

日本における周波数共有の社会実装状況

Social Implementation of Spectrum Sharing in Japan

田久 修

Abstract

拡大するトラフィックの収容に必要な周波数資源の枯渇が深刻な問題となる中、その解決策として異なる目的のシステムによる周波数共有の導入が世界的に議論されている。日本では、2014年に地上デジタルテレビジョンの放送周波数帯域における、運用調整の自動化により周波数共有がスタートしている。そして、2021年度には2.3GHz帯において第5世代移動無線通信との周波数共有の社会導入が計画されている。本稿では、テレビホワイトスペース等運用調整システム、及び2.3GHz帯ダイナミック周波数共有管理システムについて解説する。

キーワード：テレビホワイトスペース、ダイナミック周波数共有

1. はじめに

2014年3月から「TVホワイトスペース等利用システム運用調整協議会」⁽¹⁾が発足し、日本における最初の複数目的のシステムによる周波数共有の運用が開始されている。第5世代移動無線通信規格(5G)向けに2.3GHzの番組素材伝送用無線(FPU)との周波数共有の制度化においては、2021年度中の社会導入を予定している。移動無線通信のように社会基盤として多数の利用者を収容する大規模システムとの周波数共有は、世界的にも先導する新たな周波数共有事業として注目が集まる。

本稿では、日本における周波数共有の社会実装の状況について解説する。最初に、運用中のテレビホワイトスペース等利用システム⁽²⁾について概説と運用実績等を紹介し、周波数共有の現時点での状況を解説する。次に、社会導入が計画されている2.3GHz帯ダイナミック周波数共有管理システムについて、制度制定へ向けた検討過程と具体的なシステム構成について紹介し、2.3GHz帯におけるダイナミック周波数共有の方法を解説する。

2. テレビホワイトスペース等運用調整システム

2.1 対象周波数帯域

表1に、「TVホワイトスペース等利用システム運用調整協議会」が運用調整対象とする無線局及び使用する周波数帯域を示す。470~710MHzの周波数共有では地上デジタルテレビジョン放送、特定ラジオマイク、エリア放送の順に利用システム間の割当上の優先順位が設定され、下位システムは上位システムを保護する対応が求められる。

2.2 運用調整コンピュータシステム

図1に、運用調整コンピュータシステム(運用調整CPS)の概要を示す。周波数資源の利用者である、特定ラジオマイク利用事業者、FPU利用事業者、エリア放送事業者などがインターネット経由で、運用調整CPSへアクセスすることで利用申請が可能になる。また、周波数資源利用者とは異なる第三者機関として運用調整協議会事務局が設定され、運用調整CPSを管理している。

利用者は申請において、利用する場所、チャンネル番号、時間帯等を運用調整CPSへ登録する。なお、入力情報の詳細は、2.3GHz帯ダイナミック周波数共有管理システムと対比的に議論するため後述する。運用調整CPSでは、建物の遮蔽効果や室内利用による壁面への電波の浸透度などを考慮に入れて干渉電力を計算し、運用中の他システムとの混信判定をする。判定結果はメール等により利用者に通知される。登録情報の入力から通

田久 修 正員：シニア会員 信州大学工学部電子情報システム工学科
E-mail takyu@shinshu-u.ac.jp
Osamu TAKYU, Senior Member (Faculty of Engineering, Shinshu University, Nagano-shi, 380-8553 Japan).
電子情報通信学会誌 Vol.104 No.12 pp.1239-1244 2021年12月
©電子情報通信学会 2021

表1 運用調整対象無線局と使用する周波数帯域

運用無線局	使用周波数帯域	空中線電力	占有帯域
エリア放送	470~710 MHz	フルセグ方式 10 mW 以下 ワンセグ方式 0.77 mW 以下	ワンセグ方式 468 kHz フルセグ方式 5.7 MHz
特定ラジオマイク	470~714 MHz	アナログ方式 10 mW デジタル方式 50 mW	アナログ方式 最大 330 kHz デジタル方式 288 kHz
期間限定無線局	470~710 MHz	最大で 10 W 程度	5.7 MHz
1.2 GHz 特定ラジオマイク	1,240~1,252 MHz 1,253~1,260 MHz	アナログ 10 mW デジタル 50 mW	アナログ 最大 330 kHz デジタル 288 kHz
1.2 GHz FPU	1,240~1,300 MHz	25 W	half : 9 MHz full : 18 MHz
2.3 GHz FPU	2,330~2,370 MHz	40 W	half : 9 MHz full : 18 MHz

