

IEEE802.11acの動向（標準化の動向）

2012年5月31日
MMAC802.11WG
浅井 裕介（NTT）

1. IEEE802.11 TGacにおける標準化動向

- a. IEEE802.11 TGacのscope
- b. TGacのこれまでの作業進捗状況・今後の予定
- c. TGac Draft D2.0の電子投票・コメント解決の状況

2. TGac Draft D3.0の規定

- a. 高速化技術
- b. システムスループット向上技術
- c. 既存規格(11a/n)との共存規定

1-a: IEEE802.11 TGacのscope

- **11nの次期高速化規格**を検討するTGac (Task Group ac) の設立にあたり、要求条件をPAR (Project Authorization Request)文書*にまとめ、IEEE Standard Associationの承認を得た(2008年9月26日)。要求条件の概要は以下の通り。

	規定*	内容
1	A maximum multi-station (STA) throughput (measured at the MAC data service access point), of at least 1 Gbps and a maximum single link throughput (measured at the MAC data service access point), of at least 500 Mbps.	最大スループットの目標値: ① 複数端末(STA)合計 の最大実効スループット: 1Gbps以上 ② 単一リンク あたりの最大実効スループット: 500 Mbit/s以上 ※単一リンクと複数端末合計の間で異なる目標値が設定されているのは、MU-MIMO伝送の適用を前提としていたため。
2	Below 6 GHz carrier frequency operation excluding 2.4 GHz operation and ensuring backward compatibility and coexistence with legacy IEEE802.11a/n devices in the 5 GHz unlicensed band.	運用に係る要求条件 ③ 6GHz以下の周波数 を用いること。ただし、 2.4GHzにおける運用は除外 する。 ④既存の5GHz帯を用いる 11a/n STAとのバックワードコンパチビリティ (後方互換性)が必須。

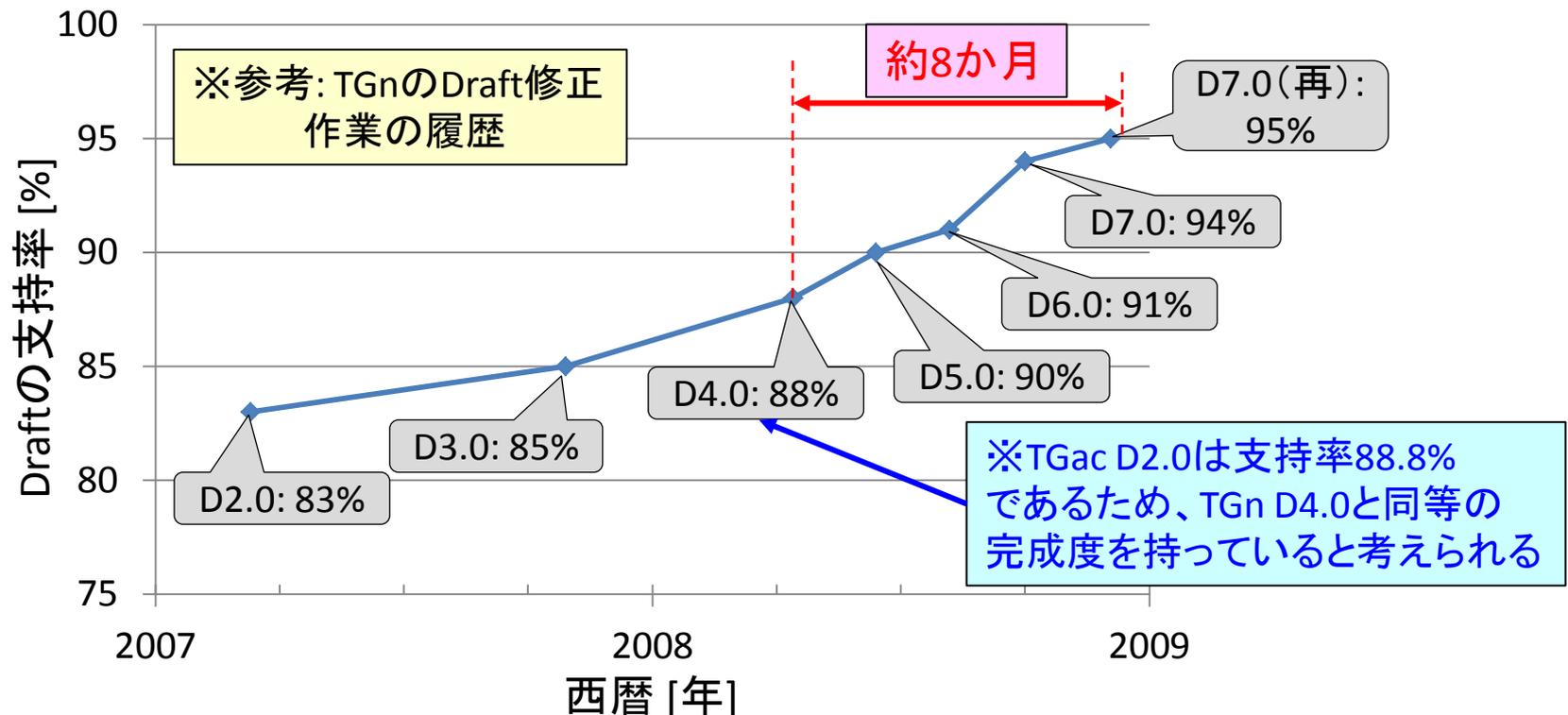
* <https://development.standards.ieee.org/pub/active-pars?s=802.11ac> (※IEEE会員のみ閲覧可能)

