

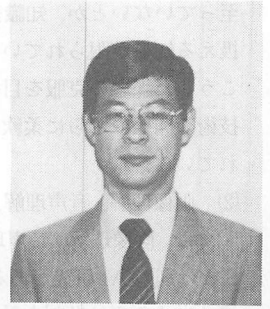
■ 展 望・解 説 ■

人工知能とエネルギーシステム

Artificial Intelligence and Energy Systems

鈴木 道 夫*

Michio Suzuki



1. はじめに

近年、設備の故障診断や金融関係のコンサルテーションなどのエキスパートシステム（以下、ES）が大きな関心呼び、また機械翻訳や知能ロボットの分野でも研究開発が急速に進んでいる。これらの発展には、人工知能（以下、AI）の研究の成果が大きく貢献しているといわれている。

本稿では、AI 技術を概観しながら、エネルギーシステムとの関わりを探ることを狙いとしている。しかし、「エネルギーシステム」という概念はきわめて広い内容を含むものと考えられるので、ここではそれをエネルギー産業面とエネルギーシステムの研究開発面とに大胆に区分けして論ずる。また、AI についても、その概念は必ずしも明確になっているとは言い難い面があるので、私見を交えてかなり大胆かつ広義な見方をすることをご了解いただきたい。

2. AI をどう捉えるか

今日、AI がどんな分野で研究、応用されているかをまず概略整理する。しかし、これは現象論的なものにならざるを得ない。いわゆる先端的技术が世間の話題になったときの常として、そこにさまざまな立場や思惑が入り込み、その全体は雲を掴むようなことになる。そこで、次に筆者の個人的な考えにより、一つの見方を示すこととした。

2.1 AI の主な応用領域

(1) 知識工学、エキスパートシステム

人間社会の進歩は、それを助ける道具の進化とともに進んできたといわれ、その動力を自然エネルギーから化石燃料へと転換させたのが産業革命だといわれている。その中であってコンピュータは、人間の思考活

動を助ける道具として活用され、AI はその先兵だと考えられている。つまり、人間の思考のメカニズムを解き明かし、それを応用して人間の思考活動をよりの確に助けられる道具（コンピュータ）を実現したいということである。

しかし、思考のメカニズムは、生理学や心理学の助けを借りても容易に解明できることではない。そこで着目したのが思考活動の産物であり、また手段でもある「知識」の活用であった。人は知識を使ってものを考え、判断し、それを新たな知識として蓄積し、伝達する。これが思考活動の（全てではないとしても）重要な仕組みだと考えることにしたわけである。こうした考えのもとに、ある問題を解決するために人が考え、判断するときに必要な知識がどんなものであるか、それをどのように表現すればコンピュータで扱えるか、といった研究が「知識工学」として発展してきた。エキスパートシステム（ES）は主として知識工学の研究に支えられ、それぞれ特定の専門分野だけに局限されていた知識をコンピュータ化することによって、その知識に基づく判断をより広く活用できるようにすることを目的として作られたシステムである。

ES は、病気の診断、設備の故障の診断、装置の運転の支援、金融投資のアドバイス、LSI の設計、地下資源の探査、それら専門能力に関する教育支援など、適用分野でみれば際限がないほど多種多様な応用が試みられている。ES 開発のために、Lisp や Prolog と相性のよいコンピュータの開発、知識表現手段と推論機構及びグラフィックスなどのインタフェース機能をパッケージにしたシェルの開発、さらにはこれらハード・ソフトの知識と使い方を中心とした知識エンジニア教育などが盛んにビジネスとして展開されている。

これらのツールや教育に支えられ多数のES 開発が進んでいるが、実用に供されているシステムがどれほどあるかは怪しいところである。その原因として、まだ開発経験が浅いために、時間的にまだ実用段階まで

* (財) 電力中央研究所経済研究所情報システム部知識処理研究室室長

至っていないとか、知識表現や推論方式の制限が強く、扱える知識が限られている、などが指摘されている。こうした課題の克服を目指し、知識の獲得を支援する技術の開発やさらに柔軟な知識表現法の研究が進められている。

(2) 画像理解, 音声理解, 自然言語理解

次に、画像理解, 音声理解, 自然言語理解というESとは別のAI研究があるが、これら3つの分野を一纏めにする事は批判を受けるかも知れない。しかし、限られた時間の中でそれぞれのもつ内容を立体的に捉えることはきわめて困難であり、ある視点からみてものように捉えられるかを論ずることで我慢しなければならない。ここでは、いずれも外界の(開いた)世界を工学的な(閉じた)世界の中でいかに理解するか、という問題の研究として眺めることにしたい。

ここで、「理解」とはどういうことを意味するかを考えておきたい。コンピュータが理解するとは、なんらかの形式で定義されているコンピュータ内のモデルのもとで、問題にしている対象物が矛盾を起こすことなく記述できたということに他ならない。ところが一般に、人間が理解したというときはこれよりはるかに多くのものを得たことを意味しており、例えばある画像を理解したというとき、単にその形や色などの表層的なものだけでなく、画像の元になった実体を連想し、さらにはその実体に付随した背景や歴史などまで捉えていることを仮定していることが多い。こうしたことから、コンピュータによる画像や音声、あるいは言語の理解は、人間に比べて極めて低レベルだといわれがちである。特に、その性能が人間の場合と比較し易いものであるだけに、その差が誰の目にも歴然としてしまう。しかし、コンピュータにおける理解は、人間のそれを一つの目標、ないしヒントとしながらも、本質的には異なるものと考えべきであろう。

コンピュータによる理解の問題は、郵便番号などの手書き文字の識別、航空写真や衛星画像からの植生分布の把握、音声ワープロ、機械翻訳など、それぞれの目的に応じてモデルが工夫され、それによって必要十分な理解が行なわれる。どんなモデルを用いて、どのように処理するかは、画像と音声と言語ではそれぞれに異なってくる。敢えていえば、画像と音声は、入力情報の中から有意なものとノイズとをいかに感度よく分離するか(S/N比の向上)、さらに有意な情報の中をいかに精度よく分類するかという技術において共通性をもっている。また、音声と言語とは、話し言葉

を扱う場合には共通性が高く、発音上の癖や言語構造の理論的モデルなどはどちらにも利用される技術といえる。

(3) 知能ロボット

産業用に利用される自動工作機械の中で、自動制御された旋盤などのNC工作機械と、溶接や塗装などに使われているロボット(マニピュレータ)と、さらにここでいう知能ロボットとを厳密に分類することは難しいようである。おおまかには、NC工作機械は、その動作手順を一部始終予め決定したプログラムによって制御し、本体もその位置を変えないものと考えられるのに対し、いわゆるロボットは作業状態をモニタするなんらかのセンサーをもち、そこからのモニタ情報によって動作の微調整(手加減)や手順の一部変更などが行えるものと考えられる。それでは、単なるロボットと知能ロボットとの違いはなんであろうか。この境目がまたなかなか微妙である。一般には、センサー情報に基づく調整可能性の度合により分けられるといえよう。

例えば、塗装を考えると、噴射ノズルと塗装面の距離の変化は塗装の仕上がり品質に大きな影響を与えると考えられるので、自動車ボディーのような曲面を塗装するロボットは、距離を一定に保つようなフィードバック制御が不可欠であろう。しかし、この程度の知能は素人でも思いついたぐいであり(距離を保つための制御方法の知能ではなく、その必要性に気づくという知能の意味である)、当然予め仕組まれるべき機能である。ところが、塗装工程の前で完了しているべき溶接に欠陥があり、塗装面が一部めくれた自動車が塗装工程にきたとしたらどうなるであろうか(例はあまり現実的ではないが)。前の塗装ロボットは、めくれた部分の距離を調整しながら塗装を完了させるに違いない。しかし、調整量の大きさの異常に気づき、これはもしかしたら欠陥車かも知れないと疑って、塗装を中止したり監視員に連絡したりできるロボットがあったとすれば、それはいかにも知能的だといえるであろう。

この両者の違いはどこにあるといえるだろうか。筆者はこれを、問題解決力の有無によって捉えたいと考える。つまり、種々のセンサーの情報によって巧みに、あるいは柔軟に作業をこなせるロボットであっても、そのいずれもが予め予知されているものだけで組み立てられるとすれば、問題解決力は不要であり、従って、筆者の定義では非知能型のロボットである。こ

