# 高速電力線搬送通信に関する研究会

# 報告書(案)

平成〇年〇月

# 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、2 MHz~ 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 実施する必要があり、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。

∃	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	4.4.1 LCL(縦電圧変換損) ••••••••••••••••••••••••••••••	12
4	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	4.4.3 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	5.1.1 測定値と計算値の関係・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	20
5	5.1.2 分岐数に対する角度分布の変化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21
5	5.1.3 分岐数に対する周波数特性の変化・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	21
5	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	5.1.5 受信アンテナ高に対する依存性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	22
5	5.1.6 電力線近傍の電界分布特性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	23
5	5.1.7 まとめ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	23
5.2	近距離における電波伝搬・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	25
5	5.2.1 計算機シミュレーション・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	25
5	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	国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	国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	释値及び測定法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	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 1-4 各種漏えい電界低減技術概要



# 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	7100-7200
	海上移動	
	陸上移動	
2065-2107	海上移動	7200-7450
2107-2170	固定	7450-8100
	陸上移動	0100 0105
2170-2173 5	一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一	8100-8195
2173 5-2190 5	移動	8195-8815
2190. 5-2194	海上移動	8815-8965
2194-2495	固定	8965-9040
	陸上移動	9040-9400
	海上移動	9400-9900
2495-2501	標準周波数報時	9900-9995
2501-2502	標準周波数報時	9995-10003
0500 0505	<u>宇宙研究</u>	10003-10005
2502-2505	標準周波剱報時	10005-10100
2505-2850	回止 陆上我 動	10100-10150
	海上移動	10150-11175
2850-3025	航空移動(R)	10100 11110
3025-3155	航空移動(OR)	
3155-3230	固定	
	移動(航空移動(R)を除く。)	11175-11275
3230-3400	固定	11275-11400
	移動(航空移動を除く。)	11400-11600
3400-3500	航空移動(R)	11600-12100
3500-3575	アマチュア	12100-12230
3575-3747	固正 救動(航空救動(D) た除く)	12230-13200
3747-3754	を動(肌空を動(K)を尿く。) アマチュア	13260-13260
3754-3791	固定	13360-13410
0101 0101	移動(航空移動(R)を除く。)	10000 10110
3791-3805	アマチュア	13410-13570
3805-3900	固定	
	移動(航空移動(R)を除く。)	
3900-3950	航空移動	
	放送	13570-13870
3950-4000	固定	13870-14000
4000-4063	直定 海上移動	
4063-4438	海上移動	
4438-4650	固定	14000-14250
	陸上移動	
	海上移動	14250-14350
4650-4700	航空移動(R)	14350-14990
4700-4750	航空移動(OR)	
4750-4995	固定時日日	
4995-5003	(至上19期) 標準周波数報告	14990-15005
5003-5005	標進周波数報時	15005-15010
	宇宙研究	
5005-5060		15010-15100
5060-5450	固定	15100-15800
	陸上移動	15800-16360
	海上移動	16360-17410
5450-5480	固定	17410-17480
	陸上移動	17480-17900
5400 5000	航空移動(OR) 結構移動(D)	17900-17970
5480-5680	机 全 移 期 ( K ) 航 穴 移 動 ( O D )	17970-18030
5730-5900	加空移動(OR) 固定	18052-18052
0100 0000	陸上移動	18068-18168
	海上移動	
	航空移動(OR)	18168-18780
5900-6200	放送	18780-18900
6200-6525	海上移動	18900-19020
6525-6685	航空移動(R)	19020-19680
6685-6765	航空移動(OR)	19680-19800
6765-7000	固定	19800-19990
7000-7100	移動(机空移動(K)を除く。) アマチュア	18880-18882
1000-1100	/ ヾ / ユ / アマチョア衛早	
	/ · / 一/ 市主	1

	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	前空移動(OR)
9040-9400	固定
9400-9900	あ 送
0000-0005	田安
9900-9995	回走 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一 一
9995-10003	標準周波数報時
10003-10005	惊华间波数報时
	于由研究
10005-10100	机空移動(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	
13200-13260	航空移動 (OR)
13260-13360	航空移動 (P)
13260-13410	用定
15500 15410	回定 雷波王士
12410-12570	
15410-15570	四足
	座上移動
	御上移動 (0.2.2)
	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	<u>航空移動</u> (OR)
15100-15800	
15800-16360	
16360-17/10	
17/10-17/90	田定
17490-17000	回た
1/480-1/900	
17900-17970	机空移期(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	標進間波数報時
10000 10000	
	二 市 神 空

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
	<u>宇宙研究</u>
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
00 7 07 5 181	ノマナユノ衛星
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。

周波数	無線局等	受信機感度等 Vr	条件・根拠	備考
$1.6 \mathrm{MHz} \sim 26 \mathrm{MHz}$	MF/HF 無線設備	DSC, NBDP	DSC, NBDP	と 3-3
	(DSC, 無線電	$1 \ \mu \ V$	無線設備規則第40条	(日本船主協会)
	話, NBDP)	$(0 dB \mu V)$	の 7	
			(文字誤り率 1%以下)	DSC:デジタル選
		無線電話	無線電話	択呼出し装置
		6μV	SINAD=20dB	NBDP:狭带域直接
		$(16 \mathrm{dB}\mu\mathrm{V})$		印刷電信装置)
	MF/HF 無線設備	DSB	技適証明規則	と 3-9
27MHz	沿岸小型船舶通	$10 \mu$ V		(日本無線)
	信	$(20 \text{dB}\mu\text{V})$		
		SSB		
		$3 \mu V$		
		$(10 \text{dB}\mu\text{V})$		
4MHz, 8MHz,	海上移動業務	$3 \mu V$	SINAD=20dB	と 4-5
13MHz/12MHz,		$(10 \text{dB}\mu\text{V})$	無線設備規則第 57 条	(KDD1)
17MHz/16MHz,				
22MHz	the set a proper start forthe			
8MHz/11MHz	机空管制等	$1 \mu V$	SSB: S/N=10dB	
		$(0dB \mu V)$	AM: S/N=6dB	(正期机空協会)
2MHz~22MHz	国際対空通信業	3μV	S/N=20 dB	ヒ 6-3
	務	$(10 \text{dB}\mu\text{ V})$	(b=3 kHz 3dB 帯域幅)	(国土交通省航空
				局)
3.9MHz,	短波放送受信	受信機雑音	ITU-R WP1A/46E(May,	研究会資料 3-3
6.0MHz/6.1MHz,		等価電界強度	2004)	(日経ラジオ)
9.5MHz/9.7MHz,		$4\mathrm{dB}\mu\mathrm{V/m}$		
3.5MHz, 3.8MHz,	アマチュア無線	$(-16 \text{ dB} \mu \text{ V})$	S/N=10 dB	ヒ 5-4
7MHz,10MHz,		$\sim$ -21dB $\mu$ V)	(b=2.4 kHz 6dB 帯域	(日本アマチュア
14MHz,18MHz,			[	無線機器工業会)
21MHz,25MHz,				
28MHz				

表 3-1 無線局等の感度等

同上	同上	(-10 dB μ V	S/N=10 dB	ヒ 3-9
		$\sim$ 6dB $\mu$ V)		(日本無線)
13.385 MHz	電波天文	電力束密度	ITU-R RA. 769-2	
$(\Delta f = 50 \text{ kHz})$		$(dB(W/m^2))$	検出可能な受信レベル	
25.610 MHz		-191 (@13 MHz)	の最小変化に相当	
$(\Delta f = 120 \text{ kHz})$		-189 (@25 MHz)	(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  $\Delta P$   $\Delta f$  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 Es は 1 μ V/m~2 μ V/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、人工雑音が継続的でかつ顕著である。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 Fa(dB)の周波数特性を図 3-1 に示す。



これを、式で表すと

Fa = c - d\*log (f)

(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。

環境の分類	С	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	52 6	<u> </u>
(Quiet Rural)	55.0	20.0

表 3-2 各環境における雑音パラメータ

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。

En = Fa+20 log f <sub>MHz</sub> + B - 95.5 dB 
$$\mu$$
 V/m (3.2)

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

例えば b=10kHz の時、B=40 であるから、上式は

商業環境	En = 21.3 - 7.7*log(f <sub>MHz</sub> )	dB[V/m	(3.4)
住宅環境	En = $17.0 - 7.7 \times \log(f_{MHz})$	dB[V/m	(3.5)
田園環境	En = 11.7 - 7.7*log(f $_{MHZ}$ )	dB[V/m	(3.6)
極めて雑音の少ない環境	$En = -1.9 - 8.6*\log(f_{MHz})$	dB[V/m	(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。

	外来雑音指数 Fa (dB)			等価雑音電界強度 En (dB[V/m、()内は[V/m)				
					(b=10kHz)			
	2MHz	3MHz	10MHz	30MHz	2MHz	3MHz	10MHz	30MHz
<b>亩</b> 光 酉 庄	69 E	62 6	40.1	25 0	19.0	17.6	13.6	9.9
问未埰児	08.0	0.5 05.0 49.	49.1	. 1 55. 9	(8.9)	(7.6)	(4.8)	(3. 1)
化字理语	64.9	EQ 2	11 0	21 6	14.7	13.3	9.3	5.6
仁七垛垷	04.2	39. 3 44. 8	44.0	51.0	(5.4)	(4.6)	(2.9)	(1.9)
田国谭佐	E8 0	E4 0	20 E	96.9	9.4	8.0	4.0	-0.3
口图垛垷	56.9	54.0	39.0	20.3	(2.9)	(2.5)	(1.6)	(1.0)
極めて雑音の	45.0	40.0	25.0	11 /	-4.5	-6.0	-10.5	-14.6
少ない環境	45.0	40.0	20.0	11.4	(0.6)	(0.5)	(0.3)	(0.2)

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

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(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。

高雑音地域	En = 26.8-7.7* $\log(f_{MHZ})$ dB(V/m	(3.8)
	24.5dB $\mu$ V/m $\sim$ 15.4dB $\left[$ V/m @ 2-30 MHz $ ight]$	
中雑音地域	En = 24.8-7.7*log(f <sub>MHZ</sub> ) dBµV/m	(3.9)
	22.5dB $\mu$ V/m $\sim$ 13.4dB $[$ V/m @ 2-30 MHz	
低雑音地域	En = 21.2-7.7*log( $f_{MHZ}$ ) dB(V/m	(3.10)
	18.9dB $\mu$ V/m $\sim$ 9.8dB $[$ V/m @ 2-30 MHz	

例えば、高雑音地域のモデル式を上に示す ITU-R P.372-8 の商業環境のモデル式と比較すると前 者が 5.5 dB 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 50 m、周波数 6.996 MHz、RBW(-6 dB)=2.7kHz、での測定結果で-4.7dB[V/m ~0.3dB[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(-3 dB)=10kHz に帯域幅換算(10 log(10/2.7)=5.7dB を加算)すると、約 1dB[V/m~6dB[V/m と なる。ITU P.372-8 モデルで 7MHz とすると 5.2dB[V/m(田園環境)~14.8dB[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。

# 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 Es 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 Vr であるが、理想的な整合状態で、かつ伝送線路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 Es は

$$Es = 2 Vr / he$$
 (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 $\lambda/4$  ( $\lambda$ : 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

$$Es = 4 \pi Vr / \lambda \tag{3.12}$$

となる。ここで、λ=300 / f<sub>MHz</sub>の関係を用い、さらに dB 表現にすると

Es 
$$[dB[V/m] = Vr [dB[V] + k [dB/m]$$
 (3.13)  
 $k = 20 \log(f_{MHz}) - 27.6$  (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 Vr に対応する信号波電界強度 Es 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。

無線業務等	周波数带	受信機感度 Vr (µV)	無線局等の受信機感 度相当の信号波 電界強度 Es (dB µ V/m) b=10kHz 相当	周囲雑音 En (dB µ V/m) b=10kHz 相当 (注)	
航空・海上等	$2 \mathrm{MHz} \sim 10 \mathrm{MHz}$	$1\mu\mathrm{V}$ , $3\mu\mathrm{V}$ , $6\mu\mathrm{V}$	-14~2	田園環境:6 商業環境:16	
一般無線	10MHz $\sim$ 30MHz	1μV, 3μV, 6μV, 10μV	-4~16	田園環境:3 商業環境:12	
ファイ、フグが	2MHz~10MHz	-19+7 dBµV (帯域幅換算)	-25	田園環境:6 商業環境:16	
ノマテュノ無祿	10MHz $\sim$ 30MHz	-19+7 dµV (帯域幅換算)	-16	田園環境:3 商業環境:12	
/r言 シャナナ +14 ``\+	$2 \mathrm{MHz} \sim 10 \mathrm{MHz}$	-	4	田園環境:6 商業環境:16	
<b>龙</b>	10MHz $\sim$ 30MHz	-	4	田園環境:3 商業環境:12	
電波天文	13.385 MHz ( $\Delta f$ = 50 kHz) 25.610 MHz ( $\Delta f$ = 120 kHz)	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 <sup>2</sup> )) -191 (@13 MHz) -189 (@25 MHz)	(Pfdから換算) -45 (@13 MHz) -43 (@25 MHz)	田園環境: 10 (@13 MHz) (b=50 kHz 相当) 12 (@25 MHz) (b=120 kHz 相当) 極めて雑音の少 ない環境: -5 (@13 MHz) (b=50 kHz 相当) -3 (@25 MHz) (b=120 kHz 相当)	
(注) 代表値として、周波数 5MHz 及び 15MHz の値を示す。					

表 3-4 無線局等の受信機感度相当の信号波電界強度等

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 [V/m~16 dB [V/m 程度

短波放送は 4 dB (V/m 程度

アマチュア無線局はこれより低く -25dB [V/m~-16 dB [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 –44 dB (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 0 dB [V/m~10 dB [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行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 流れ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気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、電気 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 Ecm によって誘導さ れるディファレンシャルモード電圧 VDM 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  $Z_1 \ge Z_2$  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、

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

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

であり、係数は次式である。

$$K_{1} = \{k^{2}z_{dm} - 2(z_{dm}/r + r_{2} + 2r_{2}z_{dm}/r_{dm})\}$$

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

$$z_{dm} = Z_{DM}/Z_{CM}, \quad r = R/Z_{CM} = 100/Z_{CM},$$

$$r_{2} = R_{2}/Z_{CM} = 25/Z_{CM}$$
(4)

式(1)中の( $Z_1-Z_2$ )は $\delta$ 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)







#### 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 EDM 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<sub>CM</sub> をもつコモンモード電圧 E<sub>CM</sub> 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。

$$I_{CM} = \frac{(R_{DM} + Z_{DM})E_{CM} - (Z_1 - Z_2)E_{DM}/2}{(R_{DM} + Z_{DM})\{R_{CM} + (Z_{DM} + 4\delta Z_{CM})/4\} - (Z_1 - Z_2)^2/4}$$
(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<sub>CM</sub> とコモンモード電流は LCL(*k*)を用いて

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

$$I_{CM} = \frac{V_{CM}}{Z_{CM}} \tag{7}$$

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。

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

# 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=50Ω、R\_CM=500Ω 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、 30Ωから 150Ω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  $64\pm 2 dB \mu$  A/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<sub>DM</sub>=50Ω、R<sub>CM</sub>=500Ω、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<sub>DM</sub>=50  $\Omega$ 、R<sub>CM</sub>=500  $\Omega$ とし、コンセントのインピーダンスが Z<sub>DM</sub>=100  $\Omega$ 、Z<sub>CM</sub>=25  $\Omega$  のとき、 Z<sub>DM</sub>=100  $\Omega$ 、Z<sub>CM</sub>=150  $\Omega$  のとき、Z<sub>DM</sub>=83  $\Omega$ 、Z<sub>CM</sub>=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。



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。角度分布でみると、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 小さく出る傾向がある。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2m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。



#### 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がある。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。



#### 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、偏波に関しても、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コモン 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=20mで、地上から Ht=2m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Hr=2m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 Icom(max)を 1mA に固定して 求めた。また、大地の条件としては、我 が国の土壌に近い Wet ground 及び Medium dry ground を考慮した。



# 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, Ht=2m)

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=10m,高さHt=2mであり、 観測点の高さはHr=1m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, Ht=2m)

さらに、同一電力線を地上高 Ht=6m 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 2m~6m 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, Ht=6m)

以上をまとめると、水平に設置された単線路に電流 Icom(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。

水平距離 D	10 m	30 m	50 m	100 m	1000 m
磁界強度 H	10 µA/m	0.9 µA/m	0.3 μA/m	0.08 µA/m	0.0008 µA/m
電界強度 E	3.8x10 <sup>3</sup> μV/m (72dBμV/m)	3.4x10 <sup>2</sup> μV/m (51dBμV/m)	1.1x10 <sup>2</sup> μV/m (41dBμV/m)	30 μV/m (30dBμV/m)	0.3 μV/m (-10dBμV/m)

表 5-1 水平線路(L=20m)の電流によって生じる電磁界強度(Icom=1mA, Ht=2, 6m, Hr=2m)

(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  $Hr >> \lambda/2\pi$ で、かつ電力線の広がりよりも十分 高ければ Hr >> L、高さ Hr 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  $f_{MHz} = 75/Ht$  [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, Ht=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=5.6mの単一導線で、 その中心を高さ Ht=3.2m に設置し、中 心から給電して線路上の最大電流が Icom(max)=1mA 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 ことがわかる。



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=5.6m)に流れる電流によって生じる電界強度(Icom=1mA,Ht=3.2m, Hr=2m)

水平距離 D	10 m	30 m	$50 \mathrm{m}$	100 m	1000 m
2 - 10 MHz	1.7x10 <sup>3</sup> μV/m	4.9x10 <sup>2</sup> μV/m	2.9x10 <sup>2</sup> μV/m	1.3x10 <sup>2</sup> μV/m	5.9 μV/m
	(64 dBμV/m)	(54 dBμV/m)	(49 dBμV/m)	(42 dBμV/m)	(15 dBμV/m)
10- 30 MHz	3.2x10 <sup>3</sup> μV/m	1.2x10 <sup>3</sup> μV/m	6.6x10 <sup>2</sup> μV/m	2.7x10 <sup>2</sup> μV/m	6.2 μV/m
	(70 dBμV/m)	(61 dBμV/m)	(56 dBμV/m)	(49 dBμV/m)	(16 dBμV/m)



(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(100m<sup>2</sup>)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: R<sub>0</sub>=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。

 $R_0=10 \text{ m}$  :  $E_0=76 \text{ dB}\mu\text{V/m}$ 

- $R_1 {=} 1000 \text{ m}: \quad E_1 {=} 16 dB \mu V/m {=} E_0 {/} 1000$
- $R_0 < R < R_1$ :  $E = E_0 (R_0/R)^{1.5}$
- $R_1 < = R$  :  $E = E_1 (R_1/R)^2$

т	т	т	т	т	
<b>T</b> (i,j)	<b>T</b> (-1,1)	<b>T</b> (0,1)	<b>T</b> (1,1)	т	
т	<b>T</b> (-1,0)	<b>R</b> (0,0)	<b>T</b> (1,0)	т	
т	<b>T</b> (-1,-1)	<b>T</b> (0,-1)	<b>T</b> (1,-1)	т	
т	т	т	т	т	

<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<sup>1.5</sup>に比例して減衰し、 これより遠方では 1/R<sup>2</sup>に比例して減衰するものとする。

$$E^{2} \approx \sum_{\pm 1km \equiv 5\pi/n} \frac{E_{0}^{2}}{\left(R(i, j)/R_{0}\right)^{3}} + \sum_{\pm 10km \equiv 5\pi/n} \frac{E_{1}^{2}}{\left(R(i, j)/R_{1}\right)^{4}} = 9.0E_{0}^{2}$$

この値は、範囲を無限大にとって も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 Eo 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>	13MH z 帯(中心周波数:13.385MHz):
	-73.0[dBW](RMS値、帯域幅 50 kHz)
	25MHz帯(中心周波数:25.610MHz):
	-69.2[dBW](RMS値、帯域幅 120 kHz)
<アマチュア>	3 MH z 帯(計算周波数:3.538MHz):
	-86.2[dBW](RMS値、帯域幅 2.4 kHz)
	7 MH z 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)+10×1og(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)

	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)	252	20%	50.4	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)	341	25%	85.3	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)	1,717	35%	600.9	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)	263	25%	65.8	13M帯:-14.8 25M帯:-11.0 3M/7M帯:-28.0
5	<b>東海</b> (愛知、岐阜、静岡、 三重)	名古屋 (35.17N、136.97E)	536	35%	187.5	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)	829	30%	248.7	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)	464	25%	116.0	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)	531	25%	132.9	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	20%	10.0	13M帯:-23.0 25M帯:-19.2 3M/7M帯:-36.2

表 5-4 地域別の想定放射点と放射電力

(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値を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700km、西1,300km、北1,200km、南1,000kmとした。





図 5-19 月/時刻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。



### 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)



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



d) Sky-wave:7MHz带、带域幅:2.4kHz

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cr=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 5-26 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 δ=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=1mH, R=10Ω, C=11nF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 1MHz~100MHz とした。入力 端子に印加する波形は 100MHz 帯域相当の立ち上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0dB~2dB程度減衰量が小さくなっていることがわかる。

衣 5 5 - 阙衣 行住(								
周波数	2MHz	$5 \mathrm{MHz}$	10MHz	20MHz	30MHz			
減衰量(距離 10m)	29dB	28 dB	23 dB	27 dB	31dB			
減衰量(距離 150m)	28dB	26dB	22dB	27 dB	29dB			

表 5-5 減衰特性(鉄筋コンクリート構造物)

#### 5.4.3 数值解析結果(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。

双00 网络内丘 (小垣附垣初)							
周波数	2MHz	$5 \mathrm{MHz}$	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	$5.0 \mathrm{dB}$		

表 5-6 減衰特性(木造構造物)

#### 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 住宅内電力系統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 系統に連接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30B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





#### 5.5.3 住宅から屋外低圧配電線への伝送特性測定結果

住宅から屋外低電圧配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。

適合性 評価方法	<b>§</b> 15. 101	検証 (Verification)				
伝導妨害波	<b>§</b> 15. 107 (c) (2)	許容値:535~1705kHz:1000μV 測定方法:50μH/50ΩのLISNで測定				
放射妨害波	<b>§</b> 15. 109 (e)	許容値:				
	§ 15. 209	周波数 (MHz)電界強度 ( $\mu$ V/m)測定距 ( $\mu$ V/m)0.009-0.4902400 / F (kHz)3000.490-1.70524000 / F (kHz)301.705-30303030-88100388-2161503216-9602003960 を超えるもの5003	離			
	§ 15. 35 (a) § 15. 31 (d)	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 表するものであると実証することが可能 3ヶ所の設置場所で測定を行う必要がある				

表 6-1 FCC 規則第 15 部の関連規定(搬送波電流システム)

6.1.2 欧州

欧州委員会は、平成13年8月にマンデート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たものである。

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。

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に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、先ず、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。



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 VA及び VB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、VA及び VB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: Zdiff=100 Ω コモンモード: Zcom=25 Ω 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 Vmeas= V<sub>A</sub> 及び V<sub>B</sub> = Vcom+Vdif/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 150 Q 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: Zdiff=150 Ω

コモンモード: Zcom=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、

#### 測定值 Vmeas=Vcom or Vdiff

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。

Zdiff=対向機器の入力インピーダンス

Zcom=150  $\Omega$ 

LCL = 信号線路の LCL 代表値

であり、電圧 Vmeas=Vcom/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(Zcom=150Ω)を改良したもの(Zcom=25Ω) を示す。この回路網の諸特性は

