電波の高密度利用をめぐる国際動向

一般財団法人マルチメディア振興センター　電波利用調査部　飯塚（いいづか）　留美（るみ）

1. はじめに

2020年代に本格的に展開されることになる5Gの時代は、IoT（物のインターネット）化に伴って無線通信ニーズが多様化し、周波数の効率的利用の方法が、排他的利用から共用に変化することが予想される。つまり、利用者が特定の周波数帯を専用するのではなく共用することが前提となり、時間、空間、周波数の三つの次元において、干渉・混信・混雑なく周波数を共用できるメカニズムが必要となる。本稿では、周波数共用を前提とした電波利用を見据え、欧米で検討が始まった動的に周波数を割り当てるための周波数アクセスシステムの実用化に向けた取組みについて紹介する。

2. 米国

2.1　PCAST報告書

大統領科学技術諮問委員会（President's Council of Advisors on Science and Technology：PCAST）は、商用周波数の不足を補う方策の一つとして、連邦政府用周波数を官民で共用する方針等が盛り込まれた報告書（「Realizing the Full Potential of Government-held Spectrum to Spur Economic Growth」）（以下、PCAST報告書）を2012年7月にオバマ大統領に提出した*1。連邦政府が使用している周波数を民間に明け渡すのは、高コストで実行に移すのに時間を要し、かつ連邦政府の業務を中断させることから、長期的に持続可能な周波数政策とはいえないため、政府が使っている周波数から官民が共用し得る帯域を、1000MHz幅創出することを提案した。

官民周波数共用の新たな動的共用枠組みを構築するため、周波数帯ごとに利用者を登録し、使用条件を規定する連邦周波数アクセスシステム（Federal Spectrum Access System：SAS）が新設された。SASとは、予め登録された既存免許人の基地局情報や免許人の端末の利用状況の情報（データベース）を基に、利用可能な周波数帯や利用可能な場所や時間、また送信電力等を周波数の共用条件の決定を司る周波数アクセス制御システムを用いて、当該帯域を利用できる権利を有する新たな免許人や免許不要の低出力ユーザーに対して、リアルタイムでの周波数ないしチャンネルの割当てを行うものである。

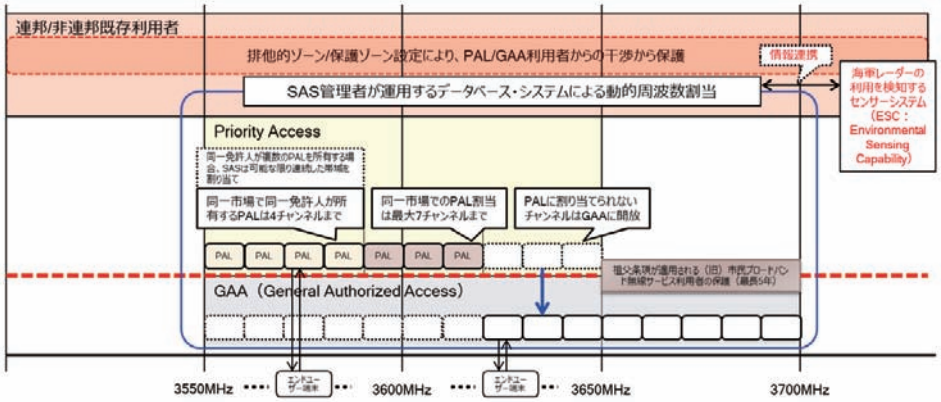
連邦政府用周波数の共用化は、三つの階層構造に基づいて管理される。連邦政府の一次業務システム（一次アクセス）は、電波を利用するサービスの保護に関して最も優先度が高く、有害な干渉から保護される。二次業務の免許人（二次アクセス）は、データベースに無線局の置局データと使用状況を登録し、電波利用料（Fee for spectrum use）と引き換えに、サービス品質の保護を受けることができる。一般認可アクセス（General Authorized Access：GAA）ユーザーは、連邦政府の一次業務や、二次業務のユーザーが、特定の地理的エリアや時間帯において所与の周波数帯を使用していない限りにおいて、未使用周波数への機会利用型アクセス（Opportunistic access）が認められる。GAAは免許不要による運用であるが、SASへの登録義務が課せられる。

