

都市域におけるインフラの維持管理・更新費用の将来予測手法*

Future Forecast Method of Maintenance and Renewal of Infrastructure in Urban Area*

小瀬木祐二**・戸川卓哉***・鈴木祐大****・加藤博和*****・林良嗣*****

By Yuji OZEKI**・Takuya TOGAWA***・Yuta SUZUKI****・Hirokazu KATO*****・Yoshitsugu HAYASHI*****

1. はじめに

日本では2005年に総人口がピークに達し、人口減少社会に突入した。更に、少子高齢化も今後いっそう進展することが予想されており、その結果として、生産年齢人口の減少による税収減、高齢者の増加による社会保障費の増加といった問題の深刻化が懸念される。

一方、今日の都市に目を向けると、都市域の拡大に応じて集中的に建設された多くのインフラが更新時期を迎えつつあり、それらの更新費用、及び平常時の維持・管理費用が自治体の財政を逼迫しつつあるという現状がある。また、市街地のスプロールから生じる非効率なインフラ整備が更なる財政負担を招いている。

このように、都市の状況と人口減少、少子高齢化問題を鑑みれば、都市インフラを従来と同様に維持・管理をしていくことは財政的に困難であり、何らかの施策を打たなければ将来に大きな負担を課すことになる。

このような問題に対し、都市のローコスト化の観点からコンパクトシティの議論が活発となっている。例えば、黒川ら¹⁾による計画的市街地整備と非計画的市街地整備とでのインフラ整備費用の比較、土屋ら²⁾のメッシュ単位での将来人口推計に基づいた都市コンパクト化による道路維持管理費用削減可能性の検討、根市ら³⁾の都市コンパクト化による下水道・ガス管・道路の維持管理費用の削減可能性と、震災リスクの増加の危険性についての検討がある。また、富山市⁴⁾が市中心部と郊外とでインフラ費用、ゴミ収集、訪問介護等に係る移動費用に差が発生することに着目し、郊外居住に伴う行政コストの増加を試算した例も有名である。しかし、インフラの整備時期を詳細地区レベルで把握した上で更新時期を考慮し、時系列でインフラの費用を示した研究は見あたらない。

そこで本稿は、都市のコンパクト化施策を提案する

ための基礎的材料として、GIS (Geographic Information System)を用いて詳細地区レベルでインフラ維持費用を時系列で推計する方法を開発することを目的とする。

2. インフラ維持費用推計方法

(1) コーホートモデルによるインフラ存在量推定
インフラ維持費用を推計するための最も基本的なデータはインフラ存在量である。その経年変化をコーホートモデルにより推計する。インフラ存在量コーホートにより、 t 年度における経過年数 a のインフラ存在量が $X_{a,t}$ で表される。 $t+1$ 年度における経過年数 $a+1$ のインフラストック量は以下の式(1)で推計される。この考え方を表-1で表す。

$$X_{a+1,t+1} = P_a * X_{a,t} \quad (1)$$

P は経過年数 a のインフラコーホートにおけるインフラの次の期への残存率を表す。

表-1 インフラコーホート

年度	整備後経過年数					維持費用
	1	2	3	...	n	
2005	$X_{1,2005}$	$X_{2,2005}$	$X_{3,2005}$	...	$X_{n,2005}$	C_{2005}
2006	$X_{1,2006}$	$X_{2,2006}$	$X_{3,2006}$	...	$X_{n,2006}$	C_{2006}
2007	$X_{1,2007}$	$X_{2,2007}$	$X_{3,2007}$	...	$X_{n,2007}$	C_{2007}
2008	$X_{1,2008}$	$X_{2,2008}$	$X_{3,2008}$	...	$X_{n,2008}$	C_{2008}
...					...	...
2050	$X_{1,2050}$	$X_{2,2050}$	$X_{3,2050}$	...	$X_{n,2050}$	C_{2050}

(2) インフラの維持・管理・更新費用

インフラにかかる費用としては、その建設段階にかかる費用、毎年発生する点検、清掃、補修などの費用、耐用年数経過後にインフラ機能を回復するための更新費用が考えられる。その概念図を図-1に示す。

