

鳥取大学大学院 学生会員 ○木村 潤
鳥取大学大学院 学生会員 砂野 佑介
鳥取大学 正会員 福山 敬

1 背景・目的

近年、日本では人口減少社会が到来している。人口減少社会は地方自治体の財政難や市町村合併などの問題を引き起こす。これらの問題は、公共施設を統廃合や複合化することにより施設の維持・管理費用を見直す「公共施設再編」へとつながる。しかし、公共施設再編が行われると再編の前後で住民の施設への利便性が極端に変化する可能性がある。ユニバーサルサービス型のサービス提供を行うことが必要となる公共施設は、利用者の利便性を考慮した施設配置を行うことが重要となる。そこで本研究では、公共施設再編モデルを構築し、人口減少時の最適な公共施設の再立地戦略と、施設立地が都市厚生に与える影響について分析する。具体的には、都市の3期間に公共施設の立地を3種類設定し、人口が減少するという仮定のもと通時的社会厚生を最大とする公共施設の再立地戦略を分析する。

2 基本設定・モデルの構築

モデルの構築に際して、以下のような基本設定・前提条件を設ける。

- ①中心を0とする長さ l の左右対称な線形都市を想定し、郊外（左端）を $-1/2l$ 、（右端）を $1/2l$ とする。都市の中心への近隣性に支配的な立地優位性があると考え、これ以外はすべての地点で同質であるとする。また、都市外との人の移動はなく、閉鎖都市を仮定する。
- ②都市では1種類の同質な住民の居住を考える。また、住民は都市内に一様に分布しているとし、人口密度を n とする。
- ③公共施設間の価格競争や価格戦略は考えず、異なる立地点に存在する施設でも財・サービス価格は同一に p とする。すべて都市住民は必ず1回のみ公共施設に財・サービスの購入に行くものとする。
- ④住民の財・サービス需要は価格に対して非弾力的に1とする。また、住民は移動距離 x に対し、 $t \cdot x$ の線形移動費用を負担する。
- ⑤公共施設の立地については、表1に示す自然な立地ケ

ースを3つ設定する。また、公共施設は固定費用として、施設の維持・運営費用 f 、施設の取り壊し費用 F 、施設の新設費用 G をもつとする。取り壊し費用および新設費用の関係は、パラメータ η_F 、 η_G を用いて $F = \eta_F \cdot f$ 、 $G = \eta_G \cdot f$ と表すことができる。ただし、 η_F 、 η_G はそれぞれ $(0 < \eta_F \leq 1)$ 、 $(0 < \eta_G \leq 1)$ とする。さらに、固定費用増加率 $\theta = \eta_G / \eta_F$ とする。

表1 公共施設の立地

立地	施設立地点及び施設数
$(\pm 1/4)$	$-1/4l$ と $1/4l$ の2地点に立地
$(1/4)$	$1/4l$ の1地点に立地
(0)	0の1地点に立地

- ⑥施設の立地と同時に、人口が減少する期間を3期間設定する。第1期、第2期、第3期の人口密度をそれぞれ n_1 、 n_2 、 n_3 とする。また、第1期から第2期への人口減少率 n_2/n_1 を ρ 、第2期から第3期への人口減少率 n_3/n_2 を σ とする。ただし、 ρ 、 σ はそれぞれ $(0 < \rho \leq 1)$ 、 $(0 < \sigma \leq 1)$ とする。
- ⑦社会厚生関数を次のように定義する。

$$Wt = \delta \cdot \pi - (1 - \delta) \cdot C$$

ここで、 π は公共施設の利潤であり、 C は住民の総移動費用と施設の固定費用（取り壊し費用・新設費用含む）の合計である総費用を表す。 δ は $(0 \leq \delta \leq 1)$ であり、 π と C へのウェイトを表す。また、 δ が0に近いほど施設の企業性（利潤重視）が高いことを意味し、1に近いほど施設の公共性が高いことを意味する。

