
教育施設における Wi-Fi 5、Wi-Fi 6、Wi-Fi 7 の導入





はじめに

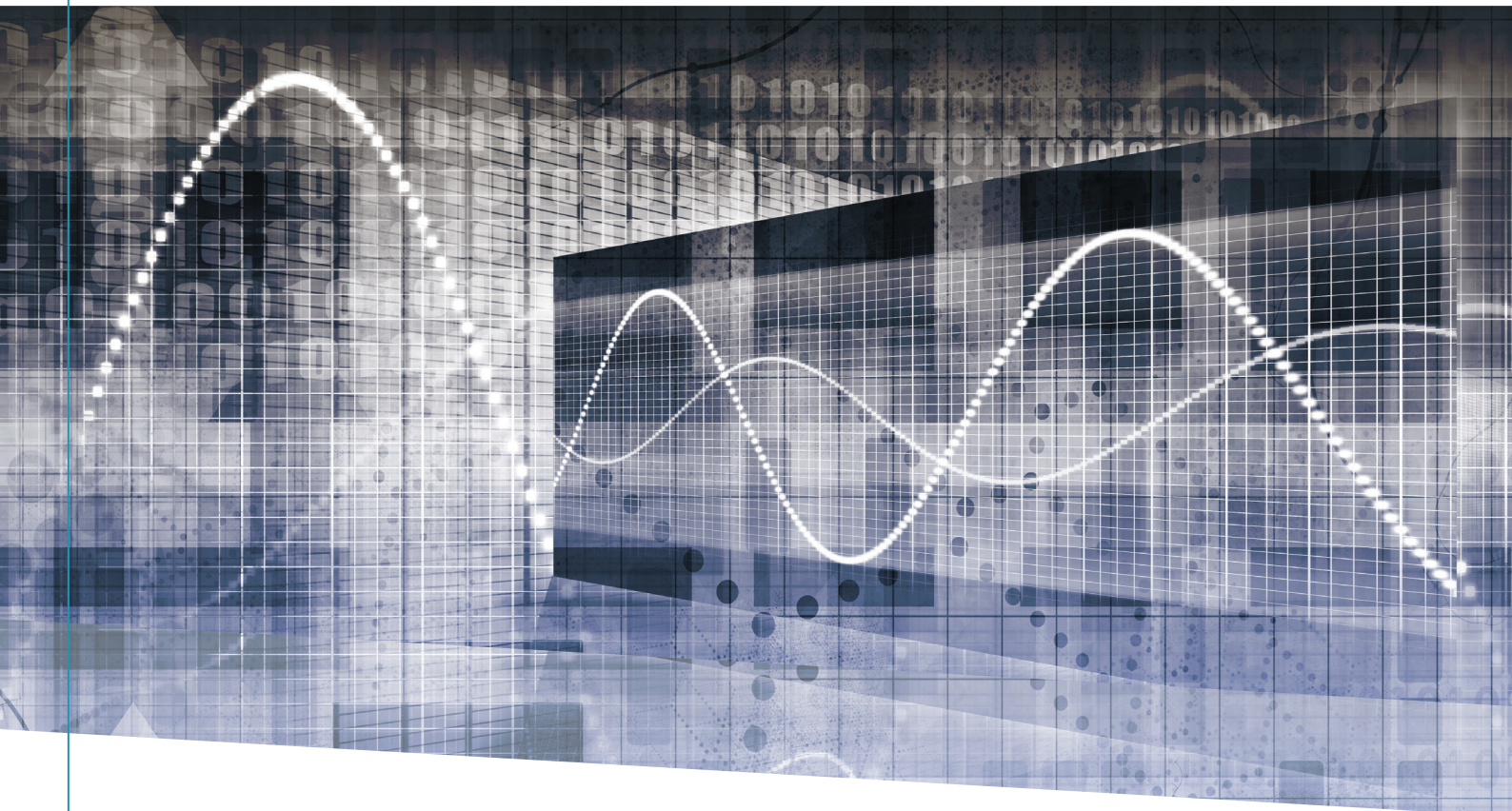
ワイヤレスアクセスポイント (WAP) は、ワイヤレスデバイスの急増に伴い、この数年のうちに教育目的として爆発的な成長を遂げています。WAP では、同時にサポートできるクライアントデバイス数を WAP あたり数十から 200 以上にまで大幅に増やすことで、増え続ける 1 人あたりのクライアントデバイス数に対応しています。世界的に見ると、2025 年までに、1 人あたりの平均ネットワークデバイス数は、6 ～ 10 に増加すると予想されています。¹

WAP をサポートする規格と技術も、こうしたワイヤレスデバイスの増加に対応するために、短期間で大きな進歩を遂げています。わずか 10 年の間に、ワイヤレステクノロジーは 802.11n、802.11ac (Wave 1、Wave 2) と進化を遂げ、現在は 802.11ax が登場しています (Wi-Fi Alliance によって、現在はそれぞれ Wi-Fi 4、Wi-Fi 5、Wi-Fi 6 と呼称)。Wi-Fi 6 は、エンドデバイスのデータレートとバッテリー寿命の向上、高密度環境での容量の増加とパフォーマンスの向上、遅延の削減を実現するため、史上最大かつ最も急成長を遂げているワイヤレス規格になりつつあります。

