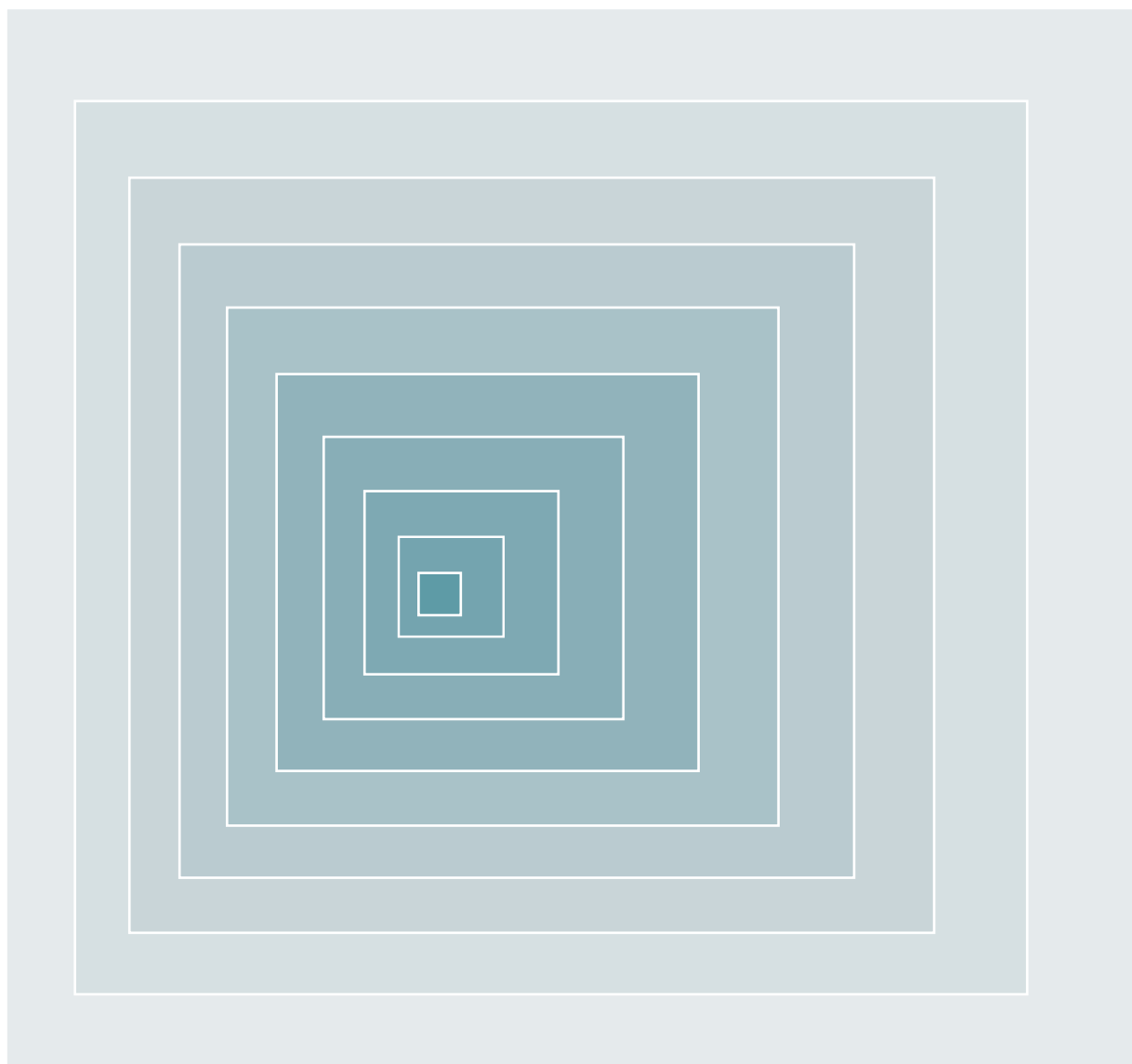


# EMCCレポート



著作：電波環境協議会

第 22 号  
平成 17 年度

## EMCCレポート第22号 目次

- ザクタテクノロジーコーポレーションのEMC活動 ..... 1
- 情報通信ネットワーク産業協会のEMC活動 ..... 5
- マルチメディア映像機器の妨害波測定法に関する検討 ..... 8
- 広帯域信号による電源線伝導イミュニティ試験方法に関する調査研究の概要 ..... 14
- 第29回講演会～CISPRケーブルタウン会議報告会～ ..... 22
- 電波環境協議会報告書等の頒布案内について ..... 23
- 編集後記

# ザクタテクノロジーコーポレーションの EMC活動

株式会社ザクタテクノロジーコーポレーション  
遠藤 清

## 1. はじめに

弊社EMC試験センターは山形県の南部、山と緑に囲まれた上杉の城下町、米沢市にあります。弊社が開業しました1988年の設立当時は、地元地域にEMC試験所が無く、関東の試験所まで出向くしかありませんでした。このため、地元企業から要望を受け、当時のDS&G USA（EMC試験所）の技術協力を経て、米沢市に試験所を設立しました。また、設立当時の社名はDS&G Japanとしてスタートしております。DS&Gという名前の由来は、ダッシュユ氏・ストラウス氏・グットヒュー氏の3人のアメリカ人の名前を合わ

せたものとなっております。

ちなみに現在の社名でありますザクタの由来ですが、これはドイツ語のEXAKT：精密・精巧な!! という言葉から付けられたものであります。

当時はDG&G USAのオープンサイトを参考に日本では珍しい木製の構造のサイトとなりました。このオープンサイトはアメリカFCCの主流である3m法に照準を合わせていたこともあり、当初、10m法での特性が悪く、幾度かの改修を経て、現在の構造となっております。

また、木製の構造のせいか、経年変化に伴いサイトアッテネーション特性が良くなるという現象？ が見られています。（写真1）



上杉の城下町米沢写真



写真1 オープンサイト

## 2. EMI測定スタート

設立当時は日本VCCI（情報処理装置等電波障害自主規制協議会）、米国FCC（米国連邦通信委員会）の放射エミッション測定と伝導エミッション測定がほとんどでした。米国FCCの測定については、最悪配置を見つけ出すことが要求され、埋設されたターンテーブル以外に測定機も回転する構造としました。この最悪配置を探し出す作業はケーブル配置の移動だけでなく、周辺装置の場所も移動したり、ケーブルを装置に立てかけたりするなどを行うことにより、1ポイントの最悪データを取るために10分以上も掛かることがあるなどして大変時間の掛かるものでした。現在は周辺装置の位置などは示されていますが、当時は現地のFCCの測定の方法にならったものであったことなどから、このような測定が一般的に行われておりました。

## 3. EMI対策の取り組み

当時はEMI対策を行うのは各メーカーの技術者でしたので、経験のある技術者は回路設計では問題にならな

いのに、開発段階の終わりを迎えるEMI測定で再度EMI対策の必要に迫られ、大変渋い顔をされながら対策を行っておりました。このため、お客様にとって少しでも負担を低減することが出来ないかと考え、測定を行うだけでなくノイズ対策をサービスに加えお手伝いをさせて頂こうと考えました。今と違って当時の対策手法は、銅テープ・アルミホイルを使用したシールド板・コンデンサ程度の対策しかありませんでした。現在はさまざまな対策部品や、技術の進歩がありますが、当時はわずかな対策部品に頼ることしか出来ないため、対策と測定には大変な時間が掛かったものでした。

ノイズ対策を始めるにあたり、どのような装置でも決してあきらめない努力を掲げて取り組ませていただきました。当初は製品出荷前でのEMI測定での結果が思わしくないだけでなく、装置の変更を行うことの制限が大きく、カット&トライでの連日深夜までの作業となりました。このため、設計段階からのEMI設計の提案を行いつつ、測定に掛かる時間を短縮することを目指してきました。

このような取り組みを行いノイズ対策の実績がある程度出てきましたので、初めてのお客様は我々の技術を試して見たいというご要望がだんだん多くなりました。中には、とんでもない必殺技を持っていると考え



てお願いされがっかりされることもありましたが、ノイズ対策は「正道に不思議なし」と言う言葉がぴったりではないかと思えます。

## 4. 試験所・試験メニューの拡大

EMC試験所として東北に位置しておりますが、関東エリアのお客様にも数多くご利用頂いており、試験・対策サービスの拠点を増やすべく神奈川県川崎市、埼玉県入間市へとサービス拠点を展開しました。(写真2)

どちらも電波暗室での試験を行い、ノイズ対策、エミッション測定だけでなく、CEマーキングのためのイミュニティ試験サービスを行っております。

欧州のCEマーキング法制化に伴い大型機器のEMC試験のご要望も多くなってきました。このため、大型工作機械のEMC試験に対応し全国に出張での試験を行っております。また、今までの数多くのノイズ対策の経験を生かし、その場で必要になった場合はノイズ

対策も併せて行っております。この現場試験の場合、定格容量が大きく対策手法も180度違ったものとなり、対策部品の持込だけでかなりの物量が必要になります。その上、一度の試験で最終データを取得しなければならず、ここでもノイズ対策を効率良く行うことで、また信頼されているのではないかと思います。(写真3)

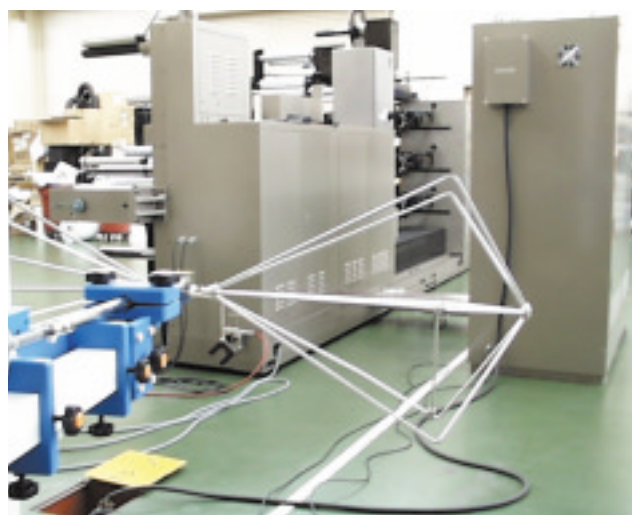


写真3 オンサイト

# ZACTA technology Corp.

業務内容 (株)ザクタテクノロジーコーポレーション  
<http://www.zacta.co.jp/>

**EMC業務関連**

- ・EMC受託対策
- ・EMC申請/認証
- ・SAFETY申請/認証
- ・オンサイト試験
- ・各国規格コンサルタント

**製品評価関連業務関連**

- ・動作検証評価
- ・ユーザビリティ試験
- ・信頼性評価/環境試験
- ・互換性評価
- ・ソフトウェア検証試験

米沢試験センター 山形県米沢市

入間EMCセンター 埼玉県入間市

テクノパーク高津 神奈川県川崎市

本社 神奈川県横浜市

写真2 拠点の写真

ここ数年、新しい規格の発行やメンテナンスサイクルなどによる改訂、あるいは延期など、規格がめまぐるしく変わってきており、それに伴いEMC試験設備も見直しが必要になってきております。またお客様のご要望により弊社では以下の試験設備を新たに導入しております。

- ・ E N61000- 3 -12
- ・ E N61000- 3 -11
- ・ E N50366 / I E C 62233
- ・ C I S P R 25
- ・ EMC 機器校正

## 5. 関係団体との積極的取り組み

弊社のEMC活動としまして、下記の関係団体に参加し、一部委員会にも参加させて頂いております。

- ・ 電波環境協議会
- ・ 情報処理装置等電波障害自主規制協議会
- ・ 関西電子工業振興センター
- ・ 電子情報技術産業協会

- ・ 米沢市電機工業会

## 6. おわりに

弊社はEMC試験所としての事業拡大を続ける傍ら、製品評価に関する事業の方も行っております。昨今問題となっております、出荷後のソフトウェアのバグ、あるいはハードウェアの危険による市場の回収などを防ぐために、ソフトウェアの評価、あるいは製品の信頼性試験を行い、製品を安心して市場に出荷するお手伝いもさせて頂いております。(写真4：接続性評価試験風景)

今後の我々の役割としましてEMCのみならず、安心して市場に供給する際の信頼性を高める一助になれば幸いかと思います。また、EMC試験・製品評価試験の品質システムの追及を行い、製品を出荷されるお客様にご満足いただけます様、これらの試験サービスを提供させて頂く所存でございますので、今度共よろしく願い申し上げます。



写真4 接続性評価試験風景

# 情報通信ネットワーク産業協会の EMC活動

情報通信ネットワーク産業協会 (CIAJ) 電磁妨害対策技術委員会  
山内 健史

## 1. はじめに

情報通信ネットワーク産業協会 (CIAJ) は情報通信技術 (ICT) 活用の一層の促進により、「情報通信ネットワークに関わる産業」の健全な発展を図るとともに、社会・経済・文化における情報利用の拡大・高度化に寄与することにより、豊かな国民生活の実現および国際社会への貢献に資することを目的としています。CIAJの電磁妨害対策技術委員会は会員各社のEMCに関する共通課題の解決と合理的、かつ企業活動にマッチした規格策定に向けた国際提言等の諸活動や他工業会や国内外の関係諸団体との連携、協調を目的とし、EMCの支援活動を推進していきたいと考えています。

## 2. 活動概要

CIAJでは1985年のCISPR22勧告、VCCIの設立を受けて、通信機器のEMC問題に対処するため電磁妨害対策技術委員会が設立され、図1の構成により図2の国内外のEMC関連組織と関わり、CISPR国内／国際委員会やTC77関連国内委員会やEMCC、VCCI、ITU-T部会等EMCの関連諸団体に参画し、最新の動向把握、審議への参加、協力、およびCIAJ会員の意見反映、会員への情報伝達等の活動を行ってきています。

電磁妨害対策技術委員会のEMCへの取り組みとし

て、古くはEMIについて「VCCI規則」の通信機器を対象とした測定条件のガイドライン作成時の審議参加、規則策定への寄与、イミュニティに関しては1989年不要電波対策協議会：現電波環境協議会 (EMCC) へ当時のCIAJ電話設備部会とともに委員として参画したのが始まりです。通信機器のイミュニティ問題として電話機の性能判定における復調信号のノイズレベル (可聴雑音) について課題提起を行い、1999年のCISPR/G/WG3の国際会議にて判定基準の変更 (復調信号のノイズレベル緩和) を提案し2001年発行のCISPR24修正1版に改定案を反映させてきました。

そしてそれまでオブザーバの立場であったものが、CISPR/GからCISPR/Iに組織改定されたのを契機にCIAJからの代表者をCISPR委員会に正式なエキスパートとして登録させていただき、CIAJとして本格的に規格審議に参画を開始し、現在に至っています。

また、このころから通信の高速化、広帯域化、パーソナル化によって、高度情報化社会のインフラ整備が加速度的に進み始め、当委員会では2001年よりxDSL装置に代表されるようなブロードバンド機器のEMCに取り組み始めることとなりました。その活動状況が外部に伝わり、まず電波技術協会殿からADSLの電磁波問題に関する調査報告依頼があり、続けてNTT東日本殿との共同によるVDSL装置の屋外通信線からのEMIのフィールド実験を行うこととなり、さらに電波環境協議会 (EMCC) 殿より2002年、2003年、2004年とADSL、VDSL装置の高周波伝導妨害およびEFT/Bのイミュニティ試験を中心としたイミュニティ特性

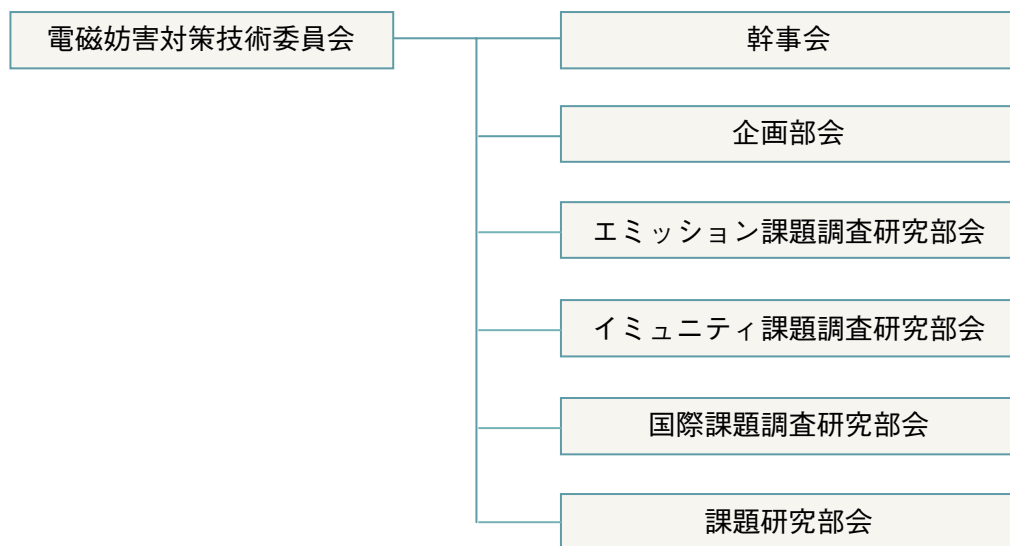


図1 CIAJ 電磁妨害対策技術委員会の構成

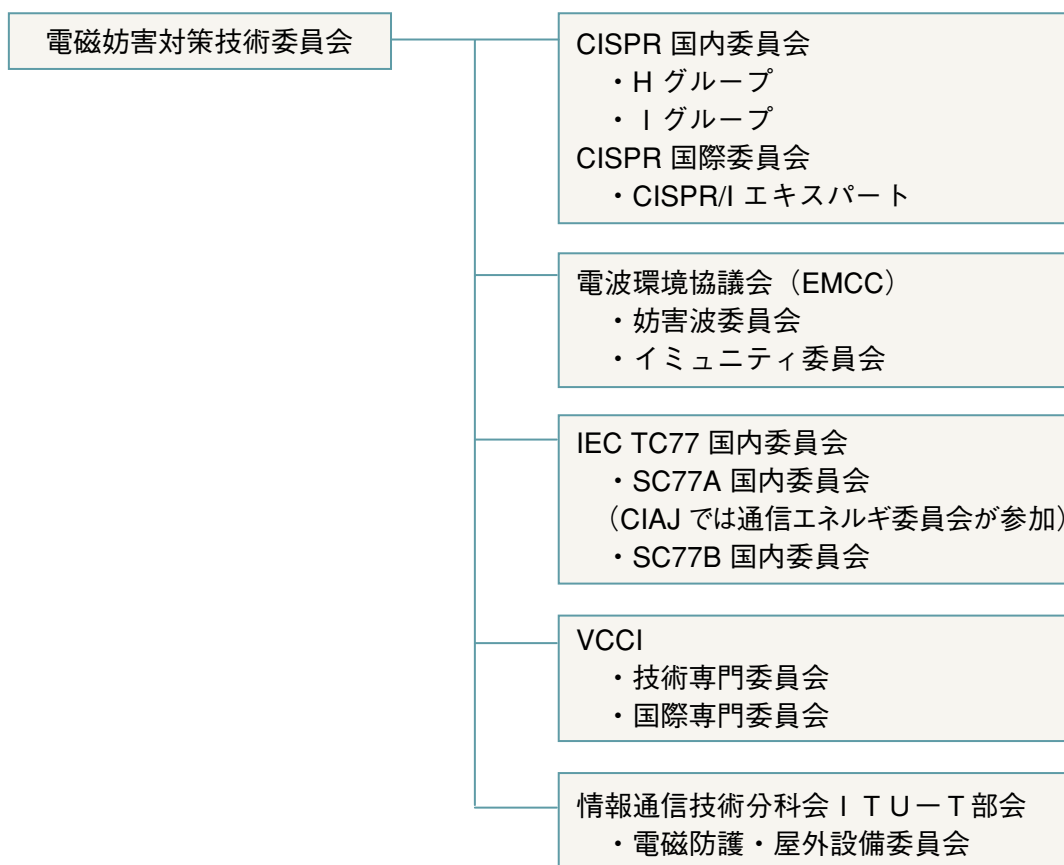


図2 CIAJ 電磁妨害対策技術委員会が参画している国内外のEMCの関連組織



調査委託を受け、それぞれ実行してまいりました。そしてxDSL装置に特有なベストエフォート機能やエラー訂正、リトレイン機能と性能判定条件についての確認も行うなど数々の調査試験を重ね、CISPR国際会議やITU-T/SG5国際会議にイミュニティ試験条件の改定提案を提出し国際規格制定に積極的に参画しています。

また、2004年からはこれらのブロードバンド機器のEMC対応を念頭に置きつつ、マルチメディア機器のEMC規格としてCISPR22・CISPR 24に加え、CISPR 32、CISPR35（従来の装置別規格から機能別規格に方針変更）の新規格策定の活動に参加しております。

2006年度はさらに電波環境協議会（EMCC）殿と協力しながら、xDSL装置に代表されるような新カテゴリに属するブロードバンド機器についてCISPR24の改定案、マルチメディア機器のイミュニティ規格（CISPR

35案）、ITU-T K.48等の規格の試験条件、性能判定基準との整合を課題とし、また、装置本来の基本性能とエラー訂正機能による回復機能を考慮した性能判定の考え方、広帯域インパルス妨害に適用する試験方法等についても検討していきたいと考えています。

### 3. 終わりに

今回CIAJの電磁妨害対策技術委員会をご紹介させていただく機会をいただきました電波環境協議会（EMCC）殿に感謝いたしますと共に、EMCを取り扱う当委員会として国内外の関係諸団体との連携を図り、豊かな国民生活の実現および国際社会への貢献に向け尽力していきたいと考えます。今後も情報通信ネットワーク産業協会をよろしくお願い致します。

# マルチメディア映像機器の 妨害波測定法に関する検討

NTTアドバンステクノロジー株式会社  
服部 光男

## 1. はじめに

これまで、情報技術装置からの妨害波はCISPR22で、映像機器からの妨害波はCISPR13で規定されてきた。しかし、最近では情報技術装置と映像機器が複合した、いわゆるマルチメディア機器が一般に普及してきている。

このような状況のなかで、CISPR/Iでは、マルチメディア機器からのエミッションにおいて、TV受信用アンテナポートやCATV接続用のポートをどのように扱うべきかの課題が検討されている。つまり、CATV同軸ポートはTV信号とインターネット接続のための信号が伝送されるが、ここへ流出する伝導妨害波を映像ポートとして取り扱うか、情報通信ポートとして扱うかが問題となっている。

