

高周波数帯活用に関する諸外国動向と考察

研究理事 桑津浩太郎

株式会社野村総合研究所
コンサルティング事業本部

2023年1月24日

NRI

Share the Next Values!



高周波数帯活用に関する諸外国の動向、考察

- 携帯電話の普及、利用増大と5G以降の新たなニーズの顕在化を見込んで、諸外国の多くはミリ波、テラヘルツ波等の活用を政策的に推進する姿勢を見せている。
- 反面、予想される基地局効率の低下、端末価格の高騰など、これまでと同じアプローチでは、携帯電話ビジネスモデルを非効率化させることも、明らかであり、通信事業者や関係団体によって、取り組みの範囲、積極度は大きく異なる。
- 比較的、共通性の高いアプローチとしては、
 - 大型スポットアプローチ(民生)
大型スタジアム、公共交通機関の結節点、イベント会場、エンタメ施設など、既存電波とWiFiだけでは十分なサービス提供が困難な大型スポットを対象として優先(米国、英国、中国等)
 - 産業ゾーンアプローチ
工場、港湾、物流センターなど、無人化、自動化やXR活用が想定される小地域(Industry zone)を先行ターゲットとする(中国、シンガポール等)。スマートシティやCPIを展望したプロジェクトスタイルが多い。
 - プライベート/ローカル5Gの拡張・進化アプローチ
産業ゾーンと重複する部分が多いが、特に工場内や物流機器などを対象としたプライベート/ローカル5Gの上位版として、潤沢な帯域のサブネットと位置づける。
 - ルート&スポットアプローチ
鉄道や大規模道路など、スポットとルートを組み合わせた割り当て方式の検討(中国)
 - 安全保障関連アプローチ
安全保障分野でのアプリ開発、ドローンやAIによる認識活用等での研究開発を、高周波数帯のパイロットプロジェクトとして優遇する(米国)。

ミリ波利用の必要性と課題

- ・今後、これまでの人のコミュニケーション以外での通信需要(機器、装置、アクチュエータ等)を鑑みると、更なる電波帯需要が確実視され、ミリ波等の高周波以外の帯域供給は考えられない。
- ・反面、ミリ波は、電波特性からして、これまでのビジネスモデル、料金体系、基地局投資を、そのまま適用できない。

■人のコミュニケーション以外での通信需要増大

- 自動車を筆頭とした機械、装置のネットワーク接続
 - ・ 自動車を例にとると、これまでの1日40~80MBのデータやりとりに加え、商用車やバス等の遠隔自動運転支援(限定ゾーンや混雑時、乗降や積載・積み下ろし等での高精度な遠隔制御)など、1日1GB相当も視野に入れる。
 - ・ 建機においても、これまでの位置確保とオンオフ、メーター読み取り時は、3G相当の要求仕様であったが、今後のスマート建機は、360度検知、オペレータ見守り(居眠り等)で、カメラストリーム7以上、制御アシストなどの高速・低遅延ニーズが求められ、5G複数回線相当の通信仕様が期待される。
- スマートシティ、高速道路等の都市関連インフラでの見守り、制御、検知等の需要増大
 - ・ 固定カメラの高精細度化(4k対応)が進展しており、これを補完する移動見守りプラットフォーム(ドローン等)や広範囲・高精細の映像ストリーム確保など、広い帯域需要が求められる。
- 見守り、検知、制御など、コミュニケーションとは異なるアプリケーションと、そのためのAIがネットワークに接続され、膨大な通信需要を生み出す。

■一方、ミリ波等の高周波帯域は、電波特性から、既存のビジネスモデルを、そのまま適用できない。

- 電波の到達距離が短いため、これまで以上に多数の基地局を配置する必要がある。
「通信事業者の設備投資の70%近くが基地局関連、ミリ波で、現在のエリアをカバーすると、基地局数、投資ともに3~4倍を超えるという試算もあり、単純に基地局をばらまくことはできない」

難しいのは分かっているが、
やらざるを得ない

- 一方で、今後、AI等によるリアルタイム制御、多数の同時映像検知等を組み合わせた、低遅延型の需要も予想され、混雑の起こりにくい広い帯域も必要。
「使いにくいのは分かっているが、ミリ波以外に実現手段はない。高層ビルやトンネルのように、専用の基地局を的確に配置する必要がある」

高周波数帯活用に関する諸外国の動向(2)

- ミリ波ならではの、いわゆるキラアプリ、サービスの提供は多数のトライアルは進められているものの、十分な成果とは言いにくい。
- IoT、遠隔制御や見守り等の「非人間、非コミュニケーション」分野の開拓は、投資の非効率性とARPUの制約の両面で、マネタイズの困難さが残っている。
 - コスト視点では、カバー範囲が狭まり、基地局展開の効率性が低下する。4Gまでのビジネスモデルとは一致しない面がある。
 - 「非人間、非コミュニケーション」分野の低ARPUだけでなく、遠隔制御等を想定した低遅延についても、本格商用化に向けた「値付け」に苦慮している例が多い。
- 大都市部でのミリ波活用への注目は、中国を中心に。
中国等を中心に、人口3000万超の大都市圏のインフラ運用、都市管理スマート化、グリーン化等について、高周波帯の積極的な活用がコンセンサスとなりつつある。
 - 「サブ6以下の広域サポートだけでは不十分であり、人の集まりや見守りが重要なホットスポットでのミリ波活用が不可避」
- 欧州は郊外、過疎地域においても重要インフラ等にミリ波を想定。
一方、欧州を中心に都市、町のグリーン化は、人口40万都市を中核とし(分散エネルギーは都市の過密に不適なため)、周辺郊外・過疎地域をネットワークでカバーする計画であるが、この場合でも、交通等の重要インフラ向けは、通信サービス品質の重要性を鑑みて、ルート+ゾーンでのミリ波活用に前向きとなっている。

高周波数帯活用に関する考察(1)

- 広い範囲をカバーする免許とローカル5Gのような狭小エリア免許の二本立てなど。
 - 小さなシステムへの対応と広い範囲を効率的にカバーする通信事業者のニーズの双方に対応。
 - 効率的なマクロ・トップダウンだけでなく、ボトムの取り組みを、地理的に拡張(エクステンド)するアプローチも(FCC)
- 試験的、トライアル重視の受け皿用意と実際の利用状況把握
 - 免許期間を短く設定し、「仮免許」のように柔軟なトライアルに適した割当(米国、中国)
 - 上記に対応した利用状況の把握を目的とした報告制度
- 高周波数を支える光ファイバーも重視
 - 高周波数は飛ぶ距離が短い→顧客のそばまで光ファイバーが欲しい。
より光ファイバーを敷設するインセンティブ、コンビネーションインセンティブが必要(FCC)
- 設備オペレータ、システムインテグレータ(制御分野)
 - これまでの監視(映像垂れ流し、センサー等)に加えて、AIによるリアルタイム認識・検知、リモート制御・操縦を対象としたシステムインテグレータの比率が高まる。工場・施設内物流など、限定されたエリア、ゾーンで低遅延のやりとりが行われる。
- 潜在的な顧客サイドの産業パートナー(可能なら安全保障パートナー)を巻きこむ仕組みを検討する。
 - 大型レジャー施設、セキュリティサービス、港湾運営など、ドローンやリモート操縦ニーズを、面でカバーする事業者を、利用者サイドのパートナー(パイオニアユーザ)として位置づける。技術力やネットワーク運用能力をサポートする通信事業者等との組み合わせ、カップリングを進めるインセンティブを検討する(FCC、EU等)

高周波数帯活用に関する考察(2) 日本の産業競争力強化視点

- ミリ波は課題は多く残るものの、携帯電話ビジネスの進化として高い重要性を有する。加えて相対的にGAFAMの存在感の小さい分野であり、競争の余地が残っている。
 - 機器、設備面は受発信、制御等の部品競争力の重要性も高く、日本の優位性が認められる分野の一つ。
 - サービス、アプリ面では、GAFAMが圧倒的な強さを有するSNS、スマホ分野に比較して、都市管理や社会インフラ連携、産業機器の運用高度化など、日本が相対的に競争力を有する分野との親和性が高い。サイバーフィジカル連携の重要なインフラ、パーツと位置づけられる。
- 日本は中国の都市管理と欧州の郊外・過疎地対応の両方のニーズ、フィールドを有する。
 - 都市管理の視点からすると、大都市部での人の集中、安心・安全に対するネットワークインフラとして重要性が高く、これらのニーズは、東南アジア、インド、アフリカ等での事業機会につながる。
 - 一方、欧州が想定しているカーボンニュートラル対応の郊外、過疎地においても、人が少ないゾーンでの重要インフラ制御、見守り等での活用も期待されている。
- 自動車、産業機器、運輸・輸送機器のビジネスモデル発展を、サイバーフィジカル連携によって支援するに際して、高周波数帯の開拓は重要性が高い。

5Gミリ波の商用化状況

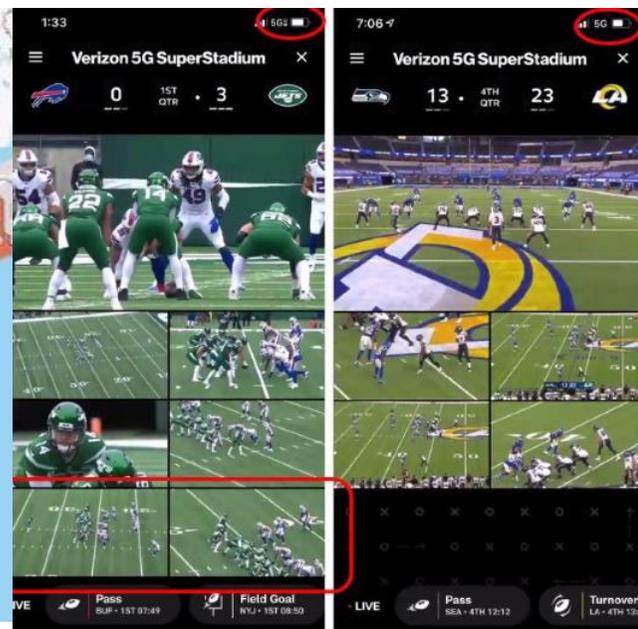
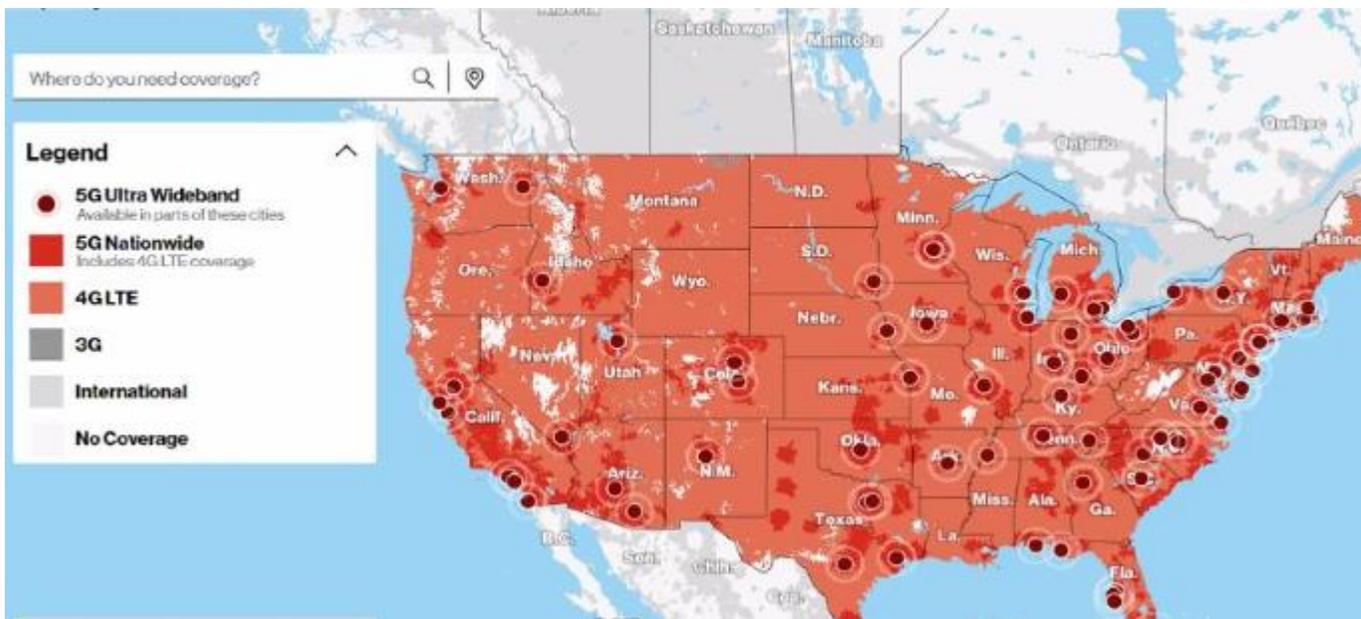
■ 約30事業者が商用化。



