

ECE Regulation No. 10.06 の概要

株式会社 e・オートマ 佐藤智典

2020 年 5 月 18 日

目次

1 概要	2	7.2.11 REESS 充電モードでの試験時の動作条件	19
2 適用範囲	2	8 車両での試験	20
2.1 ESA が適用対象となるかどうかの判断	2	8.1 REESS 充電モード以外	20
2.2 イミューニティ関連機能に関係しないアフターマーケット機器	2	8.1.1 広帯域エミッション (R10 §6.2 / Annex 4)、狭帯域エミッション (R10 §6.3 / Annex 5)	20
2.3 スペアパーツ	3	8.1.2 電磁放射へのイミューニティ (R10 §6.4 / Annex 6)	20
3 イミューニティ関連機能	3	8.2 REESS 充電モード	22
4 型式の認定	4	8.2.1 広帯域エミッション (R10 §7.2 / Annex 4)	22
4.1 車両の型式の認定	4	8.2.2 電磁放射へのイミューニティ (R10 §7.7 / Annex 6)	23
4.2 ESA の型式の認定	4	8.2.3 AC 電源線への高調波エミッション (R10 §7.3 / Annex 11)	24
4.3 型式認定機関	4	8.2.4 AC 電源線への電圧変動/フリッカのエミッション (R10 §7.4, Annex 12)	25
4.4 評価の実施	4	8.2.5 AC や DC の電源線上の無線周波伝導妨害エミッション (R10 §7.5 / Annex 13)	25
4.5 生産での適合	4	8.2.6 有線ネットワーク・ポート上の無線周波伝導妨害エミッション (R10 §7.6 / Annex 14)	25
4.6 認定後の変更	5	8.2.7 電源線上的 EFT/B へのイミューニティ (R10 §7.8 / Annex 15)	26
4.7 生産の終止	5	8.2.8 電源線上のサージへのイミューニティ (§7.9 / Annex 16)	26
5 マーキング	5	8.2.9 REESS 充電モードでの試験時の動作条件	26
6 技術的要求	5	9 補足	26
7 ESA での試験	5	9.1 テスト・プラン (試験計画書)	26
7.1 REESS 充電モード以外	5	9.2 AN, AMN, AAN	27
7.1.1 広帯域エミッション (R10 §6.5 / Annex 7)、狭帯域エミッション (R10 §6.6 / Annex 8)	7	9.2.1 LV-AN, HV-AN, DC-charging-AN	27
7.1.2 12/24 V 電源線上の過渡伝導妨害エミッション (R10 §6.7 / Annex 10)	7	9.2.2 AMN	27
7.1.3 電磁放射へのイミューニティ (R10 §6.8 / Annex 9)	8	9.2.3 AAN	28
7.1.4 12/24 V 電源線上の過渡妨害に対するイミューニティ (R10 §6.9 / Annex 10)	8	9.3 無線機器の扱い	29
7.2 REESS 充電モード	11	9.4 他の EMC 規則の適用	29
7.2.1 広帯域エミッション (R10 §7.10 / Annex 7)	11	9.5 追加の、あるいはより厳しい試験の適用の考慮	29
7.2.2 12/24 V 電源線上の過渡伝導妨害エミッション (R10 §7.17 / Annex 10)	13	9.5.1 車両上の受信器の保護	30
7.2.3 電磁放射へのイミューニティ (R10 §7.18 / Annex 9)	13	9.5.2 強力な無線送信に対する保護	30
7.2.4 12/24 V 電源線上の過渡妨害に対するイミューニティ (R10 §7.19 / Annex 10)	13	9.5.3 無線送信機の近接に対する保護	31
7.2.5 AC 電源線への高調波エミッション (R10 §7.11 / Annex 17)	13	9.5.4 その他の現象	31
7.2.6 AC 電源線への電圧変動/フリッカのエミッション (R10 §7.12 / Annex 18)	16	9.5.5 より厳しい判定基準	31
7.2.7 AC や DC の電源線上の無線周波伝導妨害エミッション (R10 §7.13 / Annex 19)	17	9.5.6 機能安全	32
7.2.8 有線ネットワーク・ポート上の無線周波伝導妨害エミッション (R10 §7.14 / Annex 20)	18	9.6 ECE R10.06 への移行	32
7.2.9 AC や DC の電源線上的 EFT/B へのイミューニティ (R10 §7.15 / Annex 21)	18	9.6.1 ECE R10.06 での主な変更点	32
7.2.10 AC や DC の電源線上のサージへのイミューニティ (R10 §7.16 / Annex 22)	19	9.7 規制との関係	33
		9.7.1 EU	33
		9.7.2 日本	33
		10 参考資料	33

1 概要

ECE Regulation No. 10 (ECE R10)^[1] は、車両等の相互承認に関する国際的な協定 (1958 年協定)^[2] に基づいて国際連合が発行した、路上での使用が意図された車両やそのような車両への取り付けが意図されたデバイスの EMC に関する規則である。名前に ECE (UNECE; 国際連合欧州経済委員会) が含まれているものの、ECE R10 は欧州以外のいくつかの国でも受け入れられている。^{†1}

ECE R10 の本稿の執筆の時点での最新版は 2019 年 10 月 15 日に発効した 06 シリーズ (Revision 6) であり、これはしばしば ECE R10.06 と表現される。

本稿では ECE R10.06 の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 ECE R10.06^[1] や関連する公式な文書を参照されたい。

2 適用範囲

ECE R10 は、路上での使用が意図されたカテゴリ L (4 輪未満の車両)、M (乗客の輸送のための 4 輪以上の車両)、カテゴリ N (貨物の輸送のための 4 輪以上の車両)、O (トレーラー)、カテゴリ T、R、S (農林用トラクタ/トレーラ/被牽引機器) の車両^{†2}、及びそのような車両への取り付けが意図されたコンポーネントやセパレート・テクニカル・ユニット (STU) に適用可能である。

コンポーネントとセパレート・テクニカル・ユニット (STU) はいずれも車両への取り付けが意図された独立したユニットを指すが、取り付けの対象となる車両を限定したものはセパレート・テクニカル・ユニットと、限定しないものはコンポーネントと呼ばれる。

^{†1} それぞれの規則を受け入れるかどうかは各協定加盟国が個別に決定する。協定加盟国の一覧や各規則の受け入れの状況は ECE/TRANS/WP.29/343^[3] で見ることができるが、ECE R10 に関しては、2020 年 2 月 28 日の時点で、EU 以外にアルバニア、アルメニア、ベラルーシ、ボスニア・ヘルツェゴビナ、エジプト、ジョージア (グルジア)、日本、マレーシア、モンテネグロ、ナイジェリア、北マケドニア (マケドニア旧ユーゴスラビア共和国)、ノルウェー、モルドバ、ロシア連邦、サンマリノ、セルビア、スイス、トルコ、ウクライナ、UK がリストされている。EU や日本については、§9.7 も参照されたい。

^{†2} 路上走行が意図されていない走行可能な機械類は ECE R10 ではカバーされない。

電気/電子サブアセンブリ (ESA) は、車両の一部となることが意図された、1 つ以上の特定の機能を実行する電氣的/電子的なデバイスやデバイスのセットを意味し、これはコンポーネントと STU のいずれかに分類される。^{†3}

2.1 ESA が適用対象となるかどうかの判断

ESA が ECE R10 の適用対象となるかどうかは、その §3.2.1 で示されている、図 1 のようなチャートに従って判断することができる。

このチャートは ECE R10.04 のものとほぼ同一であるが、ECE R10.05 で REESS^{†4} の充電に関係する条件が追加されており、これに該当するものは静止状態での車両での使用に限定されているとしても ECE R10 の対象となる。

2.2 イミューニティ関連機能に関係しないアフターマーケット機器

ECE R10 の適用対象となる ESA のうち、アフターマーケット機器として販売されるコンポーネントで、イミューニティ関連機能 (§3) に関係しないものは、ECE R10 に基づく型式認定は不要となる。

このようなコンポーネントについては、ECE R10 の §6.5 (広帯域エミッション)、§6.6 (狭帯域エミッション)、§6.7 (12/24 V 電源線上の過渡伝導妨害エミッション)、§6.8 (電磁放射へのイミューニティ)、及び §6.9 (12/24 V 電源線上の過渡妨害に対するイミューニティ) の要求を満足する旨を製造業者が宣言しなければならない。^{†5†6}

^{†3} ESA ではないコンポーネントや STU もあるが、それらは ECE R10 とは関係しない。

^{†4} REESS は rechargeable energy storage system (再充電可能エネルギー貯蔵システム) の略で、電気自動車やプラグイン・ハイブリッド自動車の動力用のバッテリーがこれに該当する。REESS 充電モードに対する要求は、充電ケーブルを接続しての充電が通常の使い方に含まれる電気自動車やプラグイン・ハイブリッド自動車などへの対応のために追加された。

^{†5} EU においては EMC 指令^{[5][7.1]} (あるいは該当するならば無線機器指令^{[6][7.2]}) の手続きを用いて適合宣言を行なうことになる。本稿の執筆の時点でこのようなアフターマーケット製品を対象とする EN 50498:2010^[9.17] が EMC 指令のもとで整合化されており、この規格への適合は EMC 指令の必須要求への適合の推定を与える。但し、EMC 指令ではその必須要求への適合が要求されること、またリスクの適切な分析と評価を技術文書に含めることが必須となることなどにも留意されたい。EMC 指令については別の解説^[7.1] も参考にしていただきたい。

^{†6} 電源網に接続しての充電に関する機能はイミューニティ関連機能とみなされるため、この機能に関するコンポーネントはこの除外条項には該当しない。

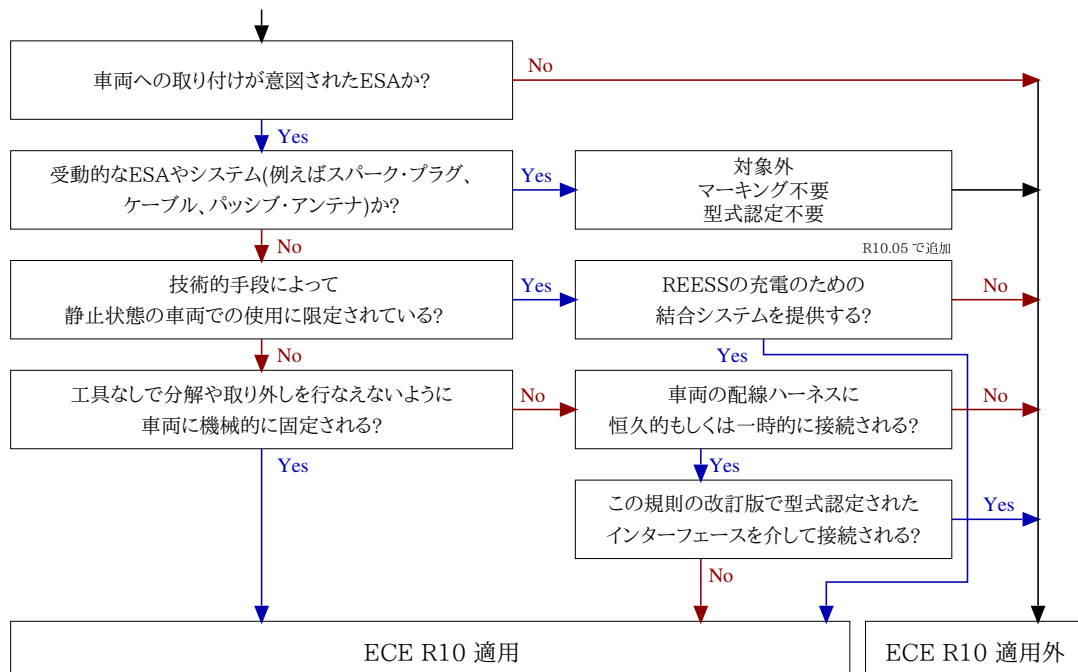


図 1: ECE R10.06 の ESA への適用 (ECE R10.06 §3.2.1 に基づく)

2.3 スペアパーツ

スペアパーツとして供給される ESA は、型式認定された車両に搭載されているものと同一で、同じ製造業者からのものであり、スペアパーツであることが識別番号によってはっきりと表示されているならば、ECE R10 に基づく型式認定は不要となる。

3 イミュニティ関連機能

以下のいずれかに該当する機能はイミュニティ関連機能として扱われる:

1. 車両の直接的な制御に関する機能

- 例えばエンジン、ギア、ブレーキ、サスペンション、アクティブ・ステアリング、速度制限デバイスなどの劣化や変化
- 運転手の位置への影響: 例えば座席やハンドルの位置
- 運転手の視界への影響: 例えば前照灯、ワイパー、間接視界システム、ブラインド・スポット・システム

2. 運転手、乗客、そしてその他の道路使用者の保護に関する機能

- 例えばエアバッグ、安全拘束システム、緊急通報システム

3. 妨害された時、運転手やその他の道路使用者の混乱を引き起こす機能

- 光学的妨害: 例えば方向指示器、制動灯、上側端灯、後部車幅灯、緊急用警告灯の誤った動作、警告表示器の誤った情報、上記第 1 項や第 2 項に關係する運転手が見るかも知れない表示など
- 音響的妨害: 例えば盗難防止警報や警笛の誤動作

4. 車両のデータ・バスの機能に関する機能

- 他のイミュニティ関連機能の正しい動作を確かとするために必要なデータの伝送に用いられる車両データ・バス・システムの伝送の妨害^{†7}

5. 妨害された時、車両の法定データに影響する機能: 例えばタコグラフや走行距離計

^{†7} 車両の制御に關係する CAN バスに接続される ESA は、それ自身が他にイミュニティ関連機能を提供しないとしてもこれに該当しそうである。

6. 電力網に接続しての充電モードに関する機能^{†8}

- 車両試験では: 車両の予期しない動きの発生
- ESA 試験では: 誤った充電条件、例えば過電圧や過電流の発生

4 型式の認定

4.1 車両の型式の認定

車両の型式の認定のためには以下のいずれかの方法で ECE R10 の要求への適合性を示すことが必要となる:

- 車両が ECE R10 に適合することを直接立証する、あるいは
- 車両の全ての該当する電気/電子システムや ESA の認定 (§4.2) を得る。

4.2 ESA の型式の認定

ECE R10 の要求に適合する ESA は、不特定の型式の車両に取り付けるもの (コンポーネント) として、あるいは特定の型式の車両に取り付けるもの (セパレート・テクニカル・ユニット) として型式認定を得ることができる。

一般に、ECE R10 に基づく型式認定が法的に要求される地域の市場に型式認定の対象となる ESA (§2.1, §2.2) を出そうとする場合、また該当する ESA の型式認定に基づいて車両の型式認定を受けようとする場合 (§4.1)、ESA の型式認定が必要となる。

ECE R10 への適合性を直接立証することで型式認定された型式の車両 (§4.1) に含まれる ESA は、その車両の一部として、あるいはその車両のためのスペアパーツ (§2.3) としてのみ市場に出されるならば ESA 自身での型式認定は不要となる。

4.3 型式認定機関

ECE R10 のもとでの型式認定は各協定加盟国に指定された型式認定機関 (type approval authority) が行なう。型式認定機関は多くの加盟国にあるが、

^{†8} これは、ECE R10.04、及び R10.05 で追加された。

いずれの国の型式認定機関による型式認定であっても ECE R10 を受け入れる全加盟国で有効である。

型式認定機関のリストは ECE/TRANS/WP.29/343^[3] で見ることができる。

4.4 評価の実施

車両や ESA の型式認定の申請は、型式認定機関に代わって ECE R10 のもとでの型式認定のための評価を実施する権限を与えられた機関であるテクニカル・サービスを通して行なうことができる。

製造業者自身での、あるいはテクニカル・サービス以外の試験所での試験の結果が型式認定の根拠として受け入れられるかどうか、その試験の際にテクニカル・サービスの立ち会いが必要かどうかなどについては、個別に確認が必要となろう。また、テスト・プランもテクニカル・サービスとの協議が必要となるだろう。

テクニカル・サービスのリストは ECE/TRANS/WP.29/343^[3] で見ることができる。

4.5 生産での適合

型式認定を受けた車両や ESA の製造業者は生産された車両や ESA が適合することを確認とするための手段を講じなければならない。

このシステムは型式認定が出される前の評価の対象となるが、ISO 9001 の要求に適合していることを示す証拠^{†9}があれば、それも考慮に入れられるだろう。

型式認定を出した機関は、必要と判断した場合、量産品に対する管理の状況の確認を実施できる。量産品に対する検査では、放射電磁界エミッションについては型式試験での限度の 4 dB 上のラインを上回らなければ、また電磁放射へのイミュニティについては型式試験での試験レベルの 80 % の試験レベルでの試験で性能の劣化がなければ、要求に適合しているものとみなされる。

^{†9} 例えば、認定された認証機関が発行した有効な ISO 9001 審査登録証のようなもの。ISO 9001 に基づく自動車セクタ規格として、ISO/TS 16949^[9.16] がある。

4.6 認定後の変更

型式認定を受けた車両や ESA に対するいかなる変更も認定を行なった型式認定機関に通知しなければならない。

4.7 生産の終止

型式認定を受けた車両や ESA の生産を終止する場合、認定を行なった型式認定機関にその旨を通知する。

5 マーキング

ECE R10 のもとで型式認定を受けた車両や ESA には、図 2 に例示したような、文字“E”と型式認定を出した加盟国の番号を丸で囲んだものの右側に、Regulation No. 10 を示す“10”、文字“R”、ハイフン“-”、そして認定番号^{†10}を示した、“E マーク”^{†11}と呼ばれるものを表示する。

その車両や ESA が複数の ECE 規則のもとでの型式認定の対象となる場合は複数の認定番号の表示が必要となるが、このような場合には図 2 の下側のような表記方法も用いられる。

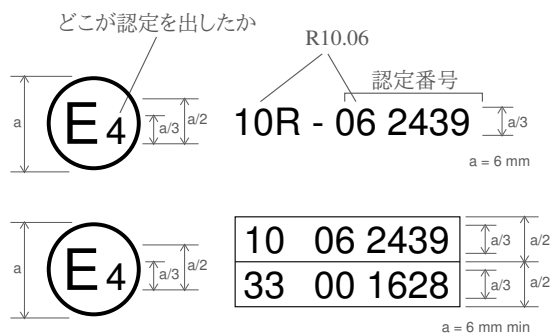


図 2: E マーク

このマーキングは、あらかじめ決定された、目立つ、容易にアクセスできる場所に表示する。但し、ESA のこのマーキングは ESA を車両に取り付けた状態で見る必要はない。また、型式認定された車両にあらかじめ組み込まれた ESA についてはこのマーキングは不要である。

^{†10} ECE R10.06 に基づく型式認定の場合、認定番号の最初の数字が“06”となる。

^{†11} 指令 2007/46/EC^[4] で定められている e マーク (スモール e マーク) との区別のため、しばしば“ラージ E マーク”と呼ばれる。

6 技術的要求

ECE R10.06 の技術的要求事項は第 6 項 (REESS 充電モード以外) と第 7 項 (REESS 充電モード) で規定されており、その試験項目の一覧を表 1 に、またそれらの試験に関係する規格を表 2 と表 3 に示す。

表 1 の試験項目のうち、REESS 充電モード^{†12}以外での試験は ECE R10.04 以前からのものと同様のものであるが、車両の REESS 充電モードでの試験は ECE R10.04 で、ESA の REESS 充電モードでの試験は ECE R10.05 で追加された。

表 1 と表 3 の下半分の試験項目は外部の電源に接続して充電を行なうことがある電気自動車やプラグイン・ハイブリッド自動車などのために導入された試験であり、一般の電気/電子機器の試験で良く用いられているものと同様の試験法が用いられている。^{†13}

本稿では、§7 で ESA での試験について、また §8 で車両での試験について述べる。

7 ESA での試験

7.1 REESS 充電モード以外

7.1.1 広帯域エミッション (R10 §6.5 / Annex 7)、狭帯域エミッション (R10 §6.6 / Annex 8)

ESA からの 30~1000 MHz の周波数範囲の放射電磁界エミッションが規定された限度 (図 3) を超えないことを確認する。

エミッション限度 (図 3) は準尖頭値 (QP) 検波^{†14}での値として規定された広帯域限度^{†15}と平均値 (AV) 検波での値として規定された狭帯域限度として規定されている。

