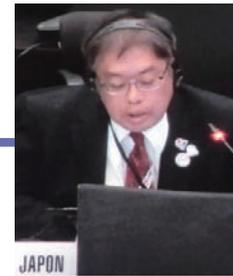




鉄道無線に関するWRC-19の議論と国際動向

三菱電機株式会社 社会システム第二部 技術政策担当部長

やまざき たかひこ
山崎 高日子



1. はじめに

鉄道無線に関しては、従来、各国で周波数が統一されていなかったところ、2019年世界無線通信会議 (WRC-19) において、使用する周波数について国際的に調和させることが望ましい旨の決議が採択された。

本稿では、2015年に鉄道無線 (列車・線路間の鉄道無線通信システム) がWRCの議題に設定された背景、ITU-R 特にStudy Group 5 Working Party 5A (SG5 WP5A)、APT (アジア・太平洋電気通信共同体) での各国との議論も踏まえつつ、WRC-19での審議結果を解説する。

併せて、今後もITU-R等で期待される鉄道無線の標準化活動について解説する。

2. 鉄道無線に関するWRC-19での議論

2.1 議題設定までの道のり

ITU-Rにおいては、従来よりITSの議論は活発に行われていたところ、筆者がITU-R活動に参加するようになった2004年以来、少なくとも地上系業務を所掌するSG5内でこれがフォーカスされたことはなかった。

しかるに、WRC-15に先立つAPG15-5で、中国からWRC-19議題にする提案があった。提案に至った背景は定かではないが、これより前の2014年からSG5 WP5Aにて我が国の発案で、鉄道分野でのミリ波帯の研究成果を基に「鉄道無線システムの紹介」をタイトルとしたレポートの作成を開始したことが刺激になったのかと推測する次第である (レポートはITU-R M.2395として2016年に採択)。

もともと我が国も海外展開等を視野に自国の鉄道無線システムを海外に発信する機会を狙っていたこともあり、議題提案を支持しWRC-15に諮られることとなった。

WRC-15では、当初、欧州は域内で周波数を調整済、米国・カナダ等も地域内・国内の問題である、Study Groupの検討で足りる等の反対意見もあったが、中国、日本から、アジア、アフリカの途上国では国間をまたぐ鉄道で周波数調和すれば無線機器のコスト低減にもなると主張、最終的に検討を進めていくことで合意、議題1.11として承認された。なお、責任グループはWP5Aとされた。

2.2 議題1.11の内容

WRC-19の議題が列挙されている決議809 (WRC-15) には、議題1.11は、以下のように規定されている。

to take necessary actions, as appropriate, to facilitate global or regional harmonized frequency bands to support railway radiocommunication systems between train and trackside within existing mobile service allocations, in accordance with Resolution 236 (WRC-15);

また上記に引用されている決議236 (WRC-15)のconsideringパートには、以下の記載がある。

b) that there is a need to integrate different technologies in order to facilitate various functions, for instance dispatching commands, operating control and data transmission, into railway train and trackside systems to meet the needs of a high-speed railway environment;

以上より、議題1.11の検討の要件は以下となる。

- ①列車・線路間 (頭文字を取ってRSTTと呼称) の鉄道無線に限定。
- ②業務用無線に限定 (乗客向けインターネットサービス等は含まない)。
- ③移動業務に割当済の範囲内で周波数調和を検討。

2.3 ITU-R WP5Aでの検討

責任グループであるWP5Aでは図1に示すように検討を進めた。すなわち、①RSTTの概念・整理を行い、②各国でのRSTTの現在及び将来の周波数情報を含む使用方法

検討項目	作成文書	2016	2017	2018	2019
①RSTTの概念・整理	レポート [RSTT.DESCRPTION]			★完了 [Report ITU-R M.2418]	WRC-19
②RSTTの使用法 (現在・将来)	レポート [RSTT.USAGE]				★完了 [Report ITU-R M.2442]
③RSTTの周波数調和の検討	勧告 [RSTT_FRQ]				×完了せず WRC-19後に持続し
④CPMテキスト (RRの改訂案)	CPMテキスト案			★審議完了	WRC準備会合 (CPM, APG等) で審議継続

■図1. WP5Aでの検討項目と作業計画

を情報収集した上で、③RSTTの周波数調和を検討し、④WRC-19における無線通信規則 (RR) の改訂方法を示すCPMテキストを作成する、との手順で作業を進めた。

