



総務省

電波有効利用成長戦略懇談会（第1回）

於 総務省 8階 第1特別会議室

2017年11月10日

論点について

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 飯塚留美

1 公共用周波数の有効利用の推進

公共用周波数の見直しの背景と契機

- ▶ 米国： 経済成長と国家安全の両立
- ▶ 英国： 財政支出の削減（インフラの重複投資の回避）



連邦政府用周波数の見直しプロセス

- ① ミッションクリティカルな業務・用途の精査や、将来の電波利用ニーズ等を調査
- ② 非ミッションクリティカルの場合は、以下を推進
 - ▶ 政府機関間でのネットワークや周波数の共用化（官官共用）
 - ▶ 政府機関による商用サービスの利用
 - ▶ 民間セクターとの周波数の共用化
 - ▶ ダイナミック周波数アクセス等の技術の採用
 - ▶ 免許不要機器の使用拡大 等



共同利用型の公共安全網の導入

国の財政難から、各機関（警察、消防、救急等）は独立のシステムを構築・運用する余裕がなくなり、経済性に優れたシステムを追求

- ▶ 大規模なテロや災害対応
 - ▶ 警察、消防、救急、自治体等が、緊急時に管轄区域を超えて、相互に通信できる共同利用型のネットワークの必要性の認識
- ▶ 電波の有効利用
 - ▶ 各政府機関ごとに割り当てられた周波数を再編し、新たな電波利用に配分

1 公共用周波数の有効利用の推進

海外事例の特徴

- ▶ 見える化の目的
 - ▶ 公共用周波数への潜在的な利用ニーズへの対応に資するため
 - ▶ 共存相手や取引相手となる既存免許人を、潜在的な電波利用者(免許不要局利用を含む)が把握できるようにするため 等
- ▶ 目標の重要性
 - ▶ 将来開放予定の公共用周波数を、予め利害関係者に示すことで、研究開発投資や設備投資等を促し、将来の電波利用の不確実性を減らす【参考資料9頁】
- ▶ 留意点等
 - ▶ 見える化の適用除外
 - ▶ 国家安全保障上、機密性や秘匿性のある情報を、非開示とする法的根拠等の整備
 - ▶ 開放帯域の戦略的な特定
 - ▶ 潜在的な電波利用ニーズ(企業秘密への配慮)を把握した上で、国際的な周波数ハーモナイゼーションを考慮しながら、開放要求の高い帯域を抽出
 - ▶ これらの帯域について、電波の利用状況調査を無線局単位で実施し【参考資料10】、コストベネフィット分析を踏まえて、開放可能な帯域の優先順位を付与
 - ▶ 官民共用の実現方法
 - ▶ 公共セクターの既存免許人を、新たな電波利用者(免許局及び免許不要局)から保護するため、対象となる帯域を使用する全ての無線局の情報をデータベース化し、それらの稼働状況をリアルタイムで監視しながら、新たな電波利用者に対して動的な電波割当てを実現するための仕組み(周波数アクセスシステム:SAS)を検討【資料6頁】

2 電波利用の将来像

5G検討にみる海外事例の特徴

- ▶ 5G周波数検討がもたらしたミリ波帯の需要喚起
 - ▶ 通信系、IT系、航空宇宙防衛系の三つ巴による技術・サービス開発競争
 - ▶ 既存免許人である固定や衛星の電波の利用・意向の動向把握が必須
 - ▶ 政府用周波数(軍等)や既存業務との周波数共用の促進
- ▶ **周波数共用(官民、民民)を前提とした制度設計**
 - ▶ 当事者間又は第三者機関による事前の周波数調整や運用調整
 - ▶ 空いている帯域を動的に割り当てる、ダイナミック周波数アクセスシステムの導入検討
 - ▶ 使わなければ共用する(use-or-share)制度の可能性
- ▶ 5G周波数の利用が想定されるエリア(携帯、自営、IoT)
 - ▶ 都市部の人口密集地域や、大観衆が集まる大型イベント会場等(免許不要帯域での代替可能性あり)
 - ▶ 固定ブロードバンドのラストワンマイルを5Gで代替するエリア(光の代替)
 - ▶ 基地局間のバックホール回線(特にルーラル地域)
 - ▶ 道路、鉄道、運河、航空、空港などの交通の要衝を繋ぐ沿線(交通インフラ系)
 - ▶ ミッションクリティカルなアプリケーションが求められる公共安全機関等の拠点や、事故や犯罪の多発地域、電力・石油・ガス等のエネルギー施設等(重要インフラ系)
- ▶ 優先接続システムの導入(携帯、自営、IoT)
 - ▶ 平時と有事や、サービスレベル契約に応じて、優先アクセス制御技術を利用し、異なるユーザ/アプリケーションによる同一ネットワークシステムの共同利用が進展する可能性
- ▶ 免許帯域と免許不要帯域の使い分け(携帯)
 - ▶ クリティカルなアプリケーションは免許帯域を使用し、コンシューマー向けのモバイルデータは免許不要帯域を活用する、状況に応じた棲み分けが進む可能性

