

802.11ahの技術と実力、制度化状況

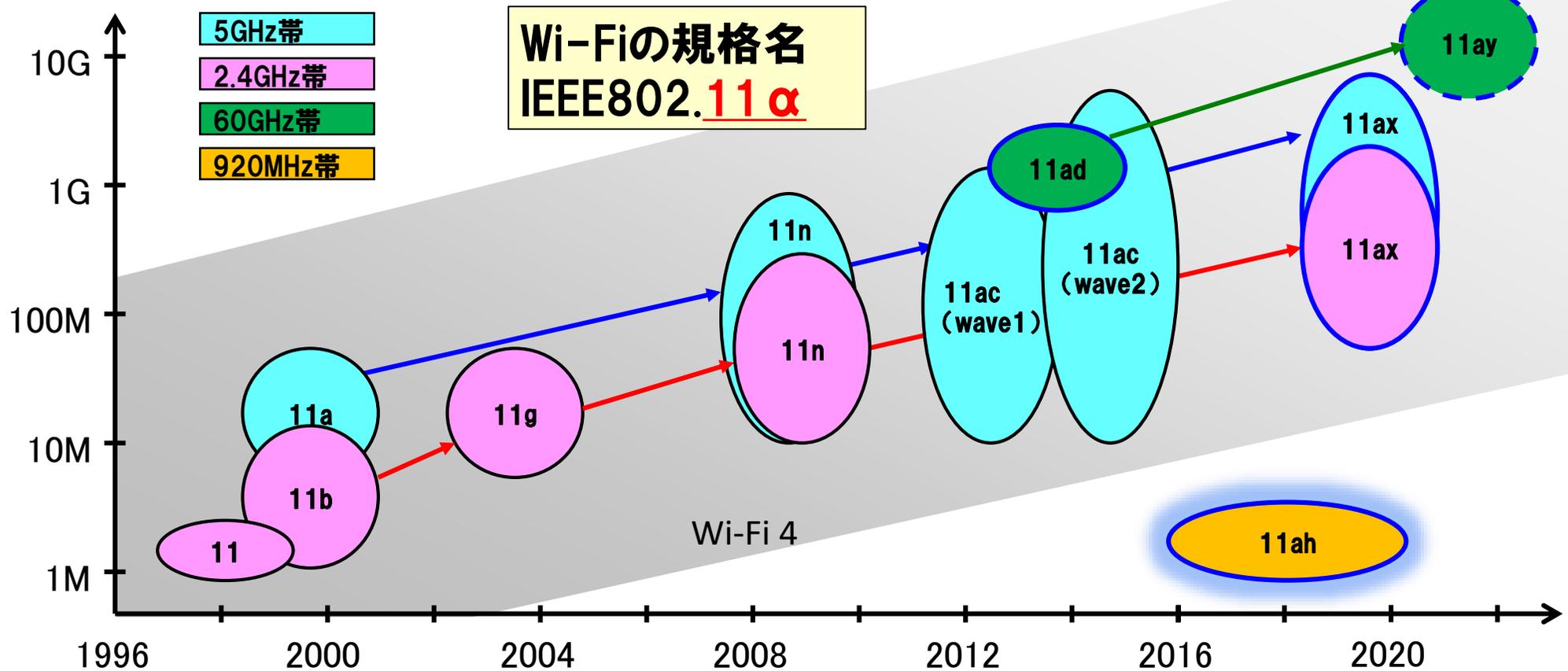
鷹取 泰司

- **11ah無線規格について**
- **各種実証試験の実施**
- **920MHz帯の利用状況調査**
- **制度化に向けた取り組み**

IEEE802.11概要

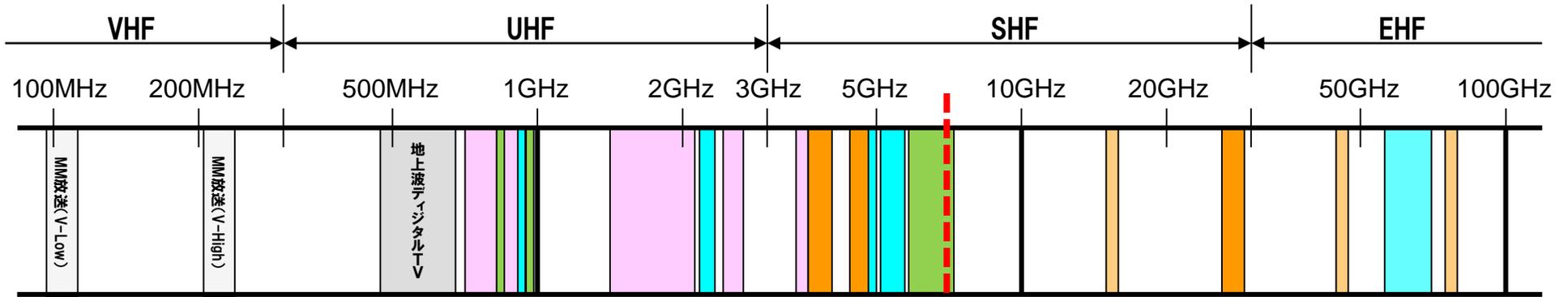
IEEE802.11ahは、IEEE802.11-2007の改訂版として
2017年に公開された**標準無線ネットワークプロトコル**です

通信速度(bps)



IEEE802.11ahおよび他システムの利用周波数

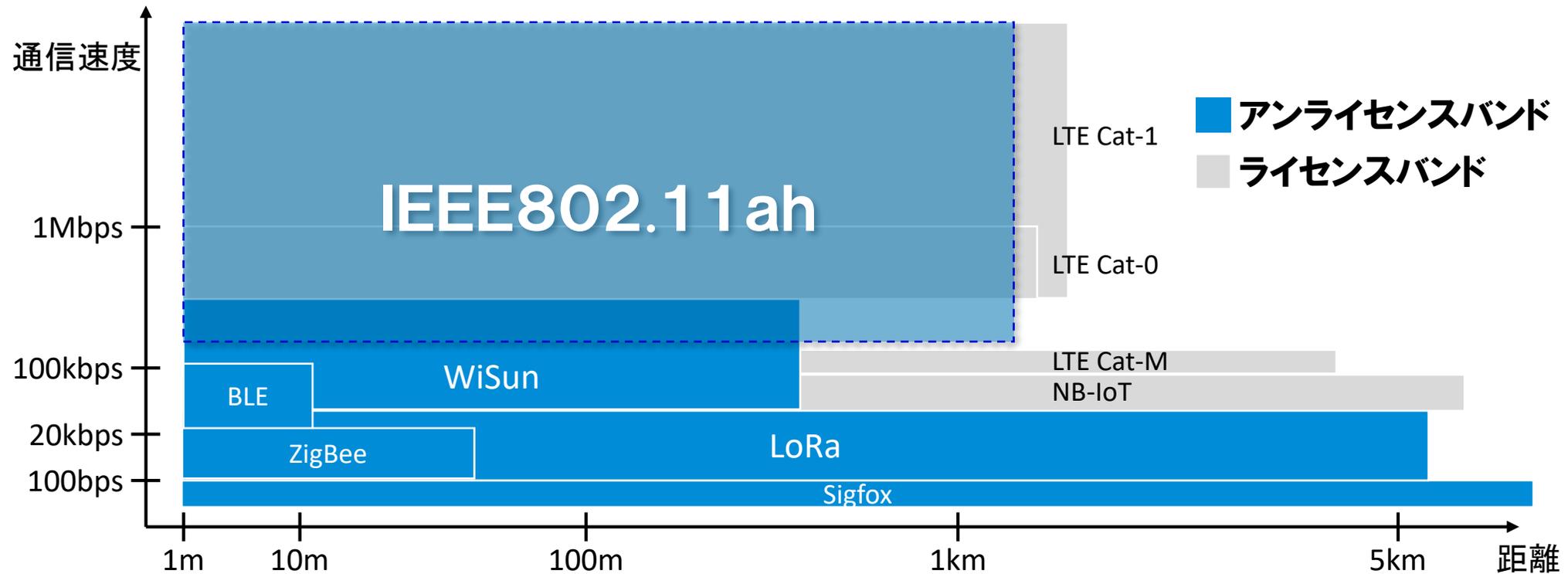
2.4/5GHz帯域を使用する従来のWi-Fiネットワークに対し、
通信距離を拡張するため**750~950MHz帯域**を使用します