れに対して、予めプログラムされた範囲外の状況に対して、取るべき行動を決定できるロボットは知能ロボットといってよい。

知能ロボットに必要な問題解決力は、センサー情報に対する認識（または理解）機能と、目的達成のための計画立案機能とからなる。前者は、センサー情報の形態によって画像理解、音声理解など、前項で述べた理解処理の問題になる。また後者は、理解によって得た現状とロボットの作業目的との差をいかに埋めたらよいかの行動手順をつくり出すことである。これら現状理解と計画立案のために、さまざまな知識、あるいはモデルが必要になる。塗装ロボットの例では、自動車についてのモデルやその組み立てラインに関するモデルなどがそれに当たる。ちなみに行動手順が決定できれば、それをプログラムとして実行することがロボットの動作そのものとなり、この点に関しては予め組まれたものであろうとなかろうと変わりはない。

すでにお気づきの読者もおられるかも知れないが、この問題解決のための計画立案は、いわゆる自動プログラミングに他ならない。現在、データ処理マシンとしてのコンピュータのプログラミングは、本質的に人間の手に委ねられている。AIの目指す一つの方向は、人間が目的を示したとき、それを実現するためのプログラム作りをコンピュータに行なわせることである。この点が、知能ロボットをAIの見地から見たときの最も重要な本質に迫るところである。

2.2 AIに対するもう一つの見方

前節で概観したように、AIの領域はきわめて広く多彩である。そればかりでなく、その目指すものが何であるかについても、いくつかの立場、見方が混然となっているのが実状である。その一つの原因は、まさにその適用領域の広さにもあり、工学やコンピュータ科学のみならず、心理学、社会学、さらに哲学の研究者まで巻き込んだ議論が展開されている。それは単なる見かけ上の広さだけでなく、その解明すべき対象として人間が、しかもその思考活動そのものが中心テーマとして含まれるところに混乱を助長するものがある。加えて、そこにビジネスが成立しており、企業の思惑も絡んでいる。

この小論で、そうした多次元の絡みを解きほぐし、それぞれの関係を明快に説明しうる余裕もないし、またその能力もない。しかし、さまざまな視点を時に応じてすり替えていったのでは、混乱を助長しこそすれ理解の助けにはならないと考えられるので、筆者自身

の考えるAIの見方を簡単に紹介したい。

筆者は、AIの役割を二つの視点から捉えたいと考えている。第1の視点は、新しいコンピュータ技術として見たAIの役割である。その意味は、AIがコンピュータ応用におけるこれまでの限界を広げるものであること、即ち、これまで何らかの理由により実現困難であった問題解決を可能にするものであるという点である。例えばエキスパートシステム（ES）においては、知識の断片を部分的であれ集めることによって、その範囲で動かすことができる。その結果を見ながらさらに知識の不足を補い、性能の改善を図ることができることから、問題全体に対する解決方法が見通せないためにプログラムができなかった問題にも利用していける。

第2の視点として重視したいのは、人間の問題解決能力を助けるという点である。第1の視点がコンピュータを賢くする技術だとすれば、これは人を賢くするための技術だという逆の関係の図式で捉えられる。しかし、これの意味するところは、もっと人間に付随するファクターが重要な決め手になっているのではないかと、いう仮説的な視点である。例えば、従来プログラム化できなかった問題が扱えること自身、そのような知識の集積で解決できることが確認できたということであり、それは人間が新しい解決法を得たことを意味している。また、分かっている範囲の知識を組み込んだESを動かして、それでうまくいかない部分を明らかにすることができれば、新たな解決策の必要性がどこであるかを特定化できる。つまり、コンピュータのプログラムとしてどれだけ知能を高められるかは、それを作る人の知能（問題解決の能力）がどれだけ発揮できたかにかかっていると考えれば、AIが人の知能の向上にどれだけ貢献できるかが重要だといえよう。これは、問題を解決する方法の妥当性をいろいろな観点から確かめるという方法であり、シミュレーションの考え方である。ただ、普通のコンピュータシミュレーションは、特定の問題についてモデルを作り、いろいろなケースを試みるのに対して、モデルを特定化せずに不特定の問題全般に関して解決法の妥当性を試行錯誤するので、「柔らかなシミュレーション」と呼ぶことにしたい。

