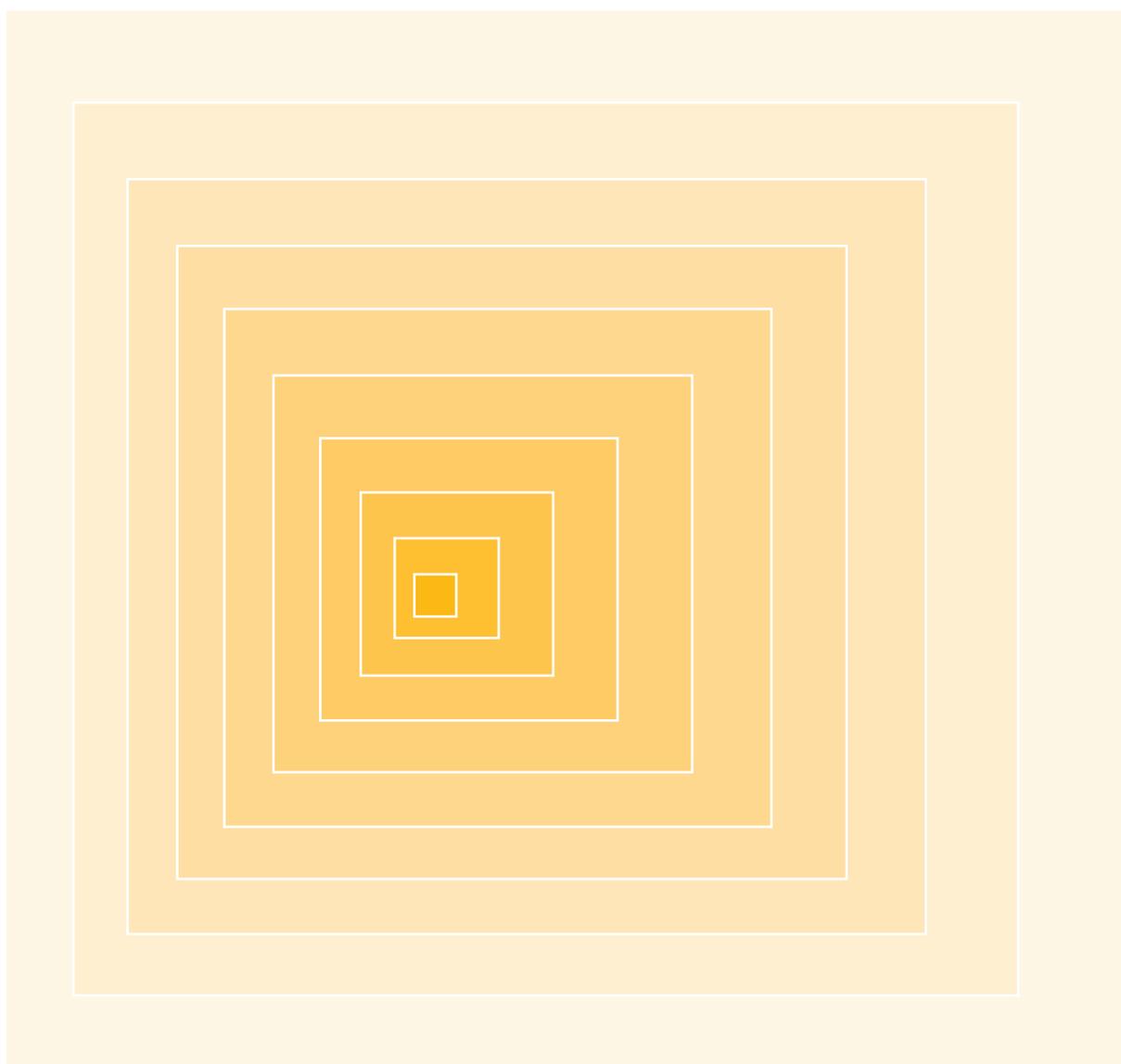


EMCCレポート



著作：電波環境協議会

EMCCレポート第34号 目次

- WPT技術の今後の展開と制度化・標準化の最新動向
電磁界結合近傍型WPTから空間伝送型WPTへ…………… 3
 (株)東芝 研究開発センター
 ブロードバンドワイヤレスフォーラム ワイヤレス電力伝送WG リーダ
 庄木 裕樹

- 2017年度医療機関における電波利用推進部会の活動
周知啓発資料について…………… 10
 佐賀大学 教授
 花田 英輔

- 2017年度 妨害波委員会の活動
続CISPR 32における放電ノイズ等のAPD測定に関する調査研究報告…………… 17
 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

- 2017年度 イミュニティ委員会の活動
PoE給電機能を持った通信ポートにおけるサージイミュニティ試験用CDNの調査研究 …… 23
 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

- 総務省/電波環境協議会主催 電波環境協議会シンポジウム
～医療機関における安心・安全な電波利活用促進シンポジウム～ …… 30

- 編集後記 …… 30

WPT技術の今後の展開と制度化・標準化の最新動向 電磁界結合近傍型WPTから空間伝送型 WPTへ

(株) 東芝 研究開発センター
ブロードバンドワイヤレスフォーラム ワイヤレス電力伝送WG リーダー
庄木 裕樹

1. 電磁界結合近傍型WPTと空間伝送型WPT

ワイヤレス電力伝送（WPT）システムは今後大きく進展すると考えられる。既に実用化されているWPTシステムとしては、家電・モバイル機器充電用途など小電力WPTや電気自動車（EV）充電用の大電力WPTなどに限定されているが、今後、IoTセンサー向けやロボット、自動走行、ドローンなど様々な分野へ展開していくことが期待される。

WPT方式は、磁界結合方式（電磁誘導方式、磁界共振方式）や電界結合方式など数10cm以内の近距離で電力伝送を行う電磁界結合近傍型WPT（ITU-R等ではNON-BEAM WPTと呼ぶ）とマイクロ波などの電波を放射させ数m以上の遠距離に電力伝送を行う空間伝送型WPT（同様にBEAM WPTと呼ぶ）の二つに大きく分類される（図1）。空間伝送型WPTの研究の歴史は古く、1960年代から行われているが、電磁界結合近傍型WPTの方がモバイル機器やEV向け

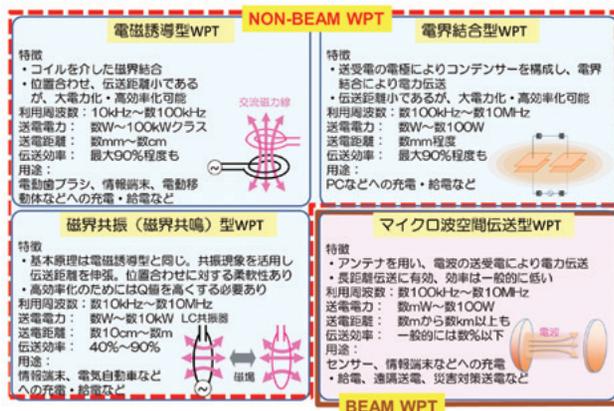


図1 WPT方式の概要と分類

に先に実用化されている。しかし、空間伝送型WPTの実用化もここに来て注目を浴びるようになってきた。本稿では、特に制度化・標準化において、電磁界結合近傍型WPTから空間伝送型WPTへ焦点が変化している状況について紹介する。

2. 国内制度化のこれまでと今後

2-1 電磁界結合近傍型WPTの国内制度化と今後の展開

国内のWPTシステムの制度化は国内産業界の代表であるブロードバンドワイヤレスフォーラム（BWF）(1)からの制度化要望(2)をきっかけに、電磁界結合近傍型WPTから整備されてきた。現行の電磁界結合近傍型WPTの国内制度上の位置づけは表1に示す通りである。特に、以下の3つのWPTシステムについては、2013年～2015年の総務省での制度化議論を経て(3)、2016年3月15日に高周波利用設備/型式指定機

表1 電磁界結合近傍型WPTの国内制度上の現状の位置づけ

送電電力	磁界結合方式	電界結合方式
50W以下	通信を伴わないWPT機器は高周波利用設備としての扱い。50Wを超えなければ、個別許可申請は不要。 ⇒ 電波有効利用成長戦略懇談会報告書において、『実態を踏まえ規律の在り方を検討することが必要』とされている。	
50W以上 数100kWクラス	基本的には高周波利用設備として個別許可申請が必要。 ただし、モバイル機器用6.78MHz帯磁界結合型WPTは高周波利用設備/型式指定機器として省令化。	基本的には高周波利用設備として個別許可申請が必要。 ただし、モバイル機器用400kHz帯電界結合型WPTは高周波利用設備/型式指定機器として省令化
数kWクラス	基本的には高周波利用設備として個別許可申請が必要。 ただし、電気自動車用85kHz帯磁界結合型WPTは高周波利用設備/型式指定機器として省令化	
10kW以上	高周波利用設備として個別許可申請が必要	

器として省令化された。

- ① EV用磁界共振方式WPTシステム（最大7.7kW程度）
- ② 一般用6.78MHz帯磁界共振方式WPTシステム（最大100W程度）
- ③ 一般用400kHz帯電界結合方式WPTシステム（最大100W程度）

この制度化では、特に以下の条件をクリアすることを前提とした議論が行われた。

- ▷ 他システムとの周波数共用条件の明確化：他の無線システムに深刻な影響を与えないこと、そのための放射妨害波許容値など利用条件を明確化すること。
- ▷ 電波防護指針への適合性の確認：適切な評価方法により、人体防護のための指針値など満足すること。

特に、前者の他システムとの周波数共用条件の明確化のために、表2に示すような無線システムを対象として共用化検討を実施した。ここで、EV用WPTに関しては、基本周波数以外に高調波による干渉についても考慮した検討を行った。

電磁界結合近傍型WPTに関する今後の制度上のポイントとしては、第1点目として、EV用WPTシステムの制度の拡張があげられる。例えば、自動搬送車（AGV: Automatic Guided Vehicle）などの産業用機器、カートやマイクロEV、電動バイクなどのパーソナルモビリティなど応用範囲の拡張や急速充電対応や大型車両向けの大電力化などが対象になる。第2点目としては、モバイル機器向け100kHz帯磁界結合方式WPTへの対応があげられる。具体的には、既に市場に多くの製品が出ている Wireless Power Consortium

表2 制度化議論における共用化対象の他の無線システム

WPTの利用形態・周波数 (与干渉側)	周波数共用検討の対象となった無線システム (被干渉側)
電気自動車用 85kHz帯磁界結合WPT	79-90kHz 電波時計（40kHz、60kHz）、列車無線等（10-250kHz）、AMラジオ（525-1606.5kHz）、アマチュア無線（135.7-137.8kHz）、AMラジオ（525-1606.5kHz）
モバイル機器用 400kHz帯電界結合WPT	425-524kHz AMラジオ（525-1606.5kHz）、船舶無線等（405-526.5kHz）、アマチュア無線（472-479kHz）
モバイル機器用 6.78MHz帯WPT	6.765-6.795kHz 固定・移動通信（6.765-6.795kHz）

(4)が商用化しているQi規格について、今後の100W程度までの大電力化に対応するものである。

2-2 実用化が期待される空間伝送型WPT

WPTシステムにおける電力伝送距離を伸ばすことにより、WPT技術の利用範囲が広がることは言うまでもない。制度化などの課題もあることから、図2に示すように、初期フェーズとしては屋内・数10Wクラス、次に屋外・大電力化へといった段階的な実用化シナリオが想定し、未来社会での新しい価値や我が国の産業発展に貢献できると期待できる。



図2 空間伝送型WPTシステムの実用化への期待

空間伝送型WPTに関しては、電磁界結合近傍型WPTにおける高周波利用設備のカテゴリーとは違い、現状の電波法上で、無線設備としてどのカテゴリーになるか明確ではない。しかし、下記の空間伝送型WPTシステムに関して、2020年頃に実用化したい旨をBWFからの要望として出している(5)。

- ① 920MHz帯屋内利用5Wクラス空間伝送型WPTシステム
- ② 2.45GHz帯屋内利用20Wクラス空間伝送型WPTシステム
- ③ 5.7GHz帯屋内利用10Wクラス空間伝送型WPTシステム

また、各システムの想定する仕様を表3に示す。これらシステムの用途は、センサネットワーク、ヘルスケア、モバイル機器などへの応用になる。

BWFからの要望に応えるかたちで、総務省から2018年12月12日に諮問が出され(6)、2019年12月答申

表3 BWFで実用化を検討している空間伝送WPTの仕様

WPT周波数帯		920MHz帯	2.4GHz帯	5.7GHz帯	
与干渉 (WPT波)	周波数	927MHz	2.4601GHz	5.725または 5.7325GHz	
	空中線電力	5W (37dBm)	約21W (43dBm) 256素子	1W (30dBm)	10W (40dBm)
	アンテナ利得	13dBi	(25dBi) 256素子	6dBi	30dBi
	EIRP	50dBm	(68dBm) 256素子	36dBm	70dBm
	電波の方式	NON (CW) ON/OFF制御	NON (CW) マルチビーム伝送	NON (CW)	
	利用場所	屋内 (管理環境)	屋内	屋内 (管理環境)	

を目標に、空間伝送WPTの制度化に向けた技術条件の検討を進めることになった。今後の制度化に向けた議論における技術的課題として、以下の点が考えられる。

◆人体防護・安全性の確保

- ・電波防護指針やICNIRP（国際非電離放射線防護委員会）ガイドラインの遵守は必須。そのための評価法や測定法の明確化が必要。
- ・高度伝搬路推定による人体検出技術と高度ビーム制御による人体回避技術の開発。初期段階では、近傍に人体検出した場合には送電停止するような機能、次段階では、人体にヌル形成し、同時に安全に送電する機能が求められる。

◆他の無線システムとの共用化

- ・他の無線システムとの共用化を実現するための技術要件の明確化。
- ・高度ビーム制御などによる干渉低減や干渉回避技術の開発。初期段階としては、キャリアセンス機能などで、与干渉が無い場合のみ送電する機能、次段階では、ヌル形成等により干渉回避、同時に同一周波数で共用化する機能が求められる。

◆世界最先端技術の開発による高度利用化

- ・マルチパス（マルチビーム）による電力伝送の高効率化技術の開発。
- ・複数受電機器への同時電力伝送技術の開発。

また、制度的課題としては、以下がポイントになる。

◆電波法上での無線設備としてのカテゴリーの明確化

- ・現状では、実用化のための無線設備としてのカテゴリーは明確でなく、申請ベースの実験試験局での実験等が可能である。
- ・意図的に電波を放射するものであるため無線局扱

いになる可能性が高い、しかし、空中線電力1W超は無線局免許が必要（電波法四条）。「特定無線局」（製造販売/運用事業者による包括免許）などの可能性についても検討が必要。

◆国際電波法（RR）でのカテゴリーの明確化

- ・RR上でも、空間伝送WPTのカテゴリーは無い。無線機器なのか、ISM機器なのか、SRD機器（欧州）なのかという議論が発生する可能性あり。
- ・2023年世界無線通信会議（WRC-23）もしくはそれ以降にRR改訂の議論の必要性があるかどうかの検討が必要。RR改訂の場合、日本以外の国からの同調が得られるかどうかという問題もあり。

