



目次

第5章 知識社会と情報

はじめに.....	160
5-1 知の創造と知的社会基盤.....	161
(1) 知の創造.....	161
(2) 知の多様性とオープンサイエンス.....	163
(3) 学術情報を支える知的社会基盤.....	166
5-2 知識社会と人材育成.....	168
(1) 初等中等教育における情報学教育.....	168
(2) 百寿社会におけるリカレント教育.....	170
(3) 人材と雇用のマッチングに関するイノベーション.....	172
5-3 サイバーセキュリティと安全保障.....	173
(1) 日本におけるサイバーセキュリティ.....	173
(2) サイバーフィジカル空間の安全性と信頼性.....	176
(3) サイバーセキュリティと人材育成.....	178
(4) サイバー攻撃と安全保障.....	180
5-4 プライバシーとデータ戦略.....	182
(1) プライバシー保護と一般データ保護規則.....	182
(2) データポータビリティの実現.....	184
(3) データ利活用の未来とリスク.....	185
5-5 AI、ロボットの進化の影響.....	187
(1) AI/ロボットの進化.....	187
(2) 人とAI/ロボットとの共生.....	189
(3) AI ガバナンスとリスク.....	191

## はじめに

これからの 30 年、社会はこれまで以上にデジタルデータを蓄積し、多種多様なデータから情報が生み出され、情報を関連付けたり、構造化したり、体系化して新たな知識を構築し、知識を駆使して知恵を生み出す、そんなダイナミクスが社会のあらゆるところで作り出されることになるでしょう。そのダイナミクスを生み出す基盤は情報通信技術 (Information and Communications Technology (ICT)) です。ICT の発展は近年目覚ましく、この発展は速度を増しながら新たな産業やサービスを生み出しつつあり、現時点で 30 年後の可能性は計り知れません。

新たな技術から生み出される産業やサービスは、私たちの生活を豊かにするだけでなく、社会そのものの在り方や人の知識のありようも変えていきます。スマートフォンはとても身近な例です。今ではスマートフォンは私たちの生活の中に深く位置づけられ、提供される様々なサービスは生活を豊かにし、私たちの知識の一部を構成する要素にもなっています。スマートフォンをどう操るかによって、私たち個人の知識や蓄積される情報は広がり、深まり、生活の質や豊かさにまで影響を与えているのです。

本章では、30 年後の社会を知識と情報というキーワードで、(i) 未来の知の創造とはどのようなことで、それを支える社会基盤は何か、(ii) 未来の知識社会を生きる人々に求められることは何か、そして、未来の知識社会においても必ず重要なテーマとなる(iii)セキュリティと(vi)プライバシーについて、(v)AI やロボットと人との関係、という観点から、未来の知識社会像を描いています。

未来の知識社会の実現の途上には、ICT の発展とそれを利用して創造される様々な思考を介して大きなパラダイムがダイナミックに形成されることが予想され、学術的な刺激が満載であるだけでなく、これらのダイナミズムと人と社会との新たな関係を構築する必要があります。想定される未来の知識社会像を描き、その特徴を紐解くことによって、現代の知識・情報社会の描像を明らかにし問題の解決の糸口を見出すという思考実験は、私たちが「未来からの問い」に答える一助になるのではないのでしょうか。本章が、そのような未来へ続く発展への礎として役立つことができるとすれば、望外の喜びです。

(徳田 英幸 国立研究開発法人 情報通信研究機構 理事長)

(高橋 桂子 国立研究開発法人海洋研究開発機構 経営管理審議役/横浜研究所長)

## 5-1 知の創造と知的社会基盤

### (1) 知の創造

知の創造プロセスは、新しい局面を迎えています。1990年代中頃から議論されているマイケル・ギボンズ氏のモード論[1]に代表されるように、従来のディシプリン集団をベースにしたモード1と言われる「ディシプリン型」から、より社会的課題解決と密接に連携しながら知を創造する「トランスディシプリン型」のモード2に発展しました。さらに2000年代に入り、AI/IoT(Internet of Things)/BD(Big Data)技術の進化により、さまざまなデータが収集・検索・分析できるようになり「データ集約型」が発生し、さらにAIを活用した人と機械の共創による「人・AI共創型」ともいべき新たな知的創造プロセスが生まれてきています。

「ディシプリン型」は、従来の大学などにおける学科や研究所といった専門分野ごとに形成された科学者コミュニティが、学術的な関心や規範に基づいて研究活動を推進し、ピアレビューを経て成果を発表するといった知の生産形態です。大学院の専攻、あるいは講座などが、このような知の生産と研究者の再生産を支えてきた長い歴史があります。一方、「トランスディシプリン型」は、知の生産現場が大学を中心に行われていた時代から、研究現場が企業の研究所、国の研究機関、NGO、NPOなどさまざまな組織への分散化が加速し、それらがネットワークを通じて連携し、社会的課題解決(社会的需要)や知的課題解決(知的需要)に答える形で新しい知の生産を進め、社会的なアプリケーションのコンテキストに応じて、ダイナミックに知が生産されるように発展してきました。SDGsに代表されるさまざまな社会的課題解決に関しても、トランスディシプリン型は、単一ディシプリンによる解を超えた解を得ることが可能であると期待されています。

ギボンズ氏が指摘したモード2による知の生産方式の拡大は、大学における研究が研究者を主体とした「好奇心駆動型 (curiosity-driven)」の研究が中心であった時代から、政府や企業からの研究資金を獲得し、それらの目標に沿った「戦略目標型 (mission-oriented)」の委託研究が増え、社会的な制度として定着し拡大してきていることも密接に関係しています。また、研究成果の評価プロセスにおいても、国費や企業からの研究資金によって遂行される以上、その成果に対する社会的な説明責任が発生するとともに、国費の場合には、その成果をできるだけ公開し、オープンにアクセスできるような形にすることが求められています。

2000年代に入り、IoT/BD/AIなどの情報技術の進化により、Jim Gray氏らによってデータ主導型の科学研究手法が第4のパラダイム[2]として提唱されました。これまでの科学的手法を整理すると、第1パラダイムである実験科学的手法、第2パラダイムである理論科学的手法と第3パラダイムのシミュレーションなどに基づく計算科学的手法があります。そして第4パラダイムであるデータ集約型科学的手法は、第1、第2、第3のパラダイムを統合し、実験からの1次データ、分析結果などの2次データなどを整理し、クラウドコンピューティング環境、データ検索やデータマイニング技術を駆使し、これらを統合化して新しい知を生産する手法です。実験やシミュレーションによって収集・生成されたビッグデータを活用し、問題発見・解決を行う新しい知的創造プロセスが活発に社会実装されています。特に、ビッグデータを利用した深層学習の応用事例は数多く報告されており、機械がさまざまなデータを学習することによって「見る、聞く、話す、読解する」といった能力を人間と同等、あるいは場合によってはそれ以上の能力を発揮できる状況になってきています。

例えば、材料科学とAIの融合によるマテリアルズ・インフォマティクスの分野において、物質材料研究機構は、物理や化学、製造プロセスのデータをAIに学習させ、さまざまな要素を含めた予測が

実現し、新しい断熱材料の開発に成功しています[3]。また、スタンフォード大学が作った AI 読取りテスト用データセット「SQuAD」で、2018 年 1 月に人間よりも優秀なスコアを記録しています[4]。多言語音声翻訳に関しては、情報通信研究機構が開発したシステム VoiceTra では、31 言語間の翻訳がかなりの高水準で可能で、スマートフォン用アプリケーションとして幅広く利用されています。さらに、8言語と限定的ですが、話し始めの約 1.5 秒の音声から話者がどの言語で話しているかをリアルタイムに 90%以上の識別率で識別でき、外国人とのコミュニケーション能力向上に貢献しています[5]。

今後も学術的には、あらゆる学問領域での AI 活用が進み、AI と人との協働による「人・AI 共創型」の新しい知の創出プロセスが創造されていくものと想定されます。その中で、AI を活用するシステムにおいては、AI 技術そのものの信頼性や安全性を担保する必要があります。AI システムが、誤認識した際にもその理由が出力できるような説明可能性などの能力も必要です。また、利用する人間側からも、利用プロセスの透明性やシステムに提供した学習データの公平性などを信頼されうるものとして担保しなければなりません。また、知的財産権、著作権、個人情報保護法など社会的なルールのさらなる見直しが重要な課題です。

(徳田 英幸 国立研究開発法人 情報通信研究機構 理事長)

(高橋 桂子 国立研究開発法人海洋研究開発機構 経営管理審議役/横浜研究所長)

(喜連川 優 情報・システム研究機構国立情報学研究所所長、東京大学生産技術研究所教授)

#### 【参考文献】

- [1] マイケル・ギボンズ (原著), 小林 信一 (訳), 現代社会と知の創造—モード論とは何か (丸善ライブラリー新書), 1997.
- [2] Tony Hey, “The Fourth Paradigm: Data-intensive Scientific Discovery”, 2009
- [3] <https://www.nims.go.jp/publicity/digital/movie/mov1809120.html> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)
- [4] <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-01-15/alibaba-s-ai-outgunned-humans-in-key-stanford-reading-test> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)
- [5] <https://www.nict.go.jp/press/2018/10/18-1.html> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)

