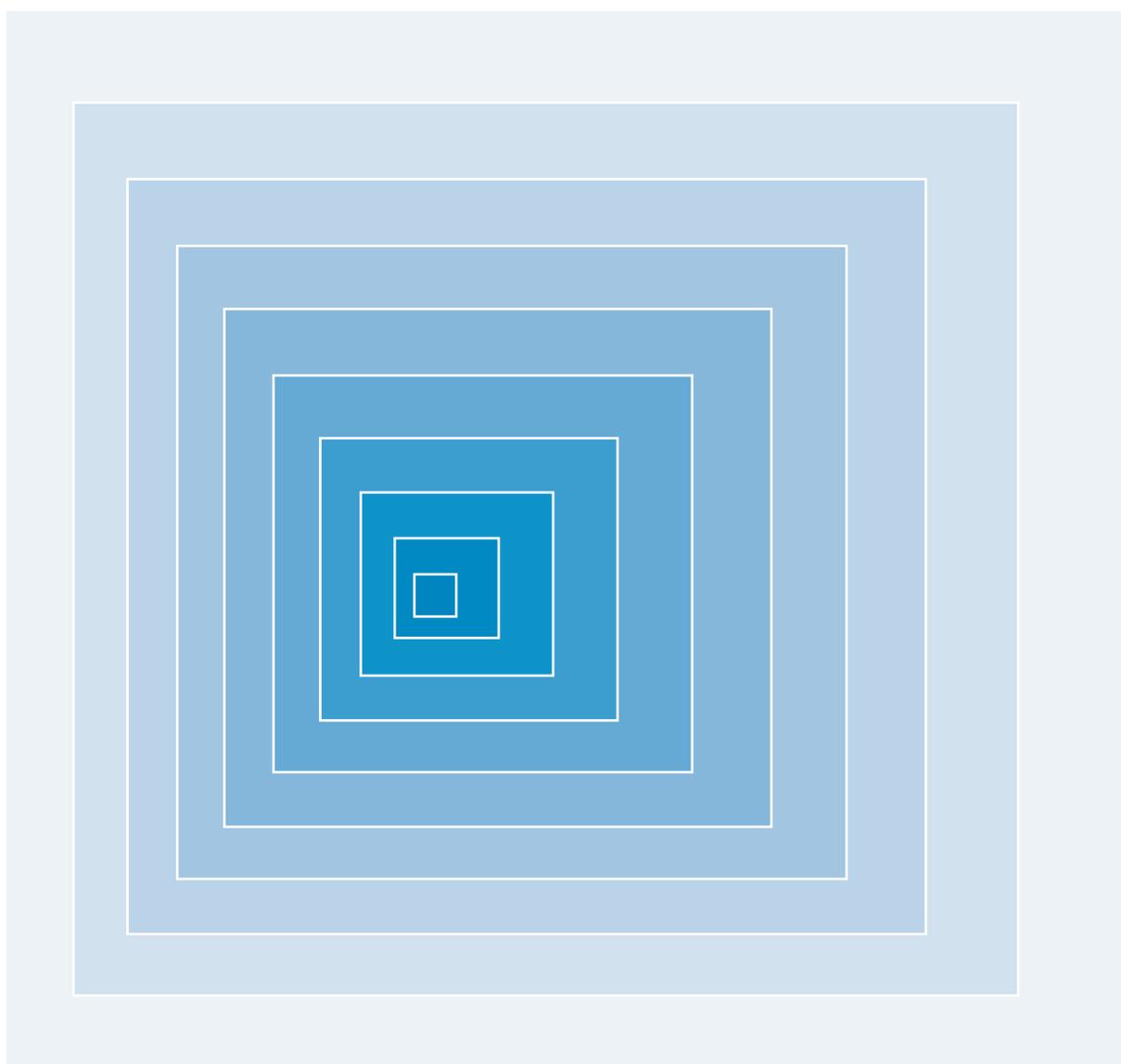


EMCCレポート



著作：電波環境協議会

EMCCレポート第32号 目次

- 平成27年度 医療機関における電波利用推進部会の活動
「医療機関において安心・安全に電波を利用するための手引き」について…………… 2
埼玉医科大学 大学院医学研究科/
保健医療学部医用生体工学科
加 納 隆

- 平成28年度 CISPR アーカイブス活動
CISPR14-1の許容値の根拠について（家庭用電気機器、電動工具及び類似の機器）…………… 10
一般社団法人KEC関西電子工業振興センター
井上 正弘

- 平成27年度 妨害波委員会の活動
CISPR 32における放電ノイズ等のピーク測定適用外規定に関する調査研究報告…………… 12
一般社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA)
マルチメディアEMC専門委員会
千代島 敏夫

- 平成27年度 妨害波委員会の活動
CISPR15 Ed.9の制御端子における妨害波電流測定法併記の妥当性の調査報告…………… 18
一般社団法人 日本照明工業会
EMC合同小委員会
平伴 喜光

- 平成27年度 イミュニティ委員会の活動
通信ポートにおけるサージイミュニティ試験の調査研究…………… 24
一般社団法人 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
齊藤 利雄

- 第40回講演会～CISPR杭州会議報告会～…………… 32

- 編集後記…………… 32

平成27年度 医療機関における電波利用推進部会の活動

「医療機関において安心・安全に電波を利用するための手引き」について

埼玉医科大学 大学院医学研究科／
保健医療学部医用生体工学科

加納 隆

1. はじめに

携帯電話をはじめとする電波利用機器は今や私たちの日常生活に欠かすことができないものになっている。医療機関も例外ではなく、医用テレメータのような電波を用いる医用電気機器、電子カルテ用の無線LAN、ならびに院内通信用のPHSなどは、かなり以前より使用されている電波利用機器であるが、さらに最近は携帯電話（スマートフォンを含む）やRFID（Radio Frequency Identifier）なども、医療業務用に使用されるようになってきている。しかし、電波の管理をおろそかにすると、医用電気機器への影響や混信などのトラブルが生じ、場合によっては事故等に繋がる可能性がある。

そこで、総務省では厚生労働省との連携のもと、平成27年9月に電波環境協議会（EMCC）に産学官の専門家チームである「医療機関における電波利用推進部会」を設置し、7回の会合を開催し、関係者ヒアリング、実地調査、アンケート調査により、①電波環境の改善方策②電波環境の管理体制の充実方策③高度医療ICTシステム導入推進方策について、特に医療機関において利用が進んでいる医用テレメータ、無線LAN、携帯電話について課題の抽出、解決策の検討等が行われた。

その成果として、平成28年4月に「医療機関において安心・安全に電波を利用するための手引き」¹⁾が公表されたが、本稿ではその概要について紹介する。

平成27年度医療機関における電波利用推進部会活動報告²⁾ならびに手引きは、現在、電波環境協議会

（EMCC）のホームページで閲覧できる。

2. 医療機関で使用される電波利用機器

医療機関で使用される電波利用機器の中で、医療機器への影響が懸念される携帯電話の使用については、総務省の指示のもと電波環境協議会（EMCC）において、平成26年1月に「医療機関における携帯電話等の使用に関する作業部会」が設置され、平成26年8月に「医療機関における携帯電話等の使用に関する指針」³⁾が策定された。これにより、医療機関の利用者である患者・家族と医療従事者双方の携帯電話やスマートフォンの利用拡大が進むものと思われる。

また、医療機関における電波を利用した、携帯電話以外の電波利用機器の普及も急速に進んでいる。総務省及び厚生労働省が平成27年に全国の病院に対して実施したアンケート調査²⁾では、病院における電波利用機器の導入率は、無線LANが74.2%、携帯電話が40.8%、PHSが79.9%、医用テレメータが47.9%となっている。前年の平成26年に実施したアンケート調査³⁾では、無線LANが61.6%、携帯電話は16.6%であったことから、医療機関における電波利用はますます拡大しつつあると考えられる。

また、医療機関における電波利用機器の利用者は、医療従事者に限らない。入院患者や外来患者にとっても、携帯電話や無線LAN等は、家族や友人への連絡や情報収集を行うための重要な手段である。そのため、医療機関では自身が管理する電波利用機器以外にも、

患者等が持ち込んだ携帯電話、モバイルルータ、携帯ゲーム機等も存在している。患者等にとっても、携帯電話などの電波利用機器の使用に対して高いニーズがある。このような状況から、今後、病院内における電波の利用はさらに広まっていくものと考えられる。

一方で、医療機関における電波利用の急速な普及に対し、医療機関による電波管理が追いつかず、電波利用に伴うトラブル等が生じるケースが顕在化している。また、電波管理に関するトラブルが生じていても、医療機関としてそのトラブル等が発生していることを把握できていない事態が生じていることも懸念される。トラブルの内容としては、無線通信システム（無線LAN等）に関するものが最も多く、ついで、携帯電話を含む携帯型の通信端末や医用テレメータに関するものが続く（図1）。

このように医療機関における電波管理が適正になされていない場合には、医療機器等に関するトラブルが生じ、電波利用機器を導入する際の弊害となるだけでなく、医療事故につながる可能性もある。このため、医療機関内での適切な電波利用の確保に向けた取組が期待される場所である。

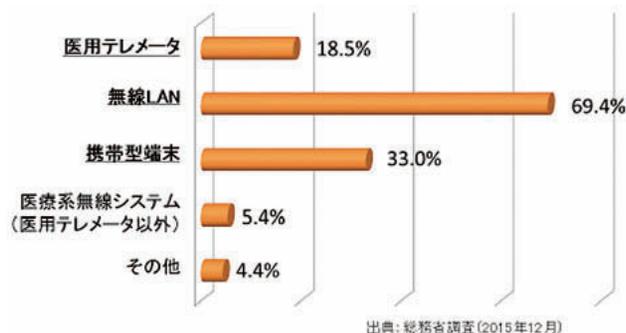


図1 医療機関でトラブルが発生した機器

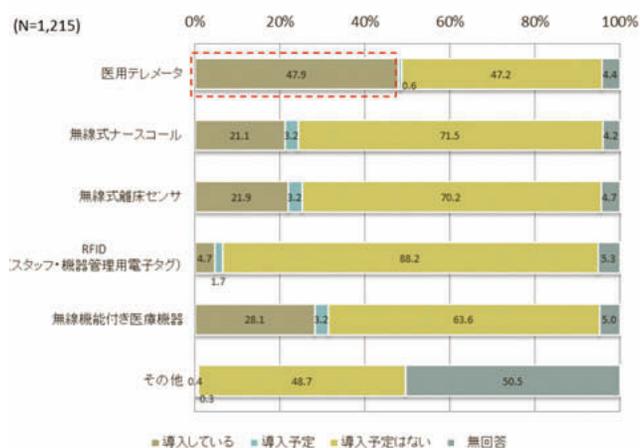
3. 医用テレメータ

3-1. アンケート結果にみる無線チャンネル管理の現状

医用テレメータについては2015年アンケートに回答した47.9%の医療機関が導入しているが、無線チャンネル管理の実施状況は導入している機関のうち48.1%にとどまっている（図2）。小電力医用テレメータの運用規定ならびに運用の手引き（医用電子機器標

準化委員会作成、1989年12月制定、2002年12月改正）⁴⁾において、『無線チャンネル管理者：病院内で使用されるテレメータシステムについて、その無線チャンネル管理、ゾーン配置、受信アンテナシステム敷設、設置環境調査、電波障害調査と対策などを統括し、電波環境の安全性、信頼性を確保する立場の人です。医用テレメータを使用する病院は、必ず置いて頂くことが必要です。無線チャンネル管理者の資質としては、工学知識を持つ臨床工学技士が最適任です。』と明記されているにも関わらず、十分に周知・徹底されていないことが分かる。

医療系無線システムの導入状況



医用テレメータの無線チャンネル管理実施状況

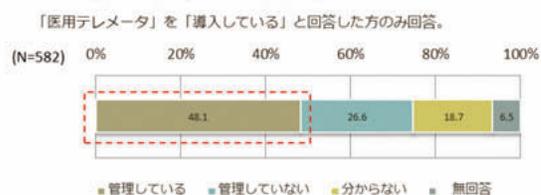


図2. 医用テレメータの導入状況及び管理実施状況（2015年アンケート）

3-2. 医用テレメータのシステムの構成と特徴

医用テレメータは、見通しがきくなど良い条件の時に最大で約30mの距離まで安定して電波が届く。従って、透析室などの見通しのよい室内では附属のポイップアンテナだけで十分に受信できるが、一般病棟で使用する場合は、患者に装着する送信機からの生体情報（心電・呼吸など）が電波により天井裏のアンテナシステムへと伝わり、ナースステーションのセントラルモニタ（受信機モニタ）で観察するのが一般的である。現在、アンテナシステムとしては空中線方式と漏洩同

軸ケーブル方式の2種類があり、基本的には病棟単位をアンテナのカバー範囲として設計する。

また、医用テレメータは無線局の免許を必要としない「特定小電力無線局」として、420MHz帯～440MHz帯（430MHz帯を除く）が専用周波数帯として割り当てられ、480チャンネル（ch）が設けられている。医用テレメータの周波数帯（バンド3の3000番台のチャンネル）は、テレコンテレメータとして、他に無線式ナースコールや介護病棟の離床センサ、さらにはクレーンのリモコンなどにも使われているので、十分な注意を払わないと思わぬ混信トラブルを招く。

3-3. 無線チャンネルの確認

医用テレメータは、同一施設内で同じ無線チャンネルを設定した送信機が使用されると、混信して受信不良となり正しい患者情報が得られなくなる可能性がある。そこで、医用テレメータの管理者は、以下のように、医療機関内で使用している無線チャンネルを把握し、重複がないように設定を維持・管理することが必要である。

- 納入時に医用電気機器製造販売業者等から提供された無線チャンネル管理表を保管。
- 運用時、機種変更時などに無線チャンネル設定が変更された場合、管理表を更新。
- 医用テレメータの管理者が最新の情報を常に把握できるよう、管理表を適切に保管・管理。

なお、参考文献の手引き¹⁾には、医療機関の現場で活用できる医用テレメータの具体的な電波環境測定方法を紹介している。

3-4. 医用テレメータのトラブル事例

医用テレメータでは、先のアンケート結果でも示したように、電波に関連する以下のようなトラブルがある。なお、導入以降に機器の一時的な移設利用、建物の増築・改修、設備の改修時などに、このようなトラブルが発生することもあるので、注意が必要である。

- 電池切れ、物理的に場所が遠い、電波の遮へい（トイレ等の金属扉等や病棟の食事配膳台車等）などによって電波が届かない場所が発生。
- 不適切な無線チャンネル設定による混信等や、

信号増幅装置（アンプ）が正しく設定されていない事による自己ノイズの増加。

- 他機器等（例：LED照明器具、院内の地上デジタル放送や衛星放送の配信ケーブル、離床センサ、院内無線LANのAP（アクセスポイント。基地局ともいう。）、民生用テレメータテレコン、院内ナースコール廊下灯）からの電磁ノイズによる干渉（図3）。

注）近年、医療機関で用いる照明を蛍光灯からLED照明器具へ移行する際、医用テレメータのアンテナシステムに電波障害が生じるケースがあることが報告されている（なお、「医療対応低ノイズタイプ」のLED照明器具であっても医用テレメータへ影響を与える場合がある）。医療機関では、より低ノイズタイプのLED照明器具を使用すると同時に、アンテナシステムとLED照明器具が近接しないように配置する必要がある。

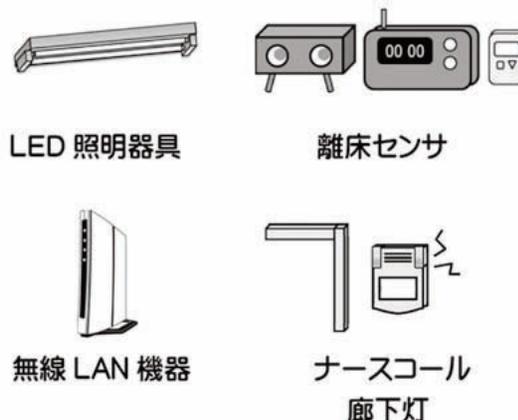


図3. 医用テレメータへ干渉を与えるおそれのある機器の例

- 近隣する複数病院間で同一チャンネルが使用される場合、混信等が発生。

注）病院間が1km程度離れていても、非常に見通しがいい場合は、受信することがあるという報告もあるので、近隣の病院間での連携した無線チャンネル管理も必要かと思われる。