¹ 「IoT: Number of Connected Devices Worldwide 2012-2015」

<https://www.statista.com/statistics/471264/iot-number-of-connected-devices-worldwide>

https://www.cisco.com/c/dam/m/en_us/solutions/service-provider/vni-forecast-highlights/pdf/United_States_Device_Growth_Traffic_Profiles.pdf



Wi-Fi 4、Wi-Fi 5、Wi-Fi 6 では、アクセスポイントあたりのデバイス収容能力の向上、デバイスの高速化、アクセスポイント密度の増加といった大幅な改善が見られます。Wi-Fi 6 はまだそれほど配備が進んでいませんが、エンジニアは Wi-Fi 6 を凌ぐ大幅な改善を実現する次世代の Wi-Fi 7 (802.11be) に取り組んでいます。

図 1 は、さまざまなワイヤレスアクセスポイントテクノロジーの成長と衰退を示しています。図に示されているように、802.11ax (Wi-Fi 6) は、あらゆる規格をいち早く採用し、対応機器の販売台数もトップになると予想されます。

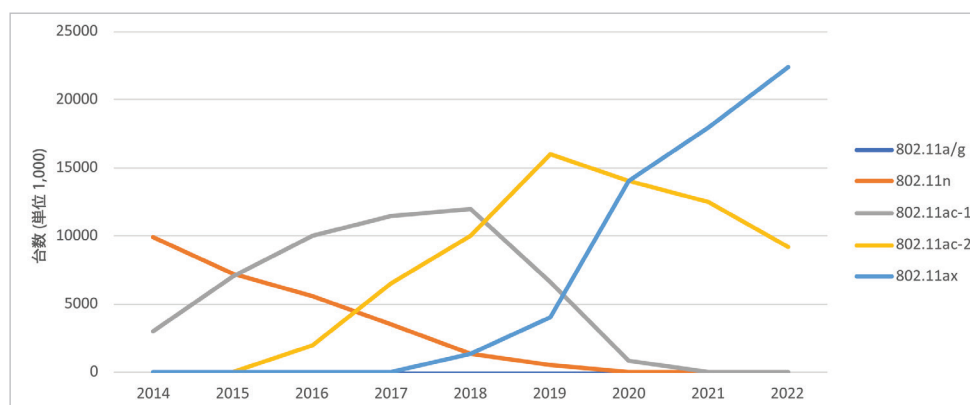


図 1. ワイヤレスアクセスポイントの伸び。802.11ax (Wi-Fi 6) は、他のどの規格よりも速く広まると期待されている。²

²出典: 650 Group、2017 年

ワイヤレステクノロジーの進化は留まるところを知らず、その成長の深度と速度が基盤となるネットワークとこれをサポートするケーブルインフラストラクチャに負担となっています。

本ホワイトペーパーの目的は次のとおりです。

- 現在および将来のワイヤレステクノロジーについて概説する
- 現在の Wi-Fi 6 規格と Wi-Fi 7 の今後の方向性に対する読者の理解を促す
- データレートとアクセスポイント密度に影響を与える Wi-Fi 6 および Wi-Fi 7 の特定機能に関する技術について詳細を説明する
- この情報に基づいて、基盤となるケーブルインフラストラクチャに関する推奨事項を提示する

Wi-Fi テクノロジーの概要

表 1 は、Wi-Fi 4 から将来の Wi-Fi 7 までの相違点をまとめたものです。

表 1 に示すデータレート (Wi-Fi 5 の場合は 6933 Mbps、Wi-Fi 6 の場合は 9607.8 Mbps) は、Wi-Fi ポートに必要な最大データレートを示しています。これは、最大数のユーザーに対し可能な限り高いデータレートを実現する場合のものです。

表 1. Wi-Fi 4 から Wi-Fi 7 までの相違点

				Wi-Fi 7
従来の名称	802.11n	802.11ac	802.11ax	802.11be
Wi-Fi Alliance 認証マーク				未定
周波数帯	2.4 GHz または 5 GHz	5 GHz のみ	2.4 GHz と 5 GHz 6 GHz 帯対応	2.4 GHz、5 GHz、 6 GHz
最大データレート (理論値)	576 Mbps	6933 Mbps	9607.8 Mbps	> 10 Gbps
空間ストリーム数	4	8 (理論上は 4 を超 える可能性は低い)	8	未定
ビームフォーミング	対応	対応	対応	対応
ケーブル要件	Cat6	Cat6A	Cat6A	Cat6A × 2 本
PoE 要件 (フル機能のアクセスポイント)	802.3af PoE 使用時、制限なし	802.3at PoE+ 使用時、制限なし	対応	対応
PoE 要件 (拡張機能のアクセスポイント)	—	—	802.3bt PoE++ 使用時、制限なし	Cat6A × 2 本

