

人の生体機能の理解と知能の拡張を基盤とした「人工頭脳学」の創成

① ビジョンの概要

近年の人工知能の成功は、脳神経機能の理解を目指した神経回路の構成論的理解に端を発している。しかし、人工知能が模擬することが出来た機能は、画像処理や自然言語処理など、限られた人機能に過ぎない。本ビジョンでは、人間機能の拡張や改善を目指した工学、さらには、人機能全体の再現による新しい人工物の設計を目指した工学の体系を「人工頭脳学」として定義し、その創成の基盤整備を提案する。

② ビジョンの内容

人間機能の模倣に抵抗の少ない文化的背景を持つ我が国では、人工ニューラルネットワーク研究を中心に人工知能研究の黎明期を支えてきた。神経科学、情報科学、計測制御工学など多様な分野が「知能理解」を旗印に議論を重ね、発展してきたのである。近年の欧米における AI の成功もこれらの成果に基づいているが、その焦点は画像処理や自然言語処理に偏り、当初の「人間理解」からは乖離しつつある。一方、認知科学・神経科学の進展により、暗黙知や感覚行動プログラムが、末梢神経や迷走神経を含む生体の神経ネットワーク全体に実装されていることが明らかになりつつある。運動・思考・情動などの制御は脳皮質のみならず、脊髄や自律神経系が環境との相互作用を介して実現されており、「知」は脳と身体不可分の結合として生起していると考えられる。本ビジョンでは、人工知能が扱ってきた「知」とは異なる、しかし本質的に人間機能にとって重要な機能を「頭脳」と定義する。そして、頭脳の人工的実現と、頭脳の制御を行う新しい学理の創成を目指す。

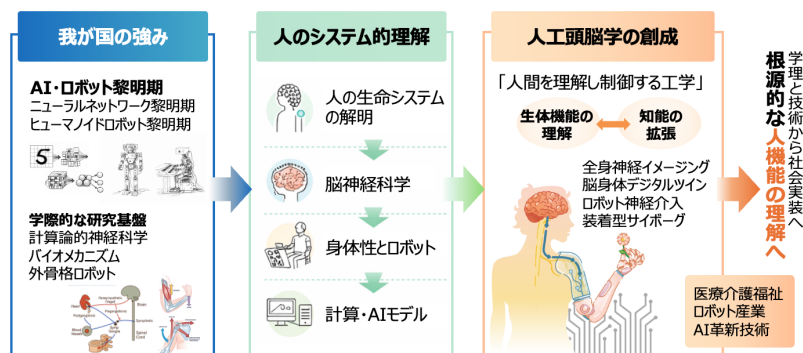


図1 人工知能から人工頭脳へ

運動・思考・情動などの制御は脳皮質のみならず、脊髄や自律神経系が環境との相互作用を介して実現されており、「知」は脳と身体不可分の結合として生起していると考えられる。本ビジョンでは、人工知能が扱ってきた「知」とは異なる、しかし本質的に人間機能にとって重要な機能を「頭脳」と定義する。そして、頭脳の人工的実現と、頭脳の制御を行う新しい学理の創成を目指す。

このビジョンの実現には、ロボット工学、人工知能、認知科学、神経科学、身体教育学を統合する学際的研究拠点の形成が不可欠である。短期目標としては、中枢神経に加え、自律神経や脊髄神経系を含む全体的な神経系モデルを実現する人間頭脳の構成モデル、すなわち「人工頭脳」の構築が求められる。さらに、装着型ロボットなど、人工頭脳と人との協働的な制御論を展開する。設立する研究拠点の活動により、人間頭脳の構成原理が解明され、根源的な人間理解とその応用による機能補完技術にイノベーションを引き起こす。したがって、このビジョンの帰結として、人類はすべての中枢ならびに末梢神経疾患に起因する障がいから開放される「End of Disability」の時代を迎え、新しい社会的発展の実現が期待される。

③ 学術研究構想の名称

人の生体機能の理解と知能の拡張を基盤とした「人工頭脳学」の創成基盤

④ 学術研究構想の概要

本構想は、人工頭脳学の研究ビジョンを実現するために、人工頭脳学の新しい研究拠点を設立するものである。本拠点は、既存の学問領域を越えて、ロボット工学、認知神経科学、制御工学、人工知能、身体教育学といった基幹分野の研究チームを結集し、それぞれの研究基盤を高度化させつつ、相互に連携することで新たな統合知を創出する仕組みを備える。具体的には以下の五つの柱となる研究と設備を整備する。第一に、認知神経科学チームは、人全身神経機能イメージング装置を用いて、全脳から末梢神経に至る多元的な神経活動を同時計測し、身体運動と認知の統合メカニズムを解明する。第二に、計算論実装チームは、動物脳機能イメージング装置を活用し、遺伝子操作や光学的介入と組み合わせることで、理論モデルの妥当性を実証する。第三に、身体神経系大規模シミュレーションチームは、並列演算型スーパーコンピュータによって脳神経系と身体運動系を統合的に再現し、数理モデルと実験データの統合解析を行う。第四に、装着型ロボットデバイス開発チームは、計測および介入可能な新規ロボットデバイスを開発し、ヒトと動物を対象とする実験研究を支える。第五に、身体性社会行動研究チームは、大規模モーションキャプチャスタジオを拠点に、複数主体間の身体的相互作用や社会的共感形成過程を精密に計測・分析する。これらを統合することで、