第1の視点は、あくまで技術的なものであるが、第2の視点は技術ではなく、あくまで見方に過ぎない。従って、工学的な面で意味をもつのは第1の視点で捉えたAIの技術であるが、敢えて、第2の視点を掲げ

たのは、次の理由による。ひとつには、AIが技術として産業に寄与できる大きさはまだ決して大きいといえないこと。これは、現時点での技術的完成度がその潜在的可能性からすれば遥かに低いという意味である。もうひとつは、コンピュータ技術である以上、ノイマン型といわれる現在のコンピュータに全面的に依存せざるを得ないこと。AIの理念が人間の知能に対する科学的アプローチの探求であると考えれば、技術の枠組みでは捉えきれない広がりをもつと考えるほうがよいのである。

3. エネルギー産業とAI

これまで述べた考え方をもとにして、エネルギー産業におけるAIの活用について考えてみたい。ただし立場上、電気事業を中心として考察することをご了解願いたい。

3.1 AIに期待する背景

エネルギー産業におけるAIの期待は、かなり大きいものがあると考えられる。少なくとも、ESの開発はきわめて積極的である。ただし、AIの応用は、ニーズ先行であるよりは、基本的にシーズ先行というべきである。これはエネルギー産業に限ったことではなく、どの産業においても然りである。これを称して、一時的な流行だとの酷評もある。その面も決して否定できないところもあるが、一方、AIの将来的な可能性に期待するいくつかの背景があることも確かである。

第1は、事業がいわゆる設備型産業だという点があげられよう。例えば電気事業は、生産と流通の両面で設備のウェイトはきわめて高い。このため、さまざまな観点からそれら設備の運用効率化は、常に経営の重大課題であり、コンピュータ技術の高度化は普遍的な要求となっている。

第2に、上記の事業特性に伴う問題として、専門的技術への依存度が高いこと、その多様化、細分化が進んでいることがあげられよう。近年の傾向として、こうした技術を継承すべき熟練専門員の育成が極度に困難化していることが、特にESへの期待を強めている。

第3に、近年の低成長の経済動向とそれを背景とする産業構造の変化、さらに直接的には、エネルギー間の競争の激化と事業体制の変容など、エネルギー産業をとりまく環境のし烈化も明らかに、AIの取り組みを促進していると見ることができる。これは、何をよくするために使うというより、AIというシーズをきっかけとして新しい価値を見つけたしたいとの期待が強

い。

3.2 設備運用面での応用

エネルギー産業におけるAI応用の大きな分野は、設備運用・管理面の高度化であろう。ただし、電力でいえば原子力発電や水力発電、送変電設備や配電設備など個々の設備の種類はさまざまであり、各設備毎に応用の姿を眺めることは煩雑となる。そこで、設備別もしくは対象分野別ではなく、それらを高度化することの主な狙いにしたがって考えることにしたい。

(1) 信頼性の向上

設備の運用において最も基本的な概念は、その設備が本来の機能を発揮しうる状態に保つこと、ということであろう。従って、これを損なうもの、例えば設備自身の劣化による性能低下や故障、過負荷や外来事故による機能停止、誤操作などを排除することをすべて含んだ意味での信頼性の向上である。このための方策をどの様に考えるかにはいくつかの見方があるであろうが、ここではAIとの関連性を念頭におきながら下図-1のように捉えることとした。

