



National Institute of Information and Communications Technology

NICT特別オープンシンポジウム  
セッション3:アフターコロナ社会のかたち  
2020年6月12日

## **サイバー空間と実空間の融合～Beyond 5G (6G)**

寶迫 巖(ほうさこ いわお)  
国立研究開発法人 情報通信研究機構  
ワイヤレスネットワーク総合研究センター  
テラヘルツ研究センター

# COVID-19が最後ではない！

21世紀になって以降、いくつかの大きな脅威（新興感染症）があった。

重症急性呼吸器症候群（SARS）、中東呼吸器症候群（MERS）、  
エボラ出血熱、鳥インフルエンザ、豚インフルエンザ

**新型コロナウイルス感染症（COVID-19） ➡ パンデミック！**

※COVID-19の第2波・第3波だけでなく、未知の新興感染症にも要対応！

➡「三密」を避ける「新常态」

➡空間的に分散した個人が、サイバー空間を通じて他の個人やロボット、アバターと協働し、いかなる時でも価値を創出し続けられることが重要！

➡実空間で起きている事象（ビッグデータ）を計測し、サイバー空間に投影して、解決策（最適解）を見いだす仕組みの実現が必要。➡Beyond 5G 推進と方向性

➡サイバー空間と実空間とが融合したサイバーフィジカルシステム

# 実空間とサイバー空間が融合したサイバーフィジカルシステム Cyber Physical System (CPS)



# 実空間とサイバー空間が融合したサイバーフィジカルシステム Cyber Physical System (CPS)

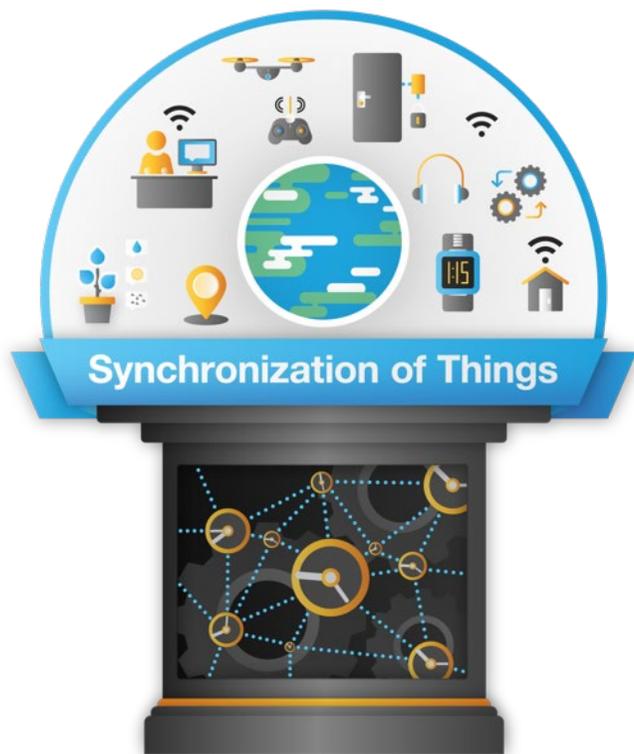


※移動通信システム: 通信基盤 → 生活基盤 → 社会基盤 (5G) へと進化

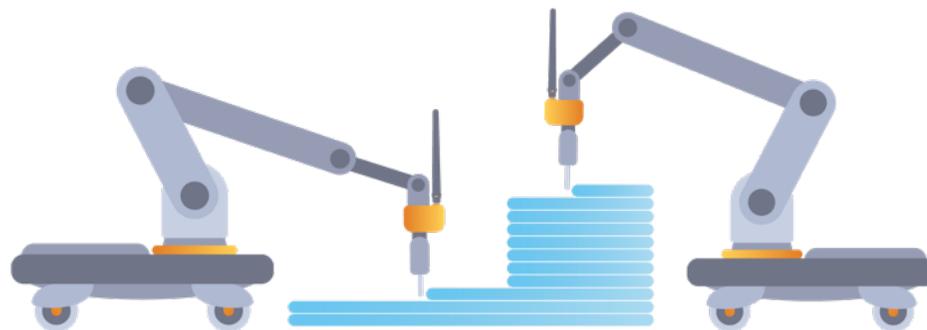
**Beyond 5G**: サイバー空間を実空間と一体化させ、「Society 5.0」のバックボーンへ