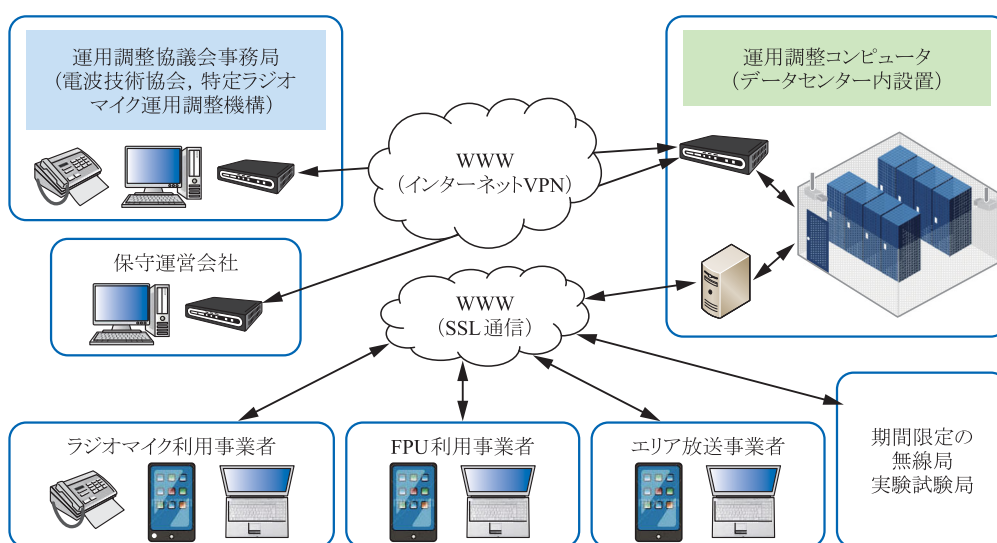


図1 運用調整コンピュータシステムの概要

知までの一連の手順は自動化されており、運用調整の自動化とインターネット回線による利用申請の簡易化によって、周波数資源の利用機会向上を実現している。ただし、大規模展示会場などで多数の無線局が重なる場合には、事務局が参入する人を介した調整が行われている。

図2は、470~710 MHz までのチャンネル選択画面の様子を示す。テレビ放送用チャンネル定義による、6 MHz 帯域間隔で分割したチャンネルリストが示され、各チャンネルの利用状況は視覚的に確認できる。また、テレビ放送による隣接チャンネル漏えいから保護するため、テレビ放送が利用中のチャンネルから隣のチャンネルにはガードバンドが表示され、そのチャンネルで利用可能な帯域が制限されることを知ることができる。図3には、移動する無線局の登録情報を視覚的に確認するために、地図上に移動する無線局の位置情報を表示できる。

2.3 運用実績

図4に運用調整CPSの管理対象となる三つの周波数帯域（TVWS（470~714 MHz）、1.2 GHz、2.3 GHz）における月別利用実績を示す。コロナ禍により2020年には運用実績の大きな落ち込みがあるが、2016年1月から2020年12月までの5年間の平均伸び率は年間約3,400件となっている。特定ラジオマイクでは700 MHz帯からの移行が2019年1月に完了したため、今後の需要は安定化した傾向にあるが、運用件数は高く維持されると予想される。

一方、空き周波数資源の利用状況は、運用調整CPSの過去の利用申請に基づく利用実績から、2021年4月現在において、国内15万か所で無線局運用実績がある。また、アナログのラジオマイクでは屋内8,800地点で9万1,000個のTVchが使える（TVchはテレビチャンネル帯域幅6 MHz）、平均10.3TVch/地点が利用できることを確認している。また、屋外4,300地点で4万3,000個の