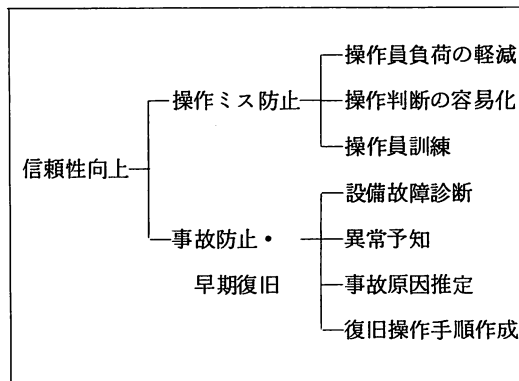


図-1 信頼性向上の方策

操作ミス防止は、主としてヒューマンファクター面の対策である。その中で負荷の軽減は、自動化などの徹底による作業負荷の軽減も重要であるが、そうしたハード面の対策だけではミスの要因として人間そのものに起因する問題に十分対応することが困難である。そこで、判断部分を肩代りして思考面での負荷を軽減することや、さらにはそうしたシステムの存在そのものが心理的安心感につながり、人間の正常な判断のものになる精神状態の安定を生むなどのソフト面での対策に大きな期待が寄せられている。判断の容易化は、為すべきこと（技術、規則）と為すこと（行為）との隔たりを小さくして確実性を高めるために、マンシ

ソインタフェース (MMI) を高めることである。

一方、事故防止や早期復旧は、設備技術的な対策に当たる。とはいえ、いずれも人間とは無関係ということではなく、設備の劣化や異常の発生などその原因は設備そのものにあるとしても、それを検出したり防止対策をとったりすることはやはり人間の能力の問題であることに変わりない。この点が、設備技術的な問題にもAIが必要になる理由である。

以上、設備運用の信頼性に対してAIに期待する面が大きいいえが、これは自動化などの設備運用技術との相対において考えるべきだということを念頭におくべきであろう。ソフト技術は多くの場合、その時点でのハード技術の間隙を補間するという役割を担っていると考えられるからである。

(2) 経済性の向上

設備運用・管理面でのもう一つの側面は、経済性の向上、即ちコスト削減であろう。多くの場合、信頼性の向上と経済性の向上は逆の関係にあり、一方だけの追求は企業全体としては好ましくない結果となる可能性が高い。

経済性の向上は、運用・維持コストと設備自身のコストに分けて考えることができる。運用・維持コストの削減のためにAIが役立つ部分は、作業員の肩代りによって人件費等が低減される直接的なものと、それによって達成される自動化などによりプロセスの連続性や作業時間帯シフトなどが可能になってもらわれる間接的なものとが考えられる。また、設備コストの低減には、故障や劣化診断の高度化、点検や保守の重点化などによる設備利用率の向上や長寿命化などがある。

3.3 業務面・経営面での応用

業務面では、エネルギー産業特有の問題はそれほど多くはないと考えられる。ホスト・コンピュータ中心の業務データ処理に加え、最近ではオフィスプロセッサやパソコンによるオフィスワークも進んでいる。こうした環境の中にAIが次第に取り入れられ、全社規模のデータベースの中から特定部署の業務に必要なデータを自動的に取り出せるようにするなど、末端でのマンマシンインタフェースの向上が期待される。これらは産業の種類とは関わりなく、業務効率化の全般的な方向といえよう。

電気事業やガス事業では、送配電線や地中配管などの設備管理業務の効率化のために、地図をはじめとする図面のデータベース化が大きな課題であり、その自

動認識を実現する上でAIへの期待は強いといえよう。

次に、特定の業務というよりは経営全般に関わる課題として、要員的な問題を挙げておきたい。設備産業としてのエネルギー事業は、さまざまな設備の運営・維持に必要な多くの技術を熟練員の経験の中に蓄えてきた。今後は、高学歴化や仕事に対する考え方の変化などにより、これまでのような熟練者を育成していくことは極めて困難になると予想される。また、当然のことながら事故なども減少し、経験を通じて技術を修得する機会も少なくなりつつある。こうした要員面の困難を打開するために、訓練システムの活用やエキスパートシステムによる技術の継承が期待されるのである。

この技術継承の問題は、さらに次のように考えることができる。技術の継承に実際役立つエキスパートシステムを作るには、それに足るだけの実用的な知識をきちんと整理した知識ベースを作らなければならない。ところが、エキスパートシステムを作った経験のある人ならすぐ分かるように、そのような知識を整理することは至難の技である。そもそもの知識が実際必要なのかということ自身がよく分からないのが現実である。熟練者といわれる人に聞いても必要な知識を整然と示すことはできない。エキスパートシステムを作るということは、こうしたあいまいな知識（人間ならあい映になった状態のままで済ませてしまう）の中から、明確にできる部分を見つけ出すことに他ならない。そうすることによって、属人的といわれる経験知識を（その全てではないとしても）組織として共有でき、継承できる形にすることができる。技術の継承にとっては、システム作りはむしろ手段であり、共有しうる知識を明確にして整理することこそ重要な意味をもっているといえることができる。

