

鉄道車両用機器の EMC — IEC 62236-3-2 の概要

株式会社 e・オータマ 佐藤智典

2022 年 11 月 2 日

目次

- 1 概要
- 2 適用範囲
- 3 エミッション要求
 - 3.1 放射エミッション
 - 3.2 伝導エミッション
 - 3.3 公衆が使用するための AC アウトレット
- 4 イミュニティ要求
 - 4.1 性能基準
 - 4.2 IEC 61000-4-2 (静電気放電)
 - 4.3 IEC 61000-4-3 (放射電磁界)
 - 4.4 IEC 61000-4-4 (ファスト・トランジェント)
 - 4.5 IEC 61000-4-5 (サージ)
 - 4.6 IEC 61000-4-6 (無線周波コモン・モード妨害)
- 5 補足
 - 5.1 試験条件
 - 5.2 無線機器の扱い
 - 5.3 安全との関連
 - 5.4 補足説明
 - 5.4.1 補助電源
 - 5.4.2 バッテリー基準ポート
- 6 参考資料

1 概要

IEC 62236 シリーズ (表 1) では鉄道関連の EMC 要求が定められており、そのうち IEC 62236-3-2^[1] では鉄道車両用の電気/電子機器が扱われている。この規格そのものは強制力は持たないものの、しばしば鉄道車両での使用が意図された機器に対する要求仕様の一部などとして用いられている。また、欧州ではこれと同様のものが EN 50121-3-2 として発行されており、これは欧州の鉄道車両での使用が意図された機器の EMC 要求への適合性を示すためなどに用いられている。本稿では、この IEC 62236-3-2:2018^[1] の概要を述べる。なお、本稿は規格の内容全てをカバーするものではなく、また正確であるとも限らないので、規格についての正確な情報は規格そのもの^[1] を参照していただきたい。

2 適用範囲

この規格^[1] は鉄道車両 (路面電車などを含む) での使用が意図された電気/電子機器全般に、IEC 62236-1:2018^[2] と組み合わせて適用される。

3 エミッション要求

3.1 放射エミッション

IEC 61000-6-4^[4] (工業環境用向けエミッション規格) の放射エミッション要求に適合すること (図 1)。^{†1} 30~1000 MHz の測定は通常は距離 10 m で行なうが、その代わりに限度を 10 dB 上げて距離 3 m での測定を行なっても良い。

^{†1} 規格^[1] の本文では IEC 61000-6-4:2006 となっているが、IEC 61000-6-4:2006+A1:2010 の適用が意図されているものと思われる。



国際規格	欧州規格	表題	扱われる事項
IEC 62236-1	EN 50121-1	<i>Railway applications — Electromagnetic compatibility — Part 1: General</i>	IEC 62236 (EN 50121) シリーズに関する一般的な事項
IEC 62236-2	EN 50121-2	<i>Railway applications — Electromagnetic compatibility — Part 2: Emission of the whole railway system to the outside world</i>	鉄道システム全体から周囲環境への電磁妨害のエミッションの制限
IEC 62236-3-1	EN 50121-3-1	<i>Railway applications — Electromagnetic compatibility — Part 3-1: Rolling stock — Train and complete vehicle</i>	鉄道車両の EMC
IEC 62236-3-2	EN 50121-3-2	<i>Railway applications — Electromagnetic compatibility — Part 3-2: Rolling stock — Apparatus</i>	鉄道車両用の機器の EMC
IEC 62236-4	EN 50121-4	<i>Railway applications — Electromagnetic compatibility — Part 4: Emission and immunity of the signalling and telecommunications apparatus</i>	地上側に設置される信号や通信のための機器の EMC
IEC 62236-5	EN 50121-5	<i>Railway applications — Electromagnetic compatibility — Part 5: Emission and immunity of fixed power supply installations and apparatus</i>	固定電源設備やそのような設備での使用が意図された機器の EMC

