

Wi-Fi 6E/7 の最新動向

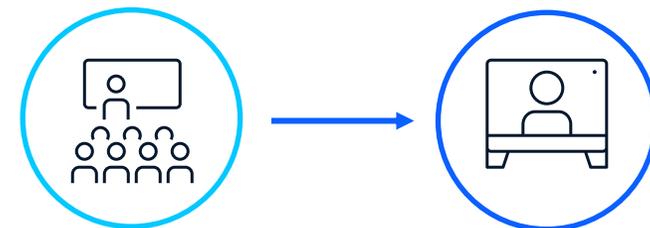
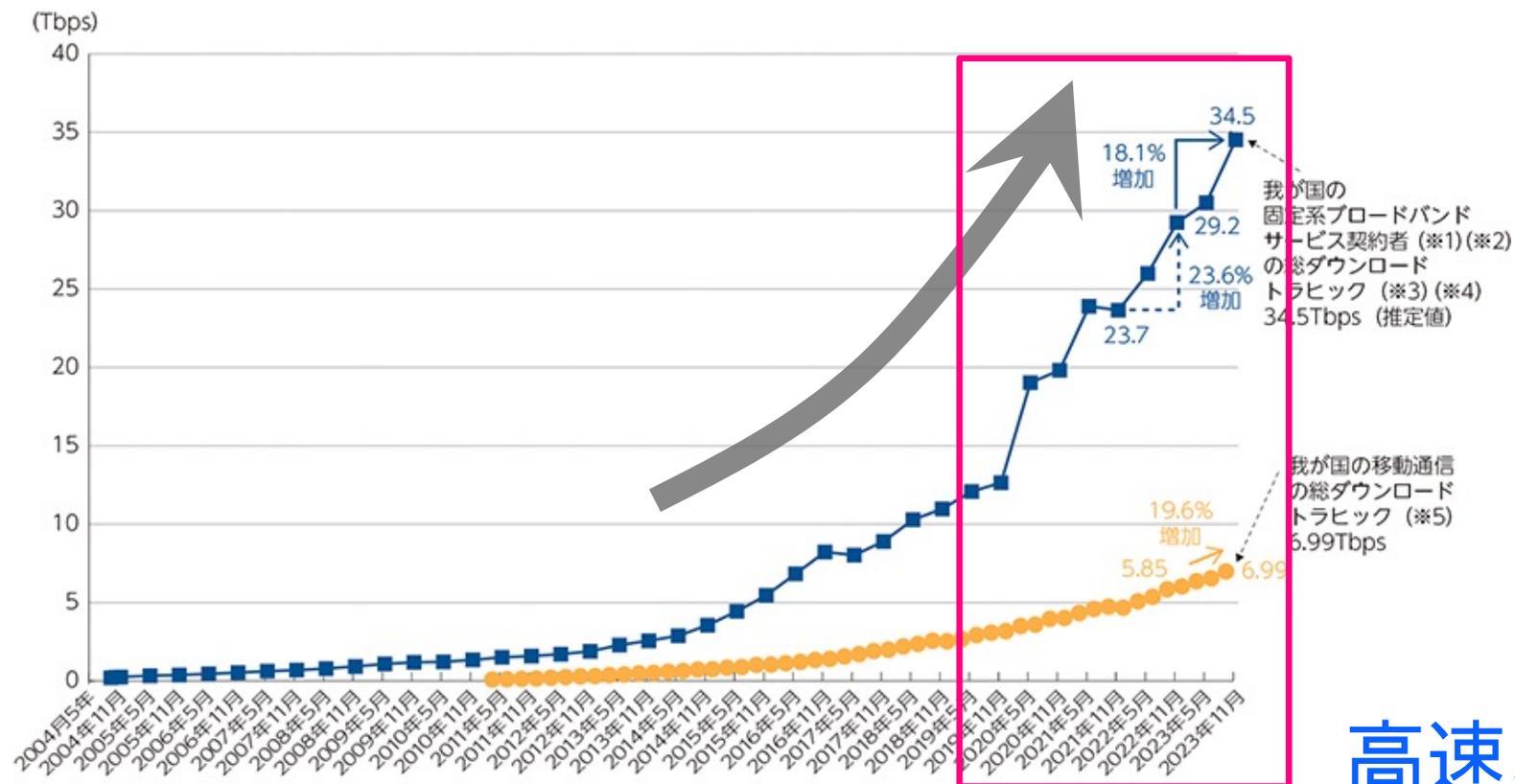
Internet Week 2025 ShowCase in 奈良

Sho Takahashi
Customer Success Specialist, CX
Cisco Systems G.K.



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

高速な無線 LAN が不可欠

※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

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

Date Rate: 11 Mbps (max)
20 MHz
QPSK
2.4 GHz Band

Wi-Fi 1
1999
11b

Date Rate: 54 Mbps (max)
20 MHz Channels
64 QAM
2.4 GHz Band

Wi-Fi 2
2003
11g

Date Rate: 54 Mbps (max)
20 MHz Channels
64 QAM
5 GHz Band

Wi-Fi 3
2004
11a/g

Date Rate: 600 Mbps (max)
40 MHz Channel Bonding
4x4 MIMO
64 QAM

Wi-Fi 4
2009
11n

Date Rate: 7 Gbps (max)
80, 160 MHz Channel Bonding
4 DL MU-MIMO
256 QAM

Wi-Fi 5
2013
11ac

Date Rate: 9.6 Gbps (max)
80, 160 MHz Channel Bonding
OFDMA, UL, DL MU-MIMO
1024 QAM
TWT

Wi-Fi 6
2019
11ax

Date Rate: 46 Gbps (max)
320 MHz Channel Bonding
4096 QAM
MLO, MRU, R-TWT

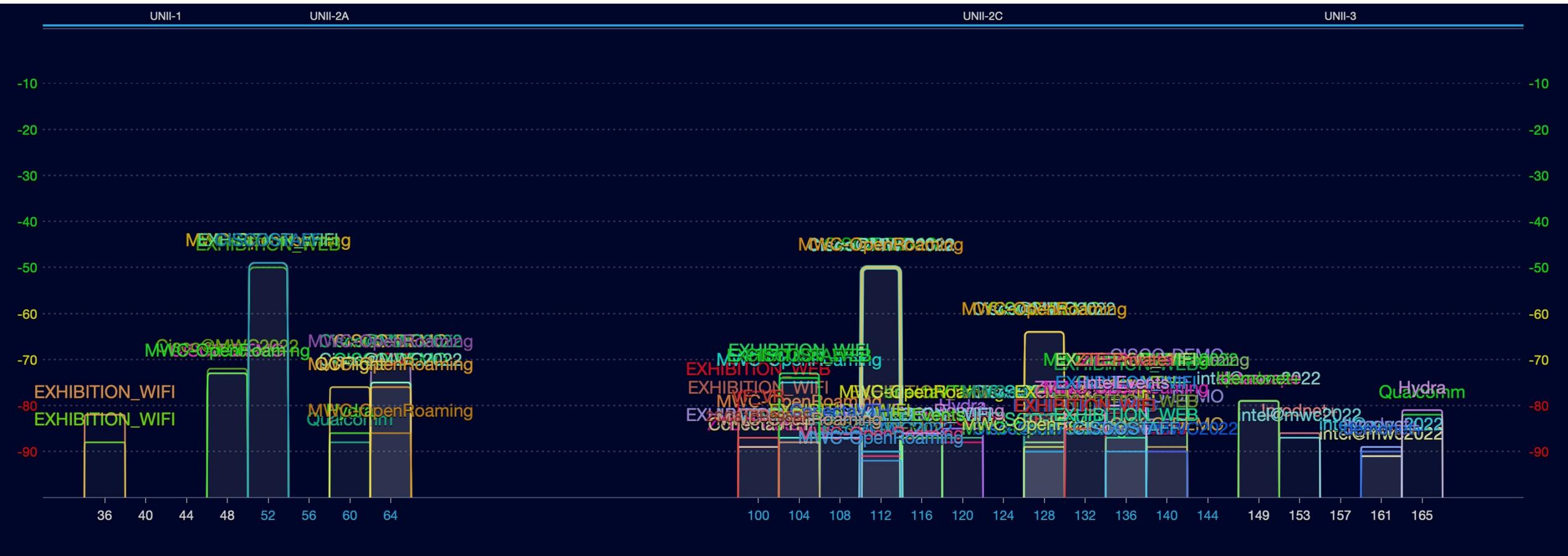
Wi-Fi 6E
2021
11ax

Wi-Fi 7
2024
11be

- 11axの最大3倍の高速スループット
- 新6GHz帯
- Wi-Fiのための多車線高速道路
 - より広い帯域幅
- 高効率
- 4倍の容量
- IoTスケール
- 高品質のサービスを実現するセルラー的機能
 - IoT導入を加速する高い電力効率
 - 屋外での通信範囲の拡大
 - 高密度実装におけるアプリケーション性能の向上
-

