

鉄道用磁界測定向け技術仕様 IEC 62597 の国際規格化

笹川 卓* 森田 岳** 池畑 政輝*** 赤木 雅陽#

IEC 62597 for Measurement Procedures of Magnetic Field Levels in the Railway Environment, Revised International Standard from Technical Specification

Takashi SASAKAWA Gaku MORITA Masateru IKEHATA Masataka AKAGI

Recently, IEC/TS 62597:2011 : Technical Specification of “Measurement procedures of magnetic field levels generated by electronic and electrical apparatus in the railway environment with respect to human exposure” is revised and becomes an International Standard in 2019. In this report, we describe this International Standard itself and its revision process emphasizing on the differences between the International Standard and the Technical Specification.

キーワード：低周波磁界，測定規格，国際規格，鉄道

1. はじめに

鉄道環境下の磁界に関する測定方法を記載した技術仕様書 IEC/TS 62597:2011 の出版以降，本技術仕様書（以下 TS と省略）が国内外の鉄道事業者の鉄道環境下における磁界測定のみどころとなってきた。ところで本 TS の改定について関係国のコンセンサスが得られ，国際規格 IEC 62597:2019 “Magnetic field levels generated by electronic and electrical apparatus in the railway environment with respect to human exposure - Measurement procedures” 「鉄道環境における電子及び電気機器による磁界レベルの人体ばく露に関する測定手続き」が昨年発行された¹⁾。本稿では，TS からの改定部分を中心に本国際規格（以下 IS と省略）の概要およびその内容について概説する。

2. 低周波磁界のガイドラインと測定規格

本章では低周波磁界のガイドラインと測定規格全般について述べる。

2.1 低周波磁界のガイドライン

WHO（国際保健機関）等の詳細な評価を含むこれまでの研究調査で，低周波磁界のばく露が生体の神経系への刺激等の作用（いわゆる短期的影響）を有することが明らかとなり²⁾，その大きさを管理することが勧告され，その指針が ICNIRP（国際非電離放射線防護委員会）や IEEE（米国電気電子学会）により定められた^{3) 4)}（他方 100kHz 以上の高周波磁界には熱的影響の観点からガイ

ドラインが定められている）。本来評価すべき条件（基本制限）は体内の誘導電界であるが，これは測定が困難であるため，このガイドラインでは測定可能な物理量に対して上記の誘導電界が余裕を持って収まる「参考レベル」を設け，通常は参考レベルにより評価することとしている。ガイドラインには一般公衆向けと職業人向けがそれぞれあるが，図 1 に ICNIRP による一般公衆向けの参考レベルを示す（この参考レベルは本来 300GHz までを対象とするが，ここでは本規格 IEC 62597:2019 で必要となる 20kHz までの部分を示す）。これらの基本制限やガイドラインを法的に強制するかどうかは，各国の判断に委ねられている。国内については上記 ICNIRP ガイドラインに基づき一般電力設備および鉄道用電力設備について 50,60Hz で 0.2mT 以下という規制値が存在する⁵⁾。

参照されるべきガイドライン（参考レベル）を用いて管理するためには，対象となる物理量（この場合磁束密度）を測定する手続きを定める必要がある。その役割を果たすのが本稿で扱う測定用規格類である。

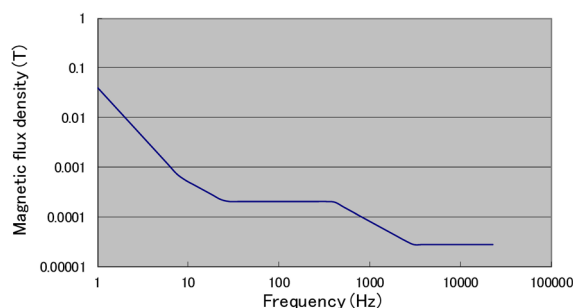


図1 ICNIRP ガイドラインの参考レベル（一般公衆向け）³⁾

2.2 低周波磁界の測定に関わる規格

規格制定の役割を担う国際機関として IEC（国際電気標準会議）があり，そこで制定された規格類は一部 JIS

* 浮上式鉄道技術研究部
** 電力技術研究部 き電研究室
*** 人間科学研究部 生物工学研究室
鉄道国際規格センター

にも反映されている。人体防護に関わる低周波磁界の測定に関して、どの分野の測定にも共通する基本要件を扱うものとしては、IEC 61786-1:2013, IEC 61786-2:2014（「人体ばく露を考慮した低周波磁界および電界の測定」）がある^{6) 7) 8)}。この規格に基づき、低周波磁界の測定について鉄道を含む各分野・業種毎にその特殊性を考慮した個別規格類がさらに作成されており、鉄道以外にも電力設備や家電及び電磁調理器、非接触給電装置等に向けた個別の規格類がある。本稿に関係するものとしては、IEC 62110:2009（「交流電力システムから発生する電界及び磁界の強さ」）があげられる⁹⁾。これらを表1にまとめて示す。鉄道の低周波磁界測定に関してはIEC 61786-1:2013, IEC 61786-2:2014を参照しつつ、本稿で解説するIEC 62597:2019を主として利用することとなるが、一部（電力関係等）はIEC 62110:2009も用いることとなる（経緯については後述）。

