

新たな情報通信技術戦略の在り方
〈平成 26 年 12 月 18 日付け諮問第 22 号〉

第 4 次中間報告書（案）

～ Beyond 5G 時代における新たな ICT 技術戦略 ～

令和 2 年 7 月 1 日

技術戦略委員会

目次

はじめに

第1章 検討の背景	1
1.1 我が国における ICT の現状・動向	1
1.2 我が国を取り巻く課題	5
1.3 政府における研究開発戦略の動向	10
1.4 総務省における研究開発等の取組	15
1.4.1 総務省における研究開発戦略	15
1.4.2 総務省における研究開発の取組	20
1.5 検討事項	23
第2章 国として重点的に取り組むべき研究開発	24
2.1 戦略的に進めるべき研究領域.....	24
2.2 重点研究開発課題	30
2.2.1 国が主導して推進すべき研究開発課題の考え方	30
2.2.2 各重点研究開発課題の概要.....	32
第3章 研究開発の推進方策	49
3.1 技術シーズを社会実装するオープンイノベーション方策	49
3.1.1 戦略的な外部連携	49
3.1.2 戦略策定機能	51
3.1.3 社会課題・地域課題解決	53
3.2 技術をベースとする ICT スタートアップ・ベンチャーの創出・成長	54
3.2.1 技術シーズを有するスタートアップ・ベンチャーへの支援	54
3.2.2 研究開発法人発ベンチャー	57
3.3 社会に新たな価値を生み出すハブとなる産学連携拠点形成	59
3.3.1 産学連携拠点形成	59

3.3.2	テストベッド	61
3.4	政府の研究開発制度設計	63
3.4.1	基礎・基盤的な研究開発の強化	63
3.4.2	研究開発制度設計	65
3.5	イノベーションを生み出す源泉である「人材」の確保・育成・交流	67
3.5.1	研究人材の確保・育成・キャリアパス.....	67
3.5.2	流動性・多様性・イノベーション人材.....	69
第4章	標準化の推進方策.....	71
4.1	標準化を取り巻く状況の変化.....	71
4.2	標準化に関する取組の方向性.....	75
4.2.1	注力すべき標準化領域.....	76
4.2.2	標準化活動の推進方策.....	90
4.2.3	標準化人材の確保・育成方策.....	96
参考資料 1	重点研究開発課題に関する工程表	
	電磁波先進技術分野.....	2
	革新的ネットワーク分野	8
	ユニバーサルコミュニケーション分野	31
	サイバーフィジカルレジリエンス分野.....	38
	フロンティアサイエンス分野	47
	分野横断的課題	71

参考資料 2

諮問書	1
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	3
情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会 重点領域WG 構成員名簿	4
情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会 共創イノベーションWG 構成員名簿	5
情報通信審議会 情報通信技術分科会 技術戦略委員会 標準化戦略WG 構成員名簿	6
開催経緯	7

はじめに

あらゆる人とモノがつながり、様々な知識や情報が共有され、これまでにない新たな価値を生み出すことで、課題や困難を克服する「Society 5.0」が実現された社会において、ICT はサイバー空間とフィジカル空間を融合させる必要不可欠な社会インフラの基盤となる。その ICT 分野において技術の進展は著しく、本年は 5G の商用サービスが開始されたが、次の世代の Beyond 5G に向けた技術開発競争が今まさに始まろうとしている。こうした状況下において、我が国の国際競争力強化の観点からも研究開発を戦略的かつ積極的に推し進め、Beyond 5G の推進等を図ることが喫緊の課題となっている。

一方、我が国が抱える課題を振り返ると、少子高齢化の進展や生産年齢人口の減少が我が国の産業・地域の姿や雇用・労働環境に構造変化をもたらすなど課題は深刻化しているが、限られた労働力で多くの付加価値を生み出すためにも ICT は重要な役割を果たす。国連で合意された国際的な開発目標 SDGs の達成に向けて、ICT をはじめとする科学技術によるイノベーションが様々な課題を解決するとの期待も高まっている。

また、総務省が所管する国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）では、令和 3 年度より新たな 5 ヶ年の中長期計画期間が開始される予定であり、ICT 分野における我が国の基盤となる研究開発の推進と社会への成果展開を一層強力に実行することが期待されている。

情報通信審議会では、「新たな情報通信技術戦略の在り方（平成 26 年 12 月 18 日諮問第 22 号）」について、これまで 3 回の間答申を受けており、それらに基づき様々な研究開発プロジェクトを推進してきたが、昨今の状況を踏まえ、新たな情報通信技術戦略を策定すべく、令和元年 10 月より情報通信技術分科会技術戦略委員会の検討を再開し、議論が進められてきた。

本中間報告書は、Society 5.0 の実現、国内外の社会課題の解決、国際競争力の強化等に向けた ICT 技術戦略を推進し、次期科学技術基本計画及び NICT の次期中長期目標の策定等に資するため、今後国が重点的に取り組むべき ICT 分野の技術課題や社会実装方策等についてとりまとめたものである。

第1章 検討の背景

1.1 我が国における ICT の現状・動向

(1) 情報通信基盤 (ICT インフラ) の現状

我が国においては、世界最高水準の ICT インフラを目指して光ファイバや移動通信システムによるブロードバンド整備を推進し、これまでに超高速ブロードバンドの利用可能世帯率は 99.9%¹を達成し、移動通信システムについては LTE/4G の人口カバー率は 90%以上²となっている。また、2020 年 3 月からは第 5 世代移動通信システム (5G) の商用サービスも開始されるなど、高度な ICT インフラが広く普及しているところである。

一方、動画ストリーミングサービスの爆発的な普及などにより、世界の通信トラフィックは 2018 年から 2021 年にかけて 2 倍に増加すると予測されるとともに、IoT デバイスも様々な用途で増加が見込まれており (図 1-1)、今後も急激な増加が見込まれるトラフィックやデバイスに対応した ICT インフラの高度化を実現する技術が求められている。

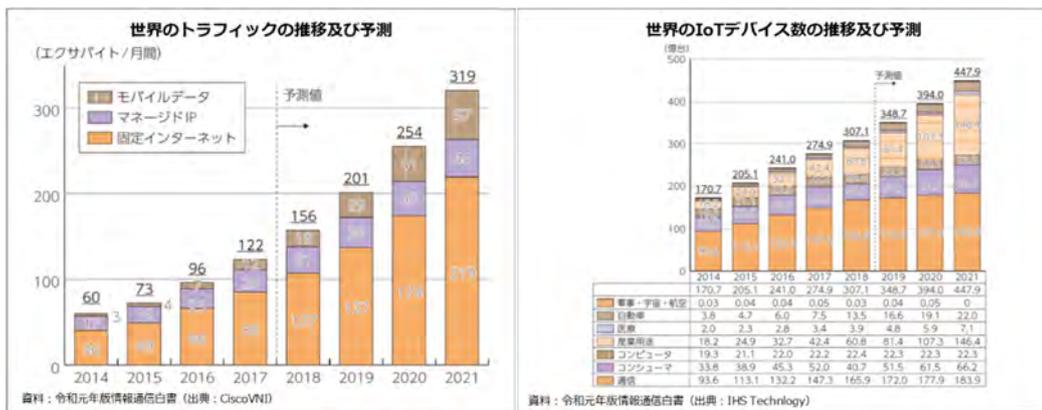


図 1-1 通信トラフィック及び IoT デバイス数の増大

(2) IoT/AI/5G の展開

IoT デバイスの急速な普及により様々なモノがインターネットにつながる時代が到来し、あらゆる分野において AI が活用されるなど、これらの技術の社会への浸透が進んでいる。また、超高速、超低遅延、多数同時接続により社会に大きなインパクトを生み出す 5G が今後普及することで、様々な分野における ICT の導入が更に加速する (図 1-2)。

¹ 情報通信白書 (平成 28 年度版) 第 2 部 第 2 節 ICT サービスの利用動向

² 令和元年度 携帯電話及び全国 BWA に係る電波の利用状況調査

(3) ICT を取り巻く脅威 (サイバーセキュリティ)

ICT が経済社会の必要不可欠な基盤となり、人々の生活に様々な恩恵をもたらす一方で、サイバー空間における脅威が増加している。

国内外におけるサイバー攻撃の状況を観測している NICT では、2019 年において、3,279 億回のサイバー攻撃関連通信を観測しており、3 年前と比べて 2.6 倍の増加となっている (図 1-4)。また、データ漏洩やサイバー犯罪による被害の増加を示す報告もあり、このようなサイバー攻撃に対応する高度なサイバーセキュリティ技術が求められる状況となっている。



図 1-4 サイバーセキュリティ上の脅威

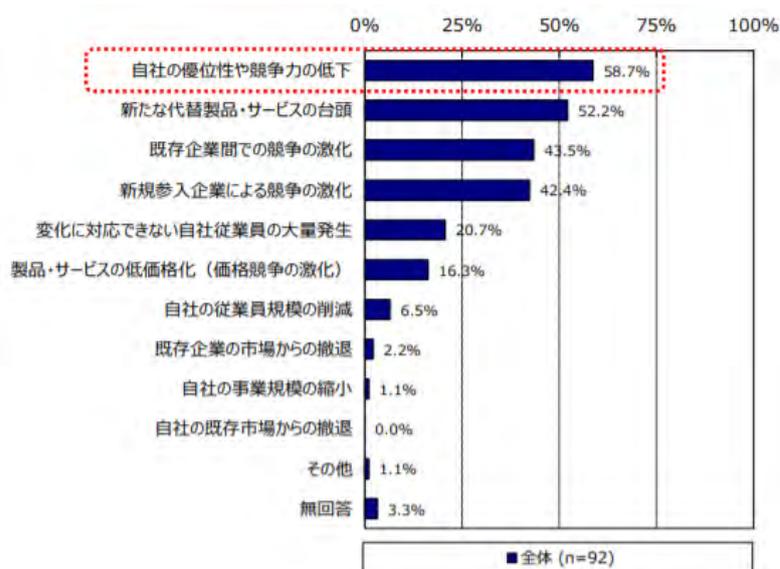
(4) デジタルトランスフォーメーション (DX) の進展

「ICT の浸透が人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させる」、いわゆるデジタルトランスフォーメーション (DX) と呼ばれる概念が注目されている。ウメオ大学 (スウェーデン) のエリック・ストルターマン教授が 2004 年に提唱した概念であり、経済産業省が 2018 年 12 月に公表した「デジタルトランスフォーメーションを推進するためのガイドライン (DX 推進ガイドライン)

Ver.1.0」³では、DXを「企業がビジネス環境の激しい変化に対応し、データとデジタル技術を活用して、顧客や社会のニーズを基に、製品やサービス、ビジネスモデルを変革するとともに、業務そのものや、組織、プロセス、企業文化・風土を変革し、競争上の優位性を確立すること」と定義している。

また、情報通信白書（令和元年度版）では、従来の情報化／ICT利活用とDXの最大の違いとして、従来の情報化／ICT利活用では、「既に確立された産業を前提に、あくまでもその産業の効率化や価値の向上を実現するものであった」のに対し、DXにおいては、「その産業のビジネスモデル自体を変革していくということである」としている。

独立行政法人情報処理推進機構（IPA）が2019年4月に東証一部上場企業に対し実施したアンケート調査によれば、AIやIoT等のデジタル技術の普及による自社への影響について「自社の優位性や競争力の低下」を回答した企業が約6割と最多であり、多くの企業がデジタル化による競争の進展に強い危機感を抱いていることが分かる（図1-5）。



出所) IPA「デジタル・トランスフォーメーション推進人材の機能と役割のあり方に関する調査」（平成31年4月12日）

図 1-5 デジタル技術の普及による影響の調査結果

³ <https://www.meti.go.jp/press/2018/12/20181212004/20181212004.html>

1.2 我が国を取り巻く課題

(1) 社会的課題

(ア) 持続可能な開発目標 (SDGs)

2015年9月の国連サミットにおいて「持続可能な開発目標 (SDGs)」が採択され、「誰一人取り残さない」持続可能で多様性と包摂性のある社会の実現のため、2030年を年限とする17の国際社会全体の普遍的目標が示された（その下に、169のターゲット、232の指標が決められている）。

我が国においても、国内外においてSDGsを達成するための中長期的な国家戦略として「持続可能な開発目標 (SDGs) 実施指針」⁴が策定されるなど、関係省庁が一体となって、あらゆる分野のステークホルダーとの協同的なパートナーシップにより、SDGs達成年限の2030年を意識した行動を加速・拡大することとしている。



図 1-6 持続可能な開発目標 (SDGs)

(イ) 日本の社会構造の変化

近年急速に進展する人口減少・少子高齢化は、我が国の産業・地域の姿や雇用・労働環境など様々な方面に対して、これまで我が国が経験したことのない構造変化をもたらすと予測されている。日本の人口は2010年にピークを迎えて以降減少が続く一方、世界人口は引き続き増加が見込まれる。また、我が国では、

⁴持続可能な開発目標 (SDGs) 実施指針 (平成 28 年 12 月 22 日策定、令和元年 12 月 20 日改訂)

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/sdgs/pdf/jisshi_shishin_r011220.pdf

2040 年頃団塊ジュニア世代の高齢化等により高齢者人口がピークになると予想されており、他国より約 20 年先行して未知の超高齢化を経験することとなる。特に、高齢化に伴い医療・介護サービスの需要が増える一方、労働人口の減少による労働力不足の深刻化等が懸念されている（図 1-7）。

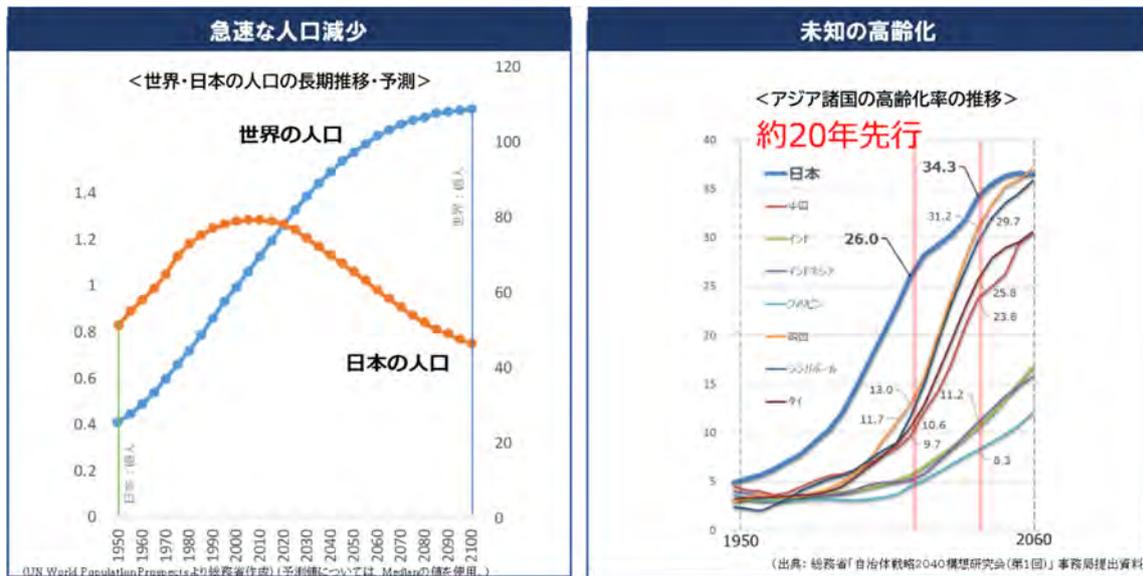


図 1-7 日本及び諸外国における人口構造の変化

(ウ) 自然災害の増加

我が国における自然災害による被害の内訳をみると、発生件数は「台風」が 57.1%と最も多く、次いで「地震」、「洪水」となっているが、被害額は広域に甚大な被害をもたらす「地震」が 8 割超を占めている（図 1-8）。大地震は今後も高い確率で発生が予想されており、関東から九州の広い範囲で強い揺れと高い津波が発生するとされる南海トラフ地震と、首都中枢機能への影響が懸念される首都直下地震は、今後 30 年以内に 70%以上の確率で発生すると予想されている⁵。また、平成 30 年 7 月豪雨（西日本豪雨）のような激甚災害指定の豪雨災害をもたらす大雨の発生件数が、過去 35 年で 1.45 倍に増加しており、気候変動の影響により水害による災害の頻発も懸念され、自然災害時の通信環境確保と迅速な復旧に不可欠な、堅牢な通信インフラの実現に向けた技術がこれまで以上に求められる。

⁵ <http://www.bousai.go.jp/kyoiku/hokenkyousai/jishin.html>

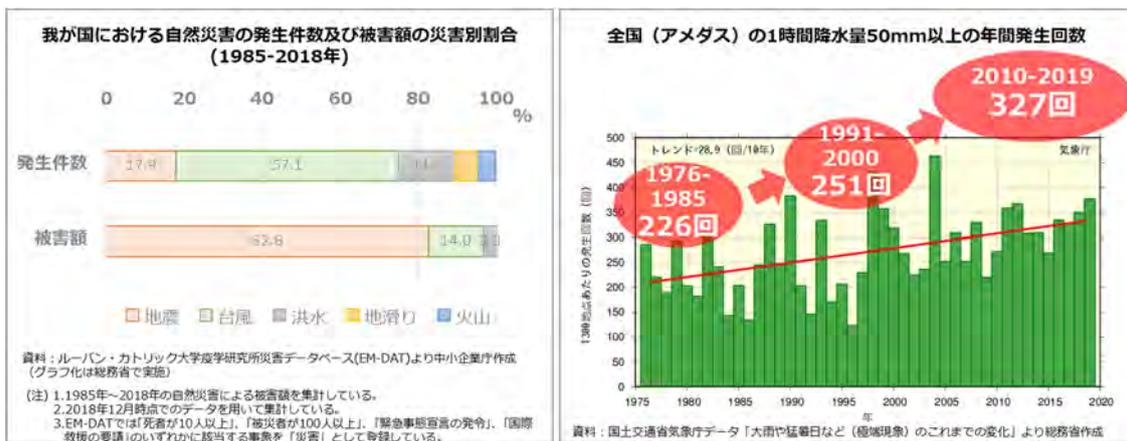
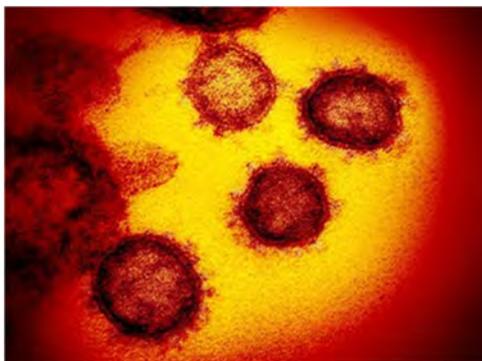


図 1-8 我が国の自然災害の発生状況

(エ) 新型コロナウイルス感染症

2002年に流行したSARS（重症急性呼吸器症候群）や2009年に流行した新型インフルエンザ（A/H1N1）など、医療技術が発達した現代においても、新興感染症の流行が問題となっている。

特に、2019年12月以降、新型コロナウイルス感染症（COVID-19）が世界的な広がりを見せ、世界保健機関（WHO）が「国際的に懸念される公衆衛生上の緊急事態」を宣言するなど、パンデミックと言われる世界的流行となった。



出所) 米国立アレルギー感染症研究所

図 1-9 新型コロナウイルス

我が国においても、新型コロナウイルスの感染拡大により、2020年4月7日に「新型インフルエンザ等対策特別措置法に基づく緊急事態宣言」が発出されるなど、国民の命・生活・経済に深刻な影響を与えている。感染を回避するための外出自粛要請等がなされた結果、外出を回避する必要から遠隔診療やテレワーク、オンライン教育等の導入が進むなど、ICTによる社会変革が待たなしという状況になりつつある。変化した社会の仕組みや価値観は不可逆的で元に戻らない可能性も高く、そのような状況下では、急増するトラフィックに対応する高

品質な通信環境が求められるなど、通信インフラ等 ICT の重要性がより一層高まっている。

(2) 研究開発力を取り巻く課題

(ア) 基礎研究力の衰退

図 1-10 にあるとおり、主要国における論文数シェア及び Top10%補正論文数シェアの推移では、我が国は 2000 年以降低下を続け、論文の量・質ともに主要国をリードできていない状況にあり、基礎研究力の衰退が懸念されている。また、産業界においても、国際競争の激化により、研究開発費の多くを短期的研究に振り向けざるを得ず、中長期的な研究開発投資が困難な状況にあり、我が国の研究開発力の強化が急務となっている。

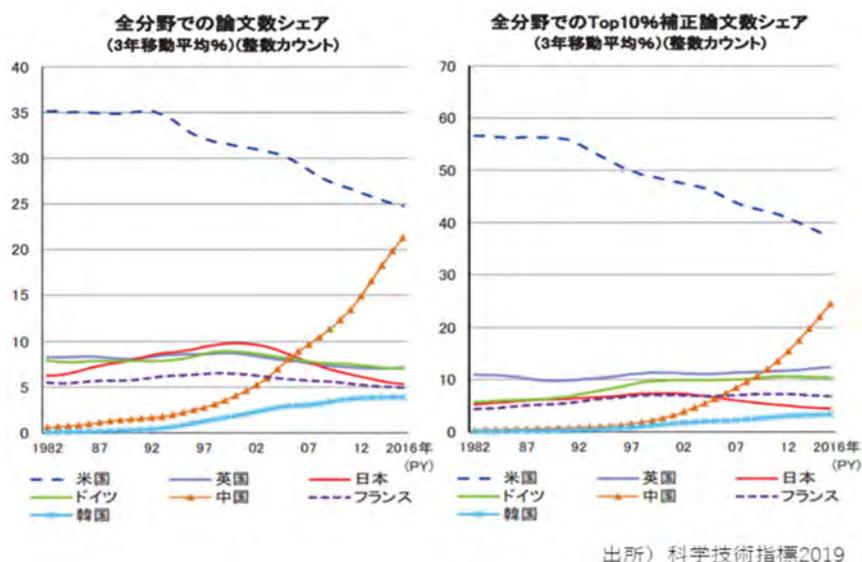
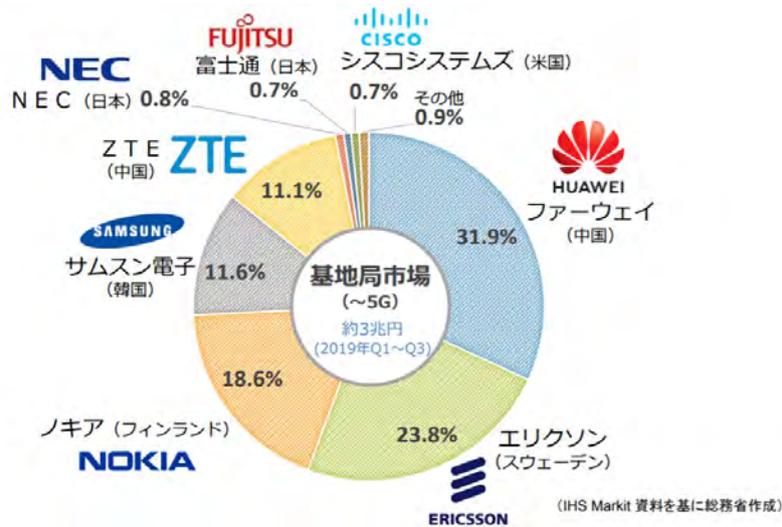


図 1-10 主要国における論文数シェアの推移

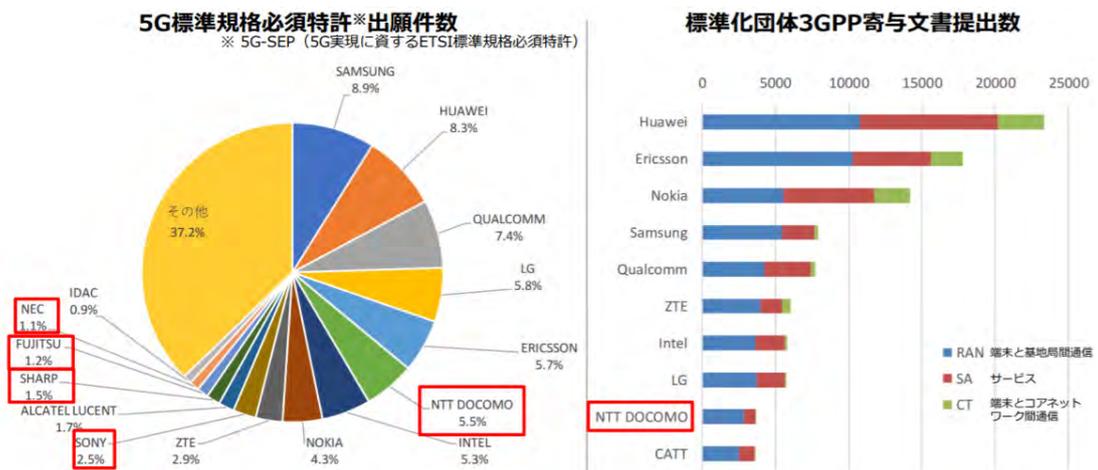
(イ) グローバル市場における競争力

5G における市場シェア等を見てみると、グローバルの基地局市場では、日本企業のシェアは 1~2%と苦戦が続き (図 1-11)、また 5G 標準規格必須特許の出願件数及び標準化団体 3GPP に提出された寄与文書数においても諸外国企業が上位を占めている状況であり (図 1-12)、グローバル市場における日本企業の競争力低下という危機感の下、巻き返しを図る策が求められている。



出所) 総務省 Beyond 5G 推進戦略懇談会第1回資料

図 1-11 グローバル市場における基地局 (5G 含む) シェア



調査期間：2013年1月1日から2018年6月30日 (出典：5G標準規格必須特許 (5G-SEP) 候補および標準化寄与調査報告書 (サイバー創研))

出所) 総務省 Beyond 5G 推進戦略懇談会第1回資料

図 1-12 5G 関連知財・標準化の状況

1.3 政府における研究開発戦略の動向

(1) 科学技術基本計画

我が国では、平成7年に制定された「科学技術基本法」に基づき、「科学技術基本計画」を策定し、長期的視野に立って体系的かつ一貫した科学技術政策を実行している。これまで、第1期（平成8～12年度）、第2期（平成13～17年度）、第3期（平成18～22年度）、第4期（平成23～27年度）、第5期（平成28～令和2年度）の科学技術基本計画が策定され、これらに沿って政府全体の科学技術政策が推進されてきた（図1-13）。

平成28年1月に閣議決定された第5期科学技術基本計画では、ICTの進化等により社会・経済の構造が日々大きく変化する「大変革時代」が到来し、国内外の課題が増大・複雑化する中で科学技術イノベーション推進の必要性が増し、過去20年間でLEDやiPS細胞などのノーベル賞受賞に象徴されるような成果が上げられた一方で、科学技術における「基盤的な力」の弱体化、政府研究開発投資の伸びの停滞などが指摘されている。こうした背景の下、4つの目指すべき国の姿（持続的な成長と地域社会の自律的発展、国及び国民の安全・安心の確保と豊かで質の高い生活の実現、地球規模課題への対応と世界の発展への貢献、知の資産の持続的創出）とともに、以下の4本の柱が掲げられている。

i) 未来の産業創造と社会変革

自ら大きな変化を起こし、大変革時代を先導していくため、非連続なイノベーションを生み出す研究開発を強化し、新しい価値やサービスが次々と創出される「超スマート社会」を世界に先駆けて実現するための一連の取組を更に深化させつつ「Society 5.0」として強力に推進する。

ii) 経済・社会的な課題への対応

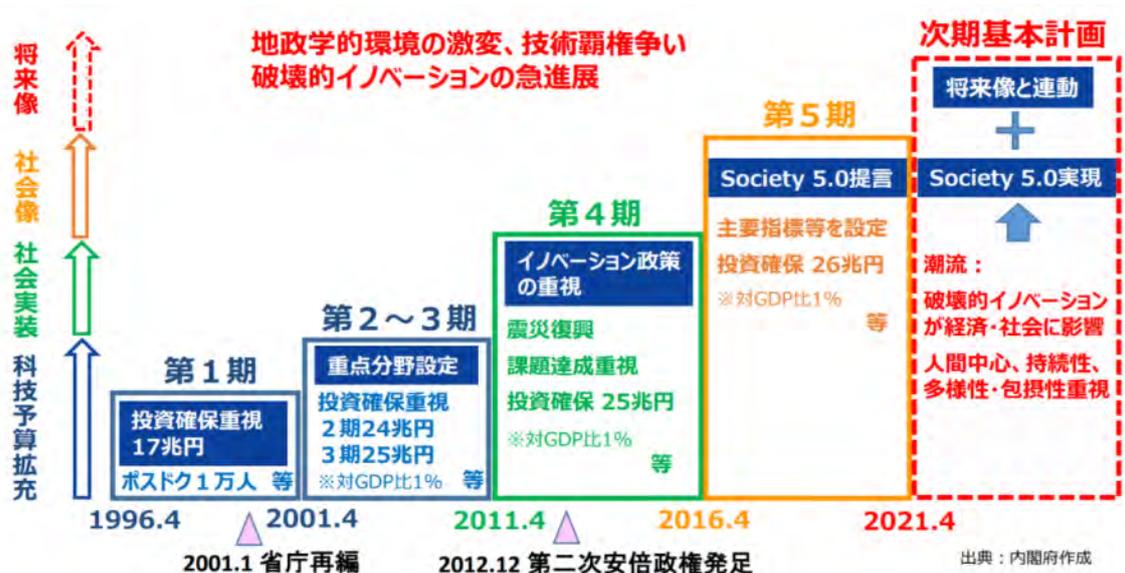
国内又は地球規模で顕在化している課題に先手を打って対応するため、国が重要な政策課題を設定し、課題解決に向けた科学技術イノベーションの取組を進める。

iii) 基盤的な力の強化

今後起こり得る様々な変化に対して柔軟かつ的確に対応するため、若手人材の育成・活躍促進と大学の改革・機能強化を中心に、基盤的な力の抜本的強化に向けた取組を進める。

iv) 人材、知、資金の好循環システムの構築

国内外の人材、知、資金を活用し、新しい価値の創出とその社会実装を迅速に進めるため、企業、大学、公的研究機関の本格的連携とベンチャー企業の創出強化等を通じて、人材、知、資金があらゆる壁を乗り越え循環し、イノベーションが生み出されるシステム構築を進める。



出所) 第1回総合科学技術・イノベーション会議基本計画専門調査会資料

図 1-13 科学技術基本計画の変遷

現在、総合科学技術・イノベーション会議（CSTI）⁶に設置された「基本計画専門調査会」において、第5期科学技術基本計画の進捗状況・課題の把握等のレビューが実施され、第6期科学技術基本計画の策定に向けた検討が行われている。

（2）統合イノベーション戦略

CSTI が司令塔となり、科学技術基本計画の下、毎年度「科学技術イノベーション総合戦略」を策定し、施策の重点化等を着実に実行してきた。しかし、世界で破壊的イノベーションが進展するなどゲームの構造が一変し、過去の延長線上の政策では世界に勝てないという認識の下、従来の総合戦略を抜本的に見直し、平成30年6月「統合イノベーション戦略」が策定された。我が国を「世界で最もイノベーションに適した国」にすることを通じた「超スマート社会＝Society 5.0」の実現を目標として、基礎研究から社会実装までのイノベーション政策を政府が一体となって統合的に推進できるよう施策や体制が大幅に強化された。令和元年6月には、内外の情勢変化による強化・見直しを行った「統合イノベーション戦略 2019」が策定された（図 1-14）。

⁶ 内閣総理大臣、科学技術政策担当大臣のリーダーシップの下、各省より一段高い立場から、総合的・基本的な科学技術・イノベーション政策の企画立案及び総合調整を行うことを目的とした「重要政策に関する会議」の一つ

