



# 列車～地上間無線通信システムが利用 する無線周波数の国際協調に関する動向



公益財団法人鉄道総合技術研究所 信号・情報技術研究部 部長

かわさき くにひろ  
川崎 邦弘

## 1. はじめに

我が国の鉄道における通信の歴史は、1872年に新橋～横浜間において初めて鉄道が開業した際に、3本の裸線を用いたモルス電信を使用して閉そく運転を行ったことから始まった。以来、鉄道通信は、列車の安全・安定運行を支える重要なインフラとして発展してきた。現在の鉄道システムでは、全国を網羅する通信網や、列車無線システム、またメンテナンスなどの種々の作業用の無線など、多くの通信設備が活用されている。また、近年の情報通信技術（ICT）の目覚ましい発展に伴い、無線による列車制御や旅客へのブロードバンド通信サービスの提供など、より高度なICTの活用事例が登場してきている。

2015年11月に開催されたWRC-15において、鉄道の安全・安定輸送のために利用されている列車～地上間の無線通信システム（Radiocommunication System between Train and Trackside、略してRSTTと呼ばれている）が利用する無線周波数の国際協調に向けた検討を開始することが決議され、現在、ITU-Rにおいて審議が進められている。本稿では、まず国内の対列車通信システムの現状と今後の無線利用に関する展望について述べたのち、ITU-RでのRSTTに関する審議の経緯と今後の動向を報告する。

## 2. 国内の対列車通信システムの概要

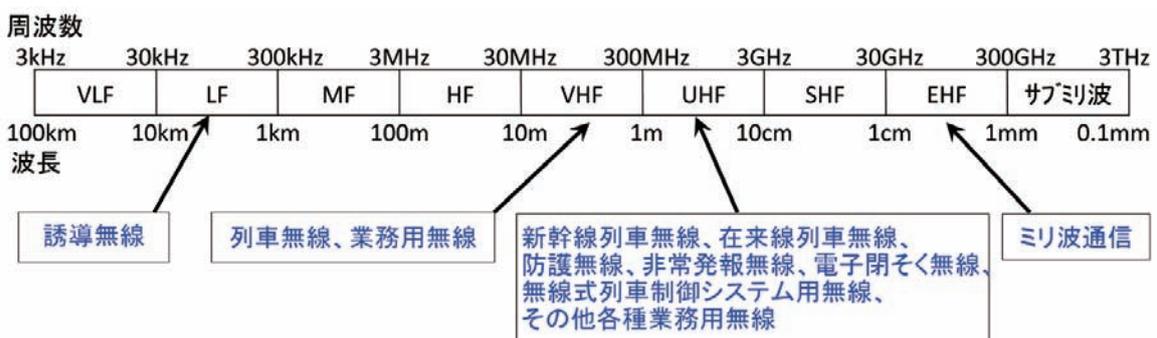
我が国の対列車通信システムは、1954年のLF帯を利用した誘導無線式の列車無線から始まった。1960年には国鉄がUHF帯のFM変調方式による列車無線システムをビジ

ネス特急に導入した。1962年に発生した三河島事故の教訓を受けて1966年から防護無線が導入され、1986年には全国の在来線に列車無線が整備された。1964年の東海道新幹線の開業時には、新幹線列車無線システムが全線に導入された。以来、図1に示すような様々な対列車通信システムが導入されてきた。なお、図1に示した各種の無線通信システムのうち、VHF帯以上の周波数領域を利用するシステムには、「陸上移動業務」に割り当てられている周波数帯のうち、用途が貨客輸送事業用とされている周波数が割り当てられている。

対列車通信システムの役割は、(1) 鉄道の運行业務に関する情報の伝送、(2) 列車の運転制御に関する情報の伝送、(3) 旅客サービスに関する情報の伝送、の3つに大きく分けられることができる。ここでは、ITU-Rでの審議の対象となっている (1) と (2) について概要を以下に述べる。

