

法人ネットワークホワイトペーパーシリーズ

# 革新的なネットワーク構築： ビジネスシーンを変革するWi-Fi 7 (全5回)

第2回 Wi-Fi 6 vs Wi-Fi 7

# Wi-Fi 7

Wi-Fi  
6

Increased Speed  
and  
Capacity

Lower  
Latency

Improved  
Efficiency

## — 目 次 —

1) はじめに .....	02
2) 速度の理論値と実測値が一致しない理由 .....	02
3) Wi-Fi 6からWi-Fi 7への進化 .....	04
A) 速度の進化 .....	04
I. MLOと速度	
II. 直交変復調高度化からの寄与:1024QAM → 4096QAM	
III. 占有帯域幅増加からの寄与:160MHz→320MHz	
IV. アグリゲーション(512→1024)	
B) 通信の安定化(ジッタ、遅延の低減) .....	08
I. MLOによるダイバーシティ効果	
II. OFDMA(RU→MRU)	
III. Preamble Puncturing(オプションから必須機能へ)	
C) その他 .....	10
I. MLOと全二重通信	
II. MLOにおける子機の制約とその回避策	
4) まとめ .....	13

本文書は、エレコム株式会社が、特定の商品に関する機能・性能や技術についてより深く理解をしていただくため作成した技術解説参考資料となります。当該商品の利用という目的の範囲内で自由に使用、複製をしていただけますが、当社の事前の書面による承諾なしに、改変、掲示、転載等の行為は禁止します。また、あくまで参考資料であり、内容については一切保証を致しません。なお、当社サポートセンターでは内容に関するお問い合わせは承っておりません。以下の内容をご了承いただいた場合のみご利用ください。(1)当社は、本文書によりいかなる権利の移転もしくはライセンスの許諾、またはいかなる保証を与えるものではありません。(2)当社は、本文書について、有用性、正確性、特定目的への適合性等のいかなる保証をするものではありません。(3)当社は、本文書を利用したこと、または利用しなかったことにより生じるいかなる損害についても責任を負うものではありません。(4)当社は、本文書の内容を随時、断りなく更新、修正、変更、削除することがあります。最新の商品情報については、<https://www.elecom.co.jp/>をご覧ください。



## 1) はじめに

今回の第2回では、Wi-Fi 6と対比しながらWi-Fi 7の進化した機能を見ることにより、その特性を浮き彫りにします。

Wi-Fiは世代が変わる際に、市場の要望によりその進化する方向が異なります。Wi-Fi 5からWi-Fi 6に移行する際には、高速性(6.9Gbps→9.6Gbps)よりも多端末時の輻輳回避に注力が置かれました。Wi-Fi 7では、再び高速性の向上に注力が置かれています(9.6Gbps→46Gbps)。それと同時に、Wi-Fi通信で運ばれるコンテンツの質の維持にも配慮がなされ、ビデオ会議やXR(Extended Reality)やVR(Virtual Reality)などがストレスなく使えるように低ジッタ、低遅延を実現する技術が織り込まれています。

まずWi-Fi 7の技術を議論する前に、理論値速度、物理層速度、実効値速度などが何を意味しているのかについて整理します。次にWi-Fi 6との比較の中でWi-Fi 7の技術を説明し、Wi-Fi 7の世代での無線LANの進化点を述べます。その際、単に仕様が高度化したという説明だけではなく、その意味するところや使用上の注意についても触れますが、どのようなユースケースで効果的であるかについては、第3回以降で切り口を変えて議論していきます。

## 2) 速度の理論値と実測値が一致しない理由

速度は、無線LANの規格を比較する際に最もわかりやすい指標の1つです。しかし、一般には速度の定義があいまいに使用されていることが少なくありません。実測テストのレポート等を見ると、実測値が理論値を下回る理由として、実際は理想的な環境ではないので理論値より下回っている等の説明がつくことが少なからずあります。しかし両者はもともと異なった物理量であり、無線の場合は理想の状態でも実測値は理論値に達することはありません。現在市場で販売されている無線LANルーターなどのパッケージに理論値と称して掲載されている数字は、物理層速度(PHY Rate)を意味しています。一般には物理層速度という言葉になじみがないので理論値(速度)としていますが、逆にわかりづらくなってしまっているのが実情です。物理層速度とは、簡単に言えばデータが送信されている瞬間の最大速度を意味します。一方、実測値は上記理論値に対し無線LANのオーバーヘッドが加わった値となります。この為、理想条件で測定しても、無線LANのプロトコルに従っている限り、理論値(物理層速度)にはなりません。



図2-1を用いて、物理層速度と実測値の関係を説明します。無線LANでは、データをパケット化して無線空間に送り出します。実際受信側がそれを受け取った際にACK(Acknowledgement)パケットを送り返し、送信側にデータが届いたことを知らせます。これが単純化した無線LAN通信の基本単位となります。

パケットは、プリアンブルとペイロードに分けられます。プリアンブルにはそのパケットを受信側で復号できるようにするための情報が含まれており、ペイロードには受信側が受け取るデータが含まれています。OFDMで変調をしている場合は、パケットは複数のOFDMシンボルで構成されています。通信速度の理論値といった場合、ペイロードを構成しているOFDMシンボルに搭載されている情報量をOFDMシンボルの時間間隔で割った値となり、これを物理層速度(PHY rate)と呼んでいます。いわば瞬間最大速度であり、無線LAN市場で一般的に理論値と呼ばれているものです。図を見てわかるようにプリアンブル部分や、ACK、無音区間は実際のデータを運んでいないため、通信速度を議論する際にはオーバーヘッド部分となります。そのため、いかに測定を理想的に行っても(無線LANのプロトコルに準拠している限り)、このオーバーヘッドの存在により実測値は理論値にはなりません。

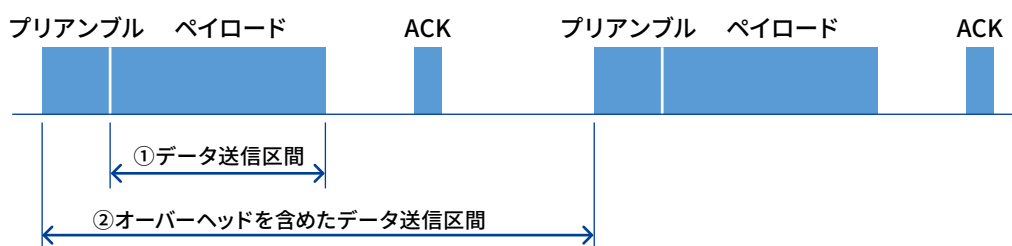


図2-1 無線LANプロトコルのオーバーヘッド

※図2-1は理解のために簡略化していますが、実際は、①のデータ送信区間に、相手先のアドレス情報等も含まれます。

### 3) Wi-Fi 6からWi-Fi 7への進化

表2-1に、主要なWi-Fi 6からWi-Fi 7への進化した項目をまとめました。

空間多重度(MIMOのストリーム数)については、当初Wi-Fi 6の8から16へ増加することが検討されましたが、WFAがWi-Fi 7の認証プログラムを作成する段階では、最大8となっています。Wi-Fi 7の仕様として、ストリーム数を最大16と紹介している記事もまだ散見されるため、表には確認のために空間多重度の項目も入れています。

表2-1 主要なWi-Fi 6からWi-Fi 7への進化

機能	Wi-Fi 6	Wi-Fi 7	効果
MLO	無	有	高速化 <sup>1)</sup> 、安定化
最大占有帯域幅	160MHz	320MHz	速度2倍
QAM変調多値度	1024QAM	4096QAM	速度1.2倍
Aggregation	256(512) <sup>2)</sup>	512(1024)	MAC効率向上
空間多重度	8	8	変更無し
OFDMA	RU	MRU	周波数利用効率向上(干渉低減)
Preamble Puncturing	オプション	必須	周波数利用効率向上(干渉低減)

注;

- 1) MLOで束ねるリンクがサポートしている最大占有帯域幅によって値が変わる。詳しくは本文3-A)を参照の事。
- 2) Aggregationに関しては、WFAの数値と同時にカッコ内にIEEE802.11beの値を示した。原則WFAはIEEEの規格値をそのまま踏襲して相互接続性の認証プログラムを作成しているが、必須機能の値をどこまでにするかについてはマーケットの要求などを反映させ、変えることがある。

#### A) 速度の進化

##### I. MLOと速度

各世代のWi-Fiの比較において、速度は最重要な指標の1つです。Wi-Fi 7より実装されたMLOについては複数の有用性がありますが、ここでは速度向上の観点からMLOについて述べます。現行の親機でもDBDC(Dual Band Dual Concurrent)等、複数のバンドを同時動作させる製品があります。そこで、MLOの同時動作との違いを明確にするため、双方の動作の違いについて図2-2にまとめました。