^{†12} REESS 充電モードは REESS (車両上の動力用のバッテリー) を外部からの電力で充電する状態を指す。

^{†13} 充電状態の車両は商用電源に接続して使用される一般の電気機器と似た状況となるため、車両と外部とのあいだのケーブルに対する試験法としては、従来の車両や車載機器の試験では用いられていなかった、一般の電気機器の試験と同様の試験法が採用されている。

^{†14} 準尖頭値 (QP) 検波の代わりに、限度を 20 dB 上げて尖頭値 (PK) 検波で測定しても良い。

^{†15} 広帯域エミッションは測定器の帯域幅 (ここでは 120 kHz) よりも大きい帯域幅を持つエミッション、狭帯域エミッションはそれよりも小さい帯域幅を持つエミッションであるが、CISPR 25:2002^[9.1] や CISPR 12:2001(+A1:2005)^[9.4] では尖頭値 (PK) と平均値 (AV) の差が 6 dB を超えるものは広帯域、6 dB 以下のものは狭帯域と判断することができる。広帯域エミッションの発生源の例としては火花点火式エンジン (ガソリン・エンジン) やブラシ・モータなどを、狭帯域エミッションの発生源の例としてはマイクロ・プロセッサの類を挙げられる。

現象	REESS 充電モード以外 [†]		REESS 充電モード [†]	
	車両	ESA	車両	ESA
広帯域エミッション	6.2 Annex 4	6.5 Annex 7	7.2 Annex 4	7.10 Annex 7
狭帯域エミッション	6.3 Annex 5	6.6 Annex 8	—	—
12/24 V 電源線上の過渡伝導エミッション	—	6.7 Annex 10	—	7.17 Annex 10
電磁放射へのイミュニティ [‡]	6.4 Annex 6	6.8 Annex 9	7.7 Annex 6	7.18 Annex 9
12/24 V 電源線上の過渡妨害へのイミュニティ	—	6.9 Annex 10	—	7.19 Annex 10
AC 電源線への高調波エミッション	—	—	7.3 Annex 11	7.11 Annex 17
AC 電源線への電圧変動/フリッカのエミッション	—	—	7.4 Annex 12	7.12 Annex 18
AC や DC の電源線上の無線周波伝導妨害エミッション	—	—	7.5 Annex 13	7.13 Annex 19
有線ネットワーク・ポート上の無線周波伝導妨害エミッション	—	—	7.6 Annex 14	7.14 Annex 20
電源線上の EFT/B へのイミュニティ	—	—	7.8 Annex 15	7.15 Annex 21
電源線上のサージへのイミュニティ	—	—	7.9 Annex 16	7.16 Annex 22

[†] 表中の数字は ECE R10.06 の項番 [‡] イミュニティ関連機能を持たない場合は試験不要

表 1: ECE R10.06 の技術的要求事項の一覧

現象	車両	ESA
広帯域エミッション	CISPR 12 ^{[8.5][9.5]}	CISPR 25 ^{[8.4][9.1]}
狭帯域エミッション	CISPR 12 ^{[8.5][9.5]}	CISPR 25 ^{[8.4][9.1]}
12/24 V 電源線上の過渡伝導エミッション	—	ISO 7637-2 ^{[8.3][9.2]}
電磁放射へのイミュニティ	ISO 11451-2 ^{[8.11][9.5]}	ISO 11452-2, -3, -4, -5 ^{[8.1][9.3]} , Annex 9
12/24 V 電源線上の過渡妨害へのイミュニティ	—	ISO 7637-2 ^{[8.3][9.2]}

表 2: REESS 充電モード以外での試験に関する規格

現象	車両	ESA
広帯域エミッション	CISPR 12 ^{[8.5][9.5]}	CISPR 25 ^{[8.4][9.1]}
狭帯域エミッション	—	—
12/24 V 電源線上の過渡伝導妨害エミッション	—	ISO 7637-2 ^{[8.3][9.2]}
電磁放射へのイミュニティ	ISO 11451-2 ^{[8.11][9.5]}	ISO 11452-2, -4 ^{[8.1][9.3]}
12/24 V 電源線上の過渡妨害へのイミュニティ	—	ISO 7637-2 ^{[8.3][9.2]}
AC 電源線への電源高調波エミッション	—	IEC 61000-3-2, -3-12 ^{[8.7][9.6][9.9]}
AC 電源線への電圧変動/フリッカのエミッション	—	IEC 61000-3-3, -3-11 ^{[8.8][9.7][9.8]}
電源線上の無線周波伝導妨害エミッション	—	CISPR 16-2-1 ^{[8.9][9.12]}
有線ネットワーク・ポート上の無線周波伝導妨害エミッション	—	CISPR 22 ^{[8.9][9.13]}
電源線上の EFT/B へのイミュニティ	—	IEC 61000-4-4 ^{[8.6][9.10]}
電源線上のサージへのイミュニティ	—	IEC 61000-4-5 ^{[8.6][9.11]}

表 3: REESS 充電モードでの試験に関する規格

基本的には双方の限度への適合が必要となるが、ESA が 9 kHz よりも高い周波数の発振回路を含まない場合は狭帯域エミッションの評価は不要となる。^{†16}

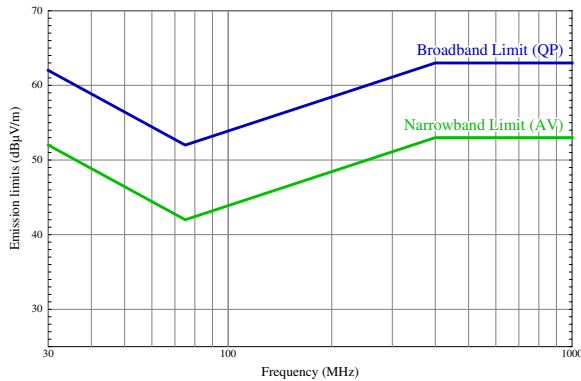


図 3: ESA からの広帯域/狭帯域エミッションの限度

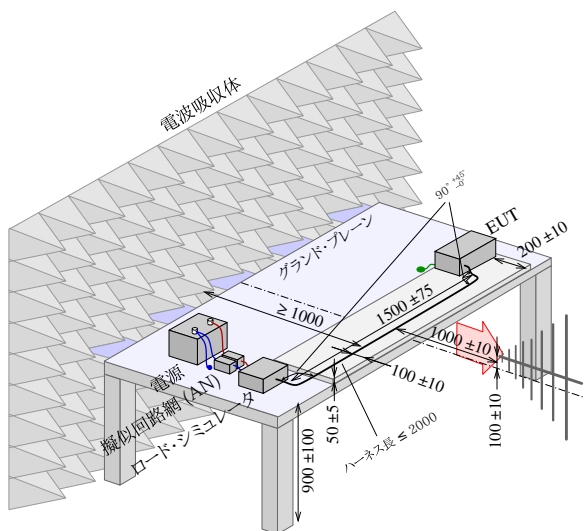


図 4: CISPR 25 ALSE 法のセットアップの例 (30 ~ 1000 MHz)

この測定は、CISPR 25^{[8.4][9.1]}、また ECE R10 の Annex 7 (広帯域エミッション) と Annex 8 (狭帯域エミッション) の規定に従って ALSE 法 (図 4) で行なう。

この測定法は車両上の受信器の保護の目的で良く用いられているものである。だが、この規則のエミッ

^{†16} また、測定器の帯域幅が同じであれば尖頭値 $\geq$ 準尖頭値 $\geq$ 平均値となるので、エミッションが広帯域か狭帯域を気にせずに尖頭値検波か準尖頭値検波で測定した結果が図 3 の広帯域限度や狭帯域限度を超えなければその限度に適合しているものと判断できる。また、エミッションが広帯域か狭帯域を気にせずに、単純に準尖頭値検波での測定結果が広帯域エミッション限度を、平均値検波での測定結果が狭帯域エミッション限度を超えないことを確認してもこれらの限度への適合性を判断できる。

ション限度 (図 3) への適合は車両上の受信器を保護しようにはなく、この限度は車両の周囲の受信器の保護を意図したものと思われる。これについては §9.5.1 でまた触れる。

7.1.2 12/24 V 電源線上の過渡伝導妨害エミッション (R10 §6.7 / Annex 10)

ESA の公称 DC 12 V や DC 24 V の電源線やそれらの電源に接続され得るその他の線の電圧波形を ISO 7637-2^{[8.3][9.2]} で述べられている方法 (図 5, 図 6) で観測し、ESA が電源のオン/オフやその他の動作に際して車両の DC 12 V や DC 24 V の電源線上に規定された値 (表 4) を超える振幅のパルスを生じさせないことを確認する。

パルスの極性	最大許容パルス振幅	
	12 V 系の車両	24 V 系の車両
正	+75 V	+150 V
負	-100 V	-450 V

表 4: 過渡伝導妨害エミッション — 最大許容パルス振幅

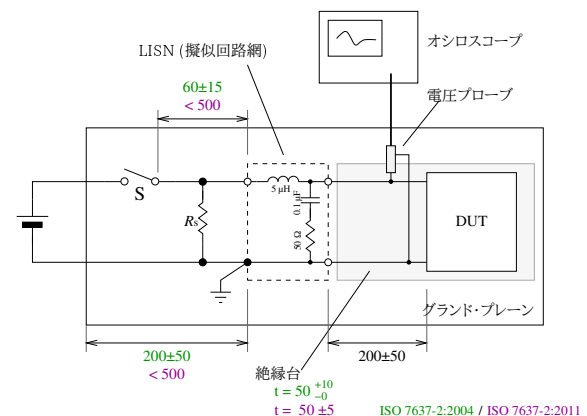


図 5: 過渡伝導妨害エミッションの測定 — 遅いパルス

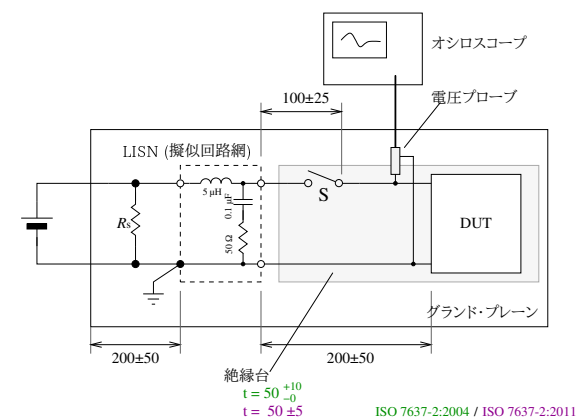


図 6: 過渡伝導妨害エミッションの測定 — 早いパルス

ESA がスイッチされない、スイッチを含まない、あるいは誘導性負荷を含まない場合、この試験は要求されない。

7.1.3 電磁放射へのイミュニティ (R10 §6.8 / Annex 9)

車両 (また ESA やそのハーネス) が放送などの電磁放射に曝された時の影響を模擬するため、ESA に 20~2 000 MHz の周波数範囲の所定のレベルの妨害を印加し、イミュニティ関連機能の性能の低下がないことを確認する。この規則上はイミュニティ関連機能以外の性能の低下や機能の喪失は許容され、また ESA がイミュニティ関連機能を持たない場合はこの試験は不要となる。

試験に際して適用する具体的な判定基準 (どの機能がどのようになっていればイミュニティ関連機能の性能の低下がないと判断できるのか) やその監視の方法などは試験に先立って決定し、テスト・プランに記載することが必要となるであろう。

この試験については表 5 で示すように複数の試験法が規定されている。これらは同じ現象の模擬を意図したものであり、20~2 000 MHz の周波数範囲全体をいずれかの試験法でカバーすれば良いが、それぞれの試験法を適用可能な周波数範囲に制限がある (表 5、図 8) ため、例えば、20~200 MHz は ISO 11452-4 (BCI 法)、200~2 000 MHz は ISO 11452-2 (ALSE 法) のように、複数の試験法を組み合わせる用いることになるだろう。複数の試験法が適用可能な場合にどの試験法を用いるかは任意であるが、その ESA が実際に電磁放射に曝された時の影響を適切に模擬できるであろうものを選択すべきである。^{†17}

印加する妨害には以下の変調を適用する (図 7):

- ≤ 800 MHz — 1 kHz 80 % の振幅変調

^{†17} 例えば BCI 法 (ISO 11452-4) は 400 MHz まで、ISO 11452-4:2011 で導入された TWC 法では 3 GHz まで (但し TWC 法は ECE R10.06 では参照されていない) 適用可能であるが、これらの試験法では試験はハーネスに妨害を注入することで行われ、ESA 自身への電磁放射の影響は模擬されない。ESA が比較的小型の、良くシールドされたものであれば、比較的高い周波数でもハーネスの影響が支配的となることが期待され、従ってこのような周波数でも BCI 法のようなハーネスに妨害を注入する方法での試験でその ESA とハーネスが電磁放射に曝された時の影響を模擬できるかも知れない。だが、ESA がそれほど良くシールドされていないことも少なくなく、また全くシールドを与えないプラスチックのエンクロージャが用いられていることもあり、そのような ESA ではこのような試験法では高い周波数の電磁放射の影響は適切に評価できないかも知れない。

- ≥ 800 MHz — $t_{on} = 577 \mu s$, period = $4600 \mu s$ のパルス変調

要求される試験レベルは試験法によって異なり、いずれについても周波数範囲の 90 % 以上について表 5 で示した値以上、全ての周波数でその値の 5/6 以上でなければならない。

7.1.4 12/24 V 電源線上の過渡妨害に対するイミュニティ (R10 §6.9 / Annex 10)

ESA の公称 DC 12 V や DC 24 V の電源線やそれらの電源に接続され得るその他の線に ISO 7637-2^{[8.3][9.2]} で規定された過渡妨害 (表 6) を印加し、妨害の影響を確認する。

表 6にある「機能状態」は ISO 7637-2 で以下のように規定されている:^{†18}

- クラス A: 妨害に曝されている間、及びその後、全ての機能が設計通りに働く。
- クラス B: 妨害に曝されている間、全ての機能が設計通りに働く。だが、その 1 つ以上が規定された許容範囲を超えても良い。全ての機能は妨害が止められた後は自動的に正常な限界内に戻る。メモリ機能はクラス A のままでなければならない。
- クラス C: 妨害に曝されている間は機能が設計通りに働かないが、妨害が止められた後は自動的に正常な動作に戻る。
- クラス D: 妨害に曝されている間は機能が設計通りに働かず、妨害が止められ、簡単な操作でリセットされるまで、正常な動作に戻らない。
- クラス E: 妨害に曝されている間、及びその後、1 つ以上の機能が設計通りに働かず、修理や交換を行わなければ正しい動作に戻らない。

ここで定められているのは判定の枠組みで、個々の ESA に直接適用するのに適したものではないので、試験に際して適用する具体的な判定基準 (どの機能がどのようになった時にどのクラスに該当するのか、あるいはどのような動きが「設計通り」の動

^{†18} 参考: これは ISO 7637-2:2004/A1:2008 では削除され、ISO 7637-1:2002/A1:2008 で Status I~IV の分類に変更されているが、ここでは ISO 7637-2:2004 のクラス A~E の分類が用いられる。

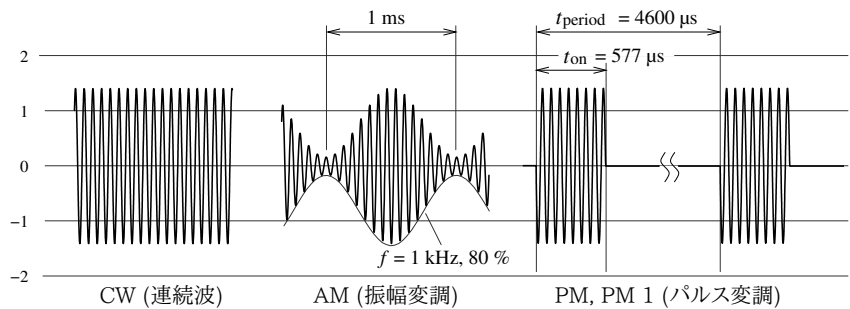


図 7: 変調

試験法	参照規格	適用可能な周波数範囲	試験レベル	セットアップのイメージ
150 mm ストリップライン	ISO 11452-5 ^{[8.1][9.3]}	0.01~400 MHz	60 V/m	図 10
800 mm ストリップライン	R10 Annex 9 Appendix 1 ^{[8.1][1]}	記載なし [†]	15 V/m	図 11
TEM セル	ISO 11452-3 ^{[8.1][9.3]}	0.01~200 MHz	75 V/m	図 9
BCI	ISO 11452-4 ^{[8.1][9.3]}	1~400 MHz	60 mA	図 14, 図 15
自由空間 (ALSE) [‡]	ISO 11452-2 ^{[8.1][9.3]}	80 MHz~18 GHz	30 V/m	図 12, 図 13

[†] 800 mm ストリップラインを適用可能な周波数範囲は明確に規定されていないが、この寸法からは最初の高次モードのカットオフ周波数は 130 MHz 強と推定され、それよりも高い周波数での使用には注意が必要となるかも知れない。

