

# 農業用/林業用車両の EMC 要求 — Commission Delegated Regulation (EU) 2015/208 Annex XV の概要

株式会社 e・オータマ 佐藤智典

2024 年 12 月 9 日

## 目次

1	概要	1
2	適用範囲	1
3	車両の試験	2
3.1	広帯域エミッション、狭帯域エミッション	2
3.2	電磁放射に対するイミュニティ	4
4	ESA の試験	7
4.1	広帯域エミッション、狭帯域エミッション	7
4.2	電磁放射に対するイミュニティ	9
4.2.1	共通事項	9
4.2.2	150 mm ストリップライン	9
4.2.3	800 mm ストリップライン	9
4.2.4	自由場 (ALSE)	11
4.2.5	TEM セル	13
4.2.6	BCI	13
5	除外	14
6	補足	15
6.1	類似の試験法	15
6.2	ECE R10 や ISO 14982 の EMC 要求との主な相違点	15
7	参考資料	16

## 1 概要

Commission Delegated Regulation (EU) 2015/208<sup>[1]</sup> は農業用/林業用の車両の型式認定に関する規則、Regulation (EU) No 167/2013<sup>[2]</sup> のもとで欧州委員会が発行した規則の 1 つである。

その表題には「農業用/林業用車両の機能安全に関する」とあるが、その Annex XV では農業用/林業用車両やその ESA<sup>†1</sup> に対する EMC 要求事項が述べられている。対象となる車両やその ESA は、その Part 9 で述べられているように、この規則の Annex XV で述べられた EMC 要求事項、ECE Regulation No. 10<sup>[3]</sup>、あるいは ISO 14982:1998<sup>[4]</sup> のいずれかの EMC 要求に従うことができる。

本稿では、この規則、Commission Delegated Regulation (EU) 2015/208 (amended by Commission Delegated Regulation (EU) 2016/1788, (EU) 2018/829, and (EU) 2020/540)<sup>[1]</sup> の Annex XV で述べられた EMC 要求事項の概要を述べる。

なお、本稿はそ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、正確な情報は規則そのもの<sup>[1][2]</sup>、その他の関連する公式な資料などを参照していただきたい。

## 2 適用範囲

これは Regulation (EU) No 167/2013<sup>[2]</sup> の対象となる農業用や林業用の車両やそのような車両のために意図された ESA に適用される。<sup>†2</sup>

<sup>†1</sup> ESA (electrical/electronic sub-assembly) は、1 つ以上の特定の機能を実行する、車両の一部となるように意図された電気/電子デバイスを意味する。

<sup>†2</sup> 一般には農業用や林業用の機械類 (電磁妨害を発生し、あるいは電磁妨害の影響を受ける可能性があるもの) は EMC 指令 2014/30/EU<sup>[5]</sup> の対象となるが、Regulation (EU) No 167/2013 の対象となる車両は EMC 指令の対象から除外されている。



ここで、

- 車両 (vehicle)
 

トラクタ、トレーラ、あるいは交換可能被牽引機器
- トラクタ (tractor)
 

動力式の、車輪やカタピラを備えた、少なくとも 2 つの車軸と 6 km/h を下回らない最大設計速度を持つ、その主な機能が牽引力にある、農業や林業の作業を行なうように設計された特定の交換可能被牽引機器を押し、引き、載せ、また駆動するように、あるいは農業用や林業用のトレーラや機器を牽引するように設計された農業用や林業用の車両
- トレーラ (trailer)
 

主にトラクタによって牽引されることが意図された、また主に荷物を運び、あるいは素材を加工することが意図された、空荷での車両重量に対する技術的に許容可能な最大荷重の比率が 3.0 以上の任意の農業用や林業用の車両
- 交換可能被牽引機器 (interchangeable towed equipment)
 

トラクタによって牽引されることが意図された、その機能を変更もしくは追加し、恒久的に器具を組み込み、あるいは素材を加工することが意図された、その目的のために必要な任意のツールを受け入れるように、また加工されるか作業中に必要となる任意の素材を一時的に保管するように設計され構築された荷台を含むかも知れない、空荷での車両重量に対する技術的に許容可能な最大荷重の比率が 3.0 未満の任意の農業用や林業用の車両

### 3 車両の試験

#### 3.1 広帯域エミッション、狭帯域エミッション

車両からの電磁放射のエミッションの測定は、CISPR 12<sup>[6]</sup> と同様に半径 30 m の範囲に反射物<sup>†3</sup>

<sup>†3</sup> 例えば建屋、車両、鉄塔、架空線など。測定器、また測定器を置いた小屋や車両は、アンテナよりも後ろ側、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)。また、それが試験結果に影響しないことを示せるならば、試験エリア内

のない平坦な場所 (図 1) で、あるいはそのような場所での測定との相関を示せる電波暗室などで行なう。

屋外での試験の場合、降水中や降水が止んでから 10 分のあいだは試験してはならない。

測定は、水平偏波と垂直偏波の双方で、受信アンテナをエンジンの中心の左右、及び前輪と後輪の車軸の中心の左右の、車両の側面から 10 m ± 0.2 m、地面から 3 m ± 0.05 m の高さに、あるいは車両の側面から 3 m ± 0.05 m、地面から 1.8 m ± 0.05 m の高さに置いて行なう (図 2)。

10 m と 3 m のいずれの距離で測定するかは任意である。<sup>†4</sup>

測定に実際上の影響を与えるほどの外来の雑音や信号がないことを確かとするため、実際の測定の前、及び後に外来雑音の測定を行ない、外来の雑音や信号が意図的な狭帯域の送信を除き限度値よりも少なくとも 10 dB 低いことを確認する。

外来雑音の測定を車両がある状態で行なおうとする場合、例えば試験場所の遠くに車両を移動する、イグニッション・キーを抜く、あるいはバッテリーを外すなどし、車両からのエミッションが外来測定に有意に影響しないことを確かとする。<sup>†5</sup>

車両のエミッション限度 (図 3) は広帯域限度と狭帯域限度として規定されており、広帯域限度に対しては準尖頭値検波で、狭帯域限度に対しては平均値検波か尖頭値検波で測定する。

これらのエミッション限度を 図 3 に示すが、型式を代表する車両の試験では 2 dB 下げた限度を適用する。

広帯域エミッションを尖塔値検波で測定することもでき、その場合、測定帯域幅が 1 MHz であれば 38 dB 加えた、測定帯域幅が 1 kHz であれば 22 dB 引いた限度を適用する。

エミッションの測定は車両を次のような状態にして行なう:

の受信アンテナと車両の双方から少なくとも 10 m 離れた位置に他のアンテナが置かれていても良い。

<sup>†4</sup> 対象の車両が大きい場合は 3 m での測定は避けた方が無難かも知れない。なお、LPDA (対数周期アンテナ) の 1 GHz まででの最小の 3 dB ビーム幅は 60° 前後 (アンテナによって異なる) となりそうで、このビーム幅は距離 3 m では 3.4 m、距離 10 m では 11 m 程度の幅をカバーする。