また、映像機器に対する妨害波規定であるCISPR13では、テレビジョン放送受信機などにおけるTVアンテナ端子について、ノーマルモードの妨害波電圧については規定があるが、コモンモードの妨害波電圧については現在規定が無く、これらの測定法及び許容値の扱いも課題となっている。

本検討では、TV機能付きPCをマルチメディア機器の例としてとりあげ、これから発生する伝導妨害波が、セットトップボックス・モデムなどを通じてCATV回線に接続されたときの伝導妨害波の伝搬状況を明らかにする。これによって、屋外のCATV回線（IP通信機能を持つ）へのコモンモード伝導妨害波を、CISPR22の通信線の妨害波と整合がとれるようにするために、

PCのTVアンテナ端子の妨害波をどのように規定すべきかの指針を探ることを目的にしている。

## 2. 検討方法

### 2.1 概要

TV機能付きPCとして、数種類のTV受信ボードをタワー型デスクトップPCに搭載し、通信ポート、TVアンテナポートのコモンモード伝導妨害波電圧を測定した。測定対象ケーブルとしては、PCに接続されるインターネット接続用ケーブルモデム（以下、モデム）、及びCATV視聴用セットトップボックス（以下、STB）への伝導妨害波ルートの2つのルートのケーブルを対象とした。測定はインピーダンス安定化回路網（以下、ISN）を使用して測定する方法と、各装置間に接続されるケーブル上のコモンモード妨害波電圧・電流を容量性電圧プローブ（以下、CVP）、電流測定に電流プローブを使用して測定する方法で行った。

### 2.2 測定系の構成

#### (1) CATVの配線・構成

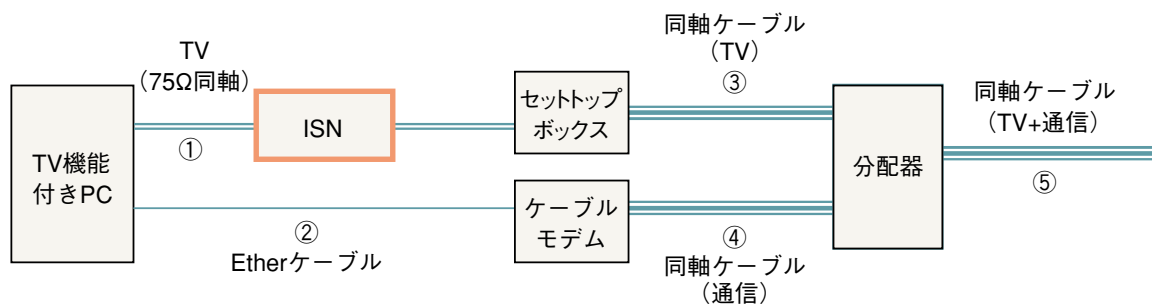
図1にTV機能付きPCとセットトップボックス（STB）、ケーブルモデムおよび分配器を組み合わせたCATVの構成を示す。ここで、TV機能付きPCとケーブルモデム間はUTPのEtherケーブルでその他の機器間は75Ωの特性インピーダンスの同軸ケーブルで配線されている。図1(1)にISNによる測定系を示している。Etherケーブルについては市販のLANケーブル測定用

ISNを使用し、同軸ケーブルについては図2の構成のISNを作成して使用した。①～⑤の5カ所のうちの1カ所に順次ISNを挿入して測定を行った。

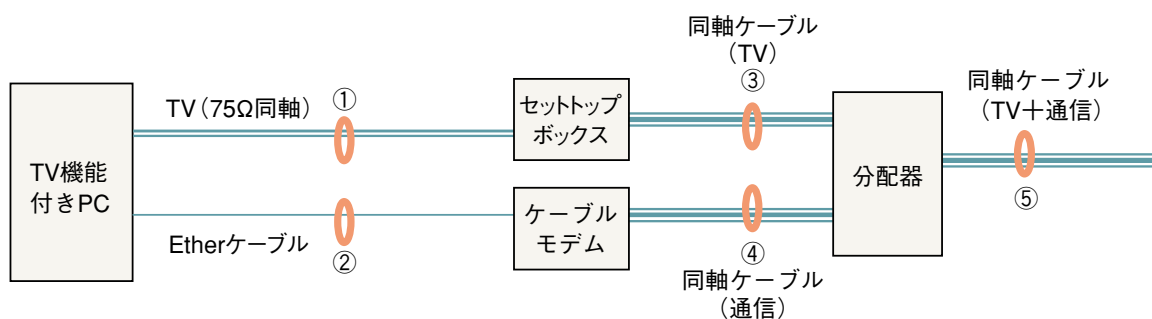
図1(2)は電流プローブおよび容量性電圧プローブによる測定について示す。ISNと同様に①～⑤の5箇所にプローブをクランプして測定を行った。

測定機器の一覧を表1に示す。

被試験装置の配置を図2に示す。被試験装置および測定系はシールドルーム内に配置した。被試験装置は基準大地面から40cmの高さの木製の台に置いた。PC、STB、ケーブルモデムの電源はすべて擬似電源回路網(AMN)を通して供給し、PCのアースは3端子の電源コンセントを通してAMNで基準大地面に接続されている。



(1) ISNによる測定系



① 電流プローブまたは容量性電圧プローブ

(2) 電流プローブおよび容量性電圧プローブによる測定

図1 CATVおよび測定系の構成

表1 測定機器リスト

名称	型番	メーカー	用途
ゲインフェイズアナライザ	4194A	YHP	変換係数測定
スペクトラムアナライザ	ESIB7	Rohde & Schwartz	妨害波端子電圧測定
テストレシーバ			
CVP	CVP-2S	NTT-AT	妨害波端子電圧検出
電流プローブ1	93686-2	ETS Lindgren	妨害波電流検出～30MHz
LANケーブル測定用ISN	ENY41	Rohde & Schwartz	妨害波端子電圧検出
擬似電源回路網	D2601	デバイス	PC・DISPLAY電源
	KNW-242S	協立電子工業	STB電源
電流プローブ2	95242-1	ETS Lindgren	妨害波電流検出30MHz～

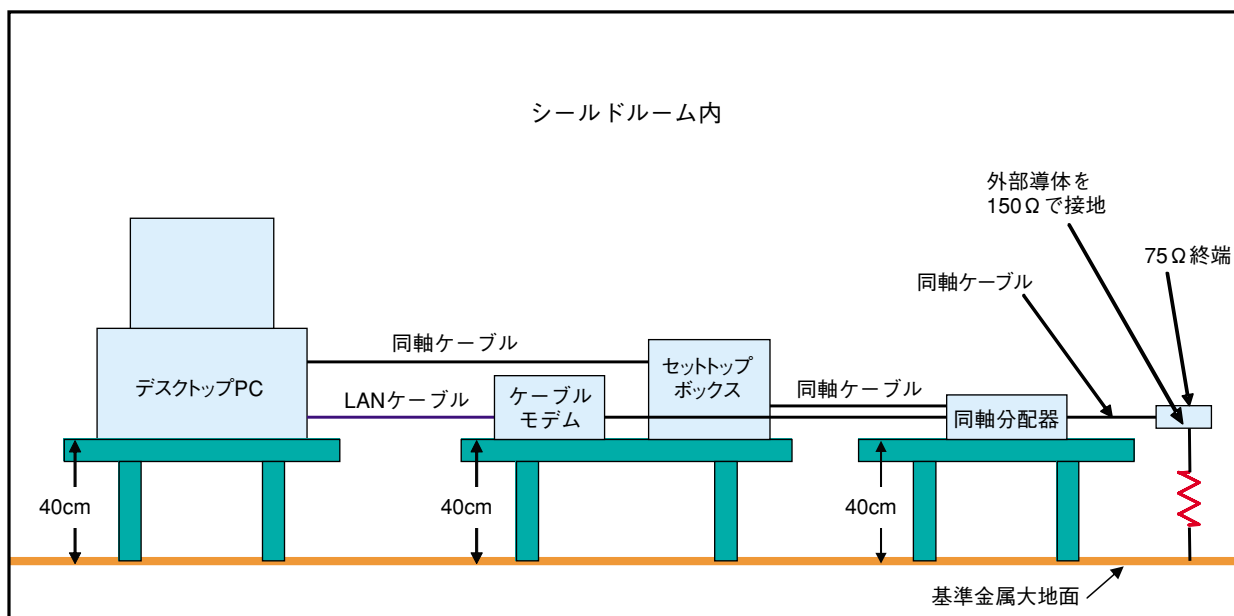


図2 被試験装置の配置

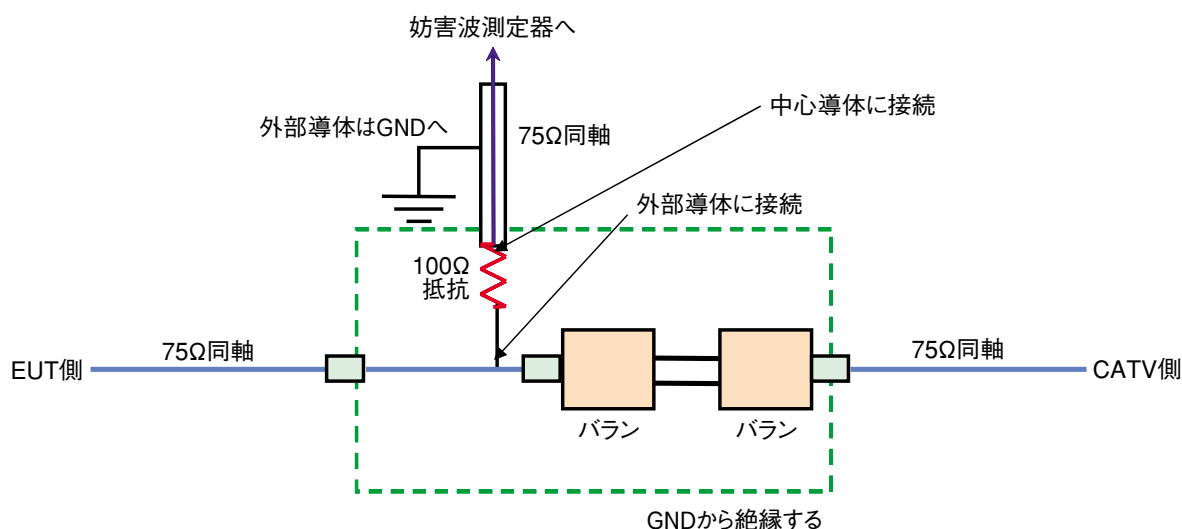


図3 同軸ケーブル用ISNの構成

## (2) 同軸用ISNの構成と特性

同軸用のISNについては、減結合用のコモンモードチョークコイルを同軸ケーブルを使用して作成したものを使用する方法があるが、低周波領域での減結合を得るためには長い同軸巻き線が必要となり、現実的ではない。今回は図3のように2つのトランス型の balan を使用し、平衡側の端子で互いに接続して対称にすることで、ノーマルモードのインピーダンスに影響を与えずに、コモンモードを絶縁する方法を採用した。また、EUTから見たコモンモードインピーダンスは同軸ケーブルの外部導体を100Ω抵抗を通して50Ω入力の測定器に接続することで150Ωとなるようにした。

