

日欧米の技術基準・試験方法に関する海外調査

MRI 三菱総合研究所

2022年6月14日

デジタル・イノベーション本部

報告内容

- 日・欧・米の無線LAN等の技術基準や試験方法の根拠となる背景・経緯に関する情報について調査。
- 第2回検討会では、日・欧・米の無線機器の定義・要件及び無線LAN等に適用される認証制度の違いなどを一部紹介。

- 本日は、以下の観点について報告。
 1. 周波数の利用状況及び技術基準の検討経緯
 2. 5GHz帯の無線LANのDFSに関する状況

1. 周波数の利用状況及び技術基準の策定経緯

1.周波数の利用状況及び技術基準の策定経緯

2.4GHz帯と5GHz帯について

2.4GHz帯

- ISM帯※¹であるため、無線通信システム以外のシステム(例:電子レンジ)とも周波数を共有。
- 無線LANやBluetoothが国際標準化される前の1980～1990年代から、スペクトラム拡散技術の免許不要の利用を前提として技術基準が策定されている。

※1 産業・科学・医療(ISM)アプリケーションのための周波数帯。ISM帯で運用される無線通信サービスは、これらのアプリケーションによって引き起こされる可能性のある有害な干渉を受け入れなければならない。

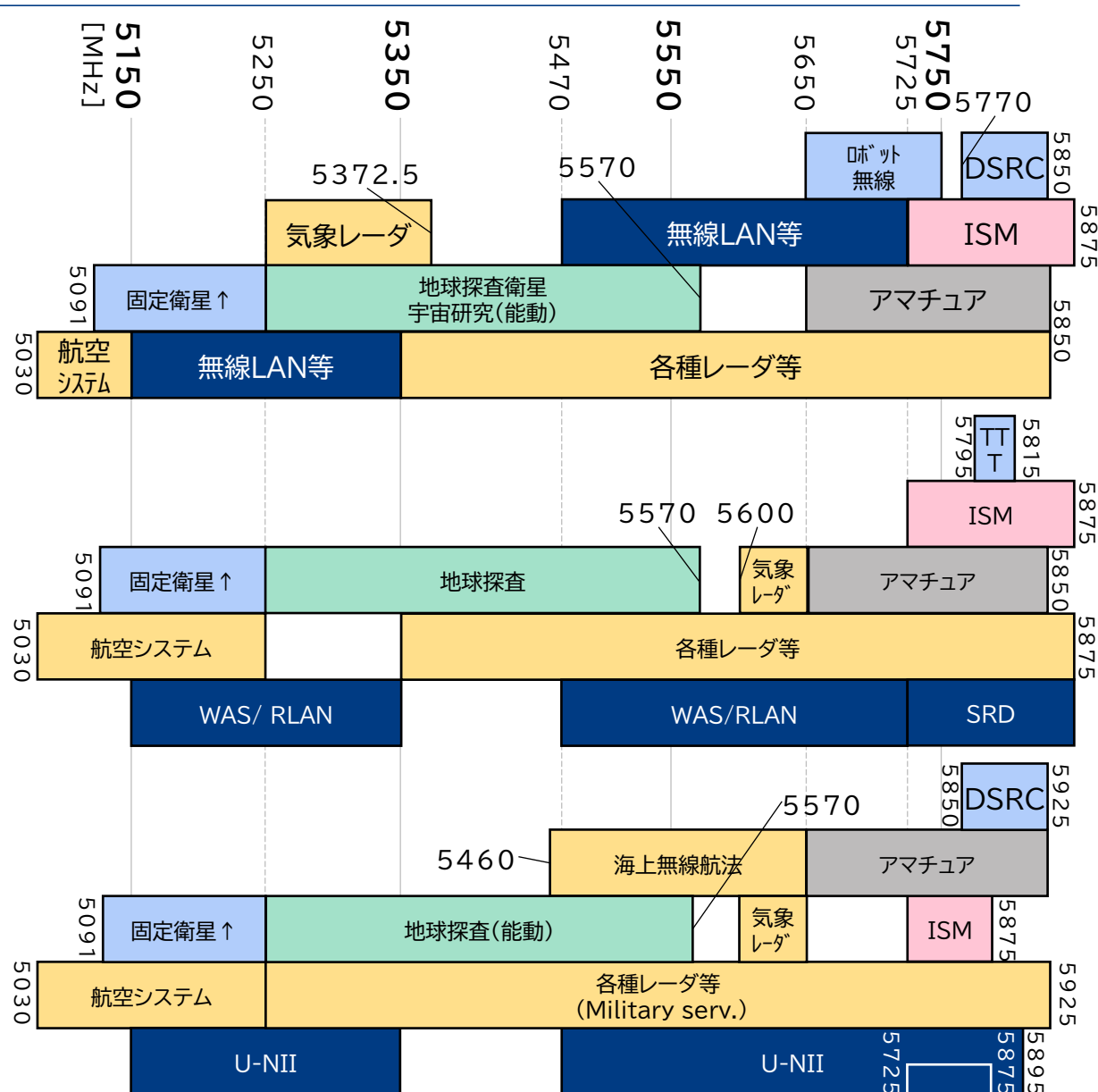
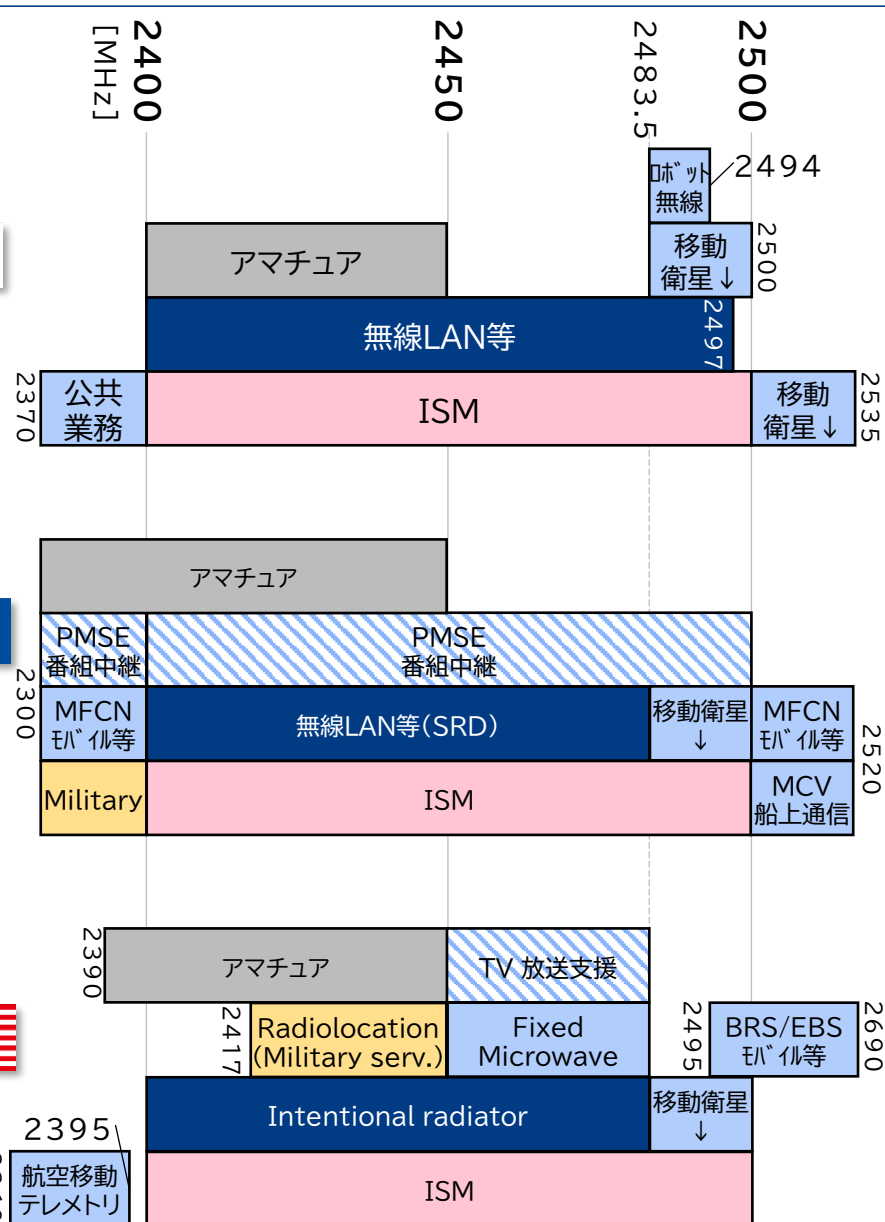
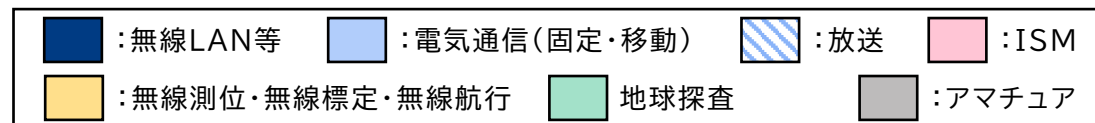
5GHz帯

- より高速な無線通信へのニーズに応えるため、各国・地域で周波数共用検討を行った上で、周波数の確保や技術基準の策定が進められてきた。
- 2003年の世界無線通信会議(WRC-03)において、5150～5350MHz(5.2GHz帯(W52))及び5.3GHz帯(W53))及び5470～5725MHz(5.6GHz帯(W56))が無線LANを含む無線アクセスシステムに一次業務として世界的に分配された。
- 5.3GHz帯及び5.6GHz帯においては、気象レーダ等と周波数共有のためDFS※²/TPC※³の具備が義務付けられている。
- DFSに関わる技術基準は、各国で採用しているレーダシステムに基づき策定されており、レーダシステムの進化や実際の干渉事例に基づき随時改定されている。(後述)

