

次世代高効率無線LANの 技術的条件の検討

2018年11月2日

浅井 裕介(NTT)

足立 朋子(東芝)

城田 雅一(クアルコムジャパン)

802.11ax導入と電波法規則との関係※

※ 第11回 5GHz帯無線LAN作業班資料（2018年7月27日開催、5GHz作業11-2）より

- ・11axにおける新技術・規定を利用するための技術的条件を検討する必要がある。
- ・並行して、共用検討を実施する必要がある。

～802.11ax～

① マルチユーザ伝送

② スペクトルマスク修正

③ 高速化

④ 通信距離延長

⑤ ロバスト化

⑥ Spatial Reuse

～電波法規則～

① 占有周波数帯幅・中心周波数

② 伝送速度

③ 帯域外漏えい電力

④ 送信バースト長

⑤ 空中線電力

⑥ 変調方式

⑦ キャリアセンス

以下、各技術に対する技術的条件についての考え方を示す。

① 占有周波数帯幅・中心周波数

- 802.11axではOFDMA用/高効率化のためにトーン（サブキャリア）配置を変更
- 現行規則よりも占有周波数帯幅が若干広くなる。

802.11規格上の チャンネル幅 (a/n/ac/ax)	無線設備規則における 占有周波数帯幅の許容値 ¹⁾	802.11axの 占有周波数帯幅 (概算値)
20 MHz	W52/53: 19MHz W56: 19.7 MHz	19.14 MHz
40 MHz	38MHz	38.20 MHz
80 MHz	78 MHz	78.20 MHz
160 MHz	158 MHz	158.28 MHz
80+80 MHz	(周波数セグメント毎) 78 MHz	(周波数セグメント毎) 78.20 MHz

1) 無線設備規則別表第二号第30

① 占有周波数帯幅・中心周波数（続き）

● 案: OFDMシステムの占有周波数帯幅を $20\text{MHz} \times 2^n$ に設定($n=0,1,2,3$)

- 今後も802.11無線LANは既存のチャネル幅をベースに、トーンを追加する可能性がある。これを見越し、今回の規則改正で将来的なマイナーチェンジが不要となるよう対応することが適当。
- 占有周波数帯幅の外側の干渉については、従来と同様に帯域外漏えい電力・隣接チャネル漏えい電力等で規定。
- 既存無線LAN(802.11a/n/ac)を包含しているため、従来機器への影響はない。
- 既存システム（ESS/気象レーダ/各種レーダ）との共用検討では、既に上記改定案に相当するパラメータが用いられているため、共存可能とする結論は変わらない※と考えられる。

	占有周波数帯幅
20MHzシステム	20MHz
40MHzシステム★	40MHz
80MHzシステム	80MHz
160MHzシステム	160MHz
80+80MHzシステム	(周波数セグメント毎) 80MHz

※ 例えば、H29年度の5GHz無線LAN作業班における共用検討において、20MHzシステムの最大空中線電力を、
 $200\text{mW} = (10\text{mW}/\text{MHz} \times 20\text{MHz})$
と計算しており（占有周波数帯幅は19MHzであるが、切り上げで計算）、既に本改定案と同等の評価が行われている。

(情報通信審議会からの一部答申「5.2GHz帯及び5.6GHz帯を使用する無線LANの技術的条件」、平成30年2月13日)

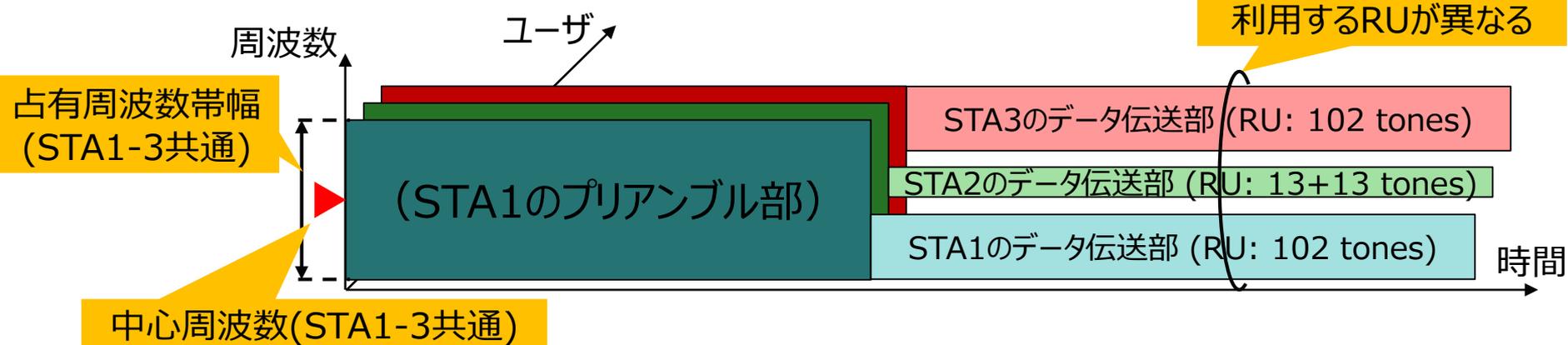
★11axは2.4GHz帯の運用も想定しているため、2.4GHz帯の40MHz伝送についても、同様の拡張が必要→無線設備規則第49条20一ホ(3)(二)

① 占有周波数帯幅・中心周波数（続き）

● OFDMA伝送における各RU※に対する中心周波数・占有周波数帯幅

- データ部分の伝送を、全帯域幅の一部を利用して伝送することで複数局同時通信（一対多/多対一）を実現
- 利用するRUの配置によらず、プリアンブル部はOFDMA伝送に用いられる全帯域幅（20/40/80/160/80+80MHz のいずれか）にわたり送信

