

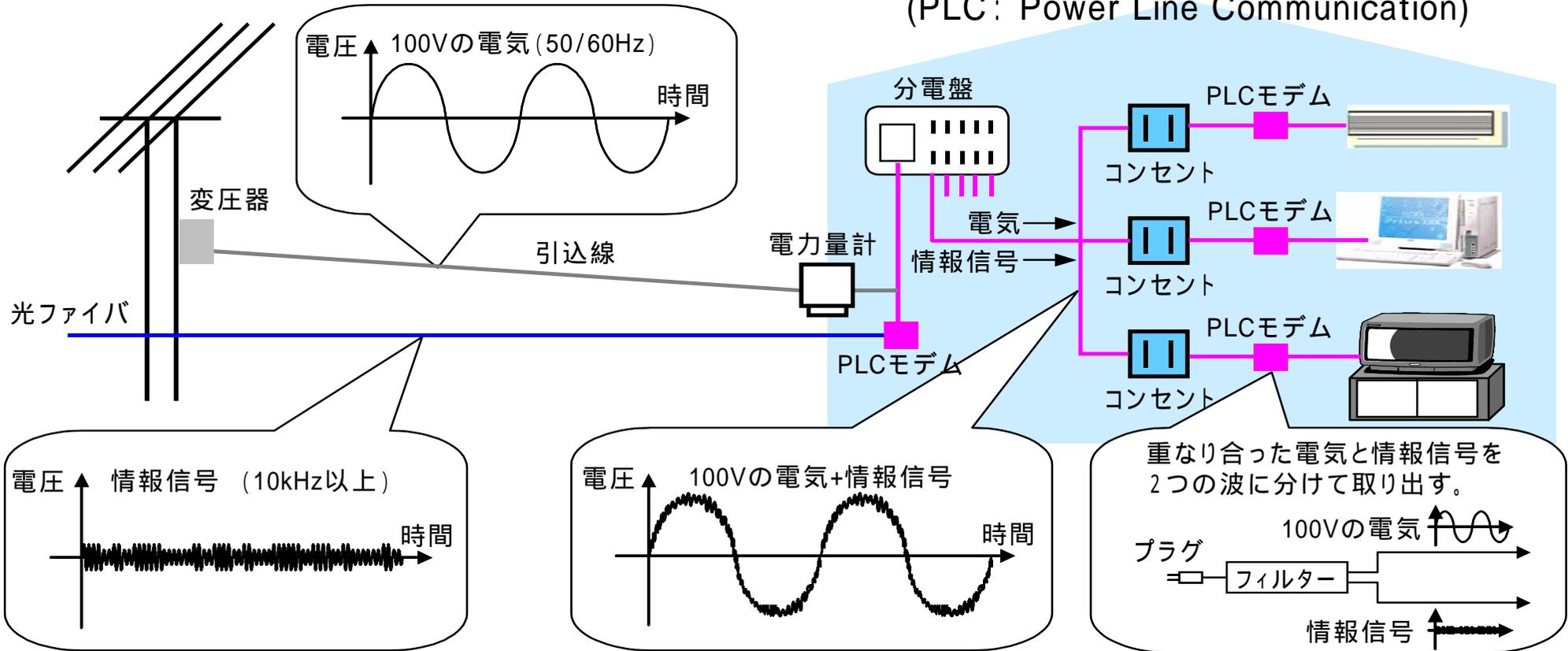
高速PLC (Power Line Communication) の概要

2006年11月29日

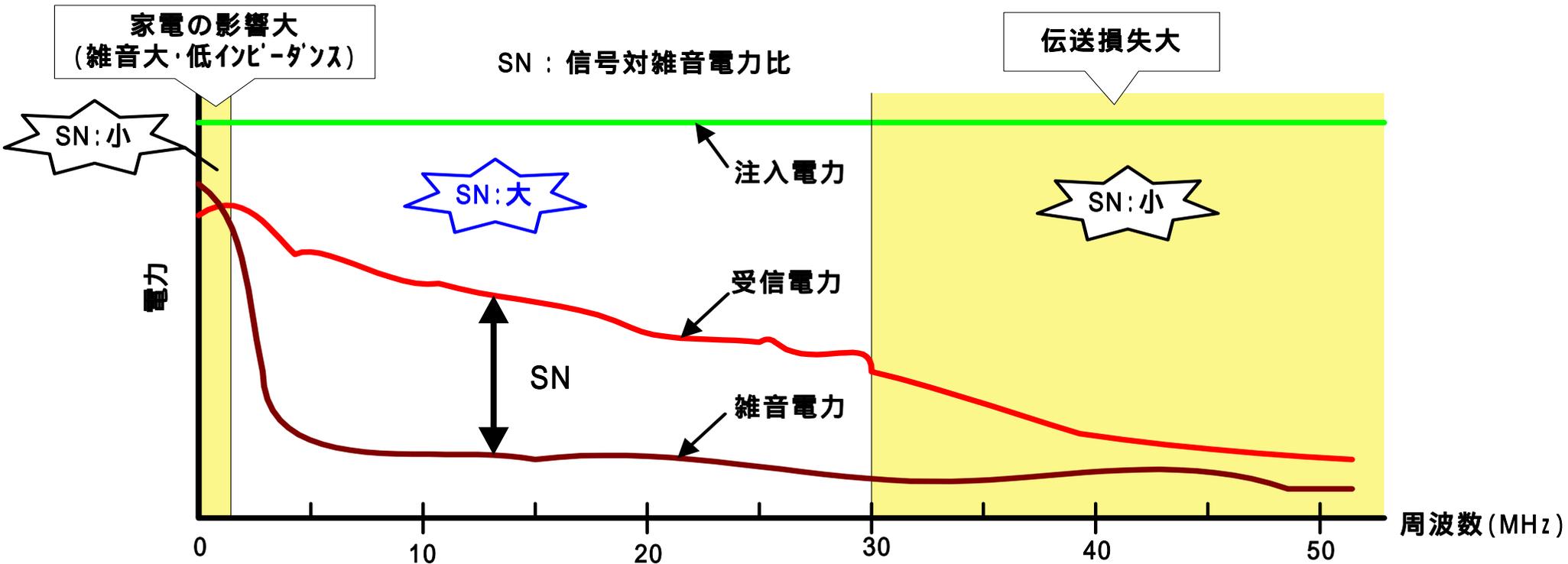
武蔵工業大学
徳田 正満

PLCの原理

(PLC: Power Line Communication)



電力線の信号対雑音電力



2MHz以下: 帯域狭、高雑音・低インピーダンス傾向 高速化難

2M ~ 30MHz帯

: 伝送損失あるが機器雑音 / 低インピーダンス影響少 高速化可

30MHz以上: 伝送損失増大傾向 高速化難

② ケーブル敷設工事不要 : legacy (資産) の活用

- 屋外 (電柱 ~ 建物 / 道路 / 公園など)
- 施設内 (住宅 / ビル / 工場など)

新規配線
不要

② 安価な装置で最大200Mbpsの高速通信が可能

先端通信技術 (無線LAN^{*1}、有線ADSL^{*2}など) の応用
高度な多重化 (OFDM^{*3}等) など

電力線上で2MHz ~ 30MHz帯を利用

② 安価なネットワーク機器

超LSI化、DSP^{*4}制御による低コスト化

*1 : Local Area Network

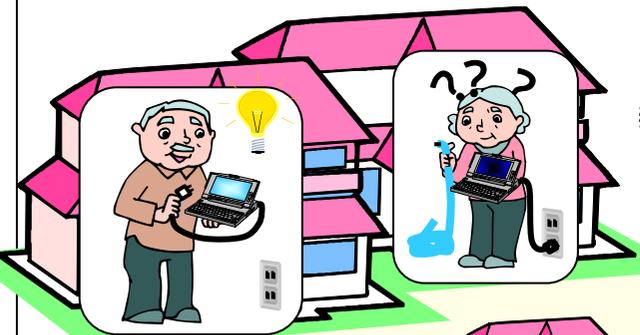
*3 : Orthogonal Frequency Division Multiplexing