Zdiff=対向機器の値

Zcom=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。



#### 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 の屋内配線の特性、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 弱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 Icom(max)=1 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(Icom(max)=1mA)

水平距離 D	10 m	30 m	50 m	100 m	1000 m
水平配線1本	72dBµV/m	51dBµV/m	41dBµV/m	30dBµV/m	-10dBµV/m
水平配線2本	75dBµV/m	54dBµV/m	44dBµV/m	33dBµV/m	-7dBµV/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	(Icom(max	)=1mA)
-------	---------	--------	-------	-----------	-----------	--------

水平距離 D	10 m	30 m	$50 \mathrm{m}$	100 m	1000 m
2 - 10 MHz	64 dBµV/m	54 dBµV/m	49 dBµV/m	$42 \text{ dB}\mu\text{V/m}$	15 dBµV/m
10- 30 MHz	70 dBµV/m	61 dBµV/m	56 dBµV/m	48 dBµV/m	16 dBµV/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 Icom(max)=1 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(Icom(max)=1mA)

水平距離 D	10 m	30 m	50 m	100 m	1000 m
2 - 10 MHz	75 dBµV/m	57 dBµV/m	50 dBµV/m	43 dBµV/m	15 dBµV/m
10- 30 MHz	76 dBµV/m	62 dBµV/m	56 dBµV/m	48 dBµV/m	16 dBµV/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: Ep

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

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

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

#### (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、

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	:	18 dB
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、間仕切り構造材や、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 Icom(max)=1 mA (=60dBµA) 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)/Icom)は、表 8.3 より、

> 2 - 10 MHz :  $Z = 15 \text{ dB}\Omega/\text{m}$ 10- 30 MHz :  $Z = 16 \text{ dB}\Omega/\text{m}$

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的であるため、

#### QP 值: 実効值= 10dB

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

#### QP值:Av值=約10dB

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。

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

この式を用いて算出した値を表 8.6 に示す。

	周波数帯 (MHz)	無線局空中線が受 信する PLC 妨害波 <i>Ep</i> (dB µ V/m)	離隔距離 <i>R</i> (m)	離隔距離と 10m 間の減衰 <i>L</i> (dB)	建築物 の遮蔽 <i>A</i> (dB)	10m 点の PLC 妨 害波 <i>Ep(10m)</i> (dB µ V/m)
田周彊倍	2-10	6	30	18	17	41
山困坼妃	10-30	3	30	14	10	27
商業環倍	2-10	16	10	0	27	43
冏未埰児	10-30	12	10	0	27	39

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)	10m 点の PLC 妨 害波 <i>Ep(10m)</i> (dB µ V/m)	10m 点の妨害波とコ モンモード電流の比 Z(dBΩ/m)	QP/RMS 換算値 <i>K</i> (dB)	PLC 信号電 ンモート <i>Icom</i> (dI 準尖頭値	流のコモ <sup>×</sup> 成分 3µA) 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
				平均值	32.0	22.0

上表に示した「10m 点の PLC 妨害波 *Ep(10m)*」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 *Ep(10m)*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 32dBμA 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 30dBμA にほぼ等しい。したがって、 この 30dBμA 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 30dBµA、平均値 20dBµA 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、240Ωを中央値として、数 100 $\Omega$ 〜数 1000 $\Omega$ 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 83Ωで、10Ω~1000Ω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%が超える 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 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、PLC信号の停止機能など、P LC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、PLC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 て許容値・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(CISP 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 LC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(ITU-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。

## 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開催要綱等	参-2
参考資料 1.	1 高速電力線搬送通信に関する研究会開催要綱・・・・・・・・・・・	参-3
参考資料 1.2	2 高速電力線搬送通信に関する研究会構成員等・・・・・・・・・・	参-5
参考資料 1.3	3 高速電力線搬送通信に関する研究会開催等状況・・・・・・・・・・	参-7

参考資料2	高速電力線搬送通信と無線利用との共存検証実験の結果	参-8
参考資料 2.1	海上無線システムとの共存実験結果のご報告・・・・・・・・・・・・・・	参-9
参考資料 2.2	航空無線システムとの共存検証実験結果、及び共存条件の検討結果・・・	参-18
参考資料 2.3	高速電力線搬送通信と短波放送の共存検証実験報告書・・・・・・・・・	参-25

参考資料3 福	⑤速電力線搬送通信と無線利用との共存条件についての提案	参-36
参考資料 3.1	高速電力線搬送通信と既存無線局の共存について・・・・・・・・・・	参-37
参考資料 3.2	通信ポート妨害波許容値(CISPR22)の設定根拠と共存条件に関する提案・・・	参-45
参考資料 3.3	資料 4-6「高速電力線搬送通信と無線利用の共存の考え方について」に対す	
	る各構成員からのコメント・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	参-52
参考資料 3.4	高速電力線搬送通信と無線利用の共存条件(許容値)についての提案・・・・	参-100
参考資料 3.5	電波天文業務の保護基準について・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	参-102

参考資料1 高速電力線搬送通信に関する研究会開催要綱等

## 高速電力線搬送通信に関する研究会 開催要綱

## 1 背景及び目的

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10~450kHz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るため、使用可能な周波数を拡大(2~30MHzを追加)することが要望されている。

使用可能な周波数の拡大により高速通信を可能とした電力線搬送通信(以下「高速電力線搬送通信」という。)については、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ることから、これまで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。

このような状況を受け、本研究会では、高速電力線搬送通信と無線利用との共存可能性・共存条件等について検討を行うこととする。

#### 2 検討事項

- 漏えい電波低減技術の確認
- (2) 無線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 構成

- (1) 本研究会は、総務省総合通信基盤局長の研究会とする。
- (2) 本研究会構成員は、別紙のとおりとする。
- (3) 座長は本研究会構成員の互選により定め、座長代理は本研究会構成員の 中から座長が指名する。
- (4) 必要に応じてワーキンググループ等を開催することができ、その構成は 本研究会で定める。

4 運営

- (1) 本研究会は、座長が招集し、主宰する。
- (2) 座長代理は、座長を補佐し、座長が不在のときは、その職務を代行する。
- (3) 座長が必要と認めるときは、構成員以外の者を本研究会に参加させ意見 等を述べさせることができる。
- (4) その他本研究会の運営に必要な事項は、座長が定める。

参−3

## 5 会議の公開

「審議会等の整理合理化に関する基本計画」(平成11年4月27日閣議決 定)における審議会等の公開の措置に準じ、本研究会は、原則、公開で行う。 また、その議事録も、原則、公開する。

ただし、本研究会の開催に際し、当事者又は第三者の権利・利益や公共の 利益を害するおそれがある場合等、座長が必要と認める場合は、その全部又 は一部を非公開とすることができる。

#### 6 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する。

## 7 庶務

本研究会の庶務は、総務省総合通信基盤局電波部電波環境課が行う。

参考資料1.2

#### 高速電力線搬送通信に関する研究会構成員等

(敬称略·五十音順)

## 【構成員】

- 座 長 杉浦 行 情報通信審議会CISPR委員会主査、東北大学電気通信研究所教授
- 座長代理 安藤 真 東京工業大学大学院理工学研究科教授
  - がまやまやすひら 秋山泰平 社団法人日本船主協会通信問題サブワーキンググループ長(第9回まで)
    - <sup>あめみやふじお</sup>雨宮不二雄 情報通信審議会CISPR委員会Iグループ主任
    - <sup>ありたかあきとし</sup> 有高明敏 松下電器産業株式会社ネットワーク開発センター所長
    - 池田 茂 情報通信ネットワーク産業協会専務理事
    - 市橋保孝 エヌ・ティ・ティ・アト・バンステクノロジ株式会社営業本部部長(第7回から)
    - 伊藤 好 社団法人日本船主協会通信問題サブワーキンググループ長(第10回から)

    - 加藤高昭 東京電力株式会社電子通信部長
    - <sup>かみ よしお</sup> 上 芳夫 電気通信大学電気通信学部教授
    - かみかわ ふかし 上河 深 日本電気株式会社メディア・エネルギーソリューション事業部事業部長代理
    - かわいなおき 日本放送協会技術局技術主幹(第6回から)
    - こかい ゆたか 小海 裕 社団法人日本経済団体連合会情報通信委員会情報通信ワーキング グループ 委員
    - 小林 哲 社団法人電波産業会常務理事
    - <sup>さかじりとしみつ</sup> 坂尻敏光 社団法人全日本航空事業連合会専務理事
    - 鈴木 博 東京工業大学大学院理工学研究科教授

- <sup>5かだよしひろ</sup> 近田義広 日本学術会議電波天文周波数小委員会委員長
- 寺崎善治 九州電力株式会社電子通信部長
- とくだまきみつ 徳田正満 武蔵工業大学工学部教授
- 林政克株式会社日経ラジオ社経営本部技師長
- ふくざわけいじ 福沢恵司 ソニー株式会社コアコンホ -ネント事業 グループ コアテクノロジ -開発本部 RF・信号 処理開発部長
- <sup>ふじのたか お</sup> 関西電力株式会社経営改革・IT本部副本部長・支配人
- \*>ざき ただし 三菱電機株式会社 ITソリューション開発部長
- <sup>みうらひでとし</sup> 三浦秀利 エヌ・ティ・ティ・アト・バンステクノロジ、株式会社取締役・営業本部本部長(第6回まで)
- やばし たかし ちなな 日本放送協会技術局計画部統括担当部長(第5回まで)
- <sup>やまなかゆきお</sup> 山中幸雄 情報通信審議会CISPR委員会Aグループ主任
- \*しのたけお 社団法人日本アマチュア無線連盟電磁環境委員会委員長

【オブザーバー】

- <sup>うのだよしひろ</sup> 海上保安庁総務部情報通信企画課長(第3回まで)
- \*とうゆうじ 海上保安庁総務部情報通信企画課長(第4回から)
- 林芳彦 国土交通省航空局管制保安部無線課航空管制技術調查官

## 高速電力線搬送通信に関する研究会開催等状況

平成17年1月31日(月)	第1回会合
平成17年2月23日(水)	第2回会合
平成17年3月18日(金)	第3回会合
平成17年4月14日(木)	第4回会合
平成17年5月24日(火)	第5回会合
平成17年6月14日(火)	第6回会合
平成17年7月29日(金)	第7回会合
平成17年8月18日(木)	第8回会合
平成17年9月26日(月)	第9回会合
平成17年10月4日(火)	第10回会合
平成17年10月21日(金)~11月21日(月)	「高速電力線搬送通信と無線利用との共存に ついて(案)」に対する意見の招請
平成17年12月12日(月)	第11回会合
平成17年12月22日(木)	第12回会合
参考資料2 高速電力線搬送通信と無線利用との共存検証実験の結果

参考資料 2.1

## 海上無線システムとの共存実験結果のご報告 (研究会資料 7-2)

# 海上無線システムとの共存実験結果のご報告

### 2005年7月29日

# 高速電力線通信推進協議会

All Rights Reserved, Copyright © 高速電力線通信推進協議会 2003-2005

合同実験の概要

■実験日時および天候 平成17年7月25日 13:30~17:30 晴れ時々雨(台風の影響により天候不順)

■実験場所 茨城県鹿島郡波崎町大字砂山1番地 アクゾノーベル(株)鹿島サイト 第3サイト

■実験参加団体 海上保安庁 日本船主協会 PLC-J

■実験の目的

本実験では、PLCモデムを接続した電力線から発生する漏洩により、その強度が海上無線 システムの運用に与える影響を評価することを目的とする。 測定方法

■測定方法(パラメータ:P.4参照、実験系詳細:P.5~P.6参照) モデム動作時ならびに非動作時に以下の測定を実施した 測定①:評価者による音声評価\*(ターンテーブルの回転数:4分/回転) 測定②:電界強度をスペクトルアナライザを用いて測定(ターンテーブルの回転数:1分/回転) 測定③:ターンテーブルを0度に固定して、40秒間(動作:20秒、非動作20秒)DATに録音

※運用周波数では、試験電波を発射できないため音声評価の実施は、試験用周波数を用いて実施した。 16.812MHzにおいては他電波との混信がひどかったため音声評価は実施せず。

任用		測定①		測定	測定③	
作生力」	同次致	30m	100m	30m	100m	30m
海田田沖粉	2.182MHz			0		
	12.290MHz			0		0
	4.2165MHz	0	0	0	0	
	6.3205MHz	0	0	0	0	
試験用周波数	8.4195MHz	0	0	0	0	
	12.590MHz	0	0	0	0	
	16.812MHz			0	0	

All Rights Reserved, Copyright © 高速電力線通信推進協議会 2003-2005

# 測定時のパラメータ

<ul> <li>Oスペクトラムアナライザ</li> <li>測定周波数 : 2.182、4.2165、6.3205、8.4195、12.290、12.590、16.812MHz</li> <li>測定帯域幅 : 100kHz</li> <li>分解能帯域幅 : 3kHz</li> <li>検波方式 : サンプル検波(実効値)</li> </ul>
〇無線設備の受信アンテナ
アンテナ設置位置:30m地点および100m地点
アンテナ設置高さ:4m
アンテナ方向 : 垂直に設置(同一距離での水平偏波と垂直偏波を比較すると垂直偏波のほうが電界 強度が高いため)
アンテナファクタ:0dB(30MHz)~15.5dB(5MHz)
〇無線設備の受信機
測定周波数 : 2.182、4.2165、6.3205、8.4195、12.290、12.590、16.812MHz
帯域幅 3kHz(12.59MHz時は0.3kHz)
その他 AGC・スケルチ等の機能はOFF
OPLCモデム(パナソニックコミュニケーションズ製)
変調方式   :Wavelet based OFDM
周波数帯域 :4MHz~28MHz
送信出力 :-50dBm/Hz以下(30dB µ A/10kHz以下 ただし、LCL=30dB,CMZ=150Ωの場合)

# 実験系の構成



All Rights Reserved, Copyright © 高速電力線通信推進協議会 2003-2005



# 実験系の概観

# 運用周波数の測定結果



All Rights Reserved, Copyright © 高速電力線通信推進協議会 2003-2005



# 試験周波数の測定結果

まとめ

〇 代表的なサンプル周波数に関し、モデム動作時と非動作時の電界強度を比較した結果、当該モデムからの影響は本実験場所における環境雑音レベル以下であることを確認した。

O このことから本実験場所より環境雑音レベルが高い海上保安庁サイトにおいては、同様の結果が得られるものと推測できる。

〇 代表的なサンプル周波数で音声評価を実施したが、モデム動作時と非動作時 での明確な差は確認できなかった。

O 以上のことから、今回のサンプル周波数に関しては、懸念する影響は認められなかった。

All Rights Reserved, Copyright © 高速電力線通信推進協議会 2003-2005

## 測定使用機器一覧

No	品名	型式	所有社
1	スペクトルアナライサ <sup>゙</sup>	E7401A, S/N : US39440256 (Agilent)	アクソ゛ノーベル
2	無線受信機	NRD-302A (JRC)	海上保安庁 (借用品)
3	半波長ダイポールアンテナ	VHA9103 (Schwarzbeck)	アクソ゛ノーヘ゛ル
4	付加装置(ISN)	T-ISN, LCL=30dB(協立電子)	PLC-J
5	LISN	KNW-407 (協立電子)	アクソ゛ノーヘ゛ル
6	終端回路	自作(LCL≒32dB, CMZ≒150Ω)	PLC-J
7	DAT	TCD-D8 (SONY)	PLC-J
8	PLCモデム	試作機(パナソニックコミュニケーションズ)	PLC-J
• 終	端回路 470nF 60Ω 線路へ {	≥ 125Ω	

All Rights Reserved, Copyright © 高速電力線通信推進協議会 2003-2005

# <u>測定データ(4.2165MHz)</u>







All Rights Reserved, Copyright © 高速電力線通信推進協議会 2003-2005

# 測定データ(8.4195MHz)





# <u>測定データ(12.590MHz)</u>

# <u>測定データ(16.812MHz)</u>



航空無線システムとの共存検証実験結果、及び共存条件の検討結果 (研究会資料 9-3)

# 航空無線システムとの共存検証実験結果、 および共存条件の検討結果

2005年9月26日

# 高速電力線通信推進協議会

航空無線システムとの共存実験の概要

●実験の目的

■ 航空無線システムへPLCの漏えい電波が混入した場合の、 航空管制通信への影響を、聴覚にて評価する。

●実験日時

■第1ステップ 2005年8月5日~8月8日

■第2ステップ 2005年9月15日 11:00~16:00

●実験場所

■第1ステップ 坂戸通信所

■第2ステップ東京電力(株)技術開発センター電波暗室(横浜市鶴見区)
 ●実験参加団体

■ 国土交通省

■電子航法研究所

PLC-J

# 共存可能条件(直接波による妨害)の検討方法

 ①妨害の影響が無いPLC信号/外部雑音混合比 Δ[dB] を、聴覚試験で把握。
 ②アンテナ受信点での外部雑音実態値から、許容妨害電界 Elim を算出。
 ③離隔距離やアンテナ指向性などを考慮して、PLC設備から10m点での許容 される漏えい電界強度 Eplc を算出。



## 共存検証実験の全体概要と目的



参-20

①外部雑音(環境雑音)の実態把握

- ループアンテナにより、敷地内5箇所の外部雑音を測定(地上高1m)。
- 22MHz(最高周波数)における外部雑音は <u>12~14dBuV/m</u> 程度(帯域幅 10kHz)。
- 測定場所、および測定時間帯に対する依存性は小さい。
- ●受信アンテナ(傾斜V型)の受信レベルとは相関が無い。アンテナ高・指向性の 差異に起因すると考えられ、共存条件の検討にはこれらを考慮する。

②運用されている受信SN比の実態把握

- 受信S/Nの80%は、9dB~24dB(帯域 3kHz換算)の範囲にある。
- 周波数に対する依存性は認められない。
- ■時間帯に対して、雑音レベル・信号レベルは大きく変化するが、S/Nは変わらない。

5

6

## 音声受信への影響評価: 評価方法の概要



◆ 運用実態に即した評価をするため、模擬通信信号には<u>模擬外部雑音を混合</u>する。
 (混合比(S/N)は、実測データに基づいて決定)

◇ PLC信号と外部雑音との混合比(P/N)を変えて評価を行い、受信音声への 実用上の影響が生ずる混合比を把握する。

※航空管制通信の実際の運用環境に、可能な限り近づけた評価方法



# 音声受信への影響評価: 評価の条件

### ●試験に用いる信号の混合比

混合比	P/N (PLC/外部雑音比)	S/N(信号/外部雑音比)
値	-6, -3, 0, +3, +6dB の5水準	9, 16, 24dB の3水準 (※)

尺度

5

4

3

2

1

※帯域幅 3kHz

説明

(PLC信号による妨害が)分からない

分かるが気にならない

邪魔になる

非常に邪魔になる

気になるが邪魔にならない

## ●音声の評価尺度

- ・PLC信号混入前後の、<u>相対的な音質</u> <u>劣化</u>を5段階評価
- •被験者数:11名
  - •国土交通省: 6名(管制通信官含
- む)
  - ▪PLC-J:5名
- ・最良・最悪値を除いた、9名の平均値で
   評価

### ●評価用の音源

①スピーチ(英語)

②管制通信 ・・・ 音源の雑音レベルの定量把握が難しいため、参考試験

## 音声受信への影響評価: 評価結果

●音声劣化尺度 3.5 以上となる P/N比(PLC信号/外部雑音比)

■ <u>SS方式: -3 dB、OFDM方式: -6 dB</u> (S/N=9dBの厳しい条件時)

S/Nに依存。同じP/N比でも、S/Nが良いと音質劣化は小さい。



共存可能条件の検討(坂戸通信所): 許容妨害波レベル Elim

項目	検討条件	備考
周波数	22 MHz	航空無線で使用する最高周波数 (外部雑音が低く、 <mark>最も厳しい条件</mark> )
アンテナ受信点の高さ H	30 m	進行波アンテナなので、給電点が最も 電流が大きい
外部雑音(高さ1m) Next (1m)	12 ~14 dBuV/m	坂戸通信所における実測値 (rms値、帯域幅 10kHz)
外部雑音(高さ H) Next (H)	Next (1m)	外部雑音の高さ依存性については考慮 せず
音声劣化尺度 3.5 以上を確保で きる、PLC信号/外部雑音比 Δ	-6 ~ -3 dB	聴覚試験の結果より

9

10



アンテナ受信点における許容妨害波レベル(rms値、帯域幅 10kHz)

Elim = Next(H) +  $\Delta$  = 6~11 dBuV/m

# 共存可能条件の検討(坂戸通信所): 許容漏えい電界 Eplc

項目	受信アンテナの 最大利得方向	受信アンテナの後方 (住宅最近接方向)	備考
許容妨害波レベル Elim	6 <b>~</b> 11 c	dBuV/m	rms値、帯域10kHz
確保可能な水平離隔距離 d (実効離隔距離 r)	150 m (153.0 m)	20 m (36.1 m)	$r = [d^2 + H^2]^{1/2}$
距離減衰 A	35.5 dB	16.7 dB	減衰係数 30dB/dec.
アンテナ指向性利得 Gd	11 dB	<-20 dB	理論式により算出
許容される、10m点での PLC漏えい電界強度 <mark>Eplc = Elim + A - Gd</mark>	30.5 ~ 35.5 dBuV/m	42.7 ~ 47.7 dBuV/m	rms値、帯域 10kHz
Eplc を QP値、帯域 9kHz に換算	40.0 ~ 45.0 dBuV/m	52.2 ~ 57.2 dBuV/m	9.5dB 加算

最悪条件が重なっても(%)、Eplc  $\leq$  40 dBuV/m (QP値) であれば共存可能

※ [最高周波数] & [最悪S/N] & [最悪方向] & [当該周波数に漏えい電波のピークが発生]

- 直接波による妨害についての検討結果の結論は、下記の通りである。
- 本検討では考慮していない、PLCの放射パターン(家屋内配線からの放射 特性など)、累積効果、遠距離伝搬特性については、研究会での検討結果を 反映させることが必要。

●坂戸通信所における共存可能条件 (東京国際(友部)航空局)	
10m点でのPLCからの漏えい電界が 40 dBuV/m (QP値) 以下であれば共存可能と考えられる	
<ul> <li>●その他の国内受信設備の共存可能条件</li> <li>①東京国際(成田)航空局(新東京国際空港内)</li> <li>②東京国際(羽田)第2航空局(東京国際空港内)</li> <li>③那覇第4航空局(那覇空港内)</li> </ul>	
坂戸通信所よりも大きな離隔が確保可能であり、 少なくとも、上記漏えい電界値では共存可能と考えられる	
	11

参考資料 2.3

## 高速電力線搬送通信と短波放送の共存検証実験報告書 (研究会資料 9-4)

平成 17 年 9 月 26 日 PLC-J、(株) 日経ラジオ社 日本放送協会、ソニー(株)

資料9-4

#### 高速電力線搬送通信と短波放送の共存検証実験報告書

#### 1 日程および場所

2005年8月25~26日(実験準備)
2005年8月29日(受信サンプル取得本実験)
2005年9月7日(実験準備)
2005年9月15日(主観評価本実験)

- :情報通信研究機構(YRP 横須賀)
- :情報通信研究機構(YRP 横須賀)
- :日本放送協会 技術研究所
- :日本放送協会 技術研究所

#### 2 実験方法

PLC から短波ラジオへの干渉に関する実験は、短波ラジオへの干渉実験と、その干渉実験によって得られた主観評価用音声サンプルを用いた主観評価実験により実施した。

干渉実験は、情報通信研究機構が所有する GTEM セルを使用した。あらかじめセル入力電力と発生電 界強度の関係がわかっている GTEM セルに入る正味電力を測定することで,内部の電界を測定しなくて も電界強度を知ることができるため、これにより今回の実験に必要な放送波、PLC ノイズ、人工雑音 を外部から遮断したセル内部に発生させた。

