

## 1.2 世界の潮流と日本の位置付け

本節では、システム・情報科学技術分野における研究開発戦略立案を行うに当たって必要となる、社会・経済の動向、研究開発投資や論文、研究コミュニティの動向、各国の科学技術政策・研究開発戦略の動向、研究開発の動向、社会との関係における問題について述べる。

### 1.2.1 社会・経済の動向

#### (1) 社会とシステム・情報科学技術

2022年2月に勃発したウクライナ紛争において、システム・情報科学技術は重要な役割を果たしている。兵器自体のIT化による攻撃力の強化はもとより、衛星や無人航空機（UAV：Unmanned Aerial Vehicle）を使っての情報収集や監視あるいは自爆型ドローンによる攻撃も行われている。また、武力による闘争のみならず、ハッキングやサイバー攻撃が政府や軍の業務妨害、電力などの重要インフラへの攻撃に使われている。ソーシャルメディアやメッセージングアプリは分離主義者グループの動員や組織化に利用され、プロパガンダや偽情報を流す手段としても利用されている。人間の「脳」は、陸・海・空、宇宙、サイバーに続く第6の戦場と言われており、ソーシャルメディアに拡散されるフェイクニュースは国際世論形成にも大きな影響を与えている。これまでの軍事的な手段だけでなく、非軍事的な手段、すなわち情報技術等を用いた攻撃手段も併せて、それらを高度に統合した形で戦争が行われている。あらゆる科学技術は人類の福祉のために研究開発されてきたはずであるが、それが強力であればあるほどその両面性から軍事に利用されるということであり、システム・情報科学技術もその例外ではないことが明らかになった。

2019年末から発生した新型コロナウイルス感染症の蔓延は、デジタル化が急速に進展するきっかけとなった。テレワークやオンライン学習、遠隔医療など、多くのビジネスや学校がデジタルツールを使用するようになり、人々がオンラインでコミュニケーションを取るようになった。これにより、デジタル技術の利用が拡大し、ビジネスや教育などの業界全体においてデジタル化が加速した。新型コロナウイルス感染症の蔓延に伴い、否応なくデジタル化、オンライン化がすすめられたということである。急速なデジタル化により通信インフラの逼迫が予想されたが、幸いにも国内バックボーンの通信容量には余裕があり、輻輳などの大きな混乱が起きるまでには至らなかった。すなわち、新型コロナウイルス感染症は社会に大きな混乱、停滞、損害、恐怖を与え続けているが、一方で社会のデジタル化という意味では、それを数年は加速したとも言われている。テレワークや遠隔授業をすることによって、これまでの仕事や勉学のやり方を見直し、効率的な仕事の仕方や実りの多い勉学などについて考える機会になった。たとえば、これまで押印が必要だと信じられていた業務においても、実は印鑑は必須ではないことが明らかになり、プロセスが簡素化されることによって業務の効率が向上した。国内でも新設されたデジタル庁を中心として、行政のデジタル化の遅れを取り戻し、さらに業務や働き方を見直し、社会のデジタル化に向けた動きが始まっている。一方で、すべてをオンライン化することによるデメリットも明確になってきた。たとえばオンライン会議は地理的な制約を受けないので、時間を非常に有効に使えることがわかったが、会議の前後のちょっとした会話がなくなることによって、部門をまたがる連携が減少したり、孤立感を感じるようになった負の側面も目にするようになった。デジタル化、オンライン化のメリットとデメリットを理解し、リアルの良さも合わせたプロセスを構築することが今後の課題であろう。

これまでの社会トレンドを見ると、世界的には地球温暖化・気候変動、経済的な成長率の停滞や社会的格差の拡大、民主主義への疑問、市場主義の限界、地域の不安定化、消費構造の変化などが挙げられる。さらに国連が採択した2030アジェンダには持続可能な開発アジェンダとして17のゴール（SDGs）

Sustainable Development Goals) が盛り込まれている。これらは発展途上国だけの問題ではなく、広く地球的な問題としてとらえる必要がある。17のゴールと、原因となる問題は多対多の関係にある。したがって、ゴールを一つずつクリアしていくよりは、根源的な問題を解決して複数のゴールの達成を目指すほうが現実的であろう。問題の解決にはあらゆる技術や法制度、ビジネスモデルなどさまざまな視点からのアプローチが必要であるが、問題のある局面を見るとシステム・情報科学技術がソリューションを提供するところもある。しかも、特定のシステム・情報科学技術が複数のソリューションになり得る可能性を持っている。もちろんシステム・情報科学技術だけが問題を解決するわけではないが、共通のメタソリューションになる可能性がある。

英国のEU離脱や米中間の貿易や技術覇権をめぐる摩擦に見られるように、グローバル化とは違った方向への動きもみられていたが、新型コロナウイルス感染症の蔓延によってさらなる国や地域の分断といった事態にも陥っている。中東地域における紛争なども一時期よりは落ち着いてはいるものの、まだまだ予断を許さない状況にあるし、移民の問題も片付いたわけではなく、社会の安定にとっては懸念がある状態である。

日本のトレンドとしては、感染症はもとより、少子高齢化や経済成長の行き詰まり、社会インフラの老朽化、原発をはじめとするエネルギー問題、地震や台風などの自然災害の脅威、医療費などの社会保障費の増大などの問題がある。領土問題など近隣諸国との関係も不安定な状況にあり、防衛費の増大という新たな負担も現れている。

システム・情報科学技術そのものにも重要な問題がある。人類の進歩のためのシステム・情報科学技術が、一方ではサイバーセキュリティや科学の軍事利用などの問題にもつながっている。また、システム・情報科学技術の進展が既存の雇用を減少させることにつながったり、技術的格差が経済的な格差に直結したり、あるいは倫理的、法的、社会的問題を引き起こすことになったりするという考えもある。

これらの動向に対して、システム・情報科学技術の発展が健全な社会の構築に貢献するためには、様々な観点からの検討が必要である。表1-2-1にはこれらの動向と、システム・情報科学技術との関連をまとめる。

表1-2-1 社会・経済の動向とシステム・情報科学技術との関連

	社会・経済の動向	システム・情報科学技術との関連
世界	ロシアのウクライナ侵攻による国際関係の複雑化	システム・情報科学技術と国家安全保障の繋がりが強くなる
	新型コロナウイルス感染症の世界的蔓延。それに伴う社会の分断、経済活動の後退など大きな影響。	国際間の意思疎通、連携協調をサイバーで支援し、分断を少しでも避ける。リアル世界の活動を少しでも補足、強化するための動きが必要。
	米中覇権争いによる世界経済のブロック化	サプライチェーンリスクをはじめとして、経済安全保障への意識が高まり、システム・情報科学技術の重要性が増す
	地球規模ないし一国内での格差問題の提起、SDGs ニーズの市場化、無くならない貧困、食料偏在化	格差・飢饉・貧困の低減への期待
	温暖化、地球環境リスク、自然災害リスクの増加、都市化による問題増	予防、予知、減災への期待高まる
	IoT・AI・ビッグデータ等による産業構造、労働構造、人間行動の変化、意志決定システムの変化、教育への期待の変化	システム・情報科学技術の利活用の推進によるシステム・情報科学技術投資拡大、同時に依存度が高まる危惧
	先進国、新興国の消費・サービス構造の変化	サービス化はさらなる高度なシステム・情報科学技術を要請する
日本	ロシアのウクライナ侵攻に伴い、近隣諸国との緊張関係が高まる	国家安全保障に対するシステム・情報科学技術への期待が高まる
	新型コロナウイルス感染症による社会、経済活動の停滞からの回復	国を挙げてのデジタルトランスフォーメーションの実現。
	サプライチェーンリスクの顕在化	システム・情報科学技術として、情報セキュリティやソフトウェア工学など、多くの課題が突きつけられている
	少子高齢化、労働人口の現象	ロボットやエージェント、知的処理などによる労働力の代替
	経済低成長と財政の行き詰まり	システム・情報科学技術やロボット産業拡大および社会コスト削減への期待
	社会インフラ老朽化	インフラ再構築、コスト削減への期待
	自然災害の脅威	予防、予知、減災への期待高まる
	地方創生への期待	システム・情報科学技術による物理的制約の超越と地場産業興隆
	社会保障費の増大、介護・教育・安全安心への期待	生涯健康管理システムの構築
	働き方の変革、一億総活躍	ワークシェア、AI/ロボットとの共存社会、皆が働ける社会の実現

(2) 経済とシステム・情報科学技術

国家安全保障における政策手段としては、外交（Diplomacy）、諜報（Intelligence）、軍事（Military）、経済（Economy）があるとされていたが、近年はそれに加えて、技術（Technology）の重要性が増してきたと言われている。

軍事においては、当然ながら兵器の高度化がテクノロジーによって進められ、近代的な兵器においてはシステム・情報科学技術は欠くことのできない存在となっているし、それらの用兵においてもシステム・情報科学

技術の活用が必須である。諜報においては、従来の信号や通信の傍受・分析などにシステム・情報科学技術が利用されているが、近年のビッグデータ解析や人工知能技術の発展に伴い、さらに高度な分析が可能になっている。また、最近注目を集めているOSINT（Open Source INTelligence：公開情報に基づく諜報活動）では、ソーシャルメディアなどの一般的に入手可能な情報を大量に収集、分析することによって重要な情報を抽出することも実際に行われている。また、情報分析にとどまらず、フェイクニュースによる世論形成や偽情報による欺瞞などにもシステム・情報科学技術は使われている。

さらにシステム・情報科学技術は経済安全保障においても非常に重要な役割を担う。システム・情報科学技術はビジネスプロセスや貿易などの経済活動を支えるために使用され、経済発展に寄与するが、同時に、ハッキングやサイバー攻撃などの意図的な犯罪行為によって、企業や国家の資産や機密情報を不当に窃取し、経済に悪影響を与える可能性がある。そのため、経済安全保障においては、情報セキュリティ対策の強化や予防措置が求められ、ITが持つリスクを管理することが重要である。

経済安全保障においては、サプライチェーンリスクにも注目が集まっている。

アメリカと中国の覇権争いやCOVID-19パンデミックによって、これまでのサプライチェーンにはさまざまな脆弱性があることが明らかになった。新型コロナウイルス感染症の蔓延によって製造業を中心としたサプライチェーンが大きな打撃を受けた。食料品、電気製品、通信機器、自動車など多くの製品がサプライチェーンの切断により国内外の市場で姿を消す時期があった。東日本大震災の際にもサプライチェーンの問題が起き、タイの洪水ではパソコンの部品供給が停止したこともある。サプライチェーンは平時においては、効率性、すなわちコストとデリバリーを最適化する方向に進む。その結果、高度に洗練された効率的なチェーンが構成されるが、これはトラブルに対して大変脆弱であり、何らかの不具合でチェーンが途切れてしまう可能性を持っている。一方で、障害を仮定したサプライチェーンはある程度の余裕あるいは冗長性を持つように作られる。その結果、障害に強いサプライチェーンは経済的には非効率的であり、平時の競争において淘汰されることになる。すなわち、競争がある限り、本質的にサプライチェーンは危機に対して脆弱にならざるを得ない。競争力を保ちながら頑健なサプライチェーンを構成するための議論が必要である。

システム・情報科学技術は、サプライチェーンの脆弱性を克服するために様々な役割を果たすことができる。例えば、ブロックチェーン技術を使用することで、サプライチェーンの柔軟性や回復性を増すことができるし、さらにTransparency and Traceabilityを向上させ、不正行為や偽造品のリスクを軽減することもできる。また、AIやIoTを使用することで、生産性の向上や、効率的な物流管理を実現することができる。さらに、データ分析や予測分析を使用することで、市場動向や需要の変化を予測し、貨物の在庫や生産スケジュールの管理を行うことができる。

サイバー攻撃に対してもサプライチェーンの脆弱性が顕在化している。企業の取引系列において、中心となる企業は十分なセキュリティ対策を講じていても、その周辺となる企業では対策が不十分であることがあり、その隙を狙ってサプライチェーン全体に対する攻撃を仕掛けられることがある。近年猛威を振るっているランサムウェア攻撃も、サプライチェーンを利用したものが増えている。

昨今の情報システム開発においては、第三者のソフトウェア部品を利用することや、OSS（Open Source Software）の活用は当然となっている。その部品やOSSに脆弱性があると、それらを利用した多くの情報システムが危機にさらされることになる。ハードウェア的な部品に悪意のある機能が埋め込まれたり、脆弱性が潜むこともあるが、ソフトウェアにもそうしたリスクがあり、現実これらに対する攻撃によって甚大な被害が発生するという事案もあった。サプライチェーン全体にわたる監視が必要であるとともに、脆弱性が発見されたときの迅速な対応が欠かせない。

システム・情報科学技術は既存の産業を強化するだけでなく、新たな産業の創出にも寄与している。AirBnB、UBER等がサービスを提供しているシェアリング・エコノミーが一例である。これは、余っている資産、たとえば家の部屋を、それを欲している人、たとえば旅行者に貸すというビジネスである。UBERの場

合は、車を所有する人の余っている時間と車で、移動を必要とする人を運ぶというサービスである。膨大な遊休資産と、それを欲する数多くの利用者とのマッチングをシステム・情報科学技術で実現することによって、これらのサービスが可能になった。制度的な問題や従来ビジネスとの摩擦などがあるが、相当程度の規模になっている。この考え方を推し進めると、人々の雇用形態にも変化をもたらすと言われている。労働者はいわゆるフリーランサーとして、自らの意思や好みに応じて、好きな時間だけ働くということも可能になる。逆に、雇用主からは、必要な能力を必要なときだけ、世界中から最も低賃金で調達することもできるようになる。このように、必要に応じて発生して、完了すれば消える単発の仕事に基づく経済形態をギグ・エコノミーと呼ぶこともある。シェアリング・エコノミーやギグ・エコノミーは、労働制度や税制度など多くの問題をはらんでいるが、ある程度の市場規模にはなると思われ、今後の制度的な対応が必要である。

システム・情報科学技術は汎用的な基盤技術であり、システム・情報科学技術産業界以外にもさまざまな分野において、効率化などのさまざまな効果を発揮し、多様な領域のイノベーションを加速する。エネルギーや交通などの社会インフラや行政、住民サービスといった社会システムを改善し、情報通信産業のみならず、製造業やサービス業、農業などの効率化・高付加価値化を実現する。特に企業における情報技術の利活用の推進を「デジタルトランスフォーメーション」と呼び、業務プロセスや働き方、ビジネス連携などの改革を進める動きが活発化している。かつてクラウドコンピューティングは企業のITシステムの「所有」から「使用」へのシフトを起こすと言われていたが、実はそれにとどまらずビジネスの進め方そのものをも変革してしまった。デジタルトランスフォーメーションはさらにその動きを加速していくであろう。

## 1.2.2 研究開発の動向

システム・情報科学技術分野における、世界および日本の研究開発の歴史と現状について述べる。まず当分野の全体像を「1.1.2 科学技術の潮流」で挙げたトレンドを踏まえて概観し、続いて俯瞰区分ごとの具体的な歴史背景や動向を俯瞰する。

システム・情報科学技術の進化は、技術の広がり軸として図1-1-1のように捉えられる。全体を支える基盤は、1960年代のメインフレームの時代から続くハードウェアの進歩である。特に、半導体微細加工技術の進歩によりプロセッサや通信機器は指数関数的な性能向上を半世紀以上も続け、さまざまな機能を支えてきた。しかしながら、「ムーアの法則」の限界が見え始めてきた2010年代からポスト・ムーア時代に必要となる革新的コンピューティングを考える機運が高まっており、長期的なテーマとして量子コンピューティングに注目が集まっている。

このような基盤的なハードウェアの進化を足がかりとして、システム・情報科学技術の潮流として1.1.2で挙げた「あらゆるもののデジタル化・コネクティッド化」「あらゆるもののスマート化・自律化」「社会的要請との整合」のトレンドが積み重なる。

歴史的には「あらゆるもののデジタル化・コネクティッド化」の波から始まる。1990年代にインターネットが普及し多数の計算機がネットワークで接続された大規模なシステムが現れた。スマートフォンの普及や通信速度・容量の向上により、多くのサービスはインターネットの存在を前提とするようになった。クラウドとエッジというアーキテクチャーの上でさまざまなサービスが創出され、APIエコノミーなどの言葉も登場した。

「あらゆるもののスマート化・自律化」のトレンドの中で、AIシステムでは1980年代の第2次AIブームが巻き起こり、エキスパートシステムなどの実用化が進んだ。AIが人間のチェス王者に勝利したというエポックは記憶に新しい。インターネット上の大量データやコンピューティングパワーの拡大を背景として、深層学習をはじめとするさまざまな機械学習手法を利用したAIシステムが普及し始めた。自動運転は典型的なAIシステムである。深層学習が一部のタスクでは人間に追いつき、さらには人間を上回る性能を示したことなどを契機とし、画像認識、音声対話、自然言語処理などの研究開発が活発化している。それらを統合的にシステム化する典型的な例は自動走行車や自律ロボットである。

「社会的要請との整合」は近年になって顕在化したトレンドである。データに関するプライバシーの問題、機械学習システムの安全性・信頼性、フェイクニュースなど、ELSIの側面で多くの議論と研究開発が行われている。とりわけ、AI技術に関しては、AIシステムの安全性や品質を保証するためのAIソフトウェア工学や説明可能AIの取り組み、AI社会原則など研究は活発で、今後ますます重要になると考えられる。インターネットの急速な発展とネットワークの複雑化に加え、IoTといった新しい仕組みの登場に伴い、情報システム・情報サービスのセキュリティやそれらを安心して利用するためのトラストの重要性も高まっている。経済安全保障の観点もシステム情報科学技術に深い関係がある社会的な要請の一つである。

以下では俯瞰区分ごとの動向を見る。

### (1) 人工知能・ビッグデータ

「人工知能・ビッグデータ」区分では人間の知的活動（認識、判断、計画、学習等）をコンピューターで実現するための技術群である人工知能（Artificial Intelligence：AI）技術と、大規模性・不確実性・時系列性・リアルタイム性等に対応できるデータの収集・蓄積・解析技術を取り扱う。図1-2-2に示したように、第1次AIブーム（1950年代後半から1960年代）にAIが新しい学問分野として立ち上がったからの技術発展を、3つの大きな流れで捉える。

一つめの流れは「A. 理論の革新」である（図中の紫ライン）。3回のAIブームはいずれも理論面の発展（知識表現・記号処理、辞書・ルールベース処理、機械学習・深層学習等）やコンピューティングパワーの増大等の技術進化によってドライブされた。二つめの流れは「B. 応用の革新」である（青ライン）。第2次AIブーム以降は実用的な応用が生まれ始め、ビッグデータの高速並列処理・知識処理の実用化が進んだ。これに加え、第3次AIブームでは機械学習の応用分野が爆発的に拡大した。

そして三つめの流れが「C. 社会との関係」である（緑ライン）。これは第3次AIブームを迎えて、活発に議論されるようになった新しい視点である。AI技術のさまざまな応用が社会に広がったことに加えて、AI技術の可能性が人間にとって恩恵だけでなく脅威や弊害ももたらし得るといった懸念が強まったためである。

このような技術発展を経た現在、「第4世代AI」と「信頼されるAI」に向けた取り組みが研究開発の新たな潮流となりつつある。現在の深層学習を中心とするAI（「第3世代AI」と呼ぶ）の限界を克服しようとする「第4世代AI」の技術開発に加えて、社会に広がるAI技術に対する要請として定められたAI社会原則・AI倫理指針を満たすような「信頼されるAI」を目指した技術開発も重要な研究課題となっている。

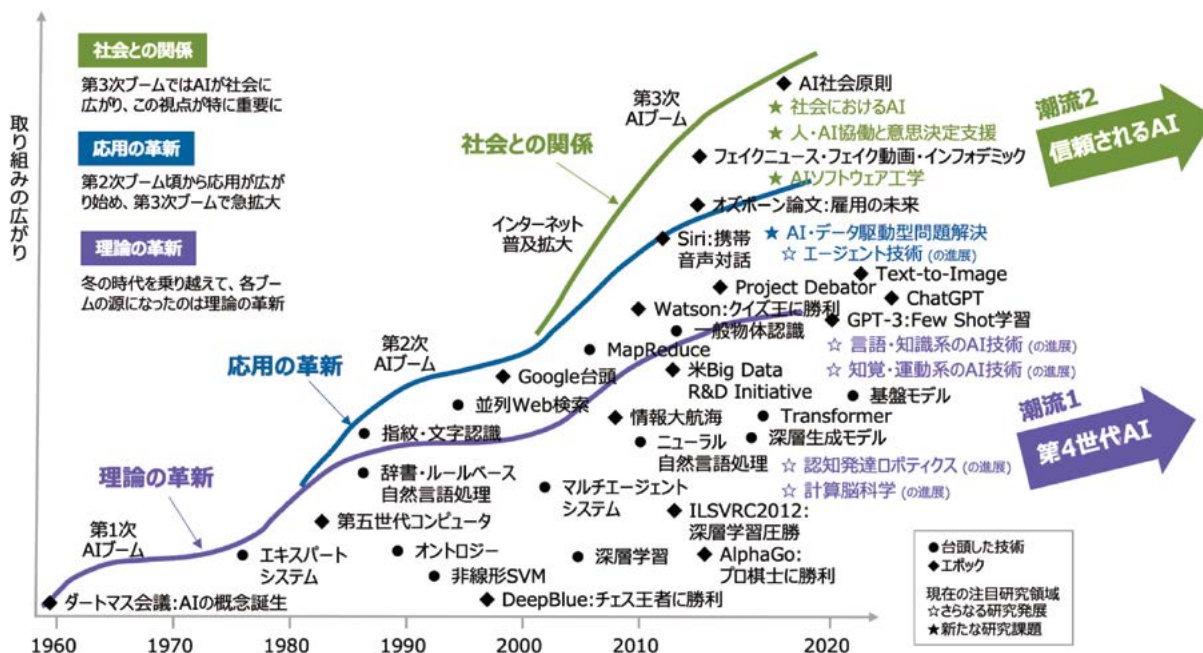


図1-2-2 「人工知能・ビッグデータ」区分の俯瞰図（時系列）

## (2) ロボティクス

「ロボティクス」区分は、高い自律性を持つ機械や機械と人間の緊密な相互作用を実現することで、安心安全でQoLの高い生活をもたらす新たな社会システムの形成に貢献する研究開発領域からなる。研究開発の大きなトレンドとして、IT、特に人工知能技術とロボティクスの融合により、ロボットの自律化による適用領域の拡大、ネットワーク化やシステム化による多様なサービスへの組み込みが進みつつある。

ロボットは、1962年の産業用ロボットに始まり工場内の工程の自動化の実現を目指し、画像認識や学習機能を実装することで定型的な作業を正確に休まず実施できるレベルになってきた(図1-2-3)。また人間や動物の運動能力を模倣するロボットも登場し、90年代になると産業ロボットだけでなく、一般社会や家庭で働く知能ロボットの研究開発が盛んになった。2000年代に入ってロボットの適用はさらに広がり、手術支援ロボットやロボット掃除機も開発された。また、2010年代には一段と進歩した人工知能を搭載し自らの行動を判断、決定し動作する知能ロボットが、家庭用ロボットや人型ロボットとして、人間と知的なインタラクションが可能なパートナーとして存在に期待が高まっている。以上のトレンドは、技術の発展、実社会への浸透、および、人間との共生という3つの観点で捉えることができる。

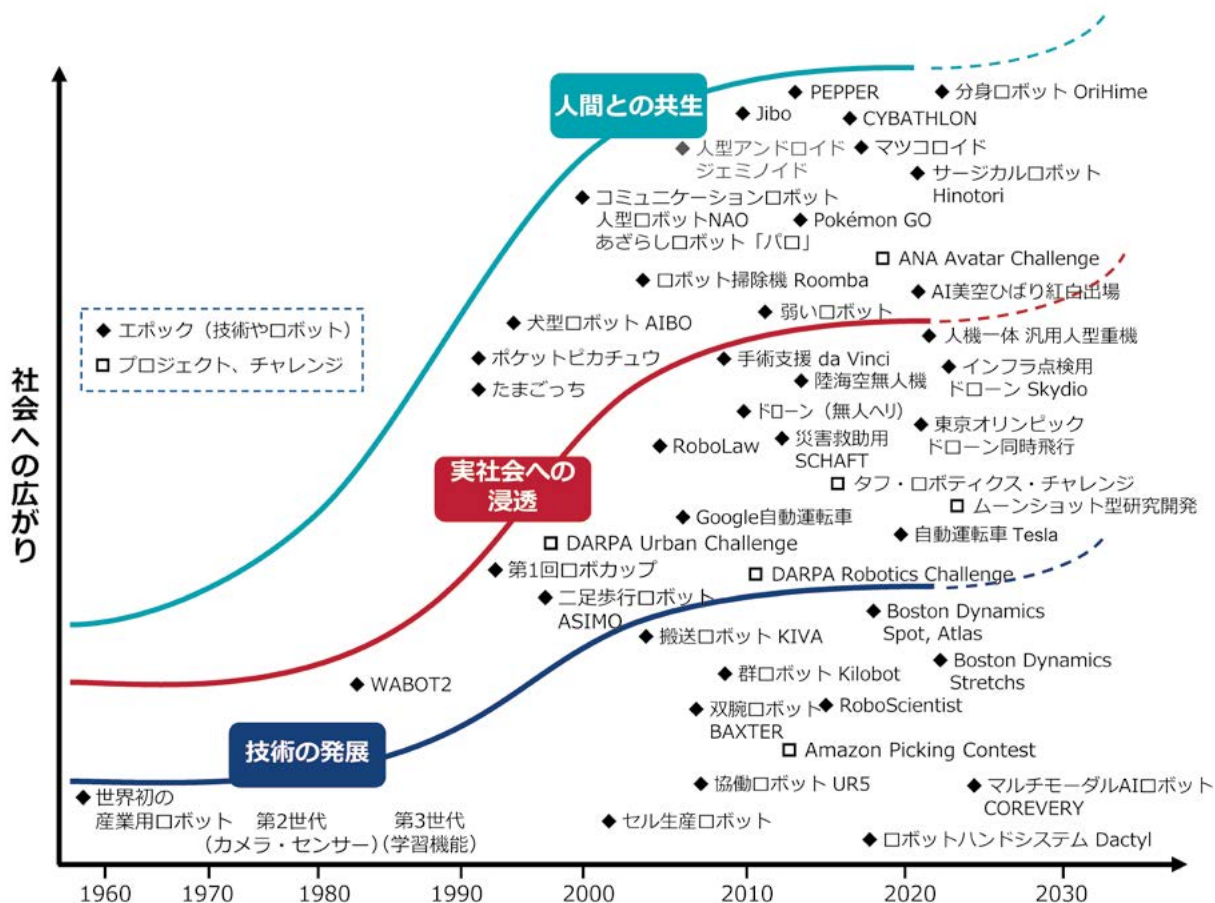


図1-2-3 「ロボティクス」区分の俯瞰図(時系列)



### (3) 社会システム科学

「社会システム科学」区分は、我が国が目指すべき未来社会の姿として提唱された Society 5.0において実現される、サイバー空間とフィジカル空間を高度に融合させることによって、経済発展と社会的課題の解決を両立しようとする社会における社会システムに関する研究開発領域からなる社会システム科学とは Society5.0における社会システムの安定的な挙動に向けた、設計、構成、監視、運用、制御、可視化、模擬および適切なメカニズムデザインにより社会システムの柔軟性とレジリエンスの実現を目指すものである。社会システムの大規模化・複合化・複雑化が高度に進展する中、社会システム科学の必要性が増してきている。

技術としてはITハードウェアの進歩に基盤を置き、図1-2-4に示したように1980～90年代のPCやインターネットの普及、さらに2000年代のスマートフォンの普及やIoTの実現に従って、社会システムはクローズドシステムからネットワークで接続された巨大で複雑なオープンシステムへと発展した。また、ソフトウェア化・サービス化が進み、事業体内での最適化から複数事業体間での最適化も可能となり、都市規模の最適化へと向かっている。eコマースやオンラインバンキング、APIエコノミーなどITの範囲はさらに拡大を続けている。ITが格段に普及してもそれを扱う社会の仕組みは数十年変わらないことや、既存の法制度や商慣習のために新技術や新サービスの社会適用が阻まれるなど、既存の社会システムの進展とITの進展との間の齟齬が顕在化し始めている。



図1-2-4 「社会システム科学」区分の俯瞰図（時系列）

#### (4) セキュリティー・トラスト

「セキュリティー・トラスト」区分は、インターネットの急速な発展とネットワークの複雑化、IoTといった新しい仕組みの登場に伴って重要度が増す、情報システムや情報サービスのセキュリティー、およびそれらを安心して利用できるよう信頼を確保するためのトラストからなる。図1-2-5のとおり、「インフラ」「プラットフォーム」「サービス」という3つの大きな流れが広がる中で、セキュリティーとトラストの重要性が高く認識されるようになってきた。

1970年代の専用線の時代から始まる通信インフラの流れは、ISDNやADSLなどの有線通信と、3G、4G、5Gと世代を重ねる無線通信の技術発展、そして2000年代後半からのスマートフォンの普及に支えられた。またIoTが広がることにより、個人の身の回りの物から、電気やガスなどの社会インフラまでもがネットワークに接続され、情報が交換されるようになってきた。さらに、電子メールやウェブ検索、クラウドなどのプラットフォームや、eコマースやSNS、電子政府などの多様なサービスが登場してきている。

このような中、多種多様なマルウェア（不正プログラム）の増加や、DoS/DDoS攻撃、標的型攻撃、ランサムウェア（データを暗号化し復元の見返りに身代金を要求するマルウェア）など攻撃手法の多様化、個人情報漏えいによるプライバシー保護の問題などリスクが高まっている。重要インフラ施設やサプライチェーンなどへの攻撃や守る対象としての人の重要性も認識されつつある。暗号技術やマルウェアの検知、認証技術をはじめとするセキュリティー技術単体に加えて、心理学や経済学などを含めた学際的アプローチによるセキュリティー技術が重要になってきている。

また安心・安全なデジタル社会を構築するためのトラストの重要性が高まっている。トラスト形成の仕組みを構築する上で、技術的な担保として重要な役割を持つデジタルトラストや、人間の心理的な要素、制度による保証などもあわせて、多面的に考慮することが重要になってきている。

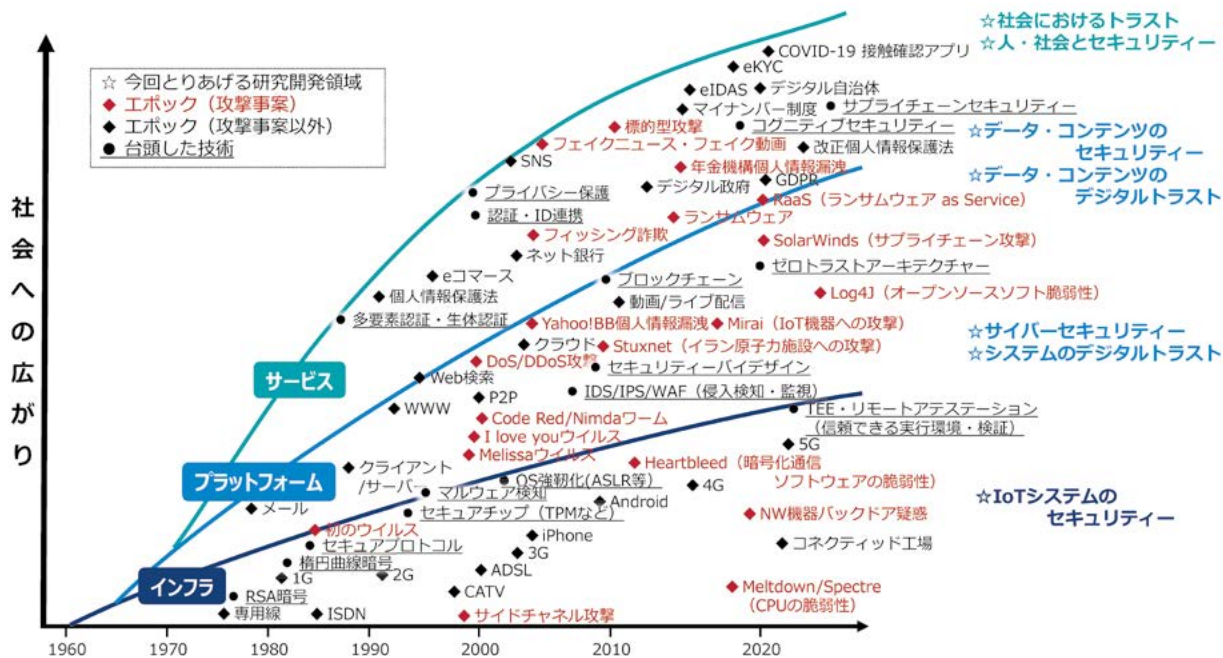


図1-2-5 「セキュリティー・トラスト」区分の俯瞰図（時系列）

### (5) コンピューティングアーキテクチャー

「コンピューティングアーキテクチャー」区分における研究開発動向は、1台のコンピューターを使うところに始まり、図1-2-6のとおり、連携の広がり観点から捉えることができる。当初は企業内でのコンピューターネットワークであったが、2000年代には大規模データセンターが各地に建設されるまでになり、CPU、記憶装置、通信装置などを適切に配備し運用するための技術開発が行われてきた。

インターネットが普及するにつれ、ネットワーク接続されたコンピューティング環境が広く一般に使われるようになってきた。クラウドコンピューティングが一般的になり、スマートフォンなどのデバイスとクラウドの組み合わせによりさまざまなサービスが提供されるようになり、ソフトウェア基盤整備も進んだ。また、IoT/CPSと言われる、フィジカル世界とサイバー世界の融合領域においては、柔軟な構成を可能にするIoT/CPSアーキテクチャーが重要になる。特に、フィジカルデバイス付近で処理を行うエッジコンピューティングは今後の発展が望まれる。

上位のサービスや応用と、コンピューティングを接続するのがサービスプラットフォームである。ハードウェアやソフトウェアの隠蔽化により、下位層の構成を意識せずにさまざまな応用やサービスを実現できる。データ利活用を進め社会の革新を目指す上では、デジタル社会インフラが決定的に重要である。我が国が目指すSociety 5.0を実現するためにも、社会的なサービスプラットフォームであるデジタル社会インフラが重要である。国家の基盤たるデジタル社会インフラには、ビジネスに加えて安全保障の上でも、我が国の技術力向上が必須である。新しい応用を考えることが、下位層のサービスプラットフォームや分散処理基盤に対して大きな影響を与える。必ずしも新たな応用のすべてが予想できるわけではないが、その可能性を検討しておくことは、今後のコンピューティングアーキテクチャーの方向性を考えるうえで役に立つであろう。

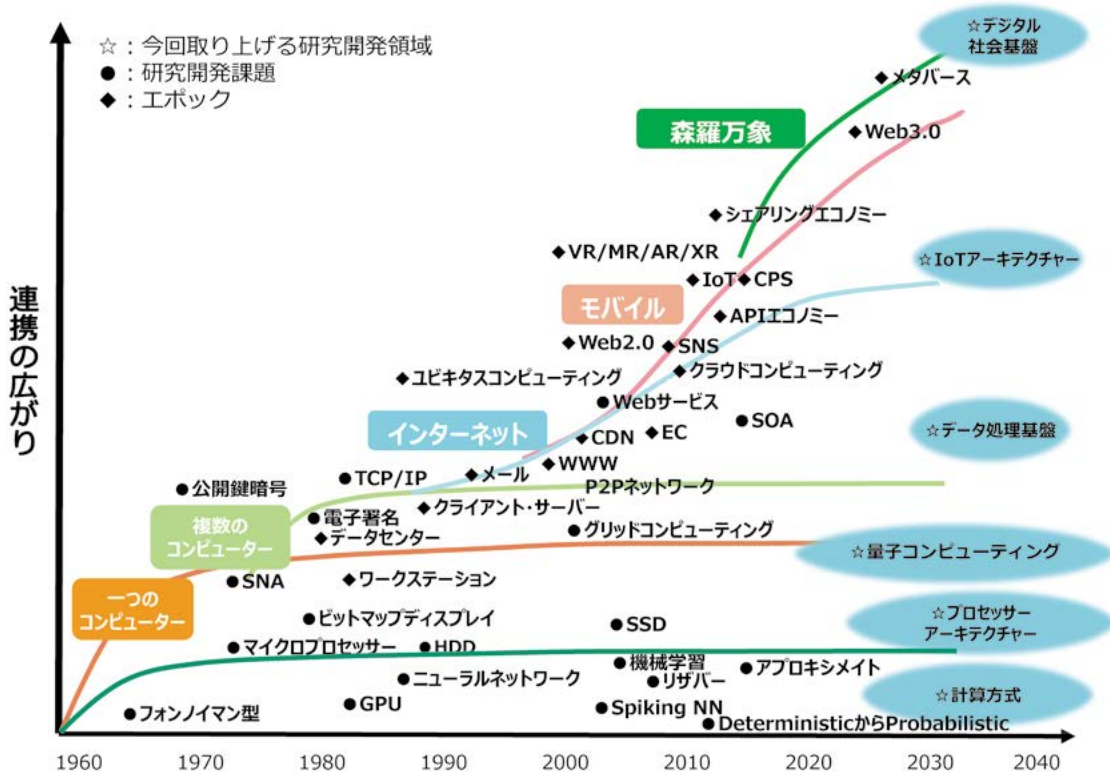


図1-2-6 「コンピューティングアーキテクチャー」区分の俯瞰図（時系列）

## (6) 通信・ネットワーク

Internet Protocol (IP) 技術を用いて構築されるデジタルネットワークであるインターネットの登場以降を対象とした「通信・ネットワーク」区分の研究開発動向を図1-2-7に示した。

通信基盤技術としての光通信技術は2000年代に目覚ましい進化と普及を遂げ、光ファイバによる通信ネットワークは、インターネットを支える基幹通信網（コアネットワーク）から、家庭用回線、無線モバイル通信の基地局網を支えるアクセスネットワークまで導入されている。通信量の飛躍的増加、それに伴うエネルギー増大の抑制といった観点で光通信技術に対する社会的な要請・要求特性は高く、継続的な技術革新が期待されている。2000年の第三世代（3G）、2010年の第四世代（4G）といった標準の進化と並行してスマートフォンが普及したことで、無線・モバイル通信によるインターネットが広く利用されるようになった。第五世代（5G）に関しても国際的に商用化が進み、大容量・低遅延・多接続といった特徴を活かした新しいサービスの登場が期待されている。次世代（6G）の検討も始まり研究開発が活発化している。

ネットワークアーキテクチャーの時系列における大きなエポックとして、インターネットの登場がある。TCP/IPは標準でサポートするWindows 95の普及を契機に広く社会に浸透し、TCP/IP上で動作するHypertext Transfer Protocol (HTTP) の標準化と技術革新も進んでいる。IPv6 (1998年) やHTTP/3 などプロトコルの進化に合わせ、Web2.0やクラウドなど新たなネットワークサービスや応用技術も次々に登場した。IoT/CPSへの注目によりエッジコンピューティングの検討も始まり、メタバースやデジタルツインといった新たな技術潮流につながった。加えて、Hyper-Giantsと呼ばれるクラウド事業者やグローバルにサービスを展開するCDN事業者がTier 1に替わる存在となる「Privatization」(プライベート化) というインターネットの構造への影響が注目され、軽減するネットワークアーキテクチャーも複数検討が進められている。また、通信と計算処理を融合する「計算基盤」としてのネットワークへと向かう研究開発の方向性が、近年の5G・Beyond 5Gの研究開発の進展やクラウドの成熟・エッジコンピューティングの台頭に伴い、大きな潮流となりつつある。

