

2024 年度

XG モバイル推進フォーラム
NTN 推進プロジェクト
2024 年度活動報告

2025 年 3 月 31 日

XG モバイル推進フォーラム
NTN 推進プロジェクト



目次

第 1 章	はじめに.....	1
1.1	NTN 推進プロジェクトの目的	1
1.2	昨年度までの取り組み	2
1.3	昨年度の活動により見えてきた課題	3
第 2 章	今年度の活動方針	5
第 3 章	技術ロードマップの更新と海外動向	7
3.1	2024 年以降の主なニュース	7
3.2	技術ロードマップ	9
3.2.1	衛星ブロードバンド	11
3.2.2	衛星モバイルダイレクト	14
3.2.3	衛星 IoT	16
3.2.4	HAPS	19
3.3	海外諸国の関連活動 (EU-6G-NTN プロジェクト)	20
3.4	まとめ	27
第 4 章	NTN を活用するユーザニーズの把握と要件の明確化	28
4.1	NTN を活用するユーザニーズの把握	28
4.1.1	意見交換会の実施	28
4.1.2	意見交換会のサマリ	29
4.1.3	(参考情報)活動紹介タイトル	29
4.1.4	(参考情報)事前アンケートの設問	30
4.2	今ある技術での解決方法の提示	30
4.3	ユーザニーズ実現に必要な要件の明確化	32
4.4	まとめ	33
第 5 章	NTN サービスを実現するための課題解決に向けた取組	34
5.1	NTN サービスを実現するための課題の検討	34
5.1.1	NTN と TN の統合	36

5.1.2 TN 圏外エリアでのブロードバンド通信	36
5.1.3 TN 圏外エリアでの IoT 通信	37
5.1.4 高精度の位置情報・ナビゲーション	37
5.1.5 センサー・通信サービスの統合	38
5.1.6 河川の水位・積雪測位	38
5.1.7 牛の頭数管理	39
5.1.8 災害医療現場と病院間の連携	39
5.1.9 被災地における電気・通信提供	40
5.1.10 モビリティ	40
5.1.11 山間部での連絡手段	41
5.1.12 無人配送(HAPS 利用)	41
5.1.13 管制の高度化	42
5.1.14 山岳地域における災害予兆検知	42
5.1.15 公共安全 LTE	43
5.1.16 センシング	43
5.1.17 補完サービス	44
5.1.18 無人配送(衛星利用)	44
5.1.19 携帯電話通信の BCP	45
5.1.20 海洋でのモビリティ	45
5.1.21 災害対策(HAPS 利用)	46
5.1.22 僻地やドローンからの映像伝送(HAPS 利用)	46
5.2 課題の解決策と対策の検討	47
5.2.1 NTN と TN の統合	47
5.2.2 TN 圏外エリアでのブロードバンド通信	49
5.2.3 TN 圏外エリアでの IoT 通信	49
5.2.4 高精度の位置情報・ナビゲーション	50
5.2.5 災害医療現場と病院間の連携	51
5.2.6 山間部での通信手段	51
5.2.7 無人配送(衛星利用)	52

5.2.8 海洋でのモビリティ.....	52
5.3 企業間連携に必要なアーキテクチャの検討.....	53
5.3.1 TNとNTN 統合のシナリオ.....	53
5.3.2 TN-NTN 統合ネットワーク制御アーキテクチャ (INCA)	55
5.3.3 INCA のユースケースシナリオ.....	56
5.3.4 標準化すべきインターフェース.....	57
5.3.4.1 TN および NTN セグメントから監視データを収集する監視インターフェース	57
5.3.4.2 制御インターフェース (TN および NTN セグメントへの制御コマンド・パラメータ送信)	59
5.3.4.3 TN セグメントと NTN セグメント間でデータトラフィックを転送するためのデータプレーンインターフェース	62
5.4 まとめ.....	62
第 6 章 まとめと今後の課題	63
6.1 グランドデザイン	63
6.2 まとめ.....	64

第1章 はじめに

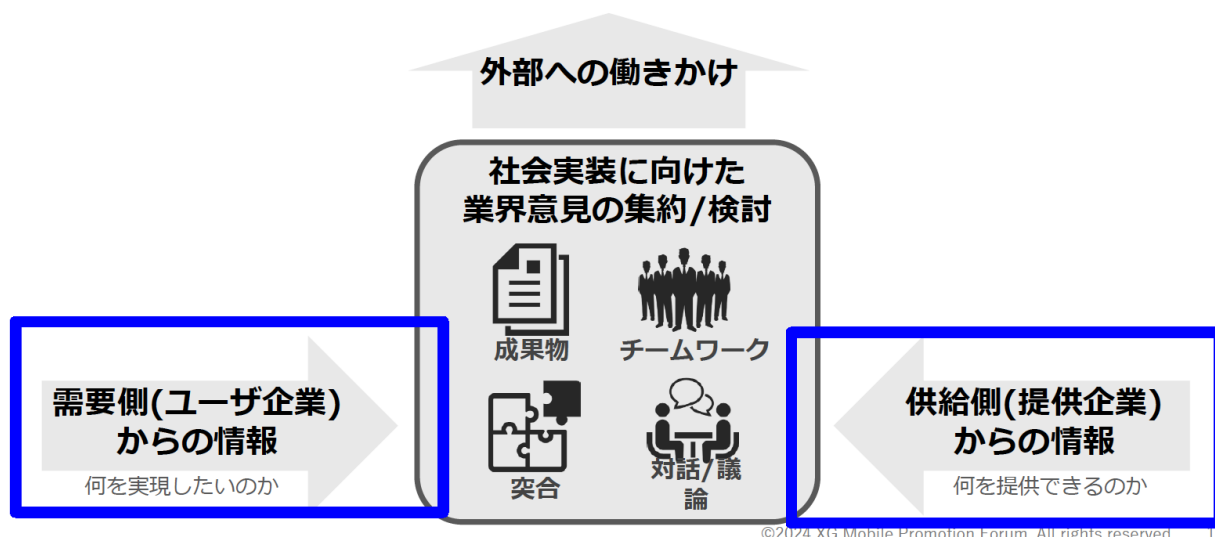
1.1 NTN 推進プロジェクトの目的

2023年6月9日に閣議設定された統合イノベーション戦略2023の第2章において国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会への変革を実現するために、『「データ戦略」を完遂し、サイバー空間とフィジカル空間とがダイナミックな好循環を生み出す社会へと変革させ、いつでも、どこでも、誰でも、安心してデータやAIを活用して新たな価値を創出できるようになる。』ことを目標として定め、デジタル社会に対応した次世代インフラやデータ・AI利活用技術の整備・研究開発が推進されている。令和6年度の情報通信白書においては、『人工知能（Artificial Intelligence：AI）の急速な普及や、ロボットなどのデジタルテクノロジーの利用拡大により、従来以上に瞬時の処理や判断を求められる場面が急増している。このような社会的ニーズの高まりに伴い、情報通信ネットワークに対する要求は一層厳しさを増し、低遅延性、信頼性、強靱性などの要素が一層重要視されている。特に、分散型のAIシステムである「AIコンステレーション」のように、ネットワークを通じて複数のAIが連携して機能する新たなアプローチも現れ、これらを実現するためには、より高度なネットワーク機能の確立と計算資源とネットワークの連携の深化が求められている。』と述べられている。総務省が推進する「Beyond 5Gに向けた情報通信技術戦略の在り方」では、オール光ネットワーク技術や非地上系ネットワーク（以下NTN）技術が重要な技術分野として位置付けられており、特にNTN技術は5G以上の高度な通信機能の実現に貢献する可能性が高いとされており、地上の通信インフラに依存しない新たな通信手段として、宇宙や成層圏を活用することにより、従来の通信領域を大きく超える可能性を秘める技術として期待されている。

NTN技術の発展に向けた取り組みとして、XGモバイル推進フォーラムにおけるBeyond 5G推進コンソーシアム・スケーラビリティワーキンググループでは、他産業を含むNTNステークホルダーと共にNTNの普及に貢献するための議論と活動を積極的に行ってきた。2024年3月31日に「令和5年度スケーラビリティワーキンググループ報告書」がまとめられ、ワーキンググループは発展的に解散されることとなった。これを受けて、2024年4月1日より、NTN技術の更なる推進を目的としたNTN推進プロジェクトワーキンググループが新たに組織され、次の段階へ進むこととなった。

NTN推進プロジェクトの主な目的は二つに分かれる。第一の目的は、HAPS（高高度プラットフォームステーション）や衛星通信をはじめとするNTN技術を活用し、情報通信ネットワークの展開を加速させることである。このため、潜在的なユーザとの意見交換や価値共有の場を提供し、ユースケースの検討やユーザニーズに基づいた技術的要件の明確化を図ることで、産業利用や社会課題の解決に貢献することを目指す。第二の目的は、NTNに関するグローバルな連携を推進する協創サイクルの構築である。NTNの共通課題を共有し、解決策を模索する議論を進めるとともに、NTN技術の普及を促進し、日本がNTN技術における国際的なリーダーシップを発揮することである。さらに、他プロジェクトとの連携を強化することで、異分野との協力や国際的な連携を推進し、標準化活動等の支援にも貢献していくことである。

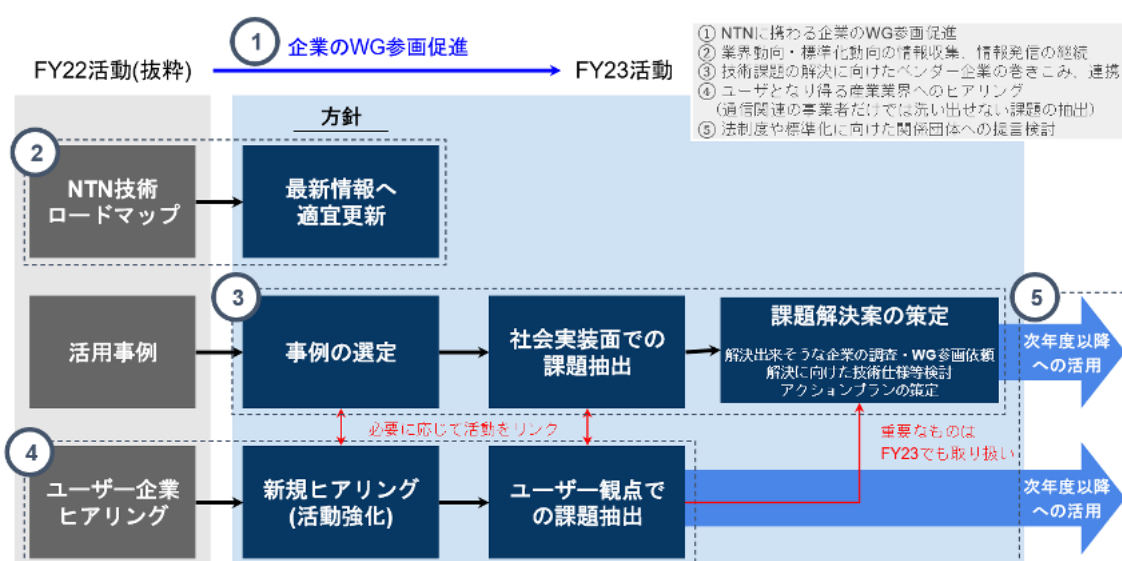
需給双方からの情報を踏まえて「ユーザーズ実現」を目指す
(NTNの産業利用や社会課題の解決に貢献)



©2024 XG Mobile Promotion Forum. All rights reserved 14

1.2 昨年度までの取り組み

昨年度の参加企業は、エリクソンジャパン、ソフトバンク、VIAVI Solutions、華為技術日本、楽天モバイルであり、豊嶋ワーキンググループ長（NICT）を中心に、参加企業間の情報交換、ランドスケールマップの更新、NTN 普及活動を積極的に行った。詳細な役割分担は以下の通りである。



活動内容	具体的な取組み	キックオフ 8/30	① 9/19	② 10/31	③ 11/21	④ 12/19	⑤ 1/30	⑥ 2/20	総会 3/8
①NTNに携わる企業のWG参画促進	国際委員会全体へWGへの参加募集の声がけ 参加希望企業への個別説明								
②業界動向・標準化動向の情報収集、情報発信の継続	参加企業間情報交換 NTN技術ロードマップの更新 WGの活動報告書の作成と公開 ホームページへの掲載 (※以降の成果物も対象。英語化含む)		★	★	★	★	★	★	
③技術課題の解決に向けたベンダー企業の巻きこみ、連携	取り上げる活用事例の選定 社会実装に向けた課題の抽出 課題解決できそうな企業の調査、選定 対象企業へのWG参加お声がけ 課題解決に必要な技術仕様/アクションプラン検討	◎	⇒ ★	⇒ ☆					
④ユーザとなり得る産業業界へのヒアリング(課題抽出)	お声がけ先、ヒアリング内容の検討 先方へヒアリング依頼～実施 結果を踏まえた課題の抽出、活用事例の追加	◎	⇒ ★	⇒ ☆	⇒ ☆	⇒ ☆	⇒ ☆	⇒ ☆	
⑤法制度や標準化に向けた関係団体への提言検討	法整備が必要な点のまとめ 標準化が必要な点のまとめ								

活動内容	具体的な取組み	取りまとめ
①NTNに携わる企業のWG参画促進	国際委員会全体へWGへの参加募集の声がけ 参加希望企業への個別説明	- -
②業界動向・標準化動向の情報収集、情報発信の継続	参加企業間情報交換 NTN技術ロードマップの更新 WGの活動報告書の作成と公開 ホームページへの掲載 (※以降の成果物も対象。英語化含む)	事務局[資料集約・定例会投影] 楽天モバイル VIAVIソリューションズ 事務局[掲載資料集約(体裁調整含む)]
③技術課題の解決に向けたベンダー企業の巻きこみ、連携	取り上げる活用事例の選定 社会実装に向けた課題の抽出 課題解決できそうな企業の調査、選定 対象企業へのWG参加お声がけ 課題解決に必要な技術仕様/アクションプラン検討	ソフトバンク ソフトバンク VIAVIソリューションズ -
④ユーザとなり得る産業業界へのヒアリング(課題抽出)	お声がけ先、ヒアリング内容の検討 先方へヒアリング実施 結果を踏まえた課題の抽出、活用事例の追加	エリクソン・ジャパン エリクソン・ジャパン Space Compass(HAPS)、KDDI(衛星)
⑤法制度や標準化に向けた関係団体への提言検討	②～④の活動の中で必要性に応じて対応	発生時にWGリーダーにて判断

オブザーバ 東京都立大学(石井昌憲 教授)、株式会社NTTドコモ、ノキア

1.3 昨年度の活動により見えてきた課題

昨年度のスケラビリティワーキンググループの活動を通して見えてきた点は、HAPS や衛星通信の活用事例に関する産業業界との意見交換会やNTN のイメージに関する議論から NTN 分野において、日本が国際的にどう連携していくかが課題として浮かび上がり、オールジャパンを実現するために、更なる課題の抽出、サービスの発掘への取り組みを継続すべきであるという共通認識が得られた。オールジャパンを実現する上で、共通認識として以下の点があげられている：

- 特定の LEO のコンステレーションのみでしか使えない端末に依存するのはリスクが高い。
- 海外の衛星オペレータに 100%依存するのは不安。日本としても独自のネットワークを

持つことが望ましい。

- 同一端末で異なる LEO コンステレーションのサービスを利用できるようになると良い。
- さらに、同一端末で GEO、LEO、HAPS、地上ネットワークいずれにも接続できるようになると良い。
- これを実現するためには、端末側とネットワーク提供側で標準化への対応が必要（ただし Starlink 等が対応してくれるとは限らない）。
- 端末は、大きくは小型の IoT 端末（低消費電力）、モバイル端末（スマホ等）、大型端末（高速通信対応）の 3 種類で標準化が進むのではないかな。
- 日本としてもこれを見据えてネットワーク構築の準備を進めていく必要があるのではないかな。
- 日本の地理的特性（国土の 7 割が山地・丘陵地、世界 6 位の EEZ 面積を持つ海洋国家、自然災害多発国）からも NTN の活用場面は多々あるはず。具体的なユースケースに即したサービスの開発も進んでいくのが望ましい。



未来予想図案：オールジャパンとしてどうあるべきか

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。

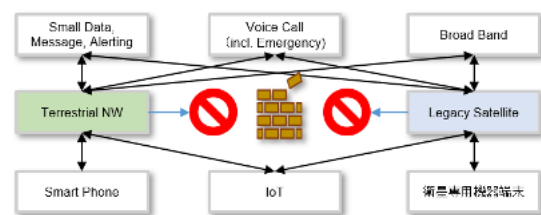
Beyond 5G/6G, IMT-2030に向けて

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

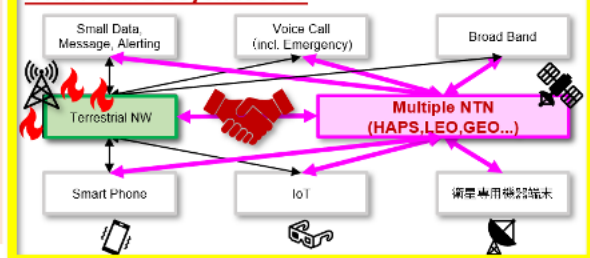
2) 同時に、災害等による地上NWの大規模な障害、輻輳等緊急事態においても、地上NWのバックアップとして、最低限のサービスをNTNで提供する事により、復旧復興への効果も期待される
→ 災害等における経験、知見を活かし、緊急時における地上/衛星を跨いだ相互連携によりオールジャパンネットワークの構築

3) また、地上エリアと比較し不利な条件(遅延、電波品質、信頼性等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



第2章 今年度の活動方針

昨年度の活動および見えてきた課題に基づき、今年度は、海洋分野ユーザとの意見交換会を含め8回会合を開催し、次の活動を実施した。次章以降に活動報告を行う。

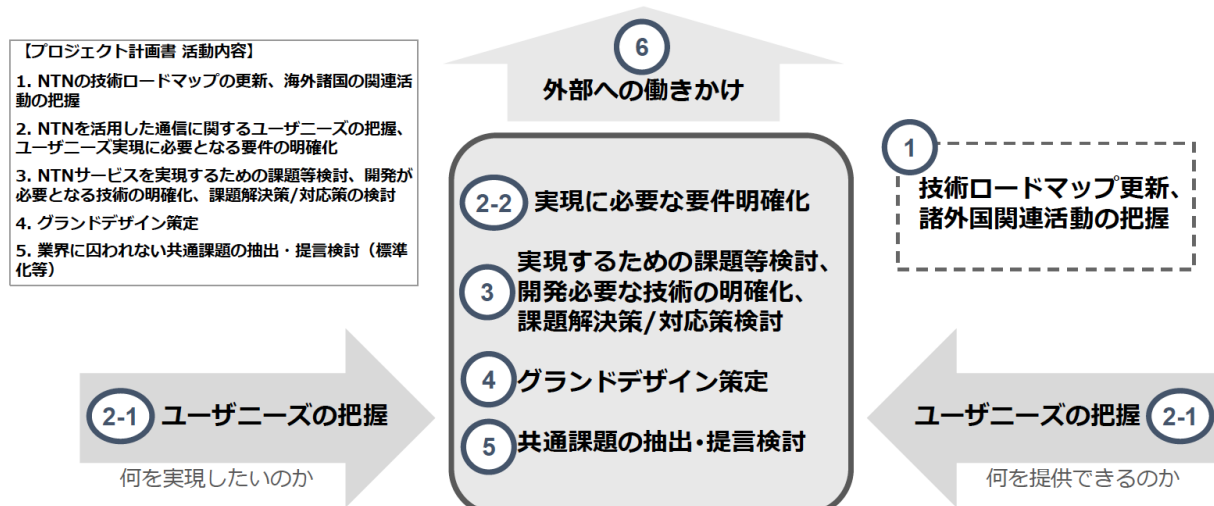
- NTNの技術ロードマップの更新（最新情報への更新 および 主にHAPS部分の更新）
- 海外諸国の関連活動の把握（6G-NTNの活動調査、韓国の状況把握等）
- NTNを活用した通信に関するユーザニーズの把握と実現に必要な要件の明確化（海洋分野に携わる10者のユーザと臨場で意見交換。把握したニーズを実現するために必要となる要件/課題等の検討 および 既存で利用できそうな技術/サービスの検討）
- NTNサービス実現の課題検討、開発が必要となる技術の明確化、課題解決策/対応策の検討（意見交換会の意見を参考に、サービスを実現するにあたっての課題や解決策等を整理。TN-NTN統合制御技術による企業間相互連携アーキテクチャの詳細デザインに向けた要求条件の検討）
- グランドデザイン策定（次世代NTNとして期待される技術やソリューションを俯瞰した未来予想図を議論）
- 業界に囚われない共通課題の抽出・提言検討（ユーザニーズから見えた共通した制度などの課題について議論）

尚、昨年度の取り組みとの関連、会合スケジュール、各課題の取りまとめ企業を以下にそれぞれ示す。議論は、昨年度までと同様、豊嶋プロジェクトリーダー（NICT）を中心に取りまとめ企業が主体となり、メンバー全体での議論を積極的に行った。



活動内容

需給双方・競合他社が協力しあい、実行していく



カテゴリ	取組み内容	7/25 キックオフ	8/27 ①	10/3 ②	11/7 ③(意文)	12/19 ④	1/16 ⑤	1/30 ⑥	2/27 ⑦	3月 定時総会		
①NTNの技術ロードマップの更新、海外諸国の関連活動の把握	a.NTN技術ロードマップ更新 [↑⇄]			適宜更新								
	b.海外諸国の関連活動の把握 [↑⇄]		◎	適宜更新								
②NTNを活用した通信に関するユーザーニーズの把握、ユーザーニーズ実現に必要な要件の明確化	a.ユーザーニーズの把握(意見交換会の継続) [⇒] ※業界に因わず実施	◎	⇒	★	⇒	☆	⇒	■	まずは海洋	⇒	■	その他
	b.今ある技術で使えるものの提示 [⇄]						◎⇒	★⇄	☆	適宜更新		
	c.NTNに関する研究開発をしているグループからの講演 [⇄]		NICT★	適宜								
	d.ニーズ実現に必要な要件の明確化 [●]						◎⇒	★⇄	☆	適宜更新		
③NTNサービスを実現するための課題等検討、開発が必要となる技術の明確化、課題解決策/対応策の検討	a.NTNでサービス実現するための課題等検討、開発が必要となる技術の明確化 [●]						◎⇒	★⇄	☆			
	b.課題解決策/対応策の検討 [●]						◎⇒	★⇄	☆			
	c.企業間連携アーキテクチャの検討 [●]			◎⇒	適宜					☆		
④グランドデザインの策定	グランドデザイン策定 [●]	◎	定義★	⇒	☆		◎⇒	★⇄	☆			
⑤業界に因われない共通課題の抽出・提言検討(標準化等)	業界に因われない共通課題の抽出・提言検討(標準化等) [●]			適宜								
⑥外部への働きかけ	a.課題解決策/対応策の実行 [↑]								適宜			
	b.関連イベントの参加や開催 [↑]			適宜								
活動報告	会合の活動状況のHP用資料作成		作成?							作成?		
	報告書作成										作成	

