

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

XG モバイル推進フォーラム

NTN 推進プロジェクト

令和6年10月改定



目次

第1章	はじめに	4
1.1	WGの目的	4
1.2	昨年度の取り組み	4
1.3	昨年度の活動により見えてきた課題	5
第2章	今年度の活動方針	9
第3章	技術ロードマップの更新	11
3.1	2023年以降の主なニュース	11
3.2	3GPP標準化動向	13
3.3	技術ロードマップ	17
3.3.1	衛星ブロードバンド	19
3.3.2	衛星モバイルダイレクト	22
3.3.3	衛星IoT	24
3.3.4	HAPS	26
第4章	活用事例(ユースケース)	28
4.1	活用事例の策定	29
4.1.1	NTNとTNの統合	29
4.1.2	TN圏外エリアでのブロードバンド通信	30
4.1.3	TN圏外エリアでのIoT通信	30
4.1.4	高精度の位置情報・ナビゲーション	31
4.1.5	センサー・通信サービスの統合	31
4.1.6	河川の水位・積雪測位	32
4.1.7	牛の頭数管理	32
4.1.8	災害医療現場と病院間の連携	33
4.1.9	被災地における電気・通信提供	33
4.1.10	モビリティ	34
4.1.11	山間部での連絡手段	34
4.1.12	無人配送(HAPS利用)	35
4.1.13	管制の高度化	35
4.1.14	山岳地域における災害予兆検知	36
4.1.15	公共安全LTE	36
4.1.16	センシング	37
4.1.17	補完サービス	37

4.1.18	無人配送(衛星利用)	38
4.1.19	携帯電話通信の BCP	38
4.2	取り上げる活用事例の選定	38
第 5 章	課題解決に向けた取り組み	41
5.1	課題解決に向けた協力依頼先(業種)	41
5.1.1	NTN と TN の統合	42
5.1.2	TN 圏外エリアでのブロードバンド通信	42
5.1.3	TN 圏外エリアでの IoT 通信	43
5.1.4	高精度の位置情報・ナビゲーション	43
5.1.5	災害医療現場と病院間の連携	44
5.1.6	山間部での通信手段	44
5.1.7	無人配送(衛星利用)	44
5.2	課題解決に必要な技術仕様	45
5.2.1	NTN と TN の統合	45
5.2.2	TN 圏外エリアでのブロードバンド通信	46
5.2.3	TN 圏外エリアでの IoT 通信	47
5.2.4	高精度の位置情報・ナビゲーション	48
5.2.5	災害医療現場と病院間の連携	49
5.2.6	山間部での通信手段	49
5.2.7	無人配送(衛星利用)	50
5.3	課題解決に向けた協力依頼先(企業・団体)	50
第 6 章	産業界との意見交換会	51
6.1	HAPS を活用した事例と今後の課題	51
6.2	衛星通信を活用した事例と今後の課題	52
6.3	オールジャパンとしての方向性	53
第 7 章	まとめと今後の課題	55

第1章 はじめに

本書では、令和5年度に実施した、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（WG）の活動報告を行う。

1.1 WG の目的

スケーラビリティ WG では、他産業を含めた NTN ステークホルダーの拠り所となる活動・情報発信をもとに NTN（Non-Terrestrial Network）の普及に貢献するために活動を実施している。

他産業を含めたNTNステークホルダーの拠り所となる活動・情報発信をもとにNTNの普及に貢献

<p>①参加事業者間の情報交換</p>  <p>・各社が保有するナレッジの共有</p>	<p>②ランドスケープマップの更新/精緻化</p>  <p>・NTN技術ロードマップの作成 ・NTNの技術情報策定 ・NTN技術ロードマップに基づく活用例 ・制度等のレギュレーション</p>	<p>③NTNIに興味関心を持ってもらうための活動</p>  <p>・コンソーシアム内にとどまらない 発信方法の検討及び実施 ・異業種含めた勉強会等の実施</p>
--	--	--

1.2 昨年度の取り組み

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。

参加企業
(名称順、敬称略)

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

成果物
(ランドスケープマップ)

技術情報

3GPP/標準化動向

活用事例



意見交換

- ・政府の防災関連組織に、スケーラビリティWGで収集した活用事例をご紹介し、今後のNTN技術の活用可能性について議論を行った。
- ・議論の中では、各自治体の保有ネットワーク等における防災時の対応等の観点でのご意見を頂いた。

サブWG毎に取りまとめ企業を設定＋全企業で対応

活動内容	取りまとめ企業	参画企業	詳細	
参加企業間情報交換	ソフトバンク株式会社	エリクソンジャパン株式会社 VIAVIソリューションズ株式会社 華為技術日本株式会社 楽天モバイル株式会社	・定例会における情報交換の企画	
ランドスケープマップの更新/精緻化	各NTNの技術情報策定	楽天モバイル株式会社	エリクソンジャパン株式会社 ソフトバンク株式会社 VIAVIソリューションズ株式会社 華為技術日本株式会社	・各NTNの技術情報策定の為の調査 ・2022年中の国際委員会にて中間報告 ・2022年度総会にて成果発表
	活用事例策定	華為技術日本株式会社	エリクソンジャパン株式会社 ソフトバンク株式会社 VIAVIソリューションズ株式会社 楽天モバイル株式会社	・他産業のステークホルダーが興味を有するNTN活用事例を検討 ・2022年中の国際委員会にて中間報告 ・2022年度総会にて成果発表
	制度等レギュレーションマップ策定	ソフトバンク株式会社	エリクソンジャパン株式会社 VIAVIソリューションズ株式会社 華為技術日本株式会社 楽天モバイル株式会社	・NTNやその活用に関わる制度等を整理 ・2022年中の国際委員会にて中間報告 ・2022年度総会にて成果発表
NTNに興味関心を持ってもらうための活動	スケーラビリティWGの情報発信	VIAVIソリューションズ株式会社	エリクソンジャパン株式会社 ソフトバンク株式会社 華為技術日本株式会社 楽天モバイル株式会社	・B5Gコンソーシアムに属していない企業への情報発信
	他業界への発信内容の検討/企画(意見交換会開催)	エリクソンジャパン株式会社	ソフトバンク株式会社 VIAVIソリューションズ株式会社 華為技術日本株式会社 楽天モバイル株式会社	・NTNを活用して実現する各業界の将来像を議論 ・他業界を巻き込んだ活動の企画/実施

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

1.3 昨年度の活動により見えてきた課題

昨年度の活動を通して見えてきた点は、3GPP等でNTN標準化の策定が進められているが、実現に向けての課題が多く残されているということであった。例えば、以下の点などがあげられる。

周波数	<ul style="list-style-type: none"> ・地上IMT周波数を衛星で利用することに関する制度未整備 ・限定的な周波数における標準化
端末	<ul style="list-style-type: none"> ・衛星UTに求められる小型化/低廉化 ・ベンダー任せの開発
TN-NTN連携	<ul style="list-style-type: none"> ・1 SIM - 1 Profileでの認証・課金 ・ハンドオーバー（ローミング） ・衛星セル-地上局セル間のハンドイン/アウトの実装時期
海外依存	<ul style="list-style-type: none"> ・国産LEOコンステ衛星サービスの存在なし

具体的には、例えば TN-NTN 間でシームレスハンドオーバーを実現するためには、どこに課題があり、どのような解決方法が必要なのか、という視点での議論、解決策の模索が必要である。そのためには、一企業が単独で問題解決をはかることは困難であり、NTN に携わる企業、機関が協力して推進していくことが必要である。その一環として、昨年度では、報告書等をホームページに掲載し、幅広く活動の情報を発信した。

また、以下の通り、企業間連携例についても報告を行った。

企業間連携例 1 : HAPS Alliance

2020年4月設立後、加入数は50を超える

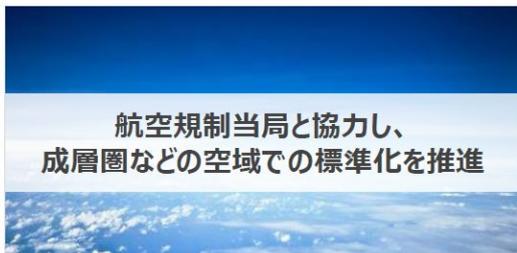
通信、航空、テクノロジー業界のリーディングカンパニーが加入

Aerostar	Filtronic	NEAR SPACE CORPORATION	The Regents of New Mexico State University
AeroVironment, Inc.	Gilat Satellite Networks	Nokia of America Corporation	UAVOS Inc.
Airbus Defense and Space GmbH	GMV Aerospace and Defence S.A.U.	Northern Territory Government of Australia	University of Applied Sciences and Arts Northwestern Switzerland
Airservices Australia	Hacettepe University	NTT DOCOMO, INC	University of York
Amprius Technologies, Inc.	HAPSMobile Inc.	Prismatic Limited	University of Washington
armasuisse Science & Technology	Intelsat US LLC	Sceye Inc.	
B2Space	KDDI Corporation	SKY Perfect JSAT Corporation	
Bharti Airtel Limited	KAUST	SoftBank Corp.	
Capgemini	Kea Aerospace	Strategic Inc	
Carleton University	Kratos	STRATOSYST s.r.o.	
Deutsche Telekom AG	Kraus Hamdani Aerospace, Inc.	TAO Trans Atmospheric Operations GmbH	
Dhruva Space Private Limited	Liverpool Hope University	Telecommunications Management Group, Inc.	
Digital Council Africa	Luxon Consulting Group, LLC	Tonomus, A NEOM Company	
Ericsson AB	MicroLink Devices		
ESEN, University of Manouba, Tunisia	Mynaric AG		
	National Institute of Information and Communications Technology		

2020年4月現在の加入メンバー。最新メンバーリストはこちら: <https://hapsalliance.org/en/members/>

(出典) HAPSアライアンス紹介資料 <https://www.hapsmobile.com/ja/haps-alliance/pdf/haps-alliance-2022.pdf>

