

# 公共施設最適配置の経年的な安定性の一考察\*

## Longitudinal Stability of Optimal Location of Local Public Facilities\*

堀内智司\*\*・奥村誠\*\*\*・坂本麻衣子\*\*\*\*

By Satoshi HORIUCHI\*\*・Makoto OKUMURA\*\*\*・Maiko SAKAMOTO\*\*\*\*

### 1. はじめに

一旦建設された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が発生すると、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、高い利便性を確保できるような最適配置が、経年的な安定性を有するか否かを検討する。

### 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、平均距離はその中心間の距離を用いる。

具体的には、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、保育所、幼稚園、小学校、中学校、病院という5種類の公共施設までの平均距離の計算を行った。

平均距離の範囲を表-1に示す。平均距離の最大値は、2000年時点で、保育所と小学校が1km程度で、中学校、幼稚園の順に大きくなり、病院は約3kmである。経年的には幼稚園で距離が増加する一方、病院では6.5kmから半分以下に低下している。施設ごとに最大値をとる地域はほぼ固定しており、大和町や松島町などの町村が

\*キーワード：計画基礎論、都市計画、公共施設

\*\*学生員、東北大学大学院工学研究科土木工学専攻

(宮城県仙台市青葉区川内 41 番地 東北アジア研究センター 地域計画科学研究室、

TEL022-795-7567、FAX022-795-7477)

\*\*\*正員、博(工)、東北大学東北アジア研究センター

\*\*\*\*正員、博(工)、東北大学東北アジア研究センター

多い。一方、平均距離の最小値は、2000年時点で保育所が最も小さく、病院、幼稚園、小学校、中学校の順に大きくなっている。最小値をとる地域は経年的に固定しており仙台市の各区が多い。また、最小値の大きさは経年的にほとんど変化していない。さらに、平均距離の最大値と最小値の差から地域間の公平性を考察すると、保育所と小学校では差が小さいが、病院では経年的に縮小したものの依然として約2.7kmと大きな差があり、公平性が確保されていないことがわかる。

次に地域ごとに平均距離の経年的な変化のパターンを分析した。23市区町村の平均距離の変化は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。その分類結果を表-2に示す。

これより、約3割の市区町村がパターン1)2)を示し、近年距離が増加していて公共施設の利便性が安定的に確保されていない。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-2 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
増加	1	7	4	3	7	19%
減少 増加	5	3	5	5	6	8%
変化なし	5	9	7	7	5	28%
増加 減少	1	2	2	3	2	20%
減少	11	2	5	5	3	22%

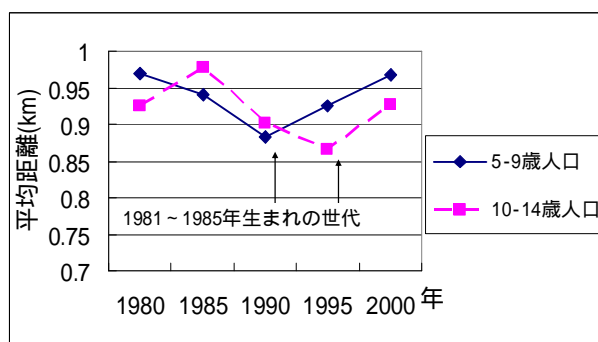


図-1 大和町での小学校までの平均距離の変化

表-1 宮城県 23 市区町村における平均距離の範囲

(単位：km)

年次	施設	保育所	幼稚園	小学校	中学校	病院
	対象年齢層	0～9歳	0～9歳	5～14歳	10～14歳	65歳～
1980年	最大値(地域)	0.99 (大和町)	1.27(大河原町)	0.97(大和町)	1.49(松島町)	6.51(涌谷町)
	最小値(地域)	0.38(塩釜市)	0.4(宮城野区)	0.46(泉区)	0.62(泉区)	0.31(古川市)
	差	0.61	0.87	0.51	0.87	6.20
1985年	最大値(地域)	0.96 (大和町)	1.29(大河原町)	0.98(大和町)	1.46(松島町)	6.67(涌谷町)
	最小値(地域)	0.36(塩釜市)	0.4(宮城野区)	0.45(若林区)	0.56(泉区)	0.34(古川市)
	差	0.60	0.89	0.53	0.90	6.33
1990年	最大値(地域)	1.01 (大和町)	1.23(大河原町)	0.95(松島町)	1.47(松島町)	4.87(矢本町)
	最小値(地域)	0.22(迫町)	0.41(宮城野区)	0.44(泉区)	0.54(泉区)	0.32(古川市)
	差	0.79	0.82	0.51	0.93	4.55
1995年	最大値(地域)	0.84(大和町)	1.92(大和町)	1.01(松島町)	1.45(松島町)	4.88(矢本町)
	最小値(地域)	0.21(多賀城市)	0.39(多賀城市)	0.4(泉区)	0.59(泉区)	0.32(古川市)
	差	0.63	1.53	0.61	0.86	4.56
2000年	最大値(地域)	0.90 (大和町)	1.94(大和町)	1.03(松島町)	1.43(松島町)	3.00(矢本町)
	最小値(地域)	0.25(迫町)	0.36(多賀城市)	0.43(泉区)	0.60(青葉区)	0.32(古川市)
	差	0.65	1.58	0.60	0.83	2.68

