

Beyond 5Gに向けた情報通信技術戦略の在り方 参考資料集

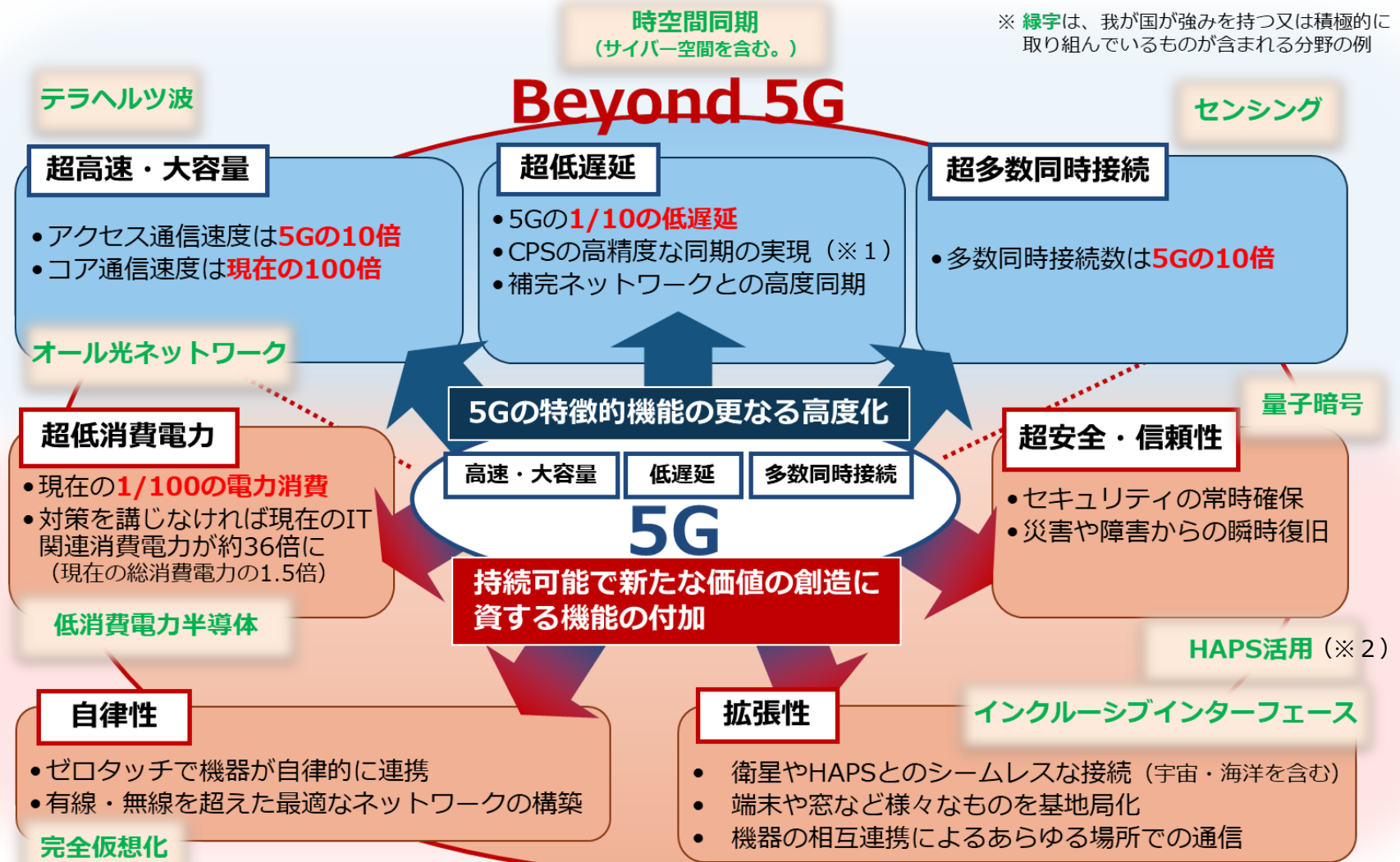
令和4年4月12日

情報通信審議会 情報通信技術分科会
技術戦略委員会

Beyond 5Gを取り巻く状況 関連

Beyond 5Gに求められる機能等

- **Beyond 5Gは、5Gの特長的機能の更なる高度化（超高速・大容量、超低遅延、超多数同時接続）に加え、自律性、拡張性、超安全・信頼性、超低消費電力等、持続可能で新たな価値の創造に資する機能の付加が求められている。**



※ 1 Cyber Physical Systemの略。センサー等で実空間（フィジカル）のデータを収集・観測し、サイバー空間でデータの処理・分析を行ってその結果を実空間側にフィードバックすることで、新たな価値を創造する仕組み等を指す。

※ 2 High Altitude Platform Stationの略。携帯電話の基地局機能を搭載して成層圏などの高高度を飛行する無人航空機等を指す。

量子技術に関する国内外の動向

● 量子技術は、A Iと並び経済社会構造、安全保障概念を根本的に変える技術

- **量子コンピューティング**：産業活動(金融、製薬等)、安全保障(暗号解読を含む)などの分野において活用の議論が本格化
- **量子暗号通信**：原理的に解読不可であり、地上網・衛星通信を念頭に広域ネットワーク構築に向けて各国が構想策定中
- **量子センシング**：既存技術とは桁違いの精度を有し、GPSに依存しない航空機、潜水艇などの実現も視野

● 我が国は、量子暗号、量子センシングの分野では世界トップの研究レベル。産業界も巻き込んで投資を拡大することが課題

⇒ 経済安全保障で必須となる量子ネットワーク及び量子コンピューティング実現への施策強化と加速、並びに国際競争力の確保に向けた動向把握・国際連携・産業形成が急務

アメリカ

- ✓ 5年間で約1,400億円の投資(DOD、CIAを除く)
- ✓ 産業界も当事者としてGoogle、IBM等が量子コンピュータを開発中

(2019年Googleが量子超越性*を実証)

*量子超越：古典コンピュータでは到達しえない能力

Google IBM

EU

- ✓ 10年間で約1,300億円のFlagshipプロジェクトを開始(2018年10月～)
- ✓ 仏は2021年1月に量子技術の国家戦略を発表。4年間で約1,300億円を投資
- ✓ 独は2021年1月に量子コンピュータのロードマップを策定。5年間で約1,300億円を投資
- ✓ 蘭・英は、国際的な拠点形成

 QUANTUM FLAGSHIP  UK NATIONAL QUANTUM TECHNOLOGIES PROGRAMME

中国

- ✓ 官民ともに研究開発を積極的に展開
- ✓ 5年間で約1,200億円の研究開発(2016年～2020年)を実施
- ✓ 世界初の量子科学実験衛星「墨子号」(2016年8月)
- ✓ 光量子コンピュータによる量子超越性の実証を発表(2020年12月、史上2番目)

 阿里巴巴 Ailibaba  HUAWEI

【量子コンピュータ】

スパコンの約10億倍の速さ

(2019年12月、米国)

- ・アニーリング型：
カナダのD-Wave実用化
(5000Qubitsマシン@2020)
- ・ゲート型：米国のIBM実用化
(127Qubitsマシン@2021)



【量子暗号通信】

グローバルネットワーク構築に向けた競争が世界中で進展

(日本でも関連する研究開発を強力に推進)



(出典：NICT)

【量子センシング】

高精度なセンサを開発中(日本に優位性)

- ・重力センサ：数桁高精度(セシウム原子時計比)
- ・磁気センサ：感度10万倍(ホール素子比)
- ・慣性センサ：2桁高精度(一般ジャイロ比)



(出典：JAMSTEC)

自律型無人潜水機 (GPS非依存)

将来、既存の暗号通信を瞬時に解読可能

政府全体の「量子技術イノベーション戦略」の概要

- 量子技術は、将来の経済・社会に変革をもたらす、安全保障の観点からも重要な基盤技術であり、米欧中では本分野の研究開発を戦略的かつ積極的に展開
- 我が国においても「量子技術イノベーション」を明確に位置づけ、日本の強みを活かし、重点的な研究開発や産業化・事業化を促進することを目指し、令和2年1月に「量子技術イノベーション戦略」を策定。量子コンピュータのソフトウェア開発や量子暗号などで、世界トップを目指す

<量子技術イノベーション創出に向けた重点推進項目>

I 重点領域の設定

- ✓ 世界に先駆けて「量子技術イノベーションを実現」



- ✓ 「主要技術領域」、「量子融合イノベーション領域」を設定し、ロードマップを策定

〔例：量子コンピュータ、量子通信・暗号、量子AI、量子セキュリティ〕

- ✓ 研究開発支援を大幅に強化し、企業等からの投資を呼び込み

II 量子拠点の形成

- ✓ 国内外から人や投資を呼び込む「顔の見える」拠点が不可欠



- ✓ 「量子技術イノベーション拠点(国際ハブ)」の形成を本格化

〔例：量子ソフトウェア研究拠点、量子セキュリティ研究拠点〕

- ✓ 基礎研究から技術実証、人材育成まで一気通貫で実施

III 国際協力の推進

- ✓ 産業・安全保障の観点から、欧米との国際連携が極めて重要



- ✓ 量子技術に関する多国間・二国間の協力枠組みを早期に整備

〔令和1年12月に日米欧3極によるシンポジウムを日本で初開催〕

- ✓ 特定の国を念頭に安全保障貿易管理を徹底・強化

上記の取組を含め、量子技術イノベーションの実現に向けて、5つの戦略を提示

技術開発戦略

国際戦略

産業・イノベーション戦略

知財・国際標準化戦略

人材戦略

Society5.0／持続可能な社会の発展を支えるQX（Quantum Transformation）の重要性の高まり

- ✓ コロナ禍により急速にDX化し、サイバー空間、データ量・通信量が拡大し、Society5.0が進展する中、「QX」は不可欠である。
- ✓ カーボンニュートラル社会の実現に向けた動きも本格化し、生産性向上／低炭素化等を実現する「QX」は持続可能な社会の発展を支える基盤としても重要である。
- ✓ 量子産業をめぐる国際競争も激化し、我が国の量子産業の国際競争力を維持・向上するため取組を加速する必要がある。

【あるべきQX社会のビジョン】 未来社会におけるQXの位置づけ

【量子コンピュータの国際競争力】

- ✓ 海外企業が次々と野心的な目標を打ち出し、国際競争は激化しており、我が国は取組を抜本的に加速しないと負けるおそれ。
- ✓ 産学官が一体となってNISQ、誤り耐性量子コンピュータの研究開発を抜本的に加速・強化すべきではないか。

【量子アプリケーションの開発】

- ✓ 量子コンピュータの“利用”の将来の市場規模のポテンシャルは極めて大きい。国内では、金融、材料、運輸等の幅広い分野のアプリケーション開発の本格的な取組が少ない。
- ✓ ユーザ企業も巻き込んで、産学が一体となった量子アプリケーションを強力に開発する取組・体制が急務ではないか。

【量子セキュリティ技術の普及・高度化】

- ✓ 海外では、地上・衛星通信を活用して、長距離や多様なユースケースの量子暗号通信を実証するなど社会実装に向けた取組が活発化。
- ✓ 我が国では、一部企業が量子暗号通信の事業展開を開始したが、今後、実社会でのテストベッド環境構築等を通じた技術の社会実装・高度化への取組強化が必要ではないか。

【量子ベンチャー企業の振興】

- ✓ 今後、全く新たな市場が形成される本分野は、ベンチャー企業が力を発揮できる分野。一方で、量子分野のハード・ソフトともに海外と比べてベンチャー企業が少ない。
- ✓ 量子ベンチャー企業を創出できる環境を構築し、日本発の量子ユニコーンベンチャー育成を目指すべきではないか。既存事業者からも、積極的に長期的な新事業展開ができるような仕組み作りが必要ではないか。

【プレイヤー人材の育成】

- ✓ 産業・研究分野ともに量子分野のプレイヤー人材（ハード・ソフト）が慢性的に不足。
- ✓ 短期的なヨコ（他分野・他業界・他国からの取り込み）、長期的なタテ（高校生・大学生等の育成）の視点で、抜本的なプレイヤー人材の育成・拡充が必要ではないか。

【国際連携】

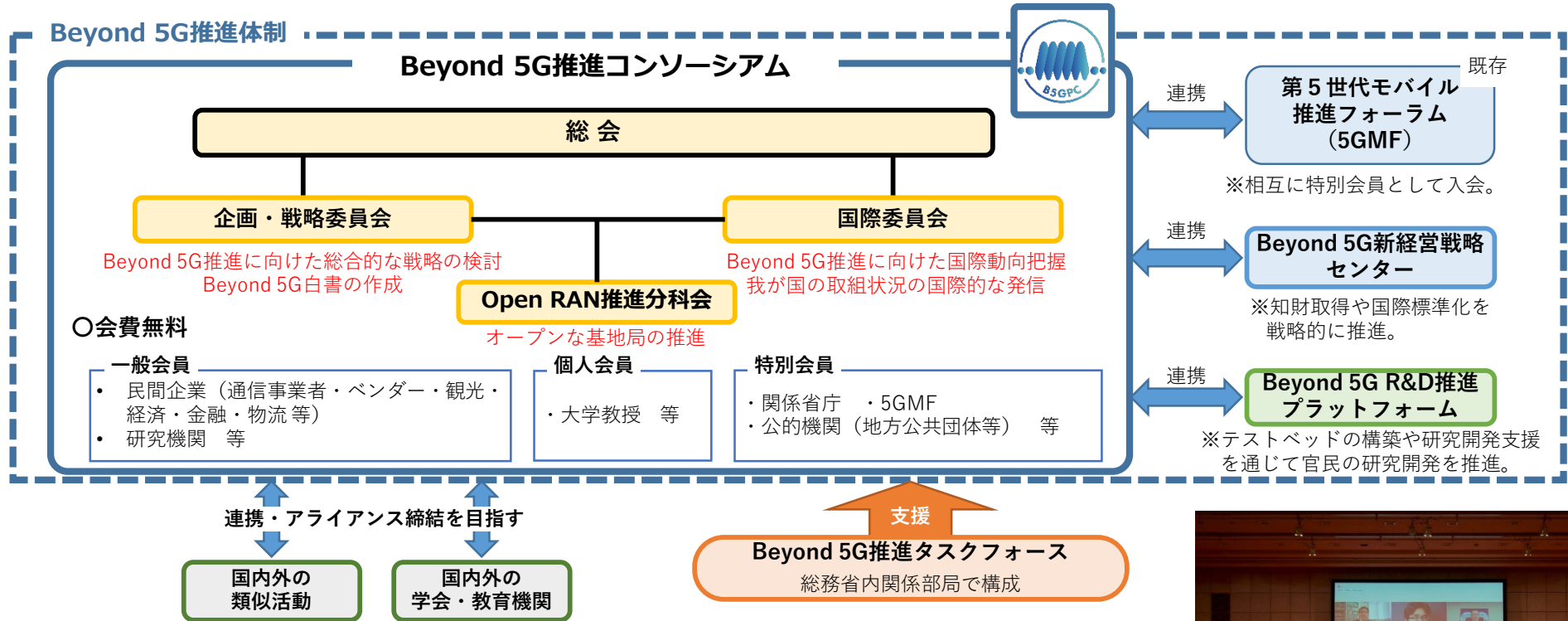
【産学官連携体制】

【アウトリーチ】

量子技術イノベーション会議等における議論を経て、新たな量子技術に関する戦略を検討中

Beyond 5G推進コンソーシアムの概要

- 「Beyond 5G推進戦略」(2020年6月総務省)を強力かつ積極的に推進するため、産学官の「Beyond 5G推進コンソーシアム」を2020年12月に設立。
- 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などを実施。



会長	五神 真 (東京大学教授・第30代総長)
副会長 (五十音順)	井伊 基之 (NTTドコモ社長)、澤田 純 (NTT社長)、高橋 誠 (KDDI社長)、 徳田 英幸 (NICT理事長)、十倉 雅和 (経団連会長)、 宮川 潤一 (ソフトバンク社長)、山田 善久 (楽天モバイル社長)、 吉田 進 (第5世代モバイル推進フォーラム会長)



設立総会
(2020年12月18日、於：帝国ホテル)

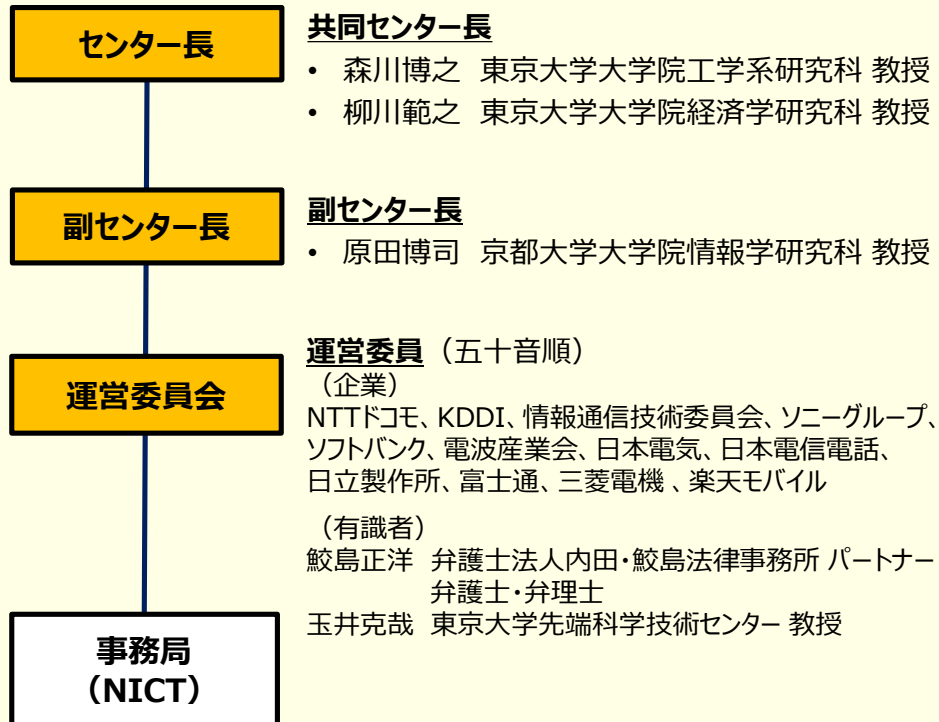
- Beyond 5Gに係る知財の取得や国際標準化に戦略的に推進するため、産学官のプレイヤーが結集した「Beyond 5G新経営戦略センター」を2020年12月に設立。

Beyond 5G新経営戦略センター

※2022年3月末時点で約150者が参加登録

(主要通信事業者、ICTベンダーのほか、ユーザー企業、法律事務所、大学、自治体等が参加)

<体制>



- B5G推進コンソーシアムや内閣府知的財産戦略推進事務局、経済産業省、特許庁などの関係府省庁、一般社団法人情報通信技術委員会、一般社団法人電波産業会等の標準化団体、及び弁理士会等と連携し、右記の取組を主導

<主な取組>

1. 意識改革を目的とする情報発信の強化

- ✓ Beyond 5G時代に向けた新ビジネス戦略セミナーの開催
- ✓ 標準化や標準化人材の重要性を啓発するガイドブックの作成

2. 知財・標準化をリードする人材育成

- ✓ 企業の若手幹部候補生を対象とする研修の実施 (Beyond 5G新経営戦略センター リーダーズフォーラム)
- ✓ デジタル分野の高等教育機関を対象とする人材育成支援 (Web×IoTメイカーズチャレンジプラス)

3. 知財・標準化を含めた経営戦略策定・支援のための基盤情報整備

- ✓ IPランドスケープの作成 (国・地域別、企業別の知財取得動向の分析)
- ✓ Beyond 5Gにかかる研究者データベース構築 (産学連携の促進等のため、研究者を研究領域毎に整理)

4. 新たな技術の掘り起こしのための中小企業支援

- ✓ 中小企業等の知財・標準化活動を推進するため、公募を通じて、事業化戦略等の策定や概念実証などを支援

Beyond 5G推進コンソーシアム白書 関連

企画・戦略委員会

白書分科会

主査：中村（NTTドコモ）

- 2030年代に期待される強靱で活力のある社会を展望し、Beyond 5Gのユースケースや通信の要求条件と技術を明確化する。
- Beyond 5Gコンセプトを早期にとりまとめ世界的に発信し、ITU含む国際的議論に反映するとともに、国際的なイニシアチブを確立する。
- 多様な業界の意見を積極的に取り込みかつ発信し、あらゆる産業界にとって有益なBeyond 5Gコンセプトを作り上げ、国際競争力強化に貢献する。

ビジョン作業班

リーダー：小西（KDDI総合研究所/KDDI）、サブリーダー：永田（NTTドコモ）

- 2030年頃に想定される社会の検討、ならびに、2030年頃に商用化されるBeyond 5Gに求められるユースケースや要求条件に関わる検討を行い、白書にまとめること。

技術作業班

リーダー：中村（富士通）、サブリーダー：下西（NEC）

- Beyond 5Gで利用される技術の動向等について検討を行い、それらが利用者や市場に提供する機能・価値・果たす役割・期待などを明らかにし、白書にまとめること。

WP5D対応Ad Hoc

主査：菅田（KDDI）、副主査：武次（NEC）

- 白書分科会の議論結果を踏まえたITU-R WP5Dへの対応方針策定と寄書のドラフト作業等

- **1章 はじめに**
- **2章 トラフィックトレンド**
2030年頃に到来が予想されるBeyond5Gのモバイルアプリケーション、ユースケースからトラフィックの傾向を示したもの。
- **3章 通信業界のマーケットトレンド**
移動通信分野のマーケット動向、特に、スマートフォンや基地局等の通信インフラ設備のシェア構造の変化と、スマートフォン関連の構成部品の技術動向を示したもの。
- **4章 他業界から得られたトレンド**
現時点で世の中に存在するすべての業界における課題を洗い出し、課題解決案、業界としてあるべき姿や夢、さらには、Beyond 5Gに期待する性能や機能をまとめたもの。
- **5章 Beyond 5Gで求められるCapabilityとKPI**
4章の内容から、様々な業界での特徴的なユースケースを洗い出し、それぞれのユースケースで求められるBeyond 5Gの性能をまとめたもの。
- **6章 技術トレンド**
Beyond 5Gに求められる技術の動向について検討し、それらが利用者や市場に提供する機能・価値・果たす役割・期待などを明らかにしたまとめたもの。
- **7章 おわりに**

- 2030年には、仮想空間やホログラフィック技術を活用した、より没入的なメディア体験 (e.g., メタバース) を享受することが可能となる

現状

- ✓ テレビラジオ、出版・広告、SNS など多様なマルチメディアが提供されている
- ✓ 新型コロナウイルス流行により、コンテンツのデジタル化が加速 (e.g., オンラインライブイベントなど)

オンラインライブイベント



Source: <https://lineblog.me/livepress/archives/13261786.html>

期待される将来像

- ✓ 全てのコンテンツがインターネット経由でアクセス可能。同様に、個々人のよりリッチなコンテンツを場所・時間・デバイスによらず、より簡易に配信。
- ✓ 仮想空間やホログラフィック技術の活用
- ✓ 各ユーザに対するカスタマイズによる、より効率的なコンテンツ配信

仮想空間を活用したエンターテインメント



ホログラフィック技術



Source: <https://about.fb.com/news/2021/10/facebook-company-is-now-meta/>

- Beyond 5Gに求められるハイレベルな要件（コンセプト観点・技術観点）を下図に示す。
- 求められる具体的な性能例として、ホログラフィックコミュニケーションに必要と考えられる **数10～数100 Gbps**のピークスループットが想定される。

下図の黒線は、コンセプト観点と技術観点の関連を示す。

コンセプト観点

技術観点

高いアクセス性

無線通信拡張

- 誰でも・いつでも・どこでも・どのような端末でもアクセスが可能
- 各ユーザが自身のコンテンツを配信することが可能。
- リッチかつ多様なマルチメディアアプリケーション開発者コミュニティを可能とするグローバルエコシステムの構築。

- さらなる周波数利用効率向上、カバレッジ拡張、低遅延化

より没入的なメディア体験

アーキテクチャ・プロトコル拡張

- ホログラフィックコミュニケーションやインターネットの身体所有を含むさらなる没入型メディア体験をサポート

- 放送と通信の両方を用いた効率的なコンテンツ配信を可能とする無線アクセス、NWアーキテクチャのサポート

パーソナライズ

AI/MLの活用

- 個々のユーザ・視聴環境・視聴デバイスに適応したサービス提供

- AIを使った多様なパーソナライズ/カスタマイズの実現

高齢化社会は地方での移動に制約を与え、都市部での人口集中は交通渋滞を引き起こす。すべての人々が居住地に依存せずに自由に効率的な移動を確保できる社会が求められる。

現状分析

- 人手不足により地方における公共交通手段の維持が難化し移動の自由が制約。都市部では人口集中により交通渋滞を招き、人々の生活に悪影響を及ぼす。
- エネルギー・環境問題や高齢化に起因する交通事故の問題に対する社会の危機意識の高まり。

課題

- すべての人に移動の自由や効率的な移動を提供するモビリティ・インクルーシブな社会の実現
- 高度な自動運転や安全運転支援をつかさどる強靱なインフラの整備と低炭素化社会の両立

期待する将来像

1. すべての住民が自由・効率的に移動できる社会



出典：ITS Japan (ITSによる未来創造の提言)

2. マルチモーダルな移動手段を管理するMaaSプラットフォーム



出典：ITS Japan (ITSによる未来創造の提言)

3. クルマとスマートシティの連携により電気の地産地消を促進



出典：ITS Japan (ITSによる未来創造の提言)

4. モビリティ・インクルーシブを実現するデジタル空間



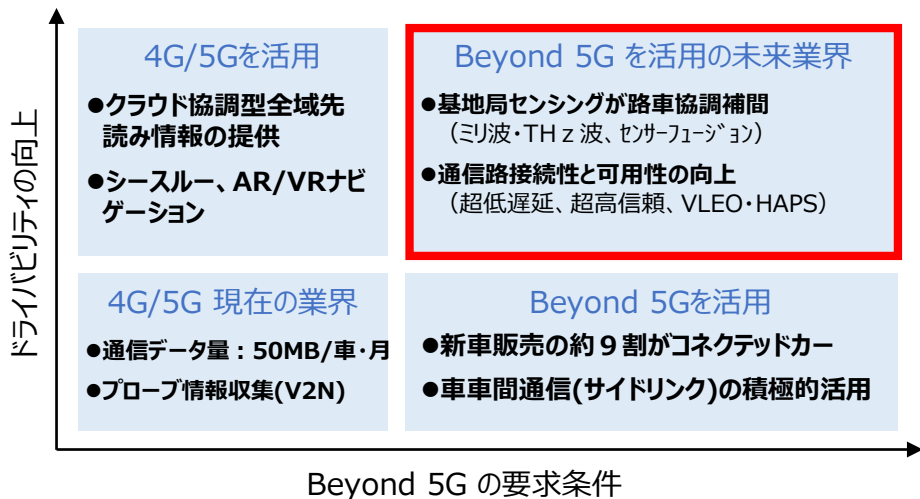
出典：首相官邸 (官民 ITS 構想・ロードマップ)

2030年代の自動車社会の実現に向け、Beyond5Gでは新たにテラヘルツ波による高精度センシングと通信の融合、AI分散学習・推論、超高信頼性が必要となる。

Beyond 5G で求められるもの

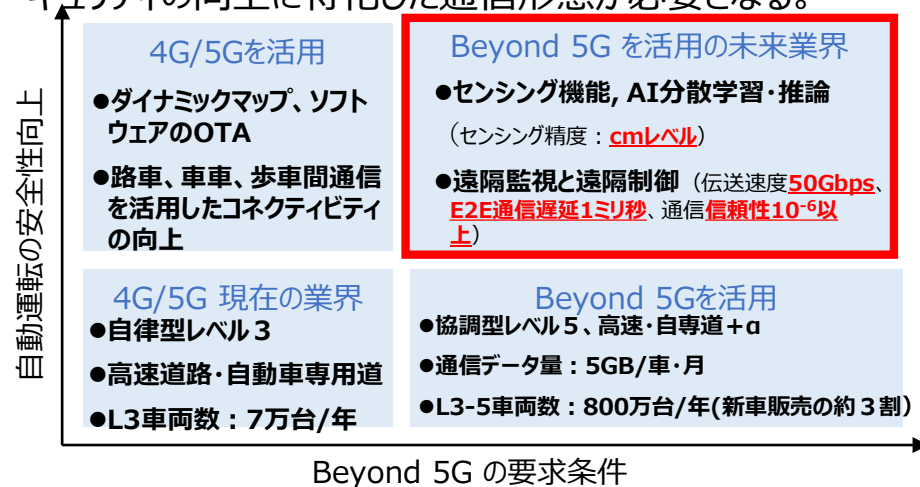
安全運転支援

信号の無い交差点、悪天候下や災害発生時での運転においても、安全性を確保するため、Beyond5Gのセンシングの活用や通信路接続性能の向上が必要となる。



自動運転

自動運転の社会実装を加速するために、通信とセンシングの融合、AI分散学習・推論機能や量子暗号によりセキュリティの向上に特化した通信形態が必要となる。



現状分析と課題

1. 超高齢化社会との共生
 - 社会課題解決先進国として日本から世界への課題解決展開に期待
2. 未知の疾患への対応
 - 生活・医療・経済への影響の抑止、迅速な対応、ソリューションに期待
3. 医薬品・医療機器開発テクノロジーの発展
 - 世界的に研究開発が加速しており、日本として最高水準の医療技術の実現、牽引を期待

期待する将来像

1. 身体機能の補助及び再現



出典：厚生労働省ホームページ

加齢により衰えた身体機能を補助及び再現

2. 未知の感染症への速やかな対応



出典：内閣官房長(感染拡大防止特設サイト)

感染症発生時の速やかな対応と早期解決

3. 医療技術開発



出典：AMED (成果情報)

ビックデータの構築及びAIの精度向上等による最先端の医療技術開発

4. 超高齢化社会対応



出典：厚生労働省ホームページ

医療の地域的偏在の解消や医療のシステム化

5. 健康寿命延伸



出典：厚生労働省ホームページ

病気早期発見や手術などの治療によるリスク低減

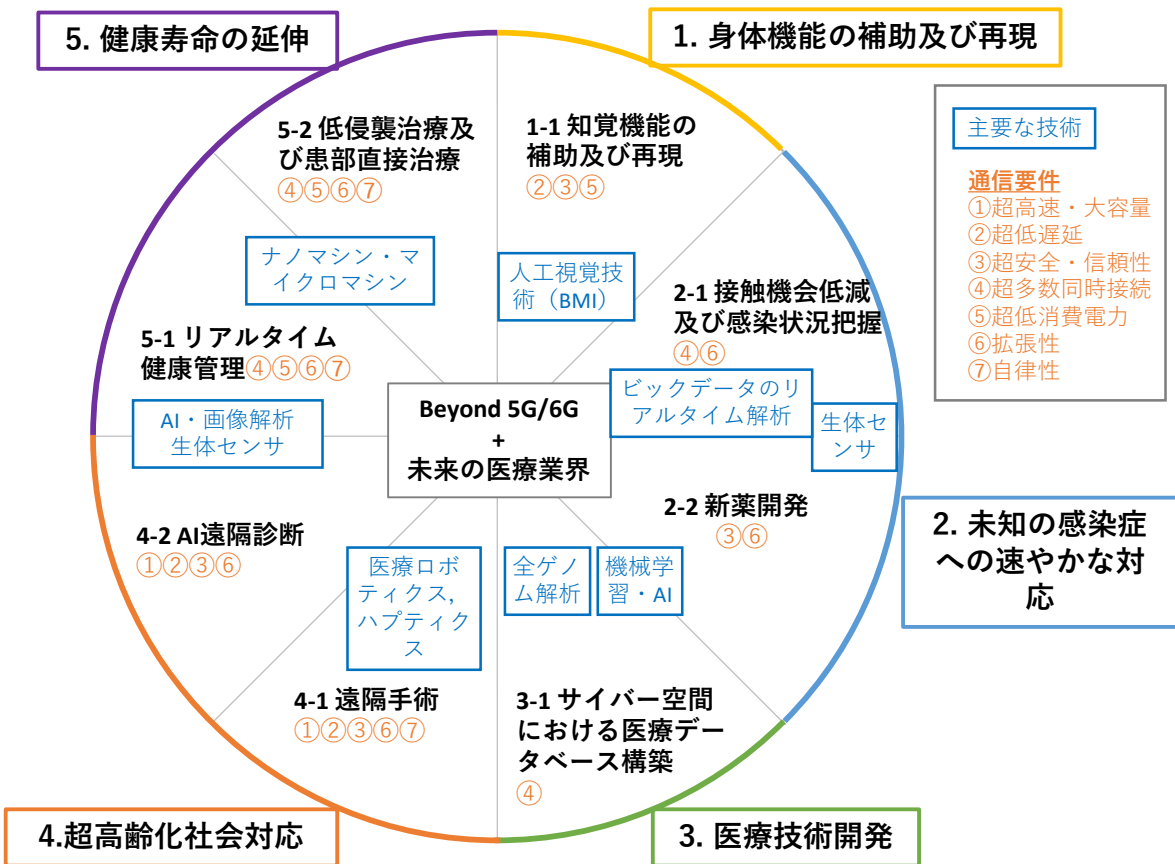
Beyond 5Gで求められるもの

期待されるユースケース

- 1-1 知覚機能の補助及び再現**
人間/能力拡張, ブレインテック
- 2-1 接触機会低減及び感染状況把握**
位置, 生体情報のリアルタイム管理, センシング
- 3-1 ゲノム解析のデータベース化**
AI創薬, 個別化医療
- 4-1 遠隔手術**
手術支援ロボティクス, AIとの融合
- 5-2 低侵襲治療及び患部直接治療**
ナノマシン・マイクロマシン連携, 外部制御/給電

Beyond 5Gに求められる要求条件

- 遠隔施術**
 - ・**数十Gbps超**の超高速・大容量 (高精細映像伝送)
 - ・**10⁻⁷**の超安全・信頼性 (操作情報伝送)
- 低侵襲治療・患部直接治療**
 - ・**数~数十ミリオン/km²**のデバイスの超多数同時接続 (数から数十個のデバイスを注入かつ電車内密度)
 - ・ゼロタッチで機器が自律的に連携 (デバイス連携)



期待する将来像と実現を支える医療技術、通信技術要件

(出典) 第33回技術戦略委員会 小西構成員資料 (白書分科会ビジョン作業班の活動報告)

宇宙から地球の生活を守るため、宇宙利用による課題解決への貢献が求められ、更にその技術開発の延長線上にある生活圈・活動領域を宇宙へ拡大する取組みが求められる。

現状分析

- ✓ 宇宙利用は、国や特定業界、研究開発利用が先行し、一般向けは衛星放送等特定分野に留まっている。
- ✓ 宇宙利用と宇宙開発技術の活用により、社会課題解決に貢献すべく、新規取組みが求められる。

課題

1. 日本の本格的な少子高齢化と人口減少
2. 地球温暖化と災害の激甚化
3. クリーンエネルギーへのシフト、エネルギー争奪戦
4. パンデミックリスク増大と「ニューノーマル」実現
5. 多様な生き方を肯定する社会の実現

期待する将来像

1. 生活を守る通信環境の提供

宇宙利用によるスマート通信インフラの活用で地球の生活を守る



出展：スマートシティ官民連携プラットフォームHP

2. データ活用で生活を守る

セキュアでレジリエントな環境による宇宙生成データ活用で地球の生活を守る



出展：JAXA観測衛星HP

3. 地上以外の環境活用

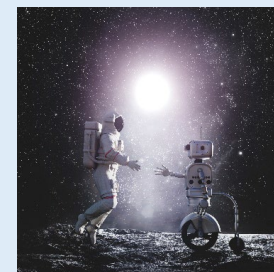
地上と異なる「宇宙環境」を活用して人々の活動領域を拡大する



出展：JAXA

4. 宇宙が生活に溶け込む

個々の生活スタイルに宇宙が馴染み、幅広い生き方を実現する



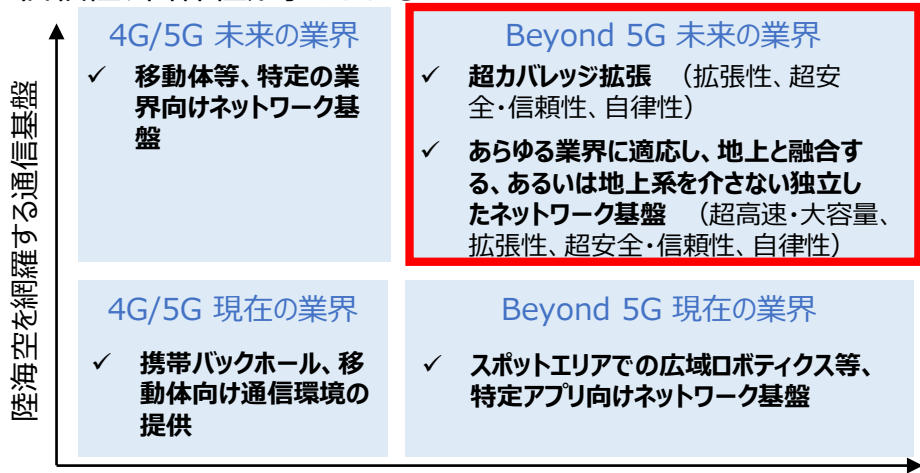
出展：JAXA/Adobe.stock.com

宇宙から地球の生活を守るため、期待する将来像の実現に向けて、Beyond 5Gならではの要求条件として超高速・大容量、拡張性、超安全・信頼性、自律性、超低遅延が求められる。

Beyond 5Gで求められるもの

陸海空を網羅する通信基盤

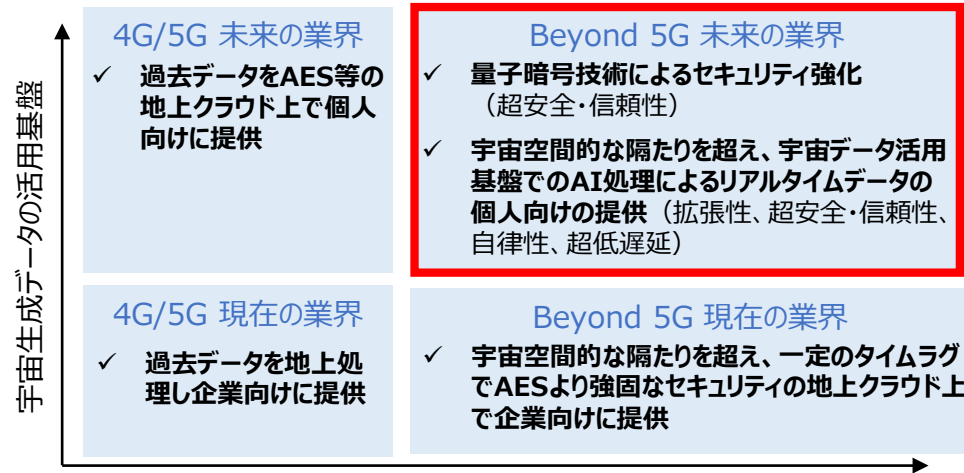
スマートシティや自動運転支援などの通信基盤に宇宙利用によるスマート通信インフラを活用するため、Beyond 5Gの超高速・大容量（低・中軌道衛星で**数10ギガbps**）、拡張性、超安全・信頼性、自律性が求められる。