使用可能となる周波数を示すチャンネルの画面表示例

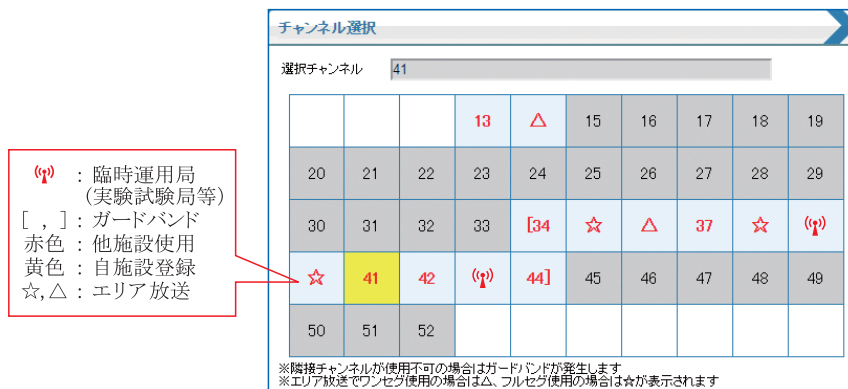


図2 チャンネルの画面表示の例



図3 地図上に表示される登録システムの例

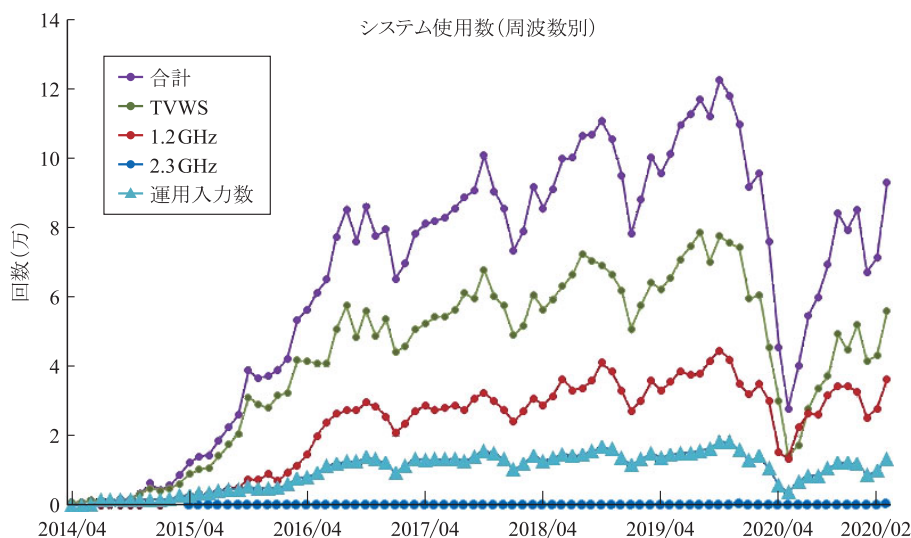


図4 運用調整コンピュータシステムの運用実績

TVch が使え、平均 9.9TVch/地点の帯域が利用できることを確認している。

これらの利用実績の情報は、新たな周波数共用の検討にも利用されており、現在制度化が進む 2.3 GHz 帯の FPU と携帯電話事業者との周波数共用の制度化を進める際にも活用されている。

3. 2.3 GHz 帯ダイナミック周波数共用管理システム

3.1 検討背景

携帯電話において 2.3 GHz 帯は 39 の国と地域、61 事業者に割り当てられており、中国やインドなどを中心に LTE-Advanced の導入、豪州などでは 5G New Radio の導入計画が進められている。様々なユースケースが想定され、2.3 GHz 帯は多くの既存端末で第 4 世代移動無線通信規格の周波数として既にサポートされており、携帯電話利用によるトラフィックの急激な増加に対するあふれトラフィックの吸収を目的として、利用が期待されている。日本では、2.3 GHz の周波数帯は、2. に示す「TV ホワイトスペース等利用システム運用調整協議会」による運用調整対象の FPU と公共業務用無線局に割り当てられている。これらの動向を受けて、運用調整システムを含む FPU 及び公共業務用無線局との共用検討が開始された。