# サイバーフィジカルシステムにおける時空間同期の実現

- 一人の人間が世界中で同時に複数のリアルアバターを通じて他の人間や機械との協働を可能とするため、場所を超えて、サイバー空間とフィジカル空間をまたがって、時刻と位置を同期させる次世代時空プラットフォームの実現。
- 日本標準時をつかさどるNICTの光格子時計、チップスケール原子時計、トレーサビリティ技術、無線双方向技術の組み合わせによるセキュアな分散時空同期システムの構築。



時空間同期とは  
ローカルにデバイスが**時刻同期**し、  
互いに**位置を把握**している状態



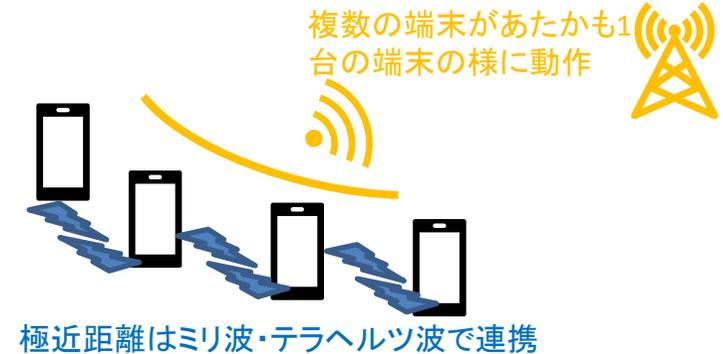
# サイバーフィジカルシステムにおける時空間同期

## 時空間同期の応用例

### 1. 端末連携

近くにある複数の端末を連携させる

- ・連携**MIMO**
- ・マルチスタティックレーダー



### 2. 非**GNSS**

※原子時計搭載衛星(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)

※GNSSシステムに異常(太陽フレア、電離圏異常、宇宙紛争)が生じててもサービスを継続できる。

### 3. 離れた地点間の同期(**P-P**, **C-C**, **P-C**)

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

# 電波のCyber Physical System (Beyond 5G / 6G)

+様々な通信方式  
+非通信利用の拡大

同時接続数の拡大: 100万台/km<sup>2</sup> (5G) → 1,000万台/km<sup>2</sup> (B5G/6G)