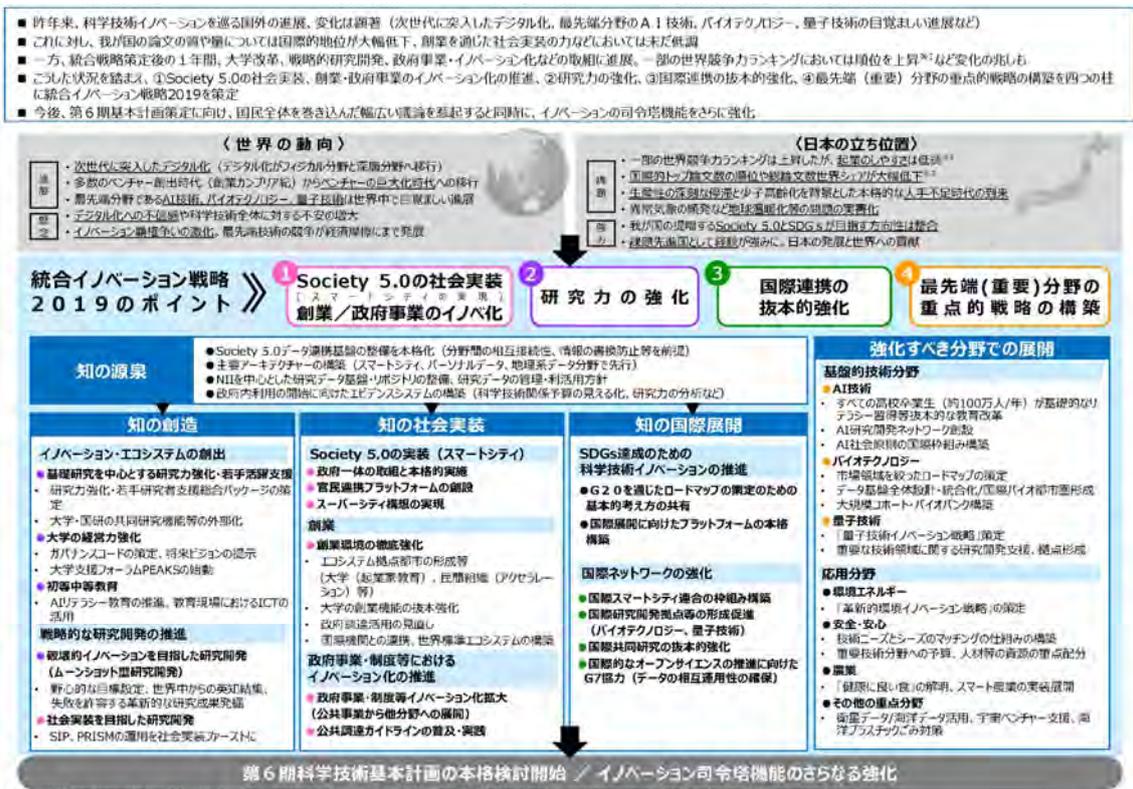


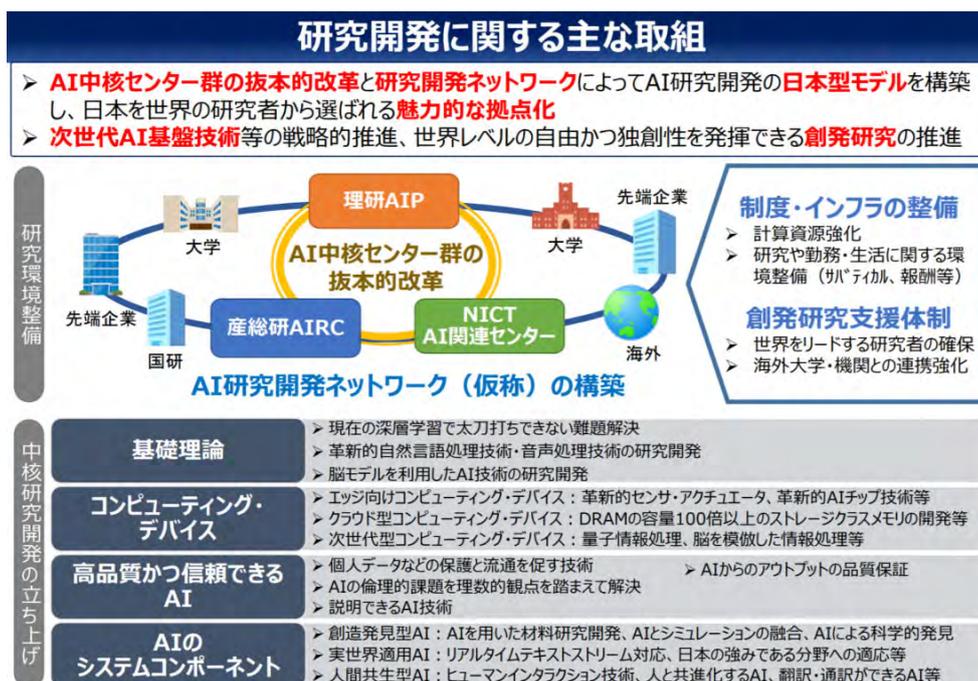
図 1-14 統合イノベーション戦略 2019 概要

(3) 統合イノベーション戦略推進会議

また、「統合イノベーション戦略（平成 30 年 6 月）」に基づき、イノベーションに関連が深い政府の司令塔会議⁷について、横断的かつ実質的な調整を図る「統合イノベーション戦略推進会議」が平成 30 年 7 月に設置され、AI や量子技術などの重点分野について個別の戦略を策定・推進している。

令和元年 6 月に策定された「AI 戦略 2019」では、「人間尊重」「多様性」「持続可能」の 3 つの理念を掲げ、「未来への基盤作り」「産業・社会の基盤作り」「倫理」に関する取組を特定している。「未来への基盤作り」において研究開発に関する取組が掲げられており、AI 中核センター群（産業技術総合研究所 AIRC、理化学研究所 AIP、NICT AI 関連センター）の抜本的改革と研究開発ネットワークによって AI 研究開発の日本型モデルを構築する目標等が示されている（図 1-15）。また、AI の利活用への関心が高まる中、AI が引き起こす負の側面を抑制するには文化的な背景が持つ高い倫理的観点が重要であり、より人間を尊重した利活用を進めるためには、いわゆる AI 社会原則が必要となってきたなど倫理面における取組にも言及がなされている。

⁷ 総合科学技術・イノベーション会議、高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部、知的財産戦略本部、健康・医療戦略推進本部、宇宙開発戦略本部及び総合海洋政策本部並びに地理空間情報活用推進会議



出所) 内閣府「A I 戦略 2019 (概要)」

図 1-15 AI 戦略 2019 における研究開発に関する主な取組

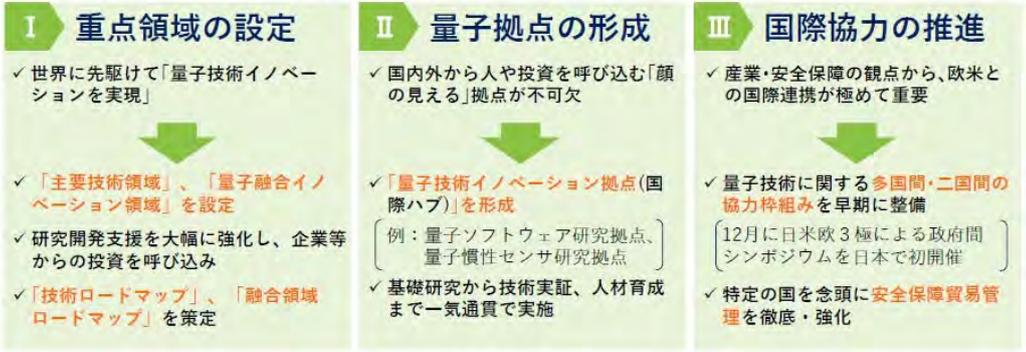
また、令和 2 年 1 月に策定された「量子技術イノベーション戦略（最終報告）」では、量子技術は将来の経済・社会に変革をもたらしかつ安全保障の観点からも重要な基盤技術であり、米欧中では研究開発が戦略的に展開されている状況を踏まえ、我が国においても量子技術イノベーション創出に向け、日本の強みを活かした研究開発や産業化・事業化を促進するとされている。

研究開発関連では、その具体的方策として、主要技術領域の設定や技術ロードマップを策定するとともに、国内外から人や投資を呼び込み、基礎研究から技術実証、人材育成まで一貫通貫で実施する量子技術イノベーション拠点（国際ハブ）の形成等が掲げられており、量子セキュリティ等我が国の研究機関や大学、企業等が高いポテンシャルを有し、将来の産業・イノベーションの飛躍的発展が期待される技術領域等における拠点化が推進されている（図 1-16）。

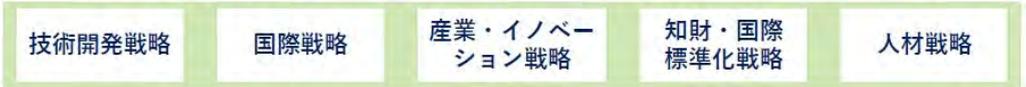
量子技術イノベーション戦略 最終報告(ポイント)

- 量子技術は、将来の経済・社会に変革をもたらし、また、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。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>



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



出所) 量子技術イノベーション戦略最終報告 (概要)

図 1-16 量子技術イノベーション戦略 最終報告

(4) 宇宙基本計画

宇宙基本法（平成 20 年法律第 43 号）第 24 条に基づいて、我が国の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、宇宙基本計画が策定されており、我が国の宇宙開発利用の最も基礎となる計画として位置づけられている。現行の宇宙基本計画は平成 28 年 4 月に閣議決定されており、宇宙政策を巡る環境変化を踏まえ、「国家安全保障戦略」に示された新たな安全保障政策を十分に反映し、また産業界の投資の「予見可能性」を高め産業基盤を維持・強化するため、今後 20 年程度を見据えた長期的・具体的整備計画として策定された。

現在、宇宙政策を取り巻く環境が大きく変化していることを踏まえ、新たな宇宙基本計画が令和 2 年 6 月に閣議決定された。

1.4 総務省における研究開発等の取組

1.4.1 総務省における研究開発戦略

総務省では、情報通信審議会から「新たな情報通信技術戦略の在り方（平成 26 年 12 月 18 日諮問第 22 号）」について、これまで 3 回の中間答申を受けており、また、総務大臣主宰の懇談会など研究開発関連の会合が開催されている。

(1) 第 1 次中間答申

第 1 次中間答申（平成 27 年 7 月 28 日公表）⁸では、平成 28 年から概ね 5 年間の目標として、総務省及び NICT が主体となって取り組むべき重点研究開発分野・課題を定めるとともに、ソーシャル ICT 革命の推進と 5 つのキーワード社会を「見る」・「繋ぐ」・「創る」・「守る」・「拓く」を新たな目標として定めた。第 1 次中間答申の提言を踏まえ、総務省では、NICT の第 4 期中長期目標の策定や、社会全体の ICT 化を目指し、企業・業種の枠を超えて産学官で IoT の研究開発・実証・利活用を促進するための民主導の組織「IoT 推進コンソーシアム」が平成 27 年 10 月に設立された（図 1-17）。



図 1-17 重点研究開発分野及び IoT 推進体制構築（第 1 次中間答申）

⁸ 「新たな情報通信技術戦略の在り方」（平成 26 年諮問第 22 号）に関する情報通信審議会からの中間答申（平成 27 年 7 月 28 日）
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01tsushin03_02000136.html

(2) 第2次中間答申

第2次中間答申（平成28年7月7日公表）⁹では、我が国がICT分野のみならず国全体で国際的な競争力を維持・強化し、持続的な経済成長を達成していくために、ICT分野全体で産学官による総力戦が必要であることから、経済成長・価値創造に重要な分野である先端的なIoT分野とAI・脳研究分野について、今後の研究開発・社会実装の推進方策について重点的に検討し、「スマートIoT推進戦略」と「次世代人工知能推進戦略」を取りまとめた。また、進むべき方向性を具体的な方策へ翻訳して示すことができる「プロデューサ（軍師型人材）」、データを価値に変える能力や顧客ニーズを読む能力等を有する「サービス開発人材」、生産機械等のハード/ソフトウェアの技術者及びセンサー・ネットワーク・無線等のICT技術者である「エンジニア」、これら人材を巻き込んでイノベーションを起こす「イノベーター」といった4種類の人材がチームを形成し、それぞれの役割を果たしながらIoT/BD/AI時代に対応したオープン・クローズ戦略、ビジネスモデルを検討し、データから価値を生み出すプラットフォームを形成していくことの重要性が示された（図1-18）。

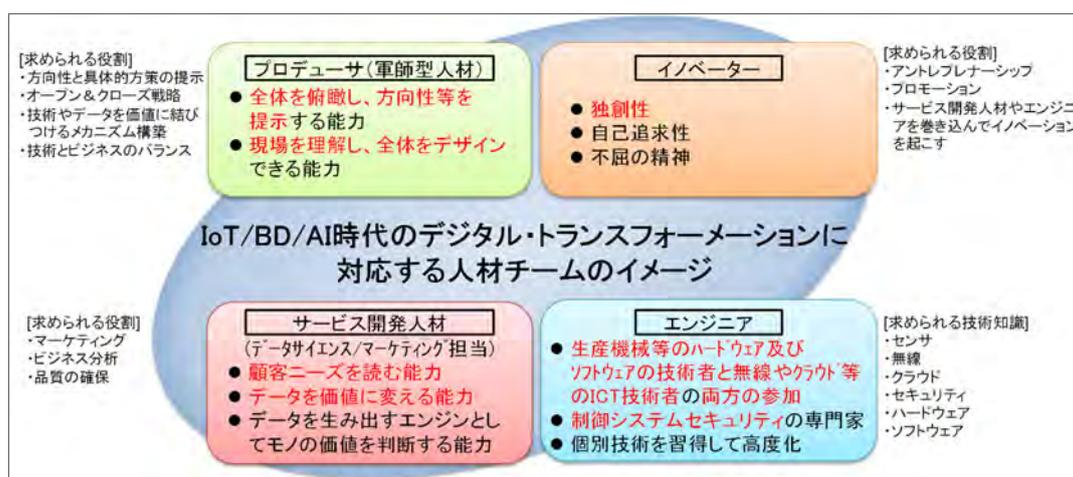


図1-18 IoT/BD/AI時代に対応するための人材像（第2次中間答申）

⁹ 「新たな情報通信技術戦略の在り方」（平成26年諮問第22号）に関する情報通信審議会からの第2次中間答申（平成28年7月7日公表）
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02tsushin03_03000223.html

(3) 第3次中間答申

第3次中間答申（平成29年7月20日公表）¹⁰では、Society 5.0 実現に向けた熾烈な国際競争の中で、我が国社会の生産性向上と豊かで安心な生活を実現するため、NICTの最先端の言語処理技術、脳情報通信技術等の次世代AIの社会実装を図ることが喫緊の課題であり、その駆動力となるユーザ企業等の多様な現場データ、言語、脳情報、宇宙等の重要分野の良質なデータを戦略的に確保し、異分野データの連携で価値創出を図るための環境整備（「ICTデータビリティ」）を推進することとが示された。このため、『次世代AI社会実装戦略』及び『次世代AI×ICTデータビリティ戦略』がとりまとめられ、これらの戦略に基づき施策を推進することとされた（図1-19）。



図 1-19 次世代 AI×ICT データビリティによる技術開発及び社会実装の推進方策（第3次中間答申）

¹⁰ 「新たな情報通信技術戦略の在り方」（平成26年諮問第22号）に関する情報通信審議会からの第3次中間答申
https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01tsushin03_02000216.html

(4) ICT グローバル戦略

社会全体のデジタル化の推進によって、国連の持続可能な開発目標（SDGs）の達成や Society 5.0 の実現に貢献することを目的とし、総務省では、それらの達成や実現に向けた方策を検討するため、平成 30 年 12 月から令和元年 5 月にかけて、総務大臣が主宰する「デジタル変革時代の ICT グローバル戦略懇談会」¹¹を開催した。本懇談会の報告書において、2030 年代の具体的な将来像の実現に向けたキーテクノロジーの高度化等「ICT グローバル戦略」が策定され、令和元年 6 月に開催された G20 茨城つくば貿易・デジタル経済大臣会合等ハインプットを行った（図 1-20）。

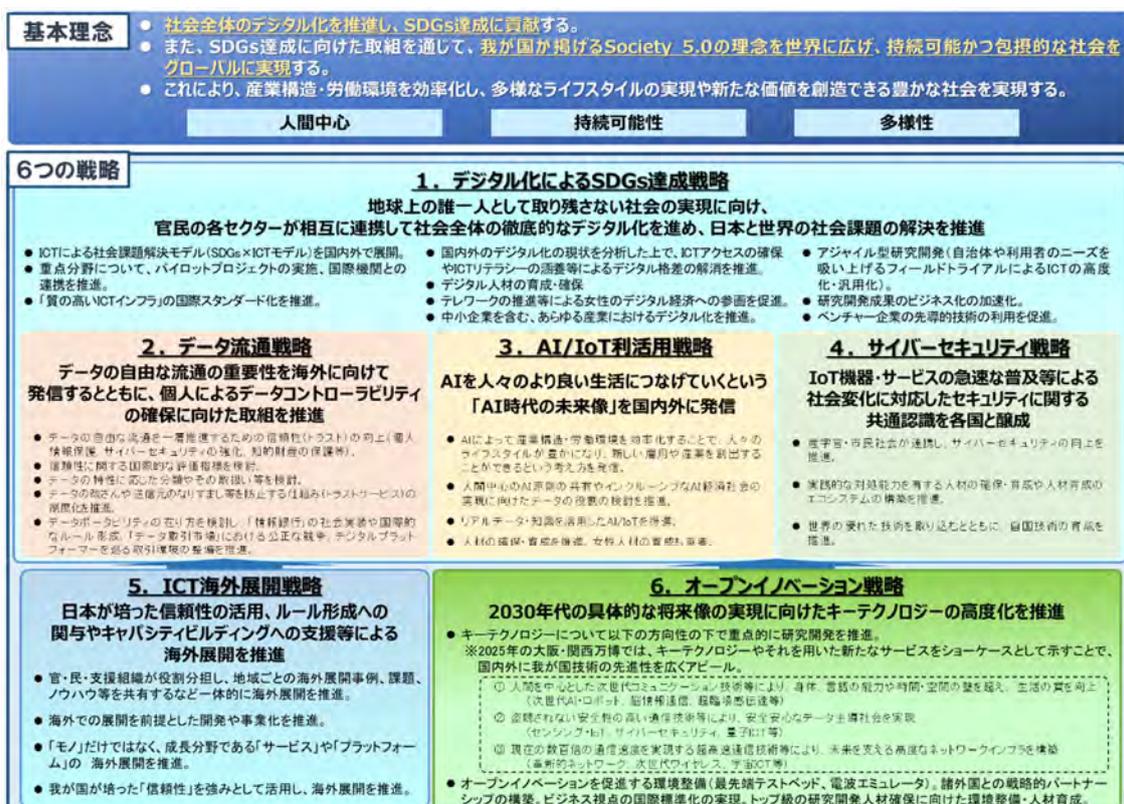


図 1-20 ICT グローバル戦略の全体像

また、本懇談会での検討結果を踏まえ、総務省全体の総合力を一層発揮するなど政策資源を総動員し、より実質的に海外展開を進めるため、海外展開推進政策の基本的方針及びとるべき行動についての計画を定める「総務省海外展開行動計画 2020」¹²を令和 2 年 5 月に策定した。

¹¹ デジタル変革時代の ICT グローバル戦略懇談会
https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/ict_gs/index.html

¹² https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01tsushin07_02000002.html

(5) Beyond 5G 推進戦略懇談会

総務省では、本格導入が進みつつある「5G」の次の世代である「Beyond 5G」について、Beyond 5G の導入が見込まれる 2030 年代の社会において通信インフラに期待される事項やその実現に向けた政策の方向性等について検討を行うため、令和 2 年 1 月から総務大臣主宰の「Beyond 5G 推進戦略懇談会」¹³を開催した。

2030 年代には、サイバー空間とフィジカル空間の一体化が更に進展し、フィジカル空間で不測の事態が生じた場合でもサイバー空間を通じて国民生活や経済活動を円滑に維持できるしなやかで強靱な社会が実現するとされており、我が国における一層の社会課題解決と経済成長だけでなく、人類の共通基盤として持続可能な地球環境と国際社会の構築にも大きく貢献することが期待されている（図 1-21）。こうした社会の実現が期待される中で、我が国が目指すべき Beyond 5G の姿を「Beyond 5G 推進戦略－6G へのロードマップ－」として令和 2 年 6 月にとりまとめられた。

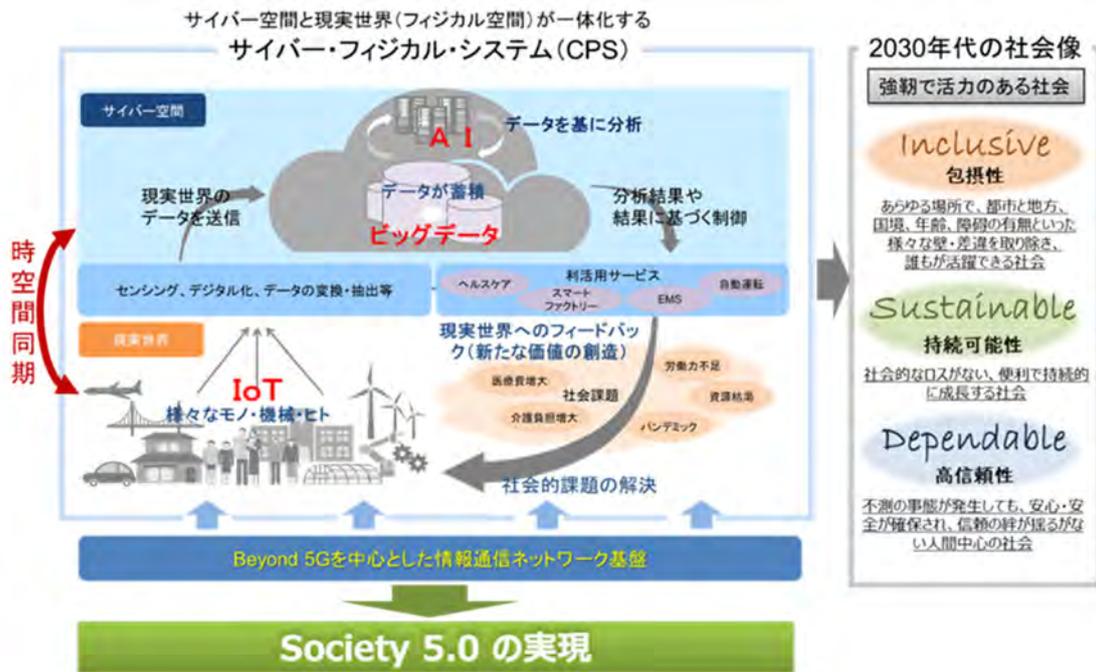


図 1-21 2030 年代に期待される社会像¹⁴

¹³ Beyond 5G 推進戦略懇談会

https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/Beyond-5G/index.html

¹⁴ Beyond 5G 推進戦略懇談会（第 2 回）資料より

https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/kenkyu/Beyond-5G/02kiban09_04000439.html

1.4.2 総務省における研究開発の取組

総務省では、1.4.1で述べた戦略等に基づき、これまで様々な研究開発施策を推進してきた。主な事例を以下に示す。

(1) 光ネットワーク技術

超高精細映像やビッグデータ等の流通によってネットワークの通信量が急増し、ネットワークの消費電力も通信量に比例して増加している状況に対応するため、総務省では各社の強みを活かしたオールジャパン体制による研究開発を実施し、世界最先端の光伝送技術等の開発に成功し、製品が市場投入されている(図1-22)。



図1-22 光ネットワーク技術等に関する研究開発成果

(2) 多言語翻訳技術

世界の「言葉の壁」の解消を目的として、総務省では2014年に「グローバルコミュニケーション計画」¹⁵を策定し、これまでNICTを中心に多言語翻訳技術の研究開発を推進し、ディープラーニング技術の導入等により、翻訳精度の向上や対応言語の拡大が図られてきた。また、NICTの技術とサービス提供者の橋渡しの役割を担う「多言語翻訳プラットフォーム」により、多言語音声翻訳技術を

¹⁵グローバルコミュニケーション計画

https://www.soumu.go.jp/main_content/000285578.pdf

サービス提供者がより簡便に利用できる環境が構築されたことで、音声翻訳技術を活用した様々な民間サービスの実用化・普及が進んでいる（図 1-23）。

2020年3月には、「グローバルコミュニケーション計画 2025」¹⁶を策定し、2025年に向けてAIによる「同時通訳」の実現を目指すなど、多言語翻訳技術の更なる高度化等を推進することとしている。



図 1-23 多言語翻訳技術の研究開発及び社会実装の推進

(3) サイバーセキュリティ

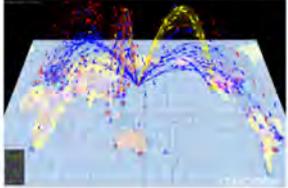
総務省では、サイバー攻撃の巧妙化・複雑化・多様化や、IoT 機器の普及に伴う脆弱性拡大等のサイバー攻撃の脅威動向に適切に対処するため、サイバー攻撃の観測・把握・分析技術を強化するべく、サイバーセキュリティ技術の研究開発を推進してきた。NICT において、サイバー攻撃をリアルタイムで可視化・分析する「NICTER」や、組織内のアラート等を統合分析する「NIRVANA 改」といったプラットフォームを開発し、セキュリティ製品への技術ライセンス提供等が実施されている（図 1-24）。

¹⁶グローバルコミュニケーション計画 2025

https://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01tsushin03_02000298.html

◆NICTER(ニクター)【無差別型攻撃対策】

- ・ ダークネット(未使用IPアドレス)への通信をセンサーで観測することで、サイバー攻撃の地理的情報や攻撃量、攻撃手法等をリアルタイムに可視化。
- ・ 本技術を応用して、地方公共団体情報システム機構(J-LIS)との協力により、マルウェアに感染した自治体へアラートを提供。



◆NIRVANA改(ニルヴァーナ・カイ)【標的型攻撃対策】

- ・ NICTERの技術を応用し、組織内にセンサーを設置して組織内の通信状況をリアルタイムに可視化するとともに、本技術について2015年6月から技術移転開始。
- ・ さらに、本技術と組み合わせ、ネットワーク内での異常検知時に通信を自動遮断する技術等を開発。



図 1-24 NICT のサイバーセキュリティ技術の展開例

このように 1.4.1 で述べた戦略に基づき、総務省及び NICT において様々な研究開発プロジェクトが進められ、一定の成果を挙げたと言える。

一方で、1.2 で述べた研究開発力やグローバル市場における競争力強化が急務とされている中で、Beyond 5G 推進戦略が示す 2030 年代に期待される社会像、我が国を取り巻く社会課題・技術動向等に即した国として取り組むべき研究開発課題、産学連携やオープンイノベーションを進める体制の在り方、我が国の標準化戦略等様々な検討すべき課題がある。

1.5 検討事項

1.1 から 1.4 まで述べた状況を踏まえ、Society 5.0 の実現、国内外の社会課題の解決、国際競争力の強化と併せたグローバル展開等に向けた ICT 技術戦略の推進のため、令和 3 年度から開始が見込まれる次期科学技術基本計画や NICT 次期中長期計画等を見据えつつ、今後 5 年間で国が重点的に取り組むべき ICT 分野の技術課題や社会実装方策等について以下の検討を行った。各項目の検討結果については、次章以降で述べる。

(第 2 章)

○ 国として重点的に取り組むべき研究開発

- ・ 戦略的に進めるべき研究領域
- ・ 国として取り組むべき研究開発分野・課題

(第 3 章)

○ 研究開発の推進方策

- ・ 技術シーズを社会実装するオープンイノベーション方策
- ・ 技術をベースとする ICT スタートアップ・ベンチャーの創出・成長
- ・ 社会に新たな価値を生み出すハブとなる産学連携拠点形成
- ・ 政府の研究開発制度設計
- ・ イノベーションを生み出す源泉である「人材」の確保・育成・交流

(第 4 章)

○ 標準化の推進方策

- ・ 注力すべき標準化領域
- ・ 標準化活動の推進方策
- ・ 標準化人材の確保・育成

第2章 国として重点的に取り組むべき研究開発

2.1 戦略的に進めるべき研究領域

我が国において新たなイノベーションを持続的に創出し、これまでにない価値の創造や社会システムの変革等をもたらすためには、あらゆる産業・社会活動の基盤である ICT 分野における研究開発を戦略的に推進し、その成果である革新的な技術シーズを着実に社会実装へとつなげていくことが不可欠である。

また、今回の新型コロナウイルス流行拡大を契機に、「新たな日常」を支えるインフラとして、あるいはウィズコロナ/ポストコロナ時代の課題解決に資する革新的な技術として、ICT の重要性は一層高まっている。

その際、限られた資源を最大限活用するという認識の下、各種政府戦略の方針踏まえつつ重点的に研究開発を行うべき課題を特定し、産学官の密接な連携及び適切な役割分担によって集中的に取り組むを推進していくことが必要である。本章では、個々の技術に係る研究開発課題のうち、国が主導して重点的に推進すべきものを「重点研究開発課題」(2.2 参照)、目標や社会に対して果たす役割等から関連性が高い技術を大きく分類したものを「重点研究開発分野」(2.1 (1) 参照)、さらに、今後5年間で拠点形成等戦略的に推進すべき技術を特定・抽出したものを「戦略的に推進すべき研究領域(以下、戦略領域)」(2.1 (2) 参照)として、それぞれ具体的に示していくこととする(図 2-1)。

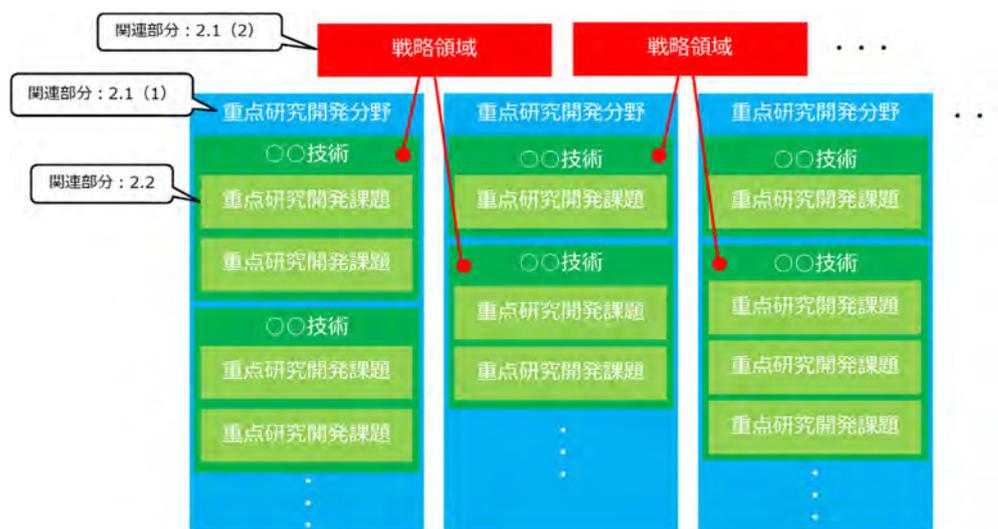


図 2-1 国として重点的に取り組むべき研究開発の全体像

(1) 重点研究開発分野

「新たな情報通信技術戦略の在り方」(平成 27 年 7 月 28 日中間答申、以下「第 1 次中間答申」)では、IoT 技術を用いて人・モノ・コトと知性を繋いで、

実社会とサイバー空間を強力に連携させることにより、ICT による社会課題解決のみならず健康・医療、交通・物流、公共サービスのような幅広い分野において、社会システムの効率化・最適化等による新たな価値の創造を図る「社会全体の ICT 化」を目指すこととされた。

また、「第 5 期科学技術基本計画」（平成 28 年 1 月 22 日閣議決定、以下「第 1 次中間答申」）が目標として掲げている「超スマート社会 = Society5.0」の実現、さらには ICT をサイバー空間とフィジカル空間を融合させる必要不可欠な社会インフラの基盤としていくためには、「社会全体の ICT 化」に向けた取組を加速していく必要がある。

このため、「第 1 次中間答申」において、ICT の重点研究開発課題に関する 5 つの分類（社会を「観る」、社会を「繋ぐ」、社会（価値）を「創る」、社会（生命・財産・情報）を「守る」及び未来を「拓く」）を設定した考え方自体は継続した上で、第 1 次中間答申以降の研究開発プロジェクトの進捗状況及び国内外の動向等を踏まえ、重点的に研究開発を行う 5 分野（電磁波先進技術分野、革新的ネットワーク分野、ユニバーサルコミュニケーション分野、サイバーフィジカルレジリエンス分野、フロンティアサイエンス分野）を改めて設定した（図 2-2）。



図 2-2 重点研究開発分野の概要

（２）政府戦略等を踏まえた戦略的研究領域

「第 5 期科学技術基本計画（平成 28 年 1 月 22 日閣議決定）」に基づき策定された「統合イノベーション戦略 2019（令和元年 6 月 21 日閣議決定）」では、全ての科学技術イノベーションの創出や経済社会構造にも影響を与える最先端の基盤的技術分野として、AI 技術、量子技術等を掲げるとともに、「AI 戦略 2019」や「量子技術イノベーション戦略」といった個別戦略も策定されている。第 1 章でも述べたが、「AI 戦略 2019」では、「未来への基盤作り」「産業・社会の基盤作り」「倫理」に関する取組を特定し、特に、「未来への基盤作り」において研究開発に関する取組が掲げられており、AI 中核センター群の抜本的改革と研究開発ネットワークによって AI 研究開発の日本型モデルを構築する目標等が示されている。

「量子技術イノベーション戦略」では、主要技術領域の設定や技術ロードマップを策定するとともに、国内外から人や投資を呼び込み、基礎研究から技術実証、人材育成まで一気通貫で実施する量子技術イノベーション拠点（国際ハブ）を形成する等が掲げられており、量子セキュリティ等我が国の研究機関や大学、企業等が高いポテンシャルを有し、将来の産業・イノベーションの飛躍的発展が期待される技術領域等における拠点化が推進されている。

また、「世界最先端デジタル国家創造宣言・官民データ活用推進基本計画（令和元年 6 月 14 日閣議決定）」等、関連する政府戦略においても、同様に AI 技術、量子技術、サイバーセキュリティ等に係る研究開発の重要性が挙げられている。

総務省においては、令和 2 年 1 月より「Beyond 5G 推進戦略懇談会」を開催し、5G の次の世代の基幹インフラとして位置付けられる Beyond 5G の推進方策について検討が進められており、今夏を目途に、サービス導入時に見込まれるニーズを踏まえた今後の技術開発の方向性等を包含した、推進戦略がとりまとめられる予定である。