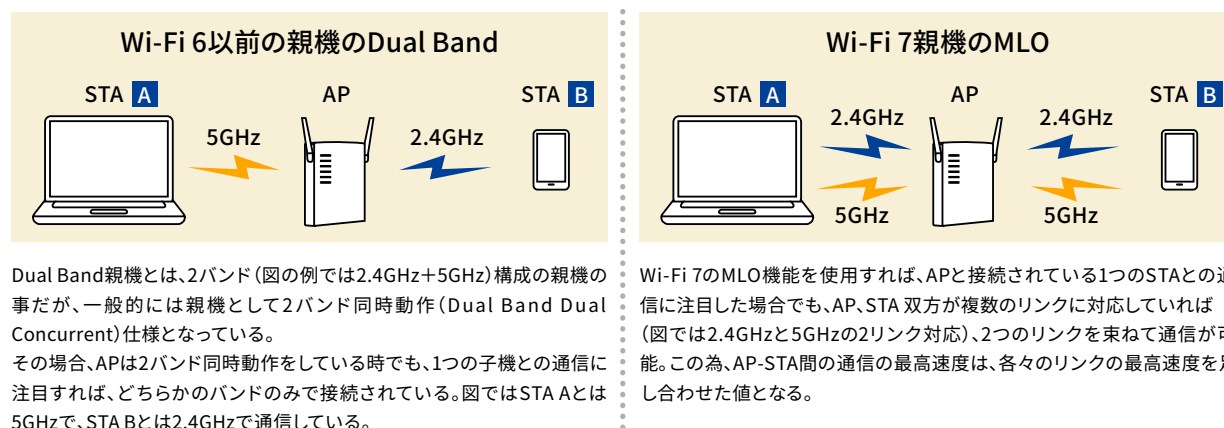


図2-2 Wi-Fi 7のMLOと現行機種種のDBDC等との違い



図では2.4GHzと5GHzの2バンド(デュアルバンド)で説明をしていますが、6GHzが入った3バンド(トライバンド)もしくは違う2バンドの組み合わせでも原理は同じです。日本の電波法では、1つの製品に原則無線種別ごとに1つの無線機しか搭載できません(5GHz帯は例外として、W52/W53(5G(L))とW56(5G(H))の2つが混在可能)。従って原理的に日本では、最大の構成として2.4GHz+5GHz(L)+5GHz(H)+6GHzの4リンクのMLO製品を販売することが可能です。ただし、MLOで速度が増大した場合に、単純に速度はリンクの数倍になりました等と言い切ることは困難です。MLOでリンク数が増えた場合に、速度は増えますが、必ずしもリンク数に比例した形で増えるわけではないからです。それはリンク(バンド)によって最大占有帯域幅が異なるからです。この為、よく雑誌で無線LANの世代比較の表が掲載されていますが、Wi-Fi 7の速度については構成条件の違いにより、46 Gbps、37.4Gbps、23Gbps等とばらつきがみられます。

表2-2 MLOのリンクの属性と最大速度の関係

周波数帯域	帯域幅 20MHz	サブキャリア 当たりの 情報量(bit)	ストリーム数 (空間多重度)	最大速度 (Gbps)	Wi-Fi 6 からの 速度向上比
(1) ストリーム数(Nss)の最大が16の時のWi-Fi 7の最高速度(現在は最大Nssは8)					
6GHz	16(320M)	12	16	46	4.8
(2) Wi-Fi 7の1リンクの最高速度					
6GHz	16(320M)	12	8	23	2.4
5GHz	8(160M)			11.5	1.2
2.4GHz(40)	2(40M)			2.9	
2.4GHz(20)	1(20M)			1.45	
(3) MLOを用いたWi-Fi 7の速度(3リンク使用)					
6G+5G+2.4G(20)	25(16+8+1)	12	8	36	3.75
6G+5G+2.4G(40)	26(16+8+2)			37.4	3.9
6G+5G+5G	32(16+8+8)			46	4.8
(4) Wi-Fi 6の最高速度(160MHz、10bit、8ストリーム)					
5GHz or 6GHz	8(160M)	10	8	9.6	—

表2-2に、MLOの典型的な条件の時の最大速度についてまとめました。

一番左の列は、周波数帯域(バンド)を示します。2.4GHzバンドについては、(20)/(40)を付記し、2.4GHzバンド使用時最大占有帯域幅を40MHzとした場合と、20MHzとした場合の違いが分かるようにしました。2番目の列が占有帯域幅です。占有帯域幅は、原則20MHzを単位として連結してチャンネルを構成しているので、20MHzで除した値を示しています。次の列がサブキャリア当たりの情報量で、これはWi-Fi 7では4096QAMの情報を載せているので12bitとなります。Wi-Fi 6は1024QAMなので10bitとなります。その次の列が空間多重度であり、MIMOのストリーム数です。多くの場合は、ストリーム数は搭載するアンテナの本数と一致します。その次の列が、各設定の時の物理速度となります。最後に、その値がWi-Fi 6の最大速度からどの位向上したかを示すために(4)で示したWi-Fi 6の値で除した速度向上率を示しました。



表2-2の列は、4つにカテゴリ分けされています。(1)は上記したように16ストリームのMLOを用いていない時の最大速度を示しています。これは上述の通り、現在は規格に含まれていない組み合わせですが、参考のために掲載しました。(2)はWi-Fi 7で、MLOを用いない時の各バンドを用いた最大速度を示しました。ただし、2.4GHz帯については実設定では最大40MHzが設定できますが、WFAが20MHzを推奨しているため、2パターン表示しています。(3)はWi-Fi 7のMLOで典型的なマルチリンクの仕様について表記しました。(4)は参考の為にWi-Fi 6の最高速度について示しています。なお、日本の電波法下で可能な最大構成は2.4GHz+5GHz(L)+5GHz(H)+6GHzの4リンクですが、これは少し特殊な構成である為、表には記載していません。ちなみにこの4リンクで、最大物理層速度を計算すると48.9Gbps(2.4GHzで40MHzを用いた場合)となります。

以下典型的なものについて見ていきます。

(1) 320MHz、4096QAM、16ストリーム時で速度は46Gbps

Wi-Fi 6に比べて、4.8倍の値となり、当初これをもってWi-Fi 7の最高速度という説明をしているものもありましたが、今は空間多重度が最大8となったので、このカテゴリは(2)の1行目に集約されることとなります。

(2)の1行目：320MHz、4096QAM、8ストリームで速度は23Gbps

MLOを使用しないシングルリンクの最大速度であり、この値をもってWi-Fi 7の速度と紹介している記事も多くあります。MLOを除くと、Wi-Fi 6からのWi-Fi 7の速度向上は2.4倍(9.6Gbps→23Gbps)となります。