用途の拡大: + IoT、xR、コネクテッド(自動車、Drone)、工場、スマートシティ、

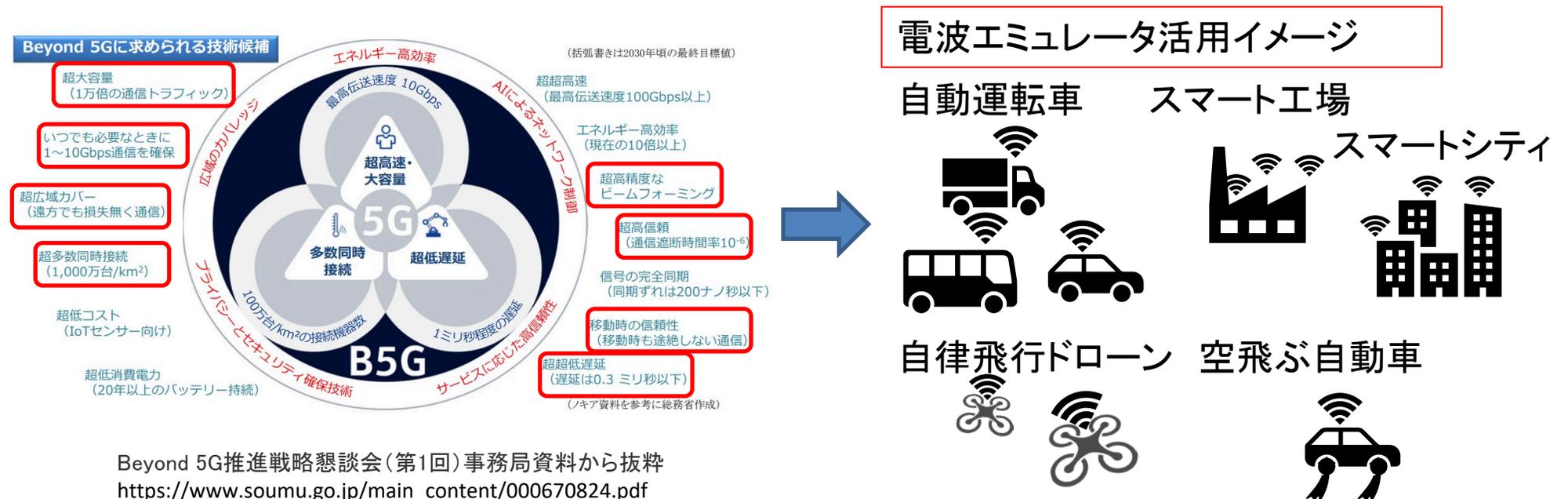
周波数の拡大: +ミリ波、テラヘルツ波

ネットワークの拡大: + Non-Terrestrial NW (ドローン、航空、HAPS、衛星、月、深宇宙、)

→ 実環境における大規模検証が困難に ・膨大なチャネルモデリングが必要

「電波エミュレータ」: サイバー空間に様々な無線NWシステムを再構成。

実環境では困難な大規模システムの研究開発、複雑な異種・同種大規模システム間の干渉評価等のシステム検証を行い、導入・普及を加速。



# 電波エミュレータ：海外での取り組み



DARPAでは、2017年に6GHz以下のマイクロ波帯に対応した100台程度の実機相当の計算機で構成するRFチャネル-エミュレータを実現。コロッセオと称し、コンペを実施。2019年10月以降NSFに移管し研究開発をさらに推進。

<https://www.spectrumcollaborationchallenge.com/the-colosseum/>

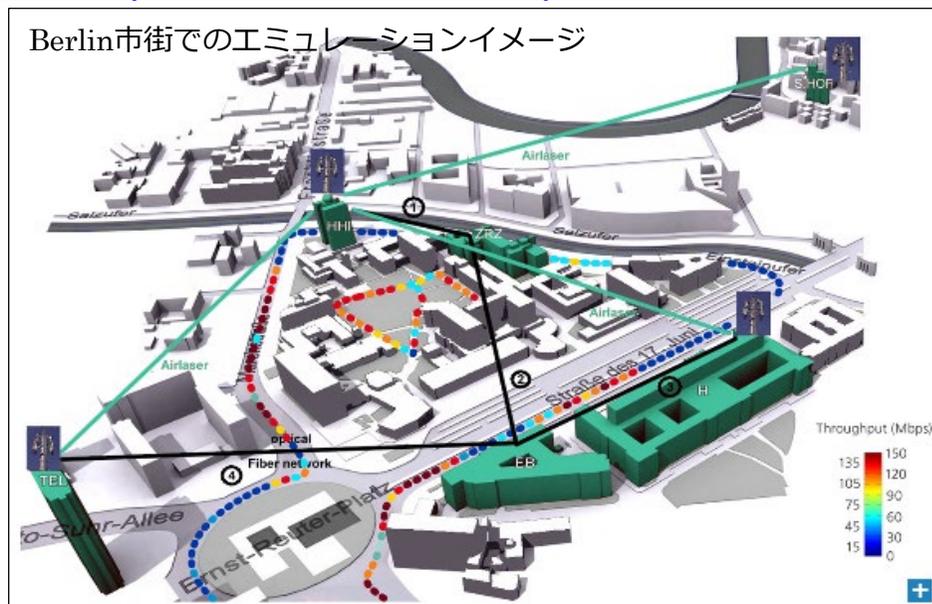


Fraunhofer instituteでは、欧州委員会の研究開発予算の支援を受けて、欧州都市圏を想定した5G向けの電波エミュレータが開発・構築されている。

[https://www.fokus.fraunhofer.de/go/en/fokus\\_testbeds/5g\\_playground](https://www.fokus.fraunhofer.de/go/en/fokus_testbeds/5g_playground)



