

Title	住宅環境における屋内広帯域電力線搬送通信からの漏洩電界とコモンモード電流の測定 III
Author(s)	北川, 勝浩; 大石, 雅寿
Citation	電子情報通信学会技術研究報告. EMCJ, 環境電磁工学. 2008, 107(533), p. 1-6
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/77664
rights	copyright©2008 IEICE
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

住宅環境における屋内広帯域電力線搬送通信からの 漏洩電界とコモンモード電流の測定 III

北川 勝浩[†] 大石 雅寿^{††}

[†] 大阪大学大学院基礎工学研究科

〒 560-8531 大阪府豊中市待兼山町 1-3

^{††} 国立天文台

〒 181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1

E-mail: [†]kitagawa@es.osaka-u.ac.jp, ^{††}masatoshi.ohishi@nao.ac.jp

あらまし 我が国の広帯域電力線搬送通信設備 (PLC) の漏洩電界は周囲雑音以下を謳いながら、それを 30dB 超過する。この原因を探るために、漏洩電界 (REF) 強度、PLC および引込線のディファレンシャルモード電流 (DMI)、コモンモード電流 (CMI) を測定し、以下のことを明らかにした。PLC の DMI は CMI より 40dB 大きく、REF への寄与も支配的である。屋内から引込線への DMI 減衰は 0~30dB で、引込線の DMI はほぼ 100 % CMI となり、主要な REF 源となる。電界強度または DMI による規制とブロッキングフィルタが必須である。

キーワード 電力線搬送通信, PLC, 漏洩電界, 周囲雑音, コモンモード電流, ディファレンシャルモード電流, 引込線, ブロッキングフィルタ

Measurements of the Radiated Electric Field and the Common Mode Current from the In-house Broadband Power Line Communications in Residential Environment III

Masahiro KITAGAWA[†] and Masatoshi OHISHI^{††}

[†] Graduate School of Engineering Science, Osaka University

1-3 Machikaneyama-cho, Toyonaka, Osaka, 560-8531 Japan

^{††} National Astronomical Observatory of Japan

2-21-1 Osawa, Mitaka, Tokyo, 181-8588 Japan

E-mail: [†]kitagawa@es.osaka-u.ac.jp, ^{††}masatoshi.ohishi@nao.ac.jp

Abstract The radiated electric field (REF) of the in-house broadband power line communications (PLC) in Japan is supposed to be below the ambient noise level, but actually exceeds it by more than 30dB. We have measured the REF, common mode current (CMI) and differential mode current (DMI) of the PLC modem and service line and found that the DMI is 40dB larger than the CMI and the major cause of the REF. In-house to service line DMI leakage is 0 to -30dB and almost 100% converted to the CMI, which exceeds that of the modem and contributes to the REF. The blocking filter is required. The REF or DMI must be regulated.

Key words power line communications, PLC, radiated electric field, ambient noise, common-mode current, differential-mode current, aerial service wire, blocking filter

1. はじめに

電力線搬送通信 (PLC) は、電力配線に本来想定していない高周波信号を通して通信を行うため、それによって生じる電磁界により放送や無線通信に混信を与えるおそれがある。PLC

に 2~30MHz の周波数を開放せよとの規制緩和要求があり、2006 年 10 月に技術基準が定められた。[1]~[4] その技術基準は、放送や無線通信に妨害を与えないように離隔距離 10m において漏洩電界を周囲雑音以下にするという前提で定められた。[2], [3], [5] 総務省情報通信審議会 CISPR 委員会は、漏洩電

界の原因がコモンモード (CM) 電流であるとして、それから発生する漏洩電界が離隔距離 10 m で、独自に採用した周囲雑音レベル、 $28\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ (2~15MHz)、 $18\text{dB}\mu\text{V}/\text{m}$ (15~30MHz)、以下となるように、通過帯域幅 9kHz での CM 電流を平均値で $20\text{dB}\mu\text{A}$ (2~15MHz)、 $10\text{dB}\mu\text{A}$ 以下 (15~30MHz) と定め、PLC モデムを特定の条件の ISN(LCL=16dB, ディファレンシャルモード (DM) インピーダンス DMZ=100 Ω , CM インピーダンス CMZ=25 Ω) に接続したときにこれを満たすことを技術基準とした。

