

| | |
|----------|---|
| 氏名 | ふくながたくろう 福永拓郎 |
| 学位(専攻分野) | 博士(情報学) |
| 学位記番号 | 情博第239号 |
| 学位授与の日付 | 平成19年1月23日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当 |
| 研究科・専攻 | 情報学研究科数理工学専攻 |
| 学位論文題目 | Approximation Algorithms to the Network Design Problems (ネットワーク設計問題に対する近似アルゴリズム) |
| 論文調査委員 | (主査) 教授永持仁 教授福嶋雅夫 教授岩間一雄 |

論文内容の要旨

近年、現実的な時間では最適解を求めるのは難しいとされている NP-困難問題に対し、近似アルゴリズムの開発が盛んに行われている。近似アルゴリズムとは、最適解を計算するとは限らないが、求める解の精度が保証されているアルゴリズムのことである。本論文は、NP-困難に分類される最適化問題の中でも特に、効率的なネットワークの設計に関連して現れる問題(ネットワーク設計問題)を対象として近似アルゴリズムの提案を行っており、本文7章から成り立っている。

第1章は序論であり、代表的なネットワーク設計問題やその研究の背景を紹介している。また論文全体の構成についても述べている。

第2章では、以下の章で用いられる基本的な概念の定義や定理、アルゴリズムを導入している。

第3章では、辺支配集合問題と呼ばれる最小化問題を、辺容量を導入することで一般化し、その一般化に対する近似アルゴリズムの提案、解析を行っている。また、その問題を最大化問題に変形した問題が、生成マッチングと呼ばれる問題の一般化となっていることを述べ、定数近似度の近似アルゴリズムをもつための辺容量に関する条件について考察している。加えて、超グラフ上での辺支配集合問題や、辺カバー問題と呼ばれる関連問題の一般化に対しても、近似アルゴリズムの提案を行っている。

第4章では、スプリッティングと呼ばれるグラフ変形操作が、グラフ内の任意の2節点間の局所辺連結度を保存するための必要十分条件を導いている。また、スプリッティングの一般化であり、縮約の逆操作でもあるディタッチメントが、局所辺連結度を保存するための必要十分条件についても考察をしている。また、これらの操作が自己ループを発生させないための必要十分条件についても述べている。

第5章では、辺連結度と各節点の次数の上下限を制約としてもつネットワーク設計問題に対して、近似アルゴリズムを提案している。このとき、第4章で導いたディタッチメントに関する結果を利用している。また、複数の車両の経路を決定する配送車計画車問題の一般化問題を定義し、この問題に対する近似解が提案したアルゴリズムによって計算できることも示している。

第6章では、従来2節点間に対して定義されていた辺連結度を、節点集合族に対して拡張した概念を定義し、指定された節点集合族を連結にするコスト最小グラフを求める問題を導入している。また、この問題が線形計画問題に緩和されたときに、近似整数分解性という性質をもつことを示している。その性質を利用して、近似アルゴリズムの提案も行っている。

第7章は結論であり、本論文のまとめと今後の課題を述べている。

論文審査の結果の要旨

本論文は、いくつかのネットワーク設計問題の近似可能性について考察したものであり、得られた結果は以下のとおりである。

1. 辺支配集合問題に対する近似アルゴリズムでは、二つの最適化問題から定義される凸多面体同士の関係に着目して近似可能性の解析を行っている。この手法は近似アルゴリズムの解析法としてはそれまでほとんど用いられることのなかった新しい手法であるが、本論文では辺支配集合問題の関連問題に対してこの手法を駆使して近似可能性の解析を行っており、この手法の有用性を示したという点で評価できる。

2. また、スプリッティングやディタッチメントは、グラフの連結度増大問題や向き付け問題などで用いられてきた基本的なグラフ操作法である。これらが辺連結度を保存するための条件は従来の研究でも頻繁に考察されてきたが、本論文は従来研究で提案されたものよりも厳しい性質をもつための必要十分条件を導いている。また、この結果を巡回セールスマン問題や配送車計画問題などの基本的な最適化問題を含む一般的な最適化問題に適用することで、近似アルゴリズムの開発を行っている。これらの結果は、スプリッティングやディタッチメントの今後の応用に貢献することが期待できる。

3. グラフの辺連結度は、ネットワーク設計問題に関する研究において最も頻繁に取り上げられている話題の一つである。近年、その一般化概念についての研究も盛んであるが、本論文で定義している集合連結問題は、理論と応用の両面に関して重要な問題である。本論文で提案している近似アルゴリズムは、線形計画緩和問題の近似整数分解性と呼ばれる性質を利用しているが、この点も興味深い。線形計画問題を解かずに解を求める組合せ的なアルゴリズムの開発や、高い連結性をもつグラフを求める問題など、今後の研究の発展も期待できる。

以上のように、本論文はネットワーク設計に関連する最適化問題の性質の解析や、近似アルゴリズムの開発を行ったものであり、得られた成果は学術上および応用上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成18年12月25日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた。