

車両等からの電磁波の放射の制限 — CISPR 12 の概要

株式会社 e・オータマ 佐藤智典

2020 年 3 月 2 日

目次

1	概要	1
2	測定サイト	2
2.1	OTS (屋外テスト・サイト)	2
2.2	CISPR 16-1-4 に従ったオープン・サイトの車両やデバイスの場合	2
2.3	ALSE (電波暗室)	2
3	測定法	3
3.1	車両やボート	3
3.1.1	測定距離 3 m での測定	4
3.1.2	動作条件	5
3.2	デバイス	5
3.3	外来雑音への対処	5
3.4	無線送信機を搭載している場合	6
4	エミッション限度	6
5	関連規格	7
6	参考資料	8

1 概要

CISPR 12:2007+A1:2009^[1] は以下のような車両、ボート、あるいはその他の機械からその周囲への電磁波の放出 (エミッション)^{†1}に関する測定法と限度を定める:

- 内燃機関、電気、あるいはその双方で駆動される車両

「車両 (vehicle)」は、人や物を運ぶことが意図された、地上で運用される機械を意味する。

通常の自動車やオートバイなどもこれに該当するが、EU などでは路上走行車両の多くは ECE Regulation No. 10^{[7][12]} の対象となり、その場合、車両からのエミッションの評価では CISPR 12 の測定法が用いられるものの、CISPR 12 のエミッション要求を直接適用することは稀と思われる。

この規格は鉄道、路面電車、トロリー・バスなどには適用されない。外部からの給電による駆動と内燃機関による駆動の切り替えが可能なトロリー・バスは、内燃機関で駆動されている状態ではこの規格を適用できる。

- 内燃機関、電気、あるいはその双方で駆動されるボート

「ボート」は水面上での使用が意図された長さ 15 m 以下の船を意味し、いわゆるモーターボート、ジェットスキーなどはこれに該当する。

この規格は電動ボートや電動船外機もカバーするが、そのようなものは ISO 16315^[4] の対象にもなるかも知れない。

- 内燃機関、あるいはトラクション・バッテリーを搭載したデバイス

「デバイス」は人や物を運ぶことが主に意図されていない機械を意味し、例えばエンジン式のチェーンソー、草刈り機、灌水ポンプ、除雪機、コンプレッサなどはこの規格の適用範囲に入る。

「トラクション・バッテリーを搭載したデバイス」の例としては、大容量のバッテリーで駆動される大型の自走式芝刈り機のようなものが考えられる。

^{†1} 車両等に関しては「エミッション」という用語は CO₂ や NO_x のような排気放出物、あるいは騒音を指すことも多いため、本稿の表題では「エミッション」という表現は用いなかった。



CISPR 12 は広い適用範囲を持つが、その一部を §5 で示すように、これと別に特定の区分の機械を対象とした規格もあり、CISPR 12 ではなくそのような規格を適用できる場合も多い。

この規格で定められたエミッション要求は、車両などの外部、例えばその周囲の住宅で使用されている受信機などの保護を意図したものである。この規格への適合は車両などから 10 m よりも遠くの受信機に対して妥当な保護を与えることが期待されるが、それよりも近くの受信機は十分に保護しないかも知れない。また、この規格はその車両など自身の上の受信機の保護は意図していない。

その車両、ボート、あるいは機械自身に搭載される受信機の保護のためにはその受信帯域内でのノイズを低く抑える^{†2}ことが必要で、そのような受信機の保護は CISPR 25^{[9][13]} などで行われている。

本稿では、この CISPR 12:2007+A1:2009^[1] 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、規格についての正確な情報は規格そのもの^[1]を参照していただきたい。

2 測定サイト

2.1 OTS (屋外テスト・サイト)

測定は、[図1](#) や [図2](#) のような、半径 30 m の範囲に反射物^{†3}のない地上や水上の屋外テスト・サイト (OTS; outdoor test site) で行なう。

金属のグランド・プレーンは使用せず、また現時点ではサイトの検証の要求もないので、直径 60 m 以上の広さ^{†4}の反射物のない平坦で開けた地面や水面があり、かつ外来雑音のレベルが測定を妨げるほど高くないならば、その場所をテスト・サイトとして用いることができるだろう。地面の土質や含水率などが測定結果に影響する可能性も考えられるが、現状ではこの種の事項についての規定もない。

^{†2} 例えば GPS 受信器を搭載する場合は 1.6 GHz 前後の周波数のノイズを相当低く抑えることが必要となるだろう。ボートでは国際 VHF 無線 (マリン・バンド) が使用されるかも知れず、船舶用の機器を対象とする IEC 60533 や IEC 60945 (156 ~ 165 MHz の準尖頭値限度は距離 3 m で 24 dB μ V/m) などと同様に該当する VHF 帯のノイズを抑えるべきかも知れない。

