

# ISO 11451-2 の概要

株式会社 e・オータマ 佐藤智典

2020 年 4 月 20 日

## 目次

1	概要	1
2	試験法	1
2.1	電磁界発生デバイスの条件	2
2.1.1	アンテナ	2
2.1.2	TLS	2
2.2	校正	2
2.3	試験	2
2.3.1	車両の基準点	2
2.3.2	ドウェル・タイム	2
2.3.3	周波数掃引ステップ	3
2.3.4	変調	5
3	電源網に接続しての充電モード	5
4	補足	7
4.1	HV-AN, AMN	7
4.1.1	HV-AN	7
4.1.2	AMN	7
4.1.3	AAN	7
4.2	その他の設備	7
4.3	FPSC	8
5	参考資料	8

## 1 概要

ISO 11451-2<sup>[1]</sup> は 10 kHz ~ 18 GHz の放射電磁界に対する車両のイミュニティの試験の方法を定めた国際規格であり、この試験法は ECE Regulation No. 10<sup>[2][4]</sup>、ISO 13766<sup>[3][5]</sup> などで参照されている。車載機器のイミュニティ試験の方法は ISO 11452 シリーズで定められており、これについては別の記事で解説した。<sup>[6]</sup>

本稿ではこの ISO 11451-2 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<sup>[1]</sup>を参照していただきたい。

## 2 試験法

この試験は以下の条件を満たすアンテナ (図 1) か TLS (transmission line system; 図 2) を用いて発生させた電磁界に車両を曝すことで行なう。通常、20 MHz か 30 MHz 程度以上ではアンテナが、それよりも低い周波数では TLS が試験に用いられる。<sup>†1</sup>

いずれの試験法でも周囲に強い電磁界が放射され、また部屋の壁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。

<sup>†1</sup> 例えば 1 MHz のような低い周波数ではアンテナでの試験は困難で、TLS の使用が必要となるだろう。ETS Lindgren 5502 (エレメント長 6 m の TLS) は、高さを 2.5 m とした場合、1 kW 弱で 0.1 ~ 30 MHz で 30 V/m を発生できそうである。

## 2.1 電磁界発生デバイスの条件

### 2.1.1 アンテナ

図 1 に図示するように、

- 放射素子が吸収体から 0.5 m 以内、シールド・エンクロージャの壁から 1.5 m 以内に近付かない;
- アンテナのどの部分も車体から 0.5 m 以内に近付かない;
- アンテナのフェーズ・センターから基準点までの水平距離は 2 m 以上;
- 放射素子のどの部分も床から 0.25 m 以内に近付かない。

### 2.1.2 TLS

図 2 に図示するように、

- 放射素子が吸収体から 0.5 m 以内、シールド・エンクロージャの壁から 1.5 m 以内に近付かない;
- TLS のどの部分 (グランド・プレーン以外) も車体から 0.5 m 以内に近付かない;
- 放射素子が基準点から垂直に 1 m 以上離れている。

## 2.2 校正

試験は、車両がない状態での電界強度の校正、及び車両を配置しての試験の 2 段階の作業から成る、進行波電力を制御パラメータとした置換法で行なわれる。

校正では、以下の場所に電界プローブを置き、所望の電界強度を発生させるために必要な進行波電力を求める。

- 20 MHz か 30 MHz<sup>†2</sup> から 2 GHz:  
基準線上の 4 箇所の平均値 (図 3):
  - 車両のルーフの高さ  $\leq 3$  m:  
高さ 0.5 m, 0.8 m, 1 m, 及び 1.2 m

<sup>†2</sup> 典型的には TLS からアンテナへの切り替えの周波数以上。

- 車両のルーフの高さが  $> 3$  m:  
高さ 1.2 m, 1.5 m, 1.8 m, 及び 2.1 m

- その他の周波数:

基準点 1 箇所:

- 車両のルーフの高さ  $\leq 3$  m:  
高さ  $1 \pm 0.05$  m
- 車両のルーフの高さ  $> 3$  m:  
高さ  $1.8 \pm 0.05$  m

200 MHz よりも上では、基準点 (高さ 1 m か 1.8 m) の左右 0.5 m の位置での電界強度が試験周波数ポイントの 80 % 以上で公称電界強度の 50 % 以上であることも必要となる。

## 2.3 試験

車両をその基準点 (§2.3.1) が施設の基準点 (§2.2) の位置となるように放射源の方向に向けて配置し (図 1, 図 2)、垂直偏波と水平偏波のそれぞれについて所望の電界強度を発生させるために必要な電力を注入することで、車両を電磁放射に曝す。

