



(にしせき・たかむ)

昭和22年2月11日福島県須賀川市生まれ。44年東北大学工学部通信工学科卒業、49年同大学院工学研究科博士課程修了、「回路網接続の位相幾何学的研究」で工学博士。同年東北大学工学部通信工学科助手、51年同助教授、52年から一年間米国カーネギー・メロン大学数学科客員研究員、63年東北大学工学部通信工学科教授、平成2年同情報工学科教授(情報伝送工学講座担当)。平成5年

情報科学研究科教授(アルゴリズム論担当)。

専門はアルゴリズム理論とグラフ理論。平成元年電子情報通信学会論文賞、平成2年情報処理学会30周年記念論文賞を受賞。共著書に「離散数学」(朝倉書店)、共編著書は「Graph Theory and Algorithms」(Springer-Verlag)、「Discrete Algorithms and Complexity」(Academic Press)、「Algorithms」(Springer-Verlag)など。

●西関隆夫●東北大学教授

アルゴリズムを効率化し、 VLSI設計に応用

通信網・地図情報・道路網の分野に平面グラフ理論を展開

アルゴリズムは問題解決の手続きを与えるもので、計算機科学の中心テーマになっている。東北大学工学部情報工学科の西関隆夫教授(四五)は、グラフやネットワークで表される問題を解くアルゴリズムと、そのVLSI(超大規模集積回路)設計などへの応用を研究してきた。一方、計算機のデータ処理量は急速に増えており、並列処理に適用できる効率のよいアルゴリズムの開発も進めている。

尾崎 専門は。

西関 理論的計算機科学で、米国では単にセオリーと呼ばれています。私は、その中でもアルゴリズム理論を研究しています。アルゴリズムは問題を解く計算手続きのことで、アルゴリズムを計算機の具体的な言語で記述したものがプログラムです。同じ問題を解くアルゴリズムでも効率が良いものと悪いものがありますが、工夫次第で速く解けるようになります。一方、解きたい問題は急激に大きくなってきており、処理時間、記憶容量などの面で問題が起こっています。特にVLSI(超大規模集積回路)、通信網、地図情報、道路交通網などの分野では離散的構造を持った問題が多く現れますが、有限時間内に処理できない場合が数多くあります。そのため、私たちは効率的なアルゴリズムの統一的設計法や、近似アルゴリズム、並列アルゴリズムなどについて研究を進めています。

尾崎 離散的構造といいますと。

西関 グラフやネットワークでモデル化された構造です。ここでいうグラフとは点の集合と点を結ぶ何本かの辺からなるもので、棒グラフや折れ線グラフのグラフとは異なります。このグラフに長さとか通行量といった物理量を与えるとネットワークになります。故障箇所を迂回して出発点と終点の間を結ぶ最短の経路を探さない、といった問題を扱うのがネットワーク理論です。アルゴリズムの効率のよさは、計算時間と記憶容量、特に計算時間で比較されます。入力データの大きさをパラメータにして必要な計算時間を測ります。計算時間が n の一乗、二乗、三乗などでおさえられる時は「多項式計算時間アルゴリズム」といいます。これに対し、計算時間が n の n 乗、十の n 乗など n の指数関数になる時は「指数関数時間アルゴリズム」といいます。 n が少し大きく、例えば百にでもなれば、指数関数時間アルゴリズムは世界最高速のスーパーコンピュータでも何十年、あるいは何世紀と計算時間がかかり、計算することは物理的に不可能です。これを「組み合わせ爆発」と呼んでいます。

尾崎 なぜ爆発なんですか。

西関 計算時間が爆発的に増えるからです。例えば、平面上の指定された n 個の点を全部辿って元に戻る最短ルートを探するのは「巡回セールスマン問題」と呼ばれていますが、これを厳密に解くアルゴリズムで知られているものはすべて n の n 乗、すなわち指数関数時間がかかってしまいます。多項式時間アルゴリズムが作ればいいのですが、それが存在するかどうかわかっていない問題がたくさんあります。これが「NP完全な問題」で、それらを解く多項式時間アルゴリズムを見つけるか、そんなアルゴリズムがないことを証明することは、理論計算機科学のいちばん重要