事例：米国Verizon社の5Gミリ波

■ 80都市、60のスタジアム・アリーナとブロードバンド・家庭固定サービスを60地域で提供。

- ミリ波は、大規模スポット、ゾーンを対象。人の集まる地域への提供。
- スタジオ向けは、ミリ波でつながると、手持ちスマホの映像ストリーム数が増える。
「速度計測すると、ほぼGbpsのスピードが出ている」



大型スポットアプローチ(民生)

- ・スポーツコンピューティング、エンタメコンピューティングとの組み合わせ。
- ・一般利用者をターゲットとした取り組み。比較的、通信事業者モデルとの相性がよい

- 大規模スタジアム、レジャー施設でのスマホ、掲示版、ドローン等を対象とした高周波数帯活用
 - 利用者の集中を無線LAN等と分担して受け止める。
無線LANに対して、高QoSと位置づける。
 - 一般のスマホ利用、ドローン等による撮影、表示・誘導、検知、見守り等のアプリを想定。
 - 設備側での初期投資負担等の課題は残るが、過去10年の無線LAN投資等の自然な発展形といえる。

図表 米国MLBでのWiFi6設備導入 出所：STR



- 次世代アミューズメント施設における統合アトラクションが、CPI、XR活用となる可能性が高く、それを支える高周波数帯域へのニーズが高まる。

- 観客のスマホと組み合わせた誘導、園内の大量ドローン、見守りカメラ連携に、WiFiとは別の信頼できる帯域が必要。

図表 米国MLBでの5G高周波数基地局設備導入



出所：Qualcomm

参考:大規模アミューズメント施設をとりまく環境とDXへの要件

- ・アトラクションの「恐竜化」に対して、ソフトとプラットフォーム分離での解決へ。
PMで効果を確認してXR、次にドローンとムーバーをプラットフォームへ。
- ・ゲスト側デジタルで、空き・待ち・移動時間をエンタメに。ゲスト間・ゲストフレンド間での相互作用?もエンタメに。

■設備投資の増大に対して、ソフトウェアとプラットフォームの二階層アプローチ

- ディズニー関連施設における投資規模推移
2019年には、1990年比較で上位10%のアトラクション当たり、20倍超に投資増大。
- その一方でアトラクションの有効期間は、40%近く短縮。
- 「このままではアトラクションは恐竜と同じ運命」
「昔から言われていたステージ・イベント分離の劇場アナロジーで、設備プラットフォームとソフト・コンテンツの二分化によって、ライフサイクルコストを下げつつ、短い寿命のコンテンツを、コントロールされたコストで安定的に提供し、顧客満足度を下げない事を模索するしかない」
- 映像技術の発展が中心
顧客へのアピール、スケラビリティの柔軟性と多様性対応、ポータビリティの実現など、いずれにも優れており、変わらず中核に位置する。
本命はPMの発展型としてのXR。アトラクションに閉じず、顧客導線や施設全体をネットワーク化し、ユビキタスにXRをデリバリーできる仕組みが必要。
 - ・プロジェクションマッピングの評価
初期投資が、そこまで大きくならない
ソフトウェア主体であり、コンテンツ更新の負荷が相対的に低い
広告、イベント発信等との相性がよい

- ・ドローンマッピング、ガイダンスへの注目
床、壁面等のPMIに続き、ドローンによるマッピング、音響・音声ガイドが有望と見ている

- ### ■次に施設内移動もプラットフォームへ
- コスト負担が大きく、柔軟性に欠けるムーバー(乗り物)も、固定レールと固定施設背景ではなく、パレット台車のソフト制御・無人運転に転換。
柔軟な映像・音響背景との組合せから、多様性、コスト抑制を実現する見込みがある。

