

国勢調査メッシュデータに基づく地区の将来人口構成予測手法

Estimation Method of the Future Age Structure of Small Area based on the Mesh-based Population Census Data

奥村 誠*
Makoto Okumura

Many cities are facing to rapid aging, decrease of inhabitants and subsequent problems of restructuring community, public service, maintenance of regional facilities. This paper proposes an estimation method of future age structure of small area, which is important information for those issues, based on the mesh-based Population Census Data. The proposed method first uses cohort survival calculation to find net immigrations of age groups. Factor analysis extracts stable tendency of household groups in different lifecycles. Vector auto-regression model enables to forecast the future tendency of household immigration in each mesh. The result of an application in Hiroshima Metropolitan area proves the applicability of the method and several insights, comparison with the conventional simple method based on Cohort Change Rate.

Keywords: demography, factor analysis, vector auto regression, regional mesh data, The Population Census
人口学, 因子分析, ベクトル自己回帰, メッシュデータ, 国勢調査

1. 本研究の背景と目的

(1)都市計画における人口予測

従来から、都市計画のさまざまな検討に量的なイメージを与えるために、将来人口が不可欠な基礎情報と位置づけられ、都市計画策定プロセスの早い段階で、将来人口が設定されてきた¹⁾。しかし、都市全体でみれば安定的な人口増加トレンドが観察されていたことから精緻な予測手法の必要性は弱く、過去のトレンドの単純な延長をベースとして、必要に応じて地域産業の動向や大規模開発などの影響を主観的に加味するという簡易な方法がとられてきた。また小地区別の分布への関心も弱く、上述の全体値を近年の比率で固定的に配分した値が用いられてきた。都市全体で整備すべき施設の量を地域的に配分するという目的のためには、このような概略的な値でも十分であったともいえる。

(2)少子高齢化に伴う新しい課題

しかし、少子高齢化が進み、都市全体の人口も停滞から減少へと転じる中で、高齢化が先行的に進み人口の減少が継続する地区が現れてきた。実際、多くの都市ではモータリゼーションに取り残された都心部において、人口減少と高齢化が進行しており、商業機能などの活力低下の主要な原因となっている²⁾。このような地区においては、需要の減少に対応して都市施設の整理、統合を進め、施設の維持管理費用を削減することが必要となる。また人口構成の変化に合わせ、学校施設を別の用途に転用することが必要となってきた。さらに、阪神淡路大震災や新潟中越地震後の避難生活が物語っているように、各地区において助けを必要とする人々に対応して、それを支えることのできる年齢階層の人々が居住していることが、コミュニティーレベルでの「共助」にとって重要であることが指摘されている³⁾。

地区ごとの災害への対応力を高め、都市施設の整理・統

合計画を立案するためには、地区ごとの将来の人口を、年齢構成とともに予測することが必要となる。そして、地区のコミュニティや、都市施設、都市サービスを維持するために、予測された人口が不十分なものであれば、地区を支える年齢層を誘致、保持することを積極的に検討していくことが重要となる。

(3)本研究の目的

本研究は、地区ごとの将来の年齢階層別人口を予測する方法を提案することを目的とする。すでに整備、公開されている国勢調査地域メッシュデータの中には年齢階層別人口の情報が含まれているため、年齢階層別生残率を用いて自然増減を予測することは可能であるが、小地区の社会増減の予測方法は確立していない。

小地区になれば、コウホート(同時出生集団)ごとの社会増減率は安定的でないことや、データ量が膨大になることから、市町村レベルの予測で使われているコウホート変化率法を適用することが難しいためである。そこで本研究では、コウホートごとの変化量を因子分析により集約し、より少ない要素にまとめて安定的に捉えるとともに、その因子得点の時間的推移を説明するベクトル自己回帰モデルを作成することにより、入手可能なデータを最大限に活用して社会増減の予測を行う方法を提案する。

(4)本論文の構成

以下、2. では既存の人口予測手法を概観し、小地区への適用上の問題点を指摘する。3. では本研究で提案する人口予測手法の説明を行う。4. では広島市とその周辺の626個の4次メッシュ(1辺約500m)に予測手法を適用する。5. では、本研究の成果と今後の課題を述べる。

*正会員・広島大学大学院工学研究科 (Hiroshima Univ.)