3 それらを実現するための方策 周波数共有を前提とした電波監理

運用調整や周波数調整の手続き及び機能の進化

- ▶ 周波数コーディネーター【現在】
 - ▶ 無線局データベースの公開情報に基づき、当事者間での調整が原則であるが、特定の帯域(公共安全用周波数や産業用周波数等)においては、新規利用者(要免許/免許不要)と既存免許人との間の周波数調整や運用調整を、規制当局の承認を受けた周波数コーディネーターが実施。【参考資料11頁】
- ▶ ホワイトスペースデータベース管理者【現在】
 - ▶ TV放送の空きチャンネルの地理位置情報データベースを管理し、免許不要ベースでのワイヤレスブロードバンド利用を実現するもので、米国や英国等で導入されている。
- ▶ ダイナミック周波数アクセスプロバイダー【近未来】
 - ▶ 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(SAS)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割当てを動的に実現。【参考資料12~14頁】
 - ▶ ブロックチェーンを利用した「ダイナミック分散型データベース」が発案(2017年3月のIEEE Workshop)
- ▶ コグニティブ無線【未来】
 - ▶ 種々のセンサーが装備された無線機で、利用を重ねることで、学習能力が高まり、自らの無線環境を感知する能力を持つ。自律的に時間(一時的時間)、空間(地理的空間)、周波数(物理的インターフェース上の周波数)を含む、周囲の電波環境についての情報を取得し、認識することを可能とする。【参考資料15頁】

