

Beyond
5G

「次世代サイバーインフラ/Beyond5Gに向けた研究開発」

TELEC講演会2021

2021/6/24

東京大学 総長特任補佐
東京大学工学系研究科 教授
中尾彰宏

中尾彰宏

- 東京大学総長特任補佐
- 東京大学大学院工学系研究科教授
- 学術会議連携会員(2020-)
- **Beyond5G推進コンソーシアム・国際委員会委員長**
- 第5世代モバイル推進フォーラム(5GMF)
ネットワーク委員会委員長
- **スペースICT推進フォーラム**
5G/Beyond5G連携技術分科会主査
- 総務省 地域情報化アドバイザー
- 総務省 総合通信基盤局 電気通信市場検証会議委員
- Broadband Association 理事・Local5G普及研究会 委員長
- 株式会社FLARE NETWORKS 取締役・最高技術顧問



東京大学理学部物理学科卒
東京大学大学院工学系研究科情報工学専攻修士修了
Princeton University, Computer Science, Ph.D.

Beyond 5G推進コンソーシアム Beyond 5G Promotion Consortium

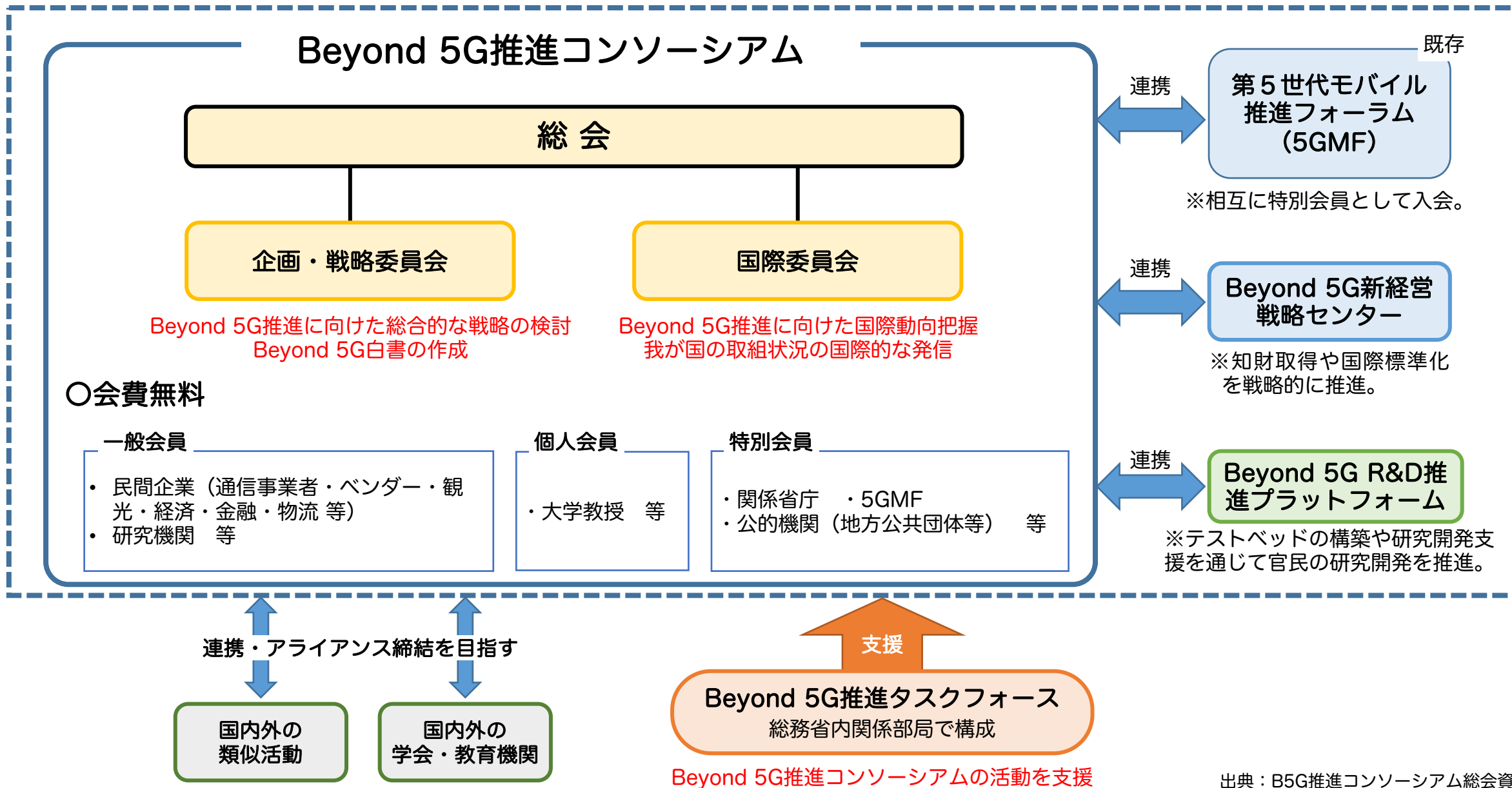
Beyond 5G推進コンソーシアム

Beyond 5G推進コンソーシアムでは、「[Beyond 5G推進戦略](#)」を産学官の連携により強力かつ積極的に推進するため、戦略に基づき実施される具体的な取組の産学官での共有や、取組の加速化と国際連携の促進を目的とする国際カンファレンスの開催を行います。

<https://b5g.jp>

https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01kiban14_02000484.html

Beyond 5G推進体制



Beyond 5Gに求められる機能等

※ 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

- ・アクセス通信速度は5Gの10倍
- ・コア通信速度は現在の100倍

超低遅延

- ・5Gの1/10の低遅延
- ・CPSの完全同期の実現
- ・補完ネットワークとの高度同期

超多数同時接続

- ・多数同時接続数は5Gの10倍

オール光ネットワーク

5Gの特徴的機能の更なる高度化

高速・大容量

低遅延

多数同時接続

5G

持続可能で新たな価値の創造に資する機能の付加

超低消費電力

- ・現在の1/100の低消費電力
- ・対策を講じなければ現在のIT関連消費電力が約36倍に(現在の総消費電力の1.5倍)

