

都市域拡大抑制による市街地維持コストの削減可能性に関するミクロレベルでの分析*

Micro Level Analysis of Cost Reduction by Implementing Compact Urban Development Policy*

加知範康*²・高木拓実*³・加藤博和*⁴・森杉雅史*⁵・林良嗣*⁶

By Noriyasu KACHI*²・Takumi TAKAGI*³・Hiorkazu KATO*⁴・Masafumi MORISUGI*⁵・Yohistsugu HAYASHI*⁶

1. はじめに

今後、日本の都市では都市のスプロール、インフラの劣化、そして人口の少子高齢化が市街地維持コストの増大に影響を与え、大量の社会資本を良好な状態で維持していくことが不可能になる恐れがある。そこで、スプロール、少子高齢化と市街地維持コストの関係を把握することで、今後どのように都市域をコントロールし市街地維持コスト増大を抑制していくべきかを検討することが必要である。そのためには、市街地維持コストが空間分布によってどのように変化するかを解明することが重要となる。

そこで本研究では、都市空間構造と市街地維持コストの関係メカニズムを定式化し、都市域コントロールに伴う変化の分析を行うことを目的とする。本研究の全体構成を図1に示す。まず、都市を細分化したメッシュ単位で推計可能な市街地維持コスト推計モデルを構築する(①)。そして、コーホート要因法を用いて将来の属性別人口分布を予測し(②)、市街地維持コスト分布とのマッチングをみる。さらに、スプロールした市街地において、都市域再編成策である撤退・再集結策1)を実施することによって削減可能な市街地維持コストを推計する(③)。

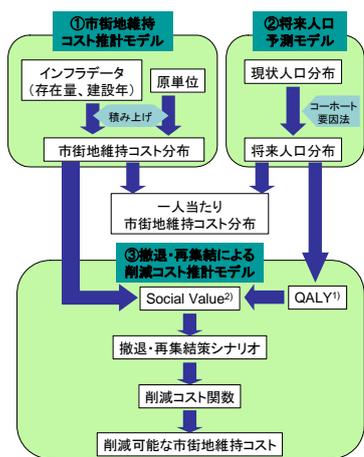


図1 本研究の全体構成

*1 キーワーズ：市街地維持コスト，生活環境質，撤退・再集結

(〒464-8603 名古屋千種区不老町，TEL052-789-2773，FAX052-789-3837)

*2 学生会員，修(環境)，名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻

*3 非会員，修(環境)，株式会社北陸銀行

*4 正会員，博(工)，名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻

*5 正会員，博(工)，名城大学都市情報学部開発環境系

*6 フェロー，工博，名古屋大学大学院 環境学研究科 都市環境学専攻

2. 都市のスプロールと市街地維持コストの関係分析手法

(1) 本研究での市街地維持コストの定義

本研究では市街地維持コストを、住民の QOL(Quality of Life：生活の質)を維持・向上するためのコストと定義する。QOL は加知ら¹⁾の定義に基づき、アクセシビリティ、アメニティ、ハザードの 3 つの構成要素(生活環境向上の機会：LPs)からなるとする。QOL を維持・向上するためのコストにはあらゆるサービスに関わるコストが含まれると考えられるが、本研究で基本的に対象とするのは、「排除困難，技術的外部経済，費用逓減性を有する，または特定の政策意図によって公的供給されている社会資本²⁾」とする。各対象社会資本が提供する LPs は表1のようにまとめられる。

表1 対象施設例

生活環境向上の機会 Life Prospects (LPs)		対象施設	
交通利便性 Accessibility (AC)	就業施設利便性	道路	学校・美術館・博物館・図書館 病院・福祉施設
	教育・文化施設利便性	公共交通	
	健康・医療施設利便性	港湾	
	買物・サービス施設利便性	通信 郵便	
居住快適性 Amenity (AM)	居住空間使用性	上下水道・電気	
	建物景観調和性		
	周辺自然環境性	都市公園	
	局地環境負荷性		
災害危険性 Hazard (H)	地震危険性	消防署	堤防・排水ポンプ
	洪水危険性		
	犯罪危険性	警察署	
	交通事故危険性	警察署	

(2) 市街地維持コスト推計モデル

市街地維持コスト推計の基本式は以下の通りである。

$$C_i = \sum_l \sum_m \int_{t_0}^{t_0+n} \alpha_l(t) q_m(t) dt \quad (1)$$

C_i ：メッシュ i の市街地維持コスト

$\alpha_l(t)$ ：インフラ l のコスト原単位関数

$q_m(t)$ ：区間・場所 m のインフラ存在量

l ：インフラの種類， m ：インフラの区間・場所

t_0 ：基準年， n ：対象期間

$$\alpha_i(t) = \alpha_{\text{建設}}(t) + \alpha_{\text{更新}}(t) + \alpha_{\text{補修}}(t) + \alpha_{\text{管理}}(t) \quad (2)$$