電波資源の最適な配分・割当・利用を実現するために
ビッグデータ(電波の利用状況データの蓄積)解析と人工知能の活用が期待される

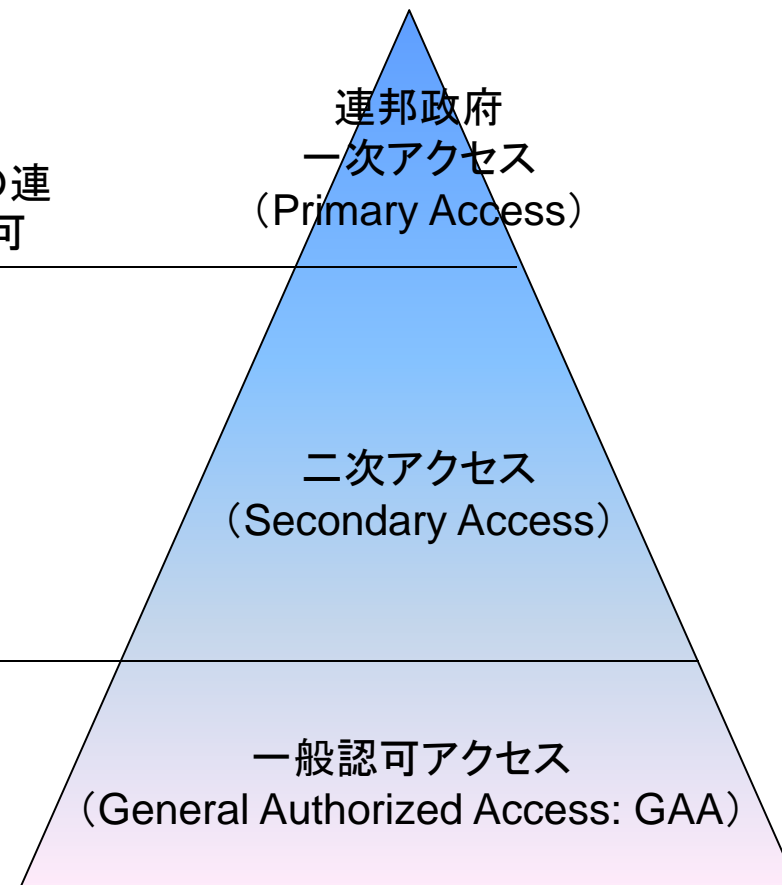
3 それらを実現するための方策

官民周波数共用の階層型管理アプローチ

- ▶ 既存免許人は排他的な使用权を保有
- ▶ データベースへの登録により干渉保護が保証
- ▶ 既存免許人が使用していない場所や時間に、他の連邦政府や民間セクターによる周波数アクセスを許可

- ▶ 特定エリアにおける短期間の優先的運用
- ▶ 既存免許人が使用する時は立ち退き
- ▶ データベースへの登録により機会利用型利用(GAA)からの干渉保護が保証
- ▶ 公益目的(連邦政府、公共安全等)や営利目的(オークションや利用料といった対価の支払い)による利用
- ▶ 高出力利用(スモールセル等)

- ▶ 特定の帯域、エリア、及び時間に、一次・二次アクセスユーザの登録がない場合、空き周波数への機会利用型アクセスを許可
- ▶ センシング又はデータベースによって、一次・二次アクセスユーザが登場した場合は立ち退き
- ▶ 低出力利用(データベースへの登録義務)
- ▶ 利用料の適用なし



【連邦政府用周波数アクセスの三層構造】

參考資料

公共用周波数の見直しの背景と契機

▶ 英国: 1993年～

- ▶ 「英国における警察と消防の全国公共安全共用網整備に向けた無線通信の見直し」
 - ▶ 新システムの導入を全国規模で調達。
 - ▶ 新システムは警察と消防で共用し、他の公共安全機関の共用を認める。※
- ▶ 警察情報技術局 (Police Information Technology Organization: PITO)
 - ▶ 非政府の公的機関で、警察が使用する情報通信技術の調達・契約管理や助言を行う目的で設立。
- ▶ PFI (Private Finance Initiative) による調達 (2000年)
 - ▶ BT PLC (後の運用主体は O2 → Airwave → Motorola) が請負事業者となり、警察向けに新たな無線サービスを TETRA 方式で整備 (Airwave サービス)。
 - 消防: 暗号化技術による高コスト等を懸念し、共用に消極的であった。
 - 救急 (保健省): 旧システムの置換えに向け、新たな全国規模の無線網の調達を計画。地域の警察と消防との相互運用性が、新たな救急無線システムの重要な要求条件と認識。
 - ▶ 既存 Airwave サービスは、2019年12月末までに公共安全 LTE (PS-LTE) サービスへ置換え。

▶ 米国: 2003年～

- ▶ 連邦周波数戦略計画 (Federal Strategic Spectrum Plan) (2008年)
 - ▶ 連邦政府機関の周波数計画 (Agency Plan) (2004年)
 - 各連邦政府は、①将来の技術やサービスに必要となる周波数、②周波数を要求する新たな技術やサービスの利用拡大計画、③周波数を要求するにあたっての電波の有効利用方策、について商務省 国家電気通信情報庁 (NTIA) に提出。
 - ▶ 公共安全機関の周波数ニーズ計画 (Spectrum Needs Plan) (2004年)
 - 国土安全保障省 (DHS) が責任機関となり、他の連邦、州、地方政府との協議を通じて、公共安全の周波数需要や干渉・技術・安全に係わる課題について、包括的な計画を策定。

※各公共安全機関は、個別割当てを受けて利用する業務無線も併用。

出所: Public Private Partnerships: Airwave, REPORT BY THE COMPTROLLER AND AUDITOR GENERAL HC 730 Session 2001-2002: 11 April 2002

<https://www.nao.org.uk/report/public-private-partnerships-airwave/>

Past Spectrum Reform Initiatives, <https://www.ntia.doc.gov/page/past-spectrum-reform-initiatives>