図4にコモンモードインピーダンス特性、図5に減結合特性を示す。

コモンモードインピーダンスは、165Ω程度の一定値を保っていた、これは抵抗の誤差、同軸ケーブル、測定器の入力インピーダンス誤差などの要因が考えられる。今後原因を明らかにして誤差を低減する方法を検討する必要がある。減結合特性は低周波ほど良く、周波数が高くなるに従って悪くなる。30MHz以下でも20dB以上あり、ほぼ良好な特性と考えられるが、コモンモードチョークコイルとの併用等による高周波での特性改善も検討課題である。

### 3. 測定結果

PCに搭載するTV受信ボードはA、B、Cの3種類を測定した。測定結果の主な点を以下に示す。なお、スペアナのバンド幅はRBW、VBWともに10kHzで尖頭値検波である。また、参考のためにC I S P R 22における通信線のクラスBのQP許容値をどのグラフにも示してある。

#### 3.1 ISMによる測定結果

##### (1) STB経由のルート

以下では図1の測定系の①、③、⑤のSTBを経由する同軸ケーブルのルートでの測定値について説明する。

図6にPC電源もSTBの電源もコンセントには接続しているがスイッチはOFFとした場合の妨害波測定結果を示す。

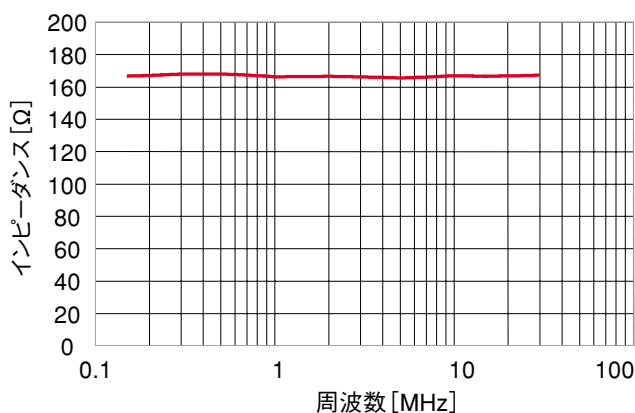


図4 同軸ケーブル用ISMのコモンモードインピーダンス

果を示す。スイッチがOFFでも、内蔵の時計やリモコンの待ち受け状態などで一部の回路が動作しており、それに伴って妨害波が現れている。

図7はPC電源もSTBもともに電源をONにした場合である。ただしPCのTVの受信ソフトは立ち上げず文字Hの連続パターンを画面に表示している。スイッチをONにすることによって、1MHz以下の妨害波のレベルが特に高くなった。これは電源部分のインバータノイズが増加したためと思われる。また、高周波では24.3 MHzに狭帯域の妨害波が目立つ。

図8は、さらにTV受信ソフトを立ち上げた場合の測定値を示す。TV受信ソフトを立ち上げて測定周波数帯域では妨害波の増加は検知できなかった。一方、TV受信ソフトを未起動時に見られた24.3 MHzの妨害波は他の妨害波と同等以下に低下し、わからなくなった。これから24.3 MHzの妨害波は画面のH連続パターンによるものと考えられる。

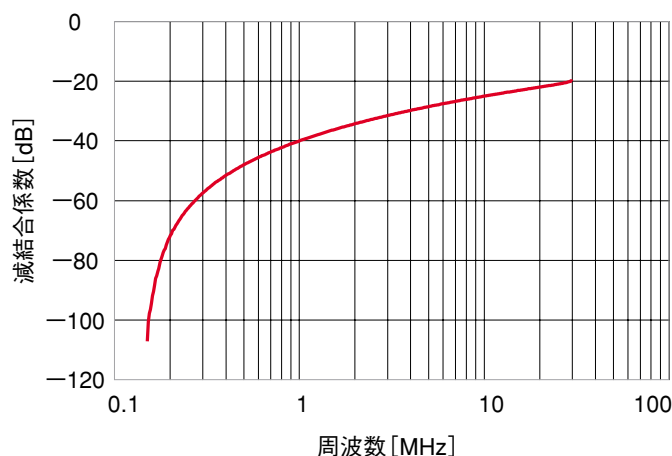


図5 同軸ケーブル用ISMの減結合特性

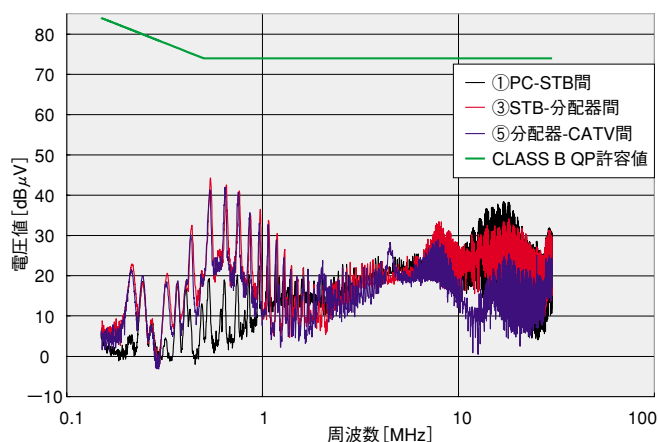


図6 PC電源およびSTB電源スイッチをOFFとした場合

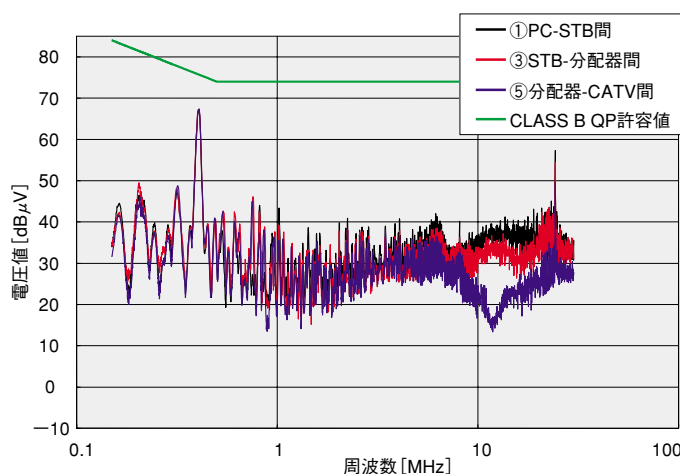


図7 PC電源およびSTB電源スイッチをONとした場合 (TV受信ソフト未起動)



図9は、PCに挿入するTV受信ボードを3種類変更して測定し、比較したものである。これより、500kHz以下で若干レベルが異なるスペクトルもあるが、それ以上の周波数ではTV受信ボードの種類によらずほとんど妨害波レベルが変化しないことがわかる。これは、ボードの電源消費量の違いでPC電源のインバータからの500 kHz妨害波でレベルが若干変化するが、TV受信ボードからの妨害波はPC本体からの妨害波にマスクされて、測定結果に影響を与えていないと考えられる。

## (2) ケーブルモデム経由のルート

以下では図1の測定系の②、④、⑤のSTBを経由するケーブルルートでの測定値について説明する。図10はPC電源およびSTB電源スイッチをONとし、TV受信ソフトは未起動の場合を示す。これより④、⑤の同軸ケーブル部分はほぼ同等のスペクトルとレベルであるが、②のEtherケーブル部分の妨害波は1MHz以

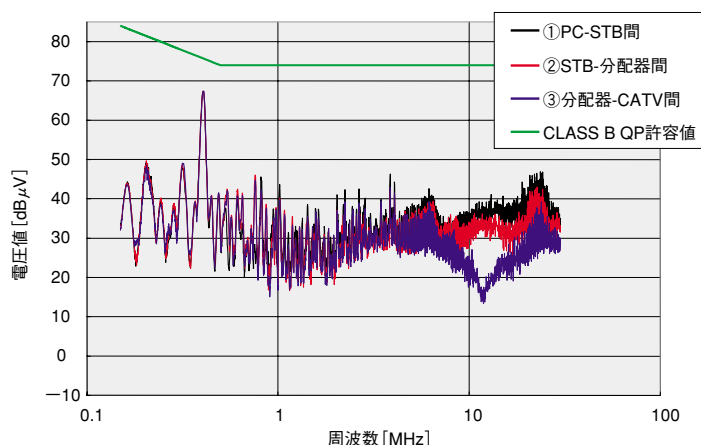


図8 PC電源およびSTB電源スイッチをONとした場合 (TV受信ソフト起動)

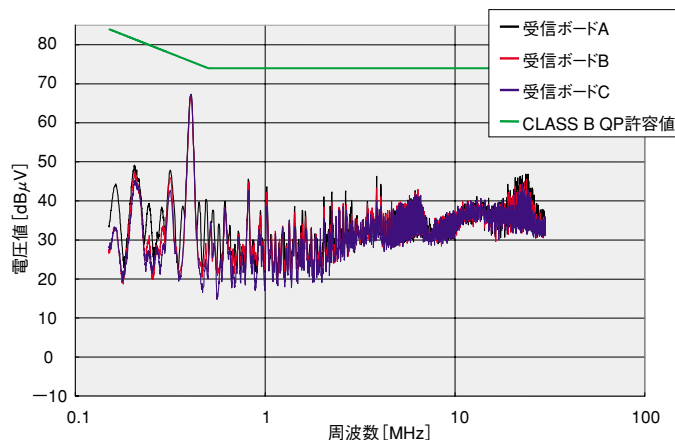


図9 TV受信ボードの違いによる測定値の比較 (①PC-STB間同軸ケーブル)

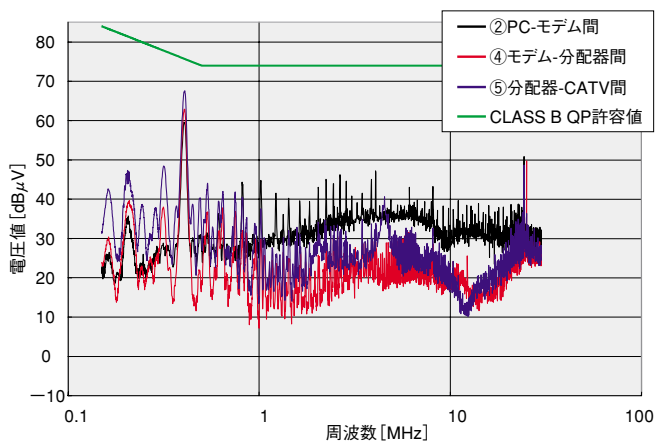


図10 ケーブルモデムルートの妨害波

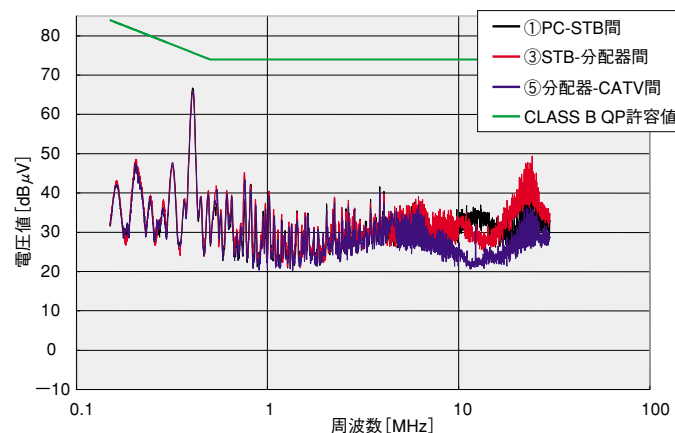


図11 容量性電圧プローブによる測定 (PC、STB電源ON、TV受信ソフト起動)