※2 レーダー波を検知した場合にレーダ波への干渉を回避するため停波・周波数変更する機能 ※3 送信電力制御機能

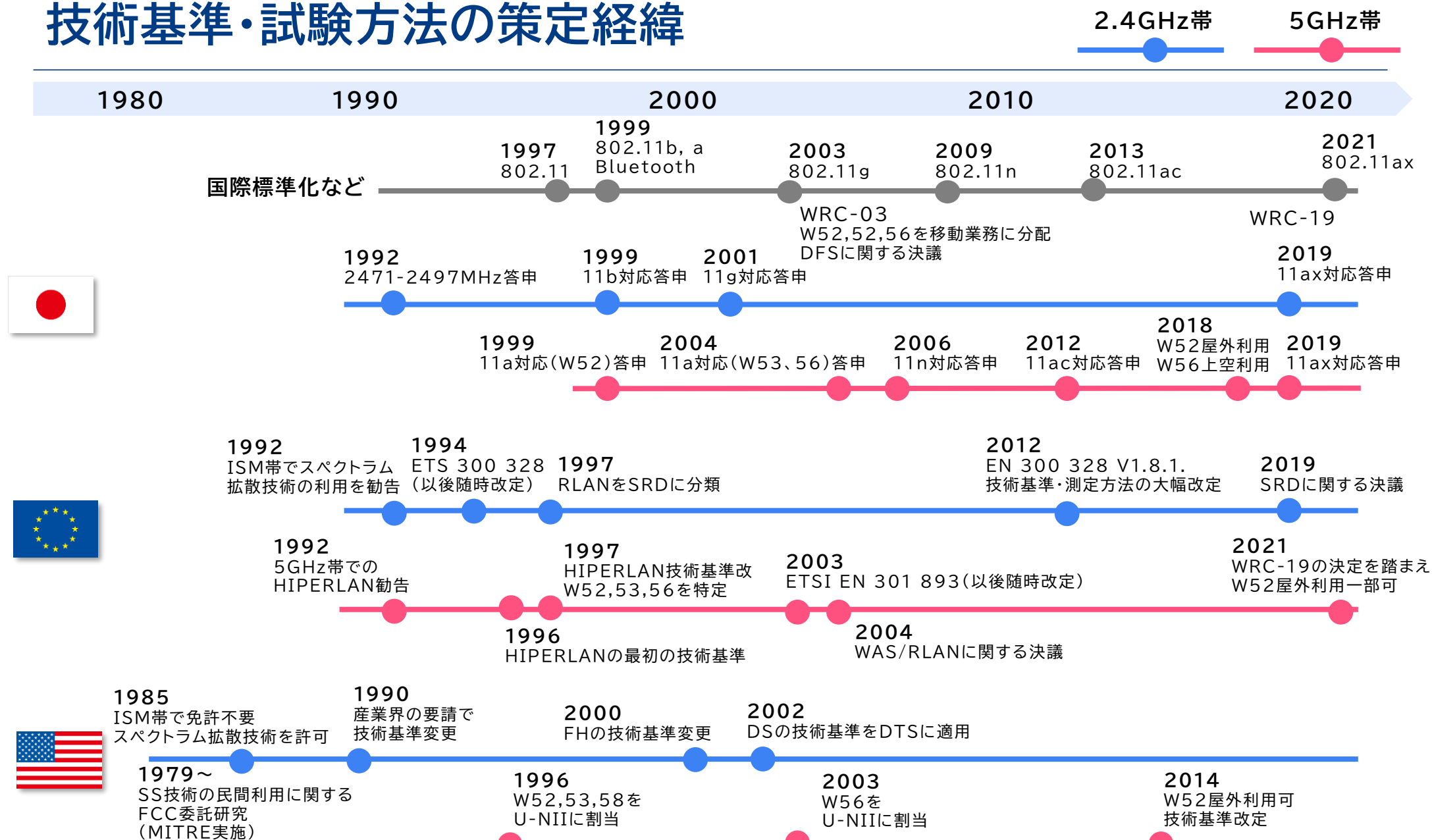
1.周波数の利用状況及び技術基準の策定経緯

主な周波数利用状況



1.周波数の利用状況及び技術基準の策定経緯

技術基準・試験方法の策定経緯



1.周波数の利用状況及び技術基準の策定経緯

(参考)欧州の詳細経緯

- CEPT/ERCの方針に基づき、ETSIが2.4GHz帯及び5GHz帯でそれぞれ標準化を行う。

	2.4GHz帯の主な技術基準の策定・導入経緯		5GHz帯の主な技術基準の策定・導入経緯
1992年 CEPT ERC 勧告 T/R 10-01	先行する米国の状況、他システムとの共用検討の結果を踏まえISMバンドでスペクトラム拡散技術を使ったWide Band Data Transmission Systemsの利用を勧告。 ・ トータルEIRP電力<-10dBW(100mW) <直接拡散(DS)> ・ ピークEIRP電力密度<-20dBW(10mW)/MHz <周波数ホッピング(FH)> ・ ピークEIRP電力<-10dBW(100mW)/100kHz ETS 300 328 V1.6.1で削除	1992年 CEPT ERC 勧告 T/R 22-06	5150-5250MHzで非保護・非干渉を条件にHIPERLANの使用を勧告。また、市場の動向に応じて1996年以降5250-5300MHzへの拡張も勧告。 ・ 最大EIRP<0dBW(1W)
1994年 ETS規格	ETS 300 328策定、以後随時改定。 2000年からはEN 300 328として発行。	1996年 ERC/DEC (96)03	HIPERLANの最初の技術基準。ERC/DEC/(99)23によって置き換えられた。
1997年 ERC勧告 70-03	RLANをSRDに位置づけ (CEPT ERC勧告T/R 10-01)を置き換え。	1999年 ERC/DEC/ (99)23	MSS(移動衛星通信)フィーダリンクとHIPERLANとの共用検討を踏まえて、以下の技術基準を決定。 ・ 5150～5350MHzおよび5470～5725MHzをHIPERLAN用の周波数として特定 ・ 5150～5350MHz 屋内限定、<EIRP 200mW ・ 5470～5725MHz、屋内外可、<EIRP 1W ・ 5250～5350、5470～5725MHzにDFS/TPC
2000年	ETSIがEIRP500mWへの引き上げを依頼 →CEPT ERCが認めず	2003年 ETSI規格	ETSI EN 301 893 V1.2.3策定、以後随時改定。
2012年 ETSI EN 300 328 改定 (V1.8.1)	混雑した2.4GHz帯における通信の効率・質を高めるため周波数共用技術を必須とするとともに、多様な無線技術に対応するため技術基準・試験方法とも大幅に改定。 ・ 周波数ホッピング関連の技術基準 ・ 占有周波数帯域幅 ・ 帯域外領域の不要発射制限 ・ Adaptivity ・ 受信機ブロッキング その他測定方法の変更も多数あり	2004年 ECC/DEC (04)08	WRC-03の決議に基づき、5GHz WAS/RLANの周波数割当を定める文書としてERC/DEC/(99)23を置き換え。電力密度の技術基準を規定。 ・ 5150～5350MHz<10 mW/MHz ・ 5470～5725MHz<50 mW/MHz
		2021年 ECC/DEC (04)08改	WRC19の決議に基づき利用条件を一部変更 ・ 5150～5250MHzの屋外利用を条件付で認める