<例：3台のSTAによるUL-OFDMA伝送（20MHz）>



● 案：中心周波数・占有周波数帯幅はプリアンブル部で観測し、従来の占有周波数帯幅の範囲で定義する。

※ RU (Resource Unit): OFDMA伝送でユーザ（宛先端末）毎に割り当てられるサブキャリアグループ。

② 伝送速度

- 占有周波数帯幅に対応した最大伝送レートの下限保証の規定を
変更する必要があるか？

- **案: 変更しない**

ホ 信号伝送速度は、次のとおりであること。

(1) 占有周波数帯幅が一九MHz以下の場合 毎秒二〇メガビット以上
(の速度で信号を伝送できるものでなければならないこと。)

- 5GHz帯が高速無線LAN向けに開放された際に伝送速度を規定※
- 現行規則では、20/40/80/160/80+80MHzシステムに対して、
20/40/80/160/160Mbps以上の伝送速度をサポートする必要がある
- 11axでは、UL-OFDMA伝送において狭帯域RUによる低速伝送を規定
(最低伝送レート: 0.4Mbps*)
- 一方、11axにおける最低スペックの端末 (20MHz only non-AP HE
STA) において、実装が必須となる伝送レートは**37.5Mbps****となっている
→ 既存の伝送速度規定よりも高いスペックが求められる

※ 平成11年 電気通信技術審議会答申 諮問第99号「5GHz帯の周波数を利用する広帯域移動アクセスシステムの技術的条件」より
(1999年9月27日)

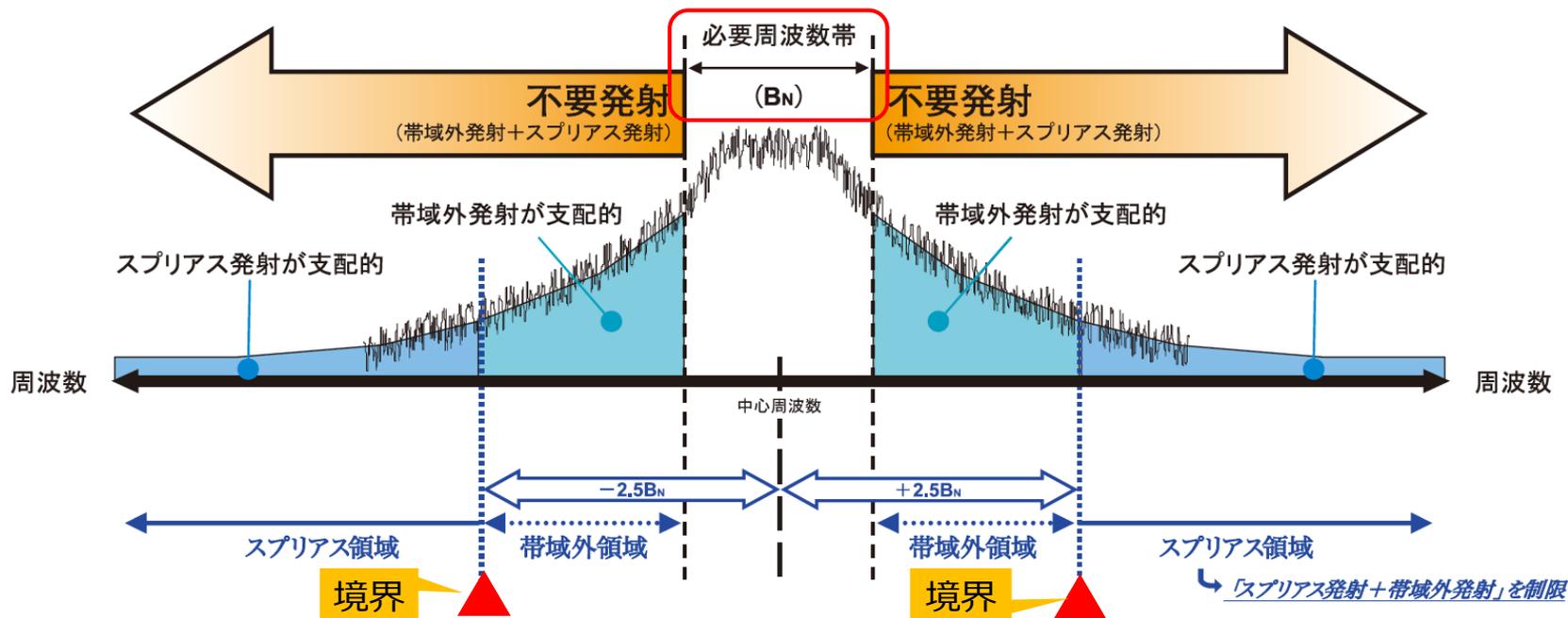
* 26-tone RU, Nss=1, MCS=0, DCM適用 の場合 (IEEE P802.11ax/D3.0より)

** 106-tone RU, Nss=1, MCS=7, GI=0.8us の場合 (IEEE P802.11ax/D3.0より)

③帯域外漏えい電力

- 帯域外領域及びスプリアス領域は必要周波数帯(B_N)に基づき定義される

- (電波法施行規則第二条六十二) 「必要周波数帯幅」とは、与えられた発射の種別について、特定の条件のもとにおいて、使用される方式に必要な速度及び質で情報の伝送を確保するためにしゅうぶんな占有周波数帯幅の最小値をいう。この場合、低減搬送波方式の搬送波に相当する発射等受信装置の良好な動作に有用な発射は、これに含まれるものとする。



