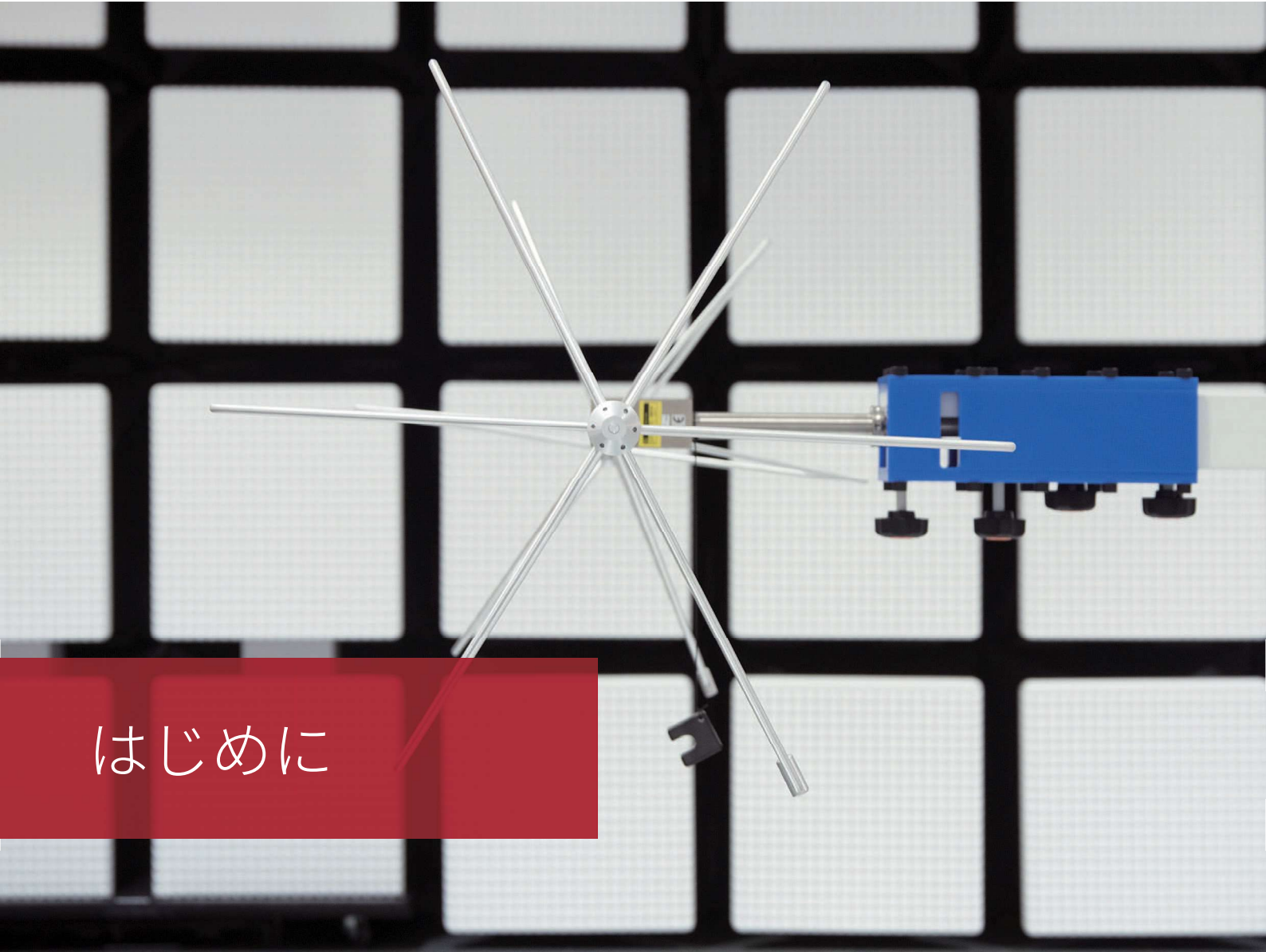


基礎から学べる EMC

第一部：EMC の定義・EMC の試験



Empowering Trust™



はじめに

電子機器の設計、製造に関わっていると、どこかで必ず "EMC" という言葉に触れる機会があるのではないのでしょうか。「そもそも、EMCとはなんだろう?」といった疑問を持つ若い技術者も多くいることでしょう。現在では EMC の規制や規格が制定され、対象の電子機器に対しては、こうした規制・規格の定める基準をクリアすることが求められています。今後も、電子機器は増加し多様化していくことが予想され、EMC は、ますます重要な技術基準となっていくことが考えられます。

本ホワイトペーパーでは、EMC の概念と測定方法の基礎、国際および地域規格・規制の概要などを、第一部として EMC の定義と EMC の試験、第二部として EMC の規格と EMC の動向にまとめていきます。電子機器の設計、製造に関わる若い技術者の方々が EMC への理解を深めることを目的としています。

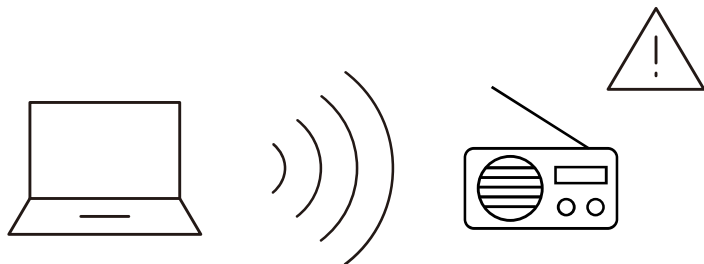
EMC とは？

まず、「EMC はどうして大切なのか？」と「EMC とはそもそも何か？」を説明します。ここでは、イメージが湧きやすいよう、よく挙げられる事例で説明します。

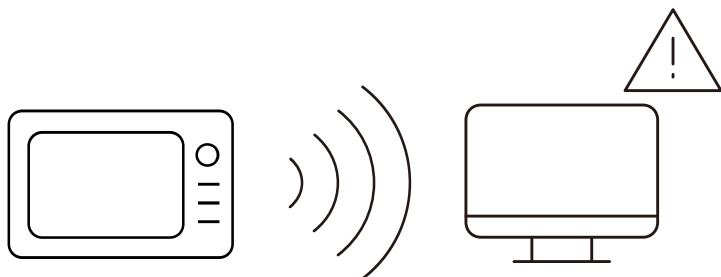
EMC はどうして大切なのか？

- EMC 規制の始まりと "EMC 問題 "

- ・現在ではあまり経験されないかもしれませんが、ラジオでAM放送を聞いている時、パソコンを動作させたら、雑音が入ってきて放送が聞こえなくなった。

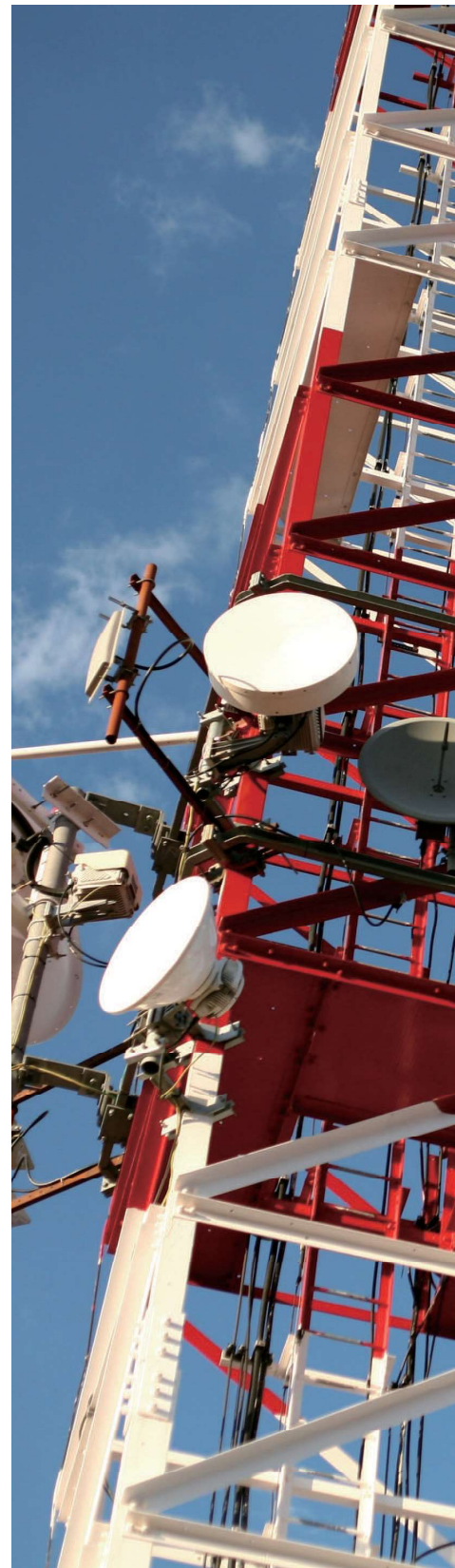


- ・テレビを見ている時、同じ部屋内で電子レンジを使用したら、テレビの映像に縞模様が現れて見づらくなった。



これらは典型的な家庭内での " 受信障害 " の事例で、電子機器が普及し始めた 1960 年代から 1980 年代によく発生していました。パソコンや電子レンジが作動する際に発生する電磁妨害波 (ノイズ) が、空間や屋内配線を通じてラジオやテレビに干渉するため、雑音や縞模様が生まれていたのです。

このような受信障害が、EMC 規制が始まるきっかけとなり、それらが顕在化するにつれて、世界各国で規制が開始されていったのです。



ところが、1980年以降も、受信障害に代表される"EMC問題"は収束せず、寧ろもっと大きな広がりを見せることとなります。エレクトロニクス技術があらゆる分野へ普及し、目覚ましい発展を遂げていった結果として、私たちの周りに電子機器が急速に増え、お互いに干渉する可能性が高まったからです。

EMC問題は、家庭内での受信障害から、電子機器の誤作動へと波及していくこととなります。1990年代から2000年代にかけて、携帯電話による医療機器の誤作動、携帯CDプレーヤーの作動による航空機内装置の誤作動が発生し、注目されました。もっと深刻なケースでは、エレベーターの異常動作、工場の産業用ロボットの誤作動による事故も発生しています。EMCの問題が、人命にかかわる事故にまでつながってしまったのです。

事例 1: 携帯 CD プレーヤーの作動による航空機内装置の誤作動

(1993年)2月の初め、ニューヨーク JFK 空港で最終着陸態勢に入っていた DC-10 が突然左に鋭く機体を傾斜させ、墜落しかけた。NASA と FAA の専門家は、ファーストクラスの乗客が携帯 CD プレーヤーの電源を入れた時、その航空機の制御が狂ったものと結論を下した。新しい航空機はより高度にコンピューター化されており、(電磁波)干渉の影響を受けやすい。飛行制御システムが自動操縦や計器着陸に使用するナビゲーションビーコンなどの VOR ネットワークに用いられる周波数への干渉に関心が寄せられている。

(Taken from Compliance Engineering Spring 1993, page 92, itself commenting on an article in Time, Feb 22, 1993, www.ce-mag.com.)

事例 2: 無線の使用による医療機器の誤作動

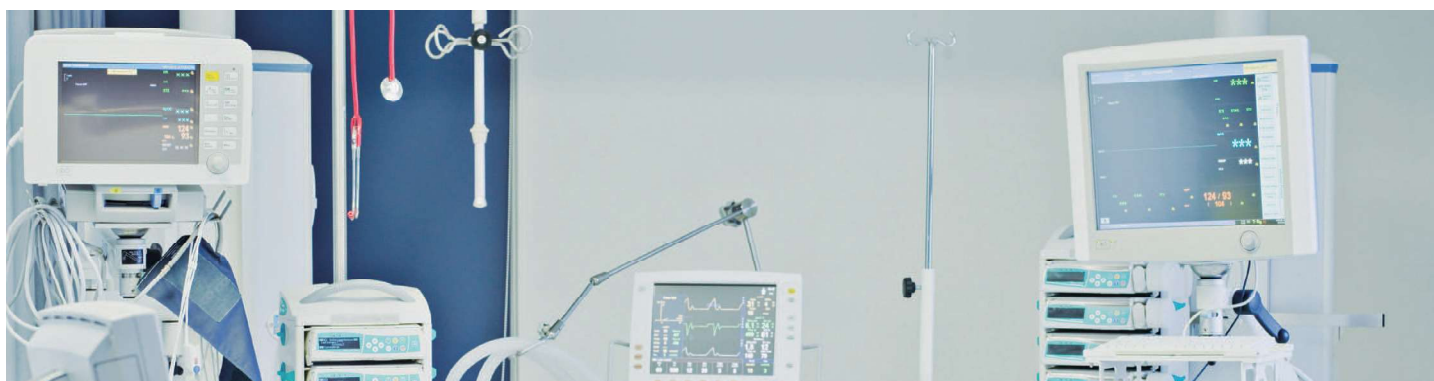
1992年、医療技術者が心臓発作を起こした患者を病院へ搬送する途中、患者を心臓モニター / 除細動器に繋いだ。技術者がアドバイスを求めるために無線機の電源を入れる度、機器がシャットダウンし、その結果、患者は死亡した。分析では、救急車の屋根が金属からファイバークラスに変更され、また長距離無線アンテナが取り付けられていたために、機器が極度に高い電波フィールドに曝されていたとわかった。車体のシールドが低下したことと、強い放射信号の組み合わせが、機器には厳しすぎる干渉を与えたことが証明された。

(An article in the Wall Street Journal reported in Compliance Engineering Magazine's European edition September/October 1994.)

<http://www.compliance-club.com/pdf/banana%20skins.pdf> より抜粋
筆者訳、括弧 () 内筆者追記

EMC に対する規制は、現在もその対象の範囲を広げ、変化を続けています。たとえば、以前は考慮されていなかった、人体に対しての障害が議論されています。電磁波は、人体に対して吸収、発熱の効果があり、温度上昇を通じて障害を与えると考えられるからです。

以上のように、EMC は製品の動作を保証することももちろん、事故防止の意味でも重視されるべきなのです。そのため、EMC に対する規制は、エレクトロニクス技術のさらなる発展、多様化が進むにつれて、今後も継続して議論されていくことになるでしょう。



EMC とはそもそも何か？ - 電磁妨害波（ノイズ）

さて、EMC の正体を突き止めるため、先に述べた様々な事例が発生する原理を、ここで説明していきます。先ほどのラジオとパソコンの例では、パソコンを動作させた際に電磁妨害波（ノイズ）が発生すると述べました。

ここでの電磁妨害波（ノイズ）とは、突き詰めれば EMC に起因する問題を引き起こす電磁波を指します。電磁波とは、空間に存在する電場と磁場の变化から形成される波のことです。エネルギー伝播の現象の一種で、電界と磁界が互いに電磁誘導しあい、交互に発生させあうことで空間が振動し、電磁場の変動が周囲の空間に波となって伝播していきます。下表のとおり電磁波はいろいろな分野に利用されています。

名称	波長	周波数	利用例
VLF (極超波)	100 – 10 km	3 – 30 kHz	-
LF (長波)	10 – 1 km	30 – 300 kHz	船舶、航空機用通信
MF (中波)	1000 – 100 m	300 – 3000 kHz	AM ラジオ
HF (短波)	100 – 10 m	3 – 30 MHz	遠距離ラジオ
VHF (超短波)	10 – 1 m	30 – 300 MHz	FM ラジオ、テレビ
UHF (極超短波)	100 – 10 cm	300 – 3000 MHz	携帯電話、電子レンジ、レーダー
SHF (センチ波)	10 – 1 cm	3 – 30 GHz	電話中継、レーダー、衛星テレビ
EHF (ミリ波)	10 – 1 mm	30 – 300 GHz	車載レーダー、電話中継、レーダー、ミサイルのセンサー
赤外線	1 mm – 780 nm	-	赤外線写真、乾燥
可視光線	780 – 380 nm	-	光学器械
紫外線	380 – 10 nm	-	殺菌灯
X線	10 – 0.001 nm	-	X線写真、材料検査、医療
ガンマ線	0.1 nm 未満 <small>(主に放射性原子核から生じる)</small>	-	材料検査、医療

話題をラジオとパソコンの例に戻しましょう。

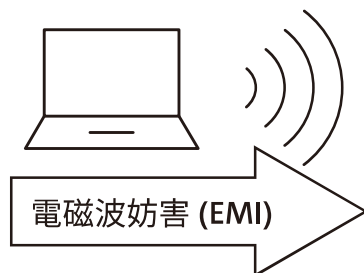
さまざまな利用例がある電磁波ですが、問題のパソコンに関しては、実はわざと電磁波を発生させているわけではありません。