2.2　3.5GHz帯でSAS／ESCを採用

米国で初めてSASの導入が規定されたのが、海軍レーダーや固定衛星サービス（Fixed Satellite Service：FSS）地球局等が使用している3.5GHz帯である（図参照）。従来、3550−3650MHzは海軍レーダーの既存業務に使用されていたが、海軍レーダーは使用されるエリアが沿岸地域に限定されることから、これらのエリアをダイナミック保護エリア（Dynamic Protection Areas：DPAs）として保護することで、商用LTE等の利用を促進することを目的に、3550MHzから3700MHzまでの150MHz幅を市民ブロードバンド無線サービス（Citizens Broadband Radio Service：CBRS）として、周波数共用ベースで利用することが可能となっている。

SAS管理者は、連邦政府免許人の信号を検出する電波環境検知機能（Environmental Sensing Capability：ESC）からの信号検出データに基づいて、固定局である市民ブロードバンド無線サービスデバイス（Citizens Broadband Radio

*1　https://obamawhitehouse.archives.gov/administration/eop/ostp/pcast/docsreports
https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast_spectrum_report_final_july_20_2012.pdf



■図．3.5GHz帯で導入された動的周波数割当ての概念図
出所：FCC, “Promoting Investment in the 3550−3700MHz Band” GN Docket No. 17−258, Report and Order, FCC 18−149（2018年10月24日）等

Service Device：CBSD）が利用可能なチャンネルを特定し、その最大許容出力レベルを設定して、二次業務である優先アクセス免許（Priority Access License：PAL）*2またはGAAが使用するCBSDの運用を管理する。ESCオペレーターは、既存の海軍レーダーの信号を検知し、その情報をSAS管理者に伝えるために、約200のセンサーノードから成るセンサーシステムを管理する。SAS管理者は、ESCがレーダー信号を検知してから300秒以内に、CBSDの運用を停止または未使用中のチャンネルへの移行を行わなければならない。

SASへの登録や報告が必要な情報には、運用パラメーターに関する情報と、干渉報告に関する情報がある。前者には、地理位置、アンテナ高、FCC ID番号、利用者連絡先情報、エアインタフェース技術、固有のシリアル番号、屋内外利用等が含まれ、後者には信号強度、ローカル干渉水準測定値等が含まれる。

2.3　SAS管理者とESCプロバイダー

連邦通信委員会（Federal Communications Commission：FCC）は条件付きで、2016年末にSAS管理者としてFederated Wireless、Google*3、Amdocs、Comsearch、Key Bridge、Sony等を認可し、2018年初頭にはESCプロバイダーとしてCommScope、Federated Wireless、Google、Key Bridgeを認可した。また、Rivada Networks、Nokia、Fairspectrum（フィンランド）、RED Technologies（フランス）もSASまたはESCの認可申請を行ったとされている。当初、正式なFCC認可については、既存システムの保護試験やフィールド試験等の結果を、全社が提出した後に、FCCが定める技術基準に基づいた試験期間を経て、2018年までに付与される予定であった。

最終的にFCCは、2019年4月29日に、ESCプロバイダーとしてCommScope、Federated Wireless及びGoogleの3社を正式に認可した*4。一方、SASについては、国家電気通信情報庁（National Telecommunications and Information Administration：NTIA）電気通信科学研究所（Institute for Telecommunication Sciences：ITS）による5つのベンダー（CommScope含む）のSASシステム認証のラボテストが2019年5月1日に完了したところで*5、FCCによるSAS管理者の正式な認可は2019年6月以降と、当初よりも遅れる見通しである。

GoogleとCommScopeは2019年末までに、海軍レーダーを検知するESCセンサーネットワークを共同で構築・使用する予定であるが、SASシステムは独立して構築・運用し、それぞれの顧客にサービスを提供する*6。一方、Federated Wirelessは2019年5月13日、世界初となるESCネットワーク

＊2　PALは当初、人口調査標準地域（Census Tract）に基づき全米を約7万4000区域に区分する地域免許としていたが、最終的に郡単位（3,232）の地域免許として2020年にオークションにかけられる予定である。
＊3　Googleデータベース
https://www.google.com/get/spectrumdatabase/
＊4　https://www.fcc.gov/document/wtboet-approve-environmental-sensing-capabilities-escs-35-ghz
＊5　https://www.ntia.doc.gov/blog/2019/spectrum-sharing-model-gaining-ground
＊6　https://www.businesswire.com/news/home/20190315005077/en/

の整備を完了したと発表した。これにより、GAAに基づく免許不要デバイスの商用運用が、2019年中に開始される見通しである。同社は米国で商用化したSASを世界展開する計画で、現在、英国で試験を実施中であるほか、約20か国の規制当局と話し合いを進めている（2019年5月時点）*7。