ところが、この技術基準 [4] に基づいて型式指定を受け市販されている各種の PLC モデムを、実際に一般住宅で使用し、CM 電流と漏洩電界を測定した結果、CM 電流が許容値を満たしていても漏洩電界が周囲雑音を 20dB 以上上回ることが判明した。[1] そこで、その原因を解明するために、コンセントから見た CM および DM の空中線利得を測定した結果、木造住宅では両モードともに利得は最大 -3dBi に達すること、DM の方が CM よりも概ね利得が大きいことが分り、漏洩電界への DM からの寄与が明らかになった。[6] しかし、DM 電流の測定結果はモデムによる差が殆どなく、モデムによる漏洩電界強度の差を合理的に説明できなかった。[7]

そこで、DM 電流の測定条件を見直したところ、予想よりもはるかに大きな DM 電流のためにスペクトラムアナライザのフロントエンドが飽和していたことが判明した。本報告では、正しい DM 電流の測定値を報告し、漏洩電界発生機構の解明と放送・通信との共存問題の真の解決に資することを目的とする。

2. 実験方法

実験は、表 1 の PLC を用いて、これまでと同様に図 1 に示す大阪府吹田市の住宅地にある木造二階建て住宅 [1], [6], [7] で行った。送信状態での測定は、2 台のパソコン間で PLC を介して 100MB~1GB のファイルを FTP で転送し、その間の漏洩電界、CM 電流、DM 電流を測定した。PLC を 2 台とも同じ 2 口コンセントに接続することによって、そのコンセントからの寄与だけを、ほぼ最大通信速度の状態で測定できる点が、これまでの測定 [1], [7] より改善されている。

表 1 実験に使用した PLC

記号	方式	指定番号	備考
P	HD-PLC	第 HT-06001 号	
L1	UPA	第 AT-07006 号	指定取消
L2	UPA	第 AT-07035 号	
N1	UPA	第 AT-07012 号	指定取消
N2	UPA	第 AT-07039 号	
H1	HomePlug 1.0 Turbo	第 AT-07008 号	指定取消
H2	同上	同上	同上
Z	HomePlug AV 1.0	第 AT-07013 号	指定取消
S	HomePlug AV 1.1	第 ET-07008/9 号	

今回測定したコンセントの LCL とコモンモードインピーダンス CMZ を図 2 に示す。[1] また、そのコンセントから見たディファレンシャルモード (DM) およびコモンモード (CM) のアンテナ利得を図 3 に示す。[6]

