

ISM 機器のエミッション — CISPR 11 の概要

株式会社 e・オータマ 佐藤智典

2020 年 6 月 8 日

目次

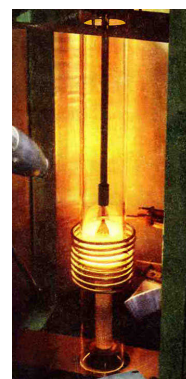
1	概要	1
2	グループとクラス	2
2.1	グループ	2
2.2	クラス	2
3	ISM 周波数帯	2
4	放射エミッション	3
4.1	放射エミッションの測定	3
4.1.1	150 kHz~30 MHz	3
4.1.2	30~1000 MHz	3
4.1.3	1~18 GHz	4
4.2	EUT や周辺機器の配置	5
4.2.1	電源の接続	6
4.3	放射エミッション限度	7
4.3.1	グループ 1	8
4.3.2	グループ 2	8
5	AC 電源ポート伝導エミッション	9
5.1	AC 電源ポート伝導エミッションの測定	9
5.1.1	AMN	9
5.1.2	電圧プローブ (ハイ・インピーダンス・プローブ)	10
5.1.3	擬似手	10
5.2	AC 電源ポート伝導エミッション限度	10
5.2.1	グループ 1	10
5.2.2	グループ 2	11
6	DC 電源ポート伝導エミッション	11
6.1	DC 電源ポート伝導エミッションの測定	12
6.2	DC 電源ポート伝導エミッション限度	12
7	その他	12
7.1	EUT の負荷条件	12
7.2	ユーザーへの情報	13
7.3	イン・サイチュ測定	13
7.4	安全関連無線サービスや敏感な無線サービスの保護のための推奨事項	14
7.5	人体の曝露	14
7.6	関連する規則の例	15
7.6.1	日本	15
7.6.2	アメリカ	15
8	参考資料	15

1 概要

CISPR 11^[1] は、0~400 GHz の周波数範囲で動作する工業、科学、及び医用電気機器、及び無線周波エネルギーを発生し、あるいは局所的に使用するように設計された家庭用や類似の器具 (ISM 機器)^{†1} のエミッションの要求を定めた規格であり、その種の機器で、より適切な規格がない場合に適用される。

また、この規格で定められた試験法や限度値は他の規格、例えば IEC 60601-1-2^[10] や IEC 61326-1 などからも参照されており、その場合はその規格でどのように参照されているかに応じてこの規格の要求がその規格の一部となる。^{†2}

本稿ではこの CISPR 11:2015+A1:2016+A2:2019^[1] の要求事項の概要を述べる。なお、本稿は規格の内容全てをカバーするものではなく、また正確であるとも限らないので、正確な情報は規格そのもの^[1] や関連する公式な文書を参照されたい。



ISM 機器の応用の例 — 誘導加熱を用いた単結晶引き上げ

^{†1} 「ISM」は「工業、科学、医療」に由来するが、それらの分野に限らず、無線周波エネルギーを通信や情報処理以外の目的で用いる機器全般が ISM 機器に含まれ、例えば家庭用の電子レンジもこれに含まれる。IH 調理器 (電磁調理器) もこれに該当するが、IH 調理器のエミッションの規定は CISPR 14-1 に移された。

^{†2} 但し、そのような規格ではここで述べるものと異なる版の CISPR 11 が参照されていることがある。例えば IEC 60601-1-2:2014 で参照規格として記載されているのは CISPR 11:2009+A1:2010 で、本稿で述べる CISPR 11:2015+A1:2016+A2:2019 とは相違がある。

2 グループとクラス

CISPR 11 では、機器はその性質に応じてグループ 1 とグループ 2 に、また意図された使用環境に応じてクラス A とクラス B に分類され、それによって異なる要求事項が適用される。^{†3}

2.1 グループ

● グループ 2 機器

9 kHz～400 GHz の周波数範囲の無線周波エネルギーを、物質の処理、検査や分析の目的、あるいは電磁エネルギーの伝送のために、電磁放射、誘導、及び/もしくは容量性結合の形で意図的に発生して用いる、あるいは局所的に用いるだけの機器

例えば：マイクロ波照明、誘導加熱装置、非接触給電、電子レンジ、工業用マイクロ波加熱装置、短波ジアテルミー装置、マイクロ波治療器、MRI、高周波手術器（電気メスなど）、放電加工機（EDM）、アーク溶接機、抵抗溶接機、など

● グループ 1 機器

グループ 2 機器以外の全ての機器

例えば：信号発生器、スペクトラム・アナライザ、電子顕微鏡、電力変換器、アーク炉、X 線診断機器、CT、超音波診断器/治療器、超音波洗浄器、など

2.2 クラス

● クラス B 機器

住宅環境、及び居住用に用いられる建物に給電する低圧配電網に直接接続される施設での使用に適した機器

● クラス A 機器

住宅環境と居住用に用いられる建物に給電する低圧配電網に直接接続される施設を除く全ての場所での使用に適した機器

^{†3} この規格ではクラス A のグループ 2 機器（図 7）や大電力の機器（図 13、図 14）は相当高いレベルのエミッションが許容されるが、そのような機器については干渉の防止のために相応の配慮が必要となるであろう。

3 ISM 周波数帯

グループ 2 機器はしばしばその機能の達成のために通常のエミッション限度を大きく超えるようなエミッションを発生させることが必要となる。このため、§3 に示すような周波数帯が ISM 周波数帯^{†4}としてその用途のために割り当てられており、CISPR 11 の規定上はグループ 2 機器はその周波数範囲内では非常に強い放射を意図的に発生させることも可能となる。

そのような機器のエミッション測定に際しては、ISM 周波数帯内のエミッションが測定されて限度の超過を引き起こすことを防ぐため、ISM 周波数帯のエッジがテスト・レシーバの 6 dB 帯域幅に入らないようにする。^{†5†6}

また、ISM 周波数帯で動作する機器の場合、中心周波数に対する許容幅の 1/10 以下の誤差の測定器^{†7}を用いて全ての負荷条件での動作周波数を測定し、動作周波数が割り当てられた周波数範囲から外れないことを確認する。

^{†4} ISM 機器での使用のために割り当てられた周波数帯。ISM 機器は ISM 周波数帯を使わなければならないわけではないが、ISM 周波数帯内では他の周波数では許容されないような高いレベルの放射の発生も許容されるため、グループ 2 機器は ISM 周波数帯を用いることが多い。

^{†5} 2.4～2.5 GHz は ISM 周波数帯として割り当てられており、電子レンジなどもこの周波数帯で動作するが、この周波数帯は無線 LAN などの低出力の無線通信でも広く利用されており、電子レンジが無線 LAN に干渉する可能性があることは良く知られている。また、ISM 周波数帯内での高出力の放射がその帯域を利用しない機器への干渉を生じることもある。従って、ISM 周波数帯の使用によって干渉問題を防止できるとは限らず、干渉の防止のための適切な配慮が必要となるかも知れない。但し、2.4～2.5 GHz などの ISM 周波数帯を使用する無線通信は ISM 機器の使用によって生じる有害な混信を容認しなければならないとされており、このような帯域内の放射に伴う無線通信への帯域内干渉の問題は ISM 機器の側の問題というわけではない。

^{†6} 例えば 40.66～40.70 MHz の ISM 周波数帯で動作しているグループ 2 機器のその周波数帯の近傍（レシーバの 6 dB 帯域幅は 120 kHz とする）の測定では、測定周波数を 40.60～40.76 MHz の範囲の内側に合わせない。

^{†7} 高出力の放射を生じる機器の測定では、測定器が過入力となって測定を正しく行えなくなる可能性も、また場合によっては損傷を生じる可能性もあり、例えば測定に悪影響を与えずにその強い信号を減衰させるようなバンド・リジェクト・フィルタを入れるなどの対応が必要となるかも知れない。

^{†8} 5×10^{-5} 程度で良く、これは特に厳しい要求ではない。

周波数範囲	最大放射限度
6.765~6.795 MHz	検討中
13.553~13.567 MHz	無制限
26.957~27.283 MHz	無制限
40.66~40.70 MHz	無制限
433.05~434.79 MHz [†]	検討中
902~928 MHz [†]	無制限
2.400~2.500 GHz	無制限
5.725~5.875 GHz	無制限
24.000~24.250 GHz	無制限
61.000~61.500 GHz	検討中
122.000~123.000 GHz	検討中
244.000~246.000 GHz	検討中

