情報通信審議会 CISPR 委員会報告(平成 18 年)

「高速電力線搬送通信設備に関わる許容値及び測定法」参考資料 抜粋

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km内の高速電力線搬送通信設備設置数が重要な要素であり、近傍での設置数があまり多くないであろうと想定される電波天文施設では、その影響の 軽減が期待できると考えられる。

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

5.3.1 検討手順・条件・設定パラメータ

5.3.1.1 検討手順·条件

(1) 高速電力線搬送通信1システムからの放射電力

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

表 5-3 高速電力線搬送通信1システムからの放射電力

<電波天文> 1 3 MH z 帯(中心周波数: 13.385MHz): -73.0 [dBW](RMS値、帯域幅 50 kHz) 2 5 MH z 帯(中心周波数: 25.610MHz): -69.2 [dBW](RMS値、帯域幅 120 kHz) 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

	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)	$\begin{array}{ccc}1,&71\\&7\end{array}$	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	東海 (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)



a) Sky-wave:13MHz带、带域幅:50kHz



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εr=6.0-j40(30MHz のとき), また、誘電正接は tan δ=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。

双00 减没的压(<u>妖励</u> ~~~) 一倍迫物/							
周波数	2MHz	$5 \mathrm{MHz}$	10MHz	20MHz	30MHz		
減衰量(距離 10m)	29dB	28dB	23dB	$27 \mathrm{dB}$	31dB		
減衰量(距離 150m)	28dB	26dB	22dB	$27 \mathrm{dB}$	29 dB		

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。

	公 00 网络科住《代廷府廷树》					
	周波数	2MHz	$5 \mathrm{MHz}$	10MHz	20MHz	30MHz
I	減衰量(距離 10m)	22dB	16dB	12 dB	10dB	6.8dB
	減衰量(距離 150m)	15dB	16dB	13 dB	$7.6 \mathrm{dB}$	$5.0 \mathrm{dB}$

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 の減衰であり、平均では 30 ~50B 程度の減衰であった。



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