<sup>†5</sup> 車両によってはイグニッション・スイッチをオフとした状態でも一部のデバイスが動作し、無視できないエミッションを発生するかも知れない。

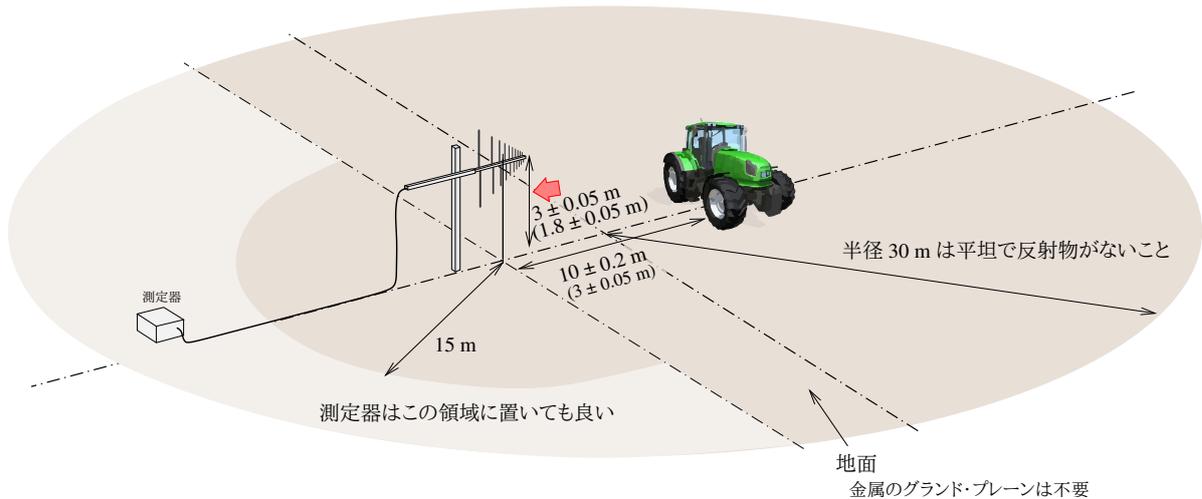


図 1: 屋外テスト・サイトでの車両の電磁放射のエミッションの測定のイメージ

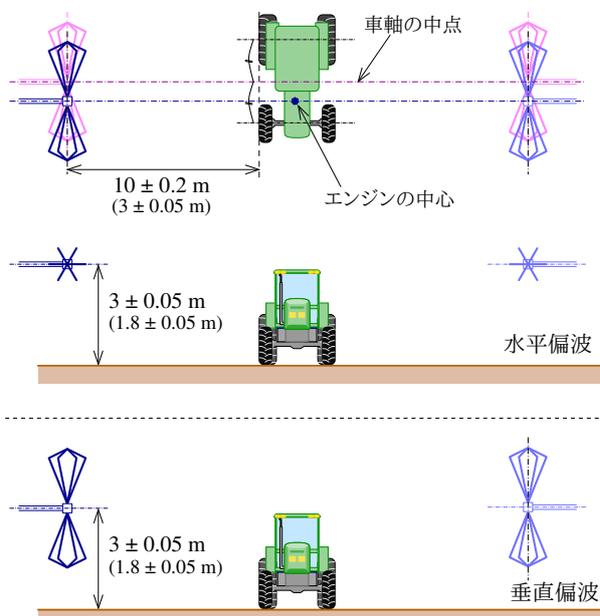
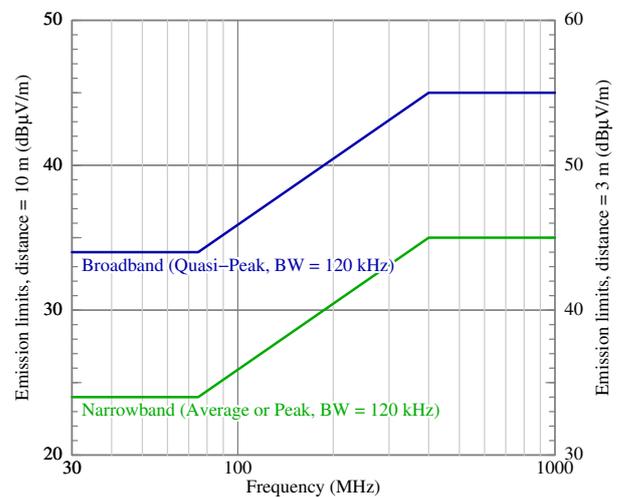


図 2: 車両の電磁放射のエミッションの測定でのアンテナの配置

● 広帯域エミッション

- この試験では車両に恒久的に取り付けられる火花点火式エンジン・システムや電動機 (トラクション・モータ、暖房用や氷結防止用のエンジン、燃料ポンプ、ウォーター・ポンプなど) が発生する広帯域エミッションを測定することが意図されている。

従って、広帯域エミッションを発生する可能性がある、車両の実際の使用時に持続的に動作させられることがあるデバイスは、全て動作させる (該当する場合は実際



(型式を代表する車両の試験では 2 dB 下げた限度を適用する)

図 3: 車両の電磁放射のエミッションの限度

の使用で想定される範囲で最も不利な条件で) が必要となるだろう。

- エンジン通常動作温度で、トランスミッションをニュートラルとして動作させる。

そのようにできない理由がある場合、製造業者と試験機関のあいだで代替の条件を取り決めることができる。

速度設定機構が電磁放射に影響しないことを確かとするように注意すること。測定中、火花点火式エンジンは次のように動作させる:

気筒数	エンジン速度
単気筒	2500 rpm ± 10 %
複気筒	1500 rpm ± 10 %

- 狭帯域エミッション
  - 車両の電子システムは全て車両静止状態での通常の動作モードとする。
  - イグニッションはオンとし、エンジンは停止させる。

### 3.2 電磁放射に対するイミュニティ

イミュニティ参照限度は 24 V/m であり、型式を代表する車両の試験はそれよりも 25 % 高いレベルで、垂直偏波で実施する。

印加する妨害には以下の変調を適用する (図 8):

- $\leq 1000$  MHz — 変調周波数 1 kHz、変調度 (80 ± 4) % の振幅変調
- $\geq 1000$  MHz —  $t_{on} = 577 \mu s$ , period = 4600  $\mu s$  のパルス変調

それぞれの試験周波数のドウェル・タイム (曝露時間) は試験された車両が通常の条件で応答するのに充分なものでなければならず、いかなる場合も 2 秒以上でなければならない。

電磁界発生デバイスとしては 20~2000 MHz の周波数範囲で基準点において所望の電界強度を得ることのできるアンテナ、あるいは伝送線路システム (TLS) を用い、車両の中心線上に配置する (図 5, 図 7)。

この基準点は試験時に車両の基準点を合わせる位置で、電磁界発生デバイスと基準点とのあいだの距離は 1~5 m の範囲 (使用時の状況は電磁界発生デバイスを車両からできる限り離すことで最も良く近似できる) とする。

電磁界発生デバイスは次の条件を満たすことも必要となる:

- 電磁界発生デバイスが車両の上方に置かれる場合、車両の中心を中心としてその全長の 75 % 以上をカバーする;
- 電磁界発生デバイスがアンテナの場合、そのフェーズ・センターは車両が置かれる面の

1.5 m、あるいは車両のルーフの高さが 3 m を超える場合は 2.0 m よりも低くなく、放射素子のどの部分も車両が置かれる面の 0.25 m 以内に近付かない;

- 放射素子は電波吸収体から 1 m 以内、試験室の壁から 1.5 m 以内、車両の外面から 0.5 m 以内に近付かない。

規則では TLS を使用可能な周波数範囲は規定されていないが、TLS はアンテナでの試験が困難となる傾向がある低い周波数での試験では有利であるものの、高い周波数での使用には制限がある。このため、低い周波数範囲に TLS を、高い周波数範囲にアンテナでの照射を用いることが選択されるかも知れない。

試験は置換法で行ない、校正フェーズでは基準点に電界測定デバイス (電界プローブ) のフェーズ・センターを合わせて置き、20~2000 MHz の周波数範囲の 2 % を超えない周波数ステップのそれぞれの周波数について所定の電界強度を発生させるために電磁界発生デバイスに注入すべき進行波電力を測定する (図 4, 図 6)。達成される電界強度が一部の周波数で試験レベルを下回ることが許容されるが、20~2000 MHz の周波数範囲の 90 % 以上で試験レベル以上、また全周波数で試験レベル / 1.2 以上の電界強度を得られることが必要である。

また、以下の点での電界強度が 80 % 以上の周波数で公称電界強度の 50 % 以上であることを確認する:

- 全ての電磁界発生デバイスについて、基準点の左右  $0.5 \pm 0.05$  m の位置 (図 4, 図 6);
- TLS については、中心線上、基準点と同じ高さの、基準点から  $1.5 \pm 0.05$  m の位置 (図 6)。

試験に際しては、車両を所定の位置に置いて動作させ、それぞれの周波数で必要な進行波電力を電磁界発生デバイスに注入して電磁界を発生させる。

通常は車両の正面をアンテナに向けて、だが電子制御ユニットや関連するハーネスが主に車両の後方にある場合は通常は車両の後方をアンテナに向けて、下記の位置を車両の基準点として試験する:

- アンテナのフェーズ・センターから水平距離で少なくとも 2 m、あるいは TLS の放射素子から垂直に少なくとも 1 m 離れた、車両の中心

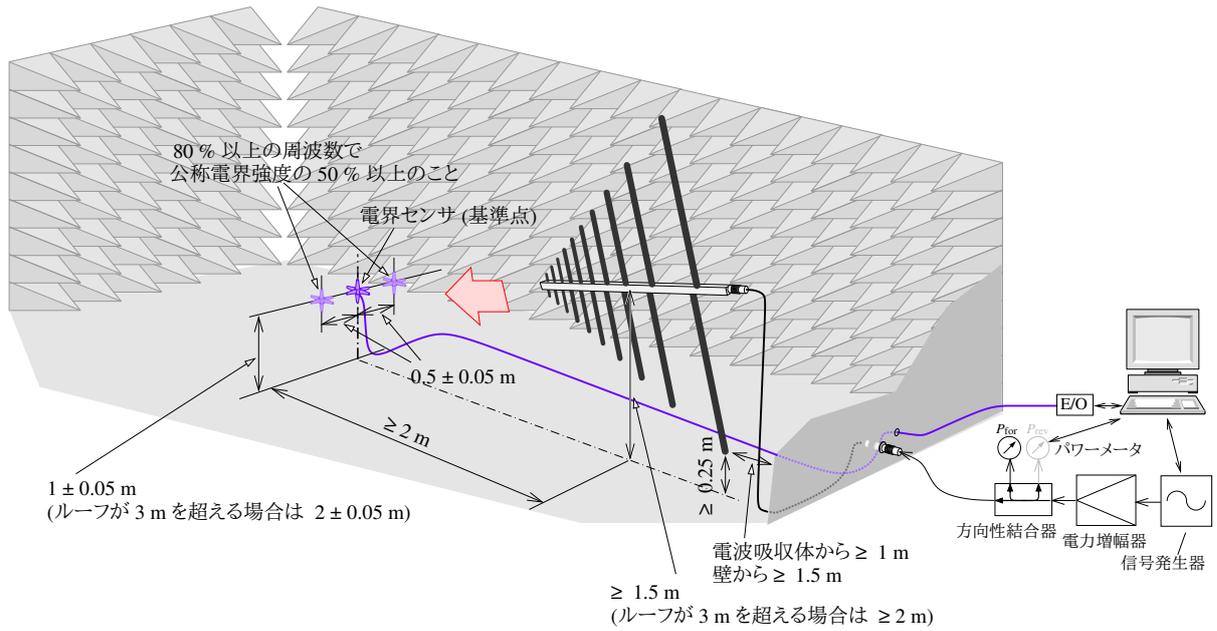


図 4: 車両の電磁放射へのイミュニティ — アンテナでの照射 — 校正

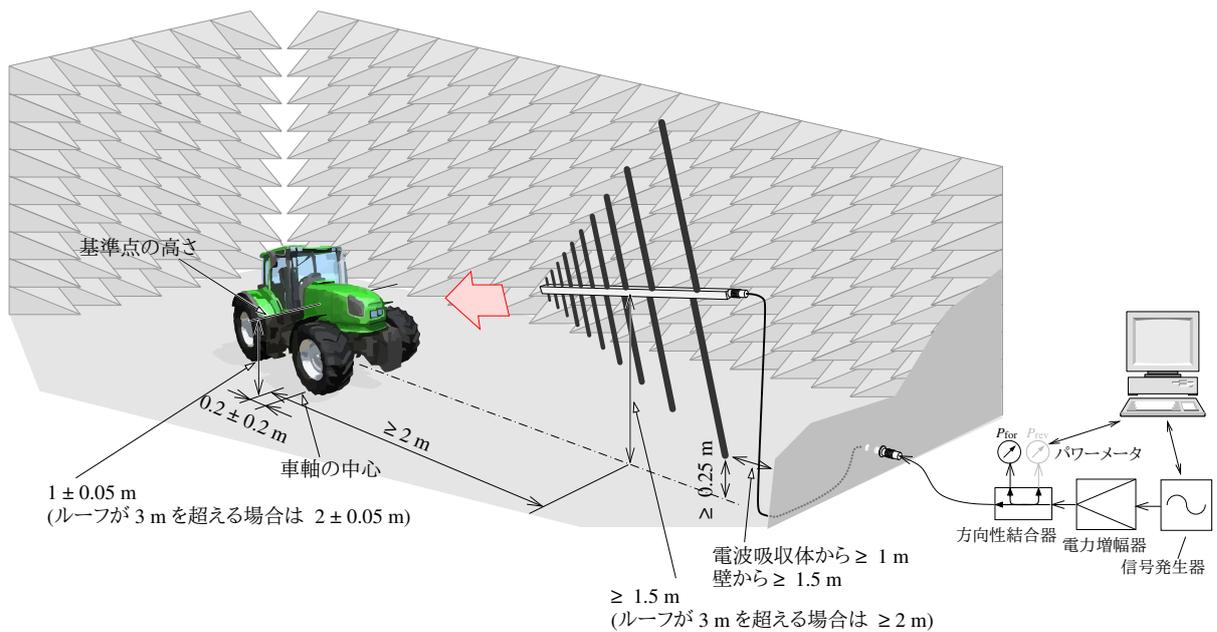


図 5: 車両の電磁放射へのイミュニティの試験 — アンテナでの照射 — 試験

線上の、車両が置かれる面の上  $1.0 \pm 0.05 \text{ m}$  の高さ、あるいはそのモデルにループの最小高が  $3 \text{ m}$  を超える車両が含まれるならば  $2.0 \pm 0.05 \text{ m}$  の高さ。

- 前方からの照射の場合、次のいずれかアンテナに近い方:
  - 前ガラスとボンネットの交点から車両の中心に向かって  $1.0 \pm 0.2 \text{ m}$ 、あるいは

- 車両の前の車軸の中心線から車両の中心に向かって  $0.2 \pm 0.2 \text{ m}$  (図 5)。

- 後方からの照射の場合、次のいずれかアンテナに近い方:
  - 前ガラスとボンネットの交点から車両の中心に向かって  $1.0 \pm 0.2 \text{ m}$ 、あるいは
  - 車両の後ろの車軸の中心線から車両の中心に向かって  $0.2 \pm 0.2 \text{ m}$ 。

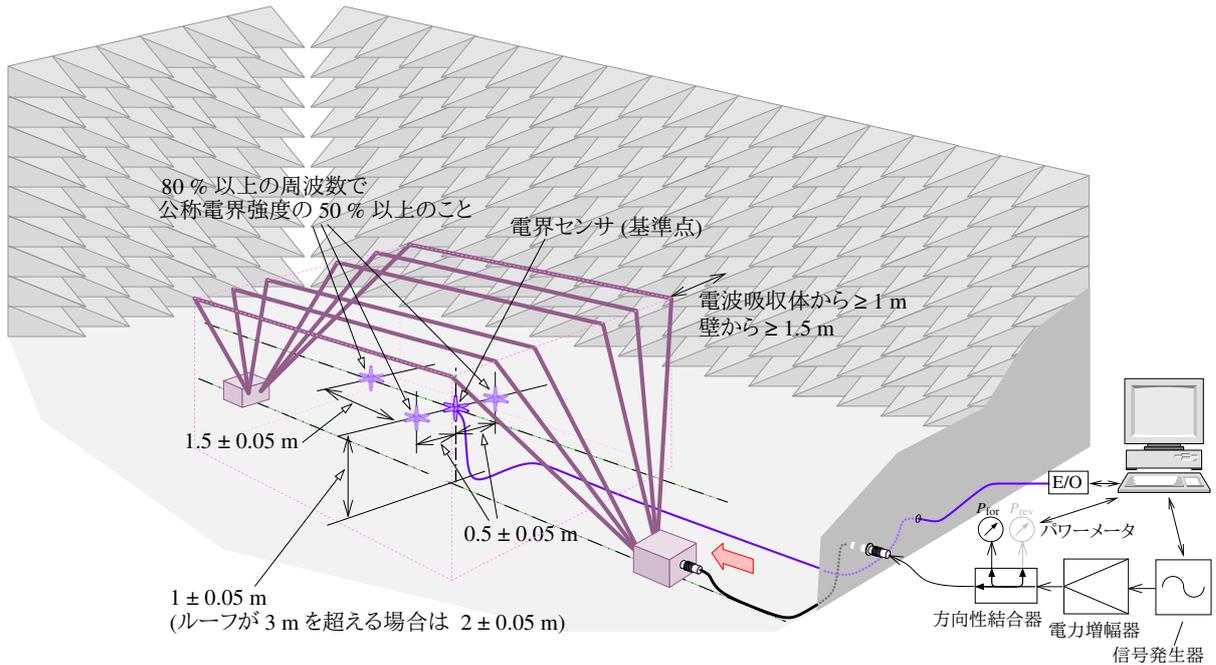


図 6: 車両の電磁放射へのイミュニティの試験 — TLS での照射 — 校正

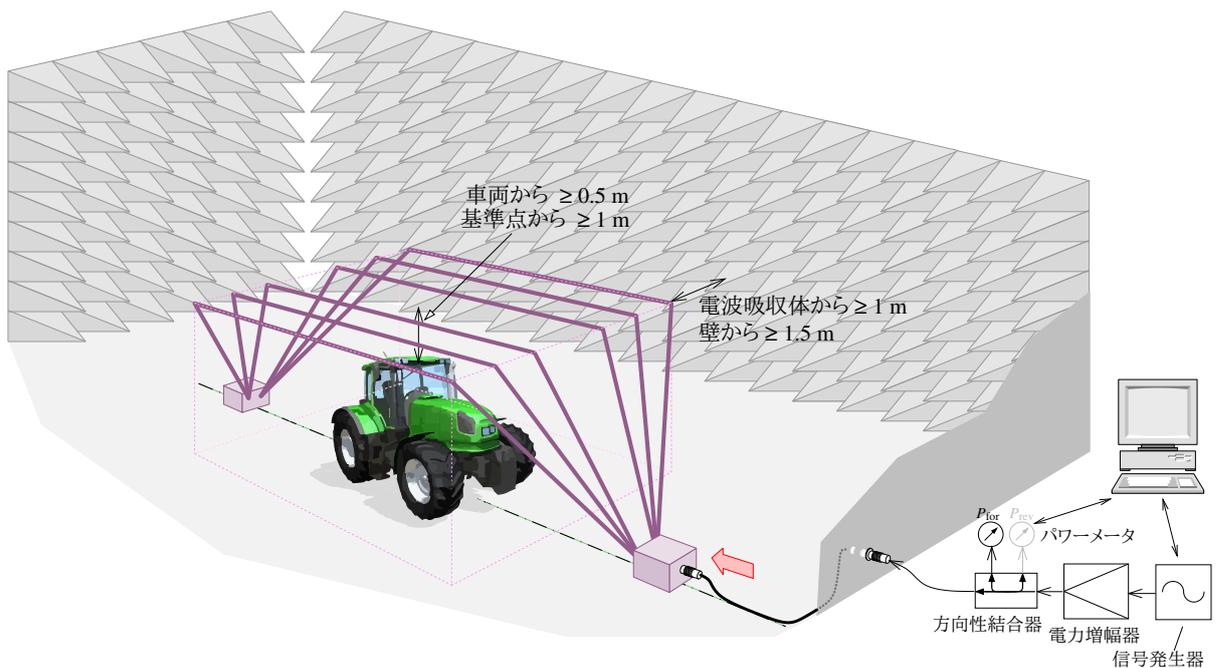


図 7: 車両の電磁放射へのイミュニティの試験 — TLS での照射 — 試験

長い車両で電子制御ユニットや関連するハーネスが主に車両の中程にある場合、車両の右面や左面の、車両の全長の中間、あるいは電子システムの分布とハーネスの配置を考慮して選択された位置を基準点とすることができる。

