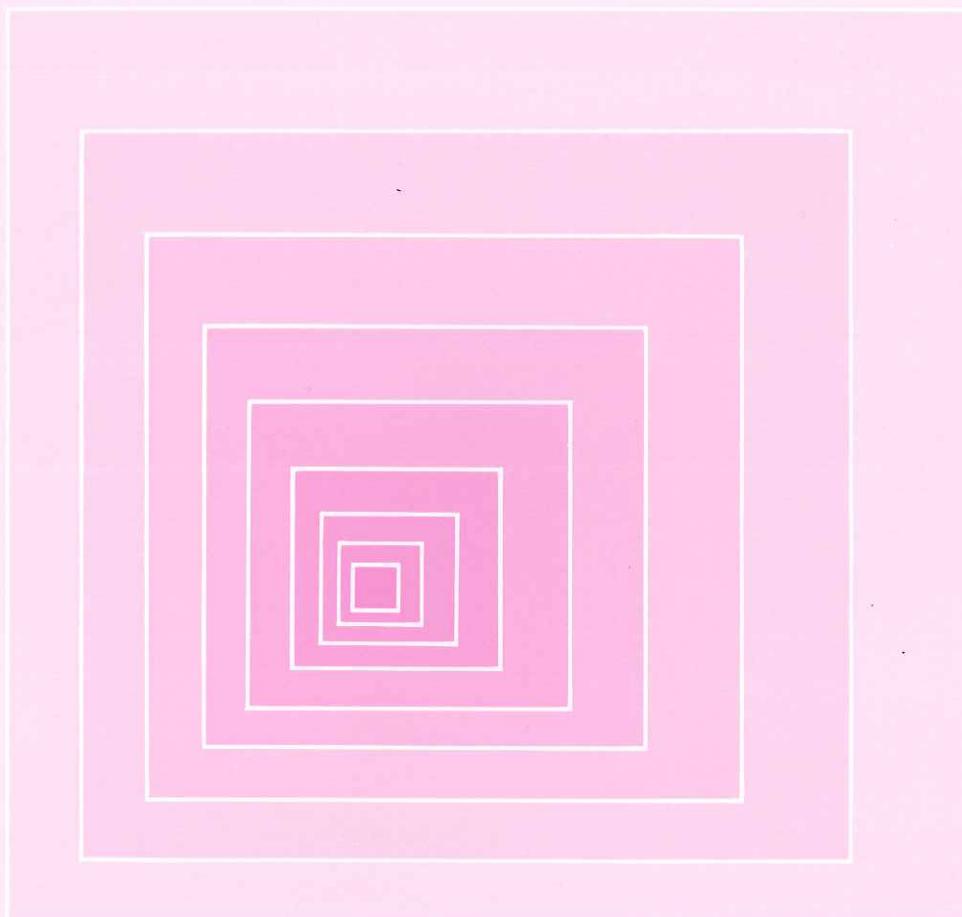


# EMCC レポート



不要電波問題対策協議会

第 8 号  
平成 5 年 3 月発行

## EMCC レポート第8号 目次

○ EMCと広報活動（遠藤 静夫）	3
○ 不要電波問題対策協議会第12回講演会	
「妨害波測定場に関するセミナー」	4
妨害波測定場の適性評価（杉浦 行）	4
妨害波測定場に関する最新動向（岡村 万春夫）	16
○ 通信装置の EMC に関する NTT の検討状況（徳田 正満）	26
○ NEC「EMC 技術センター」の設立について（林 昌世、畠山 賢一）	40
○ CISPR ワルシャワ会議に出席して（小林一義）	41
○ 不要電波障害に関する苦情・相談等申告状況について	44
○ 編集後記	



## EMCと広報活動

国際電信電話株式会社

ネットワーク開発本部 伝送部長

不要電波問題対策協議会 広報委員長

遠藤 静夫

近年、高度情報社会の進展に伴い電波利用もあらゆる分野に及び、無線局数も急速に増大しつつあります。今後、電波利用は更に拡大し続け、21世紀初頭には我が国における無線局数が数千万局にも達するとの予測もされています。一方、エレクトロニクス技術の発展と情報化の進展により、ワープロ、パソコン等の電子機器が急速に普及し、各種無線機器と同一環境下で使用される機会が増大しています。このような状況において、電子機器から輻射される電波が通信の疎通を阻害したり、各種無線機器から発射された電波が各種電子機器に障害を与えるといった、不要な電波による障害が多発して、社会的にも、大きな問題となっています。

国際的にも不要な電波による障害は問題となっており、ご存知のとおり国際無線障害特別委員会(CISPR)等において、各種の機器から発生する不要電波の測定法、許容値及び妨害排除能力(イミュニティ)の基準について、活発に研究が行われているところです。

不要電波問題は、非常に幅広い分野にまたがる複雑な問題で、今後の高度情報社会の進展のために解決しなければならない重要な課題であります。本問題は、社会のあらゆる構成員に関係していることから、本問題に対する社会的な認識を向上させていく必要があると思います。この意味から、平成4年度は、一般の人々を対象に講演会を実施したりしました。

不要電波問題の解決には、不要電波輻射の抑制と障害を受ける側のイミュニティの向上を相互に勘案しながら、規制や技術開発を行うことが必要と考えますが、さらに理解を深めていただくための広報等の活動も重要と考えています。

本問題に関しては、まだ、難問が山積しておりますが、高度情報社会を構築して行くためには、避けて通れない問題であります。本問題の抜本的な解決に向けて皆様とともに積極的に取り組んでいく所存でございますので、会員の皆様をはじめ関係各位におかれましても、一層のご理解をいただき、今後ともご支援ご協力を賜りますようお願い致します。

## 第12回講演会

## 妨害波測定場に関するセミナー

不要電波問題対策協議会では、会員の皆様方の不要電波問題対策の一助としていただくために専門家の方を招いて平成4年8月25日(火)にブリヂストン美術館ホールにて第12回講演会「妨害波測定場に関するセミナー」を開催しました。

講演会では、郵政省電気通信局電波部監視監理課長の菊池紳一先生に「妨害波測定場に関する電気通信技術審議会答申」について、郵政省通信総合研究所標準

測定部長の杉浦行先生に「妨害波測定場の適性評価」について、財団法人機械電子検査検定協会理事の岡村万春夫先生に「妨害波測定場に関する最新動向」についてご講演をしていただきました。

ここに、「妨害波測定場の測定評価」及び「妨害波測定場に関する最新動向」についての詳録をご紹介します。

## 妨害波測定場の適性評価

## 周波数30MHz～1,000MHzにおける放射妨害波測定用野外試験場の技術的条件に関する電気通信技術審議会答申について

郵政省 通信総合研究所 標準測定部長  
杉 浦 行

郵政省通信総合研究所の杉浦でございます。

最近、電気通信技術審議会から妨害波測定場の適性評価に関する答申が出ましたので、その極めて技術的な問題について、お話を致します。今回の答申内容は、基本的に国際規格である CISPR 規格に準拠しておりますが、ある部分では CISPR 規格と異なります。この違いには理論的な根拠がありまして、何故違うかについて本日お話を致しまして、皆様のご理解を戴きたいと思います。

## 放射妨害波測定法

まず、全般的なお話をさせていただきます。通常、放射妨害波の測定は、オープンサイトで行うことになっています。オープンサイトというのは、図1のような屋外の広い測定場です。このサイトの回転台の上に供試機器を置きまして、通常は機器から3mあるいは

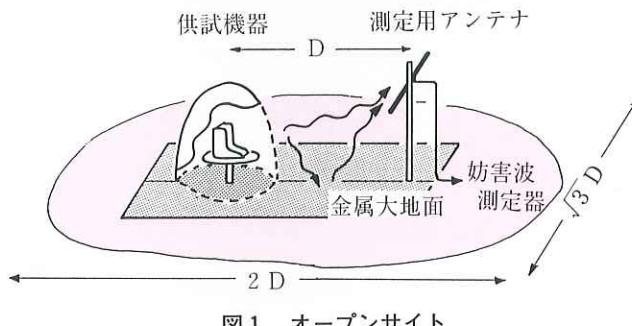


図1 オープンサイト

は10m離れた点に測定用アンテナを設置します。このアンテナを地上高1mから4mの範囲で上下し、かつ、供試機器を回転しながら、その間に測定用アンテナに受信される最大電圧値を測定するわけです。この受信電圧最大値に、使用したアンテナのアンテナ係数を加えて電界強度を求めます。これが妨害波電界強度の測定値になります。

したがって、この放射妨害波測定法の根本は、供試機器から出る妨害波の直接波と大地反射波の合成波の

電界強度を測定することにあります。将来、直接波だけを測定することが本当に可能になれば、直接波だけの測定になるかも知れませんが、今のところは、反射波を除くことが原理的に不可能ですから、こういう測定法になっています。

今の測定法の目的は、皆さんが機器を使っている時に実際に発生している妨害波の電界強度の最大値を把握することにあります。すなわち、コンピュータなどを使用する場合は、ビルの何階かの机の上などに機器を置きます。その下の床は鉄筋や金属メッシュが入っていて、ある面では金属大地面になっています。このような実際の使用状況にある程度合わせて今の測定法が定められています。

反射波の無い、いわゆる自由空間(フリースペース)を作ることが出来れば測定は簡単になりますが、そういう環境を作ることは不可能であるし、また、皆さんが機器を使っている時の妨害波レベルの最大値を求めるということで、現在の測定法が定まっています。

## 測定結果の再現性

このように測定法の基本骨格は決まっていますが、実際に妨害波測定を行ってみると、何回測っても同じ値にならないとか、測定場所や測定機関によって測定値が違うなどの問題が起こります。すなわち、測定結果の再現性が悪いと言われていますが、これには幾つかの原因が考えられます。

- (1) まず、機器の妨害波レベルが安定しているかどうかという問題があります。例えば、周囲の温度が変化しますと、それによって妨害波のレベルも変わります。
- (2) また、測定時の機器の配置の再現性の問題があります。例えば、機器の配置やケーブルの引き回しが測定毎に異なると、測定結果も変わります。
- (3) その外、測定手順の違いによっても、データが異なることがあります。測定法の基本に従えば、機器を中心にして半径3m、高さ1~4mの円筒面のすべての点で測定することが理想です。しかし、実際には測定時間を短縮するために、アンテナのある高さに固定し、供試機器を一周させて最大放射の方向を探し、その後、機器をその方向に向けてアンテナを上下して最大受信レベルを求め、この値を測定値とする場合が多いわけです。逆に、先ず最適アンテナ

高を求め、その後に最大放射方向を求める手順もあります。これらの測定手順は基本的な測定法の簡略法ですから、得られる測定値は真の妨害波レベルと異なることが予想されます。

- (4) また、測定装置の誤差が測定結果の再現性を左右します。測定器で一番問題になるのはアンテナですが、使用するアンテナのアンテナ係数(アンテナ・ファクタ)の精度が測定結果に直接影響します。従いまして、アンテナは適宜較正し、出来るだけ正しいアンテナ係数を得ておくことが重要です。
  - (5) さらに、測定場(オープンサイト)の特性の違いも、測定結果の再現性に影響します。測定場が良いか悪いかによって、測定値が大きく変わります。極端な例で言えば、測定場の近くにビルや配電線等が在りますと、妨害波レベルが変わります。
- 以上のように、測定結果の再現性に影響する要因には、主に5つの原因があります。今回の審議会の答申は、5番目の要因に関わるもののです。

## 測定場の影響

図2は、昨年(1991年)春に開催されましたチューリッヒのEMCシンポジウムで、IBMの研究者が発表した論文の図です。これと同じ図が、先週、ロサンゼルス郊外で開催されたEMCシンポジウムにも報告されています。

この図は、同一供試機器から放射される電波を様々な測定場で測定した結果を示したもので、供試機器としては、EMCO社のモノポール・アンテナ付き発振

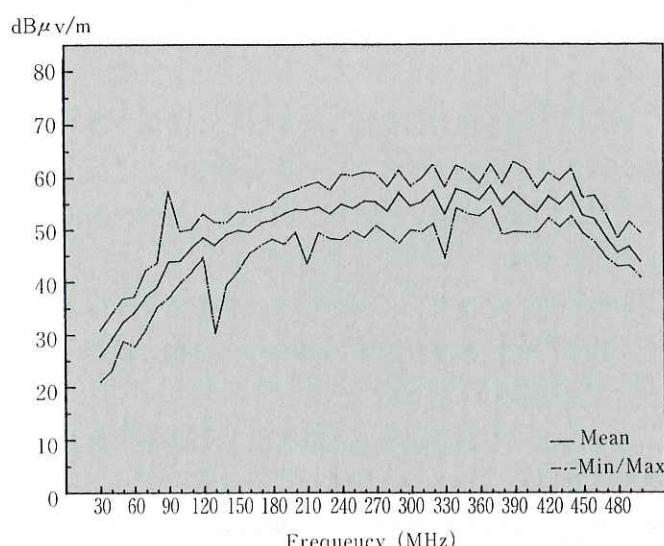


Figure 2. Source height 1m measured at 3m

図2 測定場の違いによる測定値のばらつき

器を用いています。この発振器は、コム・ジェネレータを内蔵し、多数の等間隔周波数の正弦波を放射しています。この発振器の放射波を、距離 3m の妨害波測定法に従って、全世界の34の測定場で測定し、その結果がどの程度ばらつくかを示したものです。この内、15は電波半無反射室における測定結果で、残りがオープンサイトにおける測定結果です。バラツキは周波数によって異なりますが、大きいところで大体 10dB 程度もあります。なお、使用した測定場は IBM の自社サイトと、契約使用している測定機関のサイトですが、すべてサイトアッテネーション等の特性が相当良いと考えられているサイトです。図で、特にバラツキの大きいデータがありますが、或るオープンサイトの測定結果です。電波半無反射室よりも、オープンサイトの方がデータのバラツキが大きいようです。但し、この図には真の電界強度値が示されていませんから、何が正しいかは不明です。同一の供試機器でも、測定場によって測定結果が相当違うことを示したものです。

したがいまして、なるべく測定結果が測定場によって異なるようにするために、測定場の特性を出来るだけ厳密に規定する必要があります。

## 測定場の基本特性

図1に示しましたように、オープンサイトの最小の寸法は、測定距離をDで表しますと、長径が 2D、短径が  $\sqrt{3} D$  の楕円の広さです。この寸法は、どの規格にも書かれている基本特性です。この範囲内に顕著な反射物体が在ってはいけません。ただし、どのような大きさの如何なる反射物体が問題になるかは示されていません。

さらに、測定場の大地面は金網などの金属で覆われていることが必要です。この金属大地面の広さは出来るだけ広いほうが良いわけで、例えば、前述の楕円程度の広さが望ましいです。金属面が狭いと、その周縁に不要な電流が流れ、測定結果に悪影響を及ぼします。特に、電波半無反射室の場合は、金属大地面の広さに十分注意して下さい。

以上のような測定場の基本特性はどの規格にも書かれていますが、余り定量的な規定ではありません。定性的で相当曖昧な規定です。したがいまして、測定結果の再現性を確保するには、測定場の特性を定量的に評価することが必要です。それが次に述べますサイト

アッテネーションの規定です。

## サイトアッテネーション

サイトアッテネーション (Site Attenuation) の測定では、図3のように、供試機器の代わりに信号発生器を接続した送信アンテナを用います。この送信アンテナから放射される電波を、通常の妨害波測定と同様にして測ります。すなわち、送信アンテナを規定の高さに設置し、それより 3m、10m、あるいは 30m 離れた位置に測定アンテナを設置して、アンテナを規定の範囲内で昇降し、その間の最大受信電圧  $V_{site}$  を求めます。送信アンテナの高さは、アンテナの種類や偏波によって違いますが、1m、2m あるいは 2.75m です。したがいまして、サイトアッテネーションの測定は、供試機器が送信アンテナで、その高さが特に規定されていることを除けば、通常の妨害波測定法と全く同じです。さらに、使用したケーブル等の損失を補正する必要がありますから、図3の上の図のように、送受信アンテナのケーブルをアンテナから外し、それらを直結して受信レベル  $V_{direct}$  を測定します。これより、伝搬損失

$$SA = V_{direct} - V_{site} \quad [\text{dB}]$$

を求めます。この値がサイトアッテネーションの基本になります。この測定値に補正を加えたものが、規格値の ±3dB とか 4dB の範囲内に収まっているれば、その測定場は妨害波測定に適していると判断します。これが測定場の適性評価法の基本です。

ただし、この値は使用したアンテナによって大きく変わります。例えば、アンテナにバランや整合用パッドが組み込まれていると、上式の SA の値は大きくなります。また、アンテナの利得が大きいと小さな値になります。従って、SA の測定値に対して、更に使用したアンテナの特性を補正する必要があります。この

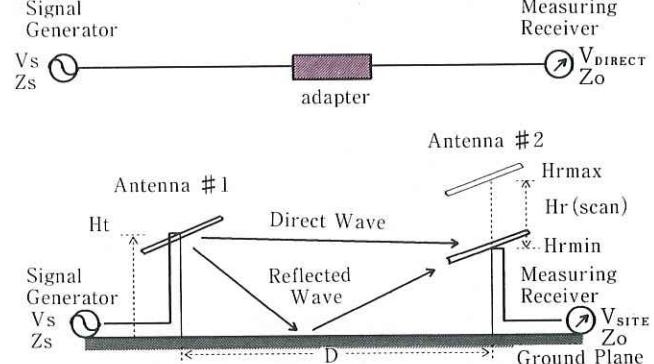


図3 サイトアッテネーションの測定

補正の違いによって、基本サイトアッテネーションと正規化サイトアッテネーションの2種類が定義されます。

## 基本サイトアッテネーション

サイトアッテネーションの測定に使用するアンテナを、半波長ダイポール・アンテナや半波長共振ダイポール・アンテナに限定し、得られた伝搬損失 SA に対して、バランや整合パッドの損失を補正したもの

$$CSA = SA - (\alpha t + \alpha r) \quad [dB]$$

を基本サイトアッテネーションと呼びます。ここで、 $\alpha t$ 及び $\alpha r$ は送受アンテナのバラン等の損失であり、アンテナの取扱説明書や製造業者に聞かれれば判る値です。

CSA は規格によっては古典サイトアッテネーション (Classical Site Attenuation) と呼ばれていますが、これは、その後提案された正規化サイトアッテネーションと区別するために名付けられたものです。後で述べますように、CSA の価値は現在でも変わらず、何等古いものではなく、私はこれがサイトアッテネーションの基本と考えていますので、基本サイトアッテネーションと名付けています。むしろ、正規化サイトアッテネーションより、基本サイトアッテネーションの方が理論的根拠が確立しており、我国では従来から使用されていたものです。

## 正規化サイトアッテネーション

正規化サイトアッテネーション (NSA : Normalized Site Attenuation) は、既に述べた伝搬損失 SA に、使用した送受アンテナのアンテナ係数 AFt、AFr を補正したものです。

$$NSA = SA - (AFt + AFr) \quad [dB]$$

ここで、アンテナ係数は、アンテナによって受信される電波の電界強度 E に対する受信電圧 Vr の比で定義されています。

$$AF = E/Vr$$

この式から判るように、アンテナの指向性が鋭く利得が高ければ、受信電圧は高くなり、アンテナ係数は小さくなります。したがって、アンテナ係数の大きなアンテナ、すなわち特性の悪いアンテナを用いて伝搬損失 SA を測定すれば、受信電圧は低くなり、SA の値

は大きくなりますが、AF が大きいため NSA は大略一定になることが予想されます。すなわち、どのようなアンテナを使用して伝搬損失を測定しても、NSA は一定になると直感的に思われます。このため、正規化サイトアッテネーションは判り易く、米国 ANSI 規格や CISPR 規格などにも採用されています。しかしながら、後ほど述べますが、NSA は CSA に比べて理論的背景が曖昧であったため、これまで過度に信頼され、非常に誤用されてきました。

## サイトアッテネーションの歴史

サイトアッテネーションの厳密な理論解析は、世界中で日本が一番先にやっております。現在でも、世界中でサイトアッテネーションについて一番良く判っているのは、日本だと思って下さって結構だと思います。すなわち、日本は CSA の研究を1976年ぐらいから開始しています。その後、1980年頃には CSA の基本的な理論を確立し、厳密な理論値を求めていました。その結果、皆さんよく御存知のように、我国では測定場の評価を CSA で行うのが一般的になりました。米国連邦通信委員会 FCC の昔の規格 OST55 に規定されていた測定場の適性評価法も、規格値は大ざっぱな値ですが、CSA の一種です。この CSA の理論値を求めるには、厳密な数値計算をする必要があるため、ダイポール・アンテナを使用した場合の CSA しか理論値が有りませんでした。

一方、1980年頃になるとコンピュータ等の普及が著しくなり、妨害波測定が一般に行われるようになってくると、妨害波測定の自動化が急速に始まりました。その結果、アンテナはダイポール・アンテナよりも、より広帯域なバイコニカル・アンテナや対数周期アンテナ（通称ログペリ）が広く使われるようになってきました。このため、ダイポール・アンテナの理論値しか無い CSA より、もっと適用範囲の広い新しいサイトアッテネーションの概念が必要になってきました。

これに応えるように、1982年になると正規化サイトアッテネーションの基本的な概念が米国学会誌 IEEE 上で提案されました。すなわち既に述べたように、伝搬損失の測定値に使用アンテナのアンテナ係数を補正すれば、アンテナの特性にかかわらず一定になるはずだ、との新しい理論が発表されました。ログペリでもバイコニカルでも、どんなアンテナにも適用できる非

常に便利なサイトアッテネーションだということで、画期的なアイデアでした。

この着想は非常に面白いと思います。しかし、その裏付けになる理論が直観で組み立てられており、厳密性に欠けていました。したがって、この論文が出た時から、多くの専門家は理論展開が正確で無いとの感じを受けたようです。でも、長い間、正面切った批判は出されませんでした。私も、この理論は何かおかしいと思っていましたが、的確な批判が出来ず、10年が経ってしまいました。すなわち、NSAに関する厳密な理論が無かったため、また実際の測定に誤差が多いために、長い間このNSAの根本的な欠陥が見過ごされてきました。その間、NSAはANSI規格やCISPR規格に採用されてしまいました。このような過去の経過が、現在に至る、例えば、今回の日本の答申と、CISRやANSI規格が一部違うという根本的な原因です。もともと正規化サイトアッテネーションは、厳密な理論を組み立ててから出てきたものじゃなかったという、まあ、非常に不幸なことがあります。

ただし現在は、正規化サイトアッテネーションに関する厳密な理論が出来ておりますので、基本的な問題や矛盾は明確に判っております。このNSAの理論も我国の研究結果に基づくものです。したがって、CSAにしてもNSAにしても、その理論は我が国が確立したもので、この方面では最先端を走っていると思います。

### サイトアッテネーションの理論

サイトアッテネーションの測定を、電気回路論で一般に使用されているマトリックスで表しますと、図4のようになります。すなわち、#1のアンテナは送信アンテナとして、アンテナ・エレメントとバランや整合パッドから構成されています。このバランやパッド

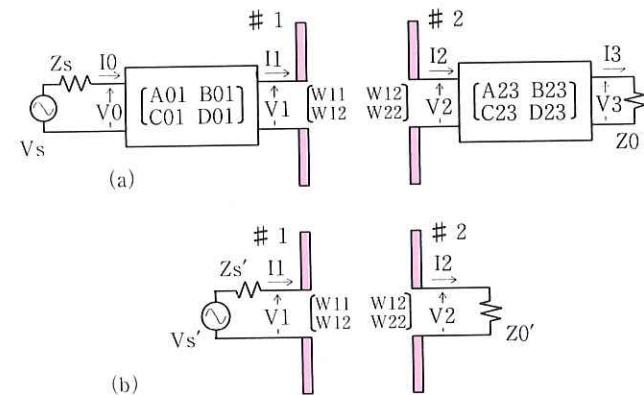


図4 サイトアッテネーション測定の等価回路表示

の電気的特性は、図のようにFマトリックス（A01など）で表せます。さらに送信アンテナには、信号発生器が接続されていますが、この特性は開放端電圧Vs、出力インピーダンスZsで表示できます。同様に、受信アンテナ#2についても、バランやパッドはFマトリックス（A23など）で表し、アンテナに接続されている妨害波測定器は入力インピーダンスZoで表せます。なお、測定時に使用したケーブルや減衰器などの影響は、図のFマトリックスに含めて考えることができます。アンテナ間には電磁波によるエネルギーの送受が行われていますが、これらは図のようなインピーダンス・マトリックス（W11など）で表されます。なお、このマトリックス要素Wには大地による反射波も考慮されています。したがって、サイトアッテネーションの測定を理論的に表すと、マトリックスで表された図3の回路で、受信電圧V3を求めることになります。

