

伝統的CAIの発展的サバイバル

伊藤 穰

鉄腕アトムが誕生して一年。人の似姿として創造された彼は、やがて創造主たる天馬博士に疎まれるようになる。

あたかも人間のように振舞う機械を思うとき、我々は何を期待し、あるいは期待しないのか。以下、本文では、教育システムにおける古典的手法と、近年の人工知能を用いた研究について概説し、それぞれの持つ意味について考える。

一．人工知能とCAI

一．一 CAIの概要

CAI (Computer Assisted Instruction) とは、コンピュータを教育に援用すること、あるいはその形態を意味する。一九五〇年代の後半に本格的な研究が開始され、現在に至るまで発展を続けてきた。その用途は、企業内教育や学校教育、軍事訓練など多岐に亘り、その研究成果として、様々な方法論や理論が提唱されてい

る。当初は、教材の提示や単純な正誤判定を主とする、いわゆる伝統的CAIについて研究がなされていたが、やがて人工知能の技術を応用した知的CAIについての研究が盛んに行われるようになった。近年では、機器の低価格化および高性能化に伴って、実証的な研究や考察も見られるようになってきている。以下、そのそれぞれについて述べる。

一．二 古典的手法としての伝統的CAI

CAIは、一九五六年からのスエズ動乱時に、アメリカ国防省が、兵士を効率的に教育する方法について調査を行ったことがその端緒であると言われている。その後一九五八年には、ハーバード大学のスキナーとIBMの共同開発によって、CAIシステムの研究開発が行われた。スキナーは一九三八年頃より、オペランド条件付けに基づくプログラム学習の原理についての研究を行っており、その実現環境たるティーチングマシンにコンピュータを

用いたことは、当然の帰結であるといえる。

プログラム学習とは、ある一定の知識の獲得を目的とする際に、合理的に設計された、ただ一つの手順によって学習を進行する方法を示している。その際、対象領域の知識を細かく（スモールステップに）分類し、それぞれの段階において設問を配置し、解答結果に応じて学習が進行してゆく。このような考え方に對し、クラウダーは、学習者個々の知的能力に応じて枝分かれする分岐型プログラムを提唱し、スモールウッドはプログラムの配置に統計的手法を用いる仕組みを提案した。このような教材および学習の展開方法についての議論とは別に、学習者の意欲の向上や動機付けについての心理学的な考察も行われた。

プログラム学習にコンピュータを用いることには、様々な利点がある。その最たるものとして、教育の自動化が挙げられる。学習者は、時間的な制約を受けることなく学習を開始し、継続、終了することができるほか、自身の問題意識に応じて教材を選択することもできる。コンピュータの画面上で電子化された教材情報を即時的に閲覧できることは、効率的な学習にも繋がる。また、人種問題などによって教育の機会を得ることが困難な学習者に対して、コンピュータは平等に動作する。これらのことから、一九六〇年代に入ると、CAIの研究はアメリカにおいて国家的な支援を得て急速な広まりを見せた。具体的には、算数や高校数学、フランス語文法などの学習が可能なCAIシステムの開発が行わ

れていた。

この当時のCAIは、一定の規則に従って教材を提示することや、教材知識に基づいて、設問の解答に對して正誤判定を行う。近年では、このような仕組みのCAIを「伝統的CAI」と呼び、次節で述べる知的CAIと区別している。ここで用いられている手法は古典として位置づけられており、とくに知的CAI研究においては批判の対象ともなっている。

一・二 知的CAIの誕生

一九六〇年代の後半から一九七〇年代の初頭にかけて、CAI研究は転換期を迎える。

黎明期においてCAIに期待されたのは、教育の大幅な効率化と質の向上であった。研究者の中には、将来的に人間教師が不要になるとの楽観的な見解を示すものもいた。しかし、それまでのCAIで実現できたことは、教育という概念に含まれる要素のうち、ごく一部分の内容に留まっていた。すなわち、教育という場においては、学習者は理解の及ばない事柄について教師に質問をし、知識の獲得や修正を繰り返してゆく。また、教師は学習者の理解状態について、対話の中で推論を行って、適切な教材の提示や指導を行う。このような教育を実現するためには、CAIのシステムに、知的な応答を可能とする仕組みが必要となるのである。そこで、人工知能の技術を導入した「知的CAI」の研究が行わ

れるようになった。

人工知能の定義は、研究者によっても様々であるが、基本的に問題解決能力に基づいて推論を行うことが根幹であり、必ずしも人間と同様の思考を行うことは意味しない。しかしながら、知的C A Iが学習者と接する場面においては、少なくとも表層的には人間教師を模した振る舞いを行うことが求められる。そのようなことから、C A Iにおける人工知能には、問題解決能力や学習者の理解状態を把握するための仕組みだけではなく、知的、および情的なK R (Knowledge of results)をも可能とすることが望ましいと言える。

