

鉄道における無線通信関連の国際規格動向

中村 一城* 竹内 恵一* 川崎 邦弘**

Trends of the International Standard related to Wireless Communication in Railway Application

Kazuki NAKAMURA Keiichi TAKEUCHI Kunihiro KAWASAKI

Many wireless communication systems such as train radio systems are used in Railways. In recent years, there have been activities aimed at international harmonization of the frequency ranges of the railway radio communication between train and track side. In addition, the practical application and standardization of wireless power transmission/transfer (WPT) systems are being promoted. However, there is a concern that these frequencies can interfere with the wireless systems used in railways, and the sharing of frequencies is studying. In this paper, we introduce the trend of international standards for wireless communication in railways that are being discussed in ITU-R and IEC/CISPR.

キーワード：ITU-R, 周波数調和, CISPR, 電波障害, WPT

1. はじめに

鉄道においては、走行する列車と地上間での通信手段として、無線通信が数多く利用されている。近年、鉄道の車上 - 地上間通信に利用される無線周波数について、国際的に同じ周波数を使うこと（以下「調和」）を目指した標準化が進められている。また、新たな電波の利用形態として、無線で電力を供給するシステムの実用化と規格化が進められているが、これらの利用周波数が、鉄道で利用している無線システムと干渉することが懸念されており、両者の共存に関する検討も進められている。

そこで本稿では、鉄道における無線通信に関するITU-RおよびCISPRにおける国際規格の審議動向について解説する。

2. 車上 - 地上間通信システムで利用する無線システムの周波数調和に関する動向

2.1 ITU-Rとは

国際電気通信連合 (International Telecommunications Union : ITU) は、国際連合 (国連) の専門機関のひとつであり、①電気通信の改善と合理的利用のための国際協力の促進、②電気通信業務の効率化、③電気通信の利用と普及のための技術的手段の開発と能率的運用の促進、を目的として設立された。ITUは、電気通信標準化部門 (Telecommunication Standardization Sector : ITU-T)、無線通信部門 (Radiocommunication Sector : ITU-R)、電気通信開発部門 (Telecommunication Development Sector : ITU-D) の3つの部門で構成されており、無線通信に関する国際的規則である無線通信規則 (Radio Regulations

* 信号・情報技術研究部 ネットワーク・通信研究室

** 信号・情報技術研究部

: RR) の改正、無線通信の技術・運用等の問題の研究、勧告、報告の作成および周波数の割当て・登録等をITU-Rが担っている¹⁾。ITU-Rで作成・発行される主な文書には、強制力のある順に、RR、WRC勧告、WRC決議、ITU-R決議、ITU-R勧告、ITU-R報告等がある。

2.2 RSTTにおける無線周波数調和の動向

ITU-Rにおける重要な会議の一つとして、世界無線通信会議 (World Radiocommunication Conference: WRC) がある。WRCは、各周波数帯の利用方法、無線局の運用に関する各種規程、技術基準等を始めとする国際的な電波秩序を規律する無線通信規則 (Radio Regulations: RR) の改正を行うための会議であり、各国主管庁およびITUに登録している事業者等の関係団体が出席し、通常3～4年ごとに開催されている。WRCでの決定に基づいて、各国は国内の各周波数帯の利用方法などを定めている。

車上 - 地上間通信 (railway radiocommunication systems between train and trackside : RSTT) における無線周波数の調和に向けた検討は、2015年に開催されたWRC-15において提案され、4年後のWRC-19で議論する議題1.11として採択された^{1) 2)}。具体的な検討については、ITU-Rの中の第5無線通信研究委員会 (Study Group 5 : SG5) の傘下にあるA作業部会 (Working Party A : WP5A) が責任グループとされた。

WP5Aでは、2016年から2019年まで、約半年に1回の割合で会合が行われ、初期の段階でRSTTにおける周波数調和の対象アプリケーションとその機能、利用されている技術が表1のように整理された。さらに、これらの適用例をまとめ、2017年11月にITU-R報告 (Report) 「Description of Railway Radiocommunication Systems between Train and Trackside (RSTT)」として発行された³⁾。

その後、各国でのRSTTの概要と周波数利用状況の集

約・整理が行われ、2018年11月にITU-R報告「Current and future usage of railway radiocommunication systems

表1 RSTT で定義されたアプリケーション

アプリケーション	機能	技術
列車無線 (Train Radio)	・音声/指令通話 ・メンテナンス ・列車制御 ・緊急 ・列車情報	・アナログ無線 ・デジタル無線 (ETRA, B-TrunC, その他) ・GSM-R ・LTE ・漏洩同軸
列車位置情報 (Train Positioning Information)	・パリス ・ループ/漏洩同軸 ・アンシエーター ・レーダー ・アクセルカウンター	・短距離通信 ・レーダー
列車遠隔制御 (Train Remote)	・遠隔制御	・アナログ無線 ・デジタル無線 ・GSM-R ・LTE ・RLAN
列車監視 (Train Surveillance)	・列車監視	・RLAN ・LTE ・B-TrunC ・ミリ波

