

「新世代モバイル通信システムの技術的条件」 に関する検討状況

平成29年5月19日

新世代モバイル通信システム委員会

5Gの基本コンセプト ①

- ✓ 5Gは、有無線が一体となって、超高速、多数同時接続、超低遅延といった**様々な要求条件に対応することが可能な優れた柔軟性**を持つ
- ✓ あらゆる利用シナリオでユーザが満足できる**エンド・ツー・エンドの品質**を提供
- ✓ 必ずしも全ての要求条件に対応するネットワークを整備する必要はなく、**ユースケース、利用シナリオ等に応じて、超高速、多数同時接続といった機能、品質を提供**

あらゆる要望に柔軟に対応（超柔軟性）

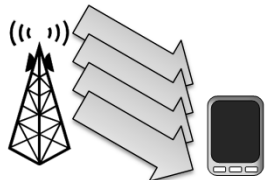
4 Gまで：最大限のスループットを確保し、高速・大容量通信の提供を目指したシステム。通信速度、遅延時間、カバレッジなどに限界があり、全てのユースケースへの対応は困難

5 G以降：有無線が一体となり、通信速度、接続数、遅延時間など、あらゆるユーザの要望やアプリケーションの要求条件に対応可能な優れた柔軟性を持つ

～4G：ベストエフォート

5G：それぞれのコンセプトに適した品質を提供

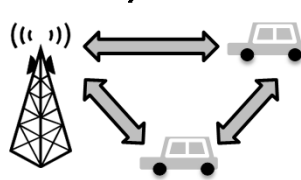
拡張モバイルブロードバンド
enhanced
Mobile BroadBand



大規模マシンタイプ通信
massive Machine Type
Communication



超高信頼・低遅延通信
Ultra Reliable and
Low Latency Communication

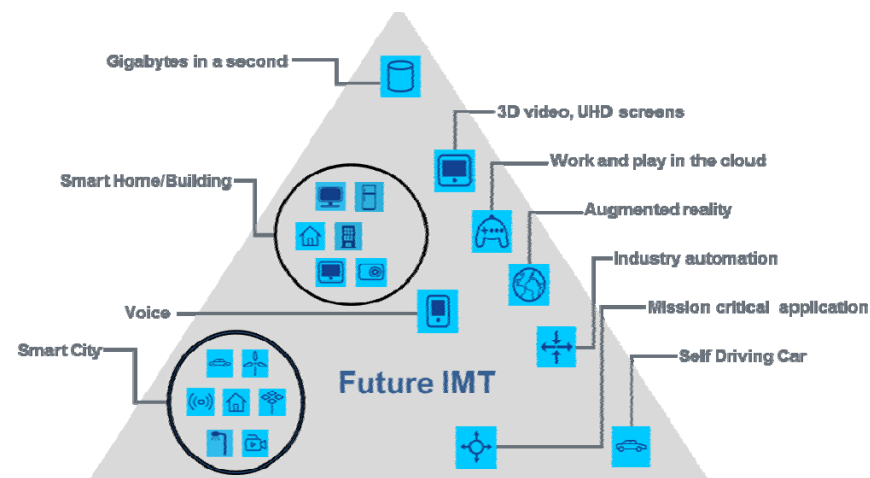


<5Gの利用シナリオ>

5Gはモジュールベースのシステム
必要な機能を必要な場所に提供

- ✓ モバイルブロードバンドの高度化（eMBB）
- ✓ 大量のマシンタイプ通信（mMTC）
- ✓ 超高信頼・低遅延通信（URLLC）

モバイルブロードバンドの高度化
(eMBB : Enhanced mobile broadband)



大量のマシンタイプ通信
(mMTC : Massive Machine
Type Communication)

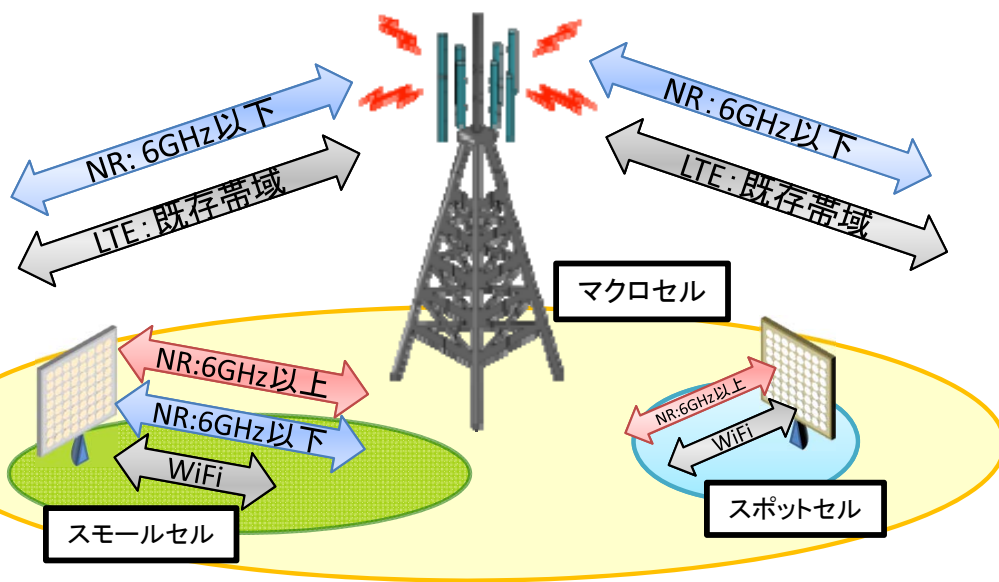
超高信頼・低遅延通信
(URLLC : Ultra reliable and
low latency communication)

