



AI 時代における ネットワークの基礎と進化②

ワイヤレス編

小川 正晃

ネットワーキング事業 ソリューションズエンジニア

2024年12月11日

アジェンダ

- 無線LAN基礎
 - 無線LANの基礎知識
 - Wi-Fi 6E による 6GHz 解放
 - Wi-Fi 7 とは
- APの設置とデザイン
- Cisco Wireless の AI 機能
- (Cisco のワイヤレス関連製品のご紹介)

無線 LAN の基礎

無線 LAN とは

[一般的な無線LAN接続]



[アドホック通信]



[テザリング]



無線LANとは、

無線通信でデータを送受信する LAN システム。

IEEE に準拠し、Wi-Fi Alliance の認定を取得したものが一般的。

Wireless LAN、WLAN、Wi-Fi などと呼ばれる。

基本的には親機(アクセスポイント:AP)と子機(端末:Client)を接続しますが、子機同士のアドホック通信や、Uplink が 4G/5G のスマホと PC など繋ぐテザリングなどもあります。

Wi-Fi Alliance のマークから一般的に Wi-Fi と呼ばれることがあります。



IEEE

通信・電子・情報工学とその関連分野における規格の標準化団体。

IEEE802.11a/b/g/n/ac/ax/beなど無線やそれ以外の規格も標準化。

無線LAN製品はこれに準拠している。



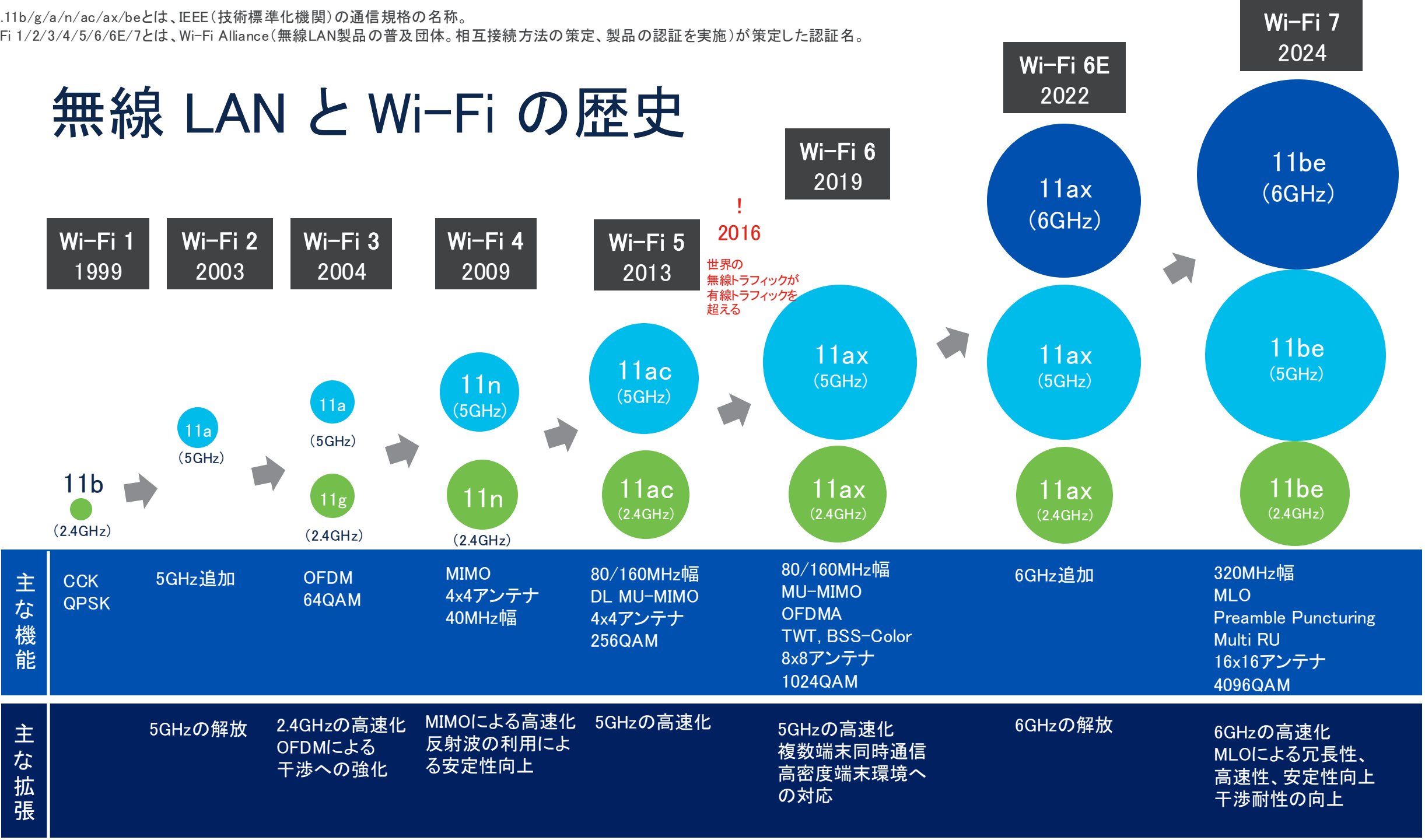
Wi-Fi Alliance (WFA)

無線 LAN 製品の普及団体。相互接続性試験の策定、認定などを行っている。

WPA、WPA2、WPA3、WMM、Wi-Fi 6/6E/7 など無線に特化した相互接続認定。

注) 認定を取得していない端末がある場合は接続問題が発生しがちです。事前に接続試験の必要性を説明し、スケジュールを立ててもらいましょう。

無線 LAN と Wi-Fi の歴史



Wi-Fi Alliance 取得確認だけでなく、更新後は接続テスト

[OKパターン]

AP と端末が同じ世代



Wi-Fi Alliance 取得
Wi-Fi 6E 対応 AP



Wi-Fi Alliance 取得
Wi-Fi 6E 対応 端末 &
対応ドライババージョン



Wi-Fi Alliance 取得
Wi-Fi 7 対応 AP



Wi-Fi Alliance 取得
Wi-Fi 7 対応 端末 &
対応ドライババージョン

[事前接続確認必須]

AP と端末が異なる世代



Wi-Fi 6 対応 AP



新しい規格対応
端末に更新



新しいWi-Fi 7 対応
APに更新



今までの端末

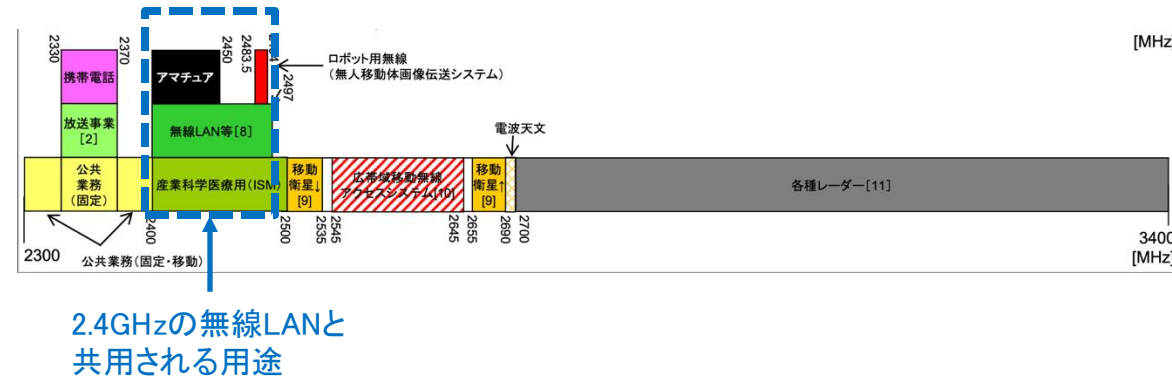
[重要]

端末もしくはAPが新しくなった際は、漏れなく接続テストをしましょう。

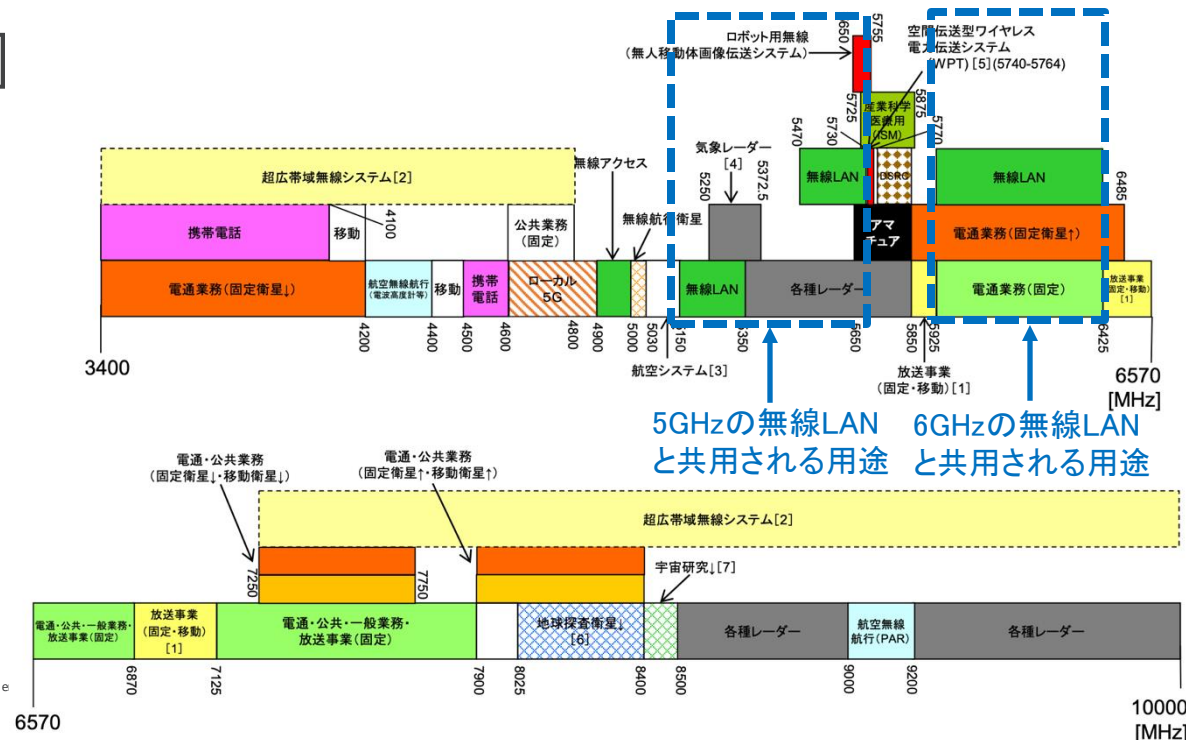
AP-端末間の接続問題の多くは、端末のドライバ更新で改善されます。
Wi-Fi は世代間の互換性があるとされていますが、AP もしくは端末の
更新後は、**無線 NIC のドライバ更新が必須**。

無線 LAN で使用する周波数帯

[2.4GHz]



[5GHz & 6 GHz]



無線LANに対応する周波数は、2.4GHz帯/5GHz帯/6GHz帯。1つの AP で同時に利用できるものが一般的です。

無線を使用する場合は基本的には免許が必要ですが、無線LAN では誰でも気軽に使用できるように免許の要らない帯域を利用しています。

その代わり、他の用途でも使用され、それらとの共存や干渉を回避するよう考慮する必要があります。

無線LANのスループットの特徴



無線LANのスループットは良い環境でも理論値の50%～70%となります。
例えば、300Mbpsと表示されていれば、良くて150Mbps～210Mbpsのスループットとなります。

端末数や周りの電波環境によって、更に低下することもありますので、有線とは違う点を意識する必要があります。

無線LANの利点と考慮すべき点

[利点]

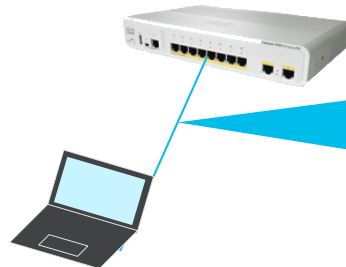
- 各端末へ有線を敷設するコストを削減
- スイッチ数、ポート数を削減
- フリーアドレス、レイアウト変更に対応しやすい
- ノートPC、スマートデバイスなど移動して使う端末が利用できる
- 会議室、家、カフェ、どこでも仕事、Web会議ができる

[考慮すべき点]

- 電波なので、外部に漏れてしまう可能性がある
- 有線に比べて、通信が不安定になることがある
- 通信障害の際、無線部分の切り分けが必要
- 半二重の通信

[一般的な対策]

- 暗号化、認証
- 無線のデザイン、機能で対応
- Cisco Catalyst Center, 9800 の
トラブルシューティング機能で対応



有線はケーブル品質がある程度保証されている。問題がある場合は交換できる。



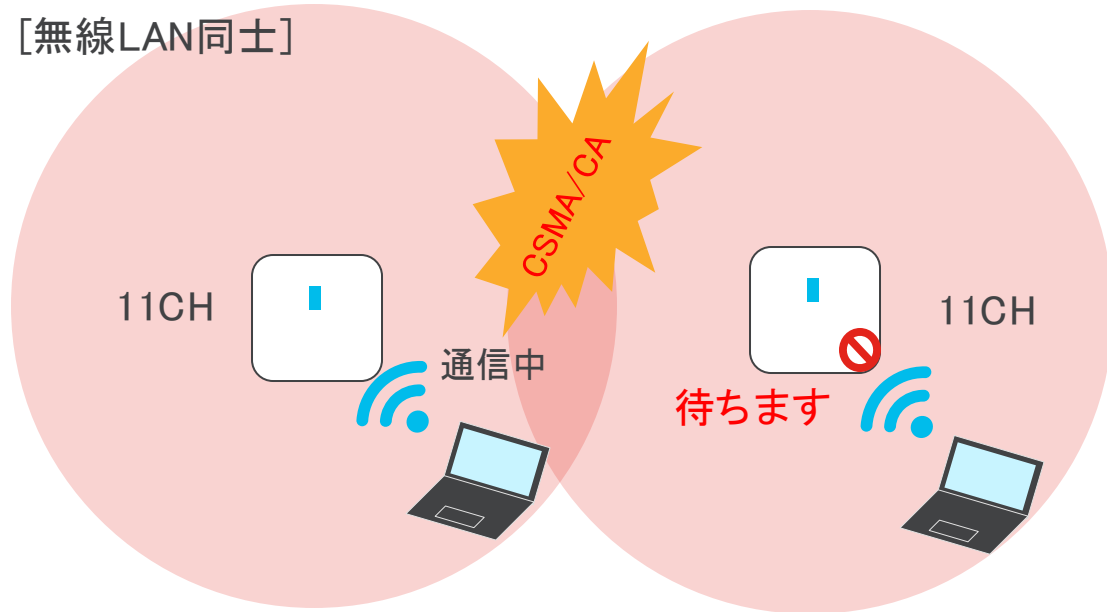
無線は電波部分(物理層)もトラブルシューティングしないといけない。

同 CH 干渉

同じ周波数/CHを使用した際に発生する待ち時間や同タイミングで通信を行った際に、電波がぶつかり合うこと。データを正しく検出できなかったり、再送が発生し、スループットの低下、通信障害の原因となります。

- 無線LAN同士の干渉：
譲り合いの機能(CSMA/CA)が入っており待ち時間が発生、スループット低下
- 規格外の無線LAN、干渉源による干渉：
電波がぶつかり合い、お互いノイズ(雑音)となり、衝突、再送が増え、スループット低下、通信障害が発生

[無線LAN同士]



[同じ周波数の干渉源]

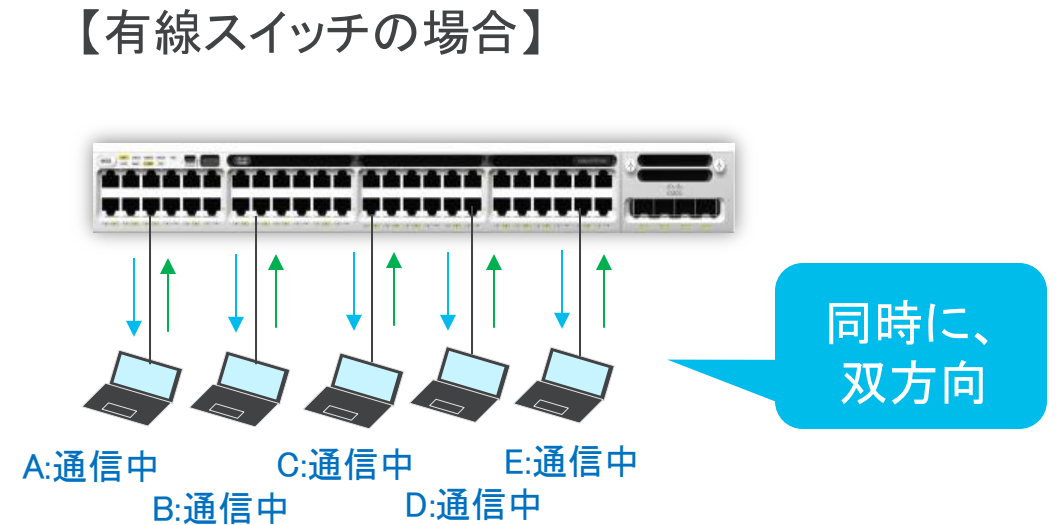
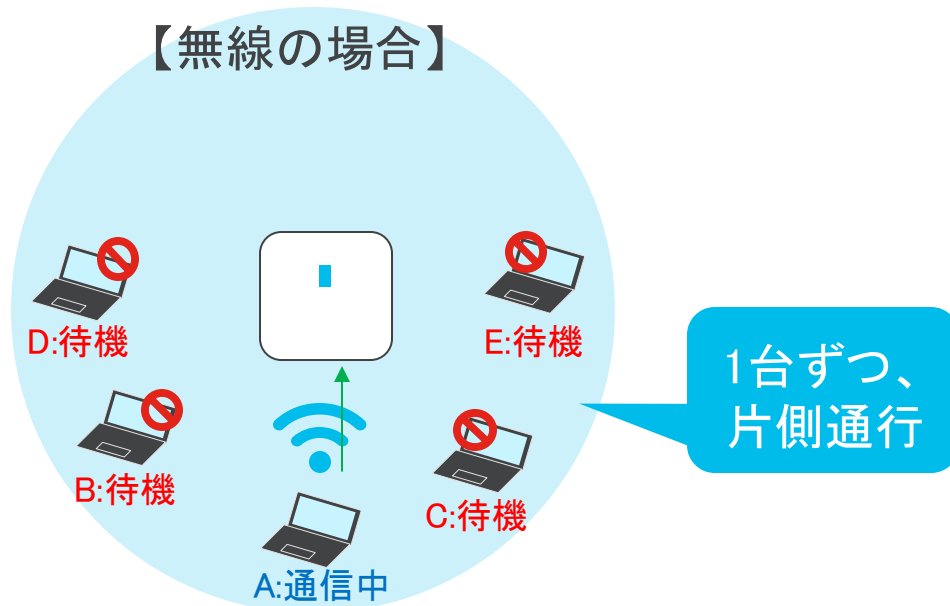


無線LAN通信の譲り合い機能(CSMA/CA)

CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) は無線LAN製品に必ず搭載されている同じCHの無線空間のフレーム衝突を回避する機能です。

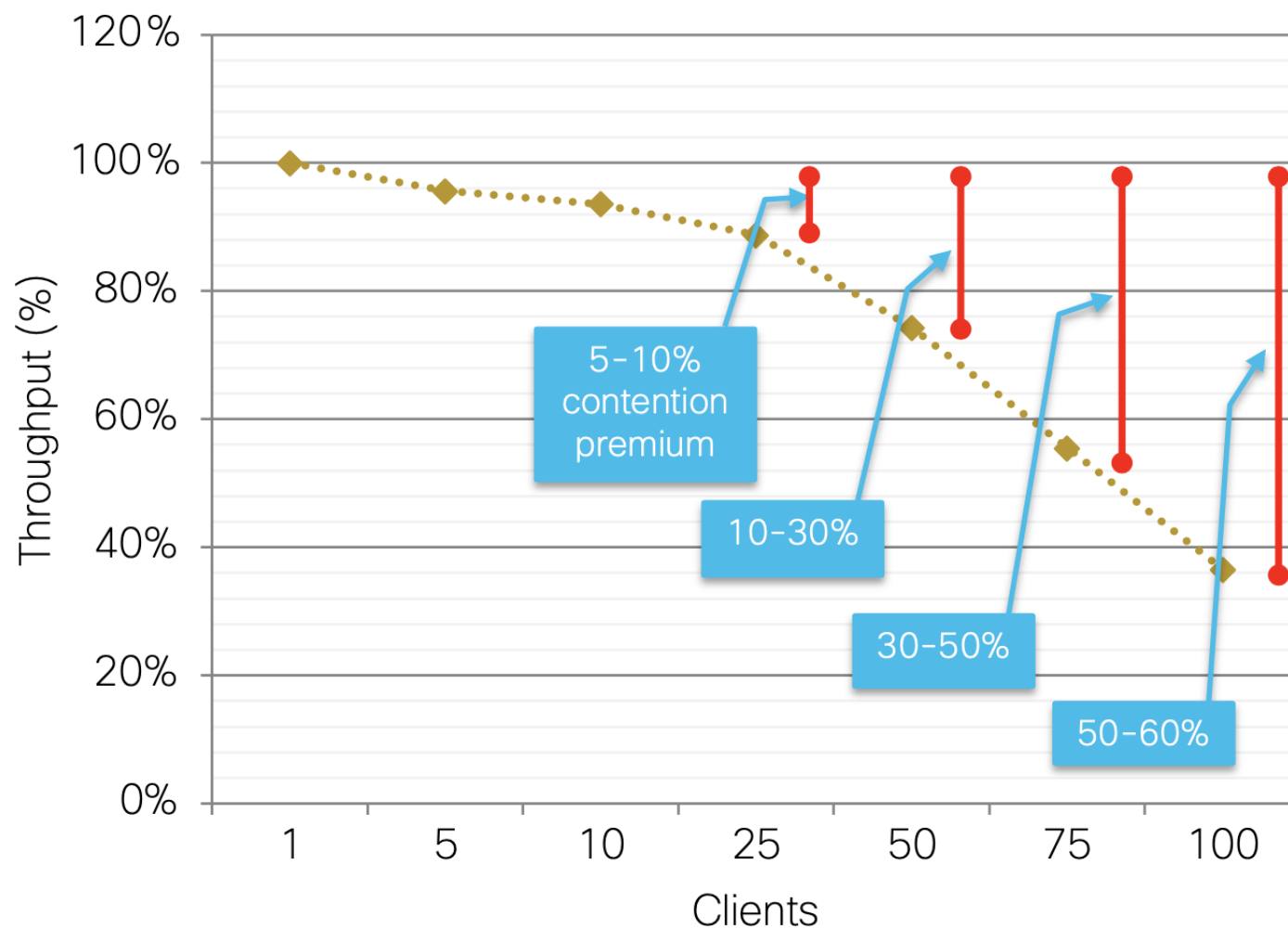
動作としては、通信開始前に他の端末が通信中でないか確認、他端末が通信していない場合に通信開始、通信前にはランダムな待ち時間を待ってからデータを送信させます(複数端末で同時に送信しないよう)。

無線 LAN では AP と 1 台の端末が通信している間は、他の端末は待機状態となります(半二重通信)、つまり、1台のAPに接続する端末数が多いと、その分待つ時間も増える(スループットもより低下する)。