はじめに

2.4 / 5 GHz は既に混雑が激しい！



アジェンダ

01 Wi-Fi 6E / Wi-Fi 7 のポイント 6 GHz 帯

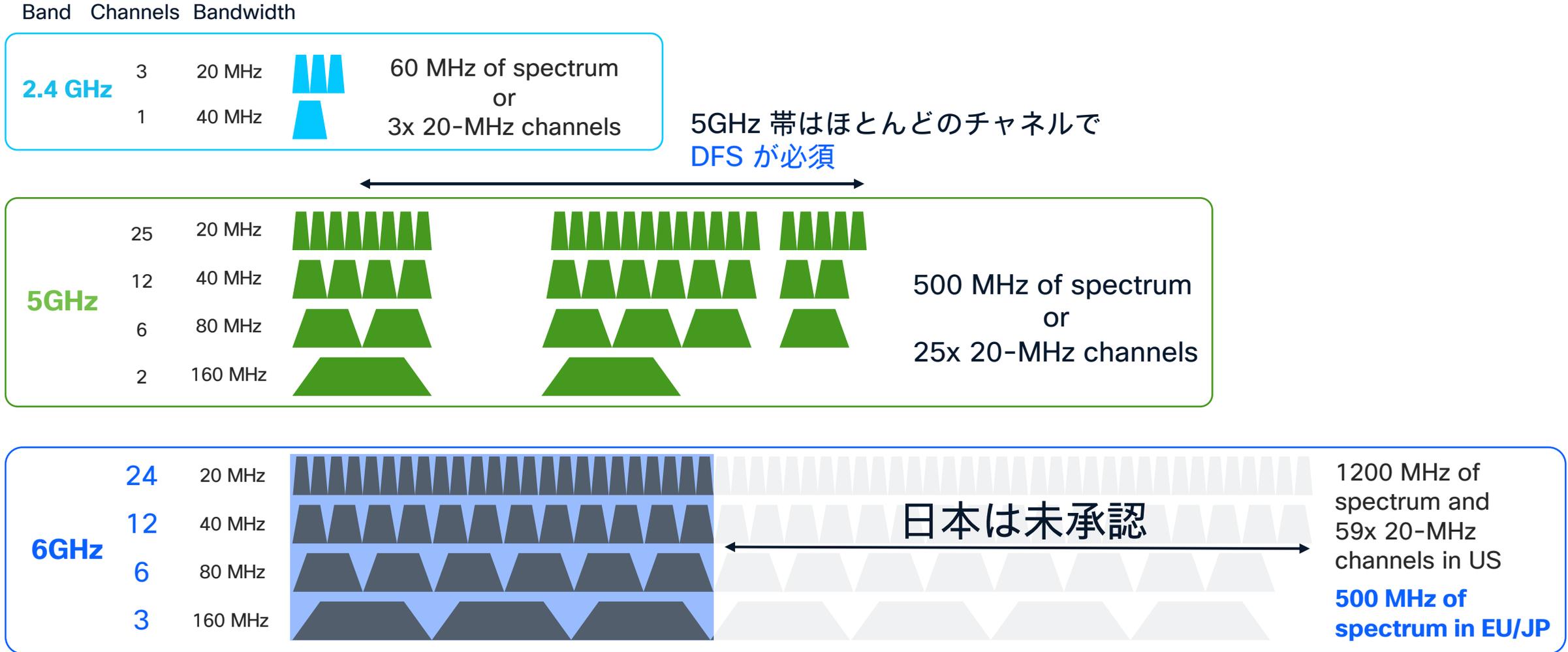
- 電波の利用について
- セルデザインについて

02 Wi-Fi 7 の特徴

03 Wi-Fi 6E / Wi-Fi 7 のポイント セキュリティ

Wi-Fi 6E, Wi-Fi 7 のポイント
6GHz 帯

Wi-Fi 6E 以降で 6GHz 帯が使えるようになりました



6GHz 帯の電波利用について

オペレーティングクラス

6GHz 帯は用途, 送信電力の強さでクラス分けされています

VLP

Very Low Power

使用場所: 屋内/屋外 (国次第)

送信電力: 低出力

アンテナ: 内蔵のみ

DFS: 不要

AFC: 不要

LPI

Low Power Indoor

使用場所: 屋内のみ

送信電力: 2.4/5GHz 帯と同等

アンテナ: 内蔵のみ

DFS: 不要

AFC: 不要

SP

Standard Power

使用場所: 屋内/屋外

送信電力: 高出力 (AFC 制御)

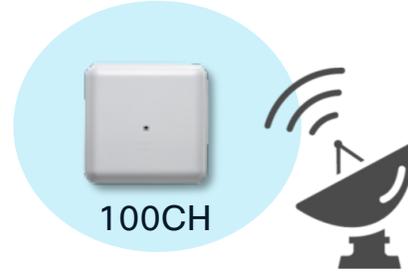
アンテナ: 内蔵/外付け

DFS: 不要

AFC: 必須

DFS (Dynamic Frequency Selection) おさらい

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



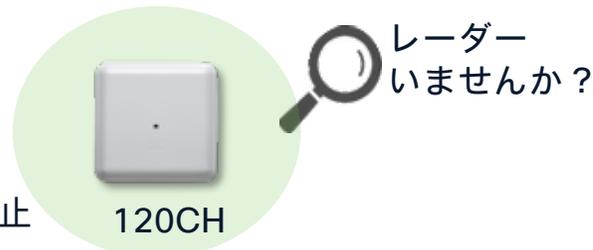
③ 移動先チャンネルを 1 分間スキャン
※ 移動先が DFS チャンネルだった場合
※ この間電波は出せない



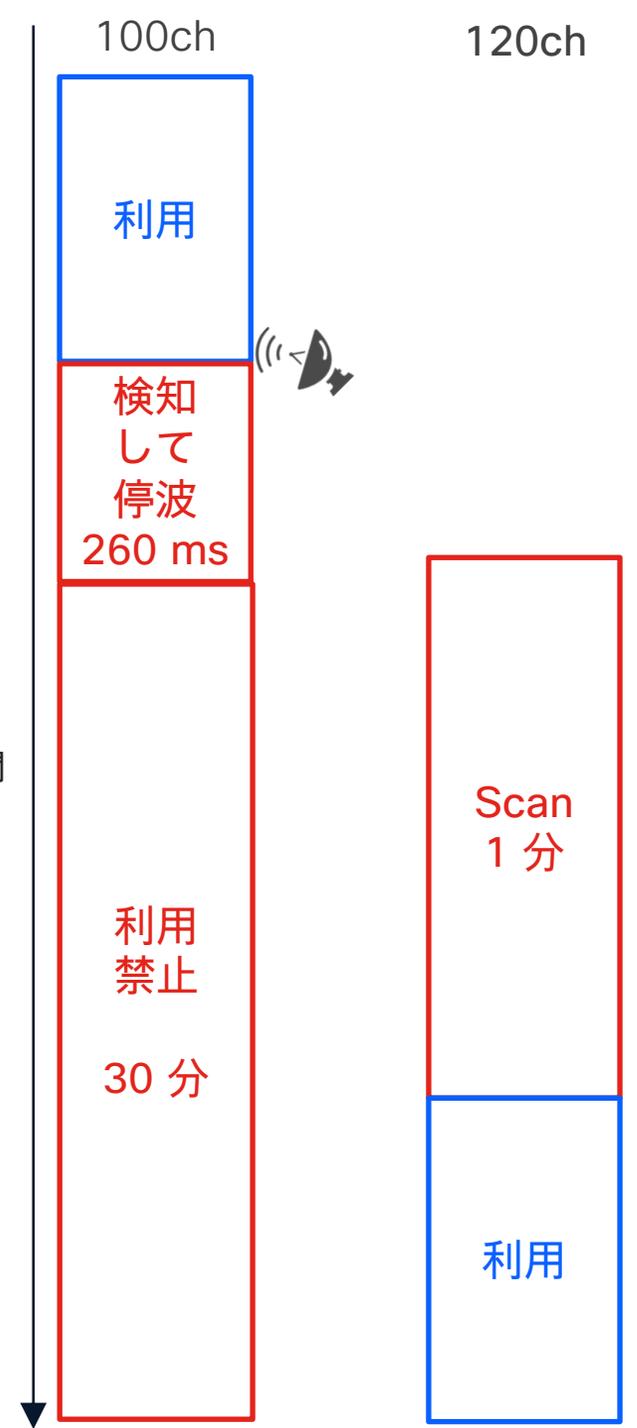
④ 移動先チャンネルで通信提供再開
先ほどレーダー波を検知したチャンネルは
以降 30 分間利用禁止



30分利用禁止
100CH

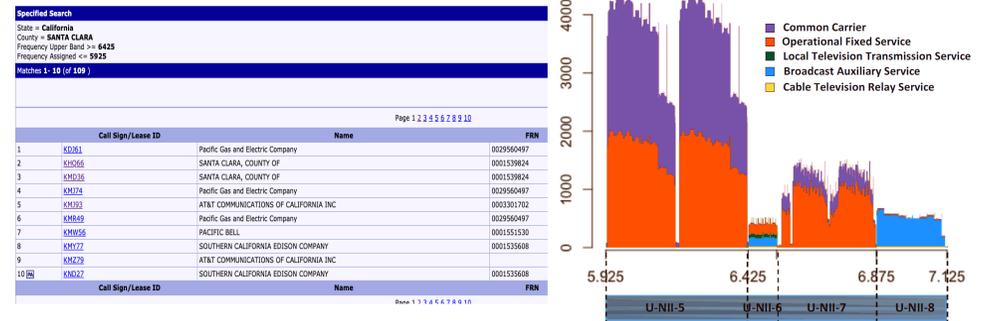


時間

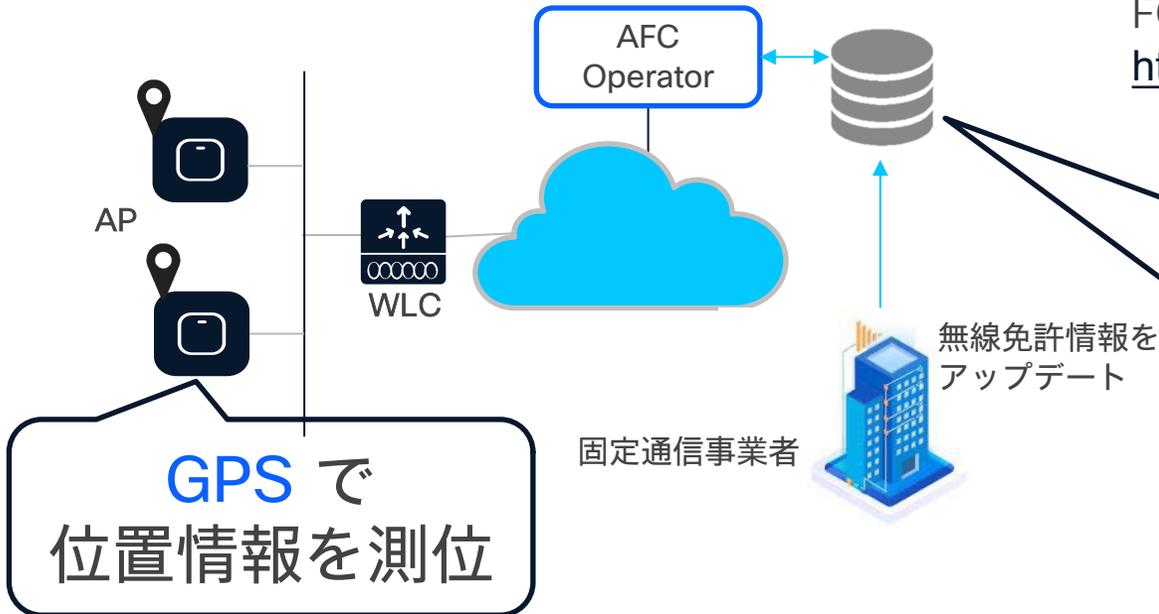


AFC (Automated Frequency Coordination) とは？

AP の位置情報と管理されたデータベースを元にチャンネルと送信電力を自動制御する仕組み



FCC's Universal Licensing System:
<https://wireless2.fcc.gov/UlsApp/UlsSearch/searchGeographic.jsp>