5Gの基本コンセプト ②

- ✓ 5Gは、様々な周波数帯、様々な無線技術から構成される**ヘテロジニアス・ネットワーク**となる
- ✓ 5Gでは、通信事業者等がバーティカル産業などのパートナー企業と連携しながら、**B2B2X**モデルでサービスを提供。どのような者と組んで、どのようなB2B2X (Business-to-Business-to-X) モデルを構築できるかがポイント
- ✓ 新たなビジネス創出に向けて、**業界を超えたエコシステム**の構築が必要

ヘテロジニアス・ネットワーク

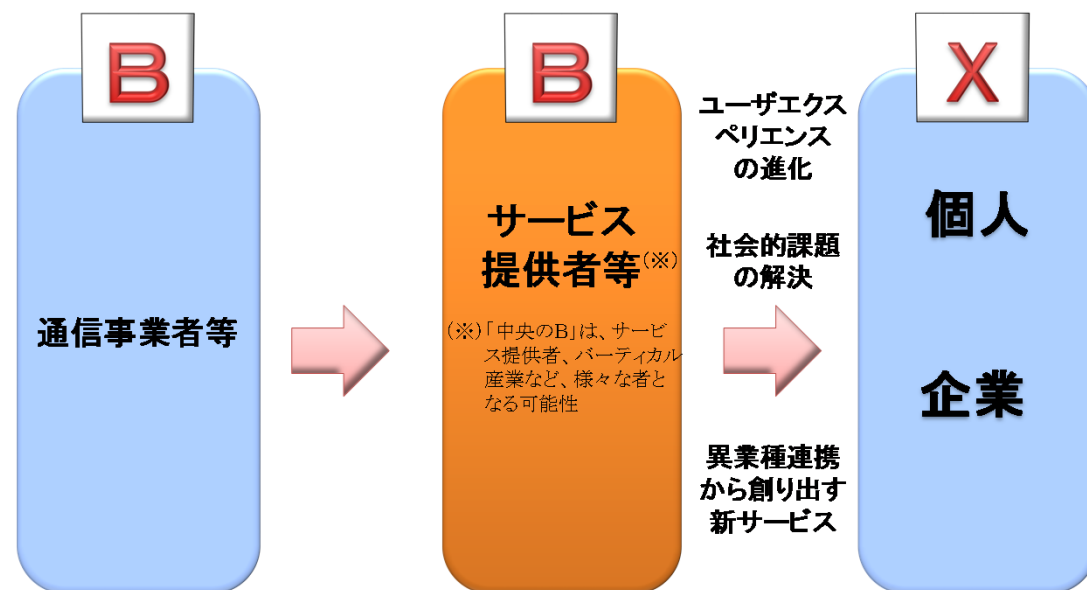
- 周波数帯：800MHz、2GHzなど既存の周波数帯に加え、6GHz以下の周波数帯やミリ波などの6GHz以上の周波数帯など、これまでよりも高い周波数帯など様々な周波数帯を活用
- 無線技術：NR、LTE、WiFiなど様々な無線技術で構成



図：ヘテロジニアス・ネットワークの構成イメージ

B2B2Xモデル

- ✓ 通信事業者等が、バーティカル産業のサービス提供者などと連携し、B2B2Xモデルでサービスを提供
- ✓ バーティカル産業、ビジネスモデルなどによって、様々なB2B2Xモデル形態が想定
- ✓ 2020年の5G実現に向けて、バーティカル産業との連携を念頭に、B2B2Xモデルを意識した実証を行うことが重要



- ✓ 高精細映像の伝送、多数のセンサーの活用など、様々な分野でのサービス提供が期待
- ✓ 特に、**自動車分野**は、セルラーV2Xの議論が活発化するなど、5Gの有力な応用分野
- ✓ 農業、観光、建設等の分野への導入を進めることで、**地域活性化・地方創生**が期待
- ✓ **労働人口の減少**(人手不足)、**労働生産性の向上**への対応が期待
- ✓ 5G独自のサービスだけでなく、4Gで利用可能なサービスを5Gに進化させることも検討すべき
- ✓ 5Gの実現によって、何がどう変わるのか、これまで以上に**周知・啓発**が必要

