



周波数再編・周波数共用及び5G割当てをめぐる欧米動向

飯塚 留美

1 はじめに

高まる一方の電波需要に対応するため、欧米では2010年から商用向けの新たな周波数の確保に向けて、政府や公共セクターが使用する周波数割当てを見直し、必要に応じて周波数再編を実施しながら、民間への周波数割当て量を増やしたり、官の周波数を民も利用可能とする周波数共用を推進する施策が執られている。こうした施策は、既存業務との共存が前提となるであろう5Gやそれ以降の周波数割当てにおける政策議論に資すると考えられることから、本稿では5G周波数の割当てをめぐる動きを踏まえると同時に、周波数の再編や周波数の共用化に向けた欧米動向についても触れておきたい。

2 周波数再編動向

2.1. 米国の連邦政府用周波数の開放政策

米国では2010年6月、無線ブロードバンド利用向けの新たな商用周波数を確保するため、2020年までに、連邦政府及び非連邦政府の周波数から合計500MHz幅を確保する計画を含む大統領覚書が発表された。これを受けて商務省国家電気通信情報庁(National Telecommunications and Information Administration: NTIA)は2010年10月より、候補周波数として連邦政府及び非連邦政府の

周波数から2200MHz幅を特定する作業を開始し、2015年9月までに245MHz幅の確保を完了した(図表1参照)¹。

また、大統領科学技術諮問委員会(President's Council of Advisors on Science and Technology: PCAST)は2012年7月に、経済成長を加速させるために連邦政府が保有する電波資源を最大限活用すること目的とした報告書を発表し²、商用周波数の不足を補う方策の一つとして、連邦政府用周波数から最大1000MHz幅を官民で共用する「周波数スーパーハイウェイ」の創設を提案した。官民による周波数共用を実現するために提案されたのが周波数アクセスシステムの導入で、周波数にアクセス可能な免許人やユーザを三つの階層に分けて管理することを可能とする(図表2参照)。

こうした政策を実行に移すために、2012年2月に「2012年中間層課税控除及び雇用創出法(Middle Class Tax Relief and Job Creation Act of 2012)」が成立し、①連邦政府が使用している1675-1710MHzのうちの15MHz幅、②商用の1915-1920MHz、1995-2000MHz及び2155-2180MHz、③FCCが特定する連続した50MHz幅、④地上デジタルTV放送が使用している帯域(600MHz帯)、をオークションにかけて商用向けに割り当てることが規定された。④については、地上デジタルTV放送の帯域を回収して移動業務に再配分するためのインセンティブオークション³が2016年5月に開始され、現在も継続して実施されている⁴。

その後、2015年11月には「2015年超党派予算法

1 https://www.ntia.doc.gov/files/ntia/publications/ntia_6th_interim_progress_report_on_ten-year_timetable_june_2016.pdf

2 https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast_spectrum_report_final_july_20_2012.pdf

3 地上TV放送事業者から周波数を回収するリバースオークションと、回収した周波数を競売にかけるフォワードオークションから構成される。

図表 1 米国NTIAによる新たな周波数の確保 (2016年6月の第6次中間報告書)

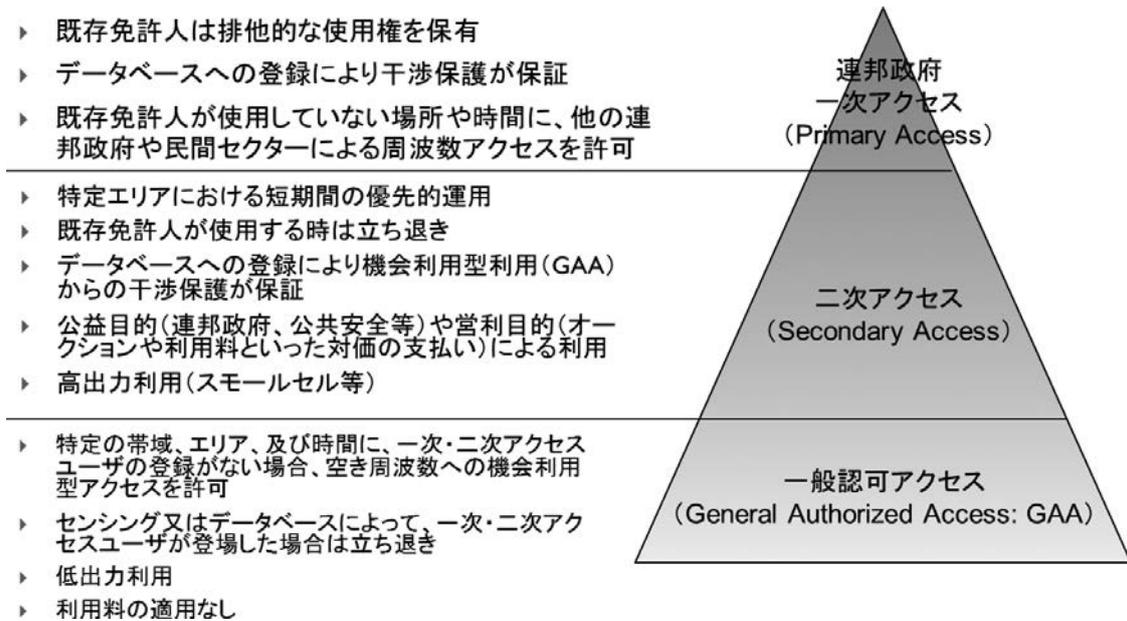
周波数	割当て済みの周波数	割当て中の周波数	検討中の周波数	検討が見込まれている周波数
2305-2320MHz、 2345-2360MHz(注1)	30MHz			
1915-1920MHz、 1995-2000MHz(注2)	10MHz			
2000-2020MHz、 2180-2200MHz(注3)	40MHz			
1695-1710MHz 1755-1780MHz 2155-2180MHz(注4)	65MHz			
3550-3650MHz(注5)	100MHz			
512-698MHz(注6)		42-126MHz		
1675-1680MHz			5MHz	
2020-2025MHz			5MHz	
5350-5470MHz(注7)			120MHz	
5850-5925MHz(注8)			75MHz	
1300-1390MHz				90MHz
1680-1695MHz				15MHz
2700-2900MHz(注9)				200MHz
2900-3100MHz(注10)				200MHz
3100-3550MHz(注11)				450MHz
合計	245MHz	42-126MHz	205MHz	955MHz