Beyond 5Gの要求条件

宇宙生成データ等の活用基盤

セキュアでレジリエントな環境による宇宙生成データ※活用のためBeyond 5Gの拡張性、超安全・信頼性、自律性、超低遅延が求められる。 ※宇宙で観測し生成されたデータのこと。



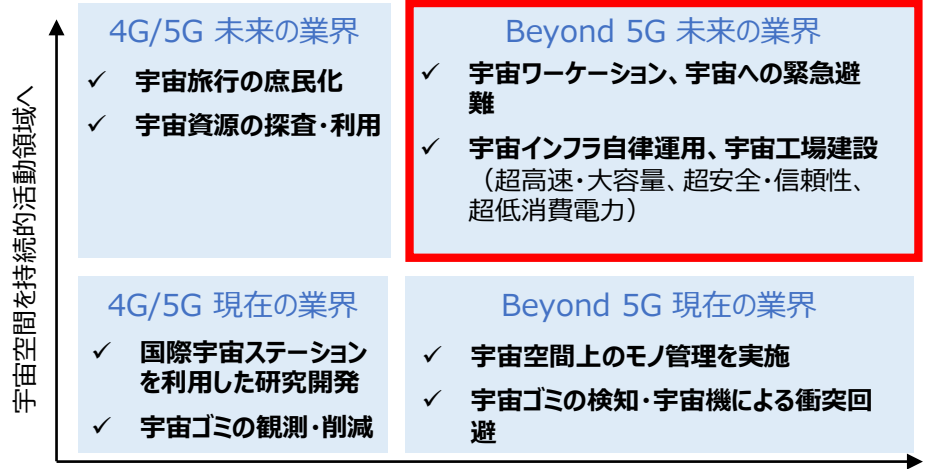
Beyond 5Gの要求条件
AES(Advanced Encryption Standard 高度暗号化標準)

人類の活動領域を宇宙へ拡大すると共に、地上での生活に「宇宙」を取り込むため、Beyond 5Gならではの要求条件として超高速・大容量、超安全・信頼性、超低遅延、拡張性、超低消費電力が求められる。

Beyond 5Gで求められるもの

宇宙空間を持続的活動領域とする高速大容量通信

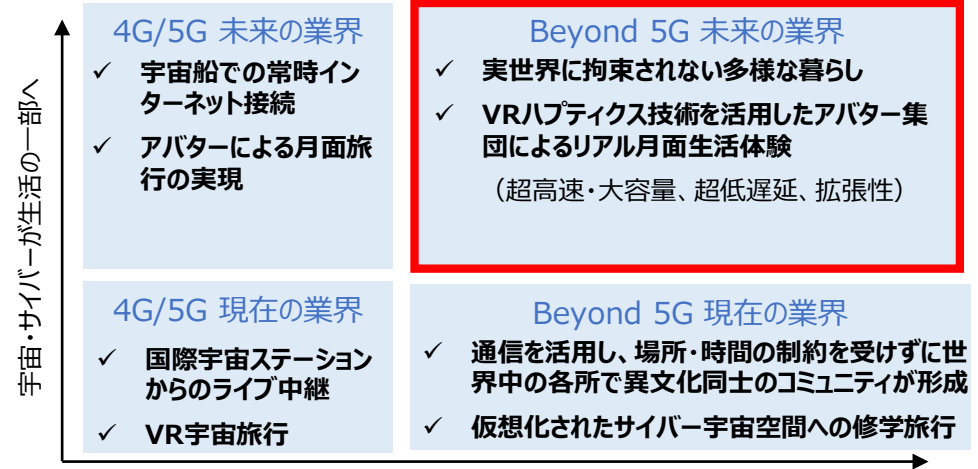
地上と異なる「宇宙環境」を活用し、より暮らしやすい生活を実現すると共に、人類の活動領域を月惑星へと拡大するため、Beyond 5Gの超高速・大容量、超安全・信頼性が求められる。また、搭載リソースが限られるため超低消費電力での運用が期待される。



Beyond 5Gの要求条件

宇宙・サイバーが生活の一部となる超低遅延通信

国境のない宇宙をサイバー空間同然に扱い、文化的／宗教的価値感の異なる人同士が集える多様なためBeyond 5Gの超高速・大容量、超低遅延、拡張性が求められる。



Beyond 5Gの要求条件

宇宙ネットワーク 関連

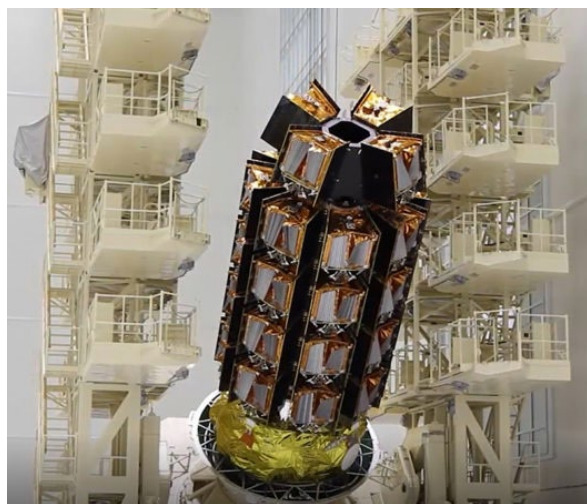
衛星コンステレーションの特徴

- 多数(数十機～数万機)の小型衛星を軌道に打ち上げ、一体的に機能させるシステム
- 地球全体をカバーできるため、①通信サービス、②地球観測サービス を効率的に実現
- 地球周回衛星を用いることから、必然的にグローバルサービスを展開することになる。

※ “コンステレーション”とは星座の意味

①世界をカバーする ブロードバンド通信サービス

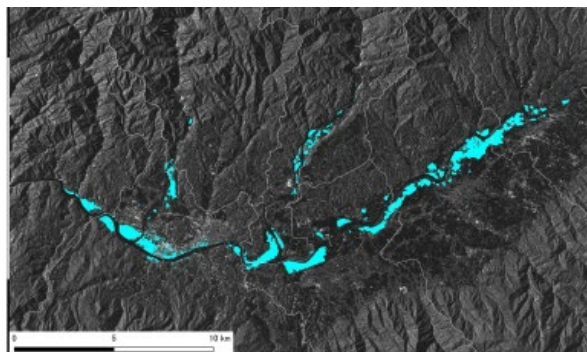
- 多数の小型通信衛星によってグローバルな通信サービスを提供
- 一度に38機～60機の小型衛星をまとめて打ち上げる場合がある。



OneWeb社の衛星のロケット搭載
出典: Arianespace、OneWeb

②地球観測分野

- リモートセンシング(光学、レーダ等)によって農業、営林、漁業、都市開発、防災分野に画像を提供
- 低軌道衛星によって画像が鮮明に
- 多数衛星により高頻度観測も可能

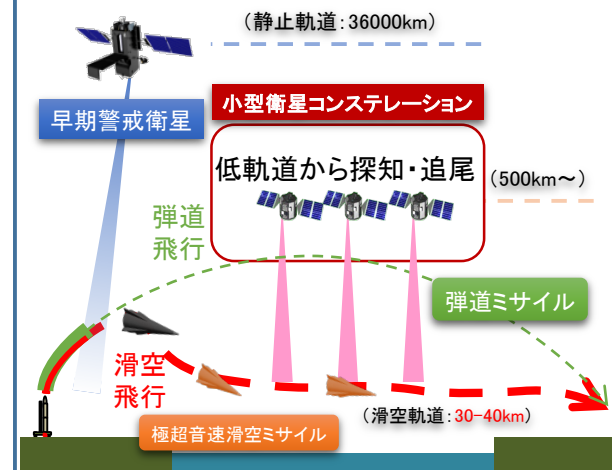


熊本県人吉市周辺のレーダ衛星の観測画像による浸水域推定結果(2020年7月)

(JAXA)

③防衛分野(ミサイル防衛)

- 米・国防総省は高い機動性を有する極超音速滑空弾(HGV)の探知・追尾のため、多数の小型監視衛星・通信衛星を配備する計画



※ いずれも2021年11月時点の情報

SpaceX社 Starlink(米国)

- 最大42,000機の衛星コンステレーションで、世界主要国でブロードバンドインターネットを提供する計画
- 2021年8月時点で約1,500機の衛星打ち上げが完了
- 初期費用(端末)499ドル、月額99ドルでサービス開始済
- KDDIが携帯基地局のバックホール回線として使用予定



60機のStarlink衛星の打ち上げ

出典: SpaceX

OneWeb社 OneWeb(米国)

- 約650機の衛星コンステレーションで、世界中にインターネットを提供する計画
- 2021年8月時点で約290機の打ち上げが完了
- 2022年に世界中でサービス開始予定
- ソフトバンクが出資し、衛星通信サービスで協業



OneWebの通信衛星のイメージ図

出典: OneWeb

Amazon社 Project Kuiper(米国)

- 最大3,200機のコンステレーションでネット接続を提供
- 2020年7月にFCCの周波数承認。今後、2機の試験機を打ち上げる予定
- 2026年までに少なくとも半数を打ち上げ、2029年までに全ての衛星を打ち上げる計画

※ いずれも2021年11月時点の情報

アクセルスペース(日本)

- 2008年に設立。超小型衛星を活用したソリューション提案、小型衛星及び関連コンポーネントの設計及び製造
- 世界初の商用超小型衛星を含む5つの実用衛星を開発・運用
- AxelGlobeサービスが2019年5月に開始、100kg級リモートセンシング衛星により地上分解能2.5mの地球観測を実現



アクセルスペース社の衛星ラインナップ

出典: <https://www.axelspace.com/current-projects>

Synspective(日本)

- 2018年に設立。小型合成開口レーダ衛星を開発し運用
- 衛星データを利用したソリューションサービス提供を目指し、2020年12月に最初の衛星を打ち上げ。2023年までに6機、2020年代後半に30機のコンステレーションを目指している。



Synspectiveが2020年12月に打ち上げた
実証機によってインド・ムンバイを撮像(2021年6月)

出典: <https://synspective.com/jp/events/2021/webinarreport-001/>

ICEYE(フィンランド)

- 2014年に創業。小型SAR衛星の開発・運用を行う。
- Xバンドの合成開口レーダーを搭載
- 18機の衛星コンステレーション構築を計画。現在までに9機を打上げ

衛星コンステレーションによる通信事業の参入一覧

サービス名(事業者名)	衛星製造者	衛星機数	軌道高度	事業フェーズ	
				構想段階	打上済・事業開始
Starlink (SpaceX社)	SpaceX (米)	1万機以上	550kmなど		○
OneWeb	Airbus Defence & Space (欧)、 Airbus OneWeb Satellites	約650機	約1,200km		○
Iridium (Iridium-Next)	Thales Alenia Space (仏)	66機	約780km		○
Telesat Lightspeed (Telesat社)	Thales Alenia Space (仏)	約1,600機以上	約1,000km		○
Kepler (Kepler Communications社)	In-house, AAC Clyde Space, SFL (Space Flight Laboratory)	140機	500km～650km		○
O3b (SES社)	Thales Alenia Space (仏)	36機	約8,000km		○
Globalstar	Thales Alenia Space (仏)	24機	約1,400km		○
ORBCOMM	Orbital Sciences (米)等	36機	825km		○
Project Kuiper (Amazon社)	不明	約3,200機	約600km	○	
LeoSat (LeoSat社)	Thales Alenia Space (仏)	約140機	約1,400km	○	
Boeing (V帯)	Boeing (米)	約1,400機～3,000機	約1,000km	○	
Theia	不明	112機	不明	○	
ViaSat-3 (Viasat社)	Boeing (米)	240機	約8,200km	○	
Boeing (Ka帯)	Boeing (米)	約600機	約4,400km～27,300km (楕円軌道)	○	
Guowang (国網) (中国衛星网络集团有限公司 (中国))		約1.3万機	12,992	○	
宇宙統合コンピューティング・ネットワーク (NTT、スカパーJSAT)	未定	未定	低軌道・静止軌道	○	

※ 2021年10月時点の非静止衛星システムの打上げ及びその計画(順不同)

※ 「衛星機数」は事業構想における機数。打上げ済の機数とは異なる。「衛星高度」は複数の軌道がある場合は代表的な軌道高度を記した。

※ 「構想段階」は事業停止や事業破綻を含む。「事業開始」は外国または国内での事業状況。実証段階を含む。

衛星コンステレーション事業は参入・退出の歴史



電話・データ通信を
提供する主な
衛星コンステレーション

テレデシック
(マイクロソフト、マッコーセルラー等)
高度700km、840機(構想)
1994年構想化、**2001年事業破綻**

O3b(欧州SES社)
高度8,000km、20機
2014年～サービス開始

イリジウム(モトローラ)
高度780 km、66機、1998年商用化、
1999年破産、サービス提供中

OneWeb
高度1,200km、650機(計画)
2020年3月会社更生手続
2021年9月米国でサービス開始

スカイブリッジ(アルカテル等)
高度1,469km、64機(構想)
1997年構想化、**2000年事業破綻**

Starlink(SpaceX)
高度550km等、1万機以上(計画)
2021年サービス開始

グローバルスター
1998年初号機打上げ、高度1,400km
2001年会社更生手続、24機でサービス提供中

静止衛星
(衛星電話)

インマルサット 1979年～

ワイドスター(ドコモ) 1996年商用化

衛星コンステレーション(測位)

GPS(1993年～)
高度20,000km、約30機

準天頂衛星システム(2010～)
7機

携帯電話システム

アナログ自動車電話(1979～)
アナログ携帯電話(1987～)

第2世代デジタル
携帯電話(PDC)
(1993～)

第3世代携帯電話
(W-CDMA、CDMA2000)
(2001～)

第4世代携帯電話
(LTE-Advanced)
(2015～)

第5世代携帯電話
(5G)(2019～)

6G/
B5G

中国における衛星コンステレーションの事業計画

～国有企業は最大1.3万機を打ち上げる計画～

- 国家発展改革委員会は2020年4月、「新型インフラ建設を強化すべき対象」として、5G、IoT、工業インターネット (Industrial Internet)、衛星インターネット等の通信ネットワーク・インフラを指定
- 中国衛星ネットワーク集团有限公司は衛星コンステ事業を行う国有企業として設立され、最大1.3万機を打ち上げる計画

表 中国における主な通信サービス向け衛星コンステレーション計画(2021年10月時点)

名称	開発者	衛星機数	高度 (km)	事業状況
Guowang(国網)	中国衛星ネットワーク集团有限公司 (China Satellite Network Group) ※ 国有企業を監督する国有資産監督管理委員会 (SASAC) が2021年4月に設立	12,992	500-1,145	<ul style="list-style-type: none"> ・ グローバルなインターネット接続を提供する計画 ・ 2020年12月、ITUに「GW-A59」「GW-2」の名称で周波数を申請済み
行雲(Xingyun-2) (IoT向け通信)	中国航天科工集団(CASIC)(国営企業)	80 (2023年頃)	560	<ul style="list-style-type: none"> ・ 衛星IoTサービス用衛星通信 ・ 衛星間通信にレーザーリンクを採用 ・ 2020年5月に2機を打上げ済み
Galaxy Constellation (銀河星座)	Galaxy Space(民間)	Phase 1: 144 Phase 2: 1,000+	1,200	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2020年1月に衛星1機を打ち上げ
Hongyan(鴻雁)	中国航天科技集団(CASC)(国営企業)	300+	1,100	<ul style="list-style-type: none"> ・ 人民解放軍や農村部向けにブロードバンド接続サービスを提供する計画 ・ 2021年4月に試験衛星を1機打上げ
Hongyun(虹雲)	中国航天科工集団(CASIC)(国営企業)	156	1040/1048 /1175	<ul style="list-style-type: none"> ・ 同上
天啓星座	北京国電高科科技有限公司(民間)	36	不明(LEO)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 衛星IoT(モノのインターネット)データサービス ・ 既に7機以上を打上げ済み

https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/xwfb/202004/t20200420_1226031.html?code=&state=123

https://www.soumu.go.jp/g-ict/country/china/pdf_contents.html

<https://www.jdsupra.com/legalnews/innovations-in-space-chinese-satellite-7389054/>

<https://www.afpbb.com/articles/-/3307644>

<http://www.sasac.gov.cn/n2588030/n2588924/c18286531/content.html>

<https://www.sed.co.jp/contents/news-list/2020/05/0513-1.html>

宇宙で光通信を使う利点・課題

光通信の利点

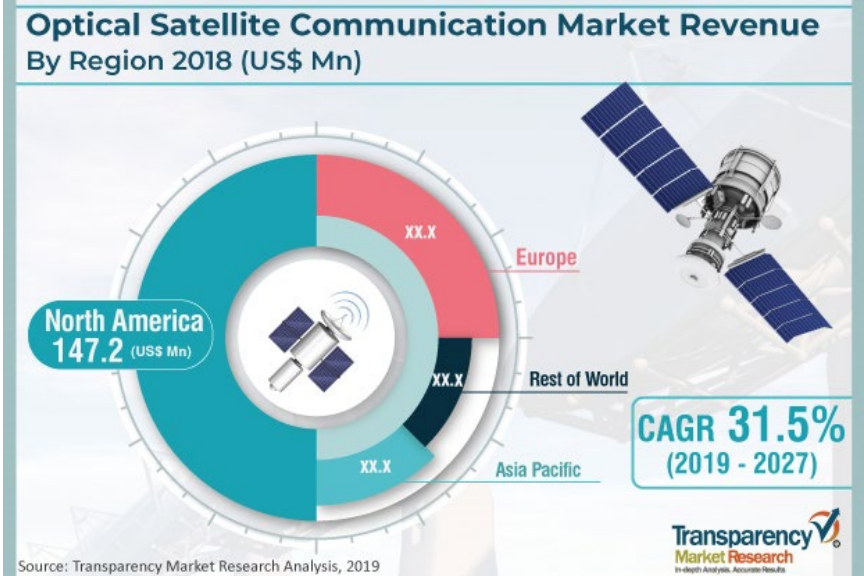
- ✓ 高速大容量のデータ通信が可能 (数Gbps超の伝送速度、電波による通信の10~100倍が可能)
- ✓ 電波の周波数資源の枯渇に対応、国際的な周波数調整が不要、無線局免許が不要
- ✓ 高秘匿性のある通信が可能 (電波よりもビームを絞って送信できるため、傍受されるリスクが低い)
- ✓ 衛星バスの負担軽減 (低消費電力化、小型軽量化)
- ✓ 地上受信局の小型化が可能。企業本社ビルの屋上やデータセンター敷地に設置可能。可搬型も実現
- ✓ 光学系機器を得意とする日本企業の出番

