

高速電力線搬送波通信の実験における 電力線のコモンモード電流と 漏洩電磁界測定

東北大学大学院理学研究科

土屋史紀

電波天文関係者による実験

測定場所			電力線上のコモンモード電流計測	測定日
東北大学飯舘観測所	福島県	木造	○	2009年10月19日
国立天文台水沢観測所 奥州宇宙遊学館	岩手県	木造	—	2012年3月2-3日
高知高専吾川観測所	高知県	鉄筋	—	2012年3月20-21日
一般家屋	福井県	木造	—	2012年6月23日, 30日

- 飯舘と福井では、電波天文観測に影響しうる強い漏洩電磁界を観測（補足資料参照）
- 高知・水沢では漏洩を確認できず
- 木造建築物でも測定サイトにより異なる結果が得られている。
- 少ない回数の測定漏洩電界強度測定のみから確定的な結論を出すことは難しい。
- 漏洩電磁界の直接的な原因は、電力線上のコモンモード電流だと考えられており、飯舘観測所ではこの計測も実施した。

飯舘観測所での測定

- 建物内の電力線に流れるコモンモード電流測定(図1)
- 一部の周波数帯では、国内PLC技術基準によるコモンモード電流許容値を超過した。

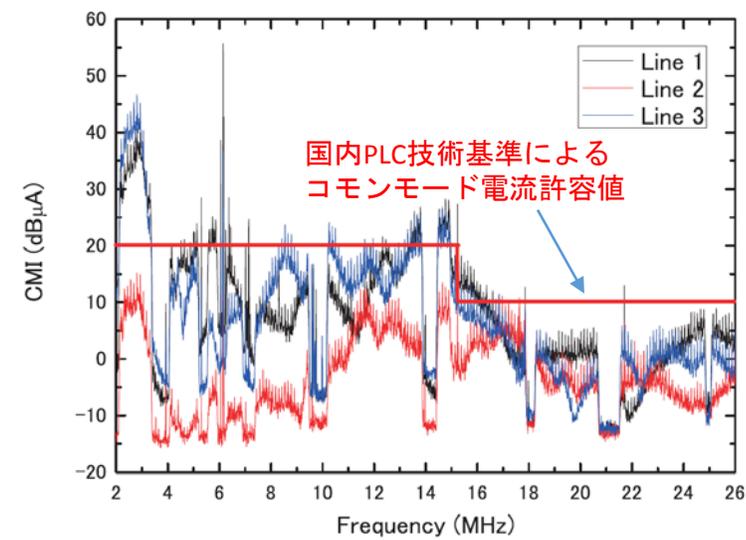


図1：飯舘観測所内に配線された電力線3カ所でのコモンモード電流計測。Line1-3は屋内壁に露出している配線上の異なる3カ所での計測結果(補足資料A1参照)[2]

- 漏洩電磁界強度の距離依存性を計測。ダイポール放射モデルからアンテナ電流値を推定(図2・表1)。
- コモンモード電流測定値の最大値と、漏洩電界強度の測定から推定した電流値はおおよそ一致した。(表1)

表1：コモンモード電流の測定値と、漏洩電界強度の距離依存性とダイポール放射モデルから推定した電流値

周波数 [MHz]	コモンモード電流測定値	アンテナ電流推定値 (ダイポール放射モデル)
2.869-3.200	10~41 dBμA	42 dBμA
10.304-10.592	-2~20 dBμA	24 dBμA
14.502-14.792	8~24 dBμA	20 dBμA

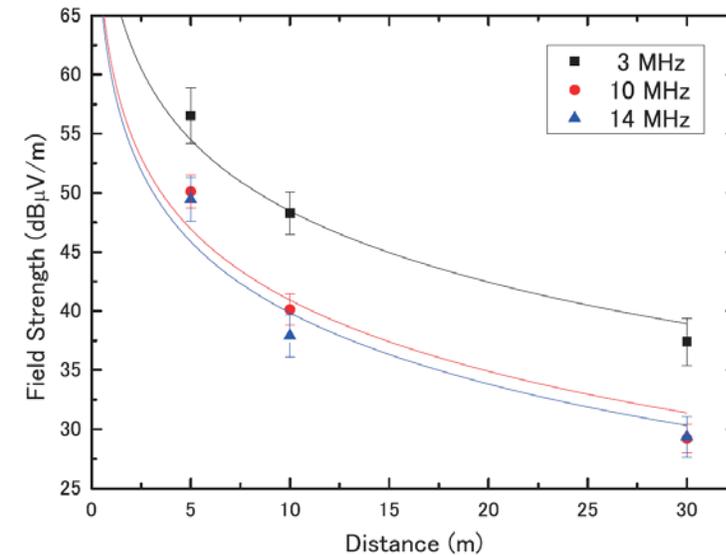


図2：漏洩電界強度の測定値とダイポール放射モデルの距離依存性(L=5mの場合)[2]

