

無線システムの普及拡大と生体電磁環境について

生体電磁環境に関する研究戦略検討会 第2回資料

IoTによって拡大する無線システム

- ①快適なモバイルブロードバンド
- ✓ モバイルコマース
 - ✓ モバイルコミュニケーション

- ②高品質放送
- ✓ 大画面ディスプレイによる視聴
 - ✓ タブレットによる移動中の視聴



快適な社会

- ③防災
- ✓ スマホ向け災害情報配信
 - ✓ 実用準天頂衛星システムの活用

- ④医療
- ✓ 計測機器とクラウドを活用した健康管理
 - ✓ 病院・診療所と家庭を接続した在宅介護



安心安全な社会

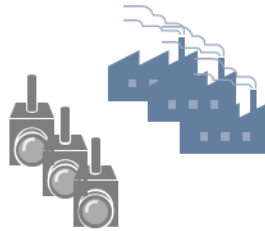
- ⑤スマートメータ・HEMS
- ✓ 家庭の電力使用量の最適化

- ⑥社会インフラ監視
- ✓ 老朽化した道路・橋の集中監視
 - ✓ 災害発生後の異常検知



持続可能な社会

- ⑦M2M・IoT
- ✓ 工場の群管理、環境情報の収集・提供
 - ✓ 様々なものの状況把握や対応をリアルタイムに



産業の国際競争力強化

- ⑧自動走行
- ✓ 隊列走行
 - ✓ 高速道路での自動走行

- ⑨事故や渋滞のない道路環境
- ✓ 車車間通信や歩行者ITSで事故回避
 - ✓ 道路からの渋滞回避情報



快適で安全な車社会

- ⑩電気自動車のワイヤレス給電
- ✓ 充電ステーション等で給電

- ⑪家庭内のワイヤレス給電
- ✓ スマホやデジカメ等の給電



ワイヤレス給電で広がる電波利用

衛星ネットワーク

衛星インフラ活用の拡大

モバイルネットワーク

4G普及、5G開始

WLAN/WPAN

モバイルNWとの連携拡大、M2M/センサーNW利用拡大

ITS

隊列走行、自動走行の実現

M2M

スマートメータの導入
産業センサーNW利用拡大

ワイヤレス給電

EV/PHEVや家電製品にワイヤレス給電機能搭載

放送

4K/8K放送の本格化

IT利用産業の利活用基盤の例

➤ IT産業/利用産業の各業種・業態における具体的な利活用例を下表のとおり整理。

主な分野	業種・業態(例)	端末(例)	インフラ(例)	アプリ・サービス(例)
IT 利用 産業	教育業	●教育用タブレット	●教室LAN	●通信教育
	医療・福祉業	●医療機器、医療用テレメータ、ウェアラブルデバイス	●病院LAN	●生体モニタ、遠隔医療
	電気・ガス・熱供給・水道業	●スマートメーター	●スマートグリッド ●スマートシティ	●xEMS (HEMS/BEMS) ●充電サービス
	輸送機械業	●ITS車載器、ナビ機器 ●EV用WPT*	●(充電インフラ)	●自動運転アプリケーション ●(充電サービス)
	運輸業	●RFIDタグ	●ITS設備 ●(スマートシティ)	●テレマティクス ●物流自動化アプリケーション
	建設・不動産業	●センサ、GPS端末	●(スマートシティ)	●インフラ監視 ●重機稼働監視
	製造業	●スマート家電 ●家電WPT*	—	—
	小売業、情報サービス業	—	—	●モバイルEC、モバイルペイメント ●モバイル広告、モバイルゲーム
インターネット附随サービス業	—	—	●モバイルクラウド	
IT コア 産業	移動電気通信業	●(携帯・スマホ、タブレット)	●移動体通信サービス ●公衆無線LANサービス	●音声・データ通信サービス
	放送業	●(テレビ受信機・録画機器)	●地上波、衛星放送 ●モバイル放送	●ハイブリットキャスト ●見逃し放送
	映像・音声・文字情報制作業	—	—	●テレビ・ラジオ番組 ●モバイルコンテンツ
	製造業(電波関連)	●携帯・スマホ、タブレット ●テレビ受信機・AV機器	—	—