上でレベルが異なっている。これは、同軸部分は外部導体が機器内で直結されて同等になるのに対して、Etherケーブルはトランスまたは回路が介入しており、妨害波のレベルが変化するのが原因と考えられる。

## 3.2 容量性電圧プローブおよび電流プローブによる測定

図11に容量性電圧プローブ (CVP) による測定結果を示す。これは図8と同じ条件でCVPを使用して測定したものである。CVPの測定限界が高いので、妨害波レベルの低い部分は測定限界以下となっている。ただし、リミットに近いレベルの部分はほぼ同等の値が得られている。これより、CVPもISNと同様に同軸ケーブルのコモンモード電圧が測定に適用できることがわかった。

また、同一の動作条件で、電流プローブによってコモンモード電流を測定したものを図12に示す。これ

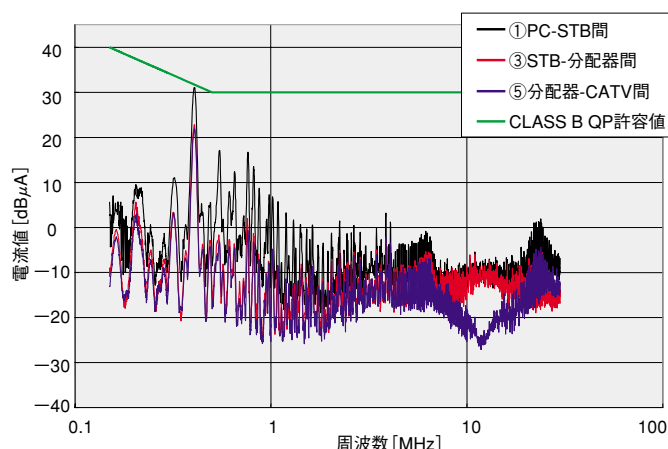


図12 電流プローブによる測定  
(PC、STB電源ON、TV受信ソフト起動)

から、電流プローブの測定値は妨害波伝搬路のインピーダンスが周波数によって変化するため、電圧測定と相似にはならないが、最大のスペクトルが制限値とほぼ同等であることは電圧測定による結果と同等と見なすことができる。

### 3.3 TV受信ボードからCATV屋外ケーブルへの妨害波伝搬

図13はSTBを経由する同軸ケーブルのルートにおける妨害波のレベル変化を幾つかのスペクトルについてプロットしたものである。これより12.044 MHzでは、分配器のところでレベルが低下しているが、その他の周波数ではレベルの変化はほとんどない。これより、共振条件などで一部の周波数でレベル変化が大きくなる場合はあっても、かなりの周波数範囲でTV受信機能付きPCからの妨害波が、そのまま屋外のCATVケーブルに伝搬していく可能性のあることがわかる。このことは、同軸ケーブルにおいても、コモンモードの妨害波レベルの測定方法とリミット値についての検討が必要であることを示している。

## 4. まとめ

以上の測定結果より以下のことが明らかになった。

- (1) 今回測定した3種類のTV受信ボードからの妨害波レベルはPC自体からの妨害波に比べて低く、ボードの種類による妨害波レベルの変化はほとんど無

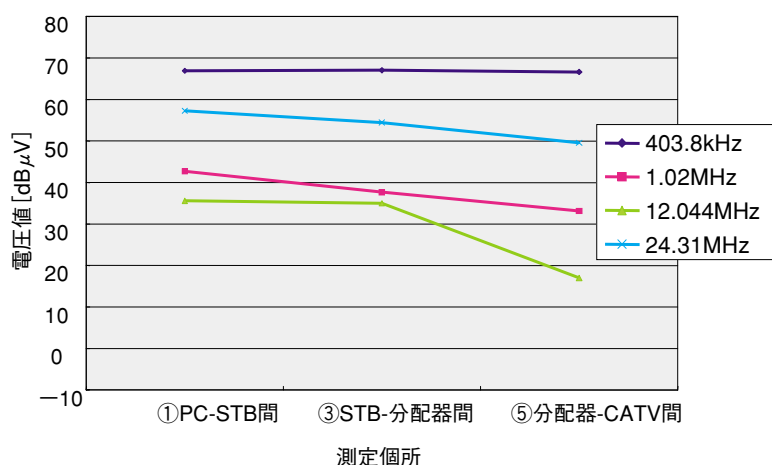


図13 測定箇所による妨害波のレベル変化

かった。また、TV受信ボード特有の妨害波スペクトルも検知できなかった。

- (2) ISM、CVP、電流プローブの3種類の方法で測定を行ったが、同軸ケーブルにおいて、ISM、CVPの結果はほぼ同等であり、電流プローブでもその他の方法と矛盾しない結果が得られた。これより、同軸系における測定もほぼ良好に行える見通しが得られた。
- (3) TV受信機能付きPCからの妨害波はSTBや分配器を通ってもほとんど減衰することなく、屋外のCATVケーブルに伝搬する可能性があることがわかった。これより、CATV回線に接続する可能性のある映像機器についても同軸ケーブルのコモンモード妨害波の規定を設ける必要があることが示唆される。
- (4) 同軸端子へのコモンモードの妨害波のレベルは、被試験装置(EUT)の接地方法、接地線の長さ、基準大地面との離隔などによって大きく変化することが予想される。今後の同軸ケーブルのコモンモード妨害波測定の検討において、現実の妨害波の伝搬とも対応がとれ、再現性のある試験結果を得られる測定ツール、機器のセットアップ方法などの詳細を検討する必要があると考えられる。

以上の、結果を踏まえてマルチメディア機器の妨害波規定方法についてさらに検討を深めるとともに、CISPR Iでの検討にデータを提供し寄与していく予定である。

# 広帯域信号による電源線伝導イミュニティ試験方法に関する調査研究の概要

TDK 株式会社  
橋本 康雄

## 1. はじめに

EMCCイミュニティ委員会（委員長：電気通信大学上芳夫教授）では、H17年度の活動として、「広帯域信号による電源線伝導イミュニティ試験方法に関する調査」を行った。電源線を伝送媒体として高速・広帯域な通信を行う電力線通信（PLC：Power Line Communication）は、他の有線通信システムや無線通信システムに対して通信路を新しく敷設する必要がない、無線電波が遮断され通信状態が不安定になることはない等の優位性を有する。欧米では、既に一部で実用化されており日本でも実用化と普及が期待されている。しかし、既存無線通信との共存が懸念されているため、昨年総務省は「高速電力線搬送通信に関する研究会」を開催し、共存可能性、共存条件が検討された。その結果を受けて「高速電力線搬送通信設備小委員会」が設置され情報通信審議会への答申が検討された。

PLCで使用される信号は広帯域のディファレンシャルモードの信号であり、このような信号が電源線に注入された場合、マルチ接続された各種電気・電子機器への影響が懸念される。

一方、現在の伝導イミュニティ試験方法は、IEC61000-4-6「無線周波数電磁界によって誘導された伝導妨害に対するイミュニティ」として試験および測定技術が定義されている[1]。しかし、このイミュニティ試験方法は、妨害波として周波数掃引された狭帯域信号をコモンモードで重畳して行なわれるため、PLC信号と異なる。従って、新たに電源線伝導イミュニテ

ィ試験方法を検討し、各種電気・電子機器の伝導イミュニティの実態把握により検証する必要がある。

本調査研究では、PLC信号を考慮した妨害波発生方法および妨害波注入方法を検討し各種電気・電子機器の伝導イミュニティ実態を一部把握することによって試験方法に関する検証の検討を行ったので概要を報告する。

## 2. 妨害波の発生・注入方法とEUT選定

電源線を伝送媒体として使用する高速・広帯域通信システムとして現在各方面で検討されているPLCでは、周波数帯域 2 MHz～30MHz（一部の機器では 1MHz～38MHz）を使用し、2次変調としてOFDM変調やDS/SS変調された広帯域信号を使用している。1次変調では高速伝送の目的からQAM（Quadrature Amplitude Modulation）などの多値変調方式が使用されている。OFDMの場合、帯域外への漏洩防止や周波数利用効率の向上などの目的から、サブキャリア数は数100から1000以上のもので提案され、ノッチフィルタや様々なサイドロープのレベル低減手法と組み合わせて使用されている。従って、これらの条件に基づいて下記の妨害波を検討した。

\* 周波数帯域：2 MHz～30MHz

\* 変調方式：

- ① DS/SS（変調方式:64QAM, 拡散率:50, シンボル長:3.6uS）
- ② OFDM（変調方式:64QAM, サブキャリア数:1364, シンボル長:49uS, GI長:1/4, PAPR:12.8）

図1および写真1に妨害波の発生回路を示す。妨害波は任意波形発生器で発生させ、妨害波の注入レベルは、電力線通信モデムメーカーで一般に検討し提案されている最大送信電力レベル91[dBuV/10kHz]を参考にし[2]、ステップアテネータおよびパワーアンプを用いて送信電力レベルを調整した。各変調方式をシミュレートしたスペクトラムを図2に示す。

ホームネットワークやオフィスでのネットワーク用途として検討されているPLCモデムでは、電源線に妨害波をディファレンシャルモードで注入するために、トランスとコンデンサを組み合わせたACカップラが用いられている。そこで、本調査研究においても同様の回路を妨害波注入回路として用い、各種電気・電子機器の電源線に妨害波を注入した。トランスには、信号減衰が小さく、ディファレンシャルモードで効率的に

信号重畳出来ること、一般に不平衡回路で構成されるモデム回路の影響が伝送路である電源線に極力現れないように balan 構成になっていることが望まれる。検討した注入方法では、North Hills製バラントランス：0300BB (50Ω：100Ω) を用いて、コンデンサと組み合わせさせた。トランスが50Ω：100Ωになっているのは、電源線の特性インピーダンス(100Ω程度)に合わせるためである。[3] なお、本実験に用いた妨害波注入回路の伝送特性の減衰は-0.5dB以下であり、十分な信号重畳特性を有することが確認できた。

被試験器 (EUT) の選定は、一般に家庭やオフィスで使用されている機器であること、誤動作が予測される (EUTで使用される周波数がPLCと同帯域) こと、誤動作が評価しやすい機器であること等の基準に基づき、表1に示すような4機種計5個のEUTを選んだ。