HAPS市場形成の推進及び活性化を目指した取組み



企業間連携例 2：HAPS 向け電池パックの共同開発

HAPS向け電池パックの開発

Enpower Japan株式会社	世界トップクラスの重量エネルギー密度439Wh/kgを誇る次世代リチウム金属電池セルおよび気圧の低い成層圏向けのガスが発生しにくい電解液を共同開発
エナックス株式会社	同社の協力のもと、拘束機構やヒーター、断熱材などの電池パックの部材を開発し、各部材の軽量化に成功



▲電池パックに使用したEnpower Japan製のリチウム金属電池セル



▲エナックスと開発したHAPS向けの電池パック



▲成層圏での動作実証

(出典) https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2023/20230316_01/

企業間連携例 3：共同検討、資本・業務提携

独立行政法人 国立病院機構本部 DMAT事務局	緊急災害医療での次世代高速衛星通信サービスの活用に向けて共同検討
HW ELECTRO株式会社	NTNソリューションを活用した移動式インフラの供給に向けて共同検討
Marindows株式会社	海事産業のDX推進に向けて資本・業務提携



◀ HW ELECTROが製造・販売する「ELEMOS」

(出典) https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2021/20211029_01/
https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2022/20220214_01/
https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2022/20220726_02/

企業間連携例 4：ラボ・フィールドでのインテグレーション試験

Field/Functionality/Capacity/Stability/Reliability & E2E testing

Test need & application

- Early functional tests e.g., Rel-17 3GPP protocol testing (SIB-19, timer extensions, HARQ buffer increase, etc)
- System must deal with synchronization, propagation delay and large doppler.
- Applies to both Regenerative & transparent architectures.
- Cannot afford unreliable deployment into space
- Must handle large number of devices and coverage areas with mobility and stability
- Every byte/megabyte counts for monetization
- Field testing for feeder link and service link where TN and NTN co-exist

Real-world Test in the field

Test in the lab

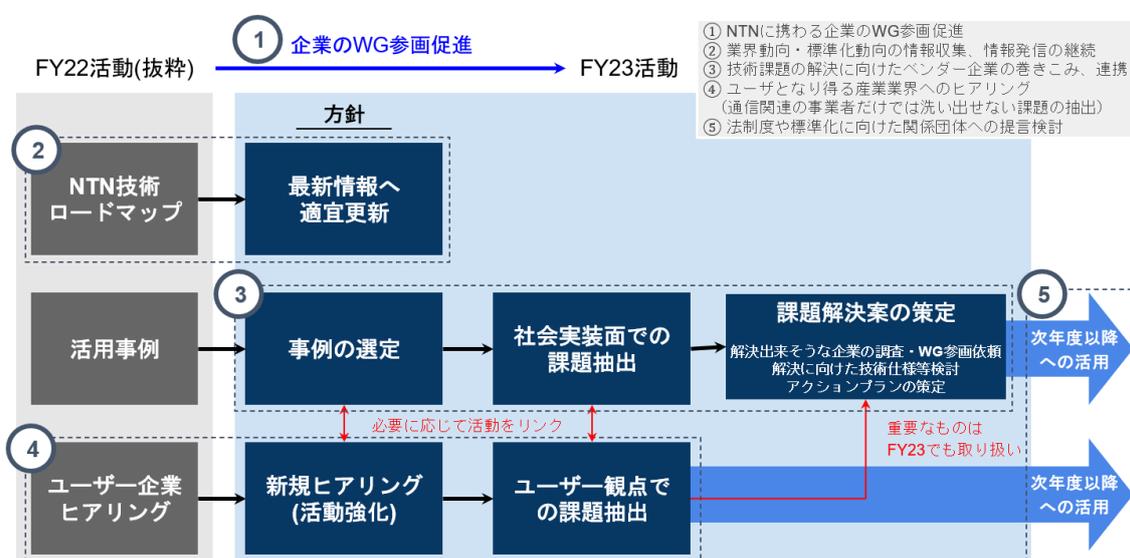
Several stakeholders (mobile operators, satellite operators, mobile network equipment vendors, system integrators, test equipment vendors, researchers, etc.) should be involved in system validation to facilitate NTN.

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、今年度では、次の活動を実施した。また、WG 参加メンバーも昨年度までのメンバーに加え、KDDI、Space Compass が加入した。次章以降に活動報告を行う。

- NTN に携わる企業の WG 参加促進
- 業界動向・標準化動向の情報収集、情報発信の継続
- ユーザとなり得る産業業界へのヒアリング（通信関連の事業者だけでは洗い出せない課題の抽出）
- 技術課題の解決に向けたベンダー企業の巻きこみ
- 法制度や標準化に向けた関係団体への提言検討

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、豊嶋ワーキンググループ長（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	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
①NTNI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	◎	→★	⇨☆	適宜更新	→→→	★⇨☆	⇨☆1/23開催	
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								
活動内で浮上したものがあれば適宜、記録 (法制度/標準化のスケジュールも考慮)									

活動内容	具体的な取組み	取りまとめ
①NTNI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

第3章 技術ロードマップの更新

3.1 2023 年以降の主なニュース

衛星ブロードバンド

静止衛星

- Viasat-3 の 1 機目は 2023 年 4 月 30 日に打ち上げ後、障害により利用可能帯域が大幅減、10%以下に。([Viasat, 10/12](#))
- Konnect VHST は 2022 年 9 月 8 日に打ち上げ後、2023 年 10 月 26 日にサービスを開始。([Eutelsat, 10/26](#))
- JUPITER 3 は 2023 年 7 月 28 日に打ち上げ、2023 年 12 月 19 日にサービス開始。([Hughes, 12/19](#))

LEO コンステレーション

- OneWeb の GEN-1 コンステレーションの打ち上げ、構築が完了。([Eutelsat OneWeb, 3/27](#))
- ソフトバンクが Starlink Business の提供を開始。([ソフトバンク, 7/13](#))
- Telesat、スペース X と LEO 衛星打ち上げ契約を発表。2026 年に打ち上げへ。([Telesat, 9/11](#))
- スカパーJSAT、NTT ドコモ、NTT コミュニケーションズが Starlink Business の提供を開始。([スカパーJSAT、NTT ドコモ, 10/31](#))
- Amazon の Project Kuiper と NTT、スカパーJSAT、戦略的協業に合意。([Amazon, 11/28](#))
- Project Kuiper はプロトタイプ衛星 2 機を 2023 年 10 月に打ち上げ、軌道上で 100Gbps の衛星間光通信の試験に成功。([Amazon, 12/14](#))
- Starlink の加入者数が 230 万人を突破。([Starlink, 12/22](#))
- SpaceX が運用中の Starlink 衛星 100 基を自主的に大気圏に突入させて処分することを発表。([2024/2/16](#))

衛星モバイルダイレクト

- SpaceMobile は試験衛星 BlueWalker 3 で既存スマホを使って音声通話([AST, 4/25](#))、ビデオ通話、ダウンリンク速度 14Mbps 超を達成。([AST, 9/19](#))
- 英国の携帯電話メーカーBullitt が 3GPP R17 IoT-NTN 対応の衛星通信サービス (テキストのみ) を 5 月に開始。Skylo がネットワークを提供。静止衛星を利用 (EchoStar 及び Inmarsat) 。([Skylo, 5/3](#))
- Lynk が 6/21 にパラオで既存スマホで利用可能な衛星通信サービスを開始 (テキストのみ) ([Lynk, 6/21](#))。その後クック諸島([Lynk, 8/8](#))、ソロモン諸島([Lynk, 11/7](#))でもサービスを開始。

- Starlink による衛星モバイルダイレクト通信サービスの提供に向けて KDDI と SpaceX が業務提携 ([KDDI, 8/30](#))
- Android スマートフォンに衛星通信機能を搭載する Snapdragon Satellite について Qualcomm と Iridium が契約を終了。 ([Iridium, 11/9](#))
- WRC-23 において携帯電話用として特定されている 694/698MHz-2.7GHz 帯の周波数を新たに衛星通信にも分配し、一般の携帯電話から衛星通信（携帯電話と衛星の直接通信）を利用可能とするための検討を開始することが 決議。 ([総務省, 12/27](#))
- Iridium が Project Stardust を発表。既存の LEO コンステレーションを利用して 3GPP IoT-NTN 対応のサービスを 2026 年に開始予定。 ([Iridium, 2024/1/10](#))
- SpaceX が Direct to Cell 対応の Starlink 衛星最初の 6 基を打ち上げ、既存スマホとのテキストテキスト送受信に成功。 ([SpaceX, 2024/1/10](#))
- 楽天、米 AST と 2026 年内に衛星・携帯直接通信サービスを提供へ。 ([2024/2/16](#))

衛星 IoT

- EchoStar が 28 基の S-band LEO コンステレーションの構築をを発表。LoRa 及び 3GPP rel17 準拠の IoT 向け衛星通信サービスを 2024 年に提供開始。 ([EchoStar, 2/1](#))
- OQ Technology が 3GPP 準拠の衛星通信商用サービス開始。 ([OQ Technology, 4/17](#))
- ソラコムが Skylo との協業を発表。 3GPP Rel17 準拠の IoT 向け衛星通信ネットワークを提供へ。 ([ソラコム, 7/6](#))
- Sateliot が通常の SIM カードを IoT 端末に搭載し、Telefónica の地上ネットワークから Sateliot の衛星ネットワークへ途切れなく切り替えできることを確認。2024 年に 3GPP Rel17 準拠の衛星通信商用サービスを開始。 ([Sateliot, 7/28](#))
- Viasat と Skylo が 2024 年初頭から 3GPP Rel17 準拠の衛星通信サービス開始することをアナウンス。 ([Viasat, 11/16](#))

