

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 11 日現在

機関番号：10104

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2008～2011

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 (Toshimasa Ishii)

小樽商科大学・商学部・准教授

研究者番号：30324487

研究成果の概要（和文）：

世の中には、交通網や通信網などネットワーク構造を持つものが数多くみられ、またそれらにはある程度の故障が起きても対処できる構造が求められる。本研究では、ネットワークの耐故障性の基準の一つである連結度に関する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に対し、効率的なアルゴリズムをいくつか提案した。また、これらの結果をネットワーク以外の問題にも応用するための拡張についていくつかの結果を得た。

研究成果の概要（英文）：

In modern society, we have many networks such as traffic networks and communication networks. It is required that such networks have some fault-tolerance. The concepts of graph connectivity are known as one measure of network fault-tolerance. In this research, we proposed several efficient algorithms for connectivity augmentation problems and source location problems, which are well-known as graph problems concerning connectivity. Also, we generalized these results, which may contribute to the analysis of other problems.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	700,000	210,000	910,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

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. 研究開始当初の背景

現代社会において日常的に現れる多くのシステム工学的、情報工学的諸問題の中には、通信回路網設計問題・VLSI 配線問題・施設配

置問題など、ネットワーク的構造を持つ問題が多く見られる。また、情報通信ネットワークの発展や、LSI の高集積化・高機能化が進む中、ロバストなネットワーク制御・設計の重要性が高まっていた。このようなネットワ

ークに関する諸現象を理論的に扱う場合、しばしばグラフにモデル化される。また、種々のネットワークにおける耐故障性に関して、グラフ理論における連結度の概念が基本的な評価尺度としてよく知られており、ネットワーク制御・設計の観点から様々な研究がなされていた。さらに、これらの研究に関して劣モジュラ関数などを用いた一般化の試みがなされてきていたが、いまだに完全に一般化された特徴づけは見つかっていなかった。

2. 研究の目的

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の構築という立場から研究を推し進め、さらに「1. 研究開始当初の背景」で述べたような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。

3. 研究の方法

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

(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。

4. 研究成果

連結度に関するグラフ・ネットワーク問題として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、これまで未解決であった目標の連結度が3以上の場合でも多項式時間で解けることを示した。

② 辺連結度増大問題、局所辺連結度増大問題、節点領域辺連結度増大問題の拡張である領域間辺連結度増大問題を定義し、さ

らに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 α -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。

5. 主な発表論文等

(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14件)

1. Toru Hasunuma, Toshimasa Ishii, Hirotaka Ono, Yushi Uno, "A tight upper bound on the (2,1)-total labeling number of outerplanar graphs," *Journal of Discrete Algorithms*, 査読有, 掲載決定済 (DOI: 10.1016/j.jda.2011.12.020).
2. Toru Hasunuma, Toshimasa Ishii, Hirotaka Ono, Yushi Uno, "The (p,q)-total labeling problem for trees," *Discrete Mathematics*, 査読有, vol. 312, 2012, pp. 1407-1420 (DOI: 10.1016/j.disc.2012.01.007).
3. Toshimasa Ishii, "Augmenting outerplanar graphs to meet diameter requirements," *Proceedings of the 18th Computing Theory: The Australian Theory Symposium*, 査読有, 2012, pp. 123-132 (<http://crpit.com/confpapers/CRPITV128Ishii.pdf>).
4. Toru Hasunuma, Toshimasa Ishii,

