

# 都市のコンパクト化による都市施設の維持管理費用と震災リスクの変化\*

## Urban Compactness, Urban Infrastructure Maintenance Cost and Earthquake Risk\*

根市 政明\*\*・土屋 貴佳\*\*\*・奥住 邦昭\*\*\*\*・室町 泰徳\*\*\*\*\*

Masaaki NEICHI\*\*, Takayoshi THUCHIYA\*\*\*, Kuniaki OKUZUMI\*\*\*\* and Yasunori MUROMCHI\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

少子高齢化が進み、人口の増加から減少へと転じる中で、都市施設の維持管理費用を削減することが今後必要となる。また、高度経済成長期以降において、急激な人口増加や自動車交通の増大により、スプロール化が進展しており、中心市街地の衰退や都心の空洞化等の原因となっている。これらの問題に対し、ローコストな都市運営を目的とした、都市の「コンパクト化」が注目されている。

都市のローコスト化についての研究は内外で行われている。Robertら<sup>1)</sup>は、米国を対象に開発規制を行う場合（コンパクト化）と行わない場合に関して、2000年から2025年までの人口などの将来予測を行い、上下水道・道路・公共事業等にかかる費用を比較検討している。予測では、米国の郡全体の24%が2000～2025年までに著しいスプロールを経験するとされ、開発規制シナリオでは、成長している郡や地区に近接した地域に対し、開発規制を行っている。開発規制の有無は、指定地域で異なる開発を生むことになる。表-1は、2000～2025年までの開発規制の有無による地方道路にかかる費用の相違を示している。開発規制により、約30万km(9.2%)の道路延長と約12兆6000億円(11.8%)の費用削減が達成される。米国では、都市の外延部において未だ開発が進められており、地方道路の整備が避けられない状況にある。そして、スプロール、あるいは開発規制の有無に関わらず、多大な道路整備費用が費やされることになるが、開発規制によりある程度の費用削減効果が見込まれている。

また、Cameronら<sup>2)</sup>は仮想的な都市において、上下水道のサービスコストの観点から、最適な居住地分布を示しており、サービスコストがどのように住宅開発パターンに影響しているかを分析している。また、道路・上下水道・公園・教育等の都市施設整備費用への空間形態の影響を分析した研究<sup>3)</sup>もある。しかし、これら米国における都市のコンパクト化に関する研究結果は、国情の差異もあり、我が国の都市のコンパクト化に対して直接的な判断材料となるものではない。

我が国においてスプロールによる費用を試算した研究として、黒川ら<sup>4)</sup>が道路・下水道・公園の都市施設と対象として、整備費用をスプロール形成前後で比較したものがあ。一方、都市のコンパクト化は都市施設の維持管理費用の削減効果が見込まれる反面、地震大国である我が国においては震災リスクを全般的に高めてしまう可能性も否めない。特に、大規模震災の発生確率が非常に高いと予測される近年においては、震災リスクの高い都市のコンパクト化は、防災面で問題となろう。都市のコンパクト化による震災リスクの変化を将来人口分布を基に検討する意義は小さくないと考えられる。

以上を踏まえ、本研究では、都市のコンパクト化を人口密度の高度化として捉え、まず、都市のコンパクト化の有無別に三次メッシュ単位で日本全国の将来人口分布予測を行う。次に、都市施設として（非幹線）道路を取り上げ、その維持管理費用を都市のコンパクト化の有無別に検討する。また、都市のコンパクト化のデメリットとして震災リスクを都市のコンパクト化の有無別に検討する。最後に、都市のコンパクト化による道路維持管理費用と震災リスクの変化をまとめ、今後の課題を検討する。

表-1 米国における開発規制有無別による地方道路総費用の比較

地域	総延長			総費用		
	非規制 (km)	規制 (km)	削減 (km)	非規制 (億円)	規制 (億円)	削減 (億円)
北東部	463,487	452,533	10,954	156,136	149,006	7,130
中西部	457,220	428,982	28,238	150,374	140,473	9,902
南部	1,425,484	1,298,391	127,093	433,539	388,781	44,758
西部	942,892	806,197	136,694	326,014	261,648	64,366
全米	3,289,084	2,986,101	302,983	1,066,062	939,907	126,155