※Wireless Power Transfer/transmission

●ITS ●M2M ●ワイヤレス給電
●モバイルNW ●放送 ●WLAN・WPAN

ITコア/IT利用産業の将来発展シナリオ


➤ IT産業/利用産業の短期, 中 (～2020) ,長期 (～2030) の成長シナリオ (外部要因・内部要因含む)

		短期	中期(～2020)	長期 (～2030)
産業全体		<ul style="list-style-type: none"> ワイヤレス環境、デバイス技術の進展に伴う、モバイル利用の拡大。 	<ul style="list-style-type: none"> M2M/IoTの本格普及。 ビッグデータ・G空間等上位レイヤー市場の進展。 	<ul style="list-style-type: none"> ヒト・モノ・データ・プロセスが接続するIoE環境が実現。
IT 利用 産業	小売	<ul style="list-style-type: none"> スマートフォンの普及、物流の最適化に伴うモバイルEC利用者の拡大（高齢者等）。 	<ul style="list-style-type: none"> 消費・サービス等あらゆる経済活動がモバイル上において実現（大画面スマホを利用したネットショッピング等の拡大等）。 	<ul style="list-style-type: none"> 消費者ニーズを分析した発注自動化。 3Dプリンタの一般への普及により、「モノ」から「データ」購入へ移行。
	インフラ	<ul style="list-style-type: none"> XEMSによる建物内のエネルギー最適化の進展。 	<ul style="list-style-type: none"> スマートメータがほぼ全戸に導入、スマートグリッドの実現。 	<ul style="list-style-type: none"> エネルギー、交通、その他インフラが最適化されたスマートシティの実現。
	運輸	<ul style="list-style-type: none"> ITS専用系システム、高性能レーダ等主要技術が出揃い、車載器、インフラ双方の導入が本格化。 	<ul style="list-style-type: none"> ITS専用系システムによる隊列走行が実現。 	<ul style="list-style-type: none"> ITS専用系システムによる自動走行が高速道路で実現。
	医療	<ul style="list-style-type: none"> ウェアラブル端末、植込み型医療機器における電波利用や医療機関におけるモバイル機器利用が拡大。 	<ul style="list-style-type: none"> ウェアラブル端末、植込み型医療機器による医療情報、生体情報の管理が実用化。 	<ul style="list-style-type: none"> 場所・時間を問わない遠隔/24時間医療の実現。（医療コストの大幅削減）
	教育	<ul style="list-style-type: none"> 教育現場における情報端末、デジタル教科書、電子黒板等の普及。 	<ul style="list-style-type: none"> 高校以下の全ての学校で、無線LAN環境が完備。 	<ul style="list-style-type: none"> 家庭～学校～塾をつなぐ、教育環境の一体化。
IT コア 産業	移動体通信	<ul style="list-style-type: none"> 4Gシステム・サービスの開始。 近距離通信（NFC等）の利用拡大。 モバイルNW・WLAN・WPANのシームレスかつ効率的な運用。 	<ul style="list-style-type: none"> 5Gシステム整備に向けた投資の進展及びサービスの開始。 IoT普及に伴う無線インフラニーズの拡大。 東京五輪に向けた無線インフラ整備の推進 	<ul style="list-style-type: none"> 5Gマイグレーションの進展。 海外展開の推進、現新興国の経済成長の取り込み（我が国経済を牽引する産業へ）
	放送	<ul style="list-style-type: none"> 4K/8Kの試験的運用。 	<ul style="list-style-type: none"> 4K/8K放送の本格化（東京五輪等）。 通信放送連携の本格化 	<ul style="list-style-type: none"> 8K以降の技術基盤の登場。 放送サービスの更なる高度化
	デバイス	<ul style="list-style-type: none"> メガネ型、時計型などのウェアラブル端末の普及。 電波法改正、標準化整備により、中～大電力向けWPT機器の製品化。 	<ul style="list-style-type: none"> EV/PHEVの20%にWPT搭載。家電製品にWPTが標準搭載。 	<ul style="list-style-type: none"> EV/PHEVの50%にWPT搭載。空調等大電力家電にも標準搭載。 →フルワイヤレスの実現

