

生体電磁環境に関する検討会  
先進的な無線システムに関するWG

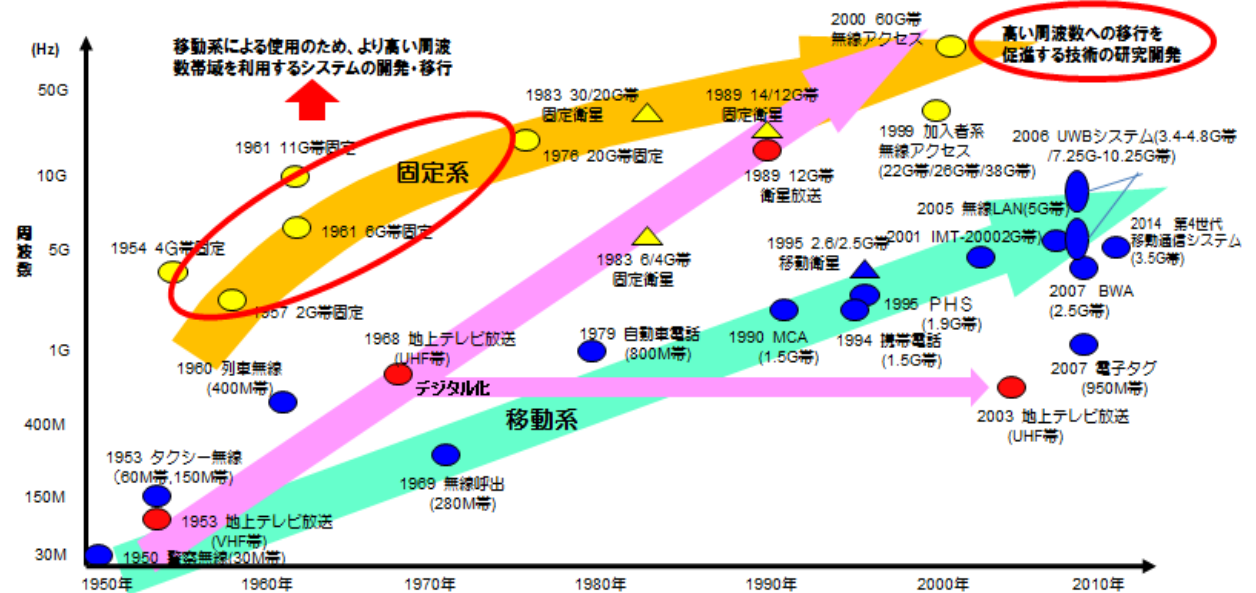
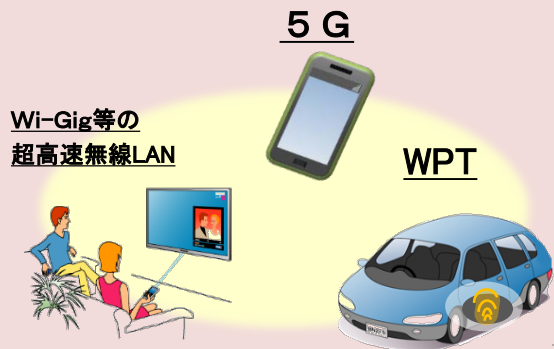
ワーキンググループの  
検討事項及び進め方について

平成28年9月15日  
総務省総合通信基盤局  
電波部電波環境課

# 先進的な無線システムの安全性に関する検討の必要性

- 第5世代移動通信システム(5G)、超高速無線LAN、ワイヤレス電力伝送(WPT)等の先進的な無線システムの普及・実用化に向けた取組が急速に進展
- 先進的な無線システムの普及に伴い、電波利用環境が従来から大きく変化することが見込まれることから、電波防護指針や適合性評価方法に関して、新たな電波利用動向へ対応するための検討が喫緊の課題
- このため、先進的な無線システムの動向、最新の科学的知見や各国の動向等を踏まえた検討を開始することが必要

## 5G等の先進的な無線システムの普及・実用化に向けた動き

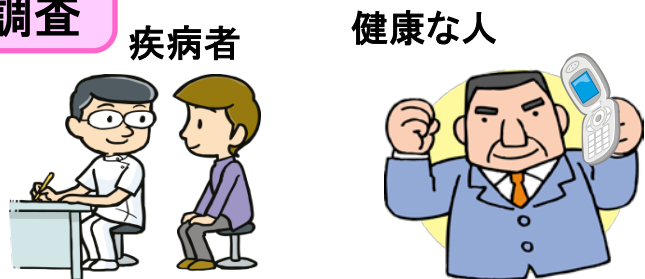


電波利用システムと周波数の変遷

- 従来、人体近傍で用いられてこなかった周波数帯(例:100kHz、数十GHz、60GHz)の利用が急速に進展する見込み

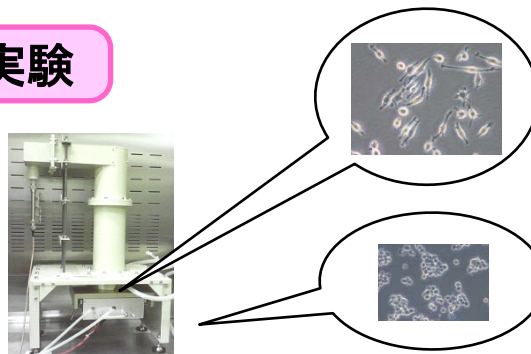
- ◆ 科学的に確認されていない電波による生体への影響等について、人体を模擬した解析モデルの開発等を行うとともに、疫学調査や細胞実験・動物実験を介して医学的・生物学的観点から調査。
- ◆ 研究結果は電波防護指針等の基準の妥当性確認に活用するとともに、WHOの国際電磁界プロジェクトに入力し、国際的なリスク評価に貢献。

## 疫学調査



日常環境での電波ばく露量を厳密に調査することで、これまでの疫学調査結果の精密な検証を行う。

## 細胞実験



電波ばく露による細胞や動物への影響の有無を調査

## 動物実験



## 解析モデル開発



## 測定システム開発

電波吸収率測定システムの開発



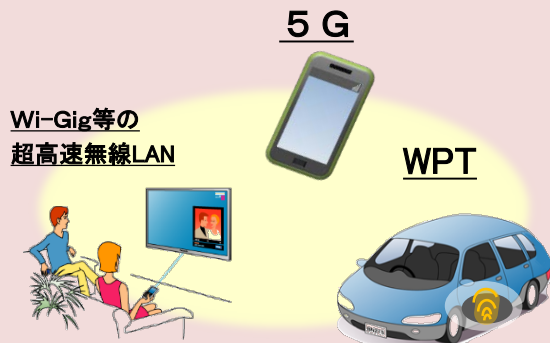
## (ク)電波の安全性に関する調査及び評価技術

- 電波が人体等へ与える影響を調査し、科学的に解明することで、電波をより安心して安全に利用できる環境を整備することを目的として、電波の安全性に関する調査及び評価を実施。
- 今後、5G等の先進的な無線システムの普及に対し、国民が安全・安心に新しい無線システムを利用できる環境の確保が必要となるため、次期においては、従来からの取組に加え、5G等の先進的な無線システムが使用する周波数についても、電波の安全性の調査及び評価を実施するため、下記を実施。
  - (1) 関連する国内の中核的な研究拠点や国際機関との連携を強化することにより、先進的な電波利用システムに関する最新の科学的知見を充実
  - (2) 成果について、電波防護指針や国際ガイドライン等への反映

### 【実施にあたっての留意事項】

- 既存業務の効率化を行った上で、拡充部分については精査の上で実施すること。

5G等の先進的な電波利用システムの安全性に関する科学的知見の充実が急務



国内研究体制の強化



- 防護指針への適合性評価
- 測定装置の開発
- 安全性評価方法の確立 等

国際的な連携の強化



WHO、ICNIRPや諸外国政府との国際的な連携強化、及び、先進的な電波利用システムに関する最新の科学的知見の共有を図る

# 国際機関等における電波防護に関する検討状況 (リスク評価・ガイドライン)



## **WHO (世界保健機関)**

- WHO国際電磁界プロジェクトを平成8年に発足し、電磁界ばく露についての健康リスク評価書である環境保健クライテリア (EHC: Environmental Health Criteria) の発刊に向けて検討を開始
- 平成18年及び平成19年に、静電磁界及び超低周波 (ELF) 電磁界 (100kHz以下) へのばく露について、それぞれEHCを発刊
- 現在、高周波 (RF) 電磁界 (100 kHz-300 GHz) のEHCの改定版発刊に向けて作業中 (100kHz以上のRF電磁界についてのEHCは平成5年に発刊)
- 国際的な非電離放射線基本安全基準 (NIR BSS) 策定が可能かどうか検討中

## **ICNIRP (国際非電離放射線防護委員会)**

- 平成10年、300GHzまでを対象とする「時間的に変動する電磁界の人体ばく露量に関するガイドライン」を発行
- 平成22年、低周波電磁界 (1Hz-100kHz) に関する改定版を発行
- 100kHz以上の高周波電磁界に関して、WHOが発行予定の環境保健クライテリア (EHC) に基づいたガイドライン改定に向けて検討中 (平成28年12月以降Public Consultationを実施予定)
- 低周波電磁界については、Data Gapについて検討中

## **IEEE (米国電気電子学会) / ICES (電磁界安全に関わるIEEE国際委員会) / TC95**

- 平成14年、C95.6「0Hz～3kHzの電磁界への人体ばく露に関する安全レベルについてのIEEE規格」を発行
- 平成17年、C95.1「3kHz～300GHzの無線周波電磁界への人体ばく露に関する安全レベルについてのIEEE規格」を改定 (平成3年に策定された初版を改定)
- 平成30年以降、C95.1、C95.6の統合規格を発行予定