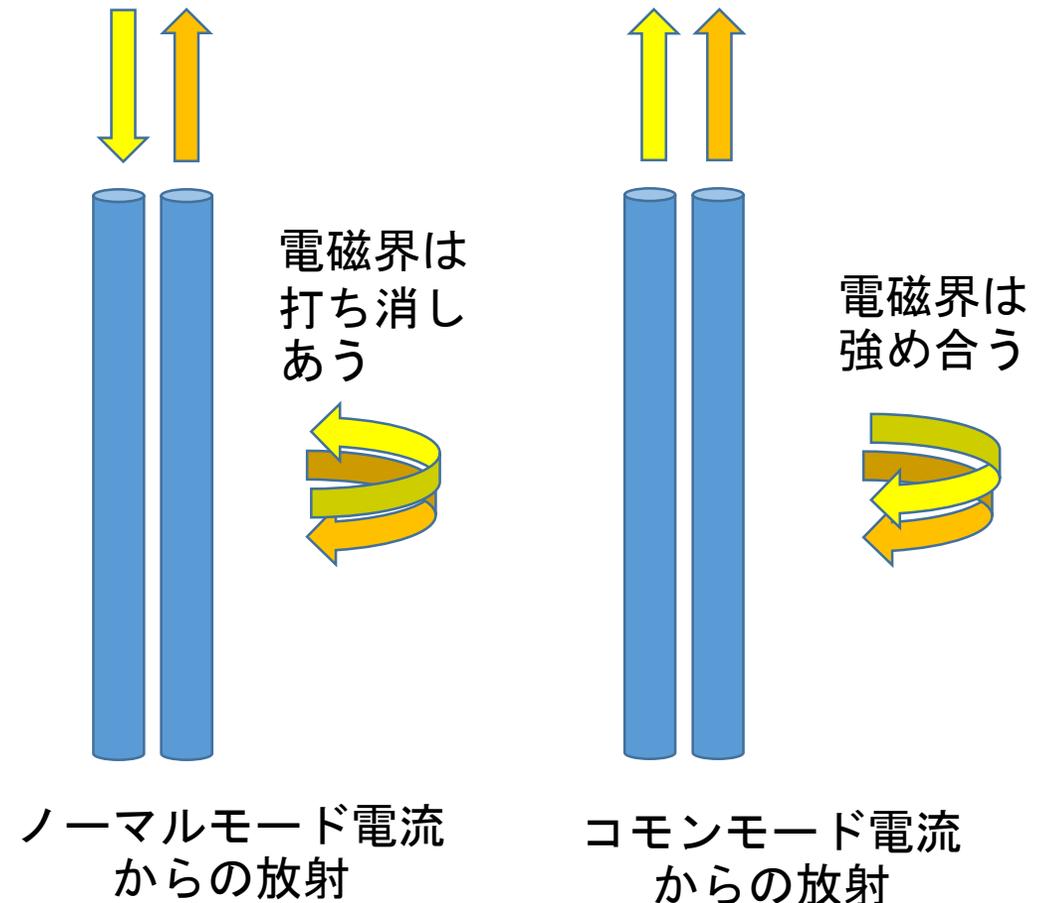
まとめ

- 漏洩電磁界強度の測定結果を、電力線上のコモンモード電流の実測により定量的に評価した事例を紹介した。漏洩電磁界強度の解釈を行う上で、電力線上のコモンモード電流の実測は有効である。
- 一般家屋では電力線が壁の中に配線されているため、電力線上のコモンモード電流を計測することは困難である。一方、実験が工場で実施され、配線が露出している場合、電力線上のコモンモード電流を計測することができる。
- PLCモデムの出力端から離れた電力線上で、コモンモード電流値がPLC技術基準を超過するケースがあり、電波天文観測への悪影響を懸念している。三相3線式の電力線においてPLC技術基準の超過がないことを確認するため、漏洩電磁界強度の計測に加え、電力線上のコモンモード電流を実施することを要望する。
- 漏洩電磁界の遮蔽が期待される鉄筋コンクリート等の建屋で実験が実施された場合、その結果を任意の建屋での結果として適用することはできない。漏洩の発生を示す指標の一つとして、コモンモード電流の実測は有効であると考えられる。

