MHz)の信号を電力線を介して伝送することにより高速通信を行うおうとするものであり、電波を空間に放射して通信を行うことを意図しているものではない。しかしながら、他の有線伝送路の場合と同様に、線路の平衡度が十分でない場合は、不要な電波を放射することがあるため、これを実用化するには、高速電力線搬送通信設備から漏えいする電波の許容値を定めて、無線利用システムとの間で共存できるようにしなければならない。

本研究会は、この共存条件を検討するために、高速電力線搬送通信設備の漏えい電波に関わる様々な要因、例えば電力線からの電波の漏えいメカニズム、我が国の住宅における電力線の短波帯信号伝送特性、漏えい電波の近距離及び中遠距離伝搬特性やその累積効果、家屋・ビルによる電波遮へい効果、さらに各種無線利用システムの環境雑音レベルなどについて極めて広範な調査を行った。また、研究会構成員や関係機関によって、漏えい電波の特性やその影響に関する様々な実験や数値計算が精力的に行われた。本研究会では、これらの調査結果に基づいて、高速電力線搬送通信設備に課すべき許容値と測定法について様々な意見が出され、熱心な討論が繰り返された。

特に漏えい電波の許容値については、より高速の信号伝送を可能とするために電波の漏えいをできる限り許容すべきとする意見、これとは正反対に、無線利用システムが受ける妨害を極力排除するために電波の漏えいをできる限り制限すべきとする意見、他の電気・電子機器に適用されている妨害波許容値を参考にして両者の中間的な値にすべきとする意見など、様々な意見が出され、考え方の乖離は非常に大きいものであった。また、測定法など、その他の論点についても多様な意見が出された。

約1年間にわたる研究会での検討の結果、以下の共存条件を取りまとめた。

建築物内に敷設された電力線を利用して通信を行う電力線搬送通信を行うための機器(PLC機器)が発生するコモンモード電流は、周波数2MHzから30MHzまでの範囲において、コモンモード・インピーダンス25Ω、LCL16dBのインピーダンス安定化回路網(ISN)を用いて帯域幅9kHzで測定したとき、30dBμA(準尖頭値)以下であること。

上記の電流許容値は、国際規格CISPR22に定められている許容値に等しく、高速電力線搬送通信設備から漏えいする電波の強度を現在広く利用されているパーソナルコンピュータ等の情報技術装置から漏えいする妨害波と同程度に制限するもので、十分妥当なものと考えられる。また、上記の測定法は、PLC機器の許容値適合を確認する際に使用するもので、我が国の住宅の電力線の特性を考慮して定めたものである。

本研究会は、PLC機器が満たすべき条件について、特に最大の論点と考えられる短波帯における無線利用との共存条件に焦点を絞って検討を行ったものである。したがって、今後、帯域外発射やスプリアスに係る許容値などの技術的条件について検討を行う必要がある。

一方、高速電力線搬送通信と無線利用が良好に共存できるようにするためには、技術的条件の設定などの制度整備に加えて、以下の点に留意した関係者による取組みも必要である。

1 高速電力線搬送通信と無線利用が良好に共存できるようにするための関係者の努力

高速電力線搬送通信を行うための機器(PLC機器)の製造業者など関係者においては、PLC機器が広く一般世帯に普及することを考慮して、PLC機器の利用者が無線利用との共存について十分に理解できるように必要な情報を周知すること、及び、利用者からの相談に応じられるように相談窓口を設けることが必要である。特に、利用者の家屋において電力線と無線機器が近接する場合に雑音増加等の影響が出る可能性があるが、これは情報技術装置等が無線機器に近接して利用される場合と同様であり、利用者に対してこのような影響に関する情報の周知が必要である。

また、万一漏えい電波が無線利用に障害を及ぼした場合に備えて、P L C信号の停止機能など、P L C機器に漏えい電波による障害を除去することができる機能を施すとともに、障害が発生した場合にその除去に積極的に協力することが必要である。

2 必要に応じた許容値・測定法の見直し

本研究会は、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許容値・測定法を定めたが、今後、P L C機器が実用に供された段階で無線利用との共存状況について把握し、必要に応じた許容値・測定法をより適正なものとなるよう見直すことが重要である。

