

Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方
— 強靱で活力のある 2030 年代の社会を目指して —

中間答申

令和4年6月30日

情報通信審議会

目 次

第1章 Beyond 5G を取り巻く状況と本検討について.....	1
1. 1 検討の背景.....	1
1. 2 政府全体の政策動向.....	6
1. 3 検討に当たっての基本的な考え方と進め方.....	16
第2章 Beyond 5G が実現する社会像.....	18
2. 1 Beyond 5G が実現する 2030 年代の社会ビジョン.....	18
2. 2 Beyond 5G のユースケース.....	19
第3章 Beyond 5G に求められる要求条件.....	26
第4章 Beyond 5G ネットワークの全体像.....	27
4. 1 Beyond 5G のネットワークアーキテクチャ.....	27
4. 2 Beyond 5G ネットワークの構成要素.....	29
第5章 Beyond 5G 研究開発戦略.....	33
5. 1 研究開発課題の「重点化戦略」.....	33
5. 2 研究開発と社会実装の「加速化戦略」.....	41
5. 3 研究開発ロードマップ.....	45
第6章 Beyond 5G 知財・国際標準化戦略.....	47
6. 1 研究開発戦略に基づく国際標準化ロードマップ.....	47
6. 2 知財・国際標準化戦略の方向性.....	49
第7章 今後の取組・フォローアップについて.....	56

第1章 Beyond 5G を取り巻く状況と本検討について

1.1 検討の背景

(1) 諮問の内容

コロナ禍でのデジタル化の進展等により、国民生活や経済活動における情報通信の果たす役割やその利用に伴うセキュリティの確保が一層重要なものとなっている。

特に、Society 5.0 の中核的な機能を担う次世代情報通信インフラ「Beyond 5G」(主として「6G」のことであり、かつ、5G までのような移動通信の延長上だけで捉えるのではなく、統合的なネットワークのことである。以下同じ。)については、激化する国際競争等を背景として、先端技術開発等の取組が重要な局面を迎えている。

総務省が2020年6月に策定した「Beyond 5G 推進戦略」では、2030年代の社会像として、サイバー空間とフィジカル空間の一体化(Cyber Physical System)を進展させ、国民生活や経済活動が円滑に維持される「強靱で活力のある社会」の実現を目指すべきとされている。

その実現に向けて、同戦略が提言する「研究開発戦略」や「知財・標準化戦略」を一層強力に推進するための具体的な方策の検討が急務となっている。

また、2021年4月から、「科学技術・イノベーション基本法」が施行されるとともに、「第6期科学技術・イノベーション基本計画」(2021年3月閣議決定。5か年の計画)の計画期間に入った。

同計画に基づき政府全体では、イノベーションの創出に向けた取組や分野別戦略(「量子」、「AI」、「知財・標準化」、「宇宙」、「安全・安心」等)の策定や見直しが進められ、今後、関係府省が連携した政策の具体化等が一層加速する見込みであることから、総務省におけるICT技術政策を再整理した上で、政府戦略への対応を検討する必要がある。

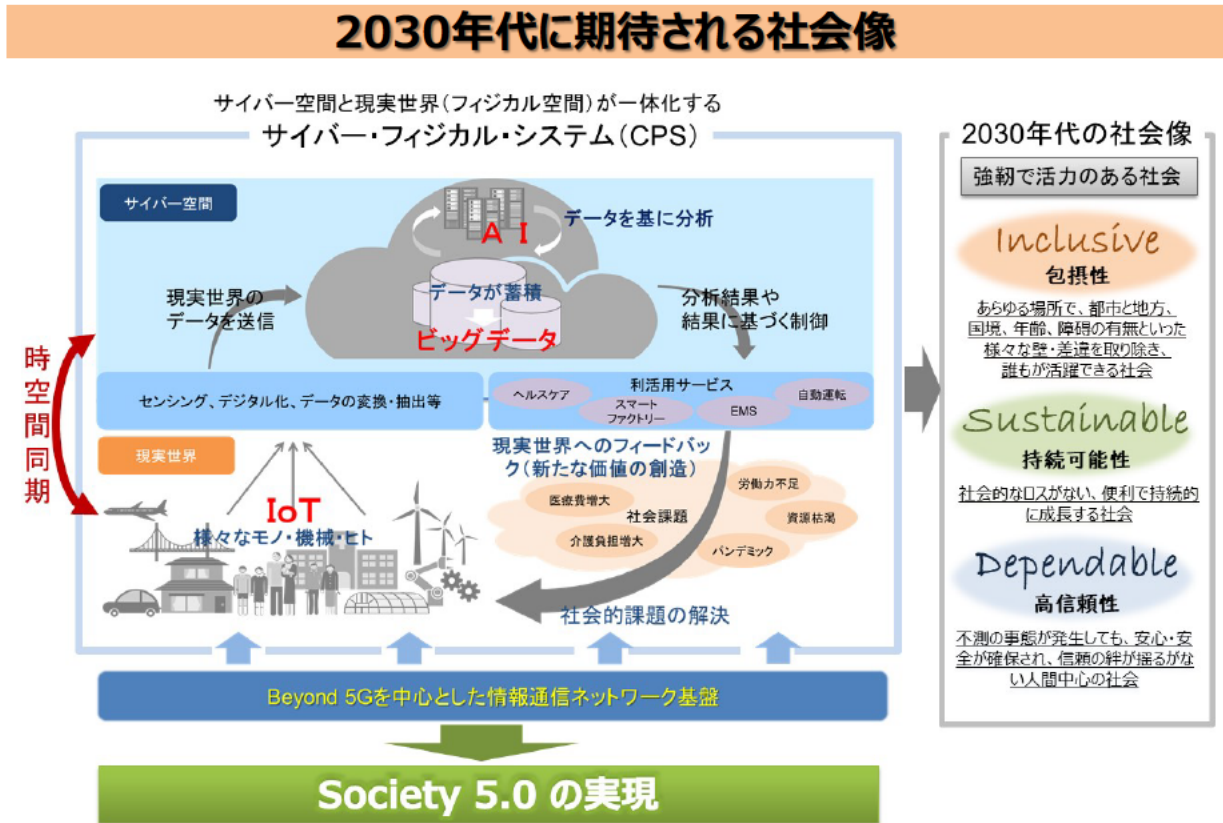
以上のとおり、今後の情報通信分野の技術動向や政府全体のイノベーション政策動向等を踏まえつつ、強靱で活力のある2030年代の社会を目指したBeyond 5Gの推進方策等についての検討・整理が必要であることから、2021年9月、「Beyond 5Gに向けた情報通信技術戦略の在り方」について総務省より情報通信審議会に諮問された。

(2) 2030年代の社会像

総務省が2020年6月に策定した「Beyond 5G 推進戦略」では、Beyond 5G が実現する2030年代に期待される社会像として、国民生活や経済活動が円滑に維持される「強靱で活力のある社会」の実現を目指すべきとしており、その具体的イメージとして、「誰もが活躍できる社会(Inclusive)」、「持続的に成長する社会(Sustainable)」、「安心して活動できる社会(Dependable)」の3つの社会像を掲げている。

Beyond 5G は、Society 5.0 を支える「フィジカル空間とサイバー空間の一体化」の実現に必要な次世代の情報通信インフラであり、2030年代のあらゆる産業・社会活動の基盤になっていくことが見込まれている。

図表1 2030年代に期待される社会像と Beyond 5G



産業・社会活動の基盤としてのBeyond 5G

	1G	2G	3G	4G	5G	Beyond 5G (6G)
導入時期	1979年	1993年	2001年	2010年	2020年	2030年~
主な機能	音声のみ	データ通信 (~28.8kbps)	ネット利用 (~14Mbps)	ネット常時接続 (~1Gbps)	多数同時接続 (100万台/km ² の接続機器数) 低遅延 (1ミリ秒程度) 高速・大容量 (~10Gbps)	自律性 (ゼロタッチで機器が自律的に連携) 拡張性 (機器の相互連携によるあらゆる場所での通信) 超低消費電力 (現在の1/100の電力消費) 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) 超高速・大容量 (5Gの10倍 (アクセス速度)、現在の100倍 (コアネットワーク)) 超低遅延 (5Gの1/10の遅延) 超多数同時接続 (5Gの10倍の接続数) 持続可能で新たな価値の創造 (5Gの更なる高度化)
利用形態	自動車電話	フィーチャーフォン	スマートフォン	スマートフォン	スマートフォン・ウェアラブル端末・自動車・家電・センサ...	
位置付け	電話	メール	カメラ	動画、電子決済、SNS	生活の基盤	あらゆる産業・社会活動の基盤 (Society 5.0の世界)
	コミュニケーション手段					

(3) 国際的な動向

諸外国では、国際競争力の強化等のため研究開発計画の具体化や政府研究開発投資の拡大等を進めており、今後も世界各国で Beyond 5G 市場での主導権を握るべく取組が拡大・進展していくことが見込まれ、我が国としても研究開発等の取組を強化しなければ、開発競争に遅れを取り、Beyond 5G 市場での存在感を失ってしまうおそれがある。

図表2 諸外国における Beyond 5G 研究開発投資の状況

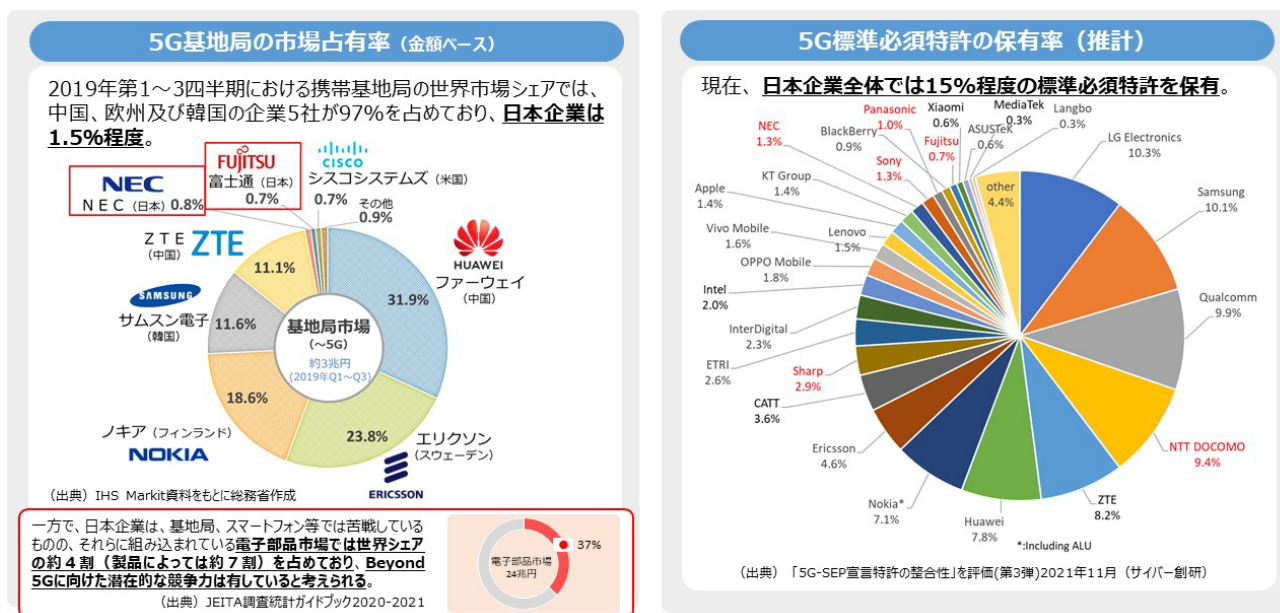
 <p>米国</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 日米首脳共同声明において、次世代移動体通信網等へ25億ドル(約2,700億円※)の投資(日米計45億ドル)を表明(2021年4月) ● 6G推進に向けた民間イニシアティブNext G Allianceが「グリーンG」WGを立ち上げ、6G等の新たなテクノロジーによる持続可能なエコシステムの実現に向けた検討を開始(2021年3月) ● Next G Allianceが「6G Roadmap」を策定。また、政府の支援が必要な要素として、「6Gの成功に向けた一貫性のある政策的枠組み」「6G研究開発に対する支援」「6Gに対する民間投資を促進するための基盤作り」を提言(2022年2月) ● 米国連邦通信委員会(FCC)、6Gを新たな焦点として技術諮問委員会(TAC)を再編成(2022年2月)
<p>欧州</p>	<p>欧州 (EU、ドイツ、フィンランド) で18.5億ユーロ(約2,400億円)の政府研究開発投資(2022年3月現在)</p>
 <p>欧州連合</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 次期研究開発プログラムHorizon Europe (2021 - 2027年)で6G研究開発に9億ユーロ(約1,200億円)の投資を決定(2021年3月)。民間からの11億ユーロを合わせ、SNS JUが合計20億ユーロ(約2,600億円)の資金を確保(2022年3月)。既に2.4億ユーロ(約310億円)をワークプログラム(2021-2022年)に拠出(2021年12月) ● 6G研究開発プロジェクトHexa-X始動(2021年1月-2023年6月)
 <p>ドイツ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 6G技術の研究開発(2021-2025)に総額7億ユーロ(約910億円)の投資を決定(2021年4月)。そのうち2.5億ユーロ(約330億円)を6G研究開発のハブ構築に投資(2021年6月)
 <p>フィンランド</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 6Genesis Flagship Programmeを開始。2019-2026年の8年間で2.5億ユーロ(約330億円)の6G研究開発予算を計上(2018年5月) ● 第1回 6G Wireless Summit を開催(2019年3月)
 <p>中国</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 6G推進団体IMT-2030(6G)を設置し、6Gの研究開発に着手(2019年6月) ● 第14次五か年計画の一環として6G研究開発を強化するとのデジタル経済プランを発表(2022年1月) ● 精華大学、北京オリンピックの会場において1TB/secの伝送実験に成功と発表(2022年2月)
 <p>韓国</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 6G研究開発実行計画を発表し、全体で2025年までに2,200億ウォン(約210億円)を投資(2021年6月) ● 6Gを含む「次世代ネットワーク発展戦略」策定着手(2022年1月) ● 米国、フィンランド、インドネシア各国と、6Gを含むICTでの協力を協議(2022年3月)

※ 円換算は当時の為替レートを使用。以下、ユーロ、ウォンも同様。

現在、世界の通信インフラ市場(基地局)では、海外の主要企業が高いシェアを占め、関連特許も多数保有しており、今後も海外企業が高い国際競争力を維持・確保することが見込まれるが、日本企業の通信インフラ市場での国際競争力は低い状況にある。我が国としてこのまま手を打たずに同じ状況が続けば、Beyond 5G においても海外企業の後塵を拝してしまうおそれがある。

他方で、日本企業は、基地局、スマートフォン等では苦戦しているものの、それらに組み込まれている電子部品市場では世界シェアの約4割(製品によっては約7割)を占めており、Beyond 5G に向けた潜在的な競争力は有していると考えられる。

図表3 通信インフラ市場における国際競争力



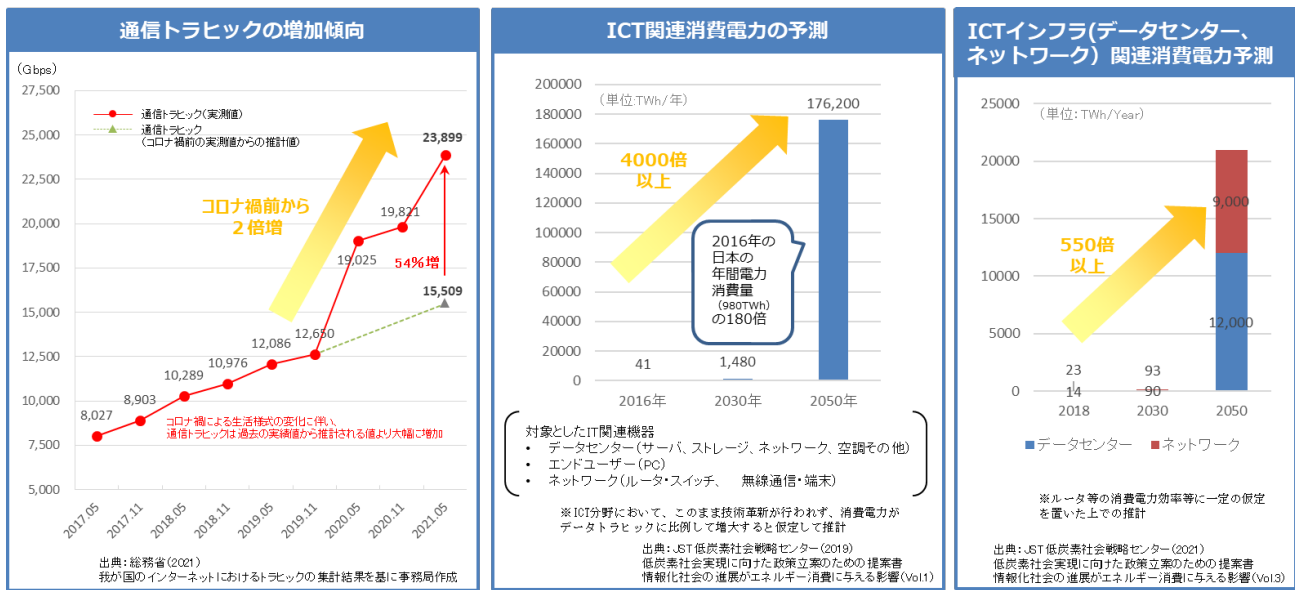
(4) 情報通信分野の消費電力とカーボンニュートラル

我が国の通信トラフィックは増加傾向が続いており、コロナ禍による生活様式の変化のため、通信トラフィックは従前の推計を上回る増加となっている。これに伴い、ICT 分野の消費電力も増加傾向にあり、今後の技術やサービスの発展等に伴って ICT 分野における消費電力の大幅増加が懸念されている。

そうした中で、我が国では、国際公約として 2050 年カーボンニュートラル実現を目指すことを宣言しており、政府全体の方針においても、グリーン・デジタル社会の実現や 2040 年の情報通信産業のカーボンニュートラル達成等が位置づけられているなど、ICT 分野におけるグリーン化・デジタル化に向けた取組の必要性が高まっている。

次世代の情報通信インフラとなる Beyond 5G のネットワーク構築に当たっては、世界的課題であるグリーン化への対応が不可避であり、我が国として超低消費電力化に向けた研究開発等の取組を抜本的に強化していかなければならない。

図表4 通信トラフィックと情報通信ネットワークの消費電力の動向



(参考)カーボンニュートラルの実現に関する国際公約、グリーン・デジタルの推進や情報通信分野のカーボンニュートラルに関する政府戦略

●第 203 回国会における菅義偉内閣総理大臣所信表明演説(2020 年 10 月 26 日)〈抜粋〉

「我が国は、2050 年までに、温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、2050 年カーボンニュートラル、脱炭素社会の実現を目指すことを、ここに宣言いたします」

●G20 リヤド・サミット(2020 年 11 月 21 日、22 日)(※外務省 HP より)〈抜粋〉

菅義偉内閣総理大臣から、2050 年までに温室効果ガス排出を実質ゼロにする「カーボン・ニュートラル」の実現を目指す決意を改めて述べた上で、温暖化対応は成長につながるという発想の転換が必要であり、革新的なイノベーションを鍵とし、経済と環境の好循環を創出していく考えを強調しました。

●経済財政運営と改革の基本方針2021(2021 年6月 18 日 閣議決定)〈抜粋〉

第1章 新型コロナウイルス感染症の克服とポストコロナの経済社会のビジョン

2. 未来に向けた変化と構造改革

(成長を生み出す4つの原動力の推進)

グリーン化、デジタル化、地方の所得向上、子ども・子育て支援を実現する投資を重点的に促進し、長年の課題に答えを出し、力強い成長を実現して世界をリードしていく。これにより、民間の大胆な投資とイノベーションを促し、経済社会構造の転換を実現する。

●成長戦略実行計画(2021 年6月 18 日 閣議決定)〈抜粋〉

第3章 グリーン分野の成長

1. 2050 年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略

(3) 分野別の課題と対応

⑧ 半導体・情報通信産業

カーボンニュートラルは、製造・サービス・輸送・インフラなど、あらゆる分野で電化・デジタル化が進んだ社会によって実現される。したがって、①デジタル化によるエネルギー需要の効率化と、②デジタル機器・情報通信自体の省エネ・グリーン化の2つのアプローチを、車の両輪として推進する。2030 年までに全ての新設データセンターの 30% 省エネ化及び国内データセンターの使用電力の一部の再エネ化、2040 年に半導体・情報通信産業のカーボンニュートラルを目指す。

1.2 政府全体の政策動向

(1) 国家戦略としての Beyond 5G の推進

岸田内閣では、成長と分配の好循環による「新しい資本主義」の実現を目指し、「デジタル田園都市国家構想」、「経済安全保障」、「科学技術立国」の推進を成長戦略の柱として掲げ、デジタル分野をはじめとした成長分野に大胆に投資していく方針が示されている。

そうした政府全体のデジタル分野に関わる重要政策課題については、経済財政諮問会議、新しい資本主義実現会議、デジタル田園都市国家構想実現会議、デジタル社会実現会議、総合科学技術・イノベーション会議、統合イノベーション戦略推進会議等の政策会議において、関係府省による連携・協力のもとで検討・具体化が進められ、今般、政府全体の新たな方針や戦略が策定されている。

その中で、本審議会でも検討・具体化を進めてきた Beyond 5G の早期実現に向けた新たな情報通信技術戦略の策定及びこれに基づく研究開発や社会実装の加速化等の取組を国家戦略として強力に進めていく方針が示されている。

(参考)関連する主な政府戦略、総理大臣発言

●経済財政運営と改革の基本方針 2022(2022年6月7日閣議決定)

第2章 新しい資本主義に向けた改革

2. 社会課題の解決に向けた取組

(3) 多極化・地域活性化の推進

(デジタル田園都市国家構想)

「デジタル田園都市国家構想基本方針」^{※1}に基づき、(1)デジタルの力を活用した地方の社会課題解決、(2)ハード・ソフトのデジタル基盤整備、(3)デジタル人材の確保・育成、(4)誰一人取り残されないための取組、の4つを柱として取組を進め、「デジタル田園都市国家構想」の実現を目指す。

同構想の一翼を担うスマートシティは、EBPMに基づく取組の徹底や人材育成手法の開発等を推進し実装を加速する。GIGAスクール構想による全国どこでも誰一人取り残さない教育のための取組を進める。また、地域における情報通信格差が生じないよう5G・光ファイバをはじめとした通信インフラの更なる整備、データセンター地方拠点/海底ケーブル等の整備、地域協議会の設置、デジタル田園都市国家構想実現ファンドの創設の検討、ポスト5G/Beyond 5Gの2025年以降の社会実装と国際標準化に向けた取組^{※2}、デジタル推進人材を2026年度末までに230万人育成する取組を進める。

あわせて、デジタル田園都市国家構想を先導することが期待されるスーパーシティ及びデジタル田園健康特区の取組を推進する。

※1 令和4年6月7日閣議決定。

※2 その取組に当たり、超低消費電力の次世代通信の研究開発及び社会実装の推進を含む。

●新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画(2022年6月7日閣議決定)

Ⅲ. 新しい資本主義に向けた計画的な重点投資

4. GX(グリーン・トランスフォーメーション)及びDX(デジタル・トランスフォーメーション)への投資

(2)DXへの投資

①ポスト5G、6Gの実現に向けた研究開発

ポスト5Gの情報通信システムの開発を進めるとともに、次世代の通信インフラであるいわゆる6Gについては、2030年頃の導入を見据えて、ネットワークから端末まで全てに光通信技術を活用することで、現在の100倍の通信速度と100分の1の超低消費電力を実現する技術を5年程度で確立する。

※工程表にも記載あり(省略)

●新しい資本主義に向けたグランドデザイン及び実行計画 フォローアップ(2022年6月7日閣議決定)

I. 新しい資本主義に向けた計画的な重点投資

4. GX(グリーン・トランスフォーメーション)及びDX(デジタル・トランスフォーメーション)への投資

(2)DXへの投資

(デジタル分野の研究開発の推進)

いわゆる6G(ビヨンド5G)の技術開発を我が国がリードし、通信インフラの超高速化・省電力化、陸海空の通信カバレッジ拡張等を実現するため、情報通信技術戦略を2022年度中に取りまとめ、同戦略に基づき、光ネットワーク技術、光電融合技術、衛星・高高度プラットフォーム(HAPS)ネットワーク技術等の研究開発及びその成果の2025年以降の社会実装、国際共同研究及び国際標準化を進める。

●**新しい資本主義実現会議 緊急提言(2021年11月8日 新しい資本主義実現会議)〈抜粋〉**

II. 成長戦略

3. 地方を活性化し、世界とつながる「デジタル田園都市国家構想」の起動

(3) いわゆる6G(ビヨンド5G)の推進

次世代の通信インフラであるいわゆる6G(ビヨンド5G)について、2030年頃の導入を見据えて、研究開発を推進する。このため、現在使われている電気通信技術に代えて、ネットワークから端末まで全てに光通信技術を活用することにより、基幹ネットワークにおける現在の100倍の通信速度とネットワーク全体における現在の100分の1の超低消費電力を同時に実現する革新的な技術を今後5年程度で確立することを目指して、ネットワーク技術やコンピューティング技術に関する研究開発を支援する。

●**コロナ克服・新時代開拓のための経済対策(2021年11月19日 閣議決定)〈抜粋〉**

第3章 取り組む施策

III. 未来社会を切り拓く「新しい資本主義」の起動

1. 成長戦略

(1) 科学技術立国の実現

① 科学技術・イノベーションへの投資の強化

デジタル、グリーン、人工知能、量子、バイオ、宇宙、海洋等の分野における先端科学技術の研究開発・実証に大胆な投資を行い、民間投資を促進する。デジタル分野においては、光技術を使ったコンピューティングとネットワークをはじめ、次世代の通信インフラであるいわゆる6G(Beyond5G)などの開発を加速するとともに、デジタル社会を支えるデジタル人材の育成を図る。ライフサイエンス分野の強化を図るため、ワクチンや医薬品の国内での開発や創薬ベンチャーの育成、全ゲノム解析等実行計画の更なる加速・具体化に向けた措置を推進する。また、先端科学技術をはじめとする多様な分野に係る研究成果の活用や国際標準の戦略的な展開等により、国際競争力の強化に資する取組を進める。

●**第208回国会における岸田文雄内閣総理大臣施政方針演説(2022年1月17日)〈抜粋〉**

(岸田文雄内閣総理大臣)

(前略)私は、成長と分配の好循環による「新しい資本主義」によって、この世界の動きを主導していきます。

(中略)成長戦略では、「デジタル」、「気候変動」、「経済安全保障」、「科学技術・イノベーション」などの社会課題の解決を図るとともに、これまで、日本の弱みとされてきた分野に、官民の投資を集め、成長のエンジンへと転換していきます。

(中略)新しい資本主義の主役は地方です。デジタル田園都市国家構想を強力に推進し、地域の課題解決とともに、地方から全国へと、ボトムアップでの成長を実現していきます。(中略)高齢化や過疎化などに直面する地方においてこそ、オンライン診療、GIGAスクール、スマート農林水産業などのデジタルサービスを活用できるよう、5G、データセンター、光ファイバーなどのインフラの整備計画を取りまとめます。

(中略)あわせて、半導体製造工場の設備投資や、AI、量子、バイオ、ライフサイエンス、光通信、宇宙、海洋、といった分野に対する官民の研究開発投資を後押ししていきます。

●**第208回国会 衆議院予算委員会における内閣総理大臣答弁(2022年2月7日)〈抜粋〉**

(岸田文雄内閣総理大臣)

ご指摘の光電融合技術ですが、低消費電力かつ超高速大容量など、次世代の通信インフラを支える技術であり、2030年代の導入が期待されるビヨンド5G、いわゆる6Gの実現に向け、その技術の実用化が期待されているものと承知しております。

私自身、昨年11月ですが、NTTの研究施設を視察させていただきました。その際に、車座対話も行わせていただきまして、この最先端の通信インフラ、これは日本が世界をリードする大きなきっかけになるのではないかと、さらには、これから未来に向けて様々なビジネス展開をしていく大きなきっかけになるのではないかと、そういった可能性を、その関係者の皆さんから直接話を聞く中で強く感じたところであります。

政府としましても、引き続き、光電融合技術を含め、最先端の研究開発をしっかりと後押しをしていきたいと考えます。

(2)「デジタル田園都市国家構想」の推進

政府の成長戦略の重要な柱である「デジタル田園都市国家構想」は、高齢化や過疎化などの社会課題に直面する地方においてこそ新たなデジタル技術を活用するニーズがあることに鑑み、地域の個性を活かしながら、地方を活性化し、持続可能な経済社会を実現することで、地方から全国へのボトムアップの成長を図るものである。

同構想の実現のためには、光ファイバ、5G、データセンター/海底ケーブル等のデジタル基盤の整備が不可欠の前提であることから、総務省において 2022 年 3 月 29 日に「デジタル田園都市国家インフラ整備計画」を策定・公表し、以下に取り組むこととしている。

- ① 光ファイバ、5G、データセンター/海底ケーブル等のインフラ整備を地方ニーズに即してスピード感をもって推進する。
- ② 「地域協議会」を開催し、自治体、通信事業者、社会実装関係者等の中で地域におけるデジタル実装とインフラ整備のマッチングを推進する。
- ③ 2030 年代のインフラとなる「Beyond 5G」の研究開発を加速する。研究成果は 2020 年代後半から順次、社会実装し、早期の Beyond 5G の運用開始を実現する。

また、「デジタル田園都市国家構想」の推進等のための政府全体のデジタル政策については、デジタル田園都市国家構想実現会議、デジタル社会実現会議において、関係府省による連携・協力のもとで検討・具体化が進められ、2022 年 6 月 7 日に「デジタル田園都市国家構想基本方針」及び「デジタル社会に向けた重点計画」が閣議決定されている。

図表5 総務省「デジタル田園都市国家インフラ整備計画」の策定

デジタル田園都市国家インフラ整備計画の全体像

令和4年3月29日

計画策定の考え方

▶ デジタル田園都市国家構想の実現のため、

1. 光ファイバ、5G、データセンター/海底ケーブル等のインフラ整備を地方ニーズに即してスピード感をもって推進。
2. 「地域協議会」を開催し、自治体、通信事業者、社会実装関係者等の間で地域におけるデジタル実装とインフラ整備のマッチングを推進。
3. 2030年代のインフラとなる「Beyond 5G」の研究開発を加速。研究成果は2020年代後半から順次、社会実装し、早期のBeyond 5Gの運用開始を実現。

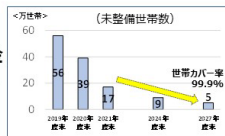
(1) 光ファイバ整備

整備方針

- ① 2027年度末までに世帯カバー率99.9%を目指す※。更なる前倒しを追求。
※2021年末に設定した当面の目標から約3年前倒し。
- ② 未整備世帯約5万世帯については、光ファイバを必要とする全地域の整備を目指す。

具体的施策

- ① ユニバーサルサービス交付金により、不採算地域における維持管理を支援
(電気通信事業法の改正)
- ② 離島等条件不利地域における地方のニーズに即した様々な対応策を検討



(2) 5G整備

整備方針

- ① 全ての居住地で4Gを利用可能な状態を実現
(4Gエリア外人口 2020年度末0.8万人→2023年度末0人)
 - ② ニーズのあるほぼ全てのエリアに、5G展開の基盤となる親局の全国展開を実現(ニーズに即応が可能)
(5G基盤展開率 2020年度末16.5%→2023年度末98%)
 - ③ 5G人口カバー率
【2023年度末】
全国95%※ (2020年度末実績:30%台)
全市区町村に5G基地局を整備
(合計28万局)
※2021年末に設定した当面の目標から5%上積み。
【2025年度末】
全国97%
各都道府県90%程度以上 (合計30万局)
【2030年度末】
全国・各都道府県99% (合計60万局)
- 注：数値目標は4者重ね合わせにより達成する数値。今後の周波数移行等により変更が期待される。

具体的施策

- ① 新たな5G周波数の割当て
- ② 基地局開設の責務を創設する電波法の改正
- ③ 補助金、税制措置による支援
- ④ インフラシェアリング推進
(補助金要件優遇、研究開発、基地局設置可能な施設のDB化)

(3) データセンター/海底ケーブル等整備

整備方針

- ア. データセンター (総務省・経産省)
10数カ所の地方拠点を5年程度で整備
- イ. 海底ケーブル
- ① 日本周回ケーブル (デジタル田園都市スーパーハイウェイ) を3年程度で完成
 - ② 陸揚局の地方分散

具体的施策

- 総務省、経産省の補助金で地方分散を促進 (大規模データセンター最大5~7カ所程度、日本周回ケーブル、陸揚局数カ所程度を整備可能)
- 【整備イメージ】
- 上記補助による民間の呼び水効果も期待
- 注：上記の他、インターネット接続点 (IX) の地方分散を促進
-

(4) Beyond 5G (6G)

研究開発・社会実装

- ① 「通信インフラの超高速化と省電力化」、「陸海空含め国土100%カバー」等を実現する技術 (光ネットワーク技術、光電融合技術、テラヘルツ波技術、衛星通信、HAPS) の研究開発を加速し、2025年以降順次、社会実装と国際標準化を強力に推進する。
- ② 必須特許の10%以上を確保し、世界市場の30%程度の確保を目指す。