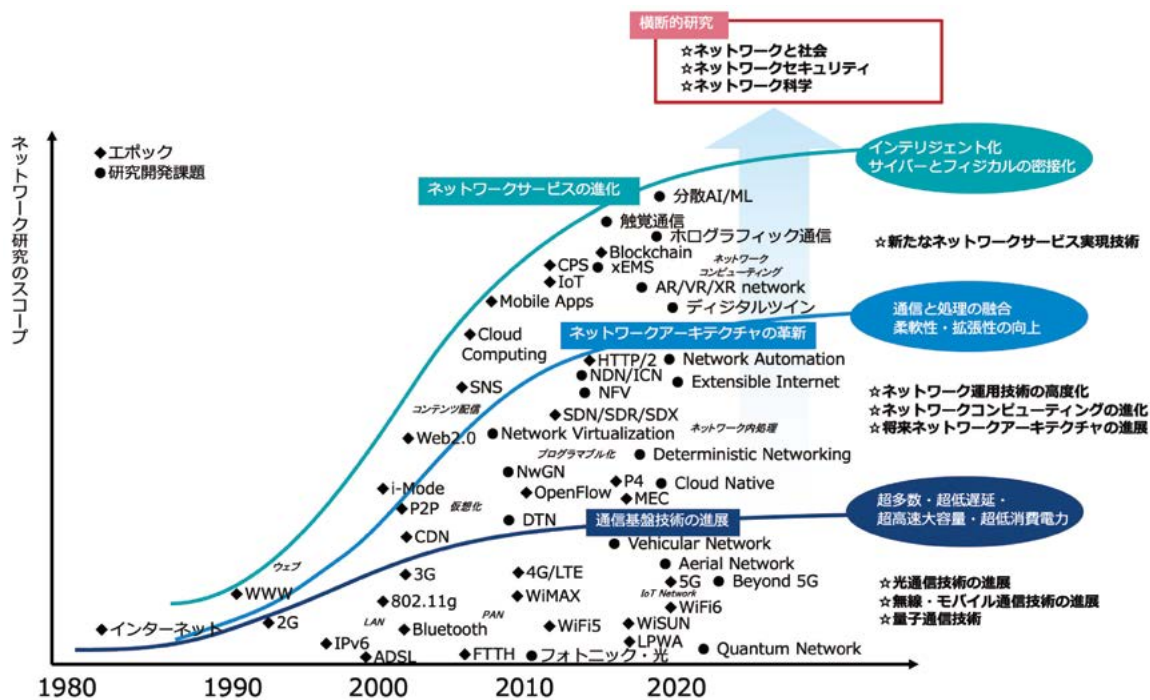


図1-2-7 「通信・ネットワーク」区分の俯瞰図（時系列）

## (7) 数理科学

「数理科学」区分の発展に関する俯瞰図（時系列）を図1-2-8に示した。数学・数理科学の抽象化が進んだ20世紀中期以降に限定している。ヒルベルトの23の未解決問題と同様に、クレイ数学研究所によって提出された7つのミレニアム懸賞問題も今後数学・数理科学へ大きな影響を与えると期待される。それを俯瞰図にエポックとして示した。ゲーデルの不完全性定理により計算可能性や電子計算機の原理が生まれたり、フォン・ノイマンによる「量子力学の数学的基礎」から経済学の数理的公理化やゲーム理論の発展につながったりと、数理科学の裾野は今も広がりつつけている。ここでは社会との関係を重視し「モデル基盤、データ駆動、モデル選択」、「因果と最適意思決定」、「計算根拠、評価、設計」の3軸に沿って、6つの研究開発領域を示した。

「モデル基盤、データ駆動、モデル選択」：数理モデリングは数学理論に基づくデータ解析とともに、現実問題に対して現象論的な視点に立って、数学的記述を見出し、予測するために不可欠である。現実のデータは多くの誤差を含む。誤差を評価しながら、コンピューターによる計算値を観測値を用いて修正する技術としてデータ同化がある。また、最近では陽的なモデルを経由せずデータから縮約された有効モードを取り出す手法やクーブマン作用素理論を用いた手法も編み出されている。有限要素法や不確実性定量評価に用いられるモンテカルロ法を始めとする様々な数値解析手法が開発され、ランダム化アルゴリズムの開発も注目される。関係性を理解する上でネットワーク解析技術の発展も著しい。複雑データの解釈性においては、グラフ理論等による可視化も有効であるが、写像の理解という観点から様々な数理的手法がそのベールをはがしつつある。さらに位相的データ解析のように古典的なトポロジーや幾何の知恵が全く新たな活躍の場を得ることも忘れてはならない。

「因果と最適意思決定」：現実の諸問題の多くは様々な制約下での最適化問題として定式化され、その端緒は線形計画法である。それには連続最適化と離散（組合わせ）最適化問題がある。内点法、離散凸解析、乱択アルゴリズム、分岐切除法などさまざまな手法が開発され、半正定値計画問題や大規模巡回セールスマン問題なども解ける範囲が大幅に広がった。その背後には、群論、数理物理や調和解析を展開する一つの土台でもあるジョルダン代数などによる対称錐の理論などもあった。21世紀に入り機械学習やゲーム理論との協働も進み、さらなる発展が期待される。また、疫学や経済学（金融や保険なども含む）、社会科学などにおける意思決定支援に因果推論の手法が大きな力を発揮している。その成果はチューリング賞やノーベル経済学賞の対象にもなった。今後はより広く21世紀の持続的な社会をデザインしていく上においても貢献できると期待される。

「計算根拠、評価、設計」：公開鍵暗号の安全性（多項式時間計算可能性）やP対NP問題にも関わる計算理論は数学基礎論の分野から1930年代に生まれてきた。素因数分解の計算量を根拠とする公開鍵暗号（RSA暗号など）の安全性については、ショアのアルゴリズムにより量子計算機が実現すると崩壊することを示された。これが量子計算機でも安全性が崩壊しないとされる耐量子計算機暗号につながる。そのほかにも計算理論は量子超越性、量子誤り訂正符号に深く関わる。システム設計はCPS/IoTを始めとする産業横断的システム構築の基礎であり、機械学習の内部構造解明にも寄与する。「連続的なデータ構造をどうコンピュータで（近似的に）取り扱うか」「どのような数学的対象ならば（数学的構造を崩さずに）デジタルの世界にコード可能か」などが応用上も重要となる。ここには、現代代数幾何や代数解析などでも盛んに用いられてきた圏論のような、いわば数学の抽象的手法の有用性が広がっている。

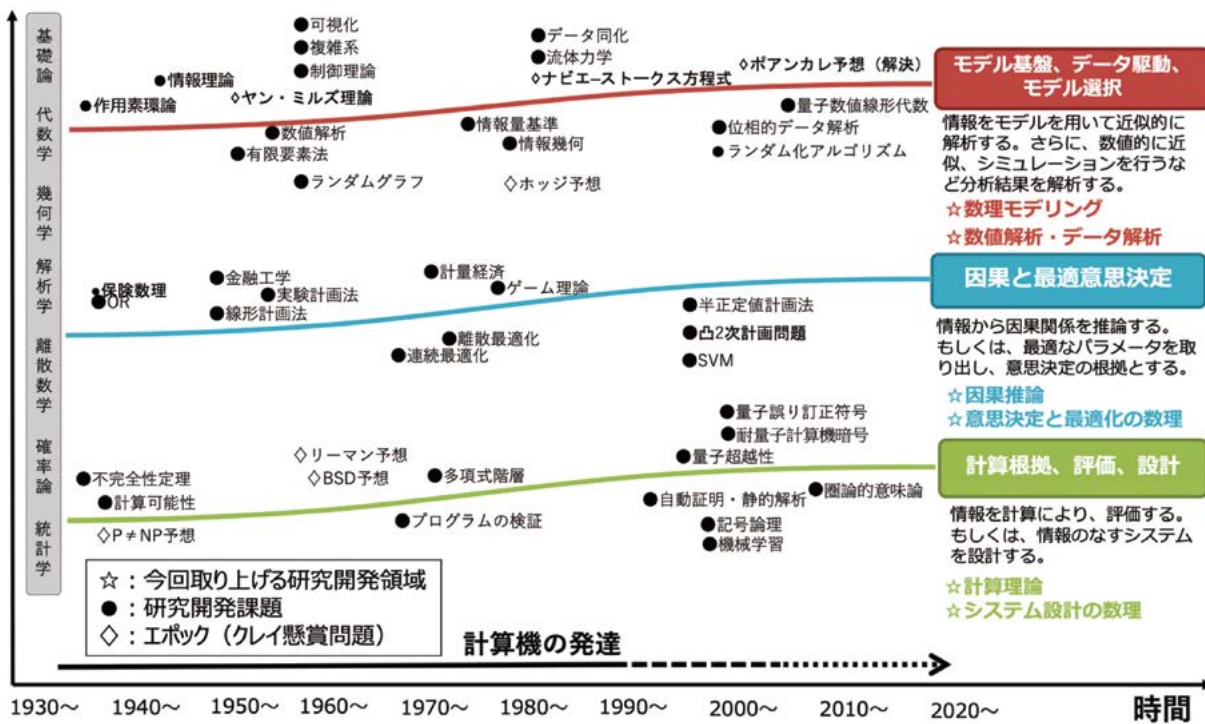


図1-2-8 「数理科学」区分の俯瞰図 (時系列)

### 1.2.3 社会との関係における問題

『「2023年俯瞰」の前提（現下の国際情勢と「科学と社会」）』を踏まえ、当分野における、科学と社会との関係における問題、特に、IT分野の倫理・法律・社会的問題（ELSI）、情報のトラスト、パーソナルデータの利活用、経済安全保障について述べる。

#### (1) ITとELSI

人工知能や知的ロボットなど知的情報処理技術の研究開発が進展し、実社会への適用が次々と実現することに対して、倫理的・法的・社会的（ELSI：Ethical, Legal, and Social Issues）な視点での考慮は不可欠である。しかしながら、新しい科学技術の利用に関する懸念や不安はIT固有のものではない。また、ELSIに関する研究は、米国が1990年にヒトゲノム計画を立ち上げた際に、研究に潜む倫理的・法的・社会的問題を同時に研究するとしたことに端を発する。

ITにおいても、ELSIという言葉は使わないものの、情報の電子化に伴う個人情報漏えいやプライバシー侵害への危険性や不安に対して、早くも1980年にはOECD理事会の「プライバシー保護と個人データの国際流通についてのガイドラインに関する勧告」などの取り組みが始まっていた。わが国においては2003年に「個人情報の保護に関する法律」が成立した後、数々の事故や紆余曲折の議論を経て、2015年には「改正個人情報保護法」が成立（さらに2020年改正）、匿名加工・仮名加工などの情報処理を施すことでパーソナルデータの利活用を促進する枠組みが整備された。並行して学界でも、水谷雅彦らによるプロジェクト「情報倫理の構築（FINE）」（1998-2003）にて応用倫理学の一分野として、現代社会特有の倫理的矛盾の解決を目指す情報倫理学を構築する試みも行われた。

ロボットについては、1980年代から自動車の組立工場などで産業用ロボットの利用が普及し始めたが、かつて産業革命当初、機械の普及による失業を恐れた労働者が起こした機械破壊運動（ラッドライト運動）のような排斥運動は起こっていない。新たに生まれたITや知的作業の雇用が労働力を吸収したためと言われる。一方で、人工知能により自らの行動を判断、決定し動作する知能ロボットは工場から家庭や街中に活動の場を広げた結果、周囲にいる人間に対する安全・安心の課題が重要になってきた。日本では総じてヒト型ロボットの開発が活発であるが、今日の自動車もロボットの一種とみなせる。特に、自動走行は、ロボットの3大要素である動力系技術、センシング系技術、制御系技術の高度な連携により初めて実現できるものである。車の自律的な判断による事故に対する責任問題は、倫理や法的な問題の議論を巻き起こしている。

人工知能は、興隆期と幻滅期を繰り返しながらも、現在第3次ブームを迎えて、知的とされる分野においても人間の能力を凌駕するレベルになりつつある。近年の急激かつ驚異的な進展により、コンピューターの計算能力が全人類の脳を超える「シンギュラリティー（技術的特異点）」（Kurzweil）という技術用語が新聞などの一般メディアにまで登場する。哲学者が超知性体SuperIntelligenceの脅威（Bostrom）を描出すると、それに呼応する形で、今度は産業界や情報科学とは異なる学界から人工知能の開発に対する懸念が叫ばれるようになってきた。同時に経済学者や社会学者からは、人間の雇用を奪うコンピューター（Brynjolfsson、Osborne）という直近の現実的な指摘から、人工知能だけでなくナノテク・バイオテクノロジーを含めた科学技術全般のさらなる進化による人類（ヒューマニティー）の進化、いわゆるポストヒューマニティー問題や人類の未来はいかなる世界になるか、また、それにどう備えておくべきかという壮大な問題が提起されている（Fuller、Harari）。近年では、これらの中長期的、観念的な懸念を追体験するような脅威や弊害が現実になっている。

#### (2) 情報のトラスト

近年、社会との関係で重要性が高まっている問題が情報のトラストである。ソーシャルネットワーキングサービス（SNS）を使った個人への誹謗中傷やフェイク情報による選挙や国民投票などへの介入や誘導など、

情報が個人や組織、国家の意志決定・合意形成に与える影響は拡大し続けている。「旧来のトラスト」は、顔が見える人間関係や人々の間のルールに支えられたが、デジタル化の進展につれて、バーチャルな空間にも人間関係が広がり、複雑な技術を用いたシステムへの依存が高まり、だます技術も高度化している。例えば、最新のAI技術により巧妙に偽装されたフェイクなどによる情報サービスや情報そのものへの不信感や、ユーザーにとってブラックボックスであるAI技術を用いた自動運転車に安心して乗車できるのか、さらには、メタバースなどのバーチャル空間での活動において、生身の人間や物理的な実体が必ずしも確認でなくても相手を信用できるか、など、さまざまな問題が想定される。このような不信・警戒を過度に持つことなく幅広い協力・取引・人間関係を作り、デジタル化によるさまざまな可能性・恩恵がより広がるようなデジタル社会を実現するものがトラストであり、デジタル社会におけるトラスト形成の仕組みを再構築することが重要となっている。

トラストを再構築して安心・安全なデジタル社会を実現する上では、人・社会への攻撃をセキュリティにより守ることも必要となる。例えば、実在する組織を装って個人情報を得ようとするフィッシング詐欺は年々増加している。また、SNSの普及により、誰もが簡単に情報を発信できるようになったが、一方で、虚偽の情報が含まれるフェイクニュースにより世論が誘導されたり、真偽が定かでない情報などが大量に拡散するインフォデミックにより人々の不安があおられたりする問題も起こっている。最近では、新型コロナウイルス感染症に関する真偽が定かでないさまざまな怪しい情報がSNS上に拡散し、人々に不安を与えた。このような情報攻撃から人や社会を守るためには、人の認知（コグニティブ）を考慮したコグニティブセキュリティが必要であり、心理学、社会学、経済学、法学などを含めた学際的アプローチによる総合的なセキュリティ対策の研究が望まれている。

### (3) パーソナルデータの利活用

情報科学技術が多様な分野の基盤技術として浸透するなか、わが国では個人データやパーソナルデータ<sup>1</sup>の利活用が、政府が主導するデジタル化推進上の障害になるケースが散見される。ここでは、その一例として、コロナパンデミックの初期に発生した、パーソナルデータの利活用を巡る各国の対応から、日本におけるパーソナルデータの利活用を進める上での課題を考える。

コロナパンデミックの初期においては、ワクチンや治療薬がない中、感染予防対策の柱の一つが接触回避であった。各国は、接触確認や入国者の自主隔離状況の把握、または感染者の経路分析などにパーソナルデータの利活用を重要視したが、この利活用におけるプライバシーの保護と感染症対策の間で価値の相克が発生した。日本をはじめとした欧米諸国では、接触確認・追跡アプリなどを導入してもプライバシーに配慮してパーソナルデータの利活用を躊躇するなか、感染症対策を優先して利活用に踏み込んだ選択をした国・地域（中国、韓国、台湾など）が、感染症の拡大防止に一定程度成功した。日本と同じ民主主義国家である韓国、台湾で、パーソナルデータの踏み込んだ活用が可能であった要因を検討した結果、①両国では、その置かれた環境から、安全保障や緊急時に対する意識が高かったことに加えて、②特に韓国では、MERS（中東呼吸器症候群）に関する苦い経験を踏まえ、パーソナルデータの扱いも含めた法制度など事前の備えがあった（経験と議論による国民的な合意形成）。また、③台湾においても、SARS（重症急性呼吸器症候群）の経験を踏まえた備えや国民の政府に対する高い信頼が成立していた。一方で、④台湾、韓国においてもパーソナルデータの利活用に対しては賛否があり、その利活用に当たっては、プライバシーに配慮しながら、政府は国民の理解を得る努力を最大限に行っていたことが明らかになった。

1 パーソナルデータに関しては明確な定義はないが、個人情報保護法が規定するところの個人識別性を有する「個人情報」に限定することなく、広く位置情報や購買履歴などを含めた「個人に関する情報」を指す。[総務省「パーソナルデータの利用・流通に関する研究会報告書」平成25年6月12日]



わが国においてパーソナルデータの利活用を進めるにあたっては、利活用に対する国民の態度を理解するとともに、社会における合意を形成することが必要である。具体的には、利活用の有用性と個人の権利・利益の保護を、科学的・客観的根拠に基づき比較考量し、これをもとにとるべき選択肢として明示し、国民を交えた冷静な議論により、社会全体としての「価値の選択」を行うプロセスが必要である。また、その際に政策の実施主体である政府と国民との信頼関係/トラストの構築が必要であり、そのためには国民が何を問題視しているのか、また政府に何を求めているのかなどの点について明らかにすることが不可欠である。わが国がデジタル化を推進する際には、このような日本人の国民性を意識して推進しなければならない。

#### (4) 経済安全保障

システム・情報科学技術は、経済安全保障にも密接に関連する。経済活動はグローバル化しており、わが国の経済も、さまざまな国や企業に依存している。新型コロナウイルス感染症や米中経済対立、ウクライナ侵攻をめぐる地政学的な変化は、わが国の経済に大きな影響を及ぼしており、経済安全保障の観点から、サプライチェーンやインフラ施設、技術の重要性が再認識されている。また、データが経済発展の源泉となる中で、わが国は自国のデータの多くを海外プラットフォーマーのデータセンターに保管している。

製品のサプライチェーンは、さまざまな国や企業が係わり、効率（コストやデリバリー）を優先して構築されてきた。このため、一部で問題が発生すると、その影響はサプライチェーン全体に影響を及ぼす。米中経済対立や新型コロナウイルス感染症の蔓延では、半導体不足が深刻化し、自動車や通信機器、電気製品など多くの製品のサプライチェーンに影響を及ぼした。これらの問題に対処するためには、自国による半導体などの重要物資の確保に加えて、競争力を保ちながら頑健なサプライチェーンを構築するための議論が必要である。

電気、ガス、水道などのインフラ施設の重要性も高まっている、これらの施設は、我々が生活していく上で必要不可欠なものであり、そのサービスが停止すると社会に大きな影響を与える。米国では石油パイプライン施設へのサイバー攻撃によって米国東海岸の石油価格が高騰するといった事例も発生している。また、システム・情報科学技術とは直接関係はないが、ウクライナ侵攻により、天然ガスや石油市場の混乱や価格上昇などの影響が出始めている。インフラサービスを安全かつ継続的に提供するために、重要インフラ施設をサイバー攻撃などから守る取り組みも必要である。

システム・情報科学技術はデジタル社会の基盤である。AI、量子、ロボット、サイバーセキュリティなどの技術は、今後の経済発展に重要な役割を果たすと考えられるが、サイバーセキュリティ技術をはじめ多くの先端技術を海外に、特に欧米に依存している。今後、経済安全保障の観点からも、これら重要技術を国として育成・保有するための議論が必要である。

一方で、データは、デジタル社会における価値の源泉であり、自国のデータを守る取り組みを、国益として推進することが必要である。米国は、グーグル、アップル、メタ、アマゾンに代表される巨大IT企業がデータを独占しながら、さまざまな活用を進めている。欧州は、一般データ保護規則（GDPR）の枠組みで域内のデータを保護しようとしている。日本は、いかなる手段をもって自国のデータ保護と活用を行うべきかについて議論が必要である。また、AI・ビッグデータの観点では、アルゴリズムの独占は難しく、学習や分析に用いるデータが競争力の源泉となる。近年、学習データとモデルは超大規模化しており、膨大な学習データを持つ巨大IT企業しか最先端AIモデルの開発競争に参戦できない。今後、日本は、自国によるデータの確保を含め、最先端のAIモデル開発にどのような戦略で臨むべきかについても議論が必要である。

## 1.2.4 主要国の科学技術・研究開発政策の動向

研究開発戦略立案を行うためには、研究開発の動向だけでなく分野を取り巻く現状の俯瞰的把握が必要である。そのためには、主要国の科学技術政策や研究開発戦略・計画等の動向も把握する必要がある。システム・情報科学技術分野では、米国や中国企業における研究開発活動が大きな潮流を生み出しているが、中国は国策により企業活動が支援され大きな競争力につながっている。また、米国においても自国の産業を促進する政策が打ち出されている。本項では、直近の主要国・地域のシステム・情報科学技術に関連する政策・戦略・計画や制度について述べ、主な動向の一覧を表1-2-4として示す。