[‡] ALSE 法では試験は垂直偏波のみで良い。

表 5: ESA の電磁放射へのイミュニティ

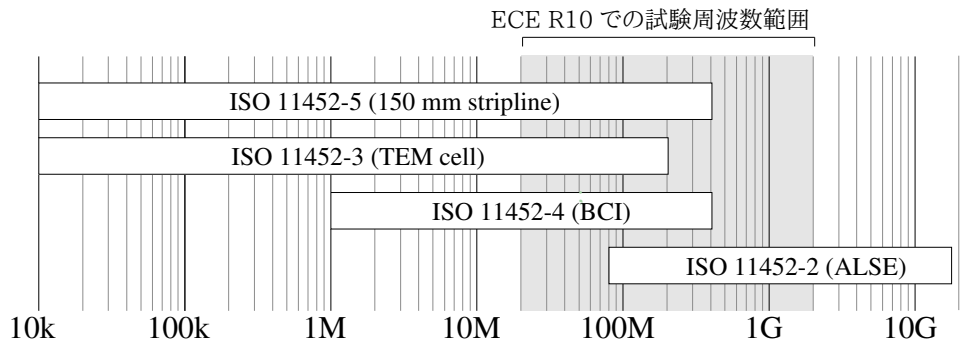


図 8: ISO 11452-5, -3, -4, -2 の適用可能周波数範囲

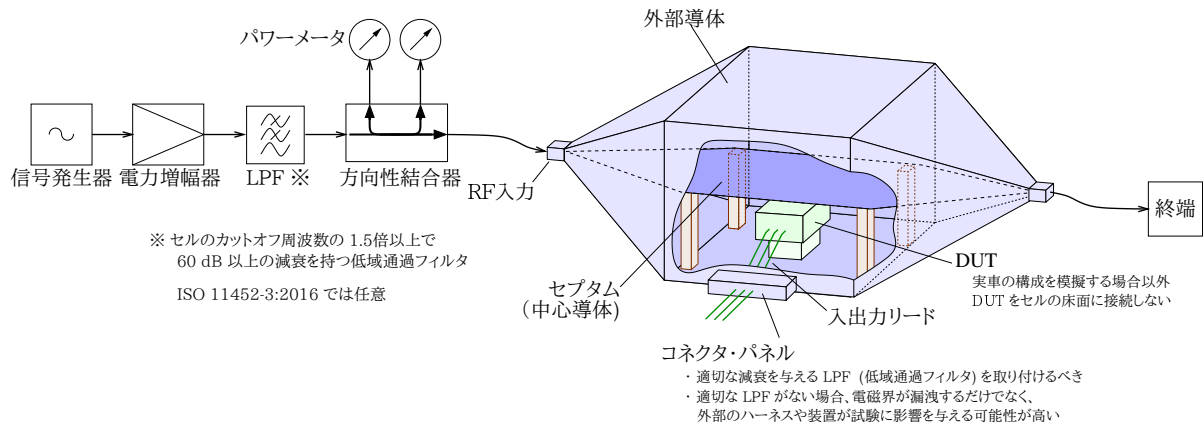


図 9: ISO 11452-3 (TEM セル法) のセットアップの例

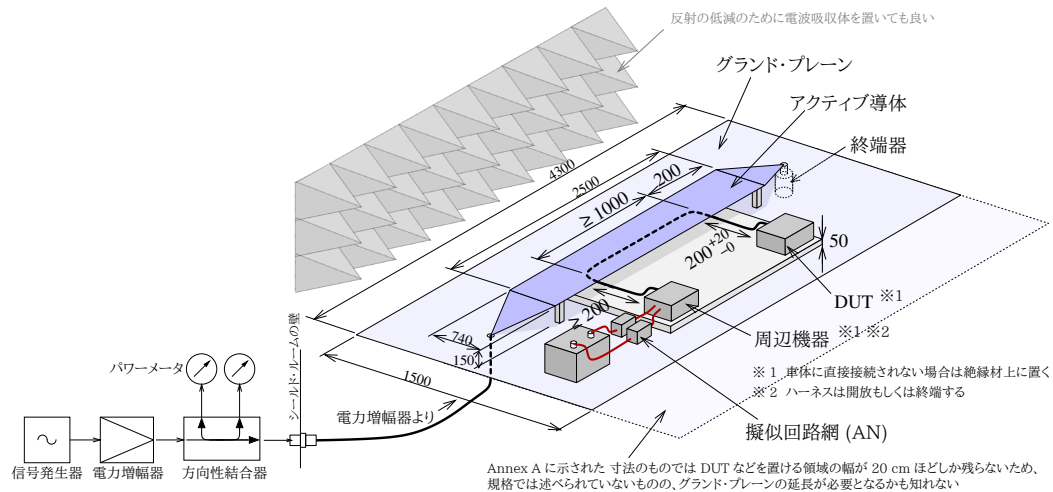


図 10: ISO 11452-5 (ストリップライン法) のセットアップの例

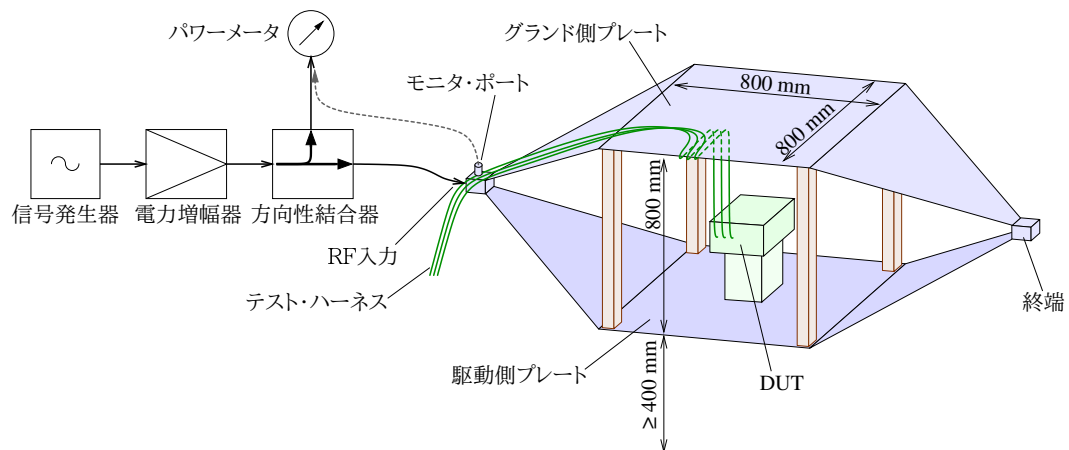


図 11: 800 mm ストリップライン法のセットアップの例

試験パルス	試験レベル		機能状態		波形
	12 V 系	24 V 系	イミュニティ 関連機能	イミュニティ 関連機能以外	
1	III (−75 V)	III (−450 V)	C	D	図 16
2a	III (+37 V)	III (+37 V)	B	D	図 17
2b	III (+10 V)	III (+20 V)	C	D	図 18
3a	III (−112 V)	III (−150 V)	A	D	図 19
3b	III (+75 V)	III (+150 V)	A	D	図 20
4	III (−6 V)	III (−12 V)	B / C [†]	D	図 21

† エンジン始動時に動作していなければならない ESA は B、その他は C。

表 6: 12/24 V 電源線上の過渡妨害に対するイミュニティ

作なのか) やその監視の方法などは試験に先立って決定し、テスト・プランに記載することが必要となるであろう。

イムニティ関連機能を持たない ESA も試験の対象となるが、表6 に示すように、どの妨害につい

でもイミュニティ関連機能以外に要求される機能状態はクラス D (つまり、試験後に手動でのリセットで回復させられれば良い) で、かなり緩いものとなっている。

この試験の対象となるのは ESA の公称 DC 12 V

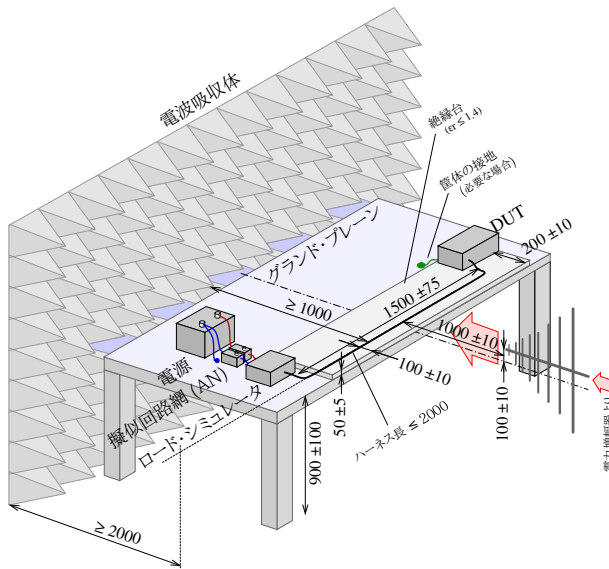


図 12: ISO 11452-2 (ALSE 法) のセットアップの例 ($\leq 1 \text{ GHz}$)

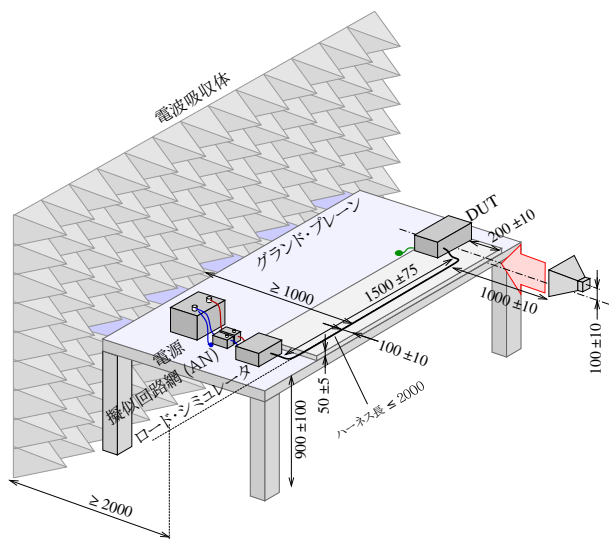


図 13: ISO 11452-2 (ALSE 法) のセットアップの例 ($\geq 1 \text{ GHz}$)

や DC 24 V の電源線やそれらの電源に接続され得るその他の線のみであり、その他の線は対象とならない。

パルス 3a/3b は立ち上がり時間が 5 ns の比較的高速なパルスで、試験時のハーネス長などが試験の結果に影響を与える可能性があることから、ISO 7637-2 ではこれらのパルスでの試験についてのみ試験時のハーネス長などが定められている (図 22)。他のパルスについてはこのような規定はなく、パルス 3a/3b と同じセットアップで試験することもできる。

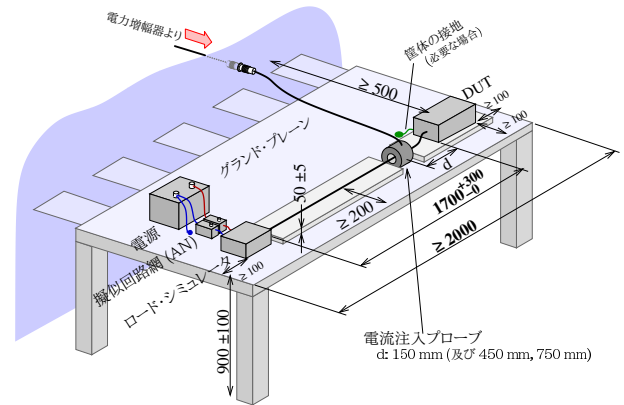


図 14: ISO 11452-4 (BCI 法) のセットアップの例 — 置換法

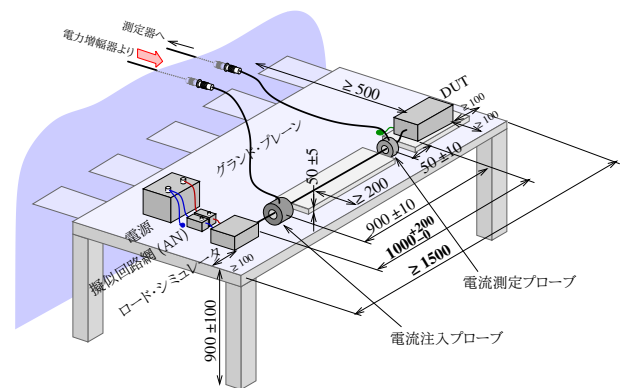


図 15: ISO 11452-4 (BCI 法) のセットアップの例 — 電力制限付き閉ループ法

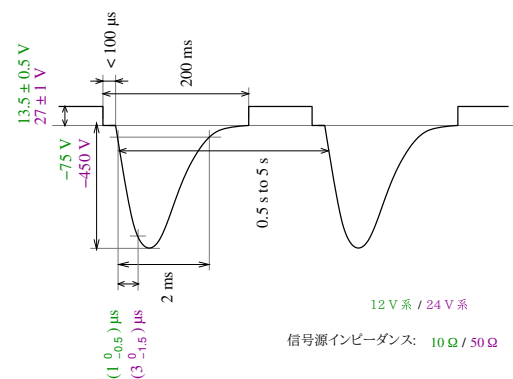


図 16: ISO 7637-2:2004 パルス 1 (Level III)

7.2 REESS 充電モード

7.2.1 広帯域エミッション (R10 §7.10 / Annex 7)

REESS 充電モードの ESA の広帯域エミッションの限度や測定法は REESS 充電モード以外 (§7.1.1) と同様だが、充電モード特有の動作条件 (§7.2.11) や下記のようなセットアップの規定が定められている。

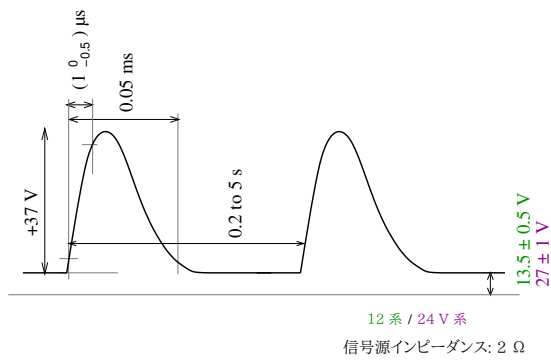


図 17: ISO 7637-2:2004 パルス 2a (Level III)

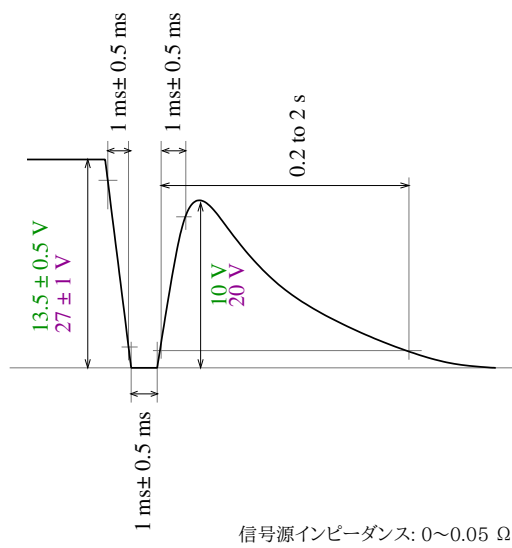


図 18: ISO 7637-2:2004 パルス 2b (Level III)

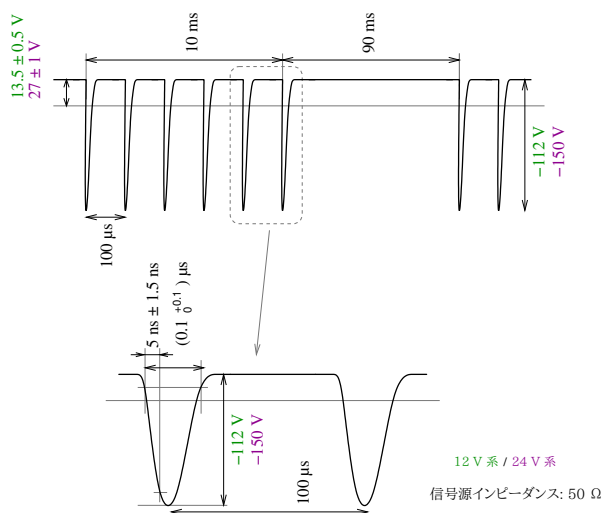


図 19: ISO 7637-2:2004 パルス 3a (Level III)

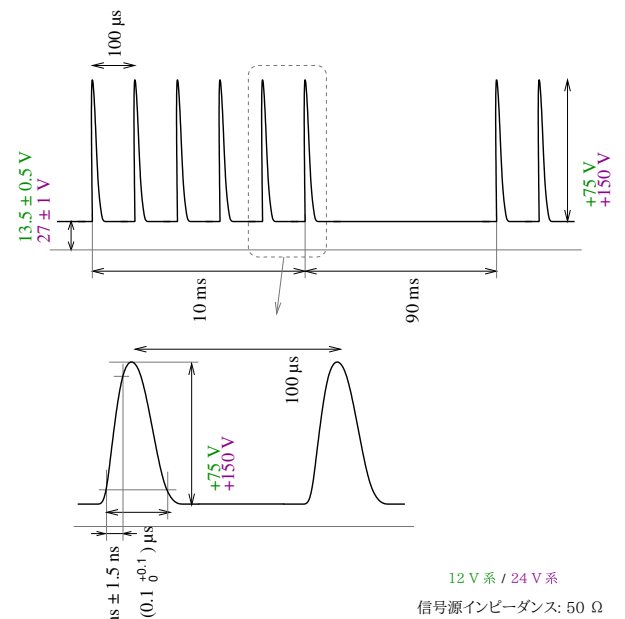


図 20: ISO 7637-2:2004 パルス 3b (Level III)

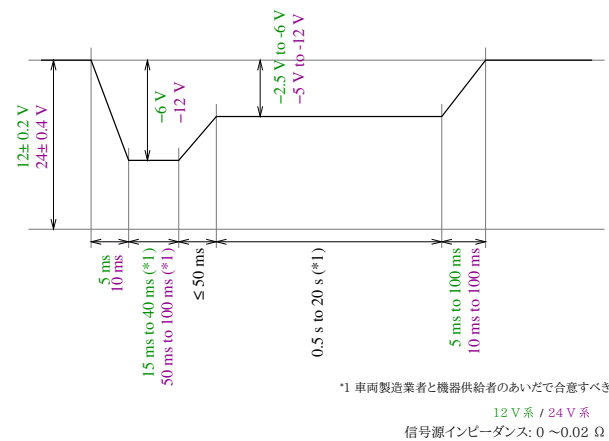


図 21: ISO 7637-2:2004 パルス 4 (Level III)

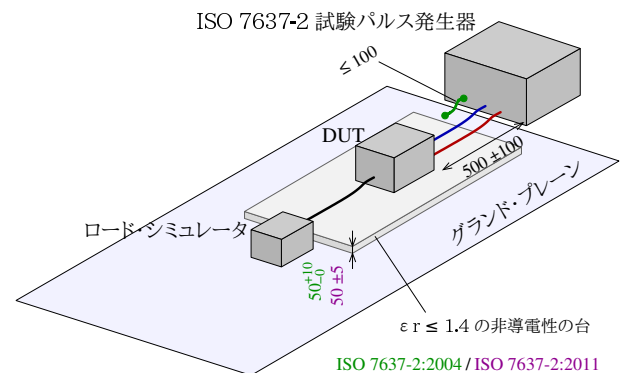


図 22: ISO 7637-2:2004 パルス 3 試験セットアップの例

シールドの構成は実車で構成と同様とし、通常は高圧 (HV)^{†19} のシールドされた部分は低インピーダンスで接地する。電源線は適切な AN や AMN を介して接続し、また外部の HV 電源は貫通フィルタを介して接続する。低圧 (LV) ハーネスと高圧 (HV) ハーネスの全長は 1700^{+300}_{-0} mm とし、これと異なる指定がない限り LV ハーネスを最もアンテナに近くとして、グランド・プレーンの前縁と平行に 1500 ± 75 mm、互いに 100^{+100}_{-0} mm 離して引く。AC や DC の電源線 (充電ハーネス) がある場合、アンテナから最も遠くにその手前のハーネスから 100^{+100}_{-0} mm 離して引く。HV や 3 相電源のシールドされた線はシールドの構成に応じて同軸ケーブルか一括シールド・ケーブルを、あるいは実車で HV ハーネスを用いることができる。これと異なる指定がない限り、ESA の筐体は直接、もしくは指定されたインピーダンスを介して接地する。図 23 も参照。

7.2.2 12/24 V 電源線上の過渡伝導妨害エミッション (R10 §7.17 / Annex 10)

ESA の公称 DC 12 V や DC 24 V の電源線やこれらの電源に接続され得るその他の線の REESS 充電モードでの過渡伝導妨害エミッションに対する要求は REESS 充電モード以外 (§7.1.2) と同様である。

但し、REESS 充電モードについては、ESA がスイッチされない、スイッチを含まない、あるいは誘導性負荷を含まない場合の除外の規定はない。

7.2.3 電磁放射へのイミュニティ (R10 §7.18 / Annex 9)

REESS 充電モードの ESA の電磁放射へのイミュニティの要求は REESS 充電モード以外 (§7.1.3) と同様であるが、使用できる試験法が BCI 法 (ISO 11452-4) と ALSE 法 (ISO 11452-2)^{[8.1][9.3]} に限定され、また充電モード特有の動作条件 (§7.2.11) や下記のようなセットアップの規定が定められている。

^{†19} この分野では、直流の場合は 60 V 以下の電圧が低圧 (LV)、それを超える電圧が高圧 (HV) と呼ばれる、

● BCI 法 (ISO 11452-4)

LV ハーネスと HV ハーネスの全長は置換法の場合は 1700^{+300}_{-0} mm、電力制限付き閉ループ法の場合は 1000^{+200}_{-0} mm とし、置換法の場合は ESA から少なくとも 1400 mm、電力制限付き閉ループ法の場合は全長にわたって真っ直ぐに、互いに 100^{+100}_{-0} mm 離して引く。セットアップに関するその他の多くの点は REESS 充電モードでの ALSE 法でのエミッション測定 (§7.2.1) と同様である。図 24 も参照。

試験は、これと異なる規定がない限り、LV ハーネス、HV ハーネス、AC 電源線 (AC 充電ハーネス)、DC 電源線 (DC 充電ハーネス) のそれぞれ該当するものについて行なう。

● ALSE 法 (ISO 11452-2)

セットアップの要求は REESS 充電モードでの ALSE 法でのエミッション測定 (§7.2.1) と同様である。図 26 も参照。

7.2.4 12/24 V 電源線上の過渡妨害に対するイミュニティ (R10 §7.19 / Annex 10)

REESS 充電モードの ESA の公称 DC 12 V や DC 24 V の電源線やこれらの電源に接続され得るその他の線への過渡妨害に対するイミュニティの要求は REESS 充電モード以外 (§7.1.4) と同様である。

この試験の対象となるのは ESA の公称 DC 12 V や DC 24 V の電源線やこれらの電源に接続され得るその他の線のみであり、その他の電源線などは対象とならない。

外部の AC や DC の電源に接続されるポートについてはこれと別に §7.2.9 や §7.2.10 で述べるような過渡妨害に対するイミュニティの要求がある。

7.2.5 AC 電源線への高調波エミッション (R10 §7.11 / Annex 17)

REESS 充電モードの ESA から AC 電源線に流出する電源高調波電流 (次数間高調波を含む、電源周波数の 40 次までの高調波)^{†20} のレベルを制

^{†20} 電源高調波電流は、例えば受電部の整流平滑回路によって引き起こされる。過剰な電源高調波は電力設備やその系統に接続された他の機器への悪影響、例えばコンデンサやリアクトルの過熱や損傷などの問題を引き起こすことがあることから、その抑制が求められるようになっている。