VR・AR観光

属性情報や位置情報に沿った情報を目の前の情景に重ね合わせることで、観光地の風情・臨場感を体感しながら、歴史・情報を深堀

現在の音声ガイドでは、伝わらないイメージがあったり、ガイドツアーでは、自分のペースで楽しめないなどの不満がある

5Gで、例えば、自ら操作可能で、多言語に対応したバーチャルガイドが実現すれば、より深い歴史情報に触れつつ観光や美術館や博物館を楽しむことが可能



労働力不足の解消 労働生産性の向上

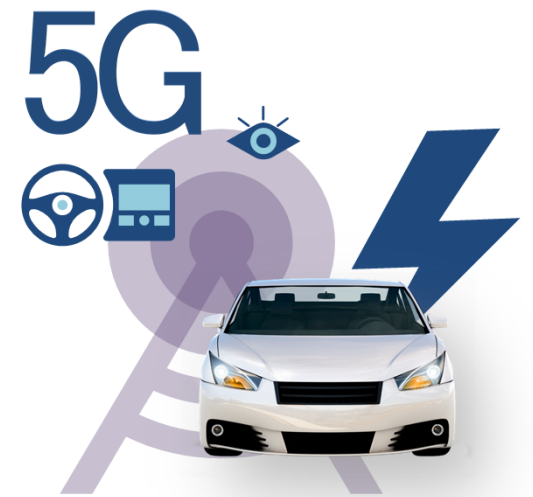
観光地や人口が減少している地域で、自動運転バスや自動運転列車が導入されることで、地域の運転士不足を解消するとともに、安全にあらゆる時間帯でも運行可能とし、地域住民の利便性向上を実現する。オンデマンドのバスや列車の運用が実現できれば更なる利便性向上が期待。

また、時間と手間が必要な技術の継承、特殊な技能・人材を必要とする業務について、3Dメガネにマニュアルや情報を重ね、ハンズフリーで作業できたり、遠隔地のエキスパートとリアルタイムで情報共有・指示を行うことができれば、膨大な人力と熟練が必要であった業務の短縮化・均一化が可能。

自動車分野への活用

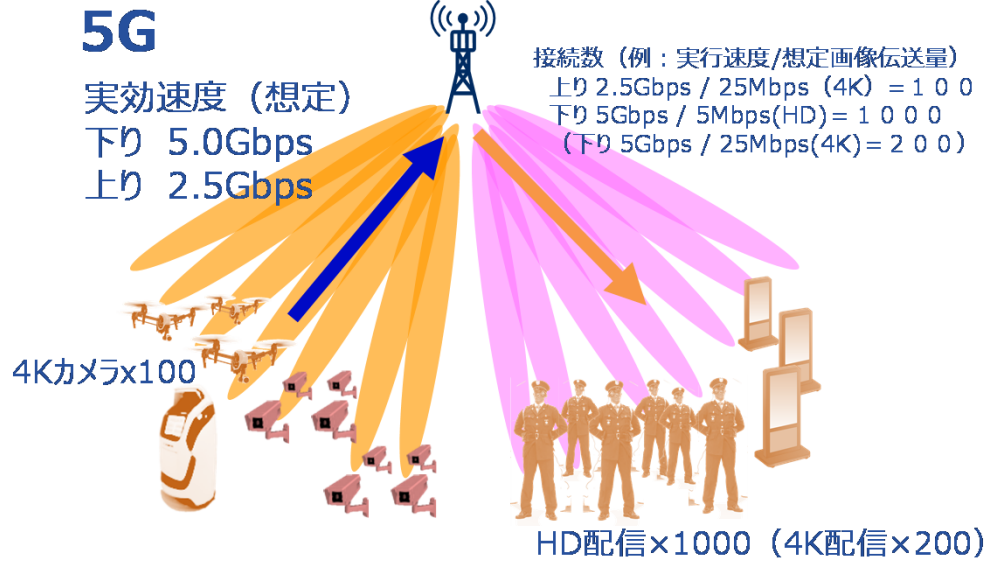
幅広いエリアカバレッジを持つとともに、5Gでは1msの低遅延を実現することから、自動車分野への応用が期待。

世界各国で自動車への応用を念頭に自動車業界との連携や実証等が実施。



セキュリティ分野

高密度、広域に配置された高精細映像(4K等)とAIを活用することで、従来捉えられなかった事象を捉える
⇒超高速・大容量通信への期待



【前提:5Gの最高速度:DL 10Gbps/UL 5Gbps、5Gの実効速度:DL 5Gbps/UL 2.5Gbps】

建設分野

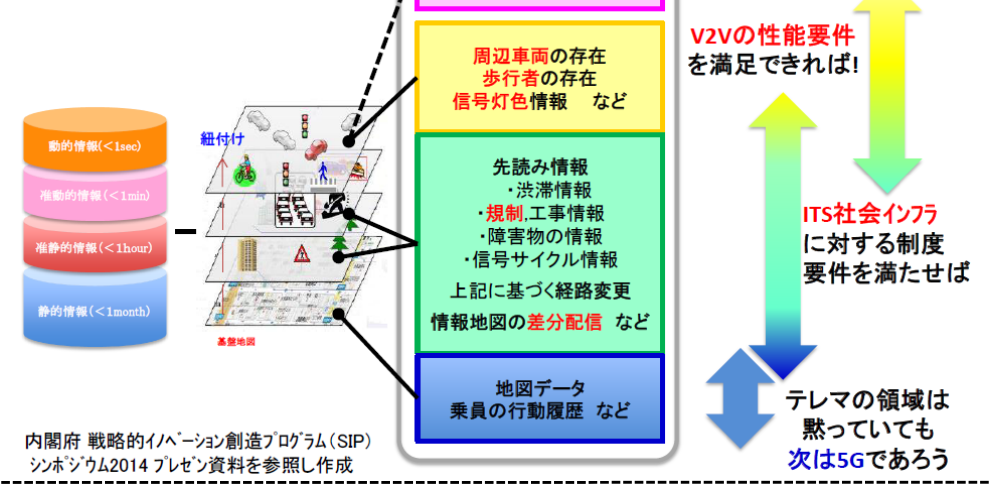
5Gへの期待
・高精細画像を伝送するための高速通信回線
・遠隔操縦者の疲労問題から200ms以内の低遅延
・多数の重機の同時制御