### (1) 日本

#### [科学技術イノベーション関連の政策]

高度情報通信ネットワーク社会の形成に関する施策を迅速かつ重点的に推進することを目的として、高度情報通信ネットワーク社会形成基本法が2000年に制定され、それを受け、2001年には高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部（IT戦略本部）が設置された。このような中、決定された第2期科学技術基本計画においては、高度情報通信社会の構築と情報通信産業やハイテク産業の拡大に直結するものとして、情報通信分野が4つの重点分野の一つに位置づけられ、分野別推進戦略の下で研究開発の推進が図られた。続く第3期科学技術基本計画においても、この分野別推進戦略は継続的に実施された。

第4期科学技術基本計画は、第3期までと比べて社会的課題への対応を意識した構成となり、情報科学技術分野はグリーンイノベーション、ライフイノベーション、産業競争力の強化等を支える共通基盤技術として位置づけられた。また、複数領域へ横断的に活用することが可能な科学技術や融合領域の科学技術として、ナノテクノロジー、光・量子科学技術、シミュレーションやe-サイエンス等の高度情報通信技術、数理科学、システム科学技術の研究開発の推進が掲げられた。

第5期科学技術基本計画では、現在の世界を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」が到来しているものと捉え、未来の産業創造と社会変革に向け、世界に先駆けて「超スマート社会」の実現（Society 5.0）を目指して、サービスや事業の「システム化」、システムの高度化、複数のシステム間の連携協調による、共通的なプラットフォーム（超スマート社会サービスプラットフォーム）構築に必要となる取組が推進された。

2021年3月に閣議決定された第6期科学技術・イノベーション基本計画<sup>1)</sup>では、新型コロナウイルスの感染拡大による社会・生活の変化や、デジタル化の本来の力が未活用といった現状認識のもと、「国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会」と「一人ひとりの多様な幸せ（well-being）が実現できる社会」を目指し、サイバー空間とフィジカル空間の融合による新たな価値の創出、次世代に引き継ぐ基盤となる都市と地域づくり（スマートシティの展開）、新たな研究システムの構築（オープンサイエンスとデータ駆動型研究等の推進）、などが挙げられている。

この第6期基本計画の下策定された、統合イノベーション戦略2021<sup>2)</sup>では、①国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会への変革、②知のフロンティアを開拓し価値創造の源泉となる研究力の強化、③一人ひとりの多様な幸せと課題への挑戦を実現する教育・人材育成、④官民連携による分野別戦略の推進、⑤資金循環の活性化、⑥司令塔機能の強化、という重点的に取り組むべき施策が盛り込まれた。

統合イノベーション戦略は年次戦略として政策の見直しが行われ、新たに「統合イノベーション戦略2022」が策定された。掲げられた科学技術イノベーション政策の三本柱の中でシステム情報科学技術分野と関連が深いのは「知の基盤（研究力）と人材育成の強化」では「新たな研究システムの構築（オープンサイエンスとデータ駆動型研究等の推進）」、「イノベーション・エコシステムの形成」では「次世代に引き継ぐ基盤となる都市と地域づくり（スマートシティの展開）」、「先端科学技術の戦略的な推進」では「サイバー空間とフィジカル空間の融合による新たな価値の創出」である。加えて、新たなAI戦略・量子戦略に基づく社会実装や

経済安全保障の強化、マテリアルDXプラットフォームの実現などが分野別戦略に盛り込まれた。

### [データ利活用・デジタル化関連の政策]

Society 5.0実現に向けて、デジタル国家にふさわしいデータ戦略として、「包括的なデータ戦略」が2021年6月に公開された<sup>3)</sup>。2020年末の「データ戦略タスクフォースとりまとめ」で示された課題に対して、「行政におけるデータ行動原則の構築」、「プラットフォームとしての行政が持つべき機能」、「トラスト基盤の構築」、「データ連携に必要な共通ルールの具体化とツール開発」、「ベース・レジストリの指定」などを検討した結果をまとめている。2021年10月には「データ戦略推進ワーキンググループ」の下に「トラストを確保したDX推進サブワーキンググループ」が設置され、トラストを確保したデジタルトランスフォーメーションの具体的な推進施策の検討が進められている。トラストを確保する枠組みの基本的な考え方（トラストポリシー）の基本方針や今後の推進体制が示された「トラストを確保したDX推進サブワーキンググループ報告書」が2022年7月に発表された<sup>4)</sup>。

一方、データ利用のための法整備の面では、改正個人情報保護法により匿名加工情報の定義が明確になり、医療データについては、次世代医療基盤法も整備され、データ活用が期待される。また、著作権法の一部が改正され、IoT・ビッグデータ・人工知能（AI）等の技術を活用したイノベーションに関わる著作物について柔軟な権利制限規定の整備が行われた。

2019年の持続可能な開発目標（SDGs）実施指針拡大版に基づいて策定されたSDGsアクションプラン2021では、4つの重点事項が掲げられ、このうち「よりよい復興に向けたビジネスとイノベーションを通じた成長戦略」において、Society 5.0の実現を目指してきた従来の取り組みを更に進めると共に、デジタルトランスフォーメーションを推進し、誰もがデジタル化の恩恵を受けられる体制を整備し、「新たな日常」の定着・加速に取り組むことが示されている。

### [人工知能関連の政策]

人工知能については統合イノベーション戦略推進会議が「人間中心のAI社会原則」<sup>5)</sup>を2019年にとりまとめ、人間の尊厳が尊重される社会（Dignity）、多様な背景を持つ人々が多様な幸せを追求できる社会（Diversity & Inclusion）、持続性ある社会（Sustainability）という基本理念のもと、AI-Readyな社会において、国や自治体をはじめとする我が国社会全体、さらには多国間の枠組みで実現されるべき社会的枠組みに関する原則を示している。また、統合イノベーション戦略推進会議のもとで、イノベーション政策強化推進のための有識者会議「AI戦略」（AI戦略実行会議）が「AI戦略2019」をとりまとめ、今後のAIの利活用の環境整備・方策を示している。さらに、「AI戦略2021」、「AI戦略2022」と改定し、取組を継続・推進している。新たに策定された「AI戦略2022」<sup>6)</sup>では社会実装の充実に向けて新たな目標を設定して推進するとともに、パンデミックや大規模災害等の差し迫った危機への対処のための取組が具体化されるなど、AI活用がますます強調された。

### [サイバーセキュリティ関連の政策]

サイバーセキュリティに関しては、「安全・安心」の実現に向けた科学技術・イノベーションの方向性（2020年）の中で自然災害や安全保障環境の変化などと並んでサイバー攻撃についても様々な脅威の顕在化が指摘されている<sup>7)</sup>。2021年9月には内閣サイバーセキュリティセンター（NISC）「サイバーセキュリティ戦略」<sup>8)</sup>が閣議決定され、国民・社会を守るためのサイバーセキュリティ環境の提供やデジタル庁を司令塔とするデジタル改革と一体となったサイバーセキュリティの確保が盛り込まれた。研究開発課題としては「実践的な研究開発の推進」にサプライチェーンリスクへの対応や攻撃把握・分析・共有基盤、暗号等の研究の推進が、「中長期的な技術トレンドを視野に入れた対応」には、AI技術の進展（AI for Security, Security for AI）や量子技術の進展（耐量子計算機暗号の検討、量子通信・暗号）が挙げられている。

### [通信・ネットワーク関連の政策]

通信・ネットワークについては、総務省「Beyond 5G 推進戦略」(2020年6月策定)でBeyond 5Gが実現する2030年代に期待される社会像が示されている<sup>9)</sup>。この中で「誰もが活躍できる社会 (Inclusive)」「持続的に成長する社会 (Sustainable)」「安心して活動できる社会 (Dependable)」の3つの社会像が具体的なイメージとして掲げられ、Society 5.0の実現に必要な次世代の情報通信インフラとしてのBeyond 5Gが注目されている。総務省・NICTの「Beyond 5G 研究開発促進事業」による研究開発も進められている。「第6期科学技術・イノベーション基本計画」に基づき政府全体でイノベーションの創出に向けた取組や分野別戦略の策定や見直しが進められたことを受けICT政策の見直しが総務省で進められ、「Beyond 5Gに向けた情報通信技術戦略の在り方」についても情報通信審議会に諮問された。2022年6月には同審議会より中間答申が発表され、課題認識や社会像、Beyond 5Gのユースケースや目指すべきネットワークの姿が示された。また、国として特に注力すべき研究開発課題としてオール光ネットワーク関連技術、非地上系ネットワーク関連技術、セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術などが重点プログラムに指定された。

### [量子情報科学関連の政策]

量子技術については、統合イノベーション戦略推進会議のもと、量子技術イノベーション会議が「量子技術イノベーション戦略」<sup>10)</sup>をとりまとめ、「量子コンピュータ・量子シミュレーション」、「量子計測・センシング」、「量子通信・暗号」、「量子マテリアル(量子物性・材料)」を主要技術領域とし、これらから国として、特に重点を置いて、速やかに推進すべき技術課題(重点技術課題)、及び、中長期的な観点から着実に推進すべき研究課題(基礎基盤技術課題)を特定し、設定した。2022年4月には「量子未来社会ビジョン」<sup>11)</sup>が新たに策定され、量子古典技術システム融合による産業の成長機会創出・社会課題の解決、量子技術の活用促進と新産業・スタートアップ支援が謳われた。

### [政府主導の大規模プロジェクト]

戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)では、2018年度から第2期として、ビッグデータ・AIを活用したサイバー空間基盤技術、フィジカル空間デジタルデータ処理基盤技術、IoT社会に対応したサイバー・フィジカル・セキュリティ、自動運転(システムとサービスの拡張)、スマートバイオ産業・農業基盤技術、IoT社会のエネルギーシステム、国家レジリエンス(防災・減災)の強化、AI(人工知能)ホスピタルによる高度診断・治療システム、スマート物流サービスなどの研究開発が推進されている。

2018年度から開始された官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)では、AI技術(革新的サイバー空間基盤技術より改組)、建設・インフラ/防災・減災、量子技術の領域において、システム・情報科学技術に関連する複数のプロジェクトが推進されている。

我が国発の破壊的イノベーションの創出を目指し、従来技術の延長にない、より大胆な発想に基づく挑戦的な研究開発(ムーンショット)を推進するため、2019年度にムーンショット型研究開発制度が発足した。システム・情報科学技術に関連する目標として、

- ・2050年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現、
- ・2050年までに、AIとロボットの共進化により、自ら学習・行動し人と共生するロボットを実現、
- ・2050年までに、経済・産業・安全保障を飛躍的に発展させる誤り耐性型汎用量子コンピューターを実現が設定され、研究開発が推進されている。

また、人工知能に関する中長期的な研究開発として、情報通信研究機構(NICT)、理化学研究所・革新知能統合研究センター(AIP)、科学技術振興機構(JST)AIPネットワークラボ、産業技術総合研究所(AIST)・人工知能研究センター、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)などで取り組みがなされている。AIPネットワークラボにおいては、ドイツ研究振興協会(DFG)およびフランス国立研究機構(ANR)と協力して人工知能分野での3国共同研究を実施している。

表 1-2-4 科学技術政策・研究開発戦略の動向

	日本	米国
科学技術イノベーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>第6期科学技術・イノベーション基本計画：社会・生活の変化やデジタル化の本来の力が未活用といった認識のもと「国民の安全と安心を確保する持続可能で強靱な社会」と「一人ひとりの多様な幸せ (well-being) が実現できる社会」を目指し、サイバー空間とフィジカル空間の融合による新たな価値の創出、次世代に引き継ぐ基盤となる都市と地域づくり、新たな研究システムの構築が挙げられている。</li> <li>統合イノベーション戦略2022：「新たな研究システムの構築（オープンサイエンスとデータ駆動型研究等の推進）」「次世代に引き継ぐ基盤となる都市と地域づくり（スマートシティの展開）」「サイバー空間とフィジカル空間の融合による新たな価値の創出」がシステム情報科学技術分野と関連が深い。分野別戦略にはAI戦略・量子戦略に基づく社会実装や経済安全保障の強化、マテリアルDXプラットフォームの実現などが盛り込まれた。</li> <li>SDGsアクションプラン2021：デジタルトランスフォーメーションを推進し、誰もがデジタル化の恩恵を受けられる体制を整備し「新たな日常」の定着・加速に取り組むことが示されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>2022年度の研究開発予算の優先事項：「未来の産業と関連技術における米国のリーダーシップ」として、人工知能、量子情報科学、先進コミュニケーションネットワーク、先進製造業、未来のコンピューティングエコシステム、自動運転車と遠隔操作車が挙げられている。「米国の公衆衛生」における「感染症のモデリング、予知および予測」も優先事項として挙げられている。</li> <li>ネットワークング・情報技術研究開発 (NITRD)：以下12の研究対象領域を優先投資分野に指定。先進通信ネットワークとシステム (ACNS)、人工知能 (AI)、人のインタラクション、コミュニケーション、能力向上のためのコンピューティング (CHuman)、フィジカルシステムをネットワーク化するコンピューティング (CNPS)、サイバーセキュリティとプライバシー (CSP)、教育と労働力 (EdW)、ネットワークング・情報技術のためのエレクトロニクス (ENIT)、ハイケイバビリティコンピューティング・システムの研究開発 (EHCS)、ハイケイバビリティコンピューティング・インフラと応用 (HCIA)、インテリジェント・ロボット工学と自律システム (IRAS)、大規模データ管理と解析 (LSDMA)、ソフトウェアの生産性、持続可能性、品質 (SPSQ)。</li> </ul>
データ利活用・デジタル化	<ul style="list-style-type: none"> <li>包括的なデータ戦略：行政におけるデータ行動原則や行政が持つべき機能、トラスト基盤の構築、データ連携に必要な共通ルールやツールなどの検討結果がまとめられている。「トラストを確保したDX推進サブワーキンググループ」からトラストを確保する枠組みの基本的な考え方 (トラストポリシー) や今後の推進体制を示した報告書が発表されている。</li> <li>改正個人情報保護法、著作権法一部改正：匿名加工情報の定義が明確になり、医療データについても次世代医療基盤法も整備された。著作権法の一部改正ではIoT・ビッグデータ・人工知能 (AI) 等の技術を活用したイノベーションに関わる著作物について柔軟な権利制限規定の整備が行われた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>連邦データ戦略、2020年行動計画：連邦政府所有データの活用のため、教育省を含む主要連邦省庁に対して2020年に実施すべき活動を示したものの、データリストの発表・更新、データ品質評価・報告指針の作成、データ基準リポジトリの作成など20の活動が挙げられている。また、連邦最高データ責任者会議 (Federal Chief Data Officer Council) の設置も示された。</li> <li>データプライバシー保護法 (ADPPA)：個人データの扱いに関して定められた連邦レベルの法案。2022年7月に米下院エネルギー・商業委員会を通過。データ収集・使用、ターゲティング広告、センシティブな話題から利益を得ることに対する規制、連邦・州当局の法的執行力の強化などが含まれる。</li> </ul>
人工知能	<ul style="list-style-type: none"> <li>人間中心のAI社会原則：人間の尊厳が尊重される社会 (Dignity)、多様な背景を持つ人々が多様な幸せを追求できる社会 (Diversity &amp; Inclusion)、持続性ある社会 (Sustainability) という基本理念のもと、AI-Readyな社会において実現されるべき社会的枠組みに関する原則を示している。</li> <li>AI戦略2022：社会実装の充実に向けて新たな目標を設定して推進するとともに、パンデミックや大規模災害等の差し迫った危機への対処のための取組が具体化されるなど、AI活用がいっそう強調された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>米国AIイニシアチブ：研究開発、人材育成、基盤整備への集中投資と、国際枠組みにおける米国AI企業への市場開放と公益確保の両立という方針が掲げられている。OSTP国家AIイニシアチブ室が政策調整を行っている。</li> <li>国家AI研究開発戦略：従来版の研究開発、人材、倫理・セキュリティ等の取組事項に加え「官民パートナーシップ拡大」を新たな取組事項として追加。</li> <li>技術標準および関連ツールの開発における連邦政府の関与計画：AI技術標準と関連ツールの開発に関する現況、計画、課題、機会、および連邦政府による関与の優先分野を特定。</li> <li>AI権利章典のための青写真：AIを用いた自動化システムを設計、使用、配備する際に考慮すべき5つの原則として「安全で効果的なシステム」「アルゴリズムに基づく差別からの保護」「データ・プライバシー」「通知と説明」、「代替オプション」を挙げている。</li> </ul>
サイバーセキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>「安全・安心」の実現に向けた科学技術・イノベーションの方向性：自然災害や安全保障環境の変化などと並んでサイバー攻撃についても様々な脅威の顕在化が指摘されている。</li> <li>サイバーセキュリティ戦略：国民・社会を守るためのサイバーセキュリティ環境の提供やデジタル庁を司令塔とするデジタル改革と一体となったサイバーセキュリティの確保が盛り込まれた。研究開発課題にサプライチェーンリスクへの対応や攻撃把握・分析・共有基盤、暗号等の研究の推進、AI技術や耐量子計算機暗号、量子通信・暗号が挙げられている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>連邦サイバーセキュリティ研究開発戦略計画：研究開発の実施ロードマップが毎年度策定されている。重要インフラに対するサイバー攻撃による脅威の顕在化も相まり、サイバーセキュリティ強化は政権の最優先課題。特に民間部門との連携を加速しており、サイバーセキュリティ改善に向けた官民パートナーシップ強化を打ち出した。</li> <li>国際ランサムウェア対策イニシアチブ (CRI) サミット：米国家安全保障会議が主導して30以上の国 (EU含む) と共同で開催。民間部門からも参加を得て、仮想通貨による不正な金融取引等に焦点を当てた取り組みを強調。</li> </ul>
通信・ネットワーク	<ul style="list-style-type: none"> <li>Beyond 5G 推進戦略：Beyond 5Gが実現する2030年代に期待される社会像「誰もが活躍できる社会 (Inclusive)」「持続的に成長する社会 (Sustainable)」「安心して活動できる社会 (Dependable)」が掲げられ、Society 5.0実現に必要な次世代の情報通信インフラとしてのBeyond 5Gが注目されている。</li> <li>Beyond 5Gに向けた情報通信技術戦略の在り方：課題認識や社会像、Beyond 5Gのユースケースや目指すべきネットワークの姿が示された。また、国として特に注力すべき研究開発課題としてオール光ネットワーク関連技術、非地上系ネットワーク関連技術、セキュアな仮想化・統合ネットワーク関連技術などが重点プログラムに指定された。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5Gの安全性を確保するための国家戦略：米国が価値観を共有する同盟国とともに、安全で信頼性の高い5G通信インフラの開発、設置、管理を主導する戦略目標を示した。「5Gおよび次世代通信の安全性確保法 (Secure 5G and Beyond Act)」も2020年3月に成立。</li> <li>5G確保のための国家戦略の実装計画：「米国内の5G展開の促進」「5Gインフラのリスクの評価と中心となるセキュリティ原則の特定」「5Gインフラのグローバルな開発・展開における、米国の経済および国家安全保障に対するリスクへの対処」「5Gの責任あるグローバル開発・展開の促進」の4項目が示されている。</li> </ul>
量子情報科学	<ul style="list-style-type: none"> <li>量子技術イノベーション戦略：量子コンピュータ・量子シミュレーション、量子計測・センシング、量子通信・暗号、量子マテリアルを主要技術領域として、重点技術課題と基礎基盤技術課題が設定された。</li> <li>量子未来社会ビジョン：量子古典技術システム融合による産業の成長機会創出・社会課題の解決、量子技術の利活用促進と新産業・スタートアップ支援が謳われた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>量子情報科学に関する国家戦略概要：「科学ファーストのアプローチ」「技術者の確保・教育改革」「量子産業の創出」「重要インフラの提供」「国家安全保障と経済成長の確保」「国際協力の推進」の6つの方向性が示された。</li> <li>量子ネットワーク研究に向けた協力的アプローチ：量子ネットワークが米国の経済、安全保障、イノベーションに影響を及ぼすとの認識とともに、当該分野の研究開発に必要な技術や制度に関する提言をしている。</li> <li>量子情報科学技術の労働力開発のための国家戦略計画：訓練と教育の拡大や人材ニーズ把握などを進め、広範・長期的な労働力開発の必要性を強調。</li> <li>国家安全保障覚書第10号 (NSM-10)：耐量子計算機暗号の開発や、それらの政府システムへの組み込み、米国の知財や研究・技術情報の保護のための計画策定などが指示されている。</li> </ul>