主観評価実験は、取得したサンプルを使用してITU-R勧告BS.1284-1二重刺激劣化尺度法(DSIS)による 音声の劣化を5段階で判断する5段階評価実験を行った。

(参考資料: 「高速電力線搬送通信と短波放送の共存検証実験(補足資料)」)

(参考情報: TEM セル http://www.elena-e.co.jp/GTEM1-1.pdf )

#### (1) 供試受信機及び周波数選定のための予備実験

卓上型受信機として現在販売されている受信機の中から、販売台数が多く、かつ周波数設定の正確 さからPLLシンセサイザ方式であるソニー製ICF-SW35(19,800円)を使用(短波帯はロッドアンテナで受 信)した(ICF-SW35:40dBμV/mにおいてS/N26dB以上)。

実験案で検討されていた携帯型受信機(短波帯は内蔵バーアンテナで受信)は内蔵バーアンテナが 小型であり電界強度がもっと高い場所での受信にしか適していないため、今回の実験対象から除外し た。

#### (2) 短波放送受信機への干渉評価サンプルの採取

①通信中の PLC モデムの信号(擬似電源回路網 V-LISN(V-Line Impedance Stabilization Network 経由)、②人工雑音を模擬するノイズジェネレータの出力、③放送波信号(変調度 30%)を 模擬する AM 標準信号発生器の出力、3 つを合成し、TEM セルにより供試受信設備に与え、その音声出 力を受信機のヘッドホン端子より録音することにより、主観評価サンプルを採取した。(図1参照)。

この際、人工雑音の電界強度 N<sub>ext</sub> 及び放送波の電界強度 E<sub>sig</sub>がそれぞれ所定値となるよう調整してお き、PLC 信号の電界強度 E<sub>plc</sub>を変化させて主観評価サンプルを採取する。これを、受信電界強度の条件 を変えて繰り返し、得られたサンプルを後刻 ITU-R 勧告 BS. 1284-1(音声品質の主観評価の一般的方 法)に基づき評価する。

実験に用いる短波放送受信機等の条件を表1に示す。また、実験を行った周波数は実環境でノイズ

1

#### 参−26

の多い 3MHz 帯を希望したが PLC モデムの出力が平坦でなかったため、日経ラジオ社の 3 つの周波数 の内、真ん中の 6.055MHz を使用した。

受信電界強度約 30dB(µV/m)の場合に使用する外部アンテナとしては、ソニー製ループアンテナ AN-LP1 (9,800円)を使用した。



主観評価サンプル採取

#### 図1 実験系統図



図2 実験環境の例(GTEM セル内に設置した受信機)

受信機	アンテナ	放送波電界強度	人工雑音電界強度	PLC モデムの信号の
		(E <sub>sig</sub> ) <sup>注 1</sup>	(N <sub>ext</sub> ) <sup>注 2</sup>	電界強度(E <sub>plc</sub> ) <sup>注3</sup>
卓上型	ロッド	40dB(μV/m)	Rural	E <sub>sig</sub> / E <sub>plc</sub> 比
受信機	アンテナ		Business	10~40dB の範囲
卓上型	ループ	30dB(μV/m)	Rural	(2dB 間隔)
受信機	アンテナ		Business	(詳細は表3参照)

表1 短波放送受信機等の条件

注1 放送波電界強度は、短波ラジオの所要電界強度とする。国際的には 40dB(μ V/m) (The WARC HFBC(2),Geneva 1987)、国内 30dB(μ V/m)。電界強度の規定は無変調搬送波信号により測定する。

 人工雑音電界強度は、放送波の搬送波周波数における ITU-R 勧告 P.372-8(電波雑音)に示す Rural (5.3dB µ V/m, BW=9KHz) 又は Business (14.9dB µ V/m, BW=9KHz)の人工雑音電界強度とする。

3 PLC モデムの信号の電界強度は、放送波の搬送波周波数において、無線通信規則付録第11号 に規定する短波放送(DSB)の必要周波数帯幅9kHz で測定する。

## (3) 実験に必要な設備及び機材等

実験に必要な設備及び機材等を表2に示す。

品名	規格又は型番	数量
TEM セル	使用周波数带:	1
エレナ電子 EGT-1100	3.9 <b>~</b> 26.1MHz	
	暗雑音∶0dB	
	使用可能供試品最大寸法:	
	600mm 立方以上	
PLC モデム	(OFDM)	1台
PLC モデム	(SS)	1台
V-LISN	V-LISN	1台
可変減衰器	2~3dB ステップ	2台
ノイズジェネレータ	Agilent E4438C	1台
変調信号源	CD プレーヤー	1台
標準信号発生器	Panasonic VP-8121B	1台
送信信号合成器		1個
スペクトラム		1台
アナライザ		
短波ラジオ	SONY ICF-SW35	1台
短波ラジオ用外部アンテナ	SONY AN-LP1	1台
ポータブル DAT	SONY TCD-D100	1台
0/E 変換器	MOTU 308	1台
USB 変換器	M.Audio Audiophile USB	1台
録音機	DAT (TASCAM DA45HR)	各1台
	PC (IBM THINKPAD R51)	
モニター用スピーカー	FOSTEX 6301B	1台
主観評価環境	再生機、ヘッドフォン等	24 人分
	DAT(TASCAM DA45HR)	
	STAX Lambda Nova Signature	
	STAX SRM-3, SRM-1/MK2	
評定者	非専門家	24 人
その他ケーブル等		適宜

表2 設備及び機材の一覧

#### (4) 音声の主観評価方法

(2)で採取したサンプルを使用して主観評価実験を行う。表3に主観評価実験の条件を、図3に機器接続系統図を示す。

評価法	二重刺激劣化尺度法(DSIS)
	提示:基準音(11 秒)一評価音(11 秒)
基準音	表1に示す放送波電界強度とITU-R 勧告 P.372-8(電波雑音)に示
	す人工雑音環境下での受信音
評価音	表1に示す PLC モデムからの雑音をさらに加えた環境下での受信
	音
評価尺度	5段階劣化尺度
	5:(妨害が)分からない
	4:分かるが気にならない
	3:気になるが邪魔にならない
	2:邪魔になる
	1:非常に邪魔になる
放送サンプル	2種: P1:スピーチ(女性)、P2:音楽(男性+伴奏)、
平均変調度	30%(ITU-R 勧告 BS.703 と同じ。)
人工雑音	ノイズジェネレータによる。
PLC モデム	SS 方式 及び OFDM 方式
PLC による電界強度	2dB 間隔で E <sub>sig</sub> / E <sub>plc</sub> 比 10~40dB の範囲を取得し、そのうちから評
	価が1~5に散らばるようなサンプルを選択した。
評定者	24人、非専門家
音声の提示	開放型ヘッドフォン

表3 主観評価実験の条件





## 3. 主観評価実験結果

主観評価実験結果を図4~図7に示す。それぞれの結果にOFDM方式とSS方式の結果を記載した。



図4 短波ラジオ電界強度 40dB # V/m, 人工雑音 Rural



図5 短波ラジオ電界強度 40dB µ V/m, 人工雑音 Business



図6 短波ラジオ電界強度 30dB # V/m, 人工雑音 Rural



図7 短波ラジオ電界強度 30dB µ V/m, 人工雑音 Business

以上

参考資料 2005 年 8 月 29 日 情報通信研究機構 通信システム EMC グループ

#### 1. GTEM セルの内部電界

図1のようにセプタム高をhとすると,GTEM セルの 中心(高さh/2)における電界強度の理論的は、以下の式 で求められる.ただし、 $P_{net}$ はGTEM セルで消費される 正味の電力、 $Z_0$ は測定系の特性インピーダンス(50 $\Omega$ ) である.



図1 GTEM セルの内部電界強度

実際には、GTEM セルは従来型の TEM セルと比較し て電界強度の周波数特性が平坦ではない.そこで、光電 界センサ(OEFS-2、トーキン製)を使用して、図2の中 心点 CTR における周波数特性を測定した.



図2 GTEM セル断面と測定点



#### 図3 電界補正係数

電界強度のセンサによる実測値より(1)式で計算される 理論値を引いたものを補正係数 *AE* としたとき,補正係数 の周波数特性は図 3 のとおりとなる.同図において,電 界強度は(1)式より求められる理論値に補正係数を加算す ることで求められる.すなわち,GTEM セルに入る正味 電力を測定することで,内部の電界を測定しなくても, 前述の方法で電界強度を知ることができる.なお,光電 界センサの特性については次節を参照のこと.

#### 2. 光電界センサの特性

アンテナ/センサのアンテナ係数 $F_c$ は、アンテナに入 射する電界をE、アンテナの端子電圧を $V_0$ としたとき、 以下の式で定義される.

$$F_C = \frac{E}{V_o} \tag{2}$$

光電界センサのアンテナ係数を,従来型の TEM セルに おいて測定した結果を図4 に示す.



図4 光電界センサのアンテナ係数

#### 3. GTEM セルの電界均一性

図2における中心点CTRでの理論電界は式(1)で求められ るが、中心以外の点では中心における電界強度より幾分 か値が上下にずれる.そこで、図2の9点の観測点にお いて電界強度を光電界センサで測定し、各点における中 心店CTRに対する電界強度の偏差をプロットしたものを 図5に示す.同図より、まずセプタムに近い点は中心よ り電界強度が大きく、逆に床導体に近い点では中心より 電界強度が小さい.約12MHz以下では、偏差は±3dB程 度あるが、30MHz以上では偏差は±1.5dB程度となって いる.ゆえに、容積の大きい被試験機器を設置する場合 には、電界強度の場所による偏差に注意する必要がある.



図5 中心点電界強度との偏差

参考資料3 高速電力線搬送通信と無線利用との共存条件についての提案

参考資料 3.1

高速電力線搬送通信と既存無線局の共存について (研究会資料 2-3)(抜粋)

参-37



# 高速電力線搬送通信と 既存無線局の共存について

2005年2月23日

# 高速電力線通信推進協議会

All Rights Reserved, Copyright © 高速電力線通信推進協議会 2003-2005



# 1. 利用形態

## 1 利用形態



# 2. 共存条件の基本的考え方

PLCOJ

PLCPL





All Rights Reserved, Copyright © 高速電力線通信推進協議会 2003-2005

# 2.1 外部雑音の設定

ITU-Rにおける外部雑音の設定値【米国1971年の実態値による】							
・外部雑音:短波帯域では人工雑音が支配的 ・ITU-R の外部雑音 En[dB <i>μ</i> V/m] の設定式							
$E_n = \beta - 7.7*Log(f)$ ※f:周波数 [MHz]							
	$\beta$ [dB]: 17	.3 (高雑音地域), 13.0 (中	ュ雑音), 7	7.8 (低雑	<b>音)</b> ※B	W=9 kH	Z
<ul> <li>・人工雑音は電力消費密度(EIPR)に比例すると仮定</li> <li>・米国1971年と日本2000年とのEIPR比を用いて、</li> <li>日本における外部雑音(β値)を設定</li> </ul>							
	1						
	区分	周波数換算式 [MHz]	f = 2	10	20	30	
	区 分 高雑音地域 中雑音地域	周波数換算式 [MHz] 26.8-7.7*Log(f) 24.8-7.7*Log(f)	f = 2 24.5 22.5	10 19.1 17.1	$\begin{array}{r} 20\\ 16.8\\ 14.8 \end{array}$	$\frac{30}{15.4}$ $13.4$	
	区	周波数換算式 [MHz] 26.8-7.7*Log(f) 24.8-7.7*Log(f) 21.2-7.7*Log(f)	f = 2 24.5 22.5 18.9	10 19.1 17.1 13.5	$     \begin{array}{r}       20 \\       16.8 \\       14.8 \\       11.2     \end{array} $	$     \begin{array}{r}       30 \\       15.4 \\       13.4 \\       9.8     \end{array} $	

All Rights Reserved, Copyright © 高速電力線通信推進協議会 2003-2005

6

PLCP

DLCe

距離による減衰量Aは、理論計算および実測値に基づき、算出する。

1. モーメント法による距離減衰の理論解析 – モデル化した大地面における減衰量

2. 実環境における減衰測定 – 工場敷地内(大地面はアスファルトまたはコンクリート)での測定



# 2.2.1 距離減衰特性(理論解析)



PLCPL

C

PL

# 2.2.2 距離減衰特性(実測)



All Rights Reserved, Copyright © 高速電力線通信推進協議会 2003-2005

# 2.3 実用上の漏えい電界低減効果

	実用上想定される漏えい電界の影響と低減効果	低減量B [dB]
ア) アンテナ指向性 ※参考1.2節参照	ー般に無線送信局/受信局は、送受信アンテナに指向性を持たせており、 6dB~12dB程度、漏えい電界による影響が低減されると考えられる	6~12
イ)距離減衰 ※2. 2節参照	実際の漏えい電界は、自由空間伝搬ではなく、ほぼ見通し可能な地域では26dB/decの距離減衰 係数となるが、見通し外地域では、40dB/decの距離減衰係数として算出できる。	14
ウ)シールド効果	伝搬経路に建物や森林などの障害物がある場合、漏えい電界は低減する	2~12
エ) 遮蔽効果 ※参考1. 3節参照	短波放送の受信など、屋内や窓際に受信アンテナが設置される場合、 建物外壁による遮蔽で、5~20dB受信強度が低下する。	5~20
オ)建物近傍での 外部雑音増加 ※参考1.4節参照	建物の近傍、特に集合住宅における隣家への影響を考慮する場合、PLCの漏えい電界だけでなく、 屋内(自家、隣家ともに)からの人工雑音も増加していることを考慮する。	10~20
力) 周波数分布 ※参考1.5節参照	PLCからの漏えい電界は、電力線伝送路のコモンモードインピーダンスや平衡度の変化に よって、局所的に10~20dBの漏えい電界のレベル差がある。 一般的に、時間や場所により伝搬特性が異なる短波帯では、一つの通信目的に対し複数の 周波数が割り当てられているため、PLCの漏えい電界が局所的に大きくなる周波数を回避 できる可能性がある。	10~20
キ) 位置分布 ※参考1. 6節参照	建物内に設置されたPLCは、屋内配線が放射源となるため、漏えい電界の大きさは、その受信場所によって異なるが、受信アンテナが移動できる場合には、10~20dBの低減効果が期待できる。	10~20

PLCPJ

PLC-

# 2.4 各無線局の設置環境による分類

「本核内の改直境況」。うめての力技力して大行本件を決改										
分類	使用環境	地域	該当無線局	離隔距離						
1	・広い敷地内に設置された 大型施設 ・船舶、航空機等の移動局	低雑音 地域	航空通信 海上通信	100m以上						
2	広い敷地内に設置された 大型施設で、微弱な電波を 観測する施設	低雑音 地域	電波天文	100m以上						
3	<ul> <li>・比較的広い敷地に設置</li> <li>・ビルの屋上に設置</li> <li>・支持物(タワー等)に設置</li> </ul>	高雑音 地域	航空通信 海上通信 アマチュア無線	30m以上						
4	戸建住宅における使用	高雑音 地域	アマチュア無線 短波放送	10m以上						
5	集合住宅における使用	高雑音 地域	短波放送	3m以上						

久毎娘巳の設置環境から以下の公類公けで世方冬世た検討

All Rights Reserved, Copyright © 高速電力線通信推進協議会 2003-2005

# 2.5 各分類における許容妨害の検討

		最大周波数	外部雑音E <sub>n</sub>	距離減衰	低減効果	E <sub>PLC</sub>
万ち	該当無線局	[MHz]	[dBuv/m]	A[dB]	<b>B</b> [dB]	(RMS)
双			(雑音地域区分)	(離隔距離)		[dBuV/m]
	a)航空通信	22.00	10.9 (低雑音)	26.0~40.0 (100m)	8~14	44.9
$\cup$	b)海上通信	22.825	10.7 (低雑音)	26.0~40.0 (100m)	8~14	44.7
2	a)電波天文	25.67	10.3 (低雑音)	26.0~40.0 (100m)	8~14	44.3
3	a)航空通信	22.00	16.5 (高雑音)	12.4~19.1 (30m)	6~12	34.9
	b)海上通信	3.023(海保)	23.1 (高雑音)	12.4~19.1 (30m)	6~12	41.5
		28.00(漁業)	15.6 (高雑音)	12.4~19.1 (30m)	6~12	34.0
	c)アマチュア無線	29.7	9.9(低雑音)	12.4~19.1 (30m)	12~18	34.3
4	a)アマチュア無線	29.7	15.4 (高雑音)	0 (10m)	22~28	37.4
	b)短波放送	21.66	16.5 (高雑音)	0 (10m)	22~28	38.5
5	a)短波放送	21.66	16.5 (高雑音)	-13.6(3m)	32~40	34.9

注1:最大周波数は、当該無線局が送信/受信する最大使用周波数 注2:外部雑音は、最大周波数での雑音レベル

注3: E<sub>PLC</sub>は、距離減衰Aと低減効果Bの最小値を用いて算出した

PLCP

11

PLCOJ


# 3. 漏えい電界強度の許容値

All Rights Reserved, Copyright © 高速電力線通信推進協議会 2003-2005

### 3 漏えい電界強度の許容値

以上の検討結果を考慮し、下記の条件で共存可能と考える ・分類①については、距離減衰で十分な減衰が得られる ・分類②に関しては、観測用途であり条件は異なるが、それぞれの低減効果により、 実用上問題ないと考えられる。

・分類③~⑤については、周波数分布、アンテナ指向性などの各効果を加味し、 さらに移動可能な受信機を想定した分類④,⑤については位置分布の効果も加味する。

## $E_{PLC} < E_n + A + B = 34.0 \sim 44.9 \text{ dBuV/m (RMS)}$

QP値に換算(10dB)すると、44.0~54.9 dBuV/mとなる。 したがって、44dB µ V/m @10m 以下を許容条件と考えるこ とができる 13

PLCPU

通信ポート妨害波許容値(CISPR22)の設定根拠と共存条件に関する提案 (研究会資料 4-4)

1

# 通信ポート妨害波許容値(CISPR 22) の設定根拠と共存条件に関する提案

## 平成17年4月14日 情報通信審議会CISPR委員会Iグループ 雨宮 不二雄

# はじめに

高速電力線搬送通信(PLC)と無線利用の共存条件 に関しては、第2回研究会にPLC-Jより、漏洩電磁界 強度の許容値として44dB  $\mu$  V/mが提案され、第3回研 究会にITU-T/SG5/WP2議長より、勧告K.60の内容が 情報提供されているが、共存条件に関する審議と合意 形成は今後の研究会活動に委ねられている。

本資料は、CISPR22(情報技術装置の妨害波許容 値と測定法)が規定している「通信ポートの伝導妨害 波許容値」の設定根拠を示すもので、今後、PLC研究 会で共存条件を検討していく際には、本資料で示した 考え方を踏襲していくべきであることを提案する。

# あらまし

CISPR22の通信ポートの伝導妨害波許容値は、次の2つの 検討に基づき規定されている。

1. 通信ケーブルから放射される妨害波の電界強度 許容値

長波および中波の振幅変調(AM)放送サービスを妨害波 から保護するために必要な、通信ケーブルから放射される 妨害波の電界強度許容値

2. 通信ポートの伝導妨害波電流許容値

上記1.の検討で得られた電界強度許容値に対応する、 通信ケーブルを流れるコモンモード妨害波電流値

## 通信ケーブルから放射される妨害波 の電界強度許容値 【検討に考慮した要素①】

- 1. AM放送を妨害波から保護するために必要な保護比(Pr) ISDNシステムから放射される狭帯域のビートノイズを考慮し、保護比 として55dBを採用した。
- 保護されるべきAM放送波の電界強度(Fs)
  国ごとに異なりまた同一国内でも地方ごとに異なるため、一義的に決められない。そこで、都会:80dB μ V/m、市街地:66dB μ V/m、田園地方:60dB μ V/mを設定した。
- 建物によるAM放送波の減衰特性(B) 減衰特性は建物の種類(鉄筋、木造等)やその構造等により異なるため 一義的に決められない。そこで上記のFsと同様に都会:20dB、市街地: 6dB、田園地方:0dBを設定した。

4

3

## 通信ケーブルから放射される妨害波 の電界強度許容値 【検討に考慮した要素②】

- 4. 壁による妨害波の減衰特性(W) 通信ケーブルから放射され隣家の放送受信機に影響を与える妨害波が壁でどの程度減衰するかを表す値で、一律10dBとしている。
- 5. 採用されるべき保護距離 放射妨害波の許容値の距離と同じ10mを採用した。
- 6. 発生確率に対する許容度(P) 統計データが存在しないため、経験を積み統計データが蓄積されるまで の間の暫定値として20dBを採用した。

5

# 通信ケーブルから放射される妨害波 の電界強度許容値【許容値の算出】

許容値の検討に考慮した各要素の値を用いて、妨害波電界 強度の許容値(L)を次式で求めている。

区分	Fs	Pr	В	W	Р	L
	(dB <b>µ</b> V/m)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB)	(dB <b>µ</b> V/m)
都会	80	55	20	10	20	35
市街地	66	55	6	10	20	35
田園地方	60	55	0	10	20	35

 $L = Fs - Pr - B + W + P (dB \mu V/m)$ 

以上の結果より、通信ケーブルから放射される妨害波の 電界強度許容値は、都会、市街地、田園地方のいずれの 場合も、**35dBμV/m**(10m)である。

## 通信ポートの伝導妨害波電流許容値 【電流許容値設定のプロセス】

- 1. 通信ケーブルから放射される妨害波の電界強度許容値と して35dB μ V/m(10m)を採用した。
- ビオサバールの法則を用いて、35dB μ V/m(10m)の電界 強度を発生させる自由空間に置かれた直線導体に流れる 電流値を求めた。この時、磁界強度と電界強度との変換は 120 π (376.7 Ω)で行った。
- 3. ビオサバールの法則で求めた結果と実験室やフィールドでの実測結果とを比較し、補正を行って電流許容値を決定した。

7

## 通信ポートの伝導妨害波電流許容値 【計算と実測の比較による補正の検討】

- ビオサバールの法則により、直線導体から距離Rにおける磁界強度Hは H = lc / 2πRで与えられる。しかしながら、実験室、フィールドでの実測 結果と比べ、上式で算出された磁界強度は8dB~30dB過大であること が指摘された。この理由として、自由空間との差、妨害波電流が流れる 直線導体に近接した導体(例:別の線路、配線溝、ケーブル架、金属製 構造体など)に大きな帰還電流Irが流れる影響と認識された。
- 帰還電流Irの影響をISDNシステムを使用しているオフィス等で実測し、 妨害波磁界の形成に関与する通信線のコモンモード電流 Icの実効的な 減少は、最大20dBにも達するとの結果を得た。
- 3. 最終的には、以下の結論を得た。
  - ①自由空間モデルはあまりにも厳しく、これを採用した場合、装置の設計・対策に膨大なコスト増を招くため、補正を導入する。
  - ②実測で得た20dBは最悪ケースであり、この値で補正するのはリスク が大きい。lcの実効的な減少の補正値として10dBを採用する。 8