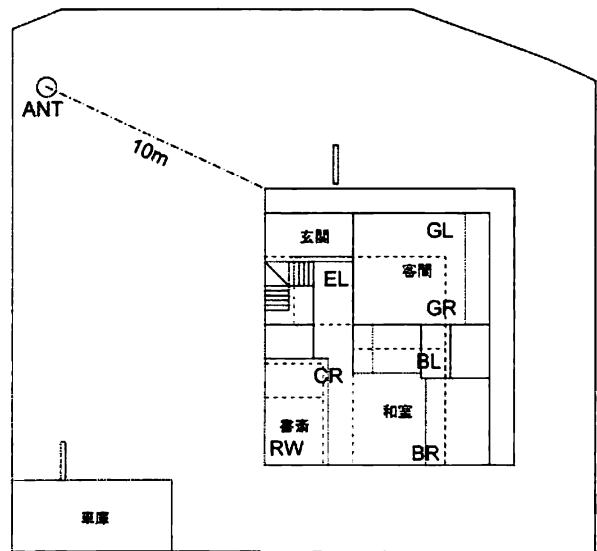


図 1 実験した住宅の敷地・間取りとアンテナ配置
測定したコンセントは 2 階 (破線) の BR

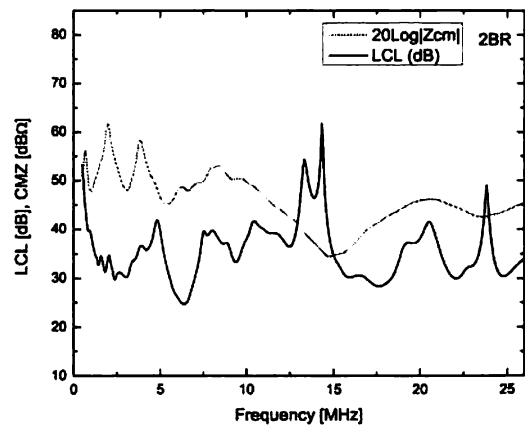


図 2 コンセントの LCL と CM インピーダンス

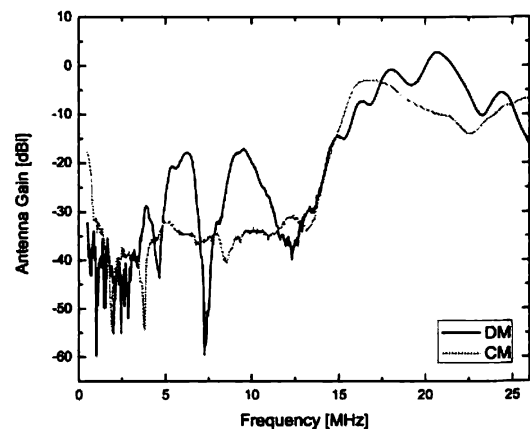


図 3 コンセントから見たモード毎の空中線利得

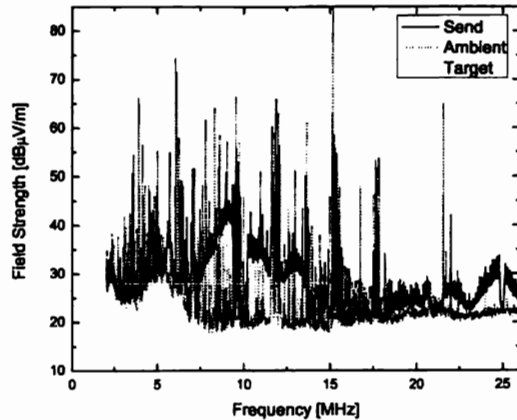


図 4 PLC モデム P

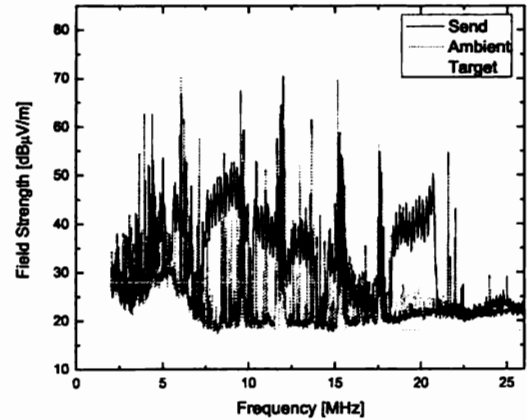


図 5 PLC モデム H1

2.1 電界強度、CM 電流、DM 電流の測定法

漏洩電界は、60cm 角のシールドドスモールループアンテナを、建物の外壁から 10m 離れた地点の地上高 2m に指向性が建物の中心を向くように設置し、スペクトラムアナライザ (NEC Engineering, SpeCat2) で、掃引周波数範囲 2~26MHz、RBW=8kHz、RMS 検波、Maxhold で測定した。技術基準の RBW=9kHz との違いによる誤差は-0.5dB 程度なので、換算は行っていない。[1]

CM 電流と DM 電流は、43 材トロイダル・コアに 2 次巻線を 7 回巻いた電流プローブを用いて、2 次側の電力 P[dBm] を測定した。CM プローブは 1 次側 1 回巻 (貫通) で、CM 電流は $CMI[dB\mu A]=P[dBm]+90$ 、DM プローブは 1 次側 2 回巻 (交差) で、DM 電流は $DMI[dB\mu A]=P[dBm]+84$ で求めた。コアとしては、コンセントでの測定には Fair-Rite 社の 2643102002 を用いた。積算電力計の入力 (柱上トランス側) での測定には、同社の 5943003801 を 2 分割したものを用いた。2 次側電力は、スペクトラムアナライザ (R&S ZVL) を用いて RBW=10kHz、RMS 検波、Maxhold で測定した。技術基準の RBW=9kHz との違いによる誤差は+0.5dB 程度なので、換算は行っていない。

3. 電界強度、CM 電流、DM 電流の測定結果

各 PLC モデムについて、DM 電流および CM 電流の測定結果を、図 4~11 に示す。DM 電流は CM 電流より概ね 40dB 程度大きく、60[dBμA] 以上に達することが分る。

3.1 DM 電流と CM 電流の漏洩電界への寄与度

下記の 3 点から、漏洩電界の主因は DM 電流であり、CM 電流の寄与よりも 30~40dB 大きいことは明らかである。

- CMZ は百~数百Ω で DMZ より少し大きい程度 [図 2]
- DM の空中線利得は CM よりやや大きい [図 3]
- DM 電流は CM 電流より 40dB 程度大きい [図 4~5]