3.2 共用方法の検討

令和 3 年度に開催された総務省情報通信審議会 情報

通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会⁽³⁾において、2.3 GHz FPU と携帯電話に対して二つの共用方法が検討された。一つ目は従来の静的な共用条件の下、必要な地理的離隔を確保する FPU と携帯電話との周波数共用であり、二つ目は FPU の地理的・時間的な利用状況を考慮した共用計算を行うことで、FPU の運用停止中はより広範な地域での携帯電話の利用を可能とする、ダイナミックな周波数共用である。検討の結果、FPU の確実な保護の観点と、過去の FPU の運用実績に基づき携帯電話が周波数資源を利用できる機会の観点で、データベース方式による地理的・時間的にダイナミックな周波数共用が有効という結論となった。なお、同委員会では、2.3 GHz を利用する公共業務用無線局との周波数共用の検討も議論されている。

3.3 2.3 GHz 帯ダイナミック周波数共用管理システムの概要

3.3.1 管理システムの概観

図 5 に、2.3 GHz 帯ダイナミック周波数共用管理システムのシステム化範囲、主要機能、利用者・運用者及び外部システムの関係を示す。一次利用者である FPU を運用する放送事業者、そして同一周波数帯を二次利用する携帯電話事業者、そしていずれの事業者にも所属しないシステム管理者となる電波有効利用促進センターが設定されている。電波有効利用促進センターによる公平な管理により、電波利用の有効かつ適正な利用が進められる。図中の TVWS は「TV ホワイトスペース等利用システム運用調整協議会」による運用調整 CPS であり、

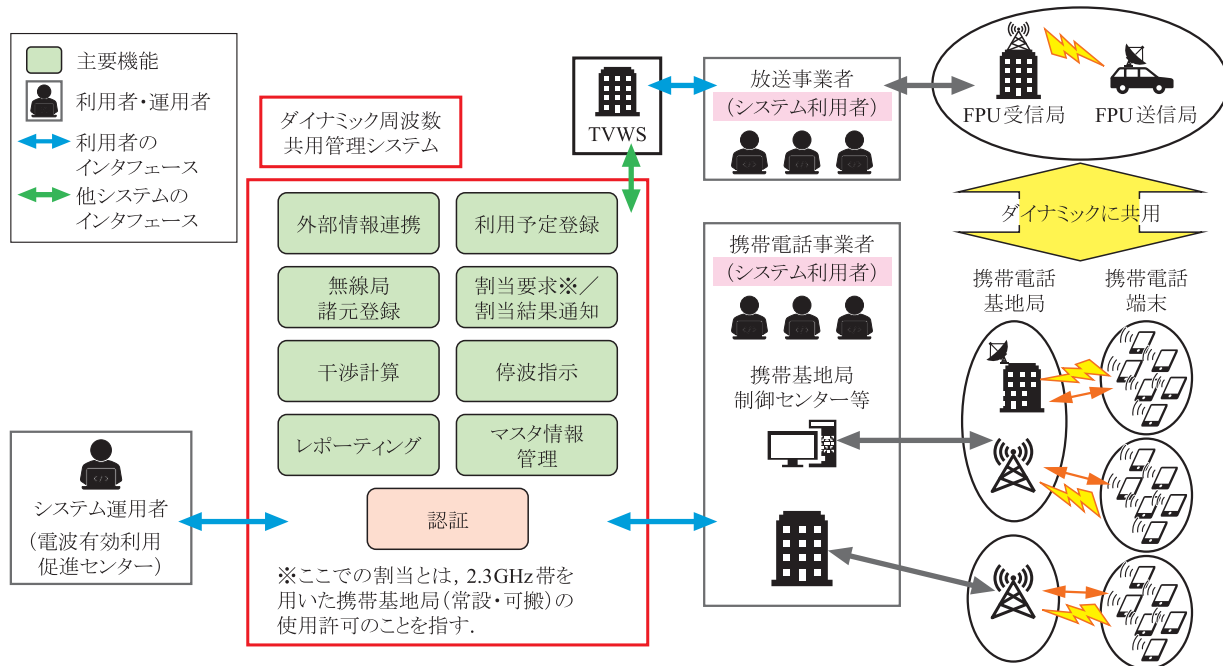


図 5 ダイナミック周波数共用管理システム構成

ダイナミック周波数共用管理システムと連携し、放送事業者の運用計画及びFPUの登録事項が共有される。

3.3.2 業務フロー

図6に、一次利用者の放送事業者によるシステム登録から二次利用者である携帯電話事業者の停波処置が生じた場合を含む業務フローを示す。まず、停波すべき基地

局を特定する干渉計算が進められる。その後、停波対象となる基地局の情報を社会導入時においてはメールにより携帯電話事業者へと通知し、携帯電話事業者内で停波処置が行われる。利用登録から干渉計算、停波指示まではシステム内で自動化されている。一次利用者が緊急に利用する場合には、利用登録後に管理システムが携帯電話事業者への停波指示を含む通知までに15分を目安と

