



技術解説

AIと数値シミュレーションの役割

大川善邦*

1. はじめに

最近、技術がハード的なものからソフト的なものへ移行しようとしているように感じられます。

ちょっと前ならば、実際に実験装置をつかってデータを取るとというのが研究者の基本的な態度であったように思います。最近では、実験装置をつくるというよりは、むしろコンピュータのプログラムを作り、それを実行させて、その結果をもって実験結果に替えるというのが流行しているようです。

このような傾向はどのような背景からもたらされたものでしょうか。

必然なのか、不自然なのか？

その原因について考察してみたので、以下で述べます。

2. ソフト化のバックグラウンド

いまかりに、この世の中の資源は有限か無限かと質問したとします。

これに対しては、当然有限であると答えるしかありません。

たとえば地球上に存在する原子の数は200を超えないでしょう。とすると、もしわれわれが新しい原子を発見しようと努力しても、それに要するエネルギーとそれから得られる結果を比較すれば、その研究に注ぎ込む努力はむくわれる機会が少いといわなければなりません。

新しい材料を求める研究なども同じ運命におちるでしょう。この世の中に未発見のものがまったくないということではないのですが、時が経過して、いろいろな事象が発見されていくに

したがって、新しいものを発見する機会はますます小さくなっていくに違いありません。

こういう考え方をいまかりに有限論と呼んでおくことにします。

論理的に考えると、われわれは当然有限論の上に立たなければならないのですが、一方で人の人生というものは地球的なスケールから言ったとき、とても短いものなので、その短い時間区間ではあたかも周囲が不変のように感じられるかもしれませんが、それはあくまでも幻想であって、事実はそうでないということを理解しなければなりません。

しかし、有限論の上に立ったからといって、いつか研究することもすべて無くなってしまふ、というような非観論に落ち込む必要は無いと思います。

というのも、要素と要素を組合せることによって新しいものを導出することは可能なのであって、そのような組み合わせの数は実質上無限とあってよいほどあるからです。有限論の上に立った楽観論がわたくしのとる立場です。

さてそこで、機械工学という学問分野について考えてみたいと思います。この学問分野は明らかに、力学と呼ばれる基礎の上に構築されています。

そこでさらに力学の源をたどってみると、当然、ニュートンの万有引力の法則にぶつかります。極端な言い方をすれば、機械工学はニュートンの運動方程式の上に建てられたものといえるかもしれません。

力学で導出された基礎式を解くのに、多くの場合、解析学が用いられます。工学の立場からいうと、解析学（すくなくとも応用的な方向を目指すところのもの）は運動方程式を解くために発達してきたといっても過言ではないように思われます。

*大川善邦 (Yoshikuni OKAWA), 大阪大学工学部, 産業機械工学科, 教授, 工学博士, 機械制御

実際に、解析学が工学に果たした役割りはとても大きいと思います。

解析でうまく解が得られたときの愉快さは、それを味わったことのある人でないと分らないくらい痛快なものです。そういう意味で、解析学というのは、切れ味のするどいシャープな道具ということが出来ます。あるいは大量の情報をコンパクトに表現できる力をもった最高に効率の良い学問体系といえます。

しかし、ここにも有限論の立場が入って来ます。

われわれが機械工学の分野で起ってくる問題を見るときに、すくなくとも現時点においていえば、解析学の力だけで明確に解けるような問題はほとんど残っていません。逆にいえば、解析だけで解けるような問題は、すでに研究つくされてしまったと言って良いと思います。

われわれにとって、解析学という学問にこだわれれば、これ以上進むことができないというのだから、これを捨てて、新しい道具を採用する必要があります。

それがコンピュータであり、シミュレーションだと思います。

コンピュータは計算をするための機械であって、それ自体に面白味のあるものではありません。むしろ、とても退屈な機械です。

これは解析学とコンピュータの講義を比較してみるとよく分ると思います。解析学の講義は工夫次第で生き生きとしたものになるのに、コンピュータのとくにプログラミングの講義などはどのように考えても単調にしかなり得ないのであって、誰でも担当したくない科目の一つになっています。