### 2.1 鉄道の運行业務に関する情報の伝送

鉄道の運行业務における情報の伝送は、指令～乗務員間、指令～沿線作業員、駅～乗務員間での列車の運行管理に係る指示・報告の伝達が主であり、現在は大部分が音声による伝達が基本となっている。一部の鉄道事業者では、文字情報による伝達のほか、データ通信や画像伝送によるモニタリング、状態監視なども導入している。特に「列車無線」と呼ばれるシステムは、国土交通省の「鉄道の技術上の基準を定める省令」の第60条において設備することが定められている。列車無線には、必要ときに迅速・確

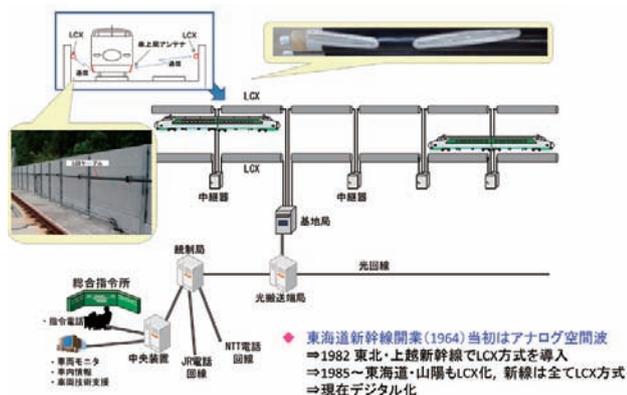


■ 図1. 国内の主な対列車通信システム

実に情報を伝送できることが求められるため、高い伝送品質が要求される。例えば、新幹線列車無線システムの場合、東海道新幹線開業当時はアナログの空間波方式であったが、サービスエリアは全線の99.9%、回線品質は全線の90%以上で通話S/Nが35dB以上との要求仕様を満足できるように構築されていた。現在、国内の全ての新幹線では、図2に示すようなLCX (Leaky Coaxial Cable、漏洩同軸ケーブル) を使用したシステムとなっており、サービスエリアは全線の99.99%以上 (一部の新幹線では100%)、回線品質は全線の99%以上で通話S/N40dB以上・ビット誤り率 $10^{-4}$ 以下が実現されている。

## 2.2 列車の運転制御に関する情報の伝送

列車の運転制御では、列車の位置や速度の情報、進路制御 (転てつ機の制御) に関する情報など、列車の安全に直接関わる情報が伝送される。これらの保安制御情報の伝送においては、伝送の途絶や誤り、遅延などが列車の安全に影響するため、ゆっくりでも確実に伝送する方法がとられ、伝送速度は1ch当たり数bps～数kbpsのオーダーである。またフェールセーフの考え方にに基づき、伝送に異常が生じた場合は列車を停止させる仕組みが制御システム側に導入されている。具体的なシステムの例として、国内ではATACS (Advanced Train Administration and Communication System) がJR東日本の仙石線と埼京線で実用化されている。ATACSは、1980～1990年代に鉄道総研が開発した新幹線向けの列車制御システムCARAT (Computer And Radio Aided Train control system) の要素技術をベースに、JR東日本が在来線向けに新たに開発した日本初の空間波方式による無線式列車制御システムである。無線による列車制御システムは、世界的にも開発、導



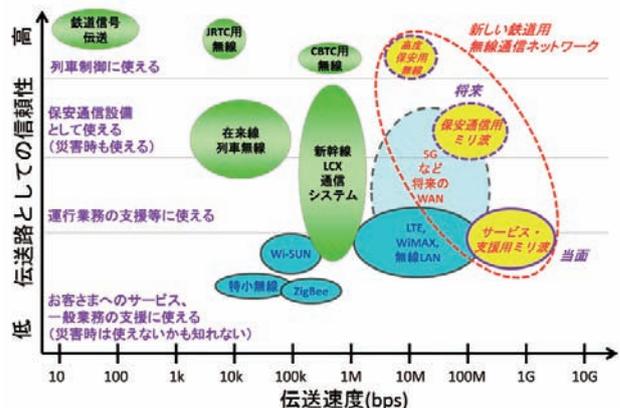
■ 図2. 列車無線の例：新幹線列車無線システムの概要

入が進められており、欧州ではGSM-R (鉄道専用に割り当てられた周波数帯を使用するGSM) を用いたETCS (European Train Control System) と呼ばれる列車制御システムの一部で実用化されている。また、列車～地上間の双方向で大容量の情報伝送を行うことによって列車の運行制御を行うCBTC (Communication Based Train Control system) と呼ばれるシステムも開発されており、欧米やアジア圏の地下鉄、都市鉄道に導入されている。なお、保安情報を伝送する通信システムに対しては、IEC (国際電気標準会議) から国際規格IEC62280が発行されており、利用する通信システムのタイプや特性に応じて検証事項や想定すべき脅威と、その対応策の考え方が定められている。

