



Wi-Fi 6E/7 の最新動向

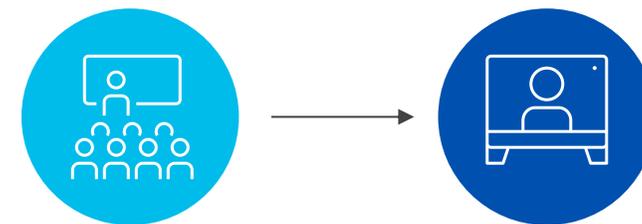
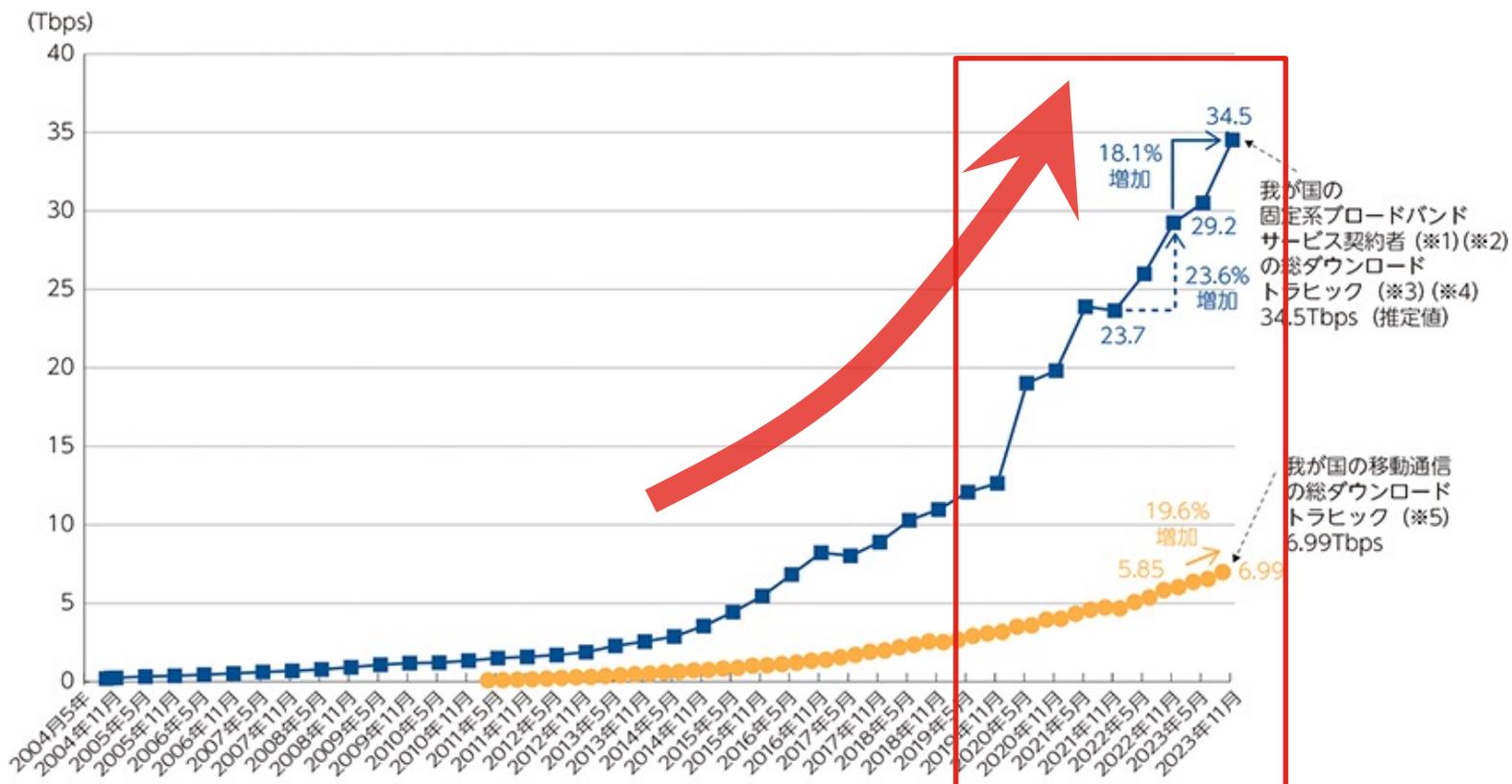
シスコシステムズ合同会社

Sho Takahashi
Customer Success Specialist

2024/11/25

はじめに

インターネットトラフィックの急増



対面からオンラインへ

ビジネス会議

大学の授業

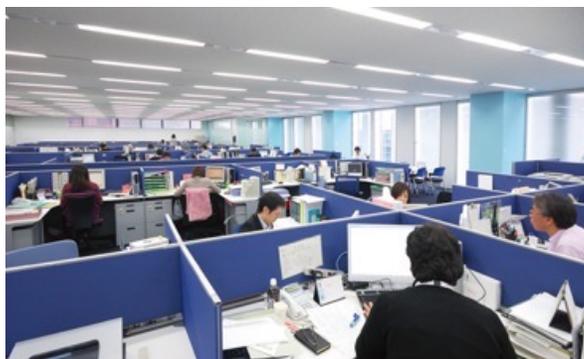
※1 個人の利用者向け固定系ブロードバンドサービス (FTTH、DSL、CATV及びFWA)
※2 一部の法人契約者を含む
※3 2011年5月以前は、携帯電話網との間の移動通信トラフィックの一部が含まれる
※4 2017年5月から協力ISPが5社から9社に増加し、9社からの情報による集計値及び推計値としたため、不連続が生じている
※5 【総務省 我が国の移動通信トラフィックの現状 (令和5年9月分)】より引用 (3月、6月、9月、12月に計測)

