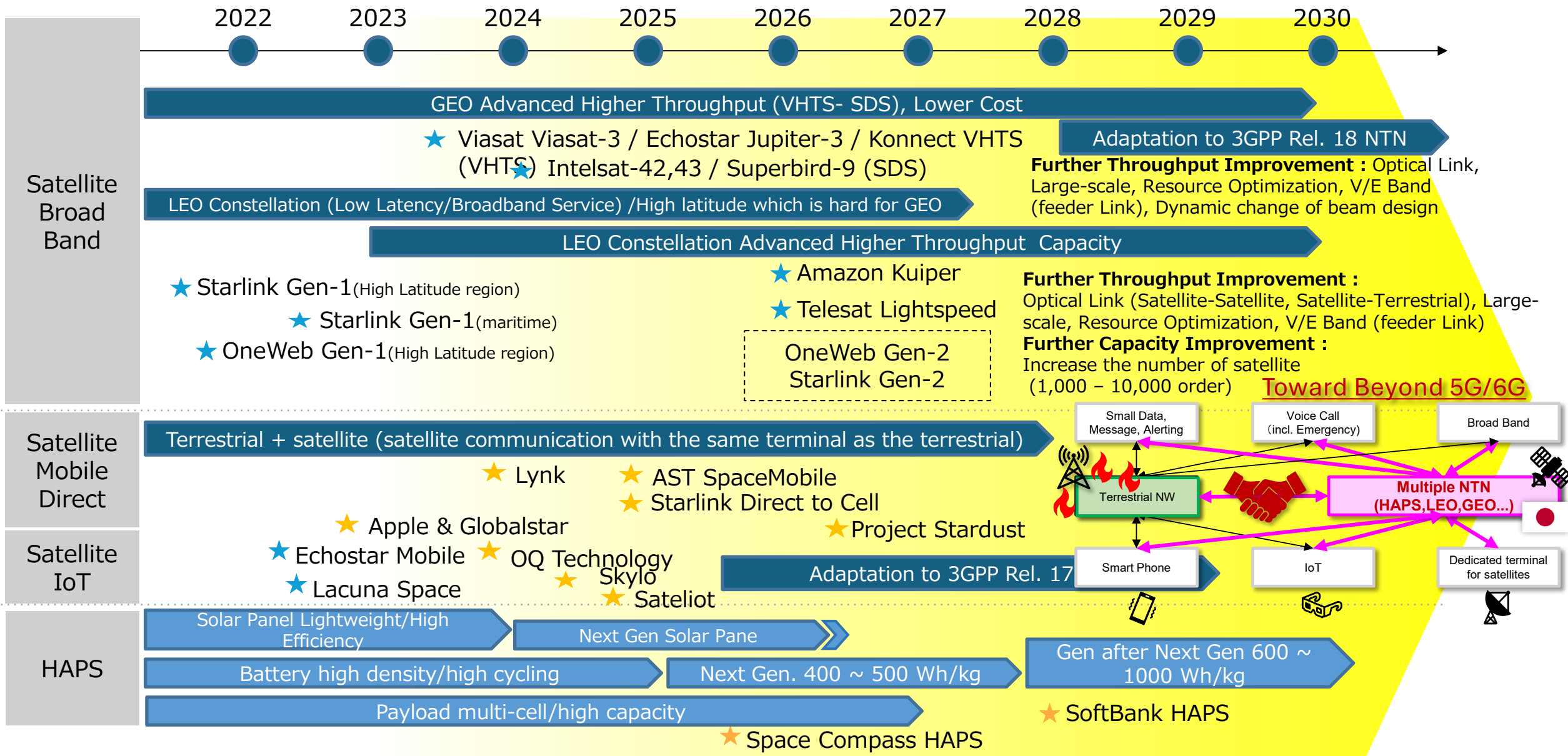


NTN技術ロードマップ^o（2023年度版）

NTN推進プロジェクト
XGモバイル推進フォーラム
2024年10月改定

Landscape Map: NTN Technology Roadmap 1



現状

従来のNTNはいくつかの例外を除き、地上NWとは独立したシステムとしてそれぞれ独自に進化、発展。

Beyond 5G/6G、IMT-2030に向けて

1) 今日また今後提供されている様々なNWサービス（自動運転、林業、海運、DX等々）について、様々な要因により地上NWの提供が困難なエリアのカバレッジを、NTNでカバーする事で、シームレスな通信NWサービスの継続性向上が期待される

→ TN、NTNを跨ぐ、日本流おもてなしサービスの深化発展

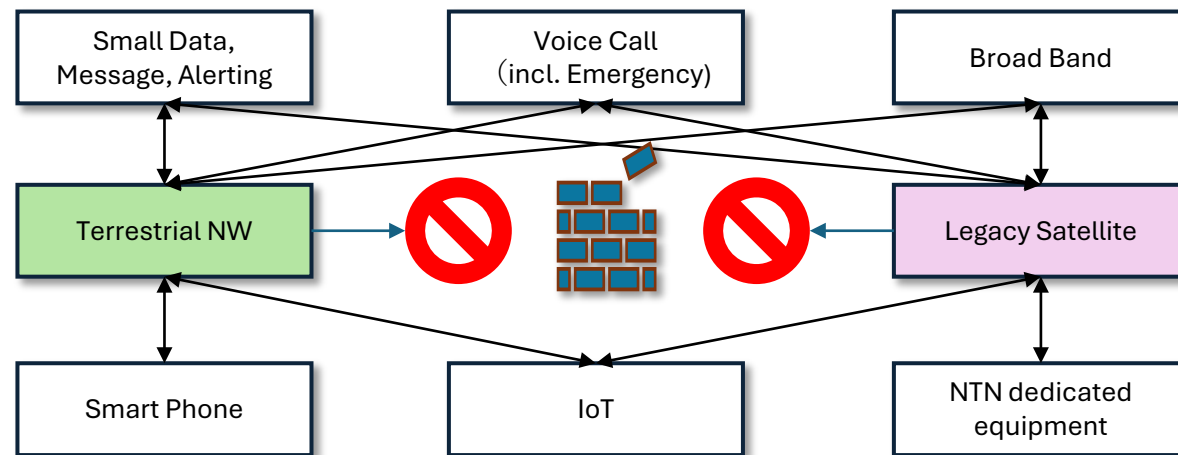
2) 同時に、災害等による地上NWの大規模な障害、輻輳等緊急事態においても、地上NWのバックアップとして、最低限のサービスをNTNで提供する事により、復旧復興への効果も期待される

