

Beyond 5G ホワイトペーパー ～2030 年代へのメッセージ～

Beyond 5Gのユースケースと要件

～さまざまな業界のユースケースより～

Beyond 5G 推進コンソーシアム 企画・戦略委員会 白書分科会ビジョン作業班リーダー
株式会社 KDDI 総合研究所 先端技術研究所長、兼、KDDI 株式会社 技術戦略本部副本部長**小西 聡****ビジョンパートの作成にあたって**

Beyond 5G 推進コンソーシアム 白書分科会では、ビジョン作業班と技術作業班の2つの作業班にて、Beyond 5G のユースケースや通信の要求条件と技術を「Beyond 5G ホワイトペーパー第1版」（以下、本白書）としてとりまとめた。Beyond 5G や6G に関するホワイトペーパーは国内外のさまざまな国や機関から発行されているが、本白書の特徴は、Beyond 5G が社会基盤として広く使用されることを念頭に置き、通信業界だけでなくさまざまな業界の現状の課題や将来への期待から見えてくる将来のユースケースと Beyond 5G への要件を導き出している点である。

さまざまな業界からの要件を導くために、筆者がリーダーを務めたビジョン作業班では、2021 年度に「2030 年社会検討ワークショップ」を発足させ、月1回のペースで計6回開催し、図1に示す通り、介護、医療、エンターテインメントなど多くの企業・団体・個人と議論を重ねて、2030 年頃の社会像やユースケースの検討を行った。

本白書の第2章では、トラヒックトレンドとして、Beyond 5G のモバイルアプリケーション、ユースケースからのトラヒック傾向をまとめている。第3章では、通信業界のマーケットトレンドとして、スマートフォンや基地局等の通信インフラ設備のシェア構造の変化と、スマートフォン関連の構成部品の技術動向をまとめている。そして第4章では、通信業界を含む全ての業界における現状の課題を洗い出すとともに、その課題の解決案、業界としてあるべき姿や夢、Beyond 5G に期待する機能や性能をまとめている。本白書の第5.1 節では、さまざまの業界での特徴的なユースケースを洗い出し、各ユースケースで求められる Beyond 5G の性能や要件をまとめている。

以下では、それぞれの内容について概説する。

6/15：第1回	テレコムサービス協会	9/14：第4回	東芝
	産業技術総合研究所		Quora
7/20：第2回	善光会（介護）	10/12：第5回	宇宙航空研究開発機構
	東日本旅客鉄道		科学技術振興機構
	日本CFA協会		マッハコーポレーション
	フジテレビ	ヤマト運輸	
8/3：第3回	医療未来学者 奥氏（個人）	12/14：第6回	Shiftall
	文部科学省科学技術・学術政策研究所		トヨタ自動車
	PREVENT（医療）	大林組様	
	Telexistence（ロボット）	らでいっしゅぼーや 創業者 徳江様	
	アーチ（アニメ）		
	アスラテック（ロボット）		

図1 2021 年に開催した「2030 年社会検討ワークショップ」での講演

トラヒックトレンド

2030年の5G、Beyond 5Gの一つの流行するアプリケーションとしては、VRやMR、AR、メタバースが挙げられる。市場予測としては、日本では数百万人～1千万人規模のユーザーが、また全世界で数億人程度のユーザーがこれらのサービスが使っていると予想されている。

図2は、2030年までのモバイルトラヒック予想を示したものである。過去3年間のモバイルトラヒックの成長率が年間1.3倍であり、2020年の総トラヒックが1,285ペタバイトであることから、このままの増加率が維持されると、2030年のモバイルトラヒックは13倍の17,734ペタバイトになると予想される。