(出典) 総務省 (2024) 「我が国のインターネットにおけるトラフィックの集計結果 (2023年11月分)」

はじめに

ビジネス会議の変化

今までの職場



- オフィスに出社して仕事
- 人が密集
- 会議は現場で。Web会議不要
- トラフィックはメール、ネット検索など



今・これからの職場



分散型

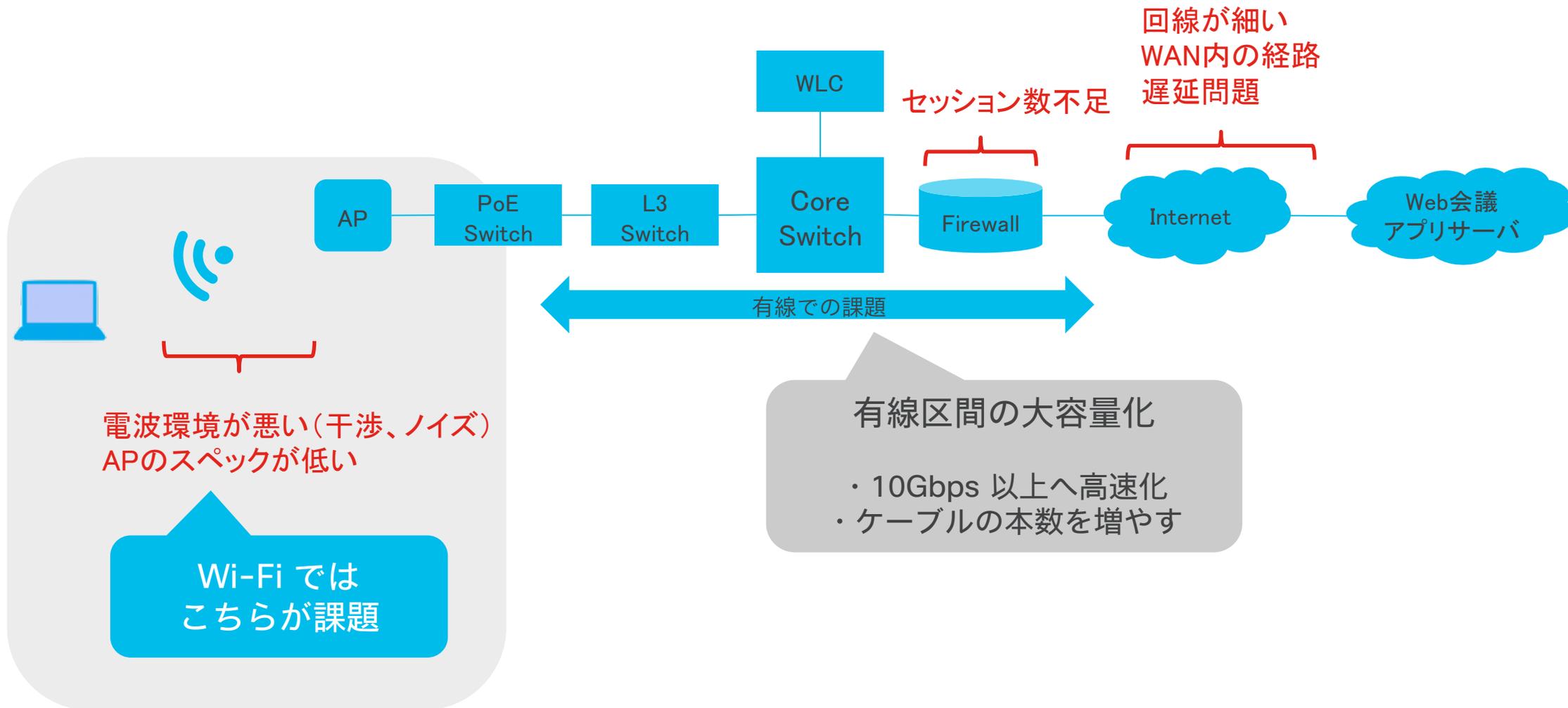
リモートワーク

- フリーアドレスで仕事
- 人は会社内でも分散、リモートオフィスや自宅からアクセス
- 社内・社外の会議は Web会議が主、トラフィック増加

高速な無線 LAN やインフラが不可欠

はじめに

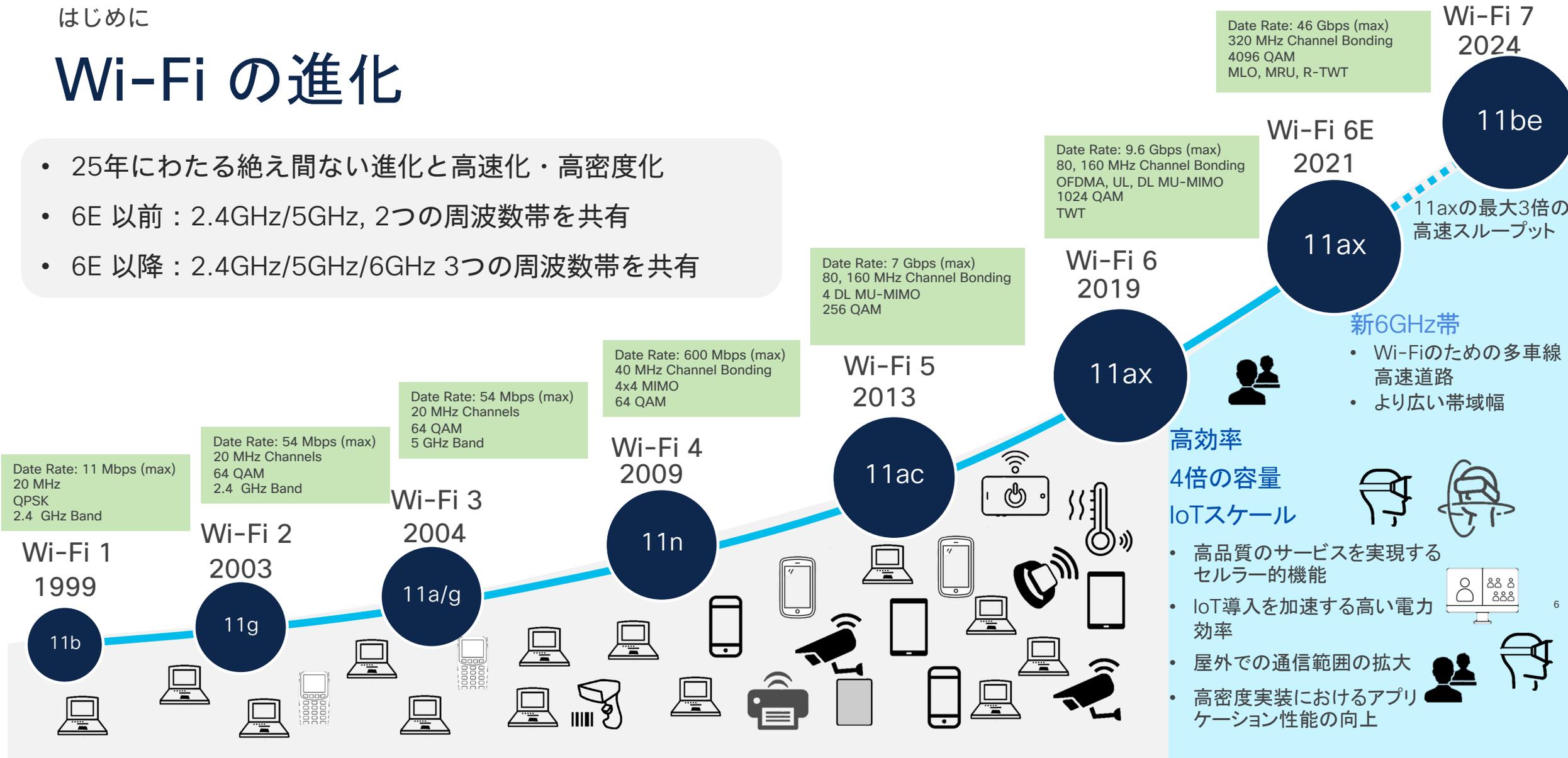
高速な無線 LAN やインフラに必要なものは？



はじめに

Wi-Fi の進化

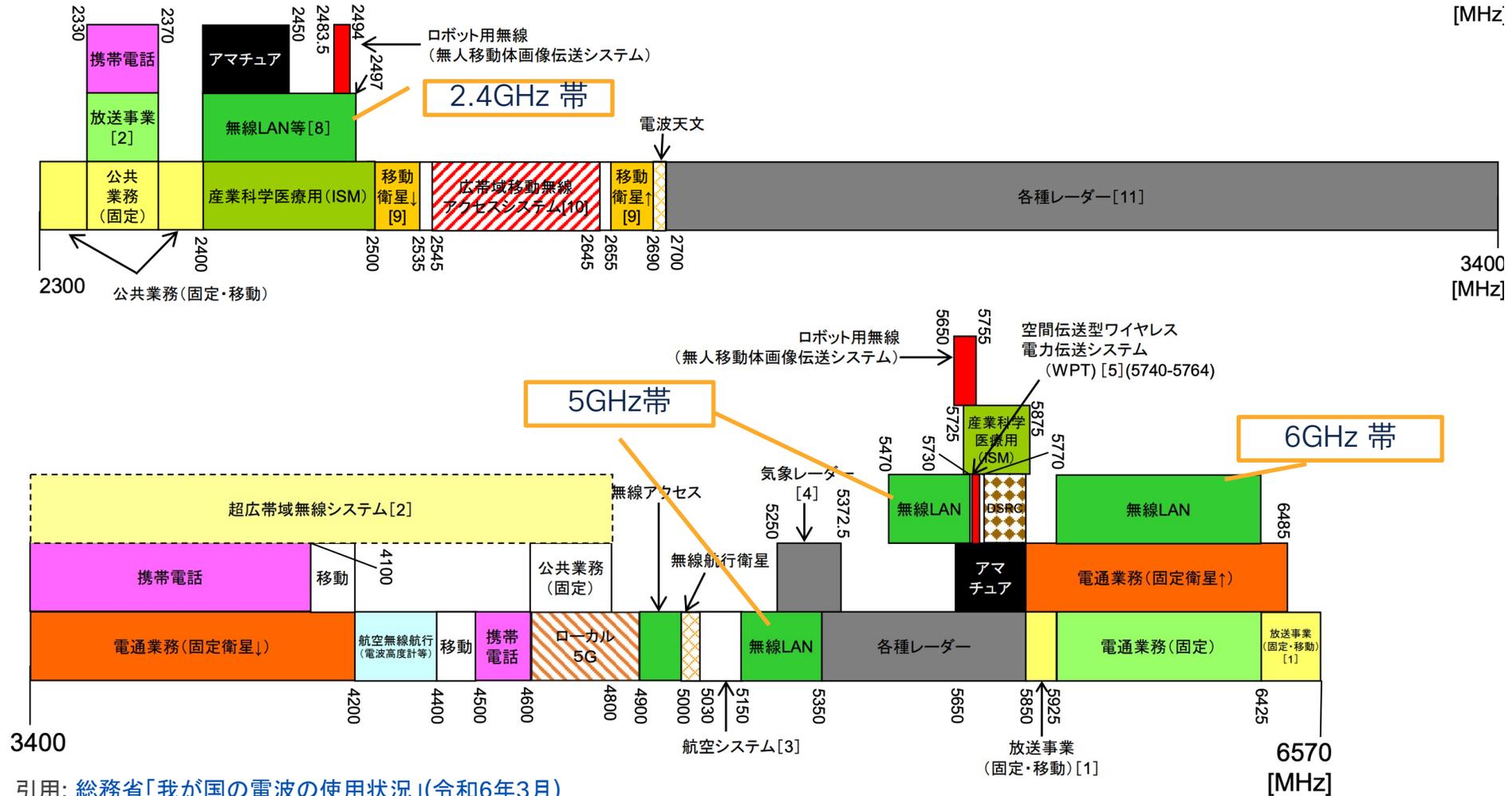
- 25年にわたる絶え間ない進化と高速化・高密度化
- 6E 以前：2.4GHz/5GHz, 2つの周波数帯を共有
- 6E 以降：2.4GHz/5GHz/6GHz 3つの周波数帯を共有



Wi-Fi 6E のポイント 電波の話

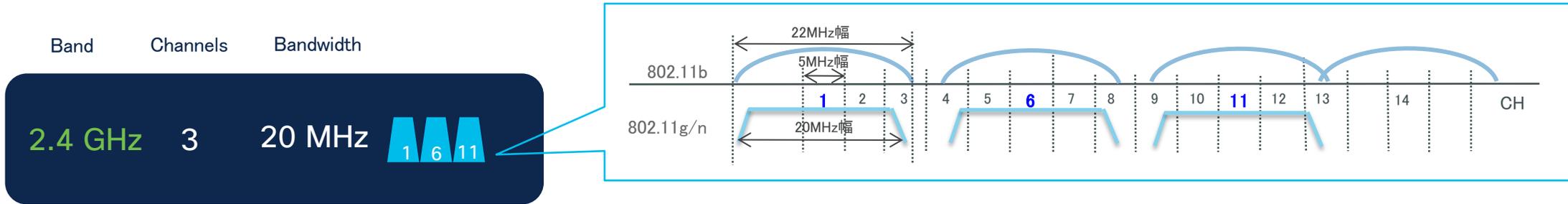


無線 LAN で利用される周波数



無線 LAN は免許等が不要な帯域を利用していますが他の用途でも利用されていますので注意が必要です

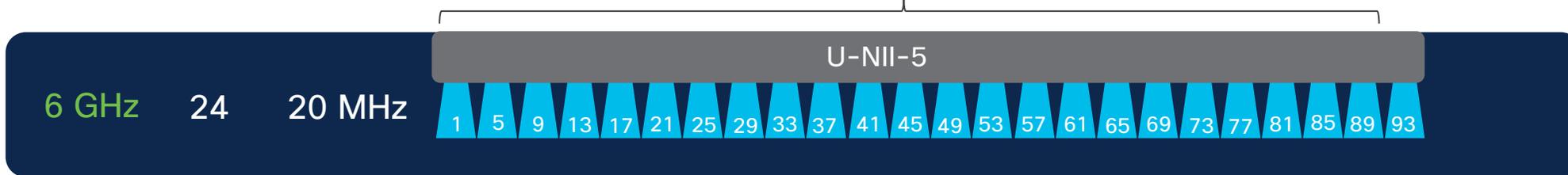
周波数帯とチャンネル数



DFS (Dynamic Frequency Selection) 機能が義務付けられています



DFS は不要です



Wi-Fi 6E では 2.4/5 GHz 帯に加えて
新たに 6 GHz 帯 500 MHz, 24チャンネル分が使えるように

$$500 \text{ MHz} = 20 \text{ MHz(Guard Band)} + 20 \text{ MHz} \times 24 \text{ ch}$$

チャンネルボンディング

Band Channels Bandwidth

2.4 GHz

3	20 MHz		60 MHz of spectrum and 3x 20-MHz channels
1	40 MHz		

DFS あり

5 GHz

20	20 MHz		500 MHz of spectrum and 20x 20-MHz channels
10	40 MHz		
5	80 MHz		
2	160 MHz		

6 GHz

24	20 MHz		1200 MHz of spectrum and 59x 20-MHz channels in US
12	40 MHz		
6	80 MHz		
3	160 MHz		

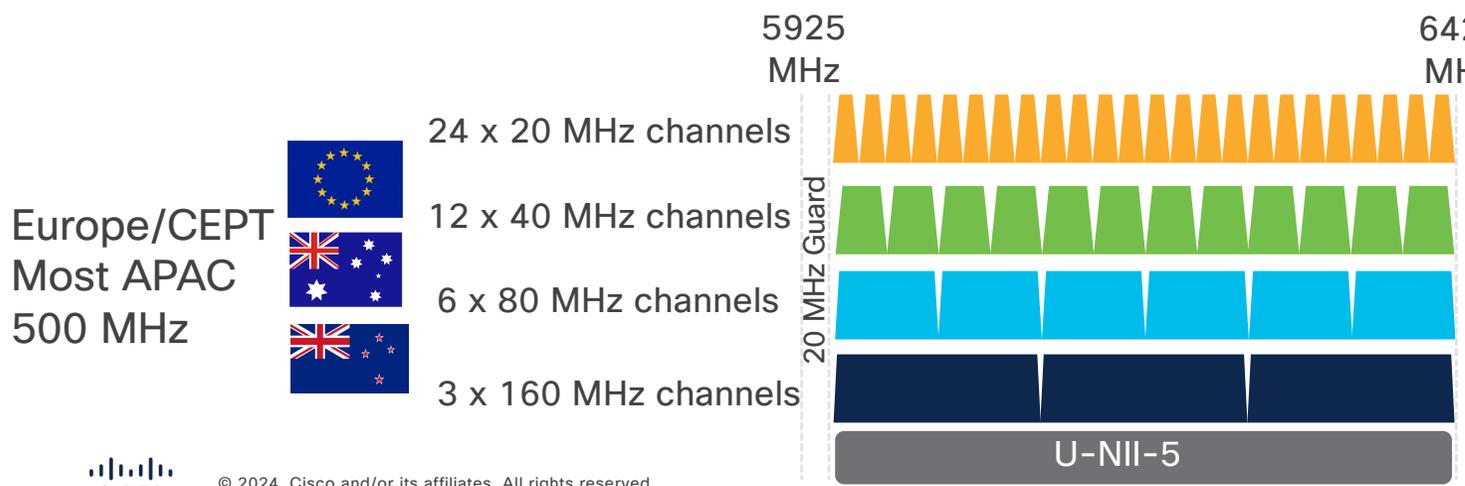
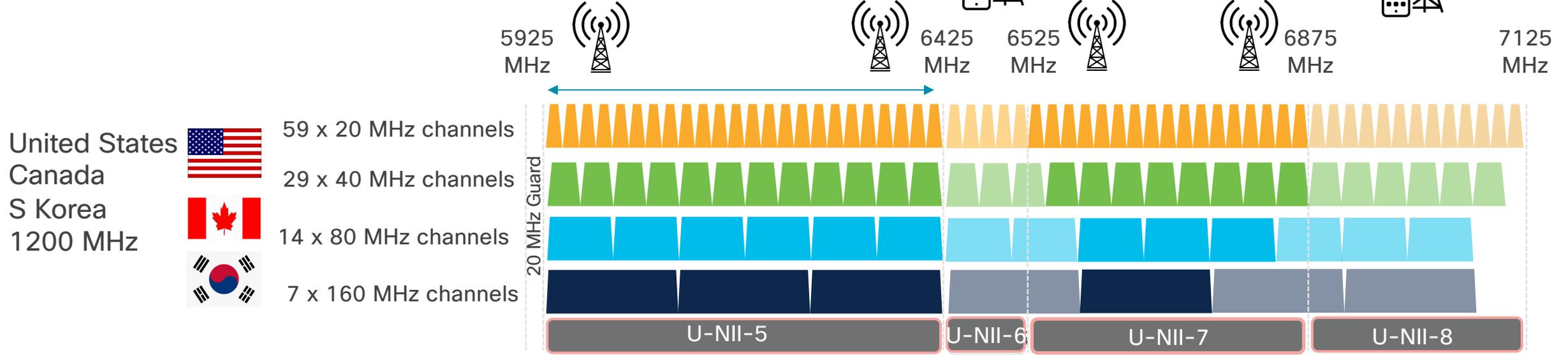
日本未承認

500 MHz of spectrum in EU

チャンネル幅	5GHz	6GHz*	合計
20MHz	20	24	48
40MHz	10	12	22
80MHz	5	6	11
160MHz	2	3	5

*チャンネル数はEU/JPベース

海外の 6 GHz 利用状況



5955 - Central Frequency of the first 20 MHz channel
 → Starting at 5925 MHz +
 20 MHz of guard band +
 10 MHz to get to the center of the first 20 MHz channel

6GHz 帯電波の送信出力

6GHz 帯は DFS が不要ですが
用途や送信電力の強さがクラス分けされています

VLP

Very Low Power

- ・屋内/屋外 (国次第)
- ・低出力
- ・DFS なし / AFC なし
- ・外付けアンテナ不可

LPI

Low Power Indoor

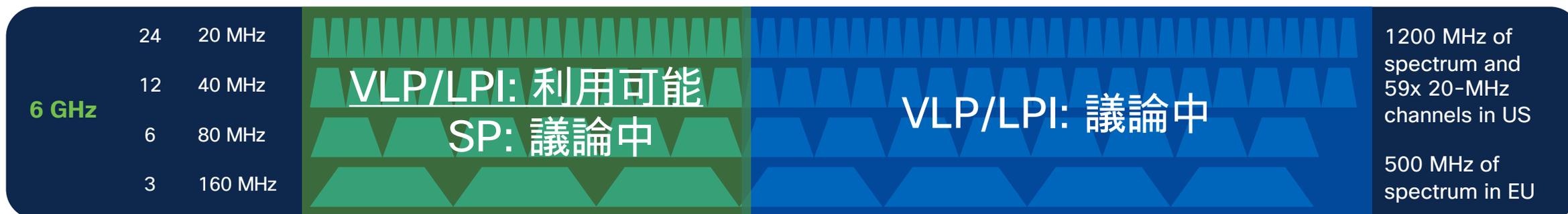
- ・屋内のみ
- ・2.4/5GHz 帯と同等出力
- ・DFS なし / AFC なし
- ・外付けアンテナ不可

SP

Standard Power

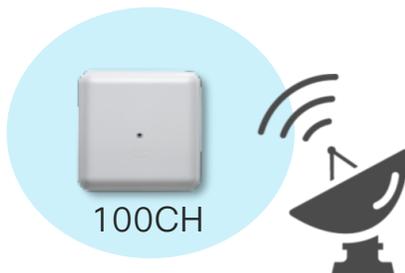
- ・屋内/屋外
- ・高出力
- ・DFS なし / AFC あり
(国次第)