- (注1) 2.3GHz帯 (2320-2345MHz) を使用する衛星デジタル音声ラジオ放送 (SDARS) の地上ギャップフィルアーとの混信問題のために利用が進んでいなかったワイヤレス通信サービス (Wireless Communications Service: WCS) の帯域 (2305-2320/2345-2360MHz) の技術的条件が変更され、FDD-LTEの導入が可能となった (2012年10月)。当該帯域のほとんどはAT&Tが保有している。
- (注2) 1900MHz帯Hブロック (1915-1920/1995-2000MHz) のオークションは2014年2月に実施され、American H block Wireless (Dish Network) がオークションに参加するために創設した会社) が176件の免許全てを、最低落札価格の15億6400万米ドルで落札した。
- (注3) 2000-2020/2180-2200MHz(AWS-4) は、移動衛星サービス (Mobile Satellite Service: MSS) から高度無線サービス (Advanced Wireless Service: AWS) に用途が変更されたもので (2012年12月)、Dish Networkが当該帯域の免許を保有している。
- (注4) 1695-1710MHz(アンペアバンド) 及び1755-1780/2155-2180MHz(ペアバンド) の合計65MHz幅で構成されるAWS-3オークションが2015年1月に実施され、落札総額は米国オークション史上最高額の448億9900万米ドルを記録した。上位落札者はVerizon、AT&T、Dish Network、次いでT-Mobile US。
- (注5) 海軍レーダー等との共用ベースでの無線ブロードバンド用途として、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) に割当て (2015年4月)。
- (注6) 地上TV放送事業者から周波数を回収するリバースオークションと、回収した周波数を競売にかけけるフォワードオークションで構成されるインセンティブオークションが、2016年5月より開始。
- (注7) 5GHz帯の免許不要全国情報インフラストラクチャー (Unlicensed National Information Infrastructure: U-NII) のU-NII-2Bとして割当てを検討中。
- (注8) 1999年から車両間通信のDSRC (Dedicated Short Range Communications) に割り当てられていた帯域を、Wi-Fiと共用することを検討中。
- (注9) 既存業務は航空管制や気象レーダー。
- (注10) 沿岸警備隊の海上レーダーが使用する帯域で、干渉保護基準 (Interference protection criteria: IPC) や干渉軽減技術に関する技術報告書 (NTIA Report TR-15-513) が発表 (2015年4月)。
- (注11) 既存業務は国防総省レーダー。

出所：NTIA資料等をもとに作成。

4 初回のリバースオークションでは、126MHz分の周波数に対して合計864億2255万8704米ドルの値が付けられ、これに周波数再編に係る17億5000万米ドルと、FCCのオークション費用を賄う2億700万米ドルを加えた総額883億7955万8704米ドルをフォワードオークションで回収する必要がある。しかし、フォワードオークションの入札総額は231億803万7900米ドルと低調に終わった (第1ステージ)。そのため、回収する周波数目標値を削減した上でリバースオークションがやり直され、114MHz分の周波数に対して545億8603万2836米ドルの値が付けられた。これに対するフォワードオークションが2016年10月19日より開始されたが、入札額は215億1990万米ドルに留まったことから (第2ステージ)、周波数の回収目標を108MHz分に引き下げたりリバースオークションが11月1日より開始されている (第3ステージ)。

図表2 米国PCASTが提案した連邦政府用周波数アクセスの三層構造



出所：PCAST資料をもとに作成。

(Bipartisan Budget Act of 2015)」が成立し、①連邦政府用周波数から最低でも連続した10MHz単位の周波数を30MHz幅特定し、オークションによる割当て又は官民共用とすること、②既存ユーザと、新たな免許人又は免許不要サービスとの間の共用可能な帯域を確保するため、6-57GHzから最低1GHz幅を特定すること、等が規定されている。

2.2. 英国の公共セクターの周波数開放政策

英国では、財務省が2010年10月に発表した「2010年包括的歳出削減策 (Spending Review 2010)」⁵において、土地や建物等の政府資産売却の一環として、公共セクターの電波資産の売却を明確化したことを受けて、政府を含む公共セクターが保有している周波数を民間に開放する政策が進められている。

その後、当時のビジネス・イノベーション・技術省 (Business, Innovation and Skills: BIS)⁶と文化メディア・スポーツ省 (Department for Culture Media & Sport: DCMS) が2010年12月に「英国超高速ブロードバンドの未来 (Britain's Superfast Broadband Future)」を共同で発表し、公共

セクターが保有する5GHz以下の周波数から少なくとも500MHz幅を、2020年までに民間に開放する方針を示した⁷。これを受けて国防省 (Ministry of Defence: DOD) は2012年12月に、2.3GHz帯 (2350-2390MHz) と3.4GHz帯 (3410-3480MHz、3500-3580MHz) を通信庁 (Office of Communications: Ofcom) を通じて民間に売却する方針を正式に表明し、Ofcomがこれらの帯域のオークション実施に向けた規則案を継続的に検討している。

このような公共セクターの周波数開放政策は、「公共セクター周波数開放プログラム (Public Sector Spectrum Release Programme: PSSRP)」に従って進められている。また、公共セクターの周波数再編の一元管理を行うために、財務省が100%保有する英国政府投資会社 (UK Government Investments: UKGI)⁸の配下に中央管理ユニット (Central Management Unit: CMU) が2016年4月に新設された。そして、現在の公共セクターの周波数開放の目標は、10GHz以下の周波数から750MHz幅を2022年までに、そのうちの500MHz幅を2020年まで開放する方針へ改定されている。

また、2016年4月にUKGIが発表したPSSRP年次報告書によると⁹、民間への開放に向けて最優

5 https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/203826/Spending_review_2010.pdf

6 BISはエネルギー・気候変動省 (Department of Energy and Climate Change: DECC) と合併し、2016年7月にビジネス・エネルギー・産業戦略省 (Department for Business, Energy and Industrial Strategy: BEIS) として新たに発足。

7 https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/78096/10-1320-britains-superfast-broadband-future.pdf

8 <https://www.gov.uk/government/organisations/uk-government-investments>

先で検討する帯域として、①DODが使用する2.3GHz低帯域から最大40MHz幅、②DODが使用する1427-1452MHzから最大20MHz幅、③現在Airwaveが公共安全業務用にTETRA(Terrestrial Trunked Radio)システム¹⁰に使用している380-385/390-395MHz(2×5MHz)、の3つのバンドが特定され、①と②についてはDODが官民による周波数共有に向けた検討を行っている。

3 周波数共有動向

3.1. 周波数の割当てと運用の調整

欧米では、複数の免許人間による周波数共有が可能かどうかを確認するための作業や、周波数共有帯域における無線局設置や周波数利用をめぐる事前の運用調整は、規制当局、免許人当事者間、又は第三者機関によって実施されている(図表3参照)。

例えば、英国の業務用無線(Business Radio)において、個別の周波数割当てが必要な場合は、Ofcomが専用の周波数管理ソフトウェアを使って、割当て可能なチャンネルを割り出して、個別のユーザごとにチャンネル割当てを行う。一方で、同じ業務用無線であっても、個別の周波数割当てを受けない場合は、第三者機関が免許人間の運用調整を行うケースがあり、英国のエネルギー業界で使用される業務用無線は、共同無線会社(Joint

Radio Company: JRC)¹¹が調整業務を行っている。

当事者間調整の例には、米国のAWS周波数(1.7/2.1GHz帯)での軍用システム等と商用LTEの共有があり、商用LTE免許人は、運用調整が必要となる政府機関に対して、個別に事前申請して承認を得る必要がある(図表4参照)。

