KEC情報

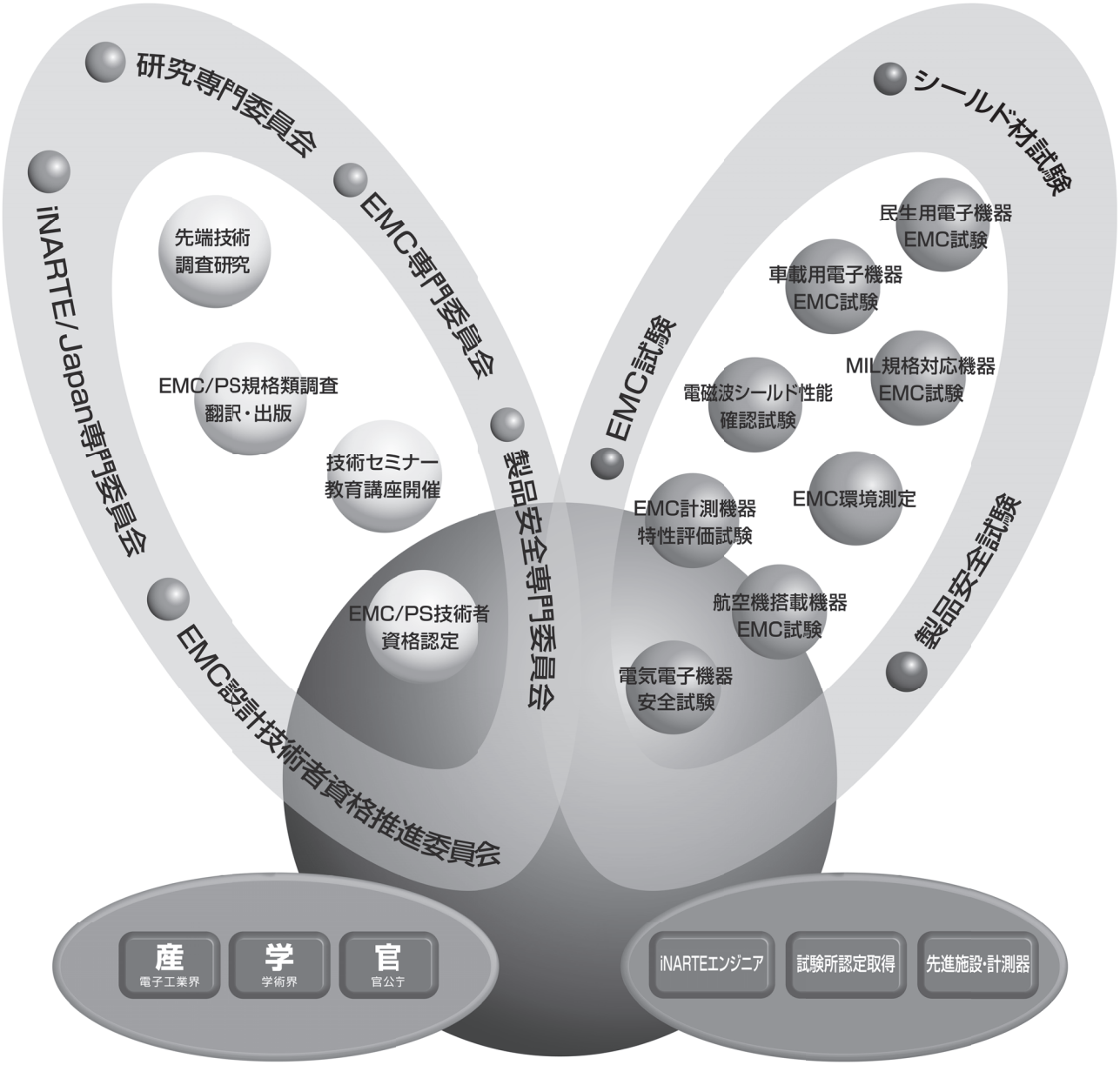
No. 253
Apr. 2020

「変わりつつあるEMC測定評価技術」

1. CISPR妨害波許容値と測定器の基礎
2. 電波暗室におけるEMI評価とその課題
3. 実環境を想定した放射イミュニティ測定の検討
4. 放射エミッション測定におけるVHF-LISN標準化の取り組み
5. ANSI C63.5に基づくアンテナ校正サイトに対する
   サイト特性要求の検証

一般社団法人KEC関西電子工業振興センター

ソフト＆ハード両面で
電子業界の技術力向上を支援します



委員会事業

委員会活動は広く産・学・官の方々のご協力を得て、電子関連の先端技術の調査・研究や各種セミナー・技術講座の開催および規格解説書・ガイドブック出版等を通じ、電子業界の技術力向上や人材育成を支援しています。

EMC・製品安全試験事業

試験事業部は試験品質システム規格であるISO/IEC　17025に基づく試験ラボ所認定を取得しており、世界に認められたEMC総合試験機関として充実した設備群を有し、ご利用者の製品開発におけるEMCおよび安全試験を支援しています。

一般社団法人KEC関西電子工業振興センター

KEC Electronic Industry Development Center

https://www.kec.jp/

KEC情報

No.253
Apr. 2020

KEC情報特集シリーズ　今回(4月号)は、**「変わりつつあるEMC測定評価技術」**です。
次号(7月号)は、「製品安全のための事例解析」の特集を企画しています。

目　次

EMC技能試験（試験所間比較）実施のご案内

技能試験とは、試験所間比較による事前に決めた基準に照らして参加者のパフォーマンスの評価を行うものです。本技能試験は、放射エミッション試験に関する妥当性確認を主たる目的としています。評価方法は各参加試験所の測定値を集計してロバスト（robust, 四分位数）法と呼ばれる統計処理を行い、（JIS Q 17043B.3.1.3 c）のzスコアを比較して評価します。

2020年度は下記のスケジュールで技能試験を計画しており、参加試験所への公平性確保のため試験法の見直し（パラメータ等）を行い提供いたします。各技能試験の参加費用は、回付期間1週間以内の条件で1基目110,000円（税込）、2基目以降55,000円（税込）です。先着順に受付し、予定数になり次第、締め切りとさせていただきます。

2019年度には、下記5項目の技能試験を実施し、のべ255試験サイトにご参加いただきました。

技能試験項目	募集期間	仲介器による 回付試験実施期間	試験結果の集計、 報告書作成・発行時期
放射エミッション測定 （30MHz-1000MHz）	3月下旬～4月下旬	5月下旬～2021年1月	2021年2月～3月
放射エミッション測定 （1GHz-6GHz）	3月下旬～4月下旬	5月下旬～2021年1月	2021年2月～3月
CISPR 25伝導エミッション測定	5月中旬～6月上旬	7月上旬～2021年1月	2021年2月～3月
伝導エミッション測定 （AC電源ポート：AMN法）	5月中旬～6月上旬	7月上旬～2021年1月	2021年2月～3月
伝導エミッション測定 （電気通信ポート：AAN法）	5月中旬～6月上旬	7月上旬～2021年1月	2021年2月～3月

詳細は、当センターのウェブサイトをご参照願います。（https://www.kec.jp/testing-division/gino/）

本技能試験への参加は、国内のISO/IEC 17025認定試験所の認定維持やこれから認定取得を予定されている試験所には有効となります。

併せて、試験設備、測定機器システムの特性や試験者の技能（規格の理解、機器の取扱い、測定結果の妥当性確認）の維持・確認による検証にもなりますので、ご参加の程、よろしくお願いいたします。

---- お問い合わせ先 ----
一般社団法人KEC関西電子工業振興センター　試験事業部　技能試験運営チーム
TEL：0774-29-9139　FAX：0774-93-4573　E-mail：ptemc@kec.jp

ISO/IEC 17043:2010(JIS Q 17043:2011)技能試験に対する一般要求事項(エミッション試験)認定取得のお知らせ

技能試験の提供者は、ISO/IEC 17043:2010(JIS Q 17043:2011)の認定取得を推奨されていることから、当センターでは2019年12月にJAB(公益財団法人日本適合性認定協会)による審査を受け、2020年3月に国内初となるEMC試験(エミッション試験)の技能試験提供者の認定を取得しました。

2017年に改訂されたISO/IEC 17025:2017(JIS Q 17025:2018)の「試験所及び校正機関の能力に関する一般要求事項」の7.7.2a)項では、試験結果の妥当性確認として、ISO/IEC 17043の認定を取得している技能試験提供者による試験への参加が推奨されています。

EMCエミッション試験の技能試験項目と参加試験サイト数

技能試験項目	2017年度	2018年度	2019年度
放射エミッション測定(30MHz-1000MHz)	53	83	86
放射エミッション測定(1GHz-6GHz)	−	42	73
CISPR 25伝導エミッション測定	−	−	30
伝導エミッション測定(AC電源ポート:AMN法)	−	−	33
伝導エミッション測定(電気通信ポート:AAN法)	−	−	33

2020年度も2019年度同様に上記の5つの技能試験を予定しています。

詳細は、当センターのウェブサイトをご参照願います。

---- お問い合わせ先 ----
試験事業部　TEL:0774-29-9139　FAX:0774-93-4573　E-mail:inquiry@kec.jp
URL:https://www.kec.jp/

2020年度　技術講座・セミナー・資格試験について

技術者の育成と地位向上を支援します
最新技術の提供で新規事業の創出に貢献します

【概要】

KECでは対象者に合わせた「狙い」「目的」の各種講座、セミナーを開催しています。若手技術者向けの講座では、基礎（基盤）となる技術の強化や実演・実習の充実を図ると共に、中身を見直しながら現場にお役立ちできるよう改善を行っています。

セミナー、フォーラムでは、新規事業や事業拡大のヒントとなるよう、第一線で活躍の講師を招き、最新の技術情報を提供しています。

また資格試験については、世界に通用する国際資格のiNARTEを国内で展開し、技術者のステータスアップを支援しています。

iNARTE（The International Association for Radio, Telecommunications and Electromagnetics）

EMC 関西 2019

以下に、これらの全体像をまとめてご紹介します。

狙い	目　的	対象者	技術分野と講習会・セミナー		
			EMC	製品安全	注目分野
若手技術者の育成支援	設計・評価に役立つ実践力の養成	設計技術者	設計者向けEMC技術講座	製品安全基本教育講座 製品安全技術講座 信頼性設計技術	次世代ワイヤレス技術講座
		試験技術者	EMC試験法講習会	製品安全技術講座 製品安全共通技術	
技術者のステータス強化	資格試験（技術力の評価）	資格試験受験予定者（実務経験者）	KEC / iNARTE EMC設計技術者資格試験 iNARTE EMC資格試験	iNARTE PS資格試験	
	試験合格支援		iNARTE EMC講習会 iNARTE EMC模擬試験	iNARTE PS受験講習会	
最新技術紹介	実用・応用技術紹介	技術・研究者経営者・他全般（企画部門）（開発部門）（品質部門）	EMC関西2020	製品安全フォーラム	2020年KECセミナー KECテクノフォーラム 光・電波フォーラム
	新規事業創出・事業拡大のヒント提供				

（凡例）　緑色：講座、講習会　　青色：セミナー、フォーラム　　黄色：資格試験

【講習会・セミナーの概要と特長】

名称	概要と特長	開催日	日数	会場
設計者向け EMC技術講座	EMCに対する考え方から、EMCの原理・原則、試験法、開発に役立つ「EMC設計」技術まで、EMCを意識した設計・モノづくりができる技術を講義と実習を通じ総合的に学習	7月16日～2021年2月3日	11日	大阪
製品安全 基本教育講座	製品安全に対する考え方から、世界の安全法規、事故事例、リスクアセスメント手法、製品規格まで、安全安心な製品開発に必要な技術を講義と実演を通じて学習	(予定)8月～2021年2月	7日	大阪
EMC試験法 講習会	EMC試験に関する基礎技術や規格を解説すると共に、実際の試験法をKECの試験設備を使用して実習 （1日目：講義、2日目：製品分野でコースに別れ実習）	10月22日、23日	2日	KEC
KEC/iNARTE EMC設計技術者資格試験（標準/ｼﾆｱ）	EMCの原理・原則を理解し、それを土台に開発上流段階(設計段階、モノづくり前)にEMC品質を作り込む「EMC設計」の技術力を評価	（試験日）11月17日	1日	東京 名古屋 大阪
iNARTE EMC資格試験（ｴﾝｼﾞﾆｱ/ﾃｸﾆｼｬﾝ）	EMCの原理・原則を理解し、それを土台に社会に信頼されるEMC評価結果を導き出せる技術力を中心に、EMC測定環境の構築や一部の対策技術を評価			
iNARTE PS資格試験（ｴﾝｼﾞﾆｱ/ﾃｸﾆｼｬﾝ）	製品の設計、製造、安全審査、評価、試験等に携わる製品安全技術者を対象に、製品安全対策の技術や製品安全規格の知識、試験法、運用の技術力を評価	（試験日）11月5日		東京 大阪
iNARTE EMC講習会	専門技術の講義と試験問題を模擬した問題演習を通じ、試験合格に必要な事項を学習	未定	6日	名古屋
iNARTE PS受験講習会		9月10日、11日	2日	大阪
iNARTE EMC模擬試験	模擬試験＆自己採点と、その後の問題解説を通じ、自己の弱点を把握し、本番試験に向けたポイントを学習	9月10日	1日	名古屋
次世代ワイヤレス 技術講座	無線の基礎（アンテナ、伝搬、変調、信号処理、解析、測定等）とその応用、標準化の動向について学習	5月15日～2021年3月19日	6日	大阪
製品安全技術講座 信頼性設計技術	製品の開発段階における、品質のつくり込みに必要な信頼性の科学的知識と活かし方を、繰り返されてきた製品事故事例を交えながら学習	（予定）2021年2月	1日	大阪
製品安全技術講座 製品安全共通技術	電気絶縁に加え、絶縁に大きな役割を担う樹脂材料の基礎（難燃化、耐熱、耐候、物理特性）など製品安全に必要な共通技術、水平規格について学習	（予定）2021年3月	1日	大阪
製品安全フォーラム	製品安全の実現に向けた新しい考え方から、最新の技術動向、規格・規制、国際標準化の動き等を紹介すると共に、活発な議論を通じ製品安全に対する見識を高める	(予定)2月	1日	大阪
EMC関西2020	EMCに関する最新技術や規格動向、課題対策事例について、その道の第一人者を講師陣に招いて講演 （講演後、交流の場として懇親会を開催）	10月9日	1日	京都
光・電波 フォーラム	光・電波がもたらすライフ・イノベーションをテーマに光・電波の応用技術、最先端技術をその道の第一人者を招き講演 （実施例：LiDAR、医療応用、通信、セキュリティ、検査他）	(予定)12月	1日	大阪
KECテクノ フォーラム	社会で話題の技術を第一線の研究者・技術者を招きタイミングよく紹介 （実施例：CASE、MaaS、量子コンピュータ、ディープラーニング、ロボット、ドローン、ブロックチェーン、他）	（予定）6月、1月	1日 ×2回	大阪
2020年 KECセミナー	「AI・ビッグデータによる進化のスパイラル」と題し、医療・農業・材料開発からビジネスへの応用とこれを支えるセキュリティ技術について第一線で活躍の講師陣より講演	7月3日	1日	大阪

（注）上記は現時点での予定にて変更の場合がありますので、最新情報・詳細は当センターウェブサイトでご確認ください。

2020年KECセミナー

AI・ビッグデータによる進化のスパイラル
～医療・農業・材料開発からビジネスへの応用とセキュリティ技術～

蓄積された膨大かつ多様なビッグデータと加速するAI技術との相乗効果により、私たちの暮らしや多くの産業分野に新たな変革が到来しつつあります。今回のセミナーでは今後、AI・ビッグデータによる飛躍的発展が期待されている医療・農業・材料開発からビジネスへの応用、さらにはハードウェアセキュリティ技術について、各分野の第一線でご活躍の方々を講師にお迎えし、ご講演いただきます。

日 時	2020年7月3日（金） 10:00～16:45	開 催 場 所	梅田スカイビル タワーイースト36F スカイルーム1 大阪市北区大淀中１－１
主 催	一般社団法人 ＫＥＣ関西電子工業振興センター	受講料 (消費税込)	KEC会員・協賛関係　：　5,000円 非会員　：　7,000円

講演内容（タイトルは仮題）

講演１	ビッグデータとAIを活用した創薬・医療の未来 京都大学大学院　医学研究科 ビッグデータ医科学分野　教授	奥野 恭史 氏
講演２	農業ビッグデータ技術で加速する飢餓ゼロと健康長寿ビジネス 東京大学大学院　農学生命科学研究科 国際フィールドフェノミクス研究拠点　特任教授	平藤 雅之 氏
講演３	押し寄せるAI革命、そのインパクト　～AGCの取り組みと因果連鎖分析～ ＡＧＣ株式会社　経営企画本部　スマートAGC推進部 デジタルソリューショングループ　マネージャー	小野 義之 氏
講演４	ハードウェアセキュリティ　～セキュアICチップの実装攻撃と対策～ 神戸大学大学院　科学技術イノベーション研究科　教授	永田　真 氏
講演５	AI・ロボット・ビッグデータを活用した材料研究開発戦略 東京工業大学　物質理工学院　教授	一杉 太郎 氏

＊プログラムは、事情により変更になる場合があります。予めご了承ください。

お問い合わせ先

一般社団法人ＫＥＣ関西電子工業振興センター
〒619-0237　京都府相楽郡精華町光台３丁目２番地２
TEL:0774-29-9041　　FAX:0774-93-4564
事務局　内橋 健二
E-mail　publication01@kec.jp

詳細が決まり次第（4月下旬）、募集を開始いたしますので、奮ってご参加ください。

会場アクセス

梅田スカイビル：大阪市北区大淀中１－１

CISPR妨害波許容値と測定器の基礎

元情報通信審議会CISPR委員会主査
東北大学名誉教授
杉 浦　行

情報通信審議会電波利用環境委員会主査代理
情報通信研究機構（NICT）電磁環境研究室
山 中 幸 雄

CISPR規格の妨害波許容値や測定法は良く知られているが、許容値の根拠や測定器の特性は余り知られていない。そこで、スペクトラムアナライザやCISPR妨害波測定器の特性および、CISPR16-4-4の許容値算出法や共通規格IEC 61000-6-3/4/8の動向などについて概説する。

1. はじめに

電気・電子機器や自動車などは、それらが発生する電磁妨害波が関係法令に基づく告示や業界規格の許容値を満足しなければならない。この許容値は基本的に国際無線障害特別委員会（CISPR）の許容値に準拠しており、測定法もCISPR規格に従っている。したがって本稿では、（1）スペクトラムアナライザやCISPR妨害波測定器の特性、（2）CISPR16-4-4の許容値算出法や共通規格IEC61000-6-3/4/8の動向などについて簡単に説明する。

2. スペクトラムアナライザとCISPR妨害波測定器

2.1 妨害波の波形とスペクトル

一般に任意の波形は様々な周波数の正弦波の集まりで表すことができる。例えば、図1に示すパルス幅 τ の矩形パルスが周期Tで繰り返す波形は、周波数 f_0（= 1/T）の基本波とその整数倍の周波数の無数の正弦波（高調波）の集合と見なされる。この基本波及び高調波の振幅あるいは電力を周波数に対して表示したものがスペクトルである。一般に周期的な波形のスペクトルは図のように間隔f_0の整数倍の周波数の線スペクトルの集合として表される。一方、単発パルスや非周期的波形ではTが無限大となり、スペクトル間隔f_0が無限小となるため、連続スペクトルとなる。

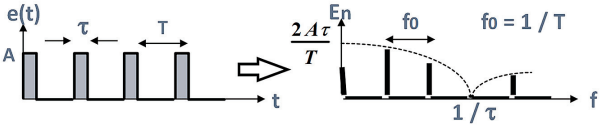


図1　周期的波形とそのスペクトル

2.2 スペクトラムアナライザや妨害波測定器の構造

スペクトラムアナライザ（スペアナ）やCISPR妨害波測定器の回路構成は、図2に示すように基本的にAMラジオと同じである。すなわち、周波数f_{RF}の被測定信号を局部発振器を用いて固定周波数（中間周波数）f_{IF}の信号に変換し、中間周波フィルタでf_{IF}を中心とした一定範囲の周波数成分だけを通過させて（帯域制限）、その振幅を包絡線検波器によって検出し表示する。この場合、局部発振器から出力される正弦波の周波数は$f_{LO} = f_{RF} + f_{IF}$に設定する。スペクトラムアナライザや妨害波測定器では、局部発振器の周波数を鋸歯状波を用いて広い範囲で連続的に変化している。

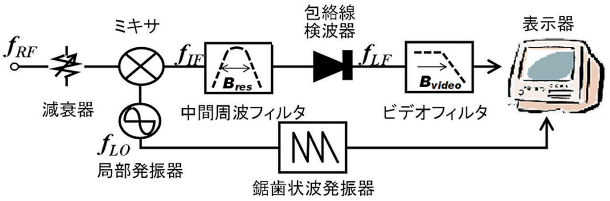


図2　スペクトラムアナライザの基本回路

中間周波フィルタは、入力信号を構成する多数の正弦波成分のうち、おおよそ周波数$f_{RF}-B_{res}/2$から$f_{RF}+B_{res}/2$の正弦波成分のみを通過させる。この通過帯域幅を一般に分解能帯域幅B_{res}と呼ぶ。このため、検波器から出力される包絡線波形、すなわち、表示される波形やスペクトルは分解能帯域幅によって大きく異なる。

したがって、スペクトラムアナライザや妨害波測定器は測定器に加わる被測定信号の振幅を表示するものでは無く、中間周波フィルタで帯域制限された信号の包絡線の瞬時振幅を表示するものである。ただし、最近の測定器は包絡線振幅を数値化し、短時間内のサンプル値、平均値、positive peak値、negative peak値、normal値などを表示するので、取り扱い説明書等を読んで測定器の特性を十分に理解することが必要である。なお、測定器の縦軸目盛りは正弦波信号によって校正されているので、表示値は実効値電圧値あるいはこれに対応する電力値である。

2.3 分解能帯域幅と表示されるスペクトル

中間周波フィルタは、入力信号のスペクトルのうち、おおよそ周波数$f_{RF}-B_{res}/2$から$f_{RF}+B_{res}/2$のみの成分を通過させる[1]。したがって、被測定信号の本来のスペクトルが周波数f_{RF}の近傍B_{res}より十分狭い範囲に集中していれば、帯域制限の影響を受けないので、測定器はf_{RF}において被測定信号のスペクトルや波形を正しく表示する。

（1）正弦波入力

例えば正弦波入力の場合は、帯域制限の影響を受けずに図3の右図の正弦波が出力され、包絡線検波によって包絡線（点線）が抽出されるので、スペクトラムアナライザは周波数f_{RF}において振幅Aの線スペクトルを表示する。

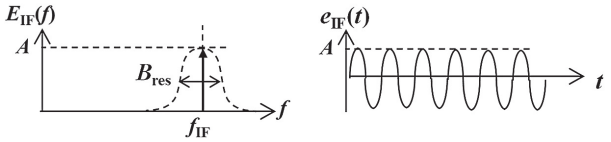


図3　中間周波フィルタの帯域制限の影響と出力波形（正弦波測定）

（2）孤立パルス入力

一方、振幅Aでパルス幅τが狭い（$\tau \ll 1/B_{res}$）単発パルスでは、スペクトルが非常に広い周波数範囲（約$1/\tau$）に広がっているので、測定器の表示は帯域制限の影響を受けて分解能帯域幅に強く依存する。すなわち、単発パルスの本来のスペクトルは図4の実線で示すように極めて広く、単位周波数あたりの振幅スペクトルは$2A\tau$である。しかし測定器の中間周波フィルタの帯域制限を受けるため、フィルタの出力波形は右図のように釣り鐘状に変形された振動波形となる。さらに包絡線検波されるので、表示されるスペクトルは左図の実線と相似であるが、その最大振幅は$2A\tau B_{res}$となり、分解能帯域幅に比例する。すなわち、パルス波のように隣接する周波数成分の振幅と位相に一定の関係がある場合（コヒーレント波）は各成分が相加されるので、表示されるスペクトルは分解能帯域幅に比例する。

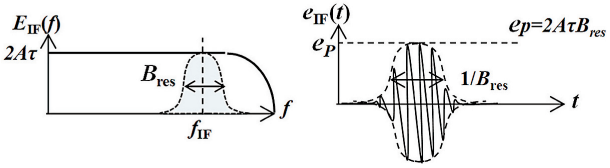


図4　中間周波フィルタの帯域制限の影響と出力波形（単発パルス測定）

（3）ガウス雑音入力

次に、振幅が不規則に激しく変化するガウス雑音（平均値0、電力密度σ_0^2）で、かつ極めて広い周波数成分を持つ白色雑音のスペクトル測定を考える。この場合の元のスペクトルは図5の左図の実線で表される。なお、電力スペクトル密度はσ_0^2であるので、ここでは振幅スペクトルをσ_0で表した。このガウス雑音が測定器に加わると帯域制限を受けるので、中間周波フィルタの出力波形は右図のように振幅が小さくなり、時間変化も緩やかになる。なお、この出力の包絡線はRayleigh分布に従う非負のランダム波形となるが、その平均値は周波数にかかわらず一定値$\sigma_0\sqrt{B_{res}}$となるので、表示されるスペクトルも図5の左図と相似形になり、振幅は$\sqrt{B_{res}}$に比例して変化する。なお、スペアナがnormal表示の場合、無入力時に見られるようにスペアナ表示値は一定値にならず、激しく変化する。すなわち、ガウス雑音のような非コヒーレント波は各正弦波成分が相加されても振幅は

*Bres*に比例しない。

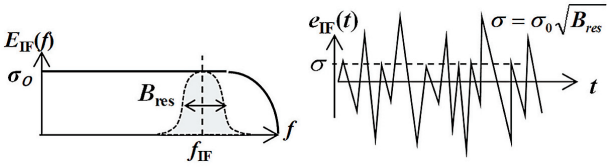


図5　中間周波フィルタの帯域制限の影響と出力波形（白色ガウス雑音測定）

2.4 妨害波の測定における分解能帯域幅の影響

これまでは正弦波、単発パルス、ガウス雑音入力に対するスペアナの表示について、中間周波フィルタの帯域制限の影響を説明してきた。ここでは、より一般的な妨害波としてパソコンの妨害波を取り上げ、分解能帯域幅*Bres*の影響を具体的に説明する。

未知の妨害波を測定する場合、先ずスペクトル表示できる周波数範囲をできるだけ広く設定し、妨害波のスペクトル全体を観察する必要がある。この場合、*Bres*は相当広くても良い。例えば、パソコンの妨害波をアンテナで受信し、これをスペアナに接続して周波数範囲2～5 GHzのスペクトルを表示させた結果を図6上段に示す。図から、やや幅の広い線スペクトルが周波数約140 MHz間隔で多数並んでいることが分かる。図1を考慮すると、測定対象パソコンの妨害波の基本波はf_0 = 140 MHzであり、多数の高調波を含むことが分かる。さらに各高調波のスペクトルは、周波数2.4 GHzで約50 MHz（= 2 %）の広がりがあり、測定器の分解能帯域幅*Bres* = 1 MHzより非常に広いことが分かる。このことから妨害波は、図3のような正弦波で、その瞬時周波数が周期的に2 %程度変化しているFM波か？または図4のようなパルス波で、周期的に発生しているのか？のどちらかであることが予想される。

次にスペアナの分解能帯域幅*Bres*を10 kHzから20 MHzまで広げたときに観測される妨害波のスペクトルを図6下段に例示する。2.4 GHz周辺のスペクトルに注目すると、*Bres* = 10 kHzから30 kHzに広げることにより$20\log\sqrt{30/10}$ ≈5 dB上昇することが分かる。すなわち分解能帯域幅が狭い場合、妨害波は2.3(3)項で述べたガウス雑音として観測されることが分かる。さらに帯域幅を拡げて、100, 300, 1000 kHzにすると、スペクトルは10 dBずつ高くなることが分かる。例えば、20log(300/100)≈10 dBだけ上昇する。したがって、この分解能帯域幅では妨害波は2.3(2)項の孤立パルスの集合として観測される。さらに*Bres*を3, 5, 10, 20 MHzに拡げてもスペクトル振幅は変化しないことが分かる。すなわち、観測される妨害波スペクトルは分解能帯域幅が3 MHz以上になると帯域制限を受けないので、この妨害波のスペクトル幅は3 MHz以下であることが予想される。ところが、図6下段の図を見ると、周波数2.4 GHzにおける高調波のスペクトルの広がりは約50 MHz（= 2 %）であるから、被測定妨害波は図1のような正弦波で、その瞬時周波数が周期的に2 %程度変化するFM波であることが予想される。実際にパソコンのクロック周波数の時間変化を測定した結果、図7に示すようにFM-CW波であることが分かった。

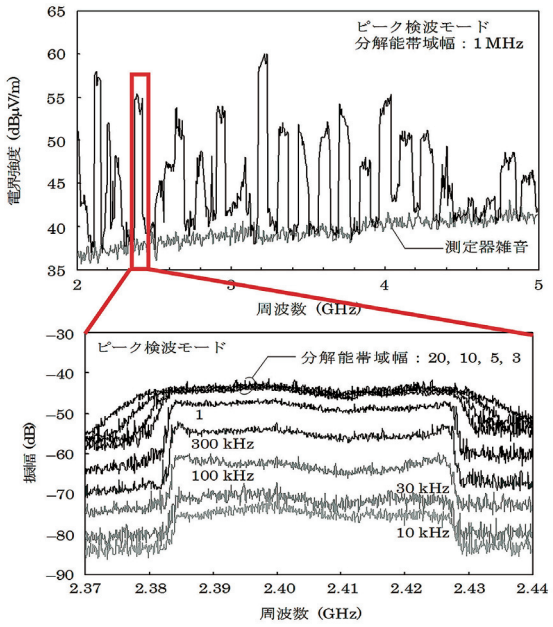


図6　分解能帯域幅を変化したときのスペアナで表示されるスペクトル（パソコンの妨害波測定）[2]