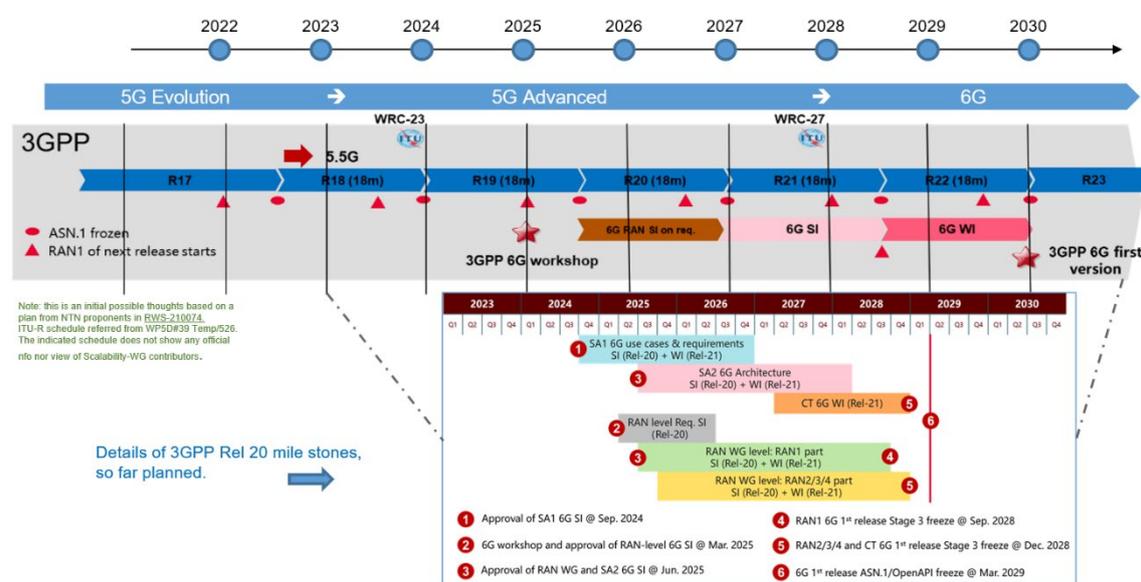
HAPS

- NTT ドコモ、スカパーJSAT が、成層圏下層（上空約 14km）から地上の受信機への 38GHz 帯の電波伝搬実験実施し、世界で初めて電波伝搬測定に成功 ([NTT ドコモ, 1/24](#))
- ソフトバンクが成層圏からの 5G の通信試験に成功 ([ソフトバンク, 10/17](#))
- Mira Aerospace が成層圏からの 5G の通信試験に成功 ([Mira Aerospace, 10/27](#))
- WRC-23 にて HAPS の携帯電話基地局で利用可能な周波数帯として

1.7GHz 帯、2GHz 帯及び 2.6GHz 帯については、全世界で、700MHz 帯については、日本を含めた多数の国において、HAPS の携帯電話用基地局としての利用が可能となる決定 ([総務省、12/27](#))

3.2 3GPP 標準化動向

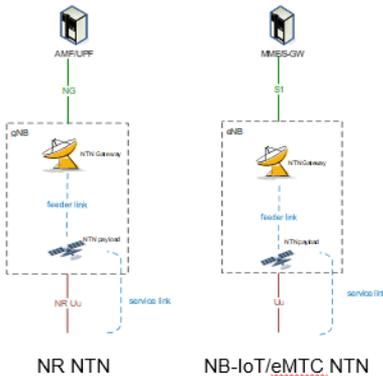
昨年度と同様、3GPP の標準化動向について議論を行い、一部更新を行った。3GPP では、Release 18 の議論が概ね収束、Release 19 の議論が開始されている。更に ITU-R における IMT-2030 のフレームワーク勧告 (Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond) をうけて 6G を見据えたユースケースの議論が今後見込まれる。





NTN技術ロードマップ[®] : 3GPP/標準化動向

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



Types of NTN platforms (TR38.821)

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

Satellite operating bands in FR1 (TS38.108)

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

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



NTN技術ロードマップ[®] 比較表 : 3GPP

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

NTN System 3GPP Rel-15

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

NTN System 3GPP Rel-16

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

NTN System 3GPP Rel-17

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

NTN System 3GPP Rel-18

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

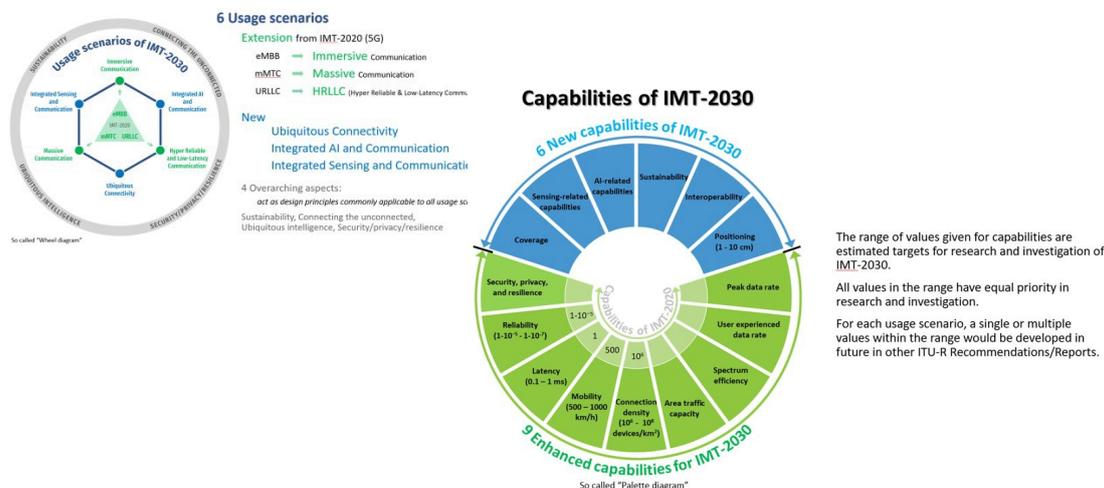
NTN System 3GPP Rel-19 (preliminary forecast)

Approach for 5G		<ul style="list-style-type: none"> • Definition of 2nd set of enhancement optimizing performance and enabling new capabilities
NTN related standardization activities		<ul style="list-style-type: none"> • Define 2nd enhanced satellite features for 5G system and RAN • RAN and AS enhancement for global seamless coverage supported by satellite constellation
Tech.	RAN	<ul style="list-style-type: none"> • Some continuations from Rel-18 (e.g. further performance enhancements, regenerative architecture); • TN-NTN, NTN-NTN with regenerative architecture • Enhanced mobility management • Carrier Aggregation
	SA	<ul style="list-style-type: none"> • Seamless coverage with satellite constellation; UPF on board; E2E
Use case for satellite access		Enhanced direct to cell services Support Redcap Supporting terminals without GNSS
Possibility of international collaboration		Yes, at 3GPP



NTNとIMT-2030の関連

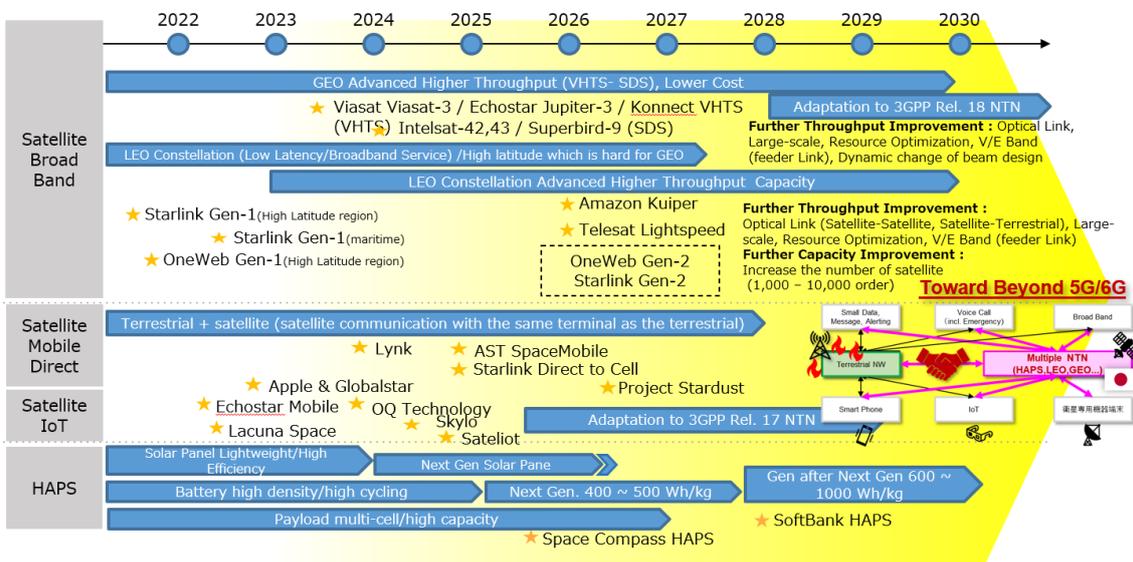
<https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg5/rwp5d/imt-2030/Pages/default.aspx>