自動車分野

商用網を活用することのメリットを明確化し、自動車分野に適用可能な5Gの性能(遅延保障、帯域確保等)への期待
⇒高信頼への期待

ダイナミックマップとの対比 (論理的な配置イメージ)



内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム(SIP) シンポジウム2014 プレゼン資料を参照し作成

デジタルコンテンツ(VR)分野

高速・大容量・低遅延の5G網を使ったコンテンツ配信提供ビジネス



- ・産業向け バーチャルショールーム
→商品がその場になくても、体験シミュレーションを4Kリアルタイム配信(自動車・住宅設備他)
- ・観光向け ストリートミュージアム(地方創生等)
→文化財VRコンテンツをG空間と連動し、観光者が見たい場所から見る事ができるようシームレスに配信
- ・教育向け バーチャル訓練システム(防災・技能伝承等)
→セキュアなネットワーク環境下で、多地点へインタラクティブな教育コンテンツを配信

- 解決すべき課題
- 高精細映像・VRによる超臨場感体験プラットフォームの展開
 - End to Endでの遅延 (VRにおける操作と映像の同期等)
 - データ量でのボトルネック
 - 送信方法 (4K/8K映像等のユニキャスト・マルチキャスト・ブロードキャストの有効性評価)

VR内品『東京VR(皇居・天守の京殿)』制作・著作: 東京博物館/凸版印刷株式会社
VR内品『高知道庁〜企業との協働と上へ輝く都府の街〜』制作・著作: 凸版印刷株式会社/BS 監修: 鈴木真吉・大山明彦 協力: 高知道庁 データ提供: 独立行政法人 情報処理推進機構 先進的アーカイブ映像制作支援事業
VR内品『東大の大学の世界』監修: 東京大学 監修: 東京国立博物館/鈴木真吉 (東大寺境内整備計画委員会 委員長) 制作・著作: 凸版印刷株式会社/凸版印刷

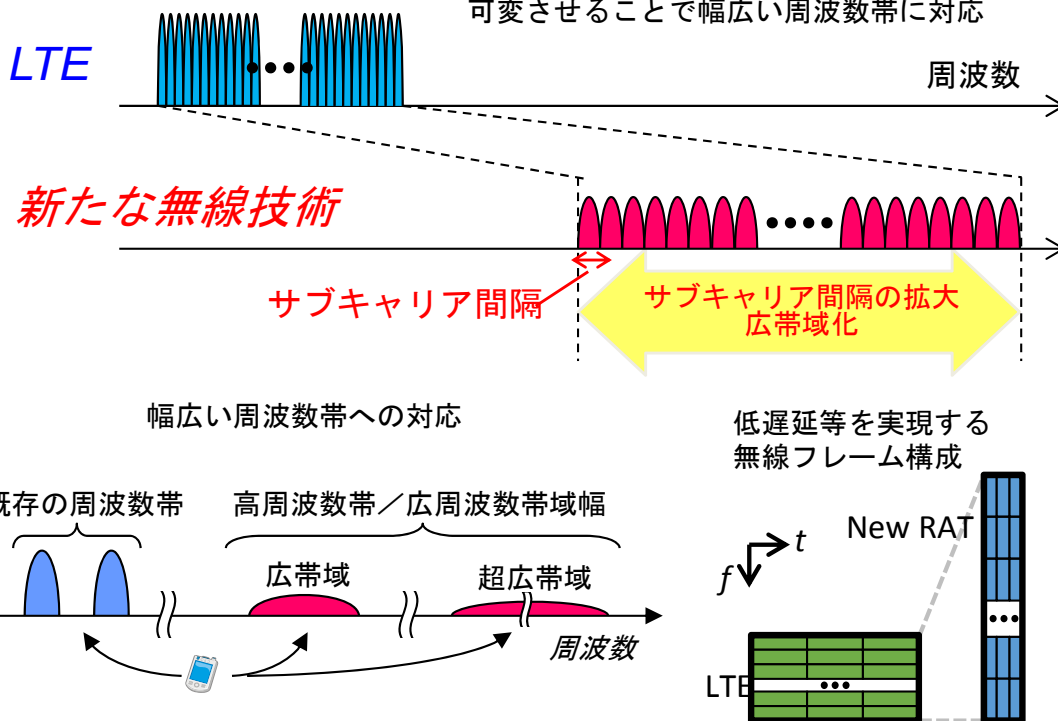
5Gのネットワーク構成 ①

- ✓ LTEの100倍となる超高速、多数同時接続やLTEの10分1となる超低遅延といった5Gの要求条件に対応するため、柔軟な無線パラメータの設定により、ミリ波を含む幅広い周波数帯に対応するLTEとの互換性のない**5Gの新たな無線技術 (5G New Radio (NR))** が検討
- ✓ **5Gは、新たな無線技術(NR)と高度化されたLTEの両方で構成**される移動通信システム

5Gの新たな無線技術 (5G NR)