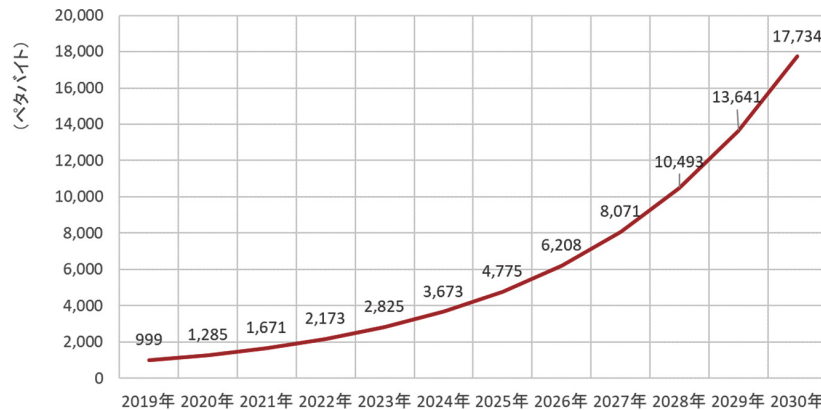


図2 2030年までのモバイルトラヒック量の予想

通信業界のマーケットトレンド

Beyond 5Gで活用が期待されるミリ波帯、テラヘルツ帯の活用に伴い、従来のマクロセル基地局に加えてスモールセル基地局の市場拡大が進むと想定される。図3は、スマートフォン関連の電子部品の概要と世界シェアを示したものである。5Gスマートフォンでは4Gに比べてセラミックコンデンサを始めとする電子部品の搭載個数は増加しており、Beyond 5Gでもこの傾向は変わらないと想定される。特に、ミリ波やテラヘルツ波は送信時の電力消費が大きいので、電池の高性能化やアンテナ周りの性能向上が求められる。

スマートフォン関連部品	概要	世界シェア (出荷数量ベース)		
		1	2	3
チップ積層セラミックコンデンサ (MLCC)	電子回路の中で電圧を制御する部品	村田製作所 約40%	Samsung EM (韓) 約20%	太陽誘電 10~15%
表面波 (SAW) フィルタ	無線信号の中から必要な周波数だけを取り出すフィルタ	村田製作所 50%以上	Qualcomm (米) 30~35%	
セラミック発振子	デジタル回路のクロック信号源等に使用	村田製作所 75%		
無線LANモジュール	携帯端末等につける無線LANモジュール	村田製作所 50~60%	USI (中)	TDK
Bluetoothモジュール	携帯端末等に付けるモジュール	村田製作所 50%	アルプスアルパイン	
インダクタ	高周波回路全般で使用	TDK 25~30%	村田製作所	太陽誘電
カメラ・アクチュエーター	カメラのオートフォーカスや手振れ補正用に使用	アルプスアルパイン 70~80%	ミネベアミツミ	TDK
CMOSイメージセンサ	スマートフォンのカメラ等で使用	ソニー 50%	Samsung (韓) 24%	OmniVision (米) 14%
リチウムイオンポリマー電池	薄型電池	TDK 40~50%	Samsung SDI (韓) 30%	LG Chem (韓) 10~20%

図3 スマートフォン関連の電子部品の概要と世界シェア

図4は、世界のネットワーク関連消費電力を示したものである。ミリ波やテラヘルツ帯の活用に伴って、ネットワーク関連の電力消費量も2030年は約4～5倍に増加するとみられる。Beyond 5Gに向けて、消費電力を低減する技術の開発が重要となる。