超安全・信頼性

- ・セキュリティの常時確保
- ・災害や障害からの瞬時復旧

低消費電力半導体

量子暗号

自律性

- ・ゼロタッチで機器が自律的に連携
- ・有線・無線を超えた最適なネットワークの構築

拡張性

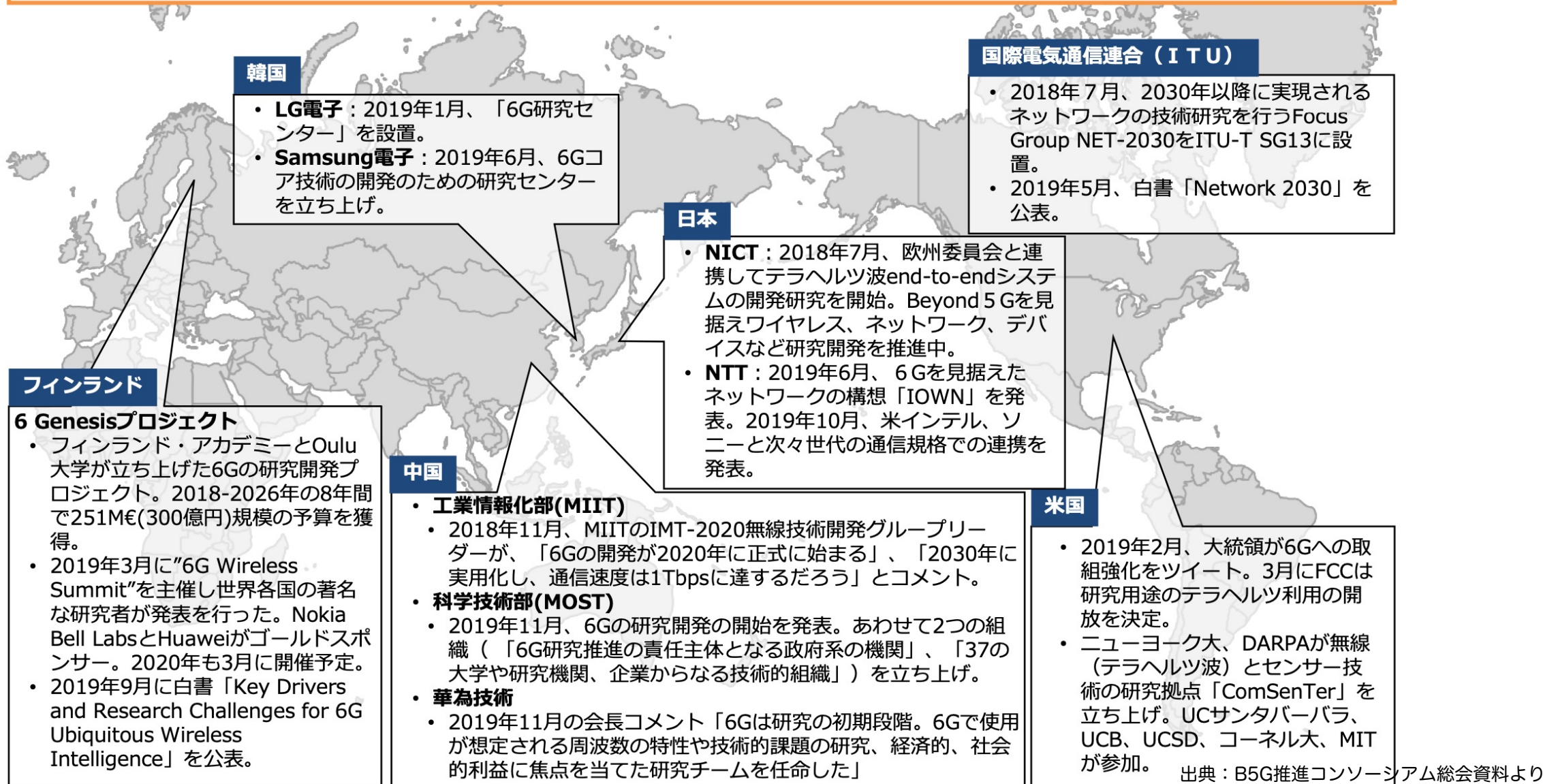
- ・衛星やHAPSとのシームレスな接続(宇宙・海洋を含む)
- ・端末や窓など様々なものを基地局化
- ・機器の相互連携によるあらゆる場所での通信

HAPS活用

完全仮想化

インクルーシブ
インターフェース

- 2018年頃から6Gの実現に向け有望と考えられる通信技術について学術的な議論が各地で活発に行われているほか、ユースケースや要求条件に関する議論も少しずつ始まっている。



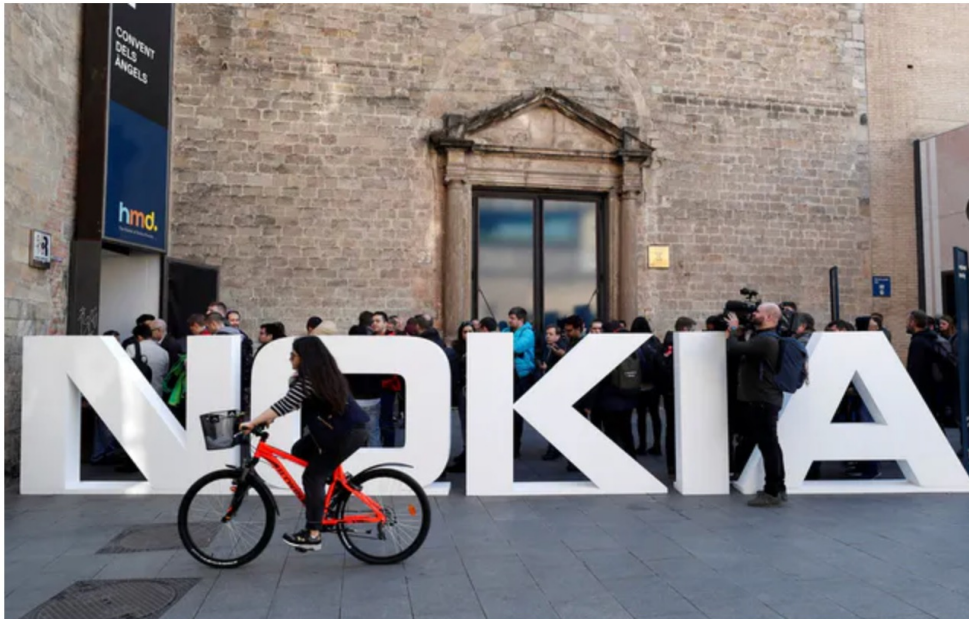
B5G推進コンソーシアムとフィンランド6G Flagshipと連携協定を締結(2021/6/8)

フィンランドと6G開発 官民協定、ノキアなど参加

経済 [+ フォローする](#)

2021年6月7日 23:00 [有料会員限定]

保存



ノキアの参加する組織と連携し、日本勢の競争力を高める=ロイター

次世代通信規格「6G」の研究開発に取り組む日本とフィンランドが連携協定を結ぶ。通信機器の世界大手である同国のノキアが参加する。日欧が研究段階から連携し、標準規格などの主導権争いで先行する狙いだ。

2030年代の6G実用化を目指す日本の「ビヨンド5G推進コンソーシアム」と、フィンランドのオウル大が中心となる産学組織「6Gフラッグシップ」が協定を結ぶ。8日にも日本経済

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUA0717D0X00C21A6000000/>

noteで共有する 次世代通信規格「6G」のあり方議論 世界デジタルサミット2021

新型コロナ [+ フォローする](#)