## **IEC (国際電気標準会議) / TC106**

- 人体ばく露に関する電界、磁界および電磁界の評価方法に関する国際標準規格を発行
- 5G(6GHz超)に関する適合性評価方法の検討を開始予定(平成29年にTechnical Report(TR)、平成31/32年にInternational Standardを発行する計画)
- 平成22年、IEC 62209-2 Ed.1(側頭部以外のSAR測定法)を発行。
- 平成28年、IEC 62209-1 Ed.2(側頭部SAR測定法)を改定(平成17年に策定された初版を改定)。
- 情報通信審議会答申を基に、日本主導でワイヤレス電力伝送(WPT)に関するTRを策定中



## **IEEE/ICES/TC34**

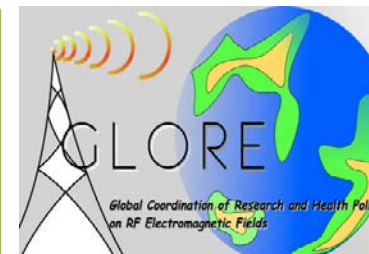
- 適合性評価方法に関する国際標準化を実施
- 数値計算に基づく適合性評価方法の標準化等をIECと共同で検討

(参考)ITUでも人体防護の取り組みが行われているが、5G等を対象とした具体的な活動はまだない



## GLOREの目的と背景

各国の専門家・研究者により、電波の安全性に関する最新の研究状況や各国の施策動向について情報交換を行うとともに、今後の研究及び施策の方向性等について意見交換を行うことを通じ、国際協調の推進を図ることを目的としており、平成9年より毎年開催。



## 2015年GLOREの結果

- ・日時：2015年11月19日～20日
- ・場所：韓国(ソウル)
- ・参加者：日本、韓国、EC、米国、WHO等より、約40名の行政官・研究者が参加。
- ・結果：各国の最新の施策・研究状況に関する発表が行われるとともに、新技術(WPT、Wi-Gig等)への対応等、様々なテーマに関する議論が行われた。  
今後の施策・研究課題を議論する場として、本会合の意義がより高まっているとの認識で一致。

## 2016年GLOREの日本開催

- ・日時：2016年11月30日(水)～12月1日(木)
- ・場所：日本(横浜)
- ・参加者：韓国、EC、米国、豪州、中国、タイ、WHO、ICNIRP 等 (行政官・研究者)
- ・議題：電波の安全性に関する各国の規制・研究動向に関する情報交換を行うとともに、先進的な無線システムへの対応等、電波の安全性に関する様々な課題等について議論を行う。

※現時点の予定であり、変更等の可能性あり

- 情報通信審議会電波利用環境委員会における検討を開始するにあたり必要となる基礎的な検討を実施。
- 以下の検討事項の例の他、幅広い視点からの論点の抽出と、それらに関する検討が必要。

## 【検討事項の例】

### (1) 先進的な無線システムに関する国内外の研究結果や標準化動向等の評価・分析

- ・今後の電波利用(周波数帯、規格等)の把握
- ・新たな電波利用システムの実現に向けた研究結果
- ・国際標準機関等における標準化動向 等の評価・分析

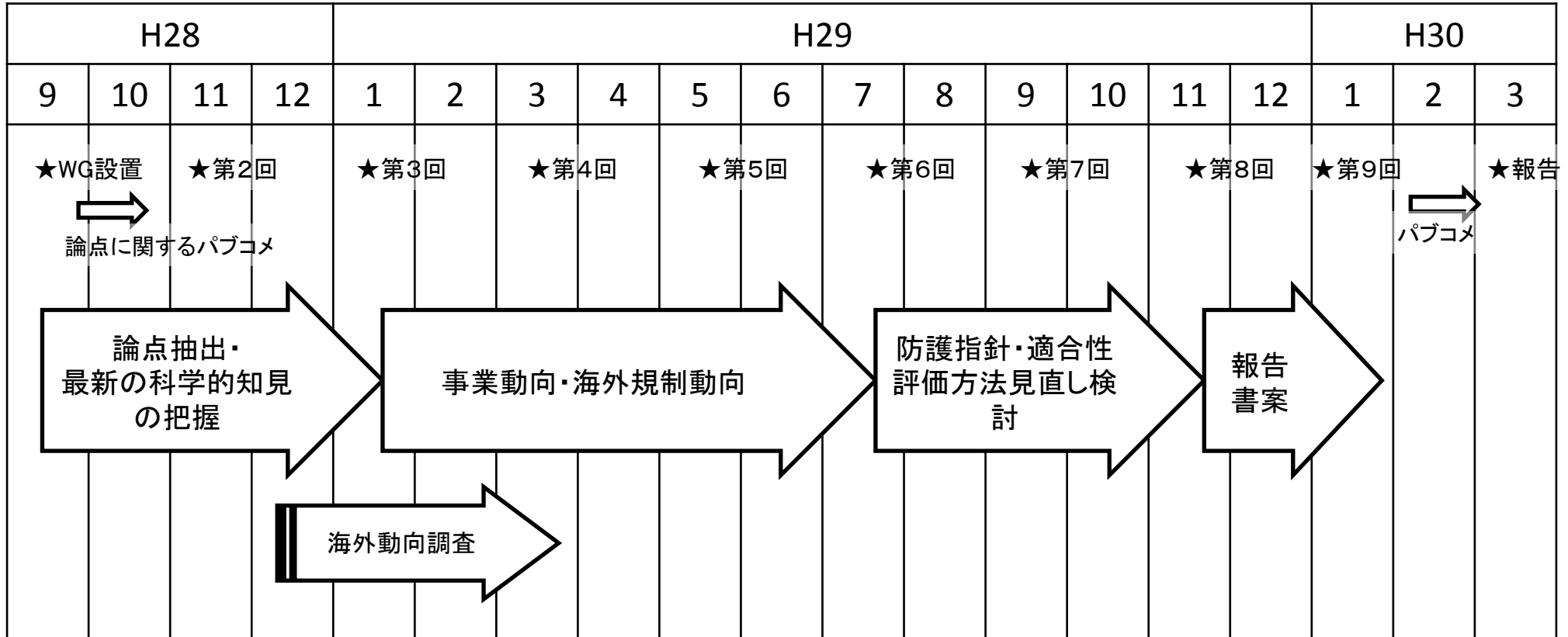
### (2) 最新の科学的知見を踏まえた電波防護指針の妥当性や適合性評価方法に関する検証

- ・総務省委託研究などの国内外における生体電磁環境に関する最新の科学的知見の把握
- ・WHO(世界保健機関)、ICNIRP(国際非電離放射線防護委員会)、IEEE(米国電気電子学会)、IEC(国際電気標準会議)などの関連機関における標準化等の動向の把握
- ・電波防護指針に関する検証(例:眼球規制、6GHz超における電界強度指針)
- ・適合性評価方法に関する検証(例:高周波数帯(数十GHz~)アンテナ近傍の電磁界強度測定手法)

### (3) その他関連する事項



# 検討スケジュール

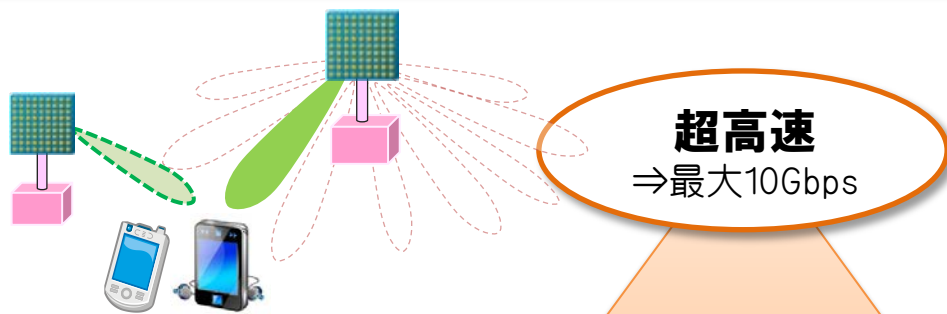


本WGにおける検討結果を基に情報通信審議会電波利用環境委員会において  
 所用の制度整備に向けた審議を開始(平成30年度～)

## 參考資料

# 5Gの要求条件

- ✓ 5Gに求められる要求条件: ←国際電気通信連合 (ITU) で議論  
有線に匹敵する「**超高速**」、「**超低遅延**」、センサーネットワーク等における「**多数同時接続**」  
 < 主要性能 >
  - ・最高伝送速度 10Gbps ※ (現行LTEの100倍)
  - ・100万台/km<sup>2</sup>の接続機器数 (現行LTEの100倍)
  - ・1ミリ秒程度の遅延 (現行LTEの1/10)
- ✓ 5Gは、「**超高速+IoTの基盤技術**」として大きな市場を創出することが期待



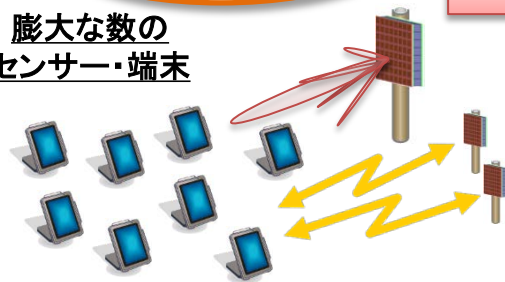
例: 4K/8Kなど高精細映像も超高速に伝送



例: 狭いエリアでの同時多数接続、スマートメーター、インフラ維持管理(多数接続、低消費電力なIoT)