WPT (Wireless power transfer) の動向

- 無線技術を活用して充電を行うWPTは、モバイル・ICT機器から家電、電気自動車（EV）に至るまで、様々な分野での活用が期待されている。
- 伝送方式は、①電磁誘導方式、②磁界結合方式、③電界結合方式、④電波受信方式の4方式が主流となっている。
- 国内では2016年に一部のWPT システムが制度化されたほか、ITU-R等の国際標準化団体においても各種WPTシステムの利用周波数帯や技術規格の検討が進められている。

国内の制度化実施済みのWPTシステム

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

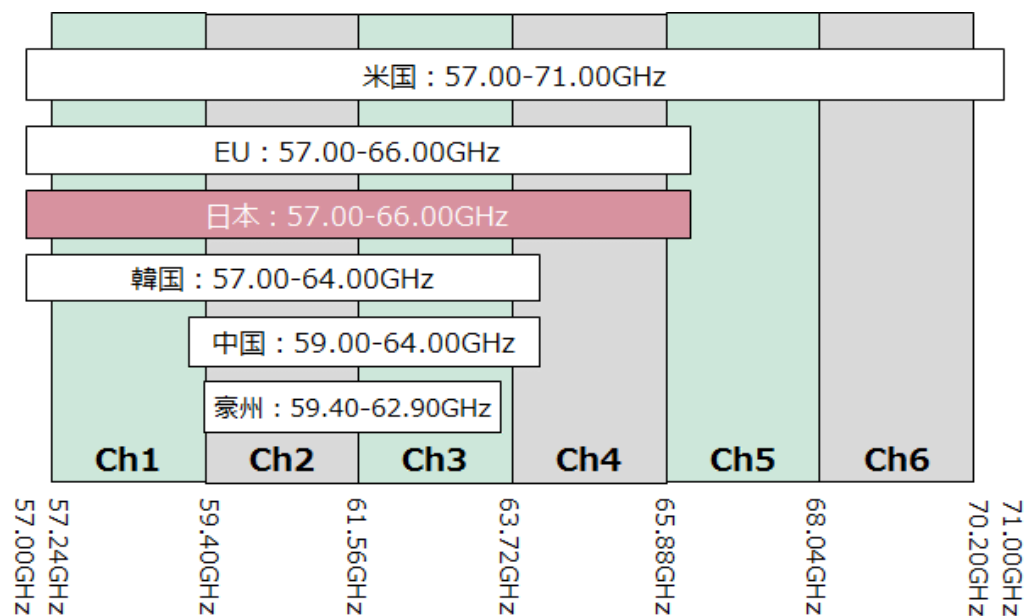
WPTに関する国際標準化の動向

EV	米国SAE Internationalが一般自動車用WPTの製品規格J2954の標準化（2018年発行見込み）を進めているほか、IECでも非接触給電システムに関するIEC 61980の標準化を進めている。
モバイル IT機器	2017年9月のITU-R勧告でモバイル用WPTの周波数範囲については6.78MHz帯と示された。また、Wireless Power Consortium (WPC) の「Qi」(110-205kHz) やAirFuel Allianceの「Rezence」(6.78MHz帯) など業界団体の主導によりワイヤレス充電規格が策定され、すでに多くの製品が市場に流通している。