本稿で対象とするインフラは、スプロールの影響を受けやすいネットワーク系インフラ（市町村道、上水道、下水道）とする。分析の期間は2010～2050年とし、各インフラの維持・管理・更新による費用を算定する。 t 年度の500mメッシュ i におけるインフラ維持費用 $C(t,i)$ の計算式を式(2)、用いた費用原単位を表-2に示す。

*キーワード：維持管理計画、土地利用

**学生員、学(工)、名古屋大学大学院 環境学研究所

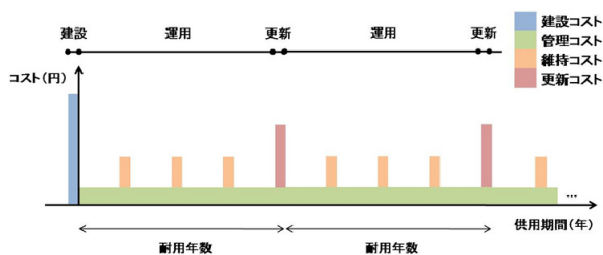
(名古屋市千種区不老町C1-2(651), TEL 052-789-3828)

***正会員、修(情報科学)、名古屋大学大学院環境学研究所

****学生員、学(工)、名古屋大学大学院環境学研究所

***** 正員、博(工)、名古屋大学大学院准教授

***** フェロー、工博、名古屋大学大学院教授



図ー1 インフラに費用投資するタイムスケジュール

$$C(t,i) = \sum_a \sum_k c_{\text{infra}}(a,k) * X(t,i,a,k) \quad (2)$$

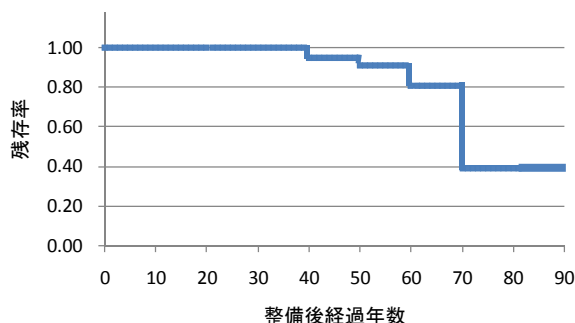
$c_{\text{infra}}(a,k)$: インフラ a の維持管理 k による費用原単位

$X(t,i,a,k)$: インフラ存在量

本稿では、市町村道についての整備時期を詳細に把握することができなかつたため、各費用原単位を1年あたりの数値に変換し、必要な維持・管理・更新費用は毎年一定であるとして推計した。上水道、下水道については地区毎の詳細な整備年度が把握できたため、更新費用が発生するタイミングを反映した。上水道については建設されてから40年経過した時に管渠入替工事を行うとし、下水道については既報⁵⁾に記載されている下水道管渠の更新履歴の調査結果を用い、整備後経過年数に応じた更新割合を考慮した推計を行う（図ー2）。

表ー2 対象としたインフラの費用原単位^{5),6)}

インフラ名	費用名	原単位
上水道	管渠入替費	32,147 円/m
下水道	建設費(更新費)	75,000 円/m
	維持管理費(毎年)	80 円/m
市町村道	路面清掃費(毎年)	145 円/㎡
	切削オーバーレイ工事(10年)	1,526 円/㎡
	道路打換え工事(20年)	3,406 円/㎡



図ー2 整備後経過年数に対する下水道管渠の残存率

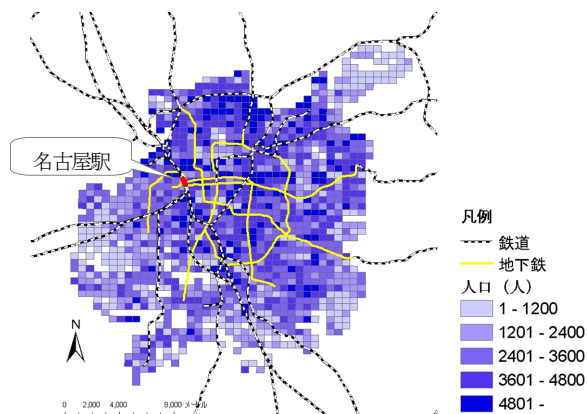
各インフラの費用帰着範囲は、それが存在するメッシュ内と仮定する。メッシュ毎の将来人口は、国立社会保

障・人口問題研究所が提供する小地域将来人口推計システムから得られる区単位の推計値を利用し、各メッシュの住宅延床面積の値で按分したものを用いる。なお、2005年時点で人口が0の地区は推計対象外としている。