以上説明したように、WPTシステムに関する国内制度化議論の軸足が、電磁界結合近傍型WPTから空間伝送型WPTへ移りつつある。産業界としては、前述の技術的課題、制度的課題をクリアして、我が国の社会や産業界に貢献できるようなWPTシステムの実用化を目指していく。

3. 国際制度化のこれまでと今後

WPTシステムに関する国際協調議論は古くから行われており、元々は1978年のCCIR（国際無線通信諮問委員会）総会における空間伝送型WPTシステムに対する課題提示とレポート策定が発端になっている。しかし、近年では、磁界共振方式も含む磁界結合方式に対するWPTシステムの国際協調の議論が活発になっている。2013年のITU-RのSG1（周波数管理に関するサブグループ）会合において、WPTシステムをNON-BEAM WPT（電磁界結合近傍型WPT）とBEAM WPT（空間伝送型WPT）に分けて議論を行うことになった。以下に、各WPT方式についての議論状況をまとめる。

3-1 ITU-RにおけるNON-BEAM WPTの国際協調議論

▷ 2014年に、NON-BEAM WPTに関するReport ITU-R SM.2303が正式に発行され、2015年および2017年に二度の改訂が行われている(7)。この

Reportには、NON-BEAM WPTに関する応用や標準化、各国の制度化状況などがまとめられるとともに、我が国で行った他システムとの共用化の検討結果についても掲載されている。しかし、他システムとの共用化検討の中で、特にEV用WPTシステムと長波および中波放送システムとの共用化の方法論に関しては日本と欧州放送連盟とからの提案があり、まだ議論は継続されている。

- ▷ 2017年6月のSG1会合において勧告ITU-R SM.2110が成立し(8)、磁界結合WPTで利用する6.78MHz帯のみが勧告化されている。6.78MHz帯は国際的にはISMバンドという位置づけになっており、他システムとの共用化が可能ということから勧告に至った。現在は、本勧告の改訂版として、EV用WPTの85kHz帯やWPCでモバイル機器向けに標準規格化している100～205kHz帯などの勧告化に向けた議論を行っている。2018年6月の段階で、この勧告改訂案はPreliminary Draftの段階にきており、順調に進めば2019年6月のSG1会合で承認される見込みである。
- ▷ 一方で、上記の利用周波数の勧告化に併せ、WPTシステムからの放射妨害波の許容値も勧告化しようとする動きが欧州放送業界から提案され、その策定に向けた議論も行っている。ITU-Rにおいて許容値勧告化の是非も含めた激しい議論が行われている。
- ▷ 2015年11月に開催されたWRC-15（世界無線通信会議）において、EV用WPTシステムに関しては2019年に開催されるWRC-19における議題9.1.6（Urgent studies to consider and approve the Report of the Director of the Radiocommunication Bureau）に設定された。このため、EV用WPTに関しては、共用化検討を進め、利用周波数の勧告化を早急に行うことなどがITU-Rにおける重要な議論内容になっている。ITU-Rとしては、2018年6月の段階でCPMテキスト（Conference Preparatory Meetingに向けた報告書）をほぼ完成させており、共用化検討の新レポートについては2019年6月完成を目指して議論中である。ここで一つの重要な国際的なコンセンサスとして、EV用WPTに関しては大電力であるものの、比較的近傍での電力伝送に限

定されることもあり、WRC-19でのRR改訂までは必要ないという点がある。

- ▷ モバイル機器向けNON-BEAM WPTに関して、100 - 148.5kHz帯を利用する磁界結合WPTシステムの共用検討の結果をまとめた新レポートを策定中である。レポート案は現在Preliminary Draftの段階にあり、2019年6月の会合で完成、承認になる予定。

3-2 ITU-RにおけるBEAM WPTの国際協調議論

- ▷ BEAM-WPTに関しては、2016年6月に、それまでWD（Working Document）として維持してきたレポート案をアプリケーションに特化したレポートとして再構成することで、Report ITU-R SM.2392として完成、発行された(9)。
- ▷ 今後は、BEAM-WPTの国際協調化のために、共用検討の方法論とその結果などに特化した新レポートの策定に着手している。この中で、図2の初期フェーズの実用化ターゲットとして示したのと同じセンサーやモバイル機器への応用に限定したカテゴリについて、共用検討に特化した新レポート作成の作業を行っている。新レポートの完成は2019年6月が目標である。

ITU-Rにおいては、EV用を中心とした周波数勧告化や共用検討の議論が続いているが、ここに来て、ITU-RでもBEAM WPTへの注目が高まっている。NON-BEAM WPTに関してRR改訂は不要という雰囲気であるが、一方で、BEAM WPTに関しては意図的に電波を放射するものであり、国際規制上での明確なカテゴリ化が必要になっていく可能性が高い。今後の議論に注意していく必要がある。

4. SIP第2期におけるWPT実用化に向けた取り組み

戦略的イノベーション創造プログラム（SIP：Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program）は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議が創設して実施しているものであり、2018年度から第2期がスタートしている。府省の枠や旧来の分

野の枠を超えたマネジメントに主導的な役割を果たすことを通じて、科学技術イノベーションを実現するために創設したプログラムである(10)。このSIP第2期の12課題のうちの一つである「脱炭素社会実現のためのエネルギーシステム」(プログラムディレクター(PD)は東工大柏木孝夫特命教授・名誉教授)の中で、ワイヤレス電力伝送システム(WPT)の研究開発に取り組んでいる。その概要を以下に説明する。

4-1 WPT研究開発の背景と目的

研究開発を進める国内外の状況等は以下の通りである。

- ▷ 電力消費ニーズが多様化する Society 5.0 において、WPT はコスト削減、電力の効率的な利用等に資する重要な技術であり、未来社会イノベーションへの貢献等ものづくりの方法や概念を変えていく可能性もある。
- ▷ WPTの適用範囲は広いが、実用化はまだ限定的である。しかし、今後、遠距離・大電力・高効率(省エネ)でのWPTへの期待が大きい。
- ▷ 研究開発、標準規格化などの取り組みは、現在、我が国は世界的に見て上位のポジションにある。今後の国際競争力の維持、更なる強化のため、安全性確保など社会実装に必要な課題の早期解決、基盤要素技術からシステム技術、実用化技術まで一貫した研究開発への取り組みが重要である。

以上のような背景から、世界一省エネで環境に優しく、世界一安全安心な Society 5.0 を実現するため、WPT システムが有効かつ求められる現場を選択し、その関連する研究開発・実証を行う。特に、実用化を推進し、世界市場を獲得することを目的に、以下の4つのサブテーマによる研究開発を進める。

- ① WPT 基盤技術開発：社会実装推進の基盤となる高周波大電力デバイス技術などの提供。
- ② 電気自動車への無線給電：連続走行可能な電気自動車への給電・充電。
- ③ 屋外給電：ドローンへの無線給電・充電。
- ④ 屋内給電：センサー、情報機器への無線給電・充電。

以下に各研究サブテーマの概要について説明する。

4-2 各テーマの研究開発ポイント・達成目標

公募提案、審査・評価等のプロセスを経て、各WPTサブテーマ実施の研究責任者が決定した。研究開発のポイント、達成目標等は以下の通りである。

(1) WPT 基盤技術開発 (図 11)

研究責任者：名古屋大学天野浩教授

技術ポイント：大電力・高効率

達成目標：

- ・高周波・高耐圧で動作する縦型及び横型のパワー半導体実現のための GaN 等の次世代材料生成基盤技術確立。
- ・MHz帯大電力ワイヤレス電力伝送用の高速インバータ回路等の要素技術確立。更に、これを統合した機能モデルを開発し、13.56MHz・22kW 級の電力伝送を実証。
- ・マイクロ波帯による高効率ワイヤレス電力伝送用の受電システムに用いる1チップ10Wクラスの受電素子、及び送電システムに用いる高出力増幅回路等の要素技術確立。更に、これを統合した機能モデルを開発し、5.8GHz・10W級の電力伝送を実証。

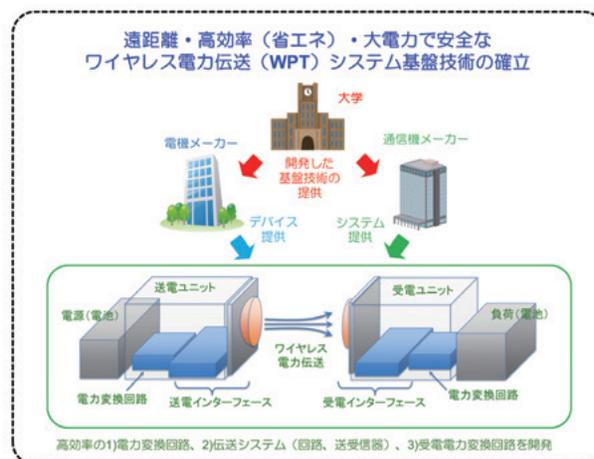


図 11 WPT システム基盤技術の確立

(2) 電気自動車への走行中ワイヤレス給電 (図 12)

研究責任者：日本自動車研究所 (JARI) 岩野浩
業務執行理事

技術ポイント：大電力・高効率(省エネ)、高安全性

達成目標：

- ・各 OEM (Original Equipment Manufacturer) ・充電器メーカー間の互換性向上と磁界共振による電力伝送効率向上が両立する技術の確立。

- ・市街地エリアを想定した準走行中・高速走行中での人体防護、異物検知等の安全対策技術の確立。
- ・走行中給電として、30kW クラス以上の給電、時速60km で定格効率90%を達成。



図12 電気自動車用走行中WPTシステムの利用イメージ

(3) ドローン向け屋外給電 (図13)

研究責任者：東京電力ホールディングス

濱田浩部長

技術ポイント：遠距離・大電力・高効率と受電部
小型・軽量化

達成目標：

- ・ドローンシステムの利用形態（駐機時近距離WPT、飛行時遠距離WPT）における最適なWPT方式の見極め。
- ・駐機時近距離WPT システムにおいては、数100W クラスの電力伝送を達成。
- ・飛行時遠距離WPT システムにおいては、マイクロ波による電力伝送により1kW級送電を行い、伝送距離10m での受電効率70%を達成。更に、精密ビーム方向制御技術や機器干渉等回避技術等の向上。



図13 ドローンへのワイヤレス給電

- ・遠隔地まで到達可能なドローンシステムの構築に必要となる、送受電部の高効率化と受電部の小型・軽量化及び高耐電力化等を達成。

(4) センサー、モバイル機器向け屋内給電 (図14)

研究責任者：パナソニック 梶原正一主任技師

技術ポイント：遠距離、高安全性

達成目標：

- ・人体検出及び人体回避技術、他システム検出及び与干渉回避制御技術、マルチパスによる高効率化技術、複数端末への同時伝送技術等の高度化達成。
- ・実証システムにおいて安全性及び電力伝送の時間効率の向上を実現し、人体及び他の無線システムのある環境で安全に最大20W、送電可能な時間率50%以上を達成。

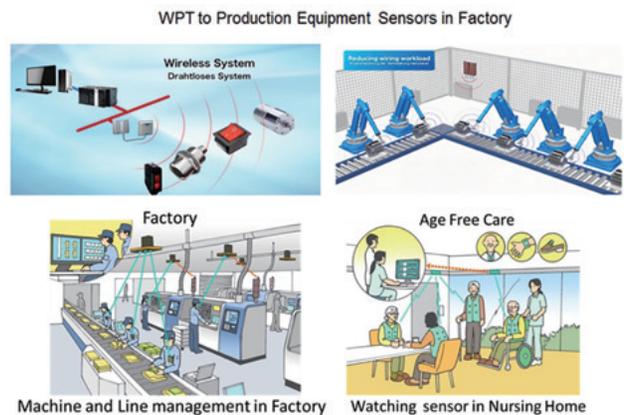


図14 屋内WPTシステムの利用イメージ

5. おわりに

国内外の制度化議論は、電磁界結合近傍型WPTから空間伝送型WPTへ移りつつある。その制度化の課題として、他の無線システムとの共用と人体防護・安全性の確保があげられる。このような課題については内閣府SIP第2期でも取り上げられており、産官学が連携し、世界トップのWPT技術を開発し、それを我が国の産業発展に貢献させるべく対応している。WPT分野の関係者の努力とその成果に期待する一方で、関係分野（共用相手の他システム、EMC、電波暴露など）の関係者の方々のご理解・ご協力をお願いする次第である。

参考文献

- (1) ブロードバンドワイヤレスフォーラム, <http://www.yrp.co.jp/yrprdc/bwf/>
- (2) ブロードバンドワイヤレスフォーラム, “ワイヤレス電力伝送技術による社会貢献とその実用化に向けた検討課題”, 総務省 電波有効利用の促進に関する検討会, 第3回会合, 資料3-3, http://www.soumu.go.jp/main_content/000161540.pdf (2012年5月24日).
- (3) 総務省情報通信審議会情報通信技術分科会電波利用環境委員会 報告案, “電気通信技術審議会諮問第3号「国際無線障害特別委員会(CISPR)の諸規格について」のうち「ワイヤレス電力伝送システムに関する技術的条件」のうち「電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに関する技術的条件」”, http://www.soumu.go.jp/main_content/000367149.pdf (2015年7月6日)
- (4) Wireless Power Consortium, <https://www.wirelesspowerconsortium.com/>
- (5) ブロードバンドワイヤレスフォーラム, “マイクロ波空間伝送型ワイヤレス電力伝送(WPT)システムの実用化に向けて”, 総務省 電波有効利用成長戦略懇談会, 第6回会合, 資料6-6, http://www.soumu.go.jp/main_content/000536747.pdf (2018年2月28日)
- (6) 総務省, “空間伝送型ワイヤレス電力伝送システムの技術的条件-情報通信審議会への諮問-”, http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/b_wpt_consult_pressrelease.html (2018年12月12日)
- (7) ITU-R : Report ITU-R SM.2303-2, “Wireless power transmission using technologies other than radio frequency beam”, <http://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2303>, 2017.
- (8) ITU-R : Recommendation ITU-R SM.2110-0, “Frequency ranges for operation of non-beam Wireless Power Transmission (WPT) systems”, <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.2110/en>, 2017.
- (9) ITU-R : Report ITU-R SM.2392-0, “Applications of wireless power transmission via radio frequency beam”, <http://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2392>, 2016.
- (10) 内閣府SIP : <https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>

2017年度医療機関における電波利用推進部会の活動

周知啓発資料について

佐賀大学
教授 花田 英輔

1. 「医療機関における電波利用推進部会」について

医療機関では、1997年3月に不要電波問題対策協議会（当時、現 電波環境協議会）が発した指針（「医用電気機器への電波の影響を防止するための携帯電話端末などの使用に関する指針」、以下「旧指針」）により、長い間にわたって携帯電話の使用が制限されてきた。これは、当時の携帯電話は端末からの出力（空中線電力）が最大で800mWと大きく、総務省が中心となって実施した大規模な実験により、多くの医療機器に何らかの電磁波障害が発生する可能性が示されたことによる。当時は携帯電話の普及率もそれほど高くなかった。規制は受け入れられた。