実際の試験での周波数範囲や掃引のステップ (§2.3.3)、ドウェル・タイム (§2.3.2)、変調 (§2.3.4)、試験レベルなどは、適用する規格に、またテスト・プランに依存する。

### 2.3.1 車両の基準点

車両の基準点は車両の形状によって以下のようになる:

- ルーフの高さが 3 m 以下の場合には高さ  $1 \pm 0.05$  m、3 m を超える場合は高さ  $1.8 \pm 0.05$  m
- 前の車軸から  $0.2 \pm 0.2$  m 後方 (図 4)、あるいは前ガラスとフードの交点から  $1 \pm 0.2$  m 後方 (図 5) のいずれか前方寄りの方

### 2.3.2 ドウェル・タイム

試験に際しては、それぞれの周波数の妨害をある時間づつ印加し、試験対象の車両への影響を確認する。この時間 (ドウェル・タイム、滞在時間) の最小値は ISO 11451-1 では 1 秒以上と規定されている。

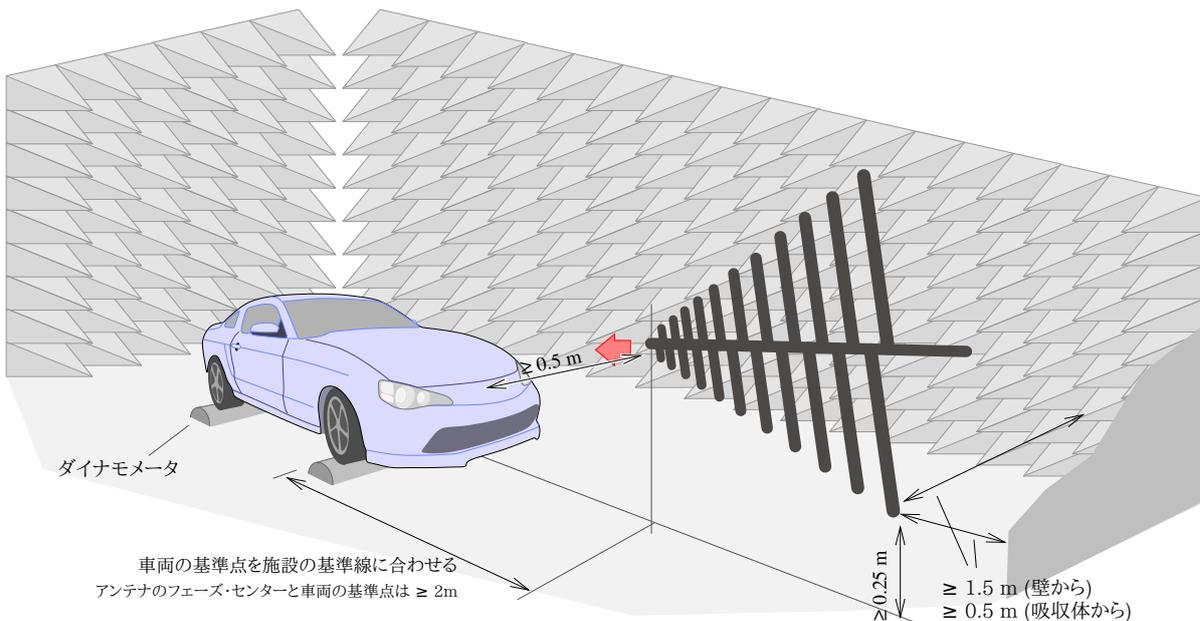


図 1: アンテナでの試験

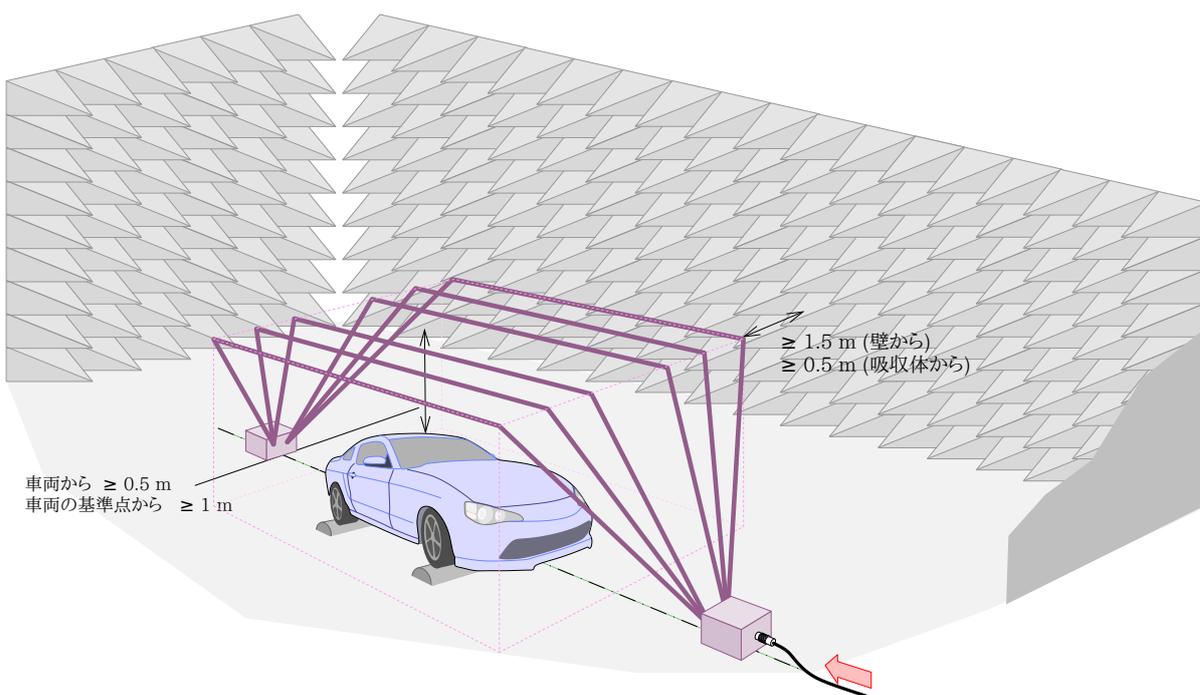


図 2: TLS での試験

るが、実際の時間は、それぞれの周波数の妨害に対する車両の応答を確実に確認できるように、車両の各部の特性や動作に応じて決める必要がある。

周波数の変え方には一定の周波数間隔で上げていく方法 (リニア・ステップ) と一定の比率で上げていく方法 (対数ステップ) があり、ISO 11451-1 では最大のステップ幅は表 1 のようになる。

