

審査の結果の要旨

氏 名 バフィエール ジャン フランソワ アレクシ

本論文は、計算機科学、特にグラフ理論における最も基本的な問題であるネットワークフロー問題について、ネットワークに対する攻撃があった場合の解の計算について、理論、実験の両面から論じたものである。このネットワークフロー問題は、古くからある基本的な問題であるが、近年目覚ましい理論的な進展がある問題である。また、その一方で、近年さまざまなグラフデータが得られるようになったことで、そういったグラフ解析においてより高度な研究が必要とされるようになり、非常に注目されている問題でもある。本論文では、計算ネットワーク等の実応用をふまえ、故障や攻撃などによってネットワークが変化し得る場合の問題について、特に三つの新しい解くべき問題を提唱している。さらに、それらの問題の属する計算量クラスならびに厳密解法および近似解法等を提案し、理論および実験を通して、グラフの性質とアルゴリズムの性能の関係について論じ、それらの問題の難しさ、有用性等を網羅的に論じている。

本論文は六章からなり、第一章では、本論文の背景として、ネットワークフロー問題ならびに攻撃を考慮したネットワークフロー問題のグラフ理論における位置づけおよび研究の動機について述べ、さらにこれらの問題の持つ潜在的応用について論じている。さらに、本論文の貢献および構成について述べている。

第二章では、まず、グラフ理論の基礎、双対性、計算量について一般的な背景知識として述べたのち、本論文の基礎となる、ネットワークフロー問題の定義、既存研究の紹介を行っている。また、本論文が主眼とする攻撃が存在する場合のネットワークフロー問題と関連した過去の研究として、複数経路フロー問題をはじめとするいくつかの関連研究を紹介している。

第三章では、本論文で扱う攻撃の存在下のネットワークフロー問題について、「複数攻撃頑健フロー問題」、「複数攻撃信頼フロー問題」、「複数攻撃フロー分解問題」とよぶ、3つの異なる問題を解くべき問題として提案している。さらにそれらのうち複数攻撃頑健フロー問題についてはNP困難であることを示している。またさらに、既存の複数経路フロー問題の解法が、複数攻撃頑健フロー問題に対する一定の近似解になっていることを示している。さらに、パラメトリック解析の技法を利用した複数攻撃頑健フロー問題に対する解法を提案している。

第四章では、複数攻撃頑健フロー問題の解法のさらなる改善について議論を行い、さらに、複数攻撃信頼フロー問題に対する近似解法を提案している。さらに、ネットワークの種類とそれらの問題を解く困難性の関連について議論を行っている。

第五章では、本論文で提案したアルゴリズムの有効性をさまざまなグラフ上で実験を行うことによって確かめている。

第六章では、本論文の貢献、成果を総括し、さらに今後の展望について述べている。

このように、本論文は、計算機科学における最も基礎的な問題であり、かつ、近年注目されているネットワークフロー問題に対して、ネットワークの頑健性という観点から網羅的な研究を行い、それらの理論解析を行うとともに、アルゴリズムを提案し、計算機実験によって検証を行ったものであり、情報科学、グラフ理論、およびグラフデータ解析の分野に対して大きな貢献を行っている。

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。