試験は車両を次のような状態として行なう:

- 車両は必要な試験機器を除き空荷の状態とする;

- 製造業者が他の速度を優先する技術的な理由があるのではない限り、エンジンは駆動輪を車両の最大速度の3/4に相当する一定の速度で通常通り回転させる;

車両のエンジンには適当なトルクをかける;

それが関係するコンポーネントを駆動しているのではない限り、必要であればトランスミッション

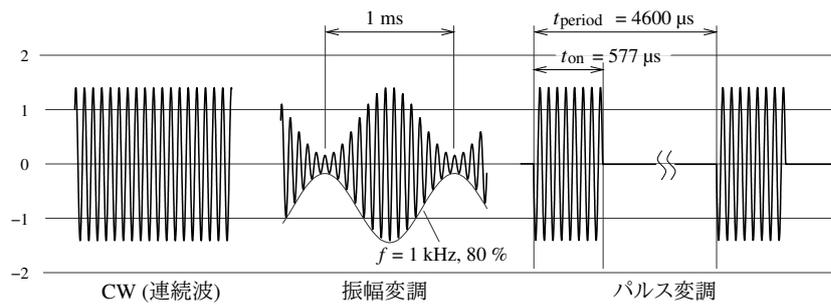


図 8: 変調

ン・シャフトを切り離しても良い;

- すれ違い用前照灯を点灯させる;
  - 左か右の方向指示器を動作させる;
  - 運転手の直接的な制御に関する他の全てのシステムは車両の通常の動作における状態とする;
  - 車両は試験エリアに電氣的に接続せず、また車両からいかなる機器への接続も行なわない;
- 試験エリアの床面への車輪の接触は電氣的接続とはみなさない;
- 上記の条件では動作しない、車両の直接的な制御に不可欠な部分となる電気/電子システムがある場合、製造業者はその電気/電子制御システムがこの規則の要求に適合する旨のレポートか追加のエビデンスを提出することができる;
  - 車両の監視には外乱を与えない機器のみを使用する;

車両のエクステリア<sup>†6</sup>と居室<sup>†7</sup>はこのパートの要求を満足するかどうかの判定のために監視する (例えばビデオ・カメラを用いて)。

試験中、駆動輪の速度の異常な変化、他の道路使用者の混乱を引き起こし得る性能の劣化、また運転手による車両の直接的な制御 (操舵、制動、あるいはエンジン速度制御によって動作させられる) の運転手やその他の道路使用者が観測可能な劣化がないならばイミュニティ要求に適合するものとみなす。

<sup>†6</sup> 例えば可動部や灯火類の動作状態。

<sup>†7</sup> 計器類や警告灯の誤動作は「運転手による車両の直接的な制御の観測可能な劣化」に相当し、従って試験時に正常な動作を確認することが必要となる。

## 4 ESA の試験

### 4.1 広帯域エミッション、狭帯域エミッション

ESA からの電磁放射のエミッションの測定は半径 15 m の範囲に反射物がない屋外試験サイトで (図9)、あるいはそのような場所での測定との相関を示せる電波暗室<sup>†8</sup>などで行なう。

屋外での試験の場合、降水中や降水が止んでから 10 分のあいだは試験してはならない。

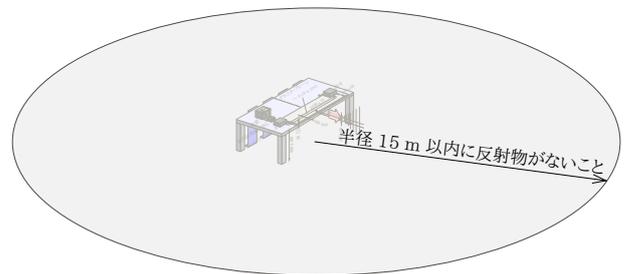


図 9: ESA の電磁放射のエミッション — 測定サイトの例

測定は、水平偏波と垂直偏波の双方で、ESA とそのハーネスを非導電性のテーブルの上に配置して行なう (図10)。

ESA とそのハーネスは 50 ± 5 mm の高さの絶縁性の台の上に、また電源ハーネスはグランド・プレーンかテーブルの前縁から 100 mm 以内に前縁に沿って引く。但し、ESA の任意の部分車両の金属の車体に電氣的に接続することが意図されている場合はその部分はグランド・プレーン上に置いてグランド・プレーンに電氣的に接続する。このグランド・プレーンはハーネスやコンポーネントを配置できる大きさの厚さ 0.5 mm 以上の金属板のものと

<sup>†8</sup> 例えば CISPR 25:2016<sup>[7]</sup> に従って屋外試験サイトとの相関を確認した ALSE (absorber-lined shielded enclosure) のような。

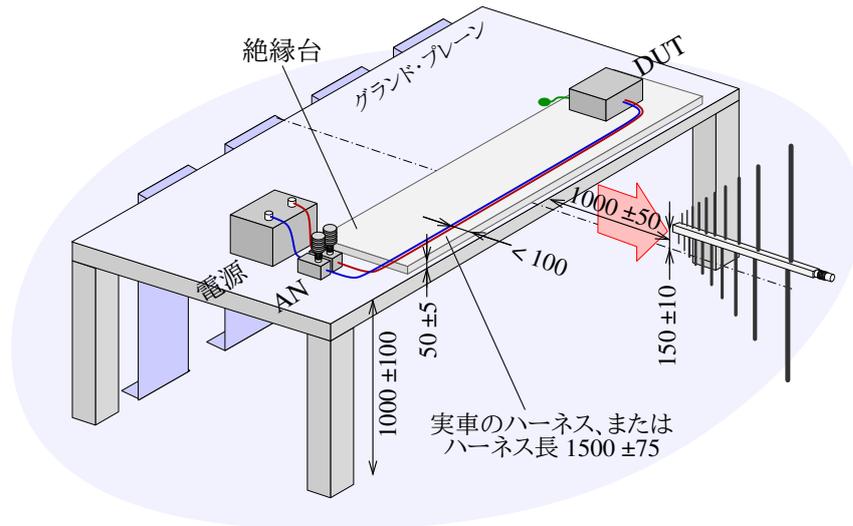


図 10: ESA の電磁放射のエミッション — 試験セットアップの例

し、試験施設の床の  $1.0 \pm 0.1$  m の高さに設置し、保護導体に接続する。

ESA とその他の導電性の構造物 (その下のグラウンド・プレーンを除く) との最小距離は 1.0 m とする。

ESA への電源はグラウンド・プレーンに電氣的に接続された  $5 \mu\text{H} / 50 \Omega$  AN を介して給電する。電源電圧は公称動作電圧の  $\pm 10\%$  以内に維持し、リップルは AN のポートで公称電圧の  $1.5\%$  以内とする。

相互接続ケーブルは望ましくは車両で実際に使用されるハーネスとし、それを使用できない場合は ESA と AN のあいだの長さは  $1500 \pm 75$  mm とする。

アンテナのフェーズ・センターは ESA が置かれるグラウンド・プレーンの上  $150 \pm 10$  mm の高さとし、アンテナのフェーズ・センターか先端のいずれか適切な方からグラウンド・プレーンの縁までの水平距離は  $1.00 \pm 0.05$  m とする。アンテナのどの部分もグラウンド・プレーンの  $0.5$  m 以内に近付いてはならない。

試験を囲われた施設で行なう場合、アンテナの受信素子は吸収体から  $0.5$  m 以内、壁から  $1.5$  m 以内に近付いてはならない。

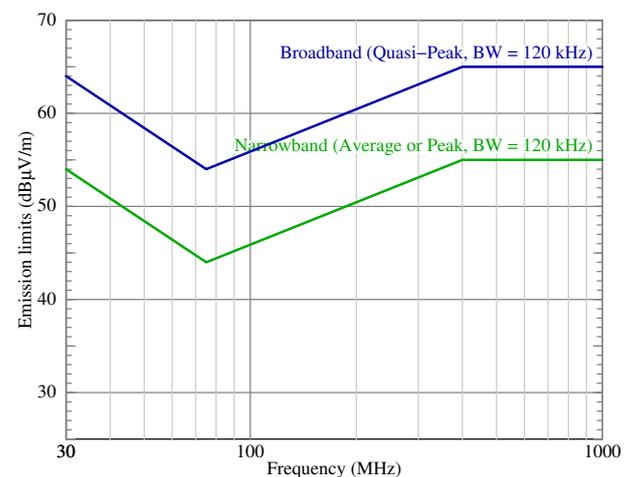
測定に実際上の影響を与えるほどの外来の雑音や信号がないことを確かとするため、実際の測定の前、及び後に外来雑音の測定を行ない、外来の雑音や信号が意図的な狭帯域の送信を除き限度値よりも少なくとも  $10$  dB 低いことを確認する。