	欧州	中国
科学技術イノベーション	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>欧州デジタル戦略</b>: 欧州の人々がDXによる恩恵を受けられるよう、今後5年間に注力する3つの柱(人々の役に立つ技術、公平かつ競争力のあるデジタル経済、民主的かつ持続可能で開かれた社会)と主要施策を提示。</li> <li>・<b>欧州データ戦略</b>: 部門の垣根を越えてEU域内で自由にデータを移転できるよう、「欧州データ空間(European Data Space)」の構築を目的としている。具体的な戦略として、データ流通に係るルール作り、大規模プロジェクトへの資金投資、重点分野別の欧州データ空間設立等を掲げている。</li> <li>・<b>2030デジタルコンパス</b>: 今後10年を「デジタルの10年(Digital Decade)」と位置づけ、DXを通じて自らのデジタル主権を実現すべく、スキル、デジタルインフラ、ビジネスのDX、行政のDXについて達成目標を示した。</li> <li>・<b>国家サイバー戦略2022(英)</b>: サイバー能力に資する科学技術発展に関する予測・評価・行動能力を向上することを目標の一つに掲げている。</li> <li>・<b>ハイテク戦略2025(独)</b>: 未来技術の重点7領域に、人工知能、ITセキュリティ及びユーザーフレンドリーな技術、マイクロエレクトロニクス(通信システム、5G通信技術)、および量子が含まれている。</li> <li>・<b>フランス2030(仏)</b>: ICTを目標ではなく必要条件に位置づけている。AI国家戦略や5G国家戦略などに目標値が盛り込まれた。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>科学技術イノベーション第13次五カ年計画</b>: 「重大科学技術プロジェクトの実施15領域」に、量子コンピューター、脳科学、サイバーセキュリティ、衛星・地上量子通信ネットワーク、ビッグデータ、インテリジェント製造、ロボット技術が挙げられている。また「産業技術の国際競争力の向上10領域」に、次世代情報通信技術、先進製造、先進交通技術、ビジネスモデルの進化に資するサービス技術が挙げられている。戦略的基礎研究としてマン・マシン融合に向けた情報通信技術や量子制御、量子情報も挙げられる。</li> <li>・<b>中国製造2025</b>: 情報化と産業化の融合を主要な理念とする産業競争力強化戦略。「スマート製造」「グリーン製造」を目標としている。10の重点分野では「次世代情報通信技術」が優先順位1位となっている。その他、インターネットと既存産業を結合し、新たなビジネス分野の開拓を目指すインターネット+が発表されている。</li> <li>・<b>国民経済・社会発展第14次五カ年計画と2035年までの長期目標要綱</b>: 「革新(イノベーション)」「協調」「グリーン」「開放」「共有」からなる新しい発展理念に沿って「質の高い発展」を目指す今後5年間の計画と「双循環戦略」が示されている。デジタル産業のGDP比を2020年の7.8%から2025年に10.0%に引き上げるなど「デジタル中国」への注力も見られる。</li> </ul>
データ活用・デジタル化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>一般データ保護規則(GDPR)</b>: EU域内における個人データの自由な流通を担保しつつ、EU域外への移転を厳しくする国際的に影響力を持つ規則。</li> <li>・<b>デジタル市場法(DMA)、デジタルサービス法(DSA)</b>: 大規模なプラットフォームサービス提供者の義務と禁止事項を明確化。EU域内市場でのIT大手による支配的な地位の乱用の防止と公平な競争環境の確保が目的。DSAはオンライン上の仲介サービスの透明性や事業者の説明責任を強化し、利用者の基本的権利保護を目的としている。</li> <li>・<b>デジタル戦略2025(独)</b>: 高速光ファイバー網整備、中小企業の投資促進、イノベーション環境づくり、「デジタル学習」戦略が含まれている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>デジタル経済発展第14次五カ年計画</b>: デジタル経済の発展を新たな技術革命と産業変革から新たなチャンスをつかむための戦略的選択であり、デジタル時代における国の総合力であり、現代の経済システムを構築するための重要なエンジンと位置づけている。2025年までにデジタル経済のコア産業の付加価値をGDP比で10%までに拡大させ、2035年までにはデジタル経済の発展基盤と産業システムの発展レベルを世界トップレベルに引き上げる等を目標としている。</li> <li>・<b>データセキュリティ法</b>: データの概念を明確に定義し、データ分類・等級付け保護、リスク評価、監視・早期警報、緊急対応等の各基本制度を確立。データ取り扱いの際に履行すべき各義務が明確化されている。</li> </ul>
人工知能	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>AI白書</b>: 市民の価値観と権利を尊重した安全なAI開発の「信頼性」と「優越性」を実現するための政策オプションを示した。</li> <li>・<b>AI規則案</b>: AIシステムのリスクを4段階に分け、AIの開発者および利用者に対して利用の可否や対処すべき義務を定めている。取り組みを通じ、EUがAIのリスク対応に関して世界で主導的な役割を担うことを目指している。</li> <li>・<b>国家AI戦略(英)</b>: 世界的AI強国とする10年計画として、AIエコシステムへの長期的投資、AI対応経済への移行支援、AI技術の国内及び国際的なガバナンス確保に重点が置かれた。</li> <li>・<b>人工知能戦略(独)</b>: AIの実用化に向けて、基礎研究から応用研究へ連携と国際連携の重要性を強調。フランスとの国際連携をベースに、EUの枠内での研究開発推進が記述されている。</li> <li>・<b>AI国家戦略(仏)</b>: 行政や経済、教育など社会全般でのAI・デジタル化の導入・推進により国全体の改革および国際競争力の向上を目指し、4つの戦略分野(健康・医療、環境、輸送、防衛・セキュリティ)を策定。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>国家次世代人工知能技術発展綱要(AI2030)</b>: 2030年までのロードマップ。概要の下で「人工知能産業発展を促進するアクションプラン(2018-2020)」も発表され、科学技術部は「次世代人工知能(AI)発展計画及び重大な科学技術プロジェクト始動会」を開催し、第一期の国家次世代人工知能オープン・イノベーション・プラットフォームリスト(2018年に5番目を追加)として、百度(Baidu):自動運転、阿里雲公司(Alibaba Cloud):「都市プレーン」(スマートシティの計算センター)、騰訊公司(Tencent):「医療画像認識」、科大訊飛公司(IFlytek):「スマート音声」、商流(Sensetime):「AIによる画像処理技術」が挙げられた。</li> <li>・<b>北京AI原則</b>: 人間のプライバシー、尊厳、自由、自律性、権利が十分に尊重されるべき等の、AIの研究開発における指針を示している。「新世代人工知能ガバナンス原則」も公表され、開発者、使用者、管理者は社会的責任と自律意識、法令・倫理道德と標準規範の厳守、AIを違法活動に使用しない旨などの指針を定めた。</li> </ul>
サイバーセキュリティ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>サイバーセキュリティ国家戦略(英)</b>: 防衛(Defend)、阻止(Deter)、開発(Develop)の3つを主要領域に特化した施策が講じられている。</li> <li>・<b>サイバーセキュリティ国家戦略(仏)</b>: 2021年現在73億ユーロある市場規模を、250億ユーロに伸ばすとともに、3万7,000人規模の雇用を7万5,000人規模にまで倍増させるという目標値が設定されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>サイバーセキュリティ法</b>: インターネットでの主権確保と安全保障を目的とし、個人情報保護や製品・サービスの国家規格への適合要求などについて定めている。とくに、重要情報インフラ運営者は国内で収集した個人情報や重要データを中国国内のサーバーに保存することが義務付けられた。</li> </ul>
通信・ネットワーク	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>産業戦略(英)</b>: 10億ポンド強の公共投資によりデジタル・インフラを増強。5G向けの1.76億ポンドおよび各地域の全面光ファイバー網の展開促進に対する2億ポンドが含まれている。</li> <li>・<b>5G国家戦略(仏)</b>: 5Gで150億ユーロ規模の国内市場を作るという目標値が設定されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>第13次戦略的新興産業発展計画</b>: 1,000Mbps光ネットの普及、4G移動体通信の普及、5G移動通信技術の開発、テレビ放送網とインターネットの融合、全国をカバーするビッグデータシステムの開発と安全管理が重点領域として挙げられている。高性能ICチップの開発、AI技術なども含む。</li> </ul>
量子情報科学	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>Quantum Manifesto</b>: EU各国の大学・企業の署名による量子技術の研究開発戦略。これを受けてHorizon 2020の下で量子技術に関する大型研究開発プログラム「Quantum Flagship」が開始。量子コンピューティング、量子シミュレーション、量子通信、量子計測・センシング、基礎量子科学の5領域で計20のプロジェクトが立ち上がった。</li> <li>・<b>量子戦略(独)</b>: 重点領域として、第二世代の量子コンピューティング(コンピューターやシミュレーションなど)、量子コミュニケーション(通信やセキュリティ技術など)、計測(精密計測技術、衛星、ナビゲーション技術など)の開発のほか、量子分野の技術移転と産業の参画推進をあげている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・<b>国家イノベーション駆動型発展戦略要綱</b>: 「新世代の情報技術開発」に量子コンピューティングが、「産業変革をリードする革新的技術の開発」に量子情報科学が、「航空・宇宙の探査・開発・利用技術の開発」に量子航法が挙げられている。</li> <li>・<b>国民経済・社会発展第14次五カ年計画</b>: 「社会主義近代化の全面的建設の新たな道程の開始、イノベーション駆動発展の堅持、発展の新たな優位性の全面的形成」に量子情報が、「デジタル化発展の加速およびデジタル中国の建設」に量子コンピューター・量子通信が、「国防と軍隊の近代化の加速および富国と強軍の統一の実現」に量子科学技術等の発展が記された。</li> <li>・<b>合肥量子都市ネットワーク</b>: 安徽省は量子情報分野の最先端研究に総額20億2000万元を投資すると発表。合肥量子都市ネットワークの構築は中国政府が2030年までにブレークスルーを期待するプロジェクトの1つとされる。</li> </ul>

## (2) 米国

2021年1月にバイデン新政権が発足し国際協調と科学的知見を重視する姿勢を打ち出している。選挙時には先端・新興技術の研究開発への4年間で3,000億ドルの投資が提示され、米国の競争力につながる5G、AI、先端素材、バイオ産業、電気自動車などに資金配分する研究開発プログラムを新設するとしている。

大統領府の行政予算管理局（OMB）及び大統領府科学技術政策局（OSTP）が連名にて示した2024年度の研究開発予算の優先事項では「国家安全保障と技術競争力の向上」における「重要・新興技術」として、人工知能、量子情報科学、先進通信ネットワーク、マイクロエレクトロニクス、ナノテクノロジー、高性能コンピューティング、バイオテクノロジー・バイオ製造、ロボティクス、先進製造、金融技術、海中技術、宇宙技術が挙げられている。加えて、公衆衛生、気候科学、災害レジリエンス等におけるモデリングやシミュレーションツールの活用も述べられている。また、「パンデミックへの備えと予防」では統合データインフラやデジタルヘルス技術も優先事項として挙げられている。

ネットワーキング・情報技術研究開発（NITRD）プログラムでは国立科学財団（NSF）のグラントを中心に基礎研究に対し継続的な投資がなされており、さまざまな研究開発領域に幅広く強みを持っている。NITRDは2023年度に以下の12の研究対象領域を優先投資分野に指定した。

- ・ 先進通信ネットワークとシステム（ACNS）
- ・ 人工知能（AI）
- ・ 人のインタラクション、コミュニケーション、能力向上のためのコンピューティング（CHuman）
- ・ フィジカルシステムをネットワーク化するコンピューティング（CNPS）
- ・ サイバーセキュリティとプライバシー（CSP）
- ・ 教育と労働力（EdW）
- ・ ネットワーキング・情報技術のためのエレクトロニクス（ENIT）
- ・ ハイケイパビリティコンピューティング・システムの研究開発（EHCS）
- ・ ハイケイパビリティコンピューティング・インフラと応用（HCIA）
- ・ インテリジェント・ロボット工学と自律システム（IRAS）
- ・ 大規模データ管理と解析（LSDMA）
- ・ ソフトウェアの生産性、持続可能性、品質（SPSQ）

### [人工知能関連の政策]

2018年5月に「米国産業のための人工知能サミット」が開催され、有識者による政策議論が交わされた。2019年2月に大統領府主導で「米国AIイニシアチブ」が打ち出され、研究開発、人材育成、基盤整備（データ、インフラ、規制、標準化等）への集中投資と、国際枠組みにおける米国AI企業への市場開放と国益確保の両立という方針が掲げられている。2021年1月には国防権限法2021の一部として「国家AIイニシアチブ法」が成立し、DOE、NSF、NISTにおけるAI分野の取り組みに5年間で約63億ドルの投資を行う権限が付与された。同法の下、OSTPに国家AIイニシアチブ室（NAIO）が設置され、AI分野の政策調整を行っている。

2019年6月に「国家AI研究開発戦略」の改訂版が発行されている<sup>12)</sup>。同改訂版は、従来版（2016）の研究開発、人材、倫理・セキュリティ等の取組事項を踏襲した上で「官民パートナーシップ拡大」を新たな取組事項として追加している。2023年1月にAI分野における共用研究インフラとしての「国家AI研究リソース（NAIRR）」の構築に向けた報告書が発表されている<sup>13)</sup>。同報告書は、米国のAIイノベーションエコシステムを強化し、多くの人に広げるというビジョンの下、(1)イノベーションの加速、(2)人材の多様性拡大、(3)能力の向上、(4)信頼できるAIの推進を目標に掲げている。

AI技術の標準化に関しては、NISTが2019年8月に「技術標準および関連ツールの開発における連邦政

府の関与計画」を公表し、AI技術標準と関連ツールの開発に関する現況、計画、課題、機会、および連邦政府による関与の優先分野を特定している。NISTでは、これに続いて、AIのリスク管理の観点からAIを用いた製品・サービスの開発、使用、評価などにおいて、信頼性に関する考慮事項を組み込むことを支援する「AIリスク管理フレームワーク (AI RMF)」の作成を進め、2023年1月に初版を公表した<sup>14)</sup>。

AIの規制に関しては、OMBが「AIアプリケーション規制のためのガイダンス」を策定した(2020年1月に案公示、同11月に確定)<sup>15)</sup>。当該文書は、連邦制府以外で開発・使用されるAIに対する規制を連邦政府機関が作成する際の指針を示すものである。連邦政府におけるAIの開発・使用については、2020年12月に発出された大統領令によって連邦政府機関が従うべき原則が示されるとともに、それら原則の実装に向けた計画のロードマップの作成がOMBに指示された<sup>16)</sup>。より包括的なAIの開発・使用における原則として、OSTPは2022年10月に「AI権利章典のための青写真」を発表した<sup>17)</sup>。同文書では、AIを用いた自動化システムを設計、使用、配備する際に考慮すべき5つの原則として「安全で効果的なシステム」「アルゴリズムに基づく差別からの保護」「データ・プライバシー」「通知と説明」「代替オプション」を挙げている。

### [サイバーセキュリティ関連の政策]

サイバーセキュリティへの戦略的対応の重要性が高まっており、前トランプ政権で策定された「国家サイバー戦略」や「連邦サイバーセキュリティ研究開発戦略計画」の下で、研究開発の実施ロードマップが毎年度策定されている。バイデン政権下でも、米国のコロニアル・パイプラインやJBSフーズへのランサムウェアによる攻撃など、重要インフラに対するサイバー攻撃による脅威の顕在化も相まって、サイバーセキュリティ強化が最優先課題となっている。特に民間部門との連携を加速しており、2021年5月にサイバー攻撃に対応するための官民での情報共有を強化する大統領令を発出した<sup>18)</sup>ほか、同8月にはグーグル、アマゾン、IBM、マイクロソフトなどのIT大手をはじめとする各業界の企業幹部と会談し、サイバーセキュリティの改善に向けた官民パートナーシップ強化を打ち出した<sup>19)</sup>。国際的には2021年10月に米国家安全保障会議が主導して30以上の国(EU含む)と「国際ランサムウェア対策イニシアチブ(CRI)サミット」を開催した<sup>20)</sup>。同サミットは2022年11月に第2回目を開催し、民間部門からも参加を得て、仮想通貨による不正な金融取引等に焦点を当てた取り組みを強調している<sup>21)</sup>。サイバー分野の人材育成に関しては、2022年7月に大統領府において「全米サイバー労働力・教育サミット」が開催され、サイバー分野の人材確保に向けた技能実習プログラムや、国家戦略の策定作業を開始することが打ち出された<sup>22)</sup>。

### [通信・ネットワーク関連の政策]

米国では、2018年4月に米連邦通信委員会(FCC)が国家安全保障上の懸念がある外国企業からの通信機器・サービスの調達禁止を発表するなど<sup>23)</sup>、特に安全保障面の問題意識から先進通信技術の確保に関する議論が進んできた。2018年9月には大統領府で「5G通信サミット」が開催され、産業界も含めた議論がなされた。研究開発の側面からの政策検討としては、OSTPが2019年5月に「無線通信における米国のリーダーシップ確保のための研究開発の優先事項」<sup>24)</sup>および「新興技術とそれらの非連邦周波数帯域需要への予想される影響」<sup>25)</sup>に関する報告書を発表した。2020年3月には、「5Gおよび次世代通信の安全性確保法(Secure 5G and Beyond Act)」が成立し、これに合わせ大統領府が「5Gの安全性を確保するための国家戦略」を発表、米国が価値観を共有する同盟国とともに安全で信頼性の高い5G通信インフラの開発、設置、管理を主導する戦略目標が示された<sup>26)</sup>。国家電気通信情報局(NTIA)は国家戦略の推進のため国家安全保障会議(NSC)と国家経済会議(NEC)の主導の下で関係省庁・機関が取り組む内容をまとめた「5G確保のための国家戦略の実装計画」を2021年1月に発表<sup>27)</sup>。「米国内の5G展開の促進」「5Gインフラのリスクの評価と中心となるセキュリティ原則の特定」「5Gインフラのグローバルな開発・展開における、米国の経済および国家安全保障に対するリスクへの対処」「5Gの責任あるグローバル開発・展開の促進」の4項目が示されている。



### 【量子情報科学関連の政策】

量子情報科学分野における連邦政府レベルの政策文書として、NSTCの量子情報科学小委員会から「量子情報科学に関する国家戦略概要」が発表されている<sup>28)</sup>。「科学ファーストのアプローチ」「技術者の確保・教育改革」「量子産業の創出」「重要インフラの提供」「国家安全保障と経済成長の確保」「国際協力の推進」の6つの政策の方向性が示され、2018年12月には大統領署名による「国家量子イニシアチブ法」が成立した。国家量子調整室(NQCO)は研究開発面での政策課題検討として、量子コンピューターと量子センサーの接続に焦点を当てた「米国の量子ネットワークの戦略的ビジョン」(2020年2月)<sup>29)</sup>や量子研究の現状と優先分野を整理・特定した「量子フロンティア」(2020年10月)<sup>30)</sup>を発表している。NSTC量子情報科学小委員会は「量子ネットワーク研究に向けた協調的アプローチ」(2021年1月)<sup>31)</sup>をとりまとめ、量子ネットワークが米国の経済、安全保障、イノベーションに影響を及ぼすとの認識とともに、当該分野の研究開発に必要な技術や制度に関する提言をしている。2022年度国防権限法に基づき経済成長と国家安全保障上の課題に関する助言を目的に「量子科学経済・安全保障影響小委員会」がNSTC内に設置された。

量子分野を担う人材育成のための取り組みとして2020年8月にOSTPはNSFと共同で「全米Q-12教育パートナーシップ」を開始した。2022年2月に発表された「量子情報科学技術の労働力開発のための国家戦略計画」では、こうした取り組みも含めたトレーニングと教育の拡大や、各セクターの人材ニーズ把握などを進めて、広範かつ長期的に量子分野の労働力開発を行う必要性を強調している。

2022年5月には国家安全保障覚書第10号(NSM-10)<sup>32)</sup>が発表され、耐量子計算機暗号の開発や、その政府システムへの組み込み、知財や研究・技術情報の保護などの計画が指示されている。

### (3) 欧州

EUのデジタル関連の政策・戦略の発端は、2015年5月に「デジタル単一市場戦略」<sup>33)</sup>まで遡る。これは、EU加盟国間で異なる規制等の壁を取り払いEU域内のデジタル市場を一つに統合することを目指す戦略であった。2016年4月にはデジタル市場におけるオープンサイエンス・オープンイノベーションへの移行加速・支援を目的とした「欧州クラウド・イニシアチブ」<sup>34)</sup>が発表された。この中で、「欧州オープンサイエンスクラウド(EOSC)」<sup>35)</sup>を構築する方針が打ち出されている。2018年5月には「一般データ保護規則(GDPR)」が施行された。これは、EU域内における個人データの自由な流通を担保しつつ、EU域外への移転を厳しくするもので、国際的に影響力を持つ規則であった。

