

# 情報科学技術に関する推進方策

## － Society 5.0 時代の情報科学技術の進め方に関する論点と考え方 －

### 位置付け

本稿は、情報科学技術委員会において、委員等から各専門分野に沿った話題提供を頂き、それを元に議論を行った結果をとりまとめたものである。情報科学技術分野のカバーする範囲がかなり広がる中で時間的制約もあり、分野全体を広く俯瞰したグランドデザインを描くことは志向せず、話題提供いただく委員等の専門分野及びその周辺分野を切り口として議論を行った。

議論の過程においては、本分野における我が国有識者の意見として、【別紙】のような貴重な知見が多く含まれることから、文部科学省において今後の情報科学技術分野の施策（戦略目標、予算事業等）等を考える際の参考として用いる予定である。

### 1. 基本的な考え方

人類社会は大きな転換期を迎えている。社会は大量生産による効率最大化を目指す社会から、個々の人間のニーズに応え満足度や幸福度の最大化を目指す社会に転換しつつある。このような中で、2016年に開始した第5期科学技術基本計画において、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会として「Society 5.0」という視点が打ち出された。

このような社会の変化に対応し科学技術においても、実世界を支配する原理に基づき理論を構築しその応用を考える原理駆動型の研究とともに、サイバー世界をも含む複雑な現実世界のデータから価値を創造しようとするデータ駆動型の研究、さらにそれらの融合が重要になっている。このような激変する時代において、情報科学技術の果たすべき役割はとてつもなく大きく広範であり、従来のような「より速く、より大容量に」という漸進的技術志向の研究開発から視野を広げ、人間中心の社会の実現を目指したより高度な立場から社会的な価値を創造する研究開発の戦略を策定しなければならない。

Society 5.0を構成する基盤技術の多くもその発想自体は数十年前に遡るものも多く見られる。したがって、研究開発の戦略を策定する際には、現在の流行の後追いに終始するようなことはせず、社会の変革を主導し、30年後に花が開く骨太な研究開発を推進していくべきである。

### 2. 基本的な3つの視点

上記背景の下における、Society 5.0時代の情報科学技術の進め方を考えるにあたって重要な基本的視点として、以下の3点が重要である。

#### ・社会の変革

Society 5.0時代の一要素としてのAIやロボットを社会に浸透させるためには、社会の受容が非常に重要なポイントであり、将来の社会変化を見通した新しい施策が求められている。そのためには社会科学等とも連携し、社会実装されたシステムが及ぼす影響等の研究も必要になる。

日本は、技術シーズから社会的インパクトのあるビジネスモデルを作るところが弱いと言われており、バックキャストで現実の問題に対応していくような研究の進め方も重要である。

【キーワード】 Fair AI、AIと社会利益（社会的影響）、機械学習の解釈可能性、シミュレーションとデータ駆動型のアプローチの融合、AIによるデータの品質管理、記号処理のシステムとディープラーニングの統合、デジタルトランスフォーメーション

## ・人間中心の考え方

Society 5.0 のコンセプトはそもそも人間を中心に据えたものであり、よりリアルタイムに実生活へフィードバックできるようなアーキテクチャーを作ることを目指すものである。そのためには、現実問題に焦点を当て、具体的なターゲットを見つけて取り組んでいくことが重要である。

また、AI や人型ロボットが実用化され、脳研究が進む中で、「人間」そのものの理解を深めつつ、それを踏まえた情報科学との関わりについてさらなる議論が必要である。

**【キーワード】** ロボットとの共生、人の認知と IoT センシングの融合、人体内の IoT、人と環境のインタラクション

## ・科学技術の動向

現在の急激な社会変化は AI やビッグデータによってもたらされたと言っても過言でない。しかしながら、Society 5.0 を構成する基盤技術の多くはその発想自体は数十年前に遡るものも多く、AI、統計分析についての長年の研究に基づくものである。したがって、今後の研究開発の戦略策定にあたっては、現在の流行の後追いに終始することなく、今後の社会変革を主導し、30 年後に花が開く基礎となるような骨太な研究開発を推進していくべきである。また、科学技術分野の対象は複雑になっており、情報技術が新しい見方や従来と異なる手法を提供することによって、対象の捉え方や扱いに新たな展開をもたらすことが期待されている。

