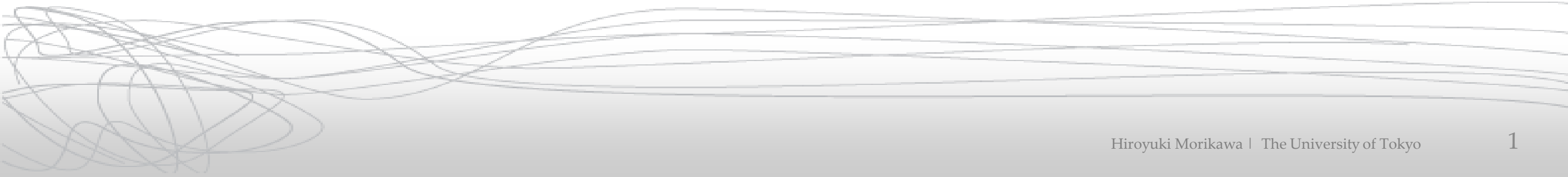


真の5G体験／6Gの前哨戦／新市場創出 としてのミリ波

東京大学大学院工学系研究科

森川博之

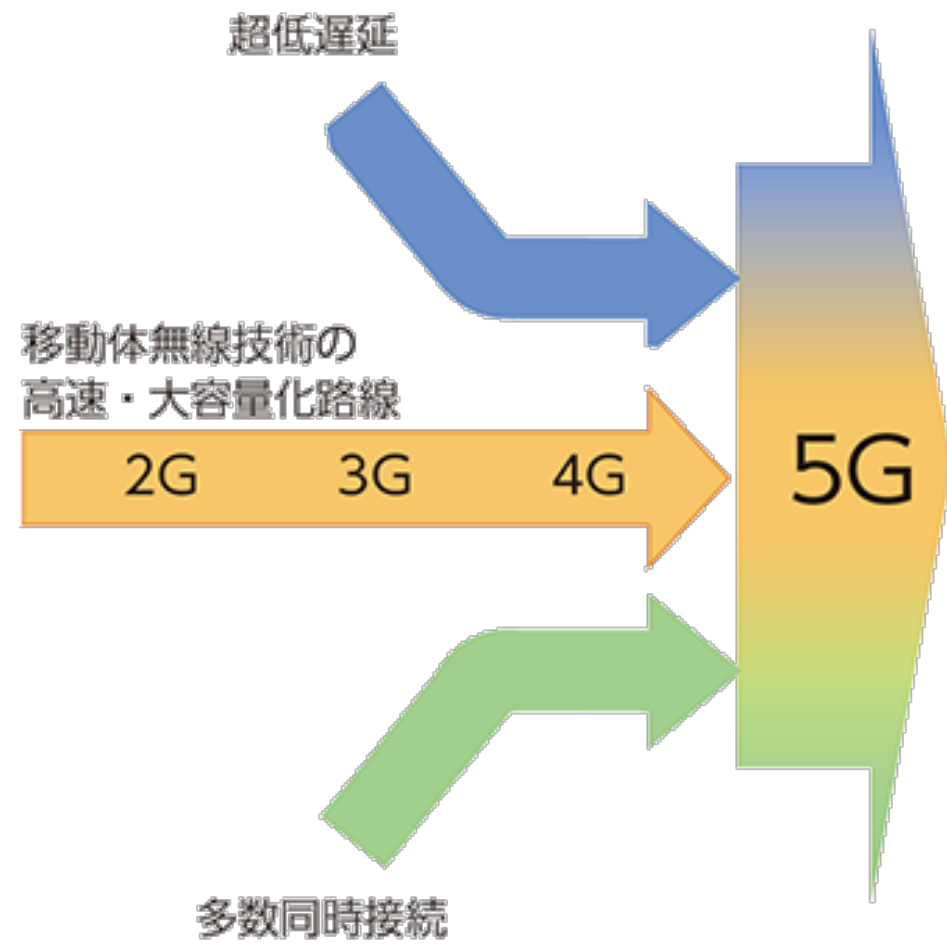
2024.03.28



- ✓ 真の5G体験を引き出すミリ波
- ✓ 6Gの前哨戦としてのミリ波
- ✓ 新市場創出としてのミリ波

ミリ波

5Gは、IoT時代のICT基盤



5G

超高速
現在の移動通信システムより100倍速いブロードバンドサービスを提供



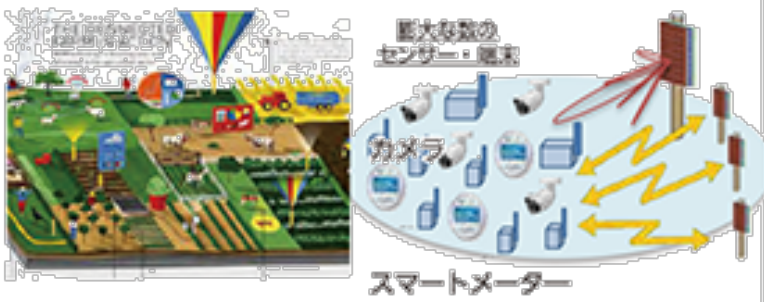
⇒ 2時間の映画を3秒でダウンロード

超低遅延
利用者が遅延（タイムラグ）を意識することなく、リアルタイムに遠隔地のロボット等を操作・制御



⇒ ロボット等の精緻な操作をリアルタイム通信で実現

多数同時接続
スマホ、PCをはじめ、身の回りのあらゆる機器がネットに接続



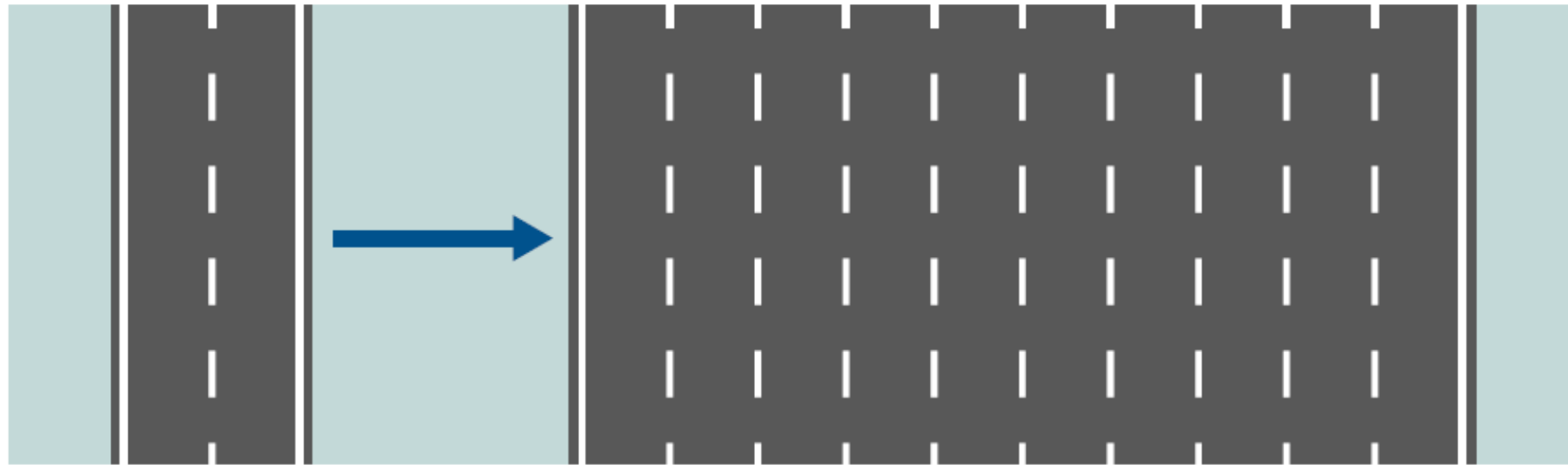
⇒ 自宅屋内の約100個の端末・センサーがネットに接続（現行技術では、スマホ、PCなど数個）

社会的なインパクト大

Source: 総務省

FIGURE 2

5G MMWAVE PROVIDES SIGNIFICANT CAPACITY INCREASE WITH ADDITIONAL SPECTRUM



2 LANE HIGHWAY
4G & 5G mid-band
100-200 MHz spectrum

10 LANE FREEWAY
5G mmWave
Up to 1000 MHz of spectrum

ミリ波：帯域の広さ

Source: 5G mmWave – Unlocking the Full Potential of 5G, GSMA, April 2022.

	ローバンド			ミッドバンド						Sub6	ミリ波	合計
	700 MHz帯	800 MHz帯	900 MHz帯	1.5 GHz帯	1.7 GHz帯	2 GHz帯	2.3 GHz帯	3.4 GHz帯	3.5 GHz帯	3.7/4.5 GHz帯	28 GHz帯	
docomo	20	30	—	30	40 <small>東名阪のみ</small>	40	—	40	40	200	400	840
au	20	30	—	20	40	40	40	—	40	200	400	830
SoftBank	20	—	30	20	30	40	—	40	40	100	400	720
Rakuten	—	—	—	—	80 <small>(40MHzは東名阪以外)</small>	—	—	—	—	100	400	580
合計	60	60	30	70	190	120	40	80	120	600	1,600	2,970

2023年5月時点
(単位：MHz)

Source: 総務省5GビジネスデザインWG報告書、May 2023.

