

人工知能研究の難しさ



随 筆

元 田 浩*

Problems with Research on Artificial Intelligence

Key Words : AI, rationality, representation, reasoning, learning

約20年前にアジア地区で初めての人工知能に関する国際会議(PRICAI)が日本人工知能学会の企画で名古屋で開催された。そのときの熱気を今でも憶えている。昨年、本会議がハノイで開催され、Conference Chair を務めることになったのを機会に、人工知能研究の抱える問題を考えてみた。

日本の第5世代コンピュータプロジェクトが火付け役に大いに貢献したこともあるが、PRICAI 発足時はいわゆる人工知能ブームで、民間企業の投資も大きかった。その後、紆余曲折があり、一時はAI Winter と呼ばれる沈滞時期もあった。期待が大きすぎたことも一因であるが、それ以上に人工知能研究は本質的に難しい問題を抱えているように思われる。

この20年間で人工知能に対する考え方が変化した。初期の人工知能研究は推論、計画、学習、自然言語処理など人間に固有の高度な知能の機械化を対象としていた。合理的なエージェントを仮定し、資源有限の下で効率良く目的を達成することが指導原理であった。人間はチンパンジーとは違うという局面が強調され、アインシュタインのような頭脳を計算機に持たせようという意気込みがあった。考えて考え抜く計算機も魅力的であるが、これは知能を非常に

狭く解釈したものに過ぎない。人間は合理的であるだけではない。環境に対し反射的に反応し、環境の変化に順応する。チンパンジーでも同じである。このような、人間はもちろんのこと、人間以外の動物にも備わっている機能は知能のインフラをなすもので、これを無視しては知能は語れない。しかし、初期の人工知能研究にはこの視点が欠けていた、その後、環境との相互作用の重要性、そして、とくにロボット分野の研究で身体性が議論されるようになってきたのは周知のことである。現在では、当初目標とした推論機能や自然言語処理などの高度な知能は、このような動物一般が持っている能力の上に構築されるべきものであり、切り離して扱うべきではないと考えられている。

周辺分野の研究も大きく進展した。とくに、脳科学分野の研究の進展が顕著である。人工知能を実現するには自然知能から学ぶべきというのはまっとうな考えである。約半年前に、日米の人工知能、ロボット、脳の研究をしている科学者が集ってロボットと知能について議論する機会があった。脳科学者との距離が大きすぎて議論が噛み合わない。常に神経回路の動きにまで戻らなければ知能は論じられないとは思えない。脳の活動は神経回路の発火パタンで表現できるので、脳内での知識表現は分布表現である。人工知能では思考、とくに意識下での高度な推論機能は記号操作で実現できるとの立場をとっている。つまり、知識は、言葉で表現できるように記号で書き下すことができ、その上で演繹・帰納・発想などの推論処理をすることが機械が思考することと等価であると考えられる。これは熱力学で気体の状態を論じるのに、気体を構成する個々の分子のミクロ運動まで遡らず、温度や圧力などのマクロな概念を使って論じることができるのに似ている。しかし、熱力学



*Hiroshi MOTODA

1943年3月生
 東京大学工学部原子力工学科(1965年)
 現在、米国防総省空軍科学技術局アジア事務所(AFOSR/AOARD) 科学顧問
 工学博士 人工知能 機械学習 データマイニング
 TEL : 03-5410-4409
 FAX : 03-5410-4407
 E-mail : motoda@ar.sanken.osaka-u.ac.jp;
 hiroshi.motoda@aoard.af.mil

とは違って、知識処理の場合は神経回路の発火パターンからどうして記号が生まれるのかのパスがまだ理解されていない。両者をつなぐパスが解明されれば人工知能研究者は安心してマクロの世界に没頭できる。現状では、脳科学の成果は、記号を介さない前述した知能のインフラの部分でしか接点がない。

