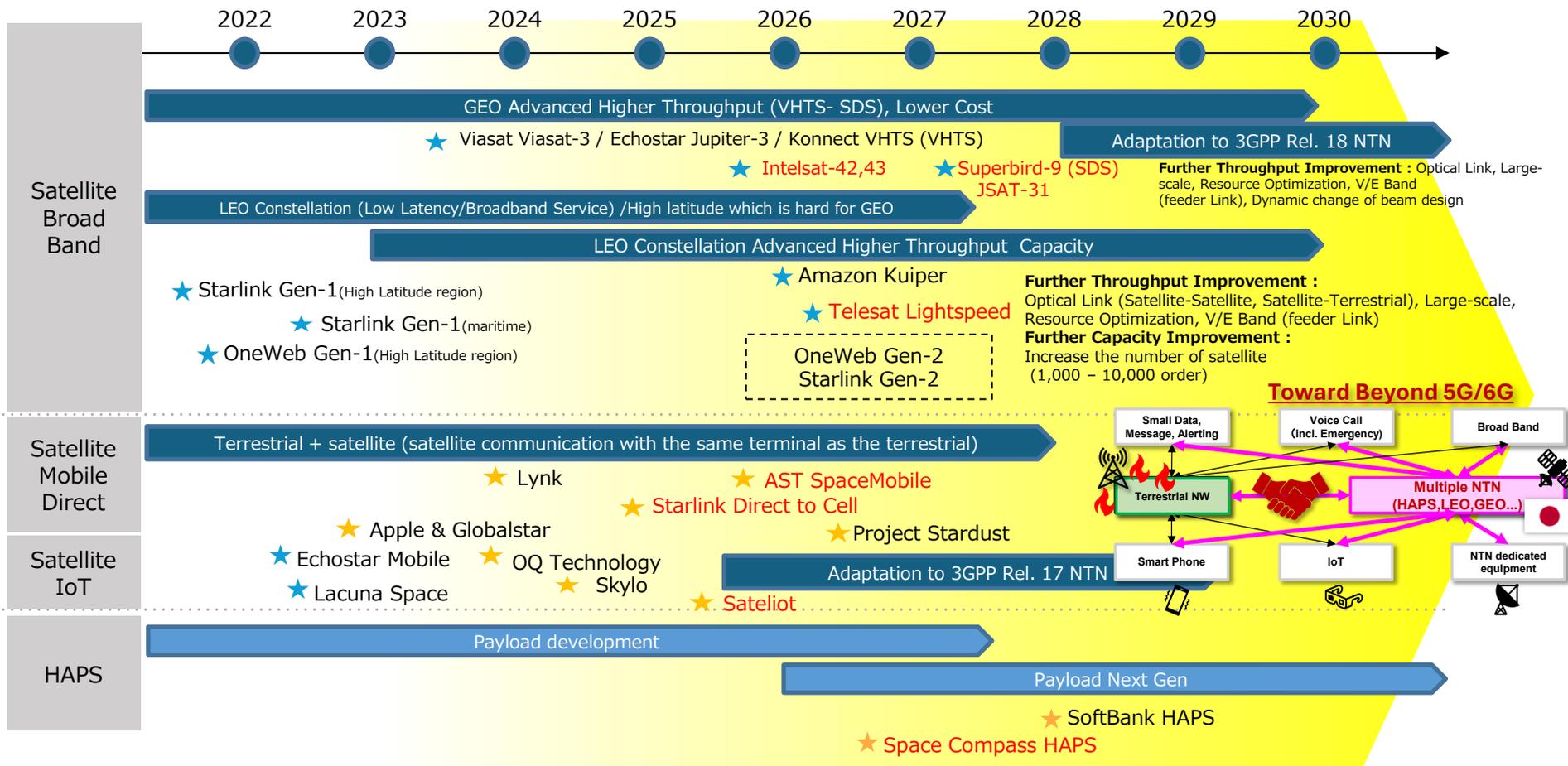


NTN技術ロードマップ (2024年度版)

NTN推進プロジェクト
XGモバイル推進フォーラム
2025年7月1日更新



衛星ブロードバンド

- SDS(Software Defined Satellite) の時期を修正 (Intelsat-42, 43は2026年、 Superbird-9 は2027年打ち上げ)、JSAT-31を追加 (2027年打ち上げ)
- Telesat Lightspeedの時期を修正 (2026年から打上開始)

衛星モバイルダイレクト

- Starlink Direct to Cellの開始時期を2024年12月に修正 (ニュージーランドでサービス開始)
- AST SpaceMobileの開始時期を2025年後半に修正

