



National Institute of Information and Communications Technology

ワイヤレスネットワーク総合研究センター オープンラボ2021

特別企画3: パネルディスカッション 「NICTが目指すこれからのワイヤレス研究」

寶迫 巖
(ほうさこ いわお)

「Beyond 5G推進戦略 —6Gへのロードマップ—」の公表

総務省は、5Gの次の世代である「Beyond 5G」（いわゆる6G）の導入時に見込まれるニーズや技術進歩等を踏まえた総合戦略の策定に向け、令和2年1月から「Beyond 5G推進戦略懇談会」（座長：五神真 東京大学総長）を開催し、Beyond 5Gの導入が見込まれる2030年代の社会において通信インフラに期待される事項やそれを実現するための政策の方向性等について検討を行ってきました。

今般、同懇談会において取りまとめられました「Beyond 5G推進戦略懇談会 提言」を受け、「Beyond 5G推進戦略 —6Gへのロードマップ—」を公表します。

また、取りまとめに先立ち、「Beyond 5G推進戦略骨子」に対する意見募集を行いましたので、その結果についても公表します。

1 経緯

総務省は、5Gの次の世代である「Beyond 5G」（いわゆる6G）の導入時に見込まれるニーズや技術進歩等を踏まえた総合戦略の策定に向け、令和2年1月から「Beyond 5G推進戦略懇談会」（座長：五神真 東京大学総長）を開催し、Beyond 5Gの導入が見込まれる2030年代の社会において通信インフラに期待される事項やそれを実現するための政策の方向性等について検討を行ってきました。

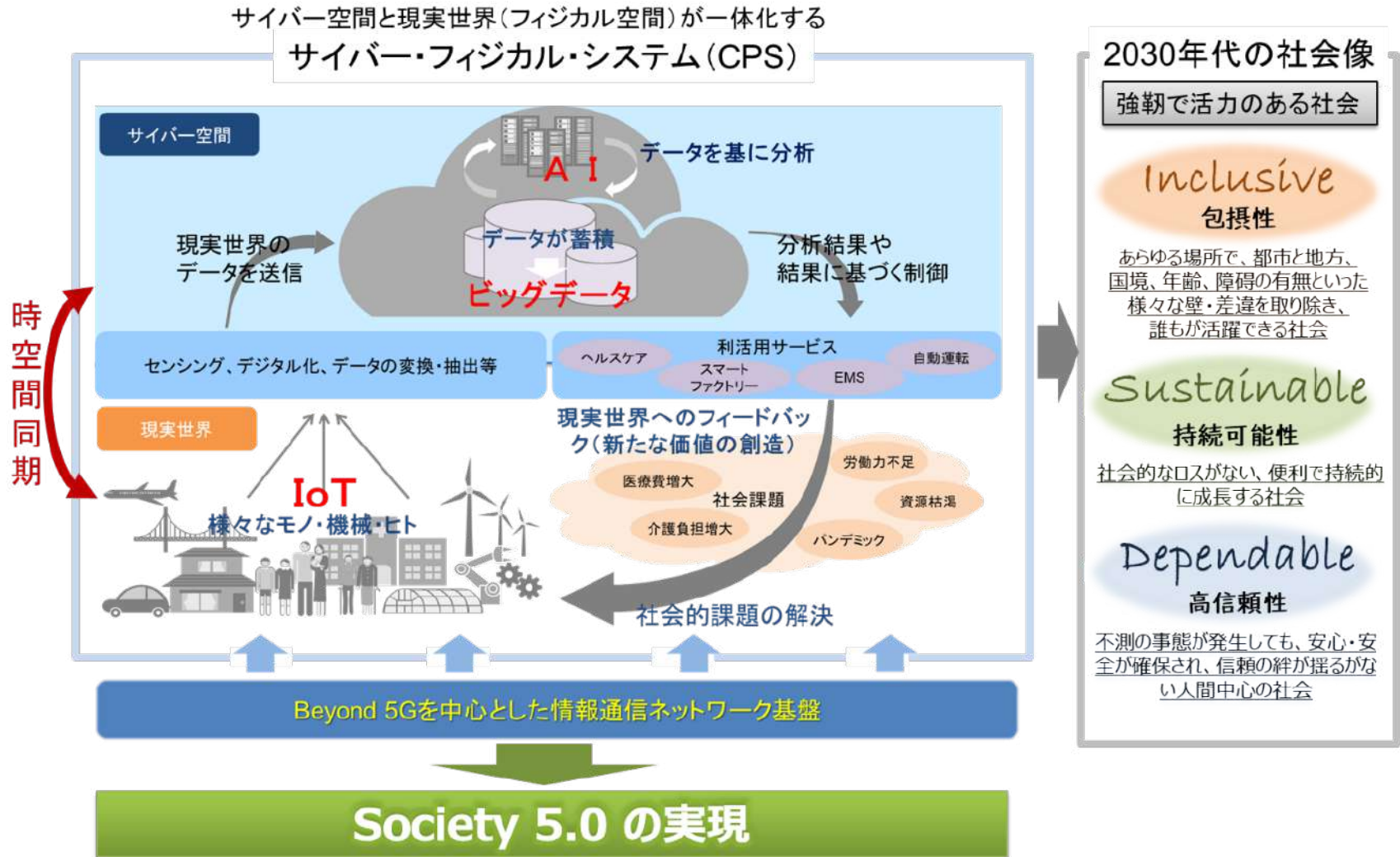
今般、同懇談会において取りまとめられました「Beyond 5G推進戦略懇談会 提言」（[別紙1](#) )を受け、「Beyond 5G推進戦略 —6Gへのロードマップ—」（[別紙2](#) )及びその概要（[別紙3](#) )を公表します。