3-5. 医療機関における対応策

医用テレメータに関する医療機関、医用テレメータ製造販売業者、他関係機関における取組のフロー図を以下に示す（図4）。

手引きではさらに、導入にあたっての取組を各医療機関内で必要に応じて実施する具体的な項目、並びに医用テレメータの製造販売業者の取組の具体的な項目が示されている。

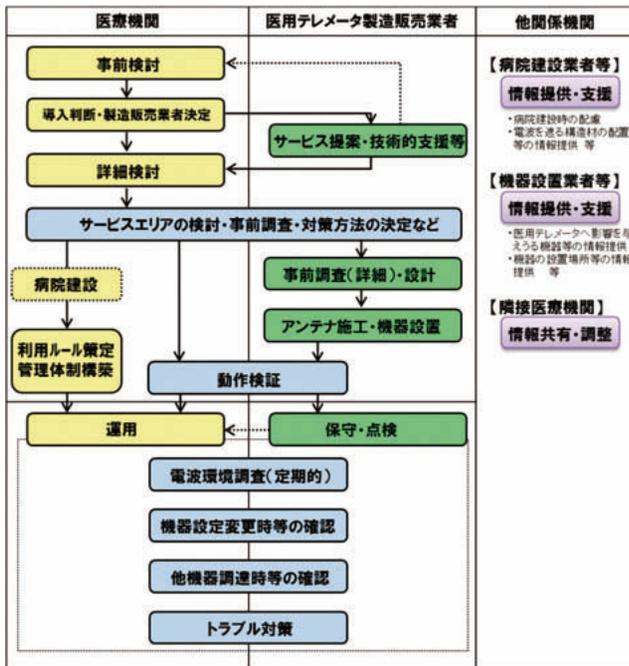


図4. 医用テレメータに関する取組 (フロー図)

4. 無線LAN

4.1. システムの概要

無線LAN (Wi-Fi) は、アンケートに回答した74.2%の病院に導入されるなど、医療機関内の情報システムにおける基幹的な通信手段の一つとなっている。電子カルテの閲覧等に用いる医療系のシステムから、患者等へのインターネットサービスの提供など、幅広い用途に用いられている。無線LANには、周波数の帯域や通信速度等の違いから「11n (イレブンエヌ)」「11a (イレブンエー)」「11b (イレブンビー)」「11g (イレブンジー)」「11ac (イレブンエーシー)」の5つの規格が利用されていて、親機 (アクセスポイント、AP (エーピー) とも言う) と子機 (パソコン、タブレット、スマートフォン等) の双方が対応している規格を利用する。医療機関では2.4GHz帯、5GHz帯のいずれの規格も導入が進んでいるが、特に2.4GHz帯は、産業科学医療用 (ISM) の一つとして扱われていて、同じ周波数帯を電子レンジ、家庭用コードレス電話、アマチュア無線など様々な機器と共用している。また、2.4GHz帯の無線LANは普及が進んでいることから、電波干渉が多い周波数帯となっている。

実際に無線LAN APを設置するにあたっては、まず、電波の強さは遠方になるほど弱くなるので、病院のよ

うな広い場所では、複数台の無線LAN APでカバーすることが一般的である。

複数台を同時に近隣で使う場合には、相互の電波干渉を避けるため、それぞれが使う無線チャンネルを、規格により同時に利用可能な2.4GHz帯の3チャンネル、5GHz帯の19チャンネルから組み合わせて使うことになる (図5)。

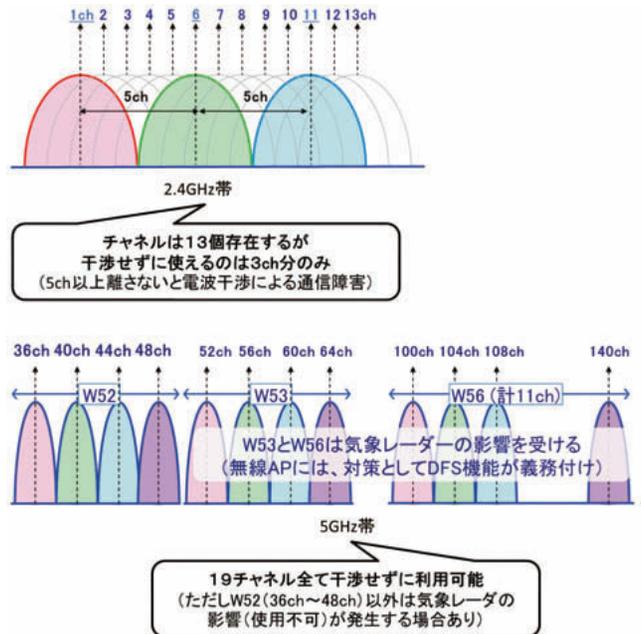


図5. 利用可能な2.4GHz帯ならびに5GHz帯のチャンネル

なお、5GHz帯に関しては、医療機関においては無線チャンネル設計の混乱を防ぐため、気象レーダーの影響を受けないW52の4チャンネルを使うことが一般的である。

通常は1台の無線LAN APでカバーすることができるのは最大で数十m程度で、2.4GHz帯の電波の方が5GHz帯の電波より遠くまで届く。実際の病院では、廊下のように見通しが良い場所では遠くまで電波が届くが、病室内へは電波が届きにくいことなどを考慮して、無線チャンネル設計を行うことが必要である。その際、隣接するAPだけでなく、上下階のAPとの電波干渉についても考慮する必要がある。

また、吹き抜けが建物内にある場合には、上下階の電波が強力なまま到達して電波干渉を起こすことや、干渉を避けるために電波を弱めると電波が届かない場所が出るなどがある。更に、自ら設置する無線LAN APについて、緻密に無線チャンネル設計を行った場合でも、近隣施設などの外部に設置されたものや、患者等が持ち込む様々な端末、あるいは施設内の電子

レンジ等の機器からも影響を受ける可能性があり、またその状況は時々刻々と変化するので、注意が必要である。

4-2. 無線チャンネルの確認

無線LANの電波は多数の機器が同じ無線チャンネルを使用すると通信速度の低下などが発生して本来の性能を発揮できなくなる。そこで、無線LANの管理者は、以下のように、医療機関内で使用している無線チャンネルを把握し、重複等が無いように設定を維持管理する。

- 納入時に無線LANネットワーク事業者等から提供された無線LAN APの位置と、それぞれの無線チャンネル等の情報が記載された管理表を保管。
- メンテナンス時、機種変更時などに無線チャンネル設定が変更された場合、管理表を更新。
- 管理表は、無線LANの管理者が最新の情報を常に把握できるよう、適切に保管・管理。

4-3. 無線LANの電波環境の測定方法(簡易な方法)

無線LANの電波状況は、専用の測定機器等でなくてもスマートフォンのアプリケーションを利用することで状況が概ね把握できる。無線LANの導入を検討する際に簡易に行うことは、検討を行う上で基礎的な情報となる。また、無線LAN導入後に、速度低下等の通信障害が発生していると思われる時には、障害除去のために持込無線LAN機器や外部などから侵入してくる無線LANの電波環境調査を行うことで原因の特定と対策が可能となる。

無線LANの電波状況を簡易に知る方法ならびに詳細な測定方法については「手引き」を参照して頂きたい。

4-4. 無線LANのトラブル事例

無線LANでは、電波に関連する以下のようなトラブル等がある。特に無線LANは広く普及していることや、同一周波数帯を他機器と共有していることから、トラブル等の事例が多く報告されている。

- 医療での利用や、一般患者からのインターネット接続利用に関するニーズが高まるとともに、通信トラフィック(通信量)も急激に増大。通信イ

ンフラの新設や増設はコスト、工期、技術面の問題などから、即時には対応が困難。

- 2.4GHz帯は利用可能な無線チャンネルが少なく、また、同じ周波数を用いている電子レンジ、高周波治療器、Bluetoothその他の電波利用機器が近くで用いられている場合に、電波干渉による通信速度の低下等の通信障害が発生。
- 無線LAN利用の検査装置、医療機器、患者等が持ち込む端末や無線通信機能付携帯ゲーム機、無線通信機能付IPカメラ等や、管理外の無線LAN APによる電波干渉が起こす通信障害。

注) 医師が管理者に無断で手術室や執務室等に無線LAN APを設置し、管理されている無線LAN APへ電波干渉を与えている事例が報告されている。また、入院患者が持ち込む携帯電話を用いた無線LAN APからの電波が、病院情報システムに用いられる無線LANの通信へ干渉し、病院情報システムの端末装置で通信異常が発生する事例なども報告されている。

- 不適切な無線チャンネル設定や無線LAN AP設置による通信速度の低下。部門毎に独自調達するケースもあり、管理できていないケースもある。
- 端末が適切に設定されていないため、無線LAN APをまたいで端末が移動する際に、無線LAN APを切り替えて利用するローミングが適切に行われなかった場合や、頻繁にローミングが発生する場合に通信速度の低下が発生。
- 5GHz帯は利用可能な無線チャンネルも多く、干渉源は少ない。ただし、5GHz帯の無線LANの仕様として、国や自治体等が運用する気象レーダの電波を検知した際に使用する無線チャンネルの変更や通信の一時停止(トラブルではない)が発生。
- 携帯電話事業者等やコンビニエンスストア等の小売店舗、バス・バス停、自動販売機等に設置される無線LAN APをはじめとする外部環境からの電波干渉。

他にも、医療機関が住居やオフィス等と隣接し、そこに無線LAN APが設置されている場合には、それからも干渉を受けることがある。

- 無線LANのセキュリティ設定が不適切な場合には、情報漏洩のおそれ。

手引きではさらに、「医療機関における対応策」ならびに「無線LANネットワーク事業者における留意

事項」の詳細が示されている。

5. 携帯電話

近年、医療従事者や患者等医療機関利用者の利便性向上などを理由に、医療機関での携帯電話の利用が急速に拡大している。

5-1. システムの概要

携帯電話は、基地局から発射される電波を受信し、基地局に向けて電波を発信することで通信をする。携帯電話同士が直接通信するのではなく、基地局と携帯電話ネットワークを介して通信する。そのため、携帯電話を利用するためには、基地局を設置する必要がある。ひとつの基地局がサービスを提供できる範囲は、狭いもので半径数十m、広いもので半径数km程度である。

携帯電話は現在、第3世代（W-CDMA、CDMA 2000）やLTEなどと呼ばれる方式を用いて、音声通話サービスや、メール・インターネットなどのデータ通信サービスが提供されている。現在、これら携帯電話サービスでは、700MHz帯、800MHz帯、900MHz帯、1.5GHz帯、1.7GHz帯、2GHz帯の周波数が利用されている。また、近年の携帯電話サービスは複数の方式や周波数を組み合わせてサービスを提供することが一般的である。

なお、第2世代の携帯電話は、携帯電話端末の最大送信電力が800mWで、現在運用されている携帯電話に比較して大きな送信電力であったが、平成24年7月をもって、全ての第2世代携帯電話サービスは終了し、以降の携帯電話の最大送信電力は250mWへと下がった。これに伴い、携帯電話が発する電波が医用機器等へ与える影響は小さくなってきている。

5-2. 携帯電話の電波環境の確認方法（簡易な方法）

携帯電話の電波は、携帯電話端末（スマートフォンを含む）に届く基地局からの電波（受信電波）と、携帯電話端末から発射される電波（送信電波）に分けられる。医療機関内では携帯電話端末から発射される送信電波が医用電気機器に影響を与える可能性があるの

で、この状況を知ることが大切である。この送信電波は基地局からの受信電波が良好であれば、これにほぼ対応して低出力になり、逆に不良であれば高出力になる。従って、手引きでも紹介されているように、携帯電話の電波受信状況を示すアンテナ本数を観察すれば、携帯電話端末から出力されている送信電波の強さを知る目安となる。また、最近のスマートフォンでは、電波強度を数値で確認することのできるフィールドテストモードが機能として備わっているため、これを利用することでより定量的な受信電波強度測定が可能である。

5-3. 携帯電話に関する課題

携帯電話が広く普及したこと、電波に対する医用電気機器の性能が向上したこと、第2世代携帯電話サービス（現在提供されている第3世代携帯電話サービスに比べて送信電力が大きい）が終了したこと、さらに平成26年8月に「医療機関における携帯電話等の使用に関する指針」が出されたことなどから、携帯電話の利用を拡大する医療機関が増加している（図6）。

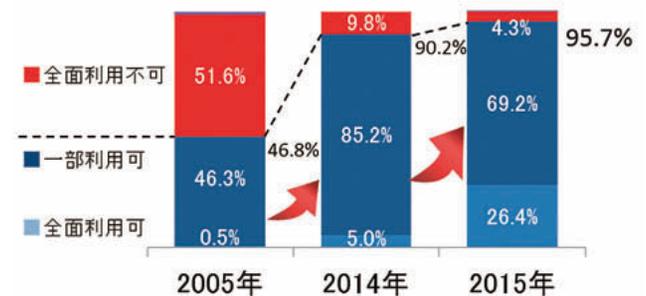


図6. 医療機関における一般利用者に対する使用制限の推移

しかしながら、マナーの問題や医用電気機器への電波の影響が危惧されることから利用に踏み切れない医療機関も一定数存在している。また、医療機関では、建物の構造的な特性（金属が壁・天井・床・扉等で多く用いられている等）による電波遮へいの影響により、屋外基地局からの電波が届きにくい場所が存在する。手術室などでは、特に金属が多用されていることからその傾向が顕著である。このように、電波が届きにくく、受信状況が悪い場合には、携帯電話端末からの送信電力が高くなる傾向がある。

ただし、電波が十分に届き、受信状況が良い場合であっても、携帯電話端末の送信電力は大幅に変わるこ

とがある。これは、ベストエフォート制御により、例えば大量のデータを高速に伝送するために一時的に携帯電話端末が強い電波を発射する可能性があるため、医療機関での利用において注意を必要とする。実際、今回の手引きを作成するためのモデル病院調査においても、データ通信時にアンテナ本数が4本でも最大出力近くになっているデータが確認された（図7）。その頻度は少ないと思われるが気になる現象である。そう

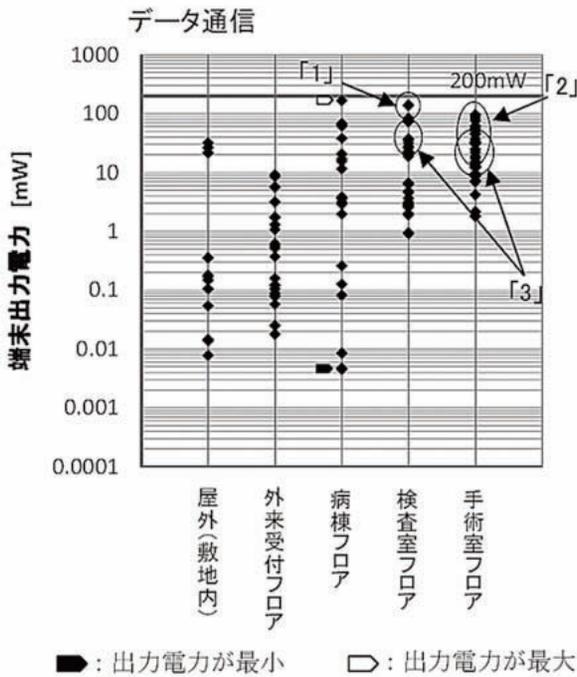


図7. 医療機関における実測事例：「1」「2」「3」は携帯電話のアンテナ表示がそれぞれ1本、2本、3本であったことを示し、記載のない箇所はアンテナ表示が4本（最大）であったことを示す。

いう意味では屋内基地局を設置して、医療機関内の携帯電話端末の送信電波を制御すれば、より安心・安全な電波環境を構築できることになるが、このような通信インフラの整備は一般にコストが高くなることが多く、医療機関における導入時の課題となっている（図8）。