## 3. 鉄道における無線利用に関する今後の展望

近年のICTの発展は目覚ましく、より高度な無線通信技術を活用した新しい列車の運行・制御システムの構築が可能となってきている。実際に、さらに安全・安定した輸送の実現、業務の効率化、また旅客への情報サービスの拡充をめざして、最新のICTを活用した既存システムの刷新と、新しい鉄道システムの研究開発が鉄道事業者や関連メーカー、各研究機関等で進められている。

現在、鉄道ではUHF帯が最も多く利用されているが、UHF帯は周波数資源がひっ迫していることから、より広い帯域を利用でき、また多くのチャンネル数を確保することが期待できるミリ波帯の活用が検討されている。近年、低コストで高性能な半導体素子が開発されており、また無線周波数の電気信号をそのまま光ファイバーで伝送するRoF (Radio on Fiber) の技術が発展してきていることから、ミリ波による対列車通信システムを低コストで構築することが可能となっている。将来、ミリ波による列車無線が実

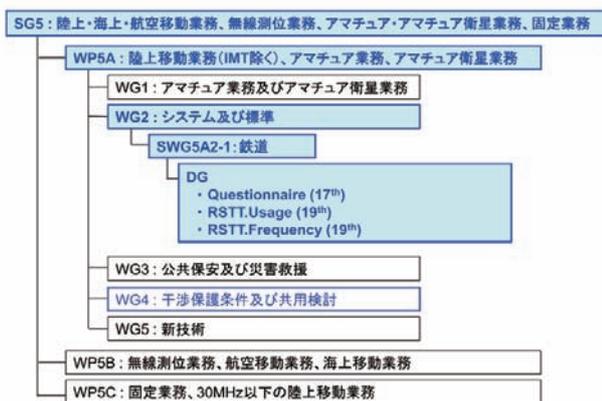


■ 図3. 鉄道における無線通信の今後の展望



用化されれば、これまで実現できなかった運転業務の効率化や旅客サービスの向上、あるいは新しい運転制御方式の導入が期待される。さらに、間もなくサービス開始となる5Gなど、新しい公衆網や汎用の無線通信技術も、より安全で安定した列車の運行を実現するためのツール・手段として積極的に活用していく必要もあろう。

ただし、高い信頼性・安全性が要求される情報を必要な時に確実に伝送するためには、耐妨害性や通信品質の安定性に関する課題を克服しなければならない。鉄道総研では、複数の無線通信媒体をシームレスにリンクすることにより、大容量かつ高信頼の鉄道用無線通信ネットワークを実現するための研究開発に取り組んでいる(図3)。



