

10年後のスマホは何ができる!? われわれの研究から見えてきたこと

国立研究開発法人情報通信研究機構
ワイヤレスネットワーク総合研究センター
ワイヤレスシステム研究室
石津 健太郎

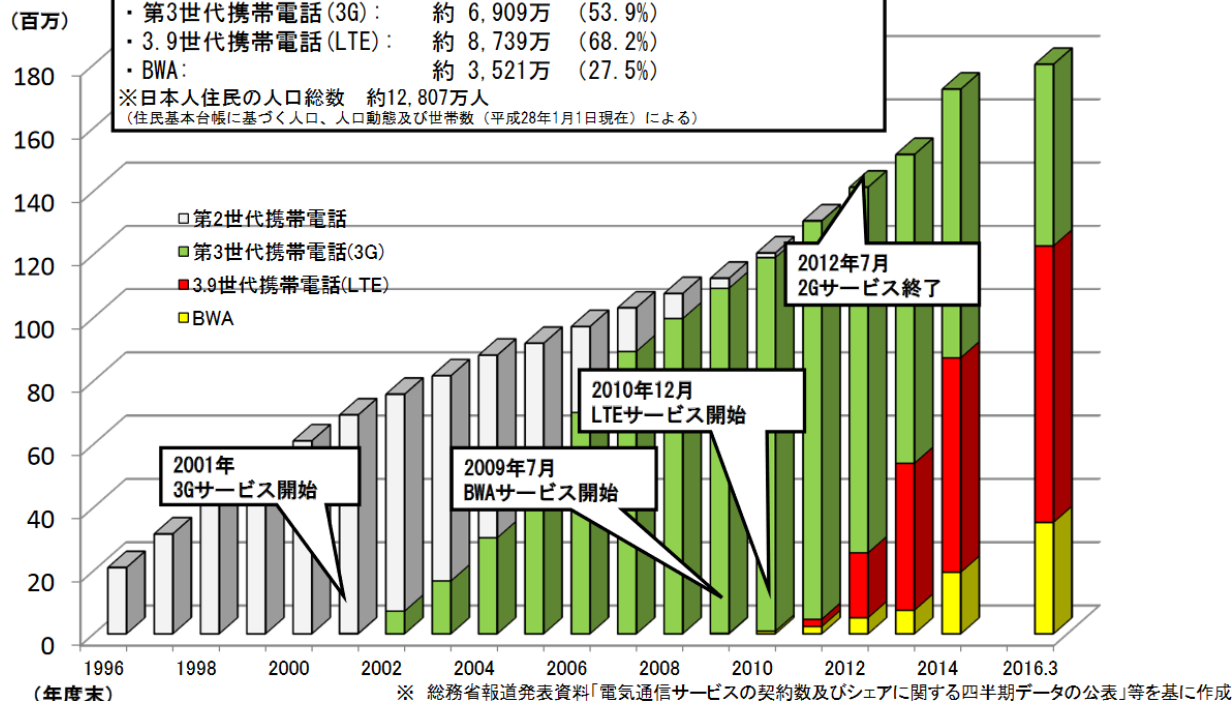
平成30年6月29日
NICTオープンハウス 研究者講演

携帯電話の数と通信量

2016年3月末現在 契約数（人口普及率）

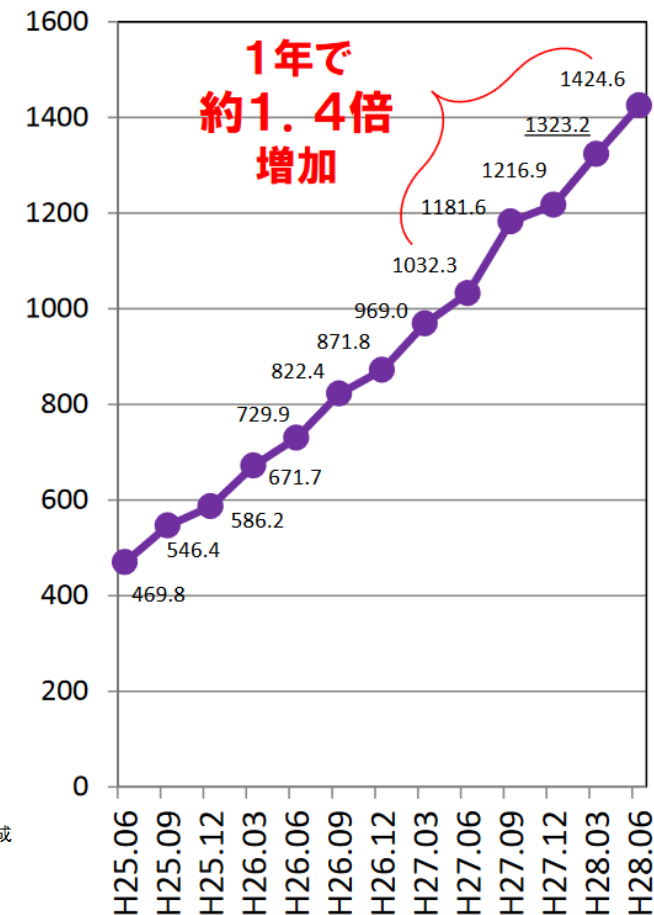
- ・携帯電話及びBWA合計（グループ内取引調整後）： 約15,876万（124.0%）
- ・携帯電話及びBWA合計（単純合算）： 約19,169万（149.7%）
- （内訳）
- ・携帯電話： 約15,648万（122.2%）
- ・第3世代携帯電話（3G）： 約 6,909万（53.9%）
- ・3.9世代携帯電話（LTE）： 約 8,739万（68.2%）
- ・BWA： 約 3,521万（27.5%）

※日本人住民の人口総数 約12,807万人
（住民基本台帳に基づく人口、人口動態及び世帯数（平成28年1月1日現在）による）

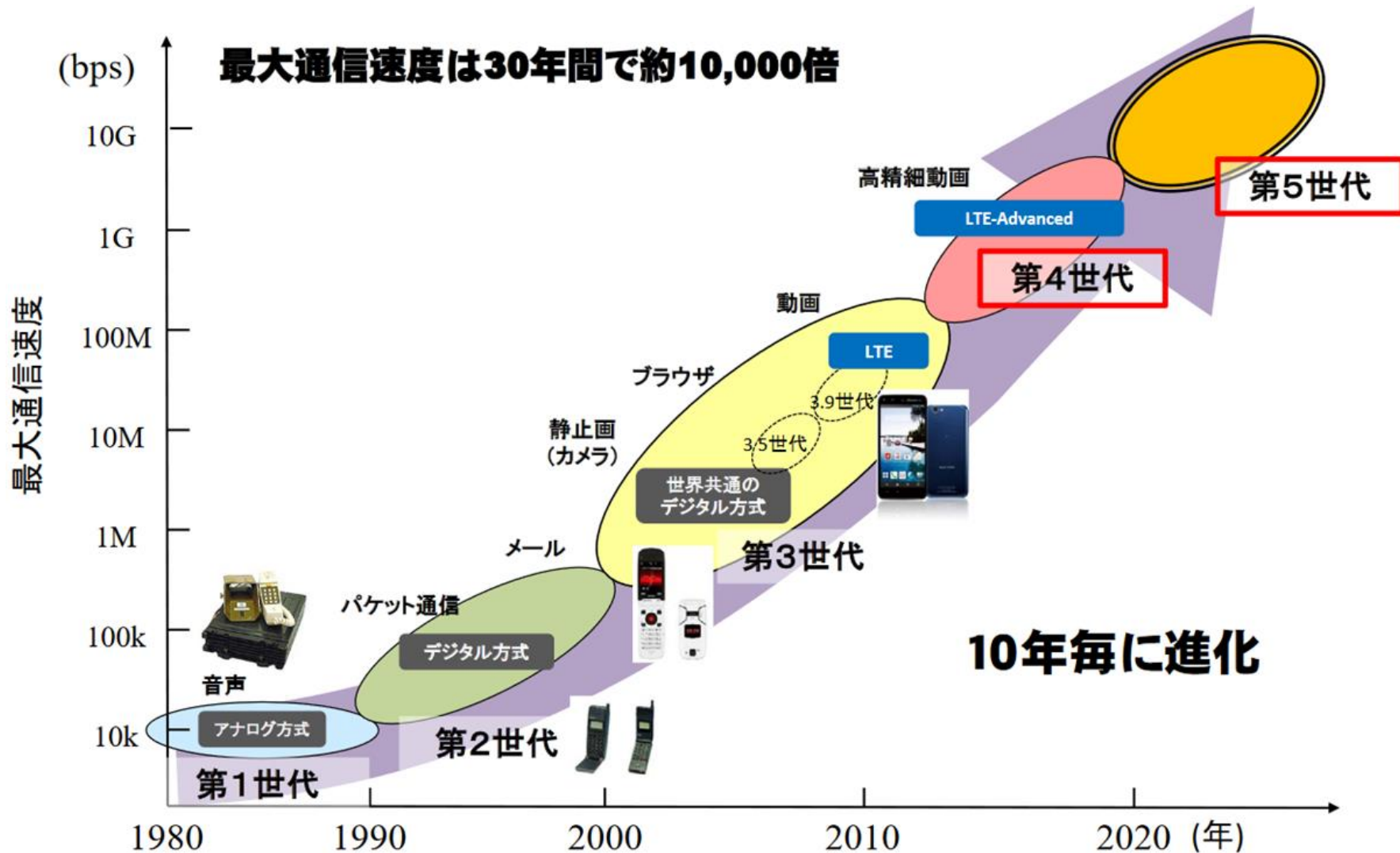


月間平均トラフィック

(Gbps)