→ 災害等における経験、知見を活かし、緊急時における地上/衛星を跨いだ相互連携によりオールジャパンネットワークの構築

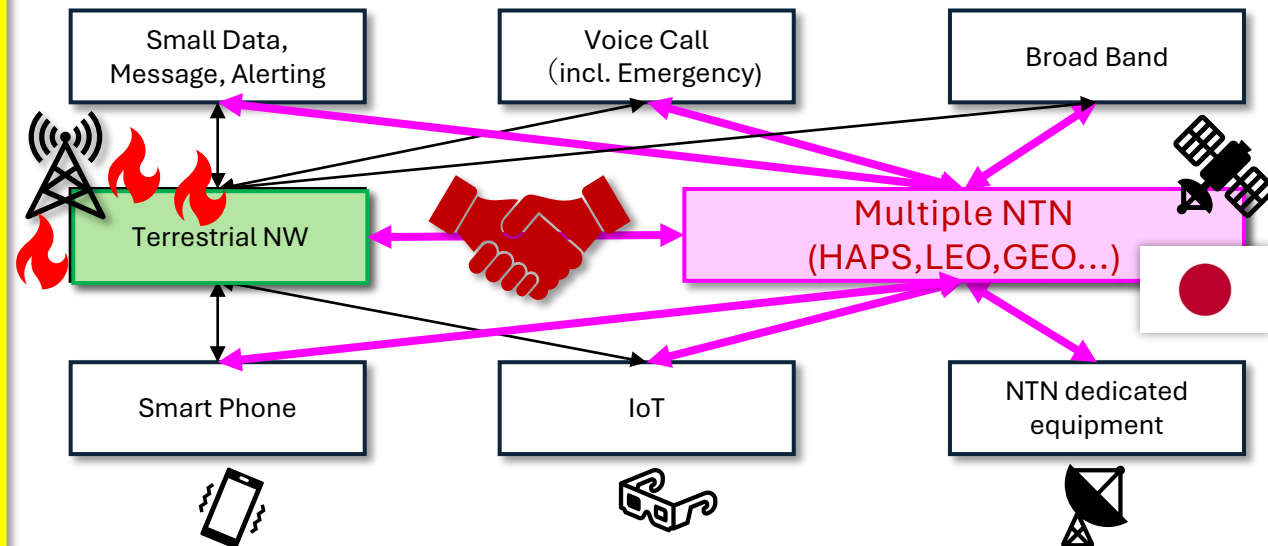
3) また、地上エリアと比較し不利な条件(遅延、電波品質、信頼性etc)の中でも信頼性を担保するうえで、NTN群の中でも特定のNW方式やコンステレーション、あるいは事業者に依存しない冗長性の確保、協調する必要がある。

→ 複数事業者、衛星方式間の協調を前提に民間や海外衛星サービスとも連携しながら、国産の衛星、通信機器の投入により Made in Japanサービス品質を担保

現状



NTN Toward Beyond5G/6G



2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030

航空分野	ブロードバンド通信 (機内Wi-Fi等)	<p>GEO 高度・高速化 (VHTS・SDS)、低コスト化</p> <p>LEOコンステレーション 高度・高速化 / 大容量化</p> <p>航空分野においては静止衛星をバックホールとした機内Wi-Fiサービス(IFC)の利用が拡大している。LEOコンステレーションの活用も今後拡大し、より低コスト・高速化が進むと予想されるが、航空法等の制度上のハードルが高いため普及にはやや時間がかかると見込まれる。</p>
	モバイルダイレクトIoT	<p>衛星モバイルダイレクトについては航空安全上、機内でLTEや5Gの通信が認められてない国が多く、また機内でWi-Fiが利用できればほとんどの場合十分と考えられるため、当面は航空分野での利用は進まないと思われる。</p>
海洋分野	ブロードバンド通信 (機内Wi-Fi等)	<p>GEO 高度・高速化 (VHTS・SDS)、低コスト化</p> <p>LEOコンステレーション 高度・高速化 / 大容量化</p> <p>船舶では乗組員や乗客向けのインターネットアクセスが必須になりつつあり、Wi-Fiバックホール回線としての衛星ブロードバンドへの需要は大きい。LEOコンステレーションではGEOよりも比較的小型で設置が容易な端末で海上ブロードバンド通信が利用できるため、従来より小型な船舶での利用も増えていくと見込まれる。</p>
	モバイルダイレクトIoT VDES	<p>専用衛星通信システムから3GPP Rel. 17 NTN 準拠サービスへの移行・地上モバイルサービスとの統合</p> <p>AISからVDESへの移行による航行支援の高度化</p> <p>上記衛星ブロードバンドを利用しづらい小型船舶、ボート等では衛星やHAPSとスマホの直接通信の利用が活用されていくことが予想される。また現行のAISを拡張し、より高い伝送レートで双方向通信が可能なVDESの実装が日本をはじめ各国で検討されており、衛星を活用することでグローバルな洋上業務の連携・高度化へ向けた国際的な取り組みが進められている。</p>

NTNの活用を実現するために解決しなければならない技術課題

区分	NTN 技術課題	引用元	
通信	<ul style="list-style-type: none"> ① デジタルコヒーレント光通信技術、補償光学技術、サイトダイバーシティ技術 ② 衛星コンステレーション、HAPSによる基地局バックホール回線 ③ センシング情報をGEO衛星経由で伝達する光データリレー技術 ④ 新たな周波数資源の開拓（Q帯/V帯） 	研究開発課題 (※)	
環境対策	<ul style="list-style-type: none"> ⑤ 脱炭素を実現するHAPS基地局 		
エリア構築/設計	<ul style="list-style-type: none"> ⑥ 電波伝搬モデル ⑦ 安定した通信エリアとネットワーク構築に向けた「シリンダーアンテナ」や「回転コネクター」等の技術開発 		
運用	<ul style="list-style-type: none"> ⑧ 衛星、HAPSネットワークも含め統合制御するネットワーク管理、オーケストレーション技術、AI・機械学習を用いた自律運用技術（ゼロタッチオートメーション） ⑨ 宇宙・NTNオープンアーキテクチャ技術 		
ペイロード	<ul style="list-style-type: none"> ⑩ 災害時のHAPSペイロード ⑪ マルチバンド対応NTNアンテナや移動するNTNノード（HAPSやLEO）に対応した自動追尾技術 ⑫ gNBやMEC機能を搭載した再生中継ペイロード ⑬ 次世代電池 ⑭ 衛星に適用可能な次世代暗号並びに暗号鍵の管理技術 		
端末	<ul style="list-style-type: none"> ⑮ NTNと地上ネットワークへの同時接続が可能なマルチアクセス端末 		
プラットフォーム	<ul style="list-style-type: none"> ⑯ 地上と宇宙を連動させたクラウドプラットフォーム（データセンター） 		
接続プロトコル	<ul style="list-style-type: none"> ⑰ 統合NTNネットワークに適化されたプロトコルと多元接続方式 		活用事例
衛星間リンク制御	<ul style="list-style-type: none"> ⑱ 衛星コンステレーション間の高度なルーチングと相互接続方式 		