膨大な数の  
センサー・端末



## 5Gの 主な要求条件

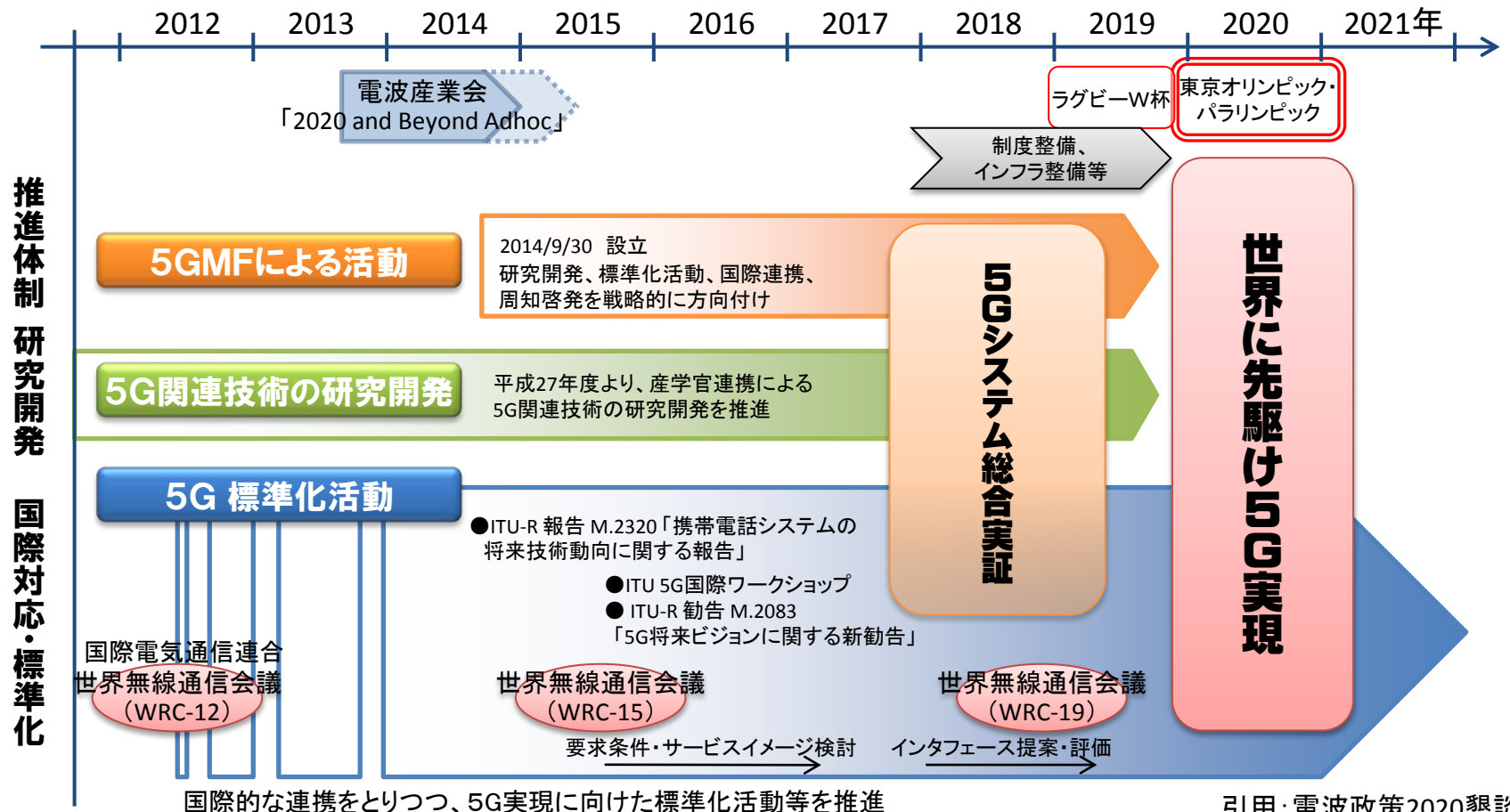
5Gの特徴



例: 自動運転、遠隔ロボット操作 (リアルタイム操作、ミッションクリティカルなIoT)

# 5G推進ロードマップ

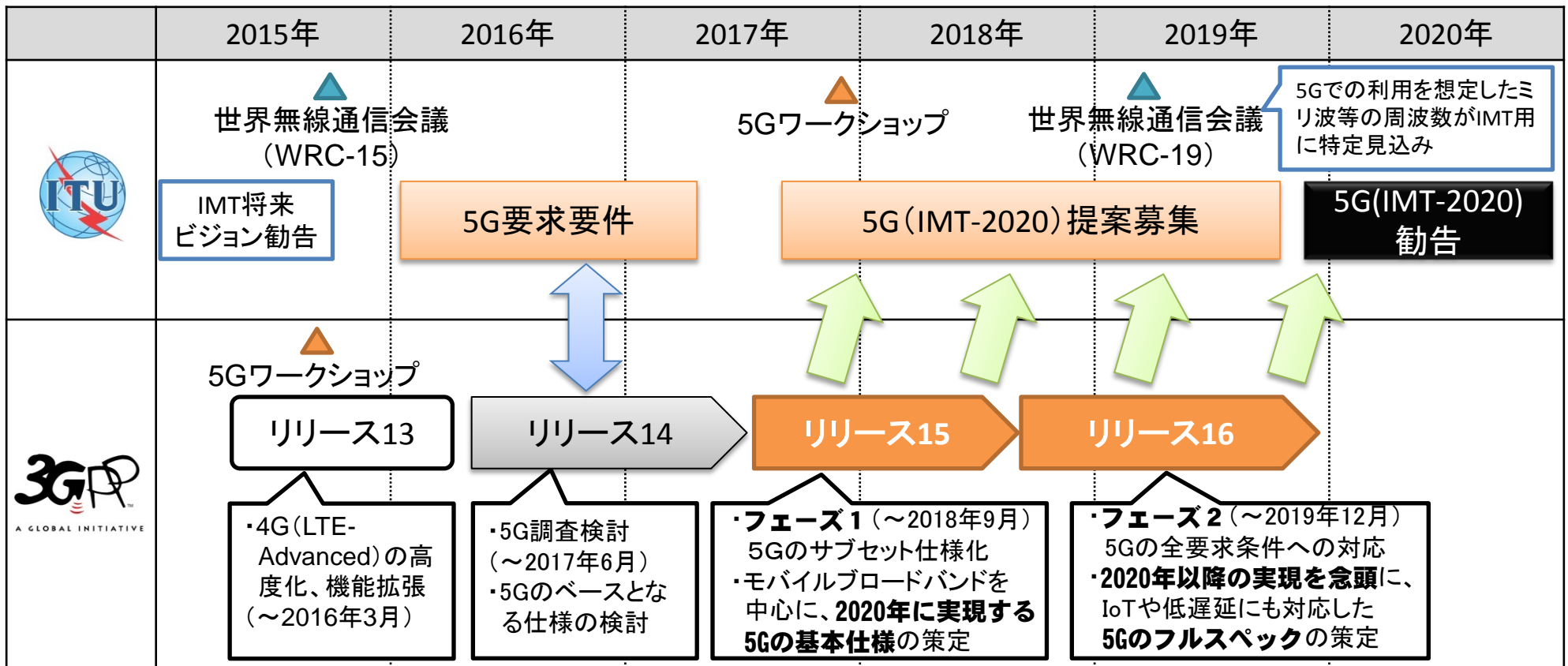
- ✓ 2020年の実用化に向け、以下の3つを柱として推進
  - ① **第5世代モバイル推進フォーラム (5GMF)** による活動
  - ② 産学官連携により、**5G関連技術の研究開発を推進**
  - ③ ITU等における**5G標準化活動**
- ✓ 5Gによって実現可能となる新たなサービス・利用シーンの提示を含め、2017年度から東京・地方都市で「**5Gシステム総合実証**」を実施





# 5Gの国際標準化動向

- 2020年の5G実現に向けて、ITU(国際電気通信連合)や3GPP※等において、5Gに関する標準化活動が本格化
  - ・ITU: 2015年9月、「IMTビジョン勧告(M. 2083)」を策定。2017～2019年に5G(IMT-2020)無線インターフェイスに関する提案受付を行い、2020年までに勧告化予定。
  - ・3GPP: フェーズ1・2による2段階の標準化作業が計画。2017年までの5Gに関する調査検討(リリース14)を経て、フェーズ1では、2020年に実現する5Gの仕様を盛り込んだフェーズ1仕様(リリース15)が2018年に仕様化を完了予定。その後、フェーズ2では、5Gに求められる全ての要求条件に対応したフェーズ2仕様(リリース16)が2019年に仕様化を完了予定。


※3GPP(3rd Generation Partnership Project)とは、3G、4G等の仕様を検討・開発し、標準化することを目的とした標準化団体。日本、米国、欧州、中国、韓国の標準化団体によるパートナーシッププロジェクトであり、1998年設立。



- 
- **FCC**が5G用周波数について検討を推進。特に有力と考える周波数帯は27.5–28.35 GHz, 37–40 GHz。フレキシブルな規制 (flexible rules) を重視。SharedやUnlicensedといった免許モデルも検討。
  - **Verizon**、アルカテル・ルーセント、エリクソン、ノキア、クアルコム及びサムスンは、5G実現に向けたフォーラム (Verizon 5G Technology Forum) を2015年9月設置。2016年2月MWCでも進捗公表。2016年より5Gの実証試験を開始予定。Verizonは2017年の商用開始を発表。
  - **AT&T**も5G早期導入計画に向け2016年中の実証実験 (エリクソン、インテル等) を発表。