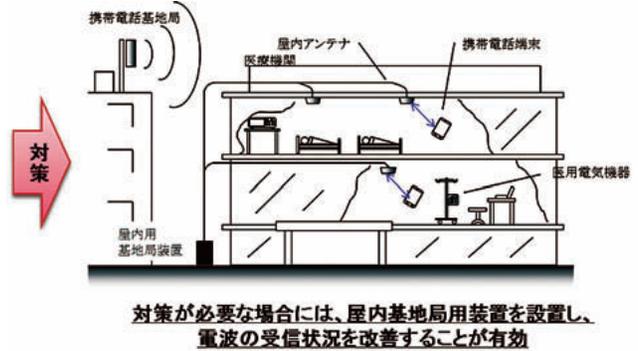


図8. 屋内基地局設置による医療機関内電波環境整備

手引きではさらに、「医療機関における対応策」ならびに「携帯電話事業者における留意事項」の詳細が示されている。

6. 医療機関において電波を管理する体制等の整備

医療機関内において、電波を管理する体制等を整備することは、これから増え続ける電波利用に対応するためにも欠かすことができない。しかしながら、限られた人員や予算等の制約のもとで新たに専門家を確保することも困難である。そこで、各医療機関の実情を踏まえて、必要に応じて以下の取り組みを実施し、体制等の整備を図ることが推奨される。

その際、医療機器に関する十分な経験及び知識を有する医療機器の安全使用のための責任者（医療機器安全管理責任者）等との連携の下に、電波管理責任者や電波利用安全管理委員会（仮称）を設置するなど、医療機器の安全管理体制と電波管理の体制が整合するように運用することが望ましいと考えられる。

6-1. 医療機関の各部門における電波管理担当者の確保

電波を利用する機器を所管する部門において、十分

な権限と情報を持ち、電波を管理する責任を持つ担当者を確保する。これら担当者が、管理する機器等に関する最新の利用状況、あるいは関連する情報などについて収集し、適切に電波利用機器を利用するための環境整備に取り組むこととなる。

6.2. 電波管理責任者と電波利用安全管理委員会（仮称）の設置

各医療機関では、電波管理の窓口としての役割を担う電波管理責任者、ならびに各部門の電波管理担当で構成される電波利用安全管理委員会（仮称）を設置し、電波利用に関わる情報を共有することが有効であると考えられる。

これは、電波利用機器は相互に影響する可能性があることから、各部門等で持つ情報を共有することで、個別部門では想定しえないトラブル等を未然に防ぐ効果が期待される。また、医用電気機器や電波利用機器の調達、より円滑かつ適切なものとなる効果も期待される。

また、窓口である電波管理責任者（「医療機関における携帯電話等の使用に関する指針」におけるEMC（ElectroMagnetic Compatibility）管理者と同義）は、外部への情報の発信、最新の関連情報の収集や内部への周知、電波利用安全管理委員会（仮称）における検討結果等について医療機関の長へ報告等を行うことは、医療機関における電波管理体制の確保という観点で有効と考えられる。なお、「医療機関における携帯電話等の使用に関する指針」において、EMC 管理者に期待される役割として、以下のものが挙げられている。

- ① 医療機関で使用される無線通信機器・医用電気機器の EMC 評価
- ② 電波環境の評価・改善
- ③ 携帯電話使用に関する利用者向けルール、医療従事者向けルールの策定
- ④ 良好な EMC 環境を構築するための医用電気機器及び無線通信機器の調達・導入・運用・管理体制構築
- ⑤ 利用者に対する周知、医療従事者に対する教育
- ⑥ 最新の技術情報の継続的収集

さらにこの指針では、生命維持管理装置などの高度医療機器を多数使用する特定機能病院等においては、

EMCについて継続的に取り組む担当者（EMC管理者）が配置されることが望ましいとされている。また、このEMC管理者には、臨床工学技士、医療機器安全管理責任者等が兼任することが提案されているが、さらに臨床ME（Medical Engineering）専門認定士（第1種ME技術者である臨床工学技士が大半）など、EMCに関する知識を有する者の配置が望まれるとある。

7. おわりに

平成28年4月に「医療機関において安心・安全に電波を利用するための手引き」を発行した「医療機関における電波利用推進部会」の活動は、平成28年度以降も継続することになり、手引きで提案されている電波管理方法による具体例の紹介、その配置が推奨されている電波管理責任者のための教育プログラムの作成、ならびに電波管理の相談窓口の設置などが検討される見通しである。

【参考文献】

- 1) 電波環境協議会：「医療機関において安心・安全に電波を利用するための手引き」、2016.4
- 2) 電波環境協議会：平成27年度医療機関における電波利用推進部会活動報告、2016.4
- 3) 電波環境協議会：医療機関における携帯電話等の使用に関する報告書、2014.8
- 4) 医用電子機器標準化委員会：小電力医用テレメータの運用規定ならびに運用の手引き、2002.12

平成28年度 CISPR アーカイブス活動

— CISPR 14-1 の許容値の根拠について — (家庭用電気機器、電動工具及び類似の機器)

一般社団法人KEC関西電子工業振興センター
井上 正弘

1. はじめに

CISPR 14-1は、本来、家庭用電気機器、電動工具などの整流子モータやサーモスタットなどの機械的接点の開閉によって生ずる広帯域ノイズを抑制するために策定された規格です。CISPR 諸規格の許容値及び測定法は、1934年にCISPR（国際無線障害特別委員会）が発足して以来、長い年月にわたる審議を経て策定されてきたものですが、CISPR 14-1は身近にある家庭用電気機器を取り扱う規格のため、許容値策定の歴史が非常に古く、現在では、なぜこのような許容値になったのかを知ることは困難です。制御技術の進歩に伴い、家庭用電気機器の機能や品目の拡大に対応して改訂が繰り返されてきたために規格の内容が複雑になってきていますが、許容値の根拠が厳密には知られていないにもかかわらず、基本的な許容値は他のCISPR規格のベースにもなって今も引き継がれています。今、CISPR規格の策定に携わる世代交代が進みつつあるので、現在の規格の策定に比較的初期から携わった世代として、規格の変遷と背景をできる限り記録し、これから規格策定を担う世代の活動に資することを目的として、CISPR 11（ISM装置）、CISPR 22（情報技術装置）に引き続き、CISPR 14-1についても「CISPR アーカイブス」(*)という書庫に残すことにしました。本稿では、この規格の変遷について概要を述べたいと思います。

※http://www.emcc-info.net/members/Mcispr_h/cispr_ayumi.html
アクセスには、EMCCの会員IDとパスワードが必要です。

2. CISPR 14-1の特徴

CISPR 14-1は、モータ及びスイッチ又は制御素子によって主な機能が遂行される家庭用電気機器、電動工具及び類似の機器から発生する無線周波妨害波の伝導及び放射に適用されるエミッション規格であり、広帯域妨害波を評価するのに適している準尖頭値検波器による許容値がCISPR規格制定の歴史において極めて早い時期に確立され、伝導妨害波の許容値は他のCISPR規格の基本となっています。ただし、不連続妨害波や妨害波電力のように、他のCISPR製品群規格では規定がない測定法と許容値も含まれています。この規格は、当初はCISPR 14として策定されましたが、1996年に第3版の修正1が発行された時に、家庭用電気機器等に対するイミュニティ規格が作成されたため、これをCISPR 14-2とし、エミッション規格はCISPR 14-1としてメンテナンスを続けることになりました。

アーカイブスでは、エミッション規格CISPR 14-1に限定して解説されています。

3. CISPR 14-1の許容値の歴史的経緯

CISPR 14-1は、1975年に初版がCISPR 14として発行されましたが、その後改訂を重ねた結果、2017年1月現在では、第6.0版が最新版となっています。アーカイブスには、下記のようなそれぞれの改訂における許容値に関する主要な変更点が簡潔に記載されています。

- 1975年：CISPR 14 初版発行
 1980年：初版 Amendment（修正）1 発行
 〈電源端子電圧の許容値改定（150ΩのV型擬似電源回路網）〉
 1985年：CISPR 14 第2版発行
 〈電源端子電圧の許容値改定（50Ω/50μHのV型擬似電源回路網）〉
 1993年：CISPR 14 第3版発行
 〈平均値の許容値導入〉
 1996年：第3版 Amendment 1 発行
 〈CISPR 14-1に改称、ペーパーシュレツダ及び空調機器に対する試験条件の追加等〉
 1998年：第3版 Amendment 2 発行
 〈電気柵用電源装置の試験方法と許容値追加等〉
 2000年：CISPR 14-1 第4版発行
 〈クリック測定の自動化を容易にするための測定手順修正等〉
 2001年：第4版 Amendment 1 発行
 〈電気玩具のエミッションに関する規定等〉
 2002年：第4版 Amendment 2 発行
 〈瞬時スイッチングの場合のクリック率決定周波数の規定の追加等〉
 2005年：CISPR 14-1 第5版発行
 〈定格電圧又は定格周波数に範囲表示がある場合の試験条件の明確化等〉
 2009年：第5版 Amendment 1 発行
 〈測定周波数範囲拡大等〉
 2011年：第5版 Amendment 2 発行
 〈電磁誘導加熱式（IH）調理器の規定をCISPR 11からCISPR 14-1に移行〉
 2016年：CISPR 14-1 第6版発行
 〈規格文書として読み易くするために構成を見直す等の編集的改定の他、電流プローブによる許容値を導入する等の技術的改定〉

と比較すると3 dB緩和され、59 dB(μV)となっている。この許容値の決定に至った経緯を以下に述べる。

・CISPR 14は、第2版までは準尖頭値の許容値の規定しかなかった。第3版を作成するときに、平均値の許容値が導入された。もともと、CISPR 14の対象機器は、モータや電気接点からのインパルス性広帯域ノイズを発生する機器であった。しかし、1900年ごろから家電機器にマイコン（マイクロコンピュータ）による制御を採用した機器が開発されるようになり、マイコンのクロックノイズが狭帯域成分を含んでいるため、1986年に初版が発行されたCISPR 22が採用した平均値の許容値を追加する検討が行われた。このときCISPR 22は、150 kHzから30 MHzまでのすべての周波数帯域において、平均値検波器による許容値を準尖頭値検波器による許容値から10dB低い値としていたが、整流子モータは整流子の回転に伴う周期的なインパルスを発生するため、本質的に150kHz付近の平均値成分が高くなるので、CISPR 22の許容値より平均値の許容値を高くすべきであるとの指摘があった。日本からも実測データを提供して議論の結果、CISPR 22の平均値許容値より3 dBだけ高い許容値とすることで合意された。本来ならばこの許容値緩和は整流子モータの妨害波が支配的な機器だけに適用すべきであるが、CISPR 14の対象機器の中で詳細な区分をすることは混乱を招くため、すべての対象機器に適用されることになった。

このように、CISPR 14-1の規格策定における歴史的な変遷の経緯が、現行規格（情報通信審議会における最新の当該国内規格答申及び電気用品安全法技術基準解釈の参照規格となっている第5.1版）のそれぞれの規定ごとに説明されています。

4. 許容値の根拠の説明

一例として、電動工具を除く全ての機器の電源線の各相線及び中性線の妨害波端子電圧の許容値について、以下のような説明が付されています。

- ・CISPR 14-1の電源端子における妨害波電圧の許容値は他の製品群規格とほぼ整合しているが、150 kHzにおける平均値の許容値のみが他の製品規格

5. おわりに

このアーカイブスは、主として次世代のCISPRエキスパートの方々が参考とされることを想定しているため、必ずしもすべての読者のみなさんに分かりやすい書き方とはなっていませんが、エキスパートの方々が国際会議などで議論される時には、必ず役に立つものと感じて執筆した次第です。ご活用いただければ幸いです。

平成27年度 妨害波委員会の活動

CISPR 32における放電ノイズ等のピーク測定適用外規定に関する調査研究報告

一般社団法人 電子情報技術産業協会 (JEITA)
マルチメディアEMC専門委員会

千代島 敏夫

1. はじめに

CISPR 32の1GHz超の放射エミッション測定では、静電気放電などの高電圧放電によるインパルス状雑音には、ピーク検波を適用しないこととしている。一方、マルチメディア機器（以下MME）においては、プリンタやスキャナ用の紙搬送に伴う放電現象が発生することがある。この適用外規定が妥当なものかどうかを確認するため、MMEから発生する放射エミッションのうち放電現象に起因するエミッションを、対象としてWi-Fi通信への影響調査とAPD（Amplitude Probability Distribution）測定を実施した。

加えて、PCから発生するエミッションについても、低頻度なら適用外とできるものがあるかもしれないので、スペクトラム拡散クロック（以下SSC）やCPU、メモリ等から発生するエミッションについても調査した。これらの調査結果を報告する。

2. 適用外規定

2.1 CISPR 32

CISPR 32Ed.2.0では、静電気放電などの高電圧放電によるインパルス状雑音のピーク測定を適用しないこととしている。CISPR 32 Ed.2.0規格の引用を次に示す。

A.1 共通

Table A.3及びTable A.5で示される尖頭値検波の許容値は、高電圧絶縁破壊現象であるアーク又はスパークによって発生するエミッションには適用しないこと。このようなエミッションはMME装置にインダクタの

電流を制御する機械スイッチを含んだり、MME装置が制御したりする場合又はMME装置に（給紙装置のような）静電気を発生するサブシステムを含んだり、MME装置が制御したりする場合に発生する。平均値許容値は、アーク又はスパークからのエミッションに適用する。このようなMME装置からの他のエミッションは、尖頭値と平均値の許容値の両方を適用する。

ここに、Table A.3とTable A.5は、それぞれClass AとClass Bの1GHz超の放射エミッション許容値表である。

このように、放電現象に起因する放射エミッションについては、1GHz超のピーク測定を除外している。

3. 実験方法

3.1 EUT

(1) 用紙搬送機能のあるMME

用紙搬送機能のあるMMEとして次の2台を準備した。
プリンタ：床置き型 A3用紙を、1分間に30枚排出する。（写真3-2）

業務用スキャナ：卓上型 A3用紙を、1分間に100枚排出する。

注：なお、上記2台とも製品には十分な静電気放電対策が施されていたため、実験ではその対策を取り外して、放電現象が発生しやすい状態で実施した。

(2) 模擬EUT（Equipment Under Test）

模擬EUTとして、強力な放電現象であるIEC 61000-4-2規格対応のESD（ElectroStatic Discharge）試験機を準備した。

放電対象：垂直結合板（以下VCP）抵抗入りアース

線（長さ1.5 m）でRGPに接続。

電圧：30kV

繰り返し周波数：10Hz

(3) その他のEUT

放電現象以外の放射エミッション源として、次のふたつを準備した。

- ① デジタルSG（Signal Generator）によるSSC
- ② デスクトップPCとLCDモニター（低電圧差動信号（以下LVDS信号）、メモリ信号、CPUバス等）

3.2 測定方法

(1) Wi-Fi通信への影響調査（スループット測定）

無線LANアダプタは送信側・受信側とも同じ機種を使用（USB dongleタイプ、外部ダイポールアンテナタイプ）。無線試験機1は、暗室外に配置し、ステップアッテネータを挿入して暗室内のアンテナに接続した。

① リファレンス測定

- ・MMEを設置した状態でリファレンス測定を実施
- ・外部ダイポールアンテナを使用しているため、ほぼ全周囲に均一放射
- ・送信側にステップアッテネータを接続し、送信電力を調整しながらスループットを測定
- ・1秒間ずつ60秒間60個のデータの平均値を測定結果とした。
- ・送信時の受信アンテナ点での電界強度を測定。測定結果の横軸は受信電界とした。

スループット測定条件を表3-1に示す。

表3-1 スループット測定条件

項	項目	内容
1	使用ソフト	Jperf 2.0.2
2	通信プロトコル	UDP
3	Bandwidth	54Mbps
4	Buffer size	100kBytes
5	Packet size	10kBytes
6	データ取り込み間隔	1秒間
7	データ取り込み時間	60秒間
8	通信設定	アドホック通信
9	周波数	2412MHz (ch1:IEEE802.11g)

② 放電現象による放射エミッションの2.4GHz Wi-Fi通信への影響調査

無線試験機2は、USB dongleに付属のダイポール

アンテナを直付けしアンテナの角度は垂直に調整した。

図3-1のように、Wi-Fi通信をしている無線試験機1（ノートPC）と無線試験機2（ノートPC）のアンテナ間距離を3mとし、受信アンテナから距離3mの位置にEUTを配置してWi-Fi通信への影響を、(1)①と同様な手順で、送信電力を変えてスループットが低下し始める電力レベルを比較した。静電気が発生し易いように電波暗室内の湿度が低いときに実験を実施した。