^{†3} 例えば建屋、鉄塔、車両、架空線など。測定器、また測定器を置いた小屋や車両は、アンテナよりも後側、アンテナから 15 m 以上離れた場所に置くことができる ([図1](#))。

^{†4} 参考までに、ラグビー・コートは 70 × 100 m 程度、陸上競技用の 400 m トラックの内側が 76 × 156 m 程度で、これがこの規格の OTS の広さの目安となるかも知れない。

2.2 CISPR 16-1-4 に従ったオープン・サイト (小型の車両やデバイスの場合)

長さや幅が 2 m よりも小さい小型の車両やデバイスは、[§2.1](#) で述べた OTS の代わりに CISPR 16-1-4^[10] に従った寸法の屋外テスト・サイト ([図4](#))^{†5}で試験することもできる。

CISPR 16-1-4 に適合した全天候型オープン・サイト ([図5](#)) を使用できるかも知れないが、内燃機関の持ち込みや稼働には事前の確認や適切な準備が必要となるかも知れない。

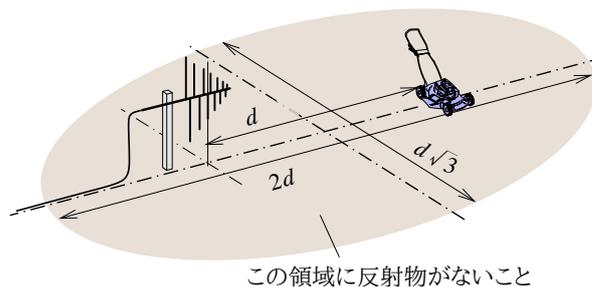


図 4: CISPR 16-1-4 “CISPR 楕円”

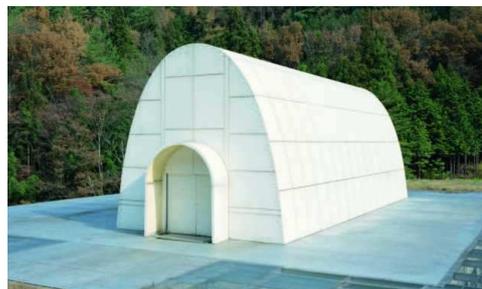


図 5: 全天候型オープン・サイトの例

2.3 ALSE (電波暗室)

OTS ([§2.1](#)) で得られた結果との相関を示せるならば、ALSE (absorber lined shielded enclosure; 電波暗室) で試験することもできる。^{†6}

ALSE が車両や内燃機関の試験用のものでない場合は特に、車両や内燃機関の持ち込みや稼働には事前の確認や適切な準備が必要となるかも知れない。

^{†5} CISPR 16-1-4^[10] では、測定距離 d の場合、長軸が $2d$ 、短軸が $d\sqrt{3}$ の “CISPR 楕円” ([図4](#))、あるいは測定対象品の外形から 15 m の円の範囲に反射物がないことが要求される。

