

鉄道関連における電磁界規制の動向

長谷川 均* 加藤 佳仁* 池畑 政輝**
仲村 孝行*** 中村 一城# 重枝 秀紀##

The Results of a Survey on the Regulation of a Electromagnetic Field in Railway System

Hitoshi HASEGAWA Yoshihito KATO Masateru IKEHATA
Takayuki NAKAMURA Kazuki NAKAMURA Hidenori SIGEEDA

Recently, there is an activity on the regulation of an electromagnetic field, for example, Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism notification "Regulation regarding prevention of the health effect of the public by the electromagnetic induction action from electric equipment of a railroad" which went into effect in January, 2012. According to this regulation, numerical value is imposed regarding the magnetic field from ground electricity equipment. On the contrary, social concern is high although regulation is not shown about a magnetic field in the vehicle. In this report, we investigated the latest trend and summarized concerning the regulation and the standard of a magnetic field relevant to a railway.

キーワード：低周波電磁界，国際規格，国内規格，電磁界解析

1. はじめに

鉄道関連における電磁界規制については、国交省通達により、平成24年度から鉄道における電磁界の数値規制¹⁾が課されることとなった。また、磁界の測定方法に関しても、IECの技術仕様(Technical Specification)²⁾の提示、国内規格としてJIS E4018「鉄道車両-磁界測定方法」の改定が進められるなど、活発な動きを見せている。国交省通達は、鉄道関連の地上電気設備からの磁界について、具体的な数値を課すなど、鉄道設備の建設や更新に大きな影響を及ぼすこととなった。鉄道周辺環境として、磁界を考慮した計画、運営、保守等が求められることとなった。

本報告では、これら鉄道に関連する規制や規格について、最近の動向を調査しまとめるとともに、これらの規制や規格の考え方の基となっている、国際非電離放射線防護委員会(ICNIRP)のガイドラインや、測定装置についても簡単に述べたい。

2. 鉄道関連の磁界規制や規格の動向

電磁界が発生源以外のものに影響を与える可能性のあ

るものとしては、電気機器と生体がある。電気機器の中には、電流や磁界により動作するものや磁性体により記録されるものが多くあり、外部からの電磁界により誤動作を引き起こす可能性がある。また、生体については、電磁界の直接的な作用(短期的影響と呼ばれる)を考慮する必要がある。

低周波電磁界と呼ぶときの、「低周波」は何Hzまでを指すかについては明確な定義がない。例えば、本邦での電波法は10 kHz以上について適用されており、法的にはそれ未満を低周波と考えることもできる。また、通信に使用される周波数帯域は無線有線を問わず数百kHz以上であり、電力に使用される周波数は50~60 Hzであるため、これを基準として数kHz以下を低周波と見ることがもできる。さらに、実在するパワーエレクトロニクス機器のスイッチング周波数の上限である20 kHzまでという意見もあるなど様々である。ただし、大まかに低周波の意味するところは、電磁界を電磁波として扱う必要がなく、電界と磁界をそれぞれ独立に考えて実用上問題のない周波数領域であるという考え方が一般的である³⁾。

世界的な動向としては、適用する周波数範囲についてICNIRPが100 kHzまでの電界および磁界のばく露制限をガイドライン⁴⁾として2010年に公表したため、今後は、この数値が基本になると考えられる。ICNIRPガイドラインの基本制限や参考レベルの考え方と適合判断の方法を図1、図2に示す。

* 浮上式鉄道技術研究部 電磁力応用研究室
** 人間科学研究部 生物工学研究室
*** 車両制御技術研究部 駆動制御研究室
信号通信技術研究部 通信研究室
電力技術研究部 き電研究室