光通信の課題

- ✓ 曇天・降雨など天候によっては通信を行えない。
- ✓ ビームを精密に相手に向ける高精度な捕捉追尾技術が必要。一度リンクが外れると、再捕捉するまでに数十秒~数分を要する。
- ✓ レーザー光を用いるので、人体への安全性(アイセーフティ)への配慮が必要
- ✓ 相互接続を可能とする国際標準化が必要

世界の光衛星通信市場 2027年に約4,660億円規模に成長

- Transparency Market Research社が発行した市場レポートによると、世界の光衛星通信市場は、高速大容量通信に対する需要の高まりにより、2017年の297百万ドル(約327億円)から2027年には4,238百万ドル(約4,660億円)の規模に成長すると予測
- 市場規模では北米が圧倒的な地位を占め、欧州、アジア太平洋地域がそれに続く予想。
- 光衛星通信のアプリケーション別：バックホール、監視、地球観測、エンタープライズ・コネクティビティ、ラストマイル・アクセス、宇宙探査、通信サービス

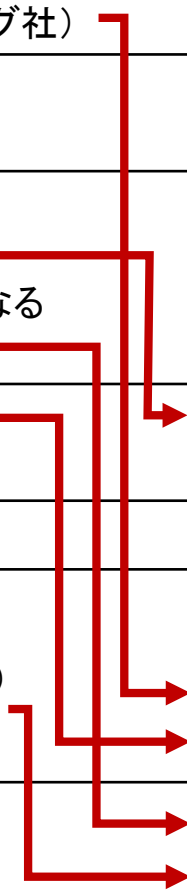


光通信サービス市場の成長予測(Transparency Market Research社)

地上系通信ネットワークとの発展比較

- 地上系の情報通信システムは、10～20年ごとに大きな世代交代
- 宇宙空間の通信システムは、地上系で起きた技術革新を追従する傾向

年代	地上系通信ネットワーク	衛星通信(宇宙ネットワーク)
～1960年代	<ul style="list-style-type: none"> • 海底ケーブルの実用化(1850) • マルコーニが無線通信に成功(1895) • 短波通信の商用化(1920年代) 	<ul style="list-style-type: none"> • 初の人工衛星、スプートニク1号の打上げ(1957) • 日米間でテレビ衛星中継実験が成功(1963) • 静止衛星による商業通信サービス開始(インテルサット)(1965)
1970年代	<ul style="list-style-type: none"> • 通信用光ファイバの実用化(コーニング社) 	
1980年代	<ul style="list-style-type: none"> • 第1世代携帯電話(アナログ方式) 	
1990年代	<ul style="list-style-type: none"> • 第2世代携帯電話(デジタル) • インターネットの普及本格化 • Wi-Fiの実用化(国際標準によって異なるベンダーの製品同士がつながる) 	<ul style="list-style-type: none"> • 衛星コンステレーションによる商業サービス開始(イリジウム、ORBCOMM等)
2000年代	<ul style="list-style-type: none"> • クラウドの登場(AWS、Google等) • 第3世代携帯電話(W-CDMA等) 	<ul style="list-style-type: none"> • 衛星インターネットサービスの商業サービス開始(仏ユーテルサット)
2010年代	<ul style="list-style-type: none"> • 第4世代携帯電話(LTE-Advanced) 	<ul style="list-style-type: none"> • 大容量のハイスループット衛星(HTS)の開発
2020年代	<ul style="list-style-type: none"> • 第5世代携帯電話(5G) • 通信ネットワークの構造化(仮想化等) • サイバーセキュリティの強化 	<ul style="list-style-type: none"> • メガコンステレーションの商業サービス開始(Starlink、OneWeb等) • 衛星間光通信の実用化 • 宇宙空間におけるクラウド実現
2030年代	<ul style="list-style-type: none"> • Beyond 5Gの実現 	<ul style="list-style-type: none"> • 異なるベンダーの衛星同士の相互接続が実現 • 宇宙ネットワークの構造化・複雑化 • サイバーセキュリティの強化



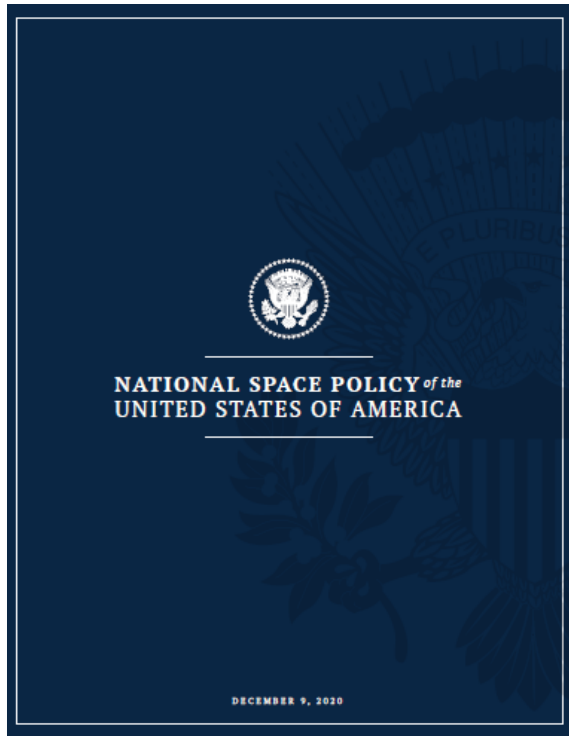
米国政府 国家宇宙政策 (NSP: National Space Policy) (2020年12月)

～米国は、次世代の探検家や起業家を月に運び、さらに火星やそれ以上の場所へと運ぶ。
そのための革新的な商業的アプローチを生み出すため、産業界を活性化させる環境を整える～

- 2020年12月、トランプ大統領は、米国のすべての宇宙活動の方向性を示す「国家宇宙政策指令」を発表
- 米国は責任ある建設的な宇宙利用をリードし、強力な商業宇宙産業を促進し、米国人を月に戻し、火星探査をリードし、宇宙における米国及び同盟国の利益を守るという国家のコミットメントを提示

【米国が目指す目標】

- **米国の宇宙関連製品・サービスの世界市場創出**: 民間産業を奨励し、国際取引の世界的パートナーとしての米国の地位を強化する。
- **平和的な宇宙利用の奨励・支持**: 脅威に対応するため、外交・経済・安全保障上の能力と戦略を展開する。
- **全人類にとっての宇宙の恩恵拡大**: 宇宙探査を促進し、米国と同盟国の利益を守り、国際協力を拡大する。
- **安全で持続可能な宇宙活動環境の構築**: 産業界や海外パートナーと協力したデブリ対策、サイバーセキュリティ、サプライチェーン
- **宇宙機の破壊防止**: 商業用、民間用、科学用、安全保障用の宇宙機とそれを支えるインフラの破壊防止。そのための、能力開発と実戦配備
- **経済活動を深宇宙にまで拡大**: 月面に恒久的な人間の存在を確立する。科学探査、宇宙資源の利用、火星の有人探査を可能にする。
- **科学的能力の発展**: 資源探査、気象・環境監視、災害監視
- **機密性の高い技術流出の防止**: 革新的な宇宙技術、サービス、運用の開発における米国のリーダーシップを維持・拡大する。

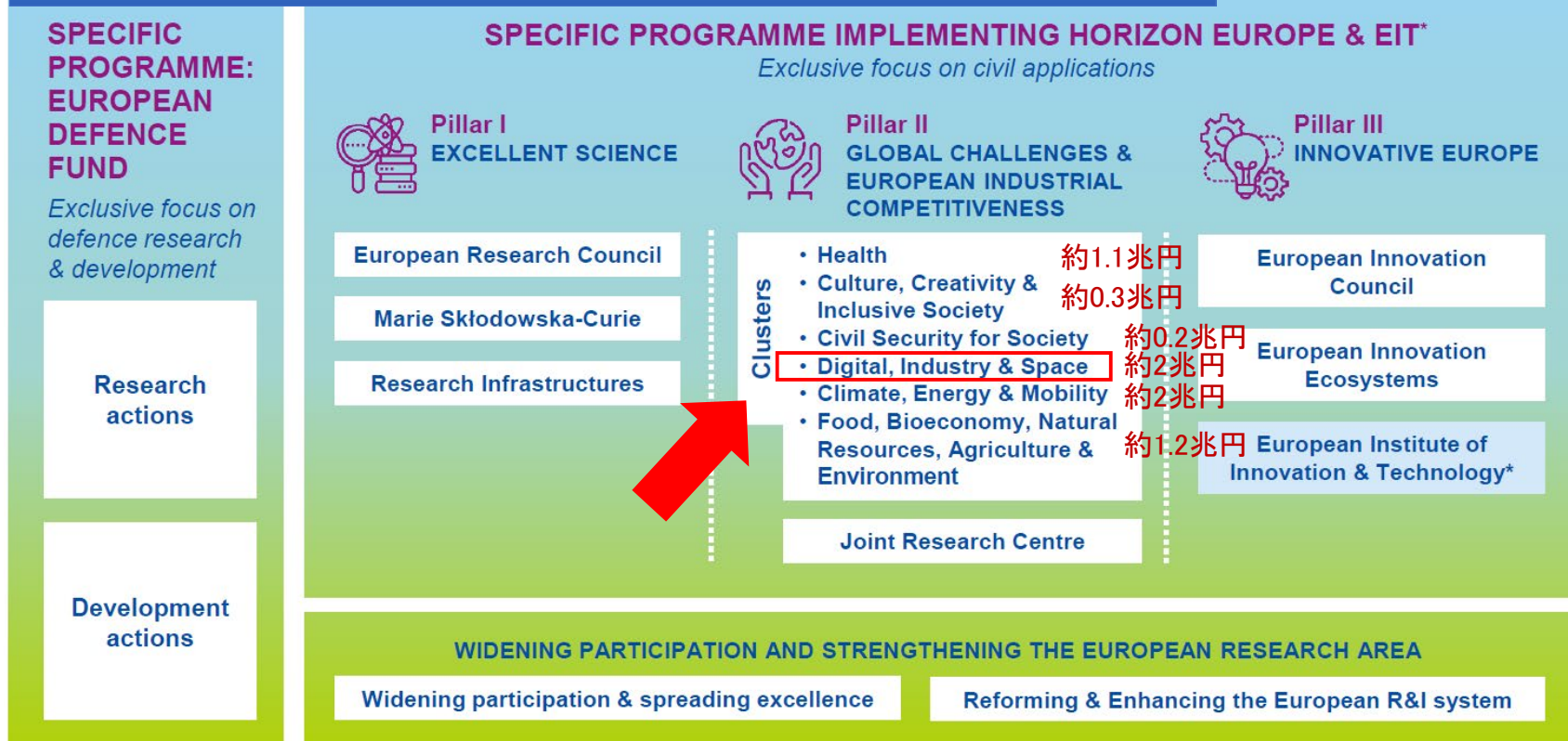


国家宇宙政策の表紙

- 2021年から7年間で955億ユーロ(約12兆円)を使用する研究・イノベーションプログラム(2020年12月EU首脳会議合意)
- 研究とイノベーションを促進しつつ、2040年までに30万人の雇用創出。全体予算の35%を気候変動対策に使用する。
- デジタル・産業・宇宙クラスターは、期間を通じて約2兆円の予算が用意されている。

Horizon Europeの全体像

※ 1ユーロ=130円で換算



I EXCELLENT SCIENCE

EUの国際的な科学競争力を高める。トップサイエンティストによる最先端研究プロジェクトを支援。研究者のフェローシップ等に資金提供。世界レベルの研究インフラに投資する。

II GLOBAL CHALLENGES & EUROPEAN INDUSTRIAL COMPETITIVENESS

社会的課題に対応する研究を支援し、クラスターを通じて技術力・産業力を強化する。

III INNOVATIVE EUROPE

イノベーションの先駆者としての欧州市場を創造する。EITは、教育、研究、イノベーションの知のトライアングルの統合を促進する。

https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/find-funding/eu-funding-programmes/horizon-europe_en

<https://op.europa.eu/en/web/eu-law-and-publications/publication-detail/-/publication/93de16a0-821d-11eb-9ac9-01aa75ed71a1>

https://ec.europa.eu/info/files/horizon-europe-investing-shape-our-future_en

英国政府 新たな「国家宇宙戦略」(2021年9月27日)

～英国の宇宙産業が発射台の上で眠る時代は終わった(ボリス・ジョンソン首相巻頭言より)～

- 宇宙部門は英国経済の重要な一部。年間164億ポンド(約2.5兆円)以上の価値があり、45,000人以上の人々が役割を担っている。
- この史上初の国家宇宙戦略は、科学技術、防衛、規制、外交における英国の強みを結集し、大胆な国家ビジョンを追求する目的

【ビジョン】 世界で最も革新的で魅力的な宇宙経済を構築し、宇宙国家として成長する。宇宙における英国の利益を保護・防衛し、宇宙環境を形成し、宇宙を利用して国内外の課題を解決。最先端研究を通じ、次世代に刺激を与え、宇宙科学技術における競争力を維持。

【目 標】 宇宙経済の成長とレベルアップ、グローバル・ブリテンの価値観を推進、先駆的な科学的発見をリード、宇宙を通じての国益の保護と防衛、宇宙利用により英国市民と世界に貢献

【達成方法】 宇宙分野の成長を促進、国際的な協力関係構築、科学技術大国としての成長、強靱な宇宙開発能力の開発

【その他】 ・ 欧州宇宙機関での役割を維持しつつ、米国などの国々と新たに強化された二国間関係を構築する。

・ 国連において、安全で持続可能かつセキュアな宇宙環境に関するリーダーシップを発揮する。

・ 火星のサンプルを初めて地球に戻し、太陽フレアなどの宇宙気象現象を監視する。

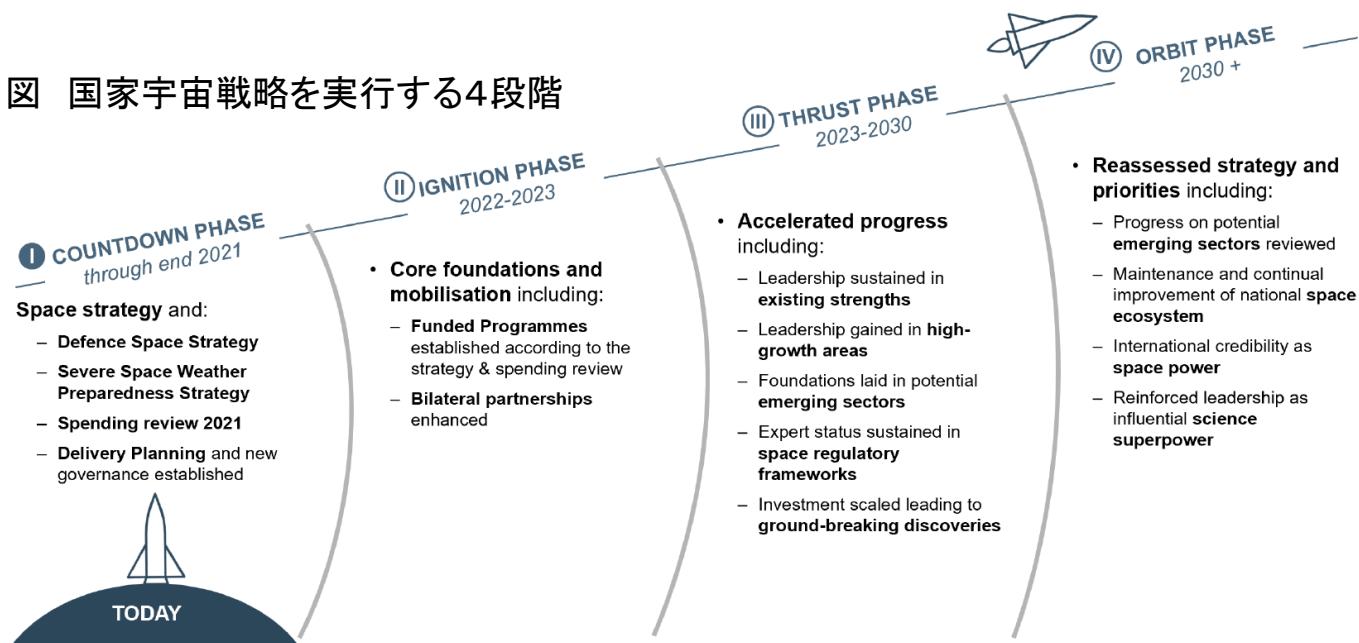
・ NASAが主導するアルテミス計画に協力して、人類を月に帰還させる。

・ 英国初の「防衛宇宙ポートフォリオ」を策定し、10年間で50億ポンドを軍の衛星通信に、14億ポンドを新技術と能力に投資する。

・ 2022年に欧州から軌道の上にロケットを打ち上げる最初の国となり、商業小型衛星打ち上げのリーダーとなる。



図 国家宇宙戦略を実行する4段階



○宇宙開発能力における重点事項(民生分野、防衛分野) (新たな「国家宇宙戦略」(2021年9月27日)p.33-34より)

宇宙開発能力	英国の取組
<p>衛星通信 (Satellite Communications) 衛星や地上局を介して、グローバルで安全かつ弾力性のある通信や情報交換を行う。</p>	<p>英国は今後10年間で約50億ポンドを軍事衛星通信プログラムに投資し、スカイネット6プログラムを通じて提供し、自由空間の光通信システムのデュアルユースアプリケーションを調査する。英国は、ARTES(欧州宇宙機関の電気通信システムに関する先進的研究プログラム)を通じて、衛星通信技術における英国のイノベーションを促進する。</p>
<p>地球観測 (EO)、インテリジェンス・監視・偵察 (ISR) 地球上のあらゆる場所で地球観測データや電子情報を収集し、民間および防衛のために利用する能力</p>	<p>英国は、小型ISR衛星のコンステレーションとそれを支えるアーキテクチャを開発し、EOデータのインフラとハードウェア開発能力の両方に投資する。また、英国とEUの貿易・協力協定に基づいて、コペルニクス地球観測プログラムを開発し、その恩恵を受ける。</p>
<p>指揮統制と宇宙開発能力の管理 宇宙での活動やミッションのために資源を誘導するための組織構造とプロセス</p>	<p>英国は、民間／防衛の国家宇宙業務センターを設立する。英国宇宙司令部が指揮統制業務の主導権を握る。</p>
<p>宇宙管理 (Space Control) 敵対的活動による破壊に対する回復力を宇宙能力に持たせ、宇宙活動の自由を確保する能力</p>	<p>英国は、防衛宇宙ポートフォリオの一環として、適切な宇宙管理システムとプロセスを確保し、宇宙権益を保護・防衛するための補完的な能力を提供する。</p>
<p>測位、ナビゲーション、タイミング (PNT: Position, Navigation and Timing)</p>	<p>PNTは、4Gと5Gの通信ネットワークを可能にし、陸、海、空でのナビゲーションをサポートし、軍隊の能力を支える。政府は、地上と宇宙の革新的な新技術を組み合わせ、レジリエントなPNT機能に投資することを検討中</p>
<p>打ち上げ能力</p>	<p>2022年には、英国各地で開発されているスペースポートから、欧州から小型衛星を打ち上げる最初の国となる予定</p>
<p>軌道上サービス・製造 (IOSM) 新しい技術により、英国は衛星のサービスとメンテナンスを行い、強靱性、有効性、費用対効果を最大限に高める。</p>	<p>軌道上でのデブリ除去サービス、燃料補給、組み立ての先進技術を探求する。軌道上での人工衛星の建設や修理、我々の利益を守り抜くための防衛活動を行うことができるようになる。</p>
<p>スペース・ドメイン・アウェアネス (SDA) 宇宙で起きていることを英国が確実に把握するために、宇宙空間における物体の検出、識別、追跡、および宇宙天気の影響を理解する。</p>	<p>英国は、センサーおよびデータネットワークを拡張し、宇宙天気を理解し、宇宙の監視および追跡データを利用する能力を追加する。民間および防衛の国家宇宙業務センターは、産業界にSDA情報を提供する。</p>