③帯域外漏えい電力（続き）

- 「必要周波数帯幅」は、これまで802.11標準におけるサブキャリア配置を参照し定義されてきた。

チャンネル幅	必要周波数帯幅(B_N)	帯域外領域とスプリアス領域の境界 (中心周波数との差)*
20MHz	19MHz	45MHz ($=2.5B_N$)
40MHz	36MHz	90MHz ($=2.5B_N$)
80MHz	76MHz	190MHz ($=2.5B_N$)
160MHz	156MHz	334MHz ($=1.5B_N+100\text{MHz}$)
80+80MHz	(周波数セグメント毎) 76MHz	(周波数セグメント毎) 190MHz ($=2.5B_N$)

* 無線設備規則第7条別表第三号2(3)において規定

③帯域外漏えい電力（続き）

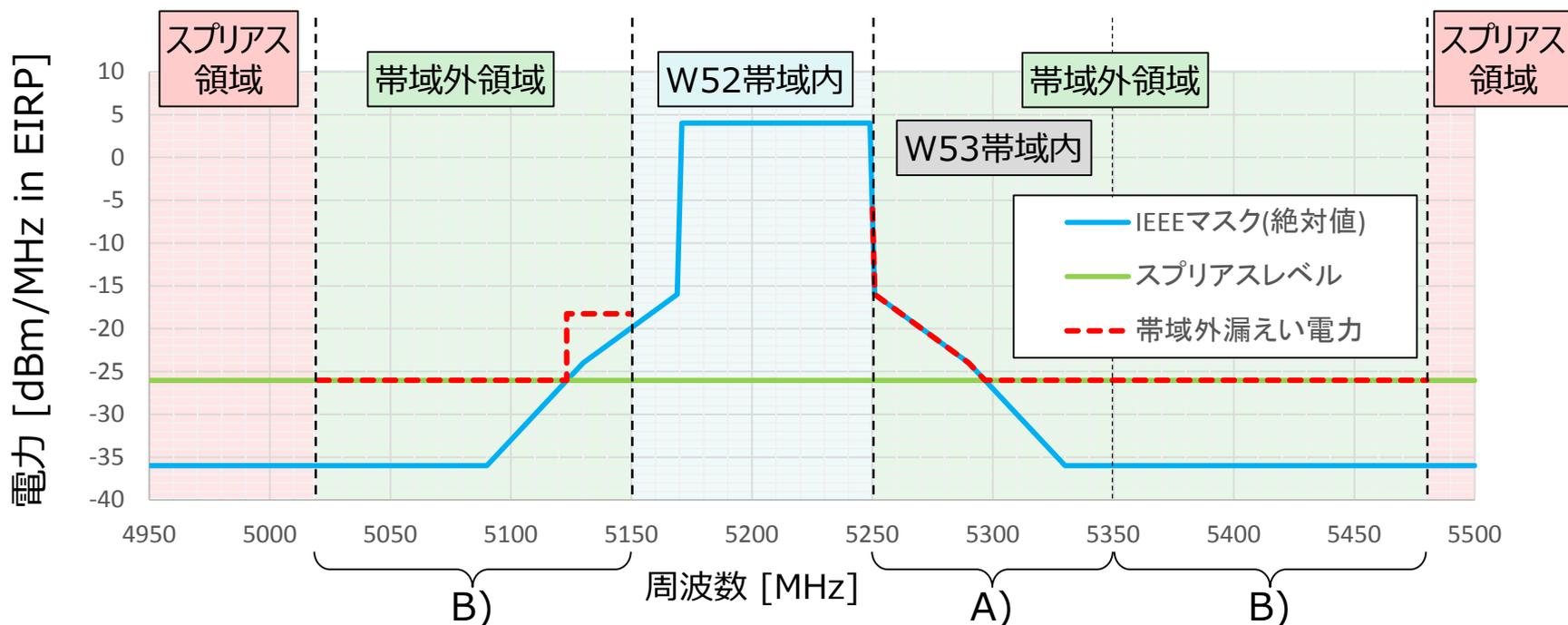
- 帯域外漏えい電力は、以下の基準により規定。

A) 同一システムが存在する領域：802.11のマスクを基準に規定。

B) 同一システムが存在しない領域：802.11のマスクを基準にステップ関数で規定。

