# 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、商用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が、電 力線自身は通信を目的として敷設されたものではなく、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、これまでは、10kHz~450kHzの周波数が使 用可能とされ、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においても高速の情報伝送を行うことが求められ るようになっており、家電からのノイズの周波数特性や伝送路減衰の周波数特性をかんがみ、2 MHz~ 30MHzの周波数帯を使用して高速通信を行うことが要望されている。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可能性・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)。

# 2 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)

_		
Ш	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
	座上秒期 海上移動	8100-8105
2170-2173 5	海上移動	0100 0155
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	9995-1000
2502-2505	<u>于由研究</u> <b>迺</b> 淮国波粉報時	10003-100
2505-2850	标 中 同 议 数 報 时 固 定	10005-101
2000 2000	陸上移動	10100-101
	海上移動	10150-111
2850-3025	航空移動(R)	
3025-3155	航空移動(OR)	
3155-3230	固定	
	移動(航空移動(R)を除く。)	11175-112
3230-3400	固定	11275-114
2400.2500	移動(航空移動を除く。) 齢の移動(P)	11400-116
3400-3500	加空移動 (K) アマチュア	12100-121
3575-3747	「「「」」	12230-132
0010 0111	高元   移動(航空移動(R)を除く。)	13200-132
3747-3754	アマチュア	13260-133
3754-3791	固定	13360-134
	移動(航空移動(R)を除く。)	
3791-3805	アマチュア	13410-135
3805-3900	固定 放升(計点放升(D) オ (D) イ (D) イ	
3900-3950		
3300 3330	放送	13570-138
3950-4000	固定	13870-140
4000-4063	固定	
	海上移動	
4063-4438	海上移動	1 1000 1 10
4438-4650	固足 陸上移動	14000-142
	海上移動	14250-143
4650-4700	航空移動(R)	14350-149
4700-4750	航空移動(OR)	
4750-4995	固定	
	陸上移動	
4995-5003	標準周波数報時	14990-150
5003-5005	標準周波数報時 全中研究	15005-150
5005-5060	<u>」 田 切 九</u> 固定	15010-151
5060-5450	固定	15100-158
	陸上移動	15800-163
	海上移動	16360-174
5450-5480	固定	17410-174
	陸上移動	17480-179
5400 5000	航空移動(OR)	17900-179
5480-5680 5680-5730	机 全 移 期 ( K )	18030-180
5730-5900	加至移動(OK) 固定	18052-180
	陸上移動	18068-181
	海上移動	L
	航空移動 (OR)	18168-187
5900-6200	放送	18780-189
6200-6525	海上移動	18900-190
6525-6685	航空移動(R)	19020-196
6765-7000	机空移動(OR)	19680-198
0100-1000	回た 移動(航空移動(R)を除く)	19990-199
7000-7100	アマチュア	10000 100
	アマチュア衛星	
		-

	国内方配 (KHZ)
7100-7200	アマチュア
	固定
	移動(航空移動(R)を除く。)
7200-7450	放送
7450-8100	固定
	移動(航空移動(R)を除く。)
8100-8195	固定
	海上移動
8195-8815	海上移動
8815-8965	航空移動(R)
8965-9040	航空移動(OR)
9040-9400	固定
9400-9900	放送
9900-9995	固定
9995-10003	標准周波数報時
10003-10005	<b>博淮周波粉</b> 翅時
10003 10003	安生西龙
10005 10100	<u>于田圳九</u> 前你我新(P)
10005-10100	机空移動(R)
10100-10150	ノマナュノ
10150-11175	固定
	陸上移動
	海上移動
	航空移動(OR)
11175-11275	航空移動 (OR)
11275-11400	航空移動(R)
11400-11600	固定
11600-12100	放送
12100-12230	固定
12230-13200	海上移動
13200-13260	航空移動(OR)
13260-13360	航空移動(B)
13360-13410	周定
15500 15410	回た 電波王士
13410-13570	电应入入
13410 13370	回足 陸上攻動
	) 座上 移動
	御上移動
	航空移動(OR)
13570-13870	放送
13870-14000	固定
	陸上移動
	海上移動
	航空移動(OR)
14000-14250	アマチュア
	アマチュア衛星
14250-14350	アマチュア
14350-14990	固定
	陸上移動
	海上移動
	航空移動(OR)
14990-15005	標準周波数報時
15005-15010	標準周波数報時
	宇宙研究
15010-15100	航空移動(OR)
15100-15800	放送
15800-16360	固定
16260-17410	山へ
10300-17410	一個上 10 期
1/410-17480	直足
17480-17900	放送
17900-17970	航空移動(R)
17970-18030	航空移動(OR)
18030-18052	固定
18052-18068	宇宙研究
18068-18168	アマチュア
	アマチュア衛星
18168-18780	固定
18780-18900	海上移動
18900-19020	放送
19020-19680	固定
19680-19800	海上移動
19800-19900	四定
10000-1000-	回火 ////////////////////////////////////
19990 19999	1示于四收效和吗?
	空中斑宛

