

特別論説



情報処理最前線

理論と実際のギャップ

理論と実際については、数学では純粋数学と応用数学、物理では理論物理と実験物理、科学全般では数学とほかの分野という枠組みでそれぞれの側の研究のあるべき姿や役割についてこれまでも多くの研究者から示唆に富む考えが出され、機会あるごとに有益な議論がなされてきた。

情報処理の分野においては、理論は現実の計算機を無視しては成立しない部分があり、工学的要素をすべて排除し真理の探求のみを目的とする立場が容認される可能性は数学の場合よりも薄い。少なくとも「数学は、ほかの自然科学が使う言葉、道具だてを用意するもの、ほかの科学は数学に少し遅れてついてくる。私の研究も数十年か百年先か分からないが、自然科学に利用されるといい」（フィールズ賞受賞者の森重文の言葉）という立場はとりづらひであろう。しかし、これも一つの主観に過ぎず、ほかにも多くの考え方がありうる。それこそ、研究者の数だけ立場が存在するといっても過言ではない。各人がどの立場をとるかあるいは支援するかはその人のバックグラウンド、たとえば出身学科などに左右される。理論と実際のギャップの主原因は結局それぞれの側に立つ人の意識の違いにあるのではないかと推察される。このギャップはいずれは埋められることが望ましい。埋められなくとも互いの立場を理解することは必要であろう。その第一歩として相互の活発なコミュニケーションが考えられる。そして、そのためにはまず現状を把握することが必要となる。

そこで今回は、アルゴリズム一般、ニューロコンピュータ、並列計算の各分野において、理論面での到達度と実際面での到達度の現状、理論が実際面でいかに役だっているか、あるいは研究を通じて経験された現実の問題と理論とのギャップなどについて第一人者の方々に歴史的な話題や最新のトピックも盛り込んだ形で解説してもらいました。^{*}

アルゴリズム一般について[†]野崎 昭 弘^{††}

1. 理論と実際

理論は一般性を重んじ、実際は個別的・特殊的である。その間にギャップがあるのは当然で、むしろギャップがあるからこそ、理論が役にたつのである。実際、次のような点で理論の一般性が役にたっている、と私は思う。

(1) 教育面で：短い時間で基本概念を学習することができる。それによって個別的な技法の意味と限界が理解しやすくなる。

(2) 実用面で：いろいろな技法の位置づけが理論的にはっきりしていれば、具体的な状況に合わせて適切な技法を選択したり、場合によっては従来の技法を修正したりすることが容易になる。

(3) 研究面で：本質的に新しい技法を開発するには、「現場の要請」だけでなく「理論的な視点」が必要になることがある。

だから理論が「直接役にたたない」と軽視してはいけぬ。しかし逆に、すべての理論が役にたつわけではない。たとえば教育面で役にたつとしたら、「十分にやさしい」ことが必要である。だから単純なことを小むずかしく大げさなだけの理論は「役にたたない」し、理論としても空虚である。そのような「好ましくないギャップ」を分

[†] Gap between Theories and Applications—in the Case of Algorithms by Akihiro NOZAKI (Ootuma Women's University, School of Social Information Studies).

^{††} 大妻女子大学社会情報学部社会情報学科

^{*} 土田賢省 (東洋大学)

析するのが編集委員会のご意向のようである。しかし「理論がなぜ役にたつのか」は大事な論点であり、以下の議論にも関連するので、最初に述べさせていただいた。

2. アルゴリズム論の歩み

アルゴリズム論の始まりは、遠い昔まで遡ることができる。たとえば

$$x^2 + y^2 = z^2$$

をみたす x, y, z の組はピタゴラス数と呼ばれ、ある範囲のピタゴラス数をすべて列挙するのは、今でもプログラミングの練習問題として取り上げられる、組合せ論の問題である。しかし次の結果はギリシャ時代から知られていた。

任意のピタゴラス数 $\{x, y, z\}$ は、ある正整数 $m > n$ 及び k によって、次の形に表せる

$$x = m^2 - n^2, \quad y = 2mn, \quad z = m^2 + n^2$$

(ただし x と y は逆でもよい)。これを利用すれば試行錯誤による全数検査アルゴリズムよりずっと速い列挙アルゴリズムが書ける。なおいわゆる一筆描きについてのオイラーの定理もよい定理で、これによってオイラー路の存在が試行錯誤によらず、簡単に判定できる。しかしハミルトン路の存在についてはよい定理がなく、その存在判定がなかなかの難問 (NP 完全) であることはよく知られているとおりである。

解析系でもよいアルゴリズムの開発が昔から行われていた。この場合「よい」とは「速い」ということよりはむしろ「誤差が少ない」ということである。これは数学の深い知識も積極的に使う、今でも盛んな分野のひとつである。

アルゴリズムの一般論は 1930 年代によく始まった。チューリング機械による直観的に分かりやすいアルゴリズムの定義と、「一般的なアルゴリズムでは解けない問題」(決定不能問題)の存在が明らかにされたことが、最初の大きな収穫であった。その後一部の研究者は「解けなさ加減の分類」(degrees of unsolvability) をやっていたが、これは理論のための理論といわれても仕方がない。1980 年代になって、「解けるといっても、どの程度速く解けるのか」が理論的・組織的に研究されるようになった。そして多くのまったく新しいアルゴリズムが開発されたばかりでなく、アルゴリズムの効率改良の限界も次第に明らかにさ