中国における宇宙関係政策(第14次5か年計画(2021~25年))

～人工知能、量子情報、航空・宇宙技術などの国家安全保障や経済開発の中核となる分野で戦略的科學プロジェクトを実施～

- 2021年3月、中国の全国人民代表大会(全人代)が終了し、「中国国民経済・社会発展のための第14次5か年計画(2021~25年)と2035年までの長期目標」を発表。宇宙分野を含めた科学技術イノベーション推進等の方針が示されている。

第4章 国家戦略的科學技術力の強化

- 科學技術の自立を国家発展の戦略とし、イノベーション主導の発展戦略を深く実行し、科學技術強国の建設を加速する。
- 量子情報、フォトニクス・マイクロナノエレクトロニクス、ネットワーク通信、人工知能、生物医学、現代エネルギーシステムなどの主要な革新分野に焦点を当て、国立研究所を中心とした戦略的科學技術力の構築を加速する。
- 人工知能、量子情報、集積回路、生命・健康、脳科学、生物飼育、航空・宇宙技術、深海・地球などのフロンティア分野において、戦略性のある国家的な大型科學技術プロジェクトが数多く実施。国家安全保障や経済開発の中核となる基礎分野で、戦略的な科學プロジェクトを実施する。

【科學技術のフロンティア領域】

・深宇宙・深地球・深海・極地探査

宇宙と地球の起源と進化を視野に入れた基礎科学研究、火星周回などの惑星間探査、新世代大型ロケットや再使用型宇宙輸送システムの開発、地球深部探査機、深海海洋探査船、極地観測プラットフォーム、大型砕氷船などの開発、第4期月探査計画など。

【国家の主要科學技術インフラ】

宇宙環境の地上監視ネットワーク、高精度計時(時刻)システム、海底観測ネットワーク、宇宙環境の地上シミュレーション装置、高高度宇宙線観測所等

中华人民共和国国民经济和社会发展
第十四个五年规划和2035年远景目标纲要

2021年3月

中国国民経済・社会発展のための
第14次5か年計画(2021~25年)と
2035年までの長期目標

第8章 「強いモノづくりの国」戦略の徹底実行

- 先進的な製造業のクラスターを育成し、集積回路、航空宇宙、船舶・海洋工学機器、ロボット、先進的な鉄道輸送機器、先進的な電力機器、建設機械、ハイエンド工作機械、医薬・医療機器などの産業の革新的発展を促進。

第9章 戦略的新興産業の開拓と成長

- 新世代の情報技術、バイオテクノロジー、新エネルギー、新素材、ハイエンド機器、新エネルギー自動車、グリーン環境保護、航空宇宙・海洋機器などの戦略的新興産業に焦点を当て、重要なコア技術の革新を加速し、強化されるように能力を高める。
- 脳のような知性、量子情報、遺伝子技術、未来の情報ネットワーク、深海・空・宇宙開発、水素エネルギーとエネルギー貯蔵、その他のフロンティア分野で、未来産業のインキュベーションとアクセラレーションプログラムを実施。

第11章 最新のインフラシステムの構築

- 通信、ナビゲーション、リモートセンシングなどの宇宙インフラシステムをグローバルにカバーし、効率的に運用し、商業用の宇宙発射基地を建設する。

第57章 国防力と経済力の同時強化の推進

- 軍事と民間の科學技術の共同イノベーションを深め、海洋、航空、宇宙、サイバースペース、生物、新エネルギー、人工知能、量子科學技術などの分野における軍民の統合的発展を強化。軍と民間の研究施設の共有、軍と民間の研究成果の双方向の応用、基幹産業の発展を促進する。

スカパーJSAT・NTTの提携

- スカパーJSATとNTTは、新たな宇宙事業創出をめざすことに合意し、業務提携契約を締結(2021年5月2日)
- IOWNの実現に取り組むNTTと宇宙事業での豊富な技術・実績を有するスカパーJSATの連携により、宇宙統合コンピューティング・ネットワークによるイノベーションで新たな宇宙インフラを構築

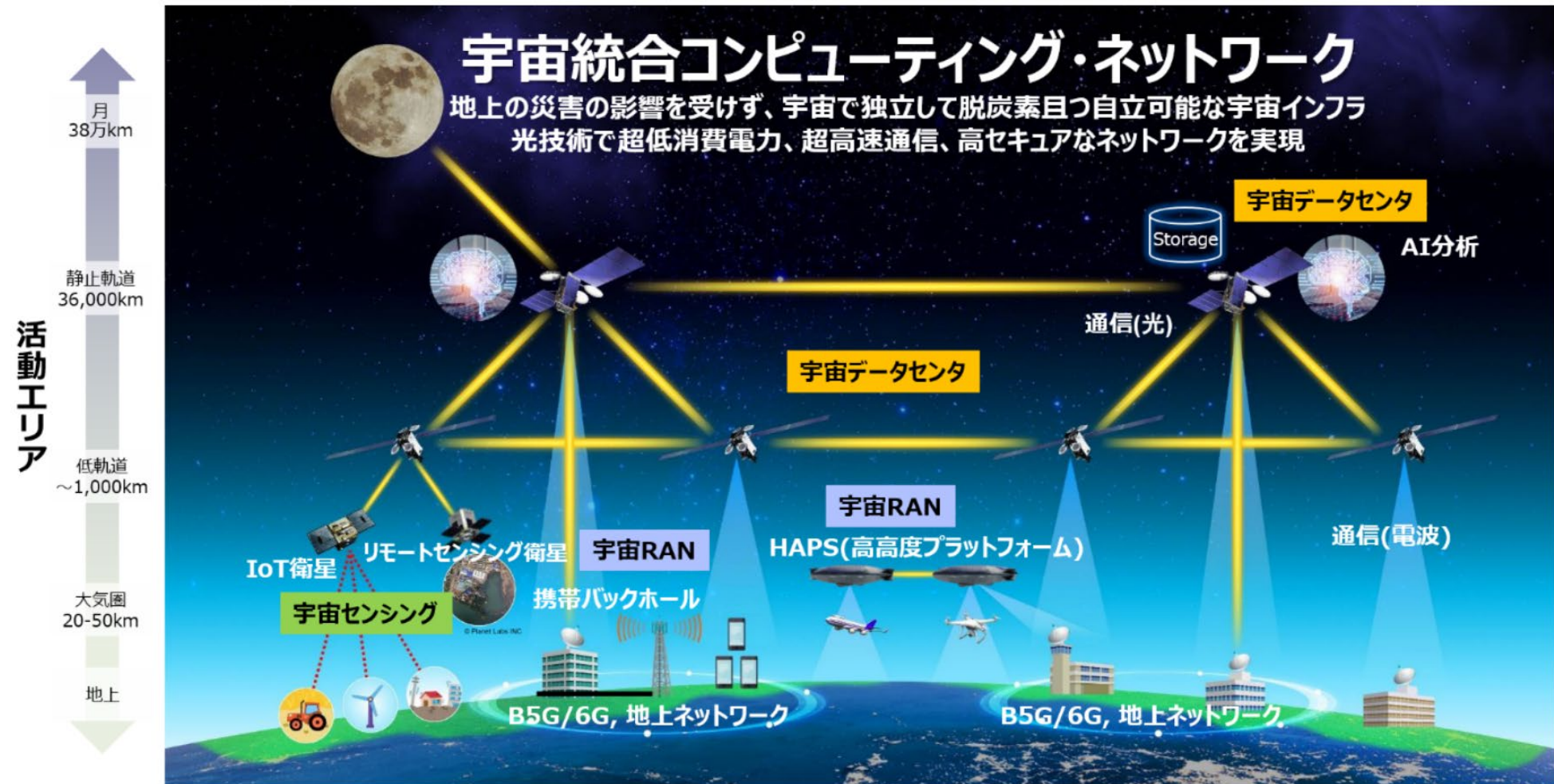


図1:宇宙統合コンピューティング・ネットワークがめざす世界観イメージ

出典: <https://www.skyperfectjsat.space/news/detail/ntt.html>

- KDDIは、Starlinkをau基地局のバックホール回線に利用する契約を締結(2021年9月13日)
- サービス提供が困難とされていた山間部や島しょ地域、災害対策においてもauの高速通信を使用できるよう、2022年をめどに、まず全国約1,200カ所から順次導入を開始
- KDDIは、実験試験局免許の交付を受け、Starlink衛星と地上のインターネット網を接続するゲートウェイ局(地上局)をKDDI山口衛星通信所に構築。現在、品質と性能を評価中。



ちと
もと au
つなぐも

auの高速通信体験を、日本中どこでも

au基地局1,200箇所超を高速化

山間部 離島 災害対策

Starlink地上局を構築
両社共同で性能評価

KDDI山口衛星通信所

出典:KDDIの新サービス発表会(2021年9月13日)より



Starlink衛星の打ち上げ(2021年2月)



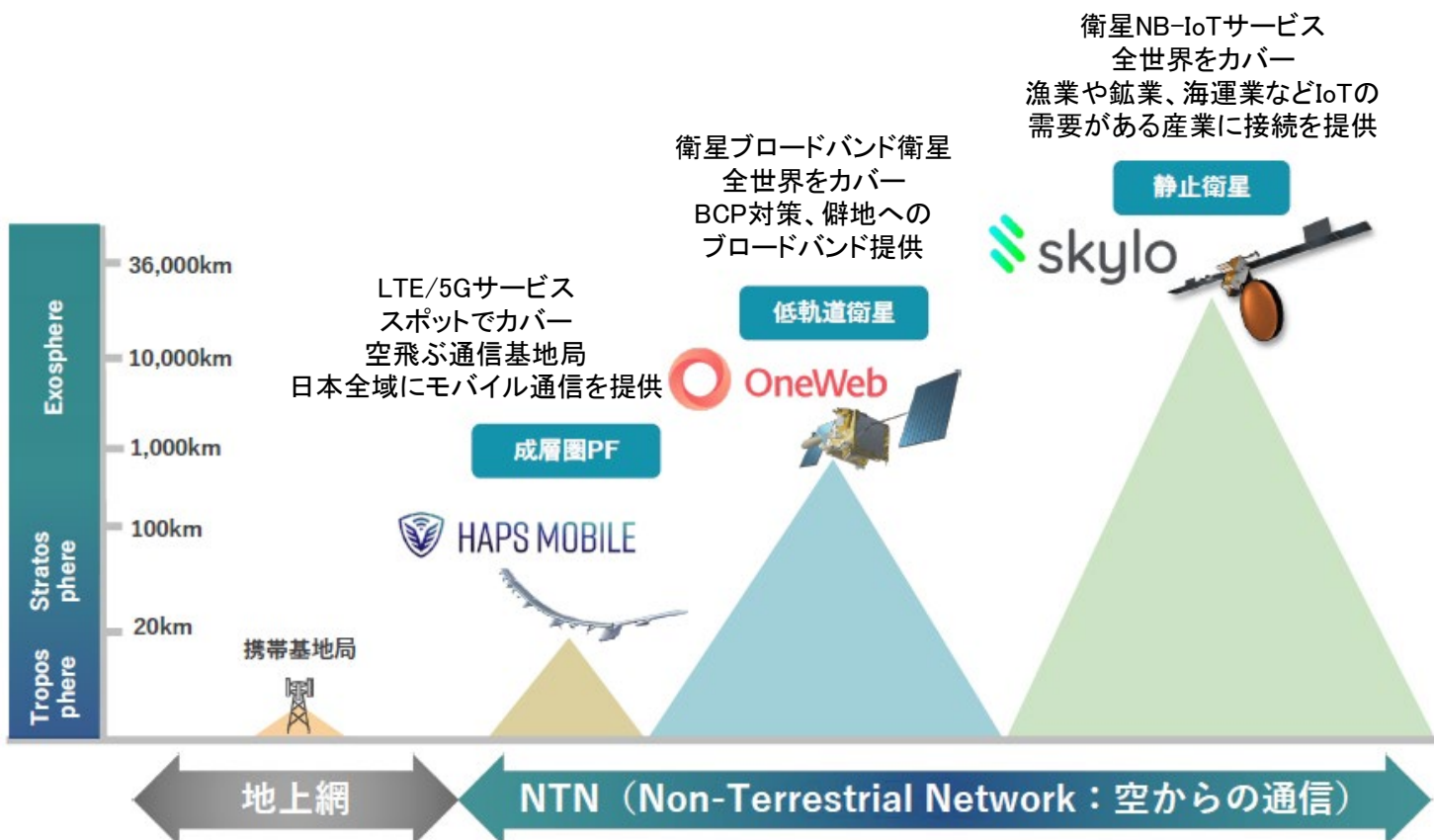
放出される多数のStarlink衛星

出典:

<https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2021/09/13/5392.html>

<https://www.flickr.com/people/spacex/>

- ソフトバンクは、①Skyloが提供するIoT向け衛星ナローバンド通信サービス、②OneWebが提供する低軌道衛星通信サービス、③ソフトバンクの子会社であるHAPSモバイルが提供する成層圏通信プラットフォームを活用して、宇宙空間や成層圏から通信ネットワークを提供する非地上系ネットワーク(NTN)ソリューションのグローバル展開を推進
- ソフトバンクは、米Alphabetの子会社であるLoonが保有するHAPS関連特許約200件を取得することで合意(2021年9月)。この取得により、ソフトバンクとその子会社のHAPSモバイルは、HAPS業界で最大規模の特許数を保有。



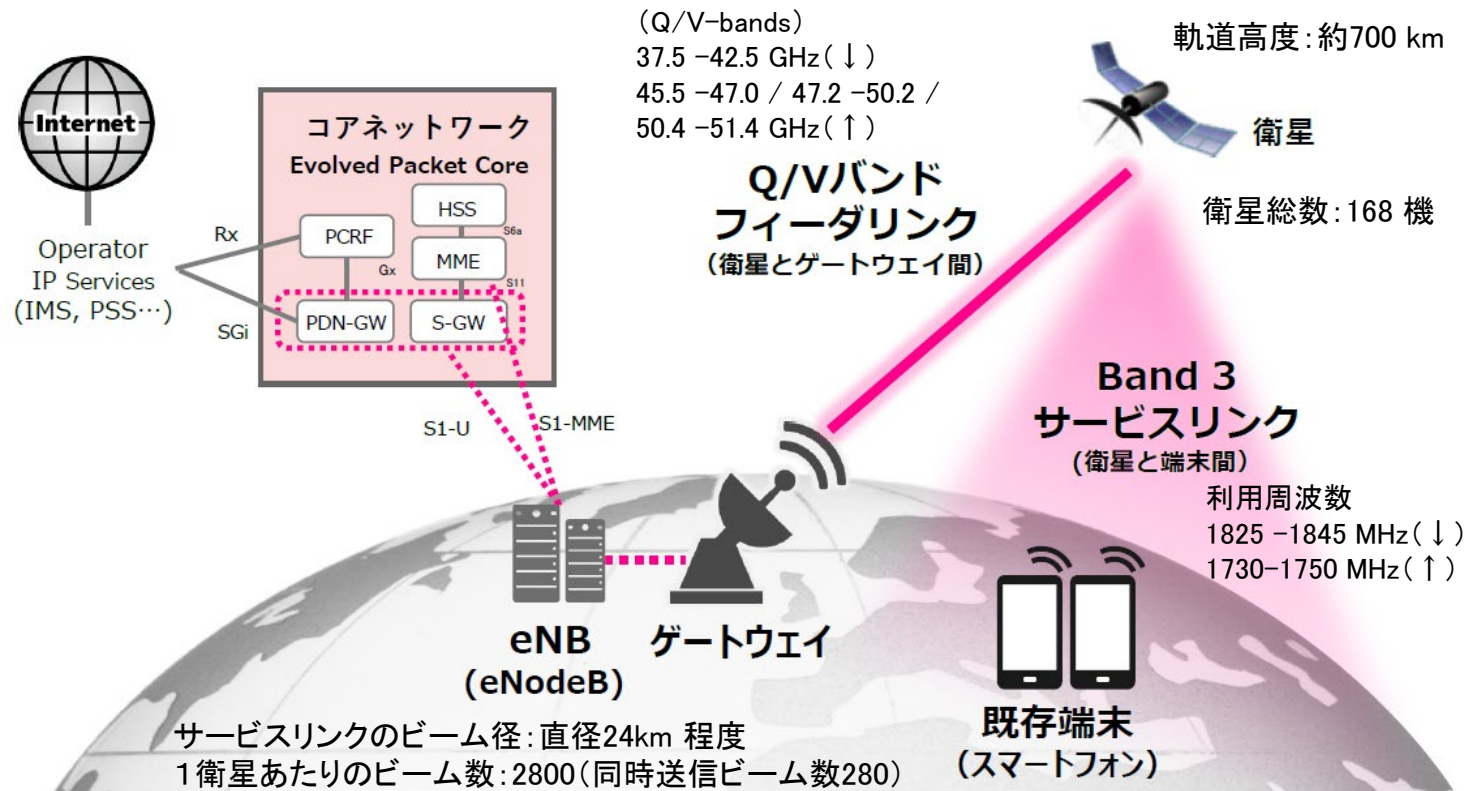
SoftBankのNTNポートフォリオ

楽天・ASTスペースモバイルの提携 (SpaceMobileの提供)

- 楽天は、米AST & Science, LLC (米国テキサス州) へ、リードインベスターとして出資 (2020年3月)
- 楽天とボーダフォンは、AST社への出資とともに、同社と戦略的パートナーシップを締結し、世界初の試みである、宇宙から送信するモバイルネットワークの構築により、地球上における携帯電話サービスの提供エリア拡大を目指す。
- AST社の低軌道人工衛星からの衛星通信ネットワークは、市販のスマートフォンを用いて直接接続できる見込み。
- 2019年4月、AST社初の試験用人工衛星「BlueWalker 1」の打ち上げに成功。3号機を2022年3月に打ち上げ予定。
- 日本でのサービス提供は2023年以降となる予定。山岳地帯や離島等のエリアカバレッジ、災害時に基地局が損壊しても、既存端末で同様の通信手段を提供する予定。



BlueWalker 1の打ち上げ
(2019年4月)



SpaceMobile (スペースモバイル) のサービス構想 (同社資料を一部加工)

出典 https://corp.rakuten.co.jp/news/press/2020/0303_02.html
<https://ast-science.com/2019/04/23/successful-launch-of-first-satellite/>
総務省情報通信審議会衛星通信システム委員会スペースセルラー検討タスクグループ報告書より
https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/space_cellular/index.html

- 通信ネットワークを利用する国内企業では、宇宙ネットワークと地上系ネットワークとのシームレスな連携・接続に対する期待が高まっている。

表：宇宙ネットワークと地上系ネットワークのシームレス化に対する期待

海上運送業大手 A社	● セルラー網と衛星網の切り替えがスムーズに行われるしくみが必要
鉄道技術の研究・開発機関 B	● 衛星ネットワークを専用線のように利用できるスライシング技術に着目
船舶のデジタル化支援プロバイダー C社	● 沿岸付近の5G網と衛星網を連携させることで良いサービスを提供できる。
空撮用マルチコプター等の販売 D社	● 地上系と非地上系(NTN)の連携が重要になる。
警備業大手 E社	● 5GのMEC(マルチアクセス・エッジ・コンピューティング)でデータ処理し、衛星通信経由で地上に伝送するサービスシナリオが考えられる。
衛星製造ベンダー F社	● ユースケースに応じてLEO衛星、HAPS、GEO衛星を使い分け、接続先に応じたスライシングができると良い。衛星リソース(エリア、周波数、電力)をニーズ毎に有効活用する地上系設備が実現すると需要が拡大する。

衛星ネットワークの5G/B5Gへの統合 (HORIZON EUROPE、2017年～2020年)

- EUがホライゾン2020の枠組みで立ち上げたプロジェクト「5Gのための衛星・地上ネットワーク」では、**衛星ネットワークと地上系5Gネットワークの統合を実現する研究開発(2017年～2020年)を実施**
- 航空機、船舶、通信インフラ未整備地域の**カバレッジ問題を経済的に解決するため、5Gアーキテクチャと衛星ネットワークのシームレスな統合をめざし、地上系企業と衛星系企業が50/50のバランスでプロジェクトに参画**

【ユースケース】

- **移動するプラットフォームへの高速5G伝送** (航空機、鉄道、車両、自動運転車、船舶、クルーズ船等)
- **マルチキャスト/ブロードキャスト配信** (ライブ放送、マルチキャスト・ストリーム、グループ・コミュニケーション、MEC・VNFのアップデート配信などのコンテンツをマルチキャスト/ブロードキャスト配信)
- **通信インフラ未整備地域の家庭や小規模オフィス向け**
- **5Gのバックホール回線** (湖、島、山、農村部、孤立地域)

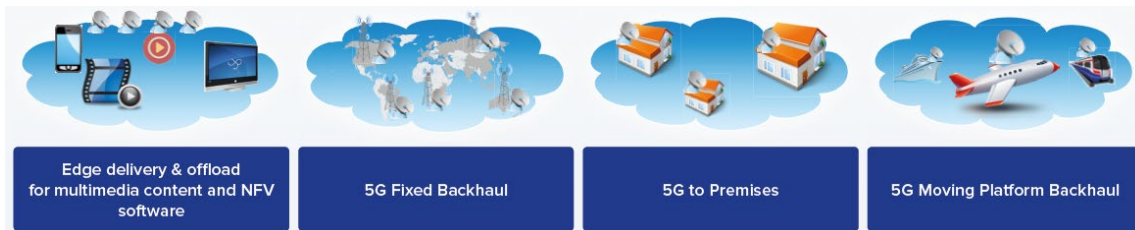


図 主なユースケース

【研究開発課題】

- 衛星ネットワークでのSDN・NFVの実現
- 統合化されたネットワーク管理とオーケストレーション
- マルチリンクやヘテロジニアスネットワークの最適化
- コントロールプレーン・ユーザプレーンにおける衛星ネットワークと5Gの調和
- 5Gセキュリティの衛星ネットワークへの拡張
- コンテンツ配信とVNFのためのマルチキャスト
- 衛星の5Gへの統合とそれに伴うビジネス・オペレーションモデルへの影響研究
- 統合テストベッドでのプロトタイプを検証・実証
- 衛星ネットワークの3GPP、ETSI規格への組み込み

MEC: マルチアクセス・エッジ・コンピューティング
 VNF: 仮想化ネットワーク機能
 SDN: ソフトウェア定義型ネットワーク
 NFV: ネットワーク機能仮想化
 ヘテロジニアスネットワーク: 異種混合ネットワーク



社会経済や通信サービスの将来トレンド

観 点	現 在	将 来
人類の活動空間	地表、主に都市部	あらゆる場所・地域、サイバー空間、地方分散、 上空・海洋・宇宙・月面 働き方改革(テレワーク、アバターロボット)
移動するプラットフォーム	自動車、鉄道、船舶、 航空機 等	自動運転、ロボット、ドローン、空飛ぶ車、HAPS、 無人建設機械、有人宇宙船、月面探査車 等
安心・安全の実現	—	災害に強い通信ネットワークの必要性 宇宙空間のサイバーセキュリティが問題化
安全保障分野	陸・海・空	宇宙・サイバー・電磁波領域の対応
発生する通信トラフィック	拡大傾向	センサやモノの増加に伴い爆発的に増加 リモートセンシングにより宇宙でもビッグデータ発生
求められる通信サービス	ユーザーは主に 地上ネットワークを利用	利用シーンによっては宇宙ネットワークも 柔軟に使いこなしたいニーズが顕在化
通信のレイテンシ	通信の遅れ(ラグ) 問題が顕在化	センシティブな利用分野がよりの層顕在化 (金融高速取引、遠隔の建機操作、ゲーム対戦)
ネットワークの伝送路	光ファイバ・電波・銅線	宇宙空間における光(レーザー)通信の普及
データセンターの発展	クラウド基盤は地上設置	宇宙空間にもクラウド基盤が設置 利用ニーズに応じて宇宙空間でデータをエッジAI処理

国際連携・国際標準化 関連

日米首脳共同声明「新たな時代における日米グローバル・パートナーシップ」(2021年4月17日)



- 次世代移動体通信網（6GまたはBeyond 5G）を含むセキュアなICT網の研究開発、実証、展開等への投資を促進し、デジタルにおける競争力を強化する。この取組に米国は25億ドルを、日本は20億ドルを投ずる。
- 国際標準策定におけるICT専門家による連携及び情報交換を強化。

(別添文書2 日米競争力・強靱性(コア)パートナーシップ — 競争・イノベーションと気候変動対策のセクション)

日EU定期首日EU定期首脳協議共同声明 (2021年5月27日)



- 我々は、革新的な環境を奨励しつつ、特にサイバー・セキュリティ、安全な5G、「Beyond 5G」/6G技術、ブロックチェーン及び人工知能の安全で倫理的な活用に関する、デジタル政策及び技術のためのグローバル基準及び規制を含む包括的アプローチの促進に向けて協働 (collaborate)する。

(本文：パラ11)

- 日EU・ICT政策対話及び日EU・ICT戦略ワークショップを通じたサイバー・セキュリティ、人工知能、プラットフォーム、データ、5G、「Beyond 5G」/6Gなどの分野に関するデジタル経済における協力を促進。
- 研究開発、標準化及び安全な5Gの展開などを含む「Beyond 5G」/6G技術の協カロードマップを確立。

(付属：ANNEX c) Digital transition)

日米豪印首脳会議（クアッド）共同声明 (2021年9月24日)



- 【5G関係】我々は、産業界と連携し、安全・開放的・透明な5G及びビヨンド5Gネットワークの整備を進めるとともに、様々なパートナーと協働してイノベーションを促進し、そして、信頼に値するベンダーの発展やOpen RAN^{*1}のような取組を推進する。5G多様化の実現に資する環境整備に関する政府の役割を認識しつつ、我々は、官民連携の促進を行うとともに、2022年に開放的で標準に基づく技術の適応可能性やサイバーセキュリティの実践に関して連携する。
- 【技術標準化関係】我々は、技術標準に関し、分野別のコンタクトグループを設立し、開放的・包摂的で、民主導・マルチステークホルダーによる合意に基づく関連技術の標準策定を推進するとともに、ITUなどの標準化機関での連携・調整を進めていく。

※1 Open RAN: 特定のベンダーに依存せず、複数のベンダーを組み合わせ、安全・開放的・透明なネットワークを構築する無線網

5G高度化に関する国際共同研究の支援

Beyond 5G推進戦略(総務省、2020年6月)

“早い段階から、信頼でき、また、シナジー効果も期待できる外国政府や外国企業等の戦略的パートナーとの国際連携体制を確立し、Beyond 5Gの実現に必要な先端的な要素技術の共同研究開発や国際標準化等に取り組むことが必要である。”

5G高度化技術を早期に確立するため、戦略的パートナーとの国際共同研究の公募を実施

実施中の国際共同研究



- 日米産学連携を通じた5G高度化の国際標準獲得のための無線リンク技術の研究開発
(日本側機関) シャープ、KDDI総合研究所、京都大学、東京大学
(米国側機関) 米国通信事業者・研究機関

公募中の国際共同研究

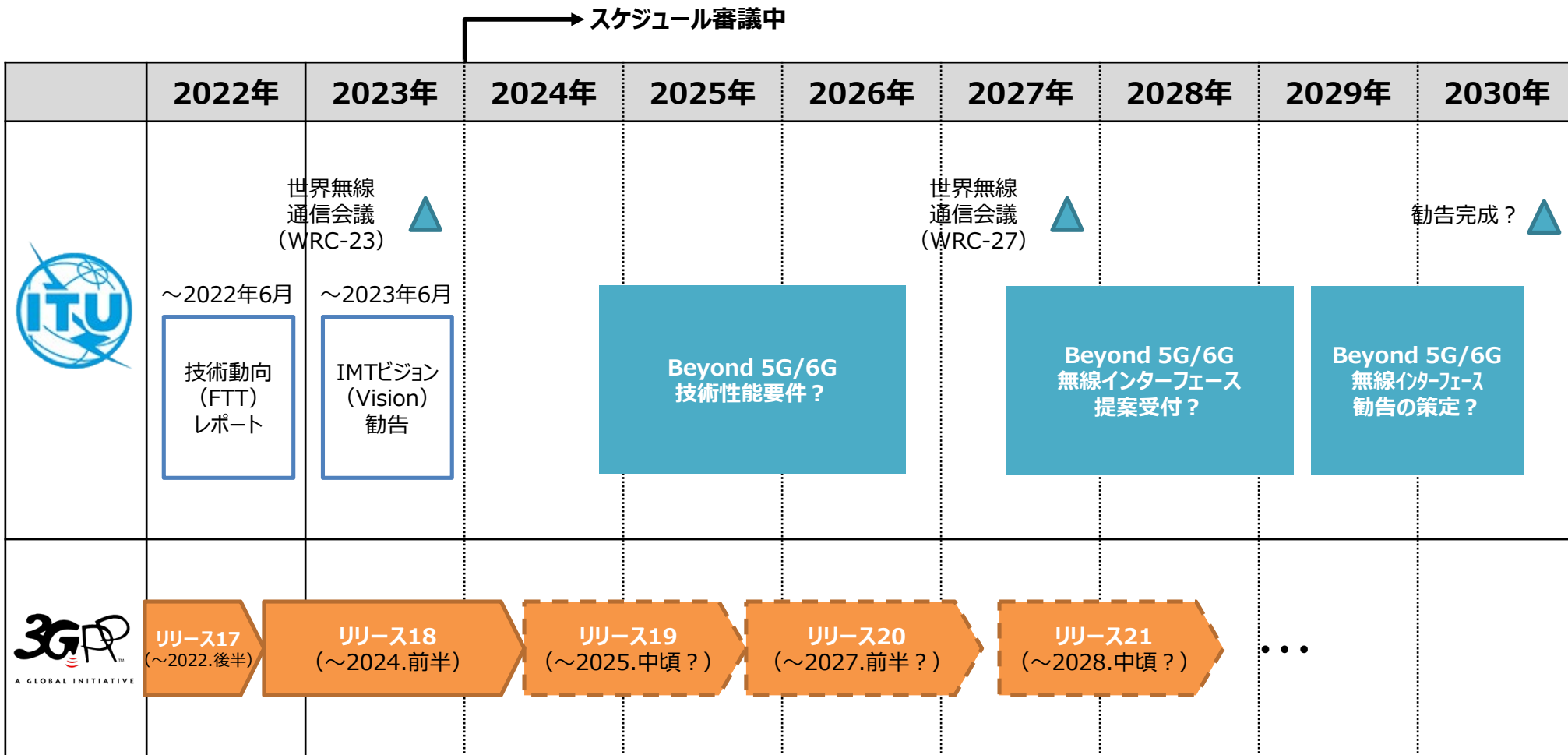


- 米国および独国との5G高度化に関する国際共同研究を公募
(独国は特に製造分野における5G高度化技術)
- 公募期間：2月18日～4月18日
- 期間：3年間
- 経費： 米国：1.8億円/年 独国：2.5億円/年
- ITU/3GPP等における国際標準の獲得を目的とし、提案書に数値目標、標準化時期を明記する
- オープン・クローズ戦略等、標準化・知的財産戦略を提案書に明記する

- 信頼でき、また、シナジー効果も期待できる外国政府や外国企業等の戦略的パートナーとの国際共同研究は引き続き継続していくことが必要。
- 今後さらに国際共同研究をより効果的に実施するため、どの国とどの技術について共同研究をしていくべきか、戦略的に検討しながら進めていく。


Beyond 5Gに関する国際標準化スケジュール

- ITU（国際電気通信連合）において、IMT-2030（Beyond 5G/6G）の国際標準化が進行中。
- 3GPPの技術仕様がITUに入力され、勧告化（標準化）される流れ。
- 5Gと同様、Beyond 5G/6Gの要素技術の研究開発を進め、国際標準化プロセスに反映する必要あり。



- 国際電気通信連合（ITU）全権委員会議（2022年9月に開催予定、場所はルーマニア・ブカレスト）において実施されるITUの幹部職員選挙において、ITUの電気通信標準化局長候補として、日本から日本電信電話株式会社CSSO（Chief Standardization Strategy Officer）の尾上 誠蔵（おのえ せいぞう）氏を擁立。

ITU電気通信標準化局では、光ネットワークやIoT、サイバーセキュリティ、量子暗号通信など最先端技術の国際標準化活動を担っており、これら技術は、**2030年代に実用化が期待されているBeyond 5G(6G)に必要な要素技術**

- 
- ITU電気通信標準化局長ポストの獲得を通じ、国際機関での我が国のプレゼンスを強化
 - ネットワークの有・無線一体化が進むICT分野において、国際秩序やルールの形成に積極的に関与、我が国の技術を基礎とする国際標準作成を強化し、海外展開を促進

【尾上氏略歴】

ふりがな	おのえ	せいぞう
氏名	尾上	誠蔵
会社名 及び役職	日本電信電話株式会社 (NTT) Chief Standardization Strategy Officer (CSSO)	
職歴	1982年 日本電信電話公社(現NTT)入社 2012年 株式会社NTTドコモ取締役常務執行役員 CTO 2017年 ドコモ・テクノロジー株式会社代表取締役社長 2021年～現在 NTT CSSO	



- ITUにおいては、SG議長などを一定数確保している一方、3GPPにおけるTSG WG全体（RAN+CT+SA）の全体会議及び各WGにおける議長について、所属企業を国別に見ると、米国と中国が並んで最も多く、この2カ国で全体の半数以上を占めている。

ITU-R

SG議長/副議長及びWP議長の上位国		
	2006年	2021年
日本	7	4
米国	14	9
中国	2	6
欧州	23	29
韓国	1	6
その他	25	63
総数	72	117

ITU-T

SG議長/副議長及びWP議長の上位国		
	2005年	2021年
日本	17	15
米国	15	7
中国	8	19
欧州	40	16
韓国	5	17
その他	31	75
総数	116	149

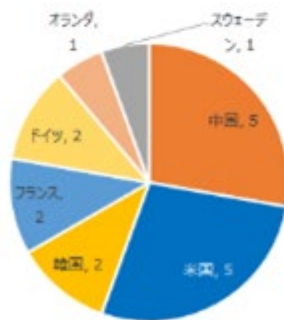
<3GPP> TSG WG全体（RAN+CT+SA）における議長職+副議長職の国別（※）獲得状況（2021/8現在）

総務省調べ（2021年）

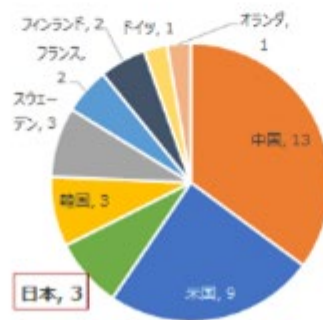
※「国別」とは、議長または副議長が所属する組織の本社所在地を指すものとする（次頁以降も同様）

総務省調べ（2021年）

【議長職（全体会議+各WG）】
N=18



【副議長職（全体会議+各WG）】
N=37



【議長職+副議長職（全体会議+各WG）】
N=55

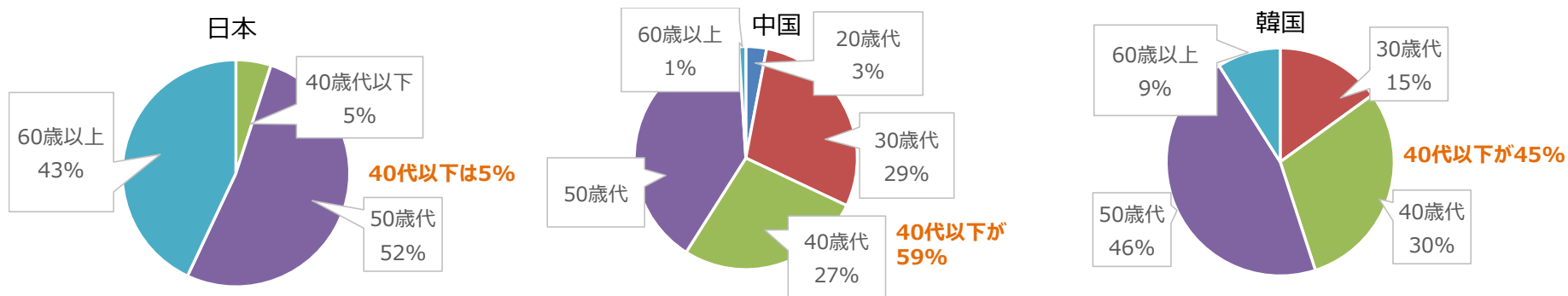


（出典）3GPP HPの情報を基に作成

国際標準化における担い手の高齢化

- 今後の標準化を円滑に行うため、引き続きITUなどの国際機関における重要なポストの確保を図ることが不可欠。
- 日本の国際標準化参加者は高齢化しており、「若手・中堅の関与が低い」ことが課題。
- 若手人材を育成するための支援策が必要。