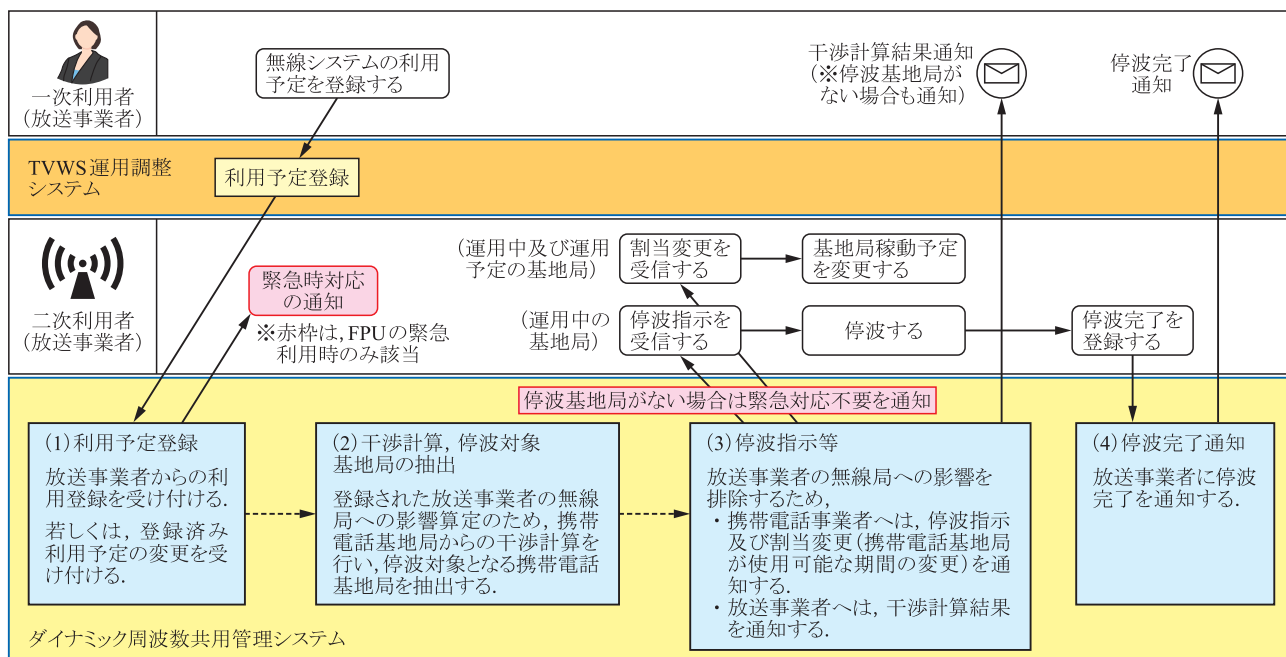


図6 業務フロー（ダイナミック周波数共用管理システム内）

種別	ユースケース (FPU)	運用計画 (利用予定情報) 運用諸元入力		送信局		受信局	
				位置情報		位置情報	範囲
FPU	ロードレース	計画情報	運用諸元情報	n 点の座標 (ロードレースコース等に沿った送信局の n 点移動座標)		n 点の座標 (ロードレース中継における n 個の受信局座標)	
	企画中継, 報道等			代表点 (代表送信局1地点座標)	代表点 (代表受信局1地点座標)	半径 n (km) (受信局が存在し得る範囲:代表点を中心とする半径 n (km)円)	

計画関連の入力項目	
項目	補足
運用ID	(自動採番)
運用日時	
イベント名	
運用地域	
★運用環境(屋外, 屋内, 地下)	過去の入力情報を参照・複製可能とし, 入力作業の簡略化及び入力ミスの防止を図る。
放送事業者名称	
担当者	
現地担当者	
メールアドレス	
電話番号	