れつつある。このようにみると、アルゴリズム論は大筋としては「実際とのギャップを埋める」方向で流れてきているので、大変健康な発展をしてきたのではないかと、思う。

3. アルゴリズム論の最前線

従来のアルゴリズム論は、主としてチューリング機械、いいかえればノイマン型コンピュータによる計算処理について考えてきた。そこで近年非ノイマン型、たとえば多重プロセッサによるアルゴリズムが研究されるようになった。また従来は計算時間を、主に演算実行回数によって見積もっていたのに対し、データ転送の手間(特に補助記憶装置とのデータ交換)を重要視したい場合もある。スーパーコンピュータやネットワークで結ばれたリソースの活用などでは、これまであまり取り上げられていなかった問題が浮かびあがってくるわけである。

アルゴリズムを考える問題の範囲も広がってきた。連立方程式の解法のようないわゆる数値計算だけでなく、グラフのような離散的な構造に対する決定問題(ハミルトン路の存在判定など)や最適化問題(最短経路、巡回セールスマン問題など)が取り上げられるようになったのはもう古い話で、最近では計算幾何学と呼ばれる、連続的な構造に対する決定問題(交差する線分の存在判定など)、最適化問題(最小コストの通信線配置)、構成問題(ヴォロノイ図の作図)等々が話題になっている。

アルゴリズムの概念の拡張も見逃せないところである。従来のノイマン型、逐次的・決定性アルゴリズムだけでなく、非決定性アルゴリズムや並行処理アルゴリズムが提案された。また厳密解を求めるのが困難な問題に対しては(数値解析の分野だけでなく、OR の問題についても)近似アルゴリズムが研究され、計算量が非常に大きな問題に対しては(ある小さな確率での誤りを許容する)確率アルゴリズムが考察されるようになった。公開鍵暗号との関連で考案された「あたえられた正整数が素数か否かを判定する確率アルゴリズム」はそのおもしろい一例である。

古くからの理論的難問で、息の長い研究が続けられているものもある。P ≠ NP? 問題もそのひとつで、1990年の国際数学者会議でネヴァンリン

ナ賞を受賞したラズボロフはこの分野に大きな進歩をもたらした。

4. 理論と現実とのギャップ

$P \neq NP$ 問題などは、もし $P = NP$ という形で決着するならば実際面への大きなインパクトがありうるのだけれど、私の予想は $P \neq NP$ なので、解けても実用上の意味は乏しい（しかし理論的には非常に自然で基本的な、よい問題である）。

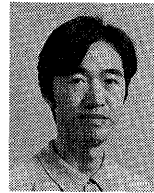
逐次アルゴリズムの研究は、実用的にも意味が明らかなオイシイところはすでに食べ尽くされた感がある。しかしノイマン型のアーキテクチャが滅びることはなく、だれかが新しい問題領域を掘り起こせばまた新しい展開がみられるであろう。

近似アルゴリズムや確率アルゴリズムについては、実用的にも重要なのに、啓蒙活動が不足しているように思う。たとえば OR の大規模な問題については、アルゴリズム論的に厳密に解こうとするよりは、分割統治法や問題の特性を利用する経験的なヒューリスティクスの活用が必要になると思われるが、そのへんの理論的整備が足りないせいか、分かりやすいよい解説書が見当たらない。理論屋だけで論文を生産していると置き去りにされそうなどころでもあり、「理論に強い実務家」の手をお借りしたいものである。

スーパー・コンピュータ向きのアルゴリズムについては、一般的な理論化はまだできておらず、個別的なノウハウが蓄積されている段階である。これは並列処理システムにもいえることであるが、実用的なアーキテクチャと理論屋が好んで使うモデルとのギャップが大きく、理論が現実に対応しにくい状況にあるように思う。

ギャップがあることは「埋める余地がある」挑戦の状況で、実用を意識する理論屋にとってはおもしろい時期にいる、ともいえる。だから実際面に明るい方も、理論をバカにせず、新しい理論を建設するのに協力されるとよい、と思う。またそのためにも理論屋は「やさしい理論を提供する」努力をすべきである。5年もたてば忘れられる「深い定理」より、皆の理解を助ける「基本的な定義」のほうが重要なのだが、と私は思う。

(平成5年5月24日受付)



野崎 昭弘 (正会員)

1959年東大理学部卒業。計算機科学の基礎理論、特に計算量の理論と多値論理を専攻しているほか、言語理論や人工知能にも関心がある。電子情報通信学会、数学会、ACM、EATCS など各会員。

人工ニューラルネットワークにおける 理論と実際のギャップ†

熊 沢 逸 夫††

1. はじめに

「いくらやってもうまくいかないよ。君の理論、どこか間違っているんじゃない？」

「どこどこ…。あれ、ここに括弧が一つ抜けているんじゃないか。自分の間違いを人のせいにしちゃいけないな。」

シミュレーションで何かを検証しようとする

とき、こうしたやりとりをよく見かけるものである。

理論ではうまくいくとされているもの、あるいは論文でうまくいくと報告されているものを、実際に自分で試してみるとうまくいかないことがある。多くの場合、その原因は自分の理解の不足やプログラムのバグにある。それでもたまたま数週間、あるいは数カ月要して、あらゆるバグを取り除いたと思っても、期待した結果が求まらないことがある。そのために参照した理論や論文を疑いたくなるようであると、客観性と再現性を第一と

† What is Most Required of Theoretical Neural Networks to be More Biological and Practical by Itsuo KUMAZAWA (Department of Computer Science, Tokyo Institute of Technology).

†† 東京工業大学情報工学科