2019年12月に新体制となった欧州委員会は、気候変動対策とともにデジタル化を最優先課題に掲げており、2020年2月に「欧州デジタル戦略」<sup>36)</sup>と「欧州データ戦略」<sup>37)</sup>を発表した。

欧州デジタル戦略は、欧州の人々がデジタルトランスフォーメーション(DX)による恩恵を受けられるよう、今後5年間に注力する「人々の役に立つ技術」「公平かつ競争力のあるデジタル経済」「民主的かつ持続可能で開かれた社会」という3つの柱と主要施策を示したものである。欧州データ戦略は、EU域内で自由にデータを移転できる「欧州データ空間(European Data Space)」の構築を目的とし、データ流通に係るルール作り、大規模プロジェクト、重点分野別の欧州データ空間設立等を具体的戦略として掲げている。

デジタル分野の主要技術で海外に依存せず、EUとして「デジタル主権(Digital Sovereignty)」の確保を図る目的で「2030デジタルコンパス」<sup>38)</sup>が2021年3月に発表された。この中で今後10年を「デジタルの10年(Digital Decade)」と位置づけ、DXを通じたデジタル主権の実現のために、スキル、デジタルインフラ、ビジネスのDX、行政のDXという4テーマについての達成目標が示されている。

### 【データ利活用・デジタル化関連の政策】

2020年12月に欧州委員会が公表した「デジタル市場法(DMA)」<sup>39)</sup>と「デジタルサービス法(DSA)」<sup>40)</sup>が、2022年11月にいずれも発効に至った。DMAは、欧州委員会が指定する「ゲートキーパー」と呼ばれる大規模なプラットフォームサービスの提供事業者(米国のIT大企業が念頭におかれている)に対する義務と禁

止事項が明確化されている。EU域内市場でのIT大手による支配的な地位の乱用を防止し、EUの中小企業がIT大手と公平に競争できる環境の確保が目的とされる。DSAは、EU加盟国でオンライン上の仲介サービスを提供する全事業者が対象であり、仲介サービスの透明性や事業者の説明責任を強化し、利用者の基本的権利保護を目的としている。

## [人工知能関連の政策]

人工知能（AI）について、欧州委員会は2020年2月に「AI白書」<sup>41)</sup>を発表し、安全なAI開発の信頼性と優越性を実現するための政策オプションを提示した。また、2021年4月にはこのAI白書の内容を具体化するべく、「AI規則案」<sup>42)</sup>を発表した。規制案では、AIシステムのリスクを4段階に分け、AIの開発者および利用者に対して利用の可否や対処すべき義務を定めている。こうした取り組みを通じ、EUがAIのリスク対応に関して世界で主導的な役割を担うことを目指している。

## (4) イギリス

ビジネス・エネルギー・産業戦略省（BEIS）が発表する産業戦略の中に、英国がグローバルな技術革命を主導できる4つの領域の一つに「人工知能」が特定されている。また、「将来の輸送手段」領域では、2021年までに完全自動運転車が英国の路上で見られるようになることが期待されている。同戦略において、英国がグローバルな技術革命を主導できる重点領域として4つの「グランド・チャレンジ」が策定され、それぞれに野心的な「ミッション」が設定されている。「AI・データ経済」グランド・チャレンジのミッションには「データ、AI、およびイノベーションを用いて、2030年までに病気の予防、早期診断、および慢性疾患の治療を転換すること」が挙げられている。

BEISは、米国DARPAプログラムをモデルとした産業戦略チャレンジ基金（ISCF）において、2019年には9件のチャレンジを決定し、「スマートな製造」に1億2,100万ポンド、「量子技術実用化」に7,000万ポンド、「設計によるデジタルセキュリティ」7,000万ポンドの予算措置が政府からなされる見込みである。

各チャレンジの名称と政府予算（4年間）は下記の通りである。

- ・ AI・データ経済（3億3200万£）：量子技術実用化、設計によるデジタルセキュリティ、創造的産業クラスター、未来の顧客、次世代サービス
- ・ クリーン成長（10億3850万£）：低コスト原子炉、産業の脱炭素化、建築業転換、スマートな製造、エネルギー革命による繁栄、食糧生産の変革、基礎産業の変革、スマートで持続可能なプラスチック包装
- ・ 高齢化社会（5億6800万£）：早期診断・精密医療、最先端医療、ヘルシーエイジング、病気発見の加速
- ・ 将来のモビリティ（7億4875万£）：ファラデーバッテリーチャレンジ、未来の飛行、国立衛星試験施設、より安全な世界のためのロボット、電力革命の推進、自動運転車

2021年12月、政府は国家サイバー戦略2022を発表した<sup>43)</sup>。5種の行動計画の3番目に、将来技術の先導を挙げ、サイバー能力に資する科学技術発展に関する予測・評価・行動能力を向上することを目標の一つに掲げている。2025年迄の実行課題として、新たにホライズン・スキャンングの機能を確立する。主要サイバー技術を優先化するため、情報に基づく決定を行う。必要に応じ、科学技術に関する更に広範な意思決定のために、科学技術戦略局や国家科学技術会議を通じて情報提供することになる。

2022年6月、デジタル・文化・メディア・スポーツ省（DCMS）が国家デジタル戦略を発表し、デジタル・トランスフォーメーションを糧に、包摂的で競争力があり革新的なデジタル経済を築く構想を示した<sup>44)</sup>。また同7月には防衛AIセンターが開設された<sup>45)</sup>。

**[人工知能関連の政策]**

2018年、英国上院はAIに関する報告書“AI in the UK: ready, willing, and able?”を公表した。この報告書では、大手テクノロジー企業によるデータの独占利用の可能性についての検討、英国の中小企業がAIを活用してビジネスを拡大するための成長基金の創設、英国の大学内で行われている優れた研究からAIスタートアップをスピアウトするメカニズムの標準化、データ集約型のディープラーニングにとどまらない幅広いAI研究への投資、等を提言している。2021年9月にBEISから国家AI戦略が発表された<sup>46)</sup>。英国を世界的AI強国とする10年計画には次の3点に注力すると記されている。

- ・ 科学とAIの超大国としてのリーダーシップ維持のため、AIエコシステムの長期的なニーズに対して投資し、立案する。
- ・ AI対応経済への移行を支援し、英国におけるイノベーションの便益を掌握し利益を獲得しメリットを把握し、AIがすべてのセクターと地域に恩恵をもたらすようにする。
- ・ 英国が、イノベーション・投資の促進と、一般市民や英国の基本的価値の保護を正当に実施できるように、AI技術の国内及び国際的なガバナンスを確保する。

**[サイバーセキュリティ関連の政策]**

2016年11月にはサイバーセキュリティ国家戦略(2016年～2021年)が新たに発表され、2011年から実行されている当初戦略によるファンディング支援がほぼ倍増の19億ポンド措置されることが明らかになり、防衛(Defend)、阻止(Deter)、開発(Develop)の3つを主要領域に特化した施策が講じられている。

**[通信・ネットワーク関連の政策]**

2017年の産業戦略では、10億ポンド強の公共投資によりデジタル・インフラを増強していくことが打ち出された。これには5G向けの1.76億ポンドおよび各地域の全面光ファイバー網の展開促進に対する2億ポンドが含まれている。

**(5) ドイツ**

メルケル政権で実施された4期16年間の科学技術・イノベーション基本政策であるハイテク戦略は、未来のためのガイドラインとしてドイツにおける経済繁栄、持続可能な発展および生活の質を向上させることを目標に、研究とイノベーションを結集。同戦略下では、未来技術の重点7領域に、人工知能、ITセキュリティー及びユーザーフレンドリーな技術、マイクロエレクトロニクス(通信システム、5G通信技術)、および量子が含まれていた。2012年に連邦教育研究省(BMBF: Bundesministerium für Bildung und Forschung)は、ハイテク戦略の後継戦略となる、未来戦略(ドラフト案)を発表した。ドイツの技術主権を保持するために、ICT、マイクロエレクトロニクス、ソフトウェア、AI、ITセキュリティー、HPC、フォトニクス、第2世代量子、材料、バイオ、製造、環境、循環型経済の基盤、持続可能なエネルギー、分析、計測、光学等に重要技術として同定されている。

また、連邦デジタル交通省(BMDV: Bundesministerium für Digitales und Verkehr)は2022年に、デジタル戦略を発表した。従前のデジタルアジェンダ2014-2017や、デジタル戦略2025を統合する戦略として、データアクセス、オープンデータ、産業データ利用、医療データ共有、中小企業、スタートアップのデジタル化支援、デジタル教育、職業教育/再訓練等の推進が示されている。また、主要技術領域として、5G/6G、自動運転、ロボティクス、量子コンピューティング/センサー技術/通信、サイバーセキュリティ、AI、マイクロエレクトロニクス、ICT、クラウド/エッジ、ソフトウェア開発の研究開発を促進するとしている。

**[人工知能関連の政策]**

2018年9月、ドイツ連邦政府は「人工知能戦略」を発表、2019年～2025年までに基盤的経費を含め研

研究開発費として30億ユーロ規模の投資をすることを発表した。AIの実用化に向けて、基礎研究から応用研究へ連携と国際連携の重要性を強調している。国際連携については、ドイツに先んじて今年初めにAI戦略を発表したフランスとの連携をベースに、EUの枠内での研究開発を推進することが記述されている。加えてポストコロナ対策の未来パッケージでは、AI分野に追加的に20億ユーロの投資を配分し、2025年までに合計50億ユーロの投資をすることになった。同戦略では、ドイツ人工知能研究センター（DFKI）のあるカイザースラウテルン、ミュンヘン、チュービンゲン、ベルリン、ドルトムント/セントオーガスティン、ドレスデン/ライプチヒの大学にAI研究拠点として6つのコンピテンスセンターを整備した。今後もDFKIと連携し、同様のセンターを増やす計画としている<sup>47)</sup>。

### [データ利活用・デジタル化関連の政策]

デジタル化戦略は、科学技術イノベーション戦略とならび連邦政府の重要政策として位置づけられている。連邦政府は、2022年8月に新たにデジタル戦略<sup>48)</sup>を発表した。これまで実施されてきた数々のデジタル化に関する戦略、例えばデジタル・トランスフォーメーション実現のための最初の戦略文書である「デジタルアジェンダ2014–2017（2014）」<sup>49)</sup>、さらにBMWK（当時はBMW i）からデジタルアジェンダの具体的な方針となる「デジタル戦略2025（2015）」<sup>50)</sup>等を統合した上で、2025年に達成されるべき具体的な目標が示されている。

連邦政府が毎年開催しているデジタルサミット<sup>51)</sup>の2010年のサミットで、包括的なICT戦略「ドイツ・デジタル2015」が発表され、ブロードバンドの普及、クラウドコンピューティングやICTを応用した輸送の実現などが目標とされた。前政権でも打ち出されていたさまざまなイニシアティブ、とりわけ高速の光ファイバー通信網の整備や、デジタル化における中小企業の投資促進、スタートアップのためのイノベーション環境構築、デジタル政府の促進等は現政権の課題として残っている。ネットワーク化したデジタル主権社会、イノベティブな経済、労働、研究開発活動、デジタル化した国家の実現を目指す姿として掲げ、各省の責任を明確に記述している。とりわけ研究開発については持続的なデジタル社会の発展のために、研究目的のデータインフラの構築を推進するとしている。具体の目標として、以下のような項目を挙げている。

- ・ NFDIの整備を推進し、イノベーション創出ならびに新しいビジネスモデルを生むために研究データへのアクセスを確保する
- ・ 産業界の諸データを研究に活用できるようネットワークを構築する
- ・ エクサスケール級のHPCを開発する
- ・ 大学病院等で一般市民健康、介護データを研究に利用できるようにし先端研究に活かす

### [量子情報科学関連の政策]

2018年に連邦政府は量子戦略を発表した。重点領域として、第二世代の量子コンピューティング、量子通信（暗号通信やセキュリティー技術など）、計測（精密計測技術、衛星、ナビゲーション技術など）の開発のほか、量子分野の技術移転と産業の参画推進をあげている。2022年までに、6.5億ユーロを投資するとしている。2020年にはポストコロナに向けた未来パッケージとして、20億ユーロの追加投資を発表した。

## (6) フランス

2015年に公表された「SNR France Europe 2020」が研究開発の基本的戦略である。10の社会的課題の1つとして「情報通信社会」が挙げられ、第5世代ネットワーク基盤構造、IoT、ビッグデータの活用、マン・マシン協働などの課題に取り組む方向性が示されている。近年は人工知能および量子技術を重要課題として捉えており、以下の通り、様々な施策が発表されている。

2018年イノベーション審議会を設置した。イノベーション・産業基金による投資を促進し、フランスのイノベーション政策の主要な方針と優先課題を策定する任務を有する。イノベーション・産業基金が年1億5,000

万ユーロのファンディングを行う。この一環として「人工知能による医学的診断の改善方法」「人工知能を活用するシステムの安全確保、認証、信頼性確保の方法」が採択された。国立研究機構（ANR）の2019年活動計画には国の戦略的優先課題として「人工知能」や「量子技術」が盛り込まれている。

近年のフランスのシステム・情報学技術分野の焦点は、精密機器やロボティクスの高度な技術をどれほど国内産業に実装し、近代化に結びつけられるかにかかっている、といえる。フランスは、過去に製造業の拠点が労働力の安い外国に流出したことなどが影響し、近年は国内の製造拠点整備が、隣国ドイツなどに比べて遅れているとされている。また2010年代から政府が積極的に育成支援しているスタートアップも、ソフトウェア開発など設備投資の少ない分野・領域に偏ってしまい、製造業に携わる企業が欧州他国に比べて十分に育っていないとされている。

こうした経緯から、政府は「フランス2030」においてシステム・情報科学技術分野を「目標」ではなく「必要条件」に位置づけ、関係する各国家戦略に以下の目標値を盛り込んでいる。

- ・「世界のAIシェアの10～15%を掌握する」(AI国家戦略)
- ・「欧州域内のAIソフト基盤を3～4個作る」(AI国家戦略)
- ・「5Gで150億ユーロ規模の国内市場を作る」(5G国家戦略)
- ・「2021年現在73億ユーロある市場規模を、250億ユーロに伸ばすとともに、3万7,000人規模の雇用を7万5,000人規模にまで倍増させる」(サイバーセキュリティ国家戦略)

### [人工知能関連の政策]

高等教育・研究・イノベーション省（MESRI：Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation）は2018年、フランスを人工知能先進国とするためのAI戦略を発表した。本戦略はAI研究・人材への投資に限らず、行政や経済、教育など社会全般でのAI・デジタル化の導入・推進により国全体の改革および国際競争力の向上を目指すもので、4つの戦略分野（健康・医療、環境、輸送、防衛・セキュリティ）を策定している。戦略の主な柱として、以下の項目が挙げられている。

- ・フランス国立情報学自動制御研究所（INRIA）を軸とした複数の高等研究機関が参加するAI研究プログラムの立ち上げ
- ・人工知能の開発に5年間で15億ユーロを投資
- ・「医療」「輸送」「防衛・セキュリティ」「環境」の4分野をAI戦略分野とし、これら分野別政策を実施
- ・公立高等教育機関および研究機関に学際的AI機関（3IA）を設立
- ・AI専攻の修士および博士課程の学生の数の増加、研究者の給与の増加、および学術界と産業の交流の向上

これに基づき、政府は人工知能の研究開発に関わる国家計画を発表した。2022年までの4年間に総額6億6,500万ユーロを、エコシステムの整備、AI人材の育成、ドイツのAI研究機関との連携強化などに充てる。2018年に、CNRS、国立情報学自動制御研究所（INRIA：Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique）、パリ科学・人文学拠点、および企業（Amazon、Criteo、Facebook、Faurecia、Google、Microsoft、NAVER LABS、Nokia Bell Labs、PSAグループ、SUEZ、Valeo）は、アカデミアと産業界の関心を結集し、人工知能研究の中核拠点となるパリ人工知能研究機構（PRAIRIE）をパリに創設する旨を発表した。

### [量子情報科学関連の政策]

2021年1月、産業のバリューチェーン強化と人材育成、科学研究、技術実験の大幅な強化を目的に国家量子戦略が発表された。フランスの優位点としてノーベル賞を受賞した大規模で優秀な研究室、産業界の大規模なコミュニティ、量子技術に特化した基金の存在、などが挙げられた。戦略の7本の柱には下記が挙げ

られている。

- ・ NISQシミュレーター・アクセラレーターの応用開発・普及
- ・ 大規模システムに移行する量子コンピューターの開発
- ・ 量子センサーの技術開発と応用
- ・ 耐量子計算機暗号
- ・ 量子通信システムの開発
- ・ 競争力のある実現技術の創出
- ・ 横断的なエコシステムの構築

## (7) 中国

基本方針・政策として、国家中長期科学技術発展計画綱要（2006～2020年）と国家イノベーション駆動発展戦略綱要（2016～2030年）の2つがある。これらを踏まえ、2016年に、科学技術イノベーションや戦略的新興産業発展等の第13次五カ年計画が発表されている。

第13次科学技術イノベーション計画では、従来の科学技術五カ年計画と異なり、イノベーションを重視する姿勢がみられる。重大科学技術プロジェクトの実施15領域においては、③量子通信と量子コンピューター研究、④脳科学と類脳研究、⑤国家サイバーセキュリティー研究、⑩天地一体化通信網技術、⑪ビッグデータ技術、⑫インテリジェント製造とロボット技術が挙げられている。産業技術の国際競争力の向上10領域においては、②次世代情報通信技術、②先進製造技術、⑥先進交通技術、⑨ビジネスモデルの進化に資するサービス技術が挙げられている。基礎研究の強化の社会ニーズに向けた戦略的基礎研究においては、③マン・マシン融合に向けた情報通信技術、先進的基礎研究においては、②量子制御と量子情報が挙げられている。

第13次戦略的新興産業発展計画では1,000Mbps光ネットの普及、4G移動体通信の普及、5G移動通信技術の開発、テレビ放送網とインターネットの融合、全国をカバーするビッグデータシステムの開発と安全管理、高性能ICチップの開発、AI技術などの重点領域が挙げられている。また、産業競争力強化の戦略として中国製造2025が発表されており、その主要な理念は「情報化と産業化の融合」で、「スマート製造」、「グリーン製造」を目標としている。10の重点分野では、「次世代情報通信技術」が優先順位1位となっている。この他、インターネットと既存産業を結合し、新たなビジネス分野の開拓を目指すインターネット+が発表されている。

2020年10月には、科学技術を含む2035年までの長期計画及び第14次五カ年計画の大枠が発表された。ここでは、継続してイノベーションによる発展戦略を強化することが示されている。具体的には、国家の戦略的科学的技術力の強化としてコア技術の開発、基礎研究の強化、人工知能、量子情報、集積回路等の先端的分野の発展をあげている。また、戦略的な新興産業の開発として、次世代情報技術、バイオ技術、新エネルギー、新素材等の成長の加速と同時に、インターネット、ビッグデータ、人工知能等との融合の促進を掲げている。企業の技術革新能力の強化、国際競争力のある人材育成等も重点領域とされている。また、新興産業の重点分野では、「中国製造2025」での10重点分野と同様、次世代情報技術、未来型産業分野として脳型知能、量子情報、未来型インターネット等をあげている。インフラの構築は、「十四五」においても促進され、5G通信の普及や6Gの技術的備蓄の配置、全国一体化ビッグデータセンターシステムの構築等をあげている。また、人工知能と量子科学技術は、軍民の統合的な発展強化の分野に含まれている。

### [人工知能関連の政策]

2017年に国家次世代人工知能技術発展綱要（AI2030）を発表し、2030年までのロードマップを示している。この綱要の下で、工業・産業化部は「人工知能産業発展を促進するアクションプラン（2018－2020）」を発表、科学技術部は「次世代人工知能（AI）発展規画及び重大な科学技術プロジェクト始動会」を開催し、第一期の国家次世代人工知能オープン・イノベーション・プラットフォームリスト（2018年に5番

目を追加)として、百度 (Baidu) : 自動運転、阿里雲公司 (Alibaba Cloud) : 「都市ブレン」(スマートシティーの計算センター)、騰訊公司 (Tencent) : 「医療画像認識」、科大訊飛公司 (iFlytek) : 「スマート音声」、商流 (Sensetime) : 「AIによる画像処理技術」が挙げられた。その他、同会議では、「次世代人工知能発展規画推進事務局」及び「次世代人工知能戦略諮問委員会」を発足させることを公表した。