表 1: IEC 62236 (EN 50121) シリーズ

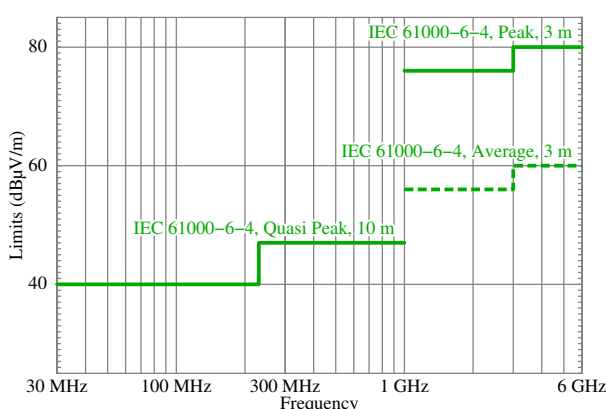


図 1: 放射エミッション限度 (IEC 61000-6-4:2006+A1:2010)

この規格が用いられる場合でも、鉄道システムで用いられる通信の保護などのために特定の周波数範囲でのより厳しい要求への適合やこの規格では限度が定められていない周波数範囲のエミッション限度への適合などを求められるようなこともあるかも知

れない。^{†2†3}

一般に、この要求に (また次項で述べる伝導エミッションの要求に) 適合する機器はそれを車両に搭載した時に車両の IEC 62236-3-1 の放射エミッション要求への適合性を損なわないことが期待されるであろう。

50 kVA を超える動力用コンバータや補助コンバータは個別に放射エミッション測定を行なう必要はないが、車両全体として試験した時には IEC 62236-3-1 に適合しなければならない。

^{†2} この規格のエミッション限度はかなり甘く、この規格のエミッション要求に適合する機器も近傍の無線機器への著しい干渉を生じるかも知れない。

^{†3} 鉄道では、信号、鉄道無線、その他の鉄道システム (車軸カウンタ、軌道回路、列車制御システムなど) のために様々な周波数の信号が用いられており、それらへの干渉の防止も必要となる。これらで用いられる周波数やその他のパラメータは地域や路線などによって異なり、IEC 62236-3-1 ではそれらとの両立性のためのエミッション要求は使用される信号や通信などのシステムに応じて規定するように定められている。IEC 62236-3-2 にはそのような記述はないが、車両の製造業者が車両の適合性の維持のために必要と判断した場合などにはこの規格よりも厳しい限度への適合やこの規格では限度が定められていない周波数範囲のエミッション限度への適合などが求められるかも知れない。一般に、このような要求の規定 (おそらくは納入仕様の一部となる) は車両の製造業者の責任となるだろう。

3.2 伝導エミッション

AC や DC の補助電源の入出力、及びバッテリー電源の入出力は 150 kHz～30 MHz の伝導エミッション限度の適用の対象となる。この規格では伝導エミッション限度は準尖頭値 (QP) でのみ、また比較的高いレベルに設定されている (図2)。

測定は原則として CISPR 16-2-1 に従って (すなわち IEC 61000-6-4^[4] の場合と同様に) 行なうが、電圧や電流が大きいためそれに従うことが実際的でない場合は他の手段を用いることが必要となるかも知れない。

この規格では車両の走行用のモータの駆動に用いられる動力用のシステムに対する伝導エミッション限度は規定されていないが、車両全体として試験した時には IEC 62236-3-1 に適合しなければならない。^[4]

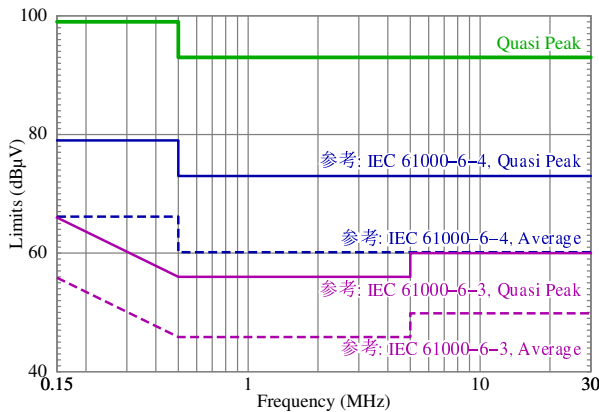


図 2: 伝導エミッション限度 (補助電源入出力、バッテリー電源)