NTN技術ロードマップ 比較表：衛星ブロードバンド XGMF 5

		VHTS・SDS (静止衛星)	OneWeb	Starlink	Amazon Kuiper	Telesat Lightspeed
衛星		GEO	LEO	LEO	LEO	LEO
サービスリンク周波数		Ku-band, Ka-band	Ku-band	Ku-band, Ka-band (GEN-2から)	Ka-band	Ka-band
端末		専用端末 (VSAT等) 60cm~1.2m径パラボラアンテナ	専用端末 ~1.2m径パラボラアンテナ 50x45cm径フラットアンテナ	専用端末 50x30cmフラットアンテナ 57x51cmフラットアンテナ	専用端末 (フラットアンテナ) 17.8cm x 17.8cm 38cm x 38cm 48cm x 76cm	パラボラアンテナ フラットアンテナ
スループット		~150Mbps(下り)	~195Mbps(下り)	~350Mbps(下り)	~1Gbps(下り)	~7.5Gbps
レイテンシ		~600ms (高度35,000km)	~70ms (高度1,200km)	20~40 ms (高度500km)	~50 ms? (高度600km)	~70ms? (高度1,015km, 1,325km)
カバレッジ		衛星の位置による。極域のカバーは困難。	グローバル	グローバル	グローバル	グローバル
特徴		既存の静止衛星用地上システムが使える。キャパシティ増によるコスト減や、フレキシブルビームによるカバレッジの最適化。	衛星間光リンク (初期コンステレーションには搭載せず)	衛星間光リンク (初期コンステレーションには搭載せず)		再生中継方式 衛星間光リンク
関連 制度	無線通信規則	既存FSS分配周波数で利用可能可能 (Ku/Ka/Q/V帯等)	既存FSS分配周波数で利用可能 (Ku/Ka帯)	既存FSS分配周波数で利用可能 (Ku/Ka帯)	既存FSS分配周波数で利用可能 (Ka帯)	既存FSS分配周波数で利用可能 (Ka帯)
	国内導入時	割当済みFSS周波数の制度内にて利用可能	Gen-1は制度化済	Gen-1は制度化済	日本に導入する場合には、制度整備が必要	日本に導入する場合には、制度整備が必要
	標準規格	DVB-S2X(ETSI規格) 等	欧州標準 ・ECC Report 271 ・ECC Decision (18)05 ・ETSI EN 303 980	欧州標準 ・ECC Report 271 ・ECC Decision (18)05 ・ETSI EN 303 981	—	—
ユースケース		ルーラルエリア、船舶・航空機向けブロードバンド、モバイルバックホール、災害時用バックアップ回線	基本的なユースケースは静止衛星 (VHTS・SDS) によるサービスと同様。レイテンシやスループット、コスト、端末設置の容易さで有利と考えられるが、見通し条件はGEO衛星より厳しいため利用が困難なケースも多いと想定される。船舶・航空機向けサービスの場合は見通し条件は問題にならないため将来的には積極的に利用されることが予想される。			

VHTS (Very High Throughput Satellite)

衛星概要	多数のスポットビームを配置して周波数の再利用を行うことにより従来の静止衛星より数十倍以上の容量を持つ衛星をHTSと呼ぶが、さらに大きな容量を持った次世代の衛星はVHTSと呼ばれる。 2023年にはSESによるKonnect VHTS (500Gbps)やHughesによるJupiter 3(>500Gbps)によるサービスが開始された。これらの衛星はサービスリンクでKa帯を利用している。	
技術	数千ビームをサポートするための大電力 (20kW)サポート 打ち上げ後にも帯域をフレキシブルに需要の少ないエリアから需要の多いエリアに再割り当て可能	
端末	VSAT、ESIM (既存の静止衛星で使われている端末が利用可能) スループット: > 100Mbps	
ユースケース	ルーラルエリア船舶航空機向けブロードバンド、モバイルバックホール、災害時用バックアップ回線 今までよりもより広範囲で低コストで利用可能に。	
関連制度	無線通信規則	既存FSS分配周波数で利用可能可能 (Ku/Ka/Q/V帯等)
	国内導入時	割当済みFSS周波数の制度内にて利用可能
	標準規格	DVB-S2X(ETSI規格) 等
その他		

SDS (Software Defined Satellite)

衛星概要	従来の衛星と異なり衛星の打ち上げ後にビームデザインの変更が可能。ビーム配置、サイズ、帯域、パワーをダイナミックに変更することが可能 スカパーJSATのSuperbird-9、IntelsatのIS-42、IS-43、IS-41、IS-44、InmarsatのGX7、8、9等が計画されている。サービスリンクでKu帯、Ka帯を利用する。GX7、8、9は数千ビームを同時に配置可能。	
技術	最新のデジタル処理とフェーズドアレイアンテナで数千ビームをダイナミックに配置変更可能	
端末	VSAT、ESV、ESIM（既存の静止衛星で使われている端末が利用可能） スループット：> 100Mbps	
ユースケース	ルーラルエリア、船舶、航空機向けブロードバンド、モバイルバックホール、災害時用バックアップ回線 今までよりもより広範囲で低コストで利用可能に。	
関連制度	無線通信規則	既存FSS分配周波数で利用可能可能（Ku/Ka/Q/V帯等）
	国内導入時	割当済みFSS周波数の制度内にて利用可能
	標準規格	DVB-S2X(ETSI規格) 等
その他		

OneWeb

衛星概要		<ul style="list-style-type: none"> ・軌道高度1,200kmに588基の機体からなるコンステレーションを構成 (Gen-1) ・グローバルカバレッジ (海上含む)
技術	光通信	<ul style="list-style-type: none"> ・Gen-1では未実装。Gen-2での衛星間光リンク実装を検討予定。
	周波数	<ul style="list-style-type: none"> ・サービスリンク：Ku帯 ・フィーダーリンク：Ka帯 ※V/E帯 (Gen-2で実装検討中)
	地上局	<ul style="list-style-type: none"> ・全世界に40-50箇所設置予定
ユースケース		<ul style="list-style-type: none"> ・BCP/遠隔地/陸上移動向けブロードバンド通信 ・船舶/航空機向けブロードバンド通信
関連制度	無線通信規則	既存FSS分配周波数で利用可能 (Ku/Ka帯)
	国内導入時	Gen-1は制度化済
	標準規格	欧州標準 <ul style="list-style-type: none"> ・ECC Report 271 ・ECC Decision (18)05 ・ETSI EN 303 980
国際連携の可能性		<ul style="list-style-type: none"> ・太陽光パネル技術 ・デブリ除去技術

Starlink

衛星概要	SpaceX社による衛星コンステレーション（高度約550km） 5,000基以上を打ち上げ済み。FCCからは12,000基の打ち上げを許可済み。 下り最大スループット220Mbps サービスリンクはKu帯を使用（Gen-2以降ではKa帯、V帯の使用も計画） Gen-2コンステレーションでは30,000基（高度約330km～610km）の打ち上げを計画	
技術	最新のデジタル処理とフェーズドアレイアンテナを採用 衛星間レーザーリンク（ISL）の採用によりゲートウェイから離れた場所でも通信サービスの提供が可能	
端末	Starlink専用端末。SpaceX社が製造。フェーズドアレイアンテナ。	
ユースケース	ルーラルエリア、船舶、航空機向けブロードバンド、モバイルバックホール、災害時用バックアップ回線	
関連制度	無線通信規則	既存FSS分配周波数で利用可能（Ku/Ka帯）
	国内導入時	Gen-1は制度化済
	標準規格	欧州標準 ・ECC Report 271 ・ECC Decision (18)05 ・ETSI EN 303 981
国際連携の可能性		