このことは、個別のデータの比較からも裏付けられる。

例えば、図 4 の P と図 5 の H1 との比較から、これら 2 つのモデムの漏洩電界強度の違いは DM 電流の違いで説明できる。9MHz 付近の漏洩電界強度のピークを見ると、P は 45dBμV/m、H1 は 50dBμV/m であり、DM 電流がそれぞれ 55dBμA、60dBμA であることと一致する。図 2 より CMZ は 300Ω 程度、図 3 より空中線利得は DM の方が CM より 15dB 程度大きく、図 4 でも図 5 でも DM 電流が CM 電流より 40dB 程度大きいため、CM 電流の寄与は無視できる。

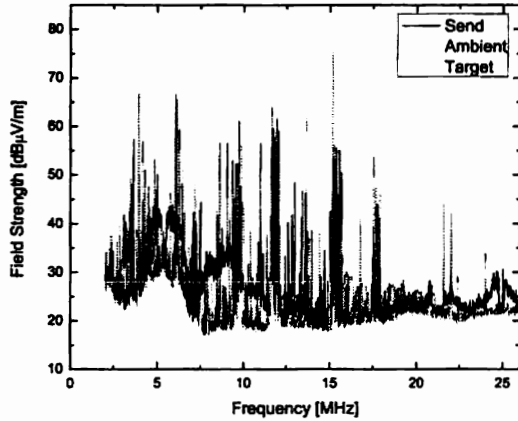


図 6 PLC モデム Z

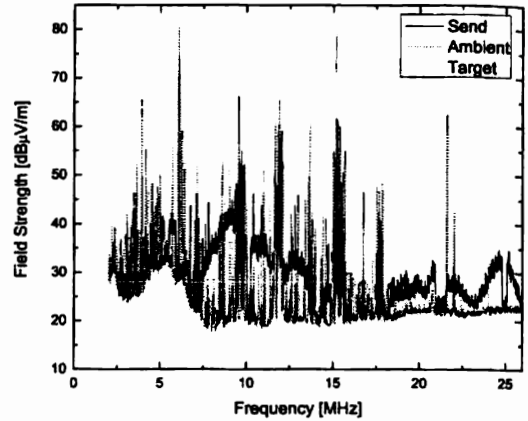


図 7 PLC モデム S

さらに興味深いのは、図 6 の Z と図 7 の S の比較である。これらはともに HomePlug AV 方式であり、リビジョンが一つ異なるだけで、スペクトルは似ている。CM 電流では既に型式指定取消となった Z の方が S よりも少し大きいですが、漏洩電界強度では逆に S の方が Z よりもかなり大きく、目標値を 15dB、周囲雑音レベルを 27dB も上回っている。DM 電流は S の方が Z よりも大きく、漏洩電界強度と大小関係が一致している。このことから、漏洩電界の主因は DM 電流であって、CM 電流でないことは明らかである。

3.2 型式指定取消と新旧製品の比較

次に、図 8 の N1 と図 9 の N2 を比較する。これらは型式指定が取消された旧製品 N1 と新たに型式指定を受けた新製品 N2 である。N1 は 15MHz 以上で CM 電流が許容値を 16dB も超過していたが、N2 ではそれが許容値以下に収まっている。N2 では 7.5MHz 以上で CM 電流が N1 よりも低減されており、それは DM 電流の低減によるものであることが分る。しかし、15MHz 以上での漏洩電界強度は N1 で目標値を 33dB 超過していたものが、N2 で 18dB 超過に低減されているだけである。15MHz 以下では、N1 での漏洩電界強度が目標値を 20dB、周囲雑音レベルを 30dB 超過していたが、N2 でもそれが数 dB 低

減されたに過ぎない。N2 でも漏洩電界強度は周囲雑音レベルを 20dB 程度超過しており、到底容認されるレベルではない。

図 10 の L2 も型式指定取消された旧製品 L1 に替わって新たに型式指定を受けた新製品であり、15MHz 以上で DM 電流が 15MHz 以下に比べて 10dB 程度低減されている。それでも CM 電流はまだ許容値を 6dB 以上超過している。漏洩電界強度にいたっては、15MHz 以上で目標値を 22dB、15MHz 以下で目標値を 27dB、周囲雑音レベルを 37dB と大幅に超過しており、到底容認されるレベルではない。

