

先進的学習科学と工学研究の動向

Current Trend and Future Prospect of Advanced Learning Science and Engineering

池田 満

Mitsuru Ikeda

*¹北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科
School of Knowledge Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology

1. はじめに

学習科学は、認知科学の成果をもとに学習プロセスを促進する仮説を立て、実践によって理論の正しさや具体的促進法の有効性を実証しようとする研究分野である(三宅, 2004; 三宅・白水, 2003)とされている。一方、学習工学は、情報工学・知識工学の成果をもとに学習プロセスを促進するための技術・道具を創り出そうとする研究分野である。両者はいうまでもなく密接な関係にある。本稿では、その関係をより明確にすることを念頭におきながら、本学会の先進的学習科学と工学研究会(以下ではALST研究会)が対象とする研究分野の動向と展望について考えてみたい。なお、本文中に現れる用語の詳細については文献[AI事典 05]を参照していただきたい。

2. 人工知能を基礎にした学習支援研究の歴史

ALST研究会の前身である知的学習支援システム研究会(IES)は、人工知能技術を基礎にした学習支援のモデル化とシステム化を対象としていた。知的学習支援システムの研究分野では、分野が生まれた当初から、学習者に知識を「伝える」ことに加えて、「考えさせる」ための知的技術の確立を目指し、学習者の理解状態にあわせて、適切な刺激を与え、より深い思考へと導くための支援モデルを追求してきた。学習者とシステムの主導権混在型の対話の中で、学習者自らに「考えさせる」学習を促すシステム SCHOLOR を起源として、対象領域、人工知能要素技術、教育・学習の様式、などについて、バリエーションを徐々に広げながら発展を続けてきた。

教育・学習の様式の変遷に着目してこれまでの研究を振り返ってみると、およそ5年ほどの間隔で新しい特徴的な教育様式が注目を集めている。特に、ITS(Intelligent Tutoring System)、ILE(Intelligent Learning Environment)、CSCL(Computer Supported Collaborative Learning)という、3つのパラダイムの変遷が、この研究分野の歴史において特徴的である。

ITS(知的教授システム)はチュータリングという言葉が示すように、システムに組み入れられた知識を学習者に伝え、誤りがあれば修正しようという教育様式である。一方、ILE(対話型学習環境)は、学習環境とのインタラクションを通じて学習者に自ら知識を発見させる学習者主体の学習を促す様式である。また、CSCL(協調学習支援システム)では学習者間でのインタラクションを通じた社会的な学習を促す様式である。

この様式の変遷は、教育学の研究者の学習観の立場の変遷とも連動していると言われているが、同時に基盤情報技術の進歩ともよく連動している。ITS は知識表現、自然言語処理、高次

推論などの人工知能技術の発展の時期に起こっており、ILE はシミュレーション技術、メディア技術、直接操作可能なインタフェース技術の展開と同時期に活性化し、CSCL はインターネットや情報通信技術の爆発的発展に密接な関係がある。

最近では、Web 技術の普及に連動した、ユビキタス技術の進歩・普及と連動した u-Learning、VR技術、ロボティクス、ウェアラブル技術などを基礎にした新しい学習支援の枠組みが研究されており、研究対象に大きな広がりが見られている[櫻井 08]、[杉本 08]。また、対象とするタスク・知識・能力を特定した学習支援の枠組みから脱却し、発想法・学び方・メタ認知・ナレッジマネジメントといった、高次の知的活動に関する学習支援の枠組みへと展開する研究も進んでいる。

このように、知的教育システム研究は、対象領域、人工知能技術、教育・学習様式の組み合わせのバリエーションを広げながら、教育支援の知識モデルの構成について知見を積み上げつづけている。

3. 人工知能研究の対象としての意義

近年、知的教育支援システムに実装される知識モデルは、徐々に粒度が粗くなり、原理的なものよりも、広く浅く対象を捉えたものが増えているようである。これは人工知能研究に全体的な傾向としても感じられていることである。