### 2.3.3 周波数掃引ステップ

試験に際しては、必要な周波数範囲内で周波数を変えながら、それぞれの周波数の妨害を印加する。

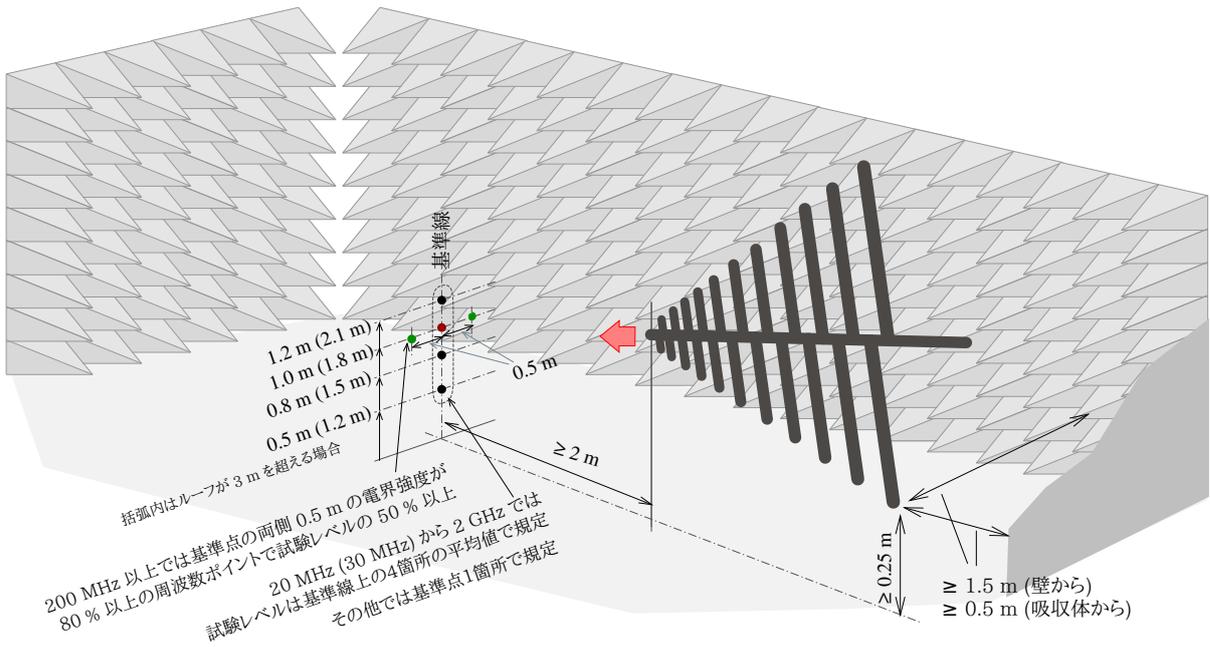


図 3: 校正

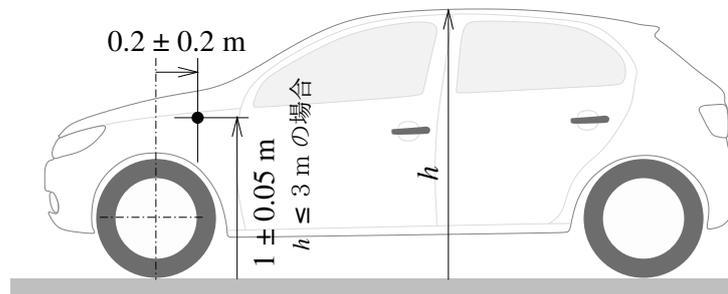


図 4: 車両の基準点 (1)

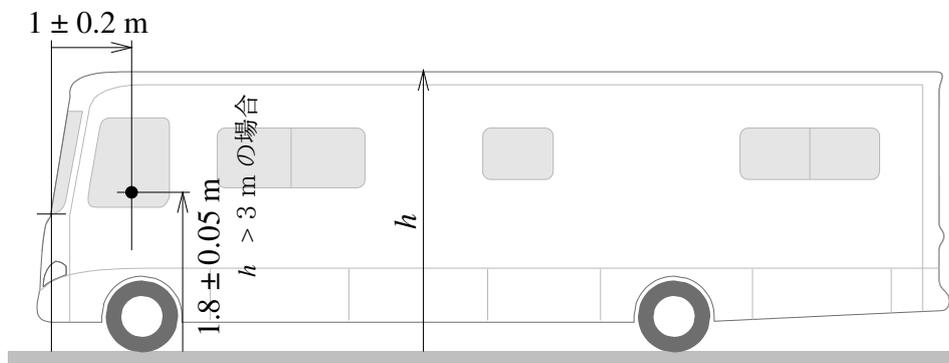


図 5: 車両の基準点 (2)

表 1: 周波数掃引ステップ

周波数帯 MHz	リニア・ステップ MHz	対数ステップ %
0.01 ~ 0.1	0.01	10
0.1 ~ 1	0.1	10
1 ~ 10	1	10
10 ~ 200	5	5
200 ~ 400	10	5
400 ~ 1 000	20	2
1 000 ~ 18 000	40	2

### 2.3.4 変調

ISO 11451-1 では以下の変調 (図6, 図7) が規定されている。

- CW (連続波)
  - 一定振幅の、単一周波数の高周波
  - 10 kHz ~ 18 GHz に適用
- AM (振幅変調)
  - AM 放送のような音声周波で振幅変調された送信を模擬する、変調周波数 1 kHz、変調度 80 % の振幅変調
  - 10 kHz ~ 800 MHz に適用
- PM type 1
  - GSM の TDMA (時分割多元接続) の送信を模擬する、 $t_{on} = 577 \mu s$ 、周期 =  $4\,600 \mu s$  (デューティー 1/8) のパルス変調
  - 800 MHz ~ 1.2 GHz、及び 1.2 ~ 2.7 GHz に適用
- PM type 2
  - レーダー・パルスを模擬する  $t_{on} = 3 \mu s$ 、周期 =  $3\,333 \mu s$  のパルス変調
  - 1.2 ~ 1.4 GHz、及び 2.7 ~ 18 GHz に適用