^{†6} 本稿の執筆の時点では、サイトの検証の方法は検討中で、達成すべき相関の程度も示されていない。

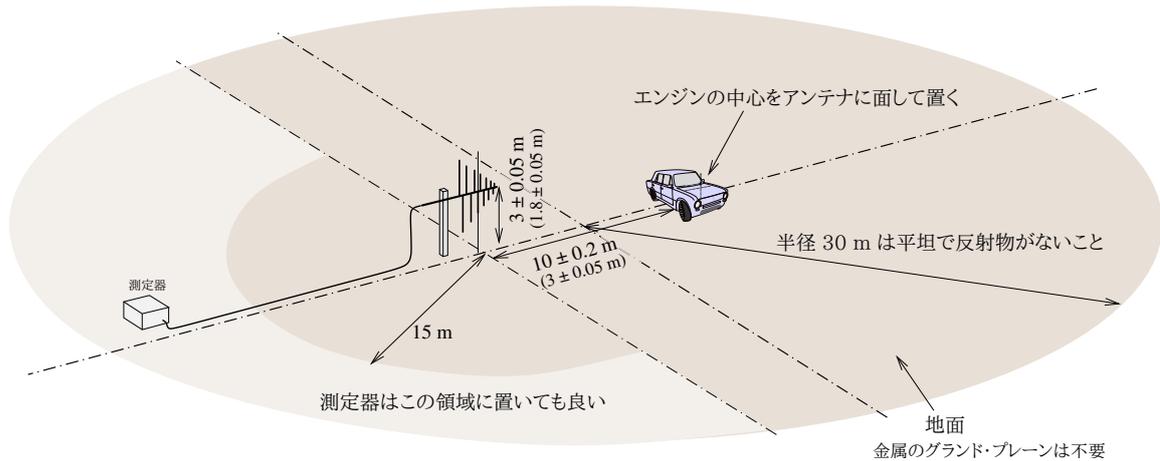


図 1: 地上テスト・サイトでの車両の測定のイメージ

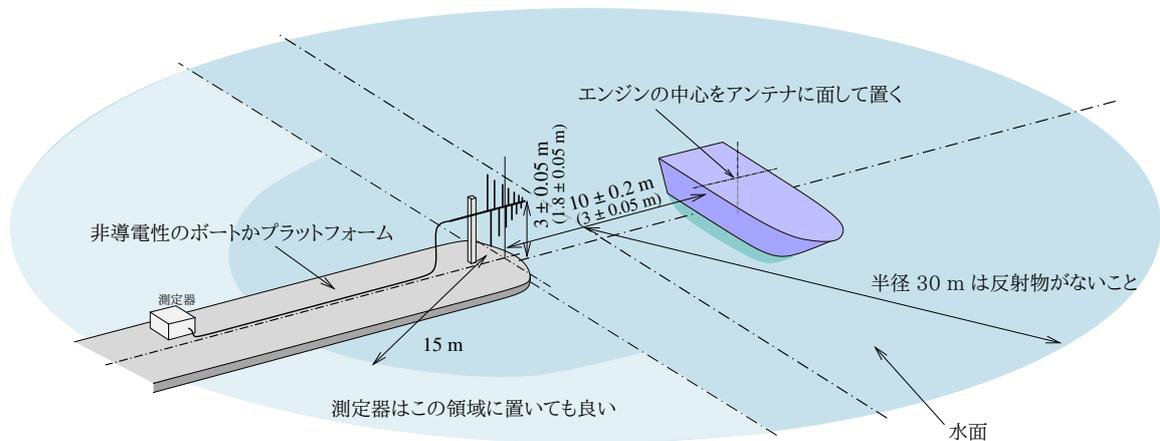


図 2: 水上テスト・サイトでのボートの測定のイメージ

3 測定法

3.1 車両やボート

図 6 のように車両やボートの側面から規定の距離と高さにて測定用のアンテナを置き、水平偏波と垂直偏波の双方で、CISPR 16-1-1 に適合したテスト・レシーバ (測定用受信器) で測定を行なう。^{†7}

測定対象がエンジンを持つ場合、アンテナがエンジンの中央の真横の位置となるように配置する。複数の独立したエンジンがある場合は、それぞれのエンジンについて、そのエンジンの中央がアンテナの正面となるように配置を変えて測定を行なうことが必要となる。

測定距離は 10 m ($10\text{ m} \pm 0.2\text{ m}$) が推奨され、その場合はアンテナは大地面や水面から $3\text{ m} \pm 0.05\text{ m}$ の高さに置く。§3.1.1 で述べるような所定の条件に

^{†7} 多くの規格で要求されるような測定対象の 360° の回転やアンテナの昇降の要求はない。

従えば測定距離 3 m ($3\text{ m} \pm 0.05\text{ m}$) での測定を行なうことも可能であり、その場合はアンテナの高さは $1.8\text{ m} \pm 0.05\text{ m}$ とする。

測定距離はアンテナの基準点から車両やボートの最も近い金属部までの距離で、アンテナの基準点は下記ようになる:

- バイコニカル・アンテナ — アンテナの中心軸;
- LPDA^{†8} など — アンテナの先端、またはアンテナの校正の際に基準点とした任意の位置。

測定は測定対象 (ボートの下部のように使用時に水に触れる場所を除く) が乾燥した状態で、あるいは降水が止んでから 10 分以上経った後に行なうことが望ましい。屋外のサイトで降水中止や降水が止んでから 10 分以内に測定を行なった場合、測定結果が限度よりも 10 dB 以上低ければ適合とみなす。