2. 既存の人口予測手法と小地区への適用課題

(1) 自然増減の予測方法

現在わが国で盛んに議論されている年金や社会保障の問題に代表されるように、人口の長期的推移との関係が強い政策課題が存在することや、人口統計が早くから整備されてきたことを受けて、人口学の研究は国家レベルを対象として先行的に進められ、人口の年齢構成に基づいて自然増減を予測する手法はほぼ確立している⁴⁾。

いま、ある時点での対象地域の性別年齢階層別の人口が既知であるとする。これらの人口の自然減少は、性別年齢階層別の死亡率を期首人口に乗じることにより推定できる。計算間隔が n 年であれば、生残率は $(1-\text{死亡率})$ を n 乗したものととなり、生き残った人口を n 歳加齢すれば期末の人口構成が得られる。一方、自然増加は期間中の出生人口から計算する。すなわち女性の年齢階層別の出生率を与えて、期首人口に乗じて1年あたりの出生数とする。これを n 倍したものに、乳児の生残率を乗じることにより、期末の $0\sim(n-1)$ 歳人口が得られる。

以上の方法は、同時に出生した集団(コウホート)ごとの生残率に基づくため、コウホート生残率法と呼ばれており、5歳階級の人口統計が整備されていれば、 $n=5$ 年とした計算を行うことができる。

(2) 社会増減の予測方法

国境を越える社会移動が人口増減に比べて相対的に少ないため、国家レベルを対象に進展した人口学の中では社会移動への関心は低かった。また、出生・死亡に比べて社会移動は行政上も把握が困難であり、前住地の情報や移動の理由を含めた統計が整備されてこなかったことも、社会移動の予測手法の開発を困難にしてきた。

特定の地域に着目すれば、転出数と転入数の実績値を調査することは困難であるが、その差である社会増減については、(1)で述べた自然増減数の計算値を実際の人口増減から差し引くことにより近似的に求めることができる。

将来の社会増減は、過去の社会増減のトレンドを外挿することによって行われることが多い。ただし、大学進学時や卒業時に社会移動が多いなど、その時点の年齢構成が社会移動に与える影響が大きいことから、年齢階層別の社会増減数の実績値を当該年齢の人口で基準化して過去のコウホート移動率を算出し、これを将来的に引き伸ばす方法が多く用いられている。東京都市圏という広域のレベルでは傾向は安定している⁵⁾。また、国立社会保障人口問題研究所(社人研)の市区町村別の将来人口推計のWebページでも、直近の5年間の移動率を用いて将来予測を行っている⁶⁾。

(3) 小地区への適用課題

市町村レベルより小さな地区についても、自然増減の予測手法はほぼそのまま適用できる。ただし、年齢階層別の死亡率や出生率は、保健衛生の水準、交通事故率、女性の就業率その他の社会経済的な属性を反映して地区ごとに異なる。しかし、市町村レベルよりも小さい地区の出生率・死亡率の値は調査、公表されていないため、小地区に適用

する際には、国あるいは都道府県レベルの値を援用し、必要に応じて若干修正することが多い。

一方、社会増減については、上述した予測手法をそのまま小地区に適用することには問題が多い。小地区では年齢階層別の社会増減の実績値を入手することはきわめて困難であるため、実績値と自然増減の推定値から求める必要があるが、出生率・死亡率の地域的な相違などの考慮できなかった要因に起因する誤差が影響する。したがって5歳階級別に求めたコウホート移動率の実績値はそれほど信頼のできる数値とは言えない。また、小地区では開発事業などの影響が大きくコウホート移動率自体が安定的でないため、そのトレンドを外挿することには無理がある⁷⁾。できれば開発事業などの影響を考慮した予測手法が望まれる。

今後、高齢化のさらなる進展の中で発生する政策課題に対応するためには、高齢者の中も区分して考える必要がある。0~84歳までを5歳ごとに区分し85歳以上をまとめるとすると、18の年齢階層が必要となる。性別を考えるならば36のデータが必要となり、対象地域の数が多い場合には、取り扱うデータ数が莫大となることも問題である。