1.周波数の利用状況及び技術基準の策定経緯

(参考)米国の詳細経緯

● 世界で初めて2.4GHz帯をスペクトラム拡散技術に開放。産業界の要望を基に技術基準を策定。

	2.4GHz帯の主な技術基準の策定・導入経緯		5GHz帯の主な技術基準の策定・導入経緯
1985年 FCC決定 Docket No. 81-413	ISMバンドで免許不要でスペクトラム拡散技術を許可。 当初別バンドでの導入も検討されていたが、放送などの既存免許人からの強い反対によりISMバンドで決着した。 - 出力電力<1W 1平方マイルのカバーエリアを想定 <直接拡散(DS)> 6dB帯域幅>500kHz <周波数ホッピング(FH)> - ホッピング周波数75以上/チャンネル間隔25kHz以上	1997年 FCC決定 Docket No. 96-102	産業界からの要請に応じて、5.15-5.35 および5.725-5.825 GHzを新たな免許不要カテゴリのU-NIIデバイスに割当。当初5.825-5.875 GHzも候補であったが、DSRC、補聴器等との干渉を防ぐため、対象外とされた。 - 最大出力電力 5.15-5.25 GHz:出力電力<50mW 5.25-5.35 GHz:出力電力<250mW 5.725-5.825 GHz:出力電力<1W ※アンテナ利得<6dBiを考慮して各200mW, 1W, 4W EIRP - 最大スペクトル電力密度(PSD) 5.15-5.25 GHz:2.5 mW/MHz 5.25-5.35 GHz:出力電力<12.5 mW/MHz 5.725-5.825 GHz:出力電力<50 mW/MHz - 帯域外放射制限
1990年 FCC決定 Docket No. 89-354	産業界からの要望、意見募集を踏まえて技術基準を改定。 - アンテナ利得<6dBi <直接拡散(DS)> - パワースペクトル密度<8dBm/3kHz 送信エネルギーが十分に広い帯域に均一に拡散するよう規定。 許容値は出力1Wのエネルギーが500kHzに拡散と仮定。 - 受信機における処理利得>10dB <周波数ホッピング(FH)> - ホッピングチャンネル帯域幅25kHz→1MHz 干渉の可能性を下げ、FHシステムの柔軟性を確保するため	2003年 FCC決定 Docket No. 03-122	U-NIIに新たに周波数を割り当てるとともに、既存の無線システムへの干渉の可能性を防ぐために新たに技術基準を策定。WRC-03の決議との整合性も確保。 5.470-5.725 GHzを新たに割当(出力電力は5.25-5.35 GHzと同じ) 5.25-5.35 GHzと5.470-5.725にDFS/TPC
2000年 FCC決定 Docket No. 99-231	新たな無線技術の開発・導入促進のため技術基準を改定。 <周波数ホッピング(FH)> - ホッピング周波数15以上(出力電力125mW) FHシステムの柔軟性を確保するため上記の要件を追加。	2014年 FCC決定 Docket No. 13-49	5GHz帯の実用性を高めるとともに、免許システムへの干渉の可能性を防ぐために新たに技術基準を策定。 5150-5250MHzの屋外利用を開放・出力増(50mW→1W、2.5 mW/MHz→50 mW/MHz) 5.725-5.825 GHzの上限を5.85GHzに拡張(50 mW/MHz →1W/500kHz) - DFS要件の変更(※後述)
2002年 FCC決定	- 直接拡散(DS)→デジタル変調(DTS)に対象拡大 - 処理利得の撤廃		