第三者機関による免許人間の運用調整を行う特殊なケースとして、英国の共同周波数アクセス(Concurrent Spectrum Access: CSA)免許がある。これはGSM/LTEとDECT(デジタルコードレス電話)との間のガードバンドに割り当てられている1800MHz帯(2×3.3MHz: 1781.7-1785/1876.7-1880MHz)に適用されている免許で(図表5参照)、複数の免許人間での運用調整に基づいて周波数を共有することを前提に、2006年のオークションで低出力用途として技術中立に基づき割り当てられたもので、現在、12の通信事業者が保有している¹²。

CSA免許条件では、周波数共有を実施するために、業界規準であるエンジニアリング実施規則(Engineering Code of Practice: ECoP)に従うことが要件となっている。ECoPは、業界団体である通信サービス連盟(Federation of Communications Services: FCS)¹³に設置された「Mobile 200 Group」が策定し、CSA免許人は、周波数割当ての調整方法や、周波数の共有方法について合意することが求められる。ECoPの一部として、割当て管理を行うための登録データベースが業界

図表3 周波数共有の確認・調整システムの例示

周波数共有の調整主体	対象となるサービス及び免許の例	調整方法
規制当局	業務用無線(個別周波数割当て有り)[英国]	専用ソフトウェアを利用。
当事者間	軍用システム等と商用LTE[米国]	商用LTE免許人が既存免許人である政府機関へ、基地局の設置場所や使用する周波数について事前に申請。
第三者機関	業務用無線(個別周波数割当て無し)[英国]	エネルギー業界団体の共同無線会社(JRC)が利用可能なエリアのチャンネル割当てを実施。
	共同周波数アクセス(CSA)免許[英国]	業界団体の通信サービス連盟(FCS)が周波数割当てや基地局設置等の調整を実施。

出所: 各種資料をもとに作成。

9 https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/518303/enabling_uk_growth_pssr_programme_annual_report.pdf

10 英国ではTETRAから公共安全LTE(Public Safety LTE: PS-LTE)への置き換えが進行中で、携帯事業者EEの商用網を利用してPS-LTEが提供される。

11 <http://www.jrc.co.uk/>

12 BT Telecommunications PLC, BT OnePhone Limited, COLT Mobile Telecommunications Limited, FMS Solutions Limited, Mundio Mobile Limited (IH Mapesbury Communications Limited), TalkTalk Communications Limited (IH Opal Telecom Limited), PLDT (UK) Limited, Shyam Telecom Limited, Telefónica (UK) Limited, Teleware plc, UK Broadband Limited, Vodafone Limited。

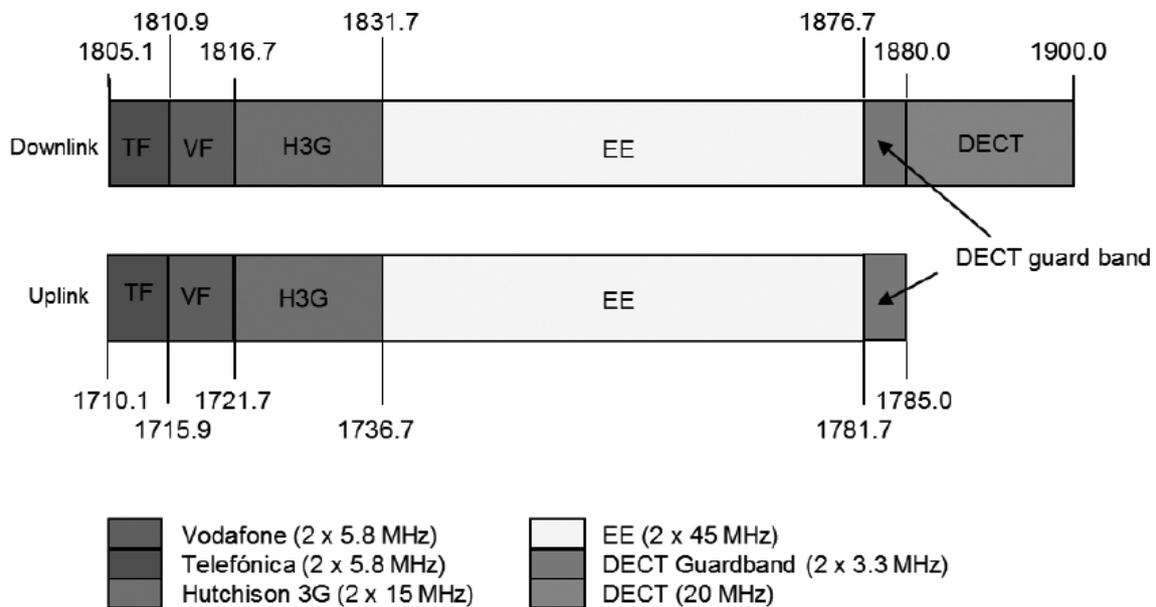
13 <http://www.fcs.org.uk/>

図表4 米国におけるAWS-3免許人と連邦政府機関との間の事前の運用調整

帯域	概要	調整手続き
1695-1710MHz	NTIA電気通信科学研究所 (Institute for Telecommunication Sciences: ITS) が1695-1710MHz帯の共用調整ポータルを開発し、2015年11月よりオンラインポータルの運用を開始。DoC(商務省)、DOD(国防総省)、DOI(内務省)が、商用免許人からの調整要請を受け付け開始。	<ul style="list-style-type: none"> 連邦政府の連絡窓口は、5日以内にAWS-3免許人からの調整要請の受領確認を実施。 10日以内に調整が完了又は保留かをAWS-3免許人に通知。もし保留の場合は、60日以内に回答を書面で通知し、運用条件へ同意するか、あるいは、要請を拒否するかを回答。 AWS-3免許人と連邦政府機関は、調整プロセスを円滑に成功させるため、協力することが求められる。
1755-1780MHz	DODのポータルで、DOD、DOI及びDOJ(司法省)の既存システムとの共用調整のサポートを開始(2015年末)。その他の連邦政府機関は、商用免許人からの調整要請に対応するために、独自のプロセスを構築。	

出所：各種資料をもとに作成。

図表5 英国における現在の1800MHz帯の周波数割当て状況

出所：<https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-1/DECTGB>

団体によって整備されており、また、隣接帯域とのサイトの調整管理のための登録手続きも新設されている。

なお、1800MHz帯のCSA免許は、2016年9月に、LTEフェムトセル(3GPP TS 36.104)への利用が認められている。

3.2. 階層型認可アプローチ

既存の免許人を移転させて新たに周波数を確保する再編作業は、時間とコストがかかるため、高まる電波利用ニーズに迅速に対応することができない。そのため、既存の免許帯域を新たなユーザと共同利用することによって、周波数へのアクセ