ESA のエミッション限度 (図 11) は広帯域限度と

狭帯域限度として規定されており、広帯域限度に対しては準尖頭値検波で、狭帯域限度に対しては平均値検波か尖頭値検波で測定する。

これらのエミッション限度を 図 11 に示すが、型式を代表する ESA の試験では  $2$  dB 下げた限度を適用する。

広帯域エミッションを尖塔値検波で測定することもでき、その場合、測定帯域幅が  $1$  MHz であれば  $38$  dB 加えた、測定帯域幅が  $1$  kHz であれば  $22$  dB 引いた限度を適用する。



(型式を代表する ESA の試験では  $2$  dB 下げた限度を適用する)

図 11: ESA の電磁放射のエミッション — 限度

## 4.2 電磁放射に対するイミュニティ

### 4.2.1 共通事項

20～1000 MHz の周波数範囲の電磁妨害に対するイミュニティを表1に示すいずれかの試験法で試験する。イミュニティ参照限度は表1に示すように試験法毎に示されており、型式を代表する ESA の試験はイミュニティ参照限度よりも 25 % 高いレベルで実施する。

試験は ESA を通常の動作モードとして行ない、試験中に他の道路使用者の混乱を引き起こし得る性能の劣化、また運転手による車両の直接的な制御の運転手やその他の道路使用者が観測可能な劣化がないならばイミュニティ要求に適合するものとみなす。

印加する妨害には変調周波数 1 kHz、変調度 (80 ± 4) % の振幅変調を適用する (図 8)。

それぞれの試験周波数のドウエル・タイム (曝露時間) は試験対象の ESA が通常の条件で応答するのに十分なものでなければならず、いかなる場合も 2 秒以上でなければならない。

ESA への電源はグラウンド・プレーンに電氣的に接続された 5 μH / 50 Ω AN を介して給電する。電源電圧は公称動作電圧の ±10 % 以内に維持し、リップルは AN のポートで公称電圧の 1.5 % 以内とする。

相互接続ケーブルは望ましくは車両で実際に使用されるハーネスとし、それを使用できない場合は ESA と AN のあいだの長さは 1500 ± 75 mm とする。

ESA を動作させるために必要ないかなる外部機器も校正フェーズでその場所に、だが基準点から 1 m よりも遠くに置く。

### 4.2.2 150 mm ストリップライン

このストリップラインはアクティブ導体 (インピーダンス 50 Ω のストリップライン) とグラウンド・プレーンのあいだの領域に均一な電磁界を発生させることができ、その領域にハーネスの一部を引いて妨害を結合させる (図 13)。

このストリップラインの上限周波数は規定されていないが、200 MHz 程度までの使用に制限すれば高次モードの発生を防止できる。<sup>[8]</sup>

ESA はグラウンド・プレーン上、ストリップラインの外側のその縁から 200 ± 10 mm の距離に、そ

の面をストリップラインのアクティブ導体と平行として配置する。

アクティブ導体の縁と周辺機器のあいだの距離は 200 mm 以上とする。

ESA のハーネスは車両でのそのハーネスの長さが 1.5 m 未満であればその最大の長さ、さもなければ 1.5 m とし、ストリップラインのアクティブ導体とグラウンド・プレーンのあいだに水平に配置する。

試験レベルは置換法で設定する。このため、試験対象のシステムがない状態でアクティブ導体の下、長さ、高さ、また幅の中心に電界プローブを置き、それぞれの試験周波数で試験エリアで所定の電界強度を発生させるためにストリップラインに注入すべき進行波電力かその進行波電力と直接関係する他のパラメータを測定し、記録する (図 12)。

### 4.2.3 800 mm ストリップライン

このストリップラインは 800 mm 離れた 2 枚の金属板から成り、試験対象の ESA は金属板のあいだの中央に配置されて電磁界に曝される。この試験法は最大寸法が金属板の間隔の 1/3 以下の ESA の試験に適している (図 15)。

ストリップラインは床の上 0.4 m 以上の高さの絶縁性の台の上に、反射を抑えるために壁やその他の金属構造物から 2 m 以上離してシールド・ルーム内に配置する。この反射を抑えるために RF 吸収体を用いることができる。

ESA は非導電性の台の上、平行平板のあいだの空間の中央付近の、長さ、高さ、また幅の 1/3 の領域に配置する。

ハーネスは、

1. そのユニットから上面のグラウンド板まで垂直に引き上げ (これは電磁界への結合の最大化を助ける)、
2. その板の下面に沿って縁を回り、
3. ストリップラインに給電する接続部までグラウンド板の上面を引き、
4. 電磁界の影響範囲外、例えばストリップラインから 1 m 以上離れた床の上に置かれた周辺機器まで接続する。

試験法	イミュニティ参照限度	型式を代表する ESA での試験レベル
150 mm ストリップライン (§4.2.2)	48 V/m	60 V/m
800 mm ストリップライン (§4.2.3)	12 V/m	15 V/m
TEM セル (§4.2.5)	60 V/m	75 V/m
BCI (§4.2.6)	48 mA	60 mA
自由場 (§4.2.4)	24 V/m	30 V/m