なお、国際標準化の観点から許容値及び測定法を審議している国際無線障害特別委員会（C I S P R）に対して、本研究会の検討結果等の情報を提供して国際規格策定に資することが肝要である。また、国際規格が策定された段階で、電力線の特性等についての各国の相違や、実用に供されているP L C機器と無線利用との共存の状況を考慮に入れて、必要に応じ許容値・測定法をより適正なものとなるよう見直すことが重要である。さらに、国際電気通信連合無線通信部門（I T U - R）においても高速電力線搬送通信に関する検討が行われており、無線通信規則に反映された場合にはこれを尊重することが重要である。

PLC 公開実験結果

第 17 回 CISPR 委員会（平成 18 年 3 月 6 日）で審議した「許容値及び測定法」案の妥当性を確認するために、この許容値を満足する高速 PLC 装置を実際の住宅に設置して、その周囲で漏えい電磁波の強度測定を実施したので、以下にその結果を示す。

期日・場所

- | | | | |
|-----|---------------------|------|--|
| (1) | 平成 18 年 5 月 11 日（木） | 北本市 | 住宅地内の鉄筋コンクリート造集合住宅
(住居として使用中) |
| (2) | 平成 18 年 5 月 12 日（金） | 横須賀市 | 研究地域(YRP)内の鉄骨木造住宅
(住居としては使用せず。電気製品なし) |
| (3) | 平成 18 年 5 月 16 日（火） | 日立市 | 住宅地内の木造住宅
(住居として使用中) |

測定対象 PLC

第 17 回 CISPR 委員会の「許容値及び測定法」案を満足する 3 機種メーカーの異なる高速 PLC 装置。（許容値は、周波数範囲 2MHz～30MHz においてコモンモード電流 30dB μ A）

- (1) OFDM 方式（使用周波数 4MHz～28MHz）： 2 機種
- (2) SS 方式（使用周波数 4MHz～20MHz）： 1 機種

測定条件

- (1) 高速 PLC 装置を、住宅内で互いに離れたコンセント 2 箇所に接続し、また、2 階がある場合は 2 階のコンセントにも接続して、通信状態とした。
- (2) 測定は、住宅外壁から約 5m 離れた複数地点で実施した。（許容値算出では、住宅環境における離隔距離を 10m にしている。）
- (3) 個々の測定地点において、ループアンテナを床上 2m に設置して、直交三軸の磁界強度を測定し、これより合成磁界強度を計算して、さらに等価電界強度（=磁界強度 \times 377 Ω ）に変換した。
- (4) 実効値測定を実施した。
- (5) 同様に、周囲雑音も測定した。

実測結果

測定結果を、図 1～図 5 に示す。

図 1 高速 PLC 装置の違いによって、漏えい電磁界強度が異なるか否かを示すために、日立住宅における測定例を示す。

図 2～図 4 PLC 1 機種（OFDM1）について、北本、横須賀、日立の住宅に設置した場合の漏えい電磁界強度の測定例を示す。

図 5 上記 3 住宅地における周囲雑音と ITU-R 勧告 P. 372-8 記載の住宅環境の雑音レベルを示す。

実測結果の考察

- (1) 高速 PLC 装置の機種の違いによる漏えい電磁界強度の差異（図 1）
SS 方式のものが 20MHz 以上を使用しないことを考慮すれば、高速 PLC 装置 3 機種とも漏えい電磁界強度にあまり差異はないと考えられる。

(2) 鉄筋コンクリート造住宅からの漏えい電磁界強度 (図 2 : 北本住宅)

周囲雑音の変動することを考慮すると、鉄筋コンクリート造住宅からの漏えい電磁界強度は周囲雑音以下であると考えられる。

(3) 木造住宅からの漏えい電磁界強度 (図 3 : 横須賀住宅、図 4 : 日立住宅)

実験に使用した横須賀住宅は、広大な研究地域に、住居用ではなく無線 LAN 実験用に簡易に建築された住宅であるため、家庭用電気機器等は皆無である。また、周囲雑音レベルも低く、田園環境 (離隔距離 30m) に近いと考えられる。