2.4　AT&Tによる規則改正提案

CBRSとして分配された3.5GHz帯は、FCC規則パート96にて、技術条件や運用要件が規定されている*8。AT&Tは2019年5月16日、5G New Radio（NR）のミッドバンドのアンカーとしてCBRSを使うことを可能とするため、CBRS用小型基地局の新たなCBSDカテゴリーを設けて、出力レベルを引き上げることをFCCに提案した*9。

現行のFCC規則では、CBSDカテゴリーとして、①低出力（EIRP*10：30dBm/10MHz）の基地局であるカテゴリーA（CAT A）と、②CAT Aよりも最大出力制限が高く（EIRP：47dBm/10MHz）屋外設置が義務付けられるカテゴリーB（CAT B）がある。これらに加えて、AT&Tはさらに高出力のEIRPが62dBm/10MHzのカテゴリーC（CAT C）を提案した*11。

2.5　5G NRへの対応

CBRSの技術標準化や製品認証を担うCBRS Allianceは2019年3月、3.5GHz帯（バンド48）の次期仕様（CBRS Alliance Release 3）において、3GPPが策定した5G NRインタフェースをサポートした5G共用の標準を策定し、2020年に実用化する方針であることを発表した*12。次期仕様には、バンド48（3550−3700MHz）の帯域内外でのLTEと5G NR間のシームレスな相互運用性等を確保するための共用条件が含まれる*13。

なお、CBRS Allianceの認証を受けたデバイス（CBSD、スモールセル、LTEアクセスポイント等）の数は14機種で、FCC許可を受けたバンド48のエンドユーザーデバイス（スマートフォン、ホットスポットモデム、LTEモジュール等）の数は27機種となっている（2019年7月時点）*14。

3. 欧州

3.1　RSPG報告書

欧州委員会の電波政策に関する諮問機関である無線周波数政策グループ（Radio Spectrum Policy Group：RSPG）は2011年11月、免許制による周波数の共同利用（Licensed Shared Access：LSA）に関する新たな概念を提案した*15。それによると、LSAとは、コグニティブ無線関連技術を用いることにより、動的な方法で周波数、場所、時間を共用することが可能となるものとされる。その後、RSPGが2013年11月12日に発表した意見書*16ではLSAが再定義された。LSAとは、一人または複数の既存のユーザーに既に割り当てられた、あるいは、割当てが予定されている周波数帯で、個別免許制度（Individual Licensing Regime）の下で、限られた数の免許人によって運用される無線通信システムの導入促進を目的とする規制アプローチであると定義されている。LSAアプローチでは、追加の新規ユーザーは、周波数使用権に含まれる共用ルールに従って周波数（またはその一部）を使用することが認可されることによって、既存免許人を含む全ての認可ユーザーが、一定のサービス品質（QoS）を確保することが可能となる。

このような周波数共用を実現するための手段が、周波数の利用を制御・管理する動的周波数アクセスシステムであ

---

*7　https://www.rcrwireless.com/20190523/network-infrastructure/federated-wireless-sas-commercialization
*8　PART 96-CITIZENS BROADBAND RADIO SERVICE
https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=228a142ef1e3d6f33a0e30a44547dd50&mc=true&node=pt47.5.96&rgn=div5
*9　https://ecfsapi.fcc.gov/file/10516250388279/cbrs-exparte-05162019.pdf
*10　Equivalent Isotropically Radiated Power
*11　https://ecfsapi.fcc.gov/file/10516250388279/cbrs%20cat%20c%20proposal.pdf
*12　https://www.cbrsalliance.org/news/cbrs-alliance-plans-u-s-5g-service-on-global-3-5ghz-band-in-2020/
*13　https://apnews.com/Globe%20Newswire/3f4d8f53be550289ce5b468651968be2
*14　https://www.cbrsalliance.org/certification/
*15　Report on Collective Use of Spectrum（CUS）and other spectrum sharing approaches, RSPG11-392 Final, November 2011
http://rspg-spectrum.eu/wp-content/uploads/2013/05/rspg11_392_report_CUS_other_approaches_final.pdf
*16　RSPG Opinion on Licensed Shared Access, RSPG13-538, 12 November 2013
https://circabc.europa.eu/d/d/workspace/SpacesStore/3958ecef-c25e-4e4f-8e3b-469d1db6bc07/RSPG13-538_RSPG-Opinion-on-LSA%20.pdf