本モデルの都市構造の概略を図-1に示す。

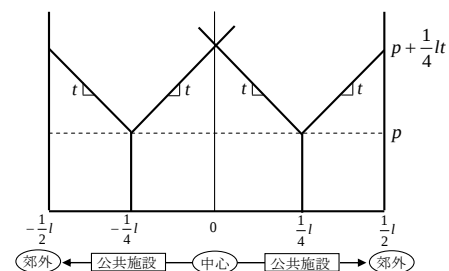


図-1 都市構造

図-1の横軸は距離を表しており、縦軸は財・サービス価格と、住民の移動費用を合計した「サービス購入費用」を表している。図の場合、公共施設は $1/4l$ と $-1/4l$ の2か所に立地しており、それぞれ価格 p の財・サービスを供給している。この立地は $(\pm 1/4)$ と表現される。

3 人口減少下の最適立地

本研究では、社会厚生関数において、特に $\delta = 0$ である場合（施設の公共性が非常に高い場合）を分析対象とする。すなわち、 $Wt = -C$ となる。このとき利潤 π は単なる地域内所得移転であり、社会厚生には影響しないと考える。また、分析の簡略化のため第1期の施設立地を $(\pm 1/4)$ に固定し、第1期から第2期への人口減少は考慮しない。したがって、3期間で考えられる立地パターンは図-2に示す既存施設の立地維持を含めた9通りとなる。施設の立地パターンの表記については、第1期の立地は $(\pm 1/4)$ に固定しているため省略し、第2期、第3期にどの立地になっているのかを括弧内に順に表記する。

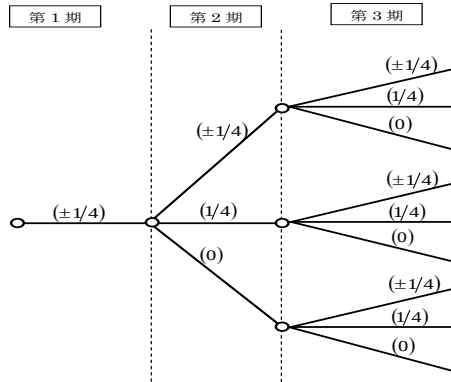


図-2 3期間で可能な立地パターン

各期で人口密度が異なっているため、逆向き帰納法を用いて第3期、第2期の順に費用を導出する。結果、各立地パターンでの総費用は以下の式(1)から式(8)のように表される。ただし、立地パターン $(0, 1/4)$ は他の立地パターンに支配されることが分かっているため省略する。

$$C^{(\pm 1/4, \pm 1/4)} = \frac{(\sigma + 1)}{8} t l^2 n_2 + 4f \quad (1)$$

$$C^{(\pm 1/4, 1/4)} = \frac{(2 + 5\sigma)}{16} t l^2 n_2 + (3 + \eta_F) f \quad (2)$$

$$C^{(\pm 1/4, 0)} = \frac{(1 + 2\sigma)}{2} t l^2 n_2 + (3 + \eta_F) f \quad (3)$$

$$C^{(1/4, \pm 1/4)} = \frac{(5 + 2\sigma)}{16} t l^2 n_2 + (3 + \eta_F + \eta_G) f \quad (4)$$

$$C^{(1/4, 1/4)} = \frac{5(1 + \sigma)}{16} t l^2 n_2 + (2 + \eta_F) f \quad (5)$$

$$C^{(1/4, 0)} = \frac{(5 + 4\sigma)}{16} t l^2 n_2 + (2 + 2\eta_F + \eta_G) f \quad (6)$$

$$C^{(0, \pm 1/4)} = \frac{(2 + \sigma)}{8} t l^2 n_2 + 3(1 + \eta_F + \eta_G) f \quad (7)$$

$$C^{(0, 0)} = \frac{(1 + \sigma)}{4} t l^2 n_2 + (2 + 2\eta_F + \eta_G) f \quad (8)$$

社会厚生を最大にする施設の立地パターンは、任意の人口密度 n_2 に対して総費用が最小となるような立地パターンを分析することで求めることができる。

第2期の施設立地が $(\pm 1/4)$ であるときの最適な立地パターンは、固定費用の大小によって図-3、図-4の2通りに分けられる。なお、図の横軸の上部は立地パターンの変化を表し、横軸の下部には立地パターンが変化するときの第2期人口密度のしきい値を表している。