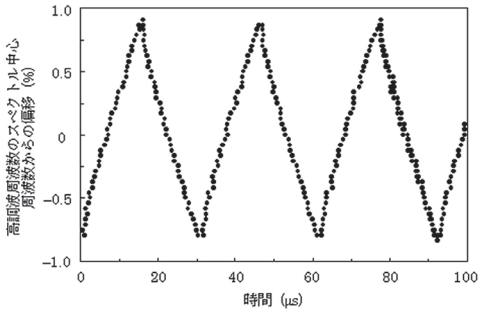


図7　測定対象のパソコンのクロック周波数の変化[2]

このようにスペアナで表示される妨害波のスペクトルは分解能帯域幅によって大きく変化するので、十分に注意する必要がある。

2.5 CISPR妨害波測定器

CISPRは9 kHz から 400 GHz における無線通信を保護するために、電気・電子機器等が発生する不要な電磁エネルギー（妨害波）の許容値と測定法を審議しており、異なる測定器を用いても妨害波の測定値が同じ値になるように、妨害波測定器の規格を厳密に定めている。

図8にCISPR妨害波測定器の回路構成を示すが、特にスペアナと違う点は、中間周波フィルタの形状を定め、中心周波数から6 dB利得が低下する帯域幅B_{-6dB}を測定周波数帯ごとに厳密に規定していることである。また、測定周波数f_{RF}付近の帯域幅B_{-6dB}以外の不要な妨害波が測定器に加わらないようにするために、入力回路に高周波フィルタを備えている。さらに、妨害波測定値が無線通信、特にアナログ放送受信障害の程度と相関が良いように、スペアナに備えられている包絡線検波器および尖頭値（Peak）・平均値（Av）表示機能のほかに、準尖頭値（QP）検波器を備えていることが特徴である。

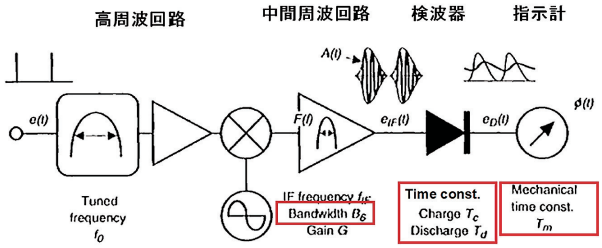


図8　CISPR妨害波測定器

電気・電子機器等の妨害波の波形は様々なので、どのような妨害波を測定しても測定値が測定器によって変わらないようにするために、検波器や指示系の動特性を厳密に定めている。例えば図9に示すように、振幅146 Vで幅0.3 nsの方形パルスが100 Hzの繰り返しで測定器に加わった場合、測定値は実効値66 dBμVの正弦波と同じ値になるように規定されている。また単一パルスの場合は100 Hzの繰り返しパルス列に比べて指示値が30dB低下することが定められている。しかし、スペアナでは動特性が規定されていないため、一般の妨害波に対する測定値は測定器によって変わることが予想される。

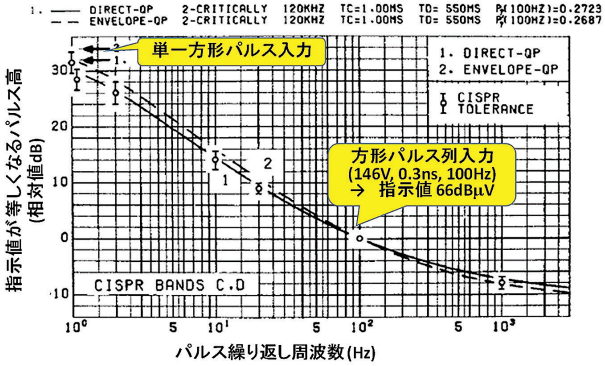


図9　CISPR妨害波測定器のパルス応答

3. CISPR許容値の基礎

3.1 CISPR許容値の算出法

図10に機器の妨害波許容値の決定法の概念図を示す。機器の妨害波レベルが増加すると、受信障害が増加して、対策を行う必要が生じ社会的コストがかかる。逆に妨害波レベルを低く抑えようとすると機器の機能が制限されたり製造コストが増加したりして、結局はユーザのデメリットとなる場合もある。したがって、妨害波許容値の算出に当たっては、両者を勘案して最適なレベルを決める必要がある。

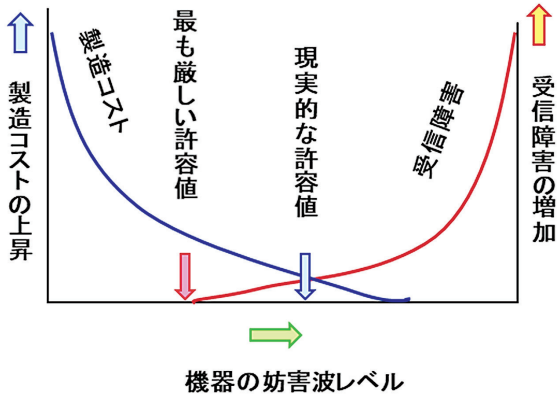


図10　機器の妨害波許容値の決定法（概念）

CISPR許容値の算出法は、技術報告CISPR TR 16-4-4[3]に記載されているが、これはISM機器の許容値（CISPR 11）の導出に関するレポート（CISPR23:1987）が元になっている。

具体的な算出法としては（a）最悪状態を想定した方法、

(b)過去の経験や実績に基づく方法、(c)受信障害の確率を考慮した方法等がある。このうち(a)の方法は図10の最も厳しい値に対応し、しばしば非現実的な値となる。このため、実際には(b)や(c)を考慮して、現実的な許容値に近づける努力が行われているのが現状である。

近年、CISPR内では(c)について重要性が高まっており、特に許容値を緩和する場合又は新たに設定する場合は、(c)の利用を含む、根拠の明確化を義務付けている。そこで本稿では、この方法(モデル)の概要を放射妨害波の場合について紹介する。

図11に放射妨害波許容値を決定するための干渉モデル(放射結合)を示す。被害受信機には所望信号と妨害波が到来するが、干渉を避けるためには被害受信機の入力端で所定のS/Nが得られるような所望波の電界強度μwから保護比Rp分だけ低い値に妨害波のレベルを制限すれば良く、これが最悪状態を想定した妨害波許容値に対応する。

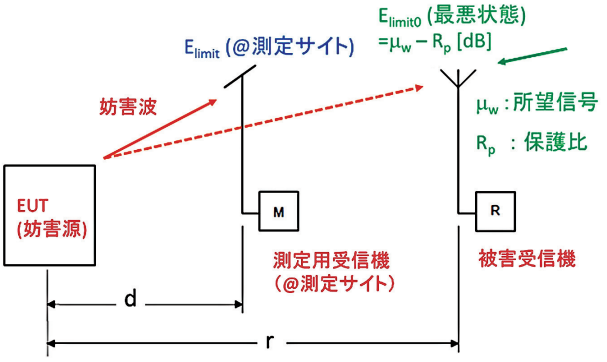


図11　放射妨害波許容値の決定モデル

これに対し、実際の妨害波測定においては規定の距離d(例えば10m)に測定用アンテナを設置するが、実際の被害受信機との距離は一般にdより長い。従ってその距離差に伴う伝搬減衰量の分だけ、最悪状態から補正(一般には大きく)する必要がある。但し、この値は被害受信機の使用状況(普及率や置かれている家屋の大きさ、密集度等)に応じて様々に変化するため、これは確率変数(表1のP8に相当)となる。

また、測定の時はできる限り妨害波の最大値を測るが、実際はEUTの最大放射方向に被害受信機があるか(P1)、逆に被害受信機の指向性がEUT側、所望波のどちらを向いているか(P2)が不明なのでこれらも確率変数となる。さらにEUTと被害受信機の周波数(P4)や発生時間(P7)が違えば干渉は発生しないので、これらも確率変数となる。

表1　CISPR16-4-4 Ed.2.1で規定している確率要素

P1	放射源の指向性が被干渉受信機方向を向く確率
P2	被干渉受信機の受信アンテナ(指向性)が妨害波源方向を向く確率
P3	被干渉受信機が移動することによる受信レベルの変動確率
P4	対象機器が被害を受けやすい周波数の妨害波を発生する確率
P5	妨害波の高調波が許容値を下回る確率
P6	妨害波が受信システムの重大な影響を引き起こす確率
P7	妨害波源の操作(発生)と受信システムの動作が一致する確率
P8	受信システムが干渉を受けそうな距離に妨害波源が存在する確率
P9	保護対象のサービスエリアのエッジにおいて所望波の放射レベルがそのRF妨害波許容値と同じとなる確率
P10	建物によって減衰する確率

これらを含めCISPRでは、今のところ表1に示すような10種の確率要素を考慮することとしている。

従って、CISPRの確率モデルでは以下の式(1)で許容値を導出する。

$$E_{Limit} = \mu_w - R_p + \sum_{i=1}^{10} \mu_{Pi} - t_\alpha \sqrt{\sum_{i=1}^{10} \sigma_{Pi}^2} \quad (1)$$

ここで、E_{Limit}：許容値 [dB]

μ_w：所望信号強度 [dB]、R_p:保護比 [dB]

μ_{Pi}：i番目の確率要素の平均値 [dB]

σ_{Pi}：i番目の確率要素の標準偏差 [dB]

t_α：信頼水準(例：0.8)に依存する係数(例：0.84)

であり、すべてdB単位であることに注意されたい。

(1)式の右辺の最初の2項が最悪条件、3項以降が確率モデルによる修正(一般には許容値の緩和)に相当する。個々の確率変数の密度関数は未知だが対数正規分布に従うと仮定すると、合成確率変数の平均値は個々の平均値の和(右辺3項)になり、これを補正する。また、個々の標準偏差の2乗和平方根(右辺4項)により合成確率変数の標準偏差を求め、これに信頼水準に対応する係数をかけて減ずる。

保護すべき無線サービスのμ_wやR_pのデータはCISPR/Hで収集を行い、CISPR/EMCデータベースで公開されている。例えば、中波放送だとμ_wが60 dBμV/m, 保護比R_pが30 dBとなっている。これらを使うとE_{Limit}は30 dBμV/m(= -21.5 dBμA/m)となってしまうが、例えば現在検討されている電気自動車用無線電力伝送(EV-WPT)の150 k～30 MHzの

許容値案では、上記の確率要素等を考慮して20 dB程度高い値が提案されている。

CISPRでは、EV-WPT以外にも太陽光発電(PV)パネルからの放射許容値モデルの検討、照明用超低電圧(ELV)屋内配線からの放射許容値モデルの検討、さらにはCISPR 36(150 kHz～30 MHzの車両外で使う受信機の保護)の許容値導出等に確率モデルの手法が用いられている。

なお、式(1)の個々の確率要素P1～P10の平均値、標準偏差の導出法については明確な規定はなく、個々のEUT、被害受信機の特性を勘案し、さらにいくつかの仮定を含んでいるため、その値の信頼性は必ずしも高くない。このため、2019年10月のCISPR上海会議より、CISPR/HでCISPR 16-4-4のレビューが開始された。現行の規格は歴史も古く、改訂が繰り返されたので複雑で利用しにくい規格ともなっている。このため、まずは構造を整理し、確率要素の定義、平均値・標準偏差の導出法等を明確にすることから始めることとなった。但し、本確率モデルは「議論の出発点(ある程度裏付けのある値)として利用し、最終的には利害関係者の熟慮と交渉で決定」との記述があり、この点は今後の改訂においても維持すべき考え方と思われる。

3.2 妨害波規格(特に共通規格)の改訂動向

CISPRで規定している妨害波規格のうち特定の製品または製品群を想定して作成されている規格の最新刊行状況を表2に示す。

表2　CISPR妨害波(製品/製品群)規格

Publication	刊行年	タイトル
CISPR 11	2019	工業・科学・医療用高周波装置の妨害特性の許容値及び測定法(第6．2版)
CISPR 12	2009	自動車、モーターボート及び点火式エンジン装置の妨害特性の許容値及び測定法(第6．1版)
CISPR 14-1	2016	電磁両立性 家庭用機器・電動工具・類似機器に対する要求　パート1：エミッション(第6．0版)
CISPR 15	2018	電気照明機器及び類似機器の妨害特性の許容値及び測定法(第9．0版)
CISPR 25	2016	車載受信機の保護のための妨害特性の許容値及び測定法(第4．0版)
CISPR 32	2019	マルチメディア機器の妨害波許容値と測定法(第2．1版)

(2020年3月現在)

CISPRでは、表3に示すように、適用すべき特定の製品または製品群規格がない機器に共通的に適用する規格(Generic Emission Std.)も作成している(但し9 kHz超のみ)。これらは欧州においてCEマーキングの整合規格の一つとして利用されており、関心が高い。このうちIEC 61000-6-3については、クラスA相当許容値の導入提案がされていたが否決されたため、新たに商業、軽工業環境用機器(IEC61000-6-8)を分離・作成し、業務用機器に対してクラスA相当許容値の導入が提案された[4]。但し、専門家による設置、住宅環境となる敷地境界でクラスB相当の無線保護を満足するように対策(方法は説明書に記載)をとることが条件である。なおIEC 61000-6-3については住宅環境専用として、クラスB相当許容値を維持している[5]。

表3　CISPR妨害波(共通)規格

Publication	刊行年	タイトル
IEC 61000-6-3	2011	EMC　パート6：共通規格　第3章　住宅、商業、軽工業環境用機器に対する妨害波規格(第2．1版)
IEC 61000-6-4	2018	EMC　パート6：共通規格　第4章　工業環境用機器に対する妨害波規格(第3．0版)

4. おわりに

本稿では、電気・電子機器や自動車などの妨害波対策で一般に使用されているスペクトラムアナライザの特徴、特に分解能帯域幅による測定値の変化を具体的に述べた。また、許容値適合性試験に用いるCISPR測定器との違いについて簡単に紹介した。

次に、妨害波許容値導出法として昨今利用されているCISPR16-4-4の確率モデルに基づく方法を示し、CISPR16-4-4自体のレビューも開始されたことを紹介した。共通エミッション規格に関しては商業、軽工業環境機器(IEC61000-6-8)と住宅環境機器(IEC61000-6-3)が分離され、2020年の早い時期に国際規格が発行される見通しである。

参考文献

[1] 清水康敬、杉浦行編著、「電磁妨害波の基本と対策」、(社)電子情報通信学会、1995.

[2] 村上隆秀、「近距離デジタル無線通信システムに対する電磁妨害波の影響に関する研究」、東北大学博士学位論文、2007.

[3] CISPR TR 16-4-4,“Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods -Part 4-4:Uncertainties, statistics and limit

modelling-Statistics of complaints and a model for the calculation of limits for the protection of radio services”, Edition 2.1, 2017-06.

[4] CIS/H/401/CDV, “Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 6-8:Generic standards-Emission standard for professional equipment in commercial and light-industrial locations”, 2019-09.

[5] CIS/H/400/CDV, “Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 6-3:Generic standards-Emission standard for equipment in residential environments”, 2019-09.

杉浦　行（すぎうら あきら）

1968年　郵政省電波研究所（現NICT）　入所

1968年～1999年

通信機器部電磁環境研究室等

一貫して電磁環境測定法の研究と標準化に従事

1999年～2007年

東北大学電気通信研究所　教授

2006年～2012年

NICT特別招聘研究員

2012年～現在

京都大学大学院　電気工学専攻　非常勤研究員

1979年～

CISPR国際会議に参加

2004年～2008年

情報通信審議会CISPR委員会主査

山中　幸雄（やまなか ゆきお）

1983年　郵政省電波研究所（現NICT）　入所

1983年～2011年

通信機器部電磁環境研究室等

一貫して電磁環境測定法の研究と標準化に従事

2012年～2015年

情報通信技術委員会（TTC）　出向

2015年～2016年

NICT電磁波計測研究　所長

2016年～2018年

NICTオープンイノベーション推進本部

2018年～現在

NICT電磁波研究所電磁環境研究室

1996年～

CISPR国際会議に参加

2019年～

情報通信審議会電波利用環境委員会主査代理

電波暗室におけるEMI評価とその課題

株式会社トーキンEMCエンジニアリング
EMCテクニカルセンター
原 田 高 志

放射妨害波の試験を行う電波暗室は、試験の質を確保するため、規格に定められた検証法によって特性評価を行うことが義務付けられている。本稿では、これらの検証法のうち、最近、話題となっている1GHz超におけるタイムドメインによるサイトVSWR(TD SVSWR)測定、および車載機器の試験サイト検証のためロングワイヤアンテナを用いた150 kHz～30 MHzの評価を取り上げ、それらの手法と課題を述べる。

1. はじめに

ディジタル機器におけるクロックの高速化や車載電子機器などの製品の多様化に対応し、様々な手段による放射妨害波(RE：Radiated Emission)の試験が行われるようになった。RE測定では、試験サイトの特性が結果に影響するため、規格で定められた方法にしたがって性能評価を行い、試験場としての品質を担保している。

サイト評価手法に関しては規格や業界団体、また学会などで新たな評価手法や課題についての議論がなされている。本稿では最近、話題となった二つの測定方法、一つは1GHz超の試験サイトを検証するタイムドメインによるサイトVSWR(SVSWR)測定、もう一つは車載機器の試験サイトを検証するロングワイヤアンテナ法の150 kHz～30 MHzの評価手法を紹介し、それらの手法と課題を述べる。

2. タイムドメインによる電波暗室のSVSWR評価

2.1 SVSWRの評価法

SVSWRは送信アンテナと受信アンテナで構成された測定系において両アンテナ間を直接、伝播する電磁波とサイトの天井・壁など周囲により反射した電磁波によって生じた定在波の最大値と最小値の比であり、それぞれの受信機の電圧値をV_{max}、V_{min}としたとき、

$$S_{VSWR} = V_{max}/V_{min} \quad (1)$$

$$S_{VSWR}dB = V_{max}dB - V_{min}dB \quad (2)$$

で表される。

通常、SVSWRはCISPR16-1-4[1]に記載された測定方法により評価が行われる。同測定法は図1に示すようなターンテーブル上のCenter、Front、Left、Rightの4つのポジションに対し、アンテナ高1m、要求された偏波に設定、図2に示すように基準点(受信アンテナ)に向かう線上に沿って40cmの範囲でアンテナを移動させ、6つのポイントにおける受信レベルを記録する。SVSWRはそれぞれのポイントと基準点間の距離に対する減衰を補正して標準化した上で、最大値と最小値を算出し、(1)式もしくは(2)式を用いて計算する。SVSWR < 2(6 dB以下)が合格基準である。

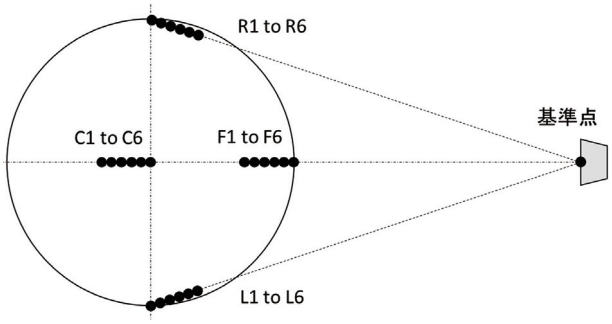


図1　CISPR 16-1-4によるSVSWR法の測定配置

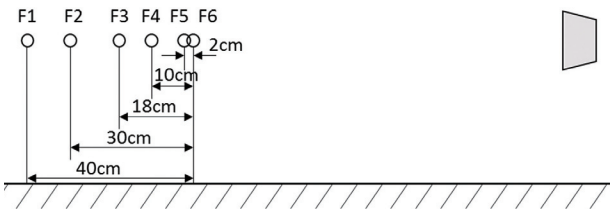


図2　6ポイントの測定位置

2.2 TD SVSWR検証手順

米国のANSI（American National Standard Institute）はタイムドメイン（TD）機能を用いたSVSWR測定[2]によるサイト検証手順（TD SVSWR）を規格化した[3]。この測定では直接波と反射波を分離して測定するため、アンテナを移動することなく測定できる利点がある。

直接波と反射波の分離は測定器（具体的にはベクトルネットワークアナライザ:VNA）のタイムゲート機能を使用する。始めに直接波のパルスにバンドパスのタイムフィルタゲートを設定し、ゲートをONにしてタイムドメインで直接波の成分のみを表示させる。さらに得られたパルス波形を周波数ドメインに変換して、直接波の周波数特性$S_{21_direct}(f)$を求める。次に、同じゲート時間にバンドノッチ・タイムフィルタを適用し、直接波以外のすべての反射波によるタイムドメイン波形を表示し、周波数ドメインに変換して反射波の周波数特性 $S_{21_direct}(f)$を求める。

この二つのS_{21}の比を取ることにより反射係数（Γ）を求めることができる。

$$\Gamma(f) = S_{21\_reflected}(f)/S_{21\_direct}(f) \quad (3)$$

SVSWRは

$$S_{VSWR}(f) = (1 + |\Gamma(f)|)/(1 - |\Gamma(f)|) \quad (4)$$

送信アンテナの位置はCISPR16-1-4と同様にCenter、Front、Left、Rightの4ポジションとするが、測定ポイントは各ポジションそれぞれ一つのみでアンテナは移動しない（図3）。

測定手法の特徴からTD SVSWRには以下のような特長がある[2]

- 直接波と反射波を分離して求めるため、正確なVSWRを評価できる
- 1ポジション1ポイントの測定のため、機材のセッティングや測定に要する時間が大幅に短縮できる。
- 測定箇所が少ないため、測定配置やアンテナ角度などのバラツキが抑えられ、不確かさが低減できる。
- タイムドメインで観測される波形は反射物までの距離情報を含むので、試験サイトの特性に影響を与える反射物の特定が容易になる。

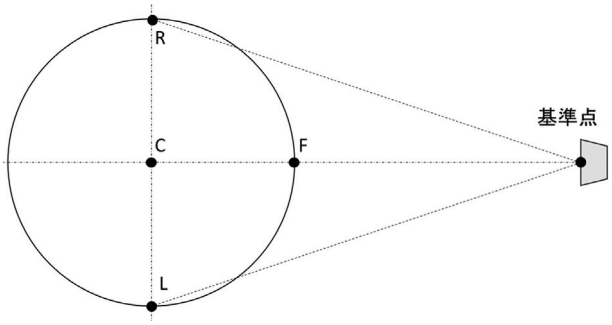


図3　TD SVSWRの測定配置

2.3 TD SVSWRによる測定と考察

文献[2]に記載された手順に従いTD SVSWRによる評価を行った。壁面や天井の反射の影響を極力小さくする為、産業技術総合研究所福島県再生可能エネルギー研究所の超大型電波暗室（37m×37m×9m）の中央に測定系を配置した。送信アンテナと受信アンテナ間距離は3 m、アンテナ高を1mとし、床面には3.0 m×2.4 mの範囲でメーカーの異なる3種類の電波吸収体（A、B、C）を配置した。周波数は1 GHz～6 GHzとした。VNAの周波数設定はタイムドメイン変換時のウィンドウを考慮し±500 MHz拡大し500 MHzから6.5 GHzとした。送信アンテナには周波数1 GHz～6 GHzを仕様帯域とするエレメント長50 mm、エレメント直径28 mmのバイコニカルアンテナ、受信アンテナは1 GHzから18 GHzに性能を持つダブルリッジドガイドホーンアンテナを使用した。図4に測定風景、また図5にSVSWRの測定結果を示す。

2 GHz以下の周波数帯において、3種類のいずれの吸収体配置の場合もSVSWRは左肩上がりの特性を示し、特に1.7 GHz以下の周波数帯では規程にある6 dBを超える。今回、配置した電波吸収体はいずれもGHz帯で十分な吸収性能を有しており、SVSWRの測定に推奨されているものであり、吸収体の性能不足は考え難い。そこで、

さらに実験を行い、この原因の追究を行った。

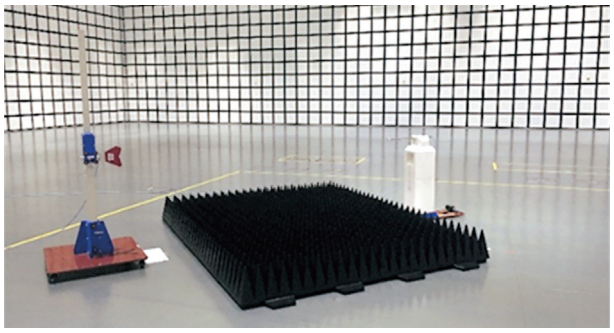


図4　TD SVSWR測定風景

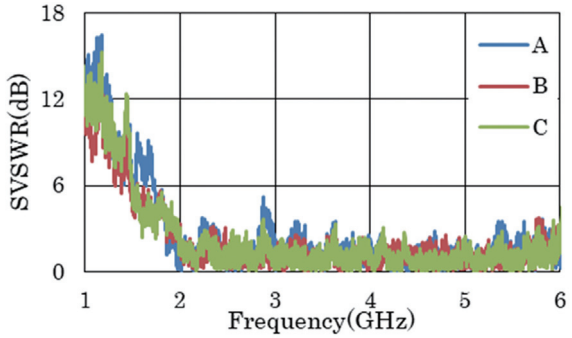


図5　TD SVSWR測定結果

TD SVSWRの測定に際しては直接波と反射波を切り分けるためのタイムゲートの設定が重要となる。そこで、床に吸収体を配置しない(金属によるグラウンドプレーンが現れている)状態でゲートの設定に関する検討を行った。その時のタイムドメインの波形を図6に示す。1.4×10^{-8} s付近に現れる最初のピークは送受信アンテナ間の直接波、1.6×10^{-8} s付近に現れる次のピークが床面反射によるものである。直接波と床面反射の時間差は約2×10^{-9} sであり、両者の伝搬路の差0.6 mとほぼ一致する。直接波と床面反射の到達時間の間で一定のレベルの入力がみられるが、これは送信側もしくは受信側、あるいは双方のアンテナのリンギングであると考えられる。リンギングの減衰時間が長い(時定数が大きい)場合、直接波と反射波の分離を適切に行うことが困難になる。

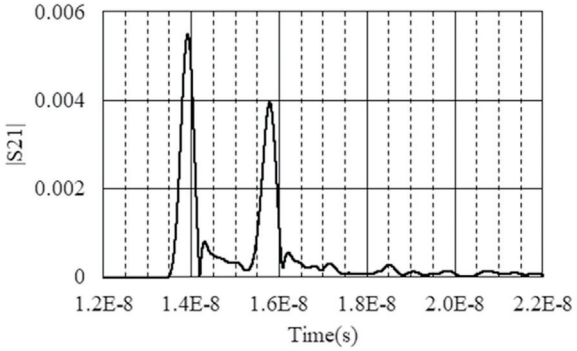


図6　タイムドメイン波形(床吸収体なし)

2.4 直接波と反射波の間の信号

直接波の直後の波形がアンテナのリンギングであることを確認するため、アンテナ高を1 mから2 mに変えて実験を行った。アンテナ高を2 mにすることにより、直接波と床面の反射波の伝搬路長差は2 mとなり、直接波と反射波の時間差が拡大される。アンテナ高さ1 m(床面金属)と2 m(床面コンクリート)のタイムドメイン波形を図7に示す。ここでは直接波の頂点を0として横軸を設定した。

伝搬路長差2 mは6.67×10^{-9} sに相当し、グラフ上同等の位置に床面からの反射波を見ることができる。直接波、および直接波の直後に生じる信号はアンテナ高に関係なく現れており、アンテナに固有の現象、すなわち、リンギングであることが考えることができる。

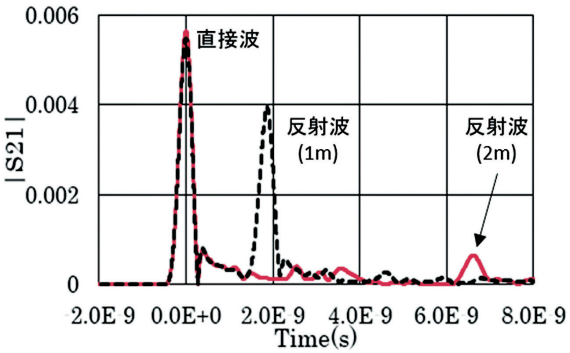


図7　タイムドメイン波形(アンテナ高2 m)

2.5 測定精度向上に必要なリンギングの条件

リンギングの減衰が小さい場合、直接波と床反射波の切り分けることができず、SVSWRの測定結果に影響を与える。本節では測定精度向上のため、直接波と反射波の到達時間、およびVNAのタイムドメイン機能の二つの観点でリンギングの減衰特性に関する考察を行う。

2.5.1 直接波と間接波の伝搬距離の観点

直接波と床面からの反射波の到達時間はそれぞれの伝搬距離から求めることができる。これらの伝搬距離は送受アンテナ間距離とテストボリュームに依存する。ここ

では、測定距離として1 GHz以上の測定で一般的な3 m、またテストボリュームは現在CISPRで検討されている測定距離3 mにおけるボリュームの最大値である直径3 mの円とする(図8)。この場合、送信アンテナがR、およびLのポジションにあるとき、伝搬距離の差は0.404 mで最も小さくなる。この差は時間にして1.35×10^{-9} sである。この時間内にリンギングが十分に減衰されていないと反射波に直接波の一部が重なるため、正確な評価とはならない。測定距離が大きくなり、また、テストボリュームの直径が大きいほど差は小さくなる。

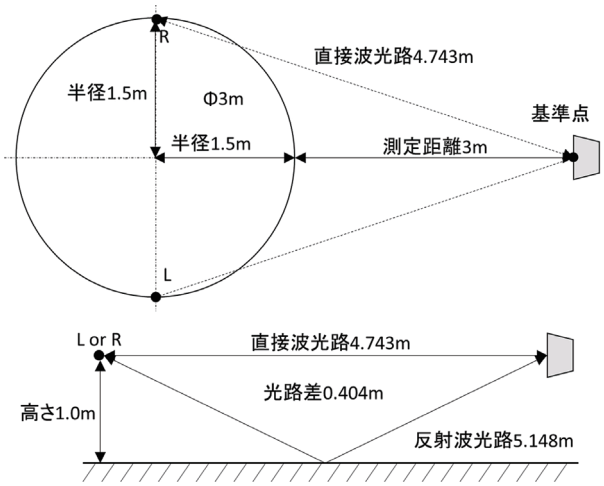


図8　伝搬路長差

2.5.2 VNAのタイムドメイン機能の観点

VNAのゲート機能は設定した位置で厳密にカットされるわけではなく、カットオフ時間が存在する[4]。図9にタイムドメイン機能を用い、ゲートの波形をのみを切り取るバンドパスとゲート領域を取り除くノッチを適用した際の波形を同時に示す。1.45×10^{-8} s付近の重なりは直接波と反射波の両方に含まれ、測定の不確かさの要因となるため、TD SVSWR評価の際には注意が必要である。