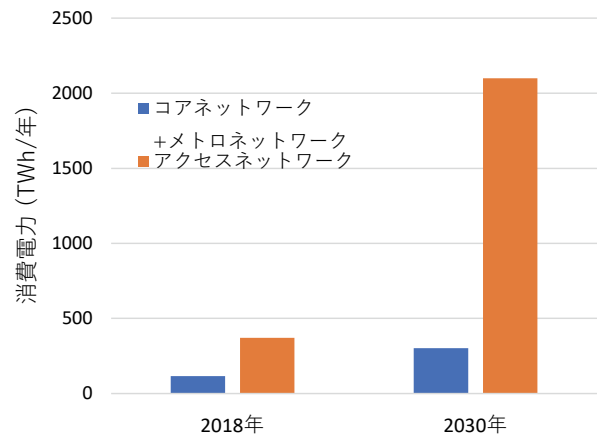


図4 世界のネットワーク関連消費電力

他業界から得られたトレンド

Beyond 5Gに求められる性能を見出すためには、幅広い業界の実情を把握する必要がある。通信業界のみならず、ほぼすべての業界における課題を洗い出し、課題解決案、業界としてあるべき姿や夢、さらにはBeyond 5Gに期待される性能や機能を本白書の4章にまとめた。業界によらずに、二軸の図でBeyond 5Gに期待する性能をまとめている。本稿では紙面の都合上、倉庫・物流業界、メディア業界、自動車業界、医療業界、宇宙業界の5つの業界のみを紹介する。

倉庫・物流業界

図5は、倉庫・物流業界におけるBeyond 5G/6Gの要求条件を示したものである。倉庫・物流業界では、労働力不足対策や災害に強い強靱で持続可能な物流ネットワークの構築が課題となる。これらの課題を解決するには、高速な自動配送やミリ秒オーダーの低遅延なローカルネットワークが必要になる。

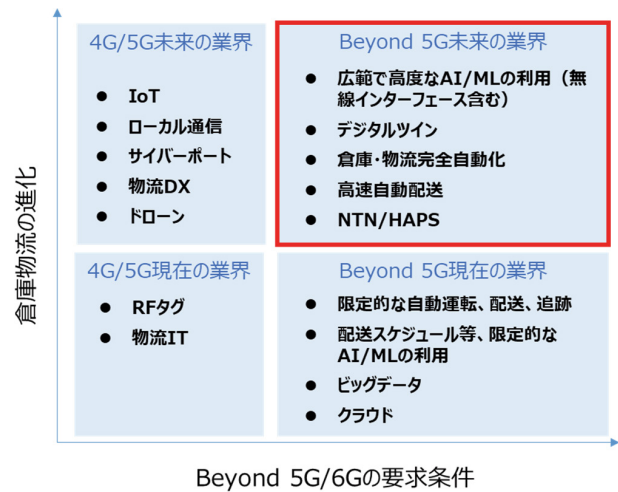


図5 倉庫・物流業界がBeyond 5G/6Gに期待する性能

メディア業界

2030年には、仮想空間やホログラフィック技術を活用した、より没入的なメディア体験を享受することが可能となる。図6に示すように、メタバースのような仮想空間を活用したエンターテインメントが普及すると想定される。



図6 仮想空間を活用したエンターテインメント

図7は、メディア業界が Beyond 5G に期待することをまとめたものである。例えば、ホログラフィックコミュニケーションを実現するためには、数 10 ～数 100Gbps のスループットが求められると想定している。

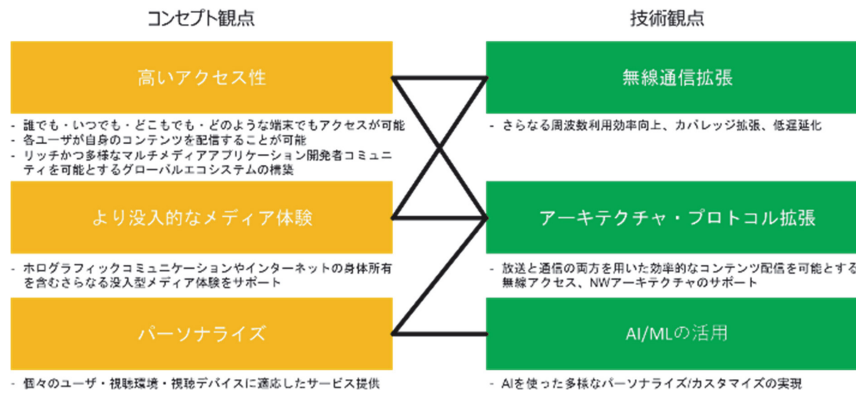


図7 メディア業界が Beyond 5G に期待すること

自動車業界

図8は、自動車業界の期待する将来像を示したものである。今後進む高齢化社会においては地方での移動に制約を与え、都市部での人口集中は交通渋滞を引き起こすと想定される。すべての人々が居住地に依存せずに、自由で効率的な移動を確保できる社会が求められる。



