

# Beyond 5G実現に向けた技術戦略

令和3年11月18日

国立研究開発法人情報通信研究機構 理事長

徳田英幸

# 未来社会のビジョン

新型コロナウイルス感染症問題

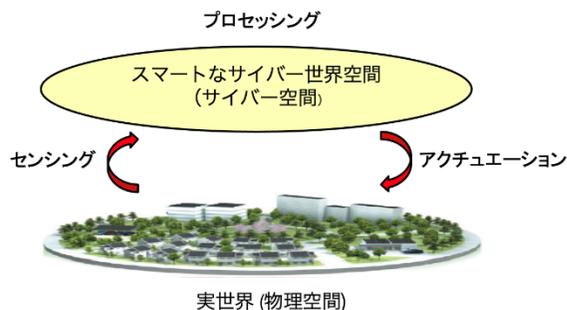
サイバー空間とフィジカル空間の融合

キャストインググループ: バックキャストイングとフォーキャストイング

**B5G**は、あらゆる産業・社会活動を支える基盤

# どのようなwith/afterコロナ社会 をめざすべきか？

持続可能な社会、レジリエントな社会、包摂性のある社会



**Society 5.0:** サイバー空間とフィジカル(現実)空間を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会

## キャスティンググループ

- ・社会的ニーズ分析とシーズ開発との整合性
- ・SDGs
- ・ムーンショット型R&D (2030, 2050の社会)

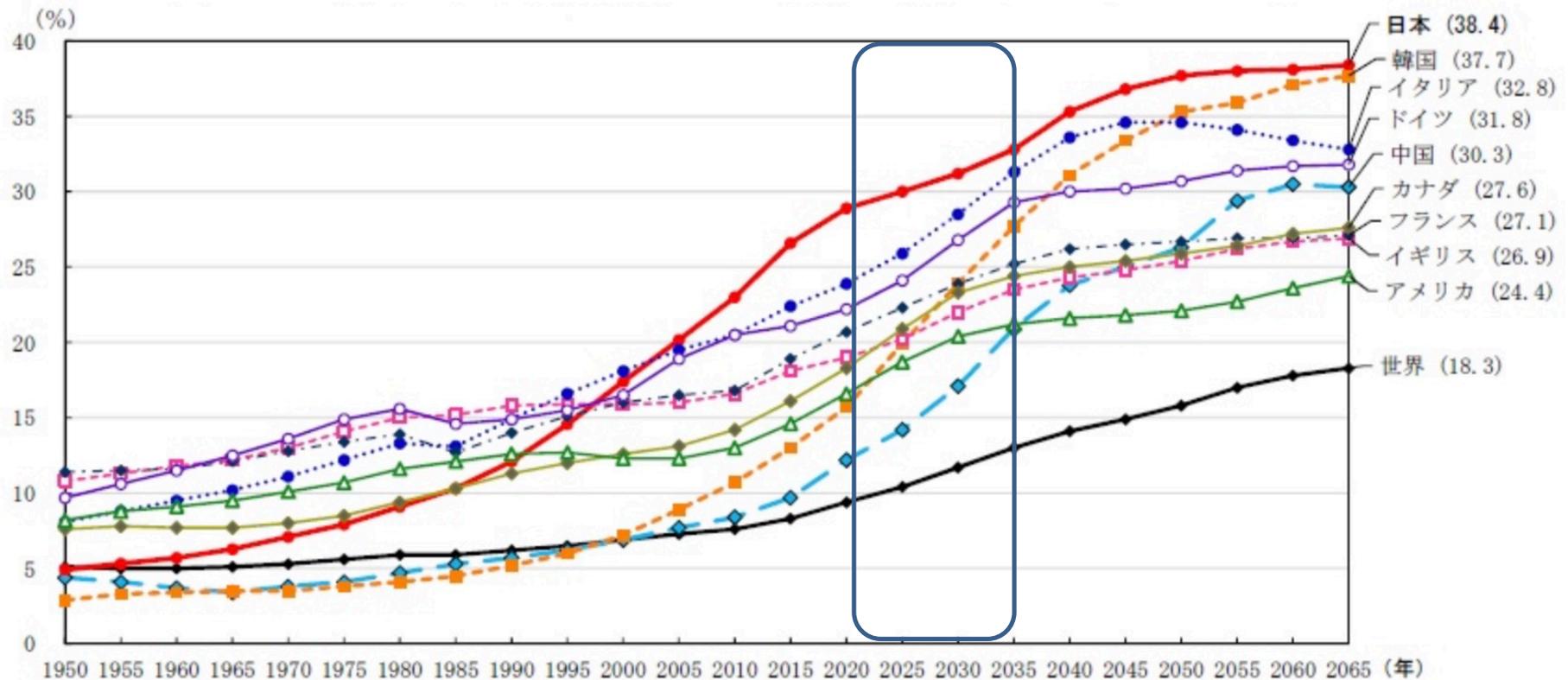
## サイバーフィジカルループ

- ・高度なサイバーフィジカル空間の融合
- ・Digital twin for Human
- ・Digital twin for City
- ・Digital twin for Planet