解析学は鋭であり、コンピュータは鈍であります。

しかし、良く考えてみると、このように構造が違っているから良いのだといえるかもしれません。

たとえば有限要素法などに見られるように、構造体を小さな要素に分割して、その関係を記述し、それらを連立して解いてしまうというように発想は解析学からは絶対に出て来ないのであって、コンピュータのように退屈な機械によ

ってはじめて可能になったことであります。

だから結論をいえば、コンピュータによるシミュレーションというのは、ある意味では、運動学における革命であって、最初の革命であるところのニュートン力学の誕生に匹敵する歴史的な出来事といえるかもしれません。

図1に示したように、コンピュータのシミュレーション技術は、従来の方法では突破することのできなかつた一つの壁を破ったものといえます。

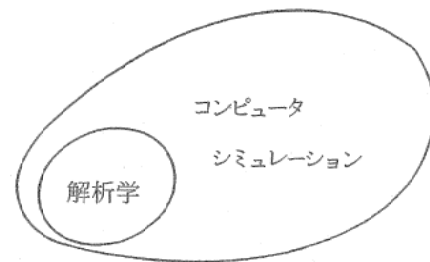


図1

3. AIについて

最近ロボットなどに関連して、人工知能という言葉が使われる機会が多くなったように思われます。

そこで知能的な機械とは何かということについて考えてみたいと思います。

このような場合、最初に言葉の定義をすることが必要になるかもしれません。あるとき教養部において新入生に講義しなければならなくなったので、ロボット的话题を取り上げることにしました。

ロボットといえば、われわれにとっては産業用ロボット（たとえば溶接ロボット、あるいは塗装ロボットなど）のことをいうのですが、大学へ入ったばかりの若い学生諸君はマンガに登場してくるたとえば鉄腕アトムのようなものを頭の中に描くことがわかりました。

同床異夢という言葉がありますが、現在のロボット工学のなかには、このような違った概念をもったものが勝手に言葉の定義をして、結果として一つに集ったという特徴をあらわしています。

この良い例がロボット学会であって、会員のなかには、ごく少数だが、オモチャ好きの高校

生とかSF作家などが加入しています。

これは必ずしも悪いことではなくて、工学にとって良い結果をもたらすかもしれません。

もとをただせば、工学は経済学などと同じように人間臭い学問だったと思います。マンガに登場してくるロボットを作りあげてを夢見て工学部に入ってくる学生が増加することは、まことに結構なことではないかと思えます。

工学を一つの狭い職人的な領域からもっと広い社会のなかへ解放してくれるかもしれません。

しかし一方で、このような学生が研究をおこなう時期に来たときに、現実の工学を実際に体験して、失望してしまわないかという恐れもあります。あるいはそれまでの期間のなかで、実体を良く知って、状況に適應するだろう、というような見方もあります。

機械工学も、しかし、一定の場所に留るものではありません。

現在、いろいろの分野において話題になっているAIテクノロジーは、この分野に大きなインパクトを与えるものと期待しています。

たとえば、いま、ある機械が故障したとします。

これにコンピュータがついていたとして、あるていどの推論によって故障の原因を見つけて、それを修復することができるかもしれません。

このような機能が実現すれば、自己修復機械ができ上がります。フォン・ノイマンが提案した自己増殖機械の出現はまだ後になるにしても、故障を自分で修理するていどの機械をつくることはそれほどむづかしくないと思えます。

