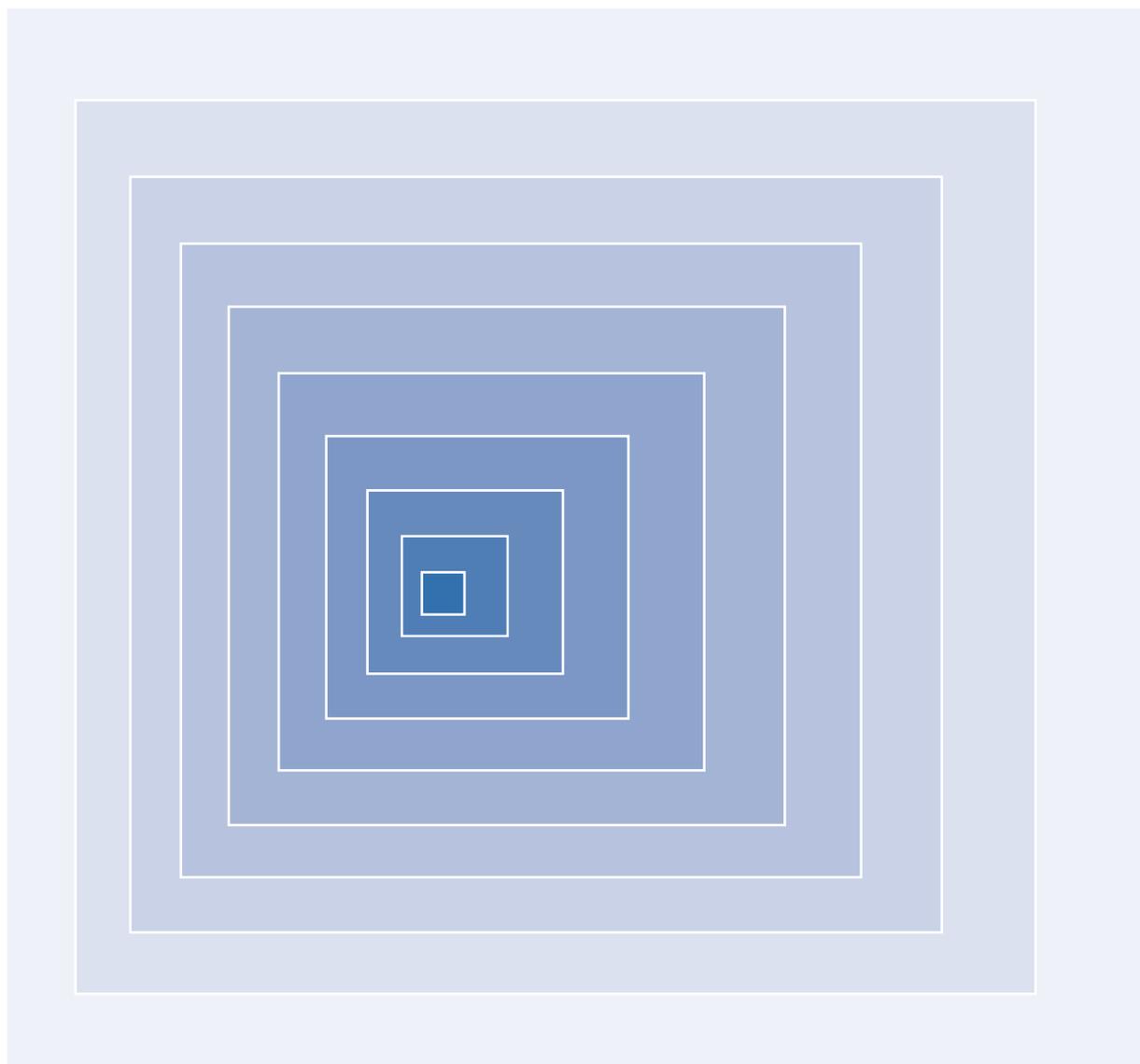


EMCCレポート



著作：電波環境協議会

EMCCレポート第36号 目次

● 無人航空機の法規制と現状	4
(一財) 日本ラジコン電波安全協会 専務理事 神林 喜彦	
● - CISPR 22の許容値と測定法の根拠について - その2 CISPR 22第4版発行の歴史的経緯	11
前電波利用環境委員会 CISPR/I 作業班主任 電気通信大学産学官連携センター 客員教授 雨宮 不二雄	
● 2019年度 妨害波委員会の活動 医用テレメータに影響を与える病院内電気設備の放射妨害電波測定方法に関する調査研究 — LED照明機器による検討 —	20
一般社団法人 日本照明工業会EMC合同小委員会 川股 直樹	
● 2019年度 イミュニティ委員会の活動 「IEC 61000-4-39に規定されているアンテナの違いによる近接電磁界イミュニティの影響の 検証に関する調査研究」	27
一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会 (CIAJ) 電磁妨害対策技術委員会 太田 慎也	
● 第18回技術講演会を開催	33
● 編集後記	33

無人航空機の法規制と現状

(一財) 日本ラジコン電波安全協会 専務理事
神林 喜彦

1. 無人航空機とは

無人航空機は2015年の航空法改正で導入された。

航空法の定義による無人航空機とは、

- ① 航空の用に供することができる
- ② 飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船
- ③ 構造上人が乗ることができない
- ④ 遠隔操作又は自動操縦（プログラムにより自動的に操縦を行うことをいう。）により飛行させることができる
- ⑤ 重量（機体本体の重量とバッテリーの重量の合計）が200g以上に該当するものをいう。

2. 電波法による規制

2013年頃から複数のロータを持つマルチコプタいわゆるドローンが急速に普及してきた。それ以前は、いわゆるラジコンと言われる模型の飛行機、ヘリコプタ、グライダー等がホビーや農業散布等に使用されていた。

ラジコンはラジオコントロールから来ているが、1956年に玩具メーカーにより商標登録されており、1960年頃から現在のように無線操縦模型がラジコンと呼ばれるようになった。

最初の頃のラジコンは、周波数が27MHz帯しかなく、市民バンド無線との混信を受け、よく墜落していたと聞く。

1984年に40MHz帯のラジコン専用周波数の割当を受けて、ようやく安心して利用できるようになった。その後、72MHz帯、産業用の73MHz帯の周波数割当を受け、ラジコンの利用は拡大していった。これらの周波数は、いわゆる微弱電波と呼ばれるものであり、無線局免許も無線従事者免許も不要で、誰でも運用できるものである。

● ラジコン協会とラジコン用発振器の推奨規格適合証明事業

当ラジコン協会は、40MHz帯のラジコン専用電波の割当に伴い、ラジコン業界における自主的な電波利用と法令遵守を推進するために1985年に設立された。

当初、電波法告示にラジコンの推奨規格とその規格に適合していることを証明する事業の認定が定められており、当協会がその認定を受けて事業を開始した。ピークに当たる1990年には年間6万台のプロポ（ラジコン用送信機）の推奨規格適合証明を行っている。

1992年に72MHz帯、1995年に産業用73MHz帯の新規割当を受けて、やや持ち直したが、次第に減少してきた。2003年に73MHz帯（産業用）の増波割当、2004年にシンセサイザ方式の追加などにより盛り返

図1 ラジコン用周波数の使用基準

27MHz帯		ホビー用				産業用	
周波数 (MHz)	バンド番号	周波数 (MHz)	バンド番号	周波数 (MHz)	バンド番号	周波数 (MHz)	用途
26.975	01	40.61	61	72.13	17	*72.75	地上用
26.995	02	40.63	63	72.15	18	*72.76	水上用
27.025	03	40.65	65	72.17	19	*72.77	地上用
27.045	04	40.67	67	72.19	20	*73.22	水上用
27.075	05	40.69	69	72.21	21	*73.23	地上用
27.095	06	40.71	71	72.23	22	*73.24	水上用
27.125	07	40.73	73	72.25	23	*73.25	地上用
27.145	08	40.75	75	72.27	24	73.26	水上用
27.175	09	40.77	77	72.29	25	73.27	地上用
27.195	10	40.79	79	72.31	26	73.28	水上用
27.225	11	40.81	81	72.33	27	73.29	地上用
27.255	12	40.83	83	72.35	28	73.30	水上用
		40.85	85	72.37	29	73.31	地上用
				72.39	30	73.32	水上用

(注) *が2016年8月31日に改正された周波数。地上・水上用が73MHz帯から72MHz帯に移行。上空用が4波追加。
なお、2016年8月31日現在、73.22、73.23、73.24MHzを地上・水上用で使用している場合は、2021年8月31日まで使用可能。

したが、2.4GHz帯の登場により、急速に切り替えが進んだ。

●2.4GHz帯プロポの普及

40MHz帯や72MHz帯は、バンド（チャンネル）ごとの固定周波数を送信するものであり、誤って2つ以上のプロポが同一バンドの電波を発射すると混信してしまう。ラジコンの競技会では、同一バンド混信を避けるために、演技中のプロポ以外のプロポを主催事務局が預かり、混信による競技トラブルを防止する必要があった。

それが、2.4GHz帯プロポの登場により、混信の心配が極端に減り、プロポの取扱いが簡便になった。そのため、ラジコンユーザの間で瞬く間に2.4GHz帯プロポが普及するようになった。また、それとともに競技会事務局のプロポ管理の苦勞もなくなった。

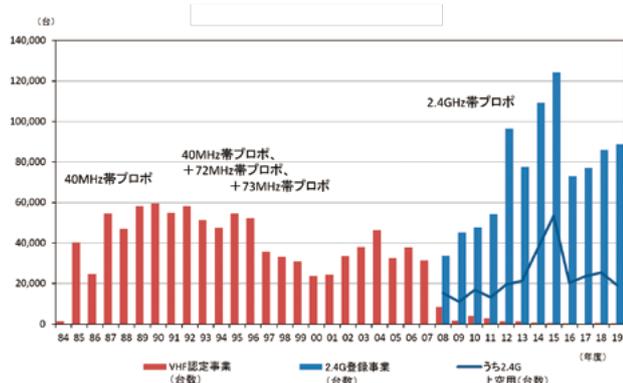


図2 ラジコンプロポの認定・登録台数

当協会では、2.4GHz帯プロポについて、登録事業を行っている。2.4GHz帯プロポは技適が基本にあるが、当協会でも複数メーカーの2.4GHz帯プロポを一堂に集め、相互干渉試験を行い、空ものについては同時に

30台以上のプロポが電波を出しても干渉が感じられないことを合格ラインにした「共存調査」を実施している。

2.4GHz帯の模型飛行機用プロポは、混信や干渉に強い周波数ホッピング方式が主に使用されているが、台数が増えるに従って、通信に遅延を生じ、操縦に遅れを感じるようになる。当協会では、30台のプロポが同時に電波を発射してもこの遅れを感じないことを合格ラインとしている。この共存調査は、新機種が出る都度実施しており、合格した機種には、協会の登録シールを貼付し、協会推奨機種として普及を図っている。

●ドローンからの映像伝送

ドローン（マルチコプタ）も、ほとんどが2.4GHz帯で操縦している。また、同じ2.4GHz帯で映像伝送を行っているものも多い。なお、機体上での2.4GHz帯電波の回り込み干渉を避けるため、一部に920MHz帯を操縦用に使用しているものもある。

しかし、2.4GHz帯の映像は長距離伝送ができず、せいぜい目視内飛行（操縦者から約300m）の範囲程度になる。さらに、2.4GHz帯が混み合った状況では極端に伝送距離が短くなる。

そこで、ホビー用としては、5.6GHz帯（5.65～5.85GHz）のアマチュア無線用映像伝送装置が使用されている。特に、FPV（First Person View）ドローンレースでよく利用されている。これは、ドローンに搭載したカメラからの映像をゴーグル型モニタに表示させ、その映像を見ながらドローンを飛行させ、タイムを競う競技である。

一方、業務用では、特に災害時等において現場の映



↑
共存調査の会場
(双葉電子工業の勝間ラジコン飛行場などで実施)



↑
送信機(各社の送信機)を並べ、1台ずつ電波を出して干渉の有無を確認



↑
各社の受信機とサーボを並べ、動作具合を確認

このほか、実際にフライトを行い、無線信号の遅延による操作の遅れなどがないかどうかを確認している。

図3 2.4GHz帯プロポの共存調査

像をリアルタイムに5km程度伝送することに対するニーズが高いことから、総務省は2016年にロボット用を想定した無人移動体画像伝送システムを制度化した。

それが、2.4GHz帯、5.7GHz帯及び169MHz帯を使用する業務用システムである。5kmの長距離伝送を可能とするため、2.4GHz帯及び5.7GHz帯は1Wまで、169MHz帯も上空使用は10mWまでとしている。

そのため、ドローンに搭載した本件システムの無線局は、携帯局として無線局免許が必要であり、その操作には第3級陸上特殊無線技士以上の従事者免許が必要である。さらに、少ないチャンネル数を複数の免許人が共用するために、運用調整を行う必要があり、そのために日本無人機運行管理コンソーシアム(JUTM)に加入する必要がある。会員(免許人)は、JUTMのシステムに、あらかじめ何時何処でドローンを飛行させるか登録し、もし、他の免許人が同じ時間帯に近くでドローンを飛行させる計画があるときは、免許人間で運用調整を行うことになる。

今後、ドローンに携帯電話端末を搭載して、操縦や映像伝送に利用したいという場合には、高度150m以下であればLTEの携帯電話用電波を使用しやすくなるよう手続の簡素化が図られる予定である。

なお、ドローン等で用いられる主な無線通信システムの表が電波利用ホームページに掲載されているので参照されたい。

[ドローン等に用いられる無線設備について]

<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/drone/index.htm>

3. ラジコンやドローンの事故

●ラジコンの事故

ドローン(マルチコプタ)が出現する以前、ラジコン機の事故には、操縦用電波の混信妨害によるノーコン(操縦不能)で墜落する事例が多かった。

27MHz帯、40MHz帯、72MHz帯は、クリスタルモジュールを送信機にセットすることで周波数を切り換えていた。そのため、誤って他と同じ周波数のモジュールをセットすると混信が発生した。後に、シン

セサイザ方式で周波数の切替えが可能になっても注意不足による事故が起きた。

そのため、ラジコンクラブでは、同じバンド(チャンネル)を使用しないように、アンテナに使用バンドを示す色リボンを付けたり、バンド管理ボードに使用中のバンドを表示してクラブ員に注意を促した。

その後、2.4GHz帯プロボの登場で混信は激減したが、まったく無くなったわけではない。

2013年秋頃から、愛知県や神奈川県などの河川敷ラジコン飛行場において、ラジコン飛行機がホールドする(操作できなくなる)現象が発生した。操縦者から300~400m、高さ100mほどの空域ゾーンで起きた。

当初は、500mほどの距離にある携帯電波塔による2.5GHz帯LTEや800MHz帯(ラジコン受信機のIF)の影響かと思われたが、発生場所が電波塔の逆側であり、フィルタ挿入による対策も効果がなかったことから、原因は別にあると思われた。

そこで、スペアナで発生ゾーン内を調査したところ、2.4GHz帯域全体にわたって高いノイズフロアが確認された。しかし、調査した結果でも原因は不明であり、とりあえずその空域を飛行させないように注意していたが、いつの間にか現象がなくなっていた。

その後もちらほらと報告や相談があるが、いずれも突然発生していつの間にか消滅しているようであり、操縦していて違和感があった場合には注意するように呼びかけている。

●ドローンの事件、事故

2012年に中国DJI社のPHANTOMが登場し、カメラ搭載型が販売された2014年頃からドローンは爆発的に普及した。それとともに、ドローンによる事件や事故も増えていった。