ス機会を極大化しようとする動きが欧米諸国で高まっており、政府用周波数の開放政策と連動して進められている。

こうした動きは、国際的にはIMT(International Mobile Telecommunications)バンドに配分されているものの、政府が使用しているために使えない帯域で始まっている。政府による使用頻度が低く、あるいは、使用エリアが限定されているIMTバンドにおいて、既存免許人である政府の周波数移転の実施が難しい場合に、民間との周波数共用を導入することになる。

欧州諸国では一般にLSA(Licensed Shared Access)と呼ばれており、主に政府が使用している帯域を、民間でも使用できる周波数使用权として、

免許人の数を限定して、免許制度の下に管理するものである。フランスでは国境沿いに配備されている軍用レーダーが使用する2.3GHz帯において、米国では海軍レーダー等が使用する3.5GHz帯において、商用LTEを導入するために、LSAの制度枠組みの検討が進められている。

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・管理する周波数アクセスシステムである。米国では、2012年7月に発表された、前述のPCAST報告書において、連邦政府用周波数の官民共用は三つの階層構造¹⁴に基づいて管理することが提言されている（図表2参照）。また、連邦政府が使用する帯域へのアクセスを全てのユーザに認めるため、帯域ごとに利用者の使用登録及び使用条件に関する情報を管理する連邦周波数アクセスシステム（Spectrum Access System: SAS）の導入が勧告されている。SASは、連邦通信委員会（Federal Communications Commissions: FCC）によって認可された商用プロバイダーを通じて運用され、連邦政府の運用を干渉から保護する一方で、非連邦政府ユーザの連邦帯域での未使用周波数へのアクセスを認めることを可能とする。

SASを利用した周波数利用の制御・管理の仕組みは、欧州におけるLSA免許の割当てにおいても検討されており、フランスやオランダにおいて2.3GHz帯での試験運用が始まっている。

また、英国ではこのような周波数の管理手法を階層型認可（Tiered Authorisation）アプローチと称しており、Cバンド（3.8-4.2GHz）で初めて導入することが検討されている¹⁵。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¹⁶や、機会利用型の新たなユーザであるTier 3 カテゴリー¹⁷への利用を認めることが提案されている。

3.3. ダイナミック周波数アクセスシステム

欧米諸国では3.5GHz帯や2.3GHz帯での商用LTE等の利用のために、ダイナミック周波数アクセスシステムの導入が進みつつあり、米国では5Gに割り当てられる予定の帯域の一部でも当該システムの採用が検討されている。この仕組みは、上述したように、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）をもとに、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。

図表6に米国のケースを示す。従来、3550-3650MHzは海軍レーダー等の既存業務に使用されていたが、使用されるエリアが沿岸地域に限定されることから、これらのエリアを排他的ゾーン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（FCC規則パート96¹⁸が規定）。SAS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装置（Citizens Broadband Radio 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、優先アクセス免許（Priority Access License: PAL）¹⁹又は一般認可アクセス（General Authorized Access: GAA）²⁰が使用するCBSDの運用を管理する。SASは、ESCが連邦政府免許人の信号を検知してから300秒以内に、CBSDの運用を停止又は未使用中

14 ①既存免許人である政府ユーザ等が完全に保護される一次アクセス、②一次アクセスの既存免許人が使用していない場合に免許制の下に利用が認められる二次アクセス、③一次アクセス、二次アクセスの免許人が使用していない場合に低出力での利用が可能となる一般認可アクセス、の三階層で構成される。

15 <https://www.ofcom.org.uk/consultations-and-statements/category-2/opportunities-for-spectrum-sharing-innovation>

16 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。

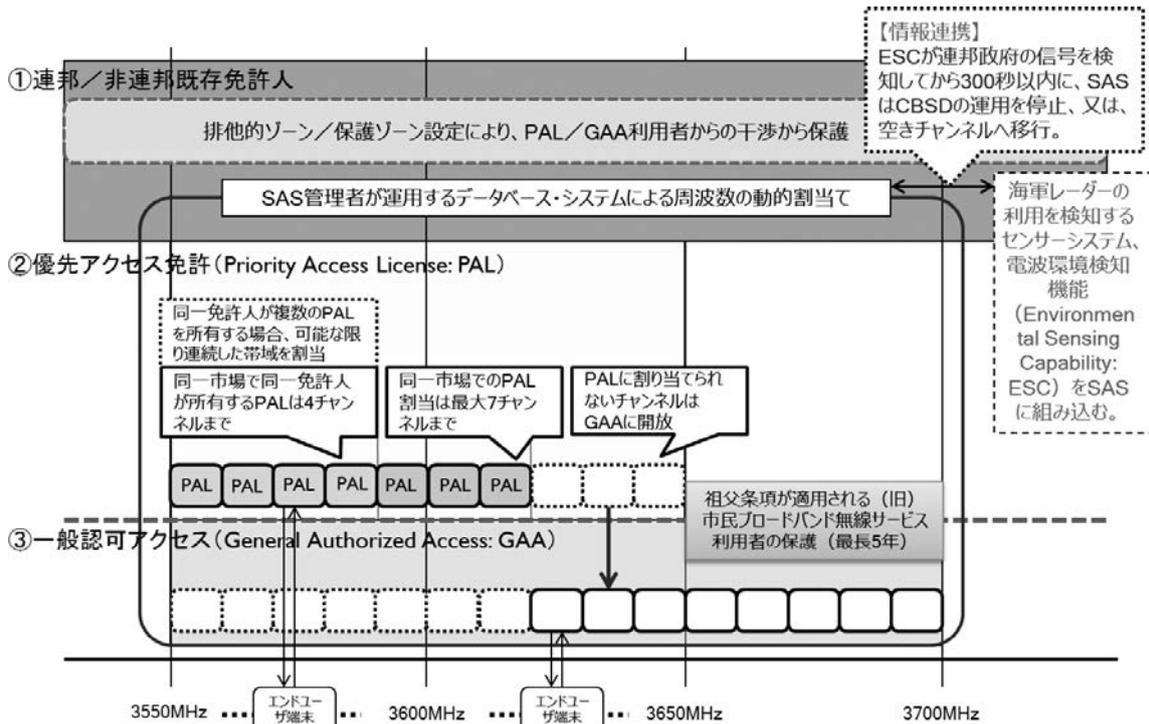
17 Tier 1 及びTier 2へ干渉を引き起こさないことを条件に、地理的データベースやその他可能な技術を用いて、ダイナミックアクセスベースで周波数を利用する。

18 <http://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=2dd346ae3b51f2866ab6fb907e755526&mc=true&r=PART&n=pt47.5.96>

19 PALは、人口調査標準地域（Census Tract）に基づき、全米を約7万4000区域に区分された地域免許で、オークションによって割り当てられる。

20 GAAは免許不要による運用であるが、SASへの登録義務が課される。

図表6 米国3.5GHz帯でのSASによるダイナミックチャンネル割当ての仕組み



注：CBSD (Citizens Broadband Service Device) は市民ブロードバンド無線サービス装置で、エンドユーザ端末への無線アクセス回線を提供する固定局。