システム	3G FD-LTE	Wi-Fi HaLow 11ah	Wi-Fi HaLow 11ah	3G FD-LTE	Wi-Fi 4/6	AXGP/ WiMAX2+	LTE-A	5G	5G	802.11j Wi-Fi 4/5	Wi-Fi 4/5/6	Wi-Fi 6E	5G	5G	5G	WiGig 11ad	5G
周波数	700~900MHz	920.5~928.1MHz	845~860 928~940 MHz	1.5~2.1GHz	2.4GHz	2.5GHz	3.5GHz	3.6~4.1GHz	4.5~4.9GHz	4.9GHz	5GHz	6GHz	24~27GHz	28GHz	37~44GHz	57GHz~66GHz	66~71GHz
帯域幅	75MHz x2	7.6MHz	25MHz	130MHz x2	97MHz	90MHz	200MHz	500MHz	400MHz	100MHz	455MHz	1200MHz	?	2.5GHz	?	10GHz	?
利用形態	セルラー	RFタグ LPWA	RFタグ LPWA等	セルラー	WLAN (ISMバンド)	セルラー	セルラー	セルラー	セルラー	FWA	WLAN	WLAN	セルラー	セルラー	セルラー	WLAN 他	セルラー
事業者	ドコモ/ au/SB	-	-	ドコモ/au SB/楽天	-	WCP/UQCom 地域WiMAX	ドコモ/ au/SB	ドコモ/au SB/楽天	ドコモ	-	-	-	?	ドコモ/au SB/楽天	?	-	?
備考	プラチナ バンド	アン ライセンス	アン ライセンス		アン ライセンス	TD-LTE 互換			ローカル 5G	登録制	アンライセンス 登録制	アン ライセンス		ローカル 5G		アン ライセンス	

IoT向け規格との比較

- サブ1GHzの周波数帯で**長距離、低消費電力**を実現
- サブ1GHzの特長を活かして、壁やその他の障壁を回り込む等
2.4/5GHz帯のWi-Fiより通信範囲が拡大
- 電池駆動など電源リソースが制約された製品の利用を想定



長距離をカバーするIEEE802.11ah

サブ1GHz

- 1kmを超える伝搬距離
- 見通し外通信に適した周波数

設計が容易

- スター/ツリー構成共に可能
- 1APあたり1024台まで収容
- 中継機能あり

低消費電力

- より省電力なスリープモード
- 省電力機構搭載

サブ1GHz (802.11ah)

柔軟な帯域

- 1MHz~4MHz幅に対応
- 150kbps~数Mbps

Wi-FiブランドIoT

- 国際的なIPベース規格
- 実績のあるQoS機能
- AESベースの暗号化機能



802.11ahの特徴

- 1. Wi-Fiの伝送距離が拡大**
- 2. 端末・アクセスポイント・クラウドまでエンドエンドで
利用者が自由にネットワークを構築可能**
- 3. フルオープン・IPベースのWi-Fiファミリー**
- 4. 数Mbps程度のスループット**

**より多様なユースケースへの適用を実現し、
IoTを活用した社会課題の解決手段の
選択肢拡大や利便性の向上への寄与すると想定**

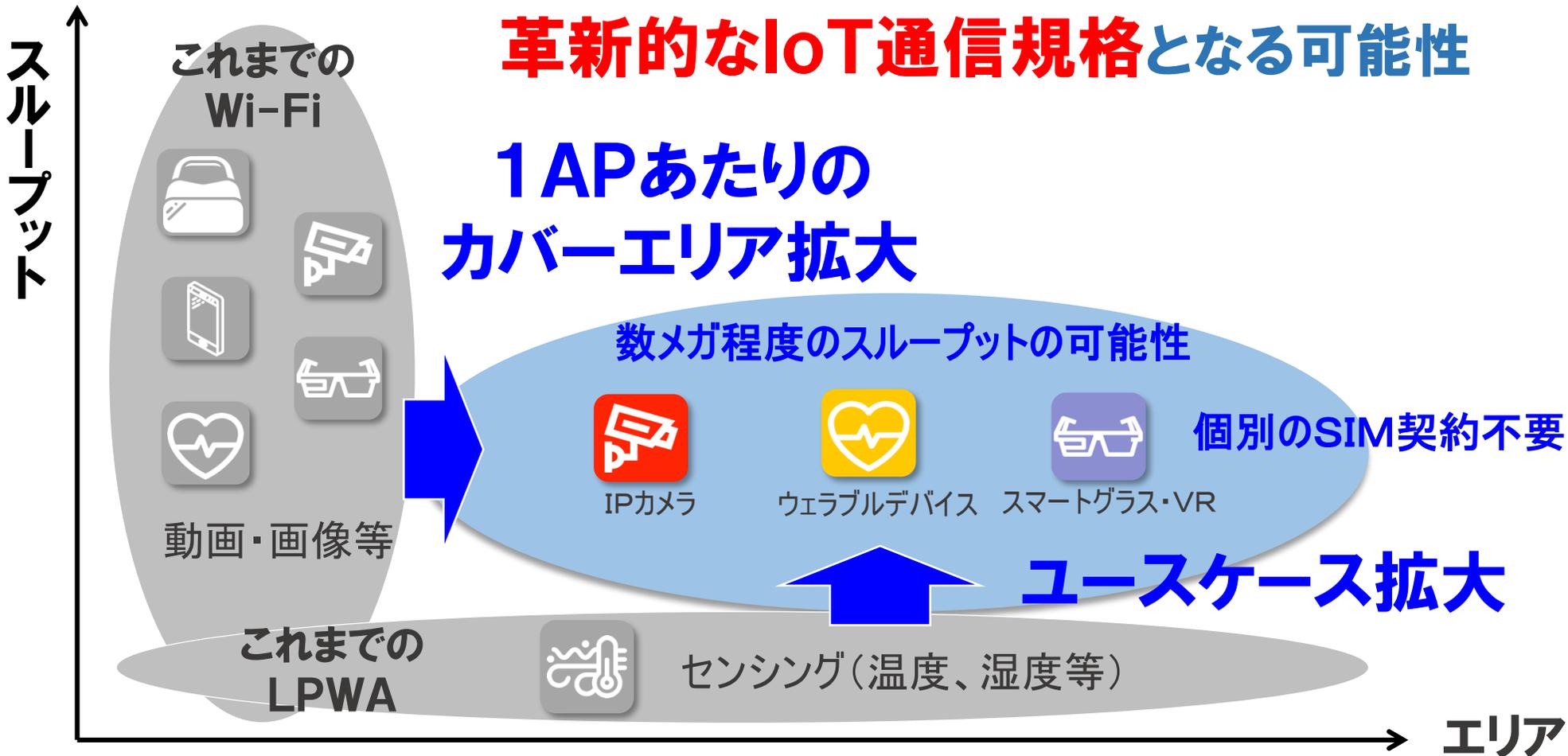
802.11ahのその他特徴

1. **無線LANの10倍の遅延時間の遅延波まで対応**
⇒ **屋外等でのロバストな通信**
2. **低消費電力化機能(Target Wake Time)**
3. **中継伝送機能(Relay Access Point)**
⇒ **中継を使うことで利用範囲を拡大**
4. **パケット衝突防止機能(RAW*)**
⇒ **多数端末との効率的な通信**

* RAW: Restricted Access Window

802.11ahによる920MHz帯価値提供範囲拡大

802.11ah規格の商用モジュールの準備が整いつつあり、革新的なIoT通信規格となる可能性を有することから、日本においても802.11ah規格の早期展開が期待されています。



- 11ah無線規格について
- 各種実証試験の実施
- 920MHz帯の利用状況調査
- 制度化に向けた取り組み

令和元年5月31日

関東総合通信局

日本初の「IEEE802.11ah」規格の実験試験局を免許

総務省関東総合通信局(局長:黒瀬 泰平)は、令和元年5月20日(月曜日)、802.11ah推進協議会(会長:小林 忠男)に、実験試験局の免許をしました。

「IEEE802.11ah^{※1}」規格(以下「11ah」という。)は、LPWA^{※2}の新しい規格で、従来のLPWAでは実現が難しかった画像伝送を可能にするなどのWi-Fiの特徴をもちながら、より遠くまでの伝送を可能にしたIoT無線システムとして、様々な社会的課題解決に向けた規格となると期待されています。