これらの具体的な方法として、まず、対象領域の知識を、データ自体と、データ同士の関連性を示す論理とに分離し、それぞれについて内部表現化することによる知識表現方法が用いられた。たとえば、数学の指導を行う知的C A Iの場合、知的C A I自身が設問を解答する能力を持つことになる。このことは一見、自明のこのようにも思われるが、コンピュータが複数の手続きを含んだ計算を行う場合には、人間がその手順を記述しておく必要がある。そして、その手順と、学習者の解法とを比較することによって、学習者が正しい解に到達したか否かを判定するのである。また、誤った解法についても、C A I内に記述して知識として保持させることにより、その誤り方のパターンを認識して、指導に活かすことが可能となる。

学習者の理解状態を把握する方法としては、学習者モデルを用いることが提唱された。学習者モデルとは、学習者の行動の履歴から、その理解状態を推論する機能、あるいはそのために処理されたデータ自体を示す。知的C A Iに学習者モデルを実装することによって、システムは、学習者の状態に応じた教材提示や、指導を行うことができると考えられている。

さらに、教師を模した「存在」を提示し、その「存在」がK Rを行うことによって、学習意欲の維持や向上を図るということについても、研究が行われている。

一・三 知的C A Iの苦闘

知的C A Iの研究によって、不完全ではあるが、コンピュータによる適応的な個人教育が可能となった。しかしながら、それが教育現場において十分に活用されているとは言い難い。それには、様々な原因が考えられる。

まず挙げられるのが、知的C A Iを用いる目的性の議論の欠如である。知的C A Iをどのような場面で、どのような目的で用いるのか、ということは、学習者に対する指導の内容に直接影響を及ぼす。教育機関における授業内において用いる場合と、自宅での自習に用いる場合とでは、時間的な制約や、動機付けの面などにおいて、指導の展開方法が異なるであろうことは明らかである。すなわち知的に振舞うことを目指すがゆえに、状況に応じた対応

が必要となるのである。しかし、これまでの研究では具体的な状況が設定されないままに教授戦略が設計された例も多い。

また、研究手法自体に伴う困難さも挙げられる。知的C A Iシステムによる教育効果を評価する際には、実証実験が不可欠である。具体的には、知的C A Iシステムを使用する前後の被験者の成績を比較し、また、アンケートなどによってその効果を検証する。しかし、被験者の学力の向上の根拠として、知的C A Iシステムの使用を特定理由と断定することは容易ではない。システムの知的な振る舞いとは無関係である場合や、被験者自身の独自の努力によるものである場合も考えられるからである。

さらに、重要な点として、学習者と知的C A Iシステムとの間での合意を形成することの困難さが挙げられる。人間教師の場合、学習者は、教師が行うであろう指導の方法や内容について、対話などによって、ある程度、想定することができる。それに対して、知的C A Iの全体像を把握していない学習者が、自分がどのような指導を提供されるかについて把握するためには、システムによる実際の指導を経験しなければならず、多くの時間を必要とする。このことは、どのような姿勢で学習の望むのか、という、学習者の心理面に与える影響も大きいものと考えられる。知的に振る舞うことが、むしろ学習者の意欲の妨げとなる場合や、知識獲得を阻害する可能性も考慮しなければならない。

二・二 伝統的C A Iの復権

「自動ページめくり機」と揶揄された伝統的C A Iであるが、現在も連続と生き続けている。むしろ実用的なC A Iの主流は未だ伝統的C A Iであるとしても過言ではない。二〇〇三年七月に東京ビッグサイトで開催されたe-Learning World 2003において示されたC A Iの多くは、古典的な手法に基づくものであった。

近年、マルチメディア情報の扱いが容易になったことで、教材として提示できる情報の質的・量的な向上が著しい。教員が講義する内容を録画した映像や、アニメーションによる解説を伴ったC A Iが数多く用いられるようになってきている。このことは、教育効果の向上にも繋がると考えられる。

また、情報処理関連の資格試験対策などの用途においては、単純なドリル&プラクティス型の学習が多く用いられる。このような学習には、模擬試験としての機能もあり、人工知能を用いて適応的な指導を行うよりも、即効性を期待することもできる。学習目的によっては、伝統的C A Iの使用が有効であると考えられる局面は充分に存在するといえる。

機械が人間のように振る舞うことによって、我々が得るものは計り知れない。しかしその一方で、機械が機械として振る舞うことにも、重要な価値があると考ええる。機械に何を望むのか。言うまでもないが、その問いは、常に状況に依存するのである。