しかし、2012年の夏にいわゆる「第二世代」の携帯電話のサービスが終了したことにより、携帯電話端末が発する最大の出力は250mWとなった。また携帯電話の普及も大きく進み、病院内であっても携帯電話を用いた通話や、携帯電話を用いてのインターネット接続（テザリング）の解禁を求める声が高まった。

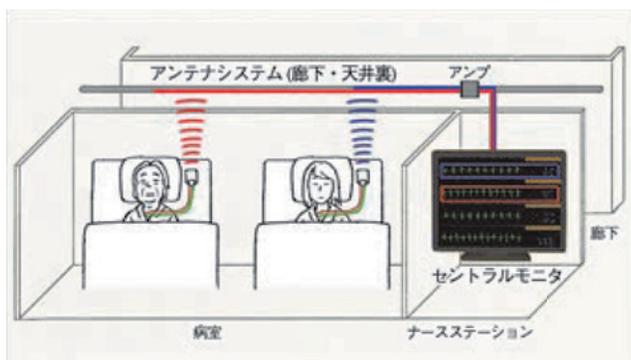
そこで、これを契機に電波環境協議会に「医療機関における携帯電話等の使用に関する作業部会」が設置され、旧指針の改定について審議を行った。その結果、電波環境協議会は2014年8月に「医療機関における携帯電話等の使用に関する指針 ―医療機関でのより安心・安全な無線通信機器の活用のために―」（以下、「新指針」）を発表した。新指針では、医療機器の電磁波障害以外の問題点としてマナーと個人情報保護の問題も取り上げ、医療機関が積極的に、かつ安全を保ち、

安心して携帯電話等を用いることが可能になる様配慮がなされた。

この新指針の発表によって医療機関内での携帯電話の使用解禁は大きく進み、患者のみならず医療関係者にとっても無線通信が身近な存在となったといえる。

このような携帯電話に関する動きと共に、スマートフォンの普及もあって、新しい通信手段として無線LANの利用に関する問題点も浮上してきた。医療従事者にとっての無線LANは、病院情報システムの普及もあり、いわゆる「ユビキタス環境」（「いつでもどこでも情報にアクセスできる環境」）の構築ツールとして必要性が高まった。また患者にとっても、家庭内からのインターネットアクセスの手段としての無線LAN普及が進んだこともあって、需要が高まってきた。

これに加え、特に大規模な病院では従来から、入院患者のバイタルサイン（体温、血圧、呼吸数、血中酸素飽和度等）の継続的観察（「モニタリング」）を非拘束で行うための「医用テレメータ」と呼ばれる無線通信システムを用いてきた。医用テレメータとは、常時管理が必要な患者にセンサを取り付け、主に脈拍、血圧、呼吸数、血中酸素飽和度などを取り出しで、スタッフステーション等に設置した生体情報観測機器（モニタ）に表示し、設定により異常値が観測された際にアラームを発するシステムである（図1）。日本における医用テレメータは420～450MHzの電波¹を用いて患者に取り付けたセンサから天井裏等に敷設されたアンテナシステムまでを無線通信を用いて伝送する。（*1：日本以外では用いられる周波数は異なる。）



(図1) 医用テレメータの模式図

このように、医療機関における無線通信システムの普及が進むと共に需要は高まったが、旧指針が広く周知していたことなどにより、医療機関側から「医療機関内において安全に、かつ安心して無線通信を導入維持するためのガイドラインが必要である」との声が高まった。これを受け、電波環境協議会は新指針を協議した作業部会を発展改組する形で、電波環境協議会に「医療機関における電波利用推進部会」（以下、「作業部会」）を2015年9月に設置することとなった。

2. 作業部会の構成と2016年度までの活動内容

作業部会の委員は学識経験者、病院関係者、医療器製造販売社、携帯電話事業者、関係省庁などから選出された。関係省庁は総務省および厚生労働省である。また病院関係者として日本医師会、日本病院会に加え、医療機器の専門家である臨床工学技士に関係が深い構成員が選出されている。

部会の代表である座長には加納隆氏（現 滋慶医療科学大学院大学教授）が、座長代理には筆者が就任した。2017年度の委員数は25名である。

作業部会は2016年度までに、会合以外に病院へのアンケート、医療機器への電波照射実験なども行った上で、2016年4月に報告書と共に「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」（以下、「手引き」）を発表した。

3. 作業部会の2017年度の活動概要

作業部会は「手引き」発表後も継続し、「手引き」の周知と普及を図ると共に、啓発に向けた手立てを検討することになった。2017年度における部会全体での会議（回数は通算）は第11回（5月25日）、第12回（6月22日）、第13回（12月27日）、第14回（2018年3月30日）の4回開催した。

このなかで、全体としては2016年度に作成した「手引き」の周知活動を主に行うこととしたが、特に小規模の病院から「院内の規程作成のひな形」を求める声が上がっており、その策定を行った上、「電波の安全利用規程案」（以下、「ひな形」）として6月に発表した。以上の「新指針」「手引き」「規程ひな形」はいずれも電波環境協議会のホームページからダウンロード可能である。

この他の2017年度活動の最大の特徴は、第12回の作業部会において、「人材育成作業部会」（略称：「人材育成WG」）および「医用テレメータ適正利用作業部会」（略称：「テレメータWG」）という2つのワーキンググループを組織して、それぞれ活動を行ったことである。

このうち「テレメータWG」は、「手引き」で中心的に記述した「医用テレメータ」、「無線LAN」、「携帯電話」のうち、現場での障害が目立つと共にシステムの障害が患者の生命の危険に及ぶ恐れがある「医用テレメータ」について、その障害の要因及び対策、運用方法等を明示すべく活動する事を目的としている。このWGは主任（加納 隆氏）をはじめとする7名の委員で構成員されている。特徴としては、学識経験者、建築会社、臨床工学技士に加え、日本照明工業会から選出されたメンバーが入っていることである。これは、近年明らかになった一部のLEDが発する電磁ノイズによる医用テレメータの障害が話題になったことによる。なおテレメータに関する一定の成果が得られた後は、無線LANについての議論が行われる予定である。

一方、人材育成WGは筆者が主任となり、臨床工学技士を中心に6名で構成されている。このWGは、医療機関内において、電波に関する一定の知識を持つ

「電波監理コーディネータ」が電磁環境を整えられるように、人材育成を図ると共に、全ての医療関係者に電波に関する知識を広く知らしめ、また学習を促す教材を作成すること。およびこれまでに発行した「新指針」、「手引き」、「ひな形」の周知を図ることが目的である。

以下、「ひな形」と人材育成WGの活動を中心に報告する。

4. 「電波の安全利用規程（案）」（「ひな形」）について

上述のように、特に中小の医療機関から上がった「院内の規程作成のひな形」を求める声に応えるべく、2016年度から作成に向けた討議を開始し、2017年度最初の第12回会合で結果をとりまとめ、2017年6月に「電波の安全利用規程（案）」として公表した。

この「ひな形」は電波環境協議会のホームページ(https://emcc-info.net/medical_emc/info290628.html)からダウンロード可能である。

「ひな型」を作成するにあたり、各医療機関において医療機器や電波利用機器の種類、場所、状況が異なり、また関係する人員や体制が異なることから、実情に応じて改変等の検討が必要と判断した。これに加え、実際の電波利用機器等の利用状況に応じた院内規程の整備を支援する観点から、規定の例は次の4つを対象としたものをそれぞれ作成した。

対象①：医用テレメータのみ

対象②：無線LANのみ

対象③：携帯電話のみ

対象④：①～③を含む多種多様な電波利用機器

それぞれの規程例は、まず目的と適用範囲を定義し、その後に規定が取り扱う機器を明示、さらに対象機器の通信を含む動作に影響を与える恐れがある電磁界放射源を列挙している。その上で、管理体制及び管理手順、トラブル対応などを上げている。さらに管理手順の一環として様式の例も掲載した。

なお各規程例は、これらの中から必要な内容を取捨選択して活用することが可能である。

「ひな形」における管理体制は「手引き」に示され

た「電波利用安全管理委員会」および「電波利用コーディネータ」の設置を前提としている。これに伴う、「ひな形」活用における留意事項は以下の通りである。

- (1) 電波利用安全管理委員会の設置に際して、「ひな形」が示す構成員は最低限の構成を示しており、院内で既に設置されている医療安全管理者や医療機器安全管理責任者等が参加するかどうかを各医療機関で検討することが必要
- (2) 電波利用コーディネータは、電波、医療機器、電子機器等に関する幅広い知識や経験を持つことが望ましい
- (3) 電波環境測定を実施するためには、専門的な知識と機材等が必要になることから、専門機関の協力が必要である

5. 人材育成WGの活動

人材育成WGは2017年度内に4回の会合を持った。2017年度は、設置目的のうち、人材育成を図ると共に、全ての医療関係者に電波に関する知識を広く知らしめ、学習を促す教材を作成することを達成すべく、次の内容を中心に活動した。

- ・電波環境問題に関する周知啓発を目的とした次の各資料の作成
 - ⇒ 啓発ビデオ
 - ⇒ E-Learning教材
 - ⇒ 啓発促進用リーフレット
 - ・医療機関内での電波利用状況調査
 - ・啓発活動の在り方に関する議論
- 以下、それぞれについて説明する。

5.1 電波環境問題に関する周知啓発ビデオの作成（図2）

啓発ビデオは、「手引き」に記された3つの無線通信設備について、障害発生の様子と主な原因、対策について周知を図る目的で作成したアニメーションである。

医療機関では、臨床工学技士や医療情報関係者、電気通信設備担当者のように無線通信や電波について一定の知識を持ち、現場で活用している職種もある。しかし、例えば看護師はその養成課程において無線通信

についての講義・実習は無い。また、患者や訪問者に対する教育も必要であると考えた。そこで、ビデオは比較的簡単な内容で容易に視聴が可能なダイジェスト版と、障害原因の解説などを手厚くすべく追加した通常版の2つを作成することとした。いずれも看護師を説明役として、「手引き」で取り上げた3つの無線通信システムに関して、それぞれに典型的なトラブルの発生例とその要因について説明し、最後に病院における電波管理の手法について説明している。ビデオは、三菱総合研究所の協力を得て作成した。

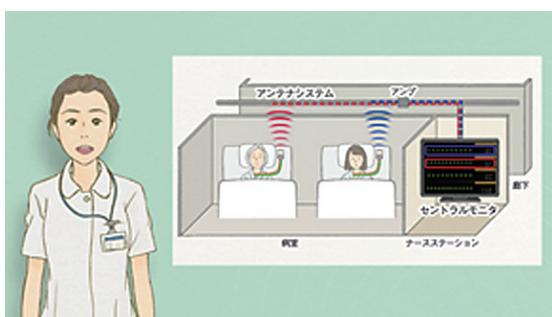
ダイジェスト版のビデオは、2分半ほどの作品として先に完成し、2017年12月7日に東京で開催された総務省主催の「医療機関における安心・安全な電波利活用促進シンポジウム」においてお披露目された。

その後、ダイジェスト版に機器の詳細やトラブルの対策の説明を拡充した通常版を5分半ほどの作品として作成し、2017年度末に完成した。

これらのビデオは全ての方に視聴可能とするために、電波環境協議会のホームページからダウンロードを可能とするだけでなく、Youtubeでも視聴可能とした。2018年11月末現在で、ホームページからのダウンロード数が約400件、Youtubeでの視聴数はダイジェスト版が約2,200回、通常版が約2,000回となっている。また、後述する説明会などの行事においても上映され、手引きの内容を簡便に周知する手段として活用されている。



(図2) 啓発ビデオの一場面



5.2 E-learning教材の作成 (図3、図4)

各所から要望が多かった「医療機関における電波管理ができる人材の育成」に応えるべく、教育用資料の作成を行った。教育用資料としては冊子体も考えられるが、特に病院は交代制勤務の職員が多いこともあって集合教育が難しいことを考慮し、近年浸透しつつあるE-learningで利用可能なものを作成することとした。ただし、E-learningシステムは多種多様であり、特定のシステム向けのシステムを作ることはかえって普及を妨げることから、教材のみをMicrosoft PowerPointの形式で作成し、種々のシステムで取り込みが可能な形とすることにした。

教材は、電波についての知識の有無によって問題に対する理解度が大きく異なることを考慮し、「基礎編」と「応用編」の2種類を作ることにした。

「基礎編」の内容は、ほとんどすべての医療職が理解できる程度と設定し、専門用語はできるだけ排除した。一方、「応用編」は臨床工学技士など電波に関する教育を受けている医療職に理解を求める程度と設定し、具体的な管理方法にも言及した。いずれの場合も、知識や現象について解説した後、確認問題を提示することで知識習得を確認する形とした。

E-learning教材は、基本的には電波環境協議会のホームページからの申込みでダウンロードを可能としている。またPDFの形式でもダウンロード可能とした。

1.1 医用テレメータに関する基礎知識

- 医用テレメータの送信機には、携帯型と据置型の2種類があります。送信機からの情報が電波により、アンテナシステム（実装機に設置されることが多い）を介して、ナースステーションのセントラルモニタに伝わり患者の状態をモニタできます。
- 医用テレメータの送信機がアンテナシステムから離れた場合、情報がセントラルモニタに伝わらなくなり、患者の状態がモニタできなくなる可能性があります。
- また、複数の送信機で、同じ無線チャネルが設定されると、正しい患者情報モニタできなくなり、重大な事故の原因となる可能性があります。
- 医用テレメータで使われる電波の周波数帯（10MHzの電波に関する基礎知識参照）は、主に医療用に利用される400MHz帯が割り当てられています。
- 医用テレメータの利用に際してトラブルが発生した際には、担当部署に相談しましょう。



4.1 医療機関における電波管理体制

- 電波利用機器を管理する各部門において、電波管理を担当する担当者を決めましょう。
- 各部門の電波管理を担当する担当者として部門横断で連携し、医療機関内の電波利用に関する情報を共有することで、トラブルを未然に防ぐことが期待されます。
- 電波利用に関する情報共有では、各部門の担当者やその他の関係者で組織される会（例：電波利用安全管理委員会）や医療機関全体の電波管理に係る調整を行っている、連絡窓口となる電波利用コーディネーターを置くことも有効です。
- 電波管理体制の構築の詳細については、電波環境協議会が公表している、医療機関における「電波の安全利用規程（例）」（<https://www.emcc-info.net/info/info290628.html>）を参照ください。



(図3) E-learning教材の一部（基礎編）

4.2 携帯電話と医療機器との離隔距離

- 携帯電話端末からの電波は、端末からの距離が遠くなるにつれて減衰することから、一定の離隔距離を確保すれば、医療機器への影響は防止できると考えられます。
- 「医療機関における携帯電話等の使用に関する指針」では、離隔距離について、医療機器の電磁的独立性に関する国際規格（IEC 60601-1-2（これに基づく国内規格は JIS T 0601-1-2））で用いられている推奨分離距離（医療機器の添付文書に記載）等を参考にして、影響が懸念される医療機器から1 m程度離すと目安とすることができるとしています。
- ただし、各医療機関において独自に行った試験の結果や医療機器の取扱説明書からの情報等をもちに安全性を確認している場合は、1 m程度より短い離隔距離を設定することができます。