$\alpha_{\text{建設}}(t)$: 建設費原単位, $\alpha_{\text{更新}}(t)$: 更新費原単位

$\alpha_{\text{補修}}(t)$: 補修費原単位, $\alpha_{\text{管理}}(t)$: 管理費原単位

$$\left. \begin{aligned} \alpha_{\text{建設}}(t) &= BU_{\text{建設}} \div EL \times D_{\text{建設}} \\ \alpha_{\text{更新}}(t) &= BU_{\text{更新}} \div EL \times D_{\text{更新}} \\ \alpha_{\text{補修}}(t) &= BU_{\text{補修}} \times D_{\text{補修}} \\ \alpha_{\text{管理}}(t) &= BU_{\text{管理}} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

EL : 耐用年数, $BU_{\text{建設}}$: 建設費単価, $BU_{\text{更新}}$: 更新費単価,

$BU_{\text{補修}}$: 補修費単価, $BU_{\text{管理}}$: 管理費単価

$D_{\text{建設}}$: 建設費負担期間ダミー

(建設費負担期間は1, それ以降は0)

$D_{\text{更新}}$: 更新費負担期間ダミー

(更新費負担期間は1, それ以前は0)

$D_{\text{補修}}$: 補修費発生年ダミー

(補修年は1, その他の年は0)

建設費負担期間は基準年 t_0 ~ 除却年

更新費負担期間は更新年 $t_{\text{更新}}$ ~ 最終年 t_0+n とする

各インフラコストは基本的にそのインフラが存在する地区に帰着するものと考え、病院のようなアクセシビリティに関わる拠点施設については、コストをアクセシビリティで各地区に配分する。

(3) 将来人口予測モデル

本研究では、国立社会保障・人口問題研究所が提供している小地域簡易将来人口推計システムを利用して将来人口予測を行う。このシステムはコーホート要因法を用いており、コーホート変化率を一定として将来の男女・年齢5歳階級別人口分布を予測する。

3. 撤退・再集結による削減コストの推計手法

(1) 撤退・再集結地区選定の基本的な枠組み

撤退・再集結地区の選定は現状の都市形態や都市規模を前提として対象都市内部で行う。対象とする都市全域を4次メッシュ区画(約500m×500m)に分割し、メッシュ単位で評価を行うこととする。また今回は撤退・再集結の対象を住宅に限定し、商業施設や工場などは扱わない。撤退・再集結の実施による都市空間利用の再構成は大島ら³⁾の方法に従う。

(2) 撤退スケールを考慮した削減コスト関数の推定方法

撤退・再集結策を実施した場合、撤退地区においてインフラが除却可能となり、将来の市街地維持コストを削減できる。ただし、撤退候補地区の一部世帯が撤退したとしても、残存する他の世帯にとって必要なインフラは残しておく必要がある。そのため、削減コストは撤退スケールに比例せず、通常は撤退スケールを下回ると推測される。そこで、道路などのネットワーク系のインフラを対象として、撤退スケールを考慮した削減コスト関数をシミュレーションにより定式化する。

まず、サンプルとして取り出したメッシュにおいて、ランダムな撤退によるインフラ除去のシミュレーションを行う。そして、シミュレーションから得られた値を用いて削減コスト関数を推定する。なお、撤退・再集結策を実施する際に、撤退地区の住民だけではなく周辺部を中心とした不特定多数の人々が便益を受けている主要幹線に関しては、利用を完全に中止することは困難である。そこで、主要幹線は「一定規模の都市として機能するために最低限必要であるもの」と考え、除去の対象とはしない。

削減コストは、①撤退地区に決まった時点で家屋の撤退が無くても除去可能なインフラの削減コスト、②家屋が撤退していくことで除去可能となるインフラの削減コスト、の2種類が想定される。①は、撤退候補地区に選定された時点で、残存する世帯にインフラを通じて最低限のサービスを提供でき、かつ全体的にインフラネットワークが確保されていれば、不必要なインフラは除去できるとの考えに基づく。

各メッシュにおける削減コストは、撤退家屋数とメッシュの初期状態により決定されると考える。さらに、削減コストは撤退家屋数に対して逓増的であると考えられるので、(4)式のように特定化される。

$$\ln\left(\frac{\Delta C_i}{C_0}\right) = \beta'_0 + \beta'_1 \left(\frac{N}{N_0}\right) + \beta'_2 \left(\frac{C_0}{N_0}\right) \quad (4)$$