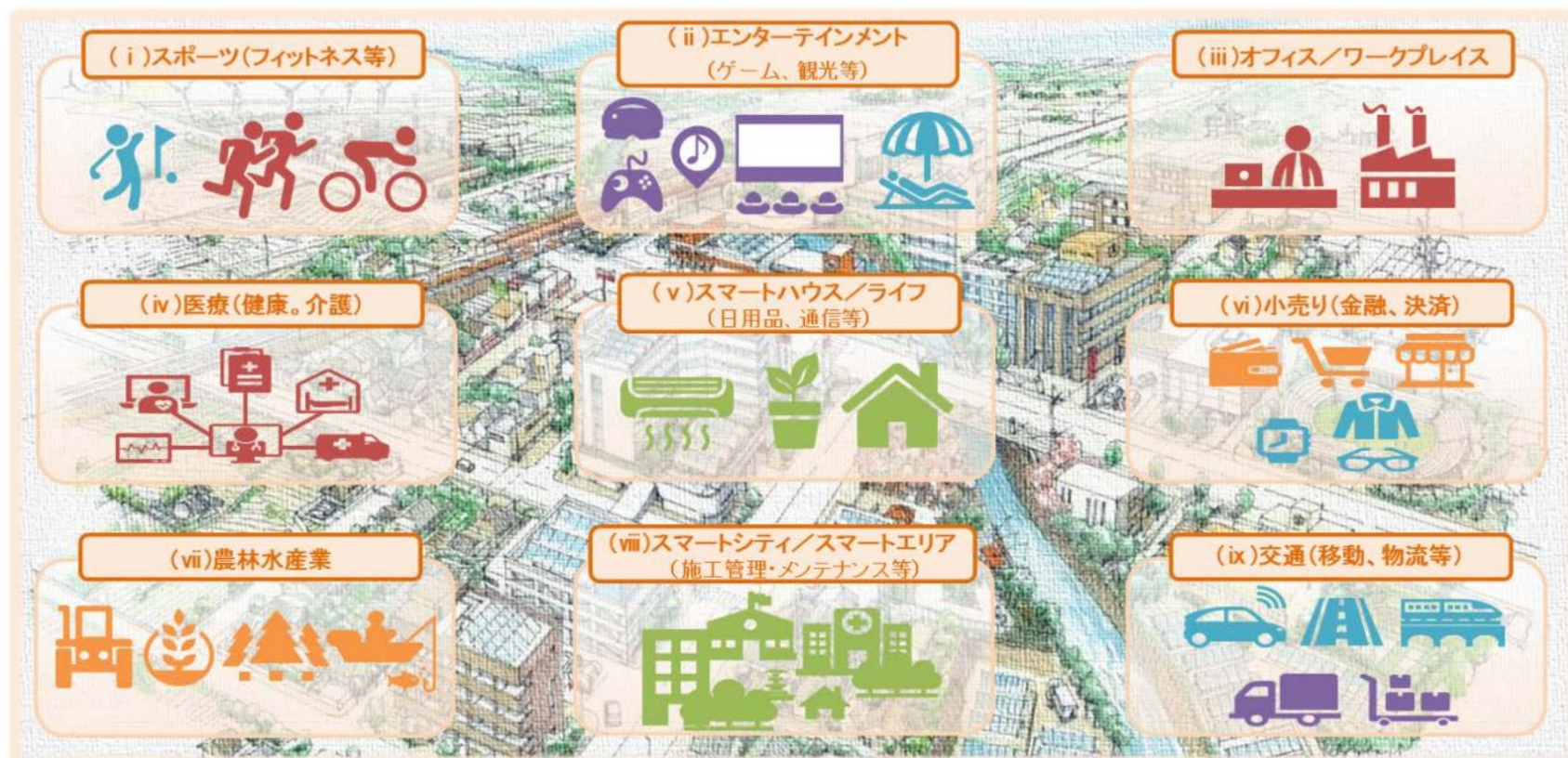
移動通信システムの進化



出典: 総務省 電波政策2020懇談会報告書(平成28年7月15日)