3. 実都市への適用

(1) 対象都市の概要

分析対象地域として愛知県名古屋市を取り上げる。2005年4月時点での人口は2,223,787人、世帯数は974,854、面積326.45km²である。図ー3に示すように、人口がほぼ全域に広がっており、現在も周辺の一部地域で開発が進められている。



図ー3 対象地域における居住人口の空間分布(2005年)

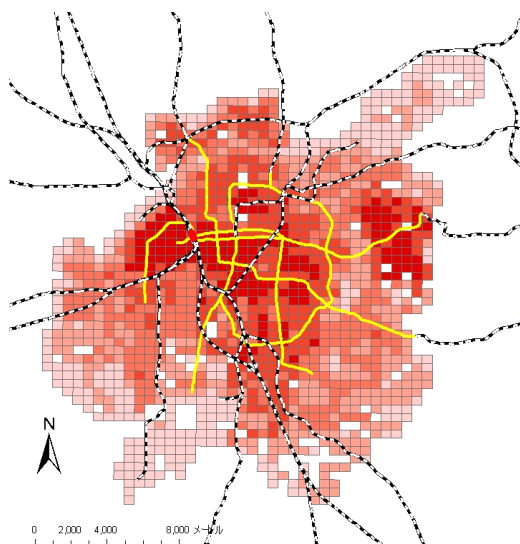
(2) 市街地維持費用の算出結果

市街地維持費用の2010年、2030年、2050年時点における空間分布を図ー4、また、2010～2050年の累積値の空間分布を図ー5に示す。図ー4より、2010年では都心部や、東部が高いが、2030年になると市全体で費用が高くなり、2050年は2010年と類似した分布になっている。図ー5より、累積値は郊外部で低い傾向を示している。

(3) 居住人口あたり市街地維持費用の算出結果

居住(夜間)人口あたり市街地維持費用の2010～2050年の累積値の空間分布を図ー6に示す。図ー5で低い数値を示していた西部や、北東部の郊外において高くなっている。西部はスプロール市街地が広がっており、居住人口が少ない。また、北東部は近年、土地区画整理事業が施行された地区であり、インフラは整っているが現時点では本格的な居住が進んでいない。今後、人口増加が進めば、北東部の効率は高くなるものと考えられる。

一方、北部から東部にかけては低くなっている。これらの地区は特に集合住宅が計画的に立地し、実際に居住する人口も多いことが理由と考えられる。



(a) 2010 年の空間分布

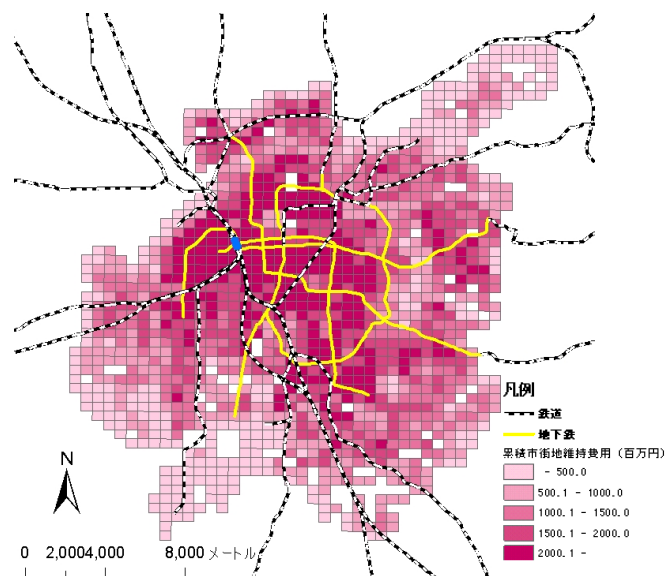
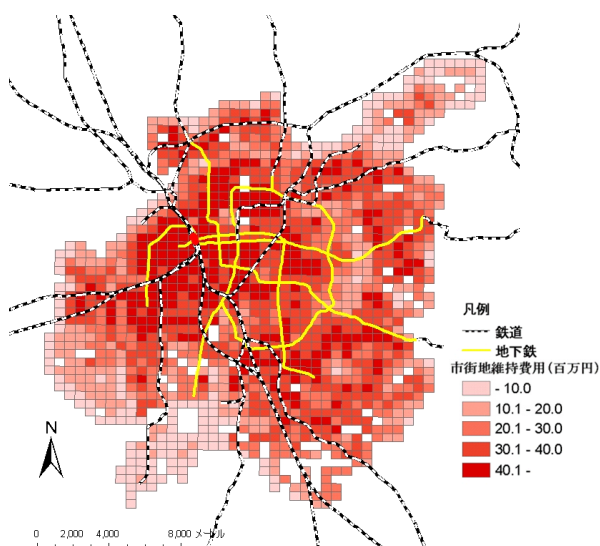