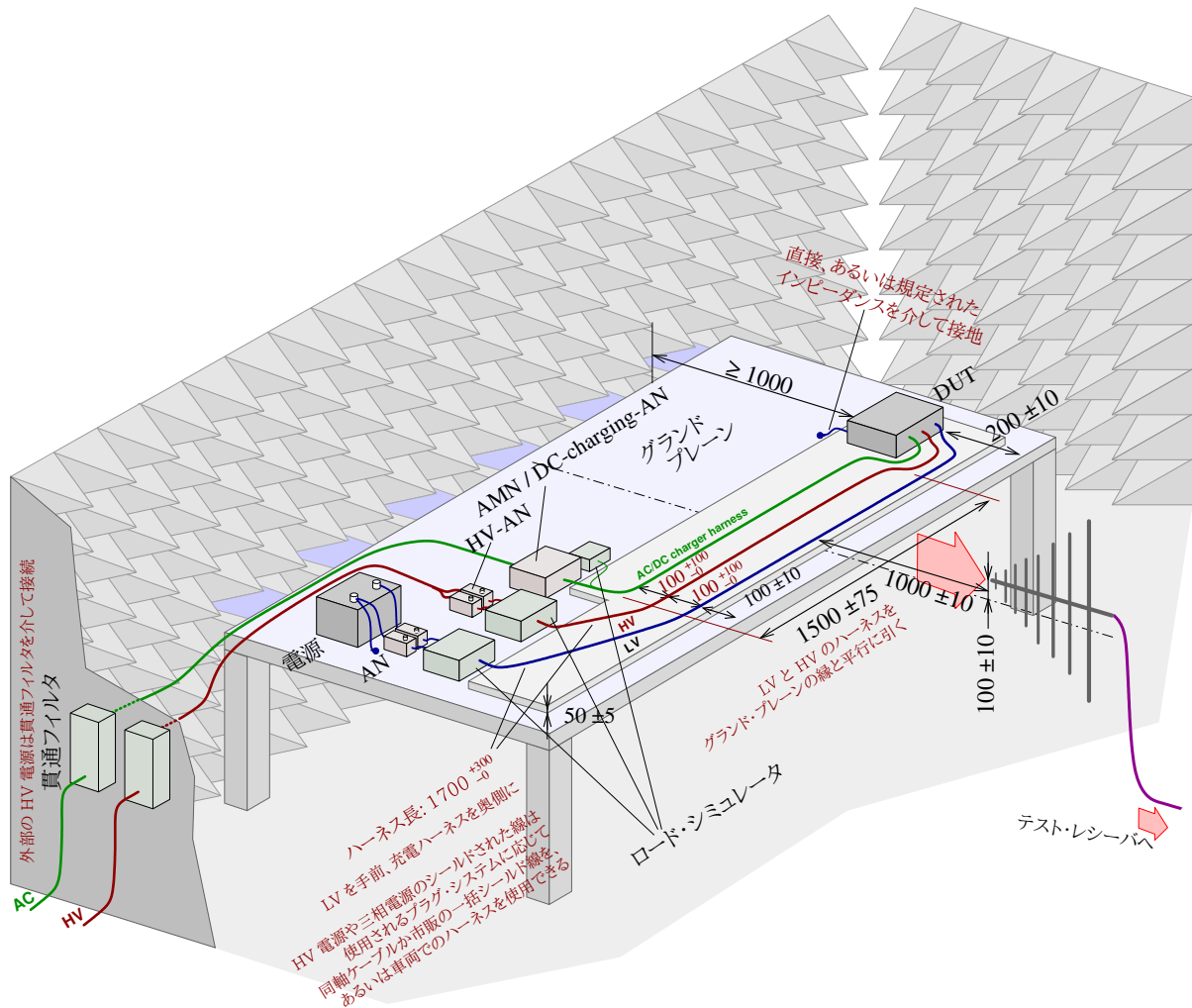


図 23: ESA の REESS 充電モードでの広帯域エミッション測定のためのセットアップの例

限するもので、入力電流が 16 A/相以下の場合には IEC 61000-3-2^{[8.7][9.6]}、16~75 A/相の場合は IEC 61000-3-12^{[8.7][9.9]} (16~75 A/相) の試験法と ECE R10 Table 10~13 で示された IEC 61000-3-2 や IEC 61000-3-12 と同様の限度が用いられる。^{†21}

IEC 61000-3-12 では接続先の電源システムの最小の短絡比 R_{sce} を決めることも必要となる。

IEC 61000-3-12 の $R_{sce} = 33$ (IEC 61000-3-12 では最も厳しい条件) の限度に適合する機器は、IEC 61000-3-2 に適合する機器と同様、一般に電圧や電流が機器の要求を満たす任意のアウトレットへの接続が可能と考えられるので、高い R_{sce} の電源システムにのみ接続するように制限するのでないならば $R_{sce} = 33$ の限度に適合させることが望ましい。

IEC 61000-3-12 の $R_{sce} > 33$ の限度に適合する

^{†21} 日本国内では、300 V 以下、20 A/相までの機器に適用可能な JIS C 61000-3-2 がある。

機器は、IEC 61000-3-12 で定められているように、この測定で適合を確認した短絡比 R_{sce} から求めた短絡電力 S_{sc} 以上の短絡電力の電源システムにのみ接続することが必要となる。^{[8.7][9.9]}

この測定は、IEC 61000-3-2 や IEC 61000-3-12 に従い、所定の条件を満たす電源^{†22}から高調波アナライザを通して 10 m 以下のケーブルで ESA に給電し、電源電流を高調波アナライザで分析することによって行なう (図 27)。

セットアップの規定はなく、例えば図 30 と同様の形で (0.8 m の距離は無視して良い) 配置すれば良いだろう。

観測期間は機器の電流の挙動が準静的 (quasi-stationary)^{[8.7][9.6]} とみなして決定するが、おそらく

^{†22} IEC 61000-3-2 は電源に対する要求が特に厳しく、おそらくは適切な安定化電源の使用が必要となる。

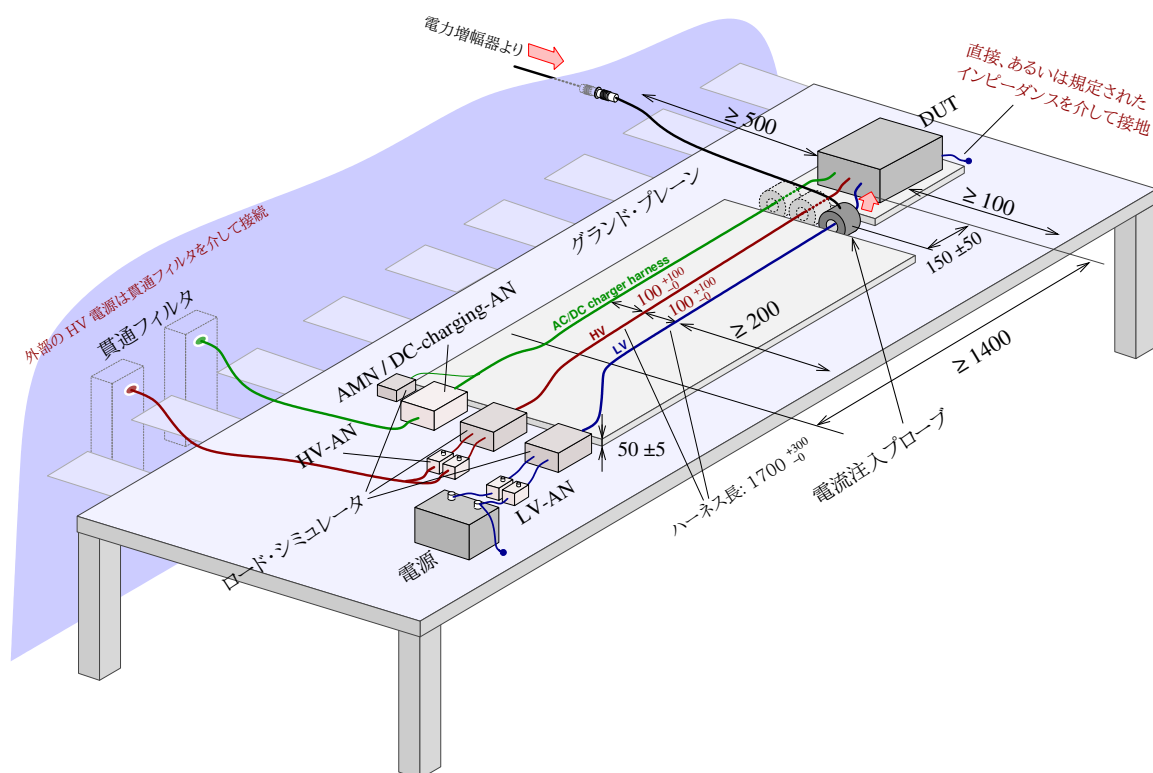


図 24: REESS 充電モードでの ISO 11452-4 (BCI 法) のセットアップの例 — 置換法

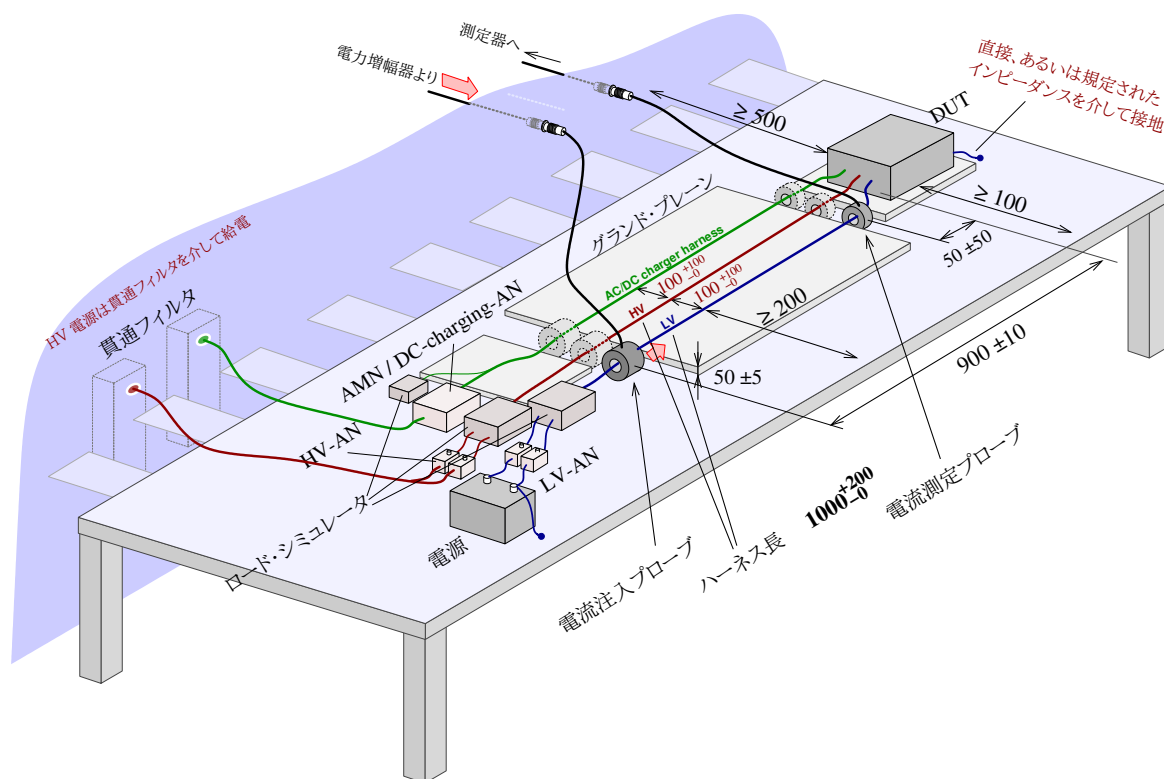


図 25: REESS 充電モードでの ISO 11452-4 (BCI 法) のセットアップの例 — 電力制限付き閉ループ法

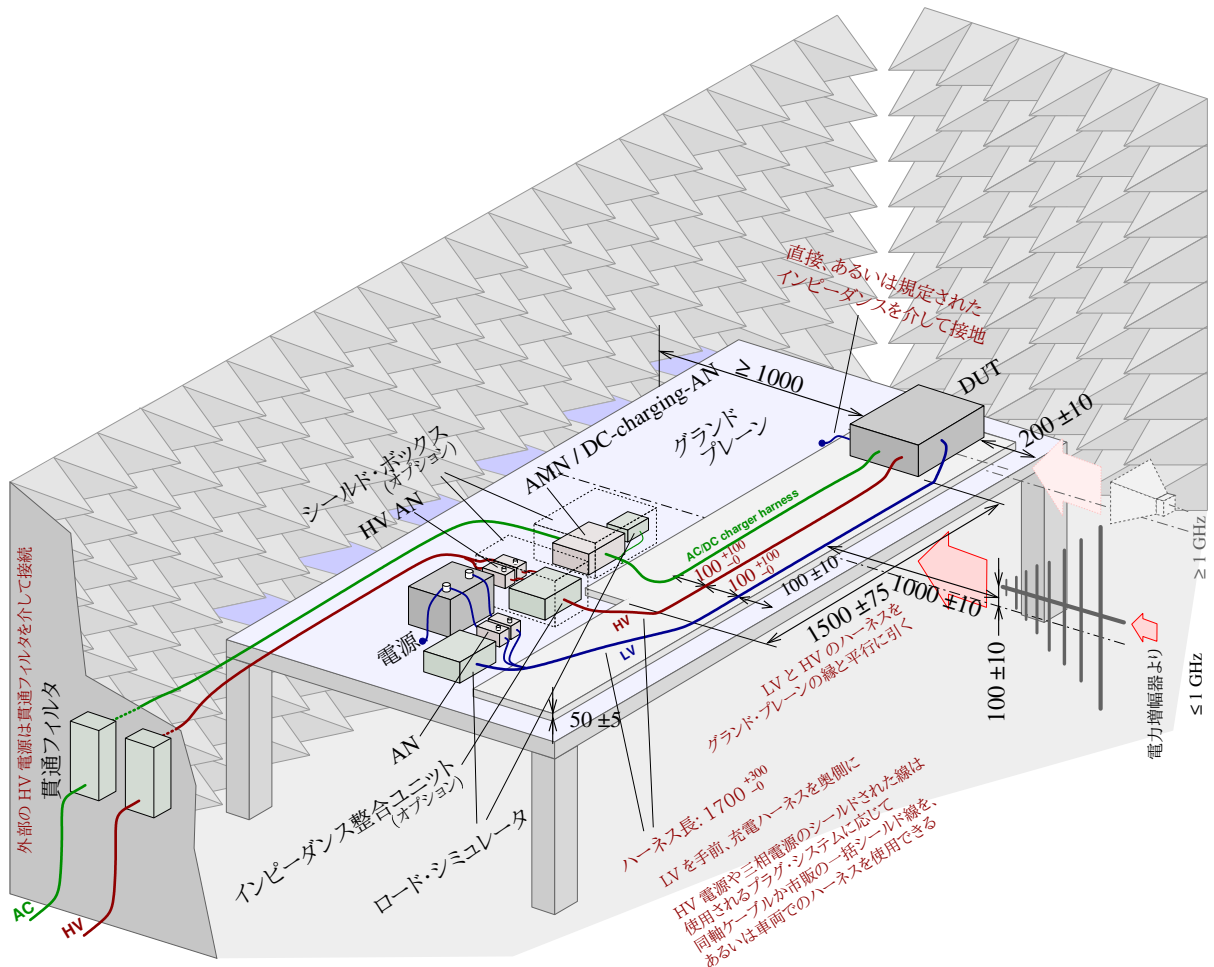


図 26: REESS 充電モードでの ISO 11452-2 (ALSE 法) のセットアップの例

く §7.2.11 の条件の範囲内で測定結果が厳しくなるような動作状態で、任意の 2.5 分の観測を行えば済むだろう。

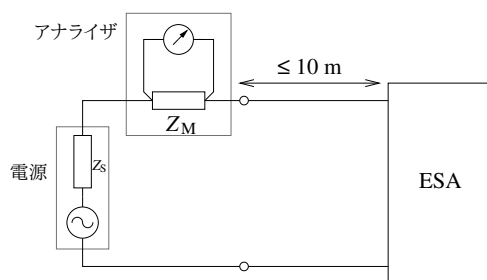


図 27: 高調波エミッションの測定の原理 (IEC 61000-3-2, -3-12)

7.2.6 AC 電源線への電圧変動/フリッカのエミッション (R10 §7.12 / Annex 18)

REESS 充電モードの ESA が AC 電源線に引き起こす電圧変動やフリッカ^{†23}のレベルを制限するもので、入力電流が 16 A/相以下の場合は IEC 61000-3-3^{[8.8][9.7]}、16~75 A/相の場合は IEC 61000-3-11^{[8.8][9.8]} の試験法が用いられ、いずれの場合も以下の限度が適用される:

- $P_{st} \leq 1.0$ (短時間フリッカ値 — 10 分間でのフリッカの指標)
- $P_{lt} \leq 0.65$ (長時間フリッカ値 — 2 時間でのフリッカの指標)

^{†23} フリッカ (flicker) は「その照度やスペクトラム分布が時間につれて変動する光刺激によって誘起される視覚的な不安定さの印象」と定義されており、簡単に言えば照明のちらつきなどのことである。ここでは同じ電源系統に接続された照明のフリッカを引き起こすような電圧変動 (電圧の変動を引き起こすような電流の変動) が評価の対象となる。

- $d(t)$ は 500 ms よりも長く 3.3 % を超えないこと ($T_{\max} \leq 500$ ms)
- $d_c \leq 3.3$ % (最大定常電圧変化 — 図 29 参照)
- $d_{\max} \leq 6$ % (最大相対電圧変化 — 図 29 参照)

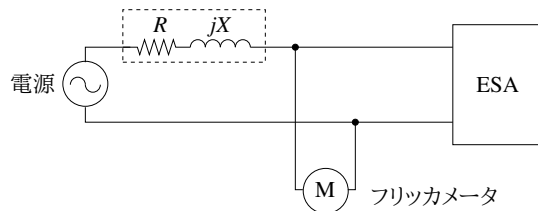


図 28: 電圧変動/フリッカの測定の原理 (IEC 61000-3-3, -3-11)

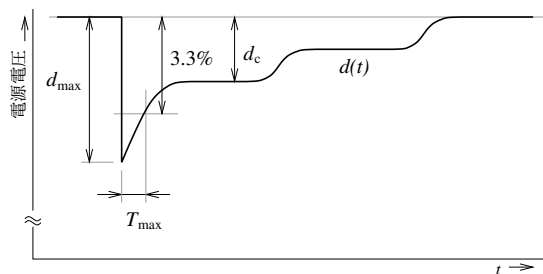


図 29: 電圧変動のパラメータ (IEC 61000-3-3, -3-11)

フリッカ/電圧変動の測定は、IEC 61000-3-3 や IEC 61000-3-11 に従った電源から所定のインピーダンス (IEC 61000-3-3 ではリファレンス・インピーダンス Z_{ref}) を介して ESA に給電し、ESA の電源入力での電圧変化をフリッカ・メータで分析することによって行なう (図 28)。

セットアップの規定はなく、高調波エミッションの測定 (§7.2.5) と同様、例えば図 30 と同様の形で (0.8 m の距離は無視して良い) 配置すれば良いだろう。

P_{lt} 以外の項目は、§7.2.11 に従った充電動作中の 10 分間の観測、及び手動スイッチング^{[8.8][9.7]} の測定手続きを用いて測定できる。

P_{lt} は 1 回の測定に 2 時間を要するが、状況によってはこの測定なしでも適合性を示せるかも知れない^[8.8]。そのような場合に P_{lt} の測定を省略することを考える場合、あらかじめテスト・プランにその詳細を記載し、関係機関の合意を得ておくことが望ましい。

IEC 61000-3-3 に適合する機器、及び IEC 61000-3-11 の対象となる機器で測定結果を Z_{ref} での相当

値に換算したものが上記の限度に適合するものは、一般に電圧や電流が機器の要求を満たす任意のアウトレットへの接続が可能とみなされる。

IEC 61000-3-11 に適合する機器 (測定結果を Z_{ref} での相当値に換算したものが上記の限度に適合するものを除く) は条件付き接続となり、測定結果から得られた最大許容系統インピーダンス (上記の限度に適合させるために必要な最大インピーダンス) 以下のインピーダンスの電源系統にのみ接続することが必要となる。^{[8.8][9.8]}