1-c: TGac Draft D2.0の電子投票・コメント解決の状況 (1/2)

● Draft D2.0の支持率: 88.8% (2012年2月に実施されたLetter Ballotの結果)

- Sponsor Ballotに移行するためには、802.11WG内部で95%程度の支持率が必要
- TGnでは、Draftの支持率を88%から95%に向上させるために8か月を要した (2008年4月～12月。下図参照)
- 仮にTGacの作業に同様の期間を見積ると、TGac DraftがSponsor Ballotに移行する時期は**2012年11月頃**になる見通し。

→**現行の想定スケジュール(2013年1月。前頁参照)よりも早期の進捗**



1-c: TGac Draft D2.0の電子投票・コメント解決の状況 (2/2)

- 提出されたコメントの総数: 1,497件 (内訳: technical: 837件、editorial: 655件)
 - ★コメント解決を通じてハードウェア設計の変更を要する修正は行われていない(下記参照)
- 電波法関連規則に係る項目の修正状況(※CID: [1]に記載のコメント番号):
 - 伝送帯域幅の定義 (Clause 22, Annex E):
 - (CID: 4681, 4986) D2.0に規定されている帯域幅(20/40/80/160/80+80 MHz)に加えて、40+40MHz等の不連続スペクトルのモードを新規に追加するコメント→**否決**[2]
 - (CID: 4146) 80/160/80+80 MHz伝送が可能となる周波数一覧となるID (Operating Class)を通知する情報要素 (Information Element)のフォーマットの改善提案→**反映**[3](ただし、**帯域幅規定は変更なし**)
 - 送信スペクトルマスクの定義 (Section 22.3.18):
 - (CID: 4263, 5388, 5325-5328, 5449) スペクトルマスクの定義(文章、図面)が不明確な部分を修正する提案→**反映**[4](ただし、**スペクトルマスクの形状は変更なし**)
- 今後仕様変更を行うためには投票権を持つ参加者の75%以上の賛同が必要であるが、D2.0の支持率が88%であることを考慮すると、発生しない見通し。
→D3.0を11ac標準と同等とみなして規則改正議論を行うことが適切であると考えられる

[1] doc.: IEEE802.11-12/0223r22: R. Stacey, "TGac D2.0 comments"

[2] doc.: IEEE802.11-12/0664r0: B. Hart, "D2 Comment Resolution, brianh, part 6"

[3] doc.: IEEE802.11-12/0529r1: Y. Asai, "Proposed resolutions to comments on country elements and operating classes"