図-5 市街地維持費用の空間分布（累積値）



(b) 2030 年の空間分布

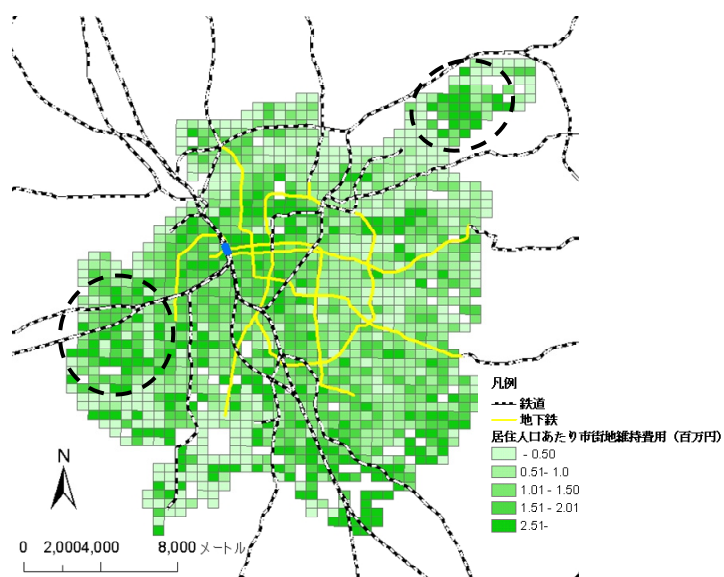
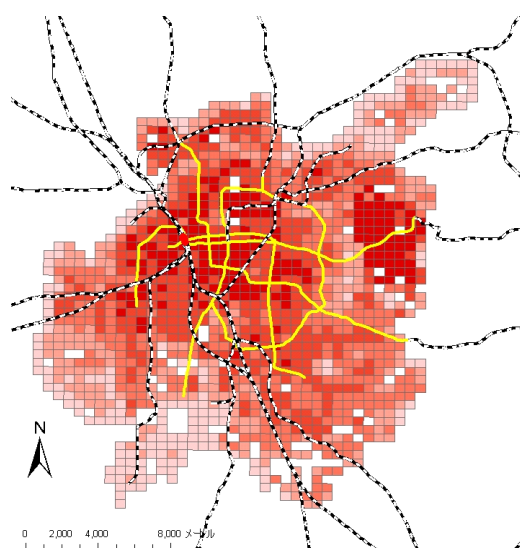


図-6 居住人口あたり市街地維持費用（累積値）



(c) 2050 年の空間分布

図-4 市街地維持費用の空間分布

（４）対象地域全体での市街地維持費用の推移
名古屋市全体で必要となる居住人口あたり市街地維持費用の時系列推移を内訳と共に示したものを図-7に示す。市町村道は年々増加を続ける。下水道は一定の水準を維持する。上水道は2020年頃までに約2倍になり、その後は横ばいで推移する。合計値は、ある一時点に急な費用増加が発生することはないものの、2050年まで総じて増加傾向にあり、1人にかかる負担が今後増大していくことが予測される。

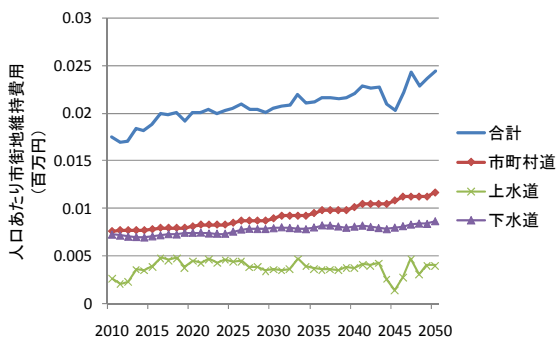


図-7 人口あたり市街地維持費用の推移と内訳
(市内全域)