こうした政府戦略等を踏まえ、また、今後加速する本格的なデジタル・トランスフォーメーションへの対応や、Society 5.0 の早期実現等に向けた次世代の ICT 基盤のために必要不可欠な先端技術であること等にも鑑み、今後 5 年間で特に「戦略的に推進すべき研究領域（戦略領域）」として、「Beyond 5G の実現」、「AI（脳情報通信、データ利活用）」、「量子情報通信」、「サイバーセキュリティ」の 4 領域を特定することが適当である。これらの領域については、関係府省間での連携を図りながら、我が国における拠点形成や推進体制の強化等も含め、産学官一体となった戦略的な取組を強力に推進していく必要がある（図 2-3）。

2025年を目途に解決すべき社会課題（地方のモビリティの確保、安全・安心の実現……等等）へアプローチ

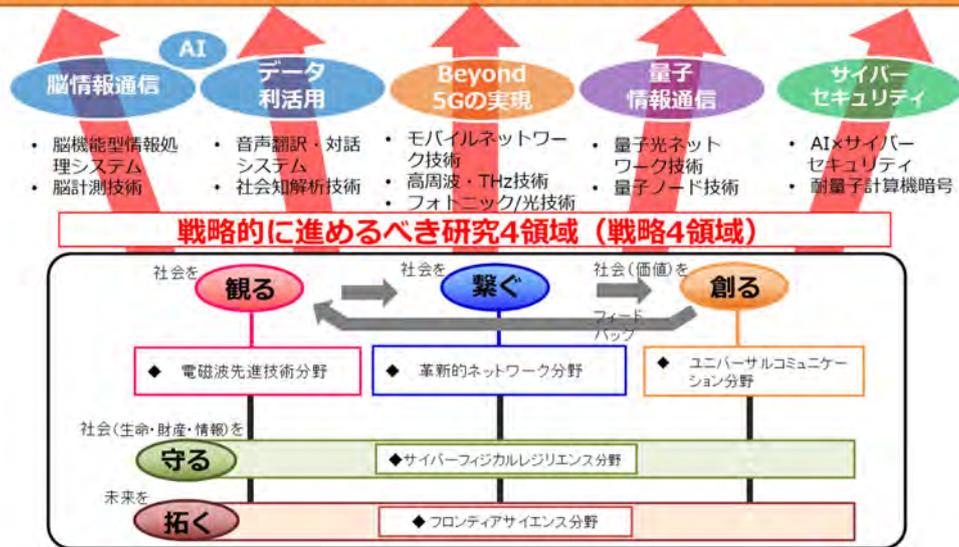


図 2-3 重点研究開発分野における戦略 4 領域

① Beyond 5G

Beyond 5G 推進戦略懇談会がとりまとめる推進方策を踏まえ、Beyond 5G に求められる機能を実現するために、図 2-4 に示すテラヘルツ波や光・量子、AI 等の先端技術を含む無線技術、ネットワーク技術、省エネ技術、セキュリティ技術、これらの基盤となるソフトウェア関連技術等の研究開発に取り組み、順次要素技術の確立を目指す。

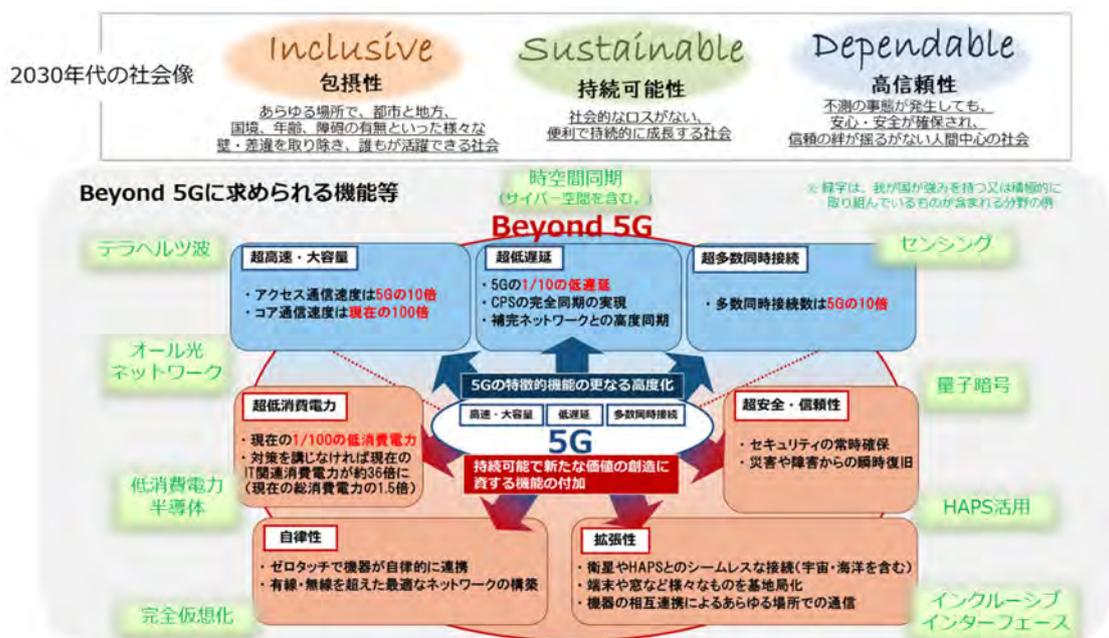


図 2-4 Beyond 5G 戦略領域の概要

② AI（脳情報通信、データ利活用）

脳情報通信及びデータ利活用の AI に関する戦略領域においては、次の目標を掲げ、研究開発に取り組むこととする（図 2-5）。

- ・ Society 5.0 の目指す人間中心社会の実現を脳情報通信技術で支援。そのための脳情報処理モデルに基づくデコーディング技術を確立する。
- ・ 2025 年大阪・関西万博までに、ビジネス・国際会議等での議論の場面にも利用可能な実用レベルの同時翻訳を実現する。

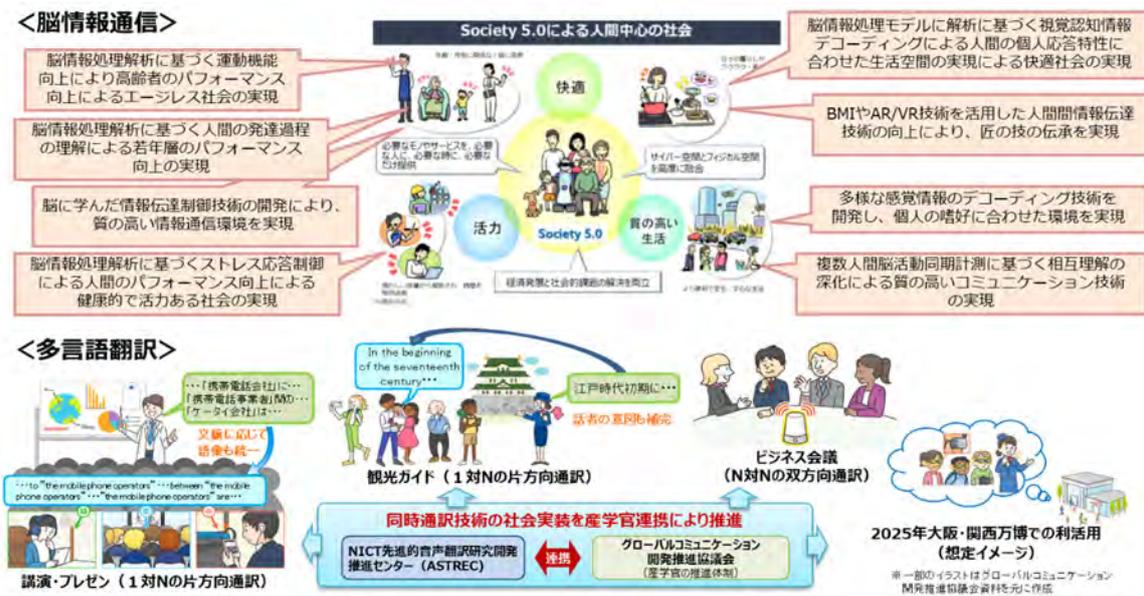


図 2-5 AI 戦略領域の概要

③ 量子情報通信

衛星及び光ファイバーネットワークを統合するグローバル量子セキュアネットワークの実現に向けた基盤技術の確立を目指す（図 2-6）。

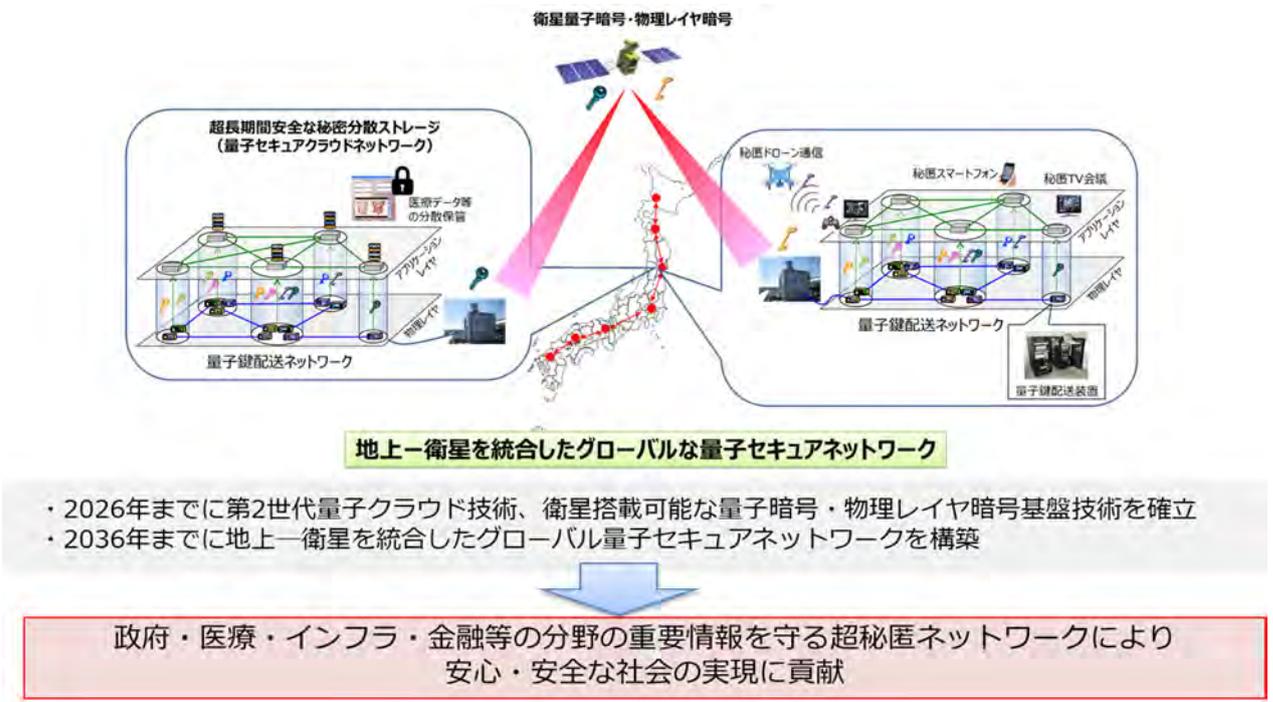


図 2-6 量子暗号通信戦略領域の概要

④ サイバーセキュリティ

サイバーセキュリティ関連情報を大規模集約・横断分析し国産情報を創出するデータ駆動型サイバーセキュリティ統合知的基盤の構築とともに、5G/Beyond 5G 等の新たなネットワーク環境におけるセキュリティ検証技術の確立及び量子計算機時代等の将来環境でプライバシーを確保でき、安全に利用できる暗号基盤技術の確立を目指す（図 2-7）。



図 2-7 サイバーセキュリティ戦略領域の概要

2.2 重点研究開発課題

2.2.1 国が主導して推進すべき研究開発課題の考え方

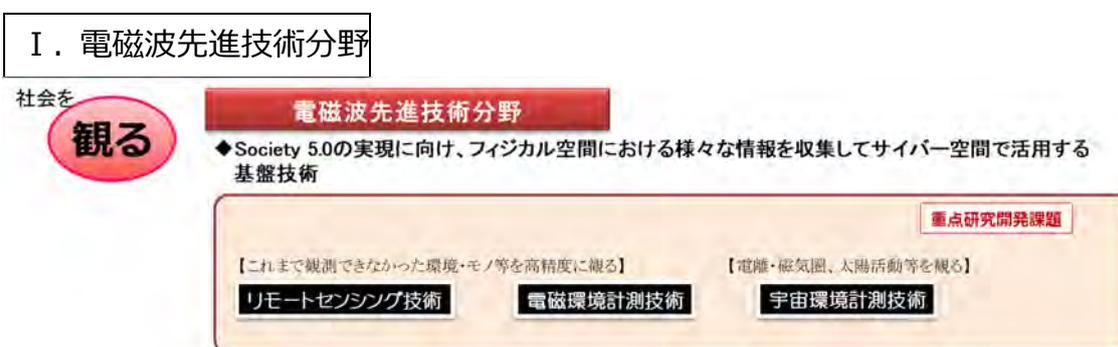
2.1 では、第 1 次中間答申以降の研究開発プロジェクトの進捗状況や国内外の動向等を踏まえ、5つの重点研究開発分野を示した。また、第 1 次中間答申において、次の表のとおり「国が主導して推進すべき研究開発の基本的な考え方」を示したが、その後の環境変化等も踏まえつつ改めて検討を行ったが、現時点においても、基本的な考え方に大きな変更は必要ないものと考えられることから、引き続き同様の考え方にに基づき、重点研究開発課題を特定することが適当である。

国が主導して推進すべき研究開発の考え方	
(1)	<p>国際的な競争優位性を有する可能性があるが、研究開発に長期間を要し、大きな開発リスクを伴うもの</p> <p>– 技術の実現により国際的な競争優位性を獲得する可能性があるが、確立に長期間を要し、民間での研究開発実施には大きなリスクを伴うもの</p>
(2)	<p>国際標準化が必須であり、技術が確立しても利用できる保証がないもの</p> <p>– 技術が完成するだけでなく、国際標準も獲得しなければ製品化に結びつかない技術のうち、大きな投資が必要なもの</p>
(3)	<p>国による必要性を踏まえて開発するもの</p> <p>– 国が必要としており、そのニーズが民間におけるニーズよりも先進的なものや、国が定める戦略の実現のため民間のニーズよりも高度な技術の確立が求められるもの</p>
(4)	<p>日本の強みを活かせる新たなビジネス領域の開拓につながるもの</p> <p>– 我が国に強みがある領域の優位性を維持し、その優位性を活かして世界に先駆けた新たなビジネス領域の開拓や展開が期待できるもの</p>
(5)	<p>国の存立を確保するために我が国として維持すべきもの</p> <p>– 幅広い側面からの安全・安心の確保等、我が国を支える基盤として維持すべきもの</p>
(6)	<p>持続的成長や社会発展への寄与等、様々な分野への波及効果が高いもの</p> <p>– その実現により我が国の持続的成長や社会発展に寄与することが期待される等、幅広い分野に高い波及効果が見込まれるもの</p>
(7)	<p>多様なシーズを育てることが必要なもの</p> <p>– 破壊的イノベーションや社会課題の解決につながる可能性を秘めるが、どのようなものがイノベーション実現に貢献するか予測できないもの</p>
(8)	<p>その他（開発者が受益することが困難なもの、国の資源の利用効率化につながるもの等）</p> <p>– 当該技術の普及に技術自体を極めて低廉に提供する必要が想定されるため、経済合理性から研究開発が進まないものや、国が管理する未利用資源の利用可能化や利用効率向上につながるもの</p>

2.2.2 各重点研究開発課題の概要

2.2.1 で示した「国が主導して推進すべき研究開発の考え方」の(1)から(8)までのいずれか又は複数に該当する重点研究開発課題は以下の表のとおりである。なお、それぞれの重点研究開発課題について、今後の時間軸に沿った取組方針を具体化する工程表をとりまとめ、成果イメージとともに別添資料としている。

また、1.2 で述べたように、新型コロナウイルスによる影響で社会の仕組みや価値観が大きく変わり、今後、国内外において新たな対応等に関する検討が進展することに伴い、解決すべき課題や求められる技術要素も変化することが想定される。こうした重点研究開発課題及び工程表については、今後の社会情勢や国内外の技術動向等の環境変化に応じて見直しを行うことが必要である。



(1) リモートセンシング技術

重点研究開発課題	概要
① 適応型センシング技術に関する研究開発	大気中の水蒸気や降雨の状態、地面・海面、構造物、植生等の影響により変化する局所的な電磁波伝搬を高精度に把握する観測技術・分析技術の研究開発を行い、平常時・非常時問わず効果的に機能するセンシング技術・予測技術の社会における活用を促進する。
② 衛星搭載センサーに関する研究開発	大気中の雲や降雨の状態等によって変化する電磁波伝搬を、衛星に搭載した無線機器を用いてグローバルかつ高精度に把握する観測技術・分析技術の研究開発を行い、地球規模の気候変動の監視や天気予報等の予測精度向上、地球温暖化・水循環メカニズム等の解明に資する。

(2) 宇宙環境計測技術

重点研究開発課題	概要
① 宇宙環境の現況把握及び予測に関する研究開発	通信・放送・測位・航空・人工衛星等の安全・安定運用に資する宇宙環境計測技術、宇宙環境シミュレーション・データ同化技術、AI 技術等を利用した現況把握及び予測・警報の高度化（より高精度な情報をより先んじて得る）に関する技術を確立する。
② 宇宙天気予報システムの研究開発	宇宙天気予報業務を安定的に遂行し、国内及び国際的に情報を発信する。また、それらに必要となるシステム開発を実施するとともに、関連する標準化に貢献する。

(3) 電磁環境計測技術

重点研究開発課題	概要
① 先端 EMC 計測技術の研究開発	電気電子機器と通信機器が混在した状況下における電磁干渉評価技術を確立する。また、電磁干渉評価に必要な高分解能電磁環境計測技術及び較正技術の研究開発を実施する。
② 生体 EMC 技術の研究開発	無線技術の高度化に対応した安心・安全な電波利用環境を構築するため、新たな無線システム等の電波防護指針への適合性評価技術、Beyond 5G 等で利用されるテラヘルツ帯までの電波の人体ばく露評価技術等に関する研究開発を実施する。また、人体電波ばく露レベルに関する詳細かつ大規模なデータを取得・活用し、関連する標準化に貢献する。

Ⅱ.革新的ネットワーク分野



(1) 通信機能複合型ネットワーク技術

重点研究開発課題	概要
① オープンネットワークテレメトリーによる大規模ネットワーク制御技術の研究開発	<p>ネットワークテレメトリーのオープン化を見据えた大規模ネットワーク制御技術を開発する。</p> <p>オープンネットワークテレメトリーにより集約される膨大なネットワーク状態情報を、ヒューリスティックなアプローチを用いることにより高効率に分析し、柔軟かつ細やかなネットワーク資源調整を可能とする。本技術により通信事業者が大規模なマルチベンダ環境においても多様なアプリケーション QoE を満たせるようになる。具体的にはアプリケーション QoE の 30 ポイント向上（現状平均 60%達成する環境において 90%まで向上）を可能にする。</p>
② 遅延保証型ルーター技術の研究開発	<p>従来のソフトウェアルーターが引き起こすパイプライン処理割り込みにより生じる処理遅延揺らぎを排除するため、決定論的（Deterministic）アーキテクチャを用いた遅延保証型ルーター技術の研究開発を行う。これにより、処理遅延の揺らぎを数百マイクロ秒から数十マイクロ秒内に安定化させることを可能とする。</p>
③ 分散情報管理機構及び情報指向型通信技術を応用した情報特性指向型の通信技術の基礎研究	<p>IoT デバイスやエッジから生成・発信される膨大な情報に対し、多様な情報特性（例えば、発信者やアプリケーションが特定若しくは認証されている情報か否かなどの「信頼性」、位置情報を付帯している若しくは位置情報に依存すべき情報であるか否かなどの「地域性」、その情報が有効であるべき</p>

	<p>時間など) に対応する次世代ネットワークサービスの実現を目指し、分散情報管理機構及び情報指向型通信技術を応用した情報特性指向型の通信技術の基礎研究を行う。これにより特定の環境下においてはデータ転送遅延を 1 ミリ秒程度に抑えることが可能な通信技術を確立する。</p>
--	--

(2) フォトニックネットワーク技術

重点研究開発課題	概要
① 超多量チャネル光ネットワーク技術の研究開発	<p>Beyond 5G 時代の増大を続ける通信トラフィックに対して持続的な対応が可能な光ネットワークを実現するため、空間・波長領域を活用したマッシュ光チャネルを提供可能な光ファイバ及び光伝送技術、さらにそれらの光チャネルを収容可能な総リンク容量が数 10 ペタ bps の光ノード技術などの超多量チャネル光ネットワーク技術の研究開発を実施する。また、光通信や光計測に適用して電子処理の速度限界を超える高速化を実現する光領域信号処理技術に関する研究開発を実施する。</p>
② 光ネットワークのフレキシビリティ拡大に関する研究開発	<p>アプリケーションからの光ネットワークへの多様な要求に対して、オンデマンドで必要十分なリソースを用いて、コアやアクセスなどにおいて様々な特性を持つ安定した通信環境を適応的に提供可能とするため、オープン/プログラマブル光ネットワークに向けたマネジメント省力化のための光ハードウェアや変化適応力向上のための多量光データに基づく光ネットワーク高度解析・制御技術の研究開発を実施する。</p>

(3) 光・電波融合アクセス技術

重点研究開発課題	概要
① 伝送メディアに依存しないアクセス基盤技術の研究開発	<p>光を用いた有線通信や、電波を用いた無線通信等の伝送メディアの選択的・調和的な活用により、環境変化などによるネットワーク状況の変動を平準化できるアクセス/ショートリーチ情報通信の基盤技術研究を行う。許容遅延や環境等に対する制</p>

	<p>御・データ信号の伝送メディア選択及び変換や、その物理限界を追求する。</p> <p>また、アナログ・デジタル方式の両方を効果的に活用した次世代光ファイバ無線技術、光と電波にわたる広帯域波形信号の平行処理を可能とするスケーラブルな帯域制御技術等の研究開発により、Beyond 5G 時代以降の利用シーン拡大に資するアクセス/ショートリーチ情報通信基盤技術を確立する。</p>
② 光・電波融合マッシュアップ集積ハードウェア基盤技術に関する研究開発	<p>Beyond 5G 時代以降のネットワークをより柔軟に活用するために、多量の送受信器やセンサー等のフィジカルリソースを適応的かつ柔軟に拡充・補完することを可能とし、量子効果等の物理的機能を用いた光・電波融合マッシュアップ集積平行ハードウェア技術の研究開発を行う。</p> <p>また、光と電波の帯域を融合して活用するオールバンド ICT ハードウェアや伝送サブシステム基盤技術の研究開発により、光や電波の任意の伝送メディアの基準波形信号生成や周波数帯域の相互変換等をチップ上で可能とする波形処理ハードウェア基盤技術や、広帯域波形信号の平行処理に資するフレックス・平行ハードウェア技術を確立する。</p>

(4) 次世代ワイヤレス技術

重点研究開発課題	概要
① サイバー空間とフィジカル空間との効率的な接続を検証する無線システム評価技術の研究開発	<p>様々な無線システムの研究開発期間の短縮を実現するため、他の無線システムから受ける干渉も含めた電波環境をサイバー空間上で模擬することで、無線システムの特性を詳細に評価する技術の研究開発を行うとともに、得られる結果をフィジカル空間の実フィールドにおいて検証が可能なシステムを確立する。</p>
② 端末・基地局間連携を加速する高度無線アクセスシステムの研究開発	<p>高速・低遅延・多数接続を実現する 5G の高度化と Beyond 5G 基盤技術の実現に向けて、容量を向上させる無線アクセス技術及び関連する実装技術の開発を実施する。また、通信状況をリアルタイム</p>

	可視化し様々な無線システムが混在する無線環境を評価可能な技術を確立する。また、多様な無線端末の接続条件に応じてアプリケーションの要求を満足する環境を制御する技術の開発を実施する。
③ 無線エリア高度化・拡張技術の研究開発	自動運転を含めた高度交通システムや、ドローン、無人機システム等、社会展開の加速が予想される地上・空中を含む高度なモビリティ運用を確実かつ効率的に実現するための超低遅延無線システム及び複数端末制御技術の研究開発を行う。また、海底資源探査・災害現場等での正確な情報・状況把握を実現するための極限環境通信技術の確立及びセンサーデータ取得技術の研究開発を実施する。

(5) テラヘルツ波 ICT プラットフォーム技術

重点研究開発課題	概要
① テラヘルツ波領域の次世代通信／計測システムに関する評価基盤技術の開拓	Beyond 5G を見据えた今後の更なる周波数利用の拡大と標準化動向を鑑み、テラヘルツ波利活用のためのシステム展開に向けた評価基盤技術等の研究開発を実施する。
② テラヘルツ波領域の広帯域・高速信号計測基盤技術の研究開発	Beyond 5G で更なる高周波化が予想される無線通信や高精度計測の基盤技術、及び無線通信テストベッド技術等に関する研究開発を行う。また、広帯域テラヘルツ信号源を用いた超高速計測に資する基盤技術等の開発を実施する。

(6) 宇宙通信基盤技術

重点研究開発課題	概要
① 衛星フレキシブルネットワーク基盤技術	衛星ネットワーク（光・電波含む）と地上ネットワーク（航空機・ドローン・IoT 端末等含む）が多層的に展開される統合型モビリティネットワークにおいて、流通データの要求条件（通信容量、遅延、信頼性等）を踏まえ、最適な通信経路や通信条件を探索することで、効率的なデータ流通を可能とする衛星フレキシブルネットワーク基盤技術の研究開発に取り組む。本技術を活用し、衛星を用いた通信技術の検証や実証実験を実施し、実用化を目指して

	標準化に資する基盤技術を確立する。
② 大容量光衛星通信・デジタルパイロード通信・高秘匿通信基盤技術	<p>陸上・海上・空域・地球近傍・月等あらゆる場所の多地点から、大容量かつ低コストで、信頼性（可用性）が要求される様々なデータの流通を目指し、小型衛星や深宇宙等への大容量光通信技術の適用、フルデジタルパイロード通信技術の適用等に関する基盤技術の研究開発に取り組む。</p> <p>また、安心安全で高秘匿な無線通信システムを確立するため、宇宙における高感度・量子通信の基盤技術の研究開発に取り組む。これらの技術を活用し、小型衛星や飛翔体等を用いた実証実験を実施し、実用化を目指して標準化に資する基盤技術を確立する。</p>

(7) タフフィジカル空間情報通信技術

重点研究開発課題	概要
① タフ環境に適応する無線アクセス技術の研究開発	<p>外来干渉や複雑な構造によるマルチパス等によって電波の利用が困難な環境(タフ環境)において、低遅延・高信頼を提供する無線ネットワークが必要になる群ロボットの制御等への適用を想定し、リアルタイム性を備えた電波の伝わり方の可視化技術、可視化された情報をもとにした周波数チャネル・通信経路等の通信資源最適化技術、高信頼・低遅延・多数同時接続を両立させる無線アクセス技術、及び電力・周波数の利用効率や接続性の向上を図る無線ネットワーク技術を確立する。</p>
② 自己産出型エッジクラウド技術の研究開発	<p>サイバー空間とフィジカル空間で様々なリソース（資源）が適所・適時に管理されて効果的に活用できるようにする。グローバルにつながった既存のクラウドやネットワークから切り離された場合でも、フィジカル空間に分散し利用者近くに遍在するリソース（主に、通信資源や計算資源）により、常時接続の可否を問わず、ローカルだけでもサービスを完結でき、ローカルに保管されたデータを効果</p>

	<p>的に利活用できるクラウド(自己産出※型エッジクラウド)の構築を可能とする基盤技術を確立する。</p> <p>※自己産出: 自ら自己組織化し、自らの構成要素を作り出しながら、分裂後は個々の単体としても機能し、合体すれば全体としても機能する性質もしくはその概念)</p>
--	--

(8) 時空標準技術

重点研究開発課題	概要
① 高信頼な標準時・標準周波数を生成する技術	秒の再定義に必要な光周波数標準技術及びその遠距離比較技術を発展させるとともに、分散配置された原子時計群と光周波数標準を組み合わせることで、高精度と高可用性を両立した日本標準時及び標準周波数を実現する。
② 基準時刻・標準周波数を供給する技術	小型・安価な原子時計の開発や様々な時刻・周波数伝送手段の利用をすることで、標準時刻・標準周波数の多様化するニーズに対応した提供手法の検討及び開発を実施する。
③ 周波数標準の性能を活かす新たな利用技術の開発	新たな波長域で利用できる周波数標準の実現及び光周波数標準の新たな利活用領域の開拓により、周波数標準の社会でのさらなる活用を促進する。

Ⅲ. ユニバーサルコミュニケーション分野

社会(価値)を

創る

ユニバーサルコミュニケーション分野

重点研究開発分野

◆ 多種多様な情報に基づき知識・価値等を創出し、人に優しく最適な形で、あらゆる人が利活用可能とするための基盤技術

ユニバーサルコミュニケーション分野	重点研究開発課題
【AIによる文脈や話者の意図等の補完も含めた多言語音声翻訳技術等の実現】	
AI 未来コミュニケーション技術	
【様々なデータを目的別に分析するAIモデルにより状況認識や行動支援の最適化支援するデータ利活用基盤技術の確立】	
AI データ利活用技術	
【超高精度な臨場感をリアルな再現の実現】	
Beyond 5G 超臨場感技術(※)	※XR(VR, AR, MR)等を対象とする本技術は引き続き重要であり、重点研究開発課題として位置付けることが適当であるが、具体的なニーズに対して民間企業等でアプリケーション開発等が進められている中で、国及び国研で取り組むフロンティアICT等の技術が活用されていくことを目指す。

(1) 未来コミュニケーション技術

重点研究開発課題	概要
<p>① AI による同時通訳の実現のための革新的多言語翻訳技術の研究開発</p>	<p>NICT が開発した多言語音声翻訳技術の更なる高度化により、2025 年大阪・関西万博までに、文脈や話者の意図等を補完し、ビジネス・国際会議等での議論の場面にも利用可能な実用レベルの多言語同時通訳を実現するため、以下の技術の研究開発に取り組む。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 時間のロスがほとんどない同時通訳を機械で実現するため、入力発話の分割点検出や要約・翻訳の最適化を行う技術 ● 文脈（会話・文章の流れ）、話者の意図、周囲の状況、文化的背景等を補完して通訳精度を高めるための文脈処理・マルチモーダル技術 ● 同時通訳システムの実用化に資する音源分離技術や AR との連携技術 ● 対話/SNS/論文/新聞など様々な分野における多言語の情報を日本語のみで受発信可能とする翻訳技術 ● 音声/非音声、複数話者の音声、自然な発話/読み上げ、日本語/外国語などが混在する様々なオーディオストリームから発話内容を文字化する音声認識技術 ● 適切な情報をストレスのない自然な音声情報として出力するための音声合成技術 <p>上記研究開発では、同時通訳技術の性能評価手法を確立した上で、当該評価手法に基づき実用レベルの評価を得ることを目指す。</p> <p>また、これらの研究開発を着実に実施するため、膨大な計算能力を有する計算機基盤の整備、大量かつ高品質な言語データ（音声・翻訳）や画像データ等の整備、海外の研究者との一層の連携強化のための環境整備、研究から産業化までを含めたデータ利活用システムの確立や最適なオープン・クローズ戦略推進のためのプライバシー・セキュリティの確保など、更なる AI 研究基盤の整備を実施する。</p>

<p>② 社会知活用型音声対話の研究開発</p>	<p>膨大なテキストで学習させた、文脈情報も認識可能な超大規模ニューラルネット等の高度な深層学習技術を用いて、インターネット等から、複数文書の情報を融合しつつ、人間にとってわかりやすく表現された知識を取得し、さらには、それら知識の組み合わせや類推等で様々な仮説も推論する技術を開発する。さらに、同様に深層学習技術を用いて、前記技術で抽出された知識・仮説や、用途や適用分野に合った目的やポリシーを持つ仮想人格を用い、ユーザの背景や文脈に合わせた対話ができる音声対話システムを開発する。</p>
--------------------------	---

(2) 未来コミュニケーション技術

<p>① スマートデータ利活用基盤技術の研究開発</p>	<p>スマートで持続可能な社会の実現を目指し、フィジカル空間とサイバー空間の間のデータ還流による社会システムの全体最適化を可能にすべく、多種多様な IoT データを目的に応じて取得、変換、複合化し、それらを分析する AI モデルを地域間やユーザ間で転送、集約しながら状況認識や行動支援の最適化を効果的に行えるようにするスマートデータ利活用基盤技術を確立する。</p>
------------------------------	---

IV. サイバーフィジカルレジリエンス分野

社会(生命・財産・情報)を

守る

サイバーフィジカルレジリエンス分野

重点研究開発分野

◆激甚化する災害や新たなサイバー攻撃に対応するための観測技術の高度化、関連データの大規模集約、自動分析・自動対策技術の高度化の基盤技術等、様々な災害・人災から国民を守るための技術