## 通信ポートの伝導妨害波電流許容値 【伝導妨害波電流許容値の導出】

- 自由空間における磁界許容値の導出
  通信ケーブルからの放射妨害波電界強度許容値(35dB µ V/m)に対応 する磁界強度は、E(dB µ V/m) = H(dB µ A/m) + 20log376.7Ωより、 H = -16.5 dB µ A/m
- 2. ビオサバールの法則 H = Ic / 2 πRにより、R = 10 m として、 Ic = 19.5 dB μ A
- 3. 求められたlcに対し、lcの実効的な減少の補正値である10dBを採用して補正を行い、通信ポートの伝導妨害波許容値Liとして、

Li = 19.5 dB  $\mu$  A + 10 dB  $\rightleftharpoons$  30 dB  $\mu$  A

 4. Li = 30 dB μ AはクラスB機器の通信ポートの電流許容値(500kHz~ 30MHz、準尖頭値検波)に対応する。(150kHz~500kHzについては 電源ポートの許容値との整合を考慮して直線減少許容値としている。)

# 通信ポートの伝導妨害波許容値

許容値は<u>電流許容値が基本</u>である。電圧許容値は通信ポート のコモンモードインピーダンス(150Ω)で変換したに過ぎない。

	Frequency	Voltage Limits		Current Limits	
	(MHz)	(dB <b>µ</b> ∨)		(dB	
		QP	AV	QP	AV
Class A ITE	0.15 - 0.5	97 – 87	84 – 74	53 – 43	40 - 30
	0.5 - 30	87	74	43	30
Class B ITE	0.15 - 0.5	84 – 74	74 – 64	40 – 30	30 – 20
	0.5 - 30	74	64	<u>30</u>	20

・周波0.15MHz~0.5MHzでは周波数の対数に対して直線的に減少

 ・電圧許容値と電流許容値との変換係数は20log150=44dB(コモンモード インピーダンス:150Ω)

·QP:準尖頭値検波 AV:平均値検波 ITE:情報技術装置

10

9

# 提案

今後、高速電力線搬送通信(PLC)と無線利用の共 存条件、PLC機器の電源ポート妨害波許容値の検討 を進めるにあたり以下を提案する。

- PLCと無線利用の共存条件は、CISPR22の通信 ポートの妨害波許容値を決定した際の妨害波電 界強度許容値である、35dB µ V/mとする。
- PLC機器の電源ポートの妨害波<u>電流</u>許容値は、
  通信ポートと同一とする。
- 3. PLC機器の電源ポートの妨害波<u>電圧</u>許容値は、 わが国の電力線のコモンモードインピーダンスの 測定結果をもとに変換係数を導出して設定する。

資料 4-6「高速電力線搬送通信と無線利用の共存の考え方について」 に対する各構成員からのコメント

(研究会資料 5-3)

### 資料4-6「高速電力線搬送通信と無線利用の共存条件の考え方 について」に対する各構成員からのコメント

÷

(受付順)

		右下ページ
1	秋山構成員(日本船主協会)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	••••• 1
2	三浦構成員(NTTアドバンステクノロジ)・・・・・・	2
3	池田構成員(情報通信ネットワーク産業協会)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	4
4	大井構成員(全国漁業無線協会)	5
5	有高構成員、加藤構成員、上河構成員、藤野構成員、松崎構成員	
	(松下電器産業、東京電力、日本電気、関西電力、三菱電機)・・・	6
6	寺崎構成員(九州電力)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	9
7	小海構成員(日本経済団体連合会)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
8	芳野構成員(日本アマチュア無線連盟)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	12
9	林構成員 (日経ラジオ社)・・・・・	22
10	近田構成員(日本学術会議電波天文周波数小委員会)	
11	福沢構成員(ソニー)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
12	矢橋構成員(日本放送協会)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
13	鈴木構成員(東京工業大学)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
14	林構成員 (国土交通省航空局)	

### 日本船主協会

### 秋山(代 伊藤)

結論

下記の遭難通信に影響を与えないとの条件であれば特に漏洩電波の数値は問 いません。

船舶が発信する遭難通信は海上保安庁の局で受信されます。

PLC の漏洩電波が、この海上保安庁の受信に影響を与えないものであれば許 容できます。

ここで受信アンテナの設置場所に留意する必要があります。

小生の理解では、各海上保安庁のビルの屋上に設置している例が多いと思われます。

海上保安庁のビル付近の家庭から出る漏洩電波が、高いところに設置してあ るアンテナに妨害を与えないかが危惧されます。従いまして今後の課題として、 よく議論になっている水平方向だけではなく高さを加味した漏洩に関しての影 響も検討していただき題がないことを証明していただければと思います。

### 高速電力線搬送通信と無線利用の共存条件の考え方について

### 2005.5.13 NTTアドバンステクノロジ株式会社

1.共存条件(漏洩電界強度許容値)を検討するための考え方

今後、許容し得る高速PLCからの漏えい電波の検討を行うにあたり、弊社 は現時点において、松崎構成員から提案された資料2-3『高速電力線搬送 通信と既存無線局の共存について』を基礎に議論を深めることが適切と考 えます。なお、主な理由は以下の通りです。

 一定の仮定に基づいているものの、日本における外部雑音レベルを 考慮しており、規制緩和の趣旨に合致するとともに、包括的な議論が

可能と考えます。

 ・妨害波距離減衰、周波数分布、位置分布、アンテナ指向性など考慮すべき課題を網羅しています。しかし、それぞれの数値に関しては、より 詳細な検討が必要と考えます。

ただし、許容し得るPLCからの漏えい電波の許容値の規定方法としては、 規制緩和後のPLC機器適合認定試験等を考慮し、資料4-4 『通信ポート妨 害波許容値(CISPR22)の設定根拠と共存条件に関する提案』にて示され た『通信ポートの妨害波電流許容値、電圧許容値』で規定することが望まし いと考えます。ただし、使われている数値については詳細な検討が必要と考 えます。 2.資料2-3について議論が必要な項目

①周波数分布による補正係数の妥当性の検証

漏洩電界強度が背景雑音レベルを超える周波数帯域幅が10%を超える ことが想定されるため、検証が必要と考えられます。

②アンテナ指向性による補正係数の妥当性検証

例えば、短波ラジオのアンテナはモノポールアンテナである。この場合、 水平面内は無指向なので補正係数は0dBとした方がよいと考えられます。

③建物近傍での外部雑音増加による補正係数の根拠の妥当性の検証

建物近傍での外部雑音による補正係数と外部雑音(En)の高、中、低に おける周波数換算式の関連を確認する必要があります。

- 3. 資料4-4について議論が必要な項目
  - ①現状AM放送波を保護対象としているので短波放送やアマチュア無線など 高速PLCから保護すべき無線システムを対象として電界強度、保護比の 検討が必要であると考えられます。
  - ②発生確率を周波数分布、位置分布等をパラメータとして数値を見直す必要があると考えられます。

### 総務省「高速電力線搬送通信に関する研究会」

事務局御中

平成17年5月13日

情報通信ネットワーク産業協会(CIAJ)

専務理事 池田 茂

#### 高速電力線搬送通信と無線利用の共存条件の考え方について

高速電力線搬送通信に関する研究会(第4回)にて、杉浦座長よりご提案された共存条件の考え方について、下記のとおり意見を提出致します。

記

松崎構成員(PLC-J)からご提案されました漏洩電界許容値44dB $\mu$ V/mおよび雨宮構成員(CISPR)からご提案されました35dB $\mu$ V/mは、値が相違していますが両者とも放送波からの混信保護を回避することを基準に諸条件を加味して検討されたものであり、考え方自体は同じものと考えます。

松崎構成員からのご提案は昭和58年の徽弱無線の答申に基づいたものであり、雨宮構成 員のご提案は CISPR での考え方を適用したものです。国内(徽弱無線答申)と諸外国も含 めた(CISPR)諸条件の違いがこのような数値的な差異となったものと考えられます。

なお、雨宮構成員のご提案にあります漏洩電界許容値は最終的な規制値であるコモンモー ド電流値30dBµAを導く過程で算出されているものであり、CISPRの規格には直接表記 はされておりません。

CISPR では運用上はあくまでコモンモード電流で規制しており、通信機器メーカーとして 管理し易いものとなっています(漏洩電界強度での管理は測定に多大の労力と時間を費や すことになります)。

情報通信ネットワーク産業協会(CIAJ)としましては、上記2案が異なった考えをベー スにしているものではないため、ここで国内および諸外国での諸条件の違いを議論して4 4 dBμ V/m と35 dBμ V/m の妥当性を議論することに大きな意味を見出しません。 むしろ将来のメーカーでの機器管理を考えますと、漏洩電界強度値を議論するより、雨宮 構成員のご提案にも出てきましたコモンモード電流30 dBμA での規制を検討する方がよ り現実的ではないかと考えます。

以上

4

PLC研究会事務局 殿

平成17年5月13日

(社) 全国漁業無線協会

### 大井 清

高速電力線搬送通信と無線利用の共存条件について

1 許容し得るPLCからの漏洩電波の許容値としては、CISPR22の妨害電界 強度許容値である35µV/mが適切と考える。

35dBμV/mと44dBμV/mを比較すると、電圧比で2.8倍となり、 短波(主として電信波)の受信感度0dB(1μV/m)の電波を受信する上では、 より低い漏洩電波の許容値が望ましいと考える。

測定方法が定まり次第、短波(主として電信波)の受信に対する漏洩電波の影響 について、移動できるモデム等により、研究会としての実証試験を考慮いただけれ ば と考える。

2 また、両者の漏洩電界強度許容値による実証実験による検証も必要と考える。

3 測定方法についても、それぞれの実験場所により、環境条件が異なることから、 基準・モデルにより同一条件を想定した共存条件の検証が必要と考える。

### 高速電力線搬送通信 (PLC) の共存条件の考え方に関する意見

### 2005年5月13日

有高明敏	松下電器産業株式会社
加藤高昭	東京電力株式会社
上河 深	日本電気株式会社
藤野隆雄	関西電力株式会社
松崎 正	三菱電機株式会社

1. はじめに

4月14日に開催されました【第4回高速電力線搬送通信に関する研究会】において、杉浦座長よ り『PLCと既存無線局の共存条件の検討に際して、松崎構成員提案(資料2-3)、雨宮構成員提案 (資料4-4)のどちらが適切と考えるか意見を提出するように』とのご指示のあった件で、有高明 敏(松下電器産業)、加藤高昭(東京電力)、上河 深(日本電気)、藤野隆雄(関西電力)、松崎 正 (三菱電機)の構成員5名の意見を下記のとおりまとめましたので、提出させていただきます。

- 2. PLC と既存無線局との共存条件の考え方について
  - (1) 松崎構成員提案について

2MHz~30MHz帯域に存在する既存無線局とPLCとの共存条件について、実用上の影響を 与えるか否かという観点から、PLCシステムからの漏えい電界強度のみに着目して提案さ れたものであり、現状の無線局の実用上の運用を妨げない提案になっており、妥当と考える。 また、本提案の中では漏えい電界強度を満たすためのPLCモデム装置の技術的な条件につ いては言及されていないが、現在、構成員各社で実施している実験では、雨宮構成員提案の コモンモード電流値 30dBµA以下という条件でPLCモデム装置を管理し運用しているこ とを付け加えさせていただきたい。

(2) 雨宮構成員提案について

既存無線局に影響を与えない漏えい電界強度を元にコモンモード電流値を算出し、実用上の 運用が可能となるような補正値を盛り込んで許容値としている。この考え方は、すでに運用 され、実績があり、また、松崎構成員提案と同様に実用上の考え方に基づくものであるため、 これを PLC にも適用すべきという意見については理解できる。

(3)構成員5名の意見

雨宮構成員提案のコモンモード電流許容値を元に漏えい電界強度を求めると、45.6 dB μ V/m となり、松崎構成員提案とほぼ同じ値となる。資料4-4の漏えい電界強度は、松崎 構成員提案の漏えい電界強度の値とは 9dB の差があるが、"実用上"の観点で電流許容値に 加えられた補正 10dB を考慮に入れると、漏えい電界強度はほぼ同等となるため、松崎構成 員提案の妥当性が改めて確認できるものと考える。

また、松崎構成員提案の漏えい電界強度からコモンモード電流値を求めると、28.5dBµA (後述の【参考】を参照)となり CISPR で運用されている許容値を満たしている。

したがって、松崎構成員提案の漏えい電界強度が、既存無線局に対して実用上の影響を与え ない漏えい電界強度であると判断できるため、雨宮構成員の提案されているコモンモード電 流許容値(30dBpA)を PLC モデム装置の許容値として適用することが適切であると考え る。

以上

 $\mathbf{7}$ 

### 【参考】

1. 雨宮構成員提案のコモンモード電流許容値から求めた漏えい電界強度

コモンモード電流許容値 Li は、

 $Li = Ic = 30 d B \mu A$ 

ビオサバールの法則により、磁界強度日は、

 $H=30-20 \log (2 \pi \times [10 m])$ 

 $=-6.0 dB \mu A/m$ 

空間インピーダンスを120πとしたときの、電界強度換算値は、

 $E=H+20 Log (120\pi) = 45.6 dB\mu V/m$ 

したがって、

漏えい電界強度 E=45.6 d B µ V/m

2. 松崎構成員提案の漏えい電界強度から求めたコモンモード電流値

漏えい電界強度(許容値)Eは、

電界強度 E=44 d B µ V/m (at 10 m)

磁界強度日は、

磁界強度 H=E-20Log (120 $\pi$ ) =E-20Log (376.7)

 $= -7.5 d B \mu A/m$ 

ビオサバールの法則により、磁界強度 H を発生させる電流 lc は、

コモンモード電流 Ic=20Log(2π×[10m])-7.5dBµA/m

 $= 28.5 dB \mu A$ 

したがって、

コモンモード電流許容値 Li=30 d B µ A ≥ 28.5 d B µ A

となる。

### 「高速電力線搬送通信と無線利用の共存条件」に対する意見

平成17年5月13日 九州電力株式会社

An Hights Researcest Consequence A.M.R./1916.84

H KYUSHU ELECTRIC POMEN CO., INC.

共存条件(提案)

ALL PROPERTY AND ADDRESS OF THE PROPERTY ADDRESS OF TH

高速PLCによる漏えい電波の許容値は、電波法における微弱無線局の電界強度の規定を用いることが 適当と考えます。

許容値:当該高速PLC装置及び高速PLCが接続される電力線から3メートルの距離において 500マイクロボルト以下(「54dBマイクロボルト/m@3m」以下)

- (理由) 微弱無線局(免許を要しない無線局の一つ) が放射する電界と高速PLCからの漏えい電界は、 他の無線局にとっては妨害波と考えられる点で同等です。よって、微弱無線局の電界強度の規定 は、今回の共存条件として準用可能と考えます。
- (補足) 微弱無線局の電界強度の規定を準用することは、一般の人々も理解しやすく受容性が高いと考えられます。

9

-1-

【微弱無線局が放射する電界】



参考

 電波法(抜粋)
 第四条 無線局を開設しようとする者は、総務大臣の免許を受けなければならない。ただし、次の各号に掲げる無線局については、この限りでない。
 一 発射する電波が著しく微弱な無線局で総務省令で定めるもの (以下略)

### 電波法施行規則(抜粋) (免許を要しない無線局) 第六条 法第四条第一号に規定する発射する電波が著しく微弱な無線局を次のとおり 定める。 一 当該無線局の無線設備から<u>ニメートルの距離において</u>、その電界強度が、次の表の 上欄の区分に従い、それぞれ同表の下欄に掲げる値以下であるもの

周波数带	電界強度	
三二二MH.z.以下	毎メートル五〇〇マイクロボルト	
(以下略)	(以下略)	

注) 下腺及びゴシックは当社で付配

-3-

### 高速線電力線搬送通信と無線利用の共存条件の考え方に関する意見

日本経団連情報通信WG 小海

高速電力線搬送通信に関する研究会(第4回)にて杉浦座長よりご指示がありました共存条件の 考え方について、以下の通り意見を提出致します。

高速PLCは、電力線と言うユビキタスな既存配線を有効に活用し、これからのブロードパンド情報社会において多くの人達に利便性、経済性などの恩恵をもたらすと期待される技術と考えます。 しかし、この種の新しい技術をそのデメリットも含めて広く受け入れるかどうか、どのように利活用するかはユーザが決めることであり、そのためには、その技術の導入により発生する可能性のある影響の検討及びそれへの対処を前提条件として、まずユーザにその技術の利活用を開放することが第一歩であると考えます。この考え方が本研究会にても議論されている「実用上の観点」ではないかと考えます。

昨年10月に制定された米国FCCのBPLに関する新規則(規則Part15の改定)<sup>10</sup>ならびに本年 4月に「正当な理由なき規制の撤廃」を求めた欧州委員会の勧告<sup>20</sup>は、まさに「実用上の観点」に 基づく世界の流れと考えます。PLC設備からの干渉に対する既存無線利用の保護の重要性を考 慮しつつも、顕在化していない干渉可能性に対し不必要に配慮して規制を強化することを避け、 大きな恩恵が期待される新技術への判断をユーザ/マーケットに委ねたものと考えます。

松崎構成員の提案(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」)は、現状 の無線利用に対して「実用上の影響を与えない」ことを共存条件の基本とし、現実的な外部雑音を ベースとして距離減衰や干渉低減効果を考慮して検討されたものであり、ユーザ/マーケットが期 待する「家庭内の安定した高速通信(HDTV1ch程度のデータを安定して通信できるレベル)」を早 期に実現できる点から、適切な提案であると考えます。

### 参考文献

- 1) FCC: Report and Order (Adopted: October 14, 2004, Released: October 28, 2004)
- Commission of The European Communities: Commission Recommendation of 06/IV/2005 on broadband electronic communications through power lines (April 6, 2005)

以上

### 高速電力線搬送通信と短波帯既存システムの 共存条件の考え方についての回答

(社) 日本アマチュア無線連盟

### 1. アマチュア無線の立場からの要望と提言

第一に、本研究会で議論する電力線搬送通信システムは、屋内に設置するシステムと認 識しているが、研究会として対象とするシステムを明確にして頂きたい。

日本アマチュア無線連盟としては、PLCの導入は原則的には、反対の立場をとらねばなら ない。その理由として EMC の立場からヨーロッパ等の一部に、地球上の静かな電磁環境を 守ろうとする意識が芽生え、その動きは次第に盛んになりつつあります。地球環境の健全 な将来を考慮せず、このまま目前の利潤追及をのみを追い求め、不必要な電磁放射レベル を増大させ、電磁環境を汚染し続ければ、近い将来、背景雑音レベルの上昇を招き重要な 地球上の電波利用が不可能となって、通信や自然観測等の電波利用が不可能となる時が来 ることは明らかです。これを防ぐために今こそ我々は、不要な電磁放射の無い新通信方式(光 ケーブル等)の開発と普及に真剣に取り組まねばなりません。現代の行過ぎた利潤追求によ る歪みは、リコール隠しや手抜き工事など多くの事件に現れており、我々電波利用者も心 すべき時になっているのではなかろうか。このような点から、屋内・屋外にかかわらず我々 はPLC 通信網の股置には反対するものであります。

第二に、もし日本アマチュア無線連盟が PLC を認めると仮定するならば、アマチュア業 務を達成するために、ITU-R 勧告の Quiet Rural のノイズレベルの適用を提案します。

Quiet Rural 地域のアマチュア無線の実情(資料 3-8 の項目 34、43、47)

アマチュア無線の重要な活動に、WAC(Worked All Continent), DXCC(DX Century Club Award)等の国際的なアワードがある。これらのアワードを取得することは、アマチュア無 線家として国際的に高い栄誉とされ、通信技量を示すステイタスを象徴するものとされて います。WAC は6大陸のアマチュア無線局との交信に成功した者で、IARU (国際アマチュア 無線連合)から与えられるアワードです。DXCC は世界の 100 地域以上のアマチュア無線局 との交信に成功したものに ARRL(米国アマチュア無線連盟)の DX Century Club から交付さ れる非常に高い名誉あるアワードです。そのほかにも WAS (Worked All States) なども ARRL から交付されます。この他、わが国を含む世界各国のアマチュア無線連盟でさまざまのア ワードが制定されており、世界中の DXer(短波帯遠距離交信愛好者)は、これらの名誉あるア ワード取得を目指して交信に努力しております。

わが国には多数の WAC, DXCC 受賞者がおり、その受賞数は世界的に群を抜いており、特 に著名な DXer は、殆どが電波雑音の少ない地域の Rural、Quiet Rural 地域在住者で、彼 らのリグ(通信機)には高感度アンテナが設置され、非常に微弱な珍局との交信を成功さ せております。また都会などの高雑音地域に在住している DXer は、しばしば Quiet Rural 地 域に移動局を設置して交信に努力しています。

以上のアワードのほかに、各国のアマチュア無線連盟をはじめ、地域クラブ、または単 独のクラブ等が特別の期間を限り交信コンテストを開催し、この参加者は交信数を競って 優勝を狙って努力します。各種のコンテストは殆ど毎週どこかで開催されており、参加者 のなかの多くが、高雑音地域から Quiet Rural 地域に移動し臨時の移動局を設置します。

著名な DXer の約 6 割以上は Rural, Quiet Rural 地域の居住者で全国に分布し、その数 は日本全国で数万局程度ですが、日本のアマチュア無線界にとっては極めて重要なメンバ ーであり、彼らのためには、常に雑音レベルを最も低い Quiet Rural 値に保たねばなりま せん。また同時に、この地域にはしばしば非常に多くの移動局が運用することも考慮しな ければならない事は、後述します。

#### ② QRP (Low Power Communication)研究者に対する保護

世界には、数ワット以下の送信電力で短波帯を用いて国際長距離交信を行なうアマチュ ア無線グループがあります。わが国にも多くの熱心な研究者がおり、1W以下の送信電力で 地球の裏側の局と交信しています。このグループの目的は電離層の変動の合間に電波が非 常な低損失で伝播する時間が現れることから、電離層の特殊現象出現について地球物理学 や、太陽活動などとの関連について研究が行われ、また短波遠距離交信が可能な最低電力 の記録樹立に挑戦しています。またこの実験は、EMC の立場にたって地球上の静穏な電磁環 境を求める一つの壮大な試みで、PLC とは逆な立場にあります。このグループのアマチュア 無線局は高雑音地区から Quiet Rural 地域まで広い範囲に分布していますが、高雑音地域 でも、時刻、太陽活動、自然現象、平均背景人工雑音の異常変動により、意外に成功する ことがしばしばあるが、この実験者に対しても PLC からの妨害は極力避けたい。

③ アマチュア無線局のアンテナについて

アマチュア無線局の多くは、敷地内や量上に水平面無指向性の垂直マルチパンドアンテ ナを建ています。また高さ 10m~20m のアンテナポールを建て、その上に回転ビームアン テナを載せて、相手局の信号強度が最大になるようにアンテナを回転させて交信を行なっ ています。従ってアンテナは屋根より高い位置に設置されます。アマチュア無線局のアン テナに関しては、第3回研究会でのヨーロッパの例、第4回の NTIA の写真に示されるとお りです。従って PLC の放射電界は PLC horizon より上の高角度発射パターンの影響を受け やすいのです。

### 2.「資料2・3」の許容値と「資料4-4」の許容値の適切性

許容条件として資料 2-3「高速電力線搬送通信と既存無線局の共存について」で提案され ている許容条件(Eplc)は、10m 離れた地点における電界強度 44dBμ/m です。

PLC-Jの許容値の設定は、「免許を要しない無線局」の許容値である、3m 離れた地点で 500 µVとした値を用いたに過ぎないものです。しかし、この値は、主に狭帯域の電波放射電界 について規定されたものであり、広い周波数帯域にわたって通信ラインからの漏洩電磁波 の電界強度を許容すものではありません。PLC は微弱電界を 2MHz~30MHz の全短波帯にわた って不要放射するものであり、資料 2-3 では PLC-J 側で許容条件を決定する際に、「免許を 要しない無線局」をこの値を拠り所として決めたと思われます。しかし、限られた狭帯域 の周波数を使用する「免許を要しない無線局」に許容されるもので、PLC のように全周波数