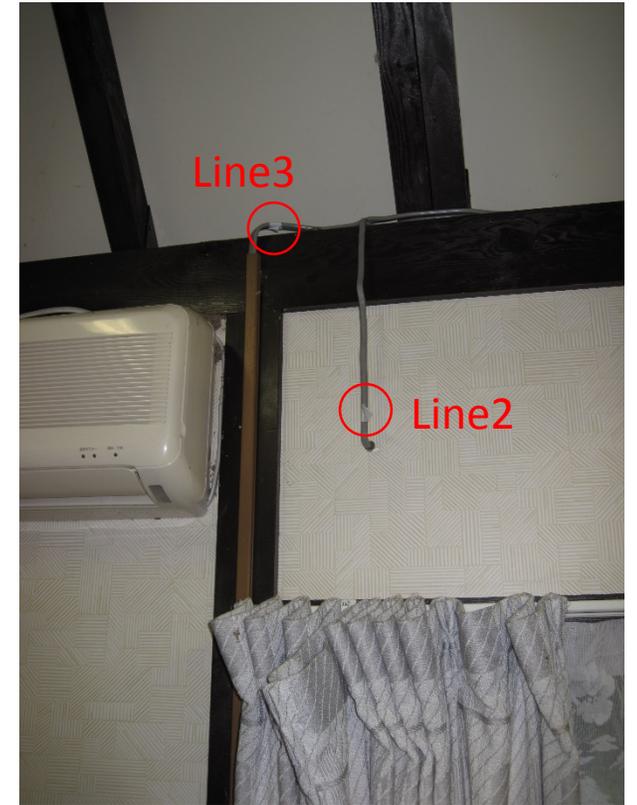
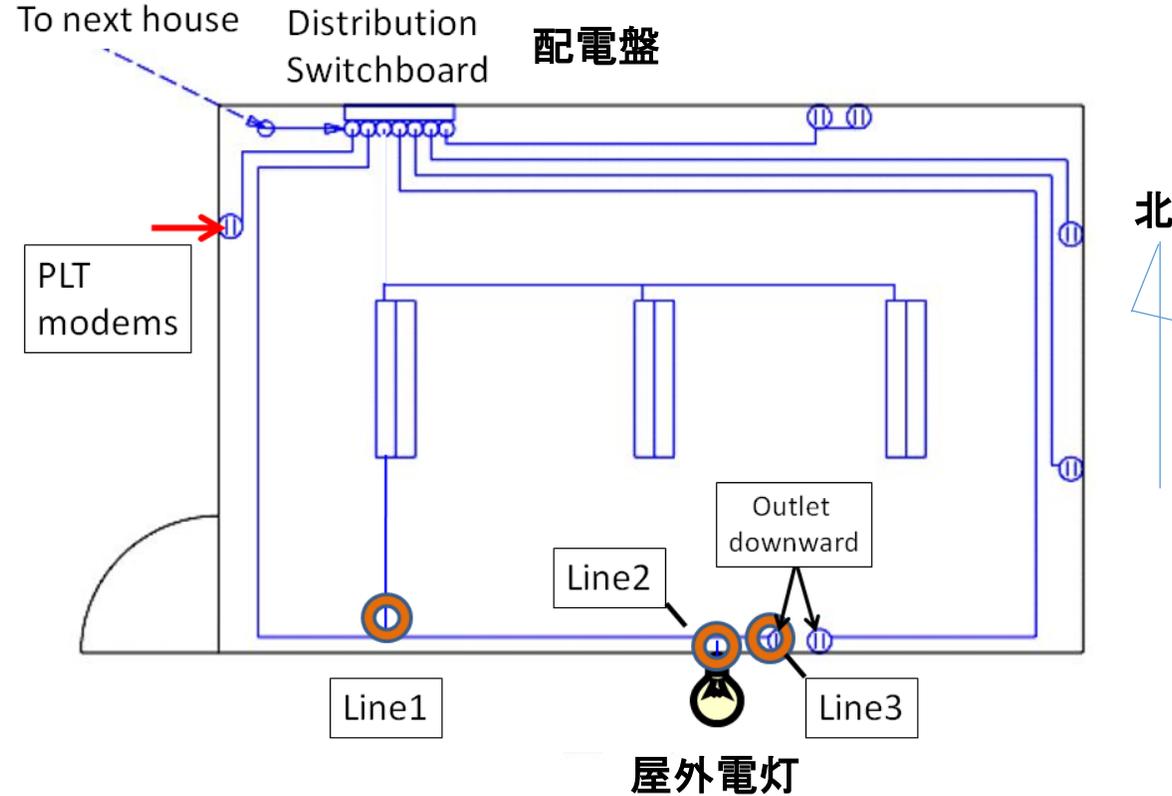
補足資料