また、既往研究⁷⁾によって名古屋市内に存在する区はその特性から都心域（中）、既成市街域（港、昭和、瑞穂、西、千種、中川、中村、東、南、熱田、北）、新市街域（守山、緑、名東、天白）の3区分に分類されている（図-8）。

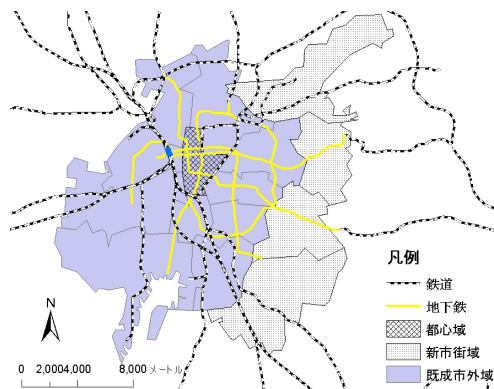


図-8 区の類型化

図-9に類型毎での1km²あたり市街地維持費用の推移を示す。既成市街域が面積あたりの維持費用が最も高く、続いて新市街域、都心域の順になっている。これより、対象としたインフラは都心域よりも既成市外域に集中して整備されていることがわかる。都心域が低い理由は、幹線道路を計算対象にしていないこと等が考えられる。また、既成市街域は2015年頃をピークにその後減少を続け、他の2つはほぼ横ばいとなっている。

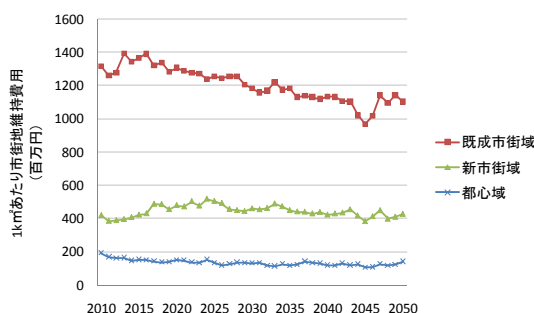


図-9 面積あたり市街地維持費用の推移（類型別）

4. おわりに

本稿では、人口減少時代において大きな課題となる都市域のインフラ維持費用に焦点を当て、コーホートモデルを用いて名古屋市のインフラ維持費用の空間分布を示すと共に、市全体で必要となる費用の時系列変化を推計した。

分析の結果、市街地維持費用はその整備履歴の違いから、地区によって費用のかかる時期に違いがあることや、居住人口に対するインフラ整備効率の違いが明確に出ることを示した。また、名古屋市においては一斉にインフラの更新時期を迎える、いわゆるインフラクライシスの懸念は少ないが、人口1人あたり費用は今後増加していくことが定量的に示された。

本分析はインフラの維持費用原単位を一定として計算したため、今後の技術革新によっては費用が下がる可能性があることに留意する必要がある。今後は対象地域を拡大し、スプロール化が進んだ市外の地域を含めた推計を行うことで、維持費用の少ない都市圏構造を検討していく予定である。

謝辞

本稿は、環境省の地球環境総合研究推進費（H-072）の支援によるものである。ここに記して謝意を表する。

— 参考文献 —

- 1) 黒川洸・谷口守・橋本大和・石田東生：スプロール市街地の整備コストに関する一考察－先行的都市基盤整備のコスト節減効果に関する検討－、都市計画論文集、No.30、pp.121-126、1995.
- 2) 土屋貴佳・室町泰徳：都市のコンパクト化による道路維持管理費削減に関する研究、日本都市計画学会都市計画論文集、No.41-3、pp.845-850、2006.
- 3) 根市政明・土屋貴佳・室町泰徳：都市のコンパクト化による都市施設マネジメント費用の変化に関する研究、土木計画学研究・論文集 vol.24、no.1、pp.217-222、2007.
- 4) 富山市：コンパクトなまちづくり調査研究報告 概要版、2004.
- 5) 環境省：生活排水処理施設整備計画策定マニュアル、2002.
- 6) 財団法人建設物価調査会：積算標準単価、2006.
- 7) 名古屋都市センター：成熟社会における持続可能な居住地形成に関する調査研究（中間報告）、2007.