		SpaceMobile	Lynk	Starlink Direct to Cell	Apple & Globalstar
衛星		LEO	LEO	LEO	LEO
サービスリンク周波数		3GPP周波数 (Mid-band, Low-band) パートナーMNOの周波数を利用	3GPP周波数 (Low-band) パートナーMNOの周波数を利用	3GPP周波数 (Mid-band) パートナーMNOの周波数を利用	グローバルスターの周波数を利用 (L-band/S-band)
端末		既存携帯電話端末(3GPP)	既存携帯電話端末(3GPP)	既存携帯電話端末(3GPP)	iPhone14, iPhone 15シリーズ
サービス		テキスト、音声、ブロードバンド	テキスト (将来は音声、データも)	テキスト (将来は音声、データも)	緊急通報、ロードサービス (米国のみ)
カバレッジ		グローバル、ただしパートナーMNOの周波数が使える範囲	グローバル、ただしパートナーMNOの周波数が使える範囲	グローバル、ただしパートナーMNOの周波数が使える範囲	16カ国(2024年1月時点) (将来はグローバルスターのカバレッジ範囲で使える可能性あり。)
各技術の特徴		大型フェーズドアレイアンテナ ベントパイプ方式 地上でドップラー、遅延を補正	1m~1.5m径フェーズドアレイアンテナ eNodeB, EPCを衛星に搭載 ゲートウェイから離れていてもストア&フォワード通信でテキストメッセージの送受信が可能。	2.7m x 2.3mフェーズドアレイアンテナ eNodeBを衛星に搭載 ドップラー補正	グローバルスターの衛星通信機能を利用
関連制度	無線通信規則	・利用周波数にMSSの追加分配が必要 ・移動衛星業務に割り当てのない周波数を利用のため4.4条適用	・利用周波数にMSSの追加分配が必要 ・移動衛星業務に割り当てのない周波数を利用のため4.4条適用	・利用周波数にMSSの追加分配が必要 ・移動衛星業務に割り当てのない周波数を利用のため4.4条適用	【課題無し】既存MSS分配周波数で利用可能 (L/S帯)
	国内導入時	携帯電話端末が衛星と直接通信することによる制度上の課題(無線局の種別、免許等)を解決したうえで、制度整備が必要	携帯電話端末が衛星と直接通信することによる制度上の課題(無線局の種別、免許等)を解決したうえで、制度整備が必要	携帯電話端末が衛星と直接通信することによる制度上の課題(無線局の種別、免許等)を解決したうえで、制度整備が必要	【課題不明】MSSシステムとしては制度化済み。
	標準規格	2G, 4G, 5G	2G, 4G, 5G	3GPP Rel-8以降(LTE)	不明
ユースケース		モバイルネットワークカバレッジの大幅な拡大 大規模災害時等におけるモバイルネットワークの復旧	モバイルカバレッジ外でのメッセージサービス、緊急通報	モバイルカバレッジ外でのメッセージサービス、緊急通報	モバイルカバレッジ外での緊急通報ロードサービス

SpaceMobile

衛星概要	AST SpaceMobile社による95基の衛星コンステレーション（高度約730km） 既存の携帯電話に直接通信サービスを提供（テキスト、音声、ブロードバンド通信） MNOパートナーの周波数を利用（3GPP周波数Low-band及びMid-band） 試験衛星BlueWalker3を2022年9月に打ち上げ。2023年の実証実験で音声通話及び下り14Mbpsのスループットを達成。	
技術	大口径のフェーズドアレイアンテナ ベントパイプ方式（eNBは地上に配置） ドップラーシフト及び遅延補正	
端末	既存の携帯電話端末（3GPP端末）	
ユースケース	モバイルネットワークカバレッジの大幅な拡大 大規模災害時等におけるモバイルネットワークの復旧	
関連制度	無線通信規則	<ul style="list-style-type: none">・利用周波数にMSSの追加分配が必要・移動衛星業務に割り当てのない周波数を利用のため4.4条適用
	国内導入時	携帯電話端末が衛星と直接通信することによる制度上の課題（無線局の種別、免許等）を解決したうえで、制度整備が必要
	標準規格	2G, 4G, 5G
その他	楽天シンフォニーはSpaceMobileで使用するeNodeBを開発中	

Lynk

衛星概要	Lynk社による衛星コンステレーション（高度約500km） 既存の携帯電話に直接通信サービスを提供（テキスト） MNOパートナーの周波数を利用（3GPP周波数Low-band） 商用衛星を3基打ち上げ済み。2023年6月に商用サービス開始。	
技術	1-1.5mサイズのフェーズドアレイアンテナ eNB、EPCを衛星に搭載。ゲートウェイから離れた場所でもストアアンドフォワード通信が可能。 ドップラーシフト及び遅延補正	
端末	既存の携帯電話端末（3GPP端末）	
ユースケース	不感地帯における緊急通信 大規模災害時等における緊急通信	
関連制度	無線通信規則	<ul style="list-style-type: none">・利用周波数にMSSの追加分配が必要・移動衛星業務に割り当てのない周波数を利用のため4.4条適用
	国内導入時	携帯電話端末が衛星と直接通信することによる制度上の課題(無線局の種別、免許等)を解決したうえで、制度整備が必要
	標準規格	2G, 4G, 5G
その他		

Starlink Direct to Cell

衛星概要	携帯電話との直接通信に対応したStarlink衛星コンステレーション（高度約550km） 既存の携帯電話に直接通信サービスを提供（当初はテキスト、将来は音声、データ通信も） MNOパートナーの周波数を利用（3GPP周波数Mid-band） 2024年1月に6基の衛星を打ち上げ、テキストの送受信に成功。2024年内にサービス開始予定。	
技術	2.7m x 2.3mフェーズドアレイアンテナ eNodeBを衛星に搭載 既存Starlinkコンステレーションとレーザーバックホールで接続（専用のゲートウェイが不要） ドップラーシフト及び遅延補正	
端末	既存の携帯電話端末（3GPP端末）	
ユースケース	不感地帯における通信 大規模災害時等における緊急通信	
関連制度	無線通信規則	・利用周波数にMSSの追加分配が必要 ・移動衛星業務に割り当てのない周波数を利用のため4.4条適用
	国内導入時	携帯電話端末が衛星と直接通信することによる制度上の課題(無線局の種別、免許等)を解決したうえで、制度整備が必要
	標準規格	4G
その他		

