

道路距離を加味した公共施設の最適な配置モデル

総合数理学部 現象数理学科 池田研究室所属 4年

1. 背景

現在の地方自治体は少子高齢化の煽りを受け、財政が困難な状況である。また、インフラの老朽化への対応が叫ばれ、今後の財政圧迫の大きな要因となっている。

→ 公共施設の再建や新設を**住民のニーズに合わせた**、効果的で移設の心配の無い**最適な配置**を見出したい

先行研究と問題点

- 施設と各家との直線距離の総和を最小化する配置モデル
- 施設と各家との直線距離で最も大きなものを最小化する配置モデル
- 上記2つを同時に加味した配置モデル
- 各家と施設との距離におけるべき乗和を最小化するモデル

→ 現実の移動距離が**直線距離では表現できていない**

2. 目標

- (1) **道路上の距離**を用いたモデルの構築
- (2) 実際の地図を元に、**施設の配置場所を提案する**

3. 施設配置モデル

基本となる施設配置モデル

施設と n 軒の家との距離を $F_i (i = 1, \dots, n)$ 、べき指数を r とする。

べき乗和最小化施設配置モデル

B : 施設と各住宅とのべき乗和

$$B = \left\{ \sum_{i=1}^n (F_i)^r \right\}^{\frac{1}{r}}$$

B が最小となる配置を求めるモデル

ミニサム型施設配置モデル

T : 施設と各住宅との総和

$$T = \sum_{i=1}^n F_i$$

T が最小となる配置を求めるモデル

ミニマックス型施設配置モデル

L : 施設と各住宅との距離の中で最大のもの

$$L = \max F_i$$

L が最小となる配置を求めるモデル

べき指数 $r = 1$ のとき、べき乗和最小化施設配置モデルはミニサム型施設配置モデルと一致する。

べき指数 $r \rightarrow \infty$ のとき、べき乗和最小化施設配置モデルはミニマックス型施設配置モデルと一致する。

パレート最適な施設配置モデル

問題点

- 距離の総和 B, T
 - 各家の中での最大距離 L
- 指標に優劣はない

→ **一長一短な配置案しか得られない**

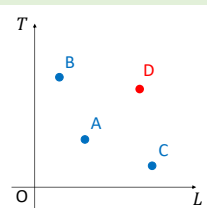
解決策

- 距離の総和 B, T
 - 各家の中での最大距離 L
- 同時に加味する

2つの指標を用いて候補地を絞り込むモデル

→ **パレート最適な施設配置モデル**

縦軸に B, T を取り横軸に L を取ることで2つの指標を同時に考える。最適でない配置案を削除することで候補地の集合を求める。



上記のグラフを例として考えると、配置案Dはどちらの数値においても配置案Aより大きな値を取っているため、最適な配置ではないと判断できる。一方で、配置案A, B, Cを比較してもどの案が優れているかを決定することができない。そのため、この例における最適な配置案は(A, B, C)となる。

4. 道路距離を加味した配置モデル

道路上の距離の表現

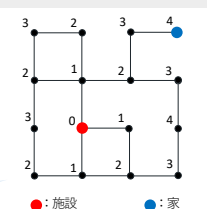
実際の地図の道路 → 格子状の点と直線で表現

施設と住宅の距離 → 格子上的の最短距離

先行研究のモデルの距離の定義を道路距離に変更したモデル

→ **道路距離を加味した配置モデル**

右のように施設からの最短距離を各格子点に与え、各家は周りの格子点から施設と自身の最短距離を獲得する。



5. 実地を用いたシミュレーション結果

北海道 稚内市の一区画を用いた保育施設のシミュレーション

実際の地図を元に、格子状に変換した道路情報をプログラムに導入し、住宅81軒に対して施設2つを配置するシミュレーションを行った。

配置モデルの補足

道路距離を加味した施設配置モデルの修正:

最短道路距離 → より近い施設との最短道路距離

※ 施設を2つ配置するにあたり、各住宅の獲得する最短距離を決定する修正。

シミュレーションの概要

実地の情報

住宅の軒数: 81軒
実際の公共施設数: 2つ (図のa, b)

使用する配置モデル

道路距離を加味した**パレート最適な施設配置モデル**

用いる指標: べき乗和 B , 最大の距離 L

探索方法: 離散的な探索

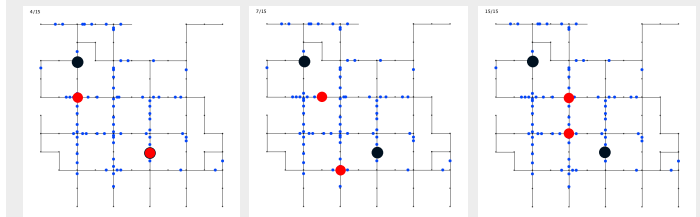
べき指数 r によってパレート最適な施設配置の配置案の集合がどのように変化していくのかを考察する。



画像 ©2019 Google, 画像 ©2019 CNES / Airbus, Maxar Technologies

シミュレーション結果

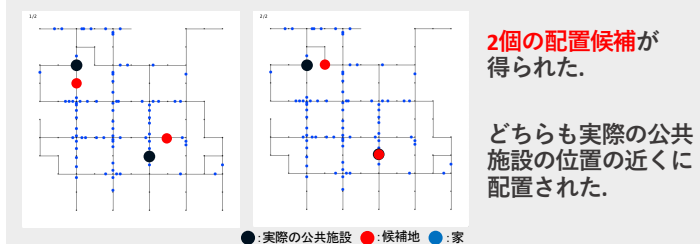
べき指数 $r = 1$ のときのパレート最適な施設配置の結果



15個の配置候補が得られ、上記はその一部

●: 実際の公共施設 ●: 候補地 ●: 家

べき指数 $r \rightarrow \infty$ のときのパレート最適な施設配置の結果



2個の配置候補が得られた。

どちらも実際の公共施設の位置の近くに配置された。

考察

- 距離の総和と最大距離の2つの指標を同時に加味した**15個の配置案を提案することができた**。

- **ミニマックス型施設配置**によって、実際の公共施設の配置に近い配置を再現できた。

- べき指数 r を大きくすることで、候補地が減少していくことが分かり、**先行研究を再現することができた**。

6. 結論

道路上の距離を用いたモデルを構築することができた。

特に、先行研究のモデルと同様の傾向が得られた。

また、シミュレーションにより実地の配置を考察し、

より良い配置を提案することができた。