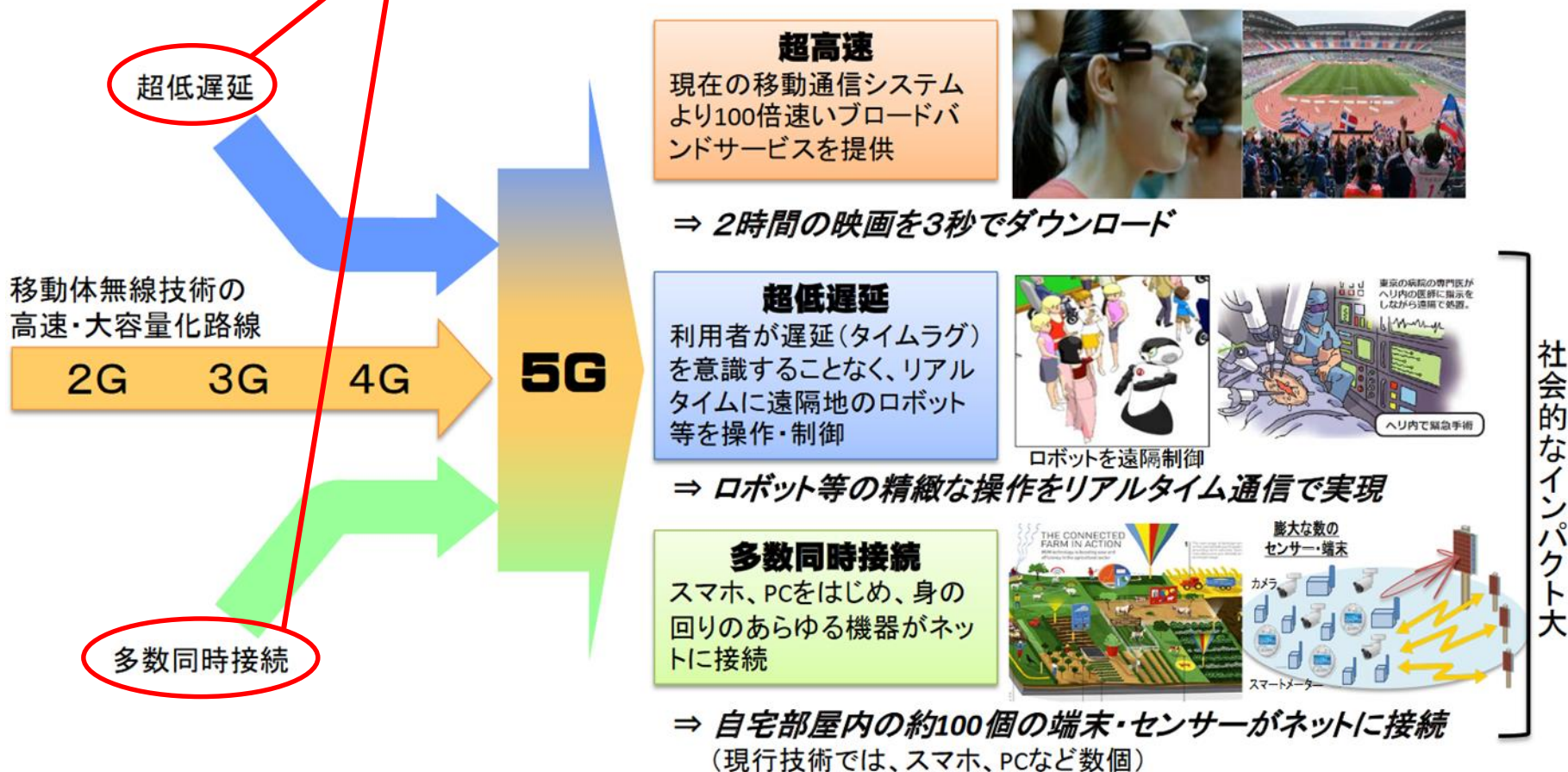
第5世代移動通信システム(5G)とは？

- 4Gまでは電話＋データ通信のための「移動通信」
- 5Gはあらゆるものを無線でつなぎ、「インフラ」として社会生活を支える



5Gの特徴とは？

5Gで初めて実現される新しい特徴



5Gが社会と生活を変える

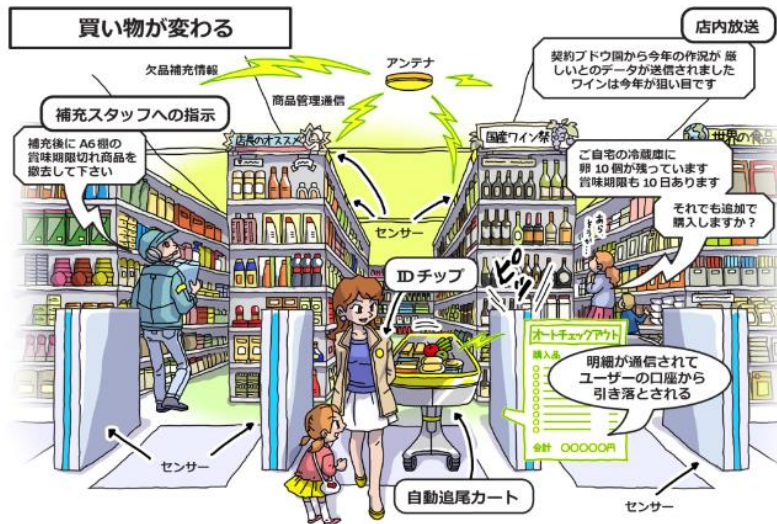
スポーツの楽しみ方が変わる



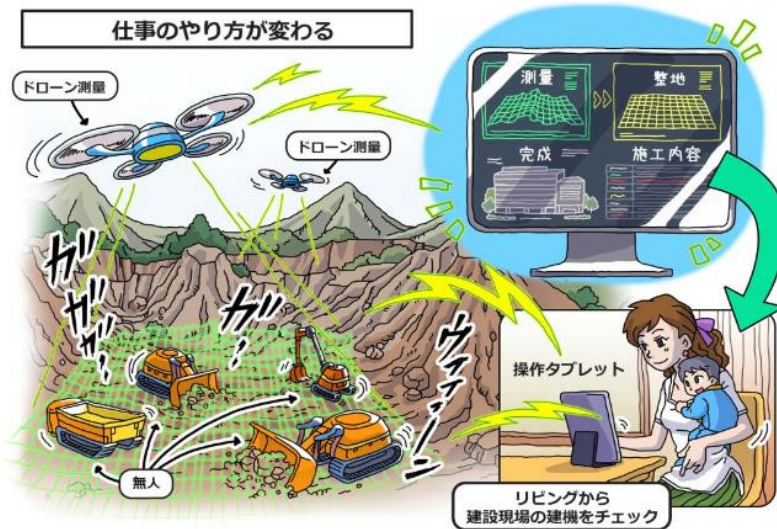
防災・減災の仕組が変わる



買い物が変わる



仕事のやり方が変わる



①超高速（通信が速い）

- ▶ 最高伝送速度 10Gbps（現在のLTEの100倍）

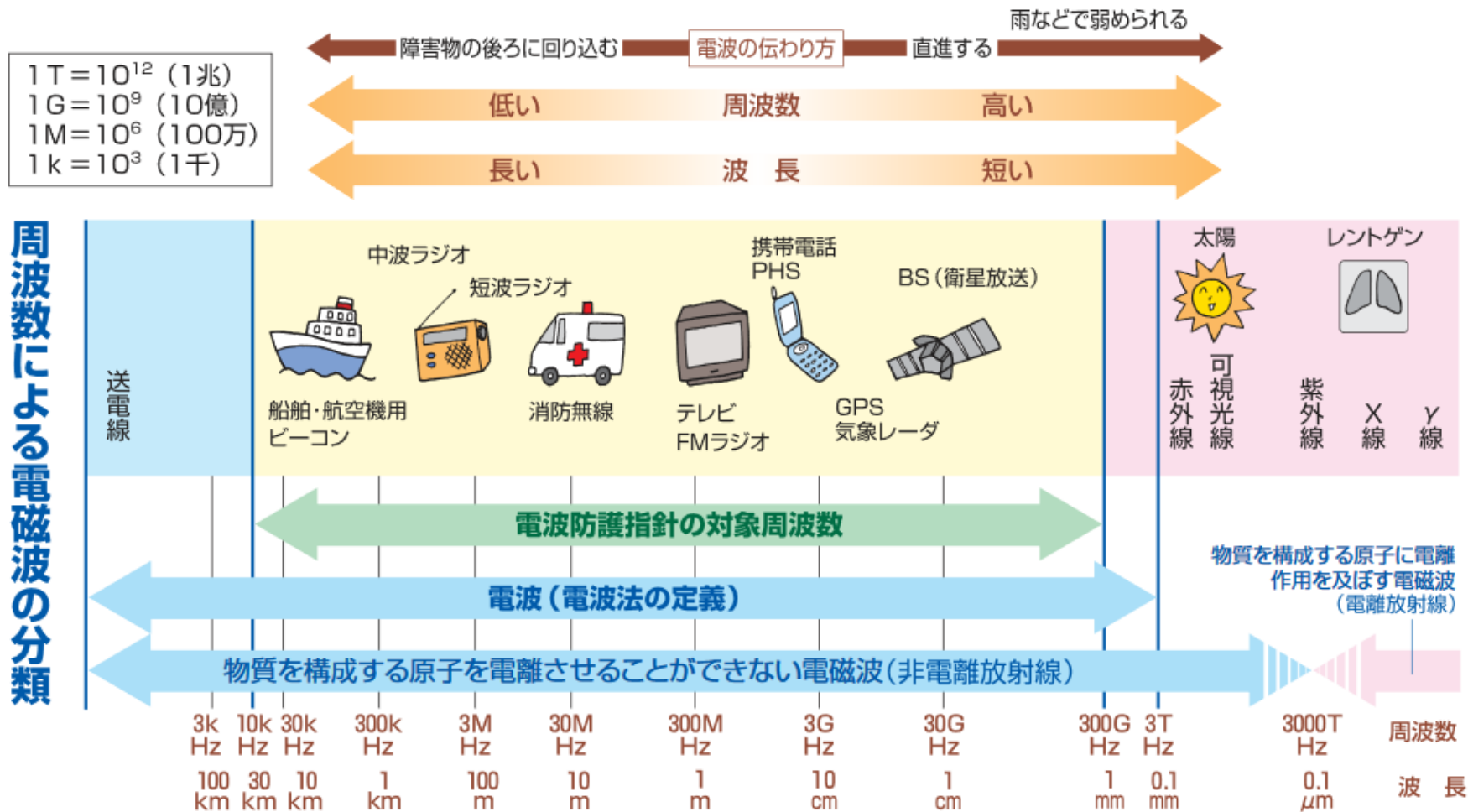
②多数同時接続（多くの端末が接続できる）

- ▶ 100万台/km²の接続機器数（現在のLTEの100倍）

③超低遅延（応答が速い）

- ▶ 1ミリ秒程度の遅延（現在のLTEの1/10）

5Gの特徴①「超高速」－周波数の使われ方－



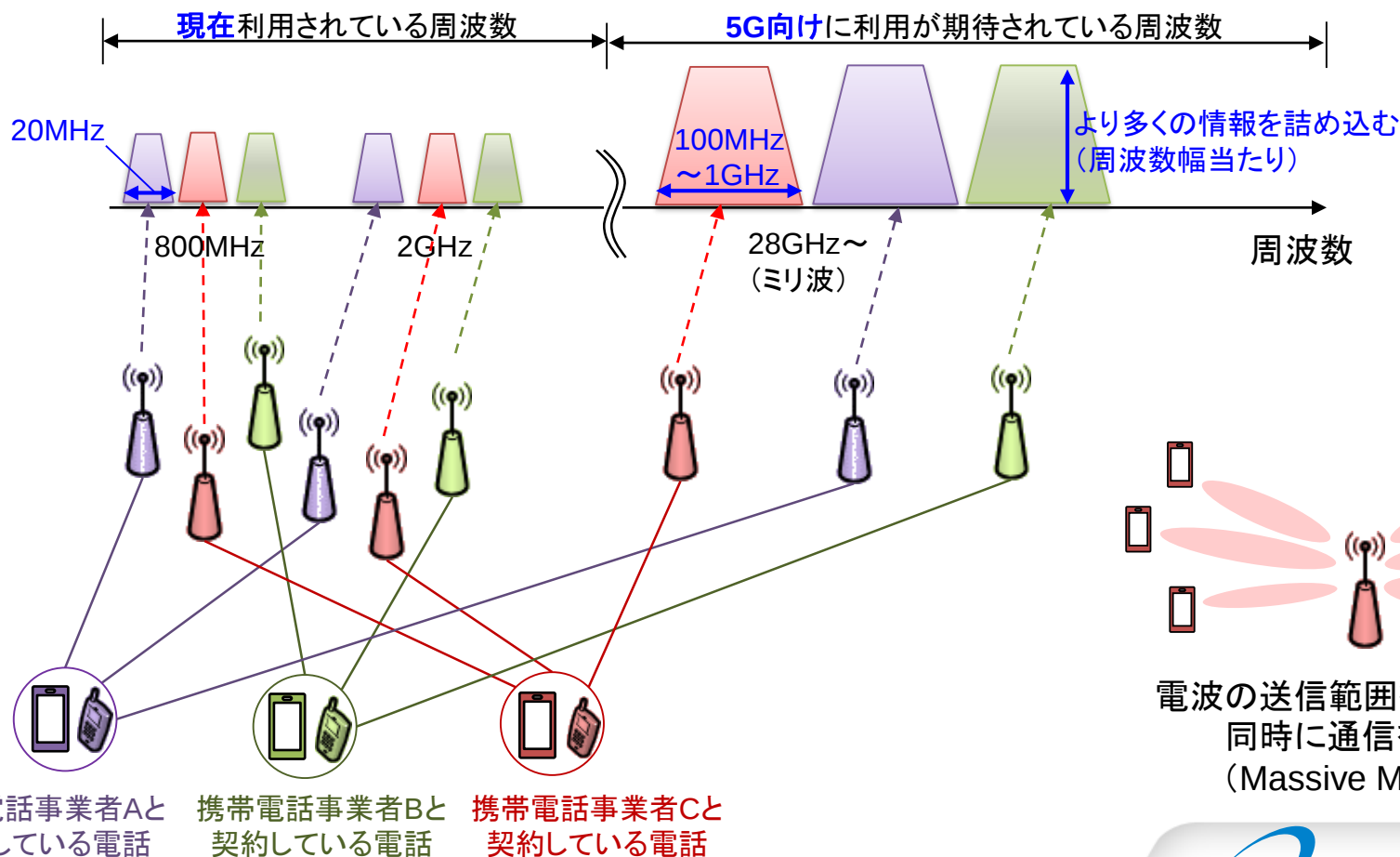
出典:総務省パンフレット「電波と安全な暮らし」