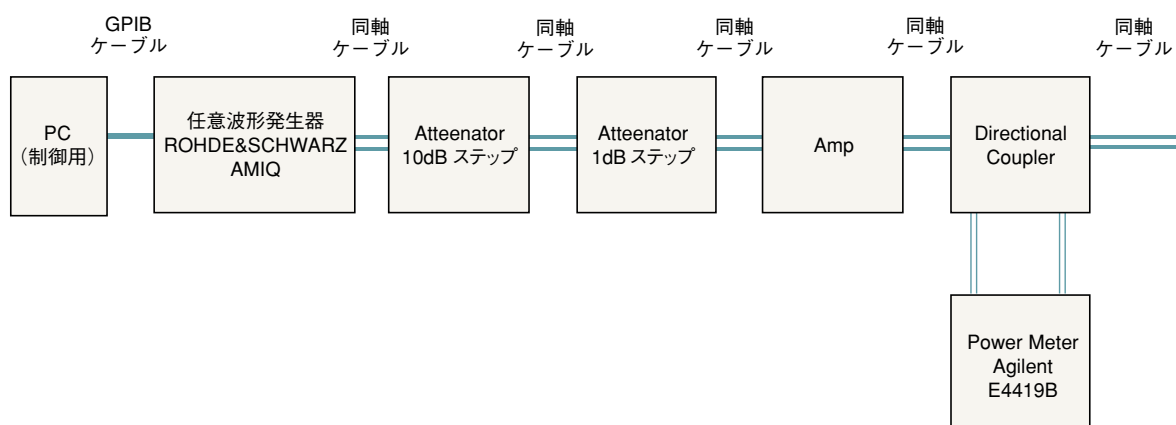


図1 妨害波発生回路のブロックダイヤ



写真1 妨害波発生回路

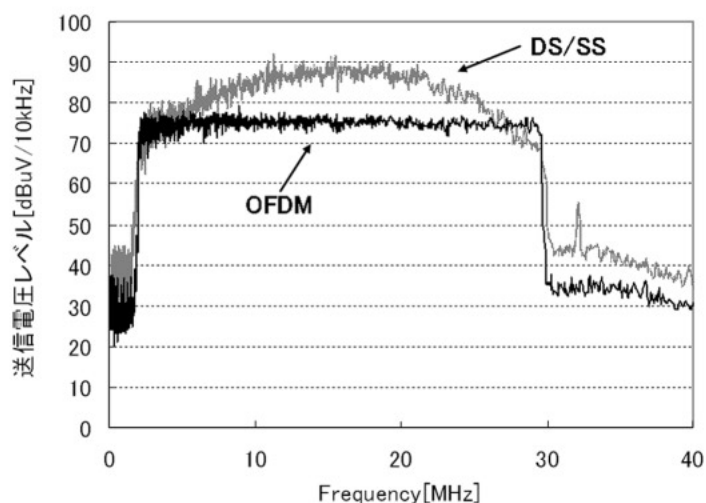


図2 妨害波のスペクトラム



表1 被試験器 (EUT)

	EUT	誤動作／性能劣化の評価
A	短波ラジオ	音声出力のS/N比
B	ADSLモデム	通信速度
C	プリンタ(1)	印刷結果の視覚評価
D	プリンタ(2)	印刷結果の視覚評価
E	FAX	受信データの視覚評価

誤動作の判定基準を以下に示す。

- (1) ラジオ：Signal Generatorから1kHz30%振幅変調した9.76MHz変調波を送出、JISC6102-2「3.4.3雑音制限感度測定法」に従い、ラジオ受信機を9.76MHzに同調させて、ラジオからの音声出力信号の信号対雑音電圧比が26dBになる様に送信電力を設定しておく。  
ラジオの電源端子にPLC信号を重畳させて、ラジオからの音声出力信号の信号対雑音電圧比の変化を測定する。
- (2) ADSLモデム：ADSLモデムの電源端子近傍にPLC信号を重畳したときの通信速度を測定し、判定基準とする。対向モデムにはADSLシミュレータを使用する。評価の方法としては、ADSLの局側の機器に当たるシミュレータを準備し加入者側のモデムとADSL通信を確立させ、PLC信号の有無により通信の実効転送速度（スループット）を計測しそれを通信速度と定義し影響を調べる。
- (3) プリンタ：プリンタ電源端子近傍にPLC信号を重畳し、A4用紙全面にアルファベットHを配置したテストパターンを印字し、印字状態を視覚的に判断する。
- (4) FAX：FAX電源端子にPLC信号を重畳し、FAX対向試験機とテストパターンの送受信を行いながら、

受信データ（FAX：受信、対向試験機：送信）、送信データ（FAX：送信、対向試験機：受信）の誤りを判定基準とする。

## 3. 試験系構成と試験方法

### 3.1 試験系構成

妨害波発生方法および注入方法は従来と比べ大きく異なるが、測定環境条件および機器の配置等に関しては従来の試験方法に準じて行った。なお、ディファレンシャルモード妨害波による伝導イミュニティ試験環境としては、特に、EUT接続部において高いLCL (Longitudinal Conversion Loss) が望ましい。また、既存のイミュニティ試験条件と同様に、基準接地面上0.1mの絶縁支持台に設置し、EUTの全ケーブルは基準接地面上3cmより高く支持し、全ての金属製障害物からEUTまでの距離は少なくとも0.5m離すこととする。

### 3.2 試験方法

2章で述べたディファレンシャル妨害波発生回路及び注入回路を用いて、異なるLCLによる試験を実施（50dBレベル、20dBレベル）する。試験回路に高LCL電源回路：KNW-403Dを用いた場合と低LCL電源回路：KNW-407を用いた場合についての測定を行う。また、スペクトラムアナライザを用いMax Holdで測定する。測定評価項目としては、LCLの測定、ディファレンシャルモード電圧 $V_{dm}$ ・コモンモード電流 $I_{cm}$ の測定および誤動作／性能劣化の判定を行う。

今回の伝導イミュニティ試験環境を写真2に示す。



写真2 伝導イミュニティ試験環境



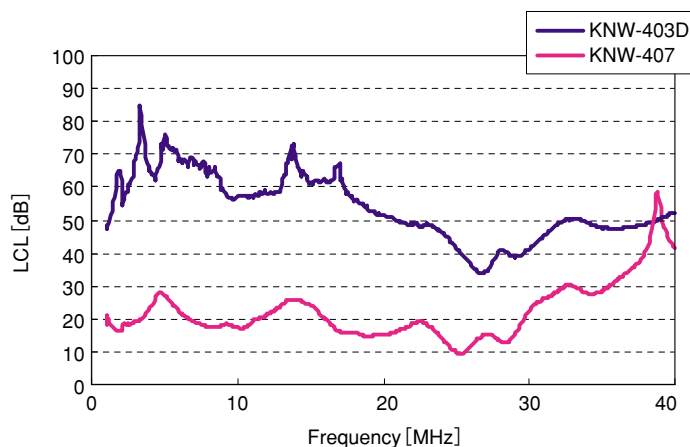


図3 LCLの特性

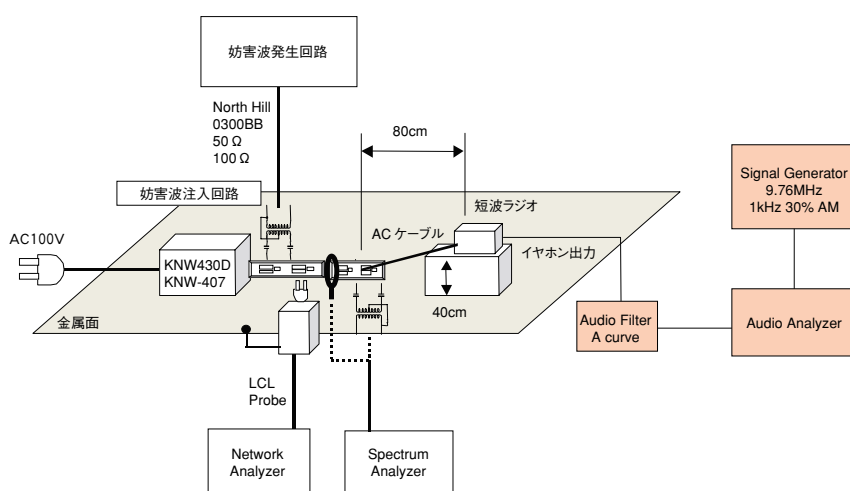


図4 短波ラジオの試験回路

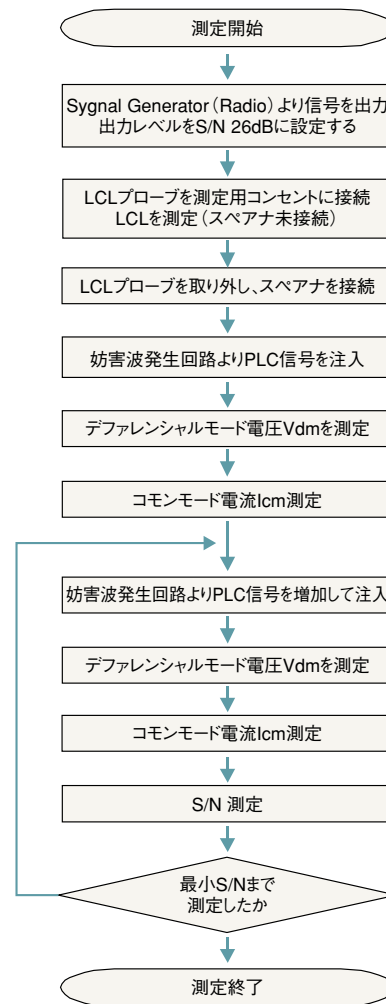


図5 短波ラジオの試験フロー

また、無負荷における試験回路のLCLの特性を図3に示す。試験例として、短波ラジオの試験回路ブロック図を図4に、試験のフローを図5に示す。

## 4. 試験結果と考察

### 4.1 ラジオ

ラジオを接続したときのEUT接続点での妨害波のディファレンシャルモード電圧V<sub>dm</sub>を図6(a)<KNW-403Dの場合> 図6(b)<KNW-407の場合>に示す。各試験回路で5種類のS/Nを設定し、各々の場合の電圧値である。図中の電圧値は、S/Nを測定する周波数である9.76MHzでの妨害波電圧を示している。妨害波が18MHz近傍を中心に広帯域なディップを有するの

は、EUTを接続して生じるインピーダンス不整合により反射波が発生しているためと考えられる。なお、これらの図から試験回路にKNW-403Dを用いたときの方が、特にS/Nが3の低いときに同一S/N値を得るための印加電圧が高くなっている。図7に、ラジオを測定回路に接続したときのLCLを示す。KNW-403Dを使用したときのLCLでは、10MHz以下の領域でLCLの変動が特に大きくなっている。LCLが大きい場合、LCL測定時に注入されたコモンモード信号から線路の平衡度によって変換されたディファレンシャルモード信号の振幅は非常に小さく、EUTのディファレンシャルモードノイズと同程度になっているためと考えられる。図8に、妨害波レベルを91 [dBuV/10kHz]にしたときのコモンモード電流I<sub>cm</sub>を示す。

図9にラジオのS/NとV<sub>dm</sub>との関係を示す。図より、KNW-403D、KNW-407どちらを使用した場合も、妨害波注入レベルが増加するにつれて、S/Nが悪化していることが確認できる。但し、同じS/Nの場合でも、

LCLが大きいKNW-403Dを用いた試験回路での試験を行った方が、V<sub>dm</sub>が大きい。V<sub>dm</sub>が約40 [dBuV/10kHz] 以上で規定のS/N値26dBより小さなS/N値になっており障害が発生していると考えられる。

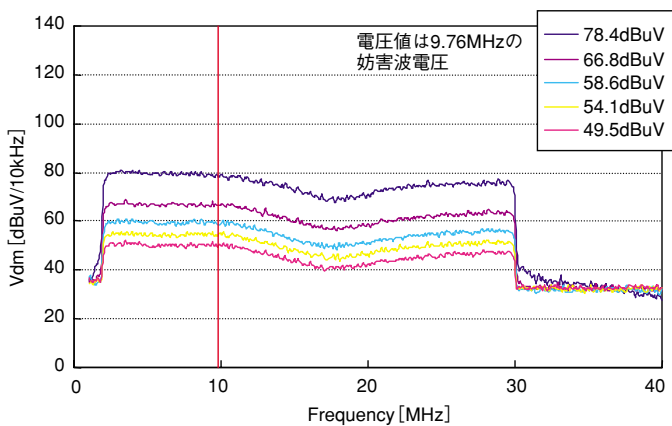


図6a ディファレンシャルモード電圧 (KNW-403D)