（実験時の温度：23℃、湿度27%）

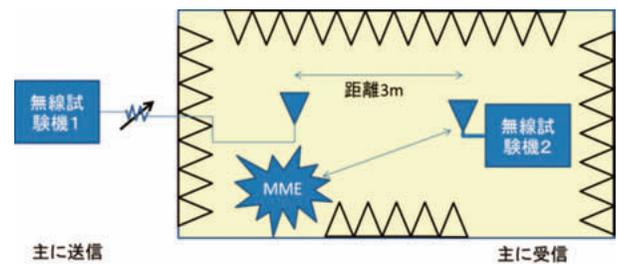


図3-1 Wi-Fi通信への放電現象の影響調査方法

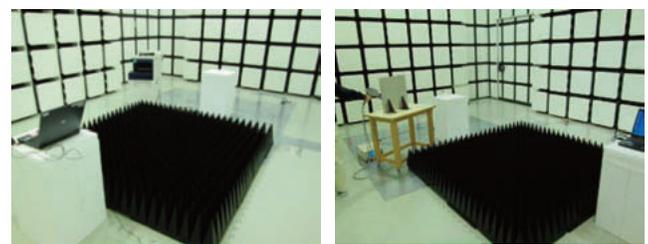


写真3-1 プリンタ

写真3-2 ESD試験機

③ その他のMMEからの放射エミッションの2.4GHz Wi-Fi通信への影響調査

デジタル信号発生器からさまざまなノイズを出力し、ホーンアンテナで放射する。

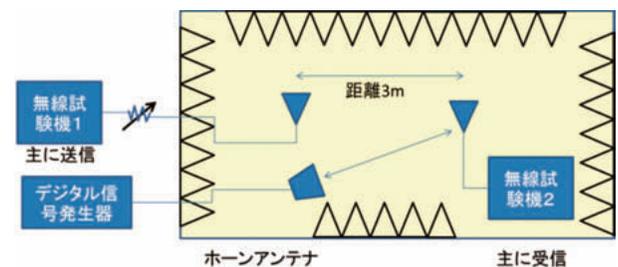


図3-2 Wi-Fi通信へのその他の信号の影響調査方法



写真 3-3

(2) 放射エミッションAPD測定

EUTからの放射エミッションを測定距離3mでAPD測定を実施する。測定セットアップは、図3-3のようにCISPR 22/32 1-6GHz測定と同じ。アンテナ高は、EUTがビーム内に入る1m固定。

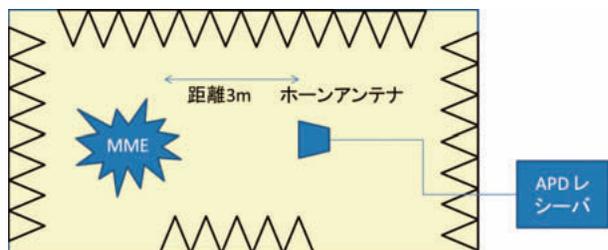


図3-3 APD測定の配置図

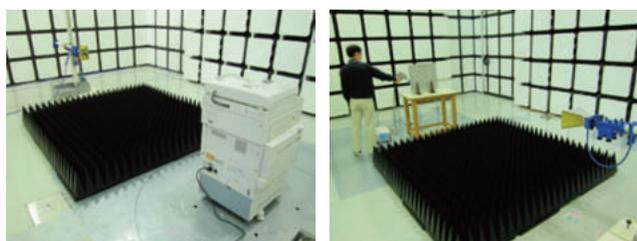


写真3-4プリンタ

写真3-5 ESD試験機

(3) CISPR 22/32 1-6GHz 測定法

CISPR 22/32で規定されている1-6GHzの放射エミッション測定方法。配置は、図3-3と同じ。測定方法は、CISPR 16-2-3: 2010 7.6.6項に従う。

3.3 実験方法の検討

当初放射ノイズがうまく2.4GHzに一致する装置を探したが、EMC設計として、Wi-Fiなど主な無線通信と、クロックの高調波が一致するような周波数を避けているため、都合のよいMMEを探すのは難しかった。そこで、最新のデジタル技術を用いたシグナルアナライザやデジタルSGの機能を活用することとした。まずは、デジタルSGで発生可能な、SSC。これは、三角波を変調信号としたFM変調波で実現した。詳しい仕様を次にしめす。

- ・変調周波数 8MHz MAX（拡散周波数幅としては、16MHz）
- ・三角波周波数 DC~100kHz

さらに、デスクトップ PCのカバーを開けマザーボード上のLSIやパターンの近傍電磁界から磁界ループアンテナでピックアップしたノイズを、シグナルアナライザでIQ (In-phase and Quadrature phase) サンプリングし、2.4GHzのキャリアに変調することで、

2.4GHzのWi-Fi周波数に変換することとした。対象を次に示す。

- (1) CPU バス信号
- (2) SDRAM：メモリ
- (3) LVDS：外部LCDモニターで使用している画像信号用インタフェース

ここで、PCの状態はWindows7 起動状態である。



写真3-6 デスクトップPC

写真3-7 ノイズピックアップ部

試験条件は、2.4GHzのWi-Fi周波数に変換したノイズを受信アンテナから距離3mに位置するホーンアンテナから放射した。レベルの設定は、中心周波数において、Peak値が、70 dB μ V/m（CISPR 32 Class B許容値）とした。

3.4 サイト

CISPR 16-1-4に規定されるFSOATS（Free Space Open Area Test Site）の要求を満足するサイトを使用した。

3.5 APD測定条件

APD測定条件を示す。

- ・周波数：2412MHz
- ・RBW：1MHz（CISPR 6dB）
- ・測定時間：2分間

4. 実験結果

4.1 用紙搬送機能のあるMME

受信レベルとスループットの関係を下図に示す。横軸は、受信レベルであり、このレベルを1dB STEPで小さくしていくと、あるレベルからスループット低下が始まる、このレベルは、受信機の感度や、受信機が受ける内部ノイズ、周囲ノイズによって決まるものである。

この低下の様子が、用紙搬送して放電が発生してもしなくても変化はなかった。

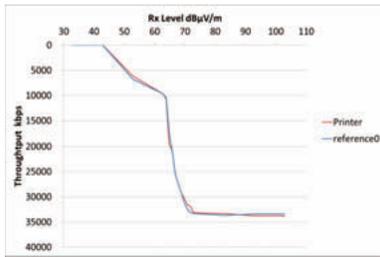


図4-1 用紙搬送機能のあるMMEの受信レベルとスループットの関係

APD 測定結果を下図にします。10⁻⁵からレベルが増加しており、頻度が非常に小さいことが分かる。

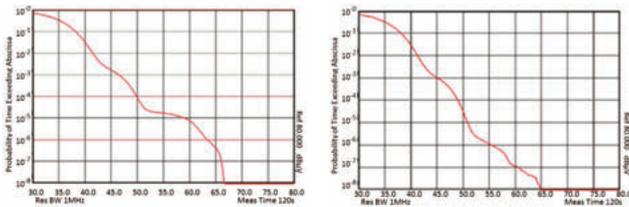


図4-2 水平偏波

図4-3 垂直偏波

表4-1 ピーク、平均値測定結果

偏波	周波数 [MHz]	検波器	結果 [dBµV/m]	許容値 [dBµV/m]	マージン [dB]
水平	2412.000	PK	58.7	70.0	11.3
		AV	25.1	50.0	24.9
垂直	2412.000	PK	57.4	70.0	12.6
		AV	26.5	50.0	23.5

4.2 ESD試験機

ESD 試験機を用い、VCPに放電させた場合の受信レベルとスループットの関係を図に示す。

2dB 程度受信レベルが高いところからスループットが低下始めている。受信レベル換算で2dB 程度の影響があるということである。通信距離に換算すると同じ送信電力の場合距離を2割近づけないと同じ通信スピードがでないということである。

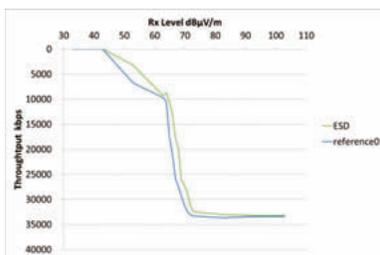


図4-4 ESD試験機の受信レベルとスループットの関係

ESD 試験機の APD 測定結果を図に示す水平偏波については、10⁻³程度から振幅が大きくなっていることが分かる。

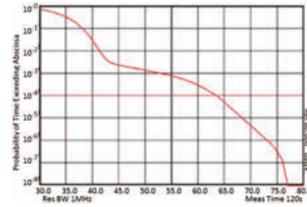


図4-5 水平偏波

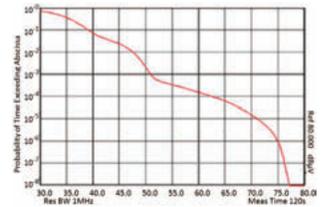


図4-6 垂直偏波

表4-2 ピーク値、平均値測定結果

偏波	周波数 [MHz]	検波器	結果 [dBµV/m]	許容値 [dBµV/m]	マージン [dB]
水平	2412	PK	67.7	70.0	2.3
		AV	24.9	50.0	25.1
垂直	2412	PK	69.9	70.0	0.1
		AV	25.0	50.0	25.0

4.3 SSC

各種 SSC および CW 信号を放射した場合の受信レベルとスループットの関係を図4-7にします。

CW と 3kHz の SSC は大きな違いがなく、基準から 20dB 程度受信レベルが大きい状態でスループットの低下がみられる。これは、距離換算すると、通信可能距離が10分の1に短くなることに相当する。

ここで、reference1 は、実験開始時に測定したノイズ無の特性で、reference2 は、実験終了時に測定した特性である。

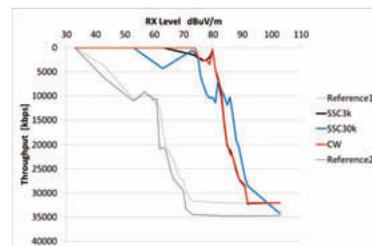


図4-7 各種SSCおよびCW信号を放射した場合の受信レベルとスループットの関係

4.4 デSKTOP PCのノイズ

デスクトップPCのノイズによる影響を図にします。今回サンプリングした信号については、どれも大差なく、25dB 程度の受信レベルの増加がみられる。これ

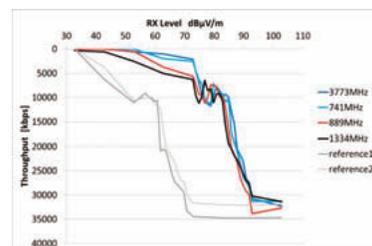


図4-8 デSKTOP PCのノイズを放射した場合の受信レベルとスループットの関係

は、通信距離が20分の1になることに相当する。

表4-3に各種信号のスペクトラム、時間波形およびAPDを示す。

5. 考察

(1) Wi-Fi 通信のしくみ

Wi-Fi通信では、OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 変調が使われている。2.4 GHzのIEEE 802.11gの緒元を表5-1に示す。20 MHzのバンド幅を、56chのサブチャンネルに分割して、それぞれのサブチャンネル毎に、デジタル変調された信号が伝送されている。11gでは、表5-1のように、その場の環境に合わせて64QAM (Quadrature Amplitude Modulation) からBPSK (Binary Phase Shift Keying) まで、送信単位で送信できるビット数を変化させて、最適なスループットを得られるように制御している。

表5-1 Wi-Fi (IEEE 802.11g) の緒元

項	内容							
バンド幅	20MHz							
サブキャリア (SC)数	52本 (内 data は 48本)							
SCバンド	384.615 kHz							
変調方式	64-QAM		16-QAM		QPSK		BPSK	
符号化率	3/4	2/3	3/4	1/2	3/4	1/2	3/4	1/2
1SCで伝送できる bit 数	6 bit		4 bit		2 bit		1 bit	
伝送速度 Mbps	54	48	36	24	18	12	9	6

(2) Wi-Fi通信を考慮した許容値案

この実験の結果から、Wi-Fi通信では、 10^{-3} 以下の頻度のノイズには、強いと推定される。これから、APDによるWi-Fi通信を考慮した許容値を検討してみた。

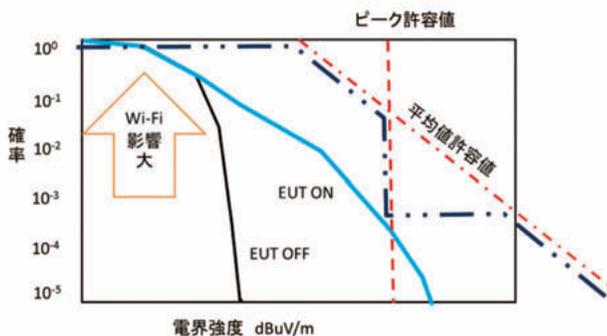


図5-1 Wi-Fi通信を想定した、APD許容値案

二点鎖線が、Wi-Fi通信を考慮した許容値である。Wi-Fi通信に影響のない 10^{-3} 以下の頻度領域については、レベルを問わず許容することができる。従来のピーク許容値は、点線で示している。同平均許容値は、一点鎖線である。頻度100%の許容値から、10分の1になると-20 dBレベルが低下する特性を示している。

6. 結論

MMEの放電現象は、 10^{-5} 程度の頻度で、Wi-Fi通信への影響はまったくないことがわかった。一方、PCからの放射は、今回の実験では頻度が 10^{-1} 程度のもものがほとんどで、Wi-Fi通信への影響が大きいことが分かった。

7. CISPR国際会議での成果

給紙搬送に伴う放電現象によって発生するノイズは、Wi-Fi通信に全く影響を与えないことについて、2015年5月にサニーベール (米) で開催されたCISPR SCI-WG2会議で報告し、CISPR 22/32の除外規定が妥当なことが証明されたことが歓迎された。この結果を受けて、CISPR 32 Ed.2.0の次期メンテナンス事項の将来作業として、APDの採用がリストアップされた。

また、2016年4月ソフィアアンチポリス (仏) で開催されたCISPR SCI WG2会議で、今回の実験結果から、PCから発生する放射エミッションが、Wi-Fi通信に与える影響について報告した。

8. おわりに

1GHz超の周波数では、Wi-Fi通信のほかにさまざまな通信方式が採用され、サービスが提供されている。CISPR 32にAPDを採用するには、これら大多数の通信方式へのAPD評価の妥当性を示す必要がある。

2016年度は、GSM,WCDMA,LTEなど免許の必要な無線サービスについて調査している。

表4-3 各種ノイズ信号の周波数スペクトラム、時間波形、APD、PK、AV測定値

ノイズ信号	周波数スペクトラム	中心周波数での時間変動 (RBW= 1MHz)	中心周波数でのAPD測定結果 (RBW= 1MHz)	PK	AV
スペクトラム拡散クロック周波数変調周期 3 kHz	(a)	(c)	(e)	70.0 dB μV/m	46.3 dB μV/m
スペクトラム拡散クロック周波数変調周期 30kHz	(b)	(d)	(f)	70.0 dB μV/m	48.8 dB μV/m
741 MHz (元) LCD モニター内部画像信号垂直同期信号 (60Hz)	(g)	(k)	(o)	70.0 dB μV/m	54.4 dB μV/m
898 MHz (元) LCD モニター内部画像信号水平同期信号 (68kHz)	(h)	(l)	(p)	70.0 dB μV/m	57.8 dB μV/m
1334 MHz (元) システムクロックおよびデータ (CPU) 66.6MHz ×20	(i)	(m)	(q)	70.0 dB μV/m	63.9 dB μV/m
3733 MHz (元) メモリバス 533 ×7	(j)	(n)	(r)	70.4 dB μV/m	64.4 dB μV/m

平成27年度 妨害波委員会の活動

CISPR15 Ed.9の制御端子における 妨害波電流測定法併記の妥当性の調査報告

一般社団法人 日本照明工業会
EMC合同小委員会

平伴 喜光

1. はじめに

現在、CISPR15は第8版に至っている。この間、種々の技術革新により初期の白熱電球から蛍光灯化、更にその電子回路化を経て、現在はLED光源に至っており、規格も非常に煩雑な体系に至っている。そこで体系を含めた抜本的な見直し作業が二年前に開始された。その結果、2015年3月に第9版の1stCDとしてCISPR/F/663/CDが発行された。

その中で、従来の制御端子の雑音端子電圧測定が大きく4.3.2項のNetwork Interfacesと4.4項のLocal Wired Portsに二分された。(図1.1参照)

Network Interfacesには、従来の電源端子に加えて、新たにInternet回線を想定した電源線以外の通信線などが設定されている。一方、Local Wired Portsでは、従来の制御線と負荷線を統合したものと、新たに超低電圧(ELV)用の規格が設定されている。

これらの背景には、照明器具の制御信号がPWM信号発生器からの信号だけでなく、一般のInternet回線からの信号などのデジタル信号で制御されるものが普及しているためである。

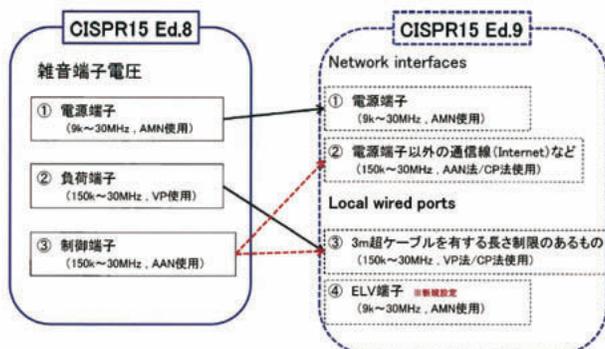


図1.1 : CISPR15のEd.8とEd.9 (審議中) との比較

ここで、Local Wired Portsには、従来のCISPR15 Ed.8に採用されていたAAN (Artificial Asymmetrical Network) 法が削除されて新たに電圧プローブ法(VP法)と電流プローブ法(CP法)が併記されている。

これらの測定法の相関性について確認する必要がある、調査研究を実施した。

なお、CISPR15 Ed.9では、図1.2に示すようにLocal Wired Portでの電圧プローブ(VP)と電流プローブ(CP)の接続位置が詳細に規定されている。

表1.1 : CISPR15 Ed.9で提案されているNetwork Interfaceでの測定方法 (Table 2 : AAN法、Table 3 : CP法)

Table 2 – Disturbance voltage limits at wired network interfaces other than power supply

Frequency range (MHz)	Limits dB(μV)*		Method
	Quasi-peak	Average	
0,15 to 0,50	84 to 74	74 to 64	CISPR 16-2-1 and 8.4
0,50 to 30	74	64	

* At the transition frequency, the lower limit applies.
NOTE 1 The limits decrease linearly with the logarithm of the frequency in the range 0,15 MHz to 0,5 MHz.
NOTE 2 The voltage disturbance limits are derived for use with an artificial asymmetrical network (AAN) which presents a common mode (asymmetric mode) impedance of 150 Ω to the measured interface.