Wi-Fi® および Wi-Fi CERTIFIED ロゴは、Wi-Fi Alliance® の登録商標です。

注意:

- 1) Intelligent Power Management (IPM) 対応 WAP の場合、制限についてはユーザーが任意に設定可能
- 2) 拡張機能のアクセスポイントは、大規模な公共施設、ホテル、企業オフィスなどの非常に高密度の環境を対象とする。
この種の設定をサポートするためにアクセスポイント内のオプション機能が有効になっている

Wi-Fi に必要なCat6A ケーブル

Cat6A ケーブルは、市場で最も急成長しているケーブルセグメントです。10GBASE-T に必要であり、PoE に最適な性能を備えているため、ワイヤレス配備に推奨されます。ベストプラクティスとして、バンドウィットは Wi-Fi 5 以降にはCat6A ケーブルを推奨しています。

Wi-Fi 7 とその将来

次世代の Wi-Fi 7 は現在、超ハイスループット (EHP) と呼ばれ、IEEE 802.11be Task Force が規格を開発しています。Wi-Fi 6 と Wi-Fi 7 は、現在 2.4 GHz および 5 GHz スペクトルでのみ動作可能ですが、FCC では 5.925 ～ 7.125 GHz の新しいスペクトルを Wi-Fi 用に開放することを計画しています。既存の帯域幅として 5 GHz スペクトルには 500 MHz 帯域幅、2.4 GHz スペクトルには 90 MHz 帯域幅がありますが、この新しいスペクトルには 1200 MHz の帯域幅が追加されます。新しい帯域幅に加え、IEEE 802.11be Task Force は、ビームフォーミングの強化、大規模マルチ入力マルチ出力 (MIMO) の採用に向けて、調整された直交周波数分割多重アクセス (OFDMA)、調整されたマルチステアリング、分散 MIMO などの Wi-Fi 7 テクノロジーを調査しています。

802.11be Task Force は、アクセスポイントあたり 2 本のCat6A ケーブルを使用して必要な帯域幅を確保すること、既存の一般的なケーブルタイプを使用することを目的としています。

Wi-Fi 5 から Wi-Fi 6 に至るまでの改善点

Wi-Fi 6 の利点

Wi-Fi 6 には、Wi-Fi 5 と比較して次の利点があります。

- **エンドデバイスのデータレートにより、速度が 4 倍に向上。** OFDMA、ビームフォーミング、改善された変調により、エンドデバイスのデータレートが向上します。
- **容量の増加。** OFDMA、改善された MIMO、ビームフォーミングにより、総容量を増加できます。
- **多数のデバイスがある環境でのパフォーマンスの向上。** 2.4 GHz 帯域をビームフォーミングし、使用することで、IoT デバイスの接続に役立ちます。
- **エンドデバイスのバッテリー寿命の向上。** Wi-Fi 6 は、「ターゲットウェイクタイム」(TWT) 機能を採用しています。この機能では、Wi-Fi 無線にスリープ時間と起動時間を知らせ、伝送を受信するタイミングを調整します。これにより、パフォーマンスに影響を与えずに消費電力を削減できます。
- **1 ms 以下の低遅延を実現。** OFDMA の使用により遅延性能を向上できます。

こうした多数の機能を実現するうえで主要なテクノロジーは、OFDMA、帯域数の増加、ビームフォーミングの 3 つです。帯域数とビームフォーミングを増やすと、アクセスポイント密度が向上します。



周波数帯

周波数帯とは、無線局免許を必要としないスペクトル内でアクセスポイントが動作する特定の周波数範囲です。Wi-Fi 5 は 5 GHz 範囲を使用しますが、Wi-Fi 6 は 2.4 GHz 範囲と 5 GHz 範囲で動作しており、6 GHz 範囲での動作も可能です。Wi-Fi 7 は 2.4 GHz、5 GHz、6 GHz の範囲で動作します。

複数の周波数範囲で動作することで、Wi-Fi 6 および Wi-Fi 7 は、より多くのユーザーを対象にサービス提供できるようになり、アクセスポイントの高密度化が可能になります。さらに、2.4 GHz 周波数での伝送により、壁や床などの障害物の通過に適した長波長を実現できます。

OFDMA vs. OFDM

Wi-Fi 6 に取り入れられた最大の改善点の 1 つは、OFDMA の採用です。これにより、スループットが 4 倍に向上し、遅延が 1 ミリ秒に短縮され、より効率的なネットワークが実現します。OFDMA と OFDM の違いについては、パレットを搭載したセミトラックを例に考えると分かりやすくなります。Wi-Fi 5 では、パレットは単一の商品のみで梱包されていました。通常、すべてのパレットが単一の商品で埋まるわけではありません。OFDMA を使用すると、パレットに複数の商品を組み合わせて、トレーラーに積載する製品を増やすことができます。したがって、高帯域幅のユーザーには、低帯域幅のユーザーの帯域幅が追加で割り当てられます。