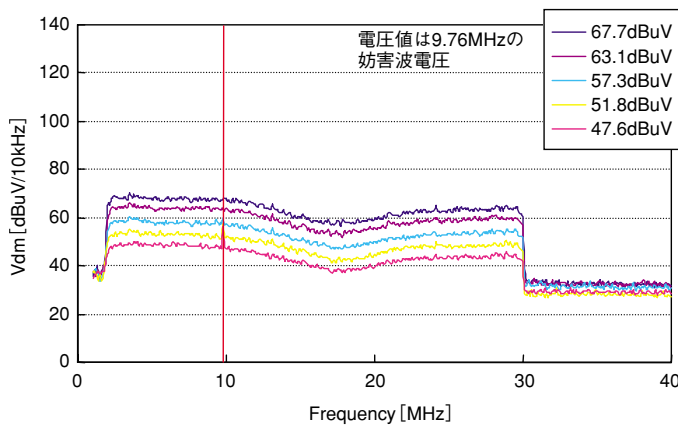


図6b ディファレンシャルモード電圧 (KNW-407)

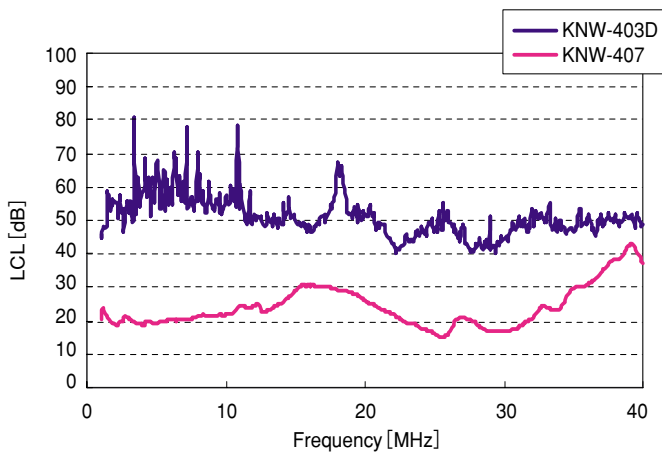


図7 LCL (ラジオ)

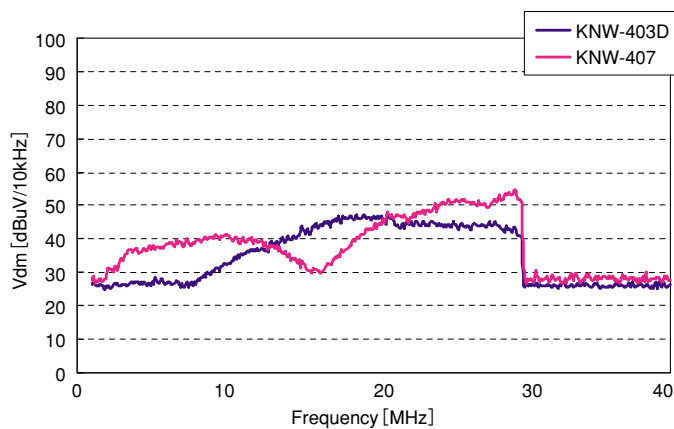


図8 コモンモード電流 (ラジオ)

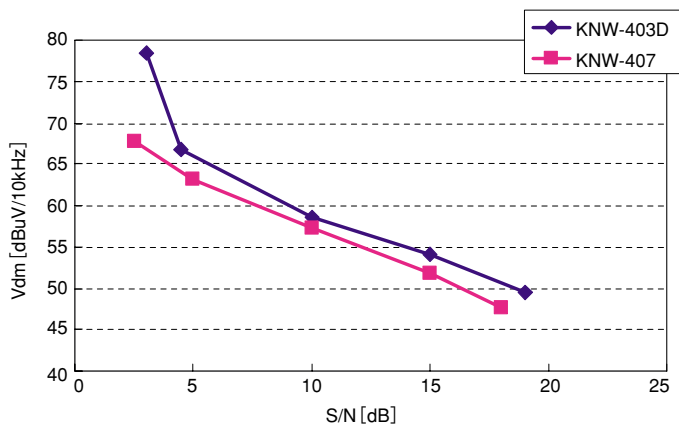


図9 ラジオのS/NとV<sub>dm</sub>の関係

## 4. 2 ADSLモデム

図10に、EUTとしてADSLモデムを接続したときの妨害波注入回路への入力ディファレンシャルモード電圧 $V_{dm}$ の周波数特性を各試験回路について示す。なお、 $V_{dm}91[\text{dBuV}/10\text{kHz}]$ を発生させる発信機及びアッテナ等々の条件が同一であるにもかかわらず、図10に示すように電圧波形ではKNW-403D、KNW-407の違いで微少であるがレベル差が見られる。なお、12MHz近傍より高い周波数では $V_{dm}$ の測定値が低下し、28MHz以上で $85[\text{dBuV}/10\text{kHz}]$ 程度まで低下して6dBほどの低下が確認できる。また、測定で利用した試験回路に本ADSLモデムを接続した場合のLCLの測定結果を図11に、コモンモード電流 $I_{cm}$ を図12に示す。LCLの結果は、EUTを繋がないときのLCL値特性を示す図3の傾向と類似するが、EUTを繋いだ状態の

KNW-403D使用時には、EUTなしと比べLCL値が10～20dB劣化しておりKNW-403DとKNW-407との差が縮まっている。一方、KNW-403D、KNW-407のLCL値の違いを反映して図12のコモンモード電流波形ではコモンモード電流 $I_{cm}$ の違いが確認できる。LCL値とコモンモード電流 $I_{cm}$ がほぼ逆比例の傾向となっている。なお、今回の試験ではディファレンシャルモード電圧を $91[\text{dBuV}/10\text{kHz}]$ に設定してADSL Network Simulatorを用いて妨害波を注入した場合としない場合の通信速度の変化を測定したが通信速度の低下は認められなかった。

## 4. 3 プリンタ

プリンタ(1)を繋ぎ $121[\text{dBuV}/10\text{kHz}]$ のディファレンシャル信号を発生させたときの各試験回路における入

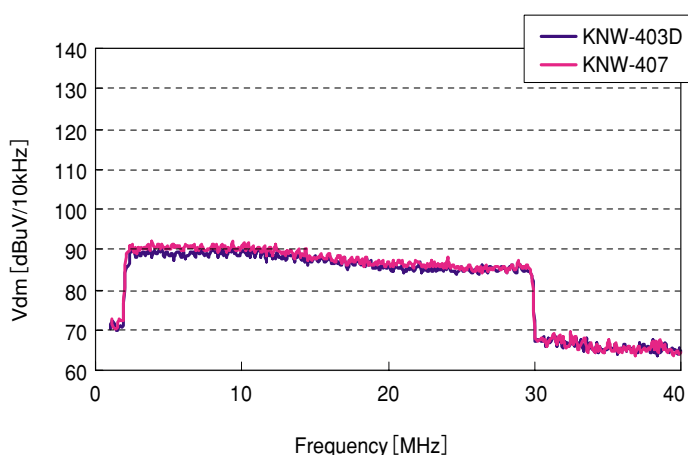


図10 ディファレンシャルモード電圧 (ADSL)

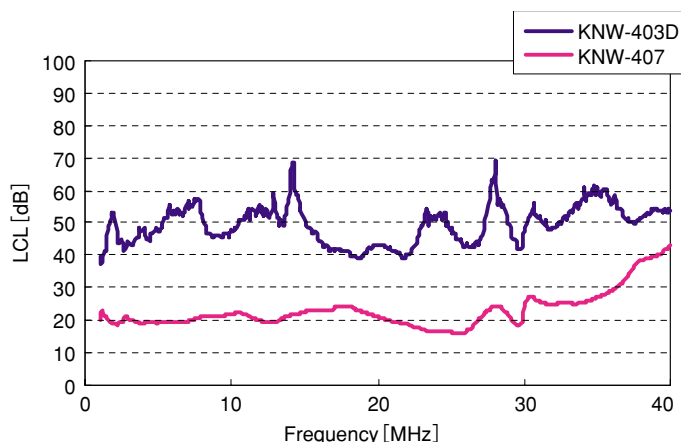


図11 LCL (ADSL)

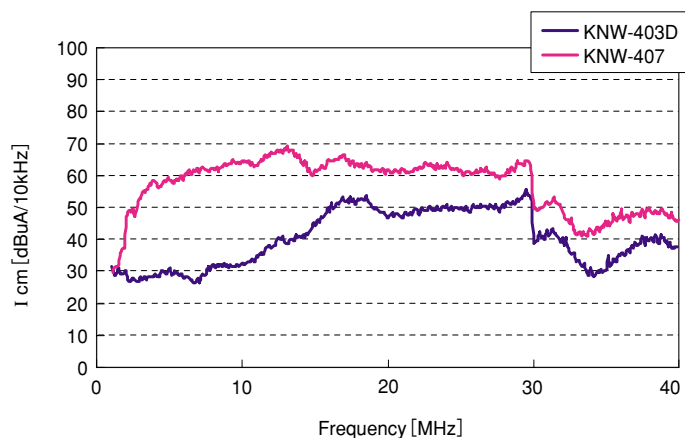


図12 コモンモード電流 (ADSL)

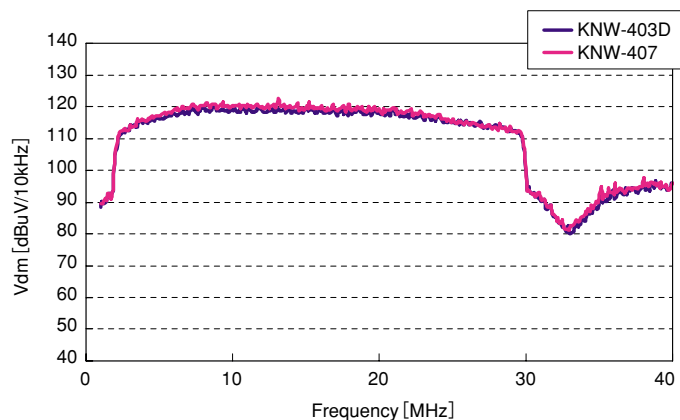


図13 ディファレンシャルモード電圧 (プリンタ)

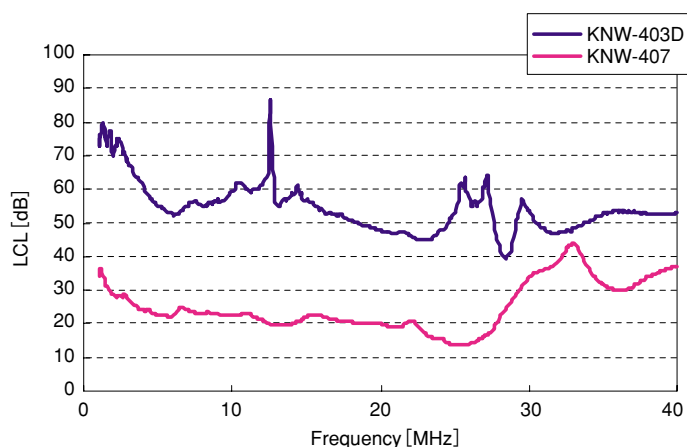


図14 LCL (プリンタ)