一方、日立住宅は、通常の住宅地域に建築された築 40 年の典型的な木造住宅であり、実際に住居として使われていた。したがって、典型的な住宅環境 (離隔距離 10m) と考えられる。

a) 周波数帯 2MHz~15MHz について

測定距離と離隔距離の違いによる距離減衰 (表 1) 及び周囲雑音の変動することを考慮すると、この周波数帯における漏えい電磁界強度は周囲雑音以下であると考えられる。

b) 周波数帯 15MHz~30MHz について

横須賀住宅及び日立住宅ともに、漏えい電磁界強度は 15MHz~20MHz で 40dB μ V/m 程度、20MHz~25MHz 帯で 30dB μ V/m 程度である。この値は、表 1 の距離減衰特性を考慮しても、周囲雑音を上回る可能性があることがわかった。

したがって、周波数帯 15MHz~30MHz について、許容値の見直しが必要と考えられる。

(4) 住宅地における周囲雑音レベル (図 5)

北本、横須賀、日立における周囲雑音レベルは、周波数が高くなると共に低下するが、ITU-R 勧告 P.372-8 の住宅環境 (Residential area) 雑音レベルに比べて、2MHz で 20dB 以上高く、30MHz ではあまり差異がないことがわかった。また、住宅地によって周囲雑音に 15dB 程度の差異があった。

なお、測定系の内部雑音による測定誤差は、0.5dB 以下である。

表 1 距離 5m と距離 10m 又は 30m における電磁界強度の差異
(モデル家屋 : 水平線路 2 本、垂直線路 1 本)

周波数帯	2MHz~15MHz	15MHz~30MHz
E(10m)/E(5m)	-10.0dB	-7.1dB
E(30m)/E(5m)	-27.9dB	-21.5dB

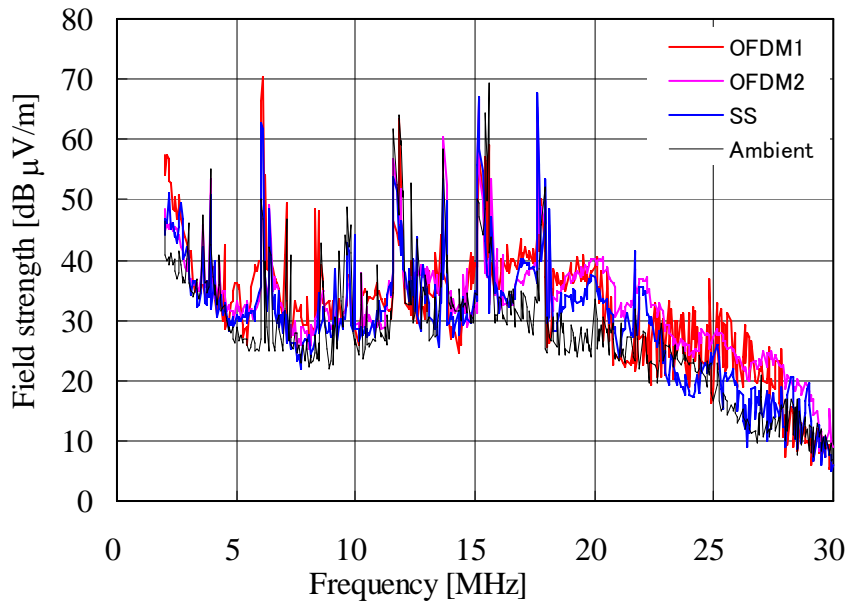


図1 高速 PLC 装置を設置した住宅からの漏えい電磁界強度
(実効値： PLC 装置 3 機種、日立住宅で測定)