また、取りまとめに先立ち、令和2年4月15日（水）から同年5月14日（木）までの間、「Beyond 5G推進戦略骨子」に対する意見募集を行ったところ、64件の意見の提出がありましたので、その結果についても公表します（[別紙4](#) 及び[別添](#) ）。

公表資料については、電子政府の総合窓口[e-Gov] (<https://www.e-gov.go.jp>)「パブリックコメント」欄に掲載します。
また、連絡先窓口にて閲覧に供するとともに配布します。

Beyond 5G推進戦略懇談会 提言 令和2年6月

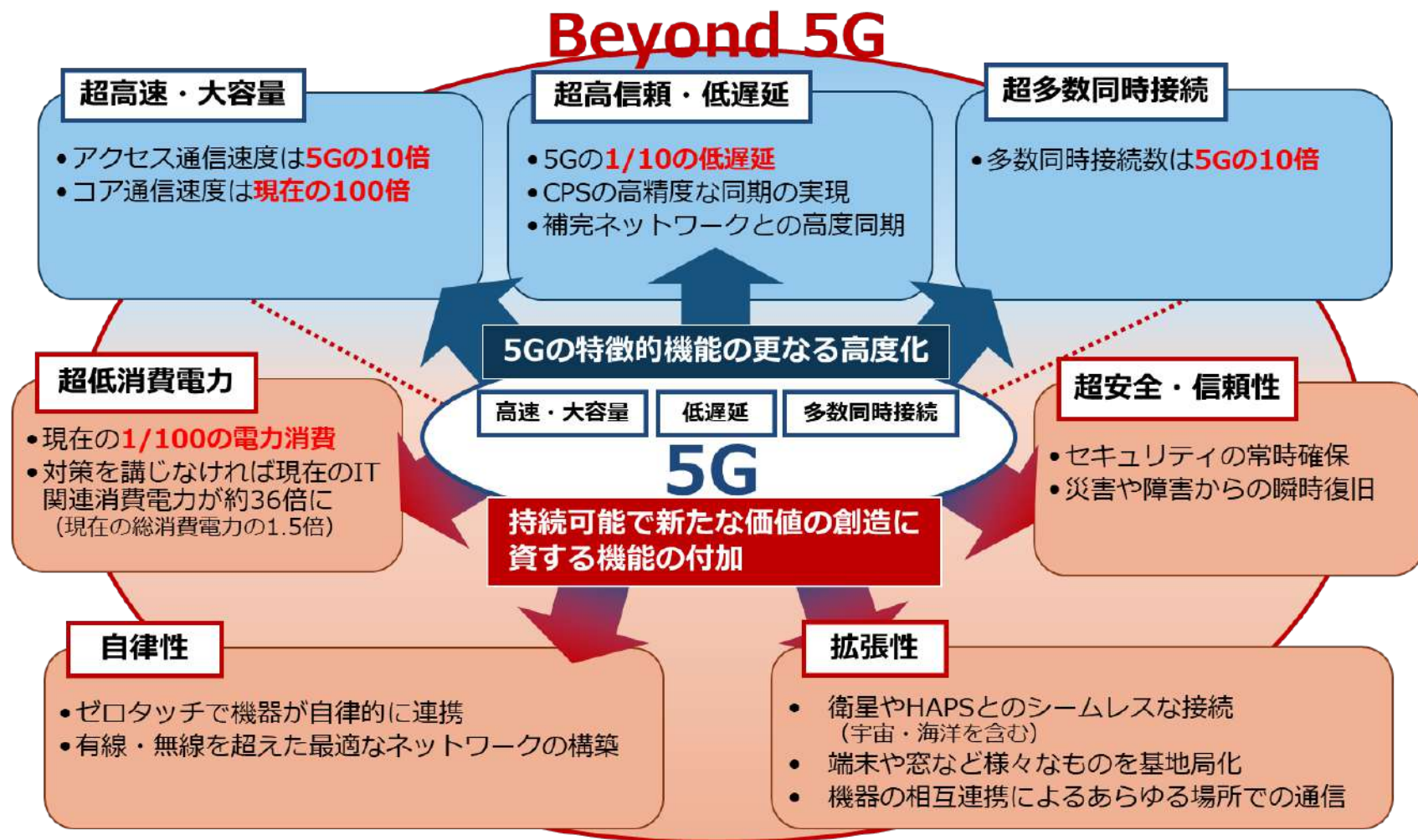
(別紙) Beyond 5G推進戦略 -6Gへのロードマップ-



図表1：サイバー・フィジカル・システムの進展と2030年代の社会像

Beyond 5G推進戦略懇談会 提言 令和2年6月

(別紙) Beyond 5G推進戦略 -6Gへのロードマップ-



図表3：Beyond 5Gに求められる機能

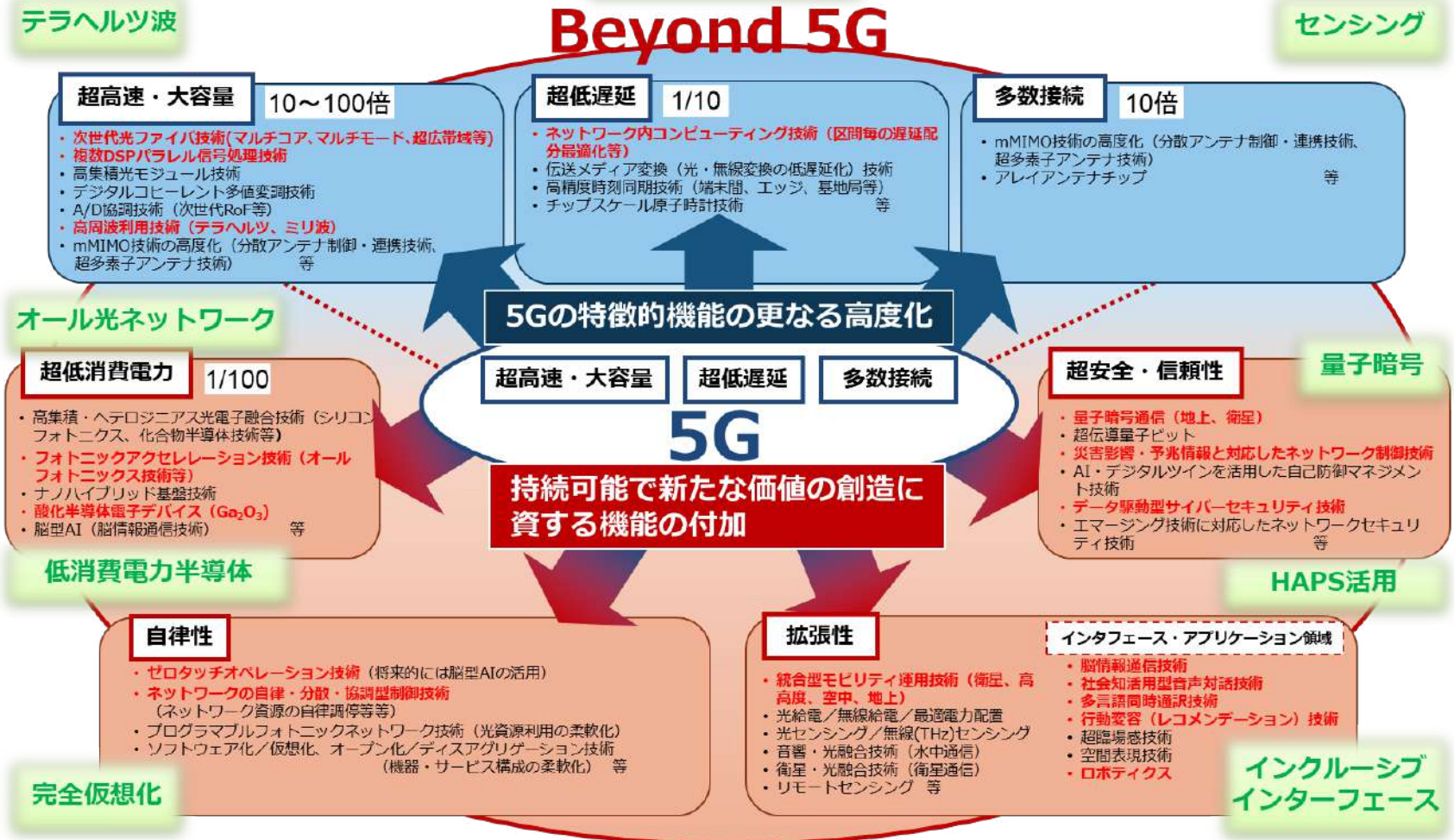
