

標準化に向けた論理知識型人工知能技術

生命体工学研究科人間知能システム工学専攻 教授

我妻 広明



平成24年に本会報で「つながる脳と心ー脳型ロボット開発の取り組み」の標題で研究室紹介をさせていただいてから9年、本学に着任してから12年、技術に堪能なる士君子育成ならびに産学官連携に力を尽くして参りました。本稿では「機械の知能化」の観点から当研究室の技術紹介をいたします。

Brain-IS コア技術からの発展

九州工業大学21世紀COEプログラム「生物とロボットが織りなす脳情報工学の世界」の後継「脳が生命を吹き込むBrain-IS研究プロジェクトの推進」を縁に着任して以来、

脳情報工学の実装による社会課題の解決に取り組んできました。生命体工学研究科は、平成26年に改組し、脳情報専攻は人間知能システム工学専攻として、これまで蓄積した分野融合研究の成果を、社会課題解決に向けた具現化に力強く踏み込む流れに入ったと理解しています。前稿で述べたように、私のエンジニアとしてのキャリアはNECでの社内初ノート型パーソナルコンピュータ開発が起点です。前職の理化学研究所では「脳を創る」領域の研究チームでエピソード記憶形成に不可欠な大海馬神経回路の計算論モデル設計に携わりました。このようにプロジェクト型で革新的な研究課題に取り組む機会に恵まれてきました。

研究室設立から10年以上、数理科学という理学の立場から、社会課題の解決にどう貢献できるかを考えてきました。非線形数理を主軸とした計算論的神経科学・身体性知能研究

の基礎研究からシームレスに応用研究へ展開可能な枠組みを構想、一般的に困難な日常動作中の微弱な脳波信号を取り出す課題に挑戦し、信号処理と最適化理論の研究を進め、さらに社会実装を主眼とし論理学を中核とする論理知識型人工知能(AI)の理論基盤を構築しました(図1)。

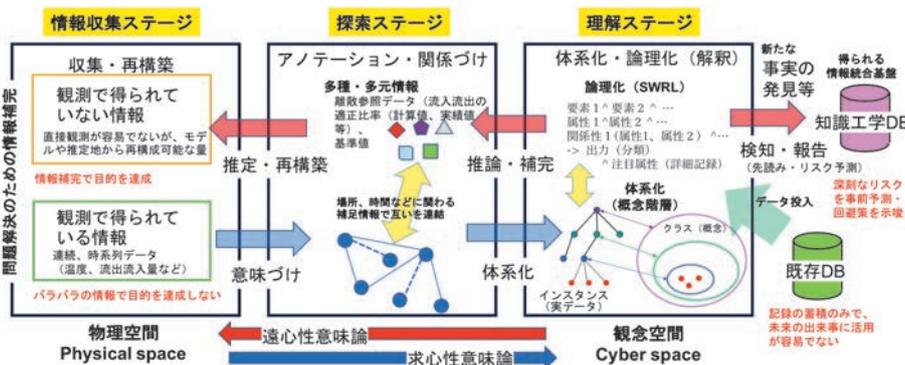


図1 知識工学技術を活用したセマンティック情報統合基盤

標準化に向けた論理知識型AI

本学着任後に参画したプロジェクトは様々あり、予算規模1千万円を超えるものでは専攻内連携で展開した「人と共感できる社会脳ロボットを目指しー情動機能を考慮した脳型システムの応用」(科研費基盤B、平成22年から3年間、代表)、学内連携「近接目視・打音検査等を用いた飛行ロボットによる点検システムの研究開発」(SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術、平成26年から5年間、分担)、(国研)産業技術総合研究所と連携しつつ学内連携した「データ駆動型人工知能と論理知識型人工知能の融合による解釈可能な自動運転システムに関する研究」(NEDO次世代人工知能・ロボット中核技術開発(NEDOプロ)、平成27年から5年間、分担)などがあります。特に、NEDOプロでは自動車工学・高度制御で実績を有する大屋勝敬教授を代表として推進され、特に論理知識型AIの実証試験では、脳型計算機・ハードウェア実装で実績を有する田向権教授との強力なタッグが進められました(本誌