資料 4-4「通信ボート妨害波許容値(CISPR22)の設定根拠と共存条件に関する提案」は 通信ケーブルから放射される妨害波の電界強度許容値を元に、これに対応する通信ケーブ ルを流れるコモンモード妨害波電流値を決めるもので、通信ボートの伝導妨害波電流許容 値を国際的に規定するものです。電力線は本来電力供給用の線路で、通信ケーブルではな いが、PLCとしての使用は、通信ケーブルとして使用されるので、国際的にこの(CISPR 22) を遵守する義務があると考えます。

3

# 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」 の必要議論

共存条件の考え方として PLC-J の提出された「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」は、PLC-J 側での基準と解釈により作成、短波帯の近電磁界測定に関す る認識と内容検討に不十分な点があると考えます。無理に数値を限度内に押さえ込もうと した記述が含まれており理解に苦しみます。作成した PLC-J の担当者の努力は評価するも、 資料 2-3 は本研究会においての、討論の資料としては不十分な内容と感じています。

資料 2-3 は単に共存条件のみに限られているが、既存無線局当事者、設置反対者に対す る説明に、何らかの条件付きで屋内 PLC システムの開設が許可された場合、利用者数をは じめ、売り上げモデム数、回線使用料等の収益などの説明が無いことに対する不満があり ます。

また、第4回研究会の席上で、上委員の提出された資料 4-5 に対して共同実験の申し入 れに対して、PLC-J ではサイト使用料が高価のため実験数を増やせないとの回答でした。し かし、PLC に疑問を持つ多くの無線局や多くの関係者に対し充分な実験結果を示し、納得を 与えるために、もっとも必要な実験のための費用の節減を述べられることは、日本アマチ ュア無線連盟としては根本的に受け入れられません。

資料 2-3 の内容についての日本アマチュア無線連盟の質問に対する返答は「資料 3・8 資料 2-3 に対する質問事項等への回答」内にあります。しかし殆どの回答について検討が不 十分で、質問の解釈に誤りもあり、我々が納得できる回答と程遠い内容です。また、回答 の測定法に疑わしい点もあります。

今回は、これらの納得行かない点について総括的に再度質問をします。

4

### 資料 2・3 全体に関する疑問点

① 建物を利用した漏洩測定結果が多数示されていますが、これらの建物は全てコンク リート構造の建屋と見受けられ、木造家屋に対する測定データが全く記されていませ ん。特に木造集合住宅についての実測は行なわれたのか、もし測定されていないので あれば、木造家屋での漏洩に対するシールド効果について測定し測定結果を明示して いただきたい。わが国においては建物の大多数が木造住宅であり、ビニールコンジッ トパイプ、木造住宅壁・床・天井等の短波帯電磁波の透過率は非常に高い。資料 2-3 の測定に戸建住宅・集合住宅とも木造住宅が含まれないことは、真に遺憾です。

コンクリート壁の漏洩電波のシールド効果は、周波数、壁の材料と厚み、窓の有無(壁 面と開口部面積比)、窓の寸法と波長等による共振などによって、非常に複雑な様相を 呈するので、広帯域の場合、<u>単純に-10dBを見込むことは非常に危険</u>である。短波帯 においては一般に窓がアンテナとして機能し指向性を持つことが知られており、もっ と慎重に対処していただきたい。

- ② 多くの測定にループアンテナを PLC horizon 上の1mの距離において測定している。 このことについては、CISPR 22 及び NTIA で規定している通り、ループアンテナを用いた3m 以内の測定は誤差が大きいとして測定が禁じられている。周波数毎に全方位における最大放射方向を求め、それぞれ放射角毎に3m、10m、30m、100m、200mの距離減衰をそれぞれ垂直偏波成分、水平偏波成分について測定しなおして、測定結果を再提出していただきたい。NTIA は較正されたロッドアンテナの使用を義務付けています。
- ③ NTIA によれば屋内配線からの放射は、PLC horizon 面内の放射は考えられず、その 上方に直接波のパターン放射があり、またアマチュア無線局の高感度アンテナは戸建 住宅、集合住宅では、高さ 15m 程度の接地型垂直アンテナを地上、または屋根上に設 置することが多く、戸建住宅では回転式多素子ビームアンテナを敷地内に地上 10~30m 位に設置するので、漏洩電波に直接さらされ、上方の漏洩電界強度の測定は重要なフ アクターとなります。従ってどの場合でも必ず屋上または屋根の上にセンサーを置い て漏洩電界を測定していただきたい。
- ④ 屋内の漏洩電界放射はモデムが放射するわけでなく、コモンモードの場合には配線 全体から電磁放射する。電力線の実態配線、近接導体(ベランダ、窓枠等)とその各 部の地上高、接続される電気機器等の配線は、短波帯の波長とコンパラなので、その 漏洩電界は極大、極小方向の多い複雑な立体指向性となり電気機器の開閉によりさら に複雑に変化する。(P-22、参考1-6)この特性を調べてからモーメント法等を用いて 漏洩電界のシミュレーションを行なうべきである。計算に当たっては、計算条件を決 めるファクターが多数あり、どの項目を用いるかを慎重に決定しなければ正しいシミ

ュレーション計算値を得ることは出来ません。

- ⑤ シールド効果の算出に遠方到来波の電界強度測定値を使用するのは不適切であると 考えます。
- ⑥ 既に③で述べた通り、商業地・住宅地においては、敷地に制限があるため、多くの アマチュア無線局では水平面無指向性の垂直マルチパンドアンテナを立てることが多く、この場合には指向性、建設場所の移動による PLC 信号の低減は不可能であり、屋内配線の方向により PLC 信号の進入が強まることが考えられます。

### アマチュア無線における Rural、Quite Rural 地域の重要性

アマチュア無線には、前章で述べたように個人または団体に対して、世界的なアワード である WAC (Worked All Continent) IARU (国際アマチュア無線連合)発行、DXCC (DX Century Club Award) ARRL (米国アマチュア無線連盟)発行などなど、各国の、多数の団体が発行す る色々なアワードの取得を競って交信の技量を高めあっています。この面では日本は非常 に高い成績を収めています。また、世界的に QRP (Low Power Communication) に興味を持 つ研究者が、1W以下の送信電力で地球の裏側の局と交信に成功して、更に色々な条件にお ける短波遠距離交信が可能な最低電力の記録樹立に挑戦している。この実験は地球上の静 穏な電磁環境を保つための EMC に基づいた一つの壮大な試みで、PLC とは逆の立場にある。 この2件についての詳細は、前章の2項で説明してあるので参照していただきたい。

このようなアマチュアバンドへの妨害を避けるために、2000 年以来 ARRL では 1000 ペ ージにわたる要望書を FCC に提出し BPL (PLC) に対する善処方を迫った結果、FCC は Home Plug に対して、アマチュアバンドに 30dB 以上のノッチフィルターを挿入すること を命じたいきさつがあります。

ARRLのWebは<u>http://www.arrl.org/news/stories/</u>で関連文書を入手することが出来ます。 前章で述べたように、記録更新やアワード受賞を目指す著名なDXerの6割以上と、QRP を目指すアマチュア無線局はRural, Quite Rural 地域に居住するものが多く、アマチュア の中にはこの地域に引っ越して永住する局もあります。その定住数は日本全国で数万局程 度であるが、世界的コンテストが開催される時などには、高雑音地域に在住するDXerも Rural, Quite Rural 地域で移動局を運用して、交信に努力します。その数はコンテストや イベントにより増減するが、時には1万局を超えることがあります。また、この地域に在 住するアマチュア無線局の中には、巨大な1.9MHz帯、3.5MHz帯のフルサイズビームアンテ

以上の点を考慮すると、日本アマチュア無線連盟としては、アマチュア無線局および海 外短波放送受信者について基準とするのは、高雑音地域ではなく、最もノイズレベルの低 い Rural、Quiet Rural 地域を基準としなければなりません。アマチュア業務についての外 来雑音レベルは ITU-R 勧告 P. 372-6 で規定された Quiet Rural での計算結果を用いていた だきたい。このことは、PLC-J 側に対して、アマチュア業務について最大のご理解と認識 をいただきたい点であり、ひいてはアマチュア業務そのものの存在を否定することにもな りかねない、重大な問題であると認識いたしております。

日本アマチュア無線連盟は、非常に多くの日本のDXerに対して、彼らの要望に対応する 義務があり、PLC-J側にもこの事実を深く認識いただき普処方を強く要望します。

7

### PLCモデムの耐干渉性能について

資料 2-3 に対する回答資料 3-8 で、日本アマチュア無線連盟からの PLC モデムの耐干渉 性能に関する質問に対し、現在の PLC モデムの耐干渉性能は、既存のテレビ受信機などの 一般家電品やパソコンと同等のレベルを有しているので問題ないと返答されています。

しかし、一般家電品に対する CISPR や VCCI 等の防護規定は、無線局の送信電波には適 用されません。従って上記の回答のように、家電防護規定に合格しただけでは耐干渉性能 は完全ではありません。アマチュア無線局は受信機と送信機、アンテナで構成されており、 短波帯アマチュアバンドでは最大 1kW の出力が認められております。従って、アンテナ近 傍の放射電界強度は時には数百 V/m に達します。一般家電機器は、アンテナなどの電磁界 の受信系統は持っておらず、入力の周波数帯は短波以外の周波数帯を使用しているので、 通常は短波使用のアマチュア送信波についてはイミュニティの必要は殆どありません。そ れでも、VHF アナログテレビなどは影響を受けることがあります。

しかし、日本の電力配電系統の不備によって、電源線の短波帯の電磁波に対する対地整 合が悪く、しばしば高周波電力が電源線を通して回り込みをします。このような混信に対 しては、通常被害機器の電源入力ポートに短波帯の阻止フィルターを挿入して解決してお ります。PLC 伝送は全短波帯領域を含んでいるため、電源入力端子にフィルターが挿入され た場合、PLC 信号も阻止され伝送不能となると思います。この場合にはあらかじめ PLC モ デム側において有効な対策を講じていただくことが必要不可欠と考えます。これはアマチ ュア無線局の送信機のみならず、あらゆる短波帯の送信機に対して当てはまりますので、 充分ご留意ください。

日本アマチュア無線連盟としては、PLC が故障、通話不能となった時に、電波の停止を求 められるような、主客転倒した議論がなされる事は絶対避けたい。

#### 電離層伝搬の特性と ITU 勧告 P.533-6 による受信電界強度計算値と実際

ITU 勧告 P. 533-6 による電離層反射波による長距離伝播の電界強度計算式は、多数の実測 地から求めた平均値の目安と考えており、おおよその値を得ることが出来ますが、しばし ばこの値にはならないことを経験しています。この良い例がアマチュア無線通信における QRP 通信で、しばしば1W以下の送信電力で地球の反対側と交信に成功しています。

短波帯の電離層伝播は非常に複雑で、①夏型電離層と冬型電離層、②昼間、朝夕、夜間、 ③太陽活動(静穏時と擾乱時、コロナルホールと太陽風速度、磁場密度、太陽フレア、黒 点磁場、磁気嵐、デリンジャ現象など極めて複雑)④0 波とX 波の相互作用、⑤短波電波 の入射角と反射係数、跳躍距離、⑥E 層透過時とF2 層反射時の伝播減衰特性⑦etc,etc…… の諸現象が極めて複雑に入り混じって、単純に電界強度を決定することは出来ません。 短波帯の周波数範囲は広いので、全周波帯を一様に取り扱うことは出来ず、太陽周期によ るが 2~6MHzの反射は主として E 層(高度約 100km)により、6MHz~30MHzの反射は F

### 参-72

2層によります。F2 層の反射高は夏 300~350km, 冬は約 250km であり、従って約 6MHz を 境にしてワンホップの伝送距離が大きく異なり、6MHz 以上のワンホップは 1000~3000km が 卓越します。この際の伝播損失は、透過波の損失が周波数の二乗に反比例するので、昼間 の D 層(高度約 80km)と E 層透過による損失が、周波数が低いほど極端に大きくなり、一方 10MHz 以上の高い周波数では F2 層の反射損失が非常に低くなり、入射角とその時のプラズ マ周波数によっては突き抜けます。O 波の F2 層のプラズマ周波数 foF2、X 波の fxF2 は昼間 高く、夜間は低くなります。

従って資料 2-3 に対する回答資料 3-8 の添付資料 2 で回答された事項は周波数の考慮、 季節・時刻の考慮、太陽状況の考慮などに欠けており、物理的に不十分な内容です。20MHz 以上の周波数帯では、しばしば 3000km 以上で最大電界強度が観測されることがあり、遠く の他国の短波使用者に対し PLC 漏洩波が混信を与える恐れがあります。ここで採用されて いる距離減衰 102dB についてはもっと詳細な説明が必要です。

### 外部雑音の設定に当たっての要望

帯域幅を[9kHz]としているが、短波帯のアマチュア無線では SSB 通信には 2.4kHz、CW 通信には 200~500Hz を使用するので、それぞれの帯域幅における外部雑音の計算結果は、第 4回研究会において日本アマチュア無線連盟からの資料 4-3 において報告しているので、この値で設定していただきたい。

β の値の設定については、アマチュア無線では ITU-R 勧告 P. 372-6 の Rural、Quite Rural 地域を考慮のうえ、設定しなおしていただきたい。

### 

高速電力線搬送通信(PLC)は電力線を通信線として利用する有線通信であり、その漏洩電 磁界強度の許容値として、本来通信等に使用する「免許を要しない無線局」で規定する徽 弱電磁界である 44dB µ V/m を提出されること自体に矛盾があります。

今回の CISPR 22 は、情報技術装置に対する通信ボートの伝導妨害波許容値の設定根拠を 示すもので、PLC の漏洩共存条件を討議する根拠として、44dBµV/mよりは理にかなった提 案であり、本研究会において、初めて根拠の明確な別の案が提出されたことを評価します。

CISPR 22 は元来長波・中波帯 AM 放送サービスの防護のための通信ケーブルから放射され る妨害波の電界強度値を規定し、この値を、通信ケーブルを流れるコモンモード電流値か ら求めるオーソドックスな方式で求めています。今回の高速 PLC は短波帯であるが、漏洩 電界値の決定に応用することは肯定できます。この際に幾つかの提案をしたい。

- ① 短波帯の受信電界強度(Fs)はこれで良いのか。(アマチュア業務においては、放送業務等のような提供電界強度の概念は適用できないので、別の数値・補正等を検討する必要がある。)
- ② 保護比(Pr)55dBは ISDNと中波放送システムから推定しているが、短波帯通信システムと PLC システムの場合については再検討する必要があると考える。(アマチュア業務においては、①項および Quiet rural nois レベル等を考慮した別の数値・補正等の検討が必要。)
- ③ 壁による妨害波の減衰特性として一律 10dB を与えているが、木造家屋で隣家に対し 短波帯の場合に、しばしば 10dB より透過率がはるかに高いことを確認している。木 造家屋の場合、短波帯では周波数にもよるが、平均 3dB~5dB としたい。
- ④ 発生確率に対する許容度の設定は統計データが蓄積されるまで暫定値を 20dB として いるが、この値を短波帯で PLC に対し早く決めて頂きたい。

10

平成17年5月13日

高速電力線搬送通信に関する研究会(第4回) 資料 4-6 に対する意見 林政克(日経ラジオ社)

1 許容し得る PLC からの漏えい電波の検討についての、新たな考え方の提案

新たな考え方の提案(本提案内容の基本部分は過去提出済)

PLC からの漏えい電波をどこまで許容し得るのかは、電波の受信入力い<sup>\*</sup> №の大小とは関係なく、受信環境雑音をいくら増加することを許容するかの議論である。具体的には受 信機が受信可能な電界強度の最低値は、受信機入力雑音に、所要 C/N 値を加えた値とな る。従って受信機入力雑音が PLC による干渉波によって増加した分だけ必要な電界強度 が高まることになる。

短波放送の計画策定に用いる受信機の感度は ITU-R 勧告 BS. 703 で「受信機内蔵 (built-in)の7ンテテによる受信条件(外部7ンテナ用端子を備えている場合も含む)で 40dB μV/m以下」とされており、RRで40dBμV/mが受信電界強度計画策定の基準となっている。 これは、送信の平均変調度 30%(-10.5dB),受信機出力 S/N 26dBの条件、即ち受信機雑音 の等価電界強度換算値が 3.5dBμV/m であるとの条件に基づいている。

資料 2-3 の提案で、PLC からの漏えい電波の許容電界強度について、 PLC 線路からの距 離 10m, 帯域幅 9 kHz において、44 dB $\mu$  V/m としている。これを上記受信機の帯域幅 8kHz に換算すれば 43.5 dB $\mu$  V/m に相当する。 即ち PLC 線路からの距離 10m の点での上記標 準受信機の受信雑音環境が 3.5 dB $\mu$  V/m 以下から約 43.5 dB $\mu$  V/m に増加する(増加量 40dB 以上)。これは、受信電界強度を 40dB 以上増加しないと(すなわち放送送信電力を 40dB 以上増加しないと)PLCが導入される前と同じ条件の受信が出来なくなることを意味する。

しかし、このように、受信環境雑音を増やす要因があるとの理由で送信電力を増やすようなことは、新たに送信機からの雑音を増加させて受信環境雑音増加の悪循環につながることになり許されるものではない。また、当社の放送は周波数及び送信所により 10kW 又は500kW で送信しているが、40dB 増力に相当する 100MW 又は 500MW への増力は、経済的のみならず技術的にも不可能である。

更に、後述の1%劣化基準によれば、PLCからの漏えい電波の許容電界強度は資料 2-3 提案の値から 60dB 以上下げる必要があることになる。(ここでは PLC 送信波形の尖頭比を 考慮していないが、PLC の尖頭比が熱雑音のそれよりも高い場合はそれを考慮する必要が あり、更に大きな増加が必要となる(資料 4-4 提案の 35 dB μ V/m については、帯域幅が不 明のため、ここでは触れず)。

上記 40dB µ V/m の受信電界強度計画策定の基準にも関わらず、短波の伝搬に伴う電界強度の 20dB 以上にも及ぶ変動や深い fading の環境の中でのより良好な受信を行うため、数 mのリードワイアアンテナ(ラジオの付属品としているメーカーもある)を外部アンテナ端子またはホイッブアンテナに接続して受信することがしばしば行われる。このような場合は、内蔵アンテナによる場合に生

じる 40-60dB にも及ぶ72汁回路の損失が大幅に減少して、受信機内部雑音の等価電界強度 は 10dB 以上も引き下げられるので、この点も考慮する必要がある。

以上は外部雑音の存在が少なく受信機の内部雑音が支配的である場合の論議であるが、 人工雑音が少ない地域ではほぼこれに近い値である。

さらに、後述のように、受信機7ンテナは室内 PLC 線路に 10m よりも遥かに近く接近して置 かれることも考えられるので、それによる PLC 電界強度の実質上昇も考慮する必要がある。

以上、提案の PLC からの漏えい電波の許容電界強度では、短波帯全帯域にわたって雑音 い\* Mが大幅に上昇し殆どの受信機が受信不能となり、放送サービスが致命的な影響を受ける ことが明らかである。

資料 3-3「ITU-R での検討状況紹介」でも述べたが、noise floor の上昇による受信機 感度の劣化の許容値に基づいて PLC からの漏えい電波の許容電界強界の制限値を検討す ることが適切であり、ITU-R WP6E で検討されている<u>新勧告草案[Annex12 to Doc. 6E/211]</u> による、放送受信機への保護基準を適用することを提案する。

- <u>新たな提案(新勧告草案[Annex12 to Doc. 6E/211])の基本的な内容 8 項目他)</u> (注:今後の研究により、項目が追加されることは有り得る)
- (1) 基本方針
  - ① 放送受信機への干渉を保護するためには、干渉波による noise floor の上昇によっ て受信機感度が劣化することに着目して、noise floor 上昇の許容限度によって干渉波 電界強度の許容値を定める。
  - ② 30MHz以下での放送受信機の noise floor は受信機外部雑音によって影響され、また、 受信機外部雑音の最小値は人工雑音によって決まる。したがって、ITU-R 勧告 P. 372-8 に示す人工雑音平均相対レベルを電界強度に換算して、上項の干渉波電界強度との比較 対象である noise floor とする。また、ITU-R 勧告 P. 372-8 における人工雑音の環境区 分については、人工雑音は文字通り人工のものであり人間はそれを抑制する技術も十 分持っているので、電磁環境保護の観点から Quiet rural の値を適用する。
  - ③ 干渉波に対する許容電界強度(r.m.s.)は noise floor(Quiet rural)の電界強度より も 20 d B低い値とする (ITU-R 勧告 F. 1094-1 における、一次的基礎以外で周波数共用 する無線通信業務、周波数共用しない無線通信業務からの不要発射及び ISM などの不 要輻射の総和による性能劣化を1%とする考え方(以下「1%劣化基準」という。)によ る。また、PLC が屋内に設置され放送受信が屋内で使用される場合は、外部雑音も放送 受信波と共に 10 dB 以上減衰することも考慮する必要がある)
  - ④ 干渉波電界強度の尖頭値は、noise floor(Quiet rural)の電界強度(r.m.s.)よりも 低い値とする (PLCの OFDM の高い尖頭比率を考慮)
  - ⑤ 近い将来必要となる AM からデジダル方式への移行に際して送信電力を AM との両立の ため数 dB 下げる必要もあり、現在 AM 方式において何とか受信できているような低い

S/Nの受信波は受からなくなることも考慮する必要がある。

- ⑥ AC コンセントに接続された電気機器からの PLC 波の放射も検討対象に含める (PLC 屋内サー ビスの普及を考慮)
- ⑦ ACコンセントに接続された放送受信機がACコンセントを通して受ける干渉も検討対象に含める。
- ⑧ AC ラインからの距離を考えるとき、放送受信機が AC コンセントの取り付けられた壁に接して 置かれる場合が多いことを考慮する。

(上項の他、照明の切/断スイッチ(三路スイッチを含む)の切及び断時の状態での放射電波についても含める必要がある。)

- (2) 要求される干渉波電界強度に対する制限値
  - a) 人工雑音の電界強度表示

ITU-R 勧告 P. 372-8 では、完全接地平面上に設置された垂直無損失短モノポールアンテ ナで受信した場合の人工雑音受信出力を熱雑音との相対値(Fam)で表示してあり、Fam は 次式で表されている。

$$Fam = c - d \log f$$

但し

f : 中心周波数 (MHz)

c 及び d は表1に示されている。

環境区分		с	d	
商工業業地域	(表示 A)	76.8	27.7	
住居地域	(表示 B)	72.5	27.7	
過疎地域	(表示 C)	67.2	27.7	
静過疎地域	(表示 D)	53.6	28.6	
銀河系雑音	(表示 E)	52.0	23.0	

表1 Famを導出するための c 及び d の値

図1は、以上に示された人工雑音の熱雑音相対値を、次に示す帯域幅 8kHz での換算 式(1)式によって、電界強度(En)に換算したものである。



図1 人工雑音の電界強度表示

$$E_n = c - d \log f + 20 \log f - 56.5 \quad dB(\mu V/m)$$
(1)  
= c' + d' log f  $dB(\mu V/m)$ (2)