# 高齢者人口の推移(1950-2065)

- 総務省統計局によると、我が国における高齢者人口の割合は、**2030年で30%を超え**、2065年には38%を越えると予想されている。

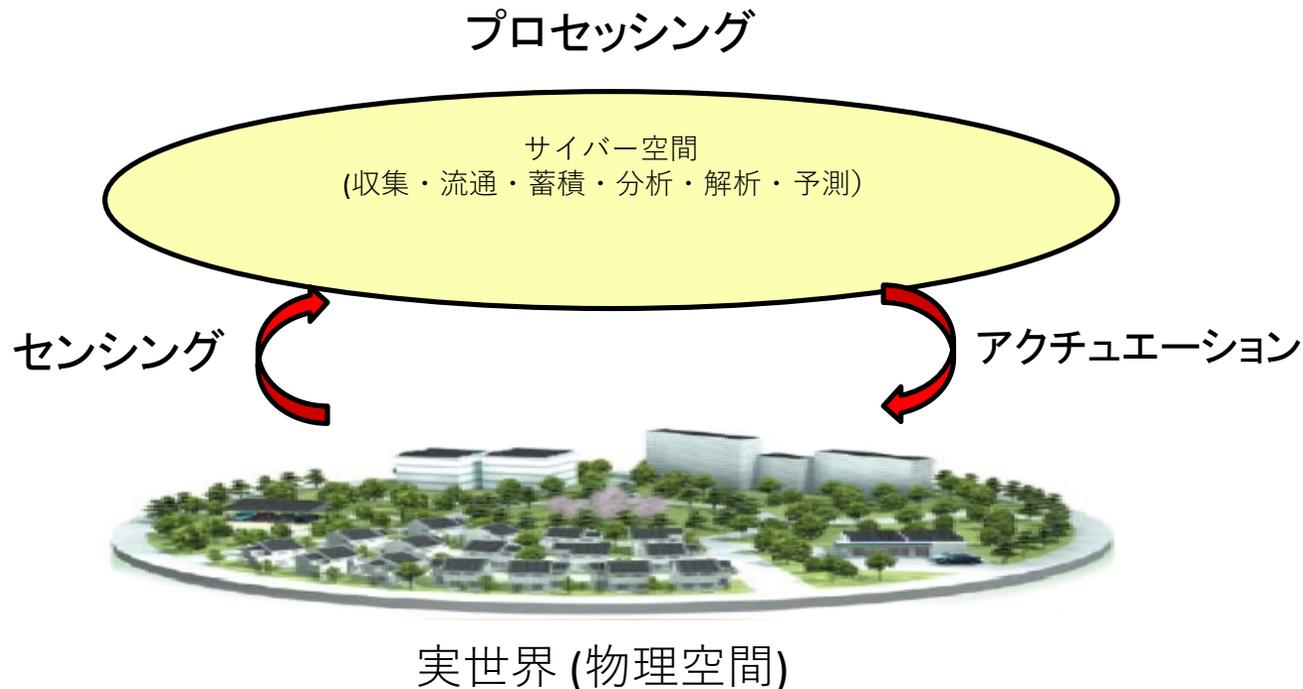


(出典 <https://www.stat.go.jp/data/topics/topi1135.html> )

- 2030年に向け、我が国では超高齢化が一層進み労働力の確保、高齢者の介護など社会経済活動の維持における様々な問題が深刻化
- 人々が時間・空間・身体からの制約から解放され、豊かに暮らせる人間中心のSafe and Secure Society5.0が実現された社会
- 人々の生活空間が垂直方向に拡大され、地上、海洋、成層圏、宇宙空間にまで拡大された社会
- Beyond 5G/6Gは、生活・産業・医療・教育・防災などの様々な場面において大きな役割を果たすとともに、我が国の社会経済が国際的に生き残っていくために極めて重要な基盤



- **SPA model** (SPA: Sensing-Processing-Actuation)
- **IoT**: モノのネットワーク (Internet of (connected) Things)
- **CPS**: 制御されるモノのシステム、システムのシステム (Internet of (controlled) Things)



H.Tokuda, et al “Ubiquitous Services: Enhancing Cyber-Physical Coupling with Smart Enablers”.  
IEICE Transactions 94-D(6): p1122-1129 (2011)

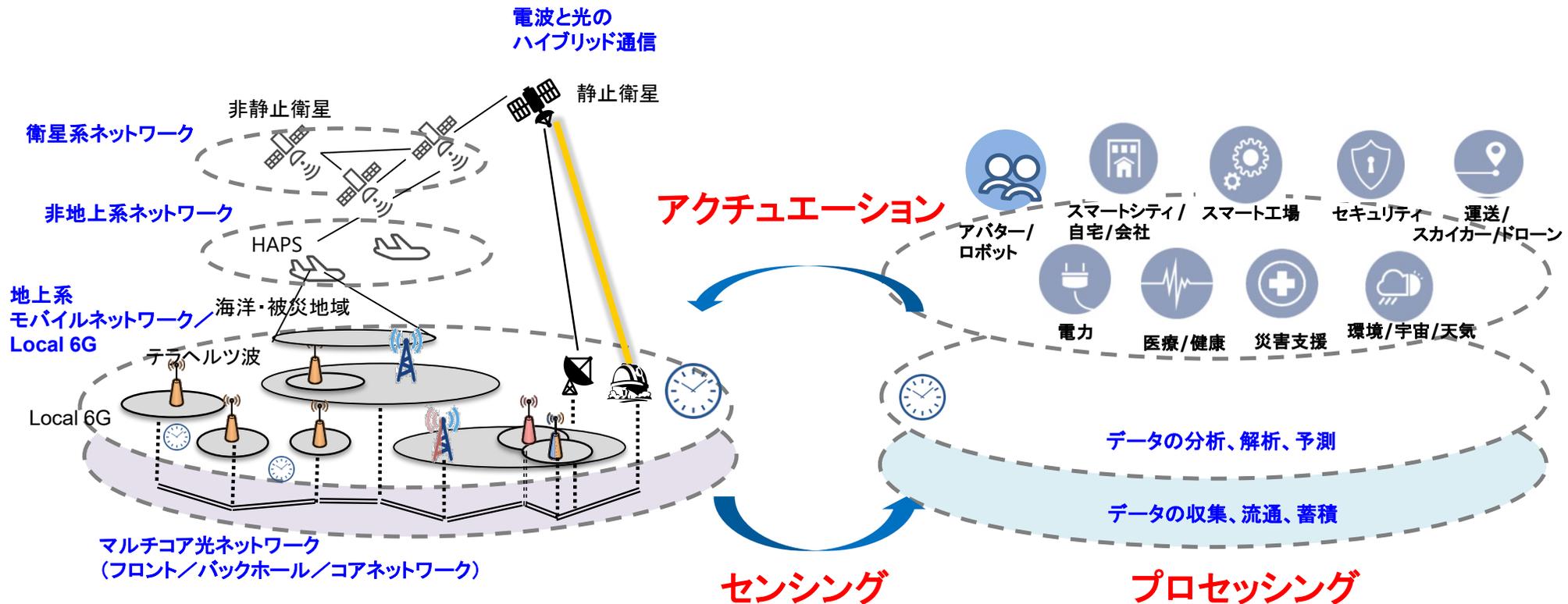
H. Tokuda, et al “SenseCampus: Sensor enabled Cyber-Physical Coupling for Ubiquitous Services”.  
JIP 20(1): p45-53 (2012)

