

6G Position Paper

May 2025

XGモバイル推進フォーラム

次世代モバイルネットワークの進展に伴い、6Gは新たなイノベーションを推進し、社会・産業・個人の生活に革新をもたらすことが期待される。

本ポジションペーパーでは、日本の将来発展の方向性と想定される社会課題を踏まえ、6Gで解決すべき主要な技術課題について整理し、業界・学界・政府が共通の理解を深めるとともに、日本としての6Gコンセプトを国内外に広く発信することを目的とする。

これにより、持続可能な成長と革新を促進し、次世代モバイルネットワークの実現に向けた議論と取り組みを加速させることを目指す。

モバイルネットワークが特に貢献可能な日本の将来発展の方向性と、モバイルネットワークの進化の方向性に関して、重要と考えられる項目と、それらの実現する顧客価値を以下に挙げる。

将来発展・進化の方向性	顧客価値の例
モビリティの高度化	MaaS, 交通インフラ（自動車、鉄道）の自動化、移動下でのユーザ通信環境の改善
コンテンツ産業の推進	AR/XRなど消費側の高度化、制作側の高度化（e.g. 制作スタジオの無線化、遠隔編集）
一次産業の高度化	スマート農業、スマート水産業、スマート林業など
AIを前提とした発展	AIを活用するためのプラットフォーム、AI-native ネットワークなど

他方、多くの社会課題も存在し、モバイルネットワークがその解決に貢献すると考えられる優先的な項目と、その解決のために実現する顧客価値を以下に挙げる。

社会課題	解決のための顧客価値の例
人口減少・労働力不足・低生産性	省人化、遠隔監視、遠隔制御、自動化、産業DX
産業の環境負荷、サステナビリティ	産業の最適化（例えば情報収集・分析による）スマート物流、IoT/AI活用
災害、レジリアンス	防災、減災（e.g. 緊急速報、被害予測、避難情報）、復旧、強靱なインフラ
過疎化地域のインフラ維持	移動・物流効率化（e.g. 自動・遠隔運転バス）、インフラ監視
過密化する都市の機能維持	都市機能向上、十分な通信容量、交通渋滞緩和、インフラ整備・維持の効率化
医療リソース不足・アクセス格差	遠隔診療・遠隔手術
高齢化（健康寿命）	予防医療、健康管理

6Gへ向けた将来技術による実現

ここでは、XGMFにおける6G関連プロジェクトである「6G無線技術プロジェクト」「6Gネットワークアーキテクチャプロジェクト」「NTN推進プロジェクト」「テラヘルツ波無線技術プロジェクト」「時空間同期プロジェクト」の各プロジェクトで検討している技術が将来発展/社会課題に対し、如何に貢献・関連するのかをまとめる。

顧客価値	提供価値	具体的な技術	現在との違い
遠隔監視、遠隔操作・制御、 移動効率化 (自動・遠隔運転バス)	高速大容量な通信エリアを低コストに 拡大できること。	無線中継・反射板	6G RANの効果を最大化
	対象とするエリア内でどこでも高い通 信品質を提供し、移動を伴う場合も 高いサービスレベルが維持できること。	分散MIMO	より進化したTRP間連携。 (CJT/MU-MIMO、レイヤ数拡大 etc.)
	周辺環境を低コストに把握できること。	無線センシング	センシング機能自体が追加
自動化、産業DX、産業の最適化	提供エリア内でどこでも高信頼な通 信を提供できること。	分散MIMO	より進化したTRP間連携。 (CJT/MU-MIMO etc.)
	提供エリアや用途に合わせて無線シ ステムを動作させることで高い性能を 引き出すこと。	AIによる実効性能の向上	技術が成熟
	周辺環境を低遅延・低コストに把握	無線センシング	センシング機能自体が追加
AR/XRという消費側での高度化	リッチコンテンツを提供するための高 速大容量なエリアを提供すること。	Massive MIMOの高度化	レイヤ数の拡大
		AIによる実効性能の向上	技術が成熟
遠隔診療・遠隔手術、予防医療、健康管理 AR/XRという制作側での高度化	特定のスポットで高速大容量な通 信を安定的に行うこと。	高周波活用/無線中継・反射板	6G RANの効果を最大化
	提供エリア内でどこでも高信頼な通 信を提供できること。	分散MIMO	より進化したTRP間連携。 (CJT/MU-MIMO etc.)