NTN技術ロードマップ 比較表：衛星IoT

		Skylo	OmniSpace	Echostar Mobile	Lacuna Space	OQ Technology	Sateliot
衛星		GEO	LEO	GEO	LEO	LEO	LEO
サービスリンク周波数		L-band (n255) S-band (n256)	L-band (n255) S-band (n256)	Sバンド Licensed周波数	Sバンド Licensed周波数	Sバンド Licensed周波数	Lバンド及びSバンド?
端末		5G IoT端末 (3GPP Rel17)	5G IoT端末 (3GPP Rel17)	LR-FHSS対応Lora端末	LR-FHSS対応Lora端末 +専用アンテナ	5G IoT端末	5G IoT端末 (3GPP Rel17)
サービス		5G IoT端末から直接衛星と通信	5G IoT端末から直接衛星と通信	Lora端末から直接衛星と通信	Lora端末から直接衛星と通信	5G IoT端末から直接衛星と通信	5G IoT端末から直接衛星と通信
カバレッジ		極域を除くグローバル	グローバル LEOコンステレーションによるサービス	欧州のみ EchoStar XXI (静止衛星：10.25°E) によるサービス	グローバル LEOコンステレーションによるサービス (約500km)	グローバル LEOコンステレーションによるサービス	グローバル LEOコンステレーションによるサービス
各技術の特徴		地上のネットワークと統合して5G IoTカバレッジを拡大	地上のネットワークと統合して5G IoTカバレッジを拡大	地上のLoRaネットワークと統合してカバレッジを拡大	地上のLoRaネットワークと統合してカバレッジを拡大	地上のネットワークと統合して5G IoTカバレッジを拡大	地上のネットワークと統合して5G IoTカバレッジを拡大
関連制度	無線通信規則	既存MSS分配周波数で利用可能	既存MSS分配周波数で利用可能 (S帯)	既存MSS分配周波数で利用可能(S帯)	既存MSS分配周波数で利用可能(S帯)	既存MSS分配周波数で利用可能(S帯)	—
	国内導入時	原則システム毎に規定が設けられるため、制度整備が必要	原則システム毎に規定が設けられるため、制度整備が必要	原則システム毎に規定が設けられるため、制度整備が必要	原則システム毎に規定が設けられるため、制度整備が必要	原則システム毎に規定が設けられるため、制度整備が必要	原則システム毎に規定が設けられるため、制度整備が必要
	標準規格	3GPP Rel 17 NTN	3GPP Rel 17 NTN	LR-FHSS	LR-FHSS	—	3GPP Rel 17 NTN
ユースケース							

OmniSpace

衛星概要		OmniSpace社による衛星コンステレーション 5G端末に直接通信サービスを提供 周波数は3GPPバンドn256を利用（Sバンド） 試験衛星Spark-1、Spark-2を打ち上げ済み（2022年4月及び5月）。これらの衛星はNB-IoT向け。
技術		詳細非公開
端末		3GPP Rel.17準拠 バンドn256対応端末
ユースケース		IoTユースケース一般（アセットトラッキング他）
関連制度	無線通信規則	【課題無し】既存MSS分配周波数で利用可能（S帯）
	国内導入時	【課題有り】原則システム毎に規定が設けられるため、制度整備が必要
	標準規格	3GPP Rel-17 NTN(NB-IoT)
その他		

EchoStar Mobile

衛星概要		EchoStar XXI（静止衛星：10.25°E）を利用 SバンドのLicensed周波数を利用 2022年7月より欧州においてLora端末に直接通信サービス提供開始
技術		地上のLoRaネットワークと統合して利用可能。
端末		LR-FHSS対応Lora端末
ユースケース		IoTユースケース一般（アセットトラッキング他） Lora IoTサービスカバレッジ拡張
関連制度	無線通信規則	既存MSS分配周波数で利用可能(S帯)
	国内導入時	原則システム毎に規定が設けられるため、制度整備が必要
	標準規格	LR-FHSS
その他		

Lacuna Space

衛星概要	Lacuna Space社による衛星コンステレーション(約500km) キューブサット Lora端末に直接通信サービスを提供 周波数はSバンド (2GHz帯) 商用衛星を打ち上げ中 (7基打ち上げ済み、合計32基打ち上げ予定)	
技術	ストアアンドフォワード通信 地上のLoRaネットワークと統合して利用可能。	
端末	LR-FHSS対応Loraモジュール + 専用アンテナ	
ユースケース	IoTユースケース一般 (アセットトラッキング他) Lora IoTサービスカバレッジ拡張	
関連制度	無線通信規則	既存MSS分配周波数で利用可能(S帯)
	国内導入時	原則システム毎に規定が設けられるため、制度整備が必要
	標準規格	LR-FHSS
その他	OminiSpace社との連携を発表 (2021年3月)、OminiSpace社のSバンド周波数をサービスに利用	

OQ TECHNOLOGY

衛星概要	OQ TECHNOLOGY社による衛星コンステレーション（72基打ち上げを計画） 5G IoT端末に直接通信サービスを提供 周波数はSバンド（2GHz帯） 衛星8基を打ち上げ済み。2023年6月に商用サービス開始済	
技術	詳細非公開 端末が衛星と通信している時だけ効率的に電力を使用する「wake-up」技術で米国特許を取得	
端末	3GPP R17 IoT-NTN対応	
ユースケース	IoTユースケース一般（アセットトラッキング他）	
関連制度	無線通信規則	既存MSS分配周波数で利用可能(S帯)
	国内導入時	原則システム毎に規定が設けられるため、制度整備が必要
	標準規格	3GPP Rel-17 NTN(NB-IoT)
その他		

Sateliot

衛星概要	Sateliotによる衛星コンステレーション（250基打ち上げを計画） コンステレーション1基目の衛星を2023年4月に打ち上げ済み 5G NB-IoT端末に直接通信サービスを提供 2024年に商用サービスを開始予定	
技術	詳細非公開	
端末	3GPP R17 IoT-NTN対応	
ユースケース	IoTユースケース一般（アセットトラッキング他）	
関連制度	無線通信規則	—
	国内導入時	原則システム毎に規定が設けられるため、制度整備が必要
	標準規格	3GPP Rel-17 NTN(NB-IoT)
その他		

NTN技術ロードマップ 比較表：HAPS

		HAPS
衛星		HAPS
サービスリンク周波数		3GPP周波数 パートナーMNOの周波数を利用
端末		既存携帯電話端末(3GPP)_LTE/5G
サービス		テキスト、音声、ブロードバンド
カバレッジ		直径200km圏
各技術の特徴		フットプリント固定技術
関連制度	無線通信規則	2GHz帯は全世界で利用周波数として特定済。 更に、WRC-23議題1.4の議論の結果、1.7GHz帯、2.6GHz帯が全世界で、700-900MHz帯についてはアジアの一部の国を除く全世界で特定（改訂版RRが施行される2025年1月1日より有効）
	国内導入時	既存携帯電話基地局とは異なる無線局として制度整備が必要
	標準規格	3GPP（HAPS BS規格）
ユースケース		<ul style="list-style-type: none">・モバイルネットワークカバレッジの大幅な拡大・大規模災害時等におけるモバイルネットワークの復旧・次世代通信へのマイグレーションサポート・低遅延通信の実現

HAPS

概要		<ul style="list-style-type: none"> 成層圏に飛行させた航空機などの無人機体（UAV）を通信基地局のように運用し、広域エリアに通信サービスを提供する 搭載された無線機により地上に向けて電波を放射し、LTEや5Gなどの通信ネットワーク接続を提供する
技術	パイロード	<ul style="list-style-type: none"> FeederLinkの光無線開発（精追尾・粗追尾技術の確立／精度向上） 地上局干渉/禁止エリアを想定した電波管理技術開発（フットプリント固定、電波伝搬モデル/シミュレーション） Inter-HAPS技術確立（成層圏メッシュ構成構築/稼働率向上） 複数セル/大容量化
	バッテリー	<ul style="list-style-type: none"> 高密度化/軽量化（全固体電池化） 電池寿命向上/サイクル数の向上(次世代樹脂箔) 成層圏環境下安全性向上
	ソーラーパネル	<ul style="list-style-type: none"> 成層圏環境用途のモジュール開発 軽量化/高効率化
ユースケース		<ul style="list-style-type: none"> 農村/離島地域/3Dカバレッジ・災害時通信・IoT・センシングサービス（カメラ等）
関連制度	無線通信規則	2GHz帯は全世界で利用周波数として特定済。 更に、WRC-23議題1.4の議論の結果、1.7GHz帯、2.6GHz帯が全世界で、700-900MHz帯についてはアジアの一部の国を除く全世界で特定（改訂版RRが施行される2025年1月1日より有効）
	国内導入時	既存携帯電話基地局とは異なる無線局として制度整備が必要
	標準規格	3GPP（HAPS BS規格）
国際連携の可能性		<ul style="list-style-type: none"> 各種制度調整促進（ICAO,FAA,EASA,CASA）、国際周波数（ITU、3GPP）

NTN技術ロードマップ : 3GPP/標準化動向

2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2030

5G Evolution



5G Advanced

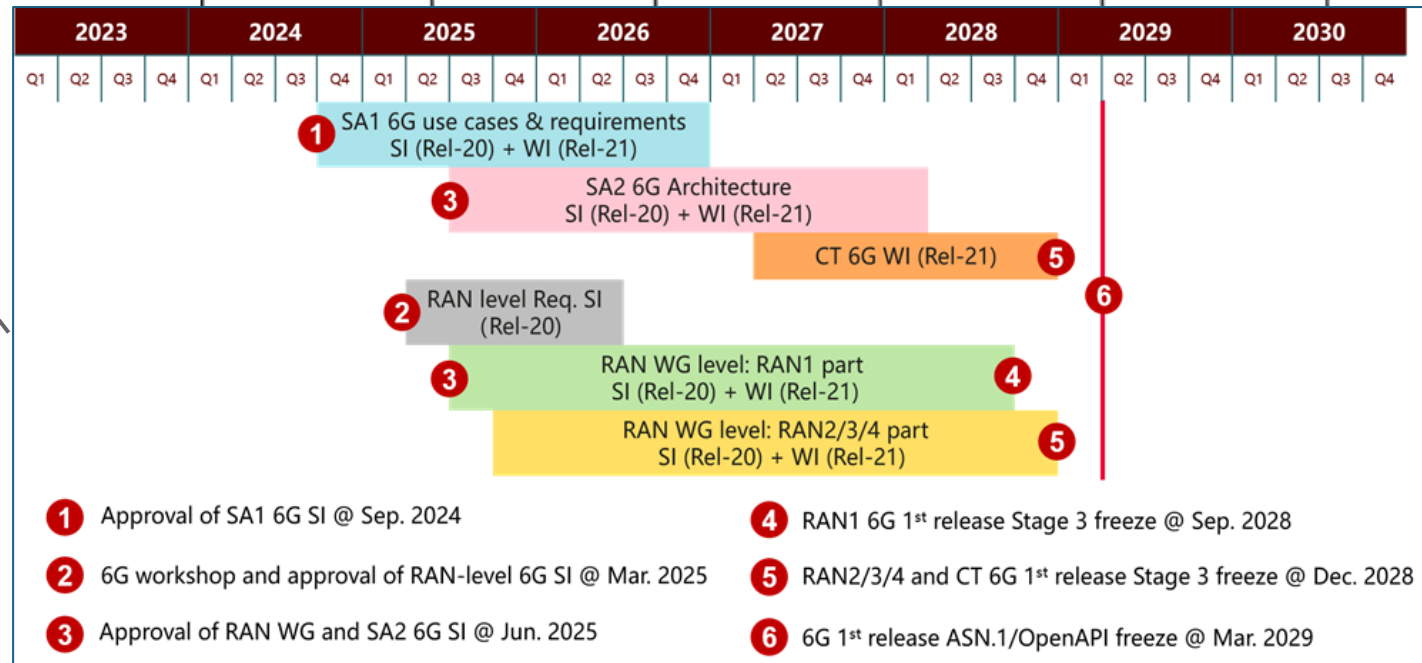


6G

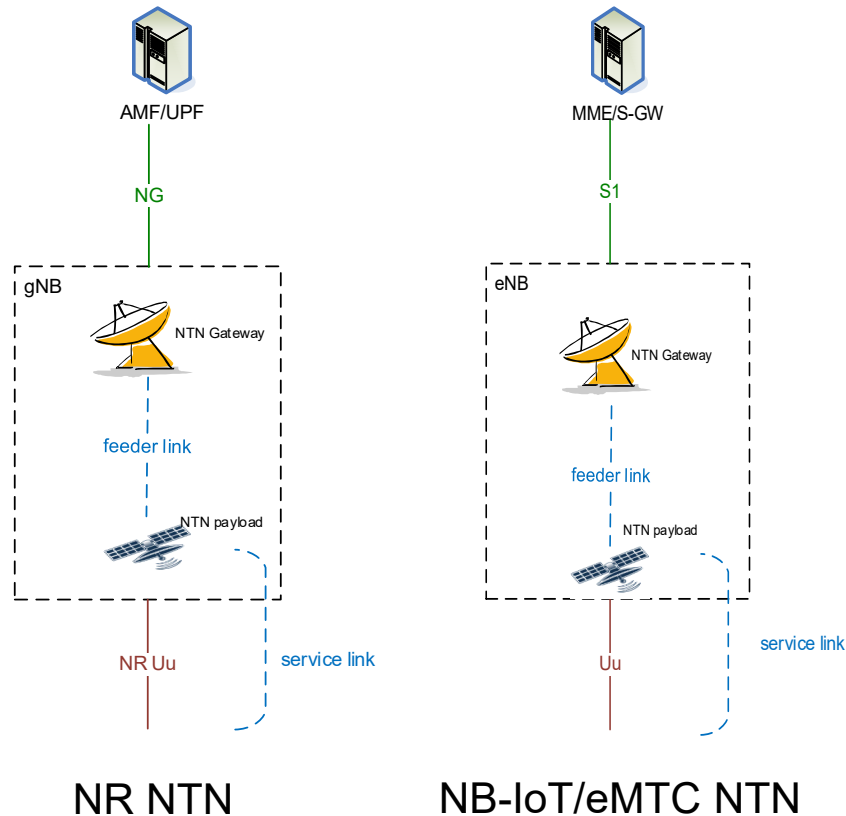


Note: this is an initial possible thoughts based on a plan from NTN proponents in [RWS-210074](#). ITU-R schedule referred from WP5D#39 Temp/526. The indicated schedule does not show any official info nor view of Scalability-WG contributors.