*2 : Asymmetric Digital Subscriber Line

*4 : Digital Signal Processor

将来的な高速PLCのIT活用イメージ

【分かりやすいインターフェース】



高齢者にも親しみやすい

【ブロードバンドの効率的導入】

遠隔教育



遠隔医療



電子自治体

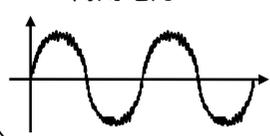


迅速・低コストなインフラ整備

【ユビキタスネットワークの実現】

光ファイバ

PLC信号
+ 商用電力



音楽配信



AVサーバ



映像配信

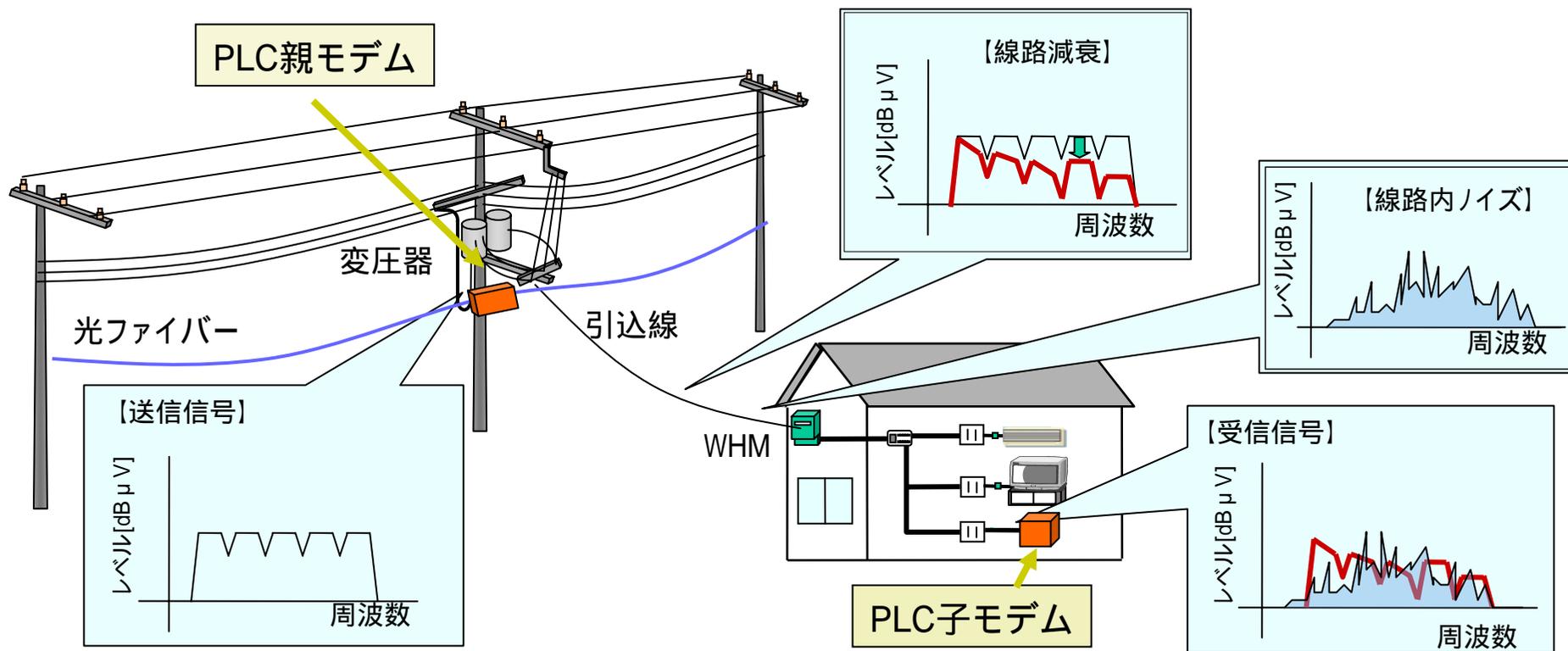
配線が不要で便利

【低コストな高速インターネット環境の実現】



学校にもインターネットが普及

電力線通信の技術課題のイメージ



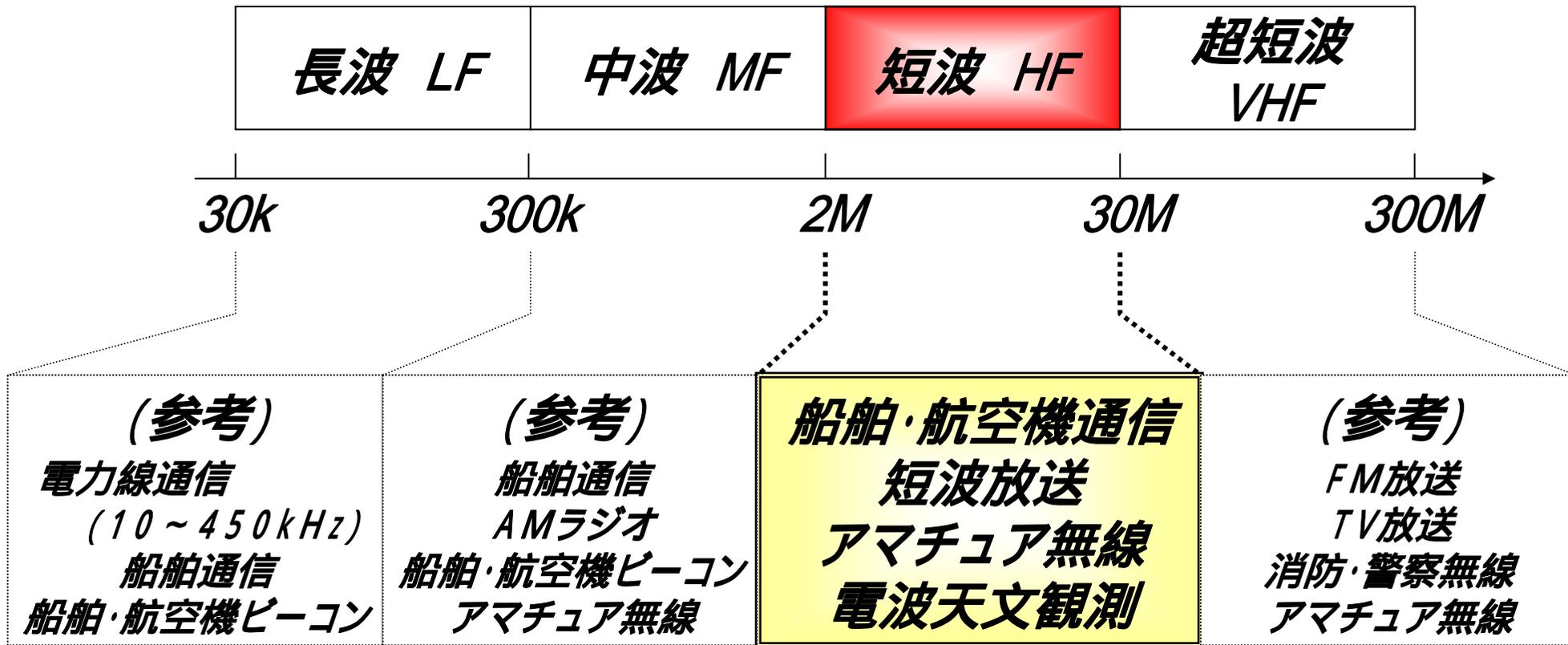
安定した高速通信の実現

- ・使用する高周波帯域では家電機器から発生する負荷ノイズや空中を伝播する飛来ノイズなどが電力線に重畳しモデムに混入する。
- ・電力線での信号減衰量は非常に大きくなっている。これは、電力線に接続された末端負荷や電線路長および電線路分岐の影響があると考えられる。

漏洩電界抑圧技術の開発 (既存無線局との共存)

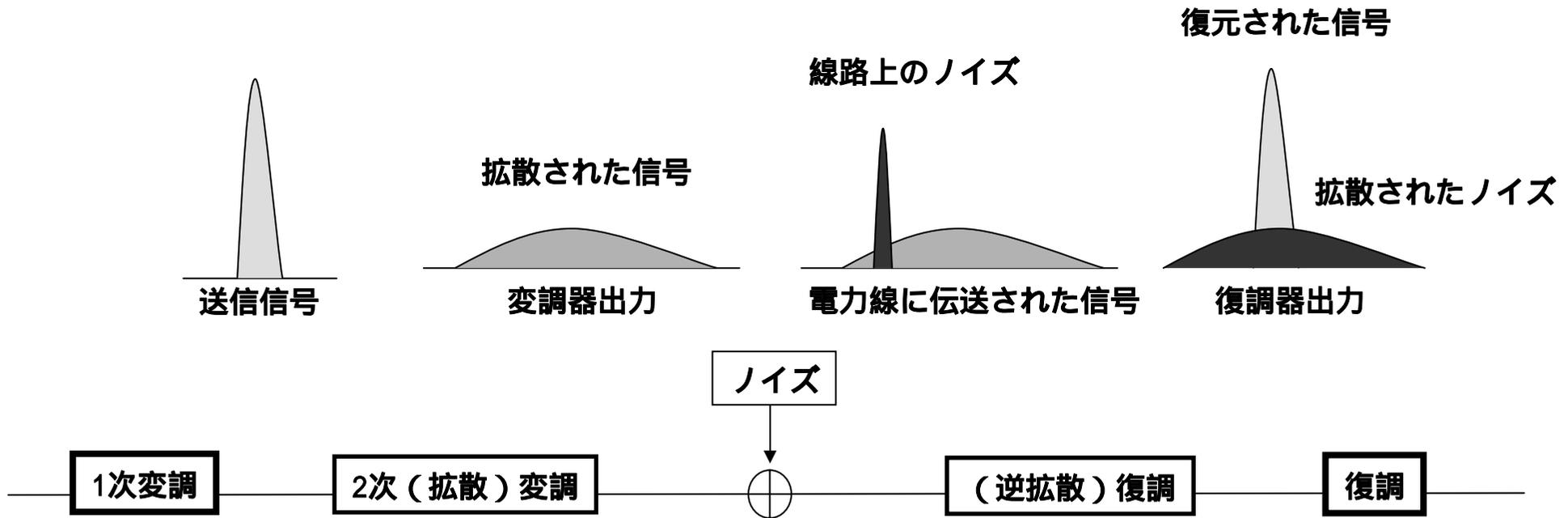
- ・国内における電力線は、ほとんどが架空配線であり、変圧器の低圧側中性線が接地されているため不平衡な線路を形成している。そのため、高周波電流を流すと電力線から電磁波が放射され、既存無線局に対して影響が出る場合がある。

