

学位論文題目 Calculational Approach to Automatic Algorithm Construction (邦訳：運算手法によるアルゴリズムの自動構成に関する研究)

取得年月 2009年3月 **学位種別** 博士(情報理工学) **大学** 東京大学

氏名 森畑 明昌 (東北大学電気通信研究所)

推薦研究会 プログラミング

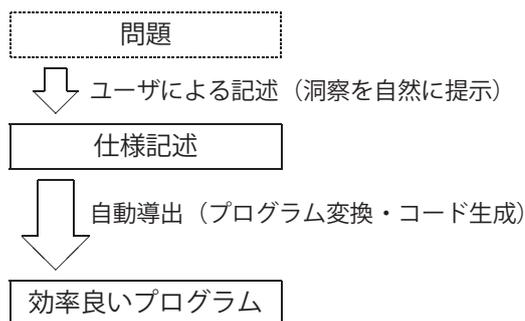
推薦文 本論文は、プログラム運算手法によってアルゴリズムを自動的に構成するための手法について深く論じている。その中で特に、最適経路探索、並列プログラミングなどの応用は、プログラミングに関係する第1級の国際会議で採録されるなど高く評価されている。

一昔前までは、計算機は専門家が特定の用途のために使うものであった。そのため、専門家のための特定用途向けのプログラムがあれば十分であった。近年、計算機は広く普及し、あらゆる人々があらゆる処理に計算機を用いるようになった。これに伴い、多様なプログラムを簡単に構築する方法が求められている。

プログラムの構築には、まず行いたい処理のための効率の良いアルゴリズムを考案し、次にそれをプログラムとして実現し、最後に出来上がったプログラムの正しさを確認する、という手順が一般的である。しかし、この方法にはいくつかの問題点がある。まず、効率の良いアルゴリズムの考案は一般に難しい。次に、アルゴリズムの実装は一般に面倒である。さらに、プログラムの正しさの検証は一般に難しい。その上、出来上がったプログラムを他の似た処理へ使い回せるかどうかは一般に非自明である。

プログラム運算はプログラムの系統的な構成法の1つであり、上のような問題の解決を意図して考案された。プログラム運算では、プログラマはまず行いたい処理の仕様を形式的に記述する。その後、意味を保存するプログラム変換を繰り返し適用することで効率の良いプログラムを得る。プログラム運算の最も特徴的な点は、プログラムの導出過程がそのまま得られたプログラムの正しさの証明となる点である。ほかにも、効率の良いアルゴリズムに関する研究成果を変換として取り込むことができる、導出過程を自動化することでプログラミングの煩雑さを軽減できる、似た処理に対しては導出過程を再利用できる、等の長所を持つ。

本論文はプログラム運算に基づく効率の良いプログラムの自動的な構成法について述べている。一般に、効率の良いアルゴリズムのためには、行いたい処理に対する深い洞察が不可欠である。本論文では、アルゴリズムの導出過程を定式化することでその際にどのような洞察が必要かを示し、さらにそれを自然に記述できるように仕様記述言語を設計した。これにより、アルゴリズムの知識なしに記述できるような仕様から効率の良いプログラムを自動的に得ることができる。また、提案手法に基



づくシステムを実際に試作し、その効果を確認した。

前半では組合せ最適化問題に対する動的計画法アルゴリズムの導出について議論した。まず、解候補をすべて列挙しその中から最適なものを選ぶという自明な仕様から効率の良いプログラムを得るという過程を定式化した。次に、広い範囲の問題について、この過程が融合変換と呼ばれるプログラム変換手法に基づいて自動化できることを指摘した。さらに、具体的な応用例として、グラフ中の経路の中でユーザから与えられた最適性の基準に従い最適なものを発見するという問題を考え、これを実現するシステムを示した。

後半では、分割統治法に基づいた並列プログラムの導出について議論した。まず、列に対する処理を分割統治法で行うための十分条件を述べたものである第三リスト準同型定理に着目し、これに基づき並列プログラムが導出できることを示した。さらに、限定記号除去を用いた導出過程の実装法を提案し、自動並列化器を試作しその効果を確認した。また、根付き木構造を走査する処理に対する分割統治アルゴリズムについても議論を行い、根から葉までの経路を列とみなし分割統治法を行うことが並列木縮約という並列アルゴリズムに対応することを示した。これにより、上記手法などの列を走査する処理に対する分割統治アルゴリズムの導出手法が、木構造を走査する処理へも利用できることを示した。

(平成22年2月23日受付)