顧客価値	提供価値	具体的な技術	現在との違い
遠隔監視、遠隔操作・制御、 移動効率化 (自動・遠隔運転バス)	E2E波長ルーティングにより低遅延・低ジッタに寄与、操作可能距離の増加により、遠隔操作拠点数の削減が可能	APN AI/Compute/Network融合 (e.g. DCI)	有線部分の低遅延・低ジッタ化
コンテンツ : AR/XRという消費側での 高度化	E2E波長ルーティングによる低遅延・低ジッタ、端末間通信のルーティング最適化による遅延削減がユーザ体感向上に寄与 端末機能オフロードによる端末コスト削減、稼働時間向上、サービス高機能化	APN AI/Compute/Network融合 (e.g. In-Network Computing) SRv6	端末機能のオフロード 端末間通信の高度化
産業の環境負荷、サステナビリティ (ワット・ビット)	E2E波長ルーティングにより低遅延・低ジッタに寄与、物理設備配置の制約が減り電力利用条件の良い配置が可能 需要に応じたNFの増減、再配置による電力削減	APN AI/Compute/Network融合 (e.g. DCI) NFV/Cloudification	有線部分の低遅延・低ジッタ化 NFのクラウドネイティブ化
復旧、インフラの強靱化 (レジリエンス)	E2E波長ルーティングによる低遅延・低ジッタとにより物理設備やNF配置の自由度向上 NFの増減、再配置による復旧迅速化	APN (波長パススイッチング) AI/Compute/Network融合 (e.g. DCI) NFV/Cloudification	NFのクラウドネイティブ化

*1 : APN All Photonics Network

A network that minimizes electrical processing during intermediate stages and establishes end-to-end connections using optical technology

*2 : DCI data centric infrastructure

• Providing Infrastructure as a Service on an open, distributed communication and computing platform.

NTNが実現する価値 (NTN推進 PJ)

顧客価値	提供価値	技術	現在との違い
防災、減災 (e.g. 緊急速報、被害予測、避難情報、環境情報収集)、復旧、インフラの強靱化 (レジリエンス)	<ul style="list-style-type: none"> 上空からのレジリエントな通信ネットワーク提供 (NTN全般) : 被災地における通信の早期復旧や自然災害のモニタリングに寄与 高ペネトレーション、高キャパシティ、低遅延、高機動性 (HAPS) : 災害時の捜索活動において屋内や障害物がある場合でも通信を賄うことや、遠隔救護活動等において一定レベルの画像データを扱う通信を賄うことに寄与。また、災害発生後の迅速展開が可能 	<p>HAPS (高ペネトレーション、高キャパシティ、低遅延、高機動性) LEO・GEO (超広域カバレッジ)</p>	<p>NTNネイティブの到来: 各要素技術の成熟およびグローバルエコシステム構築による調達コストの低廉化に伴い、社会実装が進展し、現状 (5G) のNTNでは限定的であったユースケースが6Gでは一次産業 (農業・水産業・林業)、遠隔医療、自動運転などにも広がると共に、あらゆる場所で当たり前利用可能となる</p> <p>人と環境にやさしいSDGsへ貢献するNTN: 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</p>
過疎化地域のインフラ維持、移動・物流効率化 (e.g. 自動・遠隔運転バス)、インフラ監視	<ul style="list-style-type: none"> 上空からのユビキタスな通信ネットワーク提供 (NTN全般) : 未整備地域のエリアカバーや不採算地域における地上基地局の置き換え、過疎化地域における移動・物流の効率化に寄与 高キャパシティ、低遅延 (HAPS) : インターネットや映像サービスを含む高度なコンテンツの提供や、低遅延を活用したドローンを用いたサービスや自動運転の提供に寄与 	<p>HAPS (高キャパシティ、低遅延) LEO・GEO (超広域カバレッジ)</p>	
一次産業 (農業、水産業、林業など) のスマート化	<ul style="list-style-type: none"> 上空からのユビキタスな通信ネットワーク提供 (NTN全般) : 地上インフラの設置が困難なエリア (山間部、海上等) で働く人の危険回避や安全性確保、福利厚生や業務効率性の向上に寄与。IoTセンサーによる農作物・水産物等のモニタリングや農作業・水産業等の自動化作業に寄与。 高ペネトレーション、高キャパシティ、低遅延 (HAPS) : モニタリングにおける映像データ含む高度なデータ連携や、高い精度が求められる作業の自動化に寄与 	<p>HAPS (高ペネトレーション、高キャパシティ、低遅延) LEO・GEO (超広域カバレッジ)</p>	
遠隔診療・遠隔手術	<ul style="list-style-type: none"> 上空からのユビキタスな通信ネットワーク提供 (NTN全般) : 島嶼部や山岳地域の集落など、地上インフラの設置が困難なエリアにも安定した医療サービスの提供に寄与 高キャパシティ、低遅延 (HAPS) : 遠隔診断や遠隔医療において映像データ含む高度な通信の提供に寄与 	<p>HAPS (高キャパシティ、低遅延) LEO (超広域カバレッジ)</p>	
MaaS, 交通インフラ (自動車、鉄道) の自動化、通信環境の改善	<ul style="list-style-type: none"> 上空からのユビキタスな通信ネットワーク提供 (NTN全般) : 地上インフラの設置が困難なエリアにも安定した通信サービスを提供することに寄与 高キャパシティ、低遅延 (HAPS) : 映像データを含む高度なデータ連携の実現により自動運転の安全かつ効率的な運航を支援することに寄与 	<p>HAPS (高キャパシティ、低遅延) LEO (超広域カバレッジ)</p>	