(参考) 関連する主な政府戦略

● デジタル田園都市国家構想基本方針 (2022年6月7日閣議決定)

第2章 デジタル田園都市国家構想の実現に向けた方向性

1. 取組方針

(2) デジタル田園都市国家構想を支えるハード・ソフトのデジタル基盤整備

① デジタルインフラの整備

【Beyond 5G (いわゆる6G)】

(現状及び課題)

デジタル技術による地方の社会課題解決と、これによる国全体のボトムアップの成長を継続していくためには、日進月歩の技術進展を我が国がリードし、その成果がいち早く社会実装されることが重要であり、2030年代の次世代情報通信インフラ「Beyond 5G」の実現に向けた取組を戦略的に推進し、研究開発成果の社会実装や市場獲得等の実現につなげていく必要がある。

(中長期的な取組の方向性)

Beyond 5Gの技術開発を我が国がリードし、2025年以降順次、通信インフラの超高速化と省電力化(光ネットワーク技術、光電融合技術^{※1}、テラヘルツ波技術^{※2})や、陸海空をシームレスにつなぐ通信カバレッジの拡張(衛星通信、HAPS^{※3}などの非地上系ネットワーク(NTN^{※4})技術)等を実現する開発成果の社会実装と国際標準化を強力に推進する。これを実現するため、Beyond 5Gに向けた研究開発戦略を策定し、同戦略を反映した研究開発を強力に加速していく。

※1 電気通信と光通信を融合させることでネットワークの高速化と大幅な低消費電力化を実現する技術

※2 電波と光(可視光線)の間の領域にある高い周波数帯の電波。従来は利用が難しく未開の電波とされてきたが、近年の技術革新によって高精度なセンシングや大容量無線通信への活用が期待されている。

※3 High Altitude Platform Station(高高度プラットフォーム)の略。携帯基地局等の機能を搭載して高高度を飛行しながら通信エリアをカバーする技術。

※4 Non-Terrestrial Network(非地上ネットワーク)の略。宇宙・空・海・陸上の通信システムを多層的につなげて構築するネットワーク。

第3章 各分野の政策の推進

2. デジタル田園都市国家構想を支えるハード・ソフトのデジタル基盤整備

(1) デジタルインフラの整備

(a) デジタル田園都市国家インフラ整備計画の実行

2022年3月に策定した「デジタル田園都市国家インフラ整備計画」に基づき、光ファイバ、5G、データセンター/海底ケーブル等のデジタル基盤の整備を推進する。整備の効果を最大化するため、総務省が、地方公共団体、通信事業者、社会実装関係者、インフラシェアリング事業者等から形成される「地域協議会」を開催し、5Gや光ファイバの整備とデジタル実装とのマッチングを推進するとともに、Beyond 5Gの研究開発を加速し2020年代後半から順次、開発成果の社会実装を実現する。

(g) 次世代の情報通信インフラ「Beyond 5G」の社会実装

2030年代の情報通信インフラ「Beyond 5G」(いわゆる6G)の技術開発を我が国がリードし、大阪・関西万博を起点として2025年以降順次、

– 通信インフラの超高速化と省電力化(光ネットワーク技術や光電融合技術、テラヘルツ波技術)

– 陸海空をシームレスにつなぐ通信カバレッジの拡張(衛星やHAPS等の非地上系ネットワーク(NTN)技術)

– 利用者にとって安全で高信頼な通信環境(セキュアな仮想化・オーケストレーション技術)

等を実現する開発成果の社会実装と国際標準化を強力に推進する。

(h) Beyond 5Gに向けた研究開発戦略の策定と研究開発の加速

上記を実現するため、情報通信審議会において我が国が注力すべき研究開発課題を含む Beyond 5Gに向けた研究開発戦略の検討を進め、2022年夏に取りまとめるとともに、総務省において、同戦略を反映した Beyond 5G 研究開発を強力に加速する。

● デジタル社会の実現に向けた重点計画(2022年6月7日 閣議決定)

第6章 デジタル社会の実現に向けた施策

5. デジタル社会を支えるシステム・技術

(3) デジタル化を支えるインフラの整備

② Beyond 5Gの実現に向けた研究開発・標準化の推進

Beyond 5Gの技術開発を我が国がリードし、通信インフラの超高速化・省電力化、陸海空をシームレスにつなぐ通信カバレッジの拡張等を実現するため、新たな情報通信技術戦略を令和4年度(2022年度)中に取りまとめ、同戦略に基づき、光ネットワーク技術、光電融合技術、衛星・HAPSネットワーク技術等の研究開発を強力に加速するとともに、知財の取得や国際標準化を強力に推進する。

その開発成果については大阪・関西万博を起点として令和7年(2025年)以降順次、社会実装を目指す。

※工程表にも記載あり(省略)

(4) デジタル社会に必要な技術の研究開発・実証の推進

研究開発・実証の推進に関する具体的な施策

① 高度情報通信環境の普及促進に向けた研究開発・実証

Beyond 5Gに関しては、我が国が技術開発をリードし、大阪・関西万博を起点として、令和7年(2025年)以降順次、

• 通信インフラの超高速化と省電力化(光ネットワーク技術や光電融合技術、テラヘルツ波技術)

• 陸海空をシームレスにつなぐ通信カバレッジの拡張(衛星やHAPS等の非地上系ネットワーク(NTN)技術)

• 利用者にとって安全で高信頼な通信環境(セキュアな仮想化・オーケストレーション技術)

等を実現する開発成果の社会実装を強力に推進する。

上記を実現するため、Beyond 5Gに向けた情報通信技術戦略の在り方を令和4年度(2022年度)中に取りまとめ、新たな「研究開発戦略」に基づき、国立研究開発法人情報通信研究機構(以下「NICT」という。)に創設した研究開発基金及びテストベッドを含む Beyond 5G 研究開発促進事業を活用し、Beyond 5Gの研究開発を強力に加速する。また、諸外国の団体・組織との情報共有や共同研究等を含む MOC 締結を加速して、国際的な連携体制を強化するとともに、国際カンファレンスの開催等を通じて、我が国の Beyond 5G の取組を国際的に発信していく。

※工程表にも記載あり(省略)

(3)「経済安全保障」の推進

我が国は、自由で開かれた経済を原則として、民間主体による自由な経済活動を促進することで経済発展を続けてきている。他方で、近年、国際情勢の複雑化、社会経済構造の変化等が進展する中、国民生活や経済活動に対するリスクの顕在化¹が認識されるようになっており、経済政策を安全保障の観点から捉え直す必要性が高まっている。また、諸外国では、産業基盤強化の支援、先端的な重要技術の研究開発、機微技術の流出防止や輸出管理強化等の施策を推進・強化している。

そうした状況を踏まえ、政府では、新たに経済安全保障担当大臣を設置するとともに、経済安全保障推進会議(議長:総理大臣、副議長:経済安全保障担当大臣、官房長官、構成員:各国務大臣)を開催し、①サプライチェーンの強靱化や基幹インフラの信頼性確保などを通じた我が国の経済構造の自律性の向上、②人工知能や量子などの重要技術の育成による日本の技術の優位性ひいては不可欠性の確保、③基本的価値やルールに基づく国際秩序の維持・強化を目指す、という3つの目標・アプローチのもと、我が国の経済安全保障を推進するための法整備も含めた検討が進められている。政府において「経済政策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律案」(いわゆる「経済安全保障推進法案」)が閣議決定され、2022年2月25日に第108回国会に提出、2022年5月11日に成立した。

¹「経済安全保障法制に関する提言」(2022年2月1日 経済安全保障法制に関する有識者会議)において、コロナ禍におけるサプライチェーンの脆弱性が国民の生命・生活を脅かすリスク、地政学的な緊張が高まる中で世界各国で国家の関与が疑われるものも含めサイバー攻撃により経済が大きく混乱する事例、AIや量子など安全保障にも影響し得る技術革新の進展に伴い科学技術・イノベーションが激化する国家間の覇権争いの中核になっていることなどが指摘されている。

図表6 「経済政策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する法律」(法律第 43 号)の概要

<p>1. 基本方針の策定等 (第1章)</p> <p>・経済施策を一体的に講ずることによる安全保障の確保の推進に関する基本方針を策定。 ・規制措置は、経済活動に与える影響を考慮し、安全保障を確保するため合理的に必要と認められる限度において行われなければならない。</p>			
<p>2. 重要物資の安定的な供給の確保に関する制度 (第2章)</p> <p>国民の生存や、国民生活・経済活動に甚大な影響のある物資の安定供給の確保を図るため、特定重要物資の指定、民間事業者の計画の認定・支援措置、特別の対策としての政府による取組等を措置。</p>			
<p>特定重要物資の指定</p> <p>・国民の生存に必要不可欠又は国民生活・経済活動が依拠している物資で、安定供給確保が特に必要な物資を指定</p>	<p>事業者の計画認定・支援措置</p> <p>・民間事業者は、特定重要物資等の供給確保計画を作成し、所管大臣が認定 ・認定事業者に対し、安定供給確保支援法人等による助成やツーステップローン等の支援</p>	<p>政府による取組</p> <p>・特別の対策を講ずる必要がある場合に、所管大臣による備蓄等の必要な措置</p>	<p>その他</p> <p>・所管大臣による事業者への調査</p>
<p>3. 基幹インフラ役務の安定的な提供の確保に関する制度 (第3章)</p> <p>基幹インフラの重要設備が我が国の外部から行われる役務の安定的な提供を妨害する行為の手段として使用されることを防止するため、重要設備の導入・維持管理等の委託の事前審査、勧告・命令等を措置。</p>			
<p>審査対象</p> <p>・対象事業：法律で対象事業の外縁（例：電気事業）を示した上で、政令で絞り込み ・対象事業者：対象事業を行う者のうち、主務省令で定める基準に該当する者を指定</p>	<p>事前届出・審査</p> <p>・重要設備の導入・維持管理等の委託に関する計画書の事前届出 ・事前審査期間：原則30日（場合により、短縮・延長が可能）</p>	<p>勧告・命令</p> <p>・審査の結果に基づき、妨害行為を防止するため必要な措置（重要設備の導入・維持管理等の内容の変更・中止等）を勧告・命令</p>	
<p>4. 先端的な重要技術の開発支援に関する制度 (第4章)</p> <p>先端的な重要技術の研究開発の促進とその成果の適切な活用のため、資金支援、官民伴走支援のための協議会設置、調査研究業務の委託（シンクタンク）等を措置。</p>			
<p>国による支援</p> <p>・重要技術の研究開発等に対する必要な情報提供・資金支援等</p>	<p>官民パートナーシップ（協議会）</p> <p>・個別プロジェクトごとに、研究代表者の同意を得て設置 ・構成員：関係行政機関の長、研究代表者/従事者等 ・相互了解の下で共有される機微情報は構成員に守秘義務</p>	<p>調査研究業務の委託（シンクタンク）</p> <p>・重要技術の調査研究を一定の能力を有する者に委託、守秘義務を定める</p>	
<p>5. 特許出願の非公開に関する制度 (第5章)</p> <p>安全保障上機微な発明の特許出願につき、公開や流出を防止するとともに、安全保障を損なわずに特許法上の権利を得られるようにするため、保全指定をして公開を留保する仕組みや、外国出願制限等を措置。</p>			
<p>技術分野等によるスクリーニング（第一次審査）</p> <p>・特許庁は、特定の技術分野に属する発明の特許出願を内閣府に送付</p>	<p>保全審査（第二次審査）</p> <p>①国家及び国民の安全を損なう事態を生ずるおそれの程度 ②発明を非公開とした場合に産業の発達に及ぼす影響等を考慮</p>	<p>保全指定</p> <p>・指定の効果：出願の取下げ禁止、実施の許可制、開示の禁止、情報の適正管理等</p>	<p>外国出願制限</p> <p>補償</p>

(出典)内閣官房 HP

(4)「科学技術立国」の推進

2021年4月から、「科学技術・イノベーション基本法」が施行²されるとともに、「第6期科学技術・イノベーション基本計画」(2021年3月閣議決定。5か年の計画)の計画期間に入った。

基本計画では、目指すべき未来社会 Society 5.0 に向け、「国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会」や「一人ひとりの多様な幸せ (well-being) が実現できる社会」の実現を目指すこととしており、サイバー空間とフィジカル空間の融合による持続可能で強靱な社会への変革を進めるための科学技術・イノベーション政策として、Beyond 5G、宇宙システム、量子技術、半導体等の次世代インフラ・技術の整備・開発やカーボンニュートラルに向けた研究開発を推進するとともに、「AI」、「量子」、「宇宙」、「環境エネルギー」等に係る国家戦略の見直し・策定等を進めていく方向性が示されている。

この基本計画に基づき、政府全体の科学技術・イノベーション政策については、総合科学技術・イノベーション会議、統合イノベーション戦略推進会議において、関係府省による連携・協力のもとで検討・具体化が進められ、2022年6月3日に「統合イノベーション戦略 2022」が閣議決定されている。

また、基本計画に基づく分野別の推進戦略についても関係府省が連携した政策の具体化等が進められており、「量子」と「宇宙」の分野における政策動向を以下に示す。

①「量子技術イノベーション戦略」の推進

量子技術は、将来の社会・経済を飛躍的・非連続的に発展させる革新技術であるとともに、経済安全保障上も極めて重要な技術であり、米国、欧州、中国等を中心に、諸外国において研究開発投資を大幅に拡充するとともに、研究開発拠点形成や人材育成等の戦略的な取組が展開されている。

我が国においても量子技術に関する中長期戦略として 2020年1月に「量子技術イノベーション戦略」を策定し、関連技術の研究開発等を推進してきたが、同戦略策定以降、コロナ禍によるデジタル技術の進展や量子産業の国際競争の激化など量子技術を取り巻く環境が大きく変化するとともに、量子技術に期待される役割も増大してきたことから、新たな量子技術に関する戦略の検討が進められ、「量子未来社会ビジョン」(2022年4月22日統合イノベーション戦略推進会議)が策定されている。

②「宇宙基本計画」の推進

宇宙基本法に基づき、宇宙開発利用に関する施策の総合的かつ計画的な推進を図るため、政府において 2009年6月に「宇宙基本計画」が策定された。

その後、安全保障における宇宙空間の重要性や経済社会の宇宙システムへの依存度の高まり、リスクの深刻化、諸外国や民間の宇宙活動の活発化、宇宙活動の広がり、科学技術の急速な進化など、昨今の宇宙を巡る環境変化を踏まえ、2020年6月に「宇宙基本計画」が改訂された。

また、「宇宙基本計画」に定められた政策を着実に推進していくため、政府が取り組むべき事

²科学技術基本法の改正(2021年4月施行)により、第6期基本計画期間から、「科学技術・イノベーション基本法」へと名称が変わり、「人文・社会科学の振興」と「イノベーションの創出」が同法の対象に追加された。

項を個別具体的に書き示した工程表を作成し、毎年末に施策の進捗状況を宇宙政策委員会で検証し、宇宙開発戦略本部で同工程表を改訂している。

さらに、カーボンニュートラルの実現に向けた関係府省の取組について2022年5月19日に取りまとめられた「クリーンエネルギー戦略 中間整理」において、グリーントランスフォーメーション(GX)を推進するデジタル環境整備として、総務省において光ネットワーク技術や光電融合技術等のBeyond 5G 研究開発に取り組む方向性が示されている。

図表7 第6期科学技術・イノベーション基本計画(2021年3月閣議決定)の概要



(出典)内閣府資料を基に総務省作成

(参考)関連する主な政府戦略

●統合イノベーション戦略 2022(2022年6月3日 閣議決定)

第1章 総論(新しい資本主義における「成長」と「分配」の好循環を支える科学技術・イノベーション)

2. 科学技術・イノベーション政策の3本の柱

(3) 先端科学技術の戦略的な推進

①重要技術の国家戦略の推進と国家的重要課題への対応

<AI活用に適した次世代社会インフラの開発整備>

データやAIを活用する通信インフラの高度化を進めるため、**次世代の情報通信インフラである Beyond 5G の 2025 年以降順次の社会実装を目指し、研究開発と国際標準化を推進する。**

第2章 Society 5.0 の実現に向けた科学技術・イノベーション政策

1. 国民の安全と安心を確保する持続可能で強靭な社会への変革

(1) サイバー空間とフィジカル空間の融合による新たな価値の創出

④デジタル社会に対応した次世代インフラやデータ・AI利活用技術の整備・研究開発
＜今後の取組方針＞

- ・Beyond 5G の実現に必要な要素技術を確立するため、引き続き、NICTに設置した基金及び共用研究施設・設備を活用し、企業、大学等における研究開発を支援。また、上記基金を活用した取組と密接な連携を図りつつ、企業、大学等への公募型研究開発を実施。
- ・Beyond 5G の技術開発を我が国がリードし、通信インフラの超高速化・省電力化、陸海空の通信カバレッジ拡張等を実現するため、新たな情報通信技術戦略を2022年度中に取りまとめ、同戦略に基づき、光ネットワーク技術、光電融合技術、衛星・HAPSネットワーク技術等の研究開発及びその成果の2025年以降順次の社会実装、国際共同研究及び国際標準化を強力に推進。
- ・「Beyond 5G 新経営戦略センター」を核として、提案公募の結果を踏まえたセミナーの開催や各種情報提供の強化等の知的財産権の取得や国際標準化に向けた取組を推進。

●**クリーンエネルギー戦略 中間整理（令和4年5月19日 経済産業省）**

2章. 炭素中立型社会に向けた経済・社会、産業構造変革

4節. GXを実現するための社会システム・インフラの整備に向けた取組

2項. GXを実現する社会の共通基盤

デジタル化に向けた環境整備の方向性

Beyond 5Gの研究開発

ネットワークの超高速大容量化および超低消費電力化を実現する光ネットワーク技術や光電融合技術等の研究開発を実施

1.3 検討に当たっての基本的な考え方と進め方

2030年代の次世代情報通信インフラ「Beyond 5G」の実現に向け、我が国では、「Beyond 5G 推進戦略」(2020年6月 総務省)を策定し、「Beyond 5G 推進コンソーシアム」及び「Beyond 5G 新経営戦略センター」を設立して産学官の活動を活発化し、国として「Beyond 5G 研究開発促進事業」³による集中的取組に着手してきた。

具体的には、5Gの特長から高度化・拡張した7機能(超高速・大容量、超低遅延、超多数同時接続、超低消費電力、超安全・信頼性、拡張性、自律性)を柱として、産学官において Beyond 5G のビジョンや技術課題等の具体化を進めるとともに、Beyond 5G 研究開発促進事業(令和2年度第3次補正予算による研究開発基金)では主に基盤的な要素技術についての公募型研究開発を開始したところである。

Beyond 5G を巡る国際的な研究開発競争は年々激化しており、諸外国の取組が今後ますます強化・拡大されることが想定される。

このため、我が国として、これまでの研究開発戦略や知財・国際標準化戦略を更に具体化した上で、産学官が一体となってこれを推進することによって、開発成果の社会実装や市場獲得等の実現と、日本の国際競争力強化や経済安全保障の確保につなげていく必要がある。

その際、あらゆる産業や社会活動の基盤に結びついていく Beyond 5G の役割に鑑み、デジタル田園都市国家構想や地方を含む社会全体のデジタル化、環境エネルギー問題(カーボンニュートラル)を踏まえたグリーン化、国際競争力強化と経済成長、ウィズコロナ/ポストコロナ社会、防災・減災、国土強靱化などの日本全体及び世界的な課題に対して政府全体の政策方針に基づき対応していく必要がある。

さらに、そうした Beyond 5G の役割や Beyond 5G で求められる機能、これに対応する要素技術の内容・性質、Beyond 5G に関連して産業界や大学が主体となり進めている取組(例:IOWN グローバルフォーラム、O-RAN アライアンス、HAPS アライアンス)等も踏まえ、**Beyond 5G を、現行の移動通信システム(無線技術)の延長上だけで捉えるのではなく、有線・無線、光・電波、陸・海・空・宇宙等を包含し、データセンター、ICT デバイス、端末等も含めたネットワーク全体を統合的に捉えていくことが必須**となる。

その上での Beyond 5G で期待されるユースケース、求められる要求条件を整理し、ネットワークのアーキテクチャ・構成要素等について、現段階で可能な限りの明確化を図った上で、我が国としての具体的な「研究開発戦略」が必要な局面となっている。

こうした考え方のもと、情報通信審議会(情報通信技術分科会 技術戦略委員会)(以下「本審議会」という。)においては、Beyond 5G 推進コンソーシアムにおけるビジョン・技術課題の検討状況や国際連携の取組状況など産学官の活動や、民間企業・大学・国研が主体となった取組状況について、主要な関係者から定期的に聴取し、それら関係者の知見や意見を共有・反映しながら検討や

³(参考)Beyond 5G 研究開発促進事業に関するこれまでの取組
令和2年度第3次補正予算:300億(情報通信研究機構(NICT)に基金(2年間の時限)を造成)、令和3年度補正予算:200億円、令和4年度当初予算:100億円(電波利用料)。Beyond 5G の実現に必要な要素技術を確立するため、①機能実現型プログラム(Beyond 5G に求められる機能を実現するための中核的技術の研究開発)、②国際共同研究型プログラム(戦略的パートナーとの国際的な連携による先端的技術の研究開発)、シーズ創出プログラム(技術シーズ創出からイノベーションを生み出す革新的技術の研究開発)に基づき、民間企業や大学等への公募型研究開発を実施。

論点整理を進め、主要な論点についての詳細な調査・深掘り等も行った上で、「研究開発戦略」の具体化を行ってきた。

また、「知財・国際標準化戦略」については、その具体的な検討が Beyond 5G 新経営戦略センター(戦略検討タスクフォース)で進められてきたことから、本審議会において同タスクフォースの検討状況についても定期的に聴取し、その内容も踏まえた「知財・国際標準化戦略」の方向性を整理することとした。

第2章 Beyond 5G が実現する社会像

2.1 Beyond 5G が実現する 2030 年代の社会ビジョン

Beyond 5G が実現する社会像について、「Beyond 5G 推進戦略」(2020年6月総務省)で提言した3つの社会像をもとに、政府全体で取り組む国家戦略や社会課題等に照らして以下のように整理・具体化した。

具体的には、「誰もが活躍できる社会(包摂性・Inclusive)」では「デジタル田園都市国家構想」への貢献、健康医療・社会寿命延伸や働き方改革、「持続的に成長できる社会(持続可能性・Sustainable)」ではグリーン・環境エネルギー問題への対応や国際競争力強化・経済成長、「安心して活動できる社会(高信頼性・Dependable)」では経済安全保障、ウイズコロナ/ポストコロナ社会への対応や防災・減災・国土強靱化等が挙げられる。

これらの社会像に Beyond 5G で対応していくことにより、Society 5.0 の実現を果たすことにつながっていく。

図表8 Beyond 5G が実現する 2030 年代の社会ビジョン
















2.2 Beyond 5G のユースケース

(1) Beyond 5G で期待される業界ごとのユースケース

2.1 の社会像を基本としつつ、Beyond 5G は今後あらゆる産業や社会の基盤として様々な社会的課題の解決に寄与することが求められることから、「Beyond 5G ホワイトペーパー」(2022 年3月 Beyond 5G 推進コンソーシアム公表)等を参照しながら、情報通信分野に限らず幅広い業界における 2030 年代に向けた課題や将来像を把握し、多くの産業や利用者にかかわる広範囲な利用シーンを洗い出し、Beyond 5G に期待されるユースケースを以下のとおり整理する。

図表9 Beyond 5G ユースケース(概要)

金融	建設・不動産	物流・運輸	情報通信	メディア	エネルギー・資源
<ul style="list-style-type: none"> ◆ オンライン化・キャッシュレス化が進展し、全顧客との接点のデジタル化 ◆ AIや取引データ等の活用による、高付加価値ビジネスや他業界との連携・融通 等 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ VR技術による遠隔協業・ロボット遠隔操作 ◆ IoT、無線センシングによる保守管理・監視 等 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 倉庫・物流における荷物の追跡・管理や機械・ロボット等の自動運転・ドローン運転 ◆ 衛星やHAPSを利用した海上ルート含む物流支援 ◆ 航空・鉄道のシームレスな乗換えや自動運行 等 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 誰一人取り残さないデジタル化 ◆ アバター等によるリアルな体感や、AIによる高精度の需要予測と供給の最適化 ◆ AIを活用した自律的で災害に強いネットワーク 等 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 身体所有体験を含む没入型メディア体験 ◆ 個々の視聴環境等へのパーソナライズ化 等 	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 資源の探掘・加工の現場作業を安全に行う、没入型遠隔操作・自動化 ◆ リサイクルデータ共通利用基盤 等 
自動車 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 高精度な車両の検知・予測による安全運転支援 ◆ 道路・交通状況のリアルタイム画像によるダイナミックマップ作成 等 	2030年代のあらゆる産業・社会活動の基盤としてのBeyond 5G <ul style="list-style-type: none"> ■ 超高速大容量サービス ■ 超低遅延性が求められるサービス ■ 多数のIoTセンサが同時接続されるサービス ■ 時間・場所の制約からの解放 ■ 利用者が求めるサービス品質を安定的かつセキュアに提供 				機械・電機・工場 <ul style="list-style-type: none"> ◆ IoT、ロボット導入による工場無人化 ◆ XR等を用いた高精度の機械遠隔操作 ◆ 農機の自動化・高機能化・遠隔操作による農業のスマート化 等 
食品・農業 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 無人トラクターの自動走行や農業散布用ドローンの制御・遠隔監視 ◆ センサー・カメラ等による作物や家畜の遠隔モニタリング 等 	流通・小売・卸 <ul style="list-style-type: none"> ◆ あらゆる地域で利便性が確保される輸送・配送の高度化 ◆ サプライチェーンにおけるデータの取得・連携・流通基盤の構築 等 	医療 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 高解像度の映像・通信技術による遠隔手術 ◆ センサーによる生体情報のリアルタイム取得とAI診断による健康管理 等 	公共・行政・教育 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 利用者がどこでも持続可能なUIを備えたワンストップ行政システム ◆ XR等を用いた臨場感のある遠隔教育 等 	防災・地域 <ul style="list-style-type: none"> ◆ 災害予知システムや、救助・避難訓練支援システム、避難誘導システム ◆ HAPS等による災害時の通信基盤確保 等 	宇宙・HAPS <ul style="list-style-type: none"> ◆ HAPS等を活用した陸海空を網羅する通信基盤によるスマートシティ実現やデジタルパイプド解消 ◆ 宇宙空間での活動への地上からの遠隔操作 等 

図表 10 Beyond 5G で期待される業界ごとのユースケース

	業界	ユースケース
1	金融	① 対面・現金からオンライン化・キャッシュレス化へと進展し、小売を含む取引全てにおいて顧客との接点をデジタル化するデジタル貨幣社会 ② デジタル通貨・AI・取引データ等の活用による金融サービスの高度化、高付加価値ビジネス ③ ホログラムを利用した対面サービスの高度化、店舗レスバンキングサービス ④ 金融業界がもつ様々なサービスを API で開示し、他業界とも連携・融合する BaaS(Banking as a Service) ⑤ 利用者に優しい高セキュリティ金融サービス
2	建設・不動産	① VR 技術を利用した施工・建設における熟練技術者と現場作業者の遠隔協業やロボット遠隔操作

		<ul style="list-style-type: none"> ② あらゆる建設部材をIoT化したインフラ・建築物・不動産の保守管理 ③ 振動・温度・湿度・ガス等のセンサーを付けた無線センシングによる常時監視や予防保全、サイバー空間上で設計処理、自動建設機械やロボットによる機材運搬・自動施工 ④ 不動産取引における安全なデジタル決済、デジタルツインによる不動産管理・取引の効率化、AIによる投資助言、VRによるオンライン不動産内見
3	物流・運輸・倉庫	<ul style="list-style-type: none"> ① 倉庫・物流における高度なIoTやRF Tag等による荷物位置の追跡・管理 ② 倉庫・物流施設内でのローカル通信ネットワークを用いた機械・ロボット等の自動運転 ③ 物流におけるドローン、コネクティッドカー、船の利用による効率化、省力化、高速化 ④ 人工衛星やHAPS等NTNを利用した海上ルート含む全地球的カバレッジによる物流支援 ⑤ ビッグデータやAIを使った生産・配送の先読みやルート最適化・自動化、ARによる作業の効率化・遠隔操作、クラウドやデジタルツインによる冗長性・補完性確保
4	鉄道	<ul style="list-style-type: none"> ① 事故ゼロで安全安心な鉄道輸送を実現するための、AIとロボットによるドライバレス運転、自動メンテナンス、駅ホーム見守り ② あらゆる生活シーンにおいて最適かつシームレスな移動を実現するための、MaaS連携、多言語翻訳、キャッシュレス決済強化、移動中リモートワーク対応 ③ 一人ひとりに最適化され、全ての人が心豊かに生活できるまちを実現するための、リアルとバーチャルの融合、アーバンファーマーミング
5	航空	<ul style="list-style-type: none"> ① 旅客の自宅から空港・空港内の移動における最適でストレスフリーなルート、移動手段、保安検査、荷物管理 ② 航空機内での、持ち込みデバイスと連動し、没入感のあるVR/ARも活用した、パーソナライズされた快適な環境・空間・時間の提供 ③ 新素材の活用や航空機内配線のワイヤレス化が進み、機体の軽量化による燃費向上・CO₂排出量削減 ④ 航空管制・航空機のセンサーの高度化によりパイロット数削減、無人飛行、離着陸時等のきめ細かな管制 ⑤ 航空管制における精度・処理能力の向上や包括的管理によるスマート化により混雑空港での高密度運航 ⑥ ドローンによる物流、軽量、監視、災害対応、インフラ点検、空飛ぶクルマによる有人飛行、自動操縦、遠隔操縦 ⑦ ソニックブームの低減や燃費向上に対応した超音速旅客機
6	情報通信	<ul style="list-style-type: none"> ① アバターやロボット等を介して自宅にいながら地球上のどこにでもリアルな体感でアクセス可能な超テレプレゼンス ② 思考や行動がサイバー空間からリアルタイムに支援を受けることで身体能力や認知能力を拡張する超サイバネティクス ③ 車同士が互いに制御し合うことで信号待ちや渋滞が発生しにくい交通システムを実現する超相互制御型ネットワーク ④ AI技術による高精度の需要予測とリアルタイムの多地点間マッチングにより食品等の廃棄がゼロになる超リアルタイム最適化 ⑤ AIによる自動検知・自動防御・自動修復等によりユーザーが意識せずともセキュリティ・プライバシーが確保される超自律型セキュリティ ⑥ ネットワーク構成や電力消費量/供給方法を柔軟かつ自律的に変えて災害時等でも通信が途切れない超フェイルセーフ・ネットワーク ⑦ 誰一人取り残さないデジタル化や災害時も途切れない安定したネットワークの整備
7	メディア	<ul style="list-style-type: none"> ① 誰でも・いつでも・どこでも・どのような端末でもデジタルコンテンツへのアクセスが可能であり、また、各ユーザーが自身のコンテンツを配信し、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 ② 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体験を含む更なる没入型メディア体験 ③ 個々のユーザー・視聴環境・視聴デバイスに適応した一層のパーソナライズ化
8	環境・エネルギー・資源	<ul style="list-style-type: none"> ① 資源採掘や資源加工を効率化するための、あるいは奥地化・深部化が進んだ採掘現場の作業を安全に行うための没入型遠隔モニタリングと遠隔操作および自動化 ② 採掘した資源の運搬を効率化する運輸管理システム