2014年には、①名古屋のテレビ塔付近で夜間空撮中に無人の駐車場に墜落した事故。また、②湘南国際マラソンで空撮中に墜落し、スタッフが負傷した事故があった。

2015年4月には、③首相官邸屋上でドローン発見。同年5月には、④7年に一度の長野善光寺御開帳の行事中にドローンが墜落する事故があった。

4. 航空法による規制

ドローンの事件のうち、首相官邸の事件は政府にとっても衝撃だった。その年6月にドローンを規制する議員立法による法案が、7月に航空法改正法案が相次いで国会に提出され、改正航空法は同年12月に施行、ドローン規制法（小型無人機等飛行禁止法）は翌年（2016年）4月に施行された。

この改正航空法により、無人航空機の定義と許可・承認制度が導入された。

それまでの航空法では、ラジコンは模型航空機という用語で、ロケットや花火の打上と同列の扱いだった。ともに、航空機（有人機）の飛行に影響を及ぼす行為が禁止されていた。

具体的には、空港周辺での飛行禁止、航空路内では高さ150m以上、それ以外では高さ250m以上の飛行が禁止されている程度で、空港や航空路を避ければ、比較的自由にラジコン機を飛ばすことができた。

ちなみに、航空法改正以前に起きた、前述の4つの事件についてどうなったかという点、

- ①名古屋のテレビ塔は高さ180mで航空路内に当たり、空撮した夜景映像がネットに公開されていたため、テレビ塔より高い高度でドローンを飛行させていた容疑により航空法違反（航空機の飛行に影響を及ぼすおそれのある行為のうち、航空路内で高さ150m以上の飛行）で書類送検となった。
- ②湘南マラソンの場合は、航空法の違反は問われなかったが、その後、映像伝送に無免許のアマチュア無線設備を使用していたことが判明し、電波法違反で書類送検された。
- ③首相官邸事件は、ドローン発見の2日後に容疑者が自首し、逮捕。威力業務妨害容疑で起訴され、東京地裁で懲役2年執行猶予4年の有罪判決となった。
- ④善光寺でドローンを墜落させた少年は、横浜家裁により保護観察処分となった。

なお、2015年12月の改正航空法施行当日、香川県高松市内の駐車場でドローンの無許可飛行を行った容疑で男性が書類送検され、高松簡裁で罰金20万円の略式命令を受けた。これが改正航空法初の違反事例と

思われる。

●無人航空機の飛行に関する規制と罰則

無人航空機の飛行に当たって、航空機（有人機）の飛行の安全や第三者又はその物件の安全が損なわれるおそれがある空域（飛行禁止空域）を定め、そこで飛行させようとする場合は、事前に国土交通大臣の許可を必要とする。

また、航空機の飛行の安全や人又は物件の安全が損なわれるおそれがないように飛行の方法を定め、それによらない場合は、事前に国土交通大臣の承認を必要とする。

これが、無人航空機に係る規制と許可・承認であり、無許可、無承認飛行の違反の罰則は、50万円以下の罰金である。

●無人航空機の飛行禁止空域（許可を必要とする空域）

許可を必要とする空域は、まず、航空機の飛行の安全に影響を及ぼすおそれのある空域として、

- ①空港周辺に設定された進入表面等の上空の空域等
- ②地表又は水面から150m以上の高さの空域
- ③2015年の国勢調査の結果による人口集中地区（DID）の上空

の合わせて3つである。

まず、①の空港周辺は航空機（有人機）の離着陸が行われることから、航空機の安全を確保するために無人航空機の飛行を禁止している。②の高さ150mは航空機の最低安全高度として規定され、航空機はそれより高い空域を飛行しなければならないことから、航空機の安全を確保するために、無人航空機は150m以上の飛行を禁止されている。③は人又は物件の安全を確保するために、人や家屋が密集している地域としてDID上空における飛行を禁止している。ちなみに、DIDは国勢調査の結果に基づいて指定され、おおむね1平方km当たりの人口が4,000人以上の地区をいう。

以上が、無人航空機の飛行が禁止された空域であり、その空域を飛行させようとする場合には、あらかじめ国土交通大臣の許可を得る必要がある。

例えば、150m以上の許可を得る場合でも、高さ何

mまで許可になるかはその空域によって異なるため、あらかじめ管轄の空港事務所等に相談すること。

●無人航空機の飛行の方法(承認を必要とする場合)

飛行させる場所に関わらず、つまりその場所が飛行禁止空域でないとしても、無人航空機を飛行させる場合において守るべき基本的な飛行の方法やルールが定められている。

それらの飛行の方法を遵守するとともに、一部、それによらない飛行の場合には、あらかじめ国土交通大臣の承認が必要である。

無人航空機の飛行の方法は次のとおりである。

- ①アルコール又は薬物等の影響下で飛行させない
- ②飛行前確認を行う

機体やバッテリーの確認、飛行させる空域や周囲の確認、気象状況の確認など、事前の確認によりほとんどの事故が防ぐことができると考えられる。

③航空機又は他の無人航空機との衝突を予防するよう飛行させる

有人機から無人航空機は視認しづらく、回避は困難であるため、有人機の優先権が認められており、無人航空機側で着陸等の回避措置をとる。

- ④他人に迷惑を及ぼすような方法で飛行させない
- ⑤日中（日出から日没まで）に飛行させる
- ⑥目視（直接肉眼による）範囲内で、無人航空機とその周囲を常時監視して飛行させる
- ⑦人（第三者）又は物件（第三者の建物、自動車など）との間に30m以上の距離を保って飛行させる
- ⑧祭礼、縁日など多数の人が集まる催しの上空で飛行を行わない
- ⑨爆発物など危険物を輸送しない
- ⑩無人航空機から物を投下しない

これらのうち、①から④までが飛行の際に遵守すべき事項である。また、⑤から⑩までについて、これらの方法によらない飛行を行う場合は、あらかじめ国土交通大臣の承認を得る必要がある。

なお、これらによらない飛行とは、次のような場合である。

- ⑤については、例えば夜間における飛行
- ⑥については、例えば目視外飛行（機体搭載カメラの映像を手元のモニタやヘッドマウントディスプレイ

レイ（HMD）で見ながら操縦する場合など）

⑦については、例えばインフラ点検など、対象の物件に30m以内に接近して飛行させる場合

⑧については、例えばイベント上空飛行

⑨については、例えば危険物輸送

⑩については、例えば物件投下

農薬の空中散布などが物件投下に該当する。その農薬が取扱いに注意を要する毒劇物に該当する場合は、⑨と⑩の両方の承認が必要。

なお、①の飲酒飛行についての罰則だけ、道路や公園など公共の場所で飲酒飛行を行った場合、1年以下の懲役又は30万円以下の罰金となっている。その他の罰則は、50万円以下の罰金である。

●捜索又は救助のための特例

上述の飛行禁止空域や飛行ルールについては、事故や災害の発生時において国や地方公共団体あるいはその依頼を受けた者が捜索又は救助を行うために無人航空機を飛行させる場合には適用されない。ただし、その場合であっても運用ガイドラインを参考に飛行の安全確保を自主的に行う必要がある。

●申請オンラインシステム

無人航空機の飛行の許可・承認申請手続について、DIPS（ドローン情報基盤システム）のオンラインサービスが利用できる。

●飛行情報共有サービス（FISS）

無人航空機の飛行の前に、航空機（特にドクターヘリ等）や他の無人航空機との間で飛行情報を共有し、それらとの衝突を未然に防止するための飛行情報共有システムに飛行予定の情報を入力する。

●今後の規制

①無人航空機の登録制度

無人航空機の登録制度が2020年の航空法改正によって創設され、2022年に施行される予定である。

これにより、すべての無人航空機は個別に機体の登録を行う必要があり、さらに登録記号を機体に表示するとともにリモートIDをセットする必要がある。

また、それに併せて対象となる無人航空機の範囲

を現行の200g以上から100g以上に見直される見込みである。

これらの詳細規定は2021年半ば頃までに制定される予定である。

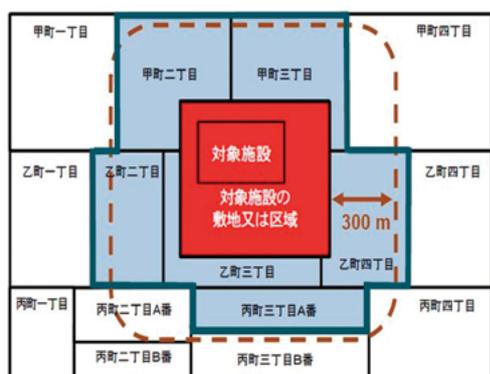
②機体認証と操縦ライセンス

2021年の航空法改正法案には、無人航空機のレベル4飛行（有人地帯における補助者なし目視外飛行）の実現に向け、無人航空機の機体認証制度と操縦ライセンス制度が盛り込まれる予定である。

5. 小型無人機等飛行禁止法による規制

首相官邸ドローン事件を受けて、その翌年2016年4月に施行された法律である。その目的は、国会議事堂、内閣総理大臣官邸その他の国の重要施設等、外国公館等、防衛関係施設、空港及び原子力事業所の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行を禁止することにより、これらの重要施設に対する危険を未然に防止しようとするものである。

この法律の対象となる小型無人機は、「飛行機、回転翼航空機、滑空機、飛行船その他の航空の用に供することができる機器であって構造上人が乗ることができないもののうち、遠隔操作又は自動操縦（プログラムにより自動的に操縦を行うことをいう。）により飛行させることができるものをいう。」と定義されている。航空法の無人航空機の定義とほぼ同じであるが、航空法と違って重量による除外規定がないため、200g



青色区域(□)及び赤色区域(■)の上空における飛行を禁止

[第3回小型無人機に係る環境整備に向けた官民協議会の警察庁資料より抜粋]

図4 対象施設周辺地域

未満の模型航空機も含まれる。また、小型無人機等の「等」は、ハンググライダーやパラグライダー、操縦装置を有する気球等人が飛行できる特定航空用機器をいう。

小型無人機等の飛行が禁止されている場所は、関係する省庁が、対象となる施設とその敷地又は区域、それらの周囲おおむね300mまでを告示しており、対象施設周辺地域という。この対象施設周辺地域の上空における小型無人機等の飛行が禁止されている。

ただし、対象施設及びその敷地又は区域（図4の赤色区域）とその周囲300mの範囲（図4の青色区域）とでは、法律上の扱いが異なる。

まず、青色区域上空での飛行は、警察官等による退去命令や排除措置命令の対象となるが、退去等の命令に従わなかった場合に初めて本件法律における命令違反として罰則の対象となる。他方、赤色区域上空での飛行も、上記の退去命令や排除措置命令の対象となるが、その命令の有無に関わらず、本件法律の違反として罰則の対象となる。また、警察官等は、やむを得ない限度において、飛行の妨害、機器の破損等の措置をとることができる。なお、罰則はいずれも懲役1年以下又は50万円以下の罰金である。

●適用除外

上述のとおり小型無人機等は重要施設等周辺地域の上空における飛行が禁止されているが、次の場合には本法の適用が除外されている。

- ①対象施設の管理者やその同意を得た者による飛行
- ②土地の所有者やその同意を得た者による飛行
- ③国又は地方公共団体の業務として行う飛行

ただし、これらの場合であっても、飛行の48時間前までに所定の通報書と同意書を添えて管轄の警察署等を経由して管轄の都道府県公安委員会等に通報する必要がある。

6. ドローンによる撮影映像等のインターネット上での取扱いに係るガイドライン

第三者のプライバシー等に関して、総務省が2015年に公表したガイドラインである。

ドローンに搭載されたカメラにより、戸建てやマンションの住民の同意なしにプライバシーが撮影されるおそれがある。そのため、プライバシーの侵害等にならないように、ドローンにより映像を撮影し、インターネット上で公開を行う者は、次の事項に注意する。

①撮影方法への配慮

- ・住宅周辺では、写り込みが生じないように措置
- ・高層マンション等では、カメラを水平に向けない
- ・リアルタイム動画配信サービスを利用しない

②撮影映像等の処理

- ・人や物件等生活状況を推測できる私物が映り込んでしまった場合には、削除、ぼかしを入れるなど

③削除依頼に対する体制整備

- ・映像をインターネット上で公開するサービスを提供する事業者は、映像の削除依頼に対する体制を整備する

7. 最後に

無人航空機を飛行させる場所や目的によって、様々な法律が関係してくる。

例えば、公園関係法令や条例、道路法、道路交通安全法、河川法、港則法や港湾法、海岸法など。測量なら測量法、医薬品の配送に利用する場合は薬機法、農薬散布なら農薬取締法など。

私有地上空の飛行は民法の土地所有権の侵害になるおそれがあり、土地所有者の了解を得た方がよい。

また、紛失した無人航空機を放置した場合は廃棄物処理法違反のおそれがあり、不要になったバッテリーの廃棄にしても完全に放電させてから地方公共団体のルールに従って処理する必要がある。

無人航空機は様々な場面での利活用が期待されるが、法令を遵守し、安全に運用されるよう願う次第である。

－ CISPR 22 の許容値と測定法の根拠について－

その2 CISPR 22 第4版発行の歴史 的経緯

前電波利用環境委員会 CISPR/I 作業班主任
電気通信大学産学官連携センター 客員教授
雨宮 不二雄

1. はじめに

CISPR 規格は、妨害波の測定用受信機や測定に使用するアンテナ、プローブ等の仕様（要求条件）や、妨害波（伝導妨害波及び放射妨害波）の許容値と測定法に関する要求条件を明確に規定しているが、それらの要求条件が規定されるに至った経緯と根拠については記載されていない。このため、電波産業会の電波環境協議会（EMCC）では、CISPR 規格に記述されている要求条件が規定された背景・根拠を可能な限り文書として残し、CISPR 規格に関係する方々のお役に立てたいとの一心でCISPRアーカイブ活動を続けている。

本稿は、CISPRアーカイブ活動の一環として情報技術装置（Information Technology Equipment：以後ITEと記述）の製品群規格であるCISPR 22の発行の歴史的経緯について解説するもので、先に解説したCISPR 22の初版～第3.0版の概要および初版発行以降、第3.0版の発行に至るまでの修正・改定における主要な変更点とその根拠を解説した、CISPR 22のアーカイブ・その1に引き続き、アーカイブ・その2として、第3.0版を改定して発行された第4.0版とその修正1の概要及び第4.0版の修正1の発行に至るまでの主要な変更点とその根拠を解説したものである。なお第3.0版の発行後に、第3.0版を部分的に修正した修正1および修正2がそれぞれ2000年8月、2002年10月に発行されているが、これらの修正で規定された内容は当該箇所を明記した上で、第4.0版とその修正1の発行に至るまでの主要な変更点に含めて解説している。

2. CISPR 22の概要

CISPR 22では、9 kHz から 400 GHz の周波数範囲で動作する情報技術装置（以後ITEと記述）の妨害波の許容値と測定法を規定している。本規格は1985年に初版が発行された後、ITEに関わる技術の目覚ましい発展・普及に呼応して新たな規定の導入や旧来の規定の統廃合等による見直しが行われ、最終版である第6.0版の発行（2008年）まで継続して修正・改訂が続けられてきた。そこで、ここではCISPR 22の最終版である第6.0版の構成を用いて、以下に示すようにCISPR 22の概要を目次に沿って紹介する。

- 1章 適用範囲：CISPR 22の適用範囲を明確にしている。
- 2章 引用規格：本規格に引用されている他のCISPR規格、IEC規格およびITU規格を記載している。
- 3章 用語と定義：本規格で使用される特定の用語とその定義を記載している。
- 4章 ITEのクラス分け：ITEが設置され使用される環境に基づき、ITEをクラスAとクラスBに区分している。
- 5章 電源ポートと通信ポートの伝導妨害波の許容値：ITEのクラスA機器とクラスB機器の両者について、遵守すべき電源ポートと通信ポートの伝導妨害波の許容値（周波数帯域：150 kHz～30 MHz）を規定している。
- 6章 放射妨害波の許容値：ITEのクラスA機器とクラスB機器の両者について、遵守すべき放射