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 10	ノマナユノ衛星
29.7-37.5 MHz	移期

※ 下線は二次業務。脚注分配を除く。

# 3 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	는 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
		6 μ V	SINAD=20dB	NBDP:狭帯域直接
		$(16 \text{dB} \mu \text{V})$		印刷電信装置)
0.51.61	MF/HF 無線設備	DSB	技適証明規則	
27MHz	沿岸小型船舶通	$10 \mu V$		(日本無線)
	1音	$(20 \text{dB} \mu \text{V})$		
		CCD		
		SSD S u V		
		$(10 \text{dB} \mu \text{V})$		
4MHz 8MHz		3 // V	SINAD=20dB	⊬ 4-5
13 MHz/12 MHz		$(10 \text{dB} \mu \text{V})$	無線設備規則第57条	(KDDT)
17 MHz/16 MHz		(1000 pr + )		(11221)
22MHz				
8MHz/11MHz	航空管制等	1 μ V	SSB:S/N=10dB	ヒ 4-4
		$(0 dB \mu V)$	AM:S/N=6dB	(定期航空協会)
$2 MHz \sim 22 MHz$	国際対空通信業	3μV	S/N=20 dB	と 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,		$4 \mathrm{dB}\mu\mathrm{V/m}$		
2 5MH7 2 9MU~	アフチュア毎始	(-16 dR + V)	S/N-10 JD	ک ۲ ⊑_۱
5. Эмп2, 5. Омп2, 7МН <sub>7</sub> 1 ОМН <sub>7</sub>		$\sim -21 dR \mu V$	5/11-10 uD (h=9 4 kHz 64B 準応	し J <sup>-4</sup> (日本アマチュア
14MHz 18MHz		$- 2100 \mu v$	(U=2. 4 KHZ UUD 市坝 幅)	(ロボノ、ノエノ 毎線機器工業会)
21MHz 25MHz			'T田ノ	
28MHz				
同上	同上	(-10 dB µ V	S/N=10 dB	と 3-9
—		$\sim$ 6dB $\mu$ V)		(日本無線)

表 3-1 無線局等の感度等

13.385 MHz	電波天文	電力束密度	ITU-R RA. 769-2	
$(\Delta f = 50 \text{ kHz})$		$(dB(W/m^2))$	(積分時間:2000s)	
25.610 MHz		-191 (@13 MHz)	信号強度は混信閾値の	
$(\Delta f = 120 \text{ kHz})$		-189 (@25 MHz)	10 倍	

※ 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、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  $1 \mu$  V/m~ $2 \mu$  V/m (S/N=10 dB) 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	53 6	28 6
(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 
$$_{MHz}$$
 + 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> )	$\mathrm{dB}\mu\mathrm{V/m}$	(3.4)
住宅環境	En = 17.0 - 7.7*log(f $_{MHZ}$ )	$\mathrm{d}B\mu V/m$	(3.5)
田園環境	En = 11.7 - 7.7*log(f $_{MHZ}$ )	$\mathrm{d}B\mu V/m$	(3.6)
極めて雑音の少ない環境	$En = -1.9 - 8.6*\log(f_{MHz})$	dBµV/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。

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)