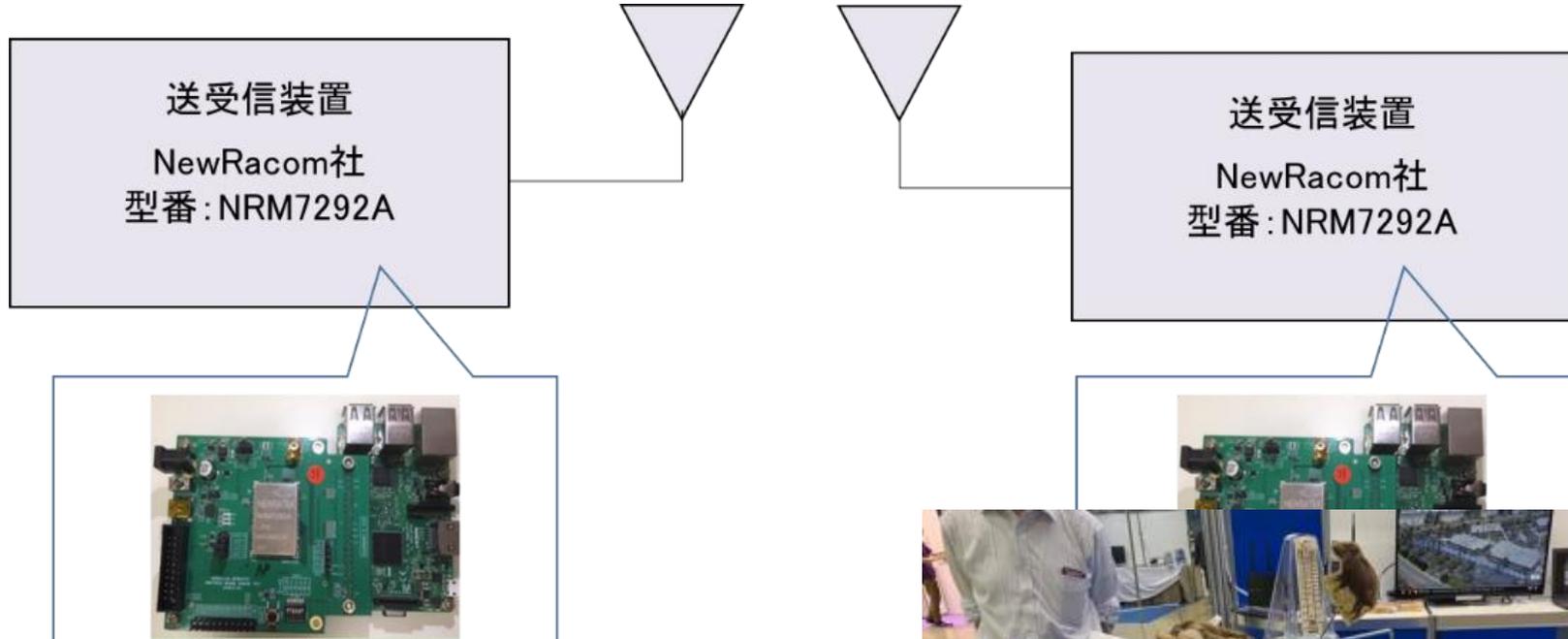
802.11ah推進協議会では、「11ah」の国内利用に向け、今回免許を受けた実験試験局を利用して伝搬特性や干渉評価等の実証実験を行う予定です。



免許状交付の様

従来のLPWAでは実現が
難しかった画像伝送を可
能にするなどのWi-Fiの特
徴をもちながら、より遠く
までの伝送を可能にした
IoT無線システムとして、
様々な社会的課題解決
に向けた規格となること
が期待されている