PLCの使用する短波帯には、多数の無線設備が存在



高速PLCの実用化にあたっては、
既存無線との共存をはからなければならない。

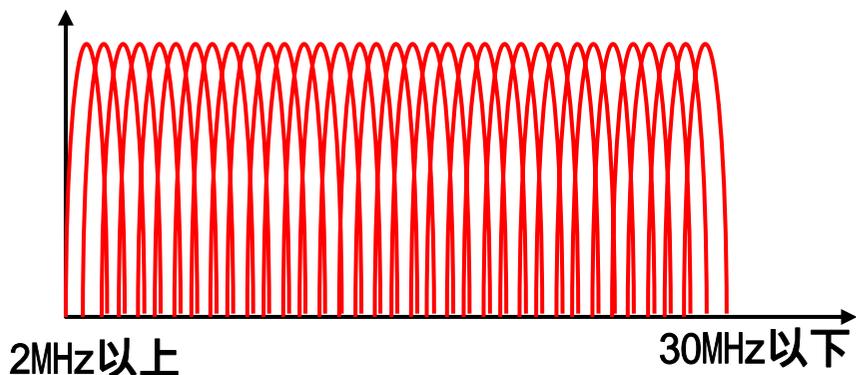
【スペクトル拡散変調方式】



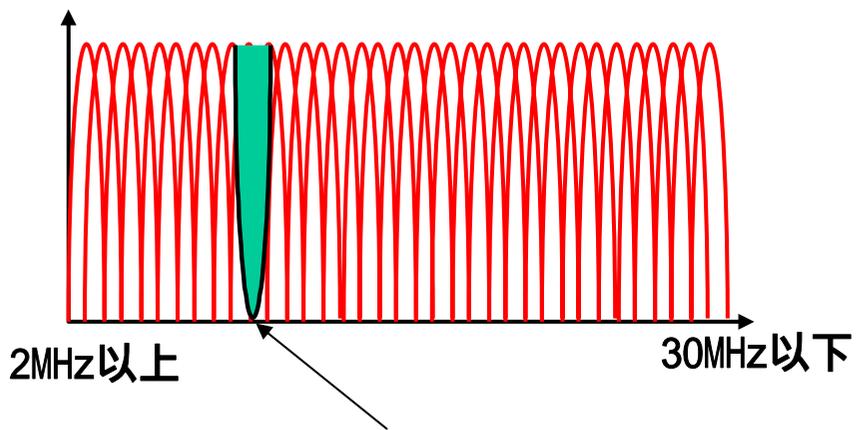
スペクトル拡散技術

- ・ ユーザデータに一次変調を行い送信信号を作成する。これに、PN（疑似ランダム）符号で二次変調を行い、例えば、4MHz～20MHzの広帯域信号にスペクトルの拡散を行う。
- ・ 電力線に重畳するための変調技術にスペクトル拡散技術を使用すると、ピーク電力を抑えられるため、ピーク漏洩電界の低減が可能。

複数のキャリア(マルチキャリア)を同時に使い、高速化と耐雑音 / 歪性を実現



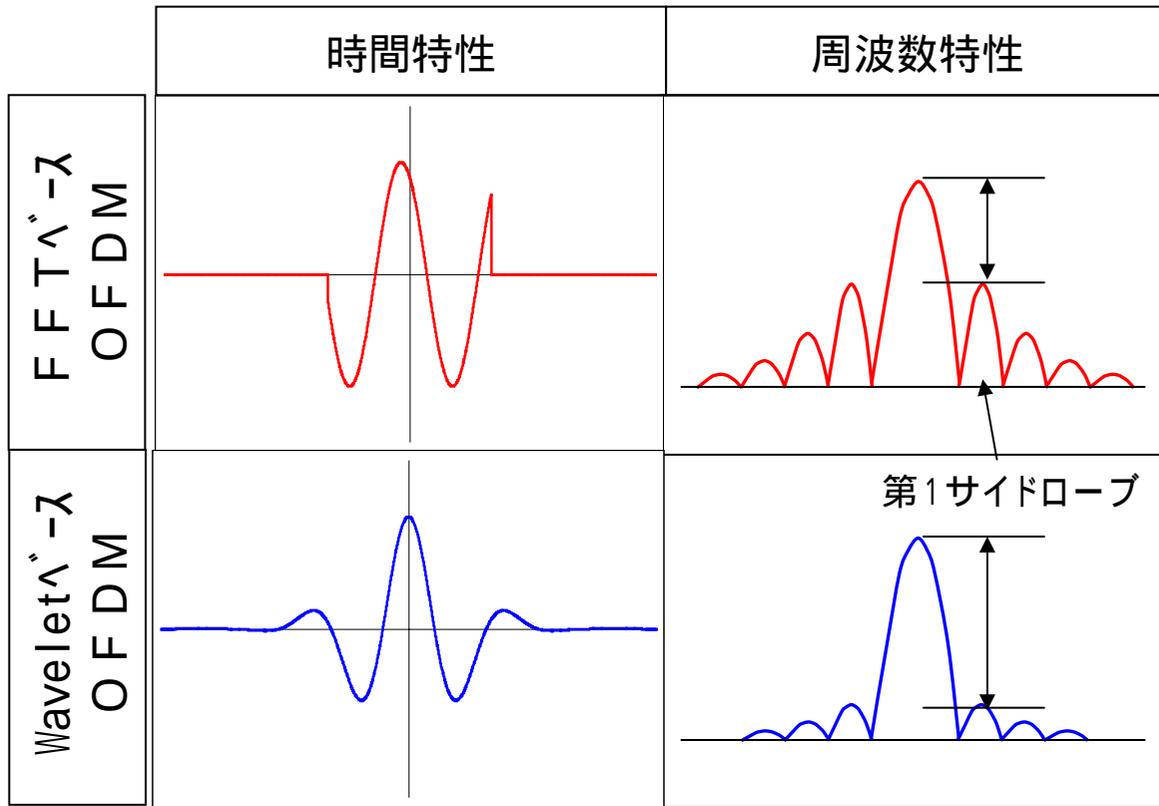
利用可能な周波数帯域に、多数のキャリアを使って高速伝送を行う。数本~1000本程度のキャリアを使用



既存無線局との干渉が多い周波数帯は送信キャリアを使用しない。あるいは、レベルを抑える。

使用しない帯域(ノッチ帯域)

【FFT変換OFDMと比較した場合のWavelet変換OFDMの特徴】

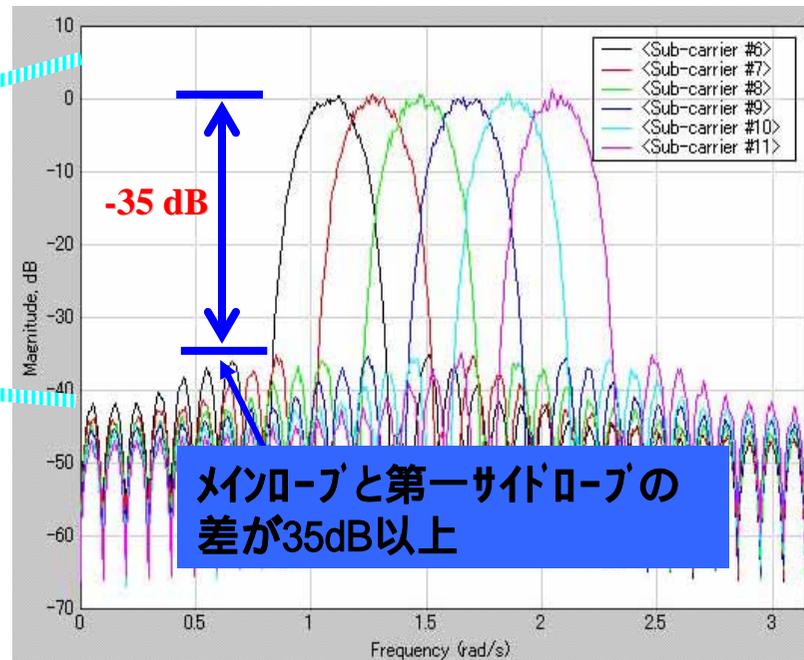
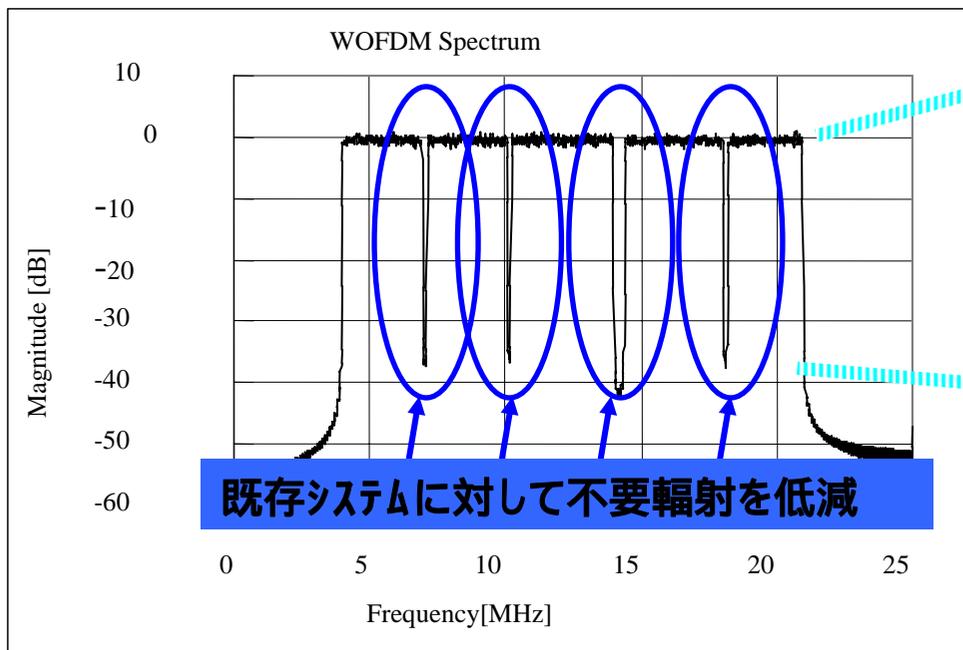