(2)の2行目以下：1行目と同様に、各バンドの最高速度を表示しています。

(3)は各バンドMLOで3リンクを実装した際のそれぞれの最高速度

1-2行目は6GHz-5GHz-2.4GHzの組み合わせですが、2.4GHzに関して、20MHzを使用した時と40MHzを使用した時で分けて表示しています。WFAは典型的な3バンドのWi-Fi 7の速度として、36Gbpsを(3)の1行目のMLOを適用した際の3バンドの合計速度として紹介しています。また、3行目の6GHz-5GHz-5GHzのトライバンドMLOにすると、当初議論された(1)の16ストリームと同じ46Gbpsの速度を出すことが可能となります。

## II. 直交変復調高度化からの寄与:1024QAM → 4096QAM

OFDMでは、OFDMシンボルを構成しているサブキャリアに位相と振幅で変調をかけて情報を載せています。Wi-Fi 6の時はサブキャリア当たり10bitでしたが、Wi-Fi 7では12bitになりました。これにより情報量は1.2倍となりましたが、ノイズ耐性が下がる（電波法により出力の上限が決まっている中でサブキャリアの振幅、位相の変化の自由度を増やす為、ノイズの影響を受けやすくなる）ので、4096QAMを用いるMCS (Modulation & Coding Scheme) 12,13は、近距離通信でのネットワーク速度向上に寄与するといえます。

## III. 占有帯域幅増加からの寄与:160MHz→320MHz

11aで初めて無線LANにOFDMが採用された時のチャンネルの占有帯域幅は、20MHzでした。そして11n (Wi-Fi 4)の世代で、20MHzを単位としたチャンネルを束ねて通信するというチャンネルボンディングの概念が導入されました。その後、世代が変わるごとにボンディングできる数が増え、Wi-Fi 6 (11ax)では160MHzだったものが、Wi-Fi 7 (11be)では320MHzまで拡張されました。

この方式で速度を向上させるメリットは、速度を占有帯域幅に比例して増やせることです。今回も速度を倍にすることができました。一方注意点としては、320MHzのチャンネルは6GHzでしか実現できません。

もう1つの注意点は、到達距離の減少です。日本の電波法では周波数利用の公平性から、無線LANの無線機から放出してよい電力の上限が決まっています。出力上限を200mWとした場合、20MHzのモードで通信をした際の最大電力密度は10mW/MHzであるのに対して、160MHzのモードではその1/8の1.25mW/MHz、320MHzだと0.625mW/MHzとなってしまいます（実際は各バンドによってアンテナ端出力、許容されるアンテナ利得などが異なった値が決められていますが、占有帯域幅の増加と到達距離の減衰の本質には影響しません）。自由空間での減衰を考えると、距離の2乗に反比例して到達電力は下がっていくので、電力が半分になるという事は到達距離が $1/\sqrt{2}$ になります。即ち3割減という事になります（実際には自由空間は存在せず、障害物による散乱などで到達距離は変わるので目安として考えてください）。

図2-3に、占有帯域幅と電力密度の関係をまとめました。縦軸は占有帯域幅ですが、記述の様に帯域幅と速度は比例するので、速度と読み替えていただいてもかまいません。横軸は各々の電力密度です。自由空間では2乗で減衰するので、10mW/MHzの点で規格化し、距離に換算した値も横軸下に付記しました。異なる帯域幅のモードは、縦横アスペクト比の違った四角で表されますが、どれも面積は同じ（帯域×電力密度＝電力：200mW）です。

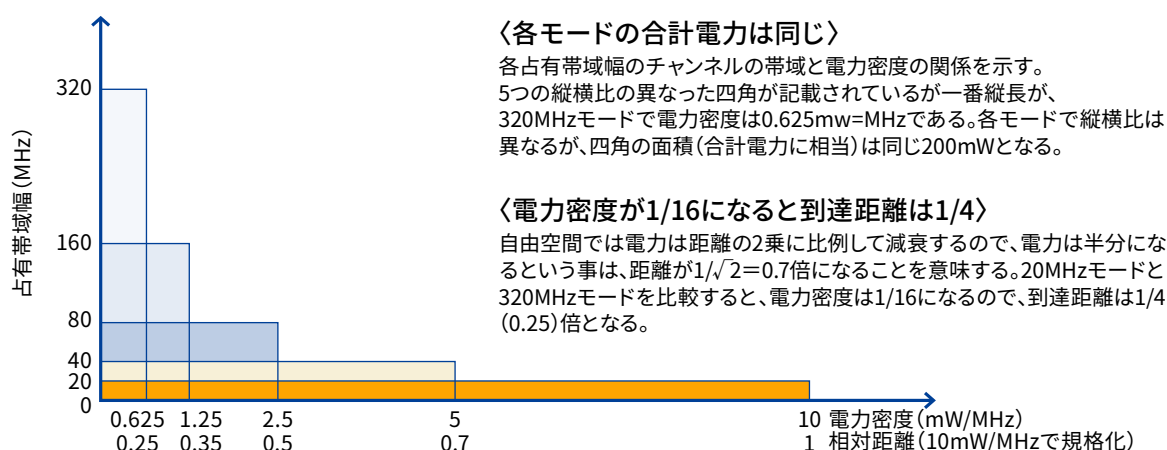


図2-3 各占有帯域幅と許容電力密度の関係





最後の注意点は、帯域が増える分だけ他との干渉確率が増えることです。干渉源は、例えば近接したBSS(Basic Service Set)からの干渉(OBSS: Overlapped BSS)、5GHzであれば各種レーダー、2.4GHzであれば電子レンジやISMバンドを使用している機器などがあげられます。ただ、この回避策としてWi-Fi 7では、Preamble Puncturingという技術を必須機能として採用しています。これについては、次章の通信の安定化のところで説明します。