もちろん、電子レンジのような電磁波を利用して動作する電子機器もありますが、パソコンなどの一般電子機器の場合、電磁波を利用しない本来の動作を行う場合にも、不要な電磁波を出してしまうことを念頭に入れておきましょう。

この場合、パソコンは本来の動作を行うだけで副次的に不要な電磁波（ノイズ）を発生させ、そのノイズが空間を通じて、または家の中の配線、電源線を通じてラジオに入り込んでいきます。一方、ラジオは電波を受信するため、このパソコンから伝わってきたノイズに可聴周波成分が含まれていた時に、そのノイズを拾ってしまい、本来の音とは異なる雑音を発生させてしまうのです。

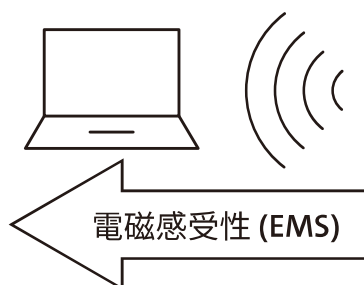
それでは、ここまでの説明を EMC という用語にまで落とし込んでいきましょう。

先述の事象が発生しているとき、パソコンから出ているノイズのラジオへの妨害を、電磁波妨害 (EMI: Electromagnetic Interference) と呼び、電子機器からノイズが出て、ほかの機器に影響を与えていることを指します。また、この時パソコンからノイズが出ているため、エミッション (Emission) と呼ぶこともあります。



一方、電子機器は他の電子機器に影響を与えるだけではなく、影響を受ける可能性も考えられます。つまり、上述の例では妨害源であったパソコンも、今度は他の電子機器から妨害を受ける可能性があるのです。そのため、電子機器が外部からのノイズにどれくらい影響を受けやすいか、ということも重要になってきます。

この影響の受けやすさは電子機器の電磁感受性 (EMS: Electromagnetic Susceptibility) と呼ばれます。同じ概念は、電子機器がどれくらいノイズに耐性があるかといった考え方もできるため、ノイズ耐性 (イミュニティ: Immunity) とも呼ばれます。



以上のように、EMC に関する問題には、電子機器がノイズ源となって他の電子機器に影響を与える可能性と、周囲の電子機器が発生するノイズの影響を受ける可能性の二面性があります。このことから、製品設計の際には、EMI、または EMS のどちらか一方だけを対策するのは不十分なのが想像できるでしょう。

ノイズをむやみに発生させなくすること (EMI) と、多少のノイズではトラブルが起らないような耐性 (EMS) を持たせることの双方のバランスを取り、健全なノイズ対策を行おうとする考え方が現在一般的となっています。このことを、EMI と EMS の両者を合わせて、EMC (Electromagnetic Compatibility 電磁環境両立性) と呼ぶのです。



EMC 試験の基礎

EMC を理解する上で欠かすことができないのが EMC の「試験方法」です。

試験方法を説明するにあたり、電磁気に関する初歩的な理論や、EMC 分野での用語に触れておく必要があるため、ここでは、特に重要と思われるものについて紹介していきます。

電磁妨害波の伝送経路

EMC では、妨害源から発生した電磁妨害波（ノイズ）が、妨害を受ける対象へ伝わることで障害が起きると説明しました。的確な EMC 試験やノイズ対策を行うためには、電磁妨害波の伝わる経路を考慮しなければなりません。主な伝送経路には以下の 2 種類があります。

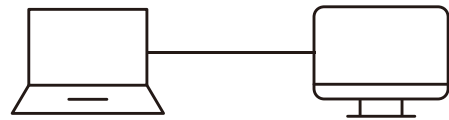
放射妨害

比較的イメージしやすいのは、妨害源がノイズを空間に放射し、そのノイズが他の機器に入り込んで干渉する場合です。妨害源が空間に放射したノイズによる妨害を、放射妨害と呼びます。放射妨害の影響は、妨害源と妨害対象との物理的距離によって変化し、遠くなればなるほど低くなります。



伝導妨害

一方、妨害源と妨害対象が屋内配線などのケーブルで接続された状態で、ノイズがケーブルを伝わって対象に入り込むことを伝導妨害と言います。ここでの「ケーブル」とは、機器同士を連結するものだけではなく、商用電源線や通信回線を介した接続ループも含まれます。つまり、伝導妨害は、同じ電源コンセントを使用している機器同士、および通信線路を共有する機器同士にも発生するので、注意しましょう。



さらに、先述の 2 つの伝送経路を組み合わせた、二次的伝播モードも存在します。妨害源からのノイズが空間へ放射された後、ケーブルに結合して伝導妨害への変換されるパターンと、妨害源から流出したノイズがケーブルを「アンテナ」にして放射エミッションへ変換されるパターンがあるので、併せて覚えておきましょう。

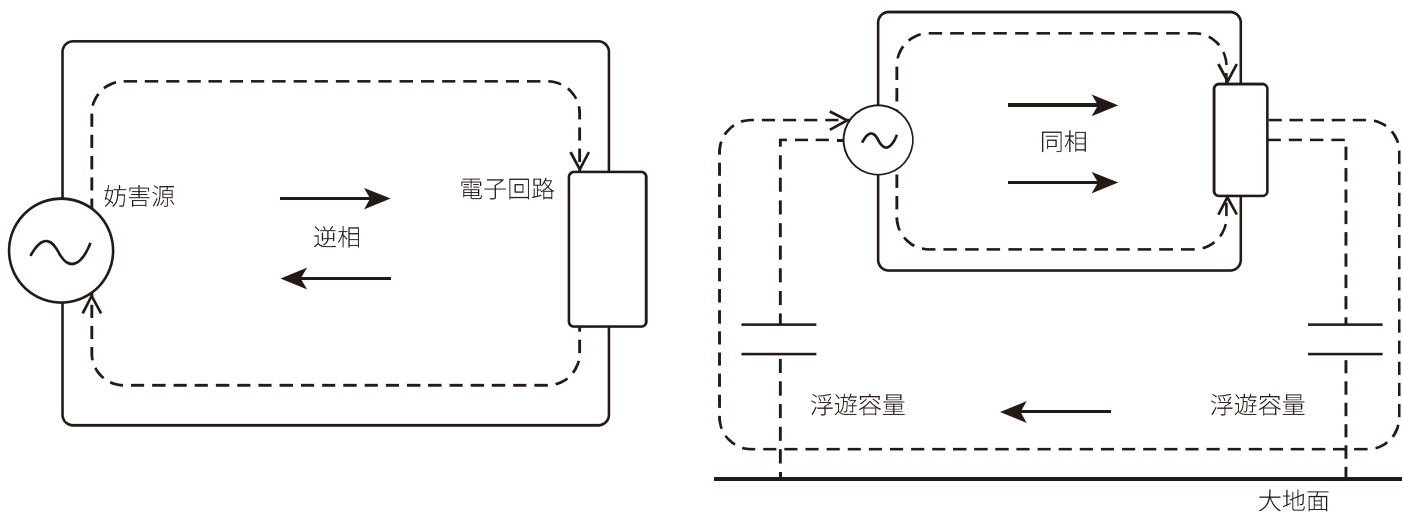


ノーマルモードとコモンモード

伝導妨害に関連して、ノーマルモードとコモンモードと呼ばれる、2タイプの伝導妨害波の伝わり方があります。これらを理解しておくことで試験内容の理解に役立つので、ここで説明しておきます。

下図は妨害源と妨害対象の電子回路などが二線のケーブルで接続されているような簡単なモデルです。ノーマルモード(下図)は、ディファレンシャルモードともいい、妨害源と妨害対象の間をノイズが一巡する流れ方(ループ)です。このモードでは、ノイズの流れが逆相になり、互いに打ち消し合うため、ノイズの発生が抑えられます。

一方、ケーブルや機器の電子回路以外に、意図しない電流が発生することもあります。その一例として、電流が流れる電子回路やケーブルの近くに大地という導体が存在した時、機器と大地間で見えないコンデンサ(浮遊容量)が発生することが挙げられます。EMCでは、この浮遊容量を通じて、大地を帰還ルートとしたより大きなループを形成する場合があります。これをコモンモードと呼びます(下図)。コモンモードでは接続ケーブル上のノイズが同相になり、より大きなノイズを発生させてしまうため、機器の作動に影響を与える可能性があります。