Society 5.0は、CPSを活用してさまざまな**限界からの解放された社会**

- 「身体・時間」の限界 → 例) アバターを活用した生活/人間拡張
- 「空間」の限界 → 例) 宇宙/海洋への活動エリア拡張

## フィジカル空間

## サイバー空間



# IoT/CPS化の**加速**

単体製品からコネクテッドサービス化

コネクテッドサービスの進化

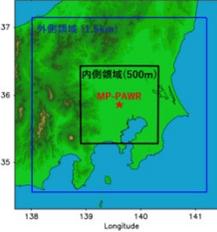
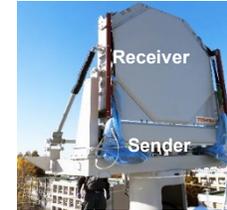
最適化サービス/予測・予知サービス/行動変容支援サービス/...etc

Everything as a **S**ervice

# 富岳を使ったゲリラ豪雨予報



- 2012年8月フェーズドアレイ気象レーダ開発 (NICT+大阪大学+東芝)
- 2016年8月「京」とビッグデータ同化による“解像度100mで30秒ごとに更新する30分先までのゲリラ豪雨予報” (理研+NICT+大阪大学+JST、関西圏)
- 2021年7月「富岳」を使い首都圏で30秒ごとに更新するゲリラ豪雨予報の実験開始  
30分後までの予報を10通り計算可能、どのような雨に対してどの程度の精度で高い予報を発表するかについて知見を蓄積する



NICT 国立研究開発法人 情報通信研究機構

トップ > 広報 > プレスリリース > 2021年 > 「富岳」を使ったゲリラ豪雨予報

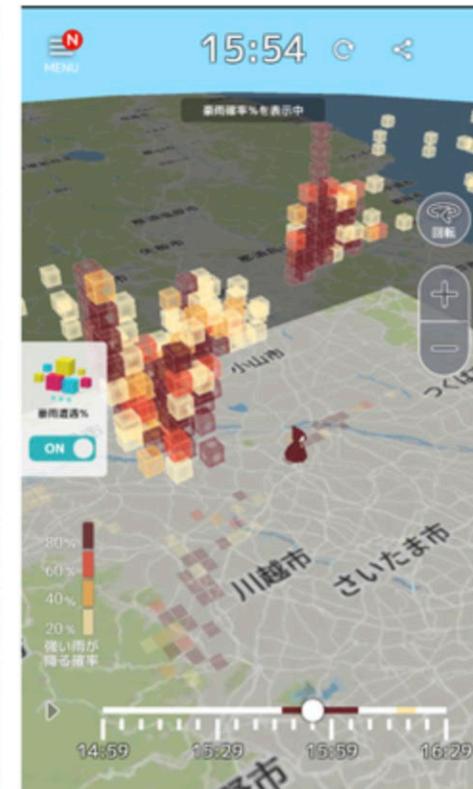
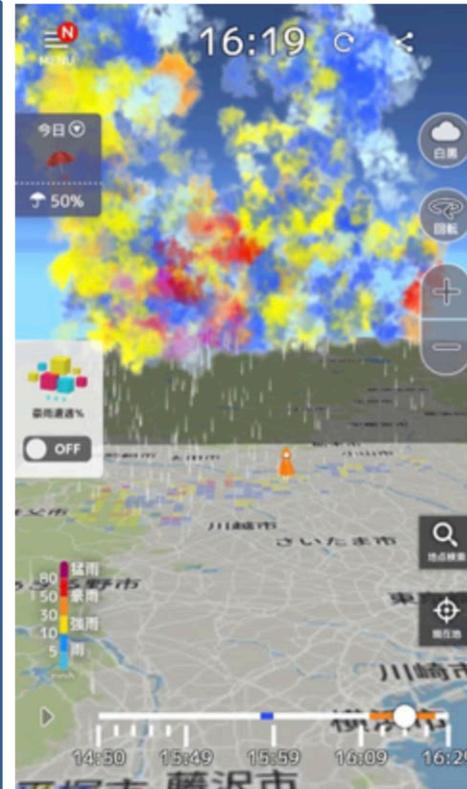
## 「富岳」を使ったゲリラ豪雨予報