【データ駆動型サイバーセキュリティ技術、エマージング技術に対応したネットワークセキュリティ技術、暗号基盤技術等】

重点研究開発課題

サイバーセキュリティ

【災害の早期検知、速やかな機能復旧、発災後に急増する情報の解析等を行うための耐災害 ICT 基盤技術等】

国土強靱化を促進する情報通信技術

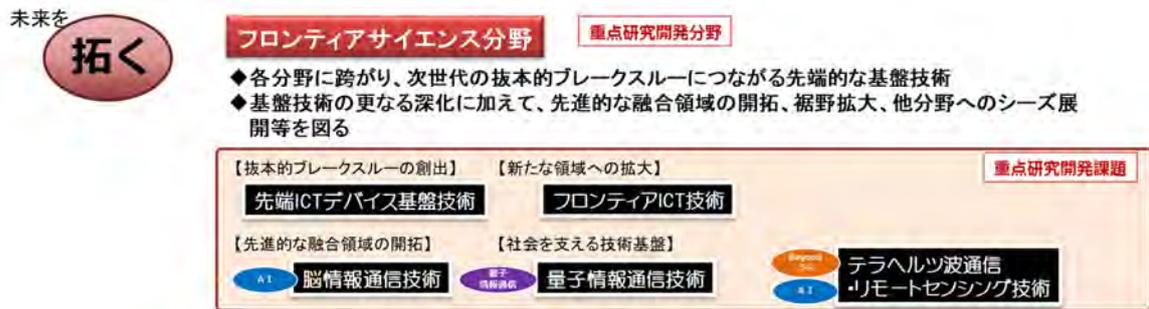
(1) サイバーセキュリティ技術

重点研究開発課題	概要
① データ駆動型サイバーセキュリティ技術の研究開発	我が国のサイバー攻撃対処能力の絶え間ない向上に貢献するため、無差別型攻撃や標的型攻撃等の多種多様なサイバー攻撃観測技術、可視化技術、AIを駆使した自動分析・自動対策技術の確立・高度化を行う。また、サイバーセキュリティ関連情報を大規模集約した上で横断分析を行い、サイバー攻撃対処能力の向上を図り、国産セキュリティ技術の検証や実践的な脅威情報の生成・共有に資するデータ駆動型サイバーセキュリティ統合知的基盤を構築する。
② エマージング技術に対応したネットワークセキュリティ技術の研究開発	5G/Beyond 5G 等の新たなネットワーク環境におけるセキュリティを向上させるため、クラウド、コネクテッドカー、IoT 機器などのエマージング技術に対応した新たなネットワーク環境におけるセキュリティ検証技術、IoT 機器や通信機器等のコネクテッドデバイスのセキュリティ検証技術等を確立する。
③ 暗号基盤技術に関する研究開発	データのセキュリティやプライバシーを確保し、安全なデータ流通と利活用を促進する暗号技術を創出する。また、暗号技術の安全性評価及び耐量子計算機暗号などの新たな暗号技術の開発により、量子計算機時代に安全に利用できる暗号基盤技術を確立する。

(2) 国土強靱化を促進する情報通信技術

重点研究開発課題	概要
① 災害影響・予兆情報の早期検知と対応したネットワーク自動制御技術の研究開発	光ファイバ網を基盤とする広域トランスポートネットワークに影響をもたらす事象を検知するテレメトリ機能の強化・拡張と、性能劣化の早期検知、及び自動制御によるパフォーマンス低下の防止技術の研究開発に取り組む。また、ネットワークリソースのオープン化、及び需給マッチングや、通信と計算インフラの連携復旧などによる速やかな機能復旧技術の研究開発を実施する。
② エラスティックリアルタイム社会知解析技術の研究開発	災害対応 ICT システムは平時には活用されない一方、いつ発生するかわからない災害のために運用を継続する必要がある。本技術の研究開発では、平時の運用コストを最低限に抑制しながら、大規模な災害が発生した際に、量的に膨大なものになる可能性のある被災者から発せられる情報、すなわち社会知や、その解析結果に対する被災者からのアクセスの質的、量的変動等にエラスティックに追従し、より有効な災害対応を可能にするリアルタイム社会知解析技術を開発する。
③ レジリエント自然環境計測 IoT 技術の研究開発	災害原因となる自然現象の早期検知や現状把握をレジリエントに行うため、センサー群が周辺環境やネットワークリソース、さらには再生エネルギーを含む電源状況等の情報に基づく自律・協調的なシステム制御、ネットワーク制御を行うことにより、堅牢性、冗長性、リソースの最適化及び復帰の迅速性が考慮された IoT 技術の研究開発を行う。合わせて、効果的な情報伝達とその流通に資する、データ等を総合的に活用した分散センシングデータ解析・情報表現技術の研究開発を実施する。

V. フロンティア研究分野



(1) フロンティア ICT 技術

重点研究開発課題	概要
① 超伝導単一光検出器(SSPD)、超伝導デジタル信号処理回路、超伝導量子ビットに関する研究開発	SSPDの単一光子イメージングシステム、オンチップ量子光学回路等への応用展開を目指し、更なる多ピクセル化、広波長帯域化、高速化に資する技術、超伝導デジタル信号処理回路との融合技術、光導波路との集積化技術を確立する。また、Beyond 5G時代の安全性の高いネットワークの実現に向けた量子ノード要素技術として(新規)超伝導量子ビットの作製とその高性能化に関する研究開発を実施する。
② ナノハイブリッド基盤技術の研究開発	超高速・大容量・低消費電力の光通信システム、サブテラヘルツ以上の超高速無線通信システム、量子通信、光情報処理、広帯域・高感度センシング等を実現するため、原子・分子レベルでの構造制御、機能融合、有機・無機ハイブリッド等の基盤技術及びハイブリッド光変調器の実用化技術、テラヘルツ光変調器等の革新的デバイス、サブシステムの研究開発を実施する。
③ バイオ ICT 基盤技術の研究開発	生命体が得意としている分子を介したコミュニケーションの利活用を実現するため、情報通信の知見と人工分子機械・人工細胞の構築に関する基礎技術、生物や細胞を用いた化学センシング技術の開発に関する優位性を活かして、バイオマテリアルによる情報識別システムの高度化を目指す。 このため、現在の情報通信技術では測定や伝送が難しい生体の化学感覚や生物活性物質の影響等を評価する技術に関する研究開発を行う。また、化

	<p>学物質を用いた情報通信の人為制御に必要な要素技術として、ソフトマテリアルを活用した新規情報素子の設計・作製・操作に関する研究開発を実施する。</p>
<p>④ 自然知規範型情報処理技術の研究開発</p>	<p>生物が実現している極小の情報量を介したコミュニケーションを実現するため、情報通信の知見と分子から個体に至る生体ネットワークに関する基礎研究・解析技術の優位を活かして、自然知に規範した自律的 AI・情報通信システム等の新技術の創出を目指す。</p> <p>このため、上記の新規情報通信を実現するための基盤技術の研究開発を行う。具体的には、分子・細胞・細胞ネットワーク等の様々な生物階層に潜む自然知の計測・評価技術及び情報処理/制御プロセスの解析技術等に関する研究開発を行いつつ、認知科学、電子デバイス工学等の分野融合により、消費エネルギーを抑えつつ自然知に規範した知的処理を行うアルゴリズム・システムの構築を実施する。</p>
<p>⑤ 超高周波無線デバイス/システム技術に関する研究開発</p>	<p>Beyond 5G 等で利用が期待されるミリ波以上の超高周波無線の応用展開のために必要なデバイス・モジュール技術を高度化しシステム化するとともに、超高周波無線通信・センシングシステムへの利活用に向けたシステム応用研究開発を実施する。</p>
<p>⑥ デジタル光学基盤技術の研究開発</p>	<p>デジタルホログラムに代表されるデジタル光学基盤技術の研究開発を実施し、次世代ディスプレイや光通信に用いられる先端光学素子の作成技術やデジタル光学応用技術を確立し、社会展開を推進する。</p>

(2) 先端 ICT デバイス基盤技術

重点研究開発課題	概要
① 酸化半導体電子デバイスの研究開発	産業応用（電機・自動車メーカー等）に向けて、酸化ガリウムパワーデバイスの更なる高性能化、高効率化に必要となるデバイス基盤技術を確立する。また、高温、放射線下に代表される、通常半導体デバイスの利用が想定されていない過酷な環境における半導体エレクトロニクス分野を開拓することを目指し、これら極限環境下で利用可能かつ十分な性能を有する無線通信、情報処理用途向けの酸化ガリウムデバイスの研究開発を実施する。
② 深紫外光 ICT デバイスに関する研究開発	光周波数資源の飛躍的な拡大、従来の可視・赤外光技術では達成できない見通し外（NLOS）光空間通信等の革新的光機能の実現に向け、水銀ランプを代替可能な性能を有する深紫外小型固体光源技術を開発し、その社会実装を図ると共に、深紫外光 ICT デバイス基盤技術を確立する。

(3) 量子情報処理基盤技術

重点研究開発課題	概要
① 量子セキュアネットワーク技術の研究開発	あらゆる計算機で解読不可能な安全性を実現する量子暗号・物理レイヤ暗号技術、及びそれらを用いた、機密情報の超長期分散保存を可能にする量子セキュアクラウド技術などを開発し、衛星及びファイバーネットワークを統合したグローバル量子セキュアネットワークの実現に向けた基盤技術を確立する。
② 量子ノード技術の研究開発	量子計測標準技術の高度化及び量子メモリへの応用に関する研究開発により、量子時刻同期を可能とする量子ネットワーク基盤技術を確立する。また、新型超伝導量子ビットの研究開発および、量子誤り訂正を含む高度な量子ビット制御技術の研究開発を実施する。

(4) 脳情報通信技術

重点研究開発課題	概要
① 人工脳モデル構築のための脳機能解明に関する研究開発	人間の認知・情動・感覚・意思決定・運動等に関する多角的な脳活動データを取得し、得られたデータから、脳内情報表現を解析し、それを基に脳内情報処理機構をモデル化する技術の研究開発を実施する。
② 脳情報データの取得・解析技術に関する研究開発	人工脳モデル構築に資する大規模で精緻な脳活動データ取得するため、大型計測機器や携帯型機器による脳情報取得技術の高度化を図り、世界最先端の計測体制を構築するとともに、多分野連携による脳情報データ解析技術の高度化に関する研究開発を実施する。
③ 脳情報通信技術の応用展開に関する研究開発	脳機能モデルを基にした新しい ICT 技術や脳に倣った AI 技術の研究開発を実施するとともに、脳機能データを活用した脳機能の客観的評価技術を開発し、人間の機能の発達、再建・拡張を支援する研究開発を実施する。

(5) テラヘルツ波通信・リモートセンシング技術

重点研究開発課題	概要
① THz 帯における長距離通信・センシングに関する研究開発	民間のワイヤレステラヘルツ通信産業を土台から支援・促進し、AI Driven THz Space Network の実現に貢献できるように、0.25-3.00THz における①テラヘルツ波を用いた太陽系内 3 次元長距離センシングの技術開発、②テラヘルツ電磁波伝搬モデルの確立と標準化、③宇宙通信におけるテラヘルツ領域への周波数資源拡大に向けた研究開発を実施する。
② AI 等を用いた自動高度解析を行うための新たなアルゴリズム研究開発	地上や地球観測で大気や大気環境を観測したデータを AI 等を用いた自動高度解析し、有意なデータを創出する新たなアルゴリズム研究開発を実施する。

VI. 分野横断的課題

分野横断的課題



テストベッド循環型進化技術

重点研究開発課題

※ B5G、量子技術の進展に対応した世界最先端のICTテストベッドを構築し、先端技術におけるビジョン創造、技術実証、社会実証、国際連携に貢献し、社会実装までを速やかに繋ぐと共に、デジタルツイン実現の基盤となるテストベッドを構築する。

(1) テストベッド循環型進化技術

重点研究開発課題	概要
① 次期ネットワークテストベッドの構築・運用	Society 5.0 実現に向けて、Beyond 5G 関連技術等の最先端技術を実証可能なネットワーク環境を構築・運用し、ネットワークキャリア・ベンダ・研究機関の力を集結する研究開発・技術実証・社会実装のオープンイノベーション拠点として循環進化するテストベッドを確立する。
② 次期エミュレーションテストベッドの構築・運用	Beyond 5G 時代を想定した事象を CPS 環境に模倣し、ICT 技術との関連を検証するための各種研究開発を実施するとともに、ICT 技術とそれを取り巻く技術・現象を仮想空間で簡単に「実際に動かしてみる」リアルタイムエミュレーション環境を構築し提供する。

第3章 研究開発の推進方策

我が国が、ICT 分野の研究開発によるイノベーションを推進していくためには、第2章で述べた重点研究開発課題等を着実に推進するとともに、研究開発成果を社会に実装するための体制や環境整備をあわせて実施することが重要であり、次に示す取組を進める必要がある。

3.1 技術シーズを社会実装するオープンイノベーション方策

我が国を取り巻く競争環境が厳しさを増す中、一機関のみで新たな価値を生み出すイノベーションを起こすことはもはや困難であり、内部と外部のリソースを有機的に結合させるオープンイノベーションは必須の取組となりつつある。特に、技術シーズ創出に中心的な役割を果たす国立研究開発法人（以下、「国研」とする。）や大学等においては、研究成果を組織内に埋もれさせることなく、外部の多様なプレイヤーと連携しながら、速やかに社会に還元することが求められる。

3.1.1 戦略的な外部連携

(1) 現状

前述のとおり、オープンイノベーションの潮流の中で、外部の組織といかに連携し、研究開発の成果を最大化するかが求められている。中長期的な研究開発を担う国研においても、従来大学や企業との共同研究という形で連携が進められてきたが、図3-1で整理されるように、連携形態に応じて様々な特徴が存在する。

その一つとして、国研のような中立的な機関が中心となり外部の複数の機関と連携するような形では、共通のニーズ・課題を把握しながら、一社ではリスクが高い研究テーマや協調して取り組むことが効果的な研究テーマに取り組むことができる等のメリットがある。

例えば、NICT に設置された先進的音声翻訳研究開発推進センター（ASTREC）では、産官学からの研究者が参加し、多言語音声翻訳技術等の研究開発を推進しており、グローバルコミュニケーション開発推進協議会の活動を通じて、その成果は広く社会に展開されている。

また、競争領域において国研と特定の企業1社が連携する場合には、国研側にとっては民間企業のニーズに対応した成果展開及び企業からの研究資金を受け入れる機会となるとともに、企業側にとっては自らの事業に繋げていくために国研の研究者の協力や成果の活用が期待できる等のメリットがある。既に、先行した取組を行う国研では、企業と連携した研究組織を立ち上げる新たな仕組み

等の導入が行われている¹⁷。

さらに、国研の研究者に対する技術相談という形で、専門家的な助言を期待する仕組みも存在し、国研にとっては具体的なニーズを把握する機会となっている。

類型	研究開発法人にとってのメリット	民間企業にとってのメリット
企業（複数社/会員企業）との連携	<ul style="list-style-type: none"> 業界共通で抱えているニーズ・課題を把握することが可能 当該事業で生まれる知的財産を特許・ノウハウ等として活用できる可能性あり 	<ul style="list-style-type: none"> 1社ではリスクが高く取組めないテーマ・業界共通で抱えている課題に取組むことが可能 複数機関で取り組むため、より少ないリソース投入により参加することが可能
大学、企業、研究開発法人間の連携		
企業（1社）との連携	<ul style="list-style-type: none"> 国研研究者が、民間企業のニーズを直接知る機会 新たな外部資金の獲得 共同研究により得られる間接経費を、自由な用途に充てることが可能 	<ul style="list-style-type: none"> 他社には開示できないテーマについて、企業の個別ニーズに基づく国研の直接的なコミットメントが期待できる
研究者による技術相談	<ul style="list-style-type: none"> 技術相談に対する経済的な対価を受取ることが可能 民間が求める技術的なニーズを把握することができる 	<ul style="list-style-type: none"> 経済的な対価と引き換えに、専門家としての国研研究者からの助言が期待できる

出所) 各種資料より三菱総合研究所作成

図 3-1 研究開発法人における外部との連携研究の類型

また、研究機関の保有する技術シーズの社会実装については、従来大学等において TLO¹⁸の活用等が試みられてきたが、近年、シーズとニーズのマッチングを仲介するサービス提供事業者や新規事業化を支援するアクセラレーター等新たなプレイヤーも台頭している。

(2) 今後の取組

企業等との連携については、研究対象領域（競争領域、協調領域）、連携者数（1対1、1対多）、コミットメント比率等に応じて多様な連携の形態があることを踏まえ、ICT 分野においても NICT と企業の間で戦略的な研究開発を推進する新たなスキームの導入を積極的に進める必要がある。

特に、企業からの資金を受け入れながら、大型の連携を通じて広く社会実装を進めていくために、競争領域における企業のニーズに対応した連携スキームを新たに導入することが必要である。

¹⁷ 産業技術総合研究所における連携研究室（冠ラボ）や理化学研究所の連携センター（バトンゾーン制度）など

¹⁸ Technology Licensing Organization の略称で、研究成果の特許化・管理・技術移転を行う組織

その際には、NICT が有する基礎・基盤的な技術、専門的知見を有する研究者、研究設備等のインフラといったリソースの強みを活かしながら、民間企業が有するビジネスニーズ、研究資金といったリソースを有機的に組み合わせ、これまで以上に密接な連携研究を進める仕組みとすることが重要である（図 3-2）。



図 3-2 国研/企業の強みを活かす連携研究

研究機関の保有する技術シーズの社会実装については、TLO、アクセラレータ一等の外部リソースに頼るだけではなく、内部にもそれらをうまく使いこなす人材が必要であるとの指摘がある。NICT においては、費用対効果も十分に考慮した上で外部リソースを効果的に組み合わせる活用するとともに、プロジェクト企画から成果展開までを支える外部人材の登用・育成を行い、シーズとニーズのマッチングの場への積極参加等外部との接点を意図的に増やす取組を実施することが必要である（図 3-3）。

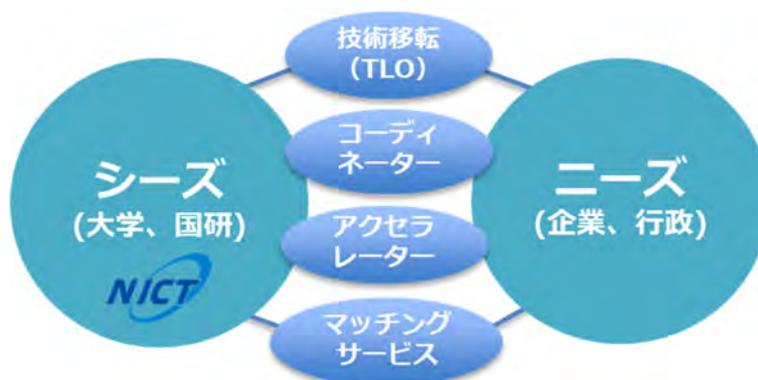


図 3-3 シーズの実装に関する取組イメージ

3.1.2 戦略策定機能

(1) 現状

技術シーズの社会実装にあたっては、技術流出防止の観点からも、どの分野・視点でオープンイノベーションを考えるのか等のオープン・クローズ戦略を考慮した上で、技術戦略を検討する必要がある。また、研究プロセスの中に存在する先端技術動向に加えて、市場（マーケット）の流れ、さらにそれをうまくつかむ政策の流れが一体となってより効果的な戦略となる。

政府全体における現状では、1.4 で述べたとおり、5年ごとに策定される「科学技術基本計画」及び毎年改訂が見込まれる「統合イノベーション戦略」に沿って、関係省庁が科学技術政策及び研究開発施策を推進している。また、政策立案に資する技術動向の調査・分析や技術戦略の策定を行う機関として、新エネルギー・産業技術統合開発機構（NEDO）技術戦略研究センター（TSC）や科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）、文部科学省科学技術・学術政策研究所（NISTEP）等が存在する。

（2）今後の取組

ICT 分野における技術の国際競争が激化する中、我が国として ICT によるイノベーション施策を効果的に推進するためには、技術動向等様々な情報・知見を収集・分析・評価し、適時適切に研究開発プロジェクトへ反映する体制を強化する必要がある。

このため、図 3-4 に示すように総務省と NICT が一体となり、ICT 分野における国内外の技術動向・ニーズ等の把握や技術力・市場規模等我が国のポジションの分析・評価を実施するとともに、重要技術の絞り込みや研究開発プロジェクト・社会実装方策への速やかな反映を行う体制を構築することが必要である。



図 3-4 ICT 分野における戦略策定機能強化

3.1.3 社会課題・地域課題解決

(1) 現状

1.2 で述べたとおり、持続可能な社会に向けた世界共通の課題として「持続可能な開発目標 (SDGs)」が国連にて採択されたが、SDGs のための科学技術イノベーション (STI: Science Technology Innovation) に関する国連機関間タスクチーム (IATT¹⁹) 等が立ち上がるなど、SDGs で掲げられている課題の達成に向け、特に科学技術イノベーションに対する期待は大きい。

我が国においても、「統合イノベーション戦略 2019」において、STI for SDGs の推進が明記されるなど、STI を活用した国際社会への貢献が求められている。また、「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律」において科学技術・イノベーション創出の活性化を通じた地方創生への貢献が規定される²⁰など、科学技術・イノベーションによる地方が抱える様々な社会課題解決にも大きな期待が寄せられている。

(2) 今後の取組

SDGs のような世界共通の目標に向けては、研究開発の成果を大学、研究開発機関、自治体、民間セクター、NPO といった様々なステークホルダーの垣根を超えて結びつけ、社会課題・地域課題の解決に向けて取り組むことが重要である。例えば、社会課題・地域課題の解決を明確な目標として定め、こうしたステークホルダーとの連携のもとで基礎・応用研究から事業化等を行い、社会実装を目指す課題解決型の ICT 研究開発プログラム (競争的資金) 等を検討することが必要である (図 3-5)。

¹⁹ UN Inter-Agency Task Team on STI for SDGs

²⁰ 科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律 (平成 20 年法律第 63 号) 第 34 条の 7

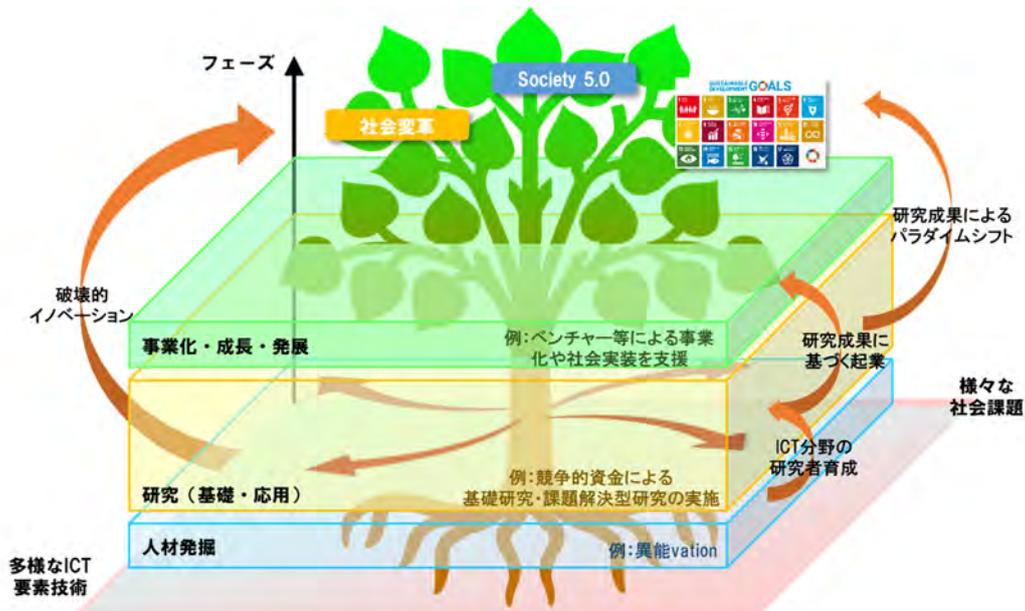


図 3-5 社会課題解決に貢献する研究開発プログラムイメージ

3.2 技術をベースとする ICT スタートアップ・ベンチャーの創出・成長

研究開発成果を社会に還元する手法の一つとして、スタートアップ・ベンチャーの創業による事業化が挙げられる。世界的には急速な成長を遂げるスタートアップ・ベンチャーが脚光を浴び、日本でも第4次ベンチャーブームが到来するなどスタートアップ・ベンチャーを取り巻く環境は変わりつつある。他方で研究開発成果や技術をベースとするスタートアップ・ベンチャーに着目すると、研究開発期間の長さ、資金調達の難しさ、成功ノウハウの不足等の要因により「死の谷」を乗り越えられず、自律的・連続的に創出・成長が繰り返されるエコシステムの構築に至っていないという課題がある。

3.2.1 技術シーズを有するスタートアップ・ベンチャーへの支援

(1) 現状

総務省では、平成26年度から令和元年度まで ICT 分野の技術シーズを有するスタートアップ・ベンチャー等が「死の谷」を乗り越えるための支援として、「ICT イノベーション創出チャレンジプログラム (I-Challenge!)」を実施してきた。技術シーズを有する有望なスタートアップ・ベンチャー等に対し、最大1年間の研究開発支援とともに事業育成支援を行う機関とのマッチングを実施し、支援企業の資金調達総額が累計175億円に到達するなど、技術シーズを有する ICT スタートアップ・ベンチャーの創出にあたって一定の成果を達成した (図3-6)。

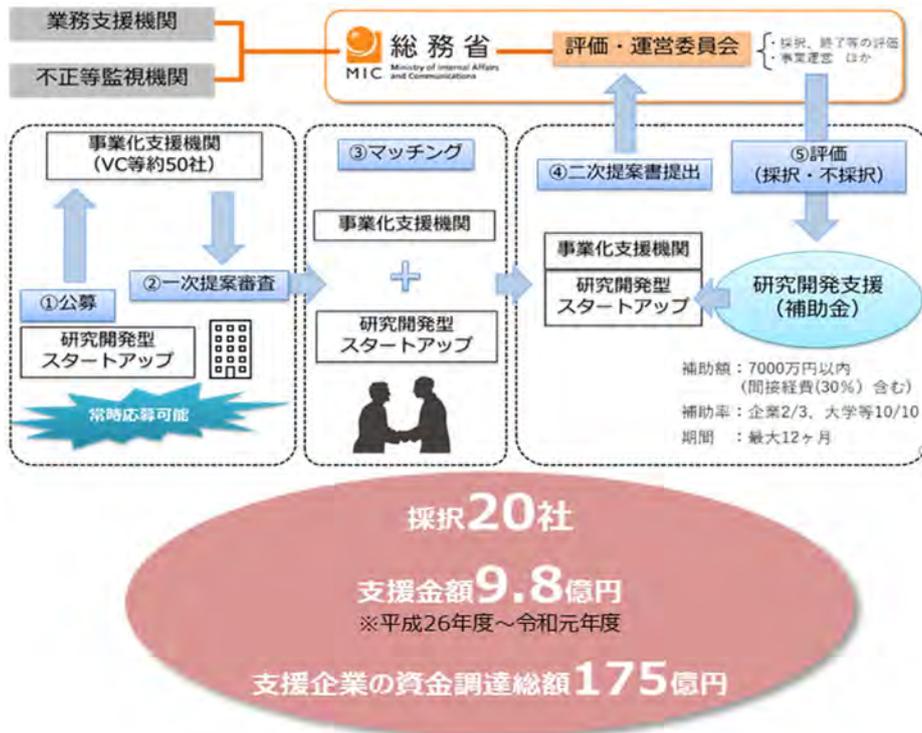


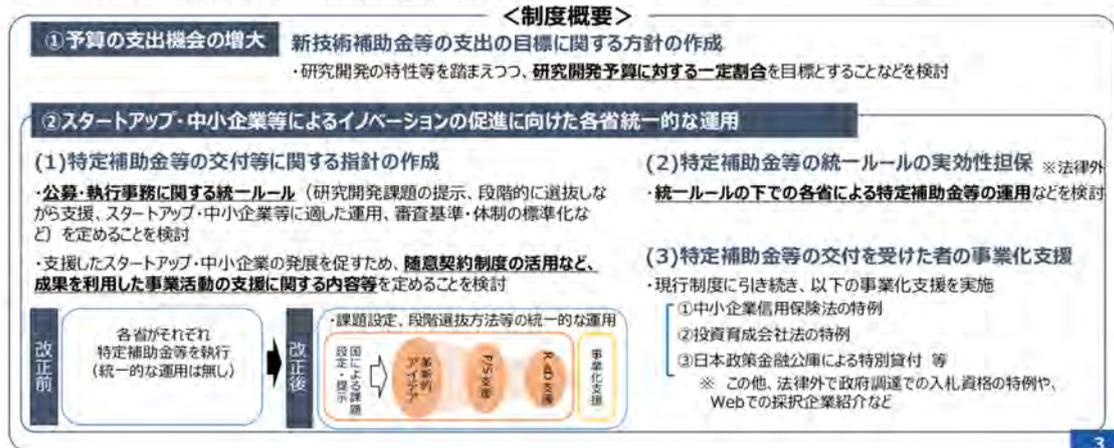
図 3-6 I-Challenge!のスキーム及び実績

また、政府では日本版 SBIR²¹制度の見直しが進められており、政策の重点がこれまでの「中小企業の経営強化」から「スタートアップによるイノベーション創出」にシフトしている。新たな日本版 SBIR 制度では、根拠法を「中小企業等経営強化法」から「科学技術・イノベーション活性化に関する法律」に移管するとともに、各省の研究開発予算に対して一定割合をスタートアップ向けの支出目標とすることを検討するほか、スタートアップ向け研究開発事業において、イノベーション創出に資する課題設定、多段階選抜を軸とした省庁横断の統一的なルールの導入等が検討されている（図 3-7）。

²¹ Small Business Innovation Research

日本版SBIR制度の重点を中小企業の「経営強化」から「イノベーションの創出」にシフト。内閣府を中心とした省庁横断の取り組みを強化。

- 根拠規定を「中小企業等経営強化法」から「科技イノベ活性化法」に移管。
- 中小企業者等への新技術に関する一定の研究開発予算（新技術補助金等）の支出機会の増大を図るため、「新技術補助金等の支出の目標に関する方針」を閣議決定。
- 新技術補助金等のうち、スタートアップ・中小企業等による科学技術・イノベーション創出の活性化を図る観点から、各省が統一的な枠組みとして執行するものを「特定補助金等」として指定。
- 特定補助金等の指定要件や交付の方法等は、「特定補助金等の交付等に関する指針」として閣議決定。特定補助金等を受けた中小企業者等を対象とした事業化支援を実施。



出所) 統合イノベーション戦略推進会議 (第 6 回) 資料

図 3-7 新たな日本版 SBIR 制度の概要 (案)

日本のベンチャー投資市場が活況を呈していると言われるが、分かりやすいビジネスモデル等の案件への集中が見られ、初期コストが大きく、研究からビジネス化に時間と資金がかかる創業期の研究開発型スタートアップ・ベンチャーは資金調達面等で厳しい状況が続いている。

また、米国 CB Insights のレポート²²によると、2020 年 5 月 1 日時点で急成長を遂げた企業価値 10 億ドル以上のいわゆるユニコーン企業は全世界で 469 社存在し、その事業領域は ICT そのもの及び ICT が密接に関連する分野の企業が大半を占めるなど革新的な ICT スタートアップが世界を席巻しているが、日本発のユニコーン企業は 3 社に留まるなど、グローバル市場で急成長する新興企業の創出・育成が課題となっている。

(2) 今後の取組

このような状況下において、各省庁のスタートアップ等向けイノベーション創出事業を強化する新たな日本版 SBIR 制度の趣旨に鑑み、急成長の可能性を秘めた技術シーズを有する ICT スタートアップ・ベンチャー等が障壁となる部分を支援し、ICT 分野のスタートアップエコシステム形成に繋がるプログラム

²² <https://www.cbinsights.com/research-unicorn-companies>

が必要である。これまでも異能 vation プログラムを契機として I-Challenge! に展開した事例も参考にし、技術シーズ創出からスタートアップ・ベンチャーによる事業化に繋がられるよう、他のプログラムと組み合わせる等効果的な仕組みの構築を目指すことが必要である。また、不確実性の高い時代においては、新たに出現する課題やニーズに柔軟かつ機動的に解決を図るスタートアップへの期待は大きく、世の中のニーズに対応したスタートアップ支援という観点も必要である。

3.2.2 研究開発法人発ベンチャー

(1) 現状

図 3-8 によると、国開発のベンチャー数は全体的に横ばいであり、イグジット（EXIT）に至らず現在も独立したまま存在しているものが大半という状況であるが、平成 31 年 1 月に施行された「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律」において、一部の国研が自らの研究成果を活用するベンチャーへ出資及び株式又は新株予約権の取得等が可能となるなど、国研においても研究成果のスピーディーな社会実装が求められている（図 3-9）。