マトリックスの各要素を求めるのは相当面倒ですが、この図のように測定系を表せばサイトアッテネーションの値を厳密に計算出来ます。マトリックスによる回路系の表示は電気回路論の初步として、どのような教科書にも最初に載っていますが、サイトアッテネーションの問題をインピーダンス・マトリックスとFマトリックスを用いて解いた例は今までに無く、この論文は今年のIEEEのEMCに関する論文誌の11月号に掲載されます。これまで15年以上も長い間、サイトアッテネーションの研究が世界中で行われてきましたが、不思議なことに、測定系全体を一般的に扱った論文は有りませんでした。

図4に基づいてサイトアッテネーションの一般式を導くと、結果は表1のようになります。この式はマトリックス要素さえ求めることができれば、どのようなアンテナにも適用できます。ダイポール・アンテナのみならず、ロゴペリやバイコニカル・アンテナにも適用できる一般的な式です。ここでZs'やZo'は、図4の下の図に示しましたように、アンテナ・エレメントの間隙から信号源や測定器側を見た等価インピーダンスでして、バランやパッド、ケーブルの影響を含んだ値です。例えば、アンテナに1対1のバランが付いていますと、エレメント間隙からケーブルや信号源・測定器がインピーダンス変換無しに見えますから、等価インピーダンスは50Ωに近い値になります。また、バランによっては50:73Ωのインピーダンス変換を行

うものも有りますが、その場合は、等価インピーダンスは73Ωに近い値になります。表1から容易に判りますように、CSA にしても NSA にしても、サイトアッテネーションの値は等価インピーダンスに強く影響されます。勿論、測定値も使用するアンテナの種類のみならず、付属のバランやパッドによって異なることになります。すなわち、サイトアッテネーションの理論値はアンテナによって異なり、極端に言えばアンテナ毎に無数に有ることになります。

表1 サイトアッテネーションの理論式

#### 基本サイトアッテネーション

$$CSA = \frac{SA}{Loss} = \left| \frac{(W11 + Zs')(W22 + Z_o') - W21^2}{(Zs' + Z_o')W21} \right|$$

アンテナ・エレメントから見た実効負荷にのみ依存

#### 正規化サイトアッテネーション

仮定① 近接効果を無視

② アンテナ係数の高さ変化は無いとする

$$NSA = \frac{SA}{AF_t AF_r} = \frac{|Z_s Z_o|}{0.628 F(\text{MHz}) |Z_s + Z_o|} \frac{1}{E(D, H_t, H_r) \max}$$

$E(D, H_t, H_r)$  は、理想的な測定場における受信点の電界強度（幾何光学近似）

補正係数はアンテナ・エレメントから見た実効負荷にのみ依存

#### 正規化サイトアッテネーションの問題点

正規化サイトアッテネーションについても同様で、厳密に言いますと、理論値はアンテナに応じて異なります。正規化サイトアッテネーションは Smith と言う IBM の人が今から10年前に最初に考えついたのですが、既に述べましたように、その理論的検討は直感に基づいており相当いい加減でして、それが今日まで尾を引いていて、様々な誤解と問題を生んでいます。図4に基づいて厳密に検討してみると、多くの近似が含まれていることが判ります。まず第1に、送受アンテナ間に近接効果がない、という仮定です。アンテナが波長程度近づけば、お互いに影響し合いまして特性が変化しますが、それを無視して理論を組み立てています。彼の論文では、近接効果を考慮するために、一応、補正係数が提案されていますが、表1のような基本式を導出していないため、全くの出鱈目な補正係数になっています。

それから、アンテナ係数は高さによって変化しない、との仮定も用いています。後ほど説明しますが、アンテナを上下しますと、一般にアンテナの特性が変化します。理由は、アンテナから出た電波の一部が大

地で跳ね返り、アンテナに戻り、それによって影響を受けるためです。すなわち、自分が出した電波で自分が影響を受けるわけですから、一種の自家中毒を起こし、特性が変わります。だから、アンテナの高さを上げれば上げるほど、大地の影響は減ります。まあ、普通のダイポールの場合で地上高が1~4m程度の範囲ですと、300MHz程度以下では大地の影響が大きく、アンテナ係数は高さによって変化します。Smith はアンテナ係数の高さ依存性と先ほどの近接効果と一緒に考えて補正係数を提案していますが、何しろ基本的な式が出来ていませんから、間違っています。受験勉強と同じで、基本が出来ていないと、何をやっても出鱈目になってしまいます。正規化サイトアッテネーションの着想は面白かったのですが。

その他、直接波に対するアンテナの指向性と、大地反射波に対する指向性が等しいとの仮定も入っています。したがって、ログペリのような指向性の鋭いアンテナを用いて、距離3mにおけるサイトアッテネーションを測定することは好ましくありません。

#### 基本サイトアッテネーションの理論値

表1の式に基づいて基本サイトアッテネーションの理論値を計算すると、図5の実線のようになります。この理論値は、等価インピーダンス  $Z_s'$ 、 $Z_o'$  を共に 50Ω とし、モーメント法によって計算した値です。アンテナは半波長共振ダイポール・アンテナです。勿論、等価インピーダンスが73Ωの場合は、この理論値と幾分異なった値になり、低い周波数帯では最大 0.8 dB 程度の違いがあります。皆さんよく御存知の FCC の OST55 などのサイトアッテネーションの規格も、この基本サイトアッテネーションの規定です。OST55 の規格値は直線になっていますが、正確には図5のように、複雑に変化しています。実測値を黒丸でプロットしますと、この図のように理論値と極めて良く合います。FCC 流に言いますと、実測値がこの理論曲線の ±3dB であれば合格ですから、このサイトの特性は十分に良いと判断されます。このように、基本サイトアッテネーションについては、非常に良く研究されており、十分に信頼できる理論値が求められています。ダイポールアンテナ以外には適用出来ないという欠点は有りますが、インピーダンス・マトリックスを導入して、ほぼ完璧に理論解析が行われています。

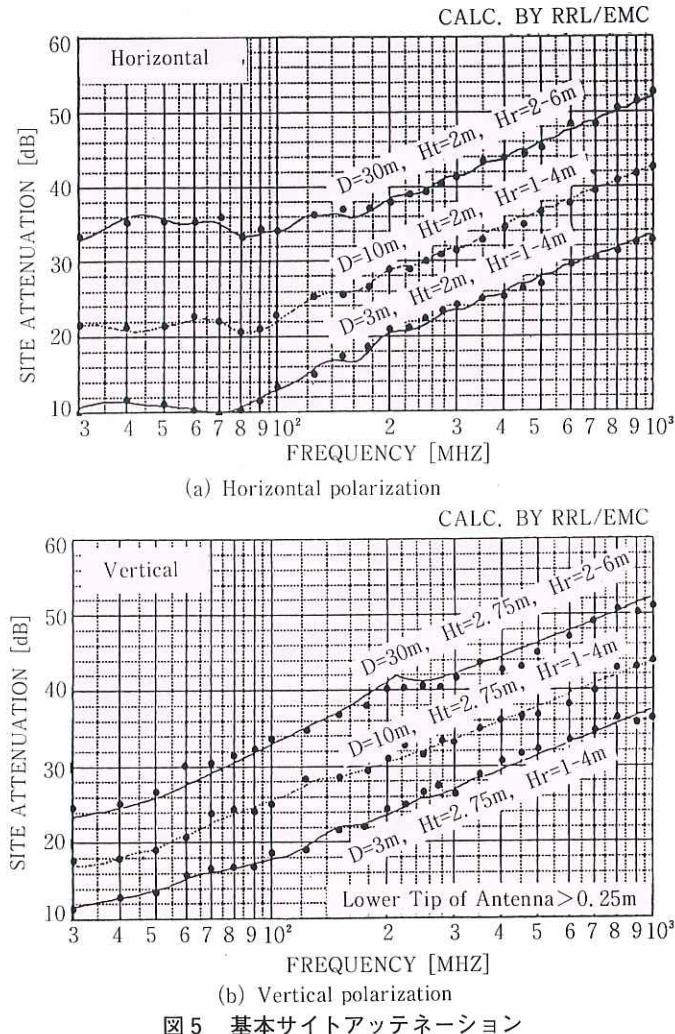


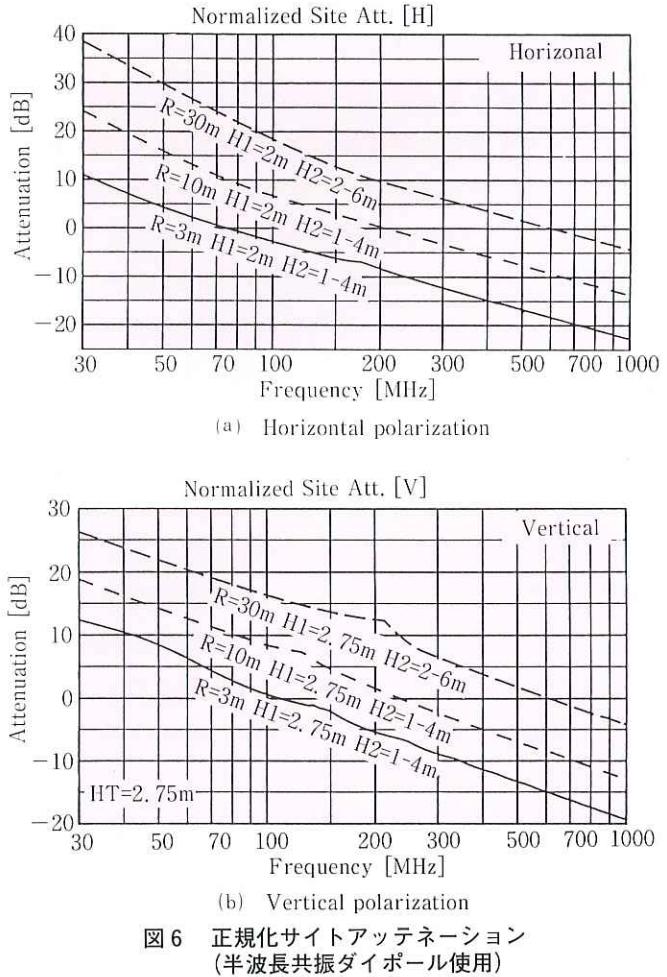
図5 基本サイトアッテネーション

### 正規化サイトアッテネーションの理論値

ところが、最初に述べましたように、広帯域アンテナにも適用できるというキャッチフレーズで、正規化サイトアッテネーションが宣伝され始めました。Smithの論文がIEEEの論文誌に載ると、すぐにCISPRでも米国の代表が論文を紹介しました。しかし、暫くは放置されていました。このような状況が大きく変わったのは、まずドイツで採用しようとする動きがあり、また電波無反射室の多い米国ではANSI規格C63.4が採用したためです。電波無反射室が狭いと、低周波帯では半波長ダイポールアンテナが使えず、OST55の測定が出来ないため、正規化サイトアッテネーションがどうしても必要になってきたためです。また、基本サイトアッテネーションと異なり、正規化サイトアッテネーションの理論式は簡単で、理論値はパソコンでも計算できるほど易しいためです。このような状況からCISPRでも正規化サイトアッテネーションの審議が始まり、各国の投票の結果、採用が決まり

ました。日本は半波長ダイポールに対しては基本サイトアッテネーションを採用する事を提案し、一律的に正規化サイトアッテネーションを導入することに反対しましたが、残念ながら多勢に無勢で思うようにはなりませんでした。電気通信技術審議会でも相当もめましたが、最終的には規格の国際的な整合を図るために、正規化サイトアッテネーションを導入する事になりました。

Smithの理論は幾何光学近似を用いた簡単なものですから、理論値も簡単に求める事ができます。すなわち、送受アンテナを微小ダイポールと仮定し、受信アンテナの昇降範囲内で最大電界強度  $E_{max}$  を計算し、これを表1の式に代入すれば理論値が得られます。ただし、 $Z_s$ 、 $Z_o$  は信号源と測定器のインピーダンスですから  $50\Omega$  にします。その結果が図6及び図7です。半波長共振ダイポール・アンテナを用いるときは図6を使用し、寸法が短い広帯域アンテナを用いる場合はアンテナ高を1mまで下げる事ができるので図7を適用します。最初に述べましたように、正規化サイトアッテネーションの測定では、測定場の伝搬損失を測り、その値から送受アンテナのアンテナ係数を引きます。

図6 正規化サイトアッテネーション  
(半波長共振ダイポール使用)

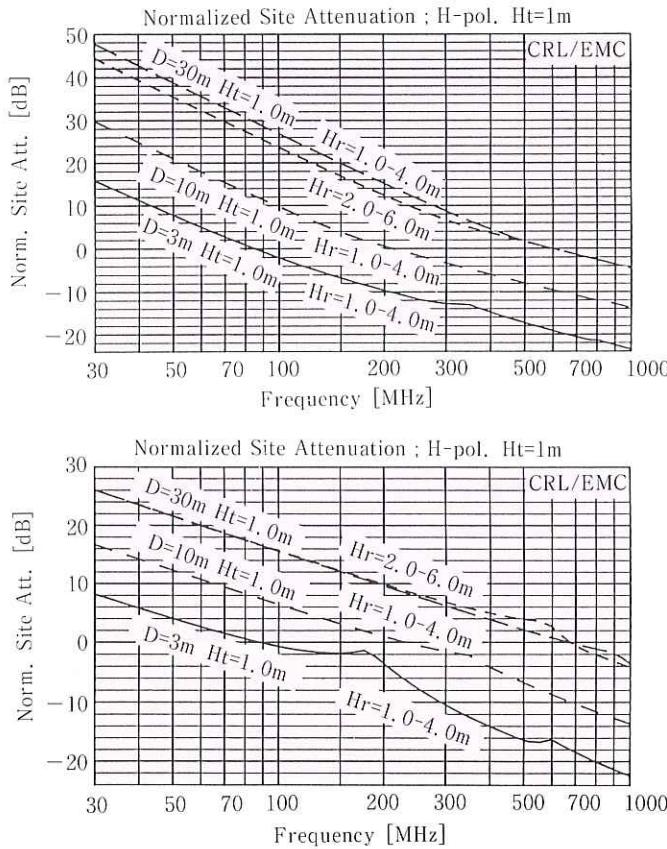


図7 正規化サイトアッテネーション（広帯域アンテナ使用）

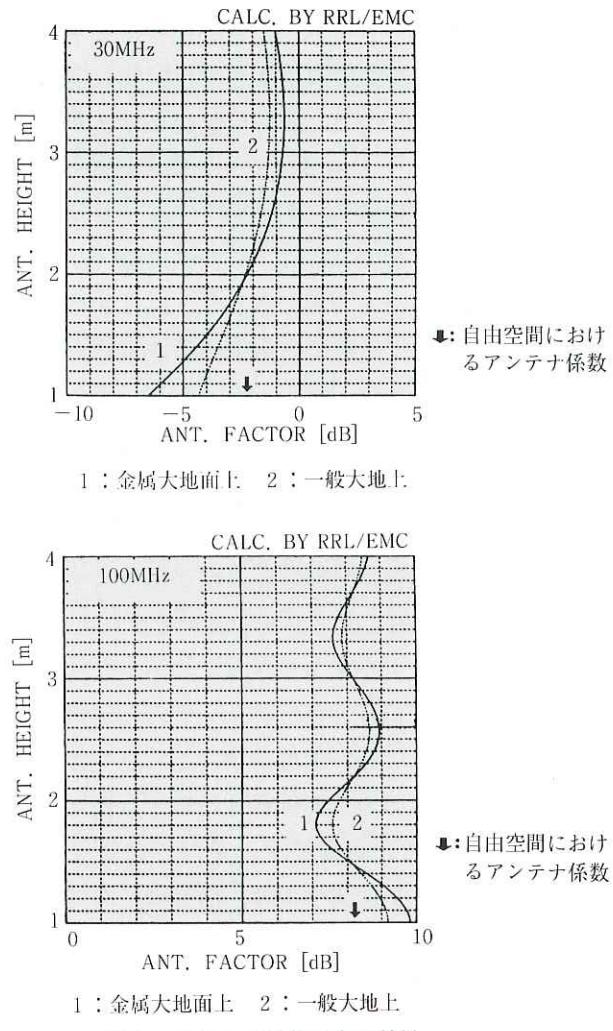
その結果が、図の理論値（規格値）の±4dB以内に収まつていれば、測定場は合格になるわけです。

正規化サイトアッテネーションは基本サイトアッテネーションより理論値は極めて簡単ですが、その分、様々な仮定が含まれています。だから、近接効果やアンテナの高さ依存性を無視できない場合には、理論値に補正が必要になります。また図4で説明しましたように、伝搬損失の測定値はアンテナ・エレメントの間隙からバランの方を見た等価インピーダンスに影響されますから、この点も考慮する必要があります。

なお、今回の答申について言いますと、後ほど述べます理由によりまして、半波長共振ダイポール・アンテナによる正規化サイトアッテネーションの測定のみを答申しています。バイコニカル・アンテナなどの広帯域アンテナによるサイトアッテネーションの測定については、疑問点が多いため答申しておりません。

### アンテナ係数の高さ特性

次に、正規化サイトアッテネーションの測定に補正が必要か否かを、特にアンテナ係数の高さ依存性に対する補正について、例を挙げて説明いたします。図8は、半波長共振ダイポール・アンテナのアンテナ係数

図8 アンテナ係数の高さ特性  
(半波長共振ダイポールアンテナ)

の変化を地上高に対して図示したものです。周波数は30MHzと100MHzで、図の曲線1は大地面が金属の場合、曲線2は一般大地の場合です。30MHzでは、金属大地面上でアンテナを地上1mから4mまで上げますと、図のようにアンテナ係数は約5dBも変化します。周波数が高くなつて100MHzになつても、図のように地上高1~4mの範囲内で、およそ3dBも変化致します。これに対して、一般大地上では大地反射波が弱いですから、アンテナ係数も金属大地面上ほどには変化いたしません。図の横軸の上に黒い太い矢印がありますが、これは自由空間におけるアンテナ係数です。自由空間というのは、大地や周囲の反射物など、アンテナに影響するものが何も無い空間のことです、アンテナを十分に高く上げれば近い状態が得られます。これらの図から判りますように、ダイポール・アンテナを使用する場合は、およそ300MHz以下ではアンテナ係数の高さ依存性を無視することは出来ませんから、正規化サイトアッテネーションの測定に補正係数が必要になります。

次にアンテナ間の近接効果について考えます。アンテナを地上高1.5mに置きますと、反射波に関する鏡像アンテナは地面の下1.5mの位置になります。したがって、実アンテナと鏡像アンテナ間の距離は3mになります。このことから、地上高1.5mにおけるアンテナ係数の変化を見れば、アンテナ間距離3mにおける近接効果の大きさを判断できます。図8から、地上高1.5mのアンテナ係数は自由空間値から相当変化していることが判ります。したがって、アンテナ間距離3mの正規化サイトアッテネーションの測定には、周波数300MHz以下では近接効果に対する補正が必要なことが推測できます。ただし、測定距離が10m以上になりますと近接効果は無視することが出来ます。

以上のように、特にダイポールアンテナによるVHF帯の正規化サイトアッテネーションの測定には、アンテナ係数の地上高依存性と、アンテナの近接効果に関する補正が必要なことが御理解頂けたと思います。特に、アンテナ係数の地上高依存性に対する補正は、測定距離に依らず常に必要です。また、正規化サイトアッテネーションを実測する時、測定場における伝搬損失の測定値から送受アンテナのアンテナ係数を差し引きますから、アンテナ係数の違いは影響が2倍になり重大です。アンテナ係数が1dB違いますと、正規化サイトアッテネーションは2dB違うことになり、許容範囲の4dBに近づきます。したがいまして、アンテナを較正して正しいアンテナ係数を用いる事は言うまでもないのですが、さらに補正係数も要るということです。

## 補正係数

では、補正係数はどのようにして求めるかと申しますと、色々と面倒な計算を行います。簡単に説明いたしますと、理想的な測定場の伝搬損失は、図4(a)のマトリックスを使って受信アンテナの各高さにおいて受信電圧を計算し、その最大値を求めれば得られます。ただし、実際の計算は図4(b)の等価回路について行います。次に、送受各アンテナのアンテナ係数を同様に数値計算致します。伝搬損失の計算値から送受アンテナのアンテナ係数の計算値を差し引けば、正規化サイトアッテネーションの本当の値（理想的な測定場における真値）が得られます。規格値は表1の式から簡単に計算出来ますから、本当の値と規格値の差を求めれ

ば補正係数が得られます。

既に述べましたように、正規化サイトアッテネーションは最初から厳密な理論があつて提案されたものではありません。したがいまして、非常にいい加減な補正係数が出されていました。1982年のSmithの論文の補正係数は考え方方が根本的に間違っています。それを用いた1988年版のANSI規格C63.4の補正係数も間違いました。このANSI規格がCISPRに提案された時、このことを日本が指摘しました結果、1991年版では修正されました。でも、この91年版の補正係数と今回の我が国の答申は違っております。

## ANSIの補正係数

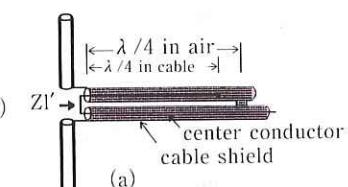
では、この91年版ANSI C63.4規格の補正係数がどのようにして求められたかを御説明致します。

既に述べましたように、測定場の伝搬損失やアンテナ係数は、図4(b)の等価インピーダンス $Z_s'$ 、 $Z_0'$ に依存します。もちろん、ダイポール・アンテナやバイコニカル・アンテナなどのアンテナの基本構造に依存しますが、その他に等価インピーダンスにも影響されます。すなわち、アンテナ・エレメント間の隙間から見たバラン等のインピーダンスに影響されます。ところが、これまでサイトアッテネーションの厳密な理論が無かったため、この等価インピーダンスに余り注意が払われませんでした。

例えば、ANSI/C63.4の1991年版、今皆さんお持ちのANSI規格ですが、これと大略同じものがCISPRに去年提案になっておりますが、この規格の補正係数は図9(a)のような半波長共振ダイポール・アンテナに

### ① ANSI, CISPR案の補正係数

Robert's Dipole Antennaを仮定  
 $Z_1' = 49 \sim 96 \Omega$   
 (周波数依存)



### ② 電気通信技術審議会の答申の補正係数

様々なバランを考慮して、平均化した値：

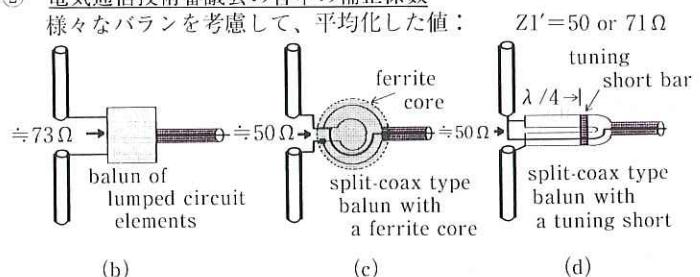


図9 EMIアンテナの各種バラン

ついて計算されたものです。このアンテナは、米国のコンプライアンス・デザイン・コーポレイツという会社から、ロバーツアンテナの商標で売られています。特長はバランに有りまして、FCCに在職していたロバーツと言う人が30年以上前に発表したもので、ロバーツ・バランと呼ばれています。共振及び反共振を用いて幾分広帯域を図っていますが、後で述べますが、現在広く用いられているバランに比べると狭帯域で不便です。このアンテナをご存知の方は殆どいらっしゃらないと思いますが、それぐらい我が国では珍しいアンテナです。ヨーロッパでも使われていないと思います。主に米国だけで、昔から FCC の基準アンテナとして使用されているようですが、一般には余り使用されていないようです。極めて特殊なアンテナです。表 2 に示す ANSI 規格の補正係数は、このアンテナの使用を仮定して数値計算した結果です。