2021年6月8日 17:43

保存



世界デジタルサミット2021でビデオ講演したオウル大学（フィンランド）のマティ・ラトヴァ・アホ6Gフラッグシップディレクター

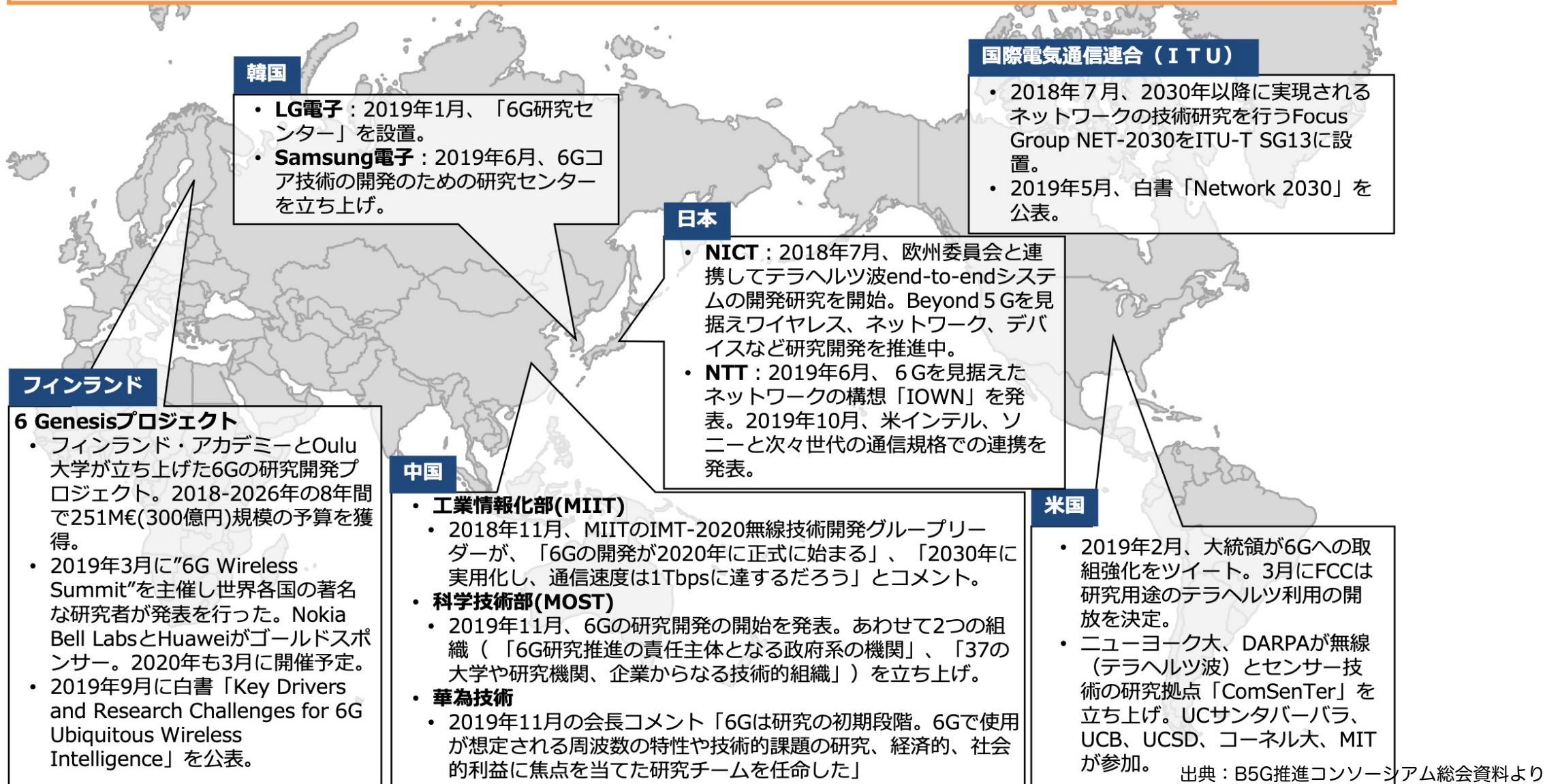
世界デジタルサミット2021（日本経済新聞社・総務省主催）では8日午後から「ポスト・ニューノーマル時代の情報通信ネットワークのあり方」をテーマとした講演が開かれた。次世代通信規格「6G」の研究開発について、東京大学大学院の中尾彰宏教授など日米フィンランドの有識者が講演した。

<https://www.nikkei.com/article/DGXZQOUC075AL0X00C21A6000000>

6G Flagshipとの連携協定(MoU)の理由

- ・ 6Gの実現に世界の「司令塔」として「旗艦」の役割を果たすプロジェクト, 日本が参考にするべきポイントが多い
- ・ 目的は以下の3つであるが、日本にはどれも必要なものばかりである
 - (1) 5Gの成功のための産業支援、(2) 6Gを実現する基盤技術の開発、(3) 未来社会に向けたDXの加速
- ・ 世界経済に与えるインパクトとして以下の4つが掲げられている。特にテストベッドの果たす役割が大きい。
 - (1) 5Gのもつポテンシャルを更に拡張し経済の発展の駆動力とする
 - (2) スタートアップ（起業）の推進、そして、起業の苗床としてのテストベッド(5GTN)の整備
 - (3) 専門家の人材育成 DXのトレーニングの場としてテストベッドを活用
 - (4) R&Dの成果を迅速に市場に投入する Time-to-Marketの短縮を実現するエコシステムの形成
- ・ 「技術の輸出」という出る方向だけではなく、「最新の技術をもった人材をプロジェクト内に取り込み、テストベッドでの実証に取り込む」という世界から人材の流入を狙う 「双方向性のグローバル化」
ホワイトペーパーは12本出しているが、国内の知見だけではなく国外の知見を取り入れたものになっている
つまり、グローバル化が双方向性で進展している。これも日本に必要な視点

- 2018年頃から6Gの実現に向け有望と考えられる通信技術について学術的な議論が各地で活発に行われているほか、ユースケースや要求条件に関する議論も少しずつ始まっている。



IOWNとは



- 光電融合技術と光通信技術の開発により実現する次世代の通信・コンピューティング融合インフラ
- 「大容量性」、「低遅延性」、「低電力消費性」を既存インフラに対する大きな優位性とする