http://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/ele/body/emf_pamphlet.pdf

5Gの特徴①「超高速」－5G向けの周波数－

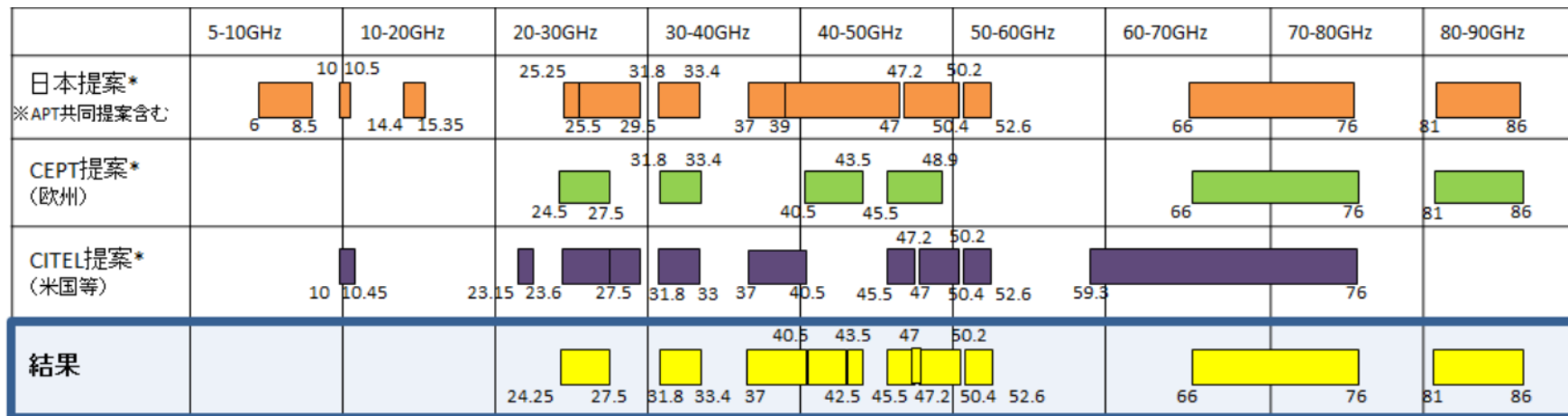
高速な通信を行うためには・・・

- 利用する周波数の幅を広げる
- より多くの情報を詰め込む
- 電波の送信範囲を限定する



5Gの特徴①「超高速」ーミリ波の利用ー

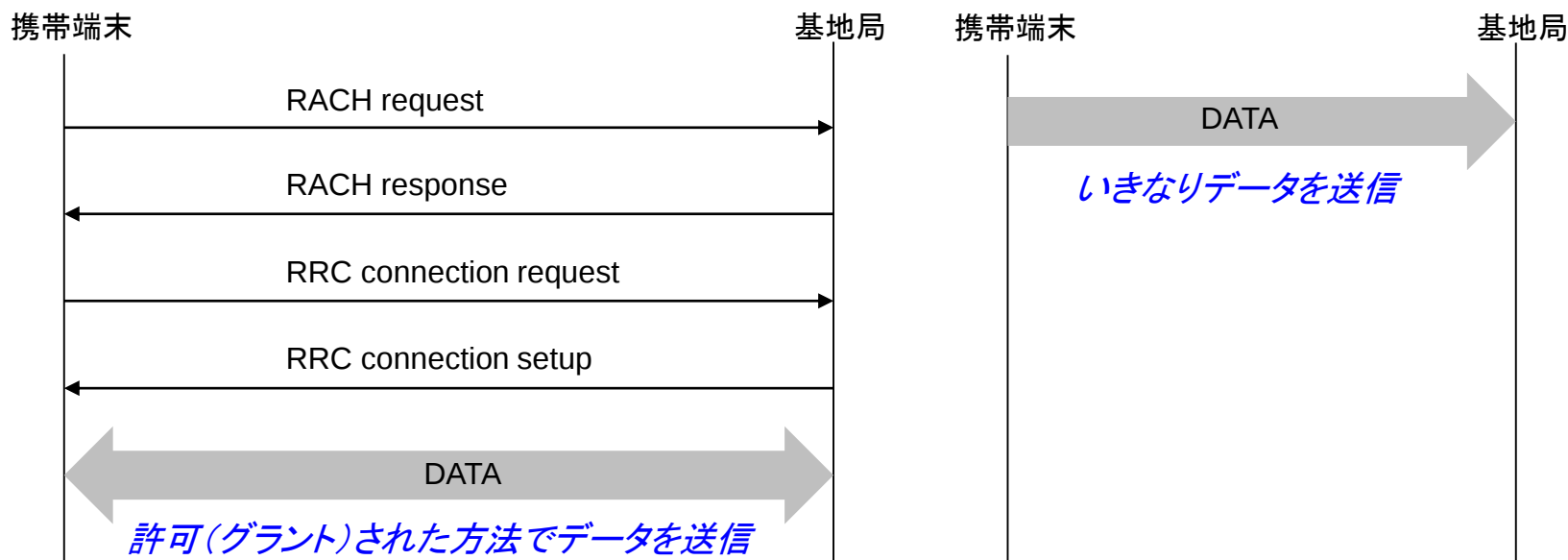
- 5G向けの新たな周波数にはミリ波が想定されている
 - ▶ 国際電気通信連合 無線通信部門 (ITU-R)
 - ▶ 世界無線通信会議 (WRC) における議論
 - ▷ WRC-19 議題1.13 (IMT向けの周波数範囲を特定)
 - ▷ 24.25-27.5, 31.8-33.4, 37-40.5, 40.5-42.5, 42.5-43.5, 45.5-47, 47-47.2, 47.2-50.2, 50.4-52.6, 66-76, 81-86GHz



*WRC-15への提案

5Gの特徴②「多数同時接続」

- 端末がデータを送信する場合の手順(プロトコル)
 - ▶ 送信データを衝突させず、通信品質を確保するため
- 5Gではプロトコルを大きく省略した方式を採用(グラントフリー)
 - ▶ 小さいデータを扱うセンサが多くあるような場合に有効