ノーマルモード

コモンモード

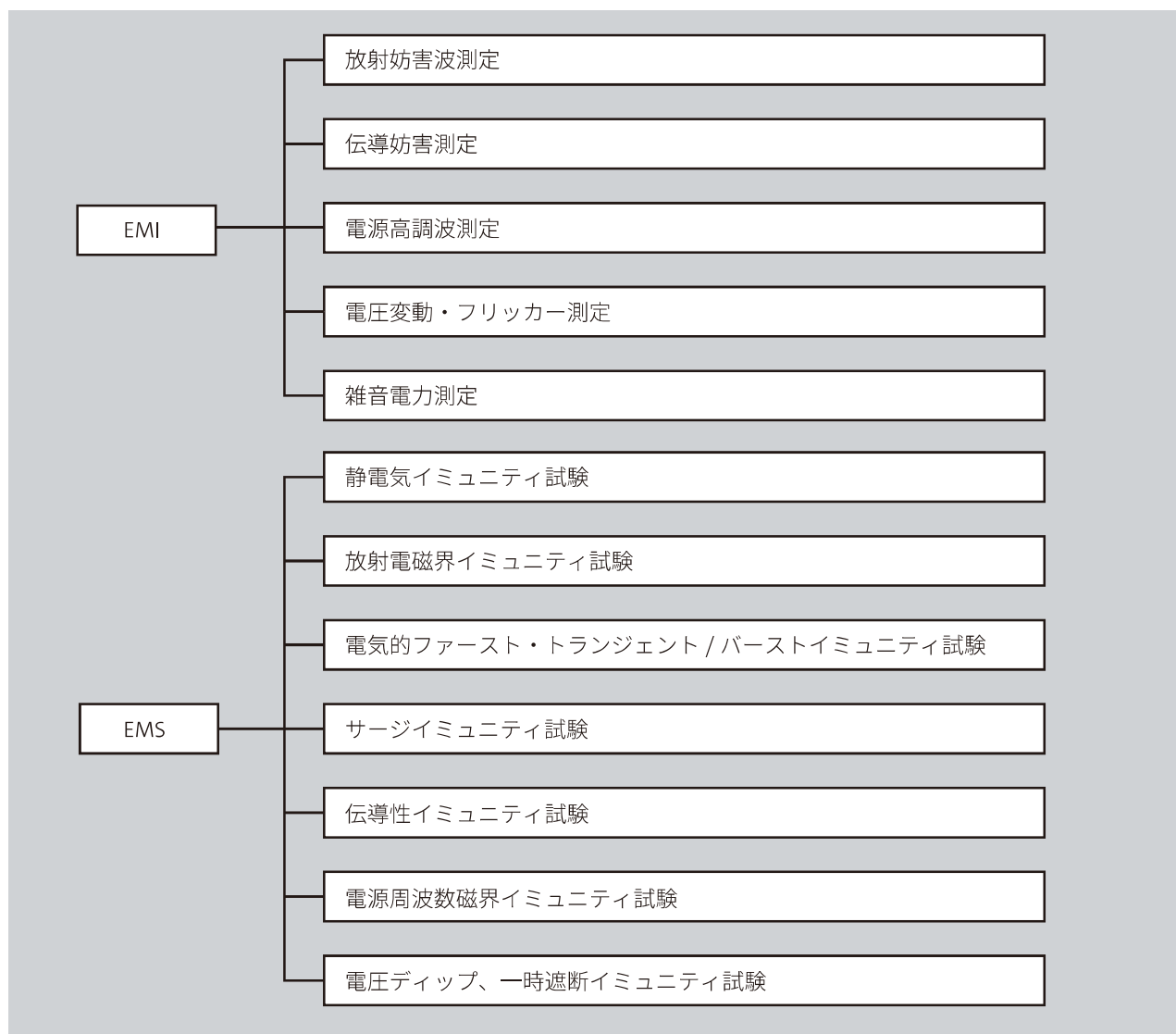
EMC 試験の種類

電磁波妨害の伝送経路を踏まえて、EMC 試験の種類を見ると理解がしやすいので、そのように説明していきます。

EMC の試験は大きく EMI の試験と EMS の試験に分かれており、EMI(エミッション) は機器から発生する妨害波を測定するもの、EMS(イミュニティ) は日常の現象を模擬し、機器の作動を保証するための電磁波耐性を持つか試験をするものです。

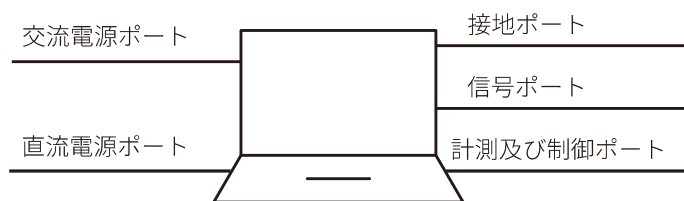
EMI の試験の中でも、伝送経路が放射妨害にあたるエミッションの試験 (例 : 放射妨害波測定)、伝導妨害にあたるエミッションの試験 (例 : 伝導妨害測定) など、伝送経路によって異なる試験方法が用意されています。

EMS の試験に関しても同様のことが言えますが、それに加えて、日常的に発生する落雷や静電気による影響に関する評価も、試験項目の中に組み込まれています。主な試験項目は下図をご参照ください。



ポートの定義

試験対象となる製品は、一般的に EUT (Equipment Under Test: 被試験機器) と呼ばれます。EMC の規格を見ると、ポートという用語が多くみられますが、ポートは、"EUT と外部電磁環境とのインターフェース" と定義されます。具体的な例としては、被試験機器の端子や、対象機器のフレームを含めた外装 (筐体) などがあります。規格によってポートの表現は異なりますが、ここでは主なものを下図で紹介いたします。試験時は、試験対象がどのポートであるか定義を明確にし、対象のポートで行われるべき試験内容や、試験レベルに間違いがないようにすることが重要です。



エンクロージャー (筐体) ポート

意図的放射機器と非意図的放射機器

EMC の概念は、電子機器からの "意図しない" 不要な電磁波による妨害を基本としています。世の中には "意図的に" 電磁波を利用する機器も多くあります。アマチュア無線、業務用無線、携帯電話、無線 LAN、ワイヤレスマイク、RFID などの無線通信システムを搭載した機器は今、人々の生活に欠かせない一部となっています。これらの機器は、意図的に電磁波を放射することで主体機能を果たすため、意図的放射機器 (Intentional Radiators) と呼ばれます。

もちろん、意図的放射機器には EMC の規格とは別に規制や規格が用意されているので、それらの定める技術基準を順守する必要があります。日本では日本電波法、欧州では RE 指令などの規制が例として挙げられます。

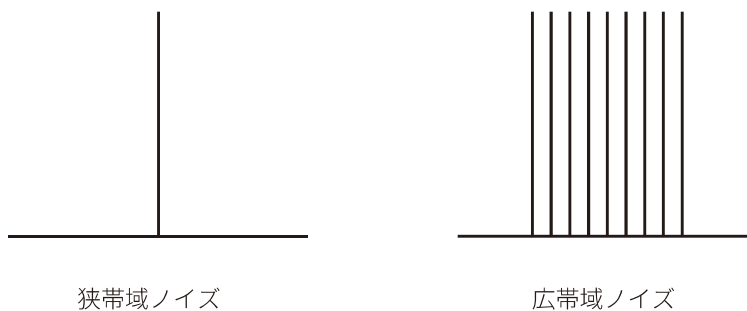
反対に、意図的に電磁波を放出しない一般の電子機器は、非意図的放射機器 (Unintentional Radiators) と呼ばれます。先ほどご紹介したパソコンとラジオの受信障害の例では、パソコンが通常の動作を行う上で副次的に電磁波を発生させ、ラジオの受信を妨害していました。ここでいう通常の動作は、厳密に言えばワイヤレス機能を使用しない場合に限られますが、この時のパソコンは非意図的放射機器にあたるものです。





狭帯域ノイズと広帯域ノイズ

妨害波は発生源によって、狭帯域ノイズと広帯域ノイズが発生します。狭帯域ノイズとは、ある決まった周波数において、持続的な妨害波となるノイズです。このような妨害波は、他の電子機器に対して、誤った信号として伝わりやすいため、EMCでは広帯域ノイズよりも厳しい限度値が適用されていることがあります。代表例として、クロックの高調波などがあります。一方、広帯域ノイズは、広い範囲の周波数に渡って妨害となるノイズで、代表的な発生源はモーターです。