**【キーワード】** 「自己実現欲求」への情報技術の適用、ディープラーニングの原理の理論的な究明、AI によるデータ管理、レイイベントの前兆検出、人知能の補強：Intelligence Amplifier

### 3. 時代に合わせた人材育成

このような社会の大きな変化に対応するためには、ICT 人材の育成に関しても抜本的な変革が必要となる。現時点で大きな成果を挙げているツールを使いこなせるだけの人材を育成するだけでは、次世代を切り拓くことは覚束ない。今後は人間中心の視点を持ちつつ、現状を大きく超える次世代の基盤となるような画期的基礎的研究を推進できる尖った人材を育成していくべきである。また、横断型の方法としての情報科学技術は、細分化された領域科学のハブとして、融合研究を推進する役割も担っている。今後の ICT 人材は単に情報科学技術の専門家としてだけでなく、科学技術全体の推進を担うリーダー的な役割を果たせる必要がある。

その一方で、データ駆動型の社会を発展させていくためには、すべての国民がそのような考え方を受容できる素地すなわちデータリテラシーが不可欠である。そのためには、小学生の頃から論理的な考え方やデータに基づく考え方を教育し、読み書きそろばんと同様のリテラシーとして定着させる必要がある。

**【キーワード】** 人間中心視点の教育、裾野の拡大、情報科学と教育の連携、常に学び続ける能力、リカレント教育

### 4. 継続的な検討の必要性

今期行われた今後の情報科学技術の推進方策に係る多岐にわたる議論を踏まえ、研究開発だけではなく技術の社会実装や普及促進等も見据えた総合的な検討ができるような新たな会議体でのさらなる議論が必要である。

以上

## 情報科学技術に関する推進方策 - Society5.0時代の情報科学技術の進め方に関する論点と考え方 -

当委員会では、上記のような新しい時代における情報科学技術施策の進め方について、多面的で広範な議論がなされたが、本紙では、その中の主な意見を分類してとりまとめた。

### 1. 現状の認識について

- 回路やプログラムベースの演繹型のアプローチから機械学習による帰納的なアプローチにパラダイム転換が起きているが、応用開発が先行しており、理論的・技術的な進展が追いついていないのではないか。
- 国主導で人間に焦点を当てるシステムを作ろうとしている。現実問題に焦点を当てる研究が重要というメッセージと捉えている。
- 現在は、データ科学、AI、機械学習が重要だと言われているが、これらは研究対象というよりも、コモディティ化されたツールとして使うべきではないか。
- これからは、ヒトの能力の補強をして引き出す Intelligence Amplifierという側面がさらに重要になってくるのではないか。
- 2000年前後に興った米国の先端巨大情報産業（GAFA）は、統計分析、最適化、人工知能についての3世代にわたる研究に基づいており、数理の能力と計算の能力が高く、実世界に興味を持つ若いAI人材がたくさん働いている。
- 新しいことを始めるのに史上これ以上の時はない。今後、社会が大きく変わることは間違いないが、その姿はまだ誰にも見えていないので、誰にでも大きなチャンスがある。
- 最近の最も大きな変化は、業務の標準化により生産性を上げてきたところから、未知の変化、一人一人の多様な需要に応えるカスタマイズされた供給形態に変わっていったことである。適切なアウトカムを設定し、過去のデータやAI、IoT等を用い、コンピュータ上でたゆまず実験と学習を繰り返す、未知の未来に対応するアクションの確度を上げていくことが重要になっている。

### 2. 考慮すべき論点と考え方について

#### (1) データの質の確保について

- Society5.0で重要なことは、中に人間が入ること。そうなるとシミュレーションの再現が困難になり、また、データの精度はバラバラになる。どこまでの質で良しとするのか検討が必要ではないか。
- 日本が製造業で世界を席卷したのは、クオリティコントロールが浸透したためである。データの品質管理の研究が非常に重要ではないか。
- 情報解析のための著作物複製が、営利・非営利問わず認められるという日本独自の著作権法47条7項には、海外の企業が関心を示さず。これを有効利用するためにも、生み出されるデータに対する品質をAIで管理・補正していくという、メタな技術の研究が重要ではないか。