		<ul style="list-style-type: none"> ③ 紙資源のサステナビリティとしての計画的植林とロボット・ドローンによる作業支援 ④ サプライチェーン全体として効率化されたりサイクルデータ共通利用基盤 ⑤ 地球温暖化に起因する災害に備えての災害予知システムや、救助・避難訓練支援システム、避難誘導システム
9	自動車	<ul style="list-style-type: none"> ① 従来のレーダーよりも高解像度・広範囲・高角度測位で正確な車両検知し、デジタルツインでタイムリーに予測をフィードバックする安全運転支援 ② 車両から道路状況・交通情報をリアルタイム画像として送信することで作成されるダイナミックマップ ③ 各種センサーの高度化により車両単体では処理できない膨大な情報からの学習や推論を複数車両や基地局等で行うAI自動運転 ④ 災害時の交通インフラ停止にも対応する、車両間及び衛星・HAPSとの通信による避難誘導 ⑤ より少ない人員で広域の車両を監視・運転する遠隔車両制御
10	機械	<ul style="list-style-type: none"> ① XR等を用いたインタラクティブなやり取りによる高精度の機械遠隔操作、海中や宇宙での活動、感覚共有 ② 機械と人又は機械同士の、高精細映像を中心としたリアルタイム情報共有 ③ 人間の機能・行動を担うロボットやアバター ④ 多種多様なセンサーからのデータを活用した工場の製造工程自動生成と、それによりコンパクト生産やカスタマイズ生産に柔軟に対応できるスマート工場 ⑤ 収集したデータに基づく性能向上や工作工程の知能化、大規模センサーネットワーク活用、超高速低遅延なモーションコントロール等を実現した工作機械 ⑥ 省人化・無人化の促進、誰でも安全安心なリモート操作、空間的・時間的に柔軟な施工管理等を実現する建設機械 ⑦ 農機の自動化・高機能化にとどまらず遠隔農業や出荷計画を含む農業生産のあらゆる面をスマート化する農業機械 ⑧ 船舶や港湾設備の自動化・効率化、ロボット活用による積みおろし、船舶自動運転
11	電機・精密	<ul style="list-style-type: none"> ① 家電製品から産業用機械まであらゆる機器・システムの通信を介した連携 ② 業界内の領域・分野間だけでなくその他幅広い業界も含めた共創活動や人の連携 ③ 専門家だけでなくあらゆるユーザーが自分で容易に扱えるようになるためのユーザー中心デザイン
12	半導体・工場	<ul style="list-style-type: none"> ① 工場の稼働率を低減させないIoT・ロボット等の導入による半導体工場内の省人化・無人化 ② AI技術を活用したサプライチェーンコントロールや開発現場の省人化・無人化 ③ 半導体の生産量を低減させない半導体製造前工程等のリードタイムの短縮化・半導体製造装置の低価格化 ④ 微細化以外の半導体技術の進化、微細化に係る技術を保有するメーカーによる寡占からの脱却 ⑤ 消費電力やCO₂削減のための、電気自動車のモーター駆動等で使用されるパワー半導体の小型化、電力の低損失化 ⑥ 地震・洪水・火災・停電などのあらゆる災害から被災回避する手法の確立を含めた半導体工場の耐災害性の強化
13	生活・食品・農業	<ul style="list-style-type: none"> ① 農業・畜産業における無人トラクターなど車両の自動走行や農薬散布用ドローンの飛行制御及びそれらの遠隔監視 ② センサー・カメラ等の機器による農場や家畜等のリアルタイムでの遠隔モニタリング ③ 食品や生活・文化用品の生産ラインや作業員をサイバー空間を通じて監視・制御することによる稼働率・メンテナンス性・生産性の向上 ④ 食品や生活・文化用品の在庫管理とAI・ビッグデータを組み合わせることによる小売店舗への最適な流通管理
14	流通・小売・卸	<ul style="list-style-type: none"> ① どの地域においても首都圏レベルの利便性と生活環境が確保される高度な輸送・配送 ② サイバーフィジカル空間(CPS)上でサプライチェーンの全てのデータが取得され、ハイパージャイアントや業界間の連携により商品やサービスが持続的に展開されるデータ連携・流通基盤

		③ 輸送・配送における温室効果ガス排出量の把握と削減による環境規制対応
15	医療	<ul style="list-style-type: none"> ① 生体センサーを用いて心拍数や血中酸素濃度などの生体情報をリアルタイムに取得し AI で診断する健康管理システム ② 身体機能を補助するため XR 技術に触覚を加えて人体にフィードバックするハプティクス技術や、脳と直接信号をやり取りするブレインマシンインターフェース(BMI) ③ ゲノム情報を含む個人の医療・健康情報を一元管理するパーソナルヘルスレコード (PHR) ④ ナノマシン等を用いて手術での患者の身体負担を低減させる低侵襲治療 ⑤ 高解像度の映像と通信技術及びロボティクスを融合させた遠隔手術用移動手術室 ⑥ パンデミックピーク時にも対応できる多患者 AI 遠隔診断
16	公共・行政・教育	<ul style="list-style-type: none"> ① 縦割りのシステムではなく、利用者がどこにいても容易に行政手続きをすることができる UI を備え、教育を含む準公共サービスとも連携した、誰一人取り残さない、人に優しいデジタル化を実現するワンストップ行政システム ② XR とウェアラブルディスプレイ等による臨場感のある遠隔教育 ③ 災害時など、端末から非常に多く通信が発生した際にも利用者が享受できる行政サービス ④ 行政・関連機関が持つ様々なオープンデータを収集する多数の端末が収容可能なネットワーク
17	飲食	<ul style="list-style-type: none"> ① 人件費の削減や諸費用を抑えるための、ロボットや IoT、AI 等の先端技術の活用による調理工程の効率化 ② ローカル Beyond 5G を使った飲食店内の配膳ロボット自動運転 ③ IoT 技術による客席の空き状況の把握や注文管理 ④ 各飲食店の状況データをサイバー空間上に CPS でマッピングすることによる、ロボットの稼働状況や食材の在庫状況、注文状況、宅配食サービス配達状況等の一括監視 ⑤ テイクアウト商品のドローンによる宅配食サービス
18	娯楽・レジャー	<ul style="list-style-type: none"> ① 触覚・嗅覚・味覚をも含めた空間再現による究極の没入感体験 ② 超高音質・超高画質なエンターテインメントコンテンツの提供による究極の没入感体験 ③ リアルタイムなエンターテインメントコンテンツの提供によるバーチャルとリアルを融合させて楽しむエンターテインメント
19	宇宙	<ul style="list-style-type: none"> ① 宇宙飛行士への地球上からの遠隔医療 ② シームレスな通信環境のもと、宇宙ホテルでのワーケーション ③ 地上からの遠隔操作又はロボットの自律化機能による ISS のメンテナンス ④ 地上特有の災害が発生しない宇宙空間を利用した、地上インフラ設備の宇宙空間へのバックアップ・緊急待避場所の運用 ⑤ 宇宙空間を安全に保つためのスペースデブリとの衝突回避 ⑥ 地上のインフラに依存しない宇宙空間でのレジリエントなインフラ・通信ネットワーク ⑦ 月・火星・深宇宙と地球上のシームレスな通信 ⑧ 月面上での持続的な現地資源利用 (ISRU: In-Situ Resource Utilization)
20	HAPS	<ul style="list-style-type: none"> ① 過疎地や離島・山間部でも安全安心に暮らすためのスマートシティを実現する、宇宙と地上の統合ネットワーク ② 災害や障害発生時に備えた信頼性強化やデジタルデバインド解消のための、上空や宇宙を利用した通信環境 ③ 海をも網羅する通信基盤 ④ 従来の地上基地局では展開が困難であったルーラルエリアや上空・海上を含むあらゆる場所で使えるインターネット ⑤ 世界中をリアルタイム・高頻度・高分解能で観測することによる、異常気象や津波等の災害予測、避難勧告

(出典)「Beyond 5G ホワイトペーパー」(2022年3月 Beyond 5G 推進コンソーシアム公表)をもとに総務省作成

(2) Beyond 5G における宇宙ネットワークのユースケース

(1)のユースケースのうち、「宇宙」の分野については、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こと、衛星経由の通信技術はインフラ未整備の地域を含め地球全体をカバーすると同時に地表画像のデータも収集できるため安全保障にも直結することなどから、その重要性に着目して、Beyond 5G における宇宙ネットワークのユースケースを以下のとおり整理する。

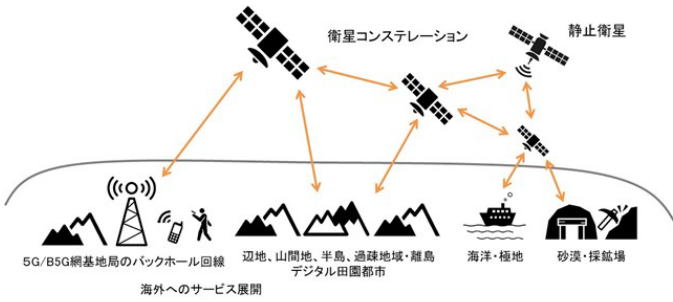
図表 11 Beyond 5G における宇宙ネットワークのユースケース

	ユースケース	概要	ユースケース実現に必要な技術例
1	地上系ネットワークの拡張	<ul style="list-style-type: none"> ● 山間辺地、離島、半島、海洋、砂漠、鉱山等、通信インフラ未整備地域への通信サービスの拡張 ● 携帯基地局向けバックホール回線の提供 <ul style="list-style-type: none"> ➢ バックホール回線：電波を送受信する基地局と基幹通信網をむすぶネットワーク ● デジタル田園都市国家構想の実現 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 地方からデジタルの実装、地方の成長産業創出、交通物流の確保 ● 電気通信事業者のサービスの海外展開 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 衛星コンステレーションは必然的に海外へのサービス展開となる ● 日本企業の海外展開支援 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 通信インフラ未整備地域で活躍する鉱山機械、建設機械、自動車、船舶、各種プラント等 ● 安全保障分野に対する高速大容量・超低遅延の通信サービス 	光通信技術、地上網とのシームレス連携技術、ネットワーク制御・運用技術等
2	移動するプラットフォームへの通信サービス	<ul style="list-style-type: none"> ● 移動するあらゆるプラットフォームに対する切れ目のない通信サービスの提供 ● 地上系ネットワークと連携しながら、地球上のどこに存在してもネットワークに接続 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 従来の自動車、航空機、鉄道に加え、自動運転車、空飛ぶクルマ、ドローン、有人宇宙船、船舶・クルーズ船、ロボット、コンテナ、サイクリング、建設機械、農業機械、家畜、他のリモートセンシング衛星等 ● 上空を飛行するプラットフォームに対しては、宇宙ネットワーク経由で確実に通信 	ハンドオーバー技術、ネットワーク制御・運用技術、タスク管理技術等
3	宇宙クラウドサービス	<ul style="list-style-type: none"> ● 地球上のあらゆる場所や移動するプラットフォーム、宇宙空間、月面基地がダイレクトにクラウド基盤とつながる ● 宇宙空間にもクラウド基盤が展開され、利用者が必要とする最適なクラウドサービスが提供 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 衛星リモセンのビッグデータにはエッジ AI 処理、ロードバランス、ルーティング等のサービスを宇宙空間で提供 ➢ 衛星と地上データセンターを直結することで、地上ネットワークを介さない超高速・低遅延のデータサービスが実現 ➢ 業種別のインダストリー・クラウドが発展し、宇宙空間も活用した最適化されたクラウドサービスが実現 ➢ 宇宙空間における盗聴・改ざん防止のためのサイバーセキュリティの提供 	衛星光通信技術、ネットワーク制御・運用技術、エッジ AI 技術、セキュリティ技術等
4	宇宙・極地・海洋の経済活動支援	<ul style="list-style-type: none"> ● 極地開発(南極、北極海航路開発、氷河・氷山・流氷・オーロラ観光)、海洋開発、有人宇宙旅行、サブオービタル有人飛行、月面資源開発(アルテミス計画)、深宇宙探査に対する通信サービスやソリューション提供 ● 自然災害対策、火山噴火・海洋状況監視、事故防止、気候変動対策のための宇宙経由の IoT サービスの展開 	ネットワーク制御・運用技術、光地上局技術、クラウド連携技術等
5	通信ネットワークの強靱化対策	<ul style="list-style-type: none"> ● 地上系の通信ネットワークの冗長性確保、災害発生時の迂回ルート確保、重要回線のバックアップ ● 企業 BCP 対策の支援 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 衛星携帯電話や衛星データ通信。将来はビル屋上に衛星光通信装置が設置 	ネットワーク・シミュレーション技術、サイトダイバーシティ技術、タスク管理技術等

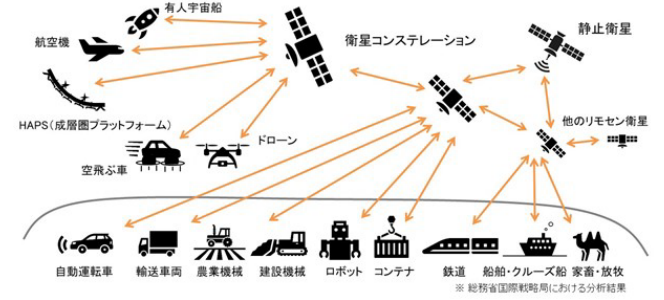
		<ul style="list-style-type: none"> ● データセンターに接続するネットワークの強靱化対策 ● 安全保障分野における宇宙ネットワークの活用 	
6	量子暗号による安全な通信(宇宙経由の暗号鍵配送)	<ul style="list-style-type: none"> ● 盗聴・改ざんが困難な量子暗号通信の提供 ● 国際間・大陸間の量子鍵配送サービス <ul style="list-style-type: none"> ➢ 近年、量子コンピュータの研究が国際的に加速。計算量的安全性に依拠した現在の暗号通信は、量子コンピュータの実用化により解読されるおそれ。量子コンピュータでも解読できない量子暗号通信が不可欠 ➢ また、光ファイバ(地上基幹網、海底ケーブル)では、光子を用いた100 km以上の量子鍵の伝送は減衰により困難。さらに、中継増幅器自身の雑音が盗聴検知を邪魔する。このため、国際間・大陸間の量子鍵配送は、地上インフラのみでは実現できないおそれ ➢ 一方、宇宙空間では光通信によって何万kmでも光子を伝送できるため、国際間の量子鍵配送が実現可能 ● サイバーセキュリティにおけるゲームチェンジャとして、宇宙ネットワークによる量子鍵配送が世界的に不可欠に 	量子暗号通信技術、セキュリティ技術、光通信システム技術 等
7	宇宙経由の超低遅延ネットワーク	<ul style="list-style-type: none"> ● レイテンシ(通信に要する遅延時間)にセンシティブなユーザー向けに低遅延通信サービスの提供 ● 金融高速取引、遠隔の建設機械操作、オンラインのゲーム対戦、遠隔医療診断、防衛分野 等 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 海底ケーブルで用いられる光ファイバよりも、真空(宇宙空間)の方が光の伝播速度が速いため、この特性を活かした長距離通信・国際間通信が衛星コンステレーションによって提供できる可能性 	ネットワーク制御・運用技術、ネットワーク・シミュレーション技術 等
8	マルチキャスト型データ配信サービス	<ul style="list-style-type: none"> ● 衛星放送に代表されるように宇宙ネットワークの利点はマルチキャスト型サービス(多数への効率的な一斉同時配信) ● 宇宙経由のコンテンツ配信、対戦型ゲームにおけるデータ配信、各種ファームウェア更新、エッジAIのアルゴリズム更新、緊急地震速報、災害時の避難所情報共有、遠隔教育、遠隔の社内放送、イベント中継 等 	ネットワーク制御・運用技術、地上局の小型軽量化技術、タスク管理技術 等
9	次世代型メタバースの実現(アバターロボットの極地活動支援)	<ul style="list-style-type: none"> ● メタバースとは、コンピュータネットワークに構築される三次元の仮想空間(バーチャル空間) ● 将来、人間が容易には到達できない空間(極地、宇宙、月面、海洋・海底、山岳地帯等)において、宇宙ネットワーク経由でアバターロボットを操作することで、次世代型メタバースが実現 ● 「現実世界」と「仮想空間」のメタバースに新たに「超限界空間」を加えることで、高度なマルチエクスペリエンス、働き方改革(テレワーク環境の高次元化)、エンターテインメント、極地観光が実現 	ネットワーク制御・運用技術、地上局の小型軽量化技術、クラウド連携技術 等
10	究極の“カーボンニュートラル通信”の提供	<ul style="list-style-type: none"> ● 衛星は太陽電池パネルが使用され、化石燃料を使用しないカーボンニュートラル(脱炭素)によるサービスの代表例 <ul style="list-style-type: none"> ➢ さらに、一部のロケットは再生可能な水素エネルギーを使用。繰り返しの再使用可能なロケット本体もある ● 再生可能エネルギーの利用を選択したい企業に対しては、選択に宇宙ネットワーク経由の通信サービスを提供 <ul style="list-style-type: none"> ➢ 持続可能な社会に貢献する企業イメージの向上 ➢ 特別な記念日のメッセージ送信は、「カーボンニュートラルな宇宙経由」のサービスを選択できるように 	ネットワーク制御・運用技術

図表 12 Beyond 5G における宇宙ネットワークのユースケース(主な事例イメージ)

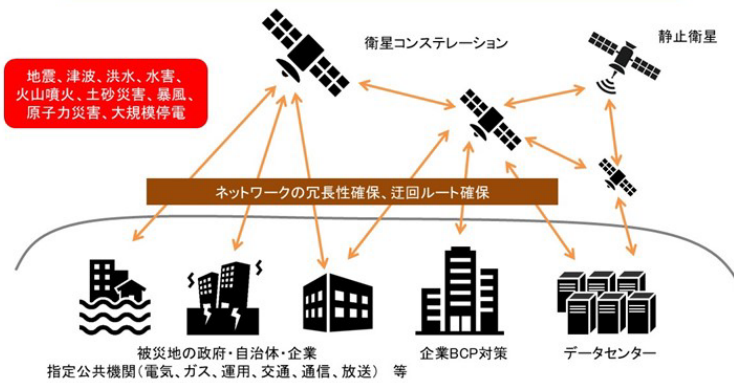
ユースケース1 (地上系ネットワークの拡張)



ユースケース2 (移動するプラットフォームへの通信サービス)



ユースケース5 (通信ネットワークの強靱化対策)



第3章 Beyond 5G に求められる要求条件

第2章のユースケースにおいて、「Beyond 5G ホワイトペーパー」等を踏まえた Beyond 5G に求められる要求条件は以下のとおりである。

Beyond 5G では、5G の性能面の要求条件である「高速・大容量」、「低遅延」、「多数同時接続」を更に向上させるだけでなく、「低消費電力」、「拡張性(カバレッジ)」、「自律性」、「安全・信頼性」といった社会的な要求条件が求められている。

また、これら要求条件のうち、「多数同時接続」では「測位・センシング」の高精度化、「自律性」ではネットワークの「オープン性・グローバル性」、「安全・信頼性」では耐災害性の向上を含む国土の「強靱化」が求められている。

図表 13 では、Beyond 5G の各ユースケースごとに備えるべき個別の要求条件を示しているが、それぞれのユースケースに応じた複数の要求条件の組み合わせ等については、引き続き具体化が必要であり、今後、多角的な視点から、社会基盤としての Beyond 5G に求められる要求条件を整理し、標準化する必要がある。

このような要求条件を実現することにより Beyond 5G があらゆる産業や社会活動の基盤としての役割を果たすことで、様々な社会課題の解決に貢献し、Society 5.0 の実現への道を切り開く基礎となっていくものと考えられる。

図表 13 Beyond 5G が備えるべき要求条件⁴

性能面の要求条件	
高速・大容量	<ul style="list-style-type: none"> 数10～数100Gbpsのスループット（ホログラフィックコミュニケーションでの非圧縮伝送の場合（メディア）） 50Gbps（遠隔監視と遠隔制御（自動車）） 10～100Gbps（スマート物流化（小売卸流通）） 数10Gbps超（遠隔手術（医療）） 48～200Gbps（Volumetric video（エンタメ）） 数10Gbps（低・中軌道軌道（宇宙）） 10Mbps以上（自然災害対策（社会））
低遅延	<ul style="list-style-type: none"> ローカルネットワーク内でミリ秒オーダー（物流施設の完全自動運転（倉庫・物流）） 数ミリ秒（リニアモーターカー等の超高速鉄道の緊急停止（鉄道）） 100ミリ秒（没入型機器遠隔操作システム（エネルギー資源）） 1ミリ秒（遠隔監視と遠隔制御（自動車）） ローカル通信で100マイクロ秒（モーション制御（機械）） 1ミリ秒（ロボットリモートコントロール（半導体業界）） MTP（Motion To Photon）10ミリ秒*、TTP（Time To Present）70ミリ秒（Volumetric video（エンタメ））
多数同時接続	<ul style="list-style-type: none"> 無線端末の増加・高密度化や相互通信（車や人の動き等あらゆるデータ抽出、インフラのアップデート）を行うセンシングデータ社会 数100万～数1,000万個/km²のデバイス（体内デバイス（医療））
測位・センシング	<ul style="list-style-type: none"> 1～2cmの測位精度（土木工事（建設・不動産業界）） cmレベルのセンシング精度（夜間、地方の車両単独走行（自動車））
社会的な要求条件	
低消費電力	<ul style="list-style-type: none"> 2040年の情報通信産業のカーボンニュートラル実現 通信やコンピューティング・デバイスの処理を電気から光に変える省電力化、電力消費の多い無線基地局の省電力化等（グリーンOP ICT） Beyond 5Gの社会実装による経済、社会活動の効率化と環境負荷低減（グリーンバイICT）
拡張性 カバレッジ	<ul style="list-style-type: none"> 陸海空をシームレスにつなぎ国土カバー率100%（通信・IT業界） 旅客機、船舶へのサービス提供、ドローンとの通信（航空、物流） 宇宙空間や月でのカバレッジエリア（宇宙）
自律性	<ul style="list-style-type: none"> 必要なモノ・サービスを、必要な人に、必要な時に、必要なだけ提供することができるような自律的な最適化機能や将来予測機能（通信・IT業界） 各機器の自律性の向上や接続/操作時のユニバーサル対応（電機・精密） ゼロタッチで機器が自動連係（体内デバイス、カメラ連携（医療））
オープン性・ グローバル性	<ul style="list-style-type: none"> ネットワークのオープン化により、ネットワーク機器市場における公正な国際競争環境を確保できること 高性能なハードウェアとソフトウェアで構成するソフトハード分離により、新しい経済合理性を見いだせること ゲームチェンジ、グレートリセットが可能な革新的な研究開発成果を実装すること
安全・信頼性	<ul style="list-style-type: none"> ミッションクリティカルな分野・用途で安定的かつセキュアに利用可能、欠損が許されない社会基盤としての品質保証（金融取引、公共・行政（データベース等）、水道、交通・運輸（道路、鉄道等）、医療 等）、高信頼を強みとしたビジネス・仕組みづくり（通信サービスのパッケージ化等） 10⁻⁶（遠隔監視と遠隔制御（自動車））、10⁻⁷（遠隔手術（医療）） ※単位は、Block Error Rate
強靱化	<ul style="list-style-type: none"> 高確率で発生が予想される巨大地震、激甚化する風水害等への耐性を有するシステムの冗長性、強靱性

（出典）「Beyond 5G ホワイトペーパー」（2022年3月 Beyond 5G 推進コンソーシアム公表）をもとに総務省作成

⁴5G の要求条件は、E2E(エンドツーエンド)ではなく無線区間を対象として、「高速・大容量」が「下りで最大 20Gbps 程度、上りで最大 10Gbps 程度」、「低遅延」が「1ミリ秒程度」、「多数同時接続」が「100 万台/km²程度」とされている。なお、5G では、利用シナリオごとに高速・大容量、超低遅延、多数同時接続の要求条件のいずれか 1 つが定められているが、Beyond 5G では例えば「遠隔監視と遠隔制御(自動車)」は「50Gbps(高速・大容量)かつ1ミリ秒(低遅延)」、「Volumetric video(エンタメ)」は「48～200Gbps(高速・大容量)かつ MTP(Motion To Photon)10 ミリ秒、TTP(Time To Present)70 ミリ秒(低遅延)」のように、複数の要求条件をそれぞれのユースケースに応じて組み合わせることで対応することが求められる。

第4章 Beyond 5G ネットワークの全体像

4.1 Beyond 5G のネットワークアーキテクチャ

本審議会におけるこれまでの検討を踏まえ、Beyond 5G ネットワークの全体像として、「サービス」、「ネットワークプラットフォーム」、「ネットワークインフラ」、「デバイス・装置・端末」で構成されるネットワークアーキテクチャの方向性を以下のとおり整理する。

「ネットワークインフラ」層において、オール光ネットワークや光電融合技術⁵の実用化が進むことにより、大幅な低消費電力化を可能とする大容量ネットワークを実現するとともに、超強力汎用ハードウェアの実装やクラウドネイティブな制御部とのハード・ソフトの分離が進展していく見込みである。

これにより、「ネットワークプラットフォーム」層において、移動網や固定網、衛星・HAPS 等の非地上系ネットワーク(NTN:Non-Terrestrial Network)も含めたネットワークのオープン化、分散化、共有化が進み、それらのネットワークが、「マルチネットワークオーケストレーター」で自律的に統合・制御されることとなり、「光ダイレクト対応多地点接続」や「エクストリーム Naas」などが実現する。このようなネットワークのオープン化、分散化、共有化、統合が、従来のネットワークの在り方そのものを変革する重要な概念となる。

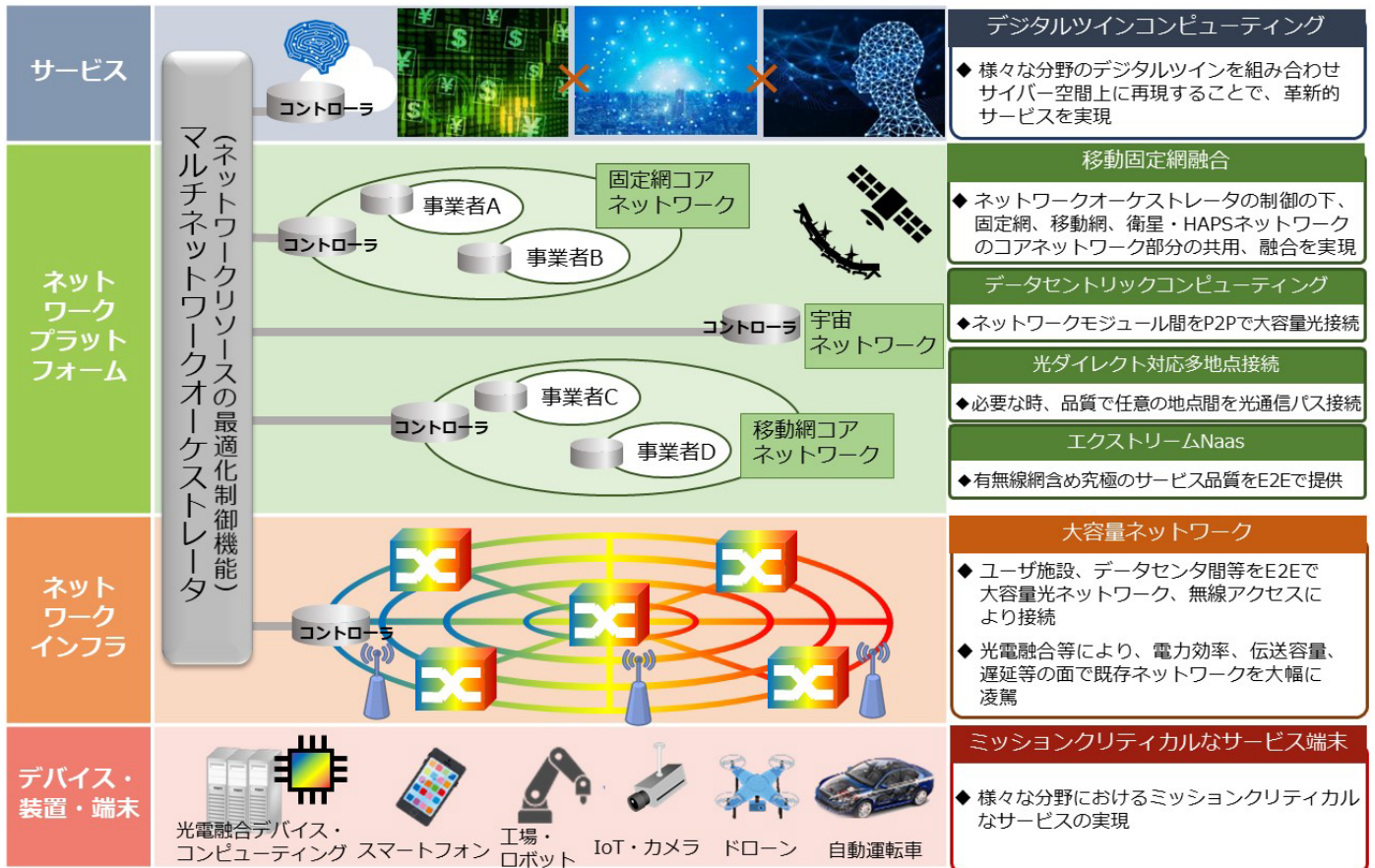
これらの結果、「サービス層」において多様な分野のデジタルツインが組み合わさり、革新的なサービスが Beyond 5G ネットワーク上で提供・利用されていく見込みである。

Beyond 5G では、従来の移動通信システム(無線技術)の延長上だけで捉えるのではなく、オール光ネットワークによる大容量な固定網と移動網を密に結合させて革新的な大容量・低遅延・高信頼・低消費電力の通信インフラを実現するとともに、非地上系のインフラともシームレスに結合させ、これらをセキュアに最適制御することができ、上記のような革新的なサービスの基盤となる統合的なネットワークを実現することを、我が国として目指すべきである。

これにより、グローバルな通信インフラ市場で日本がゲームチェンジャーとなり、ネットワークを構成する先端技術の研究開発やプロダクトプラットフォームの開発・整備等で主導的な地位を確保するとともに、世界市場で勝ち残れる戦略が必要である。

⁵ 電気通信と光通信を融合させることでネットワークの高速化と大幅な低消費電力化を実現する技術。

図表 14 Beyond 5G のネットワークアーキテクチャ(方向性)



(出典) 情報通信審議会技術戦略委員会(2021年12月1日)川添構成員資料を元に総務省作成

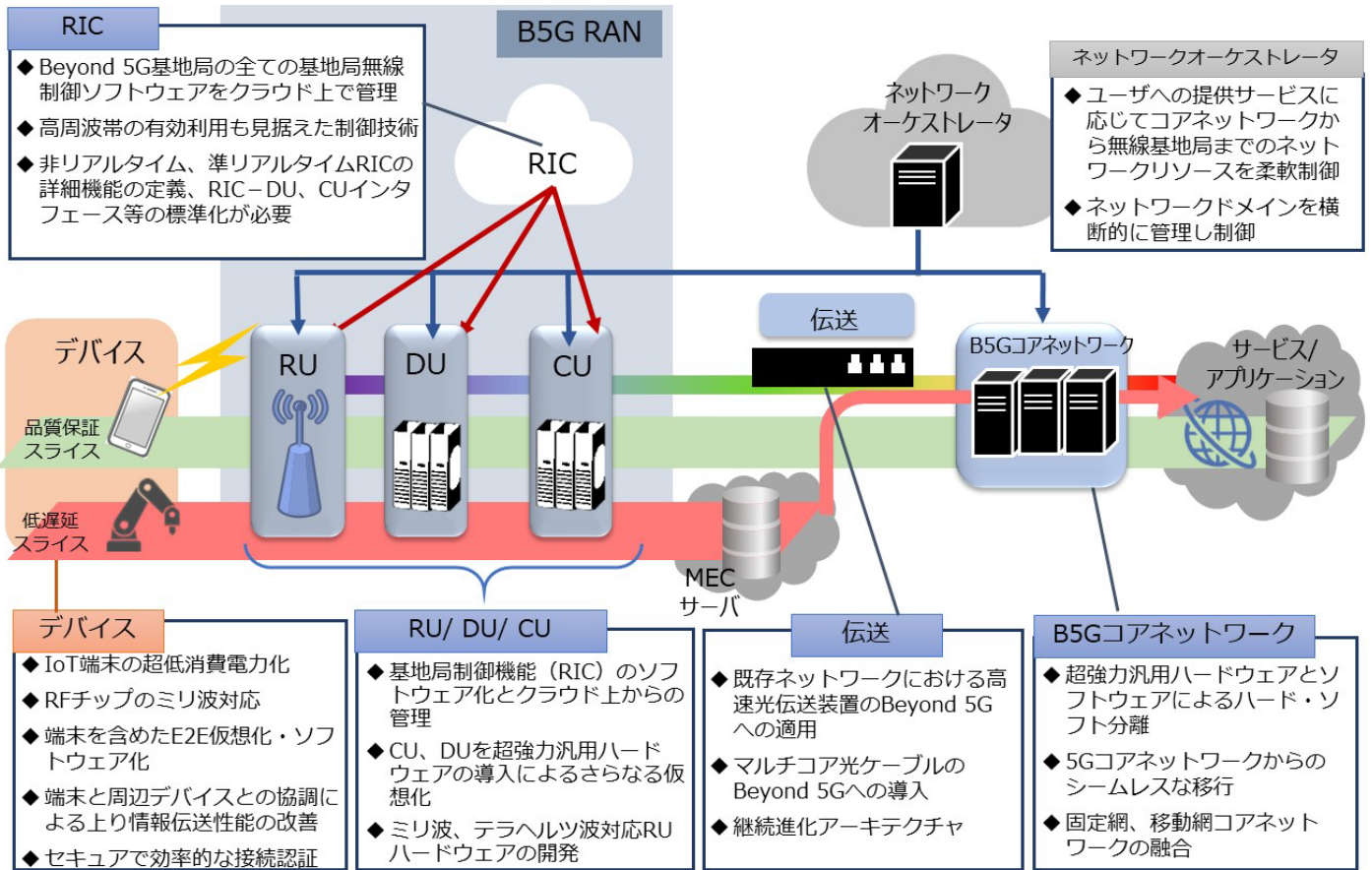
4. 2 Beyond 5G ネットワークの構成要素

(1) Beyond 5G ネットワークの基本構成要素

Beyond 5G ネットワークを構成する技術(研究開発要素)を明確化する観点から、コアネットワーク、伝送、RAN⁶、デバイス、ネットワークオーケストレーター、サービス/アプリケーション等で構成されるネットワークの基本的な構成要素(主に地上系部分)の方向性を以下のとおり整理する。