^{†8} log-periodic dipole array、いわゆる “ログペリ”。

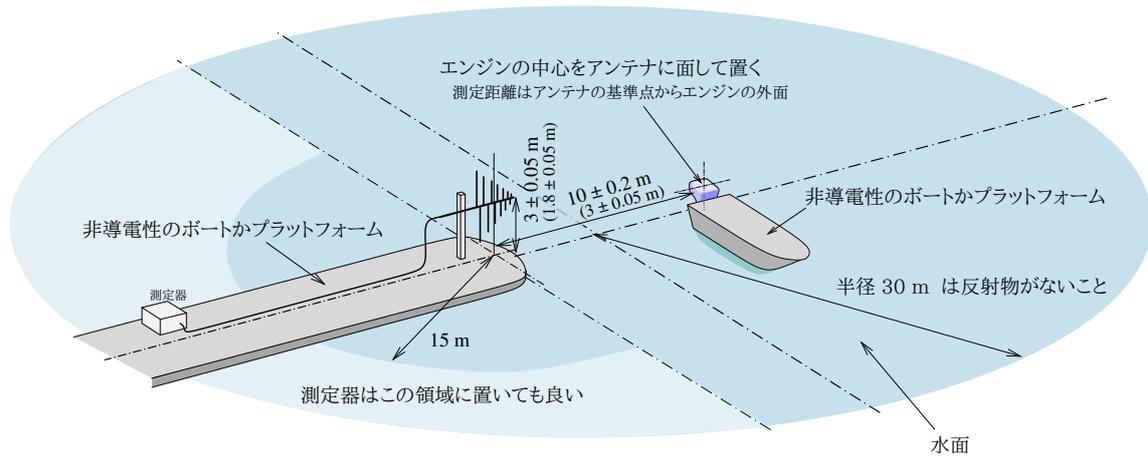


図 3: 水上テスト・サイトでの船外機の測定のイメージ

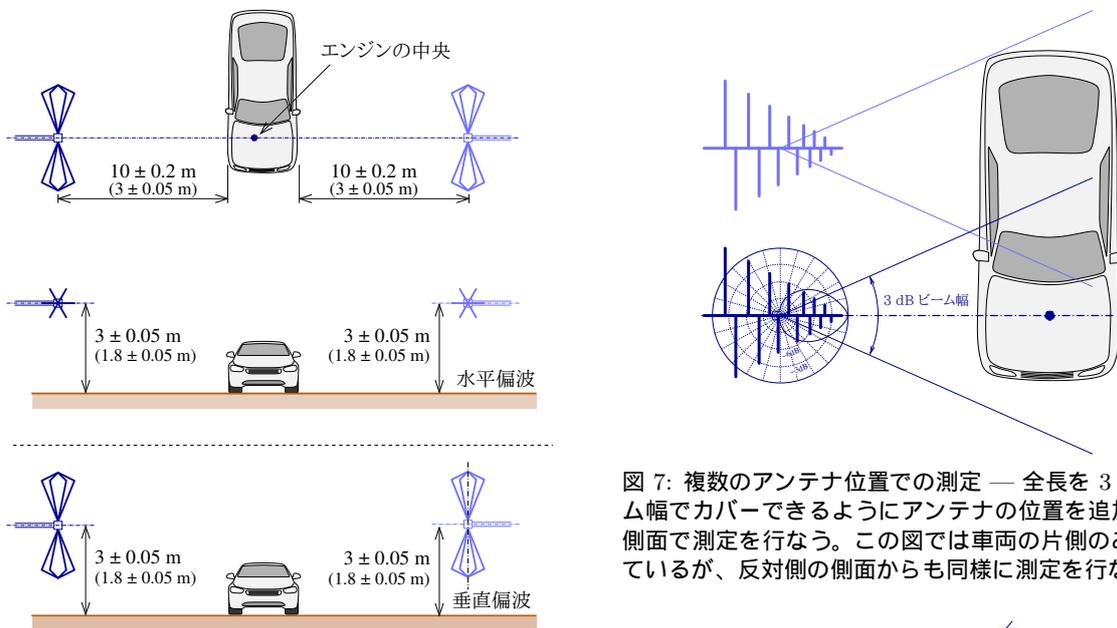


図 6: 車両のエミッション測定でのアンテナの配置

3.1.1 測定距離 3 m での測定

測定距離 3 m での測定も可能だが、測定対象の全長がアンテナの 3 dB ビーム幅^{†9}に入らない場合、以下のいずれかの対応が必要となる:

- 測定対象の全長を 3 dB ビーム幅に入れるように複数の位置での測定を行なう (図 7)
- アンテナの受信感度が最低となる方位と周波数での感度の低下分だけ限度を下げて求めた代替の限度を適用する (図 8)。

^{†9} LPDA の 1 GHz まででの最小の 3 dB ビーム幅は一般に 60° 程度かそれをやや下回る程度と思われ、60° のビーム幅は距離 3 m で約 3.4 m に相当する。

図 7: 複数のアンテナ位置での測定 — 全長を 3 dB ビーム幅でカバーできるようにアンテナの位置を追加して両側面で行なう。この図では車両の片側のみを示しているが、反対側の側面からも同様に測定を行なう。