- 超高速実現に必要なとなる数百MHz以上の広周波数帯域への対応や、ミリ波などの高い周波数帯への対応、超低遅延を実現する無線フレーム構成等の新たな無線技術

周波数帯に応じて無線パラメータを
可変させることで幅広い周波数帯に対応



5Gの無線アクセスネットワーク

- 導入当初の5Gは、新たな無線技術 (NR) と高度化したLTEが連携して一体的に動作 (NSA構成)
- 新たな無線技術 (NR) は、6GHz以下や6GHz以上などの新たな周波数帯への導入を想定。その後、順次既存の周波数帯へ展開

高度化LTE

新たな無線技術
(NR)

連携

漸次適用

【周波数帯】
800MHz、1.5GHz、
2GHzなど**既存の周
波数帯**を活用

【周波数帯】
6GHz以下、6GHz以
上などの**新たな周
波数帯**を活用

- ※ 導入当初の5Gは、LTEとの連携を前提としたNSA (Non-Standalone) 構成となり、高度化LTEとの連携が必須
- ※ 3GPPでは、NRだけでなく、LTE及びその発展系を含め、リリース15以降の移動通信システムを「5G」と呼称することを決定

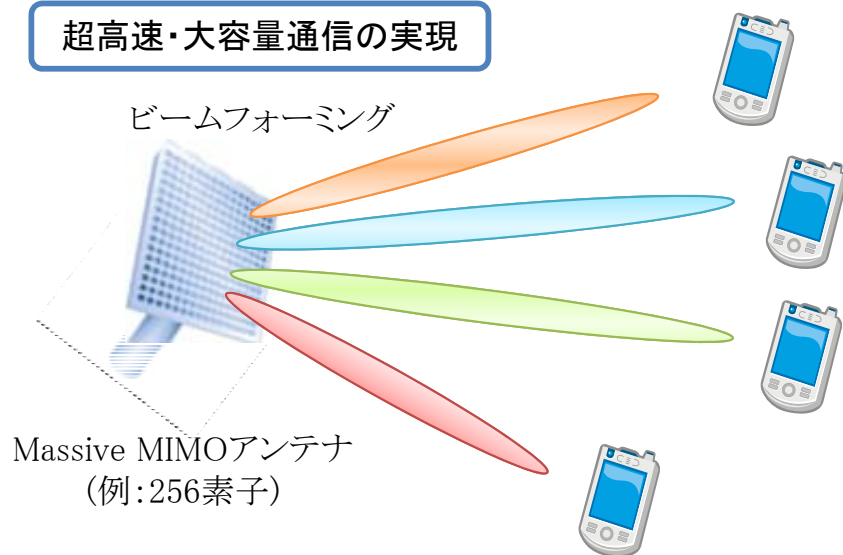
5Gのネットワーク構成 ②

- ✓ 高い周波数帯(SHF帯、EHF帯等)におけるアンテナ素子の小型化、多素子アンテナの位相や振幅制御により、指向性を持たせたビーム(**ビームフォーミング**)を作り出す超多素子アンテナ(**Massive MIMO**)が期待
- ✓ ユースケースに応じた柔軟なサービス提供を行うため、広帯域が期待される5G用周波数に加え、既存の4Gの周波数帯、WiFiなど、様々な周波数帯、無線技術に対応する**ヘテロジニアス・ネットワーク**となる
- ✓ 既存周波数帯などで制御信号を扱い(**C-plane**)、広帯域が確保しやすいミリ波等の高い周波数帯でユーザデータを扱う(**U-plane**)ことで、**モビリティや安定した品質を確保(C/U分離)**

Massive MIMO / ビームフォーミング

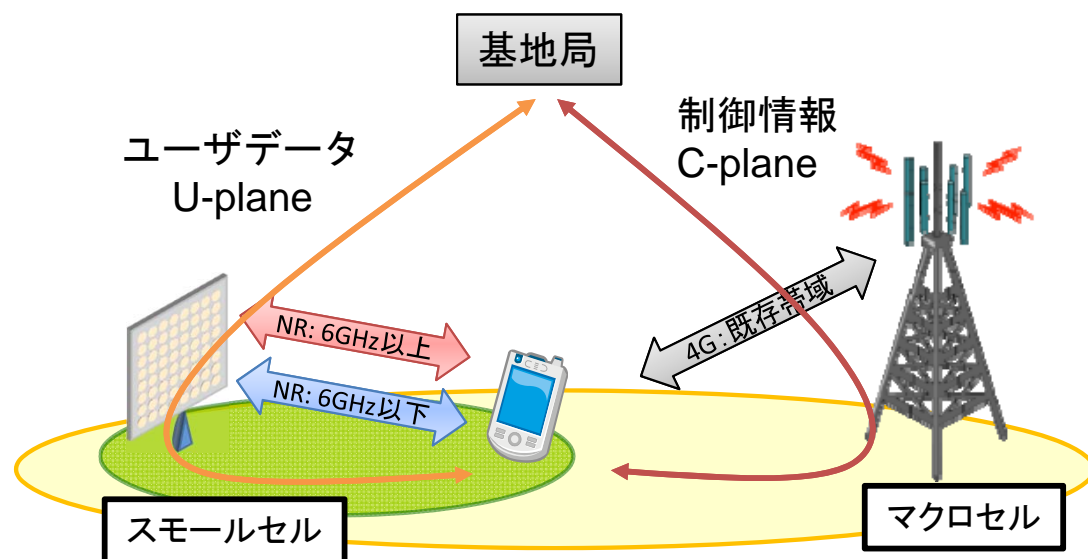
- 多数のアンテナ素子を協調動作させ、任意の方向に電波のビームを形成することで、カバレッジの拡大、複数ユーザとの同時通信によるセル容量の拡大などを実現