「医療機関における携帯電話等の使用に関する指針」離隔距離の考え方

JIS T 0601-1-2:2012の推奨分離距離の算出式は、携帯電話の最大送信電力250mWを当てはめると1.15mとなるが、以下の点を踏まえ、離隔距離の目安を1m程度としている。

- ① 上記は相対利得0dBでの計算だが、実際の携帯電話端末では相対利得が-2dB程度であることを考慮すると0.92m程度となること。
- ② 携帯電話の医療機器への影響に関する実験調査（39頁参照）で診療行為へ影響を与える事象の最大距離は18cmであったこと。
- ③ 利用者にとってわかりやすい距離とすべきであること。

(図4) E-learning教材の一部（応用編）

教材は、2018年11月末現在で利用申込みが30件あった。また、PDFを掲載したホームページへのアクセス回数は、2018年11月末現在で、基礎編が14,590回、応用編が10,410回である。

利用申し込みがあった教材は、少なくとも4か所の医療機関において、臨床工学技士向けや看護師向けなどの教育で使用された。この他、日本臨床工学技士会の教育プログラムの一部にも取り入れられている。

5.3 啓発促進用リーフレットの作成 (図5)

部会が作成した「手引き」は91ページ(表紙込)に及ぶ冊子である。これを読破するためには、それなりの時間が必要である。また、冊子体を数多く配布するには予算的な問題も生じ、在庫に関する問題もある。そこで、「手引き」の概要をコンパクトにまとめたリーフレットを作成し、配布しやすい資料とすることとした。

(図5) 手引き普及用リーフレット

リーフレットは観音開きの4つ折り（折り曲げ後はA4横版の1/3）である。主な内容は、部会が作成したコンテンツである「新指針」、「手引き」、「ひな形」の紹介、「手引き」に掲載した3原則とその簡単な説明、「手引き」で主に取り上げた3つの無線通信システムの利用状況および使用に伴う問題点の例とそれへの対策、そして電波環境協議会の連絡先を掲載している。

このリーフレットは前述のシンポジウムや後述する各総合通信局主催の説明会などで配布されている。

5.4 医療機関内での電波利用状況調査

本部会の活動における需要事項の1つとして周知啓発があるが、その効果を知ることもまた重要な事項である。また、今後の「手引き」や上記の各種資料の改善のための資料となる意見の聴取も必要である。

そこで本部会は、前身の「新指針」作成のための部会時代から医療機関を対象とした以下のような総務省の調査に協力してきた。各回の質問内容は、経年変化を知る目的もあるため、概ね同じである。

- 1) 2013年度：対象は病床規模別に無作為抽出した3,000件、回収数1,255件
- 2) 2014年度：対象は病床規模別に無作為抽出した3,000件、回収数1,215件
- 3) 2016年度：対象は病床規模別に無作為抽出した3,000件、回収数1,234件

これらに対して、2017年度は対象を拡大し、民間の病院リストに掲載されている全病院（医療法で規定された、病床数20以上の医療機関）8,454件とした。

本部会は調査の内容作成と確認を担当している。主な調査内容は次の通りである。

- ・電波利用機器の利用状況：「手引き」に掲載の医用テレメータ、無線LAN、携帯電話の利用状況及び管理状況、トラブルの有無と内容
- ・電波利用機器の管理体制及び管理ルール：院内における電波管理体制（部署、委員会等）の有無と状況
- ・電波環境の管理を行う人材の状況：電波環境を担う人材の有無と必要性、教育体制
- ・電波環境改善に向けた取組：「新指針」、「手引き」、「ひな形」と地域協議会の周知状況
- ・医療機関における電波環境の改善や管理体制の充

実に向けた意見・要望、国の施策についての意見・要望

この調査は2018年1月～2月にかけて実施され、書面とWeb経由での回答を可能とした。その結果、2,706件の回答を得た。結果の一部を以下に示す。

○無線通信機器の普及率

- ・医用テレメータの普及率は74.3%だが、無線チャネル管理の実施率は68.6%
- ・無線LANの導入率は77.4%であるが、チャネル設計を実施している病院の割合は導入済み病院の55.8%
- ・無線LANに関して、69.0%の病院は外部持ち込み機器による電波干渉防止の対応策を実施していない
- ・患者や外部の訪問者専用の無線LANを提供している病院は11.4%ある
- ・携帯電話の使用を一部でも許可している医療機関は96.8%
- ・業務用の携帯電話（スマートフォン含む）導入率は44.7%（2016年度と大きな変化無し）
- ・タブレット端末の導入率は38.2%で増加傾向
- ・病院ではX線CT（80.9%）、電子レンジ（66.5%）、電気メス（56.3%）、MRI（49.1%）等の高周波利用設備も多く導入されている
- ・高周波利用設備からの電波干渉について「よく知っている」とした病院は26.1%

○電波管理の状況

- ・電波環境管理を所管する院内組織（または実質的に所管する組織）が設置されている病院は29.2%
- ・電波利用コーディネータを設置もしくは実質的担当者がいるとした病院は11.3%
- ・電波環境を管理する必要な知識を持つ人員が「十分いる」とした病院は3.5%

○職員への教育

- ・電波環境の管理に関して職員向けの教育や研修は「行っていない」病院が75.1%と多い。
- ・実施している病院では、医用テレメータに関する内容について実施すること最も多い（20.0%）
- ・実施方法は「医療安全や医療機器に関する講習の中での実施」が81.1%
- ・教育・研修の対象は看護師が最も多く、実施内容

は「各種電波利用機器の導入、使用上の注意点」が多い

○「手引き」等の認知

- ・病床数が少ない（99床以下）病院では、「新指針」や「手引き」、「ひな形」の認知率が低い
- ・指針や手引き、規程例の内容まで把握している病院では、電波利用機器の使用ルールの策定・見直しやコンテンツの活用を検討しているという回答が多い

6. その他の活動

6.1 病院に対する注意喚起の発出

部会の議論の中で、無線通信を安全安心に運用するためには、周波数管理等のソフトウェア的な管理のみならず、建築部材等の情報を活用することが必要であるとの結論を得た。

そこで部会は、2017年6月19日に「病院建築・改修時の事前検討ならびに電波環境調査について」と題する注意喚起を発出した。この注意喚起の主な内容は次の通りである。

- 1) 問題を未然に防ぐために、病院の建築・改修時に、問題を検討し、建築設計に反映すること
- 2) 運用開始後には、定期的に電波環境の調査を実施し、医療機器や通信機器が正常に動作することを確認すること

この件は、その後、日本建築学会との連携による、医用テレメータを安全に導入し安心して活用するための建築規準作成への協力に発展している。

6.2 各総合通信局主催の説明会に対する支援

総務省は全国に11の総合通信局（沖縄のみ総合通信事務所）を持つ。各通信局は、作業部会が行う内容と関連して、2016年度以降、年間2～6回の「医療現場で安心・安全に電波（医療機器）を利用するための説明会」を開催している。対象者はそれぞれ異なるが、医療関係者を対象とする場合と、一般参加が可能な場合がある。また学会や会議の場を借りての説明講演の形を取る場合もある。

講演会型の説明会は、主に次の2つの内容からなる

ことが多い。

- 1) 作業部会の活動を含む、医療機関での電波利用に関する総務省の施策説明
- 2) 主に学識経験者による医療機関での無線通信導入上の問題点とその解決手法、あるいは管理手法の技術的解説

この技術的解説を担当する講師を、主に人材育成WGの構成員、もしくは作業部会の構成員が依頼を受けて実施している。



(図6) 説明会の様子
(2018年11月13日、於：佐賀市、講師は筆者)

この説明会は、多くの場合は地域の臨床工学技士会の後援を受け、また次の資格のポイント付与対象としていただけたこともあり、数多くの臨床工学技士の参加をいただけている。

- ・ MDIC（医療機器情報コミュニケーター）認定制度
- ・ 認定ホスピタルエンジニア
- ・ 臨床ME専門認定士制度

この他にも、ワークショップ形式やハンズオン形式、パネルディスカッションなど、通信局ごとに工夫がなされており、それぞれに作業部会構成員が依頼を受けて参加している。

7. 今後の予定

作業部会は2018年7月に行われた電波産業会の総会において委員会に昇格することが決定し、今後も活動を継続することが決まっている。

その内容は本稿にあげた各活動の継続のみならず、医療現場において無線通信を安全・安心に活用するために必要な事項を取り上げることとしている。

また、前述の日本建築学会との連携により、先方の「医療機関の電波利用に配慮した建築計画検討小委員会」における規準作成への協力を継続している。

技術検討WGでは、引続き医用テレメータに影響する電磁ノイズに関する注意喚起を行うための議論および実験を行っている。

人材育成WGは、周知啓発活動を中心にするべく「周知啓発作業部会」として活動することとなった。予定している活動内容は、これまでの活動を次のように拡大することを計画している。

- ・ 医療機関における電波利用の正しい導入・管理方法についての啓発のみならず、管理できていることを病院側が理解するための第三者認証への取り組みを図ること
- ・ E-learning教材利用者へのヒヤリングと、その結果を用いた教材の改善及び発展を図ること
- ・ 主に看護師に対しての啓発活動の強化
- ・ 関連すると考えられる学会や職能団体との連携

このうち関連する学会や職能団体としては、すでに提携している（公財）日本臨床工学技士会、（一社）日本医療情報学会 医療情報技師育成部会、（一社）日本医療福祉設備協会に加え、日本看護協会等の職能団体が挙げられる。また前述の日本建築学会や日本生体医工学会等との提携も考えられる。

8. まとめ

今回、2017年度における医療機関における電波利用推進部会の活動のうち、主に周知啓発活動を中心に紹介した。

今後ますます進むと考えられる、在宅をも含む医療現場における無線通信の利用を、安全に、かつ安心して可能とするべく、その環境の特殊性を理解した上での方策の策定と実施を今後も進めていきたいと考える。

2017年度 妨害波委員会の活動

続CISPR 32における放電ノイズ等の APD測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

平成27年度活動として報告した「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」では、用紙搬送に伴う放電現象によって発生する放射エミッションは、Wi-Fi通信にまったく影響を与えずCISPR 32の除外規定の妥当性が確認された。また、同時に実施したAPD (Amplitude Probability Distribution) 測定によって、上記放電現象の頻度は 10^{-5} 以下と低いことがわかり、放電現象かどうか確認不要な測定方法として、APD測定が使える可能性が見えた。

APD測定を採用するためには、許容値の検討が必要である。基本の考え方として、現行のPeak許容値は実績があるとし、無線通信に影響を与えない最大の頻度を許容値とすることとした。許容値設定には、より定量的な評価が必要であり、Wi-Fi通信だけでなく、1 GHz超で使用されているさまざまな無線通信サービスについても調査が必要という課題が見えてきた。

そこで、平成28年度は頻度を制御可能なパルス変調波を用い、Wi-Fi通信に加え、GSM、WCDMA、LTEなど免許の必要な無線方式に与える影響について調査を実施した。その結果APD許容値には、 10^{-4} @ 70 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)が適切であると結論づけた。この結果は、2017年4月開催のCISPR SC-I WG2 フェニックス会議で報告し、好意的に受け止められた。

平成29年度はさらに、1 GHz以上の無線サービスを網羅するため、DAB (Digital Audio Broadcast)、DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommuni-

cations)、GPS (Global positioning system) を対象に調査を実施した。また、Wi-Fi通信について、11bと11gを分離して再調査した。

2. 実験方法

2.1 対象機器

DAB、DECT、GPSについては、各方式専用端末と専用テスターを使用した。また、Wi-Fi通信については、11bと11gを分離して調査するためアクセスポイントとWLAN テスターを使用した。

2.2 妨害源 (パルス変調波頻度と繰り返し周波数)

(1) パルス変調波のパルス幅

妨害源には、放電現象によって発生する放射エミッションのような瞬時ノイズを模擬するため、パルス変調波を使用した。Wi-Fi通信のバンド幅20 MHzに対し、均一なスペクトラムの妨害波となる条件を満たすようにパルス幅は20nsとした。図 2-1、図 2-2は、それぞれパルス幅20nsと50nsのパルス変調波時間波形および周波数スペクトラムである。

(2) パルス変調波の頻度と繰り返し周波数

表 2-1 に、パルス幅20nsのときの、頻度と繰り返し周波数の関係を示した。ここで頻度とは、パルス幅の周期に対する時間比率である。

表 2-1 パルス幅20 nsのときの、頻度と繰り返し周波数

頻度	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}
周期	2 μs	20 μs	200 μs	2 ms	20 ms
周波数	500kHz	50 kHz	5 kHz	500 Hz	50 Hz

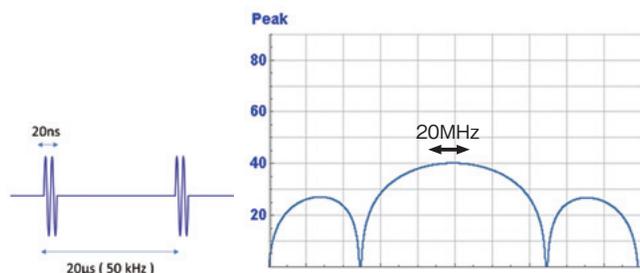


図 2-1 20nsパルス幅 周波数スペクトラム (Center 2 GHz, 20 MHz/Div.)

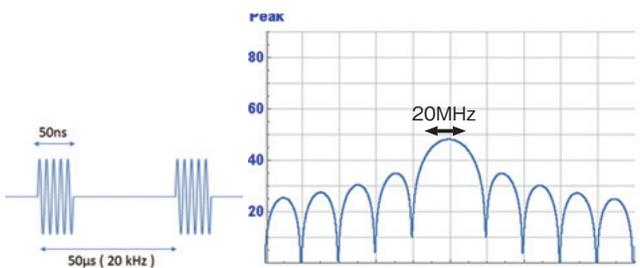


図 2-2 50nsパルス幅 周波数スペクトラム (Center 2 GHz, 20 MHz/Div.)