7.2.7 AC や DC の電源線上の無線周波伝導妨害エミッション (R10 §7.13 / Annex 19)

REESS 充電モードの ESA の AC や DC の電源線 (充電ケーブル) 上の 150 kHz~30 MHz の周波数範囲の伝導妨害エミッションを測定し、規定された限度 (図 31) を超えないことを確認する。

エミッション限度 (図 31) は準尖頭値 (QP)^{†14} と平均値 (AV) で規定されており、双方の限度への適合が必要となる。^{†24}

測定は、AC 電源線は AMN、DC 電源線は DC-charging-AN を介して図 30 のように接続して充電状態 (§7.2.11) とし、CISPR 16-2-1^{[8.9][9.12]} で述べられたように行なう。

AMN や DC-charging-AN は ESA から $0.8^{+0.2}_{-0}$ m の距離に置き、グラウンド・プレーンに低インピーダンスで接続する。ESA と AMN や DC-charging-AN のあいだのケーブルは実車での充電ケーブルを用いる場合などを除いて 1 m とすることが望ましい。このケーブルが 1 m よりも長い場合、グラウンド・プレーンから 100 ± 25 mm の高さに引き、ESA から 100 mm よりも離れた位置で余長をジグザグに折り返す (図 30)。

DC 充電ステーションとのあいだの DC ケーブルは、最大長が 30 m 未満であるか、他の者が利用しない私有の DC 充電ステーション^{†25} への接続が意図されているならば、この試験は不要となる。^{†26}

^{†24} §7.1.1 などと異なり、この限度は広帯域限度と狭帯域限度ではない。

^{†25} “local / private DC-charging station without additional participants”

^{†26} この場合、製造業者は、その ESA が 30 m 未満のケーブルと共にのみ、あるいは他の者が利用しない私有の DC 充電ステーション^{†25} に接続してのみ電力網に接続しての REESS 充電モードで利用できる旨を言明しなければならない。DC 充電ステーションとのあいだのケーブルが 30 m 以上となるケースは少ないと思われ、多くの場合、DC ケーブルはケーブル長の

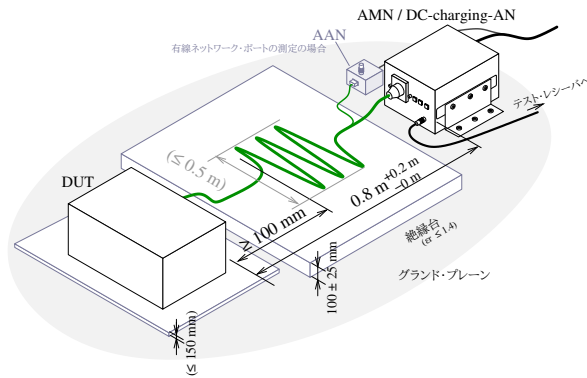


図 30: ESA の REESS 充電モードでの無線周波伝導妨害エミッションの測定セットアップの例

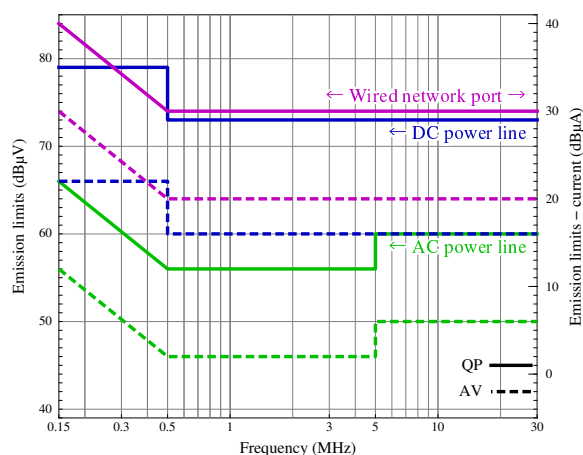


図 31: REESS 充電モードでの無線周波伝導妨害エミッションの限度 (ESA、及び車両) — AC 電源線、DC 電源線、及び有線ネットワーク

7.2.8 有線ネットワーク・ポート上の無線周波伝導妨害エミッション (R10 §7.14 / Annex 20)

ESA がテレコミュニケーション・サービスを提供する有線ネットワーク (CATV、PSTN、ISDN、xDSL、LAN など) への接続のためのポートを持つ場合、REESS 充電モードにおけるそのポート上の 150 kHz～30 MHz の周波数範囲の伝導妨害エミッションを測定し、規定された限度 (図 31) を超えないことを確認する。

エミッション限度 (図 31) は準尖頭値 (QP)^{†14} と平均値 (AV) で規定されており、双方の限度への適合が必要となる。^{†24} このエミッション限度は電圧 (図 31 の左側の目盛) と電流 (図 31 の右側の目盛) で規定されているが、このいずれを適用するかは選

制限を明確とすることで無線周波伝導妨害エミッション (§7.2.7, §8.2.5)、ファスト・トランジェント/バースト (§7.2.9, §8.2.7)、及びサージ (§7.2.10, §8.2.8) の試験は不要とできそうである。

択された試験法による。

PLC (電力線通信) に対してはこの要求は適用されないが、§7.2.7 で述べた電源線に対するエミッション要求はそのような電源線にも適用される。

この測定は、ESA の電源線は電源線上の伝導妨害エミッションの測定 (§7.2.7) の場合と同様に、また信号/制御ポートや有線ネットワーク・ポートは適切な AAN を介して接続して充電状態 (§7.2.11) とし、CISPR 22^{[8.9][9.13]} で述べられたように行なう (図 30)。

対称通信線の場合、AAN の LCL (longitudinal conversion loss; 不平衡減衰量) を実際の使用時に接続される機器とケーブルに合わせるように Z_{cat} (図 49) を調整する。この LCL の値は事前に測定か充電ステーション/充電ハーネスの製造業者の規定に基づいて決定すべきである。

この測定を ESA を充電ステーションと接続して行なう場合は測定で必要なもの以外の AAN は不要となる。

7.2.9 AC や DC の電源線上の EFT/B へのイミュニティ (R10 §7.15 / Annex 21)

IEC 61000-4-4^{[8.6][9.10]} に従って、ESA の AC や DC の電源線 (充電ハーネス) を CDN (結合/減結合回路網) を介して接続して図 33 に示したような妨害^{†27}を印加し、イミュニティを確認する。

試験レベルは AC と DC のいずれの電源線についても ± 2 kV である。

CDN は ESA からの距離を 0.5 ± 0.05 m としてグラウンド・プレーン上に直接置いて低インピーダンスで接地する。ESA と CDN のあいだのケーブルはグラウンド・プレーンから 100 ± 25 mm の高さに引いて必要であれば ESA から 100 mm よりも離れた位置で余長をジグザグに折り返す (図 32)。

DC 充電ステーションとのあいだの DC ケーブルは、最大長が 30 m 未満であるか、他の者が利用しない私有の DC 充電ステーション^{†25}への接続が意図されているならば、この試験は不要となる。^{†26}

^{†27} EFT/B (電氣的ファスト・トランジェント/バースト) と呼ばれる、接点の開閉などで生じるような立ち上がりの早い繰り返し性の妨害を模擬する、立ち上がり時間 5 ns、パルス幅 50 ns のパルスのバースト (図 33)。

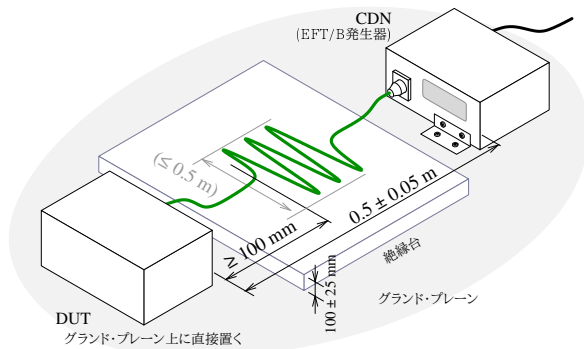


図 32: ESA の AC や DC の電源線上の EFT/B へのイミュニティ試験のセットアップの例

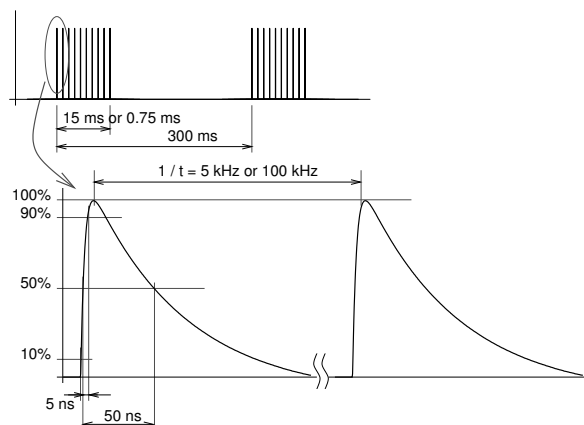


図 33: IEC 61000-4-4 (EFT/B) 試験波形

7.2.10 AC や DC の電源線上のサージへのイミュニティ (R10 §7.16 / Annex 22)

IEC 61000-4-5^{[8.6][9.10]} に従って、ESA の AC や DC の電源線 (充電ハーネス) を CDN を介して接続して図 35 に示したようなサージ^{†28}を印加し、イミュニティを確認する。

試験レベルは以下の通りである:

- AC 電源線
 - － ライン-接地間: ± 2 kV
 - － ライン間: ± 1 kV
- DC 電源線
 - － ライン-接地間: ± 0.5 kV
 - － ライン間: ± 0.5 kV

^{†28} 電力のスイッチングや雷の影響などで生じるような過渡的な妨害を模擬する、開放電圧波形の波頭長 (立ち上がり時間) が $1.2 \mu\text{s}$ で波尾長 (パルス幅) が $50 \mu\text{s}$ 、短絡電流波形の波頭長が $8 \mu\text{s}$ で波尾長が $20 \mu\text{s}$ の $1.2/50 \mu\text{s} - 8/20 \mu\text{s}$ コンビネーション・ウェーブと呼ばれるパルス。

ESA はグラウンド・プレーン上に直接置き、ESA と CDN のあいだのケーブルは 2 m 以下の長さとしてグラウンド・プレーンから 100 ± 25 mm の高さに引く (図 34)。

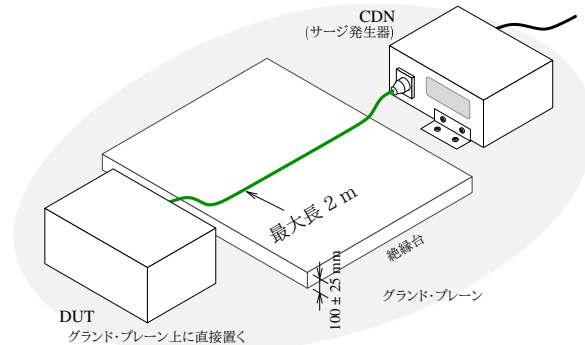


図 34: ESA の AC や DC の電源線上のサージへのイミュニティ試験のセットアップの例

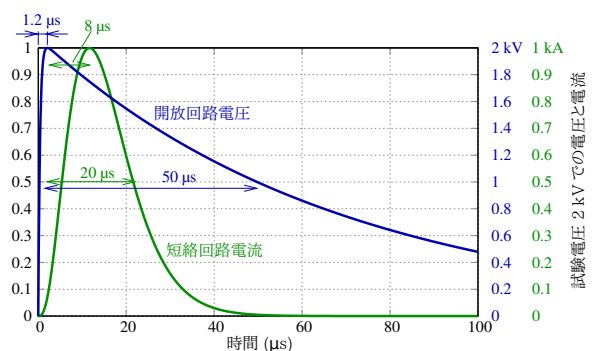


図 35: IEC 61000-4-5 (サージ) 試験波形

DC 充電ステーションとのあいだの DC ケーブルは、最大長が 30 m 未満であるか、他の者が利用しない私有の DC 充電ステーション^{†25}への接続が意図されているならば、この試験は不要となる。^{†26}

7.2.11 REESS 充電モードでの試験時の動作条件

- REESS 充電モードに関する ESA は充電状態とする;
- 動力用バッテリーの SOC (充電率) は試験の全期間にわたって 20~80 % の範囲内とする;^{†29}
- REESS なしでの試験は定格電流で行なうべき;

^{†29} 実際にバッテリーを充電しながら試験を行なう場合、試験のあいだバッテリーの SOC (充電率) を規定の範囲内に維持するために、試験を分割し、途中でバッテリーを放電させることが必要となるかも知れない。バッテリーが複数ある場合、それらの SOC の平均値がこの範囲にあれば良い。

- 電流を調整可能な場合は、
 - － エミッション試験 — AC 充電の場合は公称値の 80 % 以上、DC 充電の場合は型式認定機関との合意がない限り 80 % 以上とする；
 - － イミューニティ試験 — 公称値の 20 % 以上とする。

充電に関係する ESA のイミューニティ試験に際しては、少なくとも、誤った充電条件、例えば過電圧や過電流の発生の有無を確認することが必要となる。

8 車両での試験

8.1 REESS 充電モード以外

8.1.1 広帯域エミッション (R10 §6.2 / Annex 4)、 狭帯域エミッション (R10 §6.3 / Annex 5)

車両から 10 m か 3 m の距離で測定した 30～1 000 MHz のエミッションが所定の限度 (図 38) を超えないことを確認する。

この測定法は CISPR 12^{[8.5][9.5]} に基づいたもので、半径 30 m (カテゴリ L の車両の測定距離 3 m) での測定の場合は 20 m) 以内に反射物のない平坦な場所 (図 36)、あるいはそのような場所での測定との相関を示せるようなサイトでの測定を行なう。

ESA (§7.1.1) と同様、エミッション限度 (図 38) は準尖頭値 (QP) 検波^{†14}での値として規定された広帯域限度^{†15}と平均値 (AV) 検波での値として規定された狭帯域限度として規定されており、基本的には双方の限度への適合が必要となる。

車両が 9 kHz よりも高い周波数の発振回路を含まない場合は狭帯域エミッションの評価は不要となるが、現代ではこれに該当するケースはほとんどないであろう。

測定は、受信アンテナのビーム幅が車両の長さよりも大きい場合はアンテナを車両の中央に合わせ、そうでない場合は車両の全長を受信アンテナのビームでカバーできるように複数の位置で、車両の両側面から水平偏波と垂直偏波で行なう (図 37)。

測定距離は車体の側面から受信アンテナの基準点までの距離で、測定距離 10 ± 0.2 m の場合はアンテナは地面から 3 ± 0.05 m の高さに、測定距離

3 ± 0.05 m の場合はアンテナは地面から 1.8 ± 0.05 m の高さに置く。

10 m と 3 m のいずれの距離で測定するかは任意であるが、特に車両が長い場合、測定距離を 3 m とすると必要な測定回数が増えることが予想される。^{†30}

測定は車両を以下の状態として行なう：^{†31}

● 広帯域エミッションの測定

エンジンは CISPR 12 で定められたように動作させ (表 7)、運転手や乗客が恒久的にオンにできる広帯域エミッションを発生し得る全ての機器は最大負荷で動作させる。

電気推進モータやハイブリッド推進システムを持つ車両の測定時に表 7 のような条件で動作させることが実地的でない場合、50 km/h モードでのイミューニティ試験 (§8.1.2) と同様、その動作条件を達成するためにトランスミッション・シャフト、ベルト、あるいはチェーンを切り離しても良い。

● 狭帯域エミッションの測定

イグニッション・スイッチはオン、エンジン停止、電子システムは静止状態での通常の状態とする。

8.1.2 電磁放射へのイミューニティ (R10 §6.4 / Annex 6)

車両を 20～2 000 MHz の周波数範囲で 30 V/m の垂直偏波の電磁放射に曝し、イミューニティ関連機能の性能の低下がないことを確認する。

車両がイミューニティ関連機能を持つ電気/電子システムを含まない場合はこの試験は不要となるが、現代ではこれに該当するケースはほとんどないであろう。

試験法は ISO 11451-2^{[8.11][9.5]} で規定されたもので、通常、20 MHz か 30 MHz 程度以上ではアン

^{†30} アンテナの 3 dB ビーム幅が 60° 程度と仮定すると測定距離 3 m で約 3.5 m、10 m で約 11.5 m となり、測定距離 10 m であれば大型トラック (全長 12 m 以下) でも片側 1 箇所での測定でカバーできるかも知れないが、測定距離 3 m では普通乗用車 (5 ナンバーで全長 4.7 m 以下) でも片側 2 箇所、大型トラックでは片側 4 箇所での測定が必要となりそうである。

^{†31} これらの広帯域エミッションと狭帯域エミッションの測定条件は、それぞれ CISPR 12:2007(+A1:2009) の “Engine-Running” モードと “Key-On, Engine-Off” モードと同様である。

エンジンのタイプ	動作条件 (エンジン速度)
内燃機関	
1	2500 rpm $\pm$ 10 %
> 1	1500 rpm $\pm$ 10 %
電気推進モータ	40 km/h、あるいは最大速度がそれ以下であれば最大速度

表 7: 車両の REESS 充電モード以外での広帯域エミッション測定時のエンジンや電気推進モータの動作

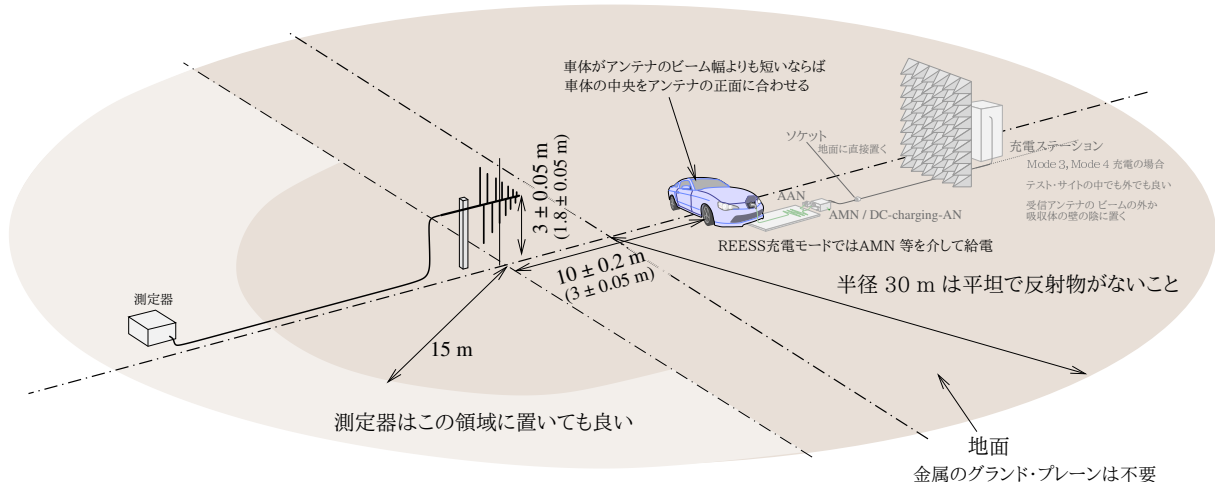


図 36: 屋外テスト・サイトでの車両の放射エミッション測定のイメージ

テナ (図 41) が、それよりも低い周波数では TLS (transmission line system; 図 43) が用いられる。但し、車両が 12 m よりも長い、2.60 m よりも広い、あるいは 4.00 m よりも高い場合^{†32}は、その代わりに ISO 11451-4 (BCI 法) を周波数範囲を 20~2000 MHz に拡大して適用しても良い。

アンテナと TLS のいずれも周囲に強い電磁界を放射し、またシールド・ルームの壁などの反射物からの反射が試験に影響を与える可能性があるため、通常は適切な電波暗室の中での試験が必要となる。

車両はその基準点を電界強度の確認を行なった基準線上 (図 42) に合わせてアンテナに面して配置し、垂直偏波での照射を行なう。通常は車両の前方からの照射を行なうが、イミュニティ関連機能に関する装置やハーネスが主に後方にある場合は後方から、長い車両でイミュニティ関連機能に関する装置やハーネスが主に中程にある場合はいずれかの側面からの照射を行なう。

車両の前方からの照射を行なう場合の車両の基準点は、カテゴリ L の車両については ECE R10 Annex 6 で、その他の車両については ISO 11451-2^{[8.11][9.5]} で定められており、次のようになる：