顕在化しつつある問題

サーバインフラの肥大化

データ量、処理量の爆発

レイテンシ問題

1秒のズレが大きな影響

リライアビリティ問題

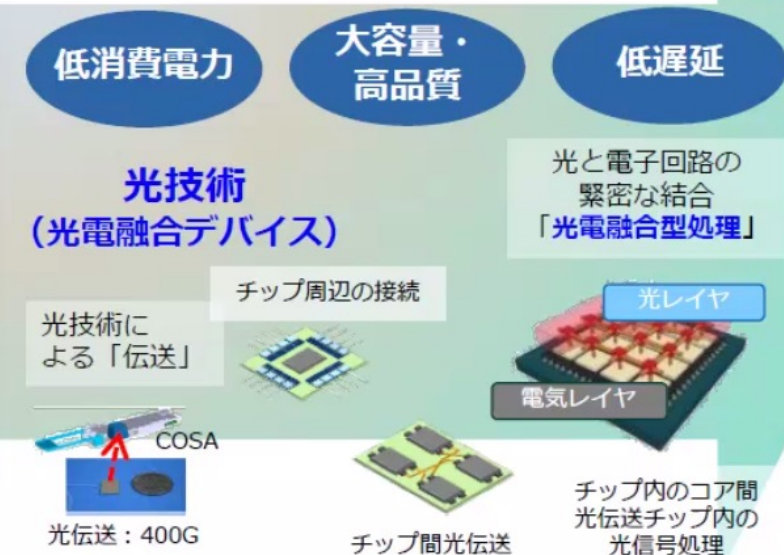
ミッションクリティカルな利用拡大

ROI/グリーンROI 問題

電力消費量の爆発的増加

CO₂

IOWN =
光電融合技術と光通信技術の開発による
「次世代の通信・コンピューティング融合インフラ」



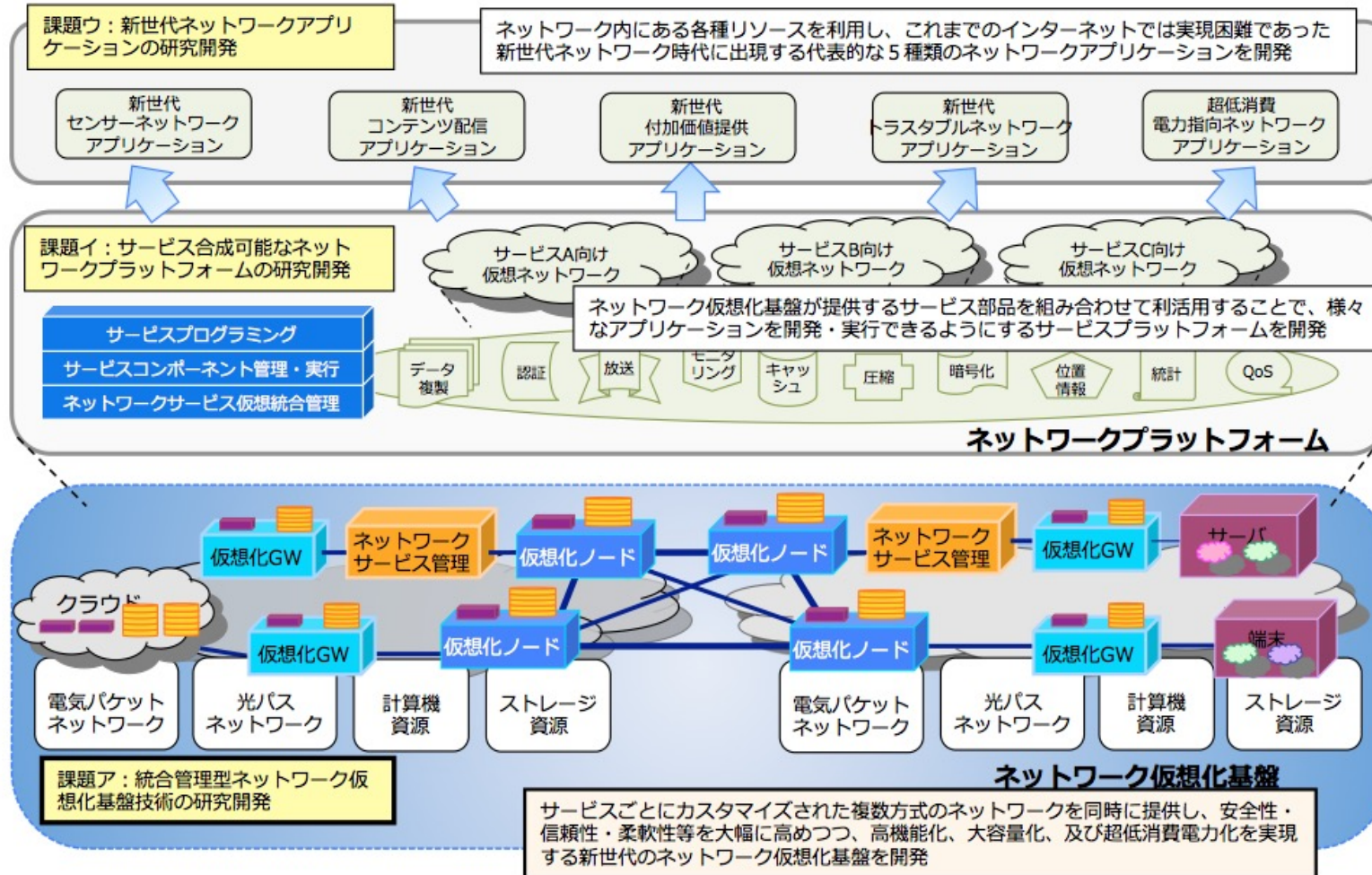
めざす世界



NICT ネットワーク仮想化委託研究(2011-2014) PI：中尾彰宏

Clean Slate Design of the Internet

■ 課題ア・イ・ウの位置づけ



主要な成果

- 情報通信基盤に「仮想化」という概念を定義し国内外に学術分野を確立
- 産学連携で諸外国と対等に渡り合える「仮想化技術」(SDN/NFV)の素地を形成
- 国際標準化に貢献
ITU勧告 SG13 (Y.3000-)
- 「新世代」のネットワークにおける産学官連携のモデルケースの確立

参考：総務省：Beyond 5G研究開発促進事業

令和2年度第3次補正予算(案):499.7億円

(競争的資金300.0億円、共用研究施設・設備199.7億円)