妨害波の許容値（周波数範囲：30 MHz～1000 MHzおよび1 GHz～6 GHz）を規定している。

7章 CISPR無線妨害波許容値の解釈：CISPR許容値の意義と量産装置の適合判定を行う際の許容値の適用について記載している。

8章 一般測定条件：周囲雑音、一般的な測定配置、EUTの配置と動作に関する条件を規定している。

9章 電源ポートおよび通信ポートにおける伝導妨害波の測定法：測定用検波器、測定用受信機、擬似電源回路網（AMN）、擬似通信回路網（ISN）、大地面、EUTの測定配置、電源ポートおよび通信ポートの伝導妨害波の測定法、測定の記録に関する条件を規定している。

10章 放射妨害波の測定法：測定用検波器、1 GHz以下の測定用受信機、1 GHz以下のアンテナ、1 GHz以下の放射妨害波測定用の測定サイト、1 GHz以下のEUT測定配置、1 GHz超の放射妨害波の測定法、放射妨害波測定値の記録、高レベルの周囲雑音の存在下での測定、ユーザ設置場所での測定に関する条件を規定している。

11章 測定の不確かさ：測定装置の不確かさと、許容値に対する適合を判断する際の不確かさの扱いについて規定している。

付則A（規定）：代替テストサイトでのサイトアッテネーション測定法を規定している。

付則B（規定）：尖頭値検波を用いた測定を行った場合の、妨害波許容値に対する判定ツリーを規定している。

付則C（規定）：コモンモード妨害波測定を行うために適用可能な試験配置を規定している。

付則D（情報）：擬似通信回路網（ISN）の構成例を記載している。

付則E（情報）：通信ポートにおける信号のパラメータを記載している。

付則F（情報）：通信ポートの妨害波測定法の妥当性を記載している。

付則G（情報）：数種類のITEに対する動作モードを記載している。

参考文献

3. CISPR 22 第4版（発行：2003年4月）の歴史的経緯

先に述べたようにCISPR 22は1985年に初版が発行され、その後改定を重ねた結果、2008年9月に第6.0版（最終版）が発行された。本稿ではCISPR 22のアーカイブ・その2として、第3.0版を改定して発行された第4.0版とその修正1の概要および、第4.0版の修正1の発行に至るまでの主要な変更点とその根拠を解説する。なお第3.0版の発行後に、第3.0版を部分的に修正した修正1および修正2がそれぞれ2000年8月、2002年10月に発行されているが、これらの修正で規定された内容は当該箇所を明記した上で、第4.0版とその修正1の発行に至るまでの主要な変更点に含めて解説している。

3.1 「3.6 通信ポート」のタイトルと定義の改定

CISPR 22第3.0版の修正2（発行：2002年10月）に基づき、「3.6 通信ポート」の項目タイトルを「通信／ネットワークポート」に変更し、定義を以下に示すように改定した。

第3.0版では、通信ポートを公衆通信網やISDN等の通信網や、イーサネット、トークンリング等のLANおよび類似のネットワークに接続することを意図したポートと定義していた。

第4.0版では、「複数利用者に直接接続する広域電気通信ネットワーク（例：公衆電気通信ネットワーク（PSTN）、ISDN、xDSL他）、ローカルエリアネットワーク（例：イーサネット、トークンリング他）および類似のネットワークに接続することを意図して音声、データ、信号伝送を行うための接続ポイント。」に変更し、以下の「注」を添付した。

「注：試験中のITEシステムにおいて各機器間を相互接続するポート（例：RS232、IEEE規格1284（パラレルプリンタ）、USB、IEEE規格1394（Fire Wire）他）は本項の通信／ネットワークポートに該当しない。」

ここで、通信ポートの定義を見直した経緯と根拠を以下に示す。

通信ポートの定義を見直した理由

CISPR 22第3.0版の発行により通信ポートの妨害波許容値と測定法が新たに規定されたため、日米欧豪の各国は通信ポート妨害波の適合確認に向けた準備を開始したが、その後に開催されたCISPR/G/WG1およびCISPR/I/WG3で、ITEを構成するシステム間の信号ケーブル（例：マウス、キーボード、RGB等の接続ケーブル）を対象とすべきか否か、ケーブル長の規定が必要ではないか等の意見・提案が顕在化した。

（筆者注：2001年に英国ブリストルで開催されたCISPR総会において、それまで放送受信機とその関連機器を担当していたCISPR/EとITEを担当していたCISPR/Gがマージされ、新たにマルチメディア機器を追加してCISPR/Iが設立された。CISPR/G時代に通信ポートの妨害波許容値と測定法を検討していたG/WG2のミッションはその後I/WG3に引き継がれ、第6.0版を発行するまでその活動を継続してきた。）

このような背景の下でI/WG3で通信ポートの定義に関する議論が継続して行われ、通信ポートに「複数利用者に直接接続する広域電気通信ネットワーク」という概念を導入し、ITEを構成するユニット間を接続するポートは対象外であるとの注記を添付して、適合確認の対象とすべき通信ポートの解釈の明確化を図った。この結果、ITEを構成するシステム間の信号ケーブルからの妨害波は個別に測定・評価する必要はなくなり、例えばITE内部のプリント配線基板間を接続するフラットケーブル等と同様に、ITEの放射妨害波に含めて測定され評価されることになった。

3.2 「5.2 通信ポートの伝導妨害波の許容値」の暫定緩和の削除

通信ポートの伝導妨害波の許容値については、

- (1) クラスAの伝導妨害波の許容値：第3.0版からの変更はない。
- (2) クラスBの伝導妨害波の許容値：第3.0版の許容値に記載されていた注3（許容値の暫定緩和）を削除した。

以下に第4.0版の「表4 クラスB機器の周波数範囲0.15 MHz～30 MHzにおける通信ポートの伝導コモンモード（非対称モード）妨害波許容値」を示す。

（注：第3.0版まで記載されていた注3を消し線付きで示してある。）

表4 クラスB機器の周波数範囲0.15 MHz～30 MHzにおける通信ポートの伝導コモンモード（非対称モード）妨害波許容値

周波数範囲 (MHz)	電圧許容値 dB (μ V)		電流許容値 dB (μ A)	
	準尖頭値	平均値	準尖頭値	平均値
0.15～0.5	84～74	74～64	40～30	30～20
0.5～30	74	64	30	20

注1：許容値は、0.15～0.5 MHzの範囲で周波数の対数に対して直線的に減少する

注2：電圧許容値と電流許容値の変換係数は $20 \log_{10} 150 = 44$ dBである。

注3：暫定的に、周波数範囲6 MHz～30 MHzの周波帯で強いスペクトル密度を有する高速サービスにおいては10 dBの緩和が許容される。ただし、この緩和はケーブルにより希望信号から変換されたコモンモード妨害波に限られる。

第3.0版における通信ポートのクラスB許容値の「注3」に示されている「許容値の暫定緩和」に関する記述が、第4.0版で削除された理由を以下に示す。

通信ポートの伝導コモンモード許容値（クラスB）の「注3」に示されている「許容値の暫定緩和」を削除した理由

第3.0版では、6 MHz～30 MHzに強い信号スペクトラムを有する通信サービスの場合、通信線の不平衡により希望信号からコモンモード妨害波に変換される妨害波の許容値を、6 MHz～30 MHzの帯域で暫定的に10 dB緩和することが許容されていた。（CISPR 22第3.0版の通信ポート許容値表の注3参照）これは第3.0版を発行した頃に全世界で大量に使用されていた10Base-Tでは、10 MHzに非常に強い希望信号スペクトル（ディファレンシャルモード）が存在し、この成分が通信線の不平衡によりモード変換されて発生する妨害波を救済するためのもので、近い将来、当時は研究開発途上にあったより高速なサービス（例：100 Base-T）に置き換えられることを想定した暫定措置である。

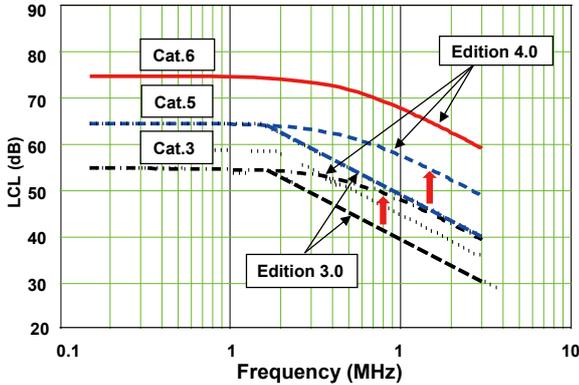
第3.0版ではカテゴリ3（Cat 3）ケーブルの場合、ISNの不平衡減衰量（LCL）を、
150 kHz - 1.5 MHz：50 dB \pm 3 dB
1.5 MHz - 30 MHz：50 dB \sim 25 dB（ \pm 3 dB、周波数の対数で直線的に減少）

と規定していたが、その後2000年4月にメルボルンで開催されたCISPR/G/WG2のISNアド

ホック会合での議論において、オーストラリア委員が実際に使用されている構内通信ケーブルのLCLを実測した結果を報告し、審議の結果Cat 3ケーブルのLCL特性を下図に示すように変更する（他のカテゴリケーブルも同様）ことを合意した。

$$LCL=55-10\log_{10}\{1+(f/5)^2\} (\pm 3 \text{ dB})$$

ここでfは周波数 (MHz)



LCL特性の変更により、カテゴリ3およびカテゴリ5ケーブルのLCL値が1.5 MHz以上の周波数帯域でそれぞれ上図の矢印で示すように増加することになり、このLCL値の増加に伴って希望信号がコモンモード妨害波に変換される成分が、LCLが増加した分だけ小さく評価されることとなった。【注】

このLCL値の増加は6.0 MHz~30 MHzの周波数帯域で約7 dB~約9 dBであり、正確には10 dBではないが、第3.0版で暫定緩和の対象としている10Base-Tシステムは、近い将来より高速なシステムに置き換わっていく趨勢にあることから、数dBの差分はあるものの許容値を暫定的に10 dB緩和する「注3」も併せて削除してはどうかとの案が提案され、審議の結果、「注3」の削除が合意された。

【注】 希望信号 V_s が通信線路やネットワークに接続されて伝送される場合、通信線路等の不平衡によるモード変換でコモンモード妨害波成分 V_c が発生する。 V_c は、通信線路等の不平衡減衰量をLCLとすると次式で与えられ、LCLが増加すると V_c は減少する。

$$V_c = V_s - LCL + a \text{ (dB)}$$

ここで a は通信線路の特性インピーダンスやコモンモードインピーダンスで決まる補正量である。詳細については、例えば下記の文献を参照されたい。

Amemiya, Kuwabara and Ideguchi, "Method for estimating electromagnetic interference due to unbalance in telecommunications cable" IEICE Trans. on Commun. Vol.75-B, No.3, pp141-147, March 1992

3.3 「9.5.2 擬似通信回路網 (ISN) の不平衡減衰量 (LCL : Longitudinal Conversion Loss)」の校正条件の変更

ISNを用いた通信ポートの伝導妨害波測定法の概要を記述した部分については、第3.0版と同等であるが、ISNの特性に要求される条件については、シールドのない平衡対線へのカテゴリ区分等の追加導入と、通信ポートの許容値の暫定緩和の削除でも述べたLCLの周波数特性の見直しに基づく変更が行われ、「ISNはEUTやAE（関連装置）を接続するために必要なあらゆるアダプタを含めて校正する。」が追加された。

本規定が追加された理由を以下に示す。

「ISNはEUTやAE（関連装置）を接続するために必要なあらゆるアダプタを含めて校正する。」を追加した理由

シールドのない平衡対線の接続を意図する通信ポートの伝導妨害波の測定については、当時幅広く使用されていたカテゴリ6（またはそれ以上）、カテゴリ5（またはそれ以上）、カテゴリ3（またはそれ以上）および平衡度の悪い平衡対線の4種類を測定対象とすることになった。これらの通信ポートの伝導妨害波を測定するためのISNを具体的にどのように構成するかについては標準化の要求条件ではないため、第4.0版の付則（情報）にISNの構成例を追加するに際しては、CISPR/Iに参加していた測定機器メーカー出身のエキスパート等より以下の意見が出された。

- ① シールドのない平衡1対線（2線）用ISN、同2対線（4線）用ISNおよび同4対線（8線）用ISNの各ISNを、各カテゴリ等のケーブルのLCL特性ごとにすべて準備するのは得策ではない。（対線の種類×カテゴリ種類のISNが必要となる。今回の場合は $3 \times 4 = 12$ 種類のISNが必要となる。）
- ② 各対線用ISNとも最もLCLの高いケーブル用のISNを用意し、LCLの低いケーブル用のISNのLCLは、アダプタ（LCLを調節するためのインピーダンスを内蔵）の装着により実現する構成法が現実的である。

議論の結果、第4.0版の付則（情報）には上述したアダプタを使用するISNの構成例を記載することが合意された。

このため、ISNの校正は、EUTやAEを接続するために必要なあらゆるアダプタを含めて実施することを必須とする規定が追加された。

3.4 「9.5.2 ISN」における要求されるLCL特性の変更

第4版ではISNに要求されるLCL特性が以下に示すように変更された。

- (a) カテゴリ6（またはそれ以上）のシールドのない平衡対線ケーブルに接続するポートでの測定に使用するISN

不平衡減衰量（LCL）の周波数 f （MHz）に対する変動は下記の式によって規定すること。

$$LCL(dB) = 75 - 10 \log_{10} \left[1 + \left(\frac{f}{5} \right)^2 \right] \text{ dB}$$

150kHzから2MHzの範囲では、 ± 3 dB

2MHzから30MHzの範囲では、 -3 dB/ $+6$ dB

- (b) カテゴリ5（またはそれ以上）のシールドのない平衡対線ケーブルに接続するポートでの測定に使用するISN

不平衡減衰量（LCL）の周波数 f （MHz）に対する変動は下記の式によって規定すること。

$$LCL(dB) = 65 - 10 \log_{10} \left[1 + \left(\frac{f}{5} \right)^2 \right] \text{ dB}$$

150kHzから2MHzの範囲では、 ± 3 dB

2MHzから30MHzの範囲では、 -3 dB/ $+4.5$ dB

- (c) カテゴリ3（またはそれ以上）のシールドのない平衡対線ケーブルに接続するポートでの測定に使用するISN

不平衡減衰量（LCL）の周波数 f （MHz）に対する変動は下記の式によって規定すること。

$$LCL(dB) = 55 - 10 \log_{10} \left[1 + \left(\frac{f}{5} \right)^2 \right] \text{ dB}$$

150 kHzから30 MHzの範囲で、 ± 3 dB

- (d) 平衡度の悪いケーブルに接続するポートでの測定に使用するISN

不平衡減衰量（LCL）の周波数 f （MHz）に対する変動は下記の式によって規定すること。

150kHzから30 MHzの範囲で、 ± 3 dB

$$LCL(dB) = 30 - 10 \log_{10} \left[1 + \left(\frac{f}{5} \right)^2 \right] \text{ dB}$$

【注1】上記の不平衡減衰量（LCL）と周波数 f （MHz）に対する仕様は、代表的な環境に設置される典型的なシールドのない平衡ケーブルのLCLの近似値である。カテゴリ3ケーブル（9.5.2 c) 3) 項）は代表的な通信アクセス網のLCLの代表値とみなされる。これらは継続して検討中であり、将来の修正がありうる。

【注2】関連する不確かさについては検討中であり、その作業後にCISPR 16-3を参照することが追加されることになる。

【注3】第4.0版の9.5.4 c) 4) で規定されたISNのLCL（上記の(d)）はPLC（Power line communication：電源線通信）機器への適用を考慮したものではない。