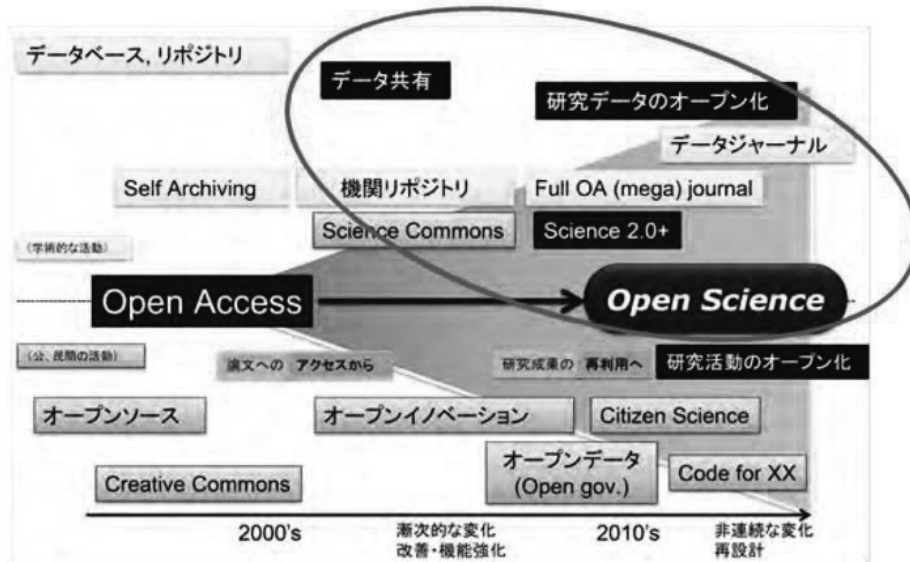
## (2) 知の多様性とオープンサイエンス

日本学術会議では、長年にわたって学術の総合的発展の中での科学技術の推進およびイノベーション政策において「基礎研究」とのバランスを確保しつつ推進することを提言[1]しています。さらに、次の第6期科学技術基本計画にむけての提言[2]においては、予測困難な変化に迅速かつ適切に対応するためには、幅広い分野における多様な学術研究、とりわけ短期的視野にとらわれない基礎研究の重要性を指摘しています。さらに、学術の多様性・総合性に関しては、分野により、地域により、さらに研究者個人により、多種多様な関心や考え方があるのが学術の特徴であり、目前の課題を意識するあまり、研究の内容を画一的な方向性に誘導することは学術の優れた部分を失わせます。また、蓄積された多様な学術基盤があつてはじめて、直近の課題解決も効果的に進めることができると指摘しています。現代社会が解決を求める様々な課題に学術が貢献するためには、自然科学と人文・社会科学とが連携し、総合的な知の基盤を形成することも不可欠であると提言しています。

第6期科学技術基本計画に向けて、現行の科学技術基本法から「人文科学のみに係るものを除く」という規定を除くことが決定されたことは、AI や生命科学が進展し、社会的課題を解決していく上においては、学術の多様性や総合性が認識された結果といえます。これからの科学技術の発展とともに、AI などがあらゆる分野で利用されることになれば、人と機械が共生していく上での総合的な視点からの社会的枠組みのリデザインが喫緊の課題であり、学術の多様性、総合性がまさに必要となっています。

このような社会的背景とともに、学術の基盤を支えるプラットフォームへの期待は大きくなってきているにも関わらず、世界的なレベルで学術基盤を構築していく動きは、社会のデジタル化よりも非常に遅いペースで進んでいると言わざるを得ません。日本学術会議では、国際科学会議(ICSU)が2008年10月にWorld Data Systemを創設した際に、各国がさまざまな分野における科学データを保管し、活用をすすめられるようなデータシステムの構築をめざした国際プログラムオフィスを日本に誘致し、情報通信研究機構に設置しました。国際プログラムオフィスでは、データリポジトリの信頼性の国際認証などをもとに、メタデータや識別子を使ったグローバルな研究データ基盤の新しいビジョン作成などが行われてきましたが、2013年のG8科学大臣会合をきっかけに、学術のより幅広い分野でのオープン化が重要であるという「オープンサイエンスの概念」が急速に広まりました[3]。

オープンサイエンスの流れは、図5-1に示されるように、誰でも研究データにアクセスできるオープンアクセスや、研究データを公開するオープンデータという概念を包括する大きな概念となって世界各国でその流れが加速しています。これは主に、公的資金を用いて生成された研究成果(論文や研究データ等)を専門家間にとどめず、研究成果の利用を一般に広く普及させ、知の創出に新たな道を開くとともに、効果的に科学技術研究を推進することでイノベーションの創出につなげようとする新たなサイエンスの進め方を意味しています。



出典:内閣府、「我が国におけるオープンサイエンス推進のあり方について」  
 (https://www8.cao.go.jp/cstp/sonota/openscience/150330\_openscience\_summary.pdf (最終閲覧日 2020年6月1日))

図 5-1 オープンサイエンスの検討課題

我が国では、内閣府における「国際的動向を踏まえたオープンサイエンスに関する検討会」[4]が2014年から開催され、継続的に議論されていますが、日本学術会議では、2016年7月に「オープンイノベーションに資するオープンサイエンスのあり方に関する提言」を发出了しました[5]。本提言において、(1)研究分野を超えた研究データの管理およびオープン化を可能とする研究データ基盤の整備、(2)研究コミュニティでのデータ戦略の確立、(3)データ生産者およびデータ流通者のキャリア設計の重要性を示唆しています。さらに、2020年5月に「オープンサイエンスの深化と推進に向けて」を发出了しました[6]。これからの科学の作法をも変えうるオープンサイエンスにおいて、研究データ共有の促進と共有のためのプラットフォームの重要性を再確認するとともに、(1)データが中心的役割を果たす時代のルール作り、(2)データプラットフォームの構築・普及、(3)第1次試料・資料の永久保存の必要性などを提言しています。また、研究コミュニティでのデータ戦略に関しては、内閣府で継続して議論が行われ、2020年度末までに国立研究開発法人においてデータポリシーを策定することが決まるとともに、「国立研究開発法人におけるデータポリシー策定のためのガイドライン」[7]が策定され、データ活用が新しいステージに移行します。

オープンサイエンスは、これまでの科学者コミュニティを中心に共有されてきた論文や研究データがより広く、産業界、一般国民など、あらゆるユーザがデジタル形式で広く利用できることを促進します。公共性の高い国や地方自治体のオープンデータと同様に、様々な科学技術分野におけるデータのオープン化とその活用が進み、社会全体のイノベーションシステムの確立も加速します。さらに、学術的には、研究分野を横断した、新しいデータ集約型科学の発展や、デジタルデータ基盤

を利用し、AIとの協働による「人・AI 共創型」の新しい知の創出プロセスも加速されていくことと期待されます。

(徳田 英幸 国立研究開発法人 情報通信研究機構 理事長)

(高橋 桂子 国立研究開発法人海洋研究開発機構 経営管理審議役/横浜研究所長)

(喜連川 優 情報・システム研究機構国立情報学研究所所長、東京大学生産技術研究所教授)

#### 【参考文献】

- [1] 日本学術会議、“日本の展望—学術からの提言 2010”、2010
- [2] 日本学術会議、“第 6 期科学技術基本計画にむけての提言”，2019
- [3] 内閣府、“我が国におけるオープンサイエンス推進のあり方について”，2015 年 3 月  
([https://www8.cao.go.jp/cstp/sonota/openscience/150330\\_openscience\\_summary.pdf](https://www8.cao.go.jp/cstp/sonota/openscience/150330_openscience_summary.pdf) (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日))
- [4] 内閣府、国際的動向を踏まえたオープンサイエンスに関する検討会、  
<https://www.cao.go.jp/cstp/sonota/openscience/index.html> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)
- [5] 日本学術会議、“オープンイノベーションに資するオープンサイエンスのあり方に関する提言”、2016.
- [6] 日本学術会議、“オープンサイエンスの深化と推進に向けて”、2020.
- [7] <https://www8.cao.go.jp/cstp/stsonota/datapolicy/datapolicy.html> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)

### (3) 学術情報を支える知的社会基盤

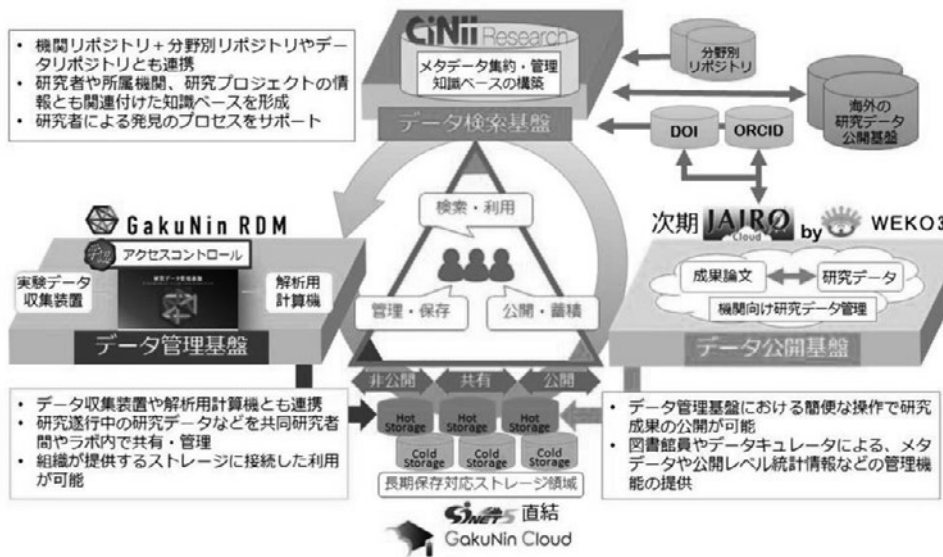
知識集約型社会(知識社会)について、総論において、「これまでのように資源や物ではなく、知識を共有し集約することで様々な社会的課題を解決し、新たな価値が生み出される「知識集約型社会」が到来します」と述べられています。一方、知識の中には、従来からのテキスト、図表、数式などで表現されている「形式知」に加えて、身体知や暗黙知などさまざまなタイプの知識が存在します。また、個人レベルの知識や組織レベルの知識もあれば、IoT によって収集されたデータやデジタルデータ基盤を利用し、ビッグデータ解析や AI によって導出された知識も存在します。