図 2 は、OFDM と OFDMA の違いを例示しています。

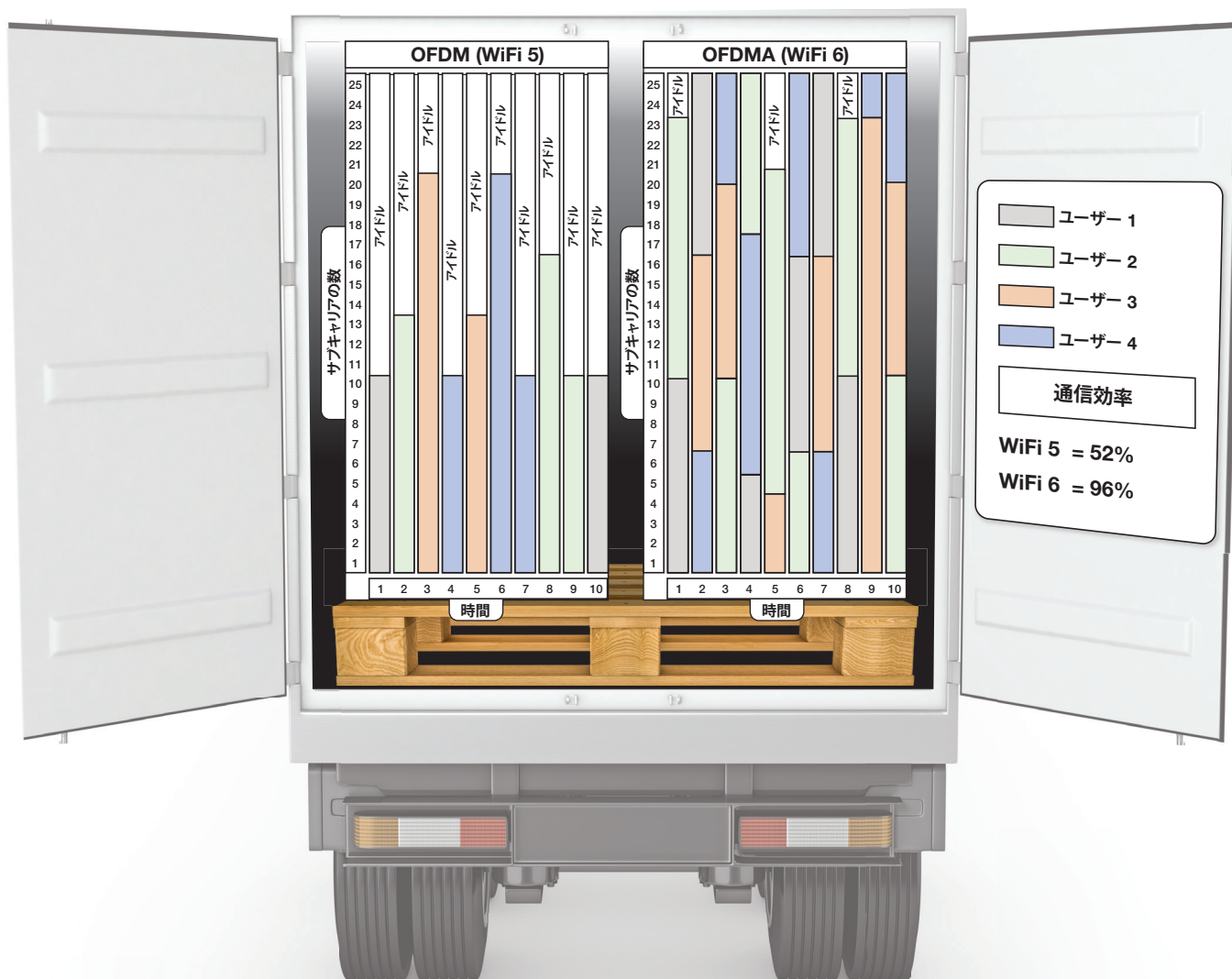


図 2. トラックのパレットで示されているとおり、Wi-Fi 6 で OFDMA を使用すると、OFDM よりも効率的に帯域幅を利用することが可能。これにより、スループットを向上させながら遅延を低減。

ビームフォーミングと空間ストリーム

ビームフォーミングは、マルチアンテナにおける WAP の放射パターンを形成し、図 3 (LTE クイックリファレンス - ビームフォーミング) に示すように、通信相手のクライアントデバイスにエネルギーを集中させます。これは、各アンテナからの信号の位相を修正して、建設的かつ破壊的な干渉を発生させる（「ビーム」の生成）ことで実現します。これにより、デバイスにおける信号強度が向上（3 dB 相当）するため、データレートとリーチの向上や、クライアントデバイス間の空間的な識別が可能です。