カテゴリ	取組み内容	成果物(想定)	とりまとめ
PJ事務局	a.会合の計画(日程調整、会議室、オンライン、案内、出欠管理)	会合開催案内	ソフトバンク
	b.会合資料の準備、司会進行	会合投影資料	ソフトバンク
	c.議事メモ	会議事メモ	持ち回り
①NTNの技術ロードマップの更新、海外諸国の関連活動の把握	a.NTN技術ロードマップ更新 [↑⇄]	NTN技術ロードマップ(最新版)	楽天モバイル
	b.海外諸国の関連活動の把握 [↑⇄]	諸外国関連活動のまとめ資料	華為技術日本
②NTNを活用した通信に関するユーザーニーズの把握、ユーザーニーズ実現に必要な要件の明確化	a.ユーザーニーズの把握(意見交換会の継続) [→] ※業界に因わず実施。PJで企画するイベント	グランドデザイン	ソフトバンク
	b.今ある技術で使えるものの提示 [⇄]	グランドデザイン	ソフトバンク
	c.NTNに関する研究開発をしているグループからの講演 [⇄] ※PJで企画するイベント	講演時の資料	PJリーダー
	d.ニーズ実現に必要な要件の明確化 [●]	グランドデザイン	シャープ
③NTNサービスを実現するための課題等検討、開発が必要となる技術の明確化、課題解決策/対応策の検討	a.NTNでサービス実現するための課題等検討、開発が必要となる技術の明確化 [●]	課題リスト	Space Compass
	b.課題解決策/対応策の検討 [●]	課題リスト	Space Compass
	c.企業間連携アーキテクチャの検討 [●]	インタフェースに関する文書	PJリーダー
④グランドデザイン策定	グランドデザイン策定 [●]	グランドデザイン	NOKIA
⑤業界に因われない共通課題の抽出・提言検討(標準化等)	業界に因われない共通課題の抽出・提言検討(標準化等) [●]	課題リスト グランドデザインにもつなげる	Space Compass
⑥外部への働きかけ	a.課題解決策/対応策の実行 [↑]	(適宜)	NTT Com
	b.関連イベントの参加や開催 [↑]	(適宜)	NTT Com
活動報告	a.会合の活動状況のHP用資料作成	HP掲載用資料	PJリーダー
	b.報告書作成	報告書	東京都立大学

第3章 技術ロードマップの更新と海外動向

3.1 2024 年以降の主なニュース

衛星ブロードバンド

静止衛星

- スカパーJSAT がフルデジタル衛星 JSAT-31 の調達契約を Thales Alenia Space と締結。([スカパーJSAT, 5/27](#))
- Viasat-3 の 1 機目が 2024 年 8 月 5 日にサービス開始(アンテナ展開不具合で容量低下の状態)。([Viasat, 8/5](#))
- スカパーJSAT、タレスと通信衛星の調達契約([仏, 2025/3/11](#))

LEO コンステレーション

- スターリンク、新たな D2C 対応衛星を打ち上げ。([SpaceX, 6/4](#))
- Amazon が Project Kuiper の初期サービス開始が 2025 年に遅れると発表。([Space News, 6/27](#))
- AST スペースモバイル、FCC から商用衛星打ち上げ許可を取得。([AST SpaceMobile, 8/5](#))
- ソフトバンクが Eutelsat OneWeb の 2024 年 12 月提供開始を発表。([ソフトバンク, 9/3](#))
- ハワイアン航空が Starlink による機内 Wi-Fi の提供開始。([ハワイアン航空, 9/24](#))
- Starlink の加入者数が 400 万人を突破。([Starlink, 9/27](#))
- 中国の上海垣信衛星科技(SSST)によるコンステレーション千帆が 8 月 6 日に最初の 18 機打ち上げ([Space News, 8/6](#))、10 月 15 日に次の 18 機打ち上げ([Space News, 10/15](#))
- スカパーJSATと Planet Labs PBC230 百万ドルの低軌道衛星コンステレーション構築に向けて協業([スカパーJSAT, 2025/2/5](#))
- 通信NBN、低軌道衛星市場への参入検討 ([オーストラリア, 2025/2/14](#))
- アマゾン、初のカイパーインターネット衛星を打ち上げ([CNBC, 2025/4/28](#))

衛星モバイルダイレクト

- AT&T、AST スペースモバイルがパートナーシップを正式締結。([AT&T, 5/15](#))
- ベライゾン、衛星通信サービスで AST スペースモバイルと提携。([AST SpaceMobile, 5/29](#))
- AST スペースモバイル、衛星・携帯電話直接通信について詳細発表。([AST SpaceMobile, 7/1](#))
- iPhone 14 以降のモデルによる衛星経由の緊急 SOS が日本でも 7 月 30 日に開始。([Apple, 7/30](#))
- 米国 Verizon が Skylo との提携を発表。3GPP R-17 IoT-NTN 準拠の端末で衛星経由のテキスト送受信サービス開始へ向け取り組み([Verizon, 8/28](#))。
- AST SpaceMobile が 9/12 に 5 機の商用衛星打ち上げに成功。([AST, 9/12](#)) 10 月にフェーズドアレイアンテナの展開にも成功。([AST, 10/26](#))
- iPhone 14 以降のモデルで iOS18 により衛星経由のテキスト送受信が可能に(米国、カナダのみ)。([Apple, 9/16](#))

- 3GPP が Iridium の要求を受け NTN 向け NB-IoT の機能拡張を 3GPP リリース 19 の公式な作業項目として受け入れ。([Iridium, 2024/9/25](#))
- 米国のハリケーン被災地での Starlink Direct to Cell の利用について FCC が暫定許可。([SpaceX, 10/9](#))
- 沖縄県久米島の実験環境で KDDI が au スマートフォンと Starlink 衛星の直接通信による SMS 送受信に成功。([KDDI, 10/24](#))
- Apple が Globalstar に新しいコンステレーション構築のため 15 億ドル投資。([Via satellite, 11/1](#))
- FCC が米国での Starlink Direct to Cell サービスについて条件付き商用免許を許可。([SpaceX, 11/27](#))
- ニュージーランドで One NZ が Starlink Direct to Cell サービスを開始。([One NZ, 12/19](#))
- KDDI が Starlink Direct to Cell のサービス提供開始に向け電波発射の許可を取得。([KDDI, 12/25](#))
- Vodafone が世界初の「衛星ビデオ通話」のテストを公開、衛星とスマホを直接接続して携帯電話の電波が届かない地域でも通話可能。([Vodafone, 2025/1/29](#))
- T-モバイル、7 月から衛星と携帯電話直接接続するサービスを提供開始。([T-モバイル, 2025/02/09](#))
- au、日本全土をエリア化、衛星とスマホの直接通信サービス「au Starlink Direct」を提供開始([KDDI、沖縄セルラー電話, 2025/4/10](#))

衛星 IoT

- Hubble Network が宇宙からの Bluetooth 接続に成功。([Hubble Network, 4/29](#))
- OQ Technology が衛星2機を追加打ち上げ。衛星数が合計 10 機に。([OQ Technology, 3/10](#))
- Sateliot が 8 月 16 日に衛星 4 機を追加打ち上げ。([Sateliot, 8/17](#))
- ソラコムが Skylo のネットワークを利用した 3GPP Rel-17 準拠の NTN IoT サービスを提供開始(北米、欧州、オセアニアで利用可能)。([ソラコム, 7/17](#))

HAPS

- 小型機活用し HAPS 模擬した 5G 通信実験に成功(スカパーJSAT・NTT ドコモ・NICT・パナ HD の 4 者)。([WING, 5/29](#))
- NTT ドコモと Space Compass が 2026 年の HAPS サービス提供開始を発表。([Space Compass, 6/3](#))
- ソフトバンクが HAPS と地上基地局との周波数共用を実現するスルフォーミング技術の実証実験に成功。([ソフトバンク, 6/26](#))
- ソフトバンクの成層圏通信プラットフォーム(High Altitude Platform Station、以下「HAPS」)向け大型無人航空機「Sunglider (サングライダー)」が成層圏飛行に成功。([ソフトバンク, 10/2](#))
- ケニア上空の高度約 20km の成層圏を飛行する HAPS を介したスマートフォンへのデータ通信実証に成功。([Space Compass, NTT Docomo, 2025/3/3](#))

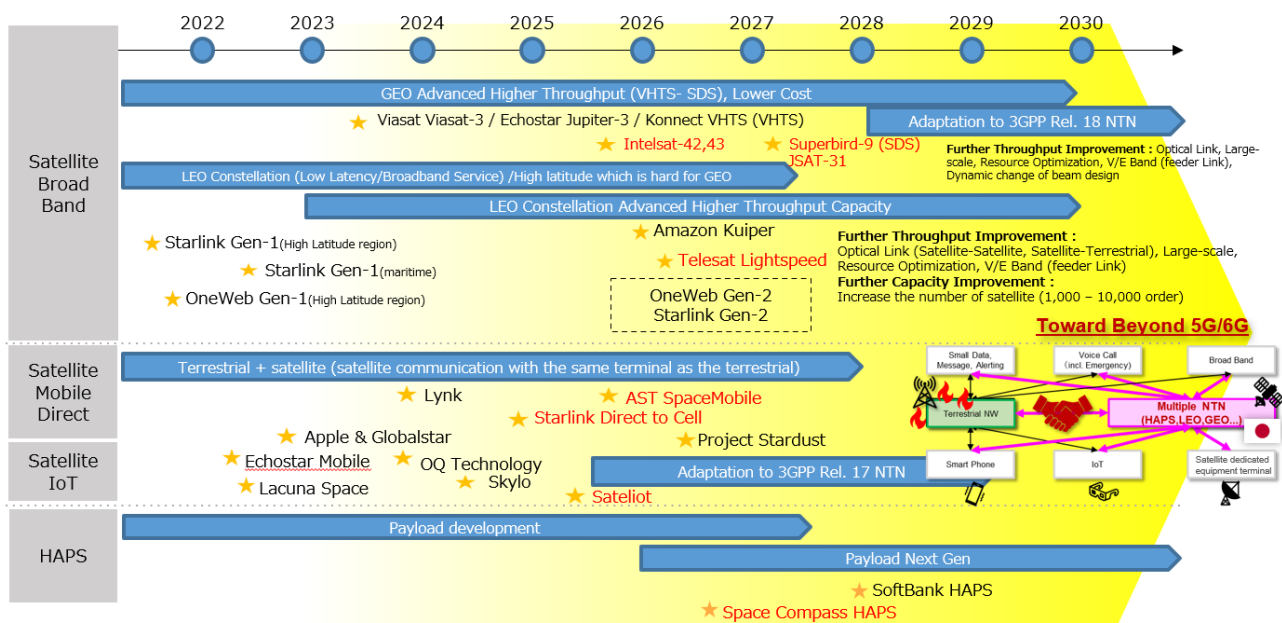
その他

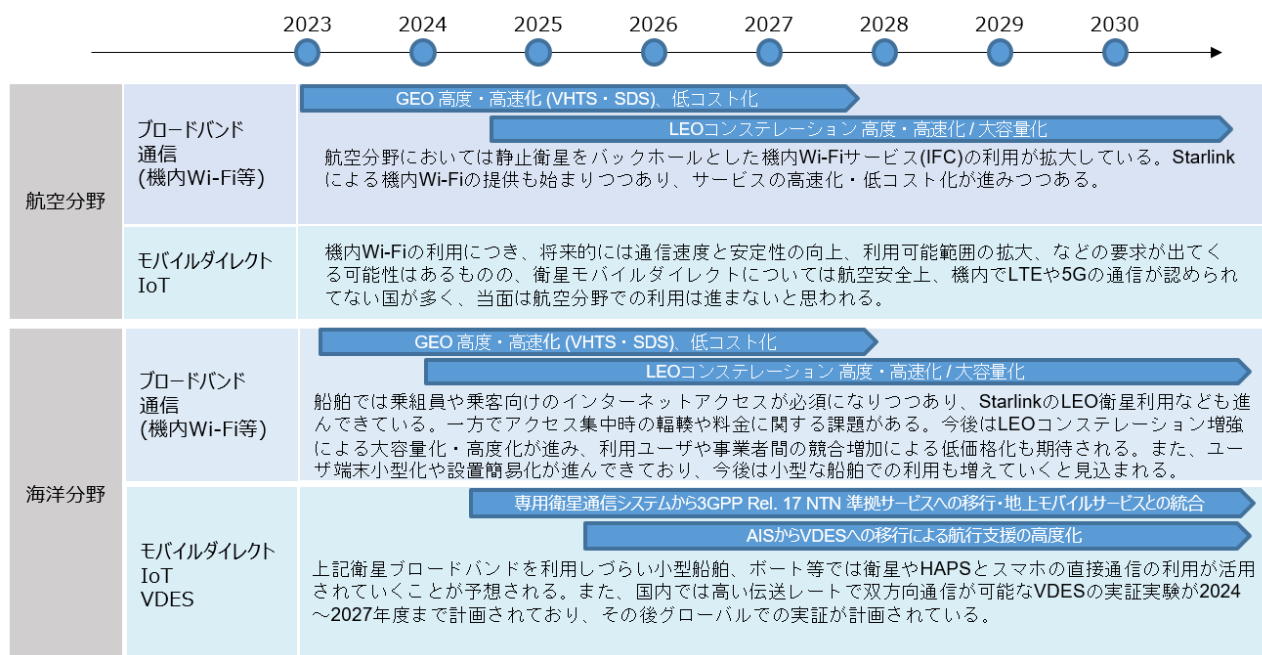
- SES が Intelsat 買収を発表。2025 年下半期に取引完了予定。(SES, 4/30)
- SES スペース&ディフェンス社、初のマルチ軌道、マルチバンドの商用 LEO リレーを実証。(SES Space & Defense, 6/5)
- イテレスパツィオ、米スターリンクと提携。(NNA, 6/10)
- アドランとイリジウム、衛星時刻・位置技術で欧州とアジア太平洋地域の PNT 耐性を強化。(アドラン, 6/24)
- スターリンク、全米で「スターリンク・ミニ」の一般提供開始。(SpaceX, 7/11)
- スペース X の PFD 制限緩和案に各社は反発。(FCC, 8/12)
- 無線通信業界と衛星業界、WRC で米国が取る立場について意見一致せず。(FCC, 8/20)
- ソフトバンクと Intelsat、ユビキタスネットワークの実現に向けた共同技術検証を開始。今後地上・衛星通信ネットワークを 5G 標準仕様に基づいてシームレスに接続。(ソフトバンク, 9/17)
- エリクソンがモバイル衛星サービス協会(MSSA)に参加、衛星周波数 L/S 帯を用いた NTN 衛星直接接続検討を行う。(9/18)
- 三菱重工、ユーテルサットと衛星打ち上げ。(仏, 9/19)
- スペースX、15 億ドルの対越投資計画 (ベトナム, 9/27)
- 商務省、宇宙交通調整システムのベータテスト開始。(NOAA, 9/30)
- インターステラテクノロジズ、シリーズ E ラウンド総額 39 億円で資金調達完了。(PR TIMES, 10/24)
- スカパーJSAT横浜衛星管制センターに「Universal NTN イノベーションラボ」を構築、非地上系ネットワークと 5G 技術を活用した試験を開始。(スカパーJSAT, 11/25)
- ESA、欧州の衛星通信確立に 106 億ユーロ。(EU, 12/18)
- ローゼンウォーセル FCC 委員長、宇宙打ち上げに周波数追加割り当て提案。(FCC, 12/19)
- 衛星メガコンステレーションによるリモートセンシング。(ブラウンホーファー, 2025/1/2)
- 1.5 μ m 衛星間光通信を使った超大容量ミッションデータ伝送に世界で初めて成功～JAXA と NEC による宇宙空間での光通信の取り組み～(JAXA・NEC, 2025/1/23)
- Marble Visions・NTT データ・パスコ・キャノン電子、高分解能・高頻度な光学衛星観測システムの開発に向けて資本業務提携を行うことで合意。(NTT Data, 2025/02/25)
- 中国、通信技術試験衛星 15 号の打ち上げに成功(AFP, 2025/3/10)
- スペース・コンパス、ESAと衛星通信実証(EU, 2025/3/26)
- 米国務省、中国の衛星通信企業との接触中止を同盟国に要請(NEXTGOV, 2025/4/21)

3.2 技術ロードマップ

昨年と同様に技術ロードマップの策定および更新を行った。また、衛星ブロードバンド、衛星モバイルダイレクト、衛星 IoT、HAPS の枠組み、及び航空分野と海洋分野に枠組み分類を維持しつつ記載の更新を行った。

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ペーサー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。





3.2.1 衛星ブロードバンド

昨年と同様に静止衛星(GEO)に加え、今後激化してくるであろう低軌道衛星(LEO)の展開に状況について更新情報を記載する。

	VHTS・SDS (静止衛星)	OneWeb	Starlink	Amazon Kuiper	Telesat Lightspeed
衛星	GEO	LEO	LEO	LEO	LEO
サービス周波数	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 (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
	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。			

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。 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。
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)、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		・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	・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		・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 ・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） 7,000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		

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		フェーズドアレイ(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

3.2.2 衛星モバイルダイレクト

衛星モバイルダイレクト(衛星との通信を担う専用端末を置かず、スマートフォンなどの通信端末から直接、衛星経由の通信を行う事)につき、各社のサービス展開について更新情報を記載する。

	AST SpaceMobile	Lyngk	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か国(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	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	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。
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

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	・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		

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。2024年に2基を追加で打ち上げ済（合計5基運用中）。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。 ドップラースhift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	・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	日本に導入する場合には、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。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。 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。2025年春に日本でサービス開始予定。
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） ドップラースhift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	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		—

3.2.3 衛星 IoT

衛星 IoT は、モバイルダイレクトと同様に IoT 端末から衛星との直接通信を行うネットワーク構成を指す。各社のサービス展開については昨年と目立った違いはないが、コンステレーションに関する動きは活発で、その点を中心に更新情報を記載する。

	Skylo	OmniSpace	Echostar Mobile	Lacuna Space	OQ Technology	Satellite
衛星	GEO	LEO	GEO	LEO	LEO	LEO
サービス周波数	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	3GPP Rel 17 NTN	3GPP Rel 17 NTN
ユースケース						

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。300機のLEO衛星で2026年に初期サービスを提供する予定。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(6基運用中)、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（60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） 2023年6月に商用サービス開始済。衛星10基を打ち上げ済み。2025年末までに更に20基を追加配備予定。
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月に打ち上げ済。2028年までに100基を軌道上に配備し、リアルタイムのグローバルカバレッジを提供することを目指している。 5G NB-IoT端末に直接通信サービスを提供 2025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		

3.2.4 HAPS

HAPS は NTN の形態の一つであり、成層圏に飛行させた無人飛行機体(UAV)とスマートホンなどの通信端末が直接通信を行うアーキテクチャ形態である。現在サービス展開を計画しているソフトバンク、Space Compass の概要についてまとめた情報を記載する。

		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		・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	・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)	・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

HAPS

概要		・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	ペイロード	・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	・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	・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		・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	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
	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(ソフトバンク) 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)
	標準規格	3GPP (HAPS BS規格)
国際連携の可能性		・各種制度調整促進 (ICAO,FAA,EASA,CASA)、国際周波数 (ITU、3GPP)

3.3 海外諸国の関連活動 (EU-6G-NTN プロジェクト)

本年は海外諸国の関連活動として、欧州における 6G-NTN の活動を Web-HP の内容 (<https://6g-ntn.eu/>)からその活動を理解すべく調査を行った。6G-NTN は欧州連合の 6G 研究母体である 6G-SNS(Smart Network & Services)から資金支援を受け、欧州の NTN 活動を最も体系的に進めている海外研究活動と捉え、調査対象とした。以下に実施内容を示す。

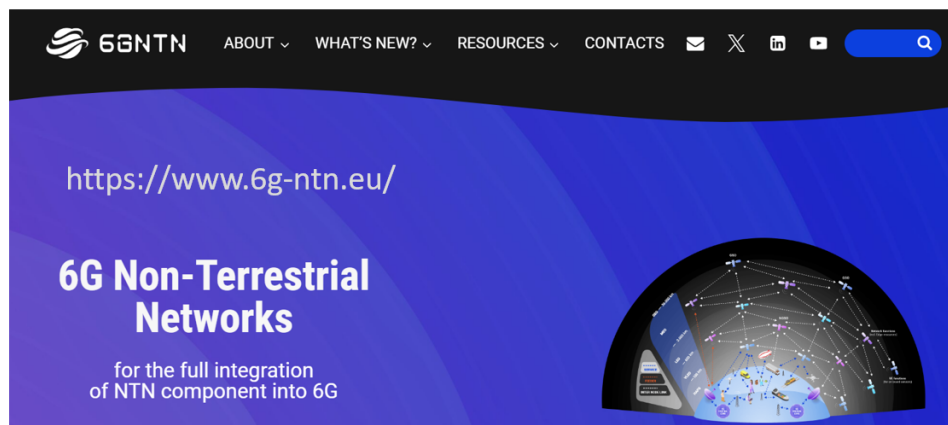
Task(1)b: Reviewing 6G-NTN works

This task tries to identify 6G-NTN work status specifically focuses on;

(1)Use-cases (Case study)

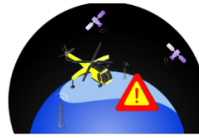
(2)Technical Landscape (Technology information & 3GPP trends)

(3)Seeking Solutions (Industrial Cooperation & Technical Challenges)





USE CASE #1: Maritime coverage for search and rescue coast guard intervention



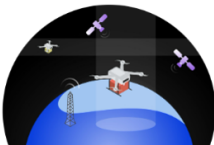
**USE CASE #4
Adaptation to public protection and disaster relief or temporary events**



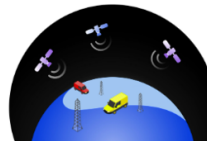
**USE CASE #2:
Autonomous power line inspection using drones**



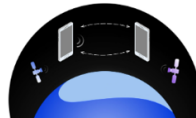
**USE CASE #5
Consumer handheld connectivity and positioning in remote areas**



**USE CASE #3
Urban air mobility**

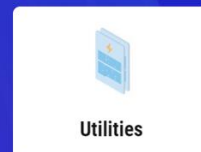
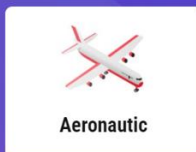


**USE CASE #6
Continuous bi-directional data streams in high mobility**



**USE CASE #7:
Direct communication over satellites**

Addressed Markets



Observation: These fields indicated as main target markets that 6G-NTN focuses on. Detail survey can be found in each (see next page), worthwhile to observe.



