

平成21年6月26日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2006～2008

課題番号：18700015

研究課題名（和文） 緩衝帯付き仕事計画問題に関する研究

研究課題名（英文） Studies on Job Scheduling Problems using Buffers

研究代表者

朝廣 雄一（ASAHIRO YUICHI）

九州産業大学・情報科学部・准教授

研究者番号：40304761

研究成果の概要：

緩衝帯を利用できるような組み合わせ最適化問題のいくつかに対し、計算複雑さの解析とアルゴリズムの提案を行った。例えば、ペイントショップ問題に対して、他の問題への帰着を行うことで既知のアルゴリズムを利用した近似アルゴリズム、ならびに効率良く最適解を得られる入力構造の解析に基づいたアルゴリズムを提案した。また、ソーティングバッファ問題に対して、コストが一様メトリックで定義される場合の計算複雑さを示した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	600,000	0	600,000
2007年度	800,000	0	800,000
2008年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	2,200,000	240,000	2,440,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・情報学基礎

キーワード：アルゴリズム理論

1. 研究開始当初の背景

日本の自動車産業は、欧米市場では米英の老舗メーカーの経営状況が芳しくないなか売り上げを伸ばしており、また国内でも長い不況下で某社が最高益を上げたことも記憶に新しい。某社の工場を見学する機会があり、そこから本研究の着想を得た。この工場では顧客のニーズの多様化に対応するため、均一の製品を大量に製作するのではなく、注文内容に応じて個々の顧客の希望にあわせた製品の色、形、付属品の全く異なる製品を1台ずつ順に製造していく。製造ラインは複数の

工程ごとに分かれているが全工程が長い1本として接続されており、製造中の車がそこを順に流れ、それぞれの車に応じて異なる部品が装着されていき徐々に完成していく。工程と工程の間には緩衝帯が設けられており、この区間では全く作業はなされないが、通常は複数台の製品が留まっており次の工程へ進む順番待ちをしている。どこかの工程が何らかのトラブルで停止してしまった場合でも、前後の工程は作業を止めずに、緩衝帯に製品を送り込む、あるいは緩衝帯に位置している製品に対して順次作業を進めるといっ

た方法で、全体の稼働率を下げない工夫が施されている。緩衝帯に何台程度を通常留めておけばよいかは、工程の作業能力・障害発生率などのデータより決定されており、実にうまく工場が稼働している。

2. 研究の目的

本研究では、上で述べたような緩衝帯を持つ仕事計画問題を研究対象とした。ただし緩衝帯を単に余裕を作るために利用するのではなく、積極的に利用することにより全体の作業効率の向上に貢献することが本研究の目的である。“積極的に利用”とはどういうことかについて述べたい。赤・青・赤・青の順に色を塗る作業が発生しているとする。このままの順で塗装すると、途中で色を3回交換せねばならない。一方、緩衝帯に製品2を一旦留めておき、先に製品3の塗装を行うことができれば、色は1回交換すればよく、色交換に関するコストは単純な塗装順の3分の1に削減できることになる。このように緩衝帯を利用することにより色交換回数を最小化する問題はソーティングバッファ問題と呼ばれている。

ここでは一つの要素(色)のみに着目しているが、実際の製造においては複数要素を考慮する必要がある。また上の例では無視しているが、緩衝帯の利用(製品の移動・保持)に対して発生するコストは無視できないと考えられるし、緩衝帯に長期間同じ製品が留まる状況も避けたい場合がある。そこで本研究では、緩衝帯を持つ仕事計画問題に対して次の課題に取り組む。

課題1: 緩衝帯の大きさ、納期といった様々な条件下における問題の計算複雑さの考察

課題2: 様々な条件下における効率の良いアルゴリズムの開発と理論的評価

3. 研究の方法

色交換に関するコストを最小化するタイプの問題であるペイントショップ問題とソーティングバッファ問題について研究を行った。また、リング構造におけるグラフ探索問題についても研究を行った。