3. 本研究で提案する人口予測手法

(1) 提案手法の特色

本研究では、社会移動の多くが複数の年齢階層の人々を含む世帯という単位でなされていることに着目する。すなわち異なる年齢階層のコウホート変化率は独立的に発生しているわけではなく、その背後に存在する世帯の行動の結果であると考えられる。同一タイプの世帯の動きを反映するコウホートの変化を平均化することにより、社会増減実績値の予測過程で発生する誤差および社会増減の局所的な不安定性の影響を軽減できる。そこで、計算された年齢階層別のコウホート変化数を因子分析により集約し、いくつかの世帯構成のパターンを抽出する。

第2に、将来予測において過去の移動パターンを有効に活用するため、上記の分析で得られた因子得点の時間的推移を説明するベクトル自己回帰(VAR)モデルを作成する。このモデルを用いて算出した因子得点の予測値に因子負荷数を乗じることにより、将来の年齢階層別の社会増減数を予測する。

(2) 使用データ

本研究の提案手法は、5歳階級別人口統計のある地域であれば適用可能である。性別は区分せず、年齢階層は0~84歳までを5歳ごとに区分し85歳以上をまとめた、18の階層を考える。

(3) コウホート社会増減数の算出

コウホート生残率法により5年ごとの封鎖人口を計算し、実際の人口との差異からメッシュごとの社会増減数をもとめた。年齢階層別の出生率・死亡率は市町村別の値が公開されていないため、社人研による全国の平均値を用いた。

(4) 因子分析によるライフステージの抽出

小地区における人口移動数はいくつかのライフステージ

の世帯に属する人々の移動数が重なり合って形成されていると考えられる⁸⁾。そこで、多数の観測変数間の相関関係を利用して変数の背後に潜む因子（構成要素）を取り出す手法である因子分析を、メッシュごとのコウホート社会増減数に対して適用する。各因子の因子負荷量から各因子がどのようなライフステージの世帯を表しているのかを推測する。

(5) 因子得点に関する VAR モデルの作成

因子分析の結果より得られる各メッシュの因子得点は、各ライフステージの世帯に対する魅力度と考えることができる。この魅力度は地域の自然環境、交通条件の影響を受けるため、経年に安定している部分がある。一方、一時期に行われた住宅開発が一巡して転入が収まる可能性や、前の時期に持ちこたえ世帯が多く転入した地域で、子供の成長後、進学・就職のための転出が起きやすくなる可能性もある。

そこで、各ライフステージの因子得点を、その因子および他の因子の因子得点により説明するベクトル自己回帰 (VAR) モデルを作成する。この VAR モデルには各メッシュの自然条件、交通条件、住宅ストックや都市施設にかかわる変数を加えることも容易であるが、今回は既存の手法との比較に重点を置くため、過去の因子得点のみを用いてモデルを作成する。

(6) 将来予測の実施

以上の準備の下で、各メッシュの年齢階層別人口を5年ごとに予測する。

まず期首人口にコウホート生残率法を適用して自然増減を予測する。年齢階層別の性比は2000年の全メッシュ平均値を用いて女性人口を求めた上で出生数の予測を行う。85歳以上の人口は、1995年と2000年の間の実績に基づき、期首の85歳人口の25.7%が生き残るとしてさらに80～84歳からの生残数を加算して求める。この25.7%という生残率は、85歳以上人口の内部の年齢構成に依存するため、対象地域の実績値から逆算したが、85歳以上人口の割合は小さいため、将来人口の予測結果に対する影響は大きくない。

ついで VAR モデルに過去の因子得点を代入して、当該期間の因子得点を予測する。これに2000年の因子負荷量を乗じることによって年齢階層別の社会増減を求める。

期首人口に自然増減と社会増減を加算して5歳加齢させ、期末の人口構成とする。負となった年齢階層の人口は0と置く。

以上の手順を必要な回数繰り返して、将来の目標年次までの計算を行う。

4. 広島都市圏への適用結果

(1) 対象地域と使用データ

以下では広島市と広島市に隣接する地域（廿日市市、安芸郡海田町、安芸郡坂町、安芸郡府中町）内の626個の4次メッシュ(通称 500m メッシュ)に提案した手法を適用した結果を示す。1980年から2000年まで5年おきに5時点の国勢調査地域メッシュデータを用い、2005年から2025

表-1 因子の固有値

因子	年次			
	1980-85	1985-90	1990-95	1995-00
第1因子	4.103	4.118	3.922	3.860
第2因子	2.464	3.088	3.262	2.091
第3因子	2.234	2.115	2.295	2.040
第4因子	2.099	1.818	1.397	1.847
第5因子	1.058	1.506	1.059	0.979
第6因子	0.864	0.277	0.904	0.852
第7因子	0.411	0.235	0.456	0.828
第8因子	0.274	0.189	0.218	0.215