まず、①のRSTTの概念については2.2節「議題1.11の内容」に示した要件を確認し、各国にQuestionnaireを回章、加えて寄与文書の入力も待ち、情報収集を行った。その結果、38か国と1地域組織からの情報を得たが、それらのRSTTを次のような4カテゴリに分類・整理することとした。

- (1) Train Radio
- (2) Train Positioning Information
- (3) Train Remote
- (4) Surveillance

これらのRSTTの概念、カテゴリへの分類についてはITU-R REPORT M.2418 (Description of RSTT) として2017年11月に発行された。

次に②各国のRSTTの使用方法を、①で収集した情報から、カテゴリごとに、国名、周波数帯、送信電力変調方式等をテーブルに記載し、ITU-R REPORT M.2442 (Current and Future Usage of RSTT) として2018年11月に発行された。なお、ANNEXには各国のRSTTの詳細説明がされており、我が国からも図2に示す10件のシステムを記載している。

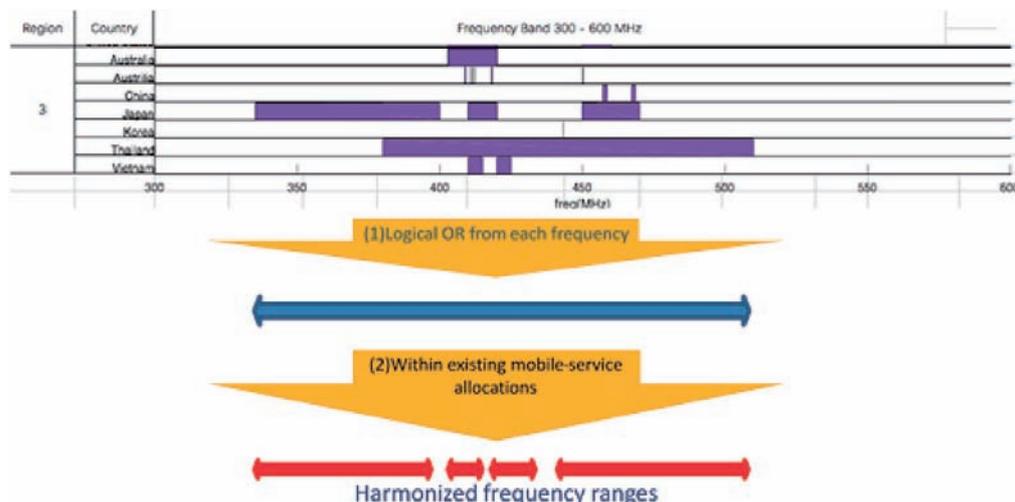
さらに、③RSTTの周波数調和の検討に入った。我が国からは図3に示す周波数調和の手法を提案した。すなわち、②のテーブルから、カテゴリごと、地域ごとに周波数帯でソートし、各国で近接する周波数帯をグルーピング化し論理和を取った上で、更に移動業務に割当済の部分抽出して、調和候補周波数帯域とする。論理和を取ることで各国の使用・計画周波数が漏れなく反映されることになる。

#	Name of the System(s)	邦訳
1	Train Radio System (TRS)	列車無線システム
2	Radiocommunication system for High Speed Train (RHST)	高速列車用無線システム
3	Emergency Alarm Radio System (EARS)	防護無線
4	Radiocommunication system for Emergency Cut Off System (REMCOS)	非常発報無線
5	Radiocommunication system for Electronic Blocking System (REBS)	電子閉そく用無線システム
6	Radiocommunication system for Japan Radio Train Control system (JRTC Radio)	無線列車制御システム
7	Yard Radio (YR)	構内無線
8	Millimetre wave Video Transmission system (MVT)	ミリ波画像伝送システム
9	Train Radio System in the 40 GHz band (TRS-40GHz)	40GHz帯列車無線システム
10	100-GHz RSTT	100GHz帯鉄道無線システム

■ 図2. ITU-R REPORT M.2442に記載の日本のRSTT

これに対し、第3地域 (APT) は基本的に本手法の検討に大筋合意したものの、第1地域からは発言権の強いCEPT (欧州連合) が、域内でGSM方式の移动通信システムをベースとした鉄道専用の無線通信システムであるGSM-Rで周波数も統一運用していることを背景に、オーバーラップする周波数帯によってのみ調和は達成できるとの見解を示している。更にCEPTは、調和済の周波数帯と調和を検討する周波数帯は区別するべきと主張、この結果は、ITU-R勧告案M. [RSTT_FRQ] に図4のような記載案が示されているものの記載形式を含め合意に至っておらず、WRC-19後も継続検討される予定である。

上記の議論を基に、④のCPMテキスト (WRC-19でのRRの改訂案) の作成作業を行った。その結果、以下の3つのMethodが提案され、MethodB/Cの調和周波数については、ITU-R勧告案M. [RSTT_FRQ] での調和周波数候



■ 図3. 日本から提案した周波数調和手法



	Region 1	Region 2	Region 3	Global
	Frequency ranges considered for harmonization by Regional group	Frequency ranges considered for harmonization by Regional group	Frequency ranges considered for harmonization by Regional group	Frequency ranges considered for harmonization by Regional group
Train Radio	ATU: 138-170 MHz, 406.1-430 MHz, 440-470 MHz; 873-880 MHz / 918-925 MHz ASMG: 876-880 MHz / 921-925 MHz For CEPT: 876-880 MHz / 921-925 MHz RCC: 138-174 MHz; 406.2-430 MHz / 440-470 MHz; 876-880 MHz / 921-925 MHz	See Note 2	138-174 MHz, 335.4-470 MHz, 703-748 MHz, 758-803 MHz, 873-915 MHz, 918-960 MHz, 1770-1880 MHz, 43.5-45.5 GHz and 92-109.5 GHz	APT: 138-174 MHz, 335.4-470 MHz, 873-915 MHz, and 918-960 MHz
Train Positioning	CEPT: 0.984 - 7.484 MHz 27.09 - 27.10 MHz	See Note 1	See Note 2	See Note 1
Train Remote	RCC ^a : 138-174 MHz; 406.2-430 MHz / 440-470 MHz; 876-880 MHz / 921-925 MHz	See Note 1	See Note 2	See Note 1
Train Surveillance	See Note 1	See Note 1	See Note 2	See Note 1

■ 図4. ITU-R勧告案における調和周波数帯記載案



■ 図5. CPMレポート記載のMethodの変遷

補を参考に記載された。

- ・ Method A: WRC決議の作成は不要 (RRの改訂不要、ITU-R勧告 (M. [RSTT_FRQ]) で十分)。【欧米】
- ・ Method B: WRC決議 (Resolution) を作成、調和周波数候補 (Train Radioに限定) を記載する。【中国等】
- ・ Method C: WRC決議 (Resolution) を作成、調和周波数候補 (Train Radioに限定) を記載するとともにITU-R勧告も参照し、詳細なチャネルプランも記載する。

Method Aは調和周波数検討の柔軟性を重視しWRCでのみ改訂が可能なWRC決議に記載することは望ましくないとのスタンスであり、MethodB/CはRSTTの周波数調和の

メリット (国間をまたぐ場合の利便性の向上、無線機器のコスト削減等) を重視しWRC決議への記載が望ましいとの主張に基づく提案であった。

2.4 APG、CPM19-2での検討

CPMテキストを基にしたCPMレポートに対して議論を進めたが、MethodAとB/Cではギャップが大きく、決裂を懸念して、我が国より「周波数調和の重要性をうたうWRC決議は作成するも具体的な候補調和周波数はITU-R勧告を参照する」との折衷案を提案した結果、図5に示す変遷を経て最終案に盛り込まれ、WRC-19に臨むこととなった。



なお、2.3節「ITU-R WP5Aでの検討」で述べたようにITU-R勧告案M. [RSTT_FRQ] の作成作業が完了せず、CPMレポートのMethod Cでは調和周波数候補を参照できないことから、WRC-19前のAPG19-5において、図6に示す第3地域における調和周波数候補をWRC決議に記載することで合意し、WRC-19にAPT共同提案 (ACP) を行った。

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, 162.0375-174 MHz, 335.4-399.9 MHz, 406.1-430 MHz, 440-470 MHz, 470-520 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 and 102-109.5 GHz

