

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008年度～2011年度

課題番号：20700002

研究課題名(和文)

ネットワークの信頼性向上のためのアルゴリズム設計とその応用に関する研究

研究課題名(英文)

Studies on the design of algorithms for reliable networks and its application

研究代表者

石井 利昌 (ISHII TOSHIMASA)

小樽商科大学・商学部・准教授

研究者番号：30324487

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・情報基礎

キーワード：アルゴリズム理論, 離散最適化, 組合せ最適化, グラフ理論, グラフ連結度

### 1. 研究計画の概要

通信回路網設計問題・施設配置問題など多くの問題が、グラフ・ネットワーク的構造を持つ組合せ最適化問題として定式化され、ネットワークの制御・設計に関して解決を求められる問題が日々出現してきている。グラフ理論における連結度の概念は、ネットワークの信頼性に関する基本的な評価尺度として用いられる。これらの観点から、本研究では、連結度に関するネットワーク解析・設計問題を対象に、主に効率的なアルゴリズムを開発することを目的とする。また、さらに劣モジュラ関数等を用いた離散最適化問題としての一般化を図り、最終的にはグラフ問題にとどまらない他の最適化問題における新しい概念や手法の発見を目指す。

### 2. 研究の進捗状況

研究目的を達成するため、大きな流れとして次の(1)(2)(3)に従い研究を行ってきた。

- (1) まずネットワーク解析問題に取り組み、効率的なアルゴリズムの設計のための有用な構造を見出すことを目指す。
- (2) その構造解析を元に、連結度に関するネットワーク設計問題に対する解析・アルゴリズムの研究を行う。
- (3) さらに、これらの研究で得られた知見を元に、劣モジュラ関数などを用いた一般化した特徴づけの研究を行い、他の最適化問題への適用を模索していく。

より具体的には、連結度に関するグラフ・ネットワーク問題としてよく知られている連結度増大問題と供給点配置問題を中心として取り組み、以下の(1)(2)の結果を得た。

#### (1) 連結度増大問題

① 節点領域辺連結度増大問題に対し、目標の連結度が3以上の場合でも多項式時間で解けることを示した。

② 領域間辺連結度増大問題に対し、最適な近似アルゴリズムを示した。

#### (2) 供給点配置問題

点連結度要求をもつ問題が、コストが一樣な場合、一般の場合とは異なり、連結度要求の最大値のみに依存する比で近似可能であることを示した。

さらに、劣モジュラ関数等を用いた一般化に関して以下の(3)(4)(5)の結果を得た。

(3) 節点領域辺連結度増大問題に対し、単調関数を用いた特徴づけができることを示した。

(4) 上記(1)②に関して、模調関数を用いた離散最適化問題としての特徴づけを行った。

(5) 辺連結度要求をもつ供給点配置問題は、コストが一樣な場合、貪欲法により最適に解けることが知られている。この結果を一般化し、正モジュラ関数と $\alpha$ -単調と呼ばれる模調関数を用いた横断問題に拡張しても同様の性質が成り立つことを示した。

### 3. 現在までの達成度

②おおむね順調に進展している。

理由：連結度に関するグラフ・ネットワーク問題として代表的な問題である，連結度増大問題と供給点配置問題に対し，これまで未解決問題とされていたものに対し，新しい結果を得ることができた．また，これらの問題に対し，単調関数，模調関数，正モジュラ関数などを用いた一般化に関してもいくつかの新しい結果を得ることができた．

#### 4. 今後の研究の推進方策

まず，ネットワーク問題とその一般化に対しては，これまでに引き続き取り組んでいく．また，本研究の最終的な目標は，これまでほぼ「ネットワークの信頼性の基準」という面でしか捉えられてこなかった連結度を，一般的な枠組みで特徴づけしようとするところである．このことにより，他の離散最適化問題に対して，新しい概念や手法の発見の足がかりとしたい．これまでのところ，上記の通り離散最適化問題への一般化は成功しているケースがあるが，まだ他のネットワーク問題以外への応用には至っていない．この目標のために，連結度や最小カットなどに近い離散構造を持つ様々な問題を，現実の離散最適化問題や既に定式化されている最適化問題から洗い出し，それらの有する類似性など基礎的な諸性質を明らかにしていきたい．

#### 5. 代表的な研究成果

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 11 件)

1. Toshimasa Ishii, Yoko Akiyama, Hiroshi Nagamochi, “Minimum augmentation of edge-connectivity between vertices and sets of vertices in undirected graphs,” *Algorithmica*, 査読有, vol. 56, 2010, pp. 413-436.
2. Toshimasa Ishii, Kazuhisa Makino, “Posi-modular systems with monotone requirements under permutation constraints,” *Discrete Mathematics, Algorithms and Applications*, 査読有, vol. 2, 2010, pp. 61-76.
3. Toshimasa Ishii, “Greedy approximation for source location problem with vertex-connectivity requirements in undirected graphs,” *Journal of Discrete Algorithms*, 査読

有, vol. 7, 2009, pp. 570-578.

4. Toshimasa Ishii, “Minimum augmentation of edge-connectivity with monotone requirements in undirected graphs,” *Discrete Optimization*, 査読有, vol. 6, 2009, pp. 23-36.
5. Toshimasa Ishii, Kazuhisa Makino, “Augmenting edge-connectivity between vertex subsets,” *Proceedings of the 15<sup>th</sup> Computing Theory: The Australian Theory Symposium*, 査読有, 2009, pp. 45-51.

[学会発表] (計 12 件)

[図書] (計 2 件)

1. 茨木 俊秀, 永持 仁, 石井 利昌, 朝倉書店, 「グラフ理論 -連結構造とその応用-」, 2010, [共著], pp. 76-157, pp. 225-237.

[その他]

1. 研究代表者の URL:

<http://www.otaru-uc.ac.jp/~ishii/>

2. 機関リポジトリで公開している論文にアクセスするためのアドレス:

(1)

<http://barrel.ih.otaru-uc.ac.jp/researcher?action=viewResearcherPage&researcherId=11>

(2)

[http://arxiv.org/find/cs/1/au:+Ishii\\_T/0/1/0/all/0/1](http://arxiv.org/find/cs/1/au:+Ishii_T/0/1/0/all/0/1)