Beyond 5G推進戦略懇談会 提言 令和2年6月

(別紙) Beyond 5G推進戦略 –6Gへのロードマップ–

※ **赤字**は産学官の別なく、重点的に進めるべきと考えられる技術の例

時空間同期
(サイバー空間を含む。)

※ **緑字**は、我が国が強みを持つ又は積極的に取り組んでいるものが含まれる分野の例



図表4：重点的に研究開発等を進めるべきと考えられる技術例

6G^

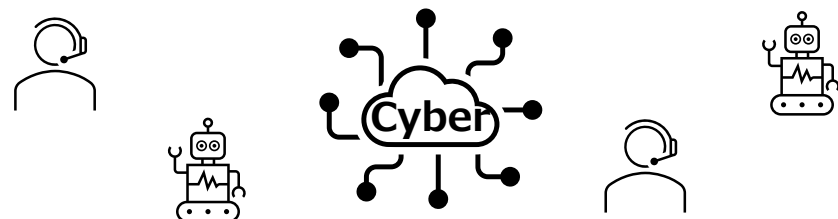


Beyond 5G(6G)に向けたテクノロジービジョン

移動通信システム：通信基盤（～3G） ➡ 生活基盤（4G） ➡ 社会基盤（5G）へと進化

喫緊の課題：新しい生活様式の下での経済成長の実現 ➡ 「**ICTを活用した非接触型社会**」

空間的に分散した個人が高度な神経網 (Beyond 5G(6G)) でつながり、**サイバー空間**を通じて他者やロボット、アバターと協働。いかなる時でも価値を創出し続ける。



