

# 屋内高速電力線搬送通信からの漏洩電界と電波共存上の問題



研究ノート

北川 勝浩\*

Emission from in-house broadband power line communications and wireless interference

Key Words : power line communications interference common mode  
differential mode switch branch

電力線搬送通信(Power Line Communications, 以下PLC)は, 50Hz./60Hzの商用電源を通すための電力配線に高周波の信号を重畳して通信を行うものであり, 電力線が本来想定していない高周波を流すために, 電磁界が漏洩して放送や無線通信に混信を与える恐れがある。そのため, これまでは中波のラジオ放送に混信を与えないように450kHz以下の周波数に限り許可され, 通信速度も低速であった。PLCをMbps以上に高速化してインターネットアクセスや家庭内LANに利用するために, 2.30MHzの周波数を使えるようにして欲しいという強い要望が数年前に経済団体から出され, 2つの総務省研究会, 情報通信審議会, 電波監理審議会を経て, 紆余曲折の後, 昨年10月に屋内利用限定でその技術基準が定められた。この技術基準に基づくPLCが昨年末に松下電器から発売され, 広く流通している。

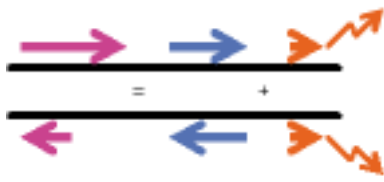
広帯域PLCの技術基準は, 放送や無線通信に妨害を与えないように離隔距離10mにおいてPLCによる漏洩電界を環境雑音と同程度以下にするという前提で定められた。しかし, 最終的に決められた許容値は, 電界そのものではなく, PLCから見た(すなわちコンセントでの)LCL(モード変換損失)が16dBのときに, コモンモード電流を30dB  $\mu$ A以下(2~15MHz)および20dB  $\mu$ A以下(15~30MHz)とするというものである。

ところが, この許容値を満たすPLCを使用している建物から10m以上離れた地点において, 環境雑音をはるかに上回る漏洩が観測されている。私の実験でも, 9400kHzにおいて, 建物から17m離れたアンテナで環境雑音より40dB以上強い漏洩信号が受信され, 建物の12m上方でも50dB以上強い漏洩信号が受信された。他にも, 10255kHzで40dB以上, 放送に割り当てられている周波数帯においても, 11720kHz, 11740kHz, 11835kHzなどで実際の放送に混信を与える漏洩信号が受信された。このうちひとつは, NHKの国際放送であるラジオジャパンへの混信であった。10m離れれば環境雑音以下になり, 放送・通信に混信を与えないはずなのに, いったいどうしてこのようなことが起こるのであるのか。

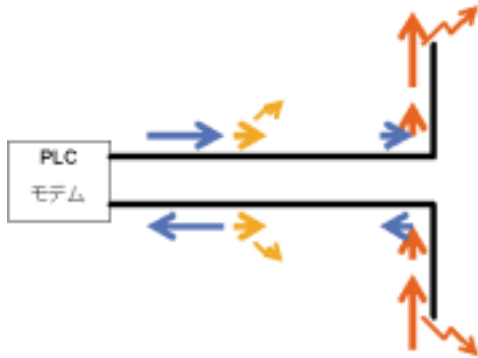
今回定められた広帯域PLCの技術基準では, コモンモード電流しか規制していない。確かに, 電力線からの輻射に寄与するのは図1(a)に示すようにコモンモード電流である。問題は, そのコモンモード電流はどこから来るのかということである。技術基準で定めているのは, PLCモデムからコンセントに注入されるコモンモード電流である。しかし, 実際には, PLCモデムから通信のために電力線に送信されるディファレンシャルモード電流が, 屋内配線の不平衡によって途中でコモンモード電流に変換されたものの方が原理的に大きくなり得る。この様子を模式的に図1(b)に示す。それでは, なぜこれが技術基準から漏れているのであろうか。それは, このモード変換が通常の情報機器の電源ポートでも通信ポートでも無視できるからと思われる。通信ポートからは高周波信号がディファレンシャルモード電流として供給されるが, 接続されている通信線は平衡度が高いのでモード変換は無視できる。そのため, 通信ポートから供給されるコモンモード電流だ