ここで、第4.0版でISNに要求されるLCL特性が大幅に変更された理由を以下に示す。

「ISNに要求されるLCL特性」が変更された理由

第3.0版ではISNの不平衡減衰量（LCL）を、カテゴリ3（Cat 3）ケーブルの場合、以下のように規定していた。

- ・150 kHz - 1.5 MHz：50 dB \pm 3 dB
- ・1.5 MHz - 30 MHz：50 dB \sim 25 dB（ \pm 3 dB、周波数の対数で直線的に減少）

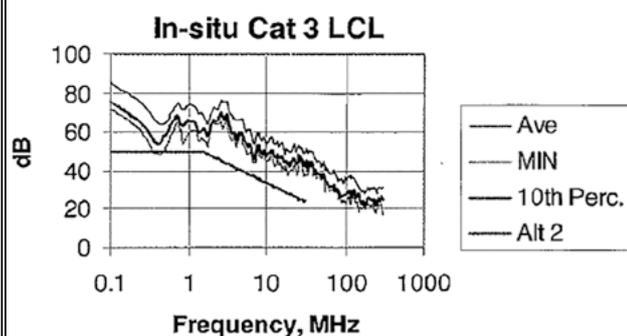
その後2000年4月にメルボルンで開催されたCISPR/G/WG1のタスクフォース（TF）に、オーストラリア委員が実際に使用されている構内通信ケーブルのLCL実測結果を多数報告し、第3.0版で規定しているLCLの周波数特性は実際のケーブルの特性と異なるため見直す必要があることを提案した。下図Aに一例としてCat 3ケーブルのLCL特性を測定した結果を示す。本図に直線で示された特性（Alt 2）は第3.0版の9.5.1.2代替案2で規定しているCat 3ケーブルのLCL特性である。CISPR/G/WG1のTFおよびその後、当該TFの検討を継承したCISPR/I/WG3では、Alt 2の特性と実際のCat 3ケーブルの特性の違いが指摘され、Alt 2で0.1 MHz \sim 1.5 MHzのLCL値を50 dBと規定している件と、1.5 MHz以上の周波数帯域のLCLを直線で規定している件の2件についての審議が行われた。

審議の結果、Cat 3ケーブルのLCL特性に対する要求条件を以下の①～③に示す条件に変更することをG/WG1のTFおよびI/WG3で合意（他

のカテゴリケーブルも同様)した。

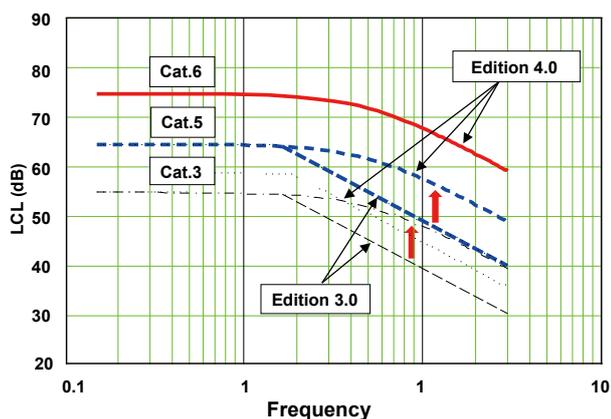
(下図B参照。本図は、上述した通信ポートのクラスB許容値の注3に記載されていた、許容値の暫定緩和を削除した理由の説明に使用した図と同一である。)

- ① 0.1 MHz ~ 1.5 MHzのLCL値を50 dBから55 dBに変更する。
- ② 1.5 MHz以上の周波数帯域のLCLの直線規定を廃止し、実際のケーブルの周波数特性に近似させる。
- ③ LCL特性を、 $LCL=55-10\log_{10}\{1+(f/5)^2\}$ (± 3 dB) fは周波数 (MHz) で規定する。



図A Cat 3ケーブルのLCL特性を測定した例

ISNのLCL特性に対する要求条件を上記のように変更する提案は、その後CISPR/I総会の場合における審議を経てCDV投票、次いでFDIS投票へと進み、各国NCの賛成多数で承認されてCISPR 22第4.0版に含まれて発行された。



図B Cat 3ケーブルのLCL特性に対する要求条件の変更

3.5 「Annex D 通信ポートの妨害波測定に使用するISN」の構成事例の追加

CISPR 22第3.0版ではAnnex DにISNの構成例として、シールドの無い平衡一対ケーブル用のISN (1種類)、シールドの無い平衡二対ケーブル用のISN (3種類) が記載されていたが、第4.0版ではシールドの

無い平衡四対ケーブル、同軸ケーブル及びシールドの有る多対ケーブル用のISNをAnnex Dに追加した。

ISNの構成事例を追加した理由を以下に示す。

シールドの無い平衡四対ケーブル、同軸ケーブル及びシールドの有る多対ケーブル用のISNをAnnex Dに追加した理由

通信ポートのコモンモード妨害波の測定法と許容値は、CISPR 22第2.0版までは「検討中」となっており、当時のCISPR/G/WG2では、第3.0版への導入を目指してタスクフォース (TF) を構築し、

- ① 通信ポートの伝導妨害波が隣家の無線受信機に混入する結合パス (直接伝導結合するパスは存在しない) を考慮した許容値の算出
- ② 多種多様な通信線 (平衡・不平衡、ケーブル内の導線の対数、ケーブルのシールドの有無等) を考慮した伝導妨害波の測定法の検討を進めてきた。その結果、①については

CISPR 22アーカイブ・その1で紹介したように、通信線を通るコモンモード電流によって発生する電磁界が、隣家の無線受信機のアンテナポートに混入する結合パスにより許容値が算出され、第3.0版に導入されている。そして第3.0版に導入された許容値は、本稿の“3.2 「5.2 通信ポートの伝導妨害波の許容値」の暫定緩和の削除”で述べた注3の削除を行って第4.0版にそのまま引き継がれている。

一方、②については、第3.0版の発行当時は、シールドの無い平衡一対ケーブル用のISN (1種類)、シールドの無い平衡二対ケーブル用のISN (3種類) の計4種類のISNしか明確になっておらず、その他のシールドの無い平衡四対ケーブル、同軸ケーブル及びシールドの有る多対ケーブル用のISNについてはいずれも「検討中」であった。このため、第3.0版ではISNが明確になっていない場合の代わりにCDNを用いた測定法、シールドケーブルのシールド外皮と基準大地面間に150 Ωの抵抗を挿入して電流プローブでコモンモード電流を測定の方法及び、電流プローブと容量性電圧プローブを同時に使用してコモンモード電流とコモンモード電圧を同時に測定する測定法がAnnex C (規定) として導入された。第4.0版では、その後の検討結果により、シールドの無い平衡四対ケーブル、同軸ケーブル及びシールドの有る多対ケーブル用のISNの構成法が明らかとなったため、Annex Cにつ

いての変更は無いが、Annex D (ISNの構成例)にこれらのISNの回路構成例が追加された。なお、第3.0版のAnnex Dに記載されていたシールドの無い平衡二対ケーブル用のISNの一部が、Version-Upされて置き換えられているが、詳細は割愛する。

3.6 「10.4 装置の配置」における、「卓上型EUTの放射妨害波の測定配置に関する要求条件」の変更

第3.0版の修正1（発行：2000年8月）に基づき、第4.0版の「10.4 EUTの測定配置」における「卓上型EUTの放射妨害波の測定配置に関する要求条件」を、以下の条件に修正した。

- 測定台に配置されたEUTから測定サイトの外へ延びる全てのケーブル（例：AC電源ケーブル、電話ケーブル、測定エリア外の補助装置と接続するケーブル）に、図10（下図）に示すように測定サイトの床面にEUTからのケーブルが到達する地点でフェライトクランプを装着すること。
- フェライトクランプと同様な低いQのコモンモードインピーダンスと減結合特性を有するフェライトチューブを使用することも可能である。
- フェライトクランプまたはフェライトチューブの挿入損失は、周波数帯域が30 MHz～1000 MHzにおいてCISPR 16-1に基づく50 Ωシステムで測定した場合、15 dB以上であること。

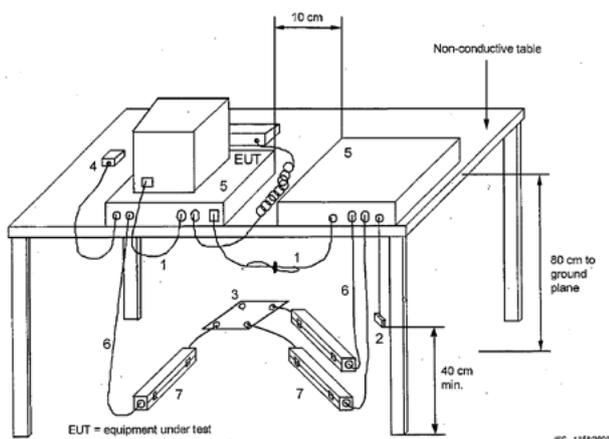


図10 卓上型EUTの測定配置（放射妨害波の測定）

図10 卓上型EUTの測定配置（放射妨害波の測定）に示すフェライトクランプ（またはフェライトチューブ）は、スイス委員より提案された後、各国NCの委員からの代替案の提案もなく技術的な議論が必ずしも十分に行われなまま（これは本提案に関する検証実験やシミュレーションに基づく判断材料の取得に時間を要したためと想定される）CDステージへと進み、CDVが投票に付された段階で若干の技術討論が行われている。本案件は、CDVおよびFDISとも投票では投票の判定基準（Approval Criteria：以後クライテリアと表記）をギリギリで通過して承認され、第3.0版の修正1として発行（2000年8月）され、そのまま第4.0版に導入されたが、その後の第5.0版の段階では圧倒的多数の各国NCからの要求によって削除されるに至っており、CISPR 22においては極めて稀な経緯を辿っている。

以下に第4.0版にフェライトクランプ（またはフェライトチューブ）の装着規定が導入された経緯と、本来であればCISPR 22アーカイブ・その3（第5.0版～第6.0版）で解説すべき内容ではあるが、第4.0版に導入されたフェライトクランプの装着規定は次版の第5.0版で完璧に削除されたため、本稿では以下に導入された経緯と削除された経緯の両者をまとめて紹介する。

1. 第4.0版に卓上型EUTの放射妨害波測定にフェライトクランプ（またはフェライトチューブ）の設置が導入された経緯

(1) G/WG1での審議とCDV文書の準備

オープンテストサイト（OATS）や電波半無響室（SAC）で放射妨害波を測定する際、測定場（サイト）外へ延びるケーブルのインピーダンス特性がサイトによってまちまちであるため、同一EUTの放射妨害波を同一測定配置および同一動作条件で測定しても、測定サイトが異なると測定結果に差分が発生する課題が指摘され、本課題の解決に向けた検討がG/WG1で続けられてきた。

G/WG1での検討では、スイス委員より、測定の再現性を向上させるためサイト外へ延びるケーブルにフェライトクランプ等のデバイスを装着してインピーダンスを安定化させ、測定のパラツキを低減する規定法が提案された。本提案については暫くの間、各国委

員から特にコメントが提出されなかったことから、スイス提案はCDレベルで各国NCに意見紹介された後、CDVを準備することとなり、CISPR/G/143/CDV文書が投票にかけられるに至った。

(2) G/WG1等での議論

すでにCDV文書が各国NCの投票にかけている段階であるにもかかわらず、G/WG1でスイス提案に対する技術的な審議が行われた。概要を以下に示す。

(ア) 日本委員が、フェライトクランプの有無による妨害波の差異を8か所のサイトで測定した結果を報告し、フェライトクランプを装着すると30MHz付近では最大19dBも小さい測定結果が得られていること及び、測定バラツキの改善にはあまり寄与しておらず導入は時期尚早であるとコメントした。

【CISPR/G/WG1 (Frankfurt/Suzuki-Yamaguchi) 98-01】

(イ) スイス委員より、日本の報告は、ケーブルの終端をターンテーブル上で行っているが、フェライトクランプの装着は、ターンテーブルから外部へ延びるケーブルの長さや終端の相違によるバラツキの低減が目的であり、ターンテーブル外での終端も考慮すべきである。日本が報告した測定結果でもバラツキの改善効果が観測されており、フェライトクランプの装着は有効であると反論した。

(ウ) 口頭ではあるが、G/WG1の何名かのエキスパートより、フェライトクランプの挿入により、100 MHz以下の周波数帯域では放射妨害波を過小評価する結果が得られており、適合確認の際に考慮する必要があるとのコメントが出された。

(エ) 本案件についてはその後も議論が継続したが、なかなかコンセンサスを得るまでには至らず、G/WG1議長は、本案件は現在（当時）CDVの投票中であるため、CDVの投票結果と各国NCからのコメントを待つことにしたいとの見解を述べてG/WG1での議論を打ち切った。

(3) 第3.0版の修正1の発行と第4.0版への導入

CISPR/G/143/CDV文書は、IECが設定している投票のクライテリアであるP-memberの賛成 $\geq 66.7\%$ 、Total against $\leq 25\%$ を、かろうじて満足して承認された。そして、その後のFDIS投票も、P-memberの賛成：17

(74%)、Total against：6 (24%) と、再度クライテリアをかろうじて満足して承認され、2000年8月に第3.0版の修正1として、また、2003年4月に第4.0版に含まれて発行された。

【参考】ここで本案件の投票に関する経緯に触れておきたい。CISPR/G/143/CDVへの投票には数ヶ国が反対したが、日本NCの反対投票は投票手続きの行き違いから期限内に投票が実施されず、賛成、反対、棄権のいずれでもない不名誉な位置づけとなった。仮に日本NCの反対投票が正常に行われた場合は、少なくともCDVは反対多数で否決されることになったため、再度CDレベルから検討を再開するのか、あるいはステージゼロから検討をやり直す等の道を探ることになり、そのままFDISステージに進まなかったものと思われる。なお、FDISに対する日本NCの反対投票は問題なく行われたが、FDIS投票ではCDV段階では反対投票したがFDISでは賛成投票に転じたNCが存在したため、FDISもCVDの時と同様にギリギリで承認されている。

2. 第5.0版から卓上型EUTの放射妨害波測定にフェライトクランプ（またはフェライトチューブ）の設置が削除された経緯

(1) CISPR/G/WG1およびCISPR/EとCISPR/Gをマージ後のCISPR/I/WG3での継続審議

第4.0版に卓上型EUTの放射妨害波測定にフェライトクランプ（またはフェライトチューブ）の設置が導入されたが、本案件については第3.0版の修正1の発行前後より問題点が指摘されるとともに、第4.0版に従った卓上型EUTの放射妨害波測定の実践と経験の蓄積に基づくコメントや提案が継続し、これらがG/WG1で議論された。主なコメントや提案を以下に示す。

① フェライトクランプの有無による放射妨害波の差異を測定した結果、30 MHz付近では最大19 dBも小さい測定結果が得られており、また、測定バラツキの改善にはあまり寄与していない。（日本：本件は上記の「1. (2) G/WG1等での議論」の①で述べた問題点の再掲）

【関連文書：CISPR/G/WG1 (Frankfurt/Suzuki-Yamaguchi) 98-01】

② ケーブル上の伝導妨害波の電流分布をシミュレーションにより検討した結果、フェライトクランプを装着すると100 MHzまで

の周波数帯域では妨害波電流が大幅に減少する結果が得られた。この妨害波電流の吸収特性により放射妨害レベルが過小評価されるため、フェライトクランプの吸収特性に合わせて許容値を変更（補正）して適用すべきである。（ドイツ：BNetzA）

【関連文書：CISPR/G/WG1（Mosshammer-Dunker）00-01】

- ③ その後のG/WG1での審議では各国NC委員より、100 MHz以下の周波数帯域ではフェライトクランプの挿入により放射妨害波を過小評価するため、フェライトクランプの装着を削除すべきであるとのコメントが相次いで出された。
- ④ G/WG1での審議を引き継いだI/WG3での審議の結果、第4.0版に導入されたフェライトクランプ等の装着条件を削除するかどうかを問うDC文書を準備して各国NCに意見照会することとなった。【関連文書：CISPR/I/72/DC】