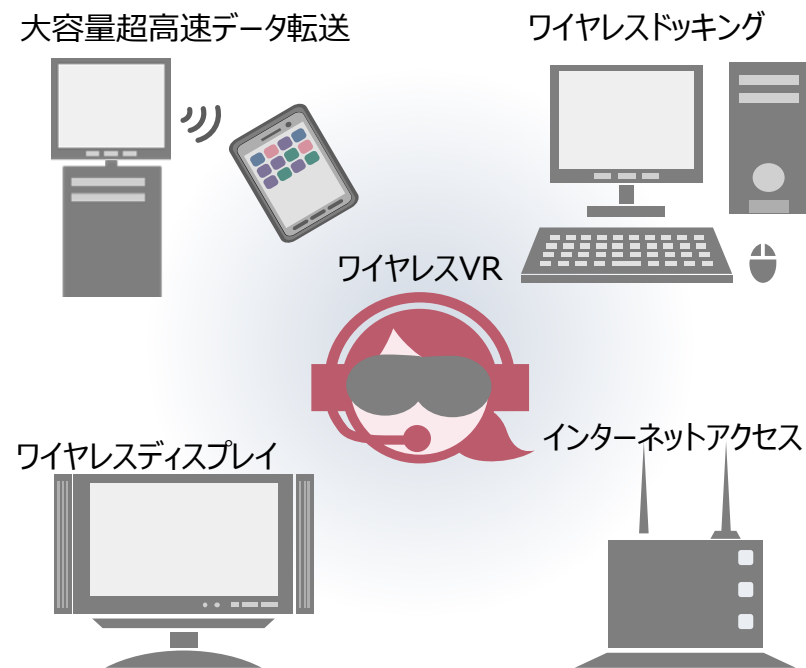
60GHz帯無線システム（WiGig等）の動向

- 60GHz帯は近距離大容量通信用の周波数帯としての利用が期待され、IEEE 802.11ad（WiGig）等の無線通信方式は既に実用化されている。
- 60GHz帯は、近距離・高速データ通信用として、国際的に免許不要帯域として周波数が割り当てられており、様々なユースケースでの利用が期待されている。
- 今後はスマートフォンでの利用やVR技術への活用等、新たな利用形態も広がっていくことが予想される。

各国の60GHz帯の割り当て状況



WiGigのユースケース



出所) 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（平成27年6月情報通信審議会答申）等を基に作成

車載レーダの動向

- ミリ波帯を使った車載レーダは自動運転や運転支援システムの実現において主要な技術の1つであり、特に79GHz帯を使ったレーダは検知距離が長く、かつ検知精度も高いため、周辺環境が複雑な一般道での適用も期待されている。
- 2015年のWRC-15の結果、79GHz帯においてミリ波レーダに使用できる周波数が拡大されることとなった。レーダの高分解能化が可能となり、自動走行システム実現を加速するものと期待されている。
- カメラ、ミリ波レーダー、LiDAR（赤外線レーザー）の組み合わせで普及する方向

各種ミリ波車載レーダの特徴

レーダ	周波数 (GHz)	分解能	距離	主な利用用途
24/26GHz UWB	24.25 -29	20cm	30m	後側方障害物警報システム
76GHz	76-77	1-2m	200m	車間距離制御装置 衝突回避ブレーキ
79GHz	77-81	7.5cm	100m	一般道の歩行者検知