この規格では補助電源を車両外から給電する状況 (shore supply mode)^[5] に対する限度は規定されてお

^[4] 架線 (架空電車線) や軌条に漏洩したノイズは鉄道システムの動作に影響を与える可能性が、また電磁界として周囲の環境に放射されて第三者のシステムへの干渉問題 (例えば沿線でのラジオやテレビの受信障害のような) を引き起こす可能性がある。通常は通信障害などがあまり懸念とならない低い周波数範囲の妨害についても、例えば軌道回路に重畳した信号で信号機の制御を行なわれている場合はその周波数の妨害電流は信号機の動作に直接影響を与える可能性を持つであろうし、地上子と車上子のあいだで磁気誘導による通信が行なわれている場合はその周波数の妨害電流が発生する磁界がその通信に影響する可能性が予期される。特に、大きい電力を扱う動力用のコンバータ (走行用モータ駆動用のインバータや整流機器) は、架線や第三軌条と集電子 (また、車輪と線路) のあいだで発生することがあるアークとともに、しばしば鉄道システムで用いられる信号などへの干渉の主な懸念の源となる。^{[5][6]}

^[5] 車両上の機器の動作のための補助電源は通常は架線などから給電された高い電圧の電源から変圧して作られるが、車両基地などでその電源システムを切った状態で車両上の電気システムを動作させられるように、補助電源を車両外から直接給電して動作させる場合があり、これは船舶が停泊中に陸上 (shore) からの給電を受ける場合と同様に “shore supply” モードと

らず、そのようなものにも通常の限度を適用できる。だが、例えば商用電源への接続が想定されるような場合はそれに適した限度^[6]を適用すべきであり、これは製造業者が規定すべきである。

3.3 公衆が使用するための AC アウトレット

公衆による使用が意図された AC アウトレット^[7] の電圧波形の総高調波歪 THD は 8 % 未満でなければならない。

4 イミュニティ要求

イミュニティ試験は IEC 61000-4 シリーズ^[7] の試験法を用いて行なうが、以下でその概要を示すように、この規格で追加の規定が定められている。

規格で示されている試験レベル (表2) は任意の場所で非常に低い頻度で発生するかも知れない事象をカバーせず、従ってそのようなものとして扱うべきである。

これと異なる要求があれば別途規定しなければならない。

4.1 性能基準

イミュニティ試験での合否の判定に用いる具体的な性能基準 (A、B、C) は IEC 62236-1:2018^[2] で規定された枠組みに従って製造業者が規定する。

4.2 IEC 61000-4-2 (静電気放電)

- IEC 61000-4-2:2008 に従って試験する。
- 乗客や運行スタッフがアクセスできる機器にのみ適用する。

呼ばれている。 <https://www.railengineer.co.uk/feeding-the-train-intelligent-shore-supply/> なども参照。

^[6] 例えば図2に参考として示したもののような。

^[7] 例えば乗客が使用できるように座席付近やデッキに設けられた電源コンセントのような。

試験	試験レベル	性能基準
バッテリー基準ポート (エネルギー源の出力を除く)、補助 AC 電源入力ポート (定格電圧 480 V 以下)		
IEC 61000-4-6	0.15~80 MHz: 10 V (80 % AM, 1 kHz)	A
IEC 61000-4-4	2 kV (5 kHz)	A
IEC 61000-4-5	ライン - 接地: 2 kV, ライン - ライン: 1 kV (1.2/50 μ s, 42 Ω + 0.5 μ F)	B
信号、通信、計装、制御ポート		
IEC 61000-4-6	0.15~80 MHz: 10 V (80 % AM 1 kHz)	A
IEC 61000-4-4	2 kV (5 kHz)	A
エンクロージャ・ポート		
IEC 61000-4-3	80~800 MHz: 20 V/m (80 % AM, 1 kHz) 800~1000 MHz: 20 V/m 1400~2000 MHz: 10 V/m 2000~2700 MHz: 5 V/m 5100~6000 MHz: 3 V/m	A
IEC 61000-4-2	接触: 6 kV, 気中: 8 kV	B

表 2: イミュニティ試験レベルの概要

4.3 IEC 61000-4-3 (放射電磁界)

- IEC 61000-4-3:2006+A1:2007+A2:2010 に従って試験する。
- 80~800 MHz の 20 V/m の試験レベルは客室、運転室、あるいは車両の外部 (天井や床下) に取り付けられる機器に適用される。
その他の場所^{†8}に取り付けられる機器では 10 V/m を適用できる。
- ユニット全体として試験を行なうことが实际的でない大型機器の場合、製造業者は敏感なサブ・システムを試験すべきである。
また、この場合、試験報告書では各サブ・システムを試験するかどうかの選択と行なわれた仮定 (例えばシールドによる電磁界の低減^{†9}) を正当化すべきである。^{†10}