表 2 ANSI/C63.4 規格の補正係数

ANSI C63.4-1991

Table 4  
Mutual Impedance Correction  
Factors ( $\Delta F_{\text{TOT}}$ ) for Geometry Using Two  
Resonant Tunable Dipoles Spaced 3m Apart

$f_M$ MHz	$\Delta F_{\text{TOT}}$	
	Horizontal Pol $R = 3\text{m}$ $h_1 = 2\text{m}$ $h_2 = 1 \text{ to } 4\text{m Scan}$	Vertical Pol $R = 3\text{m}$ $h_1 = 2.75\text{m}$ $h_2 = (\text{see Table 3})$
30	3.1	2.9
35	4.0	2.6
40	4.1	2.1
45	3.3	1.6
50	2.8	1.5
60	1.0	2.0
70	-0.4	1.5
80	-1.0	0.9
90	-1.0	0.7
100	-1.2	0.1
120	-0.4	-0.2
125	-0.2	-0.2
140	-0.1	0.2
150	-0.9	0.4
160	-1.5	0.5
175	-1.8	-0.2
180	-1.0	-0.4

### 我国の補正係数

ロバーツ・バランは殆ど利用されていないバランですが、図 9(b)～(d)のバランは我国で広く使用されている EMI アンテナのバランです。(b)は LCR の回路部品で構成されたバランで、アンテナに対して約  $73\Omega$  を呈するように設計されています。(c)と(d)は分岐導体を用いたバランで、対称性によって不平衡電流を阻止しま

す。特に、(c)はフェライト・コアを用いて並列インピーダンスを高め、広帯域特性を確保し、アンテナに対して約  $50\Omega$  の負荷になっています。一方、(d)は 4 分の 1 波長の短絡板を用いてインピーダンスを上げていますが、基本的に共振型バランであるため狭帯域で、アンテナに対して約  $50\Omega$  の負荷を呈しています。なお、浮遊容量などの影響もあるため、実際のインピーダンス値はこれらの抵抗値よりも低くなっている可能性があります。このように、通常の EMI アンテナでは、アンテナ・エレメントに対して大体  $73\Omega$  から  $50\Omega$  程度の負荷になっています。すなわち、等価インピーダンスは  $73\sim50\Omega$  程度です。

厳密に言いますと、正規化サイトアッテネーションの補正係数は等価インピーダンスによって異なりますから、使用するアンテナによって違った補正係数を用いなければならないことになります。しかしながら、非常に数多くのアンテナが使用されていますから、アンテナ一本一本毎に補正係数を計算する事は不可能です。また、個々のアンテナの等価インピーダンスを実測する事も不可能です。したがいまして、今回の電気通信技術審議会の答申では、等価インピーダンスが  $70\Omega$  系と  $50\Omega$  系の半波長共振ダイポール・アンテナの補正係数をそれぞれ理論的に計算し、その平均値を求めて最終的な補正係数とし答申致しました。表 2 の ANSI の補正係数と比較して戴ければお判りだと思いますが、計算の元になるダイポール・アンテナのバランが異なりますから、日本と ANSI の補正係数は最大で約  $0.8\text{dB}$  違います。また、日本の答申では、測定距離 3 m の外に、10m、30m についても補正係数を提示しております。これは既に説明致しましたように、ダイポール・アンテナの場合はアンテナ係数に地上高依存性が有るためです。

現在、CISPR では ANSI の補正係数を審議致しております。日本は反対しておりますが、本日説明いたしました本質的なことを理解できる専門家が少なく、また各国の関心も今一つなので、ANSI 規格に押し切られそうな状況です。1dB の違いは測定誤差の内だ、との意見もありますが、 $0.5\text{dB}$  でも許容範囲を越えれば測定場は不合格になるわけですから、出来るだけ正しい補正係数を示すべきと考えています。ANSI の補正係数はロバーツアンテナを利用する場合は最適ですが、皆さん方の EMI 用ダイポール・アンテナには不向きと思います。また、ANSI 規格には示されていま

せんが、測定距離 10m、30m にも補正係数は必要です。

## 補正係数の比較

では、補正係数によってどれくらい結果が違うかを、例を示してご説明致します。

図10は、各測定距離で水平・垂直偏波について正規化サイトアッテネーションを実測した結果です。測定場でダイポール・アンテナを用いて伝搬損失を測り、その値から送受アンテナのアンテナ係数を差し引いて正規化サイトアッテネーションの実測値を求め、更に補正係数を引いて規格値との差  $\epsilon$  を示したものです。すなわち、

$$\epsilon = (\text{正規化サイトアッテネーションの実測値} - \text{補正係数}) - \text{規格値}$$

です。補正係数としては、自由空間でのアンテナ係数を用いた場合の審議会答申値と CISPR (ANSI) 値を用い、その結果をそれぞれ太い実線と中太の実線で示しています。測定には、特性が相当良いと思われている測定場を用いました。なお、測定距離 10m の図は、ドイツが CISPR に報告した測定データをもとに計算した結果です。規格値との差  $\epsilon$  が大きい場合、その理由が補正係数が不適当であったためなのか、または、測定場の特性が悪かったためなのかは判断できません。したがって、図には基本サイトアッテネーション

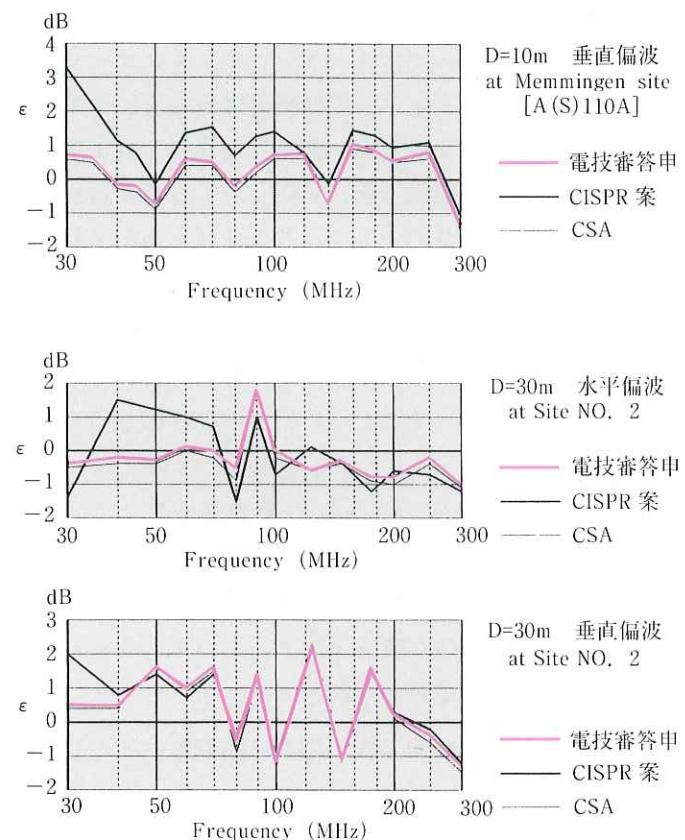


図10 正規化サイトアッテネーションの誤差  
(異なる補正係数による)

の結果も細い実線で示しております。すなわち、同じ伝搬損失のデータに基づいて基本サイトアッテネーションを計算し、これと理論値を比較して、その差  $\epsilon$  を示したものです。基本サイトアッテネーションは補正係数などを用いていませんから、誤差  $\epsilon$  は測定場の特性すなわち測定場が良いか悪いかを示していると考えられます。したがって、図の正規化サイトアッテネーションの誤差は基本サイトアッテネーションの誤差と出来るだけ一致している事が望ましいわけです。このことから、CISPR で現在審議している補正係数より、我国の補正係数が適していることがご理解頂けると思います。また、測定距離 10m や 30m の場合にも補正係数が必要な事がお分かりと思います。まとめますと、今回の電技審答申の補正係数は、ANSI C63.4 とか CISPR の案とは異なっております。CISPR の補正係数は、ロバーツアンテナを使う場合には良いと思いますが、皆さんが使用されている通常のアンテナには不適当と考えます。

## アンテナの較正

EMI 測定やサイトアッテネーションの測定には、使

用アンテナのアンテナ係数が既知でなければなりません。手持ちのアンテナのアンテナ係数をどのようにして求めるかが問題ですが、自由空間における値を理論的に求めることも可能です。アンテナの取扱説明書に記載されているアンテナ係数の殆どが、このような理論的に求めた自由空間におけるアンテナ係数だと思います。しかし、個々のアンテナには製作上のバラツキなどがありますので、取扱説明書のアンテナ係数をそのまま利用するのは幾分危険と思います。出来るならば適正な較正機関によって、あるいは皆さん方がご自身でアンテナの較正を実施し、アンテナ係数を求めておいた方が安全と思います。この場合、金属大地面上で較正を行います。既に図8で説明致しましたように、アンテナの特性は大地反射波の影響を受けますから、較正によって得られたアンテナ係数も高さに依存します。このため今回の電技審答申では、正規化サイトアッテネーションの算出の際に地上高2mまたは3mのアンテナ係数を用いる場合の補正係数についても提示しております。

## 広帯域アンテナの使用

次に、正規化サイトアッテネーションの測定に広帯域アンテナを使用することについて、意見を述べさせて頂きます。EMI測定には、バイコニカル・アンテナや対数周期アンテナ（ログペリ）などの広帯域アンテナが一般に用いられています。既に説明しましたように、従来の基本サイトアッテネーションは、ダイポール・アンテナを使用する場合しか理論値が規定されていないため、広帯域アンテナが使用出来ず不便であるとの批判がありました。これを救済するために、広帯域アンテナも使用できる素晴らしい評価法として、正規化サイトアッテネーションが提案されました。したがいまして、正規化サイトアッテネーションは、最初からバイコニカル・アンテナやログペリ・アンテナの使用を想定致しております。また、ANSI規格やCISPRも図7で示しましたように、広帯域アンテナを考慮しております。さらに、広帯域アンテナを使用する場合は、ダイポール・アンテナと異なり、補正係数は要

らないと規定されています。

では、本当に広帯域アンテナの場合は補正係数が要らぬのか、という点が問題になります。理論上、正規化サイトアッテネーションでは、アンテナ係数に地上高依存性が有れば補正係数は必要になります。ただ、補正係数が小さければ実質的に不要です。例えば、EMI測定用のバイコニカル・アンテナの特性は、およそ70MHz以下ではアンテナ係数は高さによって余り変化しません。ただし、70MHz以上では半波長ダイポール・アンテナと同様な特性になり、アンテナ係数は地上高によって変化します。例えば、100MHzの場合は、図8のように2dB程度は変化します。したがいまして、バイコニカル・アンテナを用いて正規化サイトアッテネーションを測る場合は、70~80MHz以上では補正係数が必要になります。ダイポール・アンテナの場合から推測すると、補正係数は1dB以上になりますから許容範囲4dBに比べて無視できません。バイコニカル・アンテナの補正係数については現在研究中で、未だ正確な計算が出来ておりません。また、対数周期アンテナの特性についても研究中です。このため、今回の答申には含まれておりません。

以上、何かガチャガチャッと偉そうな話をしましたけれど、要は、正規化サイトアッテネーションにしても基本サイトアッテネーションにしても、規格が先に出て、その後、理論が出来たため混乱しているわけです。日本の研究がサイトアッテネーションの理論構築をしたわけですが、何しろ規格値が公表されてから文句を言っているわけですから、なかなか思うように行きません。理論が無くて、ただ頭ごなしに適当な計算をバンバンやって、それがそのまま規格に掲載されてきたというのは根本的な誤りでして、やはり理論に基づいて計算をやって行くという、正攻法をやらなかつた点が今日の混乱の原因になっていると思います。

これまで、測定場の適性評価法に関する電気通信技術審議会答申の内容及び背景の概略を説明致しました。日本の規格とCISPRやANSIの規格が何故違うかについてご理解頂ければ幸いです。どうも有り難うございました。

# 妨害波測定場に関する最新動向

(財)機械電子検査検定協会 理事

岡村 万春夫

岡村でございます。「妨害波測定場に関する最新動向」ということでお話しを申し上げたいと思います。

最新動向についてのお話しを申し上げる前に、実は、先週まで、アメリカのアナハイムで開催されておりました IEEE の EMC シンポジウムに出席しておりましたが、このシンポジュームの中で妨害波測定場について幾つか話題が出ております。まず最初に、着いたその日に、モトローラの技術屋が来まして、サイト・アッテネーションについて一体どう考えるべきかと話し掛けてきました。アメリカで、おそらく問題となっているのは、アンテナ較正係数についてかなり疑問があるということです。「全体として問題意識はあるんだけど」彼らが述べているのは、ANSI の C63.4 は単なる提案であり、修正する意思はあるんだというような話が伝わっております。その後、色々検討を行なっているようですが、先ほどの杉浦さんのお話のように、±4dB ならば、多少、アンテナ係数が違ったっていいじゃないのかという考え方があります。それから、最後の杉浦さんの話にあるように、ロバーツ・アンテナを前提として規格が作られているから問題ないのではないか、それでいいじゃないかと言う意見。ただ、ロバーツ・アンテナというのは、FCC のロバーツ氏が開発したパランを利用しているもので、同軸線路の寸法を 1/4 波長に設定しているために、その条件が狂うと平衡度、周波数帯域及びインピーダンスが変化すると言う欠点があると考えられます。まあ、これが標準アンテナとして国際規格に導入された時には、我が国でもサイトの確認のためにアンテナを変更しなければならないという問題がございます。それも確かにあるだろうというようなことでございますが、まあ、いろんな議論があります。その辺も含めてお話しできればというふうに考えております。

それから、先ほどの——ちょっと最初に一言お断りしておかなければならぬことは——、審議会の段階で、クラシカル・サイト・アッテネーションの採用に私が反対をして、いわゆるノルマライズド・サイト・

アッテネーションに持っていたといったという話、ちょっと誤解を招くといけないので、ここで説明しておきます。私が申し上げたのは、そういう意味ではなくて、方法論として、ノルマライズド・サイト・アッテネーションを前提とすればいいじゃないかと言う判断です。基本的には、先ほどの杉浦さんの説明にございましたように、クラシカル——彼は基本サイト・アッテネーションと訳したほうがいいと言っているわけですが——、基本サイト・アッテネーションだってノルマライズド・サイト・アッテネーションだって、ある条件でアンテナの係数が、正しければその値を引き算するだけで基本サイト・アッテネーションとノルマライズド・サイト・アッテネーションの可否を議論する程の問題ではないとの意見でした。ノルマライズド・サイト・アッテネーションに関して、アンテナ係数の問題、まあ、補正係数を加えた状態で、それを別枠で表に整理しておき、それを引き算すれば何等基本サイト・アッテネーションと異なる所はないのではないか。そうしたら、ノルマライズ・サイト・アッテネーションと基本サイト・アッテネーションの違いなんて、ないはずだというのが出発点でございまして、まあ、方法論を国際的なものに合わせておいて、係数だけをきちんと固定する。それから、その時点で補正の分らないものについては、これはやむを得ないんじゃないかな。これについては検討中とすればいいじゃないかというのが私の主張だったわけで、それだけ事前にお話ししておきたいと思っております。

## 妨害波測定場の評価法変遷

まず最初に、いわゆるサイト・アッテネーションの変遷というのをちょっと OHP に書いております。妨害波測定場の評価法の変遷というのは、実は 3 つに分かれています。当初は、送信及び受信アンテナ間の伝搬損失測定ということで、アンテナの特性は設置高にかかわらず不变であるという。先ほどのように、ア

ンテナの高さが変わると、給電点から見たインピーダンスも変わると言う事実を考慮していなかったものでございます。

それから、受信点の電界は遠方界と想定する。これも仮定の話で、この2つの想定をした上で、IECのパブリケーションの106、FM受信機及びTV受信機の不要輻射の試験法が作られております。これが、1959年、1962年、1974年版で、CISPRの版で言いますと1975年度版です。その後、1983年にIECのパブリケーション106が改訂されております。更に、CISPRのパブリケーションの13、IECの106対応している内容でございますが、1975年に、既にお話しいたしましたような前提を用いて放射測定サイトの適性評価を実施すべきであると決めておりました。

それから、その次に出てきましたのが、実は、既知の特性を持ったアンテナ、即ち、ダイポール・アンテナを利用したアンテナ込みの伝搬損失の測定が出てまいります。これは、当時、東京でCISPR総会を開催した時でした。この時に、当時の郵政省電波研究所の川名さんとか、宮島さんが出した寄与文書があります。その寄与文書を基にしてCISPR13の改訂を要求したわけですが、このときに、イタリアのナノさんとか、多くの関係者がこれに関して論文を書いております。この基本的な考え方は、近接して配置された幾つかのアンテナ素子の1つに無線周波エネルギーを供給したときに、他方のアンテナに誘導する開放電圧との間ではインピーダンスを介して相互に関係するという基本的な考え方が導入されております。このような考え方方が認められ、パブリケーションの修正が行われまして、CISPRのパブリケーション13のアマンドメントNo.1、1983年が発行され現在に至っております。

この後、何人かの方が、これを修正した形で論文を書いております。その後、現在問題となっている放射測定サイトの評価のために、送信及び受信アンテナの給電点間の伝搬損失値から判断するということで、使用した送信及び受信アンテナのアンテナ係数を引き算しようとする結論になりました。これは、やはり自動計測を、より可能とするために任意の広帯域アンテナの利用を前提として、電界強度測定値からアンテナ係数を差し引く方法。まあ、単純に言うとそういうことになります。で、これが出てまいりまして、今のようなになっているわけでございますが、ANSIのC63.4の1991年、それからCISPR A小委員会の提案、それから

電気通信技術審議会の第4分科会の答申というのがあります。これは、それぞれ、補正する係数は違っておりますが、基本的な考え方は送信及び受信の二つのアンテナ係数を引算するという考え方になっております。

この中には、幾つかの問題が含まれております。まず、アンテナの給電点から見たインピーダンスがアンテナ係数を引き算するという考え方になっております。で、きちんと考慮されているか、考慮されていないかの議論でございます。多少、中身が違っているわけですが、CISPRのA小委員会が提案している内容はANSIのC63.4と中身が同じですから、区別をせずに考えるとして、このOHPにございますように電通技審の第4分科会の審議方針は更にそれを明確にしたということでございます。

これが変遷でございまして、確かに、ここで最終的に審議会の第4分科会の答申というのは、先ほどのアンテナと言う、電界の場から電圧を取り出す一種のメジャー・ガップの問題であるとか、あらゆる問題を全部込みにして考えた結果、我々も、いろいろ実験をやったわけですが、まあ、先ほどの3アンテナ法も、いろいろ問題、例えば、理想的なサイトで校正すること、アンテナ係数として求めようとする未知数が6つあること等の問題が介在しておりますが、それに色々理論的な修正を加えることによって、アンテナ係数を求め、第4分科会の答申に記述のある補正係数をきちんと加えていきますと、かなりの精度でもって、よく一致するということが判明しております。但し、注意を要する問題は、上記のような修正を加えない場合には、この3アンテナ法は単なる置換法であると理解しておく必要があります。理想的なサイトでアンテナ係数を求めておき、この条件を別のサイトに持込むだけとの見方もできるわけでございます。

一応、こういう変遷を経たわけですが、その中身を少し詳しくお話ししていきたいと思います。

## 妨害波測定場の規格改訂

まず、妨害波測定場の規格の改訂ということです。先ほどから出ておりますように、CISPRの審議も最終段階にきておりますし、ANSI C63.4も最終結論として出されております。勿論、必要に応じて改訂がなされるとのことです。また、審議会の諮問3号の問題もあります。CISPRパブリケーション16の改訂といふ

のは、今、作業が行われています CISPR 16、第 1 章、16 節がこれにあたるわけです。これに関して、補正係数の修正問題があり、日本とドイツ及び米国の提案している補正係数値が違っていると言う現実があります。したがって、それではどうするのかということですが、この A 小委員会の作業班の議長をやっておりましすのは、アメリカの FCC のウォールでございまして、この問題について結論を下すには議長自身も自身がないとのことあります。したがって、日本とドイツ及び米国が最終調整をしてほしいということで、議事録にも「これら三ヶ国が文書により補正值についての調整を行なうように」と書かれております。即ち、手紙でやりとりをして、しかも、なぜこういう係数が出てきたかというのを、お互いに話し合って下さいと言うことです。最終的に調整をしましょうということになったわけでございます。当時、ベルリンで行われた会議の後に、まあ、彼と話をする機会があったんですが、アメリカでも、補正值に関する提案が出ているので、お互いにどうしてこういう数値になったかというのを、関係式を説明した上で納得をして、一本化してほしいということでございました。そうしないとまとめりがつかない。ドイツからは明確な根拠は出ておりませんが、日本からは、杉浦さんが書いた寄与文書が A 小委員会の方に提出されております。さらに、それに基づいて、最近出ております EMC の関連雑誌「テスト・アンド・デザイン」の記事の中でも、ベネットがこの概念を導入して、サイト・アッテネーションについては、このように考えるべきであると言う記事を書いております。

先ほど申し上げましたように、アメリカでは、それじゃ、どうするかということで、どうも、補正係数が違っているというのは、みんな、理解はし始めているけれども、どうすればうまく調整ができるか、わからないというような見方がある一方、先ほど、最後にあったように、ロバーツ・バランを使った条件で較正値を算出するというやり方でもって、最終結論を下すという動きもあるようです。今度の 9 月の CISPR 会議でもう 1 回、最終調整を図るのだろうと思います。

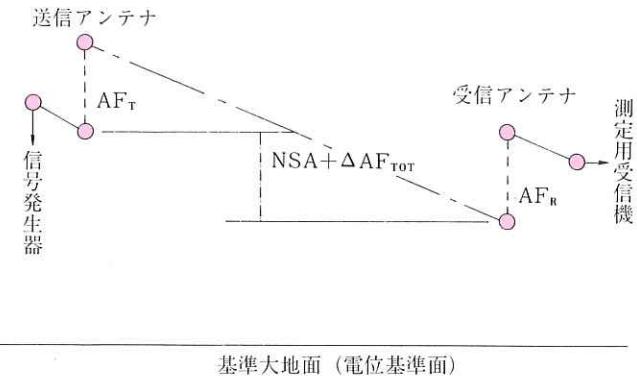
それから、ANSI C63.4 の改訂につきましては、これは ANSI の規格の内の C63.4 の 1991 年度版と、修正版 SH13896 を FCC が取り入れるということになっています。この段階では FCC はどう判断しているかと申しますと、補正係数に関する処理を行わずに――

まあ、ここで問題になっている処理を行わないで――、そのまま、一応、FCC が C63.4 を使うということになつております。ただし、今後修正が行われた場合には、FCC は自動的に規則の修正を行うということで、もしこの内容で問題があつて、というか、CISPR が補正值の修正を行ない、1 つの補正係数が承認された時点では、ANSI の改訂を自動的に受け入れますと言うことでございます。いわゆる規則作成提案の告示などは行わずに、FCC の技術科学局の局長に最終的に付与された権限に基づいて修正しますという言い方を、一応はしております。ただ、ここのアメリカの中での決着がまだついていないのが現状でございますので、今後、注目していかなければならぬものと思います。

それから、諮問第 3 号、今回、第 4 分科会で行われました放射妨害波測定用野外試験場の技術的条件についての答申。それは、最初に、菊池課長がお話ししましたように、規格の内容の改訂ということに多分つながると考えております。ただ、CISPR の改訂の動きを見ながらということですが、この答申は、CISPR の勧告規格を検討の上、最も現実的な理論値を答申するために補正係数の修正を行なった上で答申したということでございます。