一方、情報量の加速的な増加に伴い、新しいタイプの知能が浮上してきた。情報量の増加は科学的手法にも大きな影響を与えた。従来の解析的な手法から、データ探求的な手法に重心が移動し、巨大データがものを言う時代になった。パラダイムシフトと言ってもよい。膨大な Web 空間内のデータを誰でも簡単にアクセスできるようになり、その結果、集団知あるいは社会知と呼ばれる新しいタイプの知能が議論され始めている。実際、Web 世界は集団知、社会知の源である。しかも、いいものは残り、悪いものはすたれる自然淘汰の機構もある。人間の常識的、非常識的な行動、思考が素直に反映されており、考えても分からないこと(分かりにくいこと)、理論的な裏づけのない領域での実体が凝縮されている。無数の知識が無数の人々によって誰からの統制も受けずに提供され、これらが総体として知能を提供する形態は、自由世界で民主的に進化するソフトウェアと似ている。しかし、Web 世界が構成する超大規模ネットワークからの知識獲得の一般論はまだない。ネットワークはそれ自身意思を持って成長したのではなく、局所的な活動が干渉し合って全体構造が出来上がったものであり、どうすれば何が取り出せるのかの研究はまだこれからである。

集団知に関連して、小頻度・多種類を積極的に利用した、塵もつもれば山となる、を实践することで新たな知能を得ることもできる。例えば、人界作戦に頼らなければならないものも、多くの人がほんの少しだけ手伝えばよい仕組みを作ればうまく行く。画像認識能力は知能の重要な要素であるが、画像を理解して文章に結び付ける良い手法がなく、人手による画像のインデックス付けに頼っている。同じ画像に相手がどのようなインデックスをつけるかを推測し合うゲームを考案すれば、人々はきそってゲームに参加し、いいインデックスを考えてくれる。このような Human computing, Social computing とも呼

ばれる方法によって、一見解けそうもない問題を安価に解決することも人工知能研究の新たな側面と言える。自然言語処理・翻訳の分野では膨大な事例に基づく推定が主流になっている。多数の、生きた言葉がどのように使われているかの事例を使って翻訳の方が文法に基づいた解析より性能がいい。量を変え質を変える研究が脚光を浴びる時代になった。Web 世界は膨大であり、欲しい知識の多くはすでにどこかにあり、新たに学習するより探せばいい、との発想は最近随所で見受けられる。学習は人工知能の最重要要素であるが、Web の登場により、学習が探索に置換されてしまう側面も生じた。

情報通信技術の進展は、あらゆるものを小型化し、知能化し始めた。家電製品など日用品のあらゆるものがセンサーと一体化し、ネットワークを介し通信し合うようになり、世はコピキタス計算の時代に突入しつつある。ありとあらゆるものに知能が分散した、分散知と呼んでもいい新たな知能の出現が想像される。20 年後には計算速度は現在の 100 倍になり素子の限界に達する。量子計算機のような新たな計算処理技術が実用化すれば、さらにその 1000 倍以上高速になる。どのような処理が行われ、何が可能になるのであろうか？ RFID タグを利用した図書館や店舗の管理などが格段に進むことは容易に想像出来る。しかし、テレビゲームや携帯電話が小中高生に与える影響を見ても分かるように、必ずしもいい面ばかりではないであろう。いつも監視されているような世の中にはなっていて欲しくない。高齢化社会になり福祉ロボットなど介護分野での人工知能の応用が期待されているが、携帯電話ですらこずっている年寄りに対し、やさしい社会になるのであろうか？ 人間を越える超人工知能を持ったロボットに、人間が支配される可能性を心配するよりは、無数の小さな知能化の社会全体に与える負の影響にも心を配るべきであろう。

以上、人工知能を取り巻く環境が大きく変化し、人工知能と言っても個人知能、集団知能、社会知能、分散知能など幾つかの側面があり、それに絡めて多々考慮すべきことがあることを述べた。話を本題に戻し、人工知能研究がどういう流れを辿ったかを振り返ってみる。人工知能の教科書を見ると、知識表現、

探索, 推論, ビジョン, プランニング, 自然言語処理, 学習, 知識獲得, エキスパートシステム, 知識管理などが主要な章を構成している。人工知能の入門講義では, これらを一通り教えてきた。人工知能研究者は自分の専門分野を深く掘り下げる研究をしているが, 少なくとも当初はこれら全部を関連するものとして意識していた。人工知能に関する国際会議では, これらが主要なセッションを構成している。しかし, どの学問分野でも共通であるが, それを構成する分野の専門化が進み, 各専門分野はそれ独自のコミュニティを形成する。上に述べた各分野は, 今では個別の国際会議に発展し, その規模は親であった人工知能に関する国際会議に匹敵し, 中には越えているものもある。技術がどんどん細分化され, それぞれの細分化されたところで毎年, 若い頭脳が新しい成果を出している。他分野で分かっていることの再発見も多い。昔は専門は人工知能と一言言ってもおかしくなかったが, 今では具体的には人工知能の何を, と質問される。