6G NTN Use-Cases

Presentation by Thales Six France | EUCNC & 6G Summit 2024 – “European vision on 6G use-cases” Session | 05.06.2024 | PDF

<https://www.6g-ntn.eu/download/6g-ntn-use-cases/>

5G NR Satellite NTN integration with 5G NR TN – Short View

6GNTN

Rel-17: Ended (March 2023 from RAN4 point of view)

- Transparent Satellite;
- NTN UE is a Smartphone in L/S Bands.

Rel-18: Ended (RAN4 work finished in May 2024)

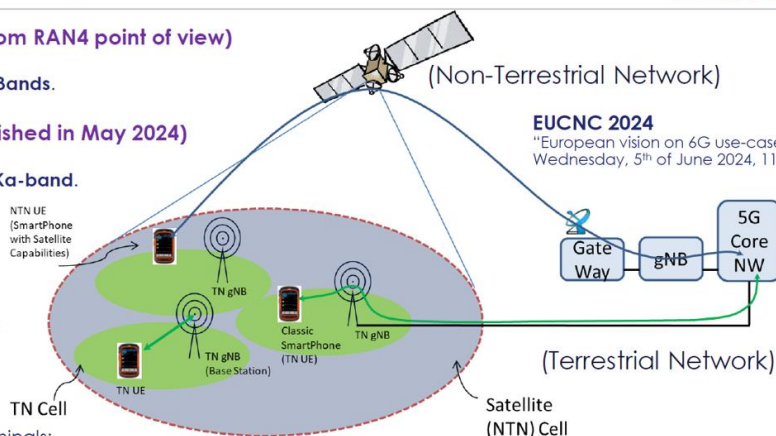
- Transparent Satellite;
- NTN UE is a VSAT operating in Ka-band.

Rel-19: TBC end-2025?

- Regenerative Satellite;
- DL coverage enhancements;
- Other bands: Ku-band;
- Other FR1-NTN UE types: HPUE.

Rel-20/Rel-21:

- GNSS-free operation;
- Other bands: Q/V band;
- Lower form factor for VSAT terminals;
- Enhanced (broadband) services.



EUCNC 2024
“European vision on 6G use-cases” Session
Wednesday, 5th of June 2024, 11:00-13:00

Observation: This summary provides 3gpp release contexts & the new targets. Overall NTN integration image (in 6G-NTN) can be captured from the study.

Trends: Standardization, Implementation and Research (takeaways)

IRIS² (approach under construction):

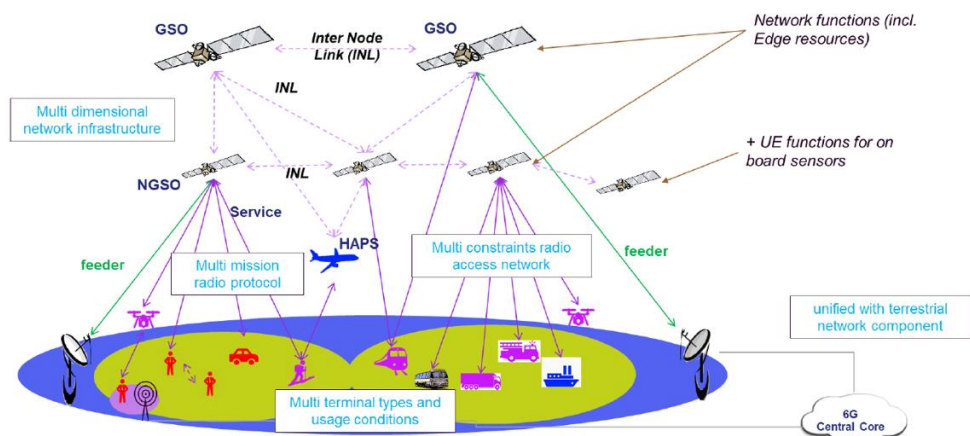
- Support implementation of **5G NTN standards** defined in 3GPP domain
 - to the maximum extent possible and
 - through a gradual implementation approach

Future roadmap, in order to support **5G/6G NTN-TN convergence**:

- > Satellite with **regenerative** payload: starting from **Rel-19**;
- > Evolution towards **6G New Radio**:
 - **Increasing Non-Terrestrial Network (NTN) capacity**:
 - Introducing **more Satellite frequency bands for increased capacity**;
 - Integration of TN and NTN 5G/6G towards 3D (mesh) communications**.
 - **Simulation and testing capabilities**:
 - 6G WaveForm (WF) abstraction toolbox**;
 - Channel Model** for satellite communication;
 - Evaluate **PAPR, resilience to Doppler & timing errors** of various WaveForms.

Observation: it can be observed 6G-NTN also has high-level requirements in TN-NTN integration with various analysis.

6G-NTN SNS Project: Key Design Principles



Observation: an image of design principles is provided. Could be referred as our study of Grand-Design.

Technical Information & Challenges

Public Deliverables

This page gives you the opportunity to download all public deliverables developed within the scope of the 6G-NTN project. As the evaluation and approval process by the European Commission is ongoing, some of the content may change.

Work package	Del. #	Title	Delivery date (month)
WP 1	D1.1	DMP	M5
WP 2	D2.1	Use case report	M3
	D2.2	Report on user requirements	M6
	D2.3	Report on system requirements	M9
	D2.4	Report on business model metrics and analysis	M24
	D2.5	Report on regulatory requirements	M12
WP3	D3.1	Report on 3D multi layered NTN architecture (1st version)	M7
	D3.2	Report on terminals (1st version)	M18
	D3.3	Report on software defined payload and its scalability (1st version)	M18
	D3.4	Report on vLEO space segment (1st version)	M18
	D3.5	Report on 3D multi layered NTN architecture (2nd version)	M12

	D3.6	Report on 3D multi layered NTN architecture (3rd version)	M24
	D3.7	Report on 3D multi layered NTN architecture (final version)	M36
	D3.8	Report on terminals (final version)	M30
	D3.9	Report on software defined payload and its scalability (final version)	M30
	D3.10	Report on vLEO space segment (final version)	M30
WP4	D4.1	Report on unified and data driven airinterface for 6G-NTN (1st version)	M17
	D4.2	Report on 6G-NTN radio controller (1st version)	M17
	D4.3	Open datasets for 6G-NTN data driven radio access networks	M8
	D4.4	Spectrum regulation analysis for 6G NTN scenarios (1st version)	M8
WP5	D5.1	Report on reliable and high accuracy positioning solutions for 6G-NTN	M36
	D5.2	Initial report on orchestration and monitoring solutions and cybersecurity threats for 6G-NTN	M18
	D5.3	Final report on orchestration solutions and cybersecurity framework for 6G-NTN	M36
WP6	D6.1	Dissemination and Communication Strategy and Plan	M4
	D6.2	Impact Creation Mid-Term Report	M18
	D6.3	Standardisation, Exploitation and Sustainability Strategy and Plan	M18
	D6.4	Impact Creation Final Report	M36
	D6.5	Standardisation, Exploitation and Sustainability Final Roadmap	M36

Produced Materials



Poster – EUCNC & 6G Summit 2024

Enablers for E2E integration in 6G-NTN



DOWNLOAD

Poster – The ETSI Conference "NTN, a Native Component of 6G"

6G-NTN project overview



DOWNLOAD

Brochure

Architecture & use cases brochure



DOWNLOAD

Flyer

About 6G-NTN – Introductory Flyer



DOWNLOAD

rights reserved



Enablers for E2E integration in 6G-NTN

Poster – EUCNC & 6G Summit 202

https://www.6g-ntn.eu/wp-content/uploads/sites/94/2024/06/EuCNC_6G_NTN_WP5_poster-1.pdf

6G NON-TERRESTRIAL NETWORKS FOR THE FULL INTEGRATION OF NTN COMPONENTS INTO THE FUTURE 6G INFRASTRUCTURE

Enablers for E2E integration in 6G-NTN

Reliable Positioning

Positioning objectives

UE positioning is integral for 6G-NTN operations, gaining prominence with 3GPP Rel.17's introduction [1]. NTN, pivotal for emergency services, explores explicit positioning via single or multiple LEO satellites in scenarios with weak or unavailable GNSS signals. Various methods, including TOA, TDOA, RTT, two-way TOA, and FDOA based on delay and Doppler measurements, are discussed. Method choice hinges on system requirements and available resources. For instance, TOA and RTT need high bandwidth for resolution, RTT requires bidirectional signaling, and TDOA has a trade-off with DOP [2]. This paper explores positioning techniques in 6G NTN, focusing on LEO satellite constellations in diverse configurations and deployments to propose suitable NTN positioning methods.

State of the art for positioning

NR-positioning involves two key processes: measurement and position estimation based on these measurements. The positioning procedures in 5G-NR are categorized as UE-assisted, UE-based, and Network-based, offering flexibility in implementation. In terms of measurements, 5G provides timing measurements (DL-RSTD, UL-RSTD, Rx-Tx time difference) and receive-power measurements (DL-PRS-RSRP, UL-SRS-RSRP, AOA, Zenith-AoA, SSB, and CSI-RS). Numerous 3GPP evaluation studies on these schemes are documented in 3GPP 38.855 [3] and 38.859 [4], providing valuable insights into their performance in the context of NR-positioning. The following highlights the main challenges in LEO-NTN based positioning:

By comparing the results among the different considered scenarios, we have observed the following:

- The best positioning accuracy was achieved in FR2 with highest frequency of operation (i.e., 78 GHz) and with the highest subcarrier spacing (i.e., 240 kHz).
- The achievable positioning accuracy is indeed below 1m. However, using FR1 and sub-carrier spacing between 15 kHz and 60 kHz, the accuracy is above 1 m and below 6 m.

Dynamic Orchestration and Autonomous Monitoring

ML for VNF orchestration

- A virtualized and cloud native architectures for the 6G core network capable to cope with ad-hoc satellite constellations of 6G through a dynamic orchestration of the service-based architecture.
- In TN/NTN scenarios, the orchestrator leverages insights from the AI management platform to dynamically adjust resources, ensuring that sufficient resources are allocated to meet each user's specific requirements.
- Pre-emptive resource allocation to mitigate costs and prevent waste of energy associated with overprovisioning while simultaneously avoiding degradation of service quality due to under provisioning.

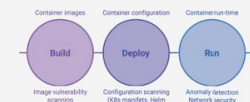
Cyber Security

Context and technical problem

Security of cloud computing infrastructures

It is a de facto standard to deploy complex applications of micro-services. Kubernetes is an open-source orchestration engine of containers on clusters of servers. It's very flexible but with some drawbacks:

- Security risks induced by virtualization
- Security to rethink compared to traditional deployments (mental model)
- Security configurations complex and difficult to implement correctly
- Little visibility on what is implemented



Technical solution

Building a microservice deployment model using a topological graph $G(N,E)$ and assessing its security

- Nodes (N): pods (or deployments) and containers



6G NTN Use-Cases

Presentation by Thales Six France | EUCNC & 6G Summit 2024 – “European vision on 6G use-cases” Session | 05.06.2024 | PDF



NTN-TN Convergence for 5G/6G Networks – Use Cases & Challenges

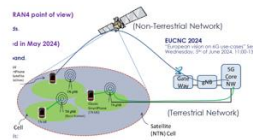
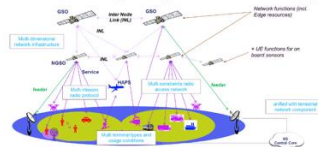
Presentation by Thales Six GTS France | Thematic days on NTN communications Organised by the CNRS GDRs RSD & ISIS | 19/20.10.2023 | PDF

Intensive studies are observed in 6G-NTN Activities, such as including

(1) On Use Cases: 7-fields of key Use-cases.



(2) On Technical Landscape (Technology information & 3GPP trends)



(3) On Seeking Solutions: Plenty number of Deliverables (Technical Challenges)

Public Deliverables

This page gives you the opportunity to download all public deliverables developed within the scope of the 6G-NTN project. As the evaluation and approval process by the European Commission is ongoing, some of the content may change.

Produced Materials

Poster – EUCNC & 6G Summit 2024

3.4 まとめ

技術ロードマップについては昨年同様、2024 年度以降の主要なニュースを衛星ブロードバンド、衛星モバイルダイレクト、衛星 IoT、HAPS にカテゴリ分けし中心に記載した。また、左記カテゴリに従い、各社サービスの比較表及び詳細情報につき更新を行った。各サービス展開状況について目立った更新はなかったものの、衛星コンステレーションや無線通信規則については将来のサービス展開を睨んだ準備が進んでいるように見受けられた。

海外諸国の関連活動として、本年は欧州における 6G-NTN の活動を Web-HP の内容 (<https://6g-ntn.eu/>)からその活動を理解すべく調査を行った。主要なユースケース、技術情報と 3GPP の傾向、技術的課題などについての研究が盛んに行われていることを見てとることができた。

第4章 NTNを活用するユーザニーズの把握と要件の明確化

4.1 NTNを活用するユーザニーズの把握

4.1.1 意見交換会の実施

昨年度に続き、ユーザニーズを把握するための活動を行った。今年度はフォーカスする分野を絞り、「海洋」においてどのような要望や課題があるのかを知ることが目的として、以下のとおり意見交換会を実施した。本プロジェクトの構成員と関わりのある機関および企業（以降、「ゲスト」と表記）へお声がけし、ご参加頂いたゲストには、各組織の活動紹介および事前アンケートにもご協力いただいた。

- タイトル：衛星や HAPS を用いた海洋での通信サービスに関する意見交換会
- 日時：2024 年 11 月 7 日（木） 15:00～17:30
- 場所：一般社団法人電波産業会 会議室＋Web 会議によるハイブリッド開催
- 臨場参加者：

<ゲスト>

国立研究開発法人海洋研究開発機構(JAMSTEC)
一般財団法人日本海事協会,株式会社シップデータセンター
一般社団法人内航ミライ研究会,株式会社 SIM-SHIP
インフカム株式会社
株式会社 Oceanic Constellations
株式会社商船三井さんふらわあ
株式会社バニヤンズ
古野電気株式会社
郵船クルーズ株式会社
株式会社ライトハウス

<プロジェクト構成員>

国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)
シャープ株式会社
株式会社 Space Compass
ソフトバンク株式会社
ノキアソリューションズ&ネットワークス合同会社
楽天モバイル株式会社
伊藤忠テクノソリューションズ株式会社
株式会社インターネットイニシアティブ
VIAMI ソリューションズ株式会社

4.1.2 意見交換会のサマリ

ゲストから頂戴した具体事例(活動紹介・質疑応答・事前アンケートの内容)を集約し、それぞれの事例に基づいた要望と課題のリストアップを行った。傾向として以下の内容が頻出であった。なお、具体的な内容については 4.2 節をご覧頂きたい。

- 料金プラン(価格と通信容量のバランス等)
- 通信品質(遅延、接続安定性等)
- 通信カバレッジ
- 法制度関連
- 通信端末・通信設備

4.1.3 (参考情報)活動紹介タイトル

各ゲストから、以下のタイトルで所属組織の活動紹介をして頂いた。なお、XGMF 内のクローズドな会合が前提であったため内容詳細についての記載は割愛する。(把握できた具体事例は 4.1.2 項で集約した内容に包含している)



各法人/企業様の活動紹介 タイトル

#	機関/企業名	タイトル
①	国立研究開発法人海洋研究開発機構	洋上の無人観測プラットフォームにおける衛星通信の現状と課題
②	一般財団法人日本海事協会, 株式会社シップデータセンター	自動運航船の遠隔操船対応へ向けた検討
③	一般社団法人内航ミライ研究会, 株式会社SIM-SHIP	自動化と量産化がもたらすミライ～内航船の新たな形を提案～
④	インフカム株式会社	山岳・海洋レジャーの安全対策システム
⑤	株式会社Oceanic Constellations	USV(水上無人機)間ネットワーク形成における通信ニーズについて
⑥	株式会社商船三井さんふらわあ	商船三井さんふらわあにおける海上DXと低軌道衛星通信のユースケース
⑦	株式会社バニヤンズ	株式会社バニヤンズの会社紹介
⑧	古野電気株式会社	FURUNOが進める海のDX
⑨	郵船クルーズ株式会社	飛鳥クルーズにおけるNTN利用の事例紹介
⑩	株式会社ライトハウス	株式会社ライトハウス事業紹介

4.1.4 (参考情報) 事前アンケートの設問

以下の設問にて事前アンケートを実施し、ゲストからのご回答を頂戴した。なお、XGMF 内のクローズドな会合が前提であったため回答内容の記載は割愛する。(把握できた具体事例は 4.1.2 項で集約した内容に包含している)

- Q1. 現在、NTN を利用されていますか。利用されている場合、課題があれば教えてください。
- Q2. 今までに通信が原因で断念したことはありますか。差し支えなければ、その理由を教えてください。
- Q3. NTN に対して期待されることはありますか。
- Q4. NTN が使えるとしたら、どんなことに利用したいですか。用途、必要性などを教えてください。
- Q5. NTN を利用するにあたり、課題と考えていること、考慮すべきこと、解決しなければならないこと等があれば教えてください。業界特有のことでも、通信環境におけることでも構いません。
- Q6. NTN に対して、こんな風になればもっと便利だな、もっと積極的に利用してみたいといったことはありませんか。
- Q7. その他(料金、加入契約、法制面等)何でもお悩み・ご心配事項があれば教えてください。
- Q8. NTN 推進プロジェクトへの期待・要望事項などあればお聞かせください。

4.2 今ある技術での解決方法の提示

活動紹介・質疑応答・事前アンケートの内容を集約し、4.1.2 項でリストアップした要望と課題に対して、ユーザが気づいていない解決方法の可能性を検討しフラグ付けを行った。

【フラグ付け方針】

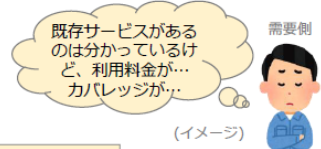
- ○: 今ある技術を用いて or 組み合わせれば対応可能。
- △: 近い将来に出てくる技術を用いて or 組み合わせれば対応可能。
- ×: 今ある技術では対応不可能。

それぞれのフラグ毎にまとめると、以下のような結果となった。中でも注目したいのは「○群」である。オペレーション上の課題や要望を解決できる方法が存在したとしても、ユーザ側(需要側)にはそれを採択できない理由があるため、技術課題のみにフォーカスすると要望や課題の解決は不可能であることが浮き彫りとなった。

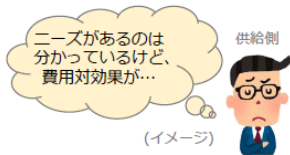
【○群】既存の解決策あり/既存のもので改善が見込まれる

要望/課題	解決方法
船舶/フェリー：低遅延化	StarlinkやOneWeb, Amazon Kuiper project等のLEOコンステによる衛星ブロードバンドで低遅延化、大容量化、低価格化は実現しつつあり(OneWebは性能保証も提供)、将来的にはさらなる改善が期待される。
受信機設置の簡易化	受信機もフラットタイプアンテナで、従来の可動式アンテナよりも設置は容易になっている。
地上通信エリアの拡張	NTNでカバー可能（極地以外）
低遅延化	MECを用いた通信の導入
大容量化	既存の大容量プランあり
セキュリティの担保	セキュリティサービスを追加できるサービスは存在

その他要望
低価格サービスの要望
ルールに関する要望
手続き簡素化の要望
情報共有の要望
トライアル環境の要望



しかし、オペレーション上の課題や要望は、供給側の事業成立と対峙
技術課題のみにフォーカスすると解決不可能



要望/課題	ボトルネックになっていること
選択肢の柔軟性(エリア,通信容量)	サービス提供側の費用対効果基準に左右される
機器の選択肢の柔軟性	機器開発ベンダーの費用対効果基準に左右される
通信容量の増加	通信容量が大きいサービスはあるが高価格になる

【△群】代替サービスで検討余地あり/今後の動向に期待

要望/課題	解決方法
海洋観測： 機器の選択肢が少ない（小型・省電力）、 通信手段の選択肢に限られる（通信容量）、 通信手段の選択肢に限られる（カバーエリア）	Iridiumで対応できないか？ (カバレッジを満たすエリアがあれば) Globalstar, Inmarsat, Orbcommで対応できないか？
大容量化	StarlinkやOneWeb, Amazon Kuiper project等のLEOコンステによる衛星ブロードバンドで低遅延化、大容量化、低価格化は実現しつつあり(OneWebは性能保証も提供)、将来的にはさらなる改善が期待される。 ※QoSとの組み合わせで改善できる部分がないか？
安価なUSV搭載向け衛星通信ソリューション	Iridium, Globalstar, Inmarsat, Orbcommで対応できないか？
画像データ送信：通信容量の増加	Starlink Maritimeで対応できないか？
TN/NTN連携システムの実装	3GPP等での標準化、RRの整備、等が進めば可能
シームレスハンドオーバー	SD-WAN機器を用いれば可能？ (国際的な法整備は技術課題以外)
アンテナ設備の海仕様化	海仕様端末の開発は可能と思われる (機器開発ベンダーの費用対効果基準次第)
地上と変わらない通信環境	今後、ハイブリッド端末の開発が見込まれる
安定した接続性	Eutelsat OneWebの帯域確保のオプションを利用すれば、ベストエフォート回線よりも安定した接続性を提供できる可能性あり。
D2Dサービスの提供	今後、Starlink D2CやAST mobile等、既存端末で通信が可能となるソリューションがリリースされる予定。その後も、3GPP Release17 NB-IoT/18 NR-NTNに準拠したTN/NTN両対応端末の標準化が進んでいく予定。

