

鉄道の磁界に対する EMC について

交通システム部 ※水間 毅 大野 寛之 佐藤 安弘

1. はじめに

近年の鉄道技術の進展に伴い、様々な電子・電気・情報機器が使用され、鉄道システムから電磁界を放射する機会が増加している。また、一方で、社会生活の変化を受けて、鉄道システムが電磁界を受ける機会も増加している。本来、鉄道システムは、車両と信号保安設備との間で相互干渉がないことを前提として設計されており、機器相互間の EMC に関しては一定の配慮がなされてきたと言える。しかし、最近では、EMC に関して国際的な規格が制定される動きが出てきており、鉄道システムもその動向に注意する必要がある。

鉄道システムと EMC の国際規格については、鉄道システムそのものに関するものと、人体影響に関するものが関係してくる。

本稿では、鉄道に関する EMC と国際規格の関係について述べた後、磁界について、放射のメカニズムについて述べ、それらを踏まえた上で、当研究所で検討している測定法を述べる。そして、その測定法に基づいて実際に測定した例を示し、日本の鉄道からの磁界放射実態が国際規格に対してどういった位置づけにあるかを示す。

2. 鉄道に関する EMC 国際規格の動向について

鉄道と国際規格との関係は図 1 に示され、各専門分野ごとに規格が制定されている。EMC に関する国際規格は、IEC(国際電気標準会議)で決定されており、鉄道関係については TC(技術委員会)9 で決定される。EMC 関連の規格としては現在 IEC62236 として審議(投票)中であるが、その概要をここに示す。また、関連して、磁界の人体影響に関する測定法については TC106 で審議されているので、その状況について説明する。

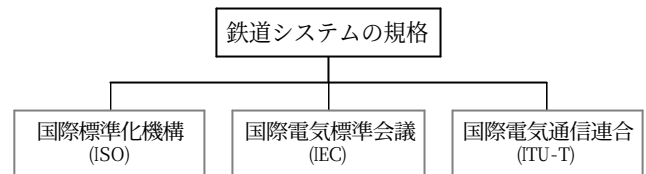


図 1 鉄道システムの規格

2. 1. IEC62236 に関する動向¹⁾

IEC62236 は、ヨーロッパで規定された鉄道の EMC 規格である EN50121 を迅速法手続き(Fast Track)により、そのまま鉄道用国際規格に適用するよう提案された(2000 年 10 月)ことから始まった。日本側としては、ヨーロッパの鉄道に関して決められた EMC 規格(EN)がそのまま日本の鉄道に適用可能かは慎重な判断が必要との立場から、測定法、制定基準等に関して TC9 会議上で反対をしてきたが、一部修正が認められたものの、2002 年 6 月に最終原案に関する投票が行われ、可決されれば 2003 年に正式に発効されることになる。

2. 1. 1. 放射限度について IEC62236 では、鉄道を構成する機器、信号設備、地上電力設備、システム全体(列車走行、変電所)から放射される電磁界(電界、磁界)の放射限度を制定している。電界に関しては、CISPR(国際無線障害特別委員会)で審議された内容を大幅に取り入れた形となっており、対象測定範囲は直流～400GHz であるが、試験法や基準値が制定されているのは 9kHz～2GHz となっている。磁界に関しては、当初は基準値として制定されていたが、測定方法、評価方法について課題があることを日本側が主張し、今回の規格からは対象外とされたが、今後、早急に審議されることとなると思われる。

2. 1. 2. **イミュニティについて** イミュニティに関しては電波暗室で測定可能な機器単体を中心として制定されているが、基本理念としては、システム全体に関するイミュニティに関しても規定している。

2. 2. TC106 関連の動向

電磁界が人体に及ぼす影響に関して、電界、磁界に関する限度値が ICNIRP(国際非電離放射線防護委員会)により決定されているが、それに対して電気技術の立場で電磁界の測定法や人体内の電磁界分布の計算法等を標準化するために、IEC 内に TC106 が設置された。現在は、携帯電話や送電線からの電磁界に関する測定法の審議や、人体内への電磁界誘導のモデル化に関する審議が行われているところである。鉄道に関しては、まだ測定法、評価法に関する審議は行われていないが、近い将来議論されることになっている。

2. 3. 日本における対応状況

電気鉄道に関して、IEC 国際規格に対する対応は、従来、電気学会が事務局となり、IEC/TC9 国内委員会が中心となって対応してきたが、近年、急増する審議案件に対して、迅速な対応が求められるようになってきた。そのため、2000 年 10 月に、国土交通省により、国際規格調査検討会が設置され、2001 年 7 月には鉄道総合技術研究所が事務局となる体制が整備され、電気、車両、システムに関する技術分科会を設置して、その下に作業部会を設けて、関連する規格案について審議を行っている(図 2 参照)。