—首都圏で30秒ごとに更新するリアルタイム実証実験を開始—

2021年7月13日

国立研究開発法人情報通信研究機構  
理化学研究所  
情報・システム研究機構国立情報学研究所  
大阪大学  
株式会社エムティーアイ  
科学技術振興機構

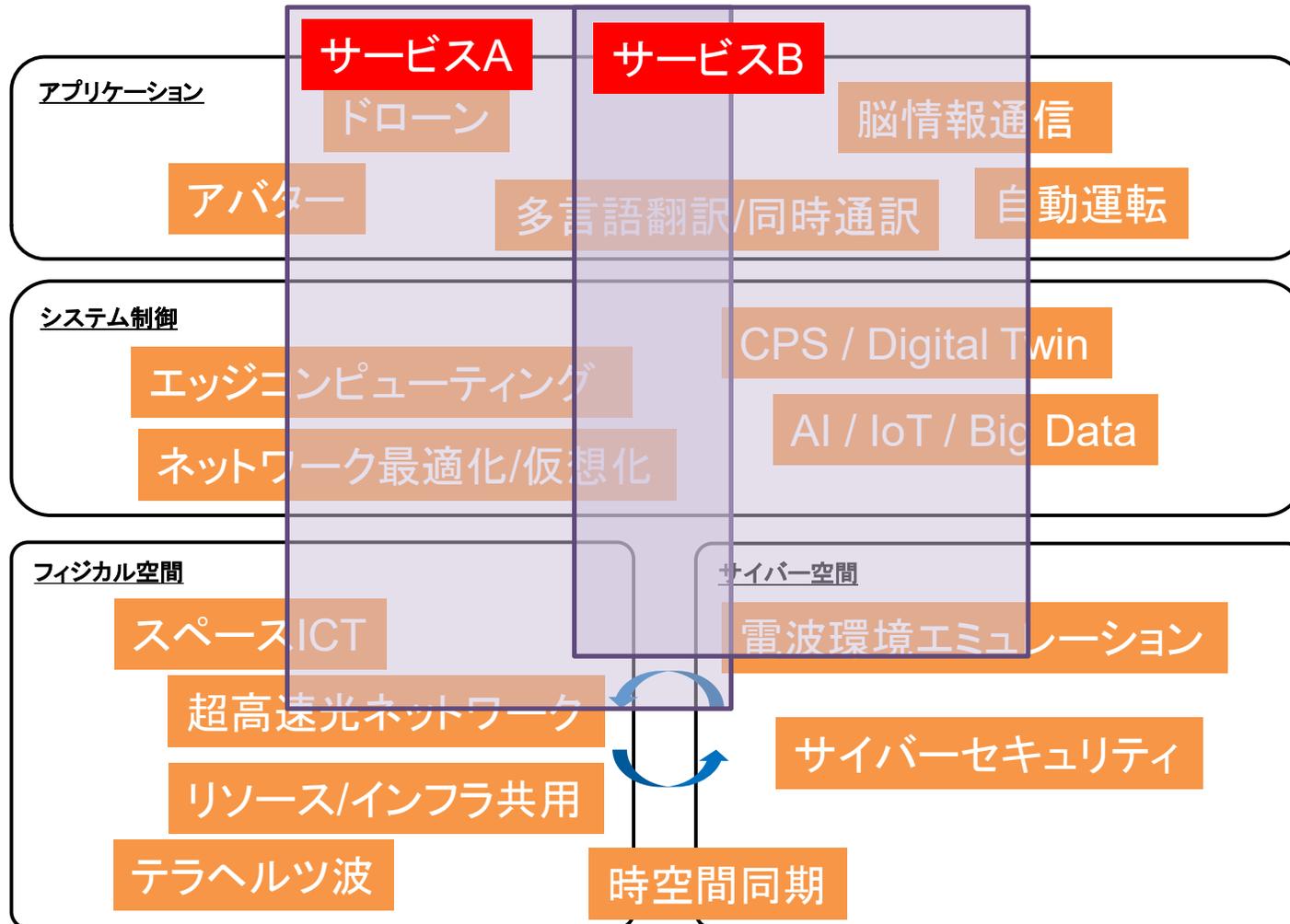
理化学研究所（理研）計算科学研究センター データ同化研究チームの三好建正チームリーダー、雨宮新特別研究員、運用技術部門システム運転技術ユニットの宇野篤也ユニットリーダー、情報・システム研究機構 国立情報学研究所アーキテクチャ科学研究系の石川裕教授、情報通信研究機構 電磁波研究所電磁波伝搬研究センター リモートセンシング研究室の佐藤晋介総括研究員、大阪大学大学院工学研究科の牛尾知雄教授、株式会社エムティーアイ ライフ事業部気象サービス部の小池佳奈部長らの共同研究グループ※は、2021年7月20日から8月8日までと8月24日から9月5日までの期間、スーパーコンピュータ「富岳」を使い、首都圏において30秒ごとに更新する30分後までの超高速高性能降水予報のリアルタイム実証実験を行います。



今回の実証実験で表示される「3D雨雲ウォッチ」アプリイメージ

# 要素技術とサービス構成

- Beyond 5Gのサービスは要素技術が高度化／多様化し、サービスを構成するバーティカルセクタの組み合わせが、フィジカル空間とサイバー空間をまたいで複雑化
- 利用者がインターフェースを意識せずサービスを利用できる仕組みが必要