【×群】自然の摂理/カバレッジによる制限/法定による義務 がボトルネック

要望/課題	解決方法/ボトルネックになっていること
海洋観測：通信手段選択の柔軟性(エリア) 船舶/フェリー：通信エリアの拡張(陸からの遠隔制御)	全球で小型端末に対応したMSSサービスはIridiumのみ。OrbcommやGlobalstar、静止衛星は極域のカバレッジなし。
海洋観測：通信手段選択の柔軟性(通信容量)	Starlink D2CやAST SpaceMobileによるIoTサービスでは通信容量が上がる事が期待される。 (エリアがサービス国の領海に限定される)
海洋観測：装置の小型化・省電力化との両立	送信容量と電力量は比例するため通信容量と省電力化の両立は困難。 衛星側の送受信のパフォーマンスが向上すれば端末側の消費電力を上げずに通信容量を上げることも可能だが、具体的な計画は不明。 より高速通信が可能なVSATはアンテナの小型化が困難（静止衛星にビームを向ける必要があるため） iPhoneによる衛星SOS、Starlink D2CやAST SpaceMobileによるLTEエリアのカバレッジ拡張による改善が期待される。(Apple Watch Ultra 3では衛星経由のテキスト送信が可能になると報道あり。) 谷間だとNTNでも通信を確保できないケースがあるが、GlobalstarのSPOT端末利用(ユーザ側で所持が必要)による位置情報取得や捜索時における場所確認についてはココヘリのようなビーコンシステムである程度カバーできるのではないかと。
登山/マリナレジャー：通信圏外エリアにおける救助・捜索の困難さ	iPhoneによる衛星SOS、Starlink D2CやAST SpaceMobileによるLTEエリアのカバレッジ拡張による改善が期待される。(Apple Watch Ultra 3では衛星経由のテキスト送信が可能になると報道あり。) 谷間だとNTNでも通信を確保できないケースがあるが、GlobalstarのSPOT端末利用(ユーザ側で所持が必要)による位置情報取得や捜索時における場所確認についてはココヘリのようなビーコンシステムである程度カバーできるのではないかと。
船舶/フェリー：サービス価格帯の低減化、TN/NTN連携システムの実装、安定化・大容量化・性能保証	StarlinkやOneWeb、Amazon Kuiper project等のLEOコンステによる衛星ブロードバンドで低遅延化、大容量化、低価格化は実現しつつあり(OneWebは性能保証も提供)、将来的にはさらなる改善が期待される。
法定：NTN回線の低価格化	LEOコンステによる衛星ブロードバンドの低価格化は今後も期待できるのでは？ 衛星ブロードバンドシステムでGMDSSの認証をとることが困難なことがボトルネック？
安全航行に必要なデータ連携：D2Dサービスの提供	Starlink D2CやAST SpaceMobileによる既存端末で利用可能なD2Dサービスは領海を超えた海域では制度上利用不可。他のD2Dサービスを含めクルーズ船のトラフィック需要に応えるのはキャパシティの観点で困難。
クルーズ船：高速大容量/低遅延化	クルーズ船では乗客数が非常に多いので容量の問題が発生しやすい。今後のコンステレーションの衛星数の増加、Ka帯の利用等により容量の問題の緩和が期待される。
高緯度：エリアの拡大	高緯度は一般にトラフィック需要が少ないため衛星コンステの設計上高緯度をカバーする軌道の衛星数は少なくっている。今後のコンステレーションの衛星数の増加、Ka帯の利用等により容量の問題の緩和が期待される。
通信容量/速度と小型省電力化の両立	両者のトレードオフ
冬場の中高緯度におけるソーラー発電量の少なさ	日照時間、日射量とソーラー発電量の相関関係

4.3 ユーザニーズ実現に必要な要件の明確化

4.1.2 項でリストアップした要望と課題に対して、実現に必要な要件をまとめると以下のような結果となった

ニーズ実現に必要な要件の明確化のサマリー

カテゴリー	要件	解決に必要な技術・サービス等
通信の安定性	帯域	割当帯域の拡張 複数バンド(Ku, Ka, Q, V等)の活用
	ジッタ	(NTNの特性上解決困難?)
	遅延	MECを用いた通信 LEO/MEOなど比較的軌道高度の衛星の活用 (ただしNTNの特性上根本的な解決困難)
	通信速度	DL/UL 割合の可変 空間多重技術
	E2Eオーケストレータ	E2Eオーケストレータ
	SLAベースのQoS管理	SLAベースのQoS管理
	ネットワークスライシング	ネットワークスライシング
	カバーエリア	TN/NTN間の連携 LEO/MEO/GEO/HAPSのマルチオービット化 高緯度の通信衛星配備
	バンドオーバー時のジッタ低減	(NTNの特性上解決困難?)
	バケロス低減	(NTNの特性上解決困難?)
TN/NTN間の連携	TN/NTNドメイン間オーケストレータ	TN/NTNドメイン間オーケストレータの実装
	シームレスなハンドオーバー	TN/NTN/ハイブリッド端末の提供 TN/NTN/ハイブリッド端末向け通信プランの提供
	レギュレーション調整	3GPPにおけるTN/NTN間の連携の標準化
	NTN回線特性(帯域・ジッタ・遅延)を考慮したQoS保証	TN/NTN専用のQoS設定
通信の信頼性	信頼性ある通信路	帯域確保のサービス提供
	セキュリティ	量子暗号通信
	ネットワークの助長性	複数の衛星通信網の併用サービス TN/NTN間の連携 LEO/MEO/GEO/HAPSのマルチオービット化
通信容量の拡大	大容量通信プラン	安価な容量無制限プランの提供
IoT機器対応	IoT向け通信プラン	IoT向け通信プランの提供
	衛星通信端末仕様	幅広い衛星端末の提供(小型・省電力～大型・高速通信)
通信機器	IoT機器向け通信規格	IoT機器向け通信規格の標準化
	D2Dサービス対応	D2D対応衛星の整備 D2D向け通信プランの提供
洋上向け端末の規格化	製品サイズ 取り付け方法	洋上向け端末と取り付け治具の統一規格の策定

4.4 まとめ

意見交換会を通して判明した海洋分野における要望や課題に対して、今ある技術での解決方法の有無を検討し、現時点で解決方法が無いものについてはニーズ実現に必要な要件の検討を行った。その過程の中で、ユーザ側(需要側)のオペレーション上の課題や要望はサービス提供側(供給側)の事業成立と対峙しており、技術課題のみにフォーカスすると解決不可能であることが浮き彫りとなった。

このことから、NTN の広い普及を図るには利用料金の低廉化が必要であり、そのためには衛星や HAPS 等の調達コストが課題であると捉えられる。技術の発展と並行して NTN のコスト低減に向けたグローバルなエコシステムの形成が必要不可欠であると考えられる。

第 5 章 NTN サービスを実現するための課題解決に向けた取組

5.1 NTN サービスを実現するための課題の検討

昨年度(令和 5 年度)までに、Beyond 5G の重要な要素である NTN に興味関心を持ってもらうための活動として、活用事例(ユースケース)の策定を行った。「今まで 5G で出来なかったことが Beyond5G で出来るようになる」ということをイメージしやすい事例を発信し、NTN の魅力を伝えることで、ユーザーのニーズ・困りごとの顕在化や、技術を保有している企業との連携機会等に繋げることを目指して検討し、2 種類の視点(NTN の全体を俯瞰した技術視点、および、具体的な活用内容を表現した業界視点)から見た 19 個の事例を策定した。

また、これらの活用事例の中から「Beyond 5G として最も実現すべき事例」という観点で検討を行い、社会実装するための課題解決に向けた取組みとして取り上げる事例を選定した。(各事例名の末尾に※印を付記したものが該当)

- 技術視点
 - NTN と TN の統合(※)
 - TN 圏外エリアでのブロードバンド通信(※)
 - TN 圏外エリアでの IoT 通信(※)
 - 高精度の位置情報・ナビゲーション(※)
 - センサー・通信サービスの統合
- 業界視点
 - 河川の水位・積雪測位
 - 牛の頭数管理
 - 災害医療現場と病院間の連携(※)
 - 被災地における電気・通信提供
 - モビリティ
 - 山間部での連絡手段(※)
 - 無人配送(HAPS 利用)
 - 管制の高度化
 - 山岳地域における災害予兆検知
 - 公共安全 LTE
 - センシング
 - 補完サービス
 - 無人配送(衛星利用)(※)
 - 携帯電話通信の BCP

今年度(令和 6 年度)は、前章で述べたように NTN サービスの新たな活用事例として船舶や海

洋観測等、海洋での通信ユースケースを取り上げ、関連企業との意見交換会等を通じて議論することで社会実装を実現するための課題や解決策等を検討した。また、特に日本国内での早期実用化をめざしている HAPS については、NTN と TN の統合において HAPS も含めて技術視点での活用事例の検討を更新するとともに、HAPS の特長を活かした新たな業界視点での活用事例を追加検討した。

結果として、今年度の活動を通じて以下の新たな 3 事例を追加検討した。

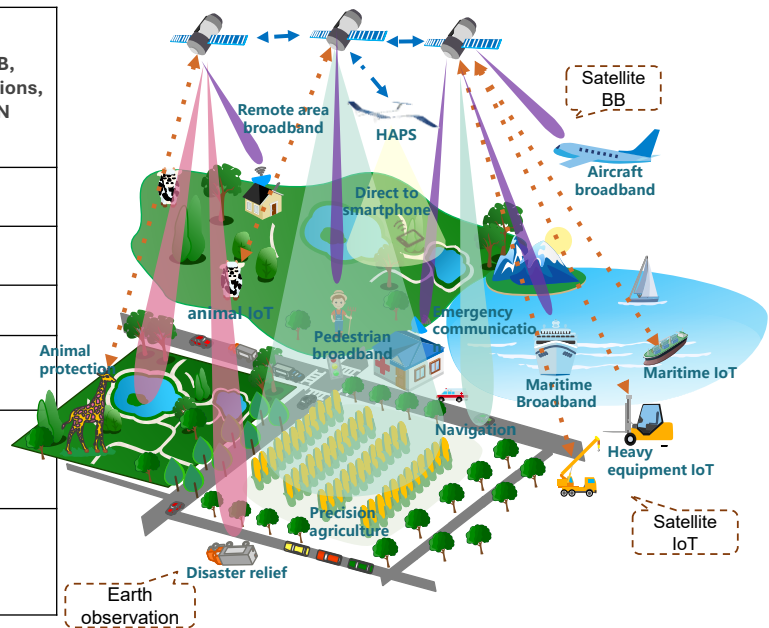
- 追加事例(業界視点)
 - 海洋でのモビリティ(※)
 - 災害対策(HAPS 利用)
 - 僻地やドローンからの映像伝送(HAPS 利用)

以降では、今年度新たに追加した 3 事例を含む、計 22 個の NTN の活用事例(ユースケース)を示す。

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
タイトル	NTNとTNの統合	TN圏外エリアでのブロードバンド通信	TN圏外エリアでのIoT通信	高精度の位置情報・ナビゲーション	センサー・通信サービスの統合	河川の水位・積雪測位	牛の頭数管理	災害医療現場と病院間の連携	被災地における電気・通信提供	モビリティ	山間部での連絡手段	無人配送(HAPS利用)	官制の高度化	山岳地域における災害予兆検知	公共安全LTE	センシング	補充サービス	無人配送(衛星利用)	携帯電話通信のBCP	海洋でのモビリティ	災害対策(HAPS利用)	僻地やドローンからの映像伝送
イメージ図																						
ブロードバンド	●	●	-	-	-	-	-	●	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	●	-	-	-
モバイルダイレクト	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	-	-	-	-	●	-	-	●	-	-
IoT	●	-	●	-	-	●	●	-	-	●	-	●	-	●	-	-	-	●	-	-	-	-
HAPS	●	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	-	-	-	-	-	-	●	●	●
センシング/位置測位	●	-	-	●	●	-	-	-	-	●	-	●	●	-	-	●	-	●	●	-	-	-
モビリティ	-	-	-	●	-	-	-	●	●	●	-	-	-	-	-	-	-	●	●	●	-	-
NTN-TN融合	●	●	●	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	-	●	-	-

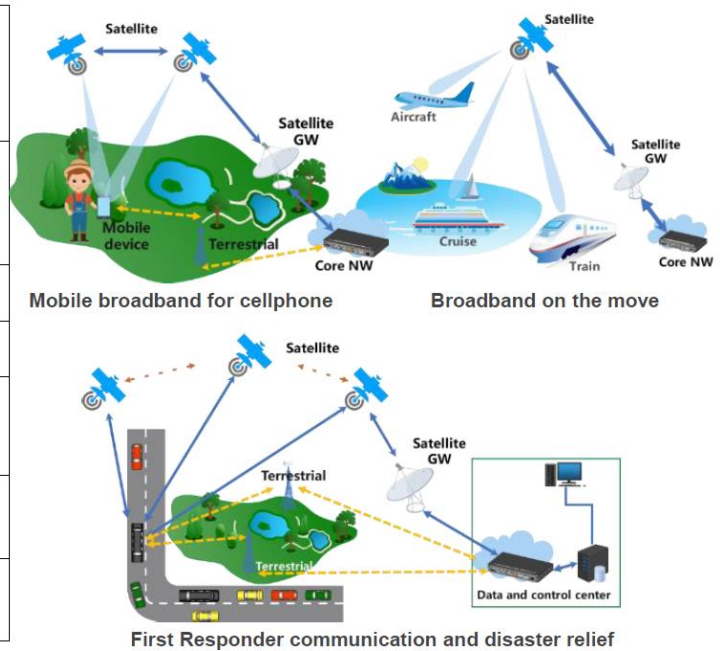
5.1.1 NTNとTNの統合

Use case overview		This shows an overall NTN-TN convergence image. Satellite BB, Satellite IoT, Satellite Observations, and HAPS are integrated with TN communication.
KPI	Throughput	>100Mbps
	Latency	<20ms
	Coverage	Rural areas, ocean, etc.
Terminal type		Dish terminal(fixed) Mobile phone
Frequency		Ku Ka S sub-6G
Expected Service Provided Timing		Year 2025~30



5.1.2 TN 圏外エリアでのブロードバンド通信

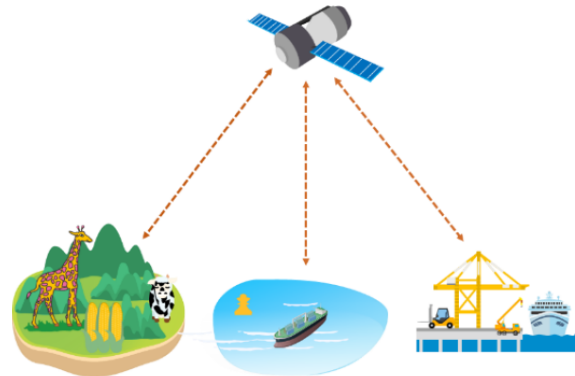
Use case overview		Connectivity to conventionally unconnected objects with Satellite-broadband. (convergence of TN and NTN-BB)
KPI	Throughput	>100Mbps for moving platforms >10Mbps for cellphone >1Mbps for first responder
	Latency	<20ms
	Coverage	Rural areas, ocean, etc.
Terminal type		- Dish terminal on platforms - Handset type mobile phone
Frequency		- Ku Ka for dish terminals - Sub-6GHz for mobile phones
Expected Service Provided Timing		Year 2025~30



5.1.3 TN 圏外エリアでの IoT 通信

Use case overview		Expand IoT service coverage, collecting information in conventionally TN unconnected, such as buoys, containers and animals in forests. (convergence of TN and NTN IoT services)
KPI	Throughput	Kbps level
	Latency	No requirement
	Coverage	Rural areas, ocean, etc.
Terminal type		Portable
Frequency		Low band (such as L ,S, etc.)
Expected Service Provided Timing		Year 2025~30

Lower band-width, extremely wide-range coverage

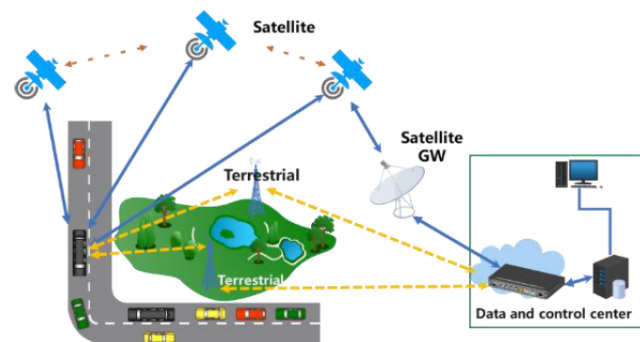


Technical Challenges and issues/difficulties to overcome this scenario includes;
 1. Unified Protocol and Multi-Connection Technology for IMT and satellite
 2. Intelligent High Dynamic Routing and Inter-satellite Optical Interconnection Tec.
 3. Satellite-Ground Network O&M and Resource Management
 4. Unified terminal for IMT and satellite communication
 Highly expected international cooperation to overcome such challenges/issues.

5.1.4 高精度の位置情報・ナビゲーション

Use case overview		Integration of positioning and navigation for critical applications, such as remote driving, precise agricultural applications. (convergence of GNSS and communication)
KPI	Throughput	No requirement
	Latency	<20ms
	Coverage	Full coverage of earth
Terminal type		Convergent terminal for positioning and communication
Frequency		No requirement
Expected Service Provided Timing		Year 2025~30

High accuracy required scenario with Low Latency in Satellite communication.

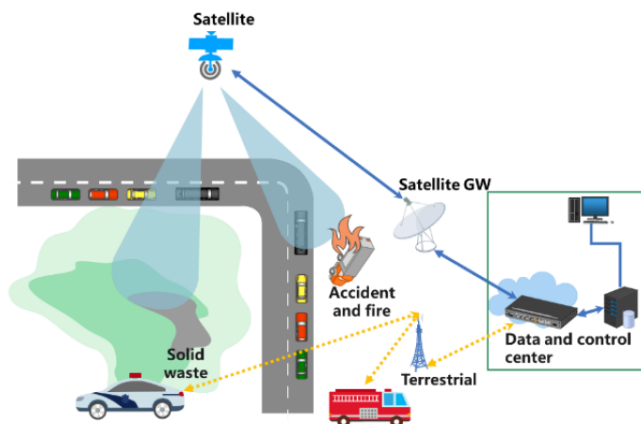


Technical Challenges and issues/difficulties to overcome this scenario includes;
 1. Unified Protocol and Multi-Connection Technology for IMT and satellite
 2. Intelligent High Dynamic Routing and Inter-satellite Optical Interconnection Tec.
 3. Satellite-Ground Network O&M and Resource Management
 4. Unified terminal for IMT and satellite communication
 Highly expected international cooperation to overcome such challenges/issues.

5.1.5 センサー・通信サービスの統合

Use case overview		Remote sensing and data transferring by the same satellite node. (convergence of Earth observation and Communication)
KPI	Throughput	>100Mbps for data transfer xx resolution for earth observation
	Latency	<20ms
	Coverage	Full coverage of earth
Terminal type		Dish terminal Mobile terminal
Frequency		Ku Ka and Low band
Expected Service Provided Timing		Year 2025~30

Sensing and Communication Service Integration



Technical Challenges and issues/difficulties to overcome this scenario includes;
 1. Unified Protocol and Multi-Connection Technology for IMT and satellite
 2. Intelligent High Dynamic Routing and Inter-satellite Optical Interconnection Tec.
 3. Satellite-Ground Network O&M and Resource Management
 4. Unified terminal for IMT and satellite communication
 Highly expected international cooperation to overcome such challenges/issues.