† 地域に依存する

表 1: ISM 周波数帯
(CISPR 11:2015+A1:2016+A2:2019 Table 1 より)

4 放射エミッション

4.1 放射エミッションの測定

4.1.1 150 kHz~30 MHz

測定は、架空線や近傍の反射物のない、アンテナ、測定対象の機器やシステム、及び反射物のあいだを十分に隔離できるだけの広さの平坦なテスト・サイトで行なう。

現時点ではこの周波数範囲では測定サイトの検証の方法は定められていないが、長軸が測定距離の2倍、短軸が測定距離の $\sqrt{3}$ 倍の範囲(しばしば“CISPR 楕円”と呼ばれる)が平坦で反射物のない OATS^{†8}(図1)はこの条件を満たすだろう。^{†9}

測定用のアンテナとしては60 cm 角以下(通常は直径60 cm)のシールドされたループ・アンテナを用いる。ループ・アンテナは面を垂直としてループの下端を床面から1 mの高さとし、垂直軸に対して回転させる。

^{†8} OATS = open-area test site。典型的には屋外の開けた場所に設けられた、規定された周波数範囲にわたって半自由空間環境の模擬が意図された、電磁界の測定に用いられる施設。

^{†9} 30~1000 MHzの測定で用いられるような SAC は壁面と天井の電波吸収体によって反射を抑え、OATS の特性を模擬しているが、その電波吸収体は低い周波数では効果を失い、SAC の壁や天井での強い反射が生じることが予期される。このため、この周波数範囲の SAC での測定には注意が必要となるかも知れない。

4.1.2 30~1000 MHz

この周波数範囲については OATS か SAC^{†10}(図2)、あるいは FAR^{†11}での測定が想定されており、OATS や SAC での測定の場合と FAR での測定の場合の限度値が定められている。

OATS や SAC での測定 測定サイトとしては、CISPR 32^[11] などと同様、§4.1.1 で示したような構造上の要求を満たすサイト、あるいはその要求を満たさない代替サイトを用いることができるが、いずれの場合も CISPR 16-1-4 で定められた特性上の要求を満たす必要がある。測定対象の機器やケーブルはサイトの特性が検証されたテスト・ボリュームに収まらなければならない。

測定は、クラス A 機器では3 m、10 m、あるいは30 m、クラス B 機器では3 m、あるいは10 mの測定距離で行なう。但し、測定距離3 mでの測定は、直径1.2 m、床からの高さ1.5 mの円筒のテスト・ボリュームに収まる小型機器についてのみ可能である(図3)。

測定に際しては、CISPR 32^[11] などと同様、垂直偏波と水平偏波で、EUT を回転させるとともに受信アンテナを1~4 mで昇降させてそれぞれの周波数での最大のエミッションを測定する(図2)。

FAR での測定 CISPR 16-1-4 の要求を満たす FAR で、測定距離3 mでの測定を行なう。この規格では FAR での測定は直径1.2 m、床からの高さ1.5 mの円筒のテスト・ボリュームに、またサイトの特性が検証されたテスト・ボリュームに収まる卓上型の小型機器についてのみ可能である。

30~1000 MHz の周波数帯の FAR での測定は CISPR 11:2015/A1:2016 で導入されたもので、少なくとも現時点ではこの周波数での FAR の使用は比較的稀と思われ、図5~図8では OATS や SAC での測定の場合の限度値のみを示している。

^{†10} SAC = semi-anechoic chamber。壁と天井が対象の周波数範囲の電磁エネルギーを吸収する電波吸収体で覆われ、床面が導電性のグラウンド・プレーンとなっている、シールド・エンクロージャ。半無響室。

^{†11} FAR = fully-anechoic room。内面(床面を含む)が対象の周波数範囲の電磁エネルギーを吸収する電波吸収体で覆われたシールド・エンクロージャ。全無響室。

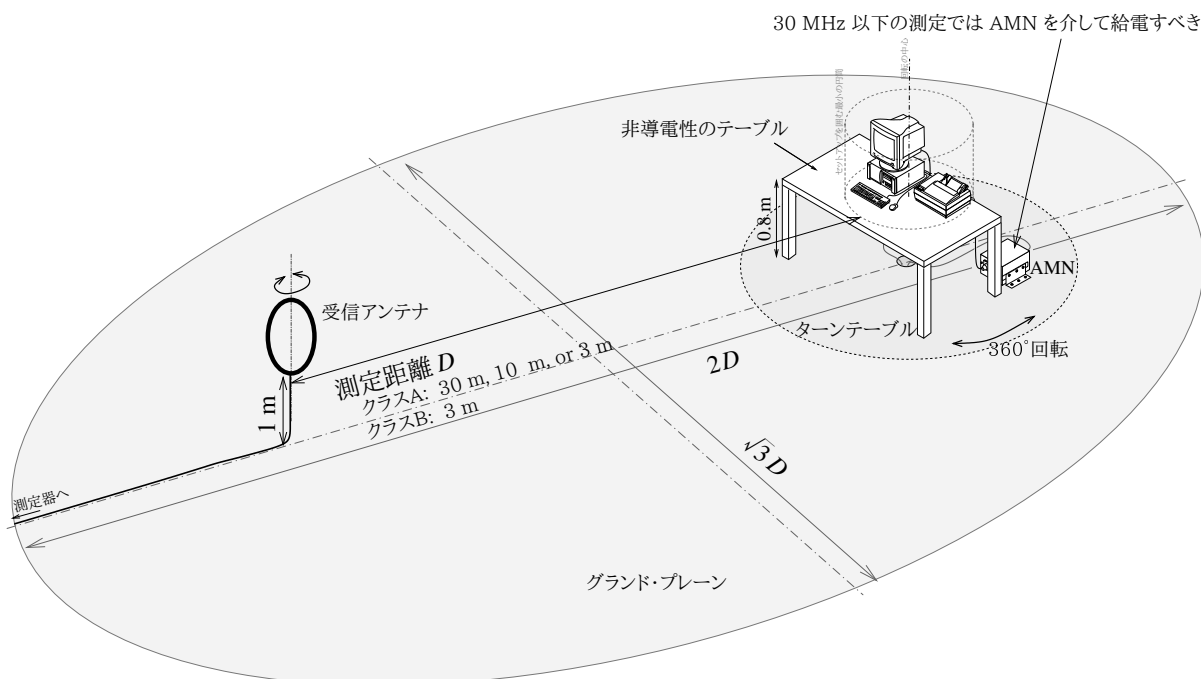


図 1: “CISPR 楕円” の条件を満たすサイトでの 150 kHz～30 MHz の放射エミッション測定

4.1.3 1～18 GHz

1 GHz 以上での測定は、CISPR 32^[11] などと同様、CISPR 16-1-4 の S_{VSWR} の要求を満たすテスト・サイト (図 4 で示すような、30～1000 MHz の測定に用いられる OATS や SAC の床面に電波吸収体を設置して CISPR 16-1-4 の要求を満たすようにしたサイトを含む) で行なう。測定対象の機器やケーブルはサイトの特性が検証されたテスト・ボリウムに収まらなければならない。

受信アンテナは EUT の放射のおおよその中心の高さに合わせ^{†12†13}、CISPR 16-1-1 に適合したスペクトラム・アナライザを用いて以下のように測定を行なう:

1. 尖頭値 (PK) の測定のため、RBW を 1 MHz、VBW^{†14} を RBW 以上 (3 MHz を推奨) とした

^{†12} 受信アンテナの高さは放射源の高さに合わせて決めれば良く、CISPR 32^[11] などと異なり、EUT の高さ方向が受信アンテナのビーム幅に入らない場合でもアンテナの昇降は不要である。グループ 2 機器は無線周波エネルギーを意図的に放出するため、多くの場合は主な放射源は明確だろう。

^{†13} 例えば受信アンテナのビーム幅が 20° 程度以上あれば、距離 3 m で 1 m、距離 10 m では 3.5 m 程度の幅をカバーできることになるので、アンテナの受信範囲の観点からはその高さはそれほど厳密に考えなくても良さそうである。

^{†14} RBW は resolution bandwidth (分解能帯域幅)、VBW は video bandwidth (ビデオ帯域幅) を意味する。スペクトラム・アナライザではこの後で述べている加重測定でそうしているように VBW を小さくすると信号がアベレージング (ビデオ・アベレージング) される。ここではアベレージングなしで尖頭値