ノーマルモード電流とコモンモード電流

- 平行2線を流れる電流
 - ノーマルモード電流：
電流の振幅が等しく逆向きに流れる。
発生する放射電界も逆向きになり互いに
キャンセルし合う。その結果、放射電界は
小さい値になる。
 - コモンモード電流：
振幅が等しく同じ向きに流れる。
グラウンドとの間で大きなループを描いて流れ、
発生する放射電界は大きくなる。
- 3線式でも事情は同じ。
- 電力線上のコモンモード電流は
漏洩電磁界の直接的な原因となる。



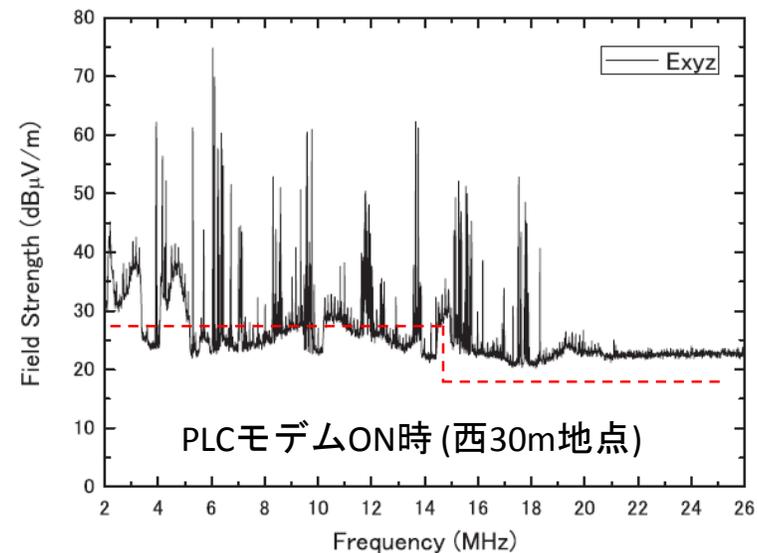
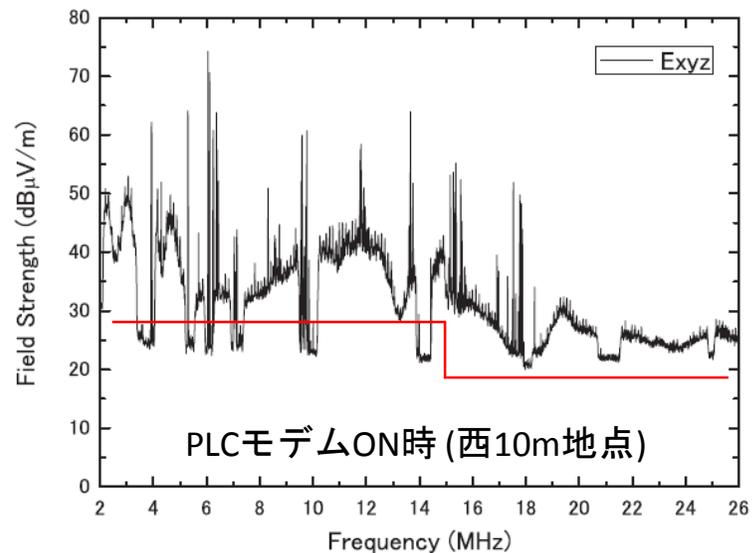