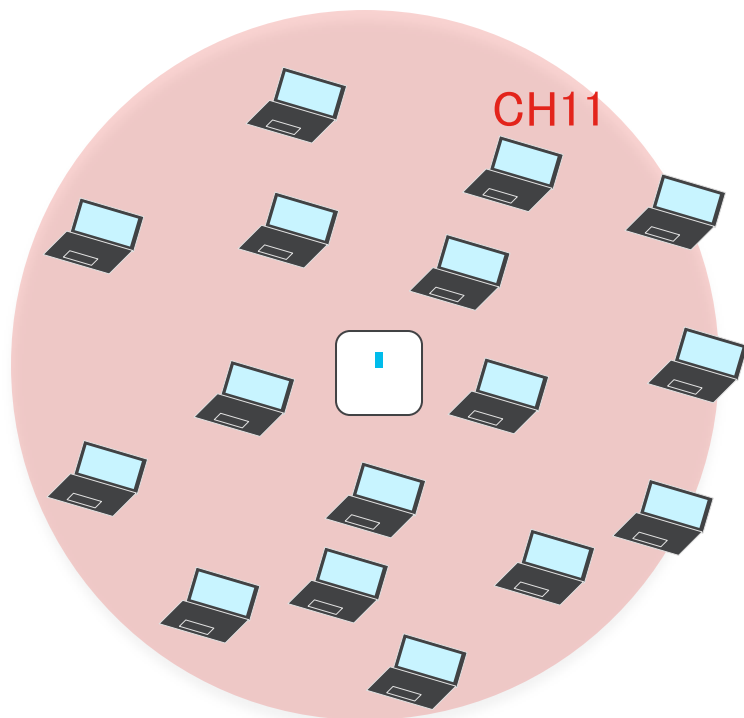
重要) 有線のスイッチと違い、無線LANは基本的に1台ずつ処理します！

端末が多いと待ち時間が増えスループットが下がる

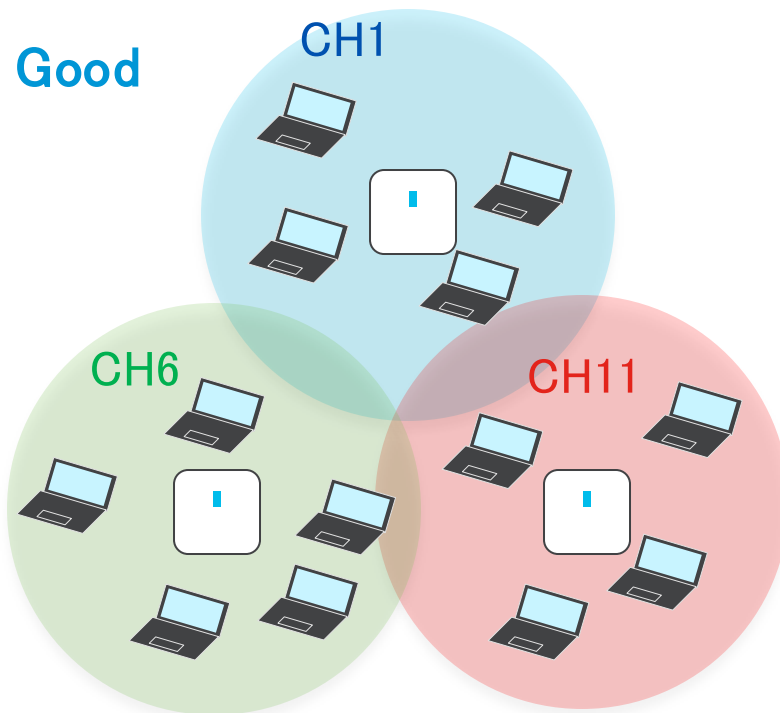


RSSI 値を上げる為に AP の出力を上げるべき？

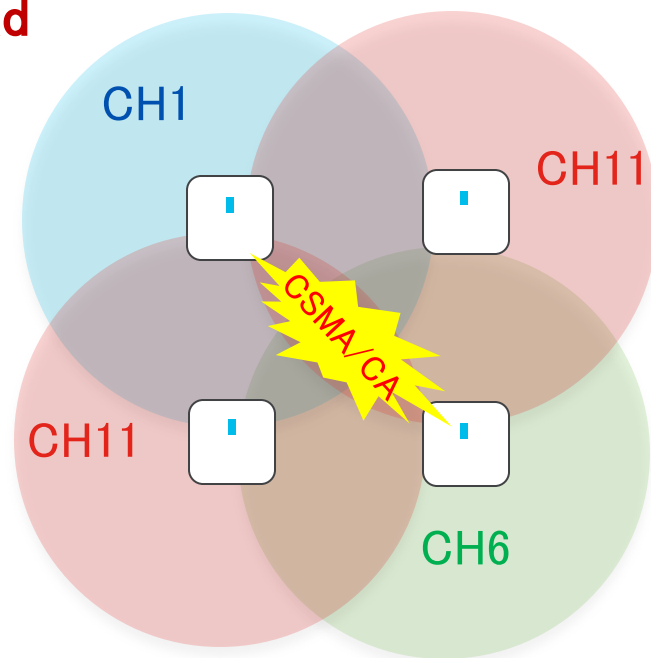
Bad



Good



Bad



[出力を上げてセルを広げた場合]

接続端末数が増え待ち時間が増える(CSMA/CA)
電波の端の低速の範囲も大きくなり低速端末が増加
社外へ電波が漏洩
電波が遠くまで飛ぶ為、同CHのAPと干渉する

[最適な出力]

端末が適度に分散される
各端末で高速に通信ができる
最適なセルでローミングがスムーズ

[APを密に置きすぎた場合]

同CHのAPが干渉しやすくなる

置き過ぎも干渉の原因となる。
指向性のアンテナを使うなど電波の設計が必要となる。

同時利用可能 CH 数

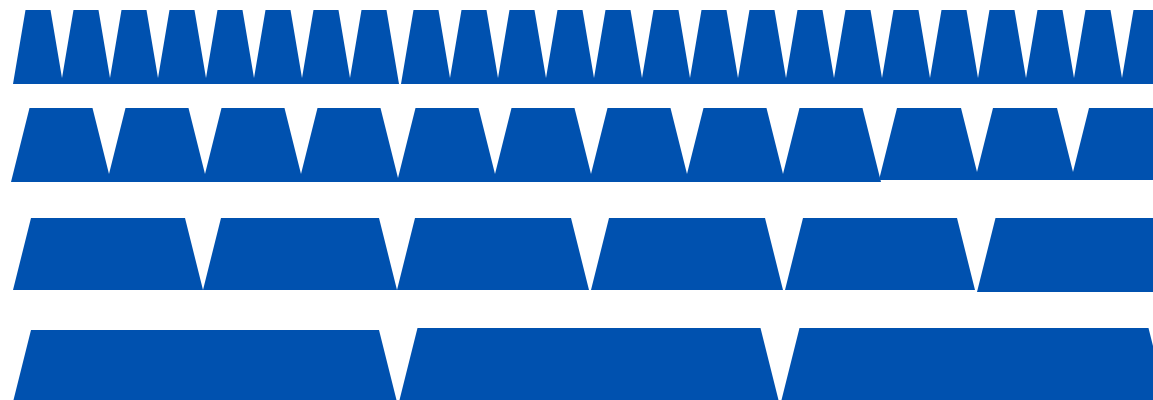
同時利用可能 CH 数

DFSの影響

航空レーダ、
気象レーダとの干渉

6GHz

屋内利用のみ



20MHz幅: 24

40MHz幅: 12

80MHz幅: 6

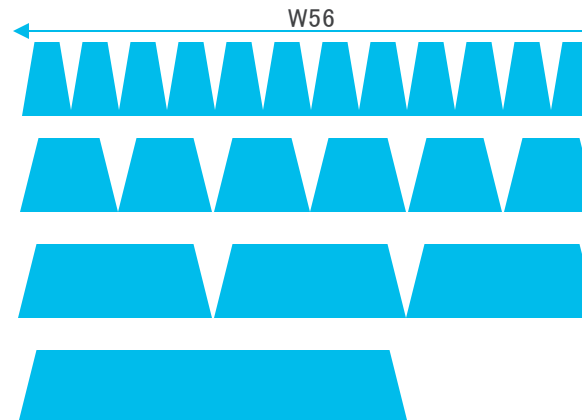
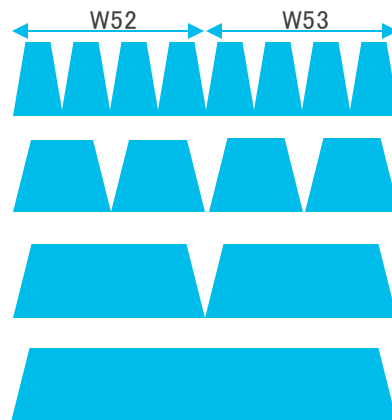
160MHz幅: 3

なし



5GHz

144CH対応時
W52/53 屋内利用のみ
(W52は開設区域かつ申請
することで屋外も可能*)
W56 屋内外で利用可能



20MHz幅: 20

40MHz幅: 10

80MHz幅: 5

160MHz幅: 2

W52: なし
W53: **あり**
W56: **あり**

2.4GHz

屋内外で利用可能



20MHz幅: 3

なし



© 2024 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved. Cisco Public

*[総務省 無線LANの屋外利用について]

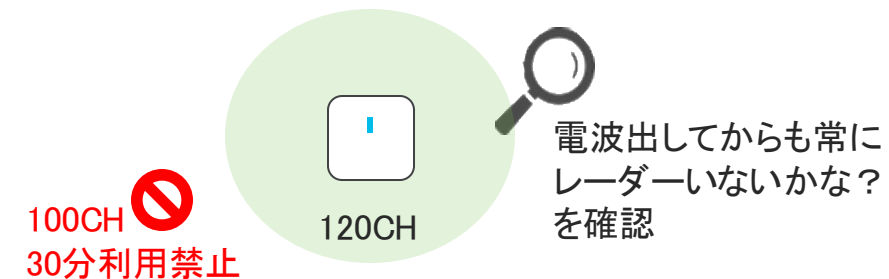
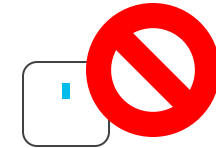
https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/others/wlan_outdoor/

そもそも DFS/TPC の動作とは

5GHz の W53,W56 の CH でレーダーとの干渉を検知した場合に他の CH へ移行する機能。

[DFS(Dynamic Frequency Selection) 動作概要]

- ①レーダー波との干渉を検知
提供CHで常にレーダーを監視(In Service Monitoring)
- ②260ミリ秒以内に電波を止める！10秒以内に他のCHへ移行
(Channel Move Time)
- ③移行したCHで電波を出す前に1分スキャン
CAC(Channel Availability Check)を実施
- ④移行先のCHで電波を出している際も継続してレーダーがないか確認。(In Service Monitoring)
先ほどレーダー波を検知したCHは検出APにて30分利用禁止
(Non-Occupancy Period)

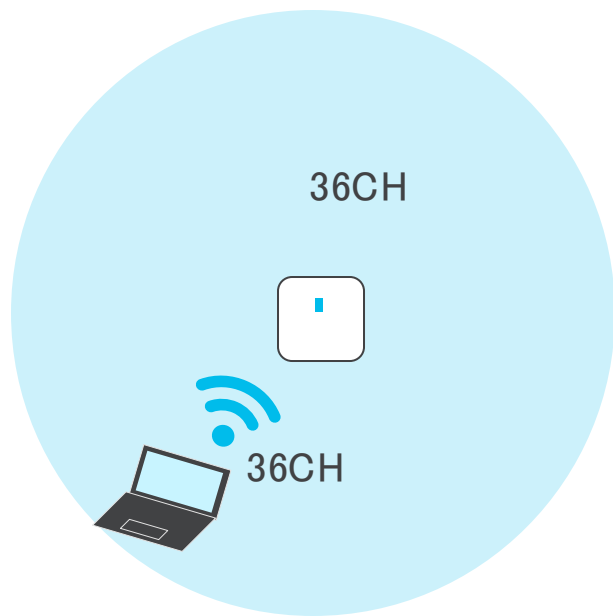


[TPC(Transmitter Power Control) 動作概要]

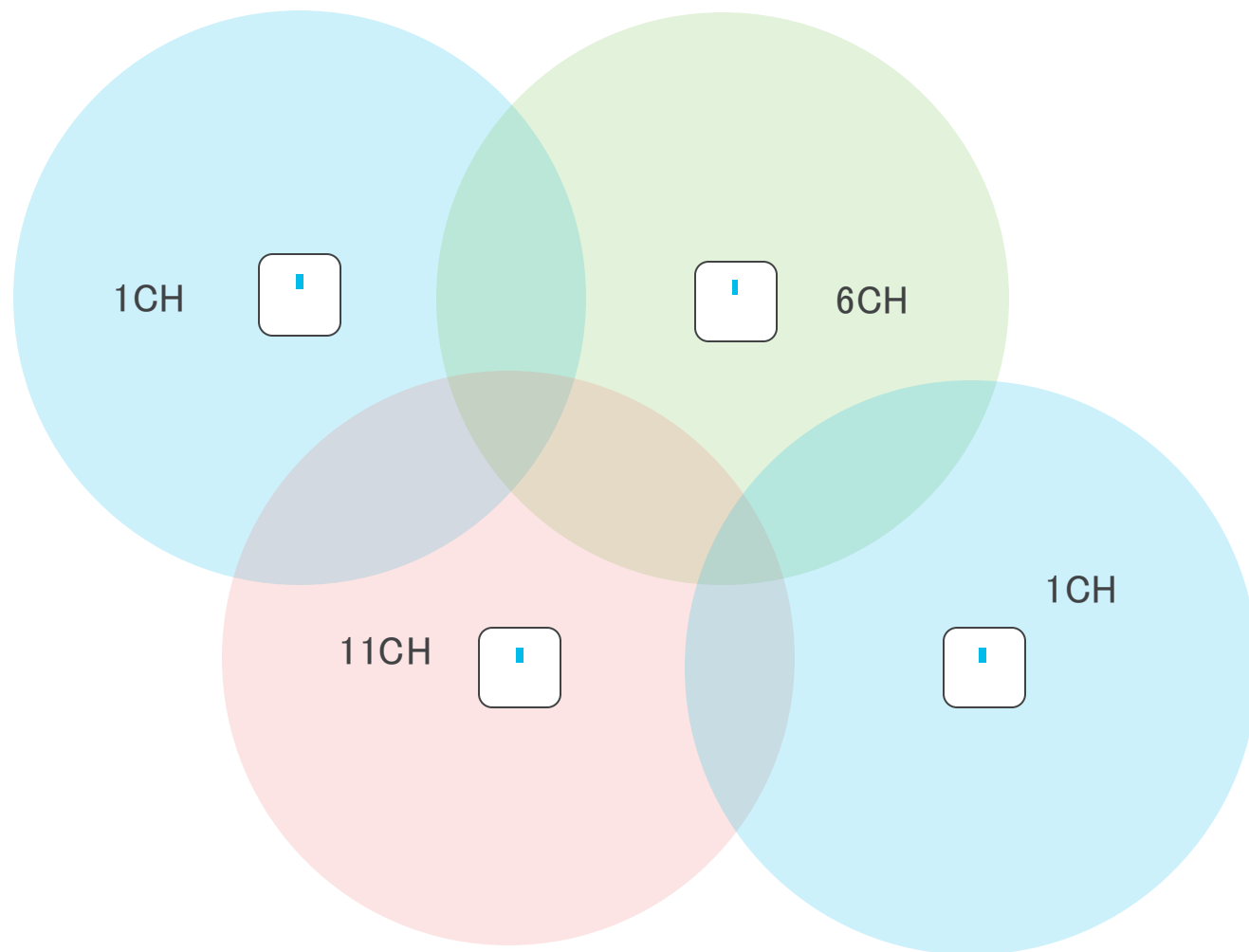
 レーダーとの干渉を回避する為、複数のAPで平均出力を 3dB 下げる機能

チャネルの特性

AP と端末は同じ CH。違う CH の AP は干渉しない。(2.4GHzは5つ以上CHを離す必要あり)



AP と端末は同じ CH で通信。



異なる CH は同時に使用しても干渉しない。

2.4GHz と 5GHz と 6GHz の電波特徴

[2.4GHz]

- 屋内外で利用可能。
- 一般的に広範囲に電波が飛び、障害物があっても回り込みやすい。
- Bluetooth、電子レンジ、コードレスフォン、ISMバンド(産業、科学、医療)など幅広く利用されており、干渉が起こりやすい。
- 同時に利用できるCH数が3つと少ない。

[5GHz]

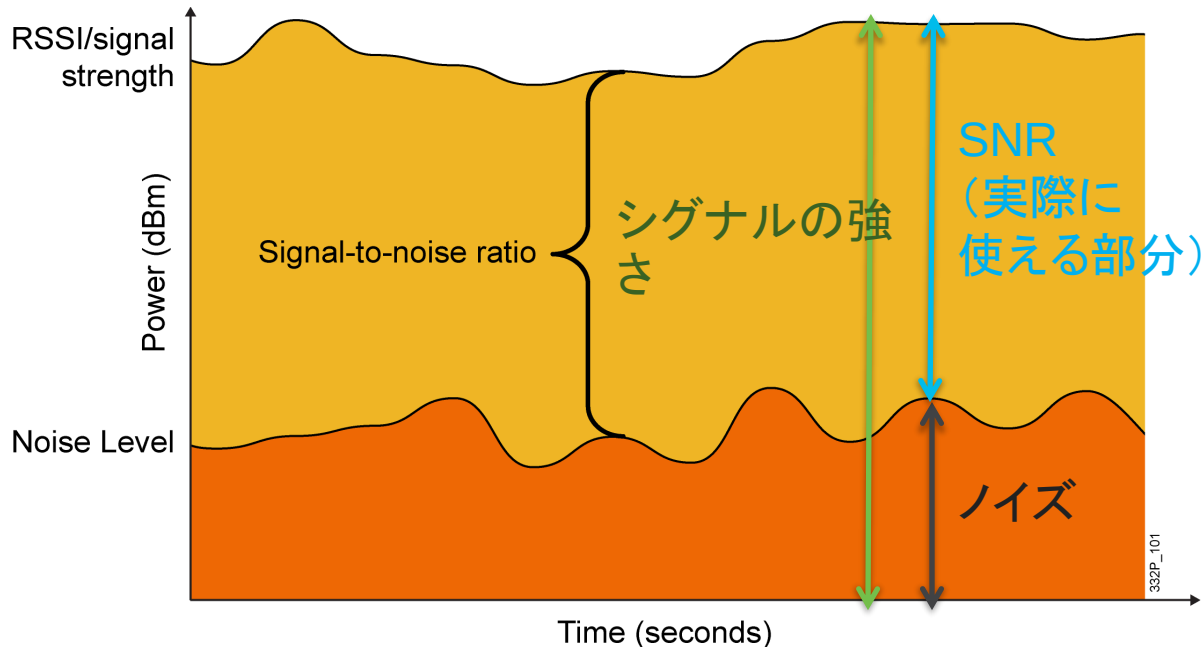
- チャネルボンディング対応で高速な通信が期待できる。
- 同時に利用できるCH数が多い。20MHz幅で20個。
- 屋内でしか使えないCHと屋内外で使えるCHがある。
- 2.4GHzに比べ直進性があり、回り込みしにくい。
- 気象レーダー、空港レーダー、軍事レーダーと干渉する恐れがあり、DFS/TPC の動きをしなければならぬ制限がある。

[6GHz]

- 同時に利用できるCH数が多い。20MHz幅で24個。
- DFS の影響を受けない。
- 解放したてで、干渉源が少ない。
- 遅い既存端末がない。
- 屋内利用のみ。

干渉源があるとうなる？

- ノイズが発生し、CHの使用率も上がり、使用しているチャネルの信号が聞こえにくくなります。
近隣 CH、干渉源、マルチパスなどで発生。
- ノイズが多い場合、スループットの低下に繋がります。



シグナルが強くても、ノイズが多い場所ではスループットが低下します。
スループットはSignalとSNRで決まります。

Signal(RSSI)

$$\text{SNR} = \text{Signal(RSSI)} - \text{Noise}$$

シグナルが高く、ノイズが低い = スループットが高い

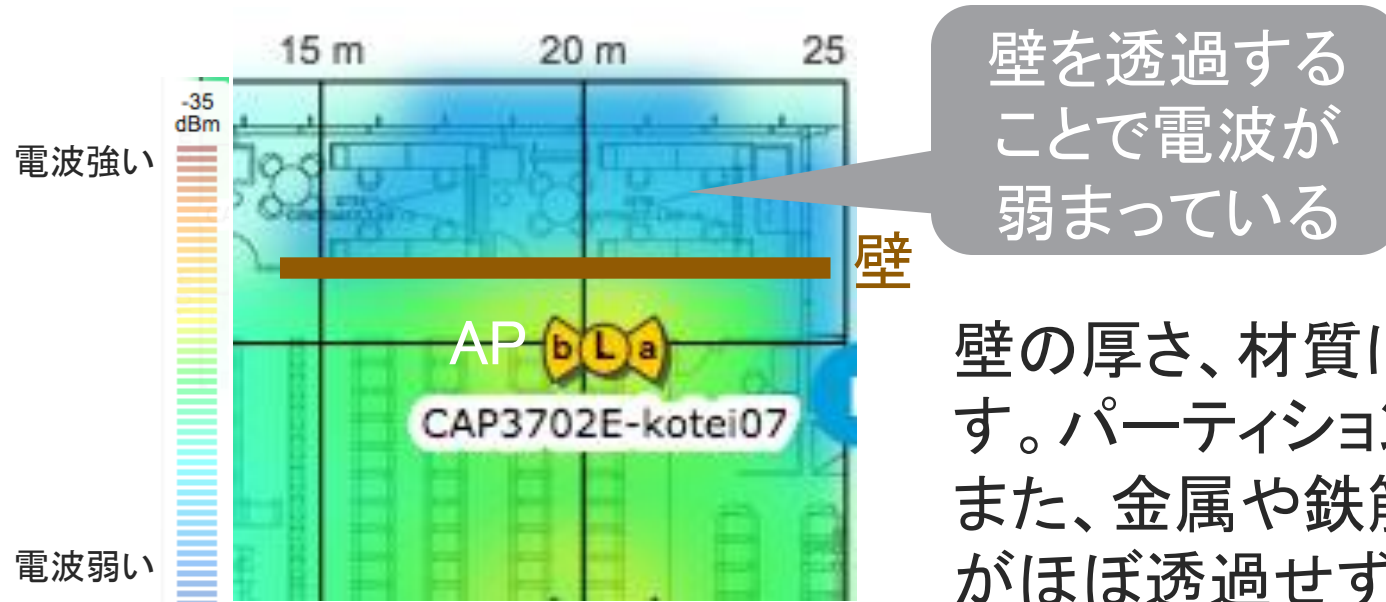
【例 802.11n の データレートと最低限必要なシグナル】

2.4-GHz Data Rate (20 MHz Channel)	2.4-GHz Min RSSI	2.4-GHz Min SNR	5-GHz Data Rate (40-MHz Channel)	5-GHz Min RSSI	5-GHz Min SNR
14.4 Mbps	-82 dBm	11 dB \ N/A	30 Mbps	-79 dBm	14 dB
28.9 Mbps	-79 dBm	14 dB \ N/A	60 Mbps	-76 dBm	17 dB
43.3 Mbps	-77 dBm	16 dB \ N/A	90 Mbps	-74 dBm	19 dB
57.8 Mbps	-74 dBm	19 dB \ N/A	120 Mbps	-71 dBm	22 dB
86.7 Mbps	-70 dBm	23 dB \ N/A	180 Mbps	-67 dBm	26 dB
115.6 Mbps	-66 dBm	27 dB \ N/A	240 Mbps	-63 dBm	30 dB
130 Mbps	-65 dBm	28 dB \ N/A	270 Mbps	-62 dBm	31 dB
144.4 Mbps	-64 dBm	29 dB \ N/A	300 Mbps	-61 dBm	32 dB

実は、シグナルが高いだけでなく、SNR = Signal - Noise の値も高くないと、データレートは高くない。
つまり、干渉源をしっかり検知し、影響が大きければCHを移動するなどの措置を取らないといけない。

減衰

電波がモノ(遮蔽物)を透過する際に弱まること。

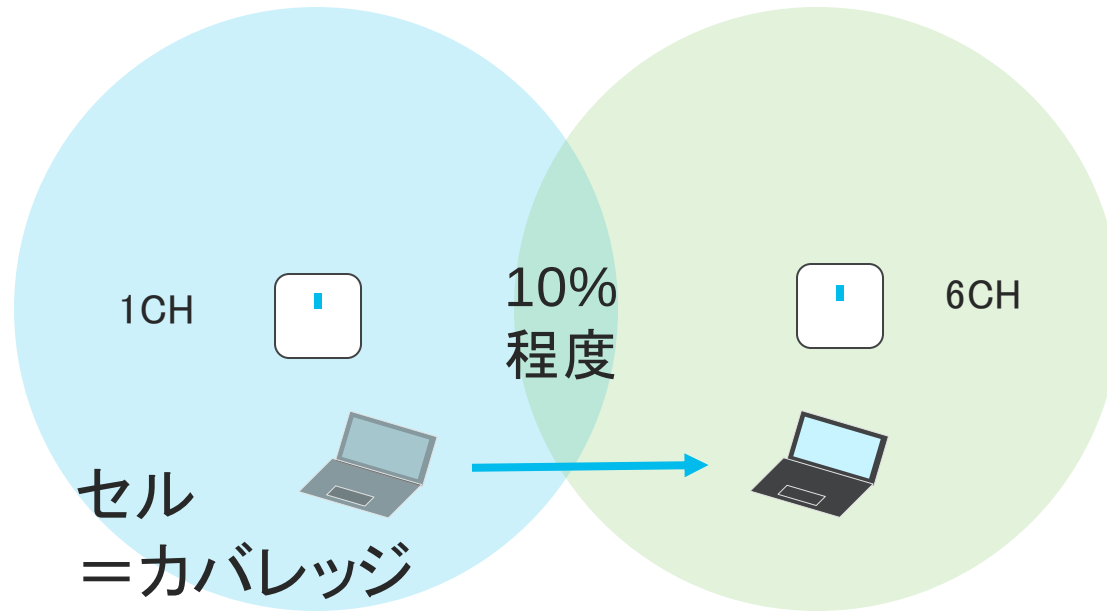


壁の厚さ、材質によって減衰の度合いが変わってきます。パーティション、ガラス、人でも減衰は発生します。また、金属や鉄筋コンクリートの分厚い壁などは電波がほぼ透過せず、反射してしまいます。減衰を防ぐ為、APは見通しの良いところに設置しましょう。