2019年5月、科学技術部と北京市政府が支援する北京智源人工知能研究院が「北京AI原則」を発表した。人間のプライバシー、尊厳、自由、自律性、権利が十分に尊重されるべき等の、AIの研究開発における指針を示している。同年6月、科学技術部は、「新世代人工知能ガバナンス原則」を公表し、開発者から使用者、管理者は社会的責任と自律意識を持ち、法令・倫理道德と標準規範を厳守し、AIを違法活動に使用しない旨、指針を定めた。

### [データ利活用・デジタル化関連の政策]

デジタル中国戦略では、経済、産業、社会の分野でデジタル化を促進するとし、特にデジタル産業化を促進している。2022年1月国務院は「デジタル経済発展第14次五カ年計画」を発表した。同計画では、デジタル経済の発展を新たな技術革命と産業変革から新たなチャンスをつかむための戦略的選択であり、デジタル時代における国の総合力であり、現代の経済システムを構築するための重要なエンジンと位置づけている。2025年までにデジタル経済のコア産業の付加価値をGDP比で10%までに拡大させ、2035年までにはデジタル経済の発展基盤と産業システムの発展レベルを世界トップレベルに引き上げる等を目標としている。データセキュリティ法やサイバーセキュリティ法などの法整備も進められている。

### 参考文献

- 1) 内閣府「第6期科学技術・イノベーション基本計画(令和3年3月26日閣議決定)」<https://www8.cao.go.jp/cstp/kihonkeikaku/index6.html>, (2023年3月2日アクセス)。
- 2) 内閣府「統合イノベーション戦略2021(2021年6月18日閣議決定)」<https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/2021.html>, (2023年3月2日アクセス)。
- 3) デジタル庁「包括的データ戦略(令和3年(2021年)6月18日)」[https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic\\_page/field\\_ref\\_resources/63d84bdb-0a7d-479b-8cce-565ed146f03b/02063701/policies\\_data\\_strategy\\_outline\\_02.pdf](https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/63d84bdb-0a7d-479b-8cce-565ed146f03b/02063701/policies_data_strategy_outline_02.pdf), (2023年3月2日アクセス)。
- 4) デジタル庁「トラストを確保したDX推進サブワーキンググループ報告書(令和4年(2022年)7月29日)」[https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic\\_page/field\\_ref\\_resources/658916e5-76ce-4d02-9377-1273577ffc88/1d463bfc/20220729\\_meeting\\_trust\\_dx\\_report\\_01.pdf](https://www.digital.go.jp/assets/contents/node/basic_page/field_ref_resources/658916e5-76ce-4d02-9377-1273577ffc88/1d463bfc/20220729_meeting_trust_dx_report_01.pdf), (2023年3月2日アクセス)。
- 5) 統合イノベーション戦略推進会議「人間中心のAI社会原則(平成31年3月29日)」内閣府, <https://www8.cao.go.jp/cstp/aigensoku.pdf>, (2023年3月2日アクセス)。
- 6) 統合イノベーション戦略推進会議「AI戦略2022(令和4年4月22日)」内閣府, [https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/aistrategy2022\\_honbun.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/ai/aistrategy2022_honbun.pdf), (2023年3月2日アクセス)。
- 7) 統合イノベーション戦略推進会議「「安全・安心」の実現に向けた科学技術・イノベーションの方向性(令和2年1月21日)」内閣府, <https://www8.cao.go.jp/cstp/siryo/haihui048/siry05-2.pdf>, (2023年3月2日アクセス)。
- 8) 内閣サイバーセキュリティセンター「サイバーセキュリティ戦略(令和3年9月28日)」<https://www.nisc.go.jp/pdf/policy/kihon-s/cs-senryaku2021.pdf>, (2023年3月2日アクセス)。
- 9) 総務省「Beyond 5G推進戦略: 6Gへのロードマップ」[https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000696613.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000696613.pdf), (2023年3月2日アクセス)。
- 10) 統合イノベーション戦略推進会議「量子技術イノベーション戦略(最終報告)(令和2年1月21日)」内閣府,

- <https://www8.cao.go.jp/cstp/tougosenryaku/ryoushisenryaku.pdf>, (2023年3月2日アクセス) .
- 11) 統合イノベーション戦略推進会議「量子未来社会ビジョン：量子技術により目指すべき未来社会ビジョンとその実現に向けた戦略（令和4年4月22日）」内閣府, [https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/ryoshimirai\\_220422.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/ryoshigijutsu/ryoshimirai_220422.pdf), (2023年3月2日アクセス) .
  - 12) National Science and Technology Council (NSTC), “The National Artificial Intelligence Research and Development Strategic Plan: 2019 Update, June 2019,” The White House, <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2019/06/National-AI-Research-and-Development-Strategic-Plan-2019-Update-June-2019.pdf>, (2023年3月2日アクセス) .
  - 13) National Artificial Intelligence Research Resource Task Force, “Strengthening and Democratizing the U.S. Artificial Intelligence Innovation Ecosystem: An Implementation Plan for a National Artificial Intelligence Research Resource, January 2023,” National Artificial Intelligence Initiative, <https://www.ai.gov/wp-content/uploads/2023/01/NAIRRTF-Final-Report-2023.pdf>, (2023年3月2日アクセス) .
  - 14) National Institute of Standards and Technology (NIST), “NIST Risk Management Framework Aims to Improve Trustworthiness of Artificial Intelligence,” <https://www.nist.gov/news-events/news/2023/01/nist-risk-management-framework-aims-improve-trustworthiness-artificial>, (2023年3月2日アクセス) .
  - 15) Russell T. Vought, “Memorandum For The Heads Of Exective Departments And Agencies: Guidance for Regulation of Artificial Intelligence Applications, November 17, 2020,” The White House, <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2020/11/M-21-06.pdf>, (2023年3月2日アクセス) .
  - 16) Donald J. Trump, “Executive Order on Promoting the Use of Trustworthy Artificial Intelligence in the Federal Government,” The White House, <https://trumpwhitehouse.archives.gov/presidential-actions/executive-order-promoting-use-trustworthy-artificial-intelligence-federal-government/>, (2023年3月2日アクセス) .
  - 17) The White House, “FACT SHEET: Biden-Harris Administration Announces Key Actions to Advance Tech Accountability and Protect the Rights of the American Public,” <https://www.whitehouse.gov/ostp/news-updates/2022/10/04/fact-sheet-biden-harris-administration-announces-key-actions-to-advance-tech-accountability-and-protect-the-rights-of-the-american-public/>, (2023年3月2日アクセス) .
  - 18) The White House, “FACT SHEET: President Signs Executive Order Charting New Course to Improve the Nation’s Cybersecurity and Protect Federal Government Networks,” <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/05/12/fact-sheet-president-signs-executive-order-charting-new-course-to-improve-the-nations-cybersecurity-and-protect-federal-government-networks/>, (2023年3月2日アクセス) .
  - 19) The White House, “FACT SHEET: Biden Administration and Private Sector Leaders Announce Ambitious Initiatives to Bolster the Nation’s Cybersecurity,” <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/08/25/fact-sheet-biden-administration-and-private-sector-leaders-announce-ambitious-initiatives-to-bolster-the-nations-cybersecurity/>, (2023年3月2日アクセス) .
  - 20) The White House, “FACT SHEET: Ongoing Public U.S. Efforts to Counter Ransomware,” <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2021/10/13/fact-sheet->



- ongoing-public-u-s-efforts-to-counter-ransomware/, (2023年3月2日アクセス) .
- 21) The White House, “FACT SHEET: The Second International Counter Ransomware Initiative Summit,” <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/11/01/fact-sheet-the-second-international-counter-ransomware-initiative-summit/>, (2023年3月2日アクセス) .
- 22) The White House, “FACT SHEET: National Cyber Workforce and Education Summit,” <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/07/21/fact-sheet-national-cyber-workforce-and-education-summit/>, (2023年3月2日アクセス) .
- 23) Federal Communications Commission (FCC), “FCC Proposes to Protect National Security Through FCC Programs,” <https://www.fcc.gov/document/fcc-proposes-protect-national-security-through-fcc-programs-0>, (2023年3月2日アクセス) .
- 24) National Science and Technology Council’s Wireless Spectrum R&D Interagency Working Group (WSRD), “Research And Development Priorities For American Leadership In Wireless Communications, May 2019,” Networking and Information Technology Research and Development (NITRD), <https://www.nitrd.gov/nitrdgroups/images/6/63/Research-and-Development-Priorities-for-American-Leadership-in-Wireless-Communications-Report-May-2019.pdf>, (2023年3月2日アクセス) .
- 25) Office of Science and Technology Policy (OSTP), “Emerging Technologies And Their Expected Impact On Non-Federal Spectrum Demand, May 2019,” Networking and Information Technology Research and Development (NITRD), <https://www.nitrd.gov/nitrdgroups/images/f/f0/Emerging-Technologies-and-Impact-on-Non-Federal-Spectrum-Demand-Report-May-2019.pdf>, (2023年3月2日アクセス) .
- 26) The White House, “National Strategy to Secure 5G of the United States of America, March 2020,” <https://trumpwhitehouse.archives.gov/wp-content/uploads/2020/03/National-Strategy-5G-Final.pdf>, (2023年3月2日アクセス) .
- 27) National Telecommunications and Information Administration, “National Strategy to Secure 5G Implementation Plan,” <https://ntia.gov/other-publication/national-strategy-secure-5g-implementation-plan>, (2023年3月2日アクセス) .
- 28) National Science and Technology Council (NSTC), “National Strategic Overview for Quantum Information Science, September 2018,” National Quantum Initiative, [https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/10/2018\\_NSTC\\_National\\_Strategic\\_Overview\\_QIS.pdf](https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/10/2018_NSTC_National_Strategic_Overview_QIS.pdf), (2023年3月2日アクセス) .
- 29) The White House National Quantum Coordination Office, “A Strategic Vision for America’s Quantum Networks, February 2020,” National Quantum Initiative, <https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2021/01/A-Strategic-Vision-for-Americas-Quantum-Networks-Feb-2020.pdf>, (2023年3月2日アクセス) .
- 30) The White House National Quantum Coordination Office, “Quantum Frontiers: Report on Community Input to the Nation’s Strategy for Quantum Information Science, October 2020,” National Quantum Initiative, <https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2020/10/QuantumFrontiers.pdf>, (2023年3月2日アクセス) .
- 31) National Science and Technology Council (NSTC), “A Coordinated Approach to Quantum Networking Research, January 2021,” National Quantum Initiative, <https://www.quantum.gov/wp-content/uploads/2021/01/A-Coordinated-Approach-to-Quantum-Networking.pdf>,

(2023年3月2日アクセス)。

- 32) Joseph R. Biden Jr., “National Security Memorandum on Promoting United States Leadership in Quantum Computing While Mitigating Risks to Vulnerable Cryptographic Systems,” The White House, <https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/05/04/national-security-memorandum-on-promoting-united-states-leadership-in-quantum-computing-while-mitigating-risks-to-vulnerable-cryptographic-systems/>, (2023年3月2日アクセス)。
- 33) European Commission, “A Digital Single Market Strategy for Europe, SWD (2015) 100 final,” European Union, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52015DC0192&from=EN>, (2023年3月2日アクセス)。
- 34) European Commission, “European Cloud Initiative: Building a competitive data and knowledge economy in Europe, SWD (2016) 106 final, SWD (2016) 107 final,” European Union, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0178&from=EN>, (2023年3月2日アクセス)。
- 35) European Open Science Cloud (EOSC) Portal, <https://eosc-portal.eu>, (2023年3月2日アクセス)。
- 36) European Commission, “Shaping Europe’s Digital Future,” [https://commission.europa.eu/system/files/2020-02/communication-shaping-europes-digital-future-feb2020\\_en\\_4.pdf](https://commission.europa.eu/system/files/2020-02/communication-shaping-europes-digital-future-feb2020_en_4.pdf), (2023年3月2日アクセス)。
- 37) European Commission, “A European strategy for data,” European Union, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0066&from=EN>, (2023年3月2日アクセス)。
- 38) European Commission, “2030 Digital Compass: the European way for the Digital Decade,” European Union, [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:12e835e2-81af-11eb-9ac9-01aa75ed71a1.0001.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:12e835e2-81af-11eb-9ac9-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF), (2023年3月2日アクセス)。
- 39) European Commission, “Regulation (EU) 2022/1925 of the European Parliament and of the Council of 14 September 2022 on contestable and fair markets in the digital sector and amending Directives (EU) 2019/1937 and (EU) 2020/1828 (Digital Markets Act),” *Official Journal of the European Union* L265 (2022) : 1-66.
- 40) European Commission, “Regulation (EU) 2022/2065 of the European Parliament and of the Council of 19 October 2022 on a Single Market For Digital Services and amending Directive 2000/31/EC (Digital Services Act),” *Official Journal of the European Union* L277 (2022) : 1-102.
- 41) European Commission, “White Paper on Artificial Intelligence: A European approach to excellence and trust,” [https://commission.europa.eu/system/files/2020-02/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020\\_en.pdf](https://commission.europa.eu/system/files/2020-02/commission-white-paper-artificial-intelligence-feb2020_en.pdf), (2023年3月2日アクセス)。
- 42) European Commission, “Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) and Amending Certain Union Legislative Acts, SEC (2021) 167 final, SWD (2021) 84 final, SWD (2021) 85 final,” European Union, [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e0649735-a372-11eb-9585-01aa75ed71a1.0001.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e0649735-a372-11eb-9585-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF), (2023年3月2日アクセス)。
- 43) the Cabinet Office, “Policy paper: National Cyber Strategy 2022 (HTML),” GOV.UK, <https://www.gov.uk/government/publications/national-cyber-strategy-2022/national-cyber->

- security-strategy-2022, (2023年3月2日アクセス) .
- 44) Department for Digital, Culture, Media & Sport, “Policy paper: UK Digital Strategy,” GOV. UK, <https://www.gov.uk/government/publications/uks-digital-strategy/uk-digital-strategy>, (2023年3月2日アクセス) .
- 45) GOV.UK, “Defence Artificial Intelligence Centre,” <https://www.gov.uk/government/groups/defence-artificial-intelligence-centre>, (2023年3月2日アクセス) .
- 46) Department for Science, Innovation and Technology, et al., “Guidance: National AI Strategy,” GOV.UK, <https://www.gov.uk/government/publications/national-ai-strategy>, (2023年3月2日アクセス) .
- 47) Bundesministerium für Bildung und Forschung, “Künstliche Intelligenz: Mehr Geld für die Forschung,” <https://www.bmbf.de/de/kuenstliche-intelligenz-mehr-geld-fuer-die-forschung-9518.html>, (in German) (2023年3月2日アクセス) .
- 48) Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV), “Digitalstrategie Gemeinsam digitale Werte schöpfen,” [https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/presse/063-digitalstrategie.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://bmdv.bund.de/SharedDocs/DE/Anlage/K/presse/063-digitalstrategie.pdf?__blob=publicationFile), (in German) (2023年3月2日アクセス) .
- 49) Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action, “Digital Agenda,” <https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Artikel/Digital-World/digital-agenda.html>, (2023年3月2日アクセス) .
- 50) Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), “Digitale Strategy 2025,” Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz, [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/digitale-strategie-2025.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=18](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/digitale-strategie-2025.pdf?__blob=publicationFile&v=18), (in German) (2023年3月2日アクセス) .
- 51) Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action, “Digital Summit,” <https://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/EN/Dossier/digital-summit.html>, (2023年3月2日アクセス) .

## 1.2.5 研究開発投資や論文、コミュニティ等の動向

まず、図1-2-8 (左) に示した主要国の研究開発費総額 (名目額の通貨換算値) の推移から、主要国の研究開発の規模感とその傾向を概観する。なお、この図は、文部科学省の科学技術・学術政策研究所 (National Institute of Science and Technology Policy: NISTEP) が「科学技術指標2020」として報告した数値データをプロットしたものである<sup>2</sup>。世界第1位の規模を保持している米国の研究開発費総額は長期的な増加傾向を示している。中国は、(世界第2位をキープしていた) 日本を2009年に上回りその後も研究開発費総額を驚異的に増加させ続け、2020年には59.0兆円にまで達したが、71.7兆円の米国との差は縮まっていない。日本は、長期的に増加傾向が続いてきたが、政権交代があった2009年に研究開発費総額が減少した際に中国に抜かれたものの、その後、世界第3位の座 (2020年次19.2兆円<sup>3</sup>) をキープしている。ドイツは、2004年に中国に抜かれたが、長期的に増加傾向が続いており、2020年には14.5兆円になった。また、日本やドイツに追随してきた韓国の研究開発費総額も長期的に増加傾向にあり、近年では、緩やかな漸増傾向にあるフランス (2020年次7.5兆円) や英国 (2019年次5.8兆円) を上回り、2020年では世界第5位の11.4兆円に達している。以上が、主要国の研究開発費総額の規模感とその傾向である。

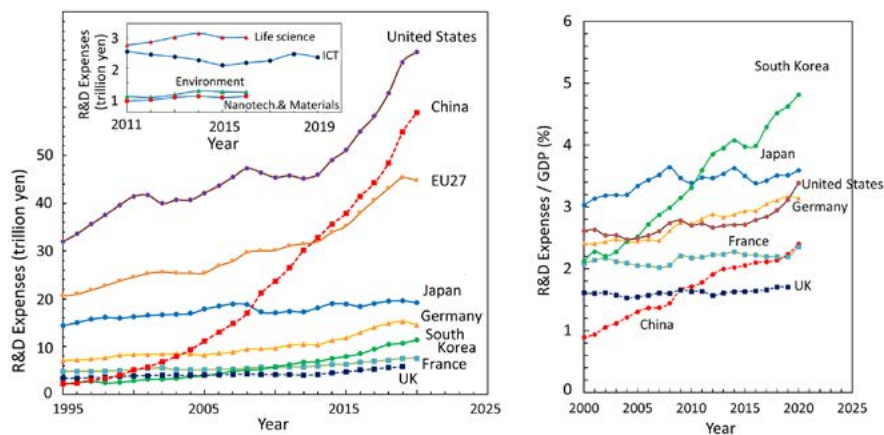


図1-2-8

(左) 主要国における研究開発費総額 (名目額) の推移。挿入図は、日本の重点推進4分野別の研究費の推移。なお、NISTEP「科学技術指標2022」および総務省「2022年科学技術研究調査」数値データをJST-CRDSが可視化したものであり、縦軸の単位は兆円 (trillion yen) である。(右) 主要国の研究開発費総額の対GDP比率の推移。ただし、縦軸の単位は%である。

図1-2-8 (左) の挿入図に、日本の重点推進4分野 (ライフサイエンス、ICT、環境、およびナノテクノロジー・材料) 別の研究費の推移を示す。なお、この挿入図は、総務省が行った「科学技術研究調査」結果をプロットして可視化したものである。「ICT分野の研究費が徐々に減るとともに、ライフサイエンス分野の研究費が徐々に増える」傾向が2011~2014年の間に見られるが、ライフサイエンス、ICT、環境およびナノテクノロジー・材料の重点推進4分野の比率は、大ざっぱに見て、2016年以降は、3:2:1.1:1の割合で重点推

- 2 文部科学省 NISTEP が企業、非営利団体・公的機関および大学等の研究費の合計を研究開発費総額として、その名目額を通貨換算したものである。
- 3 総務省が行った最新の科学技術研究調査結果によれば、2019年度の日本の科学技術研究費の総額 (企業、非営利団体・公的機関および大学等の研究費の合計) は19兆5,758億円であり、2020年度には19兆2,413億円に落ち込んだものの、2021年度には19兆7,407億円と増加して、過去最高値を示している。研究費全体に占める割合は、企業72.1%、非営利団体・公的機関8.8%、大学等19.2%であり、ほとんど割合は変化していない。

進4分野の研究開発費は推移している。

図1-2-8（右）に、主要国の研究開発費総額の対GDP比率の推移を示す。日本の研究開発費の対GDP比は2000年から2008年までは微増傾向にあったが、2008年以降は3.3%前後で推移するなど、主要国と比較して高い割合を維持し続けているものの、増加の傾向は見られない。フランスや英国も、それぞれ2.2%、1.6%前後で推移しており、日本同様の傾向を示している。一方、日本、フランス、英国以外の他の主要国の研究開発費の対GDP比は、明らかに増加傾向にあり、研究開発力強化の方向性が見られる。特に、韓国の研究開発費総額の対GDP比率の増加率は（研究開発費総額で世界1位の米国を追っている）中国以上に大きく（世界1位）、研究開発費総額の対GDP比の大きさも、2011年には日本を抜いて世界1位となっていることから、韓国が研究開発力強化の方向性を最も示していることがわかる。欧州では、ドイツが、研究開発力強化の傾向が最も強い。