## 3 電源網に接続しての充電モード

車両を電源網に直接、あるいは充電ステーションを介して接続した状態で試験する場合、次のような構成とし (図8)、充電状態以外での試験と同様に電磁放射に曝す:<sup>†3</sup>

- 電源ソケットはグラウンド・プレーン上に置く

<sup>†3</sup> ECE R10.06 にもこれと似た規定があるが、若干の違いがある。

- AC 電源は AMN (§4.1.2) を介して、DC 電源は HV-AN (§4.1.1) を介して給電する
- 通信線は AAN (§4.1.3) を介して接続しても良い
- AMN などはグラウンド・プレーン上に直接置き、低インダクタンスで接地する
- 電源ソケットと AMN などとのあいだのハーネスはできる限り短くし、グラウンド・プレーンのできる限り近くに引く
- 充電ステーションをサイト内に置く場合、充電ステーション側のハーネスはグラウンド・プレーンまで垂直に引き下ろし、余長はグラウンド・プレーン上に必要であればジグザグに引く
- AMN などは車両から  $0.8_{-0}^{+0.2}$  m の距離に置く<sup>†4</sup>
- 車両側の充電ケーブルは、
  - 車体から  $100_{-0}^{+200}$  mm の位置で垂直に引き下ろす
  - 車体の真横の方向に真っ直ぐに引く
  - 1 m よりも長い場合は余長は 0.5 m 未満の幅でジグザグに折り返す
  - $100 \pm 25$  mm の低誘電率の台の上に置く
- 電源電圧は以下の範囲とする:
  - DC — 公称電圧  $\pm 10$  %
  - AC — 公称電圧  $-15$  %,  $+10$  %; 公称周波数  $\pm 1$  %

ISO 11451-2<sup>[1]</sup> では、通信がない場合とある場合、また充電コネクタが車両の側面にある場合と前面にある場合について、さらに非接触充電の場合について、それぞれのセットアップが示されている。

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。<sup>†5</sup>

<sup>†4</sup> 充電コネクタが車体の側面にある場合は車体の側面から、車両の前後から出る場合は充電コネクタの位置から。

<sup>†5</sup> 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も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。