– 802.11のマスクが（アンテナ利得を加味しEIRPに換算した）スプリアスレベル以下となる領域については、スプリアスレベルで規定

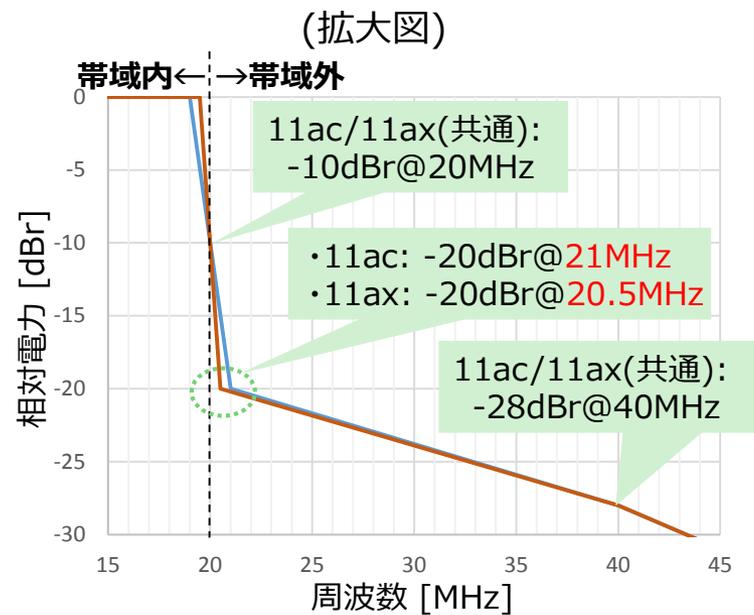
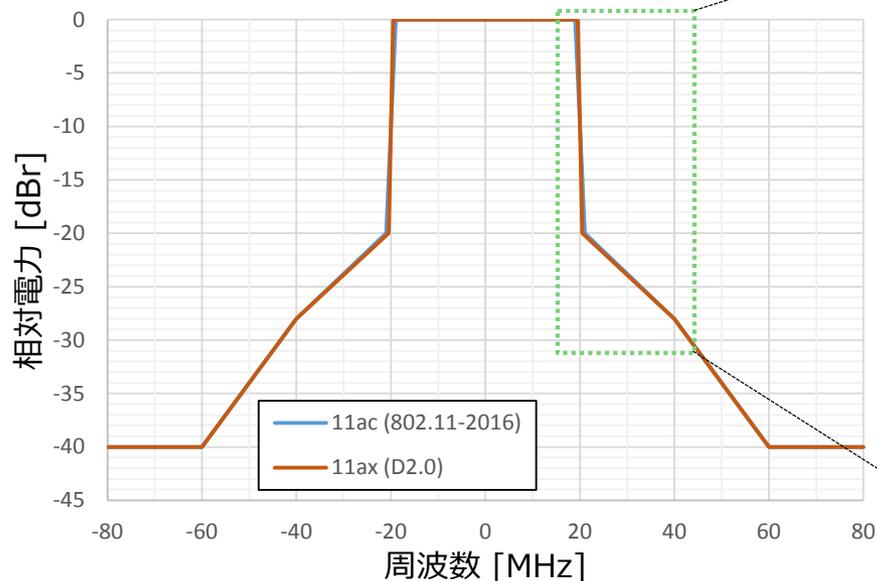
<例：W52における80MHzシステム($f_c=5210\text{MHz}$)に対する、帯域外漏えい電力規定>



③帯域外漏えい電力（続き）

- 11axは11acより厳しいマスクを規定※
- **案: 40/80/160/80+80MHzシステムについては変更なし**

<例: 40MHzシステムのスペクトルマスク>



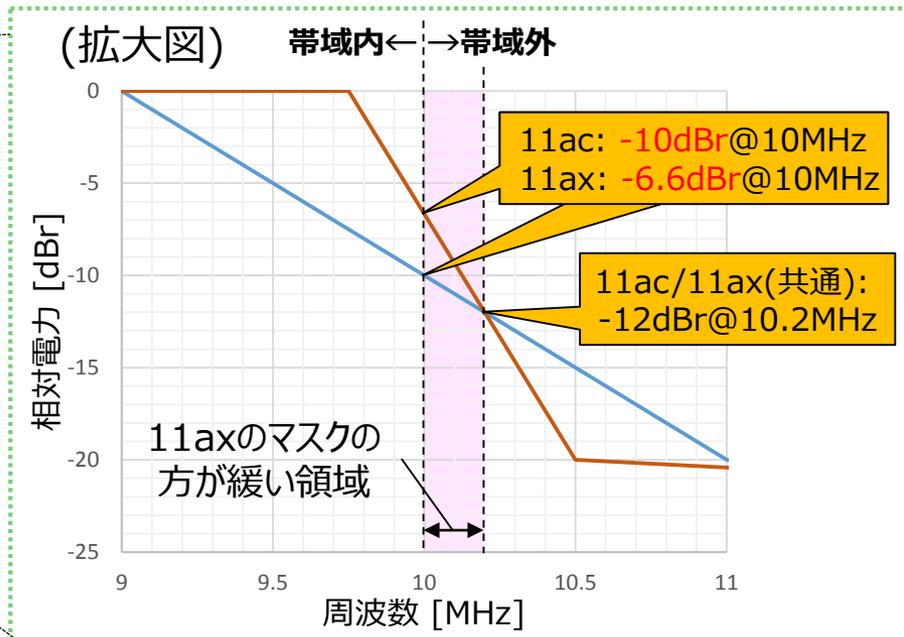
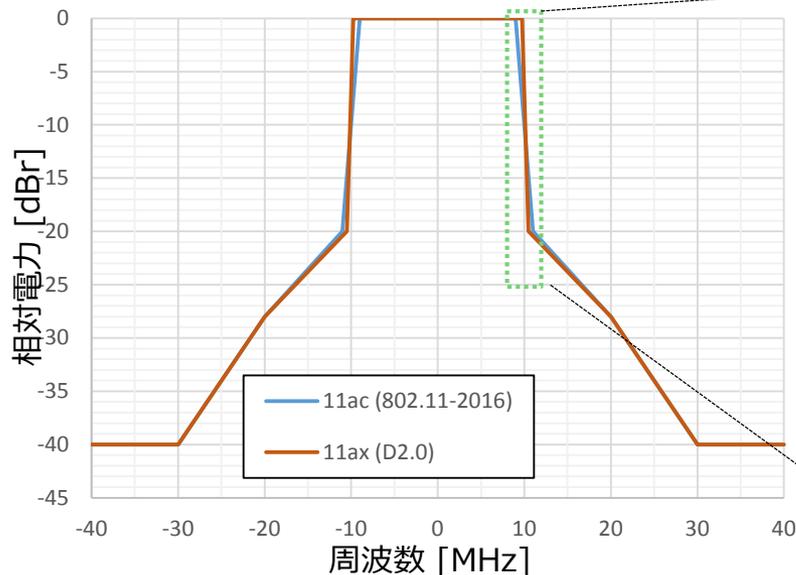
- 11axは帯域内/外の境界部分のマスクを11acよりも急峻に規定しているため、既存の帯域外漏えい電力の範囲に収まる。
- 80/160/80+80MHzについても同様の規定。