一方で、電波の社外への漏れを防ぐ為に、電波遮断シートや電波吸収体を要望するお客様もいます。

ローミング(Roaming)

端末がAP間を移動すること。通信の途切れを少なくするように電波の飛ぶ範囲(セル)を設計する必要がある。また高速にローミングする為の規格もある。



データ通信では 10% 程度セルを重複させることでローミングをスムーズに行える。

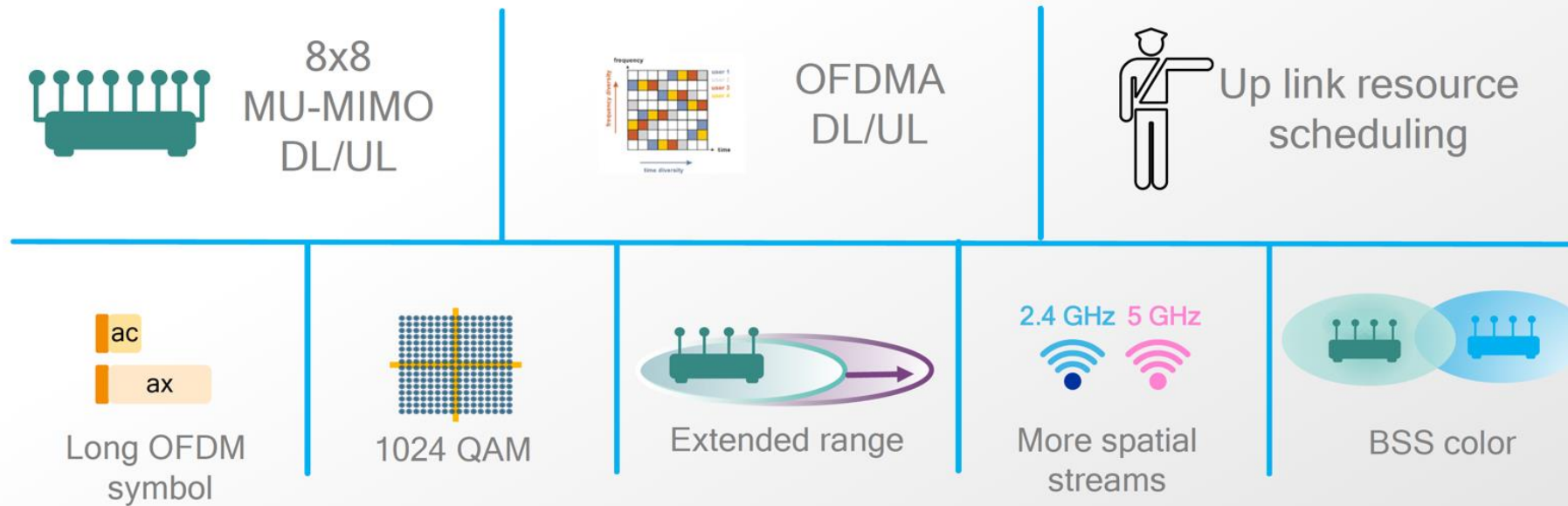
音声を行う場合は 15-20% 程度が推奨。

【高速にローミングする為の規格】

音声やビデオなどのリアルタイム性を求められるサービスを提供している際は、更に高速なローミングが必要になります。規格として、IEEE802.11r, 802.11k, 802.11v もあり、端末と無線機器の双方で対応していること確認し、利用しましょう。

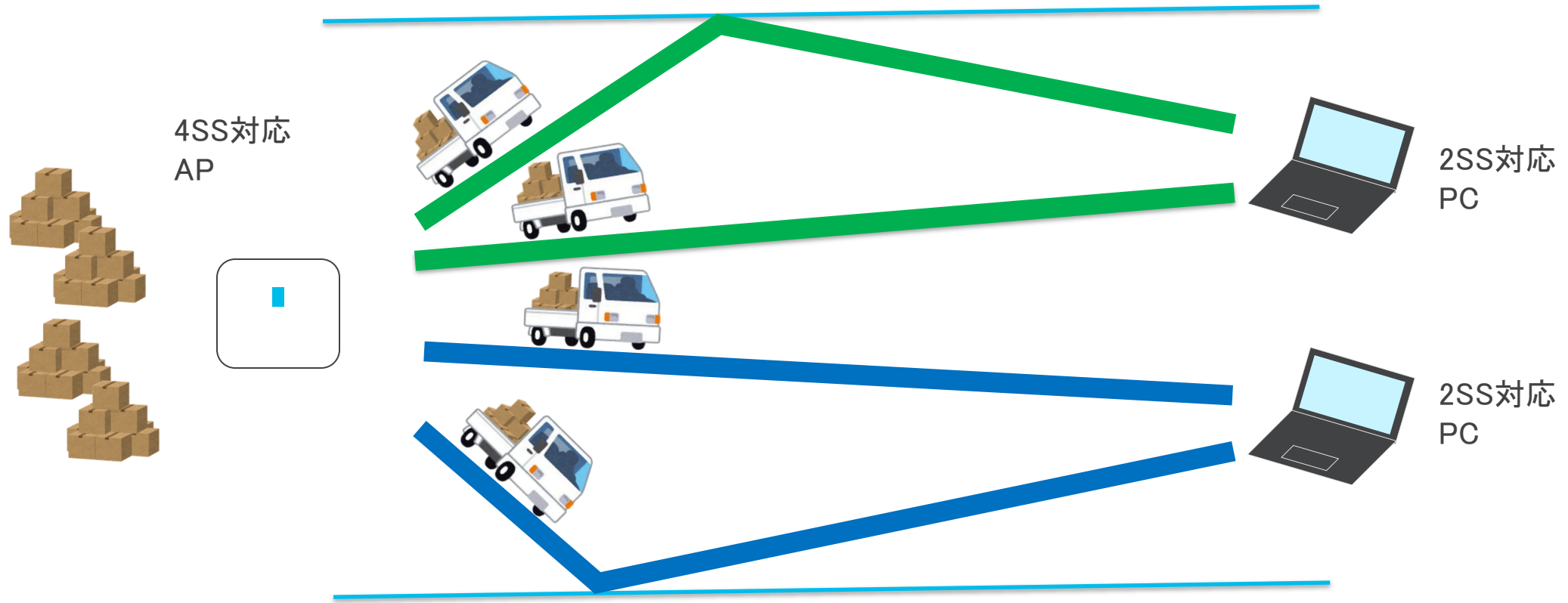
802.11axの主な機能

Technology building blocks of 11ax



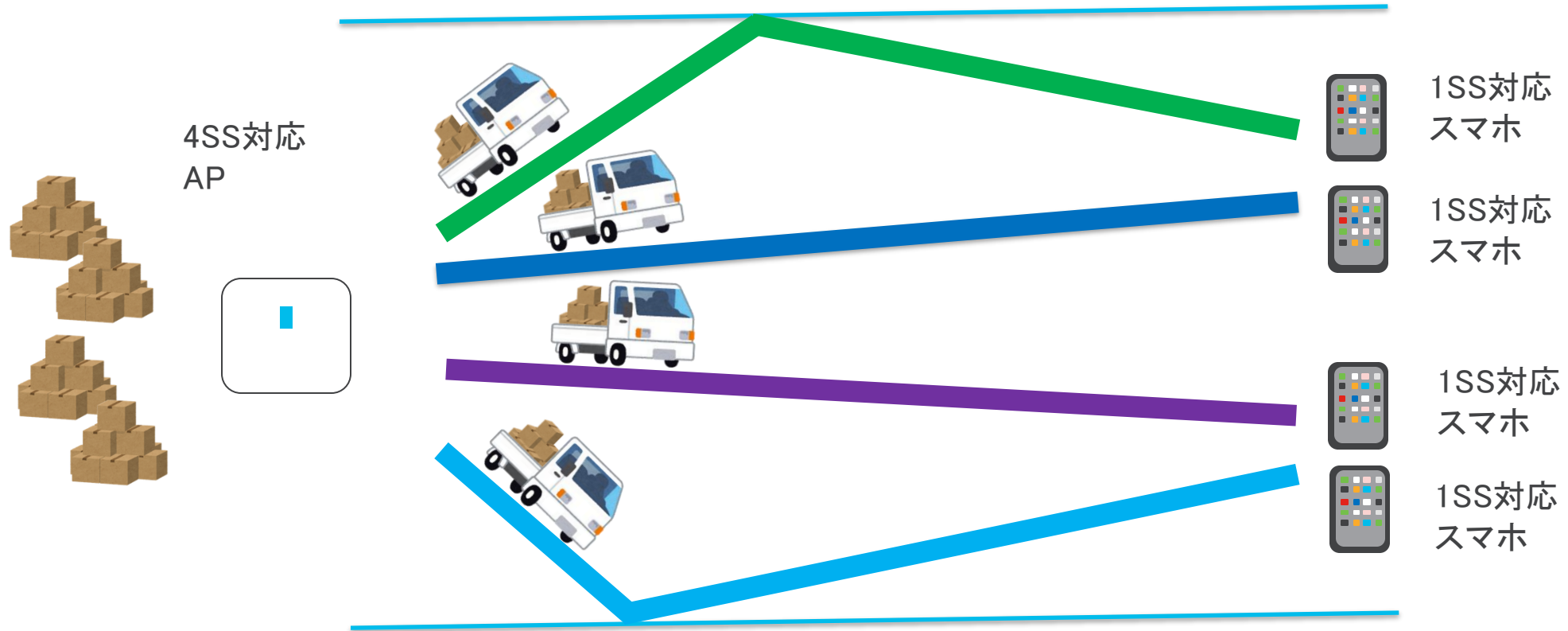
MU-MIMO and OFDMA expertise are key for success in 11ax

MU-MIMO (Multi User – Multi Input Multi Output)



複数の端末で同時に通信が可能。
APの対応SS数が多いほど、同時に使用できる端末数も多くなる。

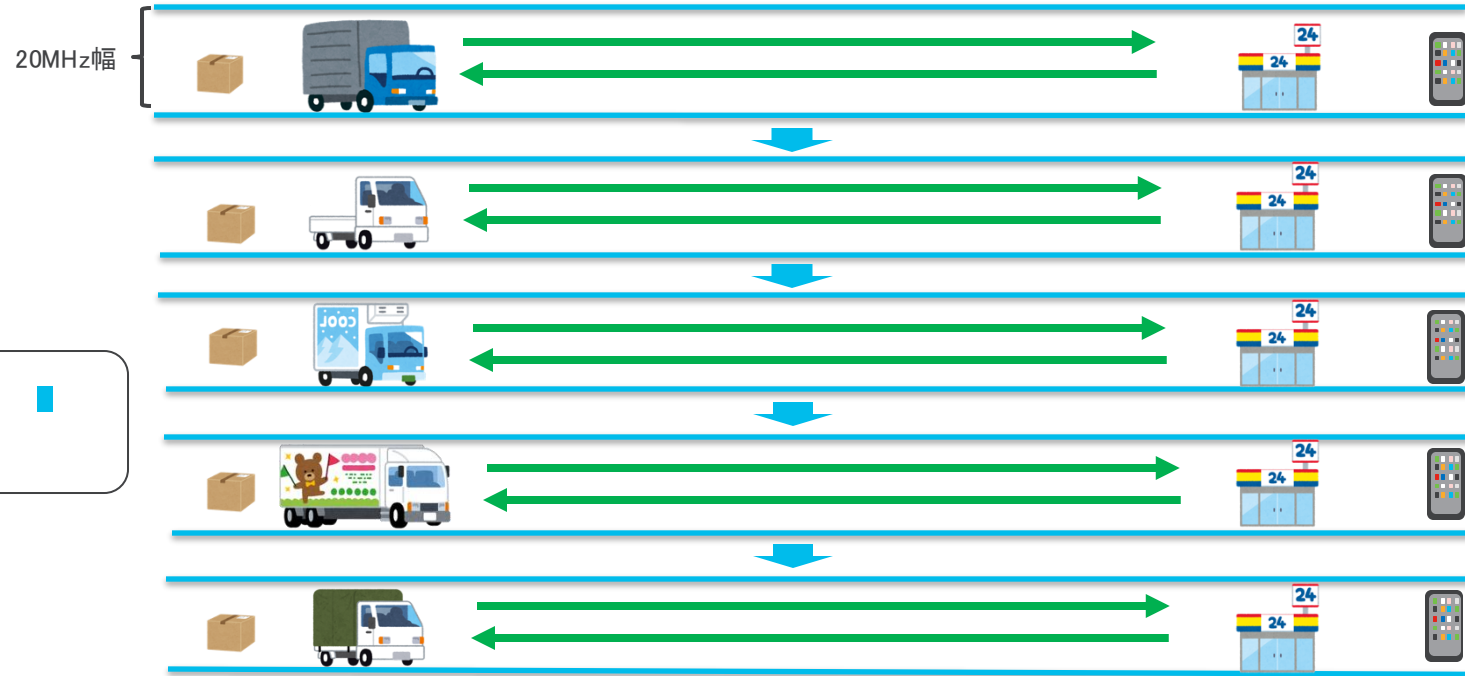
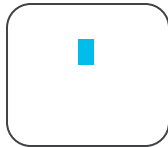
MU-MIMO (Multi User – Multi Input Multi Output)



端末の対応SS数によって、同時に通信できる端末数は変わる。

OFDMA

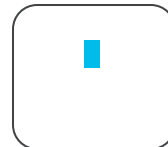
ODFMA
非対応AP
20MHz幅



クライアント毎に軽いデータでも別々に送信

軽い通信でもそれぞれの端末1台ずつ順に届けていた。

ODFMA
非対応AP
20MHz幅



軽い荷物をまとめて効率よくお届け

複数の端末(20MHz幅の場合最大9台)のデータをまとめて一気に届け効率化。
20MHz幅で使えるスループットを複数端末で分割する為、各端末のスループットは低くなる。軽い通信向け。

現在解放されている 6GHz の CH

特徴

屋内利用Only

6GHz帯無線LANの導入に係る制度改正

2

制度改正の概要

- 小電力データ通信システムとして、新たな周波数帯(5925MHz~6425MHz)を規定
- 屋内限定で利用できる無線局(最大EIRP 200mW相当)と、
屋内及び屋外で利用できる無線局(最大EIRP 25mW相当)が対象。
- 当該システムの無線設備の技術基準を定め、特定無線設備(技適)の対象とする。

タイプ	機能
Low Power Indoor (LPI) (屋内限定)	屋内限定で運用するよう設計した親局及びその親局に接続して動作する子局との間で運用される。最大EIRP200mW相当。屋外で運用されないよう実装形態に制限を設ける。
Very Low Power (VLP) (屋内外)	送信電力を小さくすることで端末の運用場所、実装形態に制限がないモードで送信電力や周波数を制御する親局及びその親局に接続して動作する子局との間で運用される。最大EIRP25mW相当。

5925-6425MHz の
500MHz 幅が開放

同時に使えるCH数

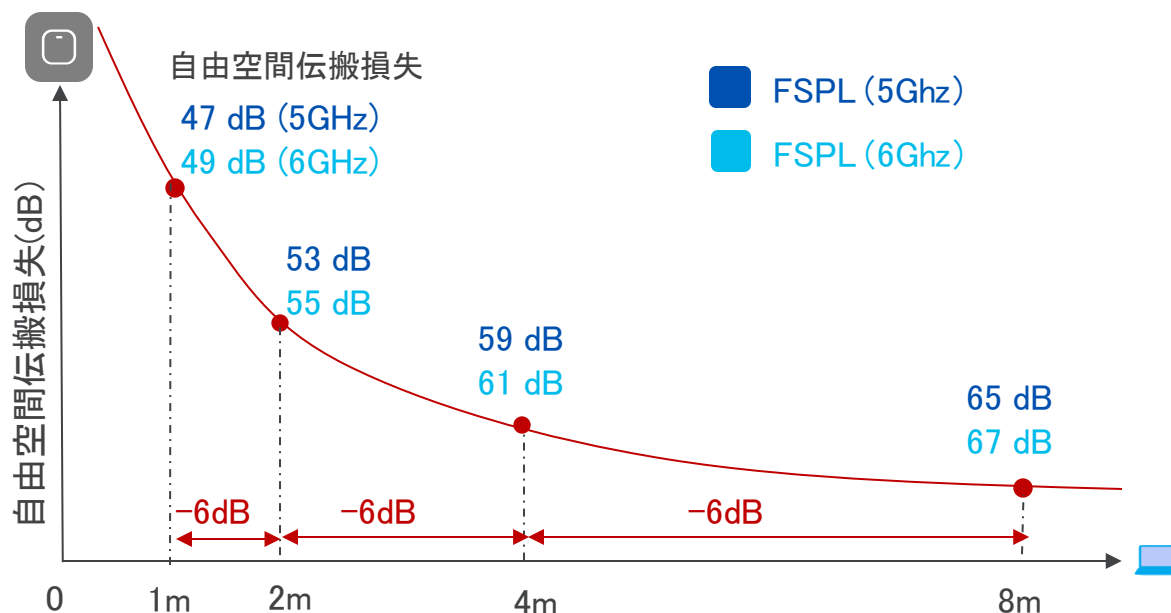
- 20MHz幅: 24個
- 40MHz幅: 12個
- 80MHz幅: 6個
- 160MHz幅: 3個

5GHz と 6GHz で電波の飛びが変わるか？

自由空間伝搬損失(FSPL)* – 最初の 1メートルでの経路損失は、6GHz と 5GHz では 6GHzの方が損失が平均 2dB 高くなります。その後、6 dB ルールが適用され、周波数に関係なく、距離が 2 倍になると 6 dB の損失が発生します。

6GHz のセルサイズは 同じパワーレベルの5GHzのセルサイズより小さくなります。

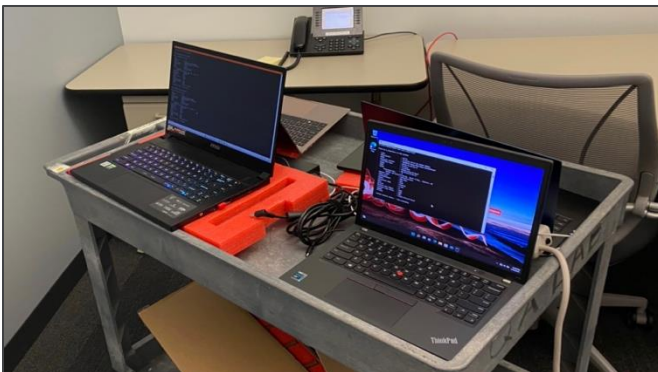
[理想的な環境における APと端末間の自由空間伝搬損失]



5GHz よりも 6GHz の方が、自由空間伝搬損失が大きく、6GHz の方が距離が飛ばなくなる。

つまり、6GHz で以前のカバレッジをカバーしようとすると出力を上げる必要がある。

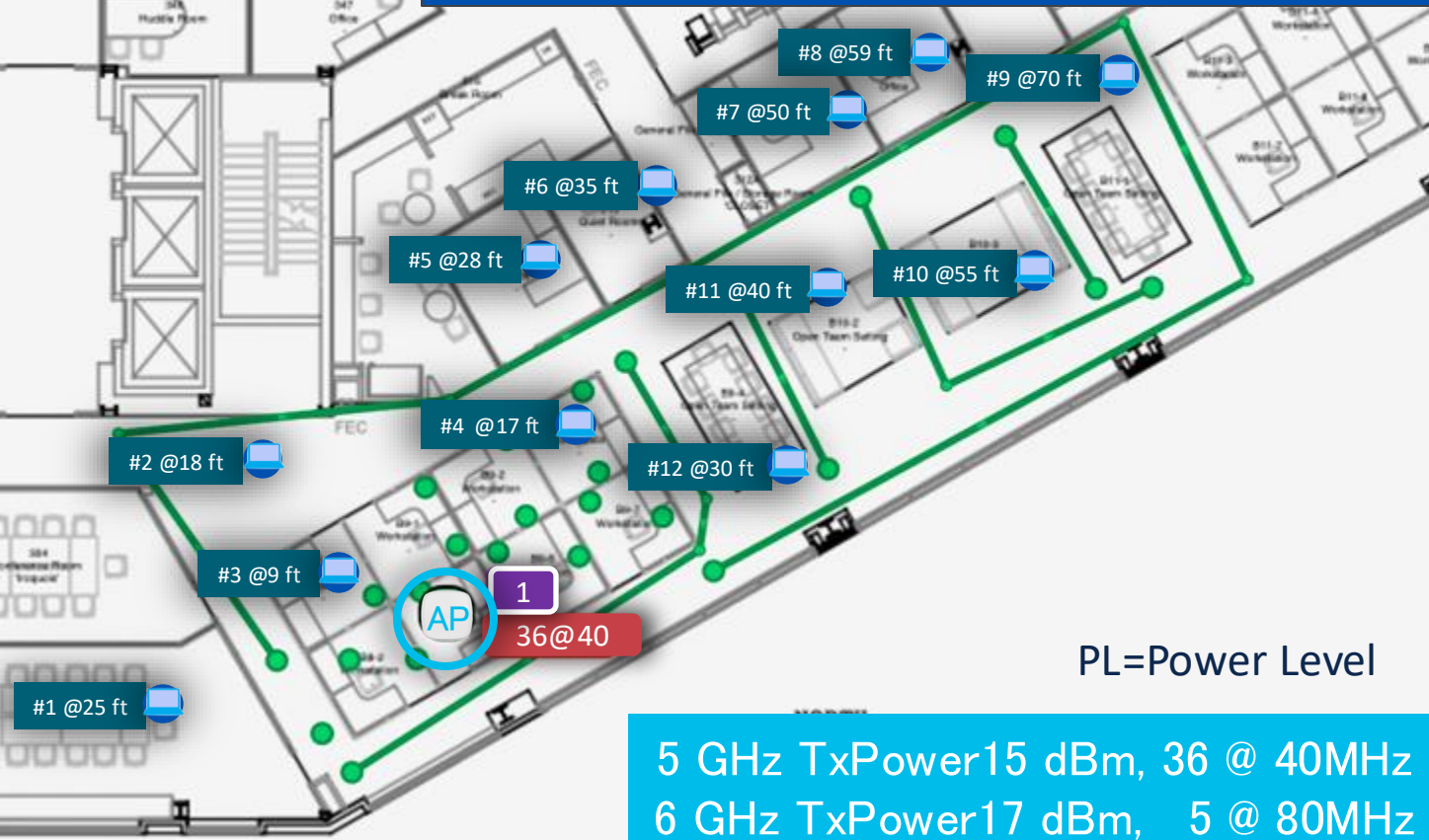
実際に 5GHz と 6GHz の端末で計測



5 GHz に接続する端末と
6GHzに接続する端末を用意



[テスト内容]
5GHz と 6GHz を有効にした AP に 9feet(2.7m) から 70feet(21.3m) までの 17 ヶ所で 5GHz 対応端末と 6GHz 対応端末を接続し、それぞれの RSSI の強さを計測



PL=Power Level

5 GHz TxPower15 dBm, 36 @ 40MHz
6 GHz TxPower17 dBm, 5 @ 80MHz

計測結果

Clients Wi-Fi 6E 5 GHz	RSSI Value Point 1 APから25ft 約7.6m	RSSI Value Point 2 APから18ft 約5.5m	RSSI Value Point 3 APから9ft 約2.7m	RSSI Value Point 4 APから17ft 約5.2m	RSSI Value Point 5 APから28ft 約8.5m	RSSI Value Point 6 APから35ft 約10.7m	RSSI Value Point 7 APから50ft 約15.2m	RSSI Value Point 8 APから59ft 約18.0m	RSSI Value Point 9 APから70ft 約21.3m	RSSI Value Point10 APから55ft 約16.8m	RSSI Value Point 11 APから40ft 約12.2m	RSSI Value Point 12 APから30ft 約9.1m
Ekahau Sidekick1	-62	-62	-56	-58	-60	-63	-65	-67	-69	-63	-62	-58
Lenovo	-56	-57	-57	-57	-57	-59	-60	-60	-59	-58	-58	-58
Samsung Book	-60	-58	-59	-60	-60	-60	-63	-70	-74	-64	-60	-60
MSI	-58	-59	-59	-59	-59	-60	-60	-63	-63	-63	-60	-58
Samsung S21	-56	-50	-51	-52	-53	-52	-59	-64	-67	-60	-58	-58
Samsung Notebook	-56	-58	-58	-58	-58	-58	-60	-60	-64	-61	-60	-58
Client Average	-57	-56	-57	-57	-57	-57	-60	-63	-65	-61	-59	-58
NetAlley G3	-45	-47	-45	-51	-51	-57	-63	-64	-57	-58	-47	-41
Ekahau Analyzer/SideKick2	-43	-44	-44	-45	-52	-55	-59	-61	-59	-51	-61	-45
Ekahau AI Pro/SideKick2 Mob	-55	-57	-51	-56	-57	-64	-70	-72	-70	-68	-61	-60