試験サイト

EMCの測定を行うことができるのは、電磁波に対して特別な配慮がされた環境に限られます。周囲の電子機器から発生する電磁波、テレビ放送、携帯電話などの外来電磁波を避け、さらに試験対象の機器から発生した電磁波で、周囲の電子機器に影響を与えないことが原則なのです。

EMCの試験サイトには大きく分けてオープンエアアテストサイト(OATS、またはオープンサイト)、シールドルーム、電波暗室(半無響室または全無響室)などがあります。大まかな役割分担として、放射性ノイズに関連する試験は電波暗室やオープンサイトで、それ以外の試験(伝導性ノイズなど)はシールドルーム内で行われます。

オープンエアテストサイト (OATS)

グラウンドプレーン (金属大地面)、試験対象機器を回転させるターンテーブル、受信アンテナを設置するアンテナマストから構成される。試験対象機器設置部分とターンテーブルは、電磁波に影響を与えない FRP 製のドームで覆われる。電磁波の影響を避け、人里離れた山間などに設置されるが、近年の地上波デジタル放送が普及するにつれて新規の建造は減少している。

用途: 放射エミッション / アンテナ校正



シールドルーム (Shielded Room)

電磁波の外部からの侵入や内部からの漏洩が一切ないように部屋全体を金属板や金網などで覆った、電磁環境的に隔絶された部屋。内部に電波吸収体がないため、シールドを与える必要はあるものの、内部での電磁波の反射が問題とならない場合に用いられる。

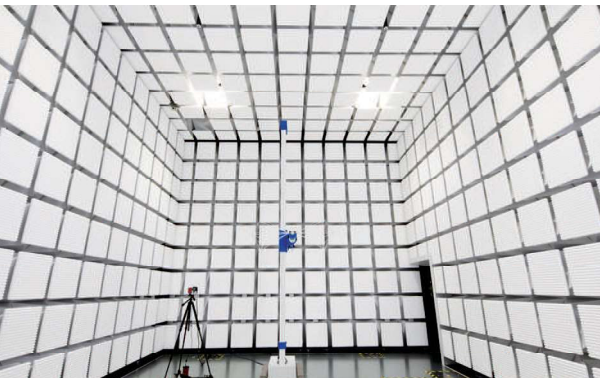
用途: 伝導エミッション / 放射以外のイミュニティ



半無響室 (Semi-Anechoic Room)

シールドルームに対して床を除く 5 面 (壁と天井) に電波吸収体を取り付け、それらの面からの電磁波の反射を防止するようにした部屋。床面必要部分に電波吸収体を設置した場合、電磁界放射イミュニティ試験も可能。測定方法に合わせ 10m 法、3m 法などの試験ができるサイズが一般的。

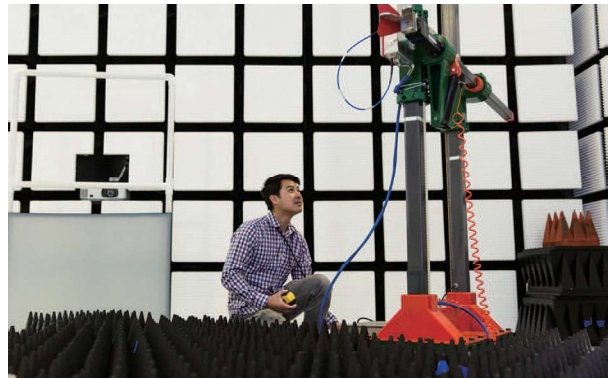
用途: 放射エミッション / 放射イミュニティ



全無響室 (Fully Anechoic Room)

床を含む 6 面に電波吸収体を取り付け、それらの全ての面からの反射を防止するようにした部屋。実際のテストサイトでは、半無響室に電波吸収体を施設しこの特性を実現することも多くある。

用途: 放射イミュニティ

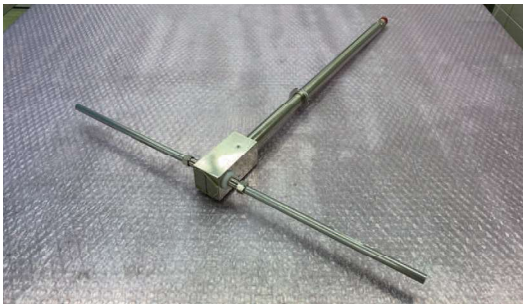


アンテナ

後述する EMI 測定では、放射ノイズを測定するためにアンテナが使用されます。測定対象の周波数や用途によって使い分けられるので、ぜひ覚えておきましょう。

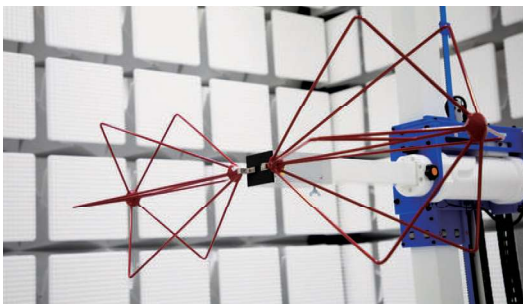
ダイポールアンテナ

2本の開いた線の間には電圧をかけると電波を放射し、電界の中に置くと、電圧が誘導されることを利用したアンテナ。



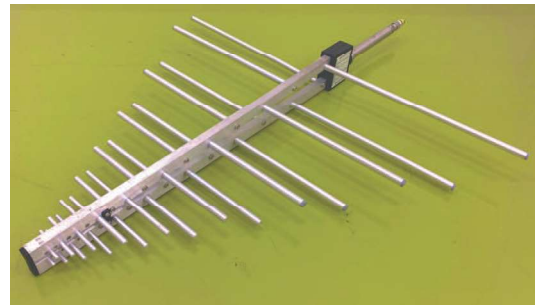
バイコニカルアンテナ

通常 30MHz ~ 300MHz で使用される広帯域アンテナで EMI 測定で多く使用される。



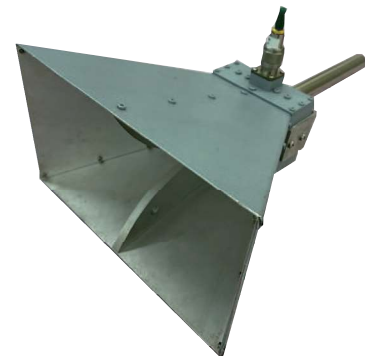
ログペリオディックアンテナ

300MHz ~ 1GHz に対して通常は用いられ、バイコニカルアンテナ同様、EMI 測定で多く使用される。



ホーンアンテナ

1GHz 以上の周波帯の測定に用いられる。



バイログアンテナ

バイコニカルアンテナとログペリオディックアンテナを組み合わせたもの。30MHz ~ 1GHz の広い周波数帯の試験をする場合でも、アンテナ交換をせずに測定が可能。



EMC の試験 -EMI

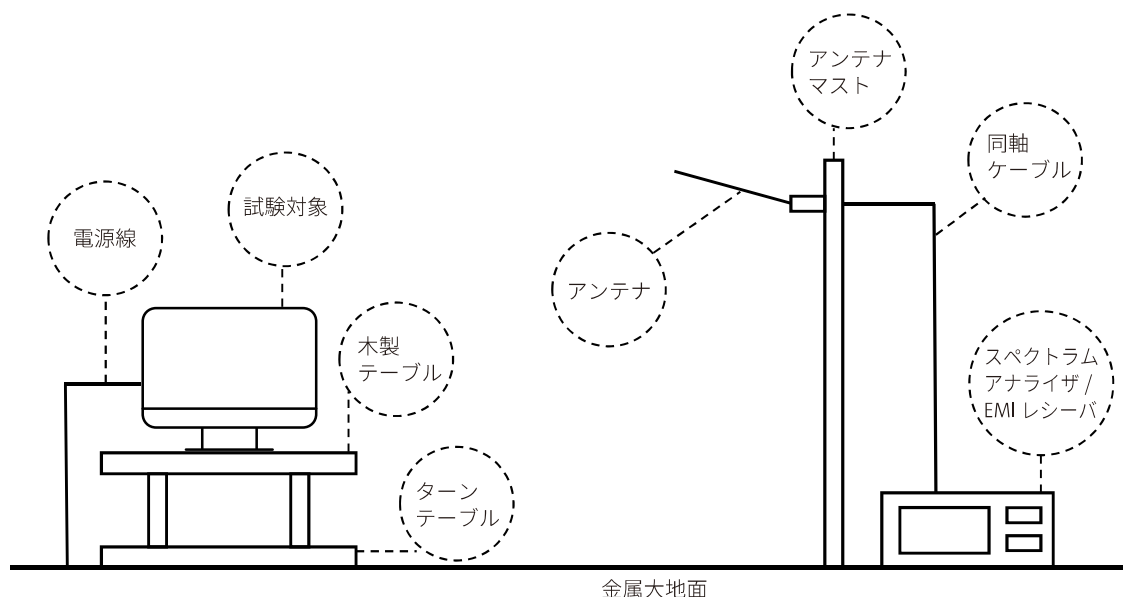
EMI(エミッション)試験には、主に放射妨害波測定、伝導妨害測定、電源高調波測定、電圧変動・フリッカー測定、雑音電力測定などがあります。

