

自己評価報告書

平成23年5月11日現在

機関番号：32657

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2011

課題番号：20500021

研究課題名（和文） 計算困難な問題への混成アプローチ：近似，乱択，並列化

研究課題名（英文） Hybrid Approaches to Computationally Hard Problems:
Approximation, Randomization, and Parallelization

研究代表者

陳 致中 (Chen Zhi-Zhong)

東京電機大学・理工学部・教授

研究者番号：00242933

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：計算生物学，バイオインフォマティクス，NP 困難性，最適化問題

1. 研究計画の概要

(1) 最大三角形詰め込み問題

このNP 困難な問題の近似アルゴリズムとして，近似率 0.518 を達成するものが知られている．本研究で，混成アプローチを用いて，この問題を解くためのよりよいアルゴリズムを設計する．

(2) 2-ボックス Tandem 複製歴再構築問題

このNP 困難な問題の近似アルゴリズムとして，近似率 6 を達成するものが知られている．本研究で，混成アプローチを用いて，この問題を解くためのよりよいアルゴリズムを設計する．

(3) 単純グラフにおける最大 2-辺彩色問題

このNP 困難な問題の近似アルゴリズムとして，近似率 0.814 を達成するものが知られている．本研究で，混成アプローチを用いて，この問題を解くためのよりよいアルゴリズムを設計する．

(4) Closest 文字列と部分文字列問題

この2つのNP 困難な問題に対して様々なアルゴリズムが知られている．本研究で，混成アプローチを用いて，この2つの問題を解くためのよりよいアルゴリズムを設計する．

(5) 放射線ハイブリッドマップ問題

このNP 困難な問題の近似アルゴリズムとして，近似率 2 を達成するものが知られている．本研究で，混成アプローチを用いて，この問題を解くためのよりよいアルゴリズムを設計する．

2. 研究の進捗状況

(1) 最大三角形詰め込み問題

この問題の確率近似アルゴリズムを設計した．そのアルゴリズムは多項式時間を要し，期待近似率 0.5257 を達成する．以前の研究で Hassin と Rubinfeld が期待近似率 0.5266 の確率近似アルゴリズムを主張したが，彼らの証明に間違いがあった．本研究で得た期待近似率は彼らの主張した期待近似率に近いことになっていて，彼らの間違いをある程度訂正したことになる．

(2) 2-ボックス Tandem 複製歴再構築問題

この問題の多項式時間近似アルゴリズムを2つ設計した．その1つは時間量 $O(n^9)$ を要し，近似率 $5+\epsilon$ を達成する．もう1つは近似率 $2.5+\epsilon$ を達成する．これらに対し，以前の最もよい近似アルゴリズムは時間量 $O(n^{11})$ を要し，近似率 6 を達成する．

(3) 単純グラフにおける最大 2-辺彩色問題

まず，ローカル改善法を用いて，この問題の多項式時間近似アルゴリズムを1つ設計した．そのアルゴリズムは時間量 $O(n^2m^2)$ を要し，近似率 0.821 を達成する．次に，ローカル改善法とグローバル改善法を組み合わせると，この問題のよりよい多項式時間近似アルゴリズムを1つ設計した．そのアルゴリズムは時間量 $O(n^3m)$ を要し，近似率 0.842 を達成する．

(4) Closest 文字列と部分文字列問題

まず，Closest 文字列問題の新しい固定パラメータアルゴリズムを2つ設計した．その1

つは DNA 系列に対して時間量 $O(nL + nd \cdot 17.97^d)$ を要し、蛋白質系列に対して時間量 $O(nL + nd \cdot 61.86^d)$ を要する。もう 1 つは DNA 系列に対して時間量 $O(nL + nd \cdot 13.92^d)$ を要し、蛋白質系列に対して時間量 $O(nL + nd \cdot 47.21^d)$ を要する。また、最初のアプローチを Closest 部分列問題に拡張した。結果として得られたアルゴリズムは、DNA 系列に対して時間量 $O(nm^2 (L + d \cdot 17.97^d \cdot m^{\log d}))$ を要し、蛋白質系列に対して時間量 $O(nm^2 (L + d \cdot 61.86^d \cdot m^{\log d}))$ を要する。さらに、3-string アプローチという新しい手法を開発して、Closest 文字列問題のよりよい固定パラメータアルゴリズムを設計した。そのアルゴリズムは 2 進列に対して時間量 $O(nL + nd^3 \cdot 6.731^d)$ を要し、DNA 系列に対して時間量 $O(nL + nd \cdot 13.922^d)$ を要する。