周波数確保に関する年次報告書の公表

Table 1 – PSSRP Programme Progress and Priority Bands for Further Studies

Band	Lead Dept.	Target Release	Quantity (MHz)	Status
A: Completed Releases				
70.5-71.5 MHz 80-87.5 MHz 138.0875-138.1125 MHz 138.2875-138.3125 MHz	HO	2012	9	Released
1668-1670 MHz 1698-1700 MHz	HO	2012	4	Released
870-872 MHz 915-917 MHz	MOD	2014	4	Released
960-1164 MHz	CAA	2016	92	Shared
2025-2070 MHz	MOD	2015	45	Shared
Upper 2.3 GHz (2350-2390 MHz)	MOD	2015	40	Released
3.4 GHz (3410-3600 MHz)	MOD	2015	190	Released
Sub Total Released or Shared			384MHz	
B: Target Priority Bands below 5GHz				
380-385 MHz** 390-395 MHz	MOD	2021	Up to 10	Currently being used by Airwave. Emergency Services contract and licence expires in 2020. This is also a NATO Class A band. The UK can continue to utilise the band for using TETRA or TETRA-like systems for emergency services
406-430 MHz	MOD	2018	Up to 5	Sharing - RSA
1427-1452 MHz**	MOD	2018	Up to 20	Identified globally as mobile broadband band MOD currently exploring opportunities for sharing within the band
Lower 2.3 GHz**	MOD / HO	2020 - 2022	Up to 40	MOD currently exploring opportunities for sharing within the band
4.8-4.9 GHz	MOD / HO	2017 - 2018	Up to 55	Possible use for broadband backhaul
Sub Total under 5GHz			Up to 500MHz (including Released)	
C: Priority Bands above 5GHz				
5350-5470 MHz 5850 - 5925 MHz	MOD / BIS / DfT	2017 - 2022	Up to 195	Dependent on ITU-R studies towards WRC19. Possible Wi-Fi or fixed link sharing
5725-5850 MHz	Ofcom	2017	Up to 125	Currently used for Wi-Fi outside of Europe, including in the USA and China. Ofcom is currently consulting on the technical regulations for making the band available for Wi-Fi.
7.9-8.4 GHz	MOD	2017	Up to 168	Feasibility work in advanced stage. Possible fixed links
D: Public Sector to Public Sector Sharing				
2.7-2.9 GHz***	CAA / DfT	2017 - 2020	Up to 100	DfT and CAA are currently exploring opportunities for public sector to public sector sharing within the band
E: Alternative Spectrum for Future Studies			Up to 200MHz	
TOTAL RELEASE AND SHARING TARGET BY 2022			Central Case 750MHz*	

【英国: UK Government Investments】

【米国: Department of Commerce】

Frequency Band	Spectrum Made Available (megahertz)	Spectrum Identified and In Process (megahertz)	Spectrum Identified and Under Study (megahertz)	Spectrum for Potential Future Study (megahertz)
Wireless Communications Service (WCS): 2305-2320 and 2345-2360 MHz	30			
H Block: 1915-1920 and 1995-2000 MHz	10			
Advanced Wireless Services AWS-4: 2000-2020 and 2180-2200 MHz	40			
AWS-3: 1695-1710, 1755-1780, and 2155-2180 MHz	65			
3.5 GHz Citizens Broadband Radio Service (CBRS): 3550-3650 MHz	100			
UHF TV Incentive Auction: 512-698 MHz		42-126		
1675-1680 MHz			5	
2020-2025 MHz			5	
5 GHz Unlicensed National Information Infrastructure (U-NII) U-NII-2B: 5350-5470 MHz			120	
5 GHz U-NII-4: 5850-5925 MHz			75	
1300-1390 MHz				90
1680-1695 MHz				15
2700-2900 MHz				200
2900-3100 MHz				200
3100-3550 MHz				450
Totals (megahertz):	245	42-126	205	955

出所: Sixth Interim Progress Report on the Ten-Year Plan and Timetable, U.S. Department of Commerce, June 2016,

<https://www.ntia.doc.gov/report/2016/sixth-interim-progress-report-ten-year-plan-and-timetable>

Public Sector Spectrum Release Programme, 2nd Annual Report by UKGI Spectrum Central Management Unit, August 2017.