スペクトラム・アナライザを用い、EUT の正面から始めて 30° 毎の方位角、またそれぞれの偏波で、それぞれ 2 分間の観測を行なう。

EUT からのエミッションが非常に安定しているならば、それぞれの方位角と偏波での観測時間を 2 分よりも短くしても良い。

2. その測定結果が該当する尖頭値 (PK) 限度を超えるポイントがあった場合、1.0～2.4 GHz、2.5～6.125 GHz、6.125～8.575 GHz、8.575～11.025 GHz、11.025～13.475 GHz^{†15}、13.475～15.925 GHz、15.925～18.0 GHz のサブレンジについて、尖頭値測定で最大のエミッションが観測された方位角で以下のいずれかの測定を行ない、その測定結果が対応する限度を超えなければ適合とみなす:
 - (a) 加重 (weighted) 測定

RBW^{†14} を 1 MHz、VBW^{†14} を 10 Hz とした対数モード (log-AV) のスペクトラム・アナライザを用い、尖頭値測定でそれぞれのサブレンジ内で最大の妨害が観測

を測定するため、VBW を大きくすることが必要となる。

^{†15} このサブレンジでの加重測定か APD レベルの測定は、11.7～12.7 GHz (衛星ダウンリンク) の周波数範囲で限度を超える最大のエミッションの周波数で、またそのサブレンジ内の最大の妨害レベルがその周波数範囲から外れる場合はサブレンジ内の 2 つの周波数で行なう。

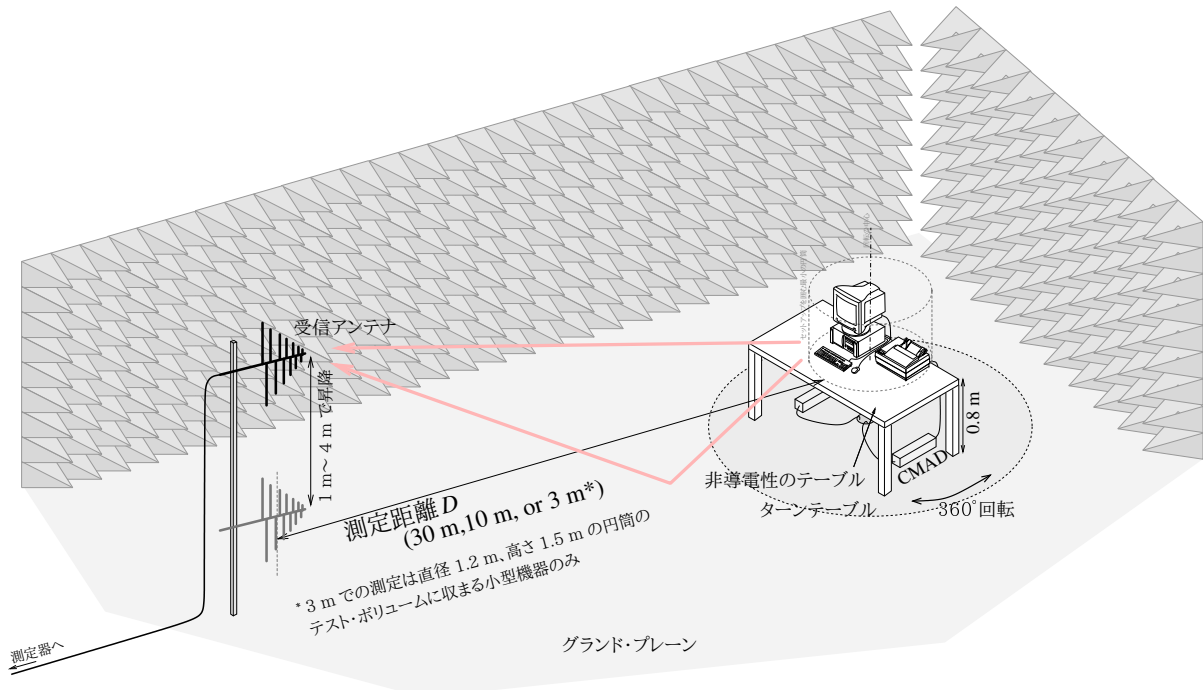


図 2: SAC での 30~1000 MHz の放射エミッション測定

された周波数を中心とした 20 MHz のスパン (妨害が最大となる周波数が限度が適用される周波数範囲の境界から 10 MHz 以内にある場合はスパンが周波数範囲内に入るように中心周波数を調整する) で少なくとも 5 回の掃引での max hold を行なう;

(b) APD^{†16}レベルの測定

クラス B グループ 2 機器の場合、CISPR 16-1-1 で規定された APD 測定に対応した測定器を用い、尖頭値測定でそれぞれのサブレンジ内で最大の妨害が観測された周波数を f_s として、 f_s 、 $f_s + 5$ MHz、 $f_s - 5$ MHz、 $f_s + 10$ MHz、及び $f_s - 10$ MHz の 5 つの周波数 (限度が適用される周波数範囲から外れる周波数は測定を省略する) で 30 秒以上の観測を行ない、 10^{-1} に対応する APD レベルを測定する。

^{†16} APD = amplitude probability distribution (振幅確率分布)。 10^{-1} に対応する APD レベルは、観測期間中の妨害の振幅が 10 % の確率でそのレベルを超えることを意味する。

4.2 EUT や周辺機器の配置

機器のグランド・プレーンに対する位置は使用時と同様とし、製造業者が意図的に接地するようにした箇所を除き、床置き機器は 15 cm 以下の絶縁性の台でグランド・プレーンから絶縁する。接地への直接の接続は、製造業者の指示に従って、あるいは特別な接地端子があるならばできる限り短いリードでグランド・プレーンに接続することで行なう。

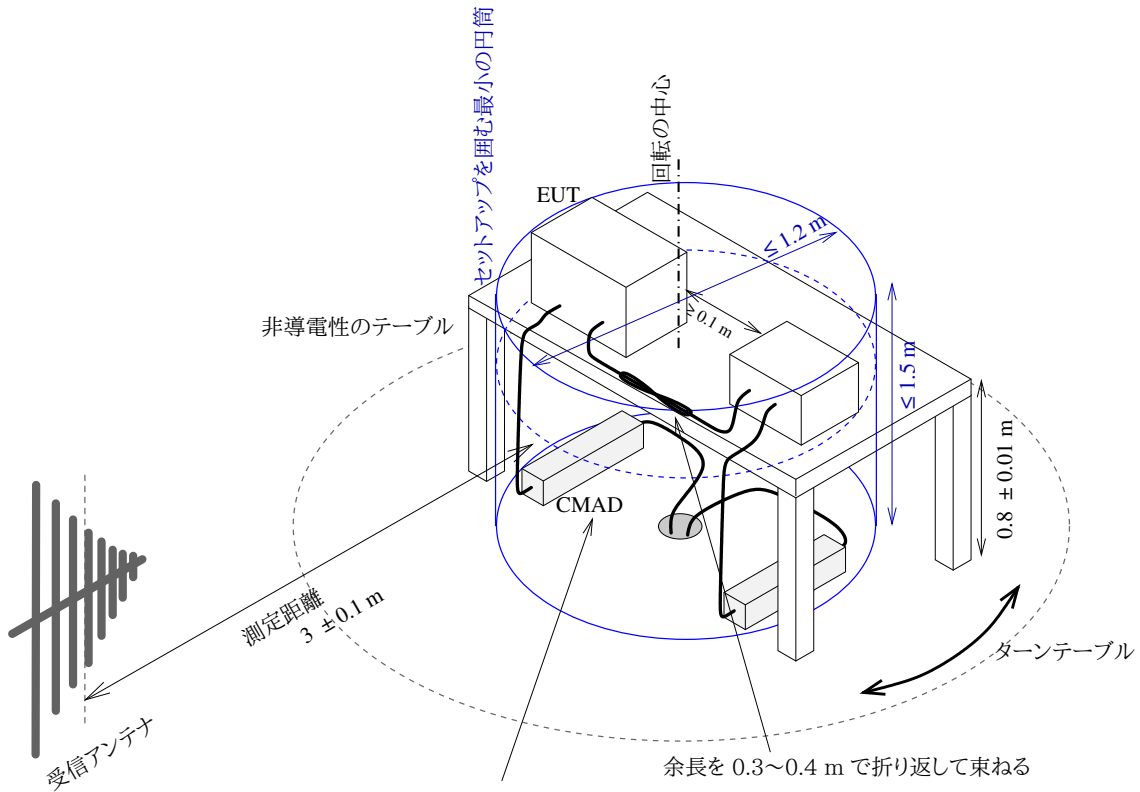
機器は、ターンテーブルの回転軸を中心として、機器の典型的な使い方に従った範囲で機器の配置を変えて観測される妨害レベルが最大となるように配置する。