75

な未解決の問題です。

76

★発見的手法から分割統治法へ

尾崎 効率のよいアルゴリズムの設計法はありますか。

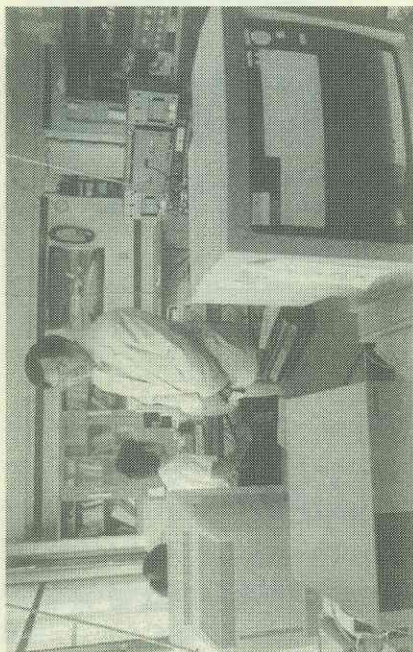
西関 碁や将棋に必勝法がないように、効率のよいアルゴリズムを設計する万能の方法はありません。しかし、碁や将棋に定石があるように、効率のよいアルゴリズムの設計に役立つ、お決まりの方法がいくつか知られています。例えば「分割統治法」といわれている方法です。これは問題全体を一度に解くのではなく、問題を二つに分割して独立に解き、それらの解をうまく統合して元の問題を解く方法です。名前の由来は、大英帝国時代の植民地統治のやり方から来ているようです。

尾崎 ところで、具体的には今どのような研究を。

西関 グラフは単純な構造ですが、多くの実用的な問題がグラフを用いてモデル化できます。グラフ上の指定された何組かの端子対間を結ぶ、互いに交わらない道を求めるアルゴリズムは、そのままVLSIの配線経路を求めるのに応用できます。最近のVLSIは百万以上の素子が一チップの上に搭載されるようになり、そのレイアウト設計には極めて効率のよいアルゴリズムが要求されます。私たちはグラフ、特に平面で辺が交差しないように描画できるグラフに対し、互いに交わらない道を求めるアルゴリズムを開発しています。その多くは計算時間が入力データの大きさに比例する程度であり、極めて高速です。

尾崎 どんな長所がありますか。

見晴らしのよい研究室で
高速アルゴリズムの研究開発



西関 従来のアルゴリズムはヒューリスティック（発見的）

な手法といって、道を一本求めたらまずそこを通し、それらを除外した残りでもた別な道を求めることを繰り返すやり方でした。この手法は偶然に左右されるので必ずしも成功するとは限らず、理論の根拠に欠けるうらみがありません。もともと、私たちのアルゴリズムも万能ではなく、ある限られた平面グラフにしか適用できません。そのため、分割統治法を応用して配線領域をいくつかの小領域に分け、その領域に対してこのアルゴリズムを適用して配線を求め、それらを組み合わせて領域全体の配線を決める手法を提案しています。理論の根拠があり、しかも速いのが特徴です。優れたアルゴリズムを使うとチップ面積を小さくでき、欠陥が混じる確率が減りますから、歩留まりが上がります。

尾崎 先生がグラフに興味をもたれた動機は。

西関 恩師の斎藤伸自先生（現・東北工大教授、東北大名誉教授）は回路網合成論の大家で、大学院の時に電気回路網の合成論をご指導いただきました。電気回路網はまさ

77

にグラフそのものです。二つの部分回路網を最初に合成しておき、その端子を直列とか並列に相互接続して、より大きい回路網を合成していく手法が用いられます。これは先の分割統治法と似た考えです。私は、こういった相互接続で合成できる回路網のグラフ理論的な特徴づけを与え、学位論文に仕上げました。グラフ理論ではクラトフスキーの定理が有名です。これは平面グラフを特徴づけたもので、与えられたグラフの辺をどのように除去したり短絡しても、五点からなる完全グラフにも二点と三点からなる完全二部グラフにもならない時に限り、そのグラフは平面グラフであるという定理です。私の場合も、そのような形の特徴づけになっています。

78

❖ 評価が高い「統一的设计法」

尾崎 アルゴリズムに興味を持たれたきっかけは。

西関 斎藤先生の下で助手にさせていただき、今後の研究について相談に伺ったのですが、「もう教官になったのだから、あとは自分で考えなさい」と、研究室の四年生や大学院生の指導もほぼ一切を任せて下さいました。ちょうどタイミングよく、一九七三年にホップクロフトとタージャンがグラフの平面性を判定する線形時間アルゴリズムを発表して話題になっていました。これはVLSIの一層配線にも応用できる大変実用的なアルゴリズムです。結局、この論文を読んだのがきっかけで、アルゴリズム、特にグラフ・アルゴリズムの研究を始めたわけです。

尾崎 その成果は。

西関 当時大学院生で現在NEC勤務の高見沢一彦氏と斎藤先生、私の連名で、「直並列グラフの組

み合わせ問題の線形時間可能性」という題目の論文を、八二年に米国計算機学会誌 (JACM) に発表しました。この論文は、他の方々の論文に五十回以上も引用されました。電気抵抗の直列接続と並列接続を繰り返して得られるグラフを直並列グラフといい、回路の全抵抗は簡単に計算できます。また、直並列グラフに対しては、いくつかの組み合わせ問題が線形時間で解けることが個々の問題ではわかっていました。その時に私たちは「すべての組み合わせ問題は直並列グラフに対しては線形時間で解けるのではないか」という大胆な予想を立てたわけです。