Details of 3GPP Rel 20 mile stones, so far planned. →



- 3GPPではRelease 15よりNTN: Non-Terrestrial NWの検討が開始され、Release 17で最初の仕様(Phase1)を規定、Release 18で機能拡張(Phase2)が規定された。Release19以降も引き続きNTNの拡張に向けた議論が進んでいる。
- なお、Release 17/18では、透過中継型NTNアーキテクチャによる、以下ユースケースをサポート、Release19以降基地局機能の一部または全部を衛星に搭載した再生中継型のアーキテクチャが検討されており、今後のアーキテクチャの拡張が見込まれる。
- 5G NRをベースとした、ハンドセット端末
- NB-IoT/eMTCをベースとした、IoT端末
- また周波数対応に関してNRベースを対象に、n256/n255がRelease17で規定され、Release 18でn254が追加されており、今後も拡張が見込まれる



Types of NTN platforms(TR 38.821)

Platforms	Altitude range	Orbit	Typical beam footprint size
Low-Earth Orbit (LEO) satellite	300 – 1500 km	Circular around the earth	100 – 1000 km
Medium-Earth Orbit (MEO) satellite	7000 – 25000 km		100 – 1000 km
Geostationary Earth Orbit (GEO) satellite	35 786 km	notional station keeping position fixed in terms of elevation/azimuth with respect to a given earth point	200 – 3500 km
UAS platform (including HAPS)	8 – 50 km (20 km for HAPS)		5 - 200 km
High Elliptical Orbit (HEO) satellite	400 – 50000 km	Elliptical around the earth	200 – 3500 km

Satellite operating bands in FR1(TS38,108)

Satellite operating band	Uplink (UL) operating band SAN receive / UE transmit $F_{UL,low} - F_{UL,high}$	Downlink (DL) operating band SAN transmit / UE receive $F_{DL,low} - F_{DL,high}$	Duplex mode
n256	1980 MHz – 2010 MHz	2170 MHz – 2200 MHz	FDD
n255	1626.5 MHz – 1660.5 MHz	1525 MHz – 1559 MHz	FDD
n254	1610 MHz – 1626.5 MHz	2483.5 MHz – 2500 MHz	FDD

NOTE: Satellite bands are numbered in descending order from n256.

NTN技術ロードマップ 比較表：3GPP

		3GPP NTN(Rel-17)非対応 Rel16以前	3GPP NR NTN (Rel-17/18)	3GPP NB-IoT/eMTC NTN(Rel-17/18)	Rel-19以降 Beyond 5G/6G
衛星		N/A	HAPS/LEO/GEO/MEO	HAPS/LEO/GEO/MEO	未定(HAPS/LEO/GEO/MEO)
サービスリンク周波数		3GPP周波数 パートナーMNOの周波数を利用			
端末		既存携帯電話端末(3GPP)	5G NR端末 (3GPP Rel17)	5G IoT端末 (3GPP Rel17)	未定
サービス		テキスト、音声、ブロードバンド	テキスト、音声、ブロードバンド	テキスト、音声、ブロードバンド	未定
カバレッジ		グローバル、ただしパートナーMNOの周波数が使える範囲			
各技術の特徴					
関連制度	無線通信規則	・利用周波数にMSSの追加分配が必要 ・移動衛星業務に割り当てのない周波数を利用のため4.4条適用	既存MSS分配周波数で利用可能 (S帯)	既存MSS分配周波数で利用可能 (S帯)	—
	国内導入時	携帯電話端末が衛星と直接通信することによる制度上の課題(無線局の種別、免許等)を解決したうえで、制度整備が必要	原則システム毎に規定が設けられるため、制度整備が必要	原則システム毎に規定が設けられるため、制度整備が必要	—
	標準規格	3GPP Rel-8以降(LTE)	3GPP Rel 17 NTN	3GPP Rel 17 NTN	—(3GPP Rel 19以降)
ユースケース		モバイルネットワークカバレッジの大幅な拡大 大規模災害時等におけるモバイルネットワークの復旧	モバイルネットワークカバレッジの大幅な拡大 大規模災害時等におけるモバイルネットワークの復旧	モバイルネットワークカバレッジの大幅な拡大 大規模災害時等におけるモバイルネットワークの復旧	未定

NTN System 3GPP Rel-15

Approach for 5G		Introduction of the NTN subject. Service requirements for 5G via satellite. Satellite propagation model definition & Issues for 5G support NTN.
NTN related standardization activities		<ul style="list-style-type: none"> • Deployment Scenarios and Related System Parameters (Satellites and HAPS) • 5G service requirements for 5G via satellite • Satellite propagation model definition & Issues for 5G support NTN
Tech.	RAN	<ul style="list-style-type: none"> • Study item (SI) on NTN scenarios and channel models: TR 38.811
	SA	<ul style="list-style-type: none"> • KPIs for a 5G system with satellite access: TS 22.261
Use case for satellite access		NR NTN IoT NTN
Possibility of international collaboration		Yes, at 3GPP

NTN System 3GPP Rel-16

Approach for 5G		Assessment of the issues. Study satellite features for 5G system and RAN.
NTN related standardization activities		<ul style="list-style-type: none"> • Study satellite features for 5G system and RAN* • Satellite architecture and key issues • Management and orchestration aspects <p>*HAPS could be considered as a special case of non-terrestrial access with lower delay/Doppler value and variation rate</p>
Tech.	RAN	<ul style="list-style-type: none"> • Study on solutions for NR to support non-terrestrial networks (NTN): TR 38.821
	SA	<ul style="list-style-type: none"> • Integration of Satellite Access in 5G : WID in SP-180326 ; TR 22.822 • Study on architecture aspects for using satellite access in 5G : WID in SP-181253 ; TR 23.737 • Study on management and orchestration aspects with integrated satellite components in a 5G network : WID in SP-190138; TR 28.808
Use case for satellite access		NR NTN IoT NTN
Possibility of international collaboration		Yes, at 3GPP

NTN System 3GPP Rel-17

Approach for 5G		Definition of Market enabling features. Define satellite features for 5G system and RAN.
NTN related standardization activities		<ul style="list-style-type: none"> Specify basic NTN features for 5G system and RAN Specify basic satellite features for LTE NB IoT/eMTC Specify NTN components in the 5G architecture Specify RF requirements based on the result of co-existence study
Tech.	RAN	<ul style="list-style-type: none"> TS 38 series referred in § 5.1.2 in TR21.917 (NR NTN) TS 36 and 38 series referred in § 5. 2 in TR21.917 (NB-IoT/eMTC for NTN)
	SA	<ul style="list-style-type: none"> TS 23, 24, 29 and 31 series refried in § 5.1.2 and 5.2 in TR21.917
Use case for satellite access		NR NTN IoT NTN
Possibility of international collaboration		Yes, at 3GPP