(1)ペイントショップ問題に対して、他の組み合わせ最適化問題への帰着を行うことで、その問題に対する既知のアルゴリズムでどの程度の性能が出るのかを評価した。また、入力構造に対してある程度自然な条件を課すことで、効率よく最適解を得られる場合について考察を行なった。

(2)ソーティングバッファ問題に対して、コストが一様メトリックで定義される場合について計算複雑さの考察を行った。

(3)リング構造におけるグラフ探索問題については、バッファに存在する探索候補地点から、次の探索地を選ぶ方針により、得られる解の精度をどこまで上げられるかについて考察した。

4. 研究成果

(1)ペイントショップ問題については、次のような結果を主に得た:

(i) Min 2CNF Deletion 問題、Min MultiCut 問題などのいくつかの最適化問題と深い関連があり、ペイントショップ問題をこれらの問題に帰着することができることを示した。すなわち、これらの問題に対する既知のアルゴリズムを利用することで $O(\log n)$ 近似が可能であることを示した。

(ii) 最適解を多項式時間で得られる入力集合についての性質をいくつか示した。Clutter と呼ばれる構造に対しては多項式時間で最適解を得ることができると知られていたが、別の自然な構造に対しても多項式時間で最適解を得ることができると示した。

(2) ソーティングバッファ問題に対しては、コストが一様メトリックで定義される場合の NP 困難性を証明した。

(3)リング構造におけるグラフ探索問題については、次のような結果を主に得た:

(i) 最近傍探索アルゴリズムにより、競合比 1.5 が得られることを示した。

(ii) 重み付き近傍探索型アルゴリズムにおいては、いかなる重みの付け方をしても最近傍探索アルゴリズムよりも性能が良くなることを示した。

(iii) いかなるアルゴリズムも、競合比は 1.33 より良くなることを示した。

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 10 件)

1. Y. Asahiro, S. Fujita, I. Suzuki, and M. Yamashita, A Self-Stabilizing Marching Algorithm for a Group of Oblivious Robots, Proc. The 12th International Conference on