Wavelet変換のOFDMの場合、
振幅スペクトルの第1サイドローブをFFT変換のOFDMよりも低くすることが可能。

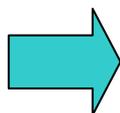
- ・狭帯域で干渉が生じた際に不使用とするサブキャリアの本数を少なくすることが可能。
- ・サブキャリア間の干渉を低く抑えることが出来る。

・特長2 (周波数領域)

Wavelet OFDMスペクトル



Wavelet OFDMは
各サブキャリアが帯域
制限されている



サイドローブを小さくすることが出来、狭帯域で干渉が生じた際に不使用とするサブキャリアの本数を少なくすることができる。(ノッチを任意に生成可)

規制緩和の検討経過

電波産業会（ARIB）における技術検討（限度値案作成）

・・・'01/4～'02/6/E

総務省 電力線搬送通信設備に関する研究会・・・'02/4/E

～'02/7/E

現状では、周波数帯域の
拡大は困難

実証実験の条件整備

高速電力線通信推進協議会

実験の実施とデータの公開

規制緩和（屋内系 アクセス系）

総務省として、**電力線搬送通信設備と既存の無線通信との共用の可能性**等について検討を行うために、本年4月から7月まで開催。

研究会

学識経験者、EMC専門家
等で構成

座長：杉浦 行 (東北大学教授)

座長代理：徳田 正満 (武蔵工業大学教授)

ヒアリングWG

主査：徳田 正満 (武蔵工業大学教授)
主査代理：安藤 真 (東京工業大学大学院教授)

関係者からの意見を集約

- ・ 短波帯の利用者
- ・ PLCモデムの製造メーカー
- ・ 電力事業者 等

実環境実験WG

主査：徳田 正満 (武蔵工業大学教授)
主査代理：安藤 真 (東京工業大学大学院教授)

条件の異なる場所で実環境実験を
実施

- ・ 住宅 (一戸建て、集合)
- ・ オフィスビル
- ・ 屋外実験場 等

< 「電力線搬送通信設備に関する研究会」提言の概要 >

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、漏えい電界強度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のため、実証実験を継続的に実施するために、研究開発目的の設備の許可制度を整備することが必要。実証実験の実施に当たっては、既存の通信への影響が出た場合には、実証実験側で適切に対応することを条件とすべき。

今後、CISPR等で検討されている国際基準の検討に積極的に貢献し、我が国の状況を反映した国際基準の策定を目指すべき。

- 活動内容

- ・ 高速電力線通信を利用するための技術基準（漏えい電磁界強度等）に関する検討
- ・ 高速電力線通信を実現するための技術（漏えい抑圧技術等）及び実用化手段の検討
- ・ 電力線通信の普及啓発活動
- ・ その他、本協議会の目的を達成するために必要な活動

(敬称略, アイウエオ順)

- 会員各社(2006年12月現在)

赤字下線は設立時(2003.3.1)会員

- ・ A会員 関西電力, きんでん, 住友電気工業, 東京電力, 東洋ネットワークシステムズ, 日本電気, ネットインデックス・イー・エス, 日立製作所, 富士通アクセス, 松下電器産業, 松下電工, 三菱電機, ラインコム (合計13社)
- ・ B会員 伊藤忠商事、大崎電気工業、沖縄電力、川口電機製作所、関電工、京セラコミュニケーションシステム、KDDI研究所、四国電力、CSPフロンティア研究所、GMOインターネット、情報通信総合研究所、住友商事、セガ、ゼルライン・ジャパン、双日システムズ、ソニー、ソフトバンクBB、第一興商、中国電力、中部電力、東京エネシス、東北電力、トーエネック、トワダ・ウェルデザイン、日鉄エレックス、日本コムシス、日本ブレインウェア、ネットギア・インターナショナル・インク、ノーザ、野村総合研究所、日立電線、北海道電力、三井物産、三菱ビルテクノサービス、三菱マテリアル、ユービー・アイエヌティ、YOZAN (合計37社)
- ・ 特別会員
武蔵工業大学 徳田教授

実験に向けた電波法関連法規の改正について

2003年8/29～9/26

パブコミ募集

9/10

電監審(総務省から電波法改正案諮問)

10/15

電監審(公聴会(利害関係者意見陳述))

11/M

電監審(答申)

2004年1月26日

実験用高速電力線搬送通信設備の設置許可に係る方針の決定

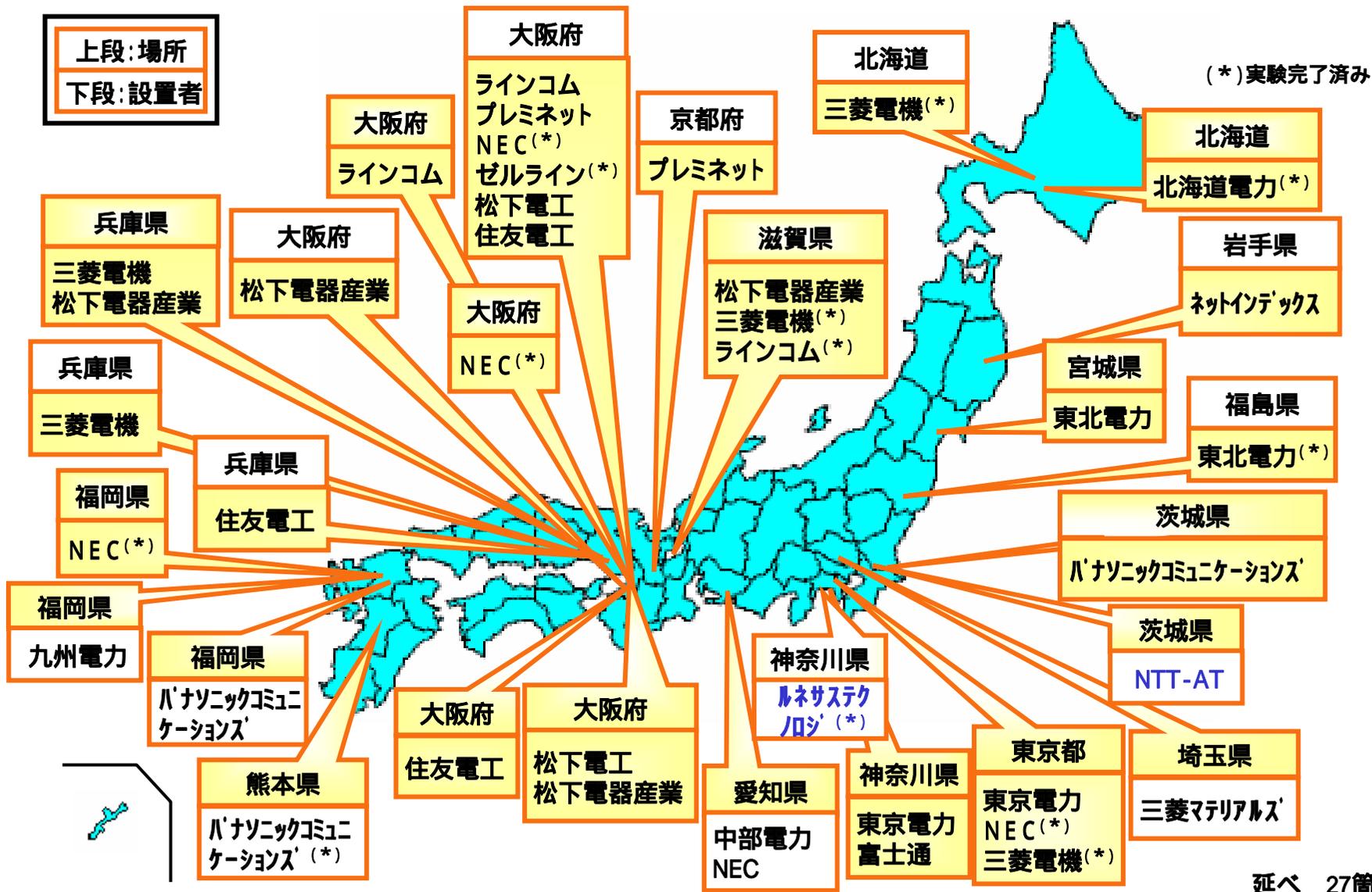
総務省ホームページ (http://www.soumu.go.jp/s-news/2004/040121_1.html)

実験設備の設置許可に当たっての方針

1 一般の方針

- (1) 漏えい電界強度の低減技術を検証するための実験を目的とするものであること。
- (2) 実験設備の設置者は、漏えい電界強度の低減技術を開発したものであること。
- (3) 使用する周波数は2 MHzから30 MHzまでの範囲内であり、かつ、高周波出力及び占有周波数帯幅は必要最小限のものであること。
- (4) 略
- (5) 他の通信等に妨害を与えないものであること。 (以下、省略)