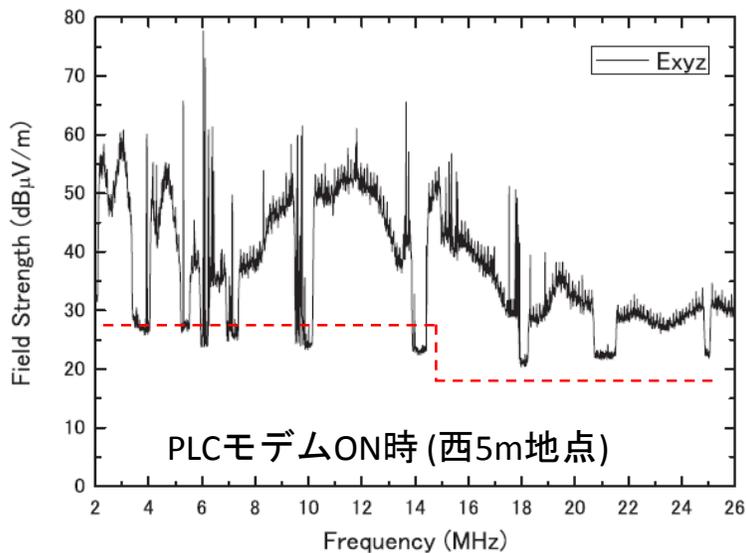
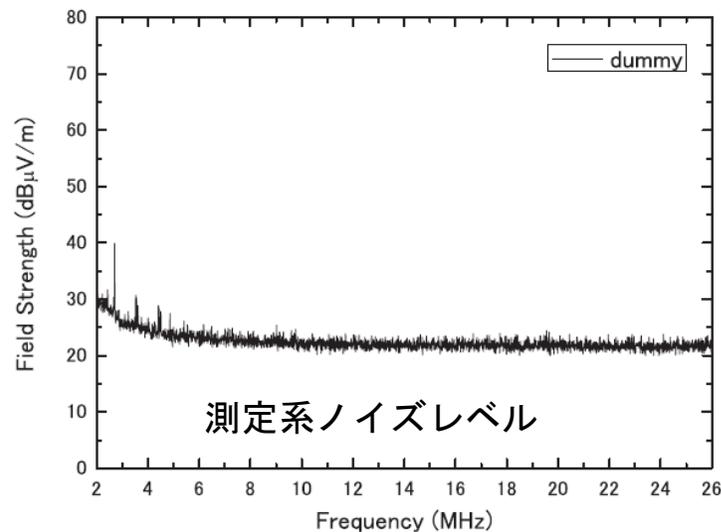
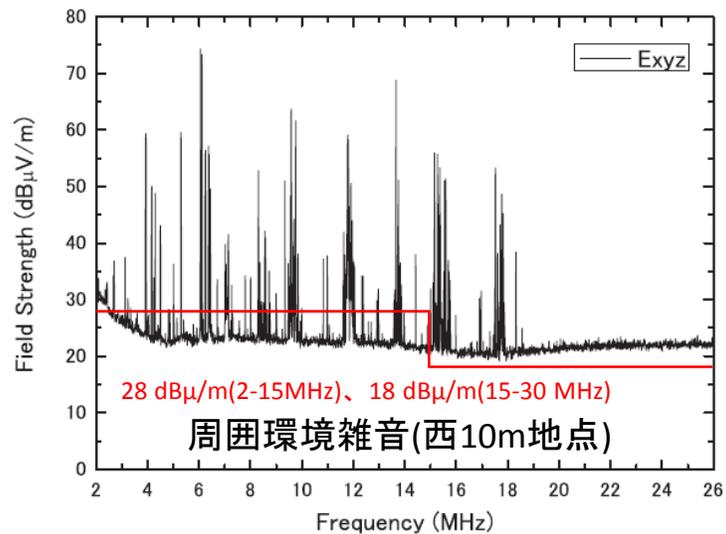
(A1) 飯舘観測所の電力線配線図と測定点



- 配線概要： 2m高さに設置された配電盤から、水平方向に配線。
水平配線から垂直におろした場所にコンセントを設置。
- 2つのPLCモデムを1つのコンセントに接続。
- コモンモード・ノーマルモード電流測定点： PLCモデムの出力端に加え、
(Line1)水平配線分岐点、(Line2)屋外電灯への引き出し線、(Line3)コンセントへの線