2.3 エラーレート測定

図 2-3 のように、暗室外に設置したテスター（無線試験機 1）出力を、暗室内のホーンアンテナに接続し、距離 3 m 離れた場所に、端末（無線試験機 2）を配置した。また、受信アンテナから距離 3m の位置に妨害波用アンテナを配置して、妨害波の無い状態でリファレンス測定（Reference）を実施後、Peak 値で 70 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$) の妨害波を印加しながら、基地局シミュレータ出力を変えながら、エラーレートを測定した。妨害波の周波数は、各通信 ch の中心周波数とした。端末の向きは、指向性の大きな変化を避ける方向とし、妨害波の偏波は、エラーレートの最悪条件とした。写真 2-1 に代表的配置写真を示す。

それぞれの通信の条件概要を表 2-3 に示す。また、使用したテスターと端末を表 2-4 に示す。

表 2-3 各通信の条件概要

通信方式	一次変調	二次変調	サブキャリアバンド幅 kHz	周波数帯域幅 Hz	最大通信速度 bps	周波数 GHz
DAB	1/4 π QPSK	OFDM	1 kHz	1536 kHz	1184 kbps	1.4 GHz (239.2 MHz)
DECT	GFSK, BPSK, 16QAM, 64QAM	TDD	—	2 MHz	6.912 k bps	1.9 GHz
GPS	PSK	CDMA	—	2.046 MHz	50 bps	1.5 GHz

11b	CCK	DSSS	—	22 MHz	11 Mbps	2.4GHz
11g	BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	OFDM	384.615 KHz	20 MHz	54 Mbps	2.4 GHz

CCK (Complementary Code Keying)、QPSK (Quadrature Phase shift Keying)、QAM (Quadrature Amplitude Modulation)、GFSK (Gaussian Frequency-shift Keying)、DSSS (Direct Sequence Spread Spectrum)、OFDM (Orthogonal Frequency、Division Multiplexing)、TDD (Time Division Duplex)

表 2-4 端末とテスター

通信	テスター	端末
DAB	Digital TV Signal Generator R&S SFES	DAB receiver for car
DECT	Digital Radio Tester CTS 60	Cordless telephone
GPS	Signal generator SMBV100A	GNSS Receiver Evaluation Kit VN-870
11b/11g	WLAN Tester MT8860C	AP: PA-WR8700N-HP

GNSS: Global Navigation Satellite System
AP: アクセスポイント

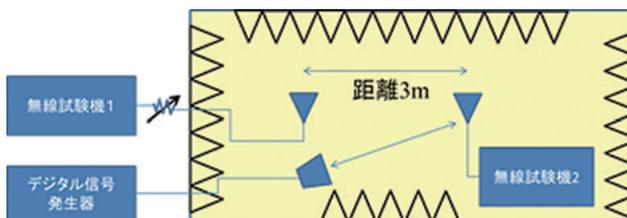


図 2-3 DAB, DECT, GPS 通信へのパルス変調波の影響調査配置

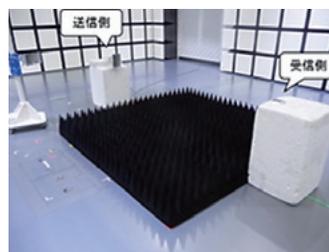


写真 2-1 配置写真

2.4 GPSの評価

GPS Tester から擬似衛星信号を発生し、GPS ユニットが衛星を捉えます。その状態で、この衛星信号の C/N 比 (キャリア/ノイズ比) は、GPS 受信機のチップセットで算出され、GPS ユニットのパネルに表示される。これを記録した。一般的な GPS 受信機の場合、測位に必要な最小 C/N 比 (測位感度) は 28 ~ 32 dB-Hz である。ここで、dB-Hz とは、キャリアパワーをノイズパワースペクトラム密度で除した値を意味する。

2.5 APD測定条件

パルス発生器からの放射エミッションを測定距離3 mでAPD測定を実施する。測定セットアップは、CISPR 32 1-6 GHz測定と同じ。アンテナ高は、対象機器がビーム内に入るように1 m 固定。

APD測定条件を表2-5に示す。

表 2-5 APD測定条件

項目	内容	備考
仕様	CISPR 16-1-1 8章	
周波数	各通信方式chの中心周波数	例：Wi-Fi: 2412 MHz
RBW	1 MHz	
測定時間	2 分間	

2.6 測定サイト

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. 実験結果

3.1 DAB

無線通信の受信レベルとエラーレートとの関係を図3-1に示す。横軸は、受信レベルであり、このレベルをエラーなしで通信できる十分強いレベルから、1 dBステップで小さくしていくと、あるレベルからエラーレートの増大が始まる、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。

パルス変調波によるDABへの影響を図3-1に示す。

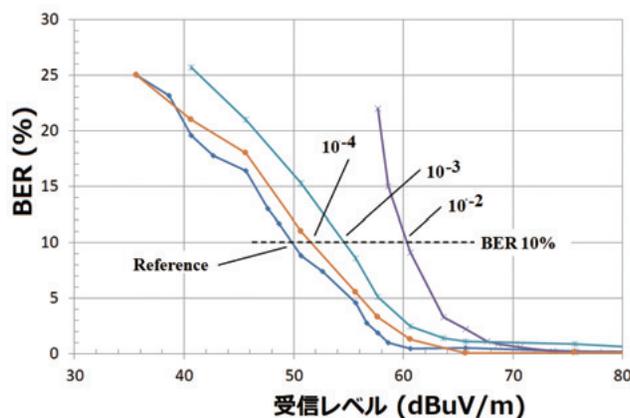


図3-1 パルス変調波の頻度をパラメータとしたDABの受信レベルとエラーレートの関係

図のように、パルス変調波の頻度が 10^{-4} では影響なく、 10^{-3} から影響が表れている。 10^{-2} では、エラーレートが10%のレベル(点線)に着目すると受信電界で約5 dBの増加に相当する影響が表れている。

実験に使用したDAB受信機では、エラーレートが約25%以上では通信が維持できなかった。

3.2 DECT

図3-2に、DECTに対するパルス変調波の頻度とエラーレートの測定結果を示す。エラーレートが5%のレベル(点線)に着目すると 10^{-3} では、10 dBの受信電界の増加に相当する影響が表れている。 10^{-4} では、1dB程度の増加に相当する影響であり、 10^{-3} から影響があると言える。実験で使用したDECT電話機では、これ以上のエラーレートでは通信を維持できなかった。

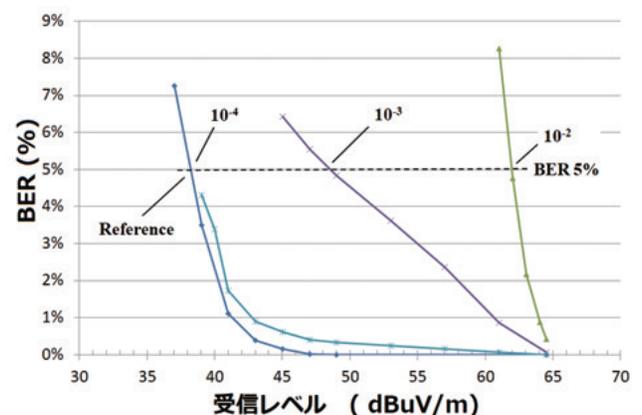


図3-2 パルス変調波の頻度をパラメータとしたDECTの受信レベルとエラーレートの関係

3.3 GPS

図3-3に、GPSに対するパルス変調波の頻度とC/Nの測定結果を示す。 10^{-1} でもC/Nに影響がなく、頻度10%まで、まったく影響がなかった。

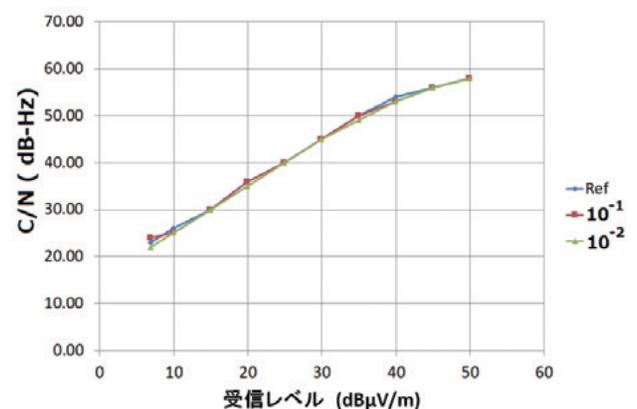


図3-3 パルス変調波の頻度をパラメータとしたGPSの受信レベルとC/Nの関係

3.4 Wi-Fi 11b

パルス変調波によるWLAN 11bへの影響を図 3-4 に示す。パルス変調波の頻度が 10^{-6} では影響なく、 10^{-5} から影響が表れている。エラーレート10%に着目すると、受信電界で20 dBもの影響があった。

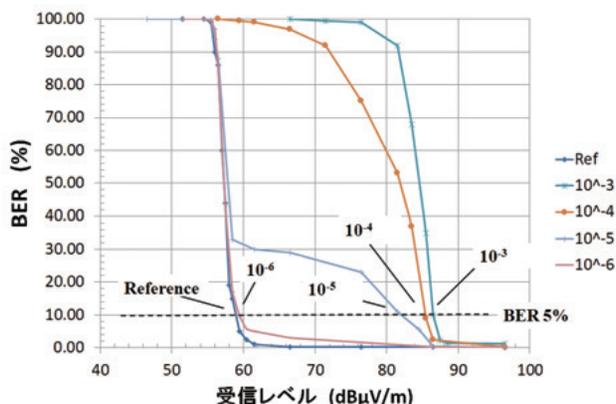


図3-4 パルス変調波の頻度をパラメータとしたWi-Fi 11bの受信レベルとエラーレートの関係

3.5 Wi-Fi 11g

パルス変調波による11gへの影響を図 3-5 に示す。パルス変調波の頻度が 10^{-6} では影響なく、 10^{-5} から影響が表れている。エラーレート10%に着目すると、受信電界で20 dBもの影響があった。

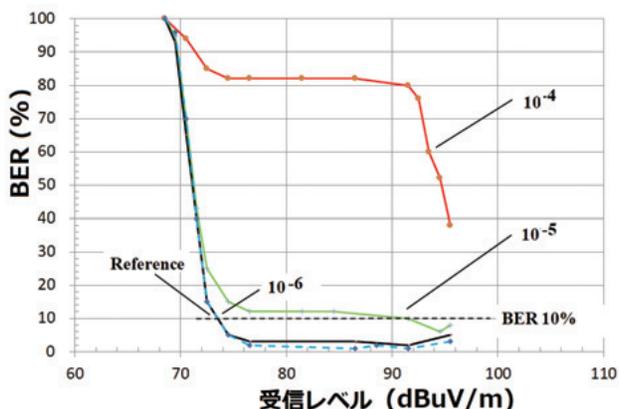


図 3-5 パルス変調波の頻度をパラメータとしたWi Fi 11gの受信レベルとエラーレートの関係

4. 考察

4.1 APD 1 MHzバンド幅の頻度への影響

APD受信機のブロック図を図 4-1 に示す。前段でIF周波数に変換された妨害波は、バンド幅1 MHzのフィルタ (BPF : Band Pass Filter) によって帯域制限された後、包絡線検波され、その後APDの演算が実施される。このように、受信されたパルス変調波は、

フィルタによって1 MHz以上の成分が減衰する帯域制限を受ける。つまり、鈍った波形になる。この時、パルス幅は、振幅の50%値をとれば、約1 μsとなる。今回の実験で確認した、頻度 10^{-3} のパルス波のAPD測定結果を図 4-2 にまた、波形 (ゼロスパン) を図 4-3 に示す。元は1/1000の頻度が、1/10程度になっていることが分かる。図4-4に頻度 10^{-3} の妨害波のAPD測定結果から計算した包絡線検波後の波形を示す。このように、振幅95%で比較すると、20 nsのパルス幅は、0.4 μsと、20倍になっている。

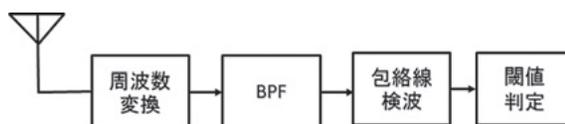


図4-1 APD受信機のブロック図

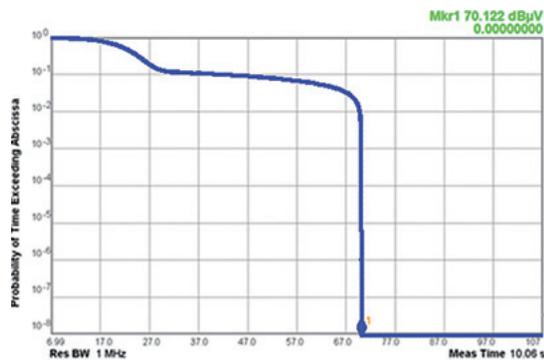


図4-2 頻度比 10^{-3} のパルス変調波のAPD測定結果

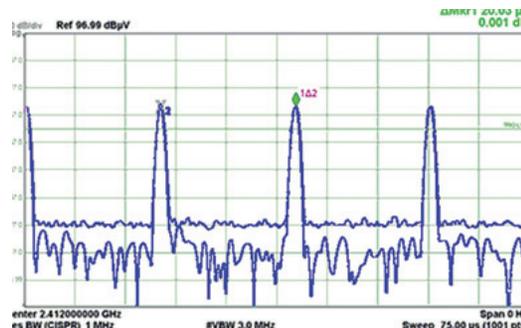


図 4-3 頻度比 10^{-3} のパルス変調波の時間波形

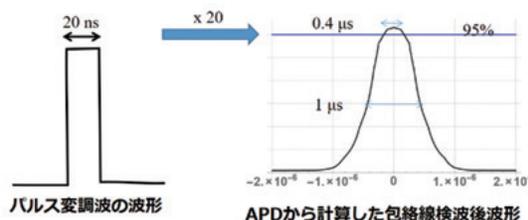


図 4-4 APD から計算した包絡線検波後の波形

4.2 スループットをパラメータとしたまとめ

前章のそれぞれの通信方式の結果は、妨害を受け始める頻度について調査したものである。ここではエラーレート10% (DECTは5%) に着目して、パルス変調波の頻度と妨害波の影響を受けても同じエラーレート維持できる受信レベルについて、過去の結果を含めひとつのグラフにプロットしたのが、図 4-5である。

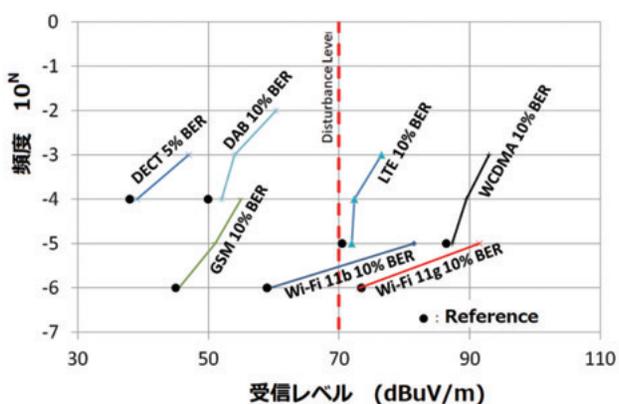


図 4-5 各通信方式のエラーレートをパラメータとした妨害波の頻度比と受信レベルの変化

ここで、妨害波は受信レベルで70 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$) を印加しており、図 4-5の中央の赤点線で示した。各通信方式で妨害のないときエラーなしの時の受信レベルは、それぞれのプロットの左下の黒●であらわしている。各通信方式の結果は、広範囲に分散している。この図は、影響を受け始めるぎりぎりの信号レベルと妨害波レベルの比 (C/N比) を表している。一番C/N比が必要なのは、WCDMAで、15 dBとなっている。これらの結果は、今回実験した端末の受信機性能に依存した値であるが、それぞれの通信方式の特徴も含まれていると思われる。