実空間の事象を**計測**（ビッグデータ）し、**サイバー空間**に**投影**し、解決策（最適解）を見いだして実空間を**駆動**する「**サイバーフィジカルシステム**」の実現。

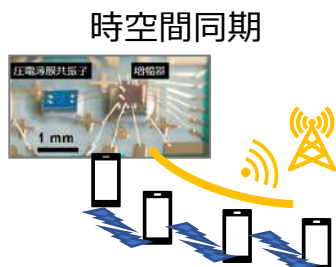


神経網となるBeyond 5G(6G)の開発と「サイバーフィジカルシステム（CPS）」の実現がカギ

NICT 技術シーズ例



テラヘルツ
携帯電話で100Gbit/s級超高速無線を実現。バックホール回線等では屋外1kmを100Gbit/sで通信可能に



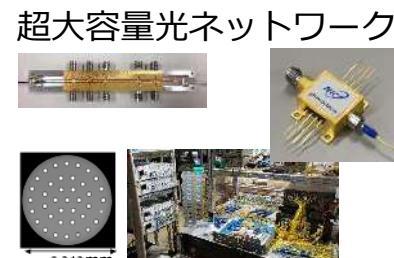
時空間同期
超小型原子時計で電波の位相も自在に操り、端末間・基地局間連携や、非GPS位置情報サービスも実現



電波エミュレータ
インフラからアプリまで様々な電波システムを、仮想空間上で設計、評価、検証が可能な環境を提供



スペースB5G(NTN)
NTN (Non-Terrestrial Network)
航空宇宙や海洋で実現する、シームレスに統合された多層的なネットワークの構築に必要な基盤技術



