

季節性の考慮の重みを最適化する施設配置モデル

05001395 九州大学
05000412 日本大学
日本大学
長岡工業高等専門学校

*菊池明飛 KIKUCHI Harutaka
柿本陽平 KAKIMOTO Yohei
大前佑斗 OMAE Yuto
酒井一樹 SAKAI Kazuki

1. はじめに

菊池ら [1] は, p-median のような従来の施設配置モデルにおいて積雪等により交通容量が低下することで季節によって最適な配置が異なり, 単純に夏期と冬期の距離 (夏期の距離を交通容量低下率で除した値) を比較した場合には冬期の距離を用いた方がより最適となる場合が多いことを確認した. しかし, 評価の際に評価値の平均値を用いてしまうと, 個別の事象 (個々のランダムシードで得られる冬期の距離の場合) において, 夏期の距離を用いた場合の評価値と冬期の距離を用いた場合の評価値の大小関係が逆転している場合があったとしても, 結論として冬期の距離を用いた方がよいということになってしまう. 一般に現実的な営利企業の施設配置を考えると, 夏期と冬期のような短期的に施設の配置を変えることはできないため, 個別の事象でも大小関係が維持されることが望ましい. 本発表では個別の事象においても必ず最適となるような施設配置モデルを提案する.

2. 季節性の考慮の重みを最適化する施設配置モデルの考案

以前のモデルの問題点は, 夏期と冬期の距離のどちらかを用いるというものだったために個別の事象において大小関係が逆転してしまうかもしれないという点であった. そこで, 次のようにモデルを拡張する. 施設数を p とし, 需要点 i の施設利用者数を P_i , 需要点 i と施設候補地 j との地点間距離を d_{ij} とする. 施設候補点 i の施設配置の有無を表す Y_j と需要点 i の人が j の施設を利用するかどうかを表す X_{ij} を決定変数とする. それぞれ $0-1$ 変数であり, 1 のときに有, 利用することを示す. さらに夏期に対する冬期の交通容量低下率 $c_{ij} \in [0, 1]$ と重み $T \in [0, 1]$ を用いて p-median を拡張する形で施設配置モデルを考えると目的関数

と制約条件が以下となる.

$$\min Z = \sum_{i,j} \left\{ TP_i d_{ij} X_{ij} + (1-T) P_i \frac{d_{ij}}{c_{ij}} X_{ij} \right\} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_j X_{ij} = 1, \quad \forall i, \quad (2)$$

$$X_{ij} \leq Y_j, \quad \forall i, j, \quad (3)$$

$$\sum_j Y_j = p, \quad (4)$$

$$X_{ij} \in \{0, 1\}, \quad \forall i, j, \quad (5)$$

$$Y_j \in \{0, 1\}, \quad \forall j. \quad (6)$$

これを multi p-median と呼ぶことにする. まず目的関数 (1) は重み $T = 1$ であるとき, $Z = \sum_{i,j} \{P_i d_{ij} X_{ij}\}$ となり, 夏期の距離を用いる一般的な p-median の目的関数となる. 逆に $T = 0$ では, $Z = \sum_{i,j} \left\{ P_i \frac{d_{ij}}{c_{ij}} X_{ij} \right\}$ となり, 冬期の距離を用いられるよう拡張された p-median となる. このことより, 夏期か冬期の距離のどちらかを用いる場合に比べて悪化することはない. 制約式 (2) から (6) は p-median の制約条件と同じであるため説明は省略する. ここで $T \in \{0, 1\}$ としない理由を述べる. $0-1$ 変数とすれば課題意識通りの切り替えるはたらきを得るが, 一般化し実数変数の重みとして定義することで夏期と冬期の距離をバランスよく考慮することができる. また, 夏期と冬期で X_{ij} は共通としている. これは後述する評価方法と異なる考え方であるが, 本発表においては先行研究 [1] における個別の事象での大小関係の逆転を解消し, 同等の考え方でのさらなる改善を目的とするからこのように設定した.