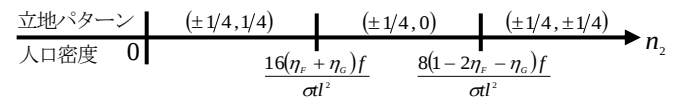


図-3 第2期 $(\pm 1/4)$ ：条件 $(4\eta_F + 3\eta_G < 1)$ での立地変化

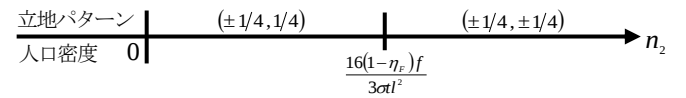


図-4 第2期 $(\pm 1/4)$ ：条件 $(4\eta_F + 3\eta_G \geq 1)$ での立地変化

同様に、第2期の施設立地が $(1/4)$ であるときの最適な立地パターンは図-5、図-6の2つに分けられる。また、第2期の施設立地が (0) であるときの最適な立地パターンは図-7に示す1通りとなる。

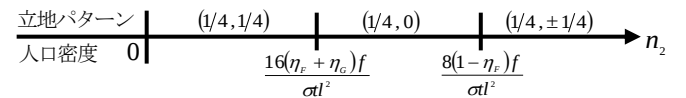


図-5 第2期 $(1/4)$ ：条件 $(3\eta_F + 2\eta_G < 1)$ での立地変化

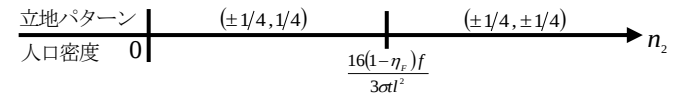


図-6 第2期 $(1/4)$ ：条件 $(3\eta_F + 2\eta_G \geq 1)$ での立地変化

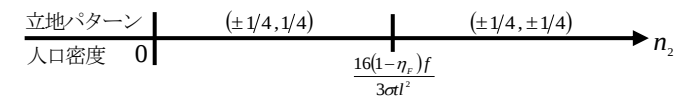


図-7 第2期 (0) での立地変化

以上で得られた結果をもとに、次の2つの仮定を設定して分析を行う。

- ① 人口密度は第2期比第3期は半減するとし、人口減少率 $\sigma=1/2$ とする。
- ② 新設費用は取り壊し費用より高いとし、固定費用増加率 $\theta=3/2$ とする。

分析を行った結果、第2期人口密度と取り壊し費用との関係を図示したものが図-8となる。

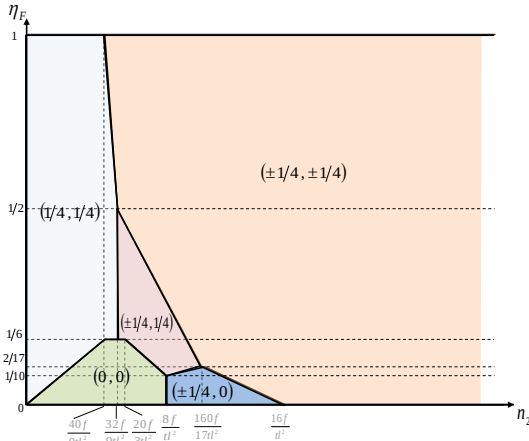


図-8 人口半減時の第2期人口密度と取り壊し費用の関係

図-8から、人口減少下での公共施設の再立地方策は多くの状況において既存施設の立地を維持することが有効な方策となっている。一方、施設の新設費用が取り壊し費用よりも高いという仮定を設定した場合、一般に人口減少下において施設を新設することは非効率な立地戦略であると考えられるが、固定費用・第2期人口密度が共に比較的低い場合には施設を新設する方が都市厚生をより大きくできることを示している。同時に、人口密度によっては人口減少前の第2期という早い段階で施設の新設を行うことが効率的な立地戦略となることがわかる。また、固定費用が極端に低くとも人口減少下においてもなお高い人口密度を維持できるような都市では施設の統廃合や新設といった方策は都市厚生を低下させる可能性があることを示している。