テスト・ボリウム内に入らない周辺機器は測定から外すか試験環境から減結合する。周辺機器へのケーブルをテスト・ボリウム外まで伸ばせない場合、周辺機器は EUT 全体の周囲の仮想的な円内に配置する。

放射での評価をテスト・ボリウムの内側のケーブルに限定するためには、例えばテスト・ボリウムを出る位置に CMAD^{†17}を取り付けることができる。

相互接続ケーブルは個々の機器について規定されたタイプと長さのものとし、長さが可変であれば妨

^{†17} CMAD = common mode absorption device (コモン・モード吸収デバイス)。通常はフェライト・チューブで、30~200 MHz の周波数範囲で CISPR 16-1-4 で規定された特性を持つもの。



OATS や SAR での測定距離 3 m での測定では評価をテスト・ボリウム内のケーブルに制限する

30 MHz 以下の放射エミッションや伝導エミッションの測定では電源は AMN を通す

図 3: OATS/SAC での測定距離 3 m での測定のセットアップの例

害が最大となるように選択する。測定に際してシールド・ケーブルやその他の特殊なケーブルを用いる場合、その機器の使用指示書にはそのように規定されていなければならない。

通常は全てのポートに適切なケーブルと周辺機器を接続すべきであるが、

- 同一のタイプのポートが複数ある場合、ケーブルの追加が結果に有意に影響しないことを示せるならばそのうちの 1 つのポートにのみ接続すれば良い;
- グループ 1 の可搬型の試験器や測定器、また試験室で専門家が使用することが意図された機器の場合、製造業者が供給するリード以外の信号リードは接続しなくて良い。

相互接続ケーブルの余長は中央付近で 30~40 cm で束ねる。

測定結果には、その結果を再現させられるように、ケーブルや機器の配置の完全な記述を含める。

機器の機能を別々に動作させられる場合、それぞれの機能を動作させた状態で試験する。多数の異なるコンポーネントを含み得るシステムの場合、システムの構成に含まれるそれぞれのタイプのコンポーネントについて 1 つを評価に含める。

機器が他の機器と連携するシステムを構成する場合、システムを代表するために追加の機器を用いるか、あるいはシミュレータを用いることができる。シミュレータを用いる場合、特に無線周波信号とインピーダンス、またケーブルの構成とタイプについて、実際の機器の特性を適切に代表しななければならない。

4.2.1 電源の接続

- 30 MHz 以下

AC 電源に接続される EUT はできる限り AMN (§5.1.1) を介して、また AC 電源に接続される周辺機器は他の 1 つ以上の AMN を介して給

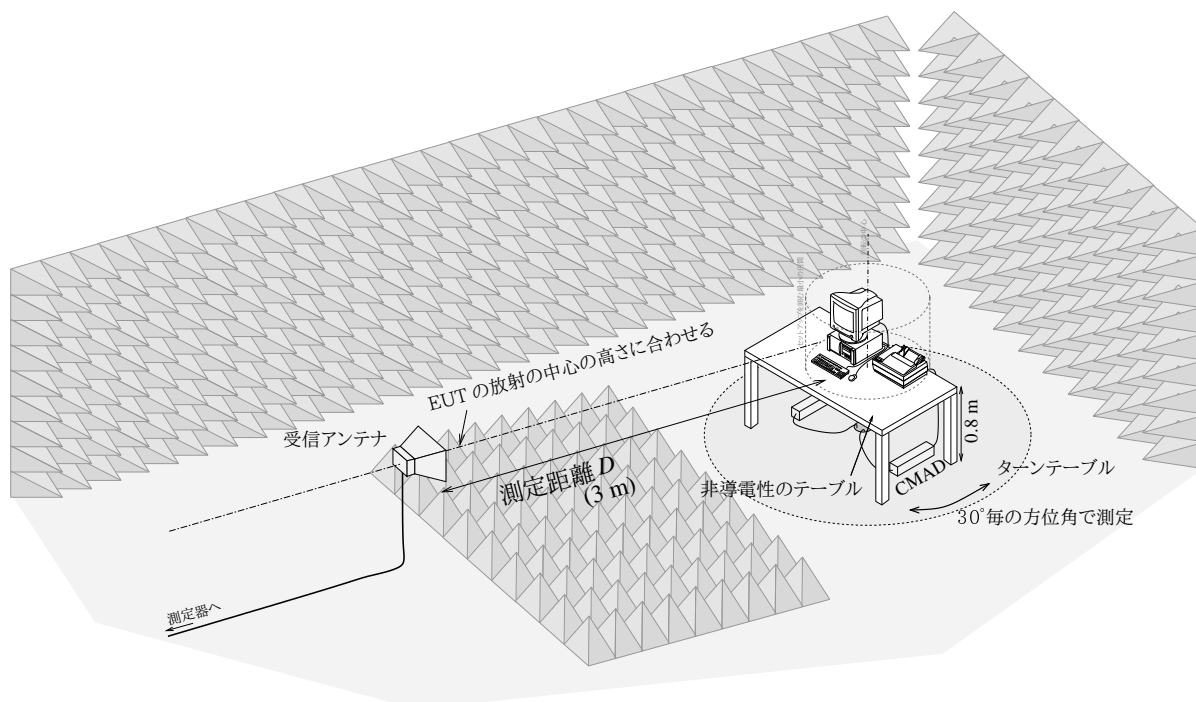


図 4: SAC の床に吸収体を追加したサイトでの 1~18 GHz の放射エミッション測定

電する。AMN は EUT から 0.8 m よりも近くなるようにする。

製造業者が可撓電源コードを供給する場合、1 m の長さのものとするか、あるいは余長を 0.4 m 以下で折り返して束ねる。製造業者が電源コードを指定している場合、指定されたタイプの 1 m のものを用いる。

- 30 MHz 以上

AC 電源への接続は AMN を介して行なっても良い。

ケーブルの余長からの放射の減結合のため、テスト・ボリュームから出る位置で慎重に終端を行なうことが推奨される。この減結合には CMAD^{†17} を用いることが推奨され、測定距離 3 m の場合はこの減結合は必須となる (図 3)。

4.3 放射エミッション限度

放射エミッション限度は機器のクラスとグループに応じて、また追加の条件に応じて選択する。

但し、

- クラス A 抵抗溶接機 — アクティブ・モードで 30 MHz~1 GHz についてクラス A グループ 2

限度 (図 7)、スタンバイ・モードでクラス A グループ 1 (図 5) を適用

- クラス B 抵抗溶接機 — アクティブ・モードでクラス B グループ 2 限度 (図 6)、スタンバイ・モードでクラス B グループ 1 限度 (図 5) を適用
- クラス A アーク溶接機 — アクティブ・モードでクラス A の EDM/アーク溶接機に対する限度 (図 8)、スタンバイ・モードでクラス A グループ 1 限度 (図 5) を適用
- クラス B アーク溶接機 — アクティブ・モードとスタンバイ・モードでクラス B グループ 1 限度 (図 5) を適用
- クラス A EDM — クラス A の EDM/アーク溶接機に対する限度 (図 8) を適用
- ISM 周波数帯で動作する ISM RF 照明デバイス — クラス B グループ 2 限度 (図 6) を適用
- 高周波手術器 — スタンバイ・モードで該当するグループ 1 限度 (図 5) を適用、アクティブ・モードでは規定なし

4.3.1 グループ 1

グループ 1 機器に対しては図 5 に示すように以下のそれぞれの場合の限度が 30~1000 MHz の周波数範囲で規定されている:

1. クラス B グループ 1
2. クラス A グループ 1 で、定格電力 20 kVA 以下、もしくは以下のその他の条件に該当しない
3. クラス A グループ 1 で、
 - 定格電力が 20 kVA を超え、かつ
 - 第三者の敏感な無線通信機器から 30 m よりも遠くでの使用が意図されており、その旨が技術文書に示されている。

これらの放射エミッション限度は準尖頭値 (QP) で規定されており、CISPR 16-1-1 で定められた準尖頭値検波器を用いての測定の結果が該当するエミッション限度を超えなければ適合と判断する。