顧客価値	提供価値	具体的な技術	現在との違い
都市機能の向上、十分な通信容量、交通渋滞・混雑緩和、インフラ整備・維持の効率化	インフラ整備コスト削減・通信負荷低減 <ul style="list-style-type: none"> APN補完として、光ファイバ敷設が困難な場所での接続を可能とし、6Gインフラ整備コストを削減 イベント会場等トラフィック急増に対応した基地局設置を簡素化、トラフィック混雑を緩和 	ミリ波・サブテラデバイス技術 <ul style="list-style-type: none"> 小型・低コスト・省電力、設置簡便性 半導体、パッケージ、低損失・低誘電率材料 	<ul style="list-style-type: none"> 端末へのミリ波帯標準実装、ミリ波帯の本格普及 ミリ波に加え、サブテラ波の利用（バックホール、FWA等）APN補完として100Gbps級の伝送速度実現
防災、減災（e.g. 緊急速報、被害予測、避難情報、環境情報収集）、復旧、インフラの強靱化（レジリエンス）	光ファイバ網のバックアップ冗長化、災害からの早期復旧 <ul style="list-style-type: none"> 被災光ファイバの代替として、簡易に設置可能であり、災害発生後の迅速なインフラ復旧に寄与 	遮蔽対策・エリア拡大 <ul style="list-style-type: none"> 狭ビーム形成、制御 RIS、反射板活用 	<ul style="list-style-type: none"> NTN等広域ネットワークとの連携による効率的な復旧
省人化、遠隔監視、遠隔操作・制御、自動化、産業DX	配線工期短縮、保守メンテの簡素化 <ul style="list-style-type: none"> 超高速、超低遅延の特長を生かした、高精細なセンシングデータのリアルタイム共有により、産業機器、ロボット等の自動制御、遠隔制御に寄与 データセンター、映像制作スタジオ等、複雑な配線接続のワイヤレス一部導入化によりフレキシブルな機器配置に寄与 	変復調・NW技術 <ul style="list-style-type: none"> MIMO多重等、100Gbps級のモデム技術 マルチリンク 	<ul style="list-style-type: none"> 通信とセンシングとの統合によるモビリティ対応 リピータ等による遮蔽エリア対策の進化 Sub-6やアンライセンスバンド等とのマルチリンクによる接続性の向上