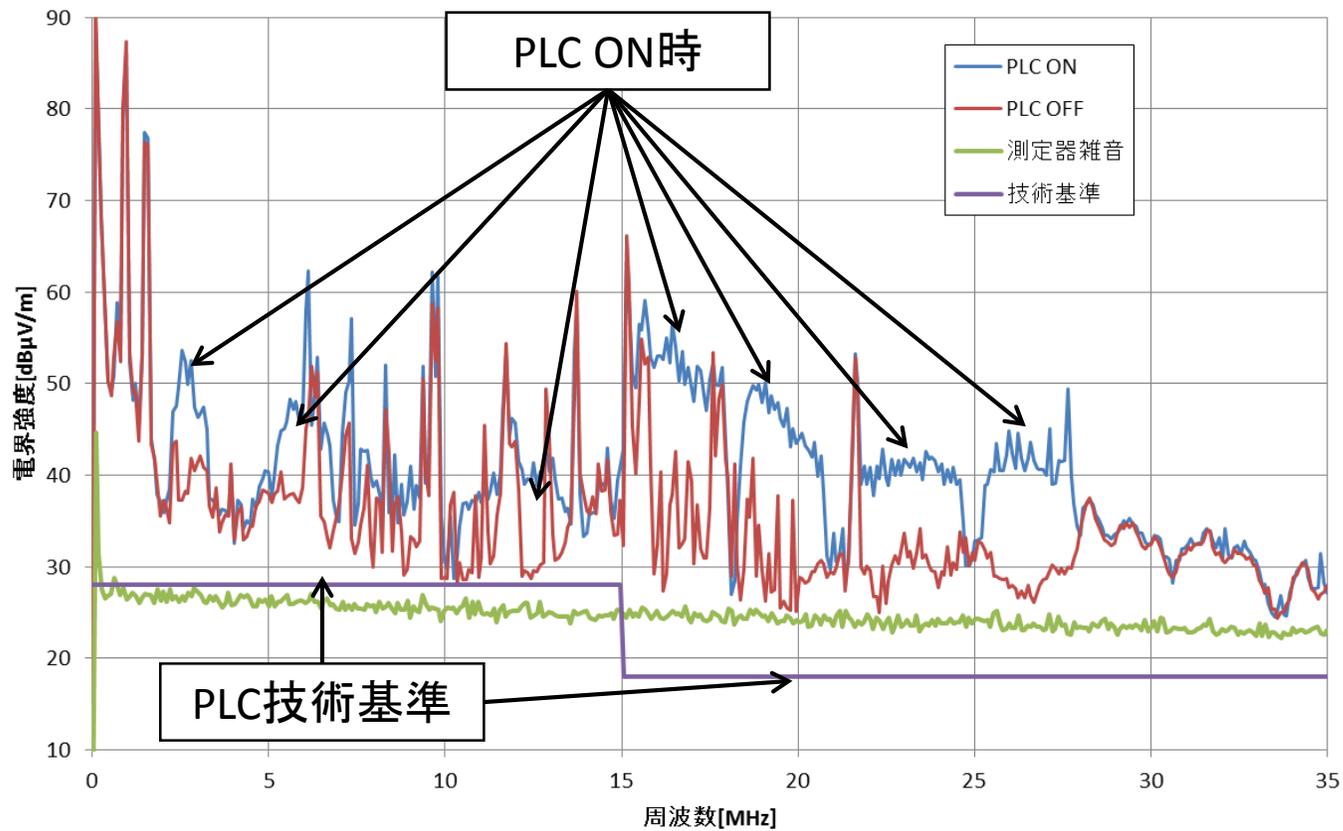
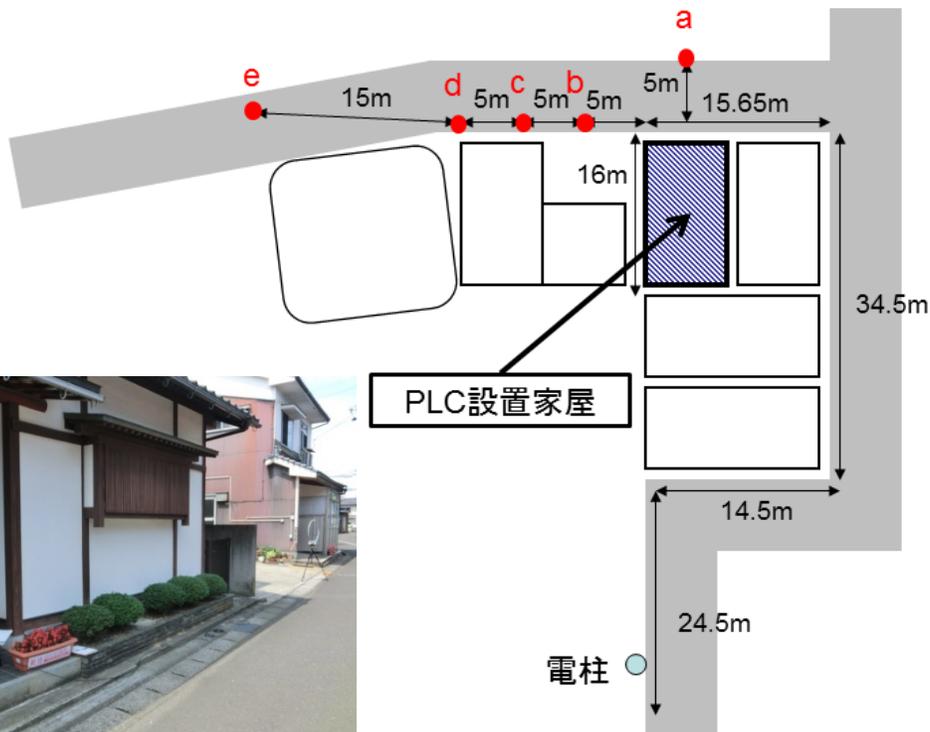