ΔC_i : 削減コスト N : 撤退家屋数

C_0 : メッシュ内の総インフラコスト

N_0 : メッシュ内の総家屋数

(3) 削減コストの推計方法

大島ら³⁾の方法によって設定条件ごとに撤退・再集結候補地区の選定を行い、撤退・再集結策実施の市街地維持コストに対する効果を推計する。撤退候補地区では、家屋が撤退していくことでインフラが除去可能となり、 $\Delta C_{\text{撤退候補地区}}$ は、削減コスト関数によって決定される。再集結候補地区には、ある程度のインフラ整備水準は必

要だと考え、現在の市全体での1人当たり市街地維持コストを基準として必要なインフラ整備量を設定する。そして、新たに人口を受け入れたときに設定したインフラ整備水準を満たせない場合には、新たなインフラ投資が必要ということになる。これが ΔC 再集結候補地区にあたる。以上から、撤退・再集結により削減可能なコストは(5)式のように定式化される。

$$RC = \sum_{\text{撤退候補地区}} \left\{ f\left(\frac{N}{N_0}, \frac{C_0}{N_0}\right) \cdot C_i \right\} - \sum_{\text{再集結候補地区}} \left\{ PCC \cdot (N_i + n) - C_i \right\} \quad (5)$$

RC: 削減可能なコスト, $f(N/N_0, C_0/N_0)$: 削減コスト関数

PCC: 市平均一人当たり市街地維持コスト

n: 再集結地区での増加人数

C_i : 地区iの市街地維持コスト, N_i : 地区iの総人口

実際にはこれらのコスト以外に、撤退地区のインフラ除去に必要なコストや、撤退地区を緑地等に戻し維持していくためのコストなどが必要であると考えられるが、今回は考慮しないこととする。

4. 実都市における市街地維持コストの推計と撤退・再集結策への適用

本研究では、長野県飯田市を対象都市として分析を行う。ただし、ここで扱う飯田市は2005年10月に2村を合併する以前の飯田市の範囲とする。

推計には、出生率・転入転出率は現在のままと仮定し、国立社会保障・人口問題研究所小地域簡易将来人口推計システムを利用している。この結果、2100年には2000年に比べて人口が半減し老年人口割合も30%を超えると予測される。このことから今後、税収の減少と民生費の増大が自治体財政に多大な影響を与え、1人当たりの市街地維持コストが増加することが予想される。

(1) 市街地維持コストの推計

本研究で推計する市街地維持コストは、特にスプロールの影響が大きいネットワーク系インフラ(道路, 上水道, 下水道)および図書館, 公園, 消防施設を対象とする。このうち、下水道, 公園, 図書館はライフサイクルを考慮した推計とする。ただし、消防施設は、積み上げ方式ではなく建築面積に応じて配分している。また、将来の新規インフラ整備は、各メッシュにおける2000年時点の整備水準を下回らないように整備していき、インフラ整備地域の新たな面的拡大はないものと仮定する。そして、一度整備されたインフラは、整備後にメッシュ内の人口が減少したとしても除去されないものとする。

原単位を構成する単価は2000年価格を用いて設定し、耐用年数は、日本の社会資本(内閣府)および減価償却資産の耐用年数等に関する省令(財務省)を参考に設定している。したがって、対象都市の特性は考慮できていないが、逆に他の都市にも一般的に応用できる方法であると言える。

市街地維持コストには、対象地区だけでなく複数の地区を維持するために投入されているものも含まれる。このような場合、インフラの存在する地区のみにすべてのコストが帰着すると仮定するのは適切ではない。そこで、各対象インフラの性質別に投入されるコストの帰着地区(メッシュ)を表2のように設定する。ここで用いるアクセシビリティ(AC)は、加知ら¹⁾の定義するQOLの要素の1つである重力モデル型のアクセシビリティ指標を利用する。

表2 コストの帰着範囲

対象インフラ	コスト帰着地区
図書館	アクセシビリティで各居住メッシュに配分
上水道・下水道・道路	存在するメッシュ
公園	街区公園は半径250m、近隣公園は半径500m、地区公園は半径1kmの地域で等分(誘致距離を参考) それ以外の公園はACで配分
消防施設	建築面積で配分

(2) 削減コスト関数の推定結果

ネットワーク系インフラの削減コスト関数を推定するため、4次メッシュ単位での撤退を想定して飯田市の道路, 下水道のネットワークデータを対象にシミュレーションを行う。全居住メッシュからサンプルメッシュを抽出し、各メッシュに対して10回ずつシミュレートした。

各回のシミュレーション結果を(4)式に代入し、重回帰分析を用いてパラメータ推定を行った。推定結果は表3の通りである。

表3 パラメータ推定結果

説明変数	道路		下水道	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
定数項	-6.46E+00	-60.98	-1.65E+00	-11.80
撤退家屋数/総家屋数	2.03E+00	201.77	2.85E+00	177.82
ln(総インフラコスト/総家屋数)	2.87E-01	38.70	-1.33E-01	-12.21
サンプルメッシュ数	100		30	
観測数	25.977		10.277	
補正 R2	0.61		0.76	

