

3 都市圏データを用いた土地利用—交通モデルの構造比較分析*

Comparison of Structure of Land Use- Transport Interaction Modeling using 3 Metropolitan Area data*

坂本将吾^{***}, 杉田浩^{****}, 谷下雅義^{*****}, 鹿島茂^{*****}

By Shogo SAKAMOTO^{***}, Hiroshi SUGITA^{****}, Masayoshi TANISHITA^{*****}, Shigeru KASHIMA^{*****}

1. はじめに

今後、人口減少・少子高齢化が進行すると、都市のインフラ管理が十分行き届かず、居住環境が悪化することが懸念される。また世帯タイプによって望ましい居住環境・立地選好は異なり、こうした負の影響が特定の世帯タイプに偏って生じてしまう可能性もある。そうした事態を放置することなく、さまざまな世帯の生活の質を高めていくために、土地利用計画や道路・公共交通計画の見直しによる都市構造の再編が求められている。

都市構造再編の検討において、土地利用政策・交通政策が世帯に与える効果・影響を定量的に把握できる土地利用・交通モデルの活用が有効であると考えられる。しかし、これまでわが国で構築されてきた土地利用・交通モデルで、世帯タイプごとの行動を表現したものは少ない。さらにモデルを複数都市圏に適用し比較した研究も少ない。そのため、世帯タイプごとの影響を分析できず、またその都市圏間の違いについて明らかにされていない。

本研究は、世帯タイプを明示した土地利用・交通モデルを3都市圏データを用いてパラメータを推定し、世帯タイプ間と都市圏間で比較した。パラメータは世帯タイプごとの選好・行動を表現しており、世帯タイプごとどのような違いがあるのか、また、同じタイプの世帯でも、都市圏が（本研究では人口分布・規模と交通施設の整備状況の面で）異なればその行動や選好が違うのか、を明らかにすることを目的とする。

2. 本研究で用いる土地利用・交通モデル

(1) モデルの概要

本研究で用いる土地利用・交通モデルは、Lowryモデルとフィードバックを考慮した四段階推計法を用いたモデルである（図1・表1）。土地利用に関しては、業務地指向型産業立地配分モデル・商業地指向型産業立地配分

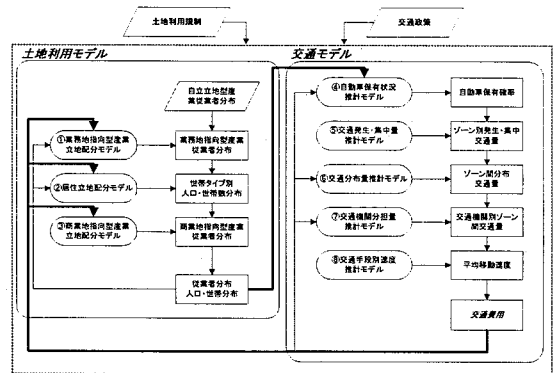


図1 土地利用・交通モデルの概要

表1 外生変数とアウトプット

外生変数	
土地利用	都市圏総人口(世帯タイプ別)
	都市圏総世帯数(世帯タイプ別)
	都市圏業務地指向型産業・商業地指向型産業(世帯タイプ別)
	自立立地型産業従業者数(ゾーン別)(世帯タイプ別)
交通	市街化区域面積(ゾーン別)
	道路車線延長(ゾーン別)
アウトプット(内生変数)	
土地利用	ゾーン別人口(世帯タイプ別)
	ゾーン別世帯数(世帯タイプ別)
	ゾーン別業務地指向型産業従業者数(世帯タイプ別)
	ゾーン別商業地指向型産業従業者数(世帯タイプ別)
交通需要	ゾーン別発生交通量(トリップ目的別、世帯タイプ別、車保有タイプ別)
	ゾーン別集中交通量(トリップ目的別、世帯タイプ別、車保有タイプ別)
	ゾーン間分担交通量(トリップ目的別、世帯タイプ別、車保有タイプ別)
	ゾーン間分担交通量(トリップ目的別、車保有タイプ別)
交通サービス	ゾーン間一般化交通費用(トリップ目的別、車保有タイプ別)
評価指標	1人当たり交通エネルギー消費量(世帯タイプ別、ゾーン別)
	1人当たり交通費用(世帯タイプ別、ゾーン別)

モデル（以下商業立地モデル）・居住立地配分モデル（以下居住立地モデル）、交通に関しては、自動車保有状況推計モデル・交通発生・集中量推計モデル・交通分布量推計モデル・交通機関分担量推計モデル（以下分担モデル）・交通手段別速度推計モデルからなる。

土地利用モデルにおける立地主体は3タイプの産業（製造業・公務などの自立立地型産業（外生）、鉱業・建設業などの業務地指向型産業、小売業・サービス業などの商業地指向型産業）と8タイプの世帯（表2）である。業務地指向型産業は自立立地型産業の分布に依存し、業務地指向型産業立地配分モデルによって、また、商業地指向型産業は商業立地モデルによってそれぞれ立地場所が決定される。これら業務立地が決まった後、世帯の立地場所は業務地（通勤先）からの通勤費用と各地点の居住地魅力度(市街化区域面積と人口密度により決まる)により決定される。

交通モデルは世帯の自動車保有水準（非保有・1台保有・2台以上保有（以下、保有0・保有1・保有2とす

*キーワード 都市計画, 土地利用

**学生員 中央大学大学院（東京都文京区春日 1-13-27, TEL03-3817-1810, E-mail: s-shogo@civil.chuo-u.ac.jp)

***正員 博(工) 財団法人計量計画研究所（新宿区市谷本村町2-9 TEL 03-3268-9939, E-mail: hsugita@ibs.or.jp)

****正員 博(工) 中央大学理工学部

*****正員 工博 中央大学理工学部

る))を決定したのち、四段階推計法(発生・集中、分布、分担、配分(移動速度))により、各ゾーンの交通需要量を求め、これらから評価指標である一般化交通費用や交通エネルギー消費量^[1]を求める。

土地利用モデルと交通モデルは、産業と世帯の空間分布、一般化交通費用を通して相互に連動する静的モデルであり、産業と世帯の空間分布、一般化交通費用が均衡状態に達するまでフィードバック計算を行う。

(2) モデルの特徴

a) 世帯タイプによる世帯の区分

都市構造の再編による影響は世帯タイプごと固有であると考えられることから、従来のように平均的な人の立場からみた評価では不十分であると考えられる。そこで、世帯タイプ(特に高齢者世帯)ごとの評価が可能なように、世帯を8つの世帯タイプに区分しモデルを構築した(表2)。また、従来の土地利用モデルについてみると、世帯を区分しているものは少なく、区分しているものでも世帯主の年齢による区分などである¹⁾。しかし、住宅立地や交通行動は世帯タイプにより異なると考えられ、世帯を区分して取り扱うことにより、モデルの精度向上も図られると考えられる。なお、世帯タイプにより、政策の影響の受け方が異なるという認識は既に定着しており、交通需要予測が世帯属性を考慮する/しない場合で大きく離れることも既存研究で明らかにされている²⁾³⁾。

表2 世帯タイプの分類

世帯タイプ	ライフステージ
世帯1	単身就業世帯
世帯2	夫婦のみの就業世帯
世帯3	夫婦と子供からなる就業世帯
世帯4	夫婦と子供とその他の世帯員からなる就業世帯
世帯5	夫婦と高齢者を含む就業世帯
世帯6	その他の就業世帯
世帯7	高齢者のみの世帯
世帯8	非就業世帯

3. 対象都市圏と使用データ

対象都市圏は、仙台都市圏、宇都宮都市圏、沖縄都市圏である(表3)。人口規模は仙台都市圏が一番大きく、沖縄都市圏、宇都宮都市圏の順である。市街化区域の人口密度をみると、沖縄都市圏は仙台都市圏・宇都宮都市圏のほぼ2倍程度と高い。軌道系交通機関としては、仙台都市圏には地下鉄が整備されている。一方、宇都宮都市圏はJR・東武鉄道、沖縄都市圏には軌道系交通機関はなく^[2]、都市内鉄道のサービス水準は仙台都市圏に比較して低いといえる。

モデルのパラメータ推定には、パーソントリップ(以下、PT調査と称す)データを用いた(表3)。なお、ゾーン区分は各都市圏PT調査の区分を用いた。

表3 対象都市圏とPT調査の概要

	仙台都市圏	宇都宮都市圏	沖縄都市圏
	1995	1995	1995
面積 (km ²)	2,183	1,468	471
人口 (千人)	1,493	817	1,034
市街化区域面積 (km ²)	263	151	88
市街化区域人口 (千人)	1,198	537	617
市街化区域人口密度 (千人/km ²)	4.5	3.6	7.0
軌道系交通機関	鉄道 地下鉄	鉄道	なし

PTデータ	調査回/年	第3回 1992	第2回 1992	第2回 1989
	対象市町村	5市14町1村	4市6町	7市8町9村
	大ゾーン数	44	10	24
	中ゾーン数	236	19	55

4. モデルのパラメータ比較

本稿では、土地利用モデルの中で重要な居住立地モデルと商業立地モデル、交通モデルの分担モデルに焦点をあてパラメータを比較する。なお、モデルの再現性については、従業者数の平均相対誤差率で確認した結果、再現性は3都市圏とも妥当であると判断した^[3]。