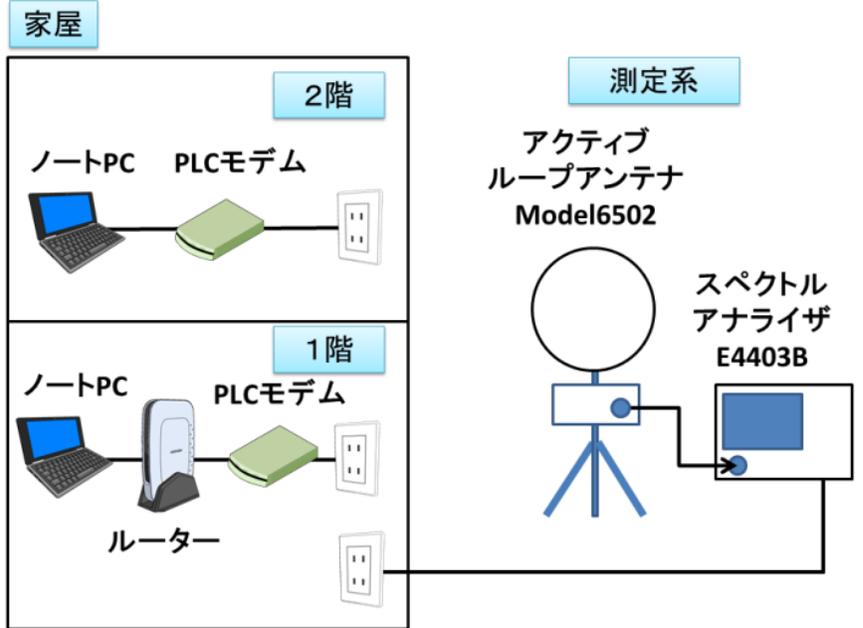
(A2) 飯舘観測所での測定例