表2 ITU-R 報告「Current and future usage of railway radiocommunication systems between train and trackside」に記載されている日本の鉄道無線システム

	システム名	周波数帯
現用	列車無線 (Train Radio System : TRS)	60 MHz帯 150 MHz帯 300 MHz帯 400 MHz帯
	高速鉄道向け列車無線 (Radiocommunication system for High Speed Train : RHST)	400 MHz帯
	防護無線 (Emergency Alarm Radio System : EARS)	300 MHz帯
	非常発報無線 (Radiocommunication system for Emergency Cut Off System : REMCOS)	150 MHz 帯 300 MHz 帯
	電子閉そくシステム (Radiocommunication system for Electronic Blocking System : REBS)	300 MHz帯
	無線式列車制御システム (Radiocommunication system for Japan Radio Train Control system : JRTC Radio)	300 MHz帯
	構内無線 (Yard Radio : YR)	150 MHz帯 300 MHz帯 400 MHz帯
	40GHz帯列車無線 (Train Radio System in the 40 GHz)	44 GHz帯
	ミリ波画像監視システム (Millimetre wave Video Transmission system : MVT)	43 GHz帯
	60GHz帯ホーム監視システム	60 GHz帯
将来	高速鉄道向け次世代通信システム	100 GHz帯

between train and trackside」が発行された⁴⁾。これらの報告の審議過程において、日本からは、調和すべき周波数と調和方法、当該周波数で使用されているシステムの概要や研究成果をはじめとする、レポートに記載すべき内容やレポートの構成方法についての提案を積極的に行った。その結果、発行されたレポートには、我が国で現在利用されている鉄道無線システムに加えて今後の利用が期待される無線システムの概要および使用周波数が記載された(表2)。さらに、他国で利用されているRSTTシステムや利用周波数などについても記載されており、今後の周波数調和の検討に向けた基礎資料となる。

さらに、WP5AにおけるRSTTに関する議論では、それ以外にも、世界的、地域的に調和すべき周波数を記載したITU-R勧告(Recommendation)の作成作業も行われた。WRC-19の開催前に周波数調和に関するITU-R勧告の発行に向けて、周波数調和の対象アプリケーションを列車無線に限定するなど作業を完了させるべく努力を重ねたが、最後まで周波数調和の考え方で合意することができず、残念ながらWRC-19までにITU-R勧告を発行するには至らなかった。

WRC-19会合においては、当初、調和周波数も含めたWRC決議が提案されたが、その必要性について、欧州諸国(CEPT)とアメリカ大陸諸国(CITEL)対その他地域組織(アジア・太平洋諸国(APT)、アフリカ諸国(ATU)、アラブ諸国(ASMG)、旧ソ連構成国(RCC))で意見が対立し、長時間の協議を行ったが、最終的には「引き続き周波数調和に向けた議論をITU-Rにおいて進めていく」という、我が国が支持するWRC決議の案で合意することができた^{2) 5)}。当該WRC決議は、WRC Resolution 290として無線通信規則に記載され、発行予定である。

このような経緯を経て、2020年以降もWP5Aにおいて周波数調和に向けた議論が行われることになる。現状、各国が調和すべき周波数帯として提案している全ての周波数帯の中で、優先的な用途として移動通信業務が割り当てられている周波数帯を調和周波数とする論理和の考え方(図1)と、各国が提案している周波数帯の中から共通する周波数帯のみを調和周波数とする論理積の考

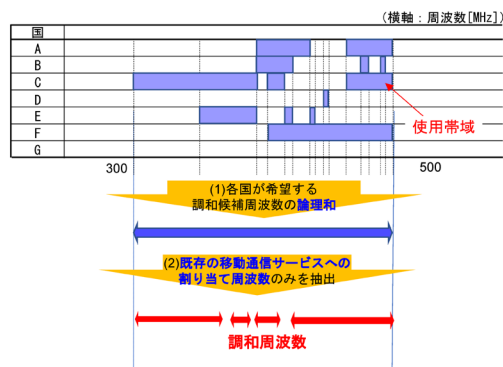


図1 日本が提案する周波数調和手法²⁾

表3 現在日本が提案している調和周波数

アプリケーション	第3領域	全世界
列車無線 (Train Radio)	70-74.8 MHz, 75.2-88 MHz, 142-144 MHz, 146-149.9 MHz, 150.05-156.4875 MHz, 156.5625-156.7625 MHz, 156.8375-161.9625 MHz, 161.9875-162.0125 MHz, 162.0375-170 MHz, 335.4-399.9 MHz, 406.1-430 MHz, 440-470 MHz, 703-748 MHz, 758-803 MHz, 873-915 MHz, 918-960 MHz, 1 770-1 880 MHz, 43.5-45.5 GHz, 92-94 GHz, 94.1-100 GHz, 102-109.5 GHz	148-149.9 MHz, 150.05-156.4875 MHz, 156.5625-156.7625 MHz, 156.8375-161.9625 MHz, 161.9875-162.0125 MHz, 162.0375-170 MHz, 335.4-399.9 MHz, 406.1-430 MHz, 440-470 MHz, 873-902 MHz, 928-960 MHz