\*キーワード：コンパクトシティ、都市施設、震災

\*\*学生員、工学、東京工業大学大学院 総合理工学研究科  
(神奈川県横浜市緑区長津田町4259,  
TEL045-924-5606, FAX045-924-5574)

\*\*\*正員、工修、(株)企画開発

\*\*\*\*正員、工学、横浜市市役所

\*\*\*\*\*正員、工博、東京工業大学大学院 総合理工学研究科  
(神奈川県横浜市緑区長津田町4259,  
TEL045-924-5606, FAX045-924-5574)

## 2. 将来人口分布予測モデルと予測結果

### (1) 予測モデルの概要

1980年から2000年までの5年毎の国勢調査地域メッシュデータにおける三次メッシュデータ(1辺約1km)を将来人口分布予測モデルの構築に用いる。対象地域は1980年から2000年までに国勢調査メッシュデータにレコードの記載のある全182,061メッシュとする。また、予測モデルでは、国勢調査地域メッシュ統計のみを入力データとし、コーホート要因法をより簡略化した、コーホート変化率法を用いる。全国三次メッシュ単位の将来人口予測を2005年から2030年まで、5年ごとに行う。

予測モデルでは、コーホート変化率の安定化のため、当該区間の変化だけでなく、過去3区間(2000年を予測する場合には、1980 1985年、1985 1990年、1990 1995年)の変化率の平均を取った。さらに、当該メッシュを中心とする1辺7メッシュを集計地域とした変化率を与えた。また、秘匿措置等を考慮し、三次メッシュを三つに分類し、それぞれ異なる手法で予測を行った。分類は1985年から2000年の間に秘匿措置が行われている地域で、メッシュ人口総数の変化分を用いて予測を行う。分類は基準年において人口規模500人未満の地域で、コーホート毎の変化分を用いて予測する。分類は基準年において人口規模500人以上の地域で、コーホート変化率法を用いて予測を行うものとする。

### (2) 予測結果の概要

構築した将来人口分布予測モデルを用いて、2005年から2030年までの男女別年齢階層別の全国三次メッシュに基づく将来人口分布予測を行う。各年の予測は、過去3区間分の入力データを用いて行う。従って、2010年以降の予測には、予測値も入力データとして用いる。2000年までの実績値、及び2005年以降の将来人口予測結果を表-1示す。表-2によれば、全国総人口は2000年を頂点として、以後減少傾向となっている。都市圏非都市圏別に人口推移を見ると都市圏においては、個別の差異はあるものの、2000年から2015年の間にピークを迎え、非都市圏においては1980年を頂点として、以後減少傾向となると予測された。

表-2 予測結果の概要

	全国 (千人)	都市圏合計 (千人)	非都市圏 (千人)
1980年	117,060	71,498	45,561
1990年	123,609	77,605	46,004
2000年	126,923	81,140	45,783
2005年推計値	126,823	81,827	44,995
2010年推計値	125,820	81,847	43,972
2020年推計値	121,062	80,078	40,984
2030年推計値	113,077	75,791	37,285

### (3) 都市のコンパクト化の施策

本研究では、施策として社会移動による人口の拡散を抑制することで、都市のコンパクト化を想定することとする。人口流入を抑制するメッシュ(地域A)および、人口流入を促進するメッシュ(地域B)を選定する。予測結果と社人研による「都道府県の将来推計人口(平成14年三月推計)」を元に、2005年から2030年までの生残率、出生率の仮定値により、メッシュ単位での社会移動率の算出を行う。そして、2005年から2030年まで5年毎に、社会移動による地域Aへの流入人口を算出し、その流入人口を当該メッシュから、最も近距離の地域Bへ加算する。この操作を加えた上で、各ケースに対して、都市のコンパクト化を考慮した将来人口分布予測を行う。