5.1.6 河川の水位・積雪測位

活用技術	GEO or LEO + 画像解析		
ユースケース	シングルボードコンピュータと組み合わせた鉄道周辺の河川と積雪の測位・遠隔監視		
ユースケース概要	河川付近に設置したカメラで水位と積雪の測位を画像または動画を解析する事により実現する		
既存ソリューション	なし		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	数Mbps	-	僻地
課題	1. 対応人員不足による測定不可 2. 危険を伴う作業の人的被害回避 3. 積雪が多い日は物理的に測定不可		
想定メリット・効果	1. 天候に左右されない測定情報の取得 2. 人員不足を補い、データ解析の利用による稼働負荷削減		
実現可能時期	2023~2025年		



温暖化が進み積雪が少なくなる傾向が見られる一方で、昨今の異常気象により様々な自然災害が発生している。そのような状況下における河川付近での作業は危険を伴い、最悪のケースに至る事も考えられる。測位作業を機械化する事により危険回避ができるうえに、画像解析による測位によって人による測位のバラつきもなくなり、データの精緻化が見込まれる。災害大国としてデータを残し、日本はもとより海外への発信に役立てて行く事にも期待が高まる。

5.1.7 牛の頭数管理

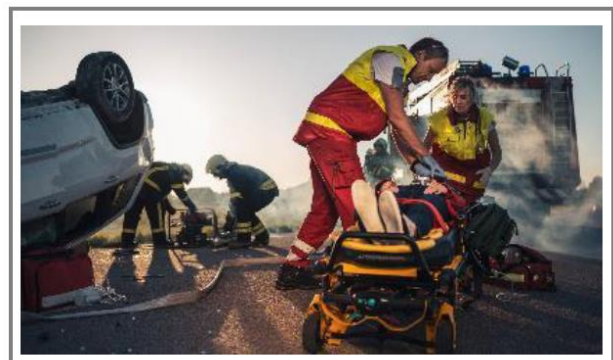
活用技術	GEO or LEO + LPWA		
ユースケース	LPWAと組み合わせた放牧牛の頭数管理		
ユースケース概要	LPWA採用のTagを牛に取り付け、広大な牧場で動き回る牛の頭数管理の自動化を実現		
既存ソリューション	なし		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	数Mbps	-	郊外
課題	1. 公共牧場における人的稼働費の抑制 2. 広大な牧場における見回りの稼働負荷削減		
想定メリット・効果	稼働費・時間の抑制と人員（働き手）不足への対処軽減		
実現可能時期	2023～2025年		



広大な牧場を歩き回りながらの見回りは身体的負担が大きく、且つナンバリングされた牛を一頭ずつ管理する事は容易ではない。初期導入として、頭数管理における稼働費・負荷の軽減が見込まれるが、将来的には牧場で有する独自の体調管理システム（要LTE通信）とのコラボレーションによる管理にも期待が高まる。また、牛に限らず他の畜産へも転用が可能と考えられる。放牧面積観点で見ると、海外（US、オーストラリア等）の方が日本より面積はゆうに広く、海外での需要も見込まれる。

5.1.8 災害医療現場と病院間の連携

活用技術	LEO		
ユースケース	災害医療現場と病院との連絡手段		
ユースケース概要	緊急災害医療車にアンテナを取り付け、災害現場と病院間の連携・EMISへのアクセスを実現		
既存ソリューション	なし		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	数十Mbps	-	都市部/郊外
課題	災害現場での通信不可による； 1. 近隣病院との連絡不可（連携不可） 2. EMISのアクセス不可（システム連携不可）		
想定メリット・効果	1. 治療方法や搬送先決定までの時間短縮 2. 通信機器を利用した現場対応者のスムーズな情報連携		
実現可能時期	2023～2025年		



災害現場での医療行為や病院との連絡手段に限らず、EMIS（広域災害救急医療情報システム）へのアクセスを可能にする事により、近隣病院の稼働状況を確認しながら、適切な治療・搬送が可能となる。また、健康情報（病歴、通院履歴 等）を一元管理可能なプラットフォームと連携をする事で、該当患者が抱える疾病や服薬履歴などを考慮した最適な治療の提供も可能となる。連絡手段としての通信とデータが繋がる手段としての通信の両側面を持ち合わせた、NTN推進の先進的な取組として期待される。

5.1.9 被災地における電気・通信提供

活用技術	LEO + EV		
ユースケース	災害時に電気自動車で電源と通信を供給		
ユースケース概要	電気自動車にアンテナを搭載し被災地で需要が見込まれる電源と通信の提供を実現する		
既存ソリューション	なし		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	数十Mbps	-	都市部/郊外
課題	避難所での電力と通信の確保		
想定メリット・効果	通信が利用できる事による； 1. 安否確認利用による情報発信と自治体による被害状況データの収集 2. 心的ストレスの軽減 3. 周辺情報（被害状況・物資配布等）取得		
実現可能時期	2023～2025年		



出典: https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2022/20220214_01/

今や生活に欠かせない通信は、災害時は特に情報収集とコミュニケーションにおいて利用が見込まれる。日常的に利用可能な通信が災害時に利用不可となる事で不安になる被災者も多く、心的ストレスの軽減にも期待が寄せられる。
また、本ケースは災害時利用に留まらず、一時利用を目的としたイベントなどへの転用も考えられ、準備に期間を要する有線での通信提供に変わる手段としても利用が見込まれる事が想定される。

5.1.10 モビリティ

活用技術	LEO/HAPS + Connected car		
ユースケース	Connected carにおけるeCallの標準化		
ユースケース概要	車両に通信機器を搭載する事により、eCallを利用した事故車両の救済を実現する		
既存ソリューション	なし		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	数十Mbps	-	都市部/郊外
課題	1. 通信不可エリアで事故が発生した場合に外部と連絡が取れず救助要請不可 2. 連絡が可能でも搭乗者が通話可能な状態にない場合、救助遅延に繋がる		
想定メリット・効果	1. 携帯電話サービスが圏外のエリアでもeCallの利用ができ救助可能ケースが拡大 2. 通信をベースにしたIoT連携や車輪搭載システムの更新		
実現可能時期	2025～2030年		



2018年4月1日から欧州連合内で販売される新車にeCallの装備が義務付けられた。自動運転技術が進歩を見せ「安全走行」にフォーカスを当てた進化が見られる一方で、事故発生後にフォーカスを当てたeCallサービスの導入も今後、需要が見込まれる。携帯電話サービス圏外エリアもまだまだ存在するため衛星通信でのカバーに期待が寄せられる。
また、IoTと連携する事で走行情報の蓄積から、自動車保険とのデータ連携による保険料の見直し、車両メンテナンス時期の検知にも応用が期待される。

5.1.11 山間部での連絡手段

活用技術	HAPS		
ユースケース	山間部での連絡手段		
ユースケース概要	林業従事者の緊急用連絡手段として活用		
既存ソリューション	なし		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	数十Mbps	-	郊外/山中
課題	山中は不感地帯のため、従事者が負傷した場合に救助の連絡が出来ず命の危険を伴う		
想定メリット・効果	1. 山中で負傷した方の人命救助 2. 作業者同士、遠隔対応者との業務連絡 3. 樹木の生育状況を現場から写真で連携する業務効率化		
実現可能時期	2025～2030年		



農林水産省のデータによると、平成27年時点で林業従事者の数は4.5万人（うち65歳以上が1.1万人）であり、平成2年との比較で5.5万人減（65歳以上は0.3万人減）となっている。現在の従事者を危険から守る観点では緊急用の連絡手段として、産業全体での従事者減少と高齢化の観点ではIoTの推進手段として活用が見込まれる。平成15年度から開始された「緑の雇用」事業において、未経験者の就職も一定数いる中で、遠隔での監視や作業指示は大いに活用が期待される。

5.1.12 無人配送(HAPS 利用)

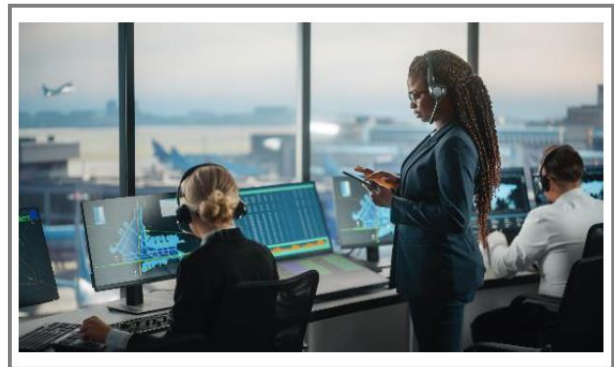
活用技術	HAPS + 位置情報		
ユースケース	小型無人機による配送		
ユースケース概要	小型無人機に位置情報を持たせることにより、一意の場所への無人配送		
既存ソリューション	なし		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	数Mbps	-	都市部/郊外
課題	1. フードデリバリー、フリマアプリが必要を見せる中での配達人員不足 2. 配送料の無料化等における運送業のコスト負担増 3. 再配達による運送業の稼働増 4. エアモビリティ実現に向けた法整備		
想定メリット・効果	1. 小規模な荷物の配送負担減 2. データ管理における運送業のDX化		
実現可能時期	2025～2030年		



各種新サービスと新型コロナウイルスの影響拡大も相まって、配送需要は増加の一途を辿っている。課題の浮き彫りとなるのは、配達人員の不足である。小型無人機に位置情報のデータを持たせ、設定した一意の場所に物を届けるサービスは、運送業の稼働・燃料削減が見込まれると同時に、即日配達を希望するユーザへも近隣のロジセンターから発送が可能となるなどメリットが見込まれる。また、災害時の物資運搬にも活躍の場が考えられる。一方で、小型無人機が空を飛び荷物を配送するにあたっての制度が整っていないのが現状である。法整備がなされ、スムーズな空の配達が可能となることが期待される。

5.1.13 管制の高度化

活用技術	HAPS + センシング + 位置情報		
ユースケース	管制の高度化による高密度運航		
ユースケース概要	ネットワークとセンシングを掛け合わせ 運航・経路の最適化を実現		
既存ソリューション	なし		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	数十Mbps	数ミリ秒～ 数十ミリ秒	都市部/郊外 海上
課題	1. 離陸・着陸の待ち時間の長時間化 2. 運行経路の判断情報（データ）取得		
想定 メリット・効果	1. 位置情報とセンシング情報を活用した離発着待ち時間の短縮 2. より詳細な気象データの活用による運航経路の決定 3. 最適経路運航によるCO ₂ 排出量削減		
実現可能時期	2030年以降		



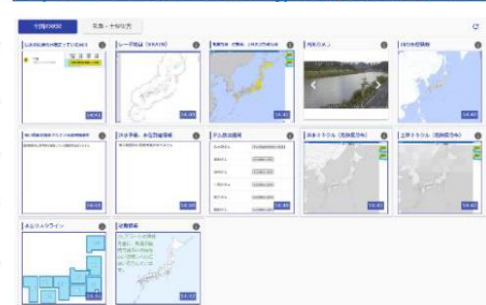
IATA（国際航空運送協会）によると2022年6月時点で世界の航空需要は回復を見せ、総RPKは前年同月比76.2%増となり、パンデミック前の7割超過まで戻った。また、2025年にはコロナ前を超える101%になると予測されている。離発着時の待ち時間は乗客にネガティブなイメージを与えるだけでなく、スムーズな運航管理の観点から最適化が求められる。また、成層圏から取得可能な気象データによって、より詳細な気象把握・予測が可能となり、運航経路の決定・変更に有用な判断材料となる。加えて、経路の最適化によりカーボンニュートラルを目指す世界へも近付くことが期待される。

5.1.14 山岳地域における災害予兆検知

Use case overview		土砂災害発生の予兆を検知し、下流域に迅速に警報を出すことで被害低減に役立てる。 ・地すべり地形の監視 ・天然ダムの水位監視 ・土石流発生検知（ワイヤーセンサー） 既にある技術だが、現状では山岳地域では低コストな通信手段の確保が困難な場合が多い。衛星NB-IoTによる超カバレッジ化により、より広範囲において監視を低コストで行えるようになる。
KPI	Throughput	kbps level
	Latency	<600ms
	Coverage	山岳地域
Terminal type		NB-IoT
Frequency		L-band, S-band
Expected Service Provided Timing		2025~30



<https://www.takuwa.co.jp/case/case3.html>



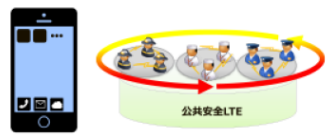
<https://www.river.go.jp/portal/?region=80&contents=multi>

5.1.15 公共安全 LTE

Use case overview		衛星回線を活用し、地上エリア圏外の地帯や災害等による基地局故障においても、シームレスな公共安全LTEサービスを提供する。 以下公共安全LTEについて ----- LTEを利用し音声のほか高速データ通信を可能とする共同利用型の移動体通信ネットワーク。総務省では、2020年度（令和2年度）にPS-LTEの基本機能について実証システムを構築し、関係機関と連携して実フィールドにおける機能検証などを実施するとともに、社会実装を見据えた運用面の課題と対応の検討を行い、2022年度（令和4年度）からの運用本格化を目指すこととしている。
KPI	Throughput	
	Latency	
	Coverage	地上LTEの圏外地域
Terminal type		Normal UE Compliant to 3GPP
Frequency		3GPP Band
Expected Service Provided Timing		2025~30

PS-LTE

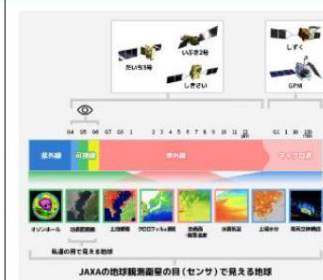
- ・ 携帯電話（LTE）技術を活用し、音声だけでなく、画像や映像等の送受も可能。
- ・ 一般のスマートフォンを端末として使用可能。
- ・ 公共安全機関の共同利用とすることで
 - － 共通基盤による関係機関間の円滑な情報交換の実現
 - － 電波資源の有効活用と低コスト化が期待



<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/w/hitepaper/ja/r04/html/nd243420.html>

5.1.16 センシング

Use case overview		気象観測や軍事等、主に専門的な分野において地球観測衛星を用いたセンシングデータの活用が進んでいる。 一方、民間用途におけるセンシング技術の研究開発も進んでおり、3GPP Rel-19 では地上/インドアを想定したものであるが、モバイルネットワーク/基地局を活用したSensingのStudy Itemが開始され、ユースケース、ネットワークサービスに関する議論が進められている。 将来的にはTN+NTN間のセンシングデータの相互融合により解析精度の向上や、各種民間サービスへの展開なども想定される
KPI	Throughput	N/A
	Latency	N/A
	Coverage	全国（地上+海上）
Terminal type		N/A
Frequency		
Expected Service Provided Timing		2030 -



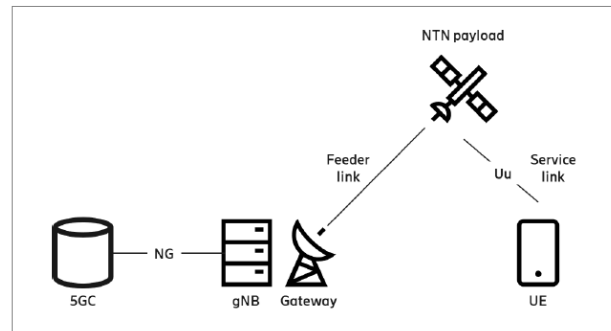
リモートセンシングと放射伝達 - JAXA 第一宇宙技術部門 Earth-ography



https://www.3gpp.org/ftp/tsg_sa/TSG_SA/TSGS_96_Budapest_2022_06/Docs/SP-220661.zip

5.1.17 補完サービス

活用技術 Tech to be used	LEO, 5G NR		
ユースケース Use Case	-5G Service at TN outside coverage -TN Backup to big NW failure/disaster -Reinforcement of government NW		
ユースケース概要 UC Overview	Global connectivity for transportation, energy and health sector 5G use case		
既存ソリューション Existing Solution	None		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	DL: 10~15Mbps UL: ~1Mbps	25~42ms (max. RTD)	Outside of TN Coverage
課題 Challenge	1. Doppler effect 2. Latency/Delay 3. Inter-system connection 4. Install functionalities to smart phone		
想定 メリット・効果 Expected Benefit	1. Large ecosystem of standard products and components		
実現可能時期	2025年または2026年		



The 5G NTN business opportunity:

- Dedicated satellite network for national or regional security and sovereignty in addition to terrestrial fixed and mobile networks
- A supporting complement to the existing 5G cellular networks for additional coverage at lower costs (roaming partner solution to existing MNOs)
- An emergency fall-back system if parts, or all, cellular systems fail to function (resiliency)

Eco-System:

Reuse of the mass market 5G smartphone ecosystem and CSP subscriber base for satellite communication is what sets 5G NTN aside from anything else on the market.

5.1.18 無人配送(衛星利用)

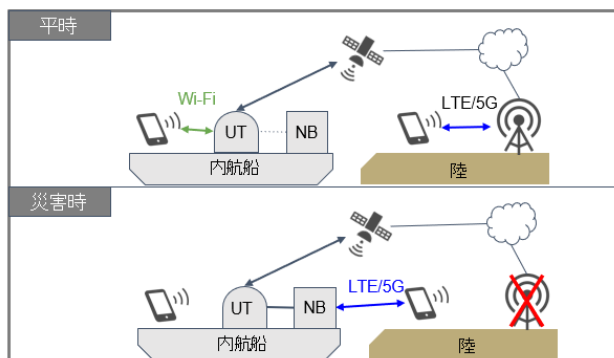
活用技術	LEO		
ユースケース	荷物の無人配送		
ユースケース概要	自動運転車やドローンなどのスマートモビリティの活用による自動配送		
既存ソリューション	なし		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	<1Mbps	-	郊外/都市部
課題	• 自律運転を含めた運航オペレーションの確立 • セルラー通信と衛星通信の連携 • 衛星端末のドローンへの搭載 • 法整備		
想定 メリット・効果	• 配送の効率化 • 労働力不足の解消		
実現可能時期	2025年~2030年		



2030年の日本において、急速な人口減少に伴う労働力不足が課題となっている。特に中山間地域では公共交通機関の縮小や小売業者の減少など、日常生活を営む上で必要となる買い物が困難になる人の増加が予想されている。そのような課題を解決する手段として、自動運転車やドローンなどのスマートモビリティの活用による自動配送の仕組みを構築することが重要である。

5.1.19 携帯電話通信のBCP

活用技術	LEO+内航船+基地局		
ユースケース	災害時に内航船から携帯電話向けの通信を提供		
ユースケース概要	内航船の船上に携帯電話基地局設備を設置、衛星通信をバックホール回線として利用し船上からセルラー通信を提供。災害時、復旧困難エリアに対する迅速な復旧に寄与。平時の際は船員向け通信としてWi-Fi通信を提供。		
既存ソリューション	海底ケーブル敷設船「きずな」		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	-	-	-
課題	1. 災害時の基地局倒壊等による通信途絶 2. 陸路を断たれることによる通信復旧時間の長期化 3. 通信途絶による安否確認の遅延		
想定メリット・効果	1. 迅速な通信復旧 2. 早期の安否確認 3. 心的ストレスの軽減 4. 周辺情報(被害状況・物資配布等)取得		
実現可能時期	2023~2025年		



UT：衛星通信用ユーザー端末 NB：携帯電話基地局設備

いまや携帯電話通信は生活に欠かせないインフラとなっており、災害発生により途絶した場合には迅速な復旧が望まれる。被災地における安否確認はもとより、連絡や情報収集を行う媒体としても必要不可欠であるため国内のどこで災害が発生しても対応可能なBCP対策が必要と考える。令和6年能登半島地震の際に運用された「船上基地局」にて海からアプローチするソリューションは技術的に実現可能であることが実証されており、その数を増加させることで迅速かつ機動的に対応可能になると考える。仮に既存の内航船（約7000隻）全てに導入できれば搭載する機器の低廉化も期待できる。

5.1.20 海洋でのモビリティ

海洋でのモビリティ



活用技術	LEO/HAPS、モバイルダイレクト		
ユースケース	海洋観測、船舶/フェリーへの通信提供、小型船舶の安全運航システム等		
ユースケース概要	海洋においてNTNによるシームレスなモバイルダイレクトの通信サービスを提供し、様々なユースケースに活用		
既存ソリューション	衛星携帯電話サービス等		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	数kbps ~数Mbps	-	海洋
課題	1. ネットワーク：TN/NTN連携システムの実装、シームレスハンドオーバー、陸海シームレス化、D2Dサービスの提供等 2. 端末：アンテナ設備の海仕様化、通信容量/速度と小型省電力化の両立等 3. 通信品質：地上と変わらない通信環境、安定した接続性等		
想定メリット・効果	海洋における従来の衛星携帯電話サービスでは、専用端末が必要であり、通信速度や容量にも制限があった。LEO/HAPSによるモバイルダイレクトによって、スマートフォン等、地上と同じ携帯端末を用いてより高速大容量なサービスを実現することが期待される		
実現可能時期	2025~2030年		



海洋においてNTNによるシームレスなモバイルダイレクトの通信サービスを提供し、海洋観測、船舶/フェリーへの通信提供、小型船舶の安全運航システム等、様々なユースケースに活用することが期待される。サービスによって必要な通信速度や要求コストが幅広く、柔軟なサービス提供性が求められる。

5.1.21 災害対策(HAPS 利用)

災害対策（HAPS利用）



活用技術	HAPS		
ユースケース	災害時におけるモバイル通信サービス(LTE/5G) の迅速な復旧		
ユースケース概要	災害時に地上ネットワークの通信サービスが提供困難となったエリアにおいて、機動性の高いHAPSを活用し、携帯端末への直接通信サービス(LTE/5G) を提供(HAPSの機動性向上のため、可搬GW 局や衛星経由のバックホール回線等を用いる)		
既存ソリューション	大ゾーン基地局、車両・船舶による可搬基地局等		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	数Mbps	-	被災エリア
課題	被災エリアによっては可搬基地局が移動困難な状況も発生し、モバイル通信サービスの復旧に時間を要する場合がある		
想定メリット・効果	特に可搬基地局が移動困難な被災エリアにおいて、既存ソリューションと比較してより迅速なモバイル通信サービスの復旧ができる		
実現可能時期	2025～2030年		



HAPS



昨今では能登半島地震など日本国内では多くの自然災害が発生しており、通信事業者において特に災害対策の手段としてHAPS実用化への期待が高まっている。HAPSによる携帯端末への直接通信サービスは、3 GPP NTN 規格への対応に依存せず、既存の幅広い端末機種に対応できる特長を有するため、特に災害対策のようなユースケースにおいて、より多くのユーザーライフラインとしてのサービスを提供できることにつながる。

5.1.22 僻地やドローンからの映像伝送(HAPS 利用)

活用技術	HAPS		
ユースケース	僻地やドローンからのモバイル通信サービス(LTE/5G) による映像伝送		
ユースケース概要	僻地や空中など地上の通信サービスが圏外となるエリアから、HAPSによる上りリンクの高速データ通信を活用し、ドローン等に搭載した端末からリアルタイムに映像を伝送		
既存ソリューション	LTE上空利用プラン等		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	数Mbps	-	僻地、空中
課題	- 地上ネットワークによる既存のドローン向け通信サービス(LTE上空利用プラン等) では、エリアによってはドローンへの通信サービス提供が困難な場合がある - NTNにおいて、送信電力に制限があるモバイル端末からの上りリンク高速データ通信の実現には将来的な技術発展が必要		
想定メリット・効果	- 地上ネットワークの圏外エリアから携帯端末を用いた映像伝送が可能となり、様々なユースケースに活用できる(放送、配信、監視、救命捜索、等) - 地上ネットワークによる既存のドローン向け通信サービスを補完し、シームレスなドローン空撮映像のリアルタイム伝送を実現できる		
実現可能時期	2025～2030年		



HAPSによる携帯端末への直接通信サービスは、特に端末送信電力の制限が厳しい上りリンクにおいて、高速なデータ伝送を実現できる特長を有するため、テキストメッセージや音声通話のようなサービスのみならず、ドローンや海上のブイ等を活用した僻地からの映像伝送等の高速通信が必要なサービスを実現でき、特に産業向けのユースケースとして活用が期待される。

5.2 課題の解決策と対策の検討

昨年度(令和5年度)は、前節で示した各活用事例と、そこに含まれるカテゴリのマッピングを行い、「Beyond5Gとして最も実現すべき事例」という観点で検討し、社会実装に向けた課題の抽出を行う対象として取り上げる活用事例を7個選定し、課題解決に必要なと考えられる技術や課題解決案について検討した。

今年度(令和6年度)は、船舶や海洋観測等の海洋でのNTN活用事例を中心に意見交換会を開催する等して議論を行ったため、新たに海洋でのモビリティを追加選定し、NTNサービスを社会実装するための課題や開発が必要な技術要件の検討を行った。