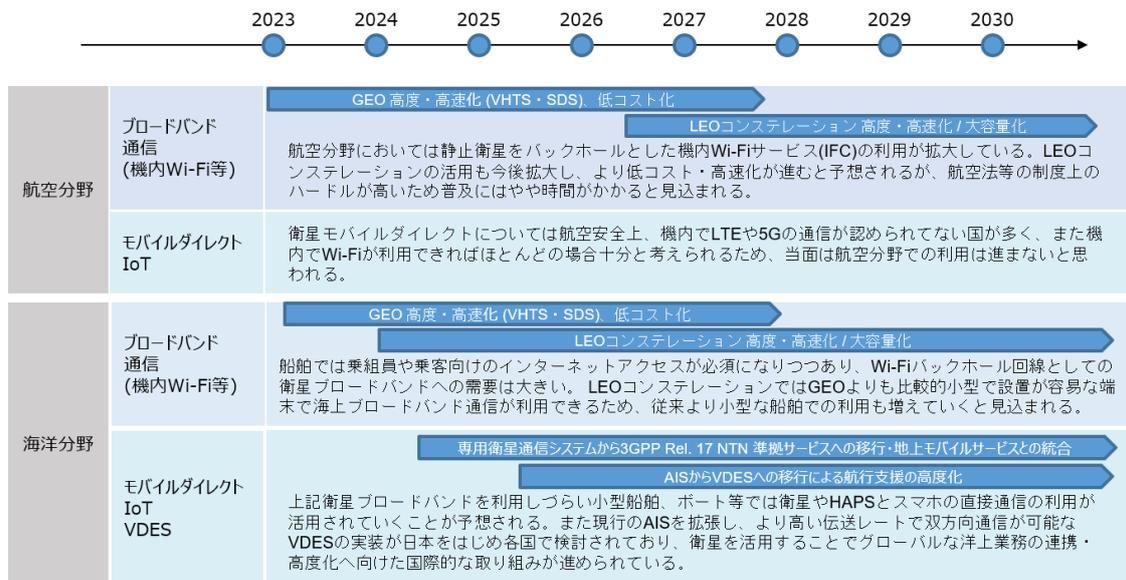


3.3 技術ロードマップ

NTN の技術ロードマップについて詳細な議論を行い、次の通り、技術ロードマップの策定および更新を行った。技術ロードマップについては、以下の通り、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を分類して実施した。

衛星 ブロードバンド	Starlinkの利用が急速に拡大しており、2023年12月時点で全世界における加入者数が230万を超過している。船舶向けサービスも開始されており、2024年からは航空機向けサービスも拡大する見込みである。OneWebやProject Kuiperによるサービスも今後のサービス開始、拡大を予定しており、LEOコンステレーションによる競争の激化が見込まれる。静止衛星でもKonnect VHTSやJUIPITER 3などのVHTSを利用した従来より低価格で高速なサービスが開始され、利用可能となっている。また今後はSDS(Software Defined Satellite)によるサービス開始も予定されており、低コスト化、高速化が進むと期待される。サービスリンク周波数としては現在はKu帯が主流だが、Ka帯の利用も増えつつあり、フィードリンクではQ/V帯といったさらに高い周波数帯の利用も始まっている。
衛星 モバイルダイレクト	衛星とスマホの直接通信サービスはLynkやBullittにより開始されており、近い将来にはAST SpaceMobileやStarlinkもサービスを開始する予定である。また3GPP Rel 17 NTN準拠のIoT端末やLora IoT端末と直接通信できる衛星通信サービスも開始されつつあり、同じ端末で地上ネットワーク、衛星ネットワークの両方が利用できることによるカバレッジの大幅な拡大は実現しつつある。今後サービスエリアの拡大やパフォーマンスの向上とともに利用が拡大していくことが見込まれる。
衛星IoT	
HAPS	開発・試験を行っている段階である。モバイルダイレクト通信とCPEを使う方式が計画されている。モバイルカバレッジの超広域化や災害時のバックアップとしての活用が期待される。衛星と比較すると高度が低い分カバレッジは狭くなるが、より低遅延・高速な通信サービスの提供が可能である。





また、NTN の活用を実現するために解決しなければならない技術課題についても以下の通り抽出した。

NTNの活用を実現するために解決しなければならない技術課題

区分	NTN 技術課題	引用元
通信	① デジタルコヒーレント光通信技術、補償光学技術、サイトダイバーシティ技術 ② 衛星コンステレーション、HAPSによる基地局バックホール回線 ③ センシング情報をGEO衛星経由で伝達する光データリレー技術 ④ 新たな周波数資源の開拓 (Q帯/V帯)	研究開発課題 (※)
環境対策	⑤ 脱炭素を実現するHAPS基地局	
エリア構築/設計	⑥ 電波伝搬モデル ⑦ 安定した通信エリアとネットワーク構築に向けた「シリンダーアンテナ」や「回転コネクタ」等の技術開発	
運用	⑧ 衛星、HAPSネットワークも含め統合制御するネットワーク管理、オーケストレーション技術、AI・機械学習を用いた自律運用技術 (ゼロタッチオートメーション) ⑨ 宇宙・NTNオープンアーキテクチャ技術	
パイロード	⑩ 災害時のHAPSパイロード ⑪ マルチバンド対応NTNアンテナや移動するNTNノード (HAPSやLEO) に対応した自動追尾技術 ⑫ gNBやMEC機能を搭載した再生中継パイロード ⑬ 次世代電池 ⑭ 衛星に適用可能な次世代暗号並びに暗号鍵の管理技術	
端末	⑮ NTNと地上ネットワークへの同時接続が可能なマルチアクセス端末	
プラットフォーム	⑯ 地上と宇宙を連動させたクラウドプラットフォーム (データセンター)	
接続プロトコル	⑰ 統合NTNネットワークに適応されたプロトコルと多元接続方式	活用事例
衛星間リンク制御	⑱ 衛星コンステレーション間の高度なルーチングと相互接続方式	

※ 出典：Beyond 5Gに向けた情報通信技術戦略の在り方 > 産学官で取り組むべき Beyond 5G 研究開発課題 > 【課題6】NTN (HAPS・宇宙ネットワーク) 技術
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01tsushin03_02000352.html

次節以降に各技術ロードマップに関する詳細を示す。

3.3.1 衛星ブロードバンド

衛星ブロードバンドは、衛星との通信を担う専用端末を地上に設置し、この専用端末から、もしくは専用端末を介してスマートホンなどの通信端末により、衛

星経路の通信を行う事を大きな特徴としている。近年は静止衛星 (GEO) に加え、低軌道衛星 (LEO) の展開に大きな進捗がみられ、商用サービスが各国で開始されている。

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

VHTS (Very High Throughput Satellite)

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

SDS (Software Defined Satellite)

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

OneWeb

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

Starlink

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

3.3.2 衛星モバイルダイレクト

衛星モバイルダイレクトは、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を大きな特徴としている。3GPPで議論されているアーキテクチャは主にこの形態であり、ユーザの利便性の高さなどから各国での研究開発が実施されている。

	SpaceMobile	Lynk	Starlink Direct to Cell	Bullitt	Apple & Globalstar	
衛星	LEO	LEO	LEO	GEO (Inmarsat及びEchoStar)	LEO	
サービスリンク周波数	3GPP周波数 (Mid-band, Low-band) パートナー-MNOの周波数を利用	3GPP周波数 (Low-band) パートナー-MNOの周波数を利用	3GPP周波数 (Mid-band) パートナー-MNOの周波数を利用	L-band (n255) S-band (n256)	グローバルスターの周波数を利用 (L-band/S-band)	
端末	既存携帯電話端末(3GPP)	既存携帯電話端末(3GPP)	既存携帯電話端末(3GPP)	3GPP R17 IoT-NTN対応携帯電話端末 (Cat S75, motorola defy 2, motorola defy satellite link)	iPhone14, iPhone 15シリーズ	
サービス	テキスト、音声、ブロードバンド	テキスト（将来は音声、データも）	テキスト（将来は音声、データも）	テキスト	緊急通報、ロードサービス（米国のみ）	
カバレッジ	グローバル、ただしパートナー-MNOの周波数が使える範囲	グローバル、ただしパートナー-MNOの周波数が使える範囲	グローバル、ただしパートナー-MNOの周波数が使える範囲	欧州、北米 (他地域へも拡大予定)	16カ国(2024年1月時点) (将来はグローバルスターのカバレッジ範囲で使える可能性あり。)	
各技術の特徴	大型フェーズドアレイアンテナ ベントパイプ方式 地上でドップラー、遅延を補正	1m～1.5m径フェーズドアレイアンテナ eNodeB, EPCを衛星に搭載 ゲートウェイから離れていてもストア& フォワード通信でテキストメッセージの 送受信が可能。	2.7m x 2.3mフェーズドアレイアンテナ eNodeBを衛星に搭載 ドップラー補正	既存静止衛星を利用	グローバルスターの衛星通信機能を利用	
関連制度	無線通信規則	・利用周波数にMSSの追加分配が必要 ・移動衛星業務に割り当てのない周波数を利用のため4.4条適用	・利用周波数にMSSの追加分配が必要 ・移動衛星業務に割り当てのない周波数を利用のため4.4条適用	・利用周波数にMSSの追加分配が必要 ・移動衛星業務に割り当てのない周波数を利用のため4.4条適用	既存MSS分配周波数で利用可能 (L/S帯)	【課題無し】既存MSS分配周波数で利用可能 (L/S帯)
	国内導入時	携帯電話端末が衛星と直接通信することによる制度上の課題(無線局の種別、免許等)を解決したうえで、制度整備が必要	携帯電話端末が衛星と直接通信することによる制度上の課題(無線局の種別、免許等)を解決したうえで、制度整備が必要	携帯電話端末が衛星と直接通信することによる制度上の課題(無線局の種別、免許等)を解決したうえで、制度整備が必要	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	【課題不明】MSSシステムとしては制度化済み。
	標準規格	2G, 4G, 5G	2G, 4G, 5G	3GPP Rel-8以降(LTE)	3GPP R17 IoT-NTN	不明
ユースケース	モバイルネットワークカバレッジの大幅な拡大 大規模災害時等におけるモバイルネットワークの復旧	モバイルカバレッジ外でのメッセージサービス、緊急通報	モバイルカバレッジ外でのメッセージサービス、緊急通報	モバイルカバレッジ外でのメッセージサービス、緊急通報	モバイルカバレッジ外での緊急通報ロードサービス	