高速PLCの実証実験

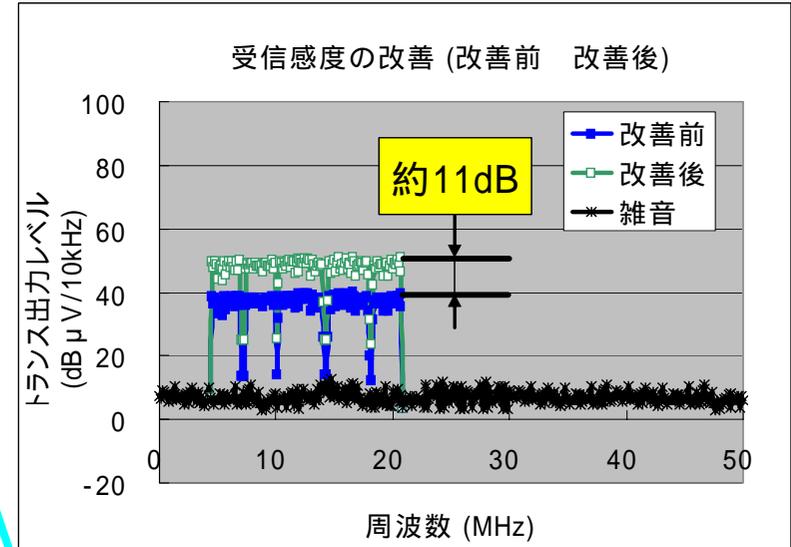
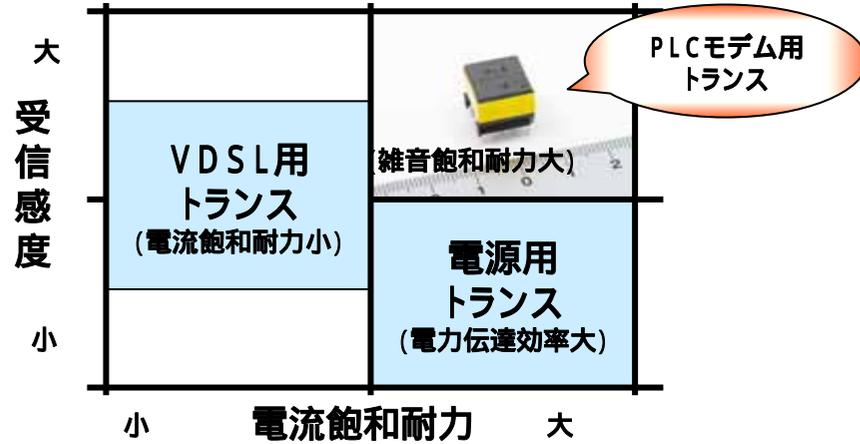


各フィールドにて目標値(44dBuv/m以下)をクリア

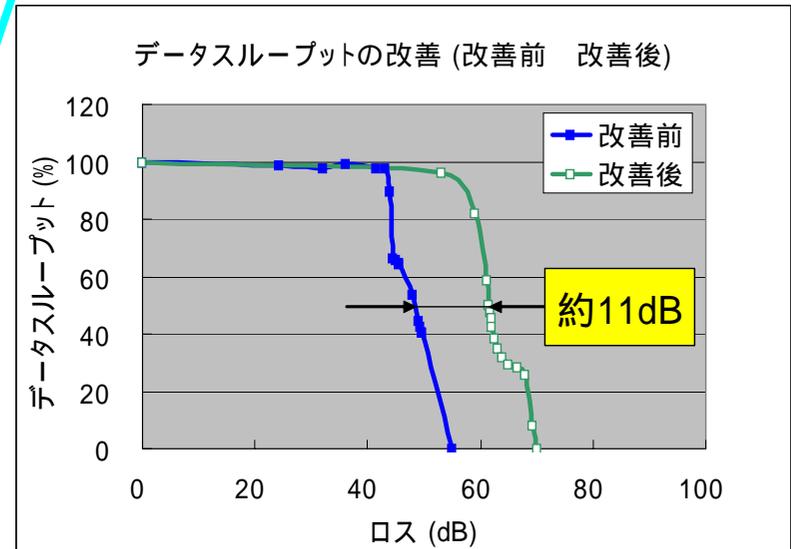
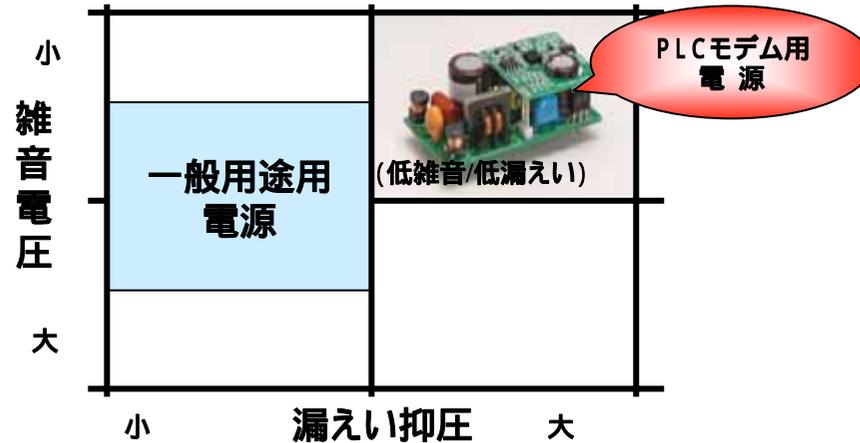
延べ 27箇所40社
平成17年9月28日現在
(PLC-J会員以外を含む)

モデムの受信感度の向上

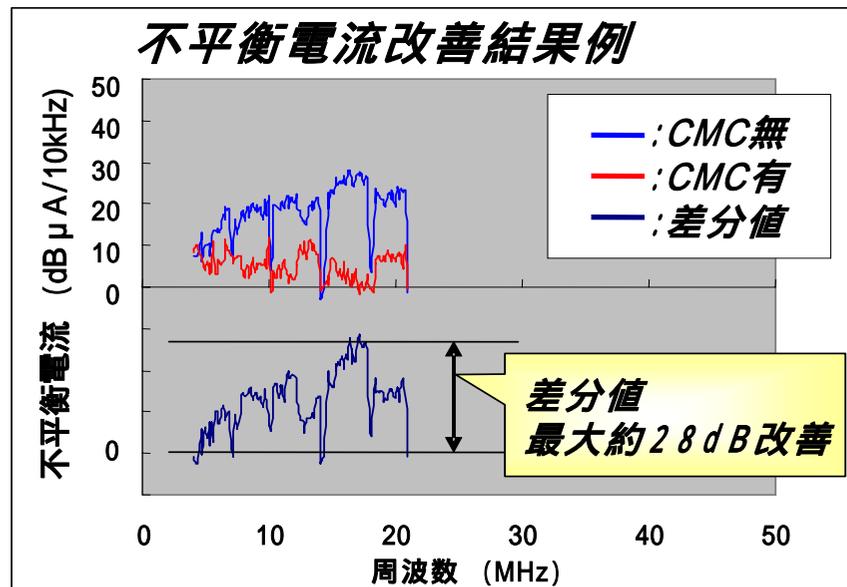
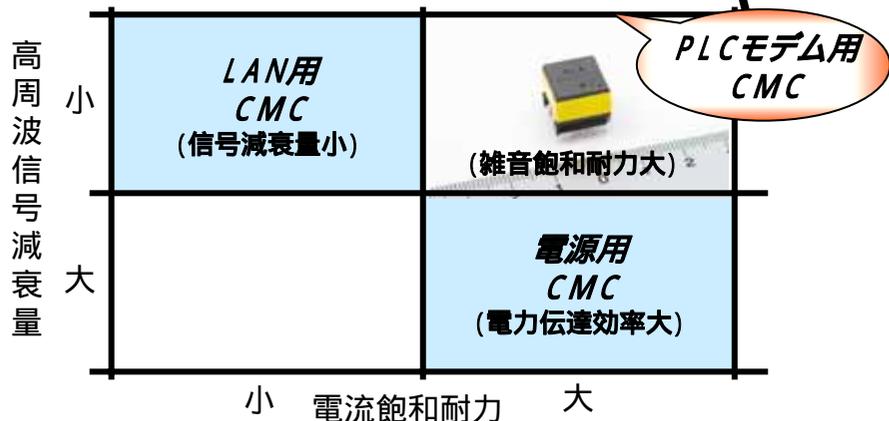
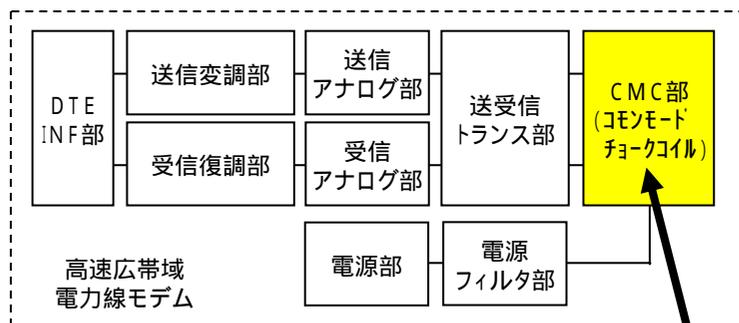
受信感度を向上させるトランスの開発