#### IV. アグリゲーション(512→1024)

アグリゲーション(Aggregation)とは、集合とか集約の意味の英語ですが、無線LANではパケットを束ねる技術を指します。これは図2-1で見たような、パケット1つごとにPreambleやACK、それに付随する無音区間が付加されるという、オーバーヘッドの影響を低減する技術です。具体的には、複数のパケットを1つのパケットに束ねてしまい、ACKも1つのACKでまとめて返してしまう技術です。これまでの高速化の技術が物理層の技術であるのに対して、これは物理層速度より上の層の効率の問題なので、パッケージに記載された理論値を向上させることはできませんが、実効速度を向上させることができます。

ただし、CPUパワーが足りないと、送信側で束ねたり受信側でほどいたりするのに時間がかかってしまいます。また、伝送路がきれいでない場合は再送による効率劣化も発生する場合があります。アグリゲーションの数はIEEE802.11WGでは1024まで規定していますが、WFAでは512を推奨値としています。

#### B)通信の安定化(ジッタ、遅延の低減)

##### I. MLOによるダイバーシティ効果

MLOはWi-Fi 6にはなく、Wi-Fi 7で初めて導入された技術です。高速化以外にも、通信の安定性を高める機能も有しています。その1つが、周波数ダイバーシティです。異なった周波数帯の複数のリンク(バンド)で接続されているため、干渉が発生しても全てのリンクにまたがった広帯域の干渉は確率的に小さいため、安定性が大きく増大します。

例えば、考えられる干渉源として2.4GHz帯では電子レンジ、Bluetooth、その他ISM帯を使用している機器があります。また、5GHz帯では各種レーダーがあります。MLOを使えば、電子レンジで2.4GHz帯のリンクが切断されても、5GHz帯までは影響を及ぼさないので継続して通信ができます。また5GHz帯でレーダーを検知した場合でも、並列に6GHz帯でリンクを張っていれば、特別なDFS対策をしていなくても途切れることなく6GHzのリンクを使って通信が継続できます。図2-4にMLO通信をしている際に、電子レンジによる干渉が発生した例を示しています。電子レンジによる干渉波で2.4GHzの通信路が非常に劣化した場合でも、並列に接続された5GHzのリンクを用い、継続して安定した通信が可能となります。