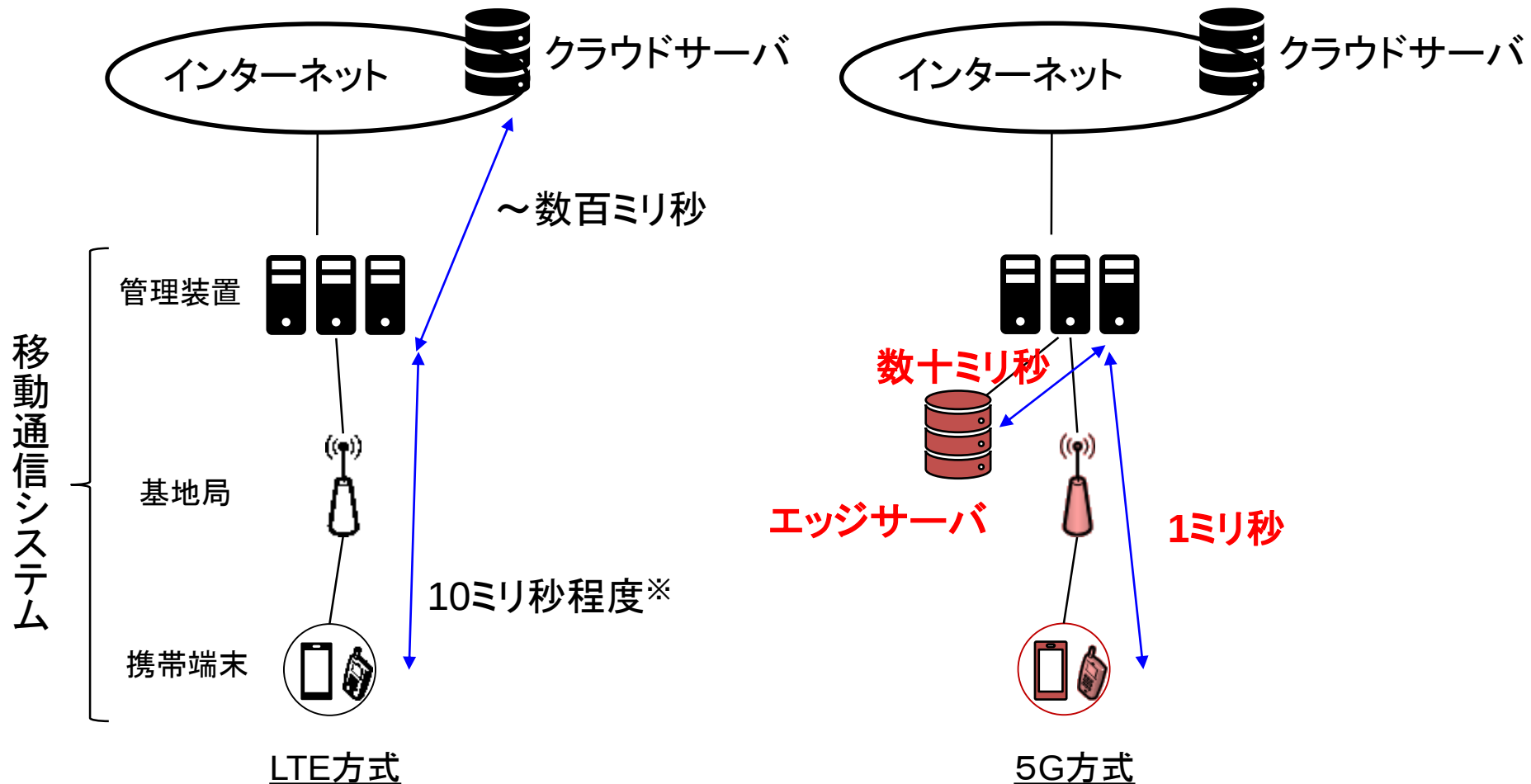


LTE方式

5G方式

5Gの特徴③「超低遅延」

超低遅延な通信＝リアルタイム性が高い通信

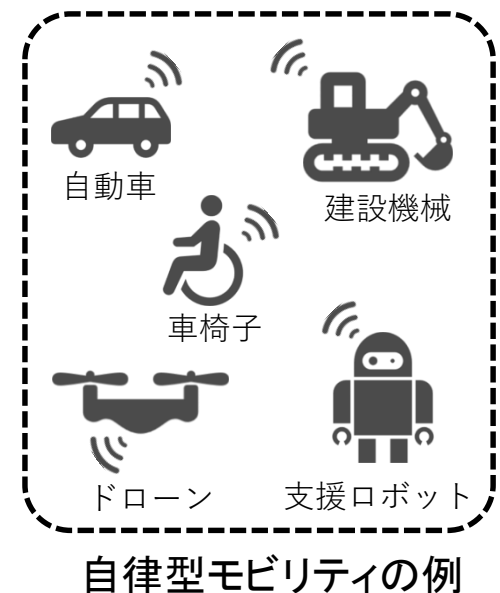


※ システム構成や設定により様々に変動します

- 実証1：自動走行を実現する
- 実証2：災害時に必ずつなぐ
- 実証3：将来の会議室を先取りする

実証1: 自動走行を実現する

- 近い将来 **自律型モビリティ**の普及が期待
 - ▶ **自動走行**機能を具備した様々な移動体
 - ▶ 物流ドライバー不足の解決、高齢者の移動手段の提供、などへの活用が期待
 - ▶ 交通事故の低減、渋滞の解消/緩和、などさらなる安全な交通への技術が必要

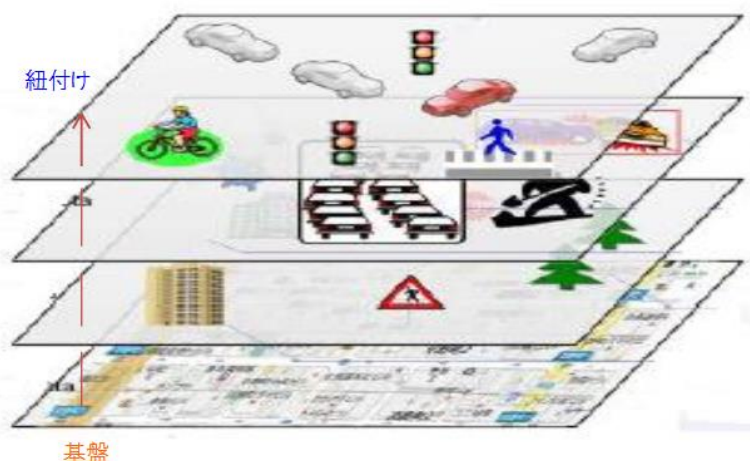


- 自動走行するためには？
 - 方法①: 自らのセンサ情報のみを利用 (**自分でよく見る**)
 - 方法②: 周辺のセンサ情報も利用 (**知っている人に教えてもらう**)
 - 電子的な地図が必要

実証1: ダイナミックマップとは？

- 刻々と変化する情報を含んだ地図
 - ▶ 刻々と変化する情報の例
 - ▷ 渋滞情報、車の位置と速度、歩行者の位置、信号の情報
 - ▶ 自動走行には不可欠
- ダイナミックマップの作成には様々なセンサ情報の収集が必要
 - ▶ 5Gの特徴(①超高速/③超低遅延)を活用する必要

ダイナミックマップ(SIPで開発:地図データの構造化等)



《動的情報(<1sec)》

ITS先読み情報(周辺車両、歩行者情報 信号情報など)