我々の社会では、長い間多くの形式知のアーカイブが論文や本という形にする印刷技術によって永続性が担保されてきましたが、これからの知識社会における学術の持続的発展や社会のイノベーションを加速していく上では、これら形式知だけでなく、身体知や暗黙知なども含めてすべてのデジタル化が重要です。また、学会などの論文誌や学会誌などによって継続されてきた学術的成果は、多くの研究データや論文をデジタル化するだけでなく、オープンなアクセスをどのように保証するかも重要です。持続的に学術の発展の基盤となる新しい知的なデジタルインフラ整備をどう進めていくかが喫緊な課題です[1]。

Society5.0 時代における知のインフラ整備は、次の3つの原則、すなわち1)信頼性とアクセスの保証、2)デジタル化による永続性の保証、3)相互運用性の保証が重要です。1つ目の信頼性とアクセスの保証に関しては、国際的にも認証されたデジタル基盤環境を提供し、オープン、制限付オープン、クローズ、シークレットといった様々なアクセス制御機能が分野あるいは研究フェーズにおける状況に応じて提供できることが大切です。2つ目のデジタル化による永続性の保証では、これまでのデジタル技術で利用されている記憶メディア、例えば、磁気テープ、フロッピーディスク、コンパクトディスク、ハードディスクなどのデジタルメディアは、紙と同等レベルの永続性が担保できておらず、従来のデジタルメディアに加えて、さらなる永続性を保証したデジタルメディアが必要になります。3つ目の相互運用性に関しては、個人、組織、国レベルで収集、蓄積されたさまざまなデータや知識を管理する知のインフラシステムの相互運用性が担保されていなければなりません。例えば、現在、IT 戦略本部で計画されている農業分野、健康・医療・福祉分野、湾岸分野におけるデータ連携基盤がありますが、個々の分野に閉じることなく、他分野の連携基盤との相互運用性が保証されることにより、新たなサービスや新しい価値の創出が容易となることが期待されています。

我が国のデジタル学術基盤の開発に関しては、世界的なオープンサイエンスの流れを受けて国立情報学研究所(NII)に2017年にオープンサイエンス基盤研究センター(RCOS)[2]が設置され、デジタル基盤の構築・運用が始まっています。図5-2に、現在提供されているデジタル基盤のサービスの概要を示します。研究データ、論文や関連の資料を検索・利用するためのデータ検索基盤、管理・保存するためのデータ管理基盤、公開・蓄積するためのデータ公開基盤から構成されています。





出典:RCOS によるサービス概要

(<https://rcos.nii.ac.jp/service/> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日))

図 5-2 NII サイエンス基盤研究センターによるサービス

デジタル学術基盤のもたらす社会的インパクトは大きく、これまでの研究者が行なってきた研究活動の研究ライフサイクルがデジタル化、オープン化かつ効率化されます。また、研究の国際発信力強化、学術雑誌購読料の高騰への対策、研究公正の観点からも求められる研究データの長期保存などが可能となり、オープンサイエンスの流れを加速していくことに大きく貢献しています。特に、学術雑誌の大手出版社による寡占化や購読料の高騰化への対抗措置としての学術論文のオープン化の流れは、従来の読者から費用を回収する従来型モデルから、著者が費用を負担する新しいモデルへの移行を必要としています。一方で、質の悪い、俗にいうハゲタカジャーナルも発生しており、学術の持続的発展や質が担保されるデジタル学術基盤の確立と多くの学術分野での利用が重要な課題です。

(徳田 英幸 国立研究開発法人 情報通信研究機構 理事長)

(高橋 桂子 国立研究開発法人海洋研究開発機構地球情報基盤センター センター長)

(喜連川 優 情報・システム研究機構国立情報学研究所所長、東京大学生産技術研究所教授)

#### 【参考文献】

[1] 日本学術会議、“オープンイノベーションに資するオープンサイエンスのあり方に関する提言”、2016.

[2] <https://rcos.nii.ac.jp> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)

## 5-2 知識社会と人材育成

### (1) 初等中等教育における情報学教育

現代社会に必須である情報利活用人材を育成する上で、一貫した情報学の教育が非常に重要であり、初等中等教育からの情報学教育の実施は国際的な潮流です。現代の情報社会では、市民の一人一人が情報通信技術(ICT)に関する知識を背景として、情報社会の制度や情報倫理に関する見識に加えて、データに基づいて議論をする姿勢、そして情報を批判的に取捨選択し読み解く力(情報社会における批判的思考力)を有していなければいけません。したがって、すべての個人にとって、早期からの情報学教育は必須であると考えられます。また、すべての学術や産業は情報を取り扱い、利活用するといつて過言でなく、諸科学や産業の発展、さらに Society 5.0 以降の社会構築のためにも、情報学教育は重大な課題です。

そのため、初等中等教育においては、その後の高等教育につながる情報学教育の枠組みのなかで、情報処理の一般的なスキルを取得するとともに、情報社会の推進や情報通信技術につながる情報の知識や理解を身につけることが望まれます。2018 年度に告示された学習指導要領では、小学校教育から、プログラミング等の情報に係わる教育が、既存の教科および総合的学習の時間において行われることを定めています。

初等中等教育における情報学教育では、プログラミングの体験、情報の整理や作成、データの理解や扱いなどの情報処理のスキルと共に、情報とコンピュータの仕組みの基礎、情報コミュニケーションや情報メディア、情報社会における情報の倫理と活用法などの理解が重要な項目です。

情報とコンピュータの仕組みの理解とプログラミングでは、課題を論理的に組み立てて、コンピュータで処理して解決する成功体験が重要であり、これは情報学に対する理解と関心を与えるとともに、論理的な思考能力の育成につながります。

情報の整理や作成やデータの取り扱いにおいては、国語の読み取りや要約による言語情報の整理や作成の学習が基盤的な訓練になり、数式・論理・図表などの理解では算数の学習が基盤となっています。また観察や実験の計画やまとめ、統計を平易に表現するグラフや表などの作成や、そこに内在する情報の読み取りにおいては、理科や地理などの教科と関連します。このように、他教科での教育と連携しながら、コンピュータによる大規模データ処理につながる教育を行います。

インターネットやスマートフォンなどの身近なメディアによるコミュニケーションや、コンピュータゲームや画像・映像ソフトなどのアプリケーションがどのような仕組みであるかを理解することは、情報科学技術への理解と関心を与えると共に、情報セキュリティやプライバシー保護などを含めた情報活用のリスクの理解に必要です。

これらの教育は、現代社会においてすべての市民に必要とされる、情報機器を賢く用いた行動選択やコミュニケーション能力の習得のための基盤であり、さらに AI やビッグデータを用いたデータアナリシスなどの、近い将来汎用的に必要となるより高度な情報スキルの土台となります。

このように、初等中等教育を基盤にして、大学における一般教養教育や情報科学・技術者の専門教育に有機的につなげる情報学教育を設計し、実施することを目指しています。その指針として、学術会議では情報教育の参照基準[1]を作成しています。参照基準には狭義の情報工学的知識にとどまらず、人文・社会科学系の知識・素養も重要な要素として盛り込まれています。それに基づいて、大学等で新たな情報学教育組織がつけられ、カリキュラム改革が進められつつあります。このような一貫した体系的な教育により、情報スキルを持った職業人になるための国際水準の学識と技

術を、すべての国民に与えるとともに、情報社会を推進する優れたアイデアを有する人材の育成が期待されます。

(徳山 豪 関西学院大学理工学部 教授)

**【参考文献】**

- [1] 日本学術会議情報学委員会、報告「大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準 情報学分野」、2016.

## (2) 百寿社会におけるリカレント教育

リカレント教育は「学校教育」を生涯にわたり継続的に行うものです。百寿社会におけるリカレント教育について、内閣府人生 100 年構想会議が発表した基本構想[1]は一般的なものです。本節では、「知識社会と情報」という観点から、百寿社会におけるリカレント教育について再考します。

### ■ コミュニケーションのためのリカレント教育

コミュニケーションには、スマートフォンやインターネットなどの情報通信技術 (ICT) は欠かせないものとなっています[2]。30 代や 40 代では約 85% がスマートフォンを使用していますが、70 代でも約 20% がスマートフォン、約 30% が PC にてインターネットを利用しており、12 歳以下の子供の利用とほとんど変わりません。このように子供から高齢者までが利用していることにより、豪雨災害時の被災者同士のコミュニケーションにスマートフォンが重要であること、持続可能な開発目標 (SDGs) でも、これらの情報メディアが貢献できること等が多く指摘されています。

一方、ICT を使いこなせない情報弱者にとっては、避難に必須の情報収集ができなくなるなど生命に関わる恐れがあります。さらに、自治体は人手不足で ICT に代わる情報伝達を行えないという課題もあります。情報弱者に対して、情報メディアを使えるようにするリカレント教育が必要です。

ヘビーユーザでは、スマートフォンの使い過ぎによる体調不良、SNS 利用中のトラブルなども発生しています。またおれおれ詐欺、自画撮り要求、バカッターなどの種々の犯罪行為も発生しており、子供から高齢者まで、自らが被害者・加害者にならないように、ELSI (Ethical, Legal and Social Issues) の恒常的なリカレント教育が必要です。

### ■ 経済活動のためのリカレント教育

過去 10 年間で日本におけるデータ流通量は 10 倍になっていることが示すように、経済活動には人、モノ、金だけでなく、データも必須不可欠のものとなっています。製造業ではウェブカメラやセンサなどの IoT (Internet of Things) により製造プロセスなどの多様で大量のデータを収集し、AI などで解析し、生産効率改善などを行っています。医療やヘルスケアにおいても患者のゲノム情報やカルテデータや日常活動のデータ収集と解析により、がんなどの疾病の早期発見、生活習慣病の予防などを進めています。金融においても FinTech や暗号資産などデジタル化が進んでいます。つまりデータと ICT なしでは、経済活動も立ちいかなくなっており、企業でもデータガバナンスが重要になってきています。