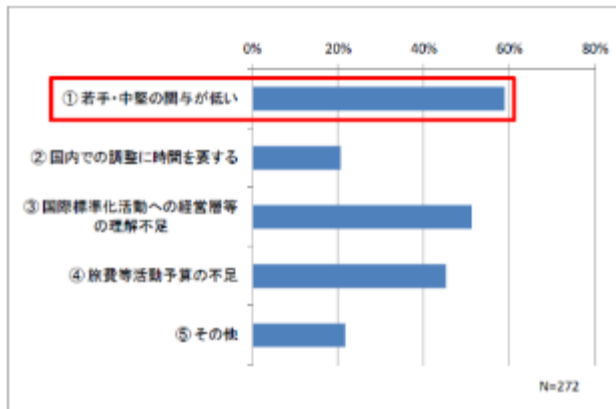
ITU-T デジュール標準化会合への出席者の年齢分布



・日本のデータは、経済産業省調べ（平成29年）

・中国・韓国のデータは、三菱総合研究所「国際標準化に係る中国・韓国の動向について」（平成28年3月）より

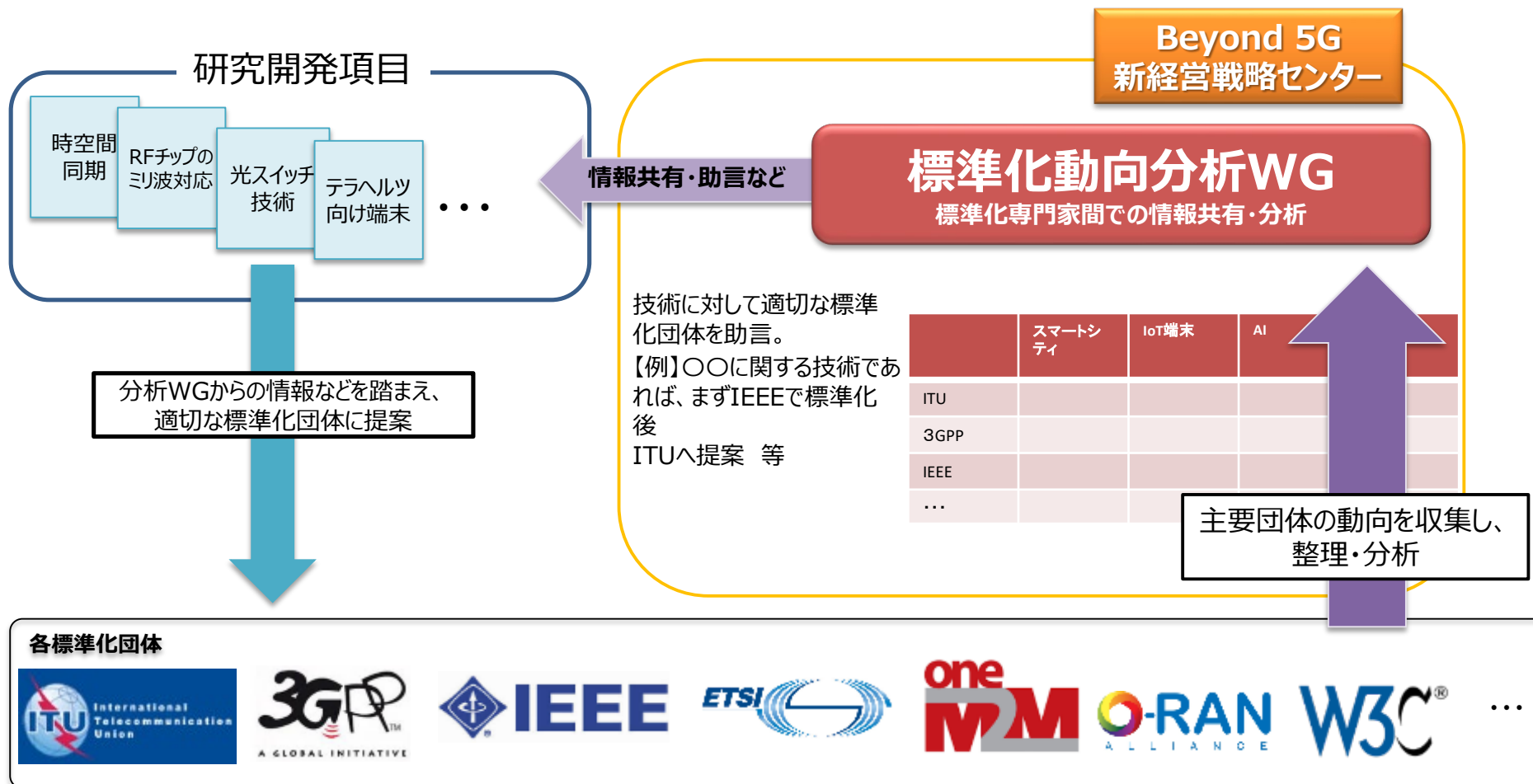
日本としての課題意識



- 国際標準化活動について、日本としての課題を複数回答可として尋ねた
- ✓ 「**若手・中堅の関与が低い (59%)**」が最も多かった
- ✓ 「**国際標準化活動への経営層等の理解不足 (51%)**」の回答も半数以上あった

出典：三菱総合研究所「国際標準化に係る中国・韓国の動向について」（平成28年3月）より

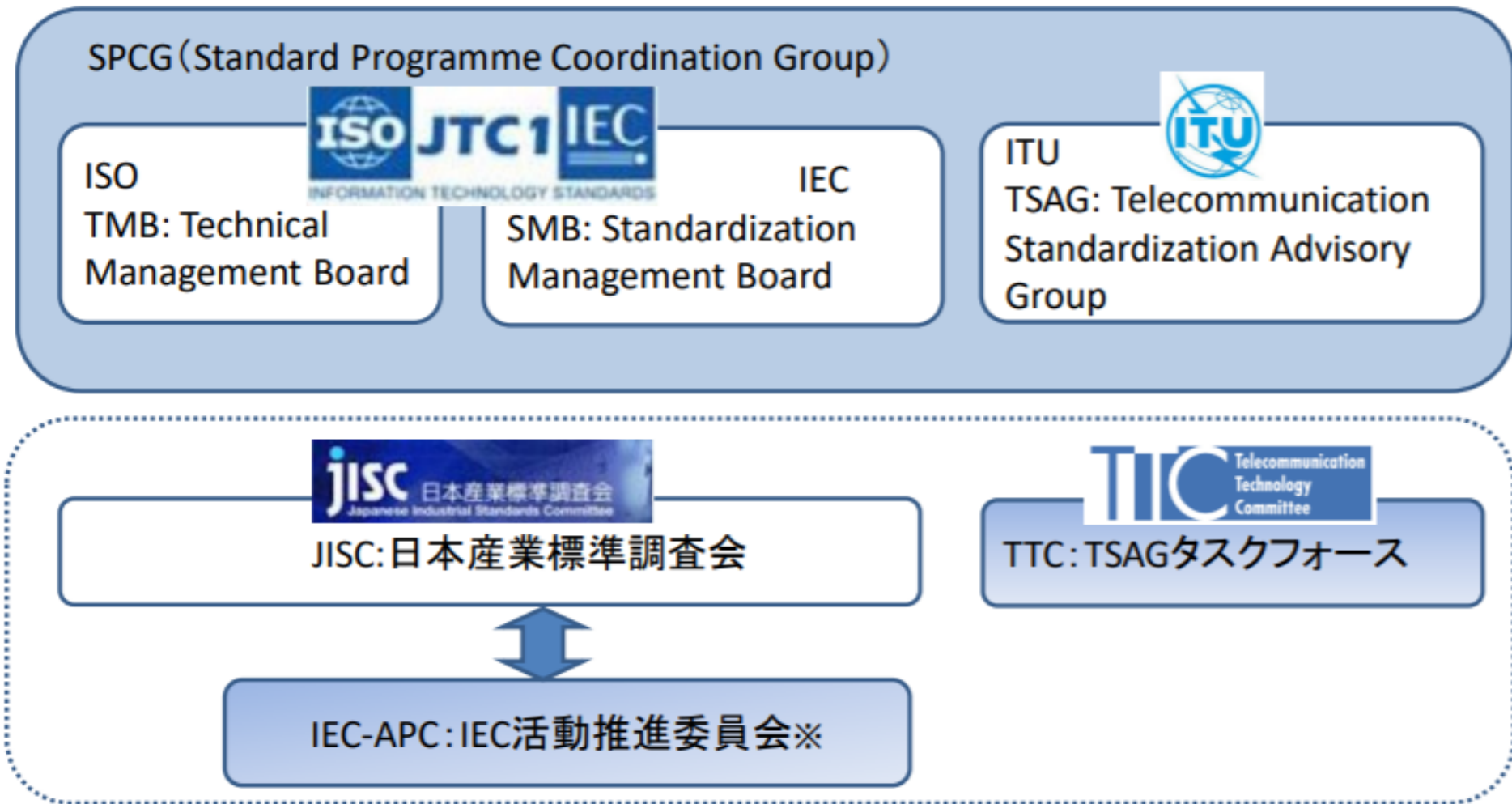
- B5Gにおける標準化活動については、ITUや3GPPといった標準化機関のほか、多様なフォーラムでの活動が見込まれる。こうした状況下で研究開発の成果を踏まえた適切な標準化活動が実施できるよう、B5G新経営戦略センターの下、標準化専門家間の情報共有・分析のためのワーキンググループを設置する。



(出典)「Beyond 5G新経営戦略センター戦略検討タスクフォースとりまとめ」より

国際標準化機関間の連携

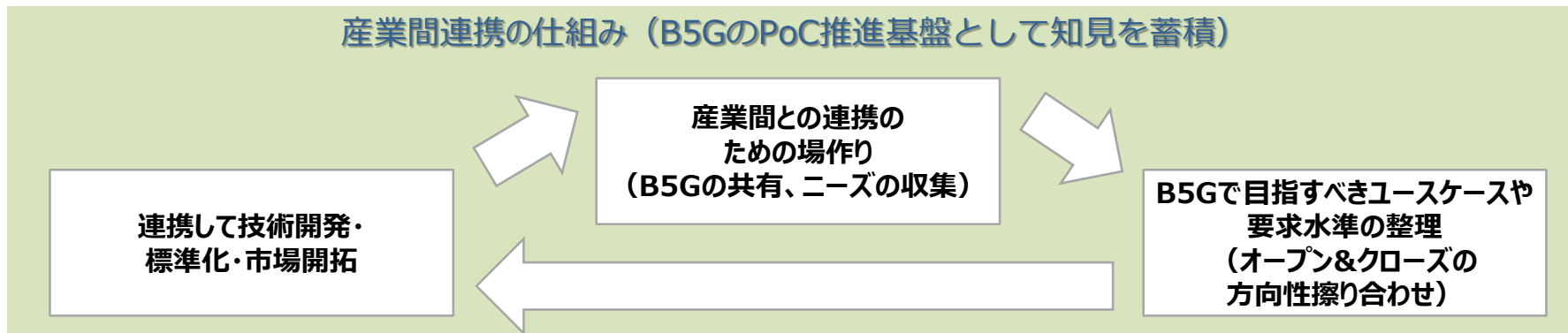
- 標準化を円滑に進めるため、情報通信技術の利活用シーンの拡大を踏まえて、国内標準化機関間でギャップ分析を行うための体制など、関係機関の連携を深めていくことが必要であり、体制構築に必要な支援を行う。



※IEC-APC: JISC事務局(経産省)と連携した民間主導によるIEC上層支援の団体

- 我が国は、産業の多様性を有する一方で、いわゆるIT人材がIT企業に偏在していることから、産業間連携を推進するためには、他の産業に対して5GやB5Gに対する理解を深めていくアプローチが重要。
- このため、今後、B5G新経営戦略センターがB5G推進コンソーシアムなどと連携し、産業間連携のための場作りを行い、潜在的ニーズの把握や他の産業への理解醸成を図ることが必要。

産業間連携の仕組み（B5GのPoC推進基盤として知見を蓄積）



産業間連携を踏まえた標準化等の推進に関する方向性

R4年度にB5G新経営戦略センターとB5G推進コンソーシアムが連携し、各企業の中堅・若手技術者を中心とする検討チームを設置。

- ✓ 工場・物流、建設・社会インフラ、コンテンツ産業、金融、アプリケーションといった、幅広いセクターの学会や主要企業との間で、ワークショップ等を開催し、各産業等のニーズを踏まえ、市場拡大のためのオープン領域と、競争力強化のためのクローズ領域とを擦り合わせながら、海外の動向等も踏まえ、2030年までに、実現すべき機能(ユースケースを含む)や要求水準を整理。
- ✓ その後、各要求水準やそれらを超える提案を下に研究開発に着手。
⇒R6年度以降、適切な標準化機関に対して、標準化提案を行う。
(関連する知財の出願後、標準化提案を行い、標準化策定後、SEP等を取得する。)
⇒多様な産業での円滑な普及にあたり必要な認証制度などを併せて検討。

アウトプットイメージ（※）

自動運転	B5Gの要件	獲得すべき知財	標準化すべき内容
FA	<ul style="list-style-type: none"> • 機器の種類・数量/面積 • 通信スピード • 許容できる遅延 	<ul style="list-style-type: none"> • SEP • Non SEP (競争力強化のためのものも含む) 	<ul style="list-style-type: none"> • IoT端末との通信時のメッセージフォーマット • レイヤー間のAPI
コンテンツ			
遠隔医療			

※各産業セクター毎の基準・規格等も考慮。

総務省の研究開発施策

- 2030年代のあらゆる産業・社会の基盤になると想定される次世代情報通信技術Beyond 5Gについては、諸外国において研究開発等の取組が活発化。**我が国においても国際競争力及び安全保障の観点から、Beyond 5Gの要素技術をいち早く確立することが重要。**
- Beyond 5G実現に必要な最先端の要素技術等の研究開発を支援するため、第204通常国会において、**令和2年度第3次補正予算（300億円）の措置及び国立研究開発法人情報通信研究機構法の一部改正を行うことにより、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）に、公募型研究開発のための基金を設置。**



（参考）国立研究開発法人情報通信研究機構法の一部を改正する法律の概要

【令和3年1月28日成立、2月3日公布（令和3年法律第1号）、2月11日施行】

改正事項① 研究開発に係る基金の設置

令和2年度第3次補正予算により交付される補助金により、令和6年3月末までの間に限り、NICTの一部業務※1のうち、革新的な情報通信技術の創出のための公募による研究開発等に係る業務であって一定の要件※2を満たすものに要する費用に充てるための基金を設ける。

改正事項② 助成金交付業務の対象の拡大

NICTによる助成金交付業務の対象について、高度通信・放送研究開発の一部※3から高度通信・放送研究開発の全体に拡大する。

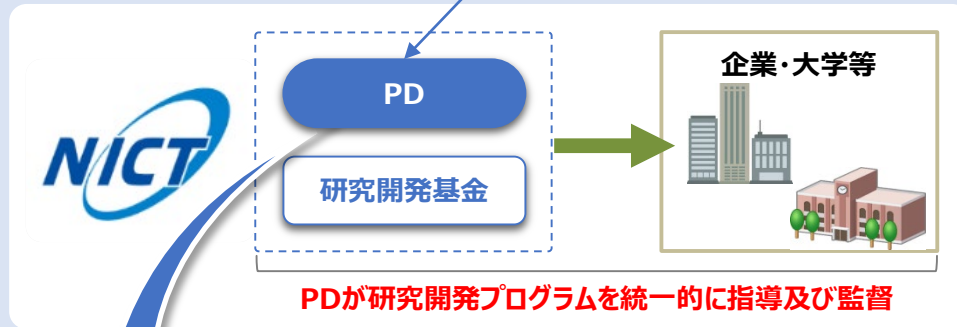
※1 ②の助成金交付業務、情報の電磁的流通及び電波の利用に関する研究開発の業務並びにこれに係る成果普及の業務が該当。

※2 特に先進的で緊要なものであり、かつ、あらかじめ複数年度にわたる財源を確保しておくことがその安定的かつ効率的な実施に必要であると認められるもの。

※3 改正前は、「成果を用いた役務の提供又は役務の提供の方式の改善により新たな通信・放送事業分野の開拓に資するもの」に限定。

- Beyond 5G研究開発促進事業（基金）の研究開発成果の最大化に向けてマネジメント機能を強化するため、**研究開発プログラムを統一的に指導及び監督するプログラムディレクター（PD）をNICTに設置。**
- **PDは、公募（2021年10月11日～11月1日）により、萩本 和男（はぎもと かずお）氏に決定。**

PDの位置付け



Beyond 5G研究開発促進事業の研究開発成果の最大化に向け、主に以下の業務を実施。

- 研究開発の進捗管理等の**マネジメント**（研究開発の進捗状況の把握、研究開発の実施者に対する指示等）
- 研究開発プログラム全体の**総合的な調整**を行う運営調整会議の主宰
- 研究開発成果の普及に向けた**調査・広報**

【参考】PD略歴（敬称略）

萩本 和男（はぎもと かずお）

（主な略歴）

- 1980年 東京工業大学 大学院理工学研究科 修了
- 同 日本電信電話公社 横須賀電気通信研究所 入所
- 1998年 日本電信電話(株) 長距離通信事業本部担当部長
- 2000年 同 NTT未来ねっと研究所研究部長
- 2005年 同 NTT未来ねっと研究所長
- 2009年 同 NTT先端技術総合研究所長
- 2013年 NTTエレクトロニクス(株) 代表取締役社長
- 2019年 同 相談役・フェロー
- 2020年 同 退職

（主な実績等）

- 文部科学省大学設置分科会委員（2012-2014）
- 電子情報通信学会通信ソサイエティ会長（2011）
- IEEE東京支部長（2015-2016）
- IEEE Photonics Society Board of Governor（2015-2017）
- IEEE Industrial Advisory Board member(2017-2020)
- 科学技術振興機構 CREST「次世代フォトニクス」領域アドバイザー（2015-）

- 研究開発プログラムごとにNICTが公募を行い、専門家等による評価委員会の評価を経て、研究開発の実施者を決定。
- **合計47件（基幹課題6件／一般課題20件／国際共同研究型3件／シーズ創出型（委託）15件・（助成）3件）を採択し、順次研究開発に着手。**

① Beyond 5G 機能実現型プログラム

採択件数：

- (i) 基幹課題 6件
- (ii) 一般課題 20件

(i) 基幹課題

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。ハイレベルな研究開発成果の創出を目標とするもの。
(目安：～10億円/年・件)

(ii) 一般課題

研究概要のみを定め、当該開発技術に関する提案を広く公募。提案者の自由な発想に基づくもの。
(目安：～5億円/年・件)

② Beyond 5G 国際共同研究型プログラム

採択件数： 3件

協調可能な技術分野で戦略的パートナーとの連携によるBeyond 5G実現に向けた先端的な要素技術の国際共同研究開発プロジェクトを推進。
(目安：～1億円/年・件)

③ Beyond 5G シーズ創出型プログラム

採択件数：

- (i) 委託 15件
- (ii) 助成 3件

(i) 委託

Beyond 5G実現に向けた幅広い多様な研究開発を支援し、技術シーズ創出からイノベーションを生み出すプログラムを実施。
(目安：～1億円/年・件)

(ii) 助成（革新的ベンチャー等助成プログラム（SBIR））

革新的な技術シーズやアイデアを有しながら、困難な課題に意欲的に挑戦するベンチャー・スタートアップ等の中小企業を対象に助成金を交付。

(1助成事業当たり、原則1億円以内（助成率2/3以下）)

＜基幹課題＞ 6件

① Beyond 5G大容量無線通信を支える次世代エッジクラウドコンピューティング基盤の研究開発

(マルチコアファイバ活用、高機能エッジクラウド情報処理基盤)

東京工業大学、東北大学、岐阜大学、滋賀県立大学、大阪大学、日本電気(株)、富士通オプティカルコンポーネンツ(株)、古河電気工業(株)、古河ネットワークソリューション(株)、楽天モバイル(株)

② Beyond 5G大容量無線通信を支える空間多重光ネットワーク・ノード技術の研究開発

(経済性と転送性能に優れた空間多重光ネットワーク基盤技術)

香川大学、(株)KDDI総合研究所、日本電気(株)、サンテック(株)、古河電気工業(株)

③ テラヘルツ帯を用いたBeyond 5G超高速大容量通信を実現する無線通信技術の研究開発

(テラヘルツ波を用いたビーム制御通信システム、テラヘルツ帯通信の高密度化・長距離化)

A 富士通(株)、
東京都市大学

B 早稲田大学、宇宙航空研究開発機構、
日本電信電話(株)、三菱電機(株)

④ Beyond 5Gに向けたテラヘルツ帯を活用した端末拡張型無線通信システム実現のための研究開発

(端末仮想化技術、Radio over Terahertz技術、Cell Free Massive MIMO、ユーザセントリックRAN技術)