出所：各種資料をもとに作成。

のチャンネルへの移行を行わなければならない。当該帯域におけるSASプロバイダーとしてFCCの認可を受けたのがFederated Wireless²¹である。同社が開発したSASプラットフォームを使用しているユーザ企業の一つがSiemensで、これまで3650-3700GHz帯を使用していたが、CBRSの制度化によって3550GHzから3700GHzまでをGAA用途に使用できるようになった。こうしたユーザ企業には、電気・ガス・水道等の公益事業を営む企業やローカル電気通信事業者が含まれる。

欧米諸国ではLSAの導入に向けて、既に規制当局の認可を得たダイナミック周波数アクセスサービスを提供するプロバイダーが複数存在する (Federated Wireless、Key Bridge²²、RED Spectrum²³、Fair Spectrum²⁴等) (図表7参照)。フランス初のLSAパイロット試験は、国防省に割り当てられている2.3-2.4GHzを使って、Ericsson、RED Technologies、Qualcommによって、2016年1月よりパリで開始されている。RED Technologiesはフランスのスタートアップ企業

で、リアルタイム無線環境マップと自己最適化機能をベースにしたダイナミック周波数管理プラットフォームを提供し、共用ベースでの利用が高くなると見込まれる、屋内スモールセルのカバレッジや容量に係る試験を行っている。

オランダでは、2.3GHz帯でのLSAパイロット試験が、Fair Spectrumによって2016年5月に開始された。当該帯域は、政府機関 (国防、安全保障、司法) に割り当てられているが、PMSE (Programme Making and Special Events) サービスも使用している。APWPT (Association of Professional Wireless Production Technologies)²⁵によると、LTEとの共用による干渉の影響で2.3GHz帯の全てのPMSEビデオが一掃されるとし、例えば、オートバイによるマラソン中継等では、街路樹や橋の下を通るため、見通しでのリンクバジェットの計算だけでは、全てのイベントをカバーできないと指摘している。オランダでは現在、PMSEのワイヤレスカメラやマイクロフォンの使用状況に関する情報が存在しないため、

21 <http://www.federatedwireless.com/solutions/sas/>

22 <https://keybridgeglobal.com/>

23 <http://www.redtechnologies.fr/>

24 <http://www.fairspectrum.com/>

25 <http://www.apwpt.org/>

図表7 ダイナミック周波数アクセスサービスプロバイダーの例

プロバイダー	概要等
Federated Wireless [米国]	米国の海軍等が使用する3.5GHz帯で、周波数アクセスシステムプラットフォームを導入。同社のユーザ顧客の一つであるSiemensと共同でプラットフォーム開発を実施。
Key Bridge [米国]	米国の2025-2110MHz帯での周波数アクセスシステムの提供で国防総省国防情報システム局国防周波数機構（Defense Information Systems Agency, Defense Spectrum Organization）と契約。
RED Spectrum [フランス]	フランスで、国防省が使用する2.3GHz帯でのLSAパイロット試験で、リアルタイム無線環境マップと自己最適化機能をベースにしたダイナミック周波数管理プラットフォームを提供。
Fair Spectrum [フィンランド]*	オランダで、政府機関が使用する2.3GHz帯でのLSAパイロット試験で、LSA周波数管理システムを提供。オランダの2.3GHz帯はPMSEも使用しており、ワイヤレスカメラやワイヤレスマイクへの干渉が懸念。

* Nokia出身者が設立したフィンランドの独立系企業で、LSAプロジェクトをNokiaと共同で実施しているが、オランダでの試験にNokiaは関与していない。

出所：各種資料をもとに作成。

PMSEユーザを保護することを目的に、PMSE機器がいつでもどこで利用されているのかを把握するためのシステムを、Fair Spectrumが検討している。

英国では現在、「2006年無線電信法」等を含む既存法を改正するための「デジタル経済法」案²⁶が審議されている。本法案では「ダイナミック周波数アクセスサービス規則」を新設することが提案され、ダイナミック周波数アクセスプロバイダーを管理するための規則等が盛り込まれている。

将来的には、商用LTE向けに割り当てられる周波数の一部は、個別の免許人に特定の周波数を割り当てるのではなく、特定の帯域を複数の免許人や事業者で共有し、動的に周波数が割り当てられる共同利用型の周波数免許として付与されることも予想されることから、ダイナミック周波数アクセスの応用範囲が広がることが予想される。

4 5G動向

4.1. WRC-19で検討予定の5G候補周波数

2015年11月に開催された国際電気通信連合（International Telecommunication Union: ITU）の2015年世界無線通信会議（World Radiocommunication Conference 2015: WRC-15）において、24GHz以上における5Gの候補周波数帯として11

バンドが特定された（図表8参照）。2019年に開催予定のWRC（WRC-19）では、これらの候補からIMTバンドの追加配分が行われる見通しとなっている。

欧州はWRC-15において、欧州郵便電気通信主管庁会議（European Conference of Postal and Telecommunications Administrations: CEPT）が欧州域内の共通の立場として、6つのバンドを5G候補周波数とすることを提案し、その全てが5G周波数の検討対象に含まれることになった。ただし、これらの帯域にはいずれも、衛星、固定、電波天文、無線航行等の既存業務が存在しており、共用検討が求められているところである（図表9参照）。

一方で、FCCは5G周波数の割当てに関する規則案を発表し、既に4バンドの配分を決めているほか（後述する）、さらに18GHz幅の追加割当て提案を行っている²⁷。これらの帯域のほとんどは、WRC-19で検討が予定されている5G候補周波数に含まれており（図表8参照）、国際的な周波数の共通化（ハーモナイゼーション）に資する提案となっている。これらの追加割当て提案されている帯域のうち、71-76GHz帯や81-86GHz帯については、軍事企業のRaytheon Missile SystemsやIT企業のGoogleが試験免許を取得して、地上局と航空機間や、航空機間での無線通信システムの試験

26 <http://www.publications.parliament.uk/pa/bills/cbill/2016-2017/0045/17045.pdf>

27 24GHz帯（24.25-24.45GHz／24.75-25.25GHz）、32GHz帯（31.8-33GHz）、42GHz帯（42-42.5GHz）、47GHz帯（47.2-50.2GHz）50GHz帯（50.4-52.6GHz）、70／80GHz帯（71-76GHz／81-86GHz）、95GHz以上の帯域。

図表8 WRC-15で特定された5G候補周波数と欧州・米国の5G周波数提案

WRC-15	欧州 (CEPT)	米国 (FCC)
24.25-27.5GHz	24.5-27.5GHz ○	△
—	—	27.5-28.35GHz
<u>31.8-33.4GHz</u>	31.8-33.4GHz ○	△
37-40.5GHz	—	37-38.6GHz 38.6-40GHz
<u>40.5-42.5GHz</u>	40-5.43.5GHz ○	△
42.5-43.5GHz		—
45.5-47GHz	45.5-48.9GHz	—
<u>47-47.2GHz</u>		△
47.2-50.2GHz		△
50.4-52.6GHz	—	△
66-76GHz	66-71GHz	64-71GHz
	71-76GHz	△
81-86GHz	81-86GHz	△
—	—	△ (95GHz以上)