ビームフォーミングテクノロジーによって隣接するアクセスポイントとの競合の可能性が減るため、ワイヤレスアクセスポイントの密度を高めることができます。空間データストリームは、エンコードされた通信データ信号であり、これにより複数のストリームが直交コードワードを介して受信機で相互に識別できます。各アンテナは空間ストリームを 1 つサポートし、複数のストリームがビーム内で送信されます。Wi-Fi 5 と Wi-Fi 6 は両方とも理論上最大 8 つの空間ストリームをサポートできますが、Wi-Fi 5 の実装においては 4 つまでの使用に限られることが予想されます。複数の空間ストリームを受信側で集約して、受信するストリームの数だけデータレートを線形的に増加させることができます。データレートの増加に加えて、空間ストリームの数が多ければ多いほど、Wi-Fi 6 アクセスポイントの密度は Wi-Fi 5 アクセスポイントの密度よりも高くなります。



図 3. 1 つの空間ストリーム (左) と 3 つの空間ストリーム (右) によるビームフォーミングの例³。

What About 5G?

5G は、Wi-Fi と同様の速度と信頼性を提供するため、Wi-Fi に代わるとの見方もあります。Wi-Fi は今後も企業の屋内ネットワーク内で最適なネットワークであり続けるという点から、5G は Wi-Fi を置き換えることはなく、以前のセルラー世代と同様と考えられます。

帯域幅

Wi-Fi は、無線局免許を必要としないスペクトル内で動作します。2.4 GHz エリアで約 90 MHz の帯域幅、5 GHz エリアで約 500 MHz の帯域幅、6 GHz エリアで約 1200 MHz の帯域幅があり、合計帯域幅は約 1790 MHz になります。5G は、無線局免許を必要とするモバイルスペクトルで動作します。各キャリアにスペクトルが割り当てられ、約 200 MHz の帯域幅があります。2 つの比較は図 4 をご覧ください。

利用可能な帯域幅:

青 = 2.4 GHz エリア、緑 = 5 GHz エリア、紫 = 6 GHz エリア、黒 = おおよそ 5G エリア



図 4. Wi-Fi と 5G における利用可能な帯域幅の比較。

容量

5G と Wi-Fi について、実際に鍵となる差別化要因は容量です。Wi-Fi は、ユーザー密度の高いエリア (講堂、スタジアム、または多くのネットワークデバイスがある学生寮など) では、引き続き一般的に利用されます。ワイヤレスシステムの容量は、データレート密度 (Mb/s/m^2) で測定できます。Wi-Fi 6 の場合、約 400 Mb/s/m^2 と推計されます。5G の場合、約 10 Mb/s/m^2 と推計されます。容量に差異がある最大の理由の 1 つに、Wi-Fi では利用可能な帯域幅はるかに大きいことが挙げられます。

屋内ネットワーク

屋内の 5G ネットワークでは、アクティブな DAS ネットワークが必要になると考えられます。この場合、構造化された LAN ケーブル配線が最適です。つまり、屋内小型基地局、5G 屋内無線ユニット、ベースバンド無線接続、コアネットワーク接続などの製品が必要になります。こうした製品は、その建物の屋内でサポートしたいキャリアごとに同じものを用意しなければならず、通常はかなりの投資が必要です。

³ 「LTE Quick Reference – BeamForming.」 ShareTechnote、2019 年。



Wi-Fi はあらゆる状況で使用できるうえ、こうしたワイヤレスデバイスに対応するすべてのデバイスで動作します。したがって、屋内ネットワークでは、ユニバーサルカバレッジを実現する Wi-Fi を実装する方がはるかに安価であると予想されます。Voice over Wi-Fi (VoWiFi) への関心の高まりにより、企業向け屋内市場では Wi-Fi が優位を占めることが見込まれます。

上記の要因に基づいて、モバイルデバイスによってセルラーネットワークから Wi-Fi にオフロードされるトラフィックの割合は、2022 年には 2017 年の 54% から 59% に増加すると予想されます。オフロードとは、別の容量を追加してモバイルデータネットワークの混雑を解消することです。5G が市場に参入すると、オフロードは 2022 年までに 71% に増加することが見込まれています。

そのため、近い将来、5G と Wi-Fi の共存が予想されます。

ケーブルリング設計への影響

Wi-Fi 6 以降に向けた堅牢なケーブルプラントの設計は、以下を保証するためにきわめて重要なものです。

- 1) ケーブルプラントを、現在および将来のデータレートと PoE 要件に対応するように設計する
- 2) ケーブルプラントは、その寿命と投資からの ROI を最大限に実現できるように、将来性のある設計になっている