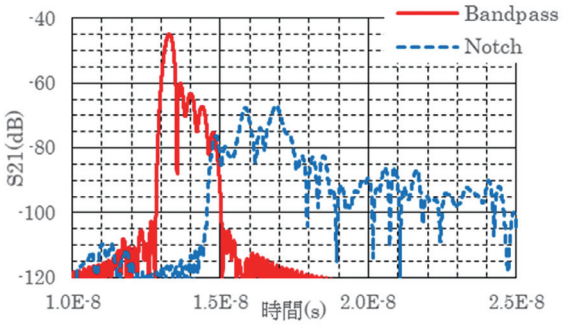


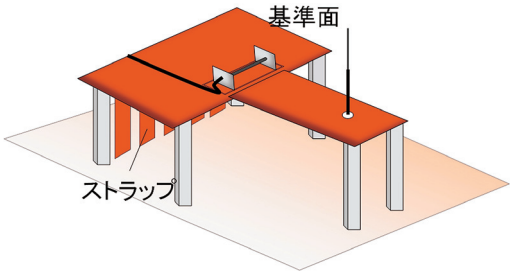
図9　ゲートの鋭さとそのパラメータ

3. ロングワイヤアンテナ法(30MHz以下)

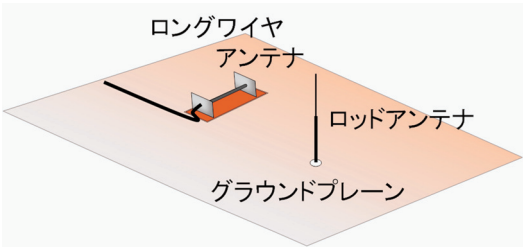
3.1 ロングワイヤアンテナ法における課題

CISPR25 ANNEX J[5]では車載機器の放射妨害波の試験を行うALSE(Absorber Lined Shielded Enclosure)の性能検証を図10に示すようなロングワイヤアンテナを基準放射源とする電界強度で規定している。しかしながら、本手法では150 kHz～30 MHzの周波数帯において、測定された電界強度と規格で定められた基準値との差が大きく、またサイトによるバラつきが顕著などの問題があることが報告されている[6][7]。

差の発生要因としては、基準値が図10(b)に示すように、ALSEやOATS(Open area test site)の床面(グラウンドプレーン)上にロングワイヤアンテナとロッドアンテナを設置した構成においてシミュレーションにより求めているのに対し、実際の機器の評価が同図(a)のように床から高い(Elevated)テーブル上を基準面とする構成の違いに起因することが報告されている[6]。基準面は接地ストラップによってシールド面(シールド室の床面もしくは壁面)に接地される。本稿では接地構成を変えて3つのALSE(A、B、C)において電界強度を測定し、その特性について考察を行う。それぞれの暗室の仕様を表1に示す。ALSE Aは100MHz以下、ALSE B、ALSE Cは100MHz以上で良好な吸収特性を得るフェライトタイルを吸収体として壁面に装着する。



(a) ALSE性能検証時の構成



(b) 基準値導出の構成条件

図10　ALSE評価構成(150 kHz～30 MHz)

表1　ALSEの仕様

	サイズ（単位 m） 長さ×幅×高さ	吸収体反射係数 （@30 MHz）
ALSE A	9.5 × 6.0 × 6.2	-25 dB
ALSE B	9.7 × 6.1 × 5.6	-15 dB
ALSE C	7.0 × 4.0 × 3.0	-15 dB

3.2 床面接地の構成における特性

テーブル上の基準面をストラップによってシールド室床面に接地する構成におけるALSE AとALSE Bでの電界強度の測定結果を図11に示す。参考として、基準値の導出と同一構成の測定を10 m法のRE測定が可能な電波暗室（19.2 m×12.6 m×9.0 m）のグラウンドプレーン上で実施した結果を示す。基準面の奥行はALSE Aはl = 1.0 mとl = 1.5 m、ALSE Bはl = 1.0 mとした。グラウンドプレーンを基準面とする構成では測定周波数の全域において電界強度はほぼ等しいのに対し、規格にしたがって基準面を高く（Elevated）した構成では10 MHz付近から差が大きくなる。差がマイナスからプラスに転ずる周波数を見るとl = 1.0 mでは20 MHzでALSEに依存しない。一方、l = 1.5 mでは約17 MHzである。

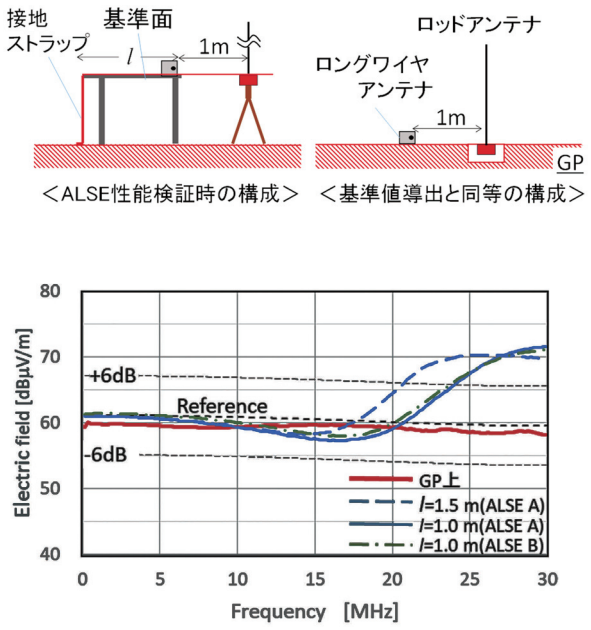


図11　ストラップ接地構成と基準値導出構成の電界強度

この周波数特性の傾向を説明するため、基準面やグラウンドプレーンの構造を集中定数や伝送線路などの等価回路で表現したモデルを用いた解析が行われている[8][9]。系全体の正確な解析には3次元電磁界シミュレーションが必要である。しかし、本稿では現象を直観的に理解することを目的とし，個々のパラメータの影響を直接把握できる等価回路モデルを用い、奥行長l依存性の解析を行った。

解析モデルを図12に示す。このモデルは文献[9]を参考としており、ロングワイヤアンテナ―ロッドアンテナ間の伝搬に、基準面とグラウンドプレーンを伝送線路とする結合の影響が付加される。一般に両端が短絡と開放の伝送線路では長さが1/4λに相当する周波数において共振が発生し、特性が大きく変化する。この共振周波数は線路長が長くなると低周波側にシフトする。本モデルにおいては接地ストラップを短絡ではなくインダクタンスLで表現した。インダクタンスは短絡に比べて等価的な電気長が増加するため、より短い線路長で共振が発生す。等価回路モデルによる解析結果を図13に示す。接地ストラップのインダクタンス値を文献[10]で計算される値の8倍程度としたところ、実測値と同様の周波数特性が得られた。

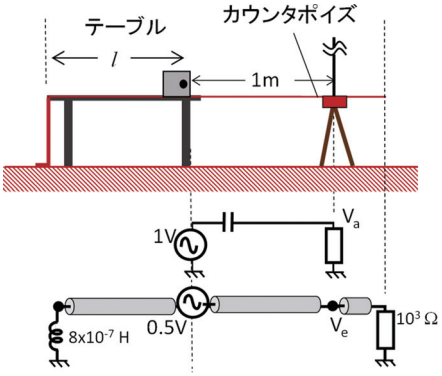


図12　カウンタポイズ接地の等価回路モデル

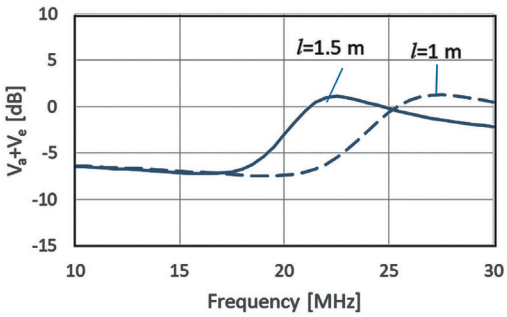


図13　等価回路モデルによる計算結果

3.3 壁面接地構成における特性

基準面をシールド室壁面に接地した構成における電界強度の測定をALSE A、ALSE Cにおいて行った。測定結果を図14に示す。いずれのALSEにおいても10 MHzを超える周波数において基準値との差が生じるものの30 MHzでの反射係数が-25 dBの吸収体を装着したALSE Aはテーブル奥行 l = 1.0 m、l = 1.5 mのいずれも基準値±6 dBの範囲に入る。一方、30 MHzでの反射係数が-15dBの吸収体を装着するALSE Cでは20 MHz以上の周波数帯で基準値+6 dBを超える。

電界強度の基準値からのずれは、いずれのALSEにおいても高周波になるにしたがい、一旦マイナス側に振れたのちプラス側に転じており、本特性は前述のように基準面とグラウンドプレーンで構成された系の共振の影響によるものと考えることができる。壁面に反射係数の小さい吸収体が装着したALSE Aは共振の影響が低減されるため、基準値との差は小さい。

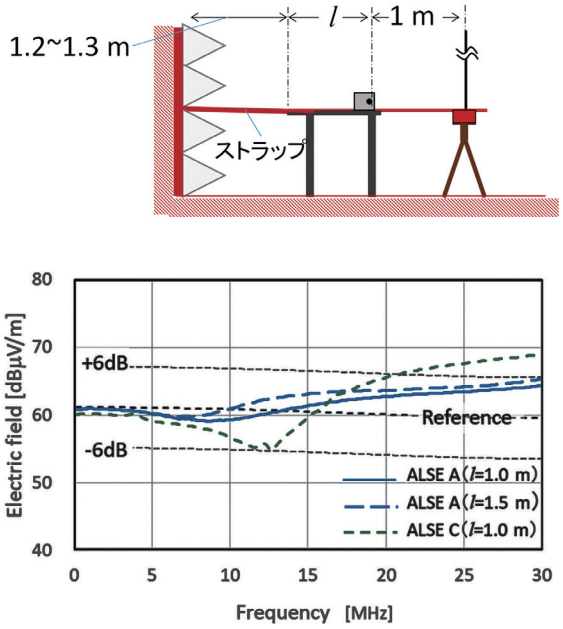


図14　壁接地構成における電界強度

4. おわりに

昨今、放射妨害波(RE)の試験サイトの検証方法として話題となっている、タイムドメインによるSVSWR測定(TD SVSWR 、1 GHz以上)と、車載装置のRE試験サイトの評価手法であるロングワイヤアンテナ法(150 kHz～30 MHz)による測定を行い、評価を行う上で注意点を確認した。

その結果、TD SVSWRはVNAのタイムドメイン機能により直接波と間接波を時間的に分離する際、アンテナのリンギングの影響がありえること、また、ロングワイヤアンテナによるサイト評価(150 kHz～30MHz)では基準面とグラウンドプレーンで構成される系の電気的な特性が基準値との差に大きく影響すること、さらには壁面に装着された吸収体によってその影響が低減できることがわかった。

謝辞

実験にご協力頂いた福島県再生可能エネルギー研究所の大谷顕仁チーム長、並びにKEC EMC専門委員会委員各位に感謝する。

参考文献

[1] CISPR 16-1-4:Radio disturbance and immunity measuring apparatus-Ancillary equipment-Radiated disturbances、2010.

[2] Zhong Chen、“A Preview of Draft ANSI C63。25 Time Domain site VSWR Method”、2016 10th European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP)Apr. 2016.

[3] American National Standard Validation Methods for Radiated Emission Test Sites、1 GHz to18 GHz.

[4] Keysight Technologies, Time Domain Analysis Using a Network Analyzer, Application Note, Literature Number 5989-5723EN.

[5] CISPR25 Edition 4.0 2016-10.

[6] 鵜生高徳、前田幸司、田中念泰、岡本裕則、奥田徳嗣、和田修己,「車載機器用EMC試験サイトの相関評価(第2報)」信学技法EMCJ 2018-91, 2018年12月.

[7] C. Carobbi, “E-Field Measurements below 30 MHz in Military and Automotive EMC Testing”, MO-AM-2 IEEE Nat. Symp. 2018, Aug.2018.

[8] C. Carobbi, “ALumped Model of the Rod Antenna Set up Adpted for Military and Automotive Testing”

Trans on Electromagnetic Compatibility(Early Access)Mar., 2019.

[9] F. Lafon, et. al. “Investigation on dispersions between CISPR25 chambers for radiated emissions below 100 MHz” Proc. of, EMC Europe 2014, pp.39-34 Sep. 2014.

[10] 荒木監修「電磁シールドとアース系設計の要点」, 日本工業技術センター 1985年.

原田　高志（はらだ たかし）

1983年　NEC　入社

電波吸収・電磁遮へい材開発、プリント 回路基板のEMC設計技術開発、高速高周波信号伝送技術、実装技術の研究開発に従事

2014年～現在

株式会社トーキンEMCエンジニアリング

電子機器のEMC評価・対策、電波暗室の設計・評価に従事

2018年～2019年

IEEE EMC Society Japan Joint Chapter Chair

実環境を想定した放射イミュニティ測定の検討

国立研究開発法人情報通信研究機構
電磁波研究所 電磁環境研究室

張 間 勝 茂

実電波環境を考慮した放射イミュニティ試験の基礎的な検討例として、1）多方向からの入射波を想定したリバーブレーションチャンバーによる自動車の1/5スケールモデル実験、2）近接妨害波源を想定した近接放射試験に用いるTEMホーンアンテナの特性評価、および3）同時多周波数の混在環境に対応した広帯域試験信号法として、ホワイトガウスノイズおよびマルチトーンを用いた電界印加法について紹介する。

1. はじめに

従来から電子機器に対する無線利用機器、すなわち、携帯電話、無線LAN、トランシーバ、車載無線機等から放射される電磁波およびテレビ・ラジオ放送波に対する保護を目的としたEMC（電磁適合性）規格に従った放射イミュニティ試験[1]-[3]が実施されている。例えば、IEC（International Electrotechnical Commission）規格[1]では、80 MHzから6 GHz帯において、遠方界条件下で規定の電界レベルにより試験が行われている。電波利用の多様化が進む中、このような従来の放射イミュニティ試験に加えて、実環境、すなわち、同時多方向の入射波、近接した妨害波源、および多周波数の混在環境を考慮した評価・測定法の必要性も増していくと思われる。

リバーブレーションチャンバー（RVC）は、マルチパス伝播環境を模擬できることが知られており、同時多方向の入射波環境を構築できる。また、携帯電話等の可搬型無線機が電子機器に近接して利用される状況を想定した近接放射イミュニティ試験[4]が新たに標準化した。さらに、同時に異なる通信システムが混在する実環境を考慮した広帯域試験信号も検討されている。本稿では、実環境を想定した放射イミュニティ測定として、RVC法、近接放射イミュニティ試験法、および広帯域試験信号法について紹介する。

2. RVCを用いた自動車の放射試験の検討

近年のカーエレクトロニクスの進展にともない自動車には、電子制御装置、センサー、無線機器等の多くの電子機器が搭載されている。このような車載部品および自動車本体に対するEMC試験が行われている[5][6]。このうち自動車本体に対する放射イミュニティ試験は、電波暗室（SAC）での単一の平面波照射による試験が一般的である[6]。一方、RVCを用いたEMC試験法がIEC規格で規定されている[7]。RVCの構造は、図1に示すようにシールドルームと金属製のスターラーからなる。スターラーの回転により境界条件を変化させ、統計的に均一な電界分布

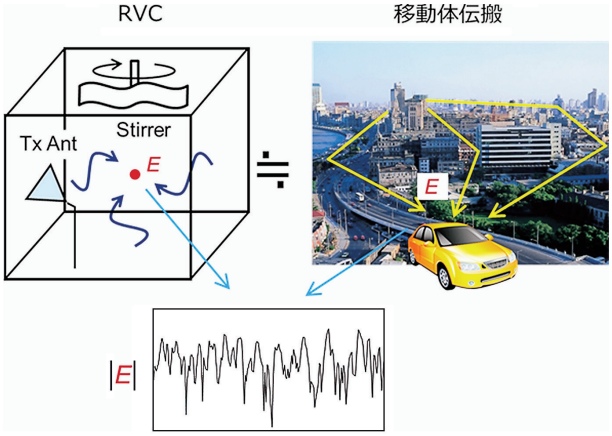


図1　レイリーフェージング特性

を発生することができる。このようなRVCの特性を利用したEMCに関連するアプリケーションとして、放射妨害波、放射イミュニティ測定、放射効率、およびシールド効果等の測定に広く用いられている[7]。RVC内のランダム場は、移動体の伝播環境、すなわち、マルチパス伝播環境と類似している。このため、実環境を模擬できるRVCによる自動車の放射イミュニティ試験の適用について検討を行った。

2.1 電界分布の統計的特性

RVC内の電界は、スターラーの回転等による境界条件の変化に応じて大きく変動する。RVCの大きさが波長に対して大きくチャンバー内に十分な共振モード数があれば、電界ベクトルは、スターラーの移動によりランダムな位相をもつマルチパスの合成和となる。電界ベクトルは、実数項と虚数項からなる直交3成分、すなわち6個のパラメータで表すことができる。電界の直交成分の実数項および虚数項成分は、それぞれ互いに独立な確率変数であり、中心極限定理により平均0、分散σ^2の正規分布に近づく。これらの各電界成分の2乗和、すなわち電界の大きさの2乗は、自由度6のカイ2乗(χ^2)分布に従う。したがって、電界の大きさの変動分布は、χ^2分布の平方根分布、すなわち自由度6のχ分布に従う[8]。通常、電界の測定に直線偏波のアンテナを用いる。このとき、測定される電界は2個のパラメータからなる1方向成分の大きさであり、電界の振幅変動は、自由度2のχ分布に従う。この分布は、よく知られた移動体の伝播環境であるレイリーフェージング特性と同じである[8][9]。

2.2 自動車のスケールモデル実験

移動体の実伝搬環境を生成できるRVCによる自動車の放射イミュニティ試験の適用について、自動車の1/5縮小モデルを用いて検討を行った[10]。自動車モデルは、エンジン、キャビン、およびトランクルームを想定した3つのブロックからなり、開口部はエンジンルームの底面とキャビンの窓である。また、キャビンとトランクルームは仕切りがなく空間的につながっている。図2に示すように自動車モデルをRVC内に設置し、自動車モデル内に設定した51箇所の測定点に等方性電界プローブを配置して最大電界分布を測定した。3 GHzから9 GHz(5分の1スケール比で600 MHzから1.8 GHzに相当)の各周波数について、スターラーの回転1周期間の電界変動から最大値を求めた。

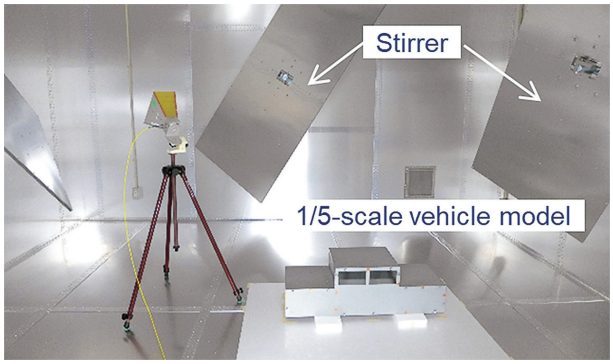


図2　自動車スケールモデル実験

図3にRVCを用いた自動車モデル内の最大電界分布の均一性を示す。均一性の理論値および測定点数51での均一性のバラつきの範囲を同図に示す。自動車モデル内の電界分布の均一性は、5 GHz(スケール比で1 GHzに相当)以上で車外の特性とほぼ同じであるが、周波数が低くなるに従ってモデルの筐体サイズの影響により徐々に悪くなっている。

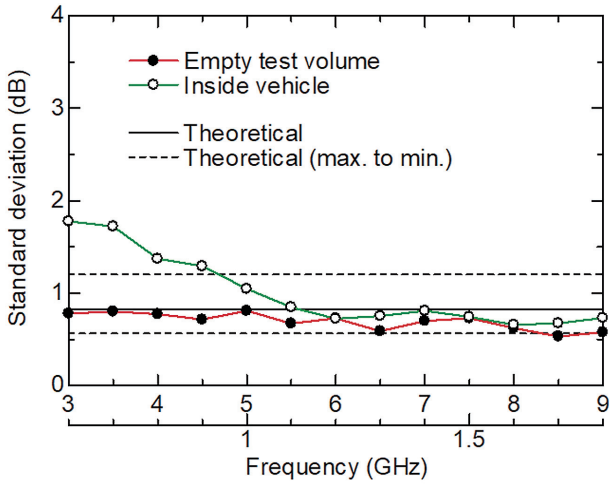
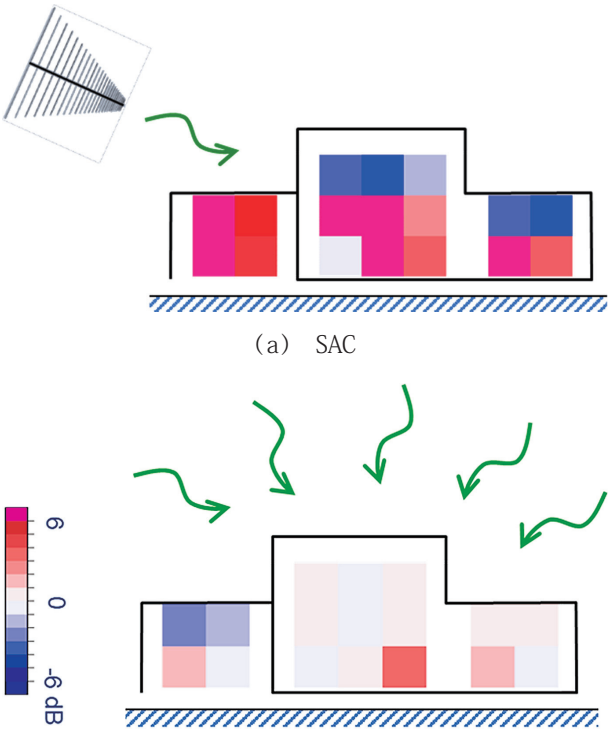


図3　車体内の電界均一性[10]

図4にSACとRVCでの自動車モデル内の最大電界強度の測定結果を示す。ただし、それぞれ自動車モデルを置かない“空”の場合を基準に比較した。SACでは、車体内

に電界強度の大きな疎密が生じている。一方、RVCでは、車体内各部の電界分布の差異は少なく、マルチパス環境下では、自動車内外は同様な環境となっている。



（a） SAC

（b） RVC

図4　3 GHz（スケール比300 MHz）での車体内最大電界分布

3. 近接放射イミュニティ試験法

電気・電子機器の放射イミュニティ試験は、従来から、電波暗室（IEC61000-4-3）、TEM導波管（IEC 61000-4-20）、およびリバーブレーションチャンバー（IEC 61000-4-21）を用いた遠方界での放射試験が行われている[1][7][11]。可搬型無線機の普及に伴い、それらの無線機が電子機器に近接して利用される状況が増大している。このため、近接妨害波源を想定した近接放射イミュニティ試験法（IEC 61000-4-39）が標準化された[4]、規格では、携帯電話やRFID等の可搬型無線機器を考慮した周波数範囲9 kHzから6 GHzで試験法が規定されている。試験法は、周波数によって、磁界（9 kHz～26 MHz）および電界放射イミュニティ試験（26 MHz-6 GHz）から成るが、一部の周波数帯（26 MHz-380 MHz）については策定中である。以下では、携帯電話等の可搬無線機を想定した周波数範囲380 MHz-6 GHzで規定される試験法の概略について述べる。

図5に近接放射試験のためのセットアップを示す。被試験機（EUT）を非導電性の台に配置し、送信アンテナをEUTの照射面から100 mmの距離だけ離す。無変調波で規定された照射電界レベル（10 V/m-300 V/m）に設定し、パルス変調により試験を行う。このとき、照射面での電界の大きさは、4 dBの均一性を満足しなければならない。均一性の評価は、電界プローブを用いて行う。図に示した照射面上の25 mm×25 mmグリッド上の各点について、プローブにより電界を測定する。電界印加アンテナとしてTEMホーンが規定されており、EMC測定で良く用いられるダブルリッジガイドホーンやLPDAは使用出来ない。

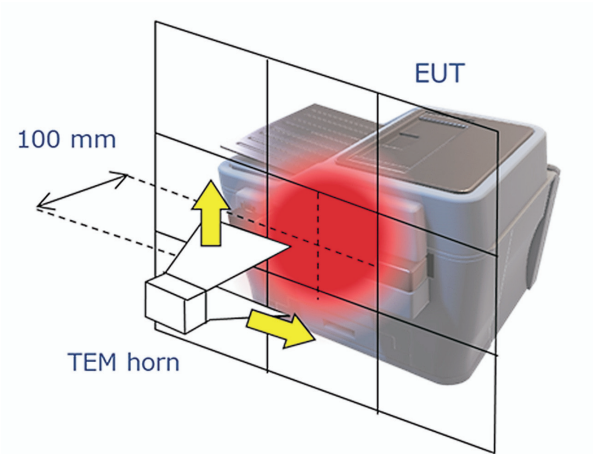
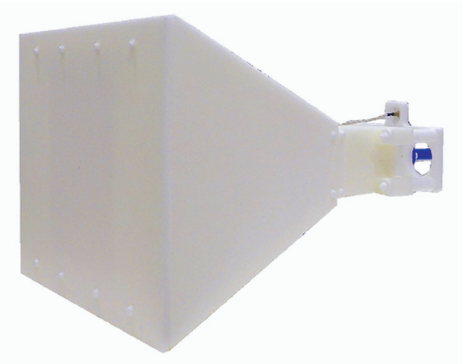


図5　近接放射イミュニティ試験

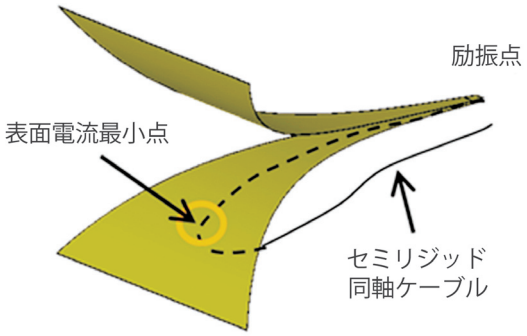
3.1 TEMホーンアンテナ

図6に試作したTEMホーンを示す[12]。TEMホーンは、給電部と開口面までを2枚の金属プレートで構成される。 プレートの形状は、給電部から開口面までの特性インピーダンスの整合を考慮する必要がある。例えば、直線状の平板テーパーを適用する場合、作製が容易であるが、整合のためプレート上に抵抗を装荷している[13][14]。プレート形状にテーパー伝送線路を適用すれば、給電部から開口部まで特性インピーダンスを連続的に変換することができる[15]。すなわち、テーパー構造のみで整合が可能となり抵抗装荷の必要はない。良く知られたKlophenstein等の各種テーパー伝送線路のうち、指数関数テーパーがアンテナとして最も良好な放射特性を有す

る[16]。指数関数テーパー TEMホーンは、広帯域特性からEMC測定用アンテナとして期待できる。しかしながら、アンテナ正面で主ビームの落ち込みが生じる周波数帯がある。この指向性の問題は、プレート長の10 %程度の切取りによる短縮で改善できる[16]。



（a） アンテナ外観[12]



（b） 短縮指数関数テーパー構造

図6 TEMホーンアンテナ

TEMホーンは、ダイポールアンテナのような平衡型アンテナであり、同軸による不平衡給電する場合、通常、バラン回路を介する必要がある。特に、放射イミュニティ測定に用いるとき、バランは広帯域、低損失、および高耐電力性が要求される。しかしながら、アンテナの電流分布を考慮することで、バランを用いないで同軸ケーブルの外導体の外側に流れる電流の低減が可能である[17]。TEMホーンのテーパー上の表面電流は、プレートの狭幅部とエッジ部分で表面電流が高く、プレート前方の中央部では周波数に拠らず低い。図6(b)に示すようにアンテナの給電点から電流密度の低い箇所までセミリジッド同軸ケーブルをプレートに接触させた[12]。

3.2 TEMホーンの特性評価

近接放射試験に用いるTEMホーンの特性のうち、反射特性、広帯域、および均一放射特性が重要となる。すなわち、アンテナのVSWRは、3:1を超えないことが要求されている。また、アンテナの広帯域性と良好な均一場は、試験の効率に影響する。

TEMホーンのVSWR特性の測定結果を図7に示す。最低周波数付近で反射特性が急峻に悪化するため、試験周波数の下限である380 MHzで許容値を満足するように設計上の最低周波数を250 MHzに調整した。全試験周波数にわたり、テーパー伝送線路のインピーダンスのマッチング効果が反映して、VSWRが2:1以下となる良好な特性が得られている。アンテナの近くに配置したEUTからの反射波は、VSWR特性を劣化させる。EUTの金属面からの反射の影響を“最悪条件”で評価した。すなわち、非常に大きな金属表面を有するEUTを仮定して、TEMホーンの開口面を5面電波暗室の金属床から100 mmの位置に配置した。プロトタイプアンテナのVSWRは、最悪条件においても全周波数帯域で許容値3:1を満足している。

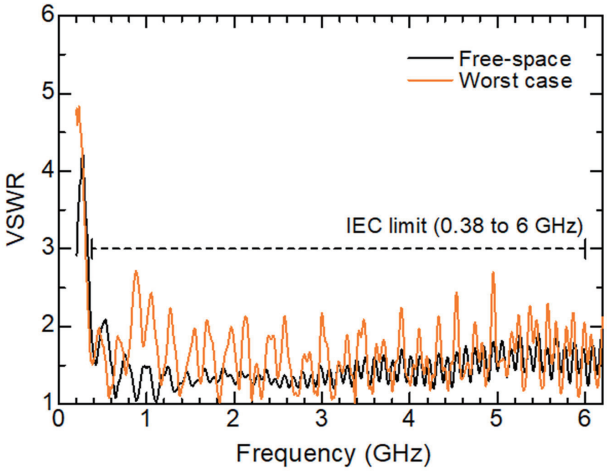


図7 VSWR測定結果[12]

