

人工知能技術による学術研究促進に資する政策設計に関する 国際比較研究

東京大学 未来ビジョン研究センター 客員研究員 柴山 創太郎

目的

近年の人工知能技術の急速な発展に伴い、人工知能技術は現代社会の様々な場面に応用されている。とりわけ人工知能技術の核である「機械学習」の性能の大幅な向上により、単純作業の効率化を超えた、高度な知的プロセスに対する人工知能技術の応用も進展しつつある。本研究では、人工知能技術の重要な応用の1つとして、公共部門(主に大学)が担う学術研究に焦点を当てる。

公共部門において営まれる学術研究は、様々な用途に向けた知識の創造を通じて、現代知識社会の発展の基盤を形成している。従来、学術研究は熟練した科学者の暗黙知化された創造性・独創性に支えられて進歩してきたが、人工知能との「協業」を通じて知識創造のプロセスを一段と加速することが可能になりつつある。具体例を挙げれば、生命科学分野では、疾患機序の解明を目的とした蛋白-蛋白相互作用の同定に、材料化学分野では新規材料の物性評価に、化学分野では化学反応経路の最適化に機械学習が用いられ、実際的な成果を上げ始めている。斯様な変化は、学術研究の中核である知識創造のプロセスが機械(計算機)によって代替され始めたことを意味し、長期的には革命的なインパクトが齎される可能性がある。

実際、世界中で多数の学術研究組織が人工知能技術を活用し始めていることが示されており、同技術がより広範な組織へと普及するのは時間の問題と言える。科学技術に関する国際競争が激化する中で、先進的技術を積極的に活用していくことが求められており、早期に人工知能技術の可能性と最適な適用方法を理解し、その普及を支えるための制度を設計することは我が国の科学技術政策の重要課題の1つである。とりわけ現在の日本では、限られたリソースの下、学術研究の進歩は停滞を余儀なくされており、人工知能と科学者の「協業」を促進し、知識創造のプロセスを抜本的に加速することが期待されている。

但し、これを実現するためには幾つかの重要な環境整備が前提となる。第1に、学術研究組織に人工知能が参画することにより、科学者の担う役割、求められるスキルセット等に変化が生じると考えられる。このことは科学者人材の育成方法や組織設計に修正を求める他、とりわけ計算機科学との学際的融合を促進するためのリソース配分や評価制度の変革を必要とする。第2に、人工知能が効果的に機能するためには学習データの蓄積と、組織の垣根を超えたデータ共有が必要となる。これを可能とする各種インフラ(データ共有ルール、データベース拠点、共有へのインセンティブ)の整備が求められる他、長期的には、現状の「研究室」という活動単位から、より広範な連携を可能とする新たな組織形態への移行が必要となる可能性もある。

これらの背景を踏まえ、本研究では人工知能技術が、学術研究に及ぼし得る組織学的・社会的な影響を理解した上で、人工知能技術による学術研究促進に資する各種制度・政策を国際比較の観点も踏まえて検討することを目的とした。その上で文献調査や関連動向調査を行い、とりわけ、人工知能技術と従来の「ドメイン」科学(生物学、化学、医学等の各分野)との融合を促進するための組織設計、及び、それを支える政策設計を検討することを目的とした。

方法

上述の目的を達成する目的で本研究では主に2つの手法を採用した。第1に、大規模なデータを用いて一般的な傾向を把握することを目的として文献書誌情報分析を採用した。生物学、医学、農学、物質科学、化学、物理学の各ドメインにおいて、世界各国で人工知能技術(特に機械学習)を活用した学術研究に取り組む研究チームを対象として、同チームから過去5年程度の間に出版された学術論文約 2,500 報を分析した。第2に、大規模データによる分析を精査・深掘りする目的で質問票調査を実施した。同調査は文献書誌情報分析に用いた 2,500 報の論文の著者を対象として実施し、250 名から回答を得た。また以上の調査結果を裏付ける目的でインタビュー調査を実施した。

結果・考察

文献書誌情報分析から、人工知能技術(機械学習)の各ドメインへの応用は近年急速に増加していることが示唆された。これらの応用事例では、機械学習の利用が研究成果のインパクト(被引用件数)に寄与する傾向が観察され、人工知能技術による科学進歩への貢献が定量的に示唆された。質問票調査では、人工知能技術の具体的な貢献として「データ分析の効率化」、「大規模データの処理」、「情報の精度向上」といった計算機の処理能力に起因するものが比較的多く挙げられた一方、より本質的な貢献としての「人間の認知を超えた知識の獲得」は比較的小数の事例において挙げられた。後者と整合する形で、人工知能技術の利用と研究成果の新規性の中に直接の相関は観察されなかった。この結果は、人工知能技術の活用には一層の発展の余地があると解することができる。