SpaceMobile

衛星概要		AST SpaceMobile社による95基の衛星コンステレーション（高度約730km） 既存の携帯電話に直接通信サービスを提供（テキスト、音声、ブロードバンド通信） MNOパートナーの周波数を利用（3GPP周波数Low-band及びMid-band） 試験衛星BlueWalker3を2022年9月に打ち上げ。2023年の実証実験で音声通話及び下り14Mbpsのスループットを達成。
技術		大口径のフェーズドアレイアンテナ ベントパイプ方式（eNBは地上に配置） ドップラーシフト及び遅延補正
端末		既存の携帯電話端末（3GPP端末）
ユースケース		モバイルネットワークカバレッジの大幅な拡大 大規模災害時等におけるモバイルネットワークの復旧
関連制度	無線通信規則	・利用周波数にMSSの追加分配が必要 ・移動衛星業務に割り当てのない周波数を利用のため4.4条適用
	国内導入時	携帯電話端末が衛星と直接通信することによる制度上の課題（無線局の種別、免許等）を解決したうえで、制度整備が必要
	標準規格	2G, 4G, 5G
その他		楽天シンフォニーはSpaceMobileで使用するeNodeBを開発中

Lynk

衛星概要		Lynk社による衛星コンステレーション（高度約500km） 既存の携帯電話に直接通信サービスを提供（テキスト） MNOパートナーの周波数を利用（3GPP周波数Low-band） 商用衛星を3基打ち上げ済み。2023年6月に商用サービス開始。
技術		1-1.5mサイズのフェーズドアレイアンテナ eNB、EPCを衛星に搭載。ゲートウェイから離れた場所でもストアアンドフォワード通信が可能。 ドップラーシフト及び遅延補正
端末		既存の携帯電話端末（3GPP端末）
ユースケース		不感地帯における緊急通信 大規模災害時等における緊急通信
関連制度	無線通信規則	・利用周波数にMSSの追加分配が必要 ・移動衛星業務に割り当てのない周波数を利用のため4.4条適用
	国内導入時	携帯電話端末が衛星と直接通信することによる制度上の課題（無線局の種別、免許等）を解決したうえで、制度整備が必要
	標準規格	2G, 4G, 5G
その他		

Starlink Direct to Cell

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

3.3.3 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となる。IoT の特徴である小データ送信、遅延への寛容性などは衛星通信との親和性が高く、モバイルダイレクトと比較し早期に研究開発及び商用サービスが開始されている。また 3GPP において規定されるセルラー IoT（NB-IoT/eMTC）についても NTN への適用を可能とする拡張が、Release 17 より仕様化されている。

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

OmniSpace

衛星概要	OmniSpace社による衛星コンステレーション 5G端末に直接通信サービスを提供 周波数は3GPPバンドn256を利用（Sバンド） 試験衛星Spark-1、Spark-2を打ち上げ済み（2022年4月及び5月）。これらの衛星はNB-IoT向け。	
技術	詳細非公開	
端末	3GPP Rel.17準拠 バンドn256対応端末	
ユースケース	IoTユースケース一般（アセットトラッキング他）	
関連制度	無線通信規則	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		

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をアナウンス	
技術	地上のLoRaネットワークと統合してを利用可能。	
端末	LR-FHSS対応Lora端末	
ユースケース	IoTユースケース一般（アセットトラッキング他） Lora IoTサービスカバレッジ拡張	
関連制度	無線通信規則	既存MSS分配周波数で利用可能(S帯)
	国内導入時	原則システム毎に規定が設けられるため、制度整備が必要
	標準規格	LR-FHSS
その他		

Lacuna Space

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

OQ TECHNOLOGY

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

Sateliot

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

3.3.4 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）とスマートフォ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。衛星（GEO, MEO, LEO）と比較し、地上との距離が小さく低遅延サービスなど、地上ネットワークに近い、もしくは同等のサービスを提供することができる。また衛星と比較し、打ち上げ準備などの時間が大幅に短縮されることから大規模災害など緊急時における利用が期待されている。

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

HAPS

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

第4章 活用事例（ユースケース）

昨年度（令和4年度）は、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17個の事例を策定した。

- 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

今年度（令和5年度）は、これら活用事例の中から「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、次章（社会実装するための課題解決に向けた取組み）で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）

また、今年度の活動の中で挙げられた、新たな2事例を追加し、検討を行った。

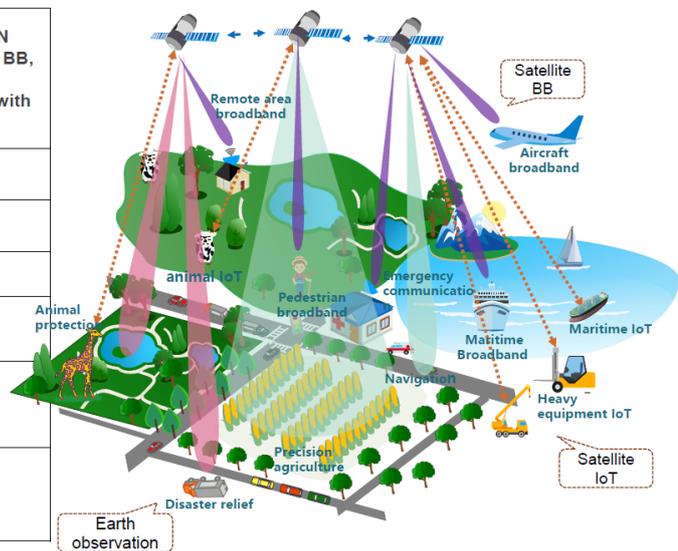
- 追加事例（業界視点）
 - 無人配送（衛星利用）（※）
 - 携帯電話通信の BCP

4.1 活用事例の策定

NTN の活用事例（ユースケース）について、議論および洗い出しを行った。次節以降にその事例を示す。

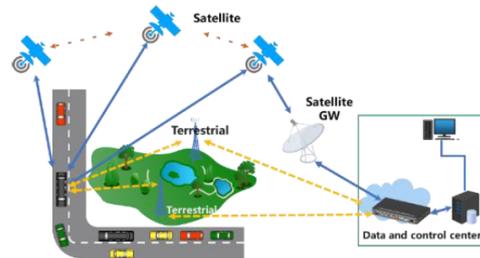
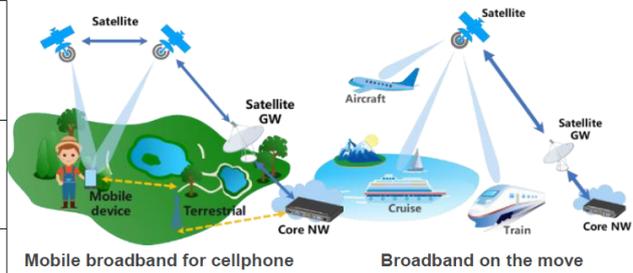
4.1.1 NTN と TN の統合

Use case overview		This shows an overall NTN-TN convergence image. Satellite BB, Satellite IoT, Satellite Observations 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 sub-6G
Expected Service Provided Timing		Year 2025-30



4.1.2 TN 圏外エリアでのブロードバンド通信

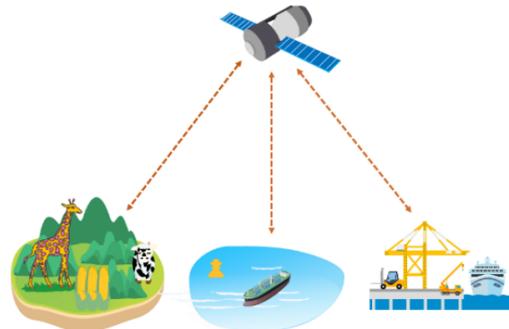
Use case overview		Connectivity to conventionally unconnected objects with Satellite-broadband. (convergence of TN and NTN-BB)
KPI	Throughput	<ul style="list-style-type: none"> >100Mbps for moving platforms >10Mbps for cellphone >1Mbps for first responder
	Latency	<20ms
	Coverage	Rural areas, ocean, etc.
Terminal type		<ul style="list-style-type: none"> Dish terminal on platforms Handset type mobile phone
Frequency		<ul style="list-style-type: none"> Ku Ka for dish terminals Sub-6GHz for mobile phones
Expected Service Provided Timing		Year 2025~30



4.1.3 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;

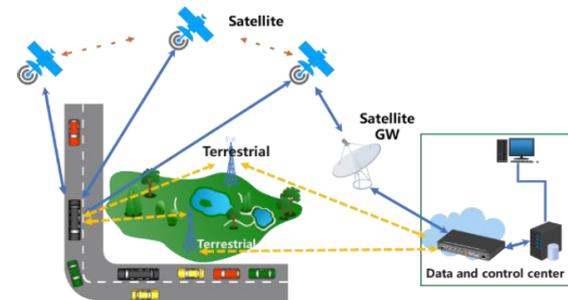
1. Unified Protocol and Multi-Connection Technology for IMT and satellite
2. Intelligent High Dynamic Routing and Inter-satellite Optical Interconnection Tec.
3. Satellite-Ground Network O&M and Resource Management
4. Unified terminal for IMT and satellite communication

Highly expected international cooperation to overcome such challenges/issues.

4.1.4 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;

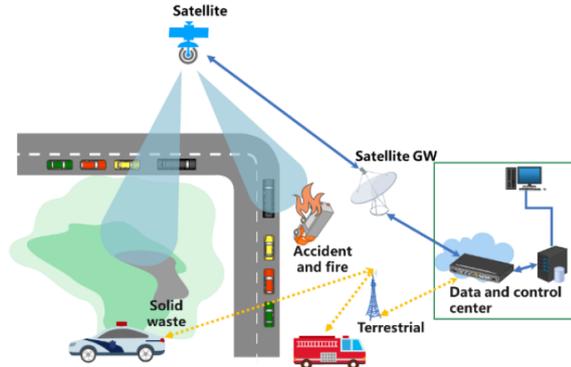
1. Unified Protocol and Multi-Connection Technology for IMT and satellite
2. Intelligent High Dynamic Routing and Inter-satellite Optical Interconnection Tec.
3. Satellite-Ground Network O&M and Resource Management
4. Unified terminal for IMT and satellite communication

Highly expected international cooperation to overcome such challenges/issues.