衛星IoT

- Sateliot の開始時期を2025年に修正

HAPS

- ソフトバンク、Space Compassからの入力情報に基づき更新

衛星
ブロードバンド

Starlinkの利用拡大が続いており、2025年1月時点で全世界における加入者数が460万を超過している。より小型、軽量の端末もリリースしており利便性も向上している。船舶向けサービスに加え2024年9月には航空機向けサービスも提供を開始した。またOneWebもサービスを開始しておりProject Kuiperによるサービスも今後のサービス開始を予定しており、LEOコンステレーションによる競争のさらなる激化が見込まれる。

またVSATシステムの3GPP標準準拠や、フラットタイプアンテナによる端末のマルチオービット衛星対応への取り組みが進みつつあり、今後は地上モバイル通信ネットワークと衛星通信ネットワークの統合、マルチオービットへの対応が進んでいくと思われる。

衛星
モバイルダイレクト

衛星とスマホの直接通信はiPhone, Androidともに一部の機種、エリアでは既に対応可能となっており、既存スマホで利用可能なサービスもStarlink D2Cによりサービスが利用可能になりつつある。AST SpaceMobileも商用衛星の打上を開始しておりまもなくベータサービスを開始する予定である。現時点はテキストの送受信にも時間がかかる場合が多いが、今後衛星コンステレーションの増強によりパフォーマンスや通信機会の向上が期待される。また3GPP Rel-17 NTN準拠の端末も登場しつつあり、今後利用が拡大していくと見込まれる。

衛星IoT

HAPS

昨年に引き続き開発・試験を行っている段階である。災害時はもとより、離島や山岳地帯、海上や空中を含むモバイルネットワークカバレッジ拡大が期待される。制度面では改訂版RRが2025年1月1日より施行され、これにより1.7GHz、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済となった。試験開発フェーズが進むと共に、併行して国内の制度化対応が進んでいくと思われる。

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。Starlinkによる機内Wi-Fiの提供も始まりつつあり、サービスの高速化・低コスト化が進みつつある。</p>
	モバイルダイレクトIoT	<p>機内Wi-Fiの利用につき、将来的には通信速度と安定性の向上、利用可能範囲の拡大、などの要求が出てくる可能性はあるものの、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いない国が多く、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、StarlinkのLEO衛星利用なども進んできている。一方でアクセス集中時の輻輳や料金に関する課題がある。今後はLEOコンステレーション増強による大容量化・高度化が進み、利用ユーザや事業者間の競合増加による低価格化も期待される。また、ユーザ端末小型化や設置簡易化が進んできており、今後は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、国内では高い伝送レートで双方向通信が可能なVDESの実証実験が2024～2027年度まで計画されており、その後グローバルでの実証が計画されている。</p>

		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 (フラットアンテナ) 29.85cm x 25.9cm 59.4cm x 38.3cm 57.5cm x 51.1cm	専用端末 (フラットアンテナ) 17.8cm x 17.8cm 28.9cm x 28.9cm 48.3cm x 76.2cm	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)	~220Mbps(下り) ~25Mbps(上り)	~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	衛星間光リンク	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 (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) 3GPP Rel-18	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。			

	AST SpaceMobile	Lynk	Starlink Direct to Cell	Apple & Globalstar	Skylo	
衛星	LEO	LEO	LEO	LEO	GEO	
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)	L-band (n255) S-band (n256)	
端末	既存携帯電話端末(3GPP Rel17以前)	既存携帯電話端末(3GPP Rel17以前)	既存携帯電話端末(3GPP Rel17以前)	iPhone14シリーズ以降	3GPP Rel17 NTN IoT対応端末 (Google Pixel 9シリーズ、 Samsung Galaxy S25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SOS、 テキスト (米国、カナダのみ)	緊急SOS、テキスト	
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	17カ国(2025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。)	極域を除くグローバル	
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 衛星間光通信	グローバルスターの衛星通信機能を利用	既存の静止衛星 (Inmarsat, Ligado, Echostar) を利用してカバレッジを拡大	
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	既存MSS分配周波数で利用可能 (L/S帯)	既存MSS分配周波数で利用可能
	国内導入時	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	制度化済	制度化済	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	2G, 4G, 5G	2G, 4G, 5G	3GPP Rel-8以降(LTE)	不明。	3GPP Rel 17 NTN
ユースケース	モバイルカバレッジ外でのメッセージサービス、通話、データ通信	モバイルカバレッジ外でのメッセージサービス	モバイルカバレッジ外でのメッセージサービス、(通話、データ通信)	モバイルカバレッジ外での緊急通報テキスト送受信	モバイルカバレッジ外での緊急通報テキスト送受信	