《准動的情報(<1min)》

事故情報、渋滞情報、狭域気象情報など

《准静的情報(<1hour)》

交通規制情報、道路工事情報、広域気象情報

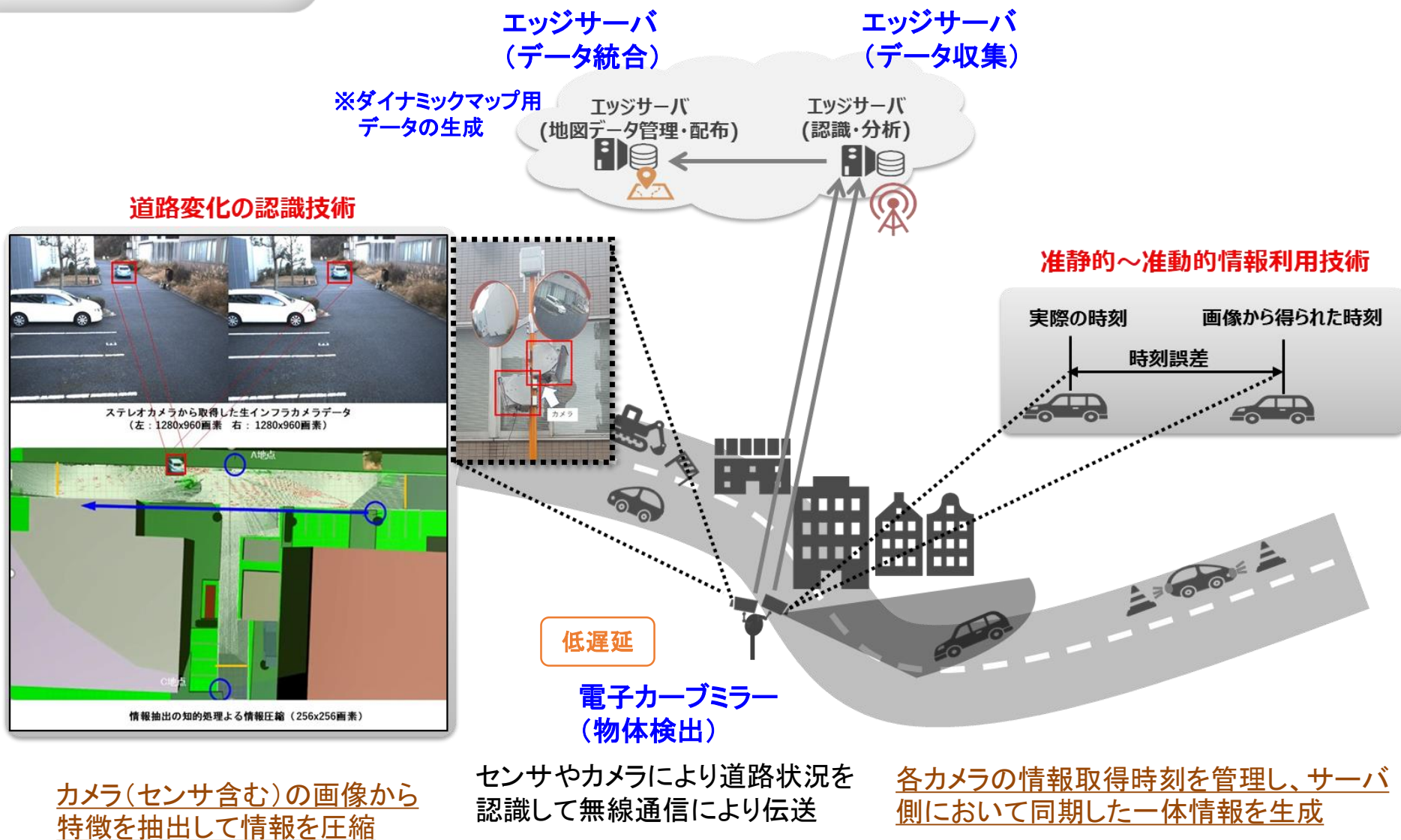
《静的情報(<1day)》

路面情報、車線情報3次元構造物など

狭い範囲で極低遅延
で信頼性の高い通信
を行う狭域通信

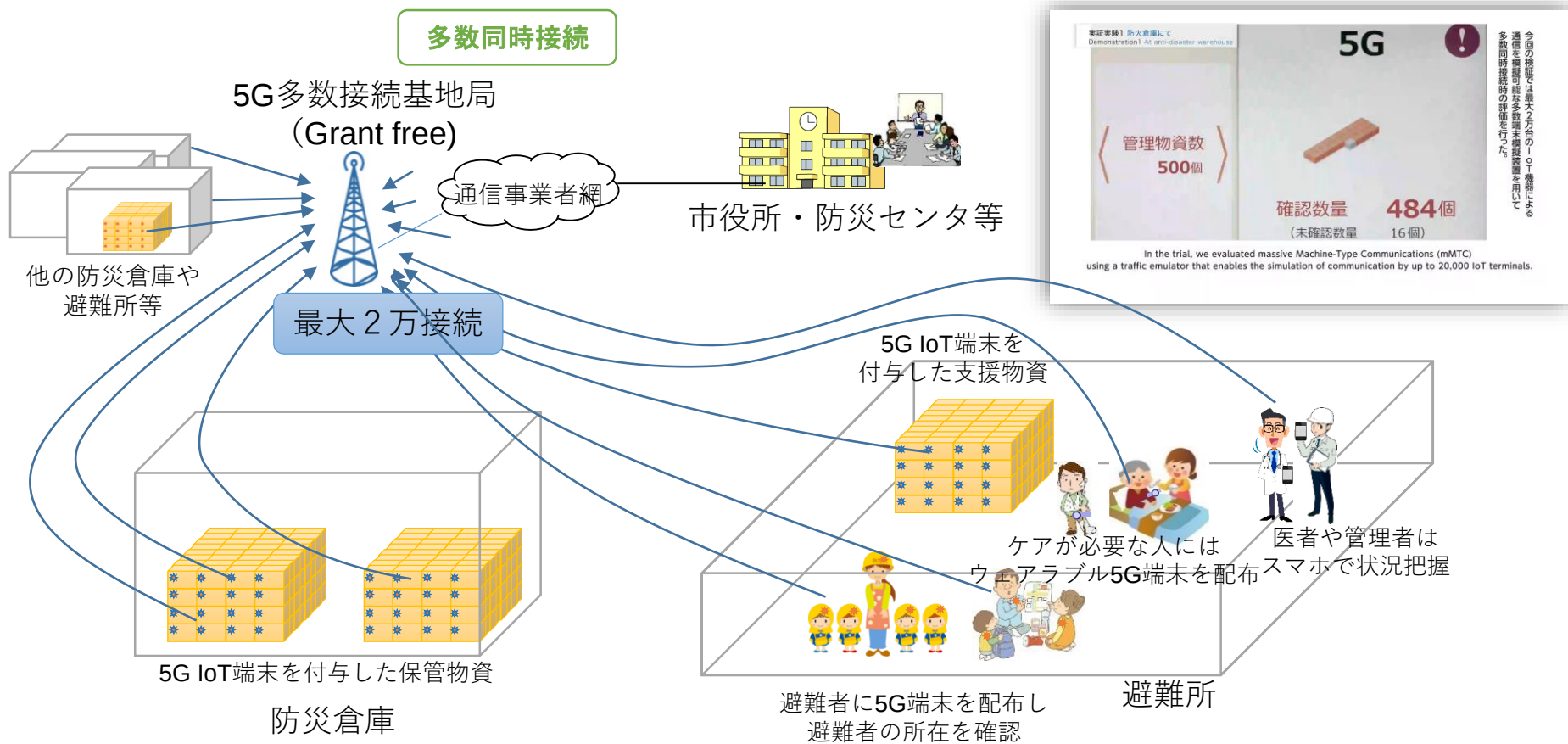
広いエリアでいつでも
使える5G等広域通信
(スポット通信で支援)
※多くの車に同じ情報を効率良く
配信するための工夫が必要

実証1: 実証システムと機能



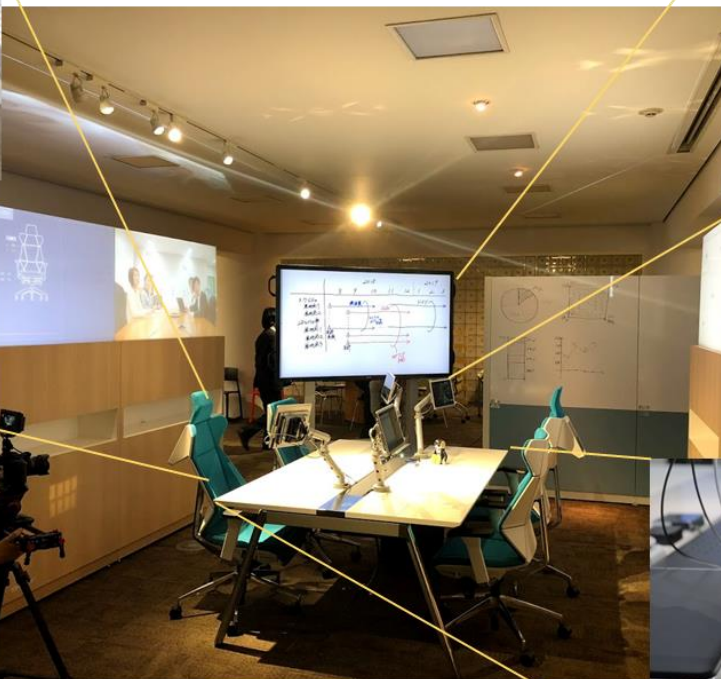
実証2: 災害時に必ずつなぐ

- 多数の物資や人の情報を5Gを利用して収集して統合管理
- 災害時の防災倉庫や避難所を想定し、動き回る人(医師、ボランティア、被災者等)や持ち込みや持ち出しの激しいモノの管理を効率的かつ確実に行う



本実証は、総務省からの「屋内において2万台程度の多数同時接続通信を可能とする第5世代移動通信システムの技術的条件等に関する調査検討の請負」の成果であり、株式会社エイビット、ソフトバンク株式会社と共同研究契約を締結して実施したものです。