4.4 IEC 61000-4-4 (ファスト・トランジェント)

- IEC 61000-4-4:2012 に従って試験する。

^{†8} 例えば独立した制御器室のような。

^{†9} 実際には、相当嚴重なシールドを行なったとしても放射電磁界に対するイミュニティ試験の省略を正当化するのは難しいだろう。機器の非電気的な部分、例えばエアコンの熱交換器のようなものを試験の対象から外すようなことはできそうである。

^{†10} 通常、これらの事項は製造業者が試験計画書に明記することが必要となるだろう。

- 電源ポートやバッテリー制御入出力ポートへの印加は直接結合で、その他の信号線など (信号、通信、計装、及び制御ポート) への印加は容量性結合クランプで行なう。
- 性能基準 A が適用される。
- バッテリー基準ポート以外の信号線 (信号、通信、計装、制御ポート) には総延長が 3 m を超える場合にのみ適用する。

4.5 IEC 61000-4-5 (サージ)

- IEC 61000-4-5:2014+A1:2017 に従って試験する。
- 電源ポートやバッテリー制御入出力ポートに適用される。
- AC 電源線を含め、42 Ω + 0.5 μ F で印加する。^{†11}
- 下位の試験レベルを含めて、各条件で 5 パルスづつ、極性を交互にはではなくそれぞれの極性毎に印加する。

^{†11} これは IEC 62236-3-2:2008 では推奨となっていた。この試験にはシールドされていない非対称相互接続線に用いられるものと同様の CDN (結合/減結合回路網) を用いることができるが、電源ポートへの印加の場合は特に、CDN の電圧や電流の制限に注意が必要となろう。

- 試験は IEC 60571^{†12} で規定された最大定常電源電圧で行なう。

4.6 IEC 61000-4-6 (無線周波コモン・モード妨害)

- IEC 61000-4-6:2013 に従って試験する。
- バッテリ基準ポート以外の信号線 (信号、通信、計装、制御ポート) には総延長が 3 m を超える場合にのみ適用する。

5 補足

5.1 試験条件

エミッション試験については最大のエミッションを発生すると、またイミュニティ試験については最大の感受性を示すと製造業者が判断した典型的な動作モードで実施する。

その機器がシステムの一部である、あるいは他の機器と接続できる場合、ポートを動作させるのに必要な機器と接続して試験する。類似のポートが多数ある場合は、実際の動作状況の模擬のために、また全ての異なる種類の終端を網羅できるように充分な数のポートを選択する。

構成や動作モードは試験計画書で規定し、試験時の実際の構成や動作モードは試験報告書に正確に記載する。

5.2 無線機器の扱い

鉄道車両に搭載される無線機器もこの規格の対象となるが、この規格では、

- 無線送信機からの意図的な放射には放射エミッション要求は適用しない;
- 無線機器に対する規格で規定された除外帯域内についてはイミュニティ要求は適用しない。

一般にこれらの事項は各地域の無線規則 (EU の場合は無線機器指令、及び関連する欧州規格) で扱われる。

^{†12} IEC 60571 — *Railway applications - Electronic equipment used on rolling stock*

5.3 安全との関連

この規格では電磁妨害の安全への影響は考慮されておらず、一般に、安全に関係する事項はその他の事項とともに IEC 62278^[3] で定められたプロセスの中で扱われることになるだろう。

電磁妨害の存在下で安全性を損なわないであろうことをイミュニティ試験によって示せるわけではないものの、その検証の一部として、安全のために重要な機器にはこの規格よりもより厳しいイミュニティ要求を適用するのが適当と判断されるかも知れない。^{†13}

5.4 補足説明

5.4.1 補助電源

架線などからの給電を受ける電気車は架線などから給電された電力を必要に応じて変圧して用いているが、通常、車両の走行用のモータの駆動に用いられる動力用の電源系統と別に、車両上の様々な電装品への給電のための低勢力の電源が用意されている (図 3)。

この電源が補助電源 (auxiliary power) と呼ばれ、電装品の多くはこの補助電源に、あるいはバッテリー電源 (§5.4.2) に接続されることになる。

