

高速電力線搬送通信（PLC）の医療現場での安全な利用のための基礎的検討（第 2 報）

○石田 開¹⁾，花田英輔²⁾，廣瀬 稔³⁾

- 1) 東京医療保健大学医療保健学部医療情報学科
- 2) 佐賀大学大学院工学系研究科知能情報システム学専攻
- 3) 北里大学医療衛生学部医療安全工学

1. はじめに

我々は、高速電力線搬送通信（*Power Line Communication*: 以下、PLC）の医療現場での使用が可能であるかを検証すべく、安定化電源を用いた環境において、PLC 使用による電源重畳電圧および放射電磁界への影響を調査した。また、同環境において、超音波診断装置の電源を PLC の通信と同一の電源線から供給した場合（渡り配線による供給）において、操作者がプローブに触れると画面に白色の雑音が入混入することを確認した [1]。このため、現時点での PLC の医療現場での解禁は直ちにおこなえとは言えないと考えられた。

しかし、前回の実験では PLC の雑音の周波数成分および電源の配線長について考慮していなかった。今回の発表では、PLC から発生する雑音の周波数成分および実際の医療機関を想定して、異なる電源線長における放射電磁ノイズの程度および医療機器への影響について再度検討をおこなったので報告する。

2. 方法

実験は前回と同様に、北里大学相模原キャンパス内の実習室において、安定化電源を用いて実施した。また、PLC のスタンバイモード（電源入、通信無し）お

よび通信モード（電源入、最大速度での通信有り）の 2 つの状態において検証をおこなった。

1) PLC 使用による雑音の周波数成分の調査

PLC の使用により、電源に重畳する電圧およびモデムから発生する放射電磁ノイズをスペクトラムアナライザ（Tektronix RSA306）を用いて記録した。

実験に用いた電源回路図を図 1 に示す。マスターモデムは①のコンセントに接続し、ターミナルモデムは医用電源回路側の⑦に接続した。電源重畳電圧は、医用電源回路の⑤（ターミナルモデムとは並列）と⑥（ターミナルモデムと直列、いわゆる“渡り配線”）で測定した。

放射電磁ノイズは電源線と測定アンテナ間の距離を 0cm、3cm、10cm、30cm に変化させておこなった。

尚、モデムは 6 機種（HD-PLC 方式：3 種、HomePlug 方式：2 種、UPA 方式：1 種）を用いた。

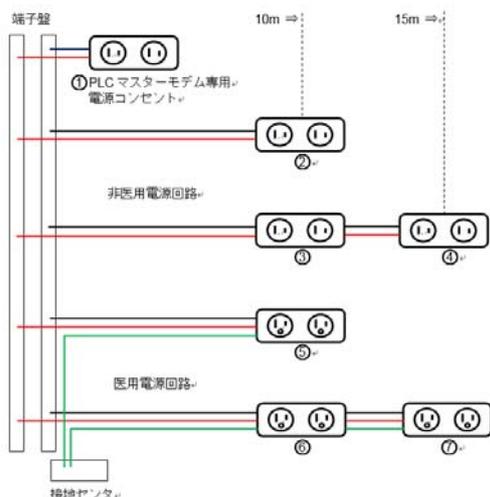


図 1 雑音周波数成分調査用の電源回路

2) 電源配線長の違いによる影響の調査

調査に用いた電源回路を図 2 に示す。安定化電源から供給された電源線の直下 (①) にマスターモデムを接続し、電源線の終端 (⑤) にターミナルモデムを接続した 45m の回路を作成した。その間の距離の 15m (②)、25m (③)、35m (④)、45m (⑤) の点において、電源コンセントを接続し、そこから放射される電磁ノイズをスペクトラムアナライザ (Tektronix RSA306) で記録した。対象モデムは、HD-PLC 方式 1 種と HomePlug 方式 1 種を対象とした。