### (4) 都市のコンパクト化の施策ケース

表-3に都市のコンパクト化の施策ケースを示す。CASE0は都市のコンパクト化を行わないケースであり、CASE2は現在、市街地の要件を満たす地域へのコンパクト化を図るケースである。CASE2は人口流入を促進する地域Bとして「逆線引き区域」の内側を設定し、地域Aからの流入人口を移動させる。ここで、「逆線引き区域」とは2000年時点で1メッシュ内に4000人以上の人口が存在する地域とした。また、CASE2は市街化・市街化調整区域内において、農用地50%未満で、「逆線引き区域」以外の地域を人口流入抑制地域とした。CASE3はスプロール化が進展する以前の地域へのコンパクト化を図るケースで、1970年に人口が存在する区域を人口流入促進地域として設定した。CASE4は市街化調整区域への人口流入を抑制するケースで、市街化調整区域への流入人口を市街化区域へ流入する。以上の都市のコンパクト化施策ケースを設定し、施策を考慮した将来人口分布の予測を行う。

表-3 都市のコンパクト化の施策ケース

CASE	対象地域A	対象地域B
CASE0	コンパクト化を行わない2030年推計値	
CASE2	市街化区域または市街化調整区域内 および 農用地50%未満 および 逆線引き区間外	市街化区域または市街化調整区域内 および 農用地50%未満 および 逆線引き区間内
	総人口 2000年 3109(万人)	総人口 2000年 6457(万人)
CASE3	1970年に人口が存在しない および 農用地50%未満	1970年に人口が存在する および 農用地50%未満
	272	12,451
CASE4	市街化調整区域 および 農用地50%未満	市街化区域
	750	8,815

### (5) 都市のコンパクト化施策の結果

表-4に各ケースの2030年における人口規模別のメッシュ数の予測値を示す。対象地域Aの人口流入を抑制

表 - 4 人口規模別のメッシュ数の予測値

CASE\人口規模	0~1	1~ 50	50~ 100	100~ 500	500~ 1000	1000~ 4000	4000~ 10000	10000~
CASE0	14,843	53,069	23,298	53,995	13,716	15,920	5,799	1,421
CASE2	50,754	45,790	12,023	36,546	13,532	15,924	5,924	1,568
CASE3	42,211	55,346	14,424	33,858	12,518	16,134	6,006	1,564
CASE4	52,699	48,567	12,623	32,097	12,384	16,115	6,015	1,561

し、都市のコンパクト化を行った結果、施策を行わなかったCASE 0と比較すると、各ケースとも1000人/メッシュ以上の高密度なメッシュ数が増加する結果となり、CASE 3においての増加率が最も大きく2.4%（550メッシュ）程度増加している。また、10000人/メッシュ以上のさらに高密度なメッシュ数は、CASE 0と比較して各ケースとも10%程度増加している。

人口密度の低い地域に関しては、人口が1人以下の極めて少ない地域は、27,000から38,000メッシュ程度、1~50人以下の地域では1,000から29,000メッシュ程度増加する。また、100~500人未満の低密度な地域は、20%から30%程度減少する。人口流入抑制地域への社会移動を抑制することで、高密度なメッシュの増加がみられ、社会移動抑制による都市のコンパクト化の想定が確認できた。

### 3. 道路の維持管理費用の削減効果

#### (1) 道路の維持管理費用の算出方法

本研究では、都市のコンパクト化に伴う（非幹線）道路の維持管理費用の削減効果に関する検討を行う。道路データはデジタル道路地図を用い、「その他道路」（高速道路・一般国道・主要地方道路・都道府県道・指定市の一般市道以外の道路）を対象とする。削減効果の算出方法は、各ケースについて「その他道路」の道路延長を算出し、人口の著しく少ない地域（50人/メッシュ未満）に維持管理費用、及び雪寒費用を投じるのを止めると仮定し、都市のコンパクト化施策の有無別に費用の差をとることとする。費用算出には、「道路投資の評価に関する指針（案）」における雪寒費用、及び維持管理費用の原単位を参考に、年間維持費用を0.5(百万円/Km)、雪寒費用を年間0.4(百万円/Km)とした。また、「その他道路」の道路分布は将来も一定であると仮定した。