(2) DC文書の投票結果に基づくフェライトクランプ等の装着条件の削除

CISPR/I/72/DC文書による各国NC対する意見照会の結果、フェライトクランプ等の装着条件の削除に賛成：14、反対（メンテナンス事項として継続検討すべき）：2の賛成多数で本装着条件を削除することが合意された。本合意に基づき本装着条件は第5.0版では削除され、そのまま第6.0版さらには、その後のCISPR 32初版および第2.0版にも踏襲され現在に至っている。

【関連文書：CISPR/I/75A/INF】

行後もCISPR/G総会や作業班の中間会議で継続されてきており、第5.0版（発行：2005年）、同修正1（発行：2005年）、同修正2（発行：2006年）、第6.0版（発行：2008年）が発行されてきている。これらの各版および修正では、新たに追加された規定はもとより、大幅に修正された規定も存在する。このため、CISPR 22 第5.0版～第6.0版が規定している許容値と測定法に関する検討経緯についても、CISPR 22 アーカイブ・その3として取りまとめる予定である。

最後に、本稿がCISPRを始めとするEMCの標準化に携わっている方々のご参考になれば幸いである。

4. むすび

本稿では、先にCISPR 22 アーカイブ・その1（2015年6月）で紹介したCISPR 22第1.0版（発行：1985年）から同3.0版（発行：1997年）に至るまでの検討経緯を含めた規定内容の紹介に引き続き、CISPR 22第3.0版発行後の修正・改訂に関わる検討経緯を含めて、第4.0版で修正・改訂した主要な規定の検討経緯と根拠を紹介した。

CISPR 22の修正・改訂に関わる検討は、第4.0版発

2019年度 妨害波委員会の活動

医用テレメータに影響を与える病院内電気設備の放射妨害電波測定方法に関する調査研究 — LED照明機器による検討 —

一般社団法人 日本照明工業会 EMC 合同小委員会
川股 直樹

1. はじめに

病院などの医療機関においてLED照明器具の普及が進む中、病院内の医用テレメータとLED照明器具から漏出する放射妨害波の干渉が問題視されている。このような背景により医療機関における電波利用推進委員会の技術検討作業部会より「医用テレメータが不要電波等の影響を避けるための調査検討」として、電球形LEDランプを対象機器とした測定方法と、不要輻射レベルの限度目安値の検討結果が2018年度に報告された。しかし、報告書においては電球形LEDランプのみについて言及され、限度目安値が一般的な計測器環境では測定が困難と感じられるなど課題がみられた。

そこで、CISPR15の離隔距離3 mの測定法（以下3 m法という）と、技術検討作業部会から報告された離隔距離0.5 mの測定法（以下0.5 m法という）の二つの方法で、複数のサンプルを用いて400 MHz帯における不要輻射レベルの比較検討を行った。また、長尺器具などのサンプルを用いて、EUTとアンテナが接近した状態での不要輻射を測定し、最適な測定方法を検討した。

報告された限度目安値および測定イメージを図1に示す。

ダイポールアンテナもしくはログペリオディックアンテナにて垂直偏波のみを測定し、ターンテーブルを回転させながら測定を行う内容であったため、長尺器具などの比較的大型の照明器具では回転時にアンテナと接触するなどの課題が考えられる。

周波数 (MHz)	QP値の限度目安値 (dBuV/m)
420-450	12

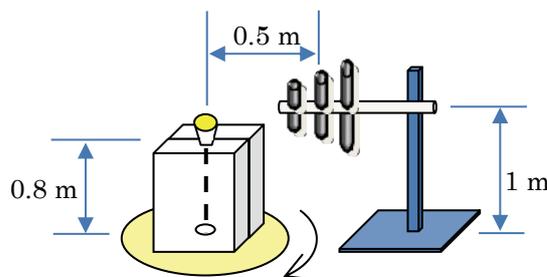


図1：測定イメージ図と限度値

2. 実験方法

2.1 サンプル品一覧

今回実験に用いた電球形LEDランプ及び照明器具の一覧を表2-1に示す。

表2-1：サンプル一覧

No	サンプル品名	仕様内容
A	電球形LEDランプ①	E26口金、8 W品
B	電球形LEDランプ②	E26口金、8.6 W品
C	電球形LEDランプ③	E26口金、10 W品
D	ベースライト（一般型）	1212mm*150mm*53mm、33 W品
E	スクエア	472mm*472mm*53mm、42 W品
F	処置灯（電源別置）	光源部φ150mm、18.2 W
G	ダウンライト（電源別置）	光源部φ250mm、46.4 W
H	電球形LEDランプ④	E26口金、6.6 W
I	電球形LEDランプ⑤	E11口金、7 W品
J	ブラケット	1000mm*65mm*55mm、42 W
K	ベットライト	器具長約760mm、4.3 W
L	ベースライト（低ノイズ品）	1212mm*150mm*53mm、33 W品

2.2 暗雑音レベルの確認と計測器の選択

12 dBuV/m という低い限度目安値が示されたため、表2-2のレシーバを用いて暗雑音レベルを確認する。

その他計測器類及び主な測定条件は表2-3による。

表2-2：レシーバ一覧

名称	①周波数同調型	②FFT型
型名	MXE	ESW
メーカー	アジレント・テクノロジー	Rohde & Schwarz
写真		
特徴	広帯域の周波数範囲でピーク測定を行い、特定の周波数でQP測定を行う。	広帯域の周波数範囲において短時間でQP測定が可能となっている。

表2-3：その他機器類及び主な測定条件

測定場所	JET 横浜EMCサイト	
測定距離	0.5 m	3 m
使用アンテナ	ログペリオディックアンテナ	
測定周波数 [MHz]	420~450	300~1000
分解能帯域幅 [kHz]	120	120
サンプル入力電圧	100 V 50 Hz	
プリアンプゲイン	32 dB (SONOMA 310)	
外部ATT	無し	
電源部	CDNE (M210/M310) 挿入	

2.3 検証内容

(1) 0.5m法の再現確認

技術検討作業部会で検討した0.5 m法を再現させ、同様のレベルが観測できるか確認する。

(2) 0.5m法と3m法の比較検討

複数のサンプルを用いて、0.5 m法と3 m法の測定値を比較し、420 MHzから450 MHz帯の実力値を確認する。なお、0.5 m法ではサンプル形状が多様でターンテーブルを回転することができないものを含むため、テーブルを固定し測定する。

(3) サンプル器具の電界強度分布確認

前項の0.5m法において、ターンテーブルを回転させず測定することにしたが、本来は不要輻射レベルが最大となる箇所での測定が必要があるため、以降の内容で器具の電界強度分布を確認する。

(3-1) 水平方向の電界強度分布確認

長尺器具を用いて、長手方向にアンテナを水平に移動させたときの不要輻射レベルを確認する。測定イメージ図及び測定ポイントをそれぞれ図2-1、図2-2に示す。

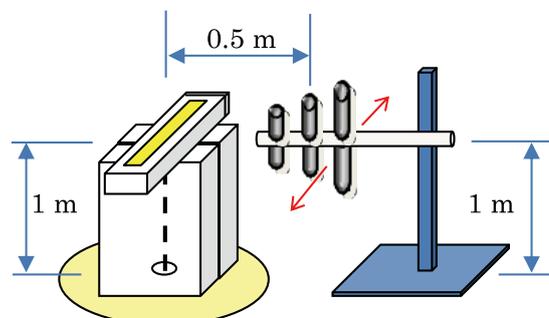


図2-1：測定イメージ図

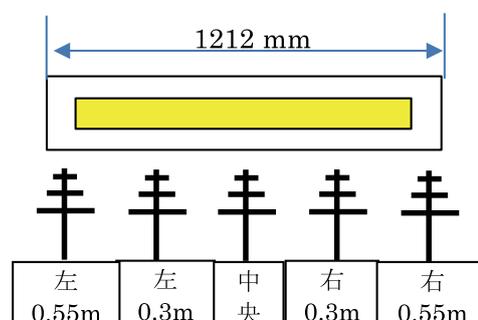


図2-2：測定ポイント

(3-2) 器具の設置方向における電界強度の確認

照明器具の設置向きを変え、各面からの不要輻射レベルを確認する。なお、サンプルは長尺器具とスクエア器具を用いて測定する。

(3-3) アジマスパターン／ハイトパターンの確認

電源線からの不要輻射も無視できないため、電源線を着目してアジマスパターン及びハイトパターンの測定を実施する。

測定イメージ図を図2-3及び図2-4に示す。

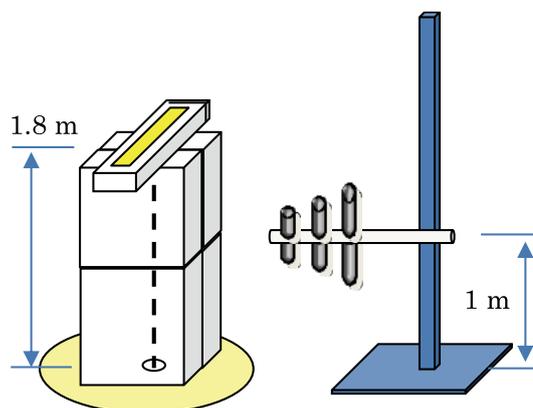


図2-3：アジマスパターン測定イメージ

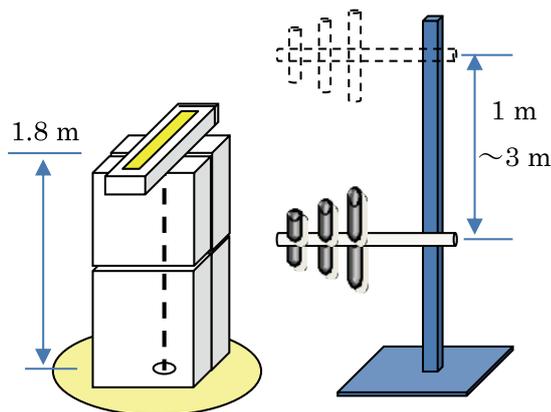


図2-4：ハイトパターン測定イメージ図

3. 実験結果

3.1 暗雑音レベルの確認

表2-2の①及び②のレーザで測定した暗雑音レベルをそれぞれ図3-1及び図3-2に示す。

暗雑音レベルは、周波数同調型レーザ①でピーク値約 12 dB μ V/m、FFT型レーザ②でQP値約 10 dB μ V/mであった。両方とも 12 dB μ V/mの限度目安値に対し測定マージン6 dBを確保することはできなかった。0.5 m法は、測定項目が多数であるため短時間（十数秒）で広帯域のQP値が測定できるFFT型レーザを使用し実験を進めた。

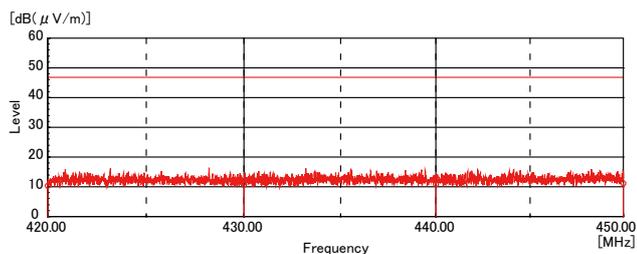


図3-1：①暗雑音レベル

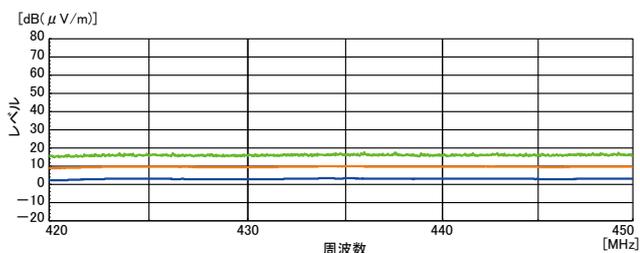


図3-2：②暗雑音レベル

3.2 0.5m法の再現確認

サンプル品は、技術検討作業部会で使用した電球形LEDランプの不要輻射レベルが最大品及び最小品を

使用した。測定状況を写真3-1、測定結果を図3-3及び図3-4に示す。また、垂直偏波で測定した値を比較したデータを表3-1に示す。

サンプルNoA（最大品）は、周波数について一致しなかったが、QP値においてはほぼ同レベルが観測できた。サンプルNoB（最小品）は周波数及びQP値ともに一致せず、QP値においては約6 dB程度の差異があり、結果としては完全な一致はしなかった。

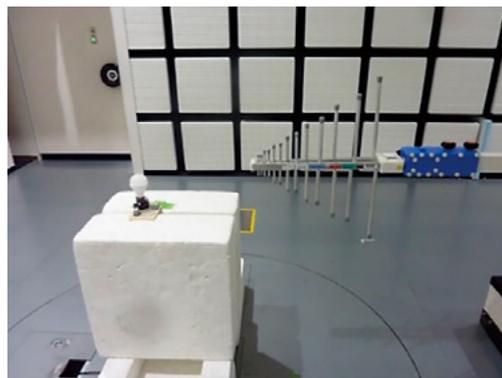


写真3-1：測定状況

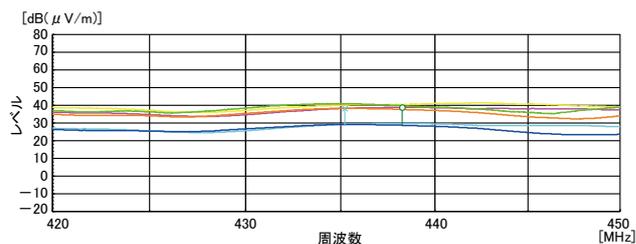


図3-3：サンプルNoA（レベル最大品）

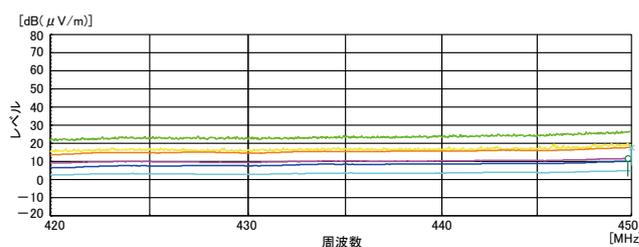


図3-4：サンプルNoB（レベル最小品）

表3-1：測定値比較表

電球形LEDランプサンプル	サンプルNoA(最大品)		サンプルNoB(最小品)	
	周波数 [MHz]	QP値 [dB μ V/m]	周波数 [MHz]	QP値 [dB μ V/m]
今回の電界強度測定結果	435.21	38.1	450.0	17.6
技術検討作業部会の報告値	426.95	37.75	429.83	11.02

3.3 0.5m法と3m法の比較検討

表2-1のサンプル品を用いて測定した結果を表3-2に示す。0.5 m法はQP値、3 m法については420 MHz～450 MHz帯におけるピーク値を記載している。続いて、0.5 m法の測定において不要輻射レベルが

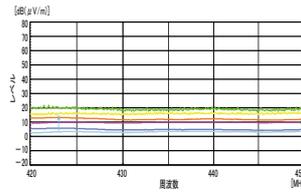
比較的高いサンプル3点、低いサンプル3点を用いて3 m法のQP値を測定した。測定結果を表3-3、及び図3-5に示す。

表3-2：0.5 m法と3 m法の測定値比較表

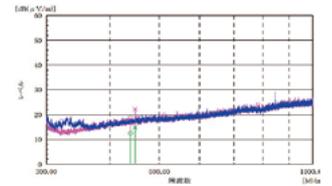
No	サンプル品	0.5 m法 (QP値)		3 m法 (ピーク値)	
		周波数	測定値	周波数	測定値
		[MHz]	[dBuV/m]	[MHz]	[dBuV/m]
A	電球形LEDランプ①	423.5	30.3	429.0	26.3
H	電球形LEDランプ④	420.0	25.3	420.3	35.8
D	ベースライト(一般型)	420.0	23.1	423.5	26.9
I	電球形LEDランプ⑤	450.0	20.8	449.9	29.4
C	電球形LEDランプ③	449.9	19.0	442.5	20.2
J	ブラケット	435.5	18.2	423.3	20.6
G	ダウンライト	423.0	16.6	436.3	20.5
L	ベースライト(低ノイズ品)	430.7	13.1	447.1	19.0
E	スクエア	423.1	13.1	437.4	18.8
B	電球形LEDランプ②	433.9	12.7	423.2	19.3
F	処置灯	424.4	10.2	437.4	18.9
K	ベットのライト	435.6	10.0	447.7	19.2

表3-3：0.5 m法と3 m法の測定値比較表

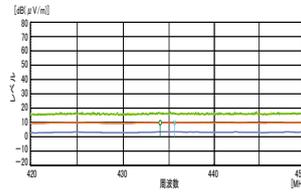
No	サンプル品名	0.5 m法 (QP値)		3 m法 (QP値)	
		周波数	測定値	周波数	測定値
		[MHz]	[dBuV/m]	[MHz]	[dBuV/m]
H	電球形LEDランプ④	420.0	25.3	426.4	27.2
D	ベースライト(一般型)	420.0	23.1	422.0	19.9
I	電球形LEDランプ⑤	450.0	20.8	428.8	22.1
L	ベースライト(低ノイズ品)	430.7	13.1	436.4	13.7
E	スクエア	423.1	13.1	448.1	14.8
K	ベットのライト	435.6	10.0	438.6	12.4



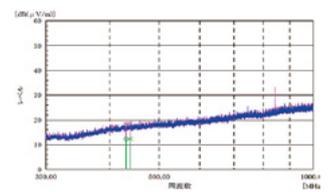
図(9)：サンプルNo.E (0.5 m)



図(10)：サンプルNo.E (3 m)



図(11)：サンプルNo.K (0.5 m)



図(12)：サンプルNo.K (3 m)

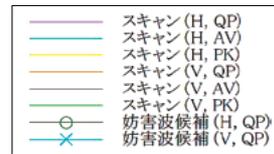
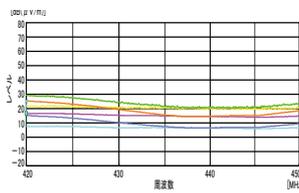


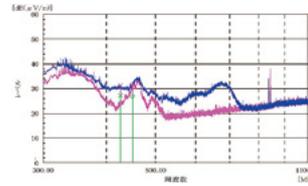
図3-5：0.5 m法と3 m法の測定結果

0.5 m法の測定結果 (表3-2) から、レベルの大きいサンプル順に測定値をプロットしたグラフを図3-6、3 m法のピーク値 (表3-2) 及びQP値の測定値 (表3-3) をプロットしたグラフを図3-7及び図3-8に示す。

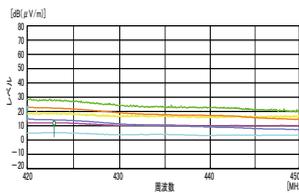
0.5 m法の測定結果 (図3-6) においては、例えば20 dBuV/m以下のサンプルにおいてレベル差がみられたが、3 m法のピーク値 (図3-7) においては、約20 dBuV/m前後の不要輻射レベルがサンプル間で区別



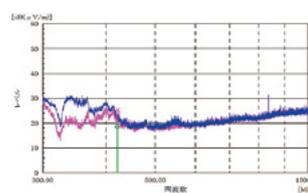
図(1)：サンプルNo.H (0.5 m)



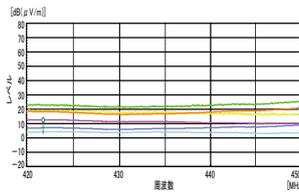
図(2)：サンプルNo.H (3 m)



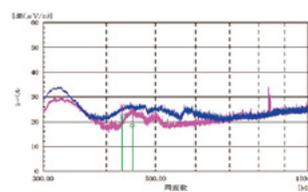
図(3)：サンプルNo.D (0.5 m)



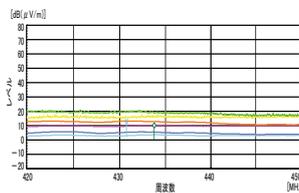
図(4)：サンプルNo.D (3 m)



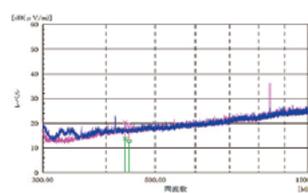
図(5)：サンプルNo.I (0.5 m)



図(6)：サンプルNo.I (3 m)



図(7)：サンプルNo.L (0.5 m)



図(8)：サンプルNo.L (3 m)

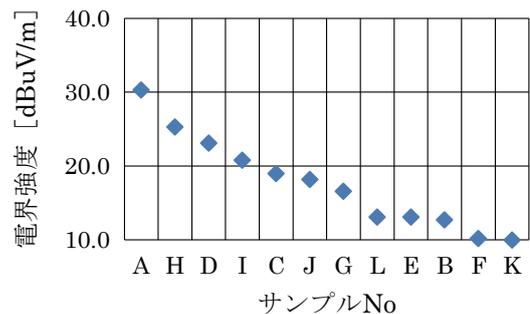


図3-6：測定結果 (0.5 m：QP)

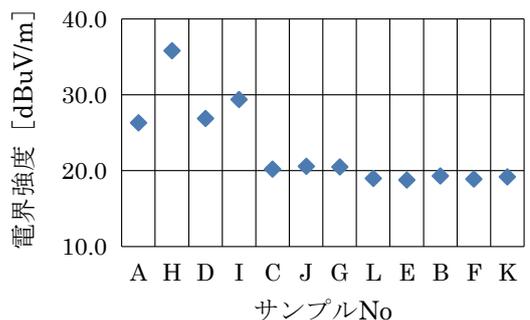


図3-7：測定結果 (3 m：ピーク)

することができない。しかし、QP測定法（図3-8）を採用することにより、比較的低レベルの不要輻射を測定することが可能となり、高い不要輻射レベルのサンプル品と区別が付くことが分かった。

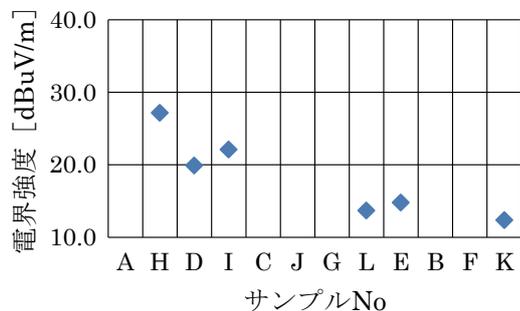


図3-8：測定結果（3m：QP）

3.4 水平方向の電界強度分布確認

長尺器具を用いて、長手方向にアンテナを水平に移動させたときの不要輻射レベルの測定結果を表3-4に示し、測定値の分布プロットグラフを図3-9に示す。

測定結果から、最大位置は水平偏波では右0.55 m、垂直偏波では中央の位置で検出され、また、各測定位置においては「水平偏波<垂直偏波」の関係が確認できた。

なお、図3-9の通り、長尺器具の長手方向において、水平偏波で約7 dB、垂直偏波で約5 dB程度の範囲で電界強度が分布していることが分かった。

表3-4：水平方向の電界強度測定結果

偏波	左0.55 m	左0.3 m	中央	右0.3 m	右0.55 m
水平 [dBuV/m]	17.5	17.6	13.6	16.6	20.8
垂直 [dBuV/m]	19.6	23.0	24.4	21.4	22.5

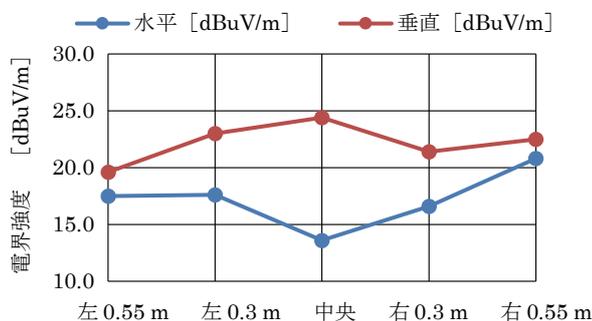


図3-9：測定結果プロットグラフ

3.5 器具の設置方向における電界強度の確認

測定イメージは図2-1を基本とし、器具の各6面をアンテナ方向に向けて測定している。それぞれの器具設置状況を写真3-2及び写真3-3に示す。

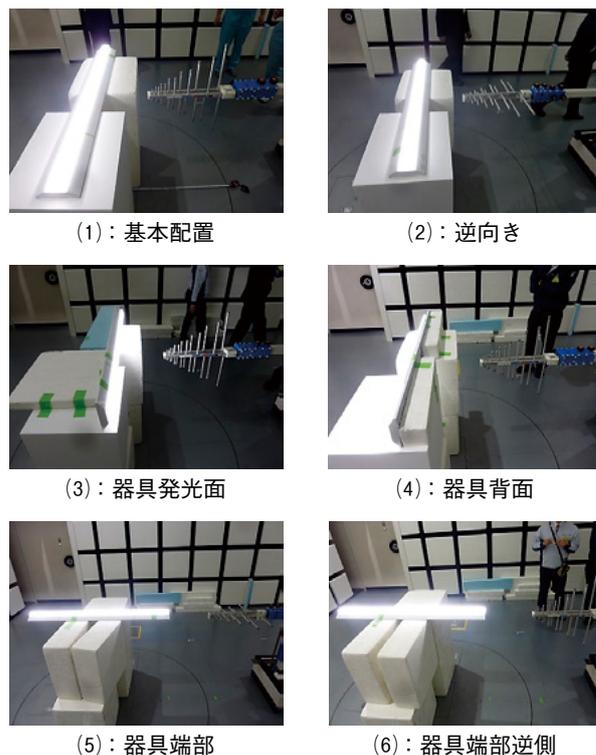


写真3-2：長尺器具の設置状況

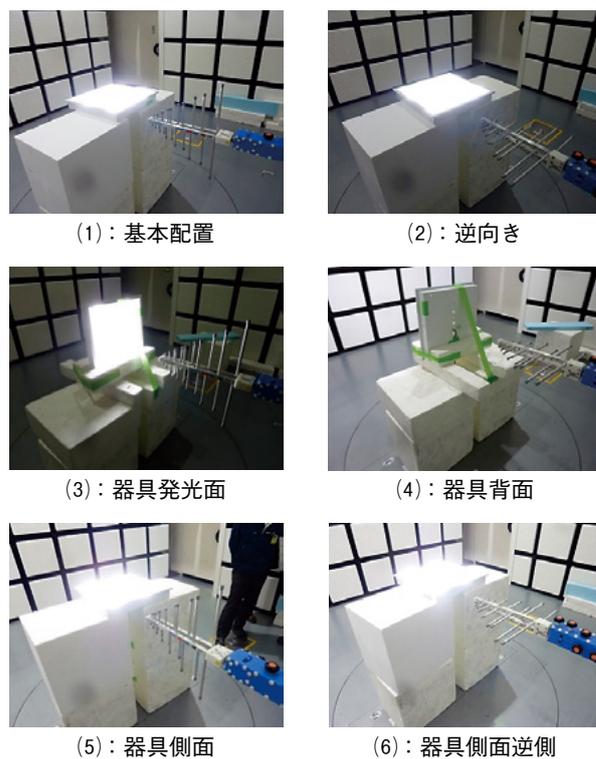


写真3-3：スクエア器具の設置状況

長尺器具及びスクエア器具の設置向きに対する不要輻射レベルの測定結果をそれぞれ表3-5及び表3-6に示す。また、測定値の分布プロットグラフを図3-10及び図3-11に示す。

表3-5：長尺器具の設置向きに対する測定結果

偏波	基本配置	逆向き	器具発光面	器具背面	器具端部	器具端部逆側
水平 [dBuV/m]	12.2	14.8	14.2	12.9	10.2	11.6
垂直 [dBuV/m]	22.7	22.0	24.8	20.9	17.7	18.5

表3-6：スクエア器具の設置向きに対する測定結果

偏波	基本配置	逆向き	器具発光面	器具背面	器具側面	器具側面逆側
水平 [dBuV/m]	10.5	10.7	19.8	10.7	10.8	10.4
垂直 [dBuV/m]	13.1	14.4	11.3	10.7	14.4	12.5

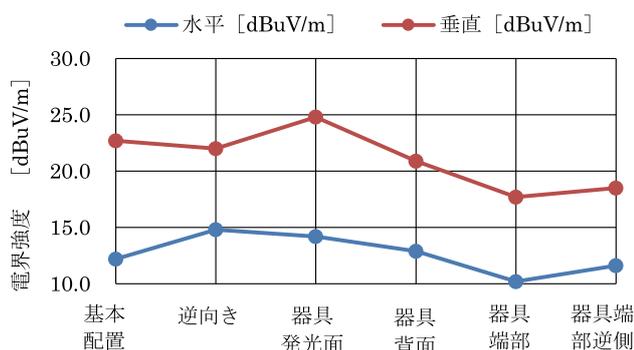


図3-10：長尺器具の測定結果プロットグラフ

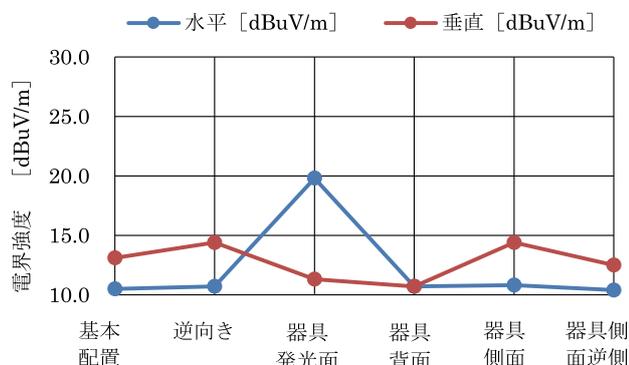


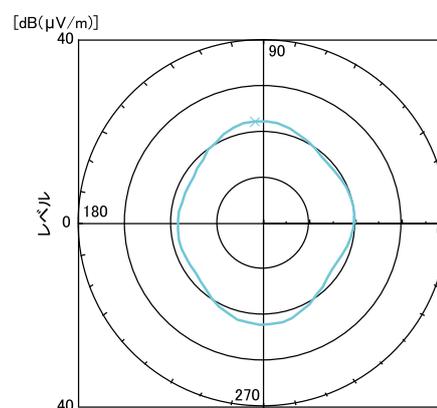
図3-11：スクエア器具の測定結果プロットグラフ

測定結果より、長尺器具においては水平偏波で約4dB、垂直偏波で約7dBの差が発生し、最も高い値が検出されたのは垂直偏波の発光面側となり、いずれの向きでも水平偏波を上回っていた。一方、スクエア器具においては水平偏波で約9dB、垂直偏波で約4dBの差が発生し、水平偏波の発光面側が最も高い値であった。このことから、それぞれの器具において異なる電界強度分布が存在していることが分かり、水平偏波が垂直偏波を上回る場合もあることから水平偏波での測定も必要であることが分かった。

3.6 アジマスパターン／ハイトパターンの確認

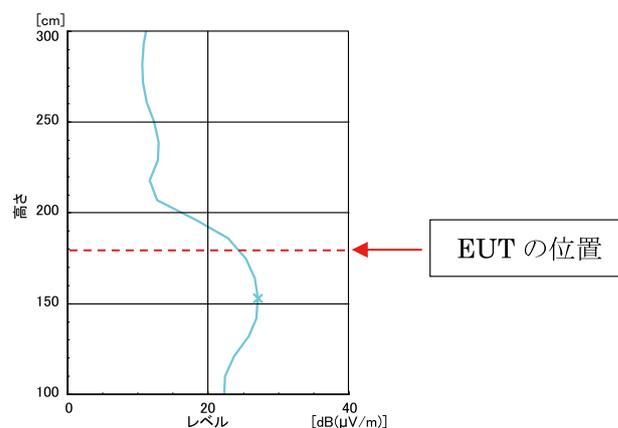
アジマスパターンはアンテナの高さを1mとし、ターンテーブルを360°回転させた。ハイトパターンは器具の配置を固定した状態で、アンテナの高さを1m～3mの間で不要輻射レベルを測定し、電球形LEDランプも実施した。なお、両測定とも垂直偏波のみ実施し、電源線からアンテナとの離隔距離は、ターンテーブル回転時のEUT台との接触を考慮して1mとした。