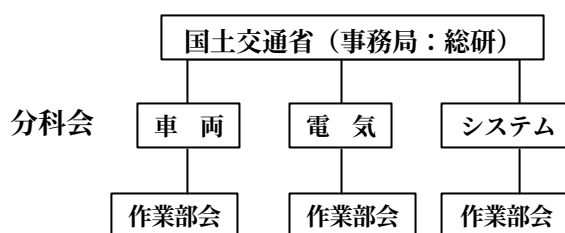


図 2 国際規格への対応体制

EMC に関しては、TC9 の下に WG41 が設置され、最終原案が既に作成されていたため、日本では作業部会は設置されなかったが、関係者が迅速に対応して、日本側の主張も盛り込まれた案となった。

3. 電気鉄道と磁界の関係

電気鉄道からの電界に関しては、IEC62236 においてほぼ整理されたといえるので、本章では、磁界に関

して整理し、望ましい測定法に関する検討、それに基づく基礎的な測定結果についての分析例を述べる。

3. 1. 磁界放射のメカニズム

磁界は、電流が流れることにより生じる場であるから、鉄道の場合、大別すると、1)架線—レールを流れる電流からのものと 2)車載機器を流れる電流、直達ノイズによるものがある。

従って、鉄道の沿線や車両の天井付近では、架線—レールからの磁界が、ホーム床面付近や車両床面付近では車載機器からの磁界が支配的になると考えられる。また、架線を流れる電流の種類や制御機器の制御方法により、放射される磁界の大きさも周波数も大きく異なる。それらを整理すると図 3 のようになる。

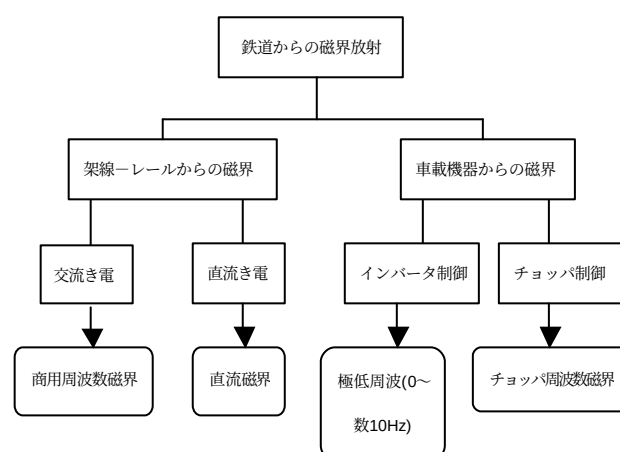


図 3 鉄道からの磁界の特徴

ただし、周波数については、高調波も考慮する必要があるため、より幅広い帯域での磁界測定が必要である。例えば、インバータ制御では、基本的には、インバータ周波数(0~数 10Hz)に同期した磁界が放射されるが、その他に、インバータ周波数の高次調波(数 10Hz~数 100Hz)、搬送周波数(数 100Hz~数 kHz)およびその高次調波(数 kHz~数 10kHz)も放射されるので、幅広い周波数にわたり測定する必要がある。

3. 2. 磁界測定法について

現在、鉄道からの磁界を測定する規格は定められておらず、各国独自で測定を実施している状況である。一般に、磁界を測定する方法としては、1)ホール素子によるもの、2)サーチコイルによるもの、3)磁気発振方式によるものがあり、磁界の大きさに応じて測定機器を使い分けている(図 4 参照)。