いわゆる、ミューチャル・カップリングの概念は既に導入されておるわけですが、1 つは、アンテナの高さを変えたときにアンテナ係数がどうなるか。いわゆる、理論的に計算できるようなアンテナであればいいわけですが、それ以外のアンテナも一般に使われているので、答申の中では、きちんとした、理論に乗っかるアンテナを使って、基本的に計算をして補正をしますということで答申がなされているということでございます。

それから、一般に、それじゃ、ノルマライズド・サイト・アッテネーションというのはどういう考え方かというのを、ダイヤグラムで書いてみたわけです。結局、問題は、ノルマライズド・サイト・アッテネーションを採用するときに、まあ、この図は粗いんですけれども、――この部分がアンテナ・ファクタ、係数――。送信アンテナの係数と受信アンテナの係数。それから、この間が、空間における伝搬損失、それから受信系及び送信系に使用されている同軸ケーブルの損失が考えられます。ここに、先ほどの基準大地面があります。これは電位の基準面です。電位の基準面であると同時に一定の反射係数を得ることを目的としてお



ります。それで、基本サイト・アッテネーションでは、アンテナが、結局、同調ダイポールアンテナなら同調ダイポール・アンテナとして、きちんと計算できるという前提——杉浦さんが一番最初に言ったクラシカル・サイト・アッテネーションの場合には——、理論が完璧ですという、まあ、完璧かどうかわかりませんけれども、一応完璧だということで、その部分がはっきりしております。ある周波数での直接波と反射波の位相が同相となる受信アンテナ高を見つけ出して測定する。そのときのアンテナの高さがどの程度なのか、アンテナ係数は幾つになるのか。それから、距離が、例えば3mなら、3mのときにミューチャル・カップリングの値がどうであるかということをきちんと計算しておいておけば、最終回答が得られるということで、測定方法ができ上がったわけですが、今度は、いわゆる自動的に計測を実施する場合には、色々な種類の広帯域アンテナが欠かせないと言うことで、いろいろなアンテナが使われます。そのときには、アンテナ係数というものがアンテナ毎に異なっていることから、この測定に利用したアンテナのアンテナ係数を差引けばいいんだろうという……。ですから、ここがノルマライズド・サイト・アッテネーションと、それに対する補正値になるわけですが、いわゆる、この分だけやるために、そのわからない部分を引くわけですが、わからないものを引くときに、じゃ、はっきりした理論上の理屈があればいいわけですが、それが明確ではないとすると測定誤差が大きくなる。2倍——同じアンテナを使ったと想定して、一つのアンテナ係数の2倍を引くわけですから——、その部分に誤差があると、かなり狂ってくるということの危惧がありまして、問題意識が出てきたということでございます。

しかし、先ほど申し上げましたように、ノルマライズド・サイト・アッテネーションでも、クラシカル・サイト・アッテネーションでも、アンテナの設置位置

でのアンテナ係数がはっきりわかっているのであれば、別に問題はなかろうという考え方からいうと、この部分がはっきりわかっていれば、一応、このノルマライズド・サイト・アッテネーションを導入しておいて、それで、こういうふうな条件下におけるアンテナ係数が分っているのであれば、それでいいんじゃないかという考え方があるわけです。一応、測定法というか、評価の基本的な考え方は全く同じでございます。ただ、わからないものについては今後検討を実施すればよいということで、ここに書いてございますように、アンテナ係数はアンテナの設置高により変化してしまう。この問題をどう解決するかとの問題を提起しているわけでございます。

それから、アンテナの指向特性は入射角により違う。いわゆるアンテナを、例えば、この確認方法では、最大値を求めるためにアンテナの高さを変えるわけでございます。変えたときにパターンが違ってしまうので、そのときの違いをどう処理するか？それから、測定毎にアンテナ高は違うんで、いわゆる、直接波と反射波の同相の高さを探して、最大値をとるわけでございますから、測定毎にアンテナ高が違うので、当然、アンテナ係数は違ってくるということございます。ただし、種々の条件でアンテナ係数の算出が可能ならば、それでもいいんじゃないかと判断しております。ということは、高さが違った場合、またミューチャル・カップリングも、そのときに算出が可能ならば、それを使って引き算をすればいいという考え方もございまして、もしそれがわかるなら、事前に、とにかく測定でわかってもいいし、理論的な算出値でも、どちらでもいいわけですが、それがわかるならば、そのアンテナを導入して、ノルマライズド・サイト・アッテネーションの測定が可能ではないですかということでございます。ただ、今のところ、それがわからないのであれば、わからないものを引き算するわけにはいかないので、その部分については、一応、検討中——わかるまで検討中としようということでございます——。

## NSA の導入

その次に出ているのは、やはりノルマライズド・サイト・アッテネーションの導入でございまして、ここに書いてある電気通信技術審議会の答申による評価方法は正規化サイトアッテネーションであると言うこと

を明確にしておきたいと思います。1つは、アンテナ係数の分ったアンテナを使って、先ほどから、何回かくどいようですけれども、ある数値を引くということで、同調ダイポール・アンテナというふうな言い方をしたわけでございますが、これは、いわゆる杉浦さんの言う基本サイト・アッテネーションと同じということで、ノルマライズド・サイト・アッテネーションではないかという意見もあるわけです。しかしこれは間違いでございまして、この考え方は正規化サイト・アッテネーションでございます。

アンテナ係数の変化による補正が必要であることから、アンテナ係数を算出できるアンテナを利用してモデル化を図っているだけで、このアンテナ係数を算出できるアンテナを利用してということだけでございます。したがって、あらゆる条件でのアンテナ係数を算出できれば、任意のアンテナを使用することも可能であると言えます。先ほど申しましたように、そこで補正值が出るのであれば、算出または測定——測定というのは、高さを変える部分も含めてということでございますが——、そういうものが決定できるならば、ど

のようなアンテナを使っても同じであると理解することができます。

その後に、蛇足ですけど、正しい値は1つで、理論値が異なると測定値との偏差を吸収する場所がないのではないかということでございます。まあ、統計的に、真値の両端に測定値がばらついてくるわけでございますから、いずれにしても、真値をきちんとして、理論値がきちんとなりません。それから出た誤差を吸収する場所がなくなってしまうわけでございます。吸収する場所がないということは、許容しているプラスマイナスを——まあ、仮に4dBとして——、4dBの許容範囲をはずれる可能性があることから、真値というのはきちんと、理論値から求めておかなければならぬということでございます。

それから、もう1つは、国際規格との整合化の問題でございます。ここではあくまでも単に使用するアンテナに制約があるだけあって、この問題については、国内委員会として CISPR に修正提案を提出済みであるということを書いてございます。ここのところでは、使用するアンテナというのは、表1～5に補正

表1 正規化サイトアッテネーション

偏 波	水 平	偏 波	波
測 定 距 離	3m	10m	30m
送 信 高 $h_1$	2m	2m	2m
受 信 高 $h_2$	1～4m	1～4m	2～6m
周 波 数 $f_M$	NSA $A_N$ (dB)		
30MHz	11.0	24.1	38.4
35	8.8	21.6	35.8
40	7.0	19.4	33.5
45	5.5	17.5	31.5
50	4.2	15.9	29.7
60	2.2	13.1	26.7
70	0.6	10.9	24.1
80	- 0.7	9.2	21.9
90	- 1.8	7.8	20.1
100	- 2.8	6.7	18.4
120	- 4.4	5.0	15.7
140	- 5.8	3.5	13.6
160	- 6.7	2.3	11.9
180	- 7.2	1.2	10.6
200	- 8.4	0.3	9.7
250	-10.6	- 1.7	7.7
300	-12.3	- 3.3	6.1
400	-14.9	- 5.8	3.5
500	-16.7	- 7.6	1.6
600	-18.3	- 9.3	0
700	-19.7	- 10.6	-1.3
800	-20.8	- 11.8	-2.4
900	-21.8	- 12.9	-3.5
1000	-22.7	- 13.8	-4.4

この表に示す理想的な試験場に対する NSA 理論値と測定した NSA を比較するためには、補正值△NSA(表3～5及び図3～20参照)を、測定した NSA から差し引かなければならない。

(平成四年度電気通信技術審議会答申(諮問第三号、平成4年5月25日)より抜粋)

表2 正規化サイトアッテネーション

周 波 数 $f_M$ (MHz)	垂 直 偏 波		偏 波		波	
	測定距離 R=3m		測定距離 R=10m		測定距離 R=30m	
	送信高 $h_1=2.75m$	$h_2(m)$	送信高 $h_1=2.75m$	$h_2(m)$	送信高 $h_1=2.75m$	$A_N(dB)$
30	2.75~4	12.4	2.75~4	18.8	2.75~6	26.3
	2.39~4	11.3	2.39~4	17.4	2.39~6	24.9
	2.13~4	10.4	2.13~4	16.2	2.13~6	23.8
	1.92~4	9.5	1.92~4	15.1	2~6	22.8
	1.75~4	8.4	1.75~4	14.2	2~6	21.9
60	1.50~4	6.3	1.50~4	12.6	2~6	20.4
	1.32~4	4.4	1.32~4	11.3	2~6	19.1
	1.19~4	2.8	1.19~4	10.2	2~6	18.0
	1.08~4	1.5	1.08~4	9.2	2~6	17.1
	1~4	0.6	1~4	8.4	2~6	16.3
120	1~4	-0.7	1~4	7.5	2~6	15.0
	1~4	-1.5	1~4	5.5	2~6	14.1
	1~4	-3.1	1~4	3.9	2~6	13.3
	1~4	-4.5	1~4	2.7	2~6	12.8
	1~4	-5.4	1~4	1.6	2~6	12.5
250	1~4	-7.0	1~4	-0.6	2~6	8.6
	1~4	-8.9	1~4	-2.3	2~6	6.5
	1~4	-11.4	1~4	-4.9	2~6	3.8
	1~4	-13.4	1~4	-6.9	2~6	1.8
600	1~4	-14.9	1~4	-8.4	2~6	0.2
	1~4	-16.3	1~4	-9.7	2~6	-1.2
	1~4	-17.4	1~4	-10.9	2~6	-2.4
	1~4	-18.5	1~4	-12.0	2~6	-3.3
	1~4	-19.4	1~4	-13.0	2~6	-4.2

この表に示す理想的な試験場に対する NSA 理論値と測定した NSA を比較するためには、補正值△NSA (表3～5 及び図3～20参照) を、測定した NSA から差し引かなければならない。

(平成四年度電気通信技術審議会答申 (諮問第三号、平成4年5月25日) より抜粋)

表3 補 正 値 ( $\triangle$ NSA)-1

同調ダイポールのアンテナ係数に自由空間における値を用いた場合の補正值

測 定 距 離	補 正		係 数			
	R=3m		R=10m		R=30m	
	周 波 数 (MHz)	水平偏波 $h_1=2m$ $h_2=1\sim4m$	垂直偏波 $h_1=2.75m$ $h_2=1\sim4m$	水平偏波 $h_1=2m$ $h_2=1\sim4m$	垂直偏波 $h_1=2.75m$ $h_2=1\sim4m$	水平偏波 $h_1=2m$ $h_2=2\sim6m$
30	3.9	3.4	1.8	2.6	-1.0	1.5
	4.1	2.5	1.5	1.5	0.4	0.9
	3.6	1.6	0.8	1.3	1.8	0.3
	2.8	1.1	0.7	1.0	2.1	0.0
	2.2	0.9	1.0	0.6	1.5	-0.2
60	0.7	1.4	1.5	0.8	0.9	-0.3
	-0.7	1.5	0.8	1.0	0.7	-0.2
	-1.1	1.3	-1.1	0.9	-1.0	-0.1
	-0.8	1.0	-1.4	0.9	-0.8	0.0
	-0.7	0.7	-1.1	0.7	-0.7	0.1
120	-0.1	0.1	0.2	0.1	0.8	0.1
	0.2	0.2	0.3	0.1	0.7	0.1
	0.3	0.4	0.0	0.6	0.4	0.0
	-0.4	0.6	-0.4	0.5	-0.1	0.0
160	-1.2	0.6	-0.9	0.4	-0.6	0.0
	-1.3	0.4	-0.8	0.4	-0.4	0.1
	-0.9	0.4	-0.6	0.4	-0.4	0.1
	0.3	0.4	0.0	0.4	0.2	0.1
	-0.2	0.5	-0.7	0.3	-0.5	0.2
	0.2	0.3	-0.4	0.3	-0.2	0.1

1) 垂直偏波の場合、測定アンテナの低い方の先端は地上から 25cm 以上高く設定する。

2) 上記の表で、 $h_1$  は送信用アンテナ、 $h_2$  は測定用アンテナの中心の地上高を示す。

(平成四年度電気通信技術審議会答申 (諮問第三号、平成4年5月25日) より抜粋)

表4 補 正 値 ( $\triangle NSA$ ) -2

同調ダイポールのアンテナ係数に地上高2mにおける値を用いた場合の補正値

測定距離		補正係數					
周波数(MHz)		R=3m		R=10m		R=30m	
		水平偏波 $h_1 = 2\text{m}$ $h_2 = 1\sim 4\text{m}$	垂直偏波 $h_1 = 2.75\text{m}$ $h_2 = 1\sim 4\text{m}$	水平偏波 $h_1 = 2\text{m}$ $h_2 = 1\sim 4\text{m}$	垂直偏波 $h_1 = 2.75\text{m}$ $h_2 = 1\sim 4\text{m}$	水平偏波 $h_1 = 2\text{m}$ $h_2 = 2\sim 6\text{m}$	垂直偏波 $h_1 = 2.75\text{m}$ $h_2 = 2\sim 6\text{m}$
30	4.0	3.5		1.8	2.6	-0.9	1.6
	2.7	1.1		0.1	0.2	-1.0	-0.5
	1.3	-0.7		-1.6	-1.0	-0.6	-2.0
	0.0	-1.8		-2.1	-1.9	-0.8	-2.9
	-0.8	-2.1		-2.0	-2.4	-1.5	-3.2
60	-1.5	-0.9		-0.8	-1.5	-1.4	-2.6
	-1.3	0.9		0.2	0.4	0.1	-0.8
	0.2	2.5		0.2	2.2	0.3	1.2
	1.3	3.1		0.7	2.9	1.3	2.1
	0.7	2.0		0.3	2.1	0.7	1.5
120	-1.2	-1.0		-0.9	-0.9	-0.3	-0.9
	-1.1	-1.1		-1.1	-1.2	-0.7	-1.2
	-0.5	-0.4		-0.8	-0.3	-0.4	-0.8
	-0.3	0.7		-0.3	0.6	0.1	0.1
160	-0.3	1.5		0.1	1.3	0.3	0.9
	-0.5	1.3		0.0	1.2	0.4	0.9
	-0.4	0.9		-0.1	0.9	0.1	0.6
	-0.5	-0.4		-0.8	-0.5	-0.6	-0.7
	0.4	1.1		-0.1	0.9	0.2	0.8
	0.3	0.4		-0.4	0.3	-0.1	0.2

1) 垂直偏波の場合、測定アンテナの低い方の先端は地上から25cm以上高く設定する。

2) 上記の表で、 $h_1$ は送信用アンテナ、 $h_2$ は測定用アンテナの中心の地上高を示す。

(平成四年度電気通信技術審議会答申(諮詢第三号、平成4年5月25日)より抜粋)

表5 補 正 値 ( $\triangle NSA$ ) -3

同調ダイポールのアンテナ係数に地上高3mにおける値を用いた場合の補正値

測定距離		補正係數					
周波数(MHz)		R=3m		R=10m		R=30m	
		水平偏波 $h_1 = 2\text{m}$ $h_2 = 1\sim 4\text{m}$	垂直偏波 $h_1 = 2.75\text{m}$ $h_2 = 1\sim 4\text{m}$	水平偏波 $h_1 = 2\text{m}$ $h_2 = 1\sim 4\text{m}$	垂直偏波 $h_1 = 2.75\text{m}$ $h_2 = 1\sim 4\text{m}$	水平偏波 $h_1 = 2\text{m}$ $h_2 = 2\sim 6\text{m}$	垂直偏波 $h_1 = 2.75\text{m}$ $h_2 = 2\sim 6\text{m}$
30	1.0	0.5		-1.1	-0.3	-3.9	-1.4
	1.1	-0.5		-1.5	-1.4	-2.6	-2.1
	1.3	-0.6		-1.5	-0.9	-0.5	-1.9
	1.7	0.0		-0.4	-0.1	1.0	-1.1
	2.6	1.3		1.4	1.0	1.9	0.1
60	2.8	3.4		3.6	2.9	3.0	1.8
	0.1	2.2		1.5	1.7	1.4	0.5
	-2.1	0.2		-2.1	-0.1	-2.0	-1.1
	-2.0	-0.2		-2.6	-0.3	-2.0	-1.1
	-0.6	0.8		-1.0	0.8	-0.6	0.2
120	0.4	0.6		0.7	0.6	1.3	0.6
	0.1	0.0		0.1	0.0	0.5	0.0
	-0.5	-0.3		-0.8	-0.2	-0.3	-0.7
	-0.4	0.6		-0.4	0.5	0.0	0.0
160	-0.5	1.3		-0.1	1.2	0.2	0.7
	-1.4	0.3		-0.9	0.3	-0.5	0.0
	-1.4	0.0		-1.1	0.0	-0.8	-0.4
	0.3	0.5		0.0	0.4	0.3	0.1
	-0.2	0.5		-0.7	0.3	-0.4	0.2
	0.2	0.4		-0.4	0.3	-0.2	0.2

1) 垂直偏波の場合、測定アンテナの低い方の先端は地上から25cm以上高く設定する。

2) 上記の表で、 $h_1$ は送信用アンテナ、 $h_2$ は測定用アンテナの中心の地上高を示す。

(平成四年度電気通信技術審議会答申(諮詢第三号、平成4年5月25日)より抜粋)

係数が書いてございます。表3から、いわゆる、アンテナを較正したときの、アンテナ係数を決定したときのアンテナ高の違いによるアンテナ係数値が、例えばヨーロッパのように、理論的に算出して、自由空間でアンテナ係数がついている場合も、当然、あるわけございます。この場合には、この値を使いましょうと親切に説明が付けられております。

具体的には、アンテナを較正したときに、地上高2mで較正したときにはどんな補正係数が必要か。それから、その次には、3mの高さで較正したとき、と非常に丁寧なんです。というのは、もともと、アンテナ係数といわれますもの、アンテナをお買いになるときにメーカーさんがつけてきた値というのは、それぞれ異なっているかと思います。当方は3mの高さのところで較正とか、2mで較正しましたとか、または自由空間値ですという言い方があるかもしれません。そのときのために、いわゆるサイト・アッテネーションを測定するときに、使用するアンテナのアンテナ係数がどういう状態でつけられているかに関して、サイト・アッテネーションというのはそれぞれ違いますよという数値がここに記載されているわけでございます。

先週のIEEEのEMCシンポジュームが開催された時に、カナダの試験機関の人紹介されました。話しているうちに、よく考えてみると、アンテナ係数の定義がどこかで狂っていることに気付きました。まあ、彼は、アンテナ係数を自由空間で定義すると言う前提で話をしておりましたので、自由空間というのは、大変でしょうと言ったのですが、彼らは、アンテナを高いところへ持ち上げて、それで較正する。いわゆる、直接伝搬の経路よりも反射経路のほうが非常に長くなれば、反射波の成分は無視できるということで、アンテナを高い位置において較正する。即ち、自由空間で較正すると申しております。ただ、現実には、非常に不可能に近い問題であります。それに対して、まあ、文句は言えないわけなので、一応、これは補正係数として同調ダイポール・アンテナ係数の表に自由空間で定義したアンテナ係数に対する補正係数が記入されているわけでございます。

ですから、皆様、お買いになったアンテナをお使いになる時に、そのアンテナ係数がどういう条件で較正されているかを確認した上で、このそれぞれの係数をお使いになるようお勧め申し上げます。

それから、もう1つは、先ほど、杉浦さんから、3

アンテナ法は間違いであるという大変ドラスティクなお話があったようですが、確かにこのご意見は、例えば、最大値を求めるために、アンテナの高さを変化しなければならない。そうすると、アンテナのインピーダンスは変化するはずでございます。また、この校正方法では、送信アンテナと受信アンテナの高さが違っているにも拘らず、アンテナ係数が同じ値であるとして計算している問題もあります。そういう条件がANSIの規格の中は明確になっていないので、これだけではだめだと判断しているためであると思います。単に杉浦さんの説明が不足しているだけです。したがって、そういう条件がきちんとした上で、3アンテナ法でアンテナを較正をして、規定の高さにおけるアンテナ係数として補正して、きちんとお使いになれば、かなり正確なアンテナ係数が得られるものと判断しております。ただ、今のANSIの説明では不足であるということでございます。

このようにして、いわゆる、実際に理論上明確になっていないアンテナを使ったのでは正確な理論値が得られませんので、答申の段階では、使用するアンテナに制約を課しただけで、あとは、だめですというのではなくて、「現在検討中として」と答申書に記載されたわけでございます。

それから、同様に、この問題は、先ほどの話のように、国内で違うという議論があるといけないということで、当然のこととして、国内委員会としてはCISRに修正提案を出してあります。この修正提案をもとにして、各国がもう1回検討してくれることを希望しております。アメリカの意向はある程度明確でございますが、ヨーロッパでのリアクションというのは、まだ明確に出てきておりません。いずれにしても、ここで言っている、正しい値は1つしかないわけでございますから、ほかの理論値を使った場合に、測定誤差分を吸収できなくなる問題が当然あるわけでございますので、その辺は最終的に理解が得られるものと信じております。

## NSA導入及び主要変更箇所、FCC規則による

それから、次に、ノルマライズド・サイト・アッテネーションの導入及び主要変更箇所、FCC規則によると書いてございます。一番大きな問題というのは、金

属大地面の構成でございます。これ、電気的につぎ目のない同一面形式の回転台を設置する、使用することと言っておりまして、今、大部分の試験所で使用されている設備では、回転台が高くなっているという構造上の問題がありますが、これは同一面上で——電気的に接触していることという言い方は前からあったわけでございますけれども——、今度のFCC規則の改訂では、大きな変更箇所があると申し上げることができます。したがって、その分の改造期間が必要でしょうということで、その間の改造期間を見込んでおります。1994年5月1日以降は、ANSI C63.4(1991)の規定に従って、妨害波測定場を構築し、サイトの適性評価を実施する必要があると申します。

問題は、ここのところで、それでは前のものはどうなるんですかという話になりますが、現在、FCCも、サイトの規定、評価方法等の議論を進めながら、いろんなふうに動いておりまして、今のOETの55を変えるときに、違うので直しますと言っておりますが、ただし、1994年5月1日以降のことで、それより以前にあっては、その前OETの55による方法を認めることで、ちょっと中途半端でございますが、一応、これは認めております。

その後に書いてある野外測定場で測定しない装置にはこの要求事項を適用しないと書いてございます。この意味が、これ、どういう意味なんでしょうという議論があります。けれども、全般を通しては、これで問題がないとの意見です。これは、例えば、テレビジョン受信機の感度測定を実施する場合等の野外測定場で測定しない試験項目については、この要求事項を適用しない。当然のことだというふうに理解している条項ですが、これは野外測定場も全般を通じては一緒であるということです。あくまでも放射電界を測定しない項目については、その必要はないということでございます。

ただ、ここに、ノルマライズド・サイト・アッテネーションの導入に関して、FCC規則第2章、及び第15章と書いてございますが、ANSIのC63.4(1991年)及びアメンドメント1を採用ということで、明確な決定を下しているわけでございますが、ノルマライズド・サイト・アッテネーションの測定結果とサイトの物理的条件と記載されてございます。FCCに言わせますと、ノルマライズド・サイト・アッテネーションだけで得られたデータを見てみると、規格を満足している

と判断することができるが、測定上の周囲条件、いわゆる建設条件を見てみると、そんなデータは出ないはずだという疑問が起こるところがかなりあるという言い方をしております。