2. 5GHz帯のDFSに関する状況

2. 5GHz帯のDFSに関する状況

5GHz帯DFS技術基準の策定経緯

- 前述の通り、2003年WRC-03の決議に基づき、各国がDFSの技術基準を策定、随時改定している。

	5150～5250 MHz (W52)		5250～5350 MHz (W53)		5470～5725 MHz (W56)		5725～5850 MHz (W58)	
	利用場所	DFS/TPC	利用場所	DFS/TPC	利用場所	DFS/TPC	利用場所	DFS/TPC
日本	屋内／屋外*1	不要	屋内	要	屋内／屋外*2	要	—	—
欧州	屋内／屋外*1	不要	屋内	要	屋内／屋外	要	—*3	—
米国	屋内／屋外*4	不要	屋内／屋外	要	屋内／屋外	要	屋内／屋外	不要

*1条件付き *2上空を除く *3 一部の国では利用可能 *4 1,000台以上のアクセスポイントを設置する場合は届出を行う

日本 平成19年総務省告示第48号

2005年	5250～5350MHzのDFSの技術基準を規定
2007年	5470～5725MHzのDFSの技術基準を規定
2019年	固体素子型のレーダに対応してレーダパターン追加

欧州 EN 301 893

2003年(V1.2.3)	DFSの技術基準を規定
2005年(V1.3.1)	幅広いレーダパターンを追加
2006年(V1.4.1)	ユーザによるDFSの無効化/設定の変更不可
2008年(V1.5.1)	気象レーダとの干渉事例の調査を踏まえて、5600～5650 MHz気象レーダを保護するための変更を採用
2013年(V1.6.1)	最小パルス幅検出を0.8→0.5μSecに短縮
2015年(V1.8.1)	国設定によってDFS機能が変更されないように規定

米国 47 CFR § 15.407(U-NII), KDB905462

2006年	2003年から3年の検討を経てDFSの技術基準を規定
2009年	気象レーダ(TDWR)との干渉事例の報告を受けて、5470～5725MHzのマスタードバイスに関して許可対象を屋内機器のみに限定する暫定措置導入
2010年	5470～5725MHzで屋外機器を許可するための暫定手順導入 ・気象レーダ(TDWR)の帯域である5600～5650MHz帯を除外 ・屋外デバイスは専門家が設置 ・TDWRから35km以内に設置する場合はTDWRの周波数と中心周波数で30MHz離すこと
2014年	規則改正発効 ・5600～5650MHzを開放 ・TDWRのレーダパターンを追加 ・DFSの設定変更を不可とするセキュリティ要件を追加
2016年	適合製品であってもDFSを無効化したり、許可されていない周波数や出力で運用しているケースがあるとして、公告で注意喚起

出所)ECC Report 192, The Current Status of DFS (Dynamic Frequency Selection) In the 5 GHz frequency range(2014)

<https://docdb.cept.org/document/299>

UL, DFSと米国の活動(2015年総務省MRA国際ワークショップ) <https://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/equ/mra/pdf/26/j12-3.pdf>

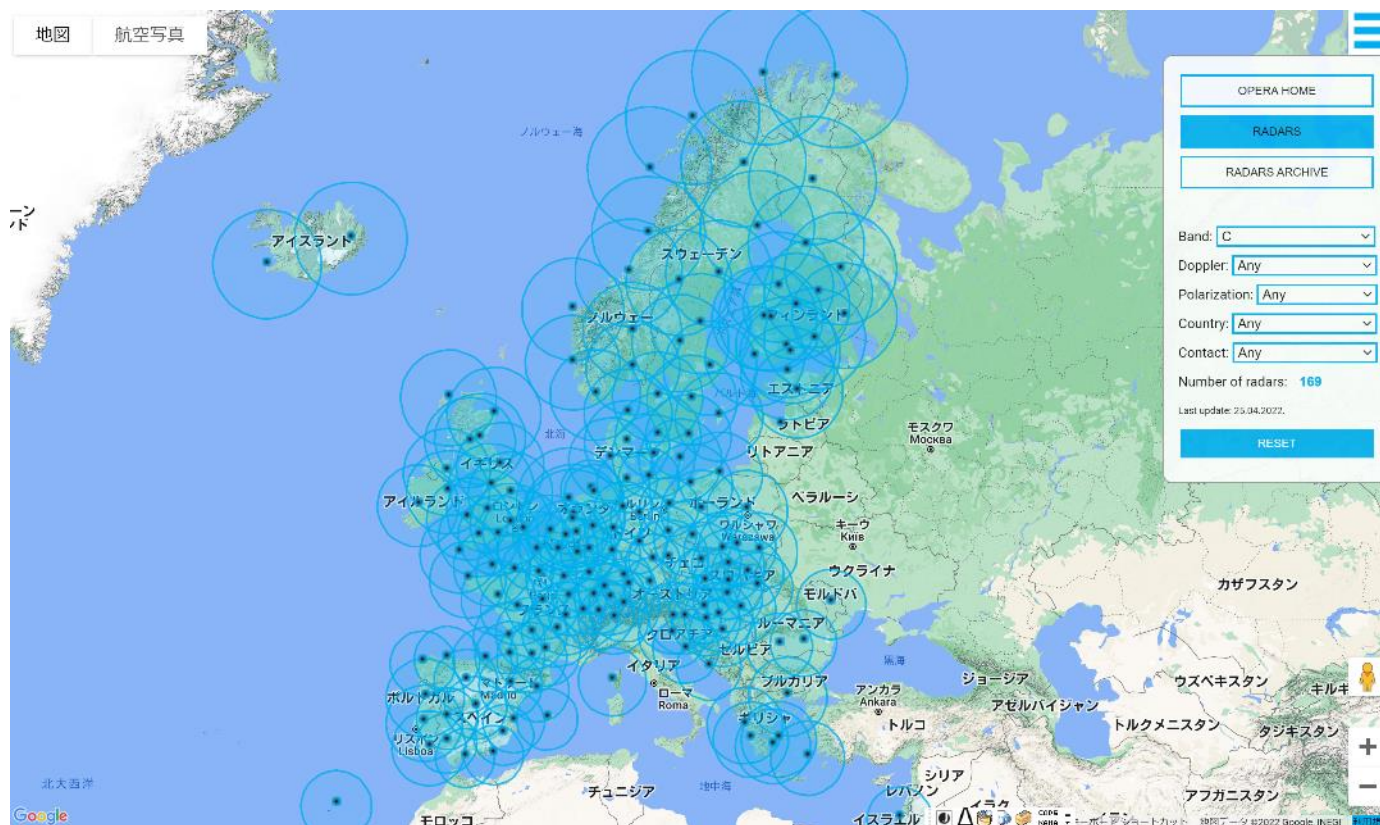
FCC, Enforcement Advisory No. 2016-05. WARNING: FCC Authorized Equipment Must be Used in Compliance with All Laws and Rules.