- 
- EUの「**METISプロジェクト**」や「**5G PPP**」で5Gのコンセプトや技術策を検討、研究開発を推進。Horizon2020を通じて、2020年までに7億ユーロを投資予定。民間からは30億ユーロ以上を投資予定。
  - 2020年以降、5G商用インフラを整備。2018年から実証実験を予定。
  - 「Vertical」をキーワードとして、自動車をはじめICT以外の分野との連携を重視。
  - **英国サリー大学**が5Gイノベーションセンター (5GIC) を設立。2015年から実証等を開始。
  - **エリクソン**や**ノキア** (ベンダー) 等が各国の通信事業者と連携し、5Gの共同研究開発を実施。3GPP等を主導。

- 
- **2018年 平昌オリンピック**で**サムソン**中心にKTやSK Telecom等が実証を計画。28GHz帯を用い20 Gbpsを目指す。プレスセンター、空港、会場等において ホログラム、スーパーマルチビュー、VR、Giga WiFi 提供。2020年商用サービス開始を目指す。2016年2月MWCでKT等が展示。
  - 5G研究開発プロジェクト (Core Technology Project, Giga Korea Project) を通じて、2020年までに4.9億ドルを投資。5Gの新たな市場創出のため、中小企業の参加促、技術移転支援。
  - 2016年2月、KT、NTTドコモ、SK Telecom及びVerizonの4社は、5G実現に向けた実証を行っている企業間での協力を促進するため、**5G Open Trial Specification Alliance**の設立に合意。

- 
- 2020年の5G実現を目指し、2016年1月から3~4GHz帯を用いて5Gトライアルを実施予定。
  - 次世代移動通信・電波技術の研究開発団体である「**FUTURE FORUM**」や、3省庁により設された「**IMT-2020 Promotion Group**」が、5Gの要求仕様を検討中。



# 米国FCCによる5Gモバイル・ブロードバンド用周波数の運用規則

2016年7月、FCCは24GHz以上のミリ波帯の利用に関する“Report and Order”を発表。

- ・ 4つの周波数帯(28GHz, 37GHz, 39GHz, 64-71GHz)の運用規則が示された。
- ・ 第5世代移動通信の追加周波数としての活用も含む多様な利用を想定し、下記の点を重視して検討
  - ①連続帯域確保(500MHz以上)、②国際連携(移動業務分配)、③既存業務との共用、④柔軟な規制枠組み

※今回のReport and Orderは、2015年10月のNPR(Notice of Proposed Rulemaking)を踏まえたもの。

周波数帯	免許付与等の方法	備考
<b>28GHz帯</b> (27.5-28.35GHz) 【LMDS帯※1】	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>地理的エリア※3による免許</b></li> <li>・ 移動体用に柔軟な利用</li> <li>・ 425MHz×2ブロックで免許付与</li> <li>・ 固定業務の既存免許人は移動業務の運営も可能</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 固定業務の主要免許人は、XO Communications(91免許、約770郡をカバー)。</li> <li>○ 固定衛星業務(地上→衛星)に利用。</li> <li>→ エリクソン、モトローラ、サムソン、XO、Straight Path等が賛成。</li> <li>→ Inmarsat等は周波数共用は困難であると主張。SES、Intelsat等は関門地球局を一次利用とすることを要求(EchoStar等も一次利用化を前提として移動追加に賛成)</li> </ul>
<b>39GHz帯</b> (38.6-40GHz)※2 WRC-19	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>地理的エリア※4による免許</b></li> <li>・ 移動体用に柔軟な利用</li> <li>・ 200MHz幅のチャンネルブロック</li> <li>・ 固定業務の既存免許人は移動業務の運営も可能</li> <li>・ 39.5-40GHzにおける連邦政府(軍用衛星)への配分は継続</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 固定業務の主要免許人は、Straight Path、FiberTower及びXO等</li> <li>○ 商用衛星利用はない。連邦政府(軍用衛星)が39.5-40GHzを利用中。</li> <li>→ モトローラ、サムソン、ノキア、クアルコム、FiberTower、Straight Path、XO等賛成</li> <li>→ EchoStar、Inmarsat等が固定衛星業務(衛星→地上)の考慮を要求。</li> </ul>
<b>37GHz帯</b> (37-38.6GHz) WRC-19	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ <b>37-37.6GHzは共用ブロック</b></li> <li>・ <b>37.6-38.6GHzで地理的免許(200MHz×5ブロック)</b></li> <li>・ 既存の連邦の固定と移動体用の配分を維持</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 商用地上利用、商用衛星利用ともいない。</li> <li>○ 連邦政府(NTIA)管轄のNASAの地球局(宇宙探査用(SRS))の受信、地球探査衛星システム(EESS)に利用。保護が必要。</li> </ul>
<b>64-71GHz</b> WRC-19	<b>免許不要帯域として割当</b> (隣接帯域と組合せ利用可)	<ul style="list-style-type: none"> <li>○ 商用衛星(衛星間(ISS)含め)利用なし、隣接帯域(57-64GHz)は免許不要帯域</li> <li>→ エリクソン、クアルコム、Wi-Fiアライアンス、IEEE802は免許不要局としての利用支持。サムソンは免許不要の隣接帯域(57-64GHz)と組合わせた利用を提案。</li> </ul>

※1 LMDS: Local Multipoint Distribution Service。全米493のBTA(Basic Trading Area)毎の免許。416のBTAの免許により全米75%の人口カバー

※2 全米176EAs(Economic Area)毎の免許。全米49%の人口カバー。

※3 地理的エリアについては、全米74,000以上のカウンティ(Counties)単位の免許。免許の転売やリースも可能としている。

※4 地理的エリアについては、全米416のPEA(Partial Economic Area)単位の免許。免許の転売やリースも可能としている。

(出典: [http://transition.fcc.gov/Daily\\_Releases/Daily\\_Business/2016/db0728/FCC-16-89A1.pdf](http://transition.fcc.gov/Daily_Releases/Daily_Business/2016/db0728/FCC-16-89A1.pdf))

# 60GHz帯無線システムの新たな利活用方策

60GHz帯無線システムが今後どのような利活用方策が想定されるか、各メーカー等より提案。近距離・大容量通信の特性を生かし、主に下記のようなシステムへの利活用が期待されている。

大容量コンテンツストリーミング



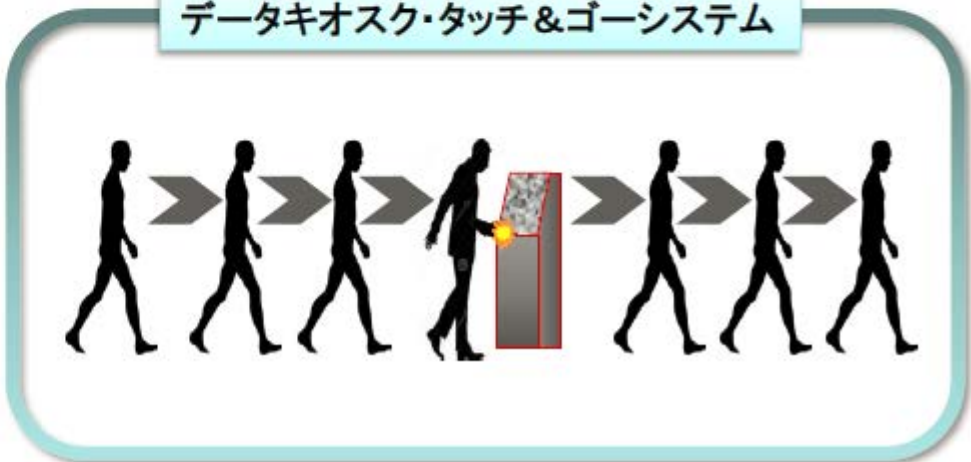
アクセスポイント・ルータ



ワイヤレスタック



データキオスク・タッチ&ゴーシステム

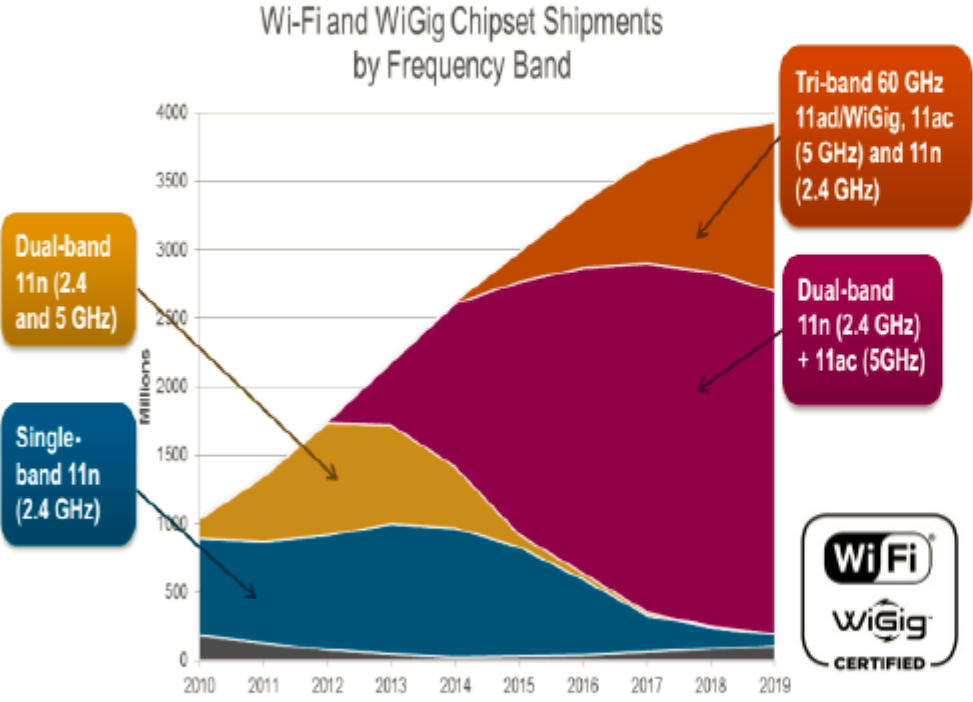


引用:「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「60GHz帯の周波数の電波を利用する無線設備の高度化に係る技術的条件」(一部答申)