日本における検討状況



DFS の動作概要

① レーダー波との干渉を検知



② 260 ミリ秒以内に電波を止める
10 秒以内に他のチャンネルへ移動

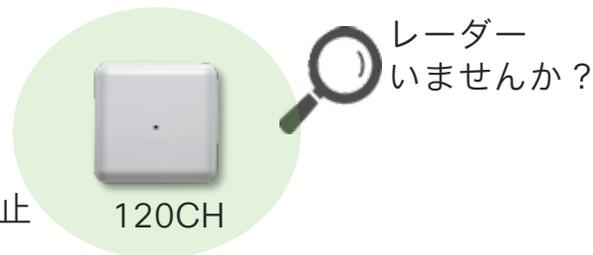


③ 移動先チャンネルを 1 分間スキャン
(この間電波は出せない)



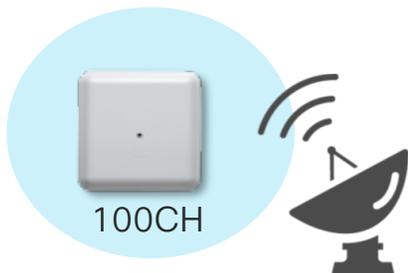
④ 移動先チャンネルで通信提供再開
先ほどレーダー波を検知したチャンネルは
以降 30 分間利用禁止

30分利用禁止
100CH



DFS の動作概要

① レーダー波との干渉を検知



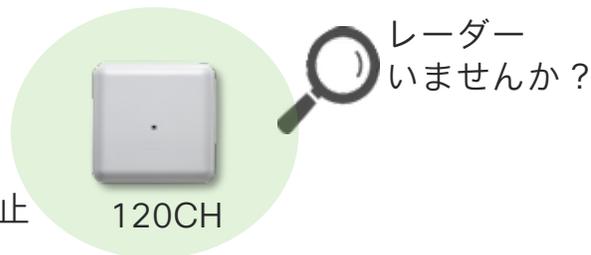
② 260 ミリ秒以内に電波を止める
10 秒以内に他のチャンネルへ移動



③ 移動先チャンネルを 1 分間スキャン
(この間電波は出せない)



④ 移動先チャンネルで通信提供再開
先ほどレーダー波を検知したチャンネルは
以降 30 分間利用禁止



100ch

120ch

利用

検知
して
停波
260ms

時間

利用
禁止

30 分

Scan
1 分

利用

6GHz 帯電波の送信出力

6GHz 帯は DFS が不要ですが
用途や送信電力の強さがクラス分けされています

VLP

Very Low Power

- ・屋内/屋外 (国次第)
- ・低出力
- ・DFS なし / AFC なし
- ・外付けアンテナ不可

LPI

Low Power Indoor

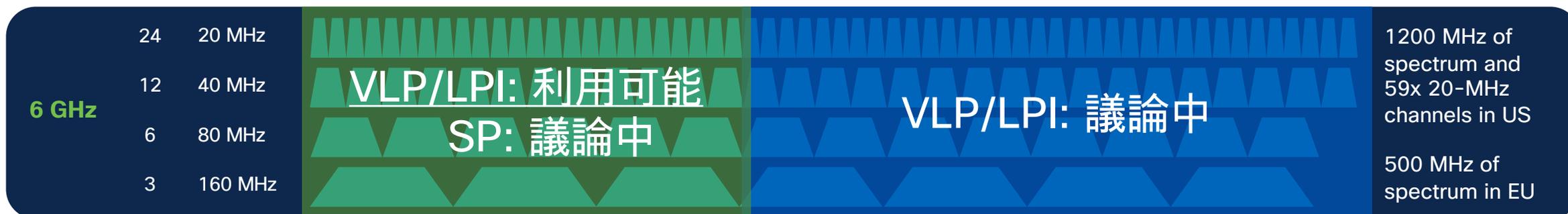
- ・屋内のみ
- ・2.4/5GHz 帯と同等出力
- ・DFS なし / AFC なし
- ・外付けアンテナ不可

SP

Standard Power

- ・屋内/屋外
- ・高出力
- ・DFS なし / AFC あり
(国次第)