表1 低周波磁界の測定法に関する主な国際規格

IEC 61786-1:2013, -2:2014	Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100 kHz with regard to exposure of human beings – Part 1: Requirements for measuring instruments, Part 2: Basic standard for measurements	測定法全般、測定器等
IEC 62110:2009	Electric and magnetic field levels generated by AC power systems – Measurement procedures with regard to public exposure	一般電力システム

2.3 IEC/TS 62597:2011 改定の経緯

IEC/TS 62597:2011は制定後、国内外の鉄道環境における磁界測定の基本文書として活用されてきたが、関係者のコンセンサスが得られず両論併記の部分があったためIECのルール上TSという位置付けにされていた。ところが制定後6年を経た2017年頃、本TSをISに改定するか廃止となるかの選択を迫られることとなった。国内では本TSが既に普及しており、廃止ではなくIS化が望ましいとの合意が関係者間に存在した。そこでIECの国際審議に備えるべく、国内委員会が鉄道国際規格センターを事務局として設立され、3か年に亘る活動の結果、前述のように2019年にISとして発行される運びとなった。以下に、本規格の内容とTSからの改定内容を記す。

3. 国際規格化された IEC 62597:2019 の内容

TS制定時、主要審議メンバーである日本と欧州の間で車内測定点の配置方法（後述する容積測定法と表面測定法）、使用可能な測定器（フラックスゲート式を認めるかどうか）、鉄道の電力関連設備に関連する測定の整理方法（IEC 62110:2009の取り扱い）などに関して意見の相違が存在し、TS内では両論併記の処置が取られた。IS化にあたってはこれらの相違への対処方が重

要であり、IS化による改定の結果が国内関係者の不便及び不利益とならないことを念頭にIS化に臨むこととなった。この規格には一般公衆向け記述と職業者向けの記述があるが、以下は一般公衆向けについて述べる。なお本ISは対応する欧州規格EN 50500:2008¹⁰⁾がベースとなっており、付属文書B, Cの部分を除く本ISを満たせば基本的にEN 50500:2008の要件も満足することとなる。

3.1 IEC 62597:2019 の全体構成

IEC 62597:2019の全体構成とその概要を表2に示す。扱う周波数は鉄道環境下では高周波磁界はあまり見られないことを考慮し20kHzまでである。

表2 IEC 62597:2019 の全体構成
(鉄道国際規格センター HP¹¹⁾ より抜粋し内容を追加)

項目	内容
まえがき、序文	
1 適用範囲	人体暴露レベルの評価のための磁界測定手続き（鉄道自身および乗客の電子機器類の電磁両立性は対象としない）、埋め込み型医療機器装着者向け測定も含む
2 引用文書	IEC 62311:(人の曝露に関する電気電子機器の電磁界の評価方法)
3 用語、定義および略語	
4 測定手続き	
4.1 一般	鉄道には高周波電磁界源は無いため熱作用の影響は考慮せず、鉄道信号は磁界源としては小さく本規格の対象から除外
4.2 車両	水平方向距離0.3m, 床面高さ0.3m, 1.0m, 1.5m
4.3 地上設備	変電所等: フェンスから水平方向距離0.3m, 高さ0.3, 0.9, 1.5m
	沿線(明かり区間): 水平方向距離10m(幹線)または3m(近郊線), 高さ1.5m プラットフォーム: ホーム端から0.3m, 高さ0.9m, 1.5m
4.4 試験条件	車両の条件やき電電流について規定
4.5 試験環境	
5 測定技術	
5.1 一般	
5.2 周波数範囲	DC~1Hz, 5Hz~20kHz(40kHzサンプリング)
5.3 測定装置	直流用および交流用磁界用測定器(サーチコイル式)を規定
5.4 評価方法	周波数領域法と時間領域法を規定
5.5 測定の実施	最大負荷条件に拠れない場合の手法(シミュレーションの活用)を明示
6 レポート	レポートへの記載事項
附属書A(規定)	試験計画について
附属書B(参考)	1Hz~5Hzの測定周波数ギャップ、フラックスゲートセンサの使用可能を記載
附属書C(参考)	鉄道用電力設備、沿線での測定におけるIEC 62110:2009の適用方を例示
参考文献	