Clients Wi-Fi 6E 6 GHz	RSSI Value Point 1 APから25ft 約7.6m	RSSI Value Point 2 APから18ft 約5.5m	RSSI Value Point 3 APから9ft 約2.7m	RSSI Value Point 4 APから17ft 約5.2m	RSSI Value Point 5 APから28ft 約8.5m	RSSI Value Point 6 APから35ft 約10.7m	RSSI Value Point 7 APから50ft 約15.2m	RSSI Value Point 8 APから59ft 約18.0m	RSSI Value Point 9 APから70ft 約21.3m	RSSI Value Point10 APから55ft 約16.8m	RSSI Value Point 11 APから40ft 約12.2m	RSSI Value Point 12 APから30ft 約9.1m
Lenovo	-56	-56	-56	-56	-56	-56	-57	-60	-59	-59	-59	-57
Samsung Book	-57	-57	-57	-57	-59	-58	-65	-79	-59	-58	-58	-58
MSI	-64	-56	-55	-55	-57	-59	-60	-63	-59	-59	-59	-66
Samsung S21	-60	-52	-57	-57	-61	-63	-71	-75	-64	-65	-58	-61
Samsung Notebook	-59	-56	-56	-57	-56	-58	-59	-59	-57	-59	-57	-57
Average Client	-59.1	-55.4	-56.1	-56.3	-57.7	-58.8	-62.4	-66.9	-59.4	-59.6	-58.2	-59.5
NetAlley G3	-50	-54	-52	-56	-57	-62	-67	-70	-65	-62	-61	-54
Ekahau Analyzer/SideKick2	-46	-47	-49	-48	-50	-56	-60	-64	-63	-57	-54	-45
Ekahau AI Pro/SideKick2 Mob	-59	-57	-56	-59	-67	-67	-70	-70	-72	-69	-64	-61

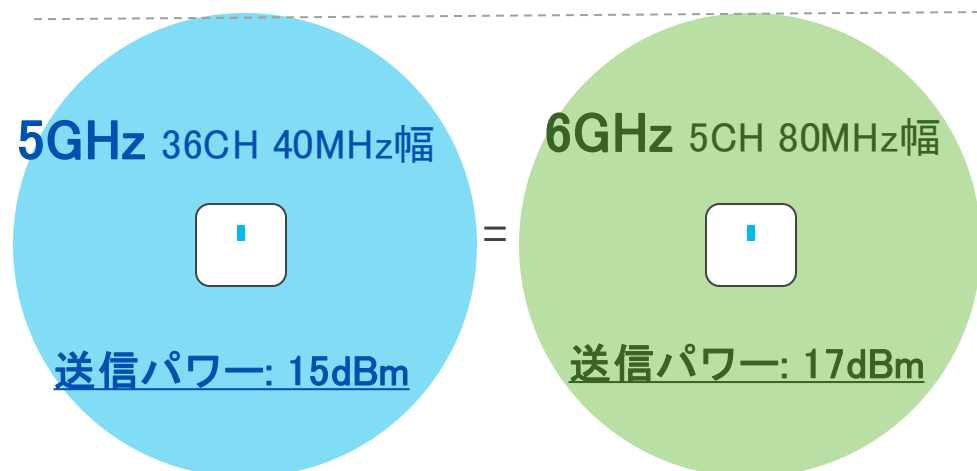


6GHz は 5GHz に比べ到達距離が短くなる為、PLを上げ同等にしてテスト。
結果、5GHz で TxPower 15dBm と 6GHz で TxPower 17dBm でほぼ同程度の RSSI を提供できる。

既存(5GHz)と同等の 6GHz のパワーレベルは？

5 GHz TxPower 15 dBm, 36 @ 40MHz

6 GHz TxPower 17 dBm, 5 @ 80MHz



今までは Power Level が 15dBm で到達できていた電波範囲が、Wi-Fi 6E (6GHz) では Power Level 17dBm で同様の到達範囲となる。

6GHzのクリーンな電波環境と広い帯域幅でスループットが上がるが、到達距離は狭くなる。
到達距離の改善の為、送信出力を上げる必要がある。

また、会社など現場に行って密度の高いクライアント状況（通信はメールやWeb閲覧が主）だったものが、ハイブリッドネットワークでWeb会議が多くなった状況では、端末1台で利用するトラフィックが非常に多くなっている為、台数を減らす設計も業務効率の点で危険。

6GHz/Wi-Fi 6E での懸念点



6GHz の懸念点

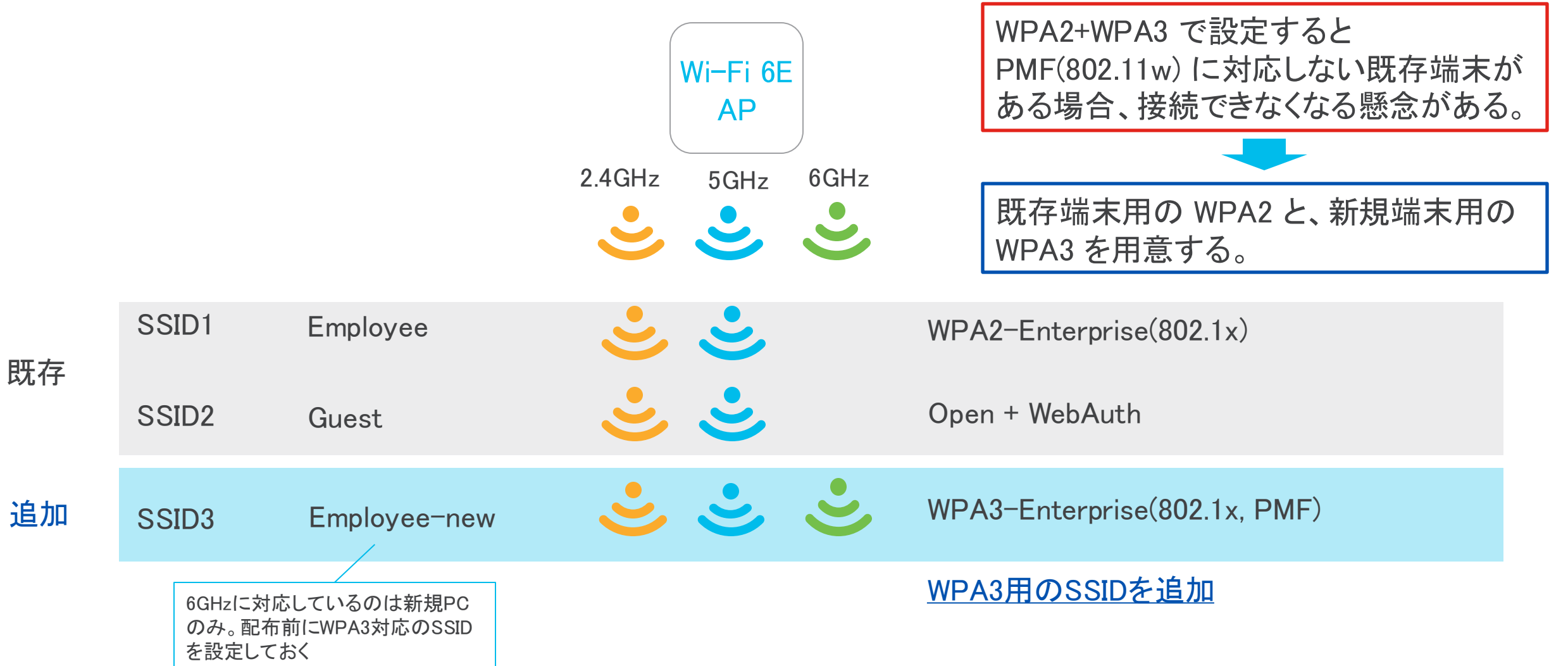
◆ 以前より回り込みしにくい電波

Wi-Fi 6E の懸念点

◆ WPA3が必須

◆ WPA3ではPMF (802.11w)が必須

6GHz 追加時の SSID 設定方法(案)

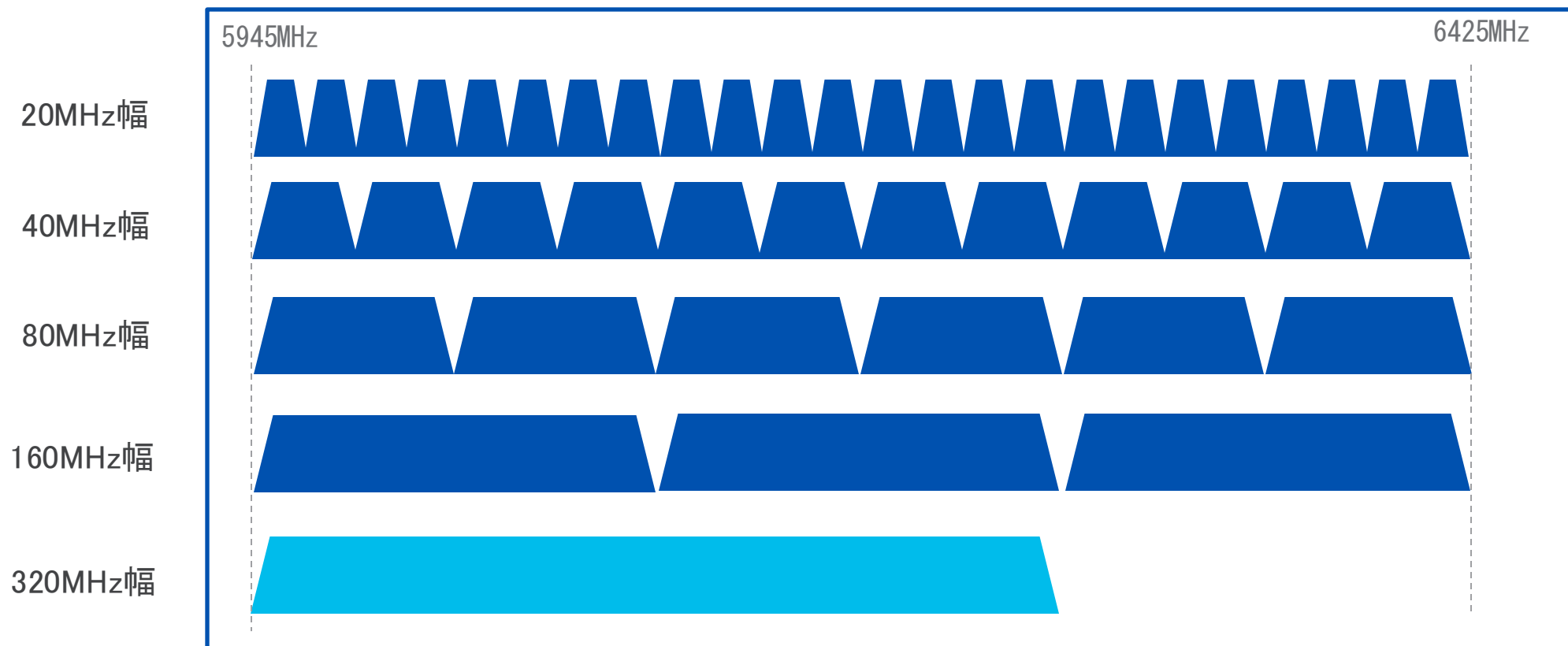


IEEE 802.11be (Wi-Fi 7) の特徴的な機能

Wi-Fi 世代	Wi-Fi 6	Wi-Fi 6E	Wi-Fi 7
規格	IEEE 802.11ax	IEEE 802.11ax	IEEE 802.11be
最大理論値	9.6Gbps	9.6Gbps	46Gbps
利用周波数	2.4/5 GHz	2.4/5/6 GHz	2.4/5/6 GHz
チャネル幅	20/40/80/160 MHz幅	20/40/80/160 MHz幅	20/40/80/160/ 320 MHz幅
一次変調	OFDM	OFDMA	OFDMA
Resource Unit (RU)	–	RU	Multi-RU
二次変調(シンボル辺りの情報量)	256 QAM (8bit)	1024 QAM (10bit)	4096 QAM (12bit)
最大空間ストリーム数	8	8	16
Multi Link Operation (MLO)	–	–	Yes
Static Preamble Puncturing	–	–	Yes

320MHz 幅のサポート

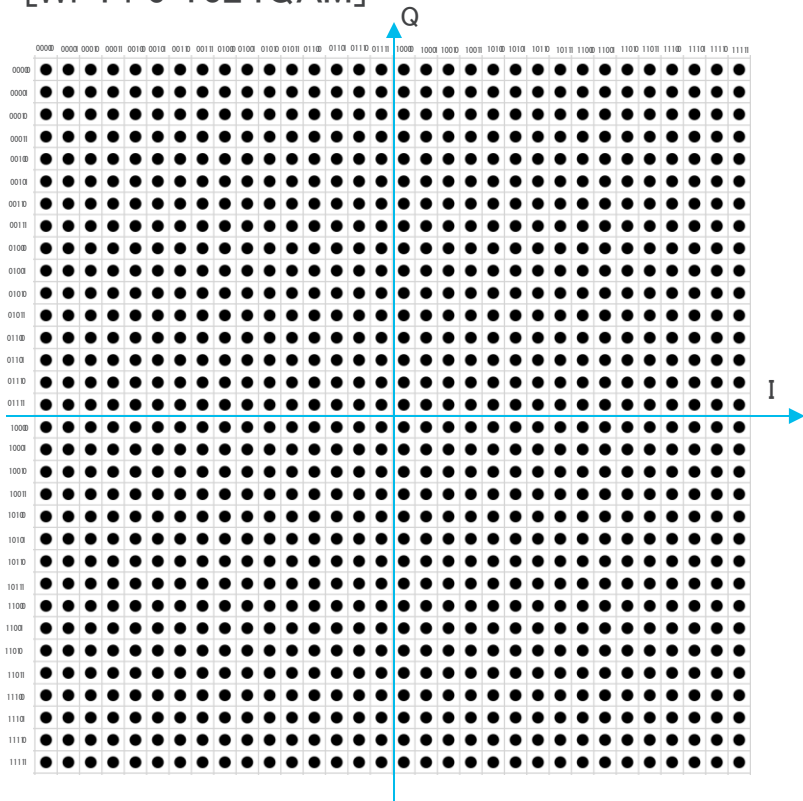
[6GHzのCH数]



現状、6GHz は前半の 500MHz 幅分のみ開放されており、320MHz幅で使えるCHは1つ。このままでは運用が困難。。。後半の700MHz 幅分も含めた 計1200MHz幅での開放が可能となれば、320MHz幅で3つのCHが使用できるようになる。総務省での検討、開放が待たれる。

4096 QAM

[Wi-Fi 6 1024QAM]



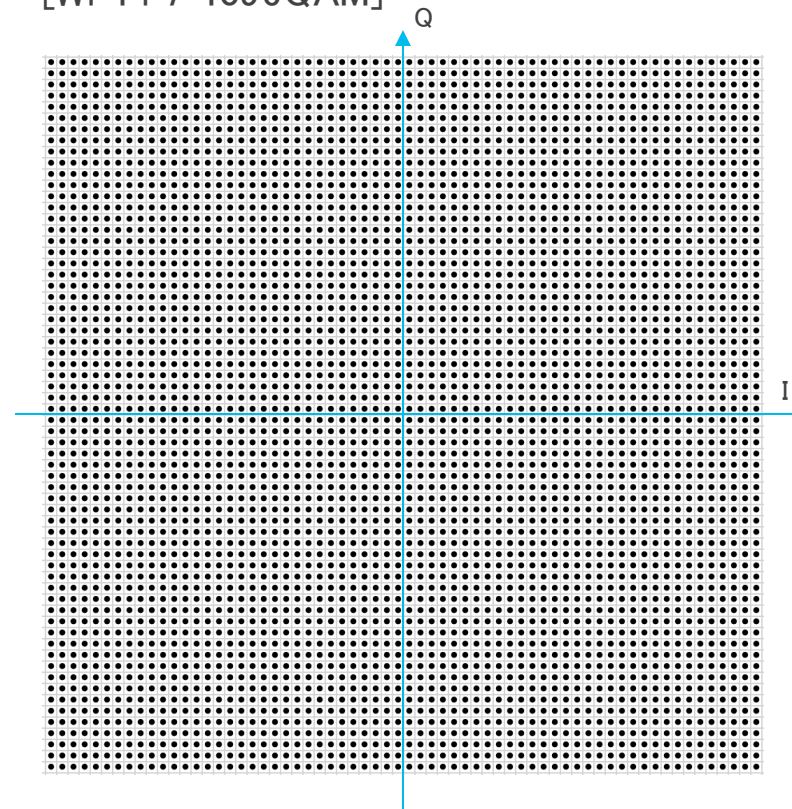
10bit のデータを送信可能

縦 00000~11111, 横 00000~11111の組み合わせを点で表示
座標の点にあった波を送ることでデータを識別する



© 2024 Cisco and/or its affiliates. All rights reserved. Cisco Public

[Wi-Fi 7 4096QAM]

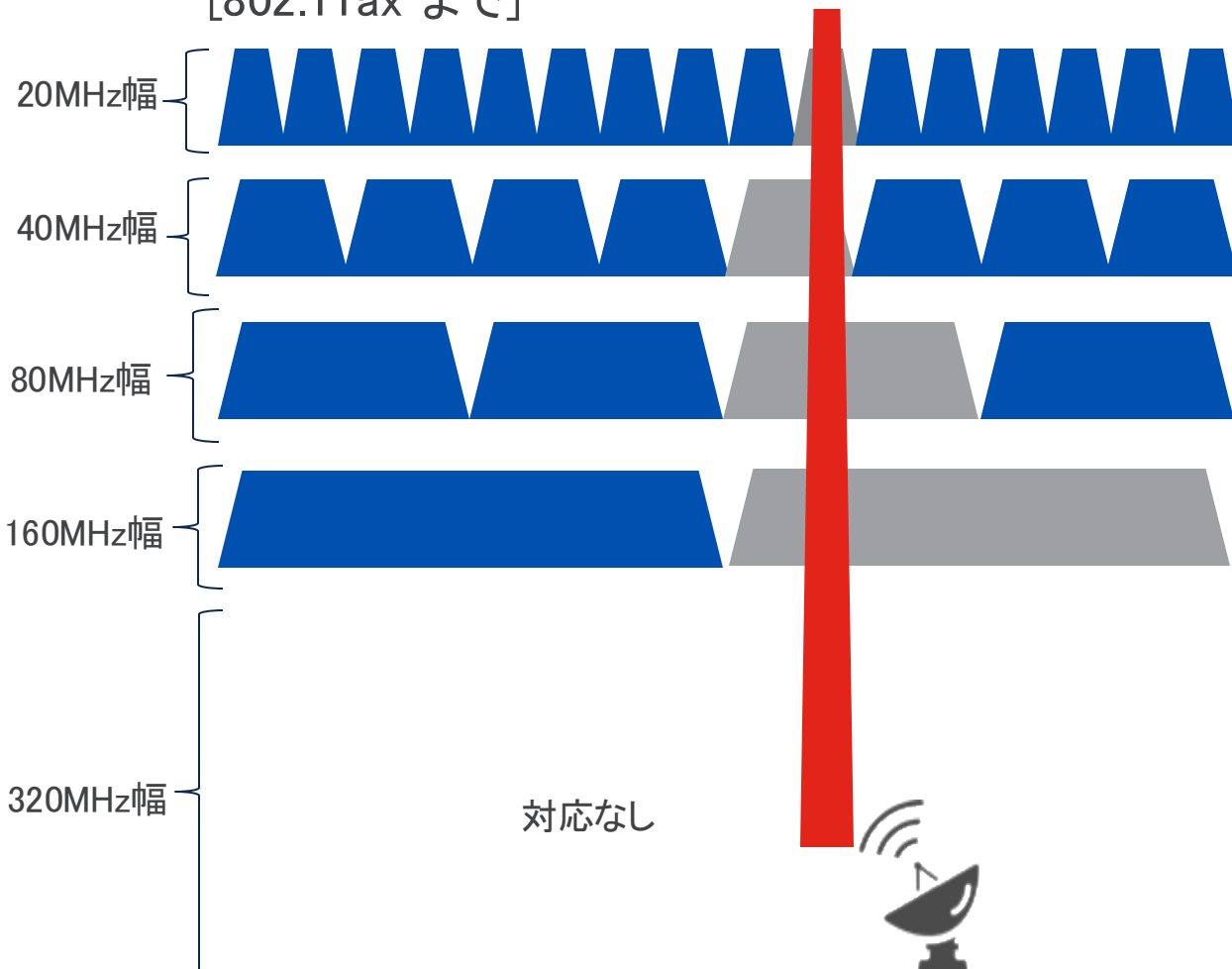


12bit のデータを送信可能

縦 000000~111111, 横 000000~111111の組み合わせを点で表示
Wi-Fi 6 よりも 1.2倍スループットが向上
ただし、信号点を明確に読み取るには高い SNR が必要。
＝ 到達距離は狭くなる。

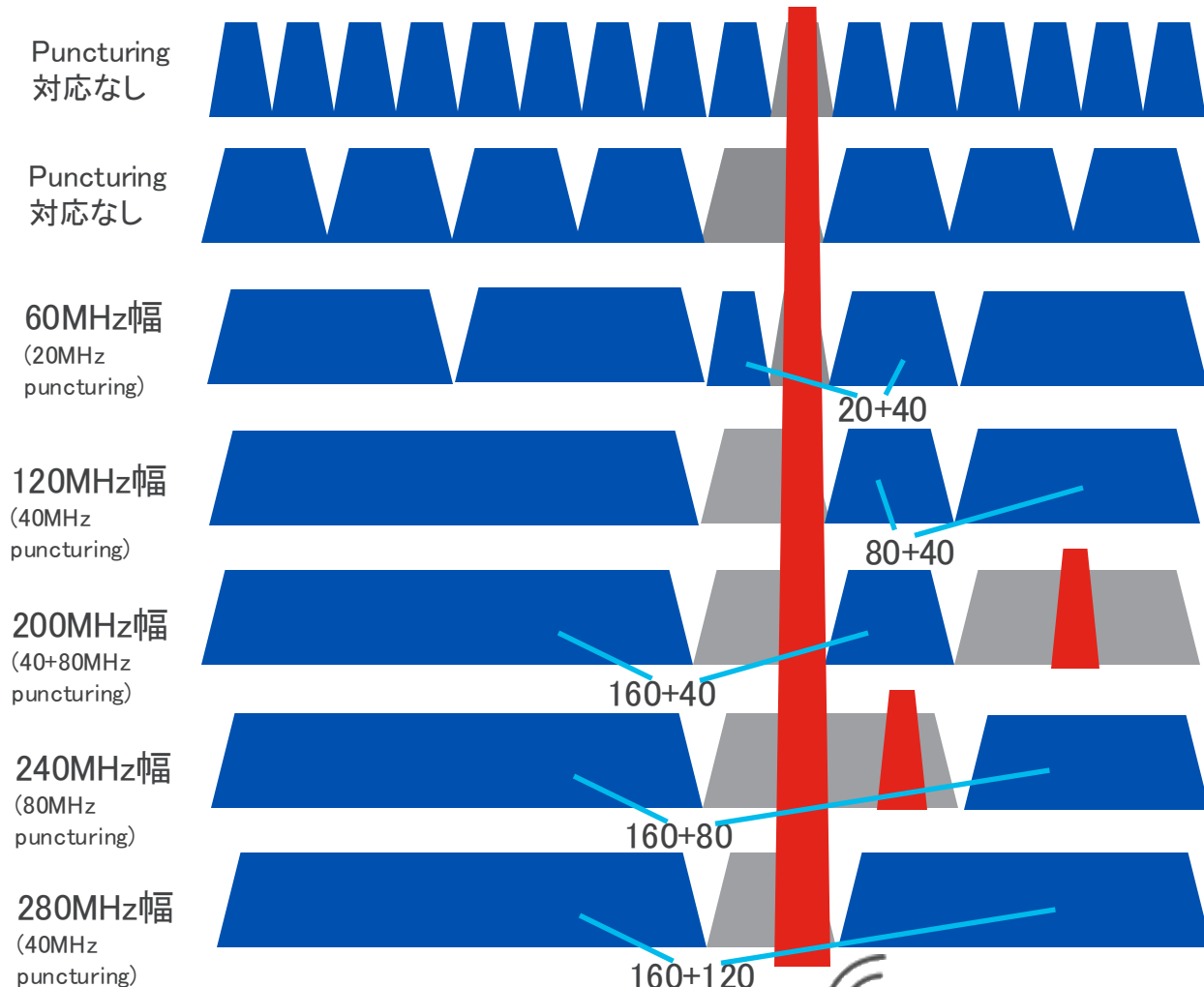
Preamble Puncturing で選択できる CH 幅

[802.11ax まで]