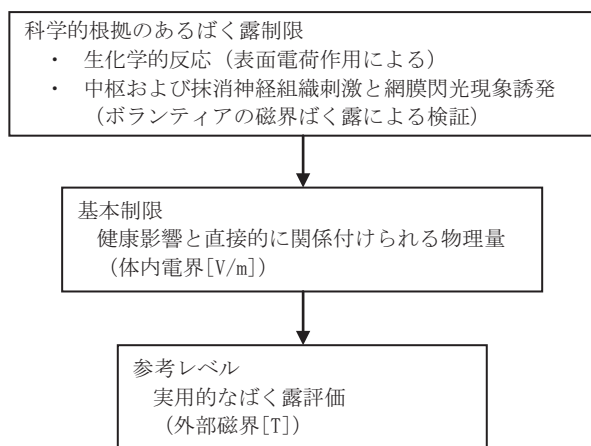


図1 ICRNIPガイドラインの基本的な考え方

2.1 国土交通省通達

国際保健機関（WHO）における公式見解（ファクトシート No.322, 2007年）では、「高レベルの電磁界への短期的ばく露については、健康への悪影響が科学的に確立されており、政策決定者は、労働者及び一般人をこれらの影響から防護するために規定された国際的なばく露ガイドラインを採用すべき」となっている。これを受けて、経済産業省は「電気設備に関する技術基準」について平成23年に省令改正を行い、変電所、送配電線等からの磁界規制を行った。この規制では、一般公衆が立ち入らないように施設したさく等から水平方向に0.2mの地点で、200 μ T（商用周波数）をいう具体的な数値が示された。測定方法については、IEC 62110が準用されている。さらにこれを反映して、平成24年初に国土交通省は、電気鉄道の地上設備において、経済産業省令と同一の規制値を課すこととした。なお、商用周波数以外、鉄道車両、浮上式鉄道等においては適用範囲外である。

2.2 国際規格と海外の規制

電磁界に関する国際規格は、国際電気標準会議（IEC）規格が主として考えられる。IEC規格として、特に電磁界の人体ばく露に関連するものとしては、次の3つが制

定されている。このうち、③IEC62110が、電力線（送電線）からの商用周波数に関する測定方法であり、地上の電気設備に関し大きな影響力がある。IEC62110では、1点測定、3点測定、5点測定と磁界分布（規格では「不平等磁界」といっている）により、測定方法を区分し、機器からの位置などを規定している。

- ① IEC 61786（人体ばく露に関する低周波磁界及び電界の測定－測定器の特別要求事項及び測定の手引き）
- ② IEC 62233（家庭用電気機器及び類似機器からの人体ばく露に関する電磁界の測定方法）
- ③ IEC 62110（交流電力システムから発生する磁界及び電界の強さ－公衆の人体ばく露を考慮した測定手順）

鉄道に関する磁界の測定方法については、国際規格としては定められておらず、技術仕様書として、IEC/TS 62597（鉄道施設の磁界の測定に関する技術仕様書）が提案されている。この仕様書は、一般公衆、職業ばく露を考慮した、車両を含む鉄道設備における磁界測定方法を示したものである。この仕様については、国際規格化について動きがあるが、日本を含むアジア、欧州、米国において合意が取れていないのが現状であり仕様にとどまっている。

欧州の多くの国においては、電磁界に関する規制が施行されており、電気鉄道由来のものについても、一般の電力設備の規制に含まれている場合がほとんどである。最も早くから規制され、他の国においても参照されたスイス連邦の例⁵⁾を表1に示す。スイスでは「非電離放射線防護政令」が2000年に施行されたが、環境保護団体と通信事業者の間で見解が違い、政治的な決着をみたという背景がある。政令では0～300 GHzまでを範囲とし、送電設備、携帯電話基地局、放送局等の常設設備が規制対象であり、家電製品、医療機器、軍用機器等には適用されない。電気鉄道設備は、「鉄道・トラム」の項目があり、規制適用範囲に含まれている。