4.1.5 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.

4.1.6 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。

4.1.7 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。

4.1.8 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。

4.1.9 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。

4.1.10 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	<ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 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連携や車両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。

4.1.11 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	<ol style="list-style-type: none"> 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。

4.1.12 無人配送（HAPS 利用）

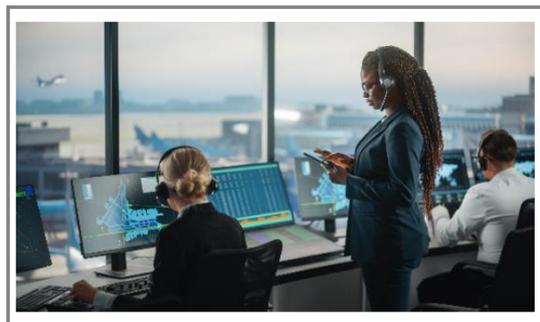
活用技術	HAPS + 位置情報		
ユースケース	小型無人機による配送		
ユースケース概要	小型無人機に位置情報を持たせることにより、一意の場所への無人配送		
既存ソリューション	なし		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	数Mbps	-	都市部/郊外
課題	<ol style="list-style-type: none"> 1. フードデリバリー、フリマアプリが需要を見せる中での配達人員不足 2. 配送料の無料化等における運送業のコスト負担増 3. 再配達による運送業の稼働増 4. エアモビリティ実現に向けた法整備 		
想定メリット・効果	<ol style="list-style-type: none"> 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。

4.1.13 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	<ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 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CO₂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づくことが期待される。

4.1.14 山岳地域における災害予兆検知

Use case overview		<p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 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) <p>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。</p>
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>

4.1.15 公共安全 LTE

Use case overview		<p>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。</p> <p>以下公共安全LTEについて</p> <p>-----</p> <p>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。</p>
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

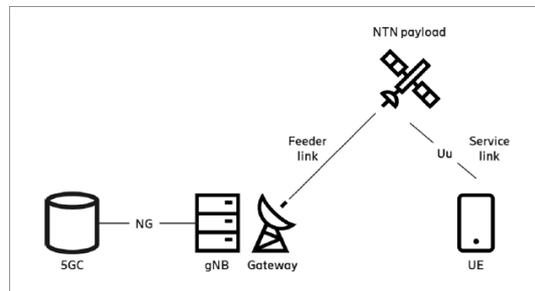
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r04/html/nd243420.html>

4.1.16 センシング

Use case overview		<p>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。</p> <p>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。</p> <p>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</p>	 <p>リモートセンシングと放射伝達 - JAXA 第一宇宙技術部門 Earth-geophy</p>
KPI	Throughput	N/A	 <p>https://www.3gpp.org/ftp/tsg_sa/TSG_SA/TSGS_96/Budapest_2022_06/Docs/SP-220661.zip</p>
	Latency	N/A	
	Coverage	全国(地上+海上)	
Terminal type		N/A	
Frequency			
Expected Service Provided Timing		2030 -	

4.1.17 補完サービス

活用技術 Tech to be used	LEO, 5GNR		
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.

4.1.18 無人配送（衛星利用）

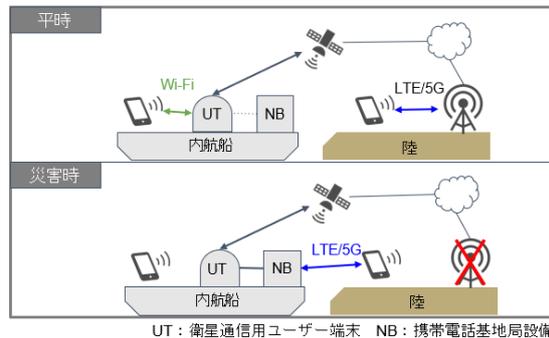
活用技術	LEO		
ユースケース	荷物の無人配送		
ユースケース概要	自動運転車やドローンなどのスマートモビリティの活用による自動配送		
既存ソリューション	なし		
KPI	Throughput	Latency	Coverage
	<1Mbps	-	郊外/都市部
課題	<ul style="list-style-type: none"> • 自律運転を含めた運航オペレーションの確立 • セルラー通信と衛星通信の連携 • 衛星端末のドローンへの搭載 • 法整備 		
想定メリット・効果	<ul style="list-style-type: none"> • 配送の効率化 • 労働力不足の解消 		
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。

4.1.19 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	<ol style="list-style-type: none"> 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	<ol style="list-style-type: none"> 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		



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。

4.2 取り上げる活用事例の選定

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の選定を行った。

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
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	牛の頸数管理	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
イメージ																			
ブロードバンド	●	●	-	-	-	-	-	●	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	●
モバイルダイレク	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	-	-	-	-	●	-	-
IoT	●	-	●	-	-	●	●	-	-	●	-	●	-	●	-	-	-	●	-
HAPS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	-	-	-	-	-	-
センシング/位置測位	●	-	-	●	●	-	-	-	-	●	-	●	●	-	-	●	-	●	●
モビリティ	-	-	-	●	-	-	-	●	●	●	-	-	-	-	-	-	-	●	●
NTN-TN融合	●	●	●	●	●	-	-	-	-	-	-	-	-	-	●	●	●	●	-

その結果、次の活用事例について取り上げることとした。選定理由については以下のとおりである。

- NTN と TN の統合
 - TN/NTN の統合（セルラー拡張）は 3GPP においても重要度が認識されており、Release-18 でも議論が継続されている。
 - Beyond 5G の世界を議論するにあたり、必須の議題と考えられる。
 - 周波数、端末、通信方式が異なる TN と NTN の連携には大きな技術的な課題がある。（例：TN/NTN 間のハンドオーバー、事業者間 NW の連携方法、端末の統一化）
 - ブロードバンド、IoT、センシングと幅広いユースケースを網羅している。
- TN 圏外エリアでのブロードバンド通信（選定理由は「NTN と TN の統合」を参照）
- TN 圏外エリアでの IoT 通信（選定理由は「NTN と TN の統合」を参照）
- 高精度の位置情報・ナビゲーション（選定理由は「NTN と TN の統合」を参照）
- 災害医療現場と病院間の連携
 - 活用事例の中では最も要求事項が厳しい事例の 1 つと考えられる。
 - この事例が導入されることによるベネフィットは明確で直接的であると考えられる。
 - その事例についての課題の抽出がクリアできれば、他の活用事例について考えることは容易になると予想される。
- 山間部での連絡手段

- NTN の大きな特徴である、「地上 NW(TN)でカバーできない地域のエリア化」に焦点を置くことで、ユースケースの更なる掘り起こしが期待できると考えられる。
- 緊急通信: 山岳地域は、登山者やハイカーなどのアウトドア愛好者にとって魅力的な場所だが、突然の緊急事態が発生する可能性が高い。非地上ネットワークを通じて、救助隊や緊急サービスとの通信を確保できる。遭難者の位置情報を送信し、迅速な救助活動を支援することができる。
- 天候情報: 山岳地域では天候が急変することがある。非地上ネットワークを使用して、リアルタイムの天候情報や災害警報を提供できる。これは登山者や地元住民にとって安全に役立つ。
- 観光情報: 観光業は山岳地域の重要な収入源である。非地上ネットワークを介して、観光スポットの情報、地元のイベント情報、観光客向けの案内を提供できる。これにより、観光業の促進と地元経済の発展が期待できる。
- 教育: 山岳地域に住む子供たちにとって、高品質の教育へのアクセスが重要である。非地上ネットワークを使用して、遠隔地域に教育プログラムやオンライン教育を提供できる。これにより、教育格差の縮小が期待できる。
- 遠隔医療: 山岳地域では医療施設へのアクセスが制限されることがある。非地上ネットワークを使用して、遠隔地域の住民に遠隔医療サービスを提供できる。医師とのテレメディシンコンサルテーションや遠隔診断が可能になり、健康ケアの向上が期待できる。
- 無人配送（衛星利用）
 - 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。

第5章 課題解決に向けた取り組み

5.1 課題解決に向けた協力依頼先（業種）

前章で述べた活用事例の選定に基づき、課題解決に向けた協力依頼先となる業種等を以下の分類でマッピングを行った。下記に、前章で選定したリストおよび企業や団体の分類を示す。さらに各課題とその詳細技術に対応する分類とのマッピングを次節以降に示す。

- 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
- 業界視点
 - 災害医療現場と病院間の連携
 - 山間部での連絡手段
 - 無人配送（衛星利用）

#	分類	備考
1	ユーザー	自動車メーカー/農耕機メーカー/ドローンメーカー、等
2	標準化団体	3GPP、5GAA、等
3	レギュレーター	ITU-R、総務省、等
4	NTN オペレーター	LEO/MEO/GEO/HAPS 事業者
5	TN オペレーター	国内 MNO/Global MVNO
6	無線通信機器ベンダー	地上 GW、アンテナ、gNB、コア NW、等（光通信を除く）
7	端末ベンダー	スマホ、衛星用受信端末、等
8	光通信機器ベンダー	
9	システムインテグレーター	
10	SD-WAN ベンダー	
11	衛星製造ベンダー	機体、制御装置、蓄電池、ソーラーパネル、等
12	HAPS 製造ベンダー	機体、制御装置、蓄電池、ソーラーパネル、等