超大容量光ネットワーク
光ファイバ無線（RoF）やマルチコア光ファイバ技術等で現実世界のみならず、サイバー空間内や現実世界と間のデータ通信の根幹を担う

NICTの技術シーズを社会のニーズをソリューションとして提供するパートナーとともに、Beyond 5G(6G)の先駆けとCPSの早期実現を目指す

電波エミュレータプロジェクト（仮想空間における電波模擬システム技術の高度化）

事業の目的

- Beyond 5Gや自動走行、ドローン、IoT等の普及に伴い**新たな無線システムの開発や展開を柔軟かつ迅速に行う必要がある**一方、**実環境における試験は、多大な費用と時間を要する**ほか、**同一条件を再現できない**ため、無線システムの改修前後の比較検証を精度よく行うことが困難といった課題がある。
- 本事業は、**仮想空間上で無線システムの通信方式・電波伝搬特性等を大規模かつ高精度で模擬し**、リアルタイムで評価する「電波模擬システム（電波エミュレータ）」の実現に向けた研究開発等を実施する。
- 電波模擬システムの利用を通じて、**新たな無線システムの研究開発にかかる費用や期間の圧縮**、制度化に必要な検討作業の効率化及び周波数利用効率の向上を目指す。

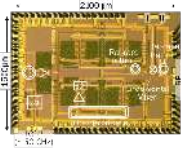


Beyond 5G(6G)関連技術シーズ例 (テラヘルツ、時空間同期、スペースB5G(NTN)、超大容量光ネットワーク)

テラヘルツ (未開拓の周波数を自在に扱う)

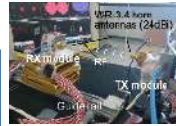
■ シリコンCMOS集積回路によるテラヘルツ帯無線送受信機の開発

(広島大学・パナソニック株式会社との共同開発)



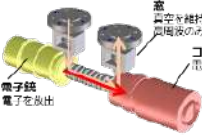
300GHzシリコンCMOS受信機 チップ

テラヘルツ通信モジュールで世界
で初めて20Gbpsを達成
→100Gpsへ



■ テラヘルツ帯増幅器技術

(NECネットワーク・センサ株式会社との共同開発)



真空管技術によるテ
ラヘルツ帯増幅技術

バックホール回線等で1km
離れても100Gpsを目指す

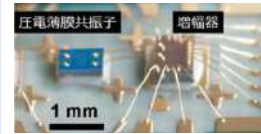
■ テラヘルツ帯無線通信用の小型・広帯域アンテナ技術

インピーダンス帯域70GHz以上、アンテナ利得
10dBi以上、利得帯域80GHz以上の小型アンテナ

テラヘルツアンテナを携帯電話等に搭載できるサイズへ

時空間同期 (電波を自在に操り、非GPS位置情報の基盤へ)

(東北大学・東京工業大学との共同開発)



■ 圧電薄膜の機械振動を利用し、原子時計をスマー
トフォンに搭載できるくらいの超小型システムへ

→チップ化に向けて大きく前進

端末間連携

複数の端末があたかも1台の
端末の様に動作



極近距離はミリ波・テラヘ
ルツ波で連携

非GPS位置情報

● 原子時計搭載の全地球測位シス
テム (例: GPS) 衛星からの信
号が届かない場所でも、正確な
位置情報サービスが可能 (地下、
屋内、ビル街、等)

● システムに異常 (太陽フレア、
電離圏異常、紛争) が
生じてサービスを継続可能

遠隔地同期

あたかも伝搬遅延がない
かのように同期した動作



高精細画像の同期



作業機械の同期

スペースB5G(NTN) (カバーエリアを革新的に拡大)

NTN (Non-Terrestrial Network)

■ ワイヤレスネットワー ク制御・管理技術

事業者間連携、多数接
続・低遅延、ミリ帯・THz
波帯の伝搬モデル化

■ ワイヤレスネットワー ク高信頼化技術

ドローン制御用低遅延無
線、海中・体内外通信等
の極限環境無線など、高
信頼化や通信環境の拡張

■ グローバル光衛星通信 ネットワーク基盤技術

衛星回線の大容量化にこ
たえる光通信技術、地上
局ネットワーク化

■ 海洋・宇宙ブロードバ ンド衛星通信技術

海上や航空路のブロード
バンド通信を提供。通信
機器の小型軽量化。

■ ワイヤレスネットワー ク適応化技術

高効率なデータ転送技術、
超省電力動作技術、無線
利用環境のモデル化



ユーザーに意識させず柔軟・確実・高速に、いつでも、
どんなときも、どんなところでもつながる

超大容量光ネットワーク

(Beyond 5G(6G)を担える基幹網へ)