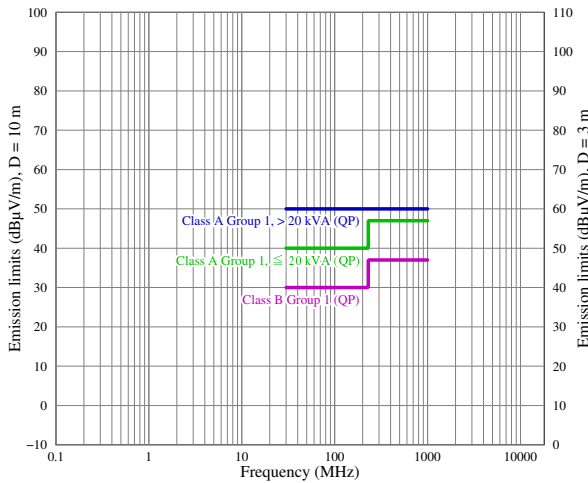


図 5: グループ 1 放射エミッション限度 (OATS/SAC での測定 — Table 6, 7)

4.3.2 グループ 2

グループ 2 機器に対しては図 6 と図 7 に示すようにクラスに応じた限度が 150 kHz~18 GHz の周波数範囲で規定されている。

150 kHz~30 MHz については、クラス B グループ 2 機器では測定距離は 3 m のみとなるが、クラス A グループ 2 機器は 3 m (条件を満たす小型機器

のみ — §4.1.2, 図 3 参照)、10 m、あるいは 30 m での測定が可能である。

クラス B グループ 2 (図 6) では 30~1000 MHz について準尖頭値 (QP) 以外に平均値 (AV) の限度が規定されているが、平均値での測定は電子レンジやその他のマグネトロンを用いた機器の準尖頭値での測定結果が限度を超えた周波数に対してのみ必要となる。

1 GHz 以上のエミッション限度 (図 6, 図 7) は 400 MHz を超える周波数で動作するグループ 2 機器に対してのみ適用され、§4.1.3 で述べたように、 VBW^{+14} を RBW^{+14} 以上として行なった尖頭値 (PK) 測定の結果が該当する限度を超えないならば、あるいは

- RBW を 1 MHz、VBW を 10 Hz として行なった加重 (weighted) 測定の結果が該当する限度を超えない、もしくは
- クラス B の場合、 10^{-1} に対応する APD^{+16} レベルが該当する限度 (尖頭値限度と同一) を超えない

ならばその要求に適合しているものとみなされる。

クラス A 機器の 1 GHz 以上のエミッションの尖頭値での測定では 1 GHz 以上の ISM 周波数帯 (表 1) の高調波に当たる周波数帯に対しては緩和された限度 (図 7) を適用可能であるが、クラス B 機器 (図 6) に対してはこの緩和はない。

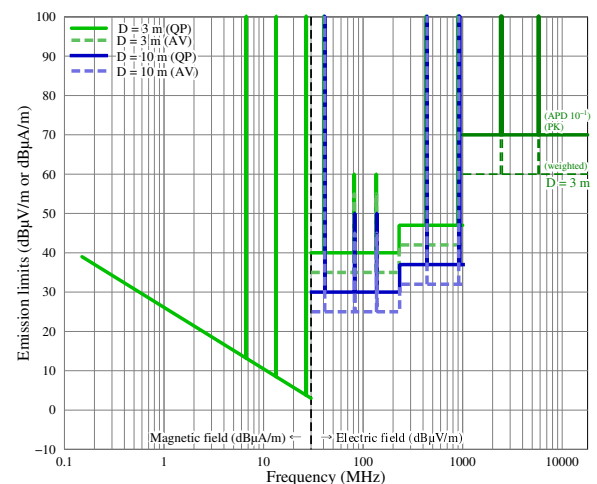


図 6: クラス B グループ 2 放射エミッション限度 (≤ 1 GHz は OATS/SAC での測定 — Table 12~15)

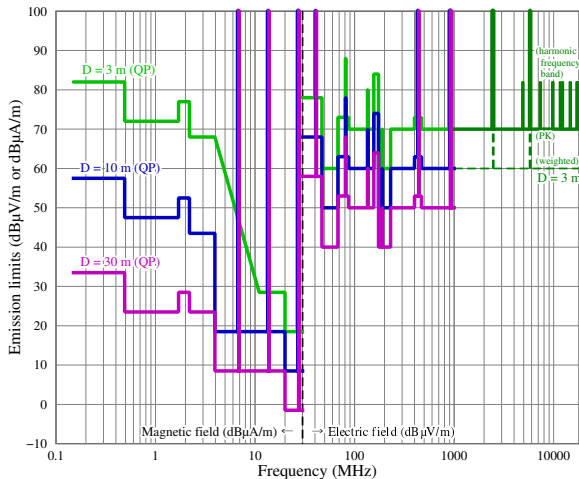


図 7: クラス A グループ 2 放射エミッション限度
(≤ 1 GHz は OATS/SAC での測定 — Table 10, 13~15)

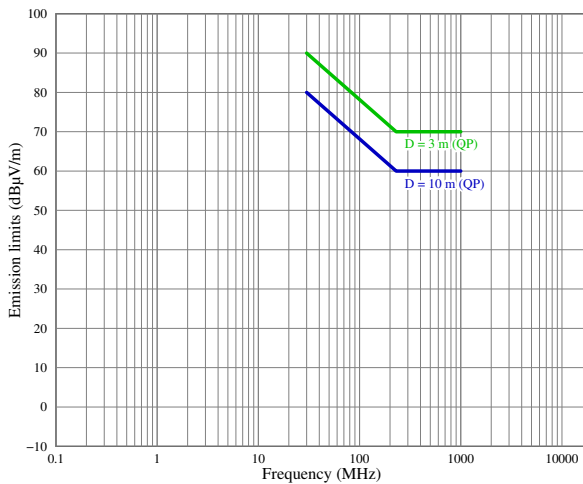


図 8: クラス A の EDM やアーク溶接機の放射エミッション限度
(OATS/SAC での測定 — Table 11)

5 AC 電源ポート伝導エミッション

AC 電源ポートには 150 kHz~30 MHz の周波数範囲の伝導エミッション限度が適用される。

5.1 AC 電源ポート伝導エミッションの測定

AC 電源ポートの伝導エミッション測定は、以下のいずれかの配置で行なう:

- 金属のグラウンド・プレーンを持つ OATS や SAC で放射測定と同じ構成で (図 1 参照);

- 金属のグラウンド・プレーン (水平基準面) 上で、床置き機器以外はグラウンド・プレーンから 0.4 m に置いて (図 9 参照);
- シールド・ルーム内で、シールド・ルームの壁をグラウンド・プレーン (垂直基準面) として用い、床置き機器以外はグラウンド・プレーンから 0.4 m に置いて。

機器はグラウンド・プレーン以外の金属面からは 0.8 m 以上離して配置する。^{†18} 機器の配置やケーブルの処理などについては §4.2 も参照。

測定は通常は AMN (§5.1.1) を用いて行なうが、AMN を使用できない場合は電圧プローブ (ハイ・インピーダンス・プローブ — §5.1.2) を用いて、もしくは AMN を電圧プローブとして用いて測定する。^{†19}

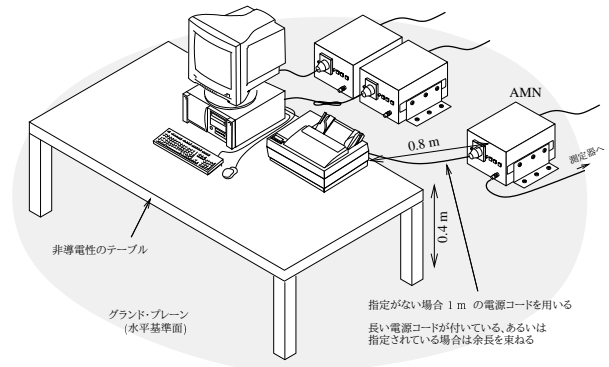


図 9: 金属のグラウンド・プレーン上 0.4 m に配置しての伝導エミッションの測定のセットアップの例

5.1.1 AMN

AMN^{†20} (図 10) は、電源のインピーダンス (図 11) を管理するとともに、電源線上の高周波成分を取り

^{†18} 床面を水平基準面として用いる場合以外は卓上機器は床面から 0.8 m、また卓上機器をシールド・ルームの壁を垂直基準面として配置する場合以外はシールド・ルームの壁から 0.8 m 以上離す。