AFC データベース

- ・ AP を設置した座標で利用できる周波数
- ・ 他の無線システムと干渉リスクの無い周波数と最大送信電力

DFS と AFC

5 GHz

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
- 干渉を回避する際に
チャンネル変更による通信断
- DFS チャンネルの再利用までに
時間がかかる

6 GHz

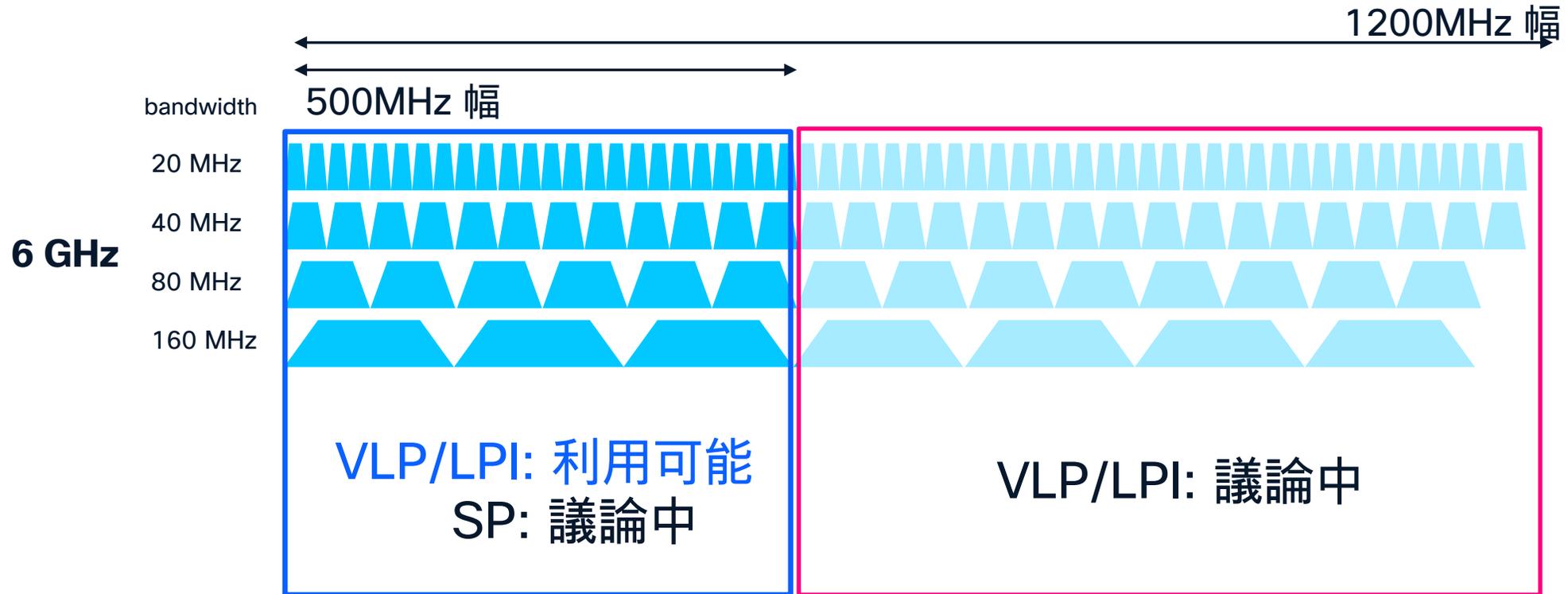
AFC

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に
周波数と出力を予め調整する
- 国ごとに
AFC システムの運用が必要
2025年現在, 北米など一部の国のみで稼働
- GPS による AP の測位が必要