	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-band (n256)	S-band (n256)
端末	3GPP Rel17 NTN IoT対応 端末	3GPP Rel17 NTN IoT対応 端末	LR-FHSS対応Lora端末	LR-FHSS対応Lora端末 +専用アンテナ	3GPP Rel17 NTN IoT対応 端末	3GPP Rel17 NTN IoT対応 端末
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)	－
	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
	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						

		Softbank	Space Compass(Phase1)	Space Compass(Phase2~)
衛星		HAPS	HAPS (固定翼型、小型)	HAPS (固定翼型、小型~中型)
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	3GPP周波数 (2GHz FDD帯) パートナー-MNOの周波数帯を利用	3GPP周波数 (2GHz FDD/TDD帯、他) パートナー-MNOの周波数帯を利用 ※TDD帯の利用方針は検討中
フィーダリンク周波数		ITU-R HAPS FeederLink 用周波数を利用 (6.5GHz,21GHz,26GHz,28GHz,31GHz,38GHz,47GHz,の何れか)	38-39.5GHz帯	38-39.5GHz帯、他
端末		既存携帯電話端末(3GPP)_LTE/5G	既存携帯電話端末 (LTE/5G SA)	既存携帯電話端末 (LTE/5G SA)
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
カバレッジ		直径200km圏	直径100km圏	直径100~200km圏
各技術の特徴		フットプリント固定技術	ベントパイプ方式 HAPS飛行対応技術 (フィーダリンク追尾、フットプリント固定、ドップラシフト補正、等) 可搬GW局	ベントパイプ方式/再生中継方式 HAPS飛行対応技術 (フィーダリンク追尾、フットプリント固定、ドップラシフト補正、等) 可搬GW局、衛星経由フィーダリンク MIMO/多ビーム化等による高速大容量化技術
関連制度	無線通信規則	1.7GHz帯、2GHz帯及び2.6GHz帯は全世界で利用周波数として特定済。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済 フィーダリンク用周波数: 6.5GHz,21GHz,26GHz,28GHzは一部の地域・国、31GHz,38GHz,47GHzは全世界で利用周波数として特定済み	ITU-Rにて利用周波数として特定済	
	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	2026年のサービス提供開始に向けて国内の制度化対応を実施中	必要に応じて国内制度化対応を実施
	標準規格	3GPP (HAPS BS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 	<ul style="list-style-type: none"> 離島や山岳地域等、ニーズに応じたモバイルネットワークカバレッジの拡大 大規模災害時等におけるモバイルネットワークの復旧 低遅延通信 (産業利用等) 	<ul style="list-style-type: none"> 海上や空中を含む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 (より迅速で大容量なシステム復旧) 低遅延通信 (産業利用等) TDD帯を用いた一時的な産業/イベント利用等

VHTS (Very High Throughput Satellite)

衛星概要		<p>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。</p> <p>2024年にはViasat-3によるサービス(Ka帯)が開始され、GSAT-20(インド、Ka帯、70Gbps)、Telekomsat-113BT(インドネシア、C/Ku帯、>32Gbps)の打ち上げが実施され、現在テスト中となっている。</p>
技術		<p>数千ビームをサポートするための大電力 (20kW)サポート</p> <p>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</p>
端末		<p>VSAT、ESIM (既存の静止衛星で使われている端末が利用可能)</p> <p>スループット: > 100Mbps</p>
ユースケース		<p>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</p> <p>今までよりもより広範囲で低コストで利用可能に。</p>
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) 、3GPP Rel-18
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、 JSAT-31 、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)、 3GPP Rel-18
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	・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	・全世界に40-50箇所設置予定。日本の地球局(ゲートウェイ)は2024年8月6日に免許取得済。
端末		855 x 374 mm(固定/可搬), 895 x 895 mm(固定/移動/海上)
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		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 <ul style="list-style-type: none"> •ECC Report 271 •ECC Decision (18)05 •ETSI EN 303 981
国際連携の可能性		

Amazon Kuiper

衛星概要		Amazonによる衛星(LEO)コンステレーション。FCCから最大3,236基の衛星を打ち上げる許可を取得済み。これらの衛星は、高度約590km～630kmの間に配置され、2025年の後半にサービスが開始される予定。2023年にプロトタイプ2基の打ち上げを実施し、4K Video Streamingや双方向ビデオ通信などのテストを行っている。また、衛星間レーザーリンク（ISL）の採用のため、100Gbpsでの衛星間通信の試験も実施。
技術		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		Kuiper専用端末。Ultra-compact(～100 Mbps)/high-performance(～400 Mbps)/high-bandwidth(～1Gbps) designの3モデル（フェーズドアレイアンテナ）が用意される予定。
ユースケース		ルーラルエリア、災害時用バックアップ回線。アマゾンのクラウドサービス（AWS）と連携したデータ処理やストレージを効率化が期待されている。
関連制度	無線通信規則	既存FSS分配周波数で利用可能（Ka帯）
	国内導入時	日本に導入する場合には、制度整備が必要
	標準規格	—
国際連携の可能性		・デブリ除去技術