試験の印加電界レベルは、無線通信システムに応じて10、30、100、および300 V/mのクラスに分類される。開口面から100 mmの距離で100 V/mの電界レベルを発生させるために必要な進行波電力を図8に示す。プロト

タイプアンテナは、抵抗装荷およびバラン回路による損失が無いため、アンテナ供給電力を抑制できる。例えば、必要な進行波電力は、低周波側で10 W、2 GHz以上で5Wである。

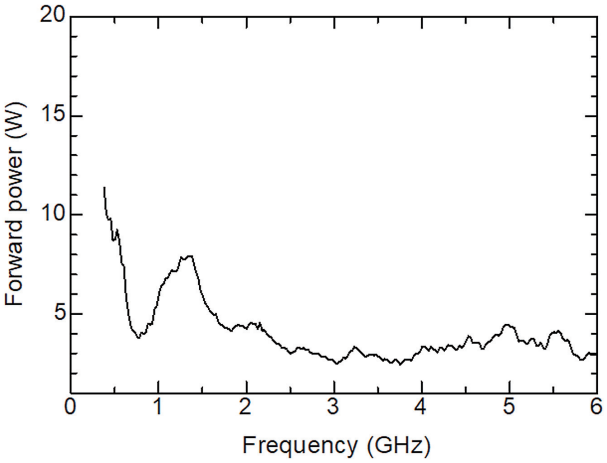
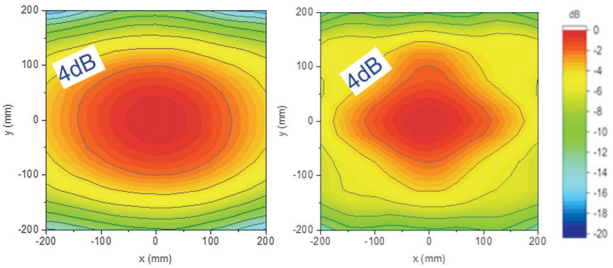


図8　印加電界強度100 V/mに必要なアンテナ進行波電力

照射面の利用可能な電界の均一領域は、最大値から-4dBの矩形領域と定義される。EUT全体に電界を印加するためにアンテナを走査する。このとき、矩形の均一領域がアンテナの移動分解能となる。したがって、試験時間の短縮には、アンテナの広帯域性に加えて均一領域の広さも重要である。主方向成分の電界分布の測定結果を図9に示す。周波数が高くなるに従って、均一領域は縮小する傾向があるが、20 cm×20 cm程度の均一領域を維持している。また、電界最大値は、常にアンテナ軸上、すなわち照射面の中心にある。



(a)870 MHz　　(b)2.45 GHz

図9　電界均一性[12]

4. 広帯域試験信号法の検討

放射イミュニティ試験[1]は、周波数毎に一方向からの平面波照射により実施されており、OFDM変調等の広帯域通信信号や同時に周波数の異なる複数の通信システムが混在する実環境を考慮していない。また、EUTに対して、試験周波数、印加偏波面、EUT照射面、およびDwell(照射時間)毎に行うため数時間を要しており、試験周波数の数は、この主要な要因である。例えば、試験周波数が80 MHzから1 GHzの場合、1%ステップ掃引による試験周波数は、255波となる。広帯域の試験信号を用いることは、試験時間の短縮および実電磁環境の考慮に関して大きな利点を持つ。

4.1 広帯域試験信号

広帯域試験信号として、帯域制限されたホワイトガウスノイズおよびマルチトーン信号を用いた[18]。ホワイトガウスノイズは、正規分布に従う時系列の乱数から生成できる。ノイズ波形の帯域制限は、周波数領域に変換し所望の帯域外の振幅を“切って”、再度時間領域に変換することで得られる。また、マルチトーンの時系列波形は、正弦波を加算した信号で表せる。2トーンまたは少数のトーンによるマルチトーンは、トーン数に対応するアナログ信号発生器で生成できるが、多数のトーン信号に対しては現実的ではない。I/Q変調器が付加されたベクトル信号発生器によりマルチトーン信号が生成できる[19]。しかしながら、試験帯域は、ベクトル信号発生器の帯域幅に依存する。本検討では、帯域制限したホワイトガウスノイズおよびマルチトーン信号は、任意信号発生器を用いて生成した[18]。

4.2 広帯域信号による放射イミュニティ試験法

図10に測定系を示す。電波暗室内に送信アンテナおよび周波数選択性電界プローブを距離rだけ離して対向する。任意信号発生器(AWG)は、増幅器を介して送信アンテナに、電界プローブは、O/E変換器を介してスペクトラムアナライザ(スペアナ)とそれぞれ接続する。電界強度は、電界プローブのアンテナ係数を用いてスペアナ指示値から求めた。帯域制限したホワイトガウスノイズおよびマルチトーン信号は、サンプリング周波数7.2 GSa/s、分解能14 bitのDAC(Digital to Analog Converter)を持つ任意信号発生器により生成した。これらの信号波形は、

MATLABを用いて作成し、任意信号発生器の波形メモリにダウンロードした。任意信号発生器は、信号波形の伝搬経路による特性変化を補正するためのフィードバック系を付加している。試験信号の周波数範囲を704 MHzから2,570 MHzに設定し、マルチトーンは、試験帯域に等間隔に200波のトーン信号で構成した。測定距離は、近接放射イミュニティ試験[4]の試験条件、すなわち、10 cm(r)を適用した。

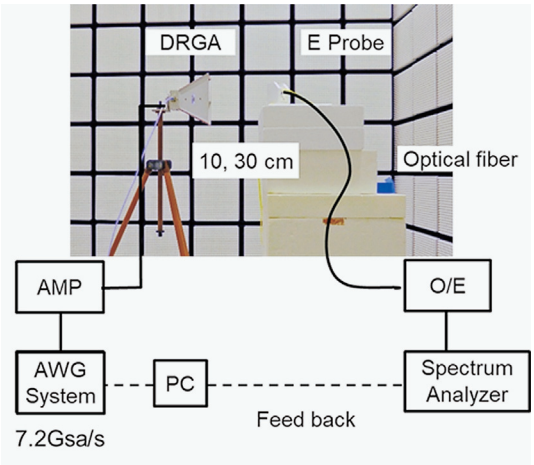
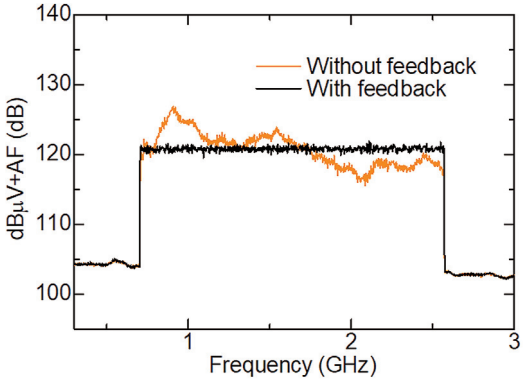


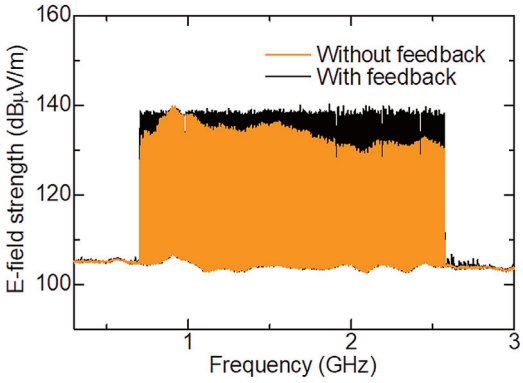
図10　広帯域試験信号法のセットアップ

図11にホワイトガウスノイズおよびマルチトーン信号による電界印加レベルの測定結果をそれぞれ示す。受信レベルは、増幅器、同軸ケーブル、送信アンテナ、および伝搬等の各周波数特性に起因する経路特性が含まれている。スペアナの受信値を任意信号発生器にフィードバックし一定の電界印加レベルが得られるように信号の出力レベルを補正する。振幅補正した広帯域信号による受信電界レベルの測定結果を同図に示す。経路特性のフィードバック補正により一定の電界印加レベルが得られることが確認できる。

試験規格には、試験周波数帯のうち試験の要・不要な帯域を規定している場合がある。例えば、近接放射試験[4]では、試験周波数は、無線通信システムで利用されている周波数帯であり、それ以外の帯域は電界印加を行わない。このような印加不要帯域は、任意信号発生器を用いることで容易にノッチすることができる。各種の通信システムであるLTE、GSM、CDMA、UMTS、WLAN等で使用する周波数帯(704-787 MHz、800-960 MHz、1,447.9-1,462.9 MHz、1,700-1,990 MHz、2,400-2,570 MHz)について帯域制限した例を図12に示す。

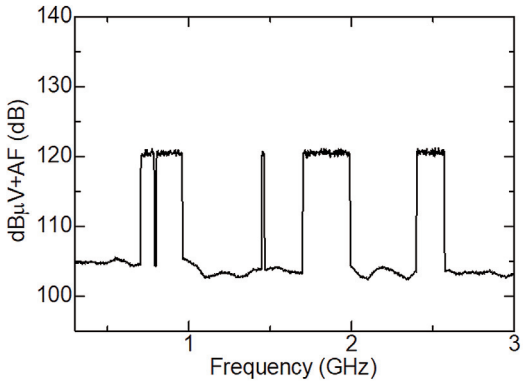


(a)　ホワイトガウスノイズ信号

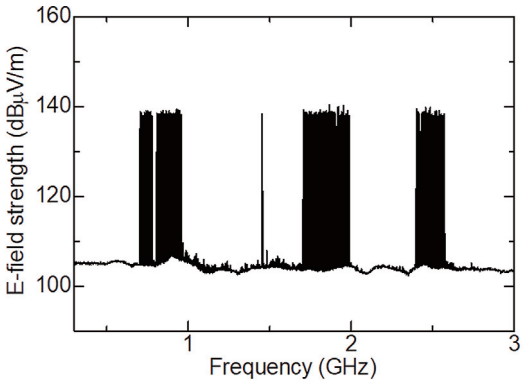


(b)　マルチトーン信号

図11　広帯域試験信号[18]



(a)　ホワイトガウスノイズ試験信号

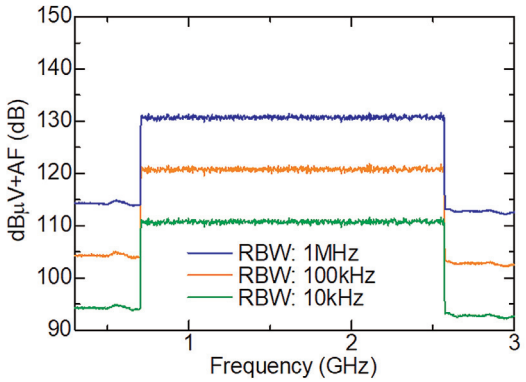


(b)　マルチトーン試験信号

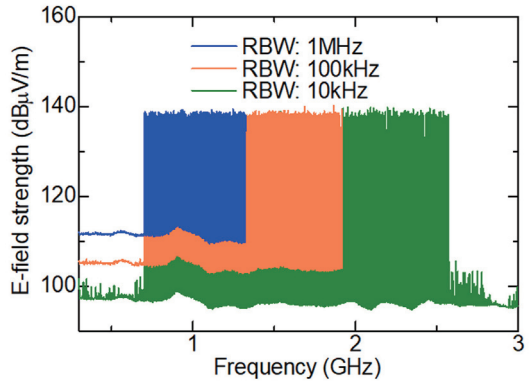
図12　ノッチした広帯域試験信号[18]

試験信号としてホワイトガウスノイズ用いた場合、スペアナの管面表示値は、図13(a)に示すようにスペアナの分解能帯域幅(RBWフィルタ)に比例する。電力スペクトル密度のような周波数1 Hzあたりの電界強度値を想定すれば、RBWに拠らない一定の指標になるが、電界強度規定値との対応が必要となる。一方、マルチトーン信号による管面表示値は、図13(b)に示すようにスペアナのRBWおよび検波モードに依存しないため、CW波として取り扱える。

広帯域信号を用いることで、単一周波数ごとに行われている従来法と比較して、試験時間を短縮し、複数の周波数が混在する実際の無線環境に対応した放射イミュニティ試験が可能となる。ただし、広帯域信号を用いたイミュニティ試験の場合、EUTや電力増幅器に与える負荷を考慮した、帯域幅、トーン数、印加レベル等について適切な試験シナリオの検討が必要である。



(a) ホワイトガウスノイズ試験信号



(b) マルチトーン試験信号

図13 スペアナ指示値[18]

5. おわりに

実環境を考慮した放射イミュニティ評価法として、リバーブレーションチャンバー法、近接放射イミュニティ試験法、および広帯域試験信号法について述べた。

リバーブレーションチャンバー法の自動車への適用のため、自動車の簡単な1/5スケールモデルを用いて検討した結果、リバーブレーションチャンバーによるマルチパス環境下では、自動車内も同様な環境となり、統計的に均一な電界分布特性が得られる。一方、現行の電波暗室法での単一の平面波照射環境下では、車内の電界分布に大きな疎密が生じることを示した。

近接放射イミュニティ試験に用いるTEMホーンを試作した。実験による評価から、TEMホーンは、380 MHzから6 GHzの試験周波数をカバーできる広帯域性および試験基準を十分に満足するVSWRが2:1以下となる反射特性を有する。また、高周波数域においても偏りの少ない電界均一領域を維持できることを示した。

放射イミュニティ試験のため、帯域制限したホワイトガウスノイズおよびマルチトーン信号を用いた広帯域電界印加法を提案した。これら試験信号は、フィードバック系を有する任意信号発生器を用いて生成した。実験的な検討から、アンテナ、同軸ケーブル、アンプ、および伝搬等の経路特性の影響を除去した広帯域にわたり一定電界の照射が可能である。試験に不要な周波数範囲を取り除くためノッチによる印加周波数帯の設定が容易であることを確認した。

参考文献

[1] IEC 61000-4-3, Electromagnetic Compatibility (EMC)-Part 4-3:Testing and measurement techniques-Radiated, radio-frequency, electromagnetic field immunity test, 2006.

[2] CISPR 35, Electromagnetic compatibility of multimedia equipment-Immunity requirements, 2016.

[3] IEC 60601-1-2, Medical electrical equipment-Part 1-2:General requirements for basic safety and essential performance-Collateral standard:

Electromagnetic disturbances-Requirements and tests, 2014.

[4] IEC 61000-4-39, Electromagnetic Compatibility (EMC)-Part 4-39:Testing and measurement techniques- Radiated fields in close proximity-Immunity test, 2017.

[5] ISO 11452 series, Road vehicles-Components test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electro-magnetic energy-.

[6] ISO 11451 series, Road vehicles-Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electro-magnetic energy-.

[7] IEC 61000-4-21, Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 4-21:Testing and measurement techniques-Reverberation chamber test methods, 2011.

[8] G. Kostas, and B. Boverie, "Statistical model for a mode-stirred chamber," IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 33, no. 4, pp. 366-370, Nov. 1991.

[9] K. Harima, "Statistical characteristics of E-field distribution in a reverberation chamber," IEICE Trans. Commun., vol. E88-B, no. 8, pp. 3127-3232, July 2005.

[10] K. Harima, T. Nakamura, D. Akita, and S. Ishigami, "Experimental Estimation of E-Field Distribution in a Vehicle under Multipath Propagation Environment Using a Reverberation Chamber," Proc. 2016 International Symposium on Antenna and Propagation, pp.930-931, Okinawa, Japan, Oct. 2016.

[11] IEC 61000-4-20, Electromagnetic compatibility (EMC)-Part 4-20:Testing and measurement techniques- Emission and immunity testing in transverse electromagnetic (TEM) waveguides. 2010.

[12] K. Harima, T. Kubo, and T. Ishida, "Evaluation of a TEM horn antenna for radiated immunity tests in close proximity," IEICE Communications Express, vol. 9, no. 2, pp. 60-65, Feb. 2020.

[13] M. Kanda, "The effects of resistive loading of TEM horns," IEEE Trans Electromagn Compat EMC-24, pp.245-255, May 1982.

[14] C. A. Grosvenor, R. T. Johnk, D. R. Novotny, S. Canales, B. Davis, and J. Veneman, "TEM horn antenna design principles," NIST Technical Note 1544, Jan. 2007.

[15] H. Choi and S. Lee, "Design of an exponentially-tapered TEM horn antenna for the wide broadband communication," Microwave and Optical Tech. Lett., vol. 40, no. 6, pp.531-534, March 2004.

[16] K. Harima, "Numerical estimation for TEM horn antenna with transmission line taper shapes," IEICE Communications Express, vol. 6, no. 9, pp. 560-565, Sep. 2017.

[17] M. Manteghi and Y. Rahmat-Samii, "A novel UWB feeding mechanism for the TEM horn antenna, reflector IRA, and the Vivaldi antenna," IEEE Antennas Propag. Mag., vol. 46, no. 5, pp. 81-87, 2004.

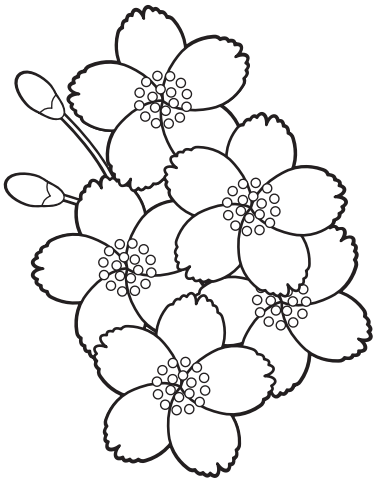
[18] K. Harima, D. Akita, and T. Nakamura, "Investigation of Radiated Immunity Testing Using White Gaussian Noise and Multitone Signals," Proc. 2018 Asia-Pacific Microwave Conference, Kyoto, Japan, Nov. 2018.

[19] G. Barth, "Benefits of multitone EMC immunity testing," International Journal of RF and Microwave Computer-Aided Engineering, vol. 26, no. 4, pp.355-358, March 2016.

張間　勝茂（はりま かつしげ）

1986年：郵政省電波研究所（現 国立研究開発法人情報通信研究機構）入所。以来、アンテナ測定、数値電磁界解析、EMC測定に関する業務・研究に従事。

現在、電磁波研究所　電磁環境研究室 主任研究員。



放射エミッション測定におけるVHF-LISN標準化の取り組み

一般財団法人VCCI協会
技術アドバイザー
長 部 邦 広

放射エミッション測定において、測定不確かさの主要部分を占めているEUT電源ケーブルの終端条件は測定サイト間の相関性に大きく関わっている。本テーマでは、EUT電源ケーブルの終端条件規定化にあたり、テストサイトのEUT用電源供給点における技術要件を設定するデバイスとして提案しているVHF-LISNの妥当性に関する検証内容とVHF-LISNの標準化に向けて現在CISPR/SC-AとSC-Iのジョイントアドホックグループで進められている審議状況について概要を説明する。

1. はじめに

EMC(電磁両立性)規制において、各国規制の基本になっている放射エミッション測定における測定不確かさは非常に大きく、測定システム系の範囲だけでも6 dB近い値が計算されている[1]。しかしながら、測定規格の中にEUTの電源ケーブルが接続される電源供給点における入力インピーダンス規定が無いため、電源ケーブルの終端条件に対する測定不確かさは考慮されていない。従って、放射エミッション測定全般の測定不確かさは15 dB以上になり、測定サイト間の相関性は望めない状況にある[2]。そこで、我々は電源供給点の入力インピーダンスを規定するために、電源ケーブル終端条件を設定するVHF-LISNの標準化を提案し、現在CISPR/SC-AとSC-Iのジョイントアドホックグループで審議が進められている。

2. VHF-LISN標準化提案の背景

VHF-LISNの標準化は、現在VCCI協会の技術専門委員会下にあるVHF-LISN WGにおいて検討された内容を基に、日本のCISPR国内委員会として提案している。その背景は、日本のVCCI自主規制を含めたEMC規制の基本となっている放射エミッション測定についてEUTが同じ試験配置、同じ動作条件でもサイト間の測定値が20 dB以上違うエミッションがあるとの問題提起から始まっている[3]。その原因として、テストサイトのサイトアッテネーション特性等が上げられたが、EUTの電源ケーブルが接続される電源供給点から電源ネットワーク側を見たインピーダンス特性の違いが大きく関与していることが、国内および国際試験所間比較測定の実施により分かってきた[4]。図1は国内における試験所間比較実験を行った時の14サイトにおける電源供給点におけるラインインピーダンス特性である。つまり、図2に示すように、電源ケーブルの終端条件の違いにより放射エミッション特性の異なる状況が試験所間で起こっていると推定され、放射エミッション測定におけるEUT電源ケーブルの終端条件設定を提案することになった。

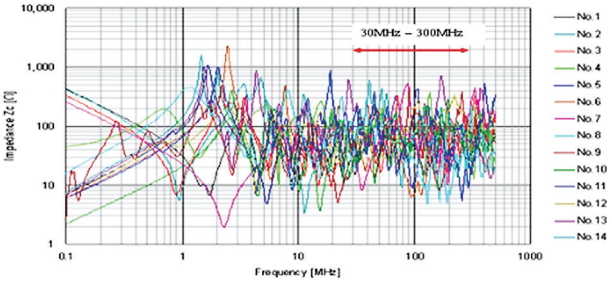


図1　国内テストサイトの各ラインインピーダンス測定結果

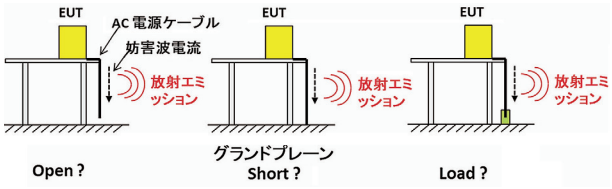


図2　サイト間で想定されるEUT電源ケーブル終端条件の違い

3. 標準化提案までの経過

1995年、当時のCISPR小委員会SC-Gに於いて、放射エミッション測定における電源ケーブル終端条件を設定することを意図してコモンモード吸収クランプ(CMAD)の装着が提案され、2000年にCISPR22第3版の修正1で一旦規格化されたが、実際の測定配置で、テストボリュームから出るケーブルの数が多い場合のCMAD配置の問題や、提案当初に指摘された測定周波数の80 MHz以下帯域におけるエミッションレベルの過小評価の可能性等により、CISPR22第5版でCMADの装着は削除された。

基本規格を担当するCISPR/A小委員会では、2010年にCMADがCISPR16-1-4第3版に採用され、製品委員会からの要請が無い限りVHF-LISNの標準化は検討しないとの結論が出ていたため、2012年にVCCIとしてITEのエミッション規格を担当するSC-Iに対し、国内試験所間比較結果を拠りどころに、CISPR22の修正に向けVHF-LISNの標準化提案を行った。

4. VHF-LISNに関する技術的考察

4.1 VHF-LISNの設計試作

VCCIでは、技術専門委員会として2004年にVHF-LISNの調査を開始し、以下のポリシーで試作を行った。

① 特殊な部品を使用しない

② ①の条件で可能な限りの高性能

③ 今後の放射エミッション測定の安定化に利用可能

VHF-LISNの試作機および回路図は図3、図4の通りで、基本的に現在も変わっていない[5]。

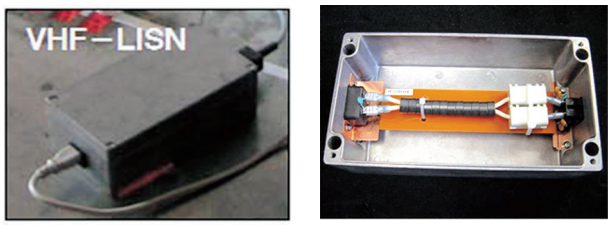


図3　VHF-LISN試作機　外観および内部

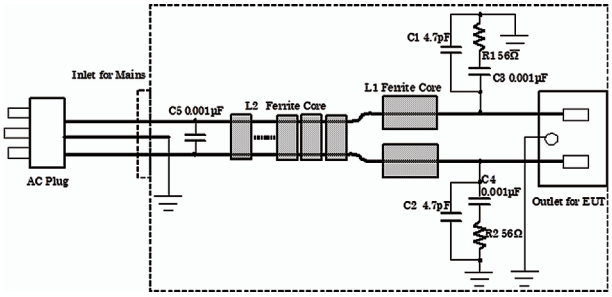


図4　VHF-LISN試作機回路図

VHF-LISN試作機を使用した国内10試験所によるサイト間比較試験結果を基に2010年のCISPRシアトル会議SC-A/WG2において、電源ケーブルの終端条件設定デバイスとして標準化することを提案したが、その場では標準化に向け審議を開始する決定は行われなかった。

そこで、情報技術装置のEMC規格を所掌するCISPR/SC-Iにおいて、ITEエミッション規格CISPR22の修正に向けた提案を行うために、国内サイト間比較測定を計画した。

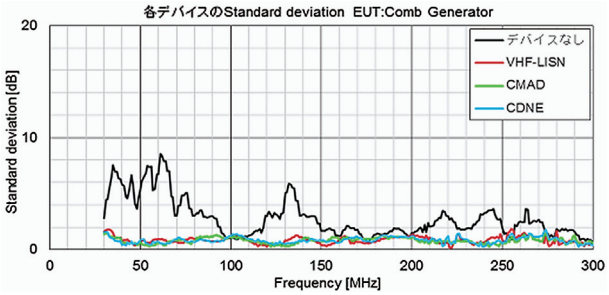
4.2 国内試験サイト間比較測定

2012年に実施したVCCI技術専門委員会による国内試験所間比較では、EUTとして、1 MHzステップのコムジェネレータとタワーPC実機を参加試験所に巡回した。電源ケーブルの終端デバイスとしては、VHF-LISN、CISPR16-1-4で規定されているCMADおよびCISPR15で規定されているCDNEの3種類と終端デバイス無しの条件で、それぞれのEUTについてCISPR22準拠の測定法で、受信アンテナとの距離3 m、垂直偏波による測定を実施した。

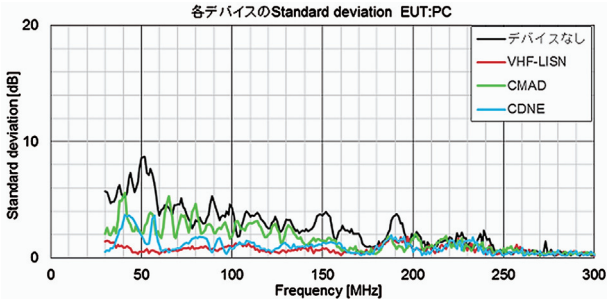
国内試験所間比較には14試験所が参加し、14試験所データの標準偏差は図5の通りである。

VHF-LISNによる終端で、サイト間相関性は、両EUT共に大きく改善したが、CMADでは、図5 b)に示す通り、

タワーPCでの改善は見られなかった。



a）コムジェネレータ測定結果標準偏差



b）タワーPC測定結果標準偏差

図5　各終端デバイスの国内試験所間標準偏差

4.3 国際試験所間比較測定

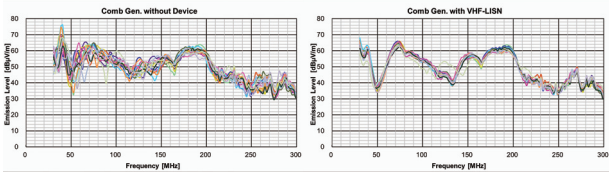
2012年に国内試験サイト間比較結果をバンコクで開催されたCISPR/SC-Iで報告し、電源ケーブル終端条件を検討するタスクフォースが設置された。その中で、VHF-LISNによるインピーダンス安定化装置をEUTのAC電源プラグ接続点に設置し、AC電源ケーブルの終端条件を合わせることによって、放射エミッション測定の試験所間相関性が改善される効果を国際試験所間比較によって確認する提案が了承された。

国際試験所間比較試験は、2013年5月～2014年2月にかけて、図6に示す4大陸、9か国 16試験場で測定が実施された。

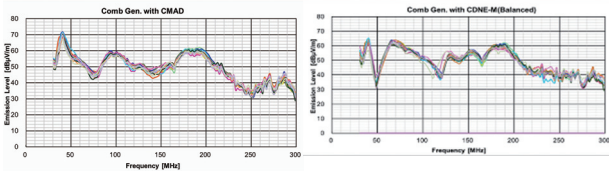
図6　国際試験所間比較参加試験所

比較測定は、国内での測定とほぼ同じ内容で、EUTとしては、コムジェネレータとタワーPCが各試験所に巡回された。それぞれのEUTの電源ケーブルを、① 終端デバイス無し、② VHF-LISN（電源ケーブル各ラインを50Ω終端）、③ CMAD（CISPR16-1-4準拠）、④ CDNE（CMインピーダンス150 Ω平衡終端）、⑤ CDNE（CMインピーダンス150 Ω不平衡終端）の5条件で終端、都合10条件で実施された。