5.2.1 NTNとTNの統合

No.	課題	詳細(細分化)	課題解決に向けた協力依頼先となる業種	技術的な挑戦と困難/課題解決案 ※現時点で見えているものがあれば	備考
1	想定ユースケースにおける必要通信要件の確認	標準化/業界団体動向 利用事業者動向	業界団体(5GAA等) 想定利用事業者(自動車OEM等)	利用者ニーズに即した標準化 利用者ニーズに即した標準化	全事例に共通 災害対策の重要度が上がっている
2	TN/NTN NW統合の仕組み	[SD-WAN方式] ・UTと網側で通信ベアラの切替、トラフィックのBonding/Blendingを行う上での仕様の統一化 [TN-NTN事業者 網間接続方式] ・網間インタフェース/プロトコルの共通化 － 認証方式 － Handover － 不整合がある場合のコンバーター [HAPSと衛星の連携方式] ・HAPSと衛星によるシームレスなNTNサービス提供 ・HAPSへのファイダリンク回線を衛星経由で提供する方式等	・SD-WANベンダー ・NTN事業者 ・TN事業者 ・Global MVNO ・通信NW機器メーカー ・NTN事業者 ・TN事業者	TN/NTN事業者の網間接続方式の定義と各ベンダーの仕様統一化	現在は、各ベンダー独自実装 →UT側・NW側が同一ベンダーである必要有 ローミング方式ならびに Share RAN方式あり HAPSとGEO/LEOの連携を検討(NTNノード間連携)
3	TN/NTN両対応端末の開発	・チップセット/SIM/アンテナ等の統一化 ・ユースケースに合わせた形状のアンテナ開発	・UTベンダー ・UTベンダー	チップセット/SIM/アンテナ等の統一化 アンテナの小型化	各部品選定の主導権はUTベンダーにあるため、まずは部品メーカーではなく、UTベンダーの巻き込みがよいと考える
4	顧客PFの開発	・TN/NTN統合に際する請求システム統合 ・利用状況等の可視化システムの設計/開発 ・回線管理システムの設計/開発 ・通信最適化システムの設計/開発	・NTN事業者 ・TN事業者 ・Sier ・NTN事業者 ・TN事業者 ・Sier ・NTN事業者 ・TN事業者 ・Sier ・NTN事業者 ・TN事業者 ・通信NW機器メーカー	技術的には実現可能であると想定 技術的には実現可能であると想定 技術的には実現可能であると想定 技術的には実現可能であると想定	

No.	課題	詳細(細分化)	課題解決に向けた 協力依頼先となる業種	技術的な挑戦と困難/課題解決案 ※現時点で見えているものがあれば	備考
5	制度化に向けての技術的検討	*理想となる各NW (TN/NTN) のインターワークの仕組み定義	・NTN事業者 ・TN事業者 ・Global MVNO ・通信NW機器メーカー	利用者ニーズに即したインターワークの仕組み定義	アーキテクチャ定義の前段として顧客ニーズの把握が必要 e.g. ・Mobilityの自律運転 ・EEZ外でも使える通信回線
		*NW統合する最適な手段の検討(考えられる案) －SD-WAN －事業者間ローミング －その他	・NTN事業者 ・TN事業者 ・Global MVNO ・通信NW機器メーカー	利用者ニーズに即したインターワークの仕組み定義	顧客要件を満たす切り替え時間を実現する必要あり HAPSによる端末への直接通信とGEO/LEOによる大容量固定系通信がメインと想定
6	既存制度の適応範囲の検討	社会実装したいシステム連携(インターワーク)に応じた、TN基準の踏襲可否の検討・判断(認証方式、周波数、通信機器)	・各標準機関 ・総務省	利用者ニーズに即したインターワークの仕組み定義	
7	カバレッジ連携 Collaborative Coverage	カバレッジ拡大 Coverage enhancement	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	端末と衛星間の直接通信のサービスエリア拡大とインターワークの機能 Enhancing coverages & interworking to support direct connection between cellphones and satellites	(RP-232669) 3GPP RAN1-Rel18にて議論されている In-discussion (RP-232669) 3GPP RAN1-Rel18
		デュアルカバレッジ/マルチ接続 Dual coverage/multi connections	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	衛星ネットワークと地上ネットワークのデュアル接続のカバレッジ拡大 Extending dual connection coverages of satellite and terrestrial networks	3GPPにおいて議論未実施 Not discussed yet in 3GPP
8	端末移動時の管理 Mobility Management	セルの管理 Cell Management	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	異なるネットワーク間のシームレスなローミングをサポートするインターワーキングの強化 Interworking enhancement to support seamless roaming between different networks	3GPP RAN2 (RP-232669)にて議論されている Discussed in 3GPP RAN2 (RP-232669)
		ハンドオーバー Handover	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	ハンドオーバー時のリンクの安定性向上 Improve link stability while during handover process	

No.	課題	詳細(細分化)	課題解決に向けた 協力依頼先となる業種	技術的な挑戦と困難/課題解決案 ※現時点で見えているものがあれば	備考
9	ルーティングの管理 Routing management	ダイナミック・トポロジー Dynamic Topology	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	ネットワーク・トポロジーをリアルタイムで取得または更新する新しいメカニズム等の導入 (NTT様同様の検討有り) Introduce new mechanisms to obtain or update the network topology in real time	衛星は移動し、時間によってトポロジーが変化するため、地上NWよりも難しい
		ルーティングプロトコル Routing Protocols	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	TCP/IPなどのプロトコルを改良し、移動する衛星をとらえる Improved protocols such as TCP/IP to catch up moving satellite target	More difficult than terrestrial, because the satellites moves, the topology changes by time
10	衛星間通信 Inter satellite communication	高キャパシティ & 安定したリンク High capacity & stable link	光通信 Optical communication	最大100Gbps (リンクあたり) の衛星間通信に対応 Up to support 100Gbps (per-link) inter-satellites	衛星間通信への帯域割当 Inter-satellites bandwidth allocation
		搭載機器の交換 On Board exchange	データ処理 (チップスピード) Data processing (Chip speed)	光スイッチングや処理装置の進化に基づく技術課題 Technical challenge based on the evolution of optical switches and processors on boarded.	
11	電波の調整 Spectrum coordination	電波の管理 Spectrum management	規制当局とオペレーター Regulators and Operators	周波数割り当てと複数システムの多重化に関する規制 Regulations on Frequency Allocation and Multiplexing for Multiple Systems	スペクトルの分離またはスペクトラム共有 (ITU-Rおよび3GPP RP-232669)
		干渉検知 Interference detection	オペレーター Operators	優れた干渉検知と評価メカニズム Intelligent Interference Detection and Evaluation mechanism	Spectrum isolation or Spectrum sharing (ITU-R and 3GPP RP-232669) HAPSでは地上NWと同じ周波数を共用することが大きな課題
12	運用 & 保守 O&M	リソース管理の統一化 Unified resource management	オペレーター Operators	異なるネットワーク間のリソースを調整し、ユーザーの接続要件を満たす課題 Coordinates resources between different networks to meet user connection requirements.	オペレーターによる運用 & 保守機能の向上が期待される Operators improved O&M features are expected
		ユーザー管理の統一化 Unified user management	オペレーター Operators	充電方式、端末、決済の統一化 One charging mode, one terminal, and unified settlement	
13	アンテナ Antennas	衛星側のアンテナ Satellite antennas	アンテナメーカー Antenna manufactures	デジタルフェーズドアレイによる柔軟なビームステアリングとリソース割り当て課題 Digital phase array to support flexible beam steering and resource allocation	衛星アンテナの無線技術の向上が期待される
		端末側のアンテナ Terminal antennas	アンテナメーカー Antenna manufactures	安価な電気式ステアリングアンテナ/携帯電話用小型端末アンテナ化への挑戦 Low cost electrical steering antenna/ compact size terminal antenna for cell phones	Expected improved Radio technology on Satellite Antennas

5.2.2 TN 圏外エリアでのブロードバンド通信

No.	課題	詳細(細分化)	課題解決に向けた 協力依頼先となる業種	技術的な挑戦と困難/課題解決案 ※現時点で見えているものがあれば	備考
1	モバイルダイレクトの高速化	・衛星スマートフォン通信で >10Mbpsの 下り速度を実現できるか。一方で上り速度に 対しては1Mbpsを下回るのではないか。 ・Cell範囲が大きいことによるキャパシティに も懸念あり	・LEO事業者	アンテナの大型化（ただし、利便性とトレードオフ）	要件 [Throughput : >10Mbps for cellphone] よりモバイルダイレ クトの事例と判断して記載。前段として 要件の精緻化が必要。 HAPSによるモバイルダイレクトの高速 大容量化を検討。 LEOはビーム数が多いと想定され、フ ィーダリンクの実現性も懸念
2	エア-インターフェース Air interface	同期 synchronization	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	衛星通信における伝送遅延とドップラー効果の影響を克服するため、共通なTA計測とGNSSによる位置測位はこの問題を軽減する技術になり得ると考える。 To overcome the Impact of Transmission Delay and Doppler Effect in satellite communication, common TA (Timing Advance) and GNSS positioning may mitigate the issue.	3GPP RAN1 38.213-4.2 ; 38.211-4.3.1
		ランダムアクセス Random access	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	新たなプリアンブルシーケンス、ランダムアクセス手順の簡素化 New preamble sequence, Simplified random access procedure	3GPPにおいて議論未実施 Not discussed in 3GPP yet
		マルチユーザー-MIMO MU-MIMO	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	スペクトル効率の向上、複数の衛星をどのように同期させるかが課題 Improve the spectrum efficiency, the difficulty is how to synchronize multiple satellites	3GPPにおいて議論未実施 Not discussed in 3GPP yet
3	MACプロトコル MAC protocols	ビームホッピング Beam hopping	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	カバレッジの需要に適合するためのビームリソース割り当てメカニズム Beam resource allocation mechanism to make sure match the coverage demands	すでにGEO衛星通信システムで使用されている Already used in GEO satellite communication systems
		リソースの割当 Resource allocation	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	高スループットの要件を満たすための電力、キャリアリソース割当て、帯域幅の割当てに関する課題 Power, carrier resource allocation and bandwidth assignment to meet requirement of high throughputs	地上ネットワークと同様 Similar to terrestrial networks

No.	課題	詳細(細分化)	課題解決に向けた 協力依頼先となる業種	技術的な挑戦と困難/課題解決案 ※現時点で見えているものがあれば	備考
4	ユーザー端末 User terminal	消費電力 Power consumption	チップメーカー & 標準プロトコル Chip manufacturing & protocol standard	低消費電力デバイス、5Gよりも低い送信電力 Low power consumption devices, low transmit power than 5G	ユーザー端末のEIRPについては3GPP RAN1で議論されている EIRP of user terminal discussed in 3GPP RAN1
		アンテナ小型化 Antenna miniaturization	アンテナメーカー Antenna manufacturing	ブロードバンドのための携帯電話のビームステアリングアンテナ Beam steering antenna in mobile phone for broadband	アンテナパラメータは3GPP RAN1 Rel16 (TR38.821)で議論されている Antenna parameter of user terminal discussed in 3GPP RAN1 Rel16 (TR38.821)
		端末小型化 Device miniaturization	端末メーカー Device manufacturing	ハンドセット端末またはポータブルデバイスへのダイレクト接続をサポートする機能 Support direct connection to handset-UE or portable devices	小型化はデバイスメーカーとユースケースシナリオにも依存 miniaturization may depends device manufacturers and usage scenarios.
5	衛星ペイロード Satellite payload	搭載プロセッサ Onboard processor	チップメーカー Chip manufacturing	デジタル式ペイロードにより遅延を削減し、より柔軟なサービスを提供する Digital payloads, reduce time delay and provide more flexible service	3GPP RAN1で議論されている Discussed in 3GPP RAN1
		電源 Power supply	衛星ベンダー Satellite manufacturing	設備の低コスト化 Low cost Equipment	高容量電源供給は既存技術制約の1つ High capacity power supply is one of the technical limitations so far.

5.2.3 TN 圏外エリアでの IoT 通信

No.	課題	詳細(細分化)	課題解決に向けた 協力依頼先となる業種	技術的な挑戦と困難/課題解決案 ※現時点で見えているものがあれば	備考
1	TN/NTN統合の定義	・既にNTN IoT技術は実現している ⇒TNと統合が必要となる場合、想定されるユースケースを踏まえた統合の定義づけから必要 ⇒「対象事例名：NTN-TN interworking」の議論へ		利用者ニーズに即したユースケースの把握	
2	エア-インターフェース Air interface	同期 synchronization	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	衛星通信における伝送遅延とドップラー効果の影響を克服するため、共通なTA計測とGNSSによる位置測位はこの問題を軽減する技術になり得ると考える。 To overcome the Impact of Transmission Delay and Doppler Effect in satellite communication, common TA (Timing Advance) and GNSS positioning may mitigate the issue.	3GPP RAN1 38.213-4.2 ; 38.211-4.3.1
		ランダムアクセス Random access	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	新たなプリアンブルシーケンス、ランダムアクセス手順の簡素化 New preamble sequence, Simplified random access procedure	3GPP RAN1にて議論されている Discussed in 3GPP RAN1
		Redcap (小型で低消費電力のIoT機器を、5Gで接続しやすくするための拡張機能)	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	低消費電力、低ランク変調、低複雑度 Low power consumption, low modulation rank, low complexity	3GPP RAN1にて議論されている Discussed in 3GPP RAN1
		IoTプロトコル IoT protocols	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	NB-IoT、LoRa、Sigfoxなど3種類の異なるプロトコルをの 収容スキーム Diversified three different protocols, such as NB-IoT, LoRa and Sigfox are exist, how should they be accommodated?	NB-IoTは3GPP RAN1にて議論されている。LoRaとSigfoxはプライベートプロトコル NB-IoT is discussed in 3GPP RAN1, LoRa and Sigfox are private protocols

No.	課題	詳細(細分化)	課題解決に向けた 協力依頼先となる業種	技術的な挑戦と困難/課題解決案 ※現時点で見えているものがあれば	備考
3	MACプロトコル MAC protocols	リソースの固定割り当て Fixed resource assignment	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	通信衝突を避けるためにユーザ毎に時間と周波数の固定リソースを割り当てる手法 (NB-IoT) Allocating fixed time-frequency resources to users may contribute to avoid collisions(NB-IoT)	3GPP RAN1にて議論されている Discussed in 3GPP RAN1
		リソースのランダム割り当て Random resource assignment	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	異なる(時分割・周波数分割)リソース割当手法は、スペクトル効率とエネルギー効率の向上寄与の可能性(LoRa および SigFox) Allocating different (time & frequency) domain resource mechanism may improve spectral and energy efficiency (LoRa and SigFox)	プライベートプロトコル Private protocols
4	ユーザー端末 User terminal	消費電力 Power consumption	チップメーカー & 標準プロトコル Chip manufacturing & protocol standard	低消費電力デバイス、5Gよりも低い送信電力 Low power consumption devices, low transmit power than 5G	ユーザー端末のEIRPについては3GPP RAN1で議論されている EIRP of user terminal discussed in 3GPP RAN1
		端末小型化 Device miniaturization	端末メーカー Device manufacturing	端末またはポータブルデバイスへのダイレクト接続をサポートする機能 Support direct connection to UE or portable devices	小型化はデバイスメーカーとユースケースシナリオにも依存 miniaturization may depends device manufacturers and usage scenarios.
5	衛星ペイロード Satellite payload	搭載プロセッサ Onboard processor	チップメーカー Chip manufacturing	デジタル式ペイロードにより遅延を削減し、より柔軟なサービスを提供する Digital payloads, reduce time delay and provide more flexible service	3GPP RAN1で議論されている Discussed in 3GPP RAN1
		電源 Power supply	衛星ベンダー Satellite manufacturing	設備の低コスト化 Low cost Equipment	大容量電源供給は既存技術制約の1つ High capacity power supply is one of the technical limitations so far.

5.2.4 高精度の位置情報・ナビゲーション

No.	課題	詳細(細分化)	課題解決に向けた 協力依頼先となる業種	技術的な挑戦と困難/課題解決案 ※現時点で見えているものがあれば	備考
1	位置測位の 高精度化	・Mobilityの自動運転を可能にする位置測位精度の明確化 ・高精度位置測位技術の開発	・自動車メーカー ・農耕機メーカー ・ドローンメーカー ・通信機器メーカー	利用者ニーズに即したユースケースの把握	HAPSでの光学センサー等によるセンシングも有望 ※cm測位(RTK測位)のSOLは存在
2	低遅延 (Latency : <20ms) の定義	①衛星側に処理能力を置く場合の実現可否検討 ②HAPSを利用する場合の実現可否検討	・衛星通信事業者 ・HAPSオペレーター	利用者ニーズに即したユースケースの把握 HAPSでは、RANの遅延について大きな課題はない認識だが、E2Eでの低遅延化にはMECの適用等が必要(TNと同じ)	前段として要件の精緻化が必要
3	見通し影響	・衛星通信を前提とした際、LOS(見通し)が取れない場面があるが、そこを踏まえた自動運転シナリオとなっているか	・自動車メーカー ・農耕機メーカー ・ドローンメーカー	利用者ニーズに即したユースケースの把握	セラー圏外かつLOS取れない場面を想定
4	エアー・インターフェース Air interface	同期 synchronization	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	衛星通信における伝送遅延とドップラー効果の影響を克服するため、共通なTA計測とGNSSによる位置測位はこの問題を軽減する技術になり得ると考える。 To over come the Impact of Transmission Delay and Doppler Effect in satellite communication, common TA (Timing Advance) and GNSS positioning may mitigate the issue.	3GPP RAN1 38.213-4.2 ; 38.211-4.3.1
		ランダムアクセス Random access	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	新たなプリアンブルシーケンス、ランダムアクセス手順の簡素化 New preamble sequence, Simplified random access procedure	3GPP RAN1にて議論されている Discussed in 3GPP RAN1
		位置測位 Positioning	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	単一衛星による測位、GNSS測位の強化 single satellite positioning enhancement based on GNSS	3GPP RAN1にて議論されている Discussed in 3GPP RAN1
		センシング Sensing	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	センシングと通信を同時に行う波形 Waveform support sensing and communication at the same time	3GPPでは議論されていない、ISACと同様、2つの機能を同時にサポートする波形を検討する必要あり Not discussed in 3GPP, similar to ISAC, need to consider the same waveform to support two functions

No.	課題	詳細(細分化)	課題解決に向けた 協力依頼先となる業種	技術的な挑戦と困難/課題解決案 ※現時点で見えているものがあれば	備考
5	MACプロトコル MAC protocols	ビームホッピング Beam hopping	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator	高スループットの要件を満たすための電力、キャリアリソース割当て、帯域幅の割当てに関する課題 Power, carrier resource allocation and bandwidth assignment to meet requirement of high throughputs	すでにGEO衛星通信システムで使用されている Already used in GEO satellite communication systems
		リソースの割当 Resource allocation	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator		地上ネットワークと同様 Similar to terrestrial networks
6	ユーザー端末 User terminal	消費電力 Power consumption	チップメーカー & 標準プロトコル Chip manufacturing & protocol standard	低消費電力デバイス、5Gよりも低い送信電力 Low power consumption devices, low transmit power than 5G	ユーザー端末のEIRPについては3GPP RAN1で議論されている EIRP of user terminal discussed in 3GPP RAN1
		アンテナ小型化 Antenna miniaturization	アンテナメーカー Antenna manufacturing	ブロードバンドのための携帯電話のビームステアリングアンテナ Beam steering antenna in mobile phone for broadband	アンテナパラメータは3GPP RAN1 Rel16 (TR38.821)で議論されている Antenna parameter of user terminal discussed in 3GPP RAN1 Rel16 (TR38.821)
7	衛星ペイロード Satellite payload	アンテナ小型化 Device miniaturization	端末メーカー Device manufacturing	携帯電話またはポータブルデバイスへのダイレクト接続をサポート Support direct connection to mobile phone or portable devices	デバイスメーカーとユースケースシナリオによる Depend on device manufacturer and usage scenarios
		搭載プロセッサ Onboard processor	チップメーカー Chip manufacturing	デジタル式ペイロードにより遅延を削減し、より柔軟なサービスを提供する Digital payloads, reduce time delay and provide more flexible service	3GPP RAN1で議論されている Discussed in 3GPP RAN1
7	衛星ペイロード Satellite payload	電源 Power supply	衛星ベンダー Satellite manufacturing	設備の低コスト化 Low cost Equipment	大容量電源供給は既存技術制約の1つ High capacity power supply is one of the technical limitations so far.

5.2.5 災害医療現場と病院間の連携

No.	課題	詳細(細分化)	課題解決に向けた協力依頼先となる業種	技術的な挑戦と困難/課題解決案 ※現時点で見えているものがあれば	備考
1	可用性の確保 (降雨減衰対策)	降雨減衰対策 ①周波数帯域 (Ku, Ka等) の特性を考慮した運用が必要 場合によっては、S/L帯のGEOとの冗長性を持たせるかなど 降雨減衰対策 ②UT (アンテナ) ・衛星の通信能力 (受信/送信) の向上 降雨減衰対策 ③ISL (Inter Satellite Link) を前提とした地上GW局(エリア)の冗長	・LEO事業者 ・LEO事業者 ・LEO事業者	①周波数帯域 (Ku, Ka等) の特性を考慮した運用が必要 場合によっては、S/L帯のGEOとの冗長性を持たせるかなど ②UT (アンテナ) ・衛星の通信能力(受信/送信)の向上 ③ISL(Inter Satellite Link)を前提とした地上GW局(エリア)の冗長	既にUSなどでユースケースあり。どこまでユーザビリティの向上を求めるか? の議論が必要。 フィードリンク (Q帯) の可用性向上はHAPSでも大きな課題
2	可用性の確保 (見通しのない災害現場における代替手段)	見通しのない災害現場における代替手段・他NWとの連携検討	・LEO事業者 + TN/NTN統会議論	・他NWとの連携検討	
3	可用性の確保(接続性) Ensure Availability (Connectivity)	他のNTNシステムとの連携 Cooperate with other NTN systems 海上 (日本領域外での使用) Maritime (use outside Japanese territory)	LEO/MEO/GEO/ (HAPS) 事業者 LEO/MEO/GEO/ (HAPS) Operator LEO事業者、(総務省=政府) LEO operator, (MIC=government)	他NWとの連携による遅延増加を最小限に抑える Minimize Latency increase due to collaboration 現在、一部の LEO サービスは日本の領域外では利用できない Currently, some LEO services may not be available outside the Japanese territory.	HAPSでも足元に地上GW局が必要な制約があり、海上等での運用に課題あり
4	キャパシティの確保	①帯域保証サービスの提供 ②衛星のキャパシティ向上 ー衛星基数を増やす ー高周波数 (V-bandなど) を使う	・LEO事業者 ・LEO事業者	技術的には実現可能 高周波数を使うとさらに降雨減衰の影響を受ける	既にUSなどでユースケースあり。どこまでユーザビリティの向上を求めるか? の議論が必要。
5	信頼性の確保 Ensure Reliability	帯域保証サービスの提供 Provide bandwidth guarantee services 再送制御、高性能FEC、他のNTNとの連携、アンテナ数の増加 Retransmission control, high performance FEC, coordination with other NTN, increase number of antennas	LEO事業者 LEO operator 標準化、NWおよび端末ベンダー Standardization, NW and UE vendor		
6	低遅延化 Reduce Latency		TN/NTN事業者 TN/NTN operator	エッジ サーバーなど。NTNはTNより遅延が大きいため、より注意する必要あり Edge servers, etc. NTN, where Latency is more pronounced, need to be more aware than TNs.	