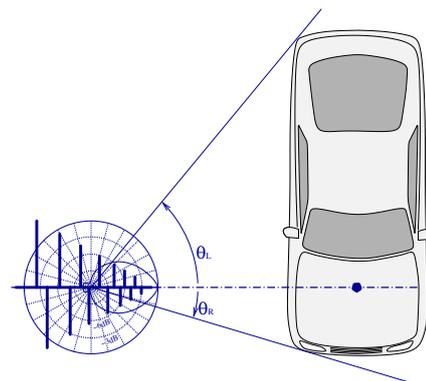


図 8: アンテナの指向特性の考慮 — この図ではアンテナの感度 (H 面と E 面の双方、また全周波数範囲を考慮する) の低下はアンテナから見て最も左 (θ_L) で最大となるので、その方位での感度の低下分だけ下げた限度を適用する。この図では車両の片側のみを示しているが、反対側の側面からも同様に測定を行なう。

従って、測定距離 3 m での測定を行なう場合、各周波数でのアンテナ係数に加えて、後者の場合はアンテナの H 面と E 面のそれぞれの全周波数範囲でのビーム・パターンの、また前者の場合は 3 dB ビーム幅の考慮が必要となる。

3.1.2 動作条件

- “Key-On, Engine-Off” モード
 - イグニション・スイッチをオンにする
 - エンジンは動作させない
 - 車両の電子システムは通常の動作状態とする
- “Engine-Running” モード
 - 内燃機関

気筒数	エンジン速度
1	2500 rpm \pm 10 %
> 1	1500 rpm \pm 10 %

- 電気推進モータ
無負荷のダイナモメータ上、あるいは非導電性の車軸台上に置き、40 km/h、あるいは最大速度がそれ以下であれば最大速度で動作させる
- ハイブリッド
 - * 速度が 40 km/h となるように電気推進システムと内燃機関の双方を動作させる、あるいは
 - * 内燃機関と電気推進モータのそれぞれを上記の条件で動作させる

“Key-On, Engine-Off” モードは主に ECU などの電装品からのノイズを、“Engine-Running” モードは主にエンジンの点火ノイズやその動作状態で稼働するモータ（例えば燃料ポンプや推進用のモータ）などからのノイズの評価を意図したものと考えられる。^{†10†11}

^{†10} ガソリン・エンジンのような火花点火式の内燃機関は運転時に点火に伴ってパルス性の著しい広帯域ノイズを発生し、電装品が発生するようなノイズを覆い隠してしまうことがあるが、そのような電装品の多くは “Key-On, Engine-Off” モード（エンジンは動作させない）でも動作し、その状態でのノイズは点火ノイズに思わされることなく測定できる。だが、“Engine-Running” モードにしないと動作しない電装品がそのようなノイズを発生する可能性がある場合、ノイズの見落としに特に注意が必要となるかも知れない。

^{†11} “Key-On, Engine-Off” モードに対する限度（平均値限度）はこの規格の旧版（CISPR 12:2001）や類似の規格で“狭帯域限

3.2 デバイス

図 1 と同様に、だが両側面ではなくエミッションが最大となる方向で測定する。

デバイスの姿勢は通常使用時の状態とし、使用時の姿勢が不定の場合などは必要に応じてデバイスを 3 つの直交する向きに置いての測定を行なう。デバイスの高さも通常使用時と同様とするが、使用時の高さが不定の場合はスパーク・プラグが地面から 1.0 m \pm 0.2 m の高さとなるように配置する（図 9）。

動作条件（“Key-On, Engine-Off” モードと “Engine-Running” モードなど）は試験計画書で規定する。動作状態での試験は、通常的全負荷状態で、及びアイドル速度で無負荷で行なう。

3.3 外来雑音への対処

試験の前、及び後に外来雑音の測定を行ない、放送などの意図的な放射を除き限度よりも 6 dB 以上低いことを確認する。屋外テスト・サイトでの測定の場合は放送などの意図的な放射に伴う外来雑音で限度を超えるものが出る可能性が高く、その場合はそれが試験に悪影響を与えないように適切な対応が必要となる。

そのような外来雑音がある場合、測定対象の機械からのエミッションがその外来雑音で隠されていないかどうかを確認するために、外来雑音の性質などに応じて、アンテナを近付けて確認する、暗室やシールド・ルームで予備測定を行なうなどの対応が必要となるかも知れない。このような確認を行なう場合、おそらく “Key-On, Engine-Off” モードについてのみ、また機械が大きいために機械全体での確認が難しい場合などはそのエミッションの発生源となり得る電装品についてのみ確認を行なえば充分であろう。

測定対象の機械からのエミッションが外来雑音と重なっていてもそのままでは測定できず、またそのエミッションが限度を超える可能性が考えられる場合、そのエミッションが限度を超えないかどうかを確認するために状況に応じて適切な対応が必要とな