- Hiroataka Ono, Yushi Uno, “The (p, q) -total labeling problem for trees,” Proceedings of the 21th International Symposium on Algorithms and Computation, 査読有, 2010, pp. 49-60 (DOI: 10.1007/978-3-642-17514-5_5)
5. Toru Hasunuma, Toshimasa Ishii, Hiroataka Ono, Yushi Uno, “The $(2, 1)$ -total labeling number of outerplanar graphs is at most $\Delta+2$,” Proceedings of the 21th International Workshop on Combinatorial Algorithms, 査読有, 2010, pp. 103-106 (DOI: 10.1007/978-3-642-19222-7_11).
 6. 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 (DOI: 10.1007/s00453-008-9178-y).
 7. Toshimasa Ishii, Kazuhisa Makino, “Posi-modular systems with modulotone requirements under permutation constraints,” Discrete Mathematics, Algorithms and Applications, 査読有, vol. 2, 2010, pp. 61-76 (DOI: 10.1142/S1793830910000474).
 8. Toshimasa Ishii, Kazuhisa Makino, “Posi-modular systems with modulotone requirements under permutation constraints,” Proceedings of the 20th International Symposium on Algorithms and Computation, 査読有, 2009, pp. 473-482 (DOI: 10.1007/978-3-642-10631-6_49).
 9. 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 (DOI:10.1016/j.jda.2009.06.003).
 10. Toru Hasunuma, Toshimasa Ishii, Hiroataka Ono, Yushi Uno, “An $O(n^{\{1.75\}})$ algorithm for $L(2, 1)$ -labeling of trees,” Theoretical Computer Science, 査読有, vol. 410, 2009, pp. 3702-3710 (DOI: 10.1016/j.tcs.2009.04.025).
 11. Toru Hasunuma, Toshimasa Ishii, Hiroataka Ono, Yushi Uno, “A linear time algorithm for $L(2, 1)$ -labeling of trees,” Proceedings of the 17th Annual European Symposium on Algorithms, 査読有, 2009, pp. 35-46 (DOI: 10.1007/978-3-642-04128-0_4).
 12. Toshimasa Ishii, “Minimum augmentation of edge-connectivity with monotone requirements in undirected graphs,” Discrete Optimization, 査読有, vol. 6, 2009, pp. 23-36.
 13. Toshimasa Ishii, Kazuhisa Makino, “Augmenting edge-connectivity between vertex subsets,” Proceedings of the 15th Computing Theory: The Australian Theory Symposium, 査読有, 2009, pp. 45-51.
 14. Toru Hasunuma, Toshimasa Ishii, Hiroataka Ono, Yushi Uno, “An $O(n^{\{1.75\}})$ algorithm for $L(2, 1)$ -labeling of trees,” Proceedings of the 11th Scandinavian Workshop on Algorithm Theory, 査読有, vol. 410, 2008, pp. 185-197 (DOI: 10.1007/978-3-540-69903-3_18).
- [学会発表] (計 12 件)
1. Toshimasa Ishii, “The (p, q) -total labeling problem for trees,” 情報処理学会アルゴリズム研究会, 2010 年 11 月 19 日, 関西大学.
 2. Toshimasa Ishii, “A tight upper bound on the $(2, 1)$ -total labeling number of outerplanar graphs,” 電子情報通信学会コンピュータシオン研究会, 2010 年 4 月 22 日, 立命館大学.
 3. Toshimasa Ishii, “Posi-modular systems with modulotone requirements under permutation constraints”, 情報処理学会アルゴリズム研究会, 2009 年 11 月 27 日, 名古屋大学.
 4. 小野廣隆, “木の $L(2, 1)$ -ラベリングに対する線形時間アルゴリズム”, 情報処理学会アルゴリズム研究会, 2009 年 11 月 27 日, 名古屋大学.

5. Hirotaka Ono, "Recent advances on the $L(2,1)$ -labeling problem," The 7th Japan Conference on Computational Geometry and Graphs, 2009年11月11日, 金沢文化ホール.
6. Toshimasa Ishii, "Augmenting edge-connectivity between vertex subsets", 6th Japanese-Hungarian Symposium on Discrete Mathematics and Its Applications, 2009年5月18日, Rényi Institute, Budapest, Hungary.
7. Hirotaka Ono, "A faster algorithm for $L(2,1)$ -labeling of trees," The 2nd Asian Association for Algorithms and Computation Annual Meeting, 2009年4月11日, Hangzhou Huajia SHAN Resort, Hangzhou, China.
8. Toshimasa Ishii, "Augmenting edge-connectivity between vertex subsets," 情報処理学会アルゴリズム研究会, 2008年11月7日, 大阪大学.
9. 小野廣隆, "木の $L(2,1)$ ラベリングに対する線形時間アルゴリズム," 日本応用数学会 2008年度年会, 2008年9月17日, 東京大学.
10. 小野廣隆, "An $O(n \log^2 n)$ algorithm for $L(2,1)$ -labeling of trees," 日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会, 2008年9月11日, 札幌コンベンションセンター.
11. 小野廣隆, "An $O(n \log^2 n)$ algorithm for $L(2,1)$ -labeling of trees," FIT2008, 2008年9月3日, 慶應義塾大学.
12. 小野廣隆, "An $O(n^{1.75})$ -time Algorithm for $L(2,1)$ -labeling of Trees," 電子情報通信学会コンピュータシミュレーション研究会, 2008年5月13日, 九州産業大学.

[図書] (計3件)

1. 茨木 俊秀, 片山 徹, 藤重 悟監修, 朝倉書店, 「数理工学事典」, 2011, pp. 450-458.
2. 伊藤 大雄, 宇野 裕之編著, 現代数学社, 「離散数学のすすめ」, 2010, pp. 182-196.

3. 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, pp. 76-157, pp. 225-237.

[その他]

ホームページ等

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/abs/0911.4590>
(3) <http://arxiv.org/abs/0810.0906>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石井 利昌 (Toshimasa Ishii)
小樽商科大学・商学部・准教授
研究者番号: 30324487