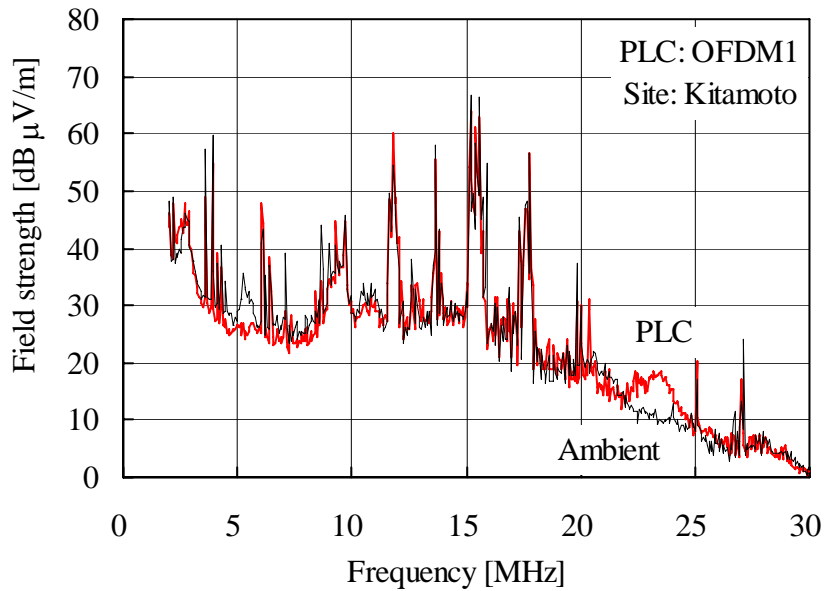


図2 高速 PLC 装置を設置した住宅からの漏えい電磁界強度
(実効値： PLC 装置 OFDM1、北本住宅で測定)

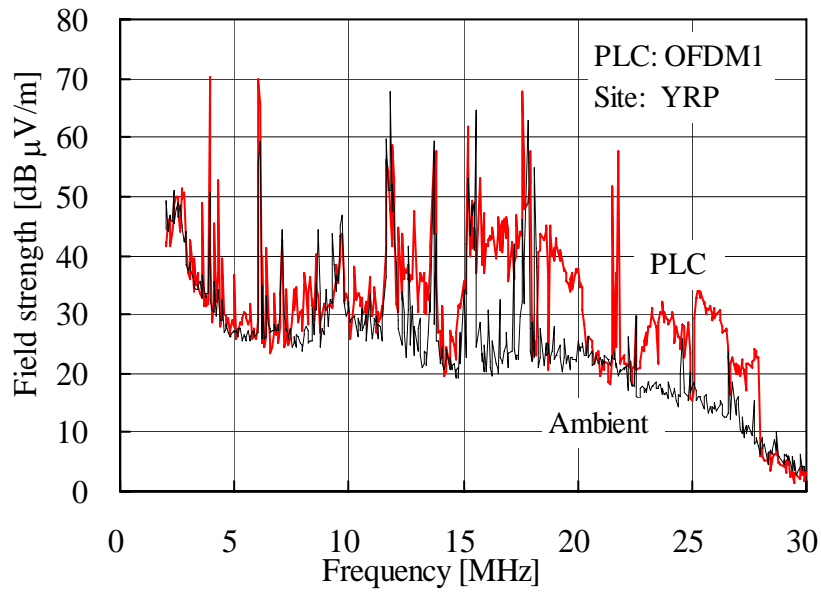


図3 高速 PLC 装置を設置した住宅からの漏えい電磁界強度
(実効値： PLC 装置 OFDM1、横須賀住宅で測定)

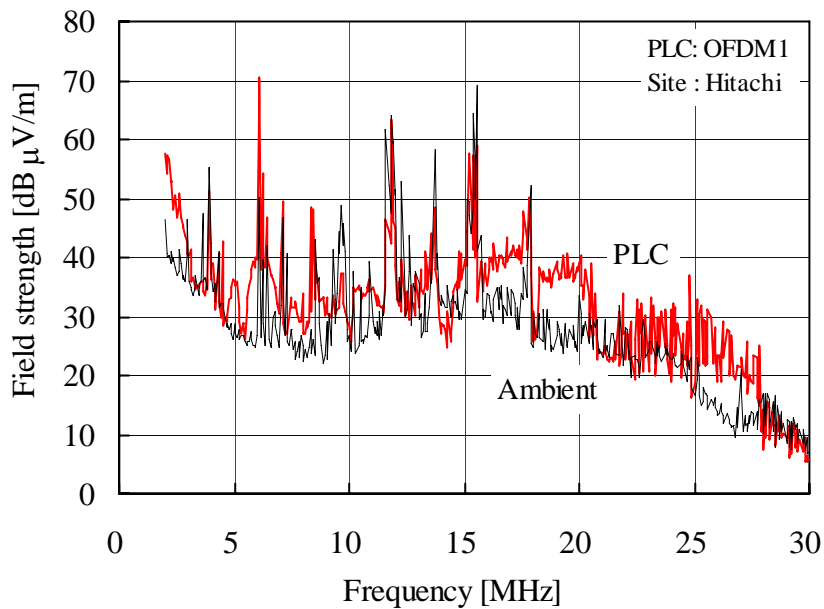


図4 高速 PLC 装置を設置した住宅からの漏えい電磁界強度
(実効値： PLC 装置 OFDM1、日立住宅で測定)