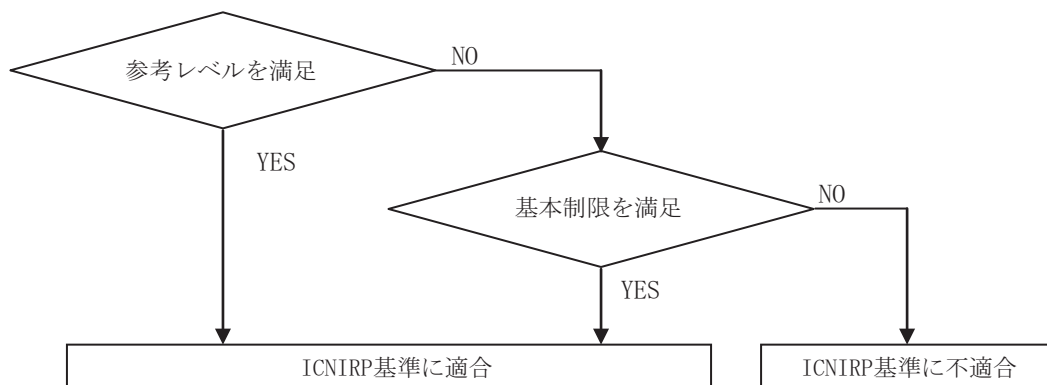


図2 ICRNIPガイドラインの適合性の判断手順

表1 ばく露制限値（スイス連邦の例）

周波数	ばく露制限値（実効値）			平均 [分]
	電界強度 E _{Gr} [V/m]	磁界強度 H _{Gr} [A/m]	磁束密度 B _{Gr} [μ T]	
< 1 Hz	—	32,000	40,000	最大実効値
1–8 Hz	10,000	32,000/ f^2	40,000/ f^2	最大実効値
8–25 Hz	10,000	4000/ f	5000/ f	最大実効値
0.025 – 0.8 kHz	250/ f	4/ f	5/ f	最大実効値
0.8–3 kHz	250/ f	5	6.25	最大実効値
3–100 kHz	87	5	6.25	最大実効値
100–150 kHz	87	5	6.25	6
0.15–1 MHz	87	0.73/ f	0.92/ f	6
1–10 MHz	87/√ f	0.73/ f	0.92/ f	6
10–400 MHz	28	0.073	0.092	6
400 – 2,000 MHz	1.375 · √ f	0.0037 · √ f	0.0046 · √ f	6
2 – 10 GHz	61	0.16	0.20	6
10 – 300 GHz	61	0.16	0.20	68/ $f^{1.05}$

f : 一列目の周波数

2.3 国内規格

国内の規格としては、下記の2つがあり、JIS C1910については、国際規格 IEC 61786 と同等である（国際規格がある場合、JIS はこれを準用する）。

- ① JIS C1910（人体ばく露を考慮した低周波磁界及び電界の測定—測定器の特別要求事項及び測定の手引き）
- ② JIS E4018（鉄道車両—漏れ磁界測定方法）

JIS E4018 は、1995年に制定された。当時、電車の主電動機は直流モータが主流であり、直流磁界に関してのみ適用されていた。昨今、電車はインバータによる交流モータ駆動が大部分を占めるようになり、適用周波数をインバータのスイッチング周波数である 20 kHz まで拡大する必要が生じた。また、エレクトロニクスの進歩により測定装置や測定方法についても大きく変わった。これらの背景から、JIS E4018 に関しても平成 24 年に改定がなされる。

2.4 リスクコミュニケーション

磁界の健康影響に関して、短期的影響については、ICNIRPガイドラインが公表されるなど地道な検討がなされている。一方で、磁界の発がん性などの長期的影響については、国際がん研究機関（IARC）が「2B」（possibly carcinogenic to humans）と評価し、「発がん性があるかもしれない」と邦訳された。この訳は、わかりづらく、一般の人々が不安に感じる要因となっている⁸⁾。磁界は目に見えず、専門的な用語で議論される場合が多く、一般の人へのわかりやすい解説が必要である。そこで、一般財団法人電気安全環境研究所の一部局として電磁界情報セン

ターが設置され、第三者機関として電磁界の健康影響に関して情報提供を行っている。昨今の情報化社会において、このような情報公開の活動が拡大していくと思われる。

3. 磁界測定と解析

いわゆる電気機器の設計に使用される電磁界解析では、対象機器の特性により適切なモデリングが行われる。2次元に帰着できるか3次元で解く必要があるか、動磁場（渦電流場）か静磁場か、線形か非線形か、など要求される計算精度と計算機容量や計算時間などで選択される。低周波領域の電磁界ばく露により生体に生じる電気量に関する解析や測定（Dosimetry と呼ばれる）では、体内誘導量（誘導電界）が指標となるため、磁界環境に生体モデルを置いた場合の動磁場解析問題となる。

3.1 磁界解析

Dosimetry においては、電気機器の解析と同様に偏微分方程式を直接解く解析的な手法と計算機による数値計算手法が用いられる。解析的な手法は、パラメータの変更等の条件設定が容易であるが、細部や複雑な形状、組織などが表現できない。一方で、数値計算手法では、複雑な形状、組織などが表現できるが、条件変更時に再計算の必要があり、計算機容量が大規模化する。最近では計算機が発達し高速大容量となり、各組織に導電率を与えた各種人体モデルによる、数値計算が盛んに行われている。人体モデルを組み込んだ計算例を図3に示す。人体モデルは、数 mm 単位の大きさ（ボクセル）に分割され