サイバー空間



現実世界のみならず、サイ
バー空間内や現実世界との間
のデータ通信の根幹を担う

現実世界



■ 光ファイバ無線 (RoF※)

90GHz帯で高速走行
する列車との間で
1.5Gbpsの通信を確立
済。さらなる高度化で
B5Gに対応する



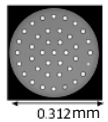
光変調デバイス



光電変換デバイス

■ マルチコア光ファイバ

1本の光ファイバで
38コア・10P(ペ
タ)bpsの容量を達成。
また、22コア光ファ
イバで1Pbpsスケー
リングも実現。さら
なる高度化を目指す。



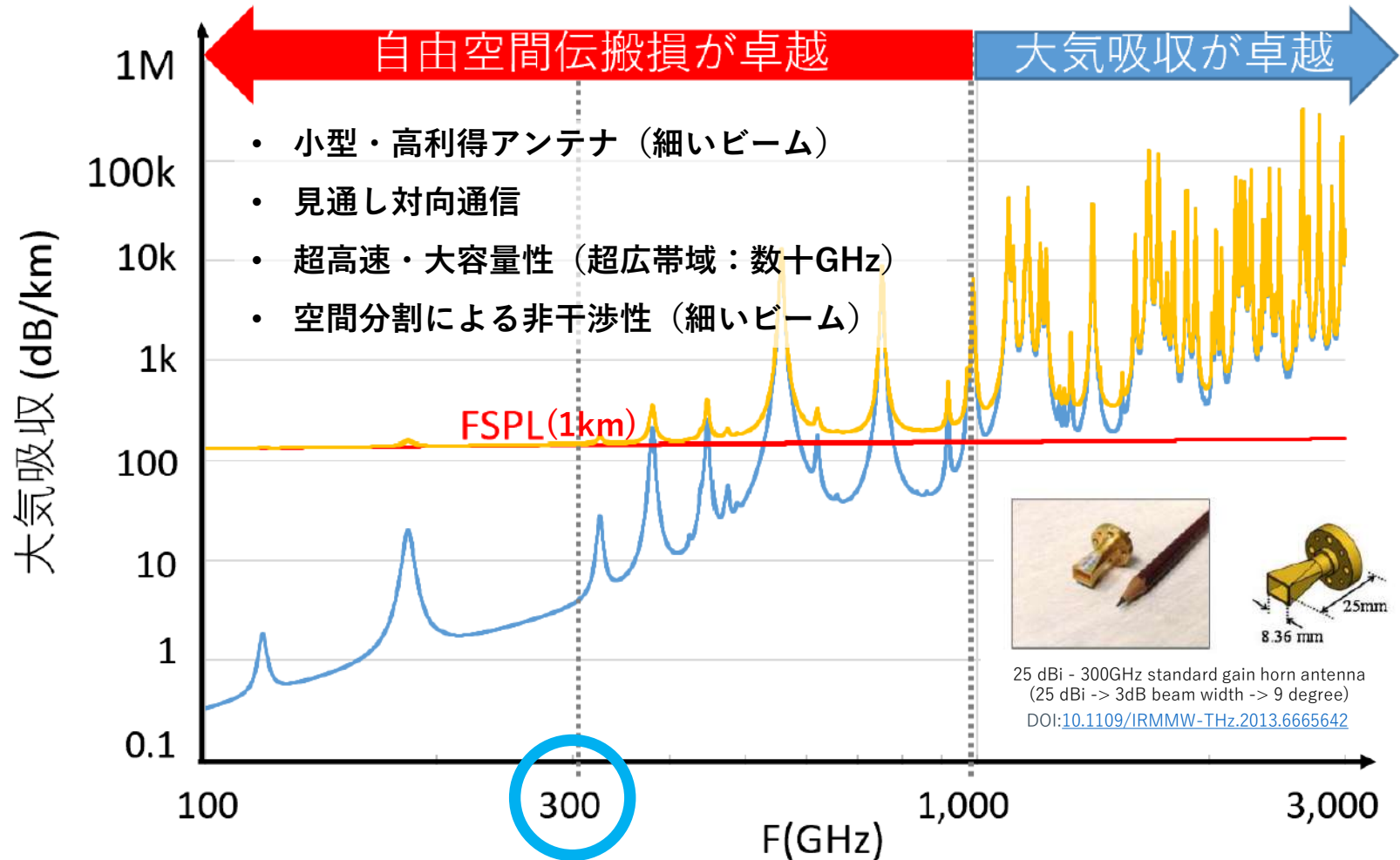
0.312mm



※ RoF (Radio on Fiber)