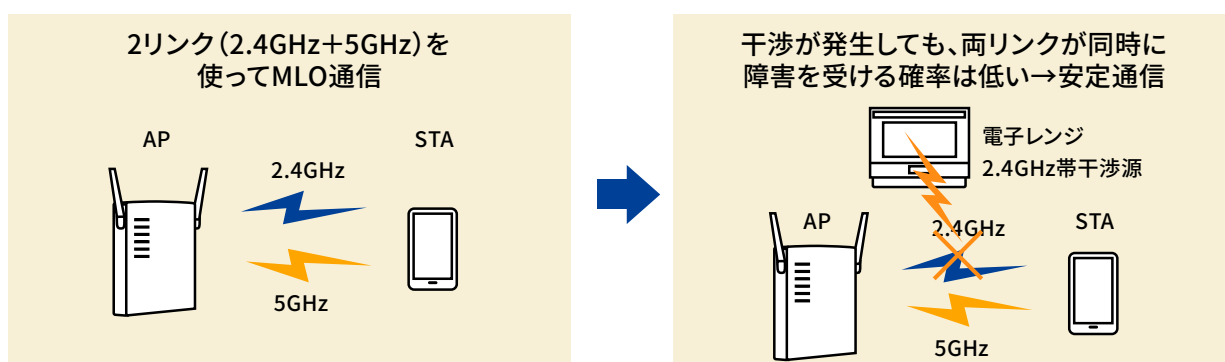


図2-4 MLOで通信中に電子レンジによる干渉が発生した例

## II. OFDMA(RU→MRU)

ひとつの通信路を複数で共有する方式(MA:マルチプルアクセス)は、いくつかは大別されます。TDMA(時間)、FDMA(周波数)、CDMA(符号空間)、SDMA(空間)などです。もともとの無線LANは、CSMA/CAです。11nでMIMO OFDMを採用していましたが、11axでOFDMAを採用し、マルチプルアクセス方式が進化してきました。11nのOFDMと11axのOFDMAは、文字としては1字加わった違いだけですが、意味するところは大きく異なります。OFDMは、1対1通信の効率を上げるために周波数をサブキャリアに分割して多重化(Multiplexing)したもので、あくまで1対1通信の技術です。一方OFDMAは、複数の端末が同時にチャンネルにアクセスできるように端末ごとに異なった周波数リソースを割り当て、同時にアクセス可能にしたものです。Wi-Fi 6で採用したOFDMAでは、周波数を分割する単位をRU(Resource Unit)といいます。例えば20MHzのチャンネルを26サブキャリア単位で分割すると、9台が同時アクセス可能となります。その際のサブキャリアを束ねた単位を26-tone RUと呼びます。Resource Unitのサブキャリア数は、26以外に52, 106, 242, 484, 996などがあります。Wi-Fi 6(11ax)で導入されたときには、RUは各端末で同時に1つしか使用することができませんでした。Wi-Fi 7(11be)では、複数のRUを同時に使用することができ、よりきめ細やかな周波数配分を行うことができるようになりました。BSS内に多くの端末が接続されている場合、信号の衝突が頻繁に起き、その結果ジッタや遅延が発生していましたが、Wi-Fi 6からのOFDMAの採用により、端末数が多い場合でも平行して複数の端末が通信可能となったので、ジッタ、遅延を小さくすることができます。

## III. Preamble Puncturing(オプションから必須機能へ)

Preamble Puncturingは、Wi-Fi 6でオプションとして定義されていましたが、Wi-Fi 7で必須機能となりました。これはボンディングの規模が大きい場合に、より効果を発揮する技術です。具体的には、20MHz単位でボンディングされているチャンネルにおいて、ある帯域に干渉波が発生した際に、そこと重なる20MHz単位の部分のみ使用をやめて通信を継続することが可能になりました。

以下、160MHzモードを用いて干渉波が到来したときのPreamble Puncturing実装前後での挙動の違いを説明します。Preamble Puncturing技術が導入される前は、干渉波が到来して一部の帯域を使用禁止にする場合、干渉波の到来した周波数帯域を除いた新しい通信帯域は周波数的に連続したものでなければなりません。また、ボンディングチャンネルには、内部の帯域は各サイズのサブチャンネルでPrimaryとSecondaryの2種類に分けられていますが、Secondaryのチャンネルが使用できるためにはPrimaryに干渉波があってははいけません。図2-5に160MHzの左から3番目の20MHzのサブチャンネルに干渉波が到来した時の、Preamble Puncturing導入前後の挙動を示します。図中でPと記載のあるのはPrimary、Sと記載があるのがSecondaryであり、図の例ではPrimary 20MHzのチャンネルを左から4番目のサブチャンネルとし、橙色で表記しています。図でわかるように、PrimaryとSecondaryはボンディングの種類ごとに定義されています(20、40、80のボンディングごとにPとSがある)。



前述したルールを、図2-5上段の図に当てはめてみます。まず、80MHzのチャンネルにブロックに注目すると、P80内に干渉波があるので、S80は送信停止となります。次に40MHzのチャンネルブロックに注目すると、P40内に干渉波があるのでS40は送信停止となります。20MHzのチャンネルでは、S20は干渉波が来ているので送信停止となります。最終的に、P20しか残りません。この例では、160MHzの帯域の通信に対して高々20MHzの干渉があった場合でも、140MHzの帯域が使用不可となってしまいます。一方、Preamble Puncturing導入後では、干渉波が到来した部分のみ送信停止ができるようになったので、160MHz中、140MHzの帯域が継続使用可能となります。この例でいえば、周波数利用効率は実に7倍となります。これは少し極端な例ではありますが、無線LANのサービスエリア (BSS: Basic Service Set) が重なり合う状況 (OBSS: Overlapped BSS) などでは、このPreamble Puncturingは干渉回避の施策として有用であると期待されています。また、まだ法整備ができていませんが、将来的にはDFS帯でレーダーの到来を検知した際にもPreamble Puncturingが適用できれば通信を継続できるため、期待されています。