ところが、現在の時点ではいかぎり、AIのもっているパワーは小さくて、このような機械をつくりあげるだけの能力はないように思われます。

この原因は2つあるようだが、それぞれについて以下で考察してみたいと思えます。

第1に、AIにおいて推論という言葉がよく使われますが、これがまたわれわれの日常会話でいうところの推論と違っているという事実があります。

一般に、AIの分野で推論というと、三段論法のようなものをいいます。われわれ人がおこ

なう推論は、ある状況におかれたときに、行動を決定するという目的のために一つの決定を下すにいたる過程を意味します。

AIの推論は一つの機械的なプロセスをいい、人の推論は多くの未知のものの中から状況に依じて一つの手(Alternative)を選択するに至る過程をいいます。

われわれが一つの決定を下す場合、論理的な演繹と共に、思考実験のメカニズムを用いていると考えられます。

したがって、現在のAIがいうところの推論機能に対して、シミュレーションの機能をつけ加えることによって、図2に示すように閉ループが完成し、ちょうどわれわれが日常生活でいうところの推論機構ができ上ると考えられます。

新しい機械工学において、AIとシミュレーションがちょうど車の両輪のような形で重要な役割りを果たしていくに違いないとわたくしが主張する根拠はこの点にあるのです。

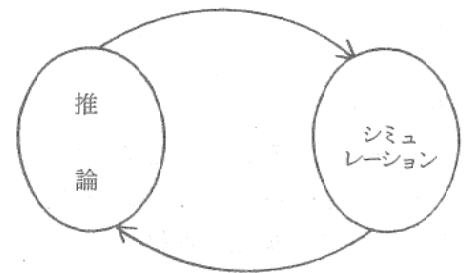


図2

4. コンピュータについて

自己修復機械の実現のさまたげになるまでの要因について考えます。

それはこの目的を遂行するために、コンピュータの能力が不足しているという点にあります。

これまでのコンピュータの歴史をふり返ってみると、いわゆるフォン・ノイマン型の構造をもったコンピュータが常に主流を占めてきた、という事実があります。

このタイプのコンピュータは、良く知られたことですが図3に示すように、処理をおこなう部分と記憶する部分が分離されて対置されるという特徴をもっています。

コンピュータの40年近い歴史のなかで、人間

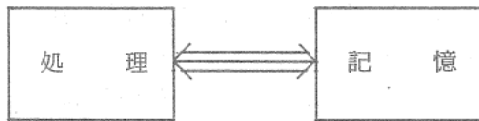


図3

のありとあらゆる知恵が、この構造を前提として注ぎ込まれ、工夫に工夫が重ねられて、構造が複雑化され結果として総合性能が高速化されてきました。

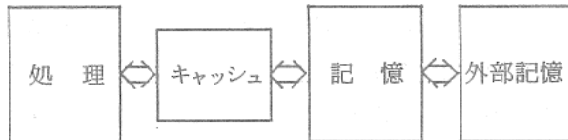


図4

ごく大ざっぱにいても、図4に示すように、仮想記憶とかキャッシュメモリという階層構造がつけ加えられています。

このような状況のもとでフォン・ノイマン型以外の構造をもったコンピュータを提案してもたとえそれが実際に効率の良い構造であっても、現実に採用される可能性はほとんどないといつてよいと思います。

フォン・ノイマン型のコンピュータは情報処理の最小単位を取り扱うように設計されているので、あらゆる計算機構造のなかでもっとも汎用性の高い柔軟な性質をもったコンピュータとすることができます。

しかし逆にいえば、あまりにも汎用性が高いので、平均的な性能は良いのだが、個々の問題にかんしては必ずしも最高の性能をあげるものではないということがいえます。

だから、この構造を破るとすれば、処理装置を何らかの意味で専用化するしかありません。たとえば筑波大学の星野らのPAXのように、シミュレーションをおこなうのに都合の良い構造をもったコンピュータが提案されています。しかし、シミュレーションを高速におこなうという特殊化の代償として、それ以外の問題の処理の能率が極端に悪いという欠点がでてきます。