● カテゴリ L 以外

- ルーフの高さが 3 m 以下の場合は高さ 1 ± 0.05 m、3 m を超える場合は高さ 1.8 ± 0.05 m
- 前の車軸から 0.2 ± 0.2 m 後方、あるいは前ガラスとフードの交点から 1 ± 0.2 m 後方のいずれか前方寄りの方 (図 39)

● カテゴリ L (4 輪未満の車両)

- 高さ 1 ± 0.05 m (ルーフの高さが 3 m を超える場合は高さ 2 ± 0.05 m)
- 三輪の車両の場合は前輪の中心から 1 ± 0.2 m 後方、二輪の車両の場合は前輪の中心から 0.2 ± 0.2 m 後方 (図 40)

試験は 50 km/h モード、及びブレーキ・モード^{†33}で行ない、それぞれについて最小限の試験条件や不合格基準が示されている (表 8)。

運転手や乗客が恒久的にオンにできる機器は通常動作とすべきであり、運転手による車両の制御に影響する全てのシステムは車両での通常動作と同様としなければならない。イミュニティ関連機能の必須

^{†32} 大型トラックで 12 m $\times$ 2.5 m $\times$ 3.8 m 弱であるので、路上走行車両では滅多に該当しないと思われる。

^{†33} REESS 充電モードでの試験については §8.2.2 で触れる。

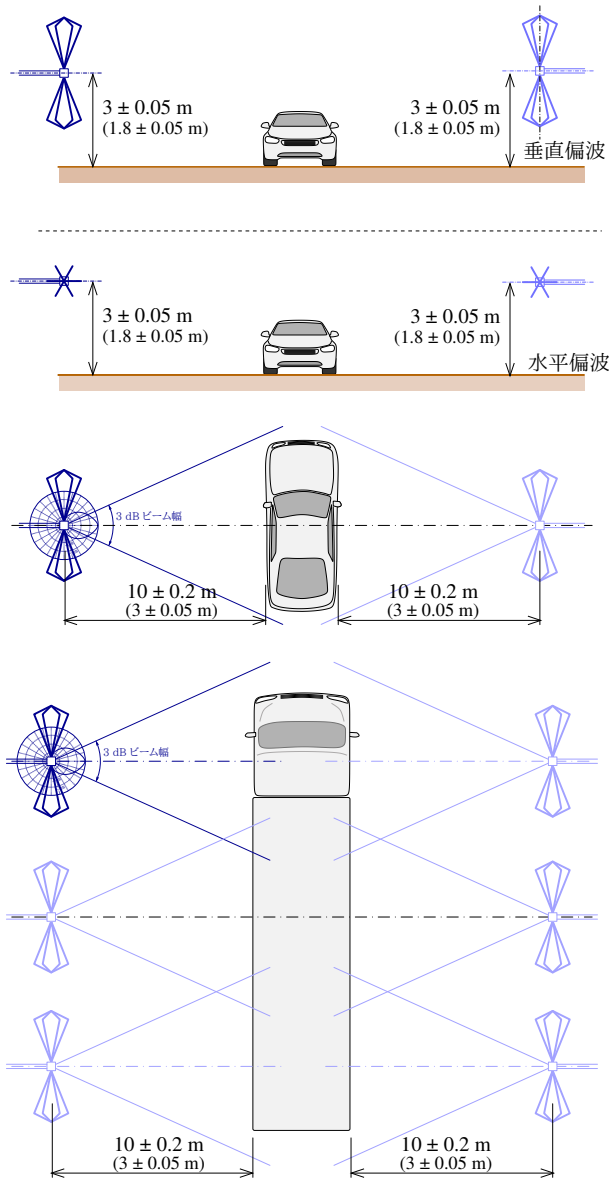


図 37: 車両での放射エミッション測定でのアンテナの位置

の部分となる電気/電子システムで規定されたように動作させられないものがある場合、適合性を示すための追加の証拠が必要となる。

50 km/h モードでは車両をダイナモメータか非導電性の車軸台に乗せて車輪を回転させるか、あるいはそれが適切であればエンジンと車輪のあいだのトランスミッション・シャフト、ベルト、あるいはチェーンを切り離す。

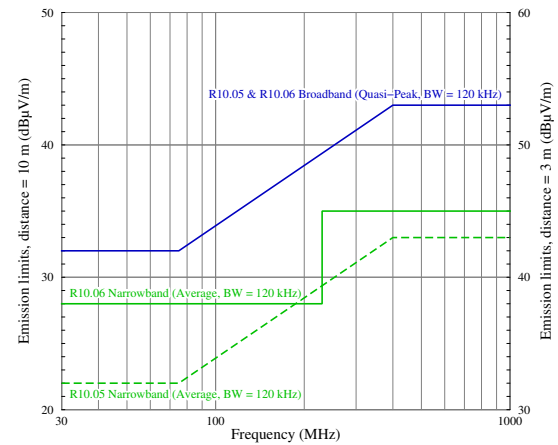


図 38: 車両での放射エミッション限度

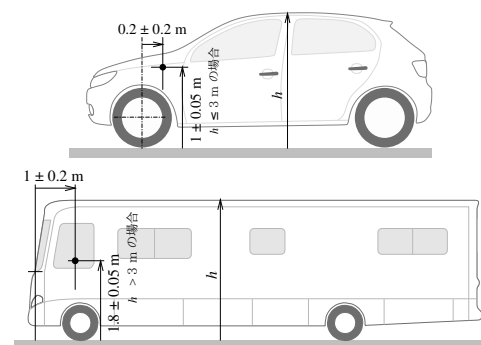


図 39: カテゴリ L 以外の車両の基準点

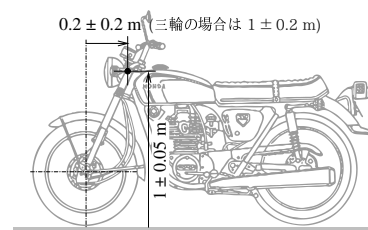


図 40: カテゴリ L の車両の基準点

8.2 REESS 充電モード

8.2.1 広帯域エミッション (R10 §7.2 / Annex 4)

車両の充電用の電源を 図 44 と同様に AMN や DC-charging-AN を介して、また信号/制御ポートや有線ネットワーク・ポートを適切な AAN を介して接続して §8.2.9 で示すように充電状態とし、REESS 充電モード以外 (§7.1.1) と同様に広帯域エミッションの測定を行なう。

AMN などは車体の側面からの距離を $0.8^{+0.2}_{-0}$ m としてグランド・プレーンか地面の上に直接置いて接地する。充電ハーネスは車体から 100^{+200}_{-0} mm の

“50 km/h モード” 車両試験条件	不合格基準
車速 50 km/h (L_1 と L_2 は 25 km/h) $\pm 20\%$ クルーズ・コントロール・システムが装備されている場合は速度の維持にそれを用いる	10 % を超える速度変化
すれ違い用前照灯を点灯させる (手動モード)	消灯
特定の警告器具 (回転灯やサイレンなど) を動作させる 通常状態の計器盤	停止 予期しない警告 走行距離計の一貫しない変動
後方視界システム	バックミラーの予期しない動き 表示の消失やフリーズ
前ワイパーを最大速度で動作させる (手動モード)	ワイパーの完全な停止
運転席側のウィンカーを動作させる	周波数の変化 (0.75~2.25 Hz の範囲を超える) デューティ比の変化 (25~75 % の範囲を超える)
通常状態のアジャスタブル・サスペンション ⋮	予期しない顕著な変化 ⋮
ブレーキ・ペダルは踏まない	予期しないブレーキの作動、予期しない制動灯の作動
“ブレーキ・モード” 車両試験条件	不合格基準
ブレーキ・システムが通常の動作をできる状態 パーキング・ブレーキ解除 車速 0 km/h ブレーキ機能と制動灯を作動させるためにブレーキ・ペダルを踏む	制動灯の消灯 ブレーキ機能の喪失とブレーキ警告灯の点灯
デイルイト点灯	デイルイトの消灯
“REESS 充電モード” 車両試験条件	不合格基準
車両を不動化し、エンジンを切り、充電モードとする REESS の SOC (充電率) を 20~80 % に維持 電流を調整可能な場合は公称値の 20 % 以上とする	車両の動き パーキング・ブレーキの予期しない解除 オートマチック・トランスミッションのパーキング・ポジションからの外れ

表 8: 車両での最小限のイミュニティ試験条件と不合格基準の例 (抜粋)

位置で鉛直に引き下ろし、グラウンド・プレーンか地面の 100 ± 25 mm 上を車体の側面と直角に真っ直ぐに引き、ハーネスが長い場合は余長は 0.5 m 以下の幅でジグザグに折り返す (図 44)。

充電ステーションを用いる場合、

- 充電ステーションはテスト・サイト内に置いてもテスト・サイト外に置いても良い;
- 充電ステーションをテスト・サイト内に置く場合、充電ステーション側のハーネスは鉛直に引き下ろし、グラウンド・プレーンか地面のできる限り近くに引く;
- 充電ステーションは受信アンテナの 3 dB ビーム幅の外側に置くべきで、それが困難であれば電波吸収体のパネルの陰に置ける;^{†34}

^{†34} バイコニカル・アンテナで垂直偏波での測定を行なう場合

- 信号/制御ポートや有線ネットワーク・ポートは AAN を使用せずに充電ステーションに接続して良い。

8.2.2 電磁放射へのイミュニティ (R10 §7.7 / Annex 6)

車両を REESS 充電モードでの広帯域エミッションの測定 (§8.2.1) の場合と同様に接続して充電状態とし、REESS 充電モード以外 (§8.1.2) と同様に電磁妨害へのイミュニティの試験を行なう。

のように充電ステーションをアンテナのビームから外すことは難しい場合もあるので、充電ケーブルをそこまで長くできるのであれば充電ステーションを半径 30 m の領域の外に、あるいは地下に出すことが、あるいは少なくとも 30~1000 MHz の範囲で有効な電波吸収体のパネルで充電ステーションを隠すことが望ましそうである。

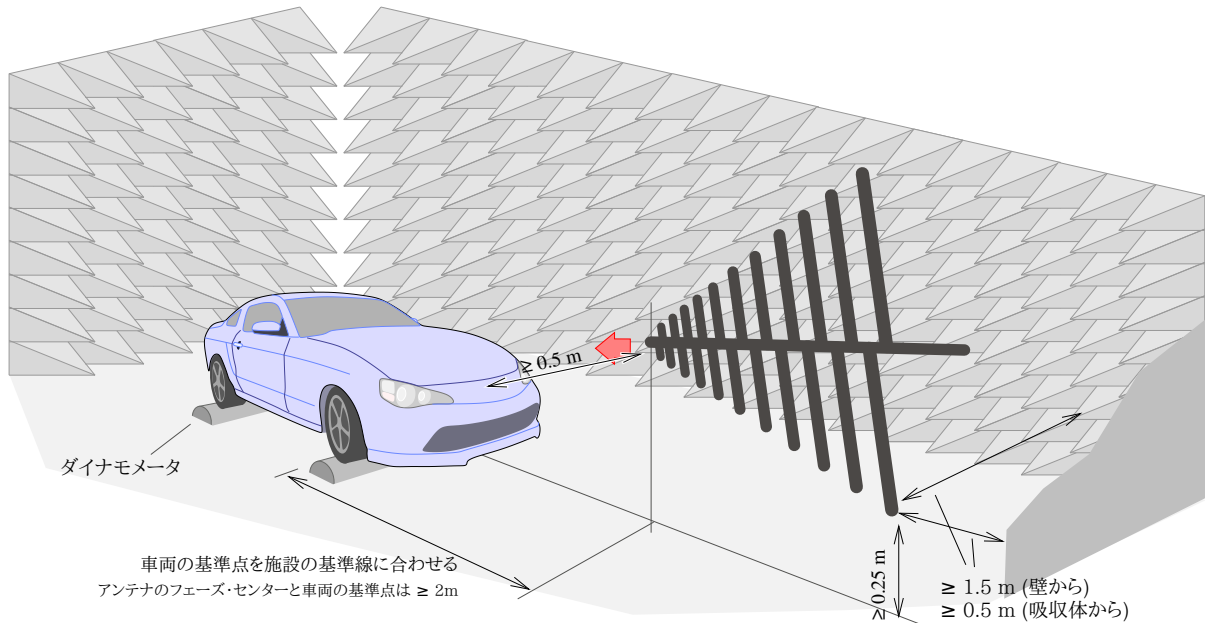


図 41: 車両での電磁放射へのイミュニティの試験のイメージ (ISO 11451-2) — アンテナでの照射

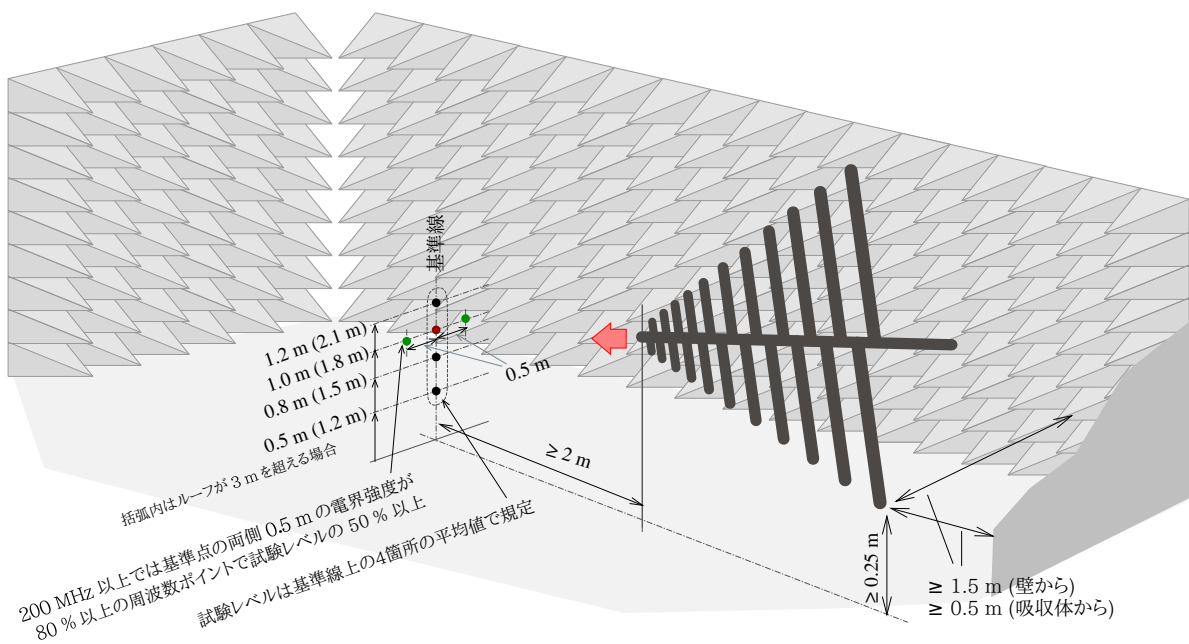


図 42: ISO 11451-2 での試験レベルの設定 — アンテナでの照射

最小限の試験条件や不合格基準は表 8 に REESS 充電モード以外での試験と一緒に示した。

充電ステーションと接続して試験する場合、試験で印加される妨害の充電ステーションへの影響にも注意が必要となるかも知れない。^{†35}

^{†35} 充電ステーションの電磁放射に対するイミュニティ・レベルはこの試験で照射される電磁界の強度よりかなり低いかも知れない。また、充電ステーションを電波暗室の外に出したとしても、充電ケーブルを通して伝わる妨害の影響を受けるかも知れない。

8.2.3 AC 電源線への高調波エミッション (R10 §7.3/ Annex 11)

§7.2.5 で ESA について述べたものと同様の試験を車両に対して行なう。

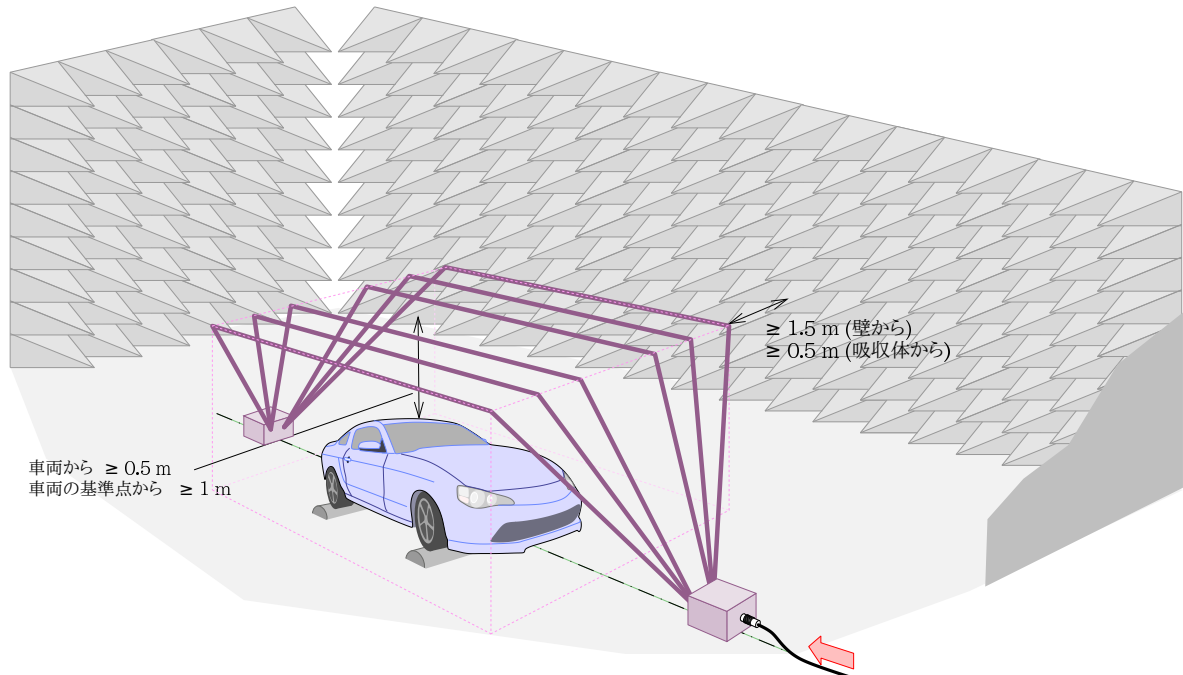


図 43: 車両での電磁放射へのイミュニティの試験のイメージ (ISO 11451-2) — TLS

8.2.4 AC 電源線への電圧変動/フリッカのエミッション (R10 §7.4, Annex 12)

§7.2.6で ESA について述べたものと同様の試験を車両に対して行なう。

8.2.5 AC や DC の電源線上の無線周波伝導妨害エミッション (R10 §7.5 / Annex 13)

車両の充電用の電源線上の 150 kHz～30 MHz の周波数範囲の伝導妨害エミッションを測定し、規定された限度 (図 31) を超えないことを確認する。

エミッション限度 (図 31) は ESA (§7.2.7) と共通で、準尖頭値 (QP)^{†14} と平均値 (AV) で規定されており、双方の限度への適合が必要となる。^{†24}

測定は、充電用の AC 電源線は AMN、DC 電源線は DC-charging-AN を介して図 44 のように接続し、ESA の場合 (§7.2.7) と同様に行なう。

8.2.6 有線ネットワーク・ポート上の無線周波伝導妨害エミッション (R10 §7.6 / Annex 14)

車両がテレコミュニケーション・サービスを提供する有線ネットワーク (CATV、PSTN、ISDN、xDSL、LAN など) への接続のためのポートを持つ場合、REESS 充電モードにおけるそのポート上の

150 kHz～30 MHz の周波数範囲の伝導妨害エミッションを測定し、規定された限度 (図 31) を超えないことを確認する。

エミッション限度 (図 31) は ESA (§7.2.8) と共通で、準尖頭値 (QP)^{†14} と平均値 (AV) で規定されており、双方の限度への適合が必要となる。^{†24}

PLC (電力線通信) に対してはこの要求は適用されないが、§8.2.5で述べた電源線に対するエミッション要求はそのような電源線にも適用される。

この測定は、車両の電源線は電源線上のエミッションの測定 (§8.2.5) の場合と同様に、また信号/制御ポートや有線ネットワーク・ポートは適切な AAN を介して接続し、ESA の場合 (§7.2.8) と同様に行なう (図 44)。

この測定を車両を充電ステーションと接続して行なう場合は測定で必要なもの以外の AAN は不要となる。

AAN の影響で車両の機能を保証できない場合、代わりに CISPR 22^{[8.9][9.13]} で述べられているように電流プローブと容量性電圧プローブを用いて測定できる。