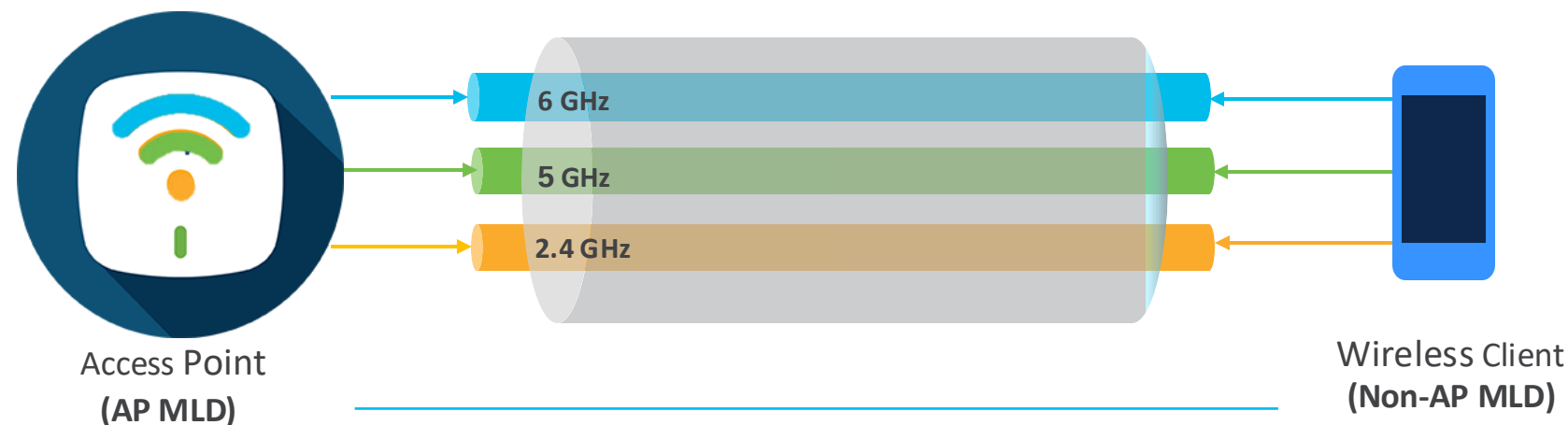
CHを束ねている場合、強い干渉によって、丸々その束ねたCHが使えなくなってCH設計に影響があった。

[802.11be (Wi-Fi 7) + Puncturing]



干渉があっても離れた帯域と合わせた広い帯域幅を使用可能

Multilink Operation (MLO)



Method	Benefit
Aggregation	Throughput
Steering	Lower Latency
Redundancy	Reliability

多くのクライアントは 3 つの周波数
ではなく 2 つの周波数の MLO 対応

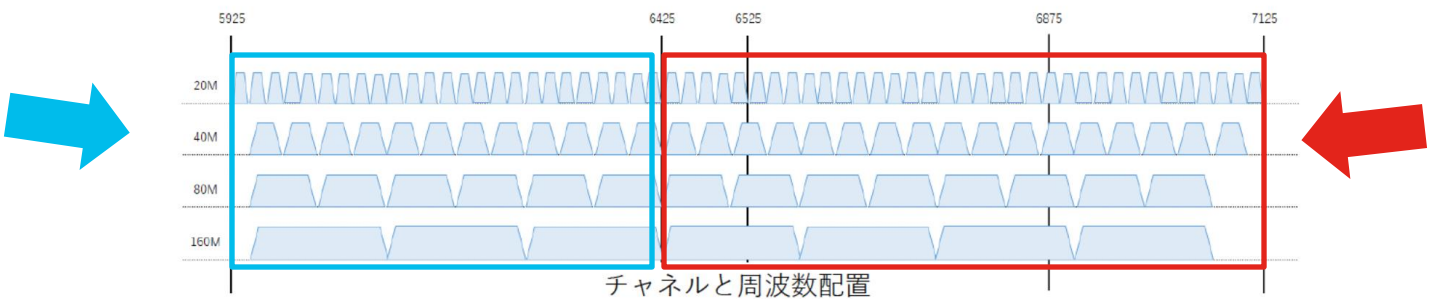
MLD: Multi Link Device

Wi-Fi 7 を活かす為に望まれる 6GHz の更なる解放

6GHz帯無線LANの技術概要

4

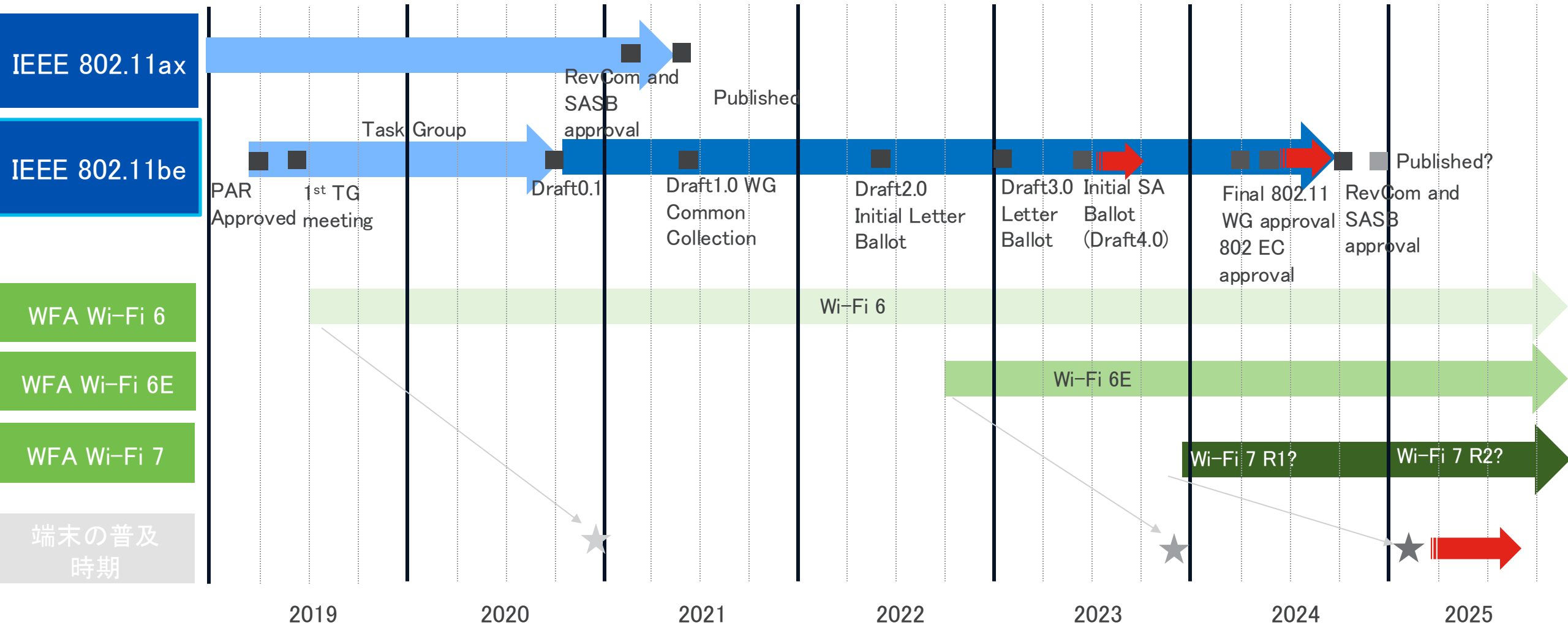
- 6GHz帯無線LANは、IEEE802.11axの国際規格に基づきチャンネル配置とチャンネル幅を決定。(5925-7125MHz帯において20MHz幅、40MHz幅、80MHz幅及び160MHz幅の4つを規格化)
- 出力については、様々なシーンでの利用を考慮し、3つのモード(①屋内外での利用を認める標準電力モード(Standard Power : SP)、②屋内のみ使用可能な低電力モード(Low Power Indoor : LPI)、③超低電力モード(Very Low Power : VLP))を想定。各国の周波数使用状況に応じ、適用するモードや電力値を決定。



タイプ	機能
Standard Power (SP) モード	高出力で屋外・屋内利用を想定し、アクセスポイント (AP) が運用される場所の位置情報を用いてデータベースを参照し使用するチャンネル、出力を決定する。ステーション (STA) はデータベースの情報に基づく運用パラメータで動作するAPIに接続して使用される。
Low Power Indoor (LPI) モード	屋内限定で運用するよう設計したAP、およびそのAPIに接続して動作するSTAとの間で運用される。
Very Low Power (VLP) モード	送信電力を小さくすることで端末の運用場所、実装形態に制限がないモード。送信電力や周波数を制御するAP、およびそのAPIに接続して動作するSTAとの間で運用される。

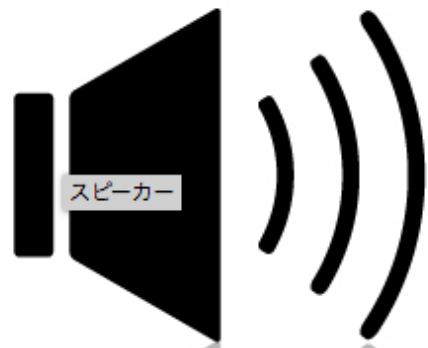
高出力&屋外での利用も可能に(現状未解放)

IEEE 標準規格と相互認定、端末の普及次期



AP の設置とデザイン

AP 設置のデザイン

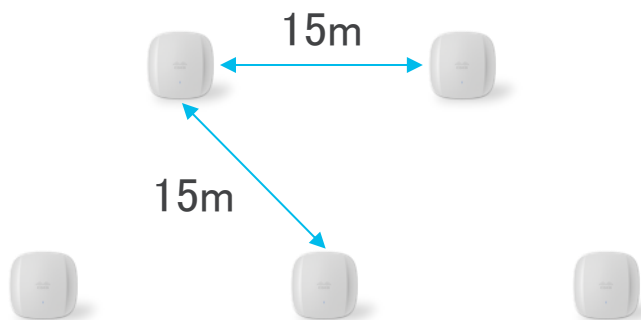


アクセスポイントは、利用者へネットワークサービスを提供する設備です。照明やスピーカーが人がいる場所に届くように設置されているのと同様、APは端末から見え、直接電波が届きやすい位置に設置するよう心がけてください。

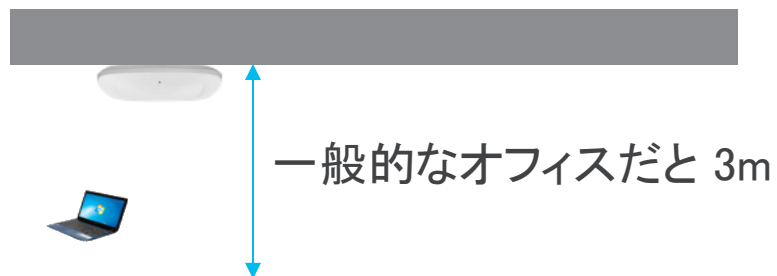
- 天井表面（下向き）
- 3m程度の高さ（より高いところは外部アンテナ対応APを選択）
- 約15mおきに配置

壁掛けなど縦に設置する場合は外付けアンテナの採用と十分なサーベイを行ってください。

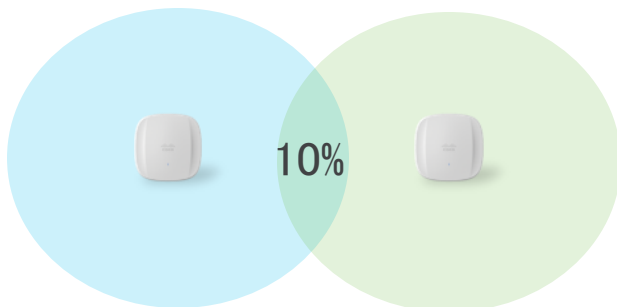
一般的な AP の配置間隔



約 15m おきに1台。

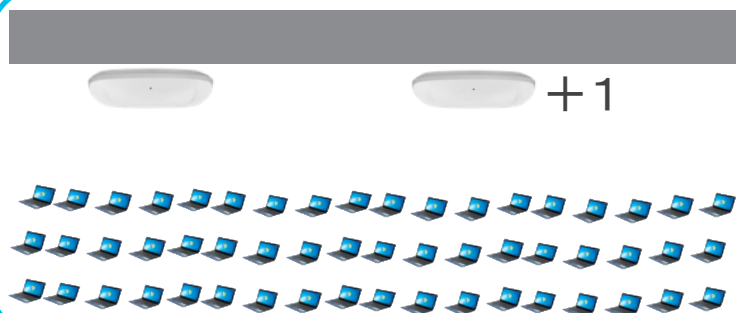


設置の高さは 約3-6m。6m より高い場合は
指向性アンテナを利用。
天井表面。



電波の到達範囲はローミングしやすいよう
10%程度重複。

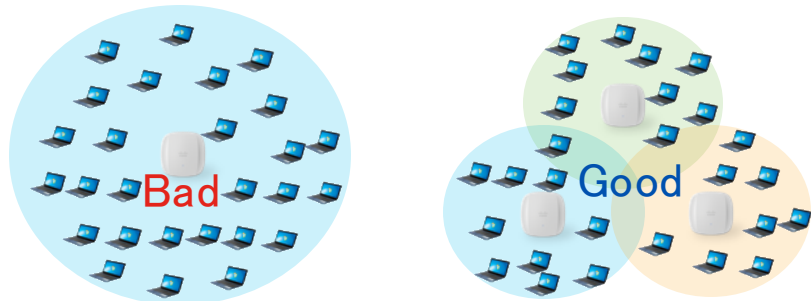
APの電波の到達範囲と負荷分散



端末やトラフィックが多い場所はAPを増加。



無線LANは基本 1 台片方向の通信。
負荷や台数を考慮して分散させる必要がある。

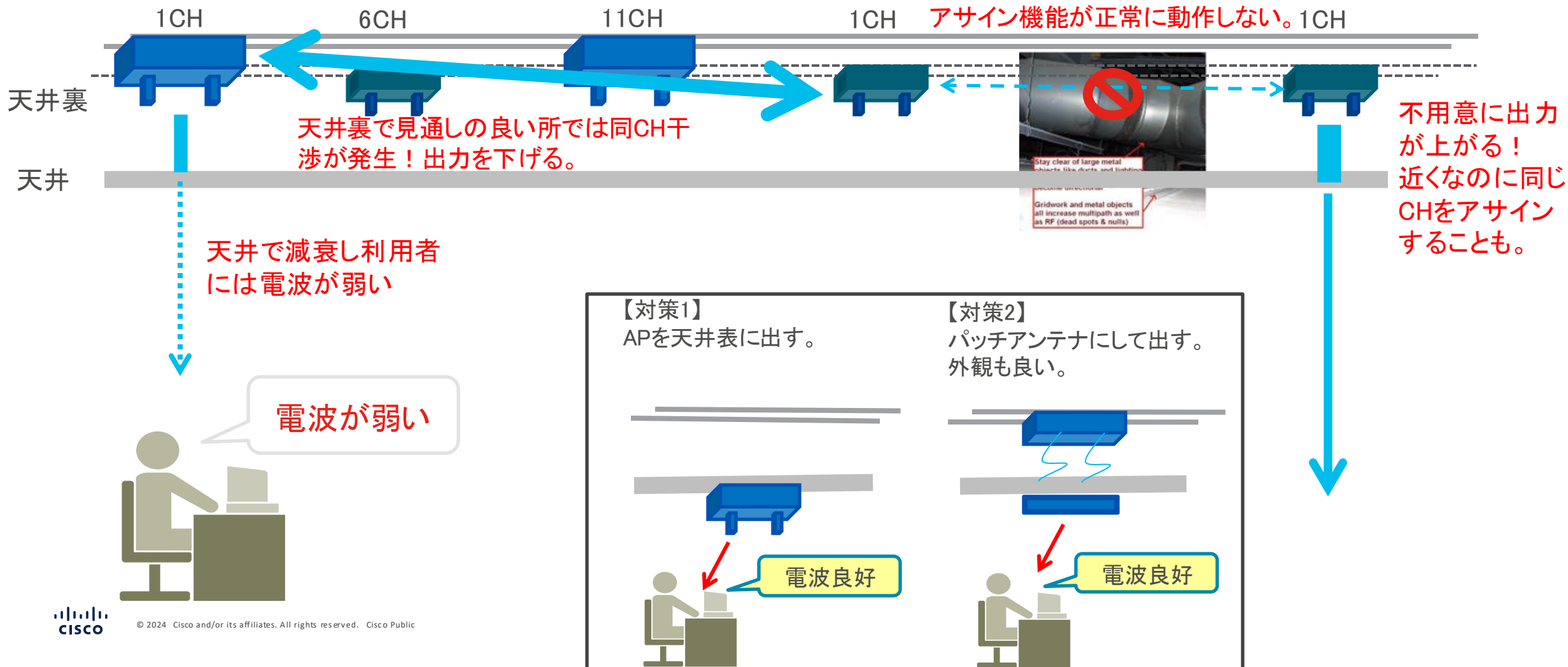


電波の出力は強すぎると周りのAPと干渉し、
端末が多いと待ち時間が長くなる。
電波の到達範囲を最適に。

NG: 天井裏や配管付近にAPを置くべきではない理由

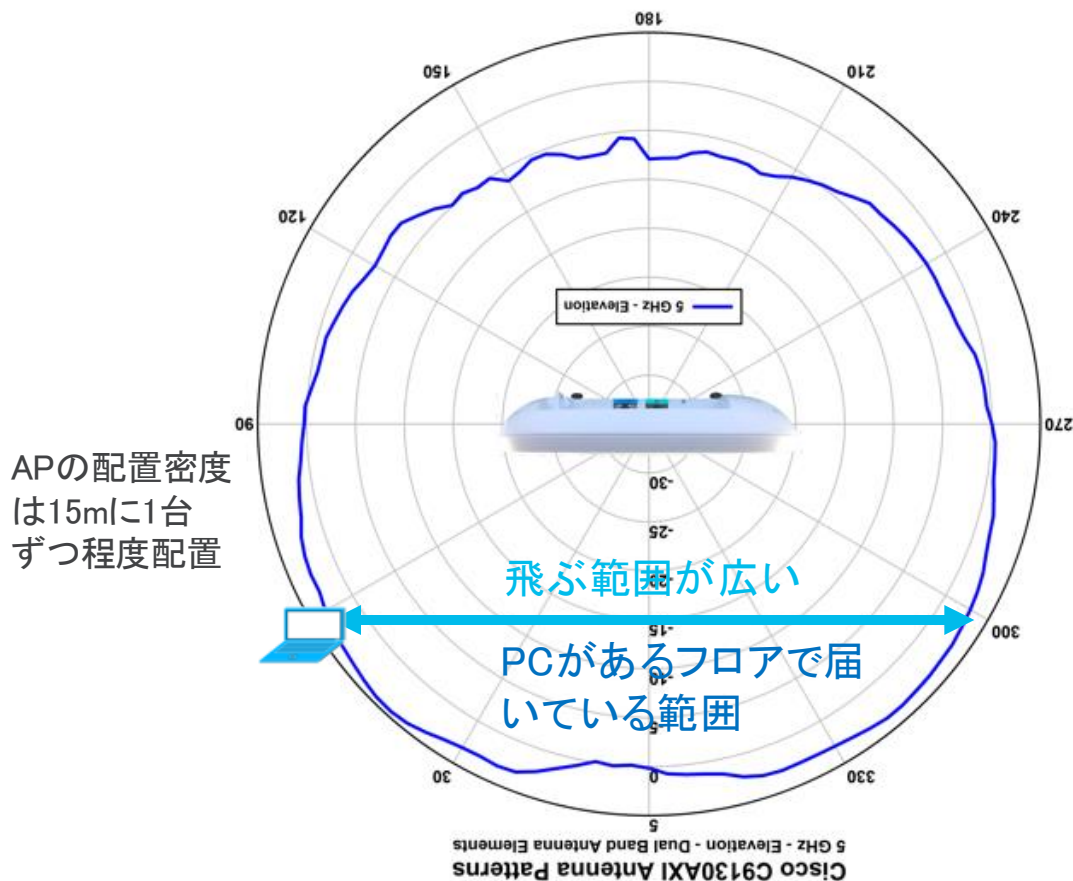
CiscoのAP同士は互いに情報交換し、自動出力/CH調整を行う

金属パイプやレール、コンクリート
などがあると電波を反射、遮蔽。
AP同士のメッセージが届かず自動
アサイン機能が正常に動作しない。1CH



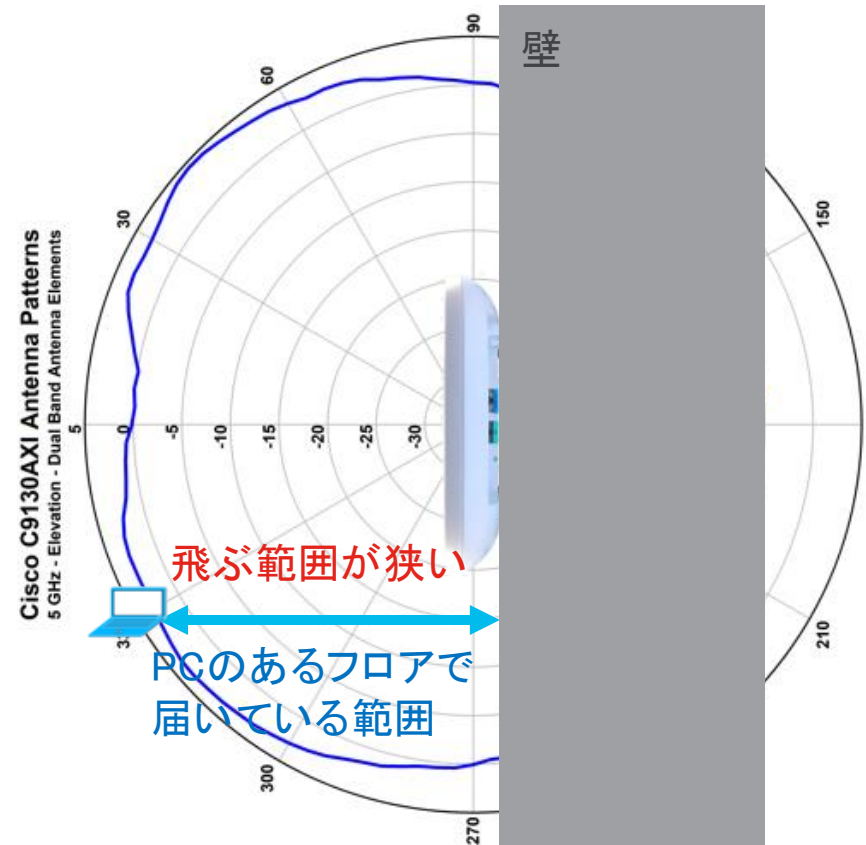
天井設置と壁掛け設置

[天井面配置]



[壁かけ配置]

どのメーカーのAPでも原理は同じ。



壁や柱しかない場合は、このような取り付けも有効

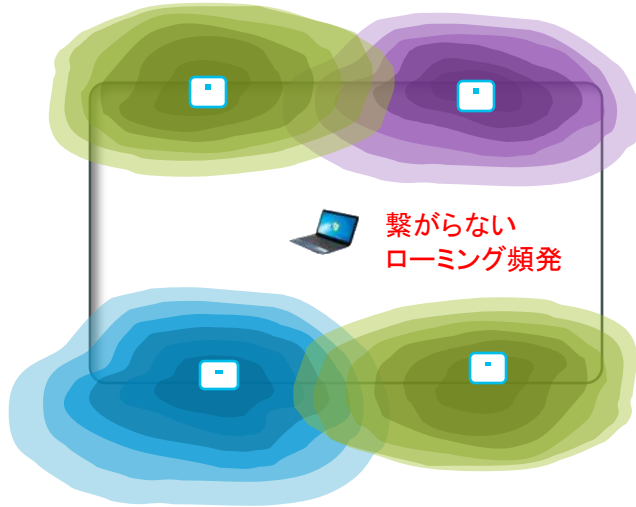
CW-MNT-ART2-00 +
AIR-AP-BRACKET-2



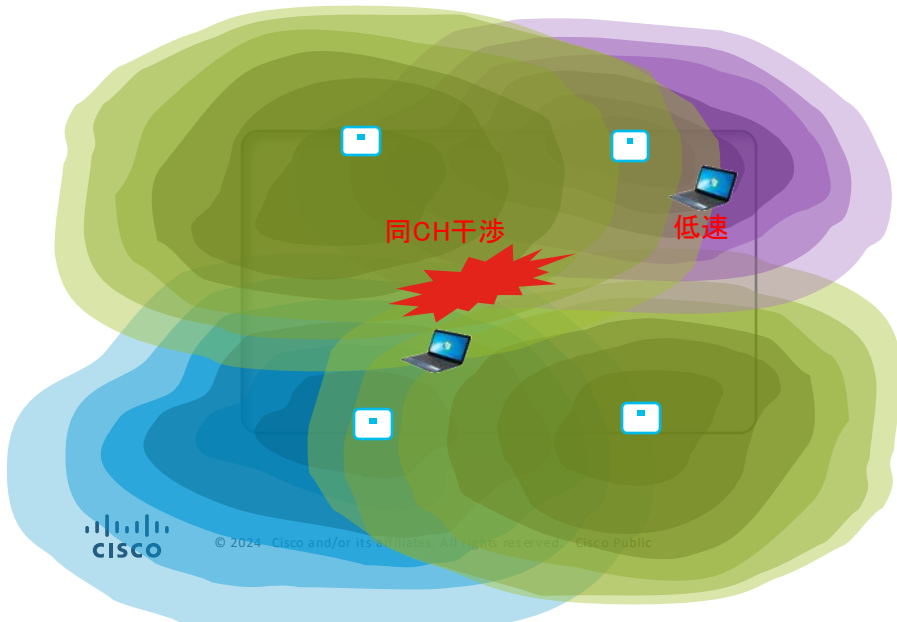
天井表面に設置した方が、広い範囲に電波が届く。
AP同士の管理パケットも届きやすく自動調整機能が正常に動作しやすい。
壁掛けは横方向へ電波を飛ばしたくない場合など意図的に設置