出所) ITUジャーナル「高度道路交通システム (ITS) の世界的調和へのトレンド
—WRC-15 議題1.18とWRC-19 議題1.12—」に基づき作成

79GHz帯高分解能レーダ

79GHz帯 (77~81GHz) 高分解能 レーダー

特徴

- ・100m先の範囲まで、7.5cm程度のものを把握できるよう高性能化し、歩行者等の把握が容易になることが期待
- ・広帯域を活かした高信頼性検知の向上



出所) 総務省「ITU 2015年世界無線通信会議 (WRC-15) 結果概要」

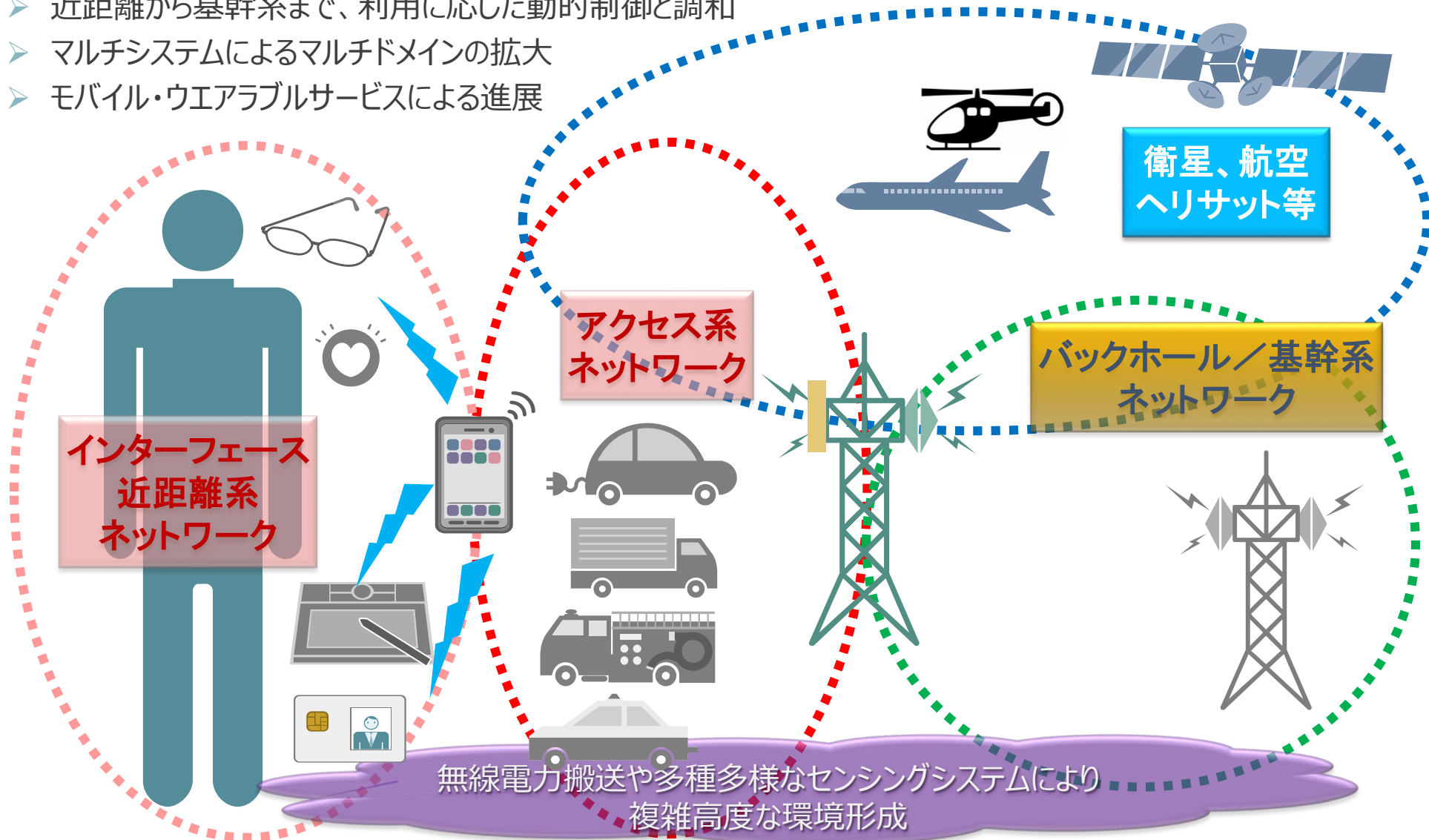
IoTセンサー内蔵通信機器等の例

区分	名称	性能・用途	通信方式等	利用上の留意点例
デバイス	LPWA（LoRaWAN / Sigfox）用通信モジュール	Wi-FiやBluetooth等の従来の近距離無線通信規格に比べ、通信速度は落ちるものの、低消費電力で長距離通信が可能であり、IoT及びM2M等に特化した活用が期待される。	LoRaWAN Sigfox	<ul style="list-style-type: none"> 幅広い用途に性能を最大限発揮して用いられること 超小型モジュール機器のため、組み込まれた最終製品のユーザが無線通信機能の適正性を確認できること
	ユビキタスウェアコアモジュール	各種センサとBluetooth通信機能を一つのモジュールに搭載しており、既存の機器へ内蔵することで様々なシステム・サービスに活用可能。	Bluetooth	
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-right: 10px;"> <p>多彩な用途向けに 組み込まれ製品化</p> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>アクセサリ × IoT</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>ヘルスケア × IoT</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>アート × IoT</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>スポーツ × IoT</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>QoL × IoT</p> </div> </div> </div>				
プロダクト	スマートアクセサリ	加速センサーにより、歩数、距離、消費カロリー、睡眠の質と時間の測定のほか、スマートフォンからメール等の着信通知等が可能。	Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> 斬新かつ画期的な無線通信機能の活用がなされること
	スマートコンタクトレンズ	涙に含まれる糖の値を測定し、分析機器等に送信。 (糖尿病患者の血糖値監視などに向けた利用を想定)	未定	<ul style="list-style-type: none"> 製品の開発・製造者が無線通信機器について、正しく理解していること
	センサー内蔵硬式球	野球の投手が投げたボールの回転数や回転軸、速度等を計測し、専用アプリ等で球質や軌道を数値化・グラフ化する。 (プロ野球球団が練習用に利用)	Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> 製品に使用される無線通信機能が適正に運用されること
	スマートフットウェア	内蔵したセンサー及びAIが、スニーカ（ステップ）の動きを分析し、ステップに合わせて最適な色・音をリズムに沿って光表示。	Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> 製品に無線通信機能が組み込まれていることをユーザが適切に認識できること
	スマート補聴器	補聴器として専用アプリにより音量・音質の調整や所在確認機能等が可能のほか、スマートフォン経由で直接、調整のプロから遠隔で微調整を受けられる。	Bluetooth	<ul style="list-style-type: none"> 様々な分野に無線IoTが活用され、社会や人々に大きな利便性をもたらす可能性が広く認知されること