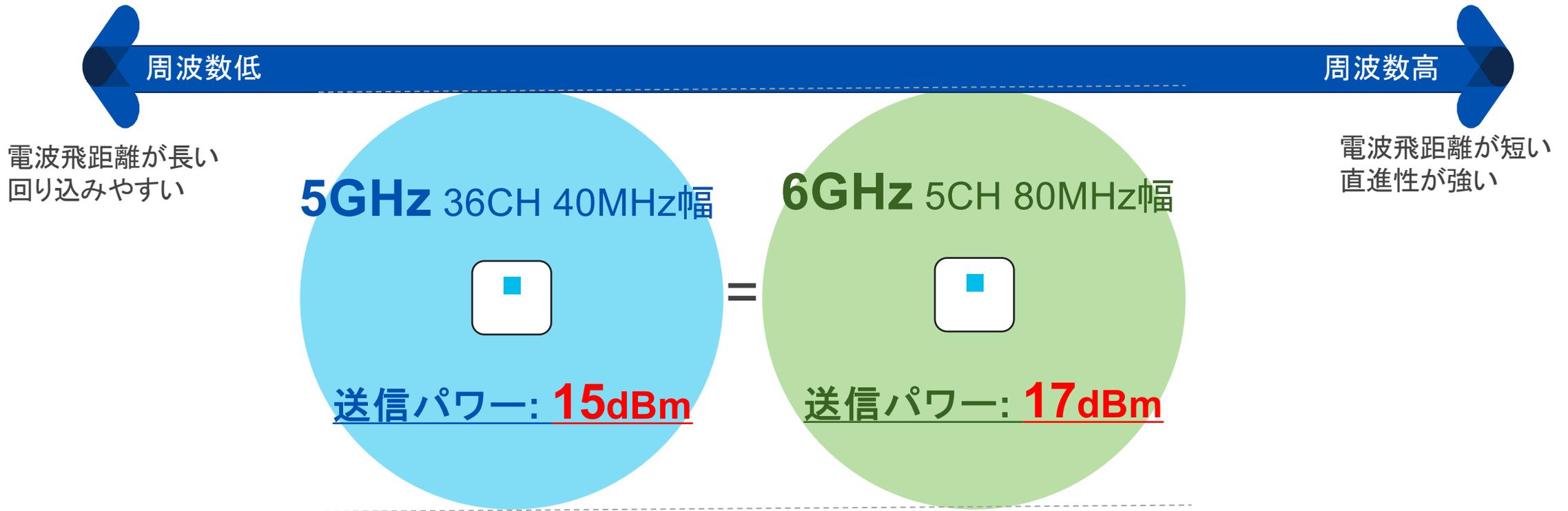
日本における検討状況



屋内での 6GHz Wi-Fi デザイン

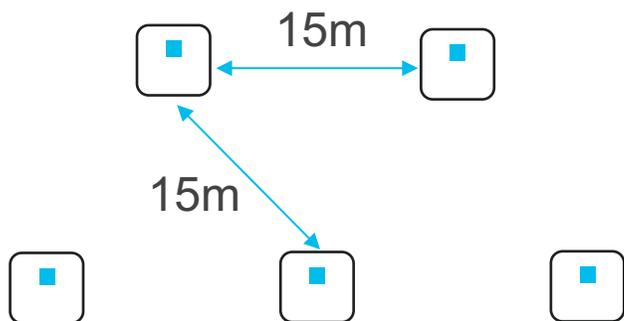
LPI
Low Power Indoor

- ・屋内のみ
- ・2.4/5GHz 帯と同等出力
- ・DFS なし / AFC なし
- ・外付けアンテナ不可



6 GHz の到達範囲は 5 GHz よりも狭くなります
到達範囲を改善するには 6 GHz の送信出力を上げる必要があります

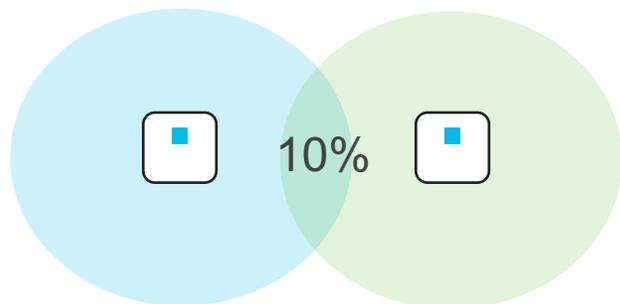
AP の配置について



約15mおきに1台。



設置の高さは約3m。
3mより高い場合は指向性アンテナを利用。
天井表面。



電波の到達範囲は
ローミングしやすいよう10%程度重複。
※電波自動調整で出力調整できる場合は自動的に調整されるはずです。

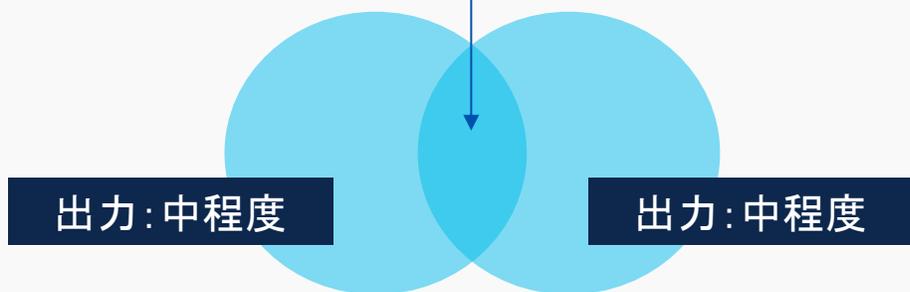
6GHz のセルデザイン



これまでと同じ場所に
AP を設置して良いパターン

- 2.4G/5GHz で余裕を持った
チャンネルカバレッジの場合

セルの重複も推奨
デザイン通り



AP の設置場所そのまま
5GHz より 6GHz の出力を上げる*

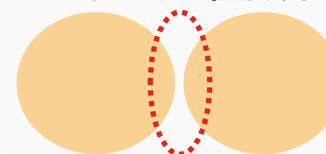


AP 設置位置を
見直した方が良いパターン

- 2.4G/5GHz がすでに最大出力の場合



- 一部でつながりにく箇所がある場合



- 障害物が多い場所



6GHz の飛距離が短く直進性が高いという
特性から電波が届かないエリアが広がる可能性

Wi-Fi 6E アクセスポイントのアンテナについて

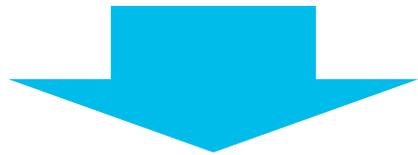


無指向性アンテナは「全方向」に電波が飛びます
廊下や棚の多い倉庫などで無駄が多い

6GHz 帯で使える指向性アンテナ

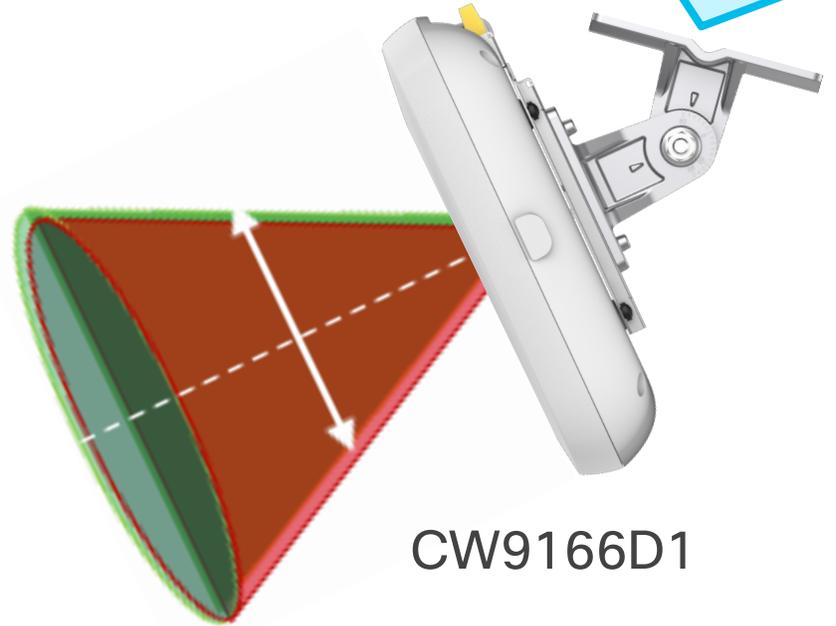


6GHz 帯では
外付けアンテナが使えない



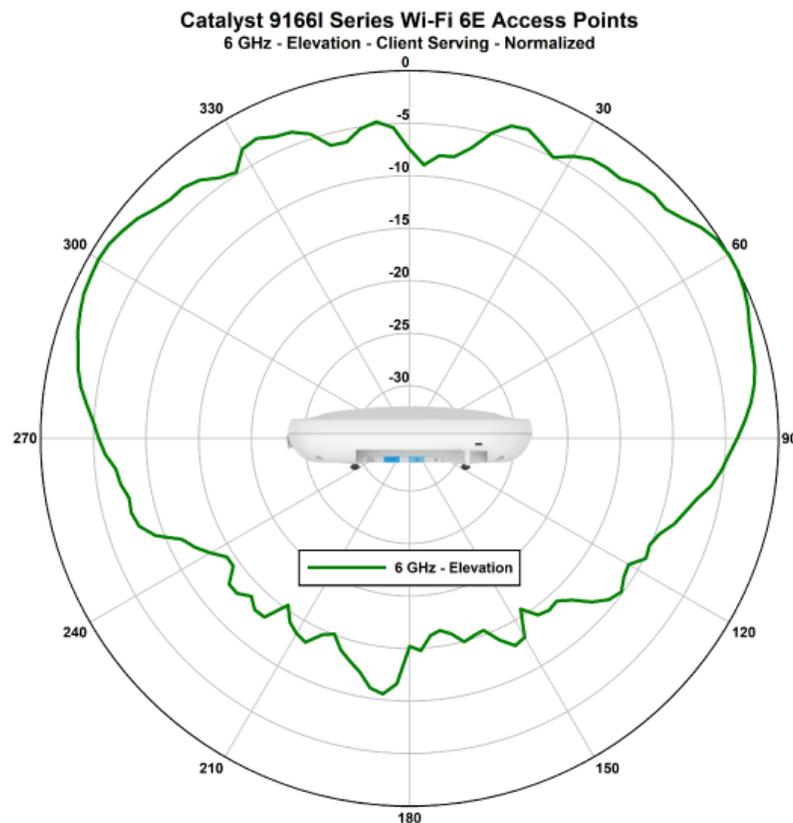
指向性アンテナを“**内蔵**”した
屋内用アクセスポイントを使う

関節付きアームで
アクセスポイントの向きを
自由に調整可能

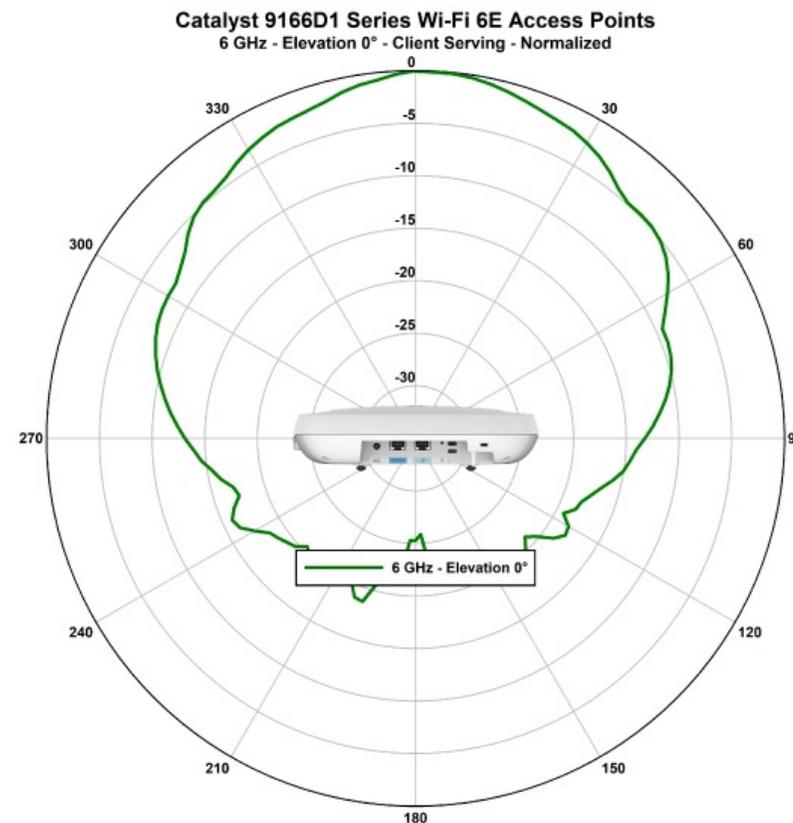


CW9166D1

無指向性アンテナと指向性アンテナ

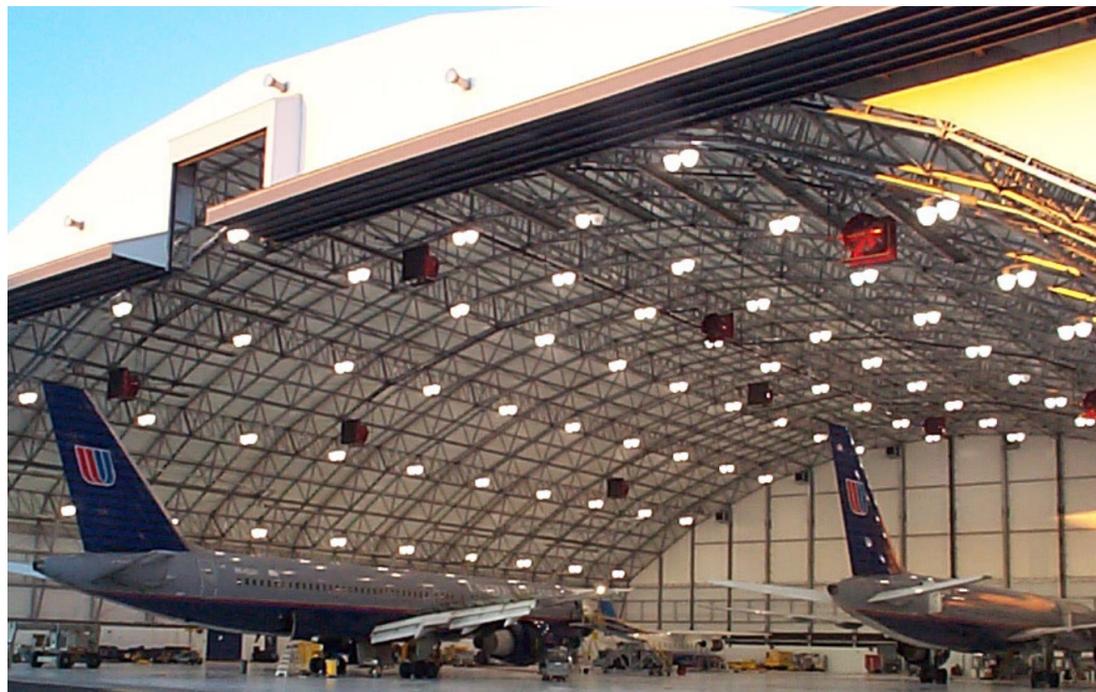


無指向性アンテナ
全方位に電波を飛ばす



指向性アンテナ
無指向性より範囲は狭く、距離は遠く

指向性アンテナが適しているケース - 高い天井



指向性アンテナが適しているケース - 高い天井

高さ 10m の天井に AP を設置したときのシミュレーション (送信出力: 17dBm)

無指向性アンテナ
CW9166I



指向性アンテナ
CW9166D1



指向性アンテナが適しているケース - 長い廊下



廊下の両端に設置するような
シンプルな構成が検討可能

6GHz 帯電波の送信出力

6GHz 帯は DFS が不要ですが
用途や送信電力の強さがクラス分けされています

VLP

Very Low Power

- ・屋内/屋外 (国次第)
- ・低出力
- ・DFS なし / AFC なし
- ・外付けアンテナ不可

LPI

Low Power Indoor

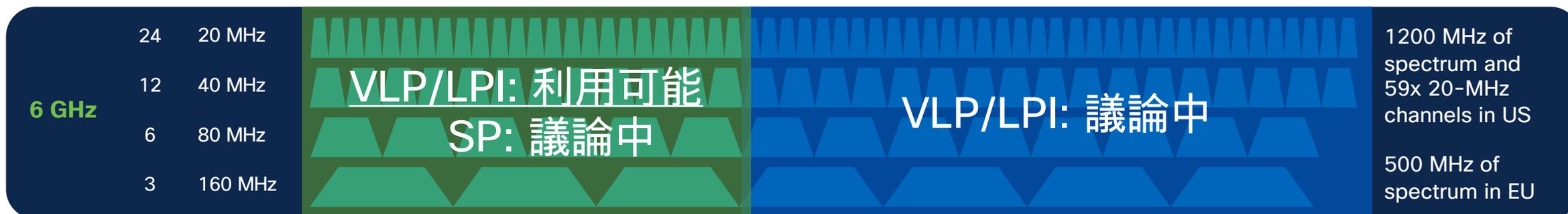
- ・屋内のみ
- ・2.4/5GHz 帯と同等出力
- ・DFS なし / AFC なし
- ・外付けアンテナ不可

SP

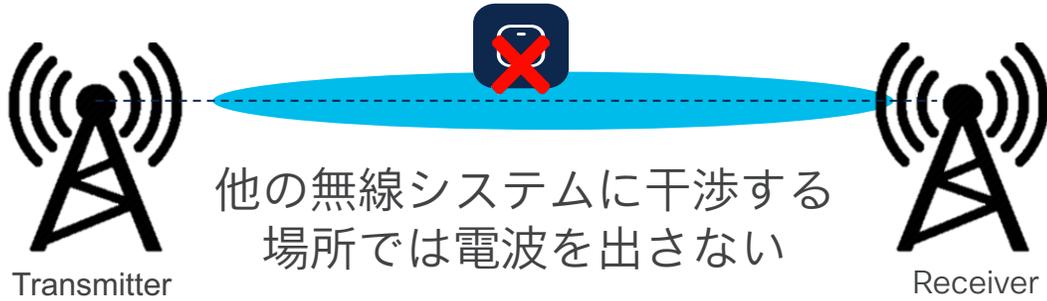
Standard Power

- ・屋内/屋外
- ・高出力
- ・DFS なし / AFC あり
(国次第)

日本における検討状況



AFC (Automated Frequency Coordination)

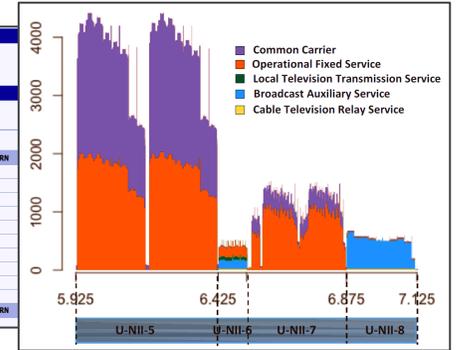


Specified Search

State = California
County = SANTA CLARA
Frequency Upper Band >= 6425
Frequency Assigned <= 5925

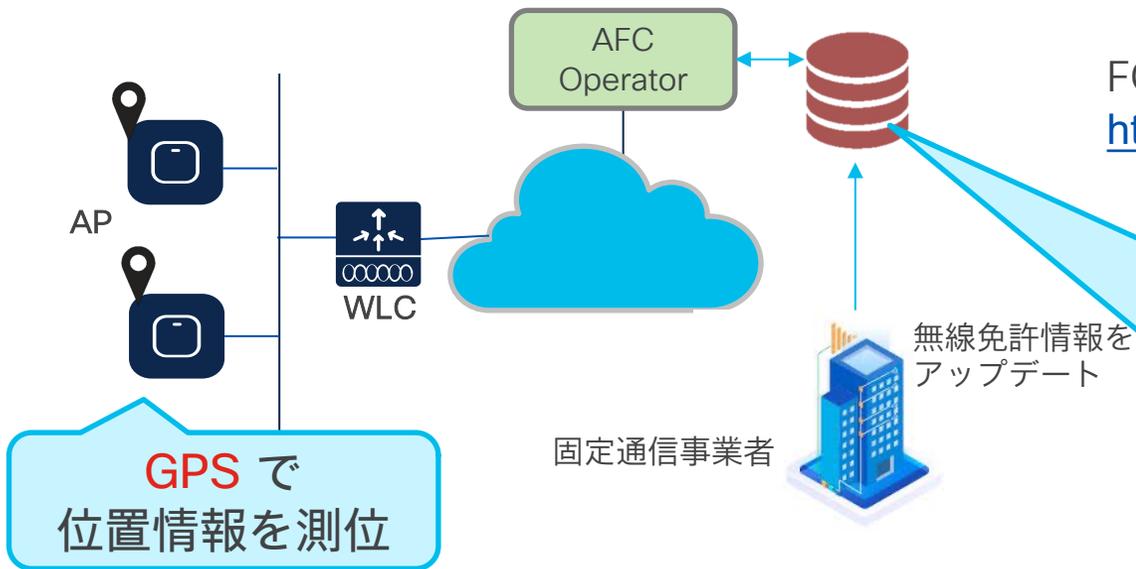
Matches 1-10 (of 109)

Call Sign/Lease ID	Name	FRN
1 KH061	Pacific Gas and Electric Company	002956497
2 KH066	SANTA CLARA COUNTY OF	001559824
3 KH026	SANTA CLARA COUNTY OF	001559824
4 KH074	Pacific Gas and Electric Company	002956497
5 KH093	AT&T COMMUNICATIONS OF CALIFORNIA INC	0003301702
6 KH869	Pacific Gas and Electric Company	002956497
7 KH956	PACIFIC BELL	001551530
8 KH077	SOUTHERN CALIFORNIA EDISON COMPANY	001555608
9 KH029	AT&T COMMUNICATIONS OF CALIFORNIA INC	0003301702
10 KH027	SOUTHERN CALIFORNIA EDISON COMPANY	001555608



FCC's Universal Licensing System:

<https://wireless2.fcc.gov/UlsApp/UlsSearch/searchGeographic.jsp>



Automated Frequency Coordination (AFC):
位置情報と周波数のデータベース

- AP を設置した地理的位置で利用可能かつ
- 固定衛星などの他の無線システムと干渉するリスクが無い周波数

AFC データベースを参照して SP モードの周波数と送信出力を制御
位置情報は GPS で測位

DFS と AFC

DFS

リアクティブに干渉を回避

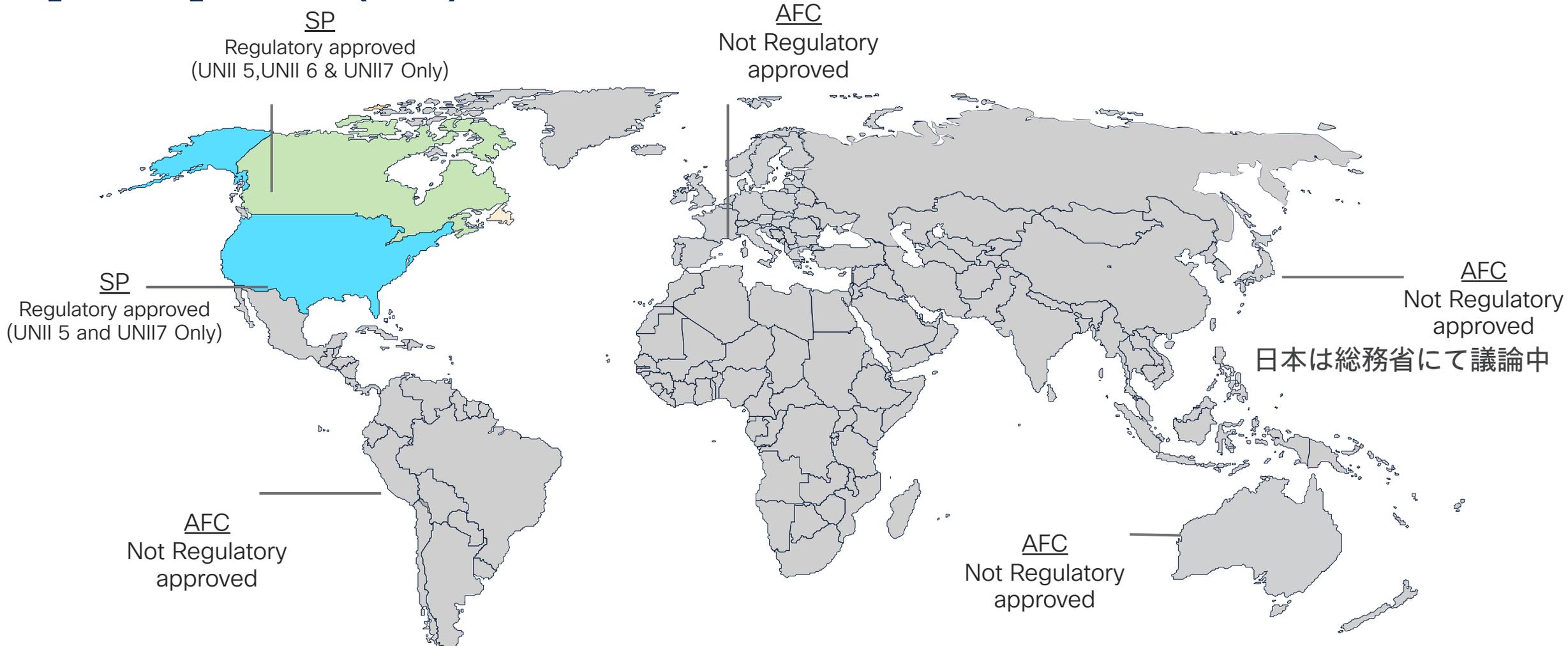
- レーダーを受信すると即座に送信を止める
- チャネル変更による通信断
- 再利用までに時間がかかる

AFC

プロアクティブに干渉を回避

- 他システムに干渉しないよう周波数と出力を調整する
- 国ごとに AFC システムの運用が必要
2024年現在は北米など一部の国のみで稼働
- GPS による正確な測位が必要

[参考] 屋外(SP)/外付けアンテナが認可された国



AFC approved and in production in USA

Wi-Fi 6E のポイント セキュリティ

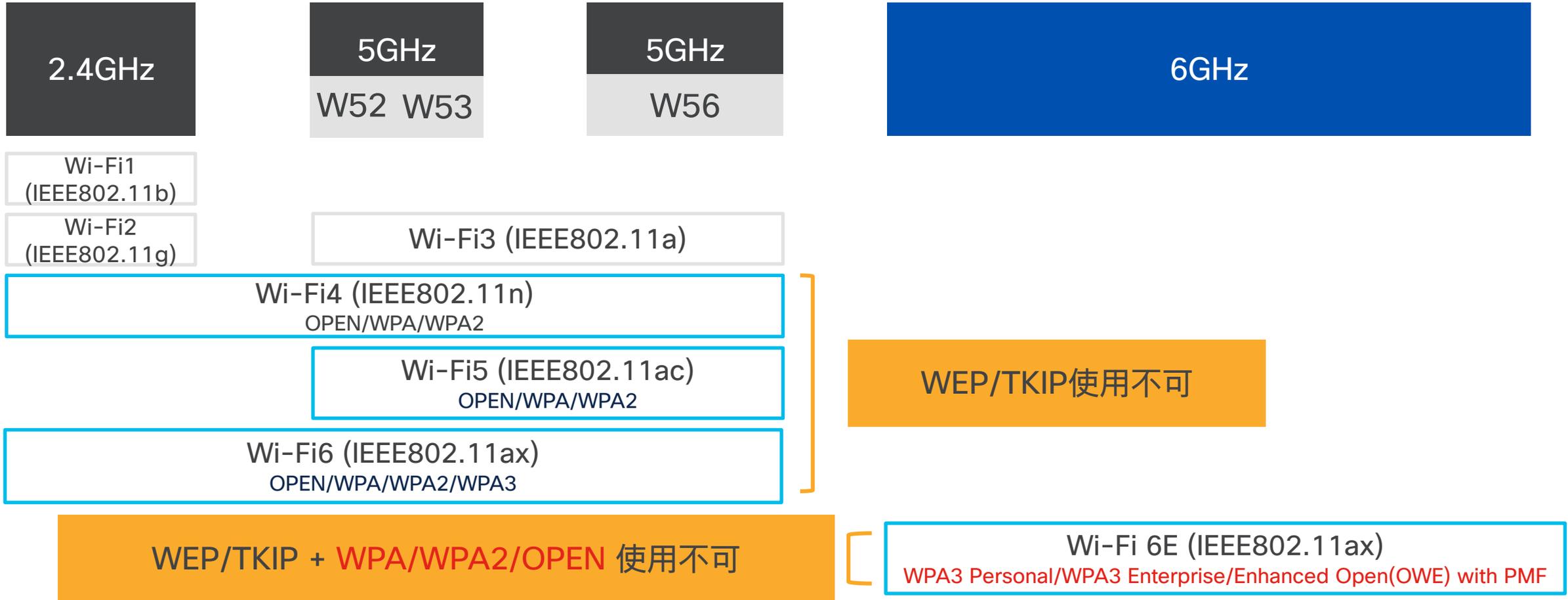
無線 LAN で利用されるセキュリティ規格

規格名	WEP*	WPA	WPA2	WPA3
暗号化方式	WEP (RC4)	TKIP (RC4) またはCCMP (AES)	CCMP (AES) または TKIP (RC4)	CCMP (AES)
策定期期	1997 年	2002 年	2004 年	2018 年
認証方式	<ul style="list-style-type: none"> ・ オープンシステム認証 ・ シェアードキー認証 ・ オープンシステム認証 + シェアードキー認証 	<ul style="list-style-type: none"> ・ Personal / PSK ・ Enterprise / 802.1x 認証** 	<ul style="list-style-type: none"> ・ Personal / PSK ・ Enterprise / 802.1x 認証 	<ul style="list-style-type: none"> ・ Personal / SAE ・ Enterprise 認証
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非常に脆弱 ・ 解読ツールを利用すれば容易に解読できてしまう 	<ul style="list-style-type: none"> ・ WEP の脆弱性を受け暗号化技術を強化した ・ 一部脆弱性により現在では非推奨 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 現在主流の規格 ・ WEP, WPA で存在した通信速度の制限がない ・ 2017 年に脆弱性「KRACK」が発見された 	<ul style="list-style-type: none"> ・ KRACKを受けて策定されたWPA2の後継規格 ・ 新たに「SAE Handshake」という技術が搭載された ・ Wi-Fi 6からの対応につき今後の普及が期待される
Catalyst 9800でのサポート	×	<ul style="list-style-type: none"> ・ WPA ・ WPA + WPA2 	<ul style="list-style-type: none"> ・ WPA2 ・ WPA + WPA2 ・ WPA2 + WPA3 	<ul style="list-style-type: none"> ・ WPA3 ・ WPA2 + WPA3

* WEP, TKIP は Wi-Fi 4 (802.11n) 以降で利用不可

** EAP-FAST では TLS1.2 と併用

セキュリティの強化



Wi-Fi 6E では WPA3 および PMF が必須
WPA2 以前との互換性がありません

Wi-Fi 6E にむけた SSID デザイン

1

既存の SSID のセキュリティを
WPA2 → WPA3 に変更する

2

既存の SSID はそのままに
WPA3 用の SSID を新しく作る

3

既存の SSID のセキュリティを
WPA3 Transition Mode で設定しなおす

1. 既存の SSID セキュリティを WPA3 に変更する

メリット

- 最もシンプル
- 新しい SSID を作成する必要がない
- WPA3 のみで接続されており、最も安全

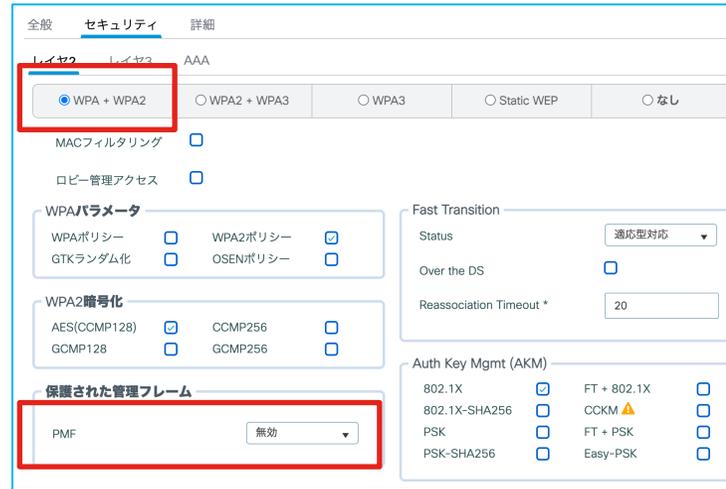
デメリット

- WPA3 と PMF に対応していない古いクライアントは接続できなくなる

The screenshot shows the 'WLANの追加' (Add WLAN) configuration window. The 'レイヤ2' (Layer 2) tab is selected. Under the security options, 'WPA2 + WPA3' is selected with a radio button. In the 'WPAパラメータ' (WPA Parameters) section, 'WPA3ポリシー' (WPA3 Policy) is checked. In the '保護された管理フレーム' (Protected Management Frames) section, 'PMF' is set to '必要' (Required). Other settings include 'Fast Transition' status set to '適応型対応' (Adaptive), 'Auth Key Mgmt (AKM)' with '802.1X-SHA256' checked, and 'Reassociation Timeout' set to 20.

2. WPA3 専用の SSID を新しく作る

既存の SSID (WPA2)



古い端末は
既存の SSID にそのまま
WPA2 で接続
2.4GHz or 5GHz

新しい SSID (WPA3)



WPA3 を使う
新しい名前の SSID を作成

PMF に対応した端末は
新しい SSID に WPA3 で接続
2.4GHz, 5GHz, or 6GHz

2. WPA3 専用の SSID を新しく作る

既存の SSID (WPA2)

全般 セキュリティ 詳細

プロファイル名* enterprise

無線ポリシー ⓘ

SSID* enterprise スロット設定を

WLAN ID* 2

6 GHz ステータス 無効



メリット

- レガシー向け SSID の設定変更なし
- 専用設計のためクライアントの互換性が最も高い

新しい SSID (WPA3)

全般 セキュリティ 詳細

プロファイル名* enterprise-NextGen

無線ポリシー ⓘ

SSID* enterprise-NextGen スロット設定を表示

WLAN ID* 2

6 GHz ステータス 有効

有効

WPA3が有効化されました
Dot11axが有効化されました



デメリット

- SSID を新しく作る手間がかかる
- クライアントの SSID 移行コスト

3. WPA3 Transition Mode を設定する



PMF をオプションで設定する

WPA2 向けと WPA3 向け両方の認証方式を選択する

全般 セキュリティ 詳細

プロファイル名* enterprise

SSID* enterprise

WLAN ID* 2

ステータス 有効

ブロードキャスト SSID 有効

無線ポリシー ⓘ

6 GHz

ステータス 有効

5 GHz

ステータス 有効

2.4 GHz

ステータス 有効

802.11b/g Policy 802.11b/g

✔ WPA3が有効化されました
✔ Dot11axが有効化されました

スロット設定を表示

全般 セキュリティ 詳細

レイヤ2 レイヤ3 AAA

WPA + WPA2 WPA2 + WPA3 WPA3 Static WEP なし

MACフィルタリング

ロビー管理アクセス

WPAパラメータ

WPAポリシー WPA2ポリシー

GTKランダム化 WPA3ポリシー

移行の無効化 Beacon Protection

WPA2/WPA3暗号化

AES(CCMP128) CCMP256

GCMP128 GCMP256

保護された管理フレーム

PMF 必要

アソシエーション復帰タイマー* 1

Fast Transition

Status 適応型対応

Over the DS

Reassociation Timeout * 20

Auth Key Mgmt (AKM)

802.1X FT + 802.1X

802.1X-SHA256 CCKM ⚠

PSK FT + PSK

PSK-SHA256 SAE

FT + SAE SAE-EXT-KEY

FT + SAE-EXT-KEY

3. WPA3 Transition Mode を設定する



メリット

- WPA2 のみ対応の古いクライアントのサポートを続けられる
- 新しい SSID を増やす必要がない



デメリット

- WPA3 Transition Mode では古いクライアントを接続する際に問題が発生する可能性がある

The screenshot shows the configuration page for WPA3 Transition Mode. The 'レイヤ2' (Layer 2) tab is selected, and the 'WPA2 + WPA3' radio button is chosen. The 'WPAパラメータ' (WPA Parameters) section has 'WPA2ポリシー' and 'WPA3ポリシー' checked. The 'WPA2/WPA3暗号化' (WPA2/WPA3 Encryption) section has 'AES(CCMP128)' and 'GCMP128' checked. The '保護された管理フレーム' (Protected Management Frames) section has 'PMF' set to '必要' (Required). The 'Auth Key Mgmt (AKM)' section has '802.1X' and '802.1X-SHA256' checked. The 'Fast Transition' section has 'Status' set to '適応型対応' (Adaptive Support).