※アジア・太平洋地域の他国の提案周波数も含む

※青字：日本が現行使用もしくは将来使用を検討中の周波数

え方が提案されており、どのようにまとめていくかが今後の課題である。我が国としては、論理和で周波数調和を行う案を提案・主張し続けており、引き続き我が国の考え方や提案する周波数帯（表3）が採用されるように活動を行っていく予定である。

3. 不要放射に対する標準化動向

3.1 CISPRにおける審議動向

国際無線障害特別委員会（フランス語 Comité international spécial des perturbations radioélectriques の略で CISPR と呼ばれる）は、国際電気標準会議（International Electrotechnical Commission: IEC）の特別委員会であり、無線障害の原因となる各種機器からの不要放射（妨害波）に関し、その許容値と測定法を国際的に合意することによって国際貿易を促進することを目的として設立された。CISPR で策定された規格は、日本国内においても、

電波法をはじめとする各種規制に反映されている。

CISPR では、1989年から鉄道に関する規格文書の作成作業を行ってきており、現在はB分科委員会（Sub-Committee B）の第2作業グループ（Working Group 2: WG2）において、鉄道システムからの不要放射に関する限度値と測定法の規格化が検討されてきた。なお、WG2では、鉄道システムだけでなく電力システムも審議対象となっている。2002年に初版が発行された鉄道用 EMC 国際規格 IEC 622236 シリーズは、もともと CISPR において原案が作成されたものであるが、2000年代からは IEC の鉄道電気設備とシステム専門委員会（Technical Committee 9: TC9）と連携し、CISPR の意見も踏まえたうえで、TC9 において鉄道用 EMC 規格が発行され、現在までに2回改訂が行われている^{6) 7)}。

一方で、近年は他のシステムから放射される電波雑音が生じたシステムに与える影響に関する国際規格の審議案件も増えつつあり、その動向が注目されている。

3.2 無線電力伝送（WPT）に関連する標準化の動向

3.2.1 WPT の概要

近年、非接触で電気を供給する無線電力伝送システム（Wireless Power Transmission/Transfer: WPT）の実用化や国際標準化に向けた取り組みが活発化しており、日本が世界をリードする形で進められている。WPT は、電気自動車、マルチメディア機器、家庭用電気機器等の用途ごとに分類され、それぞれの仕様が定められつつある。国内で制度化が行われた、もしくは検討されている WPT 機器の主な用途と方式、周波数等を表4に示す。このうち、電気自動車用 85kHz 帯磁界結合 WPT、モバイル機器用 6.78MHz 帯磁界結合 WPT、モバイル機器用 400kHz 帯電界結合 WPT については、我が国が世界に先駆けて2016年に制度化した⁸⁾。

3.2.2 WPT と鉄道システム

前項で述べた WPT 機器の制度化にあたっては、他システムとの周波数共存について検討が行われた。特に電気自動車（EV）用 WPT については、鉄道で使用され

表4 制度化の検討対象となった WPT 機器

対象 WPT	電気自動車用	家電機器用① (モバイル機器)	家電機器用② (家庭・オフィス機器)	家電機器用③ (モバイル機器)
電力伝送方式	磁界結合方式（電磁誘導方式、磁界共鳴方式）			電界結合方式
伝送電力	～3kW 程度	数 W～10W 程度	数 W～1.5kW	～100W 程度
使用周波数	42～48kHz, 52～58kHz, 79～90kHz, 140.91～148.5kHz	6,765～6,795kHz	20.05～38kHz, 42～58kHz, 62～100kHz	425～524kHz
送受電距離	0～30cm 程度	0～30cm 程度	0～10cm 程度	0～10cm 程度

ている誘導無線（Inductive Radio：IR）や自動列車停止装置（Automatic Train Stop：ATS）と同一もしくは近接した周波数を利用するため、干渉が懸念されることから、日本鉄道電気技術協会を事務局とする「WPTと鉄道設備共存検討会」を設置し、机上での数値シミュレーションや、実機を用いた検討が行われた。その結果、電気自動車（EV）用 WPT 機器と鉄道システムは、4.8m 以上の離隔を確保することで共存が可能であると結論付けた⁹⁾。