■ 図4. ITU-Rにおける鉄道関連の審議体制

#### 4. ITU-RにおけるRSTTに関する審議状況

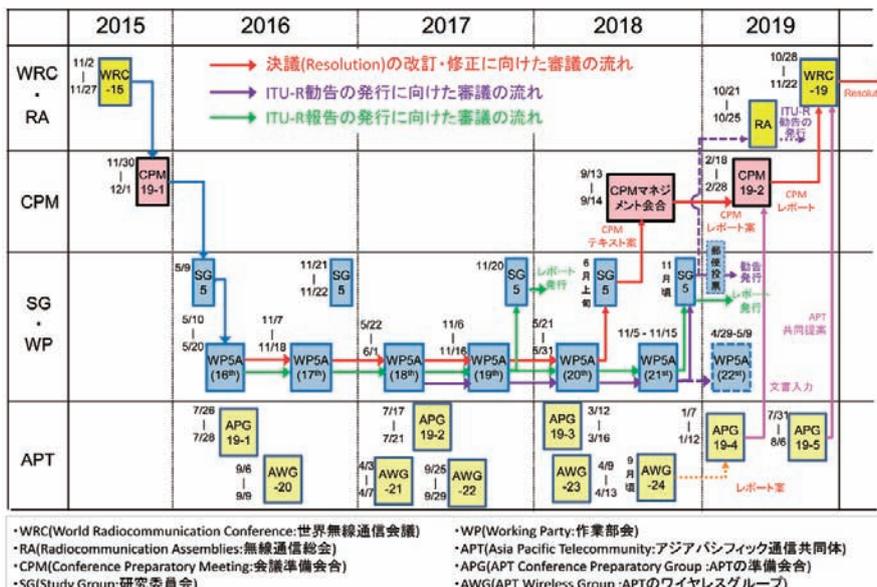
##### 4.1 審議開始の経緯と審議の流れ

2015年11月に開催されたWRC-15において、鉄道の安全・安定運行を支える列車～線路沿線間の無線通信システムRSTTが利用する周波数について、国際的な協調を促進するための議題が中国から提案され、2019年に開催されるWRC-19の議題として採択された(ITU-R決議236(WRC-15))。

ITU-RにおけるRSTTに関する審議は、SG5の中で陸上移動業務を扱っているWP5Aで行われている(図4)。WRC-19までの各種の会合のスケジュールと主な審議内容を図5に示す。2016年11月のWP5A会合までは、周波数協調に関する直接的な議論は行われず、世界各国のRSTTの現状調査とアプリケーションや使用環境等の整理作業が行われた。

■ 表1. 現時点で予定されている鉄道関連のアウトプット

出力	内容案	完成目標
CPM テキスト	候補①: 決議236の維持	2018年5月
	候補②: 新しい決議	
	候補②': 決議236の改訂	
勧告	RSTT用周波数の国際協調に関する勧告 Recommendation ITU-R M.[RSTT_FRQ]	2018年11月
レポート	RSTTの周波数利用状況に関する報告 Report ITU-R M.[RSTT.USAGE]	2018年11月
	RSTTの構成・機能等に関する報告 Report ITU-R M.[RSTT.DESCRPTION]	原案完成済



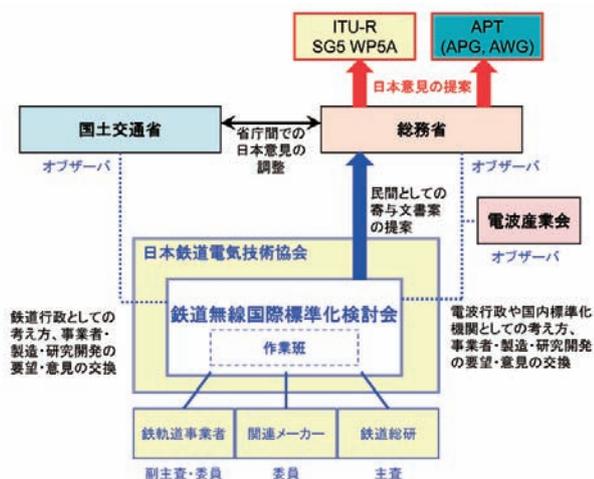
・WRC(World Radiocommunication Conference:世界無線通信会議) ・WP(Working Party:作業部会)  
 ・RA(Radiocommunication Assemblies:無線通信総会) ・APT(Asia Pacific Telecommunity:アジアパシフィック通信共同体)  
 ・CPM(Conference Preparatory Meeting:会議準備会合) ・APG(APT Conference Preparatory Group:APTの準備会合)  
 ・SG(Study Group:研究委員会) ・AWG(APT Wireless Group:APTのワイヤレスグループ)

■ 図5. WRC-19までの審議の流れ

RSTTのアプリケーションは、①列車無線（音声通話だけでなく、列車制御用のデータ伝送も含む）、②無線による列車位置検知、③車両基地構内等での遠隔操作、④状態監視、の4つに分類することとなった。2017年5月のWP5A会合からは、WRC-19に向けて表1に示すアウトプットを出すこととなり、2017年11月のWP5A会合が終了した時点で、RSTTの構成や機能に関する解説書がITU-Rのレポートの案としてまとめられた。2018年5月のWP5A会合からは、具体的な周波数協調に関する議論が始まる予定である。