# 60GHz帯無線システムの普及予測

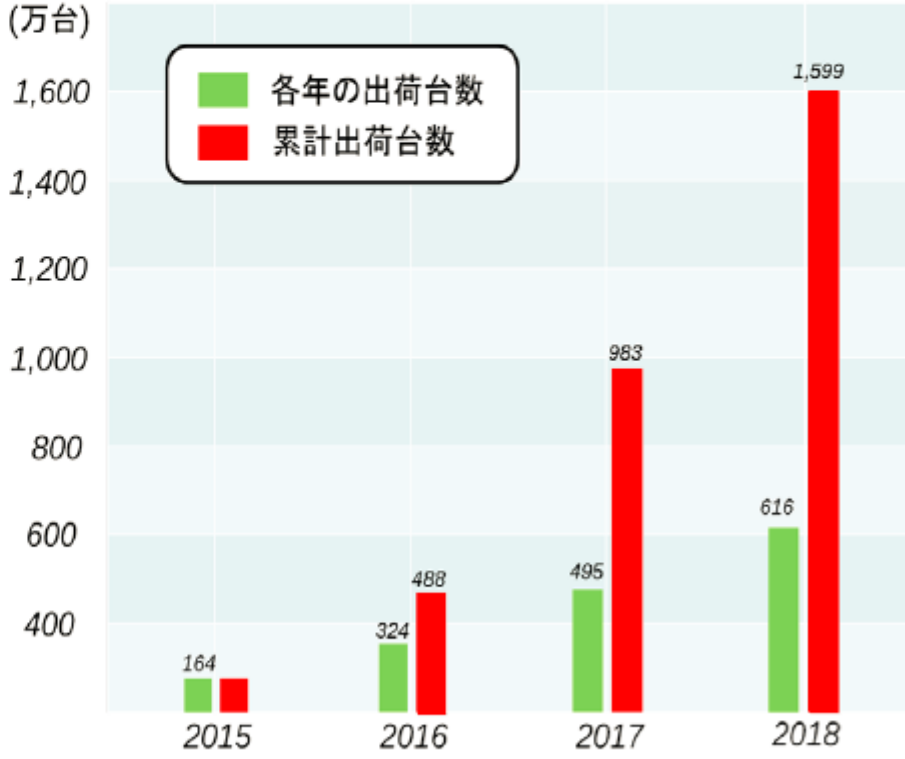
11ad/WiGig対応のチップセットは、今後PCやスマートフォン、タブレット端末等に順次搭載されていくものと予想され、Wi-Fi Allianceの試算では2019年の出荷台数の約3分の1が11ad/WiGigに対応しているものとされている。

## Wi-Fi Allianceにおける普及予測



※ABI Research社による2.4GHz、5GHz、60GHz トライバンド対応チップセットの出荷台数

## わが国における普及予測



※左図普及予測から、全Wi-Fiチップセットのうち60GHz帯に対応する出荷台数の割合を算出し、わが国のモバイルPC及びタブレットPCの出荷台数予測に乘じたもの。

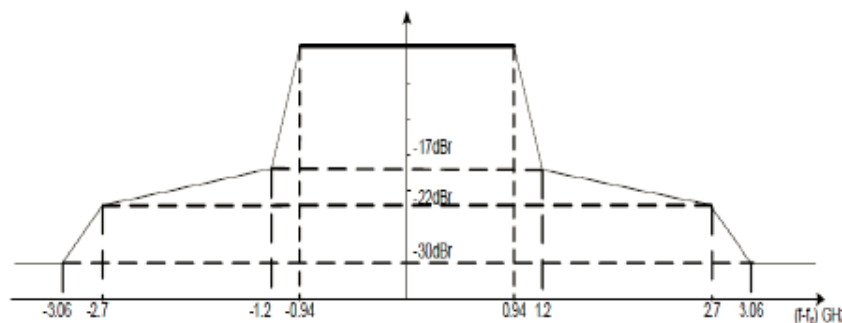
引用:「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「60GHz帯の周波数の電波を利用する無線設備の高度化に係る技術的条件」(一部答申)

# IEEE802.11ad/WiGigについて

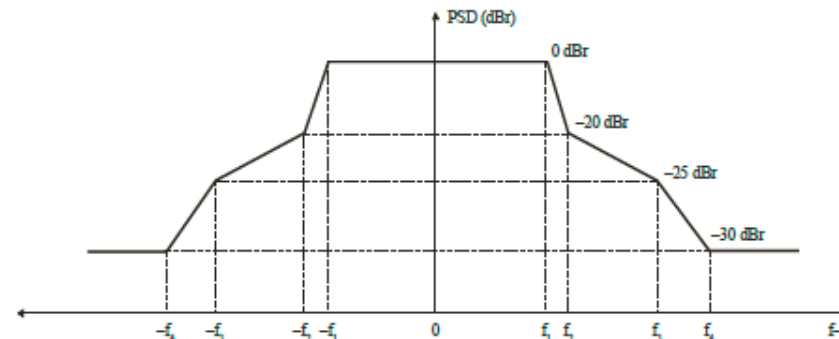
## IEEE802.11ad/WiGig 及び他の60GHz帯無線システム諸元

標準化団体	IEEE802				Wireless HD
	802.11ad(WiGig)	802.11ay(NG60 SG)	802.15.3c	802.15.3e	Wireless HD
規格名	802.11ad(WiGig)	802.11ay(NG60 SG)	802.15.3c	802.15.3e	Wireless HD
策定期期	2013年	策定中(2018年頃)	2009年	策定中(2017年目標)	2008年v1.0 2011年v1.1
用途	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PCTッキング</li> <li>・ファイル転送</li> <li>・無線LAN等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ファイル転送</li> <li>・無線LAN</li> <li>・バックホール等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・非圧縮HD伝送</li> <li>・ファイル転送</li> </ul>	キオスクや駅改札などのゲート通過時のコンテンツダウンロード、また端末間での高速ファイル転送	HDMIケーブル置き換え
主な変調方式	SC OFDM	未定	SC OFDM	未定	OFDM
最大伝送速度	6.9Gbps	未定	5Gbps	100Gbps	4Gbps(v1.0) 28Gbps(v1.1)
最大伝送距離	10m程度	未定	10m程度	未定	10m程度
実用化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・当規格をベースとした商品あり</li> <li>・2016年よりWiFi認証が開始</li> </ul>	2019-20年頃の見込み		2018年頃の見込み	PC、プロジェクタ等ででの商品あり

### スペクトルマスク



シングルチャネルのスペクトルマスク



チャネルボンディング時のスペクトルマスク M.2009-02

引用:「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「60GHz帯の周波数の電波を利用する無線設備の高度化に係る技術的条件」(一部答申)



# 60GHz帯無線システムに対する技術基準

	既存の60GHz帯 特定小電力無線局	新たな60GHz帯無線システム	
		空中線電力10dBm以下	空中線電力10dBmを超えるもの
周波数帯	57-66GHz	57-66GHz	57-66GHz
単位チャンネル	規定なし	規定なし	規定なし
無線チャンネル	規定なし	規定なし	規定なし
空中線電力	10dBm以下	10dBm以下	10dBmを超え、24dBm以下
等価等方輻射電力	規定しない	規定しない	40dBm以下
空中線利得	47dBi以下	47dBi以下	空中線電力10dBmを超える場合は、 最大方向10dBi以上
変調方式	規定しない	規定しない	規定しない
キャリアセンス	規定しない	規定しない	キャリアセンスによる干渉低減機能を有すること。
占有周波数帯幅	2.5GHz以下	9GHz以下	9GHz以下
不要発射の強度の許容値	帯域外領域: 100μW/MHz スプリアス領域: 50μW/MHz	55.62GHz以下: -30dBm/MHz以下 55.62を超え57GHz以下: -26dBm/MHz以下 66を超え67.5GHz以下: -26dBm/MHz以下 67.5GHzを超えるもの: -30dBm/MHz以下	55.62GHz以下: -30dBm/MHz以下 55.62を超え57GHz以下: -26dBm/MHz以下 66を超え67.5GHz以下: -26dBm/MHz以下 67.5GHzを超えるもの: -30dBm/MHz以下
空中線電力の許容偏差	上限50%、下限70%	上限50%、下限70%	上限50%、下限70%
周波数の許容偏差	指定周波数帯又は±500ppm	指定周波数帯又は±500ppm	指定周波数帯又は±20ppm
受信装置の副次的に発射する電波の限度	100 μ W以下	1GHz未満: 4 nW/100 kHz 以下 1GHz以上: 20 nW/1 MHz 以下	1GHz未満: 4 nW/100 kHz 以下 1GHz以上: 20 nW/1 MHz 以下