- Principles of Distributed Systems (OPODIS), Lecture Notes in Computer Science, Vol.5401, pp.125-144, Dec. 2008.
2. Y. Asahiro, K. Kawahara, and E. Miyano, NP-Hardness of the Sorting Buffer Problem on the Uniform Metric, Proc. The 2008 International Conference on Foundations of Computer Science(FCS), pp.137-143, Jul. 2008.
 3. Y. Asahiro, E. Miyano, and H. Ono Graph Classes and the Complexity of the Graph Orientation Minimizing the Maximum Outdegree, Proc. Computing: The Australasian Theory Symposium(CATS), Conferences in Research and Practice in Information Technology, Vol.77, pp.97-106, Jan. 2008.
 4. Y. Asahiro, E. Miyano and S. Shimoirisa, Grasp and Delivery for Moving Objects on Broken Lines, Theory of Computing Systems, Vol.42, No.3, pp.289-305, Apr. 2008.
 5. Y. Asahiro, E. Miyano, T. Murata, and H. Ono, On Approximation of Bookmark Assignments, Proc. 32nd International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS), Lecture Notes in Computer Science, Vol.4708, pp.115-124, Aug. 2007.
 6. Y. Asahiro, J. Jansson, E. Miyano, H. Ono, and K. Zenmyo, Approximation Algorithms for the Graph Orientation Minimizing the Maximum Weighted Outdegree, Proc. 3rd International Conference on Algorithmic Aspects in Information and Management (AAIM), Lecture Notes in Computer Science, Vol.4508, pp.167-177, Jun. 2007.
 7. Y. Aashiro, E. Miyano, S. Miyazaki, and T. Yoshimuta, Weighted nearest neighbor algorithms for the graph exploration problem on cycles, Proc. 33rd Conference on Current Trends in Theory and Practice of Informatics (SOFSEM), Lecture Notes in Computer Science, Vol.4362, pp.164-175, Jan. 2007.
 8. Y. Asahiro, E. Miyano, H. Ono, and K. Zenmyo, Graph Orientation Algorithms to Minimize the Maximum Outdegree, International Journal of Foundations of Computer Science, Vol.18, No.2, pp.197-215, Apr. 2007.
 9. Y. Asahiro, T. Horiyama, K. Makino, H. Ono, T. Sakuma, and M. Yamashita, How to Collect Balls Moving in the Euclidean Plane, Discrete Applied Mathematics, Vol.154, No.16, pp.2247-2262, Nov. 2006.
 10. Y. Asahiro, T. Horiyama, K. Makino, H. Ono, T. Sakuma, and M. Yamashita How to Collect Balls Moving in the Euclidean Plane, Discrete Applied Mathematics, Vol.154, No.16, pp.2247-2262, Nov. 2006.
- [学会発表] (計 12 件)
1. 三溝和明, 宮野英次, 朝廣雄一, 直径 d 部分グラフ最大化問題の計算複雑さ, 情報処理学会アルゴリズム研究会, 2009 年 3 月
 2. 中村拓, 朝廣雄一, 宮野英次, リテラル出現数限定 2CNF 等価項除去問題に対する近似困難性, 電気関係学会九州支部連合大会論文集, 04-1A-11, 2008 年 9 月
 3. 朝廣雄一, 河原憲一, 宮野英次, 一様メトリックにおけるソーティングバッファ問題の NP 困難性, 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 108, No. 29, pp. 1-8 (COMP 2008-8), 2008 年 5 月
 4. Yuichi Asahiro, Kenichi Kawahara and Eiji Miyano, NP-Hardness of the Sorting Buffer Problem on the Uniform Metric, Proc. The First AAAC Annual Meeting, p.25, April, 2008
 5. 朝廣雄一, 小野廣隆, 宮野英次, 最大出次数最小化問題の各種グラフクラスに対する計算複雑さ, 情報処理学会研究報告, Vol. 2008, No. 24 (2008-AL-117), pp. 43-50, 2008 年 3 月
 6. Yuichi Asahiro, Eiji Miyano and Taku Nakamura, Note on Approximation of 1-Regular 2-Color Paintshop Problem Proc. INFORMS Annual Meeting, p.58, Nov. 2007
 7. 河原憲一, 朝廣雄一, 宮野英次, オンラインソーティングバッファに対する FIFO アルゴリズム, 電気関係学会九州支部連合大会論文集, 09-1A-06, 2007 年 9 月
 8. 中村拓, 朝廣雄一, 宮野英次, 2 色限定ペイントショップ問題に対する貪欲法と近似解法, 電気関係学会九州支部連合大会論文集, 09-1A-07, 2007 年 9 月

9. 朝廣雄一, 宮野英次, 小野廣隆, 村田俊英, ブックマーク問題の近似について, 電子情報通信学会技術研究報告, 107 巻・73 号, pp.1-16, 2007 年 5 月
10. 朝廣雄一, 宮野英次, 宮崎修一, 吉牟田拓朗, サイクルグラフ上での地図作成問題に対する重み付き最近傍アルゴリズム
電子情報通信学会技術研究報告, 106 巻・405 号, pp.15-22, 2006 年 12 月
11. 朝廣雄一, 古川哲也, 池上佳一, 宮野英次, サイズ3の最小ブロック転送問題の近似困難性, 電気関係学会九州支部連合大会, 2006 年 9 月
12. Yuichi Asahiro, Jesper Jansson, Eiji Miyano, Hirotaka Ono, Kohei Zenmyo, (In)approximability of Graph Orientation to Minimize the Maximum Weighted Outdegree, 情報処理学会研究報告, Vol.2006, No.71, pp.21-28, 2006 年 7 月

6. 研究組織

(1) 研究代表者

朝廣 雄一 (ASAHIRO YUICHI)
九州産業大学・情報科学部・准教授
研究者番号：40304761