実証3: 将来の会議室を先取りする(スマートオフィス)



低遅延

3.7GHz帯/28GHz帯

電子ホワイトボード

電子ホワイトボードによる遠隔地との
スムーズなコミュニケーション

多数接続

2.4GHz帯

スマートチェア

センサーと高性能太陽光パネルを
内蔵し、バッテリーレスで推定姿勢
等を検出して送信

※今回の無線装置はBluetooth Low Energy
(BLE)を使用

超高速

3.7GHz帯

スマートテーブル

アンテナを内蔵し机上でのみ通信可能
隣の机と干渉せずに同一帯域の使用を可能に



※超高速と低遅延の5Gシステムは、今回はLTE
システムの周波数を変換することにより模擬

本実証は、総務省からの「屋内において2万台程度の多数同時接続通信を可能とする第5世代移動通信システムの技術的条件等に関する調査検討の請負」の成果であり、株式会社イトーキ、シャープ株式会社と共同研究契約を締結して実施したものです。

実証3:スマートテーブル

【スマートテーブル】

超高速

3.7GHz

- 5G 無線システムを組み込んだ会議テーブル
 - 机上の機器のみ5G通信エリア(3.7GHz帯)となり通信可能な
 - 3.7GHz帯通信エリアを限定することで少人数で帯域を占有でき、かつ隣接する机でも同帯域が利用可能
- 会議支援システム
 - 認識した音声から自動的に議事録を生成
 - 発話者の自動検知も
 - 会議キーワード検出とサジェスチョン
 - 会話で頻出するキーワードを拾い、参考となる時事ニュースを検索



【スマートチェア】

多数同時接続

3.7 / 2.4GHz

- 圧力センサを組み込んだスマートチェア
 - 座っている人の姿勢や感情(動きから推定)を検出
 - 将来的には感情情報(頷き、退屈等)を議事録に自動記録
 - 省電力モジュールを使用しているためソーラーパネルのみで動作(5Gの通信方式がシンプルのため)