■ 学齢期 ■ 長子誕生 ■ 高齢者 ■ 壮年者 ■ 単身者

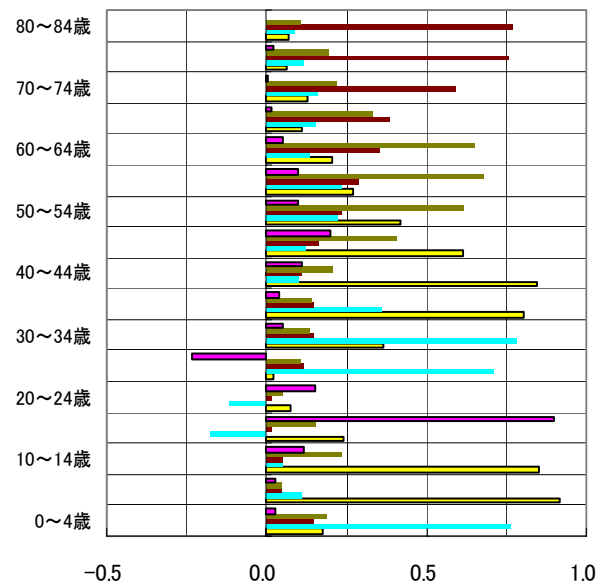


図-1 因子負荷量 (1995～2000年)

年までの将来予測を行う。

(2) 因子分析によるライフステージの抽出結果

1980～2000年の4つの期間ごとに、年齢階層別の社会増減の計算値に因子分析を適用した。表-1のように、固有値が1以上の因子が4～5個抽出された。因子負荷量から意味を吟味し、先行研究⁹⁾に整合的で全期間に共通する5つの因子を選んだ結果、累積寄与率は約75%であった。

図-1より、因子1は40歳前後の親と10歳前後の子の因子負荷量が高いため、「学齢期の子供を持つ世帯の移動に関する因子」（以下「学齢期」）、因子2は30歳前後の親と4歳以下の子の因子負荷量が高いため、「長子の誕生に伴う世帯の移動に関する因子」（以下「長子誕生」）、因子3は「高齢者の移動に関する因子」（以下「高齢者」）、因子4は「壮年者を中心とした世帯の移動に関する因子」（以下「壮年者」）、因子5は「単身者の移動に関する因子」（以下「単身者」）と解釈した。

(3) 因子得点に関する VAR モデル

各メッシュの1995～2000年の因子得点をそれ以前の3期の因子得点を用いて説明する VAR モデルの推定結果を表-2に示す。決定係数は最大でも0.575と低く、過去の因子得点のみによる予測式では説明力が不十分であること

表-2 因子得点の VAR モデル

目的変数 説明変数	因子1(学齢期)		因子2(長子誕生)		因子3(高齢者)		因子4(壮年者)		因子5(単身者)	
	推定値	t-値	推定値	t-値	推定値	t-値	推定値	t-値	推定値	t-値
学齢期(1)-1期	0.324	7.28 **	0.002	0.06	0.073	1.54	-0.003	-0.06	-0.145	-3.88 **
学齢期(1)-2期	0.116	2.79 **	-0.048	-1.32	0.027	0.60	0.029	0.69	0.030	0.85
学齢期(1)-3期	0.119	2.97 **	-0.067	-1.92	-0.078	-1.84	-0.129	-3.24 **	0.036	1.08
長子誕生(2)-1期	-0.192	-3.79 **	0.469	10.68 **	-0.050	-0.93	0.089	1.76	0.019	0.46
長子誕生(2)-2期	-0.084	-1.56	0.098	2.11 *	0.039	0.68	-0.058	-1.08	-0.204	-4.51 **
長子誕生(2)-3期	-0.068	-1.23	0.066	1.38	0.220	3.74 **	-0.068	-1.23	0.036	0.77
高齢者(3)-1期	0.011	0.29	-0.010	-0.31	-0.078	-1.89	-0.029	-0.74	-0.052	-1.60
高齢者(3)-2期	-0.036	-0.94	0.047	1.45	0.246	6.11 **	-0.050	-1.33	0.080	2.53 *
高齢者(3)-3期	-0.015	-0.36	-0.030	-0.83	0.059	1.34	-0.084	-2.04 *	0.080	2.30 *
壮年者(4)-1期	-0.070	-1.81	-0.062	-1.84	-0.035	-0.84	0.074	1.91	0.021	0.63
壮年者(4)-2期	0.049	1.28	-0.009	-0.26	-0.079	-1.92	0.119	3.11 **	0.041	1.26
壮年者(4)-3期	0.085	2.29 *	0.004	0.13	-0.022	-0.56	0.201	5.43 **	-0.038	-1.22
単身者(5)-1期	0.069	1.37	-0.093	-2.15 *	0.094	1.77	0.175	3.53 **	0.575	13.64 **
単身者(5)-2期	-0.109	-1.95	-0.047	-0.98	-0.082	-1.38	-0.155	-2.77 **	0.226	4.79 **
単身者(5)-3期	-0.129	-2.70 **	-0.047	-1.15	-0.011	-0.22	-0.120	-2.51 *	-0.110	-2.72 **
決定係数・DW比	0.36	2.05	0.47	1.99	0.10	2.07	0.17	2.06	0.54	1.90