割当周波数の半分以上はミリ波

(高トラヒック新サービスや高トラヒックエリアではミリ波が不可欠)



Morning at home

Train/subway station commute

School or university

Work in office, enterprise, factory

Shopping mall and high street

Back at home



Watching news, morning shows or educational programmes
Joining work and study video calls
Catching up with email

Enjoying streaming
Downloading video
Participating in video meetings
Collaborating on presentations
Synching files
Virtual ticket & help desks with video
AR navigation

Hybrid classes: physical + virtual
Remote teachers
Instant access to high-quality content
Always connected devices (laptops, tablets)
Immersive XR learning
Fixed wireless access for remote schools

Cloud-based and virtual desktop applications
Video meetings with real-time translation
4K/360 security cams
Crisis management using digital twins
Wire-free production equipment
Automated-guided vehicles

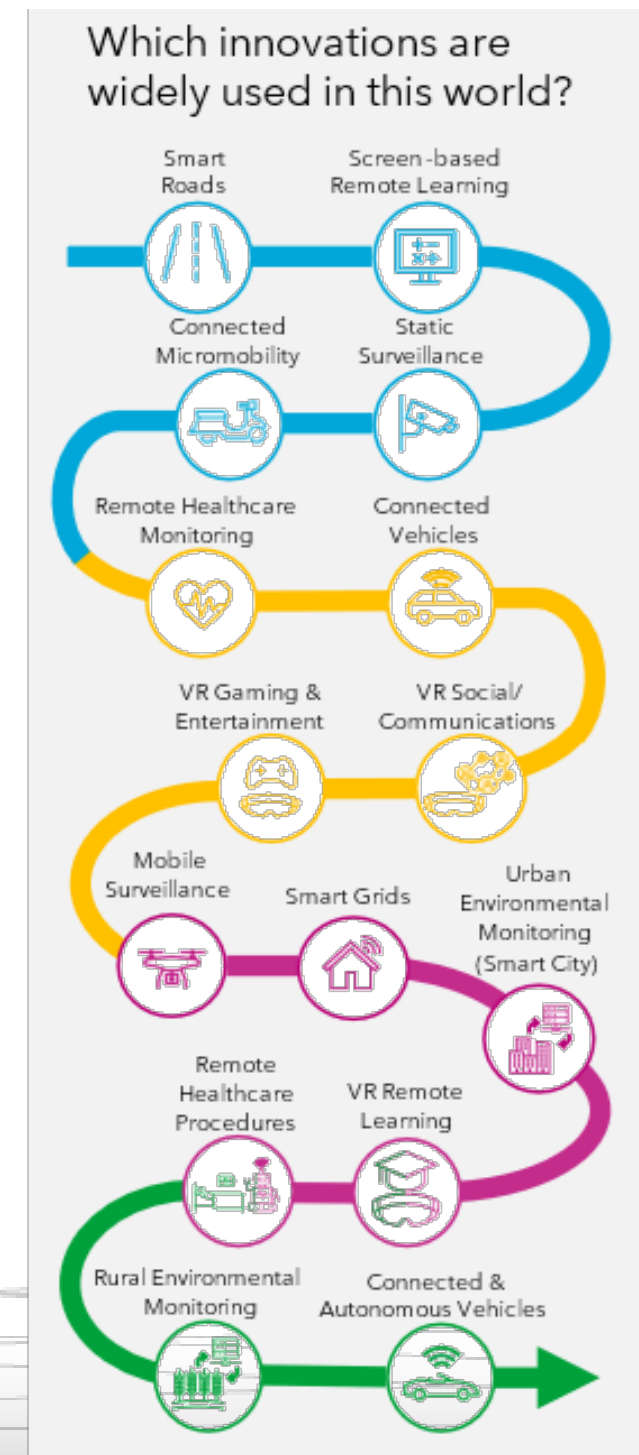
AR-assisted navigation and shopping
Video calls with family and friends
Sharing videos and photos
Using 5G PCs at coffee shops and restaurants
Digital signage

AR-assisted navigation and shopping
Video calls with family and friends
Sharing videos and photos
Using 5G PCs at coffee shops and restaurants
Digital signage

Source: 5G mmWave – Unlocking the Full Potential of 5G, GSMA, April 2022.