Beyond 5G において、RAN については、RU⁷、DU⁸、CU⁹、及びこれらの基地局機能をインテリジェントに制御する RIC¹⁰で構成されるとともに、コアネットワークから RAN までを含むネットワークリソース全体を柔軟に動的制御するネットワークオーケストレーターが配置されるイメージである。その中で、ユーザーの要求に応じたサービス品質を確保するためのスライスが構築され、例えば低遅延なサービスが求められる場合には、低遅延スライスによりエッジで配置される MEC サーバと情報がやり取りされる。

図表 15 Beyond 5G ネットワークの基本構成要素(方向性)



⁶ RAN:Radio Access Network(無線アクセスネットワーク)
⁷ RU:Radio Unit(無線装置)
⁸ DU:Distributed Unit(分散基地局)
⁹ CU:Central Unit(集約基地局)
¹⁰ RIC:RAN Intelligent Controller(RAN インテリジェントコントローラー)

(2)非地上系ネットワーク(NTN)

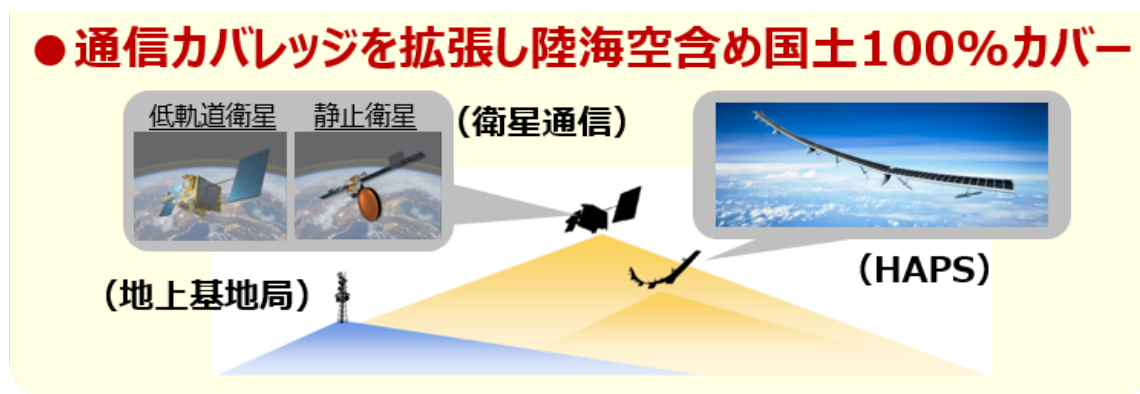
あらゆる産業や社会活動の基盤となるBeyond 5Gでは、地上系ネットワークと、宇宙ネットワークや高高度プラットフォーム(HAPS:High Altitude Platform Station)等の非地上ネットワーク(NTN)を統合的に運用することにより、陸上・海上・上空・宇宙をシームレスにつなぎ、国土100%をカバーするような通信カバレッジの拡張や、これを利用した様々サービスの提供・利用が期待されている。

まさに「日本の国土のどこでもつながり、利用できる通信インフラ」を実現するNTN統合ネットワークは、Beyond 5Gの重要な構成要素であり、その研究開発と社会実装の推進は、政府の「デジタル田園都市国家構想」(総務省「デジタル田園都市国家インフラ整備計画」)、経済安全保障政策、科学技術イノベーション政策の観点から重要な取組である。

Beyond 5Gでは、こうした取組の加速とともに、宇宙政策や航空政策の観点からの関係府省との連携、これまでの総務省・NICTによる宇宙通信技術開発(衛星光通信、量子暗号通信)の成果展開の観点からの技術ユーザーとなり得る産業界や関係府省との連携等を図りながら進めていく必要がある。

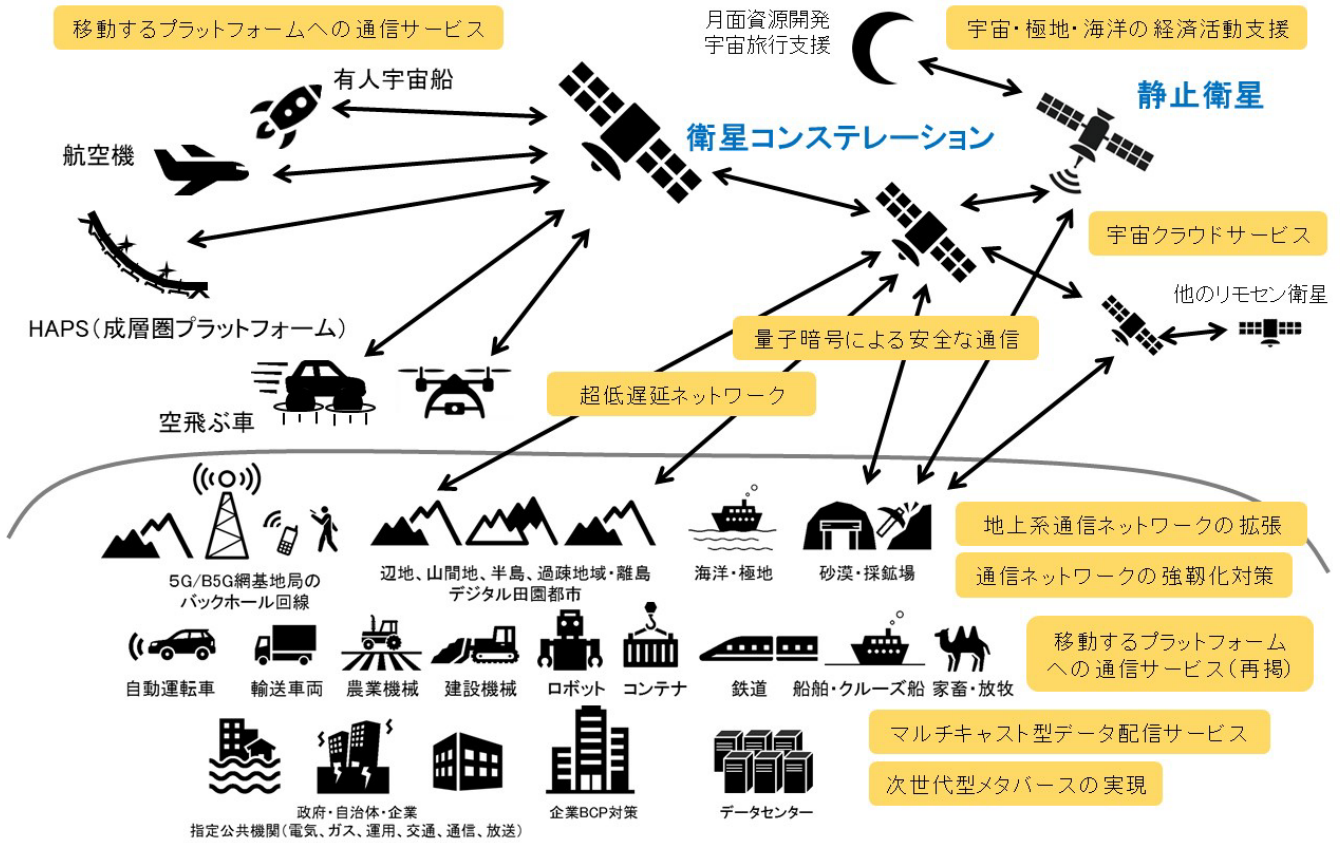
また、垂直統合型で通信サービスが提供される現在の宇宙ネットワークについては、地上系ネットワークの発展形態を踏まえれば、ネットワークのオープン化や宇宙システムのオープンアーキテクチャ化が進展すると予想される。このため、オープンで標準的なインタフェースの導入によるネットワーク仮想化やグローバルスタンダードとなり得るアーキテクチャのデザイン、宇宙システム全体のオーケストレーション等の分野において、我が国として戦略的なイノベーション創出が期待されている。

図表 16 Beyond 5Gにおける衛星・HAPSによる通信カバレッジ拡張のイメージ



(出典)情報通信審議会技術戦略委員会(2022年2月28日)上村オブザーバー資料を元に総務省作成

図表 17 Beyond 5G における宇宙ネットワークのイメージ



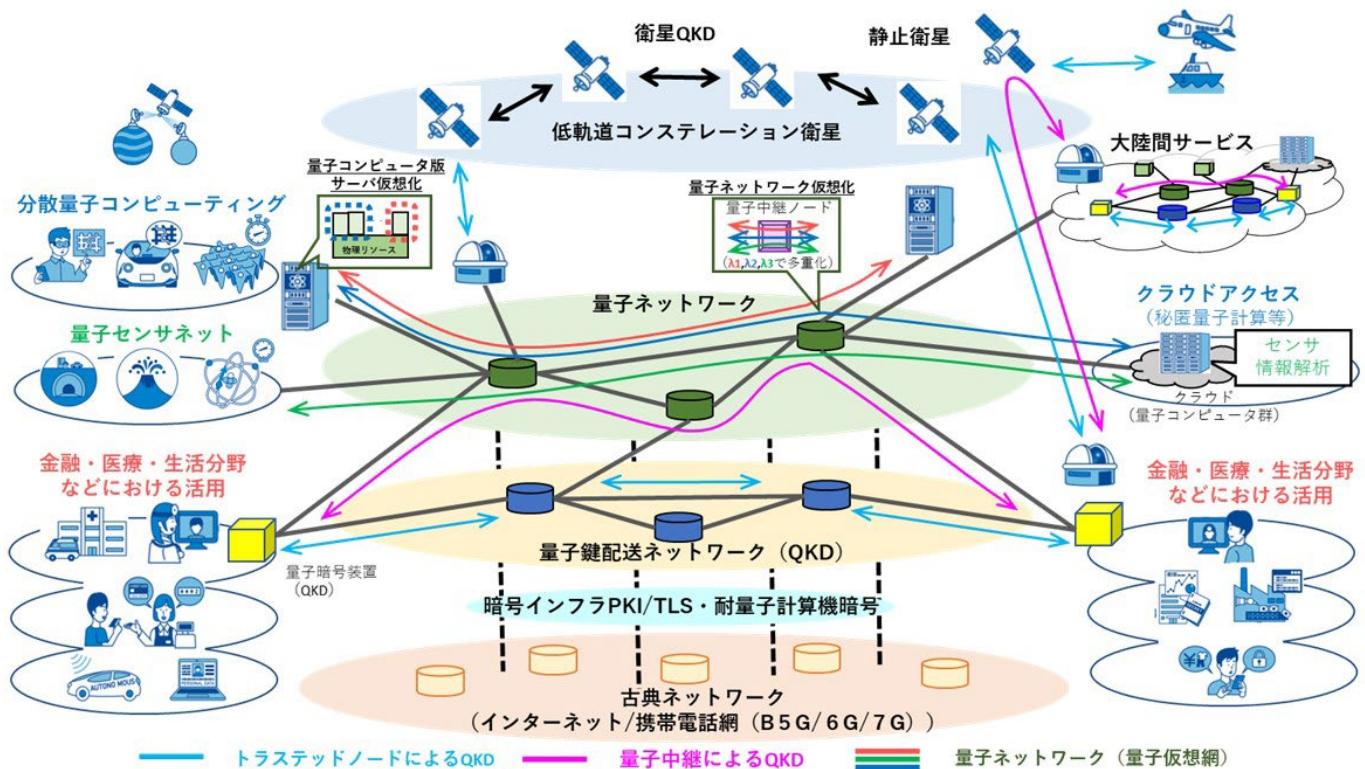
(3) 量子ネットワーク

Beyond 5G に関連する先進技術分野として、量子コンピューティング、量子センシングや、光時計等といった量子情報機器・デバイスが相互に接続され、量子情報(量子ビット)が流通する「量子インターネット」の実現が期待されている。

具体的には、現在、総務省・NICT が研究開発を進めている量子暗号通信技術(量子鍵配送(QKD))が量子通信の中継やネットワーク構築等を実現する上での基盤技術となり、これを応用・発展させることにより、将来的(2040年頃)には、古典ネットワーク(Beyond 5G、6G、7G)層と量子鍵配送ネットワーク層の上に、衛星・地上でグローバルに量子ビットが流通する量子ネットワークが構成され、これらのネットワークを活用した量子アプリケーション・サービスが提供されるという、究極のセキュアネットワークが構想されている。

このため、Beyond 5G に向けて中長期を見据えた技術課題として、研究開発等に取り組む必要がある。

図表 18 将来の量子ネットワークのイメージ



(出典) 情報通信審議会技術戦略委員会(2022年1月28日) 佐々木オブザーバー資料

第5章 Beyond 5G 研究開発戦略

5.1 研究開発課題の「重点化戦略」

(1) Beyond 5G に向けた日本の強み

3章の Beyond 5G に求められる要求条件(7機能)に着目した主要要素技術について、シンクタンクにおいて、Beyond 5G 推進コンソーシアムの検討資料、国内外の技術動向、関係者からのヒアリングなど現時点で得られる情報を基に「日本の強み」について分析を行った結果を以下に示す。

同分析では、現在、世界で取り組まれている Beyond 5G 関連の研究開発のうち、特にオール光ネットワーク、量子暗号通信、完全仮想化ネットワーク、オープンネットワーク(Open RAN)などで、現段階では我が国の産学官による研究開発が先行している旨の整理がなされている。

他方、現段階で要素技術が先行していたとしても、これから諸外国が研究開発投資や市場獲得に向けた取組を加速し、Beyond 5G 市場の主導権争いが激化していく中で、我が国が勝ち残っていけるか否かはこれからの取組にかかっており、日本の強みを十分に活かして開発や実用化・社会実装でリードしていける戦略が必要である。

図表 19 Beyond 5G に向けた日本の強み分析

注目の要素技術		《凡例》				
		米国	欧州	中国	韓国・ その他アジア	日本
超高速・大容量	オール光NW					リード大
	中高周波数帯 (テラヘルツ波/ミリ波/Sub 6等)					リード大
	光無線融合					リード大
超低遅延	時空間同期					リード大
超多数同時接続	センシング					リード大
超低消費電力	低消費電力半導体					リード大
	インテリジェント化					リード大
超安全性・信頼性	量子暗号					リード大
	次世代暗号					リード大
自律性	完全仮想化					リード大
	オープン化					リード大
	運用自動化					リード大
拡張性	HAPS活用					リード大
	低軌道衛星					リード大
	インクルーシブI/F					リード大
	行動変容					リード大

各国の進捗状況 及び 今後の日本としてのB5Gの取り組みへの期待	
超高速・大容量	<ul style="list-style-type: none"> 引き続き、特に光と電気のインテグレーション技術について日本は先行している 光伝送システムや装置開発は、米国や中国がシェアを獲得し、リード 日本が注力しているが、デバイスを持つ米国、次いで欧州の取り組みも進んでいる ミリ波の需要が高い屋外・混雑地等、広範囲でのテラヘルツ波の活用に期待 米国は大学中心で光ファイバー無線 (RoF) や自由空間光通信 (FSO) の開発を進める。中国はFSO、日本もFSOやRoFの研究実施。国を挙げた支援に期待
超低遅延	<ul style="list-style-type: none"> 米国や欧州で研究がみられる程度 今後は電波法の規制緩和による研究開発の促進を期待
超多数同時接続	<ul style="list-style-type: none"> 医療分野では米国・欧州、技術開発領域では中国がリード。まずは特定業界でセンシングデータを収集・蓄積するプラットフォームの構築、サービス化に期待
超低消費電力	<ul style="list-style-type: none"> 欧州では国を超えた共同研究体制が整っており、研究が進んでいる 日本は半導体が一時凋落。開発に取り組む研究者・企業の増加を期待 インテリジェントなリソース配分による超低消費電力化は、半導体によらない差別化要素として期待
超安全性・信頼性	<ul style="list-style-type: none"> 技術開発は中国がリード。超高速・大容量の観点から重要性が高まる 標準化への取り組みは日本が最も先行しており、国を挙げた支援・投資に期待 米国・欧州は特に耐量子暗号の標準化を進めている 日本も100Gbps超の高速な暗号研究でリード。耐量子暗号の研究成果も多い
自律性	<ul style="list-style-type: none"> 仮想化コア提供企業の買収を進めるGAFAを中心とした米国がリード。日本も完全仮想化NW構築や国際展開で先端を行く状況。今後は標準化に向けて国を挙げた支援・投資を期待 世界的に取組が進んでいる中、日本としてOpen RANに注力し、国際展開において先行している 米国に限らず、欧州のNokiaや韓国のSamsungも取組を強化 中国は積極的にAIを活用。米国はネットワーク制御の自動化にシフトする傾向 ネットワークの自律性やスライス制御の取組は地域差が大きい
拡張性	<ul style="list-style-type: none"> 日本は積極的に取組み、通信装置を中心にリードを広げている 米国は従来の勢いが弱まったが、機体開発は欧米、中国が日本よりも進んでいる HAPSの延長として、欧米や日本で取組が活発化。センシングへの活用も期待 数年でグローバルに、より広域で低軌道衛星、プロードバンドの活用が進むと期待 神経科学は米国が先行、脳情報通信では日本も引けをとらない 脳情報通信分野のサービス実現やGAFAも未達の正確な主体情報の蓄積に期待 行動変容のためのAI、大規模データの活用への注目が高まる 米国、欧州、日本で研究が活発化。国を挙げた支援に期待

(出典)Beyond 5G 推進コンソーシアム企画戦略委員会資料(有識者ヒアリングに基づく)を元に野村総合研究所において更新

(2)産学官で取り組むべき Beyond 5G 研究開発課題

4章の Beyond 5G ネットワーク全体像の検討や上記(1)の分析も踏まえ、Beyond 5G に向けて産学官全体で取り組むべき研究開発課題として、「①オール光ネットワーク技術」、「②オープンネットワーク技術」、「③情報通信装置・デバイス技術」、「④ネットワークオーケストレーション技術」、「⑤無線ネットワーク技術」、「⑥NTN技術」、「⑦量子ネットワーク技術」、「⑧端末・センサー技術」、「⑨E2E(エンドツーエンド)仮想化技術」、「⑩Beyond 5G サービス・アプリケーション技術」の10課題を以下のとおり整理する。なお、課題1～10は相互に関連するものである。

図表 20 産学官で取り組むべき Beyond 5G 研究開発 10 課題

<p>課題1 オール光ネットワーク技術</p> <p>■ 有線ネットワークをオール光化し、超高速大容量、超低遅延なサービスを超低消費電力で提供</p> <p>超高速・大容量・超低遅延</p> <p>超低消費電力</p> 	<p>課題2 オープンネットワーク技術</p> <p>■ ベンダーロックインリスクから脱却し、公正なBeyond 5G市場の競争環境を実現</p> <p>自律性 超安全・信頼性</p> 	<p>課題3 情報通信装置・デバイス技術</p> <p>■ 情報通信装置・デバイスレベルで光技術を導入し、超低遅延かつ超低消費電力な通信インフラを構築</p> <p>超高速・大容量・超低遅延</p> <p>超低消費電力</p> 	<p>課題4 ネットワークオーケストレーション技術</p> <p>■ ユーザーニーズに応じて柔軟にネットワークリソースを割当て、サービスを提供</p> <p>自律性 超低消費電力</p> 	<p>課題5 無線ネットワーク技術</p> <p>■ 基地局から端末への超高速大容量な高周波無線通信を効率的かつ確実に接続</p> <p>超高速・大容量・超低遅延</p> <p>超多数接続</p> 
<p>課題6 NTN (HAPS・衛星ネットワーク) 技術</p> <p>■ 日本国土のカバー率100%、陸海空・宇宙のエリア化を実現</p> <p>■ 災害時のインフラ冗長化</p> <p>拡張性 超安全・信頼性</p> 	<p>課題7 量子ネットワーク技術</p> <p>■ 量子の性質を利用した暗号通信、ネットワークにより絶対安全な通信を実現</p> <p>超安全・信頼性</p> 	<p>課題8 端末・センサー技術</p> <p>■ ミリ波、テラヘルツ波を超高速大容量なモバイル通信用途に活用</p> <p>超高速・大容量・超低遅延</p> <p>超多数接続</p> 	<p>課題9 E2E仮想化技術</p> <p>■ 端末を含むネットワークの仮想化により、エンドツーエンドでサービス品質を保証</p> <p>■ 継続進化可能なソフトウェア化</p> <p>自律性 超安全・信頼性</p> 	<p>課題10 Beyond 5Gサービス・アプリケーション技術</p> <p>■ Beyond 5Gの能力を最大限に発揮し、様々な社会課題の解決や人々の豊かな生活を実現</p> <p>拡張性</p> 

【課題1】オール光ネットワーク技術

(目的・概要)

- 有線ネットワークをオール光化し、超低消費電力な超高速大容量、超低遅延の通信サービスを実現
- 無線と有線のシームレスな融合を想定したオール光ネットワークの実現

(現状・技術課題)

- コアネットワークの大容量需要に対応するため、マルチコアファイバ等を活用した光ネットワーク技術の開発を推進する必要あり
- 既存ファイバ網では、ネットワークリソースの動的負荷分散に対応できておらず、かつオール光環境下の制御技術が確立されていない

(2030年までの実現目標)

- マルチコアファイバ等大容量ファイバのコアネットワーク等への導入
- 光通信端末間(E2E)、無線ネットワークにおけるRUからコアネットワーク間のオール光技術の導入(光技術の導入により電力効率100倍)

(主な要素技術)

- マルチコアファイバ活用技術
- オール光ネットワーク技術(光伝送技術、光スイッチング技術、帯域拡張光ノード技術、波長変換・フォーマット変換技術、光ネットワークコントローラー技術、ネットワークサービス基盤技術、光電融合チップモジュール技術)

【課題2】オープンネットワーク技術

(目的・概要)

- オープンで標準的なインタフェースの導入によるベンダーロックインリスクからの脱却、基地局設備のマルチベンダー化の推進
- 公正な Beyond 5G 市場の競争環境、ネットワークの低コスト化を実現
- ネットワーク仮想化、ハードソフト分離によるオープン化

(現状・技術課題)

- O-RAN 仕様の普及により基地局設備のマルチベンダー環境は進展しつつあるが、O-RAN 仕様によっても各種個別装置間の相互接続性確認の必要性は残存
- 基地局を自律的、インテリジェントに制御するための RIC については、詳細な機能定義や相互接続のためのセキュリティも含めた標準化が不十分(セキュアな機器接続認証、ユーザー認証が必要)
- Beyond 5G 時代に見込まれる、データ量の莫大な増加に伴う消費電力上昇

(2030 年までの実現目標)

- 基地局のインテリジェント制御機能(RIC)を含めた、E2E での相互接続性が可能な O-RAN 標準の策定
- 基地局のみならず、データセンタ等も含めた包括的なエネルギー使用量の効率化

(主な要素技術)

- O-RAN Alliance 準拠の試験環境(OTIC)の国内整備
- ハードソフト分離を強力に推進する汎用機器、設備の開発

【課題3】情報通信装置・デバイス技術

(目的・概要)

- 情報通信装置・デバイスレベルで光技術を導入し、超低遅延かつ超低消費電力な通信インフラを実装
- 精緻な時空間同期技術により、装置・デバイスレベルでの正確な時刻・位置を把握可能

(現状・技術課題)

- 情報通信装置・デバイスレベルで光技術を導入することで、省電力化を促進し、増加するデバイスのフィージビリティを確保する必要あり
- 小型デバイス・モジュールレベルでの精緻な時刻・位置の管理技術が確立されていない

(2030 年までの実現目標)

- 情報通信装置やデバイスレベルで光技術を導入(光技術の導入により電力効率100倍)
- GPS に頼らない小型デバイス・モジュールにおける精緻な時刻・位置把握・管理技術を導入。

(主な要素技術)

- 光電融合チップモジュール技術(再掲)
- 光・無線通信対応チップモジュール技術
- 汎用ホワイトボックス、光コンピューティング技術
- エッジクラウドコンピューティング技術
- 時空間同期技術(原子時計小型化等)

【課題4】ネットワークオーケストレーション技術

(目的・概要)

- ユーザーニーズに応じて、柔軟にネットワークリソースを割当て、サービスを提供
- 固定網・移動網を融合し、ネットワークドメイン横断的に制御可能な技術を確立

(現状・技術課題)

- ユーザーニーズに応え最適なネットワークリソース割当てできるよう、ネットワークインフラにおいてハードとソフトを分離する必要あり
- 現在は分離されている移動網、固定網、更には NTN(非地上ネットワーク)も含め、最適なネットワークリソース割当てができる統合的な制御技術の必要あり

(2030 年までの実現目標)

- サービスレイヤーまで含めたネットワーク全体におけるオーケストレーション技術の確立

- 移動・固定網 (NTN 含む) を統合したオーケストレーション技術の確立
(主要要素技術)
- オーケストレーション技術 (移動・固定融合技術、複数ドメイン管理・制御技術、E2E での最適リソース割当技術、接続認証技術)

【課題5】無線ネットワーク技術

(目的・概要)

- 基地局から端末への超高速大容量な高周波無線通信を効率的かつ確実に接続
- 詳細位置測位
- パワーアンプの超低消費電力化等による基地局の省電力化を実現

(現状・技術課題)

- ミリ波帯・テラヘルツ帯の有効利用が必要
- Beyond 5G に向けた超低消費電力の実現が必要

(2030 年までの実現目標)

- テラヘルツ帯超高速大容量通信技術の確立
- セキュアなソフトウェア RAN 管理・仮想化技術の確立
- 超低消費電力・超カバレッジ拡張を実現する無線技術の確立

(主要要素技術)

- ミリ波等の稠密な基地局展開を想定したセキュアなソフトウェア RAN 管理・仮想化技術
- m-MIMO 高度化技術
- 光無線融合・最適化技術
- 光空間伝送技術
- テラヘルツ帯超高速大容量通信技術

【課題6】NTN (HAPS・宇宙ネットワーク) 技術

(目的・概要)

- 地球規模のカバレッジ拡大、効率よくエリア化
- 緊急通信が必要な場所にシームレスなサービスを提供可能
- 大規模災害時においても迅速な通信復旧・バックアップが可能
- 現在ネットワークが整備されていない遠隔地や、ドローンや空飛ぶタクシー等の飛行体にも通信サービスを提供可能

(現状・技術課題)

- 小型衛星コンステレーション向けの電波・光ハイブリッド通信技術や光地上局テストベッド環境が必要
- (2030 年までの実現目標)

- NTN により日本全域へ超低遅延ネットワークを提供

(主要要素技術)

- デジタルコヒーレント光通信技術、補償光学技術、サイトダイバーシティ技術
- 安定した通信エリアとネットワーク構築に向けた「シリンドラーアンテナ」や、「回転コネクター」等の技術開発
- 脱炭素を実現する HAPS 基地局
- 衛星コンステレーション、HAPS による基地局バックホール回線
- 衛星、HAPS ネットワークも含め統合制御するネットワーク管理、オーケストレーション技術、AI・機械学習を用いた自律運用技術 (ゼロタッチオートメーション)
- 災害時の HAPS ペイロード
- 宇宙・NTN オープンアーキテクチャ技術
- マルチバンド対応 NTN アンテナや移動する NTN ノード (HAPS や LEO) に対応した自動追尾技術
- gNB や MEC 機能を搭載した再生中継ペイロード
- NTN と地上ネットワークへの同時接続が可能なマルチアクセス端末
- 地上と宇宙を連動させたクラウドプラットフォーム (データセンター)
- センシング情報を GEO 衛星経由で伝達する光データリレー技術
- 電波伝搬モデル
- 新たな周波数資源の開拓 (Q 帯/V 帯)
- 次世代電池
- 衛星に適用可能な次世代暗号並びに暗号鍵の管理技術

【課題7】量子ネットワーク技術

(目的・概要)

- 量子の性質を利用した暗号通信ネットワークにより絶対安全な通信を実現

(現状・技術課題)

- 将来実用化が見込まれる量子コンピュータによっても盗聴やハッキングが不可能な暗号通信技術が必要
- 量子暗号だけでは実現不可能な広域・多地点の通信を可能にするため、様々な暗号技術を組み合わせた量子セキュア通信が必要

(2030年までの実現目標)

- 暗号鍵を光子に載せて伝送することにより理論上傍受不可能な量子暗号通信の普及
- 地上系・衛星系を組み合わせた量子暗号通信の長距離化
- 研究開発の国際ハブとなる量子イノベーション研究拠点の形成
- クラウド内で量子暗号を用いる量子セキュアクラウドの実用化

(主要要素技術)

- 量子を用いても不特定多数に公開鍵を配信できる量子鍵配送(QKD)技術
- 衛星を用いて公開鍵を長距離に配信する衛星 QKD 技術
- 量子もつれを利用した量子中継技術

【課題8】端末・センサー技術

(目的・概要)

- ミリ波・テラヘルツ波などの高周波対応の端末やセキュアな IoT デバイスを導入し Beyond 5G 普及を促進

(現状・技術課題)

- ミリ波・テラヘルツ波等高周波数に対応したユーザー端末やデバイスの小型化、セキュア化に向けた研究開発が必要(セキュアな接続認証対応含む)
- Beyond 5G 時代のコアデバイスとなる IoT 用 SoC 設計技術の確立

(2030年までの実現目標)

- ミリ波・テラヘルツ波等高周波利用端末の導入
- Beyond 5G 国際標準化の動向に追従しうるカスタマイズ可能な低消費電力・低コストを実現した小型 IoT 用 SoC の実用化
- セキュリティが担保され国際競争力の高い Beyond 5G IoT 端末の実用化

(主要要素技術)

- 光電融合チップモジュール技術(再掲)
- 光・無線通信対応チップモジュール技術(再掲)
- 高周波数等対応 IoT 技術(超低消費電力対応、RF チップミリ波対応)
- ミリ波・テラヘルツ波帯端末拡張技術

【課題9】E2E(エンドツーエンド)仮想化技術

(目的・概要)

- 端末を含むネットワークの仮想化により、E2E でサービス品質を保証すると共に、安全性・信頼性・柔軟性等を大幅に高めつつ、ネットワークの高機能化・大容量化を図る

(現状・技術課題)

- サービスごとにカスタマイズされた複数の仮想的なネットワークを一つの物理ネットワークで提供するスライシング技術が必要
- QoS/QoE を保証しながらセキュアなネットワークリソースを動的に割り当てる制御技術が必要

(2030年までの実現目標)

- 柔軟なスライシングによりネットワークのリソースアイソレーション・設備共用・光無線融合へのマイグレーションの実現
- 顧客の要請に応じた品質のサービスを柔軟に提供するためのインテリジェントネットワークオーケストレーションの実現
- クラウドネイティブ化によりユーザーが自由にネットワークを構築できる環境を実現

(主要要素技術)

- CU・DU・RU 機能のソフトウェア化、ホワイトボックスによるネットワーク構築技術、端末仮想化技術、進化型 O-RAN

- AI を用いたネットワーク制御技術、自律的オーケストレーター
- TCP/IP に限らないデータセントリックな通信プロトコル
- 継続進化可能性を実現するソフトウェア化・カスタムハードウェア技術

【課題 10】Beyond 5G サービス・アプリケーション技術

(目的・概要)

- 2030 年代の社会課題の解決や人々の豊かな生活の実現のため、強靱で活力ある社会(包摂性・持続可能性・高信頼性を有する社会)を支える Beyond 5G サービスやアプリケーションを導入

(現状・技術課題)

- Beyond 5G インフラを支える要素技術の研究開発に着手しているものの、Beyond 5G におけるサイバーフィジカル空間融合(デジタルツイン)型のサービス・アプリケーション、データ利活用に関する政府の研究開発プロジェクト(ワンチーム)の強化が必要

- パーティカルな(一定の業種に特化した)ユースケースを想定した社会実証や PoC が必要

(2030 年までの実現目標)

- SDGs 達成に寄与し、Beyond 5G を支える社会課題解決型サービス・アプリケーションの実現(高労働生産性、耐災害、医療・福祉、モビリティ、安全・安心など)

- ユーザーオリエンテッド、セキュア(ユーザー認証、プライバシー保護含む)、満足度の高いサービス実現・QoE 保証

(主要要素技術)

- デジタルツイン技術、インクルージブ・インターフェース技術、AI による行動変容技術、連合機械学習(Federated Learning)、超臨場感(XR)技術、アバター・ロボティクス技術、高度センシング技術、次世代 V2X 技術

(3) 研究開発課題の重点化の基本的考え方

上記(2)の研究開発 10 課題について、国の研究開発投資により全ての課題に等しく注力していくには財源や人的資源が限られていることに考慮し、今後特に重点的に国費を投入して注力すべき研究開発課題を絞り込み、研究開発を戦略的に推進していく必要がある。

その研究開発課題の重点化に当たっては、「日本の強み」、「技術的難易度」、「自律性確保」、「国家戦略上の位置づけ」、「先行投資を踏まえた加速化の必要性」を柱とした以下の考え方に基づいて資源配分の重点化を行い、我が国の国際競争力の強化や経済安全保障の確保を推進していくことが適当である。