注：○は欧州域内での周波数の共通化に向けて優先的に検討される予定の5G帯域。△はFCCが5G等の次世代無線サービス向けに追加配分することを提案している帯域。下線は一次業務として移動業務へ追加配分することが検討されている帯域。

出所：各種資料をもとに作成。

図表9 欧州が5G候補周波数として提案した帯域

周波数帯	帯域幅	共用検討対象となる既存業務
24.5-27.5GHz	3GHz	データ中継衛星（“コペルニクス”）、衛星アップリンク、固定リンク
31.8-33.4GHz	1.6GHz	無線航行（無線通信規則（RR 5.547）が規定する高密度固定業務（High Density application in the Fixed Service: HDFS）バンド）
40-5.43.5GHz	3GHz	衛星、電波天文
45.5-48.9GHz	3.4GHz	衛星
66-71GHz	5GHz	衛星
71-76GHz	5GHz	固定業務、衛星
81-86GHz	5GHz	固定業務、衛星、電波天文

出所：CEPT電子通信委員会（Electronic Communications Committee: ECC）資料をもとに作成。

を行っている。

なお、FCCが5G周波数として配分を決めている28GHz帯（27.5-28.35GHz）は、WRC-15において5G候補周波数として特定されなかった。その背景には、欧州が衛星ブローバンド通信に使用するために27.5-29.5GHzを5G候補周波数とすることに反対したことが関係している。WRC-15で28GHz帯を5G候補周波数として提案した国には、米国だけでなく日本や韓国も含まれており、現在、これらの国々よる28GHz帯での5Gの導入が検討されているところである。

4.2. 米国の5G戦略

4.2.1. 5G周波数の割当て

FCCは2016年7月14日、5G周波数の割当て規則について規定した「周波数フロンティアに関する報告及び命令並びに追加の規則制定提案告示（Spectrum Frontiers R&O (Report and Order) and FNPRM (Further Notice of Proposed Rulemaking)）」²⁸を発表した。5G周波数として割り当てられたのは、28GHz帯、37GHz帯、39GHz帯、64-71GHz帯の4バンドの約11GHz幅で、そ

28 <https://www.fcc.gov/document/spectrum-frontiers-ro-and-fnprm>

のうち免許帯域が3バンドで約4GHz幅、免許不要帯域が1バンドで7GHz幅となっている（図表10参照）。

5G周波数として割り当てられた免許帯域に共通するのが、既存業務との共用や異なるユーザ間での共用といった、周波数共用をベースとした運用規則となっている点である。共用のタイプには、連邦政府利用と非連邦政府利用、衛星業務と地上業務、固定業務と移動業務が含まれる。特に、免許帯域の28GHz帯、37GHz帯、39GHz帯は、既存業務である衛星運用の利用拡大が見込まれており、こうした衛星事業者と、新たに当該帯域を利用する地上業務の5Gユーザの双方に対して、適切な周波数アクセス機会を提供するために、柔軟性のある共用メカニズムを採用することが求められている。また、37GHz帯の低帯域バンド（37-37.6GHz）は、既存免許人である連邦政府ユーザと新たなユーザとなる非連邦政府ユーザ共に一次業務として利用することが認められ、双方のユーザに対して同等の共用メカニズムが適用される。ユーザ間の運用調整はサイト単位で実施される方針で、共用メカニズムの枠組み規定について、追加の意見募集が行われているところである。

競争政策上の措置としては、28GHz帯、37GHz帯、39GHz帯に対して1250MHz幅の周波数保有

制限が課され、周波数のオークション及び二次取引において適用される。また、これらの帯域の免許期間は3年間とすることが提案されている。周波数の有効利用に向けたイノベーションを促進するために、当該帯域における過度な周波数の集中を回避することで、競争的な周波数アクセス環境を醸成することを目的としている。これに関連して、競争促進や革新的な新サービスの開発を加速させるような二次取引制度の最善策についても、追加の意見募集が行われている。

また、5Gを含む次世代無線システムは、コネクテッドカー、スマートシティ、遠隔医療等の社会インフラへの幅広い実装が想定されており、サイバーセキュリティに対する対策が必要不可欠となっている。そのため、5G周波数の運用開始に先立ち、免許人に対してセキュリティ計画や関連する情報の提出を求めることが提案されている。

4.2.2. 5G試験網の構築

世界に先駆けて5G周波数を割り当てた米国は、4Gに続いて5Gでも世界でリーダーシップを発揮する強い意気込みで臨んでいる。オバマ政権は、FCC発表の翌日の7月15日に、21世紀型インフラストラクチャーに求められる次世代モバイル技

図表10 米国FCCが提案した5G周波数の運用規則（2016年7月16日発表）

免許区分	帯域	チャンネルブロック幅	運用規則等
免許帯（3.85GHz幅）	28GHz (27.5-28.35GHz)	425MHz	• 郡単位（3000以上）の地域免許。
	37GHz (37-38.6GHz)	200MHz	• 37-39GHz帯での商業利用を継続的に認め、37GHz帯の軍用サイトを保護すると共に、既存の固定及び移動の連邦政府割当てを維持。
	低帯域バンド (37-37.6GHz)	200MHz	• 37-37.6GHz帯（非連邦政府の免許人が存在しない帯域）は、連邦政府と非連邦政府が、サイト単位で調整の上、一次業務として周波数を共用。
	高帯域バンド (37.6-38.6GHz)	200MHz	• 37.6-38.6GHz帯は、PEA (Partial Economic Areas) (416地域) 単位の地域免許。
	39GHz (38.6-40GHz)	200MHz	• PEA単位の地域免許。 • 39.5-40GHz帯は、軍用システムに限り連邦政府のFSS (Fixed Satellite Service) とMSS (Mobile Satellite Service) も一次業務としての割当てを維持。
免許不要帯（7GHz幅）	64-71GHz	-	• 隣接の57-64GHz帯と合わせ連続した14GHz幅を確保し、FCC規則パート15*を適用。

* § 15.255 Operation within the band 57-64GHzが規定。

出所：FCC資料をもとに作成。

術の開発に向けて、全米科学財団（National Science Foundation: NSF）が主導する「Advanced Wireless Research Initiative」²⁹に向こう10年間で4億ドルを投じると発表した³⁰。これはFCCが提案している5G周波数を活用した高度無線研究プラットフォーム（Platforms for Advanced Wireless Research: PAWR）の試験網を4都市で構築するもので、ソフトウェア定義型の無線アンテナによるネットワークを市内全域に構築して、学術研究者、起業家、ワイヤレス企業等が、各自の技術やソフトウェアアルゴリズムを試験・証明・改善することを目的に使用される。