- ✓ Smart Roads
- ✓ Screen-based Remote Learning
- ✓ Static Surveillance
- ✓ Connected Micromobility
- ✓ Remote Healthcare Monitoring
- ✓ Connected Vehicles
- ✓ VR Social / Communications
- ✓ VR Gaming & Entertainment
- ✓ Mobile Surveillance
- ✓ Smart Grids
- ✓ Urban Environmental Monitoring (Smart City)
- ✓ VR Remote Learning
- ✓ Remote Healthcare Procedures
- ✓ Rural Environmental Monitoring
- ✓ Connected & Autonomous Vehicles

Wireless 2030 by 英国政府科学厅





Department for
Science, Innovation
& Technology

UK WIRELESS INFRASTRUCTURE STRATEGY

April 2023

Department for Science, Innovation and Technology

5G Non-Standalone	5G Evolution Standalone	5G Advanced
Enhanced Mobile Broadband (eMBB) Internet of Things (IoT)	Ultra-reliable Low Latency Communications (UR- LLC) Massive IoT Edge computing Network Orchestration Network Slicing Non-terrestrial Networks Enhanced Location Positioning	Artificial Intelligence (AI)/ Machine Learning (ML) Extended Reality (XR) High-Precision Position & Timing

Source: UK Wireless Infrastructure Strategy, UK Department of Science, Innovation & Technology, April 2023

UK Wireless Infrastructure Strategy

英国科学・イノベーション・技術省 (DSIT)

Standalone 5G will be needed to support use cases which require increased upload capability (sending large files or videos), lower latency (fast response times necessary for gaming or other real-time applications) and greater reliability (required for any mission-critical or business-critical application).

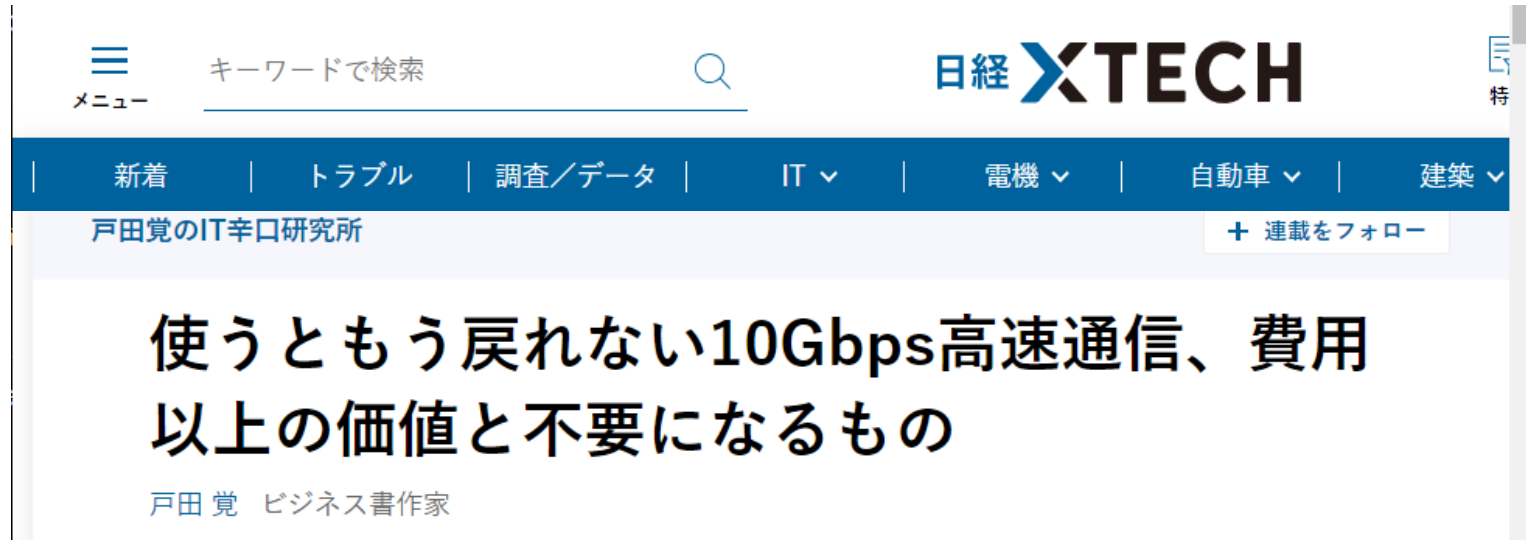
We are therefore setting a stretching new ambition of nationwide coverage of standalone 5G to all populated areas of the UK by 2030.

UK Wireless Infrastructure Strategy

英国科学・イノベーション・技術省 (DSIT)

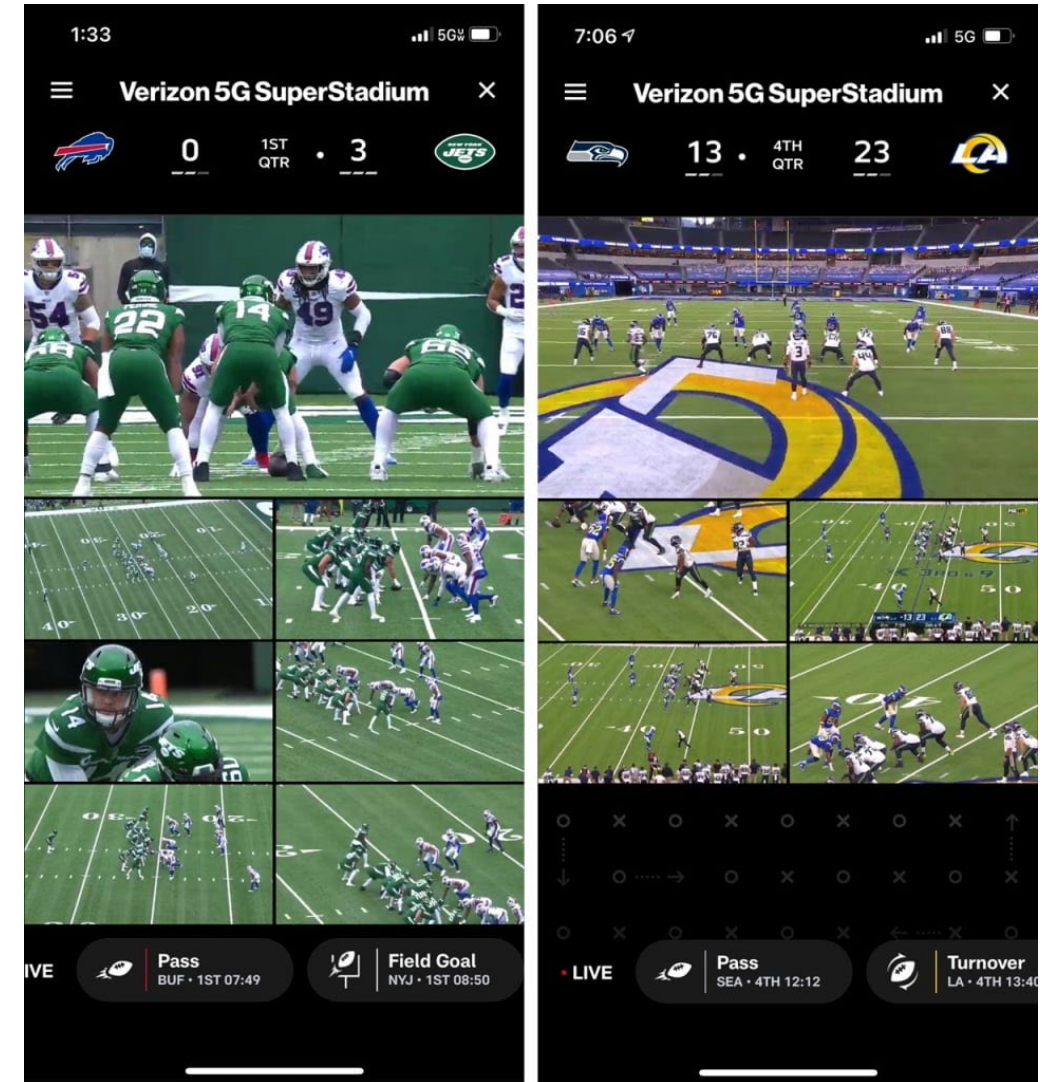
Source: UK Wireless Infrastructure Strategy, UK Department of Science, Innovation & Technology, April 2023