【スマートホワイトボード】

低遅延

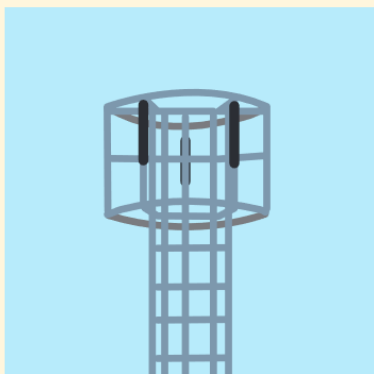
3.7 / 28GHz

- 遠隔地とリアルタイムで描画を共有
 - 従来のTV会議システムと組み合わせ、距離を感じない会議を



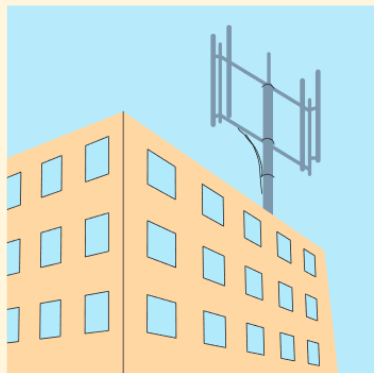
5Gに関してNICTが研究していること

携帯電話の基地局



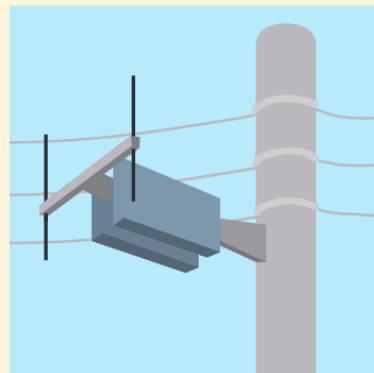
■ 鉄塔タイプ

20～50mぐらいの高さがあり、主に郊外に建設。広いエリアをカバーします。



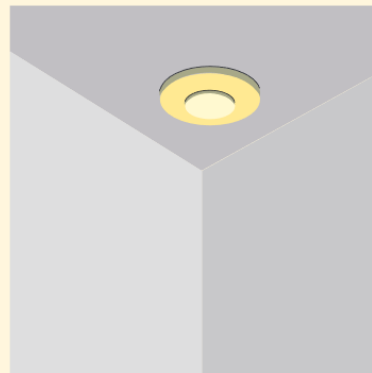
■ ビル設置タイプ

ビルやマンションなどの屋上を借りて設置するタイプ。主に市街地で利用されます。



■ 小型基地局

小規模なエリアをカバーするための小型・軽量の基地局。電柱などに設置されます。



■ 屋内基地局

地下街や地下鉄の駅、大型ビルの地下や高層フロアに設置。狭いエリアをカバーします。

移動通信システムのセル方式



- ひとつの基地局のアクセス範囲には限界がある
- サービスエリアを「セル」と呼ばれる小さなエリアに分割
- 端末は接続できるセルに切り替えながら移動

5G時代に向けた移動通信システムの課題

- 5Gはマイクロセル基地局を活用していくことになる

- ▶ アクセス範囲(セルサイズ)が狭い

- ▷ 周波数 : ミリ波も使用
- ▷ アクセス範囲 : 100メートル以下のもの
- ▷ システム : 超高速、超低遅延、多数同時接続

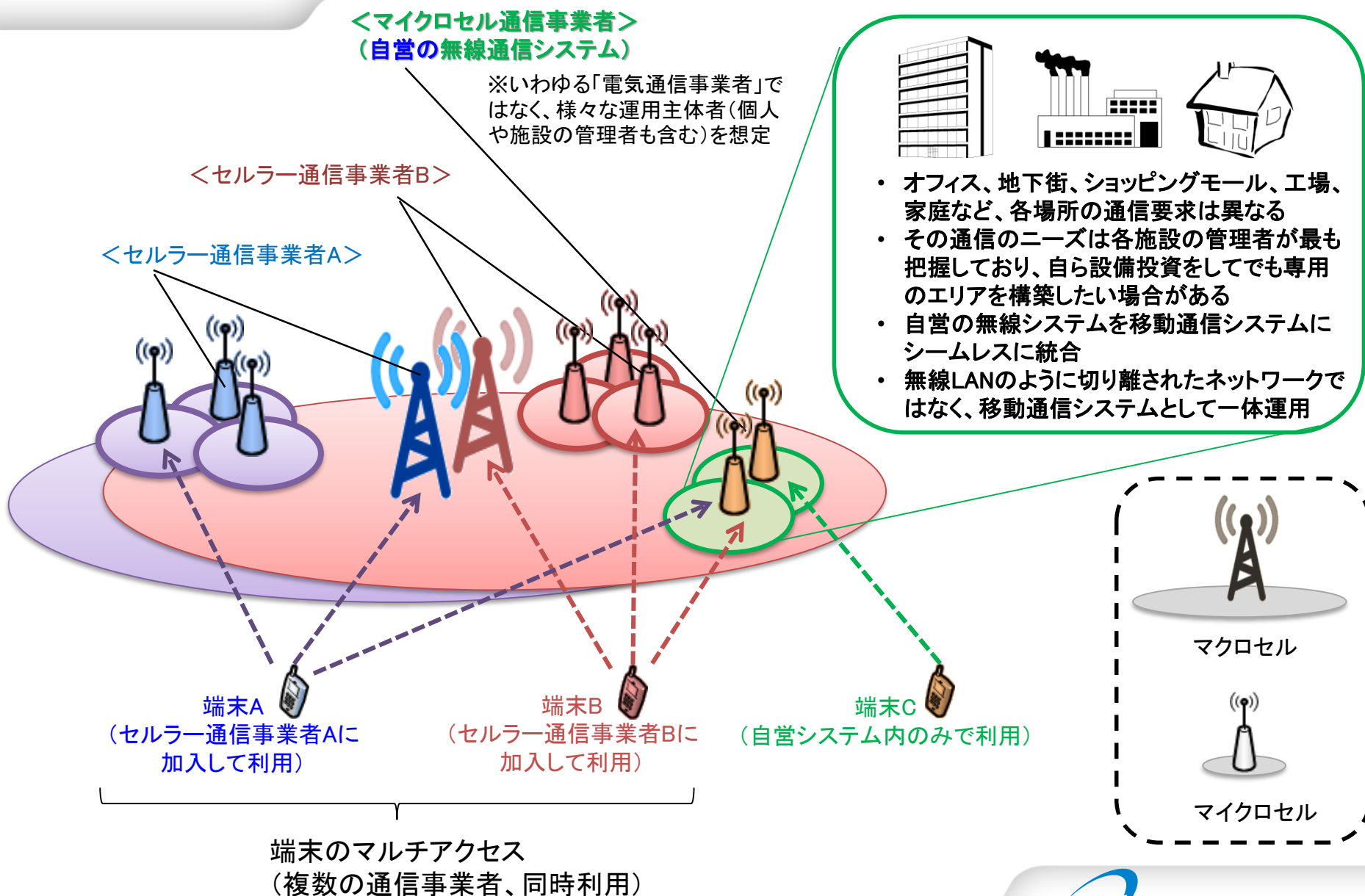
- ▶ 基地局数が爆発的に増加

- ▷ 全ての性能を同時に満たす無線システムをあまねく展開することは困難
- ▷ 設置の費用負担が大きい

- ▶ 無線通信を必要とする者がシステムを適材適所に展開する必要性

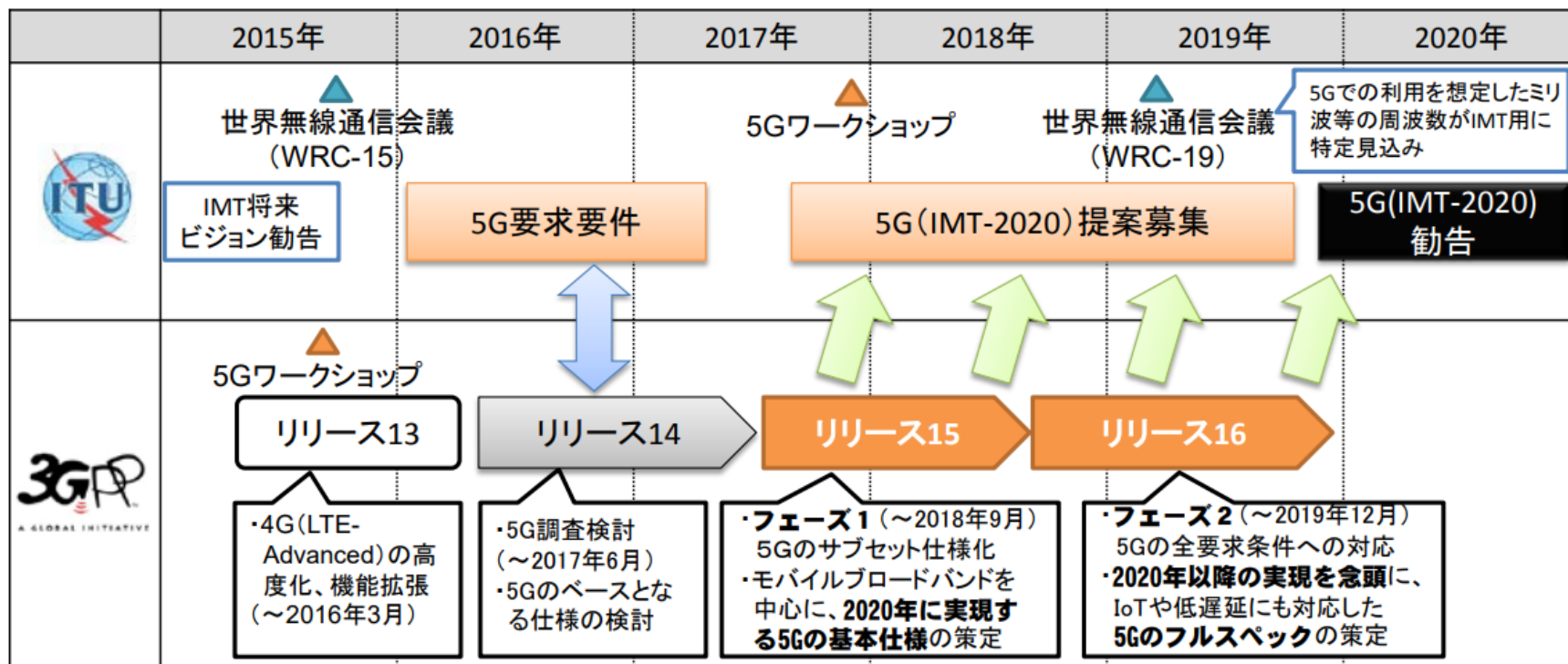
- ▷ 「自営の」無線システム(マイクロセル)の積極的な活用

移動通信システムにおける自営システムの統合



5Gに関する国際標準化

- ITU-R (International Telecommunication Union, Radiocommunications Sector)
 - ▶ WRC(World Radiocommunication Conference)-19
 - ▶ 議題1.13: IMT向け追加周波数帯
- 3GPP(3rd generation partnership project)
 - ▶ 2018年9月: 5G phase 1(Release 15)策定
 - ▶ 2019年12月: 5G phase 2(Release 16)策定



出典: 総務省 電波政策2020懇談会報告書(平成28年7月15日)

3GPPにおける世界標準規格書づくり

- 分野ごとに3グループ(TSG: Technical Specification Group)に分かれている
- それぞれのTSGもさらにワーキンググループがある

Project Co-ordination Group (PCG)		
TSG RAN Radio Access Network	TSG SA Service & Systems Aspects	TSG CT Core Network & Terminals
RAN WG1 Radio Layer 1 spec	SA WG1 Services	CT WG1 MM/CC/SM (lu)
RAN WG2 Radio Layer 2 spec Radio Layer 3 RR spec	SA WG2 Architecture	CT WG3 Interworking with external networks
RAN WG3 lub spec, lur spec, lu spec UTRAN O&M requirements	SA WG3 Security	CT WG4 MAP/GTP/BCH/SS
RAN WG4 Radio Performance Protocol aspects	SA WG4 Codec	CT WG6 Smart Card Application Aspects
RAN WG5 Mobile Terminal Conformance Testing	SA WG5 Telecom Management	
RAN WG6 Legacy RAN radio and protocol	SA WG6 Mission-critical applications	

出典: <http://www.3gpp.org/specifications-groups>

3GPP TS 36.509 V14.4.0 (2018-06)

Technical Specification

**3rd Generation Partnership Project;
Technical Specification Group Radio Access Network;
Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and
Evolved Packet Core (EPC); Special conformance testing
functions for User Equipment (UE)
(Release 14)**

The present document has been developed within the 3rd Generation Partnership Project (3GPPTM) and may be further elaborated for the purposes of 3GPP. The present document has not been subject to any approval process by the 3GPP Organizational Partners and shall not be implemented. This Specification is provided for future development work within 3GPP only. The Organizational Partners accept no liability for the use of this Specification. Specifications and reports for implementation of the 3GPPTM system should be obtained via the 3GPP Organizational Partners' Publications Office.

44

3GPP TS 36.509 V14.4.0 (2018-06)

DCP SDU (no data is returned).

the received PDCP SDU in downlink is equal to UL_PDCP_SDU_size(LB_ID);

DCP SDU from the output of the PDCP SAP and provide it as input to the correspondent P in uplink and transmit, see Figure 5.4.3-1.

of the received PDCP SDU in downlink is bigger than UL_PDCP_SDU_size(LB_ID):

UL_PDCP SDU of size UL_PDCP_SDU_size(LB_ID) by taking the first K bits of the PDCP SDU in downlink PDCP SAP, where K is equal to UL_PDCP_SDU_size(LB_ID) and as input to the correspondent PDCP SAP in uplink and transmit, see Figure 5.4.3-2.

of the received PDCP SDU in downlink is less than UL_PDCP_SDU_size(LB_ID):

UL_PDCP SDU of size UL_PDCP_SDU_size(LB_ID) by repeating the data received in PDCP SDU in downlink to fill the UL_PDCP SDU (truncating the last block if necessary), as input to the correspondent PDCP SAP in uplink and transmit, see Figure 5.4.3-3.

received PDCP SDU is in downlink shall be bit strings that are byte aligned (i.e. multiple of 8 bits) to TS 36.321 [24] clause 6.2.1.

Figure 5.4.3-1: Loop back of PDCP SDU (DL PDCP SDU size = UL PDCP SDU size = N)

Figure 5.4.3-2: DL > UL PDCP SDU block size (DL PDCP SDU size = N, UL PDCP SDU size = K)

3GPP

出典: 3GPP TS 36.509 V15.2.0 (2018-06) から抜粋

- 「10年後のスマホは何ができる!?!」の答えは？
- 4Gまでは電話＋データ通信が基本だったが、5Gはあらゆるものを無線でつなぐ社会インフラ
- 5Gの3つの特徴
 - ▶ ①超高速(通信が速い)
 - ▶ ②多数同時接続(多くの端末が接続できる)
 - ▶ ③超低遅延(応答が速い)
- NICTの研究
 - ▶ 多様な基地局を柔軟に設置していける仕組み
 - ▶ 実証試験を通して、コンセプトの確認や機能の検証
 - ▶ 国際規格として成立するように活動