# 我が国の強みを生かしたR&D戦略

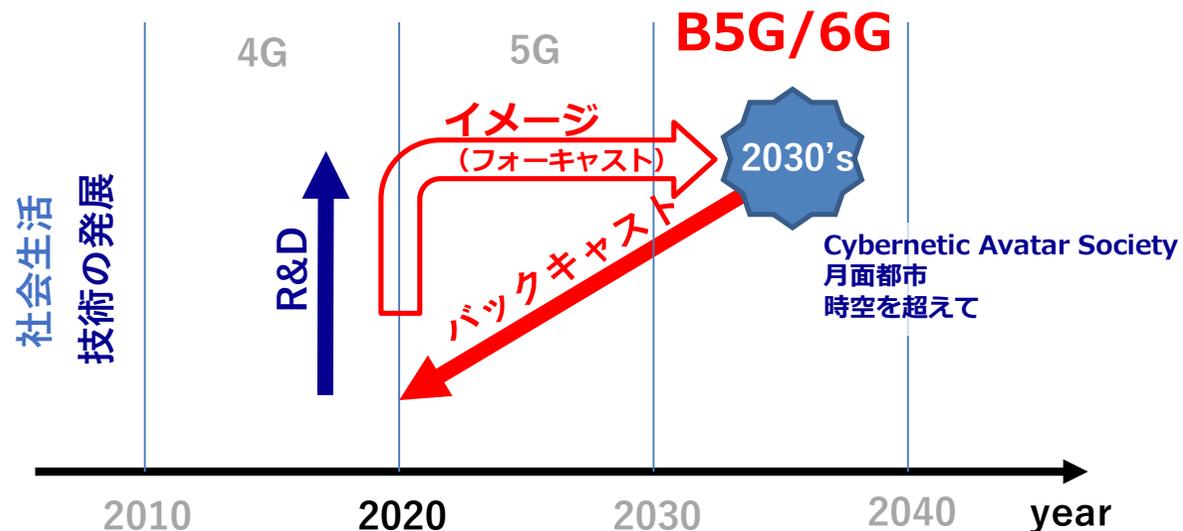
**チーム力: One Team**

**先端的情報通信技術**

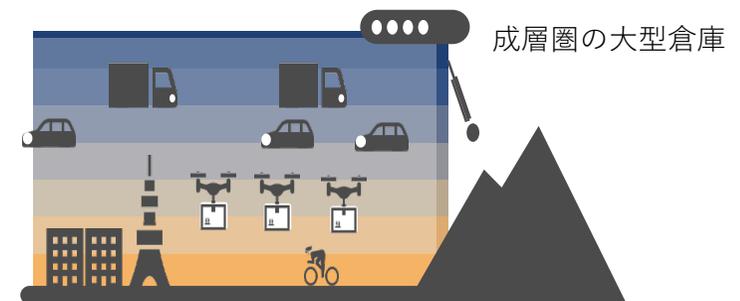
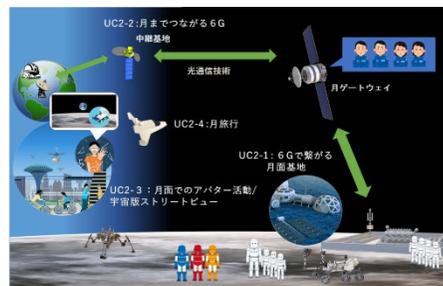
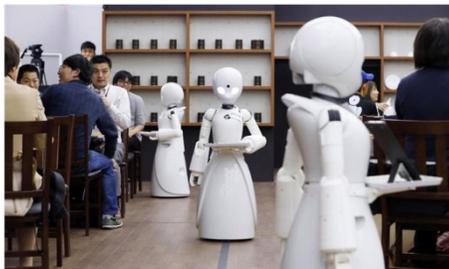
光ネットワーク/テラヘルツ波通信/脳情報通信/光電融合技術/  
時空間同期/位置同定システム/IoTデバイス/センサー/  
サイバネティックアバター/ロボティクス/



- **2030-2035**年頃の社会生活を**イメージ**した「Cybernetic Avatar Society」、「月面都市」、「時空を超えて」の3つのシナリオを作り、これらの**シナリオに書かれた未来社会からバックキャスト**することで必要な要素技術を洗い出した
- シナリオとそこに登場するユースケース、それらを実現するための**要素技術と要求条件、研究開発ロードマップや展開戦略等**をまとめた



- シナリオ1: サイバネティック・アバターソサエティ(CAS)
  - サイバネティック・アバター(CA)社会は、人々が自身の能力を最大限に発揮し、多様な人々の技能や経験を共有できる社会
  - 安全安心なSociety 5.0: 誰もがCAを利用することで、時間的・空間的・身体的制約から開放されて、自由に活躍できる社会
- シナリオ2: 月面都市(COM)
  - 月面基地での作業
  - 宇宙観光、月面ストリートビュー
- シナリオ3: バリーティカルなヒト・モノ・コト流 (IoVT)
  - 自律ドローン、スカイカー、スカイトラック
  - 成層圏倉庫



# ユースケースと要素技術

UC1: 相互理解促進システム  
~文化・価値観の壁を越える~



3D-CA can understand  
Context of words, non-verbal  
info. and brain information

UC2: 心と身体の支援アバタ  
~年齢・身体能力の壁を越える~



Mind reading by a real  
3D-CA for health care

UC3: テレプレゼンスによる働き方改革  
~空間・時間の壁を越える~



Natural Interface for  
Remote Collaboration  
with a real 3D-CA

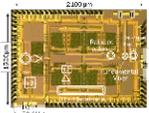
XR, Super Reality, Innovative Services



# Beyond 5Gに貢献する技術の例

## テラヘルツ (連続する数十GHzの帯域を利用、252-296GHz)

### ■ 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



300GHzシリコンCMOS受信機 チップ (広島大学・パナソニック株式会社との共同開発)

テラヘルツ通信モジュールで世界で初めて20Gbpsを達成→100Gbpsへ



### ■ テラヘルツ帯増幅器技術

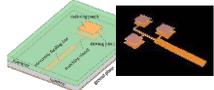


(NECネットワーク・センサ株式会社との共同開発)

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100Gbps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

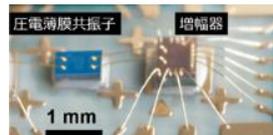
テラヘルツアンテナを携帯電話等に搭載できるサイズへ

## 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

非GPS位置情報

遠隔地同期

複数の端末があたかも1台の端末の様に動作

● 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)

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

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



作業機械の同期

極近距離はミリ波・テラヘルツ波で連携

## 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)



### ■ 光ファイバ無線

(RoF※) ※ RoF (Radio on Fiber)

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スイッチングも実現。さらなる高度化を目指す。



(参考) 1Pbpsで8K放送の1,000万チャンネル相当

- **R&D HUB**
  - NICTは、B5G / 6G の研究開発においてゲームチェンジを意識し、日本のR&DのHUBをめざす
- **One Team**
  - NICTの自主研究プロジェクトと委託研究プロジェクト(Beyond 5G研究開発促進事業)の連携
  - 総務省のBeyond 5G推進戦略
    - » 「グローバル・ファースト」「イノベーションを生むエコシステムの構築」「リソースの集中的投入」
- **キャスティンググループ**
  - B5G / 6Gの技術ビジョンとユースケースの定期的な更新
  - NICTのB5G / 6Gホワイトペーパーの定期的な更新
- **国際連携と情報発信**
  - 国際共同型研究やテストベッドの利用を通じての国際連携
- **知財・標準化**
  - B5G / 6G のコアとなる知的財産の獲得と標準化活動

NICT  
自主研究

Beyond 5G研究開発促進事業  
2020-2025年度: 第1次公募(2020/2021)、第2次公募(2022)、...