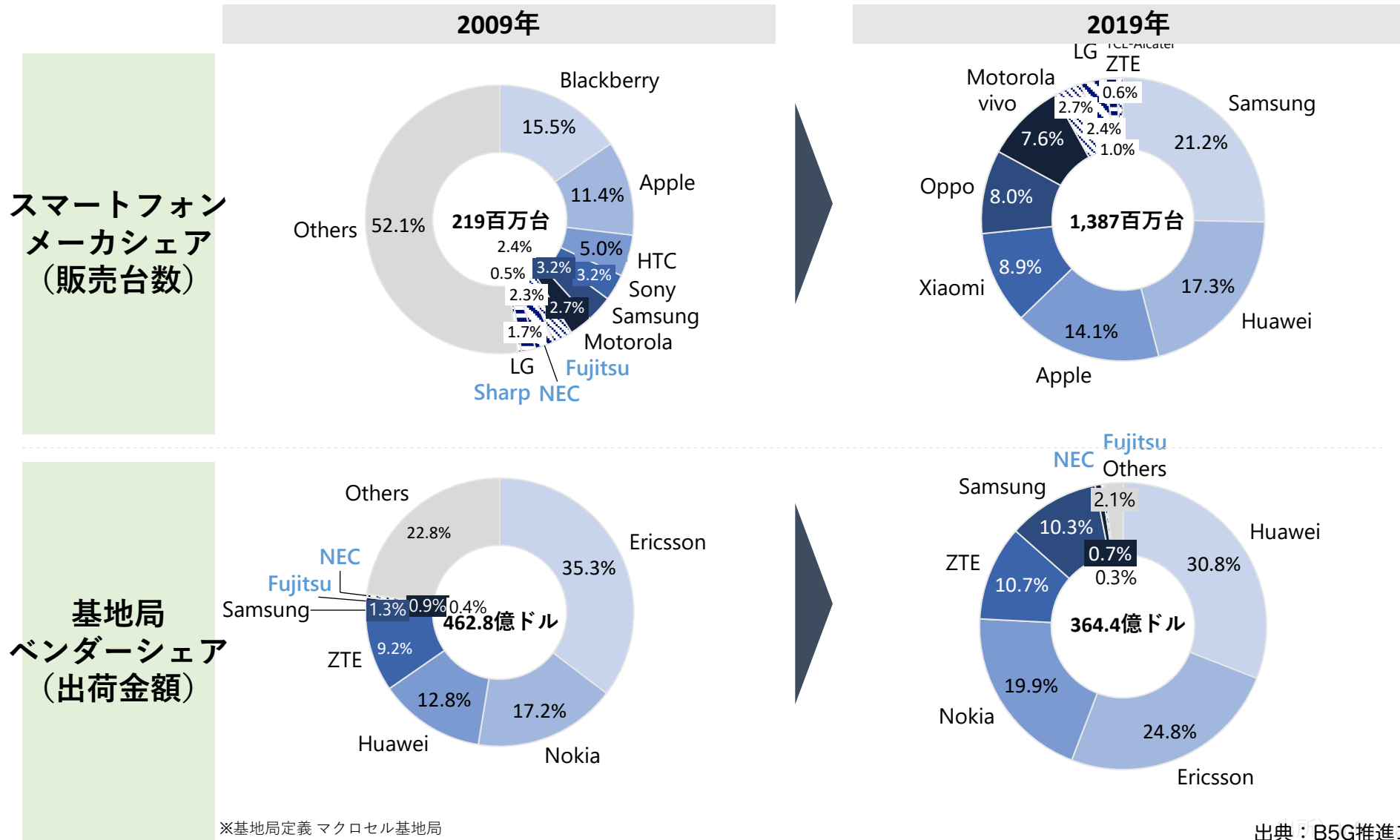


令和2年度第3次補正予算(案):499.7億円

(競争的資金300.0億円、共用研究施設・設備199.7億円)

スマートフォンや基地局等の通信インフラ設備におけるシェア構造の変化

スマートフォンメーカー及び基地局ベンダーに関する世界シェア



構成部品では日本企業が世界トップシェアを確保している

電子部品の概要と世界シェア

対象項目	対象品目	概要	世界シェア		
			1	2	3
スマートフォン関連	チップ積層セラミックコンデンサ (MLCC) (出荷数量ベース)	電子回路の中で電圧を制御する部品	村田製作所 約40%	Samsung EM (韓) 約20%	太陽誘電 10~15%
	表面波 (SAW) フィルタ (出荷数量ベース)	無線信号の中から必要な周波数だけを取り出すフィルタ	村田製作所 50%以上	Qualcomm (米) 30~35%	
	セラミック発振子 (出荷数量ベース)	デジタル回路のクロック信号源等に使用	村田製作所 75%		
	無線LANモジュール (出荷数量ベース)	携帯端末等につける無線LANモジュール	村田製作所 50~60%	USI (中)	TDK
	Bluetoothモジュール (出荷数量ベース)	携帯端末等に付けるモジュール	村田製作所 50%	アルプスアルパイン	
	インダクタ (出荷数量ベース)	高周波回路全般で使用	TDK 25~30%	村田製作所	太陽誘電
	カメラ・アクチュエーター (出荷数量ベース)	カメラのオートフォーカスや手振れ補正用に使用	アルプスアルパイン 70~80%	ミネベアミツミ	TDK
	CMOSイメージセンサ (出荷数量ベース)	スマートフォンのカメラ等で使用	SONY 50%	Samsung (韓) 24%	OmniVision (米) 14%
無線通信デバイス関連	通信用計測機器 (LTE)	正常に通信が行われているか計測する機器	アンリツ	Keysight Technologies (米)	Rohde & Schwarz (欧)
半導体・基板構成部品関連	フォトレジスト (出荷数量ベース)	半導体製造工程の1つであるリソグラフィープロセスに用いられる材料	JSR 27%	東京応化工業 24%	信越化学 17%

フィンランドのB5Gの動向

多くの情報が集約されており、世界的に見ても取組みレベルが最も進んでいる

産学官連携の動向

- 6G Flagshipプロジェクト (2019年1月に6Genesisプロジェクトを立ち上げ)
- 国際会議6G Wireless Summitをすでに2度主催 (2019年3月、2020年3月)
- 2020年3月の第2回会合の結果をもとに、12編のWhite Paperがリリースされている。

R&D予算

- Academy of Finlandによってスタートした6Genesisは、国家研究資金プロジェクトに指定されており、2019～2026年までの8年間で€250M (約317億円) の投資が予定されている。

B5G戦略の狙い

- 5G Test Network Finland (5GTNF) でのビジネスインキュベーションを足場にして、6Gに取り組む
- 全体感を見失わないためにも他国を積極的に巻き込み、情報を集約させ、6Gビジネスをリードする狙い
- Beyond 5G (6G) に対する国家戦略とそれに沿った産学官連携ならびに他国との連携といった取組みについては、現時点ではフィンランドが世界で最も進んでいる国と評価できる

米国のB5G動向

純粋な研究開発だけでなく対中国という観点でも世界に与える影響力が強い

産学官連携の動向

- ①国防省傘下DARPAの研究開発
- ②NSF（National Science Foundation）の研究開発支援 PAWR Project
- ③FCCのTHz帯に関する制度的支援
- ④5G戦略法の成立国際会議6G Symposiumの開催。
- ⑤Next G Allianceの立ち上げ

R&D予算

- ①のJUMPの6センター全体で5年間で約2億米ドル
- ②ではNSFと民間合わせて1億米ドル規模の投資を行う予定
- バイデン大統領は選挙期間中の公約で、5Gをはじめとする先端・新興技術の研究開発に4年間で3,000億ドル投資すると宣言

B5G戦略の狙い

- 5Gの標準化およびネットワーク機器ビジネスでは中国勢の後塵を拝し、国家安全保障上でのリスクを抱える結果となった
- 中国勢を排除しつつ、半導体～IoT～GAFAでのクラウドビジネス覇権の獲得を狙う

諸外国におけるBeyond 5Gに関する白書の分析

- ・ 諸外国にて発行されている白書における技術への言及状況
- ・ 白書にて言及されることと、当該国の持つ強みは必ずしも一致しないことに留意

求められる機能カテゴリ※1	諸外国の白書における技術への言及状況 (フィンランド、欧州、中国、韓国発行の主要な白書における記載に基づく)
超高速・大容量	<ul style="list-style-type: none">・ ミリ波Thz、mMIMO高度化、信号波形変調符号化については調査した全ての白書において言及されている。・ メタマテリアル研究やIAB（無線アクセスバックホール統合伝送）については、一部に留まる。
超低遅延	<ul style="list-style-type: none">・ ネットワークコンピューティングについては多くの白書にて言及されている。・ 伝送メディア変換技術や高精度時刻同期については我が国以外では言及されていない。
超多数同時接続	<ul style="list-style-type: none">・ 「超高速・大容量」と同様、mMIMO高度化の記載が中心となっている。・ ガラスアンテナ技術などはフィンランドの白書で言及されている。
超低消費電力	<ul style="list-style-type: none">・ 光・電子融合技術やゼロエネルギーデバイス（無線給電）などはフィンランド・中国の白書で言及されている。・ 今後は本カテゴリ単体ではなく、SDGsに関する取組の一環としての記載が増えるものと想定される。
超安全・信頼性	<ul style="list-style-type: none">・ 量子暗号技術については、欧州（独、英）の白書にて言及があるものの、従来認識されていなかった技術領域などの言及はなく、特定の国で突出した言及はされていない。
自律性	<ul style="list-style-type: none">・ 仮想化技術やディスアグリゲーション技術に関してはフィンランド、欧州（伊）、韓国の白書で言及されている。・ フィンランドの白書では、上記2技術の上位概念として、RANやコアネットワークの融合技術にも言及がある。
拡張性	<ul style="list-style-type: none">・ 統合型モビリティ運用技術はほぼ全ての白書にて言及されている他、周波数共用や光センシングについての言及も多くの白書で言及が認められる。・ フィンランドの白書ではドローンを含むロボティクスとの連携などについても言及されている。