度”と呼ばれているものに、また “Engine-Running” モードに対する限度（尖頭値限度、及び準尖頭値限度）は “広帯域限度” と呼ばれているものに相当する。この規格の旧版（CISPR 12:2001）ではノイズが狭帯域か広帯域かの弁別が必要で、尖頭値と平均値の差が 6 dB よりも大きいものは広帯域とみなすという規定があったが、この版ではそれぞれの条件で適切な検波で測定を行なえば良く、これらの記述も削除されている。

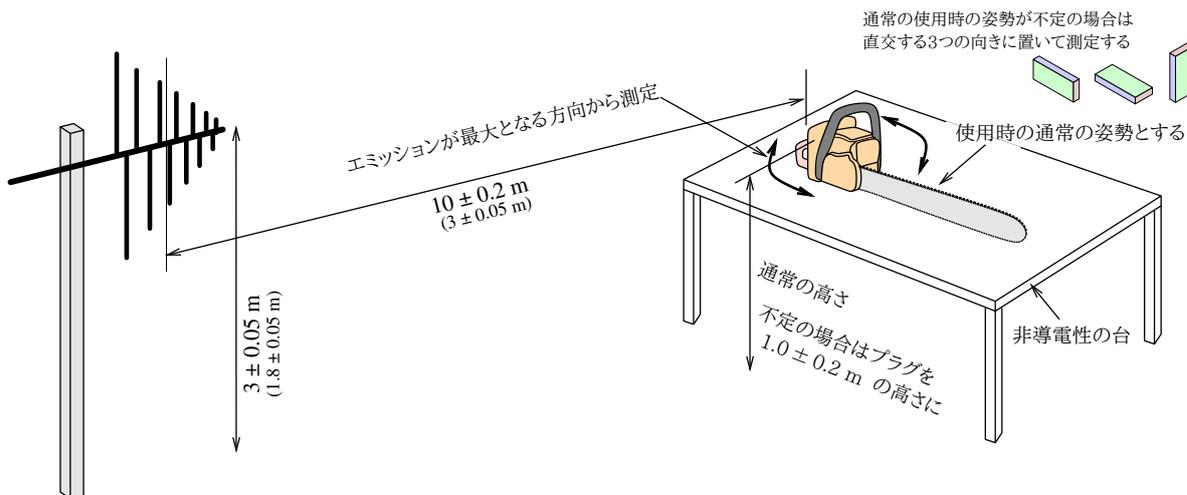


図 9: デバイスのセットアップのイメージ

り得る。この具体的な方法は規定されていないが、CISPR 16-2-3^[11] Annex A^{†12} はこれに関する情報を含む。

3.4 無線送信機を搭載している場合

測定対象の車両などに無線送信機が搭載されていることもあるかも知れない。

この規格の限度は無線送信機からの放射には適用されないが、無線送信機からの意図的な送信のレベルはこの規格のエミッション限度よりもかなり高くなることもあるため、無線送信機からの意図的な放射がエミッション測定に悪影響を与えないように留意することが、場合によっては無線送信機を除いた部分からのエミッションを測定できるように無線送信を停止させて測定を行なうことなどが必要となるかも知れない。^{†13}

4 エミッション限度

単一サンプルでの試験では、測定結果がエミッション限度 (図 10) よりも 2 dB 以上低ければ適合とみなす。

但し、屋外のサイトで降水中や降水が止んでから 10 分以内に測定を行なった場合は、測定結果が限度よりも 10 dB 以上低ければ適合とみなす。

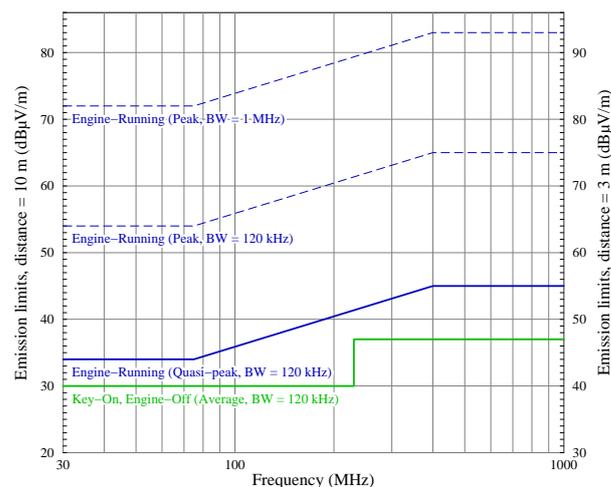


図 10: CISPR 12:2007+A1:2009 エミッション限度

測定は、“Key-On, Engine-Off” モードでは平均値検波 (average, AV) で、“Engine-Running” モードでは準尖頭値検波 (quasi-peak, QP) か尖頭値検波 (peak, PK) で行なう。測定器の帯域幅は 120 kHz が標準的だが、尖頭値検波では異なる帯域幅での測定も可能で、帯域幅を 1 MHz とした時の限度は帯域幅 120 kHz での限度よりも 18 dB 高い値となる。