NSFと民間セクターによる、4都市でのPAWR試験網の構築への投資総額は8500万ドルで、向こう5年間で5000万ドルが投じられる。そのうちの500万ドルが、NSFと業界団体との協力の下に、試験プラットフォームの設計・開発・構築・運用を管理するプロジェクトオフィスに投じられる。

民間セクターからは、20以上の企業や団体³¹がPAWR試験網の構築に参加を表明し、資金提供は3500万ドル以上にのぼる。加えて、設計支援、技術的なネットワークの助言、ソフトウェア定義型ネットワークのスイッチやルーター、クラウドコンピューティング、サーバー、試験端末やデバイス、ソフトウェア、無線ネットワーク試験機器・測定器の提供等の支援が行われる。

また、NSFは、PAWR試験網を活用した高度無線技術プロジェクトの基礎研究に対しても、今後7年間で3億5000万ドルを投じる方針を示している。

4.3. 欧州の5G戦略

欧州の5G周波数戦略は、欧州委員会の電波政策に関する諮問機関である電波政策グループ（Radio Spectrum Policy Group: RSPG）が2016年6

月8日に発表した5Gロードマップに関する意見書案³²から読み取ることができる。欧州が5G導入に向けて優先的に検討すべき帯域は、3.4-3.8GHz、700MHz、26/33/42GHzとされている。主な内容を以下に示す。

- ・2020年までに欧州で5Gを導入するために最も適した帯域は400MHz幅の連続した帯域が確保できる3.4-3.8GHz帯である。
- ・5Gの全国カバレッジと屋内カバレッジを達成するために、1GHz以下の帯域、特に700MHz帯を使用する。
- ・移動業務として既にハーモナイゼーションが実現している帯域は全て5Gに利用可能となるような技術条件や運用条件とする。
- ・国際的なハーモナイゼーションを図るために6GHz以上における5G用途の追加配分の検討においては、WRC-15で特定された帯域に限定することが望ましい。特に欧州が提案した24.5-27.5GHz(26GHz帯)、31.8-33.4GHz(33GHz帯)、40-54.35GHz(42GHz)に注力し、これらのいずれかの帯域を5Gの早期導入のために欧州域内で共通化する。
- ・特にIoT（Internet of Things）やITS（Intelligent Transport Systems）の分野と連携しながら5G周波数戦略の検討を行う。

RSPGの5G周波数戦略に関する意見書案が発表された翌7月には、「5Gマニフェスト」³³が欧州の大手通信事業者・ベンダーの17社³⁴の連名によって発表された。2020年までにEUの各加盟国の少なくとも一都市で5Gネットワークの構築に着手することを約束する一方で、5G投資を促進するためにEUのネット中立性規則は緩和されるべきと主張している。また、5Gのユースケースや利用イメージ等として、以下のような内容が掲げられている。

- ・高度なサービスレベルの保証が必要な特殊な

29 <http://www.nsf.gov/cise/advancedwireless/>

30 <https://www.whitehouse.gov/the-press-office/2016/07/15/fact-sheet-administration-announces-advanced-wireless-research>

31 AT&T, Carlson Wireless Technologies, CommScope, HTC, Intel, InterDigital, Juniper Networks, Keysight Technologies, National Instruments, Nokia/Nokia Bell Labs, Oracle, Qualcomm, Samsung, Shared Spectrum, Sprint, T-Mobile US, Verizon, Viavi Solutions, ATIS (Alliance for Telecommunications Industry Solutions), CTIA, TIA (Telecommunications Industry Association)。

32 RSPG16-031 FINAL, STRATEGIC ROADMAP TOWARDS 5G FOR EUROPE, DRAFT RSPG Opinion on spectrum related aspects for next-generation wireless systems (5G)

33 <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/commissioner-oettinger-welcomes-5g-manifesto>

34 BT Group, Deutsche Telekom, Ericsson, Hutchison Whampoa Europe, Inmarsat, Nokia, Orange, Proximus, Royal KPN, SES, Tele2 AB, TIM (Telecom Italia), Telefonica, Telekom Austria Group, Telenor Group, Telia Company, Vodafone。この他サポーター企業としてAhlers, Airbus Defence & Space, Royal Philips, Siemens, Thales Alenia Spaceが含まれる。

図表11 欧州5Gアクションプランの主な内容

項目	概要
周波数	<ul style="list-style-type: none"> 2016年末まで、5Gを先行導入するため使用する周波数について、RSPG意見書を踏まえて、1 GHz以下、1 GHz- 6 GHz及び6 GHz以上の各レンジから優先的に選定すること。 2017年末までに、EU加盟国は、5Gネットワークの商用網の先行導入に向けて周波数の共通化で合意すること。
カバレッジ	<ul style="list-style-type: none"> 2020年末までに全てのEU加盟国は5G導入が可能な主要都市を一つ以上特定し、早ければ2018年までに5Gネットワークの整備を開始すること。 2025年までに、全ての都市部と主要な地上交通路を途切れのない5Gネットワークでカバーすること。
先行導入	<ul style="list-style-type: none"> 2017年早期に、主要産業セクター向けに新たな端末*やアプリケーションの5G接続性を試験すること。 共同利用型の公共保安・災害救援 (Public Protection & Disaster Relief: PPDR) 業務や、セキュリティサービスへの活用のほか、既存システムのTETRAやGSM-R (Railway) の5Gプラットフォームへの移行といった、公共業務分野での早期導入を考慮すること。
資金調達	<ul style="list-style-type: none"> 業界横断的な5G技術や新たなアプリケーションの開発を目的に、欧州のスタートアップ企業を支援するための5Gベンチャー基金の設立に向け、公的資金の投入及び民間からの資金調達の実行可能性について、2017年3月までに評価すること。

* スマートフォンだけでなくIoTやコネクテッド端末（自動車、ドローン、アーバンファーマニチャー等）を含む。

出所：5G for Europe: An Action Planをもとに作成。

ニーズやビジネスモデルに対応するための5Gネットワークの仮想化。

- ・ブロードバンドインフォテイメント、安全運転アプリ、自動運転を含むコネクテッドカーの欧州高速道路での実走。
- ・ヘルスケア分野のイノベーションや事業変革を刺激するようなコネクテッドeHealth。
- ・航空機や鉄道等の欧州域内の交通機関や、多様な貨物輸送（トラック、鉄道、海上、平底船、航空機／ドローン）及び物流網への信頼性のある大容量ブロードバンド接続。
- ・セキュリティ、信頼性、リアルタイムブロードバンド接続が求められる公共安全利用。
- ・多様な資源（風力、太陽光、発電所等）の異なる地域からの送配電を調整し、ネットワークの安定性を保証するスマートグリッド。
- ・バスのコネクテッド待合所、リアルタイム交通監視・分析、渋滞管理、スマートホーム、高齢化人口対応、観光・広告での拡張現実世界の提供を含むスマートシティの実現。
- ・2018年グラスゴー・ベルリン欧州杯や2020年欧州ワールドカップサッカー等での大型イベント時に、衛星と地上のネットワークを統合しながら、欧州のどの場所でも没入型ビデオ視聴等を含むユーザ体験をマルチキャストで実現。