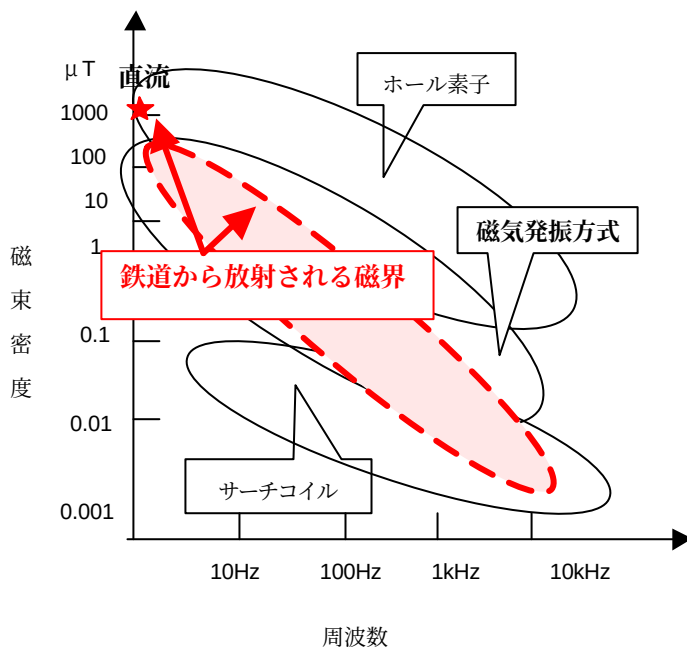


図4 測定法の特性と鉄道磁界の関係

これまでの測定結果によると、鉄道からの磁界は、車両床面上では、直流で1mT程度、超低周波交流（数Hz程度）で100μT程度もありうるが、その他の場所では、数10Hzの0.1μT程度の磁界や数100Hz～数kHzにわたり、0.1～0.01μT程度の磁界も放射され、大きさ、周波数とも広範囲にわたっている。

従来は、直流の大磁界に関しては、ホール素子で、交流に関しては、磁気発振方式やサーチコイル方式で別々に測定してきたが、測定精度や測定器間の値の整合性に課題があった。

従って、現在、我々は、磁気発振コイルとサーチコイルを組み合わせ、測定値の整合性が取れる測定器を開発し、幅広い周波数範囲、磁束密度に精度よく対応可能な測定器を開発中であるが、今後、鉄道からの磁界を精度よく分析でき、鉄道の特性に応じた測定器、測定法の標準化が望まれる。

4. 日本の鉄道からのEMCの現状について

日本の鉄道から放射される磁界に関するEMCについては、国土交通省・鉄道局を中心に検討がなされているが、まだ統一的な評価が示されていないのが実情である。交通研では、鉄道からの磁界をある程度精度よく測定可能な独自の測定器を開発し、事業者の協力を得て調査、測定、解析を実施してきたが、ここではその概要を説明する。

4. 1. 放射実態について

鉄道からの磁界を測定する場合、周波数範囲が広く分布しており、現状の測定器ではすべての周波数範囲にわたり対応はできていないため、今回は、0.5Hz～30kHzの範囲における測定データ例を示す。

対象とする鉄道としては、直流1,500Vキエシステムの都市鉄道線区とした。また、測定場所としては、車内、車外（一般用地）、ホーム上、変電所内とした。測定結果を周波数分析したものを図5に示す。

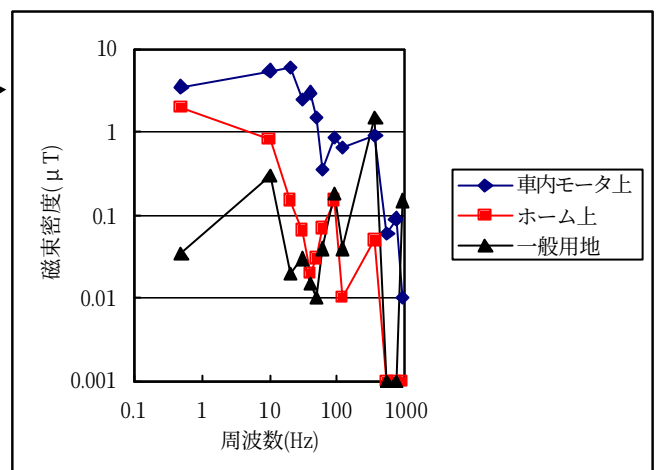


図5 測定結果の周波数分析例

この例では、車内のモータ上の磁界が最も高くなっているが、10Hz程度までが大きく、それ以上の周波数帯では商用周波数(60Hz)やその高調波を除き、周波数に反比例して小さくなっていることがわかる。

これは、VVVF制御車での測定結果であるが、インバータ周波数（またはモータ周波数）の磁界が支配的であるためと思われる、力行時、または制動時のインバータ制御時に瞬時に現れる磁界であり、定常的に出ているわけではない。商用周波数磁界が測定されるのは、インバータ機器等の駆動電源が商用周波数を利用しているためと考えられる。