(DW比: Durbin-Watson比, *: 5%有意, **: 1%有意)

を示している。t 値を見ると、過去の同じ因子からの影響力が強いケースが多いが、他の因子の影響の中にも統計的に有意なものがある。たとえば単身者の因子得点と他の因子の得点は互いに負の影響を与えている。これは単身者の流入が不動産価格を上昇させ、規模の大きな世帯が必要とする広い住宅の取得が困難になること、逆に世帯向けの戸建住宅が多い地区では集合住宅が建ちにくく、交通利便性の高い単身者向けの住宅が供給されにくいことを反映していると考えられる。今後、住宅ストックや交通条件などの変数を含めて VAR モデルの説明力を改善することが望まれるが、既存の手法との比較に重点をおく本論文の範囲を超えているため、今後の課題としたい。また、表 2 では 3 期前の変数にも有意な影響を持つものが少なくない。それまでの地域の状況が 15~20 年後の次のライフスタイルに移行した後の行動にも影響を与えていると理解できるので、ここでは 3 期のラグを持つモデルを採用した。しかし、4 期分のデータしか存在しないためにモデル経時的な安定性を確認できていないという問題が残っている。

なお、Durbin-Watson 比は 2 に近く、誤差の系列相関が適切に除去できていることがわかる。

(4) 既存のコウホート変化率法との比較

将来予測を行う前に、本手法の再現性を確認する。1995 年人口を与件とし、コウホート生残率と VAR モデルの再現値を用いた本手法で 2000 年人口を予測した場合と、1990~95 年のコウホート変化率を固定的に適用して予測した場合の比較を行う。

年齢階層別の実績値と予測値の相関係数、および最も誤差の大きかったメッシュでの誤差は表-3 に示すとおりであり、ほとんどの年齢層で両方の指標とも本手法の方が優れていることを示している。0-4 歳の相関係数は若干劣るが、最大誤差は半分以下に収まっている。15-19, 20-24 歳では既存の手法が優れているが、その差は大きくなく、本手法の最大誤差は既存手法の他の年齢階層の最大誤差よりも小さくなっている。

既存手法は 1 時点前の当該年齢層の直前の増減傾向しか

表-3 年齢階層別予測値の比較(2000 年)

年齢階層	相関係数		最大人数差	
	因子得点 予測法	コーホート 変化率法	因子得点 予測法	コーホート 変化率法
0-4歳	0.710	0.775	225	517
5-9歳	0.908	0.785	158	515
10-14歳	0.945	0.897	141	184
15-19歳	0.877	0.901	222	179
20-24歳	0.801	0.914	296	251
25-29歳	0.894	0.843	393	773
30-34歳	0.917	0.794	208	697
35-39歳	0.935	0.814	180	678
40-44歳	0.953	0.907	135	252
45-49歳	0.966	0.932	110	168
50-54歳	0.976	0.952	168	150
55-59歳	0.980	0.945	121	195
60-64歳	0.980	0.938	101	248
65-69歳	0.984	0.959	72	94
70-74歳	0.982	0.942	46	138
75-79歳	0.973	0.927	61	86
80-84歳	0.935	0.865	100	120
85歳以上	0.843	0.675	171	361