天井設置と壁掛け設置

[壁かけ配置の懸念点]

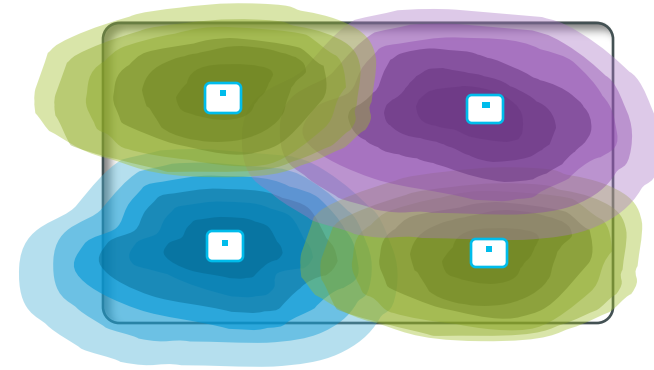


人が多いオフィスの中心部分の電波が弱くなり繋がりにくい、ローミングが頻発するなどの問題が発生する可能性あり。



オフィスの中心部分をカバーしようとAPのTx Powerを無闇に上げると、同CHの干渉や端末がローミングせず遠くで低速に繋がる問題が発生しやすい。
吹き抜けがある場合も干渉が多くなる。

[天井面配置]



オフィスの中心部分までカバーしやすい。
ローミングに最適なセルの重複10%(音声だと15-20%)を作りやすい。

CW-MNT-ART2-00 マウントブラケットの取り付け例

水平 60 度 / 垂直 0 ピボット



水平 60 度 / 垂直 -60 ピボット



水平 0 / 垂直 -90 ピボット

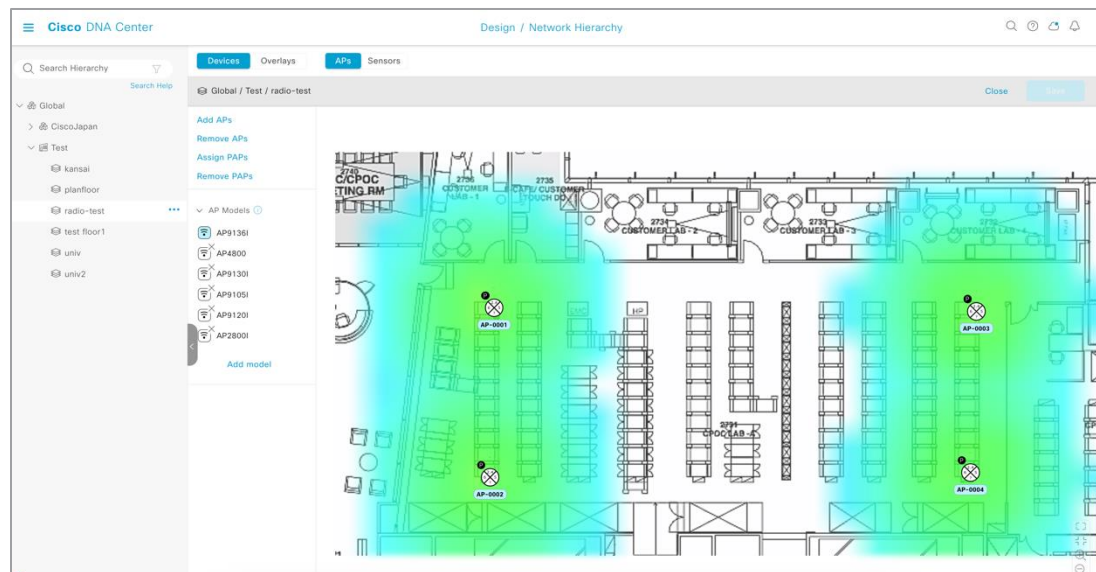


水平 0 / 垂直 +60 ピボット

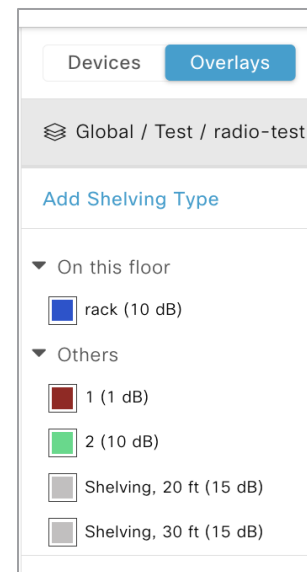
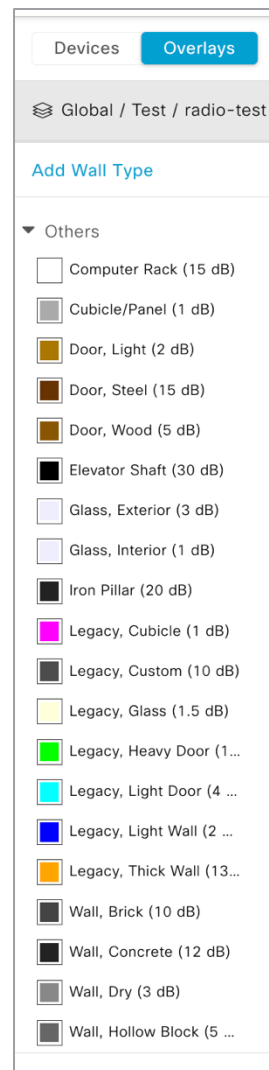


CW-MNT-ART2-00 は 9166D1/9176D1 だけでなく、他の Bracket-2 対応 AP についても使用可能。
もし天井に設置できない顧客環境でも
壁に取り付け AP を下向きや斜め向きに設置できる。

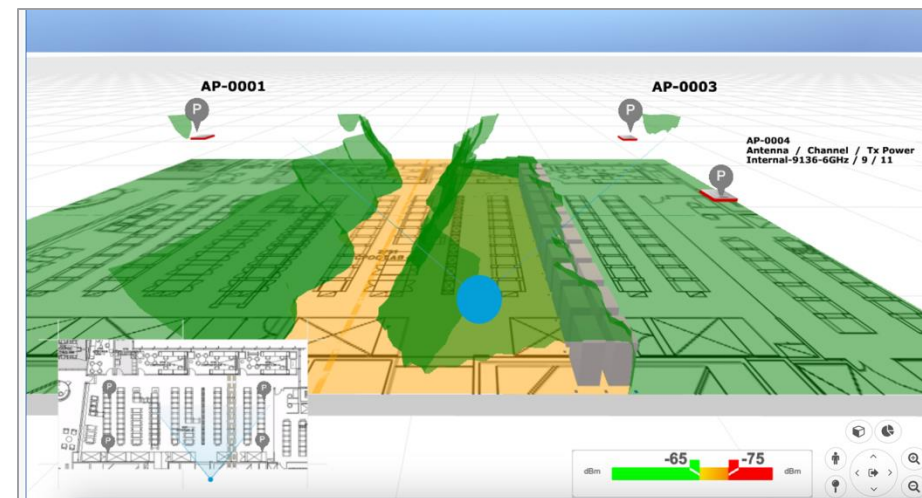
AP を何台置いたら良いかわからない場合



Cisco Catalyst Center では AP のプランニングが可能です。フロア MAP と縦横高さの情報などを入力し、AP 何台程度でカバーできるか試算できます。

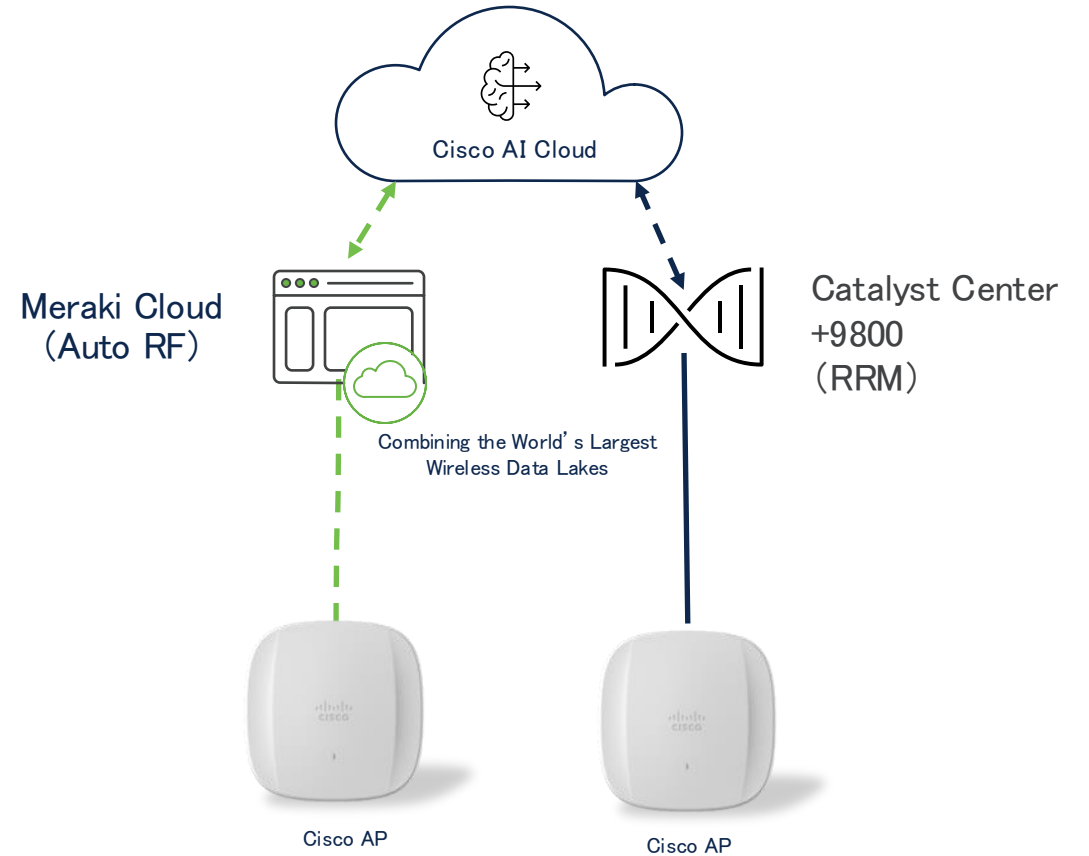


また、壁や棚といった減衰物をMAPに配置し、減衰を加味した電波のシミュレーションを行うことができます。



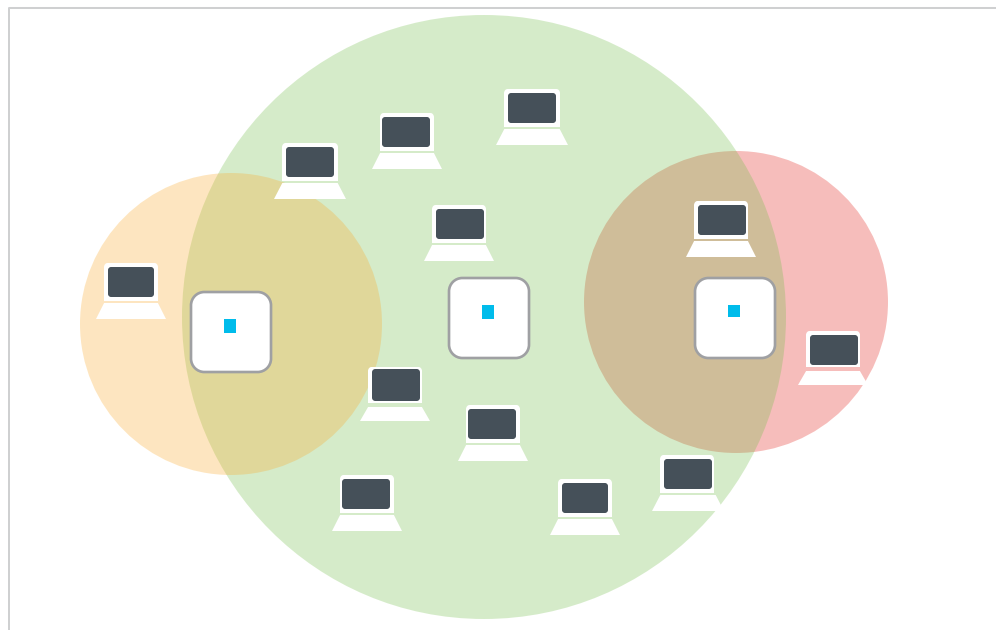
更に、2D の MAP を自動的に 3D化し、横からも電波が見れます！

Cisco Wireless の AI 機能 – AI RRM –

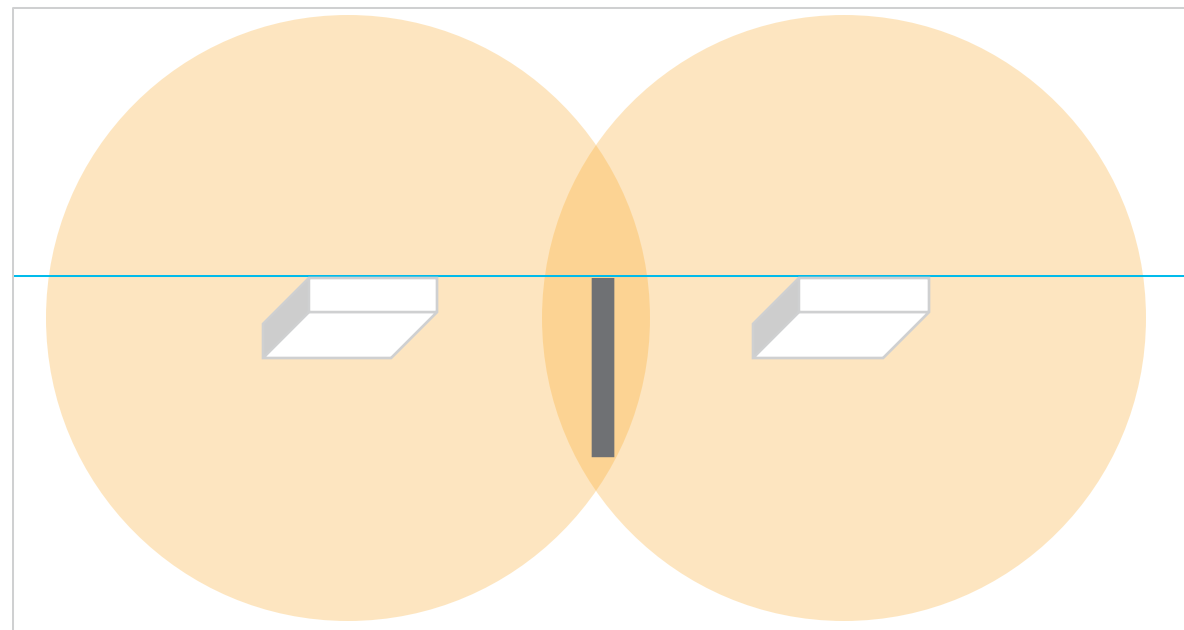


既存課題 RRM でこんな問題に直面した方いませんか？

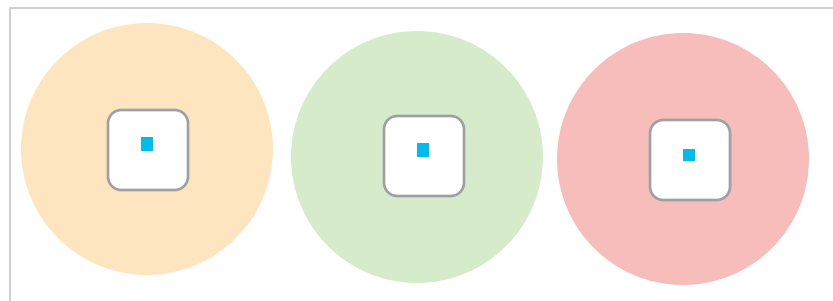
一部の AP だけ電波が強く端末が集中



近くのAPなのに同じCH、出力も高い



全体的に電波が弱い



何が問題だったのか

AP と Client の電波状況



- AP からの RSSI の強さを Client で測定 (サーベイソフトなど使い)
- PI や Cisco Catalyst Center のプランニングツールである程度見て配置
- Tx Power で調整

こちらを頑張ってサーベイしたが、**APの設置やAP同士のやり取りについて考慮せずなんとなく配置していた。**

実はRRM を快適に使用する為にはこちらの電波設計も重要



AP 同士の電波状況



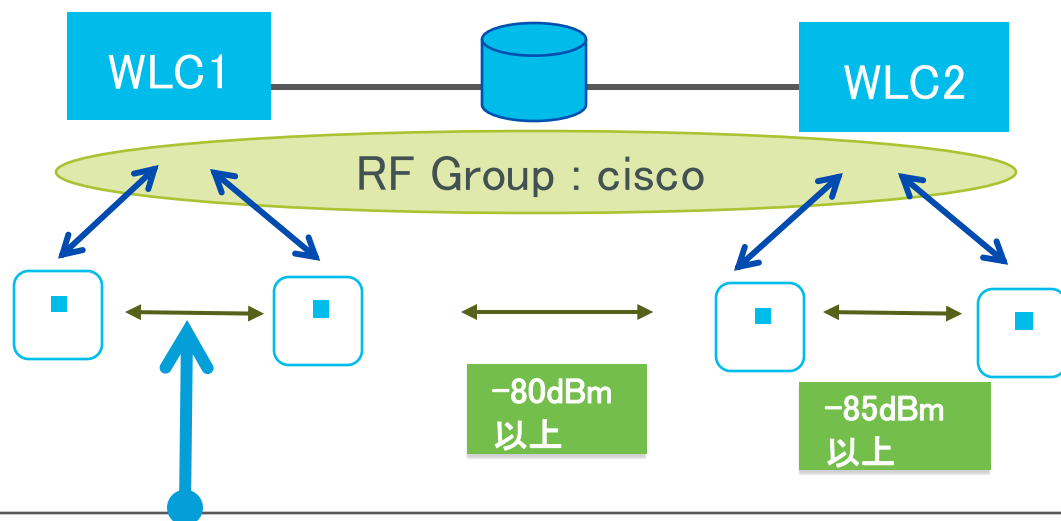
- 管理パケット (Neighbor Message) でやりとり
- **最も低い必須データレートで通信**
- **最大出力 (Tx Power 1 固定) で通信**
- RSSI -85dBm以上、同じ RF-Group が条件 (異なる WLC またぎは-80dBm以上)

**目視で障害物なさそうであれば設置。
大体15m間隔。**

実は、AP同士の電波環境確保が RRM を動かす上で大事。自動だからといって適当に付けてしまっていると RRM が上手く動いていない問題が発生すること。。。

参考) AP 同士のやりとり RF Group と Neighbor Message

WLC単体もしくは複数のWLCで管理するAPで、RSSI をもとに最適なCH/出力選定を考慮する最小限のグループ



Neighbor Message

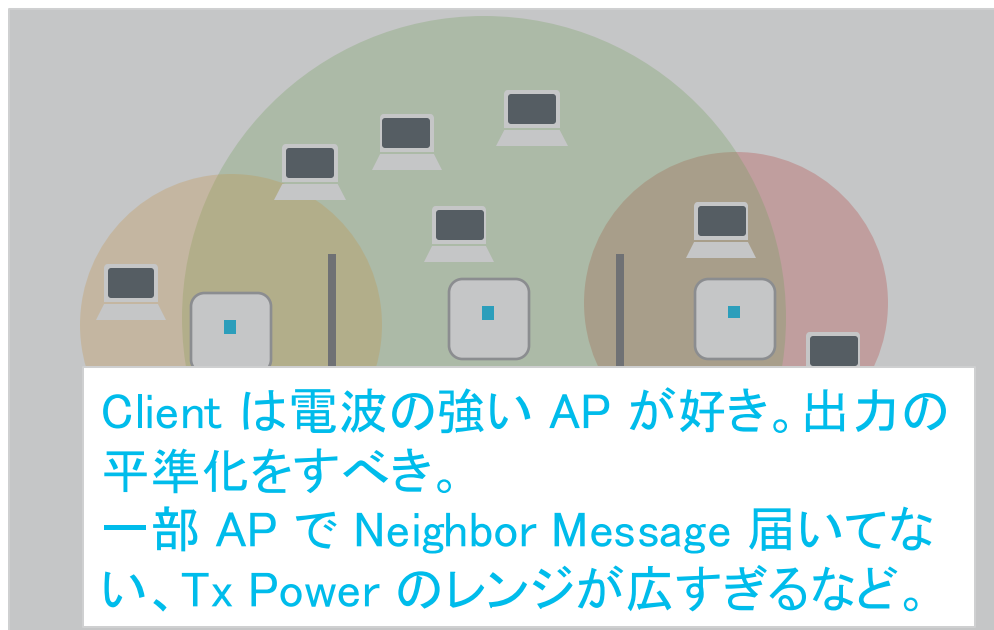
最大電力レベル且つ最低データレートでAP同士メッセージを交換

- メッセージは、60秒毎に交換
- メッセージにはAPの情報が含まれる
- AP内のMIC (工場出荷時の証明書)を用いて認証

- 同じWLC内では
-85dBm以上の信号強度で同じRF GroupのAPを検索
- 複数のWLCに跨る場合は
-80dBm以上を検索
- 検出した場合、コントローラは RF Neighborhoods として登録
- 登録後、チャネル, Tx Power の再計算を実施

何が問題だったのか？

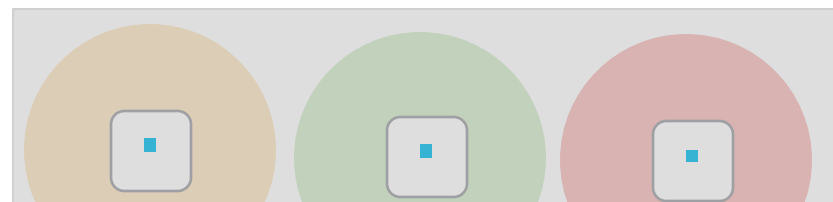
一部の AP だけ電波が強くて端末が集中



近くのAPなのに同じCH、出力も高い



全体的に電波が弱い



AP 同士の Neighbor Message は十分届きすぎている、Client への電波が不足。

AI Enhanced RRM を動作させると

The screenshot displays the Cisco DNA Center interface for configuring and monitoring AI Enhanced RRM. The interface includes a search hierarchy on the left, a main configuration area with filters for time period, band, and AI RF profile, and a summary section with performance metrics.

Configuration and Filters:

- 表示期間 (Display Period):** 24時間/7日/14日 (24 Hours/7 Days/14 Days)
- 周波数 (Frequency):** 5GHz/2.4GHz で切り替え (Switch between 5GHz/2.4GHz)
- 適用されているAI RF Profile名 (Applied AI RF Profile Name):** demo-ai-rrm
- 次回の Enhanced RRM 更新タイミングまでの時間 (Default 30分) (Next Enhanced RRM Update Timing (Default 30 minutes)):** 20 m 46 s

Summary and Performance Metrics:

SUMMARY		RF PERFORMANCE SUMMARY			RF COVERAGE SUMMARY	
22	13	88 / 100	0 %	2	High	High (37 dB)
Total AP Count	Total Clients	RRM Performance	APs with High CCI	RRM Changes	AP Density	Connectivity

Insights: Our AI Insights Engine is getting familiar with your Building 14's wireless environment. Please stay tuned, it will recommend tailor made wireless configs and thresholds once it gets to know your environment!