6GHz 帯の電波利用について

日本における検討状況



屋内での 6GHz Wi-Fi デザイン

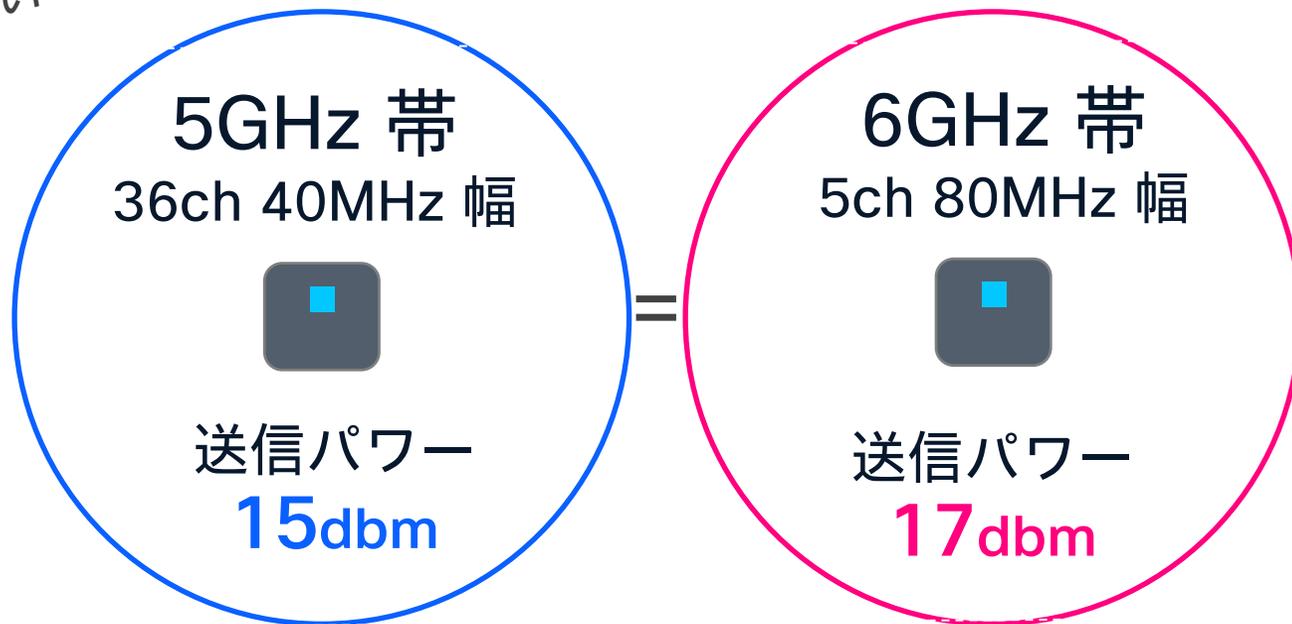
5GHz と 6GHz の送信パワー

周波数: 低

周波数: 高

電波飛距離が長い
回り込みやすい

電波飛距離が短い
直進性が強い

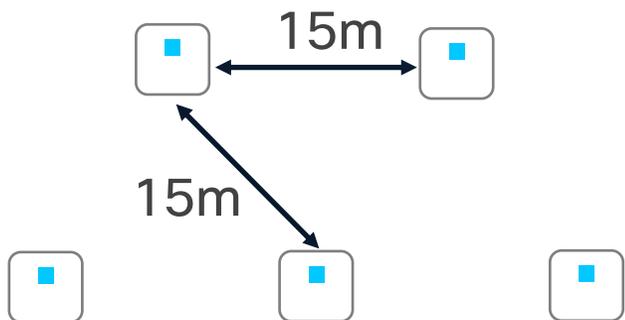


5GHz と同程度のカバレッジを確保するには
6GHz の送信パワーを上げる必要があります

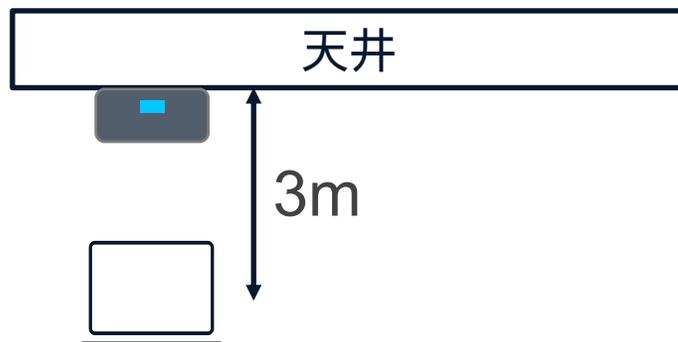
屋内での 6GHz Wi-Fi デザイン

アクセスポイント配置の推奨デザイン

約 15m おきに 1台

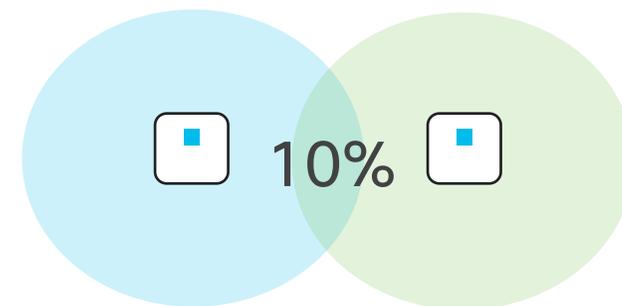


天井高さ 3m



3m より高い場合
指向性アンテナを使う

10%程度の
カバレッジエリア重複



電波自動調整で
出力調整できる場合
自動で調整されます

屋内での 6GHz Wi-Fi デザイン

セルデザインの考え方



変更なしで良い場合

2.4, 5 GHz のチャンネルカバレッジに
余裕がある

セルの重複が
推奨デザイン通り

出力：中程度

出力：中程度

5GHz より 6GHz の出力を上げて対応



配置を見直したほうが良い場合

出力最大

2.4G/5GHzがすでに最大出力

一部つながりにくい箇所がある

障害物が多い

キャビネ

障

6GHz の出力を上げられない
出力を上げてても十分でない可能性

アクセスポイントのアンテナについて

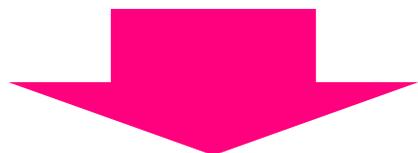


無指向性アンテナは「**全方向**」に電波が飛びます
長い廊下や棚の多い倉庫などで無駄が多い

6GHz 帯で指向性アンテナを使うには

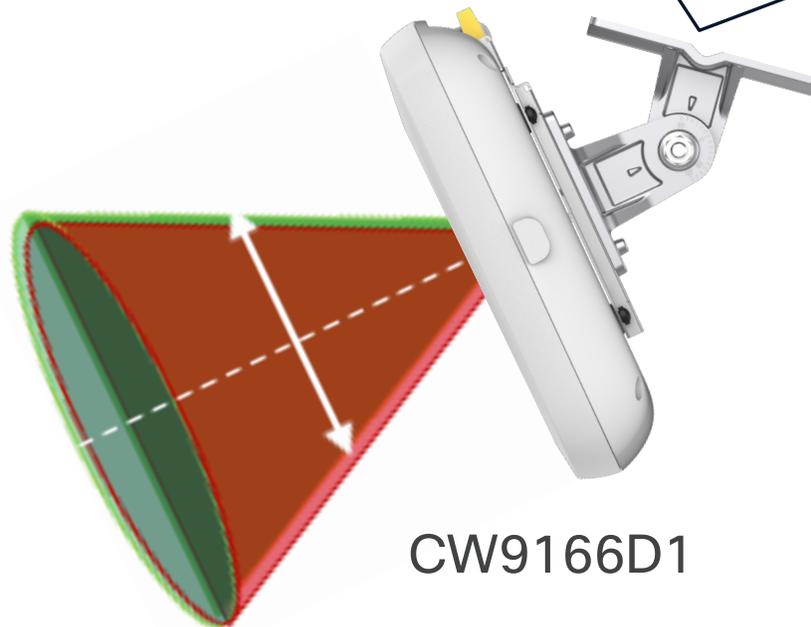


現状日本において 6GHz 帯の
外付けアンテナは使えない



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

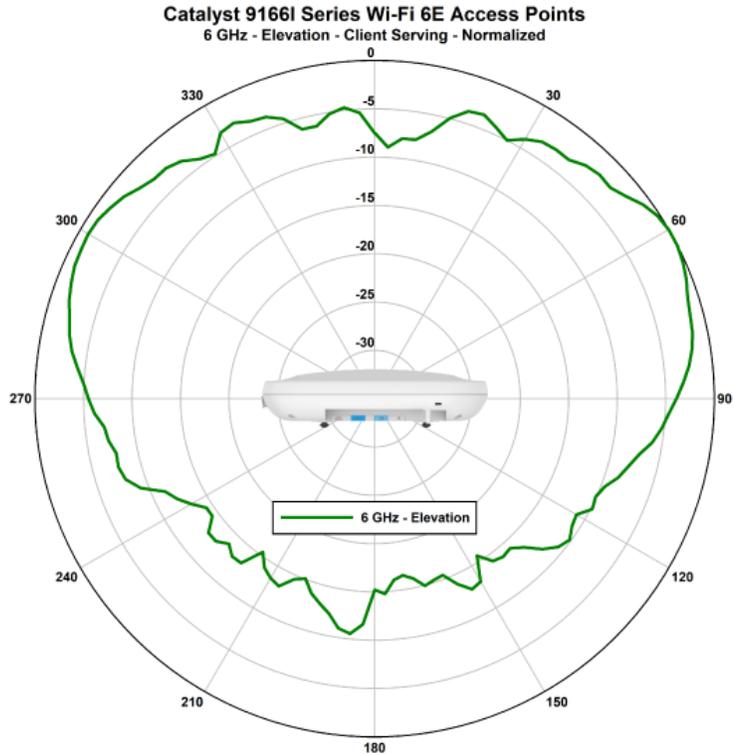


CW9166D1

無指向性アンテナと指向性アンテナの違い

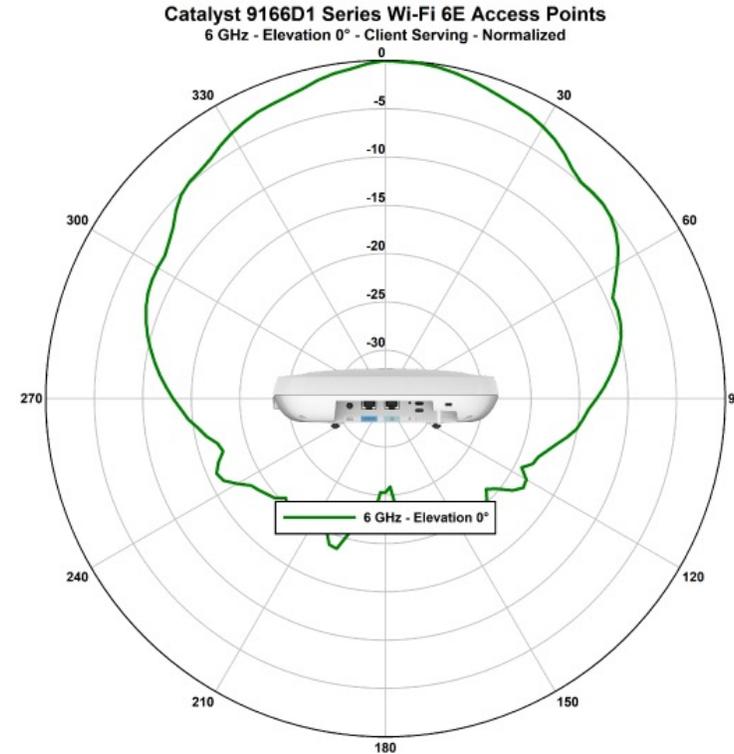
無指向性アンテナ

全方位へ電波を飛ばす



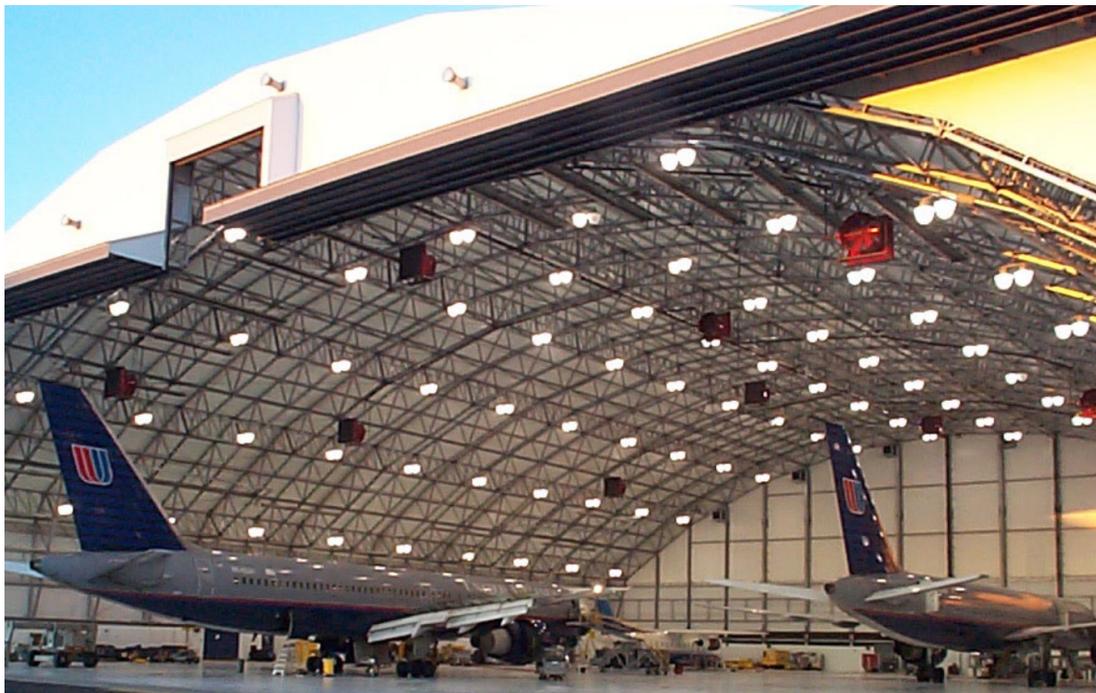
指向性アンテナ

無指向性より範囲は狭く、距離は遠く

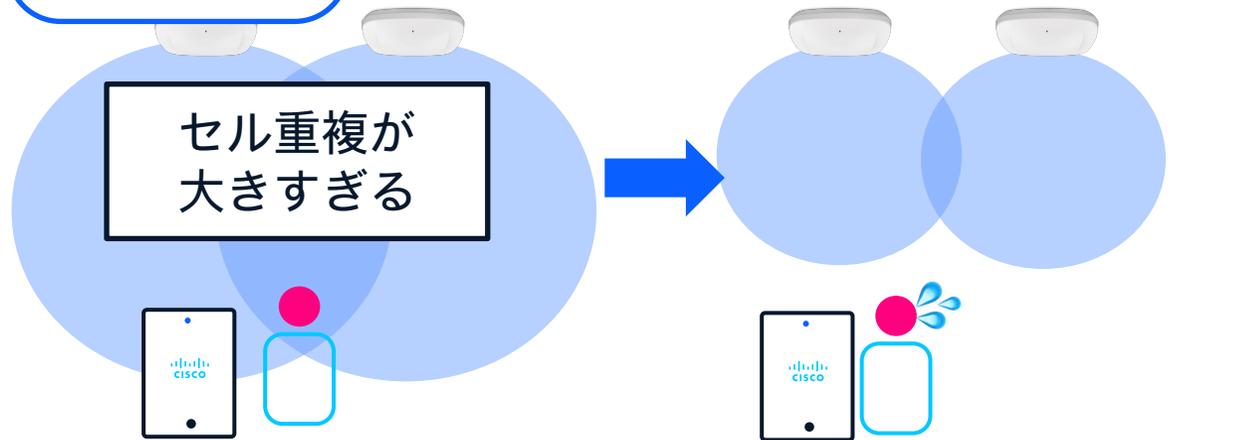


指向性アンテナが適しているケース

高い天井



無指向性



指向性



6GHz 帯のまとめ

- 2.4/5GHz 帯と比べてクリーンな無線環境
 - 日本では 500MHz 幅が認可済 (EU と同じ)
 - 2.4/5GHz と比べてチャネルボンディングしやすい
 - 屋内利用に限定されるものの, 全チャネル DFS なしで動作
- 用途や出力別のオペレーションクラス
 - 日本では VLP / LPI モードのみ認可
 - 屋外利用可能な SP モードは実用化に向けた検討が続いている
- 5GHz 帯より直進性が高い
 - 推奨デザインに沿ったセル設計を
 - AP の配置を変更したり指向性アンテナ内蔵モデルを検討