## 4.2 日本の対応

WRC-15での決議を受けて、2016年3月に総務省と国土交通省の間で意見交換が行われ、両省が連携して対応すること、対応体制を整えること、などが確認された。2016年4月、国土交通省の主導により、RSTTに関する国際標準化に対応するための会議体として、一般社団法人日本鉄道電気技術協会に「鉄道無線国際標準化検討会」が設置された（図6）。以来、同検討会では、日本で運用されているRSTTの現状調査を行い、国内で現用中のRSTTで利用されている周波数帯がITU-RのRSTTに関する発行物に記載されることを第一の目標として、寄与文書案の作成と提案を行っている（表2）。また、同検討会のメンバーがWP5A会合に出席し、総務省の指導の下、関係者と協力して審議に対応している。なお、今後鉄道での活用が期待されるミリ波帯についても、総務省の「周波数資源拡大のための研究開発」の枠組みでミリ波帯の対列車通信システムの研究開発に取り組んでいる企業・研究機関から提案が行われている。



■図6. 鉄道無線国際標準化検討会

■表2. 日本からWP5Aに入力した現用中のRSTT

国内での通称	WP5Aに入力した名称	WP5A分類案	利用周波数帯
列車無線	Train Radio System (TRS)	Train Radio	150 MHz 300 MHz 400 MHz
新幹線列車無線	Radiocommunication system for High Speed Train (RHST)	Train Radio	400 MHz
防護無線	Emergency Alarm Radio System (EARS)	Train Radio	300 MHz
非常発報無線	Radiocommunication system for Emergency Cut Off System (REMCOS)	Train Radio	150 MHz
電子閉そく無線	Radiocommunication system for Electronic Blocking System (REBS)	Train Radio	300 MHz
列車制御用無線	Radiocommunication system for Japan Radio Train Control system (JRTC Radio)	Train Radio	300 MHz
構内無線	Yard Radio (YR)	Train Radio	150 MHz 300 MHz 400 MHz
ホーム画像伝送	Milli-meter band Video Transmission system (MVT)	Train Radio Surveillance	40GHz

## 4.3 各国の対応・姿勢など

議題を提案した中国は、自国に製造技術があり、また高速鉄道でも利用しているGSM-Rが使用する周波数域を国際協調の第一候補として入力してきている。WP5Aに設けられたSWGの議長を務めるなど、提案国として積極的に活動している。なお韓国は、自国の鉄道に導入・展開している鉄道向けLTE（韓国内では“LTE-R”と呼ばれている）を提案している。

GSM-Rの誕生の地である欧州各国は、GSM-R自体の廃止が決まっており、次世代のシステムへの移行に向けた検討や開発が進められていることもあって、2016年5月の審議開始当初は「様子見」の状態であった。具体的なレポートや勧告の原案が形となってきた2016年11月・2017年5月のWP5A会合からは、詳細な情報が入力され、会合でも多くの提案をするようになった。しかし、欧州各国においても、GSM-Rだけでなく、日本と同様に様々な周波数を利用した細かいRSTTが運用されているため、総じて「共通化すべき周波数の特定は避けたい」との姿勢が見られる。日本と同じ考えを持つ欧州の代表と連携することも、今後、日本の主張をアウトプットに反映させる上で有効と思われる。

## 4.4 日本への影響

ITU-RによってRSTTが利用する周波数の国際協調が図られることにより、RSTT用の標準的な周波数が特定され、国際列車の運行や海外展開がスムーズになることが期待できる。さらに、無線通信規則でRSTT用の周波数が規定されれば、他の業務ではその周波数を使用できないため、干渉等のリスクを減らすことができる。このため、ITU-R



でのRSTTに関する標準化は、日本の鉄道にとってもメリットがあると考えられる。しかし、その一方で、ITU-Rでの標準化が日本の鉄道にとって大きな影響を与える可能性もある。