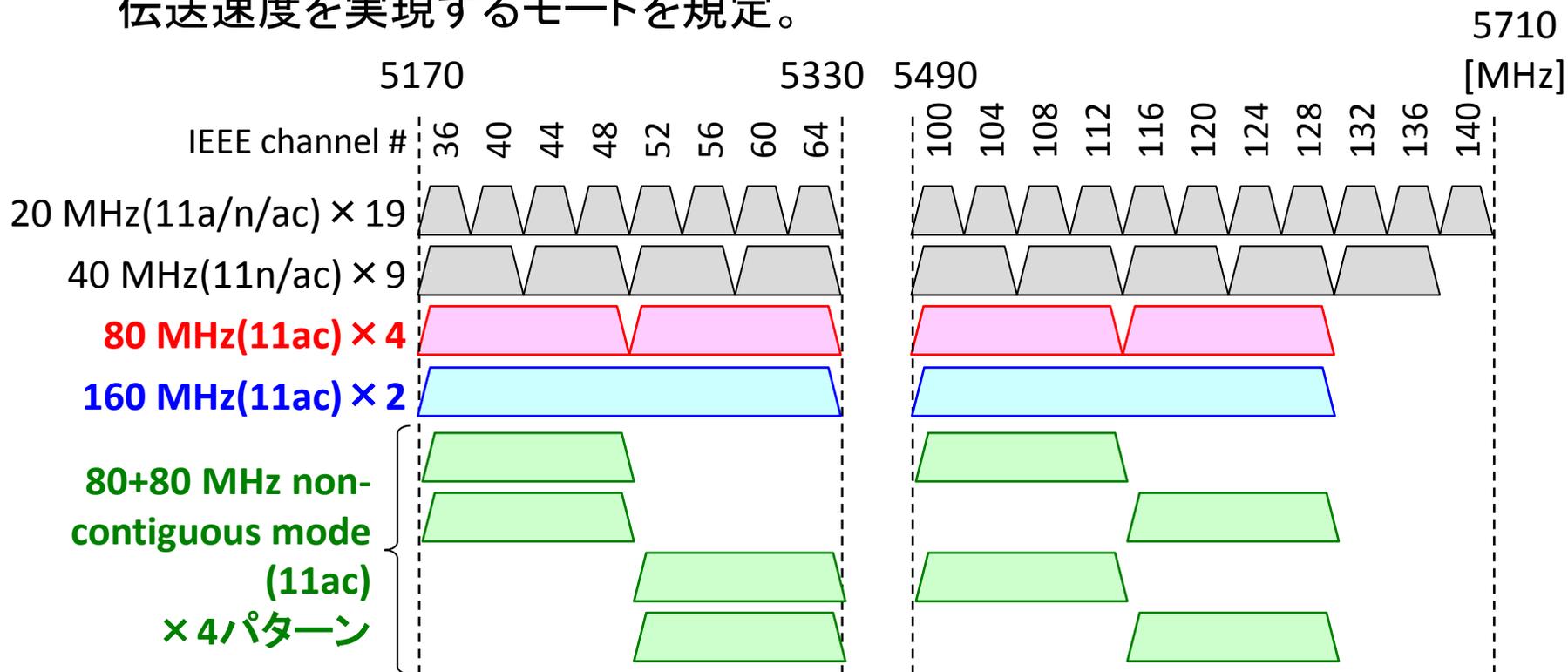
[4] doc.: IEEE802.11-12/0544r5: Y. Asai, "Proposed resolutions to comments on PMD transmit specification"

(上記寄書は <https://mentor.ieee.org/802.11/documents> よりダウンロード可能)

3-a: TGac D3.0の伝送速度高速化技術 (1/4)

1: 伝送帯域幅拡大

- **80MHz伝送は必須機能**、**160MHz伝送はオプション**。
- 160MHz伝送において不連続な二つの80MHzスペクトルを用いた並列伝送を定義 (**80+80 MHz non-contiguous mode**)。連続した160MHz帯が確保できない場合においても160MHz伝送と同等の伝送速度を実現するモードを規定。



3-a: TGac D3.0の伝送速度高速化技術 (2/4)

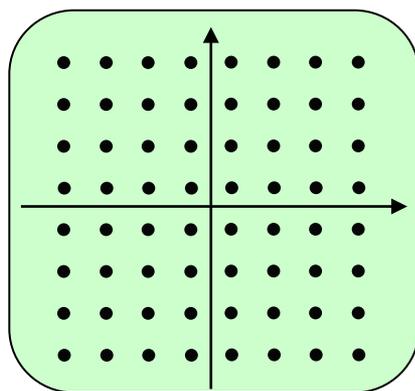
2. 空間多重数増大

- 送受信機に複数のアンテナを備え、空間多重による並列伝送を実現
⇒送信アンテナ数に比例して伝送速度が増加
- 11nでは最大4空間多重
→★TGac D3.0では8空間多重まで拡張

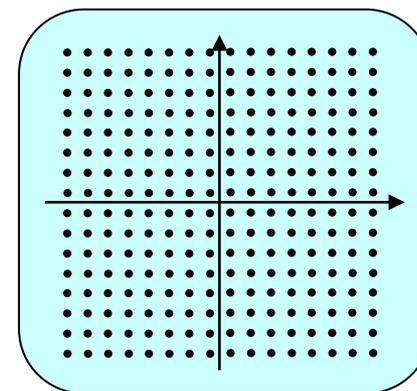


3. 変調多値数増加

- BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAMに加えて**256QAM**を定義 (オプション)



