

フォーラム

研究室紹介—東北大学大学院情報科学研究科 アルゴリズム論分野

西関 隆夫

杜の都仙台にある東北大学に、平成5年から大学院情報科学研究科が創設された。これは学部学生がいない独立研究科であり、情報科学を自然科学系の分野としてだけでなく、人文・社会科学系の分野にもまたがる先端的かつ総合的・学際的な基礎学問として育成・発展させることを目指している。現在のところ仙台市街の中心地にある片平地区と仙台駅から車で10分の緑に囲まれた青葉山地区の2つに分散し、固有の建物が存在しないという困難な状況にあるが、樋口龍雄研究科長のもとに全構成員が一丸となって、新たな気持ちで情報科学の教育研究に専念している。

情報科学研究科は、情報基礎科学専攻、システム情報科学専攻、人間情報科学専攻の3専攻からなる。従来の講座に相当する「分野」は、上記各専攻にそれぞれ17, 14, 15分野あり、研究科全体は計46分野から構成されていて、教授だけで46のポストがある。現在、情報基礎科学専攻には内田興二、金子誠、岡田正巳、堀口剛、海老澤丕道、伊藤耿一、丸岡章、亀山充隆、伊藤貴康、中村維男、白鳥則郎、牧野正三、静谷啓樹の各教授がおり、システム情報科学専攻には浦川肇、鈴木義也、望月望、西関隆夫、樋口龍雄、根元義章、塚原保夫、山本光璋、宮崎正俊、高安秀樹、猪岡光、中野栄二、曾根敏夫、澤田康次の各教授がおり、人間社会情報科学専攻には福地肇、国分振、加藤孝義、輪田稔、浅野檜英、細谷昂、阿部二郎、佐々木公明、鈴木篤、稲村肇、須田熙、福田正、

にしぜき たかお、東北大学大学院情報科学研究科、

生出恭治、平田満男、三浦幸雄の各教授がいる。

大学院学生の定員は前期課程が104名であり、後期課程が49名である。職場で日常の勤務をしながら勉学できる制度があり、多くの社会人院生がいるのも特色である。

日本応用数理学会員の教官は岡田正巳教授、小澤一文助教授、中野眞一助手および私である。岡田教授は確率制御や偶然性の伴う非線形力学系、脳神経などネットワーク上の伝搬、パラメータ同定・逆問題、応用偏微分方程式などを研究している。小澤助教授は微分方程式や非線形方程式の数値解法、多倍長演算アルゴリズムなどを研究しており、「Durand-Kernen法の効率的な初期値の簡単な設定法」で平成6年度の論文賞(ノート部門)を受賞している。

現在、アルゴリズム論分野には、私と中野助手、4人の後期課程院生と、8人もの前期課程の院生がいる。工学部情報工学科も兼担しているので、10人の学部学生もいる。総数26名もの大所帯である。また、情報処理教育センターの周曉助手も緊密な共同研究に加わっている。

本研究室が取り組んでいる研究分野としては、グラフやネットワークのアルゴリズム、並列・分散アルゴリズム、データ構造、計算幾何学、グラフ理論、計算理論、暗号理論が挙げられる。以下に主な結果を述べる。

電気回路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う。直並列グラフに対しては大部分の「自然な」組合せ問題が線

応 用 数 理

形時間で解けることを示し、その線形時間アルゴリズムの統一的設計理論を与えた。また、直並列グラフばかりでなく、より一般的な構造的グラフ、現在の用語で言うところの「部分 k -木」に対しても適用できることを1980年に指摘しており、構造的グラフに関するアルゴリズム理論の研究に方向づけを与えたものと高く評価されている。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この分野は広がりを見せている。我々のこの分野の最近の成果としては、部分 k -木の辺彩色問題を解く線形時間逐次アルゴリズムと最適な並列アルゴリズムがある。辺彩色問題のようなグラフ分割問題を効率よく解くアルゴリズムは構造的グラフに対してすら作れないと予想されていたが、我々は最適なアルゴリズムを与えている。

他に、本研究室が力をそそいできたものとして、平面グラフの理論の展開とアルゴリズムの効率化がある。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」で表せる。私たちのアルゴリズムは、平面埋込み、平面グラフ描画、点彩色、辺彩色、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合せ問題のほとんどに対し、線形時間あるいは $O(n \log n)$ 時間のアルゴリズムを与えている。これらの成果は岩手大学の千葉則茂教授との共著“Planar Graphs: Theory and Algorithms”(North-Holland, 1988年)にとりまとめている。

VLSI配線への応用を目指して、ネットワーク多種フロー問題やグラフの素な道の問題を解くアルゴリズムも研究している。特に平面グラフの2つの面上にだけ端子が指定されている場合に効率よく多種フロー、辺素な道、点素な道、非交差道を求めるアルゴリズムを与えた。特に非交差道の場合には、長さの総和が最小な道も $O(n \log n)$ 時間で求まることを示した。

計算機ネットワーク上のファイル転送問題など多くのスケジューリング問題がグラフの辺彩色問

題として定式化できる。辺彩色問題およびその一般化である f -, fg -辺彩色問題に対して効率のよいアルゴリズムを与えている。また、グラフの種々のクラスに対してより高速な逐次アルゴリズムおよび並列アルゴリズムを与えている。また、 f -彩色, $[g, f]$ -因子分解など、与えられたグラフを点次数が制限された部分グラフに分解する問題は簡単にかつ直接的に普通の辺彩色問題に多項式時間で帰着できることを示した。

計算幾何学の問題では、凸多角形内部の整数格子点を全て列挙する効率のよいアルゴリズムを大阪電気通信大学の浅野哲夫教授と一緒に与えている。また、いくつか長方形障害物がある平面領域内で最短路や非交差道を求めるアルゴリズムも与えている。

暗号の分野では、マトロイドをなすアクセス構造を有する秘密共有法を日電の中村勝洋氏、岡本栄司氏(現北陸先端科学技術大学院大学教授)と、より一般的なアクセス構造を有する秘密共有法を日大の斎藤明先生と一緒に求めている。現在は、本研究科の静谷啓樹教授と一緒に種々の代数構造を有する暗号化関数などについて研究を行っている。

最近始めた研究としては、グラフの点や辺の格付け問題がある。これは複雑なシステムの並列組立てのスケジューリングや対称行列のCholesky分解に応用できる。グラフを木に限定した場合には点の一般化格付けが線形時間で、辺の一般化格付けが $O(n^2 \log n)$ 時間で求まることを示した。

以上、本研究室では、現実の応用を見据えながら、グラフ、ネットワーク、平面幾何、暗号、代数構造などに関する離散アルゴリズムの研究を行っている。特に平面グラフ、部分 k -木、多種フロー、素な道、辺彩色といった特定の分野のアルゴリズムについて集中的かつ網羅的に行っているのが特色であるといえよう。

(1995年10月6日受付)