超高速・大容量通信の実現



C/U分離

- 周波数帯やカバレッジ等の異なる複数のセルで制御情報とユーザデータを分離して伝送
- 具体的には、カバレッジの広いマクロセルで制御情報を提供(C-plane)し、超高速通信等が提供可能なスモールセルでユーザデータを提供(U-plane)



- ✓ **ネットワークスライシング技術**をコアネットワークや無線アクセスネットワーク(RAN)などに導入することで、5Gの要求条件や異なる要件を持つサービスに柔軟に対応し、サービス毎に最適なネットワークを提供
- ✓ クラウド上でサービス提供を行っていたサーバをユーザの近くに配置する**モバイル・エッジ・コンピューティング(MEC)**※の導入により、**エンド・エンドの低遅延を実現**

ネットワークスライシング

- 現在は、画一のネットワークに異なる要件のアプリ・サービスのトラフィックが混在
- ネットワークスライスを設定することで、アプリ・サービス毎にトラフィックの分離が可能

モバイル・エッジ・コンピューティング※

- 超低遅延が求められる自動車などについて、ユーザの近くにデータ処理等を行うMECサーバを配置することで、高速(低遅延)でサービスを提供することが可能

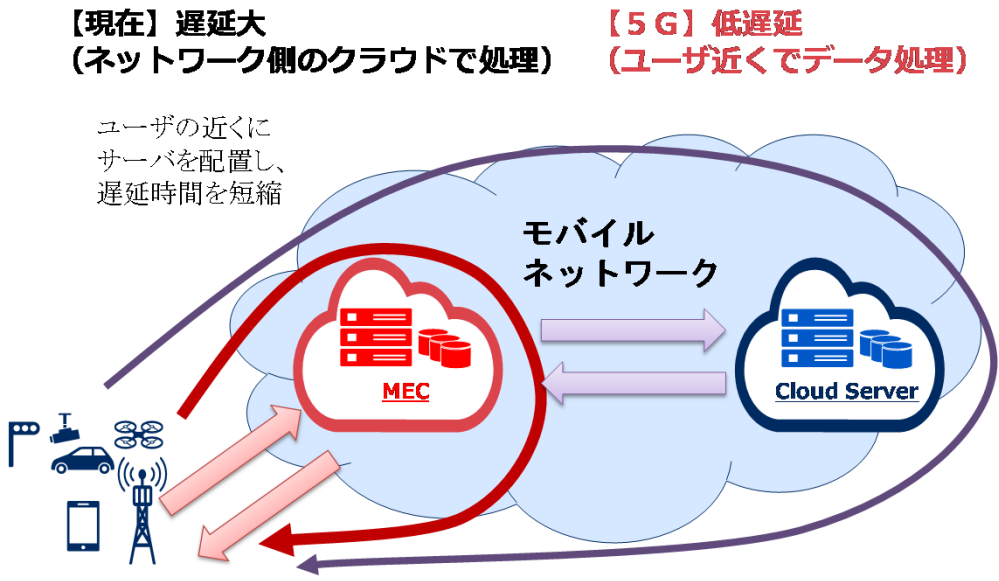
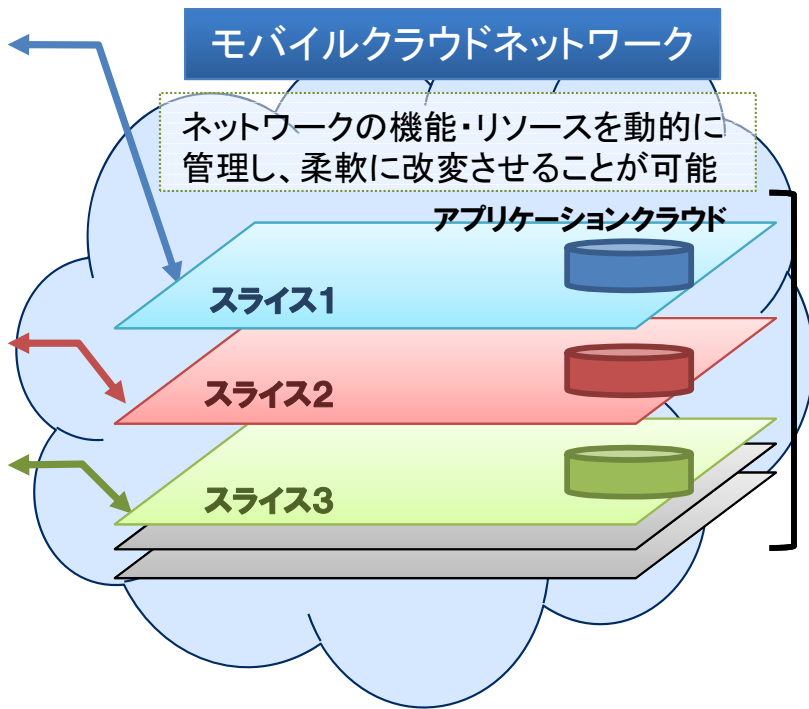
超高速(eMBB)

