

ネットワークボロノイ図を用いた バーマン型施設配置問題の SA 解法

1 はじめに

施設の最適配置は古くから実用的で重要な問題 [1] とされ、現代ではより複雑な階層的構造のシステムに対する最適施設配置が問題となっている。バーマンら [2] により定式化された施設配置問題の一種である the Facility and Transfer Points Location Problem (略称 FTPLP) は、階層的構造の施設配置問題に有効であるが、解法の特長上、求解に大きな時間を要する。そこで本論文では、計算時間を削減しつつ解の悪化を最小限に抑える新しい解法として、ネットワークボロノイ図を用いた FTPLP の解法を提案する。

2 バーマン型施設配置問題 (FTPLP)

本論文ではバーマン型施設配置問題の 1 つである FTPLP を用いる。FTPLP は施設の配置可能地点に対して複数の中継点と単一の施設を配置し、各需要点から施設までの総コストの最小化を目的とする。中継点-施設間は高速移動が可能であり、移動コストの減少をディスカウントファクタ α を用いて表す。既存手法として疑似焼鈍し法を用いた解法が用いられる。 n を需要点数、 p を設置中継点数、 f を施設配置位置、 h_j を中継点 j の位置 ($j = 1, \dots, p$)、 w_i を需要点 i の重み ($i = 1, \dots, n$)、 $d(h_j, f)$ を施設-中継点 j 間の移動コスト、 D_i を施設-需要点 i 間の移動コスト、 D_{ij} を需要点 i -中継点 j 間の移動コストとすると、min-sum 型 FTPLP は以下のように定式化される：

$$SUM = \min \left\{ \sum_{i=1}^n w_i \min \{ D_i, [D_{ij} + \alpha d(h_j, f)] \} \right\}$$

3 ネットワークボロノイ図

ネットワークボロノイ図とは、グラフ上のノード集合やエッジ集合をエッジコストに応じて分割することで作成される。グラフ上に存在する他のノードがどの母点に最も近いかによって分割された領域を表す図である。 n_1, \dots, n_m をグラフ上に配置された m 個の点、 n をグラフ上の任意のノード、 $d(a, b)$ をノード ab 間の最小コストとする。この時 n_i に関して、 $d(n, n_i) \leq d(n, n_j) (j \neq i, j = 1, 2, \dots, m)$ という条件を満たすような任意の点 p の集まりを $V(n_i)$ とすると、 $V(n_i) = \{ n | d(n, n_i) \leq d(n, n_j), (j \neq i, j = 1, \dots, m) \}$ と表すことができる。ここで $V(n_i)$ なる領域は、 n_i のボロノイ領域であり、点 n_i はボロノイ領域の母点、 $V^m = \{ V(n_1), V(n_2), \dots, V(n_m) \}$ よりなる全体の図形を、母点 n_1, n_2, \dots, n_m よりなるネットワークボロノイ図という。

4 疑似焼鈍し法 (SA)

疑似焼鈍し法 (Simulated Annealing: SA) は、組合せ最適化手法を解くのに最適となるように開発され、広く使用されている繰り返し手法の一つである。SA の代表的な特徴として、悪化する解を確率で採択することで、局所的最適に陥りにくくなっていることが挙げられる。また、処理が効率的で頑健であること、高品質な解を求められること、プログラム化が比較的容

易なことも特徴とされる。SA をプログラム化するには、対象に応じて適切な評価関数、焼鈍しの制御パラメータ、近傍関数の設定、定式化が必要である。

5 提案手法

提案手法は、既存手法であるバーマンらの SA を用いた解法に基づき、ネットワークボロノイ図を用いて探索領域を制限することで、FTPLP の質の悪化を最小限にしつつ目的関数の計算量を効率的に減らし、より高速に結果を得ることを目的としている。

提案手法のアルゴリズムは以下の様になる。

提案手法の探索手順

1. 任意のノードを 1 つ選択 (以下 Node) .
もし全ノード選択済みなら終了.
2. ネットワークボロノイ図を参照し、
Node が属する領域の母点を確認.
3. 母点が施設なら Node-母点間の、
中継点なら Node-母点-施設間の
コストを計算する.
4. コストを SUM に加え、ステップ 1 へ.

6 実験結果・考察

p-メディアン向けベンチマーク問題を提案手法を用いて解き、結果を文献 [2] と比較した。表 1 より、平均 6.02% の解の悪化と引き換えに、平均 50.22% の実行時間の改善が達成できていることがわかる。

表 1: 結果比較

問題	提案手法		既存手法	
	解	実行時間 [s]	解	実行時間 [s]
pmed34	13058.8	1324.87	12358.4	3059.34
pmed37	15531.4	1067.29	14691.0	1985.41
pmed40	16326.8	1564.18	15304.2	2992.48

7 おわりに

表 1 より、提案手法を用いることで、FTPLP の解の悪化を最小限に抑えた上に実行時間の大幅な改善を達成できたといえる。

参考文献

- [1] 岡部篤行, 鈴木敦夫, 最適配置の数理, 朝倉書店, 1992.
- [2] Berman.O, Drezner.Z, Wesolowsky.G.O. “The facility and transfer points location problem” International Transactions in Operational Research, 12, 187-402, 2005.