※赤文字は日本の提案周波数が反映。

■図6. 第3地域における調和周波数候補

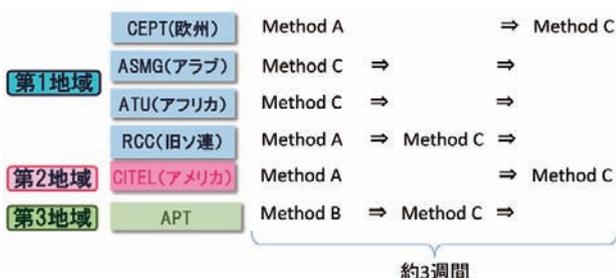
2.5 RA-19での議論

上記の検討は、そのままWRC-19の議論に引き継がれるのが通例であるところ、WRC-19の前週に開催されたRA-19にCEPTがRSTTに関するITU-R決議案を提案してきた。内容はWP5A、CPMで検討してきたWRC決議案に酷似しており、真意はWRC-19にてWRC決議を不要とするための伏線と推測された。

これに対して我が国より、「RAはITU-R決議を審議・承認する場ではあるものの、あらかじめSG及びその配下のWPで提案し内容を議論しておくのが通例であり、前触れのない提案はRA-19の短期間では判断が難しく、WRC-19以降に検討すべき。」と主張して認められ、ITU-R決議の作成は見送りとなった。

2.6 WRC-19での議論

議論の経過を図7に示す。



■図7. WRC-19における議論の経過

WRC決議を不要とする欧米 (Method A) と、必要とするその他の地域 (Method B/C) で主張が2分された。RCC (旧ソビエト連邦諸国) は、「妥協と協調により前に進めよう」とのITU事務総局長の開会時の言葉に敬意を示し、早々

にMethodCに転向した。

一方、APTは、ACPに沿ってWRC決議の中に第3地域のみでも地域調和周波数候補として記載することを目指したが、MethodCを支持する国々の中から一部の候補周波数帯への懸念が表明されたところ、一部のみを削除するのではACPの真意にもとることからAPTもMethodCを支持する決断をした。

この後、MethodAとMethodCの間で膠着状態が続いた。MethodA側からの「既にWP5AでITU-R勧告作成中なのでWRC決議は不要」との意見に対し、我が国から、「決議は勧告作成を加速する上で有益ではあれ阻害するものではない」との主張を展開、ATU (アフリカ諸国) からも強い賛同を得た。

最終的にはCITEL(南北アメリカ)に続いてCEPTがMethodCを受け入れたが、議論の開始から合意まで3週間を要した。写真は、合意直後の議題1.11出席者の記念撮影である。



■写真. 議題1.11合意後の記念撮影

結論として、「主管庁が鉄道無線システムを計画する際に、周波数調和を促進する観点から、ITU-Rの研究結果、ITU-R勧告や報告を考慮することを奨励する」旨のWRC決議が採択された。

今後は、WRC決議に従い、ITU-R WP5Aにて、RSTTの調和周波数帯の検討を継続し、まずは、ITU-R勧告案M. [RSTT_FRQ] を完成させていくことになる。

2.7 AWGでの議論

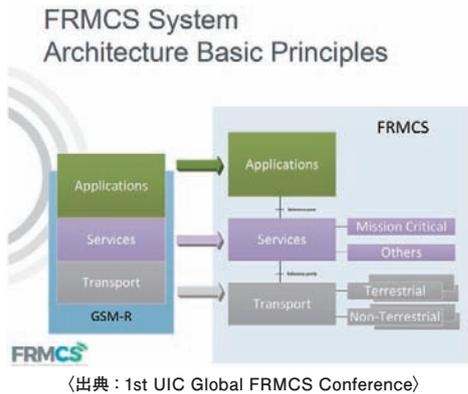
APTでもAWG (APT無線通信グループ) にて、議題1.11成立を契機に、タスクグループRailway Radiocommunication (TG-RR) を設置し、鉄道無線関連の技術検討を開始した。これまでにREP-78「鉄道無線の技術と実装」、REP-94「鉄道無線の置局と試験」のレポートを発行、「旅客サービスとインターネット接続」、「鉄道無線の車両位置管理」のレポートを作成中である。



3. 鉄道無線に関するその他の国際動向

3.1 欧州での次世代鉄道無線検討状況

UIC (International Union of Railways: 国際鉄道連合) では、FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) と称して2030年にサービス停止が予定されている GSM-Rの後継システムを検討中である (図8)。