Web ベースの知識資源を対象として盛んに行われている人工知能研究が、その典型である。弱い知識モデルでも、膨大な知識量を力の源として、多くの興味深い研究成果が生まれている。それとは対照的に、精密なモデル化や高次推論を用いた強い知識モデルを用いた研究は、実用性を考えるとコスト的にもスケラビリティの観点でも魅力がない。しかし、一方で、Web 資源のメタデータ記述言語をはじめする意味記述言語の標準化が進み、普及が進むにつれて、相対的により強い知識モデルを利用した知的処理への関心も高まりつつあり、一定の揺り戻しが期待できる状況になってきている。

知的教育支援システムの研究分野においても、強い知識モデルを用いた研究は、長い間下火になっていたと言える。しかし、最近の研究トピックのいくつかには、強い知識モデルの再興を予感させるものがある。

学習・教育のオントロジーに関する研究は、強い知識モデル再興の最先鋒である。既に述べたように、知的教育支援システムに関する研究は、これまでに、認知・教育の理論を基礎にして、教育支援に関する様々なバリエーションに対して多くの知見を積み上げてきている。しかし、そこでは、理論とシステムの関係、バリエーションの個別性と知識モデルの原理的關係が、十分に明確にされているとは言えないのが現状である。その原因は多様であるが、主要なものとしては、用語・概念の曖昧性(認知・教育の理論を構成する用語・概念、システム対象領域の固有性・学習様式を表現する用語・概念、学習者モデル・教材

知識・教授方略の構成概念)があげられる。端的に言えば、知的教育支援システムの目標である教育タスクの知識モデル化を未だ達成していない状況にある。この目標への新たな試みが、認知・学習理論、システム構成要素、知識モデルの構成概念を体系的に明確化し知識表現化することを目指すオントロジー工学である。実用的なスケーラビリティを確保するには、多大な労力とコストが必要となると考えられ、方法論の確立を模索している段階にあるため、必ずしも樂觀できないが、今後の展開が期待されるアプローチである。

実用性の観点からは、マーケットと連動した教育のための技術標準活動が、知的教育システムの新しい可能性を示唆している教材構造の規格である SCORM2004 や、学習資源のメタデータ規格 (LOM: Learning Object Metadata) は、オントロジー研究と連動すれば、学習コンテンツに関する様々な知的処理の可能性をもっている。例えば、SCORM2004 は、低水準ではあるが、教材知識、教授知識、学習者モデルの、それぞれに対応する記述モデルを備えており、共有性の高いオントロジーを基礎にして、それぞれのモデルを記述すれば、スケーラビリティの高い知的教育システムプラットフォームを構成することができると考えられる。また、オントロジーを基礎にしたオーサリング環境の技術開発が進めば、強い知識モデルを備えたスケーラビリティの高い知的教育システムの枠組みが実現する可能性もある。さらに、学習者のプロフィールや学習活動に関する情報(トラッキングデータ)の標準化も進んでおり、教育評価の理論に基づいた評価知識モデルの構築・適用、膨大な学習履歴情報へのデータマイニング技術の適用を通じて、学習事象の新たな説明概念の発見や、新しい評価手法の確立も期待できる。

4. 学習科学と学習工学の共闘へ

知的教育支援システムに関する研究成果には、認知科学的知見を基礎にして創出されたものが少なくない。特に、メタ認知、リフレクション、協調学習、教育の評価・分析など、認知科学的な考察を必要とする研究課題が、多くの知的学習支援システム研究者の興味を集めている。この領域の研究課題は、教育タスクの知識モデルを構築することの難しさと面白さを同時に浮き彫りにしている。教育は、学習者の高度で複雑な内面的な知的活動の進行を観察可能なデータから推定しながら、次の段階の適切な活動を動機づけ、その活動を成功に導く情報を提供する活動である。学習者の活動では、既に存在する「もの」としての知識を言葉や図を通じて受け取るというような単純な活動はほんの一部であって、自分の活動の内省、他者の活動の分析、他者とのコミュニケーション、を通じて知識を自ら構成して洗練するという高次の活動が大部分を占めている。そのような活動を、教育・学習活動の精密な知識モデルを構築することは、ほぼ不可能と言ってよい。しかし、人間の平均的な教師が持つモデルも精密ではなからうという割り切りをすれば、どこまで工学的に近似してモデル化すれば、どこまで適切な振る舞いを生成できるかという、興味深い人工知能的な研究課題として捉えることができる。ここに、認知科学を通じて知ったことを、知識工学でものとして創りあげるというよい関係が生まれている。