#### (2) 道路維持管理費用削減効果

CASE 0は都市のコンパクト化施策を行わず、かつ全ての「その他道路」に雪寒費用、及び維持管理費用を投じるケースであり、CASE 1はコンパクト化施策を行わないが、各ケースの対象地域Aにおける人口の著しく少ない地域に対して費用を投じないとしたケースである。よって、各ケース(2~4)によりCASE 1は異なる値を示す。

表 - 5の推計結果においてCASE 0では年間3400億円程度の費用がかかる。各ケースと比較するとその差は、CASE 3で年間約520億円、また、CASE 2で約690億円と最大となり、想定した都市のコンパクト化施策により、年間維持管理費用の約20%を削減できると考えられる。表 - 6は、各ケースのトレンドパターンであるCASE 1との比較を示す。CASE 2では約620億円の費用が削減でき、CASE 0と比較しても同等の効果が得られる。CASE 3の削減効果が低いのは、1970年時に高密度メッシュが多く存在し、比較的コンパクトに人口が分布していたことによる。CASE 4の削減効果が低いことは、全てのその他道路の市街化・市街化調整区域内に対する占有率が低いことが影響している。以上の分析結果より、都市のコンパクト化施策、すなわち都市をより高密度へ導く施策を行うことで、道路の維持管理費用を削減できる可能性があることが示された。

表 - 5 各ケースの年間費用

	道路延長 (Km)	維持管理費 (百万円)	雪寒費延長 (Km)	雪寒費 (百万円)	年間維持管理費用 (百万円)	CASE0との差 (百万円)
CASE0	524.263	262.132	193.592	77.437	339.569	
CASE2	402.958	201.479	171.819	68.728	270.207	69.362
CASE3	449.363	224.682	157.903	63.161	287.843	51.726
CASE4	512.412	256.206	190.668	76.267	332.473	7.096

有効数字により合計値が一致しない場合がある

表 - 6 CASE 1との比較費用削減効果

CASE1との比較	維持管理費 (百万円)	雪寒費用	年間維持管理費用
CASE2	54,962	7,592	62,554
CASE3	517	99	616
CASE4	1,435	205	1,640

有効数字により合計値が一致しない場合がある

### 4. 震災リスクの変化の検討

#### (1) 震災リスクの算出方法

震災リスクを断層型とその他に分け、前者は、まず断層線に対して指定幅を与え、1メッシュに占める断層帯面積に相当する人口を断層帯人口と定義する。都市のコンパクト化に伴う震災リスクの変化の検討のため、各ケースにおいて断層帯上総人口の算出を行う。人口は、地理情報システム上で三次メッシュデータ（1辺約1 km）を基準として与え、断層線は、地震調査委員会による主要98断層の長期評価を参考として、ラインデータと

して取り扱った。断層線に片側15m・20m<sup>5)6)7)</sup>の幅を与えて断層帯とし、当該メッシュに含まれる面積比を求める。そして、都市のコンパクト施策を考慮した2030年のメッシュ内人口予測値に、断層帯の面積比を乗じて断層帯上の総人口を推定した。さらに、海溝型地震と全ての地震(断層・海溝・その他地震)の長期発生確率にメッシュ内人口推計値を乗じて、期待被災者数を求めて、震災リスクの変化を検討することとした。

## (2) 震災リスクの変化

表-7に2030年における断層帯総人口の推計結果を示す。30年発生確率0%以上の片側20m断層帯総人口はCASE0で69000人程度となり、各ケースと比較するとその差は、CASE2で500人程度増加しているものの、CASE4では800人程度減少する結果となった。CASE2においては片側20m断層帯人口がCASE0と比較して0.74%増加し、震災リスクが若干高まる。また、表-8は地震別の期待被災者数を示し、海溝型地震は約1500万人、全地震においては約1700万人の期待被災者数が見込まれる。いずれの都市のコンパクト化ケースにおいても、最大17万人程度震災リスクが高まる結果となり、都市のコンパクト化施策による震災リスクの低減は難しいことが示されている。