図8 自動車業界が描く将来像

図9は、自動車業界の将来像を踏まえ、自動車業界が Beyond5G に期待することをまとめたものである。上記の自動車社会の実現に向け、Beyond5G では新たにテラヘルツ波による高精度センシングと通信の融合、超低遅延が必要となる。例えば、自動運転における遠隔監視と遠隔制御のケースでは、End-to-End (E2E) での通信遅延が1ミリ秒以下になることが求められる。

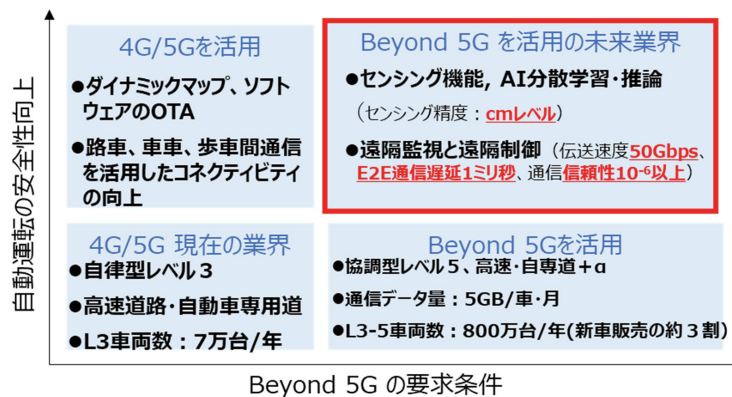


図9 自動車業界が Beyond 5G に期待する性能

医療業界

図10は、医療業界が期待する将来像と実現を支えるユースケースをまとめたものである。医療業界では、超高齢化社会との共生、未知の疾患への対応、医療品・医療機器の発展という課題に対して、医療に期待する5つの将来像と8つのユースケースを描いた。例えば、遠隔手術では高精細映像を伝送するため数十Gbps 超のスループットと 10^{-7} の超安全・信頼性が求められる。