5.1.1 NTN と TN の統合

NTN と TN の統合に関する、課題解決に向けた協力先となる業種について以下に示す。

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等													
			1-ユーザー	標準化団体	4-LTE-A	NTN-A	TN-A	無線通信機器A	端末A	光通信機器A	システムA	SD-WAN	衛星製造A	HAPS製造A		
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	●	●												
2	TN/NTN NW統合の仕組み	【SD-WAN方式】 UTと網側で通信ペアラの切替、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				●	●	●				●				
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							●							
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				●	●				●					
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 *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				●	●	●								
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)	●	●												
7	カバレッジ連携	カバレッジ拡大 デュアルカバレッジ/マルチ接続	●	●	●	●	●	●								
8	端末移動時の管理	セルの管理 ハンドオーバー	●	●	●	●	●	●								
9	ルーティングの管理	ダイナミックトポロジー ルーティングプロトコル	●	●	●	●	●	●							●	
10	衛星間通信	高キャパシティー & 安定したリンク 搭載機器の交換		●	●	●	●	●		●					●	●
11	電波の調整	電波の管理 干渉検知	●	●	●	●	●	●								
12	運用 & 保守	リソース管理の統一化 ユーザー管理の統一化				●	●									
13	アンテナ	衛星側のアンテナ 端末側のアンテナ								●					●	

5.1.2 TN 圏外エリアでのブロードバンド通信

TN 圏外エリアでのブロードバンド通信に関する、課題解決に向けた協力先となる業種について以下に示す。

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等													
			1-ユーザー	標準化団体	4-LTE-A	NTN-A	TN-A	無線通信機器A	端末A	光通信機器A	システムA	SD-WAN	衛星製造A	HAPS製造A		
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の下行速度を実現できるか。 一方で上行速度に対しては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ーにも懸念あり	※			●										
2	エア-インターフェース	同期 ランダムアクセス		●	●	●	●	●							●	
3	MACプロトコル	マルチユーザーMIMO (MU-MIMO) ビームホッピング リソースの割当		●	●	●	●	●							●	
4	ユーザー端末	消費電力 アンテナ小型化 端末小型化		●	●	●	●	●								
5	衛星ペイロード	搭載プロセッサ 電源		●		●									●	●

※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。

5.1.3 TN 圏外エリアでの IoT 通信

TN 圏外エリアでの IoT 通信に関する、課題解決に向けた協力先となる業種について以下に示す。

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等															
			1-9*	標準化団体	4*11-9*	NTN/A*11-9*	TN/A*11-9*	無線通信機器A*11-9*	端末A*11-9*	光通信機器A*11-9*	SD-WAN	衛星製	HAPS					
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が必要 ⇒「対象事例名：NTN-TN interworking」の議論へ	●	●														
2	エア-インターフェース	ランダムアクセス		●	●	●	●										●	
		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)	●		●	●	●	●										●
3	MACプロトコル	IoTプロトコル	●		●	●	●	●										●
		リソースの固定割り当て	●		●	●	●	●										●
4	ユーザー端末	リソースのランダム割り当て	●		●	●	●	●										●
		消費電力	●					●										●
5	衛星ペイロード	端末小型化						●										●
		搭載プロセッサ	●															●
		電源																●

5.1.4 高精度の位置情報・ナビゲーション

高精度の位置情報・ナビゲーションに関する、課題解決に向けた協力先となる業種について以下に示す。

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等															
			1-9*	標準化団体	4*11-9*	NTN/A*11-9*	TN/A*11-9*	無線通信機器A*11-9*	端末A*11-9*	光通信機器A*11-9*	SD-WAN	衛星製	HAPS					
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	●						●									
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				●												
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	●															
4	エア-インターフェース	同期		●	●	●		●									●	●
		ランダムアクセス	●		●	●	●	●									●	●
5	MACプロトコル	位置測位	●		●	●	●	●										●
		センシング	●		●	●	●	●										●
6	ユーザー端末	ビームホッピング	●		●	●	●	●										●
		リソースの割当	●		●	●	●	●										●
7	衛星ペイロード	消費電力	●					●										●
		アンテナ小型化	●					●										●
		端末小型化						●										●
		搭載プロセッサ	●															●
		電源				●												●

5.1.5 災害医療現場と病院間の連携

災害医療現場と病院間の連携に関する、課題解決に向けた協力先となる業種について以下に示す。

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等												
			1-9*	標準化団体	レコータ	NTN/Aレータ	TN/Aレータ	無線通信機器A*フタ	端末A*フタ	光通信機器A*フタ	システムA*フタ	SD-WAN A*フタ	衛星製HAPS製造A*フタ		
1	可用性の確保 (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 ②UT (アンテナ) ・衛星の通信能力(受信/送信)の向上 ③ISL(Inter Sattelite Link)を前提とした地上GW局(エリア)の冗長				●			●	●					
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)	・他NWとの連携検討				●	●								
3	可用性の確保 (接続性)	他のNTNシステムとの連携 海上 (日本領域外での使用)			●	●	●								
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 -衛星基数を増やす -高周波数 (V-bandなど) を使う				●		●							
5	信頼性の確保	帯域保証サービスの提供 再送制御、高性能FEC、他のNTNとの連携、アンテナ数の増加	●			●		●	●						
6	低遅延化					●	●								

5.1.6 山間部での通信手段

山間部での通信手段に関する、課題解決に向けた協力先となる業種について以下に示す。

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等												
			1-9*	標準化団体	レコータ	NTN/Aレータ	TN/Aレータ	無線通信機器A*フタ	端末A*フタ	光通信機器A*フタ	システムA*フタ	SD-WAN A*フタ	衛星製HAPS製造A*フタ		
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 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)				●									●
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 ②衛星通信のバックホール利用				●		●	●						
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			●			●							

5.1.7 無人配送 (衛星利用)

無人配送 (衛星利用) での通信手段に関する、課題解決に向けた協力先となる業種について以下に示す。

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等												
			1-9*	標準化団体	レコータ	NTN/Aレータ	TN/Aレータ	無線通信機器A*フタ	端末A*フタ	光通信機器A*フタ	システムA*フタ	SD-WAN A*フタ	衛星製HAPS製造A*フタ		
1	可用性の確保	①自律運転を含めた運航オペレーションの確立 ②セルラー通信と衛星通信の連携	●			●		●		●					
2	ユーザ端末	①衛星端末のドローンへの搭載				●		●		●					
3	法整備	①ドローンの無人飛行に関する法整備 ②衛星通信の陸海上空利用についての法制度整備			●	●									

5.2 課題解決に必要な技術仕様

課題解決に必要と考えられる技術や課題解決案について以下に示す。

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 (SGAA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へのフィードバッ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 * 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 ・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 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 顧客要件を満たす切り替え時間を 実現する必要有 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 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 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 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	(RP-232669) 3GPP RAN1-Rel18にて議論されている In-discussion (RP-232669) 3GPP RAN1-Rel18 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 ハンドオーバー Handover	ベンダー & オペレーター Vendor & Operator 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 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	3GPP RAN2 (RP-232669)にて議論されている Discussed in 3GPP RAN2 (RP-232669)

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 More difficult than terrestrial, because the satellites moves, the topology changes by time
		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	
10	衛星間通信 Inter satellite communication	高キャパシティー & 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) Spectrum isolation or Spectrum sharing (ITU-R and 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	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 Expected improved Radio technology on Satellite Antennas
		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	

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、フィードバックの実現性も懸念
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	カバーレー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ザーシーンにも依存 miniaturization may depends device manufacturers and usage scenarios.
5	衛星ペイロード Satellite payload	搭載プロセス 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一つ 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が必要 ⇒「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 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
		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.

5.2.4 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	・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	HAPSでの光学センサー等によるセンシングも有望
		・高精度位置測位技術の開発	・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	※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	・衛星通信事業者	利用者ニーズに即したユースケースの把握	前段として要件の精緻化が必要
		②HAPSを利用する場合の実現可否検討	・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)	
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	セルラー圏外かつLOS取れない場面を想定
4	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	新たなプリアンプルシーケンス、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つの機能を同時にレ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)
		端末小型化 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
7	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.

5.2.5 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	・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	既にUSなどでユースケースあり。どこまでユーザリテリの向上を求めるか? の議論が必要。 ファイダリンク (Q帯) の可用性向上はHAPSでも大きな課題
		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	・LEO事業者	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	③ISL(Inter Satellite Link)を前提とした地上GW局(エリア)の冗長	
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統合議論	・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	LEO/MEO/GEO/ (HAPS) 事業者 LEO/MEO/GEO/ (HAPS) Operator	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	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
		海上 (日本領域外での使用) Maritime (use outside Japanese territory)	LEO事業者、(総務省=政府) LEO operator, (MIC=government)	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.	
4	キャパシティの確保	①帯域保証サービスの提供	・LEO事業者	技術的には実現可能	既にUSなどでユースケースあり。どこまでユーザリテリの向上を求めるか? の議論が必要。
		②衛星のキャパシティ向上 ー衛星基数を増やす ー周波数 (V-bandなど) を使う	・LEO事業者	高周波数を使うとさらに降雨減衰の影響を受ける	
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 NTNs, increase number of antennas	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	・HAPS Alliance参加企業 ー機体メーカー ーHAPSオペレーター	①自律運転を含めた運航オペレーションの確立	緯度、季節、夜間等の影響も課題
		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 ー各種メーカー	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)	
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	・HAPS Alliance参加企業 ーHAPSオペレーター ー通信機器メーカー	①InterHAPS通信の実現	HAPS間光通信を要検討 (衛星BHとの比較も必要)
		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 ー衛星通信事業者	②衛星通信のバックホール利用	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	・政府	①専用周波数の確保	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
		②ビームフォーミング	・通信機器メーカー	②ビームフォーミング	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
		③キャンセラー技術等	・通信機器メーカー ・MNO	③キャンセラー技術等	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像のアップロード、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 ドローン離着陸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		

5.3 課題解決に向けた協力依頼先（企業・団体）

前節に示した課題解決に向けた協力依頼先の業種を踏まえ、ポテンシャル企業の洗い出しを一例として以下の通り行った。今年度、これら企業に対しての具体的なヒアリング実施等は実施していないものの、積極的に本WGへの参加を依頼することが望ましいとの共通認識が得られた。