スイスのビジネススクール IMD の世界競争力センター (IMD World Competitiveness Center) 2019 年版「世界競争力ランキング (World Competitiveness Ranking)[3] では、63 か国中、日本は市場の変化に対する企業の順応性は 63 位 (2014 年 42 位)、マネジャーの起業家精神は 63 位 (55 位)、国際基準で効率的な大企業は 61 位 (44 位)、労働力の生産性は 54 位 (22 位)、オープンな国の文化は 61 位 (52 位)、シニアマネジャー国際経験は 63 位、ビッグデータとデータ分析の活用は 63 位で、急激な社会経済の変化に最新の ICT が活用されていない状況です。このような経済活動の ICT 化に常に追従できるようなデータ収集・分析・ガバナンスなどのリカレント教育が必須です。

さらに、54 位という低い生産性から脱するためにも、時間の使い方の可視化などにより精神論ではない働き方改革を行うなど、経営者や政策立案者などに対しても、データに基づく効率的な種々の政策や施策、意思決定に関するリカレント教育が求められています。

(土井 美和子 国立研究開発法人情報通信研究機構監事、奈良先端科学技術大学院大学理事、東北大学理事)

#### 【参考文献】

- [1] 人生 100 年時代構想会議、「人づくり革命基本構想」、2018.6.  
<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/jinsei100nen/pdf/torimatome.pdf> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)
- [2] 情報通信白書令和元年版 PDF 版  
<http://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/pdf/01honpen.pdf> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)
- [3] IMD World Competitiveness ranking 2019,  
<https://www.imd.org/contentassets/6b85960f0d1b42a0a07ba59c49e828fb/one-year-change-vertical.pdf> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)

### (3) 人材と雇用のマッチングに関するイノベーション

これからの企業は新しい社会のニーズに適応するために、多様な人材をどこからでもタイムリーに確保する必要があります。もし仕事を新しい業種にシフトするには、現労働者だけでなく、他企業やベンチャー企業と協業する、個人事業主と直接契約するなどの場合が増えています。不足する仕事をどの企業とシェアすべきか、または個人事業主の中でスキルの高い人材をどのように見つけてくるかという人材と雇用のマッチング技術が重要になります。このマッチングには、日進月歩で変化情報通信技術、AIやロボットを活用するとともに、金融・経済の変革、労働法制(定年制度や就労機会など)の変革、百寿社会を幸福に生きるための社会的コンセンサス作りなど社会制度設計の変革も十分に考慮する必要があります。

次に、働く人一人ひとりの視点から見た場合の人材と雇用のマッチングに関するイノベーションを考えてみます。現在は会社に通勤するだけでなく、テレワークやシェアオフィス、電車や飛行機などの移動環境などでPCやスマホを使って、仕事をこなすことが一般的になっています。しかしながら、自分自身の働く環境の時間・空間的な制約や認知・記憶能力の制約、身体的な制約などのために、雇用機会を確保できない潜在的労働者もいます。今後、分身ロボットやアバターと呼ばれる自分自身の分身と、それらの遠隔操作の操作性が飛躍的に向上することによって、これらの人材と雇用が見事にマッチングすることができるようになり、ネットワークを介して新たな雇用環境を創出する可能性が高くなります。新しい道具を使うことによって生まれる、新しい学び環境も生まれます。たとえば、子育てで会社の育休期間の上司が、遠隔操作のロボットを介して会社の生産性向上に貢献しながら、社員に助言することも可能になります。身体や精神的な障害のある方もこれらの技術を利用することによって、新たな雇用機会を生むことができます。

一方、このテレワーク環境は長時間労働をかえって助長するような負の側面があることもわかっています。会社側が、労働生産性を向上するには、社員の健康リテラシー(健康や医療の正しい情報入手し、理解・活用できる個人の能力)を上げる「健康経営」を併せて推進する必要があります。常勤労働者の中で、パーソナルコンピュータやスマートフォンの普及によって、テレプレッシャー(メールやSNSに返信しなければならないという衝動や脅迫観念)やプレゼンティーイズム(出勤しているが、腰痛や首の痛み、うつ病などの症状がでて、仕事の生産性が落ちてくる状態)の状態に陥っている人も少なくありません。会社も勤務時間外のメールやSNSのやり取りは禁止するという「つながらない権利」なども推進して、この問題を解消する制度設計も重要になります。我が国も経産省が「健康経営」を推奨していますが、フランスではこの「つながらない権利」を定めた法律が施行されています。

百寿社会では、全世代型の人材活用を実行できるイノベーションも必要となります。現在20代から50代の人材で、40代の人材の実質賃金だけが他の世代に比べて上昇が止まっていることが大きな問題になっています。仕事は同じ業種でも、この格差を解消するための制度的課題も解決する必要があります。定年を65歳から70歳に引き上げる政府の制度的見直しや、そもそも「働けるうちはいつまでも」という原則からすれば、労働者がいつでもどこでも能力を拡張・統合して働ける環境づくりに、AI、ロボット、VR(仮想現実感)、AR(拡張現実感)の技術革新は重要な鍵を握っています。

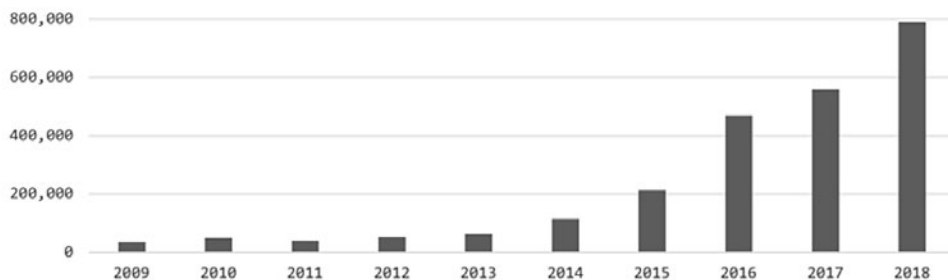
(萩田 紀博 大阪芸術大学 アートサイエンス学科学科長/教授)

### 5-3 サイバーセキュリティと安全保障

#### (1) 日本におけるサイバーセキュリティ

Society5.0 時代における我々の生活空間は、あらゆるモノがインターネットに接続され、サイバー空間と実空間が融合したサイバーフィジカル空間へと拡大し、AI、IoT、ビッグデータ、5G ネットワークといった革新的情報通信技術によって新しい価値の創出を促進し、経済社会の活力向上および持続的発展に貢献できると期待されています。

その一方でサイバー空間から発生するサイバー攻撃は、その被害規模の拡大や社会的影響が年々拡大し、脅威のさらなる深刻化が進んでいます。情報通信研究機構の 2018 年度の観測レポート[1]によると、未使用 IP アドレス約 30 万個の集合で定義されるダークネット内において、2018 年に観測されたサイバー攻撃関連通信は、合計 2,121 億パケットに上り、1 つの IP アドレス当たり約 79 万パケットが 1 年間に届いた計算となります(図 5-3)。2015 年から 2017 年の 3 年間で1つの未使用 IP アドレスに対する年間総観測パケット数は 541 億から 2,121 億へと約 3.9 倍にも増加しています。

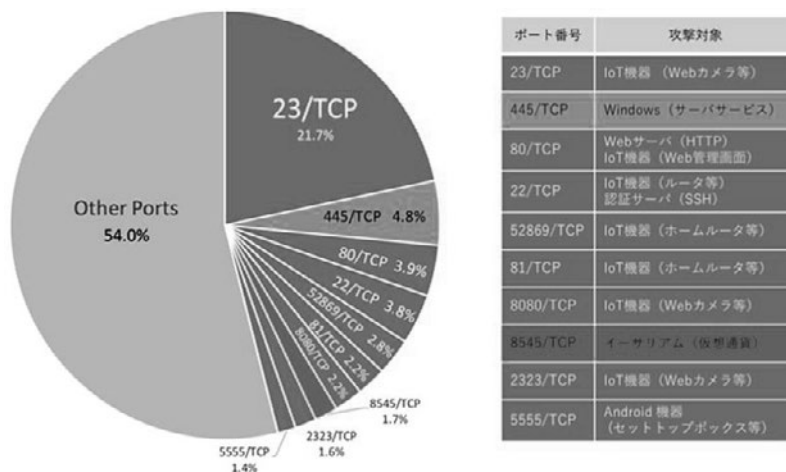


出典：国立研究開発法人情報通信研究機構「NICTER 観測レポート 2018 の公開」(<https://www.nict.go.jp/press/2019/02/06-1.html> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日))

図 5-3 ダークネット観測網における IP アドレス当たりの年間総観測パケット数(過去 10 年間)

また、サイバー攻撃の攻撃対象も、従来のインターネット上のサーバを対象とした攻撃から、Mirai に代表されるマルウェアなどは、インターネット上のネットワークカメラ、IoT ゲートウェイ、家庭内オンライン IoT デバイス、ポケットルータなどの IoT 機器へと進化しています。IoT 機器への攻撃は、2015 年からの 2 年間で約 5.7 倍にも増加し、2017 年度には観測された全パケットの約 54%にも

達しました。2018 年度には、おおよそ 46%に収まってきていますが、IoT 機器への攻撃は継続して行われています。



出典：国立研究開発法人情報通信研究機構「NICTER 観測レポート 2018 の公開」  
(<https://www.nict.go.jp/press/2019/02/06-1.html> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日))

図 5-4 ダークネット観測網に宛先ポート番号別パケット数分布 (2018 年)

セキュリティ研究者たちによって、新たなコネクテッドデバイスやサービスなどに関する脆弱性[2]も発見され、報告されています。コネクテッドカーへの攻撃や病院内で利用されている無線輸液ポンプなどへの脆弱性[3]が検証され、攻撃の種類によっては、人命にも被害が及びかねない状況となっています。