表-4 全域の人口予測結果

	2000年	2025年	増減率	増減数
総人口	1015317	935714	-0.078	-79603
0-14歳	154554	129466	-0.162	-25088
人口比	0.152	0.138	-0.091	-0.014
15-64歳	716135	636197	-0.112	-79938
人口比	0.705	0.680	-0.036	-0.025
65歳以上	144628	170051	0.176	25423
人口比	0.142	0.182	0.276	0.039
平均年齢	39.04	41.38	1.06	2.34

用いないのに対して、本手法は VAR モデルにより他の年齢層の過去の増減の傾向も取り込んで予測しているため、より高い再現力を有すると期待されるが、実際に表-3 よりその効果が確認できた。

(5) 2025 年までの人口構成予測の結果

2000 年の各メッシュの年齢階層別人口を出発点とし、

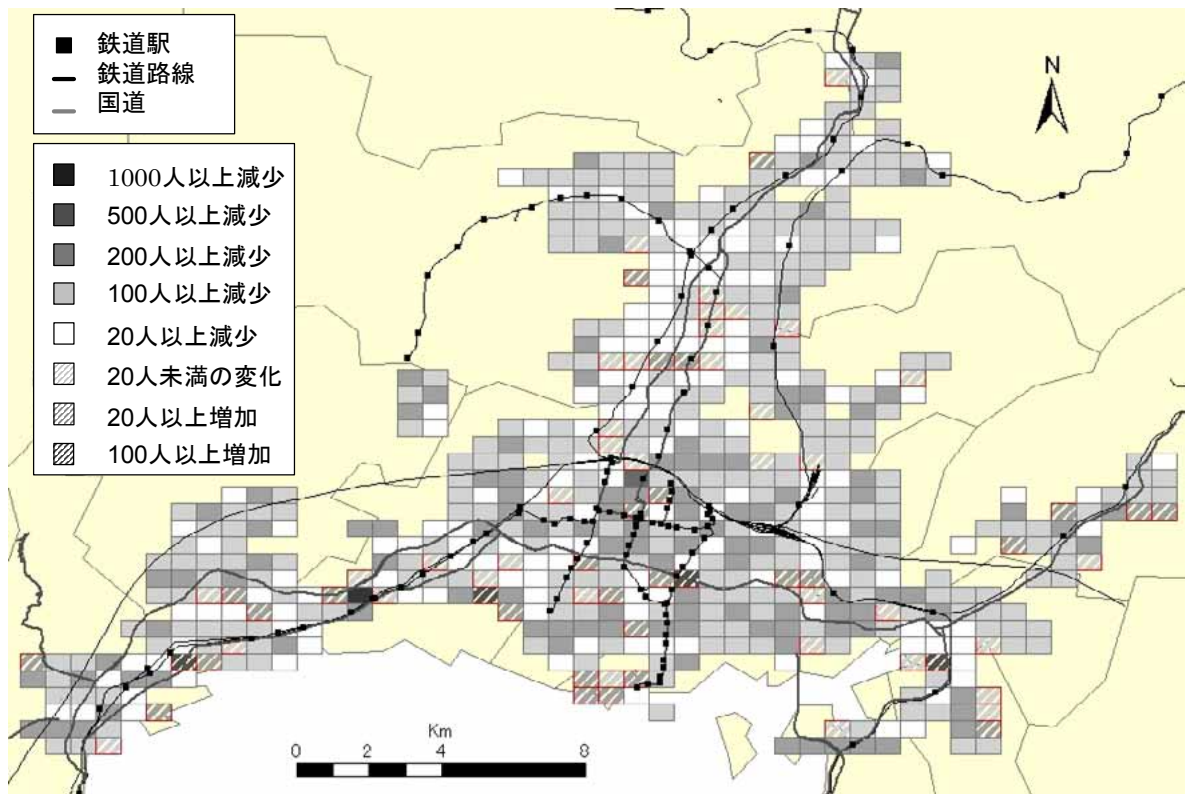


図-2 2000年から2025年の人口増減の予測値

2005年から2025年までの将来予測を行った。因子分析の性質から計算された因子得点の平均値は0であり、VARモデルが定数項を含んでいないことから、将来の因子得点の平均値も0になる。そのため本手法では社会増減の平均値は0であり、表4に示す地域全体の人口変化は自然増減に起因するものである。本手法では5年ごとの自然増減と社会増減を加法的にモデル化している。もし対象地域全体からの社会増減が予想される場合には、5年後ごとの全域での年齢階層別の変化量を別途予測し、それを各メッシュに按分するという計算を加えれば良い。各メッシュの2000年から2025年の人口増減の予測結果を図-2に示す。人口増加は湾岸部や開発が新しい郊外部の一部分に限られ、多くのメッシュで100~500人の減少が予測される。