多数接続(mMTC)

膨大な数のセンサー・端末

超低遅延(URLLC)

東京の病院の専門医がヘリ内の医師に指示をしながら遠隔で処置。
ヘリ内で緊急手術




※ETSIでは、ネットワークエッジでクラウドやITサービスを提供する機能として、“Multi-access Edge Computing”という言葉が用いられている

5Gの実現に必要なとなる周波数

周波数に関する主な意見

- ✓ **5Gの候補周波数帯(3.7GHz帯、4.5GHz帯、28GHz帯)を早期に割り当てるべき**
- ✓ 日本独自の周波数とならないよう、主要国・地域との連携を進め、**5G用周波数の国際調和を推進**すべき
- ✓ WRC19の候補帯については、低い帯域から検討を進めるべき
- ✓ 周波数逼迫対策やIoT等の4G上の新たなアプリケーションのため、**1.7GHz帯等を早期に割り当てるべき**

 今後、ITUや3GPP等における5Gの無線インターフェースに関する国際標準化動向を見極めつつ、周波数帯毎に割当時期を明記した**周波数割当ロードマップ**の検討を推進

	現状	電波政策2020懇談会 報告書における記載
3.6-4.2GHz	3.6-4.2GHz: 衛星地球局(固定) 4.2-4.4GHz: 航空機電波高度計 ※一部帯域は、欧州、米国等と連携できる可能性	<ul style="list-style-type: none"> ・ カバレッジ等において特長を有する6GHz帯以下の周波数帯も利用可能とする観点から、国際的調和、機器調達の見込み、既存システムとの周波数共用検討の状況を踏まえつつ検討を推進する。 ・ その際、3.6GHz-3.8GHz帯は3GPPバンドであり一部は米国等でIMT特定もされているが、国内の衛星通信システムとの共用が必要であること、4.4GHz-4.9GHz帯は、国内における周波数確保を検討するとともに、一層の国際的調和や連携を推進することが望ましいこと等に留意する。
4.4-4.9GHz	4.2-4.4GHz: 航空機電波高度計 4.9-5.0GHz: 無線アクセスシステム ※一部帯域は、中国と連携できる可能性	
27.5-29.5GHz	27.5-29.5GHz: 人工衛星局(固定) ※一部帯域は、米、韓と連携できる可能性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 米国及び韓国等において5Gの候補周波数帯として具体的な検討が進んでいることを踏まえ、国際的調和を図りつつ、研究開発の状況及び幅広い帯域の確保の可能性等を踏まえて検討を推進する。
WRC-19議題1.13の候補周波数	様々な無線システムで利用 ※24.5-27.5GHzは、欧州と連携できる可能性	<ul style="list-style-type: none"> ・ 国際的調和を確保し、研究開発の状況及び既存システムとの周波数共用検討の状況を踏まえて、十分な帯域幅の移動通信システム用の周波数帯を確保する
1.7GHz帯	公共業務(固定)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 移動通信システム向けの周波数割当てを可能とするために、公共業務用無線局を含めた周波数共用や再編について検討を推進する。
2.3GHz帯	公共業務(固定・移動)	
2.6GHz帯	衛星移動通信システム	<ul style="list-style-type: none"> ・ 次期衛星移動通信システム等を検討する際に、移動通信システムとの周波数共用の可能性について技術的な観点から検討を推進する。
3.4-3.48GHz	音声FPU、STL/TTL/TSL 監視・制御回線 ※技術的条件は策定済み	<ul style="list-style-type: none"> ・ 既存無線局は最長で2022年11月までに周波数移行をすることとされているが、移行を早期に進める観点から終了促進措置の活用等を含めた検討を推進する。

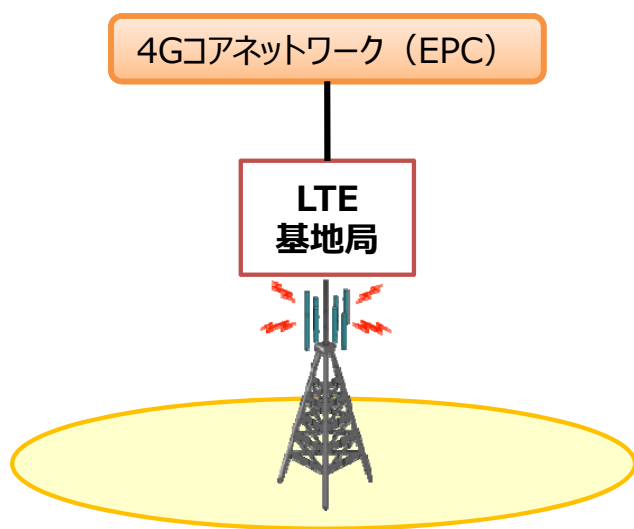
4Gから5Gへの移行

例えば、次のような5Gへの移行シナリオが想定される。

【2020年】 通信需要の高いエリアを対象に、**5G用の新しい周波数帯を用いた「超高速」サービスが提供**。新たな無線技術(NR)に対応した基地局は、LTE基地局と連携する**NSA(Non-Standalone)構成**で運用。