図7にコムジェネレータ、図8にタワーPCによる測定結果を示す。④、⑤の結果はほぼ同じであったため図中には④のグラフのみを記載した。

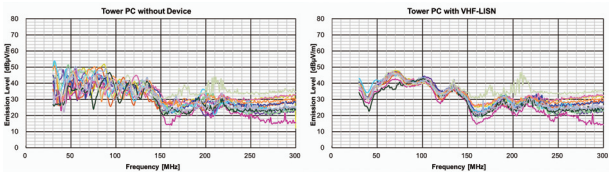


a）①終端デバイス無し　　b）②VHF-LISN終端

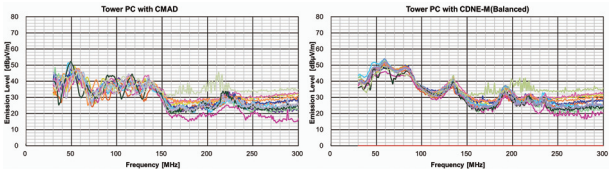


c）③CMAD終端　　d）④CDNE終端・⑤もほぼ同

図7 コムジェネレータによる各試験所測定結果



a）①終端デバイス無し　　b）②VHF-LISN終端



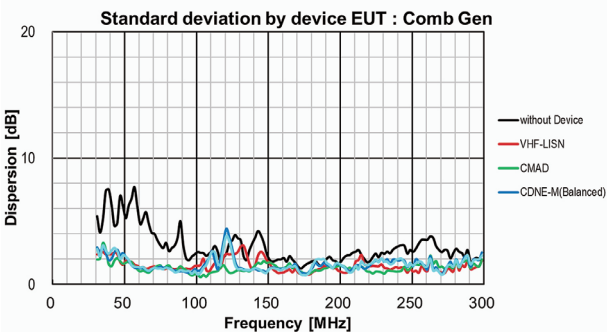
c）③CMAD終端　　d）④CDNE終端・⑤もほぼ同

図8 タワーPCによる各試験所測定結果

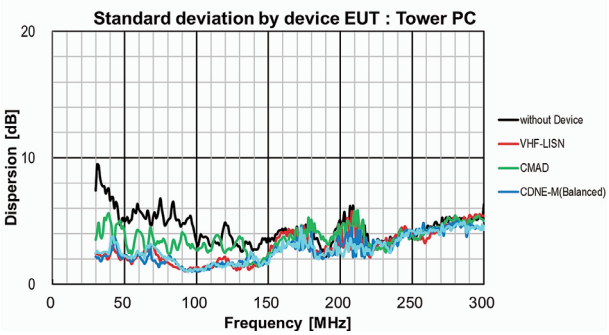
各試験所測定データについて、EUT毎に標準偏差を計算すると図9のようになる。

その結果は、コムジェネレータの場合、いずれの終端

装置でも測定の再現性(サイト間相関性)は大幅に改善されるが、タワーPCでは、VHF-LISNとCDNEでは改善されるものの、CMADによる改善効果は小さいことが分かった。つまり、電源ケーブルの終端条件としてインピーダンスの規定が必要であることが明確になった。[6]



a) コムジェネ測定データの各終端装置標準偏差



b) タワーPC測定データの各終端装置標準偏差

図9　EUT毎の試験所測定データ標準偏差

4.4 試験所間比較で提起された課題への取り組み

前項の試験所間比較結果の中で提起されたコムジェネレータとタワーPCでCMADによる測定の再現性改善効果が異なった理由について、その後検証が行われた。

一般の電気・電子機器と想定されるタワーPCでは、PE線とフレームグランド間のインピーダンスは非常に小さく、3線電源ケーブルのL線(Live)とN線(Neutral)に流れるコモンモード妨害波電流はPE線(Protective Earth)を介して戻るため、PE線も含めた3線電源ケーブルに装着されるCMADでは、測定の再現性が改善されなかった。これに対し、試験所間比較測定でEUTとして提供されたコムジェネレータでは、電源ケーブルはPE線を含む3線であったものの、このPE線がコムジェネレータのフレームと直接接続(ショート)されず、実際は、1000 μHのチョークコイルで接続されていたため、PE線による妨害波電流の戻りが殆ど無かった。そのために測定再現性が改善されたように見えたことが分かった[7]。

この検証結果には、PE線が無い2線電源ケーブルの場合、CMADによっても測定の再現性は改善されるが、CMADが持つ本来の特性であるコモンモード電流減衰器としての効果を考慮しなければならないことが付け加えられた。

4.5 入力インピーダンス測定法の検討

VHF-LISNの標準化を提案するにあたって、VHF-LISN各端子の入力インピーダンス測定法も合わせて提案している。提案にあたって、基本規格CISPR 16-1-2にあるCDNEのインピーダンス校正法を参考にしたが、VHF-LISNでは、L, N端子とPE端子の高さが違うため測定位置の上下可変が必要になる。そこで図10に示す基準金属面から測定端子までの高さを可変できるように金属支持台を追加して、電気長補正治具の線路インピーダンスを50 Ωとした測定アダプタ(IMA)を提案した。このアダプタを使用した入力インピーダンス測定配置を図11に示す[8]。

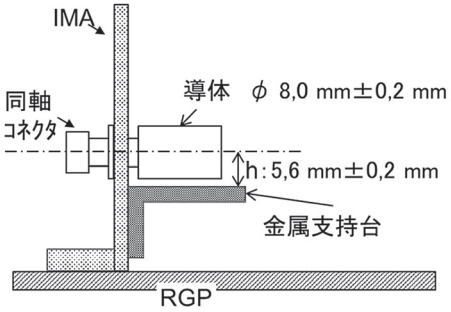


図10　金属支持板を追加した測定アダプタ(IMA)

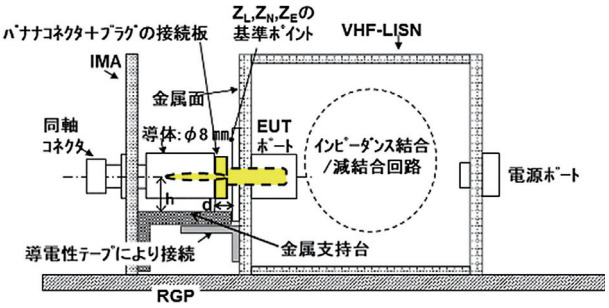
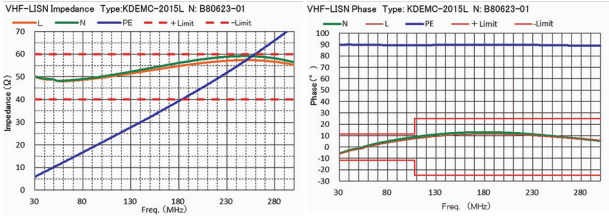


図11　入力インピーダンス測定配置例

日本が提案しているVHF-LISNの入力インピーダンス測定例として、図12 a)にインピーダンスの大きさ、b)に位相を示す。PE線のインダクタンスは、図12 a)の青色で示すリアクタンス測定値の傾斜が300 MHzで最大になり70.9 Ωになることから、37.6 nH以下になると計算できる。



a) インピーダンスの大きさ　b) インピーダンスの位相

図12　VHF-LISNの入力インピーダンス測定例

5. VHF-LISNの標準化審議動向

5.1 CISPR/SC-Iにおける標準化審議

国際試験所間比較測定結果を受けて、CISPR/SC-Iでは、CISPR32のメンテナンスとしてVHF-LISNの導入を提案したCD(Committee Draft:委員会草案)が、この提案に関する作業について基本規格を所掌するSC-Aに問い合わせるべきかという質問を含めて発行された。その結果、VHF-LISNの提案を基本的に支持するが、基本規格に導入した後、CISPR32の修正をすべきとの意見が8カ国から提出されたことにより、2018年2月にミラノで開催されたCISPR32のメンテナンスを担当するSC-I/MT7会議に於いて、SC-Aにこの提案に基づく基本規格の修正審議を正式に要請することが決定された。

SC-Aでは電源ケーブルの試験配置を検討するためのAHG6(アドホックグループ6)を立ち上げることが決まっていたが、2017年に開催されたCISPRウラジオストク会議において、SC-Iとのジョイントアドホックグループ JAHG6として、電源ケーブルの終端条件についても議題に含めることが合意されたため、基本規格への導入が明確になるまでSC-Iにおける審議は一時中断することになった。

その後、JAHG6における審議は、釜山、シンガポール、上海で行われ、次項で説明する提案が現在審議されている。

5.2 CISPR16-1-4の改訂提案

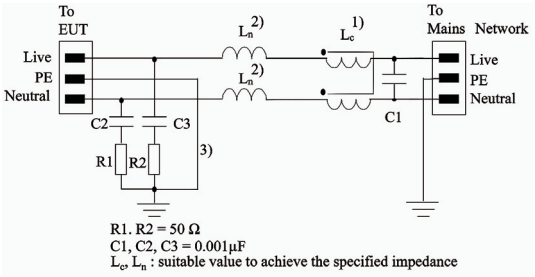
放射エミッション測定アンテナ及び試験サイト基本規格であるCISPR16-1-4については、CMADの定義修正、VHF-LISNの定義追加を含めて、VHF-LISNを電源ケーブル終端デバイスとして追加する提案としている。JAHG6では、VHF-LISNとして日本が提案している平衡型VHF-LISNと英国が提案している不平衡型VHF-LISNの2種類について審議されているが、主な技術仕様要求は、表1および表2に示すとおりである。図13 a)、b)に平衡型および不平衡型VHF-LISNの回路例を示す。また、VHF-LISNの入力インピーダンス評価法については、本稿4.5項の内容を提案している。

表1　平衡型VHF-LISNの技術要求

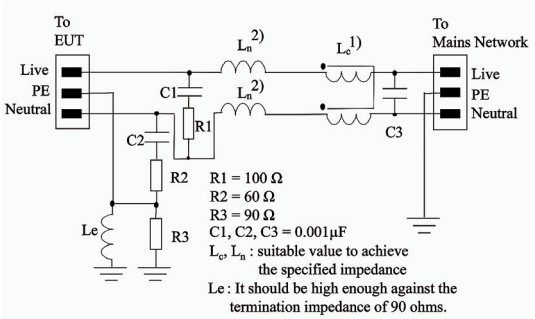
要求事項	特性	
	周波数範囲	要求値
インピーダンスの大きさ（L線、N線と大地間）	30 ～ 300 MHz	50 Ω ± 20 %
インピーダンスの大きさ（PE線と大地間）	30 ～ 300 MHz	50 nH以下
インピーダンス位相（L線およびN線）	30 ～ 108 MHz	0 ± 11.5 °
	108 ～ 300 MHz	0 ± 25.0 °
アイソレーション	30 ～ 300 MHz	40 dB以上

表2　不平衡型VHF-LISNの技術要求

要求事項		特性	
		周波数範囲	要求値
インピーダンスの大きさ	L 線と大地間	30 ～ 300 MHz	250 Ω ± 20 %
	N 線と大地間	30 ～ 300 MHz	150 Ω ± 20 %
	PE線と大地間	30 ～ 300 MHz	90 Ω ± 20 %
インピーダンス位相		30 ～ 108 MHz	0 ± 11.5 °
		108 ～ 300 MHz	0 ± 25.0 °
アイソレーション		30 to 300 MHz	40 dB以上



a）平衡型VHF-LISN

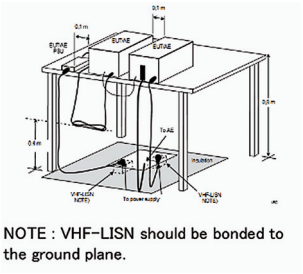


b）不平衡型VHF-LISN

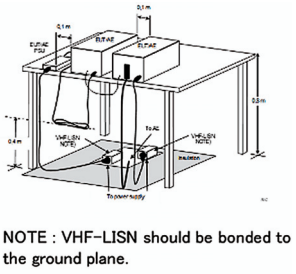
図13　現在提案されているVHF-LISN回路例

5.3 CISPR16-2-3の改訂提案

放射エミッション測定法基本規格CISPR16-2-3については、図14 a)、b)に示すように、卓上型機器の測定において金属大地面下及び金属大地面上にVHF-LISNを設置した場合の放射エミッション測定配置例と床置型機器との複合型試験配置例の追加を提案している。

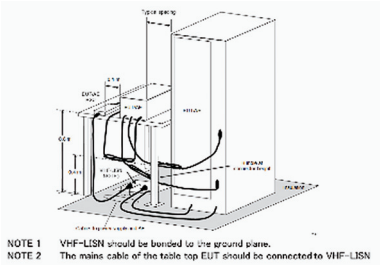


a-1）金属大地面下設置例



a-2）金属大地面上設置例

a) 卓上型装置に対するVHF-LISN設置例



b）床置型装置との複合型装置に対するVHF-LISN設置例

図14　VHF-LISNを設置した放射エミッション測定配置図

6. おわりに

上述したように、放射エミッション測定の再現性を改善する為には、テストエリアから出るEUT電源ケーブルの終端条件として、電源供給点の入力インピーダンスを規定することが必要である。

放射エミッション測定において、CISPR16-2-3で規定されているCMADをテストエリアから出るEUT電源ケーブルの終端デバイスとして挿入した場合の試験所間の測定再現性改善効果は限定的であり、また、CMADの本来の機能であるコモンモード電流吸収効果により放射エミッションレベルが過小評価される可能性が高い。従って、電源ケーブル終端デバイスとしてVHF-LISNの標準化が急務である。現在SC-A/SC-IのJAHG6により、基本規格CISPR 16-1-4に終端条件を規定するデバイスの追加、およびCISPR16-2-3に終端デバイスの試験配置の修正について基本規格改訂に向けた審議が行われている。基本規格に採用の方向性が明確になり次第、マルチメディア機器エミッション規格CISPR32の測定条件として提案する予定である。

参考文献

[1] CISPR16-4-2, Specifications for radio disturbance and immunity measuring apparatus and method-Part 4-2:Uncertainties, statistics and limit modelling -Measurement instrumentation uncertainty.

[2] CISPR16-4-1, Specifications for radio disturbance and immunity measuring apparatus and method-Part 4-1:Uncertainties, statistics and limit modelling -Uncertainties in standardized EMC tests.

[3] A. Maeda, “Stabilization of power line impedance for radiated EMI level measurement,” IEICE Trans. Comm., Vol. E75-B, No. 3, pp.148-156, March 1992.

[4] VCCI-VT045/2013.01 VCCI技術報告書 VHF-LISNのサイト相関調査報告.

[5] VCCI-VT038/2008.05 VCCI技術報告書 VHF帯用LISN試作報告書.

[6] S. Okuyama, N. Kuwabara, K. Osabe, H. Muramatsu, “Improvement of radiated emission measurement

reproducibility with VHF-LISN obtained from final results of international inter-laboratory comparison on termination control of power line, ” 2015 Aisa-Pacific International Symposium on EMC（APEMC 2015）, Taiwan, TS15.1, May 2015.

[7] S. Okuyama, N. Kuwabara, K. Osabe, H. Muramatsu, “Investigation on difference of radiated emission measurements reproducibility between two EUTs at international RRT by using CMAD as a terminating device for AC mains cable, ” 2018 IEEE International Symposium on EMC, Long Beach, pp.516-521, August 2018.

[8] K. Osabe, N. Kuwabara, H. Muramatsu, “Adequate Impedance Measurement Adaptor with Metal Support for use in VHF-LISN Validation “2019 EMC Sapporo & APEMC, Sapporo, pp 459, June 2019.

長部　邦広（おさべ くにひろ）

1971年　松下電器産業株式会社　入社

1982年～1986年

ドイツ松下電器EMCセンター　駐在

1986年～2005年

松下通信工業株式会社　勤務

（後に、パナソニックモバイルコミュニケーションズ）

2005年～2014年

株式会社電磁環境試験所認定センター　勤務

2014年～

一般財団法人VCCI協会　技術アドバイザー

ANSI C63.5に基づくアンテナ校正サイトに対するサイト特性要求の検証

一般社団法人KEC関西電子工業振興センター
試験事業部EMC・安全技術グループ
技師　乗 本 直 樹
グループマネジャー　峯 松 育 弥

米国のアンテナ校正規格ANSI C63.5が2017年に改訂され、アンテナ校正サイトに対する要求事項が追加された。本報告では、オープンサイトがこの要求事項を満たすことができるのか、またアンテナ校正サイトの特性がアンテナ係数やGSCF(ジオメトリ固有補正係数)にどのような影響を与えるのか調査実験を行ったので報告する。

1. はじめに

米国アンテナ校正規格ANSI C63.5は2017年に改訂され、EMI測定で用いる受信アンテナのアンテナ準自由空間アンテナ係数(NFSAF)の校正と、30MHzから1000MHzの周波数帯域における正規化サイトアッテネーションで用いられる、ペアアンテナのGSCF(Geometry-Specific Correction Factors)を取得するためのサイト要求事項が追加された。

本稿では、周波数範囲30MHzから1000MHzにおいて、OATS(オープンエリアテストサイト)が、追加された要求事項を満たすことが出来るのか、またアンテナ校正サイトの特性がアンテナ係数やGSCFにどのような影響を与えるのかについて調査実験を行ったので報告する。

2. アンテナ校正サイトに対する要求事項

30MHz-1000MHzにおけるアンテナ校正サイトに対して、ANSI C63.5-2017では、次の4つの要求事項が規定されている。

(1) 全天候型カバーがないOATSを使用すること。
(2) グラウンドプレーンは任意の寸法でよいが3cmより大きい穴または隙間がない金属製であること。
(3) グラウンドプレーン全体が電気的に繋がっており、平坦であること。
(4) グラウンドプレーンには、試験に必要な距離に対応したフレネル楕円が含まれていること。

サイト検証の測定設定として図1に示す直径3.0mの円上を含む5ポジションのアンテナペアの位置に対して、サイトアッテネーション測定が要求されている。サイトアッテネーション測定時における、水平偏波の送信アンテナ高は1.0mと2.0m、垂直偏波の送信アンテナ高は1.0mと1.5mの4通りである。受信アンテナについては各偏波、送信アンテナ高において、1.0m～4.0mまで昇降させ最大受信レベルを記録し、その結果から、周波数ごとに標準偏差を算出し、以下に示す値を満たすことを確認することが規定されている。

・ 水平偏波:0.0dB～0.3dB
・ 垂直偏波:0.0dB～0.6dB

図1　測定場所の概略図

3. アンテナ校正サイトにおける実験内容

実施した実験の内容は以下に示す3つのである。

（1）アンテナ校正サイトの適合確認

（2）アンテナ校正サイトの特性を満たすサイトと満たさないサイトにおけるアンテナ校正結果の比較

（3）アンテナ校正サイトの特性を満たすサイトと満たさないサイトにおけるGSCF測定結果の比較

上記の実験に加えて、ANSI C63.5-2017で規定されているアンテナ校正サイトの要求エリア（直径3.0mの円上を含む5ポジション）よりも広いエリア（6.0m×6.0mの正方形内で9ポジション）で適合確認が要求されているRSM（Reference Site Method）に使用する基準サイトに適用されるサイト評価を行った。

実験は表1に示す4つのサイトで行った。いずれのサイトもNSA（正規化サイトアッテネーション）で規定されている理論値に対して、±2.0dB以内の特性を有したサイトであり、電波暗室はCISPR16-1-5で要求されているアンテナ校正に使用するサイト要求（CALTS ±1.0dB）を満たしている。基準オープンサイトAは、キーサイト・テクノロジー株式会社がUSに所有するオープンサイトとした。

表1　実験実施サイト

サイト	グラウンドプレーンサイズ
基準オープンサイト A	50m × 80m
オープンサイト B	52m × 60m
オープンサイト C	20m × 30m
10m 電波暗室	10.2m × 19.2m × 6.8m(h)

4. アンテナ校正サイトの適合確認実験

4.1 アンテナ校正サイトの適合確認配置図

アンテナ校正サイトの適合確認を実施した際の配置条件を図2に示す。適合確認に使用したアンテナは30MHzから200MHzの周波数範囲はバイコニカルアンテナ、200MHzから1000MHzの周波数範囲はLPDAを用い、実験を行った。計測器はネットワークアナライザを使用し1MHzステップでデータ取得を行った。評価に使用した計測器を表2に示す。

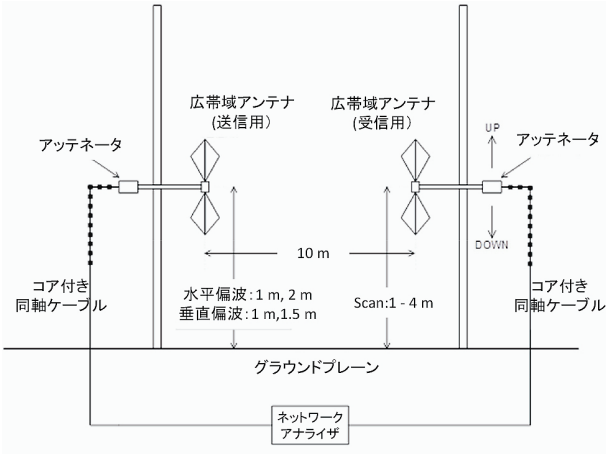


図2　アンテナ校正サイト検証配置図

表2　評価に使用した計測器

計測器名	型式番号 （ 製造業者 ）
バイコニカルアンテナ	VHA9103/BBA9106 （Schwarzbeck）
ログペリアンテナ（LPDA）	VUL9118A （Schwarzbeck）
ネットワークアナライザ	ZNB20 （Rohde&Schwarz）

4.2 適合確認結果

オープンサイトBにおける、水平偏波の測定結果を図3、垂直偏波の測定結果を図4に示す。

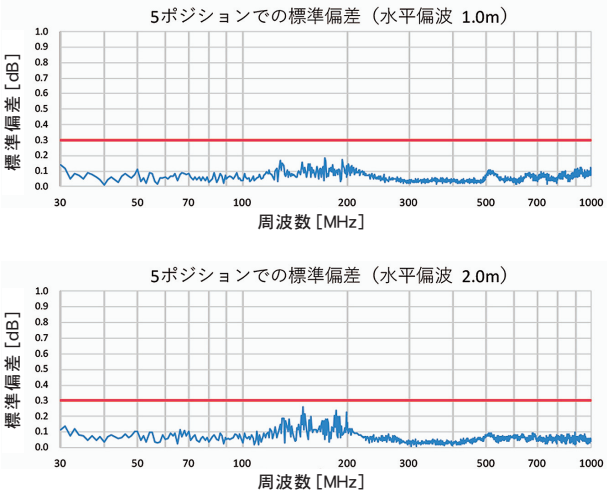


図3　オープンサイトB　水平偏波の測定結果

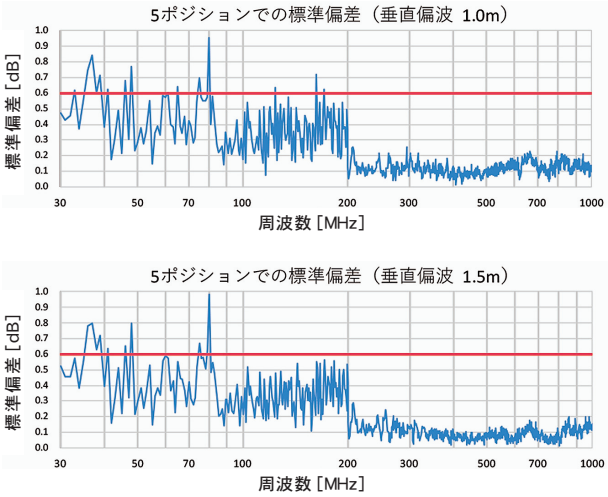


図4　オープンサイトB　垂直偏波の測定結果

図3及び図4に示した結果から分かるように、水平偏波はANSI C63.5-2017が要求しているアンテナ校正サイトの要求を満たすが、垂直偏波は要求を満たさなかった。要求を満たさなかった要因として、グラウンドプレーンのサイズは広いが、オープンサイト周囲の反射物が影響していると考えられる。グラウンドプレーン上で測定ポジションを移動させた際に周囲の反射物との距離が異なり、各測定ポイントにおけるサイトアッテネーションの周波数特性が大きく変化する現象を確認することができた。その結果、定在波が立つ周波数も変化するため、標準偏差を算出した際に要求事項を満たさなかったと考えられる。

次にオープンサイトCにおける水平偏波の測定結果を図5、垂直偏波の測定結果を図6に示す。

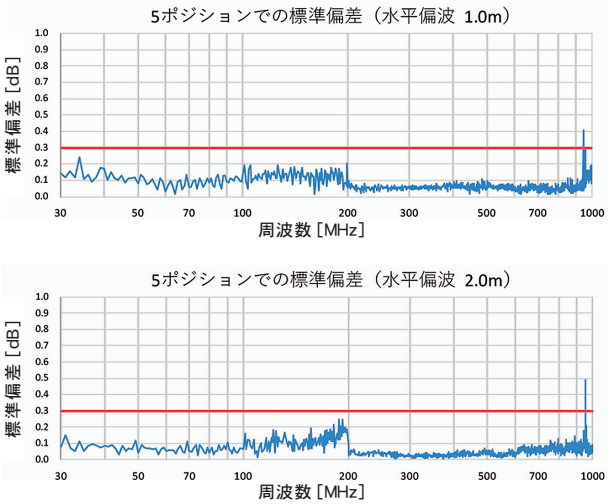


図5　オープンサイトC　水平偏波の測定結果

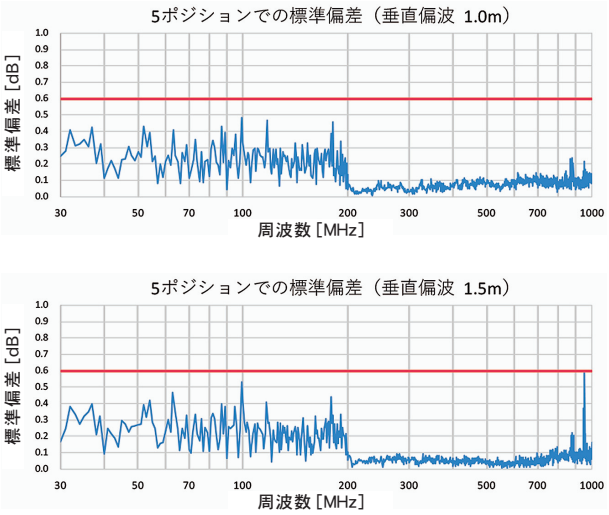


図6　オープンサイトC　垂直偏波の測定結果

オープンサイトCは水平偏波、垂直偏波共にANSI C63.5-2017のアンテナ校正サイトの要求を満たしていることがわかる。950MHz付近の一部規格要求の標準偏差を超過している点は携帯電話で使用される無線周波数であり、適合確認結果からは除外としている。

電波暗室における水平偏波の測定結果を図7、垂直偏波の測定結果を図8に示す。電波暗室の測定結果はANSI C63.5-2017で要求されている測定設定ではなく、NSAの測定結果より標準偏差を算出している。NSA評価実施時のテストボリュームは5.0mである。

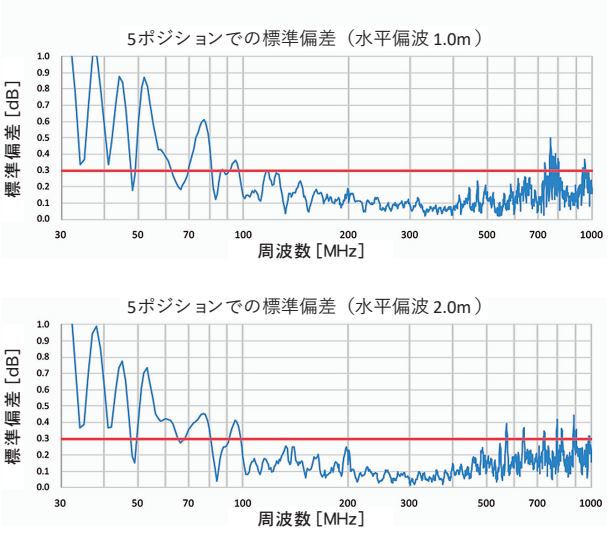


図7　電波暗室　水平偏波の測定結果

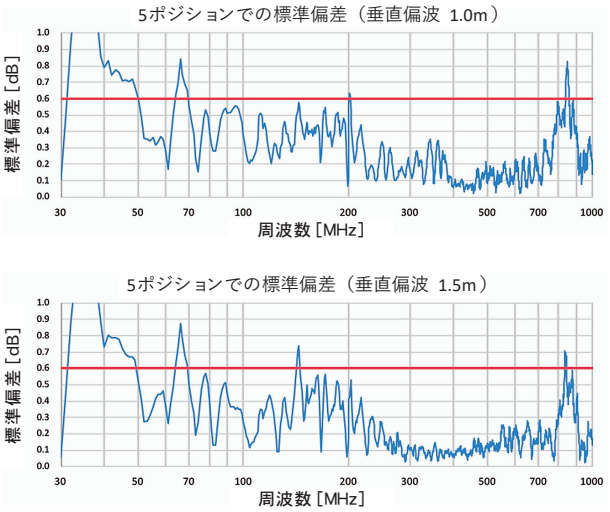


図8　電波暗室　垂直偏波の測定結果

実験に使用した電波暗室はCALTS±1.0dBを満たす電波暗室である。NSAの測定結果から算出した標準偏差ではあるが、ANSI C63.5-2017のアンテナ校正サイトの要求を満たさなかった。考えられる要因として電波暗室であるため、測定ポジションによっては、送信アンテナまたは受信アンテナが電波暗室の壁面に近づいたためと考えられる。

基準オープンサイトAでの水平偏波の測定結果を図9、垂直偏波の測定結果を図10に示す。基準オープンサイトAで取得したデータはANSI C63.5-2017で要求されている測定ポジションとは異なるため参考値となるが、規格要求の測定ポジションよりも広い範囲で検証を行っている。

検証した測定ポジションは図11に示す6ポジションで実施している。検証した周波数範囲はバイコニカルアンテナの周波数帯域である30MHz-200MHzのみとしている。