最後に、図 5 の H1 と図 11 の H2 は同じ製品として販売されたものであるが、国内仕様として指定を受けたものは H2 の方であり、H1 は海外仕様のものが混入したものであるとされている。H1 の CM 電流は許容値を 8~20dB 超過していることから、国内の技術基準 [4] に基づいたもので無いことは明らかである。漏洩電界強度は、15MHz 以下で目標値を 24dB、周囲雑音レベルを 34dB 超過、15MHz 以上で目標値を 30dB 超過している。H2 は確かに CM 電流は許容値以下で、漏洩電界強度も低かったが、通信が不安定で速度も非常に遅かった。

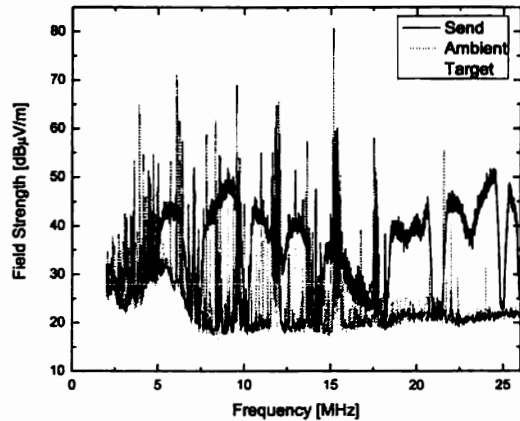


図 8 PLC モデム N1

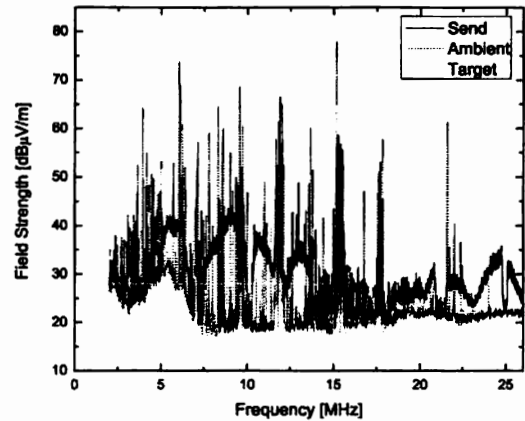


図 9 PLC モデム N2

4. 引込線への漏洩の測定結果

PLC が屋内で使用されていても、引込線に高周波電流が漏洩すれば、より広い範囲に想定外の妨害を与える可能性がある。そこで、配電盤のブレーカの近くに PLC を接続し、ブレーカの出口と積算電力計の入口で DM 電流を測定した結果を以前報告したが [7]、測定系の飽和のために正しい値では無かった。測定し直した結果を図 12 に示す。この測定だけは、神戸市の鉄筋二階建て住宅で行った。モデム L1 を 2 台テーブルタップに接続し、アイドル状態とした。屋内はブレーカとテーブルタップの間、屋外は積算電力計の入口で、それぞれ DM 電流、CM 電流を測定した。屋外の DM 電流は屋内より 0~30dB 程度小さいことが分った。屋外の CM 電流は DM 電流とほぼ等しく、屋外に漏れた DM 電流はほぼ 100%CM 電流に変換されることが分った。これは引込線が柱状トランス側で片側接地されていることによると考えられる。PLC の DM 電流は CM 電流より 40dB 程度大きいので、屋内から屋外への減衰がたとえ 30dB あったとしても、引込線には屋内よりも 10dB 大きな CM 電流が流れる。引込線の多くが数 m~数十 m の架空線であり、短波帯の良好な空中線として働くことを考えると、ここ

からの輻射が主要な漏洩電界発生源となり得る。

本報告中の他の実験に用いた木造二階建て住宅では、PLC モデムを使用した場合に、住宅から 30~50m 離れた地点でも、PLC 由来の雑音が短波ラジオで聞こえる。特に柱状トランスを共有する隣二軒のうちトランスに最も近い家の前で、PLC 由来の信号は極大となる。これは引込線に起因すると考えられる。

技術基準策定にあたって、分電盤での減衰が 30~50dB ある [2] ので引込線への漏洩は問題にならないとして、ブロッキングフィルタの設置を義務付けなかったが [5]、この漏洩経路について科学的な検討が成されたのか疑問が残る。

5. まとめ

本研究によって、以下のことが分った。

- PLC モデムの DM 電流は CM 電流より 40dB 大きく、15MHz 以下で 60[dBμA]、15MHz 以上で 50[dBμA] である。
- 漏洩電界への寄与は DM 電流の方が CM 電流より 30~40dB 大きい。
- 引込線への DM 電流の減衰は 0~30dB 程度である。
- 引込線の DM 電流はほぼ 100%CM 電流に変換される。
- 引込線には PLC より 10dB 以上大きな CM 電流が流れ、