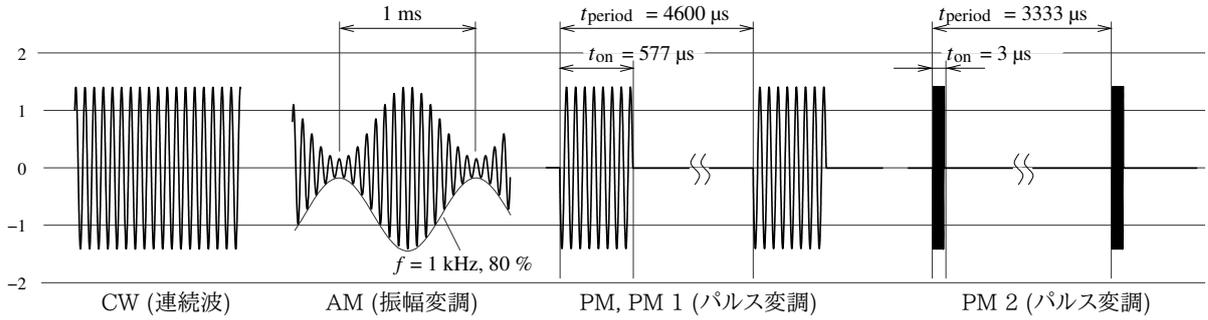


図 6: 変調

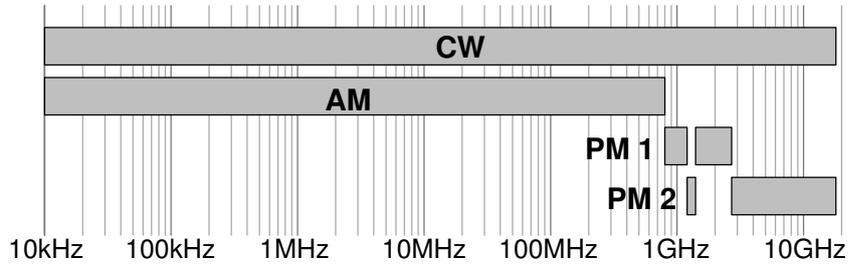


図 7: 変調の適用

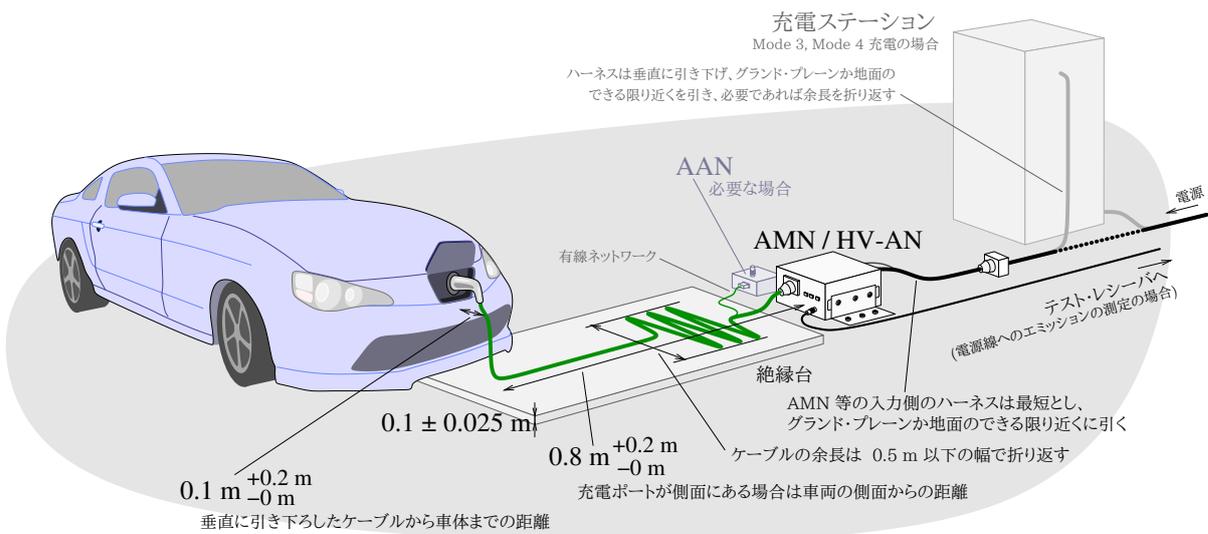


図 8: 充電モードでの試験

## 4 補足

### 4.1 HV-AN, AMN

#### 4.1.1 HV-AN

DC 充電の車両の試験で用いられる HV-AN (high voltage artificial network) は、DC 12 V などのラインで用いられる AN と同様の構成の  $5 \mu\text{H} / 50 \Omega$  AN である (図 9)。

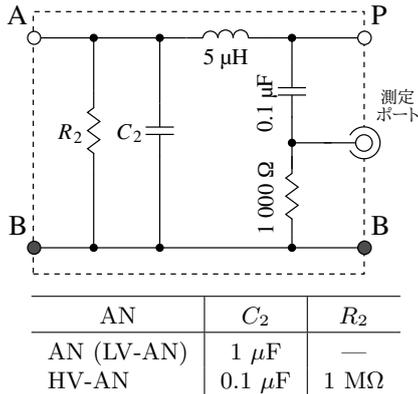


図 9: LV-AN, HV-AN

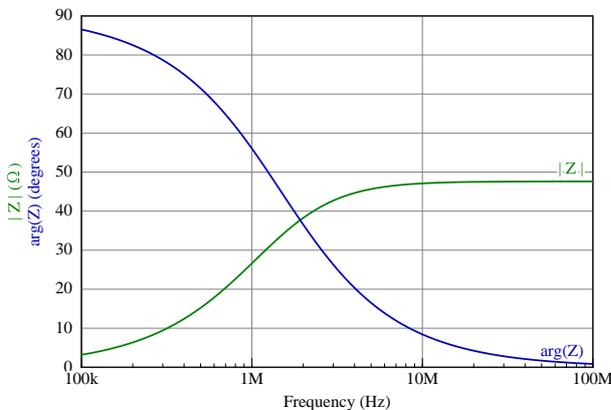


図 10:  $5 \mu\text{H}/50 \Omega$  AN のインピーダンス  $Z_{PB}$  (測定ポートを  $50 \Omega$  で終端、端子 A-B を短絡した状態での計算値)

#### 4.1.2 AMN

AMN (artificial mains network; 図 11) 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 充電の車両の充電モードでの試験で用いられる。