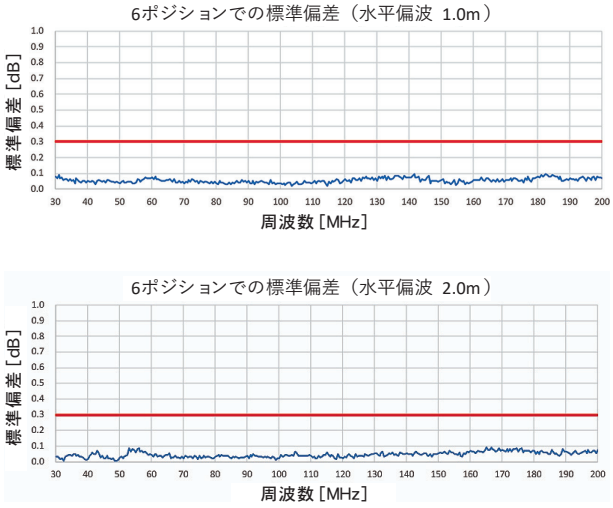


図9　基準オープンサイトA　水平偏波の測定結果

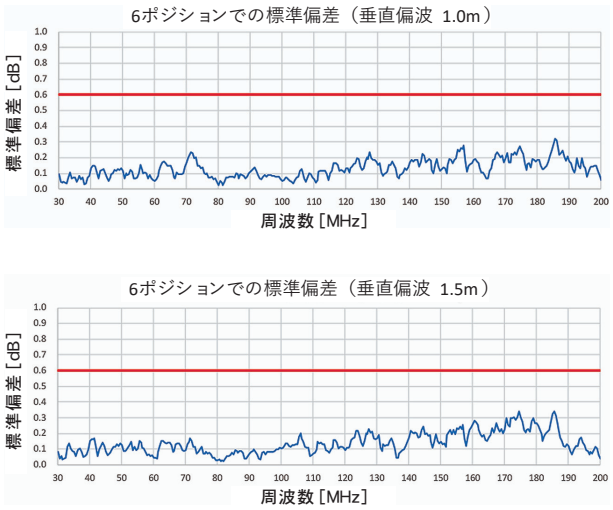


図10　基準オープンサイトA　垂直偏波の測定結果

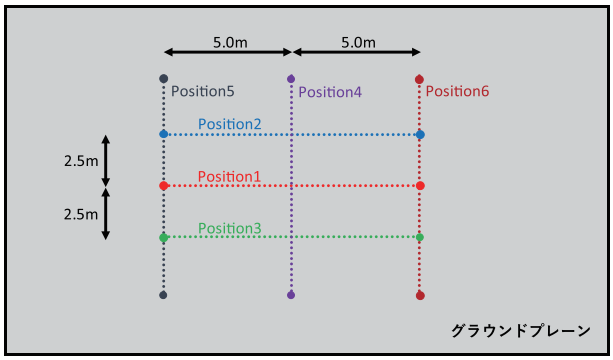


図11　基準オープンサイトA　測定ポジション

基準オープンサイトAにおける測定結果は、水平偏波の標準偏差0.1dB以下、垂直偏波の標準偏差0.4dB以下であり、オープンサイトB、Cと比較しても基準オープンサイトAは非常に特性の良いサイトであることが検証結果より確認することができた。

5. アンテナ校正サイトの特性を満たすサイトと満たさないサイトにおけるアンテナ校正結果の比較

5.1 アンテナ校正について

検証で使用したアンテナ校正手順はANSI C63.5-2017に記載されているStandard Site Methodを適用した。アンテナ係数の算出は図12に示すとおり3本のアンテナの組合せで得られたサイトアッテネーションより式(1)を使用して算出される。ここで、$E_D{}^{max}$は指定された条件における最大電界強度である。アンテナ間の距離は10.0m、送信アンテナ高さ(h1)は水平偏波で2.0m、受信アンテナ高さ(h2)は1.0m～4.0mまで昇降させ最大受信レベルを記録した。

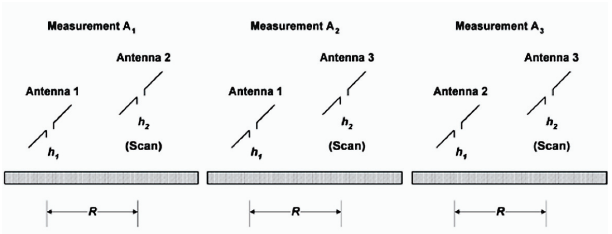


図12　アンテナ校正 組み合わせ

$$AF_1 = 10\log f_M - 24.46 + (E_D{}^{max} + A_1 + A_2 - A_3)/2$$

$$AF_2 = 10\log f_M - 24.46 + (E_D{}^{max} + A_1 - A_2 + A_3)/2 \quad (1)$$

$$AF_3 = 10\log f_M - 24.46 + (E_D{}^{max} - A_1 + A_2 + A_3)/2$$

5.2 アンテナ校正の検証配置

アンテナ校正を実施した時の配置を図13に示す。実験に使用した計測器は表2と同様であり、周波数範囲及び設定は、4項のアンテナ校正サイトの適合確認実験と同等としデータ取得を行った。

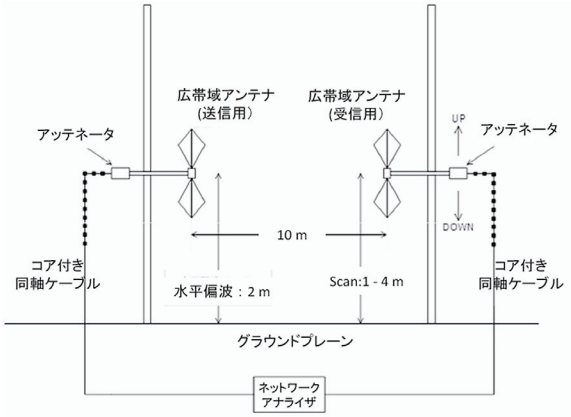


図13　アンテナ校正測定配置図

5.3 検証結果

30MHzから200MHzの周波数範囲におけるバイコニカルアンテナの各サイトで取得したアンテナ係数の基準オープンサイトAとの比較を図14、LPDAの各サイトで取得したアンテナ係数の基準オープンサイトAとの比較を図15に示す。

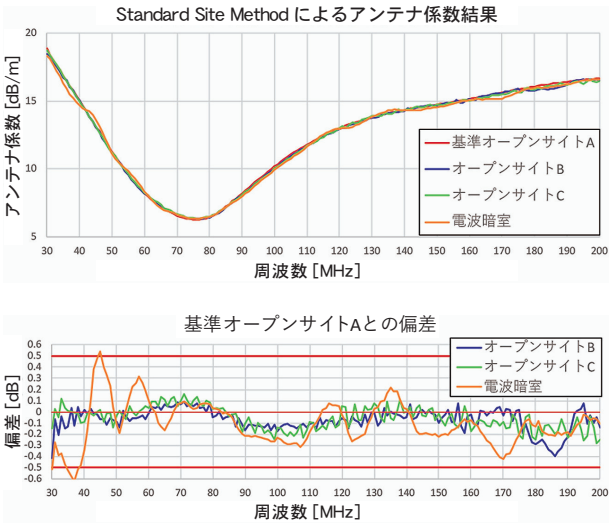


図14　バイコニカルアンテナ アンテナ係数比較

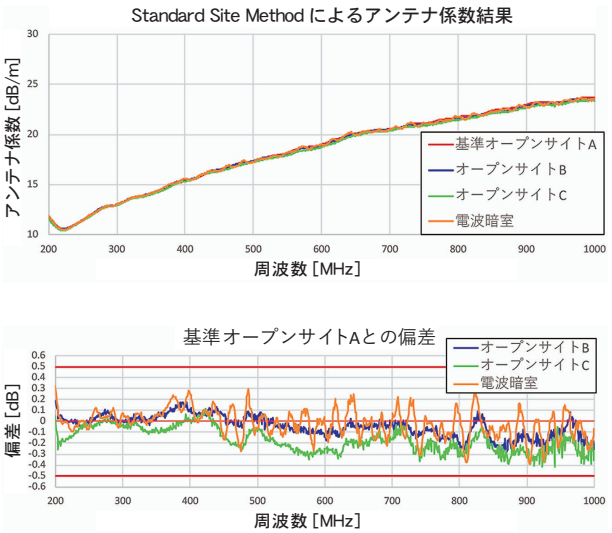


図15　LPDA アンテナ係数比較

基準オープンサイトAで取得したアンテナ係数とオープンサイト2基で取得したアンテナ係数の偏差は±0.5dB以内であった。オープンサイトBは先にも述べた通り、アンテナ校正サイトの要求を満たさないが、アンテナ校正は水平偏波、送信アンテナ高さ2.0mで実施するため、アンテナ校正サイトの特性の影響は比較的小さく

なったと考えられる。また、アンテナ校正サイトの要求を満たすオープンサイトであっても基準オープンサイトAと比較すると細かなリップルが生じることが確認できた。

6. アンテナ校正サイトの特性を満たすサイトと満たさないサイトにおけるGSCF測定の比較

6.1 GSCFについて

GSCFはサイト校正時のNSAを算出するために使用され、送受信アンテナ間の距離、送受信アンテナ間の相互結合、アンテナとグラウンドプレーンとの相互結合が含まれ式(2)より算出される。

$$GSCF = \left(E_{D,GS}{}^{max} + A_{GS}\right) - \left(E_{D,NFS}{}^{max} - A_{NFS}\right) \quad (2)$$

ここで、$E_D{}^{max}$は指定された条件での最大電界強度、A_{NFS}は準自由空間条件でのアンテナ校正サイトにおけるサイトアッテネーション、A_{GS}は他のサイト検証条件でのアンテナ校正サイトにおけるサイトアッテネーションと定義されている。他のサイト検証条件とは、NSA実施時の測定距離3.0m、垂直及び水平偏波、送信アンテナ高さ1.0mにおけるサイトアッテネーション等である。

言い換えると、アンテナ校正サイトで測定距離10.0m、水平偏波2.0mの条件で測定されたサイトアッテネーションと、その他のポジションでのサイトアッテネーションの差分よりGSCFを算出することになる。

6.2 GSCF比較結果

ANSI C63.5-2017 Annex Gでは30MHz-200MHzの周波数範囲でNEC(Numerical Electromagnetic Code)を使用し標準ケージエレメントを備えたバイコニカルアンテナ用に計算されたGSCFが記載されている。30MHz-200MHzのバイコニカルアンテナの周波数範囲についてはANSI C63.5-2017 Annex Gに記載されたGSCFと各オープンサイトで取得したGSCFと比較している。200MHzから1000MHzにおけるLPDAの周波数範囲についてはANSI C63.5-2017にはGSCFの記載がないため、基準オープンサイトAを基準としてオープンサイト2基と比較している。

測定距離3.0mにおけるGSCFの比較結果を図16から図23に示す。

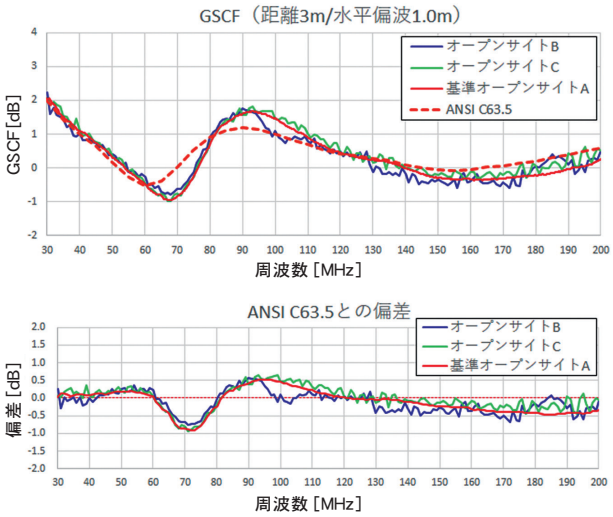


図16　30MHz-200MHz 水平偏波　送信アンテナ1.0m

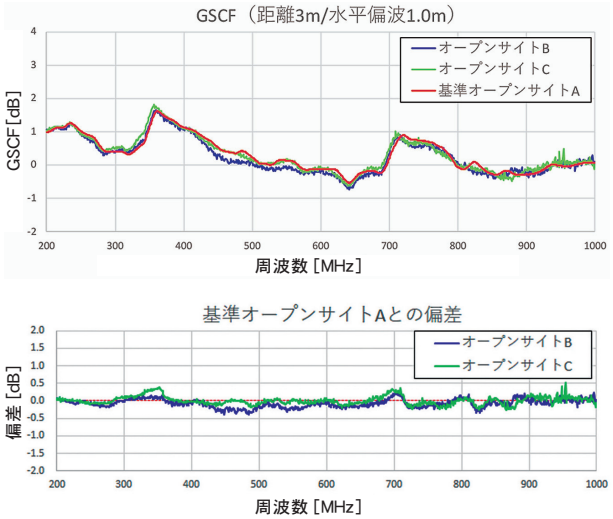


図17　200MHz-1000MHz 水平偏波　送信アンテナ1.0m

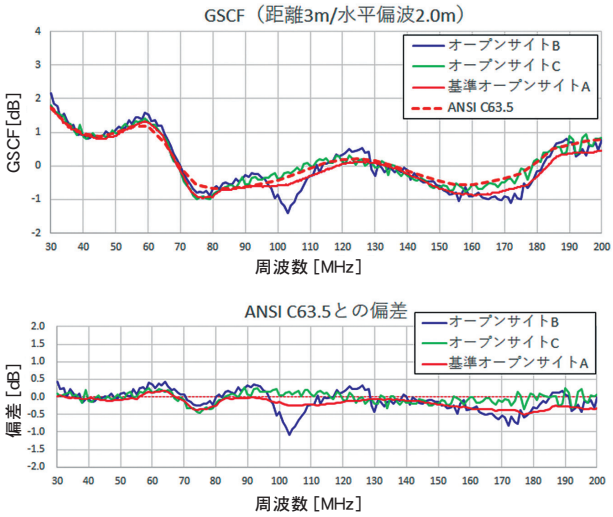


図18　30MHz-200MHz 水平偏波　送信アンテナ2.0m

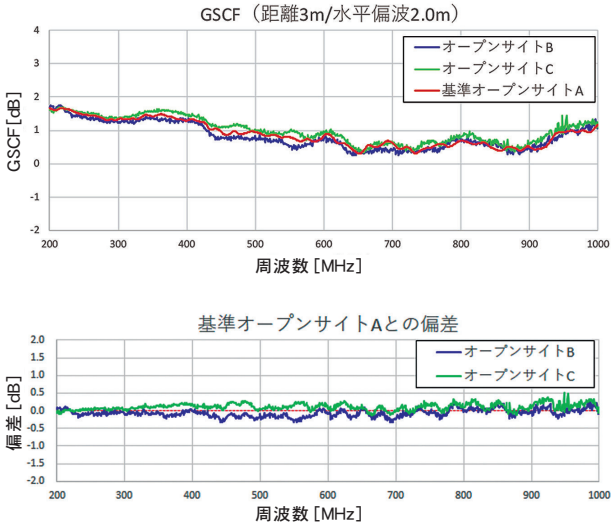


図19　200MHz-1000MHz 水平偏波　送信アンテナ2.0m

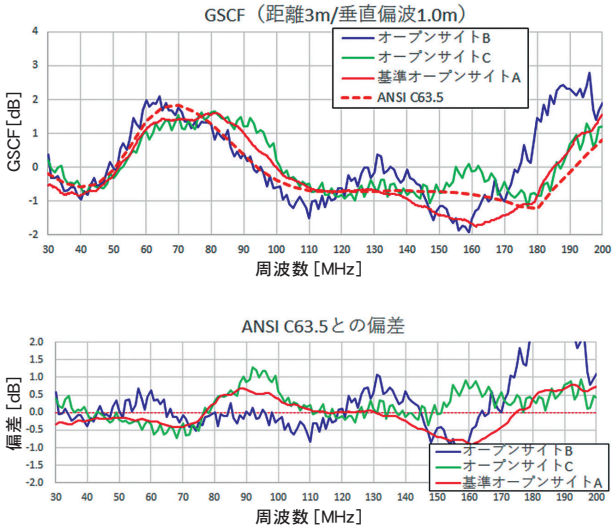


図20　30MHz-200MHz 垂直偏波　送信アンテナ1.0m

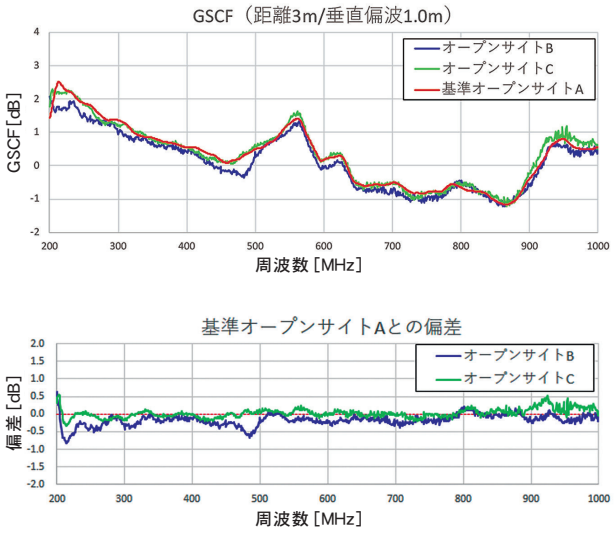


図21　200MHz-1000MHz 垂直偏波　送信アンテナ1.0m

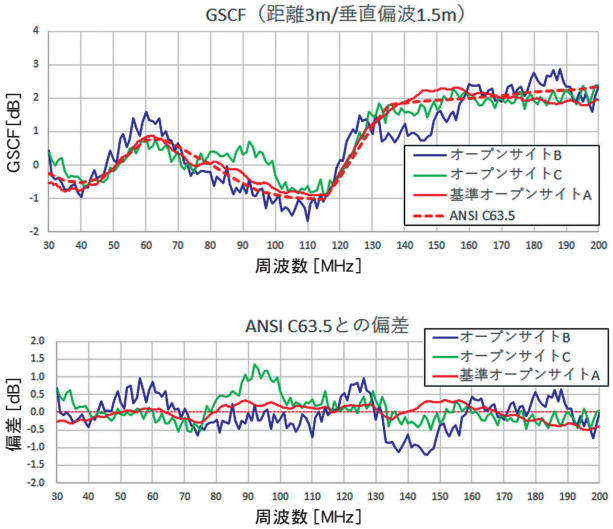


図22　30MHz-200MHz 垂直偏波　送信アンテナ1.5m

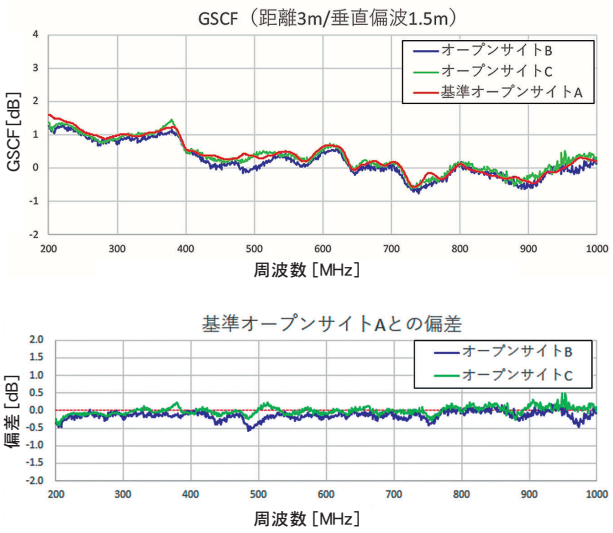


図23　200MHz-1000MHz 垂直偏波　送信アンテナ1.5m

バイコニカルアンテナにおける30MHz-200MHzの周波数範囲では、基準オープンサイトAであってもANSI C63.5-2017 Annex G記載の値と比較して最大で1.0dB程度のズレが生じる結果となった。アンテナ校正サイトの要求事項を満たすオープンサイトCであっても基準オープンサイトAと比較すると細かなリップルが生じることが分かる。アンテナ校正サイトの要求事項を満たさないオープンサイトBに関して、垂直偏波ではANSI C63.5-2017 Annex G記載の値と比較し、2.0dB以上の偏差が生じる結果となった。

LPDAにおける200MHz-1000MHzの周波数範囲では、最大偏差0.5dB程度でありサイト間による大きな差は生じなかった。これはLPDAの指向性は正面方向に強いた

め、バイコニカルアンテナと比較しオープンサイト周囲の影響が生じにくいためと考えられる。

測定距離10.0mにおけるGSCFの比較結果を図24から図29に示す。

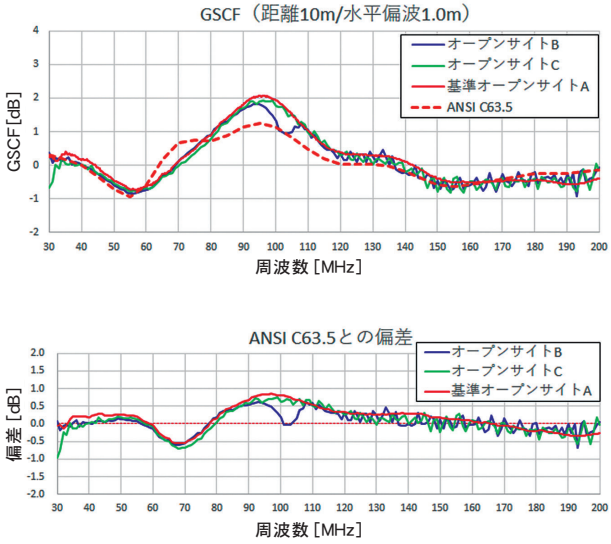


図24　30MHz-200MHz水平偏波　送信アンテナ1.0m

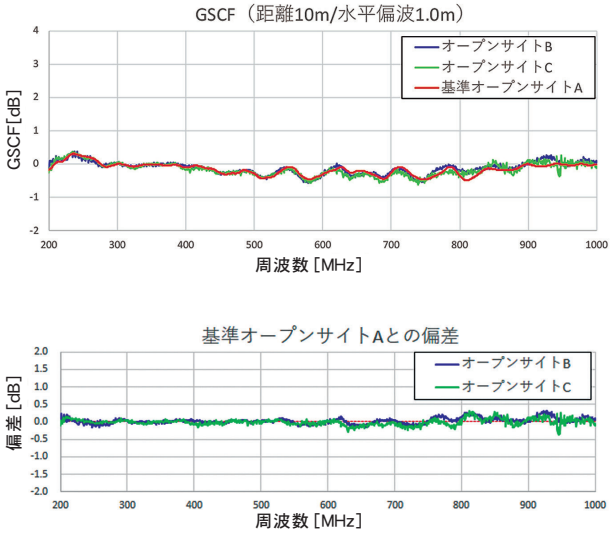


図25　200MHz-1000MHz水平偏波　送信アンテナ1.0m

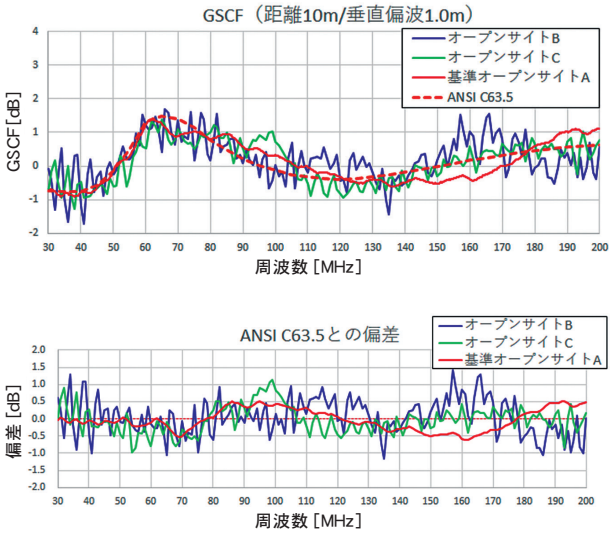


図26　30MHz-200MHz 垂直偏波　送信アンテナ1.0m

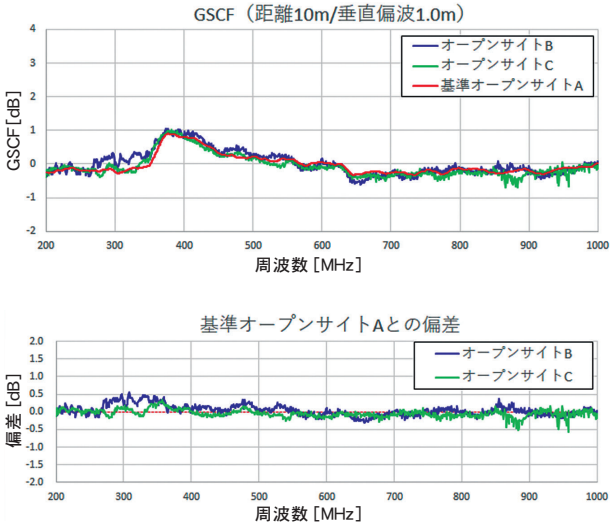


図27　200MHz-1000MHz 垂直偏波　送信アンテナ1.0m

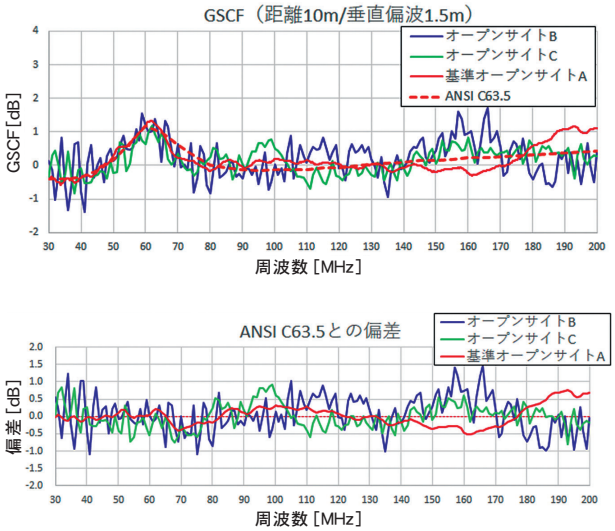


図28　30MHz-200MHz 垂直偏波　送信アンテナ1.5m

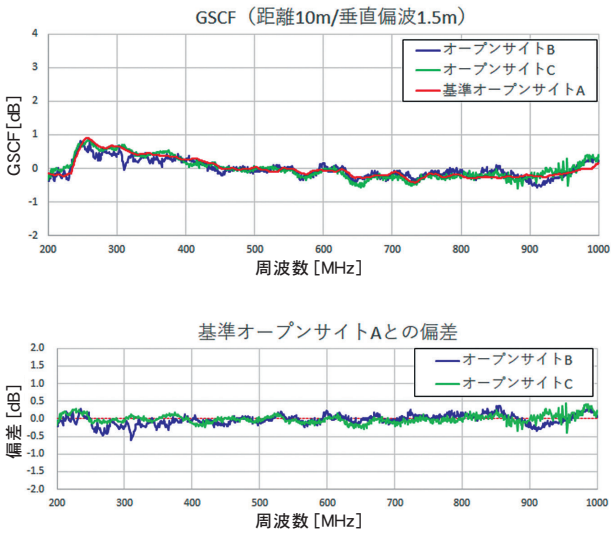


図29　200MHz-1000MHz 垂直偏波　送信アンテナ1.5m

バイコニカルアンテナにおける30MHz-200MHzの周波数範囲では、3.0m距離の検証結果と同様、基準オープンサイトAであってもANSI C63.5-2017 Annex G記載の値と比較して最大で1.0dB程度のズレが生じる結果となった。

オープンサイト2基で確認された細かなリップルは、測定距離3.0mでの検証結果と比較すると、リップルがより大きく生じる結果となった。これは距離10.0mでは、アンテナ間の結合は弱くなり、3.0m距離よりもオープンサイト周囲の影響が、より受けやすくなっているためと考えられる。

LPDAの200MHz-1000MHzの周波数範囲では、3.0m距離の検証結果と同様、最大偏差0.5dB程度でありサイト間による大きな差は生じなかった。

7. CISPR16-1-4 RSMで使用するサイトに適用されるサイト評価実験結果

7.1 RSM(Reference Site Method)について

RSMはNSAと同様、CISPR16-1-4で定義されたサイト評価方法である。評価方法は規定された特性を満たす基準サイトでサイトアッテネーションを求め、実際にEMI測定に用いる測定サイトで同じペアアンテナを使用しサイトアッテネーションを求める。基準サイトで得られたサイトアッテネーションと測定したサイトアッテネーションを比較し、±4.0dB以内であればEMI測定を行うための基準を満たしたサイトであると判定される。

RSMでは、従来のNSAとは異なり、送受信アンテナのアンテナ係数やアンテナ間の結合による影響を受けないサイト評価方法である。

基準サイトの適合条件として、広帯域アンテナを使用する場合、9ポジションの標準偏差が0.6dB以下であることが要求されている。

7.2 RSM測定ポジション

RSMの検証はアンテナ校正サイトの要求に適合しているオープンサイトCで実施検証を行った。

アンテナペア間の距離は10.0m、測定ポジションは6.0m×6.0mの正方形内で9ポジションが要求されており、ANSI C63.5-2017で要求されている範囲よりも広い範囲で評価を実施することが規定されている。

RSM測定時のポジションを図30に示す。アンテナ高さ、使用計測器、設定条件はアンテナ校正サイトの検証と同じとしている。

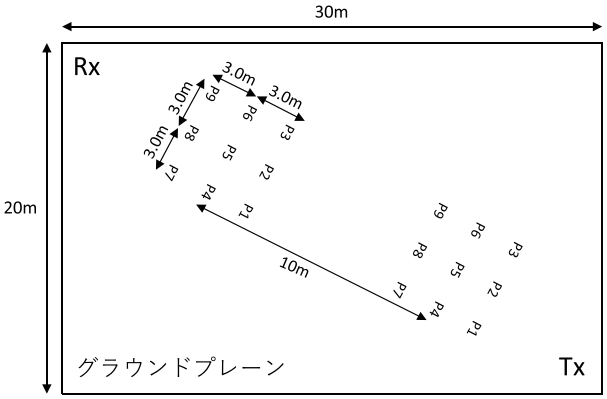
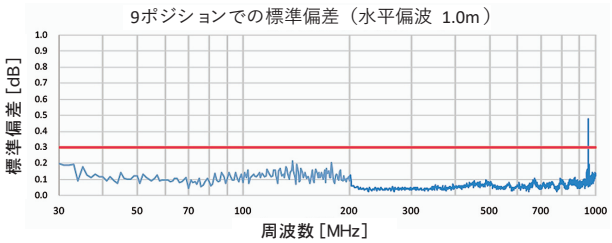


図30　RSM　測定ポジション

7.3 RSM検証結果

RMSの水平偏波の結果を図31、垂直偏波の結果を図32に示す。基準サイトの適合条件として標準偏差0.6dB以下が要求されているが、水平偏波についてはRMSの要求よりも厳しいANSI C63.5-2017で要求されている0.3dBの標準偏差を使用している。



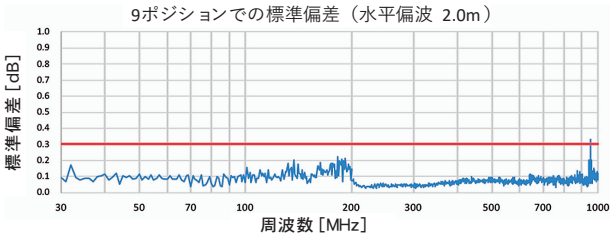
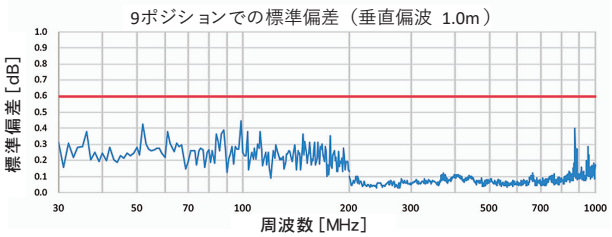


図31　RSM　水平偏波結果



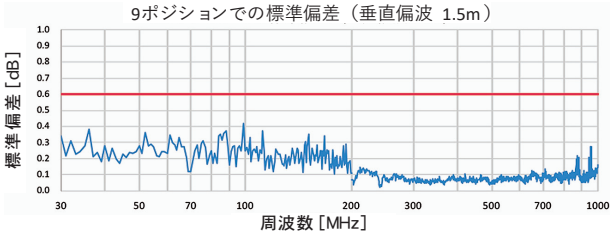


図32　RSM　垂直偏波結果

今回の結果では、アンテナ校正サイトの要求事項を満たすオープンサイトCではRMSの基準サイトの要求も満たすことがわかった。ただし、RSMの基準サイトの要件（ANSI C63.5-2017よりも広い範囲における評価）の評価結果からアンテナ校正、GSCFの結果に生じるリップルへの直接的な影響を確認するための内容ではないことがわかった。リップルが生じる要因としてオープンサイト周囲の反射物の影響が大きいと考えられる。

8. おわりに

今回調査実験を行ったオープンサイト2基の内、1基はアンテナ校正サイトの要求事項に適合した。ただし、アンテナ校正サイトの要求事項を満たしたオープンサイトであっても基準オープンサイトAと比較するとアンテナ校正結果、GSCFの結果に細かなリップルが生じることが確認できた。リップルが生じる要因として基準オープンサイトAと比較して、オープンサイトCはグラウンドプレーンサイズが小さいため、細かなリップルが生じていると考えらえる。また、オープンサイト周囲に反射物が無いことも重要である。これらの結果より、明確なグラウンドプレーンサイズの寸法や規定が必要であり、評価方法に何らかの改善が必要であると考える。

今後、シミュレーションを用いて、グラウンドプレーンサイズを変更した場合にアンテナ校正サイトの要求事項を満たすのか、またアンテナ係数やGSCFの結果にどの程度影響が生じるのか確認を行い、アンテナ校正に必要となるグラウンドプレーンサイズを明確にしたい。

参考文献

[1] ANSI C63.5-2017 American National Standard for Electromagnetic Compatibility-Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control-Calibration and Qualification of Antennas (9 kHz to 40 GHz).