これから試験方法についてそれぞれ説明していきますが、EMI試験の目的、すなわち、「電子機器から発生する妨害波が所定のレベル以下であり、他の機器に影響を与えないことを確認する」ことがすべての試験の基本となります。

放射妨害波測定

放射妨害波測定は、伝送経路が放射妨害にあたるエミッションを測定する試験であり、幅広い製品を対象に行われます。この試験は、「放射電界強度測定」、「放射磁界強度測定」などのように分けて取り扱われることもあります。試験の目的として、電気・電子製品の筐体から放射される不要輻射ノイズが規定値以内であるかどうかを確認することがあげられます。試験には、オープンエリATESTサイト(OATS)または電波暗室(半無響室)が使用されます。周波数により使用アンテナは異なりますが、通常30MHz～1000MHzの範囲での測定が行われます。規格の要求によっては30MHz以下の磁界や1GHz以上の電界測定も行う場合があるので、限度値や測定する周波数範囲を規格に基づいて確認する必要があります。

試験時、EUTから確認される電磁波の最大値を測定するため、アンテナを1～4mまでの間で高さを変化させ、またEUTからの最大放射方向を確認できるように、被測定対象を360°回転させます。測定のためには多くの不確かさが含まれるので、人為的な誤差を極力減らすことにも注意が必要です。測定者はスペクトラムアナライザやEMIレーザ(*注1)などを使用し、ノイズのレベルを測定し、記録していきます。アンテナ偏波は水平、垂直の両方での測定が要求されます。



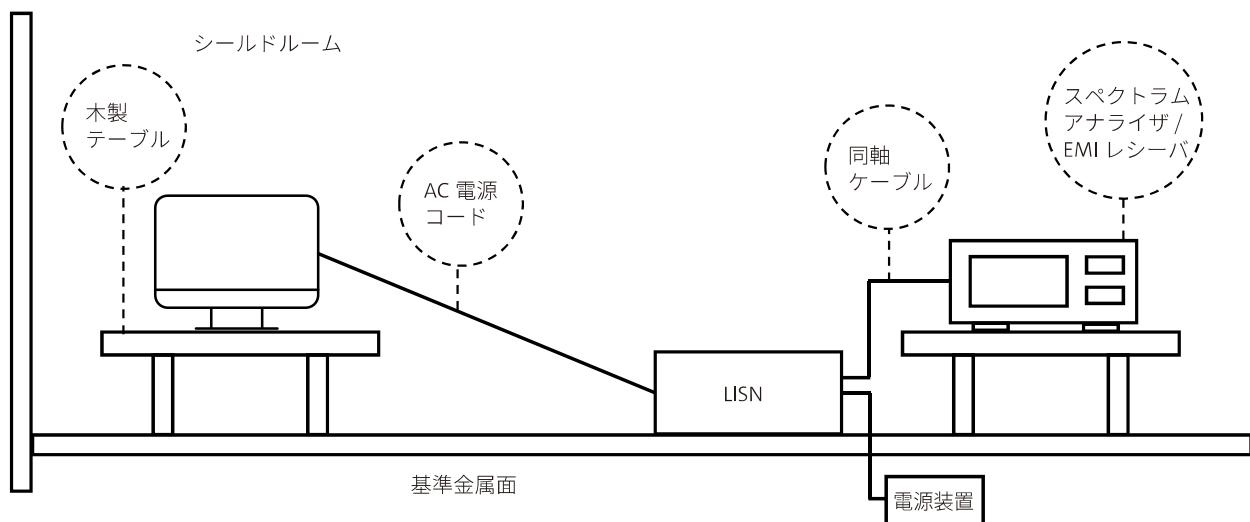
*注1: EMIレーザは狙った周波数の1ポイントのみを測定し、ノイズレベルを測る測定器である。一方、スペクトラムアナライザ(スペアナ)は、周波数範囲全体の電圧スペクトラムを瞬時に測定する。そのため、測定者はスペクトラムアナライザを使用してノイズが出ている周波数帯を特定し、EMIレーザで正確なノイズレベルを測定するのが通例。今ではスペアナとEMIレーザが一体となっている測定器も多く存在する。

伝導妨害測定

この試験は、電気・電子製品の電源ラインを伝って放出される不要ノイズが規定値内であることを確認するものです。伝導性ノイズは、前章で紹介した伝導妨害を引き起こすもので、ケーブルで接続された機器同士や、同じ系統の電源コンセントを使用している機器同士などに発生します。

試験は基準金属面 (2m×2m 以上) が要求され、通常、シールドルームで行われます。試験は比較的簡単であるものの、測定者、測定環境によって得られる結果のばらつきをなくし、再現性を保つため、装置の動作モード、ケーブル類の配置、装置自身の配置などを規格書に要求されたとおりにセットアップする必要があります。

周波数は、150kHz ~ 30MHz に対して試験することが一般的です。測定器はスペクトラムアナライザと EMI レシーバのほかに、LISN(* 注 2) が使用されます。



* 注 2: LISN は正式名称を Line Impedance Stabilization Network、または疑似電源回路網と言う。被測定対象から見た電源線側のインピーダンスを一定にし、供給電源からの雑音を除く役割を担う。また、測定対象から帰ってきたノイズを測ることができるよう、測定器用端子をつけるために使用される。LISN は大地面を基準とするので、LISN を確実に大地面に接続した上で試験を行うことも、再現性を高めるポイントである。

LISN 写真 >



電源高調波測定

機器の消費電流の波形に歪みが発生すると、その歪みの波長に伴って、2次、3次...といったように高調波が発生します。日本での一般家庭コンセントは50Hzまたは60Hzですが、50Hzで波形に歪みが生じた場合には、100Hz（2次）、150Hz（3次）の高調波が、60Hzの場合には120Hzや180Hzの高調波が発生します。この高調波は、機器や機器に接続された他の機器に様々な障害をもたらす可能性があります。例として、通信に干渉を引き起こしたり、場合によっては焼損や火災に至ったりすることもあります。

欧州ではEMC指令の中に高調波抑制の規格として、EN61000-3-2が整合化されており、強制となっています。日本国内では「家電・汎用品高調波抑制ガイドライン」に基づく自主規制が行なわれています。電源高調波測定は大切な試験項目ですが、試験自体は専用の測定器が用いられ、測定器を適切に扱えば問題なく行うことが可能です。ただし、機器別にクラスが分けられ、それぞれのリミットへの適合が要求されるので、規格を確認する必要があります。

電圧変動・フリッカー測定

フリッカーは「輝度またはスペクトラム分布の時間的変動による光刺激によって起こる視覚不安定性の印象」と定義され、言い換えれば、人間に知覚される明るさのちらつきの度合いを定量的に評価するものです。フリッカーの例として、モーターを持つ掃除機などの製品を起動させる時に、室内の明るさが一瞬暗くなってしまうことがあげられます。これは配電系統に流れる電流が変化した結果、照明に供給される電圧が変動し、明るさの変化が引き起こされたからです。

