

公共施設利便性の経年的な安定性の一考察

東北大学 学生会員 堀内 智司
 東北大学 正会員 奥村 誠
 東北大学 正会員 坂本 麻衣子

1. はじめに

公共施設は何世代にもわたり長期間使用されることが多い。公共施設の位置を簡単に変えることができないので、経年的な少子高齢化や住宅団地の郊外化などの居住地の変化により、利便性の低下が起こる可能性がある。また、老朽化に伴う施設の移設、施設の統廃合による利便性の低下も危惧される。

本研究では、保育所、幼稚園、小学校、中学校、病院を分析対象として、居住地からの平均距離を用いて利便性の経年的な変化を分析する。さらに経年的に安定して利便性を確保できるような公共施設の配置計画の方法を提案することを目的とする。

2. 公共施設に対する利便性の計測

公共施設の利便性を表す指標として、居住者から最も近い公共施設までの直線距離の平均値を用いる。

本研究では人口分布のデータとして国勢調査 500m メッシュデータを用い、施設位置もメッシュの中心点を用いるので、平均距離は次式のようになる。

$$D_S^i = \frac{\sum_k \sum_j (P_k^i \sqrt{(x_k^i - x_j^i)^2 + (y_k^i - y_j^i)^2})}{\sum_k P_k^i} \quad (1)$$

D_S^i : 年齢層 i に対する、施設 S への平均距離 (km)

j : 公共施設 S の番号 ($j: 0, \dots, j, \dots, N_S$)

N_S : 公共施設 S の総数

i : 公共施設 S の対象年齢層 ($i: 0-4, \dots, i, \dots, 85-$)

P_k^i : メッシュ k に住んでいる年齢層 i の人口

(x_k^i, y_k^i) : 年齢層 i の居住メッシュ k の中心座標

(x_j^i, y_j^i) : 番号が j の公共施設 S を含むメッシュ l の中心座標

次に、1980年から5年おきに2000年までの5時点について、宮城県の市区町村のうち10個以上の人口集中地区メッシュを持つ23市区町村ごとに、5種類の公共施設までの平均距離の計算を行った。平均距離の変化は 1)

増加, 2) 減少してから増加, 3) 変化なし, 4) 増加してから減少, 5) 減少の5つのパターンにグループ化できた。その結果を表-1に示す。

これより、約3割の市区町村が変化パターン1,2となっており、公共施設の利便性が安定的に確保されていない。これらの市区町村では公共施設の配置計画の方法に問題が存在した可能性がある。変化パターン2の例として、大和町の小学校までの平均距離の推移を図-1に示す。1981~1985年生まれの世代までは平均距離が減少し利便性が上昇していたが、以後の世代に対して利便性が低下している。

表-1 宮城県の市区町村の平均距離の変化パターン

パターン	保育所	幼稚園	小学校	中学校	病院	割合
1	1	7	4	3	7	19%
2	5	3	5	5	6	8%
3	5	9	7	7	5	28%
4	1	2	2	3	2	20%
5	11	2	5	5	3	22%

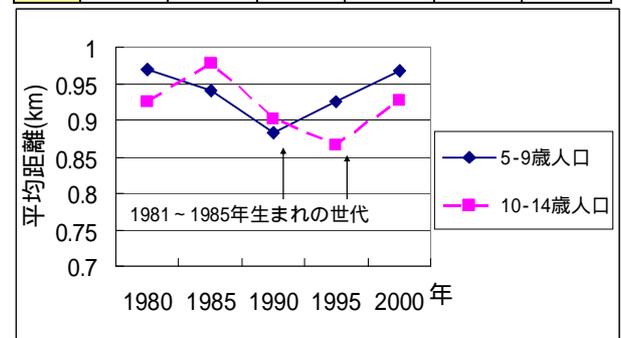


図-1 大和町での小学校までの平均距離の変化

3. 公共施設の利便性の経年的な変化の原因

(1) 利便性の低下の原因

上述した利便性の低下の経年的な原因として、1) 対象人口に対する施設の最適な配置は経年的に安定しているが、その配置が実現できていなかった、2) 施設の最適配置自体が経年的に変化しており、ある時点で最適配置を行っても次の時点では十分な利便性を提供できない、という2つの原因が考えられる。施設配置計画を考える上