Wi-Fi 7 の特徴

Wi-Fi 7 の現在地

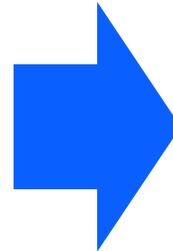
現在の Wi-Fi 7

Wi-Fi 7 R1

2024年1月に仕様が確定

Wi-Fi Alliance による認定が
進められています

本日はこちらにフォーカス



今後の Wi-Fi 7

Wi-Fi 7 R2

2025年 12月に予定

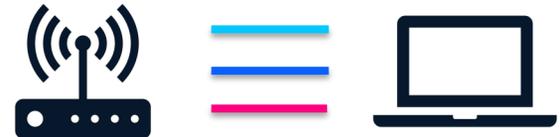
Wi-Fi 7 の特徴



320 MHz 幅 (6 GHz)



4K QAM



MLO



Preamble puncturing



Multi-RU



Compressed Block Ack
(512 MPDUs)

Wi-Fi 7 の特徴



320 MHz 幅 (6 GHz)



4K QAM



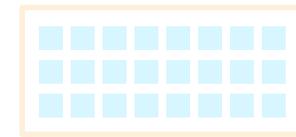
MLO



Preamble puncturing

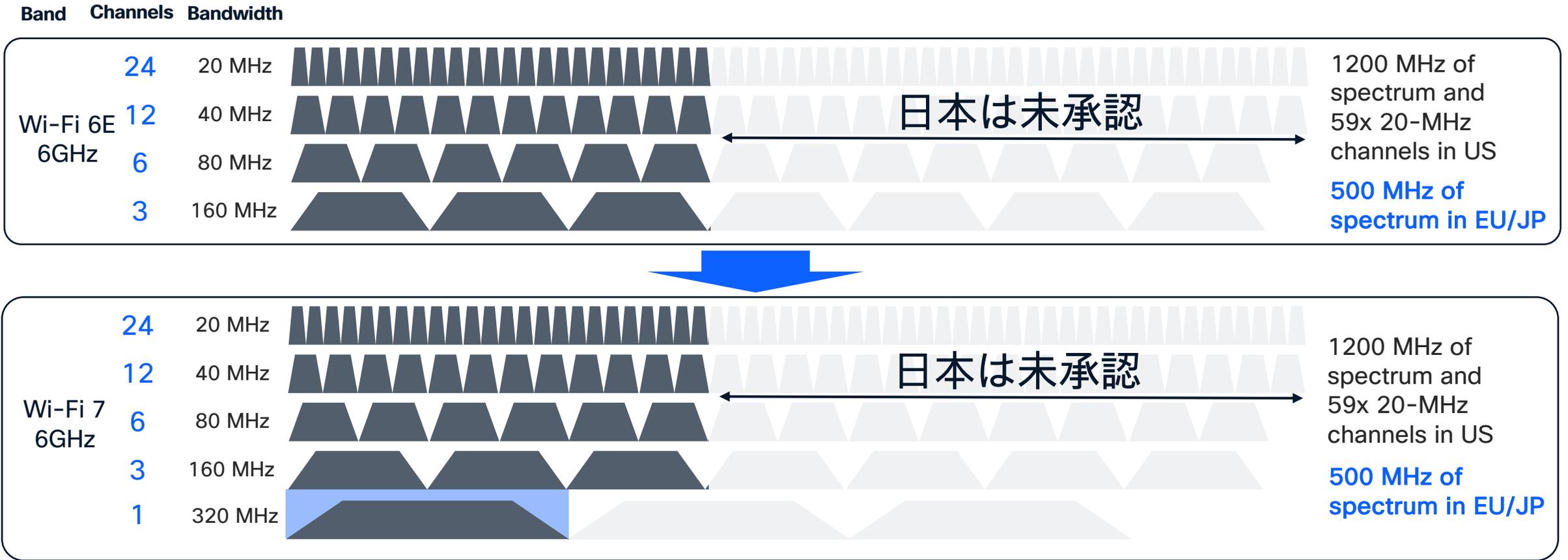


Multi-RU



Compressed Block Ack
(512 MPDUs)

新たに 320 MHz チャンネルボンディングをサポート



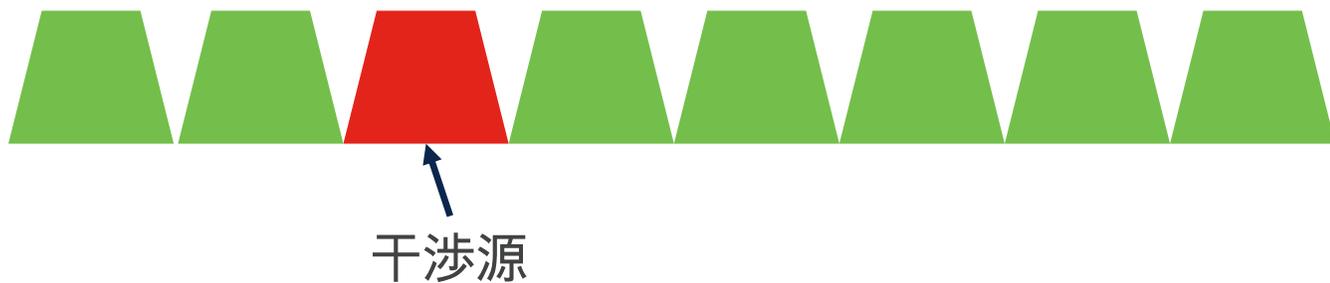
日本での 320MHz 幅ボンディングは 1つだけ利用可能

Preamble Puncturing

Preamble Puncturing ナシ



Preamble Puncturing アリ



80 MHz 幅以上の
チャンネルボンディングの際
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 の特徴



320 MHz 幅 (6 GHz)



4K QAM



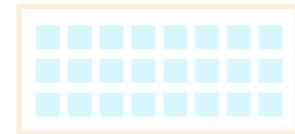
MLO



Preamble puncturing



Multi-RU



Compressed Block Ack
(512 MPDUs)

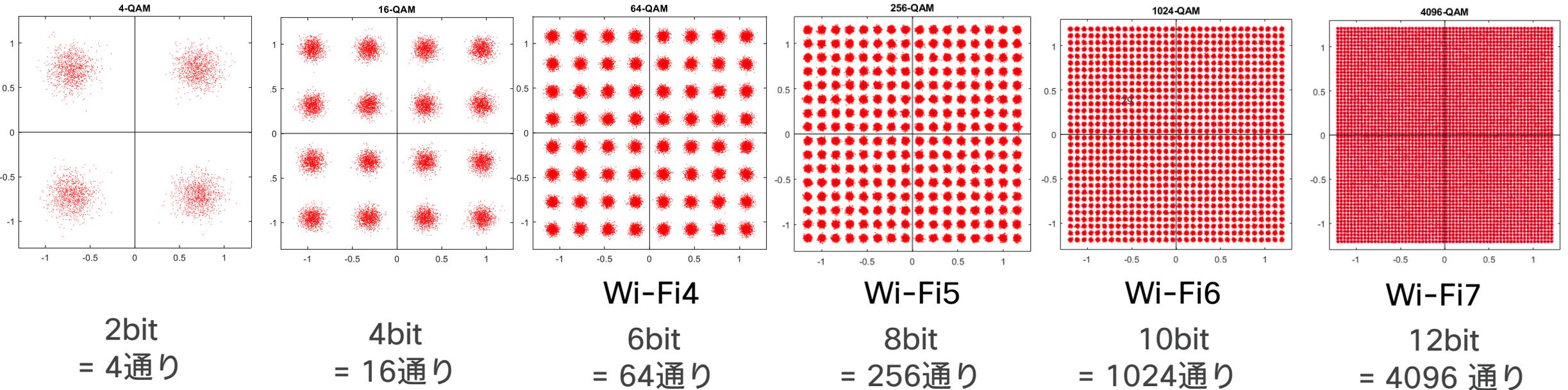
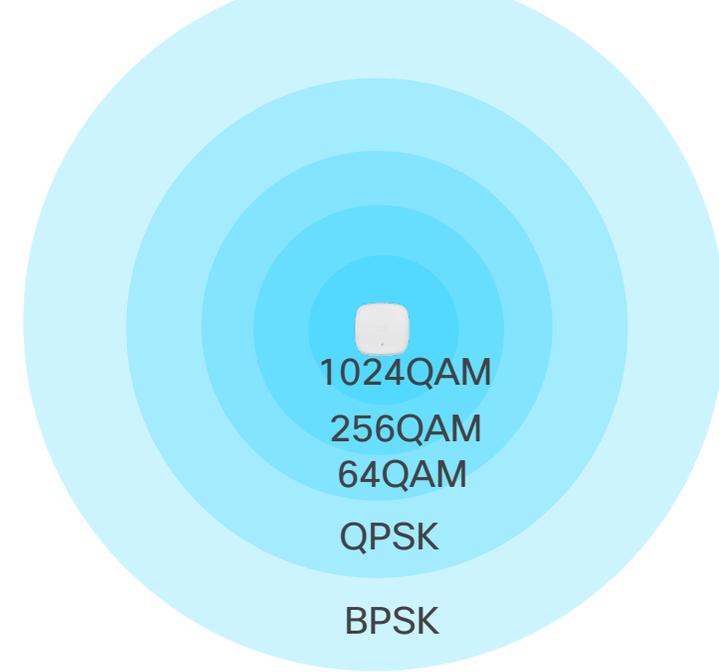
新たに 4096QAM をサポート