<https://futurenetworks.ieee.org/images/files/pdf/TestbedWorkShopOct2017/danielSlides.pdf>



ミリ波・テラヘルツ波も含むエミュレータを官民を挙げて開発。実環境では困難な大規模システムの研究開発、複雑な異種・同種大規模システム間のシステム検証を可能とし、B5G/6Gの導入・普及を加速することが望ましい。

## 背景

- Society5.0時代は、これまで以上に多くの機器が通信を行い、**通信量の増大による周波数逼迫、相互干渉による周波数利用効率の劣化**など、様々な問題が発生する。
  - 新たな電波システム開発や既存システムとの共存技術開発には**多大な時間、費用が必要**。
  - 実無線機による運用試験は特定環境下で実施されることが多く、**様々な環境での検証が困難**。また環境変動により**再現性の担保が困難**。
  - 実証フィールド環境に数千台規模の実無線機を設置しての**大規模システム検証が困難**。
- 新しい電波システムの**デザイン、評価、検証を低コストかつ短時間で可能**とするためには、様々な環境やシナリオを定義でき、物理的な試作機のみでなく、仮想的な無線機による実験環境が模擬可能な、**新しい概念の電波模擬システム**を開発する必要がある。

## 目的

様々な電波システムを、**仮想空間上で高精度かつリアルタイムにエミュレーション可能な電波模擬システム**を開発し、無線通信に関わる多様な事業者が、インフラ／システム／プラットフォーム／アプリケーション／サービスなどの**デザイン、評価、検証が可能となるテストベッドを提供**する。