アジマスパターンの測定結果を図3-12に示し、ハイトパターンの測定結果を図3-13及び図3-14に示す。



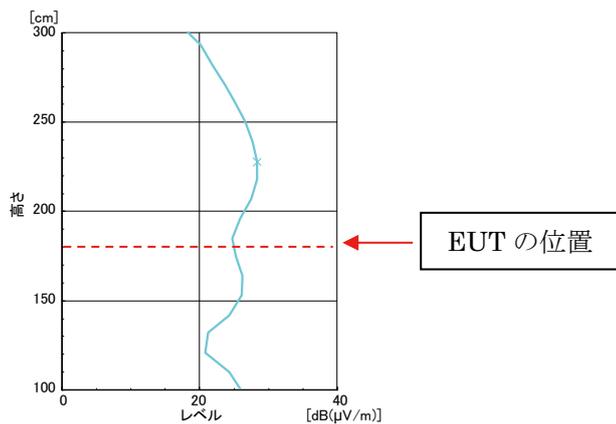
項目	角度 [°]	電界強度 [dBuV/m]
最大値	95	22.3
最小値	325	17.9

図3-12：アジマスパターン測定結果



項目	高さ [cm]	電界強度 [dBuV/m]
最大値	153	27.1
最小値	282	10.6
EUTの位置	180	24.1

図3-13：長尺器具のハイトパターン測定結果



項目	高さ [cm]	電界強度 [dBuV/m]
最大値	228	28.3
最小値	300	17.2
EUTの位置	180	25

図3-14：電球形LEDランプのハイトパターン測定結果

アジマスパターンにおいては、多少の歪みが確認でき方向によっては約4 dBの差がみられた。ハイトパターンにおいては、EUT高さとは異なる別なポイントに最大点がみられ、EUTの高さから長尺器具の場合は下方約30 cm、電球形LEDランプの場合は上方約50 cmの箇所であった。

これより電源線の不要輻射においても角度特性があり、また、高さ方向にも電界強度の分布があることが分かった。

4. 実験まとめ

今回、用意したサンプル器具を用いて検証した結果を以下にまとめる。

- ・報告された限度目安値は暗雑音レベル（ピーク値）とほぼ同レベルであった。
- ・0.5 m法の再現確認においては、使用した電球形LEDランプから放射する妨害波の周波数及び不要輻射レベルが不安定であり測定結果が一致しなかった。
- ・QP測定することにより、器具間の不要輻射レベルの大小関係が観測できる。
- ・長尺器具の長手方向には電界強度分布が存在する。
- ・長尺器具とスクエア器具などは、向きにより異なる

る方向で電界強度分布が存在する。

- ・器具形状によっては、必ずしも「垂直偏波>水平偏波」の関係ではないことから、垂直/水平偏波の両方で測定する必要がある。
- ・電源線（器具を含む）には電界強度分布が存在し、アジマスパターン及びハイトパターンを測定する必要がある。

3m法はターンテーブルの回転及びアンテナの高さを変えて測定しているため、器具周辺の電界強度分布を含めた実力値を測定することが可能と考える。

5. 結論

照明器具において、器具の周辺には電界強度の分布が存在し、最大の不要輻射レベルを測定するためにはターンテーブルを回転させ、不要輻射が最大となる角度や位置での測定が必要である。報告された0.5 m法では、長尺器具などの場合アンテナと接触するため測定時にターンテーブルを回転できない。よって、器具毎に不要輻射が最大となる角度や位置を探索しながら測定しなければならず、多大な時間が掛る。

これに対し3 m法はCISPRで規定され一般的に構築されている試験環境であり、前段の課題は解決できる。ただし、低レベルについての測定は、現状の測定環境では困難である。照明機器近傍における非常に微弱な不要輻射レベルを適切に測定する手段を開発出来れば、効果的な測定方法として利用できると考える。

2019年度 イミュニティ委員会の活動

「IEC 61000-4-39 に規定されているアンテナの違いによる近接電磁界イミュニティの影響の検証に関する調査研究」

一般社団法人 情報通信ネットワーク産業協会 (CIAJ)
電磁妨害対策技術委員会

太田 慎也

1. 背景

近年スマートフォンやタブレット端末のような携帯型端末の普及がめざましく1人1台保有する時代となっている。これらの携帯型端末は、例えばスマートフォンの場合、ノートPC等で作業をしながら通話したり、タブレット端末の場合では、保守者が必要なデータを装置の近傍でダウンロードして通話しながら保守をしたりとマルチメディア機器の近傍で使用されることが多くなっている。このため、これらの端末から発するRF電波によって、マルチメディア機器が誤動作を起こす可能性が懸念される。しかしながら、マルチメディア機器のイミュニティ試験を規定しているCISPR 35では近接でRF送信機が使用されることを想定した試験法は規定されておらず、製品がイミュニティ性能判定基準を満足すると期待される無線機器との保護距離を情動的付則として掲載している。国際規格ではIEC 61000-4-39が装置の近傍でRF送信機が使用されることを想定した近接電磁界イミュニティ試験を規定している。

これらのことから、本研究テーマでは、近接電磁界イミュニティの規格であるIEC 61000-4-39で規定されている広帯域アンテナ（TEMホーンアンテナ）を複数使用し、マルチメディア機器へ与える影響およびアンテナ特性の違いによるマルチメディア機器の動作影響の差について、調査・検討をすることとした。

2. 目的

IEC 61000-4-39では、図2に示すように4つの周波数範囲（9kHzから150kHz、150kHzから26MHz、26MHzから380MHz、380MHzから6GHz）毎に試験条件を規定している。

本研究テーマでは、携帯電話で使用されている周波数帯域を含んだ380MHzから6GHzの周波数範囲の試験条件を適用して、主な携帯電話事業者が使用している3バンド（1.5GHz帯、2.0GHz帯、3.5GHz帯）を選択した。試験では、図2に示すようにIEC 61000-4-39に規定されている広帯域アンテナ（TEMホーンアンテナ）を複数使用し、アンテナの違いによるマルチメディア機器への動作影響（誤動作耐力）の差について調査・検討を行うこととした。

尚、携帯電話事業者が使用している周波数帯については総務省ホームページ（各携帯電話事業者の通信方式と周波数帯について③）からを選択した。

IEC 61000-4-39 test methods				
Fields	Inhomogeneous magnetic fields		Radiated RF fields (26 MHz to 380 MHz)	Radiated RF fields (380 MHz to 6 GHz)
Antenna	120 mm loop 9kHz to 150 kHz	100 mm loop 150 kHz to 26 MHz	Under consideration	TEM horn antenna

図2 近接電磁界イミュニティ試験方法

3. 試験構成および試験条件

(1) 試験構成

実験構成を図3.1に示す。妨害波を照射するアンテナとEUTは電波暗室に設置した。本試験のEUTとしてメディアコンバータ（以下、MC）を選定した。対向装置（AE）もMCとし、それぞれの間は光ケーブルで接続した。また、各々のMCはイーサネット試験機とUTPケーブルで接続した。なお、試験中はイーサネット試験機によるデータ送受信状態とした。

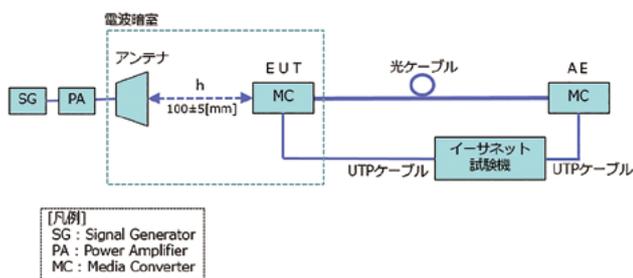


図3.1 実験構成

アンテナおよびEUTの設置位置（離隔距離h）は、IEC 61000-4-39の規定に従い 100 ± 5 [mm]とした。

(2) EUTとAEについて

本試験で対象装置としたマルチメディア機器には、異なる2社のメディアコンバータ（MC）を選定した。なお、筐体は2社とも金属筐体であり、A社をEUT1、AE1、B社をEUT2、AE2とする。それぞれの外観を図3.3、図3.4に示しているがサイズはほぼ同サイズで最大辺が95[mm]程度となっている。表3.1にそれぞれの仕様を記載した。

2社ともI/F、プロトコルは同じであるが、光側の端子形状のみ異なる。

表3.1 EUT、AEの仕様

使用機器	メーカ	I/F	プロトコル (@1Gbps)	端子形状
EUT1,AE1	A社	UTP側	IEEE 802.3ab	RJ-45
		光側	IEEE 802.3z	2芯LC
EUT2,AE2	B社	UTP側	IEEE 802.3ab	RJ-45
		光側	IEEE 802.3z	2芯SC



図3.2 EUT1の外観



図3.3 EUT2の外観

(3) アンテナについて

本試験で使用するアンテナは、IEC 61000-4-39で規定されているTEMホーンアンテナ2種（ANT-1、ANT-2）と、比較のためDRGAアンテナ1種（ANT-3）を選定した。図3.5～図3.7にはそれぞれの外観写真、表3.2にはそれぞれのアンテナ仕様を記載した。

表3.2 アンテナの仕様

使用アンテナ	アンテナタイプ	メーカ	周波数帯域	サイズ (W x H x D [mm])
ANT-1	TEMホーン (プロトタイプ)	NICT / ノイズ研究所	380MHz ~ 6GHz	600 x 450 x 800
ANT-2	TEMホーン	AMETEK	600MHz ~ 6GHz	160 x 175 x 210
ANT-3	DRGA	ETS-LINDGREN	750MHz ~ 18GHz	244 x 159 x 279



図3.4 ANT-1の外観



図3.5 ANT-2の外観

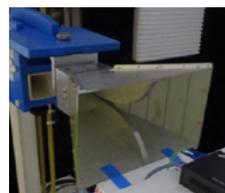


図3.6 ANT-3の外観

(4) 試験条件について

本試験は、IEC 61000-4-39で規定された試験環境のもと、アンテナからの妨害波印加試験レベルを変化させる。試験中はEUTとAE間にはデータ送受信状態とする。

①妨害波試験周波数：1.5G / 2.0G / 3.5 GHz帯

表3.3に使用した周波数バンド及び周波数を示す。今回の試験では上り周波数を使用した。

表3.3 使用した周波数バンド及び周波数

		上り周波数 [MHz]	下り周波数 [MHz]
1.5GHz帯	バンド11	1427.9 ~ 1447.9	1475.9 ~ 1495.9
	バンド21	1447.9 ~ 1462.9	1495.9 ~ 1510.9
2.0GHz帯	バンド1	1920 ~ 1980	2110 ~ 2170
3.5GHz帯	バンド42	3400 ~ 3600	3400 ~ 3600

- ② 妨害波変調周波数；2Hz、217Hz、1kHz
 ③ 妨害波印加レベル；IEC 61000-4-39の電界強度レベル（表3.4）の試験レベル1～4に変化

表3.4 電界強度レベル

試験レベル	電界強度 [V/m]
1	10
2	30
3	100
4	300

- ④ 妨害波印加時間；30秒間

(5) 判定条件について

誤動作耐力判定条件は、イーサネット試験機で受信データのフレーム数を比較することで、受信フレームロスが発生した場合に誤動作と判定する。

4. アンテナ特性の評価

(1) 電界均一面の測定方法

IEC 61000-4-39 に従い、アンテナの開口面から100 ± 5 [mm] の距離に電界プローブを配置して、電界分布を測定した。ただし、ANT-1 については、開口面の位置が不明なためアンテナカバー端からの距離とし

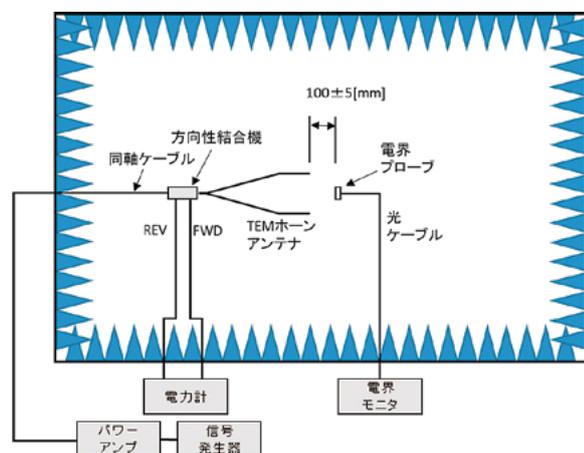


図4.1 電界均一面のセットアップ

た。図4.1 および図4.2 にIEC 61000-4-39 で規定されている試験構成等を示す。図4.2 には本電界均一面の測定でセットした電界プローブの軸方向も記載した。

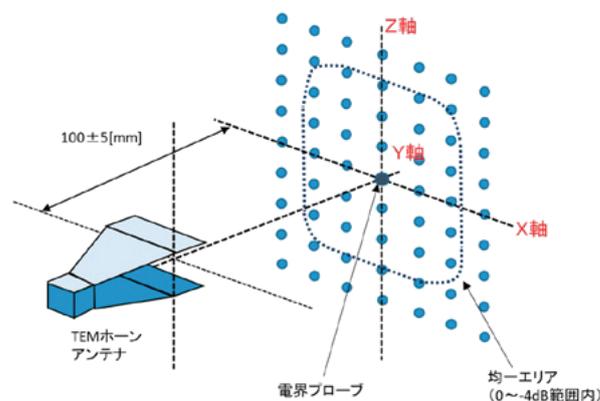


図4.2 電界均一面の測定

図4.2に記載しているように、電界均一エリアは0 ~ -4[dB]で規定されている。

(2) 電界均一面の測定結果

各アンテナの電界均一面の周波数毎（1.5GHz, 2.0GHz, 3.5GHz）の測定結果をそれぞれ図4.3から図4.5に示す。

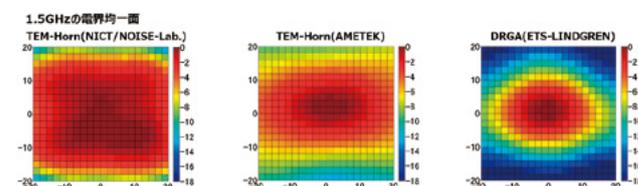


図4.3 1.5GHzの電界均一面（2cm/div）（左からANT-1、ANT-2、ANT-3）

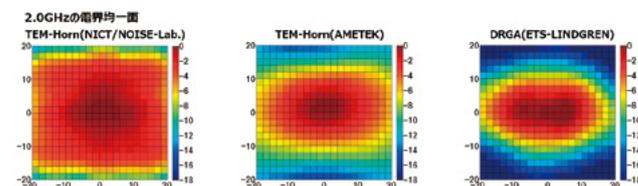


図4.4 2.0GHzの電界均一面（2cm/div）（左からANT-1、ANT-2、ANT-3）

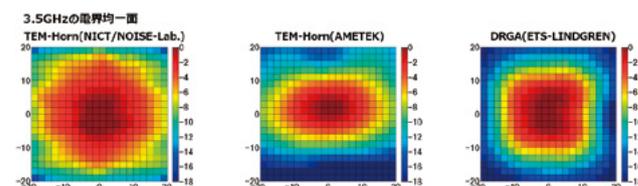


図4.5 3.5GHzの電界均一面（2cm/div）（左からANT-1、ANT-2、ANT-3）

今回使用したEUTの最大辺（95 [mm]）に対し、妨

害波の水平・垂直いずれの偏波面に対しても、電界均一エリア (0 ~ -4 [dB]) 内に入ることを確認した。

参考情報として、アンテナ近傍での交差偏波識別度 (X軸とZ軸の電界強度の差) を測定した。各アンテナの周波数毎 (1.5GHz, 2.0GHz, 3.5GHz) の交差偏波識別度を、それぞれ図4.6から図4.8に示す。