Table 3 – Disturbance current limits at wired network interfaces other than power supply

Frequency range (MHz)	Limits dB(μA)*		Method
	Quasi-peak	Average	
0,15 to 0,50	40 – 30	30 – 20	CISPR 16-2-1 and 8.4
0,50 to 30	30	20	

* At the transition frequency, the lower limit applies.
NOTE 1 The limits decrease linearly with the logarithm of the frequency in the range 0,15 MHz to 0,5 MHz.
NOTE 2 The current disturbance limits are derived for use of a common mode (asymmetric mode) impedance of 150 Ω. Hence the conversion factor applied is 20.log(150) = 44 dBΩ.

表1.2 : CISPR15 Ed.9で提案されているLocal Wired Portでの測定方法 (Table 5 : VP法、Table 6 : CP法)

Table 5 – Disturbance voltage limits at local wired ports: communication, data, load and similar interfaces not connected to a network and a length ≥3m

Frequency range (MHz)	Limits dB(μV)*		Method
	Quasi-peak	Average	
0,15 to 0,50	80	70	CISPR 16-2-1 (voltage probe method) See 8.5.2.2
0,50 to 30	74	64	

* At the transition frequency, the lower limit applies.

Table 6 – Disturbance current limits at local wired ports: communication, data, load and similar interfaces not connected to a network and a length ≥3m

Frequency range (MHz)	Limits dB(μA)*		Method
	Quasi-peak	Average	
0,15 to 0,50	40 – 30	30 – 20	CISPR 16-2-1 See 8.5.2.3
0,50 to 30	30	20	

* At the transition frequency, the lower limit applies.
NOTE 1 The limits decrease linearly with the logarithm of the frequency in the range 0,15 MHz to 0,5 MHz.
NOTE 2 The current disturbance limits are derived for use of a common mode (asymmetric mode) impedance of 150 Ω, and the conversion factor applied is 20.log(150) = 44 dBΩ.

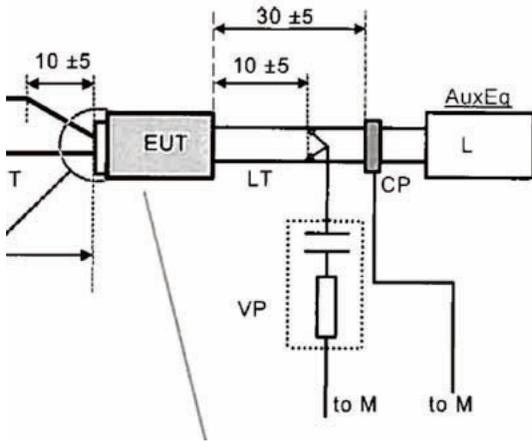


図1.2 : CISPR15で提案されている各種プローブの測定位置

今回の調査研究の目的としては以下の3点である。

- (1) Network Interfacesで要求されているAAN法とCP法の相関性の確認。
- (2) Local Wired Portsで要求されているVP法とCP法、加えて現行の第8版で採用されているAAN法との相関性の確認。
- (3) Local Wired Portsで要求されている詳細なプローブ配置の必然性の確認。

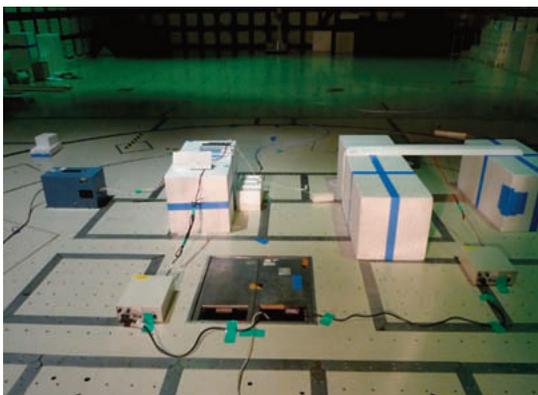


図2.1 : EUT-① DALI信号による調光制御機器の配置状況と構成図

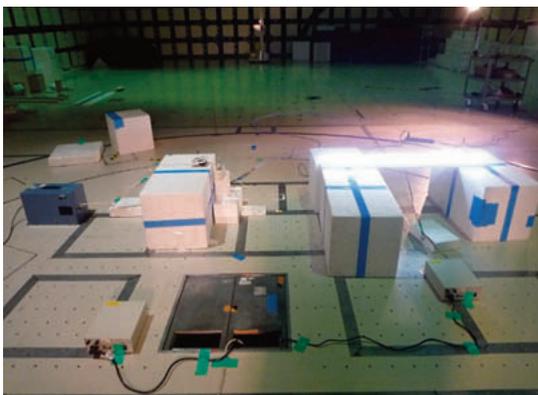
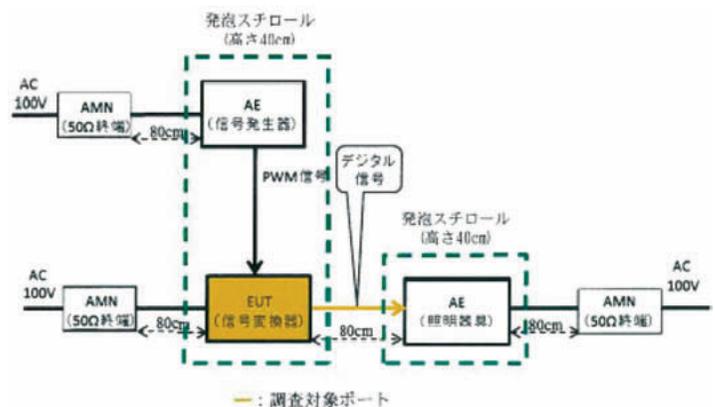
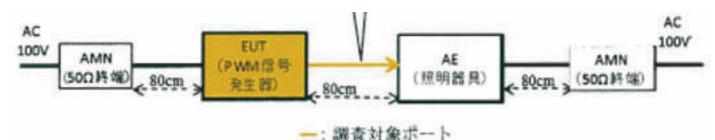


図2.2 : EUT-② PWM信号による調光制御機器の配置状況と構成図



2. 測定サンプル

2.1 試験に使用したEUT (Equipment Under Test)

試験に使用したEUTの一覧とその仕様などを表2.1に示す。また、EUT-①～⑤の各配置状況とその構成図をそれぞれ図2.1、図2.2、図2.3、図2.4と図2.5に示す。測定の再現性を考慮して、各機器の電源にはAMN (Artificial Mains Network) を挿入している。

表2.1 : 使用したEUTの一覧とその仕様

EUT名称	種別	部材	提供会社
EUT-①	DALI信号による調光制御機器	信号発生器 信号変換器 照明器具	A社
EUT-②	PWM信号による調光制御機器	信号発生器 照明器具 直管型LEDランプ	B社
EUT-③	PWM信号による調光制御機器	信号発生器 照明器具	C社
EUT-④	LEDランプを負荷とする直流電源	直流電源 LEDランプ	D社
EUT-⑤	LEDランプを負荷とする位相制御式調光器	調光器 LEDランプ	A社

DALI : Digital Addressable Lighting Interface
PWM : Pulse Width Modulation

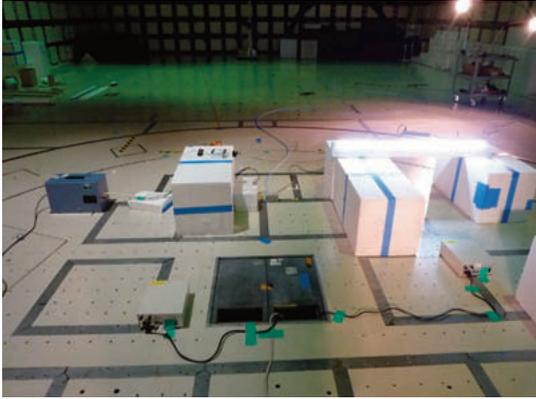


図2.3：EUT-③ PWM信号による調光制御機器の配置状況と構成図

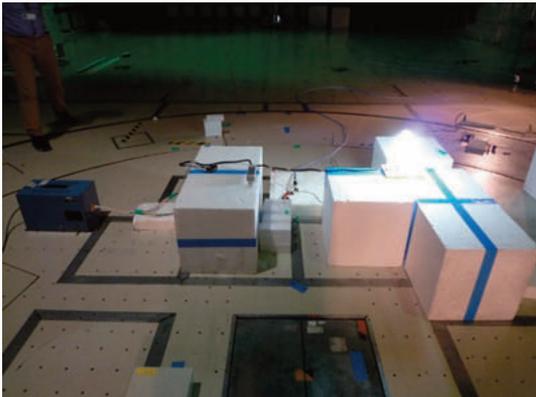
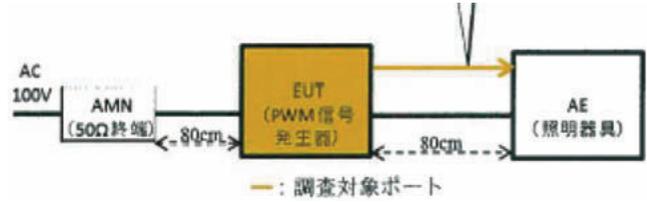


図2.4：EUT-④ LEDランプを負荷とする直流電源の配置状況と構成図

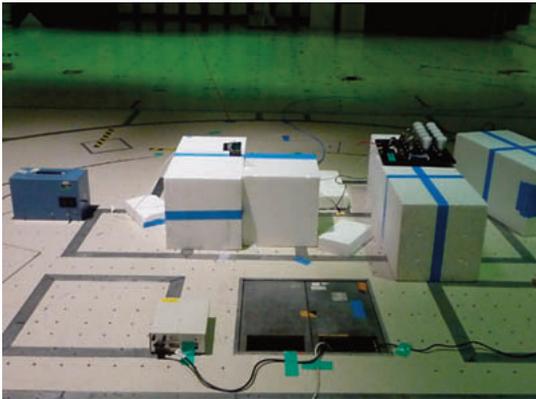


図2.5：EUT-⑤ LEDランプを負荷とする位相制御式調光器の配置状況と構成図



表3.1：試験の検証項目と使用したEUT

検証項目	EUT	測定ポート
① AAN法とCP法の比較 AANの有無によるCP法での比較	EUT-①	Network Interfaces
② VP法とCP法の比較 VP法とAAN法の比較	EUT-① EUT-② EUT-③ EUT-④ EUT-⑤	Local Wired Ports
③ VP法のプローブ設置位置の影響 CP法のプローブ設置位置の影響	EUT-① EUT-③ EUT-④ EUT-⑤	Local Wired Ports

表3.2 使用した測定機器一覧

品名	型式番号	メーカー名	備考
スペクトラム・アナライザー	ESI26	R&S	
不平衡擬似回路網(AAN)	KNW-2202	協立電子工業	AAN法で使用
電流プローブ(CP)	ESH2-21	R&S	CP法で使用
電圧プローブ(VP)	KNW-411	協立電子工業	VP法で使用
無誘導抵抗(10kΩ)	ER30AS	TKK	
擬似電源回路網(AMN)	KNW-242S	協立電子工業	EUT用
擬似電源回路網(AMN)	D2601	デバイス	AE用

3. 測定方法

3.1 試験の検証項目

試験の検証項目とそれに使用したEUT一覧を表3.1に、また使用した測定機器一覧を表3.2に示す。

また、測定試験に関してはNTTアドバンステクノロジ株式会社様のご協力を得て行った。

4. 測定結果

4.1 EUT-①のNetwork InterfaceにおけるAAN法とCP法の比較

EUT-①のNetwork InterfaceにおけるAAN法とCP法での試験結果を、それぞれ図4.1と図4.2に示す。

試験結果の判定に影響する許容値とのマージンが最小となる0.2MHzで比較すると、AAN法とCP法とも約19dB程度の差があり、相関性が高いと判断できる。

4.2 EUT-①のLocal Weird PortにおけるVP法、CP法とAAN法の比較

EUT-①のLocal Weird PortにおけるVP法、CP法とAAN法での試験結果を、それぞれ図4.3、図4.4と図4.5に示す。

先ず、CP法とAAN法では全ての周波数範囲で許容値を超えていないのに対して、VP法では0.2MHz以

下で許容値を超えている。CP法とAAN法に関しては、4.1項で示したように0.2MHzでの許容値とのマージンが約19dBと同程度であり相関性が高いと判断できる。

4.3 EUT-②のLocal Weird PortにおけるVP法、CP法とAAN法の比較

EUT-②のLocal Weird PortにおけるVP法、CP法とAAN法での試験結果を、それぞれ図4.6、図4.7と図4.8に示す。

先ず、CP法とAAN法では同じ0.3MHzの周波数で許容値を同じく1~2dB程度超えているのに対して、VP法では0.15~5MHzで許容値を大きく超えている。CP法とAAN法に関しては、周波数全体を通して波形の近似性があり相関性が高いと判断できる。

4.4 EUT-③のLocal Weird PortにおけるVP法とCP法の比較

EUT-③のLocal Weird PortにおけるVP法とCP法の

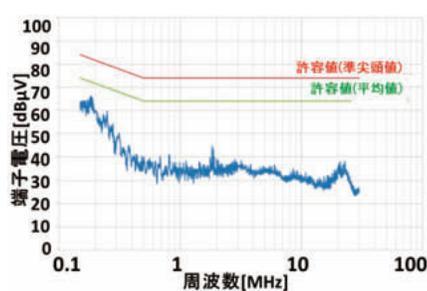


図4.1 : AAN法

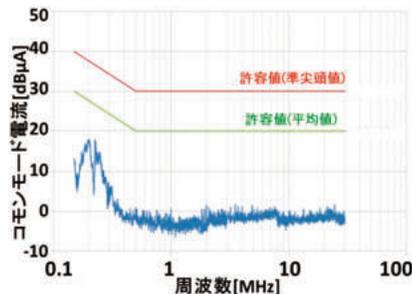


図4.2 : CP法

— 許容値 (準尖頭値)
— 許容値 (平均値)