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



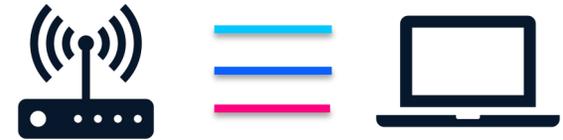
Wi-Fi 7 の特徴



320 MHz 幅 (6 GHz)



4K QAM



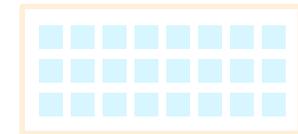
MLO



Preamble puncturing



Multi-RU



Compressed Block Ack
(512 MPDUs)

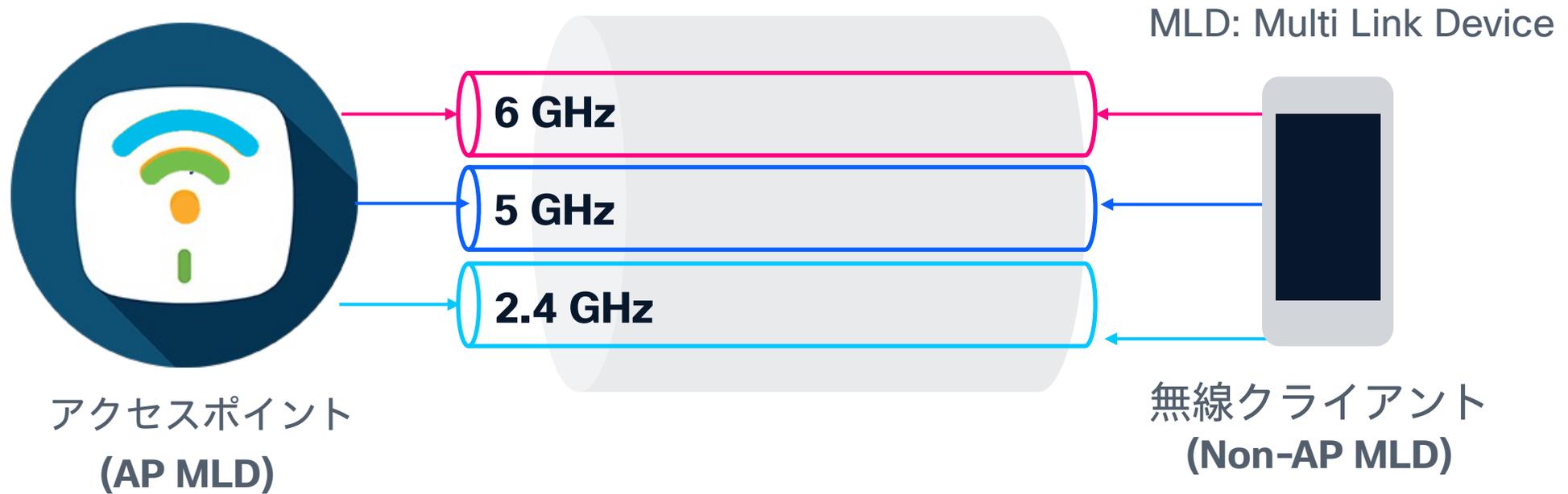
Wi-Fi 6E まで: 同時に存在する無線リンクは 1つだけ (= SLO)



チャンネル切替の際に接続が切れます

5GHz ↔ 6GHz の間でフラップしたり...

Wi-Fi 7: Multi-Link Operation (MLO)