<https://docs.fcc.gov/public/attachments/DA-16-588A1.pdf>

2. 5GHz帯のDFSに関する状況

(参考)欧州における5GHz帯気象レーダの運用

- 欧州では200以上の気象レーダが運用されており、うち169箇所が5GHz帯(C-band)のレーダ。
- 5600～5650MHzが主に用いられているが、RRにおいて気象レーダが使用可能とされる5250～5850MHzをすべて使用するアプリケーションもあり。



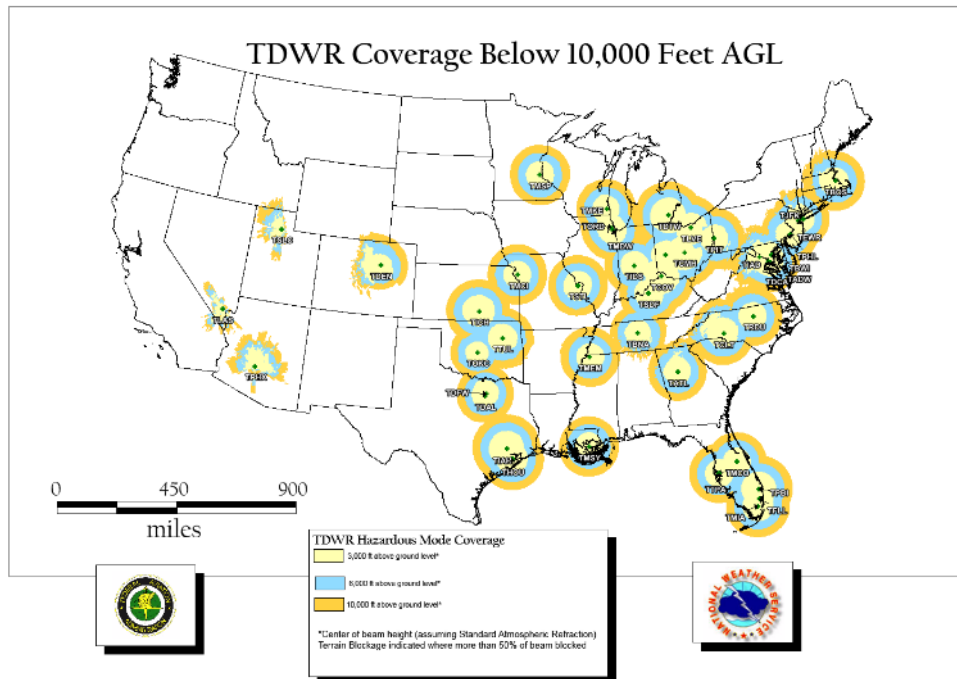
EUMETNET

https://www.eumetnet.eu/wp-content/themes/aeron-child/observations-programme/current-activities/opera/database/OPERA_Database/index.html

2. 5GHz帯のDFSに関する状況

(参考)米国における5GHz帯気象レーダ(TDWR)の運用

- 米国連邦航空局(FAA)は全米45箇所の大規模空港の付近で5600～5650 MHzにおいて、Terminal Doppler Weather Radar (TDWR)を運用。
- ウインドシアア、降水量、ガストフロント、マイクロバーストなどを検知するのに用いられており、航空安全の観点でも非常に重要なシステム。