表 1: ESA の電磁放射へのイミュニティ — 試験法と試験レベル

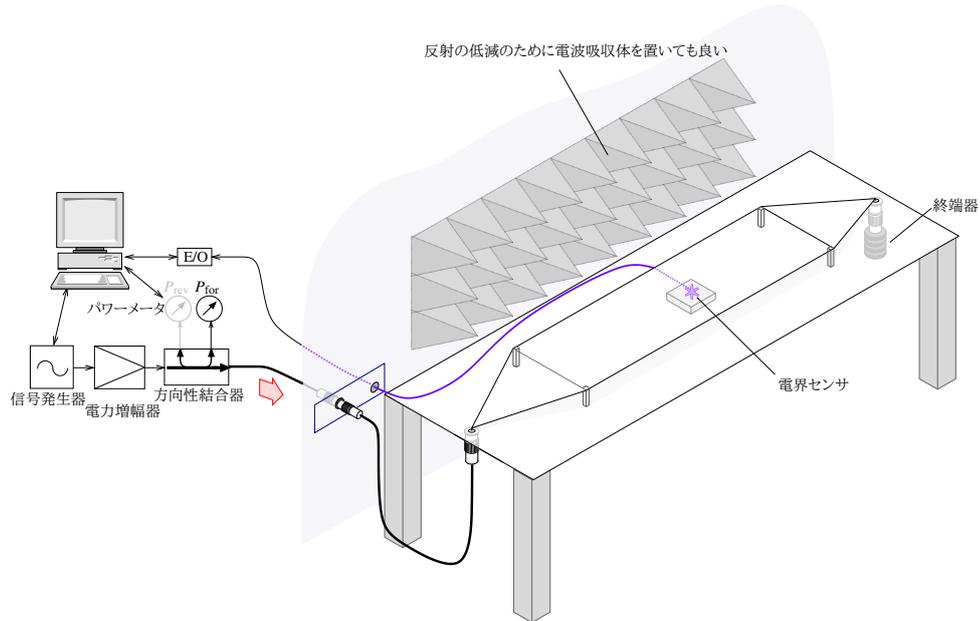


図 12: ESA の電磁放射へのイミュニティ — 150 mm ストリップライン — 校正

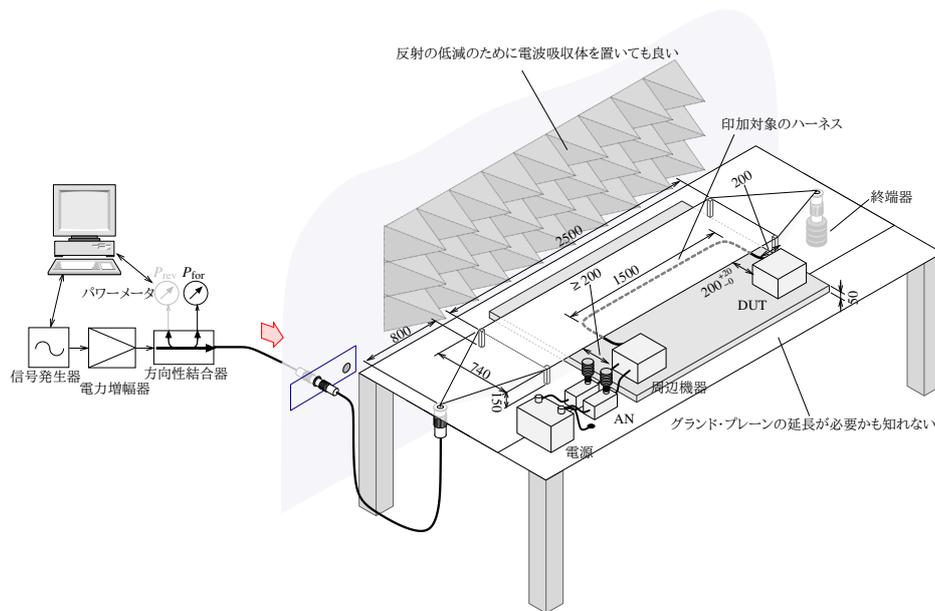


図 13: ESA の電磁放射へのイミュニティ — 150 mm ストリップライン — 試験

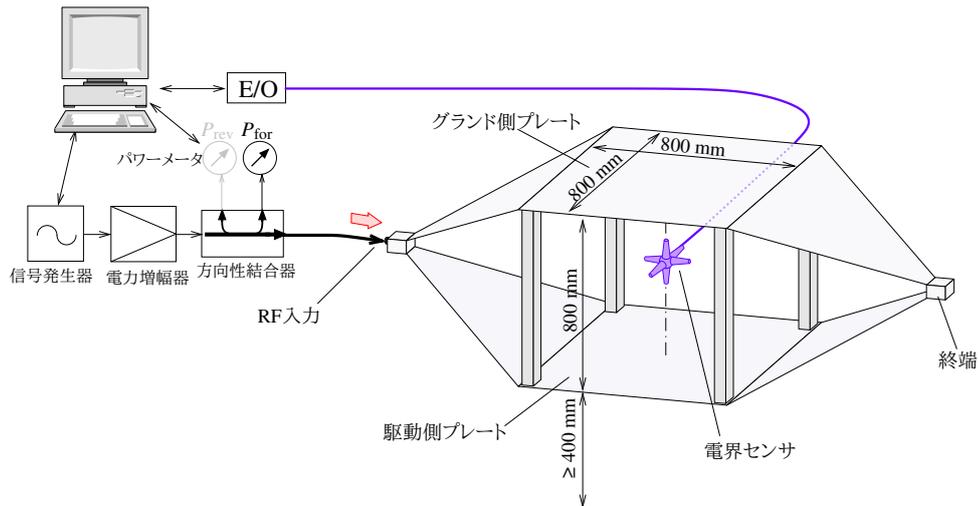


図 14: ESA の電磁放射へのイミュニティ — 800 mm ストリップライン — 校正

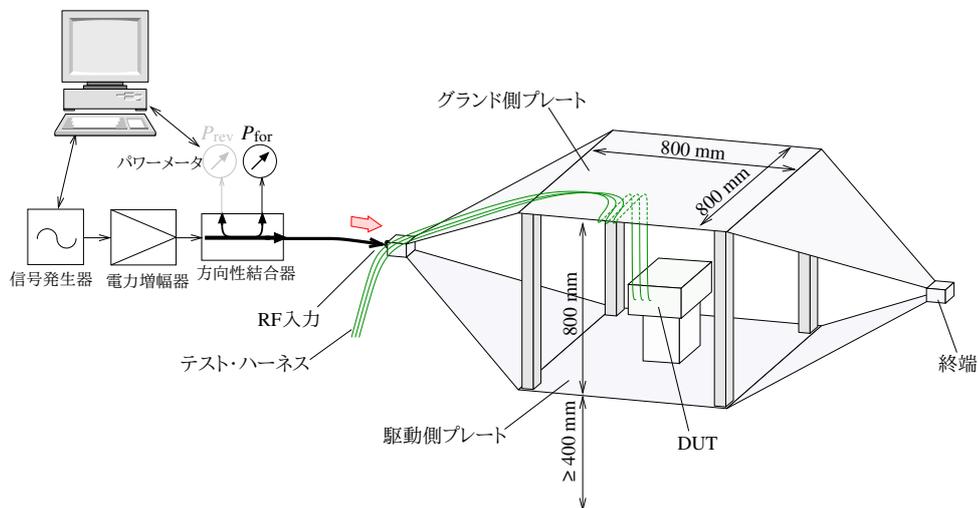


図 15: ESA の電磁放射へのイミュニティ — 800 mm ストリップライン — 試験

試験レベルは置換法で設定する。このため、試験対象のシステムがない状態で、電磁界測定プローブを平行平板のあいだの空間の中央付近(長さ、高さ、また幅の 1/3 以内の領域)に配置し、それぞれの試験周波数で試験エリアで所定の電界強度を発生させるためにストリップラインに注入すべき進行波電力かその進行波電力と直接関係する他のパラメータを測定し、記録する(図 14)。

#### 4.2.4 自由場 (ALSE)

この試験法では半無響室内でアンテナから放射された電磁放射に ESA を曝すことで試験を行なう(図 17)。

ESA とそのハーネスは非導電性のテーブルの上  $50 \pm 5$  mm の高さに配置する。

但し、ESA の任意の部分車両の金属の車体に電氣的に接続することが意図されている場合、その部分はグランド・プレーン上に置いてグランド・プレーンに電氣的に接続する。このグランド・プレーンは  $2.25 \text{ m}^2$  以上の面積、かつ短辺が 750 mm 以上の厚さ 0.5 mm 以上の金属板とし、チャンバの床から  $1.0 \pm 0.1$  m の高さに設置し、DC 抵抗が  $2.5 \text{ m}\Omega$  を超えないようにボンディング・ストラップで接地する。