但し

$$c' = c - 56.5$$
$$d' = 20 - d$$

c'及び d'. の値は表2に示される。

環	境区分	c'	ď		
商工業業地域	(表示 A)	20.3	- 7.7		
住居地城	(表示 B)	16	- 7.7		
過疎地域	(表示 C)	10.7	- 7.7		
静過疎地域	(表示 D)	- 2.9	- 8.6		
銀河系雑音	(表示 E)	- 4.5	- 3.0		

表2 図1に関連した c' 及び d'の値

b) 干渉波電界強度に対して要求される制限値



図2 要求される干渉波電界強度に対する制限値 (b:8kHz)

F: 干渉波の平均値に対する制限値(図1のDの値から20dB低い値)
 G: 干渉波の尖頭値に対する制限値(図1のDと同じ値)

c'及び d'. の値は表3に示される。

表3 図2に関連したc' 及び d'の値

区分	с'	ď
平均值 (表示 F)	- 22.9	- 8.6
尖頭値 (表示 G)	- 2.9	- 8.6
2 共存条件として、許容し得る PLC からの漏えい電波検討にあたっての問題点

PLC-Jは、資料 2-3 【1利用形態】にて、屋内配線を用いたホーム/構内ネットワークを周波数 拡大の対象とし、①戸建住宅 ②集合住宅、学校・オフィス・工場・病院などの構内 NW を 目的としている。

1. 共存条件検討には、PLC使用の建築物内の放送受信を保護するための配慮を

放送普及基本計画では、短波放送は全国各地域においてあまねく受信できることと されている。

PLC使用建築物内で障害発生を自己責任として容認する場合、PLC普及によりサービス リア内で放送受信が妨げられることにより、聴取者は放送受信を諦めざるを得なくなる ため、従来当然に行われてきたラジオの室内受信に致命的な影響を及ぼす。

テレビやコンビュータから副次的に発射される電波による受信障害を防ぐために必要な離 隔距離は、実用上支障のない範囲(テレビ受像機:2m程度、ノートベソコン:1m以下)に留ま っており、現実にも短波放送受信と両立しながら生放送番組での呼びかけに応じペソコン での番組参加がなされているところ。第3回研究会で「PLCに家電の許容値を適用する のは厳しいのではないか」との指摘があったところであるが、それならなおさら、短 波放送用周波数における自家障害を保護検討対象にする必要がある。

2. CISPR の考え方「自分の家の問題は自己解決」は不適当

CISPR がこの考え方を適用し始めた当時の高周波応用機器は、妨害波は一波程度の帯 域幅もごくわずかなものに対する考え方であり、全く異なる今回検討の広帯域を使用 するシステムは 1999 年から正式課題として議論を開始した比較的最近の技術である(資料 2-2 より)。広帯域を使用するシステムは、今後も増加の傾向にあると考えられる、考え直 す時期にきているのではないか。

PLC-Jは、共存のための条件として「既存の無線局に対し現状の運用を変えずに実施 できること」としている。研究会説明で PLC-J は「宅内での運用で無線局に対する影響は無い」と明言しているが、その一方で現実的な運用として、「①PLC を使う場合は、 ラジオは聴かない。②ラジオを聴く場合は、PLC の電源を切る」というかたちで CISPR の考 え方を提案している。

CISPRは「自分の家の中のことは、自己責任として捉えるべき、しかし、他人の家に は迷惑を掛けない(自分の家の問題は自己解決すべき)」と言う考え方だという。

PLC機器は従来の電気製品単体の場合と異なり、機器と電力線を含むシンテムである。PLC 使用中の建築物全体の電力線及びそれに接続された電気製品から漏洩電波が発生する。 PLC は家屋全体に配線された通信用に設計されていない電力線を使用(流用)するため、 必然的に漏洩電界が放射される、妨害を抑圧する余地が無い。鉄筋造りの建築物でも 別室との壁が鉄筋コンクリート製とは限らない。戸建住宅内で PLC 使用者と短波放送受信者 が異なるか-スは十二分に有る。室内での受信は放送特有のものである。聴取者層は高齢 者の方が極めて多く、長時間聴取の傾向にある(参考資料参照)。仮に既存の聴取者が この CISPR の考え方を正しく理解したとしても、家電製品に PLC が内蔵された場合、 混信を回避することは難しい。聴取者の裁量で排除できないような妨害の発生は避け る必要がある。短波放送は複数の周波数で送信されているものの、それは伝搬特性上 放送対象地域をか<sup>\*</sup>-するために必要最小限の周波数を用いているに過ぎず、個々の聴 取者としては通常そのうちの一波を受信しているにすぎない。

3. 大規模建築物での PLC 利用についての疑問

PLC-Jが想定している、大規模建築物でのPLC利用をどう判断するのか、公共の場で、 人々が出入りする建築物をどう判断するのか明確にして頂きたい。病院、ホテルなどは特 に問題がある。PLC-Jの検討資料によっても電力線は信号の減衰が大きく、大規模建築 物での利用の際どの程度の電気信号を注入するかについても不明確。

4. 考慮すべき短波放送用周波数

放送用周波数使用計画においては、国内放送用の周波数として 3/6/9MHz 帯各 2 波が 規定されている。

また、周波数割当計画においては、さらに国際放送及び中継国際放送に使用する周 波数を含め、3900kHz から 26100kHz までの 11 の周波数帯が放送業務に国内分配されて いる。

さらに国際的な周波数分配を見ると、第3地域における放送業務への分配はほぼ国 内分配と同じであるが、一部異なる部分もある(例:3950-4000KHz は国際的には固定 及び放送業務に分配されているが、我が国は固定業務のみ)。

近い将来まで視野に入れると、国内放送用の周波数はデジタル方式導入に伴い変更される可能性がある。また、国際的な放送用周波数の分配見直しがWRC-07の議題に含まれており、国際分配も変更される可能性がある。また、短波放送へのデジタル方式の導入は、短波放送のサービスエリアでFM並みのクオリティーの音質や移動体での受信のほか、新しいサービスが期待でき、放送波として新たな媒体価値のメディアとなる可能性がある。

これらの状況を踏まえ、国民の財産である短波放送の周波教資源有効利用の観点から短波放送用周波数帯は PLC との共存検討の対象として、現在の国内放送のみならず、 外国からの国際放送も対象とするよう、また、近い将来を視野に入れて検討頂くこと を強く要望する。

なお、昭和 58 年度電波技術審議会答申における微弱無線局の技術基準の検討にあた っては、3900kHz から 26100kHz までを「短波放送パンド」として検討されているところ。

- 5. 電力線及び電気製品に存在するマクロな不平衡の考慮
  - (1) 不平衡回路又は機器の影響
    - ・これまでの議論の大勢は、家庭内の電力系統を概ね平衡とみなし、そこから漏洩 する電波を考慮し、10mの所の電界をどう規定するとの論理となっている。しか し、家庭内の電力系統は通信線路と異なり平衡を意図して設計されておらず、ま た、不平衡回路又は波長に対し大きさが無視できない不平衡機器が多く存在する。 漏洩電波の強度としては不平衡回路又は機器が72分として動作することに起因す るものが支配的で、平行2線電線路からの漏洩はそれに比べ無視できる可能性が ある。
  - (2) 不平衡回路又は機器の例
  - ① これまでの研究会において指摘されているもの
    - · ネオンサインやイルミネーション(資料 3-8、項番 9 (日経ラジオ社))
    - ・ 電灯用壁スイッチ (資料 4-3 (JARL)、資料 4-4 別紙1(上電通大教授))
  - ② その他
    - · クリスマスツリー用電球群

BBC R&D White Paper WHP099

(<u>http://www.bbc.co.uk/rd/pubs/whp/whp099.shtml</u>)において、クリスマスタリー用電球 群と PLC モデムが並列接続されているテーブルタッブの元ブラグを取り外しても、約 2m 離れた PLC モデムとの間で無線通信できるほどの電波が漏洩していることが示さ れており、同電球群がアンテナとして動作していることが推察される(上記 URL の 左下の Slide 24 のところからリンクされている映像参照)。

三路スイッチ回路(階段の電灯を1階と2階の両方から入/切できるスイッチ)



図3 三路スイッチ回路

8

基本的には電灯用壁スイッチと同様とみられるが、高さ方向の配線長が長くなる、 1階スイッチと2階スイッチとの間が3線で、平行2線電線だけでは配線できないという 特徴がある。

#### · 直管蛍光灯

管の長さのフォールデッドダイボールTンテナとして動作することが考えられる。

・電気か、か、電気毛布の類

ルーブアンテナとして動作することが考えられる。

- (3) 検討の進め方(例)
- (2)に挙げたような不平衡回路又は機器について、その72対としての放射特性を 測定する。
- ② 平行2線電線路についても、3次元的な放射特性のデータは不十分と思われるので、データを取得する。
- ③ ①②のデータを比較し、短波ラジオとの現実的な離隔距離も考慮して、漏洩電波源としてどれが支配的か判断する。支配的でないものの検討は後回し。

《現実的な離隔距離の例(要議論)》

回路又は機器	現実的な離隔距離	
平行2線電線路(窓際ラジオ使用を考慮)	水平 0.5m	
ネオンサイン・イルミネーション	水平 3m (屋外→屋内)	
電灯用壁スイッチ	水平 2m	
三路x19升回路	水平 2m	
直管蛍光灯(2~3本並列を考慮)	垂直下向き 1.5m	
電気加小、ット	垂直上向き 50cm	
電気毛布(2枚同時使用を考慮)	水平 50cm	

6. 短波テジオに直接流入する高周波電流の考慮

資料 3-7 で指摘した、短波ラジオが商用電源で動作する場合、直接流入する高周波電 流による影響の評価も別途必要である。

(例:電源流入妨害に関しては、短波ラジオは電源線もカウンターボイズとして利用されるこ とから受信周波数における電源妨害には非常に弱く、妨害のために全く AC 電源動 作ができなくなる。また、アンテナ端子にリードワイアなどのアンテナを付加すると、さらに影 響を受ける)

- 3 資料 2-3 提案の問題点及び資料 4-4 提案の問題点
- 資料 2-3 提案の問題点
  - ① 共存条件  $E_{PLC}$  < En + A + B

外部雑音と同レベルとなるまで E<sub>PLC</sub>を認めると、受信機に入力される雑音は2倍とな り受信機の感度は1/2 に劣化する。到底共存できない。既存の全ての電気製品それぞ れから発生している雑音レベルの総和が現状の人工雑音レベルとなっているが、機器で発 生する雑音レベルが、それと同じレベルまでとなることは雑音発生量からみて妥当性に欠 ける。放送受信者が許容する実用電界強度の劣化量(∠Eu)にもよるが、雑音の増加 量を最小限とするため、外部雑音より十分低いレベルまでは E<sub>PLC</sub>を抑える必要がある。 《他で行われた類似の検討の例》

- ITU-R WP6E(2005年3~4月)で検討された新勧告草案[Annex 12 to Doc. 6E/211]
   ∠Eu=0.05dB とし、外部雑音より 20dB 低いいへ\*ルを許容値とする。(ITU-R 勧告
   F.1094-1の1%劣化基準を取り入れた。)
- ② 外部雜音レベルEn
  - ・ 30 MHz 以下での放送受信機の noise floor は受信機外部雑音によって影響され、 また、受信機外部雑音の最小値は人工雑音によって決まる。したがって、ITU-R 勧告 P. 372-8 に示す人工雑音平均相対い、ルを電界強度に換算して、上項の干渉波電界 強度と比較する noise floor とする。この場合、ITU-R 勧告 P. 372-8 における人工 雑音の環境区分については、人工雑音は文字通り人工のものであり人間はそれを抑 制する技術も十分に持っているので、電磁環境保護の観点から適切である Category D (Quiet rural)とする。
  - ITU-R 勧告 P. 372-8 の値を EIPR 比で補正することは不適切。
  - PLCは、もともと雑音の少ない短波帯をその使用の目的としており、その目的とする短波帯での検討がなされていないのは不適当。
  - ・中波放送区域区分を適用して高雑音地域、中雑音地域、低雑音地域に区分することは妥当ではない。中波放送は、高雑音地域である都市近傍に置局することにより、高雑音地域で強電界、低雑音地域で弱電界の放送を実現しているが、短波放送はその伝搬特性により日本全国又はいくつかの国々をひとつの放送対象として置局されており、雑音に応じた電界の放送を実現できない。
    - 《参考》

放送局の開設の根本的基準は、放送局の免許の審査のために制定されているもの である。地上波の中波放送、超短波放送、テレビジョン放送については、放送区域が放 送対象地域に比べ妥当かの審査のため放送区域の電界強度が定義されているが、短 波放送や衛星放送は放送普及基本計画上、「全国各地においてあまねく受信できるこ と」と位置付けられていることから、放送区域の電界強度の基準は規定されていな い。だからといって、干渉保護の検討に、特性が異なる他の放送の電界強度の規定 を用いるのは不適切である。

③ 距離減衰特性 A

放送受信機が AC コンセントの取り付けられた壁に接して置かれる場合が多いので、距離としては 50cm 位まで考える必要がある。10m以下の近傍について外挿により考え てよいか疑問である。

④ 実用上の漏えい電界低減効果

どこまで実用上見込めるか検討する必要がある。資料 4-2 で指摘した通り、利用 の手続きを総務大臣による型式指定とした場合、使用される環境を限定することは 困難なことから、一般には低減効果は期待できない。鉄筋マンジョンでも隣接住居との壁 が必ず鉄筋になっているとは期待できない。確定的に認められる低減効果以外は実 用上その効果を見込むのは不適当である。

また、仮に効果を見込むとしても、72行指向性、建物近傍での外部維音増加、周 波数分布、位置分布等、ほとんどの項目において非現実的な仮定に基づく低減量を 見込んでいるとみられるものが多く、個々に精査が必要である。

⑤ 離隔距離L(戸建住宅10m以上、集合住宅3m以上)

21. で述べた PLC 使用建築物内の障害を保護する観点から、現実的な離隔距離 としてもっと短い距離を採用すべきである。

⑥ 漏えい電界強度の許容値

実際には放送受信機が AC コンセントの取り付けられた壁に接して置かれる場合が多い ので、距離としては 50cm 位まで考える必要がある。干渉波に対する許容電界強度 (r.m.s.)は、noise floor (Category D)の電界強度よりも 20 dB 低い値とする (ITU-R 勧告 F. 1094-1 の 1 %劣化基準、及び 6E/TEMP/47 (資料 3-3 と同内容)による。また、 PLC が屋内に設置され放送受信機が屋内で使用される場合は、しばしば、外部雑音 も放送受信波と共に 10dB 以上減衰することも考慮する必要がある)。干渉波電界強 度の尖頭値は、上記 noise floor (Category D)の電界強度(r.m.s.)よりも低い値と する (PLC の 0FDM の高い尖頭比率を考慮)

⑦ 構内初トリーク

構内ネットワークとする、学校・オフィス・工場・病院などとする対象建築物のデータが示さ れていない。PLC 信号の側から見ても減衰量が多い電力線を利用して、建築物の隅々 まで通信を行うため必要な電力の値などが示されていない、その時の妨害波はどう なるのかのデータも示されていない。

11

3 2

- 2. 資料 4-4 提案の問題点
  - ① AM 放送を妨害波から保護するために必要な保護比 (Pr)
    - 保護比の概念は希望受信入力が定まっている場合に成り立つ論議である。ITU-R 新勧告草案[Annex12 to Doc. 6E/211]は、干渉波による noise floor の上昇によっ て受信機感度が劣化することに着目して、noise floor 上昇の許容限度によって干 渉波電界強度の許容値を定めており、希望受信入力にかかわらず許容値を定めるこ とができるので合理的である。
  - ② 建物による AM 放送波の減衰特性(B)

12. ②及び 31. ②で述べたように、短波放送においては放送対象地が日本 全国又はそれより広く、雑音に応じた電界の放送を実現できないこと、我が国の実 態として雪害対策のため田園地域でも鉄筋コンクリート造の家屋が多く存在することを考 慮すると、都会/市街地/田園地方による区分は無意味と考える。

③ 壁による妨害波の減衰特性(W)

21. で述べた PLC 使用建築物内の障害を保護する観点から、この減衰は考慮す べきでない。

④ 採用されるべき保護距離

21 ・で述べた PLC 使用建築物内の障害を保護する観点から、現実的な離隔距離 としてもっと短い距離を採用すべきである。

⑤ 発生確率に対する許容度 (P)

CISPR 検討当時従量制課金が主流だった ISDN と常時接続が当然の LAN を同等に考 えることは不適当。

⑥ 通信回線と電力線との相違

資料 4-4 での検討全体にわたり、線路・端末とも平衡が確保されている通信回線 に近似させ、しかも負荷があまり変動しないことが前提としているが、電力線を用 いる PLC の場合は、コモンモードについて慎重な検討が必要。

⑦ 許容値の提案に帯域幅の設定が明示されていない

今後の検討にあたっては、帯域幅を明確に設定することが必要。

以上

国内短波放送の聴取実態について

変動する受信電界強度に対する放送受信の実態

短波放送は、様々な要因により通常変動幅 20~30dB、ないし数 10dB の広範囲にわ たり常に受信電界強度が変動している。変動周期は数秒程度。中波や FM 放送波のよ うに概ね一定の電界強度は得られない。短波放送の計画策定に用いる受信機の感度は ITU-R 勧告 BS. 703 で 40dB μ V/m とされており、この値が受信電界強度の基準となって いる。現実には変動する受信電界強度のうち、受信雑音によって定まる最低受信電界 強度以上の部分が、放送受信音として再生されている。

② 短波付テジオの国内販売実績について

平成16年度までの過去5年間で42万台との調査があるが、この調査の対象パートは 1社のみであり、現実には輸入品を含め複数のパートの商品が市場に流通していること を考慮すると、実数はこの数倍程度である可能性もあると見込まれる。

- ③ 短波疗ジォ推定普及台数 約881万台
  - 株式市況中継 聴取人数 約135万人
  - 中央競馬中継 聴取人数 約105万人
  - (平成13年12月ビデオリサーチ首都圏ラジオ調査、平成12年国勢調査より類推)
- ④ リスナー年代層(平成17年4月アンケート調査)
  - 50才代 15%
  - 60才代 40%
  - 70才代 31%
  - 80才代 5%
- ⑤ 聴取時間 tが メント化されている。朝から夕方まで一日中の「長時間聴取型」

13

#### 平成17年4月14日付け

# 「高速電力線搬送通信と無線利用の共存条件の考え方について」 に対する回答

高速電力線搬送通信に関する研究会座長 杉浦行殿

日本学術会議天文学研連 電波天文周波数小委員会 委員長 近田義広

私たちには、資料2-3、4-4ともに、ITU-R の勧告にある電波天文業務の保護基準を 満たすための方策の記述がないと思われます。従って、どちらの考え方も資料で見る限り は、支持することはできません。

福沢 恵司 (ソニー)

## 1. 共存条件(提案)

放射妨害波の電界強度許容値として、既に実用に供している資料4・4 「通信ポート妨害波許容値 (CISPR22)の設定根拠と共存条件に関する提案」を採用するものとし、電力線通信機器の通信ポート ト(電源ポート)の電圧/電流許容値は、他のTV受信機や情報技術装置等に対する規制値との整合 性や検証実験・理論計算結果とも照合して別途定めるものとする。(理由は下記以降参照)

#### 2. 許容値設定に対する考え方

現状で運用されている電力線を利用する他の多くの機器(基本的には駆動のための電力供給が主目 的)の伝導妨害規制許容値との共存・整合性がとれること、また漏洩放射電界についても同様に考え るのが公正と思われる。ただし、新しい技術発展の妨げになる様な過剰な許容値とならない様に、適 正な条件で充分な裏付けとなる種々の検証実験や理論計算等を行うものとする。

#### 3. 通信ケーブル (DSL) と電力線 (宅内配線) の伝送システムの考え方

(1) DSL 通信ケーブルは、モデムから終端システムの間で曲り等の不連続部も存在するため不平 衡成分(コモンモード)も発生するが、端子電圧・電流(インピーダンス)を定義できる伝送線路で あると考えるのが妥当である。



(2)宅内の電力線網は、各種の電灯スイッチ部分など不平衡構造を多々含むため、伝送線路と考えるより、全体として動作周波数帯域において波長程度の線長を持つ、オープンのコンセントや負荷インピーダンスを特定できない電気機器が接続される「多端子アンテナ」と考えるのが妥当であると思われる。従って端子のコモンモードインピーダンスを定義して規定するのには疑問であり、各種の検証実験や理論計算等でその確認が必要と思われる。



#### 4. 今までの提案許容値に対するコメント

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」にて示されている「距離減衰」「低減 効果」の考え方・設定に関しては、具体的なパラメータ設定や詳細な実測値等の提示がなされておら ず、脱得性に欠けている。個々に関して実情を加味した条件を設定しての実測・計算を必要とする。 また、資料4-4「通信ポート妨害波許容値(CISPR22)の設定根拠と共存条件に関する提案」で のビオサバールの法則による直線導体を流れる電流から磁界強度を求め電界強度に換算する方法は、 特に3.で述べた電力線網の特性を考えるとかなりの飛躍であり、ある一定の伝送線路と見なせない 場合は妨害波電流値を定義する事すら難しい。これに関しても「多端子アンテナ」構成を幾つか定義 して実測と理論計算を行って、漏洩電界許容値に対応する電流値を決定するプロセスが必要であると 考える。

5. 具体的な検証実験・理論計算の必要性

今まで「漏洩電磁界の低減」を目的とした実験が公的に認可(公表)されているが、具体的な短波 放送受信機やアマチュア無線等と PLC モデムとの、実際の家庭環境における電気機器を配しての電 力線通信を介した与・被干渉実験結果は示されておらず、先ずはこれらの実験を行う事が必要ではな いか? 弊社は、短波放送受信機製造事業者として実験用受信機の提供・参加する事にに吝かでない。 また、実験のみでは充分検討しきれない部分に関しては理論計算で補うものとする。

6. まとめ

高速電力線通信と各種の無線通信の共存と同時に、家庭内で使用する他の電気機器との共存・整合が必要である。それらも考慮して過不足がない許容値設定が望ましい。

高速電力線搬送通信と無線利用の共存条件の考え方について

無線種類は、短波受信に限定してお答えいたします。

1. 共存条件の前提として

(1)漏洩電界強度の許容値を定める際の基準距離

これは、自家における無線利用への妨害を考慮するか、しないかに係わる。 自家における短波受信に関しても、情報機器、家電機器等からの雑音の発生に よる妨害波は実用上問題とならない範囲というのが一般的と考えられる。この ため、漏洩電界強度の許容値を定める際の基準となる距離は家屋内の短波受信 を考慮した距離とすることが考えられる。

仮に、自家の短波受信への妨害を考慮しないとした場合、短波放送の受信に 関しては、受信者が自家の PLC による妨害と自ら認識できるような措置がとら れることが必要である。また、PLC 利用者自らが妨害を感知した場合に、その PLC から短波受信への妨害を避けることが可能となることが望ましい。たとえば、 PLC の使用帯域を手動もしくは自動にて、変更可能なことなどが考えられる。当 然、周辺の短波受信者が妨害を感知したときも同様の措置を行えることが必要 である。

2. 資料 2-3 と資料 4-4 について

資料 4-4 は、対象となる放送波に対する保護比を妨害波許容値の根拠として おり、資料 2-3 は、人口雑音をその根拠としているところが異なる。

(1) 資料 4-4 について

実際の受信電界強度や受信機特性を考慮した放送に対する保護比が求めら れれば、許容値の根拠が得られるものと考えられる。ただし、資料中に挙げ られている補正値のひとつである発生確率など、経験に基づく補正値につい ては、それを短期間に合理的に作成し得るか、議論が残りそうである。

(2) 資料 2-3 について

人口雑音を妨害波許容値の根拠とする場合、妨害波電力を人口雑音よりどの 程度下げるかが議論にはなるものの、妨害を与える対象を選ばないという点で 利点があると思われる。

資料 2-3 は、妨害を与える無線システム個々に、人口雑音から得られる許容 値を提案している。この場合、人口雑音から無線システムに対する保護比を求 めていることに違和感がある。また、補正値として用いている EIPR 比のなど、 さらに議論が必要と考えられる。

以上

# 高速電力線搬送通信と無線利用の共存条件について

# 鈴木 博

# 東京工業大学大学院 理工学研究科

## 2005年5月13日

# 1 基本的な考え方

便宜的に PLC-J 案 (資料 2-3) と CISPR 案 (資料 4-4) とよぶことにする.