TDWR配備空港

- | | |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 1 DENVER /DEN | 24 WASHINGTON NATIONAL /DCA |
| 2 BOSTON /BOS | 25 IAD DULLES /IAD |
| 3 CLEVELAND OH /CLE | 26 MEMPHIS /MEM |
| 4 DETROIT /DTW | 27 FLL FORT LAUDERDALE /FLL |
| 5 KANSAS CITY /MCI | 28 MIAMI /MIA |
| 6 ATLANTA /ATL | 29 PBI WEST PALM BEACH /PBI |
| 7 DALLAS LOVE FIELD /DAL | 30 ORLANDO INTERNATIONAL /MCO |
| 8 DALLAS/FT. WORTH /DFW | 31 MILWAUKEE /MKE |
| 9 CHARLOTTE /CLT | 32 MINNEAPOLIS /MSP |
| 10 HOUSTON HOBBY /HOU | 33 BNA NASHVILLE /BNA |
| 11 HOUSTON INTERNATIONAL /IAH | 34 NEWARK /EWR |
| 12 WICHITA /ICT | 35 JFK NEW YORK CITY /JFK |
| 13 COLUMBUS OH /CMH | 36 OKLAHOMA CITY /OKC |
| 14 COVINGTON /CVG | 37 PITTSBURGH /PIT |
| 15 DAYTON /DAY | 38 PHILADELPHIA /PHL |
| 16 INDIANAPOLIS /IND | 39 PHOENIX /PHX |
| 17 NEW ORLEANS /MSY | 40 RALEIGH DURHAM /RDU |
| 18 LOUISVILLE KY /SDF | 41 SALT LAKE CITY /SLC |
| 19 CHICAGO MIDWAY /MDW | 42 TAMPA BAY /TPA |
| 20 CHICAGO O'HARE /ORD | 43 TULSA /TUL |
| 21 ST. LOUIS /STL | 44 LAS VEGAS /LAS |
| 22 ANDREWS AIR FORCE BASE /ADW | 45 SAN JUAN /SJU/ |
| 23 BALTIMORE/WASH /BWI | |

NOAA, NEXRAD and TDWR Radar Locations
<https://www.roc.noaa.gov/WSR88D/Maps.aspx>

2. 5GHz帯のDFSに関する状況

欧州・5GHz帯無線LAN機器の市場監視キャンペーン

- 欧州各国の市場監視機関(MSA)から構成される無線機器指令の行政協力団体であるADCO (Administrative Co-operation Working Group) REDは、2013年／2018年に、5GHz帯無線LAN機器の適合状況(特にDFS要件)に関する市場監視キャンペーンを実施。
- 2013年のキャンペーンで、5GHz帯無線LANのDFS要件の不適合が多いことが確認されており、2018年のキャンペーンは、①製品調査と②気象レーダとの干渉事例調査の2段階で実施。
- 2018年の①製品調査には13か国の市場監視機関(MSA)が参加。計25社の製造メーカから40製品をサンプリングし、調査。(事業者／消費者向け、価格帯、製造国の網羅性も考慮)
- 製品の調査は管理要件及び技術要件それぞれについて以下の指標で実施した。

2018年の市場監視キャンペーン(①製品調査)の調査内容

管理要件

- マーキング
- 適合宣言書(DoC)
- 技術文書

(メーカにテストレポート等の提出を依頼)

技術要件(無線機器指令のArt.3.2の周波数の効率的利用に関わる要件)

- RF output power
- Power Density
- In-Service Monitoring(運用中レーダ波モニタリング)
- User Access Restrictions

2. 5GHz帯のDFSに関する状況

2018年・市場監視キャンペーン①管理要件

- マーキングと適合宣言書(DoC)のチェックは40製品すべてに対して実施。
- 技術文書は24製品に関して実施、さらに技術文書を依頼しても入手ができないケースが4製品。
技術文書(テストレポート等)に関する不適合の割合は39%(11/28)。
- 屋外用の機器では、調査した製品のすべてで何らかの管理要件の不備が確認されている。

Table 2: Summary of administrative verification results

Requirement	Noncompliance					
	Indoor equipment		Outdoor equipment		Overall	
	Pcs	[%]	pcs	[%]	pcs	[%]
Marking requirements	18	72%	13	87%	31	78%
Declaration of Conformity	10	40%	15	100%	25	63%
Technical documentation (requested)	7	35%	4	50%	11	39%
Administrative requirements	19	76%	15	100%	34	85%

2. 5GHz帯のDFSに関する状況

2018年・市場監視キャンペーン①技術要件

- 技術要件の調査は試験所の制限等もあり、全ての製品において全ての項目を実施したわけではない。
- 特に屋外用製品で不適合の割合が高く、In-Service Monitoringで43%の不適合率。
- 17件で国設定を変えられるオプションあり、そのうち2件でその変更がDFS機能に影響を与えた。
(EN 301 893では、Ver. 1.4.1からユーザによるDFS機能へのアクセスを制限、Ver. 1.8.1から国設定によって、DFS機能が変更されないように規定)

Table 4: Compliance with art. 3.2 essential requirements

	Indoor equipment			Outdoor equipment			Overall		
	Meas. pcs	Non-compliant		Meas. pcs	Non-compliant		Meas. pcs	Non-compliant	
		Pcs	[%]		Pcs	[%]		Pcs	[%]
RF output power	23	1	4%	15	4	27%	38	5	13%
Power Density	18	1	6%	13	4	31%	31	5	16%
In-Service Monitoring	18	2	11%	14	6	43%	32	8	25%
User Access Restrictions	19	3	16%	14	1	7%	33	4	12%
Effective use of the spectrum requirement	25	5	20%	15	9	60%	40	14	35%