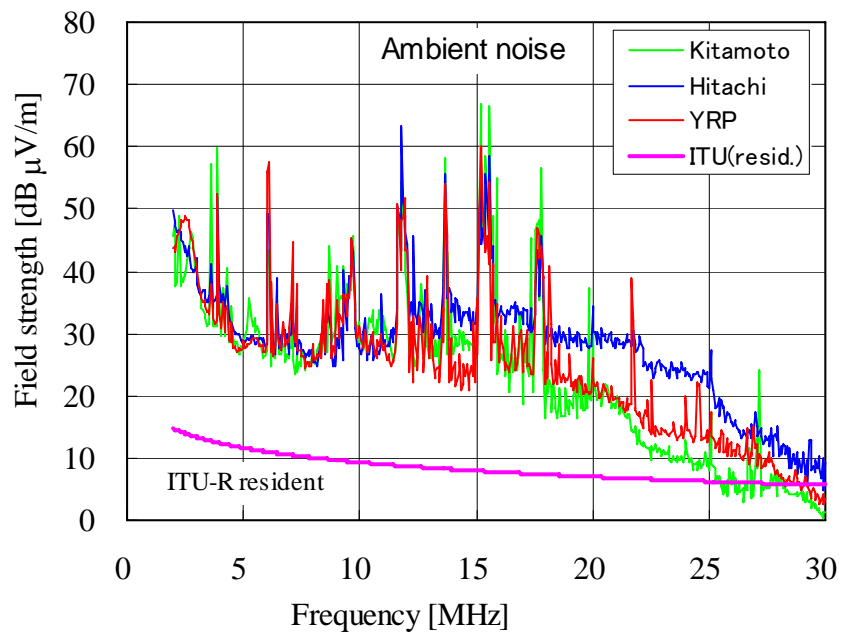


図5 住宅地における周囲雑音の実測値（実効値）と ITU-R 勧告 P. 372-8 の住宅環境 (Residential area) 雑音レベル

PLC 公開実験に基づく許容値の見直し

CISPR 委員会では、高速 PLC 装置に課すべき許容値を周波数 150kHz～1000MHz の範囲について検討したが、特に漏えい電波が問題になる搬送波周波数帯 2MHz～30MHz の許容値については、公開実験を行って検討したので、その概要を以下に述べる。

<許容値の審議経過>

(1) 高速電力線搬送通信に関する研究会（平成 17 年）の許容値

標記の研究会においては、高速 PLC 装置の許容値の検討に当たって、「建築物内に設置された高速 PLC 設備から漏えいする電波の強度を、設備から一定の距離（離隔距離）だけ離れた場所で、周囲雑音と同程度以下に制限する」ことを指針とした。

なお、商業、住宅、田園環境の周囲雑音について信頼できる最近のデータがなかったため、ITU-R 勧告 P.372-8 のデータ（昭和 41 年～46 年に米国で実測されたもの）を利用した。

屋内電力線の特性を実測し、電波伝搬特性等を理論計算した結果、許容値案として「周波数 2MHz～30MHz において、高速 PLC 装置が発生するコモンモード電流を 30 dB μ A（準尖頭値）以下に制限する」こととされた（参考資料 1）。

(2) CISPR 委員会における許容値の見直し

第 17 回 CISPR 委員会（平成 18 年 3 月 6 日）において、周波数 150kHz～1000MHz の範囲について、基本的に IT 機器に関する国際規格 CISPR 22 に準拠した許容値が提案された。ただし、通信時における周波数 2MHz～30MHz の電流許容値については、上記研究会の許容値案が提案され、この案に基づいて意見聴取を行うことになった。

また、上記の許容値案を満足する高速 PLC 装置を実際に複数の住宅に設置して、漏えい電波と周囲雑音の強度測定を行った（参考資料 2）。その結果、周囲雑音レベルが ITU-R 勧告 P. 372-8 より相当高いことや、周波数 15MHz～30MHz において木造住宅からの漏えい電波の強度が周囲雑音レベルを上回る可能性があることがわかった。

このため、実測値に基づいて許容値を再検討することになり、その結果、「周波数範囲 15MHz～30MHz では、許容値を 10dB 低下して 20dB μ A（準尖頭値）に変更する」ことになった。