このドキュメントに含まれる重要な情報は以下のとおりです。

- 1) 現在の Wi-Fi 6 には、最大約 10 Gbps のデータアクセスのニーズがある
- 2) Wi-Fi 6 以降では、ビームフォーミングなどのテクノロジーの向上、複数の帯域での帯域幅の拡大、アクセスポイントの密度の向上を実現する
- 3) Wi-Fi 7 などの将来の Wi-Fi テクノロジーは 10 Gbps を超えると予測されているため、最大 20 Gbps のデータレートをサポートするために、バンドワイドではアクセスポートあたり 2 本の Cat6A ケーブルを用意することを推奨している

第一に、PoE を処理する優れた能力と最大 10GBASE-T のデータレートを扱えることから、Cat6A が標準であることを示しています。

次に、将来の Wi-Fi テクノロジーで 10 Gbps を超える必要なデータレートを処理するには、少なくとも 2 本の Cat6A ケーブルが必要になる可能性があることを示しています。

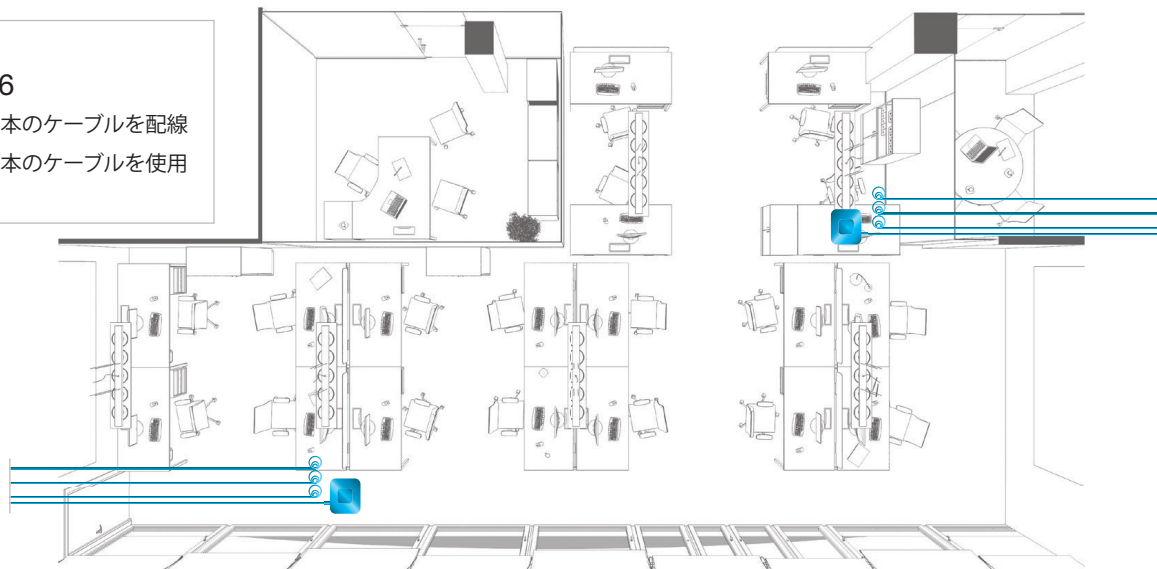
さらに、ビームフォーミングなどのテクノロジーのためにこのようなアクセスポイントを相互に近接して配置する必要があり、その結果密度が高くなることを示しています。したがって、10 Gbps を超えるレートで実行されるワイヤレスアクセスポイントを追加するには、Cat6A ケーブルをさらに 2 本用意することをお勧めします。

このような結果から、各アクセスポイントに少なくとも 4 本の Cat6A ケーブルを配線することをお勧めします。図 5 は、4 本あるケーブルを、Day 1、2、3 でどう使用していくかを示しています。

Day 1

Wi-Fi 5 または Wi-Fi 6

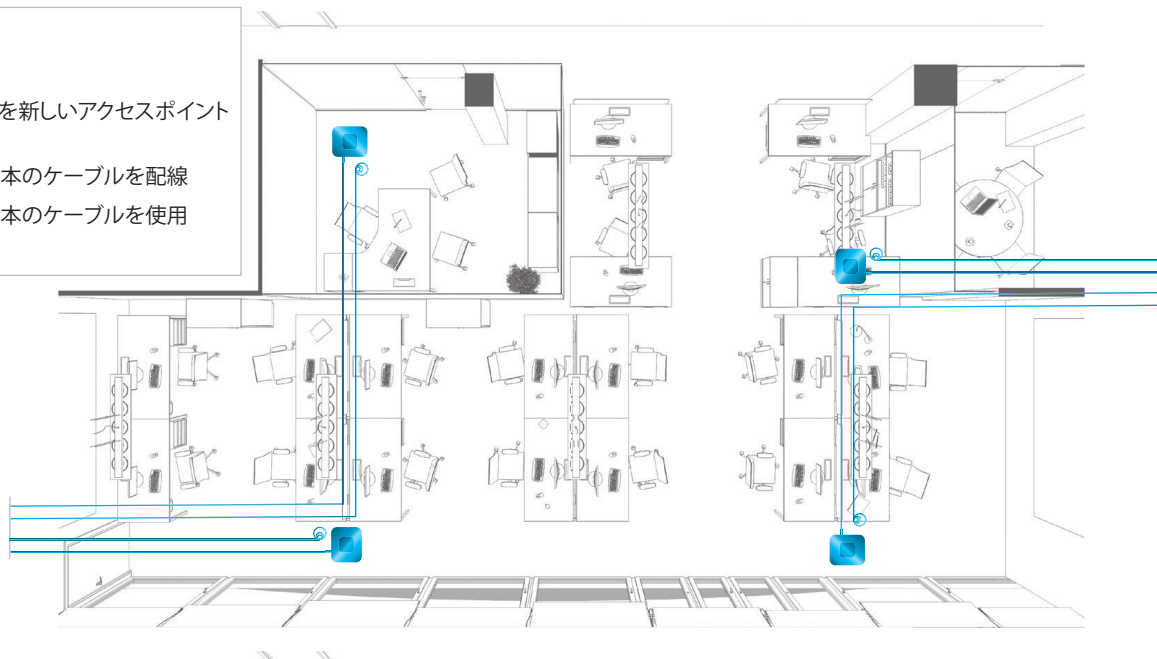
アクセスポイントごとに 4 本のケーブルを配線
アクセスポイントごとに 1 本のケーブルを使用
ケーブルの 25% を使用