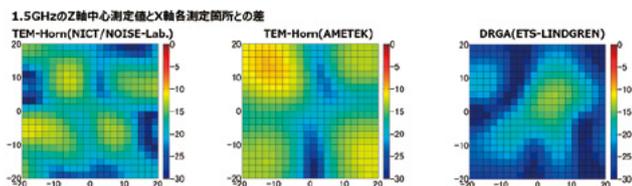


図4.6 1.5GHzの交差偏波識別度 (2cm/div) (左から ANT-1、ANT-2、ANT-3)

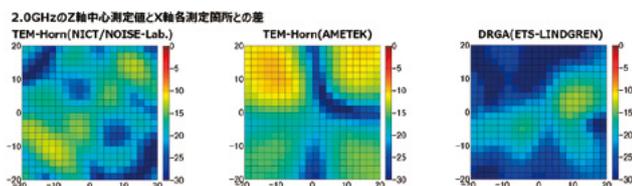


図4.7 2.0GHzの交差偏波識別度 (2cm/div) (左から ANT-1、ANT-2、ANT-3)

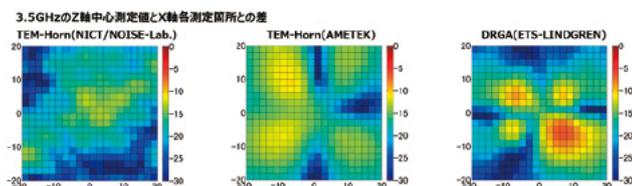


図4.8 3.5GHzの交差偏波識別度 (2cm/div) (左から ANT-1、ANT-2、ANT-3)

アンテナ中心付近での偏波面のアイソレーションは、周波数及びアンテナにより偏波精度にバラツキがあるとことが分かった。

5. アンテナによるイミュニティ特性の違い

(1) EUT試験条件の絞り込み

アンテナによる差分の影響を確認するため、妨害波に一番弱い面を特定することとした。

妨害波に一番弱い面の特定は、各試験面 (正面、側面、上面、裏面) に対して、妨害波試験周波数とした1.5GHz帯、2.0GHz帯、3.5GHz帯の各周波数帯域内で数ポイント照射してデータ送受信のフレームロスにより判断した。なお、使用したアンテナは、ANT-1である。

図5.1に妨害波照射方向の考え方を示す。コネクタ (UTP、光端子) のある方を正面と規定した。図5.2には妨害波照射時の様子を示す。

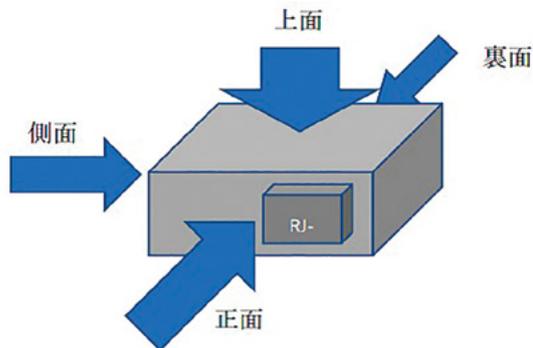


図5.1 妨害波照射方向

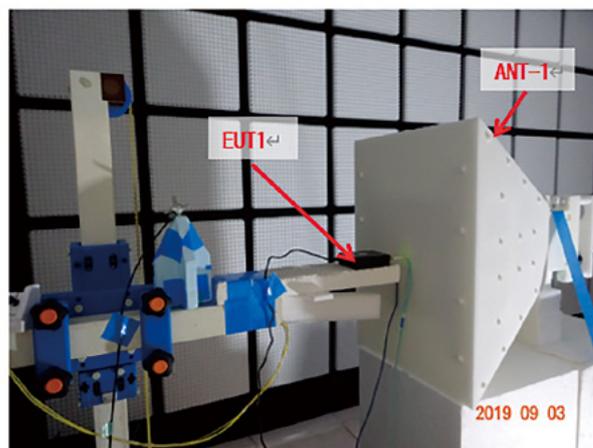


図5.2 妨害波照射時の様子 (ANT-1 垂直偏波、EUT1 正面照射の例)

以下にそれぞれのEUTに対する試験結果を示す。

(1-1) EUT1の場合 (試験レベル4 : 300V/m)

表5.1 妨害波の照射面による動作の違い (EUT1)

方位 偏波面	妨害波 周波数 [0Hz帯]	正面			側面			上面			裏面		
		パルス変調周波数 2Hz	217Hz	1kHz									
垂直	1.5	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無
	2.0	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無
	3.5	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無
水平	3.5	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無

EUT1では、どの照射面に対しても受信フレームロスは生じなかった。

(1-2) EUT2の場合 (試験レベル4 : 300V/m)

表5.2 妨害波の照射面による動作の違い (EUT2)

方位 偏波面	妨害波 周波数 [0Hz帯]	正面			側面			上面			裏面		
		パルス変調周波数 2Hz	217Hz	1kHz									
垂直	1.5	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無
	2.0	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無
	3.5	有	有	有	無	無	無	無	無	無	無	無	無
水平	3.5	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無	無

EUT2の正面に妨害波を照射したときのみ、受信フレームロスを生じた。

図5.3に、垂直偏波の妨害波周波数 3.5GHz帯の受信フレームロス有のデータの一例を示す。

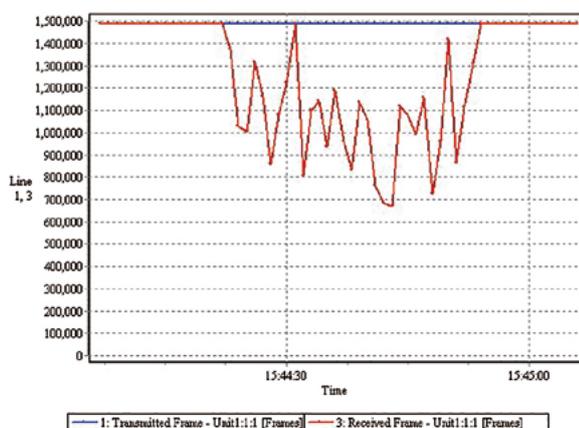


図5.3 受信フレームロス時のデータの一例
パルス変調周波数 (2Hz)、ANT-1

尚、EUTの妨害波に対する耐力の弱い面を特定することが目的であったため、水平偏波による妨害波周波数は、垂直偏波で誤動作が発生した3.5GHz帯のみ確認を行った。

(2) 照射面の決定

前記結果より、EUT正面に印加したときが、妨害波に一番弱い面と判断し、以降の試験はEUT正面に照射することとした。

(3) アンテナの違いによる試験結果

3種 (ANT-1～3) のアンテナによるそれぞれの試験結果を示す。

前試験 (照射面の決定) において、各妨害波の周波数帯内においては試験結果に大きな差が無かったことから、本試験では各周波数バンドの中心周波数に絞り試験を実施した。

(3-1) EUT1の場合

表5.3 アンテナの違いによる試験結果 (EUT1)

アンテナ 偏波面	妨害波 周波数 [GHz]	ANT-1			ANT-2			ANT-3		
		パルス変調周波数			パルス変調周波数			パルス変調周波数		
		2Hz	217Hz	1kHz	2Hz	217Hz	1kHz	2Hz	217Hz	1kHz
垂直	1.4454	無	無	無	無	無	無	無	無	無
	1.9500	無	無	無	無	無	無	無	無	無
	3.5000	無	無	無	無	無	無	無	無	無
水平	1.4454	無	無	無	無	無	無	無	無	無
	1.9500	無	無	無	無	無	無	無	無	無
	3.5000	無	無	無	無	無	無	無	無	無

(3-2) EUT2の場合

表5.4 アンテナの違いによる試験結果 (EUT2)

アンテナ 偏波面	妨害波 周波数 [GHz]	ANT-1			ANT-2			ANT-3		
		パルス変調周波数			パルス変調周波数			パルス変調周波数		
		2Hz	217Hz	1kHz	2Hz	217Hz	1kHz	2Hz	217Hz	1kHz
垂直	1.4454	無	無	無	無	無	無	無	無	無
	1.9500	無	無	無	無	無	無	有	有	有
	3.5000	有	有	有	無	無	無	無	無	無
水平	1.4454	無	無	無	無	無	無	無	無	無
	1.9500	無	無	無	無	無	無	無	無	無
	3.5000	無	無	無	無	無	無	無	無	無

EUT2では、垂直偏波の妨害波を照射時に、ANT-1の妨害波周波数 3.5000[GHz]において、ANT-3では、妨害波周波数 1.9500[GHz]において、受信フレームロスが発生した。

ANT-3では、特定のパルス変調周波数 (217Hz、1kHz) において、妨害波照射後に受信フレーム数が妨害波照射前の数値に戻らない事象が発生した (一例を図5.4に示す) が、EUTの電源をオフオンすることにより、受信フレーム数は復旧することを確認した。

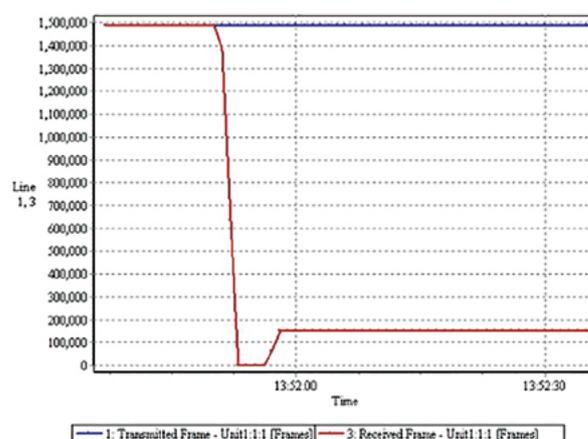


図5.4 受信フレームロス時のデータの一例
パルス変調周波数 (217Hz)、ANT-1

6. 結果のまとめ

IEC 61000-4-39で規定された周波数範囲から、携帯電話で使用されている3バンド (1.5GHz帯、2.0GHz帯、3.5GHz帯) を選択し、アンテナの特性評価、及びアンテナの違いによる近接電磁界イミュニティ試験を実施した結果、下記内容が判明した。

(1) アンテナの特性評価

・今回使用したEUTの最大辺 (95[mm]) に対し、妨害波の強度は、水平・垂直いずれの偏波面に対しても、均一エリア (0～-4[dB]) に入ることを確認した。

(2) アンテナの違いによる近接電磁界イミュニティ試験

- ・EUT1では、全てのアンテナに対し受信フレームロスは発生せず、アンテナの違いによる結果に差は生じなかった。
- ・EUT2では、垂直偏波の妨害波を照射時に、ANT-1の妨害波周波数 3.5000[GHz]及び、ANT-3の妨害波周波数 1.9500[GHz]において、受信フレームロスが発生し、アンテナの違いによる結果に差が生じた。

7. 考察

IEC 61000-4-39に規定されている広帯域アンテナ(TEMホーンアンテナ)を2種類使用し、近接電磁界イミュニティ試験を実施したところ、垂直偏波の場合に結果に差が生じたが、原因については不明である。

ただし、アンテナの電界均一面及び試験時の照射電界強度はほぼ同じであっても、EUTは金属筐体であるため照射した電波の反射や、アンテナの目的以外(垂直・水平)の偏波精度の差等の影響が考えられる。

8. 課題

今後以下の事項が課題となる。

- ①アンテナの差異によりEUT動作に差が生じることの原因について検討が必要と思われる。
- ②IEC 61000-4-39では、アンテナとEUT端面までの距離が10cmで規定されているが、アンテナの構造によっては、アンテナカバーにより開口面の位置が不明な場合がある。このため、この離隔距離の必然性について検討が必要と思われる。
- ③IEC 61000-4-39では、アンテナとEUT端面までの距離が10cmで規定されているが、メディアコンバータのように、EUTの端面より張り出す部品(ここではUTPケーブル)があることがある。このような場合を含めて、アンテナとの距離(h)の規定を明らかにする必要があると思われる。
- ④IEC 61000-4-39では、TEMホーンアンテナのみが規定されているが、DRGAを含めた他のアン

テナの適用性についても検討が必要と思われる。

9. CISPRへの対応

マルチメディア機器のイミュニティ規格であるCISPR 35第1版では、製品がイミュニティ性能判定基準を満足すると期待される無線機器との保護距離を情動的付則として掲載している。

しかしながら、この情動的付則において掲載している電界強度値は、放射源からの距離と放射電力、自由空間伝搬定数から算出した値であり、実験的な検証に基づいたものではない。このため、本研究テーマにより、携帯電話等の無線機が機器類の近接で使用することを想定した近接イミュニティ試験法であるIEC 61000-4-39によりマルチメディア機器に対する影響を検証することとした。検証した結果、マルチメディア機器として選定したメディアコンバータに対する影響の発生を確認したが、300V/mと非常に高い値でない誤動作の発生は確認できなかった。また、変調方式であるパルス変調の変調周波数が限られており、実際のモバイル端末で使用されている変調周波数とは異なること、使用した2種類のTEMホーンアンテナで試験結果が異なったことから、変調周波数の妥当性やアンテナの違いによる検証結果に違いが生じた原因解析が必要である。

近接イミュニティ試験は、他国においても注目されており、IEC 61000-4-39をベースとした試験法の提案が今後される予定である。これらの動向を注視するとともに、今回の研究において明らかとなった課題をCISPR SC-Iへ報告し、検討に寄与すると共に、課題の解決に向けて各国と協調して検討を進める予定である。

電波環境協議会 第18回技術講演会を開催

2020年12月17日（木）に、電波環境協議会 第18回技術講演会をオンラインセミナー形式にて開催しました。

今回は、特別講演1件と、電波環境協議会のCISPRアーカイブ活動、妨害波委員会、イミュニティ委員会の成果報告3件の講演を実施いたしました。

特別講演は、「無人航空機の法規制と現状」について、（一財）日本ラジコン電波安全協会 神林 喜彦様にご講演いただきました。

2件目は、CISPRアーカイブ活動報告として、「CISPR 22の許容値と測定法の根拠について その2 CISPR 22第4.0版発行の歴史的経緯」について、電気通信大学 雨宮 不二雄様にご講演いただきました。

3件目は、同じく妨害波委員会からの調査研究報告として、「医用テレメータに影響を与える病院内電気設備の放射妨害電波測定方法に関する調査研究 - LED照明機器による検討 -」について、（一社）日本照明工業会 川股 直樹様にご講演いただきました。

4件目は、イミュニティ委員会の調査研究報告として、「IEC 61000-4-39に規定されているアンテナの違いによる近接電磁界イミュニティの影響の検証に関する調査研究」について、（一社）情報通信ネットワーク産業協会の太田 慎也様にご講演いただきました。

当日は、65名の会員の皆様が参加され、熱心にご聴講いただきました。



編集後記

今回のEMCCレポートでは、上記技術講演会にて講演いただいた皆様に執筆いただきました。編集にあたり、執筆者の皆様をはじめ、ご協力をいただきました方々に感謝申し上げます。

（事務局）

－無断転載を禁ず－

EMCCレポート第36号

2021年3月

著 作：電波環境協議会

Electromagnetic Compatibility Conference Japan

〒100-0013 東京都千代田区霞が関1-4-1（日土地ビル）

一般社団法人電波産業会内

電波環境協議会事務局

TEL 03-5510-8596

FAX 03-3592-1103