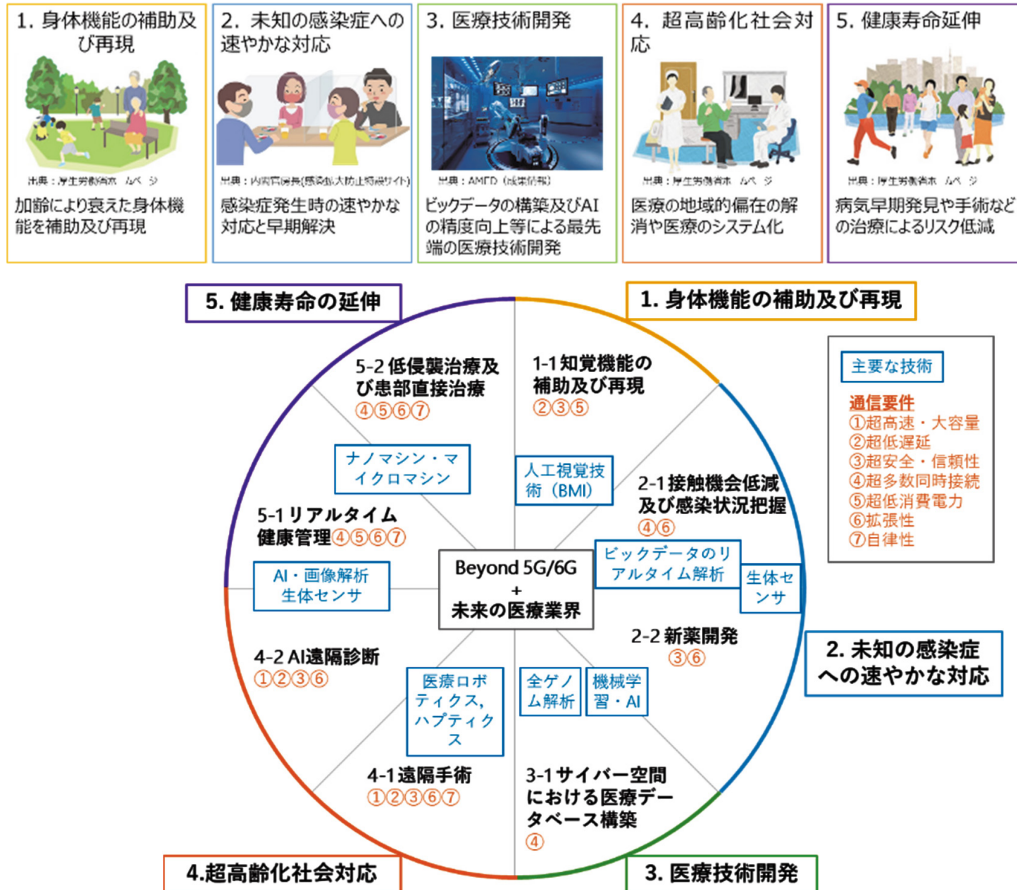


図10 医療業界が描く将来像と実現を支えるユースケース

宇宙業界

図11は、宇宙業界の期待する将来像を示したものである。宇宙から地球の生活を守るため、宇宙利用による課題解決や、生活圈・活動領域を宇宙へ拡大する取組みが求められる。



図11 宇宙業界が描く将来像

図 12 は、宇宙業界の期待する将来像を踏まえ、宇宙業界が Beyond 5G に求める要求条件をまとめたものである。宇宙利用によるスマート通信インフラを活用するため、Beyond 5G の超高速・大容量（低・中軌道衛星で数 10Gbps）、拡張性、超安全・信頼性が求められる。

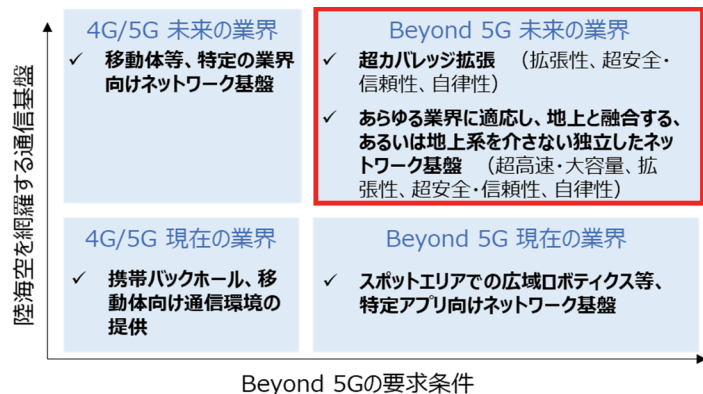


図 12 宇宙業界が Beyond 5G に期待する性能

Beyond 5G に求められる性能

表 1 と表 2 は、さまざまな業界で求められる Beyond 5G の性能をまとめたものである。5G にも増して、業界ごとに必要とされる性能は異なっていることから、ユースケースに合わせる柔軟な能力が Beyond 5G/6G には求められる。