B5G  
研究開発  
プロジェクト



機能実現型  
(基幹課題)  
プログラム※

6課題 (2020/2021)  
予算: 5億~10億円/年  
研究開発期間: 2-4年間

機能実現型  
(一般課題)  
プログラム

20課題(2021)  
3億~5億円/年  
2-4年間

国際共同  
研究型  
プログラム

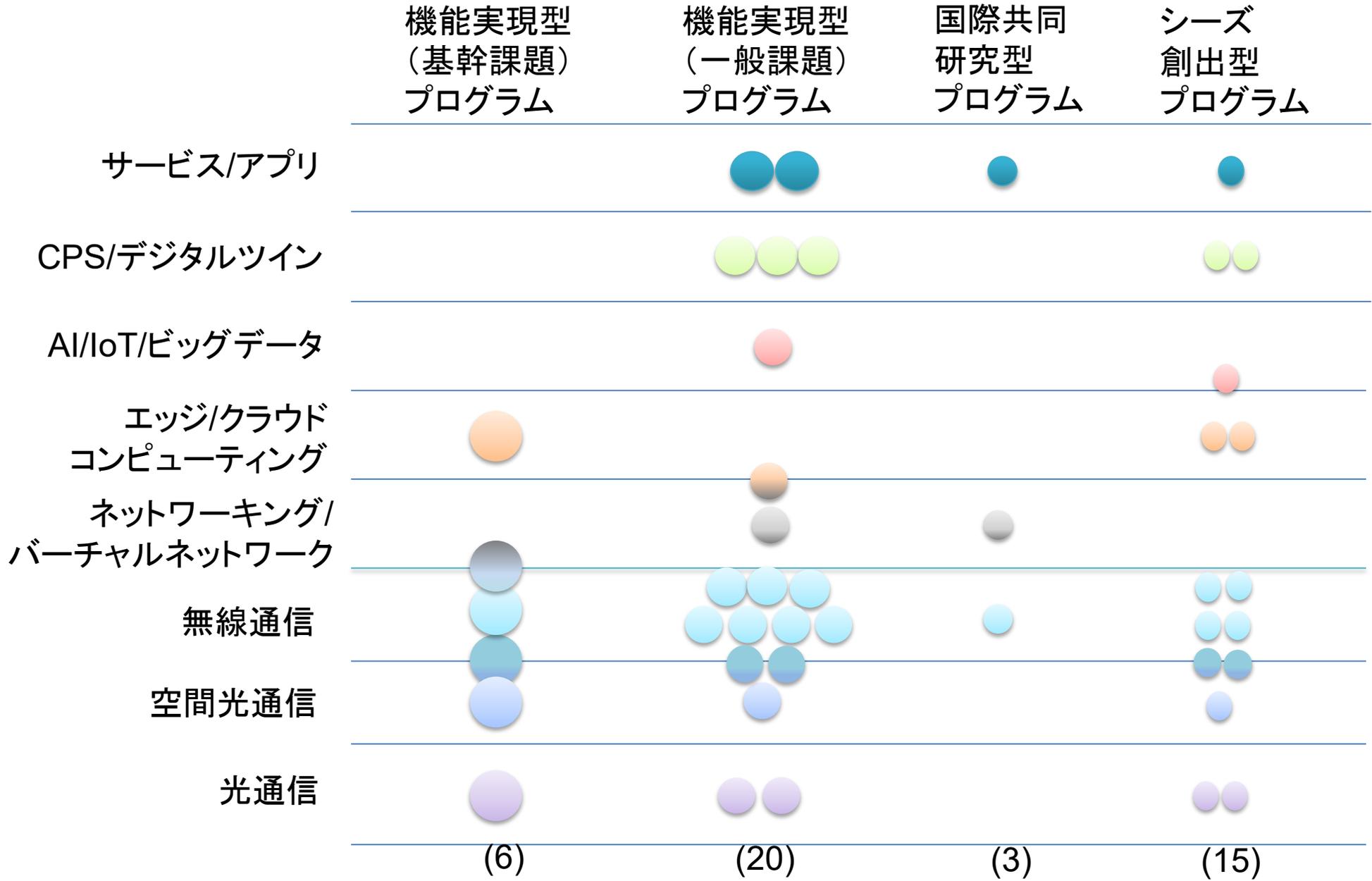
3課題 (2021)  
5000万円~1億円/年  
2-3年間

シーズ  
創出型  
プログラム

15課題(2021)  
5000万円~1億円/年  
2-3年間

※NICTが開発目標を具体的かつ明確に定めた研究計画書を作成して公募。

# Beyond 5G研究開発促進事業の課題分布図 (2021年11月現在)



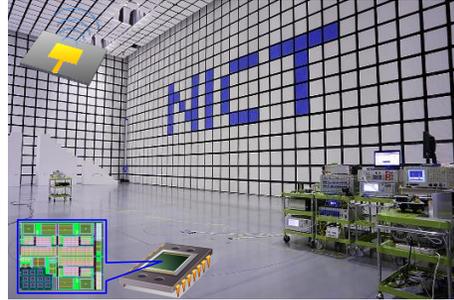
# B5G R&D テストベッド & プラットフォーム



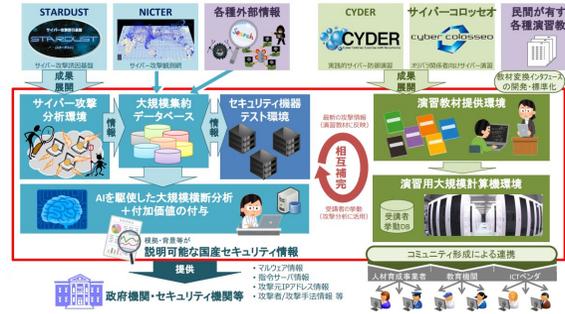
■ B5G研究開発を加速するため、B5Gテストベッドや様々なプラットフォームの利用を拡大し、統合化