3.2 測定点（車両）

車内測定点として欧州側は高さ0.3m, 1.0m, 1.5mで測定を行う容積測定法を、日本側からは車内床表面、高さ

0.5m,1.0m,1.5m を測定点とする表面測定法を提案したが、協議の結果欧州案が国際規格として採用されることとなった。車内測定点としては従前から欧州提案測定点での評価も並行して実施されており、この変更による影響は大きくないと考えられる。なお測定位置は床下磁界源から遠ざかる方向であり、本変更により 2.1 節で述べた基本制限／参考レベルの遵守は容易になる方向であると考えられる。車内の測定位置を図 2 に示す。

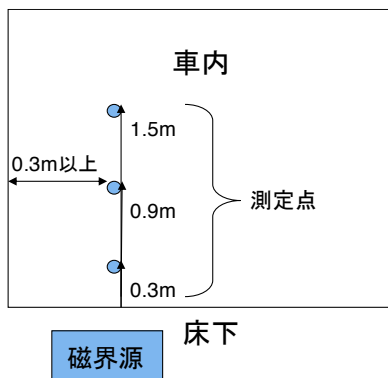


図 2 IEC 62597:2019 の車内の測定箇所（一般公衆）

3.3 測定点（地上設備）

鉄道用送配電設備に関係する測定については、国内では経産省管轄の一般電力用送配電に関する別 IS (IEC 62110:2009) の規定をこれまで準用していた。一方で本 IS のベースとなった EN 50500:2008 では鉄道用送配電設備の測定方法として別の規定を定めていた。TS が IS 化される過程で、IS の本文においては EN 50500:2008 ベースの記述となっているが、附属書 C で IEC 62110:2009 を準用している国（日本等）においては、それを認める旨が記載されている。具体的には本 IS の本文中の記載では水平方向距離が 0.3m であるが附属書 C による場合は 0.2m であること、測定高さなどが相違点となる。

沿線での測定は線路中心から 10m ないし 3m での測定ということになっている。しかしこの規定はヨーロッパでの測定の実態に合わせたもので、密集地を鉄道路線が通る日本国内の実態には合っていない。そこで附属書 C において敷地境界（フェンスなど）から 0.2m 離れの点での測定に依ることができるように記述されている。

ホームでは、ホーム端からの水平方向距離は 0.3m であるが、高さについては規格書本文と附属書 C で若干異なる。なお踏切や跨線橋などでの測定の規定もある。

以上国内鉄道事業者は、過去の測定データを本 IS に適合したものと見なせると同時に、今後もこれまで通りの測定を実施することが可能であり、過去の測定データとの連続性を今後も担保することができる。

3.4 測定機器

鉄道車両から発生する磁界は一般の電力設備等から発生する磁界とは異なり、様々な周波数成分が含まれていると考えられる。そのため、適切な磁界センサを選んで測定を行う必要がある。低周波磁界を測定するためのセンサは多種多様なものがあり、それぞれ測定可能な周波数帯域やダイナミックレンジが異なるため、その測定の目的に応じて使い分けることとなる。鉄道の低周波磁界測定を想定した場合 IEC 61786-1:2013, IEC 61786-2:2014 を満足することが前提となるが、表 3 の 3 方式が実績もあり候補となるものである。いずれも直交する 3 軸センサであることが必要条件となっている。鉄道で観測される周波数帯域の内、ホール素子は直流磁界（低周波側）に、サーチコイルセンサは高周波側の磁界測定に適している。そのため鉄道の磁界測定においては、両者を併用する必要がある。他方フラックスゲート式は直流から高周波側まで鉄道における測定に必要な周波数帯を満遍なく 1 台で測定できるという特徴がある。

欧州側はサーチコイル型磁界測定器（交流磁界）とホール素子型ガウスメータに代表される直流磁界測定器の組み合わせを、日本からは交直磁界とも国内で実績豊富なフラックスゲート型測定器を提案した。この結果規格書本文では欧州案が採用されたが、付属書 B 内でフラックスゲート型測定器が使用可能であることが明記され、これまで通り使用可能である。

表 3 種々の測定センサ（代表的なもの）

	周波数範囲	ダイナミックレンジ
ホール素子センサ	DC～300Hz	0.01mT～10T
サーチコイルセンサ	5Hz～数MHz	0.0001mT～0.1T
フラックスゲートセンサ	DC～40kHz	0.001mT～2mT