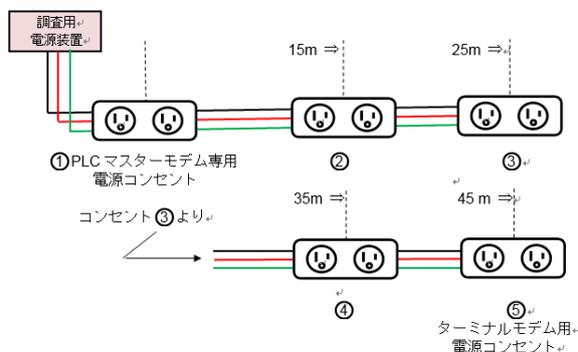


図 2 異なる電源配線長時の放射電磁界調査用の電源回路

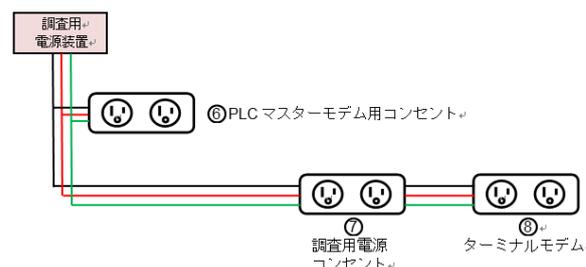


図 3 電源重畳電圧による医療機器への影響調査用の電源回路

3) 医療機器への影響の調査

放射ノイズによる影響の調査では、PLC の通信は図 2 の回路を用いて、医療機器の駆動電源は別回路 (図 3 の⑦) から供給をおこない調査した。

電力線に重畳する電源重畳電圧の影響は、図 3 の⑥にマスターモデムを接続し、⑧にターミナルモデムを接続し、医療機器の電源は⑦から供給をおこない、検証をおこなった。

尚、検証に用いた医療機器は前回検証をおこなっていない機器として、6 種 7 台とした。

3. 結果

1) PLC 使用による雑音の周波数成分の調査

すべてのモデムがスタンバイモード、通信モードにおいて 2~30MHz の周波数帯の信号を使用していた。UPA 方式モデムの通信時に直列箇所コンセントでは、30MHz を大きく超える周波数帯の信号が確認できる (図 4)。しかし、並列箇所コンセントでは 30MHz 以上の周波数成分は少なくなった (図 5)。HD-PLC 方式のモデムの通信時には直列箇所では 40MHz 程度までの電源重畳が見られるが、並列箇所ではそのノイズレベルは低

い値となった（図 6, 7）。

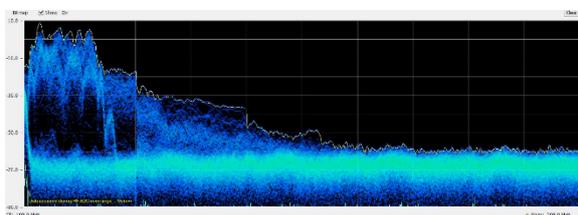


図 4 UPA 方式モデムの電源重畳電圧
（直列、渡り配線）

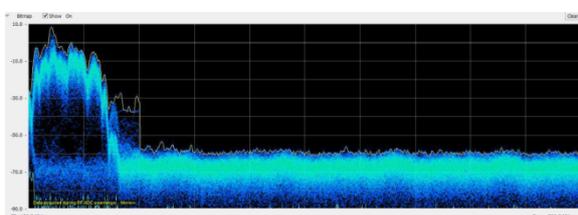


図 5 UPA 方式モデムの電源重畳電圧
（並列）

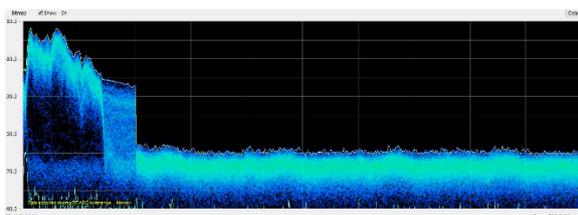


図 6 HD-PLC 方式モデムの電源重畳電圧
（直列、渡り配線）

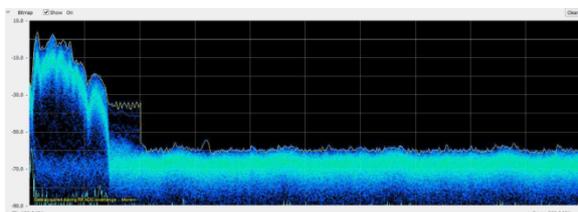


図 7 HD-PLC 方式モデムの電源重畳電圧（並列）

また、信号の発生頻度は、以前の研究結果と同様にスタンバイモードと比較して、通信モードにおいて高頻度に信号を発生していた。

放射電磁ノイズでは、2～30MHz までの信号が確認されたが、モデムと測定用アンテナの距離間が 30cm を超えると、いずれもグラウンドノイズと同程度となった。また、UPA 方式のモデムについても周波数成分および電磁界強度の値は他のモデムと同等であった。