[2] CISPR16-1-4:Radio disturbance and immunity measuring apparatus-Antennas and test sites for radiated disturbance measurements.

乗本　直樹（のりもと なおき）

2005年　大阪工業大学　電子工学科卒業

2005年　社団法人関西電子工業振興センター入職

（現:一般社団法人KEC関西電子工業振興センター）

入職以来、民生規格のEMC業務、無線試験業務、アンテナ校正業務に従事

峯松　育弥（みねまつ いくや）

1994年　大阪工業大学　電子工学科卒業

1994年　社団法人関西電子工業振興センター入職

（現：一般社団法人KEC関西電子工業振興センター）

入職以来、民生規格及び車載EMC業務、無線試験業務、

アンテナ校正業務に従事

CISPR SC-A 国内エキスパート,

JAB/VLAC ISO/IEC17025技術審査員

委員会等の動き（2019年12月～2020年2月）

（各議事録より抜粋。所属等は記載日時での情報）

◎研究専門委員会　委員長　岡村 康行（国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構）

2019年度

［第3回］　12月19日(木)　DKビル　8F　会議室B

1. 次世代ワイヤレス技術講座の実施報告、進捗報告

11月15日(金)：次世代ワイヤレス技術講座（第4回）（講演：2件、参加者：17名）

2020年1月17日(金)：次世代ワイヤレス技術講座（第5回）（講演：2件、参加予定：20名）

2. 第23回KECテクノフォーラムの開催報告

テーマ：「コネクテッドカーの最新動向と課題、今後の展望」

日　時：12月2日(月)　14：00～16：40

場　所：グランフロント大阪　北館タワーB　10F　カンファレンスルームB08

参加者：20名

No.	題　　目	講　師	所　属
1	MaaS 実現に向けた CASE への対応 ～コネクテッドカーの重要性、展開、課題について～	阿部 健太郎 氏	PwC コンサルティング 合同会社
2	NTT ドコモの次世代モビリティにおける取組みについて	深井　秀一 氏	株式会社 NTT ドコモ

3. 第11回　光・電波フォーラムの開催報告

テーマ：「光電波を用いた3次元画像計測技術の最前線」

日　時：11月22日(金)　13：30～16：20

場　所：大阪工業大学　梅田キャンパス　OIT梅田タワー　セミナー室201

参加者：30名

No.	題　　目	講　師	所　属
1	LiDAR 技術の最近の進展 ～GreenValley International 社のバックパック型ライダーを例に～	亀井　敬史 氏	株式会社光響
2	マイクロ波 CT による乳がん画像診断法の開発	山口 聡一朗 氏	関西大学

4. 第24回KECテクノフォーラムの進捗報告

テーマ：「自動運転とコネクテッドカー」

時　期：2019年2月～3月

場　所：梅田近辺の会議室

進　捗：候補講師に打診中

5. 2020年KECセミナーの進捗状況

テーマ：「ビッグデータを活用するIoT、AI」

開催日、場所：2019年度と同様、7月上旬、梅田スカイビルを候補とする

6. 2020年度の次世代ワイヤレス技術講座について

講座長から株式会社国際電気通信基礎技術研究所（ATR）との連携が打診され、KECで検討することとなった

◎知的財産分科会　主査　谷澤 靖久（古野電気株式会社）

［12月度定例会］　12月6日(金)　DKビル　4F　KEC会議室

1. 判例研究

テーマ：「許権侵害差止請求事件」

（「会計処理装置、会計処理方法及び会計処理プログラム」事件）

東京地裁 平成28年（ワ）第35763号　平成29年7月29日判決

概　要：2016年12月、被告が提供する会計サービスが本件特許権を侵害しているとして、原告が被告サービスの差止及び廃棄を請求した事案

本判例研究をKEC情報誌（2020年1月号）に掲載すべく準備を推進

2. KEC会員企業へのアンケート案についての意見交換

・作成したアンケート案の内容についてレビュー

・詳細なレビューについては委員にデータを回覧し実施

・回答を容易にするためラジオボタン等を追加する

［1月度定例会］　2020年1月28日(金)　DKビル　4F　KEC会議室

1. KEC会員企業へのアンケート案についての意見交換

・各委員が訂正、コメントした内容を再確認

・本日の会議の内容を反映したものを最終版とする

2. アンケート実施に向けた今後の進め方を確認

◎次世代ワイヤレス技術講座　講座長　岡田　実（奈良先端科学技術大学院大学）

2019年度（20期）

日　時：2020年1月17日(金)　13：30 ～ 17：00

場　所：ハービスPLAZA　5F　会議室

参加者：19名

（No.1 ～ 8 は開催済み）

No.	日付	題　　目	講　師	所　属
9	1/17（金）	無線通信のための過負荷信号処理技術	林　和則 氏	大阪市立大学
10		スマートヘルスケア	大槻 知明 氏	慶應義塾大学

◎KECセミナー企画WG　主査　佐藤 和郎（地方独立行政法人大阪産業技術研究所）

2019年度

［第3回］　2020年2月14日(金)　DKビル　4F　KEC会議室

1. 2020KECセミナーの企画検討

日　時：2020年7月3日(金) 10：00 ～ 16：45

場　所：梅田スカイビル　スカイルーム1

構　成：講演5件　講演時間60分／件

参加費：KEC会員･協賛企業団体　5,000円、非会員　7,000円

テーマ：「AI・ビッグデータによる進化のスパイラル」

～医療・農業・材料開発・ビジネス改革とセキュリティ～

講演案：

No.	題　目	講　師	所　属
1	ビッグデータと AI を活用した創薬・医療の未来	奥野 恭史 氏	京都大学
2	農業ビッグデータ技術で加速する飢餓ゼロと健康長寿ビジネス	平藤 雅之 氏	東京大学
3	押し寄せる AI 革命、そのインパクト ～AGC の取り組みと因果連鎖分析～	小野 義之 氏	AGC 株式会社
4	ハードウェアセキュリティ ～セキュア IC チップの実装攻撃と対策～	永田　真 氏	神戸大学
5	IoT､AI そして、ロボットを活用した材料研究開発戦略	一杉 太郎 氏	東京工業大学

2. その他、セミナープログラムのリード文、役割分担を決定

◎光電波技術融合企画WG　主査　永妻 忠夫（大阪大学）

2019年度

［第2回］　2020年2月27日(木)　DKビル　4F　KEC会議室

1. 第11回光・電波フォーラムの開催報告

（上記、研究専門委員会欄参照）

2. 第12回光・電波フォーラムの企画検討

意見交換の結果、以下のテーマで講演案の企画を進めることを決定

テーマ：「レーザー、センシングと暗号」

講演案：① レーダーを用いた地殻変動調査技術

② 中赤外レーザーを用いた採血不要の血糖値センサー

③ 量子暗号通信

◇◇

◎EMC専門委員会　委員長　和田 修己（京都大学）

［第22回］　2020年1月29日(水)　DKビル　8F　B会議室

1. 報告事項：今年度の活動
   - (1) 事務局報告
     - 1) 活動全体の状況　(開催・予算執行状況)
     - 2) 活動トピックス　(ベトナム調査報告)
     - 3) 2020年度WGテーマの起案状況（新規&継続）
   - (2) 各WGからの報告（各主査より報告）
     - 1) 今年度の活動状況
     - 2) 来年度のWG継続･更新の意向
2. 審議事項
   - (1) WGテーマの採択、活動内容の調整
   - (2) WG予算の配分
   - (3) WG参加募集方法の再確認（ルール、申込書）
   - (4) WGの運営について（情報発信、テーマ、活動の方向性等）
3. 今後のスケジュール

   Sharedミーティング（情報共有･成果報告会)の開催

   日　時：2020年3月6日(金)　13：30 ～ 17：00

   場　所：CIVI研修センター新大阪東

◎EMCラウンドロビンテストWG　主査　浅地 康志（株式会社村田製作所）

2019年度

［第4回］　12月10日(火)　DKビル　4階　A会議室

1. 各サブWGからの報告
   - (1) GHz放射エミッション
     - ・9月5日(木)、6日(金)の予備実験結果を報告
     - ・使用を予定していたコムジェネレータの改良、或いはコムジェネレータを使用せずシグナルジェネレータ（SG）と送信アンテナを使用することを検討する
   - (2) GHz超イミュニティ
     - ・7月31日及び9月2日の予備実験結果を報告
     - ・実験結果を踏まえ、具体的なラウンドロビン試験方法をまとめるとともに、計測ソフトを改良しラウンドロビン試験初回時にその調整を行う
2. 実験計画の検討

   上記状況を踏まえた実験計画を協議
3. 予算執行状況の報告

［サブWG実験］　2020年2月6日(木)、7日(金)　株式会社コーセルR&Dセンター

GHz放射エミッションのラウンドロビン試験8社目として、同社の暗室2基にて合同実験を実施するとともに、これまでに収集した他暗室のデータを含めたレビューを実施

［第6回］　2020年2月12日(水)　DKビル　4階　A会議室

1. 各サブWGからの報告
   (1) GHz放射エミッション
      ① SGと送信アンテナを使用するラウンドロビン試験の検討
         ・SG出力に逓倍器を付けることを検討
         ・逓倍器使用の場合の機材手配について
      ② コムジェネレータを使用するラウンドロビン試験の検討
         ・委員企業所有のコムジェネレータ貸出について別途協議
   (2) GHz超イミュニティ
      ① 9つの電波暗室のデータ取得済み（2020年2月12日現在）
      ② 各電波暗室の特性比較を実施
2. Sharedミーティングでの発表内容と資料作成について
3. 1月29日のEMC専門委員会の会議報告

◎EMC車載機器測定技術開発WG　主査　鵜生 高徳（株式会社デンソー EMCエンジニアリングサービス）

2019年度

［第4回（実験）］　12月12日(木)　アイピーエス東海

1. 実験内容の確認
   (1) アンテナの違いによる測定結果の確認（ホーンアンテナとログペリアンテナ）
   (2) アンテナ架台の影響の確認
2. 実験の実施
3. 実験結果のレビュー
4. 今後の活動
   (1) Sharedミーティングでの発表資料の作成について
      主査が資料を作成し次回WGで議論（含､今回の実験結果と考察）
   (2) 解析シミュレーションの協力の要請

［第5回］　2020年2月6日(木)　アイピーエス東海

1. 解析.シミュレーションの結果報告
   ・ロングロングワイヤー治具を用いた測定シミュレーション結果を報告
   ・周波数によりワイヤー部分に定在波が立つ事を確認
2. Sharedミーティング発表資料の概要説明
   ・資料のたたき台をもとに全体の流れを説明
   ・更に必要な資料と解析データについて全員で分担し準備

3. その他の考察、確認事項について
4. Sharedミーティングの案内
5. 2020年度のWG活動について

◎新規EMC規格対応WG　主査　石原 悠司（株式会社ノイズ研究所）

2019年度

［第5回］　12月12日(木)　株式会社島津製作所

1. EMC規格審議・改定情報
   (1) パワエレクトロニクス装置に対するEMC規格の最新動向
   (2) SC-A、SC-Hの上海会議のトピックス
   (3) Draft ETSI TS 103 569 (18-40GHzの放射エミッション)について
2. 2019年度実験：GHz超の実験結果の報告
   11月26日、27日の パナソニック篠山オープンサイト (OATS) での実験結果について報告
   (1) FSOATSでのSVSWRの結果
   (2) OATSと電波暗室との比較
      ・非同調アンテナを用いた測定結果の比較
      ・テストボリューム内に吸収体を敷設した状態でのハイトパターンの比較
   (3) OATSとシミュレーション結果との比較
   (4) 上記を踏まえた実験のまとめの方向性と資料作成担当を決定
3. 2019年度実験：IEC 61000-4-3 実験結果の報告
   本試験についての規格作成側の意見を調査しこれを踏まえて発表資料を作成することを決定
4. 2020年度実験についての検討
   (1) 伝導イミュニティ系の実験
      (制御系による試験結果の差異、コモンモードインピーダンスの影響、マルチトーン印可の影響)
   (2) 伝導イミュニティのサブ実験としてLISNのVSWRの測定結果の影響の検証
   (3) 放射イミュニティ系の実験 (IEC 61000-4-39の磁界イミュニティの確認、試験工数削減の検討、IEC 610000-4-3のウインドウの取り方による実機の差分)
   (4) 予算に余裕があればANSI C63.25のタイムドメインを用いたSVSWR検討を行う
5. 2019年度実験結果のまとめと発表者の決定

［第6回］　2020年1月10日(金)　北川工業株式会社 EMCセンター

3月5日開催予定のシェアードミーティングに向けた報告書作成準備会議を実施

1. 報告資料の確認
   報告書は2件：IEC61000-4-3における均一性測定とGHz超エミッション測定場の検証
2. 発表者の選定：主査、KEC委員
3. WGメンバーへの回付期間を設定し、最終報告書完成期日を2月28日に決定

◎パワーエレクトロニクスEMC規格対応WG　主査　井渕 貴章（大阪大学）

2019年度

［第6回］　12月20日(金)　ローム株式会社　会議室

1. EMC規格審議・改定情報
   (1) IEC 61000-6-3（住宅環境で使用される機器の共通エミッション規格）のCDV文書について
   (2) CISPR H 400 CDVとCISPR H 401 CD（軽工業用環境で用いられる機器に対する一般エミッション）
2. パワーコンディショナの予備実験データについて
   ・パワーコンディショナのDC側のYコンの容量を変更した場合のノイズ変化を試みたが、共振は再現できずDC電源及びCVCFの構成を変更し再実験を計画
   ・事前に確認結果が良好であれば日程を調整し正式に実験を開催
3. 2020年度実験についての検討
   (1) 2017年から継続しているパワーコンディショナの実験を完了
   (2) パワーエレクトロニクス応用機器の伝導エミッション測定に関する実験
   (3) パワーエレクトロニクス応用機器の放射エミッション測定に関する実験
4. 2019年度実験結果のまとめと発表者の決定

［第7回］　2020年2月6日(木)　KEC関西電子工業振興センター　第11暗室

1. 実験内容の説明
   実機（パワーコンディショナ）における雷サージ発生器CDNのインダクタンス影響調査
2. 実験、実験結果の確認
   2018年度に実施した抵抗負荷では殆ど変化はなかったが、実機を負荷に用いた場合のCDNのインダクタンスに因る印加電圧や立上がり時間、電流波形への影響を確認し、実機試験時にCDNのインダクタンスによって地絡検知が発生した場合、インダクタンスを変化させても正しく試験が出来るかどうかを検証
   実験結果は3月5日に開催されるSharedミーティングで説明することとし、2月28日までに得られた実験結果をとりまとめる

◎EMC欧米規格 調査出版WG　主査　永井 稔大（セイコーエプソン株式会社）

2019年度

［第5回］　2020年1月15日(水)　DKビル　4F　会議室A

1. 昨年度からの積残し作業について（翻訳・出版関係）
   FCCについては、Part2とPart15に絞るのではなく、Part2＋15＋18＋MP5の対訳版とすることとし、加えて12月20日付OETの内容を確認することを決定
2. 規格情報共有
   (1) IEC規格関係
      IEC 61000-4-36：2019 PRV　：11月22日付けで発行
      IEC 61000-4-25：2001＋AMD1：2012＋AMD2 2019：12月11日付けで発行
   (2) EU関係
      EN IEC 62209-3：2019　：11月22日付けで発行

EN IEC 63006：2019　　：12月　6日付けで発行

EN IEC 63044-5-1：2019：11月　1日付けで発行

EN IEC 63044-5-2：2019：11月　1日付けで発行

EN IEC 63044-5-3：2019：11月　1日付けで発行

Blue Guideの「製品の市場監視とコンプライアンスに関する規制」について意見募集

(3) 北米関係

FCCのOETからのガイダンス文書2件発行

3. 総務省電波利用環境委員会報告

(1) CISPR上海会議報告

(2) 基地局等から放射される電波の強度等の測定方法及び算出方法の検討について

4. EMCアジア圏規格調査・出版WGにおけるベトナム現地調査結果報告

◎EMCアジア圏規格 調査出版WG　　主査　麻場 智明（株式会社アドバンテスト）

2019年度

［第4回］　12月10日(火)　DKビル　4F　会議室A

1. ベトナム現地調査の報告

2. 規格情報共有

(1) 中国：国家市場監督管理総局（SAMR）からの公示について

中国無線認証2019年第52号が発行

(2) インドネシア：携帯IT機器の試験所リスト改訂

(3) シエラレオネ：型式指定に関する提案

(4) マレーシア：4技術基準規格の改定案の発行

(5) ニューカレドニア：輸入に関する免除規定

(6) 日本：電気用品安全法の技術基準解釈通達（別表第十）の一部改正（PLCを内蔵した電気用品）

3. 来年度のWG活動について

［第5回］　2020年2月12日(水)　DKビル　4F　会議室A

1. 規格情報共有

(1) 韓国：RRA：告示第2019-32号、第2019-132号

(2) インドネシア：携帯などHKT機器の試験所リスト改訂

(3) 香港：OFCA：5G通信機器の技術基準発行

(4) タイ：NBTC：通信機器の技術基準を改定

(5) ベトナム：QCVN 19：2019/BKHCN施行

(6) 台湾：EMC規制の現状概要解説

(7) 日本：VCCI ガイダンス：VCCI 321-F：2020の発行

JIS 60945（船舶上でのEMC規制）について

2. SEAJ環境部セミナー参加報告

3. 他セミナーの開催紹介（総務省5G国際シンポジウム、VCCI 5G Seminar）

4. 1月29日のEMC専門委員会の会議報告

◎EMC関西企画WG

［12月度定例会］　12月17日(火)　DKビル　4F　KEC会議室

1.EMC関西2019　開催報告

テーマ：「変わりつつあるEMC測定評価技術～油断できないポイント～」

日　程：10月11日(金)　10：30～19：00

場　所：メルパルク京都

講　演：5件

参加者：137名で当初定員（120名）を上回る

参加者の業種：電気・電子、車・車載機器、試験サービス関連が多数

2.EMC関西2020テーマ検討

(1) 日　程：2020年10月9日(金)

場　所：メルパルク京都

(2) 今後の準備スケジュールの確認

(3) テーマ案の検討

事務局より3つのテーマ案（EMC設計、5G、IoT・車）を提案し来年度メインテーマを検討

◎設計者向けEMC技術講座

場　所：DKビル　4F　会議室A

参加者：21名（平均）

No.	日付	題　目	講　師	所　属
13	12/12（木）	EMC 設計 2：プリント基板設計、ノイズ評価	堀田 雅志 氏	三菱電機エンジニアリング株式会社
14	1/14（火）	EMC 設計におけるシミュレーション技術	原田 高志 氏	株式会社トーキン EMC エンジニアリング
15	2/4（火） 2/5（水）	計測器の基礎及び実習	吉本　修 氏	ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社

◇◇◇

◎製品安全専門委員会

［第1回　製品安全フォーラムの開催］

テーマ：「IoT時代における製品安全の更なる実現に向けて」

日　程：2020年2月7日(金)　13：30～17：00

場　所：グランフロント大阪　北館タワーC　カンファレンスルーム　C03+04

参加者：119名

No.	題　　目	講　師	所　属
1	［基調講演］ 安全目標の構造と協調安全の達成にむけて	向殿 政男 氏	明治大学 一般社団法人セーフティグローバル推進機構
2	製品事故の現状から浮かび上がる課題と リスクアセスメント	酒井 健一 氏	独立行政法人 製品評価技術基盤機構
3	リチウムイオン電池の安全性試験評価動向	梶原 隆志 氏	エスペック株式会社
4	ソフトウェアを用いた保護機能の安全設計	松本 和俊 氏	機能安全エンジニア
5	製品の遠隔操作と安全	住谷 淳吉 氏	一般財団法人 電気安全環境研究所

［製品安全基本教育講座の開催］

場　所：電子会館　4F　会議室A

参加者：28名（平均）

No.	日付	題　目	講　師	所　属
6	12/20 （金）	機器別 IEC 規格要求：AV 機器 （安全試験実演）	柴田　恵 氏	IEC/TC108 MT2/HBSDT エキスパート
7	1/24 （金）	IEC 62368-1 の要求 （機種別 IEC 規格要求：AV・IT・CT 機器）	近藤 孝彦 氏	一般財団法人 日本品質保証機構
8	2/21 （金）	機器別 IEC 規格要求：電化機器	氏田 良太 氏	パナソニック株式会社

［製品安全共通技術セミナー：信頼性設計技術の開催］

テーマ：「安全安心な商品開発のための信頼性の考え」

日　程：2020年2月26日(水)　13：00 ～ 17：00

場　所：DKビル　4F　会議室A

参加者：20名

No.	題　　目	講　師	所　属
1	安全安心な商品開発のための信頼性の考え	伊藤 貞則 氏	日本信頼性学会　元理事

◎信頼性分科会　　岩谷 康次郎（オムロン株式会社）

［12月定例会］　12月11日(水)　DKビル　4F　KEC会議室

勉強会の実施（信頼性部文献要約集から事例をピックアップして発表）

1. 文献番号54：錫めっきコネクタの微摺動摩耗試験法について

・コネクタに対しJIS規定試験法では微摺動摩耗については不十分な為、新しい試験法を開発

2. 文献番号76：THB試験でのICの放熱板の影響
・ICの吸湿経路はバルク透湿と金属と樹脂の界面浸入があり、速度は消費電力で変わる
・THB試験において、故障の発生しやすい条件として、通電時間比に最適時間がある
3. 文献番号76：プレッシャ・クッカ試験（PTC）による金属皮膜抵抗器の耐湿試験
・金属皮膜抵抗器に関し日本品と海外品を比較するため、PTCとTHBによる比較を実施
・抵抗値によって異なるが、PTCはTHB よりも40 ～ 50倍の加速性が得られた

［1月定例会］　2020年1月14日(火)　DKビル　4F　KEC会議室
勉強会の実施
1. 発表 ①：HALT（6自由度振動）と電動加振（単軸）が供試品に与えるストレスの相関性について
・HALTと電動加振（単軸）との相関性の検証
2. 発表 ②：試験の組み立て方に関する事例の紹介
・センサ用サーミスタの耐湿評価：課題（故障）→ 故障再現の可能性のある試験を複数実施 → 効果の高い試験の因子・条件を発見 → 故障解析から故障メカニズムを仮定 → 試験を実施 → 効果を確認
・ガラス製サーミスタのクラックの原因調査：課題（故障）→ 故障が再現される可能性のある試験を複数実施 → 再現しなかったため市場と同様のストレスを印加 → 効果の高い試験の因子・条件の発見 → 故障メカニズムを仮定 → 試験を実施 → 故障解析により結果を評価 → 工程を改善

◎安全技術研究会　主査　中田 俊幸（パナソニック株式会社）
［第113回］　12月18日(水)　DKビル　4F　KEC会議室
1. トピックス報告
(1) NITEの製品事故予測システム（SAFE）をインストールしトライアル使用
・具体的に事故例をキーワードで検索することができることを確認
・あいまい検索の辞書が搭載されており事例検索が効果的
・今後、本研究会で使用方法を検討していく
(2) モバイルコンピュータ推進コンソーシアム（MCPC）のUSB機器インターフェースの安全設計ガイドラインの紹介（USB端子のハーフショートにおける異常発熱対策等が紹介）
(3) 日本機械工業連合会の機会安全規格に関する講演会の紹介
ISO/TC199（機械類の安全性）及びIEC/TC44（機械類の安全性-電気的側面）の概要と最新動向等
2. プラスチックの解析手法について
3. 来年度の活動について
(1) NITEの「safe」システムを導入しデータベースツールとしての研究を検討
(2) 2020年度4月からは第3火曜日開催を検討

［第114回］　2020年1月15日(水)　独立行政法人 製品評価技術基盤機構（NITE）　大阪事業所
今回は以下の外部イベントを聴講することで本会開催とした
イベント名：米国消費者製品安全委員会（CPSC）とのNITE消費者製品安全セミナー
日　　時：2020年1月15日(水)　13：00-17：00
場　　所：製品評価技術基盤機構（NITE）　大阪事業所

概　　要：① CPSCより費者製品にかかる米国の製品安全体制や規制等を紹介
　　　　　② NITEより製品安全業務の概要を説明

次回、定例会で、本内容について意見交換

◎安全規格分科会　　主査　中田 俊幸（パナソニック株式会社）

［第87回］　2020年1月10日(金)　DKビル　8F　会議室B

1. トピックス報告
   - (1) 欧州EU指令　General DATA Protection Regulationについて
   - (2) 電気用品安全法の解釈の改定に盛り込まれる内容の公開について
     - ①「解釈別表第四に係わる遠隔操作」に関する報告書（点滅器・接続器・調光器の試験方法を含む）
     - ②「解釈別表第八に係わる遠隔操作」に関する報告書
     - ③ 遠隔操作採用時のリスクアセスメント手順書～家庭用エアコンの事例～
     - ④ AV機器の遠隔操作機構に関する試験方法
2. IEC 62368-1の試験手順書作成について

◇ ◇ ◇

◎iNARTE/Japan PS分科会　　主査　舟木 剛（大阪大学）

2019年度

［第2回］　2020年1月20日(月)　DKビル　4F　KEC会議室

1. 2020年度のiNARTE PS受験講習会、資格試験について
   - (1) 受験講習会　講義時間拡充を求めるアンケート意見に対応し来年度は2日間で実施

     また、受講者、受験者増に対応し広い会場を手配

     日　　時：2020年4月9日(木)～10日(金)
     場　　所：CIVI研修センター　新大阪東　E703
     募集人数：50名
   - (2) 資格試験

     日　　時：2020年6月12日(金)
     場　　所：大阪会場　CIVI研修センター　新大阪東　E705
     　　　　　東京会場　日本教育会館　707号室
     募集人数：両会場合計で80名
2. iNARTE PS受験者、資格者拡大検討

   受講生、受験生から要望の多い問題集、参考書籍に関して論議
3. 資格更新手続きフォーマット改訂について
   - ・更新手続きWeb入力画面の業務内容入力欄を改訂
   - ・2020年4月以降、更新対象者へ案内開始
4. その他

   受験資格と資格取得に必要な業務経験年数の説明内容の改善

ＥＭＣ専門委員会、製品安全専門委員会からのお知らせ

表記委員会では、会員の皆様が日頃の業務で直面されている課題に対し、傘下のワーキンググループ(WG)やタスクフォース(TF)、分科会、研究会において、技術調査や実験研究を行っています。

４月から2020年度の活動が始まりますので、活動への参加等、ご関心のある会員様におかれましては下記までお問合わせ下さい。(定員や参加条件のあるもの、活動途中からの参加となるものがあります。)

専門委員会事務局：committee01@kec.jp　　TEL：0774-29-9041

EMC専門委員会傘下のWG、TF

・EMCラウンドロビンテストWG
・車載EMC計測技術開発WG
・新規EMC試験法対応WG
・パワーエレクトロニクスEMC試験法対応WG
・EMC欧米規格　調査出版WG
・EMCアジア圏規格　調査出版WG

製品安全専門委員会傘下の分科会、研究会

・信頼性分科会
・安全技術研究会
・安全規格分科会

(注：上記名称、テーマ名は2020年４月予定のものです。)