(参考) 1Pbpsで8K放送の1,000万チャンネル相当

テラヘルツ波への特徴



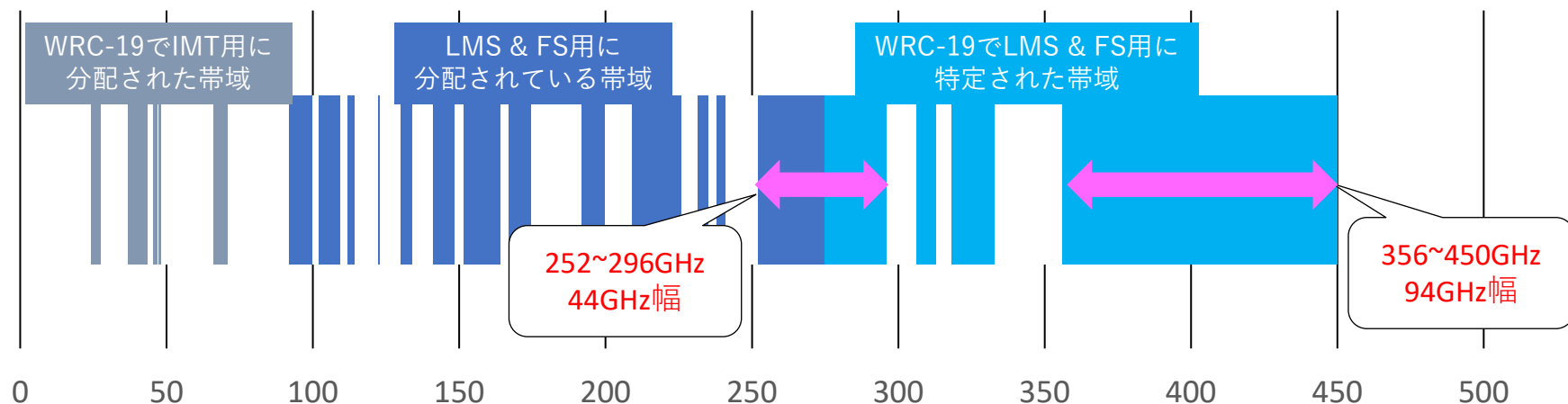
フリスの公式 $P_{RX} = P_{TX} G_{TX} G_{RX} \left(\frac{c}{4\pi df} \right)^2$