(5) 放射線ハイブリッドマップ問題

この問題を解く多項式時間近似アルゴリズムを設計した。そのアルゴリズムは時間量 $O(n^{1.5})$ を要し、近似率 $10/7$ を達成する。これに対し、以前の近似アルゴリズムは時間量 $O(n^2)$ を要し、近似率 2 だけ達成する。

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) 計画したほとんどの研究課題について研究成果を得ている。また、どの研究成果も国際雑誌に採録され、高い評価を得ている。

4. 今後の研究の推進方策

当初の研究計画で予定した問題でまだ成果を上げていないものについては、最終年度において成果を上げるようにしたい。また、成果を上げた問題についても、よりよい成果を上げることができるか否かについても考えたい。

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 Z.-Z. Chen, G. Lin, and L. Wang. An Approximation Algorithm for the Minimum Co-Path Set Problem. *Algorithmica*, Vol. 60, pp. 969-986, 2011. 査読有
- ② Z.-Z. Chen and L. Wang. HybridNET: a Tool for Constructing Hybridization Networks. *Bioinformatics*, Vol. 26, No.

22, pp. 2912-2913, 2010. 査読有

- ③ Z.-Z. Chen, S. Konno, and Y. Matsushita. Approximating Maximum Edge 2-Coloring in Simple Graphs. *Discrete Applied Mathematics*, Vol. 158, pp. 1894-1901, 2010. 査読有
- ④ Z. Cai, Z.-Z. Chen, and G. Lin. A 3.4713-Approximation Algorithm for the Capacitated Multicast Tree Routing Problem. *Theoretical Computer Science*, Vol. 410, No. 52, pp. 5415-5424, 2009. 査読有
- ⑤ Z.-Z. Chen and R. Tanahashi. Approximating Maximum Edge 2-Coloring in Simple Graphs via Local Improvement. *Theoretical Computer Science*, Vol. 410, No. 45, pp. 4543-4553, 2009. 査読有
- ⑥ Z.-Z. Chen and L. Wang. Improved Approximation Algorithms for Reconstructing the History of Tandem Repeats. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, Vol. 6, No. 3, pp. 438-453, 2009. 査読有
- ⑦ Z.-Z. Chen, L. Wang, and Z. Wang. Approximation Algorithms for Reconstructing the Duplication History of Tandem Repeats. *Algorithmica*, Vol. 54, No. 4, pp. 501-529, 2009. 査読有

[学会発表] (計 6 件)

- ① Z.-Z. Chen, B. Ma, and L. Wang. A Three-String Approach to the Closest String Problem. *Proceedings of 16th Annual International Computing and Combinatorics Conference, Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 6196, pp. 449-458, Nha Trang, Vietnam, July 19-21, 2010. 査読有
- ② Z.-Z. Chen, S. Konno, and Y. Matsushita. Approximating Maximum Edge 2-Coloring in Simple Graphs. *Proceedings of 6th International Conference on Algorithmic Aspects in Information and Management, Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 6124, pp. 78-89, Weihai, China, July 19-21, 2010. 査読有
- ③ Z.-Z. Chen, M. R. Fellows, B. Fu, H. Jiang, Y. Liu, L. Wang, and B. Zhu. A Linear Kernel for Co-Path/Cycle Packing. *Proceedings of 6th International Conference on Algorithmic Aspects in Information and Management, Lecture Notes in Computer Science*, Vol. 6124, pp. 90-102, Weihai, China, July 19-21, 2010. 査読有