図 3-8 国立研究開発法人発ベンチャー数の推移

	技術イノベ活性化法成立前	科技イノベ活性化法(強化法改正)により実現
研究開発法人による出資	対象法人 ・科学技術振興機構 ・産業技術総合研究所 ※現物のみ ・新エネルギー・産業技術総合開発機構 ※現物のみ	○出資可能な法人を大幅に拡大(3法人→22法人) ・理化学研究所 ・産業技術総合研究所(現金出資も可能化) 等
	出資先 ・研究開発法人発ベンチャー 参考: 国立大学 ・技術移転機関(TLO) ・大学発ベンチャーを支援するベンチャーキャピタル等 ・大学発ベンチャー(コンサルティング事業者、人材育成事業者等) ※指定国立大学のみ	○出資先を拡大 ・研究開発法人発ベンチャー ・研究開発法人発ベンチャーを支援するベンチャーキャピタル等 ・成果活用等支援法人(TLO等)
ベンチャー支援に伴う株式等の取得・保有	国大法人等 (国立大学法人等) 国大法人法の解釈として、文科省の通知において、 取得: ライセンス、施設の使用、技術的支援等の対価を現金により支払うことが困難な大学発ベンチャーから現金に代えて取得可能 保有: ①長期保有が寄附目的の場合、②対価に見合う株価でないとな法人が判断した場合、③売却により株価の急落を招く恐れがある場合などには、一定期間の保有が可能。 (公立大学法人) 地独法の解釈が明らかでなく、通知等なし	○株式等の取得・保有が可能 国立大学法人については、概ね確認的規定(※)。 (※法律上、保有に関し、条件なく可能となる。)
	研発法人 ○寄附以外の株式等の取得は不可 独法制度を所管する総務省は、株式等の取得を出資業務の一部に該当すると解しているため、法的措置がない限り、その取得等は認められていない。	
基金の設置	予算措置に加え、個別の法的措置が必要	○予算措置がなされれば、新たな法的措置なく、資金配分機関に基金の造成が可能 (資金配分機関) ・日本医療研究開発機構 ・科学技術振興機構 ・日本学術振興会 ・農業・食品産業技術総合研究機構 ・新エネルギー・産業技術総合開発機構

出所) 文部科学省「国立大学法人・国立研究開発法人における大型産学官連携活動に係る制度 について」

図 3-9 科技イノベ活性化法における国研出資規定

(2) 今後の取組

このような状況を踏まえ、NICTにおいても、自らの技術シーズを活用したベンチャーの創出・育成にあたって、様々なフェーズにおける支援体制の強化が必要である。

具体的には、シーズ創出の初期段階における研究者の事業視点会得など事業化気運の醸成、シーズ育成段階におけるVC等専門家による事業化可能性レビュー、事業化段階における研究者と経営マインドを有する外部人材(CEO候補)とのマッチング等成長フェーズに応じた支援を実施することが必要である。

また、「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律」によって可能となった自らの研究成果を活用するベンチャーへの出資(金銭出資及び現物出資によるストックオプション取得等)等を行う体制を構築し、当該ベンチャーの成功(IPO、M&A等)による研究資金への環流によって新たなシーズ創出に繋げるなど、好循環を生み出すサイクル創りを目指す取組を行うことが必要である(図3-10)。



図 3-10 NICT 発ベンチャー創出の取組

3.3 社会に新たな価値を生み出すハブとなる産学連携拠点形成

3.3.1 産学連携拠点形成

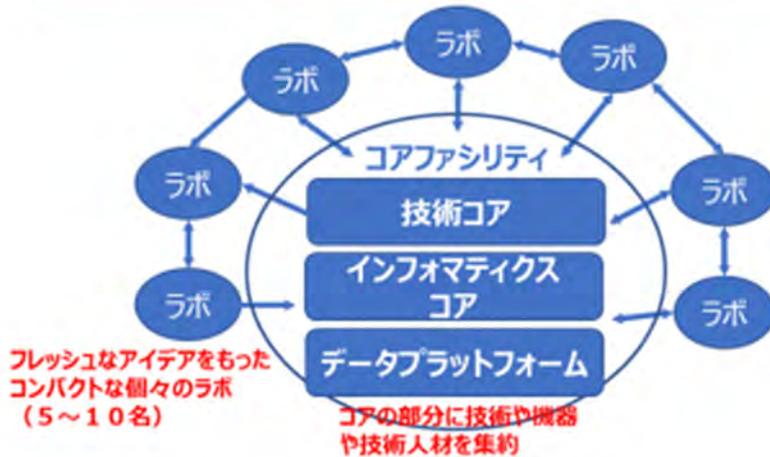
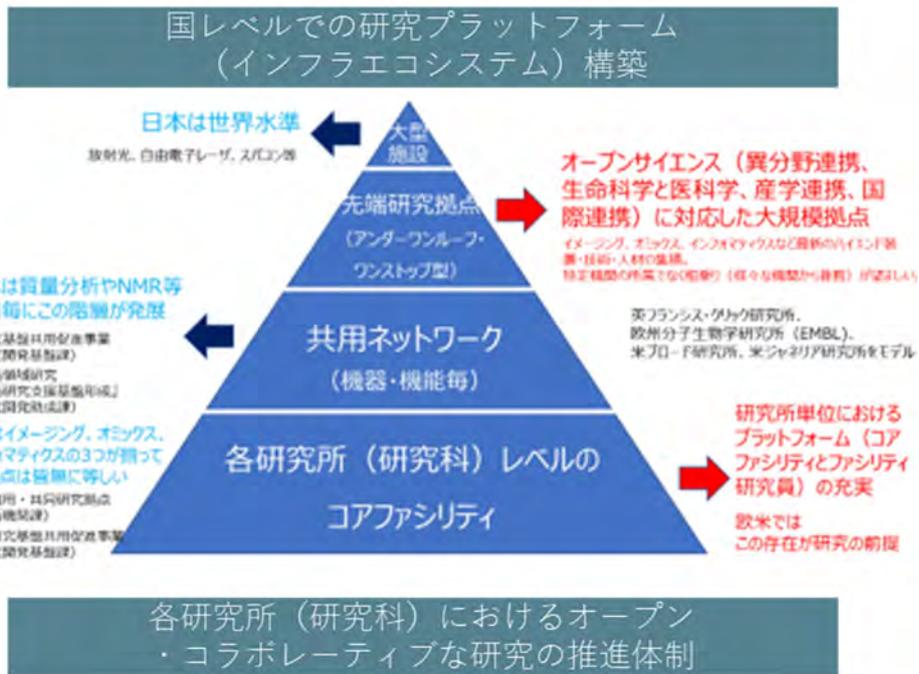
(1) 現状

研究開発の成果を最大化するためのオープンイノベーションの重要性は 3.1 で述べたとおりだが、国研、大学、民間企業など様々なプレイヤーが参画し、各組織が有するリソースを結集する産学連携拠点も、社会に新たな価値を生み出すハブ機能として重要な役割を担う。

諸外国の事例を見ると、例えばカナダでは、政府による汎カナダ AI 戦略（2017 年）²³や AI 分野における世界的に著名な研究者が牽引する大学・研究所・企業の存在等を背景に、複数の都市で AI のエコシステムが発展している。特にトロントは、深層学習の祖と言われる Geoffrey Hinton 氏が牽引するベクター研究所を筆頭に、大学、政府、インキュベーション施設等が集中しており、優れた研究機関と人材の集積、他機関と連携がしやすく、企業の負担コストも割安であることから、カナダ最大のエコシステムとして近年世界的に注目を浴びている。

また、欧米の研究所では、コアファシリティ（高額～超高額機器を集積して共同利用する施設）を中核とした先端技術研究のプラットフォームが充実しており、主に機器共用による全体コスト効率化、人材等の異分野融合、基礎研究からイノベーションまでのコスト・時間短縮等の利点があると考えられている（図 3-11）。

²³ Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy



出所) CRDS「研究力強化のための大学・国研における研究システムの国際ベンチマーク」、2019年

図 3-11 コアファシリティを中核とした研究推進体制

我が国においても、「統合イノベーション 2019」等の政府戦略で研究開発拠点の重要性がうたわれている。例えば、「AI 戦略 2019」においては『AI 関連中核センター群の強化・抜本的改革を行い (中略) 魅力的な AI 研究拠点化を推進』、「量子技術イノベーション戦略」においては『量子技術イノベーション拠点 (国際ハブ) を、2020 年度を目途に形成する』と明記されるなど、我が国が強みを有する先端分野の領域において、基礎研究から技術実証まで産学官共創でイノベーションを生み出す拠点形成が進められつつある。

既に NICT においては、AI 中核研究センターとしての役割を担っていることに加え、「量子技術イノベーション戦略」を踏まえた量子セキュリティ拠点の形成に向け、量子暗号技術と古典セキュリティ技術の融合研究開発を行うと

もに、その技術的検証、人材育成、社会実装を総合的に推進すべく、産学官による国際的な協創による価値創造を推進するイノベーション拠点化に向けた国際ハブ（仮称）の整備を進めているところである（図 3-12）。

量子技術イノベーション実現に向けた5つの戦略②		
	戦略の方向性	具体的方策
3. 産業・イノベーション戦略		
(1) 国際研究拠点の形成	○国内外から優れた研究者を惹きつける研究拠点を形成し、国内外の優れた研究者や企業等から積極的な投資を呼び込む	○基礎研究から技術実証まで一貫通貫で行う「量子技術イノベーション拠点（国際ハブ）」を形成等 <拠点（例）> 超伝導量子コンピュータ拠点、量子ソフトウェア拠点、量子慣性センサ拠点、量子セキュリティ拠点等

出所) 量子技術イノベーション戦略最終報告（概要）より抜粋

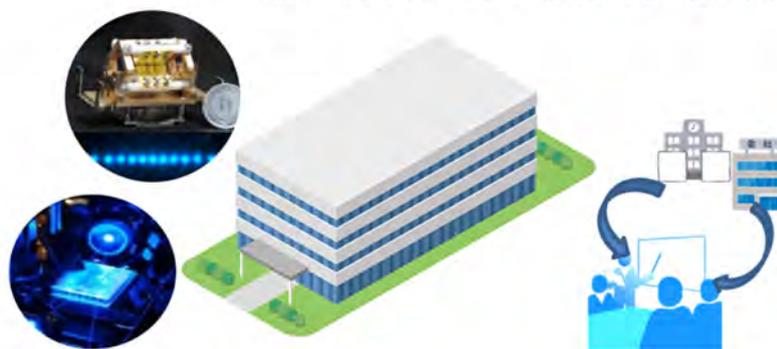


図 3-12 拠点化・国際ハブ化の例（量子技術）について

(2) 今後の取組

このような状況や社会システムに必要不可欠である情報通信分野の重要性を踏まえ、第 2 章において今後「戦略的に進めるべき研究領域（戦略領域）」とされた Beyond 5G やサイバーセキュリティなどの領域における我が国の国際競争力を確保・強化する観点から、国研、大学、企業等の有するリソース（研究設備、技術、人材、資金等）を活かして、国内外の優れた研究者を呼び込み基礎研究から成果普及まで一貫通貫で取り組む、国際的に魅力あるイノベーション拠点の形成を、他省庁、自治体、学会とも連携し、推進することが必要である。

3.3.2 テストベッド

(1) 現状

3.3.1 で述べたとおり、コアファシリティを中核として様々なプレイヤーが参画する研究推進体制が産学連携拠点の重要な要素であるが、ICT 分野において研究開発成果の技術実証等を行うテストベッド環境がコアファシリティとして重要な役割を果たす。

NICTにおいては、これまで、超高速研究開発ネットワークテストベッド「JGN」、大規模エミュレーションテストベッド「StarBED」、広域SDNテストベッド「RISE」、大規模IoTサービステストベッド「JOSE」等の様々なタイプのテストベッドを整備し、多様な分野の技術検証と社会実証の一体的な推進が可能な検証プラットフォームを構築・運用してきた（図3-13）。

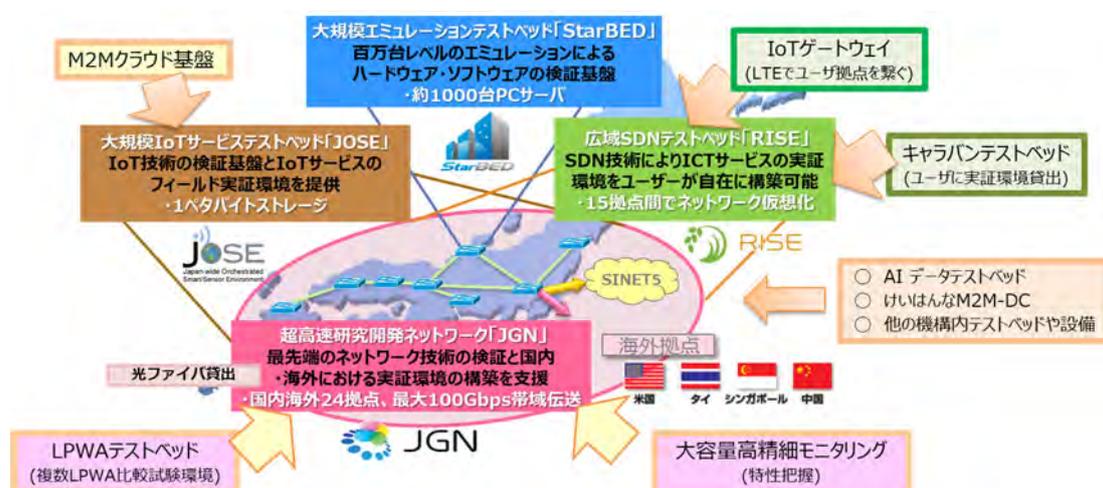


図 3-13 NICT 総合テストベッド

(2) 今後の取組

今後、Beyond 5G 等新たな技術の進展が想定されることを踏まえ、現在のNICTにおけるテストベッドの在り方を見直し、先端技術領域のプラットフォームとなる新たな次世代テストベッドの構築が必要である。

具体的には、従来は超高速研究開発ネットワークテストベッド「JGN」を中核としていたところであるが、今後は Beyond 5G 時代に向けた先端技術の実践的・実証的研究開発を効果的に行うために必要なコアファシリティと位置づけ、様々なステークホルダーとの連携によって確立されるオープンイノベーション型のテストベッド構築を目指す必要がある。

特に、Beyond 5G のコア技術開発のハブとなるため、既に整備に取り組んでいる CPS エミュレーションのほか、最先端の光や量子ネットワーク、テラヘルツ等の研究開発や技術実証が可能とする先端設備やデータ主導社会で活用可能な各種研究データ環境を提供するなど、Beyond 5G 等の研究開発・技術実証の形成に向けた中核的な研究開発環境の整備と運用に取り組む必要がある（図3-14）。

さらには、こうした研究開発環境の強みを活かした拠点形成、それぞれの研究活動との連動性や他分野とのコラボレーション、制度改正等政策との連携等

を深めて、研究開発プラットフォームの形成を目指すことが必要である。

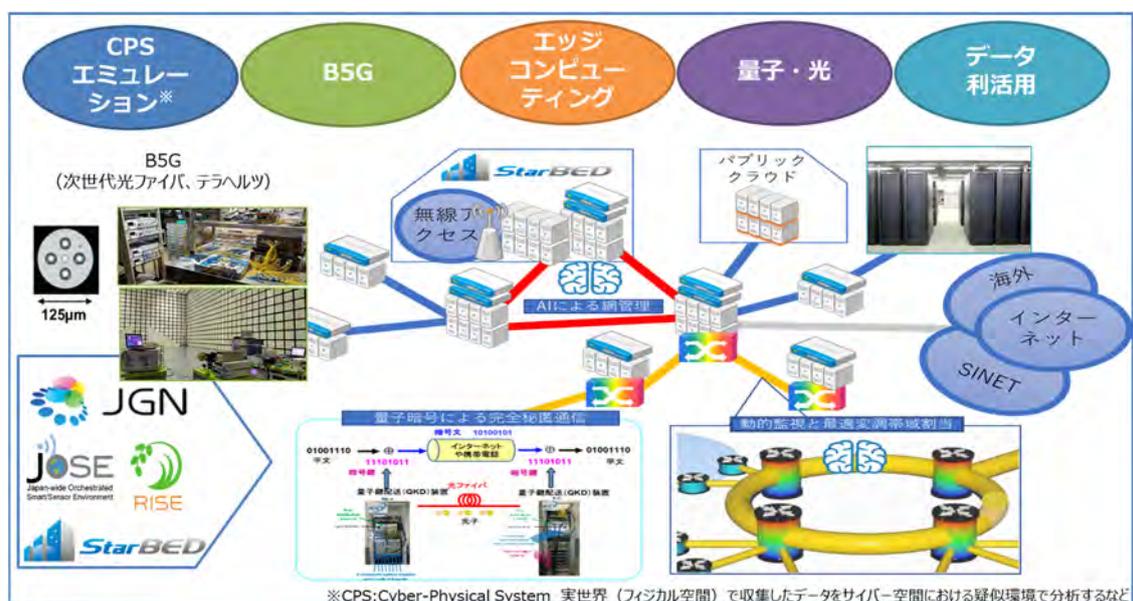


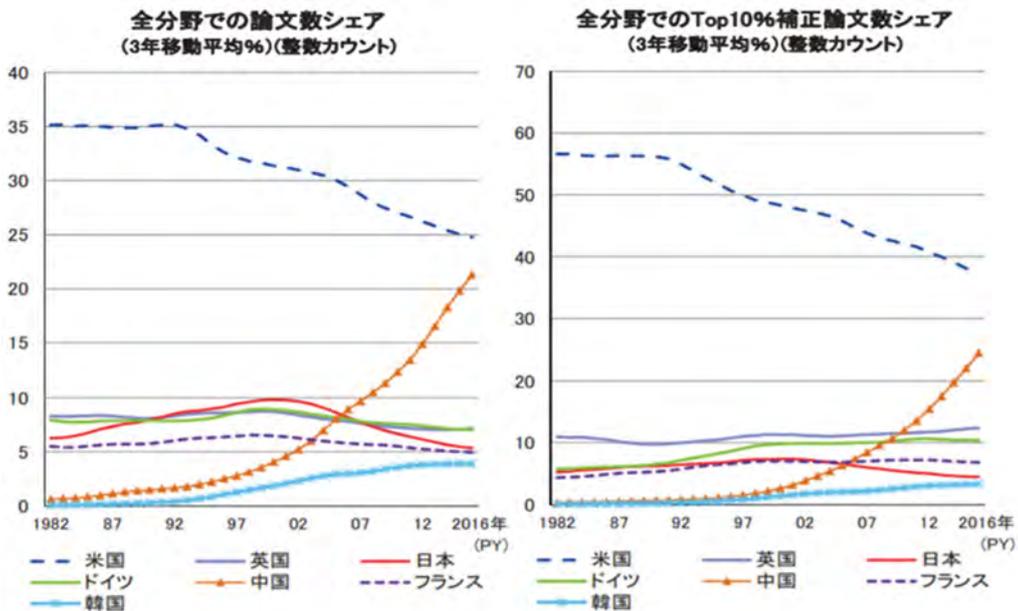
図 3-14 次期テストベッドイメージ

3.4 政府の研究開発制度設計

3.4.1 基礎・基盤的な研究開発の強化

(1) 現状

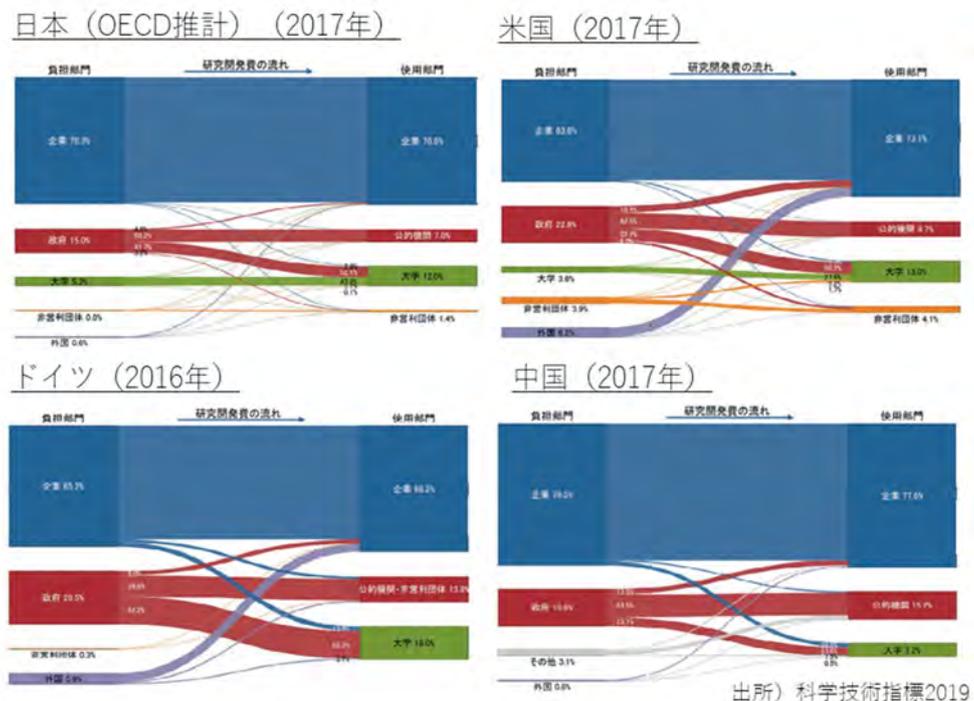
基礎・基盤的研究は新たな知のフロンティアを拓く礎であるとともに、科学技術イノベーション創出の源泉である。しかし、図 3-15 に見られるように、主要国における論文数シェア及び Top10%補正論文数シェアの推移では我が国は 2000 年以降低下を続けており、論文の量・質ともに主要国をリードできていない状況にあり、基礎研究力の衰退が懸念されている。また、産業界においても、国際競争の激化により、研究開発費の多くを短期的研究に振り向けざるを得ず、中長期的な研究開発投資が困難な状況にある。



出所) 科学技術指標2019

図 3-15 主要国における論文数シェアの推移

また、研究開発費について、他国は負担部門から使用部門へ多様な組織間の流れがあるのに対し、日本は政府から大学へ一定の流れがあるものの、それ以外の組織間の流れはほとんど見られないなど、マクロではリソース配分が硬直化している状況にある (図 3-16)。



出所) 科学技術指標2019

図 3-16 主要国における研究開発費の流れ

(2) 今後の取組

我が国の研究開発力の強化を図るためにも、ICT 分野において、意欲ある研究者が未来に向けて安定した環境のもと挑戦的な研究に打ち込み、シーズ発掘・育成につながる基礎・基盤的な創発研究に対する支援強化が必要である。

また、これまで以上に政府、企業、大学等産学官が組織を越えて連携し、例えば第 2 章で述べた戦略的に推進すべき研究領域において、ヒト・モノ・カネ等リソースの重点化・拠点化を行う仕組みが必要である。

3.4.2 研究開発制度設計

3.4.2.1 ICT 分野の研究開発エコシステム形成

(1) 現状

これまで総務省では、政策目標に沿った形で国が研究開発課題を指定し大規模に推進する研究開発プロジェクトとあわせて、戦略的情報通信研究開発推進事業（SCOPE）等自由な研究開発課題を募る競争的資金制度を実施し、シーズ発掘から育成に繋げてきたところである。今後、限られたリソースを活かして効果的に基礎・基盤的な研究開発の強化からイノベーションの創出に繋げていくためには、目的・フェーズ・担い手に応じて最適化したプログラムを構築するとともに、技術シーズの創出から産業化まで切れ目のない支援を行う全体設計が求められる。

(2) 今後の取組

具体的には、図 3-17 のように、技術の発掘・育成を目指すシーズドリブン型、国際的に求められている SDGs や地域における社会課題解決に向けた貢献を視野に課題解決・顧客ニーズ・社会実装を意識したニーズドリブン型、事業化に至るハードルを越える事業化促進型、奇想天外で野心的な技術課題への挑戦など個々のプログラムを実施する。これらのプログラムの実施と併せてプログラム間での連携など切れ目のないポートフォリオ設計により、ICT 分野の研究開発エコシステム形成につながる一体的な総合研究開発プログラムを構築することが必要である。

特に情報通信分野では、イノベティブな事業シナリオを想定しながら、マーケット構想を踏まえた知財等の技術的資源構成や事業資源調達の設計が重要となる。特にマーケット構想においては、第 4 章で述べるようなグローバルなフォーラムでの技術展開等の議論が不可欠であり、グローバルな議論への寄与が我が国の技術をグローバルに展開できる基盤になることも期待される。

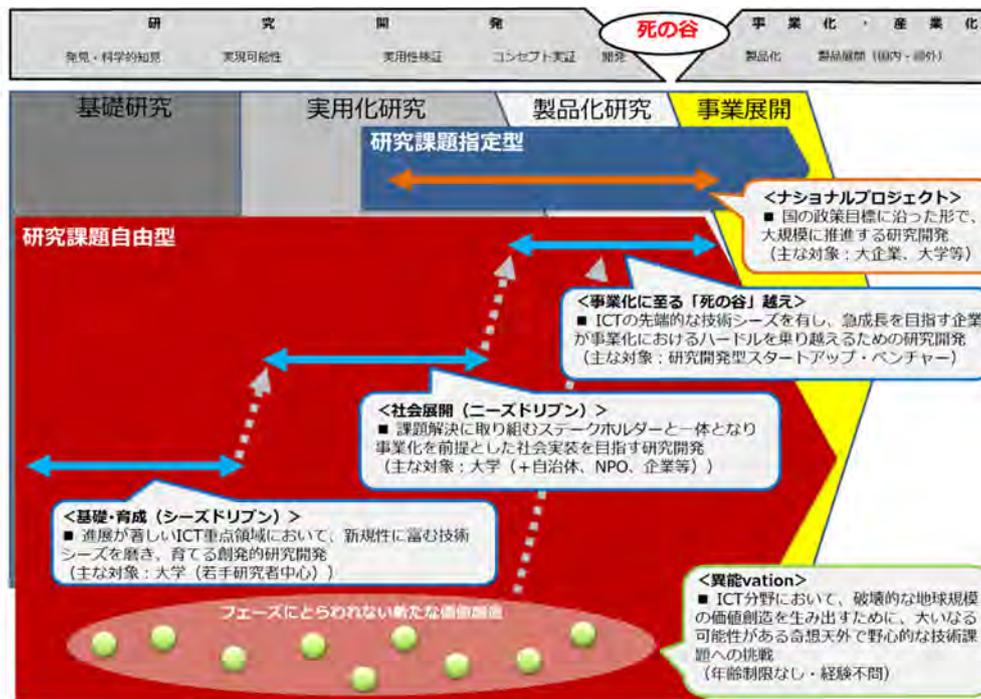


図 3-17 ICT 分野における研究開発制度ポートフォリオイメージ

3.4.2.2 研究開発プロジェクトの推進方策

(1) 現状

これまで国が実施する研究開発プロジェクトにおいては、個々のプログラムで様々な運用がなされてきたが、より効果的なプロジェクトとするためには、前述したプログラム全体設計とともに、政策支援、公募・評価制度や経費の執行等の改善に向けた様々な検討を進めていく必要がある。

(2) 今後の取組

研究開発プロジェクトに係る改善案としては、世の中から広く公募したシーズ・アイデアの研究課題指定型プロジェクト形成への活用、サブプロジェクトを複数走らせる等プロジェクトの大括り化、予算の繰り越しやプロジェクト計画変更等研究開発のスピードや柔軟性を高める措置、想定されるファーストユーザーを当初から巻き込む仕組みの導入、研究開発プロジェクトを効果的に推進するマネジメントスキルの向上、失敗の要因分析・課題等の教訓を次のプロジェクトへ反映する仕組み等が挙げられる。

また、「Beyond 5G 推進戦略懇談会」における Beyond 5G 推進戦略で示されている電波の開放等制度改正と連携した研究開発の推進や、研究開発促進税制等を活かした民間における研究開発の促進、さらには限られた財源を活かした新たなスキームの形成等、引き続き政府全体の戦略とも連携を図りながら検討

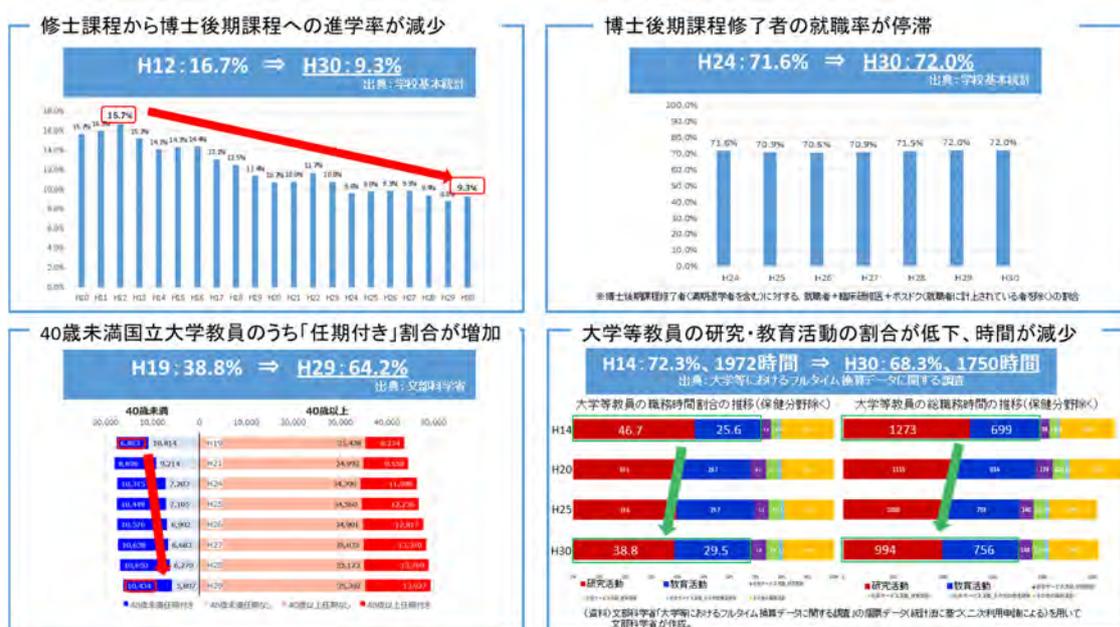
を積み重ねていくことが必要である。

3.5 イノベーションを生み出す源泉である「人材」の確保・育成・交流

3.5.1 研究人材の確保・育成・キャリアパス

(1) 現状

研究力強化の鍵は、競争力ある研究者の活躍であるにもかかわらず、若手をはじめとした研究者を取り巻く状況は厳しく、「研究者」の魅力が低下しているとの課題認識の下、総合科学技術・イノベーション会議では2020年1月に「研究力強化・若手研究者支援統合パッケージ」²⁴を策定した(図3-18、3-19)。意欲ある研究者に魅力ある研究環境を提供すべく、若手研究者のポスト拡大と挑戦的研究費の提供など、特に若手研究者に対する支援強化に取り組むとされている。

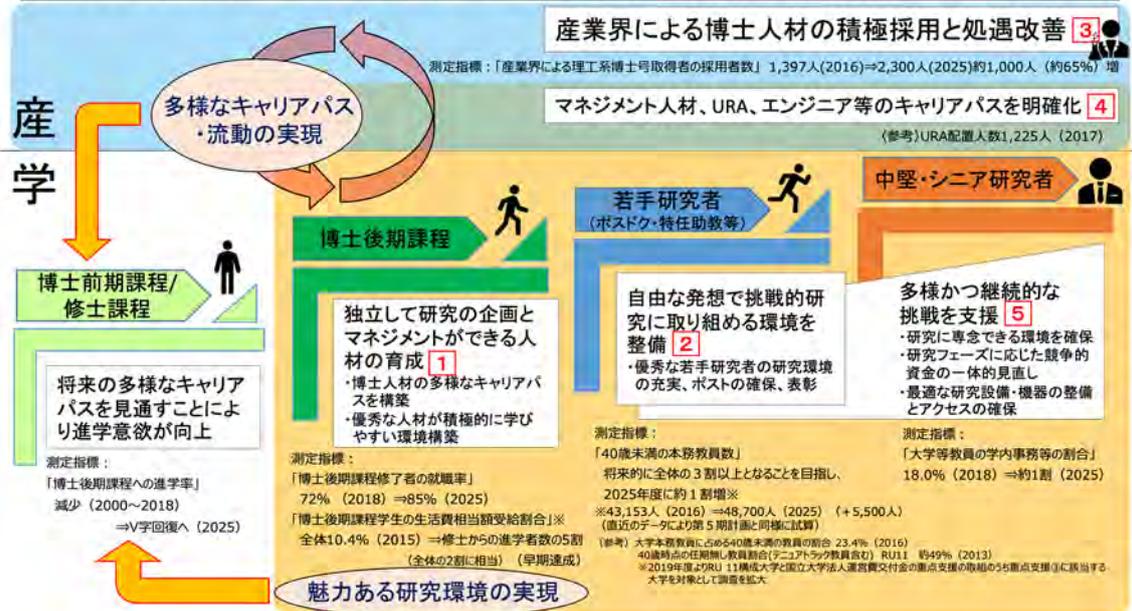


出所) 内閣府「研究力強化・若手研究者支援統合パッケージ」

図 3-18 研究者を取巻く課題

²⁴ <https://www8.cao.go.jp/cstp/package/wakate/index.html>

①若手の研究環境の抜本的強化、②研究・教育活動時間の十分な確保、③研究人材の多様なキャリアパスを実現し、④学生にとって魅力ある博士課程を作り上げることで、我が国の知識集約型価値創造システムを牽引し、社会全体から求められる研究者等を生み出す好循環を実現。



出所) 内閣府「研究力強化・若手研究者支援統合パッケージ」

図 3-19 研究力強化・若手研究者支援統合パッケージ（目標）

(2) 今後の取組

ICT 分野においても、若手研究者をはじめとする研究人材が研究に打ち込める環境づくりは重要な課題であり、研究人材の確保及び育成という観点から、以下の取組を進める必要がある。

NICT においては、情報通信分野における中長期的な研究開発を担う人材を輩出するという観点から、公平性・透明性を担保したテニユアトラック制度²⁵の推進等新たな研究領域に挑戦する若手が安定かつ自立して研究を推進できる環境を実現する制度の充実を図る必要がある。

また、特に国内外で競争の激しい研究分野における人材確保が課題となっており、報酬や研究環境を含めた処遇面等での魅力向上に加え、仮に外部へ転出しても、外部での経験やスキルアップを評価した出戻り採用など、様々なバックグラウンドを重視した採用を行い、組織に変化をもたらす人材を積極的に登用することが必要である。