電波伝搬を仮想空間上で高精度に模擬



疑似無線機で任意の電波システムを模擬



サーバ上に構築した仮想空間でリアルタイムにエミュレーション



1万台規模の大規模評価

複数／異種システムの運用模擬

実機検証で再現性のよい試験環境を担保

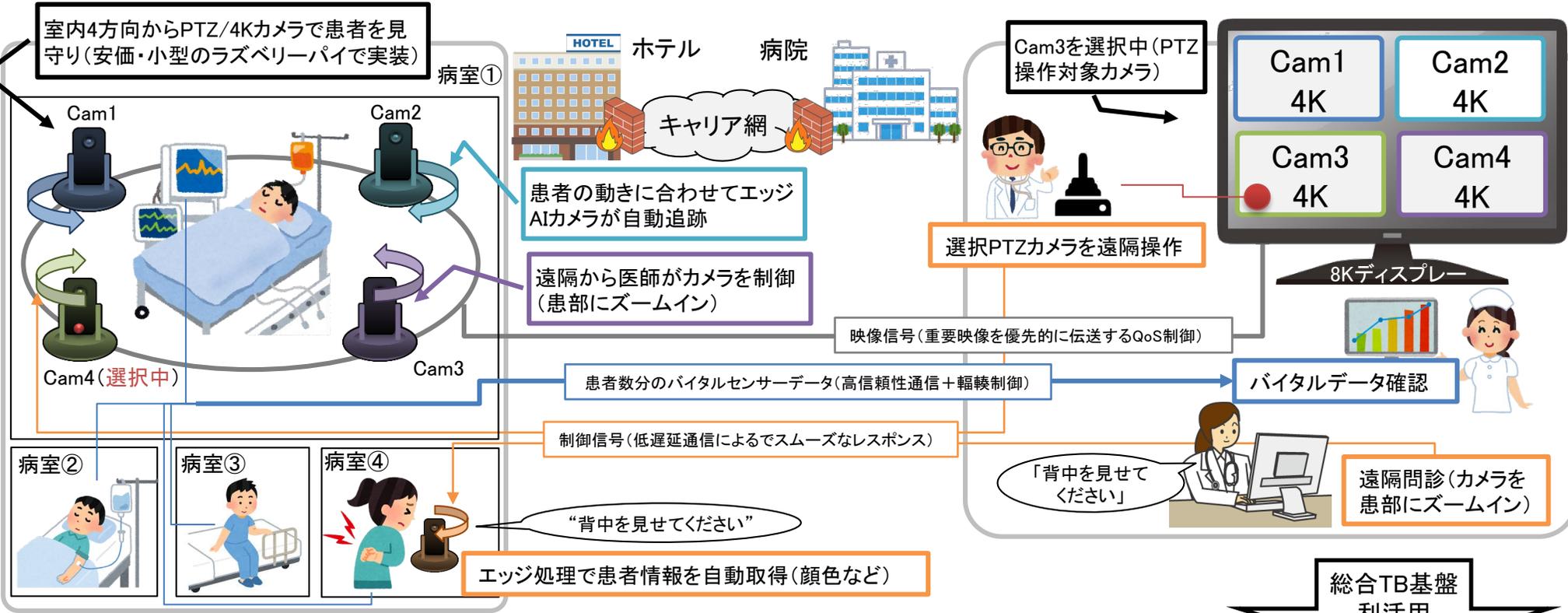
開発／実験／検証の  
コストカット

# 実空間とサイバー空間が融合したサイバーフィジカルシステム Cyber Physical System (CPS)

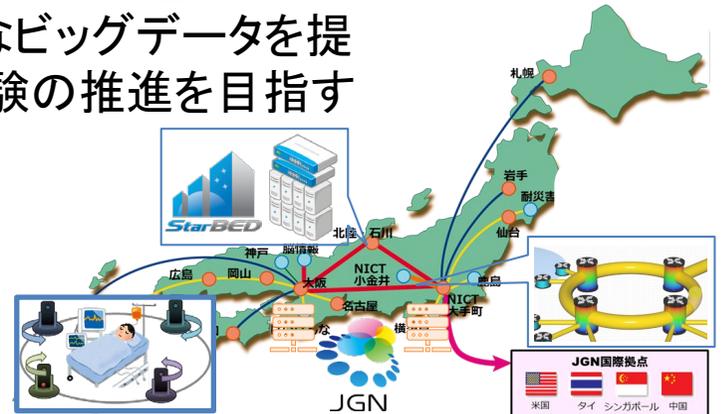
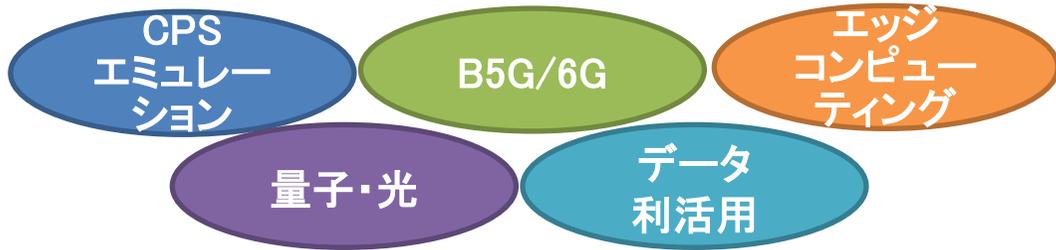


※移動通信システム: 通信基盤 → 生活基盤 → 社会基盤 (5G) へと進化  
**Beyond 5G**: サイバー空間を実空間と一体化させ、「Society 5.0」のバックボーンへ

# エッジ指向型新型コロナウイルス感染患者遠隔診療システム



NICT総合テストベッドにおいて、エッジコンピューティングをはじめ、電波・量子・光技術等の最先端のネットワーク技術、及び、利活用可能なビッグデータを提供するテストベッドを構築し、産学官に開放し多様な実証実験の推進を目指す



## 「Beyond 5G推進戦略骨子」に対する意見募集

総務省は、5Gの次の世代である「Beyond 5G」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しています。

今般、同懇談会において、「Beyond 5G推進戦略骨子」が作成されましたので、これについて、令和2年4月15日（水）から同年5月14日（木）までの間、意見を募集します。

### 1 経緯

総務省は、令和2年1月から「Beyond 5G推進戦略懇談会」（以下「懇談会」といいます。）を開催し、5Gの次の世代である「Beyond 5G」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、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、議論を行ってまいりました。