(注：地域名は2000年時点の市区町村を示す)

### 3. 公共施設の利便性の経年的変化の原因

#### (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解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) 施設の最適配置解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、利便性が安定的に確保されていない施設が見られた大和町、石巻市、古川市を対象に、異なる時点の人口分布に対する最適施設配置解を求め、その安定性を確かめる。

#### (2) 最適施設配置モデル

ここでは、市町村に含まれるメッシュ中心点を候補点として施設配置を行い、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。

$$\min TC = \sum_j \sum_i C_{ij} W_i x_{ij} + \sum_j \lambda y_j \quad (1)$$

$$\text{Subject to } \sum_{j \in J} x_{ij} \geq 1 \quad (i \in I) \quad (2)$$

$$y_j \geq x_{ij} \quad (i \in I, j \in J) \quad (3)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \quad (i \in I, j \in J) \quad (4)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad (j \in J) \quad (5)$$

$C_{ij}$  : 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

$\lambda$  : 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 (1) ~ (5) までの主問題に対する双対問題は、以下ようになる。

$$\max \sum_{i \in I} v_i \quad (6)$$

$$\text{Subject to } \sum_{j \in J} \max\{0, v_i - C_{ij}\} \leq \lambda \quad (j \in J) \quad (7)$$

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 (8)、式 (9) が成立する。

$$y_j \left( \lambda - \sum_{i \in I} \max\{0, v_i - C_{ij}\} \right) = 0 \quad (8)$$

$$(y_j - x_{ij}) (\max\{0, v_i - C_{ij}\}) = 0 \quad (9)$$

双対変数  $v_i$  を、制約条件式 (7) を満たすように順に上昇させて、相補条件式 (8) を満たす  $x_{ij}$ ,  $y_{ij}$  を求解する。プログラムは宮武<sup>1)</sup>によるものを用い、施設立地費用  $\lambda$  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解を求める。

#### (3) 最適施設配置解の安定性

施設数ごと年齢層ごとに、1980年から2000年までの5時点での最適配置解を求め、配置解が一致するかを調べて、安定性を確認する。大和町、石巻市、古川市の3地域の結果をそれぞれ表3から表5に示す。大和町の5～9歳の人口に対する施設配置を見ると、施設数が1～7個のときは最適配置解は経年的に一致し、施設数が8個以上では一致しない。しかし、施設数がさらに多く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、各時点の最適配置解は再び一致するようになる。他の年齢層を見ても、施設数が少数または多数の時には最適解が安定しており、施設数が中ぐらいの時には不安定

である。また、石巻市、古川市でも施設数が 1、2 の時は安定であるが、それ以上になると安定的でなくなるケースが多いことがわかった。

表-3 大和町での最適配置解の安定性の判断

施設数	年齢層								
	0歳～4歳	5歳～9歳	10歳～14歳	15歳～19歳	65歳～69歳	70歳～74歳	75歳～79歳	80歳～85歳	85歳～
1									
2	×								×
3	×			×		×	×	×	×
4	×			×		×		×	×
5	×			×		×		×	
6	×			×		×	×	×	
7	×			×	×	×			
8	×	×	×	×	×	×			
9	×	×	×	×	×				
10	×	×	×	×	×				
11	×								

：配置解が一致し安定である，×：配置解が一致せず不安定である，：判断不能

表-4 石巻市での最適配置解の安定性の判断

施設数	年齢層								
	0歳～4歳	5歳～9歳	10歳～14歳	15歳～19歳	65歳～69歳	70歳～74歳	75歳～79歳	80歳～85歳	85歳～
1									
2		×	×	×	×	×		×	×
3		×	×	×	×				×
4	×		×	×			×		
5	×	×	×	×		×	×		
6	×	×	×	×	×		×	×	×
7	×	×	×	×	×		×	×	×
8	×	×	×	×	×	×	×	×	×
9	×	×	×	×	×		×	×	×
10	×	×	×	×	×	×		×	×

：配置解が一致し安定である，×：配置解が一致せず不安定である，：判断不能

表-5 古川市での最適配置解の安定性の判断

施設数	年齢層								
	0歳～4歳	5歳～9歳	10歳～14歳	15歳～19歳	65歳～69歳	70歳～74歳	75歳～79歳	80歳～85歳	85歳～
1									
2				×					×
3	×	×		×	×	×			×
4	×	×		×	×		×		×
5	×	×		×	×	×	×		
6	×	×		×	×		×		
7	×	×		×	×	×	×		
8	×	×		×		×			
9	×	×		×	×	×	×		
10	×	×		×	×	×			