その場合には、一応、ノルマライズド・サイト・アッテネーションの条件を満足していても、周囲のコンストラクションの条件が違う場合には不適格と判定せざるを得ないという言い方が、規則の提案理由の中でも記述されております。したがって、C63.4(1991)に記載のある妨害波測定場の物理的特性は重要な問題であると判断せざるを得ません。大きさがどのくらいとか、その中に反射物がないとか、建築物がどうであるか、それから回転台がどうであるとか、いろいろな条件が書かれております。試験設備の建築及び評価はそれに従うべきであるということです。基本的には、ここではノルマライズド・サイト・アッテネーションを使っただけの条件。それから、こっちで、測定場をつくるときの条件を文章によって羅列してあるわけですが、それと両方が満足しないと適性があることは判断しませんと申します。FCCは妨害波測定場の物理的特性を含め、ANSIの規格を採用するということですから、あくまでもサイト・アッテネーションの測定が基本となっております。

## NSA導入に賛成する米国業界の主張

基本的に、アメリカの業界が、ANSIのC63.4の採用に賛成する理由が幾つか出されていると思います。これは、それぞれ個人的な意見等を含めまして、幾つかの意見が出てきているわけでございますけれども、その中の意見を要約して申します。

1つは、CENELEC及びFCCが採用している世界的な整合規格であるということで、直接の比較が可能であるとの意見でございます。これは、今、世界的に進められております、包括的相互認証計画等の問題も含めまして、世界的な規格の整合化が必要であるということでございます。CENELECは、既にこれを採用しております。FCCも、ANSIのC63.4を採用すると。いわゆる、自分たちが輸出するときにも、これが便利であるということから、ノルマライズド・サイト・アッテネーションの導入を積極的に支援するという言い方をしております。

その次に、スイープ法によるノルマライズド・サイ

ト・アッテネーションを利用することによって、離散周波数法で判明しない妨害波測定場の欠陥を見つけることができるという言い方をしております。これは、今の離散周波数での試験をする方法を今までずっと説明してきたわけでございますが、これはスイープ法の規定も入ってございましたので、スイープ法で測定することによって——離散周波数というのは、この答申のところの数字が30、40、120、125、160というふうに飛び飛びになっております。大体5MHzおきから10MHzおきぐらいになっております——、その周波数の間での問題を見つけることができるとの説明がなされております。

それから、もう1つは、現在、審議会の答申の中では、広帯域アンテナというのは、その特性を理論的に算出できないことから、現在、検討中と書いてございますが、アメリカの業界は、広帯域アンテナの利用を認めるべきであるとしております。これによって測定時間の短縮を図ることができるという意見です。いわゆる、スペクトラム・アナライザーを使って測定を実施する方法で、実際の放射妨害波の測定もやってしまおうという考え方でございます。この中で、ボトルネックになるのは、アンテナの、いわゆる同調ダイポールを用いて周波数毎にアンテナの長さを変えるということで、測定に時間的にかなりかかるということが——まあ、私も、対数周期型のアンテナを利用する場合には問題があると見ておりますけれども——、対数周期型、バイコニカル・アンテナ等の広帯域アンテナを使って測定時間を短縮しようという考え方でございます。

したがって、ここはいいんですが、この後の問題点として、規定以外のアンテナを使用した場合の補正係数をどうするのかという問題がございます。最近、あるアメリカの大きなメーカーがFCCに出した書類を見る機会がございましたが、最終的には、きちんとしたオープン・サイト、比較しているのは、サウスウェスト・リサーチ・インスティテュートの、あれはサン・アントニオにあるサウスウェスト・リサーチのオープンサイトで測定をして、さらに自分たちのところで測定をしたというようなやり方をしおりまして、いろんなアンテナを使ってサイトのチェックをやっているというデータを見たわけですけれども、規定以外のアンテナを使っているので係数がわからないことから、ほかのサイトとのデータに対して比較を実

施しているものでございました。最終的には、離散周波数測定を実施した場合には、特殊なアンテナを使ったのであれば、補正係数をどうするかという問題が残るのではないかというふうに考えられます。

大体、現在まできますと、基本的に、結論としましては、電通技審の答申というのは、あくまでもノルマライズド・サイト・アッテネーションでございます。このときに、アンテナの係数というのは、理論的に算出できるものだということでございます。それから、それを使った理由というのは、国際的な整合、例えば、最初に書いてありますように、ヨーロッパがこの方法の採用を決めたこと。基本的な方法を定めたわけで、まだ補正係数というのは疑問が残っていることから、今後、検討する余地があるわけですけれども、基本的に、考え方として、ノルマライズド・サイト・アッテネーションの導入がなされたこと。それを1つのよりどころとして、答申もノルマライズド・サイト・アッテネーションにしたということでございます。

残りは、アンテナの較正方法とか、幾つかの問題があるわけでございますけれども、それについても、一応、現在、通信総合研究所の指導のもとに、無線設備検査検定協会がおやりになっておりますし。先ほど、杉浦さんのはうから、機械電子検査検定協会も、近いうちに業務のはうをやるという予定だというような紹介をしたわけでございますけれども、我々としては、例えば、送信及び受信アンテナの高さが同じとなるよう補正を加えた上で連立方程式を解いてアンテナ係数を求める。電界の最大値を求めるために得られたアンテナ高を規定の高さにおけるアンテナ係数となるよう補正を加える等の修正を加えた上で（残る問題は、標準的なサイトと言う抽象的な定義をどのようにアンテナ校正過程に導入するかでございますが）3アンテナ法を導入できると判断しております。この方法を利用してサイトのチェックを実施した場合でも、これで問題なかろうということの結論を得ておりますが、通産省の担当者から、一応、待ったがかかりました。その理由は、アンテナの校正について、規格上、国内標準にトレイサブルである必要があるとのことがあります。じゃ、我々が算出した方法というのは、どこの国の標準ですかという問題がございます。そうなりますと、通産省としては、いや、独自の方法ですと言うわけにもいかないことから、一応、電子総合研究所にご指導を戴く必要があるとの判断でございます。

ただ、アンテナの較正というのは、もともと、どこまでが国家標準になるというのはわかりにくいということでおざいますので、例えば、標準電界法を採用した場合、標準となるアンテナの給電点に加える電力というのは、きちんと国際標準とトレースされてござります。それに基づいて、校正システムを組み立てて、較正値を求めますというのであれば構わないのではないですかというような意見もありますし、まあ、そういう、いろんな測定系を用いて較正を実施している事実もあるわけですが、ある程度まで国際標準を導入して、それからデリバリーした値でもって較正づけをしているので、「それはやれないことはない」というふうな気もします。しかし、今後の問題を含めまして、一応、電子総合研究所と相談をした上で、出来る限り早

期に我々としてのアンテナ校正業務を開始したいというふうに考えております。

後日談ではございますが、サイト・アッテネーションの問題を議論する上で、まず、前提を明確にすべきであろうということでござります。「サイトの適性を判断する上で必要なことは、正しく校正されたアンテナを利用すること。これによって理想的なサイトと言うような曖昧な定義が不要になること。通常アンテナの校正はアンテナの設置高を指定した上で実施されること」。この前提を明確にしないと3アンテナ法の可否についてまず結論を出さなければならないと言う困難な問題が残るとして考えております。

大体、時間がちょっと早いんですが、以上で終らせて戴きます。

## 通信装置の EMC に関する NTT の検討状況

NTT 通信網総合研究所 通信品質研究部

主席研究員

徳田 正満

### 1. はじめに

通信装置から発生する電磁妨害波がテレビ等の無線受信機に妨害を及ぼすのを防止するエミッション問題と、外来電磁妨害波に通信装置がどの程度まで耐えられるかを扱うイミュニティ問題について、NTT では社内指針を定めて全社的に対応しています。本報告では、通信装置の EMC 問題に対する NTT の検討体制を紹介するとともに、通信装置のエミッションとイミュニティに関する社内指針の概要を説明します。

### 2. 通信装置を取り巻く電磁環境と EMC

通信装置を取り巻く電磁環境とそれに関連する問題の所在を図 1 に示します。高度情報化社会を支える通信装置の発展は目ざましく、多機能化やデジタル化が急速に進展するのに伴い、LSI を多用した装置が増加しております。これらは、従来の真空管やトランジ

スタを用いた物に比べ、はるかに外来妨害波の影響を受けやすくなっています。特に有線通信装置の場合、NTT センタ内、ユーザ宅内、および屋外の通信線や電源線が、外来妨害波に対してアンテナの役割をすることがあり、強い伝導性の妨害波が通信装置に印加される場合が生じます。例えば、高圧送電線、放送送信所、CB 無線機等からの妨害波が、屋外の通信線に誘導し、ユーザ宅内の通信用宅内機器に誤動作を引き起こしたり、品質を劣化させたりする場合があります。ユーザ宅内では、通信用宅内機器が各種の家電製品や、パソコン等と同居しているため、通信用宅内機器から発生する妨害波が、テレビ、ラジオ等の放送受信機へ妨害を与える、逆に、家電製品からの妨害波が、電源線や空間を伝搬して通信用宅内機器に妨害を与える場合があります。一方、NTT センタ内では、多くの通信装置が高密度に設置されているため、通信装置間の相互干渉が問題となる可能性があります。

EMC という言葉は、Electro-Magnetic Compatibi-

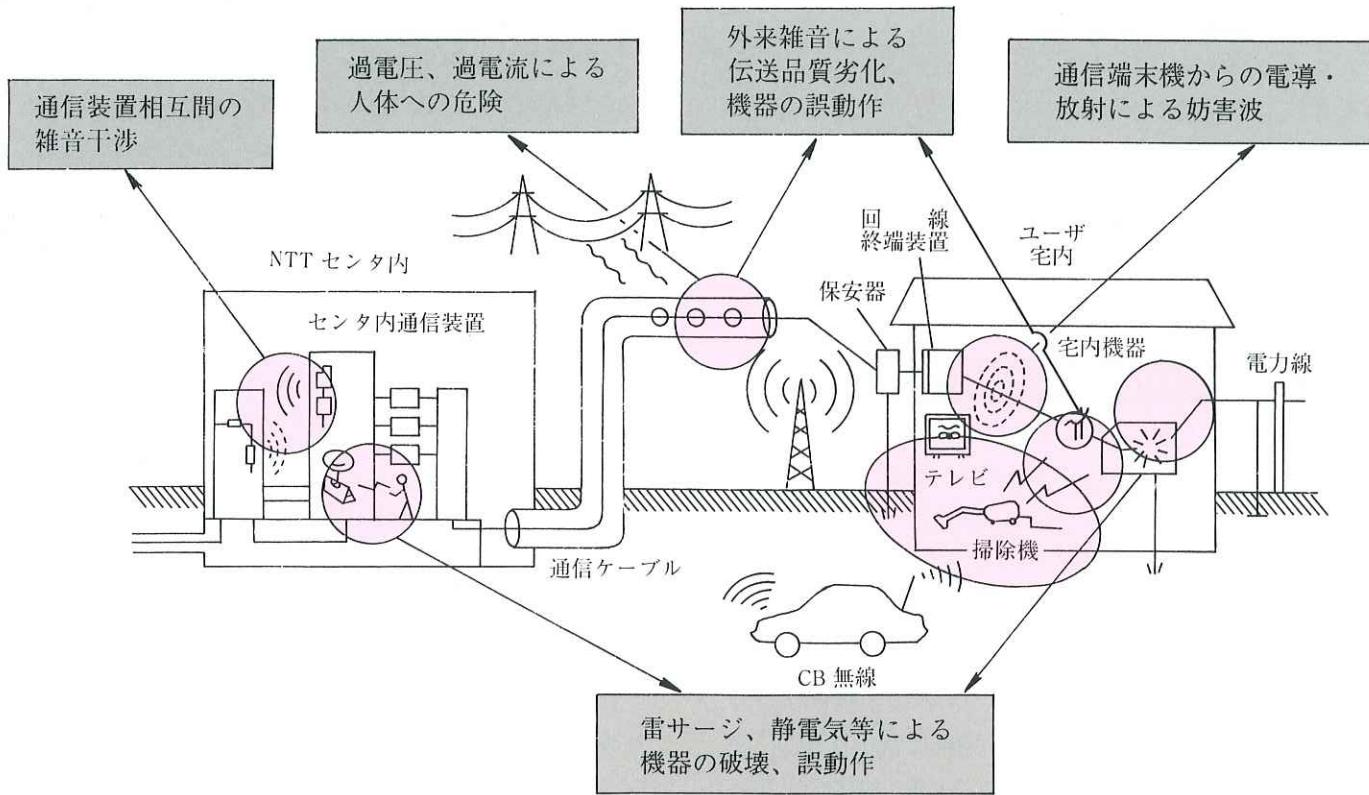


図1 通信装置を取り巻く電磁環境と問題の所在

lityの略称であり、日本語としては、電磁的両立性とか電磁環境両立性という言葉で呼称されています。どのような電気・電子装置も自ら妨害波を出して他の装置を誤動作させたり、また逆に、他の装置からの妨害波により自らが誤動作してしまう可能性があります。このため、これらの装置が相互に共存できるように、装置を取り巻く電磁環境を調和のとれたレベルに設定しようというのがEMCの基本理念です。従って、EMC問題は装置が発生する妨害波が他の装置に影響を及ぼすエミッション問題と、装置が他からの妨害波に対してどの程度の耐力を持っているかというイミュニティ問題に分けて考えることができます。

### 3. EMCに対するNTTの検討体制

#### 3.1 EMC研究開発体制

通信装置は、雷、放送電波、高圧送電線等の外來妨害波の影響を受けやすいため、交換機、伝送装置、無線装置等のセンタ内装置、及び電話機、PBX等の宅内・構内装置では、昔から様々な防護対策法が検討されてきています。一方、通信装置からエミッションされる妨害波に関しても、昭和61年に発足したVCCI（情報処理装置等電波障害自主規制協議会）の自主規制に対応するため、試験法、対策法等の検討をしてきて

ます。それらの検討を強化するため、昭和62年に通信網総合研究所が発足するときに、通信品質研究部内に通信装置のEMC問題を研究するグループが設立されました。この研究グループは、雷、高圧送電線等から通信線に誘導する妨害波の研究を20年以上も継続してきた茨城電気通信研究所線路研究部線路施設研究室のグループを中心にして構成されました。この研究グループが発足してから5年半経過しますが、通信線経由のエミッション・イミュニティ試験法及び対策法、各種通信装置のエミッション・イミュニティの実態把握、NTTセンタビル内の接地構成法、大型電波暗室・EMC実験用設備の構築等を実施し、NTT内のEMC研究開発を先導してきました。

通信品質研究部のEMC研究グループ以外では、交換システム研究所伝達システム研究部に、交換機のEMC問題と通信装置の実装におけるEMC問題を研究するグループがあり、電磁シールドキャビネット等の研究開発を行っています。また、境界領域研究所では、雷防護素子の研究開発を長年実施しております。

研究所外では、ネットワークシステム開発センターの線路部門で、通信線に誘導する過電圧の防護法等の開発を行っています。また、技術協力センタでは、現場で発生しているEMC上の問題に対して、技術協力活動を実施するとともに、現場で適用可能な各種EMC

対策部品の開発も行っています。

以上の研究開発部門は、通信装置の EMC に対する要素技術を提供する役目を持っていますが、当然のことながら、それらの EMC 要素技術を利用する部門も NTT 内に存在します。研究所、ネットワークシステム開発センタ、事業部、支社等で、通信装置を研究もしくは開発している部門がそれにあたります。

### 3.2 NTT 内の EMC 関連委員会等

通信装置の EMC 問題に対して、NTT 全体で取り組むために、研究所にあった電磁気防護研究連絡会と事業部門にあったプロテクション連絡会をまとめて、昭和62年に通信 EMC 連絡会を設立しました。その構成を図 2 の左上に示します。主なミッションは、EMC 関係社内指針の策定と NTT 内の連絡調整であり、エミッション、イミュニティ、センタブルの接地構成法等の社内指針を策定してきました。通信装置の EMC に関する国内外の状況と NTT における EMC 関係社内指針の策定状況を図 3 にまとめて示します。

通信装置からのエミッションに関しては、VCCI に準拠した社内指針の第 1 版を平成元年に策定し、同時に、NTT が VCCI に加盟することを決定しました。NTT の VCCI 加盟に伴い、自主規制を徹底するため、VCCI 社内委員会を平成元年に設立しました。

一方、通信 EMC 連絡会では、図 3 に示したような

各種 EMC 関係社内指針を順次策定してきました。特に、VCCI の対象外であるセンタ内装置に対するエミッションを規定したエミッション社内指針第 2 版を平成 4 年に策定したことを契機として、社内指針の運用をより強化する必要性が高まってきた。それを実現するため、平成 4 年末に通信 EMC 連絡会を通信 EMC 委員会に改組して、本社で運営することになりました。これと同時に、VCCI 社内委員会を通信 EMC 委員会に統合し、通信装置の EMC 検討体制における連携を強化しました。これらの状況も図 2 に示しています。

通信装置の EMC に関する国際標準化は、IEC (国際電気標準会議) / CISPR (国際無線障害特別委員会)、IEC / TC77 (電気・電子機器の電磁的両立性を検討)、CCITT (国際電信電話諮問委員会) / SGV (通信装置の電磁気的防護を検討) 等で検討されています。NTT もそれらにエキスパートを派遣し、研究開発した成果を反映するなど積極的に対応しています。そのため、IEC / CISPR・TC77 社内委員会、CCITT / SGV 社内委員会等の委員会が、NTT 内に存在する標準化委員会の下部に組織されており、標準化関係寄書の審議を行っています。また、標準化委員会では、NTT にとって重要な標準化課題を 10 課題選定し、IEC、CCITT 等の各国際標準化機関全体に対する標準化戦略を検討することになっており、EMC も 10 課題の 1 つに選ばれています。



図 2 EMC に関する NTT 内の連絡会・委員会の関係

	昭和60	昭和61	昭和62	昭和63	平成元	平成2	平成3	平成4	平成5
国際標準化	▲ CISPR 勧告化 (情報技術装置のエミッション)						CISPR 勧告化予定 ▲ (情報技術装置のイミュニティ)		
国内動向	VCCI 発足 ▲ (通信装置は FAX のみ対象)	VCCI 対象品目拡大 ▲ (電話機、モデム、PBX 等)	▲ 郵政省不要電波問題対策協議会設立	▲ 通産省電波障害問題検討会設立 (主に電気・電子装置のイミティ検討)			CCITT 勘告化 ▲ (センタビル内の設置構成法)	▲ VCCI (通信装置がネガティブリストへ移行)	
NTT の状況	通信網総合研究所通信 EMC 研究 G 発足	大型電波暗室完成	平塚 EMC 実験局舎完成	通信 EMC 連絡会発足	VCCI 社内委員会発足	通信 EMC 委員会発足			
社内指針の策定状況	エミッション第1版策定 ▲ (主に宅内・構内装置)	エミッション第2版策定 ▲ (主にセンタ内装置)	イミュニティ第1版策定 ▲ (暫定規格値)	イミュニティ第2版予定 ▲ (本格的規格値)	センタ内接地構成法第1版策定 ▲ (新接地構成法)	センタ内接地構成法 ▲ 第2版策定予定 (新接地設計法)	過電圧第1版 ▲ (分離接地での耐雷試験法)	過電圧第2版 ▲ (AC 過電圧防護設計法)	

図3 通信 EMC に関する国内外の状況と NTT 社内指針の策定状況

#### 4. 通信装置からのエミッション規制

##### 4.1 国内外の標準化・規制状況

コンピュータや通信装置などのデジタル信号を使用する情報技術装置が、テレビ、ラジオ等の放送受信機に妨害を与えるエミッション問題については、国際標準化機関である CISPR で検討され、昭和60年に Publication 22 という形で勧告化されています。日本国内では、この勧告に準拠した電気通信技術審議会の答申が出され、国内の関連企業はこの答申を受けて

VCCI を昭和60年に設立し、自主規制を実施しています。通信装置では図4に示すように、まず FAX が VCCI の対象装置となり、その後、平成元年に、アナログ回線対応の電話機、モデム、PBX 等へと対象装置が拡大され、平成5年1月からは、原則としてユーザ宅内・構内に設置される全ての通信装置が VCCI の対象装置となります。

##### 4.2 NTT のエミッション規制状況

NTT では、通信 EMC 連絡会で通信装置のエミッション問題を検討し、平成元年6月に社内指針第1版を出



図4 NTT におけるエミッション規制の取組み状況

とともに、NTT も VCCI に加盟することを決定し、平成元年 8 月に加盟しました。VCCI に加盟しますと、VCCI 対象装置を NTT が販売する場合は、VCCI のエミッション規制値を満足する必要があり、それを徹底させるため、VCCI 社内委員会を設立しました。

平成 4 年には、エミッション社内指針第 2 版を策定し、第 1 版策定後の国内の規制状況を反映させました。まず、宅内・構内装置に関しては、全ての装置に対して、VCCI 自主規制措置運用規定で定められている規制項目、規格値、試験方法を遵守するよう要求しています。一方、NTT センタ内に設置される装置は、VCCI の対象外になっていますが、第 2 版では、新しく開発する装置や設計変更する装置から、順次、VCCI の第 1 種情報技術装置と同等の規格値を満足させるよう、対策を検討することにしています。

エミッション社内指針第 2 版における規制内容を表 1 に示します。放射電界強度と AC 電源線端子電圧は、宅内・構内装置及びセンタ内装置の両方とも、VCCI の規制値に準拠しています。交換機、伝送装置、

表 1 通信装置からのエミッション規制内容

規制 項目 対象 装置	放射電界 強度 (30MHz～ 1GHz)	電源線端子電圧 (150kHz～30MHz)		通信線 端子電圧 (150kHz～ 30MHz)
		AC 電源線	DC 電源線	
センタ 内装置	VCCI 第 1 種装置の技 術基準に準 拠【社内規 格】	VCCI 第 1 種装置の技 術基準に準 拠	CISPR／B (Secretar- iat) 62 の 負荷端子許 容値に準拠	CISPR／G ／WG2(S) 25に準拠 【設計目標】
宅内・ 構内 装 置	VCCI 技術 基準【VCCI に届出】	VCCI 技術基準 【VCCI に届出】		CISPR／G ／WG2(S) 25に準拠 【設計目標】

(注) 無線装置の放射電界強度は電波法のスプリアス規定に準拠

無線装置等のセンタ内装置では、48V や 21V の DC 給電を受けているため、AC 電源線端子電圧以外に DC 電源線端子電圧も規制項目としています。一方、通信線端子電圧については、現在 CISPR で議論中のため、遵守項目ではなく、設計目標にしていますが、CISPR での標準化が完了し、国内規制が明確になった場合は、その時点での遵守項目にする予定です。

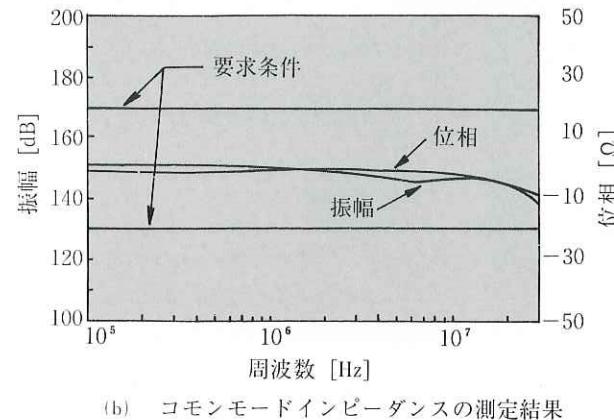
### 4.3 通信線経由エミッションの試験法

放射電界強度と AC 電源線端子電圧の試験法に関しては、VCCI の技術基準で規定されており、エミッションの社内指針第 2 版でもそれに準拠しています。一方、通信線端子電圧の試験法は、現在 CISPR で審議中ですが、NTT でもその試験法を研究しており、その研究結果がかなり反映される予定です。ここでは、その一例として、通信線端子電圧測定用の擬似通信回路網の研究内容を紹介します。2 ワイヤ用の擬似通信回路網は、ローデシュワルツ製のものが市販されており、国際的にも、それが使用されています。ところが、4 ワイヤ、8 ワイヤ用の擬似通信回路網は、適切なものがなく、NTT、オランダ PTT 等で検討されています。NTT で開発した 4 ワイヤ用擬似通信回路網の構成と特性を図 5 に示します。抵抗とコンデンサのみで終端するシンプルな回路構成でも所要の機能を確保するように、各回路定数を設計することにより、30MHz の高周波まで要求特性を満足する擬似通信回路網を実現できました。これと同じ回路構成で、8 ワイヤ用の擬似通信回路網も開発しています。