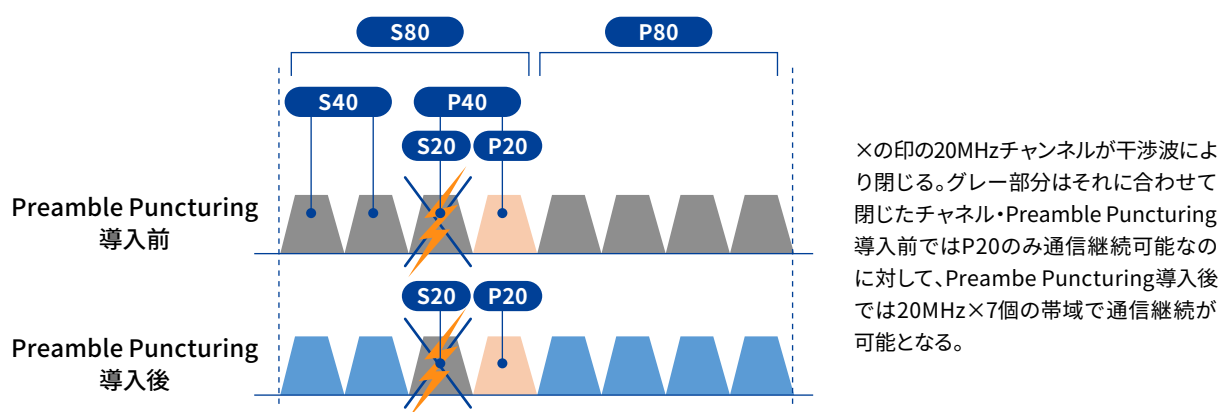


図2-5 干渉波によるチャンネル割当変化のPreamble Puncturing導入前後での違い

### C) その他

#### I. MLOと全二重通信

無線LANの入門書を見ると、アクセス方式がCSMA/CAであるという事と同時に、半二重方式であるという事が説明されています。これは上りと下りの通信が両方できますが、同時にはできないという意味です。列車で例えると、単線で上り線と下り線を切り替えて使用しているようなものです。Wi-Fi 7からは、MLOを使う事で全二重に対応することが可能になりました。例えば、2.4GHzのリンクを上りに、5GHzのリンクを下りに使う事により、上り下りを同時に行うことができます。ユーザーから見て何のメリットがあるかという点、上りまたは下りとも相手側からの送信信号の有無にかかわらず好きな時に行えるので、遅延、ジッタを抑えることができます。ただし、このモードはハードウェアの構成によって制約を受ける場合があるので、次節で説明をします。

## II.MLOにおける子機の制約とその回避策

これまで述べてきたように、MLOは複数のリンクを束ねて送りますが、通信の流れで見ると2通りあります。すなわち複数のリンクで同じ方向に信号を伝送している場合と、逆方向(片方が上り、片方が下り)の場合です。後者の場合は、ハードウェアによって制約が生じてきます。例えばスマホなど小型端末の場合、複数のリンクの物理的距離が近いので、信号が干渉し合います。また、例えば一方のリンクで送信を行い、もう一方のリンクで受信をしている場合、送信側から受信側に信号が漏れる量が多くなると、受信ができなくなります。2つのリンクで使用している周波数が異なるので、理想的なフィルター等を用いれば干渉は抑制できますが、現実的には隣接チャンネルに信号が漏れ出すので、特に2つのリンクの周波数が近い場合は干渉量が大きくなります。図2-6に、MLOのSTR(Simultaneous Transmit & Receive)通信時のハードウェアによる制約を説明した模式図を示します。

5GHzと6GHzを用いた2リンクのMLOの通信で、6GHzで下り通信、5GHzで上り通信をしているとします。この場合、子機(スマホ)側では筐体が小さいなどの問題により2つのリンクのアイソレーションが十分確保できず、漏れ信号が別のリンクに届いてしまいます。図では、スマホの5GHzの信号が、同じスマホの6GHzの受信部に漏れていってしまっています。スマホはAPからの6GHzの下り信号を受信しようとしています。AP-STA間の距離がある値以上離れると、5GHzの信号の漏れにより6GHzを正しく受信できなくなります(APとSTAの距離が開けば開くほど6GHzの受信信号の強度は小さくなりますが、5GHzからの漏れ信号は、AP-STAの距離によらず一定です)。

- 赤いアンテナの受信信号に注目する
- \*6GHzのAPからの信号受信(右図の赤色の波形)
  - \*5GHzの自分自身からの漏れ受信(右図の緑色の波形)

AP-STA間の距離が離れると赤色の信号は弱くなる。一方、漏れ信号の電力は自分自身からの漏れ信号なので距離によらず一定

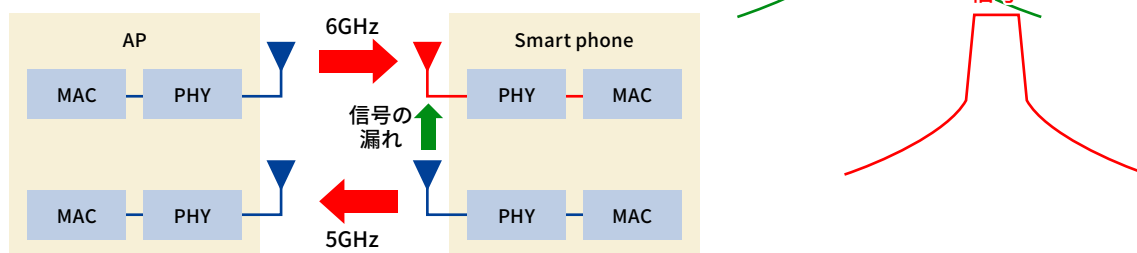


図2-6 2リンク構成のMLO無線機のハードウェアの制約による課題

この為、MLO自体はWi-Fi 7では親機、子機とも必須機能となっていますが、同時送受信機能STR (Simultaneous Transmit & Receive) は子機では必須機能ではありません。STRは複数のリンクを同時動作させるのに、複数の無線の組を動作させなければなりません。これをMLMR(Multi Link Multi Radio)と呼んでいます。スマホなど筐体のサイズが小さい機器では、しばしば複数の無線部の信号の漏れを小さくすることは困難です。そこで、子機側のハードウェアの負荷を減らすモードとしてMLSR(Multi Link Single Radio)があります。これは文字通り、マルチリンクをシングルラジオで実現するモードです。通常は1つのラジオでマルチリンクを実現するには、ラジオを時分割で使用せざるを得ません。一見従来の無線LANと何ら変わらない様に見えますが、各リンクともAuthenticationは済んでいるので、複数のリンク間を外界の状況(干渉や通信不可の状況)により、高速にリンク間を切り替えることが可能となります。MLSRを進化させたものに、EMLSR(Enhanced MLSR)があります。これは基本的に通信ではシングルラジオですが、通信プロセスの一部にマルチラジオを用いることにより、MLSRより大容量の通信を実現しています。