認知科学の成果をもとに学習プロセスを促進する仮説を立て、実践によって理論の正しさや具体的促進法の有効性を実証しようとする学習科学と、情報工学・知識工学の成果をもとに学習プロセスを促進するための技術・道具を創り出そうとする学習工学は、端的に言えば、教育・学習の現場で、認知科学と知識工学が融合し、そこで得られた知見を一般論として昇華させることを目指す分野であるといえる。

実際に知的学習支援関連の研究會・国際會議・論文誌での報告には、学習科学的な仮説を示したうえで、学習現場でシステムを運用して得られるデータから、仮説の妥当性を確認する研究が多くなされるようになってきており、様々な興味深い知見が報告されている。

ところで、15年前の著書のコラム[溝口 93]で溝口は人工知能研究者からみた教育・学習支援の研究分野の意義について次のように書いている。

「知的CAIは教師と学習者という2種類の人間の知識の交流を扱う。おそらく最も高度なAI技術・理論と認知科学の知見が必要とされる学問である。知的CAIシステムには学習者モデルと呼ばれる学習者の理解状態を把握するモデルの構築が不可欠である。これは実に深遠な課題であり、人間の理解の計算モデルを限られたインタラクションから帰納的に構築しなければならぬのである。理解のモデルの構築！これほど魅惑的で、挑戦的な課題がほかにあるだろうか？・・・(割愛)・・・人間はなぜ、知識の習得の際に誤りを生じるのか？、人間はなぜ知っているのに知識を使えないことがあるのか？そもそも何をすれば人間の学習を支援することになるのか？ このように、わくわくとするような研究課題が山積みされているのである」

また、三宅は認知科学と知識工学の教育・学習の現場での融合と昇華について以下のように述べている。[三宅 08]

「学習科学がAI研究に共闘を期待する大きな問題がある。人の知識が全体としてどのようなものなのか、知識をどう表象したらよいか？という問題である。熟達化や長期にわたる学習を本格的に取り上げるために、学習の到達点としての人知の総体を表象することが、今また改めて必要になってきているように感じる。オントロジーが知識に対する工学的なアプローチを可能にするための一つの試みだとしたら、認知科学はそれに対応し得るだけの知識表象論を打ち立てる必要があるだろう。・・・(割愛)・・・学習過程を研究することは、人がいかにして知識を生み出すかを研究することである。したがって、認知科学にとって最もチャレンジングな研究テーマだといえる。学習を支援する研究は、同じ意味でAI研究者にとっても最もチャレンジングな研究テーマの一つではないのか？」

各分野を代表するお二人の文章を味わいながら、学習科学と工学分野の現状と展望を考えると、これからまさしく認知科学・学習科学と人工知能・学習工学の研究者が、知識の成り立ちと、それに関わる人間の活動に対する大きな好奇心を共有しつつ、共闘できる時にきているように思えてならない。

[AI事典 05] 人工知能学会編、人工知能学事典、18章 AI 応用:教育支援、pp.830-881, 2005.

[櫻井 08] 櫻井成一朗他、特集:「協調学習と AI」,人工知能学会誌, Vol.23, No.2, pp.159-209, 2008.

[杉本 08] 杉本雅則他、特集:「体験の増幅を目指した学習支援」,人工知能学会誌, Vol.23, No.2, pp.210-242, 2008.

[溝口 93] 溝口理一郎著, コラム 2:知的 CAI 研究の勧め, エキスパートシステム II, 朝倉書店, 1993.

[三宅 08] 三宅なほみ, 協調的な学習と AI, 人工知能学会誌, Vol.23, No.2, pp.174-183, 2008.