<実測結果に基づく許容値の見直し>

(1) 周囲雑音の測定

高速 PLC 装置を設置した以下の 3 戸の住宅周辺において、建物外壁から約 5m 離れた場所で、高速 PLC 設備からの漏えい電波と周囲雑音を測定した。

- (a) 北本市(Kitamoto) 住宅地内の鉄筋コンクリート造集合住宅（住居として使用）
- (b) 横須賀市(YRP) 研究地域(YRP)内の鉄骨木造住宅（住居用でなく、電気製品もなし）
- (c) 日立市(Hitachi) 住宅地内の木造住宅（住居として使用）

この他、以下の 2 箇所周囲雑音の測定を行った。

- (d) 武蔵野市(Musashino) 研究所構内の空き地
- (e) 三浦市(Hatsuse) 関東総合通信局の短波監視所構内のグラウンド

周囲雑音の測定結果を図1に示す。上記5箇所の測定点のうち、木造家屋が隣接している住宅地は Hitachi であり、その周囲雑音レベルが一番高いことがわかる。一方、Kitamoto は住宅地であるが、鉄筋コンクリートの遮へい効果によって周囲雑音は低くなっている。また、YRP は木造家屋であるが電気機器が無い為、また Musashino は近接する建物が無い為、それぞれ周囲雑音は低い。さらに、Hatsuse は短波の監視業務を行っている場所であり、周囲雑音は最も低い。

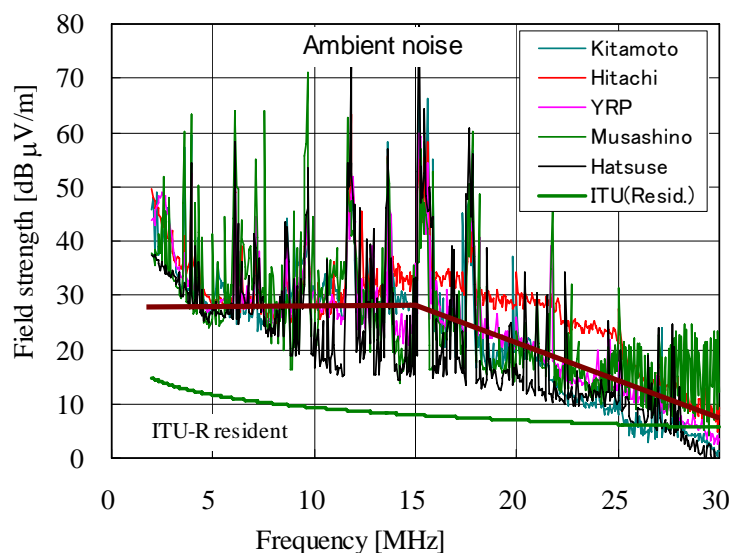


図1 周囲雑音の測定結果

(2) 許容値の見直し

高速 PLC 設備からの電波の漏えいが最も懸念される木造家屋で、かつ離隔距離 10m が適用される住宅環境は Hitachi のみであるが、Hitachi より雑音レベルが低い住宅地も存在すると思われるため、許容値の検討に当たって参照する周囲雑音は、図1の YRP の周囲雑音を参考にした雑音レベルとする。すなわち、周囲雑音の代表値は、周波数帯 2MHz~15MHz において 28dB μ V/m、15MHz~30MHz において 18dB μ V/m とする。また、木造建造物の遮へい効果については、各周波数帯に関する理論値のうち、最も低い値を採用する。

上記の条件の下で許容値を算出し直した結果を表1に示す。

表1 PLC 信号電流のコモンモード成分の許容値の見直し

	周波数帯 (MHz)	無線局空中線が受信する PLC 妨害波 E_p (dB μ V/m)	離隔距離 R (m)	離隔距離と 10m 間の減衰 L (dB)	建築物の遮へい A (dB)	10m 点の PLC 妨害波 $E_p(10m)$ (dB μ V/m)
住宅環境	2-15	28	10	0	12	40
	15-30	18	10	0	7	25

	周波数帯 (MHz)	10m 点の PLC 妨害波 $E_p(10m)$ (dB μ V/m)	10m 点の妨害波とコモンモード電流の比 Z (dB Ω /m)	QP/RMS 換算値 K (dB)	PLC 信号電流のコモンモード成分 I_{com} (dB μ A)	
					準尖頭値	平均値
住宅環境	2-15	40	15	10	35	25
	15-30	25	16	10	19	9

