

審査の結果の要旨

氏名 岩田 陽一

近年, NP 困難問題に対する厳密解法に関する研究が理論面, 実践面双方で進んでおり, 理論面では底の小さな指数時間アルゴリズムやあるパラメタを固定すると多項式時間で解けるという FPT アルゴリズムの研究, 実践面では SAT ソルバに代表されるように最悪ケースは指数時間であるものの, 実世界の大きな問題を高速に解くことができるアルゴリズムが開発されている. しかしながら, それらの理論研究の結果と実践的研究の結果との間には大きな乖離があった. 本論文は, NP 困難な問題に対する理論的手法と実践的手法の橋渡しを行うため, 分枝と帰着という, NP 困難問題への2つの代表的アプローチについて, 実践的手法の理論的解析, および理論的アルゴリズムの実問題への応用に関する研究をまとめたものである.

本論文は以下のように全9章からなる.

第1章は序論である.

第2章は, 前準備として, グラフやその木分解に関する基本的な定義とパラメタ付き複雑性などに関する予備知識を与えている.

第3章は, 実践手法である分枝限定法の理論研究への活用を扱っており, 下界計算で使われる緩和問題を高速に解く手法を新たに与えることによって, 様々な問題に関して, パラメタに関する指数部分も入力長に関する多項式部分も小さい FPT アルゴリズムが得られることを示している.

第4章は, 分枝アルゴリズムに関する理論研究の実践的応用を扱っており, 頂点被覆問題に関して, 既存の理論研究における知見を元にアルゴリズムを設計し, 実データに対する実験によって他の実践的手法との性能比較を行うことで, 理論研究で培われてきた技法の実践的有用性を確かめている.

第5章は, 第3章の成果の発展的内容である. 離散緩和という手法を新たに与えることにより, 既存研究における異なる証明手法を統一し, より幅広い問題への分枝限定法の適用を可能にするとともに, 計算量的にも改善が行えることを示している.

第6章は, 帰着における問題の難しさの変化について着目し, 「分解に基づく帰着」という手法を新たに開発することによって, 構造の良さを図る尺度である「幅」を保ったまま帰着が可能であるということを示している. これにより, 幅をパラメタとした

様々な問題の間で、本質的な難しさが等価であることを証明している。

第7章は、強指数時間仮説 (SETH) が SAT の難しさのみに依存しているという問題点を提起し、その解決のため、SAT 以外に集合被覆問題など様々な問題を含む新たな計算量クラス EPNL を定義している。第6章の成果を組み合わせることで、パス幅をパラメタとする様々な問題が全ての EPNL 問題よりも難しい、という頑強な困難性の証明を与えている。

第8章は、第6章で与えた分割に基づく帰着の実践的応用として、MaxSAT から SAT への帰着を扱い、実データに対する実験的性能評価を行うことで、その有用性を示している。

第9章は、結論と今後の課題について述べている。

以上要するに、本論文は、NP 困難問題に対する厳密解法に関して、実践手法である分枝限定法の理論研究への活用、分枝法における理論研究の成果の実践的応用、帰着における難しさの変化の理論的解析、及び難しさを保つ新しい帰着法の実問題への活用、という理論・実践両面からの幅広い成果を示したものであり、コンピュータ科学、特に計算複雑性・アルゴリズム論分野に対する貢献が大きいものと判断される。

よって本論文は博士 (情報理工学) の学位請求論文として合格と認められる。