※1) Beyond 5G推進戦略（令和2年・総務省）「Beyond 5Gに求められる機能」における技術分類に基づく

B5GのR&Dにおける公共財としての大学の役割

過去の実績

2011-2014 NICT委託研究【新世代ネットワーク】
ネットワーク仮想化・スライス技術を産学連携6社で推進

1. 新世代の情報通信技術の先導的研究

過去の実績

2016-2019 総務省委託研究【5GPagoda】
5Gスライシング技術を日欧連携産学11社で推進

2. 学术界の繋がりを活用する国際連携

現在進行中

3. 未来社会協創を実現する若手人材育成

東京大学・連携研究機構

4. 情報通信の迅速な革新推進のための民主化アプローチ

現在進行中

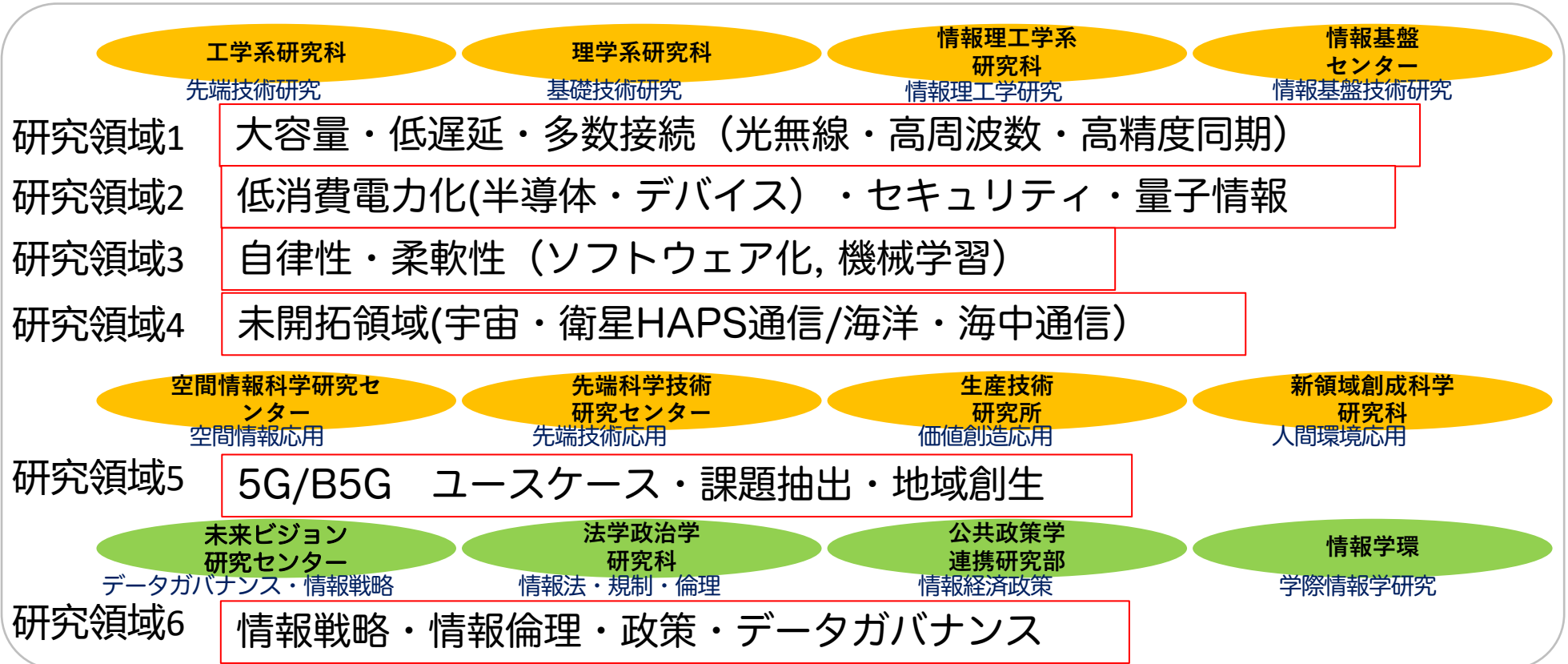
Local5Gの実証
Local6Gからの6G

5. キャンパス・テストベッドによる新技術の苗床

構想・予定

B5G基金を活用する研究成果の
キャンパス展開

サイバー空間を現実世界（フィジカル空間）と一体化させる知識集約型社会のバックボーンとして中核的な役割を担う5G/Beyond5Gをはじめとする次世代サイバーインフラ実現のための連携研究に取り組む。多様な観点から本学の総合知を活かし、技術の研究開発だけではなく、カーボンニュートラル・グリーンリカバリーなどの地球環境へ配慮、誰も取り残すことのない包摂性と高度な倫理と技術の社会受容性・合意形成の考慮を含む横断的アプローチで次世代サイバーインフラの構築を加速し我が国の国際連携・産学官民連携を牽引するフラッグシップとなる組織を目指す **大型国家プロジェクト 5件 受託** ・ **B5G基金にも新たな研究開発提案を申請**



未来社会協創推進本部

2017年7月、東京大学は、総長を本部長とする「未来社会協創推進本部」を設置しました。その目的は、東京大学憲章に示した「世界の公共性に奉仕する大学」としての使命を踏まえ、地球と人類社会の未来への貢献に向けた協創を効果的に推進することです。