4 都市のコンパクト化と立地戦略

人口減少下では、第3節で行った各期間で人口密度が減少するという仮定の他に、人口密度は維持されつつ都市サイズが小さくなるという場合が考えられる。このような場合を考慮することで、より効率的な立地パターンを達成できる可能性がある。本節では、都市

がコンパクト化する場合の立地戦略を分析し、第3節で行った人口密度減少時の最適立地との比較を行う。分析に当たって、第3節と同様に次の仮定を設定する。

- ① 第1期の立地は $(\pm 1/4)$ で固定
- ② 第2期から第3期への人口減少率 $\sigma=1/2$
- ③ 固定費用増加率 $\theta=3/2$

施設の立地パターンについては、図-9から図-11で示す3パターンを考える。それぞれ第2期での施設立地が第3期でも維持されるとする。また、人口の居住域を横軸に太線で記し、都市サイズの変化を表す。

また、本節で扱う人口を維持する場合の立地パターンの表記については第3節と同様だが、 $(A, B)_M$ のように括弧の外に下付きで M を追加して記す。

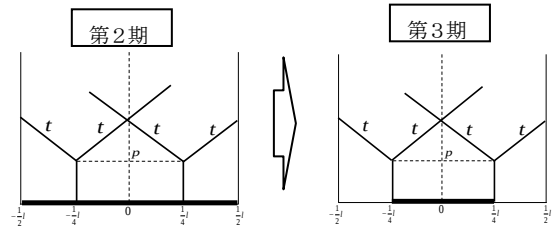


図-9 立地パターン $(\pm 1/4, \pm 1/4)_M$

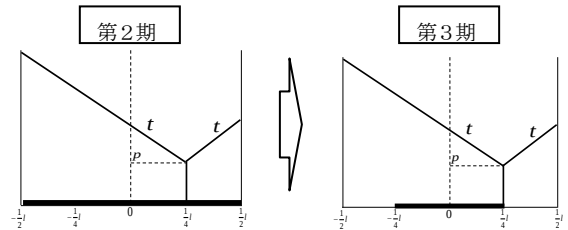


図-10 立地パターン $(1/4, 1/4)_M$

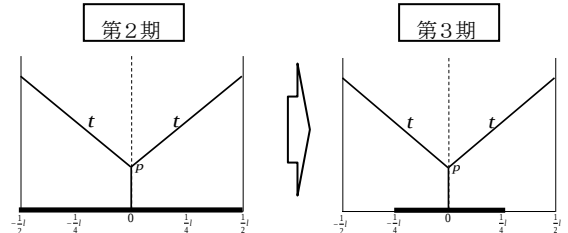


図-11 立地パターン $(0, 0)_M$

また、各立地パターンで発生する総費用は以下の式(9)から式(11)のように表される。

$$C^{(\pm 1/4, \pm 1/4)_M} = \frac{3}{16} t l^2 n_2 + 4f \quad (9)$$

$$C^{(1/4, 1/4)_M} = \frac{7}{16} t l^2 n_2 + (2 + \eta_F) f \quad (10)$$

$$C^{(0, 0)_M} = \frac{5}{16} t l^2 n_2 + \left(2 + \frac{7}{2} \eta_F\right) f \quad (11)$$