人工知能技術を効果的に活用するためには各ドメインと計算機科学との学際的な橋渡しが必要となる。実際、調査対象の研究チームにおいては、ドメインの専門家と計算機科学の専門家による協業(その多くはラボ内の協業)や、単独の研究者がドメインと計算機科学の双方に精通しているケース(“リエゾン”)が頻繁に観察された。特にリエゾンの存在は研究成果のインパクトや新規性を向上させる傾向が示唆された。これらの結果は、比較的狭い組織範囲において専門性の橋渡し・融合が行われていることを示唆する。

一方、計算機科学とドメインの学際的融合には障壁が存在し、多くの研究者は相互の専門性に関する理解の不足を最大のボトルネックと捉えていた。適切な専門スキルを有する共同研究者を見つけることの困難さにも多くの研究者が言及した。また、各ドメインにおいて必要な計算機科学のスキルにアクセスする方法としては、組織内部でのトレーニングが最も重視され、

共同研究者の探索は比較的重視されていなかった。これらの結果は、計算機科学とドメイン科学の組織的な隔たりを示唆するものであり、専門性の橋渡しが比較的狭い組織範囲において行われている現実とも整合する。

上記で重要性の示唆されたリエゾン人材の育成について見ると、リエゾン人材の多くは元ドメイン科学者が後に計算機科学を習得する形で育成されており、当初から融合分野(バイオ・インフォマティクス等)において育成されたリエゾン人材は少数であった。リエゾン人材の重要性、及び、前述の計算機科学とドメイン科学の組織的な隔たりを鑑みるに、より体系的なリエゾン人材の育成が必要と考えられる。

また、専門性の橋渡しが比較的狭い組織範囲に限定されている事実や、機械学習に用いるデータの多くはチーム内で作成されている現状は、組織の垣根を超えたオープンな研究インフラの整備において、一層の発展の余地があることを示唆する。

日本を各国と比較すると、人工知能技術のドメインへの応用事例に占める日本の比率は 4.4%に留まり、これは米国(34%)、中国(23%)、英国(9.4%)、ドイツ(9.3%)と比べて顕著に少ない。さらに、各国の全論文数で標準化した数値で見ても、日本における人工知能技術の応用は他国に比べて出遅れている可能性が示唆された。組織体制についても、日本の研究チームにはリエゾンの存在頻度が比較的低いことが示唆され、このような人材・組織面の制約が、技術応用の出遅れの原因となっている可能性もある。

今後人工知能技術の活用をさらに促進していくための政策示唆を考える上で、幾つかの点を考慮する必要がある。まず学際的共同研究を行うためのインセンティブが挙げられる。機械学習の研究者と各個別分野の研究者の間での共同研究を促進するためには、それぞれの研究者へのインセンティブを理解することが重要である。今回の分析結果は、学際的な協力に基づく研究はより高いインパクトと新規性を生み出す可能性を示唆したが、各研究者が異なる専門分野の研究者と協力することをどの程度望んでいるかは明白ではない。機械学習の研究者と各ドメインの研究者が共同研究を行う動機や、また共同研究を行う際の障害を理解することが重要である。これに基づいて、学際的な共同研究を促進するための適切なインセンティブを提供するような政策・制度的措置を導入すること求められる。研究者を評価する際の基準の修正や、採用・昇任などでの考慮が必要になると考えられる。

機械学習とドメイン領域を繋ぐリエゾン人材の育成については、どのような知識・経験が専門分野の橋渡しに有効であるのか、またどのような教育・研究プログラムがそのような人材育成に効果的か、さらに理解を深めていくことが求められる。学際的な研究者を生み出す様々な方法の有効性に応じて、機械学習と特定の科学ドメインを効果的に統合できるようなリエゾン人材を育成する研究教育プログラムへの支援を行うことが必要である。

学際的な研究教育プログラムに関しては、近年「総合知」などに関する議論を通じてその重要性が認識されている。特に気候変動や高齢化などの喫緊の社会的な課題の解決に向けて、様々な学問領域の知見を有効に活用するための学際的な研究を支援する政策が導入されてきた。その一方で、今回の調査研究で明らかになったように、機械学習という科学技術上の革新的なブレークスルーをそれぞれ個別の学術分野に導入していくような学際的な研究教育プ

プログラムを支援することも非常に重要である。これまで、例えばナノテクノロジーのような新しい技術を様々な分野に応用するための研究に対して支援が行われたが、具体的にどのような政策がとられたのか、それがどのような成果につながったのか、その際の障害や問題点は何だったのか等について、さらに知見を深めていく必要がある。今後、科学技術のブレークスルーを基にして各分野への応用を目指すようなシーズ駆動型の学際的研究と、社会的な課題の解決に向けた様々な分野の知見を統合することを目指すようなニーズ駆動型の学際的研究について、どのように効果的に組み合わせることができるのか、政策・制度的な検討が求められる。