キーワード 公共施設, 世代, 利便性, 施設配置計画, 双対上昇法

連絡先 〒980-8576 仙台市青葉区川内41番地 東北アジア研究センター 地域計画科学研究室 TEL 022-795-7567

では、このどちらのケースであるかを区別することが必要である。本研究では異なる時点の人口分布に対して最適施設配置を求め、その安定性を確かめる。

(2) 最適施設配置モデル

ここでは、有限個の離散的な候補点への施設配置を行い、移動費用と公共施設の立地費用の総和である総費用 TC を最小化するという、以下の問題を考える。

$$\min TC = \sum_j \sum_i C_{ij} W_i x_{ij} + \sum_j \lambda y_j \quad (2)$$

$$\text{Subject to } \sum_{j \in J} x_{ij} \geq 1 \quad (i \in I) \quad (3)$$

$$y_j \geq x_{ij} \quad (i \in I, j \in J) \quad (4)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (i \in I, j \in J) \quad (5)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad (j \in J) \quad (6)$$

C_{ij} : 地点 i と地点 j 間の移動にかかる単位費用

W_i : 地点 i に居住する利用者数

λ : 公共施設立地費用 (地点によらず一定)

この最小化問題を、計算量が少なく必ず整数解が得られるという利点がある Erlenkotter の双対上昇法を用いて解く。式(2)~(6)までの主問題に対する双対問題は、以下ようになる。

$$\max \sum_{i \in I} v_i \quad (8)$$

$$\text{Subject to } \sum_{j \in J} \max\{0, v_i - C_{ij}\} \leq \lambda \quad (j \in J) \quad (9)$$

主問題の解 x_{ij}, y_{ij} と双対変数の間には以下の相補条件式(10)、式(11)が成立する。

$$y_j \left(\lambda - \sum_{i \in I} \max\{0, v_i - C_{ij}\} \right) = 0 \quad (10)$$

$$(y_j - x_{ij}) (\max\{0, v_i - C_{ij}\}) = 0 \quad (11)$$

双対変数 v_i を、制約条件式(9)を満たすように順に上昇させて、相補条件式(10)を満たす x_{ij}, y_{ij} を求解する。プログラムは宮武¹⁾によるものを用い、施設立地費用 λ を大きな値から順次低下させてゆくことで、間接的に配置される施設数を増加させながら最適配置を求める。

(3) 宮城県大和町での計算例

2. で利便性の低下を指摘した宮城県大和町において、施設数ごと年齢層ごとに、1980年から2000年までの5時点での最適施設配置を求め、その安定性を確認する。例として5~9歳の人口に対する計算結果を表-2に示す。施設数が1~7個のときは最適施設配置は経年的に一致し、施設数が8個以上になると一致しなくなる。さらに、

施設数が11個になると人口の多いメッシュにほぼ配置されることになるため、各時点の最適解は再び一致するようになる。

以上のことから、居住地に対して少数または多数の施設を配置する場合には、3.(1)の1)の問題に注意して最適配置の実現を図る必要がある。一方、施設が中ぐらいの個数の場合には、3.(1)の2)のケースに該当する可能性があり、最適配置の安定性に注意する必要がある。

表-2 大和町での最適施設配置の一致性の判断(5-9歳)

施設数	判断	施設数	判断
1個		7個	
2個		8個	×
3個		9個	×
4個		10個	×
5個		11個	
6個		12個	

: 一致, × : 不一致, : 判断不能

4. 利便性を安定的に確保する配置計画の方法

3(1)の2)のケースが起こる可能性を踏まえると、以下のような公共施設の配置計画方法が提案できる。

- 1) 対象となる公共施設を設定する。
- 2) 公共施設を利用する対象年齢層の人口を予測し、収容能力から必要な施設数を決める。
- 3) 本章で用いた最適施設立地モデルを複数の世代の人口分布に対して適用して最適解を求める。
- 4) これらの解を比較し、どの世代に対しても共通している地点を立地点として選び出す。
- 5) 解が変化している場合はその移動傾向を考察し、それらの中央に近い地点を候補とするとともに、人口分布の変化を経年的にモニタリングして、追加的な対応案を検討する。

5. 今後の課題

今後の課題として以下のようなものがある。

- 1) 対象地域を増やし、利便性の長期的な安定性と施設数との関係の一般性を調べる。
- 2) 利便性の評価の際に利用頻度の違いを考慮する。
- 3) 交通網に基づく距離を設定する。
- 4) 公共施設の立地費用の違いも考慮して最適施設配置を求める。
- 5) 小地域の将来人口の予測方法を確立する。

参考文献

1) 宮武伸宇: 階層的施設配置モデルによる本支社配置の分析, 広島大学卒業論文, 2001.