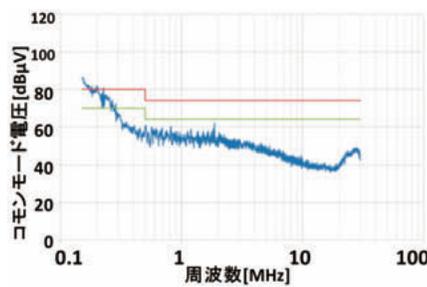


図4.3 : VP法

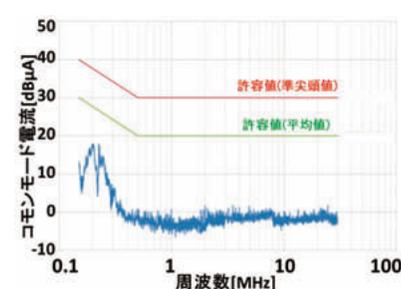


図4.4 : CP法

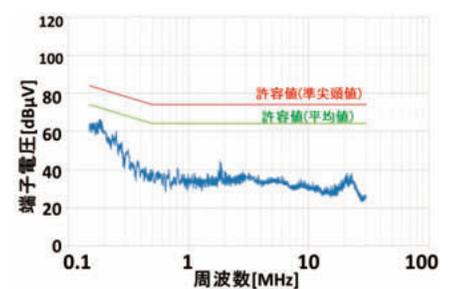


図4.5 : AAN法

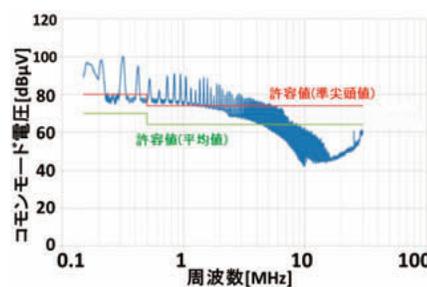


図4.6 : VP法

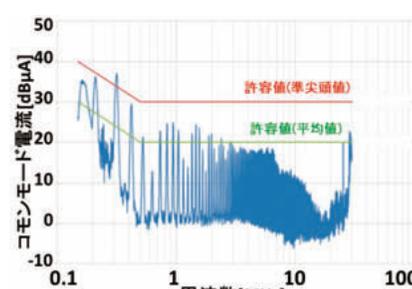


図4.7 : CP法

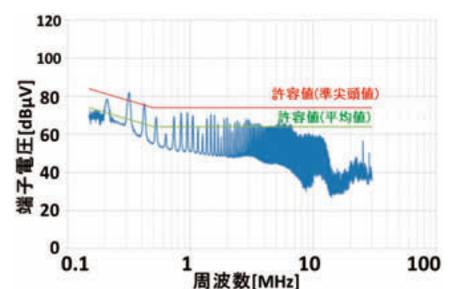


図4.8 : AAN法

試験結果を、それぞれ図4.9 と図4.10 に示す。

まず、VP法では1.5MHz以下で許容値を超えているが、CP法では0.35MHzのみが許容値ぎりぎりであり、周波数全体の波形を見ても相関性が低いと判断できる。

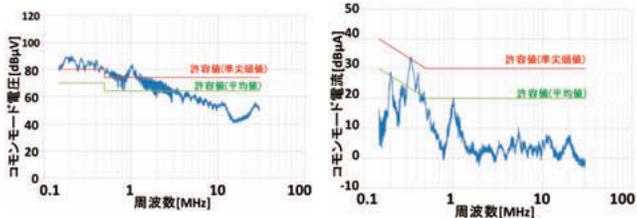


図4.9 : VP法

図4.10 : CP法

4.5 EUT-④のLocal Weird PortにおけるVP法とCP法の比較

EUT-④のLocal Weird PortにおけるVP法とCP法の試験結果を、それぞれ図4.11 と図4.12 に示す。

まず、VP法では1.2MHz以下で許容値を超えているが、CP法では全周波数において許容値を十分に満足しており、相関性がないと判断できる。

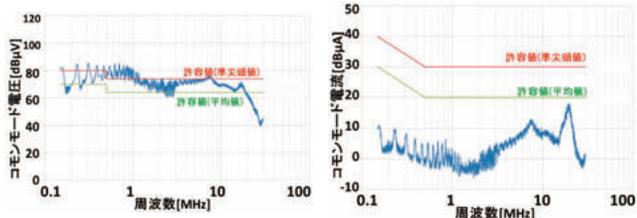


図4.11 : VP法

図4.12 : CP法

4.6 EUT-⑤のLocal Weird PortにおけるVP法とCP法の比較

EUT-⑤のLocal Weird PortにおけるVP法とCP法の試験結果を、それぞれ図4.13 と図4.14 に示す。

まず、VP法では0.3MHz以下で許容値を超えているが、CP法では全周波数において許容値を十分に満足しており、相関性がないと判断できる。

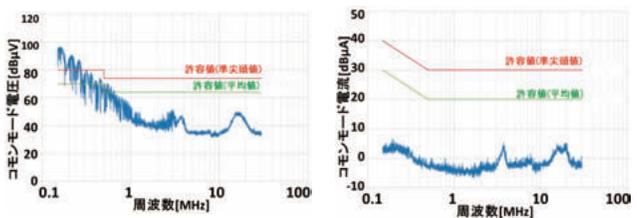


図4.13 : VP法

図4.14 : CP法

4.7 VP法におけるプローブ位置の影響確認

電圧プローブの接続位置は図1.2に示すようにEUT

のポートから10±5cmのケーブル部分で測定することが要求されているが、この根拠は明確ではない。

今回、図4.15に示すように、EUTのポートから10cm、20cmと40cmの距離での測定結果を比較した。EUT-①、②、③と④とで比較した結果がそれぞれ図4.16、図4.17、図4.18と図4.19であるが、各測定結果ともに距離によって著しい変化はなかった。図中の青線が距離10cm、黄線が距離20cm、緑線が距離40cmを示す。

よって、特に10±5cmに関して重要性はないが、試験の再現性と統一性の観点から問題はないと判断する。

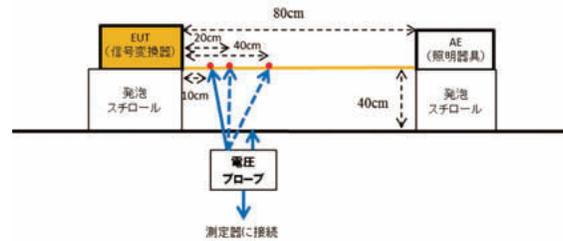


図4.15 : 電圧プローブの接続位置

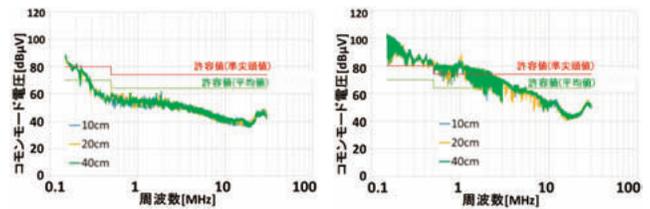


図4.16 : EUT-①

図4.17 : EUT-②

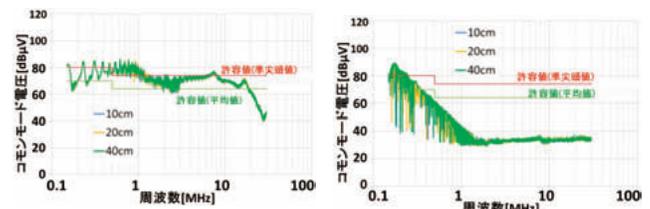


図4.18 : EUT-③

図4.19 : EUT-④

4.8 CP法におけるプローブ位置の影響確認

電流プローブの接続位置は図1.2に示すようにEUTのポートから30±5cmのケーブル部分で測定することが要求されているが、この根拠は明確ではない。

今回、図4.20に示すように、EUTのポートから10cm、30cmと50cmの距離での測定結果を比較した。EUT-①、②、③と④とで比較した結果がそれぞれ図4.21、図4.22、図4.23と図4.24である。図中の青線が距離10cm、黄線が距離30cm、緑線が距離50cmを示す。

図4.23は1MHz以下でEUTのポートからの距離30cmのみが他の距離の結果より全体的に2~3dB程度

高くなっている。他のEUTは距離による変化がほとんどなかった。

よって、特に $30 \pm 5\text{cm}$ に関して必然性があり、距離 $30 \pm 5\text{cm}$ は重要な項目と判断する。

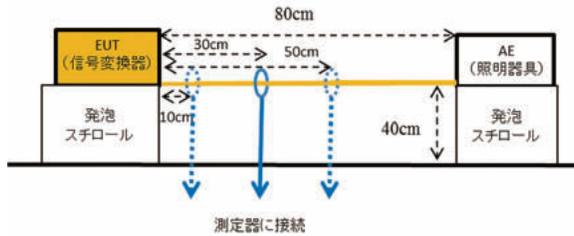


図4.20：電流プローブの接続位置

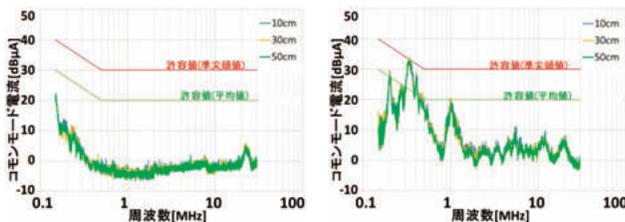


図4.21：EUT-①

図4.22：EUT-②

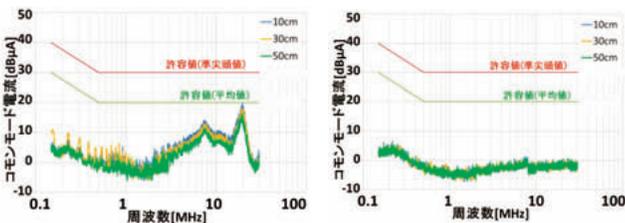


図4.23：EUT-③

図4.24：EUT-④

5. 結論

- (1) Network InterfaceにおけるAAN法とCP法とでは、相関性が高いことが確認できた。
- (2) Local Wired PortにおけるVP法とCP法とでは、相関性が低いことが確認できた。相関性のみでなく、判定結果にも大きく影響することも確認できた。一方、(1)同様にAAN法とCP法とでは相関性が高いことも確認できた。
- (3) Local Wired Portでの各種プローブの測定位置に関しては比較した範囲ではあまり大きな影響はなかった。しかし、一部（電流プローブ）では、要求されている範囲で最大値を測定できたことから要求内容に関して信憑性があると判断する。

6. 成果

2015年のストレージ会議で日本から「Local Wired PortにおけるVP法とCP法とでは相関性に問題がある。」と問題提起したが、受け入れられなかった。

しかし、2016年5月に「CISPR/F/686/INF (On the voltage-probe and current-probe method in the future CISPR 15 ed.9)」が、コンビナーから発行され、また2016年のCISPR杭州会議のSC/F/WG2では、この件に関してTFで継続審議していくことが決定された。

平成27年度 イミュニティ委員会の活動

通信ポートにおける サージイミュニティ試験の調査研究

一般社団法人 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

齊藤 利雄

1. 概要

通信機器において、サージ試験は以下の3種類の試験に分類される。

- 1) 過電圧の耐力 (Resistibility)
→ 過電圧ガイドライン (CES-0040-2)
- 2) 誤動作の耐力 (Immunity)
→ イミュニティガイドライン (CES-0030-2)
- 3) 安全性配慮の設計確認 (Safety)

上記のうち、1) の過電圧に対する耐力は、ITU-T で活発に議論され、K.21 (過電圧耐力値) や K.44 (過電圧試験) が国際規格として勧告化されている。CIAJ では自主的な設計指針を定め、雷の過電圧の影響による通信機器の故障を軽減することを目的として過電圧ガイドライン (CES-0040-2) を制定している。

次に2) の誤動作に対する耐力に関する国際規格は一般的に IEC 61000-4-5 で試験方法が定められている。また、通信機器に関しては装置別規格としてイミュニティ規格 CISPR 24 が国際規格として存在し、本規格の性能判定基準を用いて判定する。これら国際規格をもとに、CIAJ では機器の誤動作防止のため、イミュニティガイドラインを制定している。CISPR 24 や次期マルチメディアのイミュニティ (CISPR35) を審議している SC-I の審議項目の1つに通信ポートにおけるサージイミュニティ試験の判定基準がある。現行のサージイミュニティは CIAJ ガイドライン (CES-0030-2) の表1-1 に規定されている。これは国際規格 CISPR 24 に準拠した試験仕様である。現行のガイドラインでは、電源ポートへの印加試験の判定基準が B (一時的性能劣

化がユーザの介入なしで復旧することを許容する) であるのに対し、信号ポートや通信ポートの判定基準は C (電源オフのようなユーザの介入で復旧する機能損失も許容される) と規定されている。本件について CISPR の審議のなかでは、全てのポートにおいて判定基準 B を適用すべきという意見が上がっている。

当委員会としては、CISPR のイミュニティ規格は誤動作を防止するための規格であるため、サージという非定常雑音を印加した場合は、性能判定基準は B であるべきと考える。そこで、これまで CISPR 24 の判定基準 C で評価を行ってきたものを判定基準 B に変更した場合のインパクトについて検証が必要と考え、通信ポートにおけるサージイミュニティ試験について、市場で販売されている電話機能付きの機器の実力を調査すると共に、通信ポートの試験を行う上で注意すべき点を洗い出すことを目的として実験を行ったので報告する。

2. 試験方法の検討

2.1 EUT について

EUT (供試装置) として、表2-1 に示すように7種類の製品種別を選抜し、それぞれの種別で売れ筋となっている機器を市場から調達、あるいは既に保有している機器については流用し EUT を準備した。本報告書では記載する名称を以下の表2-1 に定義する。

尚、1章で述べたように、今回は通信ポートにおける判定基準変更の影響を実験検証することが目的であるため、サージイミュニティ試験はそれぞれの EUT の

通信ポートのみ試験を実施した。(電源ポートは省略)

また、表2-1に示すように各EUTが持っている通信ポートの種類は、電話回線ポートとEthernetポートの2種類がある。通信ポートの種類によってサージ波形やCDN (Coupling De-coupling Network) が異なるため、本報告書では電話回線ポートの試験とEthernetポートの試験を区別して記載することとした。

表2-1 EUT一覧表

EUT 名称	種別	電源	通信ポート種別
EUT-1	アナログ電話機 1	網給電	電話回線のみ
EUT-2	アナログ電話機 2	AC電源で動作 外付 ACアダプタ	電話回線のみ
EUT-3	FAX 機能付き アナログ電話	AC電源で動作	電話回線のみ
EUT-4	FAX モデム	PCからのUSB給電	電話回線のみ
EUT-5	IP電話機	PoE HUBから給電 外付 ACアダプタも可能	Etherポートのみ
EUT-6	VoIPアダプタ	外付 ACアダプタ	電話回線(内線)と Etherポート
EUT-7	HUB	AC電源 (FG付)	Etherポートのみ

2.2 試験配置

サージイミュニティ試験は、従来IEC 61000-4-5 (Ed.2) の試験法を採用していたが、今回最新バージョンのIEC 61000-4-5のEd.3を採用して実験を行った。

図2-1にはガイドラインCES-0030-2 (IEC 61000-4-5 (Ed.2) を参照) から抜粋した試験配置を示し、図中にコメントを追記している。図中に記載した通り、試験構成においては、試験を行うEUTによって以下のパラメータが存在する。

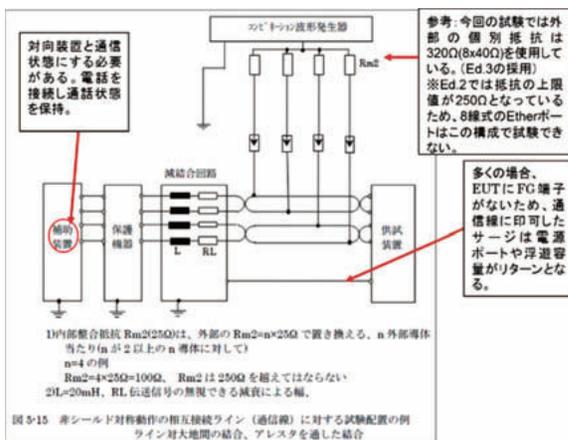


図2-1 通信線に適用する基本試験構成

- 1) IEC 61000-4-5のEd.2とEd.3の2種類があり、どちらのEditionを採用するか。今回の試験では、Ed.3に対応した試験器を使用するため、Ed.3を採