運用諸元関連の入力項目		
	項目	補足
送信局情報	★送信電力	過去の入力情報を参照・複製可能とし, 入力作業の簡略化及び入力ミスの防止を図る。
	★中心周波数	
	★帯域幅	
	★アンテナ利得	
	★位置情報(緯度・経度 or 住所)	
★地上高		
受信局情報	★アンテナ利得	
	★位置情報(緯度・経度)	
	★地上高	
	★受信局の範囲*1	

★が付記されている項目は、ダイナミック周波数共用管理システムの運用に伴い、新たに入力の必要が生じたもの。
*1:プロットした受信点を中心として「受信局の範囲」で指定した半径の範囲を保護する。

図7 放送事業者の登録項目

している。また、携帯電話事業者による基地局停波処理に45分を目安としている。よって、一次利用者による緊急利用が可能になるまでに約1時間内が想定されている。

3.3.3 システム入力項目

図7にFPUによる登録事項を示す。この図では、ダイナミック周波数共用管理システムの導入において、運用中のTVWSの運用調整CPSに対し新たに追加となった項目を明示している。FPUの受信局情報について設定項目が追加されているが、特に受信局の位置・地上高については受信点保護の観点で極力正確な入力が求められている。

FPUの入力項目が増えた理由の一つとして、場所固有の伝搬特徴(サイトスペシフィック)を考慮した新たな伝搬モデル式が干渉計算に導入された点がある。これは、ITU-R P. 2108をモデルに、送受信点近傍の遮蔽地物によるクラッタ損を考慮したモデルとなっている⁽⁴⁾。これにより、自由空間減衰に対してサイトスペシフィックな遮蔽地物による遮蔽効果を考慮することが可能になり、現実の電波伝搬よりも過剰に長距離に伝搬することを抑えると同時に、干渉量が実際よりも低く見積もられる可能性を十分低く抑えることを可能にしている。

3.4 その他

有害干渉等の障害発生時に対する業務フローも規定されており、不測の事態への対処方針を明確にすることで、放送事業者及び携帯事業者共に安心・安全な周波数共用に向けた備えとなっている。また、ダイナミック周波数共用管理システムでは、総務省セキュリティポリシーにのっとり、情報漏えいや不正アクセス防止の情報システムとしてのセキュリティ対策が施されている。

現在、2.3 GHz帯の既存無線局と移動無線通信システムとの周波数共用の制度化が進み、2021年度中の社会

導入が予定されている。また、2.3 GHz以外の他の周波数帯における周波数共用も継続的に検討が進められている。

4. ま と め

本稿では、運用中のTVホワイトスペース等利用システムと、社会導入が計画されている2.3 GHz帯ダイナミック周波数共用管理システムについて解説した。

謝辞 本稿執筆にあたり取材協力を頂きました。TVホワイトスペース等利用システム運用調整協議会の加藤千早様及び、2.3 GHz帯ダイナミック周波数共用管理システムについて御解説頂きました三菱総合研究所の下村雅彦様に感謝の意を表します。

文 献

- (1) TVホワイトスペース等利用システム運用調整協議会。
<https://www.rf-unyo.jp/home/>
- (2) 加藤千早, 平島 茂, 中島博和, “ホワイトスペース等の周波数帯における運用調整の仕組み,” 2016 信学ソ大, no. BP-3-2, Sept. 2016.
- (3) 総務省情報通信審議会 情報通信技術分科会 新世代モバイル通信システム委員会。
https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/5th_generation/index.html
- (4) S. Miyamoto, K. Katagiri, K. Sato, K. Adachi, and T. Fujii, “Highly accurate prediction of radio propagation based on compensation of clutter loss for spectrum sharing,” ICETC2020, Virtual Conference, Dec. 2020.

(2021年6月22日受付 2021年7月26日最終受付)



田久 修 (正員: シニア会員)

平18慶大大学院博士課程了, 博士(工学), 平16オーストラリアシドニー大 Visiting Scholar, 平26信州大学術研究院(工学系)准教授。現在, コグニティブ無線に関する研究に従事。