FSPL

$$G = \eta \left(\frac{\pi D f}{c} \right)^2$$

開口アンテナの利得

WRC-19でのテラヘルツ帯のFS&LMSへの特定

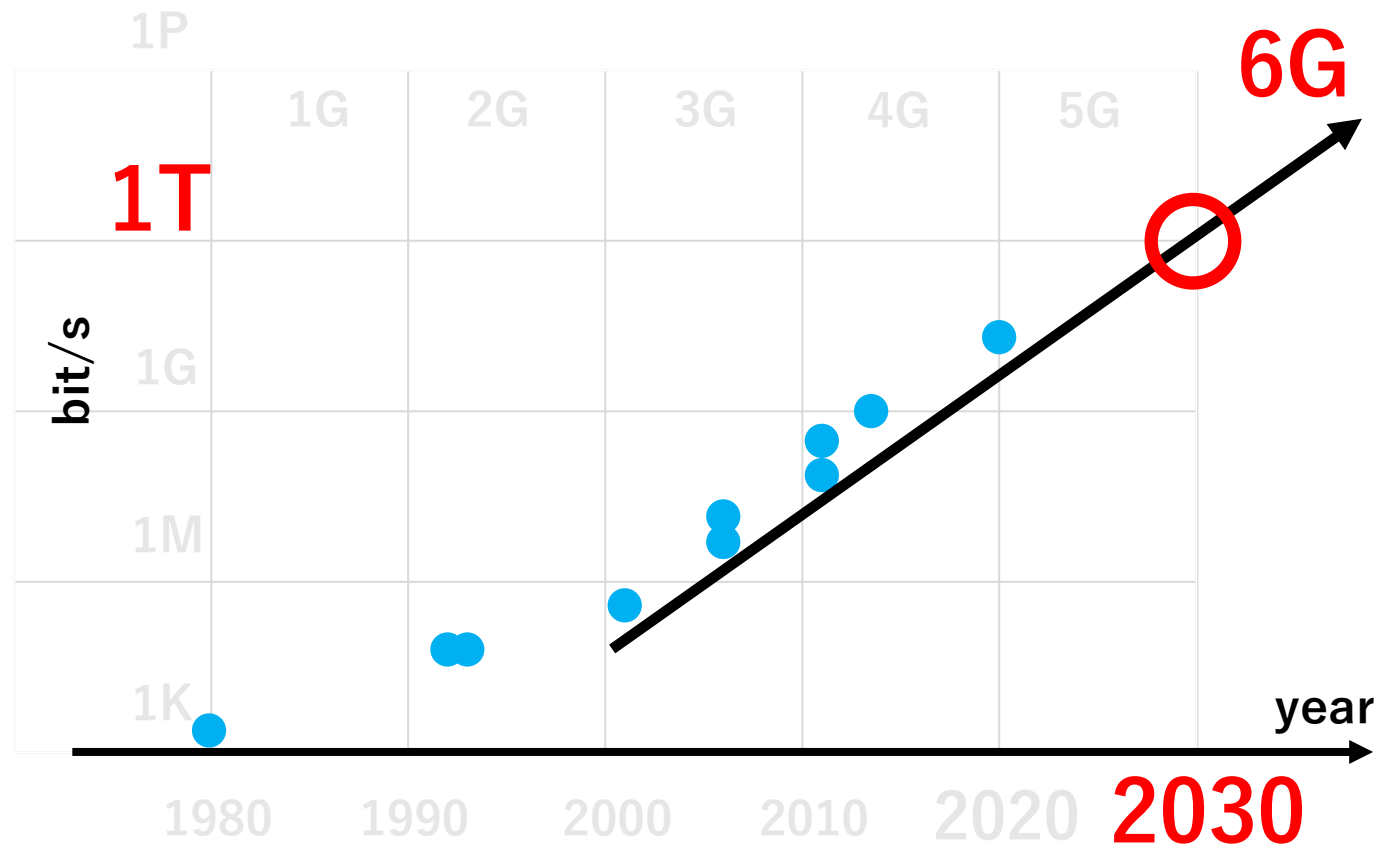


・ 2019年11月の世界無線会議（WRC19）ではTHz帯の計137GHzが地上無線（FS,LMS）に特定化（RR: FN5.564A）

→ 275-296 GHz (21 GHz)、 306-313 GHz (7 GHz)、
318-333 GHz (15 GHz) 、 356-450 GHz (94 GHz)

→すでに分配されてる直下の帯域252-275GHz（23 GHz）を考慮、連続44 GHz

移動通信のデータレート



- ・ 6Gにおいて 1 Tbit/sを目標とする白書（海外）では、THz波を使うことが前提？

IEEE802.15.3dのユースケース

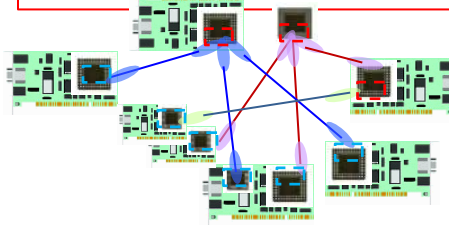
- ・ 2017年9月のIEEE802会合では、300GHz帯を使うIEEE802.15.3dが成立
- ・ 高い周波数と、広い周波数帯幅を活用した、100 Gbpsを想定した高速無線通信
- ・ 通信距離は適用システムに応じて、近接から短・中距離までを想定
- ・ Beam Switchable Point to Point

Close Proximity P2P



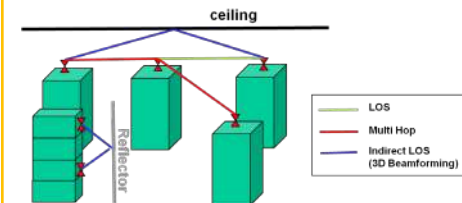
File downloading at toll gates in a train station

Intra-Device Communication



Wireless board to board communication

Data Center



<https://terapod-project.eu/>

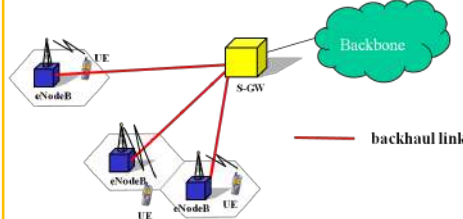
電波資源拡大のための研究開発

<https://www.tele.soumu.go.jp/j/sys/fees/purpose/kenkyu/>

Wireless Fronthaul



Wireless Backhaul



<https://thorproject.eu/>