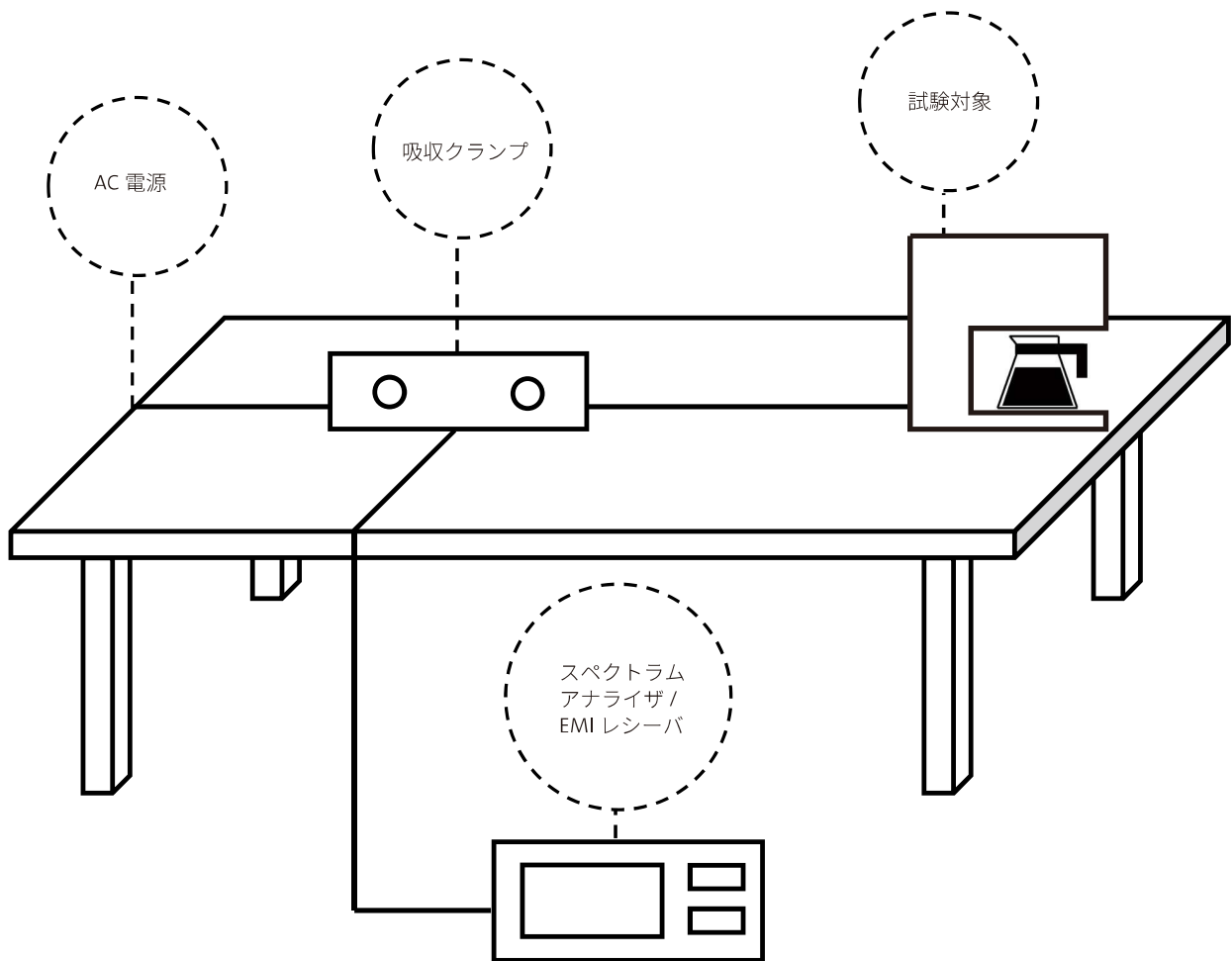
このようなフリッカーの測定は、基準が定められた配電環境において電源を供給し、試験対象機器を動作させた状態で電源電圧の変動を測定します。試験に際しては、電源電圧の過渡的な最大の変化量、ほぼ安定した時の変化量、そして変化の頻度などが測定され、それらを総合して判断が行なわれます。



雑音電力測定

電熱機器、電動工具などクロックを持たない機器に対しては、大半のノイズが電源ラインなどケーブルからの放射であることが知られています。そのため、大掛かりなテストサイトや電波暗室なしでも、簡易に測定することを目的に、この雑音電力測定は開発されました。

試験は 30MHz ~ 300MHz に対して行われ、校正された吸収クランプを使用してケーブルから放射される電力の測定を行います。測定周波数 30MHz において、半波長が 5m になることから、クランプの長さ 1m を考慮してケーブル長さを 6m にして測定することを必要とする以外は、比較的簡単な測定です。



EMC の試験 -EMS

EMS（イミュニティ）試験は「製品に想定される電磁環境における耐性を評価すること」を目的としています。試験は定められた手順、レベルで電磁妨害を与え、試験対象機器の動作を確認します。主な試験項目には、静電気イミュニティ試験、放射電磁界イミュニティ試験、電氣的ファースト・トランジェント/バーストイミュニティ試験、サージイミュニティ試験、伝導性イミュニティ試験、電源周波数磁界イミュニティ試験、電圧ディップ、一時遮断イミュニティ試験があります。

多くの国で長らく法的な規制が行なわれているエミッション（機器から発生する電磁波ノイズ）とは違い、イミュニティ（電磁波ノイズへの耐性）に関しては製品の品質の問題であるとの考えに基づき、アメリカなど法律で規制していない国もあります。一方、欧州においては、EMC 指令の強制化と共に、イミュニティに関してもエミッションと同等の規制が行われています。そのため、仕向地によってイミュニティ試験が要求されるかどうか確認しておく必要があります。

静電気イミュニティ試験

帯電した人体などが電気・電子機器などの導電性の物体に接触し、あるいは十分に接近すると、激しい放電が発生する場合があります。この現象は ESD (Electro-static discharge; 静電気放電) と呼ばれ、電気・電子機器の誤動作や損傷などの問題を引き起こすことがあります。

試験はこのような人体やその他の帯電した物体から試験対象機器 (EUT) への直接の、あるいは EUT の近傍で発生する静電気放電をシミュレートし、静電気を受けた時の EUT の性能を評価します。機器の使用に際して人の手が接近する可能性がある全ての箇所が評価の対象となります。

意外なことかもしれませんが、人体から生じる静電気は電子機器に与える影響がとても大きいのです。エネルギーとしてはそれほど大きくはないものの、人がバチッと痛みを感じられる静電気放電では、10kV 以上となる場合も多く見受けられます。静電気イミュニティ試験では、試験レベルが接触放電（直接放電・間接放電）で一般的には 4kV、気中放電で一般的には 8kV となっており、試験中の EUT の機能損失は認められますが、データの損失にいたるような劣化は認められません。

接触放電

導電性の部分（金属部分など）に対して行われます。装置の近傍で発生した静電気放電の影響は、装置の近傍のグランドプレーンや垂直結合板への放電によって評価されます。

直接放電



間接放電



気中放電

非導電性の部分（樹脂などの筐体）に対しては気中放電試験が適用されます。



放射電磁界イミュニティ試験

放射電磁界イミュニティ試験では、試験対象機器が放送局や各種無線機器などから放射される周波数の電磁波に耐性があるかを評価します。

試験は電波暗室内で実施され、規格の定める周波数の電磁波を EUT に照射し、その際の動作が正常であるか確認します。

周波数範囲は自動車、医療器などの特殊なものを除き、80MHz～1000MHz とされていましたが、携帯電話や各種無線機器の普及に伴い 1000MHz 以上の帯域における試験も要求されるようになりました。

対象物に対してすべての面、つまり前後左右、場合によっては上下にも電界を照射する必要があります。試験中は電波暗室に立ち入らず、動作確認用カメラなどを設置し、試験対象機器の動作をチェックするのが一般的です。

放射電磁界イミュニティ試験の様子（電波暗室内に設置された放射用アンテナ）



電氣的ファースト・トランジェント / バーストイミュニティ試験

この試験では、試験対象機器 (EUT) が電源、信号及び制御ポート上で“繰り返しのある高速な過渡電圧 (バースト)”を受けた時の性能を評価します。これは、簡単に言えば機器の電源を入れたり切ったり、機器が動作を始めたり終わったりする際に発生するノイズです。

試験は断続的に (ただし一定の間隔で) 非常に短いノイズを EUT に印加し、EUT はこのようなノイズを受けた際に、誤動作がないかを試されます。試験対象となるのは電源やケーブルで、通常、500V ~ 2kV の試験ノイズが印加されます。