さらに、研究者のキャリアパスについても、研究の道を究めるタイプやマネジメントやプロデューサーに徹するタイプなど様々なキャリアを歩む道が存在す

²⁵ 若手研究者が自律的に研究できる環境を整備し、公募・一定の任期・テニユア審査などの要件を満たした形態で研究者を採用する人事制度

ることを踏まえ、研究者に対し気づきやチャンスを与える機会を提供し、若手研究者のロールモデルとなる人材を生み出すことが重要である。組織の活性化や新たな知見を得るためにも、組織内外における積極的な人材交流等を促進し、研究者のキャリア形成におけるベストプラクティスを共有することが必要である。

3.5.2 流動性・多様性・イノベーション人材

(1) 現状

我が国全体の研究者数は約 90 万人であり、うち企業の研究者が最も大きな割合を占めるが、セクター間の研究人材の移動はセクター内の移動に比べて少なく、特に大学等から企業への研究人材の流動性が低い（図 3-20）。

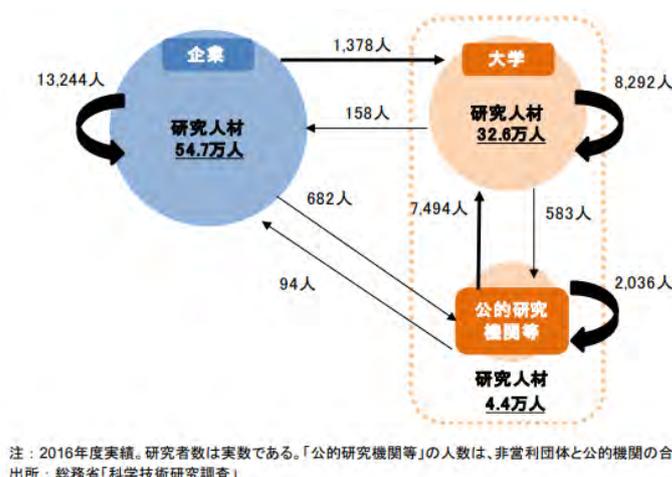


図 3-20 我が国の研究人材の流動化の状況

(2) 今後の取組

人材の流動化を促進するため、現行制度下で可能なスキーム（在籍出向、兼業、クロスアポイントメント²⁶等）を最大限活用し、諸外国の人材含め、国研・大学・民間企業間でより積極的な人材交流を推進し、流動性とダイバーシティを確保することが重要である。

また評価に関して、能力・実績による人事評価及び処遇への適切な反映など年功序列からの脱却や、外部との連携活動など自らの領域を飛び出したチャレンジ自体を成果として認める評価など、組織及び個人の活力につながる取組の実施が求められる。

²⁶ 出向元と出向先の間で、出向に係る取決めの下、労働者が二つ以上の機関と労働契約を締結し、双方の業務について各機関において求められる役割に応じて従事比率に基づき就労することを可能にする制度

さらに、我が国では技術と事業化の双方に長けたイノベーション人材（連携人材、コーディネーター）が不足しているとの指摘があり、民間企業における技術の事業化等イノベーション活動の経験が豊富でネットワーク力を有する人材の研究現場への参画や、研究畑出身でも事業経験等のキャリアパス・成長機会を通じた人材育成等の取組が求められる。NICT においては、民間企業等における事業経験を活かした外部人材の登用を進めるとともに、内部人材においても人事交流等によるスキルアップを図るなど体制の強化を行うことが必要である。

3.5.1 も含め、人材に係る取組については、中長期的な視野に立ち、実践と見直しを経ながら組織内に具体的な仕組みとして定着させていく必要がある。そのため、「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律」に基づく「人材活用等に関する方針」²⁷を見直すなど、経営層も含めた組織内で認識の共有と方針を明確に示し取り組むことが必要である。

²⁷ 科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律（平成 20 年法律第 63 号）第 24 条

第4章 標準化の推進方策

グローバル規模で社会全体のデジタル化が進展し、社会経済システムが大きく変革（デジタルトランスフォーメーション：DX）することで、Society 5.0の実現が期待されている。このような状況の中、標準化の役割・対象も変化しており、標準化を「目的化」することなく、標準化やその活動を通じて、デジタル化・DXのグローバルな社会実装を加速し、社会の進化に貢献する視点を持つことが重要となる。

その際、我が国発の技術・システム等をベースに標準化の取組が主導できれば、我が国の企業等によるグローバル市場の獲得・拡大を有利に進めることができ、逆に、取組が遅れてしまうと、国内市場がグローバル企業に席卷されたり、国内のガラパゴス化を引き起こす可能性がある点に留意が必要である。特に、中国、欧米等では、ビジネス視点からの市場の獲得・拡大を狙い、精力的に標準化活動が行われている。

このため、我が国においても、ICT分野の標準化を取り巻く状況の変化を踏まえ、標準化を、グローバルな社会実装を促進し、その市場の獲得・拡大を図る「戦略的ツール・手段」と捉え、その取組を抜本的に強化して推進するための方策をとりまとめる。

4.1 標準化を取り巻く状況の変化

標準化を取り巻く状況は、以下のような視点で変化している。

(1) DX/データ時代の標準化活動の変化

標準化の目的が以下のように変化している。

- ・市場創出・拡大のための標準化が潮流。標準化の完成が目的ではなく、標準化活動を通じて早期の社会実装・普及展開が促進。
- ・DX/データ時代においては協調による技術開発のコスト分担や早期投入、共通インターフェースによる市場拡大、実装主義、共同プロモーションが主眼。
- ・標準化をルール形成に活用（ISO等）。

(2) 標準化領域の拡大

標準化のスコープが以下のように変化している。

- ・経済活動や国民生活を支える社会基盤となる 5G・Beyond 5G 等ネットワーク (NW) 基盤技術と NW のソフトウェア化・オープン化の取組が活性化 (3GPP²⁸、ETSI²⁹、O-RAN Alliance³⁰、TIP³¹等)。更に量子・光 NW 等の先端技術領域の標準化も進展。
- ・スコープが付加価値創出や市場拡大につながる分野横断的なプラットフォーム (PF) /アプリ・サービス領域 (データ PF 連携/アプリケーション連携、情報モデルの標準等) に拡大 (ITU-T、IEEE³²、IETF³³、W3C³⁴ 等)。(図 4-1)
- ・スマートシティ実現のための KPI (Key Performance Indicator) や、企業価値評価 (CSR、スコアリング) といった評価指標領域にも拡大。技術標準の策定から新規課題の開拓、途上国への技術提供やブリッジング、標準化を通じた SDGs への貢献等の取組も活発化 (ISO、ITU 等)。(図 4-1)

(3) 実装主義の活動

標準化のプロセスが以下のように変化している。

- ・技術開発やテストツールに OSS を活用しつつ、実装例を必要とする策定プロセスを踏むことで標準策定と社会実装を同時に進める取組が進展 (IEEE、IETF、W3C 等)。
- ・技術標準の策定を担う標準化機関と認証・普及啓発を担う企業アライアンスによる役割分担と連携によって一体的に実装を推進 (IEEE802 と Wi-Fi Alliance、3GPP と ORAN Alliance、ETSI と OPNFV³⁵・ONAP³⁶等)。
- ・プラグフェストやハッカソン等のサイドイベントが、ビジネスマッチングや影響力のある技術者・開発者からの技術情報収集の場として活用。有力企業は自らイベントを招聘しイベントの効果を最大限に活用 (IEEE、IETF、W3C 等)。(図 4-1)

²⁸ 3GPP: 3rd Generation Partnership Project

²⁹ ETSI: European Telecommunications Standards Institute

³⁰ O-RAN Alliance: Open Radio Access Network Alliance

³¹ TIP: Telecom Infra Project

³² IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers

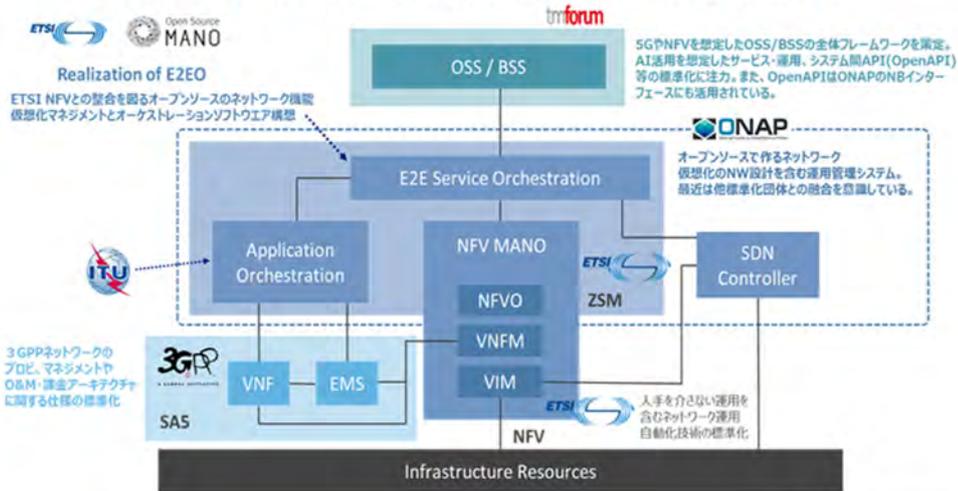
³³ IETF: Internet Engineering Task Force

³⁴ W3C: World Wide Web Consortium

³⁵ OPNFV: Open Platform for Network Functions Virtualization

³⁶ ONAP: Open Network Automation Platform

■NWソフト化・オープン化に関する各団体のスコープ



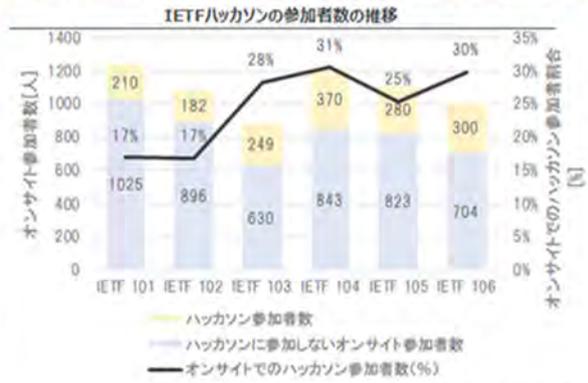
出典：標準化戦略WG第5回資料

■スマートシティKPIへの標準化領域の拡大

標準化機関	規格番号	標準名
ISO	ISO37120	都市サービスおよびQoLに関する評価指標
	ISO37122	スマートシティに関する評価指標
	ISO37123	サステナブル都市・コミュニティレジリエント都市指標
	ISO37153	都市インフラ成熟度モデル
ITU-T	Y.4901	スマートシティのICT導入に関するKPI
	Y.4902	スマートシティのICTの持続性への影響に関するKPI
	Y.4903	スマートシティのSDGs達成評価のためのKPI
ISO/IEC	ISO/IEC3014	スマートシティICT指標
JTC1	6	
ETSI	TS 103463-1	持続可能なデジタルマルチサービス都市に関するKPI
ETSI	TS 103463-2	持続可能なデジタルマルチサービス地域に関するKPI
ITU, UNECE	—	スマートな持続可能な都市に関する指標 防災、高齢者ケア、感染症対策、交通渋滞解消等、

出典：標準化戦略WG第6回資料

■ IETF相互接続実証イベント(ハッカソン)参加者の推移



出典：標準化戦略WG第2回資料及びIETF HPより作成

図 4-1 標準化のスコープ及びプロセスの変化

(4) マルチステークホルダ化/ユースケースからのアプローチ

標準化に関わるプレイヤーが以下のように変化している。

- 各国政府・ベンダー・ユーザー等業界を跨いだ利害関係者がオープンに参画し、マルチステークホルダが合意形成する場としての活用が活発化。フレキシブルに会員外からの意見を反映する仕組みを採用し、マルチステークホルダ化が加速 (ITU の FG、ETSI の ISG、W3C の CG 等)。
- 技術・サービスに関するトレンドテーマについては、マルチステークホルダが参加可能な場での議論が活発化。グローバルな将来ビジョンや先端技術の共有の場として政府関係者へのブリッジングの場としても活用。

- ・産業分野（工場・製造現場（IEEE802.1（TSN³⁷）、5G-ACIA³⁸等）、都市（ITU、ISO、ETSI、FIWARE等）、自動車（5GAA³⁹等）、医療・ヘルスケア（PCHA⁴⁰、HL7⁴¹、DICOM⁴²標準化委員会等）へのICT適用と標準化領域の拡大に伴い、業界分野を跨いだ関係者の多様化が進展。ユーザー側からのユースケース要求条件を反映する手法も顕在化（ITU、ETSI、5G-ACIA、5GAA、TM Forum）。（図4-2）

（5）主要国/グローバル企業の積極的な参画、市場展開の視点での標準化

各国・各企業の取組が以下のように変化している。

- ・欧米中等のリーディング企業は、市場展開という視点で標準化活動に取り組み、当初からグローバルな市場を念頭に取組を推進。
- ・中韓の積極的な参画（ITU：中国の寄書数1位、IEEE802.11：中国勢は1割を超える投票権を有する参加者数を保持、その他ETSI、3GPP等）。（図4-2）
- ・欧米の地域/民間標準団体・コンソーシアム等を通じた仲間作りの取組を推進（欧州におけるETSI、米国におけるIEEE等）。
- ・GAFABATH等のリーディング企業は、データ周辺領域に影響力のある標準化機関を効果的に活用（ETSI、W3C、IETF、ISO/IEC JTC1、OIDF⁴³等）。
- ・アフリカ勢や新興国はITU等デジュール重視の傾向。
- ・中韓は政府が標準化活動を支援。ETSIはファンディング機能により外部の標準化エキスパート等も活用してEU参加国主導による標準化策定を支援。

³⁷ TSN: Time Sensitive Network

³⁸ 5G-ACIA: 5G Alliance for Connected Industries and Automation

³⁹ 5GAA: 5G Automotive Association

⁴⁰ Personal Connected Health Alliance（Continua Health AllianceがAllJoyn等と合流、Continua規格についての認証等も進めている）

⁴¹ Health Level Seven

⁴² Digital Imaging and Communications in Medicine

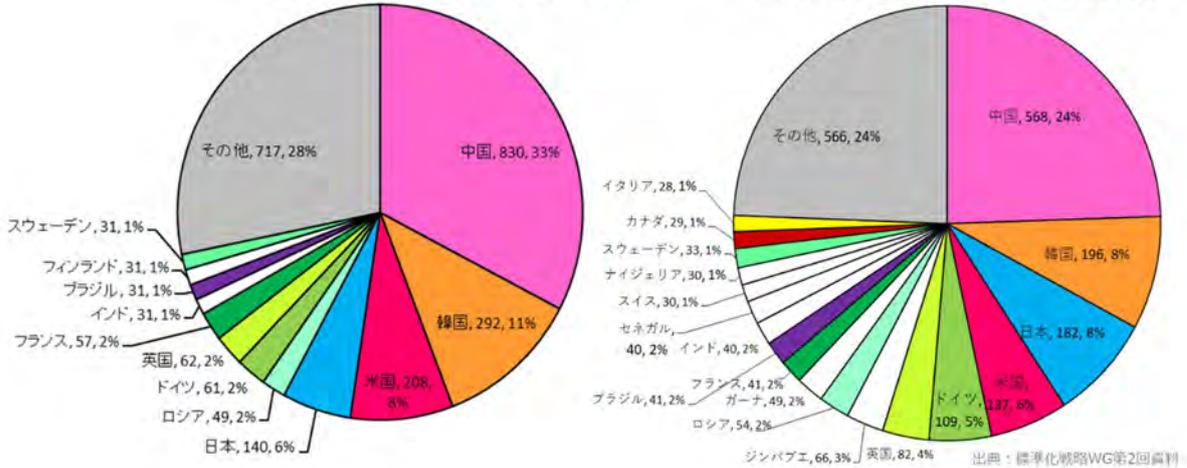
⁴³ Open ID Foundation

■ITU-Tにおける国別寄書数・出席者数の割合

- 寄書数と出席者数ともに中国が1位を占める
- 出席者ではアフリカ勢や新興国の参加が目立ってきている
- 日本は中国、韓国、米国とトップ4の位置を保っている

国別寄書数と割合（2019年）

国別出席者数と割合（2019年）

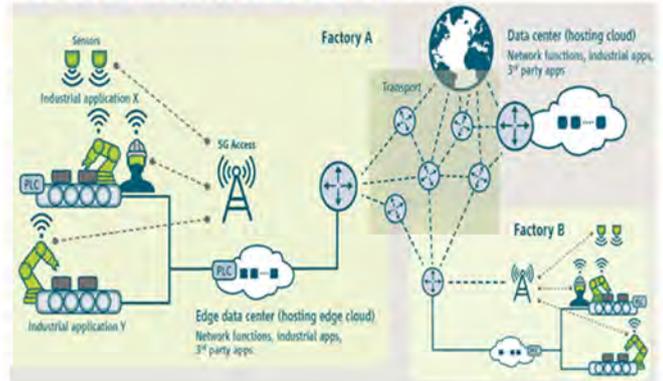


■ITU FGでの新規課題開拓と参加者の多様化

- 新規会員は新規課題開拓のためFGを積極的に活用。会合誘致や人的貢献も大きい。
- FG成果物の勸告化への移行と新規課題の検討体制の確立が重要。
- 日本企業のFG参加は少なく、動向静観の傾向。日本としての参加支援策が必要。

■製造業界からのユースケースをインプットし 5Gの適用を目指す5G-ACIA

FG名・実施期間・キーワード・議長国	主要関連SG
【FG-DFC 2017/5~2019/6終了】 デジタル通貨・米：eCurrency Digital Currency including Digital Fiat Currency	-
【FG-DPM 2017/5~2019/7終了】 データ処理管理・韓：KAIST Data Processing and Management to support IoT and Smart Cities & Communities	SG20
【FG-DLT 2017/5~2019/8終了】 分散元帳技術・中：CAICT Application of Distributed Ledger Technology (DLT)	SG16・SG17
【FG-ML5G 2017/11~】 機械学習のネットワーク応用・独：Fraunhofer HHI Machine Learning for Future Networks Including 5G	SG13
【FG-NET-2030 2018/7~】 NET2030 (将来網)・中：Huawei Technologies for Network 2030	SG13
【FG-AI4H 2018/7~】 eヘルス向けAI・独：Fraunhofer HHI Artificial Intelligence for Health	SG16
【FG-VM 2018/7~】 車載向けテレマティクス/インフォテインメント・中：TIAA Vehicular Multimedia	SG16
【FG-AI4EE 2019/5~】 AI新技術の環境性能効率化・中：Huawei Environmental Efficiency for AI and other Emerging Tech.	SG5
【FG-QIT4N 2019/9~】 量子情報通信網・米/中/露の共同議長 Quantum Information Technology for Networks	SG13・SG17
【FG-AI4AD 2020/1~】 自動運転用AI・英：ADA Innovation Lab. AI for autonomous and assisted driving	SG16



出典：標準化戦略WG第1回資料

出典：標準化戦略WG第2回資料

図 4-2 標準化のプレイヤー及び各国の取組状況の変化

4.2 標準化に関する取組の方向性

2030年代には、デジタル化の深化や Beyond 5G 等の導入により、Society 5.0 が更に進展した社会の実現が期待されている（図 4-3）。

2030年代のこのような社会の実現に、国際競争力をもって寄与する新たなシステム・技術やサービス等の実用化・利用拡大を目指し、まずは2025年をター

ゲットに今後 5 年程度、産学官が一体となり注力すべき「標準化領域」を設定することが重要である。

その上で、設定した標準化領域について標準化機関等の特色も踏まえた「推進方策」を示し、今後の標準化に関する取組を抜本的に強化する必要がある。

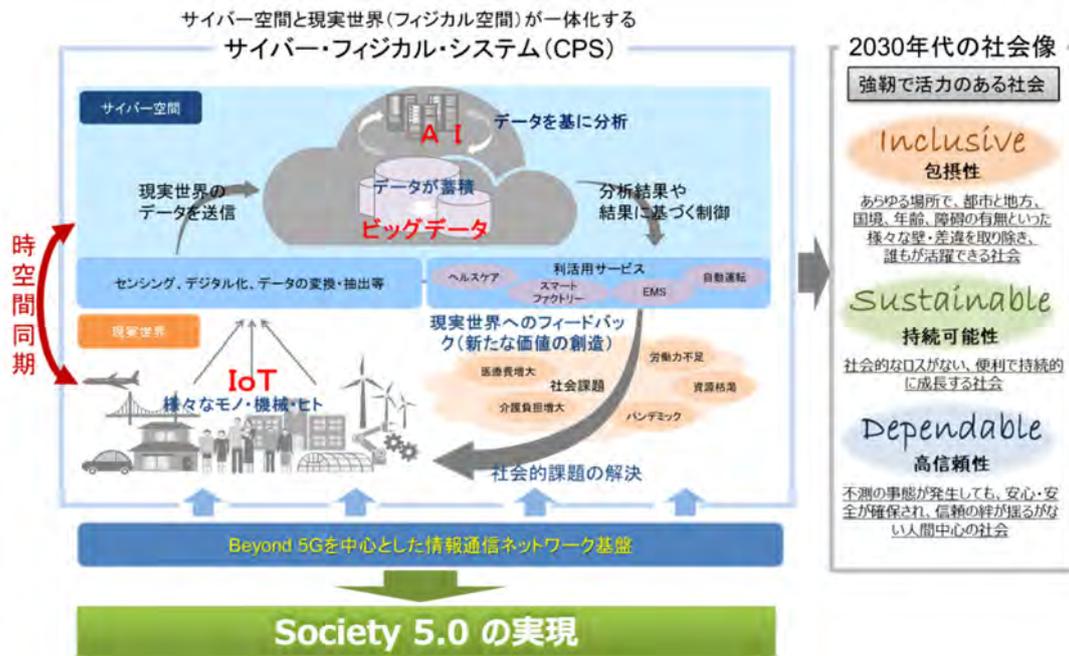


図 4-3 2030 年代に期待される社会像⁴⁴

4.2.1 注力すべき標準化領域

国内外の市場が Beyond 5G に求める通信技術は、2025 年頃からの要素技術の確立を目指し、国等が研究開発を推進している。Beyond 5G は、Society 5.0 のバックボーンの中核的機能を担うものとして、国民生活や経済活動に極めて大きな波及効果が期待されることから、まずは(1) Beyond 5G を実現する NW 領域について、注力すべき標準化領域に設定する必要がある。その上で、国の研究開発と密に連携して、産官学が一体的に標準化の取組を推進していく必要がある(図 4-4)。

また、デジタル化・DX 時代の価値創造の源泉がデータとなるため、データの流通やアプリケーションの連携を横断的に可能とし、デジタル化・DX のための協調基盤を実現する、(2) プラットフォーム・横断的領域、及びユースケースを想定・創造することで新たな産業等に利用を拡大し、「ICT×X」による課題解決・市場創出を実現する、(3) ユースケース駆動型の領域も重要となる。これ

⁴⁴ Beyond 5G 推進戦略懇談会の提言(案)より

らの領域は、標準化機関等での活動も活発化してきており、注力すべき標準化領域に設定することが適当である。その上で、同領域の標準化活動を広く注視しつつ、まずは、我が国技術等をベースに進展する標準化活動を産学官が一体的に推進する必要がある。その際、KPI 等からブルーオーシャンの市場を作り出すことや、我が国に有利なタイミングで標準化作業が進むよう対応することにも留意すべきである。

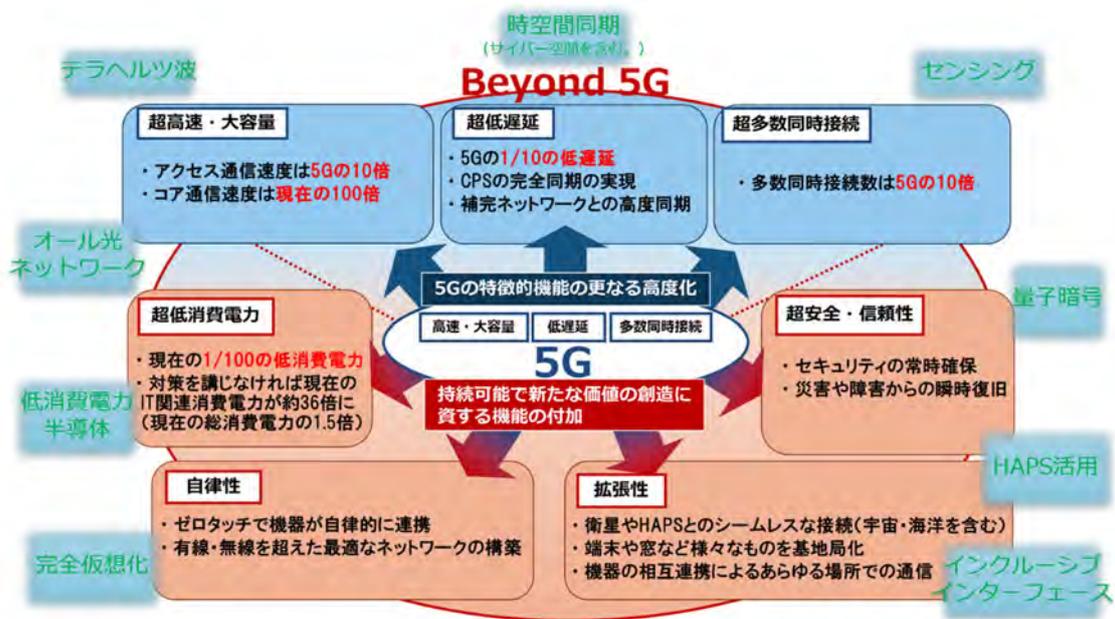


図 4-4 目指すべき Beyond 5G の姿

4.2.1.1 注力すべき標準化領域設定の考え方と個別技術分野

(1) Beyond 5G を実現する革新的ネットワーク領域

Beyond 5G は、従来の無線アクセスを中心とする NW から、有無線・地上・上空・海上等の通信メディアが融合可能で、オール光化等も意識した、ネットワーク全体の進化により実現可能となる。多様な産業・サービス・ユーザ等の要件に即座に適応可能な柔軟かつ安定的な NW が求められることから、多様な機能・NW をつなぐオープン化・ソフトウェア化への対応も不可欠となる。Beyond 5G の実現には、革新的な NW 技術群を総合的に実現するとともに、それらの標準化が極めて重要となる。

このため、本領域を設定し、国の重点研究開発分野等⁴⁵に基づく以下の技術について、アーキテクチャや要求条件等の標準化活動を、国の研究開発と密に連携して産学官が一体的に推進する必要がある。その際、パートナー形成や適用分野の拡大等に戦略的に取組むことで、市場のゲームチェンジも目指していくべきである。

(個別技術分野)

- ① 5G の高度化及び Beyond 5G
(オープン・アーキテクチャ、ソフトウェアによる最大限の仮想化、オール光ネットワーク、上空・海洋など地上以外への拡張、量子情報通信技術、テラヘルツ等)
- ② 光ネットワーク
- ③ 量子情報通信技術
- ④ ローカル 5G 等のエリアネットワーク

(2) プラットフォーム・横断的領域 ～デジタル化・DXのための協調基盤の実現～

デジタル化・DX 時代の価値創造の源泉であるデータやアプリケーション・サービス等の流通・連携を促進するアーキテクチャやプラットフォームの標準化は極めて重要となる。また、横断的機能としてのセキュリティの取組も不可欠である。

このため、本領域を設定し、同領域の標準化活動の動向を広く注視しつつ、まずは、我が国の実装モデルや技術開発・実証をベースに進展する以下の技術等の標準化活動を産学官が一体的に推進する必要がある。

(個別技術分野)

- ① データ流通を加速するアーキテクチャの構築

⁴⁵ 「重点研究開発分野」や「戦略的に進めるべき研究分野」に係る標準化は、『観る』『繋ぐ』『創る』『守る』『拓く』の分類のうち、『繋ぐ』が中核となるため、それら技術の標準化を中核に推進

- ② デバイス/プラットフォーム間のデータ連携機能
- ③ サイバーセキュリティ機能

(3) ユースケース駆動型領域 ～「ICT×X」による課題解決・市場創出～

DXの実現には、利用者視点からのユースケースの想定・創造が不可欠であり、ユースケースを通じて新たな産業等に利用が拡大していくことが期待できる。また、KPI等の評価指標の設定がDXを促進する可能性もある。「ICT×X」で大規模な市場の創出・拡大が見込まれる分野では、ユースケース、リファレンスアーキテクチャ、KPI等の標準化活動が精力的に進展している。

このため、本領域を設定し、特に、この取組が先行する分野を現時点のベストプレクティスと捉えて、同領域の標準化活動を広く注視しつつ、まずは、我が国の技術開発・実証をベースに進展する以下の技術等の標準化活動を産学官が一体的に推進する必要がある。このうち分野共通的な取組を、他分野に順次応用していく。

(個別技術分野)

- ① スマートシティ
- ② 製造分野
- ③ KPI設定分野 等(※) (※) ICT×モビリティ、ICT×医療、ICT×農業・漁業 等

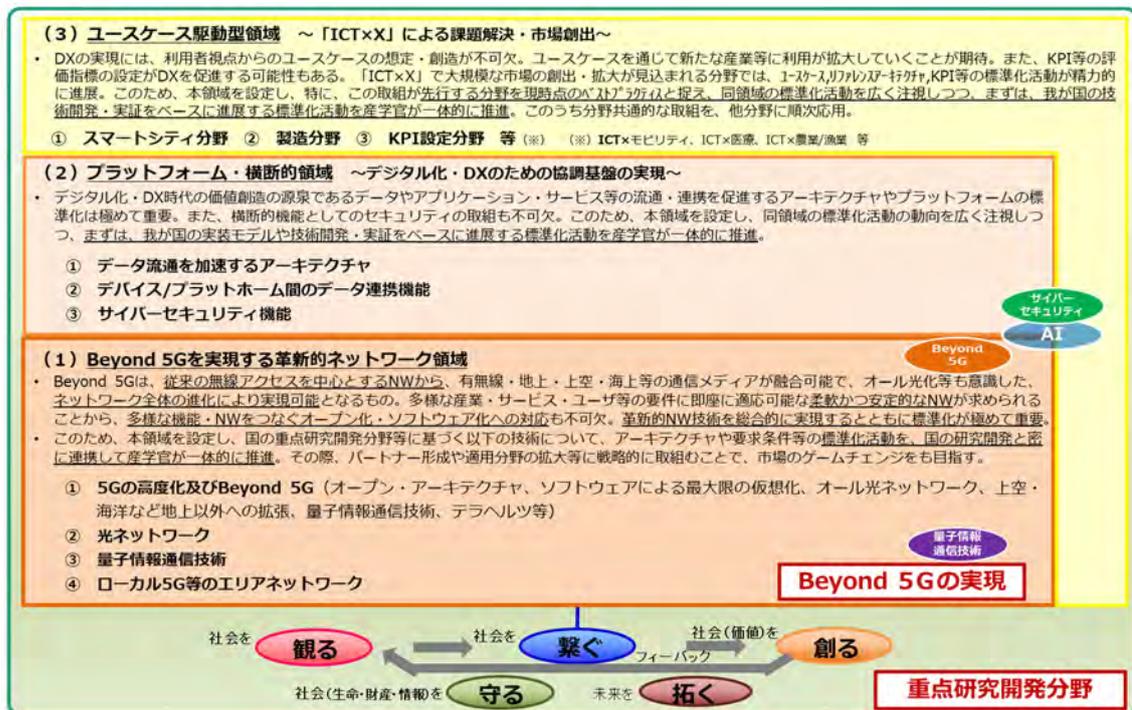


図 4-5 注力すべき標準化領域

4.2.1.2 個別技術分野における標準化活用の視点等

(1) Beyond 5G を実現する革新的ネットワーク領域

① 5G の高度化及び Beyond 5G

背景と考え方

- 2030年代のBeyond 5Gは、サイバー空間とフィジカル空間が時空間同期した高度なサイバー・フィジカル・システム（CPS）を実現し、DX時代の経済活動や国民生活を支える不可欠な社会基盤。我が国の国益に沿ったBeyond 5Gの実現と、NWの安定的運用やゲームチェンジャーとなる新たな市場参入機会の創出等を目指し、先端技術の研究開発に併せて知財獲得や標準化活動において我が国が一体となった取組を進め、2030年頃のBeyond 5GのITU勧告やデファクト標準に国益に沿った技術要件を反映することを目指す。
- 5Gの特徴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、新たな機能拡張（自律性、拡張性、超安全・信頼性、超消費電力）を目指し、Beyond 5Gの基礎となる5Gの高度化に向けた5G機能の高度化、オープン・アーキテクチャ、ソフトウェアによる最大限の仮想化、AIによるNW自律化等に係る標準化を推進すると共に、Beyond 5Gの要素技術となる先端分野（オール光ネットワーク、上空・海上等への拡張、テラヘルツ、量子情報通信技術等）の研究開発と適時の標準化に取り組むことが重要。

主な標準化項目と標準化の可能性のある技術

(主な標準化項目：2025年頃を目標)