## 5. 通信装置に対するイミュニティ規制

### 5.1 通信装置に侵入する電磁妨害波

通信装置に侵入する電磁妨害波としては、図 6 に示



(a) 擬似通信回路網の構成

(b) コモンモードインピーダンスの測定結果

図 5 4 ワイヤ用の擬似通信回路網の構成と特性

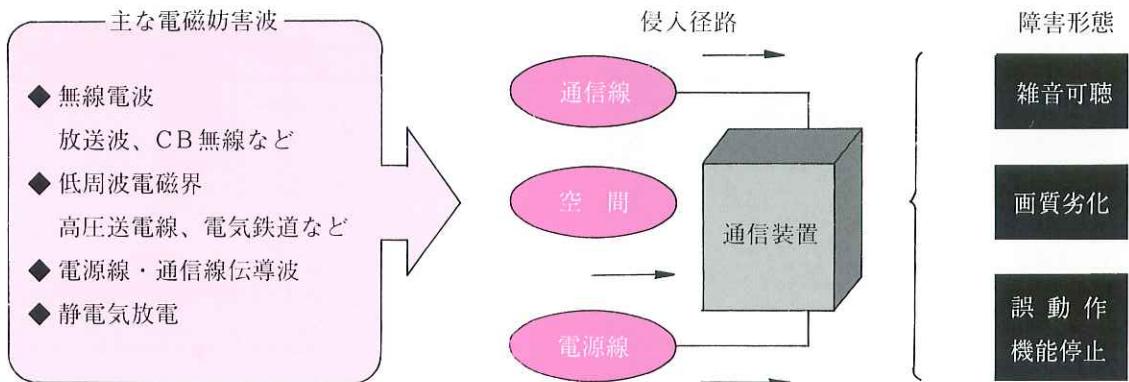


図6 通信装置へ侵入する主な電磁妨害波

すように、無線電波、低周波電磁界、通信線と電源線への誘導電圧、静電気放電等があり、これらが空間あるいは通信線、電源線を経由して、通信装置に侵入し、雑音可聴、画質劣化や誤動作・機能停止等の障害をもたらします。このため、電磁妨害波に対するイミュニティを、通信装置の設計段階から評価し、装置設計にフィードバックして、信頼性の高い通信装置を実現する必要があります。

## 5.2 国内外の標準化・規制状況

電子機器のイミュニティに関する国際標準化は、IEC／TC65（工業用プロセス計測制御機器専門委員会）が先行しており、静電気放電、放射電磁界、サージ等のイミュニティに関して、801シリーズの勧告文書を出しています。一方、通信装置も含めた情報技術装置のイミュニティに関しては、CISPRで検討されており、静電気放電、放射電磁界等のイミュニティについて、TC65と若干異なる部分もありますが、おおむね同じ方向で議論されています。また、雷等による過電圧に対しては、CCITT／SGVで議論され、通信装置に対する規格値・試験法の勧告が出されています。

通信装置も含めた情報技術装置のイミュニティに関する国内規制は、CISPRでの国際標準化が完了していないため、現時点ではVCCIのような組織もできておらず、規制もされていません。しかし、郵政省の不要電波問題対策協議会、通産省の電波障害問題調査検討会等で情報技術装置のイミュニティ問題が検討されており、国際勧告が出された場合は、すぐに国内規制の議論が開始されるものと考えられます。特に、郵政省の不要電波問題対策協議会では、電話機にチューニングしたイミュニティの問題を現在検討しています。

## 5.3 NTTでのイミュニティ規制状況

NTTの過電圧に関する取組では、雷から通信装置を防護するため、通信線への誘導雷観測、交換機、無線装置、通信端末機器等の雷防護対策等の検討を長年継続しており、検討結果をCCITT／SGVにも反映させています。また、電力線から通信線を防護することに関しても、電気学会の誘導調査特別委員会で長年検討してきています。それらの結果をまとめて、通信装置の過電圧社内指針第1版を昭和62年に策定しました。一方、静電気放電、放射電磁界等に対する通信装置のイミュニティに関しては、平成2年5月に社内指針第1版を策定しましたが、当時は国際標準化もあまり進展していませんでしたので、暫定的な規格値を採用しました。その後、国際標準化も進展してきましたので、平成4年度末には、規格値を明確にした社内指針第2版を策定する予定です。

## 5.4 イミュニティ社内指針第1版の概要

通信装置には、交換機や伝送装置などのセンタビル内に設置される装置、電話機、ファクシミリ等の室内機器、自動車電話機、携帯電話機等の移動体通信機器のように多くの種類があり、しかも、これらの通信装置が設置され使用される場所の電磁環境は、非常に多種多様です。そこで、社内指針第1版では、まずセンタ内装置と室内機器を対象に、これまでの障害実態から障害原因になりやすい電磁妨害波(表2)を取り上げ、それについて規格値と試験法を設定しています。

イミュニティ規格値とは、規格値に等しい電磁妨害波が通信装置に印加されても、通信品質の劣化（雑音可聴や画質劣化等）や誤動作・機能停止などが発生しない値を意味します。社内指針第1版では、室内機器

表2 社内指針第1版で対象とした電磁妨害波

区分	印加経路 主な電磁妨害波	室内機器				センタ内装		
		空間	外線	内線	電源線	空間	通信線	電源線
定常正弦波	電力線磁界・高圧送電線	△	△			●	●	
	中波放送		●	△			●	
	アマ・CB無線、 高周波機器	●	●	●	△			
	FM・TV放送	△	△	△		△	△	
定常又 バは ル過 ス渡 波波	電力装置(誘導モータ、 電力スイッチ等)	△	△	△	●			●
	蛍光灯	●					△	●
	静電気放電	●		△	●			
	電力線の電圧瞬断・ 瞬時低下				△			△

●: 障害原因になりやすいもの

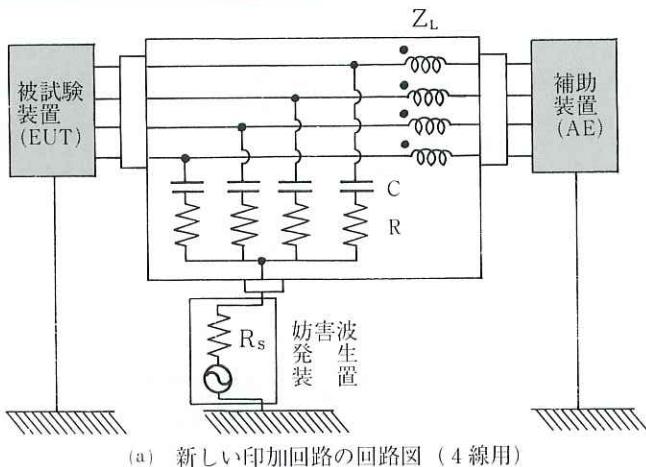
△: 将来障害原因になる可能性があるもの

とセンタ内装装置のそれぞれのイミュニティ規格値を、表2に示した電磁妨害波ごとに定めています。これらの規格値は、通信装置が設置される実環境のデータと、国際標準化機関で審議中の勧告草案を参考にして決められています。特に室内機器の場合、周囲の電磁環境は、装置が設置される場所により大幅に異なりますので、種々の設置環境への適用性を考慮して3段階に区分した規格値としています。

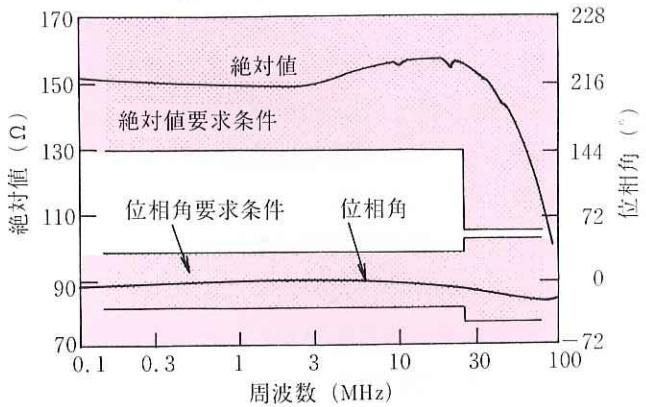
## 5.5 イミュニティ試験法に対するNTTの検討

イミュニティ社内指針第1版で使用している試験法は、IEC/TC65、CISPR等で検討されている方法を大部分採用していますが、それらでもまだ未検討の部分がありますので、NTTでも検討し、今後、CISPR等に反映する予定です。まず、無線電波等の電磁妨害波が通信線に誘導し、それが通信線を伝搬して通信装置に印加される場合のイミュニティを検討しています。この時電磁妨害波を通信線に印加する回路が必要ですが、数十Vの電圧を80MHzの高周波まで印加可能な回路を開発しました。その回路構成と特性を図7に示します。エミッション試験用の擬似通信回路網と同じように、容量と抵抗よりなる簡単な回路構成にすることにより所要の特性を満足させています。

一方、通信装置に電磁妨害波を空間から直接照射する試験法に関しても、現在検討されている試験法では卓上装置を想定していて、80cm以上の空間における放射電磁界の均一性だけを議論しています。しかし、センタ内装装置では大部分の装置が床置きの装置であ



(a) 新しい印加回路の回路図(4線用)



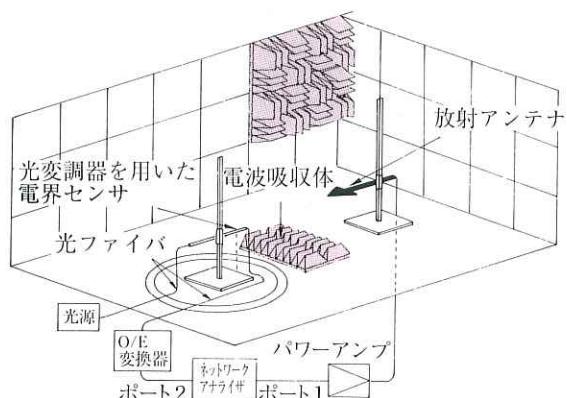
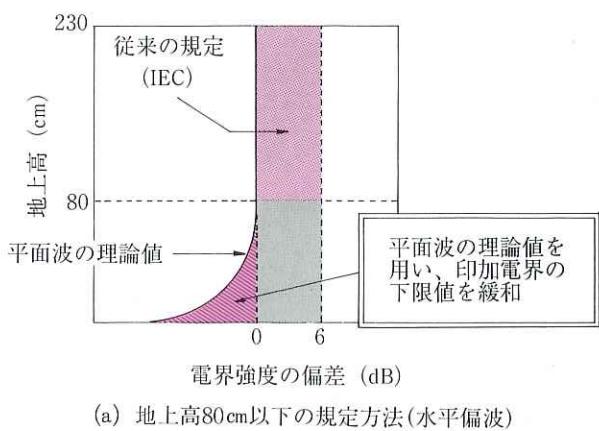
(b) 印加回路コモンモードインピーダンス

## 図7 通信線伝導イミュニティ用印加回路の構成と特性

り、80cm以下の放射電磁界が問題となります。ところが、床面が金属の電波暗室では、水平偏波が床面上では零になるため、80cm以上の放射電磁界をそのまま床置き装置に適用することはできなく、床面上で零になるように緩和する必要があります。その緩和する方法として、図8(a)に示すように、遠方電磁界が金属の床面近傍で形成する電磁界分布を適用する方法を提案しました。また、図8(b)に示すような放射電磁界印加系を構成することにより、80cm以下の電磁界分布を提案どうりに実現でき、かつ、80cm以上の放射電磁界均一性をIEC/TC65の規定値どうりにできることを確認しました。放射電磁界の均一性を測定する系では、光変調器を利用した電界センサとネットワークアナライザを組み合わせた電界測定系を構成することにより、周波数を掃引しながら連続的な周波数特性を短時間で測定できるようにしています。図9に実験結果を示していますが、吸収体Bを床面におき、放射アンテナの高さを1.5mに設定すれば、放射電磁界の均一性を6dB以内にできます。

## 5.6 イミュニティ試験における障害判定基準

通信装置のイミュニティ試験を実施する場合、装置



- ◆ 電界センサの地上高を変えたときの、ネットワークアナライザのポート1・2間の伝送損失の変化から、電界の均一性を測定する。
- (b) 電界の均一性測定系の構成

図8 放射イミュニティ試験における床置き装置の電磁界分布形成法

放射アンテナ高	吸収体A		吸収体B		吸収体C	
	水平偏波	垂直偏波	水平偏波	垂直偏波	水平偏波	垂直偏波
1.0m	—	—	7.1dB	8.8dB	—	—
1.5m	7.6dB	6.2dB	5.5dB	5.8dB	6.3dB	8.0dB
2.0m	7.9dB	6.4dB	6.1dB	7.0dB	7.1dB	10.0dB
2.5m	—	—	6.3dB	11.0dB	—	—

\*網かみ部分が+6dBの均一性を満足している場合を示す

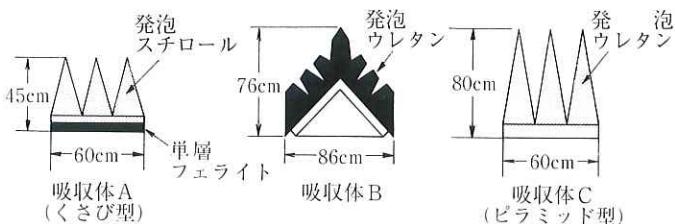


図9 放射イミュニティ試験における電磁界分布均一性の実現方法

のイミュニティレベルを正確、かつ再現性よく評価するためには、各装置の通信装置の劣化や誤動作などの判定基準を明確にしておく必要があります。しかしながら、膨大な種類を有する通信装置のすべてについて、障害判定基準を整備するのは困難です。そこで社内指針第1版では、表3に示すように、イミュニティ

表3 イミュニティ試験における障害判定基準

区分	故障形態	判定尺度
自動、又は手動で復帰する障害	受話器からの雑音可聴	雑音の音圧レベル
	画品質の低下 ・FAX、プリンタ画面の汚れ ・CRT、LCDのスノーノイズ ・画像揺れ	画品質低下の検知限界
	伝送符号誤り、同期はずれ	符号誤り率
	印加停止後、正常動作に自動復帰	
誤動作	再起動後、正常動作に復帰	各通信装置が有する機能
機能障害	再起動後、正常動作に復帰せず	誤動作
復帰しない障害		

試験における障害判定基準の考え方を示し、具体的な判定尺度やレベルについては、装置開発部門の判断に委ねています。

## 6. NTTにおけるEMC実験設備

通信装置から放射される電磁妨害波を測定するためには、図10に示すような大きな電波暗室が必要です。この電波暗室は、大きな鉄製の箱の内面に電磁波の吸収体をはりつけることにより、外来妨害波を阻止し、かつ内部の反射を抑圧した理想的な測定空間をつくります。また、この電波暗室は、内部の強い電磁波を外部に漏洩しませんので、エミッション試験ばかりでなく、イミュニティ試験にも使用することができます。NTT通信網総合研究所では、D70等の交換機も測定できるように設計された大型電波暗室を、武藏野研究開発センターに建設しました。通信装置を試験している状況を図11に示します。この電波暗室は、3m法と10m法のエミッション試験が可能な電波暗室として、米国

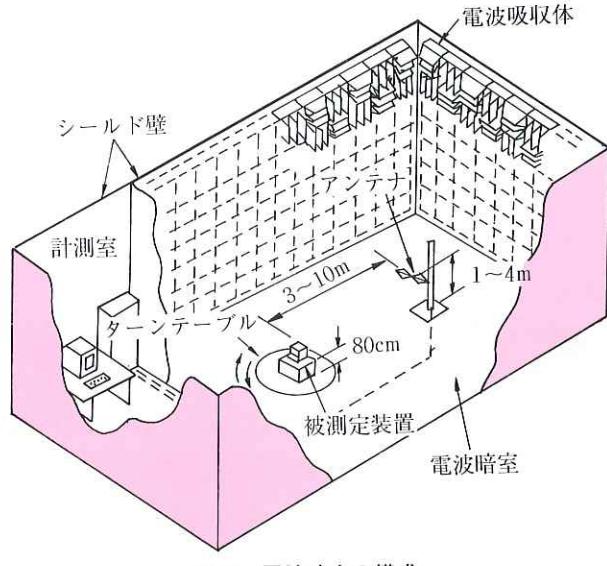


図10 電波暗室の構成

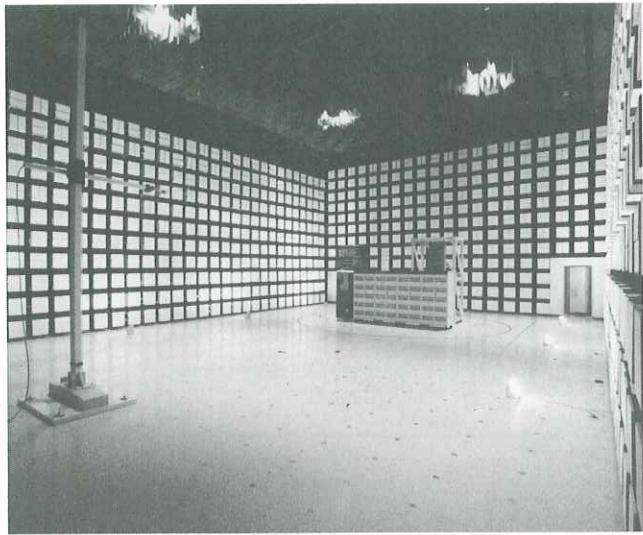


図11 武藏野研究開発センタにある大型電波暗室の内部写真

のFCC(連邦通信委員会)に登録されています。この設備は各種 EMC 研究への使用を主体としておりますが、ネットワーク開発センタ、事業部、支社等からの要望によるエミッションとイミュニティの試験にも使用しており、現在までに、200件以上の試験を行いました。

この他、平塚支店金目交換局を利用した EMC 実験設備があり、接地構成法の実験とか、実局舎を使用した EMC 実験等に利用されています。ここには、実際の雷に近いエネルギーの模擬雷を建物に印加し、その建物に収容されている通信装置のイミュニティを試験できるシステムがありますが、その外観を図12に示します。

## 7. センタ内装置の EMC 対策法

NTTでは、交換機などのセンタ内装置から発生する放射妨害波を低減するため、架レベル、建物レベルでの対策法を検討しています。架レベルでは、従来キャ

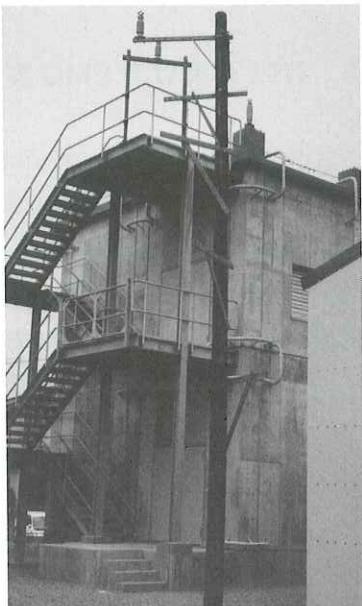


図12 平塚支店における EMC 実験設備の外観写真

ビネットとの互換性を保ちつつ、シールド特性を向上したものを開発しました。また、建物レベルでは、試験サイトにおける装置の放射妨害波データを用いて、実際の建物に装置を設置した場合の放射電界強度を推定する方法を確立し、建物レベルでの EMC 対策設計法への可能性を示しました。ここでは、それらの概要を紹介します。

### 7.1 電磁シールドキャビネット

デジタル交換機、伝送装置等のセンタ内装置は、キャビネットを用いた低架(標準高さ 1.8m)に搭載されています。低架キャビネットは、耐震強度などの点から鋼板が用いられています。鋼板自体は良好なシールド材ですが、キャビネットのシールド特性は、カバー接合部、通風口、ケーブル導入口などの構成要素個々のシールド特性が総合されたものとなります。したがって、これらの構成要素に対し、いかにバランスよくその対策を実施するかがポイントとなります。

各構成要素の実現にあたっては、シールド特性とともに、装置の保守・工事性、冷却特性などの通信装置固有の条件を考慮する必要があります。すなわち、カバー接合部では、開閉が容易で、インピーダンスが低く、かつ長期にわたって安定であることが要求されます。また、冷却媒体として空気を用いることから、開口面積の大きい通風口が必要となります。さらに、架に導入されるケーブル量が非常に多いので、大形の導入口が必要となります。

こうした諸条件を同時に満足させるため、幾つかの工夫により、シールド特性を従来の低架キャビネットと比べ、30~1000MHz の広帯域にわたり、20dB 以上のシールドキャビネットを実現しました。開発したシールドキャビネットの構造を図13に、特性を表4に示

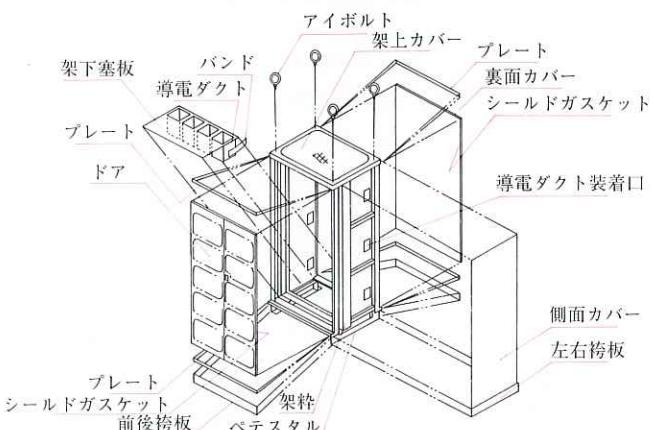


図13 シールドキャビネットの構成

表4 シールドキャビネットの特性

項目	シールドキャビネット	従来キャビネット(参考)	備考
シールド特性	40dB 以上	10~20dB	30~500MHz (アンテナ法)
冷却特性	4.0kW/架	4.0kW/架	強制空冷方式
	1.3kW/架	1.4kW/架	自然空冷方式
ケーブル導入性	・架上/架下の何れからでも導入可 ・架連結時に側面間の横通し可		
寸法	1,800mm(H)×600mm(D)×800mm(W)		
耐震性	震度階VI時の変位量 50mm 以下		

します。

## 7.2 試験サイトデータを用いた設置場所での放射妨害波推定法

通信装置の放射エミッション試験は、電波暗室やオープンサイトなどの試験サイトで行われます。この試験サイトは、周辺に電波の反射体がない理想的な半無限空間を模擬しているため、実際に装置を建物に設置した場合は、建物の壁や柱などの反射体によって、全く異なった特性になることがあります。センタ内装置のような大型の通信装置に対して建物レベルのエミッション対策を行うには、建物に装置を設置した場合の特性をあらかじめ予測できることが、装置の建物内の配置、間仕切り壁の設置等の対策を行う上で必要不可欠です。そのため、試験サイトでの放射妨害波測定値を用いて、装置を建物内に設置した場合の放射妨害波を推定する方法を開発しました。

この推定法では、まず、図14に示すような系で建物と試験サイトでの電波伝搬特性を測定し、それらの比に試験サイトでの装置の放射妨害波を掛けることによって、建物内外の放射妨害波を推定します。図14の測定系では、周波数と放射電磁界強度を光ファイバを介して制御可能な球状ダイポールアンテナを放射源に使用し、電波の測定器にネットワークアナライザを用いています。これにより、放射アンテナ用同軸コードによる