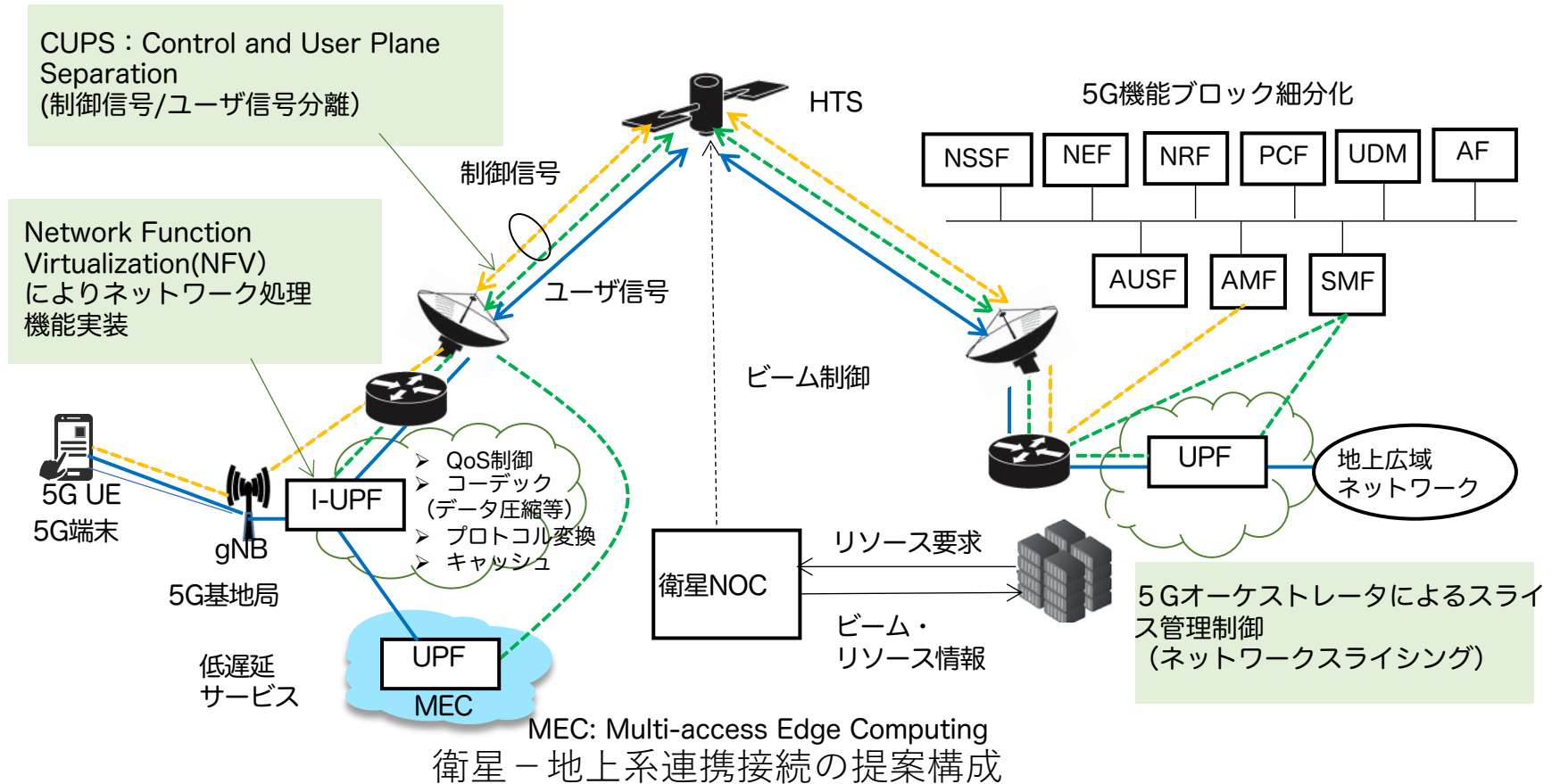


次世代サイバーインフラニシアティブ
登録プロジェクト

Chair: Akihiro Nakao

Satellite Communication System :R&D of Satellite and 5G/Beyond5G (2020- NICT+UTokyo)

衛星通信ネットワーク区間の遅延（約 500msec）や、衛星通信と地上網との伝送速度差（約 100 倍）、衛星通信と地上網（5G、IoT 等）との通信プロトコル等の大幅な違いにより、衛星通信と地上網との接続における TCP/IP 通信における実効伝送速度の低下や、エンド to エンドの適切な通信が出来ない点が課題

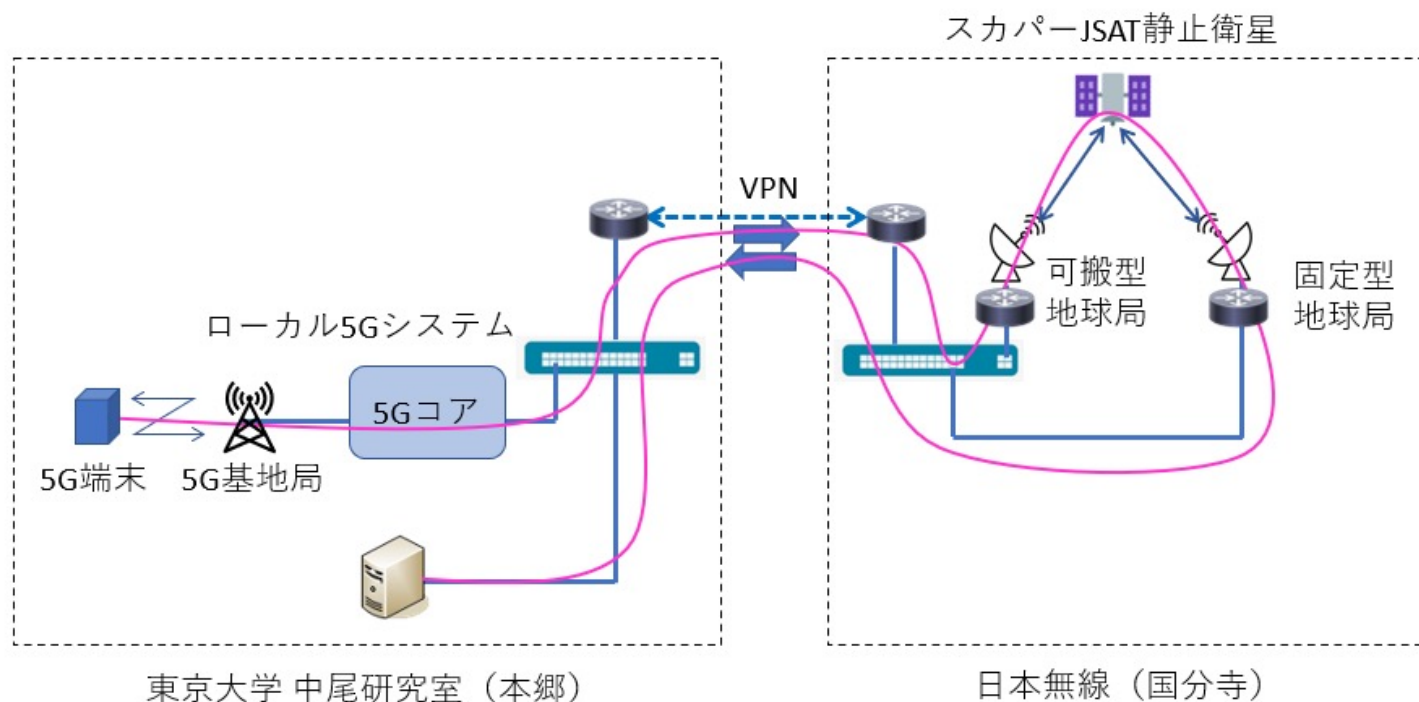


HTSと5Gの両者の柔軟なシステム技術の融合により技術課題が解決され、多様なサービスの高効率なネットワーク収容により経済性の高いシステムが可能となる

国内初、静止衛星とローカル5Gとの接続による映像伝送実験

国立大学法人東京大学（所在地：東京都文京区、総長：藤井 輝夫）大学院工学系研究科 中尾研究室（教授：中尾彰宏）、以下 東京大学）、日本無線株式会社（本社：東京都中野区、代表取締役社長：小洗 健、以下 JRC）並びにスカパーJ S A T株式会社（本社：東京都港区、代表取締役 執行役員社長：米倉 英一、以下 スカパーJ S A T）は2021年3月16日、静止衛星とローカル5Gを接続する共同実証実験を行い、国内で初めてローカル5Gと衛星回線の統合ネットワークにおける映像伝送に成功致しました。