受信感度を向上させる電源の開発



コモンモードチョークによるコモンモード電流低減

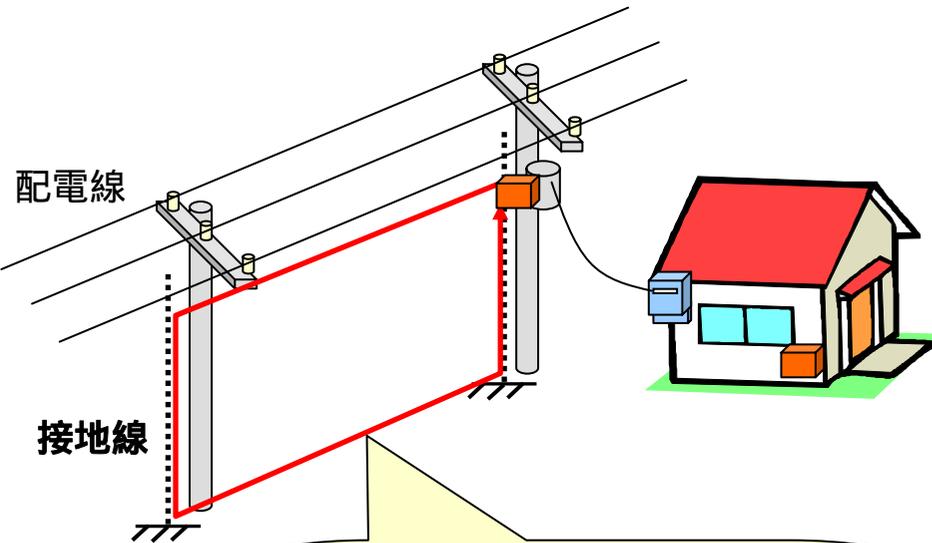
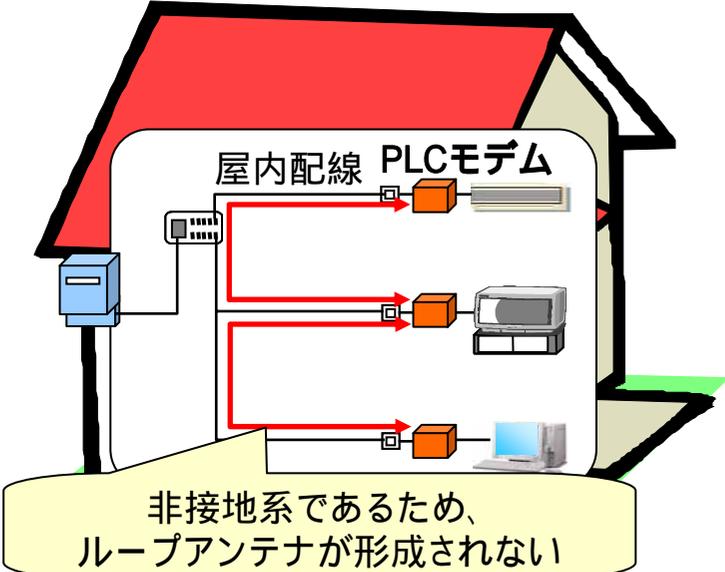


出典：株式会社ネットインデックス

CMC技術

- ・ PLCで使用されるCMCは、PLC信号伝達ロスの最小化のため、ディファレンシャルモードインピーダンスはできるだけ小さな値が望まれる。また、漏洩電界最小化のため、コモンモードインピーダンスはできるだけ大きな値が望まれる。

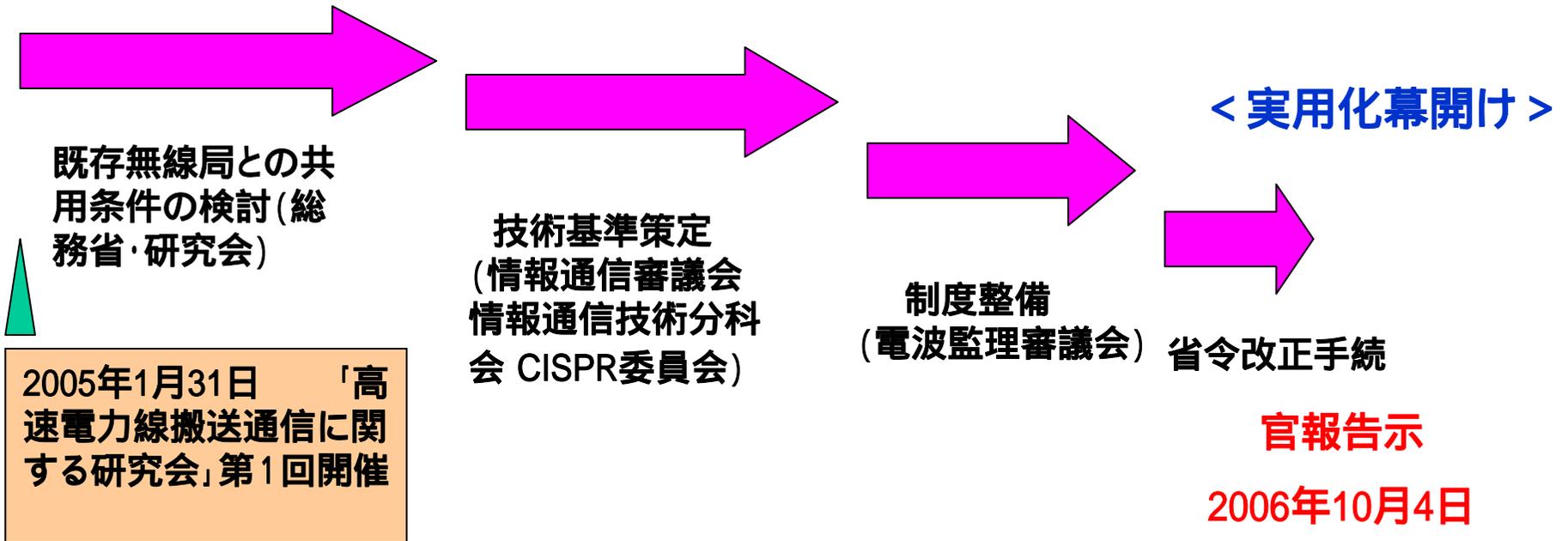
屋外と屋内での漏洩電界発生メカニズムの比較

屋外系	屋内系
 <p>配電線</p> <p>接地線</p> <p>接地線と大地を介して、ループアンテナが形成される</p> <ul style="list-style-type: none">・ 接地線を介して、コモンモード電流が流れることにより、配電線と大地間に大きなループアンテナが形成され、漏洩電界が発生しやすい	 <p>屋内配線 PLCモデム</p> <p>非接地系であるため、ループアンテナが形成されない</p> <ul style="list-style-type: none">・ 屋内配線は非接地系であるため、コモンモード電流が流れにくいため、ループアンテナが形成されず、漏洩電界が発生しにくい・ 屋内配線で使用されているVVFケーブルは線間距離が小さいため漏洩電界が発生しにくい・ 建物外壁により、屋内で発生した漏洩電界が減衰する

高速電力線搬送通信の実用化に向けての道筋(総務省)



- ・漏洩電界低減技術をはじめとするPLC技術の開発
- ・フィールド実験でのデータ収集と開発へのフィードバック
- ・国内制度に適合するPLC装置の開発



1. 目的

高速電力線搬送通信と電波利用との共存可能性・共存条件等について検討を行う

2. 検討事項

- 1) 漏洩電波低減技術の確認
- 2) 電波利用との共存可能性・共存条件の検討
- 3) その他関連する事項

3. 研究会の組織

- 1) 総務省総合通信基盤局長主催の研究会とする
- 2) 研究会構成員
 - ・座長 杉浦 行 (東北大学)
 - ・座長代理 安藤 真 (東京工業大学)
 - ・構成員 構成員 23名、オブザーバー 2名