金属の試験台に取り付けられた大型機器については、その試験台はグランド・プレーンの一部とみなし、そのように接続する。

ESA はその要求に従って構成し、追加の接地接

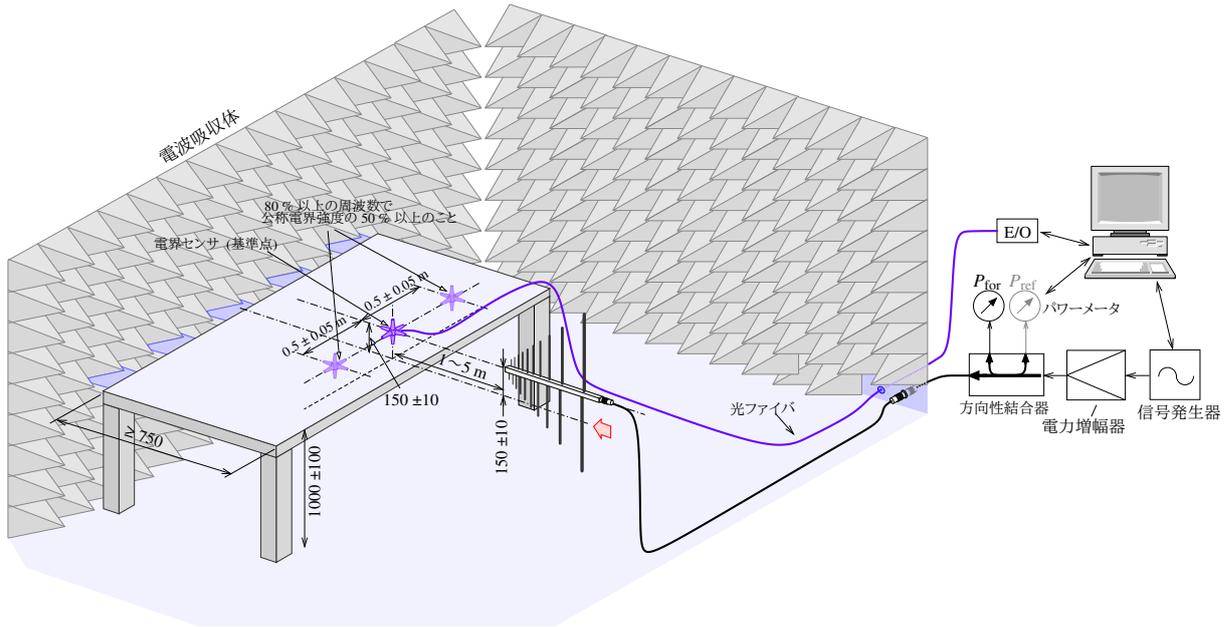


図 16: ESA の電磁放射へのイミュニティ — 自由場 — 校正

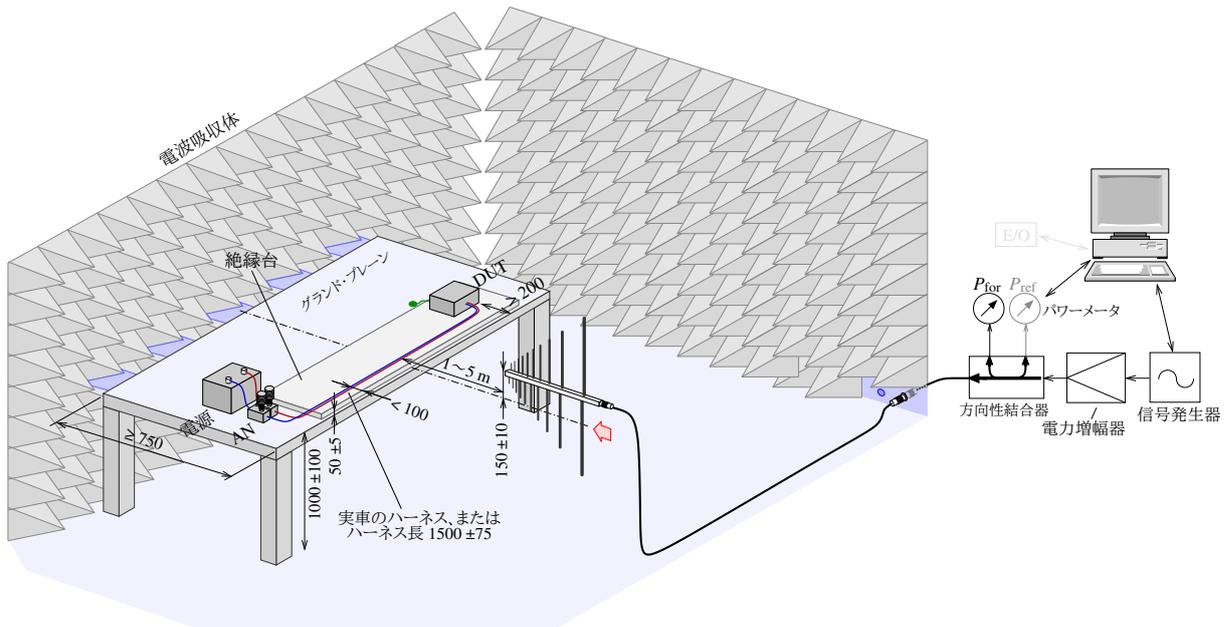


図 17: ESA の電磁放射へのイミュニティ — 自由場 — 試験

続なしに、製造業者の設置仕様に従って接地する。ESA はその面がグラウンド・プレーンかテーブルの縁から 200 mm 以上の位置となるように、またその他の導電性の構造物 (その下のグラウンド・プレーンを除く) から 1 m 以上の距離に配置する。その電源ハーネスはグラウンド・プレーンかテーブルの前縁から 100 mm 以内に前縁に沿って引き、その他のハーネスはグラウンド・プレーンの縁から 100 mm 以上離す。グラウンド・プレーンからハーネスの下端

までの距離は  $50 \pm 5$  mm とする。

ESA への電源はグラウンド・プレーンに電氣的に接続された  $5 \mu\text{H} / 50 \Omega$  AN を介して給電する。

電磁界発生デバイスは、水平偏波か垂直偏波で、20~1000 MHz の範囲で基準点で所定の電界強度を得られるように選択する。

この電磁界発生デバイスはプレート・アンテナ<sup>†9</sup>

<sup>†9</sup> これは低い周波数で通常のアンテナでの試験が難しい場合を想定したものであるかも知れないが、そのような場合は他の

であっても良い。

電磁界発生デバイスの基準点は、アンテナのフェーズ・センターから水平に少なくとも 1 m、あるいはプレート・アンテナから垂直に少なくとも 1 m 離れた、グラウンド・プレーンの縁に沿って引かれるハーネスの主要部の midpoint と一致する、グラウンド・プレーンの上 150 ± 10 mm の高さとする。

アンテナのフェーズ・センターはグラウンド・プレーンの縁の中心、またハーネスの主要部の midpoint に面した、ESA が置かれるグラウンド・プレーンの上 150 ± 10 mm の高さに合わせる。アンテナの放射素子のどの部分も床面の 250 mm 以内に近付いてはならない。

電磁界発生デバイスと ESA のあいだの距離は 1 ~ 5 m の範囲 (使用時の状況は電磁界発生デバイスを ESA からできる限り離すことで最も良く近似できる) とする。

電磁界発生デバイスの放射素子は電波吸収体の 0.5 m 以内、壁の 1.5 m 以内に近付いてはならない。

グラウンド・プレーンや ESA の上に置かれる電磁界発生デバイスは ESA を完全に覆うこと。

試験レベルは置換法で設定する。このため、試験対象のシステムがない状態で、基準点に電界測定デバイス (電界プローブ) のフェーズ・センターを合わせて置き、基準点で所定の電界強度を発生させるために電磁界発生デバイスに注入すべき進行波電力がその進行波電力と直接関係する他のパラメータを測定し、記録する (図 16)。

また、基準点の両側 0.5 ± 0.05 m の位置での電界強度が公称電界強度の 50 % 以上であることを確認する：

この測定に際して基準点から 1 m 以内に他の機器があってはならない。

#### 4.2.5 TEM セル

TEM セルは内部導体 (セプタム) とハウジング (グラウンド・プレーン、外部導体) のあいだに均一な電磁界を発生し、ESA の試験に用いられる (図 18)。

この規則ではハウジング (外部導体) が平行する区間の大きさが 600 mm 角のものとそれよりもやや扁平なものの 2 種類の TEM セルが示されており、いずれも上限周波数は 200 MHz となっている。

試験法 (例えば BCI 法のような) を用いた方が良さそうに思われる。

TEM セル内の電磁界の均一性を保つため、試験対象はセルの内側の内部導体とハウジングのあいだの高さの 1/3 よりも大きくてはならない。上記の 600 mm のセルの場合、内部導体とハウジングのあいだの高さは 300 mm で、その 1/3 は 100 mm となる。

試験対象品のリードは TEM セルに取り付けられた同軸コネクタに最短で接続し、外部コンポーネント、例えば

- 遮蔽された周辺機器、
- TEM セルの近くに置いた車両、あるいは
- 遮蔽されたパッチボード

に接続する。その外部コンポーネントが TEM セルと同じか隣接するシールド・ルームにあるのでないならば、TEM セルと外部コンポーネントのあいだの接続には遮蔽されたケーブルを用いる。

TEM セル内の電界強度は、 $E$  を電界強度 (V/m)、 $P$  をセルに注入される電力 (W)、 $Z$  をセルのインピーダンス ( $\Omega$ )、 $d$  を天井とセプタムのあいだの距離 (m) として、

$$|E| = \sqrt{P \times Z} / d$$

から求められる (計算法)。

その代わりに、TEM セルの上半分 (EUT が置かれていない側) に置いた電界センサを用いて出力レベルの調整を閉ループで行なっても良い (図 19)。TEM セルのこの部分に電界センサを置くことは試験電磁界に僅かな影響しか与えない。

#### 4.2.6 BCI

これは電流注入プローブを用いてハーネスに電流を直接注入することでイミュニティ試験を行なう方法である (図 20)。

ESA は自由場での試験と同様にテスト・ベンチ上に、あるいは車両の設計に従って車両に設置し、電流注入プローブをそれぞれのコネクタへのハーネスの全てのワイヤの周囲に、ESA のそれぞれのコネクタから 150 ± 10 mm の位置に順に取り付ける。

ESA をグラウンド・プレーン上に設置した場合、AN と ESA のあいだをグラウンド・プレーンの縁と平行に、その縁から 200 mm 以上の位置に引いたハーネスで接続する。このハーネスは車両のバッテリーから

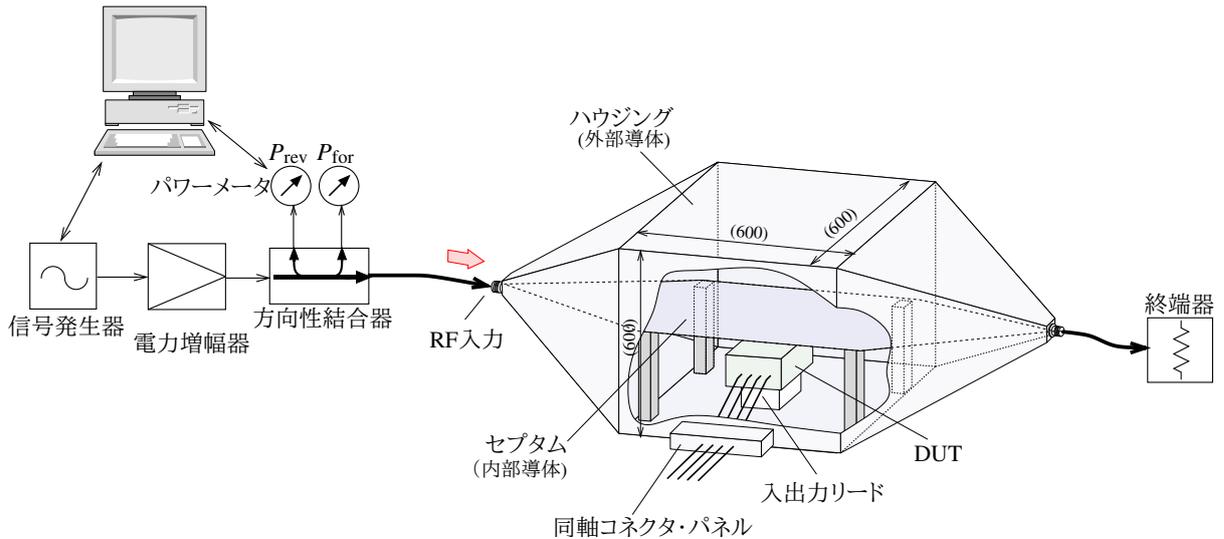


図 18: ESA の電磁放射へのイミュニティ — TEM セル — 試験 (計算法)