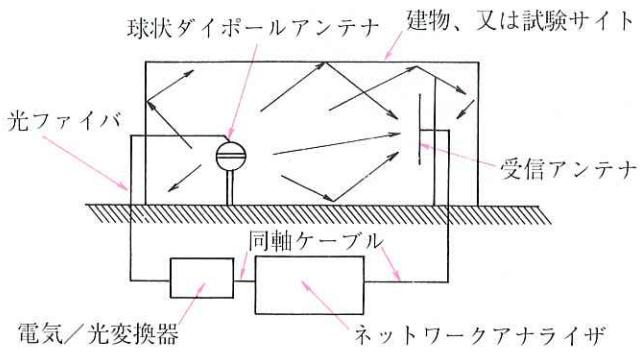


図14 球状ダイポールアンテナを用いた電波伝搬特性測定系

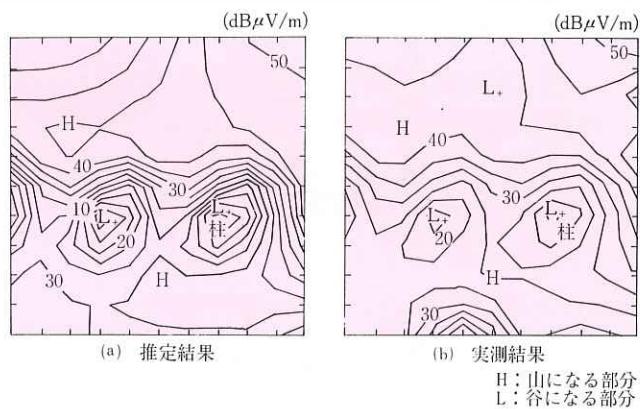


図15 通信装置の放射妨害波推定結果

る放射電磁界の乱れもなく、かつ、外来妨害波の影響を除去した、高精度な電波伝搬特性測定系を実現しています。

推定法の有効性を調べるために、平塚 EMC 実験センタで行った実験結果を図15に示します。武藏野研究開発センタ内の大型電波暗室を試験サイトとした場合の放射妨害波推定結果を図15(a)に、また、平塚 EMC 実験センタ内での実測結果を図15(b)に示します。推定値は実測値にほぼ一致しており、推定誤差は±4~5dB以下になっています。

## 8. 宅内機器の EMC 対策法

最近の宅内機器は、高密度・高感度設計されたものが多く、年々悪化する電磁環境の中で、外来電磁妨害波に対するイミュニティが低下する傾向にあります。本節では、宅内機器の障害発生に大きく影響する電磁妨害波に対して、妨害波の侵入経路と防護対策の考え方、開発した各種防護対策部品とそれらの特性などについて紹介します。

### 8.1 機器への電磁妨害波侵入経路と障害形態

ボタン電話装置のようなシステム装置は、図16に示すように、外線、内線、電源線、電話機コード、送受器コードなど多数のラインと接続されています。このため、これらが電磁妨害波の侵入経路となりやすくなっています。どの経路が障害要因になるかは、妨害波の種類や機器・ラインの設置状況、機器の各経路ごとのイミュニティの大小などによって決まります。

これらの経路から電磁妨害波が侵入したとき、図16に示すように、電話機などの受話器からの雑音可聴、ファクシミリの画像汚れや CRT 画面へのスノーノイズ混入などの画質劣化、データ機器の誤動作など、宅

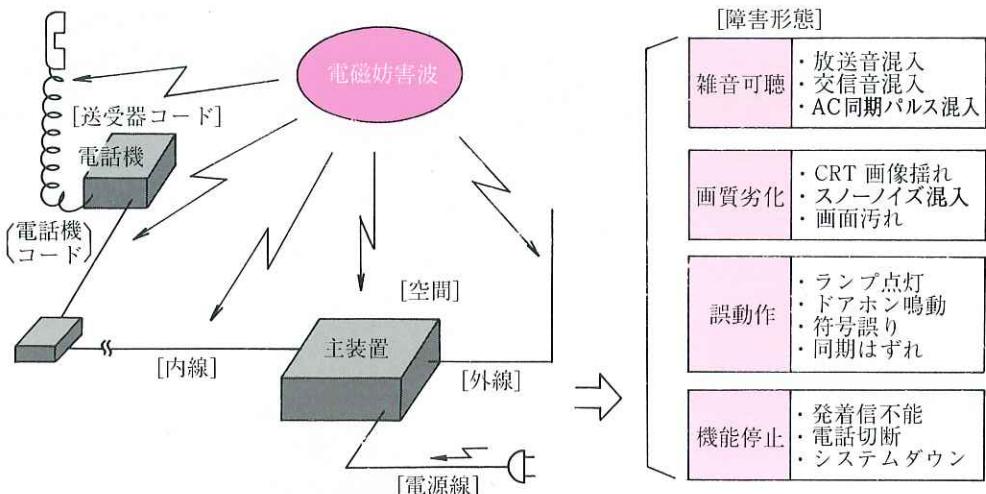


図16 ボタン電話装置への電磁妨害波の侵入経路と障害形態

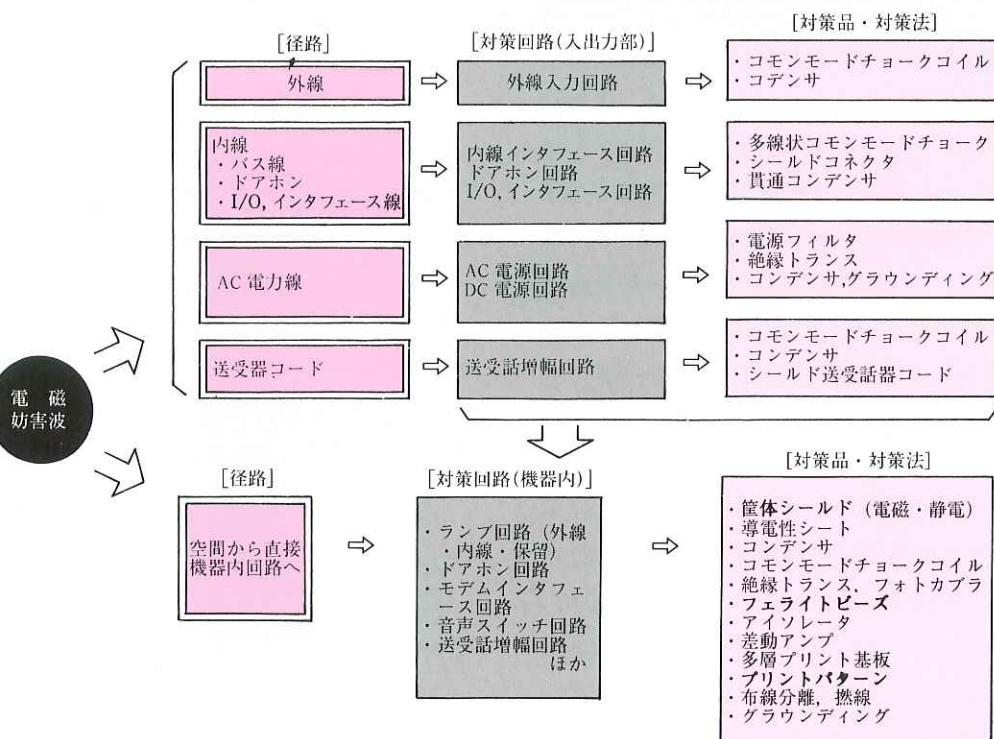


図17 宅内機器の電磁妨害波防護対策法

内機器の持つ音声・画像・データ通信機能により、様々な障害が発生します。

## 8.2 防護対策の考え方

電磁妨害波に対する機器の防護対策としては、機器内の影響を受けやすい回路箇所が見出せれば、そこに対策を施すことによってイミュニティを向上できます。しかし一般には、電磁妨害波の種類や経路、使用回路素子の種類や実装法などにより、障害原因となる回路箇所が多岐にわたったり、原因の特定が困難な場合があります。

宅内機器の場合、外来妨害波が前述の通信線や電源線などのラインから侵入して障害発生となることがほ

とんどです。機器の近傍にある妨害源からの放射妨害波が直接機器内の回路に影響を及ぼす場合でも、通常はラインからの影響も同時に受けているため、まずラインから侵入する妨害波への対策を考える必要があります。特に侵入妨害波が高周波の場合、機器内のあらゆる箇所に伝搬して、最もイミュニティの小さい箇所が影響を受けて障害をおこします。また、侵入妨害波のレベルが大きい場合は、影響を受ける箇所が複数にわたる場合もあります。これらに対しては、到來した妨害波が機器内各部に伝搬する以前のライン入力回路部に対策を施すのが、最も簡単で有効な対策です。

一方、電磁妨害波が機器内回路に直接影響を及ぼす場合は、上記ライン経由の対策を行った上で、直接波

による障害箇所を見つけそこに対策を行うか、その回路や機器筐体全体をシールド材で覆うなどの方法を用いる必要があります。

以上のような妨害波侵入経路に着目した宅内機器の防護対策回路箇所、及び主要な対策法を図17にまとめて示します。

### 8.3 防護対策部品

妨害源の種類と機器への侵入経路を考慮して開発した防護対策部品と、それらの適用領域を図18に、またそれらの外観写真を図19に示します。

このうち、通信線フィルタは、従来のアナログ2線用に加え、標準ホームバスや高速バスケーブルなどの多線条ラインを主対象としたモジュラジャック内蔵型(2~8線)や、フラットコネクタ内蔵型(RS-232D、4線用を基本形にした任意の並列接続可)など、それぞれ良好な特性(0.5~30MHz、または10~100MHzで、コモンモード電流減衰量30dB以上)のものが開発されています。

また、電源回路に用いる電源フィルタは、非アース状態での使用が多い宅内機器への適用時に、十分な効

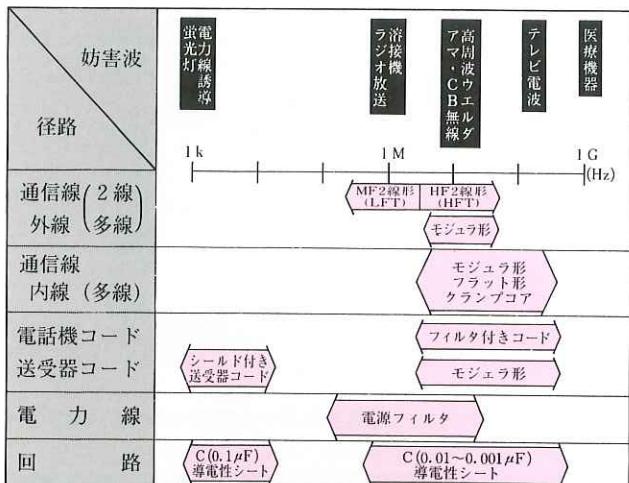


図18 妨害波の種類と侵入経路を考慮して開発した防護対策部品とそれらの適用領域



図19 防護対策部品の外観写真

果を有する市販品がないことから、新たに、複合型磁気回路を用いて、非アース時でも広帯域特性を有するもの(0.15~50MHzで、コモンモード電流減衰量30dB以上)が開発されています。さらに、ケーブル対策用として、電話機コードや送受器コードの一部にコイルを一体的に装着したものなども用意されています。

これらの防護対策部品を、宅内機器に侵入する電磁妨害波の種類や経路に応じて適切に使用すれば、大部分の障害の解消もしくは未然防止が可能です。

### 9. 光技術を利用した EMC 用アンテナ・センサ

通信装置の EMC 測定評価、電波暗室、TEMセル等の EMC 測定設備の特性評価等を行うためには、放射電磁界が理論的に求められる小型のアンテナや、電磁界を正確に測定できるセンサが必要です。小型のアンテナやセンサを使用する場合、エレメント長に比べアンテナやセンサに接続される同軸ケーブルが長いため、この影響が問題となります。これを除くため、接続ケーブルに光ケーブルを用いたアンテナやセンサが検討されています。この種のものとして NTT では、①アンテナ内部に E/O 変換器を内蔵した球状ダイポールアンテナと、②LiNbO<sub>3</sub>等の光学結晶を光変調器とした電界センサを開発しており、以下それらの概要を紹介します。

#### 9.1 球状ダイポールアンテナ

球状ダイポールアンテナの構成と断面形状を図20に示します。このアンテナは球体をしており、上下2つの部分に分けられます。上の部分は、内部に空洞を持つ傘状の構造にすることにより、アンテナの放射効率を向上させています。下の部分は、O/E 変換器とその電源用のバッテリーを収納するケースになっています。そして、その真下より光ファイバが引き出され、E/O 変換器に導かれており、電気信号発生器の信号をアンテナに伝送できるようになっています。

この球状ダイポールアンテナは、①同軸ケーブル等を使用していないため、その影響を考える必要がなく、放射電磁界を理論的に求めることができる、②アンテナ本体と完全に分離された状態で、外部から放射レベルと周波数をコントロールできるため、ネットワークアナライザ等と組み合わせて高精度な電磁界測定が可能、③バラン等によるインピーダンス整合が不要

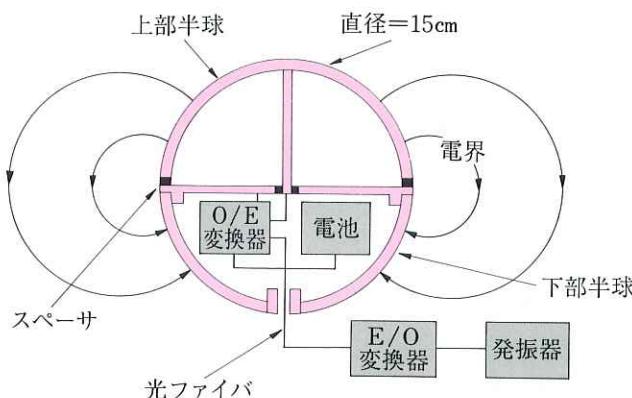


図20 球状ダイポールアンテナの構造

なため、アンテナを小型にできる等の特徴があり、電波暗室等の試験サイトの特性評価や、建物、装置筐体等の電磁波に対するシールド特性測定等に使用する電磁波源として最適です。

図21に球状ダイポールアンテナの高さ方向に対する放射特性を示していますが、理論値と実測値が $\pm 1\text{dB}$ 以内に入っています。一方、図20のO/E変換器をE/O変換器に変更すれば、受信アンテナとしても利用でき、そのタイプのアンテナも開発しています。

## 9.2 LiNbO<sub>3</sub>光IC型変調器を用いた電界センサ

LiNbO<sub>3</sub>等の光変調器を用いた電界センサは、①センサエレメント以外は全て非金属で構成されているため、周囲の電磁界に影響を与えない、②光変調器は電源を必要としないため、長時間にわたって電磁波の測

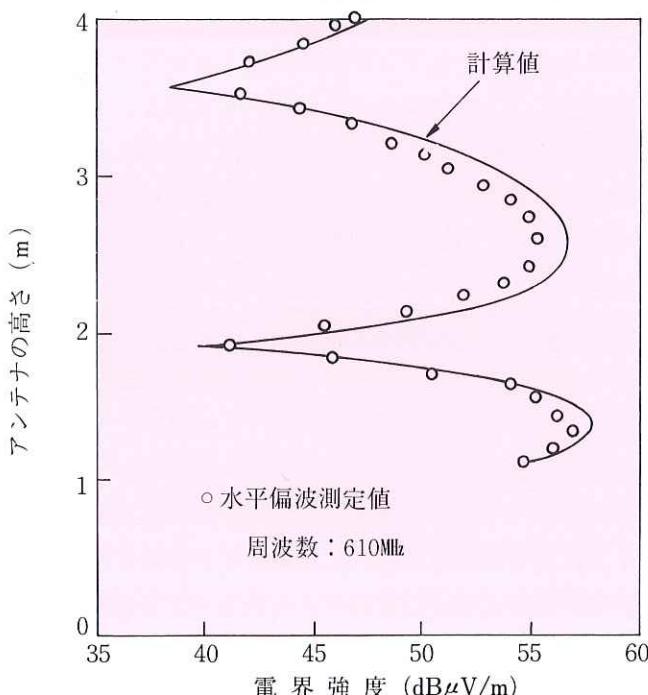


図21 球状ダイポールアンテナの放射特性

定ができる、③光変調器の入力抵抗は事実上無限大に近いため、数十Hzから数GHzまで動作する超広帯域センサが実現可能である、等の特徴があります。このため、機器近傍の電磁界分布計測、建物や装置筐体の電磁界分布計測、TEMセル等のイミュニティ試験用装置の特性評価、ESD等のインパルス性電磁界計測等への応用が期待されています。

LiNbO<sub>3</sub>光IC型変調器を用いた電界センサの構成を図22に示します。光源であるYAGレーザを出た光は、偏波面保持光ファイバによって光変調器に導かれ、光変調器を伝播する時に、2本の金属ロッドからなるセンサエレメント間に誘起された電圧で光強度が変調されます。この光強度変調信号をシングルモード光ファイバで光検出器に送り、再び電気信号に変換して電界強度を測定します。この電界センサは、100Hzから300MHzまで、ほぼ平坦な周波数特性を持っているため、インパルス性の電磁界を測定できます。図23にその測定例を示しますが、実際に印加されたインパルス

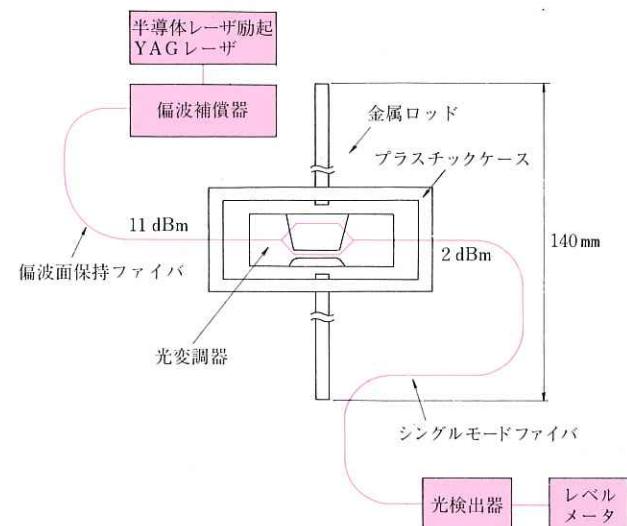
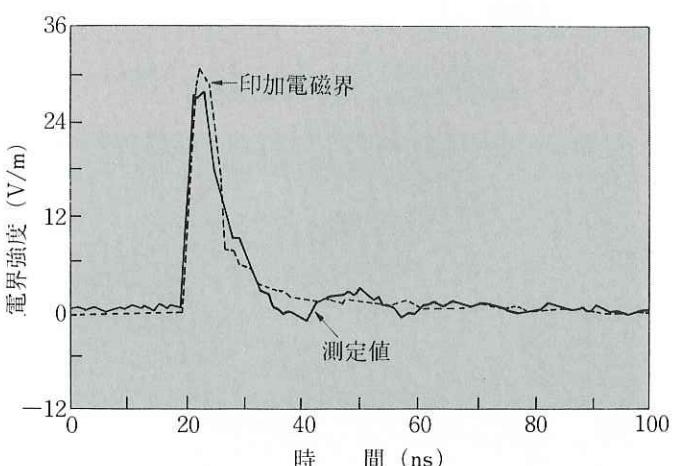
図22 LiNbO<sub>3</sub>型光変調器を用いた電界センサの構成

図23 電界センサのインパルスレスポンス

性電磁界の波形と、電界センサを用いて測定した波形はほぼ一致しています。

図22の電界センサでは、センサエレメントとして2本の金属棒を用いていましたが、その部分を超小型化することにより、超広帯域の電界センサを実現できます。図24に示すように、光導波路を用いた光変調器上に、センサエレメントを直接蒸着した超小型電界センサを開発しましたが、図25に示すように、理論的には、10GHz以上の周波数までのびており、かつ、ほぼ平坦な周波数特性になっています。実験では、2.5GHzまでしか確認されていませんが、実測値と理論値が良く一致しているため、理論どうりの特性が期待できます。

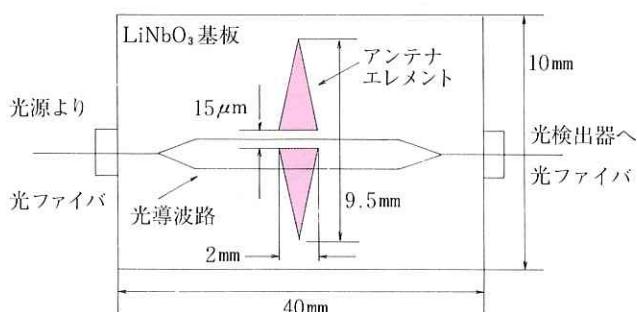


図24 超小型電界センサの構造

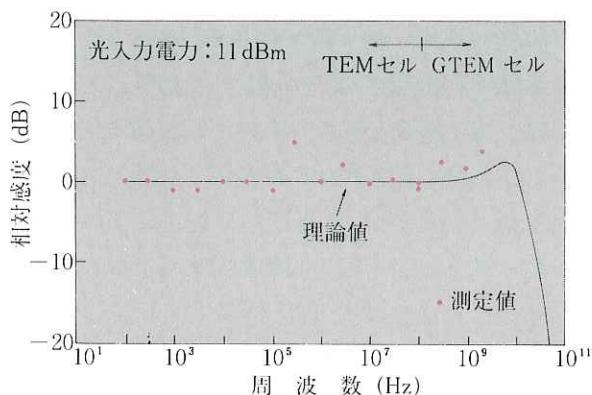


図25 超小型電界センサの相対感度に関する周波数特性

## 10. おわりに

以上、通信装置の EMC に対するNTTの検討体制を紹介するとともに、通信装置のエミッションとイミュニティに関する NTT の社内指針について、規格値、試験法及び対策法の概要を説明してきました。これらの中で NTT が独自に研究開発したものに対して、発明考案に関する平成4年度のNTT社長表彰が授与されました。この受賞にあたっては、受賞者の努力ばかりでなく、NTT 内外の EMC 関係者のご努力、ご指導が大きく幸いしたものと思っており、ここに厚くお礼を申しあげます。NTT の社長表彰は、NTT の事業に直接貢献することが受賞の必要条件ですので、EMC のように NTT のサービスに直結するハードやソフトでないにもかかわらず、社長表彰を受賞できたことは極めて大きな意味を持っています。これで EMC が NTT 事業に直接貢献していることが、フォーマルに認められたわけです。この受賞を励みにして、通信装置の EMC に対して、研究開発を鋭意進めてゆく所存ですので、関係者の今までかわらぬご指導、ご鞭撻をお願い申し上げます。

### 参考文献

- (1) 徳田、井手口：通信機器の EMC（電磁環境両立性）、電子情報通信学会誌、Vol. 74、No. 5、pp. 472-481、(1991)。
- (2) 徳田、栗山、金子：通信装置の EMC 技術の概要、NTT R&D、Vol. 40、No. 4、pp. 467-472、(1991)。
- (3) 特集「通信装置の EMC 問題の動向」、NTT 技術ジャーナル、Vol. 5、No. 5、pp. 12-30、(1993)。
- (4) 連載特集「通信装置の EMC」、電磁環境工学情報 EMC、No. 41、9月1991年～No. 52、8月1992年、(ミマツデータシステム)。

# NEC「EMC 技術センター」の設立について

日本電気株式会社 資源環境技術研究所 EMC 技術センター

林 昌世  
畠山 賢一

NEC（日本電気株式会社）は中央研究所内に平成4年12月、「EMC 技術センター」（Electromagnetic Compatibility Engineering Center）を新設した。当センターは資源環境技術研究所に属し、研究員約10名で発足した。資源環境技術研究所内には、従来から電磁環境技術の研究グループがEMC 技術の研究開発を行っていたが、環境問題の一つとして、特に近年注目されている電磁障害に関する諸問題に対し、NEC グループ全体としての研究開発活動をより積極的に推進することを目的に、業界の先陣を切って社内 R&D グループに当センターを組織化した。

近年、電子機器の増加に伴って、各々の機器から漏洩する電磁ノイズが他の電子機器の誤動作を誘発したり、機能障害をおこさせる例が見られるようになっている。これらの問題に対し、適切で迅速な対応が求められている。EMC 技術を一口に言うと、全ての電子機器がきちんと本来の機能を果たせるように電子機器の設計を行い、電磁障害が発生しないように電波的な環境を整えるための技術といえる。電子機器によって発生する電磁障害は大変嫌われるもので、EMC 技術は未来の高度情報化社会の円滑な維持を実現するための基礎技術としても大変重要視されている。

当センターは、様々な電子機器から漏洩する電磁ノイズが原因となる電磁障害の諸問題に対し、先端技術の開発とともに電磁環境に関する技術渉外や技術評価機能などを設けて、総合的な見地から取り組んでいく。主な機能は次のとおりである。