引用:「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「60GHz帯の周波数の電波を利用する無線設備の高度化に係る技術的条件」(一部答申)

# 電波防護指針の適合について

## 基本的な考え方

○60GHz帯無線システム(11ad/WiGig)における利用形態としては、主としてパソコン等の情報端末における無線LANの利用イメージ(アクセスポイントを含む)が想定される。また、将来的には携帯電話などのモバイル端末も想定されるが、障害物により電波が遮断される電波の伝搬特性から、携帯電話のように持ち歩きながら通信をすることは想定されない(固定的な利用が主体)。以上のような状況を勘案し、人体に入射する電力量について、検討を実施。

## 検討方法について

平成11年郵政省告示第300号 においては、空中線入力電力P[W]、空中線からの距離R[m]、主輻射方向の利得G[倍]を用いて、電力束密度S[mW/cm<sup>2</sup>]の値が次式により算出できるものとしている。(反射は考慮しない。)

$$S = \frac{P \cdot G}{40\pi R^2} \text{ [mW/cm}^2\text{]}$$

..... ①

また、近傍界における電力密度の計算は、開口面空中線の算出式が適用可能であり、下記の通りとなる。

ア: アンテナ表面	$S = \frac{4P}{A} \cdot \frac{1}{10} \text{ [mW/cm}^2\text{]}$	
イ: 距離Rが $0 \sim D^2/4\lambda$ [m]のとき	$S_{nr} = 16 \frac{\eta P}{\pi D^2} \frac{1}{10} \cdot K \cdot F \text{ [mW/cm}^2\text{]}$	..... ②
ウ: 距離Rが $D^2/4\lambda \sim 0.6D^2/\lambda$ [m]のとき	$S = \frac{D^2}{4\lambda R} \cdot S_{nr} \text{ [mW/cm}^2\text{]}$	

⇒11ad/WiGigの各ユースケースを勘案した上で、上記計算式により電力密度を算出。

引用:「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「60GHz帯の周波数の電波を利用する無線設備の高度化に係る技術的条件」(一部答申)

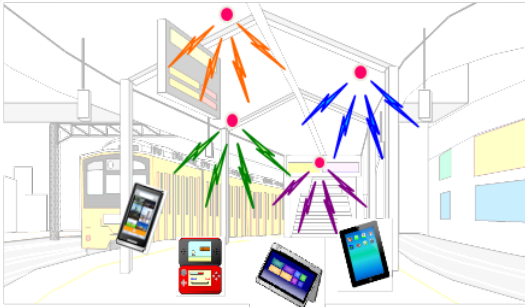


# 各ユースケースに基づく検討

## 検討の条件について

- 11ad/WiGigで想定される実利用に即して、人体に放射される電力密度を計算。
- ・アクセスポイント及びPC端末については、空中線電力24dBm、空中線利得16dBi
  - ・携帯電話端末については、空中線電力17dBm、空中線利得15dBi

### アクセスポイント(無線LAN)



本システムは固定的に利用され、通常の利用形態では1m以上の距離で使用される。  
 利用されるアンテナの口径は16mm程度と想定され、その場合遠方界との境界は10.24cmとなる。従って、①の式が適用可能となる。  
 アンテナからの距離が1mの点における電力密度Sは  
 $S=10/(40\pi \times 1^2)=0.0796[mW/cm^2]$   
 となる。  
 よって、指針値を満足する。

### PC端末(無線LAN、ワイヤレスドッグ)



利用形態を勘案すると、PC端末と人体との離隔距離は30cm程度と考えると考えられる。  
 利用されるアンテナ口径は16mm程度と想定され、その場合の遠方界との境界は10.24cmとなる。従って、①の式が適用可能となる。  
 アンテナからの距離が30cmの点における電力密度Sは  
 $S=10/(40\pi \times 0.3^2)=0.884[mW/cm^2]$   
 となる。  
 よって、指針値を満足する。

### 携帯電話端末(無線LAN)



利用形態を勘案すると、端末と人体との離隔距離は離隔距離は~30cm程度と考えられる。  
 利用されるアンテナ口径は12mm程度と想定され、その場合遠方界との境界は5.76cmとなる。従って、利用状況によっては、人体に近傍界の電力が照射される可能性がある。従って、②の式を適用すると、0~7.2mmの範囲においては77mW/cm<sup>2</sup>となり、それより遠方は距離に比例して減衰するという結果となった。  
 これは指針値を上回る値であるが、後述する通信機能を勘案することによって、電波の人体へのばく露量を大きく低減させることが可能と考えられる。

# 電波防護指針の適合について

## 計算結果

ユースケースに基づいて電力密度を計算した結果、人体との離隔距離が保てるアクセスポイントやPC端末等に利用される場合は指針値を満足できるという結果になったが、人体近傍で利用する携帯端末やスマートフォンでの利用においては、指針値を上回る値となった。

しかし、下記に示す11ad/WiGigが有する通信機能や時間率を勘案することによって、人体ばく露量(電力密度)を低減することが可能であると考えられる

## 通信機能等による人体への電波のばく露量の低減方法

○ 60GHz帯無線システム(11ad/WiGig)は、ビームフォーミングの実装が義務づけられており、通信相手となる端末以外の方向に電波が照射されないように制御される。

○ ビームフォーミングは、Sector Level SweepとBeam Refinement の2段階に分かれており、まずSector Level Sweepで相手を探索し、通信を確立する。Sectorは1つのアンテナあたり三次元的に最大64まで分けることが可能。(すべてのアンテナにおける最大は128) Beam RefinementはSector Level Sweepが終わったあと適宜(たとえばリンクが切れた後など)に実施することになっている。

また、Sector Level Sweepの時間は、11adの規格において、dot11MaxBFTIME (1 ~ 16) x beacon intervalで規定されている。また、beacon intervalは1024msまでとなっていることから、一回のスweep時間はどんなに長くても16s程度となる。16sで全セクターのスweepを終了するため、主ビームは数ms~数s程度で人体とは別方向を向くものと考えられる。実装上は、16sだとユーザの待ち時間が長すぎるため現実的ではなく、スweep時間は1~2ms程度となるとされている。条件としてスweep時間10ms、一分間に一回スweepすると仮定した場合、6000分の1程度には緩和できると想定される。

○ 最適なリンク上に人間が存在する場合でも、人体による減衰が大きいことから、通信が確立できず、人体を避けてリンクを構築することになる。基本的にトライバンド(2.4GHz帯、5GHz帯、60GHz帯)対応のシステム普及が予想され、60GHz帯で通信が確立できない場合、他の周波数を用いて通信が行われる。

○ 以上により、ビームフォーミングであること、また送信がバースト信号であることを考慮すると、電波の人体への照射がごく短時間に限定される可能性がある。

なお、実装されたアンテナの特性(ビーム幅やサイドローブ利得)によっては、ビームフォーミングによる時間率軽減が必ずしも適用できないことに注意が必要である。

# 電波防護指針の適合について

## まとめ

○現在想定される利用ケースを前提に試算した結果、人体との離隔距離が保てる場合（アクセスポイントやPC端末等での利用）に関しては、時間率を考慮しなくとも指針値を概ね満足する結果となった。

一方、携帯電話端末等、人体に近接して利用するシステムに関しては、時間率を考慮しない計算において指針値を上回る結果となったが、電波の人体への照射時間及び実態的な送信時間を短くする通信機能の実装を仕様とすることで、電波の人体へのばく露量を大きく低減させることが可能であると考えられる。このような機能等も考慮した上で、電波防護指針への適合性について個別に確認することが必要である。

○また、今後、今回検討したケース以外にも、より人体の近傍における利用等の新たな利用ケースが拡大する可能性も考えられる。さらに、アンテナ特性等によってはサイドローブが人体に照射される可能性についても懸念される。そのようなケースにおいては、利用ケースに応じて送信出力の低減や通信機能、または送信時間を考慮する等、電波防護指針に適合するために必要な措置を講じていくことが必要である。

特に、頭部付近での使用が想定される場合については、眼部への影響を防護するための措置が必要となることに注意が必要である。

## 今後の検討課題について

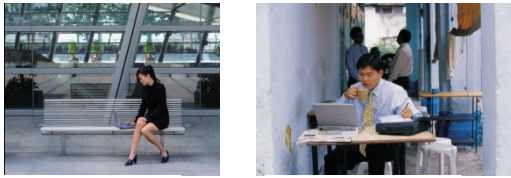
### ○電波防護指針の適合について

・60GHz帯無線システムについて、新たな技術基準の整備に伴い、より人体の近傍で利用するケースが拡大する可能性も考えられる。そのようなケースにおいては、送信出力の低減、通信機能又は送信時間の考慮等、電波防護指針に適合するために必要な措置を講じることが必要である。特に頭部付近での使用が想定される場合については、眼部への影響を防護するための措置に注意が必要である。

・なお、身体に近接して利用されるミリ波帯通信デバイスの電波防護指針への適合性評価手法に関しては、いまだ研究段階であり、国際標準化機関においても具体的な対応はまだ開始されていない。今後、国際的な動向を踏まえながら、必要に応じて正確かつ効率的な評価手法の整備について検討する必要がある。