尾崎 線形時間といいますと。

西関 問題の規模に比例した時間で解ける、ということです。この予想の反例はすぐに作れたのですが、シラミ潰しに調べてみても「普通の」組み合わせ問題はどれも線形時間で解けるのですね。そこで、どのような問題ならば線形時間で解けるのかという疑問に答えた上で、線形時間アルゴリズムの統一的な設計法を出しました。また、この論文は統一的設計理論が直並列グラフばかりでなく、より一般的な「構造的グラフ」に対しても適用できることを指摘しており、線形時間アルゴリズム理論の将来の研究に方向づけを与えたものだ、高く評価されています。現在では多くの研究者がこの分野の研究を進めており、関連の国際ワークショップがいくつも開催されるまでになりました。

尾崎 他にはどんな成果が。

西関 平面グラフの理論の展開とアルゴリズムの効率化があります。VLSIの配線や道路交通網は平面上で辺が交差せずに描ける「平面グラフ」で表せます。私たちのアルゴリズムは、平面グラ

79

フ描画、彩色、ハミルトン閉路、独立点集合、多種フロー問題など平面グラフに関する重要な組み合わせ問題のほとんどに対し、世界最高速を誇っています。これらの効率化には全く新しい着想による理論やデータ構造を用いています。こうした平面グラフに関する成果は約二十編の論文と、当時大学院生で現在は岩手大教授の千葉則茂氏と私の英文の共著書『平面グラフ——理論とアルゴリズム』にまとめられています。

80

★アジアの研究者に—S A A C—

尾崎 日本のアルゴリズム研究は盛んですか。

西関 東大の伊理正夫先生らのお骨折りで、八八年に情報処理学会にアルゴリズム研究会が設立されました。現在約二百五十人が登録しており、二カ月に一回論文発表や討論を行っています。また、電子情報通信学会のコンピューテーション研究会でも、アルゴリズム関連の発表が行われています。しかし、米国と比べると、日本のセオリー研究者は段違いに少ないといえます。日本製半導体メモリーが世界市場を席卷し、スーパーコンも米国製の性能を上回ってきているのに、計算機科学の基礎理論に対する日本の貢献が少ないのはなぜか、という質問を時々外国の研究者から受けます。

尾崎 原因は何でしょう。

西関 日本では計算機の研究者の多く、特に企業の実用研究者はシステム作りや応用研究をしていて、計算機科学の基礎理論を研究している方が少ないことが挙げられます。米国では、IBM、AT&

丁、ゼロックスなどの研究所には計算機科学や数学部門があつて、所員が自分の興味で自由に研究課題を選べます。会社の製品に結びつきそうなテーマだけを研究しなければならない義務はありません。その結果、基礎理論の研究が多くなる面があります。しかし、これは米国の基礎理論研究者層の厚さの説明になつても、日本の貢献度が少ない理由にはなりません。どの国でも基礎研究を担っているのは大学院生を含む大学の研究者ですから、そこに問題があると見るのが妥当でしょう。博士課程に進む学生が減少したこと、若い研究者が世界の第一線の研究者と直接触れ合つて刺激を受ける機会が少ないことも一つの理由だと思います。

尾崎 先生の所の大学院生は。

西岡 博士課程が三人、修士課程が二人です。博士課程は一人が中国と台湾からの留学生です。一人残っている日本人学生が来年修了すると、私の研究室のドクターの学生は外国人だけになります。特殊だと思えるかもしれませんが、米国西海岸やカナダの大学はとくにそういう状態です。まだアメリカよりましなのは、修士までは日本の学生が来てくれることです。私が日ごろ思うのは、日本はアジアに対して、学術的にも貢献する必要があるということです。それで二年前に、アジア・太平洋諸国を中心に「アルゴリズムと計算理論に関する国際会議」(ISAAC)を組織しました。第一回は九〇年に東京で、第二回は九一年に台北で開催し、今年十二月には名古屋で第三回を開催します。以後、香港、中国と毎年開催する予定です。この国際会議により、アジア諸国に若いセオリー研究者が増えることを願っています。

尾崎 今後の研究テーマは。

西岡 効率のよいアルゴリズムがなさそうな問題も多いので、最適解に近い近似アルゴリズムを求める研究も続けるつもりです。また、確率的アルゴリズムも研究の余地があります。さらに、一台のプロセッサで解ける問題の規模には限界があるので、多数のプロセッサを用いた並列計算機が必要で、そのための並列アルゴリズムの理論も研究したいと考えています。また、暗号や情報保護の研究も続けていくつもりです。

(92・11・6号)

81

82