表 1 Beyond 5G に求められる定量的な性能要件

要求条件	各業界で求められる性能
高速大容量	<ul style="list-style-type: none"> 数10～数100ギガbpsのスループット（ホログラフィックコミュニケーションでの非圧縮伝送の場合（メディア）） 50ギガbps（遠隔監視と遠隔制御（自動車）） 10～100ギガbps（スマート物流化（小売卸流通）） 数10ギガbps超（遠隔手術（医療）） 48～200ギガbps（Volumetric video（エンタメ）） 数10ギガbps（低・中軌道軌道（宇宙）） 10メガbps以上（自然災害対策（社会））
低遅延	<ul style="list-style-type: none"> ローカルネットワーク内でミリ秒オーダー※（物流施設の完全自動運転（倉庫・物流）） 数ミリ秒※（超高速鉄道の緊急停止（鉄道）） 100ミリ秒※（没入型機器遠隔操作システム（エネルギー資源）） 1ミリ秒（遠隔監視と遠隔制御（自動車）） ローカル通信で100マイクロ秒（モーション制御（機械）） 1ミリ秒※（ロボットリモートコントロール（半導体業界）） MTP (Motion To Photon) 10ミリ秒※、TTP (Time To Present) 70ミリ秒※（Volumetric video（エンタメ）） <p>※ アプリレイヤーでの処理遅延時間を含む</p>
高信頼	<ul style="list-style-type: none"> 10⁻⁶（遠隔監視と遠隔制御（自動車）） 10⁻⁷（遠隔手術（医療）） <p>（単位：Block Error Rate）</p>
測位・センシング	<ul style="list-style-type: none"> 1～2cmの測位精度（土木工事（建設・不動産業界）） cmレベルのセンシング精度（夜間、地方の車両単独走行（自動車））
多接続	<ul style="list-style-type: none"> 数100万～数1,000万個/km²のデバイス（体内デバイス（医療））
カバレッジ	<ul style="list-style-type: none"> 10km程度以上の高度を飛行する超音速旅客機、および、宇宙空間の高度100km超でのカバレッジエリア（航空機業界） 国土カバー率100%（通信・IT業界） 宇宙空間や月でのカバレッジエリア（宇宙） HAPS1機で半径数10～数100 kmのエリアと上空数kmのエリアをカバー（HAPS）
時刻同期精度	時刻同期は無線区間を含めた内部の時計の精度としてPTP(Precision Time Protocol)マイクロ秒（物流施設の完全自動運転（倉庫・物流））
自律性	<ul style="list-style-type: none"> 必要なモノ・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供することができるような自律的な最適化機能や将来予測機能（通信・IT業界） 各機器の自律性の向上や接続/操作時のユニバーサル対応（電機・精密） ゼロタッチで機器が自動連携（体内デバイス、カメラ連携（医療））
超低消費電力	<ul style="list-style-type: none"> 搭載リソースが極端に限られる月惑星探査機での使用（宇宙）
その他	<ul style="list-style-type: none"> 分散学習・推論機能（複数の車両やBeyond 5G基地局を用いた処理（自動車）） 機器間インタフェースおよび通信と通信以外のシステム間のオープンAPIやオープンインタフェース、データ分析/処理やコンテンツ取り扱いのための共通プラットフォーム（機器連携（電機・精密）） 1,000 km/hの速度で移動中でも避難指示を受けられること（自然災害対策（社会）） NTNノードが、他のNTNノードやローカルなセンサネットワークとの自動接続が可能（宇宙） NTNノード単独、又は別のNTNノードとの組み合わせによる地上系を介さないメッシュネットワーク構築が可能（宇宙）