今般、懇談会において、「Beyond 5G推進戦略骨子」が作成されましたので、これについて、意見を募集します。

今後、本意見募集の結果を踏まえ、懇談会において更に検討を進め、本年（令和2年）夏頃を目途に「Beyond 5G推進戦略」を策定する予定です。

### 2 募集要領

(1) 意見募集対象：[別添1](#)  Beyond 5G推進戦略骨子

(2) 参考資料：[別添2](#)  Beyond 5G推進戦略骨子概要

(3) 意見公募要領：[別添3](#) 

意見提出フォーマット：[別添様式](#) 

(4) 提出期限

令和2年5月14日（木）（郵送の場合は同日必着）

# (参考1) Beyond 5Gに関する主な技術

※ **赤太字**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

※ **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

**時空間同期**  
(サイバー空間を含む。)

テラヘルツ波

センシング

## Beyond 5G

**超高速・大容量** 10~100倍

- 次世代光ファイバ技術(マルチコア、マルチモード、超広帯域等)
- 複数DSPパラレル信号処理技術
- 高集積光モジュール技術
- デジタルコヒーレント多値変調技術
- A/D協調技術(次世代RoF等)
- 高周波利用技術(テラヘルツ、ミリ波)
- mMIMO技術の高度化(分散アンテナ制御・連携技術、超多素子アンテナ技術) 等

**超低遅延** 1/10

- ネットワーク内コンピューティング技術(区間毎の遅延配分最適化等)
- 伝送メディア変換(光・無線変換の低遅延化)技術
- 高精度時刻同期技術(端末間、エッジ、基地局等)
- チップスケール原子時計技術 等

**多数接続** 10倍

- mMIMO技術の高度化(分散アンテナ制御・連携技術、超多素子アンテナ技術)
- アレイアンテナチップ 等

5Gの特徴的機能の更なる高度化

オール光ネットワーク

**超低消費電力** 1/100

- 高集積・ヘテロジニアス光電子融合技術(シリコンフォトニクス、化合物半導体技術等)
- フォトニックアクセレーション技術(オールフォトニクス技術等)
- ナノハイブリッド基盤技術
- 酸化半導体電子デバイス(Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)
- 脳型AI(脳情報通信技術) 等

**超安全・信頼性**

- 量子暗号通信(地上、衛星)
- 超伝導量子ビット
- 災害影響・予兆情報と対応したネットワーク制御技術
- AI・デジタルツインを活用したセルフディフェンシブマネジメント技術
- データ駆動型サイバーセキュリティ技術
- エマージング技術に対応したネットワークセキュリティ技術 等

超高速・大容量    超低遅延    多数接続

## 5G

持続可能で新たな価値の創造に資する機能の付加

低消費電力半導体

HAPS活用

**自律性**

- ゼロタッチオペレーション技術(将来的には脳型AIの活用)
- ネットワークの自律・分散・協調制御技術(ネットワーク資源の自律調停等)
- プログラマブルフォトニックネットワーク技術(光資源利用の柔軟化)
- ソフトウェア化/仮想化、オープン化/ディスプレイアグリゲーション技術(機器・サービス構成の柔軟化) 等

**展開性**

- 統合型モビリティ運用技術(衛星、高高度、空中、地上)
- 光給電/無線給電
- 光センシング/無線(THz)センシング
- 音響・光融合技術(水中通信)
- 衛星・光融合技術(衛星通信)
- リモートセンシング 等

**インタフェース・アプリケーション領域**

- 脳情報通信技術
- 社会知活用型音声対話技術
- 多言語同時通訳技術
- 行動変容(レコメンデーション)技術
- 超臨場感技術
- 空間表現技術
- ロボティクス

完全仮想化

インクルーシブ  
インタフェース

# 実空間とサイバー空間が融合したサイバーフィジカルシステム Cyber Physical System (CPS)



※移動通信システム: 通信基盤 → 生活基盤 → 社会基盤 (5G) へと進化

**Beyond 5G**: サイバー空間を実空間と一体化させ、「Society 5.0」のバックボーンへ

※パンデミック等の緊急事態においても価値を創出し続けられる経済社会の実現!