妨害波の頻度との関係を見るとDABでは、 10^{-4} から 10^{-2} の間で、影響が出始めている。一方、Wi-Fi 11gおよびGSMについては、 10^{-6} から 10^{-5} と低頻度で影響が出始めている。DABの方が、より強力な誤り訂正方式が実装されていることが推定される。

表 4-1 各通信方式と耐雑音技術

耐雑音技術	GSM (GPRS)	Wi-Fi	DAB
誤り訂正符号	× (CS4)	○	○
周波数インターリーブ	×	○	○
時間インターリーブ	○	×	○
OFDM	×	○	○

表4-1 に各通信方式と耐雑音技術の一覧を示す。GSM (GPRS: General Packet Radio Services)の今回実験したCode scheme CS-4は誤り訂正符号を使用していない。また、Wi-Fiについては、サブキャリア間に分散する周波数インターリーブを使用しているが、時間方向に分散する時間インターリーブを使用していない。今回のようにインパルス雑音は、時間は短いが高帯域なので、時間インターリーブが有効である。これらが、GSMやWi-Fiの低頻度妨害で影響が観測された理由と思われる。

4.3 APD許容値案の検討

この実験の結果では、DAB およびDECTについては、 10^{-4} から 10^{-2} の間で、影響が出始めている。これまでの結果の中で一番影響が大きいのは、Wi-Fi 11gおよびGSMで、 10^{-6} から 10^{-5} と低頻度で影響が出始めている。

4.1で説明したように、CISPR 16-1-1に規定されたAPD測定を採用するとBPFによって、およそ20倍に頻度は増加する。よって、 10^{-6} と 10^{-5} は、それぞれ、 2×10^{-5} と 2×10^{-4} になるので、 10^{-4} を許容値とするのが妥当と判断した。

図4-6 にAPD許容値 (案) を示す。APDの単調減少という特徴から、図4-6の赤点 (10^{-4} , 70 dB ($\mu\text{V}/\text{m}$)) 一点を指定すると右上の領域 (黄色) は、存在しえない。平均値許容値と合わせて、図4-6の点線以下の領域が許容される範囲となる。

また、図4-7にAPD測定を適用する場合の判定フロー (案) を示す。現在まだ、広帯域を一度に測定可能なレシーバーが入手できないため、まずPeak検波で全周波数を観測し、Peak許容値を超えた部分のみAPD測定を実施する案になっている。平均値に関しては、CISPR 32の要求では、CISPR平均値となっている。これは、機械式メーターの時定数 (100ms) を考慮した平均値で、100 Hz以下の周期で変動する妨害波の場合、測定値が数学的平均値より高くなる特性がある。よって、このような妨害波の場合は、APD測定で平均値を代替できない。そこで、図4-7の判定フロー (案) では、これを考慮するため妨害波が100 Hz以下の変動があるかどうかを判定して、ある場合は、CISPR平均値測定を実施することとしている。

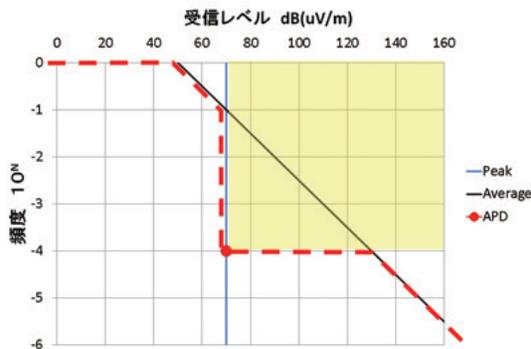


図4-6 APD許容値(案)

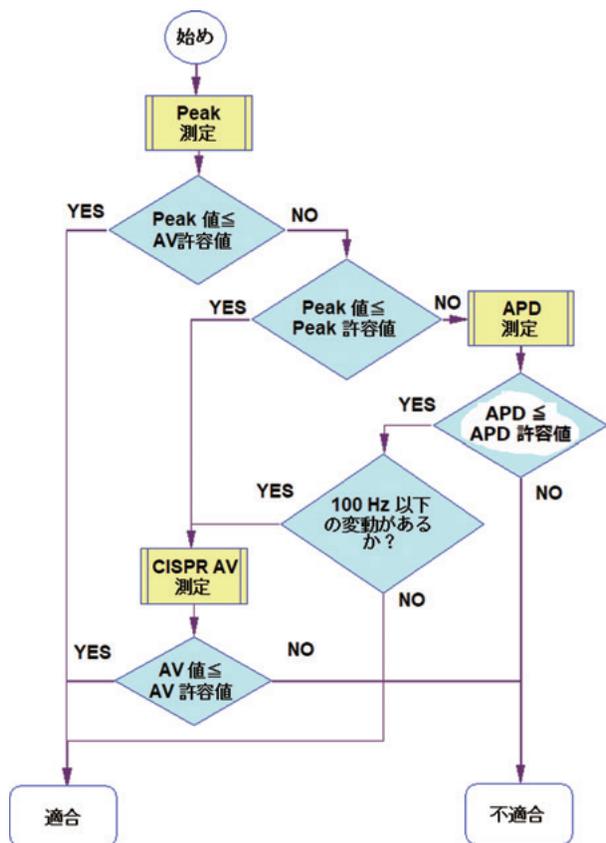


図4-7 APD測定を適用する場合の判定フロー(案)

5. 結論

DABについては、パルス変調波の頻度が 10^{-3} から 10^{-2} の間で、影響が出始めている。一方、DECTについては、 10^{-4} から 10^{-3} と低頻度で影響が出始めている。

これまでの実験で、一番低いイミュニティ性能が観測された無線サービスは、Wi-FiおよびGSMである。この結果を基に、許容値を算定するので、昨年提案した $10^{-4}@70\text{dBuV/m}$ を許容値とするのが妥当と結論づけた。

6. CISPR 国際会議での成果

本実験の結果は、2018年2月ミラノで開催されたCISPR SC-I MT7会議にて報告した。同時に、APDの許容値一次案(図4-5, 図4-6)についても説明した。支持する意見も多く、CISPR 32へのAPD測定の導入に向けて、着実に前進している確信を得た。今後、サンプル数を増やして許容値案の妥当性を確実にすることを報告した。

7. おわりに

これまでの実験結果は、方式毎に1台のサンプルの結果であり、さらにサンプルを増やして調査する必要がある。特に、APD許容値の決定に関連の深い、GSMについて、端末の種類を増やして調査し、許容値の正当性を向上する必要がある。

平成30年度は、GSMについて、複数の代表的スマートフォンを準備して、調査中である。

2017年度 イミュニティ委員会の活動

PoE 給電機能を持った通信ポートにおける サージイミュニティ試験用 CDN 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. 背景

現行の雷サージイミュニティはCIAJ(情報通信ネットワーク産業協会) イミュニティガイドライン (CES-0030-3) で図1.1のように規定されている。これは国際規格 CISPR 24 に準拠した試験仕様である。

印加箇所	試験仕様	単位	注記事項	判定基準
信号ポート 通信ポート	1 4 10/700	kV kV T1/T2 μ s	注1 注2	C
入力 DC 電源 ポート	0.5 (コモンモード) 1.2/50(S/20)	kV T1/T2 μ s	注1 ライン-大地間に適用	B
入力 AC 電源 ポート	1 (ノーマルモード) 2 (コモンモード) 1.2/50(S/20)	kV kV T1/T2 μ s	注3	B

注1 製造業者の仕様に従い屋外ケーブルに直接接続される可能性のあるポートにのみ適用する。
注2 一次保護回路の取り付けを前提にしたポートに対し、一次保護回路を取り付けて 4kV までのサージ電圧を印加する。そうでない場合は、一次保護回路を用いずに 1kV の試験電圧を印加する。
注3 製造業者が保護手段を規定している場合で試験中におけるこれらの保護手段の評価の模範が実行できない時は、適用する試験レベルは 0.5kV (ライン対ライン間)、1kV (ライン対大地 (グラウンド) 間) に引き下げても良い。

図1.1 雷サージイミュニティの試験レベル

上記のように、電源ポートへの印加試験では、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のは許容される) であるのに対し、信号ポートや通信ポートでは判定基準C (電源オフ・オン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) となっている。本件について CISPR の審議の中で、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。通信ポートにおけるサージイミュニティ試験の一般性能判定基準をBにした場合のインパクトについて調査するため、実際に市場で販売されている PoE (Power over Ethernet) 機能付きの通信機器の実力を調査した結果、試験に使用する CDN (Coupling Decoupling Network) の種類によっては

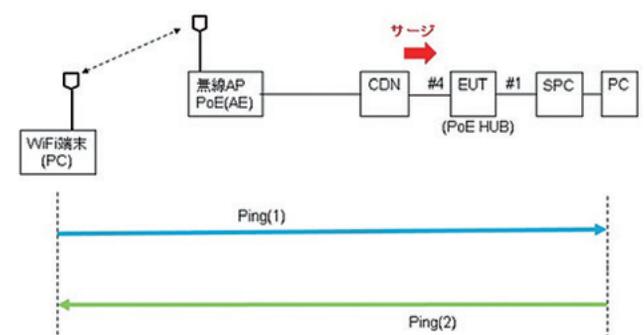
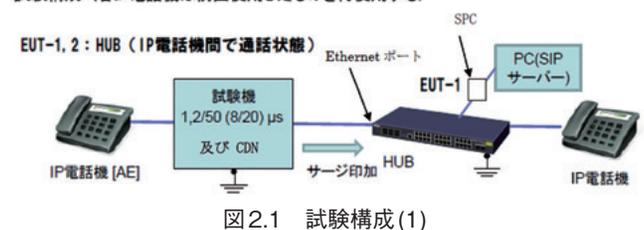
PoE 給電/受電の自然復旧が妨げられていることが判明した (→H28年度 PoE 機能を持った通信ポートにおけるサージイミュニティ試験の調査研究)。今回は、CIAJ で作成した新たな二種類の CDN を使用し、通信ポートに対する同試験を行う際の注意すべき点を洗い出す。

2. 実験構成および試験条件

1) 実験構成

図2.1、図2.2に示す通り。EUT (Equipment Under Test) に接続する PC に対して Ethernet 用サージ保護器 (SPC) を挿入した。

試験構成 (各IP電話機は前回使用したものを再使用する)



(注1) 図中の #1, #4 は接続する LAN ポートの番号を示す。
(注2) PC の LAN_ADPI (LAN ポート) には、それぞれの IPAddr を設定すること。

図2.2 試験構成(2)

試験の際には、WiFi端末とPCの間にてpingを連続送信した状態に設定した。

2) EUTとAE(Associated Equipment)について

AC 100v入力のもの (EUT-1と呼ぶ)、及びACアダプター方式のもの (同EUT-2) の二種類を使用した。AEとしてIP電話機に加えWEBカメラと無線アクセスポイント (AP) を追加。

3) サージ波形、試験条件について

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、1.2/50 (8/20) μ sの波形を使っている。

『10/700 μ 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) μ sの波形と適当な結合回路を使用して実施してもよい。』(同ガイドラインの表10-2に記載の注7)。サージの印加は時間の制約もあるため以下の条件にて実施。

- ①試験電圧…基本的に1 kVのみの試験を行った。必要に応じて低い電圧値でも実施。
- ②印加極性…「+」と「-」の二種類を実施。
- ③印加回数…一部の除き、各1回づつ。

(EUTのFGは基準グラウンドに接続した)

4) 使用した二種類のCDN

以下に示すCDN (回路案1)、およびCDN (回路案2)を使用した (詳細はCIAJホームページ (*) の通

信装置におけるイミュニティガイドラインのページを参照)。構成回路はIEC 61000-4-5Ed.3のFig.11に記されたものと同等の midpoint tap付きトランスによるサージ印加を行う形式とした。更にPoE給電初期化シーケンスに影響を与える1 (2) 対と3 (6) 対に等価的に入る容量成分を低減させる為、回路案2においては、CD (Coupling Device) として低容量のサージ防護素子 (TSS (Thyristor Surge Suppressor)) を使用した。他方、回路案1においては、各C1としてPoE給電初期化シーケンスに影響を与えない容量値を選択した。

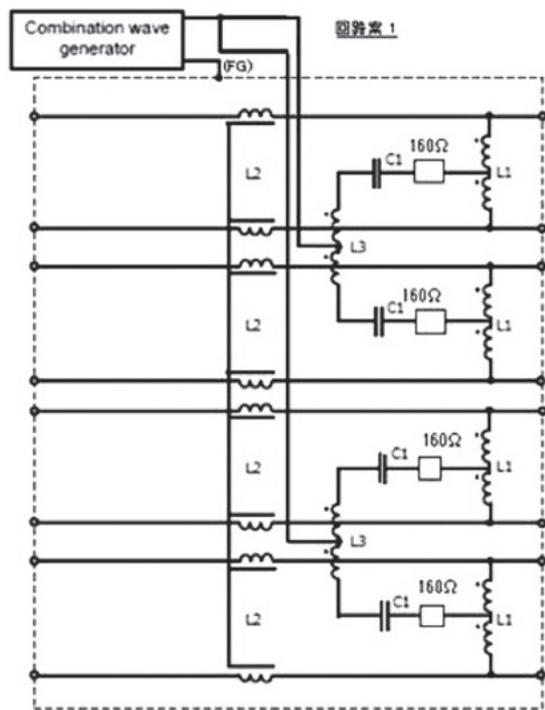


図2.3 CDN (回路案1)

(*) https://www.ciaj.or.jp/standards_publications.html

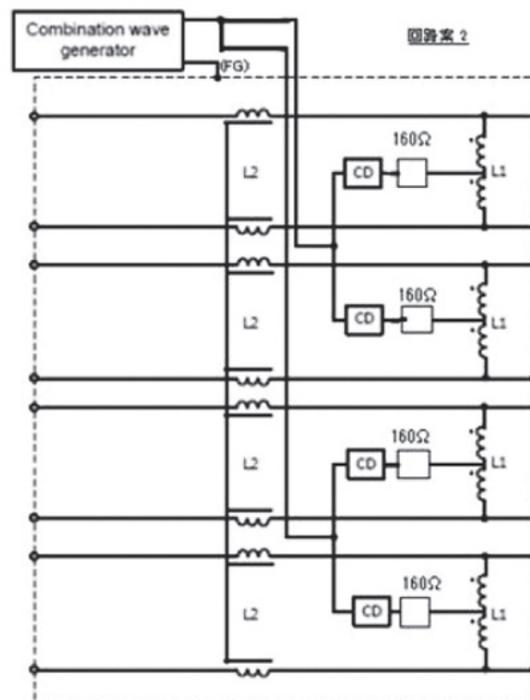
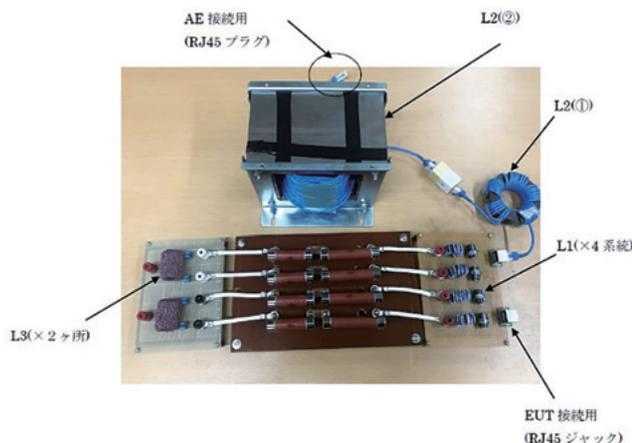