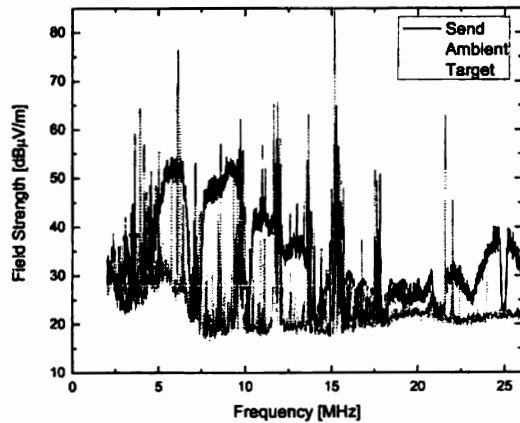


図 10 PLC モデム L2

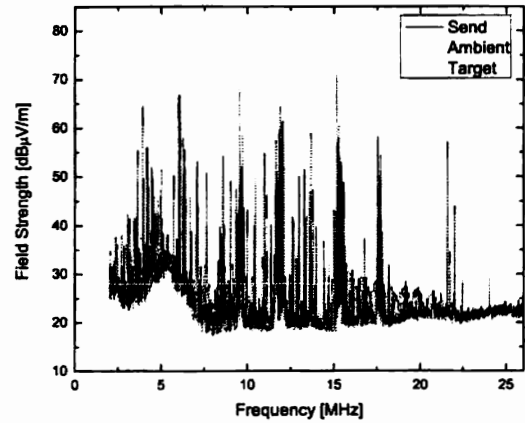


図 11 PLC モデム H2

主要な漏洩電界発生源となり得る。

f) ブロッキングフィルタは必須である。

g) 指定の取消、新規指定でも漏洩電界問題は未解決。

広帯域 PLC の漏洩電界を周囲雑音以下に制御して真に通信・放送と共存するためには、技術基準を早急に見直し、電界強度または DM 電流に対する許容値を科学的に定め、ブロッキングフィルタの設置を義務付ける必要がある。

文 献

- [1] 北川, 大石, “住宅環境における屋内広帯域電力線搬送通信からの漏洩電界とコモンモード電流の測定 I.” 信学技報, EMCJ2007-49, pp.37-42, 2007.9 とその参考文献
- [2] 総務省, 高速電力線搬送通信に関する研究会報告書, http://www.soumu.go.jp/s-news/2005/pdf/051226_6_bt2.pdf
- [3] 総務省, 情報通信審議会情報通信技術分科会 CISPR 委員会報告, http://www.soumu.go.jp/joho.tsusin/policyreports/joho.tsusin/bunkakai/pdf/060629_3.1-2.pdf
- [4] 無線設備規則第 59 条第 1 項第 1 号, 同第 2 項, 第 60 条第 2 号; 電波法施行規則第 46 条第 1 項第 5 号, 同条の 2 第 1 項第 5 号; 総務省告示第 520 号 (平成 18 年 10 月 4 日)
- [5] 杉浦, 上, 兩宮, 山中, “我が国の高速 PLC 規格とその技術的背景,” 信学技報, EMCJ2007-36, 2007.7
- [6] 北川, “屋内電力配線のアンテナ係数のその場測定,” 信学技報, EMCJ2007-54, pp.7-12, 2007.10

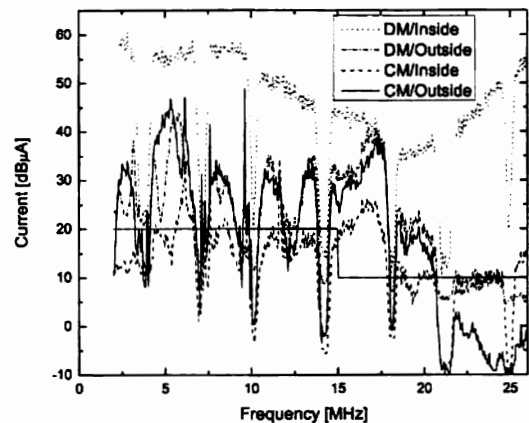


図 12 屋内と屋外の電流 (L1 の idle 状態)

- [7] 北川, 大石, “住宅環境における屋内広帯域電力線搬送通信からの漏洩電界とコモンモード電流の測定 II.” 信学技報, EMCJ2007-53, pp.1-6, 2007.10