2030 年代におけるサイバーセキュリティに関して、いくつかの根本的な課題が解決されなければなりません。1つ目は、IoT 機器、コネクテッドサービスなどの情報システムやサービスを企画、設計、運用、保守、破棄するまでの全体のライフサイクルを通じて、第一ステップからセキュリティを考慮するといった“Security by Design”を実践するという課題です。2つ目は、サイバーセキュリティ分野における“非対称性”問題です。非対称とは、サイバー攻撃を仕掛ける攻撃側のコストが、守る側のコストより圧倒的に少ないことを指します。攻撃者側の人数が圧倒的に多くかつ、ネットワークを介した情報共有も効率よく行われているのに対して、守備側を支援する人数は少なく、かつ連携の仕組みが十分に確立されていない点です。3つ目は、サイバーセキュリティの人材不足問題です。公的機関、民間企業などで働いているセキュリティ人材は圧倒的に不足しており、経済産業省のレポート[4]によれば、2016 年時点でセキュリティ人材が 13.2 万人不足と推計され、2020 年には、不足数が 19.3 万人に増加すると予想されています。セキュリティ研究者の育成に関しても社会的ニーズが拡大していることから、大学から輩出される国際的に活躍できるトップレベルの研究者の養成は喫緊の課題です。

(徳田 英幸 国立研究開発法人 情報通信研究機構 理事長)



#### 【参考文献】

- [1] [https://www.nict.go.jp/cyber/report/NICTER\\_report\\_2018.pdf](https://www.nict.go.jp/cyber/report/NICTER_report_2018.pdf) (最終閲覧日 2020年6月1日)
- [2] [https://www.soumu.go.jp/main\\_content/000428393.pdf](https://www.soumu.go.jp/main_content/000428393.pdf) (最終閲覧日 2020年6月1日)
- [3] <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1800-8.pdf> (最終閲覧日 2020年6月1日)
- [4] 経済産業省「IT人材の最新動向と将来推計に関する調査結果」(2016年6月)

## (2) サイバーフィジカル空間の安全性と信頼性

サイバーセキュリティの攻撃対象は、ICT の進歩とともに大きく進化しています。Society 5.0 時代におけるサイバー攻撃は、サイバー空間上の攻撃によりフィジカル空間上の制御されている電力システムや交通システムといった重要インフラへ多大な影響を与えることが可能となってきています。重要インフラに対する攻撃の事例は、2010 年 6 月に発見されたスタックスネットと呼ばれる Windows に対するマルウェアで、スタンドアロンのコンピュータシステムにも USB ストレージ経由で感染し、イランの核施設で使用されている制御システムを標的にした点が衝撃的でした。イランのエスファハーン州ナタンズに所在する核燃料施設のウラン濃縮用遠心分離機を標的として、スタックスネットを使ったサイバー攻撃が実施されたとの報告があります[1]。

さらに、AI、IoT といった ICT の進化により、あらゆるモノやサービスがインターネットに接続された環境では、接続されたさまざまなサービスチェーンのもっとも弱い部分から侵入し、接続されている他のサービスを攻撃するといった手法が増加しています。ビジネスパートナーや委託先を含めたサプライチェーン上の情報システムの脆弱性を悪用した攻撃がサプライチェーン攻撃[2]と言われ、セキュリティ対策が重要となっています。IoT 機器の事例では、病院の情報システムに侵入し、患者の医療情報を改ざんし、接続されている無線輸液ポンプを制御可能とする脆弱性が指摘されています[3]。コネクテッドカーの事例では、米国クライスラー社のコネクテッドカーシステムの Uconnect の脆弱性をネットワーク経由で悪用し、エンターテインメントシステムのチップセットのファームウェアを改ざんし、エアコン、ワイパー、ブレーキ、変速、ステアリングに干渉し、自動車の情報が常時取得可能となることを実証しました[4]。さらに、最近では、自動運転車に搭載されている道路標識を認識するソフトウェアモジュールに対して、敵対的機械学習を使った計算により算出した情報をもとに道路標識自体にテープなどでマーキングすることで、誤認識を誘発させるといったデータ攻撃の可能性も指摘されています[5]。

上記のような、従来のインターネット経由でのサイバー攻撃だけでなく、スタンドアロンの制御システムへの攻撃やフィジカル空間でのデータ攻撃に対してもシステムの堅牢性が担保されなければその安全性は保証されない状況です。サイバー空間とフィジカル空間が融合した空間での安全性と信頼性の保証が重要な課題です。

(徳田 英幸 国立研究開発法人 情報通信研究機構 理事長)

### 【参考文献】

- [1] <https://ja.wikipedia.org/wiki/スタックスネット> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)
- [2] IPA サイバーセキュリティ経営ガイドライン Ver. 2.0 (2019 年 3 月)
- [3] <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1800-8.pdf> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)
- [4] <http://www.wired.com/2015/07/hackers-remotely-kill-jeep-highway/> (最終閲覧日 2020

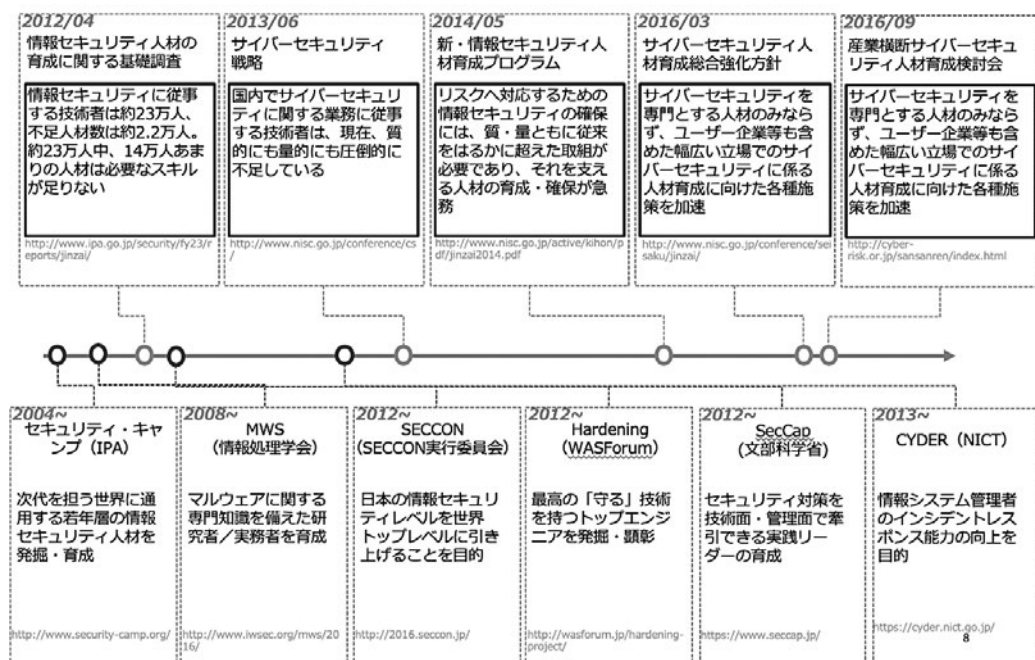
年 6 月 1 日)

- [5] K. Eykholt et al., “Robust Physical-World Attacks on Deep Learning Models”, Proc. of CVPR2018, 2018.

### (3) サイバーセキュリティと人材育成

我が国におけるサイバーセキュリティ人材の育成に関する議論は、高度な人材を育成すべき大学における教育プログラムの拡充と産業界側からの要請とが呼応する形で、文部科学省を中心に2006年から先導的 IT スペシャリスト育成推進プログラムが開始され、2007年から大学院修士課程レベルのセキュリティ人材育成を目的として ISS Square と IT Keys の2拠点が設置されました。これらの背景には、IT の普及に伴うリスクが変化・拡大し、個々の企業や個人の経営・生活に支障を来すだけでなく、経済活動全体の停滞や、国民全体の生命・財産そのものにかかわるリスクをもたらしかねない状況という共通の認識があったといえます。

その後は、図 5-5 に示しますように、内閣サイバーセキュリティセンター(NISC)を中心に定期的に発信される我が国のサイバーセキュリティ戦略に産学官が協力する形で、様々なレベルの人材育成プログラムが実施されています。大学レベルにおけるセキュリティ教育は、修士レベルから開始され、現在では、学部レベル、さらに高等専門学校レベルでの情報セキュリティ教育プログラムへと展開され、産学官協働による需要(企業側)と供給(教育機関)の好循環(サイバーセキュリティエコシステム)の形成をめざして実施されています。



出典:衛藤将史, ”求められる人材像とその育成に向けて”, 情報通信研究機構, 2018

図 5-5 国内のセキュリティ人材育成プロジェクト

現在、文部科学省では、令和2年度から全ての小学校でプログラミング教育を実践する方針であり、初中等教育レベルでの IT リテラシー向上が期待できます。また、高等学校レベルでは、共通必修科目「情報 I」を新設し、全ての生徒がプログラミング、ネットワーク(情報セキュリティを含む)

やデータベースの基礎等について学ぶように改定が進んでいます。日本学術会議情報学委員会では、これらに合わせて、「情報教育課程の設計指針 ― 初等教育から高等教育まで」という報告[1]を準備し、初等中等教育、および高等教育における共通教育ならびに専門基礎教育までの各段階について、情報学の中から何を学ぶことが望まれるかを整理し、カリキュラム改定へ向けた設計指針を提示しています。

総務省では、情報通信研究機構を中心に、東京オリンピック・パラリンピック開催にむけて、国家公務員や地方公務員など行政機関や民間企業等の組織内のセキュリティ運用者(情報システム担当者等)を対象に CYDER というセキュリティ演習プログラムを年間 3,000 人の規模で実施しています。また、東京オリンピック・パラリンピック組織委員会関係者を対象としたサイバーコロッセオといったより高度な教育プログラムや 25 歳以下を対象に 1 年間かけてセキュリティイノベータをトレーニングする SecHack365 といったプログラムが実施されています。経済産業省では、IPA(情報処理推進機構)の産業サイバーセキュリティセンターを中心にセキュリティの観点から企業などの経営層と現場担当者を繋ぐ人材(中核人材)を対象とした「中核人材育成プログラム」を実施しています。

このように産官学の連携により、様々なレベルでのセキュリティ人材が育成されつつありますが、需要と供給のバランスが重要であるとともに、我が国全体でのサイバーセキュリティエコシステムの確立が望まれます。さらに、安全保障の観点からも我が国で開発されたさまざまなセキュリティ検知・解析ツールや防御システムが必須であり、我が国のセキュリティ産業の発展とも密接に関連した喫緊の課題です。

(徳田 英幸 国立研究開発法人 情報通信研究機構 理事長)

#### 【参考文献】

- [1] 日本学術会議、報告「情報教育課程の設計指針 ― 初等教育から高等教育まで」(TBA), 2020.