- データ品質のぶれが少なく、論理的に説明可能な場合が多い科学的な対象を一つのケースとして、論理的な組立ての試験や開発を行っていくという手段はありうるのではないか。
- データ品質の管理では、サイバーとリアルをつなぎのところが大事になってくるのではないか。
- シミュレーションや学習の正確性には良質なデータを集めることが必要。データをよりきちんと思える研究も必要ではないか。
- 現在の機械学習、人工知能は、判断の結果に対して実世界側からその正否を返す仕組みが少ないが、過去のデータと現実のデータ、リアルタイムのデータを組み合わせてインタラクションし、フィードバックして改善していくことが重要。そのためにはモデル化、ホワイトボックス化が必要。

### (2) 信頼性の担保、品質の保証について

- (機械学習のような) 帰納的なシステムをロジックでデータ検証するのは難しい。100%大丈夫ということとは言えず、「60%は確度がある」というような尺度となるのではないか。
- 深層学習のような非常にディープで複雑なネットワークが本当に必要なのか、学習させる前からシンプルなネットワーク構造を理論的に見つけていくような研究開発もあるのではないか。このような取組が解釈可能性にもつながっていくのではないか。

### (3) 社会の受容について

- リアルタイムなビッグデータをインタラクションできるようにするためには、今のままのブラックボックスではだめで、ホワイトボックス化して、きちんと分かるようにしなければいけない。
- AI や機械学習を社会システムとして使っていく際には、社会のアクセプタンスがどう働くかが重要なポイントではないか。PL 法で取り締まられてしまうと、怖くて製品を出せない。社会受容度も含め、社会システムの制度的な変革も必要ではないか。
- 実世界からサイバー空間にデータを集めるためには、パーセプション (認知) の観点も重要ではないか。

## 3. 教育・人材育成について

- 時代の変化に合わせて ICT 研究者に必要な要素が変わってきている。時代の背景を考慮しながら教育の視点についても変えていくべき。今であれば、プログラミングだけではなく、人間中心の視点も入れるべき。
- ICT 研究者が圧倒的に足りていない。すそ野を広げることが必須で、小学生の頃から論理的な考え方を教育し、アーキテクチャを検討できるような人材を育てていくべき。
- 現在成果を上げている方法を使いこなせるだけの人材を養成しては、我が国から次代を築き上げることができる人材は出てこないのではないか。数理、統計学やアルゴリズムなどを深く理解し、更に発展できる人材を地道に育成していく中からしか、現状を大きく超える新しい方法は生まれてこないと考えられる。
- 人間との関係、社会との関係の出口として、情報科学と教育を連携させ、教育・人材育成を考えるべきではないか。教育学、心理学、脳科学、情報学の境界領域に新しい学問分野

の形成が期待できる。

- 基礎学力として最も重要で今までとは非常に違うものは、常に学び続ける能力。自分の専門分野に固執するような教育は、その人本人にとっても幸せにはならないのではないか。

#### 4. 研究促進の方策について

- ポスト「京」は、Co-design の考え方を取り入れることで、使い方のイメージがクリアになった。開発段階からユーザを見定めて作っていくことが必要ではないか。
- 国家予算に匹敵する規模で投資する米国の大企業に正面切って対抗するのは難しい。全方位やると成果が見えづらいので、戦略をもって一点突破でそれを横展開に広げていくやり方が良いのではないか。
- 「説明可能な AI」のように、技術の進展により、研究途中に見えてきた課題を、国や組織の制度の中で促進していく方策を考えないといけないのではないか。
- 科学技術のライフサイクルの中で、初期の探索の段階と中期の研究を深化・発展させる段階、終期の実用化を目指す段階では、組織や国による研究促進の方策は異なるため、課題ごとの立ち位置を見極めるべきではないか。
- 研究開始当初から研究者とデータを持つ企業等をマッチングさせ、企業のニーズに応えられるような仕組みで研究を進めるとうまくいくのではないか。
- 現実社会で問題となる経時的な変化は、今のディープラーニングが得意ではないところ。時系列モデリングや信号処理の分野との連携が重要ではないか。
- データ品質のぶれが少なく、論理的に説明可能な場合が多い科学的な対象を一つのケースとして、論理的な組立ての試験や開発を行っていくという手段はありうるのではないか。