・電源直接印加試験
EUT の電源に印加する試験です。

・クランプ印加試験
結合クランプ (*注3) を使用し、ケーブルに印加する試験です。

クランプ



注3: 結合クランプとは、イミュニティ試験において、妨害信号を被試験信号線に注入、印加するための試験器具である。印加する信号の種類によって、容量性結合クランプ、電流クランプ、EM クランプがあるが、放射電磁界イミュニティ試験では容量性結合クランプを用いる。

サージイミュニティ試験

サージイミュニティ試験とは、瞬間的に異常に高い電圧を発生させ、対象機器の動作を確認するものです。もっとも身近な例でいえば、落雷などがあります。落雷が起きた際に、自然界で大きな電圧・電流が生じることは想像に難くありませんが、雷に直撃されない場合でも、電力線や屋外配線に大きなノイズが生じ、それに接続されている一般機器にも侵入してくるのです。そのため、一般の機器でもサージイミュニティ試験は要求されます。

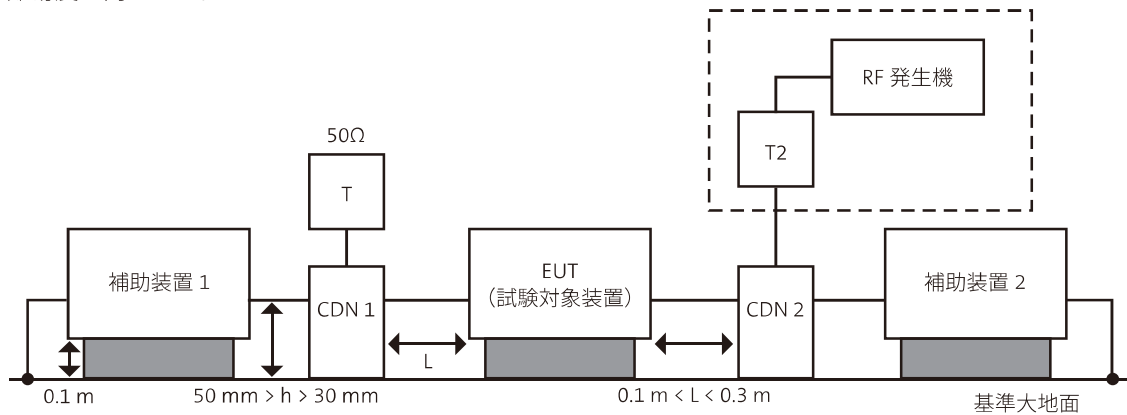
試験は雷や電源施設からの送電系統の開閉を模擬し、前述のバースト試験とは異なる、瞬間的、かつ、大きな電圧を印加して製品の耐性を確認します。製品が壊れる可能性が高い試験のため、最後に試験することが推奨されます。

サージイミュニティ試験機 (電源直接印加試験のバーストイミュニティ試験機も兼ねる)



伝導性イミュニティ試験

伝導性イミュニティ試験は、電源や入出力ケーブルへの妨害ならびに電流による影響を模擬した試験です。試験の目的は、無線信号の干渉がケーブルなどへ結合し伝導ノイズとして試験対象機器に入り込んだ場合の評価をすることなので、無線信号にあたる 0.15 ~ 80MHz の周波数範囲においてノイズを印加します。通常妨害信号は、電源ラインには結合 / 減結合ネットワーク (CDN) (*注4) を用いて、信号ラインには EM クランプを用いて印加されます。動作判定の基準が比較的厳しく、試験の再現性を保つためには、セットアップを規定に従い細心の注意を払って行う必要があります、試験の中でも難易度が高いです。

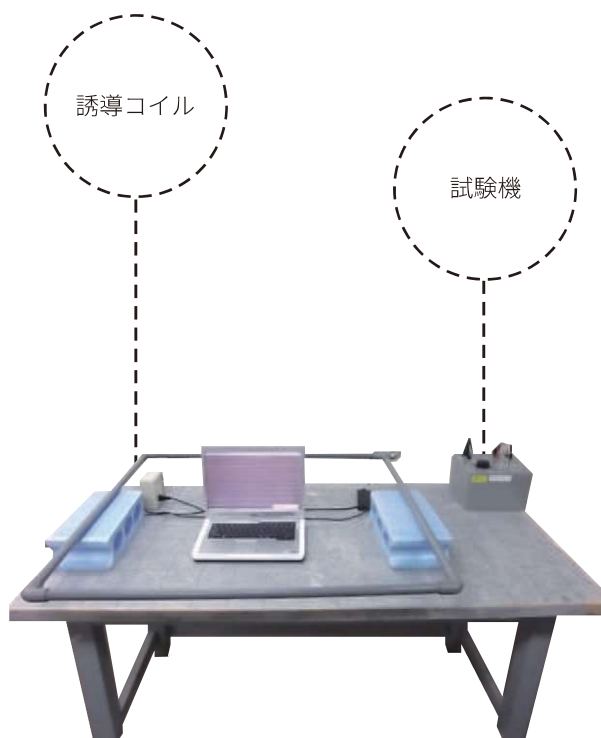
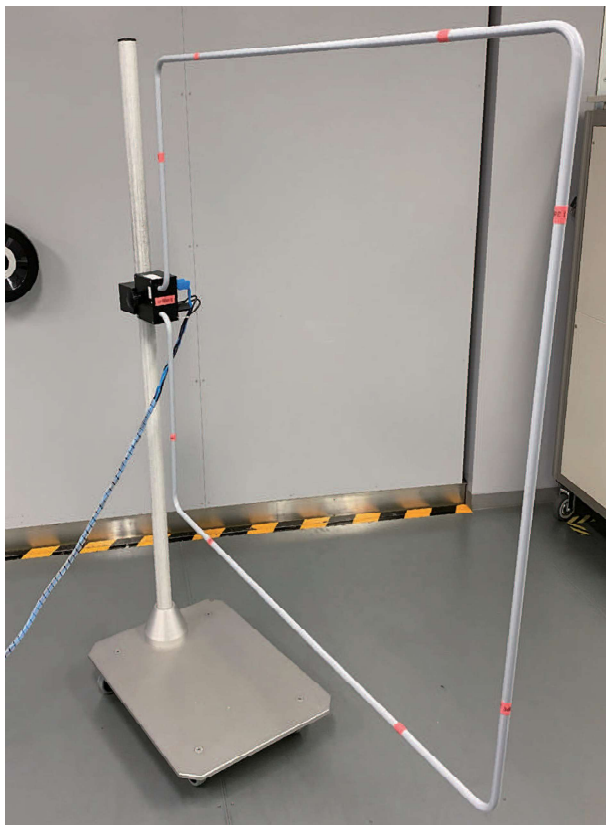


*注4: 結合 / 減結合ネットワークは、結合減結合回路網 (Coupling Decoupling Network; CDN) と呼ばれる。対象とする回路に対して、信号を測定または印加するための回路網であり、試験用補助機器などへの信号の流入防ぐ役割を持つ。



電源周波数磁界イミュニティ試験

電源ラインからの 50 ～ 60Hz の磁界を模擬し、磁界の中に試験対象機器を入れた際の作動を確認する試験です。この試験は、試験対象機器にホール素子、ダイナミックマイク、磁界をセンシングするセンサーなど磁界を検出して動作を行う部品が使用されていた場合のみ適用されます。



電圧ディップ、一時遮断イミュニティ試験

電源電圧の一時的な低下や停電の影響を模擬する試験です。試験は、試験対象機器に供給する電源を、所定の時間、所定の割合で低下させることによって行なわれます。

短時間の電圧低下 (電圧ディップ) に対しては、試験対象機器が動作を継続することが、長時間の電圧低下に対しては電源電圧が正常な範囲に復帰した後に機器が正常な動作を再開することが要求されます。

これらの試験で機器が壊れることはあまりありませんが、電圧低下・瞬停時に逆起電力が発生する機器や、プリンター装置などの紙詰まりによる破壊などが起こることがあり、注意が必要です。

参考文献

- 主要国 EMC 規制と試験概要 (UL Apex Co.,Ltd)
- EMC 入門講座 電子機器電磁波妨害の測定評価と規制対応 (山田和謙、池上利寛、佐野秀文)
- なるほどノイズ (EMC) 入門 (TDK Techno Magazine) <https://www.jp.tdk.com/tech-mag/noise>
- EMC 用語集 第 2 版 (一般財団法人 KEC 関西電子工業振興センター)



UL.com

2021 UL LLC. All rights reserved.

2101DATA_V1.0