Day 2

Wi-Fi 6 (密度を向上)

未使用の 2 本のケーブルを新しいアクセスポイントに移動
アクセスポイントごとに 2 本のケーブルを配線
アクセスポイントごとに 1 本のケーブルを使用
ケーブルの 50% を使用



Day 3

Wi-Fi 7 (アクセスポイントをアップグレード)

アクセスポイントごとに 2 本のケーブルを配線
アクセスポイントごとに 2 本のケーブルを使用
ケーブルの 100% を使用

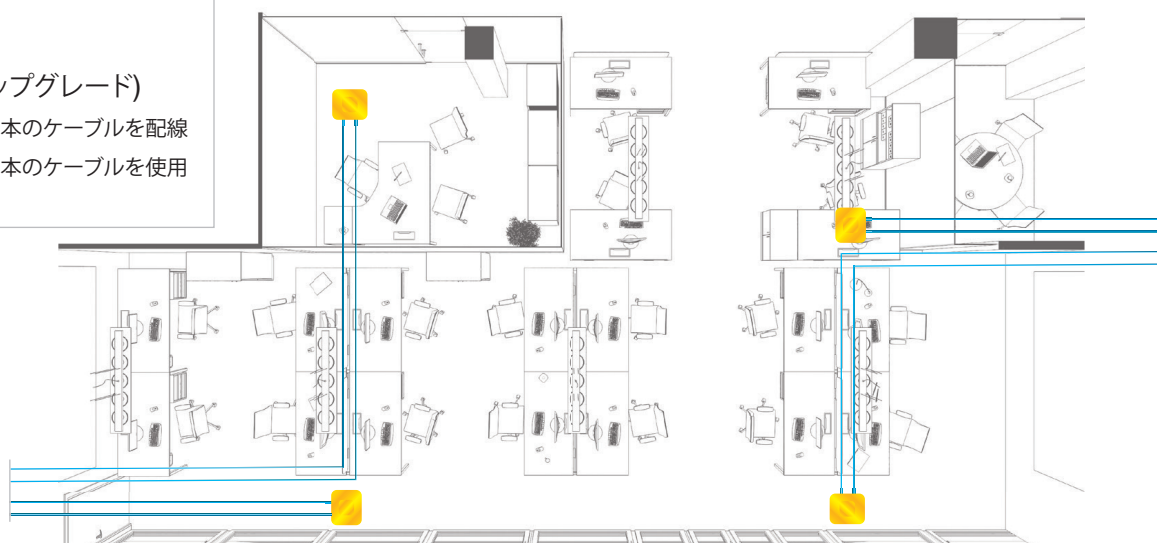


図 5. アクセスポイントごとに配線された 4 本のケーブルを使用して、帯域を向上させ (Day 2)、アップグレードされたアクセスポイントのパフォーマンス向上のためにポート集約をサポートします (Day 3)。すべて Day 1 に配線されたものと同じケーブルインフラストラクチャを使用します。

現在 vs. 将来のケーブル配線コスト

現状では、最初 1 本しか使用しないケーブルを最大 4 本まで配線することを正当化することが難しい場合があります。ただし、ケーブルが既に配線されていれば、アクセスポイントの密度の向上や、必要に応じたリンクアグリゲーションが簡単、迅速かつ安価になります。

壁の多い建物にケーブルを追加するのは、追加のコストが発生するため、はるかに高くなります。これには、出張費用や時間外労働 (新しいケーブルの設置がより困難で時間がかかるため) が含まれます。