①日本の強み

日本が強みを有する、又はそのポテンシャルを有することから、研究開発投資を集中することによって、他国との間で日本の優位性の確保・維持や早期確立が見込める。

②技術的難易度

技術的難易度が高く実用化に向けて研究開発上のブレイクスルーを必要とすることから、民間単独での研究開発投資にリスクを伴う。

③自律性確保

他国の研究開発に過度に依存すると、我が国における自律的、安定的な情報通信サービスの提供に支障を来すおそれがあることから、重点的な研究開発投資が必要となる。

④国家戦略上の位置づけ

当該技術の研究開発と社会実装を推進することにより、政府の各種国家戦略への貢献につながる。その実現のためには、関係府省と連携した政府一体での推進体制の構築や研究開発計画の立案・遂行のために重点的な研究開発投資が必要となる。

⑤先行投資を踏まえた加速化の必要性

国費等による先行的な研究開発投資の状況を踏まえ、①～④の観点や社会実装・市場獲得等の前倒し実現の必要性等から重点投資による研究開発の加速化が必要となる。

(4) 国が注力すべき「重点研究開発プログラム」の方向性

上記(2)の基本的考え方に基づき、研究開発課題の重点化の方向性について以下のように類型化・整理を行った。

これを踏まえて、国による今後の Beyond 5G 研究開発投資においては、日本が強みを有する又は先行している技術であり、それらのかげ合わせにより世界をリードしていくことができる技術として「オール光ネットワーク関連技術」、「非地上系ネットワーク関連技術」、「セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術」を重点研究開発課題の柱(重点研究開発プログラム)と位置づけ、優先的に注力していくことが適当である。

図表 21 国が注力すべき研究開発課題(重点研究開発プログラム)の方向性

研究開発課題		「重点化の基本的考え方」との関係
●オール光ネットワーク関連技術 【重点プログラム】	[課題 1] オール光ネットワーク技術	◆【①日本の強み】特に光 NW 技術、光電融合技術、デバイス開発で先行 ◆【②技術的難易度】チップ内光と電気信号の緊密な連携には高い技術的ハードル
	[課題 3] 情報通信装置・デバイス技術	◆【④国家戦略上の位置づけ】新資本主義実現戦略、デジタル田園都市国家構想、グリーン戦略、科学技術立国、半導体分野の府省連携 ◆【⑤先行投資】Beyond 5G 研究開発で一部着手、加速化が必要
●非地上系ネットワーク関連技術 【重点プログラム】	[課題 6] NTN (HAPS・宇宙ネットワーク)技術	◆【①日本の強み】HAPS については、HAPS アライアンスで先行 ◆【③自律性確保】災害時に陸上・海底光ファイバが途絶した場合の衛星・HAPS を経由した通信手段を我が国の技術・事業者での確保が不可欠 ◆【④国家戦略上の位置づけ】デジタル田園都市国家構想 (国土カバー率 100%達成に不可欠)、経協インフラ戦略、宇宙・航空分野の府省連携 ◆【⑤先行投資】Beyond 5G 研究開発で一部着手、加速化が必要
●セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術 【重点プログラム】	[課題 4] ネットワークオーケストレーション技術	◆【①日本の強み】オール光ネットワークに連動する技術として先行、O-RAN 標準化で主導、完全仮想化 NW 構築や国際展開で先行、ネットワークのハードソフト分離に不可欠な超強力汎用ハードウェアの開発でリード
	[課題 2] オープンネットワーク技術	◆【②技術的難易度】多様なネットワークの相互接続と相互運用を実現した上で自律的・動的な NW リソースの最適配置の提供、ユーザー端末まで含めたセキュアな仮想化・リソース制御は技術的に高いハードル
	[課題 9] エンドツーエンド仮想化技術	◆【④国家戦略上の位置づけ】デジタル田園都市国家構想、グリーン戦略、科学技術立国、経協インフラ戦略 ◆【⑤先行投資】Beyond 5G 研究開発で未着手
[課題 7] 量子ネットワーク技術	◆【③自律性確保】米国、欧州、中国と熾烈な開発競争が行われる研究領域ではあるが、社会やビジネスを根底から変革する領域 ◆【④国家戦略上の位置づけ】新資本主義実現戦略、量子イノベーション戦略、関係府省と連携し他の量子研究分野のシナジーも活かした研究開発 ◆【⑤先行投資】量子暗号の研究開発実施中、量子インターネットは中長期フェーズ	
[課題 5] 無線ネットワーク技術	◆【①日本の強み】光ファイバ無線技術、O-RAN ベースでの高品質・高効率 RU 技術、中高周波帯デバイス (GaN など) で先行 ◆【④国家戦略上の位置づけ】デジタル田園都市国家構想、グリーン戦略 ◆【⑤先行投資】Beyond 5G 研究開発実施中 (着実な継続が必要)	
[課題 8] 端末・センサー技術	◆【②技術的難易度】革新的な Beyond 5G 対応 IoT デバイスの開発等 ◆【④国家戦略上の位置づけ】デジタル田園都市国家構想、グリーン戦略	
[課題 10] Beyond 5G サービスアプリケーション技術	◆【②技術的難易度】社会実装の実証を通じた社会課題解決の検証	

5.2 研究開発と社会実装の「加速化戦略」

現状の 5G 国際市場において日本企業(ベンダー)は欧州、中国、韓国等の外国企業(ベンダー)の後塵を拝する中、諸外国は Beyond 5G に向けて競争力強化等のために研究開発計画を具体化し、政府研究開発投資を積極的に拡大している状況にある。

そして、今後更に、Beyond 5G の市場獲得に向けた取組は世界的に加速され、主導権を握るための熾烈な競争が繰り広げられる見込みである。

そうした状況下で、日本の企業等は、世界的にも優秀な研究開発力で強みを持つ技術分野を一定程度は有しているが、その国際競争力や市場獲得力において課題がある。

このまま手を打たずに、従来の延長上での取組を続けているだけでは、我が国は開発競争に大きく遅れを取り、Beyond 5G 市場での存在感を失い、有望な研究開発力や技術力が、社会実装や海外展開を実現できずに埋没してしまうという強い危機感がある。

こうした危機を打開し、Beyond 5G の熾烈な国際競争下で我が国が勝ち残っていくためには、我が国の Beyond 5G 研究開発で得られた成果が世界的な Beyond 5G のキーテクノロジーに位置づけられる 必要があり、そのためには、研究開発成果をできる限り早期に国内で社会実装し、その有用性を世界にいち早く発信 することで、グローバルなデファクト化を推進 していくことが重要である。

これらを実現するための 研究開発と社会実装の「加速化戦略」 が必要不可欠であるところ、その具体的な取組を以下に示す。

(1) 早期ネットワーク実装とマイグレーション実現に向けた「Beyond 5G 社会実装戦略」の推進

これまでの Beyond 5G 導入時期(Beyond 5G 推進戦略上では 2030 年頃と位置づけ)について、以下①②③を重点研究開発プログラムとして 研究開発を加速化し、その開発成果については、2030 年を待つことなく、大阪・関西万博を起点として「2025 年以降順次、社会実装」(できるものから早期に製品化・市場投入、ネットワークへの実装、国際展開) を進めることにより、「社会実装の開始時期の前倒し」 を図る必要がある。

- ① 通信インフラの超高速化・超省電力化を実現するための「オール光ネットワーク関連技術」
- ② 陸海空をシームレスにつなぐ通信カバレッジの拡張(国土 100%カバー)を実現するための「非地上系ネットワーク関連技術」
- ③ 利用者にとって安全かつ高信頼な通信環境を確保するための「セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術」

また、上記①②③の研究開発成果をキーテクノロジーとして、大阪・関西万博での成果発信とともに、順次現行ネットワークに実装 していき、Beyond 5G へマイグレーション していく取組を着実に進めていく必要がある。

このため、以下のようなマイグレーションシナリオを基本として、上記の取組を一体で進める 「Beyond 5G 社会実装戦略」 を強力で推進する必要がある。

- ・(2022 年度～)特定用途や特定エリアにおける上記技術を活用した Beyond 5G の先進ユースケースを具体化する。
- ・(2024 年度～)オール光ネットワーク技術や仮想化ネットワーク技術等の組み合わせによる、公的機関を含む先進ユースケースのユーザやエリアでの利用を念頭に置いた技術開発・検証を行う。
- ・(2025 年度～)上記成果を大阪・関西万博において産学官が一体となってグローバルに発信する。
- ・(2026 年度～)オール光ネットワーク技術や仮想化ネットワーク技術等の機能拡充と段階的なエリア拡大を進める。また、非地上系ネットワーク技術等とも組み合わせた日本全国・グローバルへのエリア拡大を進める。

(2) 研究開発戦略と一体となった「Beyond 5G 知財・国際標準化戦略」の推進

重点研究開発プログラムについて研究開発の初期段階から、戦略的パートナーとの国際連携や標準化に向けた国際協調を行いながら研究開発を強力に推進し、我が国が目指す Beyond 5G ネットワークアーキテクチャと重点研究開発プログラム開発成果について、オープン&クローズ戦略により国際標準化と知財取得を的確に進めていく必要がある。

具体的には、

- ・オープン（協調）領域については、国内企業も含め多様なビジネス創出につながるオープンアーキテクチャの促進を基本として、ITU や 3GPP 等でのネットワークアーキテクチャとキーテクノロジーの国際標準化を有志国とも連携して我が国が主導し、国際標準に適切に反映していく必要がある。
- ・クローズ（競争）領域については、重点研究開発プログラムの成果のコア技術を特定し、権利化・秘匿化等を行い、我が国の競争力の源泉となる差異化要素として囲い込む必要がある。

現時点における知財・国際標準化戦略の詳細は第6章に記載しているところ、上記のオープン&クローズ戦略を含めた知財・国際標準化戦略については、総務省と主要な通信事業者・ベンダー等による連携・協力のもとで非公開の検討体制を早期に構築し、標準必須特許等の知財の活用方策も含め、その具体化を進める必要がある。

(3) 世界市場をリードできる「Beyond 5G 海外展開戦略」の推進

我が国の研究開発成果の海外展開を推進し、グローバル市場の獲得につなげていくためには、我が国の重点研究開発プログラムで得られた成果が世界的な Beyond 5G のキーテクノロジーに位置づけられることが必要である。

そのためには、「社会実装戦略」による国内での早期かつ順次の社会実装を実現し、その有用性を世界にいち早く発信することで、グローバルなデファクト化を推進していくことが重要である。

このため、「知財・国際標準化戦略」(オープン&クローズ戦略)のもと、国内企業も含め多様なビジネス創出につながるオープンな Beyond 5G ネットワークアーキテクチャを促進することを基本として、ネットワークアーキテクチャとキーテクノロジーの国際標準化を有志国とも連携して我が国が主

導していくとともに、重点研究開発プログラムの成果を主要なグローバルベンダとも適切に連携しながら、世界の通信事業者への導入を促進していくことが必要である。

こうした考え方を基本とした「Beyond 5G 海外展開戦略」を、総務省と主要な通信事業者・ベンダー等による連携・協力のもとで強力に推進する必要がある。

これらの取組を通じて我が国が世界市場をリードし、30%程度の市場シェアの確保を目指す必要がある。

(4) 関係府省と連携した政府一体による Beyond 5G の推進

重点研究開発プログラムの着実な推進と開発成果の社会実装に向けて、デジタル田園都市国家構想、経済安全保障、グリーン等、政府全体の国家戦略の重要な構成要素と位置付けた上で、総務省が単独で取り組むのではなく、必要な施策について関係府省と連携しながら政府一体で推進する必要がある。

(例)

- ・ ネットワークの超低消費電力化を実現する情報通信機器、デバイスの研究開発
- ・ HAPS を成層圏において運用する際に必要な航空制度上の対応
- ・ 宇宙ネットワーク技術を含めた衛星システム全般の研究開発
- ・ 量子ネットワーク技術の研究開発について、量子イノベーション戦略の関係府省と連携
- ・ 研究開発成果展開(技術ユーザー、アプリケーション)の観点から関係府省と連携 等

(5) Beyond 5G 研究開発による情報通信産業のカーボンニュートラルへの貢献

重点研究開発プログラムへの集中投資を行い、研究開発成果をネットワークに順次実装していくことにより、通信ネットワーク全体の消費電力量の大幅な削減を図る。

具体的には、オール光ネットワーク技術をデータセンターからコアネットワークへと順次実装していくことに加え、ネットワークオーケストレータによるコアネットワークから無線基地局までの自律制御により可能となる省電力運用、無線基地局におけるパワーデバイス実装や出力制御による省電力化、ディスプレイアグリゲेटドコンピューティングによるデータセンターの地方分散と給電状況に応じたリソース運用(「エネルギーと情報の地産地消」)等の取組を組み合わせることにより、通信ネットワーク全体の電力使用効率を2倍程度に向上させ、2040年に見込まれる温室効果ガスの排出量から45%程度の削減に寄与することとなる¹¹。

これに再生可能エネルギー利用拡大等による温室効果ガス削減効果を合わせるなどにより、2040年の情報通信産業のカーボンニュートラル達成に貢献していく。

なお、「社会実装戦略」に基づく研究開発成果のネットワーク実装(マイグレーションシナリオ)に伴う通信ネットワーク全体の省電力化効果については引き続き精緻化を進めるこ

¹¹情報通信審議会技術戦略委員会(2022年2月10日)鈴木オブザーバ資料(NTTグループのカーボンニュートラル実現に向けたロードマップ)を参考に通信ネットワーク全体の省電力化について試算。

とが適当である。

(6) 重点研究開発プログラムの「大型基幹化」と「集中的取組フェーズの拡充」

上記(1)～(5)を実現するためには、国の研究開発投資により重点研究開発プログラムに今後5年程度かけて集中的に取り組むことが必要不可欠である。

このため、これまでの研究開発集中取組期間(Beyond 5G 推進戦略上では 2025 年までを先行的取組フェーズと位置づけ)を「2027 年頃まで」に拡充し、重点研究開発プログラムについては大型の基幹プロジェクトを組成し、研究開発を強力に推進・加速化する必要がある。

こうした大型基幹研究開発プロジェクトに取り組む必要があること、また、更なる先のフェーズの研究開発課題、情報通信インフラの世代交代サイクルやマイグレーション等を見据え、中長期的な視点から継続的な取組を可能とする必要があることから、研究開発予算の多年度化を可能とする枠組みを創設することが望ましい。

(7) Beyond 5G に向けた人材育成・人材循環の基盤の強化と事業化・社会実装の加速

上記のような Beyond 5G の社会実装を見据え、情報通信分野の人材育成や人材循環の基盤となる環境整備を促進していく観点から、ICT を活用し、人文社会科学や学際的な知見も活用しながら、様々な領域、分野(農業、医療、公共等)における新たな技術、ビジネス、サービスや課題解決のためのソリューション等を創出できる人材を育成するための実践の場を提供することが適当である。

このため、企業、研究所、大学、公的機関、国際機関、ユーザー等が参画し、ICT を活用した実践的研究開発やプロジェクトマネジメント経験が得られる共創の場、プラットフォーム、リビングラボ、テストベッドの設置を推進することが適当である。

また、Beyond5G に向けた研究開発競争が世界的に繰り広げられる状況にあって、迅速な研究開発の推進はもちろんのこと、多様なユースケースを開拓して新たなビジネス、市場を同時並行的に立ち上げていくことも重要である。

そこでは、これまでにない革新的な発想やアイデアからくる新たな技術やイノベーションを生み出し、これを社会に実装し、グローバルな市場獲得につなげていく牽引役として、スタートアップ企業の活躍が期待される。スタートアップ企業は、経営、技術開発、営業等が一体化していることで迅速かつ大胆な経営判断が可能であり、技術や市場のトレンドを先取りした先端技術開発や製品・サービス化に市場投入していくスピード感やリスクを恐れず新たな市場開拓に挑戦していくマインドを有しているという強みがある。

こうした点を踏まえ、研究開発と人材育成を同時並行で加速化していく拠点化の仕組みに加え、政府全体の SBIR 制度(中小企業技術革新制度)のスタートアップへの抜本的拡充等の方向性を踏まえながら、技術開発やイノベーションの成果の社会実装を担うスタートアップの育成、スタートアップと研究開発機関との連携促進、研究開発から事業化・社会実装までを一気通貫でマネジメントできる人材育成など、ICT 分野でのスタートアップの更なる促進を図ることにより、Beyond 5G の研究開発と社会実装の加速化につなげていくことが重要である。

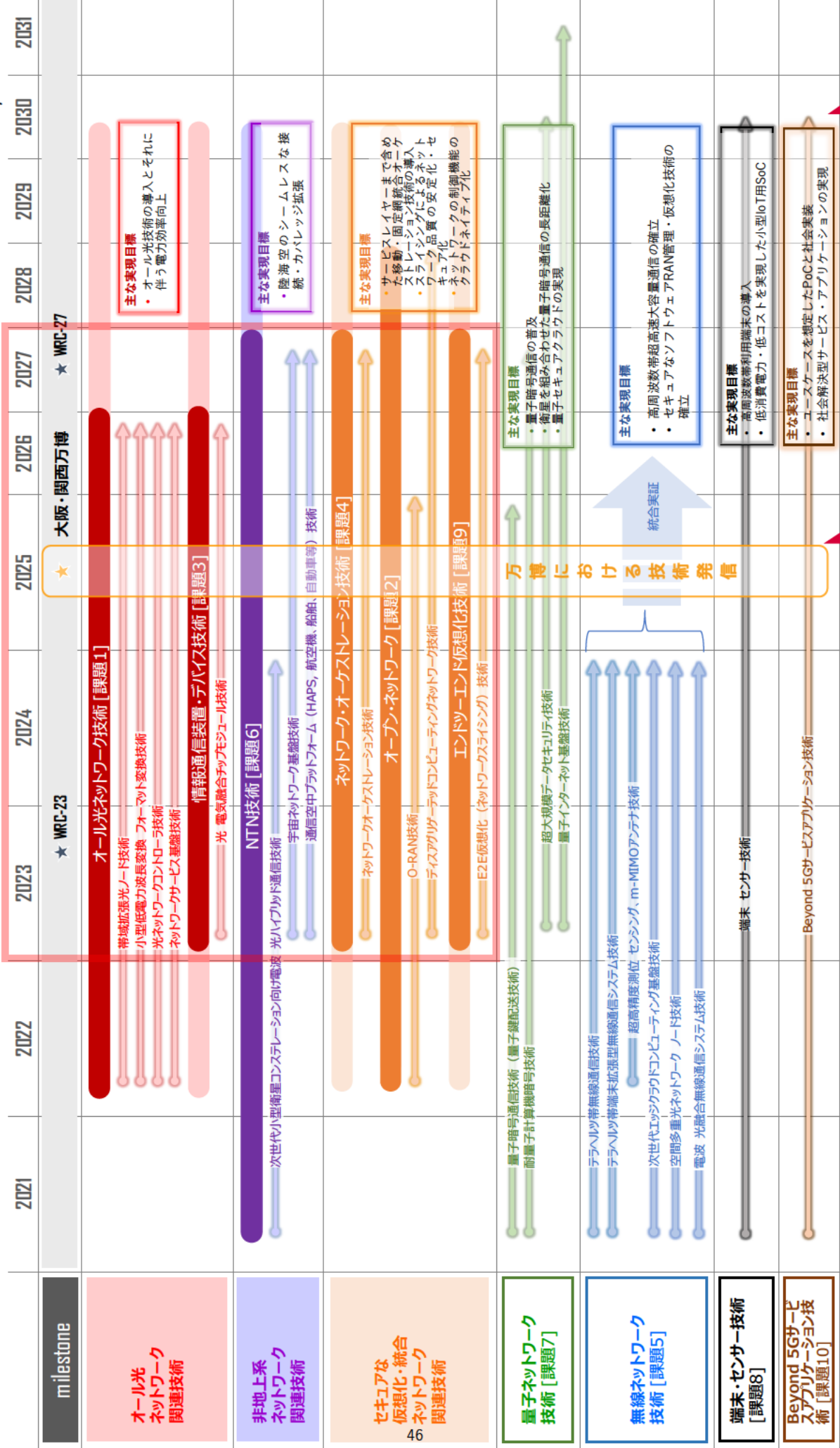
5.3 研究開発ロードマップ

5.1 及び 5.2 に基づき、我が国が取り組む Beyond 5G 研究開発の着手・実施、開発成果の創出・実装開始等についての時期や期間に関する目標工程をロードマップとして以下のとおり整理する。

図表22 Beyond 5G研究開発ロードマップ

5G

Beyond 5G



上記技術の一部
又は組合せに
よる技術検証

順次実用化、社会実装

第6章 Beyond 5G 知財・国際標準化戦略

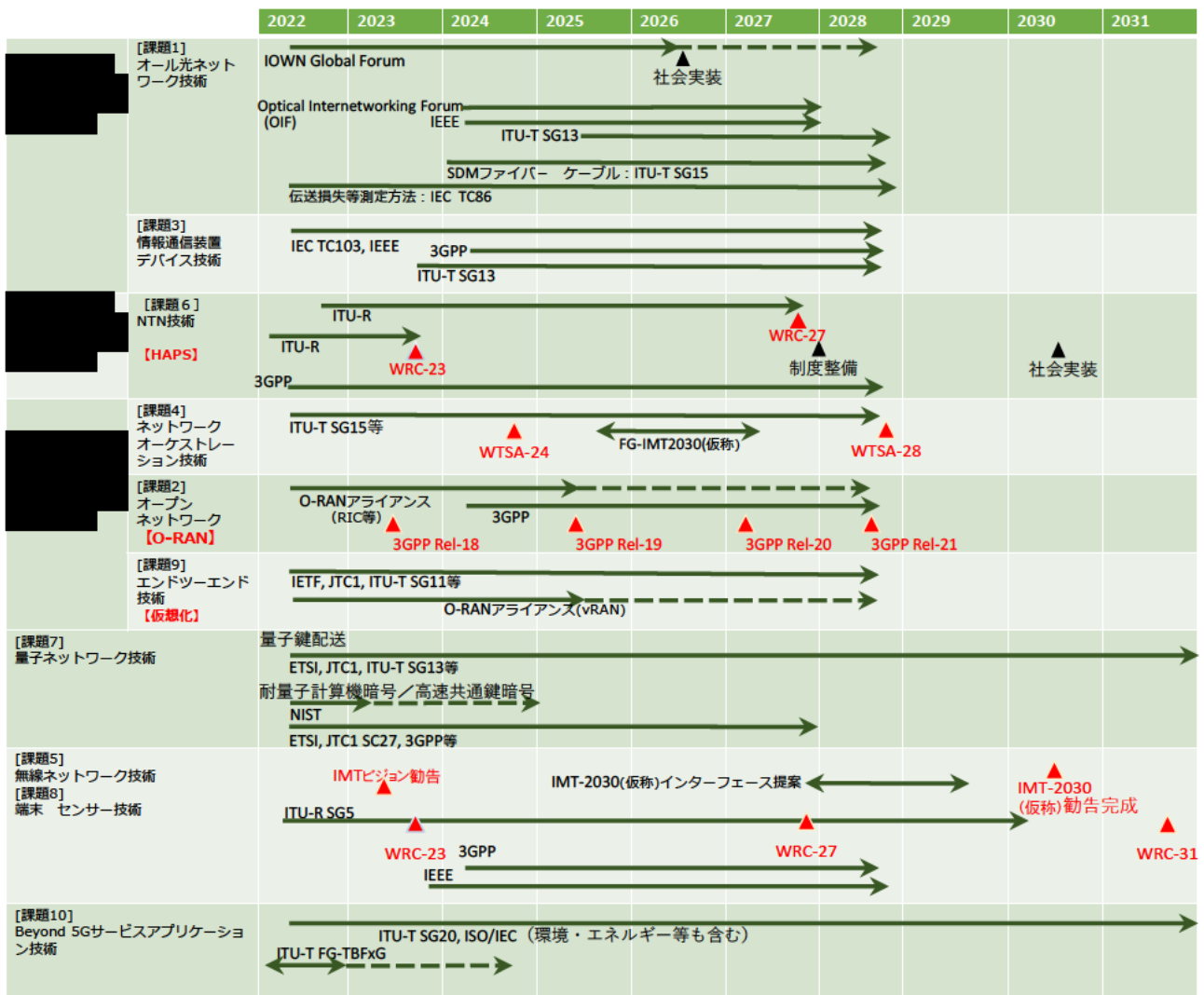
6.1 研究開発戦略に基づく国際標準化ロードマップ

(1) 国際標準化ロードマップについて

Beyond 5Gにおいて我が国の国際競争力を強化していくためには、研究開発成果を踏まえた社会実装とその実現に向けた国際標準の獲得と知財（標準必須特許を含む）の取得を一体的な企業戦略として戦略的に取り組むことが求められており、Beyond 5Gに向けた「研究開発戦略」と連動した「知財・国際標準化戦略」の具体化が必要である。

5章に示したBeyond 5Gの各要素技術が、2030年代に社会実装されることを前提に、ITU等のデジタル機関、3GPP等のフォーラム機関、Beyond 5Gにおいて現時点で想定される国際標準化機関の候補を前広に挙げ、想定される国際標準化ロードマップを以下のとおり整理する。

図表 23 Beyond 5G 国際標準化ロードマップ



(2) 国際標準化ロードマップの基本的考え方

Beyond 5Gに係る国際標準化については、各企業が標準化すべき個々の要素技術の研究開発状況に応じて、標準化を行う場合の技術性能要件の検討、各国から順次提案受付、国際標準の審議・策定等が進められる見込みであり、Beyond 5Gの国際標準化機関の活動状況に応じ、研究開発成果を適時適切に入力し、戦略的に標準化活動を進めていく必要がある。

このため、Beyond 5Gを5章で示した研究開発戦略に基づきデジタル田園都市国家インフラとして社会実装を進め、海外展開を図っていくため、特に以下の点に留意しながら、「国際標準化戦略」を具体化していく必要がある。

- ・ 我が国の研究開発成果を適切に標準化・社会実装に結びつけられるよう、国際標準化機関におけるBeyond 5Gに係るネットワークアーキテクチャに関する標準化の検討に当たっては、積極的に参画していく。
- ・ 特にBeyond 5Gを構成する主要技術については、3GPPにおいて2028年頃(リリース21)に検討され、更にITUにおいて新たな規格の策定に係る議論が進められることが想定されるため、重点研究開発プログラムについては、「Beyond 5G社会実装戦略」を踏まえつつ、リリース21以前のリリース19(2025年頃)及びリリース20(2027年頃)から官民一体となり、我が国として優先的に標準化の推進を図り、議論をリードしていく。
- ・ 重点研究開発プログラムの標準化に当たっては、環境エネルギーなど世界的課題に関わる指標にも着目し、通信分野以外の標準化活動の動向も見極めながら、関係省庁とも必要に応じ連携して標準化を図り、普及促進を図る。

6.2 知財・国際標準化戦略の方向性

「Beyond 5G推進戦略」(2020年6月総務省)では、Beyond 5Gの必須特許のシェアを5G必須特許の世界トップシェアと同水準の10%以上を獲得・維持することを目標としている。

企業の国際競争力を強化していく観点からは、獲得した標準必須特許と関連する周辺特許を活用し、他の特許を取得している企業と共同でパテントプールを形成するなど、知財の収益化や事業防衛など戦略的に活用していくことが重要である。

また、我が国の優れた技術を国内外に広く展開して行くには、研究開発ロードマップで示された重点分野を中心に我が国の優位性のある技術について、知財化を図るとともに、国際標準化ロードマップを踏まえ、標準必須特許を積極的に取得することが重要である。

さらに、研究開発成果の早期の社会実装の観点からは、Open RAN、HAPS、IOWNなど国内外の企業が幅広く参画する構想で実現が期待される技術やサービスを中心に、各企業がオープン&クローズ戦略を持ちながら、通信事業者と通信ベンダーとの連携や社会実装に関心が高いと考えられる国における通信事業者等との連携を円滑に図っていくことが重要である。

(1) 特許分析を活用した我が国の優位性等の把握(IPランドスケープの活用)

「Beyond 5G新経営戦略センター」において、3章のBeyond 5Gに求められる要求条件(7機能)に着目し、Beyond 5G等に関する各国の主要企業・研究機関が作成した白書などを参考にBeyond 5Gにおいて必要となる技術を網羅的に抽出し、2010年以降の特許出願の状況から、現に日本が特に強みを有すると考えられる技術などを分析しており、5章の「重点研究開発プログラム」の対象3技術についての分析結果を以下のとおり整理する。

【①オール光ネットワーク関連技術】

オール光ネットワークに関連する技術として、「超高速・大容量」に係る機能として「オール光ネットワーク」を、また、オール光ネットワークと親和性が高い「超低消費電力」に係る機能については、IOWN構想などにおいても光電融合技術として位置づけられている「低消費電力半導体」について分析している。

とりわけ「オール光ネットワーク」については、日本の出願件数や上位出願企業数が多く、また、他国と比較しても日本企業の研究開発が進んでいる分野であることが読み取れる。また、オール光ネットワークと関連の強い「低消費電力半導体」については、現時点では他の技術領域に比べて特許出願件数が少なく、今後、研究開発が進んでいく領域と考えられる。

このため、今後、重点研究開発プログラムにおいて研究開発を進めるに当たっては、技術動向を踏まえつつ、IOWNグローバルフォーラム等を通じた標準化活動や国際共同研究の活用など通じた適切な外国パートナー企業との連携関係を構築し、我が国の技術を生かした早期の普及展開を図っていくことが重要である。

【②非地上系ネットワーク関連技術】

「非地上系ネットワーク関連技術」については、「拡張性」に係る機能として、特に「HAPS活用」について分析している。「HAPS活用」については、特許出願件数は非常に少ないものの、日本企業の研究開発が先行している分野であることが読み取れる。

今後、重点開発プログラムにおいて研究開発を進めるに当たっては、HAPS構想に係る研究開発や標準化活動を推進する一方で、「非地上系ネットワーク関連技術」の全体像を整理しながら、HAPSを含めた我が国の強みを分析し、「非地上系ネットワーク技術」を中心に研究開発を進め、技術領域全体を牽引していくことが重要である。

【③セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術】

「セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術」については、「自律性」に係る機能として、特に「完全仮想化」につい

て分析している。「完全仮想化」については、出願件数が多く、また、海外企業が先行していることから、日本企業が強みとし難い分野であることが読み取れる。

このため、今後は、上記の「オール光ネットワーク」や「HAPS」などの強みを持つ分野を生かしながら、国際共同研究などを通じて、最適な海外企業をパートナーとし、技術力を伸ばしていくことが重要となる。また、「セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術」については、ネットワークオーケストレーション技術やオープンネットワーク技術、エンドツーエンド仮想化技術など、多岐の技術要素から構成されるものであり、今後、注目されるべき技術を更に整理しながら、我が国が標準化や研究開発、国際共同研究などにおいて注力すべき分野を整理していくことが重要である。

(2) 特許分析に関する今後の方向性

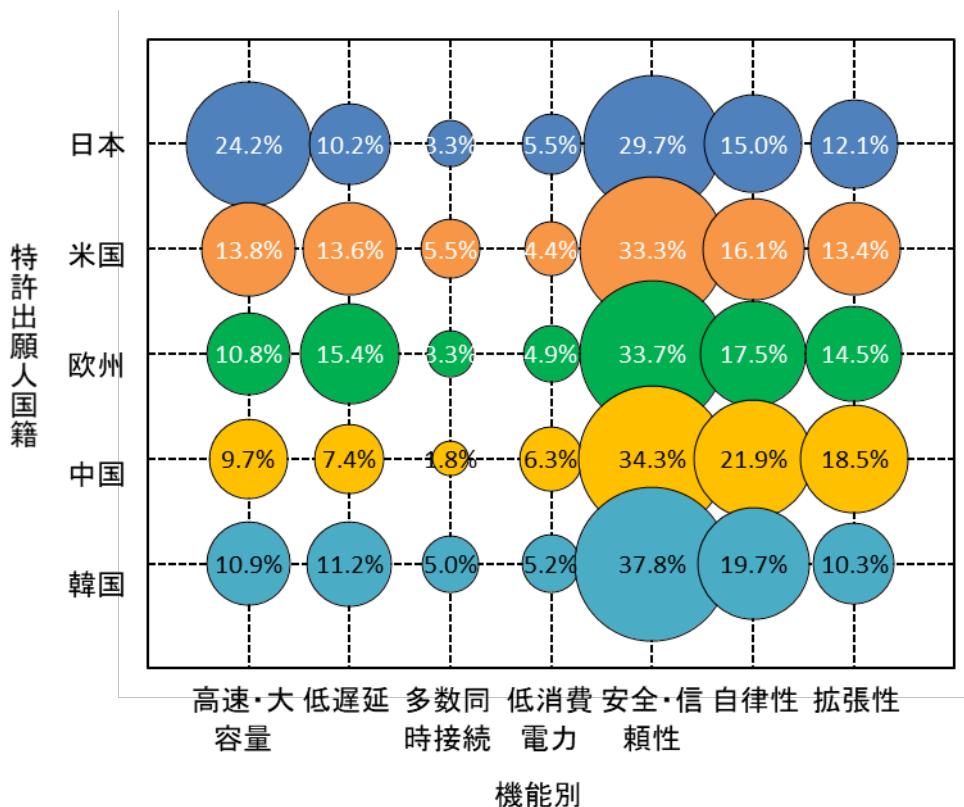
(1)の分析結果は、あくまでも7機能のうち、現時点で注目の要素技術として挙げられた項目について、特許出願件数の観点からの調査・分析を行ったものである。