NewRacomモジュール※ で実験試験局を取得



※ **BEST Wi-Fi IOT PRODUCT 2019 Award at Wi-Fi NOW**
を受賞した11ahモジュール

Best Wi-Fi IoT Product: Newracom



Right: Dr Hyun Seok Oh, Newracom

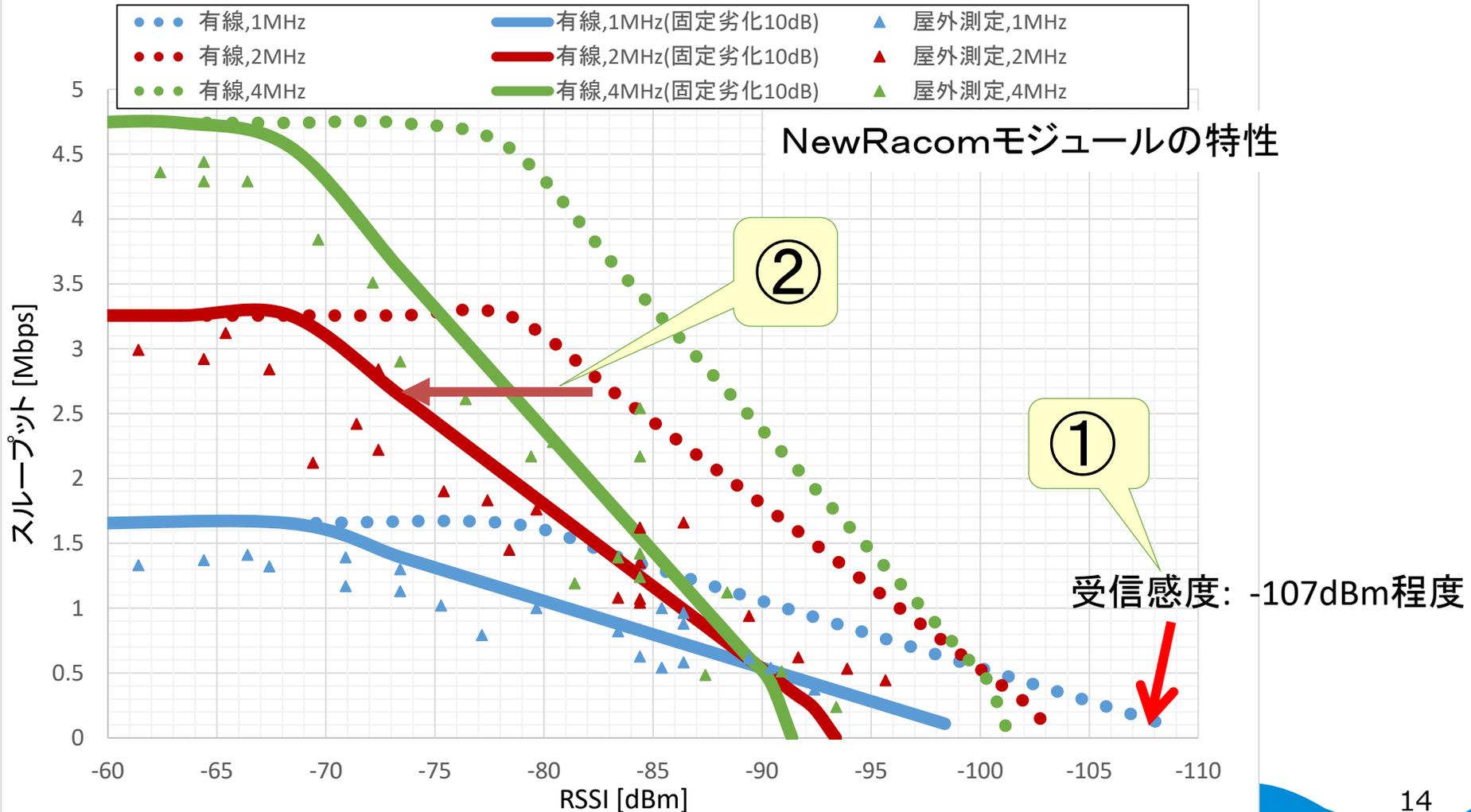
基本特性

YRP地区測定ポイント一覧



有線接続時と無線伝送時のスループット特性

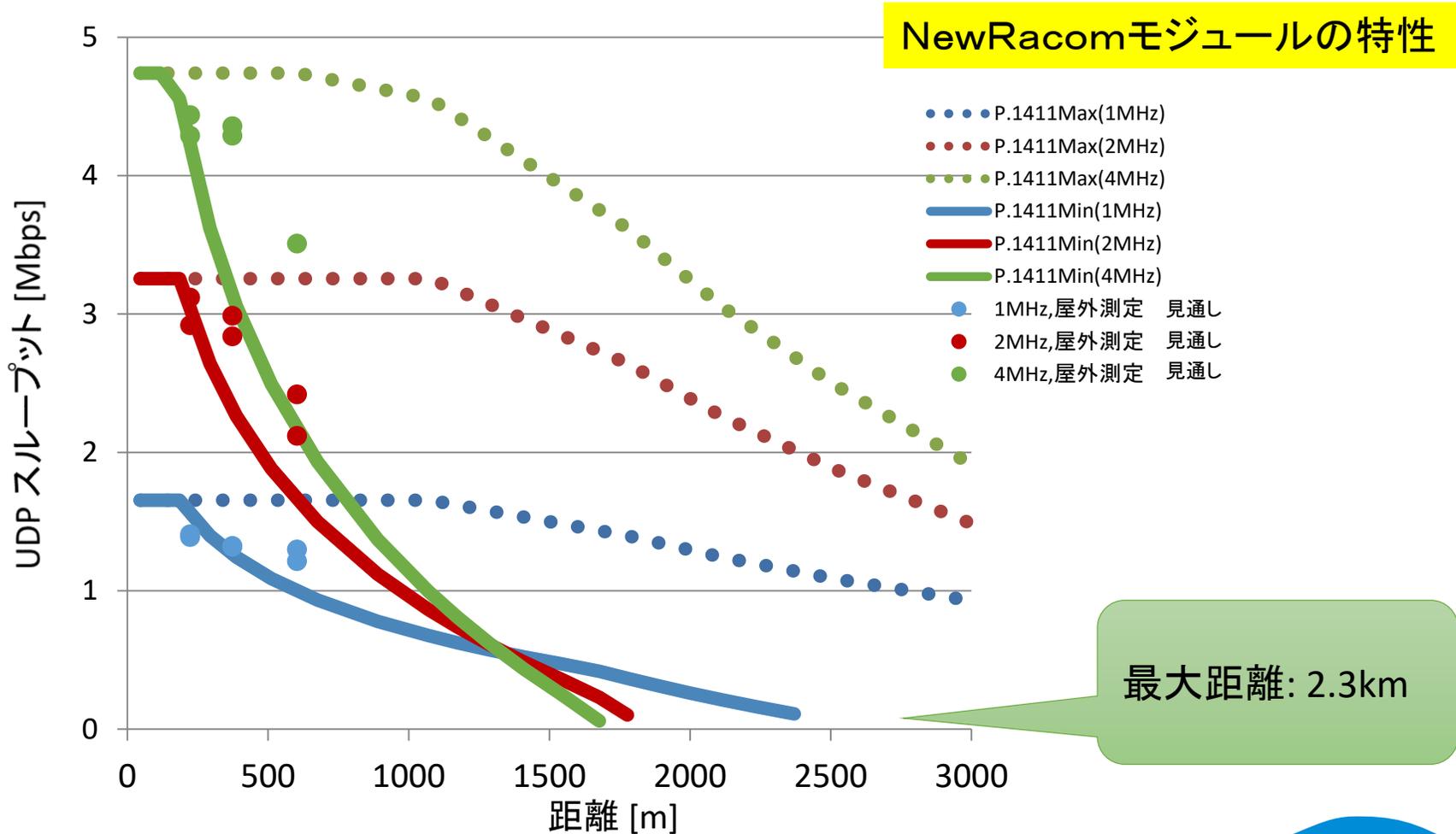
- ① EVKの受信感度: 11ah規格の最低受信感度 (-95dBm)を12dB上回り、良好な性能を示す
- ② 有線接続時と比較すると、マルチパスによるレベル変動の影響により、無線伝送試験のスループットは概ね10dB劣化する



見通し環境での11ahの接続距離推定

見通し伝搬モデルの損失上限を想定した場合、最大伝送距離は2.3km

※有線伝送特性および有線・無線伝送特性差を基に、見通し環境での距離対スループット特性を導出



屋内／ 屋外	モデル	評価エリア	伝送特性	備考
屋内	①住宅	横須賀中央	良好な特性を確認	屋内一屋外特性含む
	②オフィス	川崎市	良好な特性を確認	フロア間特性含む
	モール	ビックサイト	良好な特性を確認	歩行者、複雑な什器の影響
屋外	屋外都心部	茅場町	評価を延期中	コロナ禍の影響で延期
	③屋外都市部	川崎市	良好な特性を確認 (詳細分析中)	ビル等の影響
	④ルーラル	YRP地区	良好な特性を確認	基本特性 (距離特性 & 高さ特性)
		木更津市	良好な特性を確認	山間部, 森林の影響
		加賀市	良好な特性を確認	果樹園, 葉が密集する植生の影響
小田原市		良好な特性を確認	海上沿岸部, 海面反射の影響	

①横須賀：集合住宅伝搬評価

集合住宅の廊下にAPを設置し、部屋内のSTAを収容する利用ケースを想定した屋内外経路の伝搬損失を評価しました。

11ah AP1台で幅100m(18部屋相当) × 3フロアをカバーをすることを確認しました。

11n(2.4GHz)

11ah

※各住戸の各部屋の測定結果のうち、最低のRSSI値を記載(単位: dBm)

	1	2	3	4	5	6	7	(EV)	8	9
8F						-86			-88	
7F	★	-75	-90			-82	-75			-86
6F			-74							-91

AP設置環境(廊下)



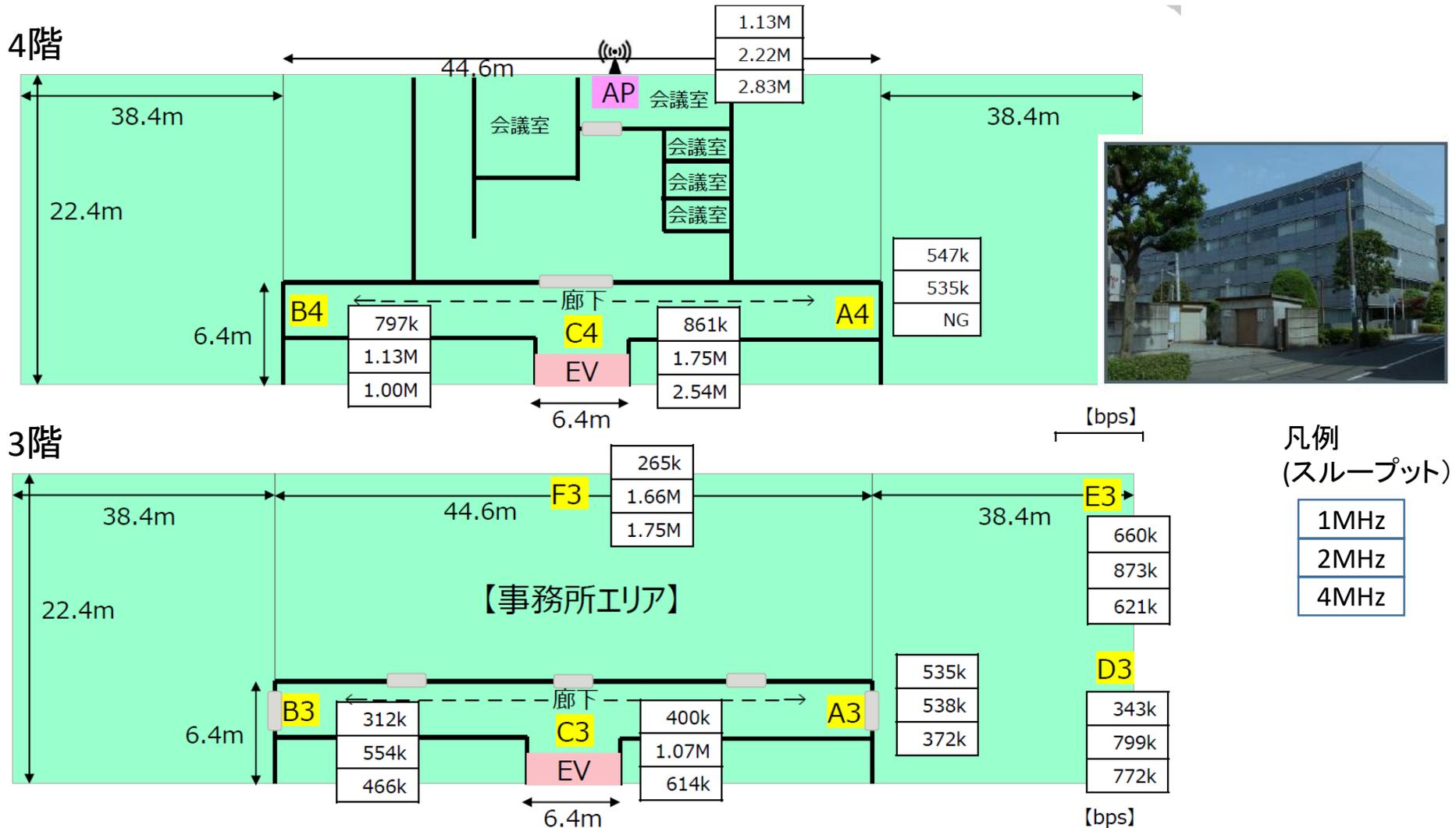
STA設置環境例(屋内)



