

令和 2 年 6 月 30 日現在

機関番号：12301

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2019

課題番号：17K00003

研究課題名（和文）新しい施設配置問題に関する研究

研究課題名（英文）Variants of Facility Location Problems

研究代表者

中野 眞一（Nakano, Shinichi）

群馬大学・大学院理工学府・教授

研究者番号：30227855

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：新しい施設配置問題を解く高速なアルゴリズムを設計することができた。2つの点集合CとFが与えられたとき、C中の各点をF中の点に割り当てる。ただし、F中の各点に割り当てられるC中の点の個数は0個もしくはr個以上であるとする。これは、定員がr人以上である避難所を、避難所の候補地の中からいくつか選んで配置する問題のモデルとなっており、一般に、r-gathering問題と呼ばれる。この問題に関連した問題を高速に解くアルゴリズムをいくつか設計することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

計算機の速度は年々向上しているが、扱うデータのサイズはそれを上回る速度で拡大しつつある。様々な分野で、膨大なデータを高速に処理し、最適解を高速にもとめることが必要とされている。本研究は、これらを解く高速なアルゴリズムを開発するものである。最適な施設の配置を求めるいくつかの問題について、既知のアルゴリズムより高速なアルゴリズムをいくつか設計することができた。

研究成果の概要（英文）：We have designed some efficient algorithms to solve new variants of facility location problems. Given two set of points C and F, we wish to assign each point in C to F, so that each point in F is assigned either 0 or at least r points in C. This is a model for evacuation shelter location planning so that each open shelter has r or more customers. This problem is called the r-gathering problem.

We have designed some efficient algorithms to solve some variants of the facility location problem.

研究分野：アルゴリズム

キーワード：アルゴリズム 施設配置問題

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

計算機の速度は年々向上しているが、扱うデータのサイズはそれを上回る速度で拡大しつつある。様々な分野で、膨大なデータを高速に処理し、最適解を高速にもとめることが必要とされている。本研究は、これらを解く高速なアルゴリズムを開発するものである。

### 2. 研究の目的

本研究は、施設配置問題に関連する新しい諸問題について、これらを解く高速なアルゴリズムを新規に開発するものである。

施設配置問題の多くは NP 完全という計算量のクラスに属しており、これを高速に解くアルゴリズムは知られていない。そこで、制限のある入力に対して高速に解くアルゴリズムや、近似解を求める近似アルゴリズムの設計を目的とする。

本研究は、**r-gathering** 問題という新しい施設配置問題について、このような高速アルゴリズムを新規に開発するものである。

さらに、次の問題も扱う。大量の点の集合があたえられたとき、これらの中から、互いに離れた  $k$  個の点を選ぶ問題を一般に **k-dispersion** 問題と呼ぶ。これに関連した問題を高速に解くアルゴリズムを新規に開発するものである。

### 3. 研究の方法

主に、申請者が一人で行う研究である。理論的に高速なアルゴリズムを新規に開発する。

様々な高速なアルゴリズムの設計手法を利用することにより、もしくは、新規にそのような設計手法を開発することにより、目的の問題を高速に解くアルゴリズムを新規に開発する。ただし、関連するアルゴリズム分野の最新研究成果を利用するために、内外のアルゴリズム研究者と、最新のアルゴリズムに関する研究成果を交換する。アルゴリズム分野では、扱う問題が異なっていたとしても、様々な形で、他の問題に応用できる技術が多数あるからである。

設計したアルゴリズムは、国際会議や国際論文雑誌にて発表する。

### 4. 研究成果

いくつかの問題を高速に解くアルゴリズムを開発することができた。

#### (1) r-gathering 問題

2つの点集合  $C$  と  $F$  が与えられたとき、 $C$  中の各点を  $F$  中の点に割り当てる。ただし、 $F$  中の各点に割り当てられる  $C$  中の点の個数は  $0$  個もしくは  $r$  個以上であるとする。これは、定員が  $r$  人以上である避難所を、避難所の候補地の中からいくつか選んで配置する問題のモデルとなっており、一般に、**r-gathering** 問題と呼ばれる。この問題は、NP 完全と呼ばれる計算量のクラスに属しており、この問題を解く高速なアルゴリズムは知られていない。

本研究は、入力の2つの点集合が、直線上にあるとき、(つまり問題を1次元に制限したとき)、これを解く、高速なアルゴリズムを与えるものである。このアルゴリズムは単純ながらも、既知のアルゴリズムより高速である。国際会議 WALCOM2018 にて発表した。

また、入力の2つの点集合が、スターと呼ばれるグラフ上にあるとき、(すなわち、直線を少し一般化したとき)、これを解く、高速なアルゴリズムを与えた。この研究は、バングラデシュ工科大学との共同研究である。国際会議 WALCOM2019 にて発表した。

また、集合  $F$  中の点の位置が、確率的に与えられているとき、いくつかの確率分布の仮定のもとで、この問題を解く高速なアルゴリズムを与えた。この研究は、バングラデシュ工科大学との共同研究である。国際会議 AIM2019 にて発表した。

#### (2) dispersion 問題

点集合  $P$  と整数  $k$  が与えられたとき、 $P$  中から、2点間の最小距離が最大となるように、すなわちなるべく離れ離れになるように、 $k$  個の点を選ぶ。このような問題を、**dispersion** 問題とよぶ。これは、消防署のように、なるべく互いに離して配置することが望ましい施設を