ており、人体内の非常に詳細な誘導電界を予測することができるようになった。

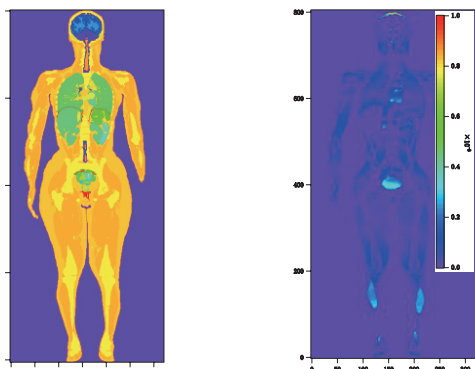


図3 磁界環境中に人体モデルを組み込んだ解析例

3.2 磁界測定

磁界解析と共に重要な事柄として磁界測定がある。磁界は強さと方向を持つベクトル量であり、空間で一様とはならず、時間変動もする。これをスカラな値として正確に表現するのは大変難しいが、大まかな指標としてとらえるため、IEC 62110 や JIS E4018 で測定方法を規格化している。図4に磁界測定センサーの感度領域を示す。人体ばく露に関する測定範囲を網羅するものとしては、サーチコイル、ホール素子、フラックスゲートセンサーが挙げられる。ただし、それぞれに周波数領域の得手不得手がある。例えば、サーチコイルは原理的に全ての磁界強度をカバーできるが直流は測定できないなど、精度よく測定する上ではそれぞれのセンサーの特徴に見合った領域での使用が必要である。

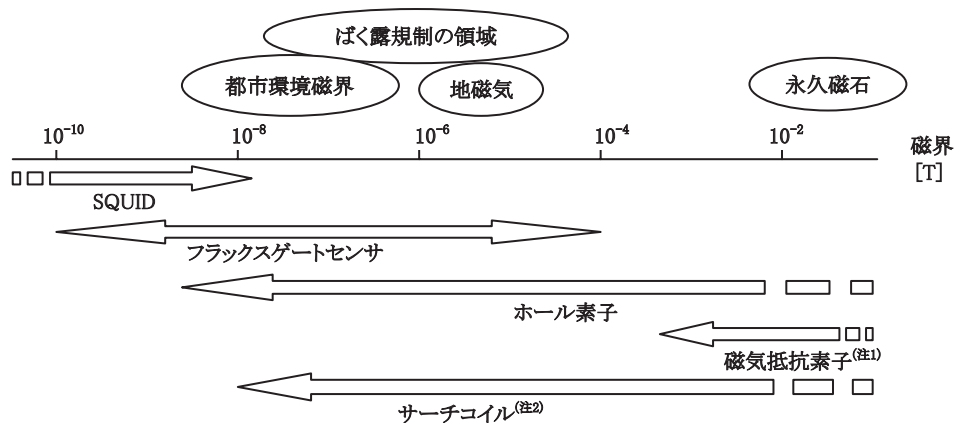
4. おわりに

本報告では、最近の鉄道に関連する電磁界の規制や規格、これに付随する解析や測定について動向を述べた。鉄道周辺環境について、以前より騒音や振動等につい

ては大きな注意を払われていたが、電磁界、特に磁界についてはあまり注目されていなかった。磁界は直接体感することができないため、一般的に放射線と同様な未知の不安を感じている人が多いことは否めない。このため鉄道のような、大きな電力を扱う機械設備についての漠然とした不信感が存在することはやむを得ない。鉄道事業者はもとより関係する団体は、規制や規格に基づいた測定や対策を施すとともに、科学的な根拠に基づき透明で公平な見解を今後とも出していかなければならないと考えられる。

文献

- 1) 国土交通省通達：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の防止に関する規定、鉄道に関する技術上の基準を定める省令（平成13年国土交通省令第151号）の一部改正 第53条の2
- 2) IEC/TS-62597 "Measurement procedures of magnetic field levels generated by electronic and electrical apparatus in the railway environment with respect to human exposure".
- 3) 笹川卓：鉄道における低周波電磁界環境に対するガイドラインと取組み、鉄道総研報告，Vol. 20, No. 8, 2006.8, pp. 37-40
- 4) 国際非電離放射線防護委員会：時間変化する電界および磁界へのばく露制限に関するガイドライン，June 2010（電磁界情報センター訳）
- 5) Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV), Dezember 1999, Switzerland.
- 6) 池畑正輝，吉江幸子：鉄道の電磁界と生体の関わりを探る，RRR，Vol.67, No.9, pp. 26-29, 2011
- 7) 森田岳，兎束哲夫，笹川卓，菅井俊一：電鉄用変電所が発生する電磁界の解析と低減対策，鉄道総研報告，Vol. 22, No. 12, pp. 35-40, 2008
- 8) 電磁界生体影響問題調査特別委員会：電磁界生体影響問題の最近の動向，電気学会講演会予稿集，2006年11月18日



注1 磁気抵抗素子は、実用的な線形領域を示す

注2 サーチコイルは、電圧測定装置の限界で可測

図4 磁界測定センサーの感度領域