測定器の帯域幅が同一であれば測定結果は 平均値検波 ≤ 準尖頭値検波 ≤ 尖頭値検波 となるので、帯域幅 120 kHz 以上の尖頭値検波で測定した結果が平均値や準尖頭値での限度に入っていれば、平均値検波や準尖頭値検波での測定を行なうまでもなく

^{†12} CISPR 16-2-3 Annex A (informative) — *Measurement of disturbances in the presence of ambient emissions* (外来エミッションの存在下での妨害の測定)

^{†13} 無線送信機からの意図的な放射がエミッション測定に悪影響を与える可能性があるばかりでなく、場合によっては測定器を損傷させる可能性も考えられる。また、測定場所の近くでの携帯電話などの無線送信機の使用にも注意することが望ましい。

それらの限度に適合していると判断できる。

機械が 9 kHz よりも高い周波数の発振器を含まない場合、“Key-On, Engine-Off” モードでの測定は不要となる。

“Engine-Running” モードの評価を準尖頭値検波と尖頭値検波のいずれで行なうか、また尖頭値検波を用いるのであれば帯域幅をいくつにするかは通常は事前に選択するであろうが、この規格の Figure 1 で示されているように、尖頭値検波での測定結果が尖頭値限度を超えた場合に準尖頭値検波での測定を行なってそれが準尖頭値限度を超えないかどうかの判定を行なうことも可能である。

5 関連規格

例えば以下のような規格や規則でも、車両や機械からのエミッションの評価に同様の測定法が用いられる：

- ISO 13766-1:2018^[2] — 土木機械
- ISO 14982:1998^[3] — 農林用機械
- EN 12895:2015^[5] — フォークリフトなど
- EN 13309:2010^[6] — 建設機械^{†14}
- ECE Regulation No. 10^{[7][12]} — 路上走行車両

但し、測定法は似通っているものの、例えば ISO 14982 や ISO 13766-1 などでは基準点をエンジンの中央とするのではなく測定されるエミッションを最大とすることを考慮して機械毎に定める、EN 12895 ではアンテナの位置の規定が異なるのに加えてアンテナの 2~4 m の昇降の要求があるなど、規格によって若干の違いがある。

また、これらの規格では CISPR 12 と異なりエミッション限度が広帯域限度と狭帯域限度として規定されており、それらの限度や測定に用いる検波の指定も規格による相違がある (図 11, 図 12, 図 13, 図 14)。

サンプルでの試験の場合、ISO 13766-1、ISO 14982、EN 13309 では CISPR 12 と同様に測定結果がエミッション限度よりも 2 dB 以上低いことが要求される。

^{†14} EMC 指令 2014/30/EU の整合規格として使用できるのは 2021 年 6 月末まで。

ECE Regulation No. 10 (R10) ではこの要求はないが、R10.06 の広帯域限度と狭帯域限度は CISPR 12 の “Engine-Running” モードと “Key-On, Engine-Off” モードの限度よりも 2 dB 低く設定されており、実質的に CISPR 12 のそれらの限度と同等となっている。また、R10.05 の狭帯域限度は R10.06 と異なるが、その限度は ISO 13766-1 や ISO 14982 の狭帯域限度よりも 2 dB 低い値となっており、これも実質的にそれらの規格の限度と同等となっている。