不要放射の許容値を定める機関である CISPR においては、WPT から発せられる漏えい電波の許容値について、CISPR/SC B/WG1 AHG4 をはじめとするいくつかの SC において審議が行われている。EV 用 WPT については、前述の CISPR/SC B/WG1 AHG4 において国内での検討結果に基づく許容値が提案され、一度は国際規格原案（Committee Draft for Vote：CDV）が投票にかけられたが、否決された。日本の提案に対し、特に欧州から一部の周波数帯の許容値を 15dB 緩和する提案が上がり、日本からは鉄道システムとの共存の検討結果に基づく懸念を説明した上で、許容値の緩和には反対する立場をとっており、合意には至っていない。現在、修正された新たな CDV が回付されている段階である。同様に、SC F においても、家庭用電気機器用の誘導式電力伝送（IPT）機器を新たに定義してその許容値および測定法の検討が行われている。当該会議においても、鉄道システムへの影響に関する日本での検討結果を報告している。

3.3 大型試験設備からの放射に関する標準化動向

ISM（工業・科学・医療）装置からの不要放射に関しては、電波暗室等の試験場において測定する方法と、実際の設置場所において測定する方法がすでに規格化されている。しかし、2016 年の会議において、実際の設置場所における測定法に関して、現実的でない部分があるため、改訂が必要であるとの提案がなされた。主に想定するシステムとしては、医療装置や大型バスにおける WPT 装置が挙げられた。当該問題提起に対し、CISPR/SC B/WG1 において、新たな検討項目として審議が開始された。

特に大型/大電力機器に対する測定方法については、その対象設備の定義を数値で明確にし、新たな規格を作成することとなった。さらに、測定方法に関しては、試験場でも最終設置場所でもない場所（Defined Site と呼ばれる）での測定方法についても検討されることとなった。

鉄道においては、電波暗室で測定できない車両単体や鉄道システム全体から放射される電波雑音の測定方法が、すでに IEC 62236 で定義されている。そこで、2019 年に開催された CISPR 会議において、日本のエキスパートが IEC 62236 で定義されている鉄道での電波雑音の測定方法や、10m 以上の距離で測定した値を許容値と比較するために距離 10m における値へ換算する方

法などを紹介した。

今後は、紹介した鉄道用 EMC 国際規格で定義されている測定方法も参考にしながら、CISPR において大型/大電力試験設備における測定方法が規格としてまとめられる予定である。現時点では、鉄道用設備がどこまで当該規格の対象となるかは明らかになっておらず、今後の動向を注視していく必要があると考えられる。

4. まとめ

本報告では、国際標準化団体である ITU-R と IEC/CISPR における無線通信設備を対象とした標準化の動向について解説した。

今後、ITU-R においては、調和周波数に日本の提案が記載されるよう、我が国の意見を引き続き積極的に提案していく予定である。また、IRC/CISPR においては、各規格の審議動向を注視し、鉄道の無線システムが安心して利用できるよう、引き続き対応していく所存である。

文献

- 1) 川崎邦弘：国際電気通信連合における鉄道用無線周波数の標準化の動向と影響，鉄道総研報告，Vol.31，No.3，pp.47-50，2017
- 2) 山崎高日子：鉄道無線に関する WRC-19 の議論と国際動向，ITU ジャーナル，Vol.50，No.4，pp.23-27，2020
- 3) ITU-R：Description of Railway Radiocommunication Systems between Train and Trackside (RSTT)，Report ITU-R M2418-0，2017.
- 4) ITU-R：Current and future usage of railway radiocommunication systems between train and trackside，Report ITU-R M2442-0，2018.
- 5) 中村一城，川崎邦弘：国際電気通信連合における鉄道用無線周波数の調和に向けた審議の動向，鉄道総研報告，Vol.34，No.2，pp.43-48，2020
- 6) 川崎邦弘：鉄道用 EMC 国際規格の現状と動向，鉄道総研報告，Vol.21，No.11，pp.47-52，2000
- 7) IEC: Railway applications - Electromagnetic compatibility - Ed.3, IEC 62236, 2018.
- 8) 篠原真毅，庄木裕樹：ワイヤレス電力伝送の技術，制度化，標準化最新動向，電子情報通信学会誌，Vol.101，No.1，pp.79-84，2018
- 9) 総務省：電気通信技術審議会諮問第 3 号「国際無線障害特別委員会（CISPR）の諸規格について」のうち「ワイヤレス電力伝送システムに関する技術的条件」のうち「電気自動車用ワイヤレス電力伝送システムに関する技術的条件」，情報通信審議会 情報通信技術分科会 電波利用環境委員会報告（案），2019