<https://www.gov.uk/government/publications/public-sector-spectrum-release-programme>

連邦政府の周波数利用に関する定量的評価

- 特に主要大都市圏における、民間への開放又は民間との共用の検討材料とする。
- 今後の共用可能性検討の対象として、周波数共用、地理的共用、又は時間共用が可能な帯域を導出。

Table 7-1. Total Spectrum Usage in the 1300-1390 MHz Band


Band Segment (MHz)	Frequency Usage	Geographic Usage	Estimated Time Usage
1300-1305	48 frequency assignments for transmit stations spaced across the band segment. 1 airborne transmit station operating in the band segment.	Population Impacted: 63.7% Geographic Availability: 45.1% Figure A-1	18 stations 50-100% 0 stations 10-50% 30 stations 1-10% 1 station less than 1%
1305-1310	47 frequency assignments for transmit stations spaced across the band segment.		
1310-1315	45 frequency assignments for transmit stations spaced across the band segment.		
1315-1320	61 frequency assignments for transmit stations spaced across the band segment.		
1320-1325	65 frequency assignments for transmit stations spaced across the band segment.		
1325-1330	55 frequency assignments for transmit stations spaced across the band segment.		

Figure A-1. 1300-1305 MHz Band Segment

- 調査対象帯域: 1300-1390 MHz、1675-1695 MHz、2700-2900 MHz、2900-3100 MHz、3100-3550 MHz
- 人口影響度: 当該帯域を使う政府の無線システムがカバーするエリア内に住む人口の割合
- 地理的利用可能率: 当該帯域を使う政府の無線システムのエリア外の面積の割合
- 推定利用時間: 政府の無線システムが当該帯域を利用している時間の割合

周波数コーディネーターの米国例

公共安全無線

- ▶ 公共安全周波数コーディネーターの区分
 - ▶ PF—Fire Coordinator
 - ▶ PH—Highway Maintenance Coordinator
 - ▶ PM—Emergency Medical Coordinator
 - ▶ PO—Forestry-Conservation Coordinator
 - ▶ PP—Police Coordinator
 - ▶ PS—Special Emergency Coordinator
 - ▶ PX—Any Public Safety Coordinator, except the Special Emergency Coordinator
- ▶ FCC承認を受けた公共安全周波数コーディネーター
 - ▶ Association of Public-Safety Communications Officials, Inc. (APCO)
 - ▶ International Municipal Signal Association (IMSA)
 - ▶ Forestry Conservation Communications Association (FCCA)
 - ▶ American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)
 - ▶ Enterprise Wireless Alliance (EWA) 等

産業／ビジネス無線

- ▶ FCC承認を受けた周波数コーディネーター
 - ▶ IP—Petroleum Coordinator: Enterprise Wireless Alliance (EWA)
 - ▶ IW—Power Coordinator: Utilities Telecom Council Spectrum Services (UTC)
 - ▶ LR—Railroad Coordinator: Association of American Railroads (AAR)
 - ▶ LA—Automobile Emergency Coordinator: AAA Frequency Coordination
 - ▶ その他: Central Station Alarm Association (CSAA) 等