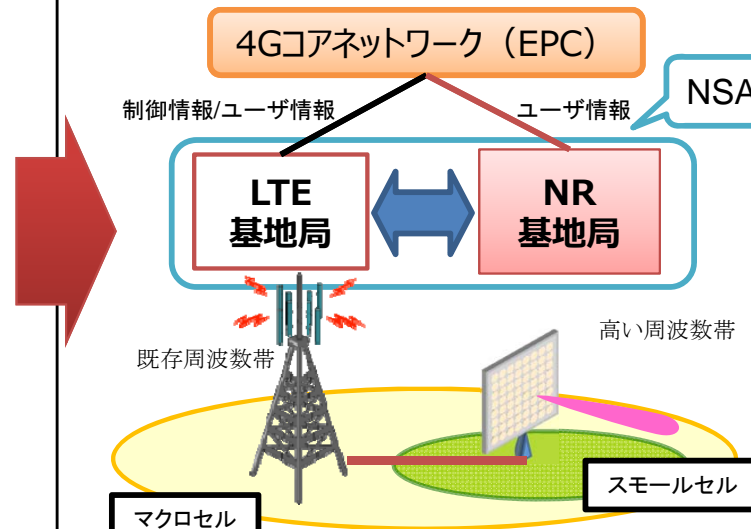
【202X年】 ネットワークスライシング等に対応した**5Gコアネットワークが導入**されるとともに、**SA(Standalone)構成**のNR基地局の運用が開始され、**既存周波数帯域へのNR導入が進展**。超高速、多数同時接続、高信頼・低遅延などの要求条件に対応した5Gサービスの提供が開始。

現在【LTEの面展開】



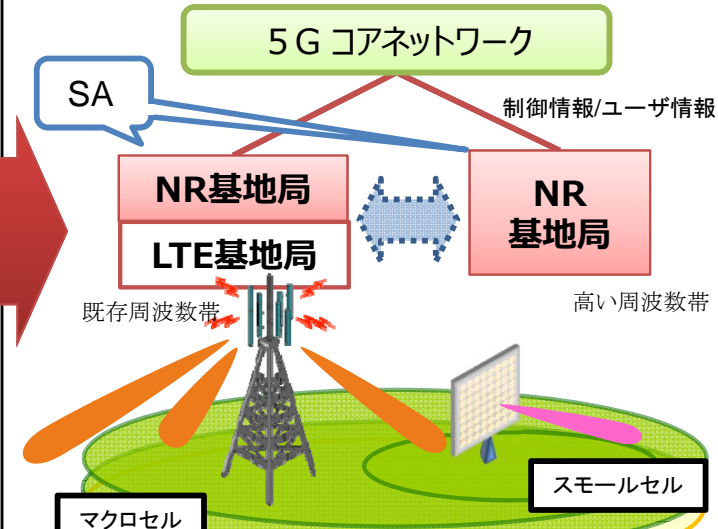
- LTE、LTE-Advancedをベースとしたネットワーク構成であり、3GPPでの検討状況を踏まえ、上りCAの導入や256QAM導入などの高度化
- 800MHz、2GHzなどの周波数帯を用いて、スマートフォン向けサービスを念頭に、高いスループットを実現する面的なサービスエリアを展開
- NB-IoTやeMTCなどのワイドエリア、省電力を特徴としたIoT技術を先行導入

2020年【5G導入当初】



- コストを抑えつつ、円滑な5G導入を実現するため、NR基地局とLTE基地局が連携したNSA構成のシステムが導入
- 需要の高いエリア等を中心に、5G用周波数帯を用いた「超高速」サービスが提供され、eMTC/NB-IoT等によるIoTサービスが普及
- 高い周波数帯の活用が進展するとともに、Massive MIMOなどの新たな技術の導入が加速

202X年【5G普及期】



- 「超高速」、「多数同時接続」、「低遅延」の全ての要求条件に対応したサービスが提供
- ネットワークスライシング等に対応した5Gコアネットワークが導入され、モバイル・エッジ・コンピューティング(MEC)の導入も進展
- SA構成のNR基地局の導入が開始(LSA構成の基地局も併存)。既存周波数帯にもNR導入が進展
- 広く普及しているLTEについては、継続的にサービスを提供
- WRC-19で特定された周波数帯域も活用

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、標準化活動が本格化

(ITU) 2015年9月、5Gの主要な能力やコンセプトをまとめた「IMTビジョン勧告(M. 2083)」を策定。今後、5G(IMT-2020)無線インターフェースの提案を受付けを行い、2020年に勧告化予定。
 WRC-19議題1.13の候補周波数帯(24.25-86GHzの11バンド)については、周波数共用検討等を行った上で、2019年のWRC-19においてIMT用周波数を特定予定。

(3GPP) リリース14：5Gの基本調査を実施(要求条件、展開シナリオ、要素技術等)
 リリース15：超高速/超低遅延に対応した5Gの最初の仕様を策定
 リリース16：全ての技術性能要件に対応した5Gの仕様を策定

※ 3GPP(3rd Generation Partnership Project): 3G、4G等の移動通信システムの仕様を検討し、標準化することを目的とした日米欧中韓の標準化団体によるプロジェクト。1998年設立。