Wi-Fi 6E のポイントまとめ

- 6GHz 帯が使えるようになった
 - 日本では屋内限定 (VLP/LPI mode) で利用可
 - 屋外利用や SP mode は現在検討中
- VLP/LPI mode は外付けアンテナ不可
 - 指向性がほしいときは、指向性アンテナを“内蔵”した屋内用 AP を使う
- WPA3/PMF のセキュリティ設定が必須
 - WPA2 以前との互換性なし

Wi-Fi 7 のポイント



Wi-Fi 7 のポイント

周波数帯とチャネル数

Band Channels Bandwidth

2.4 GHz 3 20 MHz



5 GHz 20 20 MHz



6 GHz 24 20 MHz



Wi-Fi 7 でも 6GHz が使えます
チャネル数も同様です

Wi-Fi 7 のポイント

6GHz 帯での制約も Wi-Fi 6E と同じ



無指向性アンテナ搭載
屋内アクセスポイント

CW9176I



指向性アンテナ搭載
屋内アクセスポイント

CW9176D1

Wi-Fi 7 でも 6GHz の外付けアンテナは使えません

※日本の場合

Wi-Fi 7 のポイント



CW9176I



CW9176D1

- 1 チャンネルボンディング
- 2 4096 QAM
- 3 Multi-Link Operation (MLO)
- 4 Multiple Resource Unit (MRU)

Wi-Fi 7 のポイント



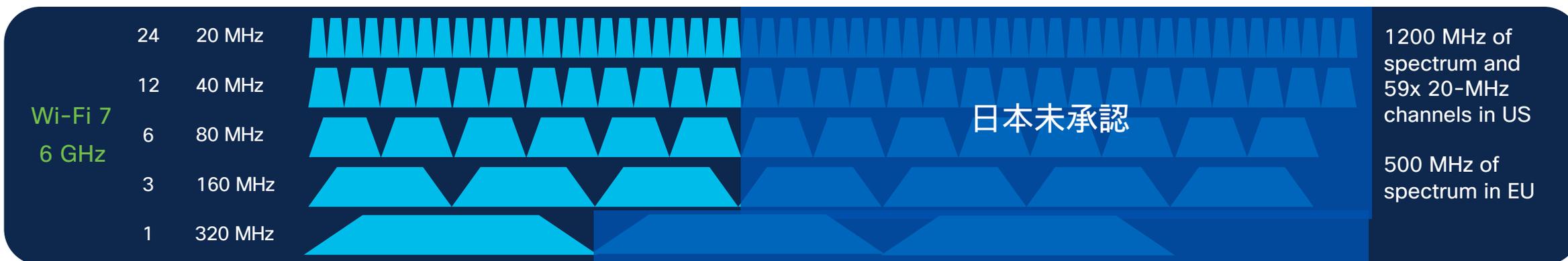
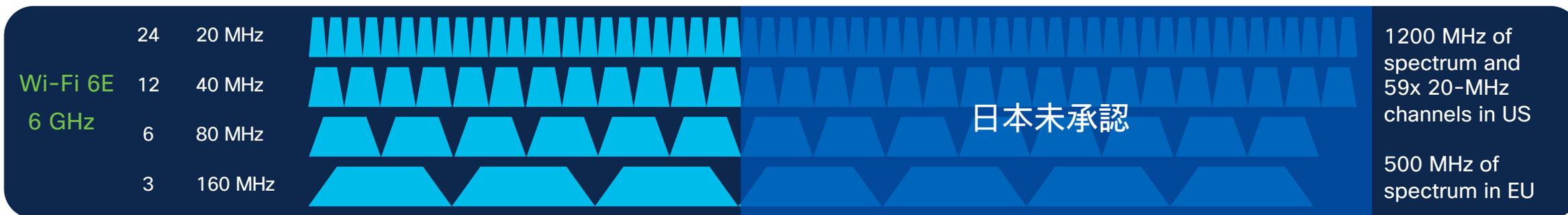
CW9176I



CW9176D1

- 1 チャンネルボンディング
- 2 4096 QAM
- 3 Multi-Link Operation (MLO)
- 4 Multiple Resource Unit (MRU)

新たに 320 MHz ボンディングをサポート



320MHz 幅のチャンネルボンディングは
現在の日本の法規制では 6GHz 帯で 1つのみ利用可能

Preamble Puncturing

Preamble Puncturing ナシ



Preamble Puncturing アリ



80 MHz 幅以上での
チャンネルボンディングの際に
Puncturing 可能

チャンネル幅	Allowed Puncturing
80 MHz	20 MHz
160 MHz	20 or 40 MHz
320 MHz	40 or 80 MHz (or) 40 + 80 MHz

Wi-Fi 7 のポイント



CW9176I



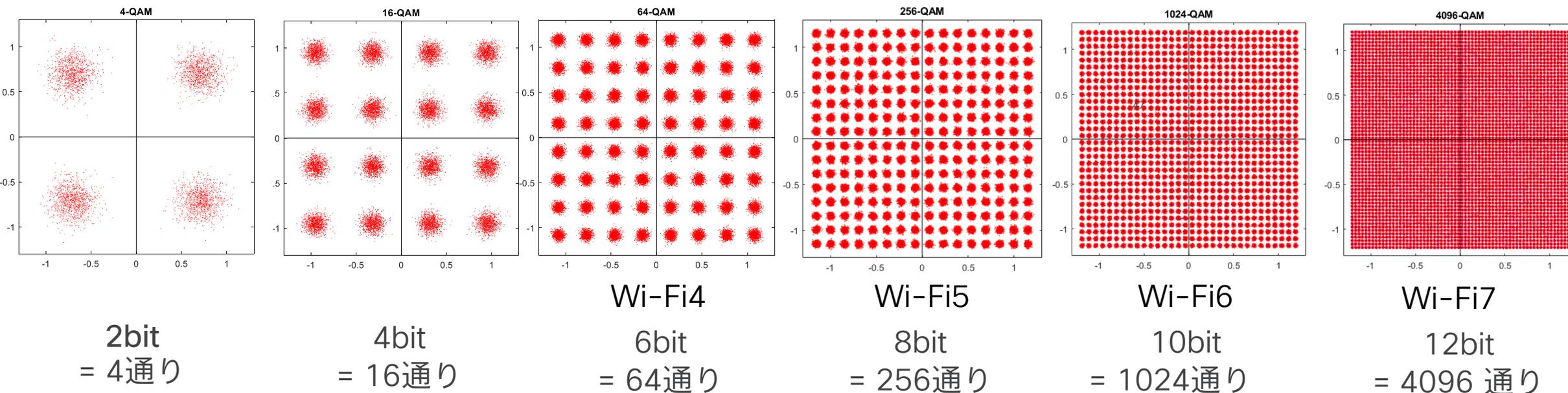
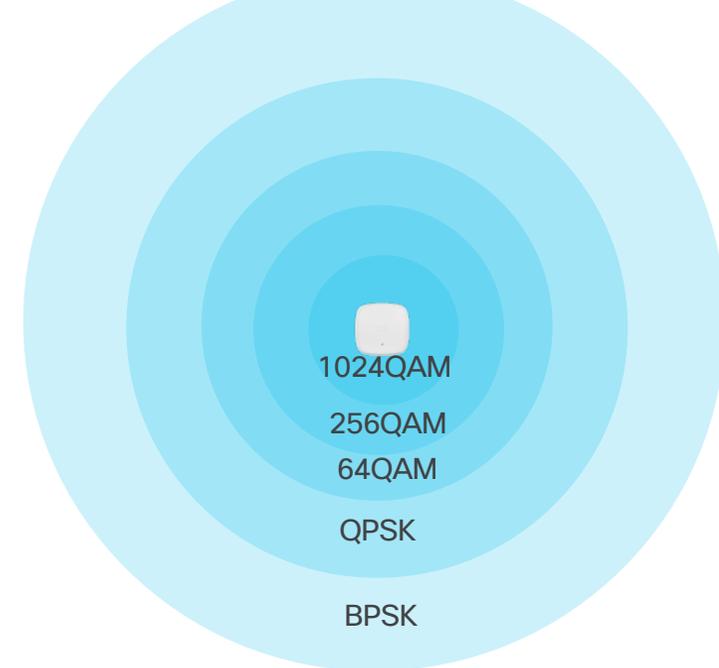
CW9176D1

- 1 チャンネルボンディング
- 2 4096 QAM
- 3 Multi-Link Operation (MLO)
- 4 Multiple Resource Unit (MRU)

新たに 4096QAM をサポート

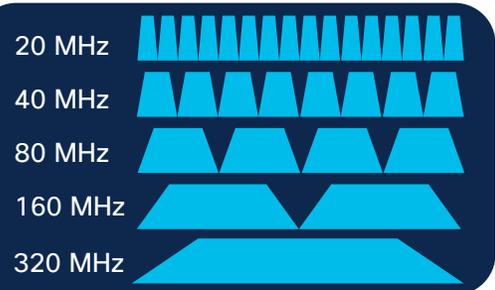
✓ 一度に多くの情報を伝送できるようになった
(= 1シンボルあたりの情報量が増えた)

⚠ 4096QAM には高い SNR 比の信号が必要



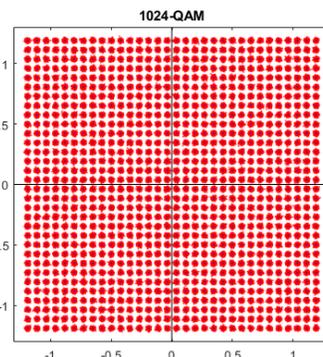
無線 LAN のデータレートについて

チャンネル幅



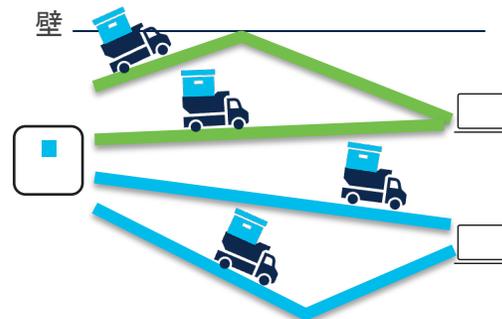
チャンネル幅が広いほど
多くのデータを送信可能

変調符号化方式



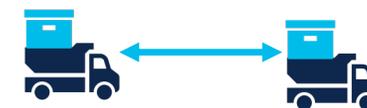
符号化率が高いほど
1つのシンボルで
多くのデータを送信可能

空間ストリーム数



ストリーム数が多いほど
同じチャンネルに異なる
データを同時に送信可能

Guard Interval



Guard Interval (GI)
0.8 μ s / 1.6 μ s / 3.2 μ s (11ax~)

Interval が短いほど
待ち時間が短くなり
データレートが高くなる

無線 LAN のデータレートについて

チャンネル幅

macOS:

Option キー + Wi-Fi アイコンをクリック
データストリーム数

Guard Interval

100%  

20 MHz
40 MHz
80 MHz
160 MHz
320 MHz

Channel: 69 (6 GHz, 160 MHz)

Country Code: JP

RSSI: -61 dBm

Noise: -91 dBm

Tx Rate: 1,921 Mbps

PHY Mode: 802.11ax

MCS Index: 9

NSS: 2



チャンネル幅
多くのデータ

高いほど
ボールで
データを送信可能

MCS Index		Spatial Stream		Modulation	Coding	996-tone RU / 80MHz			2x996-tone RU / 160MHz			
HT	VHT	HE	EHT			3.2μs GI	1.6μs GI	0.8μs GI	3.2μs GI	1.6μs GI	0.8μs GI	
0	0	0	0	1	BPSK	1/2	30.6	34.0	36.0	61.3	68.1	72.1
1	1	1	1	1	QPSK	1/2	61.3	68.1	72.1	122.5	136.1	144.1
2	2	2	2	1	QPSK	3/4	91.9	102.1	108.1	183.8	204.2	216.2
3	3	3	3	1	16-QAM	1/2	122.5	136.1	144.1	245.0	272.2	288.2
4	4	4	4	1	16-QAM	3/4	183.8	204.2	216.2	367.5	408.3	432.4
5	5	5	5	1	64-QAM	2/3	245.0	272.2	288.2	490.0	544.4	576.5
6	6	6	6	1	64-QAM	3/4	275.6	306.3	324.3	551.3	612.5	648.5
7	7	7	7	1	64-QAM	5/6	306.3	340.3	360.3	612.5	680.6	720.6
	8	8	8	1	256-QAM	3/4	367.5	408.3	432.4	735.0	816.7	864.7
	9	9	9	1	256-QAM	5/6	408.3	453.7	480.4	816.7	907.4	960.8
	10	10	10	1	1024-QAM	3/4	459.4	510.4	540.4	918.8	1020.8	1080.9
	11	11	11	1	1024-QAM	5/6	510.4	567.1	600.5	1020.8	1134.3	1201.0
			12	1	4096-QAM	3/4	551.3	612.5	648.5	1102.5	1225.0	1297.1
			13	1	4096-QAM	5/6	612.5	680.6	720.6	1225.0	1361.1	1441.2
8	0	0	0	2	BPSK	1/2	61.3	68.1	72.1	122.5	136.1	144.1
9	1	1	1	2	QPSK	1/2	122.5	136.1	144.1	245.0	272.2	288.2
10	2	2	2	2	QPSK	3/4	183.8	204.2	216.2	367.5	408.3	432.4
11	3	3	3	2	16-QAM	1/2	245.0	272.2	288.2	490.0	544.4	576.5
12	4	4	4	2	16-QAM	3/4	367.5	408.3	432.4	735.0	816.7	864.7
13	5	5	5	2	64-QAM	2/3	490.0	544.4	576.5	980.0	1088.9	1152.9
14	6	6	6	2	64-QAM	3/4	551.3	612.5	648.5	1102.5	1225.0	1297.1
15	7	7	7	2	64-QAM	5/6	612.5	680.6	720.6	1225.0	1361.1	1441.2
	8	8	8	2	256-QAM	3/4	735.0	816.7	864.7	1470.0	1633.3	1729.4
	9	9	9	2	256-QAM	5/6	816.7	907.4	960.8	1633.3	1814.8	1921.6