る。LSA免許人は、規制当局と当事者間との間で協議した共用ルールに基づき、既存ユーザーと協定を結ぶ。協定では、利用可能な地理的エリアや技術的な保護基準、また必要に応じて周波数の明け渡し方法について取り決める。LSA規制枠組みで重要なのが、周波数地理位置及びポリシーデータベース（Spectrum geo-location and policy database）で、既存ユーザーの周波数の使用状況、技術的な共用条件、適用可能な追加の規制ポリシーなどの情報が蓄積される。LSA免許人はデータベースへアクセスすることでLSA協定に基づいた周波数利用が可能となる。

3.2　LSA／eLSAの標準化

LSAの制度的及び技術的な検討は、欧州郵便電気通信主管庁会議（European Conference of Postal and Telecommunications Administrations：CEPT）配下にある電子通信委員会（Electronic Communications Committee：ECC）において実施されている。ECCのプロジェクトチームのFM53がLSAの規制条件について、FM52が2.3−2.4GHz帯での共用のためのLSA実装について検討を行っている。また、ETSI（European Telecommunications Standards Institute）のリコンフィギュアラブル無線システム（Reconfigurable Radio Systems：RRS）技術委員会がLSA技術条件や地理位置データベースの標準化活動を実施している。

ETSIでは、QoSを担保したローカルエリアサービスの提供を可能とする周波数共用を実現するため、サイト単位での周波数割当てを自動化するソリューションとして、進化版LSA（evolved version of Licensed Shared Access：eLSA）の標準化が、ドイツ企業を中心に進められている。2018年2月に「ローカル高品質無線網向け一時的周波数アクセスに関する実現可能性検討」のテクニカルレポート初版が発表され*17、2019年2月にはシステム要件に関する技術仕様（ETSI TS 103 652-1 V1.1.1）初版が発表されたところである*18。

ESTIによるeLSAの周波数共用枠組みでは、①MNOが公衆網内で自営向けサービスを提供、②MNOから周波数のサブリースを受けたバーティカルサービスプロバイダーがサービスを提供、③ローカル免許人が独自の自営網を構築、の三つに分けてeLSAの共用手続きが定義されている（表参照）。

これによって、IMT（International Mobile Telecommunications）バンドだけでなく全ての周波数帯での周波数共用と、地域単位での短期または長期の免許付与が可能となることから、ローカルエリアにおける産業界の5Gニーズ（特に、PMSE（Programme Making and Special Events）、無線産業オートメーション（WIA）、公衆保護・災害復旧（PPDR）、eヘルス）への対応策として期待されている。

3.3　LSAの実用化

ECCでは、各国の規制当局によるLSAの実装及び試験に関する経験を共有するため、LSA実施に関する情報交換のための新たな作業アイテムを作成することが、2015年5月に決定された。2015年から2016年にかけて、スペイン、イタリア、フランス、フィンランド、オランダで実施された

■表．eLSAの周波数共用枠組みにおける三つのネットワーク利用形態

	ローカル高品質無線ネットワーク		
	サービスネットワークエリア（公衆網エリア）	プライベートネットワークエリア（自営網エリア）	
	①MNOサービス提供	②MNO周波数のサブリース	③ローカル免許
周波数の割当て	MNOが管理	MNOからバーティカルサービスプロバイダー（周波数リソースコントローラーを兼ねる）へサブリース	周波数リソースリポジトリから周波数リソースコントローラー経由でローカル免許人へ割当て
ネットワークインフラの形態	・公衆網（ネットワークスライシング等） ・公衆網内の自営網利用（ネットワークの高密度化）	リースしたMNO周波数を利用した自営網	自営網
無線アクセス技術	MNOが採用する技術	標準化された全ての技術	
ネットワーク管理	全国規模でMNOがサポート	ローカル規模でスタンドアローン	

出所：https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/103500_103599/103588/01.01.01_60/tr_103588v010101p.pdf

*17　Reconfigurable Radio Systems（RRS）；Feasibility study on temporary spectrum access for local high-quality wireless networks
https://www.etsi.org/deliver/etsi_tr/103500_103599/103588/01.01.01_60/tr_103588v010101p.pdf

*18　https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/103600_103699/10365201/01.01.01_60/ts_10365201v010101p.pdf