- ✓ スタジアム、鉄道駅、屋内モール、屋外高密度エリア、イベント会場、、、



Source:: 日経クロステック, 2024年3月19日

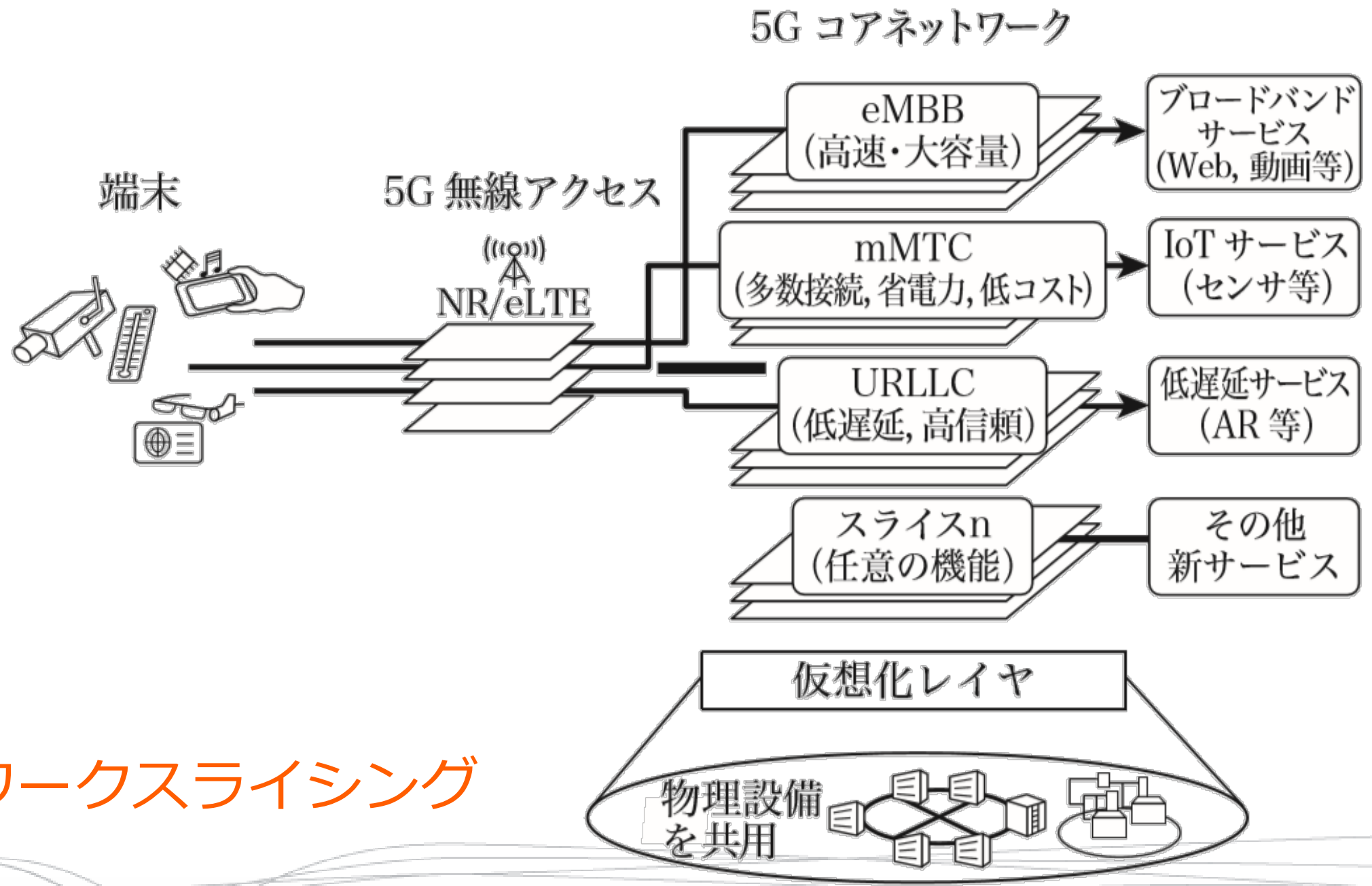
ミリ波での5Gエクスペリエンス



Source: S. Segan, At Super Bowl LV, 5G Will Change the Game, PCmag, April 2021.

- ✓ ミリ波は高トラフィックコンテンツや高トラフィックエリアのトラフィックの吸収が可能
 - ⇒ ミリ波以外の周波数帯域利用者の通信混雑を緩和
 - ⇒ ミリ波対応端末利用者以外にも恩恵

ミリ波対応端末のスピルオーバー効果



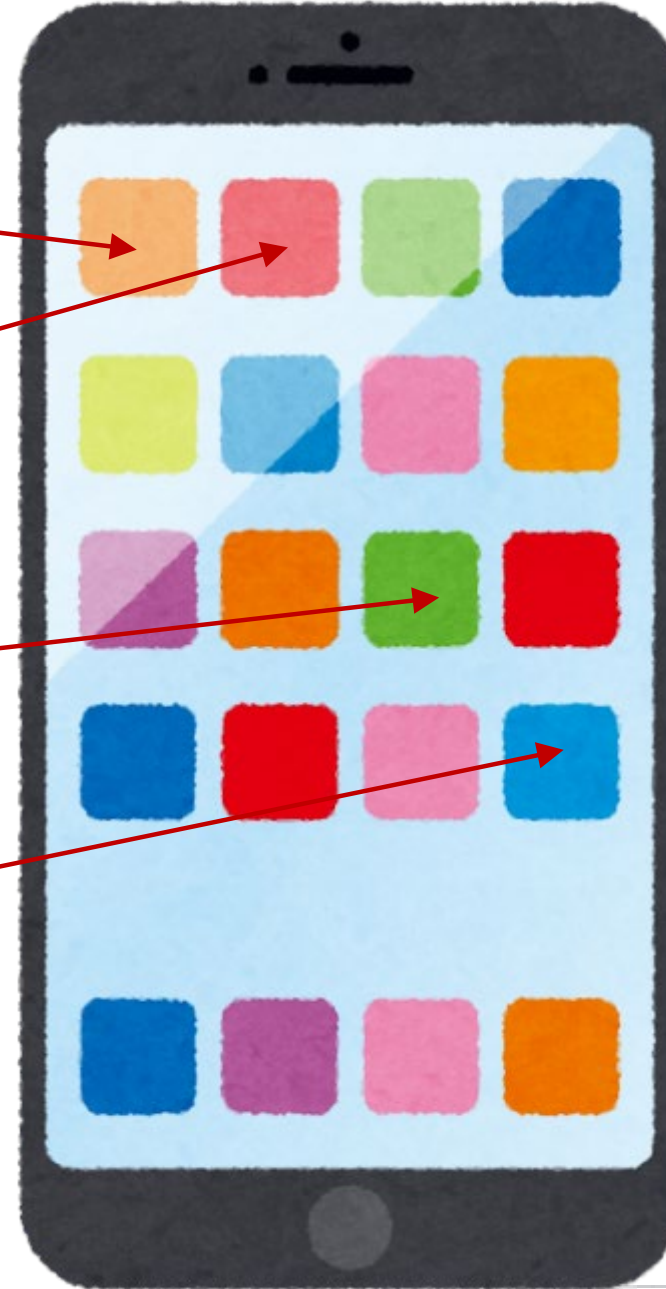
ネットワークスライシング

個人SNS・コミュニケーションアプリ：ベストエフォート品質のスライス

会社SNS・コミュニケーションアプリ：通信速度、信頼性保証の品質のスライス

ゲームアプリ：遅延、信頼性保証の品質のスライス

銀行アプリ：信頼性、セキュリティ保障の品質で銀行払いのスライス



ネットワークスライシング

制約がなくなる世界

ケーブルの制約
通信接続の制約
端末の制約
場所の制約
物質・空間の制約

✓ 高機能端末 ⇒ 端末は画面 + 通信機能のみ, 機能はクラウドへ

【クラウドゲーム】 ゲーム端末性能や同期の制約からの解放 (ゲームデザインの自由度)

- ゲームの演算処理をクラウド側で行い, 生成した映像をストリーミングで端末に送信. ゲームの「ネットフリックス化」.
- 端末は画面と通信環境のみ. 美しいグラフィックス処理といった重い処理はクラウドで実行. 端末非依存, ユーザーの準備不要