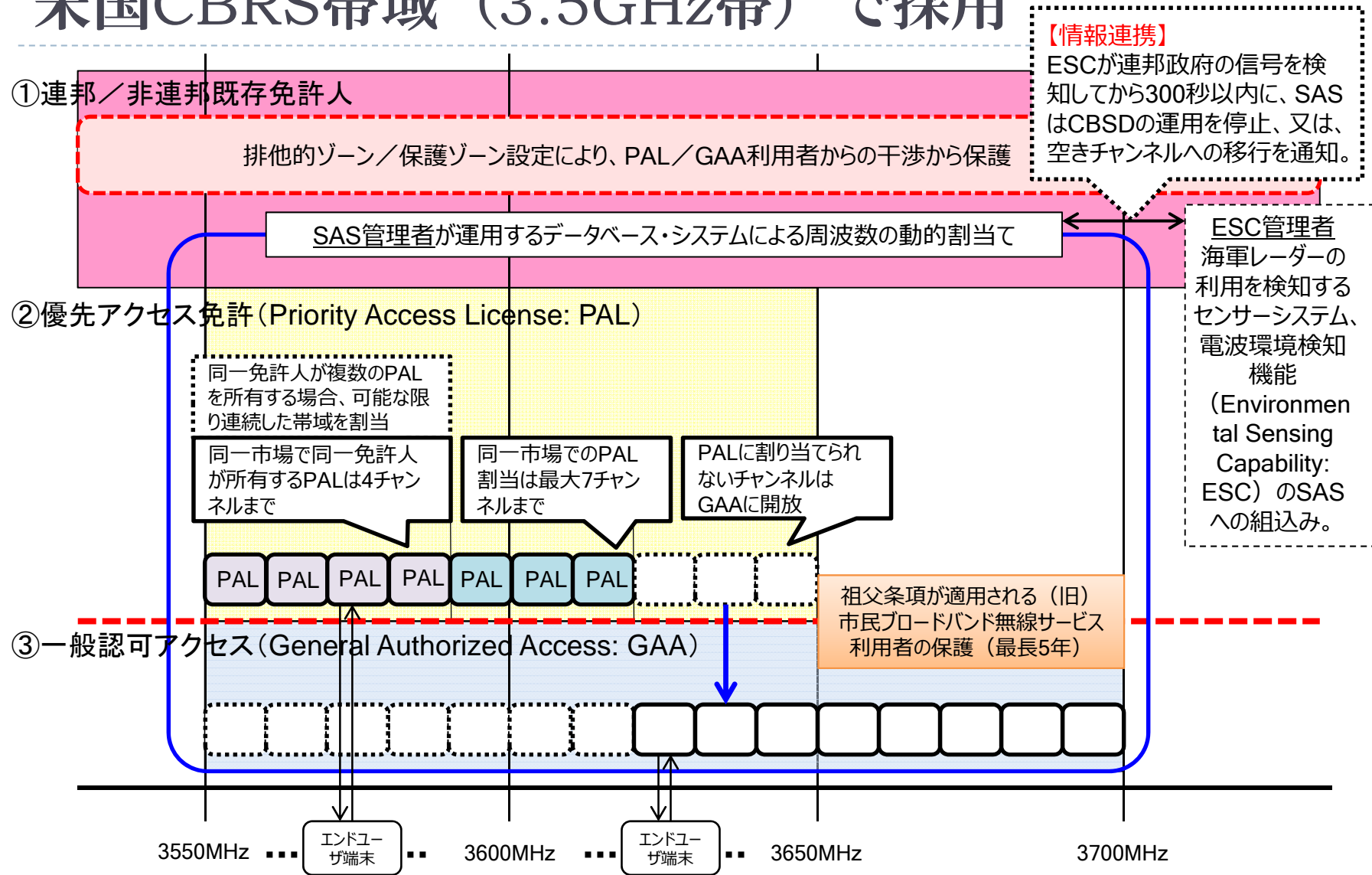
MBANの周波数コーディネーター: EWA

2.3GHz帯が配分されたMBAN (Medical Body Area Network、小電力の広帯域ネットワーク)では、一次業務である航空移動テレメトリと一部周波数共用となることから、既存免許人が実施するフライトテスト運航を保護するために、MBAN機器の登録や使用場所の調整が求められる。

出所: [https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-](https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?c=ecfr;sid=0d636588931ae9dacd5fc8d702063c10;rgn=div6;view=text;node=47%3A5.0.1.1.3.2;idno=47;cc=ecfrhttps://www.fcc.gov/general/public-safety-frequency-coordinators)

<https://www.fcc.gov/general/public-safety-frequency-coordinators>, https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=28ac96544a63b44c1b9e41e9ce5705dcf&mc=true&node=se47.5.90_135&rgn=div8

SASによる動的な周波数割当て 米国CBRS帯域（3.5GHz帯）で採用



動的割当ての仕組み

▶ 周波数アクセスシステム (Spectrum Access System: SAS)

- ▶ SASは、他のSASや、FCCデータベース(商用免許人データ)、ESC(Environmental Sensing Capability)(連邦政府免許人の信号検出データ)からの情報に基づき、CBSD(市民ブロードバンド無線サービス装置=固定局)が利用可能なチャンネルを特定し、その最大許容出力水準を設定して、PAL(Priority Access License)*又はGAA(General Authorized Access)**利用者によるCBSDの運用を管理する。
- ▶ SASは、ESCが連邦政府の信号を検知してから300秒以内に、CBSDの運用を停止、又は、未使用中のチャンネルへの移行を通知する。