2. 5GHz帯のDFSに関する状況

2018年・市場監視キャンペーン②:干渉事例調査

- ②干渉事例調査として、無線LAN機器による気象レーダへの干渉事例の調査も実施。
- 干渉事例調査には8か国の市場監視機関(MSA)が参加し、MSAから62件の気象レーダへの干渉ケースに関して詳細情報が提供された。主な所見は以下の通り。
 - 気象レーダへ干渉を与えた製品は、ブランド1(62件中42件)、ブランド2(62件中12件)と特定のブランドに集中している。
 - 干渉する機器を持つ事業者は124 チャンネル(5610～5630 MHz) 及び128チャンネル(5630～5650 MHz)を使用しているケースが多い。
 - 62件中49件では指向性アンテナを用いてP2Pリンクを構築している。
 - 62件中29件でDFSを無効化していることを確認。無効化の方法としては、設置場所として周波数の割り当てが異なる国(韓国や南アフリカなど)を選択することでDFSを無効化しているケースが多く見られた。

2. 5GHz帯のDFSに関する状況

米国・U-NIIデバイスとTDWRの干渉事例

- U-NIIデバイスによる気象レーダTDWRの干渉に関連するFCCの制裁措置をFCCのサイトで公開。
- DFSを無効化して干渉を与えた事例が多く、特定のメーカーの製品が使われているケースが大半。
- ユーザがDFS機能を無効化できる状態で販売した場合も制裁の対象となる。

公開されている直近の制裁事例

公開日	制裁対象	場所	違反内容	制裁措置	罰金額
08-22-2019	WinPR, Inc., San Juan, Puerto Rico	プエルトリコ	U-NIIデバイスをU-NII-2C bandでDFSなしで運用。San Juan International Airport のTDWRに干渉を与えた。	NAL	\$25,000
08-22-2019	CA Solutions, Inc., Boom Net, LLC, Caguas, Puerto Rico	プエルトリコ	U-NIIデバイスをU-NII-2C bandでDFSなしで運用。San Juan International Airport のTDWRに干渉を与えた。	NAL	\$25,000
08-22-2019	Broadband Telecommunications Network, Corp., San Juan, Puerto Rico	プエルトリコ	U-NIIデバイスを U-NII-2C bandでDFSなしで運用。San Juan International Airport のTDWRに干渉を与えた。	NAL	\$25,000
05-20-2019	Caribbean Network Solutions, Inc., Bayamon, Puerto Rico	プエルトリコ	U-NIIデバイスを U-NII-2C bandでDFSなしで運用。San Juan International Airport のTDWRに干渉を与えた。	NAL	\$20,000
11-14-2017	RADWIN Ltd., RADWIN, Inc.	—	ユーザがDFSを無効化できる状態でU-NIIデバイスを販売。DFS無効化機能はソフトウェアアップデートにより削除。	ORDER & CONSENT DECREE	\$95,000
09-16-2016	Airosurf Communications, Inc., Edmond, Oklahoma	オクラホマ	カントリーコードをニカラグアの状態であつDFSなしでU-NIIデバイスを運用。Oklahoma Cityの気象レーダに干渉を与えた。	NOUO	—
07-29-2016	Towerstream Corporation, Middletown, Rhode Island	ロードアイランド	U-NIIデバイスをDFS機能を備えずに運用し、複数の空港の気象レーダに干渉を与えた。 元々の罰金額は\$202,000であったが、Towerstreamの支払い能力を考慮してFCCとの協議により\$40,000で合意した。	ORDER & CONSENT DECREE	\$40,000

Notices of Apparent Liability (NAL): 法的責任が明確な場合に、対象者に違反の疑いの内容、課される可能性のある最大の罰則を通知し、回答や異議申立てを行う機会を提供する。

Notice of Unauthorized Operation (NOUO): FCCの現場担当者 (Field Agents) が違反や許可されていない無線の運用を発見した場合に行う通知。

Consent Decree: 罰金等に関する同意審決。

FCC, U-NII and TDWR Interference Enforcement <https://www.fcc.gov/general/u-nii-and-tdwr-interference-enforcement>

まとめ

1. 周波数の利用状況及び技術基準の策定経緯

- 各国・地域における無線機器の規制枠組み、周波数割当、周波数共用検討、産業界との調整等によって、技術基準や測定方法が策定されている。
- 周波数割当などは国際協調が図られているものの、各国・地域固有の技術基準・測定方法による差異は残る。

2. 5GHz帯のDFSに関する状況

- 欧州・米国における市場監視では、特に5GHz帯の不適合製品やDFS機能が無効化されるケースが確認されている。
- 欧州・米国とも5GHz帯の無線LAN機器が、5GHz帯(C-band、特に5600MHz－5650MHz)の気象レーダに干渉を与える事例が発生し、規制当局が市場監視を強化している。
 - 干渉事例の原因機器は特定メーカーの製品に集中。不適合製品が広く流通した場合の対処が困難。
- 市場監視や干渉事例の結果も踏まえて、欧州・米国のDFS要件は更新されている。