EMLSRの概念図を図2-7に示します。わかりやすくする為、以下では2ストリーム、2.4GHz、5GHz対応、RFはチューナブル(2.4GHz、5GHz無線機に切り替え可能)であるとします。

まず待ち受けの時は、1ストリームずつで2.4GHzと5GHzで信号を受けられるようにしておきます。次に、親機・子機間でどちらのリンクを使うか決めます(混雑具合や干渉量などが指標となる)。決まった後、子機側で決まったリンクの方を2ストリームにし、受信は2ストリームを使った速度で受信を行います。実際に信号を受ける時は2ストリームの1リンクで行うのでSingle Radioですが、待ち受けの時は両方のリンクで行っているためEnhanceしたMLSRとなっています。

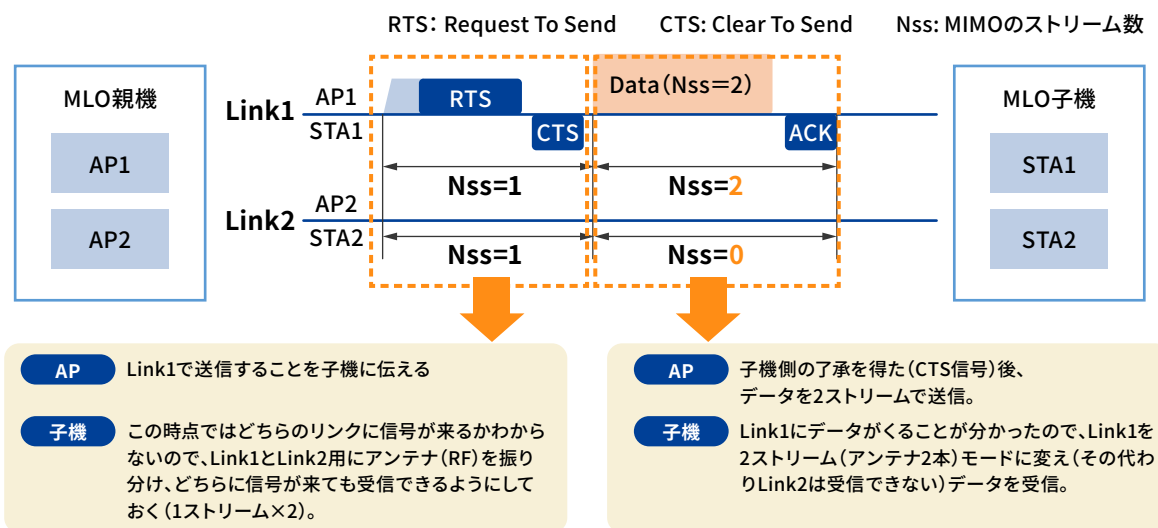


図2-7 EMLSRの概念図

#### 4) まとめ

Wi-Fi 6と対比を行いながら、Wi-Fi 7の特徴を整理しました。Wi-Fi 7は約4.8倍の高速化と同時にジッタ、遅延を抑える施策が盛り込まれています。高速性は、占有帯域幅の320MHzへ拡大、変調方式の高度化（1024QAMから4096QAMへ）、MLOによって複数のバンドを束ねる事などにより実現しています。また、ジッタ、遅延に関してはWi-Fi 5/6で導入されたMU MIMOに加えて、Wi-Fi 6より導入されたOFDMAの高度化（MRUの導入）により、並列アクセスの効率が高まり、輻輳の低減により実現。このことは、実質的な速度の向上にも貢献しています。また、チャンネルの占有帯域幅は高速化に大きく貢献しますが、干渉確率の増大にもつながります。Wi-Fi 7から必須機能となったPreamble Puncturingは、占有帯域幅が大きい通信時に干渉波が到来しても、干渉波が到来したサブブロック以外の周波数帯域は継続通信を可能にすることにより、広帯域モードの通信が安定しました（頻繁に狭占有帯域モードにフォールバックすることを防ぐことができる）。次回第3回では、Wi-Fi 7を導入することで大きな効果が期待できるユースケースとして、Zoom、Teamsに代表されるWeb会議等リアルタイムアプリケーションへの導入例について紹介します。

マネージ Wi-Fi 7 18700Mbps  
スタンダードモデル  
無線アクセスポイント

**WAB-BE187-M**



エレコムWi-Fi 7対応法人向け無線アクセスポイント。トライバンド対応により2.4GHz、5GHz、6GHzの周波数帯の同時通信を実現。これにより高速、低遅延の通信を実現するだけでなく、最大768台（各帯域256台）のデバイスをスムーズに接続可能。

<https://www.elecom.co.jp/products/WAB-BE187-M.html>