用した。

- 2) 機器のFG (Frame Grounding) 端子の扱い…FG端子を持っている機器については、FGを接地した場合としない場合の比較実験を実施した。
- 3) 電話回線の1次保護…電話回線ポートの試験では、EUTとCDNの間に1次保護回路を挿入した場合としない場合を比較した。1次保護回路にはFG端子があり、EUTにFG端子が無くても1次保護回路のFG端子が、サージのリターンとなる。

2.3 サージ波形

電話回線ポートとEthernetポートについて、それぞれ以下の波形で試験を実施した。CISPR 24やCIAJイミュニティガイドラインでは以下^(*)の記述があるため、電話回線ポートでは、 $T1/T2=10/700\mu s$ の波形を用いて、Ethernetポートでは $1.2/50(8/20)\mu s$ の波形を用いて試験を行った。

(*) イミュニティガイドラインCES-0030-2 表10-2に記載の注7には、以下の記述がある。「 $10/700\mu s$ の波形に対する結合回路が高速データポートに対して影響を及ぼす場合には、 $1.2/50(8/20)\mu s$ の波形と適当な結合回路を使用して実施してもよい」

2.4 試験に使用するCDNと一次保護回路

1) 試験に使用したCDN

電話回線ポートの試験では、図2-2に示すIEC 61000-4-5:2014 (Ed.3)のAnnex Aに掲載されているCDNを使用した。

また、Ethernetポートの試験では、図2-3と図2-4に示す2種類のCDNを用意した。本報告書では、それぞれをCDN1とCDN2として区別して呼ぶこととする。CDN1の外観写真を図2-5に示す。

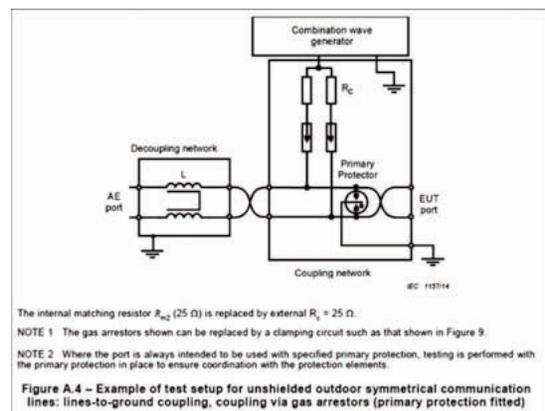


図2-2 電話回線ポートの試験に使用したCDN

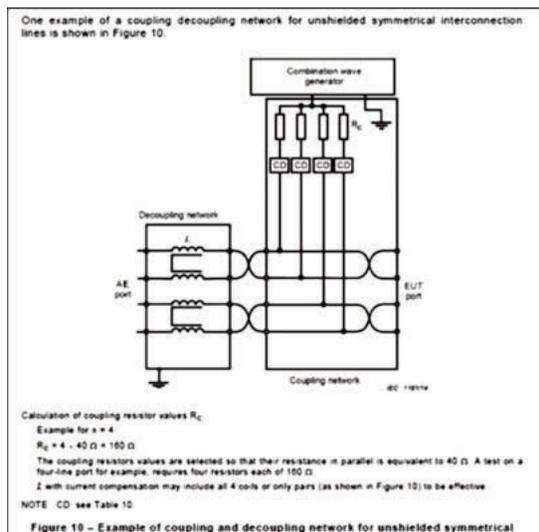


図2-3 Ethernetポートの試験に使用したCDN1 (IEC 61000-4-5:2015(Ed.3)の図10)

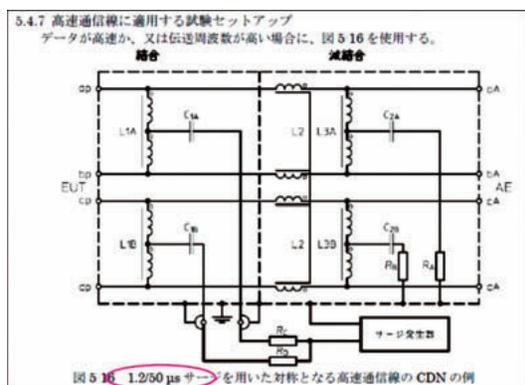


図2-4 Ethernetポートの試験に使用した高速通信線用CDN2 (CES-0030-2の図5-16)

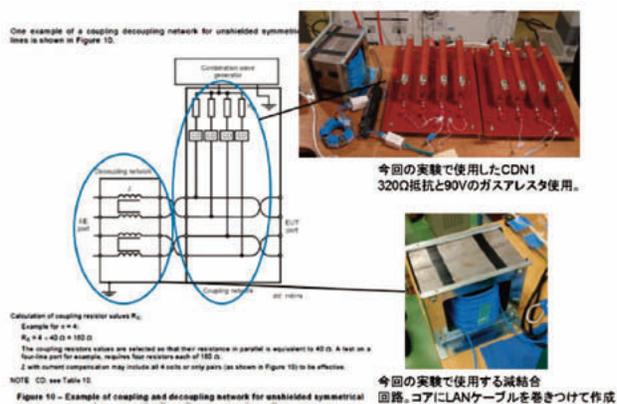


図2-5 CDN1の外観写真

CDN2については、図2-4にてCIAJイミュニティガイドラインから引用したが、IEC 61000-4-5のEd.2、Ed.3と同じである。CDN2の外観写真を図2-6に示す。

2) 1次保護回路について

図2-2に記載のある1次保護回路(Primary Protector)に関しては、CES-0040-2の付録1の表1に主な6号保安器の種類と用途一覧が掲載されており、今回の試験

には6号形信号線用保安ユニット(6PS)を使用した。外観写真を図2-7に示す。



図2-6 CDN2の外観写真

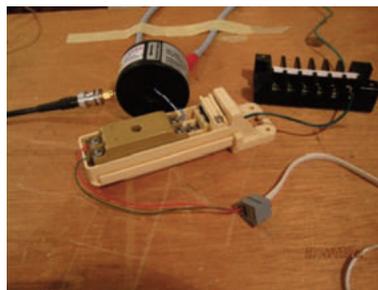


図2-7 1次保護回路の外観写真

2.5 印加電圧と回数

サージの印加は以下の条件で試験を実施した。

1) 試験電圧

基本は1kVのみの試験を行なった。電話回線ポートで1次保護回路を接続した場合は、4kVの試験も行き、1kVと4kVの結果を比較する。

2) 印加極性 + と - の2種類実施。

3) 印加回数 上記+と-の極性に対して、各5回。

4) 印加間隔30秒

2.6 判定基準

判定基準はBとし、一時的性能劣化がユーザの介入なしで復旧するのは許容される。すなわち、電話機能の場合、通話状態にして試験を行い、試験中の意図しない通話雑音は許容されるが、例えば通話断が発生し、ユーザが再度電話をかけ直さないと通話が復旧しない場合は許容せず、不合格と判定する。

3. サージイミュニティ試験結果

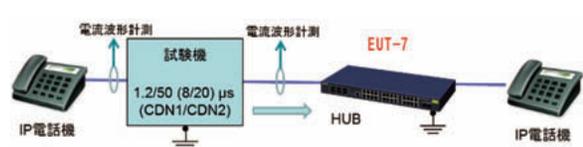
3.1 試験構成

表2-1に示すEUT-1からEUT-7の試験構成および試験条件を、図3-1から図3-7に示す。



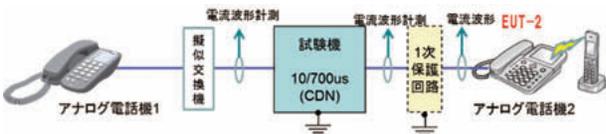
EUTの状態：アナログ電話機2と擬似交換機を介して通話状態
1次保護有(1kV, 4kV)の場合と無の場合(1kV)の試験を実施する。

図3-1 EUT-1:アナログ電話機1の試験構成および条件



EUTの状態：IP電話機間で通話状態
EUTのFGの接地有無とCDN回路1, 2の組み合わせ(4通り)で試験を行う。(1kV)

図3-7 EUT-7: HUBの試験構成および条件



EUTの状態：アナログ電話機2の子機を使ってアナログ電話1と通話状態
1次保護有(1kV, 4kV)の場合と無の場合(1kV)の試験を実施する。

図3-2 EUT-2:アナログ電話機2の試験構成および条件



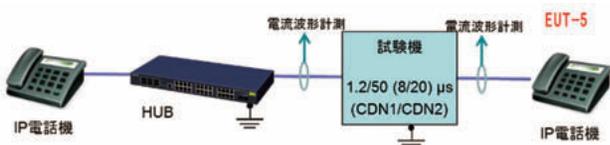
EUTの状態：対向するFAXモデムからFAXを受信した状態(FAX送信は省略)
1次保護有(4kV)の場合と無の場合(1kV)の試験を実施する。(メモリ受信中)
1次保護有(4kV)の場合と無の場合(1kV)の試験を実施する。(プリント中)

図3-3 EUT3:FAX機能付きアナログ電話機の試験法および条件



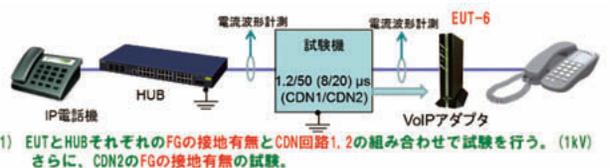
EUTの状態：FAXモデムからFAXを送信している状態
1次保護有(1kV, 4kV)の場合と無の場合(1kV)の試験を実施する。(FAX送信中)

図3-4 EUT-4: FAXモデムの試験構成および条件

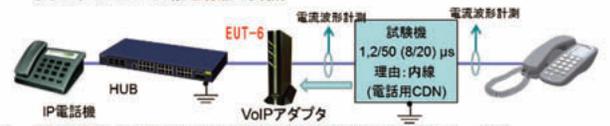


EUTの状態：IP電話機間で通話状態
HUBのFGの接地有無とCDN回路1, 2の組み合わせ(4通り)で試験を行う。(1kV)

図3-5 EUT-5: IP電話機の試験構成および条件



1) EUTとHUBそれぞれのFGの接地有無とCDN回路1, 2の組み合わせで試験を行う。(1kV) さらに、CDN2のFGの接地有無の試験。



2) EUTとHUBそれぞれのFGの接地有無の組み合わせで試験を行う。(1kV)
EUTの状態：IP電話機とVoIPアダプタ内線に接続したアナログ電話間で通話状態

図3-6 EUT-6: VoIPアダプタの試験構成および条件

EUT-1 評価中の写真を図3-8に示す。

図中で示す番号は以下の通りである。

- ①EUT-1：アナログ電話機1
- ②1次保護回路：6号形信号線用保安ユニット(6PS)
- ③試験機：ノイズ研製 LSS-F03
- ④擬似交換機
- ⑤AE (Associated Equipment) :アナログ電話機2

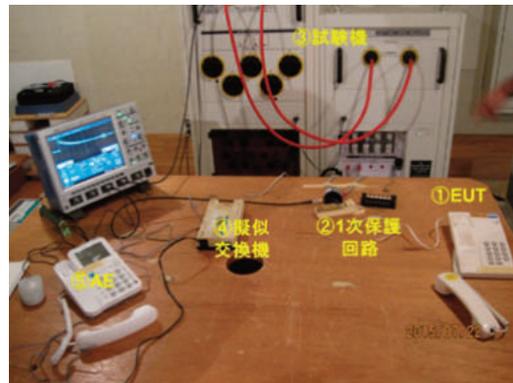


図3-8 EUT-1評価中の写真

3.2 試験結果

EUT-1からEUT-7について、サージ試験イミュニティ試験を行った結果を、電話機ポートとEthernetポートに分けて表3-1および表3-2にそれぞれまとめた。

表3-1 電話回線ポートのサージイミュニティ結果

EUT	評価した機能	試験結果(判定基準B)	
		1kV(保安器無)	4kV(保安器有)
EUT-1	電話機能	○	○
EUT-2	電話機能	○	○
EUT-3	メモリ FAX 受信	○	○
	プリント FAX	○	○
EUT-4	FAX 送信	○	○
EUT-6	内線電話機能	○*1	<適用外>

注) EUT-6 は内線電話ポート

(*1) EUT-6のFG接地を有にすると、サージ印加時にプच्छという音が発生したが、通話は継続していることを確認した。(判定基準Bを満たしている)

表3-1の通り電話回線ポートのサージイミュニティ試験を実施した結果、全て判定基準Bを満足したことを確認した。

表3-2 Ethernetポートのサージコミュニティ結果

EUT	評価した機能	試験結果(判定基準B)	
		CDN1	CDN2
EUT-5	IP 電話機能	○	○
EUT-6	IP 電話機能	○	○
EUT-7	データ通信機能	× *1	○ *2

注) EUT-6はEtherポート

- (*1) Ethernetポートのサージコミュニティ試験を実施した結果、EUT-7 (HUB) のPoE (Power over Ethernet) ポートにおける給電機能に異常が観測された。それ以外は、判定基準Bを満足していることを確認した。表3-2のEUT-7の試験結果でCDN1を使った場合には、サージの印加でPoEの給電に瞬断が発生し、その後電源は自動復旧するが、印加したポートに接続していたIP電話機がPoEの給電電圧瞬断の影響を受けてレポートした。レポート後、ユーザによる再発呼がないと通話状態に復旧できないことも同時に確認した。
- (*2) CDN2を使った場合にも、サージ印加により、PoE給電に瞬断が発生し、その後電源は自動復旧した。しかし、印加したポートに接続しているIP電話機はレポートせず通話状態を保持していることを確認した。よって、判定基準Bを満たしていると判断した。この時、HUBのLED表示が消えるが、その後すぐに復旧することも確認した。

EUT-7についてFG接地有(図表中の表現:FG有、接地)とFG接地無(同様に、FG無、オープン、未接地)の結果を表3-3に示す。EUT-7についてCDN1を使用すると、FG接地有の場合とFG接地無の場合、どちらもAE機器のレポートを確認した。CDN2を使用した場合は、レポートを確認できなかった。以上CDN1とCDN2で異なる結果を確認した。この考察については後述する。

表3-3 EUT-7のサージコミュニティ試験結果

CDN	PoE HUBのFG	印加電圧極性	試験結果
1	FG 接地有	+1kV	AE リポート
		-1kV	AE リポート
	FG 接地無	+1kV	AE リポート
		-1kV	レポートなし
2	FG 接地有	+1kV	レポートなし
		-1kV	レポートなし
	FG 接地無	+1kV	レポートなし
		-1kV	レポートなし

3.3 電話回線ポートのサージコミュニティ結果の考察

どのEUTも誤動作を確認することが出来なかった

ため、1次保護回路やFG接地の有無による影響を比較することは困難であるが、試験時に観測した電圧波形や電流波形を使って以下のように考察した。

1) 1次保護回路(保安器)の影響について

EUT-1,EUT-2のサージコミュニティ試験時の1次保護回路を入れた場合と入れない場合を比較した電圧波形と電流波形を図3-9、図3-10に示す。同図および、EUT-2、EUT-3の結果で共通して言えることは、

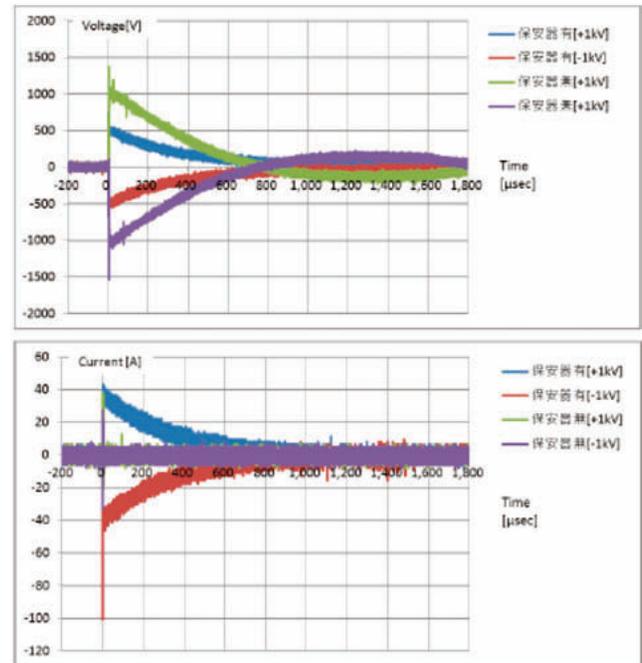


図3-9 EUT-1のサージコミュニティ試験時の電圧波形と電流波形(CDNのEUT側)