頭脳と身体の動的相互作用を解明し、人間理解と次世代工学の革新に資する世界的研究拠点を構築する。

⑤ 学術的な意義

本構想の学術的重要性は三点に集約される。第一に、本構想は「人間を理解し制御する工学」という未踏の学理を確立しようとする点である。実験的データに基づいた数理モデル化、大規模シミュレーション、さらにロボットやデバイスによる構成を統合することで、人間頭脳の設計理論を確立する。第二に、本構想は既存分野の断片化を克服し、ロボット工学、人工知能、神経科学、認知科学、身体教育学を横断的に結びつける。これにより、知識体系の分断を超えて、統合的な「頭脳」理解を学術的基盤として確立できる。第三に、本構想は日本が伝統的に強みを持つ分野-神経科学の計算論的研究、装着型ロボティクス、身体性認知科学、VR 技術-を結集し、国際的に独自性のある研究領域を形成する点である。最終的に、医学・医療分野の新しい方法論の発見と開発、工学分野では、ヒューマノイドや外骨格型ロボットの設計に寄与し、AI 研究に新たな基盤を提供する。さらに、人文社会科学においても、技能継承や教育制度の設計、少子高齢化社会における身体知の保存といった課題に新たな理論的枠組みを提供する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

我が国は人工ニューラルネット研究の創生期をリードしてきたが、近年では、生成 AI や深層学習を中心に海外に後塵を拝している。一方、動物を対象とした神経科学や、計算論的神経科学、身体性認知科学においては我が国の特徴を活かした活動が行われている。そして、装着型ロボティクスやバーチャルリアリティ研究では、筑波大学を中心に、世界最先端の研究が継続されている。これら我が国の強みを「人間頭脳」を中心に統合することで、諸外国が未だ実現できていない統合的知能の実現と、根源的な人間理解を実現する。

⑦ 社会的価値

(1)医療・福祉：運動・認知リハの個別最適化、自律神経症状や疼痛の制御、介護負担の軽減、(2)産業：ヒューマノイド/HMI の設計指針・評価指標の確立、(3)教育：人工頭脳に基づく教育最適化、(4)社会：熟練技能の定量化・移転と生活機能の維持・拡張、を同時に実現する。科学的エビデンスにもとづく介入プロトコルと汎化可能なモデルを社会に接続し、福祉と生産性の両立を日本から実証する。

⑧ 実施計画等について

・実施計画・スケジュール

(1) 0 - 3 年：設計・体制構築と基盤整備 (HPC 先行導入、MRI・施設構築、SOP/規程整備) を経て竣工・試運転まで完了。(2) 3 - 7 年：基幹課題を本格運用しデータ基盤・国際共同研究を拡張、中間評価を踏まえ「人工頭脳」コアモデルと介入実証を確立。(3) 7 - 10 年：標準化・国際展開と社会実装を推進し、最終評価・成果公開と次期フェーズ計画へ接続。

・実施機関と実施体制

本構想は、筑波大学 (システム情報系、サイバニクス研究センター、計算科学研究センター、人工知能研究センター、エンパワースタジオ、附属病院)、つくば市に拠点を置く国立研究開発法人等を中核候補として連携し推進する。両者は共同で筑波大学内に『人工頭脳学国際研究センター (仮称)』を設置し、研究・人材・設備を相互活用する。

・研究体制

(1)認知神経科学、(2)計算論実装、(3)身体神経系大規模シミュレーション、(4)装着型ロボットデバイス開発、(5)身体性社会行動の 5 ユニット+共通基盤 (実験支援・データ/HPC・安全) で構成。クロスアポイントメントや技術職の相互派遣、大学院教育 (共同指導、企業連携 PBL) を実施する。

・総経費 300 億円 (中核拠点建設費や運営費を含む)

⑨ 連絡先

鈴木 健嗣 (システム情報系)、井澤 淳 (システム情報系)

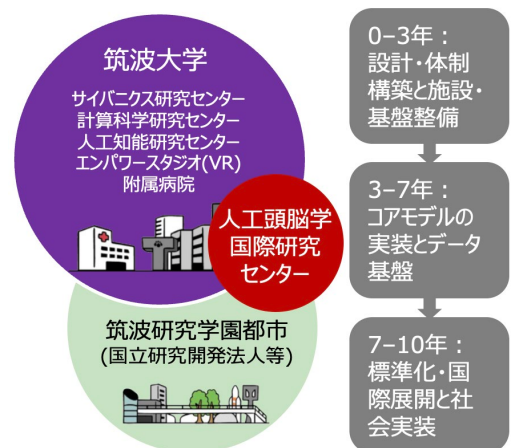


図2 実施期間と実施体制