しかし, 個別の分野の研究の延長線上の到達先に人工知能があるわけではない。細分化したものの成果をただ寄せ集めても, 人工知能は実現しない。この20年間で人工知能が実現に近づいたとは思えない。個別の研究は人工知能を構成する重要な要素ではあっても, それらがどのように統合されるかに関して, 大多数の人工知能研究者は興味がない。興味を持つようにも, 個別の専門分野での競争が激しく, 他の人のやっていない新しい成果を出すのがやっとというのが正直な所であろう。

著名な人工知能研究者等の意見を総合すると, 人工知能が満たすべき要件は, 殆どどんなものにも最低ほどほど十分に対処でき, 自分の行動や問題解決手段を我々の事前知識に合わせて説明でき, 経験を積むにつれ知識を洗練し性能を向上させ, 未知のものに対しては過去の似た経験で個別に対処しかつ一度経験すれば訓練され, 意図を持って知覚・行動し, 指示を受けて行動を変更し, 限られたデータから学習し, 既存の知識を最大限に活用し, 道具を使いこなす能力があることだと言える。これらの要件をすべて満たすことは難しい。多くの特殊な能力が複雑に絡み合い初めて実現可能なもので, 単に加え合わ

せればよいというものではない。人工知能研究は50年の歴史を持つが, その中でも知識表現, 推論, 学習は未だに3大課題である。そもそも多くのタイプの知識をどのようにコード化すればよいのか, それらの関係をどう表現すればよいのか, 分散した知識をどのように長期間に亘り学習・蓄積し, 知っている知識をどのように新知識の学習に活用するのか, どうすれば常識的な推論ができるのか, 学習の仕方をどうして学習するのか, などはまだ解けてはいない。

ではどうすればよいのであろうか? 人工知能研究に関しては3つのアプローチを並行して進める必要があるように思われる。第1番目のものは実用指向の工学的なアプローチで, 人間と同じようになんて考えないで, 既存のシステムの一部に人工知能的要素を組み込み, 上手く行くものはなんでもする。多分, 無数の個別のアルゴリズムやシステムができるであろうが気にしない。第2番目のものはボトムアップに脳科学から人間の知能に迫るアプローチで, 回路網構造(解剖学的立場)と機能メカニズム(生理学的立場)を解明し, 心理作用を司る命令セットを同定し, 記号と非記号の間をスムーズに連結する仕組みをモデル化する。成功の見通しは分からないが, 知能の解明には避けて通れない。第3番目のものは両者の中間的なアプローチで, 複数の人工知能要素を統合した汎用性のあるアーキテクチャを模索する。例えば, すべての問題解決を状態空間内の探索と捉えたり, ベイズ推定における確率の更新と捉えるなどの基本アーキテクチャの周りに個別の機能を付加するようなアプローチである。

大きな目標に挑戦する大きな組織の下での研究体制が必要になろう。米国国防総省高等研究事業局(DARPA)のグランドチャレンジは参考になる。自動車の無人運転という, 実時間のビジョン, プランニング, 制御の統合技術を開発するのに絶大なる貢献をした。一昨年は沙漠での未知のルートでの無人走向, 昨年は一般市街での無人走向に挑戦し, 目標を達成した優勝チームには1億円の賞金を出した。日本で提唱され世界に定着したサッカーのロボカップもいい例である。実時間の状況判断, 予測, 相互協調, プランニング, 実行など多くの人工知能要素の

統合が必要なものの典型例である。知能の一部だけが非常によく機能してもサッカーはできない。必要なものすべてが揃わなければいけない。始まった当初は見るに耐えなかったものが、今では十分楽しめるものに成長した。

この例に見るように、人工知能の研究は必要な機能が全て揃わなければ成功しないようなものを目標として進めるべきであろう。あまりに一般的過ぎても、あまりに特殊過ぎてもいけない。長期的な見通しの

中で、達成度がきちんと評価できるマイルストーンを立て、強力なリーダーシップと国際協力の下で進めるのが望ましい。目標設定も上に述べた「知識表現、推論、学習」など技術課題を表に出すのではなく、例えば、「高校の物理の本を読んで章末の問題を解き80点以上もらおう」、「本を読み、それに関しエッセイを書き、評点Aをもらおう」、「絵画をみて自然言語で説明する」、「幼稚園児と一緒に遊ぶロボットを開発する」などのような、誰がみても成功失敗が分かる具体的なものにすべきであろう。