^{†19} AMN を通して給電しない場合、電源のインピーダンスは管理されず、これが測定に著しい影響を与える可能性がある。例えば電源にノイズ・フィルタ (シールド・ルームへの電源の引き込みはシールド・ルームの壁に接続された貫通フィルタを介して行なわれることが多い) が接続されている場合、測定対象のラインが伝導エミッション測定の周波数範囲で低インピーダンスで接地された状態となり、エミッションが著しく低く評価されるかも知れない。CISPR 11 では、AMN を電圧プローブとして使用する場合には、電源を 30~50 μ H のインダクタンス (50 m のケーブルか絶縁変圧器でも良い) に通すことが要求されている。

^{†20} AMN = artificial mains network (擬似電源回路網)。LISN (line impedance stabilization network) とも呼ばれる。

出して測定器 (テスト・レシーバ) に伝える機能を持つ。

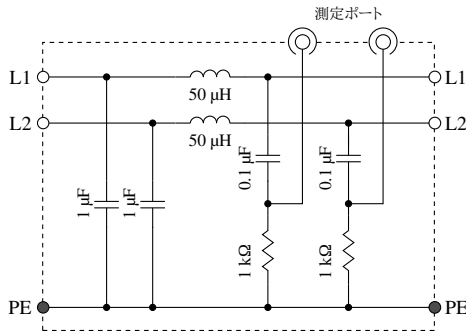


図 10: AMN (50 μ H / 50 Ω) の原理 — 単相電源用

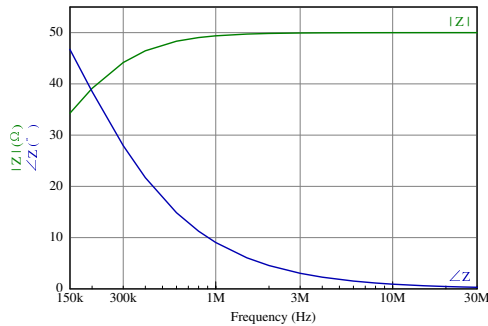


図 11: AMN (50 μ H / 50 Ω) のインピーダンス

5.1.2 電圧プローブ (ハイ・インピーダンス・プローブ)

伝導エミッションの測定で用いられることがある電圧プローブは、CISPR 16-1-2 で規定された、典型的には $R = 1450 \Omega$ 、 C は例えば 10 nF の、図 12 で図示したようなものである。

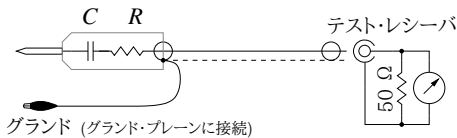


図 12: 電圧プローブ (ハイ・インピーダンス・プローブ) の原理

5.1.3 擬似手

通常は接地接続なしで使用される手持ち型の機器については、ユーザーの手の影響を模擬するため、手で持つ部分に金属箔を巻いて規定の RC 素子

(220 pF \pm 20 % と 510 Ω \pm 10 % を直列としたもの) を通してグラウンド・プレーンに接続した状態での測定を追加で、すなわち擬似手なしと擬似手ありの双方での測定を行なう。

手で持つ部分が金属 (非導電性の表面処理が行なわれたものを含む) であれば金属箔は使用せずに RC 素子の端子をその金属部に直接接続する。

5.2 AC 電源ポート伝導エミッション限度

伝導エミッション限度は機器のクラスとグループに応じて、また追加の条件に応じて選択する。

但し、

- IT 配電網^{†21}への接続のみが意図されたクラス A 機器 — 該当する > 75 kVA の限度を適用可能
- 間欠モードで動作する診断用 X 線発生器 — 該当するグループ 1 限度 (図 5) を 20 dB 緩和したものを適用可能
- 電気溶接機 — アクティブ・モードで該当するグループ 2 限度 (図 14)、スタンバイ・モードで該当するグループ 1 限度 (図 13) を適用
- ISM 周波数帯で動作する ISM RF 照明デバイス — クラス B グループ 2 限度 (図 14) を適用
- 高周波手術器 — スタンバイ・モードで該当するグループ 1 限度 (図 5) を適用、アクティブ・モードでは規定なし

これらの限度は準尖頭値 (QP) と平均値 (AV) で規定されており、それぞれの検波器を用いての測定の結果が該当する限度を超えなければ、あるいは準尖頭値での測定の結果が双方の限度を超えなければ適合と判断する。

5.2.1 グループ 1

グループ 1 機器の AC 電源ポート伝導エミッション限度 (図 13) は以下のそれぞれの場合について規定されている:

^{†21} 大地から絶縁されている、あるいは高インピーダンスを介して接地された電源系統。

1. クラス B グループ 1
2. クラス A グループ 1 で、定格電力 20 kVA 以下、もしくは以下のその他の条件に該当しない
3. クラス A グループ 1 で、
 - 定格電力が 20 kVA を超え、かつ
 - 専用の変圧器か発電機への接続が意図されており、低圧架空電力線に接続されず、
 - 設置された機器からのエミッションの低減のために使用できる設置手段の情報が提供される、特にその機器が低圧架空電力線ではなく専用の変圧器か発電機への接続が意図されている旨が示される

4. クラス A グループ 1 で、
 - 定格電力が 75 kVA を超え、
 - 専用の変圧器か発電機への接続が意図されており、低圧架空電力線に接続されず、
 - 居住環境から 30 m 以上の距離か放射現象に対する障壁として働く構造物によって物理的に隔離されて設置されることが意図されており、
 - 定格入力電力が 75 kVA を超える高電力電気システム/機器に対する妨害電圧限度に適合する旨が示され、かつ
 - 設置者が適用すべき設置手段の情報が提供される、特にその機器が低圧架空電力線ではなく専用の変圧器か発電機から給電される設備での使用を意図している旨が示される

5.2.2 グループ 2

また、グループ 2 機器の AC 電源ポート伝導エミッション限度 (図 14) は以下のそれぞれの場合について規定されている:

1. クラス B グループ 2
2. クラス A グループ 2 で、定格電力 75 kVA 以下、もしくは以下のその他の条件に該当しない

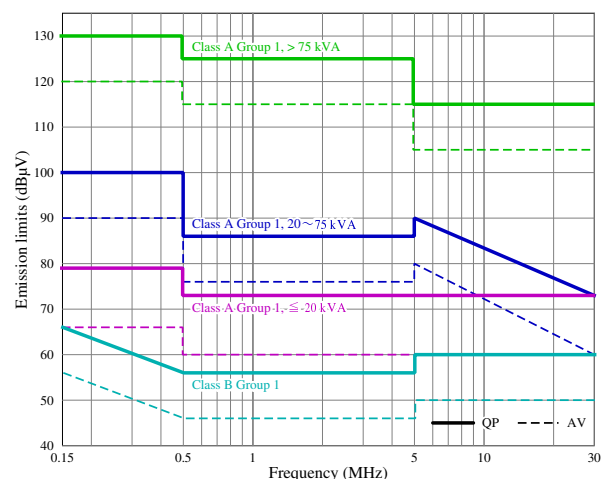


図 13: グループ 1 AC 電源ポート伝導エミッション限度 (Table 2, 4)

3. クラス A グループ 2 で、
 - 定格電力が 75 kVA を超え、かつ
 - 設置された機器からのエミッションの低減のために使用できる設置手段の情報が提供される

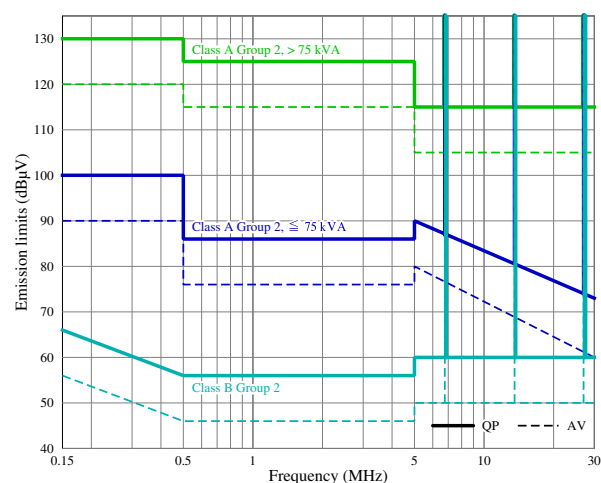


図 14: グループ 2 AC 電源ポート伝導エミッション限度 (Table 8, 9)

6 DC 電源ポート伝導エミッション

この規格の DC 電源ポート伝導エミッション限度は、太陽光発電システムへの組み込みが意図されたパワー・コンバータ、及びエネルギー貯蔵システム

への組み込みが意図された系統連系電力変換装置 (GCPC) の DC 電源ポートにのみ適用される。

6.1 DC 電源ポート伝導エミッションの測定

DC 電源ポートの伝導エミッションは、DC-AN (CISPR 16-1-2 で規定されているデルタ・ネットワーク、もしくは CISPR 11 で示されている 150 Ω 擬似 DC ネットワーク) を用いて、AC 電源ポートの伝導エミッション測定 (§5.1) と同様に行なう。

ここではこれ以上の説明は省略するので、その他の情報は規格そのものを参照していただきたい。

6.2 DC 電源ポート伝導エミッション限度

この DC 電源ポート伝導エミッション限度 (図 15) は以下のそれぞれの場合について規定されている:

1. 定格電力 20 kVA 以下、あるいは以下の条件に該当しない場合;
2. 定格電力が 20 kVA を超え 75 kVA 以下で、大規模な太陽光発電システムに専門家が設置することが意図されており、エミッションの低減のために使用できる手段の情報とともに提供される場合;
3. 定格電力が 75 kVA を超え、大規模な太陽光発電システムに専門家が設置することが意図されており、エミッションの低減のために使用できる手段の情報とともに提供される場合。

DC 電源ポート伝導エミッション限度は 150 kHz ~ 30 MHz の周波数範囲について規定されているが、ケーブル長が 3 m 未満であれば測定は不要で、ケーブル長が 30 m 未満であれば $f(\text{MHz}) = 60/L$ からの測定を行えば良い。また、クラス A 機器の場合、適切なグッド・エンジニアリング・プラクティスを適用するならばこの限度の適用の省略が可能となるが、その場合は設置後にイン・サイチュでの確認 (§7.3) を行なうことも考慮すべきかも知れない。

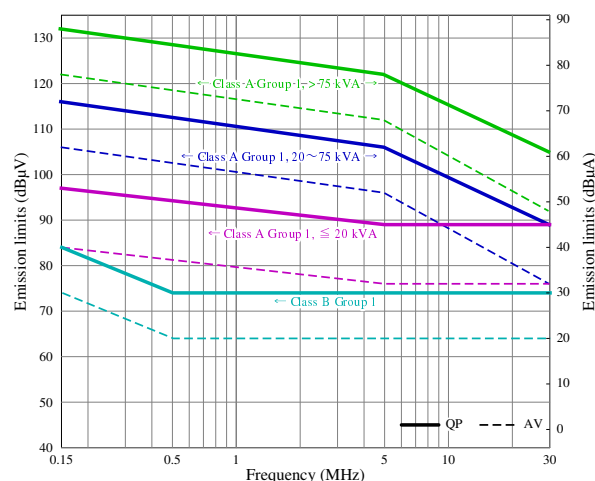


図 15: DC 電源ポート伝導エミッション限度 (Table 3, 5)

7 その他

7.1 EUT の負荷条件

一般には、その機器の通常の動作手順に従った範囲で、発生する妨害が最大となるようにして測定する。

但し、例えば次のような、機器の種類に応じた個別の規定が定められている場合もある:

- 400 MHz 以上の周波数を用いる UHF/マイクロ波治療器

負荷への給電のために用いられるケーブルの特性インピーダンスと同じ値の非放射性の抵抗負荷と接続して動作させる。

- 超音波治療器

直径約 10 cm の非金属製容器に入れた蒸留水にトランスジューサを浸け、最大出力と半出力で、また出力の同調を調整可能であれば共振状態と非共振状態で動作させる。

- 電子レンジ

外径 190 ± 5 mm、高さ 90 ± 5 mm の硼珪酸ガラス製の円筒の容器に初期温度 20 ± 5 °C の 1 L の水道水を入れたものを中央に置いて動作させる。

水は沸騰する前に交換する。

7.2 ユーザーへの情報

少なくとも以下のような情報のユーザーへの提供が必要となる:

- 機器のクラスとグループのラベルが添付文書への記載、またそのクラスとグループの意味の説明の添付文書への記載
- クラス A 機器の場合、添付文書への以下の文面の記載:

Caution: This equipment is not intended for use in residential environments and may not provide adequate protection to radio reception in such environments.

(注意: この機器は居住環境での使用を意図しておらず、そのような環境での無線受信の適切な保護を与えないかも知れない。)

- 以下の情報を含む、その機器の使用が有害な無線周波干渉を引き起こさないことを確かとするために購入者やユーザーが講じるべき予防手段の詳細の添付文書への記載:
 - 特定の環境でのクラス A 機器の運用に起因する無線周波干渉の可能性;
 - クラス A 機器の低圧電源への接続に関する注意;
 - 設置されたクラス A 機器からのエミッションの低減のために設備側で講じることのできる手段。

特に、20 kVA を超える機器に対する緩和された限度を適用した場合、少なくとも以下の情報が必要となる:

- クラス A グループ 1 機器で 20 kVA を超える機器に対する緩和された放射エミッション限度 (図 5) を適用した場合、第三者の敏感な無線通信サービスから 30 m よりも遠くでの使用が意図されている旨;
- クラス A グループ 1 機器で 20 kVA を超える機器に対する緩和された AC 電源ポート伝導エミッション限度 (図 13) を適用した場合、設置された機器からのエミッションの低減のために設備側で講じることのできる手段の情報、特にその機器が低圧架空電力線ではなく専用の変圧器か発電機への接続が意図されている旨;

- クラス A グループ 1 機器で 75 kVA を超える機器に対する緩和された AC 電源ポート伝導エミッション限度 (図 13) を適用した場合、その機器が 75 kVA を超える大電力電気システム/機器のための妨害電圧限度に適合する旨、また設置された機器からのエミッションの低減のために設備側で講じることのできる手段の情報、特にその機器が低圧架空電力線ではなく専用の変圧器か発電機への接続が意図されている旨;
- クラス A グループ 1 機器で 20 kVA を超える機器に対する緩和された DC 電源ポート伝導エミッション限度 (図 15) を適用した場合、設置された機器からのエミッションをその設備から 30 m の距離での無線受信への有害な干渉を防ぐように低減するために設備側で講じることのできる手段の情報、特に追加のフィルタの使用や居住環境から 30 m 以上の距離での隔離について;
- クラス A グループ 2 機器で 75 kVA を超える機器に対する緩和された AC 電源ポート伝導エミッション限度 (図 14) を適用した場合、設置された機器からのエミッションの低減のために設備側で講じることのできる手段の情報。

7.3 イン・サイチュ測定

クラス A 機器の放射エミッションは、テスト・サイトでの測定の代わりにイン・サイチュで (すなわち実際の設置場所に設置した後に) 測定することもできる。イン・サイチュでの測定はテスト・サイトで試験することが実際的でない大型の機器やシステムの評価で必要となることがあるが、テスト・サイトでの試験と異なりその測定の結果はその場所に固有のものとなる。

イン・サイチュでの測定の場合、伝導エミッションの測定は不要となるが、150 kHz からの放射エミッションの測定^{†22}が必要となる (図 16)。

イン・サイチュでの放射エミッションの測定は、

^{†22} グループ 1 クラス A 機器の場合は動作周波数とその高調波のみを測定すれば良い。

受信アンテナを地面から 2 ± 0.2 m の高さとし、下記の距離で行なう:

- グループ 1 機器の場合 — 機器が設置された建屋の外壁から 30 m;
- グループ 2 機器の場合 — x をそれぞれの方向での建屋の外壁から敷地の境界までの最短距離、また $f < 1$ MHz では $a = 2.5$ 、1 MHz $\leq f$ では $a = 4.5$ として、 $(30 + x/a)$ m と 100 m のいずれか近い方の距離が敷地内にある場合はその距離、さもなければ敷地の境界までの距離 x と 30 m のいずれか遠い方の距離。

例えば、1 MHz 以上の周波数 ($a = 4.5$) については:

- 建屋から敷地の境界までの距離 x が 10 m の場合、 $30 + 10/4.5 \approx 32.2$ m で、これは敷地の外となるので、10 m と 30 m の遠い方、すなわち建屋から 30 m の距離で測定する。
- 建屋から敷地の境界までの距離 x が 50 m の場合、 $30 + 50/4.5 \approx 41.1$ m となるので、その距離と 100 m の小さい方、建屋から約 41 m の距離で測定する。
- 建屋から敷地の境界までの距離 x が 500 m の場合、 $30 + 500/4.5 \approx 141$ m となるので、その距離と 100 m の小さい方、すなわち建屋から 100 m の距離で測定する。