Beyond 5Gに係る研究開発や標準化活動等の国際競争が激しくなる中、限られたリソースで効果的な成果を得ていくためには、こうした分析を研究開発戦略や知財・国際標準化戦略の評価と必要に応じた見直しにつなげていくことが必要であり、今後、

- ・特に重点課題として位置づけられている重点研究開発プログラムのうち、「非地上系ネットワーク」や「セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術」については、特許出願における国際特許分類や注目すべき技術等を整理・分析
- ・Beyond 5G 研究開発 10 課題に基づく各研究開発プロジェクトに関し、新たなサービスの創出につながる注目技術に関連するテーマを抽出

などに活用できるよう分析手法の向上や改良を重ねていくことが重要である。

図表 24 IP ランドスケープ(7つの機能に着目した分析)



[参考]

① 超高速・大容量

「オール光ネットワーク技術」に関しては、出願件数の上位2社が日本企業であり、上位20社に日本企業が5社入る等、強みを有する。

出願件数が中程度(2602件)であり、上位3社のシェアが低い(7.8%)ことから、引き続き、研究開発・知財取得を推進し、強みを維持していくことが重要。

「テラヘルツ波」に関しては、出願件数の1位が日本企業であり、上位20社に日本企業が6社ある等、ややリードしている。

出願件数が中程度(2656件)で上位3社のシェアが低い(4.6%)ことから、将来的に我が国の強みとなる領域となるよう、引き続き、研究開発・知財取得を推進していくことが重要。

② 超低遅延

「時空間同期」に関しては、出願件数の上位20社に日本企業が1社もない。

出願件数が中程度(1634件)であり、上位3社のシェアが低い(8.0%)ことから、研究開発により巻き返しが期待される状況にある。

③ 超多数同時接続

「センシング」に関しては、出願件数の上位20社に日本企業が3社。

出願件数が多く(11497件)であり、上位3社のシェアが高い(23.4%)ことから、標準化や実装を支える網羅的な特許があると考えられ、標準化が進んでいく可能性がある。

④ 超低消費電力

「低消費電力半導体」に関しては、出願件数の上位20社に日本企業が4社いるが、上位20社の内13社が米国企業。

出願件数が小さい(146件)一方で、上位出願者のシェアが分散(13%、上位20社が同率で4社並ぶ)しており、引き続き研究開発を進め、今後も研究開発を続行するフェーズにある。

⑤ 超安全性・信頼性

「量子暗号」に関しては、出願件数の上位20社に日本企業が1社、中国企業が11社。

出願件数が中程度(6254件)であり、上位3社のシェアが低い(6.2%)ことから、今後も研究開発を続行するフェーズにある。

⑥ 自律性

「完全仮想化」に関しては、出願件数の上位20社に日本企業が2社。

出願件数が多く(7857件)、かつ上位3社のシェアが高い(19.2%)ことから、標準化や実装を支える網羅的な特許があり、標準化が進んでいる可能性がある。

⑦ 拡張性

「HAPS活用」に関しては、出願件数の1位が日本企業であり、出願件数の上位20社に日本企業が2社。

出願件数が少ない(223件)ものの、引き続き研究開発・知財取得を推進し、我が国の強みとしていくことが重要。

「インクルーシブI/F」に関しては、出願件数の上位20社に日本企業が1社。

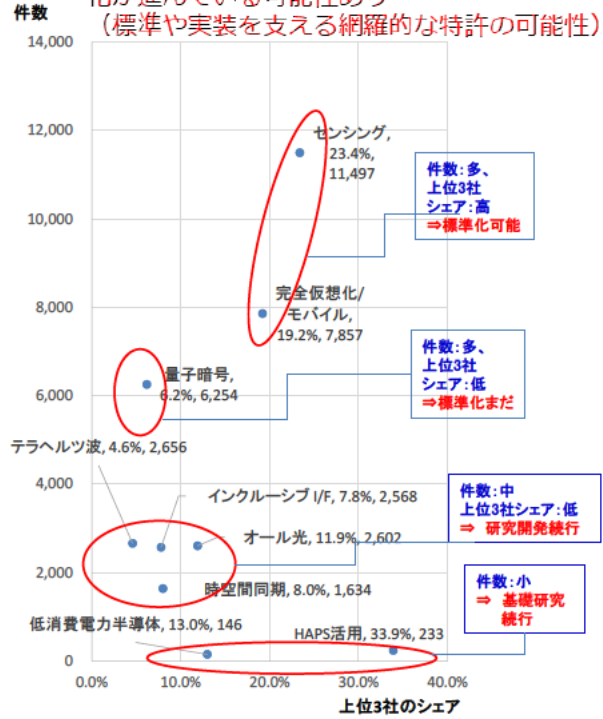
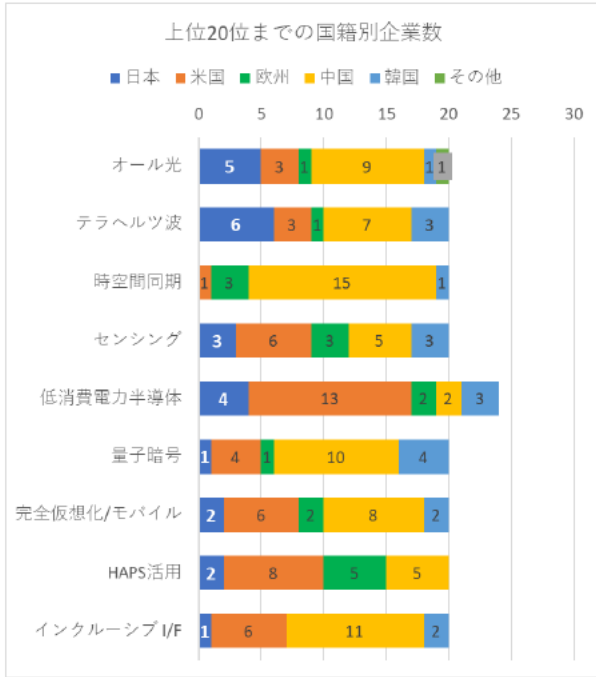
出願件数が中程度(2568件)であり、上位3社のシェアが低い(7.8%)ことから、研究開発により巻き返しが期待される状況にある。

※出願件数は、「5000件以上を多い」、「1000件～5000件を中程度」、「1000件未満を小規模」とし、上位3社のシェアについては、「20%以上をシェアが高い」、「20%未満をシェアが低い」と判定。

図表25 図表19の一部の項目についてIPランドスケープにより検証した結果

出願件数と上位3社のシェアの集約結果

・上位3社のシェアが高い要素技術は、既に標準化が進んでいる可能性あり
 (標準や実装を支える網羅的な特許の可能性)



(3) 重点研究開発プログラム実施における国際標準化・知財取得の方向性

我が国が強みを有する技術を活用し、国際競争力を強化していくためには、研究開発動向を分析しつつ、研究開発段階から、

- ・普及展開に必要な要素技術について、標準化を図り、標準必須特許の取得や周辺特許の取得を進めるべきもの
- ・企業の競争力の源泉となる技術であり、特許を取得しつつも、ライセンスせずに自社技術として確保するもの、完全に秘匿化すべきもの

などのオープン&クローズ戦略に基づく国際・国内での展開シナリオを整理し、また、研究開発の進捗状況や市場動向の変化を踏まえながら、必要に応じて、「研究開発戦略」への反映や「国際標準化戦略」の見直しにつなげていくことが重要である。

こうした認識の下、現時点における(2)の分析を参照しながら、重点研究開発プログラムの対象3技術について、今後の展開に向けた方向性をまとめる。

【①オール光ネットワーク関連技術】

「オール光ネットワーク関連技術」については、Open RANや仮想化NWなど「セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術」に関連性が深い技術項目については各研究開発の進展等を踏まえた知財・国際標準化戦略の反映が必要である。

特に、我が国が強みを有する光の伝送技術と電子処理の技術を組み合わせる新たな通信ネットワーク向けプロセッサを生み出す光電融合技術は、ネットワークの超低遅延や大容量・高品質化を飛躍的に伸ばすだけにとどまらず、電力効率の向上による電子機器の低消費電力化を実現しようとするものであり、ネットワーク機器への適用のみならず、多様なデバイスへの適用可能性を視野に入れ、我が国のデジタルインフラの中核技術としていくべき技術である。

また、こうした技術については、今後、国際的な開発競争が一層激しくなることが見込まれることから、社会実装と市場展開を両輪で図ることが必要であり、オール光ネットワークに関する技術開発検証等の成果を踏まえ、必要な標準化を円滑に図り、2026年度以降にオール光ネットワーク機器を含めた幅広い関連製品のグローバル展開を推進していく。

【②非地上系ネットワーク関連技術】

「非地上系ネットワーク関連技術」については、個別技術の標準化だけではなく、サービスの信頼性確保の観点から、多様な事業者間での相互運用性に関連した研究開発・標準化についても対応していくことが重要である。

特にHAPSについては、我が国の複数の通信事業者がその構想に参画しており、ルーラルエリアや空域での速やかなサービス提供、大規模災害被災地域での迅速な代替インフラの整備といった役割が期待されている。

他方で、HAPSについては、成層圏の環境下においても耐久性のある機器の開発や通信サービスに当たっての品質確保のほか、航空分野に係る国際ルールの整備と国内法への反映について課題があることが指摘されており、関係省庁と連携しながら、2030年までに世界に先駆けた新たなサービスを実現していくことが重要である。

標準化については、必要な周波数の確保とそのために必要な共用条件の検討を以下のとおり進める。

- ・ 2023年ITU世界無線通信会議(WRC-23)で、IMT基地局としてのHAPS(HIBS)が利用可能な周波数が不足している状況を改善するため、日本としてHAPSに必要な周波数が確保できるよう、対応していく(議題1.4)。
- ・ 2027年ITU世界無線通信会議(WRC-27)で、HAPSも含めたNTNの利用できる周波数の拡大の議論ができるように、共用条件の検討等の対応をしていく。

【③セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術】

「セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術」については、国際的に事業者間の競争が激しい分野であり、国際競争力の強化の観点からは、国内市場はもとより、海外市場への進出を念頭に置きながら研究開発・標準化・知財化を進めていくべき分野である。

現在、仮想化・統合ネットワーク関連技術の導入に不可欠なRANやモバイルコアネットワークといったネットワーク関連機器については、我が国企業の海外進出が出遅れている分野である。

また、特に、「仮想化・統合ネットワーク関連技術」の導入は海外の通信事業者とのネットワークの相互接続や相互運用を確保するなど、国内外の通信事業者と通信ベンダーが、研究開発・標準化の段階から連携を図ることが不可欠である。

このため、O-RAN AllianceやIOWN構想に参画する海外の通信事業者との連携を念頭に、2025年度までにRAN Intelligent Controller及び仮想化技術に係る研究開発を推進することで、その成果を活用した標準化を後押しし、国際市場での展開を本格的に開始する。

(4) Beyond 5Gの利活用の推進に向けた標準化等の推進

重点研究開発プログラムの成果の社会実装を加速し、少子高齢化などによる労働力不足の解消、地域活性化といった社会課題解決やイノベーションの創出に結びつけ、真のデジタル田園国家インフラとするためには、多様な地域や生活シーン、行政分野、産業分野にとって利便性・信頼性の高いものとしていくことが不可欠である。

そのためには、これまで5Gの整備開発において取り組んできた、多様な産業でのユースケース作りを進化させ、通信事業者や通信ベンダーが多様なセクターと連携し、標準化していくべき機能要件やサービス要件を整理し、通信サービスとして広くサービスが提供される基盤を提供していくことが重要である。

このため、

- ・ 2022年度中に「Beyond 5G推進コンソーシアム」と「Beyond 5G新経営戦略センター」等の関係機関が有機的に連携し、標準化すべき機能要件やサービス要件を物流・運輸、金融、準公共分野等の多様なセクターと連携し整理
- ・ 研究開発成果等を踏まえ、2024年度以降に多様な産業での活用可能な通信サービス基盤の構築に必要な標準化や認証制度の創設等の検討

を進め、Beyond 5Gの社会実装を進めていくことが重要である。

さらに、我が国の研究開発力を強化し、よりイノベティブな技術を生み出していく観点からは、中小企業・ベンチャー・スタートアップが研究開発から知財・国際標準化の取組に参画しやすい仕組み作りも重要であり、例えば重点研究開発プログラムにこうした事業者が参画した場合には、知財・国際標準化活動に対する支援を行う仕組みを検討していくことも必要である。

(5) 知財・国際標準化の戦略的推進のための人材育成

Beyond 5Gの国際標準化活動を円滑に推進し、日本のプレゼンスを強化していくため、官民が一体となって主要な国際機関における主要ポストの確保に取り組む。

また、企業の経営層の強い意志とリーダーシップのもとで、国際標準化と知財取得に関する関係部門の一体的運用や有機的連携、効果的な人事評価の仕組み、技術・経営戦略を組み立てる幹部人材の育成等、組織作りと人材育成を一体的に進めることが必要であり、企業の取組にインセンティブを付与する観点から、国として以下のような施策を講じていく。

- ・ 国の研究開発関連施策において、経営戦略等と知財・国際標準化戦略との関係性、関係部門との連携体制、人材育成の方針や取組を評価する仕組み
- ・ 国際標準化人材の育成に積極的に取り組む企業におけるメンターや若手専門家に対する国際会議対応の支援

「Beyond 5G新経営戦略センター」において、産業界や大学・高専が連携・協力して、「リーダーズフォーラム」を通じた幹部候補人材の育成、ハッカソンイベント等を通じた技術者交流の場の提供等に取り組む。

第7章 今後の取組・フォローアップについて

本答申では、Beyond 5G が実現する 2030 年代の社会像を見据えながら、そのユースケースや要求条件を整理し、Beyond 5G ネットワークのアーキテクチャや構成要素等の方向性を描いた上で、我が国において国として優先的に注力すべき重点研究開発課題、研究開発と社会実装の加速化戦略、ロードマップを含めて「研究開発戦略」として取りまとめた。

本研究開発戦略では、早期ネットワーク実装とマイグレーション実現に向けた「Beyond 5G 社会実装戦略」の推進、研究開発戦略と一体となった「Beyond 5G 知財・国際標準化戦略」の推進、世界市場をリードできる「Beyond 5G 海外展開戦略」の推進、関係府省と連携した政府一体による Beyond 5G の推進、Beyond 5G 研究開発による情報通信産業のカーボンニュートラルへの貢献に関する方向性を示した上で、Beyond 5G 重点研究開発プログラムを大型基幹プロジェクトとして強力に加速化する等の方向性を示した。

このうち、「知財・国際標準化戦略」については、本研究開発戦略に基づき、Beyond 5G 新経営戦略センター（戦略検討タスクフォース）の検討結果も踏まえながら、国際標準化ロードマップや知財・国際標準化の方向性についての整理を行った。

Beyond 5G 推進コンソーシアム、Beyond 5G 新経営戦略センター、産業界や大学等における Beyond 5G の主要な関係者におかれては、本答申が示した方向性を踏まえ、Beyond 5G で我が国が世界をリードすべく、産学官が一丸となった取組を加速していく必要がある。

また、総務省においては、本研究開発戦略を強力に推進・加速化し、確実に成果を出していくため、関係者の取組の促進や関係府省との連携も図りながら、必要となる研究開発投資の拡充や研究開発制度の整備等に取り組む必要がある。

あわせて、本研究開発戦略に基づく Beyond 5G 重点研究開発プログラムの早期かつ順次のネットワーク実装（マイグレーションシナリオ）や大阪・関西万博での発信を念頭に置いた「社会実装戦略」、世界市場をリードしグローバル市場獲得につなげていく「海外展開戦略」について、産学官の関係者と連携・協力して具体化を進めるとともに、これを強力に推進していく必要がある。

さらに、総務省においては、Beyond 5G 新経営戦略センターをはじめとする産学官の関係者と連携・協力して非公開の検討体制を早期に構築し、国内外の研究開発・国際標準化の動向・進展等も踏まえ、知財・国際標準化戦略（オープン&クローズ戦略）の具体化に取り組む必要がある。

そして、本審議会としては、これらの考え方も踏まえ、本答申を踏まえた関係者の取組が着実かつ円滑に実施されていくよう、今後定期的にフォローアップしていくとともに、新たな課題や環境変化等が生じた場合には必要に応じて更なる検討を行うこととする。

資料編

諮 問 第 27 号
令和 3 年 9 月 30 日

情報通信審議会
会長 内山田 竹志 殿

総務大臣 武田 良太

諮 問 書

下記について、別紙により諮問する。

記

Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方
—強靱で活力のある 2030 年代の社会を目指して—

諮問第 27 号

Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方
—強靱で活力のある 2030 年代の社会を目指して—

1 諮問理由

コロナ禍でのデジタル化の進展等により、国民生活や経済活動における情報通信の果たす役割やその利用に伴うセキュリティの確保が一層重要なものとなっている。特に、Society 5.0 の中核的な機能を担う次世代情報通信インフラ「Beyond 5G」については、激化する国際競争等を背景として、先端技術開発等の取組が重要な局面を迎えている。

総務省が 2020 年 6 月に策定した「Beyond 5G 推進戦略」では、2030 年代の社会像として、サイバー空間とフィジカル空間の一体化（Cyber Physical System）を進展させ、国民生活や経済活動が円滑に維持される「強靱で活力のある社会」の実現を目指すべきとされている。その実現に向けて、同戦略が提言する「研究開発戦略」や「知財・標準化戦略」を一層強力に推進するための具体的な方策の検討が急務となっている。

また、2021 年 4 月から、「科学技術・イノベーション基本法」が施行されるとともに、「第 6 期科学技術・イノベーション基本計画」（2021 年 3 月閣議決定。5 か年の計画）の計画期間に入った。同計画に基づき政府全体では、イノベーションの創出に向けた取組や分野別戦略（「量子」、「AI」、「知財・標準化」、「宇宙」、「安全・安心」等）の策定や見直しが進められ、今後、関係府省が連携した政策の具体化等が一層加速する見込みであることから、総務省における ICT 技術政策を再整理した上で、政府戦略への対応を検討する必要がある。

以上のとおり、今後の情報通信分野の技術動向や政府全体のイノベーション政策動向等を踏まえつつ、強靱で活力のある 2030 年代の社会を目指した Beyond 5G の推進方策等についての検討・整理が必要であることから、Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方について、諮問する。

2 答申を希望する事項

- (1) 2030 年代に向けた情報通信技術の展望
- (2) Beyond 5G に向けた研究開発戦略及び知財・標準化戦略の在り方
- (3) 政府全体の政策動向等を踏まえた ICT 技術政策の在り方
- (4) その他必要と考えられる事項

3 答申を希望する時期

令和 4 年 6 月目途

4 答申が得られたときの行政上の措置

今後の情報通信行政の推進に資する。

情報通信審議会 情報通信技術分科会 構成員名簿

(敬称略 五十音順、令和4年4月1日現在)

氏 名	主 要 現 職
分科会長 分科会長 代 理	尾 家 祐 二 九州工業大学 名誉教授
	安 藤 真 東京工業大学 名誉教授
	石 井 夏 生 利 中央大学国際情報学部 教授
	伊 丹 誠 東京理科大学先進工学部電子システム工学科 教授
	江 崎 浩 東京大学大学院情報理工学系研究科 教授
	江 村 克 己 日本電気(株) シニアアドバイザー
	大 島 まり 東京大学大学院情報学環／生産技術研究所 教授
	上 條 由 紀 子 長崎大学研究開発推進機構 FFGアントレプレナーシップセンター 教授
	國 領 二 郎 慶応義塾大学総合政策学部 教授
	三 瓶 政 一 大阪大学大学院工学研究科電気電子情報通信工学専攻 教授
	高 橋 利 枝 早稲田大学 教授／ケンブリッジ大学「知の未来」研究所 アソシエイトフェロー
	長 谷 山 美 紀 北海道大学 副学長／大学院 情報科学研究院長
	平 野 愛 弓 東北大学 電気通信研究所 教授／材料科学高等研究所 主任研究者
	増 田 悦 子 (公社)全国消費生活相談員協会 理事長
森 川 博 之 東京大学大学院工学系研究科 教授	

情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会 構成員名簿

(敬称略 五十音順、令和4年4月1日現在)

氏 名		主 要 現 職
主 査	相 田 仁	東京大学大学院 工学系研究科 教授
主査代理	森 川 博 之	東京大学大学院 工学系研究科 教授
	江 村 克 己	日本電気(株) シニアアドバイザー
	大 島 まり	東京大学大学院 情報学環 / 生産技術研究所 教授
	上 條 由 紀 子	長崎大学 研究開発推進機構 FFG アントレプレナーシップセンター 教授
	増 田 悦 子	(公社)全国消費生活相談員協会 理事長
	秋 山 美 紀	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
	浅 見 徹	(株)国際電気通信基礎技術研究所 代表取締役社長
	飯 塚 留 美	(一財)マルチメディア振興センター ICT リサーチ&コンサルティング部 シニア・リサーチディレクター
	石 井 義 則	(一社)情報通信ネットワーク産業協会 常務理事
	伊 藤 伸 器	パナソニック ホールディングス株式会社 コーポレート戦略・技術部門 テクノロジー本部 本部長
	今 井 哲 朗	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
	大 柴 小 枝 子	京都工芸繊維大学 工芸科学研究科 電子システム工学専攻 教授
	沖 理 子	(国研)宇宙航空研究開発機構 第一宇宙技術部門 地球観測研究センター 研究領域上席
	川 添 雄 彦	日本電信電話(株) 常務執行役員 研究企画部門長
	児 玉 圭 司	日本放送協会 理事・技師長
	児 玉 俊 介	(一社)電波産業会 専務理事
小 西 聡	(株)KDDI 総合研究所 取締役執行役員副所長、先端技術研究所長 兼 KDDI(株) 技術統括本部 技術戦略本部 副本部長	
中 沢 淳 一	(国研)情報通信研究機構 理事	
宮 崎 早 苗	(株)NTT データ 公共・社会基盤事業推進部 シニア・スペシャリスト	
森 田 俊 彦	富士通(株) シニアフェロー	

Beyond 5Gに向けた情報通信技術戦略の在り方

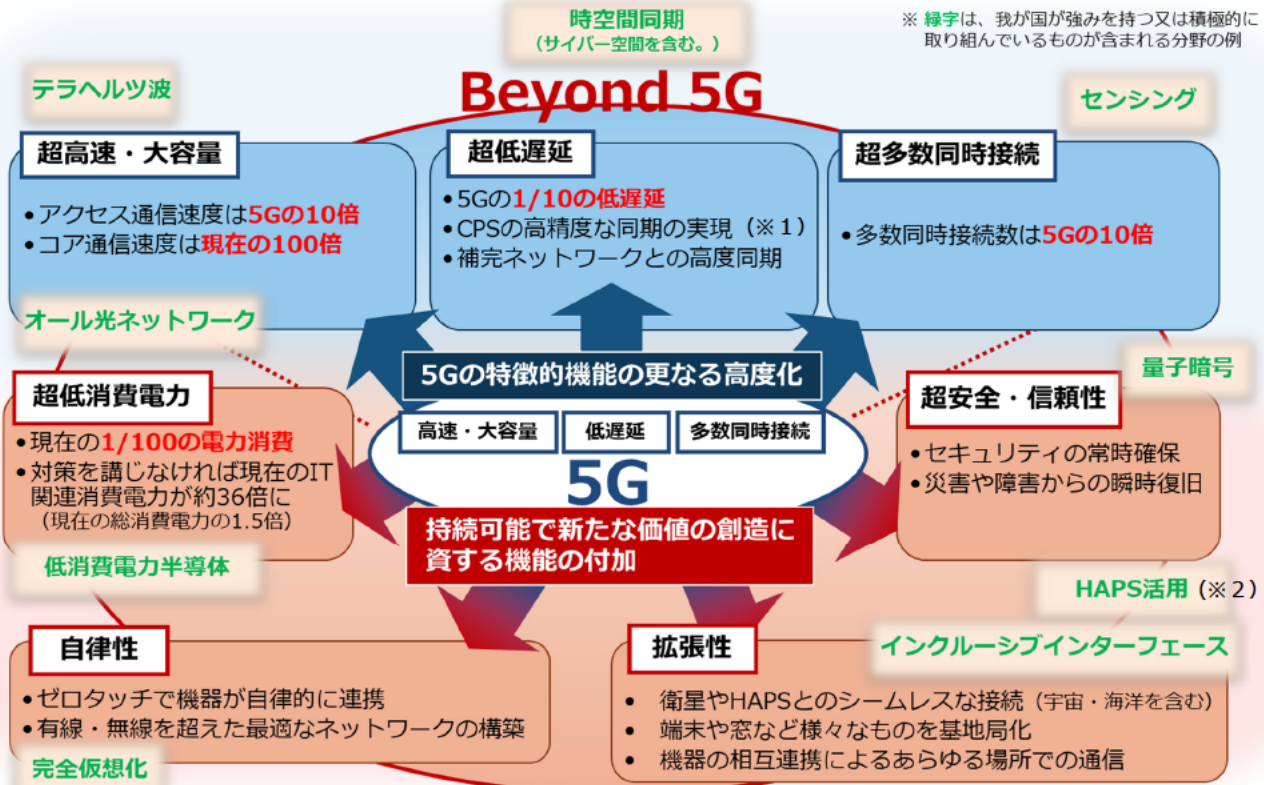
－強靱で活力のある2030年代の社会を目指して－

参考資料集

(参考) Beyond 5G研究開発予算 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。**



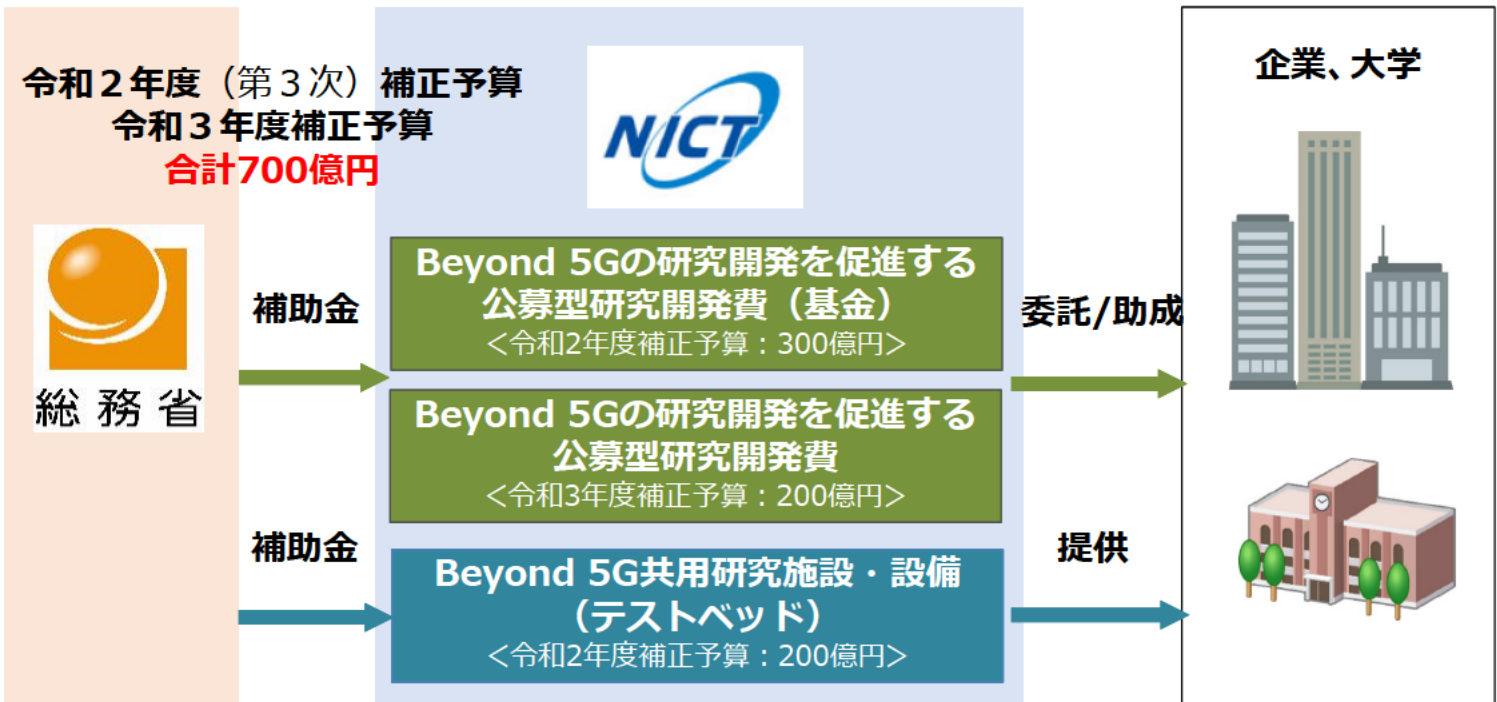
※ 緑字は、我が国が強みを持つ又は積極的に取り組んでいるものが含まれる分野の例

※ 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。

Beyond 5G研究開発促進事業

- 2030年代のあらゆる産業や社会活動の基盤となる次世代情報通信インフラ「Beyond 5G」の実現に必要な要素技術の確立や国際標準化の推進等のため、民間企業や大学等への公募型研究開発を実施。
- 研究開発成果については、**2025年以降順次、社会実装。**



令和4年度当初予算 (公募型研究開発費) : 100億円 ※執行機関公募中 (7月4日まで)

Beyond 5G研究開発促進事業 3つのプログラム

- 研究開発プログラムごとに執行機関が公募を行い、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。

① Beyond 5G 機能実現型プログラム

(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を作成し公募。ハイレベルな研究開発成果の創出を目標とする。
(～10億円/年・件)
※重要技術については、年額数十億円程度の予算規模で重点的に措置

(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。
(～5億円/年・件)

② Beyond 5G 国際共同研究型プログラム

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。
(～1億円/年・件)

③ Beyond 5G シーズ創出型プログラム

(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。
(～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))

Beyond 5G研究開発促進事業 採択課題 (研究開発基金 (R2補正予算))

<基幹課題> 6件

① Beyond 5G超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超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

(テラヘルツ帯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超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)

Beyond 5G研究開発促進事業 採択課題 (研究開発基金 (R2補正予算))

<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・超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	アラクサラネットワークス(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)

Beyond 5G研究開発促進事業 採択課題 (研究開発基金 (R2補正予算))

<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、ブラウン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研究開発促進事業 採択課題 (研究開発基金 (R2補正予算))

<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)フォトエレクトロニクス、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、アガメッド並木精密宝石(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開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

Beyond 5G研究開発促進事業 研究開発課題 (R3年度補正予算)

- 公募により決定した執行機関 (NICT) において、令和4年度新規委託研究 (令和3年度補正予算分) のうち、Beyond 5G機能実現型プログラム (基幹課題、一般課題)、Beyond 5G国際共同研究型プログラム、Beyond 5Gシーズ創出型プログラムの公募を4月～5月に実施。(現在採択に向けた評価手続き中)
- Beyond 5Gシーズ創出型プログラムのうちの革新的ベンチャー等助成プログラム (SBIR) については6月22日から公募開始。

①Beyond 5G超高速・大容量ネットワークを実現する帯域拡張光ノード技術の研究開発

- 1Tbps級の大容量波長チャネルの長距離伝送 (500km級) を可能とする帯域拡張光ノード技術
- 光波長チャネルあたりのビットレートと距離の積を従来の3倍程度に拡張

④Beyond 5G超高速・大容量ネットワークの自律性・超低消費電力を実現するネットワークサービス基盤技術の研究開発

- 無線リソース・データセンタのハードウェアの自律制御に基づく設備/電源最適化による省電力化・高性能化
- ソフトウェア基地局の仮想リソース配備とアンテナの省電力モード設定の最適化技術 (最大30%の消費電力削減)

③Beyond 5G超高速・大容量ネットワークを実現する光ネットワークコントローラ技術の研究開発

- オープンなアーキテクチャに基づき、マルチベンダの光ネットワーク装置間で動作、オンデマンドにEnd-to-End光波長パスの設定・管理を行う、光ネットワークコントローラ構成技術
- オールフォトリクス・ネットワーク要件からAPIや機能間IFの技術仕様の策定と、それに基づいた光ネットワークコントローラの実現、及び、その運用性・サービス性を向上させる自動制御シナリオを実行する技術

②Beyond 5G超高速・大容量ネットワークを実現する小型低電力波長変換・フォーマット変換技術の研究開発

- 光/電気/光変換を行うことで800Gbps以上の光波長チャネルごとに小型かつ低電力で柔軟に波長変換する技術
- 波長の変換にあわせて変調方式、信号帯域等のフォーマットの変換を行うことで光波長リソースの有効活用を可能とする波長変換・フォーマット変換技術
- 既存100Gbps再生中継器と比較して、ビット当たり1/10の小型化及び1/10の低電力化を実現

Beyond 5G 研究開発促進事業 研究開発方針①(概要)

(令和3年1月28日策定
令和4年6月10日改定)

事業の別

(1) Beyond 5G研究開発促進事業 (一般型)