#### (4) サイバー攻撃と安全保障

日本を取り巻く国家間の対立や経済紛争が激化してきており、国外からのサイバー攻撃の増加の一因とも考えられます。公的機関や民間企業などの組織に対するサイバー攻撃の脅威のトップ10がIPAによって、図5-6のように報告されています[1]。

1	標的型攻撃による被害
2	ビジネスメール詐欺による被害
3	ランサムウェアによる被害
4	サプライチェーンの弱点を悪用した攻撃の高まり
5	内部不正による情報漏えい
6	サービス妨害攻撃によるサービスの停止
7	インターネットサービスからの個人情報の窃取
8	IoT機器の脆弱性の顕在化
9	脆弱性対策情報の公開に伴う悪用増加
10	不注意による情報漏えい

出典：独立行政法人情報処理推進機構「情報セキュリティ10大脅威 2019」

(<https://www.ipa.go.jp/security/vuln/10threats2019.html> (最終閲覧日 2020年6月1日))

図5-6 組織に対する10大セキュリティ脅威 2019

標的型攻撃は、メールなどによって受信者のPCをウイルスに感染させ、組織内部に潜入し、組織の機密情報などを窃取する攻撃です。そして、不正な添付ファイルや不正なウェブサイトへのリンクをクリックさせることによりウイルスに感染させることなどを仕掛けます。ランサムウェアは、ウイルス感染させて業務に必要なファイルを暗号化したり、画面をロックさせ、解除と引き換えに金銭を要求するタイプであり、OSの脆弱性をついたり、ウェブサイト経由で感染させる手法などが使われています。

一方、オリンピックやパラリンピックなどの国家的なイベントにおいて、その国の威信をおとしめる目的で多く使われる攻撃の1つがサービス妨害攻撃(DoS(Denial of Service)攻撃)で、情報通信研究機構の2018年度の観測レポート[2]によると、DRDoS攻撃(Distributed Reflection DoS Attack)の攻撃対象国について報告があります。図5-7に示すように、全攻撃件数の約1/3がアメリカのIPアドレス宛の攻撃で、2番目の中国、3番目の香港を合計すると全攻撃の1/2以上を占めるとともに、上位5カ国で全攻撃の約2/3を占めており、攻撃を受けている国・地域には偏りがあります。日本は被攻撃件数としては17番目(0.9%)に多くの攻撃を受けており、2018年度は、2017年度よりも多くの攻撃件数が観測されています。

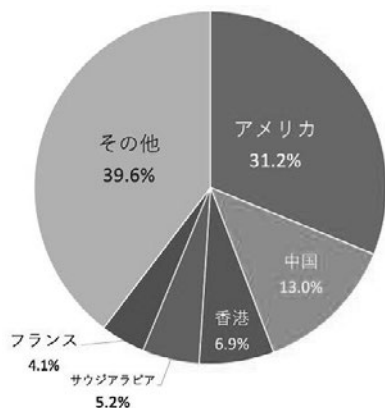


図 5-7 国・地域別の被攻撃件数（出典 [2]）

2021 年に開催が延期された東京オリンピック・パラリンピックにむけては、世界的な規模で開会式などにむけての攻撃が想定されています。2012 年のロンドンオリンピックでは、開会式当日、オリンピックパークの電源システムへの DoS 攻撃が 40 分間継続し、閉会を迎える瞬間は、秒間 30 万パケットの分散 DoS(DDoS)攻撃も発生しました。2016 年のリオデジャネイロでは、大会公式サイト等へピーク時に 540Gbps もの DDoS 攻撃が発生し、大規模な攻撃は 223 回のインシデントが発生したと報告されています。今後は、IoT 機器の普及、スマートフォンやタブレットなどの機器の高性能化に伴い、さまざまな機器が踏み台にされてサイバー攻撃に加担し、異次元な分散 DoS 攻撃も可能となるので、サイバー空間のクリーン化とともに、ユーザによる IoT 機器に対するセキュリティ管理が重要な課題です。

一方、隣接する国々との安全保障上の緊張関係は、我が国に対するサイバー攻撃とも密接に関係しています。例えば、北方領土、尖閣諸島、竹島の帰属に関する緊張は、ロシア、中国、韓国がそれぞれの思惑で行動する可能性を秘めており、サイバー空間上の潜在的な大きな脅威として認識する必要があります。さらに、2017 年の米国トランプ大統領就任以来、民族・文化・価値観などの多様性に開かれた米国から保護主義的な傾向が強い米国へのシフトが起こり、米中間の貿易戦争や 5G 先端技術の覇権争いが激化しており、同様の潜在的な脅威として認識する必要があります。さらに、世界各地で発生しているテロの発生件数も増加傾向にあり、サイバー空間上でのサイバーテロへの対応も重要な対策の1つとなっています。また、ランサムウェアなどによる脅迫やデバイスの遠隔操作、仮想通貨の振込みなどへつなげる攻撃なども世界的規模で起きており、世界規模の多発性サイバーテロへの防御体制の確立が喫緊の課題です。

（徳田 英幸 国立研究開発法人 情報通信研究機構 理事長）

#### 【参考文献】

- [1] <https://www.ipa.go.jp/security/vuln/10threats2019.html>（最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日）  
 [2] [https://www.nict.go.jp/cyber/report/NICTER\\_report\\_2018.pdf](https://www.nict.go.jp/cyber/report/NICTER_report_2018.pdf)（最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日）

## 5-4 プライバシーとデータ戦略

### (1) プライバシー保護と一般データ保護規則

日本政府が提唱する未来社会のコンセプトである Society 5.0(超スマート社会)では、人工知能(AI)、IoT(Internet of Things)、ビッグデータ処理技術やサイバーセキュリティ技術を用いて、社会の実空間(フィジカル空間)から様々な情報をセンシングし、それらを情報空間(サイバー空間)で蓄積・分析し、その結果をフィジカル空間に返して、人やモノの行動変容を誘導する Cyber Physical System (CPS)の考えに基づき、さまざまな産業や社会生活におけるイノベーションの創出を目指しています。一方で、米国の GAF A や中国の BAT などの IT 巨大企業に多くのデータが寡占され、独占的に利活用されているという懸念も高まっています。個人のデータは個人の意思で管理できるようにし、寡占されているようなデータを他の管理者にも容易に移動できるようにして、利活用の可能性を拡大できるような仕組み作りが世界的に進んできています。政府は 2019 年 1 月スイス・ジュネーブで開催された世界経済フォーラム年次総会(ダボス会議)で、「信頼性のある自由なデータ流通」(Data Free Flow with Trust (DFFT))を提唱し、「自由で開かれたデータ流通」と「データの安全・安心」の実現を訴えています。

パーソナル・ヘルス・レコード(PHR)、エレクトリック・ヘルス・レコード(EHR)に代表されるような医療・健康・介護分野のビッグデータを活用することで、健康寿命の延伸や未病改善、疾病の早期発見、生活習慣病の改善などに資する様々なイノベーションが創出できる可能性があります。風力発電や太陽光発電など自然エネルギーを活用した電力管理など次世代送電網の管理にはスマートメータから得られる電気利用データが必須です。銀行口座情報やクレジットカード決済情報、小売店舗での購買データなどは、小売業界の AI 活用(Retail Tech)や顧客管理、決済の電子化などに重要な役割を果たします。産業分野のビッグデータも様々なところで活用されています。車両のプロブデータは渋滞緩和や災害支援などに利用可能であり、カメラ画像情報は都市街区の安全性確保や工場の自動化、自動運転、スマート農業(E-Agriculture)の推進、AR/VRの活用などに役立つと考えられます。

これらのデータの利活用に共通して言えることは、単一のデータには産業や社会生活のイノベーションを創出する力が無くても、数万～数百万のデータが集まれば、統計的な分析結果や AI 技術の利活用により、産業や社会生活に役立つ様々なサービスを創出できる可能性があることです。一方で、パーソナル・ヘルス・レコード(PHR)に代表される医療・健康・介護分野のデータ、さらには究極の個人情報と言われるゲノムデータなどは、多くの人がプライバシー保護に敏感になるデータです。近年、ユビキタスコンピューティング分野で様々なセンシング技術が創出され、スマートフォンの使用履歴から個人の行動や睡眠状況、健康状態、訪問先などの移動履歴情報、交友関係など、様々なプライバシー情報が推定できるようになってきました。多くの人々がスマートフォンや SNS サービスなどを利用するようになり、スマートフォンの OS を提供する企業や SNS・クラウドサービスを提供する企業に多数のデータが寡占され、その独占的なデータの使用が社会的に様々な問題を引き起こすようになってきました。さらに、車両のプロブデータや街角のカメラ情報を活用することで、特定の個人の移動履歴を推定したり、監視したりすることも技術的に可能になるなど、技術の進展により、プライバシー保護の対象となるデータも拡大してきています。

民主主義社会において、どのように個人の自由やプライバシーを保護するかが社会的にも大きな問題になってきています。偽情報流布を始めとするディスインフォなど、民主主義を揺るがすよう