また、磁界の測定結果を、5Hz程度までの最大値（直流磁界と記す）と商用周波数磁界とその高調波磁界の最大値で整理したものを、測定箇所ごとに記したものを図6に示す。

車内モータ上や変電所内では360Hz磁界が最大となったが、これは、商用周波数で駆動している車載電気機器や商用周波数で受電している変換器を流れる

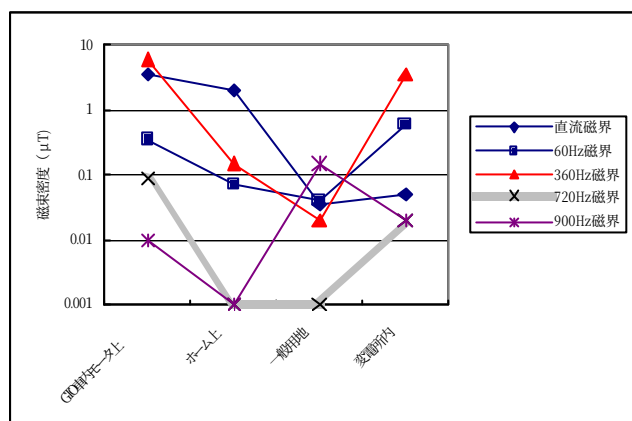


図6 測定点ごとの磁界測定結果の整理

電流の高調波からの磁界が、これらの地点では支配的であることを示している。

また、ホーム上では直流磁界（5Hz 程度以下）が最大となっているのは、車載機器からの磁界の影響が支配的であることを示している。

一般敷地では、一般に磁界の値は他の箇所比して低いものとなっていた。

4. 2. イミュニティ設計実態について

鉄道に関するイミュニティに関しても、IEC62236で審議されているが、主に電波に関するもので、磁界に関しては、今後規格化されるものと思われる。

メーカーでも車載機器単体への電波照射試験等は、鉄道以外で規定されている試験法に準拠して、個別に行われている例もあるが、電流が発生源となる磁界の場合、磁界の放射方法等が定まっていない現状では、実施例は少ないと思われる。

従って、電波関係に関しては、IEC62236等により、徐々にイミュニティに関する規格が整理されれば、設計法も自ずと定まってくるものと考えられる。

しかし、磁界に関してのイミュニティについては、試験法も含め、今後どのように考えるべきかの国際的な検討が必要である。

5. 日本における今後の対応

鉄道の EMC に関して電波関係の規格は IEC62236 により整備され、日本としても準拠していかざるをえない状況になっているが、磁界に関しては、放射限度、イミュニティ限度ともまだ未整備の状況である。

また、放射限度に関しては、ICNIRP 等で人体影響に関する指針値が示されているので、それらとの関係

を明らかにする必要がある。

そのためには、TC9 内で、鉄道からの磁界放射にふさわしい測定法を議論することが望ましく、日本でもこれまでの測定実績を踏まえ、他の外国諸国に劣らない対応は可能である。

一方、TC106 では、人体影響に関する電磁界の測定法が検討されており、鉄道も対象となっているので、この動きと協調を取って対応する必要がある。

日本の鉄道は、ヨーロッパの鉄道とは異なり、電車方式が主流で、磁界の放射実態もヨーロッパとは異なることが予想され、ヨーロッパで決められた規格では、日本の状況が反映されない可能性がある。

従って、本稿で示したようなデータを積み上げ、日本としての、鉄道からの磁界の測定法を確立させ、ヨーロッパから磁界に関する規格提案があっても直ちに対応ができるようにしておくことが望まれる。

6. おわりに

以上、鉄道からの磁界に関する EMC について、関連する規格に関する動向を述べ、日本側の対応について示した。その上で、電気鉄道と磁界の関係に関して放射メカニズムを示し、磁界の測定方法と鉄道の磁界との関係について示した。さらに、交通研で開発した鉄道用磁界測定器を用いて測定した結果の解析例を示し、今後の磁界測定方法の一例を示した。また、鉄道に対するイミュニティの実態についても言及し、磁界に対するイミュニティに関する考え方を明らかにすることが重要であることを示した。最後に、鉄道からの磁界に関する EMC について、日本側の対応についての考察を述べた。

磁界は、人体影響と関連付けられることも多く、先鋭的な課題であるが、国際的には、鉄道からの磁界も規格化して定めようという動きであり、最終的には日本側も対応せざるを得ないと思われる。今回、測定した結果を見る限り、鉄道の磁界放射の場合、ICNIRP の人体影響に関する指針からは 1 桁～2 桁程度小さい値であることがおおそ確認されたので、今後は測定法の標準化、鉄道からの磁界に関する規格の統一化に際して、日本側も素早く対応することが必要である。

参考文献

- 1) 川崎「電気鉄道の EMC 規格の動向」鉄道総研報告 第 16 巻第 7 号、2002.7