• PLC-J 案は雑音環境に依存した外部雑音 E<sub>n</sub>をベースにし、CISPR 案は保護すべき AM 放送の 屋内 電 界強度 (60 dBµV/m: AM 放送の電界強度 F, から建物減衰特性 B を引いたものとしてここでは定義) と保護比 P, (55 dB) をベースにしている. さらに、両者とも距離。遮蔽等の諸要因を考慮している. 「共存条件」を探るのが本来の目的であるから、CISPR 案のように保護すべき信号の電界強度とその 保護比をベースにすべきである。外部雑音をベースにする論理を正当化すると、将来、外部雑音増大 の連鎖を引き起こす可能性がある。

表1 PLC-J 案と CISPR 案

案	ベース	妨害波電界強度許容值
PLC-J 案	雑音環境に依存した外部雑音レベル	44 dBµ.V/m
CISPR 案	AM 放送の屋内電界強度 - 保護比	35 dBµV/m

- 無線通信に対する妨害波電界強度許容値の導出において外部雑音は当然考慮されるべき要因と考えられる、しかしながら、外部雑音レベルは CISPR 案では明示的に考慮されていない、CISPR 案における AM 放送の屋内電界強度から保護比を差し引いた妨害レベルは 5 dBµV/m (QP) であり、AV に換算すると -5 dBµV/m である、一方、PLC-J 案における外部雑音レベルは 9.9~16.5 dBµV/m (r.m.s.) であり、両者には 15~20 dB という大きな隔たりがある、AM 放送の屋内電界強度から保護比を差し引いた妨害レベルは、実質的に外部雑音レベルの数分の 1 より小さくする必要はないと考えられるので、CISPR 案の保護比は必要以上に大きい可能性がある。
- PLC-J家では外部雑音レベルを議論の出発点にしているが、外部雑音を増やさないという観点からは、 外部雑音レベルの数分の1程度を出発点にすべきである、PLC 回線設計におけるマージンが不明なの で、どの程度下げられるのか不明である。
- 2つの案の妨害波電界強度許容値における差は44-35=9dBμV/mなので、CISPR案に示されている ISDN の計算例にそのまま従えば、PLC-J案の妨害波電流許容値はクラス B 機器の通信ボートの伝道妨害波許容値を9dBμA 超えることになる。しかしながら、PLC 環境において ISDN のパラメータを使って導出された伝道妨害波許容値が有効であるか不明である。
- 両案のベースとなる考え方が大きく異なっていること、また、許容値の導出過程で考慮されている要因とそのパラメータ値が異なっていることから、どちらの案をとるべきか現時点では判断できない、 両案を、一対一対応が可能なように更に詳細化して共通項目と非共通項目を明らかにし、共通項目に 対しては妥当と考えられる同一の数値を与えて比較して欲しい、非共通項目の概念の正当性とその数 値の妥当性が議論され明確になれば、どちらが適切か判断できると考えられる。
- CISPR 案では AM 放送への影響から許容値が決められている。また、PLC-J 案では、短波放送、アマ チュア無線、海上通信(漁業)、航空通信への影響から実質的に許容値が決められている。そこで、短 波放送(AM 放送)を具体例にして上記の一対一対応を詳細に検討し、両案の差異を明確にして欲しい。

# 2 PLC-J 案 (資料 2-3) における要検討項目

- 大変詳細に検討されていると思います、以下に要検討項目を列挙します。
- 具体的な利用形態と家屋の構造を想定したモデル化
- ・電力線における負荷使用状況、配線状況等が及ぼす影響のモデル化
- 外部鍵音に関するモデル化
- •日本における外部雑音 En に関する測定(地域・場所・時間依存性)
- 地域・場所・時間依存性がある外部雑音そのものを出発点として許容量を導出する論理の妥当性
- 低減効果 B における効果の内訳の妥当性
- 想定する標準的な伝送品質とそれを達成するための標準回線モデル
- 許容値を9dBµV/m下げたときに PLC 伝送特性に及ぼす影響とその理由
- 許容値を4dBµV/m下げたときにPLC伝送特性に及ぼす影響とその理由
- CISPR 案の保護比 F, を明示的に考慮する方法の可能性
- CISPR 案の発生確率に対する許容度 P を明示的に考慮する方法の可能性

# 3 CISPR 案 (資料 4-4) における要検討項目

- ISDN で用いられた保護比をそのまま PLC の保護比に用いることの妥当性
- PLCの保護比を ISDN における保護比より 5 dB 低減できる可能性
- ISDN と PLC のスペクトルあるいは波形の相関性の違いを考慮した影響の比較
- 保護されるべき短波放送の電界強度 F, の明確化
- 発生確率に対する許容度 P の概念の明確化. 20 dB という値は無視できない要因であるがこの概念の 意味が不明である。時間率と場所率のようになものか?
- 妨害波 重界強度 許容値から妨害波 重流 許容値を求める際に、ISDN で用いられた方法とパラメータ を PLC に用いることの妥当性
- 計算値の妥当性を確認するため、計算機シミュレーションおよび実験との整合性を確認
- PLC-J 案の外部雖音 En を明示的に考慮する方法の可能性

# 4 両案に共通な要検討項目

- 既に述べた事柄を考慮して、PLC-J 案と CISPR 案とをマージする可能性
- 同じ数値を使ったときの両案の許容値の差分とその理由の明確化
- 多数のモデムの累積的な影響に関する推定 (PLC-J 案) の実証実験
- 特別に保護すべきバンドにおける PLC 信号スペクトルの必要な低減量とその周波数プロファイルの 明確化 (CISPR 案では本来不要かもしれない)
- 知波放送受信機によるフィールド実験
- 様々な状況に対応できる一般化された PLC モデルと、信頼できるシミュレーション手法の確立
- ディファレンシャル・モードからコモン・モードに変換されるメカニズムの解明と実態の定量化
- 周囲に建物がある場合の電磁界放射に関するモデル化
- 規模の大きな実験を行うためのモデル地区を念頭においた実験計画
- PLC の妨害状況を簡易に測定できる装置の開発
- PLC の妨害状況を正確に測定できる装置の開発
- 暫定的な実験用のものになるかもしれないが、PLCの妨害状況をネットワークからリアルタイムに制 御できる仕組みの開発
- 許容値の設定にどの程度必要か不明であるが、信号伝送の性能解析という観点から、モータ等の負荷 による線路特性への時変的な影響の解析と実験

2005年5月

航空局

対空短波通信とPLCの共存条件に関するコメント

概要

高速電力線搬送波通信に関する研究会(第4回)にて座長提案により求められたPLC との共存条件についてコメントをまとめる。

座長提案の概要

平成17年4月24日に開催された上記第4回研究会において、杉浦座長から各構成員 に対して以下の内容の提案がペーパーで配付された。

- (1)共存条件として、許容し得るPLCからの漏えい電波の検討を行うに当たって、 その考え方として、松崎構成員が提案した資料2-3又は雨宮構成員が提案した資料4-4のうちどちらが適切と考えるのか理由を含めて提出願いたい。
- (2)資料2-3を採用した場合、若しくは資料4-4を採用した場合に、今後議論が 必要な事項について具体的に指摘願いたい。
- (3) 測定方法、累積効果等については別途検討を行うが、コメントがあれば提出願いたい。

座長提案への回答案

(1) 漏洩電波の検討方法

資料2-3へのコメント

<基本的な考え方>

5ページにある共存条件の式のままでは、現状と同じ電力のPLC干渉が現状の干渉に重畳することを許容することになり、管制官に干渉の変化を検知される可能性が高い。現状との変化を検知できないことを目指すべきであり、このための減衰量の追加を必要とする。

< 干渉限界の定め方>

 対空無線通信については、理論計算値を示すのみで受信サイトにおける実測値が見られない。干渉限界を正確に知るためには、現状の雑音レベルを正しく知ることが 重要であるため、対空無線通信所における実際の雑音レベルを測定し確認すること が必要になる。

- ・一般に、SNが良好な信号の場合には、音響機器のボリューム操作実験からもわかるように、現状の干渉雑音レベルに対して1dBを超えない差は検知困難である場合が多い。既存干渉波に対して約18dB下の電界を持つ干渉波が重畳したとき、1dBの干渉雑音レベル変化をもたらす。このため、受信周波数帯域内における任意の周波数において、既存干渉波電界レベルの約18dB下にある干渉波の検知は困難であると予想される。しかしながら、これはSN比が比較的良好な場合に確認されていることであり、短波通信のようにSN比が非常に低い状況でもこの基準を使用できるかどうかを確認する必要がある。
- 航空無線通信における干渉限界を正確に知るためには、管制官が雑音の増加を感知し得る干渉レベルを測定する必要がある。
- ・ 短波データリンクについては、機器の仕様から干渉を受けたときのデータ誤り率を 求めて運用要件を満たすことを確認する必要があるが、1 d B以内の差であれば多 くの場合は運用マージンの範囲内であると考えられる。

<干涉防止基準>

- ・ 干渉限界を満たすための手段として、PLC信号電流と受信機における電界の関係 を仮定し、PLC信号電流の限界を求めている。さらに、電力線伝送路端子インピ ーダンスを仮定して端子電圧の限界を求めようとしている。
- PLC機器と通信所アンテナ等との分離距離など、現状を確認する必要がある。
- PLC信号による放射電界やその伝搬の性質を確認し、PLC運用密度と干渉波の 重畳を考慮した上で、通信所アンテナにおける干渉限界を満たすよう干渉防止基準 を定める必要がある。

資料4-4へのコメント

<基本的な考え方>

< 干渉限界の定め方>

- 干渉限界を正確に知るためには、干渉を受ける機器の運用要件や仕様が明確である 必要がある。
- 干渉限界の根拠の一部である保護比の定め方の技術的根拠は、この資料においては 不明確なものもあり想定を含む。特に、受信信号電界Fsは、航空機搭載送信機や アンテナの性能の限界もあり、一般的な放送より遙かに弱い場合が多いため、この 資料の値をそのまま航空無線通信に適用することはできない。
- 航空無線通信における干渉限界を正確に知るためには、管制官を含む通信システム 性能が干渉雑音の増加により要求性能を下回る干渉レベルを測定する必要がある。

短波データリンクについては、機器の仕様から干渉を受けたときのデータ誤り率を 求めて運用要件を満たすことを確認する必要がある。

<干涉防止基準>

- ・ 干渉限界を満たすための手段として、PLC信号電流と受信機における電界の関係 を仮定し、PLC信号電流の限界を求めている。さらに、電力線伝送路端子インピ ーダンスを仮定して端子電圧の限界を求めようとしている。
- 伝送特性や漏洩放射特性がよく調整されている通信用電送線路への暫定的手法としては適切である。しかし、線路特性が不安定なPLCについては、漏洩放射特性が 十分知られておらず、今後の検討課題である。
- PLC信号による放射電界やその伝搬の性質を確認し、PLC運用密度と干渉波の 重畳を考慮した上で、通信所アンテナにおける干渉限界を満たすよう干渉防止基準 を定める必要がある。

適切と判断する考え方

<基本的な考え方>

 どちらの方法も、判断に使用するデータが正しければ採用できる。航空無線通信に 関しては、下記のように現状との比較法に基づく手法(資料2-3)の方が、今後 の作業が比較的容易であると考えられる。

<干渉限界の定め方>

- 航空無線通信に関する干渉限界の定め方に関しては、現状との比較法に基づく手法 (資料2-3)で受信サイトの干渉波電界を測定し、干渉増加の検知限界を評価試 験または調査するのみであり、今後の作業が比較的容易である。
- 運用要件等から干渉限界を定める(資料4-4)ためには、管制官の聴感検査を必要とするため、必要な仕様を得るために膨大な作業を要する。

<干涉防止基準>

 ・ 干渉防止基準算出に必要な放射電界の推定手法に関しては両者とも同様の課題を残しており、予測計算や測定結果の現実との一致状況を確認する作業を残す点では両者に著しい差異はない。

(2) 各資料における今後の論点

資料2-3に残る論点

<干渉限界の定め方>

- 対空無線通信所受信局における干渉電界レベルを測定し、現状を確認する必要がある。
- 管制官が検知できる干渉レベル差を、実際に近い低SN比の運用状況で確認する必要がある。
- 5ページの共存条件では、既存の干渉と同エネルギーの干渉を追加することになり、
   管制官に雑音レベルの変化を検知される可能性がある。
   簡単な実験からもわかるように、このままでは許容できない可能性が高い。
   管制官が検知できる干渉レベル差から、
   重畳が許容される干渉レベルを求めるべきである。

<干涉防止基準>

- 電波放射パターンは周波数特性を持ち、放射される電波のエネルギーは周波数に応じた特定の方向に集中する傾向が予想される。PLC信号による放射電界やその伝搬の性質を確認し、PLC運用密度と干渉波の重畳を考慮した上で、通信所アンテナにおける干渉限界を満たすよう干渉防止基準を定める必要がある。
- PLC機器と通信所アンテナ等との分離距離や干渉波の伝搬状況など、現状を確認 する必要がある。

資料4-4に残る論点

<干涉防止基準>

- 電波放射パターンは周波数特性を持ち、放射される電波のエネルギーは周波数に応じた特定の方向に集中する傾向が予想される。PLC信号による放射電界やその伝搬の性質を確認し、PLC運用密度と干渉波の重畳を考慮した上で、通信所アンテナにおける干渉限界を満たすよう干渉防止基準を定める必要がある。
- (3) 測定方法や累積効果に関するコメント

<測定方法>

・ 資料4-5にあるように、基本構成要素の影響を電波放射シミュレーションにより
 予測し、測定手法を検証することが最初に必要である。長波帯電力線通信とは異なり、屋内配線がアンテナと同等の大きさになるため、従来の測定法では最大放射方向の選定など実験方法が不十分であると考えられる。

<累積効果>

対空通信受信局における干渉電界許容値から、累積効果を考慮して、各機器の干渉

防止基準を定めるべきである。

以上

# 高速電力線搬送通信と無線利用の共存条件(許容値)についての提案 (研究会資料 6-4)

総務省「高速電力線搬送通信に関する研究会」 事務局御中

> 平成17年6月14日 情報通信ネットワーク産業協会(CIAJ) 専務理事 池田 茂

高速電力線搬送通信と無線利用の共存条件(許容値)についての提案

1. 前回研究会までの共存条件案についての議論の要点

①松崎構成員案:微弱無線の考え方を適用して、漏洩電界44dB µ V/m(at 10m)を許容値と する。

 ②雨宮構成員案: CISPRでの議論をもとに、漏洩電界35dB µ V/m(at 10m)を許容値と する(但し、CISPRでは漏洩電界を許容値とはせず、これに相当するコモンモード電流値 30dB µ Aで規制)。

③ITU-R 勧告における quiet rural 地域における人工雑音以下とする案

大略上記3案について種々の意見が出されました。

<u>2. CIAJの提案</u>

上記議論を踏まえて、下記提案申し上げます。

- ①PLC禁止帯域および通信帯域についてと2種類の許容値を適用する。
- ②禁止帯域にはCISPR電源ポートの許容値を適用し、通信帯域には通信ポートの 許容値を適用する。
- ③CISPRの通信ポートの許容値については電圧値および電流値の二種類が示されているが、 基本的な値である電流値を許容値とする。

許容値案:

非通信時 : CISPR電源ポートの雑音端子電圧値60dB µ V <sup>注1)</sup>以下 通信時 : CISPR通信ポートのコモンモード電流値30dB µ A <sup>注2)</sup>以下 通信時の使用禁止帯域 : CISPR電源ポートの雑音端子電圧値60dB µ V <sup>注1)</sup>以下

注1) VCCIで定められた電源ポート規制値)、 注2) CISPR22の通信ポート電流規制値

提案理由は

- ① 議論の対象であった上記3案はいずれも漏洩電界で規制するものであるが、
   通信機器の検査時に漏洩電界を測定するのは、電波暗室の中で特殊な測定
   機器を用いた習熟度の高い試験が必要で運用上難しいと考える。
- ② 従って、電流値または電圧値のように簡単な装置でどの試験員でも測定可能であり、 かつ、工場出荷時に測定できる値での許容値を望む。

以上

## 参-101

参考資料 3.5

電波天文業務の保護基準について (研究会資料 7-8)

資料7-8

# 電波天文業務の保護基準について

平成17年7月21日

国立天文台

# **EXECUTIVE SUMMARY**

電波天文業務は,天体が発する極めて微弱な電波を受信することにより各種 天体現象を探求するものであり,その価値はお金には換算できない。電波天文 業務の重要さ及びその高感度さは,国際電気通信連合憲章,国際電気通信連合 条約,その付属文書である無線通信規則,我が国の電波法,日本国周波数分配 計画脚注等で広く認識されており,様々な関連規定により電波天文業務の保護 が定められている。

電波天文業務に対する有害な混信閾値は, ITU-R 勧告 RA.769 に定められており、その電界強度に換算した閾値は 2-30MHz 帯においては下記の通りとなる。

Band (MHz)	Allocation status	有害混信閾値
13.36 - 13.41	Primary shared	-48.2 dB(µV/m)
25.55 - 25.67	Primary	-52.4 dB(µV/m)
	(passive exclusive)	

電波天文アンテナの受信点において、ここに示す有害混信閾値を越える干渉信 号が入射した場合が「有害な混信」となる。なおこの場合、複数の干渉源によ る累積効果を考慮しなくてはならない。

電波天文業務を短波帯電力線搬送通信 (PLC) から保護するための方法として, 「運用禁止区域」の設置について検討した。その結果,1台の短波帯電波天文ア ンテナと1台の PLC システムとの間の離隔距離(運用禁止区域の半径)は約 400km となった。しかしより詳細な離隔距離を求めるためには,PLC システム に関するより詳細な情報(実測に基づく3次元放射パターン,3次元減衰特性, 及び想定される稼働数密度,稼働率,等)が必要である。

電波天文としては、各無線業務及び電波天文業務が円滑に各業務を実行でき るために定められている電波法等の規定を短波帯電力線搬送通信設備も同様に 遵守しない限り、我が国での短波帯電力線搬送通信導入には賛成しない。

# 1. 我が国における電波天文局の業務の概要

## 1.1 電波天文学の価値―お金をいくら積んでも買えない

宇宙では様々な自然現象を通じて電波が発生し,電波は広大な空間を飛び交っている。これらの一部は電波の窓を通じて地上でも受信でき,我々に遥か彼方で起こる宇宙の活動を教えてくれる。電波天文観測局では,地上に届く微弱な宇宙からの電波を受信し,その電波に秘められたメッセージを解読することで,宇宙で起こる自然現象の解明を行っている。

電波天文学は1932年のKarl G. Jansky による20 MHz における銀河起源電波の 発見に端を発して発達した。可視光では星間空間中の固体粒子による散乱のた めに見通せる距離はせいぜい3000光年と言われるが、電波領域では散乱があま り効かないために、銀河系の果てまでも見通すことが可能である。電波領域は、 人類がわずか70年ほど前に手にした宇宙を観測する「大気の窓」であり、可視 光とは異なるエネルギー現象に対応する電磁波放射を観測するために必須の研 究手段を提供している。

天体が発する電波は極めて微弱である。携帯電話を月面に置いたとしたらその発する電波は全天の電波源のトップ10に入るほどである。しかし、その電波が運んでくる情報は、宇宙の始まりのみならず宇宙の未来に関する情報まで含んでいる。宇宙からの電波は宇宙郵便局が配達してくれる貴重な手紙なのだ。

人類にできることは、その微かな信号を耳を澄まして聞き取り、そして私た ちを生み育んだ宇宙に関する事実を素直に理解することだけである。その意味 では、電波天文学にはお金では買えない価値があると言ってもよいであろう。

#### 1.2 短波帯電波天文学の観測対象

13-30MHz帯(HF帯)は大気透過度が高く宇宙を地上から見ることができる 電波の窓に対応する周波数帯の中で最も低い部分に相当する。この周波数にお ける電波天文観測の対象となるのは、木星電波、太陽電波、銀河電波、などで ある。HF帯の木星電波の観測からは、木星磁気圏で発生する擾乱現象(オーロ ラ活動)を探る手掛かりが得られる。オーロラ活動に伴って強力な非熱的電波 が放射される例は、木星の他、地球、土星などにも見られ、磁場を持つ惑星に 共通の特性であるが、唯一木星のみが電波の窓を通じて地上から観測可能であ る。よって、木星電波の観測は磁化した惑星と太陽風の相互作用や、惑星にお ける粒子加速、電波放射メカニズムを研究する上で貴重なデータとなっている。 また、太陽で発生する爆発現象に伴って広い周波数にわたり電波が放射される が、その中でも HF帯の成分(低周波成分)は、太陽大気外延部(コロナ)から 惑星間空間につながる領域の擾乱現象を反映している。したがって、HF帯の太 陽電波の観測は、太陽表面で発生した爆発現象の影響が如何にして遠方へ伝播 してゆくかを解明する上で重要な鍵となる。

このような基礎的な科学研究の観点のみならず,HF帯の太陽電波データは, 宇宙天気予報といった応用の観点からも重要な意味を持っている。宇宙天気予 報とは,現代社会を支える人工衛星などの宇宙機器・情報通信基盤が宇宙の擾 乱に対して脆弱であることから,太陽からの擾乱の伝播を的確に予報すること を目指したもので,擾乱が予想される場合は人工衛星の監視運用体制を強化す る,軌道変更を控えるなど,既に実用にも供されている。HF帯太陽電波のデー タは,太陽擾乱が宇宙環境へ如何なる影響を及ぼすかを判定するための一助と なっている。一方,銀河に広く分布した高エネルギー電子が出す電波の観測か らは,銀河系の磁場構造の情報を得ることができる。

わが国では、大学などを中心にして、HF帯における電波天文観測が定常的に 実施され、その観測データに基づいて多くの天文学的な研究成果が生み出され ている。表1に、わが国における主なHF帯の電波天文観測局の一覧を示す。木 星電波の観測は、東北大、兵庫医大、高知高専などで実施されており、太陽電 波は情報通信研究機構・平磯で定常観測が実施されている。ここで後者の観測 は、宇宙天気予報の基礎となるものである。銀河電波の観測は、兵庫医大など で実施されている。

Site	longitude	latitude
Kochi	133E31'	33N33'
Nishi-Harima	134E20'	35N01'
Zao	140E32'	38N06'
Hiraiso	140E38'	36N22'

表1 わが国における主な HF 帯電波天文観測局

平成7年の阪神淡路大震災の直前,兵庫県立西はりま天文台に兵庫医科大学の前田耕一郎助教授(電波天文学)が設置している木星観測用の電波受信装置が地震の前後にかけて天体からのものとは明らか異なる異常電波の波形をキャッチした。20年間も電波観測を行ってきたが全く初めての波形で,極めて限られた地点から放射された珍しい短波で現段階では地震以外の原因が見当たらなかった。記録紙によると1月17日の地震発生40分前の5時頃から約20分間、地震発生後も45分間記録されている。通常なら波形は上下に振れるが,この波形は上方だけに短く振れた特異なものであった。前田氏は電波望遠鏡が設置されている佐用町から南数十 km 以内の特定の地点からの連続して放射された短波と分析し野島断層が走る淡路島北西からの可能性が高い事が判った。このよ

うに電波天文観測設備は、その高感度さゆえに様々な副次的応用が可能なシス テムなのである。

# 2. 電波天文局の保護基準

# 2.1 無線通信規則(RR)

無線通信規則(Radio Regulations = 以下 RR と呼ぶ)は国際電気通信連合条約の付属文書であり国際条約の位置づけを持つ。周波数資源は有限であるため RR では各種無線業務がむやみに電波を放射し、お互いに干渉し合わないよう公平性を重んじた国際ルールを定めている。そして各無線業務は、この国際ルールに基づいて策定された国内ルールに従って運用されている。例えば<u>電波法第56条</u>—混信等の防止,が相当する。無線業務は、このように厳しい規制下で相互の重要性を認識しながら運用しており、その秩序を乱すことは「一切」許されない。

(混信等の防止)

第五十六条 無線局は、他の無線局又は電波天文業務(宇宙から発する電波の 受信を基礎とする天文学のための当該電波の受信の業務をいう。)用に供する受 信設備その他の総務省令で定める受信設備(無線局のものを除く。)で総務大臣 が指定するものにその運用を阻害するような混信その他の妨害を与えないよう に運用しなければならない。但し、第五十二条第一号から第四号までに掲げる 通信については、この限りでない。

(第2項以下略)

さて国際電気通信連合憲章 (Constitution) 第45条第199号には電気設備がRR に従って運用している無線設備に有害な障害を与えないようあらゆる実行可能 な措置を取ることの必要性を加盟国が認識しているとの記述がある。

# ARTICLE 45 Harmful Interference

**197** 1 All stations, whatever their purpose, must be established and operated in such a manner as not to cause harmful interference to the radio services or communications of other Member States or of recognized operating agencies, or of other duly authorized operating agencies which carry on a radio service, and which operate in accordance with the provisions of the Radio

Regulations.