5.2.6 山間部での通信手段

No.	課題	詳細(細分化)	課題解決に向けた協力依頼先となる業種	技術的な挑戦と困難/課題解決案 ※現時点で見えているものがあれば	備考
1	可用性の確保 (救助連絡に使うため、常時利用できる必要有)	①自律運転を含めた運航オペレーションの確立 救助連絡に使うため、常時利用できる必要有 ②長期飛行を実現するための要素技術開発 (充電/蓄電など)	・HAPS Alliance参加企業 ー機体メーカー ー HAPSオペレーター ・HAPS Alliance参加企業 ー機体メーカー ー各種メーカー	①自律運転を含めた運航オペレーションの確立 ②長期飛行を実現するための要素技術開発 (充電/蓄電など)	緯度、季節、夜間等の影響も課題
2	可用性の確保 (山間部となると地上局設置が難しい可能性有)	①InterHAPS通信の実現 山間部となると地上局設置が難しい可能性有 ②衛星通信のバックホール利用 山間部となると地上局設置が難しい可能性有	・HAPS Alliance参加企業 ー HAPSオペレーター ー通信機器メーカー ・HAPS Alliance参加企業 ー HAPSオペレーター ー通信機器メーカー ・衛星通信事業者	①InterHAPS通信の実現 ②衛星通信のバックホール利用	HAPS間光通信を要検討 (衛星BHとの比較も必要) HAPSにおいて、足元に地上GW局が必要な制約を緩和する手法として検討中
3	セルラーNW電波との干渉対策	①専用周波数の確保 ②ビームフォーミング ③キャンセラー技術等	・政府 ・通信機器メーカー ・通信機器メーカー ・MNO	①専用周波数の確保 ②ビームフォーミング ③キャンセラー技術等	基本的にはビームで干渉を絞ったり、必要に応じてTNと周波数を分ける運用が必要 2GHzのTDD/バンド (Band 34) をHAPS専用周波数の有力候補として検討中 対衛星についても同様の課題が想定される

5.2.7 無人配送(衛星利用)

No.	課題	詳細(細分化)	課題解決に向けた協力依頼先となる業種	技術的な挑戦と困難/課題解決案 ※現時点で見えているものがあれば	備考
1	可用性の確保	自律運転を含めた運航オペレーションの確立	ドローンオペレータ	無人配送を効率的に行うためには陸路だけでなく、ドローンによる空路の活用が有効。ドローン発着地点までの自動運転や、ドローン飛行可能な空域を考慮して、陸上及び上空の経路設計を行うシステムを構築すること、運航管理のオペレーションを確立する必要がある。	
2	可用性の確保	セルラー通信と衛星通信の連携 (テレメトリデータや動画のアップロード、制御コマンド実行などの常時利用)	ドローンオペレータ、MNO	上空において、低遅延で安定した回線速度の確保 ドローン離発着時や地形により衛星見通しが取れない場合など、セルラー回線と衛星回線をシームレスに連携させる仕組みの確立	
3	ユーザ端末	衛星端末のドローンへの搭載	LEO事業者、端末メーカー	ドローン機体のペイロード、プロペラ配置、ノイズを考慮したアンテナ設置方法の検証、端末の小型化	
4	法整備	ドローンの無人飛行に関する法整備	ドローンオペレータ、国土交通省	1オペレーターによる複数機体の運航管理、運航管理システムの制度化	
5	法整備	衛星通信の陸海上空利用についての法制度整備	MNO、総務省		

5.2.8 海洋でのモビリティ

No.	課題	詳細(細分化)	課題解決に向けた協力依頼先となる業種	技術的な挑戦と困難/課題解決案 ※現時点で見えているものがあれば	備考
1	ネットワークの課題	①地上通信エリアの拡張	・NTN事業者 ・TN事業者	NTNでカバー可能（極地以外）	既存の解決策あり
		②TN/NTN連携システムの実装	・NTN事業者 ・TN事業者	3GPP等での標準化、RRの整備、等が進めば可能	D2DサービスではTN-NTN間のシームレスハンドオーバーが実現可能
		③シームレスハンドオーバー	・NTN事業者 ・TN事業者	衛星用端末の場合、SD-WAN機器を用いられれば可能？ (国際的な法整備は技術課題以外)	
		④D2Dサービスの提供	・NTN事業者 ・TN事業者	今後、HAPS、Starlink D2CやAST mobile等、既存端末で通信が可能となるソリューションがリリースされる予定。その後も、3GPP Release17 NB-IoT/18 NR-NTNに準拠したTN/NTN両対応端末の標準化が進んでいく予定。	
		⑤冬場の中高緯度におけるソーラー発電量の少なさ	・NTN事業者（HAPS）	日照時間、日射量とソーラー発電量の相関関係	HAPS機体の大型化やソーラーパネル/バッテリーの技術向上によって将来的には改善される見込み
2	端末の課題	①アンテナ設備の海仕様化	・NTN事業者 ・端末メーカー	海仕様端末の開発は可能と思われる (機器開発ベンダーの費用対効果基準次第)	D2Dサービスでは既存端末が利用可能
		②通信容量/速度と小型省電力化の両立	・NTN事業者 ・端末メーカー	両者のトレードオフ	
No.	課題	詳細(細分化)	課題解決に向けた協力依頼先となる業種	技術的な挑戦と困難/課題解決案 ※現時点で見えているものがあれば	備考
3	通信品質の課題	①低遅延化	・NTN事業者	MECを用いた通信の導入	既存の解決策あり
		②大容量化	・NTN事業者	既存の大容量プランあり 5G時代には技術発展によりさらなる大容量化にも期待できる	既存の解決策あり
		③セキュリティの担保	・NTN事業者	セキュリティサービスを追加できるサービスは存在	既存の解決策あり
		④地上と変わらない通信環境、陸海シームレス化	・NTN事業者 ・TN事業者	今後、ハイブリッド端末の開発が見込まれる	D2DサービスではTN-NTN間のシームレスハンドオーバーが実現可能
		⑤安定した接続性	・NTN事業者	Eutelsat OneWebの帯域確保のオプションを利用すれば、ベストエフォート回線よりも安定した接続性を提供できる可能性あり。	HAPSでは特定のエリアに高品質な通信サービスを提供可能
4	技術以外の課題	①選択肢の柔軟性（エリア、通信容量）	・NTN事業者 ・サービス提供者	サービス提供側の費用対効果基準に左右される	HAPSでは特定のエリアをスポット的にカバー可能
		②機器の選択肢の柔軟性	・NTN事業者 ・サービス提供者	機器開発ベンダーの費用対効果基準に左右される	
		③通信容量の増加（価格）	・NTN事業者 ・サービス提供者	通信容量が大きいサービスはあるが高価格になる	

5.3 企業間連携に必要なアーキテクチャの検討

将来、世界の通信トラフィックは増大し、グローバルにトラフィック制御をしないといけない時代が到来し、地球上のあらゆる場所で通信リソースの偏りがない高品質なサービスを提供するネットワークを実現する必要がある。災害等を例にすると、ある事業者のトラフィックが輻輳しても、事業者間連携によりグローバルにつながるシステムであればユーザの救済につながる。このような地上系と非地上系ネットワーク構築においては、事業者の垣根を越えた地球規模でのトラフィックやネットワーク資源の制御が重要になる。本課題では、単なる企業間の連携ではなく仕様の異なるネットワークを連携し、事業者間でグローバルなリソース制御ができるアーキテクチャを提案し、本課題を解決する。

地上ネットワーク(TN)と非地上ネットワーク(NTN)の統合には、TN および NTN のネットワーク事業者とサービスプロバイダー間の緊密な連携が必要である。TN/NTN の収斂または統合には、地上モバイルコアネットワーク(CN)およびデータネットワーク(DN)など、複数の TN セグメントと、静止衛星(GEO)や低軌道衛星(LEO)、高高度プラットフォームステーション(HAPS)など、複数の NTN セグメントの関与が求められる。

多くの TN-NTN 統合ユースケースにおいて、単一の事業者が TN と NTN の両方のネットワークセグメントを提供できるとは限らない。そのため、多くの事業者が制御プレーンおよびデータプレーンの両方においてネットワークセグメントを相互接続するために連携する必要がある。したがって、TN と NTN のセグメントを接続するためには、新たなメカニズムおよびインターフェースの開発が不可欠である。

ネットワーク事業者とサービスプロバイダーは、国際電気通信連合(ITU)によって策定された標準フレームワークなどに基づいて連携することが可能である。ITU は、固定網・移動網・衛星網の収束(FMSC)としても知られる、TN-NTN 統合のためのフレームワークアーキテクチャを策定している。ITU-T Y.3207 (2024)「固定・移動・衛星収束 - 統合ネットワーク制御アーキテクチャ」では、TN および NTN の各ネットワークセグメントが独自のネットワークコントローラを持ち、それぞれの性能を監視しリソースを制御するフレームワークが規定されている。これらのネットワークコントローラはインターフェースを通じて統合ネットワーク制御システムと接続される。これらのインターフェース(開発および標準化が必要)は、統合ネットワーク制御システムが TN および NTN セグメントから監視データを収集し、制御コマンドやパラメータを送信するために使用される。本報告書では、TN と NTN の統合シナリオ、TN-NTN 統合ネットワーク制御アーキテクチャ(INCA)、および標準化が求められるインターフェースについて説明する。

5.3.1 TN と NTN 統合のシナリオ

図1は、統合ネットワーク制御システムを介した TN と NTN の統合シナリオを示している。TN セグメントは、データネットワーク、セルラーコアネットワーク、アクセスネットワークで構成される。データネットワークは、インターネット、クラウドコンピューティング基盤、データストレージ、アプリケーションサーバで構成されている。セルラーコアネットワークは、ユーザ認証、モビリティ管理、リソース管理、セッション管理などの機能を持ち、3GPP 標準で定義・規定されている。

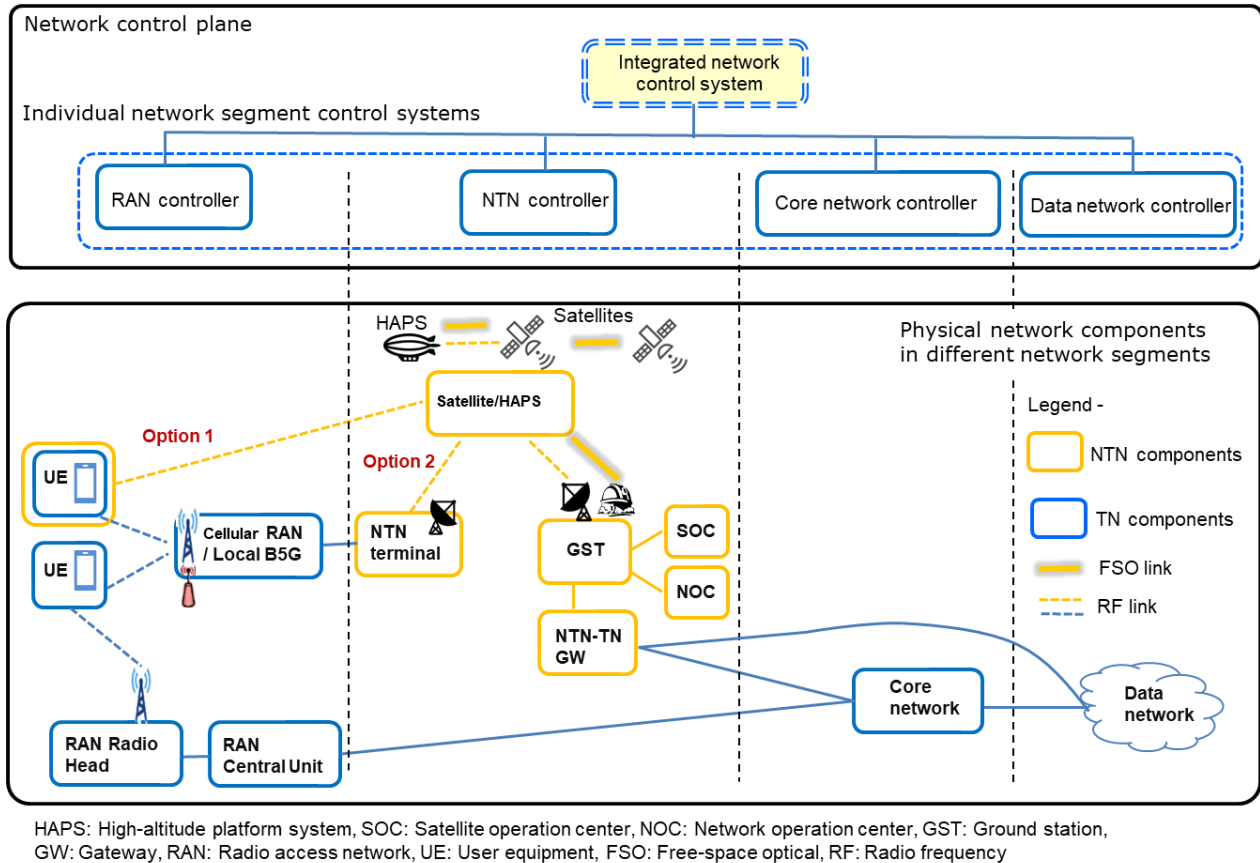


図 TN と NTN 統合のシナリオ

同様に、NTN セグメントには、宇宙にある衛星および HAPS、地上の衛星運用センター (SOC)、ネットワーク運用センター (NOC)、地上局 (GST)、非地上ネットワーク・地上ネットワーク間ゲートウェイ (NTN-TN GW)、地上にある NTN 端末が含まれる。GST と衛星/HAPS 間、または衛星同士/HAPS 同士の通信には、無線周波数 (RF) リンクまたは自由空間光 (FSO) リンクが利用される。同様に、NTN-TN ゲートウェイは、セルラーコアネットワークに接続するか、セルラーコア機能が不要な場合は直接データネットワークに接続することも可能である。

アクセスネットワークは、固定端末 (家庭やオフィスのコンピュータやスマートデバイス) を接続するための固定アクセスネットワーク (例: FTTH) や、モバイル端末 (スマートフォンなど) を接続するための無線アクセスネットワーク (例: RAN) から構成される。固定アクセスネットワーク (図には記載なし) は通常データネットワークに接続され、RAN はセルラーコアネットワークに高速・マルチコア光ファイバーネットワークを介して接続され、TN から NTN へのモバイルユーザのシームレスな移動が可能になる。また、Beyond 5G や 6G のローカルアクセスネットワーク、地上・航空機・船舶に設置された各種無線アクセスポイントも、VSAT (超小型地球局) などの NTN 端末を通じて NTN と接続可能である。

制御プレーンでは、各ネットワークセグメントは独自のネットワークコントローラによって管理される。図 1 では GEO、LEO、HAPS といった異なる種別の NTN ネットワークを一括して単一の NTN コントローラで管理している例を示しているが、実際には異なる高度に配置された各 NTN セグメントやドメインごとに、別々の事業者が運用する個別のネットワークコントローラで制御される可能性もある。

5.3.2 TN-NTN 統合ネットワーク制御アーキテクチャ(INCA)

本章では、TN-NTN 統合ネットワーク制御アーキテクチャの機能コンポーネントについて説明する。図は、統合ネットワーク制御システムの機能アーキテクチャを示している【ITU-T Y.3207】。統合ネットワーク制御アーキテクチャの主要コンポーネントは以下の通りである：

- 1) 統合ネットワーク制御インターフェース
- 2) 統合制御データサービス
- 3) エンドツーエンド(E2E) ネットワーク状態分析
- 4) アプリケーション要件およびユーザインテント分析
- 5) E2E リソース割当・管理・最適化
- 6) 統合制御およびオーケストレーション機能

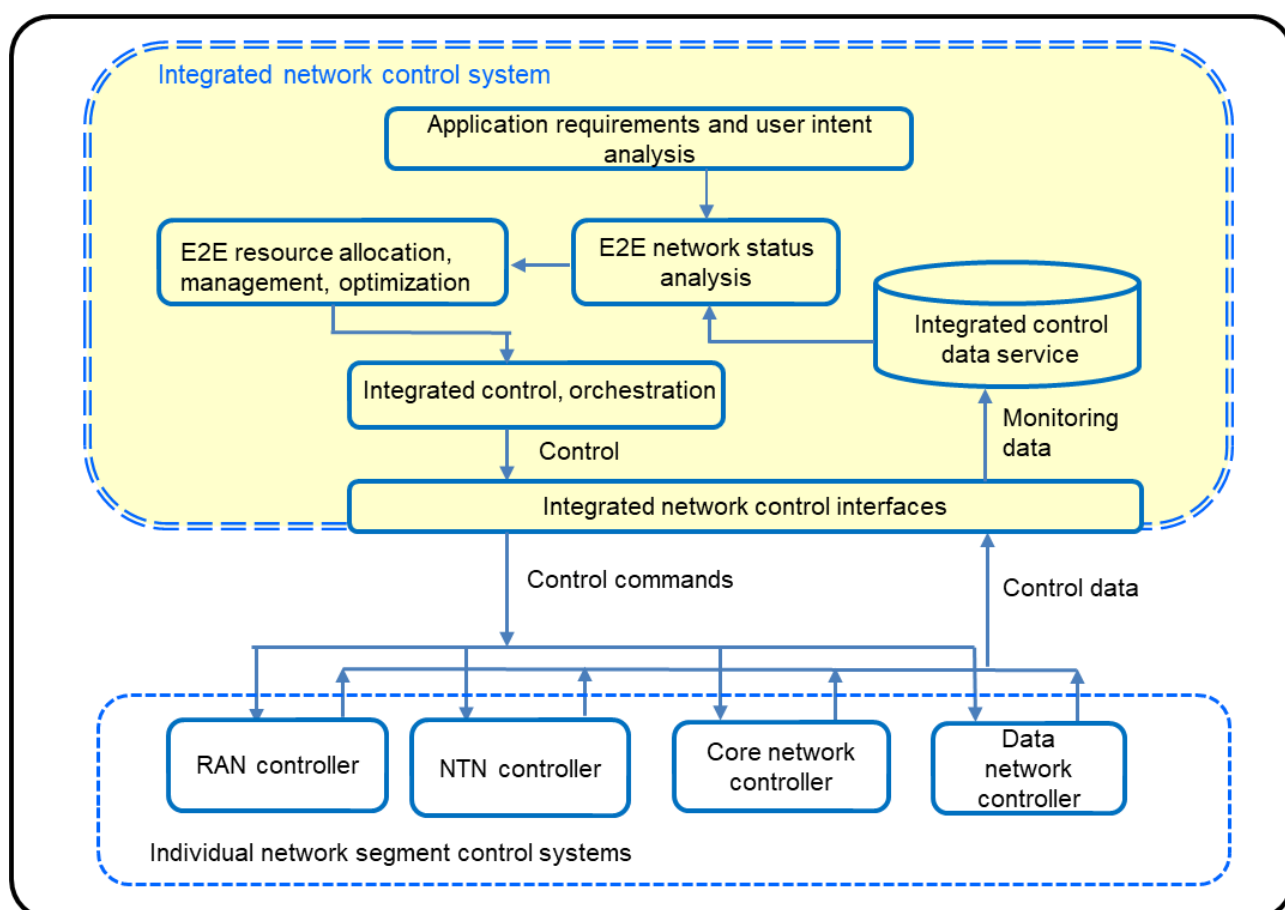


図 統合ネットワーク制御システムのアーキテクチャフレームワーク (ITU-T Y.3207)

統合ネットワーク制御インターフェースは、無線アクセス、NTN、セルラーコア、データネットワーク等の各セグメントコントローラの外部制御インターフェースと通信し、制御データの収集および制御コマンドの送信を行う。また、要求される時間スケールや詳細度に応じて制御データを収集する機能も備えている。

各ネットワークセグメントから収集された制御データは統合制御データサービス機能によって管理される。このデータサービス機能は、データ整合性の維持と、E2E ネットワーク状態分析機能へ

のオンデマンドまたはストリーミング形式での制御データ提供を担う。

E2E ネットワーク状態分析機能は、収集された制御データを処理し、すべての関係ネットワークセグメントの資源利用状況と性能を分析することで、エンドツーエンドのネットワークサービス状況を評価する。また、アプリケーション要件およびユーザインテント分析機能の出力を利用し、サービスレベルアグリーメント(SLA)に対するネットワークサービス品質の判定も行う。アプリケーション要件およびユーザインテント分析機能は、抽象的なポリシー(インテント)で表現されたユーザおよびサービス提供者の期待を解釈し、制御システムが理解可能なパラメータに変換して、標準化されたサービス構成テンプレートにマッピングできるようにする。

E2E リソース割当・管理・最適化機能は、現在および予測される将来のネットワーク状態、ならびにリソース需給予測に基づき、最適な制御決定を行う。データネットワークでは、仮想マシン、CPU、GPU、メモリなどの計算資源やストレージ資源が、NTN ではフィードリンク・サービスリンク用の RF 帯域や、天候条件やトラフィック需要に応じた FSO リンクへの切り替えなどが求められる。これらを考慮して、数学的最適化モデルや機械学習モデルを用いて適切なリソース割当戦略を策定・評価する。統合制御およびオーケストレーション機能は、各ネットワークセグメントに対して最適化されたリソース制御パラメータとコマンドを生成し、統合ネットワーク制御インターフェースを介して送信する。

5.3.3 INCA のユースケースシナリオ

1. TN-NTN 統合環境における複数事業者のネットワークサービスを支える INCA

仮想化されたネットワークドメインはスライシング機能により複数の事業者で共有できる。各事業者は、専用の INCA インスタンスを通じて割り当てられたリソースを管理し、異なるサービス(例えば、URLLC、eMBB、mIoT)向けに複数のスライスを作成できる。このシナリオを図に示す。