新型コロナウイルス感染症の対応のため感染拡大状況によっては
開催を中止、または延期させていただく場合がございます。

2020年度 KEC行事予定

2020年4月

月	日	曜日	行事名	会場
2020年				
5	14	木	理事会	ホテルグランヴィア大阪
	15	金	次世代ワイヤレス技術講座	ハービスPLAZA会議室
6	5	金	通常総会	ヒルトン大阪
	予定		iNARTE EMC講習会	調整中
	予定		KECテクノフォーラム	調整中
7	3	金	KECセミナー	梅田スカイビル
	16	木	設計者向けEMC技術講座	DKビル
	17	金	次世代ワイヤレス技術講座	ハービスPLAZA会議室
	予定		iNARTE EMC講習会	調整中
8	予定		製品安全基本教育講座	(予定)DKビル
9	4	金	設計者向けEMC技術講座	DKビル
	10	木	iNARTE EMC模擬試験	安保ホール
	10	木	iNARTE PS受験講習会	調整中
	11	金	iNARTE PS受験講習会	調整中
	11	金	次世代ワイヤレス技術講座	ハービスPLAZA会議室
	24	木	設計者向けEMC技術講座	DKビル
	予定		製品安全基本教育講座	(予定)DKビル
10	1	木	運営部会	ホテルグランヴィア大阪
	8	木	アドバイザリー委員会	ホテルグランヴィア大阪
	8	木	設計者向けEMC技術講座	DKビル
	9	金	EMC関西2020	メルパルク京都
	13	火	理事会	ホテルグランヴィア大阪
	22	木	EMC試験法講習会	けいはんな試験センター
	23	金	EMC試験法講習会	けいはんな試験センター
	29	木	設計者向けEMC技術講座	DKビル
	予定		製品安全基本教育講座	(予定)DKビル
11	5	木	iNARTE PS資格試験	CIVI研修センター新大阪東/東京 日本教育会館
	13	金	設計者向けEMC技術講座	DKビル
	17	火	iNARTE EMC試験、EMC設計技術者資格試験	大阪/名古屋/東京
	20	金	次世代ワイヤレス技術講座	ハービスPLAZA会議室
	26	木	設計者向けEMC技術講座	DKビル
	予定		製品安全基本教育講座	(予定)DKビル
12	17	木	設計者向けEMC技術講座	DKビル
	予定		光・電波フォーラム	(予定)大阪工業大学 梅田キャンパス セミナー室
	予定		製品安全基本教育講座	(予定)DKビル
2021年				
1	7	木	関西電子業界新年賀詞交歓会	リーガロイヤルNCB
	15	金	次世代ワイヤレス技術講座	ハービスPLAZA会議室
	予定		KECテクノフォーラム	(予定)グランフロント大阪
	予定		設計者向けEMC技術講座	(予定)DKビル
	予定		製品安全基本教育講座	(予定)DKビル
2	2	火	設計者向けEMC技術講座	DKビル
	3	水	設計者向けEMC技術講座	DKビル
	予定		製品安全フォーラム	(予定)グランフロント大阪
	予定		製品安全基本教育講座	(予定)DKビル
	予定		製品安全技術講座(信頼性設計)	(予定)DKビル
3	4	木	運営部会	未定
	11	木	アドバイザリー委員会	未定
	18	木	理事会	未定
	19	金	次世代ワイヤレス技術講座	ハービスPLAZA会議室
	予定		製品安全技術講座(共通基盤技術)	(予定)グランフロント大阪

新型コロナウイルス感染症の対応のため感染拡大状況によっては
開催を中止、または延期させていただく場合がございます。

2020 年度 次世代ワイヤレス技術講座

ワイヤレス技術は今や通信や放送だけでなく、社会のあらゆるところで欠かせない技術となっており、その重要性は増すばかりです。本講座は、各企業の研究・開発技術者の皆様を対象に、IoT社会のニーズに応えるべく、ワイヤレス分野に関わる部品・デバイスからシステム・方式・規格に至るまで幅広くテーマを選択し、企画したセミナー形式の教育講座です。

講師陣は、この分野の第一線でご活躍中の方々であり、基礎から応用まで幅広い分野の最新技術を学ぶことができる講座であると自負しております。皆様の受講をお待ちしております。

講座長：岡田 実（奈良先端科学技術大学院大学 教授）

募　集　要　項

開催期間・時間

2020 年 5 月 15 日(金) ～ 2021 年 3 月 19 日(金)
(原則、奇数月の第 3 金曜日 全 6 回)　時間 13:30~17:00

会場

ハービスPLAZA　貸会議室
〒530-0001 大阪市北区梅田 2 丁目 5 番 25 号
JR 大阪駅(桜橋口)より徒歩 7 分
地下鉄西梅田駅(北改札)より徒歩 6 分

受講対象

研究・開発技術者から企画担当者、管理者まで

講師陣

岡田講座長の企画による最先端でご活躍の講師陣

定員

先着 30 名(定員になり次第募集締切)

受講料　KEC 会員価格、[ ]内は非会員価格

・1 回のみ受講　：1 名　6,000 円 [8,000 円]
・通年(全 6 回)　：1 名 25,000 円 [34,000 円]
　2 名 45,000 円 [62,000 円]

通年 2 名以上参加の場合には受講料割引あり
※ただし 請求書発行後の申込みには適用されません。

申込・受講方法

申込先ウェブサイトからお申込みください。
受付後、請求書をご送付いたします。期日までに請求書記載の指定銀行口座にお振込みください。
請求書発送後のキャンセルは原則としていたしかねます。欠席の場合は代理出席を受け付けております。

協賛会員申込割引

協賛会員の方は会員価格でご受講いただけます。

申込先（4 月上旬 公開予定）

https://www.kec.jp/seminar/jisedai20/

講　座　カ　リ　キ　ュ　ラ　ム　・　日　程

前半 13:30～15:00 後半 15:10～16:40
（第 5 講のみ 前半 13:30～14:15 後半 14:25～16:40）

	開催日時		講義項目	講師	
1	2020 年 5 月 15 日 (金)		アンテナ・電波伝搬 ～その根底にある不思議を探る～	唐沢 好男 氏	電気通信大学 名誉教授
2	7 月 17 日 (金)		ワイヤレス給電の高周波理論	大平 孝 氏	豊橋技術科学大学 教授
3	9 月 11 日 (金)		変復調方式・信号処理技術	山尾 泰 氏	電気通信大学 教授
4	11 月 20 日 (金)	前半	無線システムと国際標準化	樫木 勘四郎 氏	(元)KDDI 総合研究所
		後半	電磁解析・シミュレーション技術と EMC	前山 利幸 氏	拓殖大学 教授
5	2021 年 1 月 15 日 (金)	前半	5G／IoT が拓く経済圏	河井 保博 氏	日経 BP 技術メディア局 局長
		後半	スペクトラムアナライザとシグナルアナライザの基礎	初鹿 勝也 氏	アンリツ株式会社 計測器営業本部 課長補佐
6	3 月 19 日 (金)	前半	数理モデルによるブロック・チェーン分析	笠原 正治 氏	奈良先端科学技術大学院大学 教授
		後半	システムデザイン・マネジメント（仮題）	白坂 成功 氏	慶應義塾大学 教授

※プログラムは、事情により変更になる場合があります。予めご了承ください。

問い合わせ先
一般社団法人KEC関西電子工業振興センター
専門委員会推進部　事務局　内橋 健二
〒619-0237　京都府相楽郡精華町光台 3 丁目 2 番地 2
TEL 0774-29-9041／FAX 0774-93-4564
E-mail publication01@kec.jp

「2019年度第1回KEC製品安全フォーラム」を終えて
＜テーマ：IoT時代における製品安全の更なる実現にむけて＞

2020年2月7日(金)にグランフロント大阪において、2019年度第1回KEC製品安全フォーラムを開催しました。受講者119名の方々に、参加いただき、講演とともに、活発な議論を行い、盛会のうちに終了することができました。

今回のKEC製品安全フォーラムでは、「IoT時代における製品安全の更なる実現にむけて」と題して、多種多様化する製品カテゴリの中で、製品事故の未然防止対策から得られる安全施策に加えた新たな考え方を共有しました。

基調講演として、安全学の第一人者である明治大学向殿名誉教授にご登壇いただき、安全目標の決定の在り方については、安全の定義から安全目標の構造までをわかりやすく解説をいただき、また、次世代の安全構築についてsafety2.0・協調安全の概念をご提示いただきました。受講者には、新たな視点での安全への取り組みを興味深く共有していただき、今後の各企業活動へ反映していただけることと期待します。

更に、一般講演として、製品事故事例とリスクアセスメントや、リチウムイオン電池の安全試験評価、ソフトウェアを用いた保護機能の安全設計、製品の遠隔操作と安全についてご講演をいただきました。

今年度も、皆様からのご意見等を参考に、より良いフォーラムの開催を目指してまいります。

最後にご多忙の中、ご講演をいただきました講師の皆様に厚く御礼申し上げます。テーマと講演者は下記の通りです。

開催の挨拶	一般社団法人KEC関西電子工業振興センター　専務理事　柳瀬 明典
①「基調講演:安全目標の構造と協調安全の達成にむけて」	明治大学　顧問　名誉教授 一般社団法人セーフティグローバル推進機構　会長　向殿 政男 氏
②「製品事故の現状から浮かび上がる課題とリスクアセスメント」	独立行政法人製品安全評価技術基盤機構　中部支所　課長　酒井 健一 氏
③「リチウムイオン電池の安全性試験評価動向」	エスペック株式会社　バッテリー安全認証センター　所長　梶原 隆志 氏
④「ソフトウェアを用いた保護機能の安全設計」	機能安全エンジニア　松本 和俊 氏
⑤「製品の遠隔操作と安全」	一般財団法人電気安全環境研究所　理事　住谷 淳吉 氏

出版物のご案内

◆ 欧州ETSI規格対訳版 ETSI EN 303 413 第1.1.1版(2017-06)

全地球航法衛星システム(GNSS)などで、周波数範囲が1,164-1,300MHzと1,559-1,610MHzで動作する受信機;
指令2014/53/EUの第3条2の必須要求事項に適用する整合規格。
GPSやBDS、GLONNASSなどの受信器に対する技術特性、測定方法の要求事項

価　　格	会員 15,400円(本体価格 14,000円)　非会員 20,020円(本体価格 18,200円)
発　行　日	2019年3月28日
体　　裁	A4判　68頁　製本

◆ 韓国国立電波研究院 告示 第2018-17号/公告 第2018-128号/告示 第2018-29号(邦訳版)

『韓国国立電波研究院 告示2018-17号 放送通信機資材等の適合性評価に関する告示』、『韓国国立電波研究院 公告2018-128号 電磁両立性試験方法に関する公告』、『韓国国立電波研究院 告示2018-29号 電磁両立性の基準に関する告示』邦訳版です。原文と併せてご利用ください。

価　　格	会員 66,000円(本体価格 60,000円)　非会員 85,800円(本体価格 78,000円)
発　行　日	2019年3月20日
体　　裁	A4判　366頁　製本

◆ 米国IEEE/ANSI C63.5-2017 対訳版

9kHz ～ 40GHzまでの範囲で電磁干渉(EMI)コントロールにおける放射エミッション測定を行うために使用されるアンテナファクタ(AF)及びアンテナの関連パラメーターの決定方法

価　　格	会員 44,000円(本体価格 40,000円)　非会員 57,200円(本体価格 52,000円)
発　行　日	2018年4月
体　　裁	A4判　282頁　製本

◆ 欧州ETSI規格対訳版 ETSI EN 301 893 第2.1.1版(2017-05)

5GHz RLAN;指令2014/53/EUの第3条2の必須要求事項に適用する整合規格
RLAN装置を含む5GHzワイヤレスアクセスシステム(WAS)に対する技術特性、測定方法及びスペクトラムアクセスの要求事項

価　　格	会員 44,000円(本体価格 40,000円)　非会員 57,200円(本体価格 52,000円)
発　行　日	2018年3月31日
体　　裁	A4判　238頁　製本

◆ 欧州ETSI規格対訳版 ETSI EN 300 328 第2.1.1版(2016-11)

電磁的両立性及び無線スペクトル事項(ERM);広帯域送信システム;2.4GHzのISM帯域で運用し広帯域変調技術を使用するデータ送信装置;指令2014/53/EUの第3.2条の必須要求事項を満たす整合規格

価　　格	会員 33,000円(本体価格 30,000円)　非会員 42,900円(本体価格 39,000円)
発　行　日	2017年12月25日
体　　裁	A4判　222頁　製本

◆ 欧州ETSI規格対訳版 ETSI EN 301 489-1 第2.1.1版(2017-02)

電磁的両立性及び無線スペクトル事項(ERM);無線装置及びサービスの電磁的両立性(EMC)規格;パート1:共通技術要求事項;指令2014/53/EUの第3条1(b)及び指令2014/30/EUの第6条の必須要求事項を満たす整合規格

価　　格	会員 16,500円(本体価格 15,000円)　非会員 21,450円(本体価格 19,500円)
発　行　日	2017年12月15日
体　　裁	A4判　90頁　製本

出版物のご案内

◆ 欧州ETSI規格対訳版 ETSI EN 301 489-17 第3.1.1版(2017-02)

電磁的両立性及び無線スペクトル事項(ERM);無線装置の電磁的両立性(EMC)規格;パート17：広帯域データ送信システムのための特別条件;指令2014/53/EUの第3条1(b)の必須要求事項を満たす整合規格

価　　格	会員 11,000円 (本体価格 10,000円)　　非会員 14,300円 (本体価格 13,000円)
発　行　日	2017年12月15日
体　　裁	A4判　46頁　製本

◆ 欧州官報L41 UNECE規則第10号 Ver.5(対訳版)

2012年9月20日に発行されたL254/L257(UN/ECE R10.04)の改訂版で、電気自動車等の充電モードによる試験条件が追加となっております。

価　　格	会員 27,500円 (本体価格 25,000円)　　非会員 35,750円 (本体価格 32,500円)
発　行　日	2017年7月1日
体　　裁	A4判　280頁　製本

◆ MIL-STD-461G 2015年(邦訳版)

米国軍用機器のEMC規格翻訳版
米軍国防総省インターフェース規格
サブシステム及び機器の電磁妨害特性の管理についての要求事項

価　　格	会員 33,000円 (本体価格 30,000円)　　非会員 42,900円 (本体価格 39,000円)
発　行　日	2017年3月10日
体　　裁	A4判　252頁　製本

◆ 不要輻射ハンドブック 北米編(FCC規定集)2016年版 FCC Part2/Part15 対訳版

2016年6月末日までに発行されたFCC Rule Part2 sub-part I, J と Part15 sub-part A to H の翻訳を行い、英語/日本語の対訳版として発行いたしました。

価　　格	会員 33,000円 (本体価格 30,000円)　　非会員 42,900円 (本体価格 39,000円)
発　行　日	2016年10月15日
体　　裁	A4判　470頁　製本

◆ 米国IEEE/ANSI C63.4-2014 対訳版

9kHzから40GHzの範囲における低電圧電気電子機器からの無線雑音エミッションの測定方法に関する米国規格。
本規格書はFCC規則の基で規制対象となる無線周波機器の試験方法として必須の規格書です。

価　　格	会員 33,000円 (本体価格 30,000円)　　非会員 42,900円 (本体価格 39,000円)
発　行　日	2015年3月31日
体　　裁	A4判　342頁　製本

◆ 不要輻射ハンドブック(無線受信機、デジタル機器、低電圧無線通信等)北米編(インダストリーカナダ規定集)2015年版 対訳版

2013年9月末日までに発行されたインダストリーカナダ, ICES-003, RSS-Gen, RSS-102, RSS-210, RSS-310の翻訳を行い、英語/日本語の対訳版として発行いたしました。

価　　格	会員 27,500円 (本体価格 25,000円)　　非会員 35,750円 (本体価格 32,500円)
発　行　日	2015年3月29日
体　　裁	A4判　300頁　製本

出版物のご案内

◆ IEEE/ANSI C63解釈集 対訳版

C63シリーズ規格で規定される測定機器の仕様や試験方法等に関する各方面からC63委員会に寄せられた質問に対するC63委員会の回答を対訳版で翻訳・出版したものです。

価　　格	会員 16,500円（本体価格 15,000円）　非会員 21,450円（本体価格 19,500円）
発　行　日	2014年5月29日
体　　裁	A4判　174頁　製本

◆ 欧州ETSI規格対訳版 ETSI EN 300 330-1 第1.7.1版(2010-02)

電磁的両立性及び無線スペクトル事項(ERM);短距離機器(SRD);9kHz ～ 25MHzの周波数範囲の無線装置及び9kHz ～ 30MHzの周波数範囲の誘導ループシステム;パート1：技術特性及び試験方法

価　　格	会員 19,800円（本体価格 18,000円）　非会員 25,740円（本体価格 23,400円）
発　行　日	2014年3月28日
体　　裁	A4判　132頁　製本

◆ 欧州ETSI規格対訳版 ETSI EN 301 489-3 第1.6.1版(2013-08)

電磁的両立性及び無線スペクトル事項(ERM);無線装置及びサービスの電磁的両立性(EMC)規格;パート3：周波数9kHz ～ 246GHzで運用する短距離機器(SRD)のための特別条件(短距離装置及び付随する補助装置の適切な試験条件、性能評価及び性能基準を規定している規格です)

価　　格	会員 8,800円（本体価格 8,000円）　非会員 11,440円（本体価格 10,400円）
発　行　日	2014年3月28日
体　　裁	A4判　40頁　製本

◆ EMC用語集 -第3版-

EMC技術分科会の委員企業の技術者の執筆により、EMC全般(電気回路、高周波、伝送、規則、規格、略語)に関する用語を簡潔にまとめたもので、これからEMCに関係される設計者や試験技術者にとっての手引き書となるものです。

価　　格	会員 2,200円（本体価格 2,000円）　非会員 2,860円（本体価格 2,600円）
発　行　日	2013年4月1日
体　　裁	A5判　284頁　製本

◆ UL規格実用ガイドライン UL6500/60065 PAG(翻訳版)

UL規格UL6500, 60065, 60950の解説書『Practical Application Guideline(PAG)』を翻訳、編集し、『UL規格実用ガイドライン UL6500/60065PAG(翻訳版)』としてまとめたものです。

価　　格	会員 6,820円（本体価格 6,200円）　非会員 －（日本規格協会よりお求めください）
発　行　日	2011年9月
体　　裁	A4判　38頁　製本

◆ UL規格実用ガイドライン UL60950 PAG(翻訳版)

UL規格UL6500, 60065, 60950の解説書『Practical Application Guideline(PAG)』を翻訳、編集し、『UL規格実用ガイドライン UL60950(翻訳版)』としてまとめたものです。

価　　格	会員 59,400円（本体価格 54,000円）　非会員 －（日本規格協会よりお求めください）
発　行　日	2011年9月
体　　裁	A4判　423頁　製本

出版物のご案内

◆ IEC対応 安全規格ガイドブック(第2版)-第1版以降に発行されたCTL決定文書-

情報機器(IEC60950-1)、AV機器(IEC60065)、電化機器(IEC60335-1)の最新CTL決定文書について、内容を調査し、各国のCB試験機関で合意された運用等をまとめたものです。

価　　格	会員 6,380円 (本体価格 5,800円)　　非会員 8,294円 (本体価格 7,540円)
発　行　日	2010年10月
体　　裁	A4判　68頁　製本

◆ MIL-STD-461F 2007年

米国軍用機器のEMC規格翻訳版

価　　格	会員 33,000円 (本体価格 30,000円)　　非会員 49,500円 (本体価格 45,000円)
発　行　日	2008年3月25日
体　　裁	B5判　287頁　製本

◆ IEC対応 安全規格ガイドブック -CTL決定書の解説を含む-

情報機器(IEC60950-1)、AV機器(IEC60065)、電化機器(IEC60335-1)についてCTL決定文書の中身を製品安全のエキスパートが内容を調べ、製品への影響等をまとめたものです。

価　　格	会員 6,380円 (本体価格 5,800円)　　非会員 9,570円 (本体価格 8,700円)
発　行　日	2007年6月
体　　裁	A4判　82頁　製本

一般社団法人KEC関西電子工業振興センター　書籍問い合わせ窓口
E-mail:publication01@kec.jp　　TEL:0774-29-9041

会　員　一　覧

2019 年 10 月 17 日　現在

【正　会　員】　166社

アール・ビー・コントロールズ株式会社
アイコム株式会社
アイシン精機株式会社
IDEC株式会社
株式会社アイピーエス
株式会社アイピーエス東海
アクア株式会社
株式会社アクロエッジ
飛鳥メディカル株式会社
株式会社アドヴィックス
株式会社アドバンテスト
アメテック株式会社
アルプスアルパイン株式会社
株式会社EMCシステムズ
株式会社イー・エム・シー・ジャパン
株式会社イー・オータマ
株式会社イシカワ
インターテックジャパン株式会社
株式会社インタフェース
株式会社ウインブルヤマグチ
株式会社Wave Technology
ウシオライティング株式会社
EIZO株式会社
エイミック株式会社
株式会社エスアンドエー
エスペック株式会社
株式会社エヌエフ回路設計ブロック
株式会社エフ・エム・アイ
株式会社エム・システム技研
オーエムプランニング株式会社
株式会社大阪サイレン製作所
株式会社オートネットワーク技術研究所
オムロン株式会社
株式会社オリエントマイクロウェーブ
加美電子工業株式会社
関西ガスメータ株式会社
キーサイト・テクノロジー株式会社
菊水電子工業株式会社
北川工業株式会社
株式会社キャットアイ
株式会社キューセス
株式会社京三製作所
共信コミュニケーションズ株式会社
京都電測株式会社
旭光電機株式会社
株式会社近計システム
株式会社クボタ
株式会社ケーイーアイシステム
株式会社小糸製作所
株式会社高工社
コーセル株式会社
コーンズ テクノロジー株式会社
株式会社コスモス・コーポレイション
国華電機株式会社
株式会社コベルコ科研
株式会社サワーコーポレーション
株式会社三社電機製作所
サンデン・アドバンストテクノロジー株式会社
株式会社サンフレム
三洋テクノソリューションズ鳥取株式会社
三和電子機器株式会社
株式会社GSユアサ
株式会社JEL
株式会社島精機製作所
株式会社島津製作所
株式会社シマノ
シャープ株式会社
ジョイソン・セイフティ・システムズ・ジャパン株式会社
新コスモス電機株式会社
真生印刷株式会社
株式会社スイデン
スペクトロニクス株式会社
住友精密工業株式会社
セイコーエプソン株式会社
星和電機株式会社
象印マホービン株式会社
双信電機株式会社
ソリッド株式会社
ゾンデックス株式会社
タイガー魔法瓶株式会社
ダイキン工業株式会社
ダイハツ工業株式会社
株式会社ダイヘン
ダイヤモンド電機株式会社
太陽誘電株式会社
タカヤ株式会社
株式会社竹中製作所
タチバナテクノス株式会社
田淵電機株式会社
多摩川精機株式会社
株式会社テイ・アイ・シイ
TOA株式会社

2019 年 10 月 17 日　現在

ディーシージェイ株式会社
TDK株式会社
株式会社テクトロン
株式会社テクノサイエンスジャパン
株式会社デバイス
テュフ ラインランド ジャパン株式会社
テュフズードジャパン株式会社
寺崎電気産業株式会社
株式会社テラモト
株式会社電研精機研究所
株式会社デンソー EMCエンジニアリングサービス
株式会社デンソーテン
東海電装株式会社
東洋ガスメーター株式会社
株式会社東陽テクニカ
東洋メディック株式会社
株式会社トーキンEMCエンジニアリング
株式会社トータス
株式会社戸上電機製作所
ナブテスコ株式会社
ニチコン株式会社
NISSHA株式会社
日新電機株式会社
日本オートマティック・コントロール株式会社
日本航空電子工業株式会社
日本シールドエンクロージャー株式会社
日本ジッパーチュービング株式会社
日本電音株式会社
日本特殊陶業株式会社
任天堂株式会社
ネクステム株式会社
株式会社ノイズ研究所
株式会社ノーケン
パーソル パナソニック HRパートナーズ株式会社
株式会社ハイレックスコーポレーション
白光株式会社
パナソニック株式会社
浜松ホトニクス株式会社
株式会社ピーマックス
有限会社光電子設計
日立オートモティブシステムズ阪神株式会社
富士インパルス株式会社
富士ゼロックス株式会社
船井電機株式会社
プライムアースEVエナジー株式会社
古野電気株式会社
北陽電機株式会社
ホシデン株式会社
星野楽器株式会社
ボッシュ株式会社
株式会社堀場製作所
マスプロ電工株式会社
株式会社ミクニ
三菱重工業株式会社
三菱電機株式会社
三菱ロジスネクスト株式会社
村田機械株式会社
株式会社村田製作所
矢崎総業株式会社
ヤマトクリエイト株式会社
ヤマハ株式会社
山本電機工業株式会社
株式会社山本電機製作所
ヤンマー株式会社
株式会社UL Japan
ラトックシステム株式会社
株式会社リード
株式会社リケン環境システム
レシップ株式会社
ローデ・シュワルツ・ジャパン株式会社
ローム株式会社
ローランド株式会社
ローランド ディー.ジー.株式会社
ワイエイシイエレックス株式会社

2019 年 10 月 17 日　現在

【賛助会員】　36社

あいち産業科学技術総合センター
地方独立行政法人岩手県工業技術センター
地方独立行政法人大阪産業技術研究所
京都府中小企業技術センター
滋賀県工業技術総合センター
島根県産業技術センター
千葉県産業支援技術研究所
中部エレクトロニクス振興会
一般財団法人直鞍情報・産業振興協会
一般財団法人電気安全環境研究所
株式会社電磁環境試験所認定センター
一般社団法人電子情報技術産業協会
徳島県立工業技術センター
地方独立行政法人鳥取県産業技術センター
富山県産業技術研究開発センター
長野県工業技術総合センター
奈良県産業振興総合センター
一般財団法人日本ガス機器検査協会
一般財団法人日本自動車研究所
公益財団法人日本適合性認定協会
一般社団法人日本電気計測器工業会
一般財団法人日本電子部品信頼性センター
一般財団法人日本品質保証機構
一般社団法人ビジネス機械・情報システム産業協会
兵庫県立工業技術センター
株式会社広島テクノプラザ
一般財団法人VCCI協会
福井県工業技術センター
福岡県工業技術センター
一般財団法人ふくしま医療機器産業推進機構
福島県ハイテクプラザ
三重県工業研究所
公益財団法人南信州・飯田産業センター
地方独立行政法人山口県産業技術センター
山梨県産業技術センター
和歌山県工業技術センター

【特別会員】　31社

アコース株式会社
株式会社ATOUN
E&Cエンジニアリング株式会社
エフティテクノ株式会社
オムロンオートモーティブエレクトロニクス株式会社
オムロンスイッチアンドデバイス株式会社
オムロンヘルスケア株式会社
サイレックス・テクノロジー株式会社
三洋電機株式会社
TOAエンジニアリング株式会社
テラメックス株式会社
ニチコン亀岡株式会社
ニチコン草津株式会社
NISSHAエフアイエス株式会社
パナソニック エコシステムズ株式会社
パナソニックSNエバリュエーションテクノロジー株式会社
パナソニック サイクルテック株式会社
株式会社パナソニック システムネットワークス開発研究所
パナソニック スマートファクトリーソリューションズ株式会社
パナソニック プロダクションエンジニアリング株式会社
パナソニック モバイルコミュニケーションズ株式会社
株式会社フルノシステムズ
ホシデン エフ・ディ株式会社
ホシデン精工株式会社
マイクロウェーブファクトリー株式会社
三菱重工サーマルシステムズ株式会社
三菱電機エンジニアリング株式会社
三菱電機特機システム株式会社
矢崎エナジーシステム株式会社
矢崎部品株式会社
ラボテック・インターナショナル株式会社

備考：会員一覧についてはKECにて一般の閲覧に供しております。

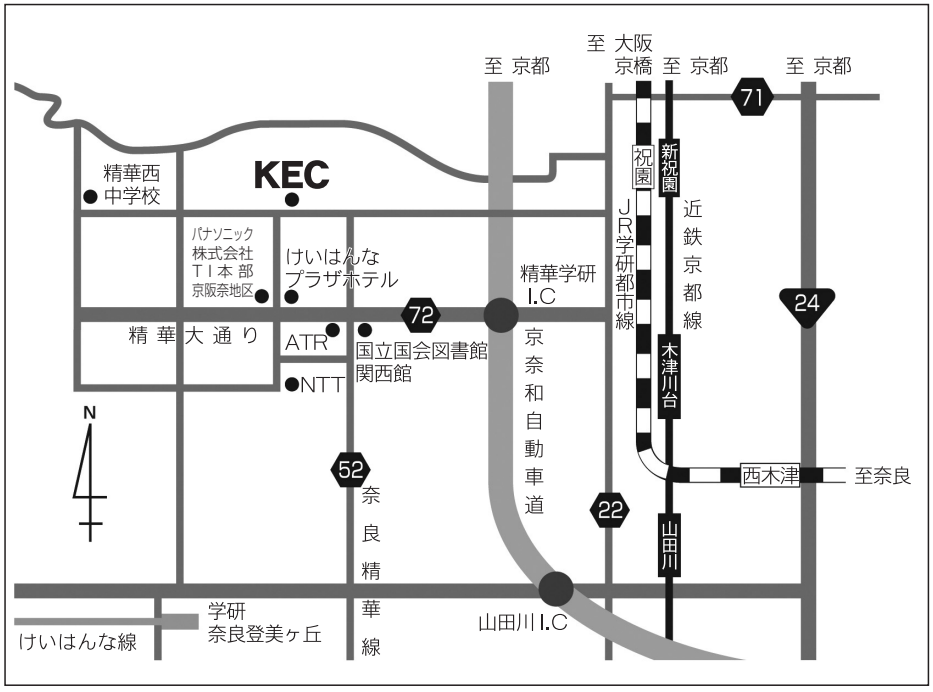
Ｋ Ｅ Ｃ 情 報 No. 253

2020年4月1日　発行

発　　行　一般社団法人KEC関西電子工業振興センター

印　　刷　株式会社昭和プリント

所在地


至 京都
至 大阪
京橋
至 京都
至 京都
71
KEC
精華西
中学校
祝園
新祝園
JR学研都市線
近鉄京都線
パナソニック
株式会社
TI本部
京阪奈地区
けいはんな
プラザホテル
精華学研
I.C
24
72
精華大通り
ATR
国立国会図書館
関西館
NTT
京奈和自動車道
木津川台
N
52
西木津
至奈良
奈良精華線
22
山田川
学研
奈良登美ヶ丘
山田川I.C
けいはんな線

https://www.kec.jp/

一般社団法人KEC関西電子工業振興センター
〒619-0237 京都府相楽郡精華町光台3丁目2番地2
TEL：0774-93-4563　FAX：0774-93-4564