伝送速度:
8/6倍



64QAMの信号点配置 (6bit/サブキャリア)

256QAMの信号点配置 (8bit/サブキャリア)

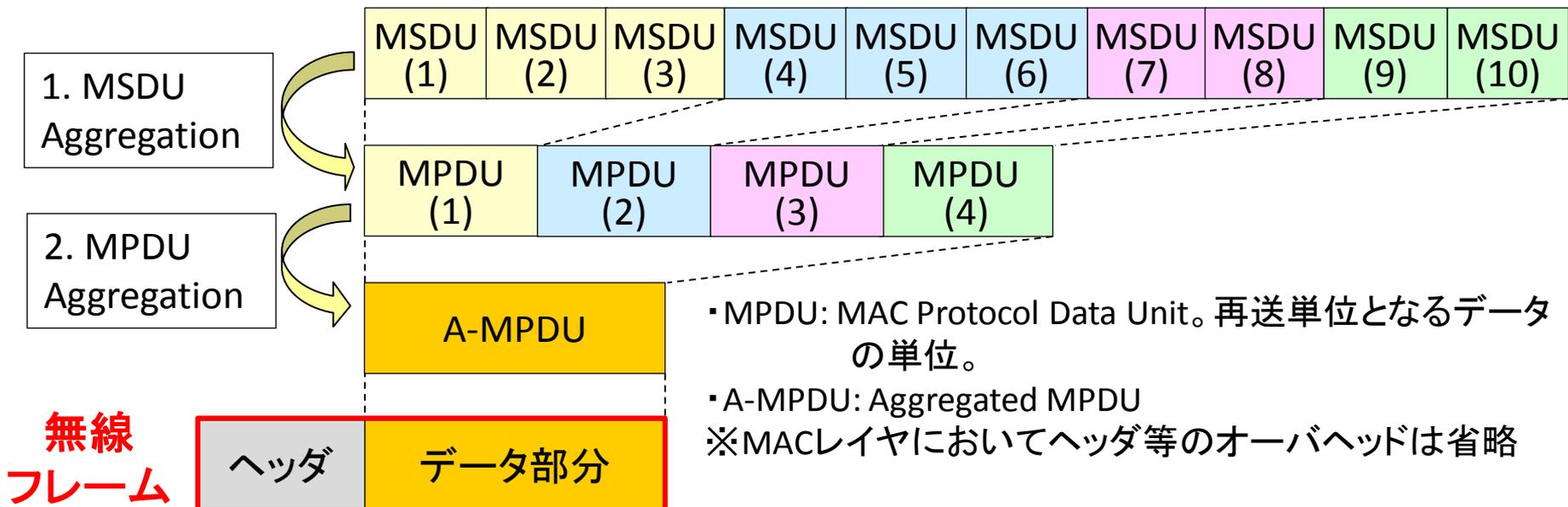
3-a: TGac D3.0の伝送速度高速化技術 (3/4)

4. Frame Aggregation拡張

Frame Aggregation: 単一物理フレームに多数のMSDUを格納(11nで新規に規定)。再送時の伝送効率を考慮し、二段階のaggregation (MSDU/MPDU aggregation)を規定。

※MSDU(MAC Service Data Unit): IEEE802.11のMACレイヤと上位レイヤとのインタフェースでやり取りされるデータの単位。EthernetフレームやIPパケットにほぼ対応する。

<例> 10個のMSDUを4つのA-MSDUに集約し、これをさらに集約してA-MPDUを形成。受信機側では、4つのMPDUに対するACKを返信する。



★ TGac D3.0ではA-MPDUの最大サイズを11nの約65.5kByteから1MByteに拡張

3-a: TGac D3.0の伝送速度高速化技術 (4/4)

★ 11acで実現される最大スループット:

必須条件とオプションの最高規定の間には大きな格差がある。

→無線LAN端末の多様化ニーズを反映させ、仕様のスケーラビリティを高くしている。

高速化機能 /特性	11n 最高規定	TGac D1.0	
		必須条件	最高規定
1. 空間多重数	4	1	8
2. 伝送帯域幅	40 MHz	80 MHz	160 MHz
3. 変調方式	64QAM	64QAM	256QAM
4. Frame Aggregation	65,535 Byte	8,191 Byte	1,048,575 Byte
PHY伝送速度	600Mbps	292.5Mbps	6933.3Mbps
PHY最高速度時のスループット(MAC効率)	485Mbps (81.0%)	<u>157Mbps</u> <u>(53.4%)</u>	5.85Gbps (84.4%)