本実験は、国立研究開発法人情報通信研究機構（本部：東京都小金井市、理事長：徳田 英幸）が実施する『研究開発課題：Beyond 5G における衛星-地上統合技術の研究開発』に係る研究 開発委託事業の一環として実施されました。



東京大学 中尾研究室 (本郷)

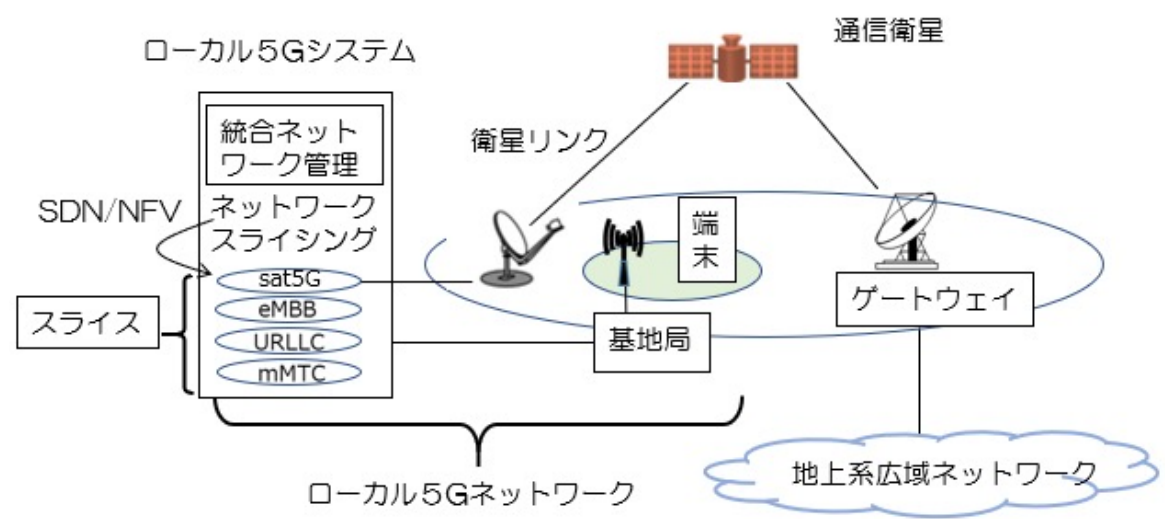
日本無線 (国分寺)

『Beyond 5Gにおける衛星-地上統合技術の研究開発』を受託

2020年11月2日報道発表

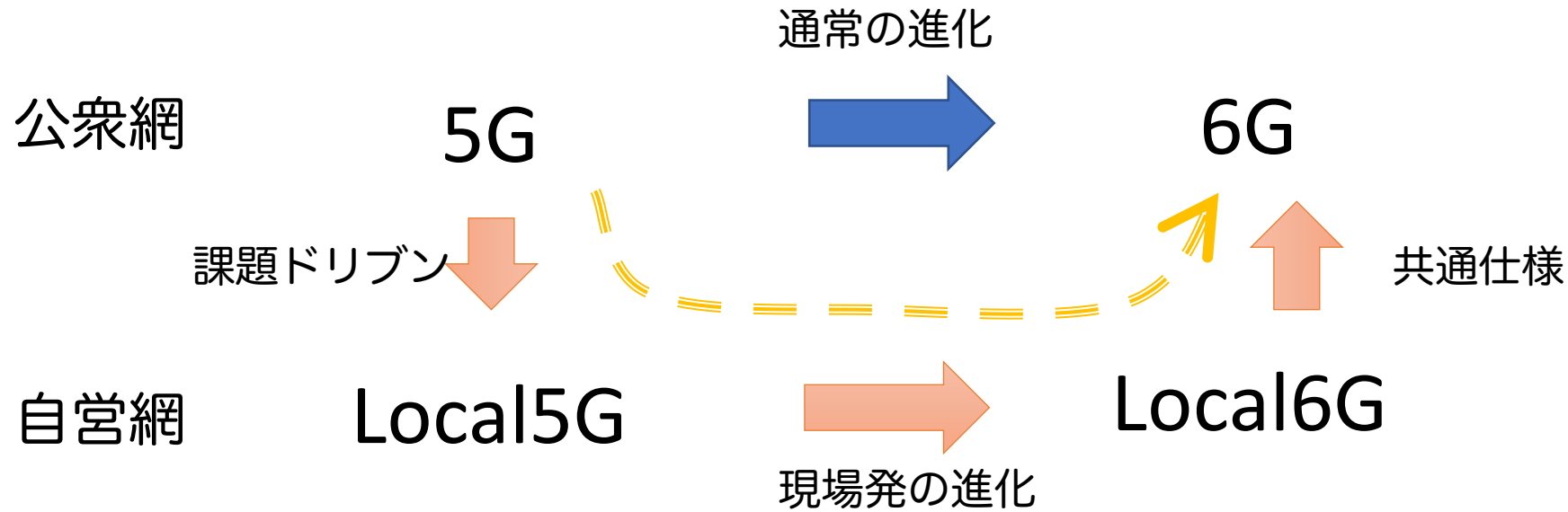


- 日本無線株式会社【代表研究者】**
 - ・ 日欧共同トライアルによる研究開発
 - ・ ESAテストベッドによる衛星-地上接続実証実験
- スカパーJSAT株式会社【研究分担者】**
 - ・ 日欧共同トライアルによる研究開発
 - ・ 日欧接続によるネットワーク運用性の評価
- 国立大学法人 東京大学【研究分担者】**
 - ・ ローカル5Gバックホールの研究開発



・ 衛星通信連携のためローカル5Gバックホール連携接続の研究開発
東京大学中尾研究室で研究開発している SDN/NFV、ネットワークスライシング
及び統合的なネットワーク管理技術を活用し、Beyond 5Gにおいてローカル5Gのトラフィックを衛星地上接続の
バックホールで効率的にネットワーク収容する技術の確立を目標とします。

6GはLocal6Gから始まる



「現場発の仕様が革新を起こす」

価格破壊・自営網展開キット (L5G-IAB; Local 5G-In A Box)

低消費電力基地局 (半導体開発)

衛星Local5G通信

アプリケーションスライシング

カスタムセキュリティ

AIによる運用自動化

Local5G Federation Roaming

まとめ：5GからBeyond5G/6Gに向けた情報通信の進化

- 人間の基本的な社会活動は相互のコミュニケーションに支えられている。
- 日常生活の平時はもちろんのこと、**被災時や緊急時の有事における1ビットのデータ（安否確認）通信**であっても情報通信の重要性は疑う余地がない
- コロナ禍でさらに情報通信の果たす役割の重要性は疑う余地がなくなっている
- 万物を繋ぐコミュニケーションを完全にするために、ありとあらゆる技術を駆使して、**未開拓領域の情報通信を一つでも多く可能とする研究を推進すべき**
- **民主的R&Dの重要性**
- **双方向性のグローバル化と「個人の繋がり」からの国際連携を推進すべき**