▶ SAS管理者***

- ▶ 認可事業者のFederated Wireless****が開発したプラットフォーム(SAS及びESC)を使用するユーザ企業の一つがSiemens(同社の顧客が3.55-3.7 GHz帯を使用)で、周波数共用ソリューションを共同で開発することを発表(2016年6月)。
- ▶ 現在、3.65GHz帯を使用している主な企業は、電気・ガス・水道の企業やルーラル電気通信事業者。

* 人口調査標準地域(census tract)に基づき、全米を約7万4,000区域に区分。免許期間は3年間で更新期待性なし。

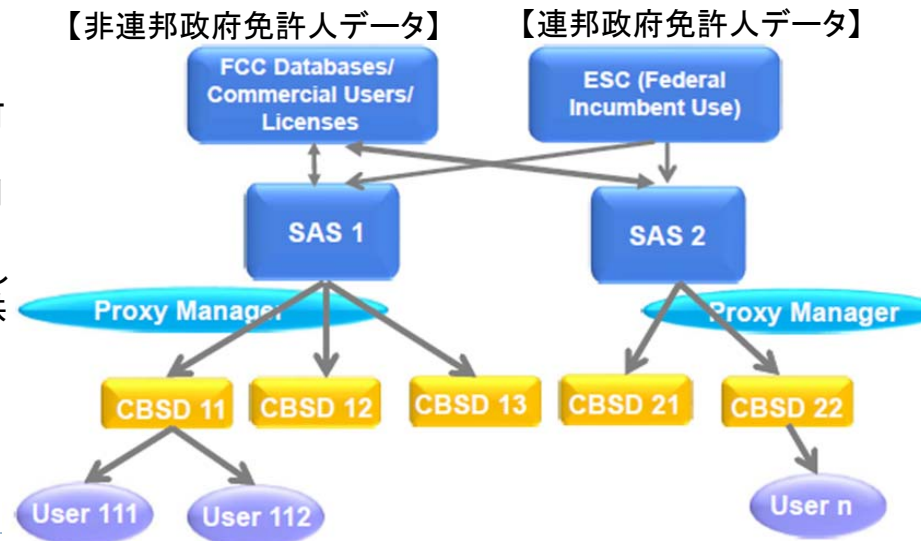
** GAAは免許不要による運用であるが、SASへの登録義務が課される。

*** FCCは2016年12月、SASプロバイダー7社(Federated Wireless、Google、Amdocs、CTIA、Comsearch、Key Bridge及びSony)を条件付きで承認。

**** CBSDエコシステムを形成することを目的とした企業グループの一つで、Google、Intel、Nokia、Qualcomm、Ruckus Wirelessを含む。

SASの管理

- ▶ SASは民間ベースで、FCCが複数のSASを認可(5年間有効)
- ▶ SASは当該システムの利用者(PAL、GAA)に対して合理的な手数料を課して割当てサービスを提供
- ▶ SAS管理者がPALを所有したり、GAA利用者になることは可能
- ▶ 複数のSAS間の連携が必須



ESCの管理

- ▶ ESCは非政府ベースで、FCCが複数のESCを認可
- ▶ ESCは技術中立
- ▶ ESCは連邦政府システムの位置や移動に関する情報を一切保管、維持、伝送、開示しない
- ▶ ESCは軍事又は機密の連邦データベース又はシステムへの接続を持たずに運用
- ▶ ESCはNITAやDODの監督を受けず、報告義務はなし

ダイナミック周波数アクセスシステム 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。周波数共用での利用が高いと想定される、スモールセルによる屋内の容量とカバレッジを試験。
Fair Spectrum [フィンランド]	オランダで、政府機関(国防等)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(Programme Making and Special Events)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されるため、これらの使用状況に関する情報をデータベース化することが必要。

※LSA(Licensed Shared Access)とは、主にIMT(International Mobile Telecommunication)バンドとして国際的に配分されているものの、国によっては政府が依然として使用している場合に、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制度。