ここで、人口密度減少時の8つの立地パターンで生じる総費用と、本節で設定を行った人口密度維持時の3

つの立地パターンの総費用とを比較し、人口密度維持時の総費用の方が小さくなる範囲を図-8 と同じ図上に太線で描いたものが図-12 から図-14 となる。

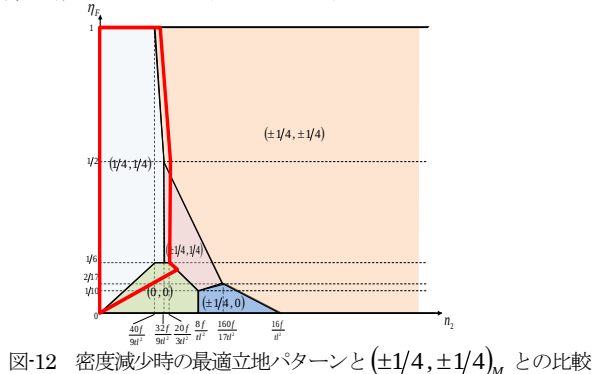


図-12 密度減少時の最適立地パターンと $(\pm 1/4, \pm 1/4)_M$ との比較

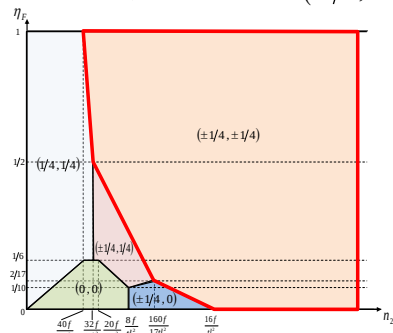


図-13 密度減少時の最適立地パターンと $(1/4, 1/4)_M$ との比較

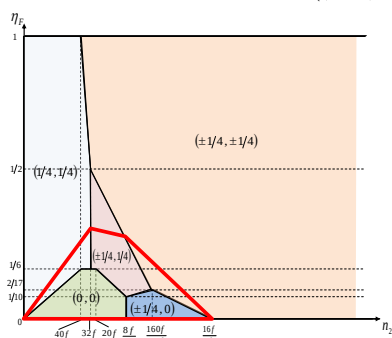


図-14 密度減少時の最適立地パターンと $(0,0)_M$ との比較

また、図-12 から図-14 で示した人口密度維持時の総費用が人口密度減少時のものより小さくなる範囲を一つの図中にまとめたものが図-15 となる。図中の黒部分の範囲のみが、人口密度減少時における最適立地パターンの総費用の方が小さくなる範囲となる。

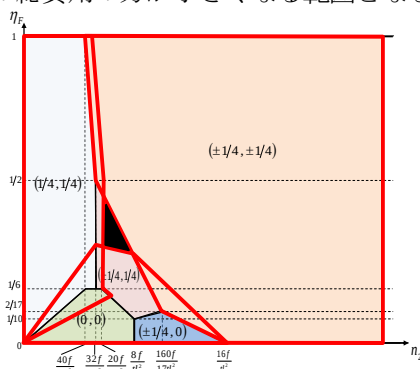


図-15 密度減少時の最適立地パターンと $(0,0)_M$ との比較

図-15 から、第1期から第2期への人口減少を考慮せず、また、第2期の施設立地を維持する3種類のみの立地パターンとの比較しか行っていないのにも関わらず、ほとんどの場面で都市をコンパクトにした方が費用は小さくなることがわかる。さらに、人口が減少してからコンパクトシティへ移行するのではなく、人口の減少を予測したうえで早期に移行したとしても十分に効果があることも示している。しかし、このようなコンパクトシティを実現させるためには、住民に補助金を出すなどして都市の中心方向への移住を促す必要がある。

5 まとめ

本研究は、人口減少が都市内公共施設の再立地方案に与える影響を明らかにするために公共施設再編モデルを構築することによって分析を行った。まず、公共施設再編モデルの基本設定を行い、社会厚生関数を定義することで限定された状況内での人口減少時の最適な施設の立地パターンを示した。そこでは、人口減少下において社会厚生上望ましい立地パターンを明確にすることができた。また、施設の統廃合や新設といった方策が人口減少下において有効な手段となりうることを示した。さらに、住民の移住政策を考えた場合、早期でのコンパクトシティへの移行も十分に効果があることを示した。

今後の課題としては、本研究では社会厚生関数を都市内での総費用を基準として扱っているが、施設の利潤を考慮することによってより詳細な研究が行えると考えられる。また、本研究のような線形都市モデルの最適立地を考える場合、施設数が奇数か偶数かは立地点に大きな違いをもたらすと考えられる。さらに、単位移動費用を非線形にするなど、サービスの種類及び利用者の種類などいくつかの仮定を変更する必要がある。これらの設定変更が本研究の結果に与える影響を明らかにする必要がある。

参考文献

- 1) 安藤朝夫：1次元市場における企業の立地と撤退の空間分析，土木計画学研究・講演集，no.37，2008
- 2) 佐々木公明・文世一：都市経済学の基礎，有斐閣アルマ，2007