Telesat Lightspeed

衛星概要		Telesat社による衛星(LEO)コンステレーション。Gen-2コンステレーションで298基の衛星を打ち上げ予定。初期打ち上げの198基についてはMDA社に発注済。極面と傾斜軌道面の両方で動作させ極間通信が可能。単一サイトへ1Mbps～数Gbpsのスループットを実現予定。打ち上げ開始は2026年の予定。
技術		フェーズドアレイアンテナとビームホッピング技術との組み合わせで数Gbps伝送をスポット的に集中可。衛星間レーザーリンク(ISL)により宇宙ベースのIP NWを構築。衛星上でデジタル変復調を行うことでリンクパフォーマンスの向上が可能。
端末		フェイズドアレイ(航空)、フラットパネル(企業)、シングル・デュアルパラボラアンテナ(船舶)など
ユースケース		航空、海運、固定通信事業者、あるいは企業のバックホール
関連制度	無線通信規則	既存FSS分配周波数で利用可能 (Ka帯)
	国内導入時	日本に導入する場合には、制度整備が必要
	標準規格	
国際連携の可能性		デブリ除去技術

AST SpaceMobile

衛星概要		AST SpaceMobile社による衛星コンステレーション 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） 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。2024年9月に5基のBlock 1 BlueBird衛星を打ち上げ。
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	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		<p>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。</p>
技術		<p>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</p>
端末		<p>既存の携帯電話端末（3GPP端末）</p>
ユースケース		<p>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</p>
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	<p>日本に導入する場合には、制度整備が必要</p>
	標準規格	<p>2G, 4G, 5G</p>
その他		

Starlink Direct to Cell

衛星概要		<p>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。通常Starlink衛星は高度約500kmだが、直接通信用の衛星は340kmで周回。</p> <p>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）</p> <p>MNOパートナーの周波数を利用（3GPP周波数Mid-band）</p> <p>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。2025年春に日本でサービス開始予定。</p>
技術		<p>2.7m x 2.3mフェーズドアレイアンテナ</p> <p>eNodeBを衛星に搭載</p> <p>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）</p> <p>ドップラーシフト及び遅延補正</p>
端末		<p>既存の携帯電話端末（3GPP端末）</p>
ユースケース		<p>不感地帯における通信</p> <p>大規模災害時等における緊急通信</p>
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	制度化済
	標準規格	4G
その他		

Apple & Globalstar

衛星概要		グローバルスター社の衛星(LEO)コンステレーション(高度約1440kmに32機配備)を利用。
技術		グローバルスターの衛星通信機能を利用
端末		既存の携帯電話(iPhone14以降)端末。2025年にApple Watch Ultraに衛星接続機能を搭載予定。 iPhone14以降での緊急SOSメッセージ(テキスト)送受や位置情報の送信が可能。
ユースケース		緊急SOS
関連 制度	無線通信規則	既存MSS分配周波数で利用可能 (L/S帯)
	国内導入時	制度化済
	標準規格	4G
その他		—

Skylo

衛星概要		既存の衛星を利用 (Inmarsat, Ligado Networks, Echostarの衛星を利用) 5G端末に直接通信サービスを提供 周波数は3GPPバンドn255, n256を利用
技術		MNO, MVNOとローミング接続によりSkyloのNTNカバレッジを提供
端末		3GPP Rel-17 NTN(NB-IoT)対応端末 (Google Pixel 9等)
ユースケース		緊急SOS, テキスト, IoT
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
	国内導入時	国内導入時には制度整備が必要
	標準規格	3GPP Rel-17 NTN(NB-IoT)
その他		

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を利用可能。
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 10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、追加4基を2024年8月に打ち上げ 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		

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(次世代樹脂箱) 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	<p>1.7GHz帯、2GHz帯及び2.6GHz帯は全世界で利用周波数として特定済。</p> <p>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済</p> <p>フィードリンク用周波数:38-39.5GHzは全世界で利用周波数として特定済み</p>
	国内導入時	<p>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(ソフトバンク)</p> <p>2026年のサービス提供開始に向けて国内の制度化対応を実施中(Space Compass)</p>
	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）