顧客価値	提供価値	具体的な技術	5Gとの違い
省人化、遠隔監視、遠隔操作・制御、移動・物流効率化(自動・遠隔運転バス)、インフラ監視、環境情報収集、スマート農業	位置出し性能の向上 <ul style="list-style-type: none"> 時刻や位置を迅速に取得 他個体の位置情報を迅速に取得し、空間的な干渉の発生を抑制して高度な協調動作を実現 高密度多重通信 <ul style="list-style-type: none"> 時刻および周波数の精度向上により、時間多重・周波数多重の密度を向上 	小型原子時計 Wi-Wi クラスタ時系 分散MIMO	各デバイスが高精度高安定ローカル時刻を保有することによる <ul style="list-style-type: none"> 自律性の確保、設計冗長性の削減 ガードバンド・ガードタイムの低減
インフラの強靱化(レジリエンス)	GNSSへの過度な依存を緩和 <ul style="list-style-type: none"> 原子時計によりズレにくい時刻を自律的に生成することで、時刻のホールドタイムが延長され、GNSS信号喪失後でも稼働可能な時間が拡大 	APN 小型原子時計 クラスタ時系 光格子時計 高精度ローカル時刻生成/共有技術	GNSS/GMCとの同期が途絶した場合でも長期間運用可能
コンテンツ：制作スタジオの無線化、遠隔編集	多数の同期リアルタイム接続/編集の実現 <ul style="list-style-type: none"> 無線によるクロック同期が可能となり、カメラ等機器の可動度が向上 複数の映像を高度に時分割して転送し、時系列に基づいて一貫して整理可能 一時的に無線接続が途切れても、ローカルクロックが動作を継続することで、同期を一定時間維持 	Wi-Wi 高安定度ローカル時刻生成/共有技術	時刻のみならず、クロックの位相同期まで実現するため、通信が断絶してもクロック同期を取り直す必要なし

将来発展

モビリティの高度化

コンテンツ産業の推進

一次産業の高度化

AIを前提とした発展

社会課題

人口減少・労働力不足・低生産性

産業の環境負荷、サステナビリティ

災害、レジリアンス

過疎化地域のインフラ維持

過密化する都市の機能維持

医療リソース不足・アクセス格差

高齢化（健康寿命）

提供価値

高速・大容量

低遅延・低ジッタ

多接続性

高信頼性

モビリティ

低消費電力

カバレッジ・エリア改善

レジリアンス

技術

Advanced/Distributed M-MIMO

Air interface enhancement by AI

Sensing

cmW/mmW

Sub-THz

All Photonic Network

AI/Compute/Network Fusion

NFV/Cloudification/SRv6

GEO/LEO

HAPS

通信業界の課題 (今後深掘して検討)

収益性と新規ビジネス

- データ量以外の収益化ができていない
- 物価上昇時でもARPUが十分に上昇できない
- エンタープライズ領域のエコシステムを形成が不十分
- スマホの次のデバイス

インフラ維持

- データトラフィックが増加し続ける
- ユビキタスかつ強靱なネットワークの運用・保守

インフラの世代

- 複数世代の効率的な運用
- Verticalと通信インフラのライフサイクルの違い

5Gの課題

- SA、ミリ波、ローカル5Gの普及
- 5Gの更なる活用

6Gの課題

- 5Gに対する6Gの差別化・価値
- 6Gを必要とする、サービスやデバイス
- 既存システムとの互換性と円滑な実装方法
- 6G周波数のグローバルハーモナイゼーション（帯域、幅）
- 周波数共用技術

5Gの課題

- イノベーション創出や飛躍的な生産性向上を生み出す成長シナリオの基盤となるためには、世界No.1のネットワークを築き上げることが肝要
- ユーザー体験としての4Gとの差別化（カバレッジ優先による問題）

6Gの課題

- 日本のBeyond 5G (6G)戦略を、全世界的な6Gの方向性と一致させることが必要不可欠
- 世界規模の6Gエコシステムに組み込まれることが必須であり、その上で日本として重点的に取り組む技術を見出していく必要
- SubTHz無線の導入実現性

インフラ維持

- エリアカバー率の在り方（事業者ごと、全事業者）

インフラの世代

- 古いシステムの維持と制度の在り方（例えば、音声など）

日本の影響力

- 日本の標準化影響力

6Gはより高速で信頼性の高い通信を実現し、AI・IoT・XRなど多様な技術と融合して新たな価値創造を促進する。本ポジションペーパーでは、日本の将来展望と社会課題を踏まえた上で、現時点で優先して検討すべき主要な技術課題を整理し、6Gでの解決が期待される技術をまとめた。

今後、持続可能な社会の実現に向け、業界・学界・政府が連携して標準化や研究開発を推進することで、個々の技術とシステムとしての6Gのグローバルエコシステムを実現していくことが重要となる。本ペーパーを通じて、6Gの実現に向けた共通認識と具体的なアクションを促進できることを期待する。

