

氏 名 伊 藤 大 雄
 学位(専攻分野) 博 士 (工 学)
 学位記番号 論 工 博 第 2980 号
 学位授与の日付 平 成 7 年 3 月 23 日
 学位授与の要件 学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
 学位論文題目 通 信 網 管 理 の た め の 組 合 せ 最 適 化 問 題 の 研 究

論文調査委員 (主 査)
 教授 茨木俊秀 教授 矢島脩三 教授 長谷川利治

論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、通信網管理の基礎技術として重要なグラフ・ネットワーク上の組合せ最適化問題を取り上げ、複雑化、高度化していく通信網とその管理法に対応する為に、新たな制約条件を導入し、そのモデル化法、効率的に解ける問題のクラスと解けない問題のクラスの分類、効率的アルゴリズムの開発等を検討したものであり、5章構成となっている。

第1章は序論であって、これからの通信網管理に要求される技術を考察し、それに伴う組合せ最適化問題において、これまで扱われなかった制約条件を考える必要があることを指摘している。

第2章では、少ない設備数で故障耐力の高い通信網を設計する問題を考察し、必要な計算量を明らかにするとともに、実用的な近似アルゴリズムを提案している。具体的には、通信網のマルチユニット等を考慮して、節点の部分集合(領域)を基にした「領域グラフ」を導入し、現実の通信網の故障耐力をより正確に表す量として、節点と領域間の連結度である「NA連結度」を提案している。その上で、与えられた領域グラフからNA連結性を失わないという条件の下で最大本数の枝を削除するという最小NA連結問題を考察し、それがNP困難であることを示すと同時に、絶対近似誤差を小さく抑える線形時間近似アルゴリズムを提案している。また、K-連結性を保存する部分グラフはK-NA連結性も保存する、という定理を導いて、その結果、相対近似誤差2以下の線形時間近似アルゴリズムが得られることを示している。次に大規模事故に対応できる強度の概念として、発節点と同一領域の節点を経由せずに接続できることを意味する「直NA連結性」を導入し、与えられた領域グラフの直NA連結性を失わないという条件の下で最大本数の枝を削除する最小直NA連結問題を考察している。その結果この問題がNP困難であることを示した上で、グラフのカットとなっている領域が存在しないという条件の下では、枝数が $(2 \times \text{節点数} - 3)$ 以下の直NA連結全域部分グラフが存在することを示し、それを見つける高速アルゴリズムを提案している。

第3章では通信網における回線や経路の容量を考慮する手法として、ネットワーク上の多品種流問題を

扱っている。まず通信品質の劣化を防ぐ為に、経由する枝数の上限を与える経由枝制約を導入した上で、経由枝制約の付いた多品種流問題の計算量について考察している。そして、本問題を最小費用多品種流問題に帰着して解くという円環化法を提案することによって、多項式時間で解けることを示している。次に各品種が経由する路の集合が指定されたとき、それらを流れる量の比率は外部条件によって決定されるという制約について考え、特に均等配分制約について詳しく検討している。この問題は、品種数が定数であっても2以上ならば強 NP 困難であることを示すと共に、品種数が1の場合の多項式時間アルゴリズムも示している。次に応用上重要な問題として、均等配分制約に経由枝数が2以下という制約を組み合わせた問題について論じ、一般の場合はやはり強 NP 困難であるが、品種数が定数である場合は多項式時間で解けることを示している。

第4章では、1992年にNTTの電話中継交換網に導入されたダイナミックルーチング方式の一つであるSTR方式を考察し、そこで必要となる迂回候補群作成問題のアルゴリズムを検討している。本問題に対し貪欲算法に基づく単純かつ高速な「積上げ法」を提案し、その性能を、シミュレーションや、線形計画問題への近似を繰り返して解くアルゴリズム、さらに理想状態を仮定した最小負荷経路選択法との比較で評価することによって、積上げ法の性能の高さを裏付けている。

第5章は結論であり、本研究で得られた結果を総括している。

論文審査の結果の要旨

本論文は、複雑化、高度化していく通信網の管理の問題をグラフ・ネットワーク上の組合せ最適化問題として捉え、実用上の考察から導入された新しい制約条件を加えたモデルについて、効率的に解ける問題のクラスと、解けない問題のクラスの分類、効率的アルゴリズムの開発等を検討した結果をまとめたもので、得られた主な成果は次の通りである。

1. 節点の部分集合(領域)を基にした「領域グラフ」及び、節点と領域間の連結度である「NA連結度」を提案した上で、与えられた領域グラフのK-NA連結性を失わないという条件の下で最大本数の枝を削除する問題、さらに発節点と同一領域の節点を経由せずに接続するという条件を課した問題などを考察し、それらのNP困難性を示した上で、高速近似アルゴリズムを提案した。
 2. 多品種流問題に経由枝数の制約を付した問題について、それが多項式時間で解けることを、円環化法によって証明した。さらに、経路間の均等配分制約の付いた多品種流問題について検討し、品種数が定数であっても強NP困難であるが、品種数が1の場合には多項式時間アルゴリズムが存在することなどを示した。
 3. 中継交換網のダイナミックルーチング方式であるSTR方式に用いられる迂回候補群作成問題のアルゴリズムを検討し、単純かつ高速な「積上げ法」を提案するとともに、その性能の高さを確認した。
- 以上要するに本論文は、実際の通信網管理から生じた種々の組合せ最適化問題について、それらの計算の複雑さを明らかにするとともに、効率的なアルゴリズムを開発したものであり、学術上、実際上寄与するところが少なくない。よって本論文は、博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成7年2月7日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。