コグニティブ無線の認知サイクル

観測－志向－計画－学習－決定－行動

▶ 概念

- ▶ 自らの無線環境を感知する能力を持つ機器を想定している。

▶ 方法

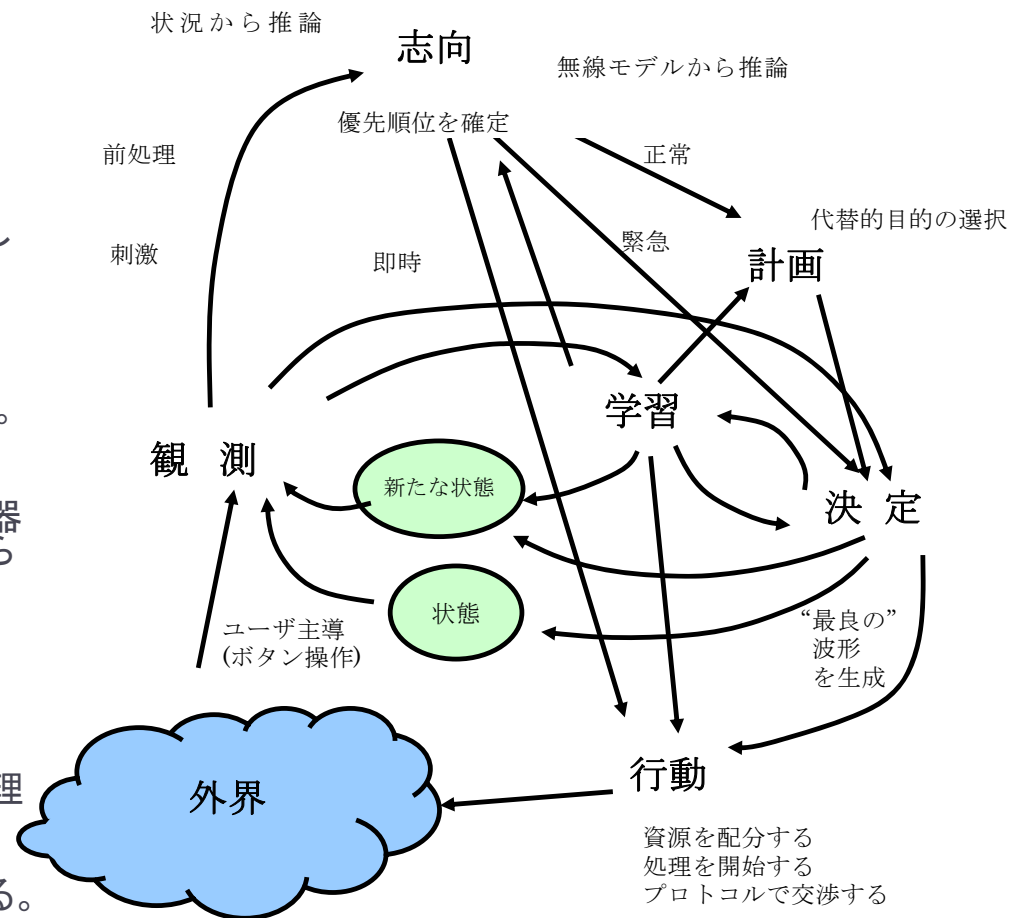
- ▶ 無線機に種々のセンサーを装備していくことによって、実現される。さらに、極めて柔軟なコグニティブ無線は、利用者や自らが利用される中で、学習していく。

▶ 要件

- ▶ この目的に向け、コグニティブ無線は自らの演算モデルを持つ必要がある。

▶ 認知サイクル

- ▶ 概念的には、この柔軟性は、無線機器によって適用される6つのフェーズから構成される認知サイクルを用いることによって実現される。
 - ▶ 観測－志向－計画－学習－決定－行動
- ▶ 観測または認識の間は、無線機は自律的に時間(一時的時間)、空間(地理的空間)、周波数(物理的インターフェース上の周波数)を含む、その環境についての情報を取得し、認識する。



出所: Johannes M. Bauer (2005). Cognitive Radio Systems, U.S. Trends in R&D and Regulation

原典: Mitola, J. III (1999). "Cognitive Radio for Flexible Mobile Multimedia Communications," IEEE Mobile Multimedia Conference.

FCC (2005). In the Matter of Facilitating Opportunities for Flexible, Efficient and Reliable Spectrum Use Employing Cognitive Radio Technologies, Report and

Order, ET Docket No. 03-108, March 10, 2005, Washington, D.C., U.S. Federal Communications Commission.

ご清聴ありがとうございました