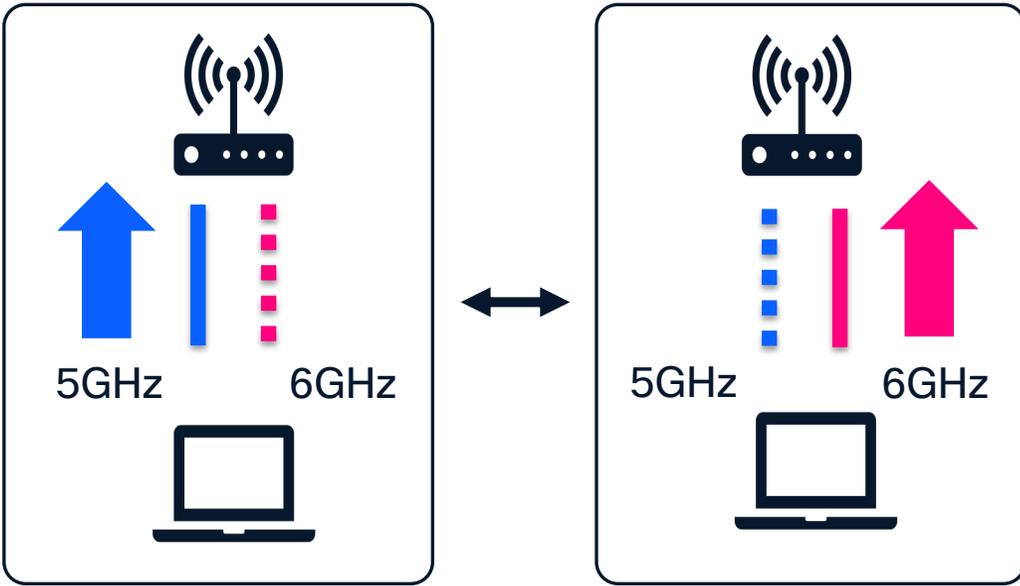
同じ AP の複数チャンネルに**同時接続**できます

異なる AP への同時接続はできません

クライアントの対応状況によって
MLO の動作は変わります

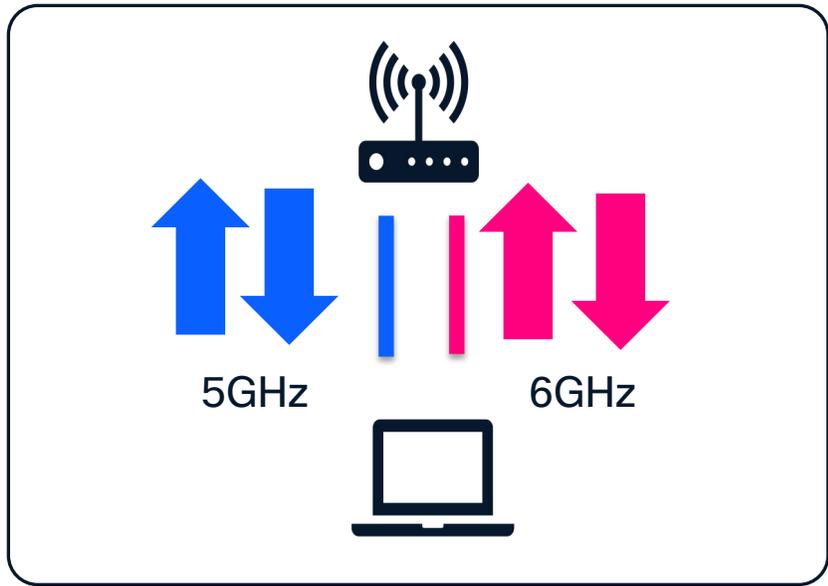
MLO 動作モードの一部

MLO EMLSR Enhanced Multi-Link Single-Radio



安定した無線リンクに素早く切り替え
安定性が向上

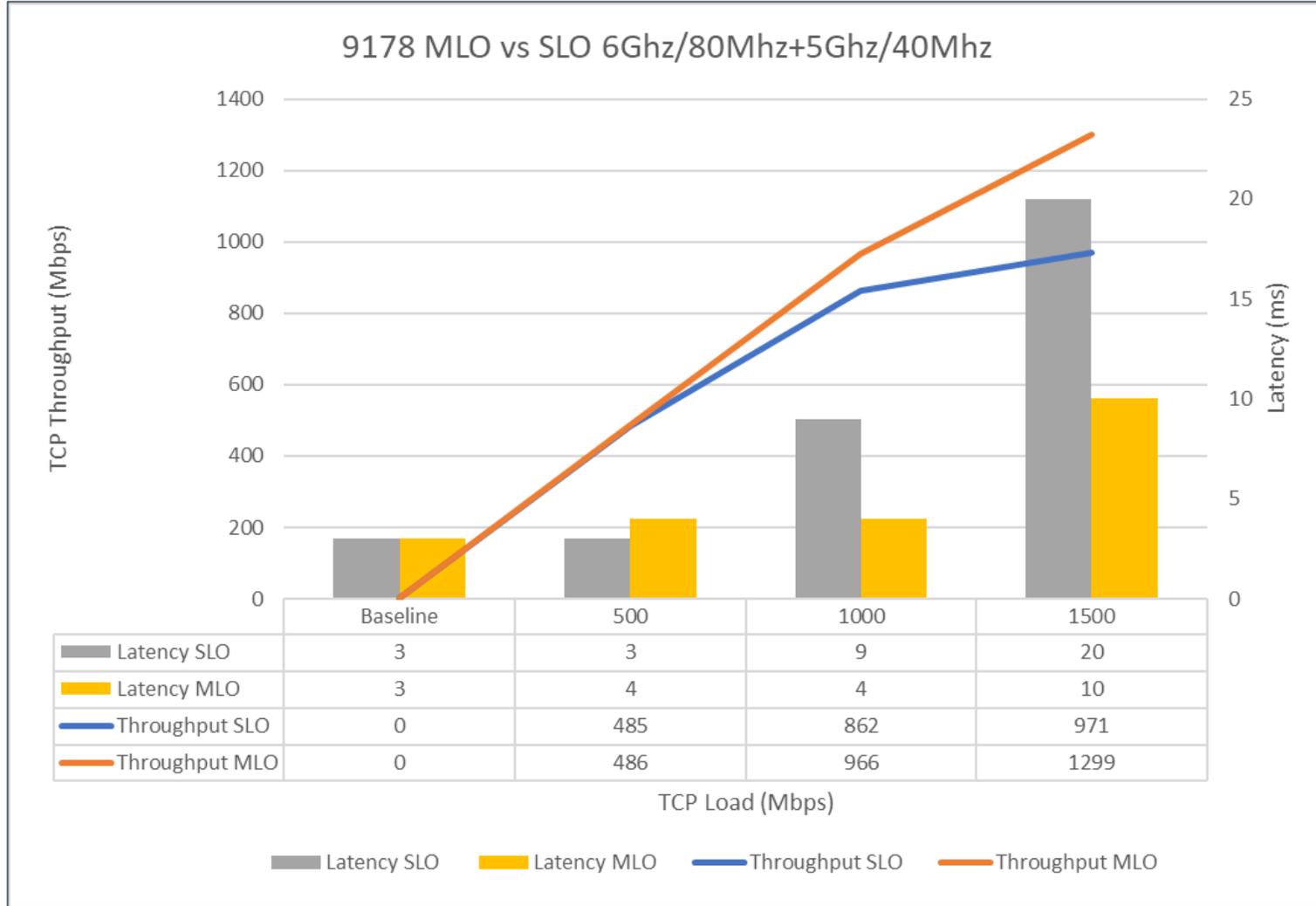
MLO MLMR STA Multi-Link Multi-Radio



各無線リンクが独自に送受信
スループットが向上

MLO と SLO の性能比較

MLMR-STR での試験



Wi-Fi 7 の特徴



320 MHz 幅 (6 GHz)



4K QAM



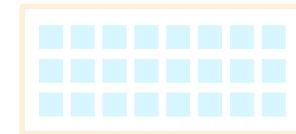
MLO



Preamble puncturing



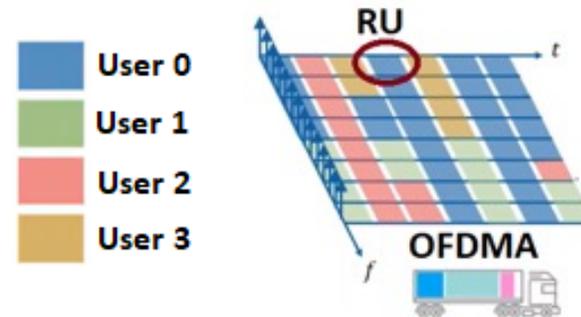
Multi-RU



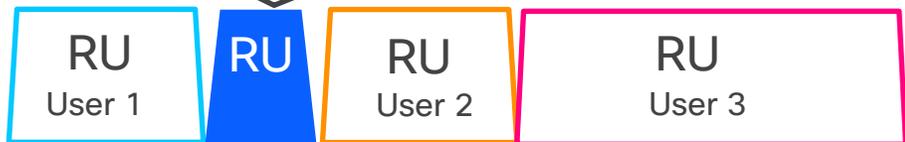
Compressed Block Ack
(512 MPDUs)

Multiple Resource Unit (MRU)

余った RU にデータを載せる
他のユーザがいない
これはもったいない



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ユーザのデータを
複数個の RU に載せられるように

RU が余らないようデータを載せることができ
チャンネルをより効率的に無駄なく利用できる

Wi-Fi 7 の特徴



320 MHz 幅 (6 GHz)



4K QAM



MLO



Preamble puncturing



Multi-RU



Compressed Block Ack
(512 MPDUs)

512 Compressed Block Ack

Wi-Fi 6/6E



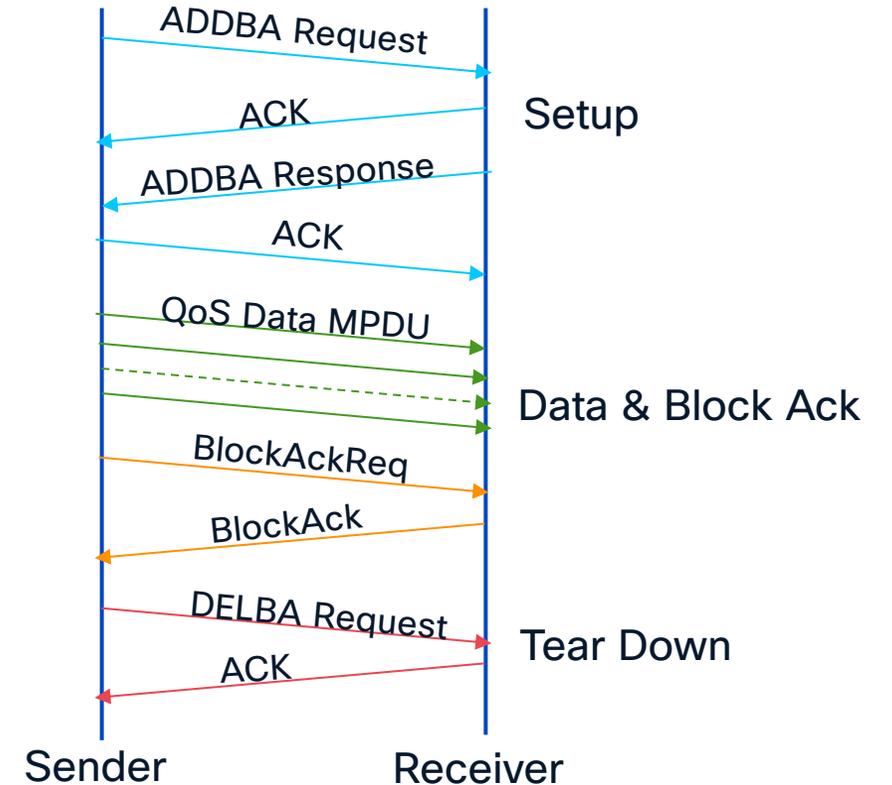
- 1つのフレームの中に最大 256 個の MPDU を集約
- 最大 256 個の MPDU に対して 1つの Block Ack フレームで応答できる

Wi-Fi 7



- 1つのフレームの中に最大 512 個の MPDU を集約
- 最大 512 個の MPDU に対して 1つの Block Ack フレームで応答できる

Block Ack フレームを交換するシーケンス



オーバーヘッドの削減
高データレートにおける送信パフォーマンスの向上

Wi-Fi 7 の特徴まとめ

- チャンネルボンディング
 - 320 MHz 幅ボンディングのサポート
 - 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)
 - 複数チャネルの同時利用で通信の高速・安定化
- MRU (Multi-RU)
 - 周波数成分を無駄なく効率的に利用
- Compressed Block Ack (512 MPDUs)
 - プロトコルのオーバーヘッド削減と通信の高速化

Wi-Fi 6E / Wi-Fi 7 のポイント セキュリティ

Wi-Fi 6E のセキュリティ要件

WPA3
Personal/Enterprise
Enhanced Open が必須

PMF
(Protected Management Frame)
が必須



Wi-Fi 7 のセキュリティ要件

WPA3
Personal/Enterprise
Enhanced Open が必須

PMF
(Protected Management Frame)
が必須

暗号化方式の拡張
(GCMP256)