※ 5.6GHz帯については、併せて資料5GHz作12-5「無線LANによる144chの利用について」参照

③帯域外漏えい電力（続き）

- 案: 20MHzシステムについては、一部緩和を行う。※

<20MHzシステムのスペクトルマスク>

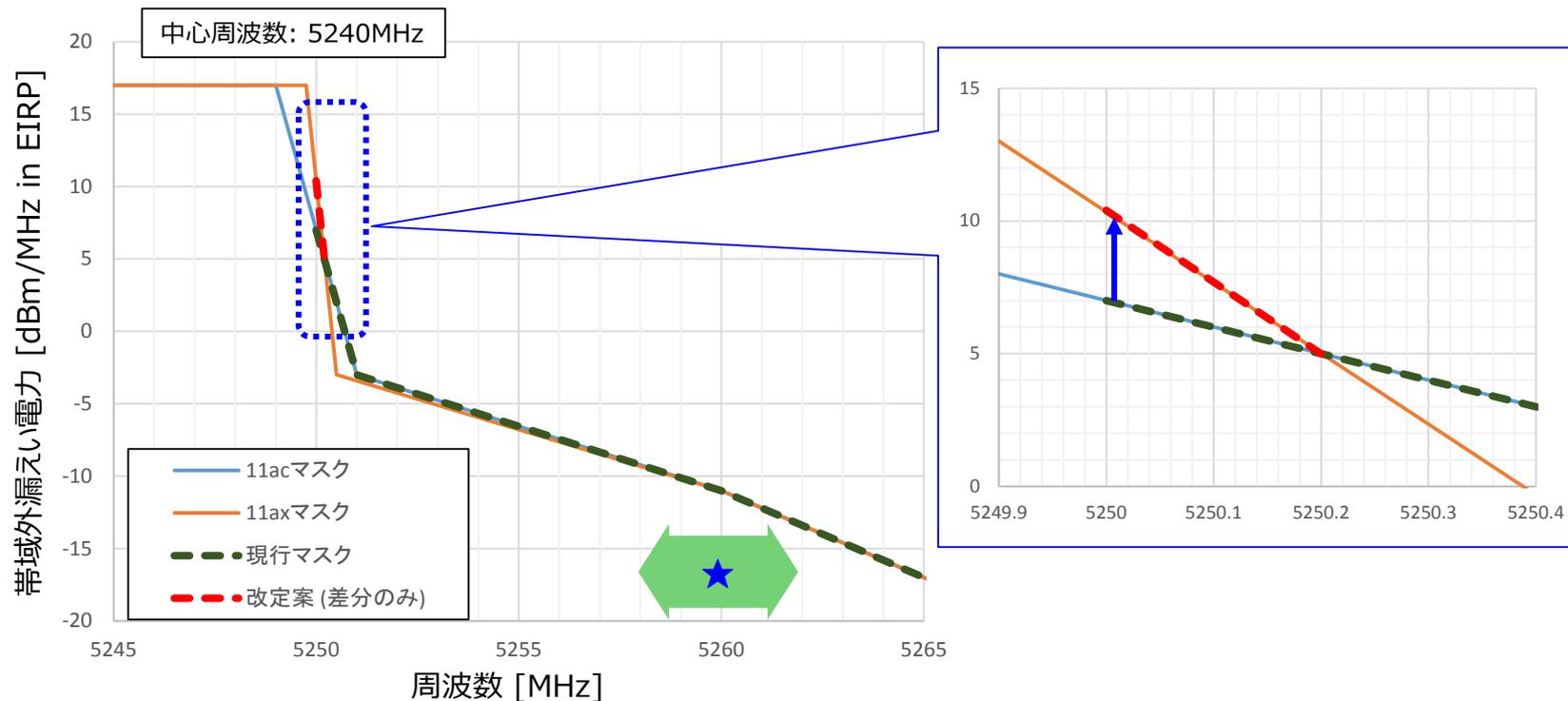


- 10~10.2MHzの領域において、11acのマスクよりもレベルが高い領域が存在

③帯域外漏えい電力（続き）

<W52/20MHz伝送のマスクに対する修正案>

（下図は「5.2GHz帯高出力データ通信システムの無線局」を想定、小電力データ通信システムに対しても同様）



－ 影響を受ける可能性のあるシステム: W53/W54気象レーダ

★ W52に最も近い中心周波数は5260MHz、占有周波数帯幅4.0MHz以下

→11axのマスクが11acよりも高いレベルとなっている領域に対して十分な離隔周波数を確保、過去の検討結果と同様に共用可能と考えられる。

③帯域外漏えい電力（続き）

- 現行規則における占有周波数帯幅・必要帯域幅

	占有周波数帯幅	必要帯域幅(B_N)
20MHzシステム	W52・W53: 19MHz / W56: 19.7MHz	18MHz
40MHzシステム	38MHz	36MHz
80MHzシステム	78MHz	76MHz
160MHzシステム	158MHz	156MHz
80+80MHzシステム	(周波数セグメント毎) 78MHz	(周波数セグメント毎) 76MHz