(株)KDDI総合研究所、早稲田大学、千葉工業大学、
名古屋工業大学、(株)日立国際電気、パナソニック(株)

⑤ Beyond 5G大容量無線ネットワークのための電波・光融合無線通信システムの研究開発

(50Gbps/ch級THzトランシーバ、光無線技術、THz・光無線シームレス伝送システム、DSP遅延低減伝送・信号処理技術、移動体（ドローン、低速走行車）向けBeyond 5Gフロントホールコア技術)

三重大学、(株)日立国際電気、(株)京都セミコンダクター、
(株)KDDI総合研究所、東洋電機(株)

⑥ Beyond 5G次世代小型衛星コンステレーション向け電波・光ハイブリッド通信技術の研究開発

(LEOコンステレーション用小型衛星搭載電波・光ハイブリッド通信技術、超広帯域光衛星通信システムの実現に向けた基盤技術)

A (株)アクセルスペース、東京大学、
東京工業大学、(株)清原光学

B 日本電気(株)

＜一般課題＞ 20件

開発テーマ	実施機関
① Beyond 5Gを活用した安全かつ効率的なクラウドロボティクスの実現	日本電気(株)、大阪大学
② 継続的進化を可能とするB5G IoT SoC及びIoTソリューション構築プラットフォームの研究開発	シャープ(株)、東京大学、東京工業大学、シャープ福山セミコンダクター(株)、日本無線(株)
③ 超低雑音信号発生技術に基づく300GHz帯多値無線通信に関する研究開発	大阪大学、九州大学、東京大学、北里研究所、IMRA AMERICA, INC.
④ Beyond 5G時代に向けた空間モード制御光伝送基盤技術の研究開発	日本電信電話(株)、千葉工業大学、住友電気工業(株)、日本電気(株)、古河電気工業(株)
⑤ 行動変容と交通インフラの動的制御によるスマートな都市交通基盤技術の研究開発	東京大学、(株)トラフィックブレイン、(株)MaaS Tech Japan
⑥ Beyond 5Gで実現する同期型CPSコンピューティング基盤の研究開発	日本電気(株)、東京大学
⑦ Beyond 5G超高速・大容量無線通信システムのためのヘテロジニアス光電子融合技術の研究開発	東北大学、早稲田大学、パナソニック(株)、浜松ホトニクス(株)、住友大阪セメント(株)
⑧ Beyond 5G通信インフラを高効率に構成するメトロアクセス光技術の研究開発	三菱電機(株)、大阪大学、大阪府立大学、産業技術総合研究所、(株)KDDI総合研究所
⑨ NTNノードのネットワーク化技術開発とカバレッジ拡張ユースケースのシステム開発・実証	スカパーJSAT(株)、日本電信電話(株)、(株)NTTドコモ、パナソニック
⑩ スマートモビリティプラットフォームの実現に向けたドローン・自動運転車の協調制御プラットフォームの研究開発	KDDI(株)、アイサンテクノロジー(株)
⑪ 協調型自律ネットワークの研究開発	沖電気工業(株)、楽天モバイル(株)、名古屋大学
⑫ Beyond 5Gに資するワイドバンドギャップ半導体高出力デバイス技術/回路技術の研究開発	(株)ブロードバンドタワー、名古屋大学、名古屋工業大学、三菱電機(株)
⑬ 低軌道衛星を利用したIoT超カバレッジの研究	東京大学、楽天モバイル(株)
⑭ 移動通信三次元空間セル構成	ソフトバンク(株)
⑮ 超低消費電力・大容量データ伝送を実現する革新的EOポリマー/Siハイブリッド変調技術の研究開発	徳島大学、九州大学、会津大学
⑯ Beyond 5Gのレジリエンスを実現するネットワーク制御技術の研究開発	東北大学、広島大学、日本電業工作(株)
⑰ 海中・水中IoTにおける無線通信技術の研究開発	九州工業大学、パナソニック(株)
⑱ 完全ワイヤレス社会実現を目指したワイヤレス電力伝送の高周波化および通信との融合技術	ソフトバンク(株)、京都大学、金沢工業大学
⑲ エマージング技術に対応したダイナミックセキュアネットワーク技術の研究開発	アラクスラネットワークス(株)、慶應義塾、(株)KDDI総合研究所
⑳ 次世代の5次元モバイルインフラ技術の研究開発	日本電気(株)、電気通信大学、信州大学、NECスペーステクノロジー(株)

<シーズ創出型（委託）> 15件

開発テーマ	実施機関
①テラヘルツ帯チャネルサウンディング及び時空間チャネルモデリング技術の開発	新潟大学、東京工業大学
②GaN系真空マイクロフォトニクス技術による無線通信用ハイパワーテラヘルツ波発生に関する研究開発	九州大学、産業技術総合研究所、名古屋大学、(株)フォトエレクトロソウル、大阪大学、早稲田大学
③人間拡張・空間創成型遠隔作業支援基盤の研究開発	東京大学、凸版印刷(株)
④共鳴トンネルダイオードを用いたテラヘルツ無線通信と映像伝送に関する研究開発	大阪大学、ローム(株)、東京工業大学、アストロデザイン(株)、大阪産業技術研究所
⑤高臨場感通信環境実現のための広帯域・低遅延リアルタイム配信処理プラットフォームの研究開発	神奈川工科大学、大同学園 大同大学、琉球大学、ミル通信(株)
⑥低コスト・高品質なミリ波・テラヘルツ帯へのB5G対応高周波数移行技術の研究開発	大阪大学、三菱電機(株)
⑦マルチチャネル自動接続を実現する赤外自己形成光接続の研究開発	宇都宮大学、アダマンド並木精密宝石(株)
⑧Intelligent Reflecting Surfaceによるプロアクティブな無線空間制御と耐干渉型空間多重伝送技術の研究開発 (※)	東北大学、(株)国際電気通信基礎技術研究所
⑨Beyond 5Gの高速通信・低遅延等に適したエッジAIソフトウェアの開発と動作実証に関する研究開発	大阪大学
⑩空間並列チャネル伝送に向けた垂直入射型ナノハイブリッド光変調器・受信器の研究開発	東京大学、浜松ホトニクス(株)、(株) KDDI総合研究所、静岡大学
⑪B5G超低消費電力高効率ネットワーク構成に向けた高機能材料の研究開発	産業技術総合研究所、慶應義塾、東北大学
⑫低遅延でインタラクティブなゼロレイテンシー映像・Somatic統合ネットワーク	早稲田大学、アストロデザイン(株)、京都大学
⑬超多数・多種移動体による人流・物流のためのダイナミックセキュアネットワークの研究 (※)	ジャパンデータコム(株)、早稲田大学
⑭関数型パラダイムで実現するB5G時代の資源透過型広域分散コンピューティング環境 (※)	東京大学、高知工科大学、大阪大学、(株)シティネット、さくらインターネット(株)、国立情報学研究所
⑮300GHz帯アンテナ評価技術の実用化 (※)	(株)フォトニック・エッジ、7G aa(株)

(※) 特別枠（代表研究責任者が若手研究者（39歳以下等）であるもの、又は代表提案者が中小企業であるもの）での採択

<シーズ創出型（助成）> 3件

助成事業の名称	交付決定先
①超低遅延通信を活かした感情解析技術によるリアルタイムコミュニケーション支援事業	株式会社I'mbesideyou
②5GとLPWA技術の融合による大容量・省電力分散同期通信基盤を用いた被災度判定サービス	ソナス株式会社
③港湾スマート化のためのデジタルツイン環境の構築	ナシユア・ソリューションズ株式会社

<国際共同研究型> 3件



● Beyond 5G超大容量無線通信を支えるテラヘルツ帯のチャネル モデル及びアプリケーションの研究開発

（日本側機関）シャープ、京都大学、東京大学

（米国側機関）米国通信事業者・研究機関



● 欧州との連携による300GHzテラヘルツネットワークの研究開発

（日本側機関）岐阜大学、早稲田大学、千葉工業大学

（欧州側機関）ブラウンシュヴァイク工科大学、フ라운ホーファー応用固体物理研究所、リール第一大学／マイクロエレクトロニクス・ナノテクノロジー電子研究所、シュツットガルト大学
VIVID Components（研究協力実施者）

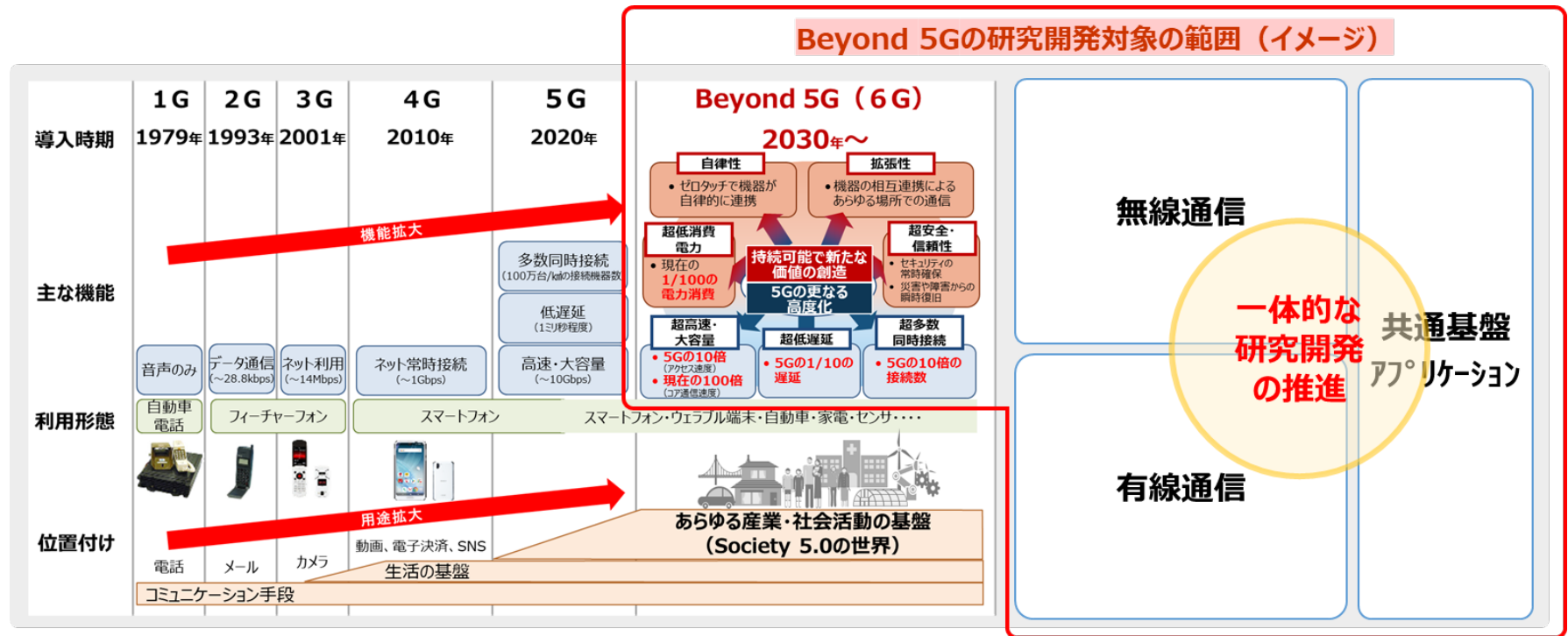
● 次世代公衆無線LANローミングを用いたオープンかつセキュアなBeyond 5Gモバイルデータオフローディング

（日本側機関）京都大学、Local24、東北大学、情報・システム研究機構 国立情報学研究所

（欧州側機関）GÉANT*

* 欧州各国のNREN(National Research and Education Network)によって構成される組織。欧州委員会の支援を受け研究・教育のための全欧州・世界的なネットワークとサービスを提供。

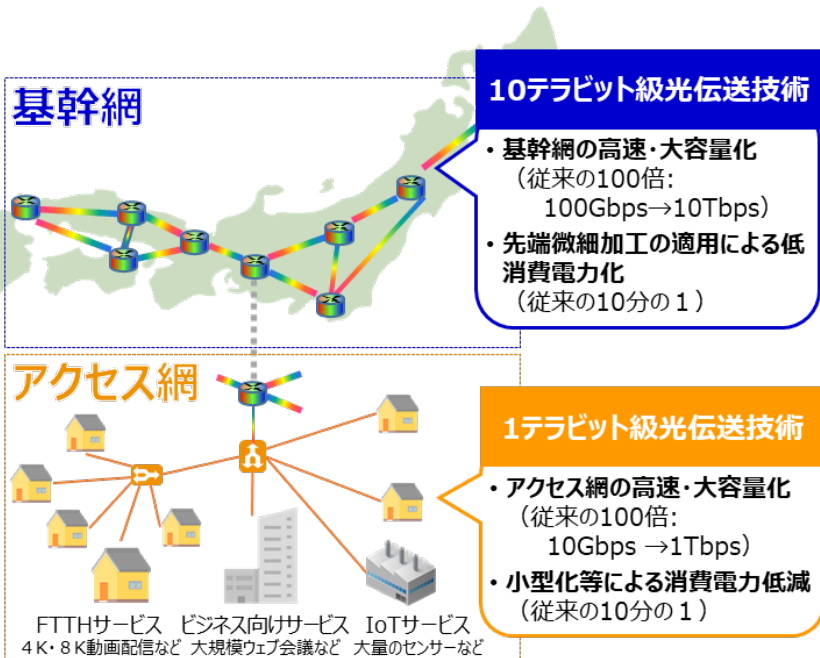
- Beyond 5Gの実現に必要な要素技術を確立するため、Beyond 5G研究開発の中核機関である国立研究開発法人情報通信研究機構に設置した**研究開発基金**を活用した取組と密接な連携を図りつつ、民間企業や大学等への**公募型研究開発**を引き続き実施。
- Beyond 5G推進に関する政府方針等（グリーン・デジタル社会の実現、光通信技術の活用）を踏まえながら、**無線通信技術、有線通信技術、共通基盤・アプリケーション**等のBeyond 5Gの実用に必要な技術の**一体的な研究開発**を推進。



令和3年度補正予算 200.0億円 令和4年度当初予算 100.0億円
(令和2年度第3次補正予算 300.0億円 (研究開発基金))

グリーン社会に資する先端光伝送技術の研究開発

グリーン・デジタル社会を実現するための ICTデバイス研究基盤・開発環境の整備



NICTは我が国唯一のICT分野を専門とした公的研究機関であり、グリーン・デジタルの実現の基盤となるICTデバイスの超高効率化に関して世界トップレベルの研究開発を実施。

ICTデバイス研究基盤の強化

NICTが世界的な成果を有するICTデバイス分野の研究について、国際的優位性を維持・強化していくため、老朽化する研究用機器を最新設備へ更改

<デバイス超高効率化に係る研究例>

既存材料を使用したデバイス	化合物系ICTデバイス
消費電力: 54 W(放熱ファン別)	消費電力: 15.7 W (放熱ファン不要)
幅250 mm	幅3 mm

消費電力 3分の1以下
デバイスサイズ 18分の1以下

ICTデバイス開発環境の整備

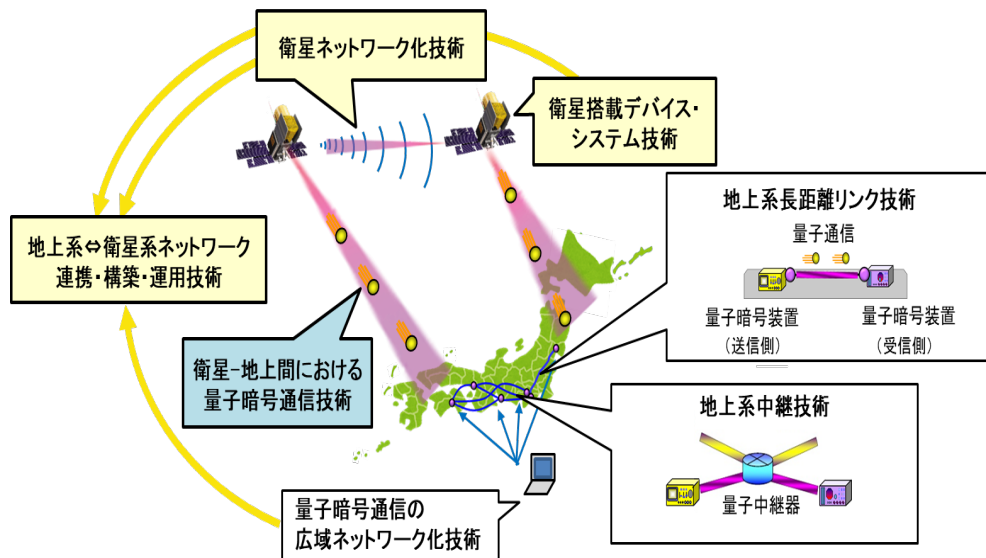
最先端技術の社会実装を加速するため民間企業への技術移転に向けた共同研究等の多様な主体との連携を可能とする開発環境をNICTに整備

<テストヘッド環境 (クリーンルーム・製造設備) のイメージ>

- ・ オンライン化・リモート化の進展や超高精細度映像、AI等の普及に伴う通信トラフィック及び消費電力の急増並びに通信需要の多様化に対応するため、更なる高速大容量化、低消費電力化、高効率化を実現する先端光伝送技術の研究開発を実施する。

- ・ グリーン・デジタル社会の基盤となる情報通信（ICT）デバイスの超高効率化や早期の社会実装を実現し、ICT産業自身の省エネ・グリーン化（グリーン・デジタル）を推進するため、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）の最先端研究基盤の強化を図るとともに、民間企業等が利用可能なテストベッド環境（クリーンルーム等）を整備。

量子暗号通信網構築のための研究開発



- 現代暗号の安全性の破綻が懸念されている量子コンピュータ時代において、国家間や国内重要機関間の機密情報のやりとりを安全に実行可能とするため、グローバル規模での量子暗号通信網の実現（①衛星-地上間、②地上間の長距離化、③衛星系・地上系の統合検証）に向けた研究開発を実施する。

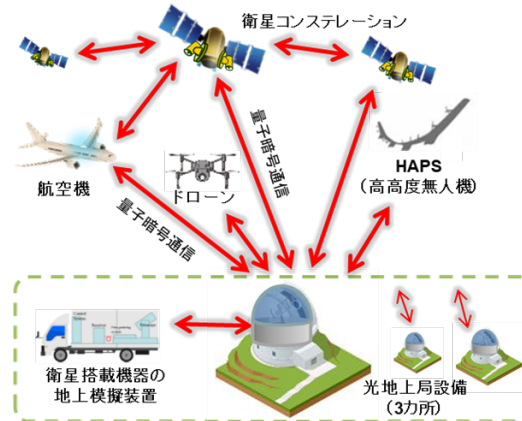
R3補正予算 4.8億円 R4当初予算 27.5億円

量子暗号通信ネットワークの社会実装加速のための広域テストベッド整備

- 複数拠点間を結ぶ量子暗号通信ネットワーク（広域テストベッド）を国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）に構築し、社会実装の加速化に向け実利用を想定した経路制御等のネットワーク構成実証を産学官が連携して実施。

R3補正予算 90.0億円（新規）

衛星コンステレーションにおける量子暗号通信を実現するための光地上局テストベッド環境の整備



- 多数の衛星を一体的に運用し機能やサービスを提供する衛星コンステレーションで不可欠な量子暗号通信について、天候による影響を回避し、衛星と光地上局の複数地点間の通信ルートを効率的に切替え可能とする設備をNICTに整備。

R3補正予算 50.5億円（新規）