将来における我が国の経済社会の発展の基盤となるBeyond 5Gの実現に向け、革新的な情報通信技術の創出を集中的に推進するために必要な研究開発 ((2)により実施するものを除く。) を公募により選定し、当該研究開発を委託により実施する業務又は研究開発に必要な資金に充てるための助成金を交付する業務及びこれらに附帯する業務を実施する事業。

(2) Beyond 5G研究開発促進事業 (電波有効利用型)

将来における我が国の経済社会の発展の基盤となるBeyond 5Gの実現に向け、革新的な情報通信技術の創出を集中的に推進するために必要な研究開発 (電波法 (昭和25年法律第131号) 第103条の2第4項第3号に規定する研究開発に該当するものに限る。) を公募により選定し、当該研究開発を委託により実施する業務及びこれに附帯する業務を実施する事業。

※電波利用料財源により行う研究開発プログラムにおいては、「周波数を効率的に利用する技術」、「周波数の共同利用を促進する技術」又は「高い周波数への移行を促進する技術」のいずれかに該当し、おおむね5年以内に開発すべき技術に関する無線設備の技術基準の策定に向けた研究開発を実施することとする。

Beyond 5G 研究開発促進事業 研究開発方針②(概要)

(令和3年1月28日策定
令和4年6月10日改定)

案件決定・評価

(1) 採択方法 (採択評価)

実施者は、原則日本国内で登記されている企業、大学等であって、日本国内に研究開発拠点を有するものとする。採択評価は、執行機関が設置する評価委員会において、主に学術・技術面、実用化、事業化等の観点 (標準化・知財戦略等の観点を含む) から評価。総務省は、施策との調和を図る観点から必要な調整等を行うとともに、電波法等の関係法令との整合性を確認。

(2) ステージゲート評価

基金により実施した各研究開発課題については、令和4年度後半において、評価委員会による評価(ステージゲート評価)を実施し、研究開発の中止、加速・縮小、実施体制変更等を判断し、補助金による研究開発の継続の適否を決定。

(3) 継続評価

補助金により実施する複数年計画の研究開発課題について、毎事業年度、評価委員会による評価を実施し、研究開発の継続の適否を決定。また、必要に応じ、研究開発の中止、加速・縮小、実施体制変更等を判断。

(4) 終了評価

各研究開発課題の終了に当たり、評価委員会において終了評価を実施し(※)、当初設定した目標の達成状況等について評価。また、NICTは基金による事業全体の総括的な評価を実施。

(※) (2) 又は (3) の評価において中止になったものを除く。

(5) 追跡評価

総務省は、各研究開発課題が終了して一定の時間が経過した後に、執行機関の協力を得て、研究開発の直接の成果 (アウトプット) から生み出された効果・効用 (アウトカム)、副次的成果、波及効果等について評価。

実施体制等

【実施者(応募者)】

・要素技術の確立や実用化、事業化等を見据えて、研究開発に取り組むとともに、実用化、事業化のための戦略的な知財権利化及び国際標準化を積極的に進める。

【執行機関/NICT】

・事業を実施するための補助金・基金の適切な管理、研究計画書の作成、公募の実施、提案の採択・実施者の決定、契約締結等を行う。
・研究開発プログラムの統一的な指導・監督を行うプログラムディレクター (PD) を設置し、研究開発の進捗管理等のマネジメント (実施者による研究開発の進捗状況の把握、実施者に対する必要な指示・支援、評価委員会を通じた評価、研究開発プログラム全体の総合的な調整等) を行う。
・国内外の技術動向、政策動向、市場動向等について調査を行い、研究開発成果の最大化に向けた方策を検討する。
・シンポジウムの開催等を通じて、本事業の研究開発成果の普及に向け、2025年日本国際博覧会等におけるショーケースとしての発信等も視野に広報に取り組む。

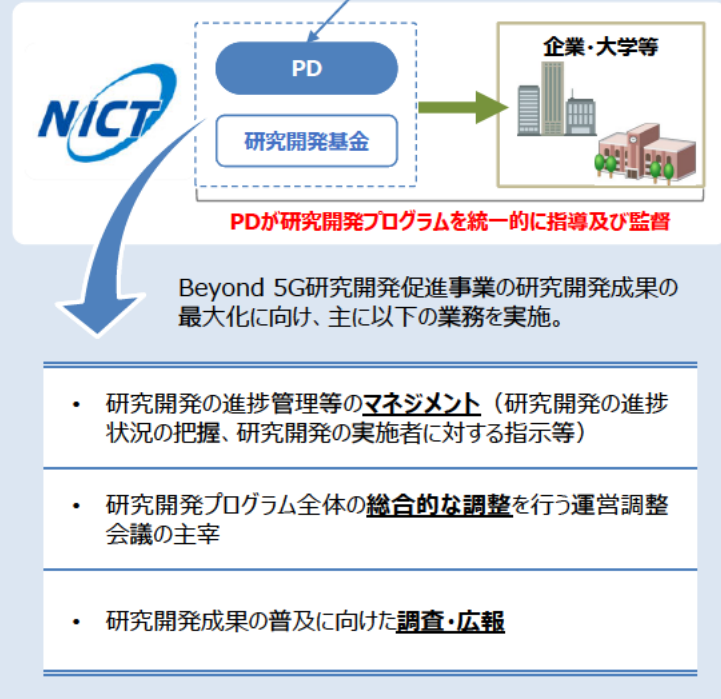
【総務省】

・執行機関と、事業の実施に関する詳細について協議を実施。研究開発の進捗や技術動向や市場動向等を踏まえ、必要に応じて、研究開発方針を改定。

Beyond 5G研究開発促進事業の実施体制

- 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



【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 修士
- 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未来なっと研究所研究部長
- 2005年 同 NTT未来なっと研究所長
- 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

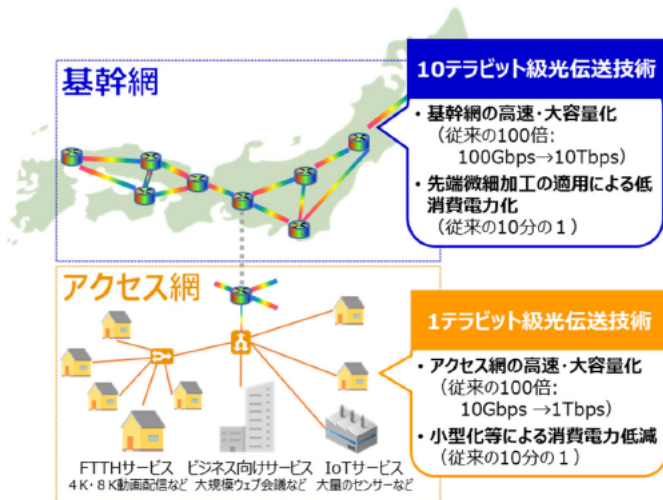
（主な実績等）

- ・ 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-）

<https://www.nict.go.jp/info/topics/2021/11/30-1.html>

総務省の主な研究開発関連予算（グリーン）

グリーン社会に資する先端光伝送技術の研究開発



- ・ 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。

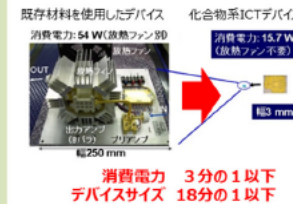
グリーン・デジタル社会を実現するためのICTデバイス研究基盤・開発環境の整備

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>



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

<テストベッド環境（クリーンルーム・製造設備）のイメージ>



- ・ 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。

R4当初予算 14.0億円

R3補正予算 175.0億円

(参考) 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

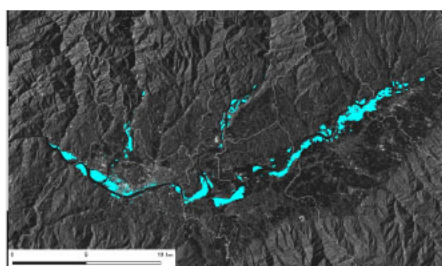
- 多数の小型通信衛星によってグローバルな通信サービスを提供
- 一度に38機～60機の小型衛星をまとめて打ち上げる場合がある。



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

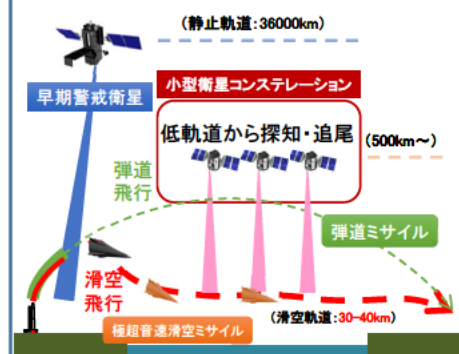


熊本県人吉市周辺のレーダ衛星の観測画像による浸水域推定結果(2020年7月)

(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



小型衛星コンステレーションによる通信サービスの例

※ 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

小型衛星コンステレーションによる地球観測の例

※ 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)

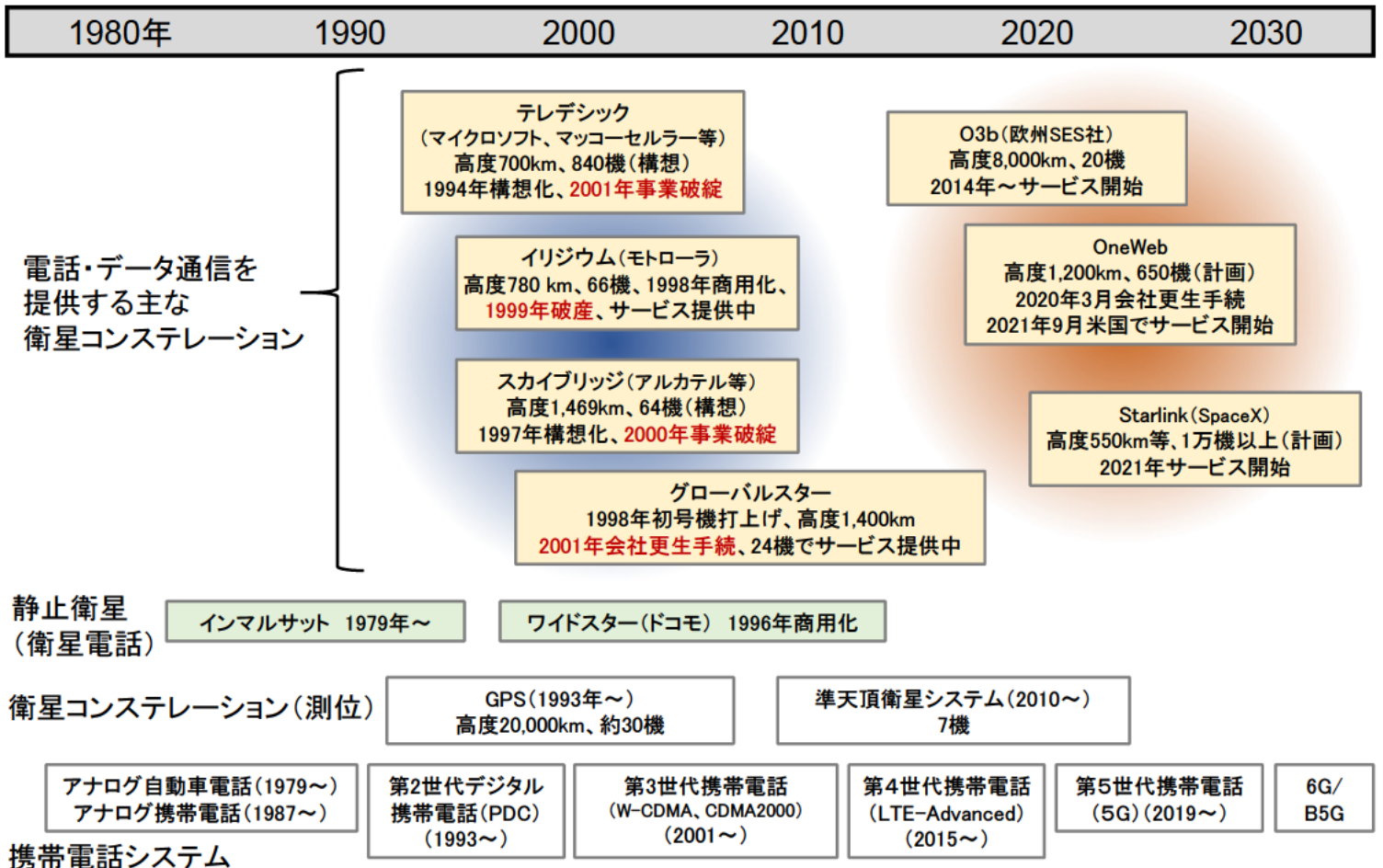
- 2014年に創業。小型SAR衛星の開発・運用を行う。
- Xバンドの合成開口レーダーを搭載
- 18機の衛星コンステレーション構築を計画。現在までに9機を打ち上げ

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



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**衛星コンステレーション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	● 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>

宇宙での利用が期待される光通信技術

宇宙で光通信を使う利点・課題

光通信の利点

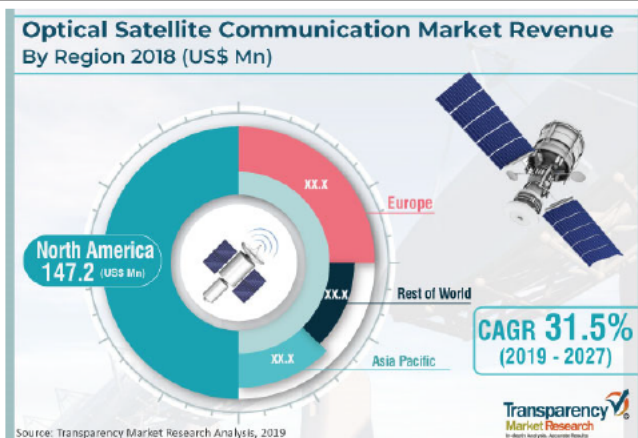
- ✓ 高速大容量のデータ通信が可能 (数Gbps超の伝送速度、電波による通信の10~100倍が可能)
- ✓ 電波の周波数資源の枯渇に対応、国際的な周波数調整が不要、無線局免許が不要
- ✓ 高秘匿性のある通信が可能 (電波よりもビームを絞って送信できるため、傍受されるリスクが低い)
- ✓ 衛星バスの負担軽減 (低消費電力化、小型軽量化)
- ✓ 地上受信局の小型化が可能。企業本社ビルの屋上やデータセンター敷地に設置可能。可搬型も実現
- ✓ 光学系機器を得意とする日本企業の出番

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 (アイセイフティ) 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)

出典 Transparency Market Research

※1ドル=110円で換算

<https://www.transparencymarketresearch.com/optical-satellite-communication-market.html>

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

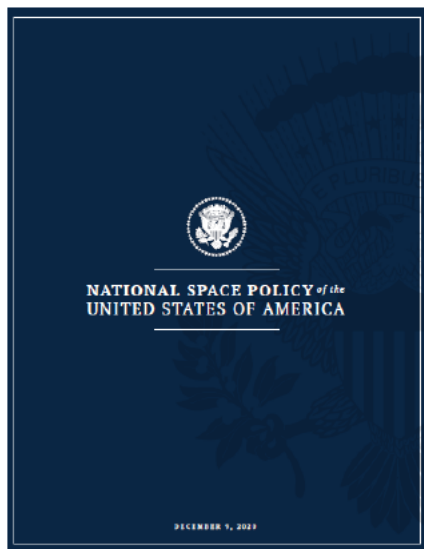
米国政府 国家宇宙政策(NSP: National Space Policy)(2020年12月)

～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。

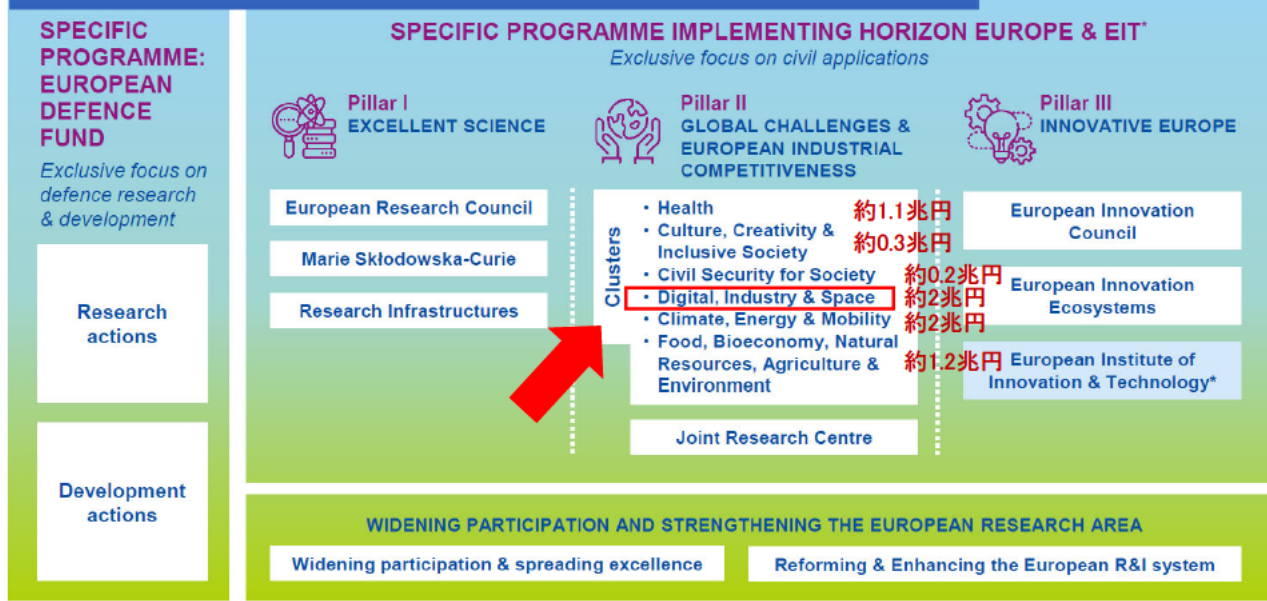


国家宇宙政策の表紙

- 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。

※ 1ユーロ=130円で換算

Horizon Europeの全体像



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



<https://www.gov.uk/government/news/bold-new-strategy-to-fuel-uks-world-class-space-sector>

○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
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。	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。
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	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。
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	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。
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	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。
測位、ナビゲーション、タイミング (PNT: Position, Navigation and Timing)	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
打ち上げ能力	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
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。	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。
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。	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。

<https://www.gov.uk/government/news/bold-new-strategy-to-fuel-uks-world-class-space-sector>

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 国家戦略的科学技术力の強化

- 科学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、科学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学技术力の構築を加速**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学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、戦略的な科学プロジェクトを実施**する。

【科学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。

【国家の主要科学技術インフラ】

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

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

- **軍事と民間の科学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**、量子科学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。

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

<http://www.npc.gov.cn/npc/kgfb/202103/bf13037b5d2d4a398652ed253cea8eb1.shtml>

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

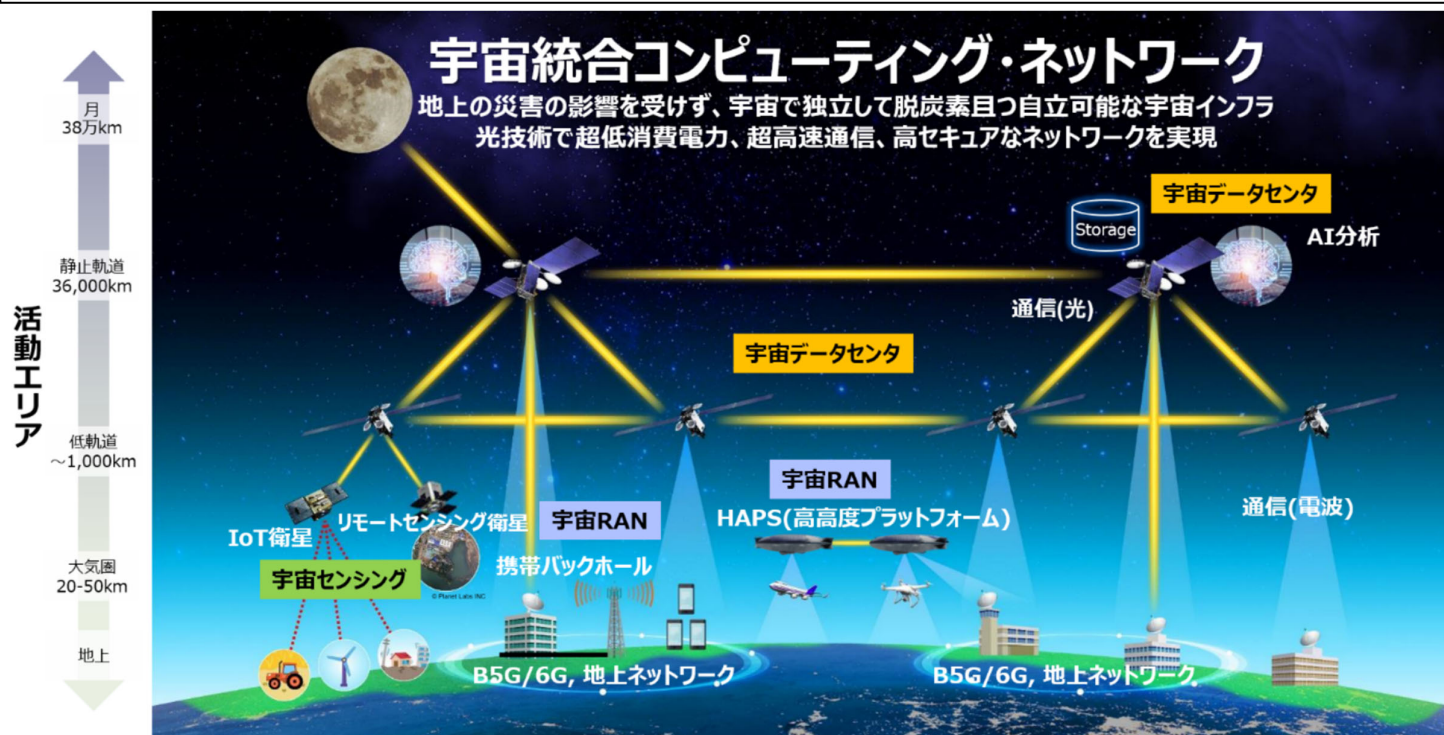


図1:宇宙統合コンピューティング・ネットワークがめざす世界観イメージ

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

KDDI・SpaceXの提携、基地局バックホール回線に利用

- 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。

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)

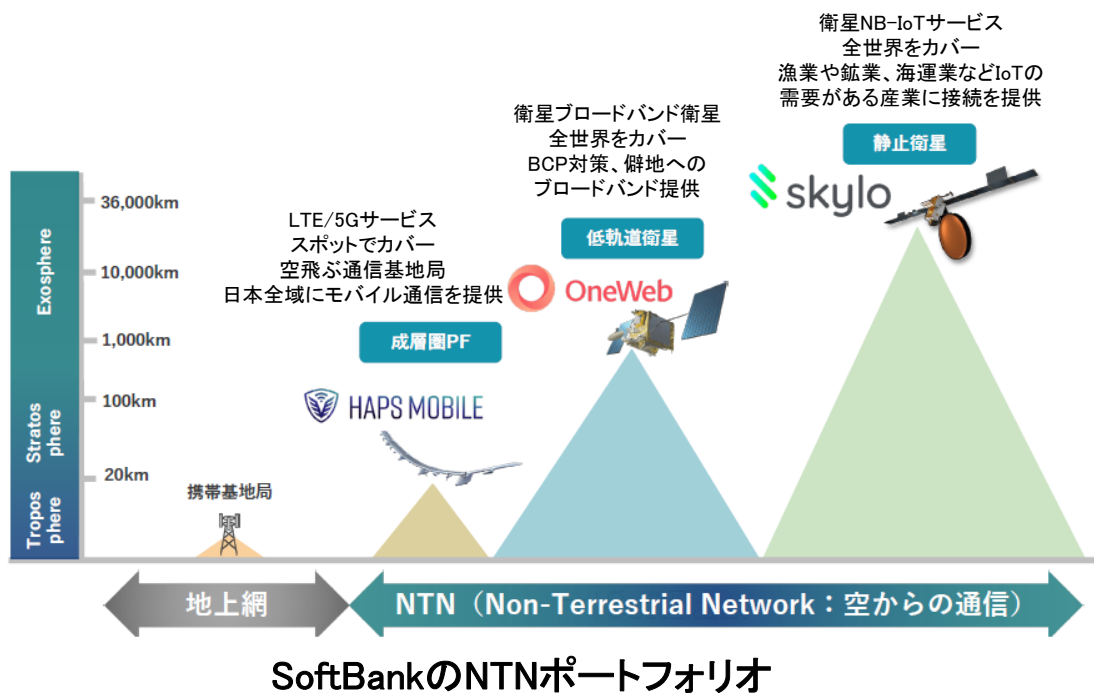


放出される多数のStarlink衛星

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・OneWeb・Skylo・HAPS MOBILEの提携

- 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。



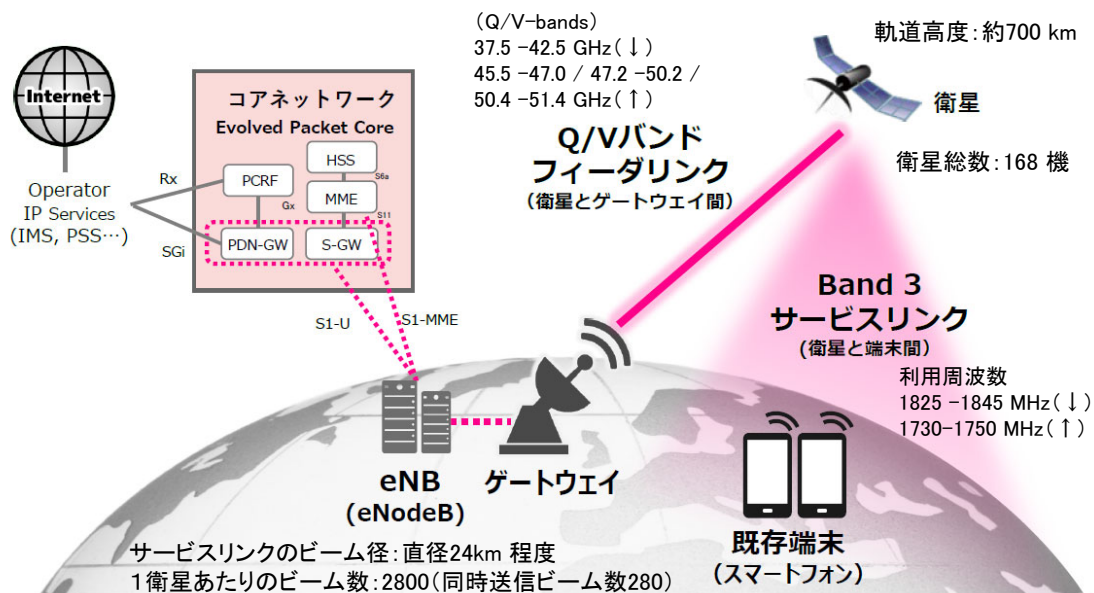
同社の発表資料より(一部加工) <https://qbic-gnss.org/post/1261>
https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2021/20210930_03/

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

宇宙ネットワークと地上系ネットワークとの連携に対する期待

- 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、衛星通信経路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。

(出典)総務省請負調査(2020年度)の結果より

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)



【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・ユーザー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の実証・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

<https://www.sat5g-project.eu/concept/>

図 主なユースケース



プロジェクトの参画企業・大学

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一層顕在化 (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

(参考) 量子ネットワーク 関連

量子技術に関する国内外の動向

● 量子技術は、AI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	 EU	 中国
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 10年間、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、国際的な拠点を形成 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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) 
<p>【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)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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) 	<p>【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)</p> 	<p>【量子センシング】 高精度なセンサを開発中(日本に優位性)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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)  <p>(出典：JAMSTEC)</p> <p>自律型無人潜水機 (GPS非依存)</p>
<p>➡ 将来、既存の暗号通信を瞬時に解読可能</p> <p>(出典) 内閣府資料</p>		

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	II 量子拠点の形成	III 国際協力の推進
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 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
--------	------	--------------	------------	------

「量子未来社会ビジョン」(令和4年4月22日 統合イノベーション戦略推進会議)の策定

はじめに

- ✓ 令和2年1月の「量子技術イノベーション戦略」策定以降、**量子コンピュータの国際競争が激化**するとともに、コロナ禍によるDXの急速な進展、カーボンニュートラルなど急激に変化する社会経済の環境に対して**量子技術の役割が増大**
- ✓ 量子技術は**経済安全保障上でも極めて重要な技術**であり、高度な技術の自国保有や人材育成が重要
- ✓ このような環境変化等を踏まえ、有志国との連携も念頭に置きつつ、国際競争力を確保するとともに、生産性革命など産業の**成長機会の創出**やカーボンニュートラル等の**社会課題の解決**のために量子技術を活用し、社会全体のトランスフォーメーションを実現していくため、**量子技術により目指すべき未来社会ビジョンやその実現に向けた戦略**を策定

量子技術イノベーション戦略(令和2年1月)
(量子技術の研究開発)
研究開発(技術ロードマップ等)、量子拠点整備等

量子未来社会ビジョン
(量子技術による社会変革)
量子技術による成長機会創出、社会課題解決等

社会全体のトランスフォーメーション

量子技術を取り巻く環境変化等

国際競争の激化!