こうした一連の議論を踏まえ、欧州委員会は2016年9月、「5Gアクションプラン」を発表した³⁵。主な内容を図表11に示す。

5 おわりに

24GHz以上の帯域での5G周波数割当て議論において顕在化した問題の一つが、既存業務との共存の枠組みを、技術的かつ制度的にどのように規定すべきかである。その参考事例となるのが、階層型管理アプローチの枠組みにおいて導入されているLSA免許制度である。既に米国では、3.5GHz帯において、既存免許人である連邦政府ユーザを保護すると同時に、LSA免許人に相当する優先アクセス免許人への周波数アクセスを実現するために、SASを利用したダイナミックチャンネル割当ての仕組みが確立されつつある。欧米では政府用周波数の開放政策と連動して、周波数共用政策が両輪となって議論されてきた経緯がある。このような欧米での政策的な議論の蓄積は、周波数共用が前提となるであろう5Gやそれ以降の世界における電波政策を考える上で極めて有用となることから、我が国としても注意深く観察しておく必要がある。

また、24GHz以上での5G周波数割当てについては、優先的に検討すべき帯域が欧米で異なると

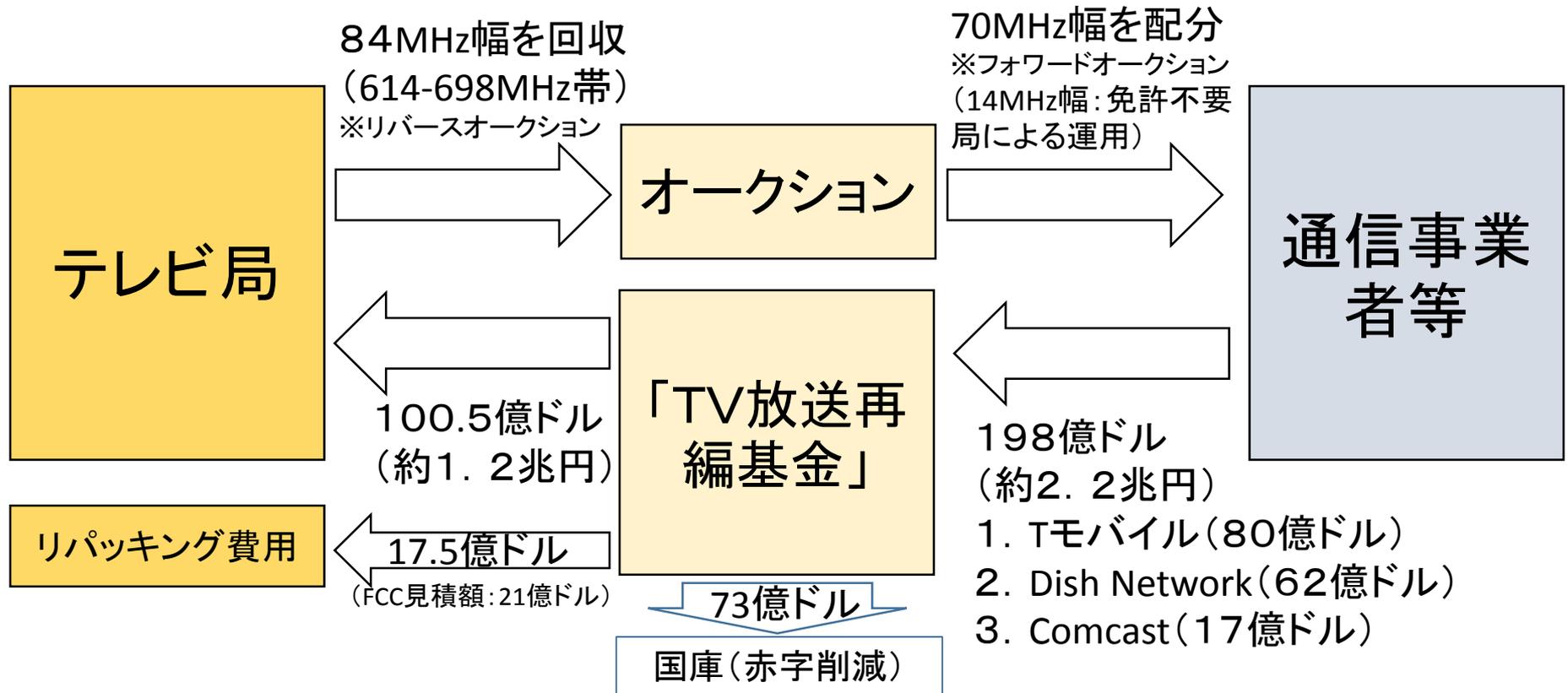
35 <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/5g-europe-action-plan>

はいえ、28GHz帯を除けば、WRC-15で5G候補周波数に特定された11バンドを既定路線として検討が進めていることから、グローバルなハーモナイゼーションが図られつつあるといえる。重要な点は、欧米共に、先行導入エリアとなる主要都市を選定して、5Gネットワークを市内全域に張り巡らし、コネクテッドカーやスマートシティといっ

た5Gの社会インフラへの実装を、早期に実現することを掲げている点である。我が国としても、5Gが次世代の社会インフラないし公共インフラを下支えする重要な役割を担うという認識の下に、戦略的に5Gを展開していくことが求められよう。

(参考) 米国のインセンティブオークション概要 (2016年5月～2017年3月)

- アメリカでは、2017年、テレビ局が使用していた600MHz帯を回収し、移動通信向けに、オークションにより割り当てた。
- 600MHz帯は、長距離をカバーしたり、屋内の受信可能範囲を改善する等、通信事業者にとって魅力ある帯域とされている。



(参考)オークションを規定する法律

■ 法的根拠

- 「2012年中間層課税控除及び雇用創出法」
- 連邦政府用周波数、商用周波数、及びTV放送用周波数の特定の帯域について、オークションを実施することを規定。

■ オークションの対象帯域

- 連邦政府が使用している1675-1710MHzのうちの15MHz幅(AWS-3, Advanced Wireless Service)
- 商用の1915-1920MHz、1995-2000MHz及び2155-2180MHz(AWS-3)
- FCCが特定する連続した50MHz幅
- 地上デジタルTV放送が使用している帯域(600MHz帯)

■ オークション収入の使途(=基金の設置)

- 「Spectrum Relocation Fund」: AWS-3の既存連邦免許人の移転費用 等
- 「Public Safety Trust Fund」: FirstNet(First Responder Network Authority)による全国公共安全ブロードバンド網(Nationwide Public Safety Broadband Network: NPSBN)の構築費用(70億\$)、公共安全網の研究開発資金、緊急通話(9-1-1、E9-1-1及び次世代9-1-1)導入補助金 等
※商務省国家電気通信情報庁(National Telecommunications and Information Administration: NTIA)の配下に設置された独立規制機関。
- 「TV Broadcaster Relocation Fund」: リパッキング費用(17億5000万\$) 等