NTT横須賀日の出社宅
6-8F(幅58m)

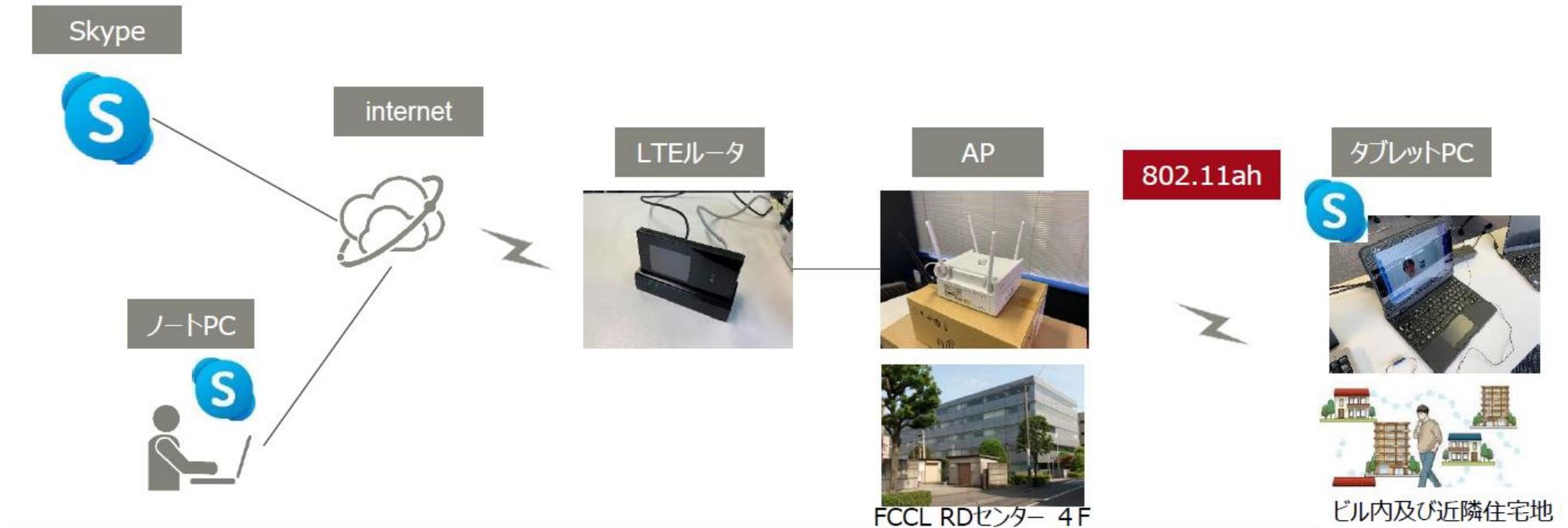
② 屋内・オフィス環境での伝送特性

1台のAPで複数のフロアをカバー



(協力: 富士通、FCCL、MTC、FNETS)