表-7 断層帯総人口の比較(片側15m・20m)

	断層帯 発生確率 (%)	片側15m		片側20m	
		断層帯総人口 (人)	CASE0との差 (人)	断層帯総人口 (人)	CASE0との差 (人)
CASE0	0 <	51,733		69,021	
	0.1 <	41,700		55,716	
CASE2	0 <	52,097	364	69,533	512
	0.1 <	42,069	369	56,152	437
CASE3	0 <	51,484	-249	68,734	-287
	0.1 <	41,689	-11	55,666	-50
CASE4	0 <	51,112	-622	68,219	-802
	0.1 <	41,355	-344	55,201	-515

表-8 地震別の期待被災者数

	地震型 発生確率 (%)	海溝型		全て(断層・海溝・その他含む)	
		期待被災者数 (万人)	CASE0との差 (人)	期待被災者数 (万人)	CASE0との差 (人)
CASE0	0 <	1,519.0		1,757.52	
	0.1 <	1,518.8		1,757.47	
CASE2	0 <	1,531.4	124,013	1,771.71	141,906
	0.1 <	1,531.2	124,009	1,771.67	141,998
CASE3	0 <	1,535.0	160,600	1,774.38	168,568
	0.1 <	1,534.9	160,563	1,774.34	168,648
CASE4	0 <	1,529.0	100,369	1,767.70	101,806
	0.1 <	1,528.9	100,336	1,767.66	101,885

## 5. おわりに

本研究では、都市のコンパクト化を人口密度の高度化として捉え、都市のコンパクト施策の有無別に(非幹線)道路の維持管理費用、震災リスクを検討した。その結果、都市のコンパクト化施策を行わないCASE0と比較した場合、コンパクト施策により最大690億円程度の道路年間維持管理費用が削減されるが、震災リスクは増大

する可能性が高いことが分かった。本研究における今後の課題としては、

- 1) 全国一律に将来人口分布予測を行ったため、地域の特性をモデルに反映することができなかった。地域の特性を考慮した将来人口分布予測モデルを検討することが必要である。
- 2) 都市施設の維持管理費用に関しても、道路だけではなく、上水道・下水道・電信などの都市インフラに対する費用の算出が必要である。

なお、本研究は、東京大学空間情報科学研究センターの研究用空間データ利用を伴う共同研究による成果であり、国勢調査メッシュデータを利用した。関係各位に謹んで謝意を表します。

## 参考文献

- 1) Robert W. Burchell, Catherine C. Galley : Projecting Incidence and Costs of Sprawl in the United States, Transportation Research Record, No. 1831, pp. 150-157, 2003
- 2) Cameron Speir, Kurt Stephenson : Does Sprawl Cost Us All? - Isolating the Effects of Housing Patterns on Public Water and Sewer Costs, Journal of the American Planning Association, vol. 68, No. 1, pp. 56-70, Winter 2002
- 3) Transportation Research Board : The costs of sprawl revisited (TCRP Report 39), 1998
- 4) 黒川洗ほか : 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削減効果に関する検討 - , 第30回日本都市計画学会学術研究論文集, 21, pp. 121-126, 1995
- 5) 馬場美智子ほか : ニュージーランドの防災型土地利用規制に関する考察 地方分権と資源管理型環境政策への転換との関わりを踏まえて , 日本都市計画学会論文集, 39-3, 601-606, 2004
- 6) 照本清峰ほか : 台湾における車籠埔断層沿線区域の建築制限の実態と課題, 日本都市計画学会学術研究論文集, 36, pp. 97-102, 2001
- 7) 損害保険料率算出機構 : 三浦半島断層群の地震発生可能性と活断層上の土地利用 政府による評価結果と横須賀市の取り組みの紹介 RISK, No. 67, 1-7, 2003
- 8) 道路投資の評価に関する指針検討委員会 : 道路投資の評価に関する指針(案), 1998
- 9) 地震調査研究推進本部地震調査委員会 : 「全国を概観した地震動予測地図」報告書, 2005