4. 研究開発とAI

最後に、エネルギーシステムの研究開発とAIについて考えることにしたい。ただし、この面でのAIの役割はエネルギーシステムだけの問題というわけではなく、研究開発全般に共通する問題といえよう。ただ昨今の経済情勢からエネルギー分野における研究開発は重要な意味をもっており、とりわけ高い関心があると予想される。

これまででも研究開発の環境整備のために、実験やそのデータ整理、設計・製図、あるいは資料調査などを支援するシステムの開発が進められ、最近ではラボラ

トリ・オートメーション (LA) といった概念のもとに、いっそうトータルな支援システム作りが進められている。すでに業務面での AI 利用でも触れたように、こうしたシステムの中にも AI が次第に取り込まれる傾向にあり、インテリジェントな CAD システムや LA ワークステーションのインタフェース高度化などはその典型であろう。

ここでは、もう一つ別の観点から AI を捉え、研究開発という創造活動との関わりを考えてみたい。研究開発は新しい価値の創造だと一口に言われるが、実際にはその言葉からイメージされるような大発見ばかりを指すわけではなく、趣向やニーズ、あるいは価格競争力などの変化に対応して、既存技術の見直し、変更、改良の積み重ねがほとんどだといえよう。こうした意味での新しい技術の開発は、言い替えれば既存技術の弱点や欠陥をいかに的確に見抜くかに掛かっている。

こう考えたとき、ここに AI の「柔らかなシミュレーション」としての特性を活かすことができないか、という見方が生まれる。シミュレーションは、対象とする問題をモデル化し、さまざまなケースを与えることによってそれぞれの結果がどうなるかを描き出す手法であるが、その利用のしかたはさまざまである。モデルが正しいと仮定すれば、どんな結果が起こり得るかを手っとり早く教えてくれるツールとなるし、得られた結果から判断してモデルの正しさを吟味するという使い方もある。経済モデルにおける予測と分析の関係はこれと同じといえよう。このうち研究者にとって重要な意味をもつのは、モデル化の妥当性を判断するために使うシミュレーションであり、それは正しいことの確認ではなく、どこで正しくないことが起こるかを発見するためである。

その意味では AI に限らず、シミュレーションは研究開発に活かし得る有効な方法といえることができる。しかし、これを実際に活かすためにはモデル化が不可

欠であり、研究開発の性格によってこれが可能な場合と困難な場合とがある。従来のコンピュータシミュレーションのモデルは、いわゆるプログラムの形を取らざるを得ないため、現象の定量化と手順化が必要となった。AI の知識表現と推論機構は、現象に対する定性的な部分の記述を可能にし、しかもそれらを断片的、非手順的に与えることを可能にした。それによって、これまでより広い範囲の問題についてシミュレーションの方法を活用できる可能性を開いたといえよう。

さらにつけ加えれば、知識型システムのプロトタイプ的性格がシミュレーションの帰無仮説的な考え方に、より適しているといえることである。研究開発の現実として冒頭に述べたことからすれば、すでに分かっている既存の知識や技術にもとづいてモデルを組み、その不備を発見するためにシミュレーションを行なうという考え方が有効になると期待される。

5. むすび

AI のさまざまな側面を紹介する形で本稿を述べてきた。現実には、すでにビジネスの展開も進みつつあるが、技術としてはまだほとんど役に立たないレベルでしかないというのが筆者の偽らざる見解である。本稿で述べてきたエネルギー産業面での応用や研究開発面への応用は、そのほとんどが将来に対する期待である。これらを現実のものとするには、AI 自身の研究、とりわけ広い範囲の知識を効果的にシステム化するための諸技術の開発が必要であると同時に、知識を集め整理する努力の継続が不可欠と考えられる。

こうした事実にもかかわらず、今日すでに現実問題に対して与える AI の大きなインパクトは、技術を越えたその考え方にこそあるというべきであろう。今後、こうした考え方を技術として役立つ形に高めていくことが AI 自身の研究として進むことを期待して、むすびとする。