図2.4 CDN (回路案2)

参考のために、CDN (回路案1) の外観を以下に示す。



5) PoE電圧の観測治具

EUT内部に手を入れずに測定する為の簡易的な方法として今回の実験では、右に示す抵抗器を使ったコ

モン電位生成治具を作製。具体的には、RJ-45コネクタの1-2pin間の中点をx端子、3-6pin間の中点をy端子とし、x点とy点の電位の差を「PoE電圧」として観測した。

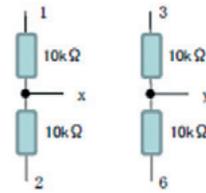
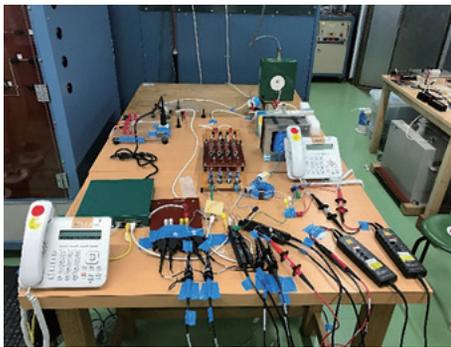


図2.6 PoE電圧治具

6) 多数のプローブ

同時観測各芯線に加わる波形を同時測定するために、高圧プローブ (4p)、PoE電圧測定治具と高圧差動プローブ、電流プローブ (4p) を、給電ライン (1,2,3,6pin) に接続した。



接続詳細については図2.7と図2.8示す通り。

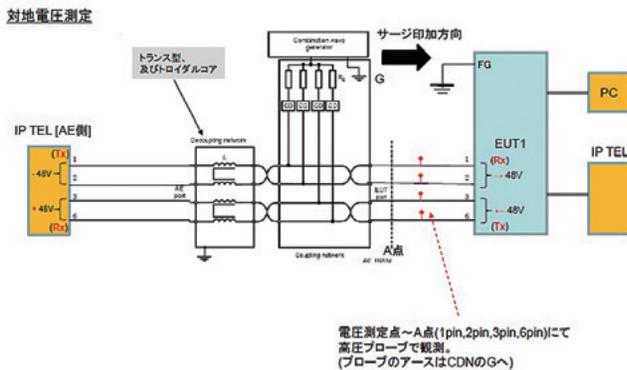


図2.7 対地電圧測定

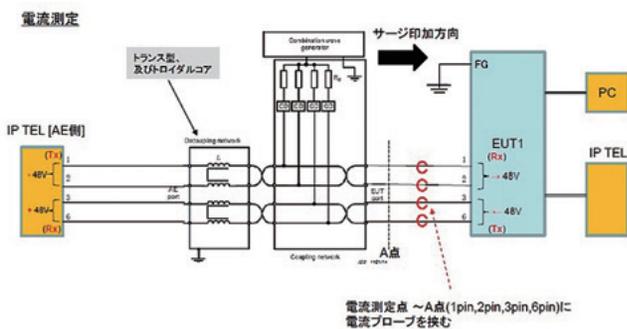


図2.8 電流測定

3. 実験結果

1) CDNの単体特性の調査

a. 解放電圧と短絡電流の測定 (較正)

表3.1 CDN (回路案1) と CDN (回路案2) の波形

61000-45 Ed.3.0 Table 10

サージ発生器 出力電圧	CONの EUT側 出力電圧 ±10%	電圧 front time $f=1.67 \cdot Tr$ ±30%	電圧 duration $Td=Tw$ ±30%	CDNの EUT側 出力電流 ±20%	電流 front time $Tf=1.25 \cdot Tr$ ±30%	電流 duration $Td=1.18 \cdot Tw$
2kV	2kV	1.2 μs	45 μs	48A	1.5 μs	45 μs

回路案1

サージ発生器 出力電圧	CONの EUT側 出力電圧 ±10%	電圧 front time $f=1.67 \cdot Tr$ ±30%	電圧 duration $Td=Tw$ ±30%	CDNの EUT側 出力電流 ±20%	電流 front time $Tf=1.25 \cdot Tr$ ±30%	電流 duration $Td=1.18 \cdot Tw$
0.58kV	446V	1.5 μs	54.55 μs	10.2A	1.73 μs	39.49 μs
推測 2.32kV	1.78kV	1.5 μs	54.55 μs	40.8A	1.73 μs	39.49 μs

回路案2

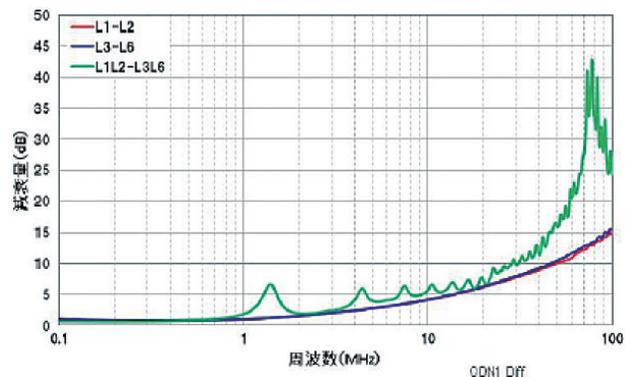
サージ発生器 出力電圧	CONの EUT側 出力電圧 ±10%	電圧 front time $f=1.67 \cdot Tr$ ±30%	電圧 duration $Td=Tw$ ±30%	CDNの EUT側 出力電流 ±20%	電流 front time $Tf=1.25 \cdot Tr$ ±30%	電流 duration $Td=1.18 \cdot Tw$
1.15kV	984V	1.65 μs	55.4 μs	24.5A	1.85 μs	53.11 μs
推測 2.30kV	1.97kV	1.65 μs	55.4 μs	49.0A	1.85 μs	53.11 μs

・ CDN (回路案1) : 電圧振幅が小さい。耐圧懸念があり、試験は+500Vで実施した。

・ CDN (回路案2) : Tf (Tr) 値が大きい。その他の項目は規格に適合した。試験は+1000Vで実施した。

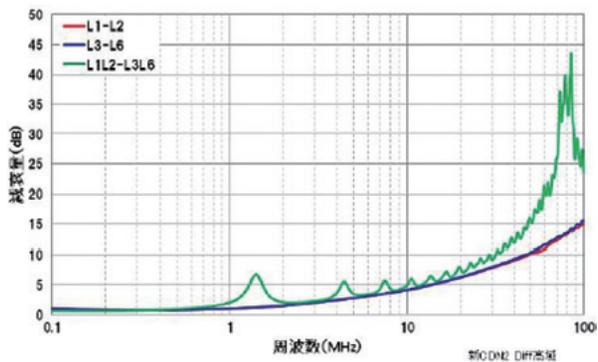
b. 伝送損失特性 (注1)

・ CDN (回路案1) について



(注.1) “L1-L2”や”L3-L6”は対向する1,2pin間または3,6pin間の損失特性。“L1L2-L3L6”は1pinと2pinを短絡、及び3pinと6pinを短絡した状態で対向する1pinと3pin間の損失特性。

・ CDN (回路案2) について



2) CDN (回路案1) を使ったサージ試験

表3.2 CDN (回路案1) によるサージ試験結果

EUT 区分	AE 区分	印加サージ [V]	EUT リポート 有無	AE リポート 有無	PoE 電圧 瞬断有無 瞬断時間	EUT 復旧 有無	AE 復旧 有無	備考
EUT-2	IP 電話	-300	無	無	-	-	-	
EUT-2	IP 電話	-500	有	有	5.8S	有	有	波形③
EUT-2	IP 電話	+500	有	有	70μS	有	有	
EUT-2	IP 電話	+300	無	無	-	-	-	
EUT-2	IP 電話	+1000	有	有	80μS	有	有	
EUT-2	IP 電話	-1000	有	有	100uS	有	有	波形②
EUT-1	IP 電話	+300	無	無	20μS	-	-	
EUT-1	IP 電話	-300	無	無	-	-	-	
EUT-1	IP 電話	+500	有	有	80μS	有	有	
EUT-1	IP 電話	-500	有	有	-	有	有	
EUT-1	IP 電話	-1000	有	有	有/400uS 遅れ	有	有	
EUT-1	IP 電話	+1000	有	有	90uS	有	有	波形①

a. 観測波形①--瞬断の例、+1000V印加

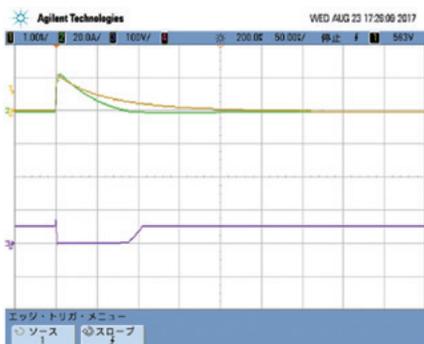


図3.1 PoE電圧の瞬断、+1000v印加
上段：サージ電圧 (黄)、流入電流 (緑)
下段：PoE 電圧 (時間軸は50uS/div)

b. 観測波形②--瞬断の例、-1000V印加



図3.2 PoE電圧の瞬断、-1000v印加
上段：サージ電圧 (黄)、流入電流 (緑)
下段：PoE 電圧 (時間軸は50uS/div)

c. 観測波形③--給電断、および自動復旧の例

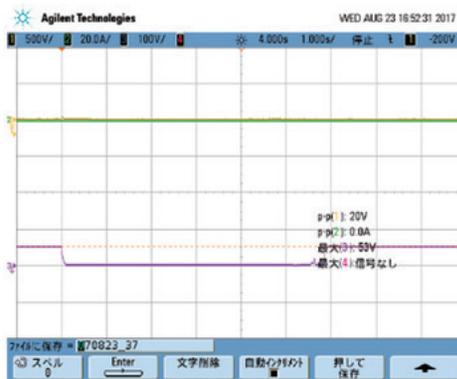


図3.3 PoE電圧の断と復旧、-500v印加
上段：サージ電圧 (黄)、流入電流 (緑)
下段：PoE 電圧 (時間軸は1S/div)

3) CDN (回路案2) を使ったサージ試験

表3.3 CDN (回路案2) によるサージ試験結果

EUT 区分	AE 区分	印加サージ [V]	EUT リポート 有無	AE リポート 有無	PoE 電圧 瞬断有無 瞬断時間	EUT 復旧 有無	AE 復旧 有無	備考
EUT-2	IP 電話	+1000	有	有	100μS	有	有	
EUT-2	IP 電話	+500	有	有	130μS	有	有	
EUT-2	IP 電話	+300	無	無	-	-	-	
EUT-2	IP 電話	-500	有	有	5.8S	有	有	
EUT-2	IP 電話	-300	無	無	-	-	-	
EUT-2	IP 電話	-1000	有	有	160μS	有	有	
EUT-1	IP 電話	-1000	無	有	-	-	有	
EUT-1	IP 電話	-500	無	有	-	-	有	
EUT-1	IP 電話	-300	無	有	-	-	有	
EUT-1	IP 電話	+300	無	無	20μS	-	-	
EUT-1	IP 電話	+500	無	有	125μS	-	有	
EUT-1	IP 電話	+1000	無	有	160μS	-	有	
EUT-1	WEB カメラ	+1000	無	無	150μS	-	-	
EUT-1	WEB カメラ	-1000	有	有	緩やかに off	有	故障	
EUT-1	無線 AP	+300	無	無	20μS	-	-	
EUT-1	無線 AP	-300	無	無	-	-	-	
EUT-1	無線 AP	+500	無	無	-	-	-	
EUT-1	無線 AP	-500	無	無	-	-	-	
EUT-1	無線 AP	+1000	無	無	150μS	-	-	
EUT-1	無線 AP	-1000	無	無	-	-	-	
EUT-2	無線 AP	+300	無	無	-	-	-	
EUT-2	無線 AP	-300	無	無	-	-	-	
EUT-2	無線 AP	+500	無	無	130μS	-	-	
EUT-2	無線 AP	-500	無	無	130μS	-	-	
EUT-2	無線 AP	+1000	無	無	150μS	-	-	
EUT-2	無線 AP	-1000	有	有	450μS 以上	有	有	
EUT-2	無線 AP	-1000	有	有	5.8S	有	有	(同上の2項目)

4) CDN (回路案1) と CDN (回路案2) の結果比較

表3.4 EUT-1 のサージ試験結果

CDN 種類	EUT 区分	印加サージ [V]	EUT リポート 有無	AE リポート 有無	PoE 電圧 瞬断有無 瞬断時間	EUT 復旧 有無	AE 復旧 有無	備考
回路案1	EUT-1	+300	無	無	20μS	-	-	
回路案1	EUT-1	-300	無	無	-	-	-	
回路案1	EUT-1	+500	有	有	80μS	有	有	
回路案1	EUT-1	-500	有	有	-	有	有	
回路案1	EUT-1	+1000	有	有	90μS	有	有	
回路案1	EUT-1	-1000	有	有	有/400uS 遅れ	有	有	
回路案2	EUT-1	+300	無	無	20μS	-	-	
回路案2	EUT-1	-300	無	有	-	-	有	
回路案2	EUT-1	+500	無	有	125μS	-	有	
回路案2	EUT-1	-500	無	有	-	-	有	
回路案2	EUT-1	+1000	無	有	160μS	-	有	
回路案2	EUT-1	-1000	無	有	-	-	有	

表3.5 EUT-2のサージ試験結果

CDN 種類	EUT 区分	印加 サージ [V]	EUT リポート 有無	AE リポート 有無	PoE 電圧 瞬断有無 瞬断時間	EUT 復旧 有無	AE 復旧 有無	備考
回路案1	EUT-2	+300	無	無	-	-	-	
回路案1	EUT-2	-300	無	無	-	-	-	
回路案1	EUT-2	+500	有	有	70 μ S	有	有	
回路案1	EUT-2	-500	有	有	5.8S	有	有	
回路案1	EUT-2	+1000	有	有	80 μ S	有	有	
回路案1	EUT-2	-1000	有	有	100 μ S	有	有	
回路案2	EUT-2	+300	無	無	-	-	-	
回路案2	EUT-2	-300	無	無	-	-	-	
回路案2	EUT-2	+500	有	有	130 μ S	有	有	
回路案2	EUT-2	-500	有	有	5.8S	有	有	
回路案2	EUT-2	+1000	有	有	100 μ S	有	有	
回路案2	EUT-2	-1000	有	有	160 μ S	有	有	

以上のとおり、PoE電圧が断となる時間に差は有るがその振る舞いは同様である事を確認できた。

5) AE側に流入するサージ電流測定

AE側に流入したサージ電流の状況を調べる為EUT-1およびEUT-2とIP電話機の対向セットにて、CDN（回路案2）を使った試験を実施した。ここでは、AE側のLANポートの1（2）、3（6）、4（5）、7（8）の各信号線”対”に電流プローブを装着し、各”対”に流れるサージ電流を観測した。ここで、「1（2）」とはLANケーブル芯線1と2の対を示している。測定の実験図を以下に記す。