NTN System 3GPP Rel-18

Approach for 5G		Definition of enhancements optimizing performance and enabling new capabilities. Define enhanced satellite features for 5G system and RAN.
NTN related standardization activities		<ul style="list-style-type: none"> • Coverage enhancement for direct smart phone connection • UE location verification for PLMN selection • Support for non-continuous coverage with sparse constellation • Support of Satellite Backhauling
Tech.	RAN	<ul style="list-style-type: none"> • NR NTN (Non-Terrestrial Networks) enhancements : WID in RP-223534 • Introduction of the satellite L/S-band for NR: WID in RP-223485 • IoT (Internet of Things) NTN (non-terrestrial network) enhancements: WID in RP-223519 • NB-IoT/eMTC core & performance requirements for Non-Terrestrial Networks (NTN): WID in RP-223437
	SA	<ul style="list-style-type: none"> • Enhancement to the 5GC LoCation Services : SID in SP-211637 • Study on Support of Satellite Backhauling in 5GS : SID in SP-211317 • Study on satellite access Phase 2 : SID in SP-211651
Use case for satellite access		NR NTN IoT NTN
Possibility of international collaboration		Yes, at 3GPP

NTN System 3GPP Rel-19 (preliminary forecast as the standardization is not start yet)

Approach for 5G		<ul style="list-style-type: none"> • Definition of 2nd set of enhancement optimizing performance and enabling new capabilities
NTN related standardization activities		<ul style="list-style-type: none"> • Define 2nd enhanced satellite features for 5G system and RAN • RAN and AS enhancement for global seamless coverage supported by satellite constellation
Tech.	RAN	<ul style="list-style-type: none"> • Some continuations from Rel-18 (e.g. further performance enhancements, regenerative architecture) ; TN-NTN, NTN-NTN with regenerative architecture
	SA	<ul style="list-style-type: none"> • Seamless coverage with satellite constellation; UPF on board; E2E
Use case for satellite access		NR NTN IoT NTN
Possibility of international collaboration		Yes, at 3GPP

NTN System 3GPP Rel-20 (preliminary forecast as the standardization is not start yet)

Approach for 5G		<ul style="list-style-type: none"> • Contribution to initial 6G work. . 6G Use cases & preliminary requirements (service, radio, access) and early enabling.
NTN related standardization activities		<ul style="list-style-type: none"> • 6G Use cases & preliminary requirements (service, radio, access) and early enabling features
Tech.	RAN	Unified 6G design, taking into account the characteristics of both TN and NTN
	SA	
Use case for satellite access		
Possibility of international collaboration		Yes, at 3GPP

Convergence Service (TN-NTN)

Satellite Overview		<ul style="list-style-type: none"> • Constellation consisting of >1000 number of satellite objects. • Global Coverage
TECHNOLOGY	Optical Communications	<ul style="list-style-type: none"> • 100Gbps for one link (4 links per satellite)
	mobile direct	<ul style="list-style-type: none"> • YES
	etc	<ul style="list-style-type: none"> • Air interface protocols for deep integrated NTN-TN Convergence. • TN-NTN&NTN-NTN multi-connection capabilities. • Multi-Sat Coordinated transmission capabilities. • Advanced spectrum sharing and anti-interference mechanisms.
Use Case / Required Conditions		<ul style="list-style-type: none"> • Provision of Broadband Communications for Ships / Aircraft / etc., • Connect the unconnected conventional users. • Wide range IoT objects.
Possibility of International Cooperation		<ul style="list-style-type: none"> • YES

<https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2030/Pages/default.aspx>

6 Usage scenarios

Extension from IMT-2020 (5G)

- eMBB → **Immersive** Communication
- mMTC → **Massive** Communication
- URLLC → **HURLLC** (Hyper Reliable & Low-Latency Commu)

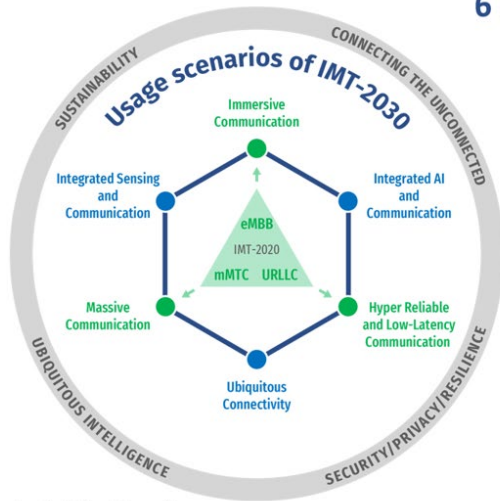
New

- Ubiquitous Connectivity
- Integrated AI and Communication
- Integrated Sensing and Communication

4 Overarching aspects:

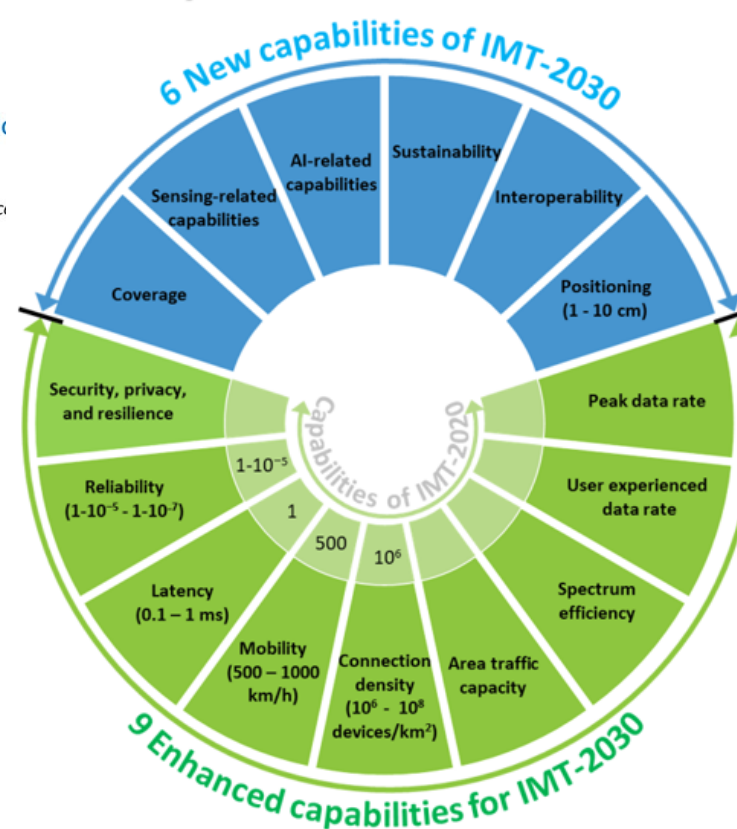
act as design principles commonly applicable to all usage scenarios

Sustainability, Connecting the unconnected, Ubiquitous intelligence, Security/privacy/resilience



So called "Wheel diagram"

Capabilities of IMT-2030



So called "Palette diagram"

The range of values given for capabilities are estimated targets for research and investigation of IMT-2030.

All values in the range have equal priority in research and investigation.

For each usage scenario, a single or multiple values within the range would be developed in future in other ITU-R Recommendations/Reports.