- 5Gの高度化（基本性能進化、ユースケースの取込、周波数拡張等）（3GPP、ITU等）
- オープン・アーキテクチャ（オーケストレーション、基地局機能やコアNW機能のオープンインタフェース化）（ETSI ENI、O-RAN、TIP等）
- ソフトウェアによる最大限の仮想化（NW機能の仮想化（VNF）からNW機能のクラウドネイティブ化（CNF）へ）（ETSI NFV、OPNFV等）
- AI活用による設定・運用の自動化（ETSI ZSM、TM Forum、ONAP、ITU-T等）
- Beyond 5Gのビジョン（ITU）等

(標準化の可能性のある技術（研究開発の進捗に併せて順次）)

以下のBeyond 5Gに求められる機能を実現するための要素技術の研究開発と並行して、それぞれの標準化機関や各国の動向を見極めつつオープンクローズド戦略に基づき、研究成果を順次標準化。

- ✓ 超大容量・超低遅延・超多数接続を実現する高度無線アクセス技術等の次世代ワイヤレス技術、更なる周波数の利用拡大を実現するテラヘルツ波領域の次世代通信/計測システムの評価基盤技術やテラヘルツ帯計測技術、テラヘルツ波電磁伝搬モデルの構築、NWの自律制御技術、上空・海上等あらゆる場所からの通信を実現する衛星フレキシブルNW技術等の宇宙通信基盤技術、大規模NWを柔軟かつ細やかに制御する通信機能複合型NW技術、フォトニックネットワーク技術、光・電波融合アクセス技術、量子情報通信技術、等のBeyond 5Gの実現に不可欠な要素技術の開発 等

上記を踏まえ、以下の視点から、標準化を活用した取組が重要である。

- 5Gの高度化（基本性能、ユースケースの取込、周波数拡張含む）については、3GPP、ITUにおける標準化活動が引き続き重要。
- 同時に、ソフトウェアによる仮想化を基本としたNWのオープン・アーキテクチャの採用等の抜本的な変化が、3GPP、ETSI、各種フォーラム団体（O-RAN等）、OSSコミュニティ等における活動をベースに進行中。クラウドネイティブなアーキテクチャを採用した日本発のvRANも実装されているところ。グローバル市場では海外機器ベンダーが固定化しているなかで、機能毎に我が国のベンダーや新たなプレイヤーの参入、サプライチェーンリスク軽減の機会として効果的に活用していくことが重要。
- 更に、5Gから非連続な進化をもたらすBeyond 5Gの要素技術について、オープン・クローズド戦略に基づき研究開発段階から必要となる標準化活動を推進することが重要。その際に戦略的なパートナーとの国際共同研究を核とした連携を推進することが効果的。
- 2030年頃のBeyond 5GのITU勧告やデファクト標準に国益に沿った技術要件を反映することを目指し、まずはBeyond 5Gのビジョン策定（ITU）に向けて、早期に戦略的パートナーとの連携体制を構築し、我が国のコンセプトを反映していくことが重要。
- また、5G-ACIA（製造分野）等の業界主体のユースケースからのアプローチの影響力が技術要件の策定や新技術の市場展開の両面で拡大。5Gのユースケースとして、我が国が強みを持つ技術分野（製造、自動車、高精細映像技術（8K、高精細VR等）等）のユーザ企業と連携し、このような流れを市場形成に活用していくことが効果的。

② 光ネットワーク

背景と考え方

- Beyond 5G時代の超大容量通信トラフィックや多様なアプリケーションのための大容量・柔軟なネットワークを実現する基盤技術であり、我が国が強みを持つ先端技術領域。
- これまで各要素技術の技術開発に併せて、ITU-T、IEEE、OIF (The Optical Internetworking Forum) 等において標準化活動が行われている。一方で、インタフェースのオープン化を推進するコミュニティの動きが活性化。さらに、我が国でも民間事業者がグローバル規模でのフォーラム活動 (IOWN Innovative Optical and Wireless Network)) を開始。
- Beyond 5Gの実現に中核となる要素技術であると同時に、日本が強みを持つ市場獲得に繋がる分野であることから、産学官が連携して技術開発を推進すると共に、開発段階から戦略的な標準化を推進することが重要。

主な標準化項目と標準化の可能性のある技術

(主な標準化項目)

- 基幹ネットワーク: OTN (光伝達網) (ITU-T)、コヒーレント光トランシーバ等 (IEEE)
- アクセスネットワーク: PON (Passive Optical Network)、MFH/MBH (モバイル向け) (ITU-T、IEEE)、RoF (光ファイバ無線) (ITU-T、IEC) 等
- コアネットワーク機能のインタフェースのオープン化 (TIP、Open ROADM等)

(標準化の可能性のある技術 (研究開発の進捗に併せて順次))

以下の技術開発と並行してそれぞれの標準化機関や各国の動向を見極めつつオープンクローズ戦略に基づき必要な技術の標準化を推進。

- ✓ 空間・波長領域の超多量な光チャネルで大容量化を実現する超多量チャネル光NW基盤技術や、多様なアプリケーションによる要求等に柔軟に対応するための光NWのフレキシビリティ拡大技術等のフォトニックNW技術の開発
- ✓ 有無線等伝送メディアに依存しないアクセス基盤技術等を確立するための光・電波融合アクセス技術の開発 等

上記を踏まえ、以下の視点から、標準化を活用した取組が重要である。

- 当該技術領域は、我が国が強みを持つ分野として、デジュール及びフォーラム標準団体において積極的に標準化に貢献。Beyond 5G時代では更に当該分野の重要性が高まっているところ、グローバルな展開を目指す民間主体の実装・標準化を推進する活動を支援するとともに、重点研究分野における産学官の技術開発の成果についてオープン・クローズ戦略に基づきながら研究開発段階から適時に標準化に取り組むことが重要。
- また、オープン化を指向した業界団体を中心にコアネットワーク NW 機器やデータセンター機器のインタフェースのオープン化の議論が活性化しており、5G 関連での同様の動きを含め、俯瞰的な動向を見極めながら戦略的に対応していくことが重要。

③ 量子情報通信技術

背景と考え方

- 本技術分野は、Beyond 5Gに求められる機能を実現する先端技術であると同時に、将来のNW基盤の安全性・信頼性を確保する点でも極めて重要。このため、国際標準の獲得は、海外市場の獲得のみならず、安全保障上の観点でも重要。標準化活動を開発と並行して行う視点を持つことが重要。
- 日本が先導・主導する量子鍵配送 (QKD : Quantum Key Distribution) については、国際標準化作業がITU-Tで本格化しており、この活動にコミットしていくことが必要。他方、量子情報通信技術の中でも技術進展・開発の方向性が未だ不透明な検討項目等については、標準化を検討する機関の目的・内容や状況等を見極めつつ、対応していくことが重要。

主な標準化項目と標準化の可能性がある技術

(主な標準化項目)

量子鍵配送 (QKD) (ITU-T)

- QKD技術の概要、QKDネットワークの概念的構造・基本機能
- 要求条件・アーキテクチャ
- 鍵管理、暗号機能
- ITU-T FGの検討を踏まえた必要な項目 等

(標準化の可能性がある技術 (研究開発の進捗に併せて順次))

以下のような技術開発と並行して、ITU等の標準化機関や各国の動向を見極めつつオープンクローズ戦略に基づき必要な技術の標準化を推進

- ✓ 超長期分散保存を可能にする量子セキュアクラウド技術や、衛星搭載可能な量子暗号・物理レイヤ暗号技術等のグローバルな量子セキュアNWを実現するための技術の開発 等

上記を踏まえ、以下の視点から、標準化を活用した取組が重要である。

- 量子鍵配送技術については、日本が主導的に「QKD 技術」概要の標準化を完了しており、関連する標準化については ITU-T を継続して活用していくことが効果的。
- 他方、ITU-T に、量子情報技術 (QIT4N:Quantum Information Technology for Networks) を広く議論するための Focus Group (FG : 勧告化作業は行わないためマルチステークホルダが参加可能) も設置されたことから、技術の進展・開発の方向性が未だ不透明な検討項目等について、標準化すべき項目を見極めつつ、個別に対応していくことが必要。

④ ローカル 5G 等のエリアネットワーク

背景と考え方

- ローカル5Gは、今後工場等の狭空間での活用等、多様なユースケースの発掘から、独自の進化により従来の自営系無線システムの適用分野を拡大した利用が期待。新たな要件から標準化へのフィードバックも見込まれることから、標準化動向を注視しつつ、必要な標準化の推進が必要。
- また、5G時代にも、自営系及び公衆系無線システムの共存が見込まれ、5Gを補完するNWとして自営系無線システムのメリット（コスト、簡易さ等）や近年のIoTシステムからのニーズを踏まえた高速化・省電力化等の視点から、標準化におけるエリアネットワークの対応は引き続き重要。

主な標準化項目

- ローカル5G（Vertical LAN；産業利用）（3GPP）
 - ✓ 非公衆系利用5G無線技術の高度化（TSN（Time Sensitive Network）等の要件、自営網サポートのためのシステム強化、加入情報のローカル管理、免許帯域との同時運用、MVNOへの提供等）
- 無線LAN（IEEE802.11系）
 - ✓ 通信性能の強化：高密度化（メッシュ）、高速化、低遅延化、省電力化
 - ✓ 方式や用途、周波数帯の拡大
 - ✓ 通信媒体の拡張（可視光通信）、放送型通信（ブロードキャスト）、計測での利用（センシング）、ミリ波（60GHz）
- LPWA等（IEEE802.15系）
 - ✓ 通信性能の強化
 - ✓ 高密度化（メッシュ、マルチホップ）、広域化かつ高速化、省電力化
- IEEE802系間の連携等（IEEE802.19系）
 - ✓ 周波数共存技術

上記を踏まえ、以下の視点から、標準化を活用した取組が重要である。

- 自営系無線通信システムの実現において IEEE（無線 LAN/802.11 系・LPWA/802.15 系等）が実装面に与える影響は非常に大きい。また、IEEE で策定される標準仕様だけでなく、それと両輪となる民間アライアンスによる採用技術の整理、認証、相互接続試験、普及活動等が実装・普及面では重要。また、ローカル 5G については世界的に我が国等が導入に先行しており、多様なユースケースに基づいた要件の 3GPP 等へのフィードバックは、新たなサービス等のグローバルな実装面でも有効に活用できる可能性がある。
- ローカル 5G の進展等も踏まえつつ、自営系無線システムの特徴（簡易接続性、マルチホップ、センシング、近距離、免許不要、コストメリット等）や、利用モデル（宅内、都市向けフィールド NW、スタジアム、製造現場等）を踏まえた技術開発・標準化が必要。また周波数帯の拡大（ミリ波、テラヘルツ波等）においては、公衆系無線規格との切り分けや共存を図りつつ我が国の強みとなる研究成果を反映していくことが重要。
- 更に、IEEE802 系では、周波数調和等の視点から、各国規制機関との連携・調整を促進するために Radio Regulatory TAG（Technical Advisory Group）や Regulatory SC（Standing Committee）等を運営しており、グローバル市場の獲得強化に向けて、無線システムの実装に影響力のある同機関での本取組の活用を検討していくこと

も有効。

(2) プラットフォーム・横断的領域

① データ流通を促進・加速する新たなアーキテクチャの構築

背景と考え方

- 多種多様かつ大量のデータを、企業や業界を超えて安全・安心に流通・活用できる環境が整備されることにより、データを利用した新規事業・サービスの創出、我が国産業の競争力強化及び社会的課題の解決が期待。
- 公平なデータの価値分配を行うためには、データ提供者とデータ提供先が相対で取引するのではなく、中立で公正な仲介者を介して情報と他のアセットとの交換を行う「データ流通の三極モデル」（※データ提供者、データ提供先、データ取引市場の三者から構成される、透明性・公平性を担保した**日本発のデータ流通モデル**）の標準化等、標準化を通じたグローバルな仕組み作りが必要。
- パーソナルデータの流通については、プライバシー保護と利活用・流通性のバランスに留意した取組が必要。

主な標準化項目

- データ流通の三極モデルのアーキテクチャ・機能・要件
- 運用基準、倫理基準、セキュリティ機能・要件、トラストフレーム機能・要件
- 以下の個別技術等の機能・要件・インターフェース等
 - ✓ カタログ
 - ✓ 語彙、品質評価
 - ✓ 構造情報の伝達手順 等

上記を踏まえ、以下の視点から、標準化を活用した取組が重要である。

- まずはネットワークやサービス全体を俯瞰した上でミッションを明確化し、研究開発・標準化・業界基準整備を省庁・業界横断で推進し、我が国の強みを創出。その際、他国の制度（EU 一般データ保護規則等）にも留意。
- データ流通の標準化は様々な機関・団体で取組まれていることから、多様な機関との連携関係⁴⁶を持ち、米国標準に影響力のある NIST とも親和性が高く、データ流通を俯瞰するような新たなアーキテクチャの標準領域を柔軟に設定可能な風土をもつ IEEE を主要ターゲットとして活用することが効果的。その際、既存の標準化機関等の取組を最大限活用。また、IEEE 標準の利活用をエンドースする視点から、デジュール化の取組を並行して推進することも有効⁴⁷。
- 「データ流通の三極モデル」の推進により、我が国発の仕組みである情報銀行⁴⁸の更なる信頼性向上に寄与することが期待。

⁴⁶ データ流通に関する標準化や実装を先導する IDSA や FIWARE、W3C 等と関係を構築済

⁴⁷ IEEE は、ISO と標準化のプロセスを簡略化できる Fast-Track 制度を提携済

⁴⁸ 実効的な本人関与（コントローラビリティ）を高めて、パーソナルデータの流通・活用を促進するという目的の下、本人が同意した一定の範囲において、本人が、信頼できる主体に個人情報の第三者提供を委任するもの。データ提供・活用に関する便益が、事業者から本人に直接又は間接的に還元される

② デバイス/プラットフォーム間のデータ連携機能

背景と考え方

- デジタル化/DX時代のIoT等を活用したCPSシステム・サービスは、新市場の創出や社会課題解決等の視点から、今後の本格的な社会実装に期待が寄せられるが、その普及展開には、簡易・低価格等の実装の視点から、多様な産業分野のシステム間の連携やデータ流通等がグローバル規模で横断的に可能になることが重要。
- 他方、共通の語彙定義、記述言語、プロトコル等を一義的に定める仕組みは非現実的であることから、異なる分野毎に策定される規格の相互接続・運用性の視点を十分留意したデバイス/プラットフォーム (PF) 間の横断的連携を可能とする標準化の取組が有効。

主な標準化項目

- プラットフォーム (PF) 間の規格差異を吸収し、相互連携が可能となる抽象的なモデル (Transport/ Syntactic)
- 既存の語彙定義 (Semantic) を外部語彙定義として相互活用するスキーム
- サイバー/物理融合の情報レベルでの情報モデル
- 上記相互活用スキームによる語彙定義の充実 等

上記を踏まえ、以下の視点から、標準化を活用した取組が重要である。

- 異なるベンダー・デバイスや PF 間を Web 技術で簡易に横断的に連携を可能とすることを旨とする Web of Things (WoT) の標準化が、oneM2M 等の様々な標準化機関と連携関係を持ち、Web 技術の国際標準化を行う等デファクト化に影響力を持つ W3C において進展。
- 連携機関でのユースケース等も参照しつつ、自立分散協調システムとしての Web 技術のメリット (OS やハードに非依存な情報アクセスの基盤として、世界的規模でテレビ、電子書籍、カーナビ等、様々な産業に応用) を引き継ぐとともに、外部語彙定義の参照が基本機能として盛り込まれることで、既存の標準に基づくハードウェア・ソフトウェア資産を活かした形のデータ連携を実現可能。
- 分野横断する PF 間連携においては、このような Web 技術の特徴を活かし、連携機関の動向も踏まえつつ、実装に影響力のある W3C の活動を活用していくことも有効。

③ サイバーセキュリティ機能

基本的な考え方

- インターネット等の分散協調により運用されるネットワークシステム等は、サイバーセキュリティの確保等を図り、社会基盤として安定的に運用していくことが必要。そのためには、個別システムや個別サービスに応じ、安定的な運用に向けて求められる適切な技術等が実装されていくことが重要。暗号化技術等を標準化することは、ネットワーク機器やデバイスに共通的なセキュリティ技術の実装を促す効果が期待できる。
- また、IoTシステムでは、接続されるデバイスのセキュリティレベルが多様であるため、一定のレベルを確保するために、共通的な取組として管理策等の標準化を行う動きもある。同様に、クラウドのセキュリティに関するフレームワーク（セキュリティ上の脅威、課題、管理策等）も策定されている。特に我が国が強みを有する技術については、標準化機関において、このような標準化を先導することで、新興国等での政府システム市場の参入等において有利に働くことも期待できる。
- しかしながら、システム防御等の視点からは、技術の標準化を行うこと以上に、セキュリティ技術の実装とアップデートが本質的に重要。
- このため、実装の視点から、標準化の活用方法を検討していくため、海外の主要プレーヤとも連携したグッドプラクティスの共有、セキュリティを向上させる技術開発等を実施するとともに、標準化機関及び諸外国の標準化戦略の動向を注視していくことが必要。その際には、我が国の技術レベル（世界トップレベル、後追い等）に応じた検討が必要となることに留意すべき。
- なお、サイバーセキュリティを確保する上では、機器認証、利用者認証、システム監査等に加え、実践的な人材育成等による運用段階における品質確保を行う仕組みも有用であり、これらを国際連携のもとで、標準化の果たす役割も考慮しつつどのように構築していくかも、戦略的に重要。

実装促進の視点から標準化の可能性のある技術

以下のサイバーセキュリティ技術の開発を推進しつつ並行して、例えば、Beyond 5Gやスマートシティ等の新たなシステムにおけるセキュリティ要求・技術的/運用的ガイドライン・技術的検証シナリオ、最新のクラウド安全性評価基準、耐量子計算機暗号やIoTシステムの軽量暗号等の技術に関して、標準化動向を今後も注視することが重要。

- ✓ 5Gのセキュリティ検証技術、IoT機器や通信機器等のコネクテッドデバイスのセキュリティ検証技術
- ✓ データセキュリティやプライバシーを確保し、安全なデータ流通と利活用を促進する技術
- ✓ 暗号技術の安全性評価や耐量子計算機暗号の開発など、量子計算機時代に安全に利用できる暗号基盤技術 等

上記を踏まえ、以下の視点から、標準化を活用した取組が重要である。

- ITU では、IoT システムに関する管理策、通信事業者向けセキュリティ対策、車載機器のソフトウェアアップデート方策等の標準化を行う取組が進展するなか、このような取組が実装促進につながるかも評価しつつ、国内におけるセキュリティ管理策等が海外にも通用するものとすべく、標準化活動に関与していくことが重要。また、政府による調達要件として、積極的に国際標準を活用していくことも重要。
- IETF 等のフォーラム標準化団体でも実装に影響力のあるベンダー等は、ネットワークセキュリティの標準化活動における相互接続・運用に関するサイドイベントの機会を活用しつつ標準化を推進しており、このような取組動向もタイムリーに注視していくことが有効。

(3) ユースケース駆動型領域

① スマートシティ分野

基本的な考え方

- ISO、ITU-T、ISO/IEC JTC1等の各標準化機関の視点から、スマートシティ分野のユースケース、アーキテクチャ、KPI等の標準化活動が活発化。
- また、国内でも、ICTを活用した社会インフラ維持管理技術の開発・実証を行ってきており、その成果等を活かして、様々なユースケースの発掘やベストプラクティスの共有が進展。老朽化する社会インフラの維持・管理における、センサ等を用いたモニタリングシステムの実装にも期待。
- 橋梁や道路等のモニタリングで利用可能なセンサ等の情報モデルについては、国内のコンセンサスを図るため、先行して国内標準化（TTC）作業が進展しており、ITU・ISO等の標準化の対象が、今後、概念的なアーキテクチャ等から、具体的な情報モデル等へと進展する中で、我が国がインフラモニタリングに係るICTの標準化作業を先導可能な状況。特に、土木・建設分野では、設計・施工、検査、保守等に活用する様々な図面の電子情報とインフラモニタリングにおけるセンサ等情報の相互連携により、同分野のデジタル化/デジタルツイン化（DX）が加速することも期待。
- 更に、現在、スマートシティ関連事業は、内閣府SIP事業の成果である「共通リアルワールド」を参照し、政府の共通方針（※）に沿って、産学と連携しつつ、関係府省が一体的に推進しており、標準化機関での同分野の動向も注視しつつ、国際協調や競争力確保の視点から、適切なタイミングで必要な標準化を推進することが重要。
(※) 令和2年度の政府スマートシティ関連事業における共通方針

主な標準化項目

- ユースケース、リファレンスアーキテクチャ（ISO、ITU-T、ISO/IEC JTC1等）
- インフラモニタリングに係るICTの以下のモデル等（ITU-T SG20）
 - ✓ 参照モデルと要求条件
 - ✓ 情報モデル（センサデバイス情報（機器の属性、設定条件等）、データ情報（計測・収集データ、その属性等）等）
- スマートシティの分野横断的評価指標の更新・測定評価手法、都市課題毎（防災等）の評価指標への展開（ISO、ITU-T、ISO/IEC JTC1等）等

上記を踏まえ、以下の視点から、標準化を活用した取組が重要である。

- インフラモニタリングで活用可能なセンサ等の情報モデルの国内標準化活動（TTC）をベースに、SDGs や新興国との親和性の高い ITU-T（SG20）での国際標準化の推進や、スマートシティの標準化活動で先行し、欧州に親和性の高い ISO 等（TC268SC1、TC49、building SMART 等）へのユースケースの展開を図っていくことで、同分野の市場の獲得や社会課題の解決等に貢献可能。
- また、スマートシティのデータ連携に関しては、実装に影響力のある IEEE、W3C 等に加え政府等の調達に影響力のある ITU、ISO での標準化活動、FIWARE 等の OSS、各国の社会実装のグッドプラクティス等を活用・共有していくことで、社会実装の障壁の低減、住民生活や行政サービスを向上させるデータ連携事例の創出、新興国等海外市場の獲得等を促進することが有効。

② 製造分野

背景と考え方

- 生産現場において革新的な生産性向上をもたらす高度なサイバーフィジカルシステムの実現が期待。5G/IoT/AI等のICT分野のキーテクノロジーはその実現の基盤であり、国際競争力確保の視点から、生産現場に適応した更なる高度化が不可欠。
- 特にワイヤレス技術やエッジ技術への期待は大きく、膨大な数のセンサ情報の収集（多数接続）、高精細画像の利用（超大容量）、工作機械の制御（低遅延）等、ニーズを踏まえた多様なユースケースが考えられるが、無線システムの工場等狭小空間における円滑な導入には、電波干渉等に影響されない安定性・信頼性を確保しつつ多様な要求条件に柔軟に対応していくことが求められることから、無線システム等の必要な機能・要件等の標準化を推進することは重要。
- このため、総務省及びNICTでは、製造現場のワイヤレス化を目指し、無線通信の安定性・信頼性を確保するための無線プラットフォーム技術の開発とそのインターフェース規格の策定を推進。成果展開には、実装に影響力のある標準化機関の活用に取り組むことが必要。

主な標準化項目

- TSN※（産業用イーサネット）（IEEE、IEC）※ Time Sensitive Network
- ユースケースからの無線の低遅延能力等の高度化（遅延短縮化、TSN機能の取込等）（3GPP、5G-ACIA）
- 製造現場における無線通信の信頼性向上（誤り訂正技術、冗長化技術、無線資源割当技術等）（3GPP、FFPA）
- 無線LAN、自営系5G等の機能拡充（無線での産業機器制御に必要な遅延保証・時刻同期機能の高度化等）（IEEE、3GPP）等

上記を踏まえ、以下の視点から、標準化を活用した取組が重要である。

- 製造現場での5G活用（ローカル5G含む）への期待が高まる中、5G-ACIA等の製造現場におけるユースケース・参照モデルから通信に求められる要件を定める動きが活性化。このような動きと連携して3GPPにおいて5Gの進化が進展する見込み。これと同時に、コストや導入の容易さから無線LAN等の自営系エリアネットワークとの共存が見込まれており、製造現場での無線LANの適用・高度化に向けては、その実装に影響力のあるIEEE 802系を活用することが有効。特に今後は、制御系のワイヤレス化への期待から更なる低遅延や遅延保証等への要求を満たすための標準化作業が見込まれ、この動きを活用する視点が重要。
- 一方で、製造現場における無線通信の信頼性の確保は不可欠であり、IEEE802系での規格化に併せてそれを担保する製造分野向けの無線規格の相互接続環境や国際認証の仕組みをアライアンス等を通じ構築すること等により、製造分野への無線通信の導入を促進することが重要。

③ KPI 設定分野

基本的な考え方

- ISO、ITU-T、ISO/IEC JTC1、ETSI等の各標準化機関では、スマートシティの分野横断的な評価指標の標準化が進展。
- 今後は、分野横断的評価指標の実利用に向けた測定評価手法の検討に加え、防災・感染症対策・交通渋滞解消等、社会課題毎の、評価指標の標準化の検討に進展する可能性があり、優れた評価を得た自治体等による取組の横展開につながるとともに、新興国等における社会課題の解決やサービスベンダーの市場獲得を後押しする効果も期待。
- また、スマートシティのデータ活用を可能とするプラットフォームを実装する都市が増加すると、自治体等でのデータ利用の促進につながることが期待される一方、情報セキュリティや個人情報保護等を担保したサービス提供が不可欠となり、仮にそれらの品質保証等のKPI標準化の検討が行われるような場合には、各国の国内規制とも関わりが深くなるため、その動向に注視が必要。

主な標準化項目

- スマートシティの分野横断的評価指標の更新・測定評価手法、都市課題毎の以下（今後考えられる例）の評価指標への展開（ISO、ITU-T、ISO/IEC JTC1 等）
 - ✓ 防災
 - ✓ 感染症対策
 - ✓ 交通渋滞解消
 - ✓ 低消費電力化 等
- 評価指標等に基づく評価の実施結果の活用促進 等

上記を踏まえ、以下の視点から、標準化を活用した取組が重要である。

- SDGs の目標の内、我が国が先進的な取組を実施する分野（防災（目標 1）、高齢者ケア（目標 3）等）の評価指標を ITU・ISO 等のデジュール標準機関で検討していくことで、新興国等への情報共有や SDGs への貢献とともに、市場獲得にも期待。
- また、将来、住民生活に紐付いたサービス向上の指標が設定された場合には、導入・利用者となる自治体等のきめ細かなデータ活用・連携のトリガーとなることも期待。

4.2.2 標準化活動の推進方策

標準化活動の推進にあたっては、（１）標準化を取り巻く状況を継続的に調査分析する機能、（２）オープン・クローズ等戦略的な標準化活動を推進する体制、（３）迅速なデファクト化につながるオープン化・ソフトウェア化等の実装重視の取組、（４）グローバル・ファースト を踏まえた戦略的なパートナー形成、（５）市場の獲得・拡大を狙う標準化活動の支援、等の視点から取組を強化することが重要である。

また、標準化活動の基盤となる標準化人材の確保・育成に向けた取組も併せて推進することが不可欠である。

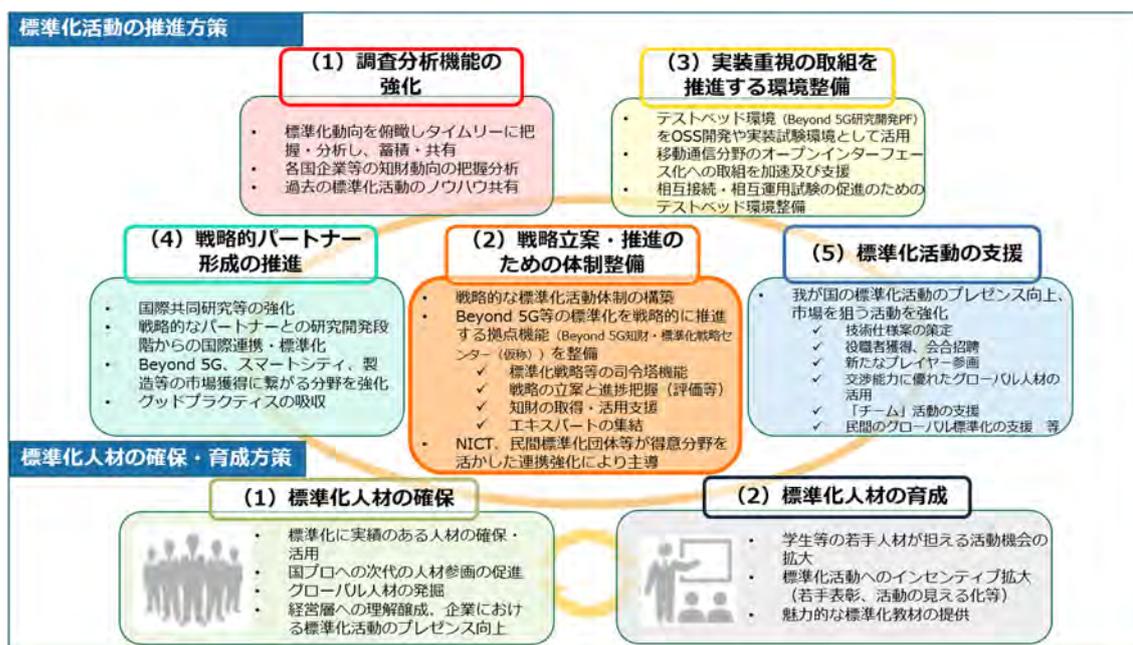


図 4-6 推進方策の全体像

(1) 調査分析機能の強化

【取組の背景・状況】

- デジタル時代において標準化を取り巻く状況が変化し、関係する標準化機関やそれらの活動範囲等が拡大する中、個社による全方位的な動向・詳細把握やそれを踏まえた戦略的な対応は困難。
- また、5G 必須特許の世界シェアでは、海外のグローバルベンダーが上位 5 位⁴⁹を占め、国際的な競争力・交渉力確保の視点から、知財確保も重視している状況。

⁴⁹ SAMSUNG ;8.9%, HUAWEI ;8.3%, QUALCOMM ;7.4%, LG ;5.8%, ERICSSON ;5.7% (サイバー創研調べ)

上記状況を踏まえ、以下の視点から取組を強化することが重要である。

- 標準化に係る動向を俯瞰するとともに、必要な場合にはタイムリーに詳細情報（経緯、プレイヤー、スタンス等）を把握・分析し、蓄積・共有できるよう、調査分析機能を強化していくことが必要である。
- 各標準化機関に精通し影響力を持つ標準化エキスパートや標準化領域に強い技術者・研究者を効果的に活用し、必要な場合にはチームを構成して、調査分析を行うことが併せて重要となる。
- 戦略的な標準化には、オープン・クローズからの検討が不可欠であり、各国企業等の関連する知財動向の把握・分析も併せて行うことが有益である。さらに、TTC、ARIB等の民間標準化機関、国研であるNICT等が持つ過去の標準化活動のノウハウを共有することも重要となる。
- このような調査分析を若手や企業の企画・事業部門を取込みつつ実施することで、標準化人材の確保・育成や企業等の経営戦略に標準化が活用されるよう醸成することにつながる視点を持つことが必要である。

(2) 戦略立案・推進のための体制整備

【取組の背景・状況】

- ・ 移動通信分野では、中国ベンダーが台頭し、通信機器のグローバル市場で我が国ベンダーの存在感が低下。他方、欧米大手は上位5社内に位置⁵⁰。我が国は標準化や共創の取組を市場の獲得や拡大に上手く活かせていない状況。
- ・ 3GPP、ITU、IEEE等での中国の台頭、欧米の民間標準団体・コンソーシアム等を通じた仲間作りの取組、W3C、IETF等でのGAFAの参画等、中国、欧米は、グローバル市場・ビジネスの視点を踏まえ標準化に関与。他方、我が国企業は、標準化活動等に一定の参加はしているものの、グローバル市場の獲得・拡大を真に狙い、標準化に取り組んでいる状況にあるとは言えず、我が国の標準化活動におけるプレゼンスやリソースは低下。

上記状況を踏まえ、以下の視点から取組を強化することが重要である。

- 注力すべき標準化領域について、我が国の主要プレイヤーが戦略的に標準化活動に取り組める体制を、調査分析機能と連携して、活動の局面を見極めつつ柔軟に構築することが重要である。

⁵⁰ 基地局設備：1位 Huawei, 2位 Ericsson, 3位 Nokia, 4位 ZTE, 5位 Samsung、
コアNW：1位 Ericsson, 2位 Huawei, 3位 Nokia, 4位 Cisco, 5位 ZTE（出典：米国CISA(Critical and Infrastructure Security Agency)レポート）

- 5G の高度化及び Beyond 5G 等の将来 NW については、デジタル化・DX 時代の経済活動や国民生活を支える重要な社会基盤であることを踏まえ、グローバル市場の参入機会の創出・拡大、サプライチェーンリスクの軽減等の観点から、知財を含め標準化を戦略的に推進する拠点機能（Beyond 5G 知財・標準化戦略センター（仮称）⁵¹）を整備することが必要となる。
- 当該拠点機能では、以下の取組等を主導することが有効である。
 - ✓ 知財を含む標準化戦略等の司令塔機能を果たすための議論の場の設定・提供⁵²
 - ✓ 政府全体の推進戦略を踏まえた標準化・知財戦略の立案と進捗状況の把握（評価・改善等）
 - ✓ 上記戦略の立案・議論に活用する標準化・知財関連情報の収集・蓄積・共有
 - ✓ 標準化活動を支援する標準化工キスパート人材の確保・提供
 - ✓ 知財・法務等の専門家との連携促進等、競争力・交渉力確保の観点からの知的財産の取得・活用支援
 - ✓ テストベッドやエミュレータ等の実装試験環境の利用促進 等
- 戦略的な標準化活動の体制運営にあたっては、省庁・分野横断的な連携を図りつつ、国研である NICT、TTC、ARIB 等の民間標準化機関等が各々の得意分野を活かして連携を強化して主導する。併せて、知見・ノウハウを継続的に集約していくことが重要である。