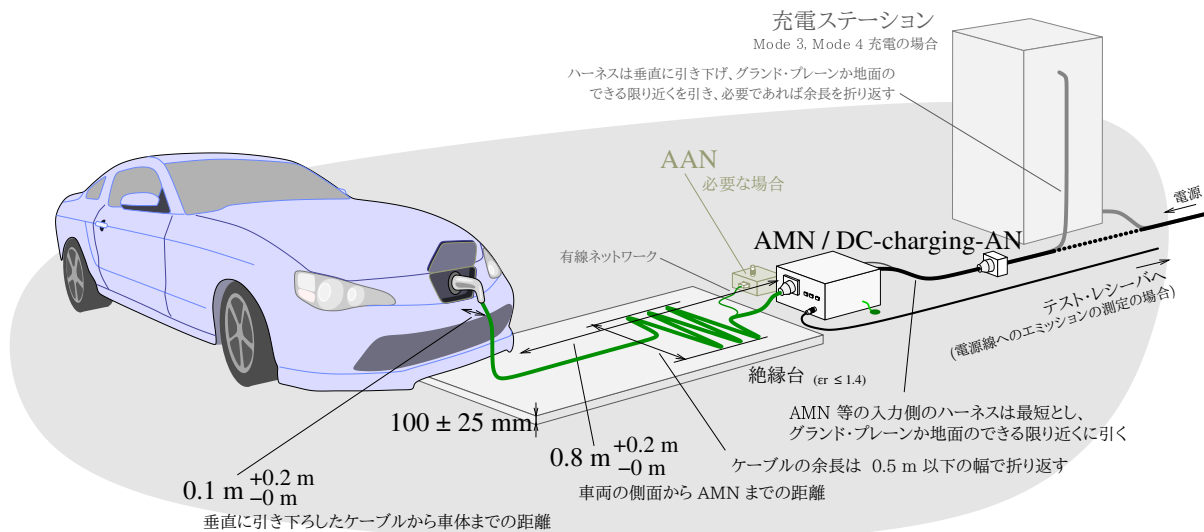


図 44: 車両の REESS 充電モードでの試験のセットアップの例

8.2.7 電源線上の EFT/B へのイミュニティ (R10 §7.8 / Annex 15)

§7.2.9 で ESA について述べたものと同様の試験を、図 44 に似たセットアップで車両に対して行なう。

8.2.8 電源線上のサージへのイミュニティ (§7.9 / Annex 16)

§7.2.10 で ESA について述べたものと同様の試験を、図 44 に似たセットアップで車両に対して行なう。

8.2.9 REESS 充電モードでの試験時の動作条件

- 車両を不動化し、エンジン (電気推進モータを含む) を切り、充電モードとする;
- 運転手や乗客がオンにできる機器はオフとする;
- 動力用バッテリーの SOC (充電率) は試験の全期間にわたって 20~80 % の範囲内とする;^{†29}
- 電流を調整可能な場合は、
 - － エミッション試験 — AC 充電の場合は公称値の 80 % 以上、DC 充電の場合は型式認定機関との合意がない限り 80 % 以上とする;
 - － イミュニティ試験 — 公称値の 20 % 以上とする

9 補足

9.1 テスト・プラン (試験計画書)

試験に先立って、少なくともそれぞれの規格で規定された事項を含む、試験の実施のために必要な全ての情報を記載したテスト・プランを用意することが必要となる。

ESA の試験の場合、テスト・プランには次のような情報も含めることが必要となるだろう:

- その ESA に関する情報;
- 適用する試験法、また該当する場合はその周波数範囲;
- 試験で使用するハーネスやロード・シミュレータなどの情報を含む、試験対象品の構成の詳細な情報;^{†36}
- それぞれの試験での動作条件、またその動作条件を達成する手段;
- ESA の置き方 (ESA のどの面を下側に、また該当する場合はアンテナ側に向けるか);
- ESA の接地の方法;
- ハーネスがシールドされている場合はそのシールドの終端の方法;

^{†36} 試験で使用するハーネスやロード・シミュレータは試験に結果に著しい影響を与えるため、それぞれの規格に従った、適切なものを使用することが必要となる。[8.10] も参照。

- イミュニティ試験で適用する具体的な性能基準^{†37}、またその監視や判断の手段;
- 電磁放射へのイミュニティの試験 (§7.1.3) での周波数掃引ステップ、及びドウェル・タイム。^{†38}

9.2 AN, AMN, AAN

ECE R10 での試験では、表 9 で示すような AN (artificial network)、AMN (artificial mains network)、及び ANN (asymmetric artificial network) を接続対象の線に応じて使用する。

これらの測定用ポートはそのラインのエミッションを測定する際には測定器 (テスト・レシーバ) に接続し、その他の時には $50\ \Omega$ で終端する。

9.2.1 LV-AN, HV-AN, DC-charging-AN

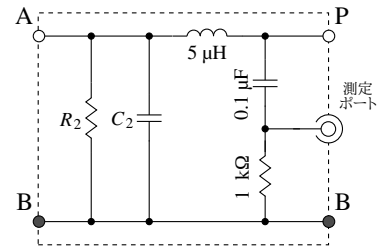
AN (LV-AN)、HV-AN、及び DC-charging-AN はいずれも $5\ \mu\text{H} / 50\ \Omega$ AN で、基本回路 (図 45) やインピーダンス (図 46) の規定は同様だが、図 45 に示すように、電源入力側の定数として異なる値が示されている。^{†39}

HV-AN と ESA のあいだには、必要に応じて適切なインピーダンス整合回路網を入れることができる。高圧 DC 電源線はしばしばシールドされるため、HV-AN はケーブルのシールドを適切に終端できるように構造となっているか、あるいはそのようなシールド・ケースに入れて使用されることが多い。

^{†37} 性能基準の枠組みは規格で示されている (§7.1.4) が、これらは「設計通りに働く」や「正常な動作」のような表現を含んでおり、特定の ESA に直接適用するのに適していないので、その特定の ESA に適用する具体的な、望ましくは客観的な判断を行なえるような性能基準をその枠組みに沿って決定することが必要となるだろう。

^{†38} 各周波数の妨害は、あらかじめ決定されたドウェル・タイム (dwell time) のあいだに印加される。動作サイクルが長い、間欠的に動作する機能がある、あるいは妨害への反応が遅い (例えば時定数の長いフィルタが関係する) 機能がある場合、それに応じてドウェル・タイムを長くすることが必要となるだろう。

^{†39} インピーダンス Z_{PB} は端子 A-B を (従って C_2 を) 短絡した状態で規定されているため、 C_2 の容量の違い (また、 C_2 があるかどうか) の影響を受けない。だが、 C_2 の $150\ \text{kHz}$ におけるインピーダンスは $1\ \mu\text{F}$ では約 $1\ \Omega$ 、 $0.1\ \mu\text{F}$ では約 $10\ \Omega$ で、実際の使用時には $C_2 = 0.1\ \mu\text{F}$ の HV-AN の端子 P-B 側から見たインピーダンスは電源入力側のインピーダンスの影響を有意に受けることが予想される。HV-AN の入力側の貫通フィルタ (§7.2.1, 図 23 など) を参照) はこの影響を緩和するだろう。



AN	C_2	R_2
AN (LV-AN)	$1\ \mu\text{F}$	—
HV-AN	$0.1\ \mu\text{F}$	$1\ \text{M}\Omega$
DC-charging-AN	$1\ \mu\text{F}$	$1\ \text{M}\Omega$

図 45: LV-AN, HV-AN, DC-charging-AN の原理

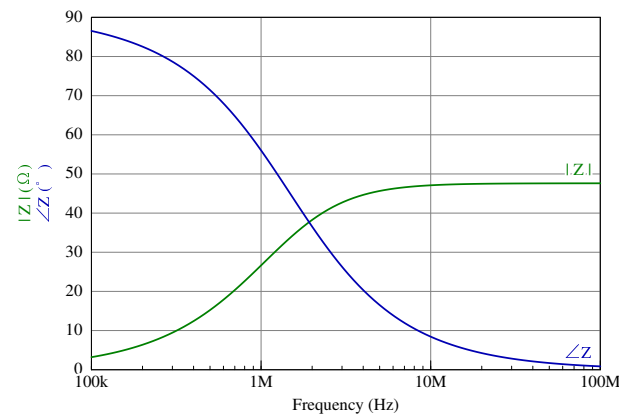


図 46: $5\ \mu\text{H} / 50\ \Omega$ AN のインピーダンス Z_{PB} (測定ポートを $50\ \Omega$ で終端、端子 A-B を短絡した状態での計算値)

9.2.2 AMN

AMN (図 47) は商用電源に接続される一般の電気機器の電源ポート伝導エミッション測定で良く用いられるものと同様の $50\ \mu\text{H} / 50\ \Omega$ のものであり、AC 充電の ESA や車両の REESS 充電モードでの試験で用いられる。

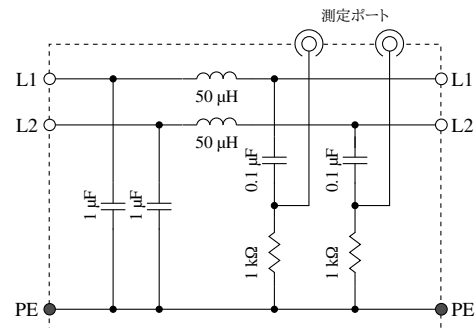
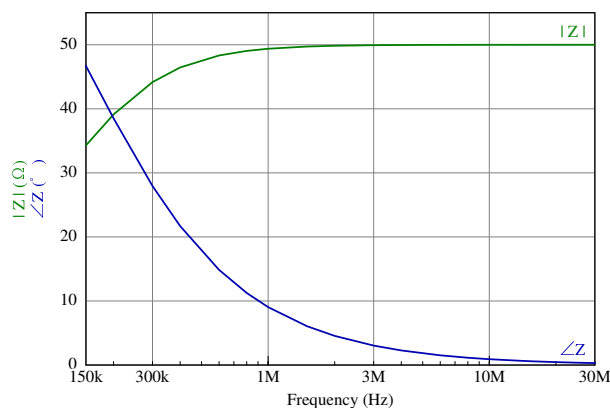
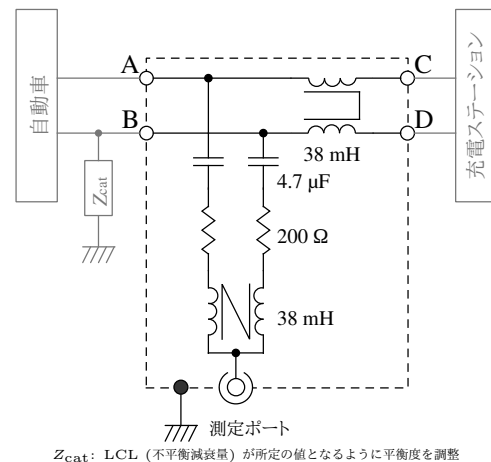


図 47: AMN ($50\ \mu\text{H} / 50\ \Omega$) の原理 — 単相電源用

電源線用 AN, AMN	
低圧 DC 電源線	AN (LV-AN; (5 μ H / 50 Ω) — R10 Appendix 8 §1
高圧 DC 電源線	HV-AN (5 μ H / 50 Ω) — R10 Appendix 8 §2
DC 充電ライン	DC-charging-AN (5 μ H / 50 Ω) — R10 Appendix 8 §3
AC 充電ライン	AMN (50 μ H / 50 Ω) — CISPR 16-1-2
信号/制御/通信線用 AAN	
対称信号/制御ポート	R10 Appendix 8 §5.1
電源線上の PLC	R10 Appendix 8 §5.2
コントロール・パイロット上の PLC	R10 Appendix 8 §5.3
コントロール・パイロット上の信号/制御	R10 Appendix 8 §5.4
シールド線	CISPR 32 Annex G

表 9: AN, AMN, AAN

図 48: AMN (50 μ H / 50 Ω) のインピーダンス図 49: AAN (対称信号/制御ポート) の原理 — 2 線 (1 対) 用
 Z_{cat} : LCL (不平衡減衰量) が所定の値となるように平衡度を調整

9.2.3 AAN

AAN は ECE R10 Appendix 8 で述べられており、ESA や車両の REESS 充電モードでの試験で用いられる。

電源線上の PLC 用の AAN (図 50) は AMN や DC-charging-AN などと並列に接続することを意図しており、コモン・モード・インピーダンスを制御する機能を持たない^{†40}が、その他の AAN (図 49, 図 51, 図 52, 及び CISPR 32 で示されているシールド線用の AAN) は 150 Ω のコモン・モード・インピーダンスを与えるようになっている。

対称通信線用の AAN (図 49) の Z_{cat} は、LCL (longitudinal conversion loss; 不平衡減衰量) を実際の使用時に接続される機器とケーブルに合わせるように調整する。

ESA や車両の試験を充電ステーションと接続して行なう場合、AAN の使用は不要となる。^{†41}

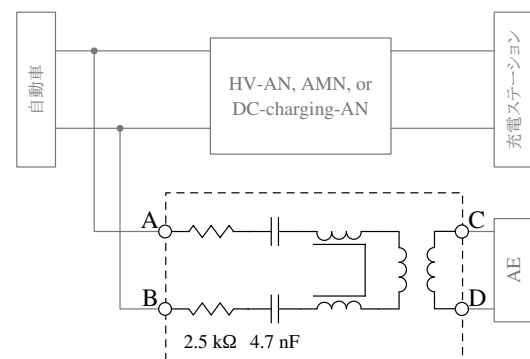


図 50: AAN (電源線上の PLC) の原理

^{†40} PLC の信号は AMN などを通過できず、この AAN は信号を通すため代替の経路を提供する。

^{†41} 図 51 や図 52 のような AAN は充電ステーションとのあいだの通信を阻害する可能性もあるが、充電ステーションと接

続して試験を行なう場合はそれらの AAN を接続せずに充電ステーションと直接接続しても良い。但し、テレコミュニケーション・サービスを提供する有線ネットワーク・ポートは測定の対象となる (§7.2.8, §8.2.6) ため、充電ステーションと接続して試験を行なう場合も少なくともその測定に際しては原則として AAN が必要となる。

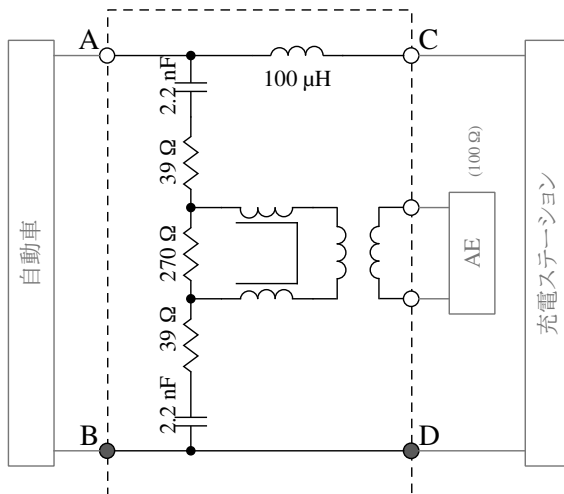


図 51: AAN (コントロール・パイロット上の PLC) の原理

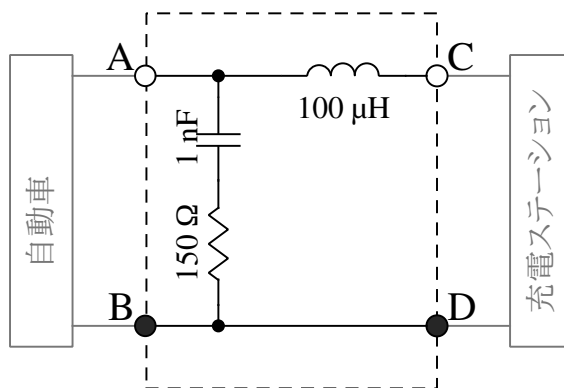


図 52: AAN (コントロール・パイロット上の信号/制御) の原理

9.3 無線機器の扱い

無線送信機は送信モードでの試験の実施が必要となる。

送信モードでのエミッション評価では、必要周波数帯域幅^{†42}内の必要なエミッションと帯域外エミッション^{†43}には ECE R10 の要求は適用されないが、スプリアス・エミッション^{†44}は ECE R10 の限度に適合しなければならない。^{†45}

^{†42} 規定された条件のもとでの必要な速度と品質での情報の伝送を確保するのに丁度充分な周波数帯の幅。

^{†43} 帯域外エミッション (out-of-band emissions): スプリアス・エミッション以外の、必要周波数帯域幅のすぐ外側の周波数の変調プロセスに起因するエミッション。

^{†44} スプリアス・エミッション (spurious emission): 情報の伝送への影響なしにそのレベルを低減できる、必要周波数帯域幅外のエミッション。

^{†45} 無線送信を行なった状態でのエミッション測定は難しいものとなることがあり、送信を停止した状態での測定も行なうことも考えるのが良いかも知れない。

イミュニティ試験では、試験中の (特に帯域内の電磁妨害を印加している時の) 放送受信器の機能の劣化や喪失は許容できそうであるが、無線がイミュニティ関連機能に関係する場合はイミュニティ試験で妨害を受けている時にも無線の機能が維持されることが必要となるだろう。

無線送信機は、ECE R10 の対象となる場合であっても、一般に各地域の無線機器に対する規則の対象となる。また、例えば EU においては、無線送信機は勿論、GPS 受信器や放送受信器も無線機器指令 2014/53/EU^{[6][7.2]} の対象となる。ESA や車両がこのような規則の対象となる場合、その規則にも従うことが必要となる。

無線送信機である ESA は、車両製造業者とともに型式認定を受けていない場合、適切な設置ガイドラインとともに提供しなければならない。

車両製造業者は、車両への無線送信機の設置に関して、周波数帯、出力レベル、アンテナの位置、また設置に関する要求を示さなければならない、またそのような無線送信機の設置によって車両の性能が悪影響を受けないという証拠を示さなければならない。^{†46}

9.4 他の EMC 規則の適用

地域によっては、ECE R10 が適用されない機器に対して、さらには ECE R10 が適用された機器に対してさえも、他の EMC 規則の適用が必要となることがある。

例えば、EU においては、ECE R10 の適用範囲から除外された機器 (§2.1)、あるいは車両外での使用も想定される機器は、一般に EMC 指令^{[5][7.1]} の対象となる。

9.5 追加の、あるいはより厳しい試験の適用の考慮

OEM (車両メーカー) への ESA の納入に際してはその OEM の要求 (ECE R10 よりもかなり厳しいものとなることがある) への適合が必要となるであろうが、アフターマーケット機器については ECE

^{†46} この確認のためには ISO 11451-3^[9.5] や ISO 11452-9^{[8.2][9.3]} を使用できるかも知れない。

R10 への適合のみが必須となるかも知れず、あるいは ECE R10 への適合さえ任意となるかも知れない。

だが、ECE R10 は最小限の要求を定めるものであり、その技術的な要求への適合はその ESA や車両が実際の使用で問題を起こさないであろうことを意味するものでも、また実際に問題を起こした時に免責されることを意味するものでもない。

実際の使用における問題の防止のため、より厳しいエミッション限度やより高いイミュニティ試験レベルの適用を、また追加の現象に対する評価の実施を考える価値があるかも知れない。

9.5.1 車両上の受信器の保護

ECE R10 のエミッション要求 (§7.1.1, §8.1.1) は 30~1000 MHz の周波数範囲のみをカバーしており、例えば AM 放送 (中波放送) や GPS で用いられる周波数帯はこの範囲に含まれていない。また、その限度はかなり緩い、車両からある程度離れた場所、例えば近隣の家屋で用いられる受信器への有害な干渉を抑制できる程度のもとなっている。このため、ECE R10 ではこの限度への適合のみが要求されるものの、このエミッション限度への適合だけでは車両上の受信器 (AM/FM ラジオ、テレビ、GPS など) への干渉を防げそうにない。

車両自身の上の受信器への干渉の防止のためにはその車両への搭載や車両上での使用が予期される受信器が利用する周波数帯のエミッションをかなり低く抑えることが必要となるであろう。^{†47}