■ゲスト側のデジタル化連携

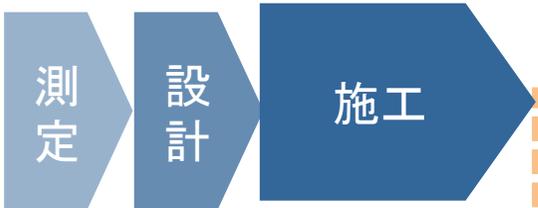
- 平行して、スマホがマップ、リーフレット、チケットを代替した。
個人の位置、活動、感情を収集するデバイス(スマホ、タグ、ビーコン)、もしくは、その連携受け手に、ゲスト体験高度化の鍵がある。
- 受動性だけでなく、施設のなかで、ゲーミフィケーション(他の顧客と競争、協調)を実現させることで、待ち時間の間も楽しめる仕組み(実況、体験共有)、SNSと連携させる仕組みが考えられる。
- 新規のアミューズメント施設の方向性の一つとして、教育、トレーニング等とゲーミフィケーションの融合を狙っていく。
環境への配慮も留意点の一つ。

設備オペレータ、システムインテグレータ(制御分野、建設機械を例)

2022年自動化元年。有人、自動・無人に加えて、遠隔(対面・非接触)の3モード組合せへ。

2025年デジタルツインへの発展。信頼できるネットワークと無線帯域(ゾーン限定)は更に必要

デジタルツイン



標準、共通化業務は、無人機を24時間稼働(可能ならば)

遠隔地、夜間、女性・高齢者オペレータは遠隔化で対応

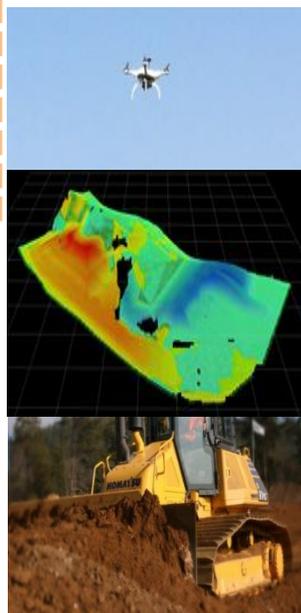
マシンと人の1対1対応からデジタルツインでの統合運用へ

有人、自動、遠隔の3モード運用

工期短縮



24時間稼働への期待
・夜間は地球の裏側
オペレータボトルネック
解消



大量のデータを人間に分かりやすくする
モデル型インターフェース?



夜間は地球の裏側から制御

都市、工場、設備などの物理空間のデジタル化(人も対象。ただし、見守り健康などに重点)

3000万人を超える都市の急増、急浮上とデータによる都市管理への注目(中国)

人口3万、30万、300万に続いて、3000万を管理するフレームワークが必要かつ実現可能となった。
高周波数帯域は、そのために必要。

■東京圏は1位から、ベスト10下位へ

2018年	2050年
● 東京 3800万	ムンバイ4240万
● ジャカルタ3220万	ジャカルタ 4020万
● デリ-2730万	デリ-3620万
● マニラ2470万	キンシャサ3500万
● ソウル2420万	カルカッタ3300万
● 上海2410万	ラゴス3300万
● ムンバイ2330万	上海3280万
● ニューヨーク2160万	東京3200万
● 北京2130万	カラチ3200万
● サンパウロ2110万	北京3200万

都市の見守り、交通、エネルギー、医療等の
インフラ管理は、さらにネットワークニーズを
強める。

電動化、知能化と組み合わせたモビリティ管理
なども、今後のデジタルツインを前提。

「データによる都市管理の生産性向上
これまでの縦割り都市管理ではなく、データによ
る横串管理から、デジタルツインでの統合管理が
見えてきた」(中国)

「エネルギー、通信、ヘルスケア、モビリティ、セ
キュリティのなかで、要素技術が整って、これか
ら劇的に向上するのがモビリティとセキュリティ」

- 参考 2100年 ラゴス8830万、キンシャサ8350万、ダル
イスラーム7370万、ムンバイ6700万

都市圏定義はソース別に異なる
ため厳密な比較には不適