(3) 実装重視の取組を推進する環境整備（オープン化・ソフト化、デファクト

化の推進)

【取組の背景・状況】

- ・ W3C や IETF 等の有力な標準化団体においては、実装重視の観点から、実装例を標準化の要件とするとともに、相互接続やハッカソン等のイベントを積極的に実施。また、実装促進のためテストツールを OSS で提供する取組や、スピード重視の観点から必ず標準化しなければいけない部分以外は実装面で OSS ベースの活動と連携するケースが増加。
- ・ 標準仕様を使っているにもかかわらず、一旦納入すると他社に置き換わるのが難しく、移動通信システムのグローバル市場では機器ベンダーが固定化。このため、米国のセキュリティレポートではオープン・アーキテクチャの推進を重要視。

⁵¹ Beyond 5G 推進戦略懇談会の戦略（骨子）にも同センター設置の必要性が記載

⁵² 議論のステージに応じて、戦略の立案・遂行に係るステークホルダーに絞る等、場の設定には留意が必要

・O-RAN では、3GPP を補完する形で、機器の柔軟な構成を可能とするオープンインタフェース化を推進。

上記状況を踏まえ、以下の視点から取組を強化することが重要である。

- 標準化において実装が重視される中で、テストベッド環境と標準化活動の連携強化に取り組むことが重要となる。NICT 等が運営するテストベッド環境を、標準化活動の一環として、OSS 開発や実装試験環境として活用可能とすることで、標準化作業を加速するとともに、開発者・利用者のコミュニティ形成の場として、社会実装を促進していくことが重要である。
- O-RAN 等における移動通信分野のオープンインタフェース化への取組を、関連するグローバル市場のゲームチェンジの好機と捉え、動向を見極めつつ、我が国の機器ベンダーや新たなプレイヤーの参入機会として戦略的に活用及びその取組を支援していくことが重要である
- 上記取組を我が国が主導するためには、異ベンダー機器間の相互接続・相互運用試験が可能となるテストベッドやエミュレータ等 (Beyond 5G 研究開発プラットフォーム) の環境整備を早急に行い、技術・運用の優位性を確保した上で、オープン化による効果を積極的に提示し、O-RAN 等での技術仕様の策定やデファクト化も見越した実装活動を先導することが必要となる。
- DX の進展とともに、有無線ネットワークのオープン化・ソフトウェア化が一層進み、クラウドネイティブなアーキテクチャや統合的 NW 運用 (オーケストレーション) も本格化してくると予測されることから、3GPP、ETSI 等での将来 NW の検討や、TIP、TM フォーラム、ONAP 等での NW のオープン化・ソフトウェア化を推進する団体の取組動向も見極めつつ、日本発の vRAN の展開等に役立てることも併せて重要である。

(4) 戦略的パートナー形成の推進

【取組の背景・状況】

- ・ 研究開発段階においても、グローバル市場を見据えた適用分野の拡大やパートナー形成を目的として、技術開発を先導する企業等を中心に標準化活動の場が積極的に活用。技術開発と標準化作業が同時並行的に進展。
- ・ また、実装に影響力のあるフォーラム標準機関 (IETF、W3C、IEEE、3GPP 等) においては、グローバル市場に影響力のあるリーディング企業が積極的に参画し、相互接続・運用実証等のサイドイベントも活用する等、標準化の場を通じたパートナー形成や標準技術の開発・展開を推進。

上記状況を踏まえ、以下の視点から取組を強化することが重要である。

- グローバル市場の獲得を目指し、オープンイノベーションのエコシステムの一角を担うことができるよう、研究開発段階から戦略的なパートナーと連携して標準化活動を推進する国際共同研究のフレームワークや、プロジェクト型 R&D における戦略的な国際連携・標準化の取組を強化していくことが必要である。
- 注力すべき標準化領域のうち、Beyond 5G 等の将来 NW やスマートシティ・スマート製造等の社会基盤高度化の技術開発を伴い、将来の大規模市場の獲得につながる分野の取組の強化が急務である。
- パートナー形成においては、米国、EU 各国等信頼できるパートナーとは、例えば、日独連携で推進中の製造現場のワイヤレス化のような我が国の強みを活かした共創分野と最適なパートナーの見極めが重要となる。また、標準化の段階では、NIST/IEEE や ETSI 等の米国、EU と親和性が高く、実装に有力な標準化機関と ARIB・TTC 等との連携強化も重要である。更に、市場展開を見越したアジア圏等での新たなパートナーを発掘していくことも必要である。
- 共創分野等の見極めでは、標準化・知財動向等の調査分析機能の活用、標準化・社会実装活動では、民間・地域標準化機関間や政府間の国際連携の枠組みを積極的に活用することが重要である。特に、共同研究等での標準化活動では、パートナーリソースの効果的活用、標準化・実装手法のグッドプラクティスの吸収、標準化活動に精通した外国人人材の発掘につなげていくことも重要となる。
- 国際共同研究等の採択時には、上記、市場を見据えたオープン・クローズの視点、我が国の標準化活動等へのフィードバックの視点、次代の人材確保・育成の視点等を、その実施体制（企画・事業部門、若手・スタートアップ、ユーザ系産業等が参画する体制等）と合わせて重要視していくとともに、終了後には、得られた知見・ノウハウを総括し、今後の取組に活かせるよう蓄積・共有していくことが重要である。併せて、国際的な競争力・交渉力に活かせる知財の見極めや取得等に係る支援の取組が必要となる。

(5) 標準化活動の支援

【取組の背景・状況】

・ 3GPP、ITU、IEEE 等での中国の台頭、欧米の民間標準団体・コンソーシアム等を通じた仲間作りの取組、W3C、IETF 等での GAFA の参画等、中国、欧米は、グローバル市場・ビジネスの視点を踏まえ標準作りに関与。他方、我が国企業は、標準化活動等に一定の参加はしているものの、グローバル市場の獲得・拡大を真に狙い、標準化

に取り組んでいる状況にあるとは言えず、我が国の標準化活動におけるプレゼンスやリソースは低下【再掲】。

- ETSI は、外部の標準化エキスパート等も活用して標準化活動（ドラフティング、実装支援等）を推進可能なファンディング機能を有しており、EU 参加国主導による標準化策定を支援。また、EU は、研究開発プログラム等から得られた標準化技術のグローバル展開を支援する標準化プログラム（InDiCo）も推進。
- 我が国では開発の延長として、開発に携わった研究者・技術者等が標準化に主体的に取り組む傾向が強いが、欧米中は市場形成の視点から、技術部門とビジネス部門等が一体的（チーム）に標準化を推進。

上記状況を踏まえ、以下の視点から取組を強化することが重要である。

- 注力すべき標準化領域を核に、標準化活動（技術仕様案の策定、コンセンサス形成、会合参加、会合招聘、標準化動向調査等）の支援の強化が必要である。その際、市場形成等の標準化活動を促進・醸成するため、支援対象を、企画・事業部門、知財・法務の専門家、若手・スタートアップ、ユーザ系産業（自動車、建設、医療、農業等）等も参加する「チーム」の活動に拡大することが有効となる。
- 上記標準化活動に資するため、標準化機関の役職経験者、標準化実績を持つエキスパート、外交・交渉能力に優れたグローバル人材等、我が国の標準化活動の強化・プレゼンス向上に貢献できる人材の活動も併せて支援し、人材の発掘・確保や標準化機関等における役職者の確保に貢献していくことも重要である。
- 標準化技術の成果展開の視点から、認証等に活用可能な適合性評価のための基準策定活動の支援や、欧州の InDiCo や影響力のある標準化機関等と連携した相互接続・運用イベント等を促進していくことも有益となる。
- 研究開発プロジェクトの採択や新たな電波の割当（開設計画の認定等）等の際に、国際標準化への貢献度や知財戦略（知財ポートフォリオ形成の取組等）を条件付けること等により関連の取組を促進することも併せて有効である。加えて、政府による調達要件として、今後も積極的に国際標準を活用していくことも重要である。

4.2.3 標準化人材の確保・育成方策

標準化人材の確保・育成は、標準化活動の基盤として不可欠であり、人材の固定化・高齢化等の我が国に顕著な課題の改善等に対応するため、標準化活動の推進と両輪で、その取組を強化していく必要がある。

(1) 標準化人材の確保

【取組の背景・状況】

- ・我が国の標準化活動を担う人材は固定化・高齢化している状況。企業の経営戦略に標準化活動が十分取込まれていない傾向もあり、業績に直結した効果が出にくい標準化活動への人材リソースは低下の傾向。
- ・また、我が国企業は、標準化活動等に一定の参加はしているものの、グローバル市場の獲得・拡大を真に狙い、標準化に取り組んでいる状況にあるとは言えず、我が国の標準化活動におけるプレゼンスやリソースは低下。【再掲】
- ・他方、海外では、欧州は、標準化のコンサルタントが存在し標準化活動を下支え、米国からは、GAFA関係者の参加が急拡大、欧米のコンソーシアム等を経由した標準化機関への提案も増加、また、3GPP、ITU、IEEE等での中国の台頭（参加者、寄書、ポスト）は著しく、中国有力ベンダー等は、標準化機関の要職経験者を自社に採用して積極的に活用している状況。

上記状況を踏まえ、以下の視点から取組を強化することが重要である。

- 標準化機関の役職経験者、標準化実績を持つエキスパート、外交・交渉能力に優れたグローバル人材、知財・法務家等、我が国の標準化活動の強化・プレゼンス向上につながる人材の活動や、これら人材も取込んだチームによる標準化活動（技術仕様案の策定、コンセンサス形成、会合参加、会合招聘、標準化動向調査等）を支援し、人材の発掘・確保につなげることが重要である。
- 戦略的なパートナー形成を目的とした、国際共同研究のフレームワークや、プロジェクト型 R&D の採択時に、次代の人材確保・育成の視点をその実施体制（企画・事業部門、若手・スタートアップ、ユーザ系産業等が参画する体制等）と合わせて重要視していくことも有益である。その際、パートナーリソースの効果的活用、標準化活動に精通した外国人人材の発掘につなげていくことも重要となる。
- 経済団体等とも協力した企業の経営層に対する標準化活動の重要性の醸成、調査分析や標準化活動そのものに企業の企画・事業部門を取込みつつ実施すること等により、企業の中での標準化活動のプレゼンスを高め、標準化人材の拡大や戦略的活用を促進することが重要である。醸成活動の一環として、具体的に企業が何をすべきかをまとめて提示する等、その活動ツールを作成することも有効となる。

(2) 標準化人材の育成

【取組の背景・状況】

- ・ ISO/IEC に参加した年齢層に関する調査では、日本は、50 歳代以上が約 95%、40 歳代以下は約 5% である一方、40 歳代以下の参加者について、韓国は約 45%、中国は約 60%（うち、30 歳代以下が半数）とのデータ⁵³もあり、我が国の標準化活動を担う人材は固定化・高齢化が顕著な状況。
- ・ 大学の理工学系教育では、技術に関する知見の習得が中心になっており、標準化の重要性や社会実装・ビジネス展開の課題等を学生が積極的に学べる機会は少ない状況。また、学生自身が標準化活動に関心を持ち自ら行動に至る程、関連情報が身近に PR されている状況にない。

上記状況を踏まえ、以下の視点から取組を強化することが重要である。

- 現地調査を伴う標準化動向の調査分析活動を、学生等の若手人材が担える機会を拡大することが有効である。その際、既に標準化教育を行う大学や国際系大学との連携に加え、企業とチームを組んだ活動を促進し、企業への就職活動時にその活動が評価されることも有効となる。また、チーム活動や実装重視の標準化活動と親和性のある OSS コミュニティの場等を活用して標準化人材の育成と確保に好循環を生むことも重要である。
- 学生等の若手人材に、標準化活動への参加にインセンティブを与える仕組みが必要となる。例えば、ウェブサイト等オープンな形での活動体験の PR・見える化、調査者間の交流を促進するコミュニティ形成の促進、一定以上の実績を積んだ調査者への活動証明等の付与（TTC 等の民間標準機関と連携）、今後活躍が見込まれる若手人材を対象とした表彰制度の拡充等を検討していくことも有効である。
- 大学や学会等で活用する標準化教材に、5G 等の身近な標準化事例や標準化人材に求められる素養を盛り込む等、標準化活動がイメージでき、活動に興味を持てるような、魅力あるコンテンツの盛り込みやその効果的な提供方法の検討も必要となる。併せて、大学等での学生・教員の活動成果が、研究内容のみならず、標準化を含めた社会実装に係る課題へのチャレンジも評価されるよう、大学や学会等の関係者に働きかけていくことも重要である。

⁵³ 出典：日本のデータ 経済産業省 第四次産業革命時代に向けた標準化体制の強化（平成 29 年 2 月）、中国・韓国のデータ 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）

【参考】主要な標準化機関の概要

(1) ITU Telecommunication Standardization Sector (ITU-T)

国際連合の ICT 専門機関である ITU-T では、4 年ごとの研究会期⁵⁴の変わり目を迎えている。

標準化機関・団体名		設立年
ITU Telecommunication Standardization Sector (ITU-T)		1865年 (前身機関)
概要	目的 産官共に検討できる場を提供し、特に発展途上国において、技術よらずサービスにアクセスできる環境を作るため、公開及び利用者側ニーズを基本にして、相互運用が可能で、公平な国際標準の開発と使用を推進する。同時に、他の関連する情報社会の活動とも連携する。	主要メンバ 国連加盟国：193か国 セクターメンバー：270機関 アソシエイト：180機関 アカデミア：163機関 (2019年12月時点)
	ロードマップ・将来ビジョン 次期研究会期 (2021-24年) の研究計画については、2020年11月にインドで開催予定のWTSA(世界電気通信標準化総会)で検討する。デジタルトランスフォーメーションの社会変化に対応したITU-TのSGの統合再編について議論が行われる。産業界のリーダーとの会合 (CTO会合等) を通じて得られた産業界の意見は標準化戦略に反映される見通し	他団体・組織との関係 Global Standards Collaboration (GSC) として、以下と連携 ISO, IEC, ATIS, ARIB, CCSA, ETSI, IEEE-SA, TTA, TSDSI, TTA, TTC
主なアウトプット	主要な技術・システム/ターゲット年度 ・ 主要な技術・システム ✓ 2017-2020年研究会期では、下記のSGが設立されている <ul style="list-style-type: none"> TSAG: ITU-Tにおける標準化活動の作業視察、計画、運営、財政及び戦略に関する検討 SG2: サービス提供の運用側面及び電気通信管理 SG3: 料金及び会計原則と国際電気通信、ICTの経済と政策課題 SG5: 環境、気候変動と循環経済 (Circular economy) SG9: 標準化、音声伝送及び統合型広帯域ネットワーク SG11: 顧客要求、プロトコル、試験仕様及び製造商対策 SG12: QoSとQoE SG13: IMT-2020, クラウドコンピューティングと信頼性の高いNW基礎設備を中心とした将来網 SG15: 伝送、アクセス及びコアネットワーク技術と基礎設備 SG16: マチナチの可視化システム及びアプリケーション SG17: セキュリティ SG20: IoTスマートシティ ✓ SGの特定課題の検討の加速や、従来のSG単位の所掌にとらわれないSG横断的な課題へ対処するための検討グループとしてFocus Group (FG) を設置 <ul style="list-style-type: none"> [FG-QT4N] Quantum Information Technology for Networks (2019.10-) [FG-AIAAD] Focus Group on AI for autonomous and assisted driving (2019.8-) [FG-AI4EE] Focus Group on "Environmental Efficiency for Artificial Intelligence and other Emerging Technologies" (2019.5-) [FG-AI4H] Focus Group on "Artificial Intelligence for Health" (2018.7-) [FG-V4M] Focus Group on "Vehicular Multimedia" (2019.7-) [FG-NET-2030] Focus Group on Technologies for Network 2030 (2018.7-) [FG-ML5G] Focus Group on Machine Learning for Future Networks including 5G (2017.11-) 	標準化プロセス・標準化に係る時間 ・ 標準化プロセス ✓ 標準化するべき項目 (Work Item) を検討・確定した後、その完成予定時期を明確化した上で、各国の研究機関等から提案を募集し、全員一致 (コンセンサス) ベースで勧告案をまとめる ✓ 勧告案の承認は、ポリシーや規制と深く関わる勧告に対する伝統的承認手順 (TAP) と代替承認手続き (AAP) の2つの手順が用意されている。ITU-Tでは9割以上の勧告がAAPによって承認される ・ 標準化に係る時間 ✓ TAPIによる勧告承認手続きは10か月以上費やしていたが、AAPによる勧告承認手続きでは勧告案完成から承認まで平均2か月程度に短縮 ✓ ITU-T FGでは、通常1年程度の活動を通じてデリバラブルと呼ばれる成果文書を作成される。成果文書は関連するSGに入力されるが、Work Itemとして勧告化に向けた検討ステップが進む場合と進まない場合は入力先のSGの専門家の判断に任される

(2) European Telecommunications Standards Institute (ETSI)

欧州委員会で認定された標準化機関 (ESO) であるとともに、策定された標準はグローバルな市場でも採用されている。

標準化機関・団体名		設立年
European Telecommunications Standards Institute (ETSI)		1988年設立
概要	目的 CEN, CENELEC と並ぶ欧州委員会 (EC) に認められた標準化団体の一つとして、欧州委員会から与えられる mandateに従いICTに関連する標準仕様の策定を実施する	主要メンバ 欧州を中心に64か国より923の企業、個人がメンバとして加入
	ロードマップ・将来ビジョン ETSI Long Term Strategy 2016-2021では、大きな行動目標として以下を掲げている <ul style="list-style-type: none"> Being at the heart of Digital: (他のSDOとも連携し) デジタル分野のプラットフォームとして標準を開発 Being an enabler of standards: 標準と法規制の相互作用におけるニーズを把握 Being global: ワークプログラムや活動を通じた新規メンバの開拓により、世界で導入される標準とする Being versatile: 業界のトレンドを取り入れた標準化により標準の導入を促進 Being Inclusive: あらゆるステークホルダーの参加により、SMEやスタートアップの競争力と市場アクセスを促進 	他団体・組織との関係 ■ 欧州での役割 EC, EFTA, CEPTに対して法規制の技術的サポート ■ ETSIパートナーシッププロジェクト (EPP) 3GPP, oneM2M
主なアウトプット	主要な技術・システム/ターゲット年度 ・ 主要な技術・システム ✓ 有線、無線を問わないICT分野の標準化を対象としている <ul style="list-style-type: none"> 物の接続 無線システム ICTによる快適な生活 コンテンツ配信 ネットワーク ホーム&オフィス 輸送システム セキュリティ 相互運用性 公共安全 ・ ETSI ISG (ETSI Industry specification group) ✓ ETSI外部メンバも参加可能な新たな技術分野に対する検討グループ。2020年3月現在はNFV (Network Function Virtualisation)、QKD (Quantum Key Distribution) など15のISGが設置 ✓ ITU-T FGと異なり、ISGで作成された標準は直接ETSI標準として採用 ・ STF (Special Task Force) ✓ ETSIの標準化活動を支援するための技術エキスパート (公費) による組織 ✓ 一定期間ETSIとの契約に基づき、標準のベースとなる文書を作成	標準化プロセス・標準化に係る時間 ・ 標準化プロセス (1) ETSI特別報告 (SR) - 技術母体内 (Technical Body) で草案作成、承認、採択 (2) ETSI標準 (ES), ETSI手引き (EG) - 草案は技術母体内 (Technical Body) で作成、承認後にETSI正会員、準会員 による投票にかけられ、重みづけ投票で71%獲得で承認となる (3) 欧州標準 (EN: European Standard) - 草案は技術母体 (technical) で作成、承認後に、欧州各国の標準化機関 (NSO: National Standard Organization) へ公開で意見を受け付け、調整後、欧州各国の標準化機関の投票に付される ※公開意見招請は省略される場合もある ・ 標準化に係る時間 ETSI ISGは、1~2年の時限付活動として、短期間で標準作成から承認まで進めるような組織設計

⁵⁴ 2020年度に4年に1度の総会 (WTSA-20: 世界電気通信標準化総会) が開催される

(3) Third Generation Partnership Project (3GPP)

5G時代の社会実現に向けて、産業等のユースケースからの要件も踏まえ、移动通信分野を中心とした、超高速・低遅延・多接続等の通信機能・技術の標準化に取り組んでいる。

標準化機関・団体名		設立年
Third Generation Partnership Project (3GPP)		1998年設立
概要	目的 7つの通信標準開発機関（ARIB、ATIS、CCSA、ETSI、TSDSI、TTA、TTC）を束ね、無線アクセス、コアネットワーク、サービス機能を含むセルラー通信技術を対象とする報告書と仕様書を作成する。	主要メンバー 各地域の標準化機関（ARIB、ATIS、CCSA、ETSI、TSDSI、TTA、TTC）
	ロードマップ・将来ビジョン 5G技術の標準化を通して、以下の目標（KPI）を掲げている <ul style="list-style-type: none"> 接続密度 1,000,000 端末/Km² 端末の電池寿命 数十年 適用範囲の拡大 屋外と屋内 端末の複雑さとコスト 超低遅延 	他団体・組織との関係 リエゾン関係 -ITU-R、ITU-T、IEEE 他多数
主なアウトプット	主要な技術・システム/ターゲット年度 <ul style="list-style-type: none"> 主要な技術・システム <ul style="list-style-type: none"> 現在作業中のドキュメント <ul style="list-style-type: none"> Rel15：5G基盤機能 Rel16：5G基盤機能の改良及び強化 Rel17：5Gのさらなるenhancement/efficiency ターゲット年度 <ul style="list-style-type: none"> Rel15：2019年3月にStage3が凍結 Rel16：2020年3月にStage3が凍結 Rel17：2019年12月にStage1が凍結 Rel18：2020年6月に焦点分野の議論開始予定 ※3GPPでは、3つのStageを経て段階的に標準化を進めている。 	標準化プロセス・標準化に係る時間 <ul style="list-style-type: none"> 標準化プロセス <ul style="list-style-type: none"> 各Releaseごとに、3つのStageを経て段階的に標準化を進めている <ul style="list-style-type: none"> Stage1：要求条件規定 Stage2：アーキテクチャ規定 Stage3：プロトコル規定 標準化に係る時間 <ul style="list-style-type: none"> 各Releaseの検討期間は約15～18か月

(4) Institute of Electrical and Electronics Engineers Standards Association (IEEE SA)

IEEEにおいて国際標準化を担う下部組織。通信に限らず、エネルギー、スマートシティ等社会基盤の分野で多数の技術規格が実装利用されている。最近では、データ関連の領域における新たな標準策定も開始されている。

標準化機関・団体名		設立年
Institute of Electrical and Electronics Engineers Standards Association (IEEE SA)		1984年設立
概要	目的 ビジョン：世界クラスの標準開発組織になること Be a world-class Standards Development Organization ミッション：世界的に尊重される、高品質で市場に関連する標準化環境を提供する Provide a high quality, market relevant standardization environment, respected world-wide	主要メンバー SA企業会員 Advanced 184社 Basic 23社 個人会員 422,000
	戦略と基本ポリシー 上部組織IEEEが全体の戦略IEEE Strategic Plan 2020-2025で策定しており、2025年までの標準化に関する目標として、工学と技術に対する一歩の理解を高め、実用化のための基準を追求するとしている。 また、その標準化は、以下の基本ポリシーにより運営されている。 <ul style="list-style-type: none"> WTO (World Trade Organization)/ TBT (Agreement on Technical Barriers to Trade)の原則に準拠すること。 規格はレビューが行われること。 参加者の集約的なコミットメントの反映を反映していること。 高品質でグローバルに関連する技術標準になること。 また、標準化にあたっては、Due Process (適正な策定手順)、Openness (オープン性)、Consensus (合意性)、Right of appeal (異議申立ての権利)、Balance (バランス)が厳密に審査される。	他団体・組織との関係 リエゾン関係 ETSI、IEC、ISO、ISO/IEC JTC1、ITU-T、ITU-R、ITU-D、3GPP、IETF、Wi-Fi Alliance、ARIB、W3C 他多数
主なアウトプット	主要な技術・システム <ul style="list-style-type: none"> 累積で20,000の標準を開発 12,000にのぼる標準仕様が社会実装されている 600の新しい標準を開発中 <ul style="list-style-type: none"> Aerospace Electronics Broadband Over Power Lines Broadcast Technology Clean Technology Cognitive Radio Design Automation Electromagnetic Compatibility Green Technology Medical Device Communications Nanotechnology Organic Components Portable Battery Technology Power Electronics Power & Energy Radiation/Nuclear Reliability Transportation Technology 	標準化プロセス・標準化に係る時間 <ul style="list-style-type: none"> 標準化プロセス <ol style="list-style-type: none"> PAR (Project Application Request) 提出 プロジェクト承認 ドラフト作成 WG/バロット (標準の主な仕様を決めるWG参加者による投票。参加者が投票権を得るためには一定期間、WGに出席する必要があるがSA会員でなくても良い) スポンサー/バロット (IEEE-SA会員による投票) 理事会承認 標準として公表 標準化に係る時間 プロジェクト承認からスタンダードの出版まで最大4年の期限

(5) Internet Engineering Task Force (IETF)

IETF では、インターネットの幅広い分野における技術トピックについて議論がなされ、技術仕様を RFC として発行。実装重視の観点から、標準化議論と並行してハッカソン等のイベントを積極的に実施している事が特徴。

標準化機関・団体名		設立年
Internet Engineering Task Force(IETF)		1986年
概要	目的 インターネット通信サービスや、インターネット上でのサービスを提供するための技術標準を開発し、メンテナンスすること。また、それらの技術が、必要な機能を実行できること、適切なスケールの展開や利用をサポートしていること、技術自身がセキュアであり、安全に運用できること、管理可能であることを確かめること。	スポンサーシップ Platinumメンバ：9社 (うち、日系メンバ10社)
	ロードマップ・将来ビジョン 上位組織であるInternet Societyにおける2020年のアクションプラン(Internet Society 2020 Action Plan)では、「Strengthening the Internet」の項で、次の4つの観点を示している。 <ul style="list-style-type: none"> インターネットにおけるネットワーク手法の促進 暗号化の拡張 グローバルルーティングの保護 多くの一般的なセキュリティメカニズムが依存する正確な時間情報に関するセキュリティの向上 	他団体・組織との関係 リエソン関係 <ul style="list-style-type: none"> ETSI, IEEE, W3C, ITU, 3GPP等
主要な技術・システム	主要な技術・システム/ターゲット年度 <ul style="list-style-type: none"> 主なトピック (標準化戦略WG第2回資料より) <ul style="list-style-type: none"> Art : http, ビデオコーデック, DNS over http等 General : IETF meeting のための場所選定など Internet : 家庭用やIoT実現のためのプロトコル(IPv6関連, DNS-SD等) Operation and Management : ドメイン名やネットワーク自動化技術, ベンチマーク等 Routing : IoTのためのルーティング, SFCなど5G時代のインフラ技術 Security : WebセキュリティとIoTセキュリティ Transport : Webのトランスポート 	標準化プロセス・標準化に係る時間 <ul style="list-style-type: none"> 仕様の種類 IETFにおける技術仕様はRequest For Comments (RFC)と呼ばれ、RFC 2026 (BCP 9) で規定されており、情報の性質によって Informational, Standard Track, Experimental, Historicalの4種類に分類される。 RFC策定プロセス Standard Track RFCでは各ワーキンググループがInternet Draftを作成し、IESG及びIETF Communityのレビューを経てRFC(Request For Comments)のProposed Standard(PS)となり、以下の仕様が満たされればInternet Standard(STD)となり、IETF出版部門によってRFCが出版される。

(6) World Wide Web Consortium (W3C)

World Wide Web に係る諸技術の標準化団体。主要 IT 企業が参画し、実装例を必要とする策定プロセスが特徴。近年は、Web をプラットフォームとして見立て、IoT や決済、データ形式などサイバーフィジカルシステムで必要とされる多様な機能を実現するための標準化 (Web of Things 等) を実施。

標準化機関・団体名		設立年
World Wide Web Consortium (W3C)		1994年10月設立
概要	目的 World Wide Webで使用する各種技術の標準化を推進する為に設立された非営利の標準化団体であり、企業や団体が会員として加入し、専任スタッフと共に World Wide Web の標準策定を行っている また、教育活動も行っており、ソフトウェアを開発してWebに関するオープンな議論の場を提供している	主要メンバ ・Google・Apple・Facebook ・Amazon・Microsoft・Alibaba ・Baidu・Tencent・Huawei・Intel ・DAISY Consortium・Wiley・NTT ・Consensys・KDDI・Fujitsu
	ロードマップ・将来ビジョン 2017年、W3C CEOは“Vision of W3C”として、以下の4領域の卓越化を掲げた。 ・ウェブのコア部分の強化：セキュリティ、パフォーマンス、ウェブアーキテクチャ、継続的な革新 ・産業界のニーズへの適合：IoT等5G時代のユースケースサポート、電子出版、ウェブ決済、エンターテインメント ・新たなエクスペリエンス：AR・VR、CSS機能強化、組み込みのユーザー補助機能、リアルタイムコミュニケーション ・ウェブの範囲拡大：自動車、Web of Things (WoT)	他団体・組織との関係 リエゾン関係 ・ITU-T ・ISO/IEC JTC1 ・Open Connectivity Foundation ・oneM2M ・ESTI ・ARIB ・DTA ・イーネット ・TTC ・IPTVフォーラム
主なアウトプット	主要な技術・システム／ターゲット年度 ・仕様策定 (WoT) ✓ WoTに係る標準仕様について、順次策定に向けた検討が進む ✓ このうちアーキテクチャと記法(Thing Description)は2017/9にWD初版作成、2020/4に勧告化。今後、拡張機能を標準化予定。 ✓ また、Security and Privacy Guidelines, Binding Templates, Scripting APIはWG Notesとして発行済みとなっている	標準化プロセス・標準化に係る時間 ・標準策定プロセス ①草案 (WD: Working Draft) ↓ W3C会員・その他組織・一般人によるレビュー、W3C Director*判断 ②勧告候補 (CR: Candidate Recommendation) ↓ 実装2例、W3C会員・その他組織・一般人によるレビュー、W3C Director*判断 ③勧告案 (PR: Proposed Recommendation) ↓ W3C会員による投票、W3C Director*判断 ④勧告 (REC: Recommendation) *W3C Directorは、W3Cの標準化を行う技術的適合性を判断する、現在はWebの同等であるTim Berners-Lee氏の担当 ・標準化に係る時間 対象領域や差異の有無による差が大きい 左記のWoTの先行領域は、WD初版から2年半で勧告化に至った。

(7) oneM2M

地域・国内の標準化機関がパートナーシップを結び、様々な標準化団体との連携を図りつつ、IoTプラットフォームの標準化を推進。また、ITU-T SG20 とのリエゾンを利用し、oneM2M仕様をITU-T 勧告として標準化を実施。

標準化機関・団体名		設立年
oneM2M		2012年7月設立
概要	目的 IoT/M2Mのサービスプラットフォームの標準化を行い、相互接続試験、認証サービスを実施。 欧州ETSI、北米ATISおよびTIA、日本のARIB、TTC、韓国TTA、中国CCSA、インドTSDSIという地域・国内の標準化機関がパートナーシップ協定を締結して推進している。	主要メンバ 各地域の標準化機関 (ARIB, ATIS, CCSA, ETSI, TIA, TSDSI, TTA, TTC)
	ロードマップ・将来ビジョン Industrial Internet Consortiumとの協働により、以下の4点に取り組む方向性が示されている (2019/12) ・IoTセキュリティアプローチとソリューション、クロスドメインデータモデルの潜在的なフレームワークなどにおける、セマンティックな相互運用性の実現 ・産業用IoTのユースケースから生まれる新しい要件・ネットワークおよび接続ソリューションとベストプラクティス ・エッジ、フォグ、分散コンピューティングのアプローチとソリューション	他団体・組織との関係 リエゾン関係： ・ITU ・IEEE ・3GPP ・ISO/IEC JTC1 SC41 ・W3C ・OCF ・AIOTI ・OSGI ・GCF
主なアウトプット	主要な技術・システム／ターゲット年度 ・仕様策定 (アプリケーション層のミドルウェア領域) ✓ 例えば2018年12月に策定されたRelease3は、制御機能とデータ転送機能を持つリソースを活用する特徴の生成、IoT アプリケーションとデバイスを効率的に操作するための結び付きの強化に注力されたもので、モバイル業界におけるIoTの高品質なサービスを目指し、oneM2Mと3GPP両仕様の統合を強めたことに意義があるとされる。 ✓ 現在検討されているRelease4は2021年以降の策定を予定しており、セマンティクス技術を用いたインターネット、スマートビルディング、Industry IoTを念頭に置く機能が対象となる見通しである。	標準化プロセス・標準化に係る時間 ・仕様策定 ✓ IoTの共通プラットフォーム仕様を検討するoneM2M仕様 (Release2) を、IoT課題を扱うITU-T SG20にリエゾン送付し、19件のITU-T勧告としてデジュール仕様化を実現した実績を有する ✓ それぞれのRelease策定期間は以下の通り。 ・ Release1: 2015/2 ・ Release2: 2016/8 ・ Release3: 2018/12 ・ Release4: 2021年以降