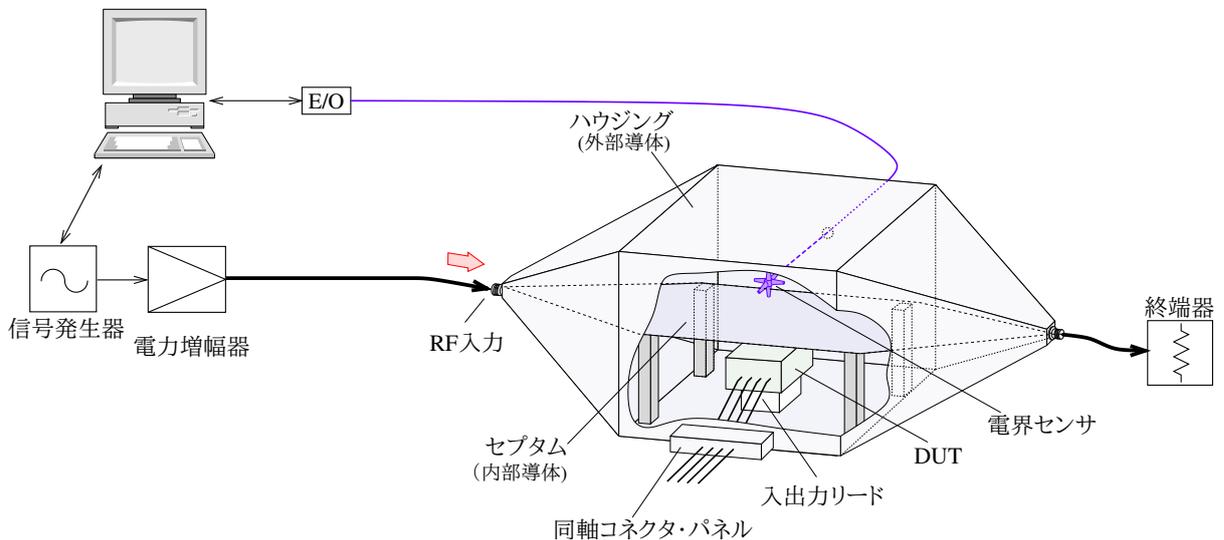


図 19: ESA の電磁放射へのイミュニティ — TEM セル — 試験 (閉ループ法)

ESA への接続に用いられる給電ワイヤを、そしてそれが車両で使用されるならば電源リターン・ワイヤを含む。ESA から AN までの距離は  $1.0 \pm 0.1$  m、あるいは車両での ESA とバッテリーのあいだのハーネス長のいずれか短い方とする。ハーネスの分岐が必要な場合、車両のハーネスが用いられる場合は分岐全てをグランド・プレーン上に、だがグランド・プレーンの縁と直交するように引き、その他の場合は必要な分岐は AN の位置で行なう。

試験レベルは置換法で設定する。このため、試験に先立って注入プローブを校正治具に取り付けた状態でそれぞれの試験周波数で規定された電流を発生させるために電流注入プローブに注入すべき進行波

電力を測定し、記録する (図 21)。

## 5 除外

1. 車両や ESA が 9 kHz よりも高い周波数で動作する電子式発振器を含まない場合、狭帯域エミッション限度に適合するものとみなす。
2. 車両の直接的な制御に関する ESA を含まない車両はイミュニティ試験は不要となる。
3. その機能が車両の直接的な制御に関係しない ESA はイミュニティ試験は不要となる。

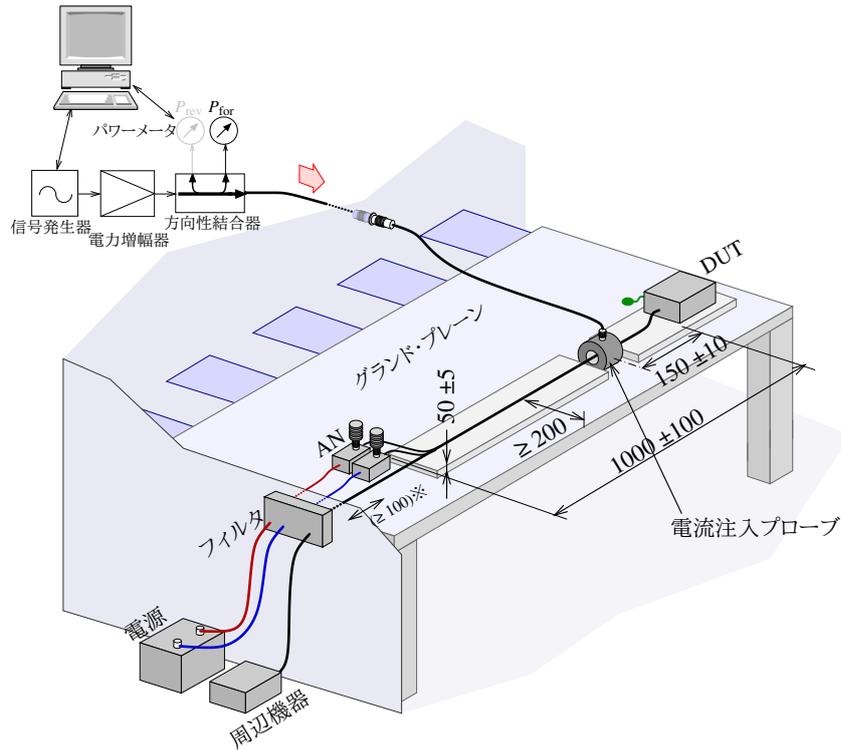


図 20: ESA の電磁放射へのイミュニティ — BCI — 試験

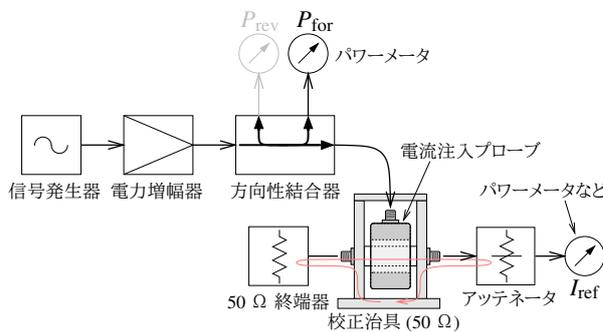


図 21: ESA の電磁放射へのイミュニティ — BCI — 校正

4. 静電気放電 — タイヤを備えた車両は車体が電氣的に絶縁された構造とみなせる。車両の外部環境と関係する著しい静電気の影響は車両への乗り降りの際にのみ生じる。その時には車両は静止しているので、静電気放電に関する型式承認試験は不要とみなす。
5. 伝導トランジェント — 通常の運転中には車両外への接続は行なわれず、外部環境と関係する伝導トランジェントは発生しない。機器が例えば負荷の開閉やシステム間の相互作用に伴う車両内の伝導性トランジェントに耐えることを確かとする責任は製造業者にある。伝導トランジェントに対する型式承認試験は必要とみなさ

ない。

## 6 補足

### 6.1 類似の試験法

この規則での試験法の多くは、ISO 規格や IEC 規格として標準化された表 2 に示すような試験法と似ている。

だが、この規則ではそれらの規格は参照されず、具体的な試験法にも相違がある。

### 6.2 ECE R10 や ISO 14982 の EMC 要求との主な相違点

- ECE R10 や ISO 14982 では車両のイミュニティの試験法として ISO 14981-2 が、また ESA のイミュニティの試験法 (ECE R10 に含まれている ESA の 800 mm ストリップラインでの試験を除く) として ISO 14982 シリーズが参照されているが、この規則ではそのような規格は参照されず、具体的な規定にも相違がある。

車両	
広帯域/狭帯域エミッション	CISPR 12
電磁放射に対するイミュニティ	ISO 11451-2
ESA	
広帯域/狭帯域エミッション	CISPR 25
電磁放射に対するイミュニティ	
150 mm ストリップライン	ISO 11452-5
800 mm ストリップライン	†
自由場 (ALSE)	ISO 11452-2
TEM セル	ISO 11452-3
BCI	ISO 11452-4

† ISO 11452 シリーズには含まれないが、ECE R10 Annex 9 Appendix 1 でこれと類似する試験法が述べられている。

表 2: 類似の試験法

- ECE R10 では車両のエミッションの測定法として CISPR 12 が、ESA のエミッションの測定法として CISPR 25 が参照されているが、この規則ではそのような規格は参照されておらず、具体的な規定にも相違がある。
- この規則の EMC 要求には静電気放電や伝導過渡妨害に対するイミュニティの要求は含まれていない (§5)。
- 放射電磁界に対するイミュニティの要求が設定されている周波数範囲が相違している。

## 7 参考資料

[1] *Commission Delegated Regulation (EU) 2015/208 of 8 December 2014 supplementing Regulation (EU) No 167/2013 of the European Parliament and of the Council with regard to vehicle functional safety requirements for the approval of agricultural and forestry vehicles (amended by Commission Delegated Regulation (EU) 2016/1788, (EU) 2018/829, and (EU) 2020/540)*

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:02015R0208-20200510>

[2] *Regulation (EU) No 167/2013 of the European Parliament and of the Council of 5 February 2013 on the approval and market surveillance of agricultural and forestry vehicles*

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32013R0167>

[3] ECE Regulation No. 10.06 の概要, 株式会社 e・オータマ, 2021,

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

[4] 農業用/林業用機械の EMC — ISO 14982 の概要, 株式会社 e・オータマ, 2023,

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

[5] EMC 指令 — 2014/30/EU への適合のためのガイド, 株式会社 e・オータマ, 2014–2023,

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

[6] 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, 2020,

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

[7] CISPR 25 の概要, 株式会社 e・オータマ, 2016,

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

[8] ISO 11452-5 の概要 — 車載機器のイミュニティ試験 (ストリップライン法), 株式会社 e・オータマ, 2024,

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