【AR/VR】 スマートグラスが抱える制約からの解放

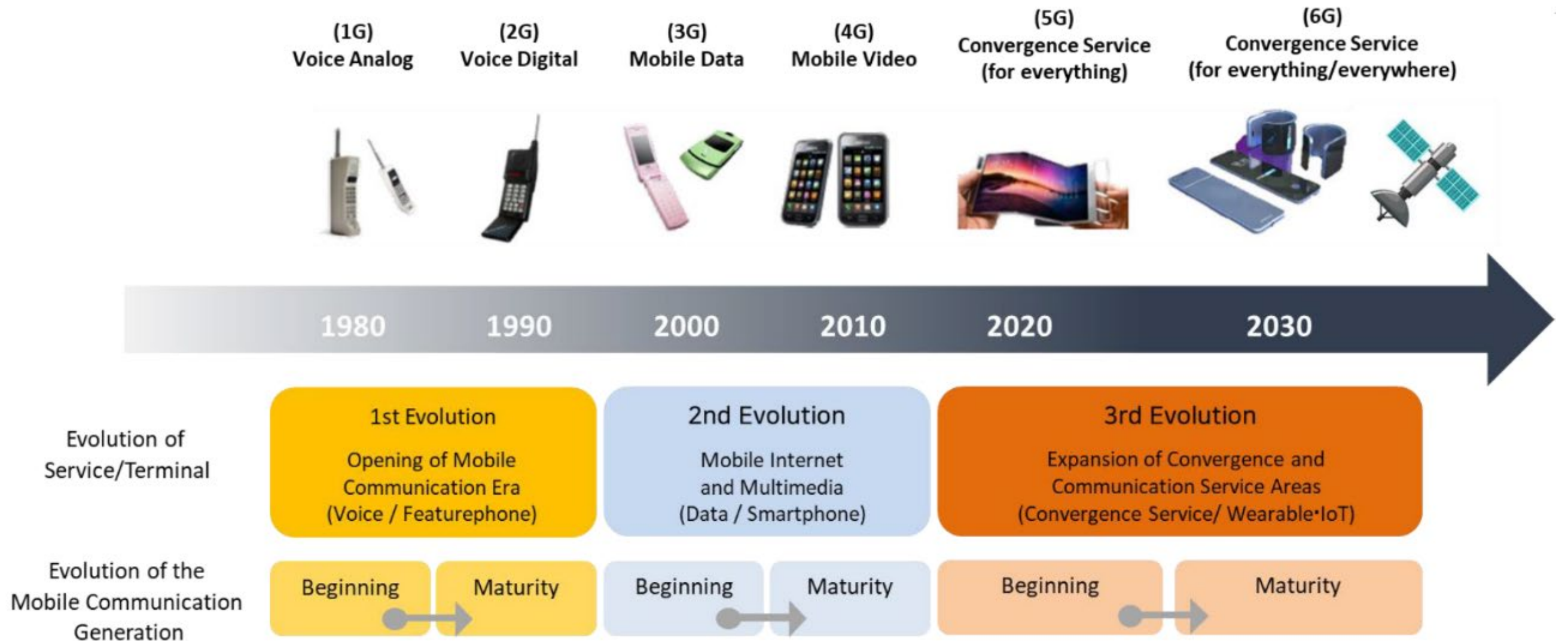
- 「高精細映像を表示するためのGPUが不要となるため消費電力↓」 「高精細のグラフィック機能が不要となるためコスト↓」

端末の制約がなくなる

✓ 現場からセンターへ

- 建設機械を現場で操作 ⇒ センター側で操作
- 全国各地の建設機械, 鉱山機械, 車両などを遠隔操縦パネルから操作
- 建設・土木などの現場の労働力不足解消の切り札 (シニアや女性などといった方々の参画も), 作業員の高齢化に伴う技術伝承への対応, 安全なかつ迅速な災害復旧にも有用

場所の制約がなくなる



Source: SK Telecom 6G White Paper: 5G Lesson Learned, 6G Key Requirements, 6G Network Evolution, and 6G Spectrum, August 2023.

インフラ整備

機器・端末が少なく、
ユースケースも限られているため、
インフラ整備の投資インセンティブが少ない



ユースケース

利用可能なエリアが狭く、
機器・端末も少ないため、
ユースケースが創出されない

機器・端末

利用可能なエリアが狭く、
ユースケースも限られているため、
機器・端末が普及せず、
コストも高止まり

Source: 総務省5GビジネスデザインWG報告書、May 2023.

- ✓ ミリ波エンジニアリング
 - ミリ波は扱いづらい周波数。すり合わせ的なきめ細かな調整技術など
も必要。エンジニアリング技術のみならずノウハウもビジネスになる
- ✓ 高機能化部品における日本企業の強み
- ✓ 対内投資の増加
 - ミリ波を日本市場の魅力とする
- ✓ 6G, 7Gでの市場獲得
 - さらに高い周波数を利用する6G, 7Gの土俵にあがるためには、ミリ波
での知見が必須

新市場創出

- ✓ 真の5Gを体験する新サービス創出のためにはミリ波が必須
- ✓ 割当周波数の半分以上がミリ波であり、高トラヒックな新サービスや高トラヒックエリアではミリ波の活用が不可欠
- ✓ ミリ波対応端末の普及はミリ波対応端末以外の利用者にも恩恵が及ぶスピルオーバー効果あり
- ✓ ミリ波は6G・7Gの前哨戦であり、6G・7Gでの市場獲得に向けてミリ波での知見が必須。ミリ波の活用が将来の情報通信産業の発展の帰趨を握る可能性あり
- ✓ ミリ波はインフラ整備、機器端末、ユースケースの鶏と卵の関係にあり、その好循環を創出することが重要

大局的な見地から政策を総動員し、
ミリ波の普及を後押しすることが重要