#### 【再掲】

- 日本が強い自然科学領域には、質のいいデータがある。強いところで勝負していくべきではないか。
- 産業の発展段階に照らすと、現在の AI 研究は、「起業期」から「成長期」の段階にあると考えられる。起業期の技術には、沢山のアイデアを育て、かつお互いがコミュニケーションできる場を与え、また成長期の技術には、どの技術が有望かを見極める目利きを行う等、段階に応じた研究支援が必要ではないか。また、これから迎える「成熟期」には、創造的な砂場の中で研究・実証実験・概念実証等を行う環境が必要となるのではないか。
- データ収集と機械学習が結びついて世の中に急速に広がってきた。今後、日本から出てくる技術についても、普及する仕組みを考えていくことも重要ではないか。
- 国のプロジェクトは一種のカンフル剤にはなるが、事業体を作って持続性を持たせることが重要。そのためには人材が必要。
- 若い人に提案させ、権限を与えて色々な戦略にどんどん挑戦させ、良いものを残していく、という仕組みが重要ではないか。
- 国内の研究開発環境を整えるためには、デジタル・トランスフォーメーションにより雑務を減らす仕組み、またデータを集め、目利きによりそれを繋げて活かす仕組みを構築することが非常に重要ではないか。

- 人間の中のデータ、人間と周囲とのインタラクションのデータを取る方法を統合し、横断するプロジェクトを組むことで、Society5.0 という形での実生活によりリアルタイムにフィードバックできるようなアーキテクチャーが出来る。そのためには、具体的なターゲットを見付けて取り組んでいくことが重要ではないか。
- 研究者が事務作業に忙殺されている現状を踏まえ、研究者の負担軽減に資するようなデジタル・トランスフォーメーションの適用を考えるべき。

## 5. 具体的な分野を選定する視点について

- CRDS では、エマージング（発展）性、社会的なインパクト、ミッションやビジョンがはっきりしているか等を評価基準として、将来研究開発すべきことを分類している。
- 文部科学省が戦略目標として掲げるときには、解けていない現実問題をいかに解くかという視点が重要ではないか。
- 日本は、技術シーズから社会的インパクトのあるビジネスモデルを作るところが弱い。社会科学、経営学等、他のドメインの研究者も巻き込んで、課題ドリブンで進めていく必要があるのではないか。
- やり尽くした AI の次にどこを狙うかという真剣な議論を行い、若手研究者は欧米の後追いではなく、その先を狙うような雰囲気を作るべきではないか。【再掲】
- マズローの階層の中間層である「社会的欲求」に関するサービスは GAF A が席卷しているが、我が国の戦略としては、元々強い下層の「生理的欲求」「安全欲求」に加え、最上層の「自己実現欲求」に情報技術を適用して、シェアを取っていくということが良いのではないか。
- 実世界の中で、インタラクションして、相互に影響を与え合って社会や世界が成り立っている。そういうものを支えるアーキテクチャーが必要。総体として生産性を上げて、持続性を高めていくことが重要。
- 現在の流行を後追いすることなく 10 年以上先を念頭にした研究に取り組むべきである。具体的には、データ駆動型の方法がより有効と考えられる 第 1 原理モデルが考えにくい対象や、人工的にも適切なデータが発生しにくい構造が明確でない対象、時間的に変化する複雑な対象などに関する取組が重要になると思われる。