「モノの中に組み込む脳型計算機を
目指して」田向権)。近年のAIブ
ームは深層学習や機械学習などのビ
ッグデータを活用し、データ駆動型と
呼ばれる統計情報を基盤とするもの
ですが、AIの判断結果が人間に理
解できる形で説明されないことから、
ブラックボックスAIとも呼ばれて
います。画像・音声認識など、脳で
いう感覚入力での処理では、大量の
データを即時的に処理することが優
先であり、なぜそれをその物体と認
識したかの経緯をいちいち説明する
必要はありません。一方、重要な意
思決定や診断が直感のみで決められ、
決定された根拠や理由が示されない
とすると、金融や流行予測、ゲーム
などの分野で有用でも、医療・運輸・
製造・人事など熟練知でリスキマネ
ジメントしてきた分野での活用には
大きな危惧があり、受け入れが困難
です。事実、当研究室で論理知識型AI
の中核理論が形になってから、自
動車メーカ、自動車に関する試験・
評価を担う公的機関、鉄鋼熱間圧延
ラインの制御技術や工作機械トップ
メーカなどから相談を受け、その一
部は共同研究の形で現在進行中です。

国プロでも、(一社)組込みシステ
ム技術協会との連携「オントロジー
推論のリアルタイム処理を実現する
組込み技術の実現と安全・安心分
野への応用」(NEDO次世代人工
知能技術、平成29年から2年間、代
表)、(国研)産業技術総合研究所と
連携展開した「セマンティック情報
の高度化・活用」(NEDO人工知
能技術適用によるスマート社会の実
現/空間の移動分野/安全・安心の
移動のための三次元マップ等の構築、
令和2年から現在、代表)が後継採
択され、データ駆動型と双璧を成す
技術として期待されています。
論理知識型AIの詳細は、本誌田
向教授の記事ならびに『強いAI・
弱いAI』研究者に聞く人工知能の
実像』(鳥海不二夫著・丸善出版)
をお読みいただければ幸いです。同
書では、計算社会科学者として、S
NS上の炎上発生メカニズム解明で
知られる鳥海教授(東京大学)への
インタビューの形で一章を割いて解
説しています。私の章の直前に、将
棋棋士羽生善治氏が「AIとプロ棋
士の対戦で大事なものは、その勝ち負
けよりも、盤面や戦略の意味を真に

理解し、解説できること」と述べ、
それができるのは、AIではなく職
業棋士であると強調しています。飛
ぶ鳥を落とす勢いで勝ち続ける藤井
聡太棋士もAI対戦を練習に取り入
れ、序盤と中盤の形勢判断をAIの
評価値と自分の知識・判断と照合し
ながら分析し、局面が明瞭に見える
ようになったと山中伸弥教授(京都
大学)との対話で述べています。
NEDOプロで注目された点も、
自動車が道路上を自動で走るとい
うことよりも、道路交通法の意味理解
や熟練ドライバの知識を実装し、何
をどう解釈し判断に至ったかを人間
に説明可能であるという点でした。
人の知能には、修練知、暗黙知、顕
在知があり、スポーツ選手や音楽家
など卓越した技芸は、修練知といえ、
大脳基底核の神経回路で実現され、
強化学習の理論で説明されています。
海馬のエピソード記憶は、暗黙知を
顕在知に昇華させる脳の機能で、自
身の体験が「いつ」「どこで」「何が」
「誰と」「どのように」「なぜ」起こっ
たかなどを記録する我々の社会生活
にとって不可欠な能力です。アルツ
ハイマー型認知症では、海馬の萎縮

が見られ、認知症患者は修練知に問
題がなくとも、顕在知の欠損で日常
生活の様々な活動で支障をきたし、
同居家族との共同作業や意思疎通で
重大な困難に直面します。
日常生活では、例えば簡単な調理
作業として、鍋で即席麺を茹でる際
には「鍋」「水」「麺」の登場要素、
「水が湯に変わる」という状態変化、
「水を鍋に入れる」「沸騰したら、
鍋に麺を入れる」という行為があり、
それらを適切なタイミングで実行す
ることを知り、実施しなくてはなり
ません。これらを修練知や直感で実
行することは不可能ではないかもし
れませんが、ちょっとした誤りで、
火災が起きたり、不完全なものが出
来上がったります。特に、

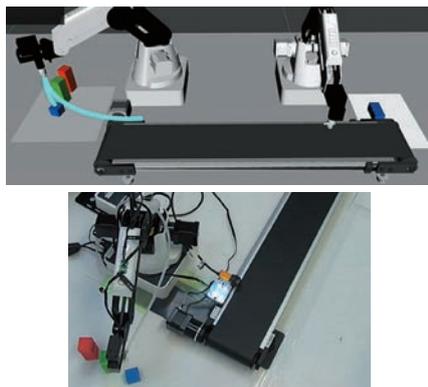


図2 CPSロボットデモ
(仮想空間(上)、物理空間(下)の同期)