ITU-R報告については、強制力を持たないものの、報告に記載された周波数や技術仕様は、国際標準の案・候補として審議されたものと評価される。現時点での報告の草案には日本のシステムの概要や使用周波数が含まれており、現状のまま発行されれば、日本のRSTTを海外に展開する際の根拠資料としての活用が期待できる。ただし、今後の審議の過程で、「特定の一国に固有のものは報告に記載すべきでない」との理由で草案からの削除が提案される可能性が否定できない（実際に主張する国が存在する）。日本の周波数が報告から削除されたとしても、報告に記載される周波数への移行が要求されることはない。しかし、海外からは「ITU-Rの鉄道関係の発行物に載っていない特殊なシステム」とみなされ、海外展開に少なからず影響することが懸念される。今後も、日本のRSTTが報告に記載されるよう継続的に主張する必要がある。

日本として絶対に避けるべき事態は、①「各国のRSTTが共通して使用すべき周波数帯が特定される形で無線通信規則が改訂もしくは勧告が発行される」という状況と、②「改訂された無線通信規則もしくは発行された勧告に日本が使用中もしくは研究開発中の周波数が（一部でも）含まれない」という状況が同時に成立してしまうことである。「各国のRSTTが共通して使用すべき周波数帯が特定される」のではなく、「RSTTが国際的に使用できる共通の周波数帯が特定」されるのであれば、国内で既に運用されているRSTTの利用周波数を変更しなければならない事態を避けることができるだけでなく、日本の鉄道を海外展開する上でも有効と考えられる。しかし、国内のRSTTが現在利用中の周波数や今後利用を計画している周波数が含まれない形で「RSTTに配分すべき周波数」が特定されてしまうと、現用システムの利用周波数を変更しなければならないという事態に陥る可能性がある。現在の審議状況では、このような事態に陥る可能性は低いと思われるが、今後も、ITU-Rの発行物に日本が主張するVHF帯、UHF帯、ミリ波帯の周波数が記載されることを目指して提案活動を行うとともに、①の事態を避けるよう、文章表現等にも十分注意して審議に臨む必要がある。また、WRC-19における議論の結果によっては、次のWRC会合に向けて審議

が継続する可能性もあるので、WRC-19以降の対応も検討する必要がある。

## 5. おわりに

本稿では、国内の対列車通信システムの概要と今後の展望について述べたのち、ITU-Rで行われている列車～線路沿線間の無線通信システム（RSTT）の周波数利用に関する国際標準化の状況を報告した。

2015年11月の標準化作業の開始決議から2017年12月までの約2年間に、ITU-Rで既に4回の会合が開催され、世界各国のRSTTに関する2本のレポートと1本の勧告の発行に向けた作業が進められてきた。今後、どのような形で周波数協調が議論されるか不透明であるが、審議の進行が速い上、日本のRSTTには国外に提示できる標準が存在しないという不利な面があり、議論の方向によっては厳しい状況となることが予想される。日本の鉄道が不利益を被らないよう、慎重に状況を見極めながら、鉄道業界から積極的に意見を出していく必要がある。なお、本稿では触れられなかったが、ITU-Rでの審議と並行して、アジア地域としてのRSTT用周波数の協調に関する意見をまとめるべく、APT（APG、AWG）でも議論が進められている。

本稿で紹介した鉄道無線国際標準化検討会では、ITU-RとAPTにおける審議への対応を中心に作業を行っているが、今後は、国際標準化への対応だけにとどまらず、国内の現状と国際的な動向を踏まえ、将来の日本の鉄道における無線利用の在り方、標準化への対応について戦略的な観点で議論していくことが望まれる。鉄道総研としても、技術的な研究開発の成果と国際標準化活動の経験を活かし、これらの議論や将来のRSTTの整備に寄与していきたいと考えている。

## 謝辞

ITU-R及びAPTにおけるRSTT関連の審議に対し、国際会議への参加をはじめ、国内での議論や文書作成等の作業に多大なるご協力、ご支援をいただいている全てのご関係の皆様へ深く敬意を表します。また、ITU-R及びAPTで永くご活躍されているご専門の皆様には、鉄道関連の審議に対して適切かつ暖かいご指導、アドバイスをいただいております。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

（2017年12月18日ITU-R研究会より）