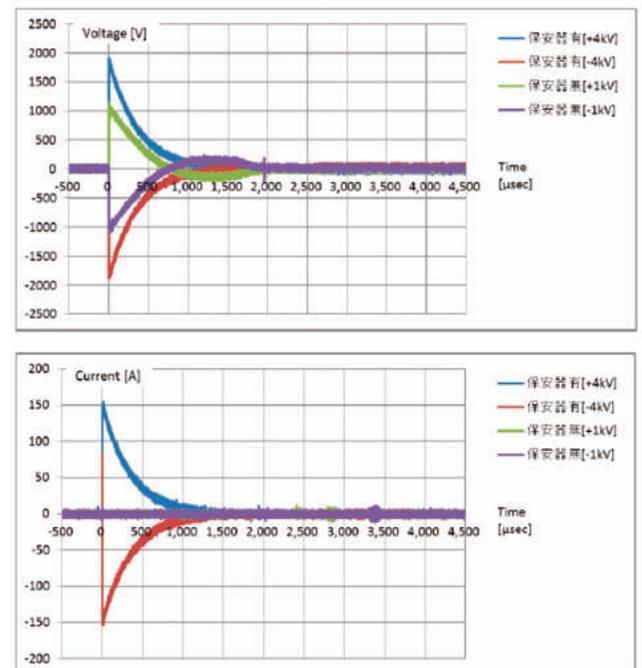


図3-10 EUT-4のサージコミュニティ試験時の電圧波形と電流波形

- a) 電流波形 (CDNのEUT側)において、1次保護回路がある場合はサージの印加時に保安器を通過して電流が流れるが、1次保護回路がない場合は電流の流れるパスがEUT-1,2,3,4では存在しないため、電流がほとんど流れない。
- b) 4種類のEUTを比較した結果、EUTに依存することなく、電圧特性・電流特性ともにほぼ同じ波形を観測した。さらに、4 kVの試験電圧で電流が約150 A流れていることから、1次保護回路が動作しているときの経路全体の抵抗は試験器の内部抵抗を含め、 $4000\text{V}/150\text{A} = 27\Omega$ である。一方、試験器の内部抵抗は 15Ω で、図2-2に示すCDNの抵抗値が 12.5Ω ($R_c/2$)であることから、すでにこの2つの抵抗を合わせると、 27.5Ω となり、1次保護回路の短絡抵抗はほぼ 0Ω であることがわかる。

従って、図に示す電圧値が印加電圧に対してほぼ半減している理由は、電圧測定位置が試験器とCDNの間で測定していることに起因する。CDNの整合抵抗にかかる電圧は $(12.5\Omega \times 150\text{A}) = 1.875\text{kV}$ となり、図3-10のピークの電圧値と一致する。この電圧はEUTにかかる電圧であり、試験では入れていない接地抵抗をFGと1次保護回路の間に挿入すれば、接地抵抗を上げるほど試験電圧に近づいていくと予想される。

以上のように1次保護回路の有無で、電圧特性や電流特性は変化し、1次保護回路の接地抵抗も特性に影響するものと考えられる。

また、EUT-2の試験時に、試験系で流れる電流がすべて1次保護回路を通過して流れるかどうかを切り分けるため電流量を調査し、CDNのEUT側に流れた電流はすべて1次保護回路 (保安器) を流れており、EUT側には流れていないことを確認した。EUT-2, 3, 4について、AE側の電流を観測したが、いずれもCDNからAE側に流れる電流がないことを確認した。

2) FG接地の影響について

EUT-6でFG接地の影響を調査した。ただし、EUT-6の電話回線ポートは、内線用ポートであるため、サージ波形1.2/50 ($8/20$) μs を適用した。表3-1で解説したように、EUT-6のFGを接地すると、サージ印加時にプチッという音が発生した。FGを未接続にした時に、音声雑音は観測されなかった。(どちらも判定基準Bは満たしている)

3.4 Ethernetポートのサージイミュニティ結果

1) FG接地の影響

EthernetポートはEUT-5:IP電話機と、EUT-6:VoIPアダプタ、EUT-7:PoE機能付HUBで試験を行った。IP電話機以外は本体にFG端子を持っている。また、EUT-5の試験を行う際、AEとしてEUT-7のPoEをサポートしたHUBを使用しているため、AEのFG接地の有無で比較した。結果として大きな差分は無かった。

2) CDNの違いによる影響

CDN1とCDN2で実験結果に違いが生ずるかどうかが確認するため、両者同じ条件で実験を行った。EUTとCDNの組み合わせで、その結果に差が出たがそれらを一挙に説明することは困難である。

3.5 PoE機能付きEthernetポートについて解析結果と考察

Ethernetケーブルを介して対向機器に電力を供給するPoE機能を持ったEthernetポートについては、表3-2の結果が示すようにサージを印加することで、線路に接続されている電源供給回路が何かしら影響を受けていることが確認された。本節では、EUT-7に絞って、さらにこの誤動作について考察する。

1) IP電話機のリポート原因について

EUT-7では対向するIP電話機 (AE) にPoE機能で電力を供給する回路が内蔵されている。EUT-7のサージイミュニティ試験でAE側のIP電話機がリポートする現象が発生した。

リポートの原因を特定するために、EthernetポートのPoE電圧 (PoE機能としてEUTから供給される電源電圧) を観測した結果を図3-11に示す。

図3-11で分かる通り、PoEの電圧は通常48Vであるが、サージを印加すると約 $150\mu\text{s}$ の瞬断が発生している

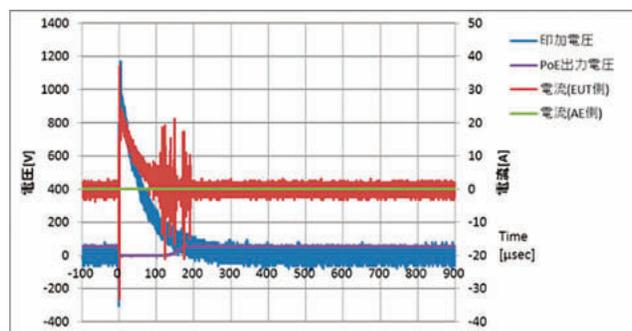


図3-11 EUT7 (FG接地、ACアダプタ無) のPoE電圧波形 (CDN1使用)

ることが観測された。この瞬断の影響で電源の供給を受けているIP電話がリポートしたと考えられる。

2) CDNの違いについて

1) で観測したIP電話機のリポートはCDN1を使った試験で発生し、CDN2を使った試験では発生しない。そこで、CDN2を使用した試験で同じようにPoE電圧を観測すると、図3-12のような結果となった。PoE電圧に瞬断が観測されるが、瞬断時間はCDN1の時よりも短くなっている。瞬断時間が短くなったことで、リポートには至らなかったと考えられる。

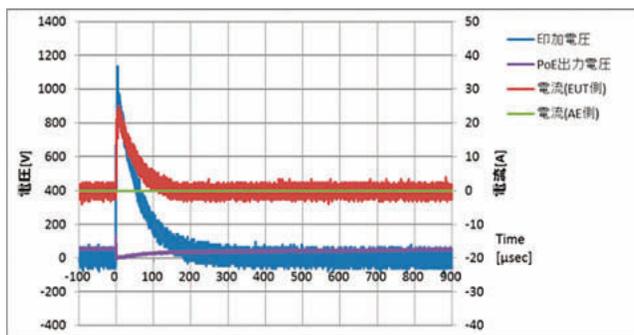


図3-12 EUT-7 (FG接地、ACアダプタ未接続) のPoE電圧波形 (CDN2使用)

3) サージ電圧の変更

サージ電圧を変化させることで、PoE電圧の瞬断幅に変化があるか確認した結果を表3-4にまとめる。CDN1の試験では、印加電圧を下げることでリポートが発生しなくなった。CDN2では+1.5kVサージ印加を試したが、IP電話機のリポートは発生しなかった。+0.3kVになると、PoE電圧の瞬断時間がおおよそ30 μ sにまで短くなり、IP電話機はある程度瞬断時間が短くなると、リポートには至らないと考えられる。

表3-4 印加電圧をパラメータにした試験結果

CDN	印加電圧	試験結果
1	+0.3kV	リポートなし
	+0.4kV	AE リポート
	+0.5kV	AE リポート
	+0.7kV	AE リポート
2	+1kV	リポートなし
	+1.5kV	リポートなし

4. まとめ

- 電話回線ポートのサージイミュニティ試験を実施した結果、すべてのEUTで判定基準Bを満足していることを確認した。(詳細は表3-1参照)
- Ethernetポートのサージイミュニティ試験を実施した結果、EUT-7 (HUB) のPoEポートにおける給電機能に異常が観測された。また、この給電異常によりEUT-7に接続していたIP電話機がリポートし、通話状態が断となり、ユーザによる再発呼がないと通話状態が復旧しないため、電話機能は判定基準Bを満たしていないと判断した。
- 前記2)において、CDN1を使った場合とCDN2を使った場合の試験結果を比較すると、CDN1では、IP電話機のリポートを確認したが、CDN2ではIP電話機がリポートせず、すなわちCDN1では判定基準Bを満足するが、CDN2では判定基準Bを満足できない結果となった。この差はEUT-7のPoE給電機能の誤動作で発生した瞬断時間の差が影響していることを確認した。判定に影響を及ぼすパラメータとして、CDNの種類や試験に使用するAEの電源瞬断耐力に依存することが確認された。
- 電話回線ポートのサージイミュニティ試験における1次回路の影響やFG接地の影響については、どちらも誤動作を確認できなかったため、どちらが誤動作により影響するかどうかは不明である。
- 印加するサージ電圧が低いほど、PoEをサポートするEthernetポートにおける給電回路の出力電圧の瞬断時間が短くなることを確認した。
- CDN1とCDN2の違いで試験結果が異なるメカニズムについては不明である。

5. 今後の課題

1) CISPRのIEC 61000-4-5の参照規格の版数

24章でCDNの検討を行った際、CISPR 24あるいは、マルチメディアのイミュニティ規格CISPR 35では、サージイミュニティ試験においてIEC 61000-4-5: 2014 (Ed.3)ではなく、2005年 (Ed.2) 版を参照して

いる、当時Ethernetポートは10Mや100Mの速度の2対（4線式）で8線式の1000Mbpsのインタフェースは無く、図2-5のように8線式のCDNを構成すると外部整合抵抗 R_c は320 Ω （Ed.2では R_{m2} と表記）となる。ここで、Ed.2では R_{m2} に上限値が規定されており、この上限値が250 Ω なので、この上限値を超えてしまう問題が存在することを確認した。またEd.2では減結合回路に $L=20\text{mH}$ が規定されているため、1000Base-Tでは通信ができず、1000Base-TのEthernetポートの試験を行うためには、図2-4のようなCDNを用いることが必須条件となっている。

Ed.3を参照すれば、今回のように図2-5のようなCDNを使うことも可能である。Ethernetポートの高速化に対応したEd.3であるが、試験器のリプレースにも影響する変更点が存在するため、参照規格を最新にする意見には反対も多い。しかし、参照規格が古い故、上記問題も存在していることを考慮すべきである。

2) 1次保護回路の接地抵抗

サージイミュニティ試験では、1次保護回路を使った試験は規定されているが、接地抵抗は規定がなく、ゼロ Ω である。1次保護回路を接地する場合、通常接地抵抗が100 Ω 程度あるとされている。この違いが機器の誤動作に影響があるかどうかの検討は今後の課題である。

3) VoIPアダプタの電話回線ポート試験

VoIPアダプタの電話回線ポートの試験では今回1.2/50（8/20） μs 波形を適用し、判定基準Bを満足しているが、電圧印加時EUTに流れる電流の影響を受け、音声出力に過渡的な雑音が生じることを確認した。今後は、10/700 μs 波形ではどのような結果となるかの検証が必要である。屋外対応のIPカメラなどは10/700 μs の波形で試験を実施すべきと考えられる。

4) CDN1とCDN2の差分（Ethernetポート試験）

今回の実験でCDN1とCDN2で電圧波形および電流波形に差分を観測したが、そのメカニズムはよくわかっていない。この現象がPoE機能と相関があるか否かの検証は今後の課題である。また、PoEの給電回路の誤動作については、機器内部の回路構成に踏み込ん

だ解析が必要である。

5) 電力伝送する機器における電力瞬断の許容値

給電機器と受電機器がEthernetケーブルで接続されたPoEシステムに対してサージイミュニティ試験を行うと、システムとしてはIP電話のリブート現象が見られる事が分かった。システムとしてこの問題を解決しようとする時、2つのアプローチが考えられる。

1つは電源を供給する側（HUB）のイミュニティを強化し、瞬断時間を短くすること。もう1つは受電する側（IP電話機）の電源瞬断に対するイミュニティを強化することである。どちらで対策をすべきかはインタフェースの仕様に依存する。PoE規格（IEEE 802.3af,at）では出力電圧や最大電流などは定められているが、そこに瞬断という想定はない。

電源瞬断に関するPoE給電側の瞬断時間の許容値と、受電側の瞬断時間の限度値を定める必要がある。

6) CISPRへの提案

今回の実験結果は、現在審議中のマルチメディアのイミュニティ規格CISPR 35に関連している。既に同規格の第一版は発行され、今後、修正審議が行われる予定であり、以下の審議に対して、今回の実験結果を活用して提案を行っていく予定である。

・IEC 61000-4-5の参照規格の版数審議

現在参照しているIEC 61000-4-5は2005年版と古く、マルチメディア機器への適用は2014年版が妥当と考え、提案を行っていく。

・通信ポートにおける判定基準改訂審議

通信ポートの判定基準CからBへの変更は、PoE機能を持ったEthernetポートを除き特に問題ないと考えられる。PoEに関わる課題については、引き続き2016年度に実験を行い、その結果で最終判断を行いCISPRへ提案する。

第40回講演会 ～ CISPR 杭州会議報告会～

2016年の国際無線障害特別委員会（CISPR）会議は、中国の杭州において10月24日から11月4日までの12日間にわたり開催されました。

我が国からは、電波利用環境委員会主査（多氣 昌生 首都大学東京大学院 教授）をはじめ、総勢43名の方が参加されました。当協議会では、参加された方々に講師としてご協力をいただき、第40回講演会「CISPR杭州会議報告会」を平成29年3月7日に主婦会館プラザエフにおいて開催させていただきました。

【講演会講師の方々】

- | | |
|--------|---------|
| ・ 総会 | 多氣 昌生 氏 |
| ・ SC/A | 石上 忍 氏 |
| ・ SC/B | 吉岡 康哉 氏 |
| ・ SC/D | 野島 昭彦 氏 |
| ・ SC/F | 平伴 喜光 氏 |
| ・ SC/H | 松本 泰 氏 |
| ・ SC/I | 堀 和行 氏 |



なお、講演資料および報告書「CISPRの現状と動向 ～杭州会議の結果を踏まえて～」は、協議会ホームページ内会員ページの「CISPR報告会」および「CISPR報告書」にpdf形式で掲載しておりますのでご利用ください。

編集後記

今回は、平成28年6月に総務大臣より表彰を受けた「医療機関における電波利用推進部会」の活動報告として、埼玉医科大学 加納先生より「医療機関において安心・安全に電波を利用するための手引き」について、紹介させていただきました。

また、これからCISPRの規格策定を担う世代のために、規格策定の比較的初期からの変遷と背景をまとめるCISPRアーカイブス活動からは、一般社団法人KEC関西電子工業振興センター 井上様に「CISPR14-1の許容値の根拠について」、解説いただきました。

専門委員会の平成27年度活動報告としては、調査研究成果報告3件、一般社団法人 電子情報技術産業協会 千代島様から「CISPR 32における放電ノイズ等のピーク測定適用外規定に関する調査研究報告」を、一般社団法人日本照明工業会の平伴様から「CISPR15 Ed.9の制御端子における妨害波電流測定法併記の妥当性の調査報告」を、一般社団法人情報通信ネットワーク産業協会の齊藤様から、「通信ポートにおけるサージイミュニティ試験の調査研究」を寄稿いただきました。

編集にあたり、執筆者の皆様をはじめ、ご協力をいただきました方々に感謝申し上げます。

（事務局）

－無断転載を禁ず－

EMCCレポート第32号

平成29年3月

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）
一般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