AI RF Profile を
適用したビル

ビルの合計
AP数

ビルの合計
クライアント数

RRM の
ヘルススコア

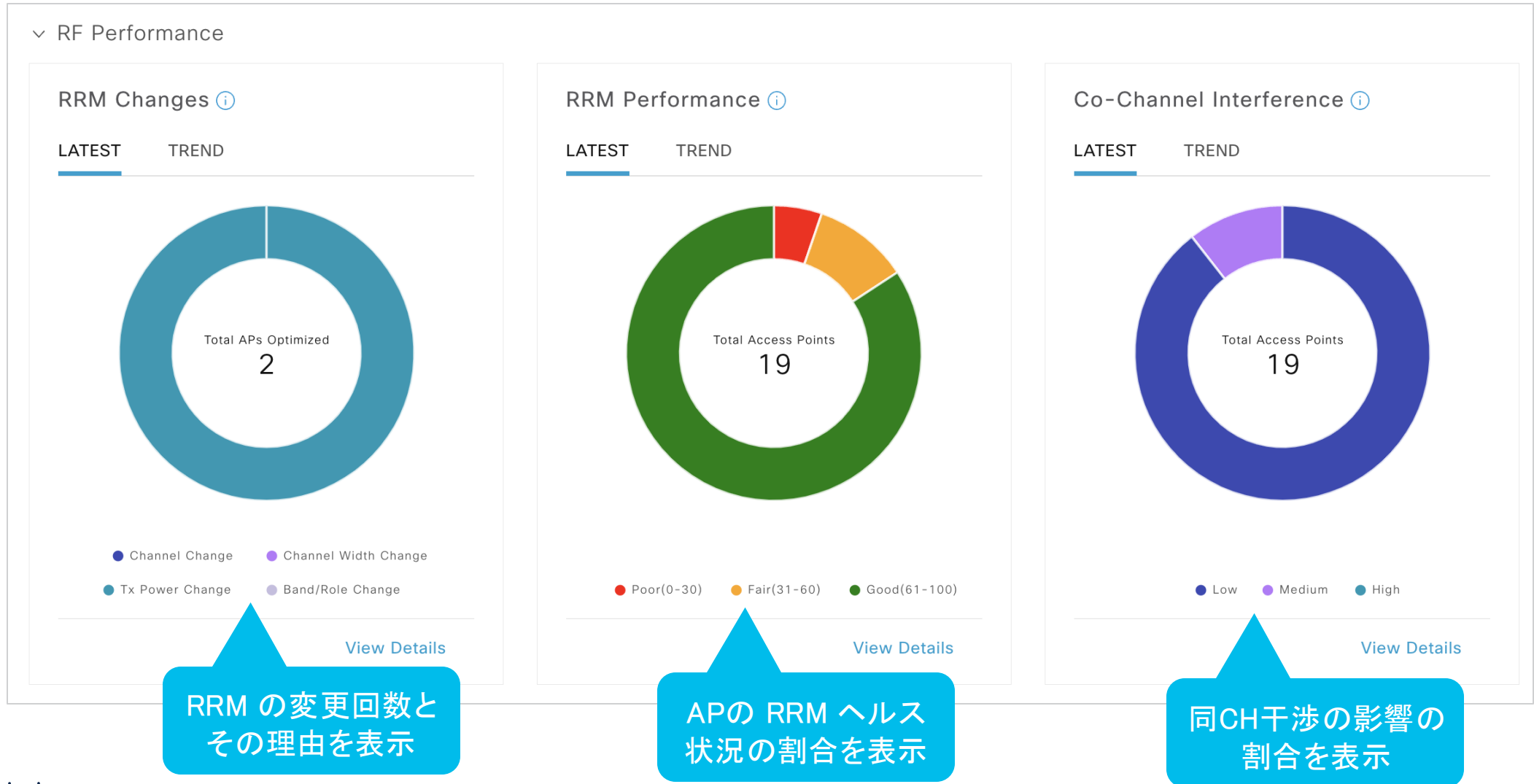
高い同CH干渉
APの割合

RRM による
変更回数

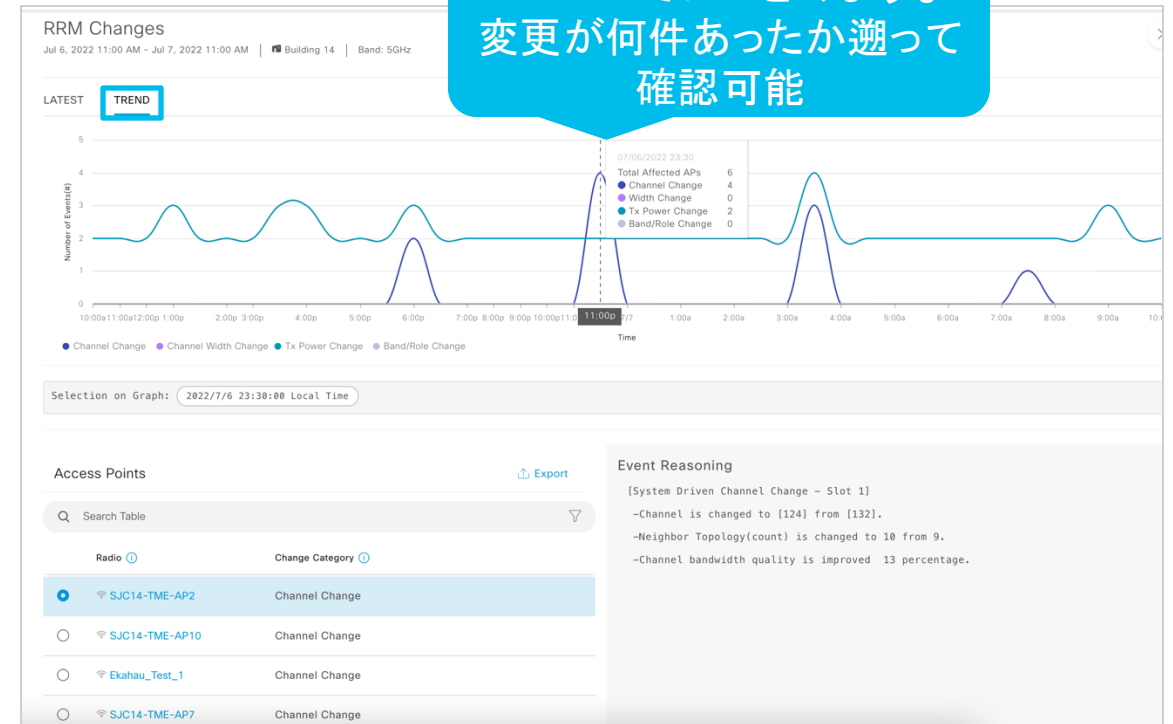
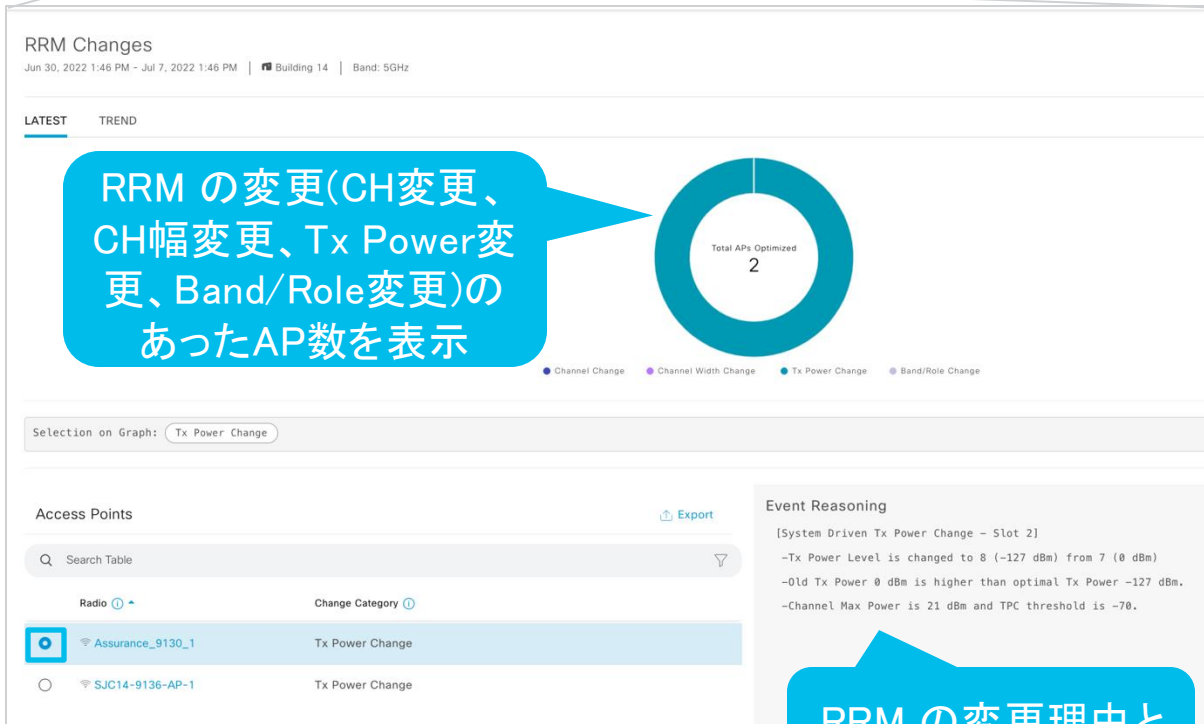
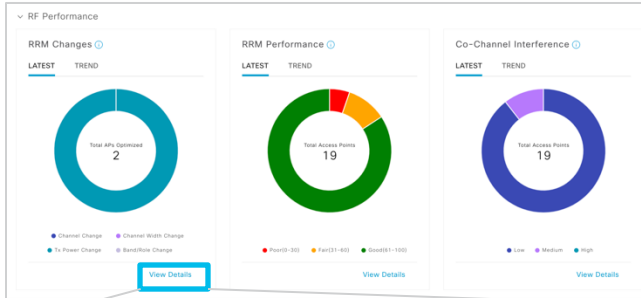
AP の
配置密度
Low/Medium/High

AP の
接続性

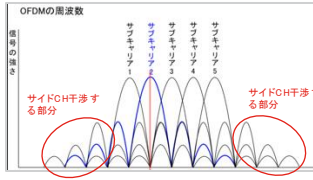
AI Enhanced RRM 画面



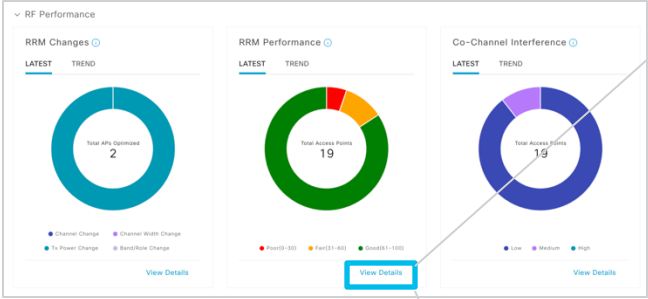
AI Enhanced RRM 画面 (RRM Changes)



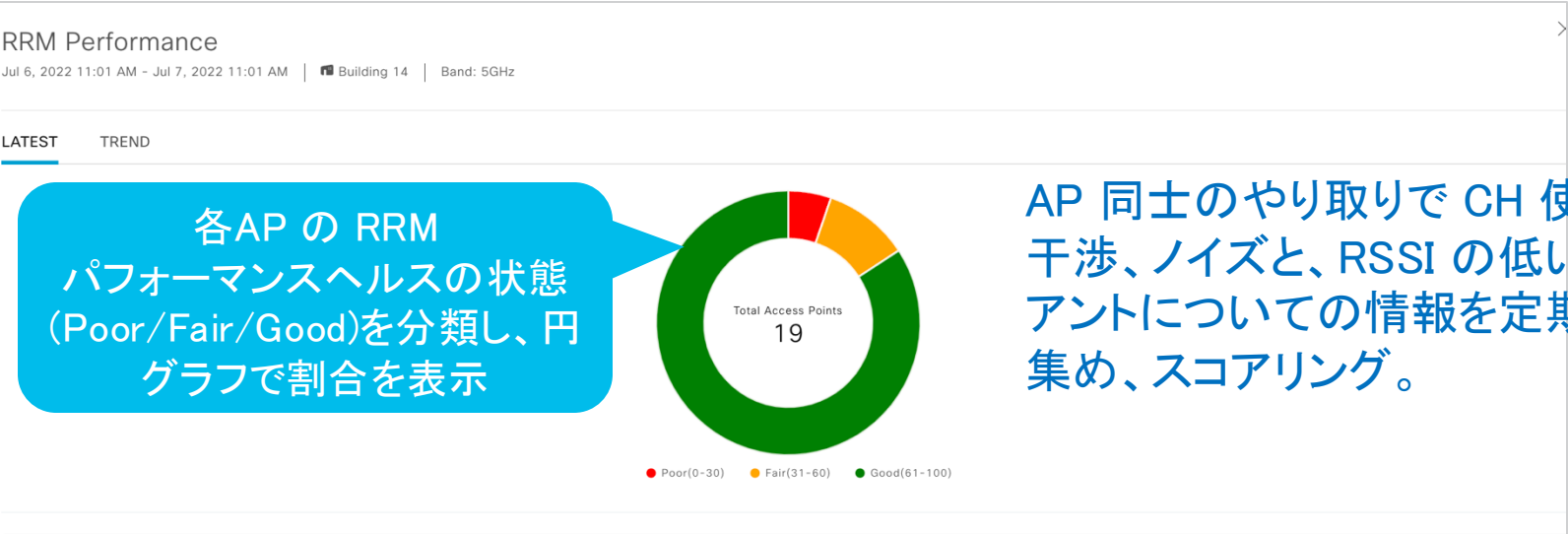
CCA(Clear Channel Assessment) Busy(%): 同CH干渉が酷く通信しないと判断した割合
サイドCH: 5GHz の隣の CH などは OFDM の端が多少干渉する



AI Enhanced RRM 画面 (RRM Performance)



TREND で RRM パフォーマンスヘルスの状態を遡って確認可能



Selection on Graph: F			
Access Points			
Q Search Table			
Radio	Neighbor	Interference	Noise
SJC14-TME-AP6	Good (100)	Fair (58)	Good (100)

Slot 1 RRM Performance Score Reasons	Slot 1 RRM Performance Score Reasons	Slot 1 RRM Performance Score Reasons	Slot 1 RRM Performance Score Reasons
-[Co Channel Neighbor] There is no Co-Channel Neighbor (Good) -[Side Channel Neighbor] There is no Side-Channel neighbor (Good) -[Co Channel Utilization] There is no Co-Channel neighbor with utilization (Good)	-[CCA Busy] Interference on the current Channel is 21% (Fair) -[Channel Interference] Interference RSSI is -71 and Duty Cycle is 17% on the current Channel (Good) -[Side Channel Interference] There is no Side Channel Interference. (Good)	-[Channel Noise] Noise on the current Channel is -95. (Good) -[Side Channel Noise] There is no Same Channel Noise. (Good)	-[Low RSSI Client] Total client count 0 is less then minimum client count 2 (Good)

AI Enhanced RRM 画面 (Utilization, AP and Radar/per CH)

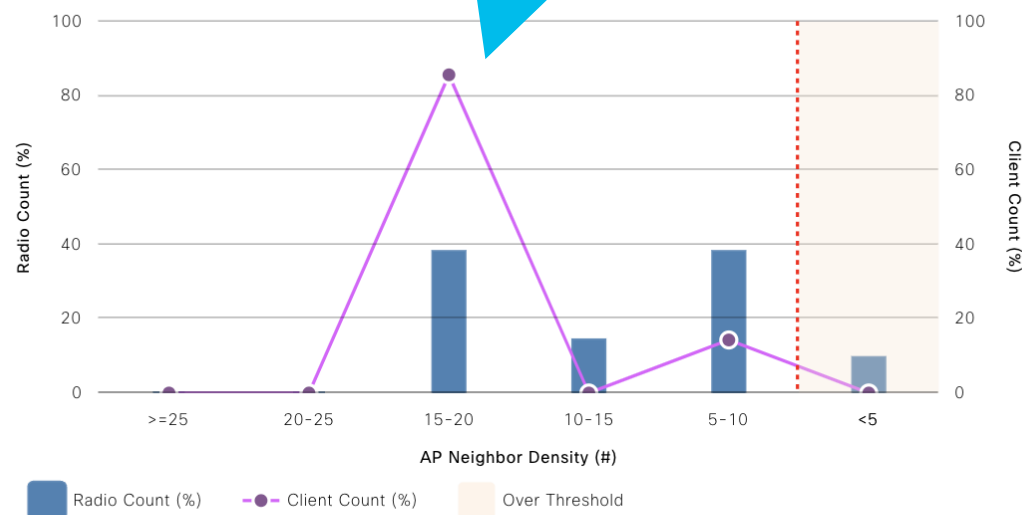


AI Enhanced RRM 画面 (RF Coverage)

▼ RF Coverage

AP Spatial Density ⓘ

LATEST TREND

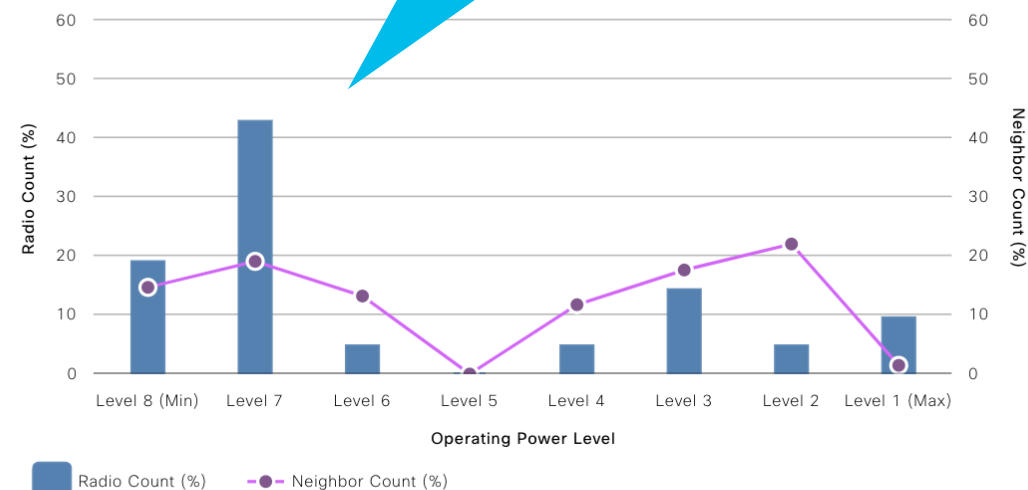


周りにどれだけ AP がいるか。
AP の密度の分布情報

[View Details](#)

Power Distribution ⓘ

LATEST TREND



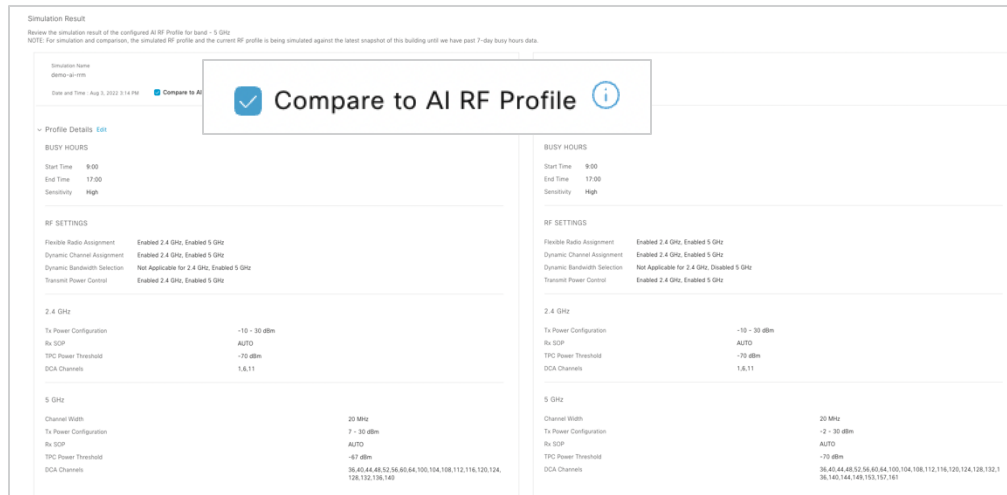
APの出力に偏りがあるか。
AP の Tx Power レベル毎
の分布情報

[View Details](#)

AI Enhanced RRM シミュレータ

[変更後の AI RF Profile]

[現状の AI RF Profile]



設定変更内容も表示

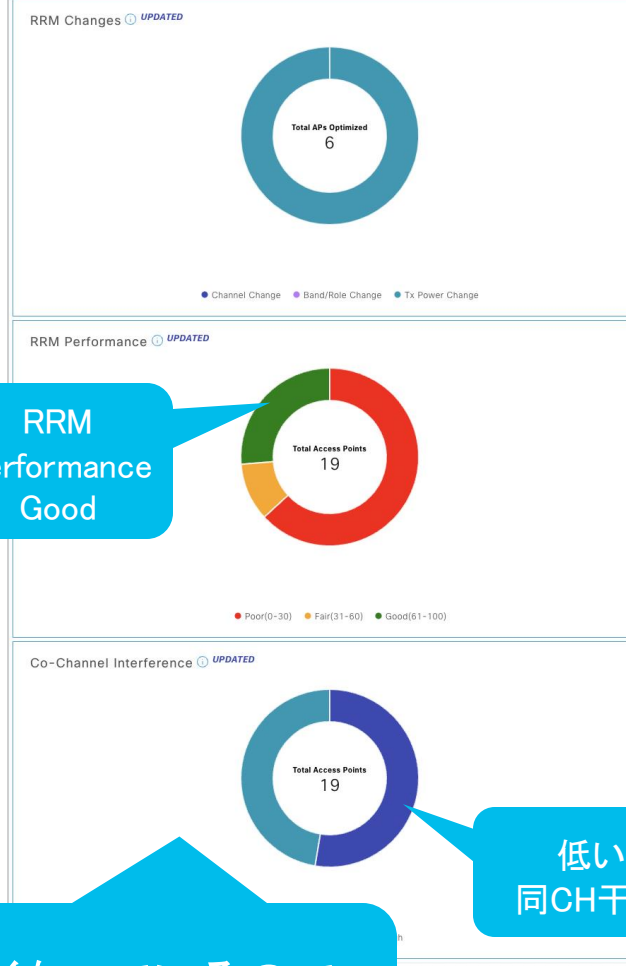
Profile Details Edit

BUSY HOURS

Start Time: 9:00
End Time: 17:00
Sensitivity: High

AI によって変更を行うべきでない時間も学習

[変更後の AP Performance]

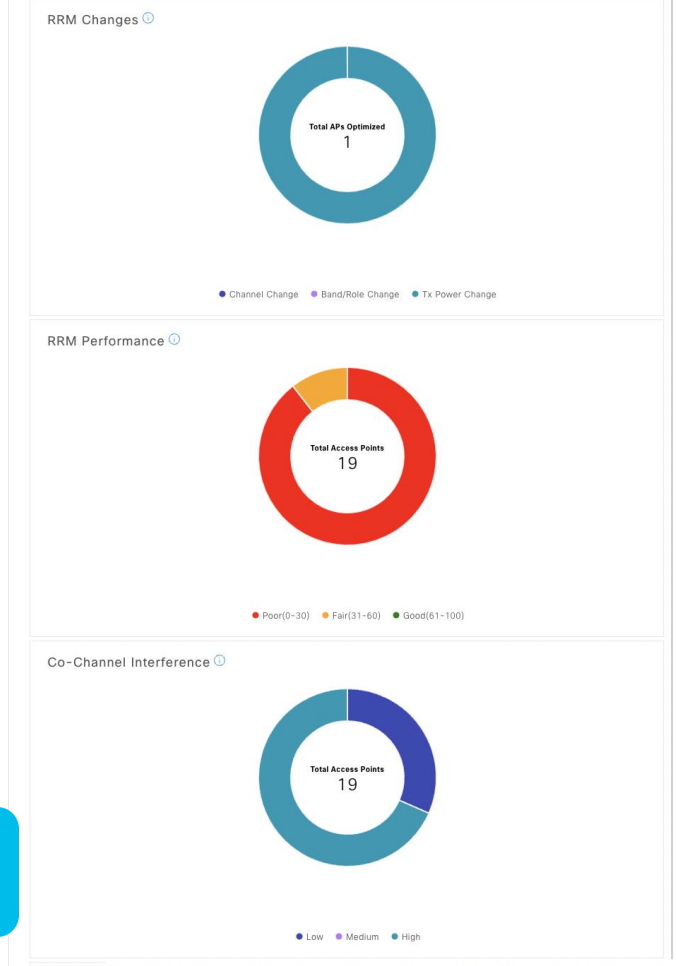


RRM Performance Good

低い同CH干渉

変更後の方が良くなっているので、変更をしても良いと判断できる。

[変更前の AP Performance]



Cancel

Upgrade AI RF Profile



ユースケース (US の大学)