2009年10月19日
東北大学飯舘観測所 [2]

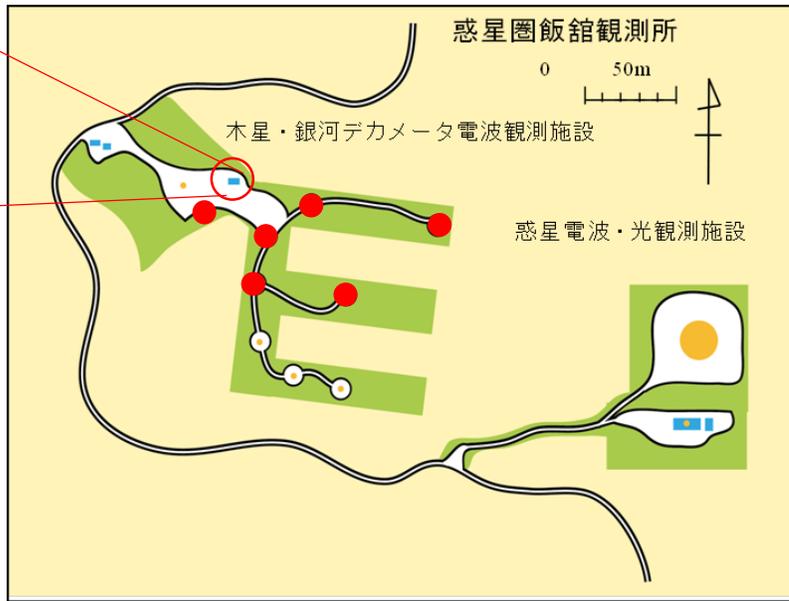


(A3)福井での測定例

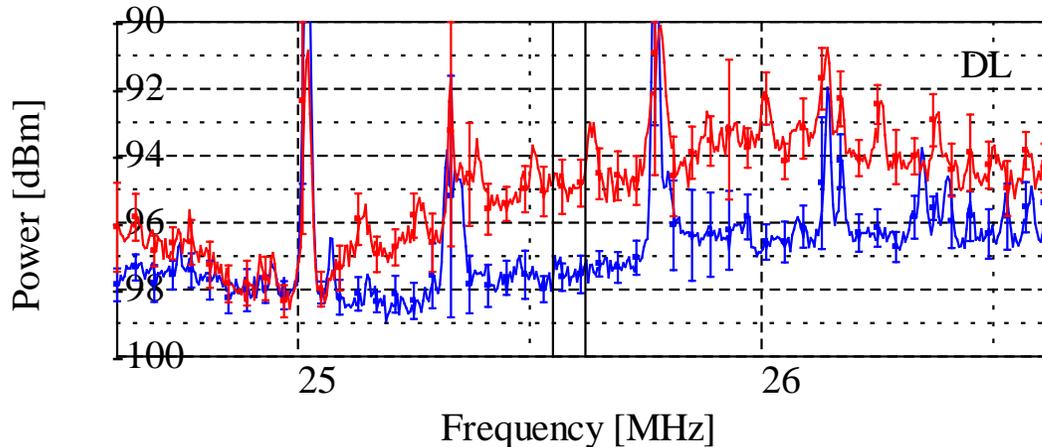
2012年6月30日
福井県武生市 [3]



(A4)電波天文用アンテナを使った測定(飯舘観測所)



飯舘観測所内の施設配置図[1]



アンテナDによる測定例(左回り偏波成分)。
赤がPLC ON時、青がPLC OFF時の受信強度を示す。[1]

- 木星・銀河電波観測用対数周期アンテナを使用 (15-40MHz帯, 図2, A-E)
- 測定実施建物内で1対のHD-PLC又はUPA式モデムを使用
- PLCモデムON後、FTPによるデータ転送中に環境ノイズを超える広帯域雑音を計測(図3)。
- 広帯域雑音強度と電波天文保護帯での干渉閾値(ITU-R RA.769)を比較 (表 1)
- PLCシステムからの漏洩電界強度がITU-R RA.769 を上回ることを確認。

PLCシステムから漏洩電波強度と電波天文保護帯(25.55-25.67MHz)での干渉閾値(ITU-R RA.769)との比較[1]

アンテナ名	R [m]	増分と誤差 [dB]	PLC の漏洩 [K] ※	比率
AL	126.5	1.3 ± 0.9	5276	5.4×10^4
ER	94.5	1.1 ± 0.8	4358	4.5×10^4
DL	62.0	2.8 ± 0.9	13690	1.4×10^5
BL	45.5	6.4 ± 2.4	50880	5.2×10^5

(※電波強度をK単位で表記。電力(W/Hz)との変換は $P=k_b T$, k_b : ボルツマン定数)

(A5)ダイポール放射モデル

モデル曲線

$$E = \frac{Z_0 I L}{2\pi D} \sqrt{1 - \left(\frac{\lambda}{2\pi D}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{2\pi D}\right)^4}$$

E:電界強度、 Z_0 : 空間インピーダンス(120π)
I: 電流値、L: 電流線路長、 λ : 波長
D: 放射源からアンテナまでの距離

参考文献

- [1] 大石, 北川, 三澤, 土屋, 屋内広帯域電力線搬送通信による漏洩電波 (2): 短波帯電波天文アンテナによる漏洩電波強度測定, 信学技報, 109(370), 57-62, 2010-01-14.
- [2] 大石, 北川, 三澤, 土屋, 屋内広帯域電力線搬送通信による漏洩電波 (1): 遠方での電界強度測定とコモンモード電流の直接測定, 信学技報, 109(185), 29-34, 2009-08-28.
- [3] 中城, 大石, 土屋, 立澤, 岡安, 一般の木造家屋におけるPLC漏洩電界強度計測実験, 信学技報 112(468), 37-42, 2013-03-08

測定機材 [2, 3]

パッシブループアンテナ (φ60cm、ETS-Lindgren 6512)
スペクトルアナライザ (NECエンジニアリングSpeCAT2 又は Agilent E4403B)
電流プローブ Fair-Rie 43材フェライトビーズ2643102005のコアを使用