必須条件機能のみの利用だと、11nの最高規定の約1/3のスループットにとどまる。

必須/オプション機能間の格差が大きい。
・PHY伝送速度: 23.7倍
・スループット: 37.3倍

3-b: DL MU-MIMO技術 (1/2)

DownLink MultiUser – MIMO: 下りリンクマルチユーザMIMO技術

APが持つ複数アンテナを活用したビームフォーミング制御により空間を分割し、同一周波数上で複数端末への同時接続を実現する。

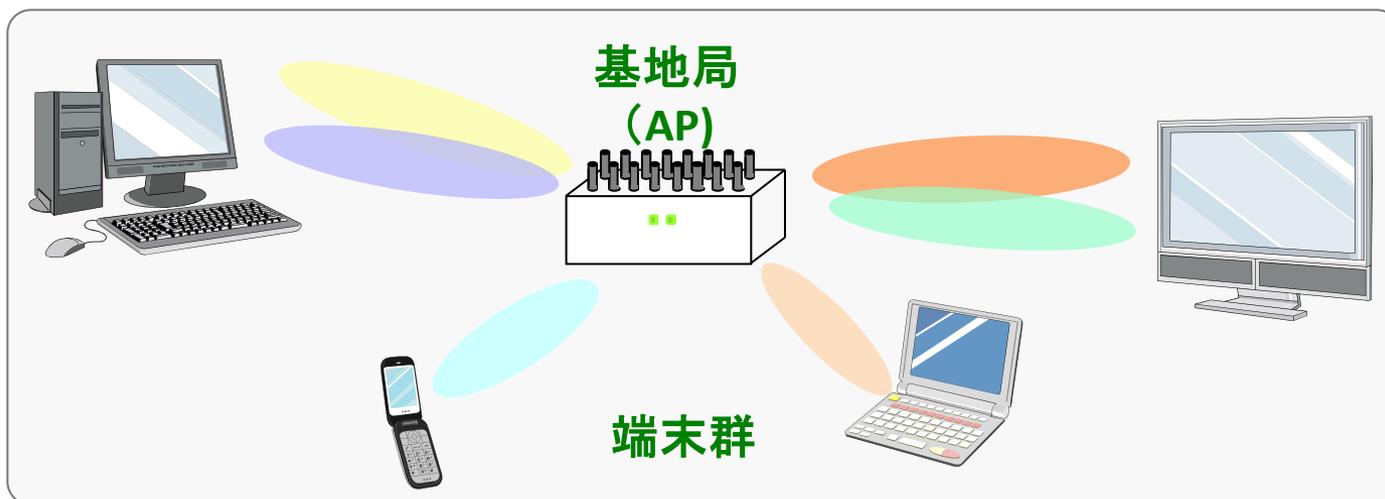
- 多重伝送するSTA数に比例して、システムスループットを向上させることが可能
(基地局のアンテナ数を最大限活用することが可能)

→最大4台のSTA宛に同時送信／STAあたり最大4空間多重まで送信可能

- 高速STA (IPTV等) と低速STA (VoIP、ゲーム機等)、QoSクラスの異なるSTAを同時に効率良く収容可能。

→STA毎に異なる空間多重数を設定可能

→単一のMU-MIMO無線フレームにQoSクラスの異なる複数データが混在可能



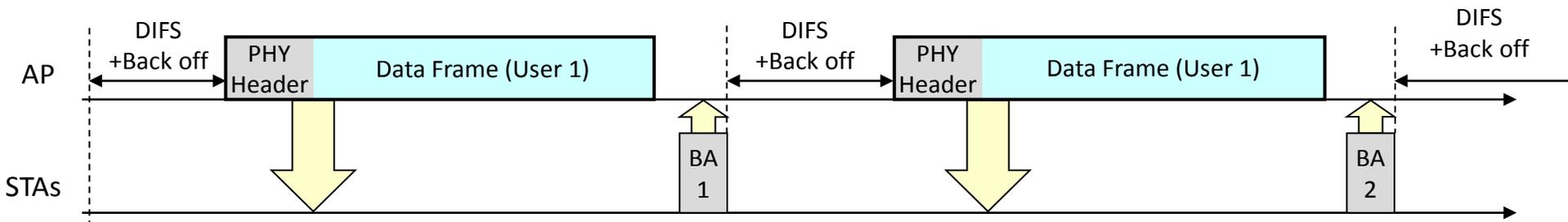
TGacでは
DL MU-MIMOは
オプション規定

3-b: DL MU-MIMO技術 (2/2)