Wi-Fi 7 のポイント



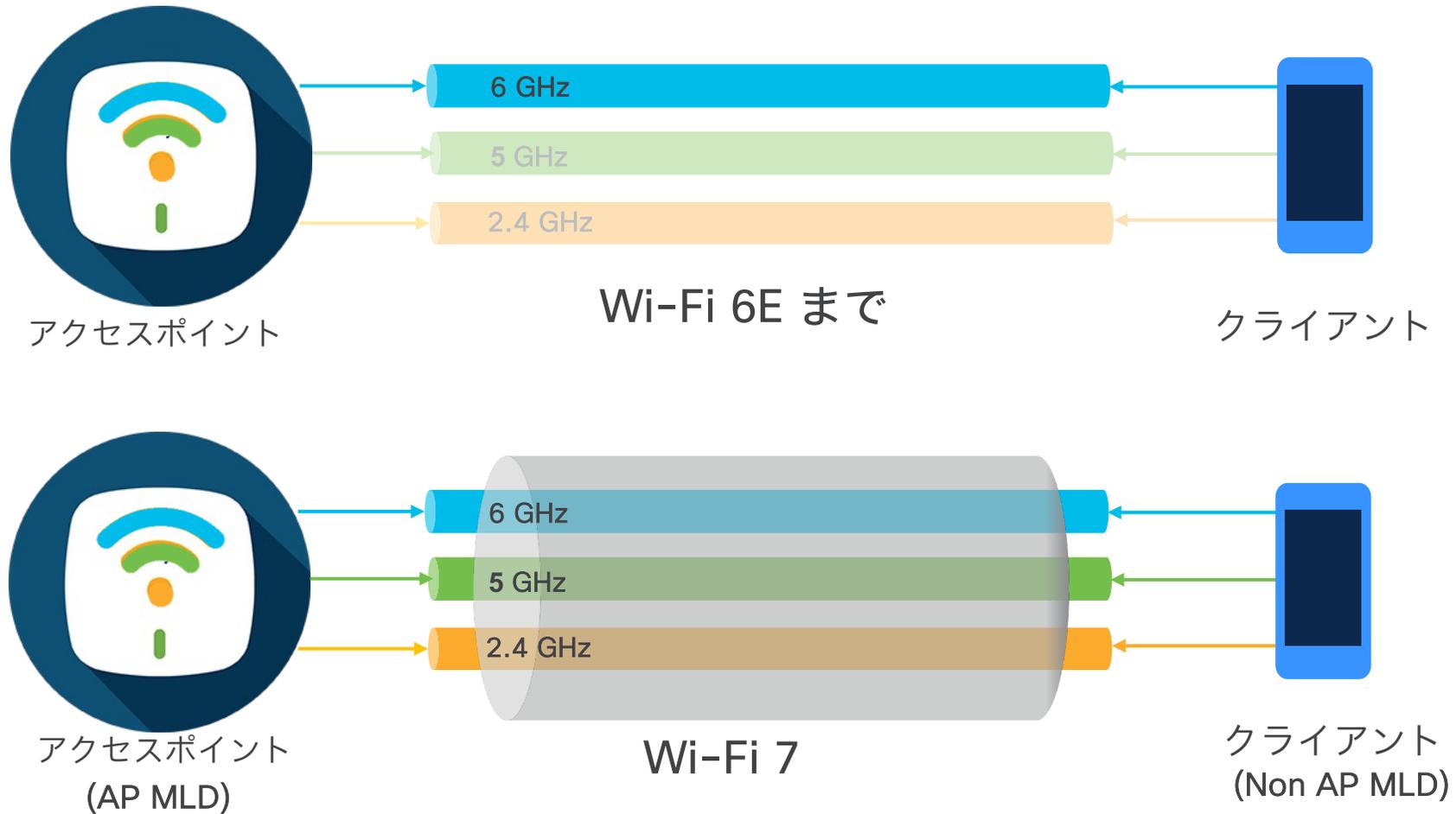
CW9176I



CW9176D1

- 1 チャンネルボンディング
- 2 4096 QAM
- 3 Multi-Link Operation (MLO)
- 4 Multiple Resource Unit (MRU)

MLO (Multi-Link Operation)

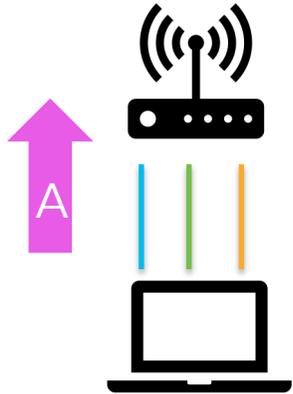


同じ AP の複数チャンネルに同時接続できるように
= 複数の AP へ同時接続できるわけではない

MLO の動作モード

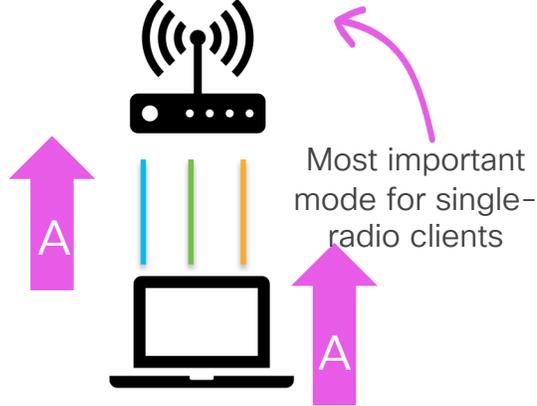
Single Radio

MLSR
Multi-Link Single Radio



1つのチャンネルのみを使って通信する方式

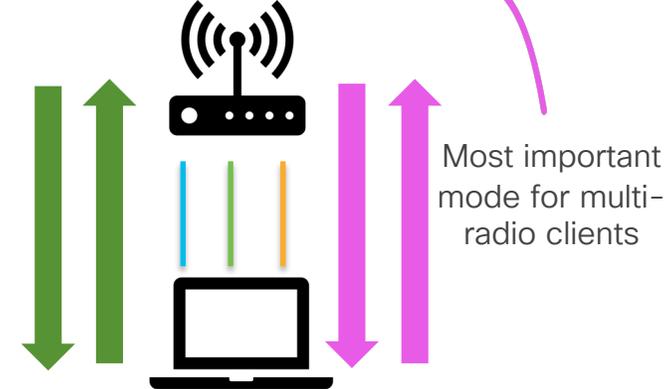
EMLSR
Enhanced Multi-link Single Radio



MLSR に加えて
待機時は 2つのチャンネルに
同時接続する方式

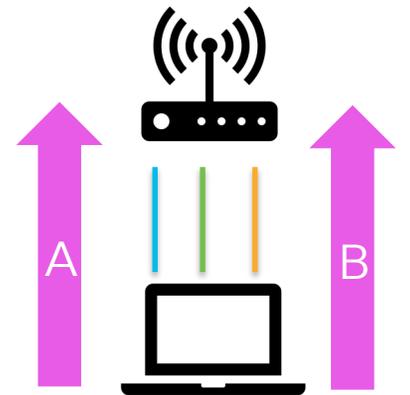
Multi Radio

MLMR
Simultaneous TX + RX
(STR)
Multi-link Multi Radio



それぞれのアンテナが
独立して送信と受信を
行う方式
(Wi-Fi 7 R1 に含まれています)

MLMR
Non-Simultaneous Tx+Rx
(nSTR)

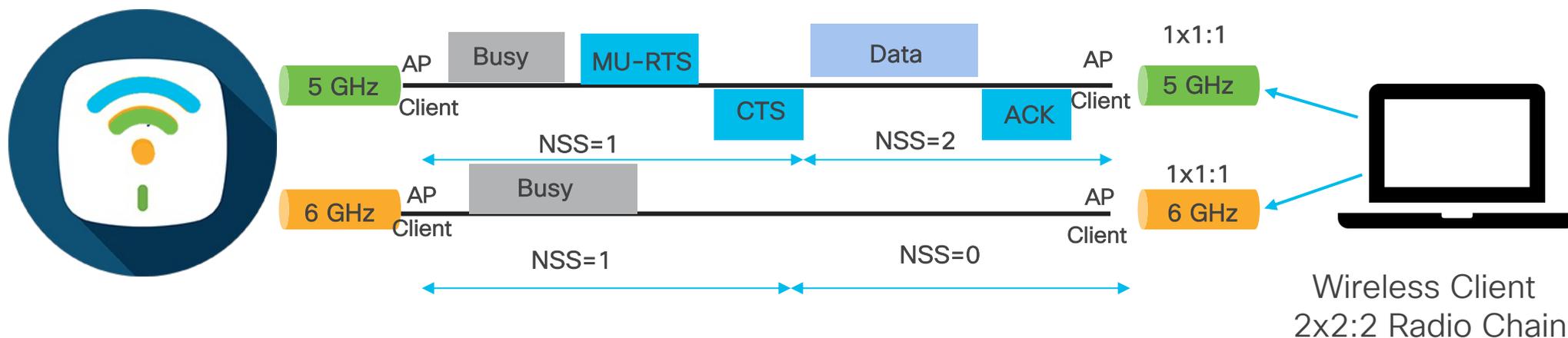


複数のアンテナを
同時に使いながら
送信または受信を行う
方式
(Wi-Fi 7 に含まれていません)

Wi-Fi 7 - EMLSR の動作

Downlink Transmission from AP to EMLSR Wireless Client

Enhanced Multi-link Single Radio

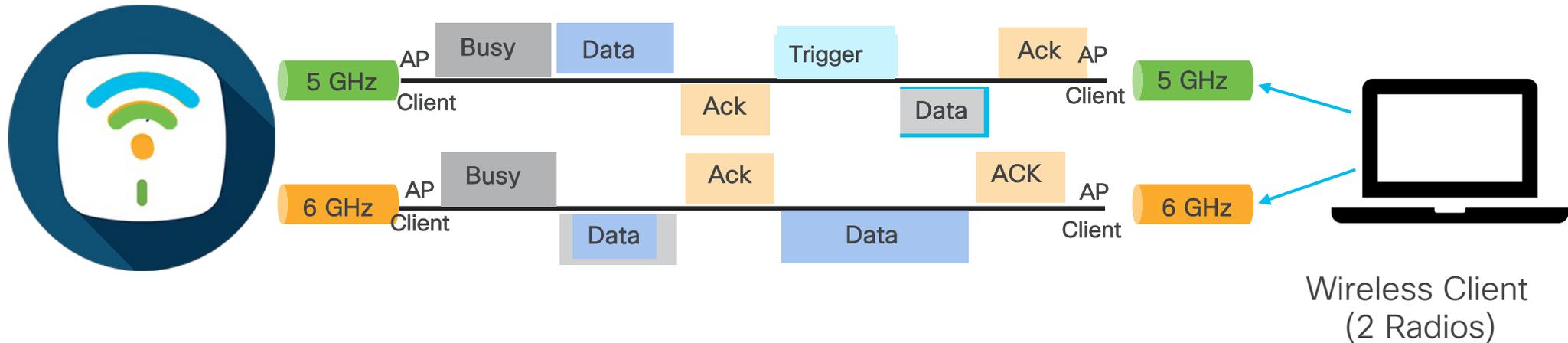


- 無線クライアントの持つアンテナ (例: 2x2:2) を1本ずつ使って複数のチャンネルに接続
 - 例: 1x1:1 / 5 GHz + 1x1:1 / 6 GHz
- データ送信時にいずれかのチャンネルを 2x2:2 に切り替えて使用する
- データ送信が完了したら、元の状態 (1x1:1 / 5GHz, 6GHz) に戻る

Wi-Fi 7 - MLMO - STR の動作

Downlink Transmission from AP to MLMR-STR Wireless Client

Multi-link Multi Radio - Simultaneous TX + RX



- それぞれのチャンネルで独自に送信・受信を行う
- スループットとパフォーマンスが最も高い方式

Wi-Fi 7 のポイント



CW9176I

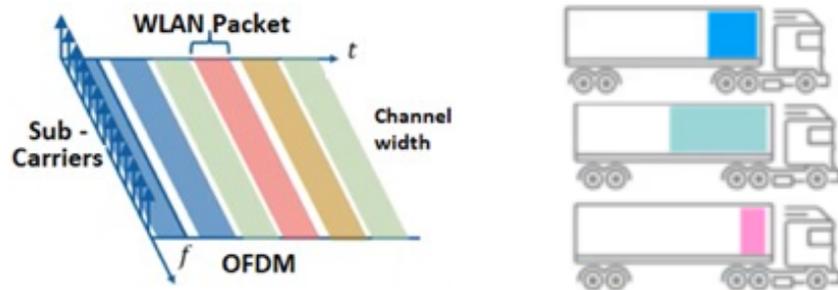


CW9176D1

- 1 チャンネルボンディング
- 2 4096 QAM
- 3 Multi-Link Operation (MLO)
- 4 Multiple Resource Unit (MRU)

Wi-Fi 6: OFDMA

OFDM (Wi-Fi 6 以前)

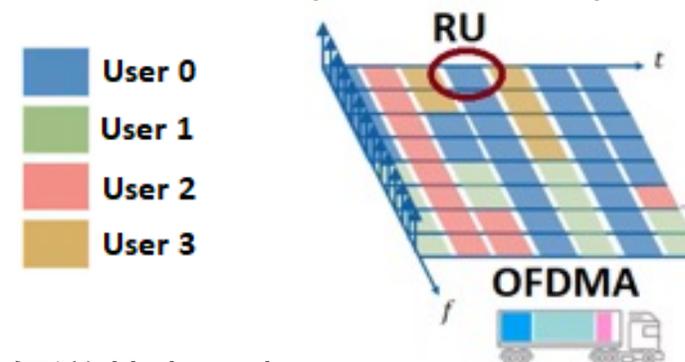


伝送効率：低

チャンネルを細かい「サブキャリア」に分割
個々のサブキャリアにデータを乗せることができ
単純な時分割 (FDM) より伝送効率が向上する

ある時間 (タイムスロット) において
チャンネルの帯域全てを 1 ユーザが占有している
データ量が少ないともったいない

OFDMA (Wi-Fi 6 以降)