4. 開催時期

平成17年1月から平成17年10月までを目途として開催

研究会で了承された規制緩和案

共存条件に対する考え方：

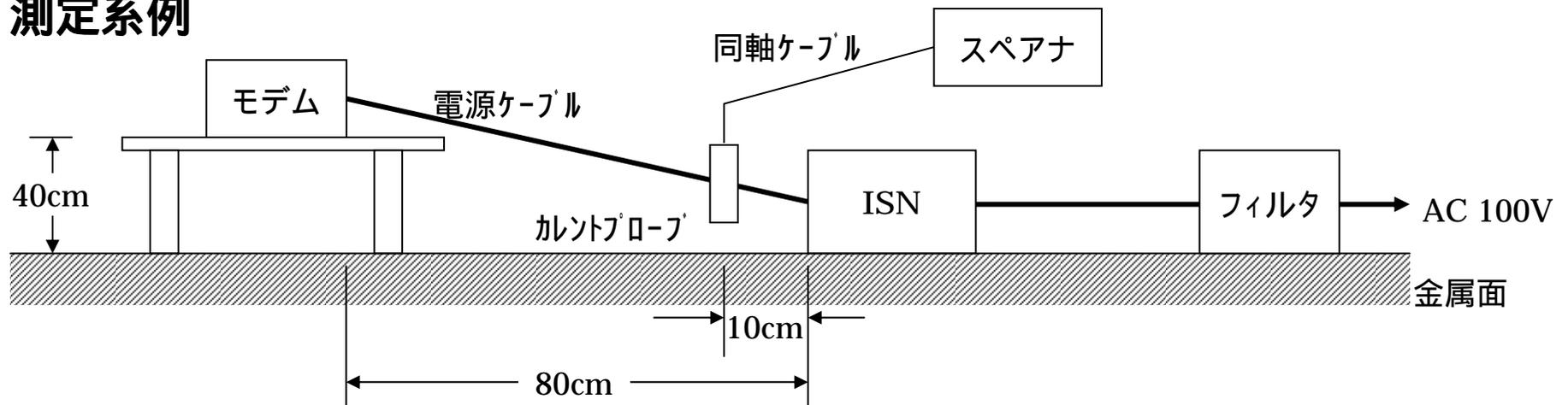
PLCからの漏えい電界強度が、受信点において
周囲雑音レベル以下となること

制限値：

電線内に発生するCMI（コモンモード電流値）が、30dBuA以下

<測定方法>

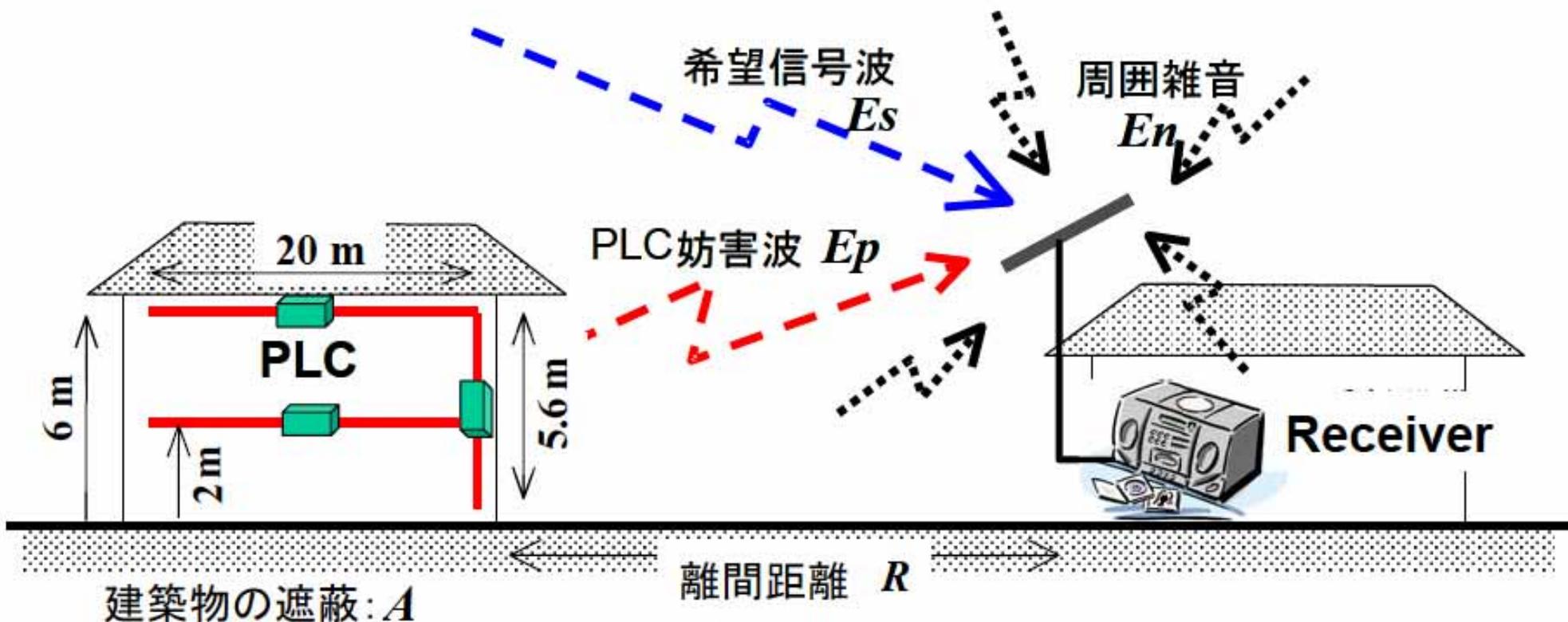
・測定系例



・ISN（インピーダンス安定化回路網）の重要パラメータ

- LCL（縦電圧変換損）： 16dB（99%値）
- CMZ（コモンモードインピーダンス）： 25

許容値算出のための屋内配線モデル



PLC信号電流のコモンモード成分の許容値算出



	周波数帯 (MHz)	無線局空中線が受信する PLC 妨害波 E_p (dB μ V/m)	離隔距離 R (m)	離隔距離と 10m 間の減衰 L (dB)	建築物の遮蔽 A (dB)	10m 点の PLC 妨害波 $E_p(10m)$ (dB μ 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 $E_p(10m)$ (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
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

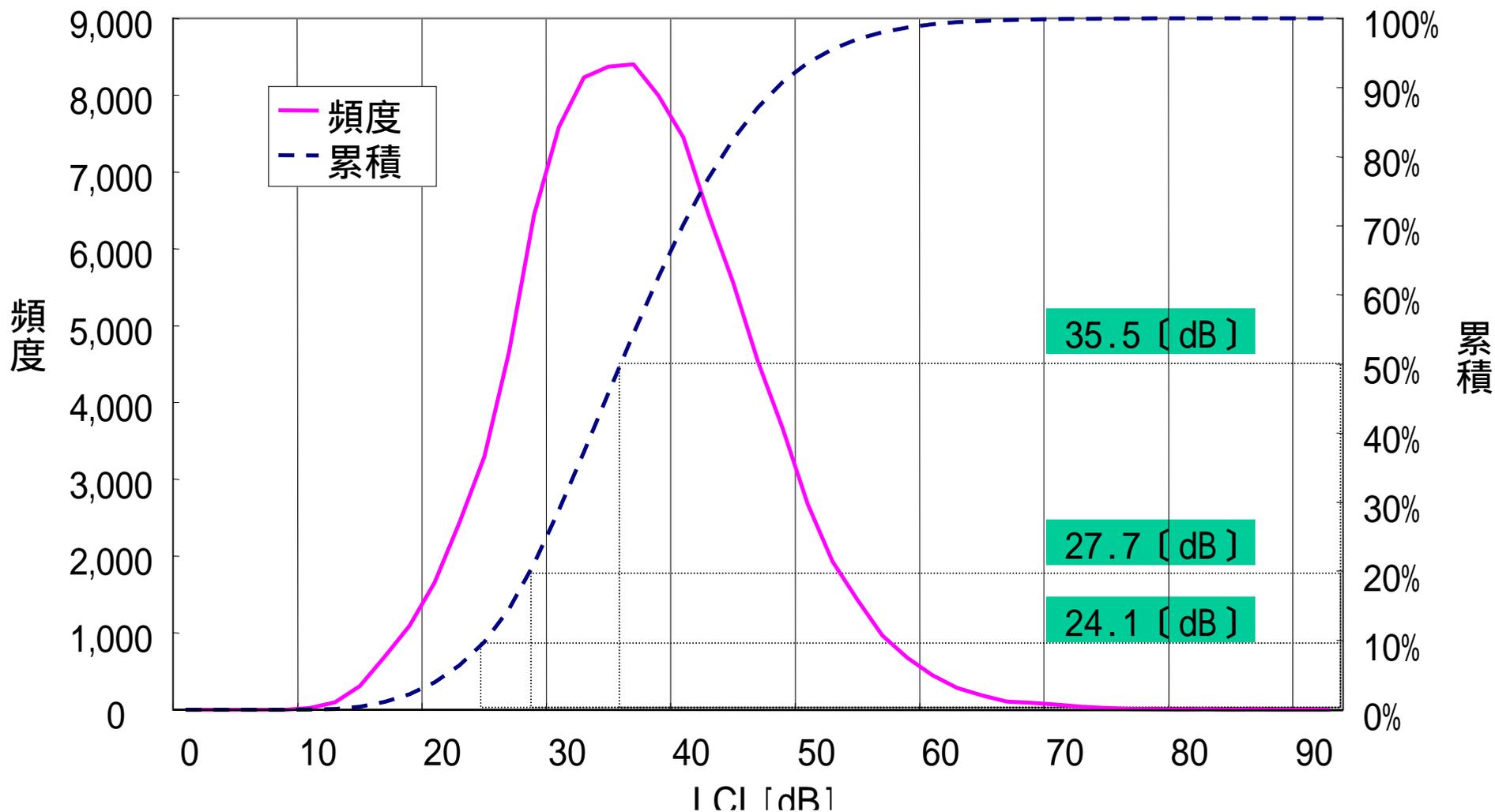
32.0

22.0

許容値	周波数 (MHz)	準尖頭値 (dB μ A)	平均値 (dB μ A)
	2 ~ 30	30	20
測定法	インピーダンス安定化回路(ISN)を使用 •縦電圧変換損(LCL):16dB •コモンモードインピーダンス(CMZ):25		