本手法の特徴は年齢階層別の予測値が得られるところであり、それらを活用すればメッシュの平均年齢を計算できる。2000年の実績値と2025年の計算結果を図-3,4に示す。これより、多くのゾーンで平均年齢が上昇し、都心部や郊外の山際には50歳を上回るメッシュが増加することがわかる。

5. おわりに

本研究では、小地区の将来の年齢構成予測の重要性を踏まえ、国勢調査メッシュデータを最大限活用した予測方法の提案を行った。広島都市圏での計算例により、本手法の妥当性を確認できたと考え、今後住宅計画との連携や都市施設のサービス圏人口評価への展開が望まれる。

本論文で提案した予測手順には、改善すべき点がいくつか残されている。行政計画などに用いる場合には、行政区画の総人口などの将来フレーム値を反映させることが望ましい。別途に全域的な変化量を求めて加算することが必要である。第2に因子得点を予測するVARモデルの改善が求められる。当該メッシュの住宅ストックや自然条件、交通条件などを説明変数に追加する必要がある。また、因子得点などの説明変数を用いる際、周辺地域の影響を考慮して一定距離内の他メッシュの平均値を用いるほうが安定的なモデルが推定できる可能性がある。さらに、国勢調査データに含まれている世帯に関する情報を統合的に利用する方法の検討も今後の課題である。

最後に本研究の遂行にあたり、広島大学地域貢献特定課題プロジェクト支援金の援助を得た。また、計算作業において広島大学大学院生木下真吾君の多大な協力を得た。記して感謝の意を表します。

参考・引用文献

- 1) 都市計画教育研究会編(2001)「都市計画教科書(第3版)」, 彰国社
- 2) 天野克也・松本直司(1991), 「地方都市中心部における人口減少に関する研究」, 都市計画論文集, No.26, pp.577-582.
- 3) 梶谷義雄・岡田憲夫・多々納裕一(2002), 「災害復興過程における人間活動分布の時空間分析に関する研究」, 土木計画学研究・論文集, Vol.19(2), pp.305-312.