これまで述べてきた推論とシミュレーション計算についていうと、

(1) 推論の過程は論理的な処理とかデータの検

索が主となる。

(2) シミュレーションにおいては数値計算が主となる。

というように、コンピュータに与えられたあらゆる問題のなかで、2つの極端を示しているように思われます。

シミュレーションを高速におこなうには、当然、数値計算の能力が高くなければなりません。そのためにはパイプラインとか複数の演算回路をもつ必要がでてきます。

これに対して、推論の過程においては、数値演算の機能などはほとんど不要であって、むしろ大量のデータベースのなかから必要な情報を速く探し当てる機能(たとえば連想メモリ)が必要になるでしょう。

あまりにも構造の違う機能が要求されるので、それらの両方を満足する解は存在しないのかもしれない。

以下で、これまで提案されている代表的な構造について簡単に述べます。

(a) パイプライン

パイプラインの原理は、たとえば機械工業における自動車の組立ラインと同一のもので、処理手順を何段かのステップに分割して、流れ作業のように処理をおこないます。

実際には、処理装置のなかに大きなレジスタファイルが必要になったり、またメモリからの情報流量(バンド幅)を処理に見合うだけ大きくしなければならないので、システム全体が大型のものになります。

当然、同一のデータがどれだけ続くかがパイプラインの効率を支配します。しかし、もし同一のデータが無限に来ると仮定しても、パイプラインの段数以上には性能は上らないという限界があるので、天上がつかえています。

いわゆるスーパーコンピュータがこの部類に属します。

(b) アレイプロセッサ

同一の処理要素を平面上あるいは立体上に並置して、これに同一の処理操作をおこなわせることによって、全体の処理スピードを高めるのが目的です。

イリノイ大学のIlliacが最初で、その後パ
ローズ社のPEPE (Parallel Element Pro-
cessing Ensemble) やGoodyear Aerospace社
のStaranなどあるが、研究あるいは試作的
な色彩が強く、商用の市場ではほとんど問題
にならない。

情報の検索には有効なので、連想メモリ用
などとしてデータベースと共に用いられる可
能性があります。

最近のThinking Machines社のConnection
Machineは1万6千個以上のプロセッサ要素
が使われているといわれている。

(c) マルチプロセッサ

複数の処理装置を何らかの情報網で結合す
るものであって、クロスバースイッチあるい
はそれとほぼ同等の機能をもった交換網で結
ぶものと、バスで接続するものの2種類があ
ります。

クロスバースイッチは交換能力は高いが高
価であり、一方バスは低コストで実現でき
るが、通信がボトルネックになるという欠点
もっています。

タンデムのように、速度というよりはむしろ
信頼性という面から積極的にマルチプロセ
ッサを採用するところもある。

(d) データフロー

原理的にはフォン・ノイマン型よりも能率
が高いといわれながら、商用ベースの機種が
少ない。

(e) シストリックアレイ

カーネギーメロン大学のKungらによって提

案された処理アレイであり、原理的にはアナ
ログコンピュータに似ている。

もしシストリックアレイが理想的な形で実
現されれば、理論的にはもっとも速いコンピ
ュータということになるだろうが、問題ごと
に構造を変化させなければならないことと、
それからどんなに大きいアレイを作ったにし
ても、それを超える問題がないという保証が
ないので、実現上に問題が残っています。

このように見てくると、いずれのシステムも
帯に短かし、たすきに長しということであら
われの目的にぴったりというものはないことが
わかります。

逆にいえば、それだからこそそのようなシス
テムを求める研究も成り立つといえるのもし
れません。

推論や決定などという機能は、われわれ人間
ならば日常おこなっている機能の一つにすぎ
ないのだから、われわれの脳がどのようにして
これらの情報を処理しているか知ることにも重要な
ヒントになるかもしれません。

5. おわりに

AIとシミュレーション技術を結びつけ高速
に解を導出するコンピュータを探す問題は、ま
だはじまったばかりだと思います。

結局、人の知恵がこれらの問題に、いつかは
解答を与えるものと期待しております。