さらに、以上のようなデバイス、プロダクト等を組み合わせたソリューション的なIoTサービスも実現

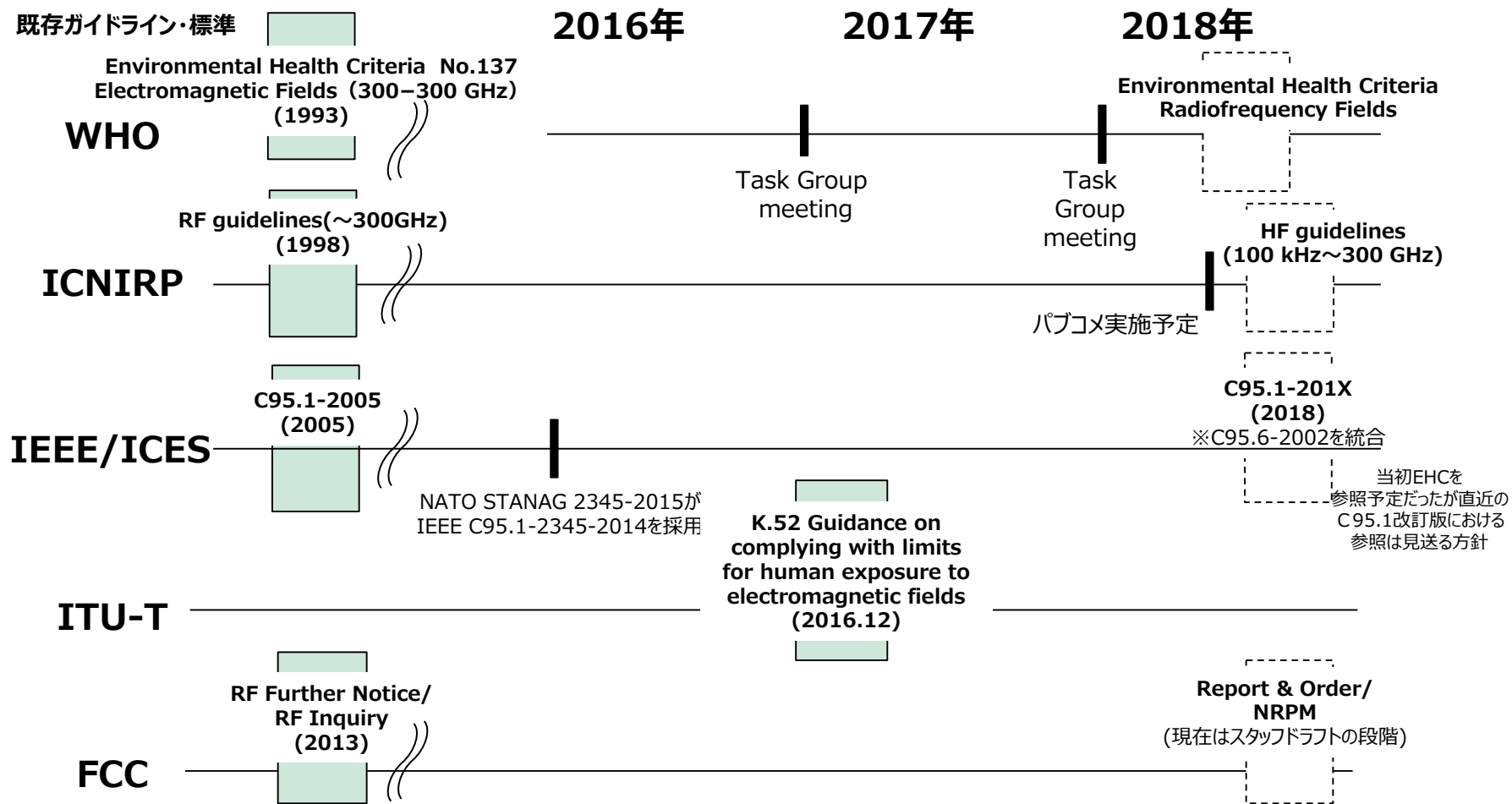
人体の周りの無線システム

- 近距離から基幹系まで、利用に応じた動的制御と調和
- マルチシステムによるマルチドメインの拡大
- モバイル・ウェアラブルサービスによる進展



電磁波曝露に関する国際機関等のガイドライン動向

- WHO、ICNIRP等の主要な国際機関・団体から、2018年に改訂されたガイドラインが公表されていく予定。ITU-Tのものが2016年12月と新しいが、他機関のものは古いバージョンが多い。



