

2023年 1月26日

学位論文の審査要旨

学位論文申請者氏名：木村 健斗

論文題目：Computer-assisted Analysis of the Sparsest Packing and the Topswops Problem

(計算機援用による最疎充填と Topswops 問題の解析)

論文の概要及び判定理由

離散数学分野においては、その問題の記述がシンプルでありながら、解空間の構造が非常に複雑で解析困難となる場合がしばしば現れる。例えば、充足可能性問題といった実用上重要な問題もこの中に含まれ、その解析手法の開発が強く望まれている。本論文は、この種の問題群の中から、Topswops と呼ばれるソートに類した問題と、アンチスライドと呼ばれる充填問題の二つの問題に焦点をあて、計算機実験と理論解析の統合的アプローチにより解析を行ったものである。

Topswops 問題とは、与えられた 1 から n の順列に対し、その先頭に置かれた値の個数の要素を反転するという操作を繰り返し、値 1 が先頭に来るまでの操作の回数を問う問題である。1970 年代に J. Conway によって提唱されたこの問題は、非常に単純であるにもかかわらず、例えば、操作の回数が最大となる初期順列を与えるといった基本的な問題すら未解決である。本論文では、D. Knuth によって開発された探索アルゴリズムが、並列化に適した形であることに着目し、効率的な実装を行っている。そのうえで、大規模並列計算に基づく計算機実験を遂行し、これまで未知であった入力長に対して、最大の操作回数を明らかにすることに成功している。

アンチスライド問題とは、立方体の箱へ、指定された形状のピースを互いにすべらないように、かつ、できるだけ少ない個数で充填する問題である。このような最疎な充填を求める問題は、広く研究されてきた最密充填問題に比べ、新らしく未開拓の部分が多い。本論文では、この問題に対し、整数計画問題への帰着を通じた計算機援用型の解析と理論解析との統合的アプローチにより、様々な興味深い成果を得ている。まず、2次元の正方形に T 字型のピースを充填する場合について、必要なピース数、および、その充填の形状を示している。また、立方体に L 字型ピースを充填する場合について、これまで知られるものより疎な充填方法を発見している。さらに、立方体に直方体型ピースを充填する場合について、48%の充填率を達成する新たな充填方法を与えている。これらは、最疎充填のさらなる研究への礎ともなるであろう優れた結果である。

以上、本論文は、解析困難な離散数理的問題に対して、計算機援用型の新たな解析手法を導入し、様々な興味深い性質を明らかにしたものとして、離散構造の研究の進展に寄与するところが少なくない。よって、博士（理工学）の学位に値するものと判定した。

審査年月日 2023年 1月24日

審査委員

主査	群馬大学学術研究院	教授	中野 眞一	印
副査	群馬大学学術研究院	教授	関 庸一	印
副査	群馬大学学術研究院	准教授	荒木 徹	印
副査	群馬大学学術研究院	准教授	藤田 憲悦	印
副査	群馬大学学術研究院	教授	天野 一幸	印

関連論文

- 1 著者名 Kento Kimura, Kazuyuki Amano, Tetsuya Araki
論文題目 On the Minimum Number of Pieces for Two-Dimensional Anti-Slide Using T-Tetrominoes
(T-テトロミノを用いた2次元空間へのアンチスライドな詰め方の最少ピース数について)
雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems, Volume E104.D, Issue 3, Pages 355 - 361 (March 2021).

参考論文

- 1 著者名 Kento Kimura, Kazuyuki Amano, Shin-ichi Nakano
論文題目 Escape from the Room
(部屋から安全に脱出するフロアプランの設計)
雑誌名 Proceedings of the 28th International Computing and Combinatorics Conference (COCOON 2022), Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Volume 13595, Pages 232 - 241 (January 2023).