\* Masahiro KITAGAWA  
1958年9月生  
1983年大阪大学大学院, 工学研究科, 電子工学専攻, 博士前期課程修了  
現在, 大阪大学, 大学院基礎工学研究科, システム創成専攻, 電子光科学領域, 教授, 理学博士,  
量子計算, エレクトロニクス  
TEL 06-6850-6320  
FAX 06-6850-6321  
E-mail : kitagawa.m@ee.es.osaka-u.ac.jp



(a) アンバランス電流 = ディファレンシャルモード電流 + コモンモード電流  
遠方から見ると、逆向きに流れるディファレンシャルモード電流は打ち消しあって電波を出さず、同じ向きに流れるコモンモード電流がアンテナ電流として電波を出す。



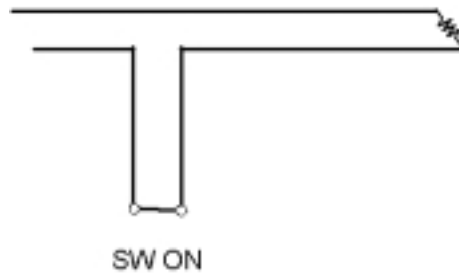
(b) 電力線によってディファレンシャルモード電流がコモンモード電流に変換される

図1 線路上の電流モードとその変化

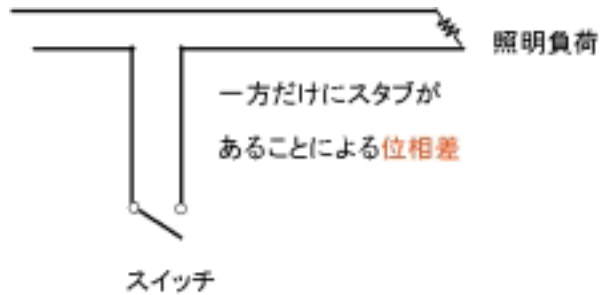
け考慮すればよい。一方、電源ポートに接続される電力線は平衡度が低いのでモード変換は無視できないが、変換される元になるディファレンシャルモード電流の高周波成分は通常無視できるほど小さいので、結果的にモード変換によって生成されるコモンモード電流は無視できる。そのため、電源ポートから供給されるコモンモード電流だけ考慮すればよい。このように、通信ポートと電源ポートでは、理由は異なるが結果的にモード変換は無視できて、ポートから供給されるコモンモード電流だけ考慮すればよかった。ところが、PLCでは、平衡度が悪くモード変換が起こり得る電力線に、ディファレンシャルモード電流として高周波信号を供給するので、図1(b)に示すように実際にモード変換によってコモンモード電流が生じてしまう。しかも、変換によって生じるコモンモード電流の方が、ポートから直接注入されるコモンモード電流よりも大きくなって、より深刻な漏洩問題を引き起こす可能性が高い。

屋内電力配線でのディファレンシャルモード電流からコモンモード電流へのモード変換についての定量的かつ詳細な研究はおそらくまだ存在しない。実験的には京都大学のグループによる示唆に富んだ報

告[1]があり、今回の技術基準を否定する結論が出ている。具体的な配線が与えられれば、モーメント法によって漏洩電界を計算することは比較的容易なので、できるだけ多くの典型的な配線について計算しておくことは、技術基準を定める上で十分とは言えないが必要なことと考えられる。しかし、技術基準策定にあたって、実際には1つの非常に簡単なモデルに対する計算と測定しか行っておらず、そこから一般的な結論を導いている[2]ため、重要な効果を見落としてしまっている。



(a) フォールデッドダイポール効果 (高域)



(b) スタブによる位相差 (全域)

図2 スイッチ分岐によるモード変換

屋内電力配線でのモード変換の主要な原因は、照明の壁スイッチなどのスイッチ分岐と考えられる。図2(a)はスイッチ分岐がフォールデッドダイポールアンテナとして動作することを示している。その特性をモーメント法(NEC2)で計算すると図3のようになり、ディファレンシャルモード電流がほぼ100%コモンモード電流に変換され、強い漏洩が起こることが分かる。また、分岐の長さが多少異なっても同様の現象が起こる。この効果は、一般家庭の場合には主に24~30MHzの高周波側で照明がONになる夜間に現れる可能性がある。

図2(b)は、スイッチ分岐によって生じる2線間の位相差が、もっと一般的にモード変換を起こす場合を示している。例として、スイッチ配線が2m、

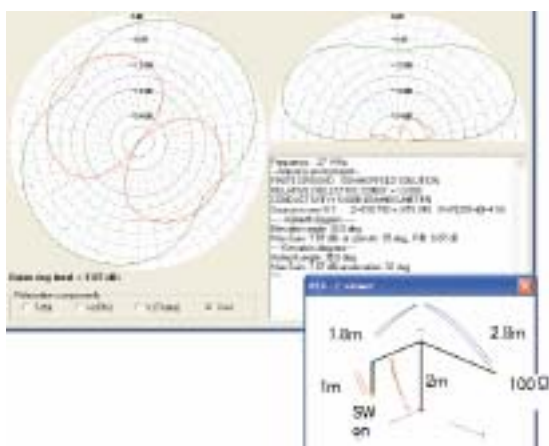


図3 フォールドドダイポール効果

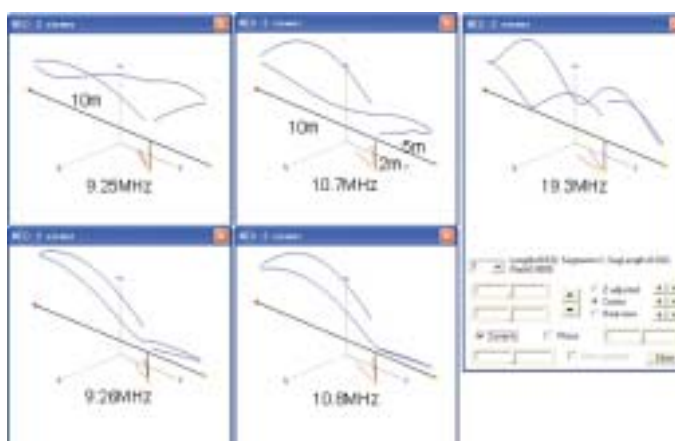


図4 スイッチ分岐の位相差によるモード変換

照明配線が5mのスイッチ分岐に、10mの配線を経由してPLCを接続した場合の電流分布をNEC2で計算したものを図4に示す。2つの曲線は2線の電流の大きさ(絶対値)をそれぞれ示しており、それらの差が大きいほどコモンモード電流が大きい。図4の9.25MHz, 10.7MHz, 19.3MHzで特にコモンモード電流が大きくなっているが、そこからわずかに0.1MHz異なるだけの9.26MHz, 10.8MHzではコモンモード電流が少なくなっている。これは漏洩電界強度の大小とよく一致している。実際の建物にはさまざまな寸法のスイッチ分岐と配線が存在するが、漏洩電界の強さが周波数によって極端に異なることを、この計算はよく反映している。建物内のPLCの台数を増やして行けば、スイッチ分岐でモード変換が強く起こる周波数と配線長の組み合わせを満たす確率が高まり、漏洩電界が生じる周波数が増えてゆく。

離隔距離での漏洩電界を当初の想定内に抑えることは、スイッチ分岐でのモード変換を無視した現行の技術基準では原理的に不可能である。本稿で述べた実験結果やスイッチ分岐の関与する漏洩の鋭い周

波数特性を考えると、ディファレンシャルモード電流を40~50dB下げない限り漏洩電界は環境雑音以下にはならないと見積もられる。しかし、全帯域に渡ってそこまで信号レベルを下げれば、PLCの通信が成り立たないのは明らかである。かといって、妨害の申告に基づく個別対応でメーカーがノッチを調整するというのでは、全ての家電製品にPLCを搭載するといった本格的な応用は望むべくもない。PLCは無線局と異なり、その所在は登録さえされていないため、被害の申告や解決は難航する可能性が高い。通信・放送とPLCを真に共存させるには、全てのPLCを登録するだけでなく、管理する必要がある。この具体的方法については、別の機会に譲りたい。

### 参考文献

- [ 1 ] 石原, 梅原, 森広, 信学技報 Vol.105, No.643, EMCJ2005-145, p.43 (2006年3月)
- [ 2 ] 総務省「高速電力線搬送通信に関する研究会報告書」第5章