これより、高速 PLC 装置の許容値として、2MHz~15MHz では従来の 30dB μ A、15MHz~30MHz では 10dB 厳しい 20dB μ A を採用する。

<高速 PLC 設備の漏えい電波と周囲雑音の比較>

見直し前の許容値を満足する高速 PLC 装置を木造家屋に設置した場合について、Hitachi で測定した漏えい電波の強度を図 2 に例示する。この図からわかるように、漏えい電波の強度は周波数 15MHz～20MHz で 40dB μ V/m 程度、20MHz～30MHz で 30dB μ V/m 程度であり、周囲雑音レベルを明らかに超えている。

なお、他の高速 PLC 装置の漏えい電波の強度も図 2 と同程度である（参考資料 2）。

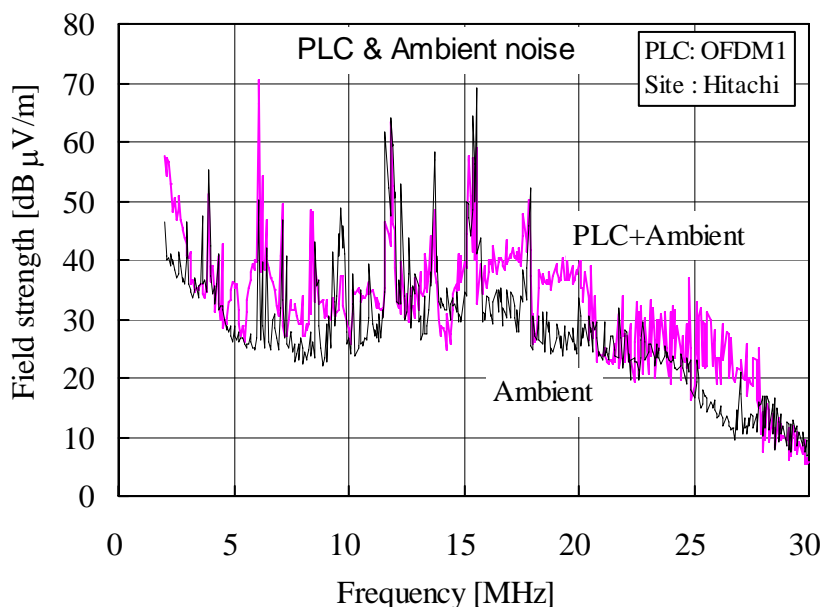


図 2 高速 PLC 設備から漏えいする電波の強度
(2MHz～30MHz で許容値 30dB μ A を満足)

しかし、既に述べたように、15MHz～30MHzの許容値を 10dB厳しくすれば、この周波数帯の漏えい電波の強度は 10dB低下する。したがって、高速PLC設備から漏えいする電波の強度は、以下に示すように、様々な環境において周囲雑音レベル以下になると考えられる。

- 住宅環境（離隔距離 10m）にある木造住宅では、周波数 15MHz～30MHz の漏えい電波の強度は許容値変更によって図 2 の値より 10dB 下がるため、Hitachi の周囲雑音レベルと同等以下になると考えられる。
- 住宅環境にある鉄筋コンクリート造りの住宅では、遮へい効果が木造より 10dB 以上良いため、周波数 15MHz～30MHz の漏えい電波の強度は図 2 の値より 20dB 下がるため、図 1 からわかるように、Kitamoto の周囲雑音レベルと同等以下になると考えられる。
- 田園環境（離隔距離 30m）にある木造住宅では、表 2 の距離減衰 20dB 程度を考慮すれば、周波数 15MHz～30MHz の漏えい電波の強度は図 2 の値より 30dB 下がるため、図 1 からわかるように、Hatsuse の周囲雑音レベルと同等以下になると考えられる。
- 商業環境の周囲雑音レベルは、住宅環境より高くなると考えられるため、高速 PLC 設備の漏えい電波は周囲雑音より低くなる。

表 2 距離 5m と距離 10m 又は 30m における電磁界強度の差異
(モデル家屋：水平線路 2 本、垂直線路 1 本)

周波数帯	2MHz～15MHz	15MHz～30MHz
E(10m)/E(5m)	-10.0dB	-7.1dB
E(30m)/E(5m)	-27.9dB	-21.5dB