- Beyond 5G/6G 伝送基盤技術開発環境
- Beyond 5G /6Gを支える 超高速光通信技術開発設備
- 高信頼・高可塑 Beyond 5G /6G-IoT テストベッド

テラヘルツテストベッド



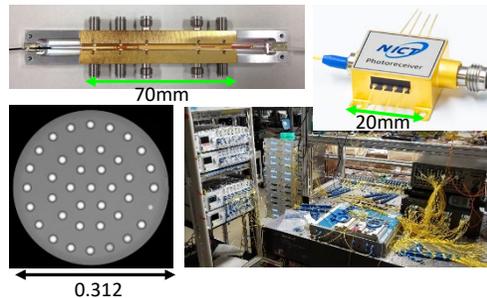
サイバーセキュリティ ネクサス



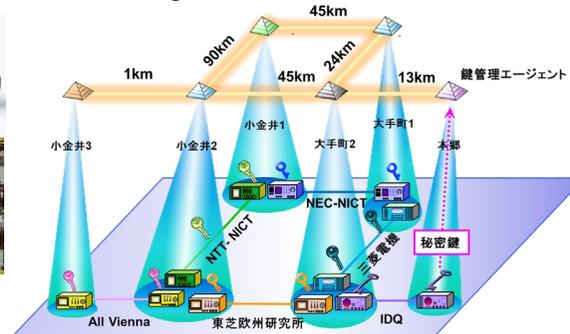
社会知 コミュニケーション



超高速光通信技術開発設備



QKD ネットワーク



同時通訳技術

多言語音声翻訳アプリ VoiceTra(ボイストラ)

入力した文

翻訳結果

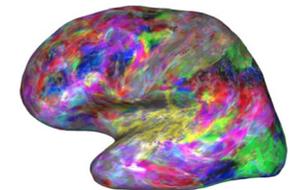
逆翻訳結果 (翻訳結果を自分の言語で確認！)

IoTテストベッド



ニューロサイエンス ブレインテック

脳機能全体のモデル化 (CiNet Brain)