伝送効率：高

チャンネルの細かいサブキャリアを
複数個まとめてグループ化
→ Resource Unit (RU)

1回の伝送で複数ユーザの
パケットを同時に送信できるように
待ち時間が減り低遅延性に貢献

Multiple Resource Unit (MRU)

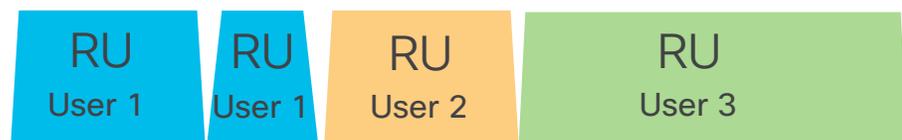
余った RU に
データを載せられるユーザがない
もったいない

Wi-Fi 6



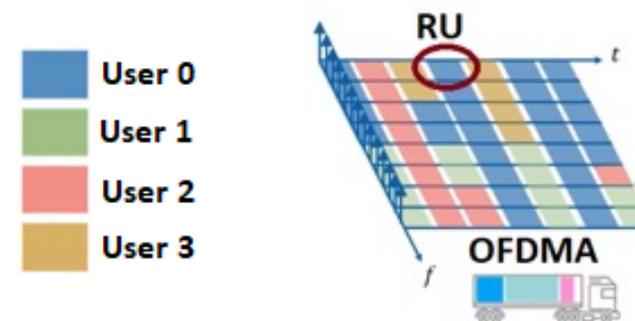
1ユーザあたり
RU 1個分 しかデータを載せられない

Wi-Fi 7



1ユーザが
複数の RU にデータを載せられるように

OFDMA (Wi-Fi 6 以降)



複数の RU にデータを載せることで
チャンネルをより効率的に無駄なく利用できる

Wi-Fi 7 のポイントまとめ

- チャンネルボンディング
 - 320 MHz 幅をサポート
 - Preamble Puncturing で干渉を回避してボンディング
- 4096 QAM
 - 高い信号強度でより高速なデータレート
- MLO (Multi-Link Operation)
 - 複数チャンネルの同時利用で通信の高速・安定化
- MRU (Multi-RU)
 - チャンネルを無駄なく効率的に利用



CW9176D1



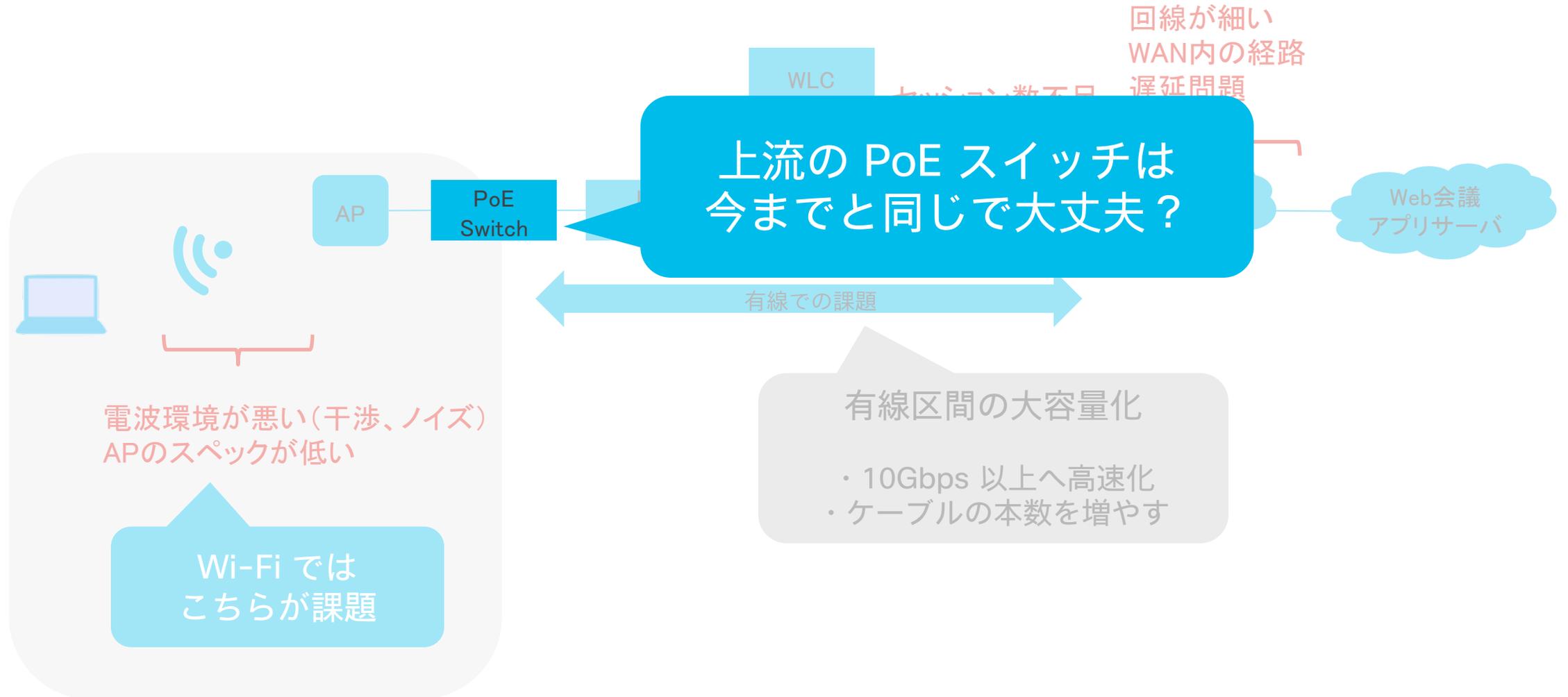
CW9176I



CW9178I

追加: PoE スイッチの話

高速な無線 LAN やインフラに必要なものは？



PoE: Power over Ethernet



PoE スイッチ - AP 間で CDP / LLDP を使って
必要な電力レベルをネゴシエーションします

シスコ AP の場合
CDP を使うほうが細かい電力制御ができます

	PoE	PoE+	UPoE	UPoE+
IEEE 標準	802.3af	802.3at	シスコ固有 (802.3bt ベース)	802.3bt
タイプの指定	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4
最大電力	15.4 W	30 W	60 W	90 W
使用する ツイストペアの数	2	2	4	4

[参考] Cisco Catalyst Wi-Fi 6E アクセスポイント

小中規模に最適

ベストインクラス

ミッションクリティカル、
パフォーマンス



CleanAir Pro

CW9162I

- 2x2:2(5GHz) + 2x2:2(2.4GHz) + 2x2:2(6GHz)
- Tri Radio(5GHz, 2.4GHz, 6GHz)
- 20/40/80/160MHz幅 6GHz
- UL/DL OFDMA
- UL/DL MU-MIMO***
- TWT
- BSS Color
- 2.5 G x1 Uplink
- PoE, AC-DC 電源対応
- IoT 対応 + Bluetooth 5.x
- CleanAir Pro スペクトラム分析
- Scanning Radio
- オンボーディングパケットキャプチャ
- USB – 4.5 W
- App Hosting



CleanAir Pro

CW9164I

- 2x2:2(2.4GHz) + 4x4:4(5GHz) + 4x4:4(6GHz)
- Tri Radio(5GHz, 2.4GHz, 6GHz)
- 20/40/80/160MHz幅 6GHz
- UL/DL OFDMA
- UL/DL MU-MIMO
- TWT
- BSS Color
- 2.5 G x1 Uplink
- PoE, AC-DC 電源対応
- IoT 対応 + Bluetooth 5.x
- CleanAir Pro スペクトラム分析
- Scanning Radio
- オンボーディングパケットキャプチャ
- USB – 4.5 W
- App Hosting



CleanAir Pro

CW9166I

- 4x4:4(5GHz) + 4x4:4(2.4GHz) + 4x4:4(6GHz) or 4x4:4(5GHz) x2 + 4x4:4(2.4GHz)
- Tri Radio(5GHz, 2.4GHz, 6GHz or 5GHz x2, 2.4GHz)
- 20/40/80/160MHz幅 6GHz
- UL/DL OFDMA
- UL/DL MU-MIMO
- TWT
- BSS Color
- 5 G x 1 Uplink
- PoE, AC-DC 電源対応
- IoT 対応 + Bluetooth 5.x
- CleanAir Pro スペクトラム分析
- Scanning Radio
- 環境センサ実装
- フルパケットキャプチャ(iCAP)
- Zero-Wait DFS*
- USB – 4.5W
- App Hosting



CleanAir Pro

C9136I

- 8x8:8(5GHz) + 4x4:4(2.4GHz) + 4x4:4(6GHz) or 4x4:4(5GHz)x2** + 4x4:4(2.4GHz) + 4x4:4(6GHz)
- Quad Radio (5GHz x2, 2.4GHz, 6GHz)**
- 20/40/80/160MHz幅 6GHz
- UL/DL OFDMA
- UL/DL MU-MIMO
- TWT
- BSS Color
- 5 G x2(10G) アップリンク, active fail over
- PoE冗長
- IoT 対応 + Bluetooth 5.x
- CleanAir Pro スペクトラム分析
- Scanning Radio
- 環境センサ実装
- フルパケットキャプチャ(iCAP)
- Zero-Wait DFS*
- USB – 9W
- App Hosting
- FRA

30W PoE+ で全ての無線インターフェースを利用可能

CleanAir Pro 専用アンテナ

従来型の取り付け金具

入力電力に応じたモード調整

USBポート実装

PoE スイッチの話

Cisco Catalyst 9136I Wi-Fi 6E Access Point (Fixed Power Profile)



Power	空間スト リーム数	2.4 GHz Radio	5 GHz Radio	6 GHz Radio	PHY Link speed	USB	最大 消費電力
802.3bt (UPoE)	16	4x4	8x8	4x4	2 x 5 Gig	Yes / 9W	47.3W
802.3at (PoE+)	8	2x2	2x2	2x2	1 x 2.5 Gig	-	24.4W
802.3af (PoE)	0	-	-	-	1 x 1 Gig	-	13.95W

ハイエンドモデルでは UPoE を推奨
PoE+ でも動作しますが、性能が制限されます

※ LLDP 検出時

PoE スイッチの話

Cisco Wireless 9178I Wi-Fi 7 Access Point (Fixed Power Profile)



Power	空間ストリーム数	2.4 GHz Radio	5 GHz Radio	6 GHz Radio	PHY Link speed	USB	最大消費電力
802.3bt (UPoE)	16	4x4	4x4(LB) + 4x4(HB)	4x4	2 x 10 Gig	Yes / 9W	47W
802.3at (PoE+) (Quad Radio mode)	8	2x2	2x2(LB) + 2x2(HB)	2x2	2 x 2.5 Gig	-	25.5W
802.3at (PoE+) (Tri Radio Mode)	8	2x2	4x4(FB)	2x2	2 x 1 Gig	-	25.5W
802.3af (PoE)	0	-	-	-	1 x 1 Gig	-	13.95W

ハイエンドモデルでは UPoE を推奨
PoE+ でも動作しますが、性能が制限されます

FB: Full Band
LB: UNII-1, UNII-2
HB: UNII-2E, UNII-3

[補足] 電力プロファイル

Power Profile Type	Fixed	AP Power Save Mode		無効
Interface	Interface ID	Parameter	Parameter Value	Status
Ethernet	GigabitEthernet0	Speed	2500 MBPS	Fixed Policy
Ethernet	GigabitEthernet1	Speed	2500 MBPS	Fixed Policy
Radio	2.4 GHz	Spatial Stream	2x2	Fixed Policy
Radio	5 GHz	Spatial Stream	4x4	Fixed Policy
Radio	Secondary 5 GHz	State	Disabled	Fixed Policy
Radio	6 GHz	Spatial Stream	2x2	Fixed Policy
USB	USB 0	State	Disabled	Fixed Policy

1 10 1~7 / 7項目

Fixed Power Profile

シスコ標準の電力プロファイル
6 GHz アンテナが 2x2 に制限されている

Power Profile Type	Regular	AP Power Save Mode		無効
通常の電力プロファイル	C9136-PoEplus			
電力プロファイルステータス	Success			
Interface	Interface ID	Parameter	Parameter Value	Status
USB	USB 0	State	Disabled	Success
Ethernet	GigabitEthernet0	Speed	1000 MBPS	Success
Ethernet	GigabitEthernet1	Speed	100 MBPS	Success
Radio	6 GHz	Spatial Stream	4x4	Success
Radio	5 GHz	Spatial Stream	4x4	Success
Radio	2.4 GHz	State	Disabled	Success
Radio	Secondary 5 GHz	State	Disabled	Success

1 10 1~7 / 7項目

User Defined Power Profile

不要な機能をシャットダウンしたり
性能を落としたりできる

(例)
6 GHz アンテナを 4x4 で動かす代わりに
2.4 GHz や有線の性能を落としている

UPoE だから常に 30W 以上消費するわけではない

Power Allocated

CDP/LLDP ネゴシエーションにより
AP に供給可能な電力の上限

Actual consumption

AP が実際に消費している電力

```
c9300#show power inline Te1/0/43 detail
Load for five secs: 1%/0%; one minute: 1%; five minutes: 1%
Time source is NTP, 18:54:17.609 JST Sun Nov 24 2024
```

```
Interface: Te1/0/43
Inline Power Mode: auto
Operational status: on
Device Detected: yes
Device Type: cisco C9136I-Q
IEEE Class: 4
Discovery mechanism used/configured: Ieee and Cisco
Police: off
```

Power Allocated

```
Admin Value: 60.0
Power drawn from the source: 41.6
Power available to the device: 41.6
```

Actual consumption

```
Measured at the port: 17.7
Maximum Power drawn by the device since powered on: 22.5
```