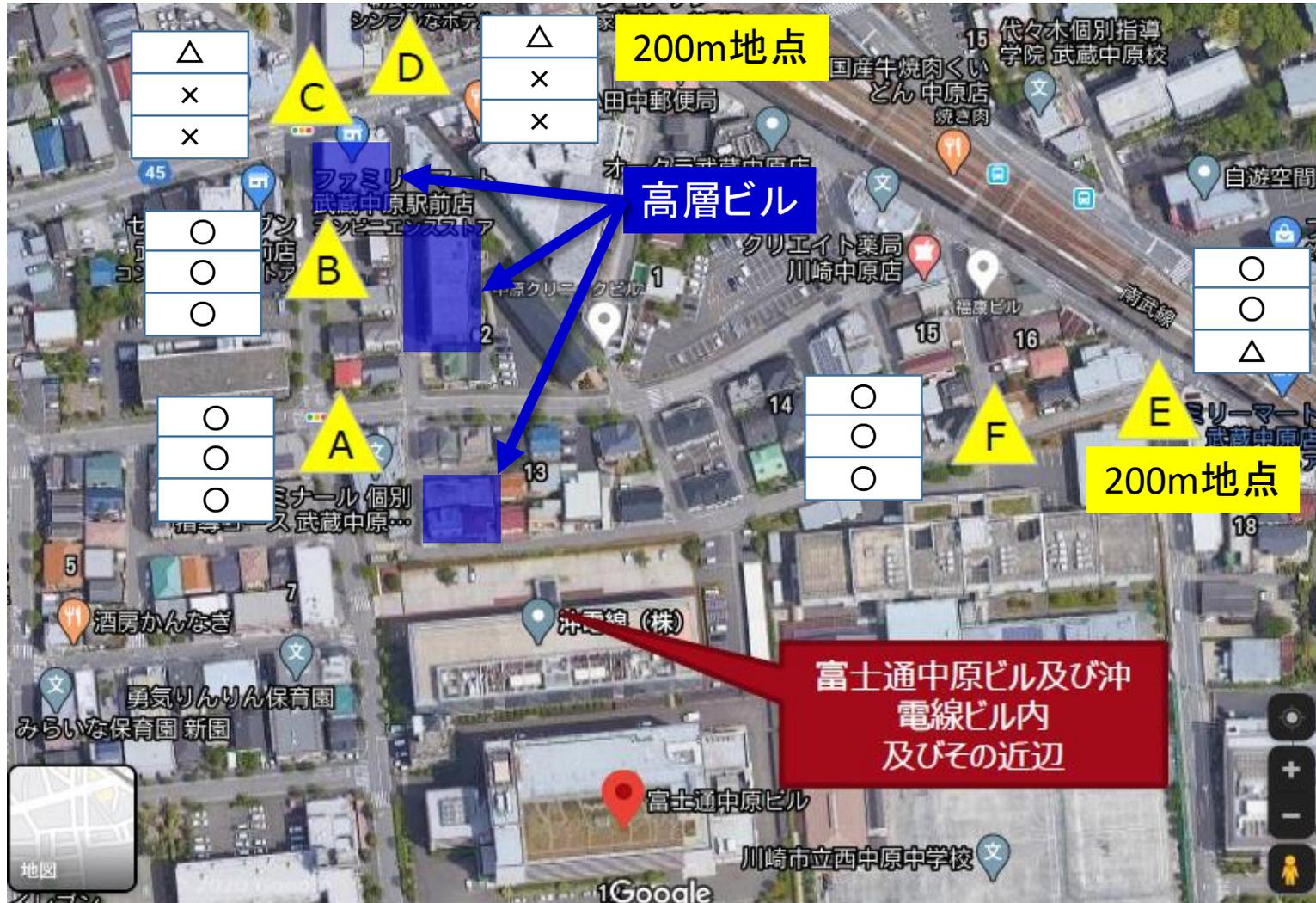
市街地でahタブレットを用いた動画送受信を実施



於：JR南武線 武蔵中原駅付近

③屋外・都市部の伝送特性

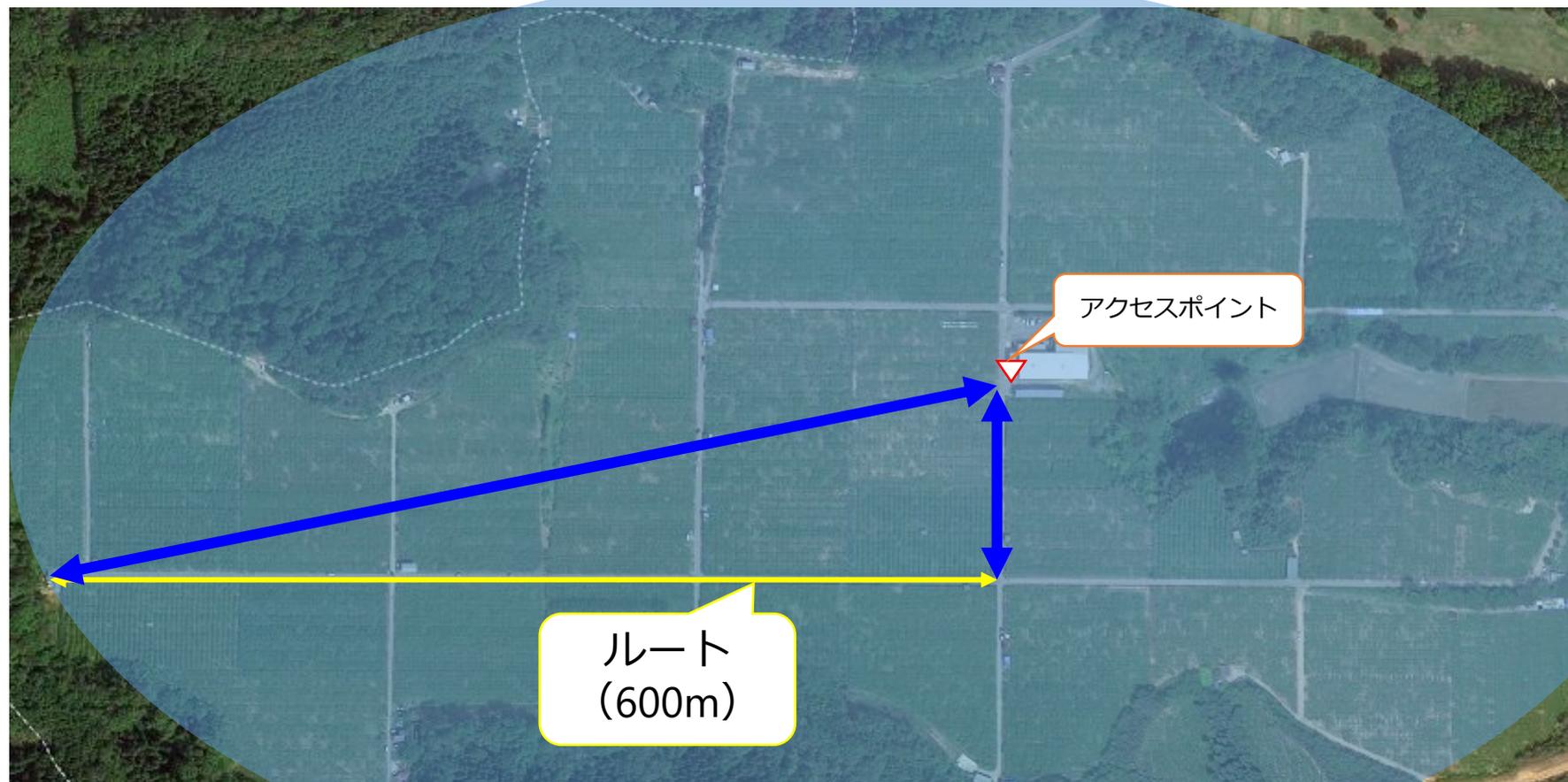
1台のAPで屋外の広範囲なエリアをカバー



(協力: 富士通、FCCL、MTC、FNETS)

④屋外ルーラル： 葉が密集する植生の影響，測定環境

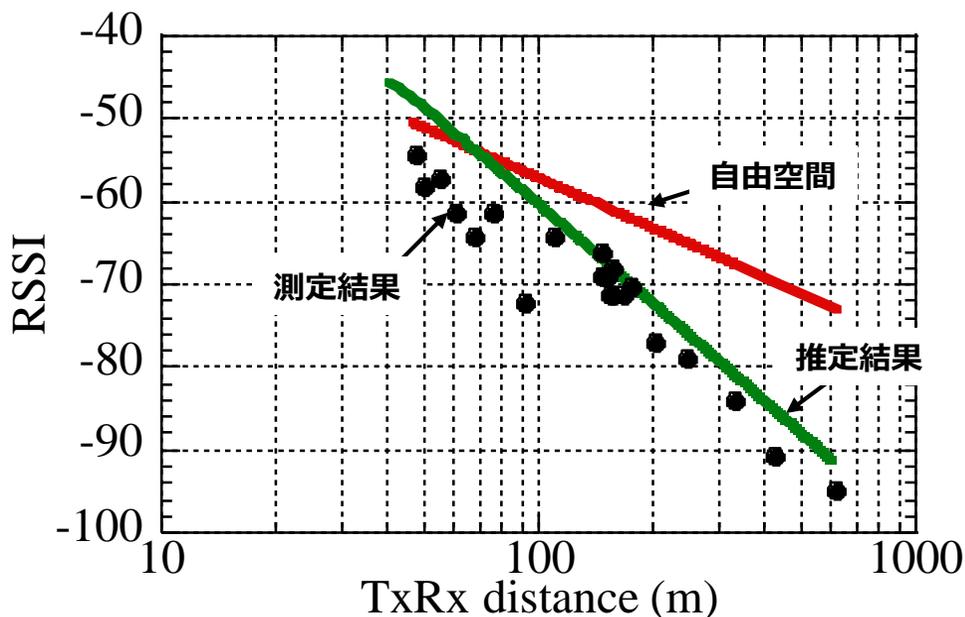
測定環境（圃場全体）



④屋外ルーラルの測定結果： 葉が密集する植生の影響

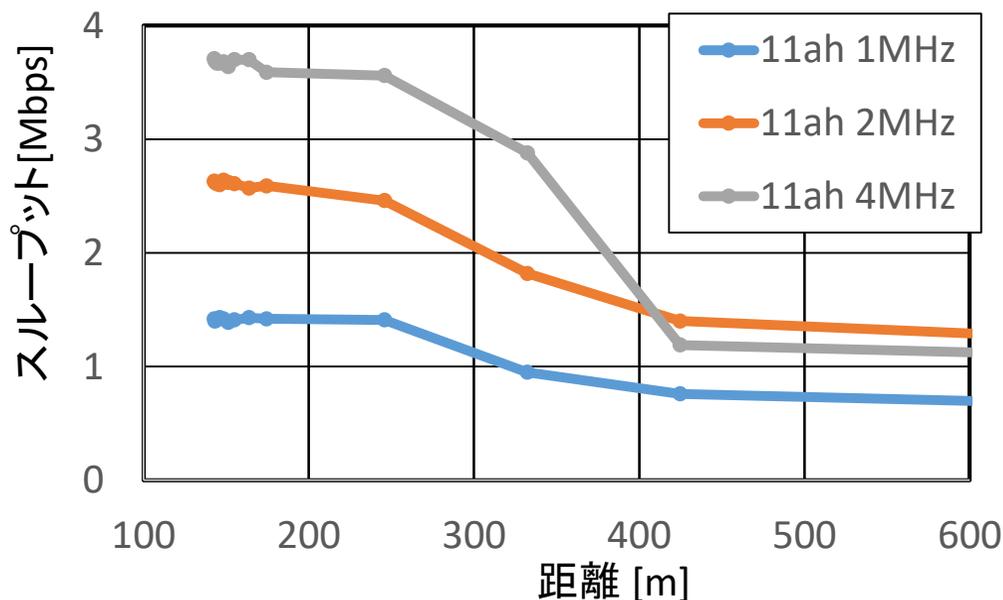
- 葉の影響が大きい果樹園において、既存のITU-Rモデル式の拡張等でモデル化できることを確認（モデルの詳細化を検討中）
- 見通し環境を確保することで、数百mにわたるターゲットエリアを1つのAPでカバー

受信レベル特性例



$$\text{RSSI} = \text{送信出力}(\text{dBm}) + \text{送受信アンテナ利得}(\text{dBi}) - \text{PL}(\text{dB}) - \text{送受信給電損失}(\text{dB})$$

スループット特性(600mルート)



※同じエリアにおける1kmを超えるルートでも150Kbps程度での通信を確認

- 11ah無線規格について
- 各種実証試験の実施
- 920MHz帯の利用状況調査
- 制度化に向けた取り組み

利用状況評価(a.新宿駅東口)

昨年度
総会で報告

- 測定場所:新宿駅
- 測定日:2019年9月27日
- 測定時間:9時8分~10時11分
- 測定場所:喫茶店西武店内
- 受信装置: USRP(ソフトウェア無線モジュール)
- 最低受信感度: -110dBm*