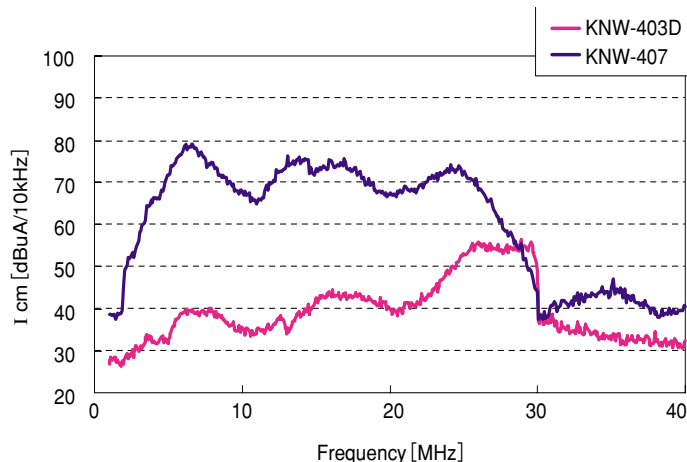


図15 コモンモード電流 (プリンタ)

カディファレンシャルモード電圧スペクトラムを図13に示す。両試験回路の場合ともに、ほぼ同一の特性を示している。

次に、LCL測定結果を図14に示す。図3に示した試験回路単体のLCLとプリンタを繋いだ場合のLCLとを比較すると、KNW-407ではプリンタを接続した方が全体的にLCLの値としては数dBであるが上昇している。このことは、LCL測定時に注入されたコモンモード信号が試験回路によって変換されて発生するディファレンシャルモード信号が、プリンタの電源回路に内蔵されているXコンデンサなど（ディファレンシャルモードフィルタ）に吸収されている可能性と、インピーダンス不整合の条件が変わったことによる反射波の影響変化などを示唆している。また、同様の理由から

KNW-407では図14に示すように試験回路のみのLCLで発生するピークとディップが平準化されたような特性となっている。各試験回路のコモンモード電流Icm特性を図15に示す。LCLの値が低いKNW-407の方がコモンモード電流Icmの発生量が多い。また、周波数特性はプリンタを試験回路に接続した時のLCL特性を反映した傾向となっている。ピーク値等の変動が大きい周波数を除いて、各々試験回路のLCLとコモンモード電流Icmとは比較的よい相関関係が成り立っていることが分った。

なお、伝導イミュニティ試験では、プリンタ(1)およびプリンタ(2)共に印字によるエラーは、発生しなかった。但し、プリンタ(1)にVdm 121[dBuV/10kHz]のディファレンシャルモード信号を注入、KNW-407使用時

プリンタ本体の表示ウィンドウに紙詰まり表示が出力され、印刷出来ない状態となった。PCのデータ出力ジョブをキャンセルし、再度データ出力を行っても紙詰まりモードは解除されないが実際には紙詰まりは発生していなかった。プリンタ表示は紙詰まりと表示され、印刷不能状態を保っていた。なお、プリンターの電源を一度オフした後はこれらの現象が再現しなかった。プリンタ(2)を用いた実験でも、同様に妨害波注入時PCからプリンタへの出力命令を出すと、PC側のプリンタウィンドウ内にプリンタが「再起動中」の表示が表示されるが、プリンタは再起動しないという現象があった。ほぼプリンター(1)の場合と似た現象であった。これらの誤動作の再現性は確認できなかったが、この誤動作原因としてPCとプリンタを接続しているUSBケーブルがノイズを拾っている可能性が考えられる。

#### 4. 4 FAX

各試験回路のLCLが異なることによるコモンモード電流 $I_{cm}$ の差がFAXでも確認された。

EUTであるFAXとFAXテスト（ニシヤマ FAXテスト AFT-36）を電話線で接続し、送受信でエラーが発生しても信号のリトライのないモードに設定し、経路の減衰としてはアッテネータ設定を10dB（最大28dBまで設定可能）とした。今回の実験では111[dBuV/10kHz]のディファレンシャルモード信号を注入しても機器の誤動作等は観測されなかった

## 5. まとめ

本調査研究では、PLC信号による伝導イミュニティ試験を行うための試験方法の検討とEUTを用いた伝導イミュニティ試験を実施した。試験方法としては、従来法と比較して妨害波発生方法と妨害波注入方法が異なっており、妨害波発生方法として従来の伝導イミュニティ試験で使用されてきた周波数掃引による狭帯域のコモンモード信号にかわって、PLCに使用されている広帯域でディファレンシャルモードのOFDM信号を作成し用いた。また、妨害波注入方法としてPLCモデムで使用されているトランスとコンデンサを組み合わせた信号重畳回路を作成し有効性を検証した。

検討した妨害波発生回路および妨害波注入回路の有効性確認ならびに、広帯域信号による伝導イミュニティの実態把握のため、ラジオ、ADSLモデム、プリンタ、FAXを用いた試験を行い、伝導イミュニティ試験方法の検証を行った。試験結果より、ラジオではS/N、ADSLでは通信速度を用いて、誤動作発生の確認とその定量評価が行えた。一方、プリンタでは実際の動作とは異なる動作モードが選択されているような誤情報がディスプレイに表示されるなど、定量評価は困難であるが誤動作が発生した。

今後は、安全で安心できる通信システムの構築と普及を図るために、この種の伝導イミュニティ試験に関する調査研究を行っていく必要がある。

#### 参考文献

- [1] “無線周波数電磁界によって誘導された伝導妨害に対する伝導イミュニティ”， IEC61000-4-6
- [2] “高速電力線搬送通信（高速PLC）実証実験結果について”， 総務省主催「高速電力線搬送通信に関する研究会」第1回会合H17.01.31、配布資料（資料1-4）
- [3] 高松岳志,都築伸二,山田芳郎:“VVFケーブルの線路定数の測定”, 信学技報SST2000-54,pp.13-pp.18,Dec.2000.



## 第29回講演会 ～CISPRケープタウン会議報告会～

2005年の国際無線障害特別委員会（CISPR）会議は、南アフリカ・ケープタウンにおいて、10月17日から10月25日まで9日間にわたり開催されました。我が国からは、CISPR国内委員会委員長（杉浦行教授）をはじめ、総勢23名が参加しました。

これに伴い当協議会では、第29回講演会「CISPRケープタウン会議報告会」を平成18年2月14日(火)に東海大学校友会館において開催させていただきました。

はじめに、当協議会の池田会長が開会の挨拶を行い、続いてCISPR/SC会議に日本代表として参加され審議にあたって下さった方々のうち、5名の方に各SC会議での審議概要についてご講演いただきました。当日は、電波環境協議会構成員の団体・企業から多数の参加をいただき意義あるものになりました。

### 【講演会】

- |        |                    |        |
|--------|--------------------|--------|
| ・ SC-A | ：(独)情報通信研究機構       | 山中 幸雄氏 |
| ・ SC-B | ：東芝家電製造(株)         | 野田 臣光氏 |
| ・ SC-F | ：(財)電気安全環境研究所      | 井上 正弘氏 |
| ・ SC-H | ：(株)NTTドコモ         | 垂澤 芳明氏 |
| ・ SC-I | ：NTTアドバンステクノロジー(株) | 雨宮不二雄氏 |

なお、講演資料は、電波環境協議会ホームページの会員ページ「CISPR講演会」にpdf形式で掲載しております。また、CISPRケープタウン会議での審議内容の詳細について、「CISPRの現状と動向 ～ケープタウン会議の結果を踏まえて～」を電波環境協議会ホームページの会員ページ「CISPR報告書」にpdf形式の報告書として掲載しております。ご参照いただきますようご案内いたします。



## 電波環境協議会報告書等の頒布案内について

当協議会における活動の成果を報告書として毎年まとめております。報告書を電波環境協議会ホームページの会員限定ページ「調査研究報告書」に掲載すると共に、講演会/セミナー等の資料を「講演会/セミナー」に掲載しておりますのでご覧ください。

また、以下の報告書等については、社団法人電波産業会の出版図書として一般にも頒布しております。社団法人電波産業会のホームページから申込みができますのでご利用ください。

電波環境協議会のホームページ <http://www.arib.or.jp/emcc/>

社団法人電波産業会のホームページ <http://www.arib.or.jp/kikakugaiyou/hanpu/rep2.html>

### 社団法人電波産業会で頒布している電波環境協議会の報告書等

「電話機イミュニティ測定調査報告書」

「携帯電話端末等の使用に関する報告書～医用電気機器への電波の影響を防止するために～」

「不要電波問題対策協議会 イミュニティ測定方法に関する調査報告書」

「1GHzから18GHzの周波数帯域での放射妨害波測定法ガイド」

「FAX等のイミュニティ測定法に関する調査報告書」

「LAN機器等のイミュニティ試験に関する調査報告書」

「妨害波測定における「不確かさ」を算出するためのガイド」

「周波数1GHz以上における放射妨害波の測定場に関する調査研究報告書」

「イミュニティ測定における再現性要因に関する調査報告書  
～その1 再現性要因の抽出と課題～」

「イミュニティ測定における再現性要因に関する調査報告書  
～その2 実環境を考慮した妨害波重畳イミュニティ特性に関する検討～」

「イミュニティ測定における再現性要因に関する調査報告書  
～その3 実環境を考慮した妨害波重畳イミュニティ特性に関する検討～」

「1GHz以下における6面電波暗室での放射妨害波に関する調査研究報告書～実験報告書～」

「ADSL通信のイミュニティ特性に関する調査研究報告書～実験報告書～」

## 編集後記

今回は、会員様のEMC活動として、H17年度に新たに入会されました（株）ザクタテクノロジーコーポレーションの遠藤様に「ザクタテクノロジーコーポレーションのEMC活動」と題して、情報通信ネットワーク産業協会（CIAJ）の電磁妨害対策委員会の山内様に「CIAJのEMC活動」と題して、それぞれの会社、団体のEMC活動の状況をご紹介いただきました。

また、専門委員会のH17年度活動成果として、妨害波委員会の活動について、「マルチメディア映像機器の妨害波測定法に関する検討」と題して、NTTアドバンステクノロジー（株）の服部様にTV機能付きパソコンをマルチメディア機器の例として、STB、モデム等を通してCATV回線に接続されたときの状況について解説を寄稿していただきました。

イミュニティ委員会の活動については、「広帯域信号による電源線伝導イミュニティ試験方法に関する調査研究の概要」と題して、TDK（株）の橋本様に電源線を伝送媒体とする電力線通信（PLC）による電源線伝導イミュニティ試験について解説を寄稿していただきました。

協議会では、国際無線障害特別委員会（CISPR）会議の審議概要を講演会をとおして皆様にご紹介しております。本年2月に開催しました「第29回講演会」の様子を事務局にて記載いたしました。本年9月にストックホルムにおいて開催されましたCISPR会議の報告会についても開催を計画しておりますので、積極的にご参加くださいますようお願い申し上げます。

編集にあたり執筆者の皆様をはじめ、多くの方々にご協力をいただきましたことに感謝申し上げます。今後できるだけ限り皆様方のご要望に応えられるよう努力してまいりたいと存じますので、何とぞよろしくようお願い申し上げます。

（事務局）

－無断転載を禁ず－

## EMCCレポート第22号

平成17年度

著 作：電波環境協議会

Electromagnetic Compatibility Conference Japan

〒100-0013 東京都千代田区霞が関1-4-1（日土地ビル）

社団法人電波産業会内

電波環境協議会事務局

TEL 03-5510-8596

FAX 03-3592-1103