：配置解が一致し安定である，×：配置解が一致せず不安定である，：判断不能

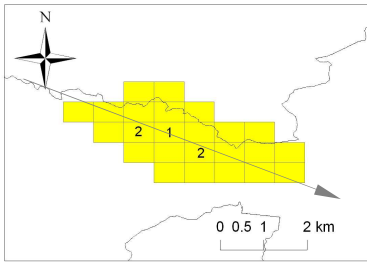


図-2 大和町の候補地メッシュと最適配置解(1,2 施設)

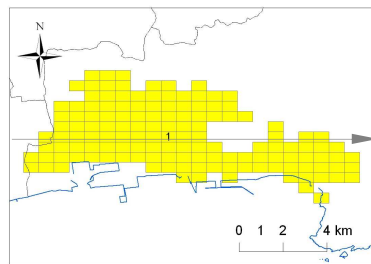


図-3 石巻市の候補地メッシュと最適配置解(1 施設)

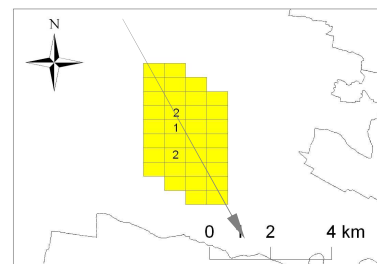


図-4 古川市の候補地メッシュと最適配置解(1 施設)

#### (4) 利便性低下原因と対応策

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、その最適配置は比較的安定していると考えられる。したがって、経年的に安定な最適配置解を見極めて、その場所の配置の実現を図る必要がある。一方、施設が中くらいの個数の場合には、施設的最適配置解自体が経年的に変化する可能性がある。そこで、想定されるいくつかの将来人口分布の下での最適配置解を求め、その安定性を考察した上で配置点を決めることが望ましい。

#### 4.1 施設の最適施設配置

3.において、施設数が少数の時の最適配置解が経年的に安定している傾向が見られた。ここでは、1次元空間上の施設配置を取り上げ、そのような安定性が存在する条件を確認する。

移動が直線などの1次元空間に制約されている時に、1つの施設の配置を行う問題を1次元ウェーバー問題という。その最適配置解は人口分布の中央点となることが知られている<sup>2)</sup>。したがって、対象地域の人口分布が海岸線や主要道路、河川に沿ってほぼ1次元空間上に集まっているならば、最適配置解は各年次の対象人口分布の中央点でなければならない。このことを確認するために、大和町、石巻市、古川市の各地域において、図-2から図-4に示すように人口集中地区メッシュが広がっている領域の1番長い方向に軸をとり、各メッシュをこの軸上に射影する。この軸上で累積人口が全人口の50%となる地点を求め、最適施設配置モデルの解との一致性を確認する。

図-5に5時点における大和町の0-4歳の累積人口の分布を示す。この図から、1980年から2000年にかけて人口分布の中央点の位置はほとんど動いていないことがわかる。また、この点は図-2に示した最適施設配置モデルの解とほぼ一致している。他の2つの地域についても最適施設配置モデルの解と人口分布の中央点はおおよそ一致していることがわかった。一方、図-5において

累積人口の割合が50%以外のところを見ると、年次ごとのグラフは左右にずれており、最大で4つのメッシュ分の差がある。複数の施設を配置する場合にはこのような所にも配置することになるため、解は経年的に安定しないことになる。

以上の計算により、ここで対象とした3地域では、2次元の平面領域を1次元の直線領域におおよそ近似して施設配置を議論できることがわかった。

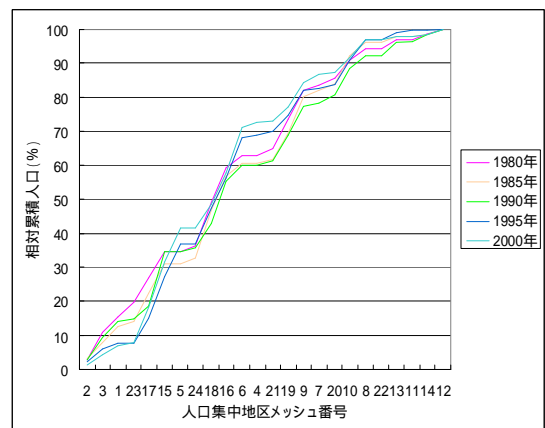


図-5 大和町の0-4歳人口の累積分布

#### 5. 今後の課題

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。以上を今後の課題とする。

#### 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．
- 2) 栗田治：都市モデル読本，造形ライブラリー，2004．
- 3) 柏原士郎：地域施設計画論 - 立地モデルの手法と応用 - ，鹿島出版会，1991．