## 6. 具体的な分野例について

### (1) AI に関するもの

- 日本にはほとんどいないが、AI システムが社会実装された時の影響等の研究も両輪で必要ではないか。
- Fair AI は、日本でも盛んに研究されている。ディープラーニングの原理の理論的な究明は、その 1 つのヒントになりうるのではないか。
- AI の普及のためには、公正性、安全性や安定性、「AI と社会利益」といった課題にも取り組むべきなのではないか。
- 深層学習のような非常にディープで複雑なネットワークが本当に必要なのか、学習させる

前からシンプルなネットワーク構造を理論的に見つけていくような研究開発もあるのではないか。このような取組が解釈可能性にもつながっていくのではないか。【再掲】

- ニーズの話だけではなく、シーズも抑えておかないと日本が遅れを取る。ディープラーニングを組み合わせたアーキテクチャー系はどんどん出てくるので、注力する必要がある。
- 限られた予算の中では、資源集中して消耗戦になっているところから離れ、モジュール化したものを組み合わせて新しいアーキテクチャーを作るやり方がある。その際、従来の記号処理等で出てきていた考え方でまだディープラーニングに取り込まれていない技術を使ったものが考えられる。

#### (2) データに関するもの

- 良い観測データがない場合には、パラメータをいろいろ学習しながら、シミュレーションすることによって、いいモデルをサーチするようなアプローチ（シミュレーション科学）が必要になるのではないか。
- シミュレーションとデータ駆動型のアプローチの融合を高度化することは、サイエンスあるいはテクノロジーの観点から、重要ではないか。
- 日本が製造業で世界を席卷したのは、クオリティコントロールが浸透したためである。データの品質管理の研究が非常に重要ではないか。【再掲】
- 生み出されるデータに対する品質を AI で管理・補正していくという、メタな技術の研究が重要ではないか。【再掲】
- シミュレーションや学習の正確性には良質なデータを集めることが必要。データをよりきちんと考える研究も必要ではないか。【再掲】

#### (3) ネットワークに関するもの

- 精度、表現、時間、空間の異なる複数の IoT データを統合して扱う、また価値や基準の違うネットワークを統合するような技術というのが今後必要になってくる。
- 最近の情報科学では、ハードウェアの計算量や通信速度が上がって、できることが変わってきた。分散処理で何ができるか今後考えていかないといけない。
- 既存のシステムあるいは記号処理のシステムとディープラーニングのシステムを統合して大きなシステムを作るときの方法を考えておく必要がある。
- デジタル・シグナル・プロセッシング（DSP）は、出てきてからそれほど進化していないので、エッジコンピューティング等と組み合わせて、日本が勝てる可能性がある。

#### (4) 応用に関するもの

- 発生頻度が極めて低いが、大きな影響を持つレアイベントについては、過去の事例が少ないため、前兆を早期に検出するためには、機械学習などとは全く異なる発想に基づく研究開発が必要とされる。具体的には、システムの特性やダイナミクスを想定した統計検定や数理モデリングの開発が不可欠である。分野横断的な広い視点を持ってビッグデータやスーパーコンピュータを有効に活用することによって、世界をリードするようなレアイベントに関する情報科学技術の基盤を構築することで、安全で安心な社会の実現に直接的な寄与をし、科学全体の発展にも寄与することができると期待される。
- 情報科学技術やデータサイエンスは、研究行政に大きな影響を及ぼす評価の方法の点でも

社会に貢献する可能性がある。単なる論文数や引用数に代わって、それぞれの分野の社会や科学技術の発展への寄与をより正確に評価できる指標を見出すことは比較的短期間に実現可能と思われる。

- フェイクが含まれない IoT のリアルタイムセンサを分析することでリスクを事前に察知し、レジリエントな社会を構築することが可能。そのコア技術を進めていく必要があるのではないか。

#### (5) その他

- 基礎をしっかり行うことが極めて重要。ソフトウェアの基礎等の研究投資は不可欠だと思われる。

## 7. まとめ

第 9 期の間に行われた今後の情報科学技術の推進方策に係る多岐にわたる議論を踏まえ、研究開発だけではなく技術の社会実装や普及促進等も見据えた総合的な検討ができるような新たな会議体でのさらなる議論が必要である。

以上