3. 仮想ネットワークでの検証

3.1. シミュレーション内容

シミュレーション内容は菊池ら [1] と同じである. 用いたネットワークの一例を図1に示す. ノード数は61, エッジの基本的な長さ (夏期の距離) を100

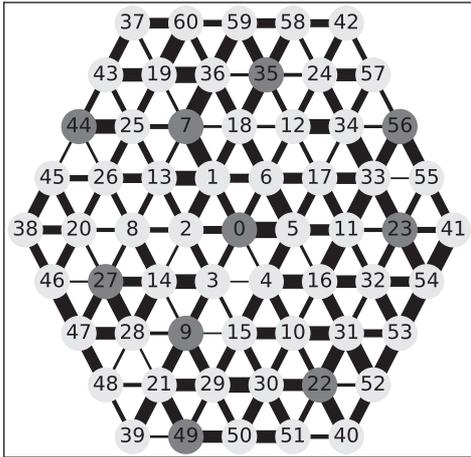


図 1: 仮想ネットワークの一例

とする三角格子状のネットワークを用いる。エッジが太いほど交通容量の低下が大きく冬期の距離が長いことを表す。施設利用者数の分布も同じものを用いており、 D_r を中心から距離 r だけ離れた地点の施設利用者数密度、施設利用者数の分布度合いを σ とすると、 $D_r = \exp(-r/\sigma)$ となる。また交通容量の変化のさせ方は、 c_{ij} の値の範囲を $[c_{\min}, 1]$ として一様分布からランダムに割り当てる。

評価方法について述べる。夏期でも冬期でも移動距離が少ない配置が良い配置とし、施設利用者は各季節において最も距離が近い施設を利用するとする。夏期の距離を用いた p -median での最適配置 Y_s 、冬期の距離を用いた p -median での最適配置 Y_w 、multi p -median での最適配置 Y_{multi} が得られる。ここでいずれかの最適配置 $Y_l (l \in \{s, w, \text{multi}\})$ についての評価値 v_l を、

$$v_l = \sum_i P_i \min_{k \in Y_l} [d_{ik}] + \sum_i P_i \min_{k \in Y_l} [d_{ik}/c_{ik}].$$

で与える。これは施設利用者が最寄りの施設を利用するときの全施設利用者の移動距離の合計である。これは p -median の目的関数に他ならない。各最適配置における評価値を比較し、小さいほど良いといえる。また、目的関数の性質上、multi p -median の評価値 v_{multi} は T を適切に選べば $v_{\text{multi}} \leq v_s, v_w$ を満たす。

3.2. シミュレーション結果

図 2, 3 に各パラメータの時の 0.01 刻みで T を変化させたときの評価値 v_{multi} を示す。個別の事

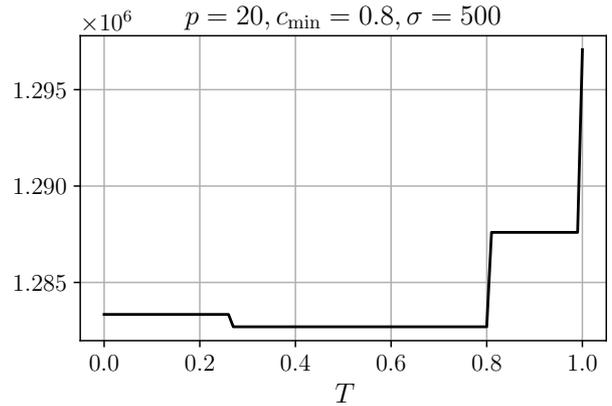


図 2: シミュレーション結果 ($v_w < v_s$ の例)

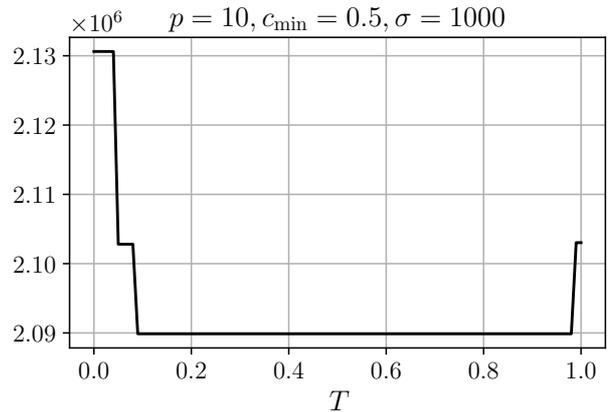


図 3: シミュレーション結果 ($v_w < v_s$ の例)

象における v_s と v_w の大小関係に関わらず適切な T を設定すれば、バランスさせて、さらに評価値を下げる（改善させる）ことができることが明らかとなった。

4. おわりに

本発表では季節性の考慮の重みを最適化する施設配置モデルを考案した。今後は評価方法に沿ったより直接的な季節性を考慮した施設配置モデルの考案、評価を続けたい。

参考文献

- [1] 菊池明飛, 柿本陽平, 大前佑斗, 酒井一樹: 季節性による交通容量の変化を考慮した施設配置モデル, 日本オペレーションズ・リサーチ学会 2021 年春季研究発表会&シンポジウム アブストラクト (2021).