*920MHz帯のキャリアセンスレベル(-80dBm)に対して十分低いレベル

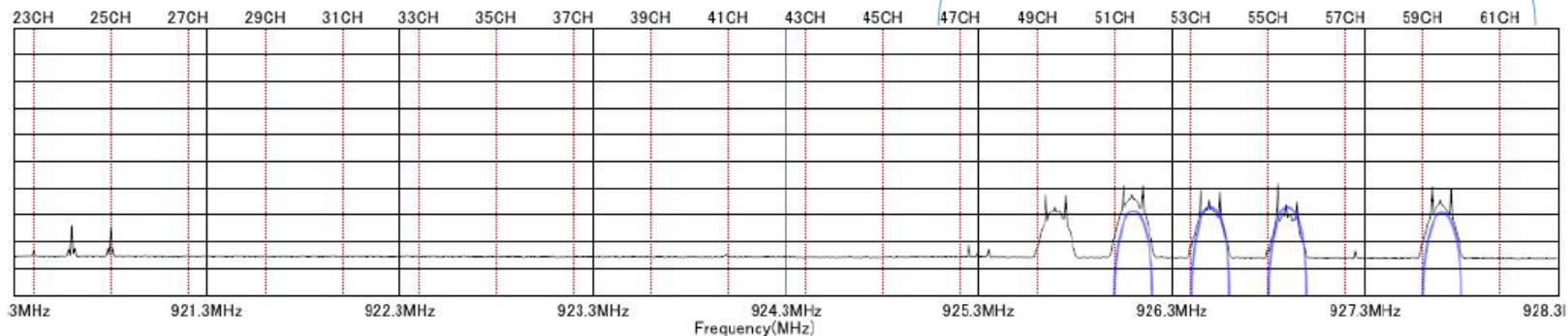
新宿駅東口の喫茶店「珈琲西武」(2F)



利用状況評価(a.新宿駅東口)

昨年度
総会で報告

Wi-SUNと想定される電波
出現頻度は非常に低い



約8secスキャン
分解能は約6ms

屋外利用状況調査のまとめ

- 新宿の他、横須賀中央、武蔵小杉、横須賀中央、八王子(住宅街)、富山などでも同様の調査を実施
- 920MHz帯では、Wi-SUNの他、LoRa、SIGFOXなどと推定される信号を検出
- 利用時間率は1%以下程度で、空き周波数をみつけやすい状況

都心部、都市部、ルーラルのいずれの環境でも、
空き周波数を見つけやすい状況です。

- 11ah無線規格について
- 各種実証試験の実施
- 920MHz帯の利用状況調査
- 制度化に向けた取り組み
 - ①920MHz帯
 - ②MCA跡地

①920MHz帯

- ・免許不要で20mW出力が可能、920.5-928.1MHz帯

- ・共存する主な無線システム:

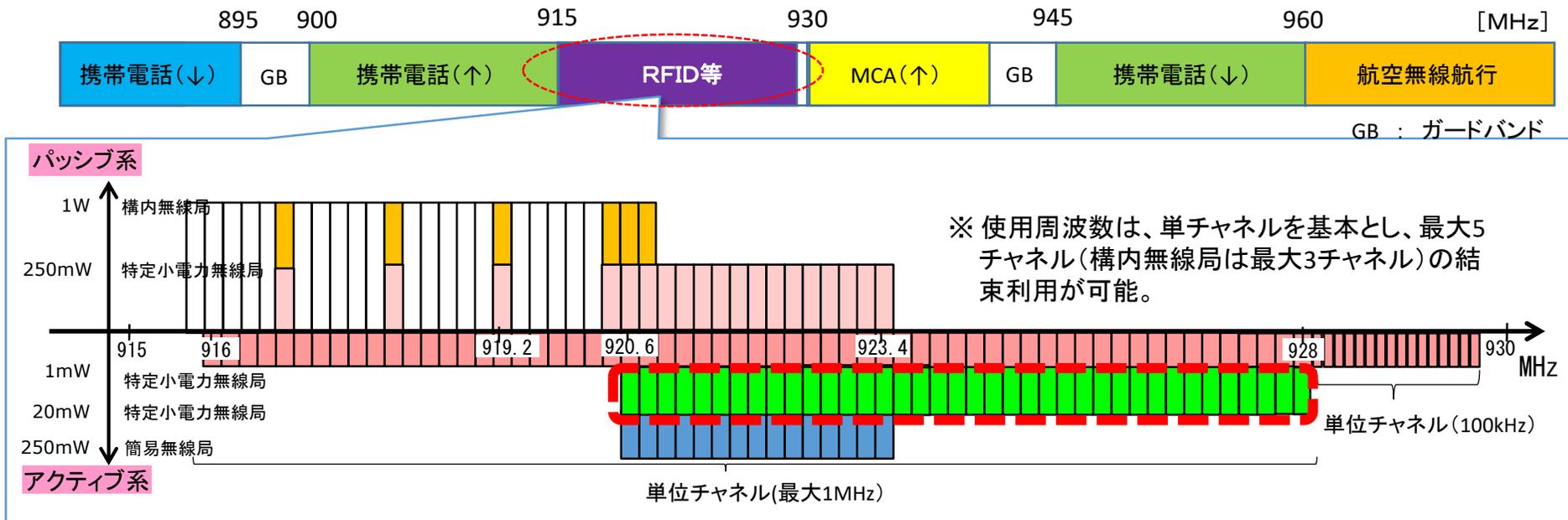
アクティブシステム: Wi-SUN, LoRa, SIGFOX, ELTRES

パッシブ系システム ※922.3MHz以下

- ・隣接する無線システム:

携帯電話 上りリンク: 900-915MHz

MCA 上りリンク: 930-940MHz



完了

ARIB電子タグ作業班

- 送信スペクトルマスクの拡大
現行のスペクトルマスク基準を既存システムとの共用条件を満足する範囲で緩和する。
- 送信帯域幅の拡大
新規に2/4MHzの利用を可能にする。
- 送信時間率やEIRPは現行規則に対応

総務省 電子タグ
システム等作業班
⇒ 陸上無線通信委員会

パブリックコメント
募集

情報通信技術
分科会 答申

電波監理審議会
⇒ 省令改正へ

最後の
山場

① OFDM伝送

既存の制度化はシングルキャリア伝送を前提に制度化が行われている一方、802.11ahは**OFDM伝送を用いている**ため、OFDMの周波数特性に適した規定が必要となります。

② 送信帯域幅の拡大

802.11ahでは**1/2/4MHzチャンネル**が規定されております。現行規則では、2/4MHz伝送が許容されていないため、これらの帯域幅を新規規定する必要があります。

③ 送信時間率

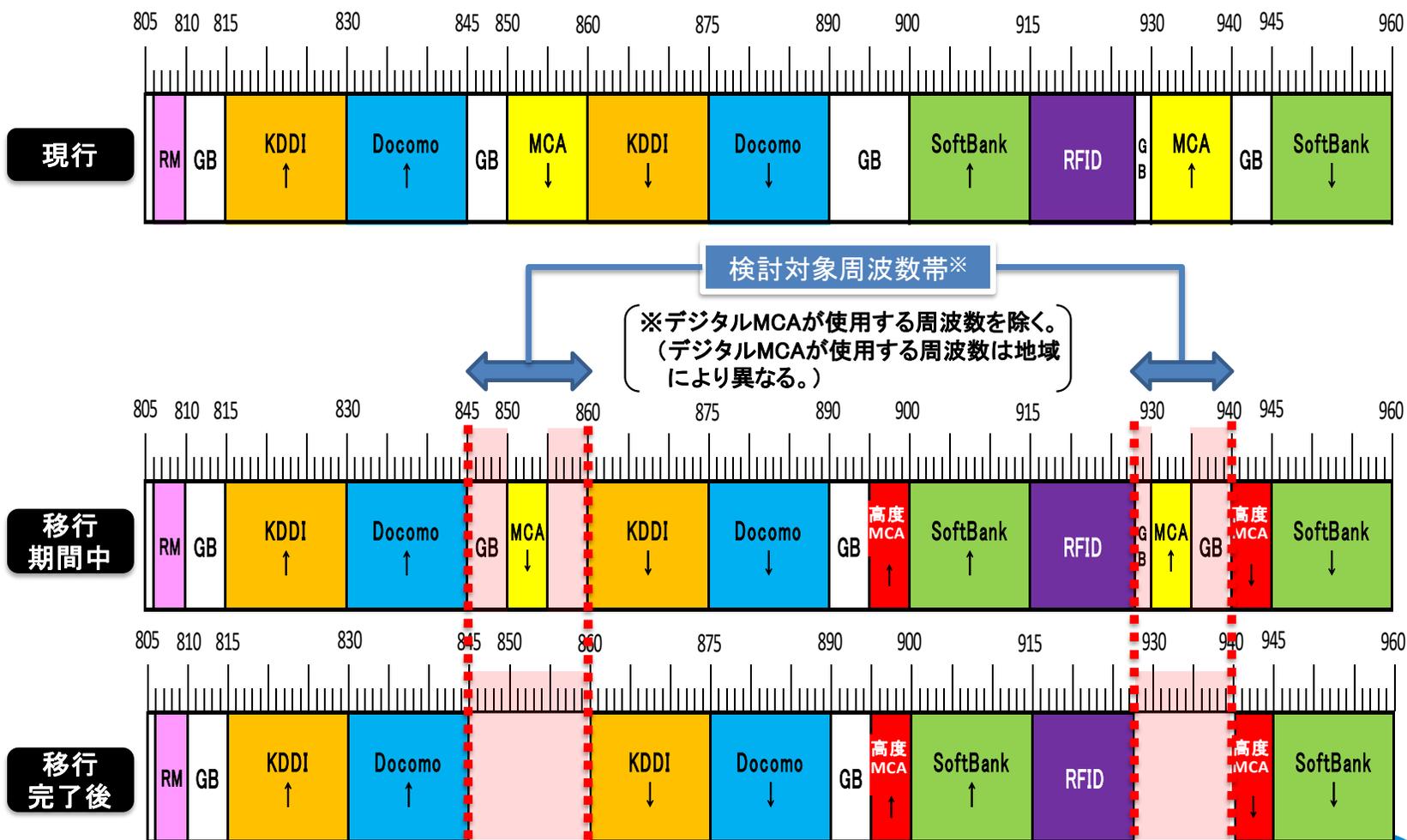
- 1時間当たりの最大送信時間を360秒に制限
- 既存システムの運用に支障を与えないことを担保する観点から、本条件を踏襲

④ EIRP拡大(高利得指向性アンテナ)

- 直近の制度化対象から除外
- EIRP拡大は802.11ahに限らず既存のLPWAへの適用も含めてARIB内で継続して議論していく予定

②MCA跡地

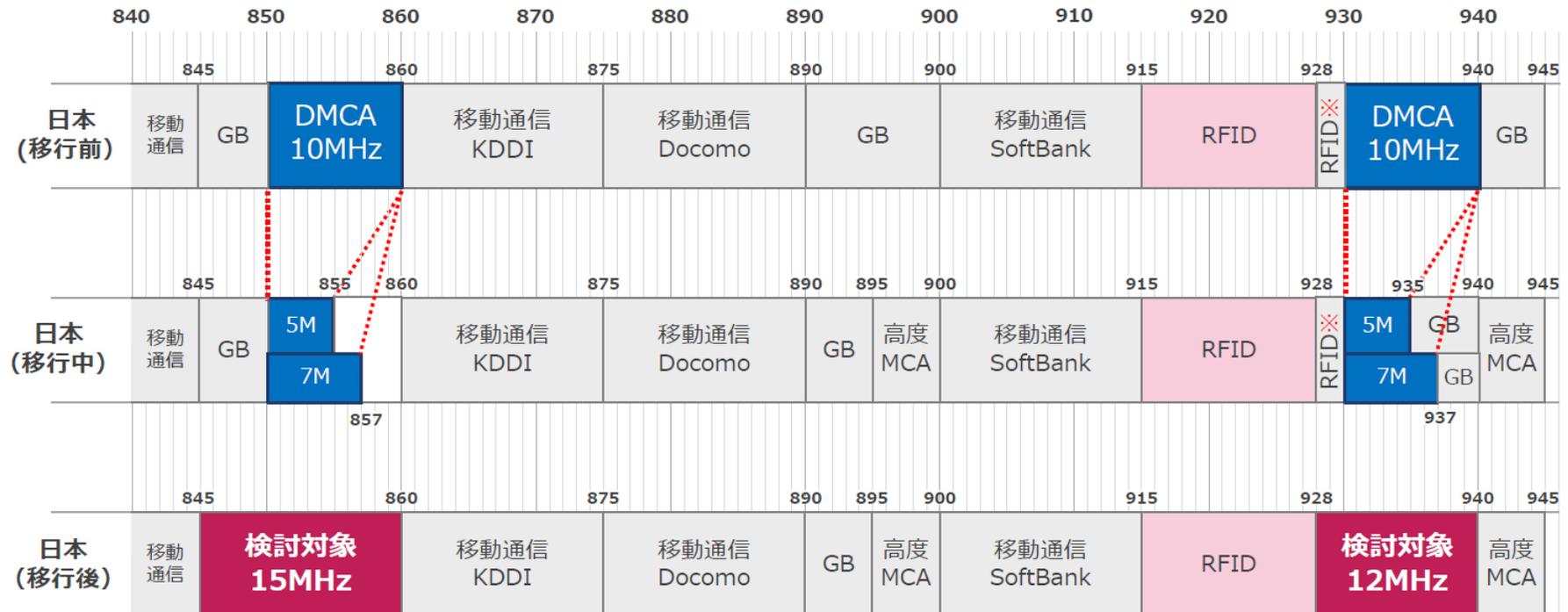
デジタル MCAシステムの移行後の新たな無線システムが検討される、周波数帯(845~860MHz及び928~940MHz)



高度MCAへの移行シナリオ (第2回調査検討会資料より再掲・一部修正)

- 現在、デジタルMCA (DMCA) が上りと下り、それぞれ10MHz幅の帯域を使用している。
- 2021年4月から、高度MCAがサービス開始されると、デジタルMCAの利用帯域は、5MHz (地域によっては7MHz)に縮減予定。
- 高度MCAに移行完了後は、全ての帯域が空く予定。
- 現状、高度MCAへの移行完了時期は、未定。

※出典: 資料900M-3-2, 「(2) デジタルMCAシステムの移行方法・時期等に係る調査検討の状況報告」, 900MHz帯における新たな無線利用に関する調査検討会 第3回会合, 2020年12月18日。



※ : 928-930MHzは1mWのアクティブ型RFIDが利用可能。スポーツ用途では特定の場所で使用されている。

当該帯域のユーザを保護しながら、20mWでの利用を検討している提案システムとの共用可能性についての検討が必要。

2020年3月の総務省からの報告では、845～860MHz 帯、928～940MHz 帯の双方に、候補システムとして802.11ahが記載されています。また、関連する技術試験事務もスタートしています。

◆845～860MHz 帯の**他の**候補システム：

- ・3次元屋内外測位システム
- ・LPWA システムの双方向化

◆928～940MHz 帯の**他の**候補システム：

- ・LPWA システムの双方向化
- ・パッシブ型 RFID の利用拡大
- ・IEEE 802.15.4x方式によるIoT無線通信システム
- ・無人航空機等の位置情報共有システム

・今年度中の商用化へいよいよ秒読み開始

920MHz帯

- ・帯域内干渉の共用条件
⇒ ARIB作業班(完了)
- ・隣接帯域との干渉の共用条件
⇒ 総務省作業班(調整開始)

パブコメ
電監審など

- ・産業における効率化・省力化
農業分野のIoT活用、など
- ・住民、サービスの提供範囲拡大
安価な防災ネットワーク

・さらなるユースケースの拡大に向けて

MCA跡地

- ・帯域内干渉の共用条件
⇒ 本年度技術試験事務

共用条件や
部分開放の
検討など

パブコメ
電監審など

ユースケース拡大
(安価で自由に)

帯域拡大
(画像から動画へ)

- ・既存ビジネスの伸張での活用
家庭内(戸建・マンション)のIoT
など

まとめ

- **各種実証試験**を実施し、IEEE802.11ahによって、広域で高速な通信が可能となることを確認しています。
- **920MHz帯の利用状況調査**の結果から、都心部、都市部、ルーラルのいずれの環境でも、空き周波数をみつけやすい状況であることが分かりました。
- **920MHz帯の制度化**に向けた取り組みを実施し、ARIB作業班で関係者の合意を得ました。今後は、最後の山場である総務省情通審での議論に移行していきます。