- 案: 占有周波数帯幅同様、将来新たな標準規格が登場することをふまえ、必要帯域幅についても $20\text{MHz} \times 2^n$ とする

	占有周波数帯幅	必要帯域幅(B_N)
20MHzシステム	(W52・W53・W56共通) 20MHz	20MHz
40MHzシステム	40MHz	40MHz
80MHzシステム	80MHz	80MHz
160MHzシステム	160MHz	160MHz
80+80MHzシステム	(周波数セグメント毎) 80MHz	(周波数セグメント毎) 80MHz

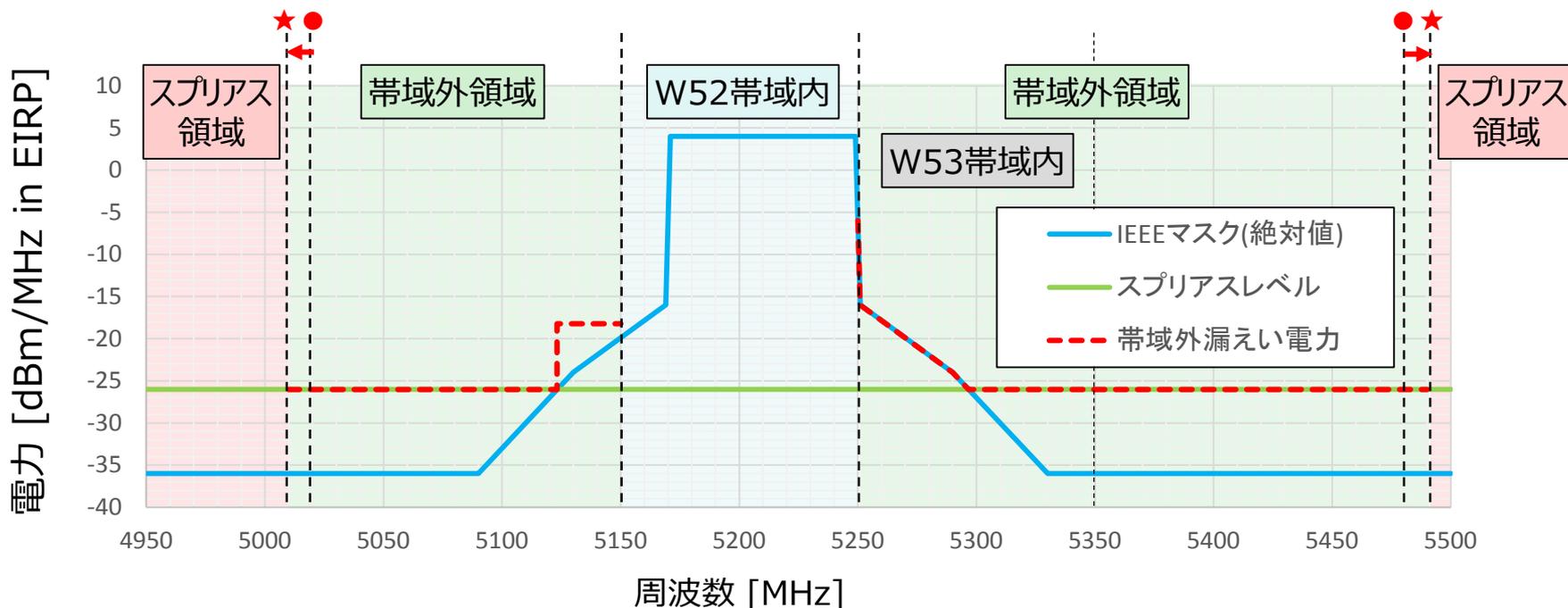
④帯域外漏えい電力（続き）

● 必要帯域幅拡大の影響（例：W52, 80MHzシステム）

- ● 現行規則： $2.5B_N = 190\text{MHz}$
- ★ 改正案： $2.5B_N = 200\text{MHz}$



帯域外領域を10MHz拡大※



- 拡大された領域における帯域外漏えい電力はこれまでと同様に、スプリアスレベルで規定→**実質的な影響はないものと考えられる**

※ 5.6GHz帯については、併せて資料5GHz作12-5「無線LANによる144chの利用について」参照

④送信バースト長

無線設備規則 第49条の20第3項
へ 送信バースト長は四ミリ秒以下であること。等

● 現行規則: 4ms以下

- 起源: HiSWANaと802.11aの共存結果 (平成11年度電技審答申)
 - HiSWANa(ARIB STD T-70, 最大フレーム長2ms)と、802.11a(フレーム長可変)が同一周波数上で運用される場合において、802.11aの送信バースト長を4ms以下とすることでアクセス機会が公平となることを根拠に規定。
 - HiSWANa機器(旧J52*対応機器)は2008年5月30日に新規技適取得が停止**、現在ほとんど利用されていない状態と考えられる。

● 11ax: 送信バースト長の最大値を延長したい要求あり

- オーバヘッド削減によるスループット向上、Beamformingのトレーニングを1回で完了させられる、パケット誤りによる再送時のアクセス効率改善 等のメリットがある。
- 11axではパケットの途中にチャネル推定用のトレーニング信号(Mid-amble, オプション)を採用、長いパケットを伝搬路変動に対してロバストに送信できる規定も含まれ、送信バースト長を延長することが可能。
- 送信バースト長を延長した場合、現行無線LANの送信時間率は低下するが、これまでと同様に、チャネル利用機会の公平性はキャリアセンスが義務付けられていることにより担保されると考えられる。

*J52: 1999-2005年において、5150-5250MHzの20MHzシステムの中心周波数は5170/5190/5210/5230MHzと規定されていた。J52は当該チャネル配置の俗称。