	外	外来雑音指数 Fa (dB)		等価雑音電	這界強度 En (b=10	(dBµV/m、() OkHz)	内はµV/m)						
	2MHz	3MHz	10MHz	30MHz	2MHz	3MHz	10MHz	30MHz					
<b>帝</b> 来 中	68 5	63 6	40.1	35.0	19.0	17.6	13.6	9.9					
向未埰党	00.0	03.0	49.1	55.9	(8.9)	(7.6)	(4.8)	(3.1)					
<b>仕</b> 字冊唐	64 2	50.3	11.8	21.6	14.7	13.3	9.3	5.6					
江七垛境	04.2 59.5	44.0	51.0	(5.4)	(4.6)	(2.9)	(1.9)						
田周彊培	58.0	54 0	20 F	26.3	9.4	8.0	4.0	-0.3					
山園垛児	56.9	54.0	39.5	. 0 20. 3	(2.9)	(2.5)	(1.6)	(1.0)					
極めて雑音の	45.0	40.0	25.0	95.0 11.4	11 4	-4.5	-6.0	-10.5	-14.6				
少ない環境	40.0	40.0	2 <b>5.</b> 0	25.0	25.0	<i>2</i> 5. 0	25.0	25.0	0 11.4	(0.6)	(0.5)	(0.3)	(0.2)

なお、今回の研究会に提出された雑音レベルの測定例は以下のとおりである。

#### (1) 研究会資料 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を提案している。

高雑音地域	En = 26.8-7.7* $\log(f_{MHZ})$ dB $\mu$ V/m	(3.8)
	24.5dB $\mu$ V/m $\sim$ 15.4dB $\mu$ V/m @ 2-30 MHz	
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 $\mu$ V/m @ 2-30 MHz	
低雑音地域	En = 21. 2-7. $7*\log(f_{MHZ})$ dB $\mu$ V/m	(3.10)
	18.9dB $\mu$ V/m $\sim$ 9.8dB $\mu$ 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。

#### (2) 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-4.7dBµV/m ~0.3dBµV/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 1dBµV/m~6dBµV/m と なる。ITU P.372-8 モデルで 7MHz とすると 5.2dBµV/m(田園環境)~14.8dBµV/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

(3.11)

$$Es = 2 Vr / he$$

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 / fMHzの関係を用い、さらに dB 表現にすると

Es	$[dB\mu V/m] = Vr [dB\mu V] + k [dB/m]$	(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 一般無線	$2 \mathrm{MHz} \sim 10 \mathrm{MHz}$	$1\mu\mathrm{V}$ , $3\mu\mathrm{V}$ , $6\mu\mathrm{V}$	-14~2	田園環境:6 商業環境:16
一般無線	10MHz $\sim$ 30MHz	1μV, 3μV, 6μV, 10μV	$-4 \sim 16$	田園環境:3 商業環境:12
アマチュア無線	$2 \mathrm{MHz} \sim 10 \mathrm{MHz}$	-19+7 dBµV (帯域幅換算)	-25	田園環境:6 商業環境:16
	10MHz $\sim$ 30MHz	-19+7 dμV (帯域幅換算)	-16	田園環境:3 商業環境:12
673 NH2 +14 > 24	$2 \mathrm{MHz} \sim 10 \mathrm{MHz}$	-	4	田園環境:6 商業環境:16
应仅放送	10MHz $\sim$ 30MHz	_	4	田園環境:3 商業環境:12
		電力東密度:Pfd (dB(W/m <sup>2</sup> ))	(Pfd から換算)	田園環境: 10(@13 MHz) (b=50 kHz 相当)
雷波天文	13.385 MHz (⊿f = 50 kHz)	-191 (@13 MHz)	-45 (@13 MHz)	12 (@25 MHz) (b=120 kHz 相当)
	25.610 MHz ( $\Delta f = 120$ kHz)	-189 (@25 MHz)	-43 (@25 MHz)	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	<u>して、周波数 5MHz 及</u>	 び 15MHz の値を示す。	1	1