共同作業を遂行する際は、自分がどこまで実施して、相手にどこを実施して欲しいか、明確に情報伝達する必要があります。

こういった共同作業における情報の明示化手順や確認・了解作業は、食品や工業製品の製造現場では、当たり前のごとく、専門職や熟練技術者が絶えず管理業務を担っています。

少子高齢社会で熟練技術者不足が深刻化する中、大量生産で低コスト化を実現する技術として開発されてきた自動化・機械化技術を、人に過度に依存しない形で、現代の少量多品種生産に向けた技術に転換することが課題です。つまり、情報通信技術の革新からスマート工場などを実現するとした第4次産業革命や、「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（CPS）で、経済発展と社会的課題の解決を両立する」としたソサエティ5.0は、この問題解決を目指しています（図2）。

安川テクノロジーズセンター活動

地方自治体等のリーダーシップ下で産官学連携を精力的に展開し、地

域の中核的産業の振興や専門人材育成などを国が重点的に支援する「地方大学・地域産業創生交付金」において、本学は、平成30年度から北九州市、株式会社安川電機、北九州産業学術推進機構と連携して「革新的ロボットテクノロジーを活用したものづくり企業の生産性革命実現プロジェクト」を全学的連携体制で遂行中です（交付金約17億円、総事業費約120億円、「安川テクノロジーセンター（YTC）」整備費約100億円）。

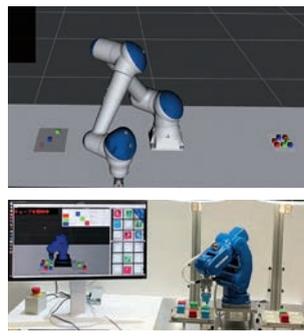


図3 FAロボットへの実装と検証試験（HC10（上）、Motomini（下）へ拡張）

プロジェクトは、研究開発だけでなく、ロボット導入支援・産業振興・人材育成、地域企業の生産性革新などが連携して進められるもので、研究課題では、人と同等の作業ができる新たな産業用ロボットに注目し、製造現場の人手不足の解消や、生産性の向上に貢献する、ものづくりのまち北九州市発最先端技術の創出を

目指しています。本学内では、スキル模倣学習などを含む「安心・安全」グループ（G）、自律的プランニングなどを解決する「教示レス」G、柔軟物把持などの「人と同等作業」Gに分かれ、連携しつつ個別の課題解決に取り組んでいます。私は教示レスGで前述の論理知識型AIを活用したFAロボットの①少量多品種

生産の問題解決、②導入時の人的労力削減（プログラミンゲレス）、③リスクマネジメント（潜在的リスク検知）、④人との協働作業実現（自律プランニング）を進めています。現実的な課題には、弁当詰め、中

食盛付けなど可変性の高い食品の取り扱いや農業など不確定・不定性が多い作業があります。単純機械化は容易でなく、仮に万能作業ロボットが設計可能でも、特殊性から高額となり、商業技術としては成立しないからです。これは、ソサエティ5.0のCPS実現そのもので、具体的な課題が前述の①～④となります。

YTCが昨年9月グラウンドオープンとなり、本学と株式会社安川電機の協議の上、YTC協業開発室設立に伴う協業開始には、当研究室が先

鋒として選ばれました。最初に取り組んだのは、FAロボットのCPS化を可能にする知識工学データベース設計と実証試験です。図3が一例で、成果は昨年6月に開催されたロボット産業マッチングフェア北九州において、株式会社安川電機の専用ブースにて一般公開されました。

平成30年度頃から、国の科学技術政策への提言などをまとめるJST研究開発戦略センター報告書等も、AI技術の革新に深層学習と知識推論の融合が重要と指摘しています。

論理知識型AIは、第2次AIブームで発展したエキスパートシステムや第5世代コンピュータがセマンティックウェブ・オントロジーの標準化技術を経て整備された基盤を用い、特に本学の貢献は、従来の作り込みの知識表現・ルールベース処理をBrainJSコア技術と融合して、高い拡張性と柔軟性を持たせる先端化、また、リアルタイムシステムに組み込み可能なハードウェア技術と親和性の高い実装技術として仕上げたことです。その流れは着実で、今後、先端化・実装性と合わせた拡張標準化が完成するものと期待できます。