表 2 に、4 本のケーブルを設置する場合のオプションごとの推定コストを示します。推定コストは、物理ケーブルのコストよりも、設置するための人件費に大きく左右されます。図にあるとおり、すべてのケーブルを前もって設置している方が安く済みます。

表 2. ケーブル設置オプションと相対コスト

オプション	詳細	初期コスト	アップグレードコスト	総コスト
1	4 本のケーブル	\$200	\$0	\$200
2	現在: 2 本のケーブル、 Day 2: 2 本のケーブル	\$100	\$1,000	\$1,100
3	現在: 1 本のケーブル、 Day 2: 1 本のケーブル Day 3: 2 本のケーブル	\$50	\$1,500	\$1,550

まとめ

Wi-Fi 6 以降では、ワイヤレステクノロジーがさらに進化し、10GBASE-T および PoE を利用できる CAT6A インフラストラクチャが必要になります (Power over Ethernet をサポートするためのケーブル要件の詳細については、『Power over Ethernet とバンドウィットのメタルケーブルリング』をご覧ください)。こうした新しいワイヤレス標準では、帯域幅の拡大とビームフォーミングの向上により、データレートの向上と高密度化が可能になります。Wi-Fi 7 以降では、10 Gbps を超えるデータ要件が発生する可能性が高く、少なくとも 2 本の Cat6A ケーブルが必要になります。

Wi-Fi 7 までのワイヤレス標準規格をサポートするため、将来を見越したケーブルインフラストラクチャを計画するには、以下の推奨事項に従う必要があります。

- **ケーブルタイプ:** PoE に最適な性能を実現し、最大で 10GBASE-T データレートをサポートする Cat6A ケーブル
- **最小要件:** アクセスポイントごとに 2 本の Cat6A ケーブルにより、リンクアグリゲーションで最大 20 Gbps の速度を実現
- **追加要件:** アクセスポイントごとに 2 本の Cat6A ケーブルを追加して、ワイヤレスアクセスポイントの密度を向上
- **即日の設置によってコストを削減:** 1 日目にリンクを設置 = \$35 ~ \$50、2 日目 = \$500 以上

以上のように、バンドウィットは、アクセスポイントあたり 2 ~ 4 本の Cat6A ケーブルを使用して、将来の速度とアクセスポイント密度の向上に優れたコスト効率で対応することをお勧めします。これにより ROI が最大化され、寿命の長い堅牢なケーブルプラントを確保できます。



PANDUIT™

企業のビジネス目標と市場での成功を結び付けるうえで、1955 年以来、パンドウイトが独自の有意義な役割を果たしてきた理由は、問題解決に対する好奇心と情熱という企業文化にあります。パンドウイトは、データセンターから電気通信室、デスクトップからプラントフロアに至るエンタープライズ全体の環境に対応する、最先端の物理、電気、およびネットワークインフラストラクチャソリューションを創り出します。米国イリノイ州ティンリーパークに本社を置き、世界 112 カ所の拠点で活動するパンドウイトは、品質と技術リーダーシップに関する確固とした評価を得ており、その強固なパートナーエコシステムと力を合わせながら、「つながる世界」におけるビジネスの成長をサポートし、維持し、強化する役割を果たし続けます。

詳しい情報は

www.panduit.co.jp にお問い合わせください。

カスタマーサービスのメールアドレス: jpn-toiawase@panduit.com

電話番号: 03-6863-6060

パンドウイト提供の下記文書を補足としてご覧ください。

『[Making Your Data Center More Efficient](#)』

『[Efficient Infrastructure Enables Virtualization Strategies](#)』

本稿は、技術的スキルを持つ作業者が自分の判断と責任においてガイドとして使用することを前提に作成されています。パンドウイトのいかなる製品についても、購入者には、使用前に当該製品が目的の用途に適合することを確認する責任があります。また購入者は、それに伴うあらゆるリスクおよび責任を負うものとします。パンドウイトは、この文書に記載された、または記載されていないいかなる情報から生じるいかなる責任も負いません。

パンドウイトのすべての製品には、当該時点で最新の限定製品保証の利用条件および制限事項が適用されます。詳しくは、www.panduit.com/warranty をご覧ください。

*本書に記載されたすべての商標、サービスマーク、商号、製品名、およびロゴの所有権は、それぞれの所有者に帰属します。

PANDUIT US/CANADA
電話: 800.777.3300

PANDUIT EUROPE LTD.
英国、ロンドン
cs-emea@panduit.com
電話: 44.20.8601.7200

PANDUIT SINGAPORE PTE. LTD.
シンガポール共和国
cs-ap@panduit.com
電話: 65.6305.7575

PANDUIT JAPAN
日本、東京
cs-japan@panduit.com
電話: 81.3.6863.6060

PANDUIT LATIN AMERICA
メキシコ、グアダラハラ
cs-la@panduit.com
電話: 52.33.3777.6000

PANDUIT AUSTRALIA PTY. LTD.
オーストラリア、ビクトリア
cs-aus@panduit.com
電話: 61.3.9794.9020