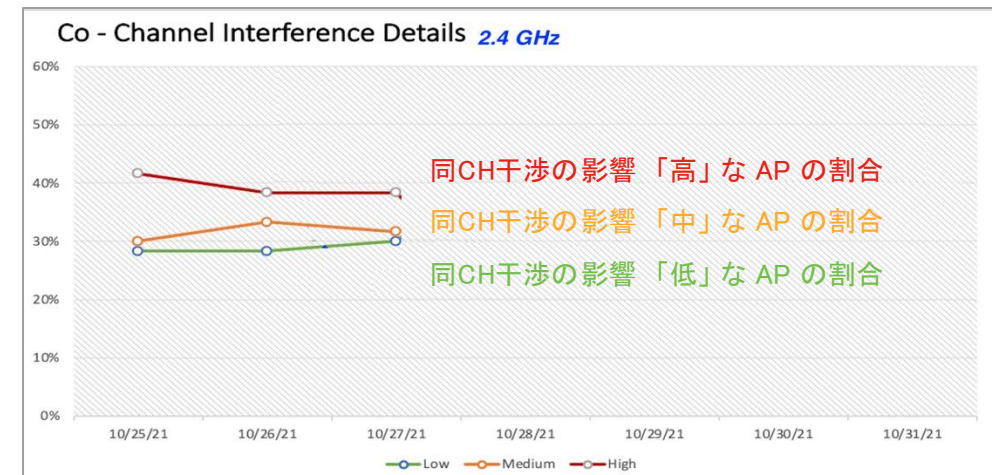
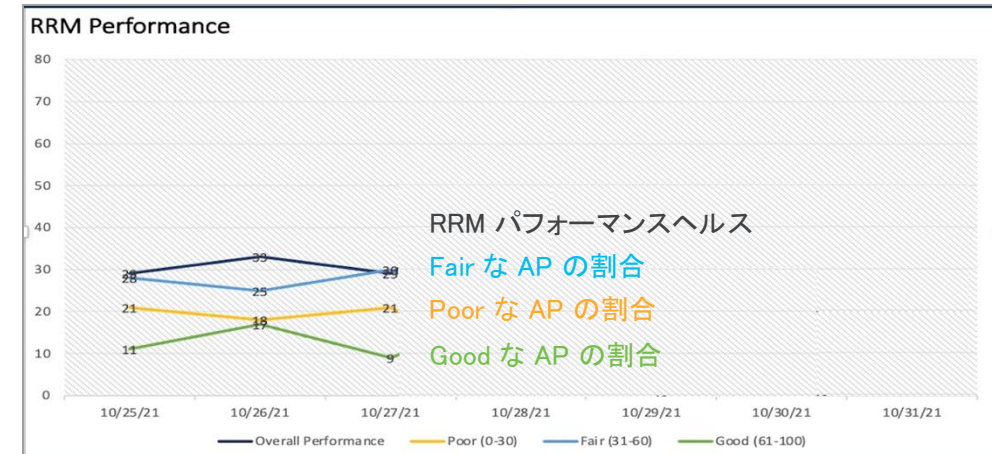
顧客環境の概要

- 実施場所: 大学の建屋
- ネットワーク環境: 63 AP、高密度端末環境
- 端末数: 最大639, 平均 430, 90% は 5GHz に接続

今までの RRM:

- 2.4 GHz 問題点: 干渉の影響が大きい
- 5 GHz 問題点: 端末の90%が接続しており、キャパシティが少ない

Enhanced RRM の可視化で 2.4GHz は高い干渉、5GHz はキャパシティがあまり無い事が分かった。

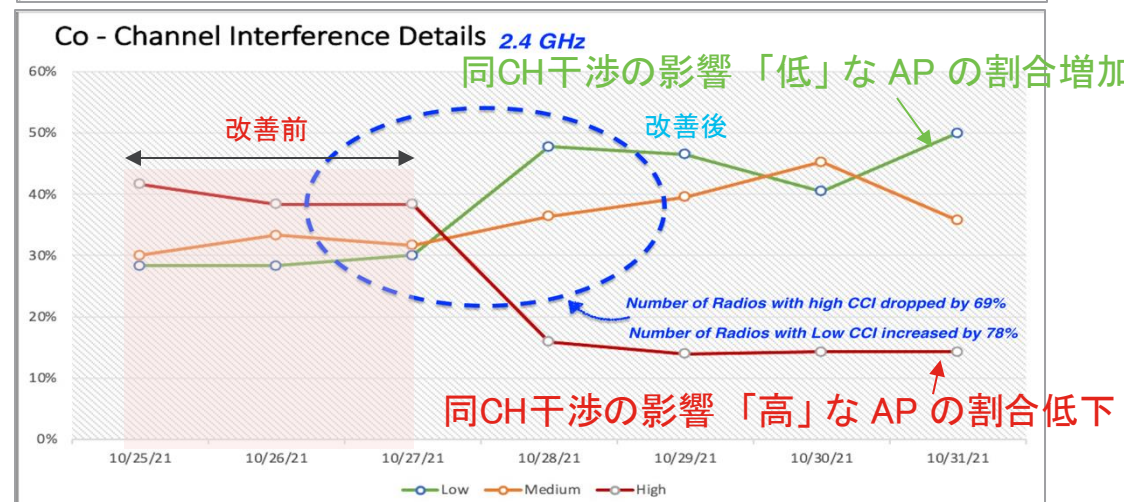
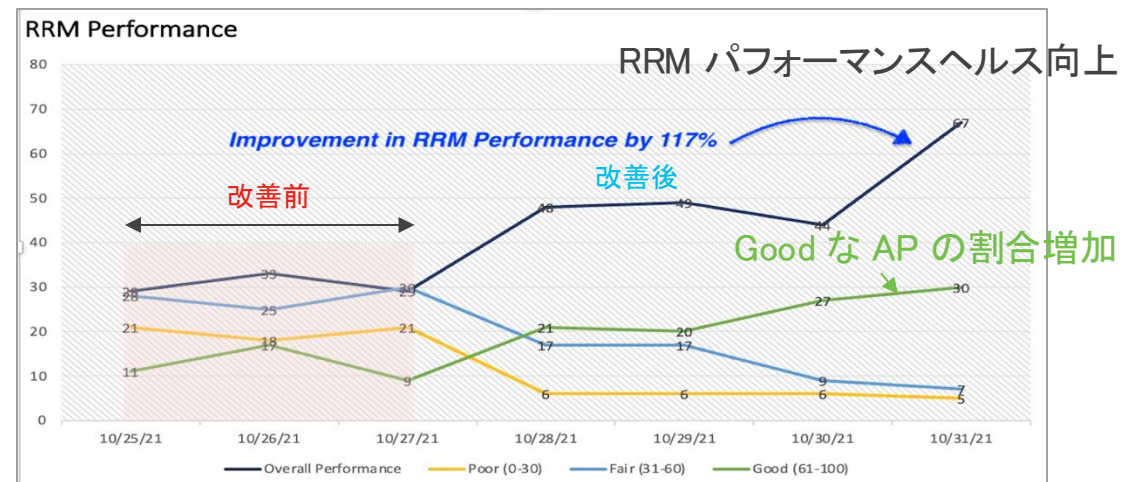


ユースケース (US の大学)

Enhanced RRM で可視化し AI RF Profile で設定後:

- 最適化: 61% の 2.4 GHz ラジオが Dual 5GHz もしくは モニターモードへ変更
- 2.4 GHz の成果: 2.4GHz で CCI が 33%低下
- 5 GHz の成果: 5GHz で 8dB の SNR 向上

AI RRM の可視化をもとに、AI RF Profile で FRA の有効化など実施した結果、大幅に RF 環境を改善！



Cisco Wireless の AI 機能

– AI Analytics –

AI Issue での表示

Assurance のTop画面

Top 10 Issue Types				
Priority ▲	Issue Type	Device Role	Category	Issue Count
P2	AP Down	ACCESS POINT	Availability	167
P3	Sensors - IPSLA Test Fail	SENSOR	Sensor Test	36
P3	 Drop in radio throughput for Media Applications	ACCESS POINT	Application	2
P3	 Drop in radio throughput for Social Applications	ACCESS POINT	Application	1
	Sensors - Unreachable Host	SENSOR	Sensor Test	1
	AP CPU High Utilization	ACCESS POINT	Utilization	130

AI/ML によって
検出された Issue は
AI マークが付く

Cisco の AI はクライアントの使い心地に焦点をあてる

AI/MLを通してワイヤレスのトラブルシューティングで対応が難しかった、**なんとなく無線が遅い、アプリが遅い。。。を可視化！**

ワイヤレス オンボーディング

ワイヤレスユーザが接続できなかった
ワイヤレスユーザの接続に時間がかかり過ぎた



AIネットワーク分析で検出できる内容

合計時間超過

合計失敗数
超過

DHCP取得時間
超過

DHCP失敗超過

AAA時間超過

AAA失敗超過

アソシエーション
時間超過

アソシエーション
失敗超過

アプリの体感

ワイヤレスユーザのアプリケーション
スループットが低下



AIネットワーク分析で検出できる内容

合計ラジオスループット

メディア アプリケーション
スループット

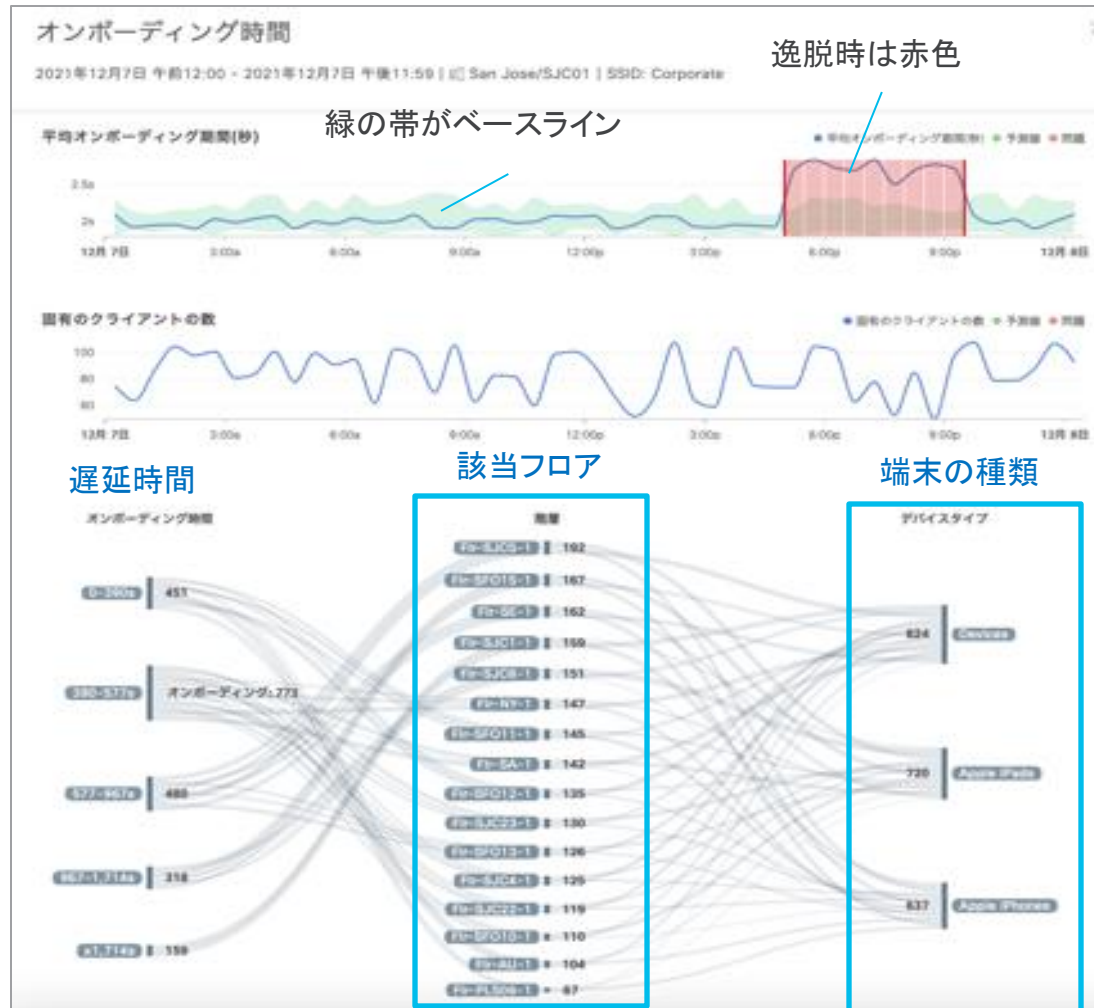
クラウド アプリケーション
スループット

ソーシャルアプリケーション
スループット

これらのデータを学習/分析し
逸脱した値を検出

- Wi-Fi オンボーディング分析
- Wi-Fi ラジオパフォーマンス分析
- Wi-Fi ネットワーク上のアプリパフォーマンス分析

Cisco AI の強み AI 分析情報



事象発生率の高いAP

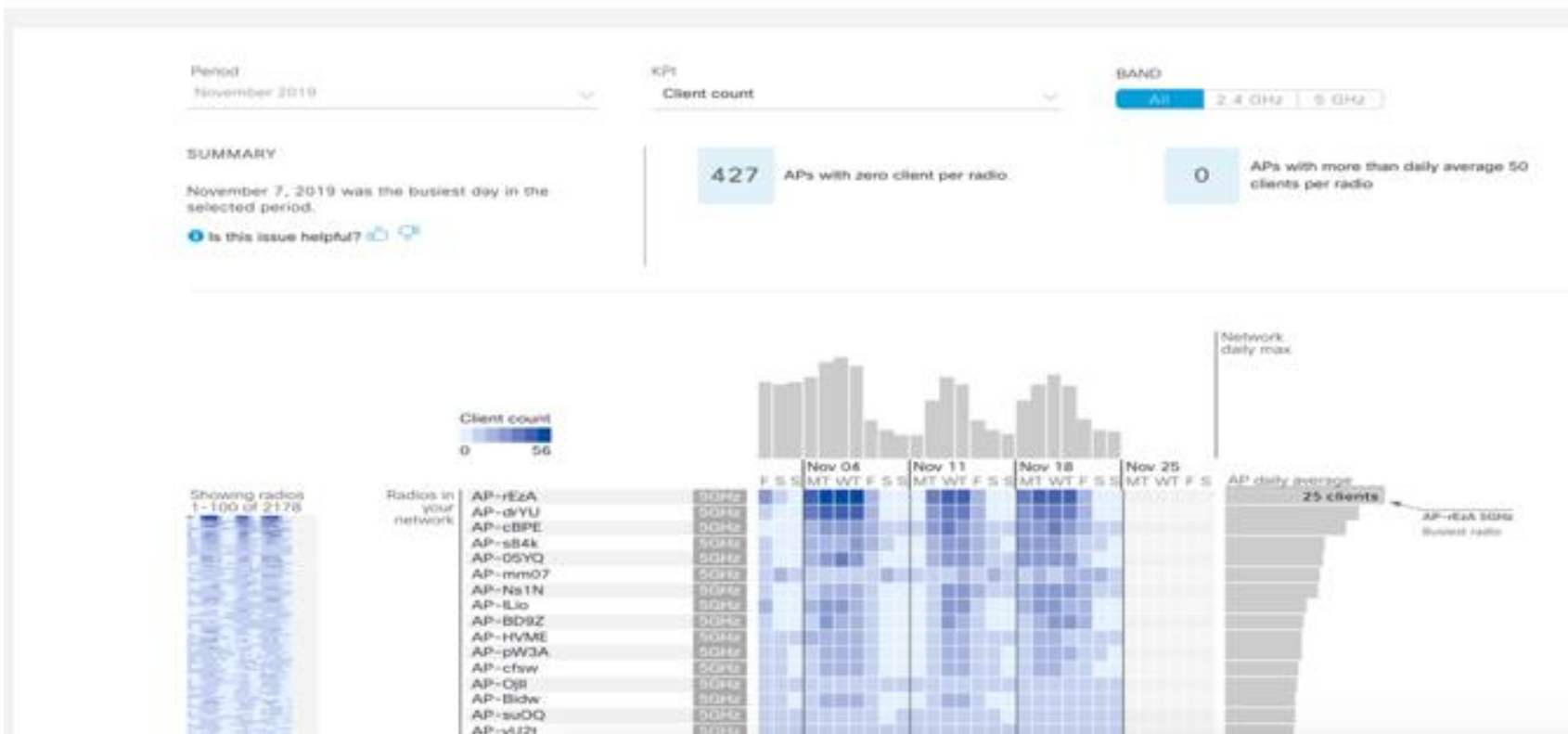


AI Cloudと連携し、数週間にわたりクライアントの情報を収集、どの曜日どの時間であれば、この範囲内という**ベースライン** (緑の帯)を作成し、電波状況、アプリの利用状況の使い心地を可視化。

ベースラインから逸脱した場合に検知し、**どのフロア、どの端末、どのAPに問題が発生しやすいか傾向分析を自動で行うAI分析機能。**

傾向分析する為 AI 分析情報

Network Heatmap



[KPI(パフォーマンスの動向把握する指標)]

Radio Throughput
Cloud Apps Throughput
Social Apps Throughput
Media Apps Throughput
Radio Reset
Packet Failure Rate,
Interference
Client Count
App Count
Channel Change Count
PriorityQ Failed
PriorityQ Discarded
Avg Client RSSI
Avg Client SNR
Traffic
Data Rate

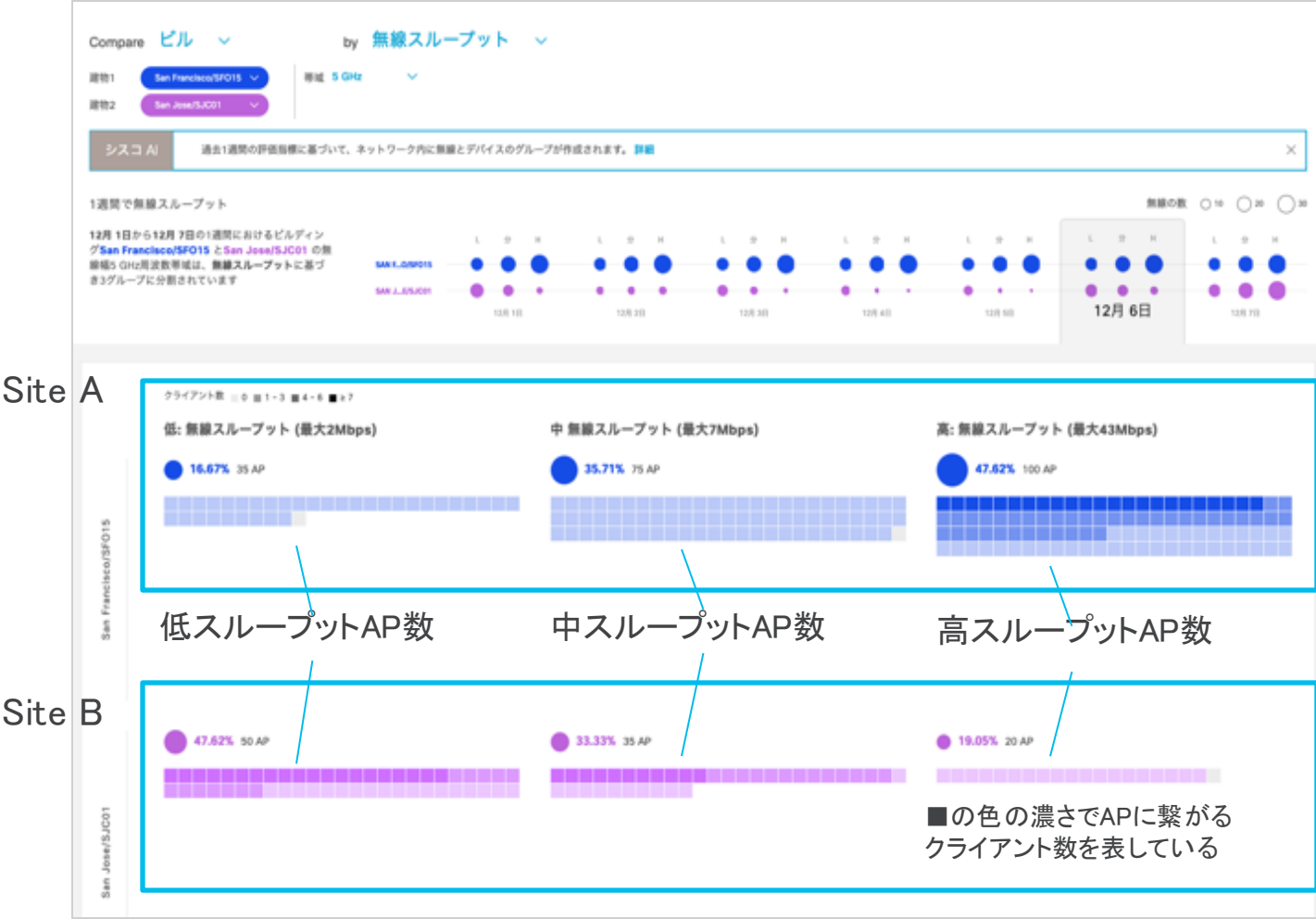
管理者が時間をかけて収集していたようなAP毎のクライアント数やスループットなどのAI分析結果がすぐに表示される。

プロアクティブに電波環境を改善する為の AI 分析情報 その1



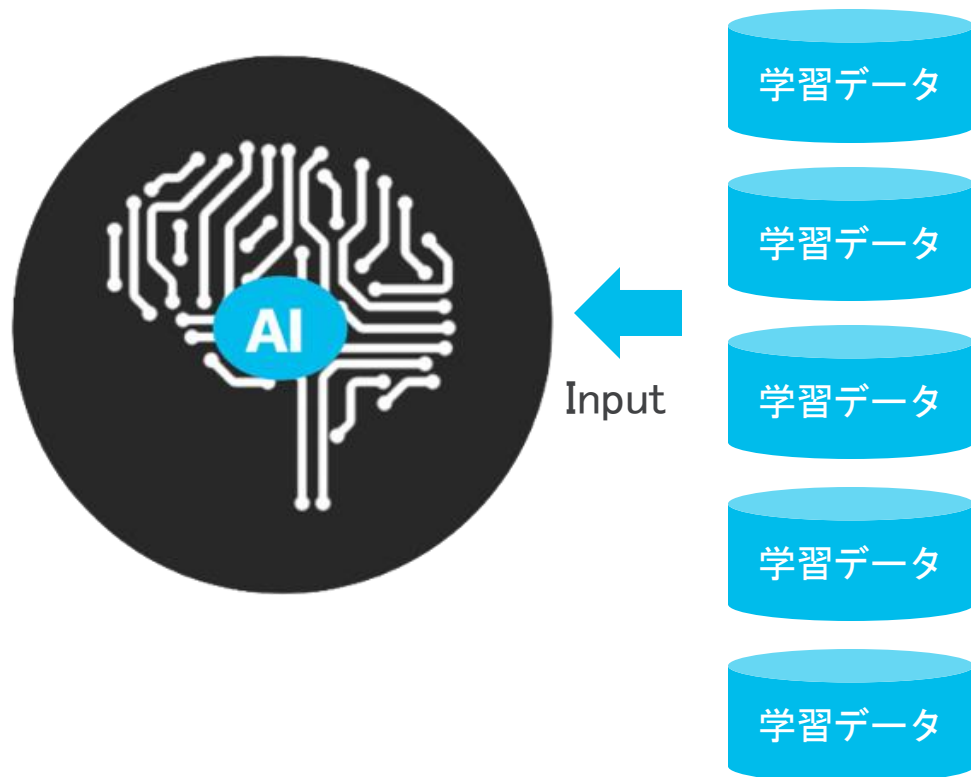
同規模の他の会社の電波環境と比較して優れているかをグラフ分布と色で確認でき、自社環境改善のモチベーションとして活用できる。

プロアクティブに電波環境を改善する為の AI 分析情報 その2



自社内の拠点の電波環境の良さを比較し、拠点毎の電波環境改善のモチベーションとして活用できる。

AI を育成する要素とは



優れた AI に育てる為には、
大量かつ良質な学習データが必要

つまり、

- 導入デバイス数
- 業界シェア
- 業種数
- 研究開発費
- 機器からの正確で頻度の高いデータ

等が多いメーカーがより良い AI を育成しやすくなる。

Cisco AI まとめ

自動調整機能の進化、見えてなかったAP配置の課題にも気づく、時系列を遡って確認できる！

- AI Cloud と連携し、今までの電波の自動化で課題があった、設置状況による CH の偏りなどを AI 学習によって改善できる。
- 時間を遡って、CH使用率、干渉、ノイズ、CHの変更、クライアントの状態などを把握確認できる。
- 変更したくない時間についても、学習し、変更しない時間として設定できる。

AI によって利用者の使い心地を可視化し、プロアクティブな監視ができる！

- AI によって、曜日、時間のトラフィック量やアプリケーション、無線が使えるようになるまでのオンボーディング時間を学習し、ベースラインを作成することで、使い心地が悪くなったものを検知できる。

管理の負荷を減らし、対応時間とユーザの生産性向上に取り組める AI 分析情報の提供！

- AI分析によって、どのフロア、どの端末、どのAPに繋がっている割合が多いかなど、瞬時にデータを表示できる。
- AI分析によって、クライアント数が多いAPや、トラフィック量が多いAPなど、傾向を掴む情報についても瞬時に表示できる。
- AI分析によって、似たような環境の会社と比べて、電波環境が良いのか判断できる。
- AI分析によって、拠点毎に電波環境が良いのか比較し、電波環境の改善に取り組める。

圧倒的な AI データ！

- 専用アンテナと CleanAir Pro による高精度で正確な情報を取得できる AP
- Telemetry によって、短い間隔で多くの情報を送る能力
- 圧倒的なインストールベース、業種数、接続端末数