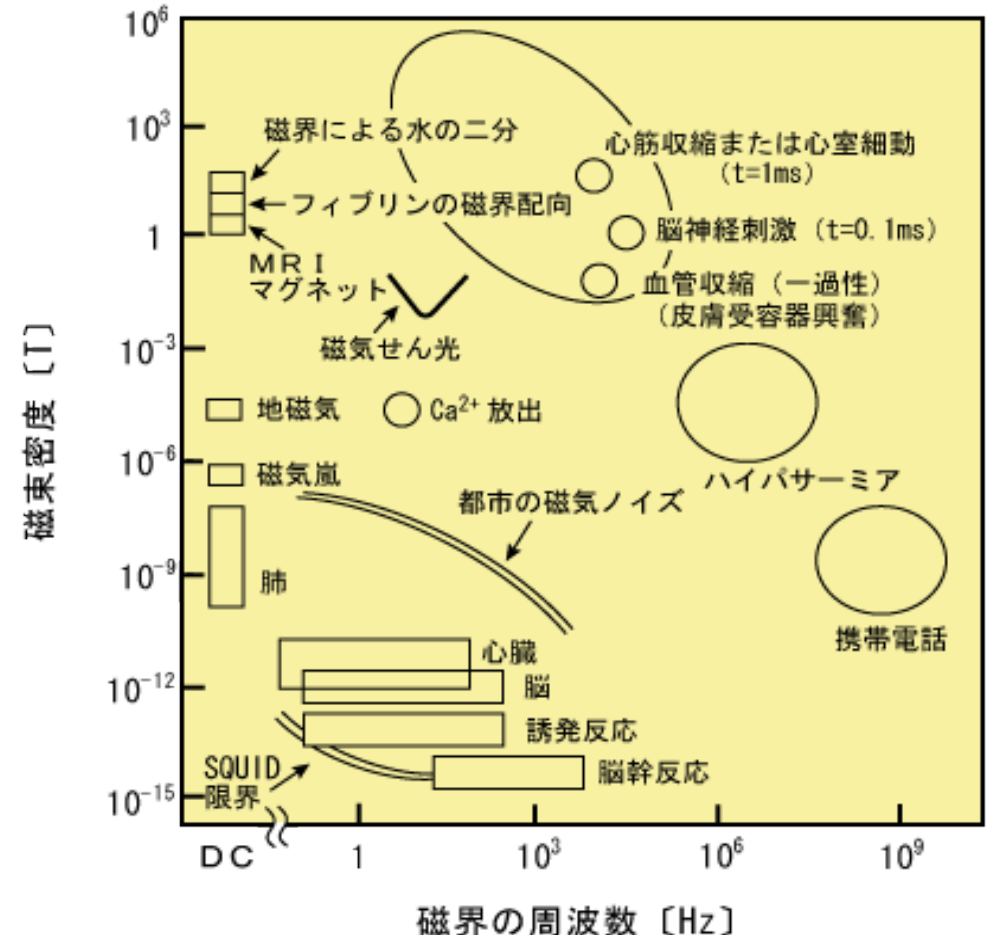
出所) 先進的な無線システムに関するワーキンググループ (第9回) 事務局資料

精緻な人体のネットワーク構造や通信方法の詳細解析に基づいた影響分析の必要性

➤ Bluetooth、WiFi、ミリ波レーダー、WPT等電波システムの普及により人体周りの電磁波は多様に高密化、増幅する。

- ✓ 細胞分裂が盛んな成長中細胞が、その遺伝子の鎖構造の分裂、再結合（DNA転写）のたびに遺伝子障害のリスクを負う
- ✓ ガン細胞の成長を促進してしまうなど、人体各所の制御・連携機構に異常をきたす
- ✓ 特定の組織に影響を及ぼし、発達異常を誘引する
- ✓ ホルモン分泌バランスの崩れによって、免疫機構に異常をきたす
- ✓ 埋め込み医療機器の制御に影響を及ぼし誤作動等を引き起こす

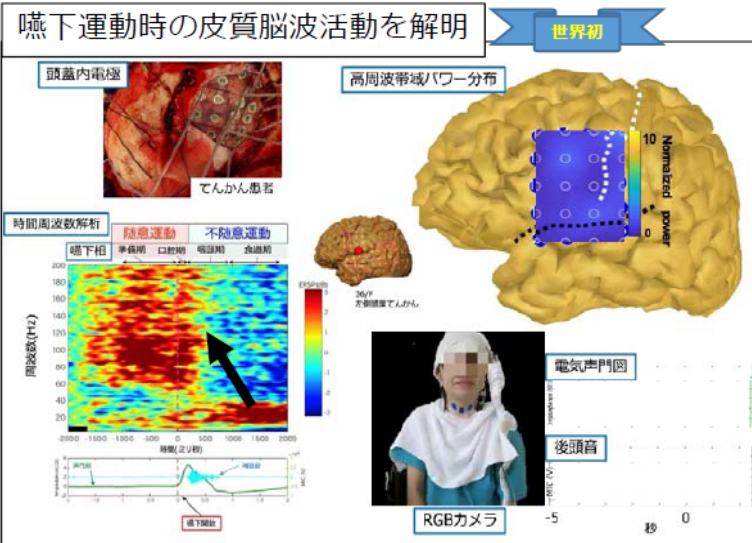
生体磁気現象の磁界強度と周波数



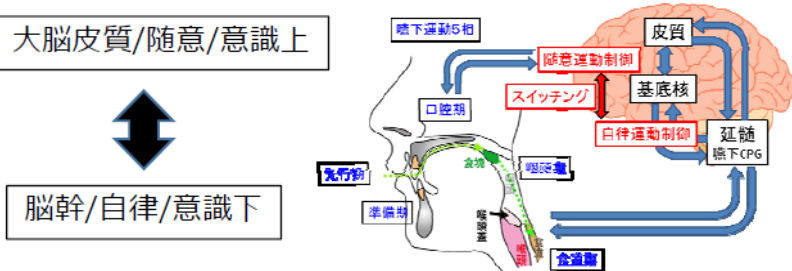
出所) 図は、電気学会：電磁界の生体影響に関する現状評価と今後の課題 第Ⅱ期報告書（電磁界生体影響問題調査特別委員会、2003年3月）より

脳科学・脳型人工知能開発研究の現場より

- 脳の各部位のネットワーク構造や通信方法、全身各部の制御方法等は、実際に計測デバイスを埋め込んでいる希少なケースによって研究が進められている段階。
- 脳や各部とのどんな通信やどういうケースの際に、どんな影響を及ぼすのかは、今後の研究による。



階層的運動制御のスイッチング機構 **新概念**



Qualityの高い頭蓋内脳信号と非拘束自然生活下の運動・感覚情報とを長期間にわたり大量に同期記録

感覚野・運動野や前頭前野から記録される大量の脳信号を解析して、ボトムアップ処理とトップダウン処理に関わるメカニズムを解明

※別プロジェクトで遂行中の重症ALS患者およびサルの頭蓋内のワイヤレス体内埋込装置を用いたBMI研究の成果等を利用。

出所) 大阪大学国際医工情報センター 脳神経外科学 平田雅之教授資料より



株式会社三菱総合研究所