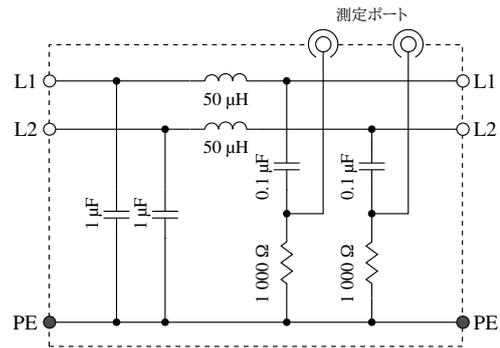


図 11: AMN ( $50 \mu\text{H} / 50 \Omega$ ) の原理 — 単相電源用

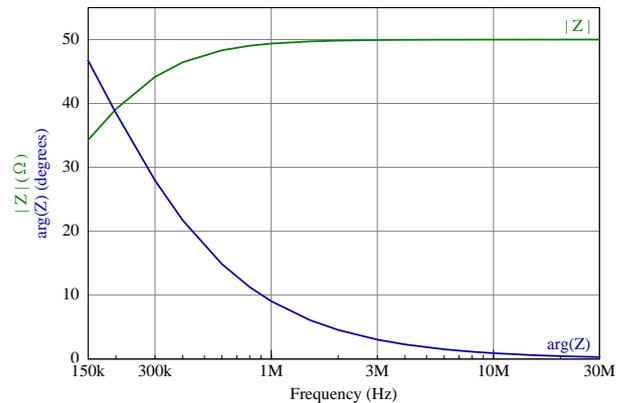


図 12: AMN ( $50 \mu\text{H} / 50 \Omega$ ) のインピーダンス

#### 4.1.3 AAN

通信線は AAN (asymmetric artificial network) を介して接続することができ、ISO 11451-1 では以下の AAN が述べられている:

- 対称通信線
- 電源線上の PLC (電力線通信)
- コントロール・パイロット上の PLC

## 4.2 その他の設備

内燃機関を動作させる場合は適切な排気システムが、また車両を走行状態とする場合はダイナモメータが必要となるだろう。

その他、車両に必要な条件で動作させるため、また動作状態を監視するため、様々な機材が必要となることがある。例えば、試験中にステアリング、ペダル、スイッチなどをアクチュエータで操作することや、車両の状態を適切なセンサで監視することが必要となるかも知れない。

このような機材を使用する場合、それらは試験に悪影響を与えない（電磁界を乱さない）、また試験で印加される妨害で悪影響を受けないものであることが必要となる。

### 4.3 FPSC

ISO 11451-1:2015 は、イミュニティ評価に関連して、function performance status、及び試験厳しさレベルから成る、FPSC (functional performance status classification) と呼ばれる枠組みを定めている。

Function performance status は性能の判定の枠組みで、次のようなものとなる：

- Status I: 試験中、及び試験後、機能が設計通りに動作する。
- Status II: 試験中は機能が設計通りに動作しないが、試験後は自動的に正常動作に戻る。
- Status III: 試験中は機能が設計通りに動作せず、妨害が止められた後での DUT のオフ/オンやイグニション・スイッチの操作のような運転手や乗客の簡単な関与なしでは正常動作に戻らない。
- Status IV: 試験中は機能が設計通りに動作せず、例えばバッテリーや給電線を外して再接続するようなより広範な関与なしでは正常動作に戻らない。試験の結果として、機能が恒久的な損傷を被ってはならない。

この枠組みを用いる場合、車両の個々の機能について、どの試験レベルで Status I~IV のいずれを満足する必要があるか、また Status I~IV が具体的にどのような状態となることを意味するのかを試験に先立って規定することが必要となるだろう。<sup>†6</sup>

## 5 参考資料

- [1] ISO 11451-2:2015, *Road vehicles – Vehicle test methods for electrical disturbances from narrowband radiated electromagnetic energy – Off-vehicle radiation sources*

<sup>†6</sup> ここで示されているものは「設計通り」や「正常動作」などの表現を含んでいるが、この枠組みに従って判定を行なうためには少なくとも何が「設計通り」や「正常動作」なのかを明確にすることが必要となるだろう。

- [2] 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>

- [3] 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*

- [4] ECE Regulation No. 10.05 の概要, 株式会社 e・オートマ, 2014–2020,

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

- [5] ISO 13766-1, -2 の概要, 株式会社 e・オートマ, 2020,

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

- [6] ISO 11452 シリーズの概要 — 前編/後編, 株式会社 e・オートマ, 2018–2020

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