道路と下水道の結果を比較すると、下水道のほうが撤退家屋数/総家屋数のパラメータが大きくなっている。これは、下水道が道路と比べて家屋の分布状況とより密接な状態でネットワークが構築されているためであると考えられる。それによって、撤退家屋が増えることでよ

り多くのインフラが除去できることになると推測される。さらに、撤退家屋数が少なければほとんどインフラを除去できないため、残存する住民に対して過剰にインフラが供給され、以前より1人当たり市街地維持コストが高くなってしまふ恐れがある。

5. 削減コスト推計結果

コスト削減関数を用いて、撤退・再集結によって削減可能なコストを推計する。上水道には、下水道の削減コスト関数を適用する。なお、図書館、公園は削減コストの対象には含めない。

ここで、削減コストを推計するにあたって3つのシナリオを想定する。

- ① 撤退候補地区の全ての世帯が撤退し、再集結候補地区には10ユニットずつ再集結する
- ② 撤退候補地区の全ての世帯が撤退し、再集結候補地区には50ユニットずつ再集結する
- ③ 撤退候補地区からは全世帯の50%の世帯のみが撤退し、再集結候補地区には10ユニットずつ再集結する

SVの小さいメッシュから順に撤退候補地区としていった場合の、撤退人口に対する30年間で削減可能となる市街地維持コストをシナリオ別に推計した結果が図2である。

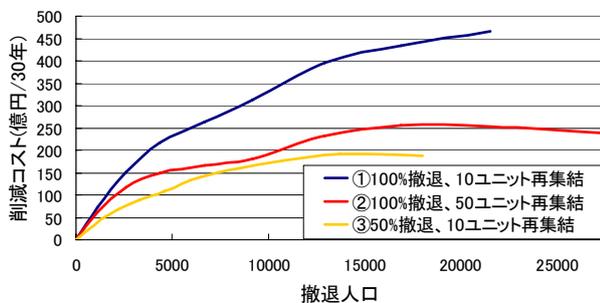


図2 撤退・再集結によるコスト削減効果 (撤退人口に対して)

まず、シナリオ①と②を比較すると、シナリオ②のコスト削減効果が小さくなっている。これは、再集結地区で50ユニット増加させる場合は再構築費用が大きくなるためである。よって、再集結地区において著しく人口を増加させることは多大な再構築費用を要し、コスト削減に対してはあまり効果的でないと言える。

次に、シナリオ①と③を比較する。同じ撤退人口で比較しているにもかかわらず、シナリオ③はシナリオ①に比べて削減コストがほぼ半減している。

撤退・再集結策によって削減可能な市街地維持コストを推計し、市街地コンパクト化のコスト削減効果を確認した。また、撤退候補地区の全世帯が撤退しなければそ

の効果が低減してしまうことがわかった。撤退・再集結策によって大きな効果を得るためには、ある程度の規模まで撤退家屋数を増やす必要がある。撤退地区内の住民が速やかに撤退に応じるような税・補助金による誘導が不可欠であるといえる。

6. おわりに

本研究の成果として、次のことが挙げられる。

- ・ ミクロレベルでの分析が可能な市街地維持コスト推計モデルを構築した。
- ・ 都市域をコンパクト化することによって削減可能な市街地維持コストを推計した。
- ・ 都市全域で市街地維持コストが増加するとともに、1人当たりコストのメッシュ間格差が拡大していくことがわかった。
- ・ 撤退・再集結によって削減可能なコストが撤退家屋数に対して逓増的であることを確認した。
- ・ 撤退施策を実施する場合、当該地区から全ての世帯が撤退しなければコスト削減効果が大きく低減することがわかった。
- ・ コスト面のみを考えれば、既存のインフラを活用し追加コストが抑制できるように再集結地区を分散させることが望ましい。

謝辞

本研究は、平成16～18年度科学研究費補助金・基盤研究(A)「人口減少・少子高齢化時代における地方都市の双対型都市戦略に関する研究～郊外からの計画的撤退と中心市街地の再構築～」および財団法人土地総合研究所の「土地関係研究者育成支援事業の助成」を受けて実施している。ここに感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 加知ら：余命換算型の生活環境質指標を用いた居住地評価モデルの構築，土木計画学研究講演集，No.31，CD-ROM，2005
- 2) 経済企画庁計画局社会資本研究会：社会資本整備の新たな展開-21世紀のシナリオ，1987
- 3) 大島ら：余命指標を用いた生活環境質の評価と市街地拡大抑制策への適用，平成16年度土木学会中部支部講演概要集，2005