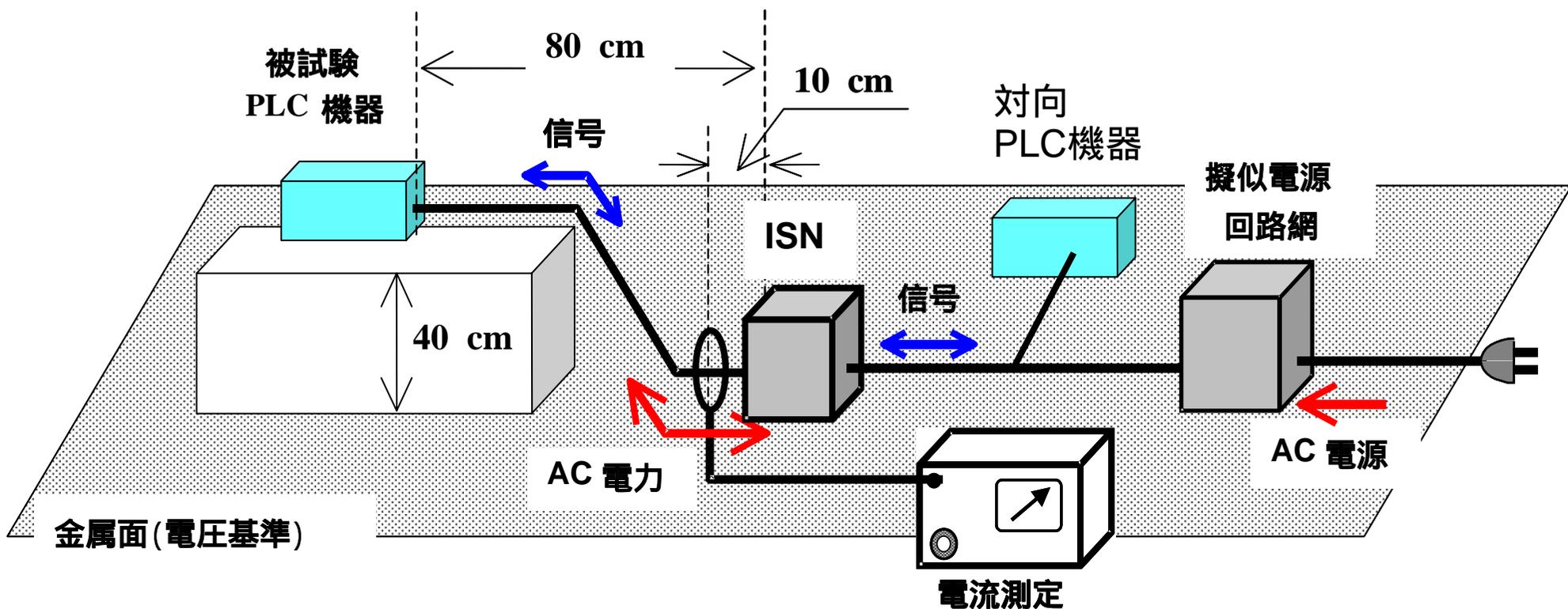
- 許容値は、パソコン等の情報技術装置に適用される国際規格CISPR22の許容値と同等。
- LCLについては、我が国の建築物における配電線の特徴を反映させるため、62の建築物において測定した約10万件のデータの99%値とした。

屋内の電力線から見たLCLの実測値



累積(%)	99	98	97	96	95	94	93	92	91	90	80
LCL(dB)	15.70	17.57	18.97	20.05	20.92	21.69	22.38	23.02	23.60	24.09	27.69

電力線通信モデムから放出するコモンモード電流の測定系



伝導妨害波 電源線端子

周波数	通信状態	非通信状態
0.15 - 0.5MHz	$\langle QP \rangle 36 - 26 \text{dB } \mu \text{A}^{(注1)}$ $\langle Av \rangle 26 - 16 \text{dB } \mu \text{A}^{(注1)}$ ISN1を使用	$\langle QP \rangle 66 - 56 \text{dB } \mu \text{V}^{(注1)}$ $\langle Av \rangle 56 - 46 \text{dB } \mu \text{V}^{(注1)}$ AMNを使用
0.5 - 2MHz	$\langle QP \rangle 26 \text{dB } \mu \text{A}$ $\langle Av \rangle 16 \text{dB } \mu \text{A}$ ISN1を使用	$\langle QP \rangle 56 \text{dB } \mu \text{V}$ $\langle Av \rangle 46 \text{dB } \mu \text{V}$ AMNを使用
2 - 15MHz	$\langle QP \rangle 30 \text{dB } \mu \text{A}$ $\langle Av \rangle 20 \text{dB } \mu \text{A}$ ISN1を使用	$\langle QP \rangle 60 \text{dB } \mu \text{V}$ $\langle Av \rangle 50 \text{dB } \mu \text{V}$ AMNを使用
15 - 30MHz	$\langle QP \rangle 20 \text{dB } \mu \text{A}$ $\langle Av \rangle 10 \text{dB } \mu \text{A}$ ISN1を使用	$\langle QP \rangle 60 \text{dB } \mu \text{V}$ $\langle Av \rangle 50 \text{dB } \mu \text{V}$ AMNを使用

伝導妨害波(通信線端子)

放射妨害波

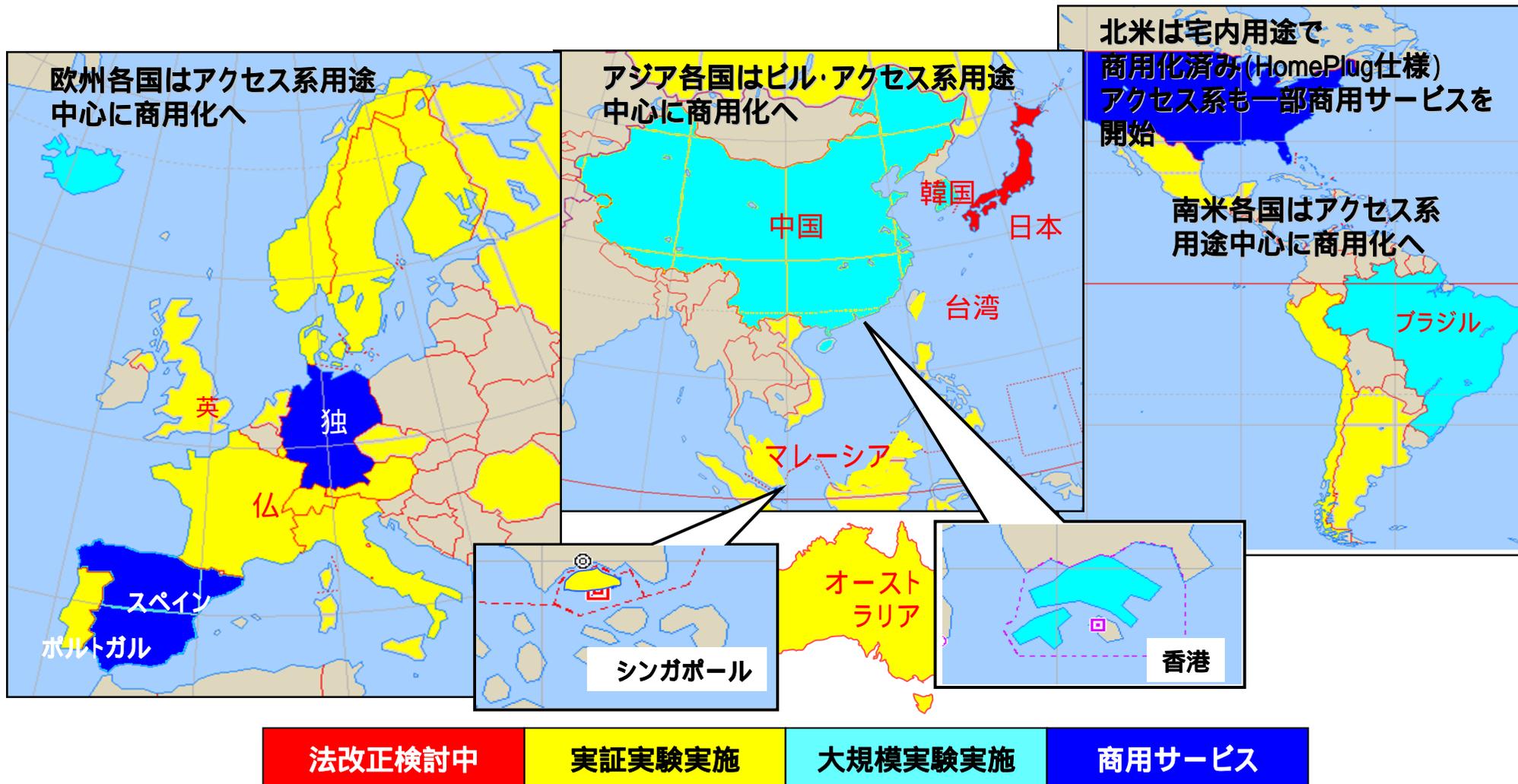
測定端子	周波数	通信状態
通信線端子 (注2)	0.15 - 0.5MHz	<QP>40 - 30dB μ A ^(注1) <Av>30 - 20dB μ A ^(注1) ISN2を使用
	0.5 - 30MHz	<QP>30dB μ A <Av>20dB μ A ISN2を使用
放射妨害波 (距離10m)	30 - 230MHz	<QP>30dB μ V/m
	230 - 1000MHz	<QP>37dB μ V/m

<QP> 準尖頭値 <Av> 平均値

(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、通信線端子に関する許容値の適用を延期する

海外での導入事例(アクセス系)一覧



各国で実証実験実施、一部では商用サービスも開始

高速PLC製品一覧

速度	製造者 (チップ供給者)	製品概要	使用国	製品状態
 <p>中速</p> <p>高速</p> <p>超高速</p>	ラインコム プレミネット (Yitran)	 <p>変調方式: DS-SS 最大速度: 2.5Mbps</p>	中国 ドイツ	販売中 ドイツは別メーカー
	ネットギア (Intellon)	 <p>変調方式: OFDM 最大速度: 14Mbps</p>	米国	販売中 (\$70 ~ \$100程度)
	ゼルライン (Xeline)	 <p>変調方式: DMT 最大速度: 24Mbps</p>	韓国 中国	販売中
	ラインコム プレミネット (Yitran)	 <p>変調方式: Adaptive DS-SS 最大速度: 32Mbps</p>	開発中	チップ化完了
	松下電産 (PCC)	 <p>変調方式: Wavelet OFDM 最大速度: 190Mbps</p>	アメリカ	販売中(\$120 ~ \$130程度)
	三菱電機 (DS2)	 <p>変調方式: OFDM 最大速度: 200Mbps</p>	欧州諸国 アメリカ	販売中
	日本電気 東洋ネットワーク システムズ(DS2)	 <p>変調方式: OFDM 最大速度: 200Mbps</p>	欧州諸国	販売中
	住友電工 (DS2)	 <p>変調方式: OFDM 最大速度: 200Mbps</p>	欧州諸国	販売中