図1-2-9に、コンピューター科学（CS）関連分野の全出版物（全CS論文）に着目したトップ1%およびトップ10%論文数<sup>4</sup>に関するエルゼビア社のScivalを用いた整数カウント法による文献調査結果を示す。ここで、整数カウント法とは「論文1本の生産への関与度」を計測する手法である。ただし、CS分野の特徴を鑑み、article, review, conference paper, book, book chapterを含む全ての出版物の被引用数を調査し、また、中国のデータは、中国大陸、香港およびマカオの合算値とした。図1-2-9に示す「トップ1%およびトップ10%論文1本の生産への関与度」に関して、首位を独走してきた米国は、中国の猛追を受け、ついに2019年頃には世界2位となった。そして、驚くべきことに、2019年以降急減してEU27にも抜かれた。一方、中国は、トップ1%論文数で2006年にフランスとドイツを追い抜き、2010年には英国を抜いて米国を猛追して、2019年に（急減傾向が見え始めた）米国をも抜き去り世界1位の座を獲得した。なお、トップ10%論文数では、中国は、2002年にフランス、2004年にドイツを抜いて、そして2007年に英国、2018年に米国を抜き世界1位になっており、トップ10%論文数の増加の効果はトップ1%論文数より早く表れている。欧州では、英国は着実にトップ10%およびトップ1%論文数を伸ばしていたが、2018年以降増加が止まった。一方、ドイツの伸び率は英国に比べて緩やかであり、フランスの伸び率はさらに緩やかである。韓国と日本のトップ10%およびトップ1%論文数は、微増ながらも着実に伸びている。特に、韓国は、2018年にはトップ10%およびトップ1%論文数でフランスを抜き、日本はフランスにほぼ追いついた。以上要するに、「一定の質をもった量」を示す指標であるトップ10%およびトップ1%論文数において、米国の低下は著しく、中国は大躍進を続けており、「トップ1%およびトップ10%論文1本の生産への関与度」において明確な変化が現れている。

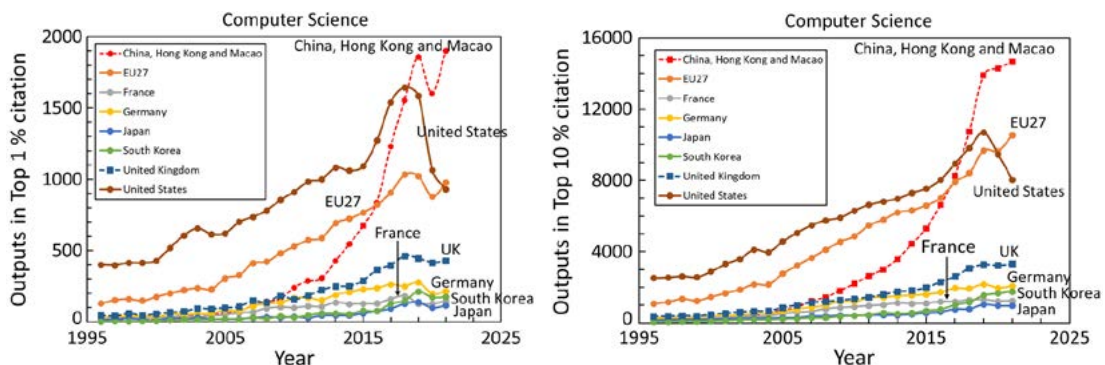


図1-2-9 主要国のトップ1%およびトップ10% CS論文数（整数カウント）の推移

4 トップX%論文とは、出版年別の被引用数が世界全体の上位X%に含まれる文献のことである。トップ10%論文数は、被引用数で上位10%に入る論文群の論文数を示すものであり「一定の質をもった量」を示す指標である。

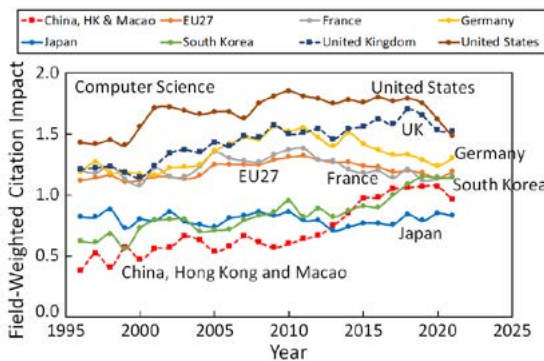


図1-2-10 主要国のCS論文のFWCI値の推移

近年、該当論文の被引用数を、同じ分野・出版年・文献タイプの文献の世界平均（基準値）で割った（いわば論文の質を示す）指標Field-Weighted Citation Impact (FWCI)<sup>5</sup>による評価も行われるようになってきた。なぜなら、論文の被引用数による評価は、数字が具体的でわかりやすく検証が容易である反面、分野・出版年・文献タイプによって平均が異なり、他の文献との相対的な位置づけがわかりにくいからである。このようなFWCIによる評価は、具体的な被引用数が見えないものの、分野・出版年・文献タイプによる違いを補正しており、他の文献との相対的な位置づけがわかる。そこで、以下では、FWCIの観点から、全CS論文における主要国の動向を探るために、主要国のFWCI値の推移グラフを図1-2-10に示す。2016年において、世界1位の米国の全CS論文のFWCI値1.8に対して、中国、韓国、日本の全CS論文のFWCI値は、0.98、0.90、0.77であった。1995年以来、韓国と中国の全CS論文のFWCI値は増加傾向にあり、2017年以降、韓国や中国の全CS論文のFWCI値は、世界の平均値1.0を超えた。また、韓国は、2018年次には中国を上回り、着実にFWCI値を伸ばして2021年には1.14となってフランスやEU27に肩を並べるようになってきた。一方、日本のFWCI値は、1995年～2010年、変動しているものの顕著な増減傾向は見られなかったが、2010年～2013年には減少傾向が見られた。しかしながら、日本は2013年以降増加傾向に転じ、欧米がFWCI値を下げる中、韓国、中国を猛追しているものの、韓国や中国ほどの勢いはない。（中国のFWCI値が急増し始める）2010年を境に、米国、ドイツ、フランスは、増加傾向から減少傾向に転じているのに対して、英国は着実にFWCI値を伸ばし米国に接近し、2018年次から減少傾向にあるものの、2021年次には米国の1.48を抜いて1.52となって世界1位に躍り出た。

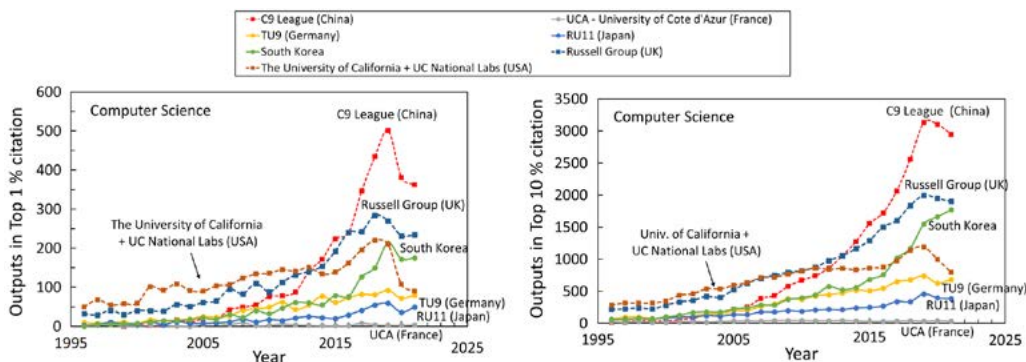


図1-2-11 主要大学グループのトップ1% およびトップ10% CS論文数（整数カウント）の推移

5 Field-Weighted Citation Impact (FWCI) の世界の平均値は1.0である。FWCIが1以上ということは、被引用数が世界平均以上ということを意味している。

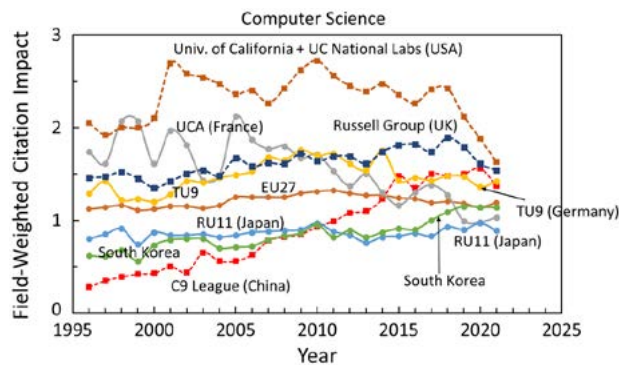


図1-2-12 主要大学グループのCS論文のFWCI値の推移

次に、主要国におけるコミュニティとして大学グループに着目し、主要大学グループのトップ論文数（整数カウント）およびFWCI値の推移から、主要大学グループの論文動向を探る。なお、主要国の主要大学グループとしては、米国からThe University of California + UC National Labsグループ、英国からRussellグループ（ケンブリッジ大学、オックスフォード大学、インペリアル・カレッジ・ロンドン等の研究型公立大学24校）、ドイツからTU9グループ（ミュンヘン工科大学等のドイツを代表する工科大学9校）、フランスからUCAグループ（フランストップ10の総合大学）、中国からC9 League（北京大学、清華大学等の中国大陸にあるトップ九校連盟）、日本からRU11グループ（北海道大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学、早稲田大学、慶應義塾大学、筑波大学、および東京工業大学の11大学）を選んで調査対象とした。韓国には、他国のような明確な大学グループが見られないので、上述の韓国データを用いるとともに、参考データとしてEU27の値も一緒に掲載している。

図1-2-11に示すように、トップ1%論文数について、米国のThe University of California + UC National Labsグループが2013年頃まで1位をキープしてきたが、2018年～2019年以降トップ1%およびトップ10%論文数において大幅な減少傾向が見られる。英国Russellグループのトップ1%およびトップ10%論文数は着実に伸びており、2015年頃に中国C9 Leagueに抜かれたものの、中国を追っている。中国C9 Leagueは2009年以降、いずれの論文数においても、驚異的に急増し、米英の主要大学グループを抜き去った。韓国と日本は、トップ1%論文数について、他の主要国に比べて、割合は少ないが、微増傾向にある。ただ、韓国のトップ10%論文数の増加傾向は顕著であり、2014以降世界2位をキープしている英国Russellグループに迫る勢いがある。

続いて、主要国の主要大学グループについても、上述したように、分野・出版年・文献タイプによる違いを補正した（いわば論文の質を示す）FWCI値の推移グラフを図1-2-12に示す。米国The University of California + UC National Labsグループは、2.5以上の高いFWCI値を示して世界1位の座を争っているものの、2018年以降急減して、ついには2.0の値を下回った。1.5程度のFWCI値から微増を続けてきた英国Russellグループは、ドイツTU9グループ、フランスUCAグループと長らく争ってきたが、2014年以降、抜き去った。ただし、やはり米国の主要大学グループ同様、2018年以降の急減傾向は見られる。フランスUCAグループは、2005年以降、顕著な減少傾向が見られるのに対して、1.3程度のFWCI値から微増を続けてきたドイツTU9グループは、2014年に英国Russellグループに抜かれてから緩やかな減少傾向にある。中国C9 Leagueは、FWCI値を着実に伸ばしており、2017年以降世界の平均値1.0を超えて、2018年以降値を下げていく英国Russellグループに迫る勢いがある。韓国も、FWCI値を着実に伸ばしており、中国同様2017年以降世界の平均値1.0を超えて、ドイツTU9グループ、フランスUCAグループと同じレベルに達している。一方、日本のRU11グループは、1995年以降微増傾向にあり、全CS論文のFWCI値はまだ1.0を超えていないものの、世界の平均値1.0に接近してきている。

次に、コンピューターサイエンス（CS）の中でも、近年最も精力的に研究が行われている人工知能（AI）

関連の研究に着目する。図1-2-13 (左) の挿入図は、AI Index 2018レポートの数値データを用いて、全科学技術分野、コンピューターサイエンス(CS)、および人工知能(AI)における学術論文の年間出版率(1996年との比較)の推移を1-2-13に再プロットしたものである。いずれの論文数も増加しているが、2010年以降AI関連論文数の増加率はCS関連論文数の増加率を凌駕しており、AI研究への関心の高さが急激に高くなったことを示唆している。それは、図1-2-13 (右) に示すようにAI関連国際会議への参加者の推移にも表れている。特に、NeurIPS\* (Conference on Neural Information Processing Systems)、CVPR (Computer Vision and Pattern Recognition)、ICML (International Conference on Machine Learning) の国際会議が、2010年以降に多くの参加者を集めており、現在のCS研究の潮流を示している。

プレプリントサーバーarXivに投稿される論文は、特にCS研究においては、査読の有無や論文受理にかかわらず、著者が先見性を主張したり自身の研究を広めるために使われる傾向がある。arXivにおけるAI論文の主なサブカテゴリ別の論文数(AI Index 2022レポート・データ)の推移(図1-2-13 (左))が示すように、arXivに関するAI論文の数は全体的にも多くのサブカテゴリでも増えている。特に、パターン認識(PR: Pattern recognition)に関するものが爆発的に増加しており、2014年以来arXivの最大のAIサブカテゴリとなっている。2番手は、機械学習(ML: Machine learning)である。この傾向は、パターン認識やコンピュータービジョン(CV: Computer vision)等の一般的なアプリケーションへの関心が高まっていることに加えて、自動運転車、言語、ロボティクスなどの他のAIアプリケーション分野での成長も示唆している。

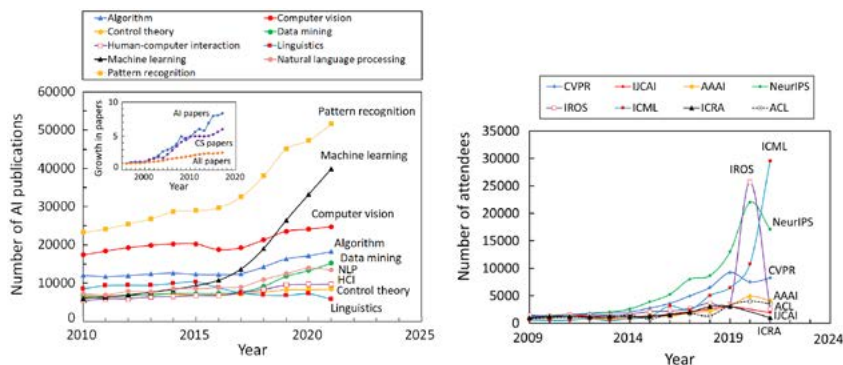


図1-2-13

(左) arXivにおけるAI論文の主なサブカテゴリ別の論文数の推移(AI Index 2022レポート・データ)なお、挿入図はAI、CSおよび全論文数の1996年比の推移を示す。(右) 大きい規模のAI会議への参加者数の推移。

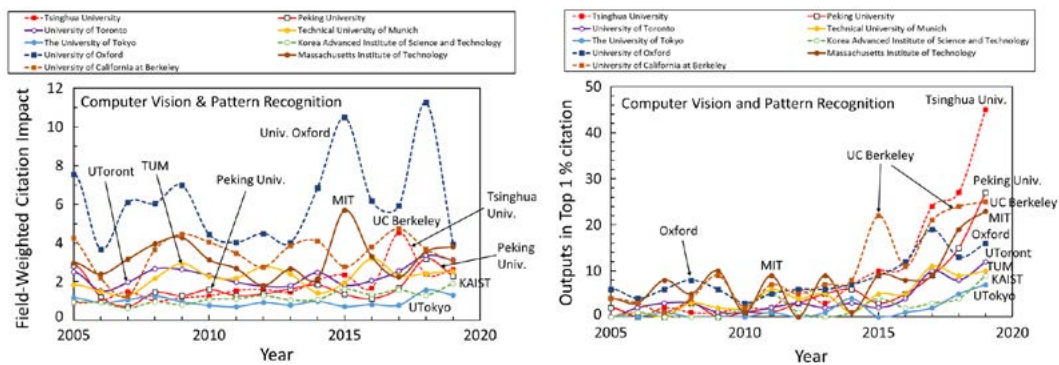


図1-2-14

各国トップレベル大学のFWCI値およびトップ1% CVPR論文数(整数カウント)の推移。ただし、参考データとしてAI系に強いカナダ・トロント大学の値も一緒に掲載している。



AI論文の中でも最も数が多いCVPR論文に着目し、各国トップレベル大学のFWCI値およびトップ1% CVPR論文数(整数カウント)の推移グラフを図1-2-14に示す。2016年以降の中国・清華大学(Tsinghua Univ.)のトップ1% CVPR論文数の増加は著しく世界1位の座をキープしている。また、2017年以降の中国・北京大学の増加も著しく、MITや(清華大学と激しくトップ争いをきた)UC Berkeleyに追いついた。オックスフォード大学も、UC Berkeley同様、2017年頃まで清華大学と激しくトップ争いをきたが、トップ1% CVPR論文数の増加は止まっている。一方、韓国KAIST、東京大学は、2015年以降、着実に数を伸ばしており、2017年以降勢いの止まったミュンヘン工科大学に追いつき始めている。該当論文の被引用数を同じ分野・出版年・文献タイプの文献の世界平均(基準値)で割った指標である(いわば論文の質を示す)FWCI値においては、図1-2-12(左)に示すように精華大学(2.64)・北京大学(2.29)の値は、(トップ1% CVPR論文数に比べて)それほど突出したものではない。むしろ、世界トップレベルのオックスフォード大学(3.94)やMIT(3.82)に比べて、中国の精華大学・北京大学はやや低い値を示しており、ミュンヘン工科大学(2.53)と同レベルにある。一方、2015年以降、韓国KAIST(1.92)は、FWCI値を着実に伸ばしており、東京大学(1.31)は追随している傾向にある。なお、上記のカッコ内の数字(FWCI値)は2019年の値(>世界平均1.0)である。

世界知的所有権機関(World Intellectual Property Organization: WIPO)によるAI関連特許に関する最新の報告書<sup>6</sup>によれば、企業別の累計出願数では日米が圧倒的に上位を占めており、米IBMが8290件で最多で、上位5社には米マイクロソフト(5930件)、東芝(5223件)、韓国サムスン電子(5102件)、NEC(4406件)が続く。出願件数トップ30のうち、12社が日本企業(東芝、NEC、富士通、日立製作所、パナソニック、キヤノン、ソニー、トヨタ自動車、NTT、三菱、リコー、シャープ)で占められている。ここで、注意しなければならないのは、このデータは、あくまでも過去からの(伝統的に強い企業の)累計出願数であり、多岐に亘る広義のAI関連特許数である。しかしながら、学術分野では圧倒的に中国の台頭が目立ち、AI関連特許の出願上位20の大学や公的研究機関のうち、17団体が中国であり、上記のトップ1%論文数の動向調査のように、今後急増することが予想される。

日本の出願数上位5分野は、車両・交通制御、言語・音声技術、AIコア技術、画像処理・通信、制御・工場系であり、日本の強みと呼ばれる分野である。例えば、トヨタ自動車は、2016年にTOYOTA RESEARCH INSTITUTEをシリコンバレーに設立して、MITやスタンフォード大学と連携したAIの研究を始めており、特許庁の2020年度特許出願技術動向調査では「自動運転」と「MaaS(Mobility as a Service)」の関連技術区分において、米中勢を抑えて首位となっている。図1-2-13に示したように、パターン認識やコンピュータービジョン関連の論文の急増は自動運転車やロボティクスなどの応用分野へのAIアプリケーション分野での成長も示唆しており、自動運転車に不可欠な画像認識などのコンピュータービジョンが最多(49%: WIPO Technology Trends 2019)であることを裏付けるものである。また、ロボット分野へのAI応用も活発で、ロボティクス関連のAI特許出願は622件(2013年)から2272件(2016年)へ、ロボットアーム制御関連のAI特許出願は193件(2013年)から698件(2016年)へ急増している。

最後に、高度AI人材について述べる。トップカンファレンスであるNeurIPS 2019(採択率21.6%)に採択された研究者を世界の高度AI人材(上位20%)と仮定した「The Global AI Talent Tracker」調査によれば、彼らの所属先として米国が59%と圧倒的に多く、中国11%、欧州10%と続く。高度AI人材の活動拠点として米国が圧倒的に多くAI研究の最先端であることは疑いようもないが、AI論文の著者名からの推測では、かなりの数の中国系AI研究者が高度AI人材に含まれていることがたやすく予想できる。量が質に転化することを鑑みれば、今後ますますAI覇権争いが激化するの間違いはない。

6 WIPO Technology Trends 2019 - Artificial Intelligence,  
[https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo\\_pub\\_1055.pdf](https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/en/wipo_pub_1055.pdf)