ユースケース	No.	課題	詳細	課題解決に向けた協力依頼先となる業種	ポテンシャル企業	備考
NTNとTN 統合	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	業界団体 (5GAA等)	3GPP、5GAA	
			利用事業者動向	想定利用事業者 (自動車OEM等)	HONDA、日産	
	2	TN/NTN NW統合の仕組み	[SD-WAN方式] ・UTと網側で通信ペアラの切替、トラフィックのBonding/Blendingを行う上での仕様の統一化	・SD-WANベンダー	ガイエムウェア、フォーティネット、Versa Networks、パロアルトネットワークス、シスコシステムズ	
			[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	・NTN事業者 ・TN事業者 ・Global MVNO ・通信NW機器メーカー	スカパーJSAT、SpaceX	
	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	・UTベンダー	クアルコム、Kymeta、Intellian、SHARP	
			・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		

第6章 産業業界との意見交換会

今年度実施した意見交換会では、ユーザとなり得る産業業界へのヒアリングを行った。ヒアリング結果や議論を通して、以下のような課題を抽出した。

- 今日、また今後提供されている様々なネットワークサービス（自動運転、林業、海運、DX等々）について、様々な要因により TN の提供が困難なエリアのカバレッジを、NTN（衛星、HAPS）でカバーする事で、シームレスな通信ネットワークサービスの継続性向上が期待される。
- 同時に、災害等による地上ネットワークの大規模な障害、輻輳等緊急事態においても、TN 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。
- また、地上エリアと比較し不利な条件（遅延、電波品質、信頼性など）の中でも信頼性を担保するうえで、NTN の中でも特定のネットワーク方式やコンステレーション、あるいは事業者依存しない冗長性の確保、協調する必要がある。

次節以降に HAPS や衛星を活用した事例と今後の課題に関する詳細を説明するとともに、オールジャパンとしての方向性に関する今後の取り組み等について説明する。

6.1 HAPS を活用した事例と今後の課題

ヒアリングを通じて、いくつかの HAPS ユースケースが見えてきた。本節では具体的なユースケースとして林業や災害時の利活用に関して紹介していく。

林業は危険と隣り合わせの業務であることが多く、年間数十人に渡る業務上の死亡事故が発生している。本事故が発生する、理由の一つとして山中での業務で事故が発生した場合に、各人が離れた場所での作業となることやチェーンソーを使った作業となるため助けを呼ぶ声が届かないという問題がある。通常そのような状況に陥った際には、携帯電話などで助けを外部から呼ぶなどの対応が考えられるが、山中においては LTE 等の既存通信が届かず、気づかれないケースが多いとのことであった。

これら問題に対応するため、林業の DX 化を目指した木の伐採を自動で行う林業機械の開発等が進められているが、ローカル通信の届く範囲での人間の作業は引き続き残るため、今後更なる通信の高速化やエリア拡大が図られることで更なる DX 化が期待されている。

山の中で衛星や HAPS により通信電波が降ってくれば、スマホ・ダイレクト通信も可能となり、シームレスに作業員と HAPS が繋がる事のメリットは非常

に大きいとの期待感が高かった。有事の際には SOS なり情報交換ができることから、死亡事故の抑止にもつながり、社会的な意義が大きいとのコメントをいただいた。

一方で林業は一部の高利潤な企業を除き、零細企業が務めているケースが多く、既存サービスと比較した際のコストの部分は課題となる可能性が高い。また、利用する周波数の関係で、山林への入射角等を考慮した実環境での通信の減衰などをしっかりと見極めたうえでどのようなサービスをお届けするかなど、実ユーザーに寄り添ったサービス提供が必要であることもつまびらかになった。これら課題に向けては、林業以外の使い方と併せて 1 台の HAPS 通信を複数でシェアするなどのサービス提供形態を検討することでコストを抑えつつ、様々なユースケースを想定した事前の検証が重要であることを再認識した。

続いて、地震等の災害時における HAPS 利活用の可能性についてもヒアリングを行った。先に発生した能登半島地震などのケースにもある通り、自然災害時に地上局が倒壊するケースがあったという。そのような事態が一度発生すると、たとえ地上局が冗長構成になっていたとしても通信速度が遅くなるなど、大きなユーザービリティの低下につながる、もしくは完全に通信が遮断される可能性がある。

HAPS は衛星バックホールなどのルートを利用するなり、倒壊を免れた地上局を活用するなりにより、災害時にも比較的強いインフラストラクチャーであることと、外付けの装置を準備することなくお客様のスマホにダイレクトに通信が可能であることから、民官の両方からの期待が高まっているという。

これら期待に応えるためには、民と官を双方巻き込んだ日本国としての災害時における初動や復興期間中の通信のありかたを明確化するためのグランドデザインの見直しや検討が課題である。TN 通信と NTN 通信をどのように冗長化するのか、命に係わるような業務に関わる通信の優先化などを正常時に検討すると共に、グローバル規模では後塵を拝している NTN 通信のありかたを日本国全体としてどう考えていくのか、有事のルール設定をどうするのかなど、マクロ的な視点をもって課題に取り組む必要があることを認識した。

6.2 衛星通信を活用した事例と今後の課題

前述の HAPS のユースケースに加えて、衛星通信による課題解決の具体例として、海運業界及び建設業界の事例を本節で示す。

海運業界では、陸上スタッフとの綿密なコミュニケーションや乗船員の WellBeing の向上が課題であり、衛星通信により広域に大容量通信を提供することが重要である。

建設業界においては、工事現場での遠隔操縦や自律運転において上り帯域の確保が課題であり、衛星通信により大容量通信を提供することが重要である。

6.3 オールジャパンとしての方向性

これらを踏まえ、本 WG では、下記示したように Beyond 5G/6G を見据えたオールジャパンとしてあるべき NTN のイメージについても議論を行った。それに向けた更なる課題の抽出、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。

- 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のが望ましい。
- 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。
- この実現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。
- 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。
- 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 NTN の活用の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

従来は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。

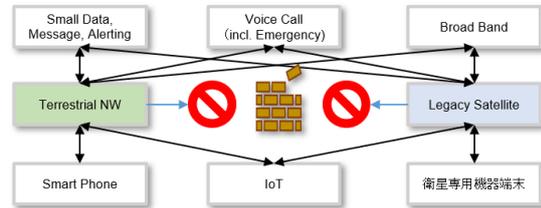
Beyond 5G/6G, IMT-2030に向けて

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

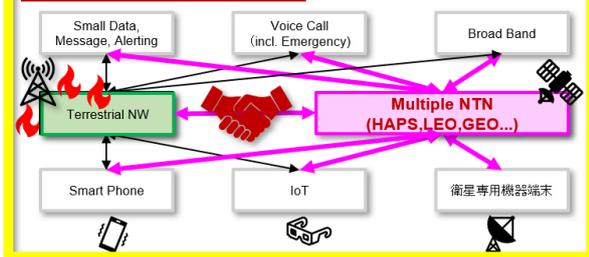
2) 同時に、災害等による地上NWの大規模な障害、輻輳等緊急事態においても、地上NWのバックアップとして、最低限のサービスをNTNで提供する事により、復旧復興への効果も期待される
→ 災害等における経験、知見を活かし、緊急時における地上/衛星を跨いだ相互連携によりオールジャパンネットワークの構築

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7章 まとめと今後の課題

Beyond 5G の研究開発が世界各国で加速しており、その中で非地上系ネットワーク (NTN) 分野において、日本が国際的にどう連携していくか、言葉を変えると、日本の企業がどう海外と連携していくのかを、スケーラビリティ WG で検討を実施してきた。ミッションとしては、スケーラビリティ、つまり拡張性で、NTN 分野のランドスケープマップを作成し、どこに強みがあり、どのように今後進めていくのかを考える土台となるものであり、参加メンバーと議論して策定することができた。また、この WG では、独自の取組として、NTN の利用促進を図り、この分野を発展させていくために、NTN の新たなユースケースを提示して、新たなユーザを集めて課題を抽出する取り組みも実施した。

ポテンシャルユーザと開催した意見交換会の中では、海洋分野のベンチャー企業からは、日本のような先進国で NTN ニーズが既存で顕在化している領域は少なく、マーケットとしては経済合理性が得られるフィールドにはなり得なく、海洋から 21 世紀の成長産業を創り出すことで、海洋における NTN ニーズの爆発的増大と価値向上を行うことで、日本的な NTN マーケットが創造できるという提案を受けた。また、林業分野からは、森林の中では電波の透過損失が大きく作業者間での通信手段がなく、職業死亡率が一番高い分野であるとのことであった。もしも HAPS や衛星等の NTN サービスがあれば、職業死亡率を低下させることが可能となり、想定外のアクシデントも減少させることが可能である。このような新たなサービスのために必要な、新たな技術的な進化に貢献していきたいと考えている。

NTN はこれからますます重要になる分野だと考えており、今後もスケーラビリティ WG は企業間で協業できコンセンサスを形成していく場として、ユーザとなる企業等から社会課題を抽出し、課題解決を検討し、ソリューションをユーザに還元できるように進めて行きたい。その中で、技術的・制度的な課題があれば、将来的にはこの WG から課題解決する改善策を標準化等へ提案していきたい。今後も、WG の参加企業を中心に、新しいメンバも加えながら、日本から NTN を盛り上げていきたいと考えているので、皆様の積極的な参画をお願いしたい。

尚、今年度の活動記録は以下のとおりである（議長：豊嶋 WG 長）。尚、会合の準備や意見交換後のとりまとめについて、適宜メール議論も実施した。

令和 5 年 8 月 30 日 キックオフ（オンライン）

令和 5 年 9 月 19 日 第 1 回会合（オンライン）

令和5年10月31日 第2回会合（オンライン）
令和5年11月21日 第3回会合（オンライン）
令和5年12月19日 第4回会合（オンライン）
令和6年1月23日 産業業界との意見交換（対面）
令和6年1月30日 第5回会合（オンライン）
令和6年2月20日 第6回会合（オンライン）

最後に、ここまで毎月の検討会に参加いただき、熱心に議論して進め方や課題を検討して頂いた、参加各企業のご尽力に深謝する次第である。

,