- **198** 2 Each Member State undertakes to require the operating agencies which it recognizes and the other operating agencies duly authorized for this purpose to observe the provisions of No. 197 above.
- **199** 3 Further, the Member States recognize the necessity of taking all practicable steps to prevent the operation of electrical apparatus and installations of all kinds from causing harmful interference to the radio services or communications mentioned in No. 197 above.

同様に RR でも,電力線及び有線電気設備を含む電気設備が無線業務に有害な 干渉を与えないようにするために、各<u>主管庁が執るべき義務</u>が定められている。 以下は, RR Article15の関連条項である。

**15.12** § 8 <u>Administrations shall take all practicable and necessary steps to ensure that</u> the operation of electrical apparatus or installations of any kind, including power and <u>telecommunication distribution networks</u>, but excluding equipment used for industrial, scientific and medical applications, <u>does not cause harmful interference to a</u> radiocommunication service and, in particular, to a radionavigation or any other safety service operating in accordance with the provisions of these Regulations<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> **15.12.1** and **15.13.1** In this matter, administrations should be guided by the latest relevant ITU-R Recommendations.

ここで言う**有害な混信<sup>1</sup> (harmful interference)**については,国際電気通信連合 憲章第 45 条(上記参照)及び附属書(ANNEX) 第 1003 号に明確な定義があり, また RR1.169 にもそれと同文の規定がある。

**1003** Harmful Interference: Interference which endangers the functioning of a radionavigation service or of other safety services or seriously degrades, obstructs or repeatedly interrupts a radiocommunication service operating in accordance with the Radio Regulations.

各無線業務がどれだけの干渉量によって有害な混信となるかは各無線業務の 特質によって変わる。従って無線業務毎に、保護するための干渉閾値等が ITU-R

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> 電波天文業務では, harmful interference の訳には「有害な干渉」を通常使用するが,憲章の公定訳においては「有害な混信」とされているため,本資料ではそれに従う。

勧告として定められている。

これらのことから容易に理解されるように,主管庁(我が国においては総務 省)は電力線からの放射によって無線業務に有害な混信が生じないことを担保 すべく,最新の関連 ITU-R 勧告を参照しながら,全ての実行可能な,そして, 必要な措置を執らなければならない。

また,電波天文業務の特性を鑑み,RRには電波天文業務の保護のための条項 が設けられている。その抜粋を以下に示す。主管庁はこれらの規定に従い,電 波天文業務に割り当てられた周波数帯においては電波天文業務を保護しなけれ ばならない。

## **ARTICLE 29**

## **Radio astronomy service**

## Section I – General provisions

**29.1** § 1 <u>Administrations shall cooperate in protecting the radio astronomy service</u> from interference, bearing in mind:

**29.2** a) the exceptionally high sensitivity of radio astronomy stations;

**29.3** b) the frequent need for long periods of observation without harmful interference; and

**29.4** c) that the small number of radio astronomy stations in each country and their known locations often make it practicable to give special consideration to the avoidance of interference.

**29.5** § 2 The locations of the radio astronomy stations to be protected and their frequencies of observation shall be notified to the Bureau in accordance with No. **11.12** and published in accordance with No. **20.16** for communication to Member States.

# Section III - Protection of the radio astronomy service

**29.8** § 5 The status of the radio astronomy service in the various frequency bands is specified in the Table of Frequency Allocations (Article 5). <u>Administrations shall</u> provide protection from interference to stations in the radio astronomy service in accordance with the status of this service in those bands (see also Nos. **4.6**, **22.22** to **22.24** and **22.25**).

**29.9** § 6 In providing protection from interference to the radio astronomy service on a permanent or temporary basis, administrations shall use appropriate means such as geographical separation, site shielding, antenna directivity and the use of time-sharing and the minimum practicable transmitter power.

**29.12** § 9 In applying the measures outlined in this Section, administrations should bear in mind that the radio astronomy service is extremely susceptible to interference

from space and airborne transmitters (<u>for further information, see the most recent</u> version of Recommendation ITU-R RA.769). (WRC-03)

**29.13** § 10 <u>Administrations shall take note of the relevant ITU-R Recommendations</u> with the aim of limiting interference to the radio astronomy service from other services.

また、日本国周波数割当計画国内脚注J32 によれば

"13360-13410kHz, 25550-25670kHz … (以下周波数略)…,の使用は,電波 天文業務を有害な混信から保護するための実行可能なすべての措置を執らな ければならない。宇宙局又は航空機上の局からの発射は,電波天文業務に対す る著しく重大な混信源となり得る(無線通信規則第4.5 号及び第4.6 号並びに第 29 条参照)"

とあり,<u>総務省による電波天文業務保護が明確に規定</u>されている。これは RR5.149に沿った規定である。

なお、短波帯については RR に下記の規定(4.11, 4.12)があり、主管庁はこの帯 域における長距離通信が可能となるよう、あらゆる可能な努力をすることに同 意していると同時に、長距離通信に有害干渉を与えることのないような通信方 法をとることが主管庁に要請されていることが理解できよう。本規定は間接的 に、短波帯電波天文観測にとって良好な観測環境を確保することを可能として いる。同様に、本規定が遠洋上の船舶<sup>2</sup>や航空機の安全確保、遭難時の通信手段 の確保等、「人命の安全」に貢献していることを忘れてはならない。

**4.11** Member States recognize that among frequencies which have long-distance propagation characteristics, <u>those in the bands between 5 MHz and 30 MHz are particularly useful for long-distance communications; they agree to make every possible effort to reserve these bands for such communications. Whenever frequencies in these bands are used for short or medium-distance communications, the minimum power necessary shall be employed.</u>

**4.12** To reduce requirements for frequencies in the bands between 5 MHz and 30 MHz and thus to prevent harmful interference to long-distance radiocommunications, administrations are encouraged to use, whenever practicable, any other possible means of communication.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> 1992 年の GMDSS(海上における遭難及び安全に関する世界的な制度)の導入に伴い,船舶へのモールス電信の義務付けはなくなったが,今なお短波帯の無線電話や印刷電信が遭難安全通信のための義務設備に位置付けられ,実際に運用されていることに留意すべきである(海上における人命の安全のための国際条約(SOLAS 条約)及びそれに基づく電波法施行規則第 28 条第 1 項,船舶設備規程第 311 条の 22)。

従って電波天文としては,以上の電波天文保護規定を逸脱することに繋がる 新サービスの導入には,サービスの種類を問わず,賛成できない。

#### 2.2 電波天文業務の保護基準

**RR 15.12** における関連勧告とは,電波天文業務の場合,本章と次章で述べる2本である。

RR Article 29 でも触れられているが、<u>電波天文業務の干渉閾値は ITU-R 勧告</u> <u>RA.769 により定めている</u>。その値は電波天文局(受信点)における干渉信号の 入力電力で表現した場合、ΔP<sub>H</sub>=-185 dBW (13 MHz 帯)、ΔP<sub>H</sub>=-188 dBW (25 MHz 帯)である。これらの数値を超える干渉が電波天文業務への有害な混信で ある。これらは電波天文用受信機の性能や典型的な観測時間に基づいて決めて いる閾値であり、干渉源が単一なのか複数なのかは問わない。言い換えれば、 累積効果も考慮した干渉検討を行う必要がある。

すぐにわかるように、これらの値は、通常の通信波の受信レベルに比べ極め て微弱である。よって、HF帯の電波天文観測局の多くは市街地等を避けて、地 方の電波的に静穏な場所に設置されている。

また表2にITU-R勧告RA.769の干渉閾値を電界強度に変換した数値を示す。

Band (MHz)	Allocation status	Level of harmful interference
13.36 - 13.41	Primary shared <sup>1</sup>	-48.2 dB(µV/m)
25.55 - 25.67	Primary (passive exclusive) <sup>1</sup>	-52.4 dB(µV/m)

表2 電波天文業務の有害干渉閾値 (dB(µV/m))

日本国周波数分配計画脚注 J32 が適用される。

## 2.3 許容されるべき干渉時間率(データ損失率)

2.2 で規定する干渉量を超えるものが電波天文業務に対する有害な混信である が,通常は有害干渉を生じなくても伝搬経路等の条件により一時的に干渉閾値 を越えることはあり得る。そこで電波天文業務が許容するべき干渉時間率(デ ータ損失率)が ITU-R 勧告 RA.1513 により定められている。以下は,勧告の関 連部分の抜粋である。

#### recommends

• • •

2 that, for evaluation of interference, a criterion of 2% be used for data loss to the RAS due to interference from any one network, in any frequency band which is allocated to the RAS on a primary basis; and

3 that the percentage of data loss, in frequency bands allocated to the RAS on a primary basis, be determined as the percentage of integration periods of 2 000 s in which the average spectral power flux-density (pfd) at the radio telescope exceeds the levels defined (assuming 0 dBi antenna gain) in Recommendation ITU-R RA.769. The effect of interference that is periodic on time scales of the order of seconds or less, such as radar pulses, requires further study.

これから理解されるように、単一周波数帯を用いると考えられる PLC システム(モデム及び電力線)全体が one network を構成するので、個別 PLC モデムや 電力線からの漏洩電波の累積効果を考え、その結果生じる有害な混信の干渉時 間率が 2%以下ならば電波天文業務はその有害な混信を受忍することになる。逆 に与干渉(今回は PLC)側は 2%を越える時間率で有害な混信を生じさせるならば、 その時間率を 2%以下にしなければならない。

# 3. 電力線搬送通信設備の使用周波数帯域を拡大した場合の影響

わが国で電力線搬送通信設備(PLC)に使用する周波数帯域を拡大した場合, HF帯の電波天文観測にとって重大な影響が発生し,継続した観測を行うことは 極めて困難になると思われる。以下に,危惧する事項をまとめる。

# 1) PLC からの干渉レベルが、電波天文観測の受信レベルに比べ強力であること

電波天文観測の性質上,電力線は不可欠であるので,電波天文観測局ではご く近傍から PLC の干渉を受ける可能性がある。この他,様々な場所からの複合 干渉や,コヒーレントな波による干渉の効果などを考えると,PLC からは強力 な不要放射が予想される。先にも述べたように HF 帯の電波天文観測で対象にし ている電波の受信強度は,これに比べると,何桁も低い。よって,観測対象と なる受信レベルより大きな干渉があった場合,致命的となる。

## 2) PLC からの影響が、広範囲に及ぶこと

通常の電波放射源は点とみなせるので受信電力は距離の二乗に反比例して減少するが、PLC からの不要放射は電力線に沿って放射されるので、受信電力は

#### 参-112

距離の一乗に反比例して減衰すると考えられる。この推測は,2002 年に総務省 が開催した「電力線搬送通信設備に関する研究会」(以下,「研究会」とよぶ) の最終報告によってほぼ正しいことが分かっている(受信電力の距離による減 衰は,距離の-1.3 乗に比例したとの報告がある)。即ち,これは PLC の不要放射 は点源である場合に比べより遠方まで伝播することを意味する。また,HF帯の 電波は電離層反射によって,見通し距離外にまで伝播すると考えられる。よっ て,狭い国土のわが国では,HF帯の電波天文観測のための電波的に静穏な場所 を確保することができなくなる可能性も想定される。

#### 3) PLC が強力な不要放射をするにも関わらず無線局として認知されないこと

PLC システムは無線局として認知されず,電波法第25条に基づく情報の公表 がなされないことから,有害な混信を起こしたとしてもその源を特定すること ができない。ましてや in-house 系の PLC であれば,干渉源として考えられる家 屋内に入ってまで探査するのは捜査権でもない限り困難である。

# 4. 電力線搬送通信設備の運用禁止区域

電波天文観測は長時間に渡って行われること、PLCシステムも常時運用され ることを考慮すると、電波天文業務をPLCシステムによる有害な混信から防ぐ ためには、電波天文局の周囲に「PLC運用禁止区域」を設けることが最も望ま しい。

運用禁止区域の電波天文局からの半径を、PLCモデムからの放射電力値を-50 dBm/Hz,電力線のアンテナゲイン-20 dBと仮定し、漏洩電波は空間を伝搬する ことを考慮して求めてみる。その結果、1台のPLCモデムに接続された電力線か らの不要放射がITU-R勧告RA.769に定める干渉閾値を満たすためには、PLCモ デム及び電力線と電波天文施設間の隔離距離が13 MHzで約424 km、25 MHzで 約253 km以上必要であることが示された。システムが複数ある場合には<u>累積効</u> 里により更に隔離距離が大きくなる。離隔距離を400kmとした場合の、我が国 の短波帯電波天文局周辺の運用禁止区域の分布を図1に示す。北海道を除く国内 ほぼ全ての地域でPLCの運用ができないことが分かる。

この結果は、PLCの国際研究会であるISPLC2003にて発表され、電波天文を PLCから保護するためには大きな離隔距離が必要であるとの認識で国際的な意 見の一致を見ている。また、既にITU-Rに我が国の寄与文書として入力され、 WP1Aにて新勧告案作成の基礎として使用されている。



図1. PLC運用禁止区域の分布 (PLCシステム1台に対応)

また,本計算ではモデムや電力線からの放射が距離の2乗に比例して減衰する と仮定したが,電力線は線状に分布しているため,<u>減衰は距離の-1.3乗で起きる</u> との2002年の「研究会」最終報告を参照すると離隔距離はかなり長くなると予 想される。さらに、PLCシステムからの放射の累積効果を求めるためにはPLC モデム及び電力線の分布や配置も考慮に入れる必要がある。地形によるシール ド効果も考慮に入れる必要があるが、PLCシステムが導入された場合の分布密 度が十分に高い(最低でも無線LANと同程度とすれば3000システム/km<sup>2</sup>)であろ うこと、また、水平に張られた電力線からの放射は、水平方向より大きな仰角 方向により効率的に起きることも考慮すると、必要な離隔距離が相当大きいと いう結論は変わらないと予想される。

全ての被干渉システムに共通であるが,生じうる障害に関してより詳細な推 定を行うためには,下記の情報が必要である。

- 電力線通信設備の稼働数密度 (単位km<sup>2</sup>当たりの分布数)の推定
- 同設備の時間稼働率(単位時間あたりPLCシステムが稼働している時間は 何%か)
- 電力線からの3次元放射パターンの詳細(電力線の接続,家電製品の稼働 状況に応じたパターン変化も含めること)
- 電力線からの放射の距離減衰性(放射が距離のどのような関数として減 衰してゆくのか。放射は3次元的に起きることを考慮すると,距離減衰性 の3次元分布が必要。)
- その他

数密度や稼働率については立場の異なる人々の間で合意した数値(範囲)を 使用する必要があろう。放射パターンや距離減衰については,多数の実測が必 要であり,統計的に処理することにより典型例(もしくは範囲)を定めて詳細 計算に用いることが必須である。

# 5. その他

PLC においては、各家庭への配電線や家庭内の電力線の利用が考えられてい る。配電線や電力線は短波帯の周波数の信号を載せることを想定して設置され た伝送路ではない。高周波信号は所謂「表皮効果」によって電力線の表面を伝 搬する。したがって、シールドされていない電力線に高周波信号を重畳させれ ば、不要電波が電力線から放射されることは避けられない。<u>電力線からの漏洩</u> 電波は、現在の電力線の構造では不可避であり、漏洩電波を大きく減衰させる ためにはシールドした電力線に張り替えることが最も効果的であろう。

今後の情報化社会において、電波は重要な役割を担うと考えられる。したが って、我々は、不要放射を最小限に抑えてクリーンな電波環境を保つよう努力 をする必要がある。そのような観点に立つと、広帯域で不要放射が生じること がわかっているにもかかわらず、当面の利便性を優先する PLC の考え方には賛 成できない。

短波帯で音を聞きながら天体電波の観測を行っていると、違法に強い電波を 運用していることによると思われる人工電波源による混信を受けることがたび たびある。しかし、このような混信源を特定することは一般に困難である。混 信源が移動体の場合は、さらに困難である。仮に PLC が運用されるとした場合、 思わぬ不具合により短波帯で強い放射が起こる可能性を否定できない。また、 PLC 信号は広い地域に伝搬する可能性が高いので、全体としての累積効果も運 用地域によって異なると考えられる。一般に、短波帯の電波の場合には有効な 遮蔽手段がとりにくく、電波障害から自衛することは難しい。したがって、PLC 運用の可能性を検討する段階から、広範囲で電波環境を監視するシステム(国 際的な監視体制の提案を含む。)と不具合が生じた際の責任体制についても検討 対象として含めるべきである。

最後に参考資料として下記の2点を示す。

日本学術会議天文学研究連絡委員会は,平成14年5月7日の会合において電 力線搬送通信が電波天文に与える影響の大きさが甚大であることを考慮し,同 年5月10日付けで同通信の導入に反対する決議を行った。(次ページ参照)本 決議は,日本学術会議総会において承認の後,記者会見等を通じて一般にも公
表した。

また地球電磁気・地球惑星圏学会も平成 14 年 6 月 10 日に「電力線搬送通信 (PLC)に使用する周波数帯域の拡大に関する要望書」を総務大臣宛に送付し ている(次々ページ参照)。

\_\_\_\_\_\_

## 電力線搬送通信(PLC)による低周波電波天文観測への

# 干渉問題について

2002年5月10日

日本学術会議天文学研究連絡委員会

日本学術会議天文学研究連絡委員会は、2002年5月7日の会議において、電 波天文周波数小委員会から、別紙資料に基づいて、電力線搬送通信(PLC)計画 についての説明を受け討議しました。その中で、天文学的に重要な位置付けを もつ低周波電波天文観測を不可能にする可能性が極めて高いことから、強い懸 念を表明する意見が多く出されました。さらに、私たちの研究分野である電波 天文学のみならず、短波通信への大きな干渉も予想され無線通信の障碍も少な くないと思われます。また、PLC は家庭等に光ファイバが普及するまでの間の 暫定的なインターネット通信を提供する手段にすぎず、その性能は現在技術発 展が目覚しい光ファイバによるブロードバンド通信の持つ性能には到底追いつ かないものであり、陳腐化するまでの期間が極めて短いと予想されます。

以上のように, PLC は, 電波観測や電波通信の障碍となるだけでなく, 通信 技術の観点からからみても不経済であり, フィンランドなど海外において導入 が見送られた例もあります。天文学研究連絡委員会として, 総務省が拙速に PLC の導入を進めることに反対することを全員一致で決議しました。 電力線搬送通信(PLC)に使用する周波数帯域の拡大に関する要望書

#### 地球電磁気・地球惑星圏学会

### 会長 荒木 徹

全国の大学および研究機関に所属する多くの研究者から構成される本学会は、 1947年に創設され、以来、地球内部電磁気、下層・中層大気、超高層大気、 地球電離圏、磁気圏、オーロラの研究、さらにはハレー彗星や惑星の探査にお いて世界の地球電磁気学、宇宙科学をリードする活動を行ってきました。地球 および宇宙空間内に生起する自然現象を、地上観測、ロケットや人工衛星等の 飛翔体観測、および理論研究によって解明してゆく本学会の学術研究活動の中 でも、地上観測は創立以来の長い歴史を持っています。ここでは磁場や、幅広 い周波数・波長帯での電磁波や光を主な観測研究の手段として用いて、地球周 辺の自然現象の解明にとどまらず、惑星、太陽、太陽系空間、さらには銀河系 をも研究対象に加えて、研究領域を拡大してきました。

現在、総務省では、急速に発展しつつあるネットワーク通信の需要への対応 として、「規制改革推進3か年計画」に基づき、電力線搬送通信(PLC)設備 に使用する周波数帯の拡大が検討されています。しかし、この拡大が検討され ている2-30MHzの短波帯よりVHF帯に至る周波数領域においては、地震・火 山活動や地殻変動に伴う電磁波放射現象の研究、電磁波を用いた大気圏より中 間圏・熱圏に至る大気構造と変動の研究、地球電離圏構造およびその変動の研 究、木星のオーロラに伴う木星電波放射現象の研究、太陽活動の変動に伴う太 陽電波放射現象の研究、さらには、太陽系外のパルサーやブラックホールの物 理の解明を進める研究等、世界的な視野での学術研究が進められております。

これらの研究の特色は、自然の電磁波放射或いは微弱な電波信号を検出する ことで、自然現象を究明している点にあります。PLCに使用する周波数帯の 拡大が計画通り実施された場合、空中線となる電力線からの不要放射は、これ らの観測にかかる広い周波数領域において電磁環境を汚染することは不可避で す。特に我が国では学術上重要な観測点を住宅地域から遠く隔離することが困 難な現実があります。さらに、電離層反射を伴う短波帯電波の伝搬特性により、 遠く離れた地域或いは国外においてもその影響を免れることは困難です。従っ

#### 参-117

て PLC の普及は、国内外における電磁環境に極めて深刻な影響をもたらすと危 惧されます。PLCは、現在急速に発展しているインターネット技術において は、光通信網に完全に移行するまでの過渡的な要請を満たすという色彩が強く 感じられます。しかし一旦 PLC による電磁環境の汚染が始まった後は、この広 い周波数領域全般にわたって、自然の本来の姿を知ることが困難となることは 明白です。また将来において、この周波数領域の電磁波を用いた、新たな自然 科学発展の機会を失うことに他なりません。

以上のような学術研究への影響の重大性を鑑みて、現在検討が進められていま す「電力線搬送通信(PLC)に使用する周波数帯域の拡大」に関しましては、 自然が本来持っている姿を失ってしまうことのない様、慎重にご検討いただく よう要望いたします。

以上

15