MU-MIMO適用によるシステム容量増加のイメージ

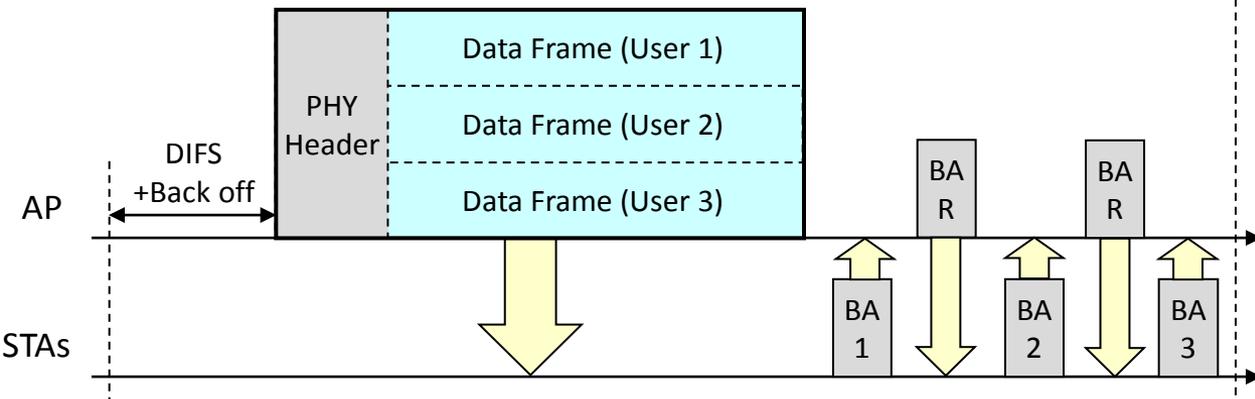
- SU-MIMOの場合: ユーザ毎に個別のフレームを送信する

BA: Block ACK
BAR: Block ACK Request



MU-MIMO伝送の場合:

複数ユーザに対して送信ビームフォーミングを活用した空間多重伝送を行う。
物理フレームあたりに含まれるデータ量をユーザ数と同数倍増加させる事が可能。
オーバーヘッド(フレームギャップ、PHYヘッダ)が減少し、
MAC効率が改善される。⇒システムスループットの増大



※ユーザあたりのPHYレイヤ伝送速度はMU-MIMOの方が低速であっても、空間多重により複数ユーザの同時伝送を行っているため、システム全体の伝送効率が改善される。

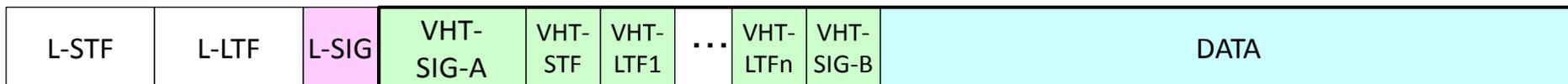
3-c: 既存規格(11a/n)との共存 (1/2)

1. 11ac対応AP/端末は、既存規格(11a/n)の信号を送受信可能である事が義務付けられている
→11ac対応端末は11a/n対応APと11a/nのフォーマットで通信することが可能
→11ac対応APは、既存端末とは11a/nのフォーマットで通信を行うことが可能
2. 11acのフレームフォーマットの先頭部分は、11a/n端末で受信可能(下図)

11aフォーマット.
("L-SIG"を参照することにより、
無線フレーム全体の長さが分かる)

11acフォーマット

- ・ 11ac端末のみが復号可能
- ・ 11a/n端末は復号に失敗するが、無線フレーム長が判別可能であるため、後のチャネルアクセス権取得において11ac端末に対して不利にはならない



→既存端末と11ac端末が混在している環境でも、CSMA/CAに基づく公平なチャネルアクセス制御が可能

3-c: 既存規格(11a/n)との共存 (2/2)

3. 40MHz帯域以上の広帯域伝送時には、送信に先立ち全てのチャネルについてキャリアセンスを行い、空いている帯域のみを利用して無線フレームを送信する
また、通信は必ず”Primary Channel”と呼ばれる20MHz帯域を含む形で行われる。

<例: Primary channelを160MHzチャネルの右端に設定した場合>