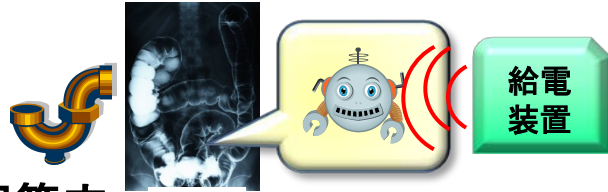


いつでもどこでも充電！



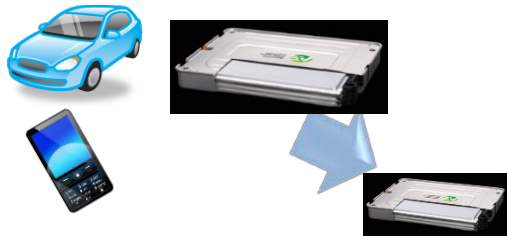
駅や公園 飲食店等

給電困難な機器へ給電！



配管内 体内

搭載電池の小型化！



進化

受電機器



電磁誘導  
など

現状

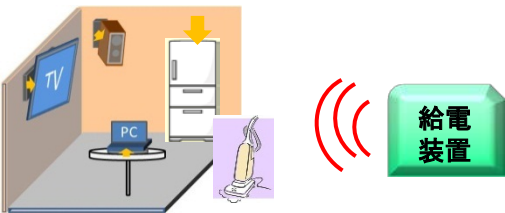
ワイヤレス給電技術の進化により  
社会生活のイノベーションを実現

安全・信頼性向上！



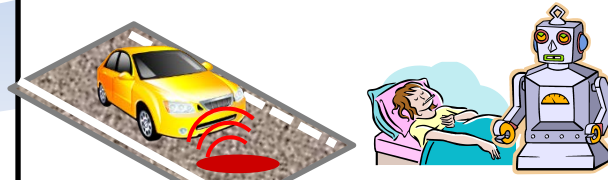
機器破損、感電、  
コネクタの腐食防止等

家電への応用！



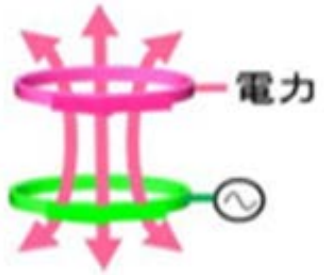
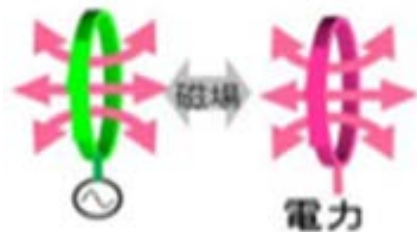
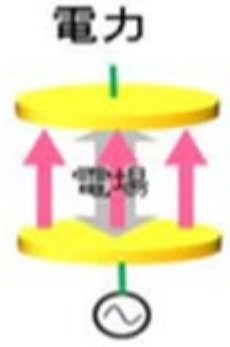
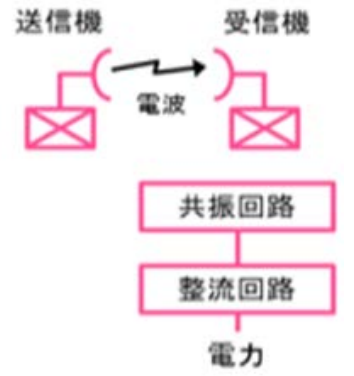
進化

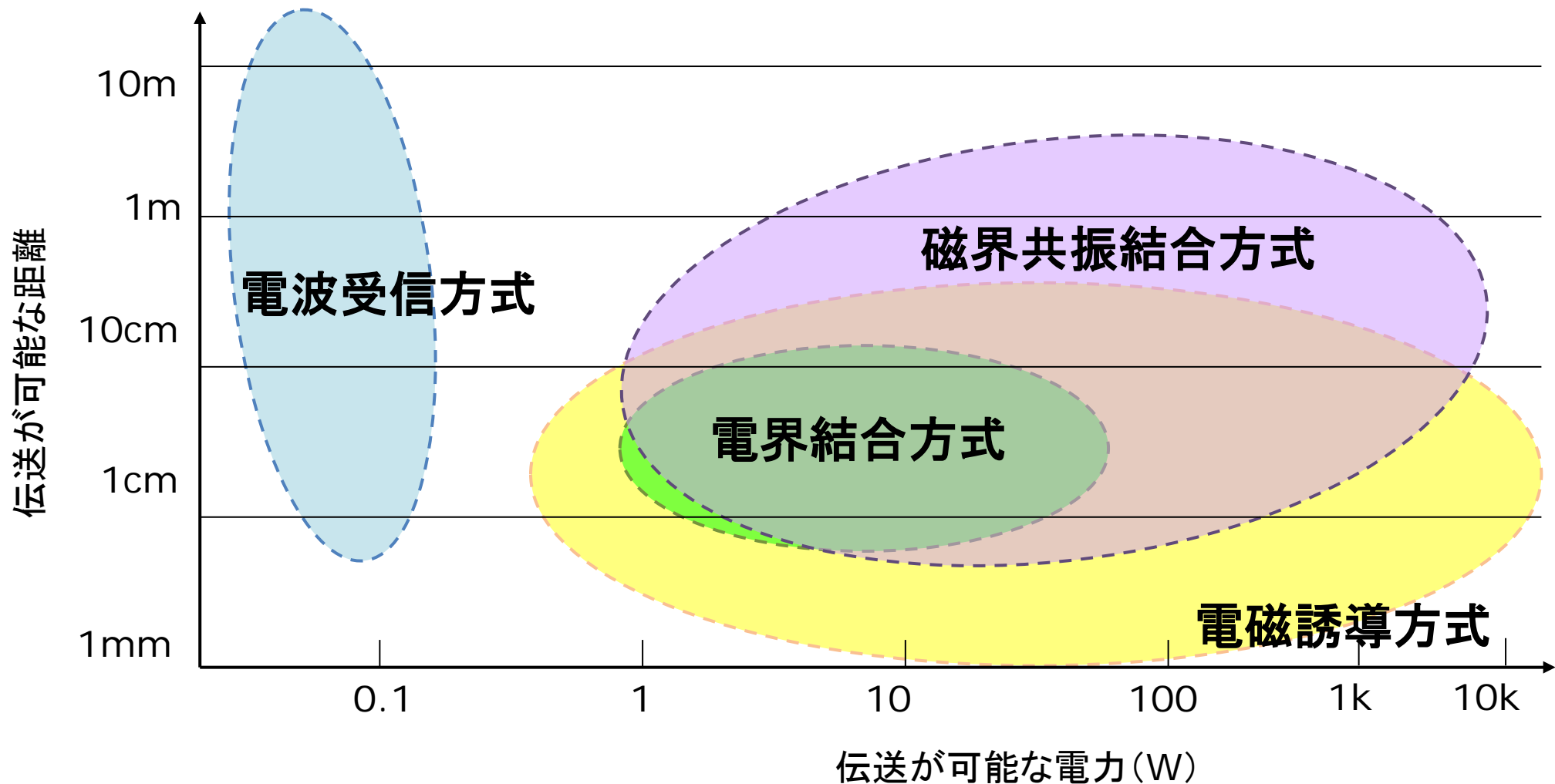
動きながら充電！



走行中給電

介護や工場等のロボット

方式	磁界結合方式		電界結合方式	電波受信方式
	電磁誘導方式	磁界共振結合方式		
特徴	 <p>送電側のコイルに電流を流すと磁束が生じ、受電側のコイルにも電流が流れることにより電力を伝送する。</p>	 <p>送電側と受電側にコイルを設置し、磁界によるコイルの結合を利用して、電力を伝送する。</p>	 <p>送電側と受電側の、電極が接近したときに発生する電界を利用して電流を伝送する。</p>	 <p>受信側で受信した電波を整流回路で電流に変換することにより電力を伝送する。</p>
	<p>①数kW程度の電力を流せる。 ②位置ずれに弱い。 ③電動歯ブラシ等で商用化。</p>	<p>①数kW程度の電力を流せる。 ②位置ずれにも強い。 ③電磁誘導方式よりも距離を長くとりが可能。</p>	<p>①100W程度以下の電力で運用可能。 ②ほぼ密着した状態で使用する。 ③iPad2のワイヤレス充電等で商用化。</p>	<p>将来的な実用化を視野にいれ、研究が行われている段階。</p>