3.5 測定データ処理

測定した結果に対する評価方法については、直流磁界と交流磁界に分けて記されている。

- ・直流磁界：3 軸の合成磁束密度の大きさを評価
- ・交流磁界：周波数領域法、あるいは時間領域による

直流磁界については 3 軸の合成値のみを評価するが、交流磁界については 2 通りの方法が示されている。一般的には簡便な周波数領域法^{12) 13)} で評価されることが多いが、同評価は位相成分を無視しているため安全側の評価（磁界を大きめに評価）になる場合があり、時間領域法⁴⁾ の方はこの欠点がないとされている。表 4 に両方法の特徴をまとめる。

表4 周波数領域法と時間領域法の比較

	周波数領域法	時間領域法
概要	フーリエ変換したのち周波数毎に重みをつけて足し込む	参考レベルに従った重み付けをフィルタ処理後の波形に施す
特徴	処理が簡便、過大評価の可能性	IEC 62233にて採用
IEC 62597中の記載 他	限度値の1/10のフーリエ成分は無視、ハニング窓(0.5秒)	欧州のサーチコイル型測定器に実装

なお対象とする周波数範囲は、鉄道環境で想定されるDC～20kHzとなっており、これまでのTSと変わらない。ただし1Hz～5Hzの周波数範囲は測定から除外してもよいことになっている。これは上記測定機器の内、交流にサーチコイルタイプの磁界測定器を用いる場合にこの周波数帯域が測定し難いことに対応したものである。この帯域の周波数は鉄道には存在しないため除外してもよい旨が述べられているが、附属書Bにもあるように本の規格の適用が想定されるLIM（リニアインダクションモータ）を応用した鉄道などでは本周波数帯も想定されるので、そのような場合は本周波数帯も含めて測定することが望ましい。日本から提案したフラックスゲート式磁界測定器であれば、この帯域の磁界も含めDCから40kHzまでシームレスに測定することができる。

4. おわりに

鉄道車両に関する低周波磁界の測定規格については、国際的な低周波磁界に対する取り組みを受けて、この10年間で大きく整備が進められ、本稿のIEC 62597:2019の国際規格化をもって一先ずの区切りを付けることとなった。本ISの改定にあたっては従来のTS時代の国内での測定実態と齟齬を来さないよう配慮しつつ進めたため、国内の規定類の改定の必要性は大きくないと考えられるが、JIS（JIS E4018:2012）¹⁴⁾についてはTSに基づいた内容となっているため本ISに対応した改定等が予想される。

なお本IS化にあたり国内委員会の北野主査、田代委員をはじめとした多くの方の貢献があったことをここに付言する。

文献

- 1) IEC 62597 ed1.0: “Magnetic field levels generated by electronic and electrical apparatus in the railway environment with respect to human exposure - Measurement procedures”, 2019.
- 2) WHO: Environmental Health Criteria 238: Extremely Low Frequency Fields, 2007.
- 3) International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 Hz - 100 kHz), Health Physics, Vol. 99, pp.818-836, 2010.
- 4) IEEE Std. C.95.6TM:2002, IEEE Standard for Safety Levels with Respect to Human Exposure to Electromagnetic Fields, 0-3 kHz, 2002.
- 5) 国土交通省：鉄道の電気設備からの電磁誘導作用による公衆の健康影響防止に関する規定，鉄道に関する技術上の基準を定める省令（平成十三年十二月二十五日国土交通省令第百五十一号）の一部改正 第五十一条の二，2012
- 6) 富田誠悦，多気昌生：生体影響のための電磁場計測（TC106）の経緯，電気学会 EMC 研究会資料，EMC-02-5, pp.25-28, 2002
- 7) IEC 61786-1:2013, Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100kHz with regard to exposure of human beings – Part 1: Requirements for measuring instruments, 2013.
- 8) IEC 61786-2:2014, Measurement of DC magnetic, AC magnetic and AC electric fields from 1 Hz to 100kHz with regard to exposure of human beings – Part 2: Basic standard for measurements, 2014.
- 9) IEC 62110:2009, Electric and magnetic field levels generated by AC power systems – Measurement procedures with regard to public exposure, 2009.
- 10) EN 50500:2008, Measurement procedures of magnetic field levels generated by electronic and electrical apparatus in the railway environment with respect to human exposure, 2008.
- 11) <https://risc.rtri.or.jp/risc/general/ieciso/issuedlist.jsp?typecd=1> (2020年6月30日調参照)
- 12) 加藤佳仁，笹川卓，池畑正輝：鉄道車両に関する低周波磁界の測定規格等の動向，鉄道総研報告，Vol.32, No.3, pp.41-44, 2018
- 13) Time-domain measurement and spectral analysis of non stationary low-frequency magnetic field emissions on board of rolling stock, IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, vol. 46, no. 1, pp. 12-23, 2004.
- 14) JIS E 4018:2012：鉄道車両—磁界測定方法，2012