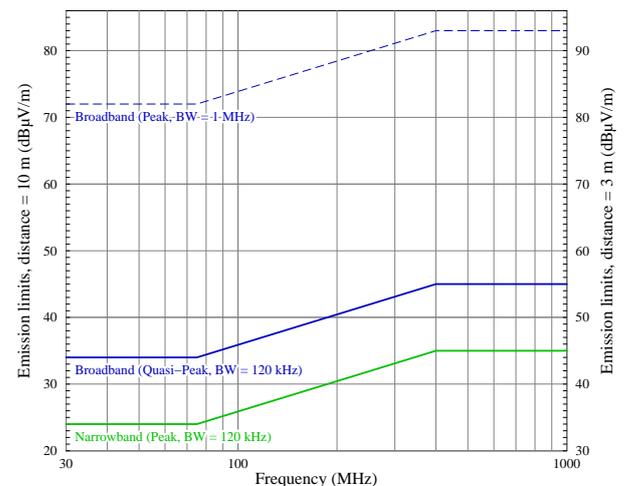


図 11: ISO 14982:1998 エミッション限度

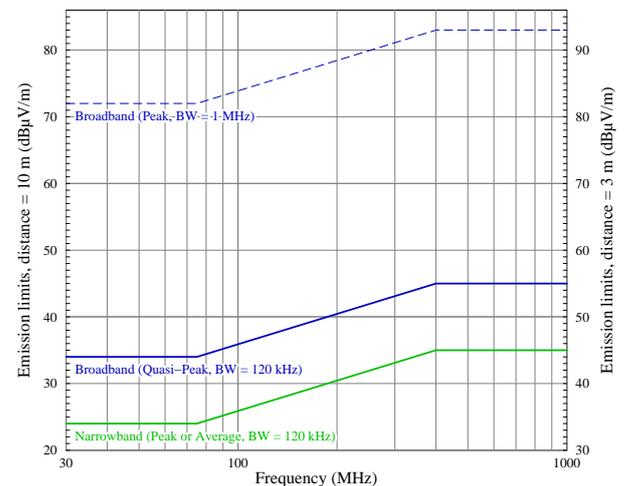


図 12: ISO 13766-1:2018, EN 13309:2010 エミッション限度

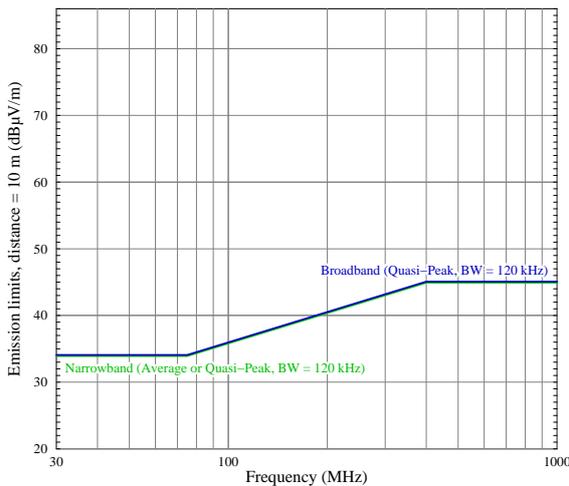


図 13: EN 12895:2015 エミッション限度

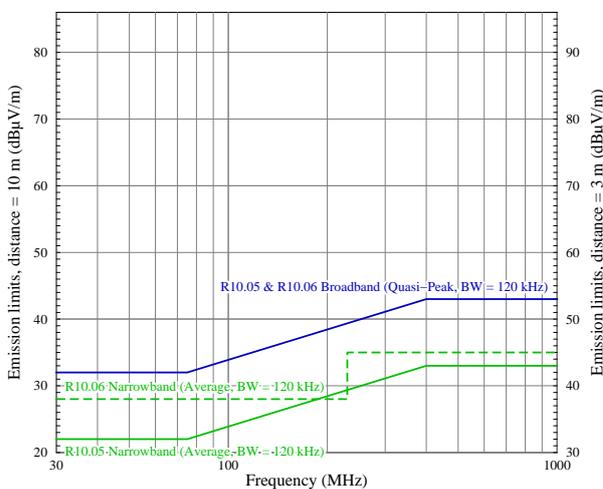


図 14: ECE Regulation No. 10 (R10.05, R10.06) エミッション限度

6 参考資料

- [1] CISPR 12, *Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of off-board receivers*
- [2] ISO 13766-1:2018, *Earth-moving and building construction machinery – Electromagnetic compatibility (EMC) of machines with internal electrical power supply – Part 1: General EMC requirements under typical electromagnetic environmental conditions*
- [3] ISO 14982:1998, *Agricultural and forestry machinery – Electromagnetic compatibility – Test methods and acceptance criteria*
- [4] ISO 16315:2016, *Small craft Electric propulsion system*

[5] EN 12895:2015, *Industrial trucks – Electromagnetic compatibility*

[6] EN 13766:2010, *Construction machinery – Electromagnetic compatibility of machines with internal power supply*

[7] ECE Regulation No. 10, *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to electromagnetic compatibility*, United Nations

<http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs1-20.html>

[9] CISPR 25, *Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of on-board receivers*

[10] CISPR 16-1-4:2007, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 1-4: Radio disturbance and immunity measuring apparatus – Ancillary equipment – Radiated disturbances*

[11] CISPR 16-2-3:2006, *Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-3: Methods of measurement of disturbances and immunity – Radiated disturbance measurements*

[12] ECE Regulation No. 10.05 の概要, 株式会社 e・オートマ, 2014–2015,

<http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>

[13] CISPR 25 の概要, 株式会社 e・オートマ, 2016,

<http://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>