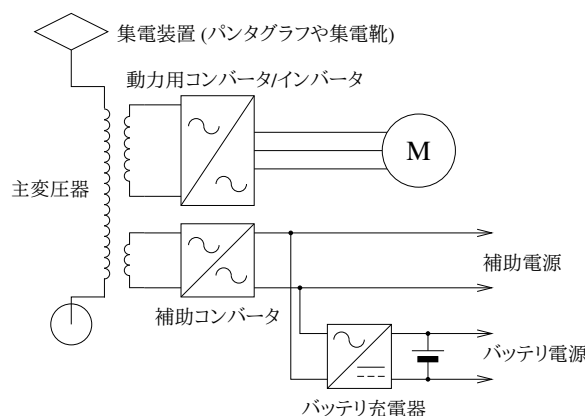


図 3: 交流饋電^{きでん}の鉄道車両の電源系のイメージ

5.4.2 バッテリ基準ポート

通常の走行時に架線などからの給電を受ける電気車はその電力で充電されるバッテリーも搭載してお

^{†13} 例えば IEC 61000-6-7^{[8][9]} などですらされているように。

り、少なくとも架線などからの給電を受けていない時(通常の運用の中でも、パンタグラフを上げて始動するまで、また走行中にデッドセクション^{†14}を通過する際などにこの状況が発生する)にも動作する必要がある前照灯や制御機器などはそのバッテリーからの給電を受けるようになっている。

この規格では、このようなバッテリーが接続された電源線、またその電源を基準とした入出力線^{†15}が「バッテリー基準ポート (battery referenced port)」として識別されている。

どの機器がこのような電源に接続されるかは車両に依存するかも知れないが、バッテリー基準ポートに該当する方が試験が厳しくなる(表2)ため、それが不明な場合は全ての直流電源入力、またそれに関連する入出力線がこれに該当するかも知れないと仮定するのが無難かも知れない。

近年では、大容量のバッテリーを搭載し、架線などからの給電を受けていない時(停電時などを含む)にも照明や空調などを含む電装品を動作させられるようにするのみでなく、ある程度の距離を自力で走行できるようにしている車両もある。

おそらく、そのような車両では一般の電装品の多くはバッテリーから直接的に給電を受けるのではなく、バッテリー電源からコンバータやインバータで変換された補助電源に接続される形となると思われる。

そのような車両では伝統的な車両でバッテリー電源に接続されるような機器もバッテリーからコンバータで変換された直流電源に接続されるかも知れず、従ってその電源やそれに関連するポートはバッテリー基準ポートには該当しないとみなせるかも知れない。だが、疑義がある場合、あるいはそれらのポートがバッテリー基準ポートに対する試験で模擬されるような妨害を受ける可能性も予期されるような場合などは、そのようなポートについてもバッテリー基準ポートに対する要求を適用するのが無難かも知れない。

^{†14} 例えば電源条件が異なる(交流/直流、電源電圧、あるいは電源周波数が異なる)区間のあいだに電気的な分離のために設けられた区間。通常、その区間を通過しているあいだは架線や第三軌条からの給電を受けられなくなり、バッテリーでバックアップされていない機器は使用できなくなる。特に古い車両で、特定の場所を通過する際に一時的に車内の照明が消えるのに気付いたことがある方もおられるかも知れない。

^{†15} 例えばバッテリー電源とのあいだにスイッチや表示灯などが接続される入出力ポートのような。IEC 62236-3-2:2018 Annex A も参照。

6 参考資料

- [1] IEC 62236-3-2:2018, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 3-2: Rolling stock – Apparatus*
- [2] IEC 62236-1:2018, *Railway applications – Electromagnetic compatibility – Part 1: General*
- [3] IEC 62278, *Railway applications – Specification and demonstration of reliability, availability, maintainability and safety (RAMS)*
- [4] IEC 61000-6-4:2006+A1:2010, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*
- [5] *Electromagnetic Compatibility in Railways: Analysis and Management (Lecture Notes in Electrical Engineering)*, Ade Ogunsola and Andrea Mariscotti, Springer, 2013
- [6] 鉄道と EMC, 電気学会 電気鉄道の電磁環境に関する協同研究委員会(編集), オーム社, 2008
- [7] 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・オータマ, 佐藤, 2018,
<https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>
- [8] IEC 61000-6-7, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-7: Generic standards – Immunity requirements for equipment intended to perform functions in a safety-related system (functional safety) in industrial*
- [9] 安全関連機能を持つ機器のイミュニティ — IEC 61000-6-7 の概要, 株式会社 e・オータマ, 佐藤, 2022,
<https://www.emc-ohtama.jp/emc/reference.html>