LSA試験の情報が公開され*19、政府機関やPMSEなどの既存免許人や、新たな利用である商用LTEとの間の共用試験等の結果が提供されている。これらのLSA試験では、規制当局の認可を得たRED TechnologiesやFairspectrumなどが、動的周波数管理プラットフォームを提供するプロバイダーとして協力している。

そのなかでLSAを実用化したのはオランダである。同国の場合は政府機関（国防等）に割り当てられた2.3GHz帯を使用するPMSEユーザーに対してLSA予約システムの利用が義務付けられた（2019年4月）。

その後、LSA試験を実施したのはポルトガルである。ETSI仕様（TS 103 235、TS 103 154及びTS 103 379）に基づいたLSA試験が2.3−2.4GHz帯で実施された（2019年3月）。ポルトガルでは2.3GHz帯は放送用に排他的に割り当てられ、ワイヤレスカメラを使った屋外での放送に使用されている。そのため、移動業務との共用可能性について評価するのがLSA試験の目的であった。ETSIによれば、当該試験は6GHz以下の周波数不足の解消や、2.3GHz帯での5G展開につながるとしている*20。

3.4　動的周波数アクセスサービス規則の制度化

LSAアプローチの考え方は、英国では階層型認可（Tiered Authorisation）アプローチと称され、Cバンド（3.8−4.2GHz）で初めて導入することが、2016年より検討されてきた*21。本検討では、Cバンドを使用している既存業務（固定リンク、固定衛星）及び既存免許人（UK Broadband）をTier 1カテゴリーとして干渉から完全に保護した上で、地域免許として新設されるTier 2カテゴリー*22や、機会利用型の新たなユーザーであるTier 3カテゴリー*23への利用を認めることが提案された。しかし、OfcomはLSAアプローチに基づく共用システムの開発には時間を要する等の利用により、申請ベースで、小電力免許（ローカルエリア単位）及び中電力免許（基地局単位）を付与する方針を提案したところである（2018年12月）*24。

ただし、既に英国では、複数の既存法を改正する「2017年デジタル経済法（Digital Economy Act 2017）」*25が2017年4月に成立したことにより、「2006年無線電信法」において、動的周波数アクセスサービス規則を定めるパート2Aが新設されている*26。動的周波数アクセスサービスとは、Ofcomが規定した特定の周波数帯に属する無線局の使用可能性と、当該無線局が周波数を使用できる場所、出力、時間その他あらゆる条件に関する情報を提供することと定義されている。

4. おわりに

既存免許人への干渉を回避しながら新たな電波利用を実現するための周波数共用システムは、無線局データベースを基盤としたシステムをベースに開発されてきた。おそらく今後も、無線局データベースに基づく周波数共用システムを基盤とした技術開発が進展し、干渉・混信・混雑なく周波数を動的に共用できるメカニズムは、周波数、空間、時間の三つの軸においてより精緻化され、ローカル単位でのきめ細やかな電波利用が可能になることが予想される。つまり、共用できる電波帯域幅、共用できる地理的領域、共用できる時間帯が細分化されることによって、狭帯域から広帯域まで、広域利用から局所利用まで、常時アクセスから秒単位アクセスまで、電波の超高密度な利用が可能になる。これにより地域や企業等の多種多様な電波利用ニーズに対して柔軟かつ動的に対応できることになる。周波数の共用化はもともと政府機関に割り当てられていた電波を民間に開放することを目的に進められてきたが、「ローカル5G」や「プライベートLTE」といった電波利用ニーズの高まりに伴って、動的に電波が利用できる周波数共用に注目が集まってきているといえよう。

（2019年4月22日　ITU-R研究会より）

---

*19　https://www.cept.org/ecc/topics/lsa-implementation
*20　https://www.etsi.org/newsroom/news/1571-etsi-licensed-shared-access-specifications-for-a-trial-in-portugal-to-support-5g-deployment
*21　https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0031/79564/3.8-GHz-to-4.2-GHz-band-Opportunities-for-Innovation.pdf
*22　Tier 2地域免許が付与されると、Tier 1免許人はTier 2地域免許人との調整が必要となる。
*23　Tier 1及びTier 2へ干渉を引き起こさないことを条件に、地理的データベースやその他可能な技術を用いて、ダイナミックアクセスベースで周波数を利用する。
*24　Enabling opportunities for innovation, Shared access to spectrum supporting mobile technology
https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0022/130747/Enabling-opportunities-for-innovation.pdf
*25　http://www.legislation.gov.uk/ukpga/2017/30/contents/enacted
*26　https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2006/36/contents