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 -14~16 dBµV/m 程度

短波放送は 4 dBµV/m 程度

アマチュア無線局はこれより低く -25~-16 dBµV/m 程度

電波天文はさらに低いレベルであり -44 dBµV/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 0~10 dBμV/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。



分岐数に対する周波数特性の変化 図 5-6

# 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。



スイッチ分岐の ON-OFF に対する依存性 図 5-7

# 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、1mから4m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、1mの電界が4m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 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。

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

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

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
図 5-1	7 家屋4	密集地に	おける累	積効果

<累積効果の計算>

図 5-17 の中心家屋には、周囲家屋の高速電力線搬送通信設備から放射される電磁波が到来する。 この中心家屋における累積電界強度は、次式で示すように、幾何光学的見通しの距離約+/-10km 方 形範囲内にある家屋(400 万個)全てに高速電力線搬送通信設備が存在すると仮定して、個々の高 速電力線搬送通信設備から放射される電磁波の受信電力を数値計算によって加算すれば得られる。 ただし、電界強度は、上記の条件に従って、距離 1km 以内では距離 R の 1/R<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 Pplc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>	13MHz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	2 5 %	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。

 なりり 減設付任(妖励コンクリート構造物)								
周波数	2MHz	$5 \mathrm{MHz}$	10MHz	20MHz	30MHz			
減衰量(距離 10m)	29dB	28 dB	23 dB	27dB	31dB			
減衰量(距離 150m)	28dB	26dB	22 dB	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。

及00 减农村庄(小垣将垣初)									
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 减衰特性(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)	許容值:				
	§ 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、典型的な設置場所を代 表するものであると実証することが可能な最低 3ヶ所の設置場所で測定を行う必要がある				

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( $Zcom=150\Omega$ )を改良したもの( $Zcom=25\Omega$ )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。本章では、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	<b>長さ 5.6m</b>	の垂直配線よ	り放射される	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(3.5)、(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)
田周彊愔	2-10	6	30	18	17	41
山岡永元	10-30	3	30	14	10	27
商業費倍	2-10	16	10	0	$\overline{27}$	43
间未來死	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> (dH 準尖頭値	流のコモ <sup>×</sup> 成分 3µA) 平均値
田周彊倍	2-10	41	15	10	36.0	26.0
山國來究	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下であるように 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。

# 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、以下の共存条件をとりまとめた。

# 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 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、30dB μA(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、残された短波帯以外 の周波数帯での漏えい電波の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、機器が 広く一般世帯に普及することを考慮して、機器の利用者(消費者)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、

PLC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、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(CIS PR)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、電力線の特性などについての各国の相違や、実用に供されて いるPLC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。

3 他の利用形態に関する共存可能性・共存条件の検討

本研究会では、高速電力線搬送通信を導入しようとする者が一定の技術的条件を満足するPLC 機器を容易に利用できるようにするために、機器に課すべき無線利用との共存条件を検討した。一 方、これとは異なって個別に許可を受けてPLC機器を利用する場合は、個々の利用形態等に依存 して上記の条件と異なる条件により無線利用との共存が可能となることも考えられる。したがって、 このような場合の共存の可能性及びその条件について今後検討することが望まれる。

また、本研究会には、屋外における高速電力線搬送通信の利用に関する要望も出されたが、審議 を迅速に行うために屋内利用のみを検討対象にした。今後、屋外利用を検討するに当たっては、屋 外電力線の特性把握や、PLC機器からの漏えい電波の調査、さらに漏えい電波の低減技術の開発 が必要である。

# 参考資料

参考資料1 高	病速電力線搬送通信に関する研究会開催要綱等・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
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・・・・・・・・・・・
参考資料 1.2	高速電力線搬送通信に関する研究会構成員名簿・・・・・・・・・・
参考資料2 高	⑤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)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
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
	(研究会資料 9-3)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
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
<i>S</i> <b>(</b> ) <b>(</b> ) <b>(</b> )	(研究会資料 9-4)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
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
	(研究会資料 4-4)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
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
5 15(11 01 0	対する各構成員からのコメント
	(研究全資料 5-3)・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・
去去容料34	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
去去容料35	雪波玉文業務の保護其進について
沙ク貝伯いり	