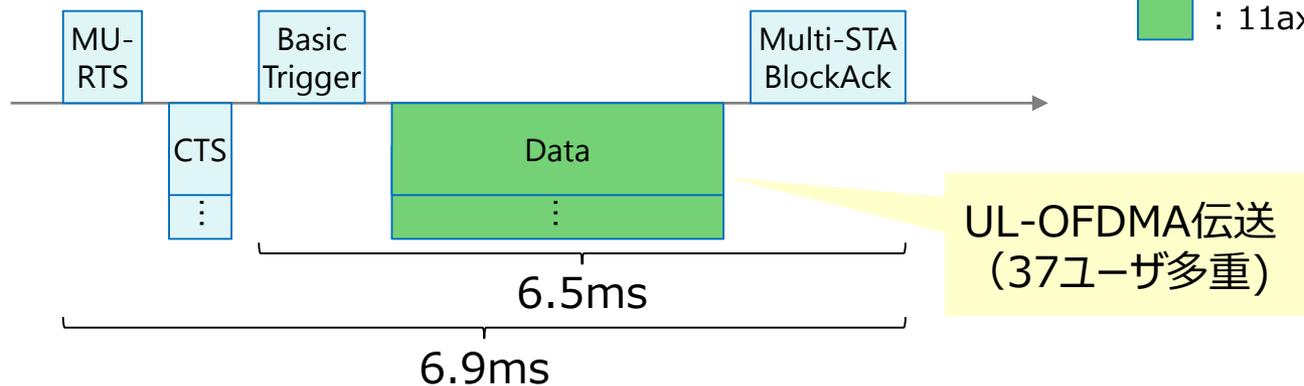
**平成17年総務省令第93号 附則

④送信バースト長（続き）

● 11axにおける最大フレームシーケンス長

- ユーザ多重数が制御フレームの情報量(フレーム長)に影響を与える。
- 制御フレームのオーバヘッドを最大化する場合として、80MHz幅あたり37ユーザ多重(11axにおける最大ユーザ多重数)を想定。
 - Triggerフレーム … MU-RTS, Basic Trigger
 - 応答系フレーム … Multi-STA BlockAck

- : 11a, 6Mbps (min mandatory)
- : 11a, 24Mbps (max mandatory)
- : 11ax (最大パケット長5,484ms使用)



上記結果に加えて、誤りパケットの再送やBeamformingのためのトレーニング信号の送受に必要となる時間長を考慮する必要あり。

- **案: バースト長最大値を8msに拡張する。**

⑤ 空中線電力

- 現行規則では、20MHzシステムで10mW/MHz、無線局あたりの最大送信電力を一定にするために、帯域幅に反比例して電力密度を低下させる。
- **案：現行ルールを維持（占有周波数帯幅は変更）**

占有周波数帯幅	最大空中線電力密度		占有周波数帯幅	最大空中線電力密度
19MHz以下	10 mW/MHz	➔	20MHz以下	10 mW/MHz
19MHzを超え、 38MHz以下	5 mW/MHz		20MHzを超え、 40MHz以下	5 mW/MHz
38MHzを超え、 78MHz以下	2.5 mW/MHz		40MHzを超え、 80MHz以下	2.5 mW/MHz
78MHzを超え、 158MHz以下	1.25 mW/MHz		80MHzを超え、 160MHz以下	1.25 mW/MHz

- － 占有周波数帯幅拡大により無線局あたりの送信電力が微増するが、既に当該パラメータで検討が行われているため(例：20MHzシステムについて、空中線電力200mWで計算)、他システム(MSSフィーダリンク・気象レーダー)との共用を可能とする結論に変わりはないと考えられる(共用検討の必要あり)。

⑥ 変調方式

● 案: 変更なし

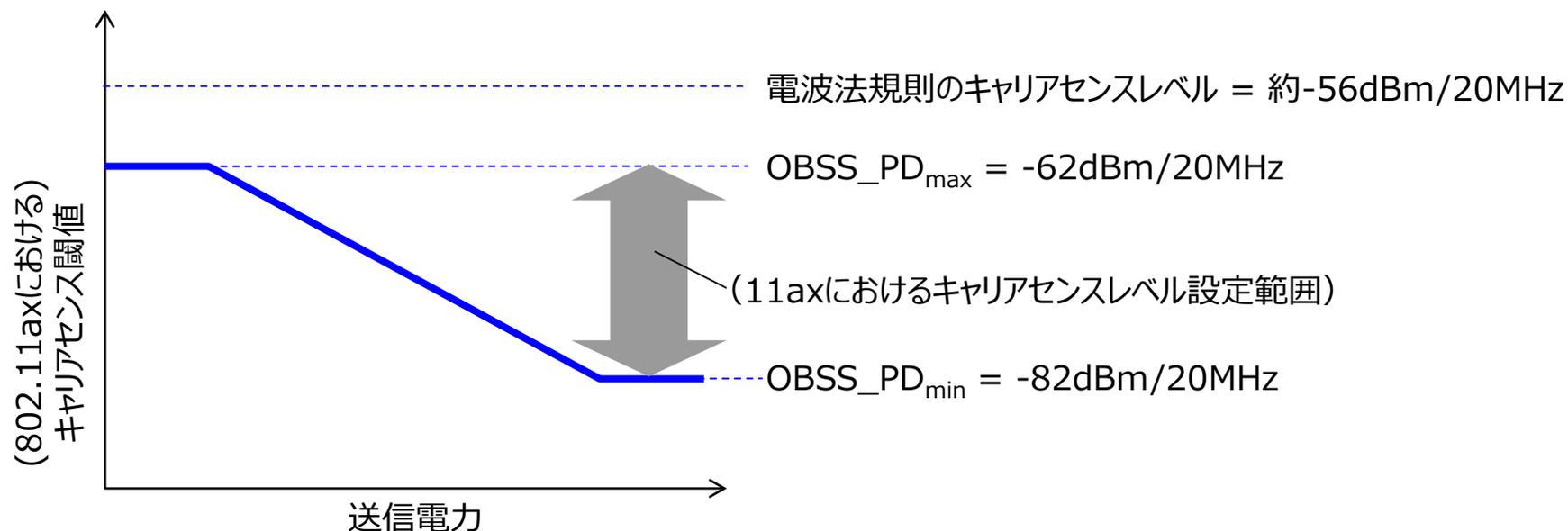
- OFDMA伝送の信号形式はトーンが直交配置されている点において、OFDMと同様。
- トーン（サブキャリア）密度規定について、現行規則では1MHzあたり1以上としている（無線設備規則第49条20三リ など）※。
- 11axではトーン間隔を11acの4倍としており（11ac: 312.5kHz→11ax: 78.125kHz）、既存規則の範囲となる。
- 狭帯域のUL-OFDMA信号については、占有周波数帯幅を $20\text{MHz} \times 2^n$ で定義すると、見かけ上サブキャリア本数が疎となる。ごく一部のRU(全113パターンのうち3パターン)については、1MHzあたりのサブキャリア数が1以下となる。
- しかし、無線フレームのうちプリアンブル部分は従来と同様のサブキャリア密度となることから、現行規則を満足していると解釈される。
- 11axは1024QAMを新規に規定しているが、電波法規則においてトーンの変調方式に関する項目（変調精度等）はないため、変更は不要と考えられる。