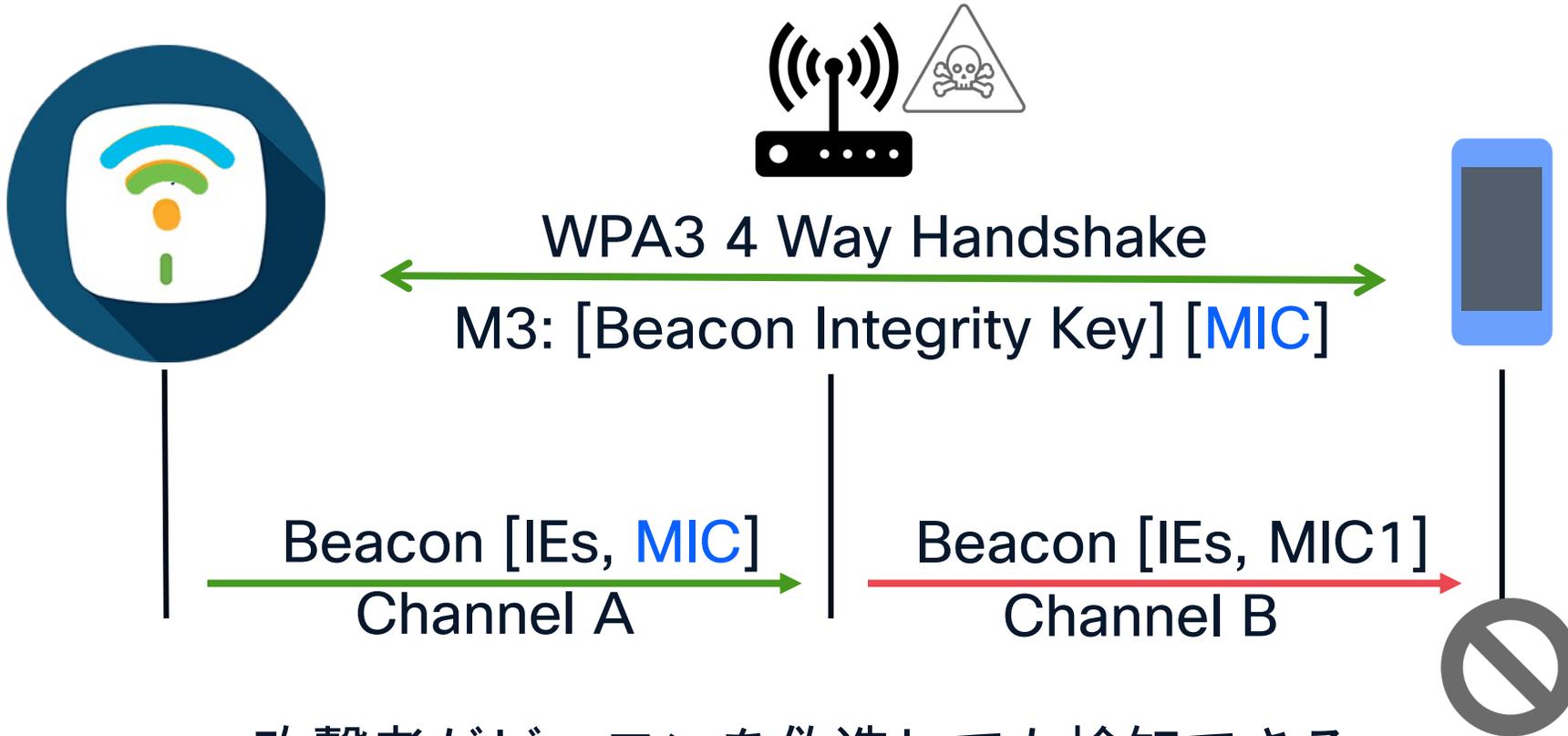
WPA3 Personal で
新しい AKM をサポート

Beacon Protection



Beacon Protection

整合性チェックを行い AP のビーコンを保護する仕組み



攻撃者がビーコンを偽造しても検知できる

IEs: Information Elements
MIC: Message Integrity Code

無線 LAN セキュリティ要件まとめ



	Wi-Fi 5 (Legacy)	Wi-Fi 6	Wi-Fi 6E (6 GHz)	Wi-Fi 7
Open	Open	Open (OWE サポートが必須)	Enhanced Open (AKM: OWE) (Cipher: CCMP128)	Enhanced Open (AKM: OWE) (Cipher: CCMP128 and GCMP256)
Personal	WPA1, WPA2, WPA3 Transition WPA3, PMF はオプション	WPA2, WPA3 Transition WPA3, PMF はオプション (WPA2 AKM: PSK, FT+PSK, PSK (SHA-256)) (WPA3 AKM: SAE, FT+SAE) (Cipher: CCMP128 or AES)	WPA3, PMF が必須 (AKM: SAE, FT+SAE) (Cipher: CCMP128 or AES)	WPA3, PMF が必須 (AKM: SAE-EXT-KEY, FT-SAE-EXT-KEY) (Cipher: CCMP128 and GCMP256)
Enterprise	WPA1/WPA2/WPA3 Transition WPA3-dot1x, PMF は オプション	WPA2/WPA3 Transition WPA3-dot1x (Enterprise), PMF はオプション (AKM 802.1x, FT+802.1x & 802.1x-SHA256, 802.1x-SuiteB) (Cipher: AES, CCMP 128, GCMP128 GCMP256)	WPA3, PMF が必須 (AKM: FT+802.1x, 802.1x-SHA256, 802.1x-SuiteB) (Cipher: CCMP128, GCMP128 & GCMP256)	WPA3, PMF が必須 (AKM: FT+802.1x, 802.1x-SHA256, 802.1x-SuiteB) (Cipher: CCMP128, GCMP128 & GCMP256)

Wi-Fi 6E, Wi-Fi 7にむけた SSID デザイン

All-in

おそらく現実的ではない...

セキュリティ設定を
WPA2 → WPA3 に変更する

Multiple SSID

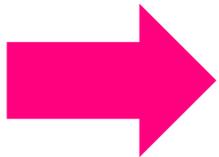
フレキシブル

既存の SSID はそのまま
Wi-Fi 6E/7 用の SSID を新しく作る

One SSID

保守的に選択するなら...

複数のセキュリティを併用するために
Transition Mode の設定をする

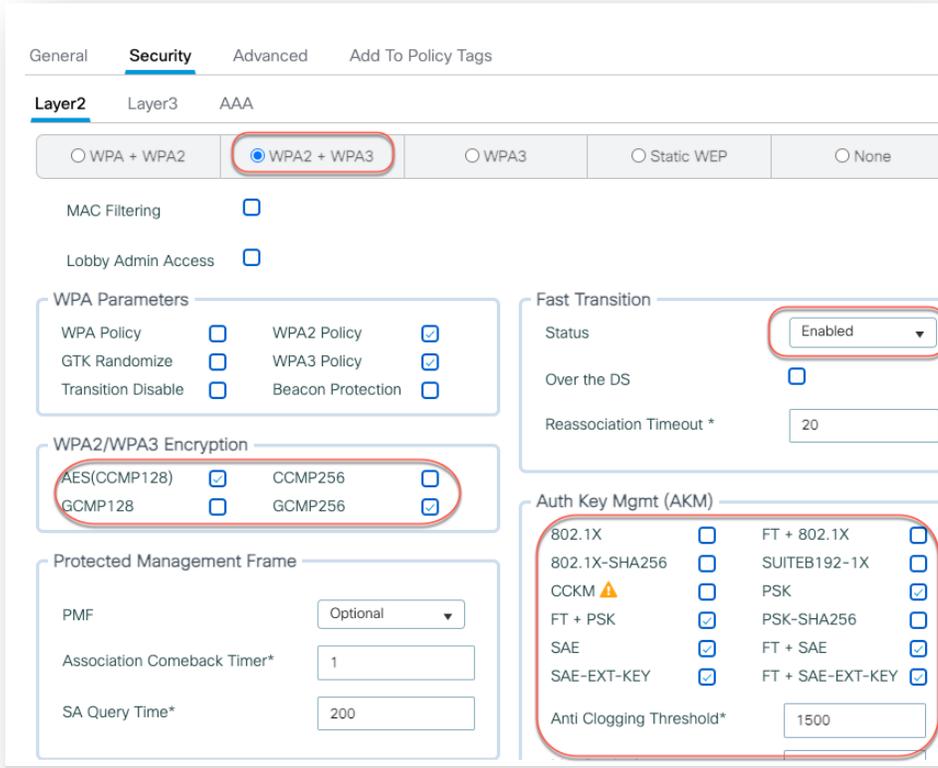


Wi-Fi 6, 6E, 7 対応な WLAN 設定

Personal (PSK/SAE) SSID

必須要件: AKM 24 or 25, Cipher - CCMP128 and GCMP256

推奨: WPA3 Transition Mode (a.k.a WPA2 + WPA3 Mixed Mode)



- L2 security: WPA2+ WPA3
- AKM: PSK + SAE + SAE-EXT-KEY
- PMF: Optional
 - Wi-Fi 7 client → WPA3/SAE-EXT-KEY/PMF で接続
 - Wi-Fi 6E client → WPA3/SAE/PMF で接続
 - WPA3対応の Wi-Fi 6 client
→ 2.4/5GHz 帯に WPA3/SAE/PMF で接続
 - Legacy client → 2.4/5 GHz 帯に WPA2 で接続
- WPA1 が必要な非常に古いクライアントがいる場合
専用 SSID を作成して WPA1 クライアントの分離を推奨

Note: スペック上 Wi-Fi 7 は AKM 24, 25 を必要としますが
様々な無線クライアントでの経験上, AKM 8, 9 でも MLO/11be
が動作するようです

AKM 8: SAE
AKM 9: FT-SAE
AKM 24- SAE-EXT-KEY
AKM 25- FT-SAE-EXT-KEY

Wi-Fi 6, 6E, 7 対応な WLAN 設定

Enterprise (dot1x) SSID

必須要件: AKM 3, 5 Cipher - CCMP128

推奨: WPA3 Transition Mode (a.k.a WPA2 + WPA3 Mixed Mode)

General **Security** Advanced Add To Policy Tags

Layer2 Layer3 AAA

WPA + WPA2 WPA2 + WPA3 WPA3 Static WEP None

MAC Filtering

Lobby Admin Access

WPA Parameters

WPA Policy	<input type="checkbox"/>	WPA2 Policy	<input checked="" type="checkbox"/>
GTK Randomize	<input type="checkbox"/>	WPA3 Policy	<input checked="" type="checkbox"/>
Transition Disable	<input type="checkbox"/>	Beacon Protection	<input type="checkbox"/>

WPA2/WPA3 Encryption

AES(CCMP128)	<input checked="" type="checkbox"/>	CCMP256	<input type="checkbox"/>
GCMP128	<input type="checkbox"/>	GCMP256	<input type="checkbox"/>

Protected Management Frame

PMF

Association Comeback Timer*

SA Query Time*

Fast Transition

Status

Over the DS

Reassociation Timeout*

Auth Key Mgmt (AKM)

802.1X	<input checked="" type="checkbox"/>	FT + 802.1X	<input checked="" type="checkbox"/>
802.1X-SHA256	<input checked="" type="checkbox"/>	CCKM ⚠	<input type="checkbox"/>
PSK	<input type="checkbox"/>	FT + PSK	<input type="checkbox"/>
PSK-SHA256	<input type="checkbox"/>	SAE	<input type="checkbox"/>
FT + SAE	<input type="checkbox"/>	SAE-EXT-KEY	<input type="checkbox"/>
FT + SAE-EXT-KEY	<input type="checkbox"/>		

- L2 security: WPA2+ WPA3
- AKM: 802.1x-SHA256 / 802.1x (SHA1)
- PMF: Optional
- WPA3対応の client: WPA3 Enterprise で設定してください
→ Wi-Fi 7 クライアントがこの設定を利用して MLO で任意の周波数帯に接続します
- クライアントが WPA3 に非対応であれば WPA2 で設定してください

Note: 古いドライバを使っている一部のクライアントでは問題が発生する可能性があります。事前に接続検証をおすすめします

Note: WPA3-SuiteB を使うには SSID を分ける必要があります

Wi-Fi 6E, Wi-Fi 7 セキュリティのまとめ

- WPA3 / PMF が必須 (6E/7 共通)
 - WPA2 以前との互換性なし
- Wi-Fi 6 以前と 6E, 7 を共存させることは可能
 - WPA2/WPA3 Personal Transition Mode
 - WPA2/WPA3 Enterprise Transition Mode
 - WPA1 は分離する
- Wi-Fi 7 では暗号化方式が拡張された
 - CCMP128 + GCMP256