表2 Beyond 5G に求められる定性的な要件

要求条件	各業界で求められる性能
自律性	<ul style="list-style-type: none"> 必要なモノ・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供することができるような自律的な最適化機能や将来予測機能（通信・IT業界） 各機器の自律性の向上や接続/操作時のユニバーサル対応（電機・精密） ゼロタッチで機器が自動連係（体内デバイス、カメラ連携（医療））
超低消費電力	<ul style="list-style-type: none"> 搭載リソースが極端に限られる月惑星探査機での使用（宇宙）
その他	<ul style="list-style-type: none"> 分散学習・推論機能（複数の車両やBeyond 5G基地局を用いた処理（自動車）） 機器間インタフェースおよび通信と通信以外のシステム間のオープンAPIやオープンインタフェース、データ分析/処理やコンテンツ取り扱いのための共通プラットフォーム（機器連携（電機・精密）） 1,000 km/hの速度で移動中でも避難指示を受けられること（自然災害対策（社会）） NTNノードが、他のNTNノードやローカルなセンサネットワークとの自動接続が可能（宇宙） NTNノード単独、又は別のNTNノードとの組み合わせによる地上系を介さないメッシュネットワーク構築が可能（宇宙）

Beyond 5G の概念図

5Gの特徴は、超高速大容量（eMBB）、超多数接続（mMTC）、超高信頼・低遅延（uRLLC）である。5Gと同様に、Beyond 5Gの特徴を表すために、白書分科会ビジョン作業班では上述のBeyond 5GでのユースケースやBeyond 5Gに求められる性能をもとに、Beyond 5Gの特徴を表す概念図を検討した。

その結果、図13に示すように、5Gの3つの特徴を継承しつつさらに発展させ、「Ultra-Broadband Communication」、「Ubiquitous sensing」、「Mission critical communication」、「Universal Coverage」、「Ultra-Massive Connection」、「Intelligent Collection」という6つの特徴に整理した。

ユースケースやBeyond 5Gシステムの展開シナリオにあわせて、それぞれの特性に応じた機能・性能が提供されることを期待する。

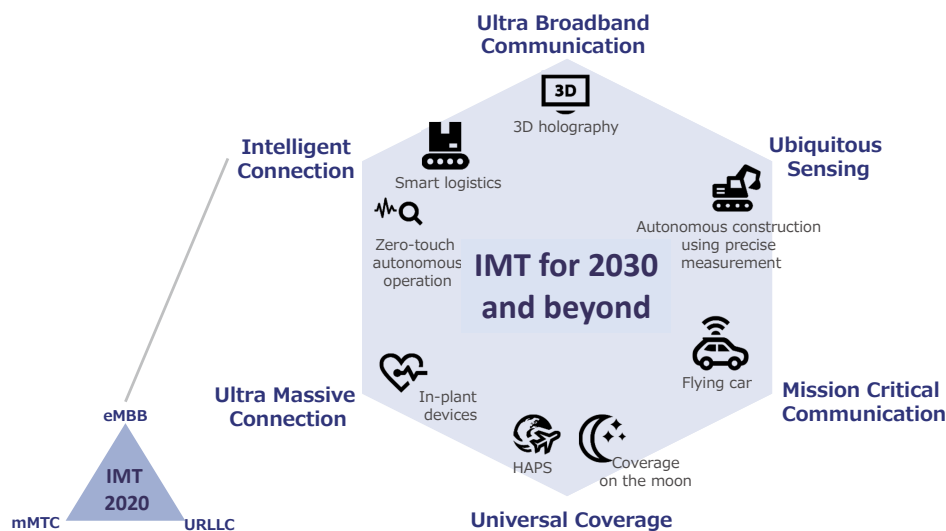


図13 Beyond 5G を表す概念図

最後に

本稿では、Beyond 5G ホワイトペーパー第1版のビジョンパートについて概説した。また、Beyond 5Gを表す図についても紹介した。

今後は、本検討結果をもとに、ITU-R Working Party 5Dでのビジョン勧告の作成に貢献するとともに、Beyond 5Gに関わる団体との国際的な協調関係の構築に貢献する所存である。さらにさまざまな業界に対してBeyond 5Gの訴求活動を進め、業界間の連携や協創の促進を図りたいと考えている。

本白書の内容が、研究開発や国際標準化、無線周波数調整、普及活動等に関する国際的なパートナーシップの強化・拡大、Beyond 5Gの特徴的な能力を活かすことができる産業界との協力関係の構築に資することを期待する。