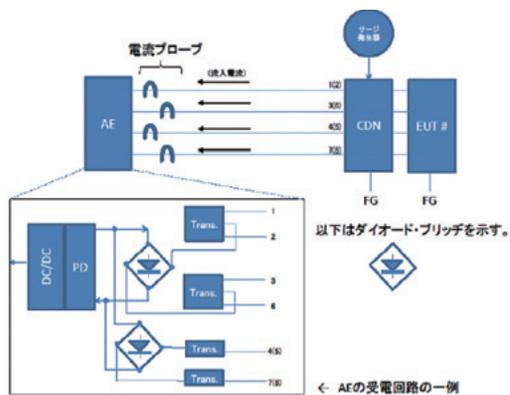


図3.4 AEに流入するサージ電流の測定系

a.EUT-1、AEはIP電話機、CDN（回路案2）の組合せ
-1kVサージ印加時の対地電圧とAE側に流れ込む電流の測定結果を以下に示す。流れ込む電流を+（プラス）にて記述。グラフの横軸は0～500 μ sを示す。

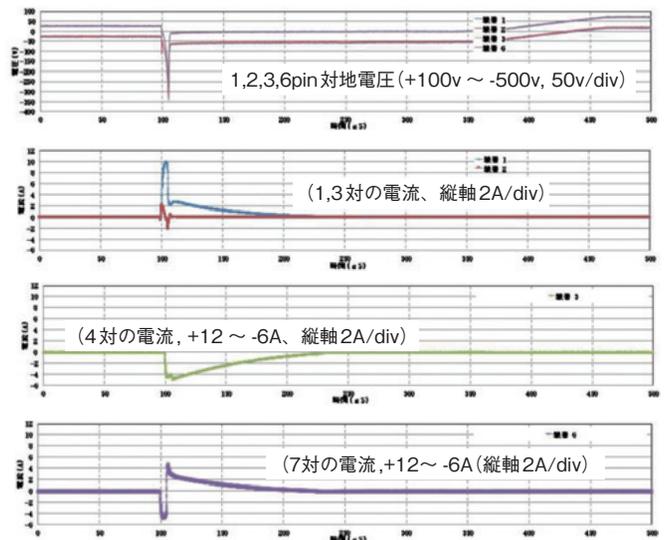


図3.5 -1kV印加時に各対に流入する電流、EUT-1とCDN（回路案2）

6) CDN（回路案2）のCD（TSS）応答

以下に-1kV印加時の電圧と電流の波形の例を示す、4つの素子間の応答に顕著な差は無かった。

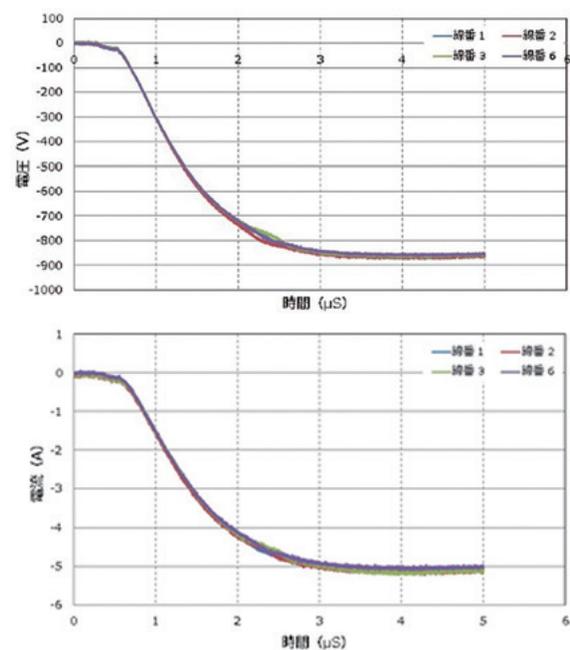


図3.6 TSSの応答

4. 結果のまとめ

以上の結果について、要点を取り纏めると以下のことが言える。

- ・CDN（回路案1）とCDN（回路案2）はIEC 61000-4-5 Ed.3 波形規格にほぼ適合した。伝送損失特性も良好であった。

- ・WEBカメラ・無線APとともにCDN(回路案1)とCDN(回路案2)を使ったサージ試験において、「EUTリポート⇒PoE電圧断⇒AE自動復旧」の状態遷移が確認できた。その結果、判定基準Bを満たすことを確認。なお、後述するように、試験中にAEとして採用したWEBカメラのPoE受電部が破損する現象に遭遇したが、これはAE自身のサージ耐性が低いということであり、CDN回路に起因するものではない。
- ・IP電話機についても、機器それ自身は自動復旧する事を確認した。ただし、呼は切れた。今後、呼を再接続するACTIONを「Operatorの介在」と解釈するか否かの整理/判断についての更なる協議/整理が必要。
- ・-1kVサージ印加試験にて、WEBカメラのPoE受電部が故障した。調査の結果、AE側に大きなノーマル・モードのサージ電流が流れていることが判った。(→5.考察を参照)
- ・CDN(回路案1)使用中に、サージ印加後にPoE電圧断が発生するタイミングが、通常よりも400 μ sほど遅れる現象が観測された。(→5.考察を参照)
- ・EUT-1とCDN(回路案1)の組み合わせ試験、ただしAEはIP電話機を使用した際、「EUTリポート⇒PoE断⇒AE動作停止」となった後にPoE給電が自動復旧しないことを確認した。また、復旧させる為に、EUT-1のFGを試験系のFGから浮かせる必要があることが判明した。

5. 考察

幾つかの測定結果に対して、以下の通り考察を行う。

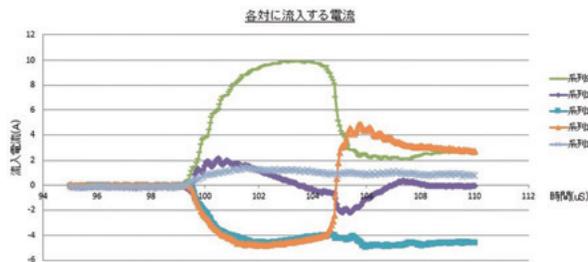
1) 各EUTからAEへ流入するサージ電流に関する考察

1(2),3(6),4(5),7(8)対へ流入する(または流出する)電流について以下の通り検討を行う

①EUT-1、AEはIP電話機、CDN(回路案2)の組合せ - 1kVサージ印加時

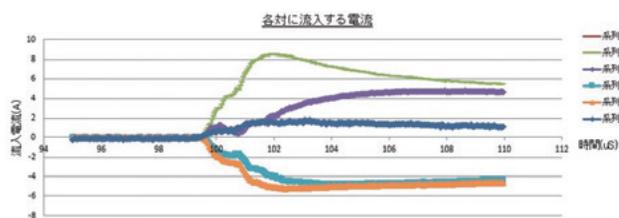
系列9,10,11,12は、それぞれ1(2),3(6),4(5),7(8)対の電流。系列13は各電流値の総和であり、本来はゼロ(0)となるべきもの。

⇒前半は10A (peak) の値、後半は3~4Aの電流がPoE受電回路に流入していたことがわかる。



②EUT-2、AEはIP電話機、CDN(回路案2)の組合せ - 1kVサージ印加時

⇒全体を通して8~10Aの電流がPoE受電回路に流入していた。



以上のことから、サージ波形印加後に1(2),3(6),4(5),7(8)の各対を経由して流入する(または流出する)電流値とその時間タイミングが確認できた。その結果、サージ印加以降にアンペア単位の電流がPoE受電部に流れ込んだことが分かった。

通常、サージ試験時には、EUTに印加されるコンモードのサージ電圧のみが注目されるが、同試験に用いられるAE側にノーマル・モードのサージ電流が流れる現象に対しても注意を払うべきことが、新たに分かった。

2) 「CDN(回路案1) + EUT-1」のサージ試験時にPoE電圧断の遅れが生じる件に対する考察

サージ印加の際にPoE電圧が断にならない理由、お

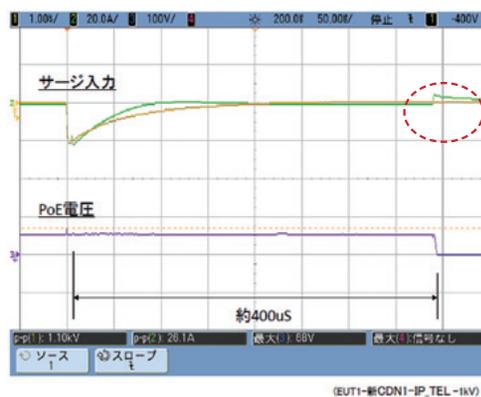


図5.1 CDN(回路案1)とEUT-1の印加サージ波形

よびPoE断が遅れて発生する状況について検討する。図5.1のとおり、サージ発生器側に付けた電流プローブに対して、見掛け上サージ印加後の400 μ s経過後にサージ発生器からCDNへ2A程度の電流(下図の緑線)が注入されていた。

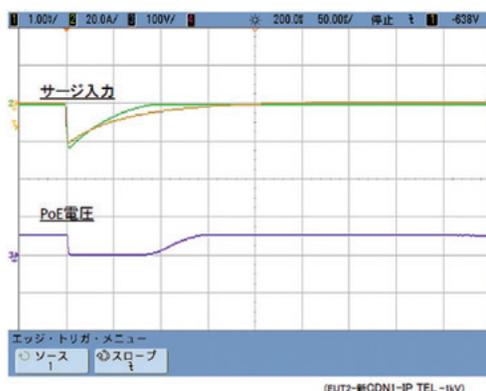


図5.2 CDN (回路案1) とEUT-2の印加サージ波形

一方、EUT-2を使った同じ構成の試験では、この現象は起きていない(図5.2を参照)。さらに、CDN(回路案2)とEUT-1またはEUT-2との組み合わせ時の-1kVサージ試験においても、同様な現象は見られない。

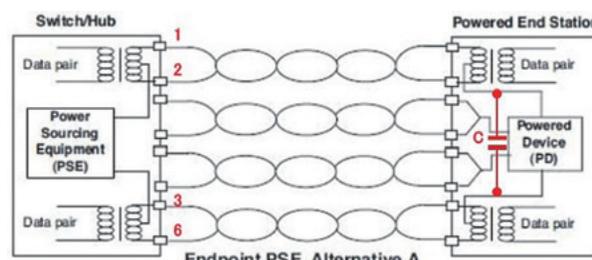
以上のことから、この異常電流によってPoE給電系(PSE chipまたはPD chip)のshut-down回路が働き、約400 μ s遅れてPoE電圧断に至ったものと考えられる。

6. 課題

- ・ EUT内のサージ保護回路が、AE側へ流入するサージ電流の経路を複雑化しており、想定外のノーマル・モードのサージ電流が生成されている事を確認した。この現象は、今後、さらにそのメカニズムを解明する必要があるため今後の課題としたい。
- ・ EUT-1とCDN(回路案1)の対向(この時のAEはIP電話機)にて、PoE給電を行うために、EUT-1のFG端子を実験系のFGから浮かせる必要がある現象が判明した。原因究明のためには、EUT-1機器の内部回路の調査が必要である。
- ・ CDN(回路案1)の耐高電圧化。
恒久的な高圧サージ試験のために、CDN(回路案1)の構成部品の耐圧アップが必要である。

7. CISPRへの対応

- ・ IEC 61000-4-5 Ed 3.1 (12/22現在の最新版)のFig.11に関し、PoE仕様をサポートするEthernet通信ポートを試験する際に使うCDNに対しては、PoE仕様(IEEE 802.3af規格)に則り重信回線経路つまり1(2) pin-3 (6) pinの対向経路に等価的に存在するキャパシタンス値(下図の赤字のCを参照)を、規定値(150nF)以下に管理すべきであることをCISPR/I MT8ミラノ会議(2018年2月)の席で報告した。その結果、本件はTC77/ SC77BのMT12及びACECへ申し送る事が決まった。



(上図はIEEE 802.3af規格より引用したものに赤字にて追記)

- ・ 市販製品のCDNによっては、機器が自動復旧したとしてもPoE給電のためのイニシャライズ信号を伝送することができず(伝送するためのスイッチ操作などが必要)、Operatorの介入なしに性能判定が実施できないという課題があった。本報告の二種類のCDNを使うことにより、サージ印加後、機器が自動復旧することを確認できたため、前記の課題を解決することが可能である。本件についても前記CISPR/I MT8へ報告した。

総務省/電波環境協議会主催 電波環境協議会シンポジウム ～ 医療機関における安心・安全な 電波利活用促進シンポジウム～

2016年にEMCCが策定・公表した「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」の普及のために、2019年2月28日（木）に「医療機関における安心・安全な電波利活用促進シンポジウム」を、JPタワーホール&カンファレンスホールにおいて開催し約300名の方に来場いただきました。なお、このシンポジウムには、一般社団法人電波産業会の他、厚生労働省、文部科学省、公益社団法人日本医師会、四病院団体協議会、公益社団法人全国自治体病院協議会、公益社団法人日本臨床工学技士会、一般社団法人電子情報技術産業協会からのご後援をいただいています。

シンポジウムでは、総務省総合通信基盤局電波部長 田原 康生様より、開会のご挨拶をいただきました。その後、EMCC会長 福地 一様より、EMCCの紹介がありました。講演としては、「医療機関における電波利用のグッドプラクティス」の事例を、信州大学助教 古畑 貞彦様と佐賀大学教授 花田 英輔様にご紹介いただきました。滋慶医療科学大学院大学教授 加納 隆様からは、「電波の安全性確保と有効利用に向けた新技術」についてご講演をいただきました。更に、パネル・ディスカッションでは、「医療機関における電波の安全使用のためのICT活用及び人材育成について」と題し、加納様にコーディネータを務めていただき、公益社団法人日本医師会常任理事 石川 広己様、一般社団法人日本病院会 副会長 大道 道大様、公益社団法人日本臨床工学技士会常任理事 高道 昭一様、神戸市立西神戸医療センター主査 藤井 清孝様に加え、当日講演いただいた古畑様、花田様にパネリストとして参加いただきました。



編集後記

(株)東芝 庄木様より「WPT技術の今後の展開と制度化・標準化の最新動向（電磁界結合近傍型WPTから空間伝送型WPTへ）」をご紹介いただきました。

専門委員会からは、本年度委員会となった医療機関における電波利用推進委員会の副委員長 佐賀大学 花田様から、2017年度の「医療機関における電波利用推進部会」の活動内容について寄稿いただきました。妨害波委員会からは平成29年度活動報告として、一般社団法人電子情報技術産業協会 千代島様から「続CISPR 32における放電ノイズ等のAPD測定に関する調査研究報告」を、イミュニティ委員会からは平成29年度活動報告として、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「PoE給電機能を持った通信ポートにおけるサージイミュニティ試験用CDNの調査研究報告」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34号

2019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