な選挙介入の手法まで生み出されています。産業や社会生活に役立つビッグデータを利用する上で、それを提供する人々の自由やプライバシーをどう保護するのか、どのように信頼性を担保するのか、そのための社会的な仕組み作りが多く国々で議論されています。世界各国の個人情報保護法制の中でも、特にヨーロッパでは、EU 一般データ保護規則 (General Data Protection Regulation (GDPR))[1]が 2016 年 4 月に採択され、2 年間の移行期間の後、2018 年 5 月より欧州経済領域 (EEA:EU 加盟 28 カ国+アイスランド、リヒテンシュタイン、ノルウェー)で全面施行されています。英国では、「midata」[2]の取り組みが 2011 年から始まり、民間企業が保有する個人データを個人がリアルタイムに利用しやすい形式で提供を受けられるようになりました。米国では、2010 年にオバマ大統領がデータポータビリティ拡大を目指した「MyData イニシアティブ」[3]を発表し、2019 年にはカリフォルニア州で企業に厳格なプライバシー保護を義務付ける新たな州法が成立するなど、プライバシー保護の強化が進んでいます。日本においても、2015 年に個人情報保護法が改正され、個人情報の中に個人識別符号が含まれていることを明記するとともに、個人情報の中でも人種や病歴などを要配慮個人情報と規定し、一段と厳しい取り扱いを義務付けてきています。

(東野 輝夫 大阪大学大学院情報科学研究科教授)

#### 【参考文献】

- [1] GDPR, [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L\\_.2016.119.01.0001.01.ENG&toc=OJ:L:2016:119:TOC](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv:OJ.L_.2016.119.01.0001.01.ENG&toc=OJ:L:2016:119:TOC) (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)
- [2] midata, <https://www.gov.uk/government/publications/midata-2012-review-and-consultation> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)
- [3] MyData, <https://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/03/15/my-data-empowering-all-americans-personal-data-access> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)

## (2) データポータビリティの実現

EU 一般データ保護規則(GDPR)は、「EU 基本権憲章」という EU 法体系の根幹をなす法律において保障されている「個人データの保護に対する権利」という基本的人権の保護を目的とした法律であり、その目的は、市民と居住者が自分の個人データを自身でコントロールする権利を取り戻すこと、および、欧州連合域内の規則を統合することで国際的なビジネスのための規制環境を簡潔にすること、と規定されています。GDPR には、透明性などの原則のもとで、データ主体(個人)の権利が列挙されていることが特徴です。すなわち、自らの情報に関して、知らされる権利、アクセスする権利、訂正してもらう権利、消去してもらう権利(忘れられる権利)、処理を制限する権利、データポータビリティの権利、異議を申し立てる権利、自動意思決定とプロファイリングに服さない権利、が定められています。そのほか、「データ保護バイデザイン」という概念が導入されました。これは、カナダのオンタリオ州のプライバシーコミッショナーであったカブキアン博士が提唱した「プライバシー・バイ・デザイン」に由来する概念で、後付けでなく初期設定でデータ保護を実施することが求められています。また、データ保護影響評価(DPIA)を、権利や自由に対して高いリスクをもたらさう場合に、事前に実施することが義務付けられました。法律に違反した場合の高額な制裁金を科していることも特徴です。

これらの中でも、データの利活用に強く関連するのがデータポータビリティ権です。近年、スマートフォンや SNS の利用が進み、個人に関するデータが特定の事業者に集中し、事業者と消費者の力関係が非対称になり、消費者が特定のサービスにロックインされてしまう弊害が指摘されてきたことから、個人に関するデータを自らがコントロールできるようにすべきだという考え方が広まってきました。GDPR におけるデータポータビリティ権は、管理者に提供した個人データを受け取る権利と、ある管理者から別の管理者へ個人データを送信する権利からなります。削除してもらう権利(忘れられる権利)も含めて、個人データのコントローラビリティを高める措置であるといえます。

このような自らのデータのオーナーシップを前提としたデータ利活用方法として、日本では、データポータビリティ権は制度化されていないものの、情報(信託)銀行、パーソナルデータストア(PDS)、データ取引市場などが提案されており、特に情報銀行については、総務省と経済産業省が合同で情報信託機能の認定スキームについて検討し、指針が公表されています。これに基づき、「一般社団法人 日本 IT 団体連盟」の情報銀行推進委員会が認定制度を開始しています。同様な試みは、イギリスでも「データトラスト」として、オープンデータ研究所(ODI)がパイロットプロジェクトを実施しています。

(東野 輝夫 大阪大学大学院情報科学研究科教授)

### (3) データ利活用の未来とリスク

今後、さらにデータの利活用、とりわけパーソナルデータの利活用を進めていくためには、データの取得から二次利用、廃棄まで含めた、いわばデータのライフサイクルにおいて、検討すべき事項が数多く残されています。

無体物である「データ」は民法上、所有権の対象ではありません。すなわち、知的財産権等が認められない限り、誰もデータの使用・収益・処分をできる権限を独占できるわけではなく、データにアクセスできる人は誰でも自由に使えます。ただし、個人情報が含まれる場合は、対象となる個人の何らかの意味での同意が必要であります。そのため、データの利用権限は契約によって定めなければならない、データ契約のあり方を確立する必要があります。

パーソナルデータの取得にあたっては、オンラインにおいてもオフラインにおいても、通知と同意(notice and consent)モデルが利用されています。データの第三者提供を行うためには、要配慮情報の場合はオプトイン、それ以外の個人情報の場合は少なくともオプトアウトの機会を提供することが必須です。そのため、パーソナルデータを含む二次利用を促進するためには、二次利用のリスクがあるたびに同意を求める「ダイナミックコンセント」の仕組みを確立する必要があります。

他方、オンライン上の利用規約やプライバシーポリシーなどがほとんど読まれないで同意ボタンが押されている、あるいは、きちんと読もうとすると膨大な時間がかかってしまうという現実から、たびたび「通知と同意モデル」はすでに破綻しているという指摘もなされています。「通知と同意モデル」に代わりうるような、人々が納得できる適切な通知と同意の仕組み作りも急務です。

データは無償あるいは有償で取引がなされます。その中でもパーソナルデータを有償で「取引」することの是非に関する倫理学、経済学、法学、人類学等からの議論が必要です。欧州では、個人データの保護を基本的な人権とみなし、それらは取引できないもの(non-negotiable)とされ、パーソナルデータの取引には否定的であると考えられます。これに対して、米国では、パーソナルデータが有償で取引されているという現実を出発点とし、むしろ、消費者保護の観点から、消費者が自らのパーソナルデータの経済的価値を知る権利(right to know)があるという主張がなされています。パーソナルデータを含むデータの取引を行ううえで、その理論的基礎付けを行っておくことが急務です。

わが国では、欧州のデータ保護影響評価(DPIA)に相当するプライバシー影響評価(PIA)や、データ保護バイデザインに相当するプライバシー・バイ・デザインが制度化されていません。リスクの高そうなシステムやプロジェクトに適用することから開始し、プライバシーリスクの程度を評価する手法を開発し、ガイドラインやマニュアルを整備していく必要があります。

上記のような社会状況において、現実の社会で上記のようなリスクを回避したデータの利活用を推進する取り組みが重要です。多くの人々にとって十分に納得できるような「通知と同意」の事例を作り、データの利活用を行おうとする者がその事例を参考に、自らのデータの利活用時の「通知と同意」の仕組みを構築し、多くの人々が納得できる(喜んでデータ提供を行ってもらえる)事例を増やしていくことで、社会的にデータの利活用を推進していくことが「信頼性のある自由なデータ流通」を実現する上で重要となります。また、特定の企業や組織が優越的な立場でデータを専有し、それらの企業や組織が保持するデータやサービスを利用せざるを得ないような状況を改善し、真の意味でのデータポータビリティを実現できるような社会的な仕組み作りも重要です。

なお、収集データは単一的なクラウド上で運営管理される訳ではなく、複数の異なる機関で別々に収集・管理されることが一般的です。それら分散管理されたデータをブロックチェーンなどの仕組みを用いて、安全・安心な形でデータを共有・利活用できる仕組み作りや、複数の機関が持つデータを暗号化や秘匿演算を用いて、互いにデータの内容を公開することなく両者のデータを用いた様々な演算や統計処理ができる技術開発も重要です。

少子高齢化や人口減で多くの問題を抱える地方自治体にとって、独居老人の見守りや安全な都市空間の確保、自治体の保持データの高度利用や IC 技術を活用した行政事務の効率化など、地域住民が持つ様々なデータや行政データを利活用することで、行政の効率化や住民サービスの向上を図ることが可能になると考えられています。パイロットプロジェクトを実施して、同様の問題を抱える地方自治体で共有できるようなデータの利活用の仕組みを普及させていくことも重要です。

(東野 輝夫 大阪大学大学院情報科学研究科教授)

## 5-5 AI、ロボットの進化の影響

### (1) AI/ロボットの進化

AI とロボットの分野では、深層学習(ディープラーニング)によってブレイクスルーが生まれ、音声認識、画像認識、言語理解の性能が飛躍的に向上しています。あらゆる種類のデータを入力して高精度に学習できるため、AI とロボットは、産業応用、科学技術、交通、物流、金融、災害対策・予防、気象予測、宇宙産業、農水業、医療・介護などに幅広い分野に適用されつつあります。その進化の鍵を握る主な技術として、コンピュータの高性能化・小型化、電池の長寿命化、無線通信の高速化等が挙げられます。