■ 図8. 欧州での次世代鉄道無線検討

周波数帯域としては、874.4–880MHz/919.4–925MHz、1900–1920MHz、2290–2400MHzを検討中であり、2021年には決定、3GPP、ETSIとも連携しつつ仕様を策定し、2023~24年頃から欧州内で実証を開始する予定としている。

今後は、図4に示したITU-R勧告案M. [RSTT_FRQ]にこの周波数検討の結果を反映してくることが予想される。

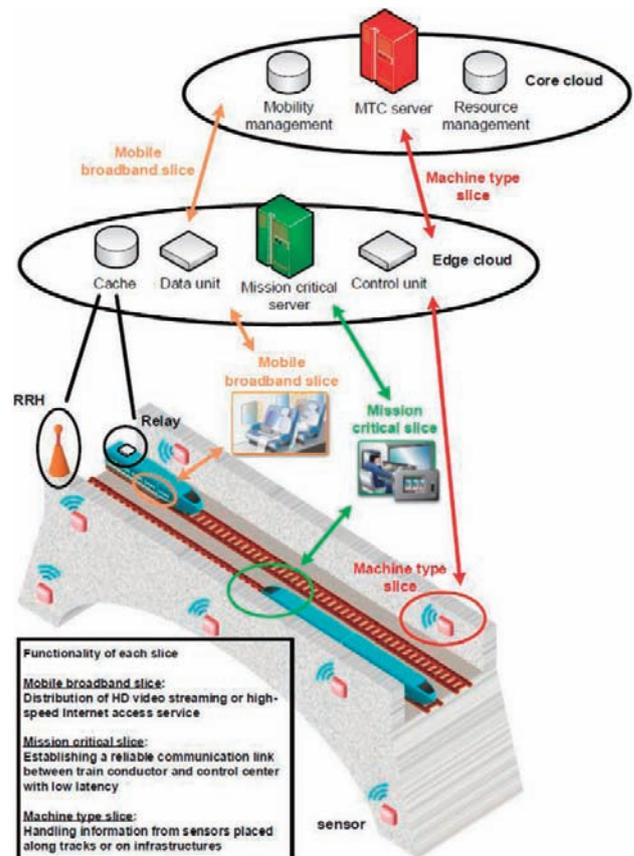
3.2 5Gの鉄道無線への利活用検討状況

昨今の5Gへの関心の高まりから、標準化機関では鉄道無線への利活用も検討されている。

ITU-R WP5Dにて作成されたITU-R REPORT M.2441では「Railways or High Speed Train Communication」章で5Gの高速列車向け応用として、大容量通信での乗客向けサービス、CCTV、低遅延での列車制御、の記載がある。

また、3GPPでもTR38.913の「High Speed」章に同様の記載が見られるほか、TR22.889では、上述したFRMCSとの連携により、鉄道向けの機能を仕様を含めることを検討している。

さらに、電子情報通信学会 無線通信システム研究会 (RCS) においても「3GPP 5G NR における高速鉄道シナリオに関する検討」の講演にて、図9のように、ネットワークスライシングを適用した、大容量通信によるインターネットサービス、低遅延通信による列車制御、センサーによる機器監視のシナリオが示されている。



(出典: RCS2018-28)

■ 図9. 高速鉄道シナリオへの5Gスライシング概念適用例

以上のように、5Gの鉄道無線用の利活用の検討では、乗客向けインターネットにとどまらず、1章で述べたRSTTの領域での活用に向けた検討も行われており、鉄道無線の周波数、技術動向については、5Gの動向も含め今後とも注視していく必要がある。

4. おわりに

鉄道無線に関するWRC-19での議論にあたっては、議題設定を契機に鉄道無線国際標準化検討会が創設され、国内での鉄道業界としての意見を集約しつつ対応を進めた。ここに関係各位に感謝の意を表す。

WRC決議の採択により、鉄道無線システムの周波数調和の重要性と周波数調和に向けた継続検討の必要性を示すことができたが、引き続き、我が国の提案する周波数帯が反映されたITU-R勧告の採択に向けた活動により、国内での周波数の安定的な使用に資するとともに、日本の鉄道システムの海外展開にも寄与することが期待される。

(2020年1月29日 ITU-R研究会より)