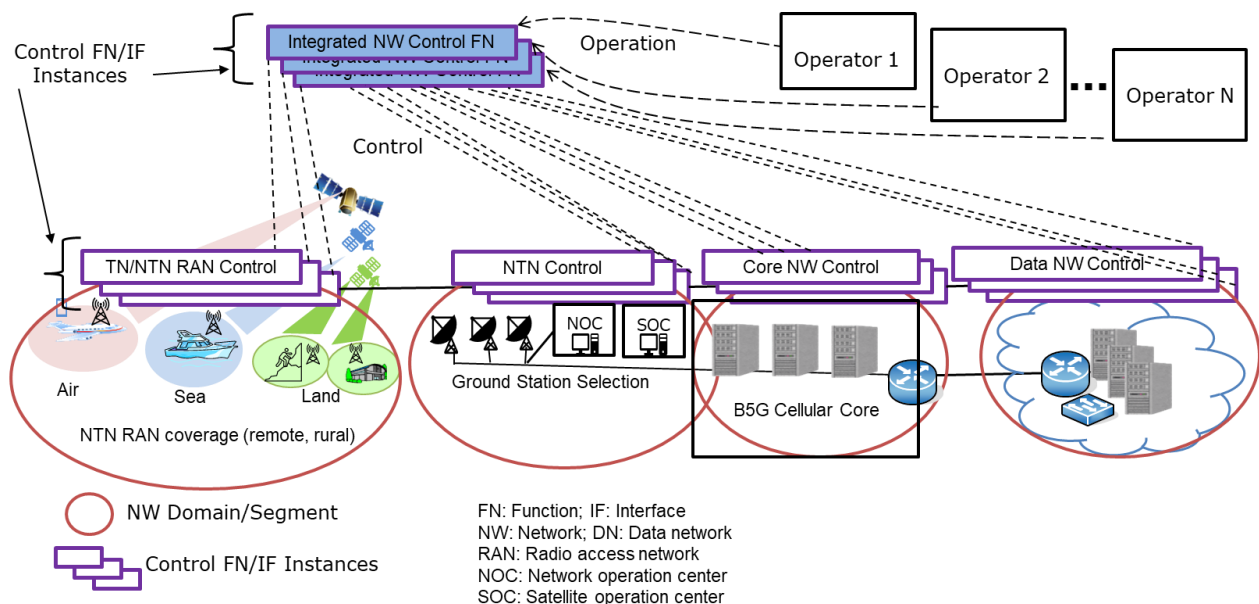


図 TN および NTN ドメイン/セグメントにおいて複数の事業者が異なるスライスでネットワークサービスを展開するための INCA の役割

2. 地上基地局の電力管理を最適化するための TN-NTN シームレスハンドオーバー

複数の RAN が重なり合う領域において、INCA は地上基地局の電力管理を効率化する。ユーザの活動やデータトラフィックが低い場合、INCA はユーザ端末の接続を地上無線から NTN 無線に切り替えることができ、これにより基地局はスリープモードや電源オフに移行できる。INCA は TN および NTN 間のリソース利用状況を常時監視し、インテリジェントなハンドオーバーを実行することで、サービス品質を損なうことなく効果的な電力管理を実現する。

3. 最適な NTN セグメント選択を支援する INCA

異なる高度に展開される衛星や HAPS(高高度疑似衛星)など、さまざまな種類の NTN セグメントの利用が増える中で、INCA は各セグメントのリソース状況や性能を監視し、各ネットワークサービスに対して最適な NTN セグメントを選択する支援を行う。

5.3.4 標準化すべきインターフェース

TN および NTN セグメント間の相互運用性を実現するためには、両ネットワークセグメントに標準インターフェースを実装する必要がある。これらのインターフェースにより、統合ネットワーク制御システムは各セグメントから監視データを収集できるとともに、制御コマンドやパラメータを送信できる。

TN-NTN 統合環境では、複数の事業者がこれらの標準インターフェースを介して監視・制御パラメータを共有し、連携することが可能である。以下に、制御プレーンおよびデータプレーンにおけるインターフェースについて説明する：

- 制御プレーンでは、監視データ、制御パラメータ、制御コマンドの送受信にインターフェースを使用する。
- データプレーンでは、TN および NTN 間のユーザデータトラフィックの送受信を可能にする。

国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)で開発された実験システムをもとに、DN、CN、および NTN 向けインターフェースを通じた例示的な監視・制御パラメータを以下に示す。RAN インターフェース(Interface_RAN)に関するパラメータは、本報告書では扱わないが、O-RAN Alliance など業界団体による仕様に従うことを前提とする。これらのパラメータは、以下に示すように、JSON 形式など標準フォーマットで表現可能である。TN および NTN 事業者間のさらなる議論により、パラメータリストの完成と標準化が求められる。

5.3.4.1 TN および NTN セグメントから監視データを収集する監視インターフェース

制御プレーン監視インターフェースは、各種 TN および NTN セグメントから監視データを収集するために使用される。これらのインターフェースは以下の 4 つのカテゴリに分類できる。

- Monitoring interface_DN (list of parameters)
- Monitoring interface_CN (list of parameters)

- Monitoring interface_NTN (list of parameters)
- Monitoring interface_RAN (list of parameters)

【Monitoring interface_DN parameters list】

データネットワークの各機能インスタンスから収集されるモニタリングパラメータの例は以下のとおりである。

```
{'timestamp': 1707187366889805056,
'src': 'osm',    #source controller of monitoring data
'nsname': 'haweb',    #network service name
'instancename': 'haweb-2',
'cpu_utilization': 0.24,
'memory_utilization': 0.88,
'tx_bw_utilization': 0.4,
  'rx_bw_utilization': 0.5
}
```

すべての機能インスタンスから収集されたモニタリングデータをまとめたモニタリングパラメータの例は以下のとおりである。

```
{'timestamp': 1707187366889805056,
'src': 'osm',
'nsname': 'haweb',
'instancename': 'all',
'cpu_utilization': 0.24,
'memory_utilization': 435.88,
'tx_bw_utilization': 0.4,
'rx_bw_utilization': 0.8,
'num_of_instances': 1
}
```

【Monitoring interface_CN parameters list】

コアネットワーク機能の各機能インスタンスから収集されるモニタリングパラメータの例は以下のとおりである。

```
{'timestamp': 1707187366889805056,
'instancename': 'upfl', #name of core network function
'interface': 'eth0',
'cpu_allocation': 1,
'cpu_utilization': 0.3,
'memory_allocation': 8330 MB,
'memory_utilization': 0.41,
'tx_bw_allocation': 1000 Mbps,
'tx_bw_utilization': 0.1,
```

```

'rx_bw_allocation': 1000 Mbps,
'rx_bw_utilization': 0.1
}

```

【Monitoring interface_NTN parameters list】

NTN のパラメータリストは、現行システムパラメータ、サービス要求パラメータ、システムモニタリングパラメータ、リンク制御パラメータの 4 種類に分類できる。これらのパラメータは表 1 に示されている。一部の NTN モニタリングパラメータは、統合ネットワーク制御システムから発行される制御パラメータ／コマンドの値に基づいて設定される制御パラメータと重複している。

Parameter types	Parameters
Preset system parameters	• Number of satellites in a constellation • Satellite orbit coordinates • Satellite interfaces characteristics (e.g., physically/logically connected, radio or FSO links, transparent or regenerative) • Uplink/downlink beam upper and lower frequencies, bandwidth, modulation methods • Inter-satellite link characteristics (e.g., frequencies bands, FSO wavelength) • Number of available GSTs and their coordinates
Service requirement parameters	• Service type (e.g., voice, video, web browsing, and sensors data) • QoS requirements (e.g., minimum data speed, maximum latency, tolerable call drop or packet loss rate, and security levels)
System monitoring parameters	• Number of active user terminals • Weather conditions • Doppler shift • Performance (e.g., throughput, latency, jitter, packet loss, and call drop rates)
Link control/monitoring parameters	• Number of beams, coverage coordinates, types (fixed or movable), transmission power • Radio frequencies or FSO wavelengths allocated to each beam • Earth station and space station antenna patterns • Feeder and service link performance monitoring (bandwidth, transmission speed, loss rate, interference, coding rate) • Active GSTs (site diversity that changes GSTs depending on the weather)

表 NTN パラメータ

5.3.4.2 制御インターフェース(TN および NTN セグメントへの制御コマンド・パラメータ送信)

統合ネットワーク制御システムから 4 種類のネットワークセグメント(DN、CN、NTN、RAN)に制御コマンド／パラメータを送信するために、4 種類の制御インターフェースが考えられる。

- Control interface_DN (list of parameters)
- Control interface_CN (list of parameters)

- Control interface_NTN (list of parameters)
- Control interface_RAN (list of parameters)

制御インターフェースでは、以下の 2 種類のパラメータセットを扱う：

- 1) 指定された QoS 要件に基づき、ネットワークサービスを生成するためのネットワークリソース割り当て用パラメータセット
- 2) エンドツーエンドのネットワーク QoS を保証するためにネットワークリソースを調整するためのパラメータセット

DN、CN、および NTN に対する制御インターフェースパラメータの例を以下に示す。RAN に関する制御インターフェースについては、本報告書では取り扱わない。RAN のパラメータについては、O-RAN Alliance などの国際業界団体によって策定された仕様に準拠することを想定している。

【Control interface_DN parameters list】

DN のリソース割り当て要求に使用される制御パラメータの例は以下のとおりである。

```
{'timestamp': 1707187366889805056,
  'nsname': 'haweb',
  'number_of_servers': 1,
  'cpu_allocation': 2,
  'memory_allocation': 5 GB,
  'tx_bw_allocation': 1000 Mbps,
  'rx_bw_allocation': 1000 Mbps
}
```

ネットワークサービスのリソース調整要求において制御インターフェースを通じて送信される制御パラメータの例は以下のとおりである。

```
{'timestamp': 1707187366889805056,
  'nsname': 'haweb',
  'instancename': 'haweb-2',
  'cpu_allocation': +1,
  'memory_allocation': +2 GB,
  'tx_bw_allocation': +100 Mbps,
  'rx_bw_allocation': +100 Mbps
}
```

【Control interface_CN parameters list】

CN 機能コンポーネントのリソース割り当てコマンドに使用される制御パラメータの例は以下に示す。

```
{'timestamp': 1707187366889805056,
```

```

'nsname': 'haweb',
'number_of_network_functions': 7,
For each network function:
  'cpu_allocation': 2,
  'memory_allocation': 5 GB,
  'tx_bw_allocation': 1000 Mbps,
  'rx_bw_allocation': 1000 Mbps
}

```

CN 機能コンポーネントのリソース調整に使用される制御パラメータの例は以下のとおりである。

```

{'timestamp': 1707187366889805056,
'nsname': 'haweb',
For each network function instance:
  'cpu_allocation': +1,
  'memory_allocation': +2 GB,
  'tx_bw_allocation': +100 Mbps,
  'rx_bw_allocation': +100 Mbps
}

```

【Control interface_NTN parameters list】

NTN のリソース割り当てに使用される制御パラメータの例は以下のとおりである。

```

{'timestamp': 1707187366889805056,
'nsname': 'haweb',
'number_of_network_functions': 2,
Network service information:
  'service_type/QoS Identifier': 1,
  'maximum_number_of_UE': 100,
  'ul_bw_allocation': 2000 Mbps,
  'dl_bw_allocation': 2000 Mbps
  'ntn_segment_latency_limit': 100 ms
}

```

NTN のリソース調整に使用される制御パラメータの例は以下に示す。

```

{'timestamp': 1707187366889805056,
'nsname': 'haweb',
For each network service:
  'ul_bw_allocation': +100 Mbps,
  'dl_bw_allocation': +10 Mbps
}

```

5.3.4.3 TN セグメントと NTN セグメント間でデータトラフィックを転送するためのデー

タプレーンインターフェース

これらのインターフェースは、異なるネットワークセグメント間でユーザデータトラフィックを転送するために必要である。単純な IP パケットフォワーディングインターフェースとして実装することも、あるいはデータのセキュリティとユーザプライバシー保護のために、IPsec トンネルや IP-in-IP トンネルのような高位層トンネルとして実装することもできる。データプレーンインターフェースとしては、IETF などの標準化団体が策定し、3GPP によって採用された既存の標準インターフェースを再利用することができる。

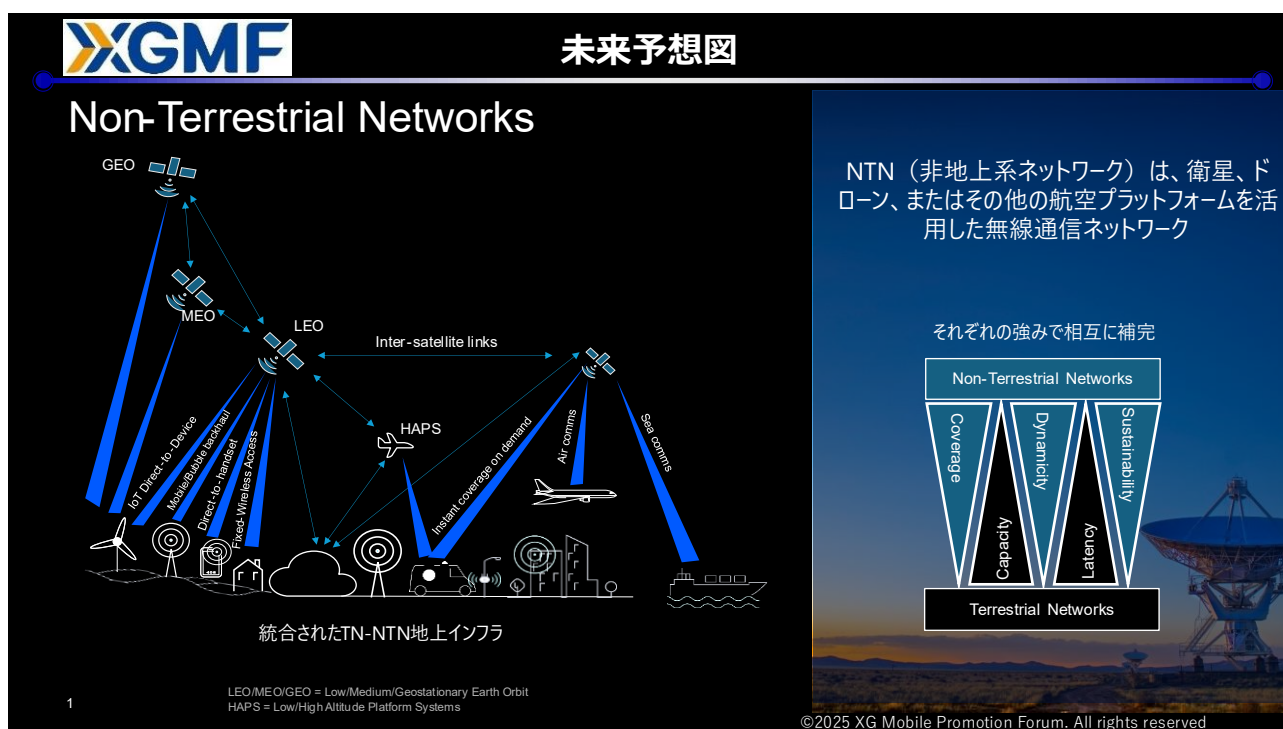
5.4 まとめ

NTN サービスを実現するための課題の検討として、Beyond 5G の重要な要素である NTN に興味関心を持ってもらうための活動として、ユースケースの検討を行った。今まで 5G で出来なかったことが Beyond5G で出来るようになるイメージをしやすい事例を発信していくため、19 個の事例を策定した。特に今年度は、NTN サービスの新たな活用事例として船舶や海洋観測等、海洋での通信ユースケースを取り上げ、関連企業との意見交換会等を通じて議論することで社会実装を実現するための課題や解決策等を検討し、さらに、NTN と TN の統合において HAPS も含めて技術視点での活用事例の検討を更新するとともに、HAPS の特長を活かした新たな業界視点での活用事例を追加検討し、新たに 3 事例を追加した。また、TN と NTN の統合において重要な課題である「企業間連携アーキテクチャ」の必要性や事業者間連携の具体的方策について検討し、標準化への方向性について議論を実施した。6G では NTN を活用することで、これまでリーチできていなかった環境対策への適用範囲も広がり、地球規模のトラフィックの最適化や環境モニタリング、リモートアクセスによる人・物の移動に伴うエネルギー削減など、より人と環境に優しい未来の実現に貢献可能である。

第6章 まとめと今後の課題

6.1 グランドデザイン

NTN は GEO、MEO、LEO といった衛星、HAPS やドローンといった航空プラットフォームといった複数の異なる非地上系ネットワークで構成され、地上ネットワークと、それぞれの強みで相互に補完しあいながら、地球上のどこでもだれでもがネットワークに繋がることができるユビキタスネットワークを実現する：



NTN の未来予想図

- NTN の展開によって、これまで地上系のネットワークだけでは実現できていなかった機能やサービス提供への期待が高まる。
- NTN によって地球規模のカバレッジを実現し、地上ネットワークとのシームレスな統合が可能になると、世界中のどこにいてもネットワークとのコネクティビティを維持できるようになる。全ての端末が NTN にアクセスできるようにすることでデジタル格差の解消にもつなげることができる。
- NTN の登場によって、新たな産業創出への期待も高まります。カバレッジの課題が解決することで、これまで実現できなかった、車両、ドローン、ロボティクス向けなどの産業向けの IOT サービスや、リモートアクセスを前提とした新しいサービスがさまざまな領域で活用できるようになる。
- リモートアクセスが広範囲に活用できるようになることで、これまで物理的に現場作業が避けられなかった分野でも人員の移動を伴わず作業できるようになり、周辺環境を含む精度の高い情報収集が可能になることによって適切でしかも安全な対応が迅速に提供できるようになる。

になる。

- 複数の非地上系ネットワークを連携させることで、ネットワークの柔軟性やレジリエンシーを高めることができるため、山岳地帯、海洋を含めた広範囲でのコネクティビティを提供することが可能になり、災害や遭難などの緊急事態へも迅速な対応ができるようになる。

このように、NTN を活用することで、これまでリーチできていなかった環境対策への適用範囲も広がる。地球規模の環境モニタリングやリモートアクセスによる人・物の移動に伴うエネルギー削減などはその一例であるが、従来の GNSS に依存しないより精密な位置情報の取得ができるようになることで、端末の消費電力を削減することもできるようになるため、より環境に優しい未来の実現にも貢献できるようになる。



未来予想図

- Terrestrial Network (地上系ネットワーク) との統合による「ユビキタスネットワーク」の実現
 - TN・NTNのシームレス・コネクティビティ
 - 世界中どこでもつながるカバレッジ
 - デジタル格差の解消
 - 全てのデバイスタイプのサポート
- 新たな産業・サービス創出への期待
 - ドローン、ロボティクス、車両向けの新たな産業向け IoTサービス
 - リモートアクセスによるサービス範囲拡大（ヘルスケア、農業、教育など）
- 環境に優しい未来を実現するカギ
 - より広範囲の環境データの遠隔収集
 - 社会投資とエネルギー消費の効率化
- Multi Orbit (GEO・LEO・HAPS) サポート
 - カバレッジの統合によりネットワークの柔軟性と回復力をさらに向上
 - 迅速なネットワーク展開（災害・救難対応、パブリックセーフティ）
 - デバイスのエネルギー使用効率を向上
 - GNSSに依存しない精密な位置情報提供



©2025 XG Mobile Promotion Forum. All rights reserved 2

NTN への期待

6.2 まとめ

NTN 推進プロジェクトでは、日本として NTN で訴求すべき技術、企業、サービスの検討や、社会課題抽出・解決、社会価値の創造を目指して活動を行ってきた。今年度の活動内容としては、NTN の技術ロードマップの更新、海外諸国の関連活動の把握、NTN を活用した通信に関するユーザーニーズの把握と実現に必要な要件の明確化、NTN サービス実現の課題検討、開発が必要となる技術の明確化、課題解決策/対応策の検討、そしてグランドデザイン策定について議論を実施した。

今年度は、特に海洋分野ユーザの課題を抽出して NTN 技術による課題解決ができないかを集中的に議論を行い、とりわけ海洋におけるユーザーニーズ把握のために行った意見交

換会とアンケートは意義が高かった。海洋分野における要望や課題に対して、今ある技術での解決方法の有無を検討し、現時点で解決方法が無いものについてはニーズ実現に必要な要件の検討を行い、ユーザ側（需要側）のオペレーション上の課題や要望はサービス提供側（供給側）の事業成立と対峙しており、技術課題のみにフォーカスすると解決不可能であることが浮き彫りとなった。このことから、NTN の広い普及を図るには利用料金の低廉化が必要であり、そのためには衛星や HAPS 等の調達コストが課題であり、技術の発展と並行して NTN のコスト低減に向けたグローバルなエコシステムの形成が必要不可欠である。

また、NTN の目指すべき未来予想図を検討すべく、NTN 推進プロジェクトでの NTN におけるグランドデザインとは何かを検討した。NTN は GEO、MEO、LEO といった衛星、HAPS やドローンといった航空プラットフォームといった複数の異なる非地上系ネットワークで構成され、地上ネットワークと、それぞれの強みで相互に補完しあいながら、いつでも地球上のどこでもだれでもがネットワークに繋がることができるユビキタスネットワークを実現するものである。NTN の展開によって、全ての端末が NTN にアクセスできるデジタル格差の解消、車両、ドローン、ロボティクス向けなどの産業向けの IOT サービス、リモートアクセスを前提とした新しいサービスなど、これまで地上系のネットワークだけでは実現できていなかった機能やサービス提供、そして新たな産業創出が期待できる。それは、さらに人にやさしい側面を持ち、リモートアクセスを広範囲に活用し物理的に現場作業が避けられなかった分野でも人員の移動を伴わず作業できるようになり、周辺環境を含む精度の高い情報収集が可能になることにより適切でしかも安全な対応が迅速に提供できるようになる。複数の地上系ネットワークと非地上系ネットワークを連携させることで、ネットワークの柔軟性やレジリエンシーを高め、山岳地帯、海洋を含めた広範囲でのコネクティビティの活用が可能となり、将来の災害や遭難などの緊急事態へも迅速な対応ができるようになる。

このように、NTN を活用することで、これまでリーチできていなかった環境対策への適用範囲も広がり、地球規模のトラフィックの最適化や環境モニタリング、リモートアクセスによる人・物の移動に伴うエネルギー削減など、より環境に優しい未来の実現にも貢献できる。NTN 推進プロジェクトの活動が、Beyond 5G/6G における日本の強みを発信していく場となり、共通課題の抽出や提言につなげる活動となり、このような大きな世界規模の SDGs に貢献できる活動となるよう今後も推進していきたい。

最後に、各検討課題で中心となって活動いただいた各とりまとめメンバー企業の皆様には多大な労力をかけて積極的に内容を検討いただいた。ここに改めて深謝する次第である。