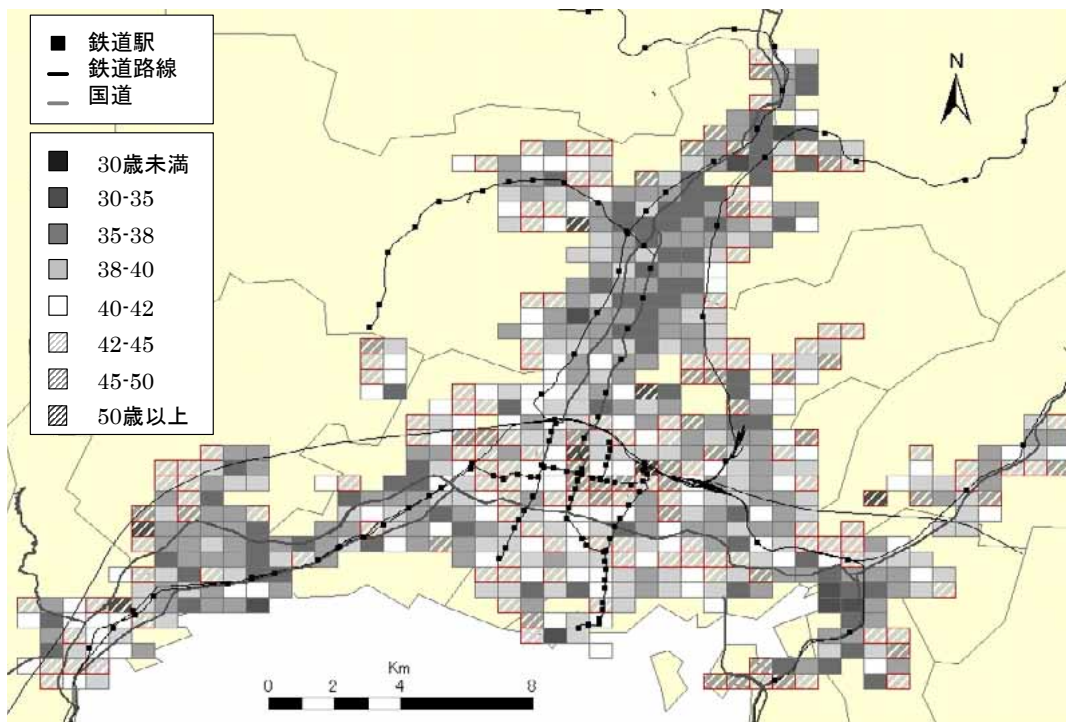


図-3 2000年における各メッシュの平均年齢

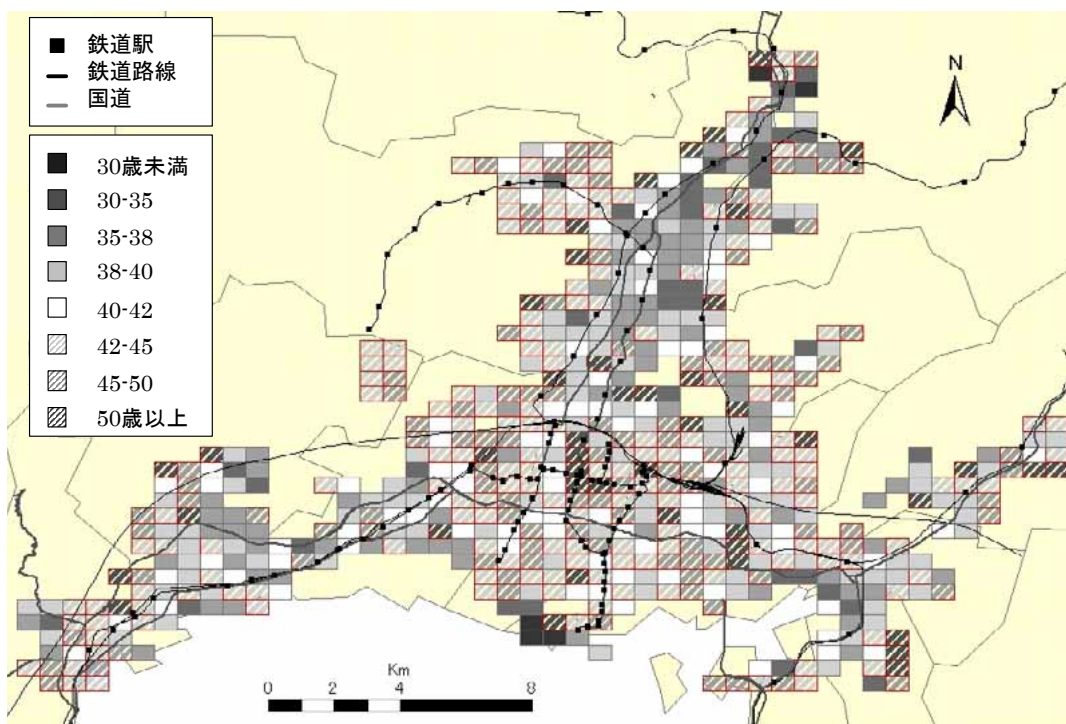


図-4 2025年における各メッシュの平均年齢

4) 社会保障審議会人口部会(編)(2002),「将来人口推計の視点－日本の将来推計人口(平成14年1月推計)とそれをめぐる議論－」,ぎょうせい.

5) 大江守之(2000),「新しい地域人口推計手法による東京圏の将来人口」,都市計画論文集, No.35, pp.1087-1092.

6) 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, <http://www.ipss.go.jp/syoushika/site-ad/index-tj.htm>, 2005.4.30

7) 財統計情報研究開発センター(2003),「小地域統計・狭域データの利用に関する研究Ⅱ」,統計情報研究開発センター.

8) 伊藤達也(1989),「移動者の世帯構成、人口移動事象と世帯・家族に関する統計」,人口問題研究,45巻4号(192号),pp.30-45.

9) 荒井良雄・川口太郎・井上孝(編)(2002),「日本の人口移動:ライフコースと地域性」,古今書院.