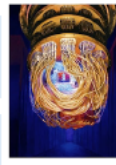
量子産業の国際競争の激化

コロナ禍によるDXの急速な進展

カーボンニュートラル社会への貢献

量子コンピュータを支える基盤技術の発展

経済安全保障上の量子技術の重要性



Google 量子コンピュータ

＜ベンチマーク比較＞

Google(米)(2021年5月公表)
2029年に1,000論理量子ビット

IonQ(米)(2020年12月公表)
2028年に1,024論理量子ビット

日本(ムーンショット)(2020年1月公表)
2030年に数十~100論理量子ビット(加速予定)

本ビジョンの3つの基本的考え方

- ✓ 量子技術を**社会経済システム全体に取り込み**、従来型(古典)技術システムとの融合により(**ハイブリッド**)、我が国の産業の**成長機会の創出・社会課題の解決**
- ✓ 最先端の**量子技術の利活用促進**(量子コンピュータ・通信等のテストベッド整備等)
- ✓ 量子技術を活用した**新産業/スタートアップ企業の創出・活性化**

(出典)内閣府資料

「量子未来社会ビジョン」の実現に向けた取組の全体像

3つの基本的考え方

- ✓ 量子技術を**社会経済システム全体に取り込み**、従来型(古典)技術システムとの融合により(**ハイブリッド**)、我が国の産業の**成長機会の創出・社会課題の解決**
- ✓ 最先端の**量子技術の利活用促進**(量子コンピュータ・通信等のテストベッド整備等)
- ✓ 量子技術を活用した**新産業/スタートアップ企業の創出・活性化**

【各技術分野の取組】

1. 量子コンピュータ

国産量子コンピュータの研究開発の抜本的な強化、産業界への総合支援

- ✓ 量子・古典の**ハイブリッドコンピューティングシステム・サービスの実現**
- ✓ 海外に比肩する国産量子コンピュータの研究開発強化
- ✓ 産業界への総合的な支援(産総研)

2. 量子ソフトウェア

量子コンピュータの利用環境の整備、ソフトウェア研究開発の抜本的な強化

- ✓ 量子コンピュータ**利用環境整備**(テストベッド整備等)
- ✓ **他分野の産業・技術との融合**(産学共創)
- ✓ **量子ソフトウェアの国プロの抜本的な強化**

3. 量子セキュリティ・ネットワーク

量子暗号通信の利用拡大、総合的セキュリティの実現、量子インターネット研究

- ✓ **量子・古典一体での総合的なセキュリティの実現**
- ✓ 技術導入後押しのための**評価・認証制度などの支援**
- ✓ **量子インターネットの国プロ立ち上げ**

4. 量子計測・センシング等

量子計測・センシング技術の応用分野の拡大、事業化支援

- ✓ **応用分野の拡大、利用環境整備**(テストベッド整備等)、**技術基盤の充実**
- ✓ **企業の発掘・事業化支援**
- ✓ **世界最先端の量子マテリアル開発・供給基盤整備**

【イノベーション創出のための基盤的取組】

1. スタートアップ企業の創出・活性化

量子技術を活用した**新産業/スタートアップ企業の創出・活性化**

- ✓ 政府系ファンド等活用などの**起業環境整備、アイデアコンテスト等の新規ビジネス発掘**
- ✓ スタートアップ企業向けの**量子コンピュータ利用支援等**
- ✓ 中小企業の製品・サービスの**調達改善**

2. 量子拠点の体制強化

産業競争力強化等のための新たな拠点形成等、ハッドクォーター拠点の機能強化

- ✓ **グローバル産業支援拠点**(仮称)(産総研)
- ✓ **量子機能創製拠点**(仮称)(QST)
- ✓ **量子ソリューション拠点**(仮称)(東北大学)
- ✓ **国際教育研究拠点**(仮称)(OIST)
- ✓ **ハッドクォーター機能の強化**(理研)

3. 人材の育成・確保

官民一体による産業人材、裾野の広い研究人材の育成

- ✓ 産業界等の幅広い層への**教育プログラム提供、関連情報の一元的な情報提供**
- ✓ **創業・医療、材料、金融等の他分野やAI等の技術分野と融合した人材育成**
- ✓ **裾野の広い若手研究人材の育成**

4. 量子技術の知財化・標準化

オープン・クローズ戦略による量子技術の知財化・標準化の推進

- ✓ 量子技術に関する民間主導の**パテントプール**や運営組織の立ち上げ
- ✓ **国際的なルール作り**を主導する体制
- ✓ 量子暗号通信の**実用化技術の高度化**

5. 国際連携/産学官連携

国際共同研究/海外展開支援/産業・量子拠点の連携体制構築

- ✓ **若手研究者の海外派遣等**
- ✓ 産業界の**海外展開支援**
- ✓ 産学官の組織的な**連携・協力体制構築**

6. アウトリーチ活動

科学館展示、SNS発信、動画等コンテンツ等

- ✓ **科学館展示、SNS等の広報活動**
- ✓ **情報ポータルサイト**など情報提供強化

7. 経済安全保障等

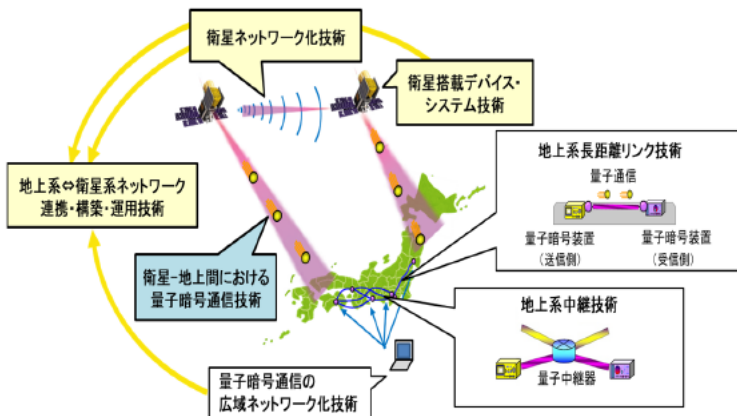
経済安全保障/ビジネス環境整備等

- ✓ **重要な部品・材料のサプライチェーン確保**
- ✓ 政府系ファンド活用等の**リスクマネー供給**

(出典)内閣府資料

総務省の主な研究開発関連予算（量子）

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。

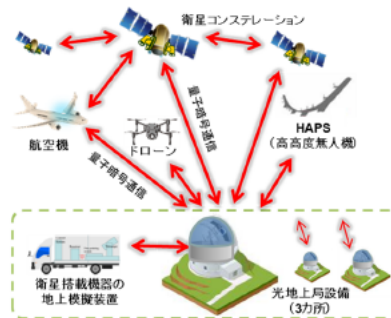
R3補正予算 4.8億円 R4当初予算 27.5億円

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

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



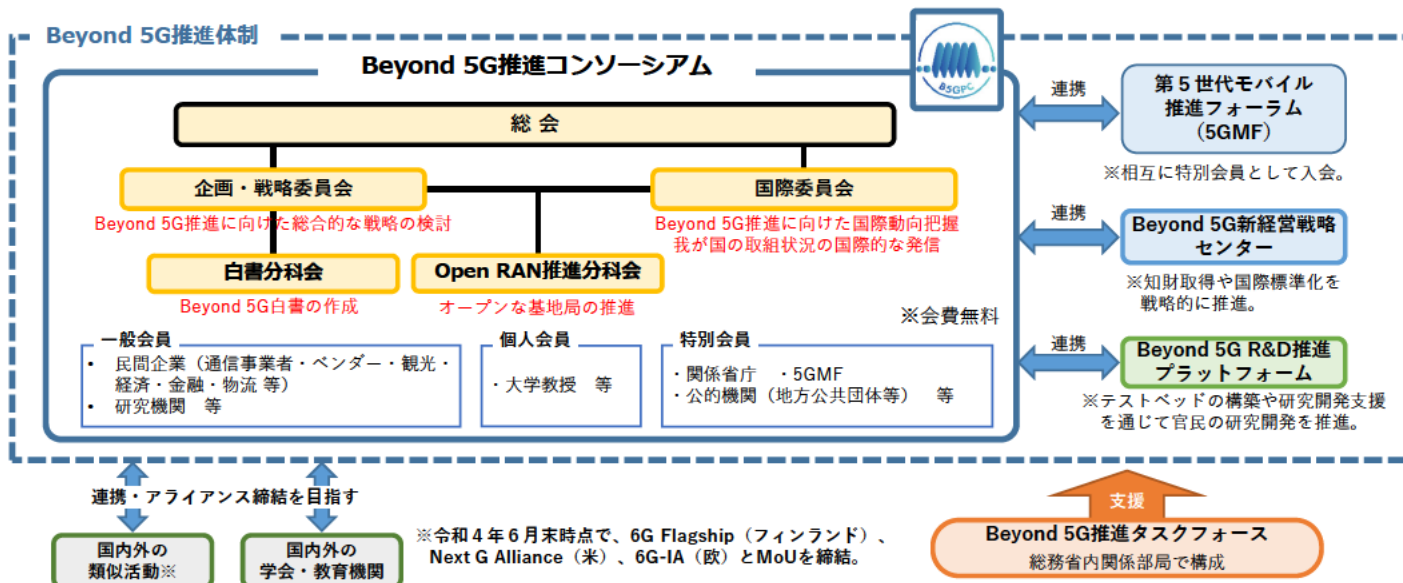
- 多数の衛星を一体的に運用し機能やサービスを提供する衛星コンステレーションで不可欠な量子暗号通信について、天候による影響を回避し、衛星と光地上局の複数地点間の通信ルートを効率的に切替え可能とする設備をNICTに整備。

R3補正予算 50.5億円

（参考） Beyond 5G推進コンソーシアム 関連

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。
- Beyond5Gホワイトペーパーの作成などを通じた2030年代の将来ビジョンの具体化や、国際カンファレンスの開催などによる我が国の取組状況の国際的な発信・国際連携の強化を進めている。



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)、矢澤 俊介 (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)

白書分科会の推進体制

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



白書構成

- **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**



<https://b5g.jp/output.html>

(出典)https://b5g.jp/doc/generalassembly_doc03-wp.pdf
Beyond 5G推進コンソーシアム第3回総会における
白書分科会 主査NTTドコモ 中村 武宏氏資料
(2022年3月18日)

(参考) Beyond 5G国際連携・国際標準化 関連

Beyond 5Gに関する国際連携の推進

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16日)



- 5G及び次世代移動体通信網(6GまたはBeyond 5G)を含む安全なネットワーク及び先進的なICTの研究、開発、実証、普及に投資することによって、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日米両国のICT専門家による連携及び情報交換を強化する。
(別添文書2 日米競争力・強靱性(コア)パートナーシップ — 競争力・イノベーションのセクション)
- 2022年5月にこれまでの成果と今後の取組を確認。(詳細は次ページ参照)

日EU定期首脳協議共同声明付属文書「日EUデジタルパートナーシップ」(2022年5月12日)



- 双方は、強化された研究開発協力を通じたものを含め、安全で高性能、エネルギー効率的かつ持続可能な5G及びBeyond 5G技術の開発及び展開を促進する意向を有する。双方は、オープンで、多様化され、相互運用可能なネットワーク技術に向けた企業主導の取組の状況を共有し、セキュリティ及びエネルギー効率評価やこのような技術の試験施設の開発に関する情報を共有するよう努める。
(本文：パラ28)
 - 双方は、6Gのグローバルなビジョンを共有し、6Gの標準化を含むグローバルな6Gのエコシステムの活性化に向けて取り組む。
(付属：パラ51)
- 2023年の日EU定期首脳協議において、成果と今後の取組を確認予定。

日米豪印首脳会議(クアッド)共同声明(2022年5月24日)



- [5G関係]:5GとBeyond 5Gの領域では、我々はプラハ提案※1を歓迎するとともに、5Gのサプライヤー多様化及びOpen RANに関する協力覚書への署名を通じて相互運用性とセキュリティを進展させる。我々はまた、官民政策対話※2などを通じて産業との連携を深めるとともに、この地域(インド太平洋地域)での開放的で安全な通信技術の整備に関する協力を模索する。
- [技術標準化関係]:我々の国際電気通信連合(ITU)の電気通信標準化部門(ITU-T)などの標準化機関での協力は大きく進捗し、我々はこうした協力を新たな取組である国際標準協力ネットワーク(ISCN)を通じてさらに強化する。こうした協力はこの地域での我々に共通の民主主義的価値観に基づいた技術開発を支える。

※1 2021年11月～12月に開催された「プラハ5Gセキュリティ会議」で公表された5Gなどのオープン化に関する議長提案

※2 Open RANの整備・普及に向け、日米豪印の政府及び関係企業が意見交換をする場として5月9日・10日に開催されたQuad Open RAN Forumを指す。

日米での連携(日米コアパートナーシップの推進)

- 2021年4月16日の日米首脳会談において、特にデジタル分野に焦点を当てた「競争力・イノベーション」の柱を含む「日米競争力・強靱性(コア)パートナーシップ」を立ち上げ。
- これまでに、国際戦略局長を共同議長とする「インターネットエコノミーに関する日米政策協力対話(日米IED)」(2021年11月)や3回の専門家レベル作業部会を省庁横断で実施、日米コアパートナーシップを推進。
- 2022年5月23日に行われた日米首脳会談の成果文書の一部として、日米コアパートナーシップのフォローアップ文書が公表され、Open RANの推進を含め、これまでの成果と今後の取組を確認。

日米コアパートナーシップのファクトシート概要

※総務省関連部分を抜粋
※Beyond 5Gの取組については下線・赤字で記載

<デジタル経済>

- 安全な連結性及び活気あるグローバルなデジタル経済を促進すべく、グローバル・デジタル連結性パートナーシップを立ち上げ(2021年5月)
- 第12回日米IEDの開催(2021年11月)、未来のインターネットに関する宣言の支持

<オープンな無線アクセスネットワーク(Open RAN)>

- 二国間及び日米豪印を通じた5Gサプライヤー多様化及びOpen RANに関する日米協力の強化
- 有志国による電気通信サプライヤー多様性に関するプラハ提案の推進(2021年11-12月)
- 米国が運営する東南アジアにおけるOpen RANの研修アカデミーの立ち上げについて日本が協力を実施(2022年予定)
- 中南米政府関係者とのワークショップ等を通じたOpen RANを含む安全な5Gネットワーク及びオープンで相互運用可能な技術の推進
- 日本による、Beyond 5G国際カンファレンスの開催(2021年11月)、日米共同研究プロジェクト(JUNO)及び新たな日米共同研究開発プロジェクトの実施

<サイバーセキュリティ/重要インフラ強靱性>

- 米国による日ASEANサイバーセキュリティ能力構築センターへの研修用教材の提供

日米豪印（クアッド）での連携

- 日米豪印（クアッド）では、「自由で開かれたインド太平洋」の実現に向けた協力を強化していくため、昨年3月以降これまでに4回の首脳会合（対面・Web）を開催。
- **重要・新興技術作業部会やサイバー上級会合、インフラ調整グループ、宇宙作業部会**等を立ち上げ、これまで集中的な議論を実施。
- 重要・新興技術作業部会では、**5Gのオープン化**や通信等の技術標準化に関する協力につき議論。
- 今般、**5月24日に第4回の日米豪印首脳会合を開催し、成果文書として、共同声明を公表。**
- 併せて、**5Gのオープン化に関しては各国局長級間の覚書（MOC）に署名。**

共同声明（関係抜粋・仮訳）

<5G関係>

5Gとビヨンド5Gの領域では、我々はプラハ提案※1を歓迎するとともに、5Gのサプライヤ多様化及びOpen RANに関する協力覚書への署名を通じて相互運用性とセキュリティを進展させる。我々はまた、**官民政策対話※2**などを通じて**産業との連携を深めるとともに、この地域（インド太平洋地域）での開放的で安全な通信技術の整備に関する協力を模索する。**

<技術標準化関係>

我々の国際電気通信連合（ITU）の電気通信標準化部門（ITU-T）などの標準化機関での協力は大きく進捗し、我々はそうした協力を新たな取組である国際標準協力ネットワーク（ISCN）を通じてさらに強化する。こうした協力はこの地域での我々に共通の民主主義的価値観に基づいた技術開発を支える。

※1 2021年11月～12月に開催された「プラハ5Gセキュリティ会議」で公表された5Gなどのオープン化に関する議長提案

※2 Open RANの整備・普及に向け、日米豪印の政府及び関係企業が意見交換をする場として5月9日・10日に開催されたQuad Open RAN Forumを指す。

Beyond 5G推進コンソーシアムと欧米2団体との協力覚書（MoU）の締結

- 2022年4月～5月、Beyond 5G推進コンソーシアムと欧米の三団体との間で協力覚書を締結。
 - ①6G Smart Networks and Services Industry Association (6G-IA) [欧州]
 - ②Next G Alliance [米国]
- 本MoUを通じて、Beyond 5G/6G推進に向けた欧米との産学官でのアライアンスを強化。

6G-IA（5/2締結済）



- 1) 情報の交換
- 2) 以下の項目についての協力
 - ・6Gのビジョン
 - ・認識、理解及び関与、そして最終的な採用を確実にするための技術の開発と普及
 - ・6Gの要件
 - ・基本的なシステムコンセプト、設計、およびユースケースに関する議論
 - ・6G技術の周波数帯の特定及び周波数調整のための国際的な規制プロセスの支援
 - ・世界的に調和された規格の開発を支援するための、共通の関心事の特定、コンセンサスの形成及び協調
 - ・日欧の研究機関や産業界の連携推進
 - ・6Gのユースケース等

Next G Alliance（5/24締結済）



- 1) 情報や発表の交換
(Exchange of Information and Publications)
- 2) 共同研究開発プロジェクト
(Collaborative Research and Development Projects)

日・フィンランド共同セミナー「デジタル化の社会的影響 ～Beyond 5Gの推進に向けて～」

- ◆ 5月11日（水）、フィンランドのサンナ・マリン首相の来日に合わせて、在京フィンランド大使館及び総務省共催によるBeyond 5Gに関する公開イベントを実施。
- ◆ フィンランドはBeyond 5G/6G分野で世界的に先進的な取組を推進してきたところ、その中心的な役割を担う「6GFlagship」と我が国の「Beyond 5G推進コンソーシアム」は2021年にMoUを締結し、連携を強化。本イベントを通じて、両国間の連携を強化すると共に、我が国のBeyond 5G/6Gの推進に向けた国際連携の取組を一層加速。

1. 日時・出席者

令和4年5月11日（水）10:00-12:00 於：東京大学・安田講堂 ※約650名（現地出席は約250名）が傍聴。

2. 概要

(1) 岸田総理ビデオメッセージ

- Beyond 5Gは、将来の我が国の産業・社会活動の基盤となるもの。その早期かつ円滑な導入に向け、光電融合技術などの革新的な技術開発を推進。
- Beyond 5Gは、民主主義の根幹といえる権利の保護と密接に関連。標準化に向け有志国との連携が重要。
- 昨年、両国の産学官のプロジェクト間で覚書締結。本日の議論を踏まえ、さらなる二国間の連携を推進。



(2) マリン首相講演

- 安全保障環境は様変わりしている。フィンランドは欧州連合(EU)の一員として、対ロシア制裁で日本と緊密に協力。フィンランドは、ロシアのウクライナ侵略の影響を見極め、NATOへの加盟申請を行おうとしている。
- デジタル変革に向けて、信頼、平等、人間中心、グリーン、信頼できるパートナーが重要。
- 日本はフィンランドと同じ価値観を共有。グローバルな基準や規制の策定等には、志を同じくする国々間の協力が不可欠。この協力は、例を挙げると5Gおよび6Gの開発において非常に重要。



(3) 竹内総務審議官講演

- (我が国のBeyond 5Gの取組を紹介しつつ) グローバルな取組に向け、二国間の連携の強化が重要

(4) パネルディスカッション (五神・理研理事長/東大教授、徳田NICT理事長、丸山NTTドコモ副社長、ラトヴァ・アホ・オウル大学教授、ルンドマルク・ノキアCEO、エーローラ・フィンランド・アカデミー理事長、中尾・東大教授)

- デジタルデバイドを解消し、包摂性を持つことが重要。
- 両国研究機関のバーチャル研究ラボの創設、テストベッド・ユースケースの相互共有等の取組を推進。



(5) 金子大臣閉会挨拶

- 日本とフィンランドは世界に先がけて、官民総合で強力なタッグを組んで取り組む。フィンランドをはじめ、多くの有志国と更なる連携を図っていく。

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

2021年度開始の国際共同研究



- 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) シェアプ、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

2022年度開始の国際共同研究



【戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE)】

- 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)
- 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

【NICT】

- 米国と「次世代コアとBeyond 5G/6Gネットワークに関する日米共同研究」
(NICTと米国国立科学財団(NSF)で共同公募)
- 期間：3年間
- 採択件数：4件

- 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国際標準化の戦略的推進

- 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



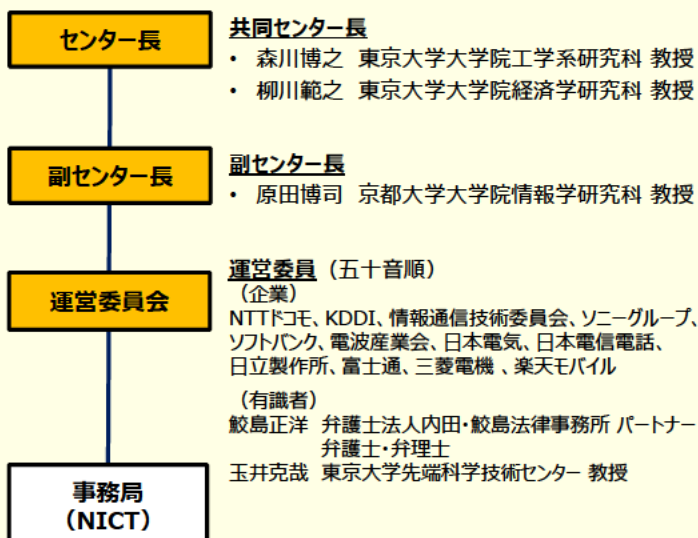
Beyond 5G新経営戦略センターの概要

- 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×マ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

国際標準化機関等における議長・副議長職の獲得推移

- 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。

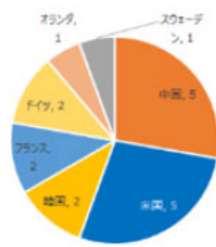
ITU-R	SG議長/副議長及びWP議長の上位国		ITU-T	SG議長/副議長及びWP議長の上位国		
	2006年	2021年		2005年	2021年	
	日本	7	4	日本	17	15
	米国	14	9	米国	15	7
	中国	2	6	中国	8	19
	欧州	23	29	欧州	40	16
	韓国	1	6	韓国	5	17
	その他	25	63	その他	31	75
	総数	72	117	総数	116	149

<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）

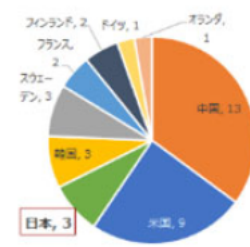
※「国別」とは、議長または副議長が所属する組織の本拠地を指すものとする（次頁以降も同様）

総務省調べ（2021年）

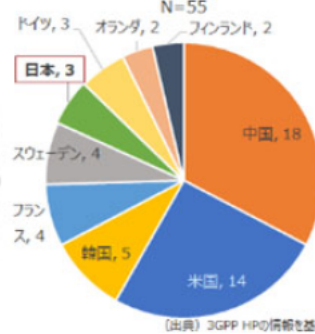
【議長職（全体会議+各WG）】
N=18



【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



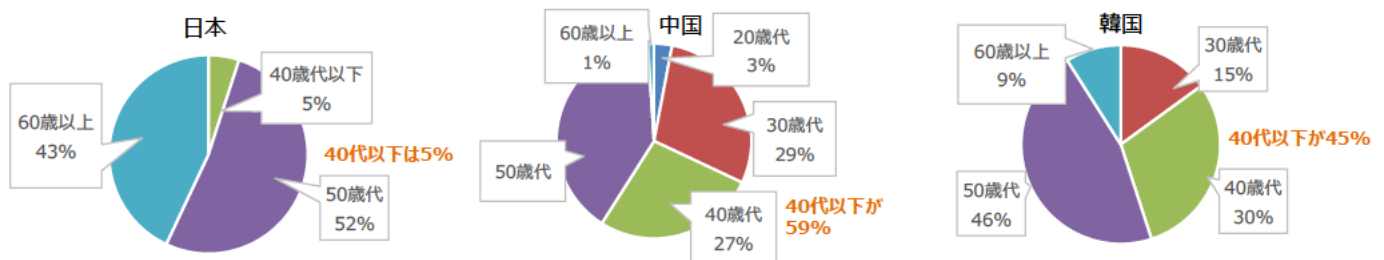
【出典】3GPP HPDの情報を基に作成

（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 デジタ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

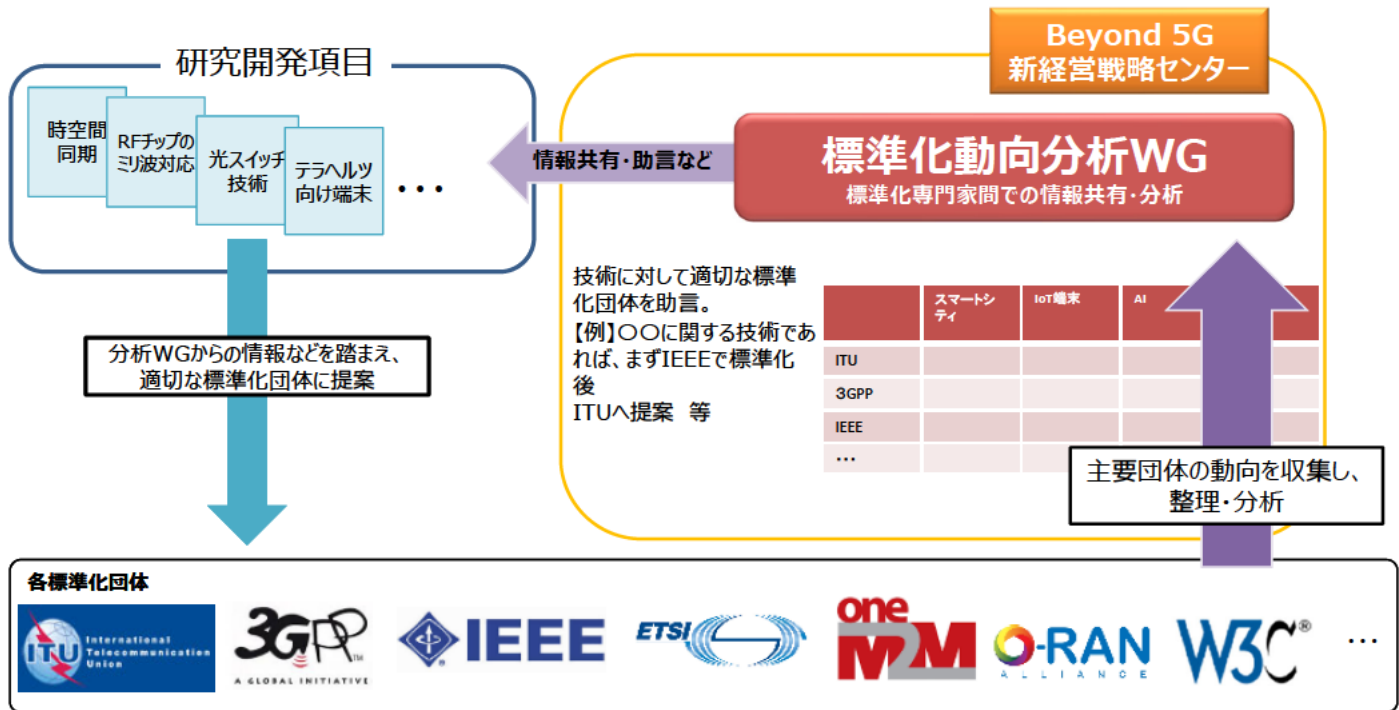
✓ 「国際標準化活動への経営層等の理解不足（51%）」の回答も半数以上あった

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

（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

国際標準化機関等における情報収集分析体制の構築

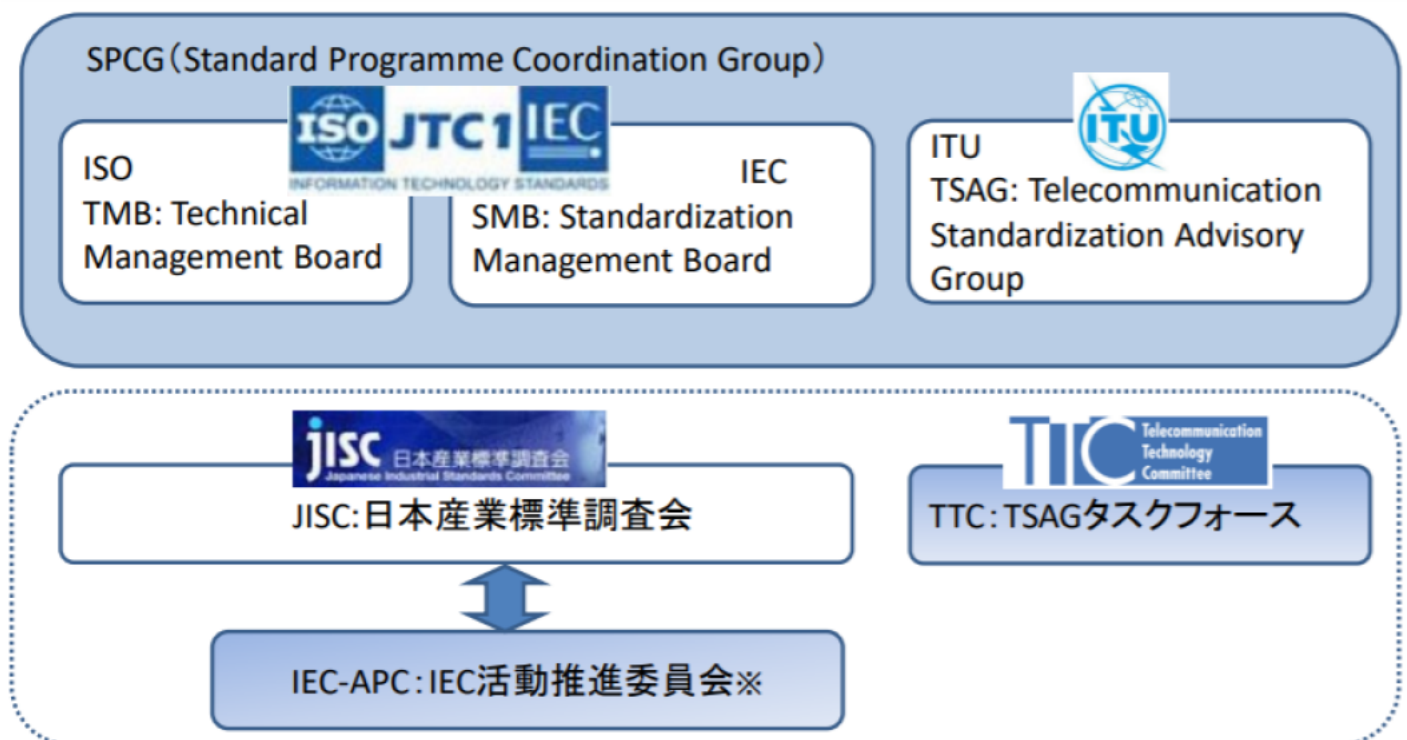
- B5Gにおける標準化活動については、ITUや3GPPといった標準化機関のほか、多様なフォーラムでの活動が見込まれる。こうした状況下で研究開発の成果を踏まえた適切な標準化活動が実施できるよう、B5G新経営戦略センターの下、標準化専門家間の情報共有・分析のためのワーキンググループを設置する。



(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

(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

情報通信技術分科会及び技術戦略委員会 開催状況

会議・開催日	議題等
第 45 回情報通信審議会総会 (2021.9.30)	○「Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方」について(諮問) 【令和3年9月30日付け 諮問第27号】
第 159 回情報通信技術分科会 (2021.10.26)	○「Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方」について(諮問) 【令和3年9月30日付け 諮問第27号】
第 27 回技術戦略委員会 (2021.11.4)	○Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方に関する検討について(事務局) ○Beyond 5G 推進コンソーシアムの活動状況等について ・中村 武宏 オブザーバー((株)NTTドコモ執行役員、Beyond 5G 推進コンソーシアム企画・戦略委員会白書分科会主査) ○Beyond 5G 新経営戦略センターの活動状況等について ・森川 博之 構成員(Beyond 5G 新経営戦略センター共同センター長、Beyond 5G 推進コンソーシアム企画・戦略委員長)
第 28 回技術戦略委員会 (2021.11.18)	○Beyond 5G の推進等に関する関係者からのプレゼンテーション ・中尾 彰宏 オブザーバー(東京大学大学院工学系研究科教授、Beyond 5G 推進コンソーシアム国際委員長) ・徳田 英幸 オブザーバー(国立研究開発法人情報通信研究機構(NICT)理事長) ・小西 聡 構成員(KDDI(株)技術統括本部技術戦略本部副部长)
第 29 回技術戦略委員会 (2021.12.1)	○Beyond 5G の推進等に関する関係者からのプレゼンテーション ・川添 雄彦 構成員(NTT(株) 常務執行役員、IOWN Global Forum 会長) ・森田 俊彦 構成員(富士通(株) エグゼクティブフェロー) ・種谷 元隆 オブザーバー(シャープ(株) 常務執行役員、研究開発事業本部長) ・浅井 光太郎 オブザーバー(三菱電機(株) 開発本部開発業務部技術顧問) ・山田 昭雄 オブザーバー(日本電気(株) 執行役員)
第 30 回技術戦略委員会 (2022.1.13)	○中間論点整理について(事務局) ○知財・国際標準化戦略について(Beyond 5G 新経営戦略センター戦略検討タスクフォースの中間報告) ・森川 博之 構成員(Beyond 5G 新経営戦略センター戦略検討タスクフォース主査)
第 31 回技術戦略委員会 (2022.1.28)	○Beyond 5G に向けた技術戦略の具体化について(宇宙ネットワーク、量子技術) ・宇宙ネットワークの技術戦略(総務省宇宙通信政策課) ・佐々木 雅英 オブザーバー(NICT 量子 ICT 協創センター長) ・島田 太郎 オブザーバー(量子技術による新産業創出協議会実行委員長、東芝デジタルソリューションズ(株)社長)
第 32 回技術戦略委員会 (2022.2.10)	○Beyond 5G に向けた技術戦略の具体化について(ネットワークアーキテクチャ、グリーン ICT、国際競争力 等) ・中尾 彰宏 オブザーバー(東京大学大学院工学系研究科教授) ・鈴木 淳一 オブザーバー((株)NTT データ グリーンイノベーション推進室) ・桑津 浩太郎 オブザーバー((株)野村総合研究所 未来創発センター研究理事) ・杉浦 孝明 オブザーバー((株)三菱総合研究所営業本部)
第 33 回技術戦略委員会 (2022.2.28)	○Beyond 5G に向けた技術戦略の具体化について(Beyond 5G 推進コンソーシアム白書のとりまとめ状況、通信事業者の取組 等) ・中村 武宏 オブザーバー(NTTドコモ(株)執行役員、Beyond 5G 推進コンソーシアム企画・戦略委員会白書分科会主査) ・小西 聡 構成員(KDDI(株)技術戦略本部副部长、Beyond 5G 推進コンソーシアム企画・戦略委員会白書分科会ビジョン作業班リーダー) ・中村 隆治 オブザーバー(富士通(株)事業戦略室、Beyond 5G 推進コンソーシアム企画・戦略委員会白書分科会技術作業班リーダー) ・上村 治 オブザーバー(ソフトバンク(株) 渉外本部 本部長代理 電波政策統括室長) ・朽津 光広 オブザーバー(楽天モバイル(株) 品質保証プラットフォーム本部 QA マルチアクセス部)

第 34 回技術戦略委員会 (2022.3.25)	○関係者からのプレゼンテーション(人材育成環境の整備) ・原田 博司 オブザーバー(京都大学大学院情報学研究科通信情報システム専攻) ○報告書骨子案について(研究開発戦略)(事務局) ○知財・国際標準化戦略について(Beyond 5G 新経営戦略センター戦略 検討タスクフォースの最終報告) ・森川 博之 構成員(Beyond 5G 新経営戦略センター戦略検討タスクフォース主査)
第 35 回技術戦略委員会 (2022.4.12)	○報告書案について
第 36 回技術戦略委員会 (2022.4.27 メール開催)	○報告書案について
報告書案についての意見募集(2022.5.7~2022.6.6)	
第 37 回技術戦略委員会 (2022.6.15)	○報告書案の意見募集結果等について
第 164 回情報通信技術分科会 (2022.6.21)	○「Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方」について (中間答申案)【令和3年9月30日付け 諮問第27号】
第 46 回情報通信審議会総会 (2022.6.30)	○「Beyond 5G に向けた情報通信技術戦略の在り方」について (中間答申)【令和3年9月30日付け 諮問第27号】