※ 平成11年 電気通信技術審議会答申 諮問第99号「5GHz帯の周波数を利用する広帯域移動アクセスシステムの技術的条件」より
(1999年9月27日)

⑦ キャリアセンス

● 案：レベルは変更なし・有効期間は拡張

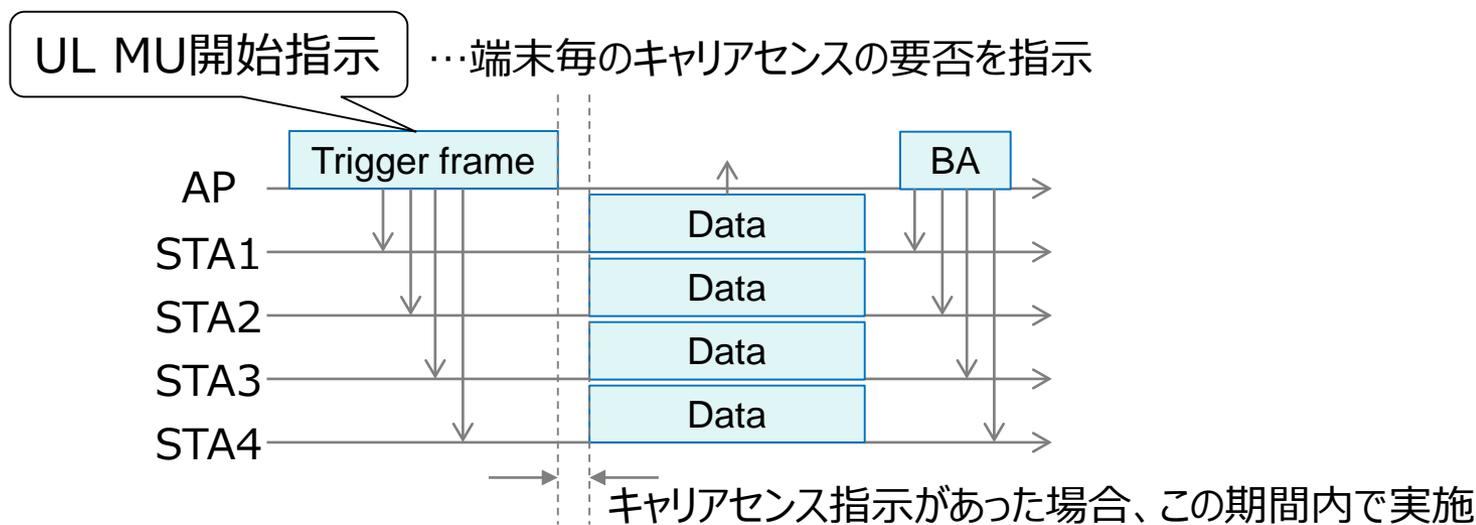
- 電波法規則におけるキャリアセンス規定(平成19年総務省告示第48号)は、約-56dBm/20MHz(100uV/mから換算した値※)。
- 11axにおけるキャリアセンス閾値の設定範囲は、電波法規則よりも低いレベルであり、既存規格と同様に厳格に規定されている(下図参照)。



※ 平成11年 電気通信技術審議会答申 諮問第99号「5GHz帯の周波数を利用する広帯域移動アクセスシステムの技術的条件」より (1999年9月27日)

⑦ キャリアセンス（続き）

- UL MUではTrigger frame受信後、各端末がアップリンク送信する際にキャリアセンスが免除される場合がある
- 既存規則におけるキャリアセンスを省略できる条件（平成19年総務省告示第48号二※）に合致すると考えられるため、追加の条件は不要と考えられる。



※無線設備は、キャリアセンスを行った後、送信を開始するものであること。ただし、他の無線設備から送受信を制御されている場合及び送信を行った無線設備が**キャリアセンス後四ミリ秒以内**に送信を再開する場合は、キャリアセンスを行うことを省略することができる

- **案：キャリアセンスの有効期間はバースト長に併せて延長（4ms→8ms）**