測定はできる限り多くの方向で行なわなければならない、少なくとも直交する 4 方向で、また悪影響を受けるかも知れない既存の無線システムの方向で行なわなければならない。

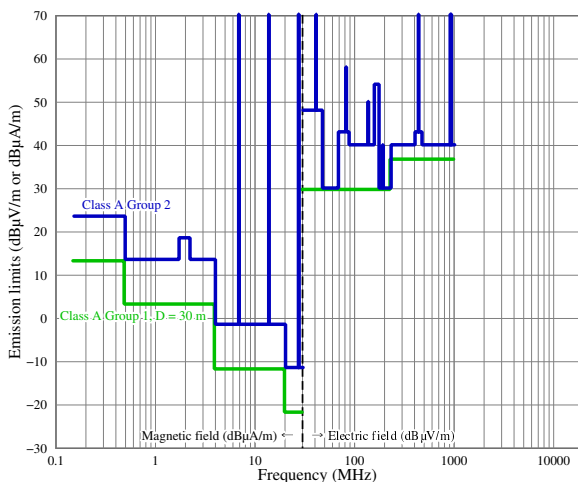


図 16: クラス A 機器のイン・サイチュ測定での放射エミッション限度 (Table 16, 17)

7.4 安全関連無線サービスや敏感な無線サービスの保護のための推奨事項

安全関連無線サービスや敏感な無線サービスの保護のため、そのようなサービスで使用される周波数帯の動作周波数の使用や高調波での高レベルの放射を避けることが望ましい。

CISPR 11^[1] の Annex E では、これに関する情報が、ここではそのようなサービスで使用されている周波数の例とともに示されている。^{†23}

7.5 人体の曝露

グループ 2 機器はこの規格の規定上は ISM 周波数帯 (表 1) 内では著しく強い電磁界を放射することが許容される。だが、そのような強い電磁界は人体に影響を与える可能性があるため、人体への有害な影響を防ぐための配慮も必要となる。^{†24}

このような人体の電磁界への曝露に関する基準としては、例えば、

- ICNIRP^{†25} ガイドライン^[2] (国際的なガイドライン)
- 勧告 1999/519/EC^[3] やそれに基づく規格、また指令 2013/35/EU^[4] (欧州)
- IEEE C95.1^[5] (アメリカ)
- 電波防護指針^[6] (日本)

などがある。

図 17 には、このような人体の電磁界への曝露に関する基準の例として ICNIRP ガイドライン^[2] の参考レベル^{†26}を示す。

^{†23} §7.6.2 で述べるようにそれぞれの地域で特定の周波数帯の使用が禁じられることもある。

^{†24} 電磁界の人体への影響は安全上の話であり、一般に CISPR 11 のような EMC 規格では取り扱われない。

^{†25} ICNIRP = International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (国際非電離放射線防護委員会)

^{†26} ICNIRP ガイドラインなどでは人体への影響から基本制限が定められているが、基本制限に対しての評価はやや難しいため、その場所の電磁界の強度がそのレベル以下であれば基本制限も超えないとみなせる電磁界の強度が参考レベルとして示されている。基本制限と参考レベルのいずれも労働者 (occupational) と一般公衆 (general public) に対する規定があり、労働者に対してはより高いレベルの曝露が許容されるようになっている。

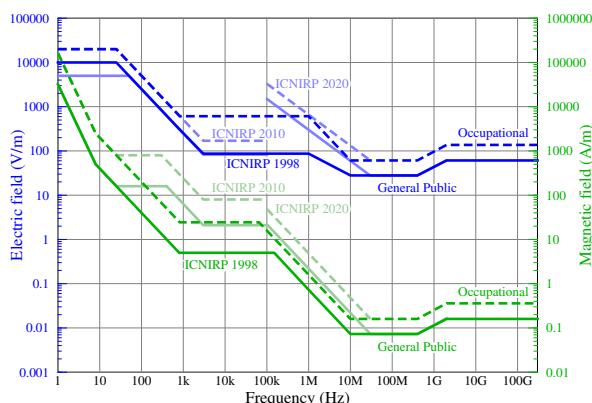


図 17: ICNIRP 参考レベル

7.6 関連する規則の例

7.6.1 日本

この規格の対象となる機器は、日本国内では、

- 高周波利用設備 [7] として電波法の対象となることがあり、機器の種類や出力などに応じて、
 - 型式指定を受ける

対象: 例えば、超音波洗浄機、電磁誘導加熱を利用した文書複写印刷機械、非接触電力伝送装置など
 - 型式確認を行なう

対象: 電子レンジ、電磁誘導加熱式調理器
 - 個別に設置の許可を申請する

対象: 許可不要の条件に該当しない、型式指定を受けても型式確認を行なってもいいもの

のいずれかの対応が必要となることがある。

- 機器によっては電気用品安全法 [8] の対象となることがある。

この場合、本稿の執筆の時点では、エミッションに関しては J55011(H27)^{†27}、もしくは「電気用品の技術上の基準を定める省令の解釈について」の別表第十(雑音の強さ)第2章(高周波利用機器)への適合が原則となる。

- 医用機器は医薬品医療機器等法(薬機法)の対象となり、大抵は JIS T 0601-1-2 か IEC 60601-1-2^[10] への適合が必要となる。

JIS T 0601-1-2 や IEC 60601-1-2 はエミッションに関しては CISPR 11 を参照しているが、本稿の執筆の時点での最新版で参照されている規格の版は本稿で述べたものとは異なる。

^{†27} CISPR 11:2009+A1:2010 に対応。

これらは排他的なものではないので、例えば承認を受けた医用機器の設置に際して高周波利用設備としての申請が必要となることもある。

7.6.2 アメリカ

医用機器の電磁妨害の側面を扱う規格としては ANSI AAMI IEC 60601-1-2 や IEC 60601-1-2^[10] が受け入れられており、エミッションに関しては大抵は CISPR 11 が適用されるが、ISM 機器は 47 CFR 18^[9] の対象にもなることがある。

47 CFR 18 では低い周波数での放射エミッション限度は 300 m などの距離での電界強度で規定されている。実際にはそのような距離での測定を行なうことは困難だが、複数の距離での測定結果から規定の距離での電界強度を推定するか、あるいはその代わりに $1/d$ (距離に反比例) の減衰を仮定して単一の距離での測定結果から推定することが許容される。^{†28}

なお、433.05~434.79 MHz (表 1) は ISM 周波数帯ではない。また、490~510 kHz、2170~2194 kHz、8354~8374 kHz、121.4~121.6 MHz、156.7~156.9 MHz、及び 242.8~243.2 MHz の使用は禁じられている。

8 参考資料

[1] CISPR 11:2015+A1:2016+A2:2019, *industrial, scientific and medical equipment – radio-frequency disturbance characteristics – limits and methods of measurement*

[2] ICNIRP ガイドライン

- *ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electro-magnetic fields (up to 300 GHz)*, 1998
- *ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz – 100 kHz)*, 2010
- *ICNIRP guidelines for limiting exposure to electromagnetic fields (100 kHz to 300 GHz)*, 2020

^{†28} 近い距離(低い周波数では近傍界に入ることが予想される)での測定結果からの外挿は本質的に非常に不確かなものとなるだろうが、その影響をできる限り抑えるため、可能な限り大きな距離での測定を行なうことが望ましいだろう。

- [3] 1999/519/EC, *Council Recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz)*
- [4] 2013/35/EU, *Directive 2013/35/EU of the European Parliament and of the Council of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields)*
- [5] IEEE C95.1, *IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electric, magnetic, and electromagnetic fields, 0 Hz to 300 GHz*
- [6] 電波防護指針, 電気通信技術審議会答申 諮問第 38 号, 平成 2 年 6 月,
<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/ele/medical/protect/>
- [7] 総務省電波利用ホームページ > 高周波利用設備の概要,
<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/highfre/>
- [8] 電気用品安全法, 経済産業省,
<https://www.meti.go.jp/policy/consumer/seian/denan/act.html>
- [9] 47 CFR 18, *Code of Federal Regulations — Title 47: Telecommunication — Part 18: Industrial, Scientific, and Medical Equipment*, U.S. Government Publishing Office,
<https://www.govinfo.gov/app/collection/cfr>
- [10] IEC 60601-1-2:2014 (ed. 4) の概要, 株式会社 e・オータマ, 佐藤, 2019,
<http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [11] CISPR 32 の概要, 株式会社 e・オータマ, 佐藤, 2017,
<http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>