コンピュータの高性能化・小型化は、Moore の法則に基づいて、シリコンチップによる計算速度の高速化とサイズの縮小化に限界がでてきたという意見がある一方で、それに代わる単原子記憶計算チップのように新しい発想と研究によって、Moore の法則かそれ以上の性能をめざす研究の動きもあります[1]。2029 年には、AI の高性能化が進み、人間並みの知性を持ち、チューリングテストをクリアし、2033 年～2044 年の間には、血球サイズのスーパーコンピュータが出現するというカーツワイル氏の予測[2]も、これらの技術開発の進展に依存しています。電池の長寿命化では、2020 年代の実用化を目指して、充電するたびに自己修復する電極や全固体電池の実用化によって、発火の心配がなく、電池交換が不要な電気自動運転車、災害対策ロボット、宇宙ロボットの実現が期待されています。無線通信の高速化では、5G 通信を凌駕する低遅延、大容量通信が可能で、先読みによって遅延を感じさせない通信技術が実現すれば、労働環境が一変する可能性があります。たとえば、通勤せずに、家に居ながらにして、工場のアバターを遠隔操作することによって、生産性を向上する新たな労働環境が実現できる可能性があります。子育て支援や高齢者の就労に関わる社会問題を解決するブレイクスルーになる可能性もあります。

以上のような新技術の開発のためにはまだまだ多くの技術的・科学的課題を解決していかなければなりません。さらに、開発された技術を社会に実装し、幸せな人類社会を構築していくためには、倫理的・法的・社会的・経済的(ELSE)課題も考慮する必要があります。ここで重要なのは、新技術が現れてしまったから事後的に、ELSE 課題を考慮して新技術を規制するのではなく、そもそも新技術の開発段階から、人文・社会系の研究者も開発研究に参画し、設計段階から ELSE 課題の解決を新技術に反映していく、プロアクティブなアプローチをとることです。実際、多くの研究開発がこうした手法を取り入れつつあります。一方、異種で多数の AI/ロボットシステムがクラウド上で複数結合して生まれる大規模システム(System of Systems)をどのように運用していくかも今後の重要な研究課題になります。ナノレベルから社会レベルまで、並列処理、分散処理、マルチプロトコルによる通信制御など新しいシステム・アーキテクチャ概念を提案していく必要があります。

(萩田 紀博 大阪芸術大学 アートサイエンス学科学科長/教授)

(土井 美和子 国立研究開発法人情報通信研究機構監事、奈良先端科学技術大学院大学理事、東北大学理事)

### 【参考文献】

[1] 国立研究開発法人科学技術振興機構研究開発戦略センター、「研究開発の俯瞰報告書 シ

STEM・情報科学技術分野(2019年)「CRDS-FY2018-FR-02、2018年

- [2] <https://www.kurzweilai.net/futurism-ray-kurzweil-claims-singularity-will-happen-by-2045> (最終閲覧日 2020年6月1日)

## (2) 人とAI/ロボットとの共生

現在、ロボットは、幅広い分野で実用化が進んでいます。人とAI/ロボットとの共生という視点から自律走行車、ソフトロボティクスの例を紹介します。

まず、自律走行車の開発ではGPS(Global Positioning System)やレーダー、カメラといったセンサの小型化や精度向上により、自動運転は、人(運転手)と車(システム)が担う運転動作の比率や技術到達度、走行可能エリアの制限などによって、次のようにレベル0からレベル5の6段階に分類されています。レベル0～2は人間ドライバーが主体ですが、レベル3～5はシステムが主体になります。現在の自律走行車の多くはレベル1あるいは2であり、レベル3が中心で、最近になり、レベル4(特定の場所でシステムが全てを操作)の自動運転試験走行も始まっています。2030年に販売される新車のうち約15%がレベル4以上の自動運転車という予測[1]もありますが、人を主体にするかAI/ロボットのシステム側を主体にするかにおいて、制度的課題を考慮して段階的に技術課題をクリアしていくことが重要になります。

次に、これまでのロボットは硬い身体をイメージしますが、人とロボットの共生を実現するためには、柔らかい素材で効率良く力をだせるソフトロボティクスの研究が重要になります。ソフトロボティクスでは、生物の細胞や組織のような弾性や流動性を持つ柔軟材料に特有の機械的・電氣的・化学的性質を積極的に利用します。ロボットがすべき計算の一部を材料にアウトソーシングする斬新な考えや自己修復機能なども考えられています。ソフトロボティクスのアクチュエータ技術は、これまで主に物体把持や移動に焦点が当てられてきましたが、介護現場などで人に優しくインタラクションするための研究が今後重要になってきます。

このように、AI/ロボットは、人に類似した能力(対話能力や介入方法)だけでなく人を超える能力(顔認識、自動解析処理)も持っています。我々も脳の記憶だけに頼らずにスマートフォンやパソコンを自分の第2の脳として利用することが当たり前になっています。ロボットやAIが益々進歩することによって、AI/ロボットが人間の視聴覚だけでなく、触覚・嗅覚・味覚などのセンサ能力を超えていくと、スマートフォンに頼る我々の生活様式と同様に、AI/ロボットに頼る生活様式・文化が生まれてくる可能性があります。人とAI/ロボットとの共生は、個々人が不足している能力を補完するという意味で多様な利用形態が生まれていきます。しかしながら、AI/ロボットはネットワーク環境と接続されていますから、商業施設の監視カメラのように、人々の意に沿わないデータ収集・利用や人々への余計な介入、それらの履歴データをネット上で情報共有すること等も技術的には可能になってしまいます。この履歴データが倫理的・法的・社会的・経済的(ELSE)課題という意味で今後とも大きな社会問題を起こす可能性を秘めています。これを防ぐために、人とAI/ロボットの間には共生的(symbiotic)な関係だけでなく、社会とバランスのとれた調和的(harmonious)な関係を築くことに注意を払う必要があります。人間自身もAI/ロボット技術が進化することによって、身体との違和感が少ないサイボーグ化や、あたかもその場で自分の手で操作しているかのように感じられるアバターによる遠隔操作が当たり前になります。たとえば、1人で100台以上のアバターやロボットを操作することが可能なAI/ロボットが生まれると、食糧確保のための農業や工場での労働力確保と生産性向上が図れ、緊急性を要する災害対策だけでなく未然に防ぐ予防対策を含めて安心・安全な社会基盤を構築できるようになります。

次に、人とAI/ロボットと共生する社会が進化することで、ネットワーク上に集約された人とAI/ロボットとの膨大なインタラクションデータや知識(集合知性)を利用して、個人・集団レベルで複数の

選択肢の中から一つを選択する「意思決定」と、意見が分かれた場合の「合意形成」が必要となります[2]。パターン認識を中心としてきた機械学習から一歩進んで、意思決定や合意形成のためのAIが重要になってきます。フェイクニュースが社会問題化しつつある複雑社会において、合意形成の過程では、多様な価値観が混在し、個人・集団が主体性や納得感を持って意思決定できるような支援技術が求められます。

(萩田 紀博 大阪芸術大学 アートサイエンス学科学科長/教授)

(土井 美和子 国立研究開発法人情報通信研究機構 監事、奈良先端科学技術大学院大学 理事、東北大学 理事)

#### 【参考文献】

- [1] <https://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/content/001330176.pdf> (最終閲覧日 2020年6月1日)
- [2] 国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター、「複雑社会における意思決定・合意形成を支える情報科学技術」CRDS-FY2017-SP-03、2018年



### (3) AI ガバナンスとリスク

人と AI/ロボットとの共生で述べた倫理的・法的・社会的課題を解決するために、国からは、次のような指針がでています。内閣府の「人間中心の AI 社会原則検討会議」が 2019 年 3 月 29 日に発表した「人間中心の AI 社会原則」では、少子高齢化、人手不足、過疎化、財政支出増大等、成熟型社会の直面する社会課題に最初に直面する国として、AI はこれらの問題の解を導き、SDGs (Sustainable Development Goals) で掲げられている目標を達成し、持続可能な世界の構築するための鍵となる技術と考えられています。その中で、「AI も社会に多大なる便益をもたらす一方で、その社会への影響力が大きいがゆえに、適切な開発と社会実装が求められます。AI を有効に活用して社会に便益もたらしつつ、ネガティブな側面を事前に回避又は低減するためには、我々は AI に関わる技術自体の研究開発を進めると共に、人、社会システム、産業構造、イノベーションシステム、ガバナンス等、あらゆる面で社会をリデザインし、AI を有効かつ安全に利用できる社会を構築すること、すなわち「AI-Ready な社会」への変革を推進する必要がある」と述べられています。

AI-Ready な社会への変革を推進するには、技術的課題だけでなく制度的課題も同時に考えた社会のリデザインが不可欠になります。そのリデザインは予想外に多方面にわたり、しかも根底的なものになると思われます。たとえば、仕事を通じた自己実現、消費と所有を通じた自己表現といった従来の価値観は大きな変革が必要となるでしょう。AI に倫理的・道徳的判断をさせることの是非、AI の倫理的判断に人間が従うべきか否か、AI/ロボットが事故や犯罪を犯したときの責任のありかなどについて、根本的な見直しが必要になるでしょう。もしかしたら、「責任」概念を核として構築されてきた、私たちの倫理・法システムを根底からリデザインする必要が生じるかもしれません。したがって、AI-Ready な社会への変革のための作業には、人文・社会系研究者も全面的に参画する必要があります。この点も踏まえて、基本理念として、(1) 人間の尊厳が尊重される社会(Dignity)、(2) 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)、(3) 持続性ある社会(Sustainability)を挙げ、AI がこれらの理念を前提に、社会が AI を受け入れ、適正に利用するために、留意すべき基本原則(7 原則)[1]に基づく研究開発が求められます。

(萩田 紀博 大阪芸術大学 アートサイエンス学科学科長/教授)

(土井 美和子 国立研究開発法人情報通信研究機構監事、奈良先端科学技術大学院大学理事、東北大学理事)

#### 【参考文献】

- [1] 人間中心の AI 社会原則、平成31年3月29日統合イノベーション戦略推進会議決定、  
<https://www8.cao.go.jp/cstp/aigensoku.pdf> (最終閲覧日 2020 年 6 月 1 日)