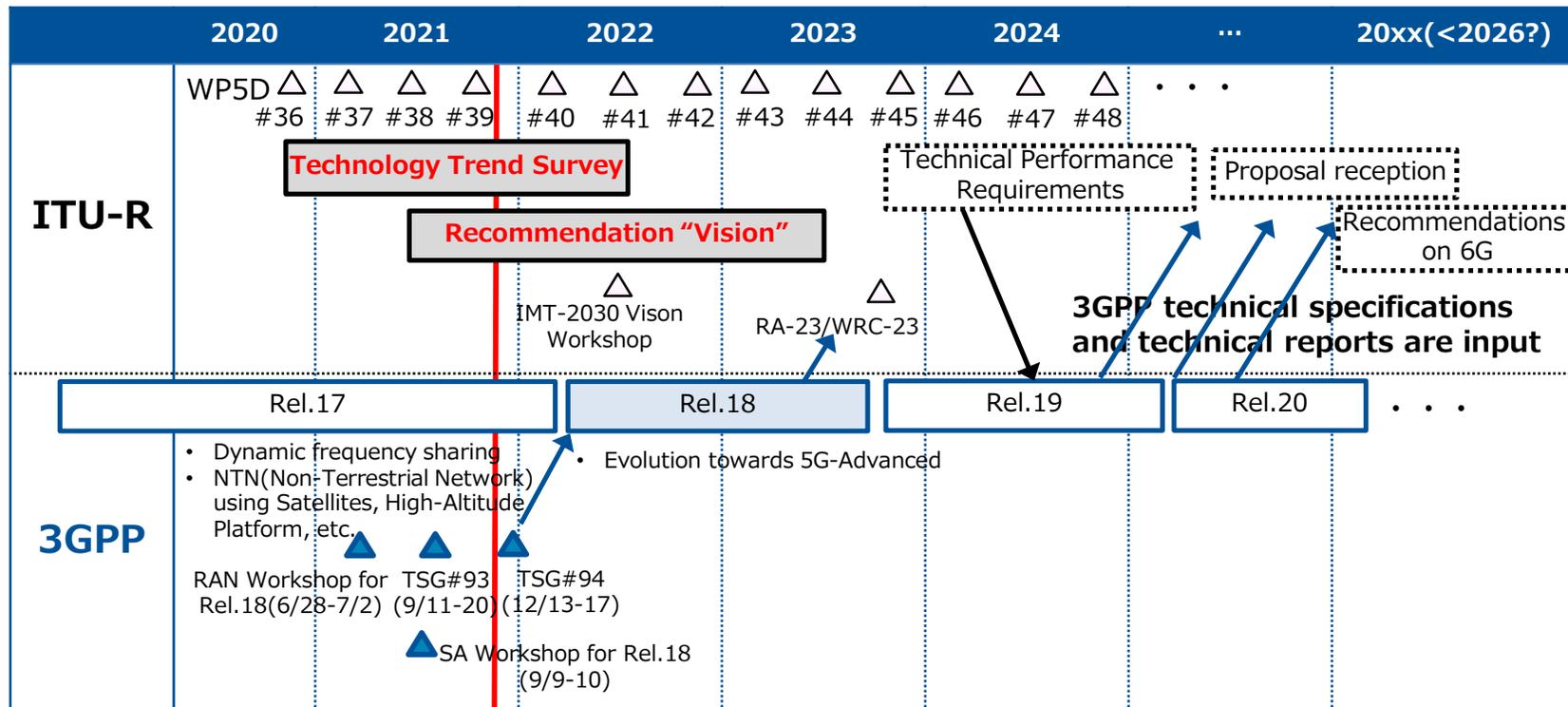
光通信テストベッド



**B5G/6Gレースは始まっている!**

# Beyond 5G/6Gの標準化活動状況

- ITU-R SG5 WP5Dでは**6Gの技術に関する将来技術トレンド調査報告**を検討し、2022年6月完成予定。並行して**ビジョン勧告**の検討を2021年6月から開始し、2023年6月に策定予定。
- NICTからはBeyond 5Gに関連する技術シーズとして、テラヘルツ、時空間同期、非地上通信ネットワーク(NTN)を中心に2021年3月から提案文書を入力して議論に参加。
- 総務省ではBeyond 5G推進コンソーシアムを2020年12月に設立。  
同コンソーシアムでは(日本の)Beyond 5Gホワイトペーパーを策定予定。



Radiocommunication Study Groups



Received: 22 February 2021

Document 5D/440-E  
22 February 2021  
English only

TECHNOLOGY ASPECTS

Terrestrial and Non-Terrestrial  
Communications Technology (NICT)

IMT-FUTURE TECHNOLOGY TRENDS TOWARDS  
2030 AND BEYOND

At the 38<sup>th</sup> meeting of Working Party (WP) 5D in February 2021, WP 5D agreed the detailed work plan and scope for the preliminary draft new Report ITU-R M.[IMT-FUTURE TECHNOLOGY TRENDS TOWARDS 2030 AND BEYOND]. At the 38<sup>th</sup> meeting in March 2021, WP 5D developed the initial outline and scope of the working document and further discuss at this meeting.

TECHNOLOGY TRENDS

3GPP SA Rel-18 workshop  
Virtual meeting, 09-10 Sep. 2021  
Agenda Item 3

SP-210612

Technical aspects of IMT systems beyond 5G. It includes terrestrial IMT systems and spectrally-efficient IMT systems.

could be included in the scope of the Report ITU-R M.[IMT-FUTURE TECHNOLOGY TRENDS TOWARDS 2030 AND BEYOND].

Options listed below are for IMT-FUTURE TECHNOLOGY TRENDS TOWARDS 2030 AND BEYOND.

10 ms, that is, the time interval between the start of the first and the last subcarrier of the mMTTC as well as the time interval for synchronization.

◀ITU-R WP5Dへの提案文書(5D/440, 5D/609)

テラヘルツ、時空間同期、非地上通信ネットワーク (NTN) のBeyond5G/6G実現に向けた貢献について提案。

▼3GPP SA Rel.18 Workshopへの提案文書 (SP-210612)

時空間同期技術による超低遅延と高精度位置測位技術の提案。

Radiocommunication Study Groups



Received: 28 May 2021

Document 5D/609-E  
28 May 2021  
English only

TECHNOLOGY ASPECTS

National Institute of Information and Communications Technology (NICT)

PROPOSAL FOR WORKING DOCUMENT TOWARDS PRELIMINARY DRAFT NEW REPORT ITU-R M.[IMT-FUTURE TECHNOLOGY TRENDS TOWARDS 2030 AND BEYOND]

## 1 Introduction

At the 34<sup>th</sup> meeting of Working Party (WP) 5D in February 2020, WP 5D agreed the detailed work plan and scope for the preliminary draft new Report ITU-R M.[IMT-FUTURE TECHNOLOGY TRENDS TOWARDS 2030 AND BEYOND]. At the 38<sup>th</sup> meeting in March 2021, WP 5D developed the initial outline and scope of the working document and further discuss at this meeting.

The provisionally agreed scope of the new Report ITU-R M.[IMT-FUTURE TECHNOLOGY TRENDS TOWARDS 2030 AND BEYOND] is as follows:

“This Report provides a broad view of future technical aspects of terrestrial IMT systems considering the time-frame up to 2030 and beyond. It includes information on technical and operational characteristics of terrestrial IMT systems, including the evolution of IMT through advances in technology and spectrally efficient techniques, and their deployment.”

This document proposes some updates for the working document towards a preliminary draft new Report ITU-R M.[IMT-FUTURE TECHNOLOGY TRENDS TOWARDS 2030 AND BEYOND], which is updated from previous National Institute of Information and Communications Technology (NICT) 's contribution (Document 5D/440).

## 2 Proposal

As NICT has proposed some structures and texts for the draft working document at the previous WP 5D meeting, we propose to further updates based on Attachment 5.7 of Document 5D/545.

NICT is of the view to update the current draft working document as follows:

- Existing Section 6.5, Sub-section 6.5.2, 6.5.3(former 6.5.1 and 6.5.2), and new 6.5.1 should be explained the technology related to Terahertz Communications.
- Section 5.12 and 6.12 should explain the technology related to Wireless Space-Time Synchronization.

Contact: std\_stsl@ml.nict.go.jp  
std@ml.nict.go.jp



National Institute of  
Information and Communications Technology

## ■安全安心なSociety 5.0 の実現

- 人々が時間・空間・身体からの制約から解放され、豊かに暮らせる人間中心の安全安心なSociety5.0の実現
- キャスティンググループ：ニーズ分析とシーズ開発との整合性

## ■ Beyond 5G/6Gの研究開発

- 我々の生活空間の拡張と豊かな未来社会の実現
- B5G/6Gは、生活・産業・医療・教育・防災など様々な場面において大きな役割を果たすとともに、我が国の社会経済が国際的に生き残っていくために極めて重要な基盤
- NICTは、ゲームチェンジを意識し、B5G/6G研究開発のHUBをめざす
- One Teamをめざし、自主研究とBeyond 5G研究開発促進事業との連携を推進
- キャスティンググループの実践
- 国際連携、情報発信、知財・標準化活動の強化

# Thank you

NICT will continue to contribute to create a better society by ICT

*[www.nict.go.jp](http://www.nict.go.jp)*