2) 電源配線長の違いによる影響の調査

電源線長の違いによる放射電磁ノイズは、多少の差異は確認されたものの顕著な差異は確認されなかった。また、スタンバイモードではノイズはほとんど見られなかった。

3) 医療機器への影響

放射電磁ノイズによる影響では、PLC モデムを超音波診断装置に密着させると、雑音がわずかに混入したが臨床上、ほとんど無視できるものと考えられた。

電源電圧重畳による影響では、渡り配線を用いて超音波診断装置の電源を供給した際に、プローブを触れると、モニターとスピーカに雑音が混入した（図 8）。この影響はすべての PLC モデムで確認された。しかし、超音波診断装置の供給電源と PLC の通信ラインを完全に分離すると（PLC のマスターモデムを図 2 の①、ターミナルモデムを同⑤、超音波診断装置の電源を図 3 の⑦から取った場合）、この影響は確認されなかった。



図 8 超音波診断装置への雑音の混入

4. 考察

電磁干渉ではしばしば放射電磁ノイズが問題とされる。今回の実験において、モデムから放射される電磁ノイズは一定の距離を取ることではほとんどグラウンドノイズと同等になった。また、距離が近接していてもその周波数成分は 30MHz までであることから、大きな影響の要因にはなりにくいと考えられる。一方で、電源に重畳するノイズは 30MHz を超える機種もあり、また電源供給位置によるノイズレベルの差はほとんど関係なく高値であった。故に、PLC 使用による医療機器への影響は放射電磁ノイズよりも電源重畳電圧によるものの方が大きいものと推察される。

加えて、医療機関の電源線は、渡り配線による供給がおこなわれている可能性がある。故に、PLC の通信と医療機器の電源供給が同一の回線でおこなわれる可能性も考えられる。

今回確認された超音波診断装置に対する影響は、機器の特性上、PLC と同一の周波数帯を使用していることから、通信信号がノイズとして混入したとためと考

えられる。今回の結果から、PLC を医療機関で使用する場合、特に超音波診断装置を使用する医用室においては、特別な配慮が要求されるものと考えられる。

前回と今回の検証において、2 機種 of 超音波診断装置への影響を確認したが、今後も他の機種での検証、また機器のモードによる影響内容の程度についても検討すべきと考える。加えて、医療機器全般（特に生体信号を扱う機器）について引き続き検討をおこなっていきたい。

5. 結論

PLC 使用時に発生する電源重畳電圧および放射電磁ノイズの周波数成分を測定した。電源重畳電圧は一部のモデムで 30MHz を超える周波数があったが、放射電磁ノイズではすべてのモデムが規定の周波数帯に収まっていた。また、放射電磁ノイズはモデムまたは電源線から 30cm 以上離れることで、ほとんど影響は無いものと考えられた。

電源配線長の違いによる放射電磁ノイズレベルの違いについて調査を実施し、配線長の差異はノイズレベルには大きく影響はせず、電源線長の違いは考慮する必要が無いことが分かった。

PLC の通信と超音波診断装置の電源供給線が同一の場合（渡り配線時）に、診療に影響を及ぼすレベルの雑音がモニターおよびスピーカに混入した。しかし、PLC の通信を医療機器の供給電源と分離することで、雑音は回避可能であった。故に、医療機関での PLC の使用時には配線の確認が必要であると結論する。

謝辞

本研究は、日本学術振興会科学研究費（若手研究(B) 15K21461および基盤研究(B) 15H04794）の補助を得ておこなわれた。

参考文献

[1] 石田 開, 花田英輔, 加納 隆, 廣瀬 稔: 高速電力線搬送通信 (PLC) の医療への安全な導入手法確立に向けた基礎研究. 医療機器学. 2015, Vol.85, No.3, p. 336-342.