- (1) EMC 先端技術、共通技術の研究開発。
- (2) NEC グループ全事業部門が保有する情報や技術の結集と共有化。
- (3) 国内外での規制、規格制定への参画、動向の専門的な調査と適切な対応。

当センターは電磁環境の改善に関して、NEC グループの総合力を結集して貢献していくものである。当センターの機能を概念的に図1に示す。

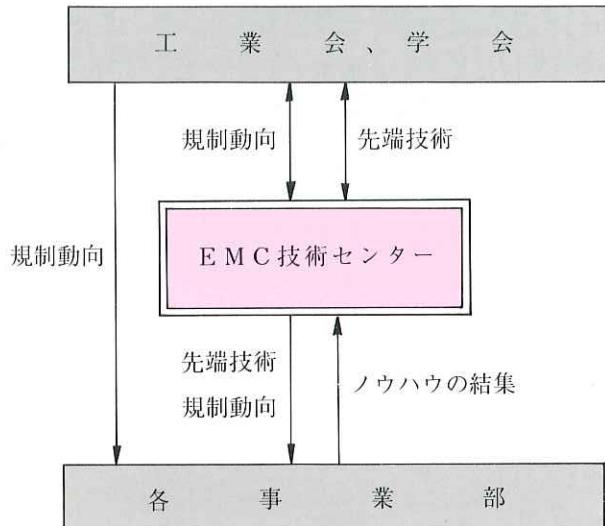


図1 EMC 技術センターの機能

不要電磁ノイズに対する規制は近年世界的に強化される方向にあり、ドイツでのVDE規格（法規制）の制定を始め、米国でのFCC規格（連邦法規制）、わが国では、自主規制としてVCCIが制定されている。これらEMC規制は数年前から始まったばかりであるが、現在も施行法が一部変更されたり、新しい内容が加わったりするなど非常に流動的である。規制動向に迅速に対応した技術開発力を基礎とし、当社のEMC技術を総合して各部門で製品に素早く適用する体制を作り上げねばならない。また、規制とは別であるが、電子機器の高密度実装による小型化、高周波を促進するために、機器内部の電磁環境を整えることは必須事項とされている。こうした世界的な電磁環境関連の問題や技術動向をNECでは重要な環境問題の一つとして位置づけている。

当センター設立以前に資源環境技術研究所で長い研究実績がある電磁波吸収・遮蔽技術、あるいはコンピュータ電源のEMC設計は高いレベルにある。現在は近傍電磁界の計測と数値解析技術を基にした電磁界シミュレーション技術、電波暗室設計・利用技術、機器対策技術やイミュニティ技術開発を積極的に進めしており、また、EMC技術を応用した電磁エネルギー利用

技術の開発も進めている。今後の重要な研究開発テーマとしては、プリント基板やデバイスの EMC 設計、グランド、装置間・回路間での EMC 設計などが上げられる。

NEC 「EMC 技術センター」は全 NEC グループの電磁

環境技術の中核として、専門的な情報センター機能と研究開発活動による成果を各事業部の開発部門に提供していくことにより、信頼性の高い高品質の機器の開発に役立て、世界の電磁環境保護の動きに積極的に貢献していく。



## CISPR ワルシャワ会議に出席して

NTT 移動通信網株式会社 通信技術システム部  
第 5 技術担当 主任技師  
小林 一義

### 1. はじめに

平成 4 年 9 月 7 日から 12 日までの 6 日間、CISPR 会議がポーランド国ワルシャワ市のホテル・フォルムで開催された。参加国数は 22 カ国で参加人員は 167 名であった。日本からは、仁田周一先生以下 19 名が参加した。今回は、CISPR 会議の直前の 9 月 2 日から 4 日にポーランド国ヴロツワフ市のヴロツワフ工科大学で EMC 国際シンポジウムが開催された。シンポジウムの参加国数は 32 カ国で参加人員は 210 名であった。参加国数が多いのは旧共産圏が分かれて、カザフスタン、ウクライナ、スロバニア、リトアニア等が参加しているためである。



「文化科学宮殿」

スターリンからの贈物で“ソビエトの建てたワルシャワの墓石”とも呼ばれている。

私は CISPR 会議に参加するのは、昨年のベルリン会議に次いで 2 度目であるが、参加者の目から見た印象を述べることにする。

### 2. CISPR 会議の印象

CISPR には A から G までの 7 つの小委員会 (Sub-Committee) があり、各小委員会には、2 つ程度の作業班 (Working Group) が設置されている。今回は、Generic Standard を扱う CISPR WG 1 も初めて開催された。私は主として、A 及び D 小委員会とその作業班に参加した。

A 小委員会は、他の小委員会が Product Committee であるのに対して、CISPR 全般に共通する一般的な妨害波測定法、測定装置及び妨害波測定結果の統計的解釈法について審議している。一方、B～G 小委員会は Product Committee であり、B は、工業、科学及び医療用高周波装置、C は、電力線、高電圧機器及び電気鉄道、D は、自動車及び内燃機関、E は、無線受信機 (ラジオ、テレビ)、F は、モーター及び接点装置内蔵機器、照明装置、G は、情報技術装置というように、ジャンル別に妨害波の許容値や測定法について審議している。

会議は教室形式で、教壇の位置には議長と幹事が座



「文化科学宮殿の上から見たワルシャワ市内」

中央の高いビルが、CISPR会議が開催されたホテル・フォルム。見渡す限りの平野である。

り、生徒の位置には各国の委員が座るという形で行われた。

A小委員会では目下、Publication 16の改訂作業を行っている。昨年のベルリン会議でドイツより提案された代替テストサイトに関するチャンバファクタ、グレーファクタという新しい概念について、今回は、ドイツから幾つかの暗室のデータが提出され、積極的に採用してもらおうという姿勢がみられた。また、今回は、A小委員会のみならず他の小委員会を通しても、1~3GHzの検討を開始すべきであるという意見が多くかった。

D小委員会では、Publication 12の改訂作業を行っており、車両自体の装置から生じる車内無線受信の妨害や電気自動車についての議論が活発である。各国の利害損失に直接関係するため、アメリカ、ドイツ、イタリア、日本などの自動車生産国からの議論衝突が多く、Product Committeeらしい雰囲気であり、イタリアの委員などは議論が紛糾してくるとだんだんイタリア語的な発音になってくるといった具合である。

会議を通して感じたのは、投票のときの1票の重さである。アメリカの1票は重いが、ヨーロッパ勢が一致団結すると数の上で優勢となるため、アメリカのFCC、ANSIなどのみならず、ヨーロッパのCENELEC、ACEAなどの動向にも充分注意しておかなければならないと痛感した。

### 3. ポーランド（ワルシャワ）の印象

CISPR会議が開催されたワルシャワはポーランドの首都であり、ポーランドのほぼ中央に位置する。ポーランドは、東でロシア、西でドイツ、南でチェコ・スロバキア、北でバルト海と接しており、東ヨーロッパの中では最大の国土面積を有している。私は CISPR



「ワルシャワ旧市街の中心である旧市場広場」

建物は第二次世界大戦で破壊されたが、戦後に再建（破壊前と全く同一に復元）された。

会議の前にヴロツワ

フで開催されたEMC国際シンポジウムにも参加した。ヴロツワフはワルシャワの南西、チェコ・スロバキアとの国境に近いところに位置する。ワルシャワーヴロツワフをバスで往復したが、片道約6、7時間の車窓は見渡す限りの平野で、山がないのが印象であった。ポーランド

というと、我々が思

い浮べるのは、第2

次世界大戦時のナチスドイツの強制収容所であろう。ロシアとドイツの間にあり、広大な平野を有するが故に、幾度となく他国に侵略されたというのが、理解できたような気がした。その分、民族意識・愛国心が強いのだろう。

現地でまず直面するのは、英語が通じないことである。また、ポーランド語は幾つも子音がつながり、どう発音してよいか全くわからないため、移動や買物には一苦労である。買物については、旧共産圏の名残か、物品を手にすることはできず、カウンター越しに注文するという形式の店が多い。ここでも言葉の壁に当たり、自分の欲しい物を手にするまでには努力を有する。私は以前 JICA の専門家として南米エクアドルで2年間過ごし、これまでにも色々な国を訪れたことがあるが、このような経験は初めてである。



「女神ニケの像」

ドイツの方に向かって大きな剣を振りかざしている。

また、通貨(単位：ズウォチ)は1ズウォチが0.01円であり、チップ5,000ズウォチと言われてもピンとこない。日本人どうしでレストランで食事をし、いざ精算する段になって、誰々が何万ズウォチ、誰々は何十万ズウォチ、チップは何千ズウォチというように桁外れの数字であるため、頭が混乱してしまうようなこともあった。

ポーランド料理は、ロシア料理とドイツ料理を合わせたようなもので、肉のてんぷら、あらびきハンバーグのようなものにマッシュポテトという組合せが多くなったが、油ぎっていて、味が薄く、私にとっては美味しいとは言えなかった。そこで、役立ったのが日本より持参したミニチュアの醤油である。いつもこれをポケットに忍ばせておいて用いるのである。

#### 4. おわりに

今回の CISPR 会議は 1 週間であり、例年の半分の開催期間ではあったが、内容は充実していたと思う。これは、A 小委員会では、Publication 16 の改訂作業が大詰めに来ており、新たに 1~3GHz 帯の検討が開始されようとしていること、D 小委員会では、Publication 12 の改訂作業の新作業項目がほとんど決まり、内容検討が促進されつつあること、車載受信機保護についても作業班レベルでの検討がほぼ完成に近いことなどによるためである。

最後に、CISPR 会議に出席するにあたり、お世話になった方々に、この紙面をお借りして深く感謝いたします。

# 不要電波障害に関する苦情・相談等 申告状況について

郵政省 電気通信局 電波部  
監視監理課 電磁環境対策室

郵政省では、各地方電気通信監理局及び沖縄郵政管理事務所に設置してある電磁環境対策室において、不要電波による障害の情報収集や調査を行うとともに、一般の人々の苦情や相談に対応しています。

EMCC レポートでは、毎年その申告概要と件数について状況報告とともに考察を混じて連載してきたところですが、第 8 号では、電話機に対する障害に着目して、平成 3 年度におけるまとめを表に示しました。(表に計上されている申告件数については、全国の不要電波障害のすべてを表すものではなく、障害を受けたユーザーが、自主的に申告を寄せたものであり、当然のことながら国内における不要電波障害の総件数を表してはいないものです。)

さて、申告状況と申告件数を見てみると、昭和63年度、501件、平成元年度、755件、平成2年度、874件、平成3年度、1,077件であり、そのうちの約半分(昭和63年度、236件、平成元年度、355件、平成2年度、478件、平成3年度、513件)は、電話機に対する障害であり、次いでラジオやテレビ等の放送受信機に対する障害が多いことがわかります。原因は、不法ハイパワー CB 無線やアマチュア無線等の電波が混入したり、これらの電波によって本来の機能を維持できなくなり誤動作を引き起こす事例が、そのほとんどであるようです。

障害を受けている電話機のうち、メーカー名の特定できたものの内訳を見ると、A 社製のものが約半分を占め、続いて B 社、C 社の順になっていますが、各社の電話機の一般への普及台数(使用台数)を考慮すれば、特に製造事業者による障害のばらつきはないものと思料されます。

通話の相手方に障害があったかどうかについては、申告者が相手に問うか、又は相手が障害を述べなければ把握できなかった事項であるため、不明として計上されたものが多いが、障害無しに比べて、障害が有っ

たとの申告が 2 倍以上になっており、使用者側に障害が生じた場合には、相手にも障害が生じる可能性が高いものであることが思料されます。

これらの申告件数は毎年増加しており、昭和63年度から平成3年度の4年間で申告件数は、約 2 倍に達しております。

電話機に対する障害は、近年の高度情報通信の発展に伴い、今後とも増加することが予想されます。このことは、電話機がますます多様化していく中で、電話機内部の回路網が複雑巧妙化することによって、不要電波の影響を受けやすくなっていくものと予想されるためであり、設計段階での妨害排除能力(イミュニティ)の向上について引き続き検討していく必要があるものと思料されます。

また、各種無線通信機器についても多種多様化しながら、増加するものと予想されるため、今後とも無線設備からの不要な電波発射をなくしていくとともに、これらの環境内におかれるであろう電話機等(各種電子機器を含む)のイミュニティ基準の策定について努力していかなければならないと考えています。

電磁環境対策室では、今後も上記取り組みにおける障害申告の推移状況を分析しながら活動を進めてまいりますが、未だ増加傾向にある不要電波に関する苦情・相談等につきましては、引き続き次に示す各地方電気通信監理局又は沖縄郵政管理事務所内の電磁環境対策室までご連絡をいただきますようお願い申し上げます。

北海道電気通信監理局内電磁環境対策室

☎ 011-709-2311 (代表)

東北電気通信監理局内電磁環境対策室

☎ 022-221-0641 (直通)

関東電気通信監理局内電磁環境対策室

☎ 03-3214-1610 (直通)

信越電気通信監理局内電磁環境対策室

☎ 0262-34-9976 (直通)

北陸電気通信監理局内電磁環境対策室

☎ 0762-33-4441 (直通)

東海電気通信監理局内電磁環境対策室

☎ 052-971-9107 (直通)

近畿電気通信監理局内電磁環境対策室

☎ 06-942-8535 (直通)

中国電気通信監理局内電磁環境対策室

☎ 082-222-3332 (直通)

四国電気通信監理局内電磁環境対策室

☎ 0899-36-5051 (直通)

九州電気通信監理局内電磁環境対策室

☎ 096-368-6863 (直通)

沖縄郵政管理事務所内電磁環境対策室

☎ 098-865-2308 (直通)

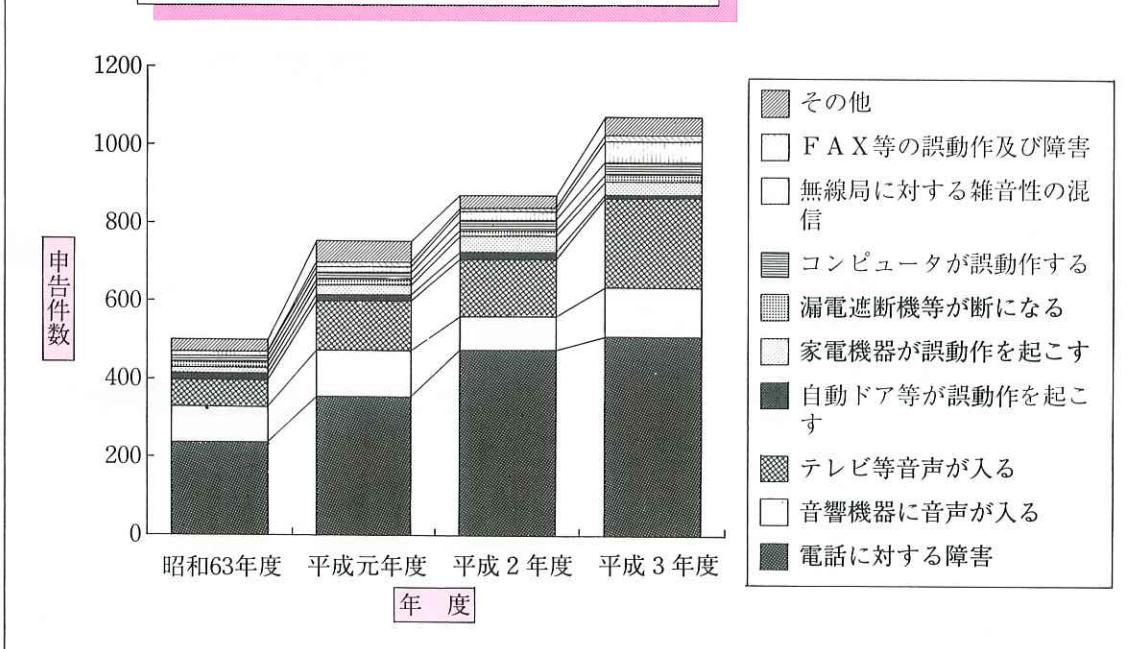
## 不要電波障害に関する苦情・相談等申告状況

【昭和63年度から平成3年度までの推移】

申告状況	申告件数			
	昭和63年度	平成元年度	平成2年度	平成3年度
1 電話に対する障害 (内訳) (1) トランクやダンプのCBの声が電話に入る。 (2) 電話機に無線の声が入る。 (3) 電話に雑音等の障害がある。 (4) 電話に障害が発生。	236 (72) (104) (33) (27)	355 (136) (165) (17) (37)	478 (174) (194) (75) (35)	513 (196) (151) (101) (65)
2 カラオケ、オーディオ機器等音響機器に音声や雑音が入る。	93	119	87	127
3 テレビ、ラジオに音声や雑音が入る。	68	124	147	229
4 自動ドア、シャッターが誤動作を起こす。	17	16	17	8
5 テレビのリモコン等家電機器が誤動作を起こす。	15	26	41	34
6 漏電遮断機、ブレーカー、ヒューズが断になる。	14	16	15	18
7 コンピュータが誤動作する。	14	14	23	33
8 無変調波の発射、無線機に対する雑音性の混信。	11	15	23	51
9 FAX、ポケベルの誤動作及び障害。	0	14	9	18
10 その他 (内訳) (1) 安全に関わるもの (医療機器への障害、工場機器の誤動作、電車の速度計の誤動作等) (2) その他 (測定器への障害、万引き防止装置の誤動作、ワイヤーの誤動作等)	33 (9) (24)	56 (6) (50)	34 (3) (31)	46 (13) (33)
総 件 数	501	755	874	1,077

(郵政省電磁環境対策室への苦情・相談申告より抜粋)

## 不要電波障害に関する苦情・相談等申告状況の推移



## 不要電波障害（電話機関係）申告状況（平成3年度）

(上段：4月から9月までの申告受付件数、下段：10月から3月までの申告受付件数)

障害状況	北海道	東北	関東	信越	北陸	東海	近畿	四国	中国	九州	沖縄	小計	合計(%)
不法CB混入		2	34	4		4	8	1	3	12		68	174
	1	1	69	3	1		8	2	4	17		106	(33.92)
不法混入 (不法CB以外)			1			20						21	22
							1					1	(4.29)
アマチュア無線局・簡易無線局混入	4	4	14	7	1	2	11	4	2	5		54	105
	8	5	7	1	4	4	13	2	4	3		51	(20.47)
他無線局混入	3	1	1		2		1	1	6			15	46
	2		3	1	1	20		1	3			31	(8.97)
雑音・異音	2	8	13	1		5	13	2	1			45	92
	3	4	14	5		4	8	2	2	5		47	(17.93)
放送局混入		1	2				1	1				5	9
		1		2						1		4	(1.75)
誤動作	3	2	7	1	1	4	5					4	65
	1	3	12	1		8	4	2		7		38	(12.67)
合計(%)	28	31	179	24	10	71	73	18	25	54	0	513	513

(申告件数は、申告内容等から判断したものが含まれている。)

## 製造業者別障害申告件数（平成3年度）

メーカー名	申告件数	(%)
A社	76	48.4
B社	17	10.8
C社	10	6.4
D社	7	4.5
E社	6	3.8
F社	5	3.2
G社	4	2.5
H社	3	1.9
その他	29	18.5
合計	157	100.0

## 電話機関係障害申告内訳（平成3年度）

\* 申告受付にて回答（報告）があったもののみ計上した。

## 【障害を受けはじめた時期】

* 全	102件	・3ヵ月前～	3件
・不明	43件	・1ヵ月前～	2件
・2～3年前～	11件	・5年前～	2件
・半年前～	4件	・1年前～	2件
・平成3年11月～	3件	・その他（少数申告）	32件

## 【主に障害を受ける時間帯】

* 全	144件	・朝と夕刻	6件
・不明	39件	・昼から夜の間の時間帯	37件
・常時	18件	・朝から昼までの時間帯	16件
・不定	15件	・その他（少数申告）	13件

## 【障害継続時間】

* 全	103件	・断続的	6件
・不明	52件	・不定	4件
・連続的	11件	・数秒病から数十秒	6件
		・その他（少数申告）	24件

## 【障害発生頻度】

* 全	103件	・頻繁	6件
・不明	46件	・不定	5件
・毎日	24件	・その他（少数申告）	22件

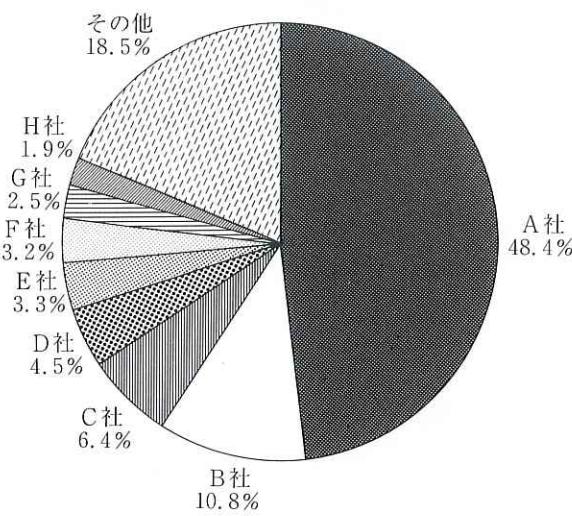
## 【通信の相手方の障害有無】

* 障害有り	31件
* 障害無し	12件
* 不明	27件

## 【内線機能の有無】

* 内線有り	34件
* 内線無し	28件
* 不明	14件

## 製造業者



## 編集後記

- 前回の EMCC レポート第 7 号の発刊（平成年 3 月発刊）から、人事異動等による事務局繁忙のため長期間を要しましたが、ようやく第 8 号を発刊することが出来ました。
- 今号では、特集の一つとしまして、平成 4 年 8 月にブリヂストン美術館ホールで開催しました不要電波問題対策協議会第 12 回講演会「妨害波測定場に関するセミナー」の概要を掲載いたしました。参加者は、156 名を数え、関心の高さを示したようです。講演者の先生方は、各分野の専門家であり、講演後の質疑応答にも熱が入り、参加者の方々にも満足のいただける内容であったと思います。
- 第 2 の特集としまして、メーカーにおける EMC への取り組み状況を掲載しました。
- 日本電信電話(株)には、通信装置の EMC に関する検討状況について寄稿していただきました。また、日本電気(株)には、EMC 技術センターの設立について寄稿していただきました。
- トピックスとして平成 4 年 9 月 7 日から 12 日までの 6 日間にわたってポーランドのワルシャワにおいて開催された CISPR 会議に参加し、審議にあたって下さった方のうち、NTT 移動通信網(株)の小林一義先生にワルシャワ会議の印象について寄稿していただきました。

○ 4 月 27 日（火）に霞が関ビル PLANA HALL におきまして、第 14 回講演会「日米不要電波問題セミナー」を開催する予定です。講師として、AT&T の D. N. Heirman 先生を招き「アメリカの EMC 規制の動向等」について講演をしていただく予定にしておりますので、皆様のご参加をお待ちしております。

○ 協議会では、平成 4 年度の事業報告書を 4 月には作成して、皆様方にご報告できるものと思っております。ご希望の方は、事務局までお問い合わせ下さるようお願い申し上げます。

○ EMCC レポート第 8 号の編集にあたり、事務局では、多数の方々にご協力をいただきました。事務局として心から感謝の意を表す次第です。

今後もできる限り皆様方のご要望に応えますよう努力してまいりたいと思いますので、何にとぞよろしくお願ひ申し上げます。

### お問い合わせ先

〒140 東京都品川区八潮 5-7-2  
 (財)無線設備検査検定協会 内  
 不要電波問題対策協議会 事務局 沼口  
 TEL 03-3799-0053 FAX 03-3799-9053

—無断転載を禁ず—

## EMCC レポート第 8 号

平成 5 年 3 月 17 日 発行

編集発行	不要電波問題対策協議会 Electromagnetic Compatibility Conference Japan 〒140 東京都品川区八潮 5-7-2 (MKK ビル) (財)無線設備検査検定協会 内 不要電波問題対策協議会 事務局 TEL 03-3799-0053 FAX 03-3799-9053
------	---