CISPR 25^{[8.4][9.1]} は測定法だけでなくエミッション限度の規定も含んでおり、特に Class 5^{†48}の限度は ECE R10 の限度よりも著しく厳しいものとなっている (図 53)。CISPR 25 で示されている限度は車両上の受信器の保護を意図したものであり、少なくともその ESA を搭載する車両での使用が予期される周波数帯について、CISPR 25 の限度 (図 53) の、あるいはより厳しいことがある OEM (車両メーカー) 規格の限度 (例えば 図 54 に図示したもののよう) の準用を考える価値がありそうである。

^{†47} 例えばその ESA の近くに GPS 受信器が置かれることが予期される場合、この規格では限度が設定されてさえない 1.6 GHz 前後の周波数帯のエミッションを相当低くすることが必要となる。

^{†48} CISPR 25 では Class 1~5 の限度が規定されており、Class 5 はその中で最も厳しいものとなる。なお、CISPR 25:2016 では多くの周波数帯で準尖頭値 (QP) の限度が規定されていないので、図 53 では準尖頭値 (QP) と平均値 (AV) の代わりに尖頭値 (PK) と平均値 (AV) の限度を示した。

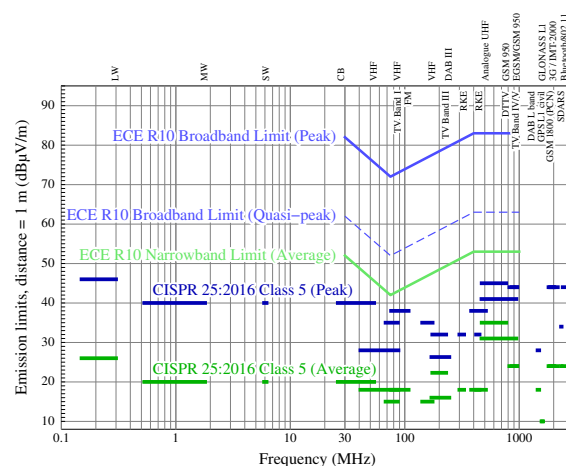


図 53: ESA のエミッション限度の比較 — ECE R10 と CISPR 25:2016 Class 5

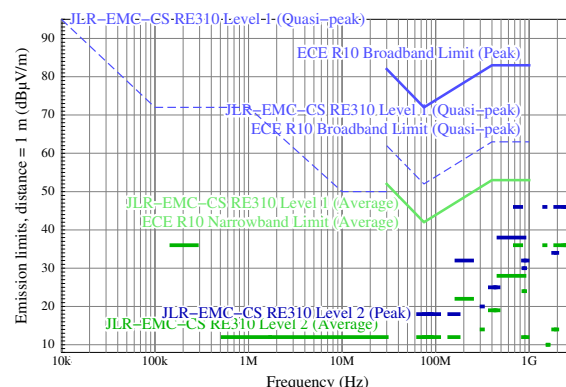


図 54: ESA のエミッション限度の比較 — ECE R10 と Jaguar Land Rover JLR-EMC-CS^[11] RE 310

9.5.2 強力な無線送信に対する保護

ECE R10 の電磁放射に対する 30 V/m のイミュニティ試験レベルは一般の電子機器で要求されることが多い 3 V/m 程度のイミュニティ・レベルよりも厳しく、通常の使用状態で受ける外部からの電磁界に対して相応の保護を与えることが期待できる。

しかしながら、無線送信施設の近傍で受けるかも知れないような強力な電磁界の影響は別途考慮が必要となるかも知れない。

また、ECE R10 はイミュニティ要求を 20 MHz ~2 GHz の周波数範囲についてのみ定めているが、その範囲外の周波数の電磁界の影響も別途考慮が必要となるかも知れない。

この対応のためもあり、OEM (車両メーカー) は、しばしば、例えば 図 55 に図示するように、レーダーでの使用が想定される 1.2~1.4 GHz などの周波数範囲についての 300 V/m や 600 V/m のような

なり高い試験レベルでの試験の要求を含めて、より広い周波数範囲での、またより高い試験レベルでのイミュニティの要求を定めている。

安全に関係する ESA のように、誤動作の影響が大きいものについては特に、このような要求の準用を考える価値があるかも知れない。

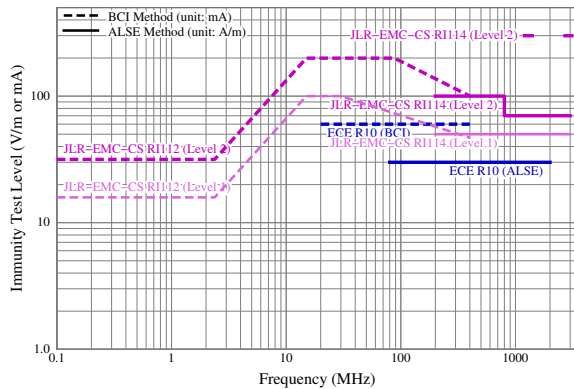


図 55: 電磁放射に対するイミュニティ試験レベルの比較 — ECE R10 と Jaguar Land Rover JLR-EMC-CS^[11] RI 112 & RI 114

9.5.3 無線送信機の近接に対する保護

携帯電話などの可搬型送信機の内での使用も珍しくなくなっているが、車両に取り付けられた、あるいは車内で使用される無線送信機(携帯電話を含む)は、その近傍の電子機器に著しく強い妨害を与えることがある。

このような近傍の無線送信機の影響は ISO 11451-3^[9.5] や ISO 11452-9^{[8.2][9.3]} のような試験法で評価できるかも知れない。ISO 11452-9 では、例えば図 56 のような小型の送信アンテナを ESA やハーネスに近接させ、そのような位置に無線送信機が置かれた場合の状況を模擬することができる。

通常の使用状況で ESA やハーネスに無線送信機が著しく近接することが予期される場合は特に、このような方法での無線送信機の近接に対する評価を考える価値があるかも知れない。

9.5.4 その他の現象

その他、ECE R10 で要求が定められていない現象に対する考慮も必要となるかも知れない。例えば:



図 56: ISO 11452-9 近接試験用広帯域アンテナの例 (写真は Schwarzbeck 社提供)

- 電源上の §7.1.4 で述べたもの以外の現象、例えば ISO 16750-2^[9.15] で述べられているような現象へのイミュニティ
- DC 12 V や DC 24 V 以外の電源上の過渡伝導妨害のエミッションやイミュニティ
- 信号線上の過渡妨害へのイミュニティ (例えば ISO 7637-3^[8.3])
- ハーネスへの無線周波伝導妨害のエミッション (例えば CISPR 25 電圧法や電流プローブ法^{[8.4][9.1]})
- 低周波磁界に対するイミュニティ (例えば ISO 11452-8^[8.2])
- 静電気放電 (例えば ISO 10605^[8.12])^{†49}
- その他...

9.5.5 より厳しい判定基準

ESA がイミュニティ関連機能を持たない場合、ECE R10 では電磁放射へのイミュニティ (§7.1.3) は要求されず、また 12/24 V 電源線上の過渡妨害に対するイミュニティ (§7.1.4) で要求される機能状態はクラス D (つまり、試験後に手動でのリセットで回復させられれば良い) となる。

^{†49} ECE R10 では、著しい静電気は乗り降りの際にのみ生じ、その時は車両は静止しているという理由で、静電気放電 (ESD) 試験は不要とされている。だが、電子化/電動化が進んだ現代の車両では殊に、静止状態で ESD やその他の妨害を受けた時も、例えば車両の誤発進や可動部の意図しない動き (例えばドアや窓の開閉) などの誤動作を生じ得るかも知れない。また、車両の外側のドア・ノブ付近はしばしば激しい ESD を受けるが、その影響でその付近に組み込まれた電子錠が誤動作して意図しない解錠や施錠を生じ、あるいは電子錠が損傷して解錠や施錠を行なえなくなる可能性が考えられるかも知れない。従って、実際の使用に際して ESD を受ける可能性や ESD を受けた時に予期される影響などに応じ、ESD に対するイミュニティの評価の実施を考える価値があるかも知れない。

だが、その ESA が提供する機能が重要でないものだけであったとしても通常の使用状態で誤動作を生じれば少なくともユーザーは不満を感じるであろうし、返品などの対応を要求されるかも知れず、また評判の悪化や将来の販売への悪影響を招くかも知れない。

従って、ECE R10 でのイミュニティ試験でイミュニティ関連機能以外の機能の誤動作を許容するのであれば、そのような機能のイミュニティ評価を別途行なうことを考えた方が良いかも知れない。

9.5.6 機能安全

ESA が安全に関係する場合、単に高いイミュニティ・レベルを持つだけでなく、実際の使用状況下で妨害を受けた時でもハザードを生じる可能性が非常に低いことが望まれる。

このような場合、開発や検証を ISO 26262^[9.14] に従って行なうことが必要となるかも知れない。

9.6 ECE R10.06 への移行

ECE R10.06 は既に 2019 年 10 月 15 に発効しており、2022 年 9 月 1 日以降は古い版に基づく型式認定は受け入れられない可能性がある。

但し、ECE R10.06 や R10.06 での変更に影響されない、REESS の充電のための結合部を含まない車両、コンポーネント、あるいはセパレート・テクニカル・ユニットについては、R10.05 に基づく型式認定も継続して受け入れられる。

9.6.1 ECE R10.06 での主な変更点

- カテゴリ T、R、S の車両（農林用トラクタ/トラレラ/被牽引機器）が対象範囲に含められた (§2)
- 一部の参照規格の版が更新され、例えば ISO 11452-3:2001 に変わって ISO 11452-3:2016 が、ISO 11452-4:2005 に変わって ISO 11452-4:2011 が参照されるようになった (§10 [9.1]~[9.17])
- 車両での狭帯域エミッションの限度が図 38 のように変更された

- IEC 61000-3-3, -3-11 の限度が直接記載されるようになり、 $d_{\max}$ の限度が無条件で 6 % となった (§7.2.6)
- HV-AN 以外の AN は他の規格 (CISPR 16-1-2, CISPR 25 など) を参照していたものが Appendix 8 に直接記載されるようになり、また “DC-charging-AN” などの規定が追加された (§9.2.1)
- 車両からの放射エミッションの測定に関して、車体全体をアンテナの 3 dB ビーム幅に入れるように必要に応じて複数の箇所での測定を行なう (§8.1.1, 図 37)
- 車両でのイミュニティ試験に関して、「50 km/h モード」の動作条件と判定基準に回転灯やリアビュー・システムなどの記載が追加され、また「ブレーキ・モード」の動作条件と判定基準が規定された (§8.1.2, 表 8)
- REESS 充電モードでのイミュニティ試験での不合格の条件に、パーキング・ブレーキの予期しない解除、及びオートマチック・トランスミッションでのパーキング・ポジションからの外れが追加された (§8.2.2, 表 8)
- イミュニティ関連機能に関係する部分でイミュニティ試験時にこの規則で規定された動作条件で動作しないものがある場合、適合性を示すための追加の証拠が必要となる (§8.1.2)
- ESA の BCI 試験は、 $1700 \pm_{-0}^{+200}$ mm のハーネスの ESA から 150 mm の位置に注入プローブを取り付けて置換法で、あるいは $1000 \pm_{-0}^{+100}$ mm のハーネスの ESA から 900 mm の位置に注入プローブを取り付けて閉ループ法で行なう (図 14, 図 15)
- 車両の REESS 充電モードでの配置について、旧版で図のみで示されていたものと同様の内容の本文への記載の追加や記載の見直しなどが行なわれた (図 44)
- 例えば次のような、REESS 充電モードでの試験の配置例の図の見直しが行なわれた：
 - ESA の ALSE 法でのイミュニティ試験に関して、充電ハーネスも 1500 mm 平行に引くような図となっていたものが、本文

で述べられているように、LV と HV のハーネスのみを 1500 mm 平行に引けば良いような図に変更された (§7.2.3, 図 26)

- ESA の BCI 法 (置換法) でのイミュニティ試験に関して、ハーネスを平行に引く部分の長さが 1700^{+300}_{-0} mm でハーネス長はそれよりも長くなって良いような図となっていたものが、ハーネスを 1400 mm 以上真っ直ぐに引くような図に変更された (§7.2.3, 図 24)
- 車両での試験に関して、図では AMN までの $0.8^{+0.2}_{-0}$ m の距離、また電圧プローブや容量性電圧プローブまでの 200^{+100}_{-0} mm の距離や容量性電圧プローブまでの 500^{+100}_{-0} mm の距離が充電コネクタからの距離となっていたものが、車体の側面からの距離に変更された (図 44)
- 等々 ...

9.7 規制との関係

9.7.1 EU

EU においては自動車関連の型式認定の枠組みは指令 2007/46/EC^[4] で定められており、EMC に関する要求として ECE R10 が参照されている。^{†50}

9.7.2 日本

道路運送車両の保安基準の細目を定める告示^[10]で ECE R10.06 の §6、及び §7 が参照されており、これにより、ECE R10.06 の技術的要求事項が日本国内の保安基準の上での要求となっている。

それ以前の基準からの移行については道路運送車両の保安基準第二章及び第三章の規定の適用関係の整理のために必要な事項を定める告示^[10]で定められ、例えば平成 29 年 10 月 8 日以前に製作された自動車やそれ以降に制作された自動車で外部電源に接続して充電する機能を有さないものは平成 26 年の改正の前の基準 (ECE R10.04 が参照されていた) に適合していれば良い旨が述べられている。

^{†50} かつてはこの指令のもとでの EMC に関する要求として自動車 EMC 指令 72/245/EEC (2004/104/EC) と ECE R10 (また、“e マーク”と“E マーク”) が併用されていたが、Regulation (EC) No 661/2009 により、指令 72/245/EEC (そして、2004/104/EC を含む、その全てのアmendメント) は 2014 年 11 月 1 日に廃止され、それ以降の型式認定は ECE R10 への適合に基づくものに一本化されている。

10 参考資料

- [1] ECE Regulation No. 10 Revision 6, *Uniform provisions concerning the approval of vehicles with regard to electromagnetic compatibility*, United Nations, 2019
<https://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs1-20.html>
- [2] E/ECE/324/Rev.2-E/ECE/TRANS/505/Rev.2, *Agreement concerning The adoption of uniform technical prescriptions for wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles and the conditions for reciprocal recognition of approvals granted on the basis of these prescriptions*, Economic Commission for Europe Inland Transport Committee, 1995
<https://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs.html>
- [3] ECE/TRANS/WP.29/343, *Status of the Agreement, of the annexed UN Regulations and of amendments thereto*, United Nations Economic and Social Council
<https://www.unece.org/?id=25980>
- [4] Directive 2007/46/EC, *Directive 2007/46/EC of the European Parliament and of the Council of 5 September 2007 establishing a framework for the approval of motor vehicles and their trailers, and of systems, components and separate technical units intended for such vehicles*
<https://ec.europa.eu/growth/sectors/automotive/technical-harmonisation/eu/index-en.htm>
- [5] Directive 2014/30/EU, *Directive 2014/30/EU of the European Parliament and of the Council of 26 February 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to electromagnetic compatibility*
<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32014L0030>
- [6] Directive 2014/53/EU, *Directive 2014/53/EU of the European Parliament and of the Council of 16 April 2014 on the harmonisation of the laws of the Member States relating to the making available on the market of radio equipment and repealing Directive 1999/5/EC*
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32014L0053>
- [7.1] EMC 指令 — 2014/30/EU への適合のためのガイド, 株式会社 e・オートマ, 2014–2018
<https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [7.2] 無線機器指令 2014/53/EU への適合のためのガイド, 株式会社 e・オートマ, 2014–2019
<https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [8.1] ISO 11452 シリーズの概要 — 前編: ECE R10.06 に関する規格, 株式会社 e・オートマ, 2018–2020

- <https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [8.2] ISO 11452 シリーズの概要 — 後編: その他の試験法 (ISO 11452-4:2011, -7, -8, -9, -10, -11), 株式会社 e・オートマ, 2018
- <https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [8.3] ISO 7637-2 & ISO 7637-3 の概要, 株式会社 e・オートマ, 2017
- <https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [8.4] CISPR 25 の概要, 株式会社 e・オートマ, 2016
- <https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [8.5] 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・オートマ, 2020
- <https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [8.6] IEC 61000-4 シリーズ イミュニティ試験規格の概要, 株式会社 e・オートマ, 2018
- <https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [8.7] 電源高調波電流の制限 — IEC 61000-3-2, -3-12 の概要, 株式会社 e・オートマ, 2020
- <https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [8.8] 電圧変動やフリッカの制限 — IEC 61000-3-3, -3-11 の概要, 株式会社 e・オートマ, 2020
- <https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [8.9] CISPR 32 の概要, 株式会社 e・オートマ, 2017
- <https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [8.10] 車載機器の EMC 試験の準備 — ロード・シミュレータ、テスト・ハーネスなどの準備, 株式会社 e・オートマ, 2018
- <https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [8.11] ISO 11451-2 の概要, 株式会社 e・オートマ, 2020
- <https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [8.12] ESD 試験規格 ISO 10605 ed. 2 の概要, 株式会社 e・オートマ, 2014-2016
- <https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [9.1] CISPR 25:2002+Cor:2004, *Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of on-board receivers*
- [9.2] ISO 7637-2:2004, *Road vehicles – Electrical disturbances from conduction and coupling – Part 2: Electrical transient conduction along supply lines only*
- [9.3] ISO 11452 シリーズ, *Road vehicles – Component test methods for electrical disturbances by narrowband radiated electromagnetic energy*
- ISO 11452-2:2004, *Absorber-lined shielded enclosure*
 - ISO 11452-3:2016, *Transverse electromagnetic mode (TEM) cell*
 - ISO 11452-4:2011, *Harness excitation methods*
 - ISO 11452-5:2002, *Stripline*
 - ISO 11452-9:2012, *Portable transmitters*
- [9.4] CISPR 12:2001+A1:2005, *Vehicles, boats and internal combustion engines – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement for the protection of off-board receivers*
- [9.5] ISO 11451 シリーズ, *Road vehicles – Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy*
- ISO 11451-2:2015, *Off-vehicle radiation sources*
 - ISO 11451-3:2015, *On-board transmitter simulation*
 - ISO 11451-4:2013, *Bulk current injection (BCI)*
- [9.6] IEC 61000-3-2:2005+A1:2008+A2:2009, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-2: Limits – Limits for harmonic current emissions (equipment input current ≤ 16 A per phase)*
- [9.7] IEC 61000-3-3:2008, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-3: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems, for equipment with rated current ≤ 16 A per phase and not subject to conditional connection*
- [9.8] IEC 61000-3-11:2000, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-11: Limits – Limitation of voltage changes, voltage fluctuations and flicker in public low-voltage supply systems – Equipment with rated current ≤ 75 A and subject to conditional connection*
- [9.9] IEC 61000-3-12:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 3-12: Limits – Limits for harmonic currents produced by equipment connected to public low-voltage systems with input current > 16 A and ≤ 75 A per phase*
- [9.10] IEC 61000-4-4:2004, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-4: Testing and measurement techniques – Electrical fast transient/burst immunity test*
- [9.11] IEC 61000-4-5:2005, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 4-5: Testing and measurement techniques – Surge immunity test*
- [9.12] CISPR 16-2-1:2008, *pecification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods – Part 2-1: Methods of measurement of disturbances and immunity – Conducted disturbance measurements*
- [9.13] CISPR 22:2008, *Information technology equipment – Radio disturbance characteristics – Limits and methods of measurement*
- [9.14] ISO 26262 series, *Road vehicles – Functional safety*
- [9.15] ISO 16750-2:2012, *Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment – Part 2: Electrical loads*

- [9.16] ISO/TS 16949:2009, *Quality management systems – Particular requirements for the application of ISO 9001:2008 for automotive production and relevant service part organizations*
- [9.17] EN 50498:2010, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Product family standard for aftermarket electronic equipment in vehicles*
- [10] 道路運送車両の保安基準の細目を定める告示 — 第21条 (電気装置), 国土交通省、2019.10.15
https://www.mlit.go.jp/jidosha/jidosha_fr7_000007.html
- [11] JLR-EMC-CS v1.0 Amendment 4, *Electromagnetic Compatibility Specification For Electrical/Electronic Components and Subsystems*, Jaguar Land Rover, 2015,
http://emc.jaguarlandrover.com.edgesuite.net/docs/download/JLR-EMC-CS-v1.0_Amendment.4.pdf

Note: OEM (車両メーカー) 規格のうちこれを本稿で参照した理由は本稿の執筆の時点でインターネット上で公開されているということ以上のもではない。