最適に配置する問題のモデルになっている。この問題も NP 完全と呼ばれる計算量のクラスに属しており、高速にこの問題を解くアルゴリズムは知られていない。

本研究は、この問題を、多項式時間ではないが、比較的高速に解くアルゴリズムを設計した。また関連するいくつかの結果を得ることができた。この結果を国際会議 FAW2018 にて発表した。

また、“互いに離れ離れ”の定義を少し一般化した問題について、これを解く近似アルゴリズムを設計した。この結果を、国際会議 CCCG2018 にて発表した。

さらに、入力の点集合が直線上にあるとき、(すなわち問題を一次元に制限したとき)、これを高速に解くアルゴリズムを新規に開発した。従来のアルゴリズムは、点集合が直線上に現れる順序があたえられたときに問題を高速に解くのに対し、このアルゴリズムはそのような順序があたえられなくとも問題を高速に解くことができる。この結果を国際会議 COCOA2018 にて発表した。

さらに、 $k$  が 3 のとき、この問題を高速に解くアルゴリズムを設計した。距離空間としては  $L_1$  空間、 $L_2$  空間、 $L_\infty$  空間のそれぞれに対して、問題を高速に解くアルゴリズムを設計することができた。 $L_1$  空間、および、 $L_2$  空間については、これ以上速度を改善できない、最速なアルゴリズムとなっている。

上記の結果を国際会議 ICIET2019(バングラデシュ)において keynote 講演した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 4件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Katsuhisa Yamanaka, Md. Saidur Rahman and Shin-Ichi Nakano	4. 巻 E101-A
2. 論文標題 Enumerating Floorplans with Columns	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE TRANS. FUNDAMENTALS	6. 最初と最後の頁 1392-1397
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1587/transfun.E101.A.1392	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Katsuhisa Yamanaka, Erik D. Demaine, Takashi Horiyama, Akitoshi Kawamura, Shin-Ichi Nakano, Yoshio Okamoto, Toshiki Saitoh, Akira Suzuki, Ryuhei Uehara, and Takeaki Uno	4. 巻 23
2. 論文標題 Sequentially Swapping Colored Tokens on Graphs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Graph Algorithms and Applications	6. 最初と最後の頁 3-27
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.7155/jgaa.00482	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する
1. 著者名 Toshihiro Akagi, Tetsuya Araki, Takashi Horiyama, Shin-ichi Nakano, Yoshio Okamoto, Yota Otachi, Toshiki Saitoh, Ryuhei Uehara, Takeaki Uno, Kunihiro Wasa	4. 巻 10823
2. 論文標題 Exact Algorithms for the Max-Min Dispersion Problem	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of FAW 2018, LNCS	6. 最初と最後の頁 263-272
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-04651-4_45">https://doi.org/10.1007/978-3-030-04651-4_45</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Katsuhisa Yamanaka, Yasuko Matsui and Shin-Ichi Nakano	4. 巻 10976
2. 論文標題 More Routes for Evacuation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of COCOON 2018, LNCS	6. 最初と最後の頁 76-83
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-319-94776-1_7">https://doi.org/10.1007/978-3-319-94776-1_7</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tetsuya Araki and Shin-ichi Nakano	4. 巻 11346
2. 論文標題 The Max-Min Dispersion on a Line	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proc. of COCOA 2018, LNCS	6. 最初と最後の頁 672-678
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-04651-4_45">https://doi.org/10.1007/978-3-030-04651-4_45</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shareef Ahmed, Shin-Ichi Nakano and Md. Saidur Rahman	4. 巻 11355
2. 論文標題 r-Gatherings on a Star	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. of WALCOM 2019, LNCS	6. 最初と最後の頁 31-42
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-10564-8_3">https://doi.org/10.1007/978-3-030-10564-8_3</a>	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Katsuhisa Yamanaka, Md. Saidur Rahman and Shin-Ichi Nakano	4. 巻 Vol. E101-A, no.9
2. 論文標題 Floorplans with Columns	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE TRANS. FUNDAMENTALS,	6. 最初と最後の頁 1745-1337
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1587/transfun.E101.A.1392	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計7件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Kazuyuki Amano and Shin-Ichi Nakano
2. 発表標題 Away from Rivals
3. 学会等名 30th Canadian Conference on Computational Geometry, CCCG 2018, UNIVERSITY OF MANITOBA (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tetsuya Araki and Shin-ichi Nakano
2. 発表標題 直線上のMax-Min Dispersion
3. 学会等名 電子情報通信学会コンピューテーション研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazuyuki Amano and Shin-ichi Nakano
2. 発表標題 An Approximation Algorithm for the 2-Dispersion Problem
3. 学会等名 電子情報通信学会コンピューテーション研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takashi Horiyama, Shin-ichi Nakano, Toshiki Saitoh, Koki Suetsugu, Akira Suzuki, Ryuhei Uehara, Takeaki Uno, Kunihiro Wasa
2. 発表標題 Max-Min 3-dispersion Problems
3. 学会等名 電子情報通信学会コンピューテーション研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Toshihiro Akagi, Tetsuya Araki, Hiroshi Ishikawa and Shin-ichi Nakano
2. 発表標題 The partial sum dispersion problem on the line
3. 学会等名 JCDCG^3 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Katsuhisa Yamanaka, Md. Saidur Rahman and Shin-Ichi Nakano
2. 発表標題 Floorplans with Columns
3. 学会等名 COCOA 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Shin-ichi Nakano
2. 発表標題 A Simple Algorithm for r-gatherings on the Line
3. 学会等名 WALCOM 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考