# 市販されているワイヤレス電力伝送(WPT)システム

## 電磁誘導方式



Wiiリモコン充電器



電動マッサージャー



スマートフォン



LEDキャンドル



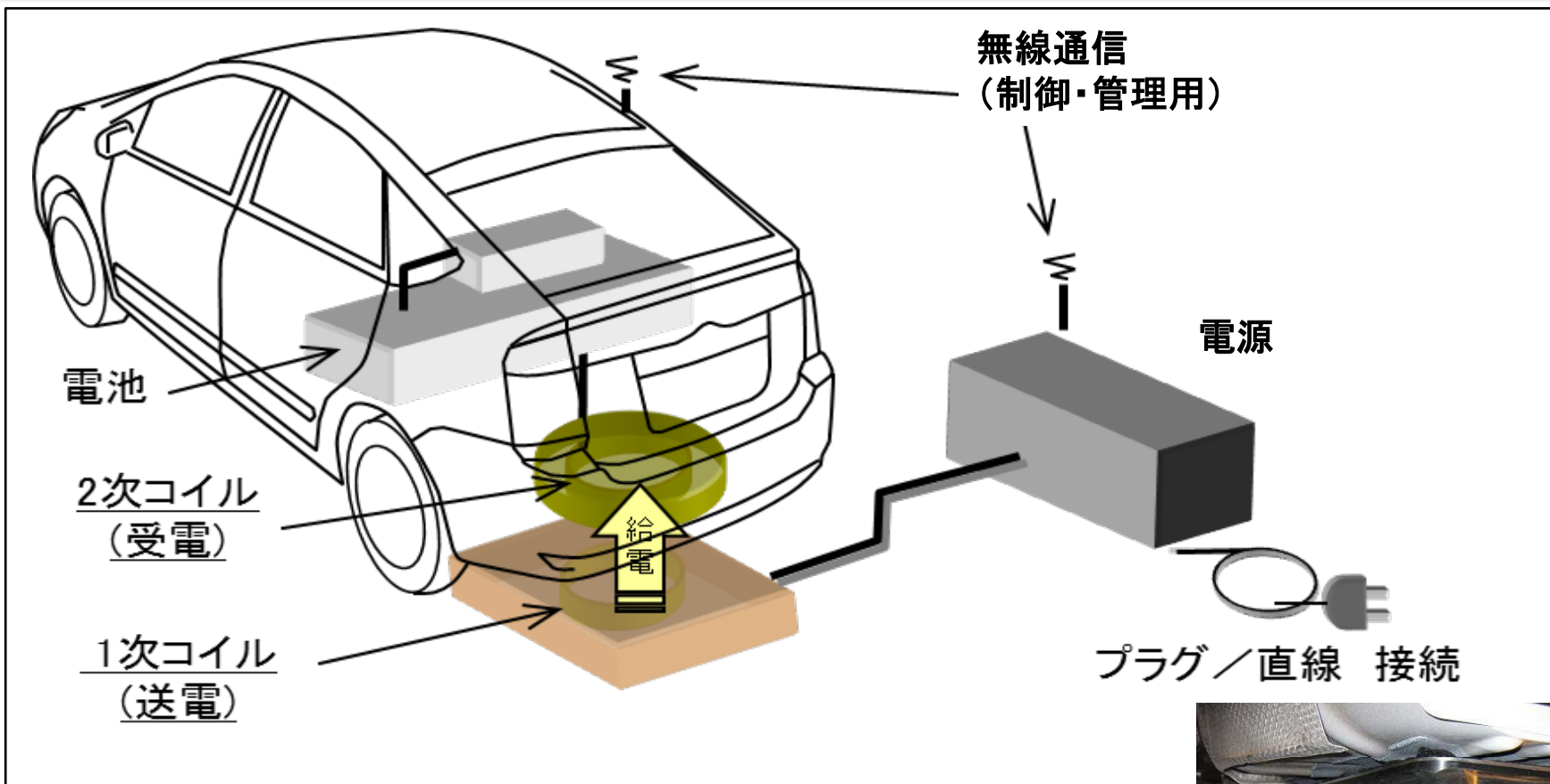
電動歯ブラシ



懐中電灯

出典: パナソニックHP (<http://panasonic.jp/teeth/products/EW-DE43.html>)  
京セラHP (<http://www.kyocera.co.jp/prdct/telecom/consumer/g02/function3/index.html>)  
Wireless Power Consortium(Qi) HP (<http://www.wirelesspowerconsortium.com/jp/technology/examples-of-products-using-inductive-power-transmission.html>)

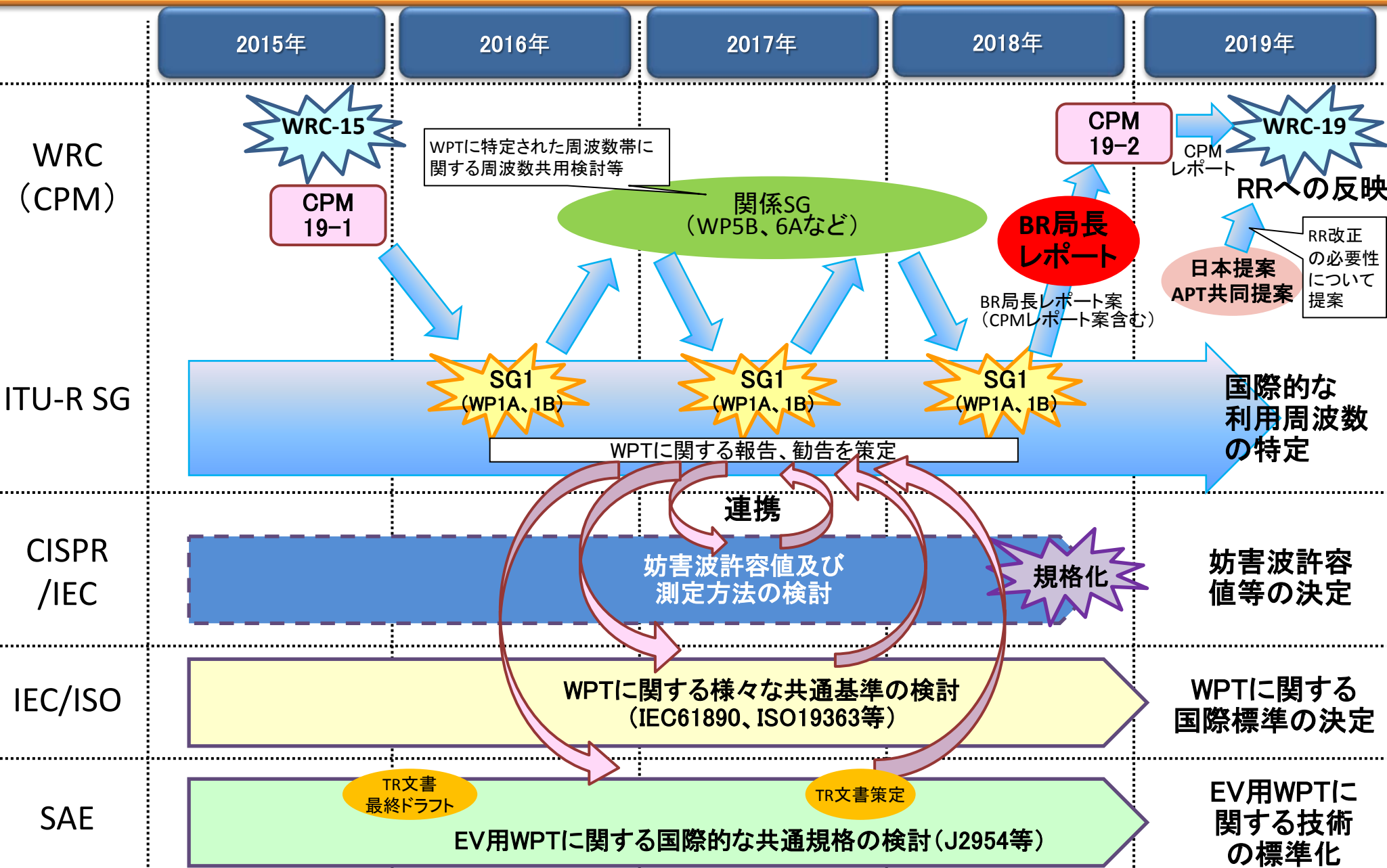
対象	電気自動車用 非接触電力伝送装置	一般用非接触電力伝送装置	
		6.7MHz帯磁界結合型 非接触電力伝送装置	400kHz帯電界結合型 非接触電力伝送装置
給電対象・ システム イメージ	電気自動車 	スマートフォン、タブ レットPC等 	ノートPC等 
電力伝送 方式	磁界結合方式		電界結合方式
伝送電力	~7.7kW	~100W	~100W
使用 周波数	79kHz~90kHz	6.765MHz~6.795MHz	425~524 kHz (アマチュア無線、海上無線、 中波ラジオ放送に割り当てら れた周波数帯は除く)
送受電 距離	0~30cm程度	0~30cm程度	0~1cm程度



地上側に設置される送電側装置(1次コイル)と  
車両側に装備される受電側装置(2次コイル)で  
構成



# 国際機関等における今後の取組み



引用:総務省資料



# 電波防護指針への適合性について

## 1 電波防護指針の改定に対応

- 10 kHz-10MHzの周波数における電波防護指針が国際ガイドラインに整合した内容に改定されたため、適用すべき防護指針値を修正(前答申報告書の付録Iを本文に反映)。

## 2 ワイヤレス電力伝送システムに対する電波防護指針の適用

- 適用する防護指針値は、一般環境(条件G)の管理指針(電磁界強度指針、補助指針及び局所吸収指針)とする。
- ただし、局所吸収指針が適用されない10 kHzから100 kHzの周波数領域において、人体がワイヤレス電力伝送システムから20 cm以内に近接する場合には、基本制限を適用する。

## 3 ワイヤレス電力伝送システムにおいて適用すべき指針値のパターン

- ワイヤレス電力伝送システムからの漏えい電波が人体に与える影響の評価を行う場合には、次ページに示す適用すべき指針値のパターンのいずれかを満足すれば、電波防護指針に適合しているとみなすことができる。
- パターン①は最も簡便に評価できるが、人体の電波吸収量が最大となる最悪のばく露条件を想定しているため、ほとんどの場合に対して過剰に厳しい評価となる。パターンの数字が大きくなるほど、より詳細な評価が必要になるが、より大きな電波ばく露量を許容することが可能となる。
- 灰色の網掛けのパターンについては、適合性評価方法が報告書に記載されていない、又は現時点では適用するための要件(結合係数を適用する場合には、電界影響が十分に小さく、全身平均SAR評価を省略できることが必要)が満足されていないことを示している。
- 今後、これらのパターンの評価が可能となる適正な工学的技術に基づいた方法が確立された場合、又は適用可能な要件を満足するシステムに限定できる場合には、これらのパターンに対する適合性確認も可能である。