(1) 居住立地モデル

a) サブモデルの概要

このモデルは従業者の居住地を決定する。居住立地モデルは(1)式に示すグラビティタイプのモデルであり、居住地魅力度が高い場所に多く立地するが、居住地までの一般化交通費用が高くなるほどその割合は低下する。居住地魅力度は、市街化区域面積と人口密度により決定される((2)式)。市街化区域面積は居住空間の有無、人口密度は市街地の利便性を表す代理変数として用いた。なおパラメータは世帯タイプ別に推定した。これは、居住地選好は、単身世帯は宅地の広さより利便性の高い密集地を好むが、子供のいる世帯は広い空間を嗜好するなど、世帯タイプ間で異なると考えたためである。

$$T_{ij}^h = E_j^h \times \frac{LP_i^h \times \exp(-\beta^h \times CC_{ij}^h)}{\sum_i LP_i^h \times \exp(-\beta^h \times CC_{ij}^h)} \quad (1)$$

$$LP_i^h = \alpha_0^h \times (UA_i)^{\alpha_1^h} \times (POP_i / Sq_i)^{\alpha_2^h} \quad (2)$$

T_{ij}^h : jゾーンに従業地を持ちiゾーンを居住地とする世帯タイプhに属する従業者数の通勤トリップ分布

E_j^h : jゾーンにおける世帯タイプhの従業者数(人)

CC_{ij}^h : 世帯タイプhに属する人の通勤トリップのijゾーン間一般化交通費用(円)

LP_i^h : 世帯タイプhに属する人のiゾーンの居住地魅力度

UA_i : 市街化区域面積(km²)、 POP_i / Sq_i : 人口密度(人/km²)

b) 居住地魅力度モデルのパラメータ(α_1^h, α_2^h)比較

居住地魅力度モデルのパラメータ推定結果を表4に示す。都市圏間の比較のために、市街化区域面積が1単位増加したときの居住地魅力度の増加量を分母に、人口密

度が1単位増加したときの居住地魅力度の増加量を分子にとった値（限界効果の比と呼ぶ）を（3）式で算出した（図2）。この限界効果の比が大きいほどその世帯タイプは人口密度が高く、利便性の高い居住地を重視していると解釈できる。

$$\frac{\partial LP_i^h / \partial (POP_i / S_{q_i})}{\partial LP_i^h / \partial UA_i} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} \cdot \frac{\overline{UA_i}}{POP_i / S_{q_i}} \quad (3)$$

$\overline{UA_i}$: 平均市街化区域面積 (km²)
 POP_i / S_{q_i} : 平均ゾーン内人口密度 (人/km²)

世帯タイプ間の居住地選好の違いの要因として考えられるのは、世帯員数と就業率である。つまり、世帯員数が多くなればより広い居住地を望むようになるし、世帯員数が少ないあるいは就業率が高いと利便性の高い居住地を望むと考えられる。表5に世帯タイプ別の平均世帯員数・就業率・就業率率を示す。なお就業率率は平均就業率数/平均世帯員数である。

図2より、仙台都市圏は世帯タイプ間の利便性を重視する傾向に差があることがわかる。世帯員数が少なく就業率率が高い単身世帯（世帯タイプ1）・夫婦のみの就業世帯（世帯タイプ2）が大きい。複数世帯員の世帯（世帯タイプ4）や複合世帯（世帯タイプ5）は利便性をあまり重視していない。就業率率で見ると世帯タイプ3よりも世帯タイプ4の方が高いが、利便性を重視する傾向は世帯タイプ3の方が高い。このことから就業率率より世帯員数が居住地選好に影響していると考えられる。

宇都宮都市圏においても単身世帯（世帯タイプ1）、高齢者世帯（世帯タイプ7）は利便性を重視するが、複数世帯員の世帯（世帯タイプ4）・複合世帯（世帯タイプ5）と世帯員が多くなるに従い利便性を重視するという傾向が弱くなり、仙台都市圏と共通している。

一方、沖縄都市圏では、複数世帯員の世帯（世帯タイプ4）・複合世帯（世帯タイプ5）が単身世帯（世帯タイプ1）よりも利便性を重視する傾向であり、仙台都市圏と宇都宮都市圏とは異なっている。

仙台都市圏と宇都宮都市圏は都心を中心とし、同心円的に人口が分布している。そのため仙台都市圏と宇都宮都市圏は都心と郊外の間に利便性と居住空間の有無にトレードオフが成り立っているため、世帯員の増加による魅力度に対する選好の変化が顕著に現れたと考えられる。

一方、沖縄都市圏は都市圏全域で他の二つの都市圏に比べ人口密度が高い。都心とその周辺の人口密度が高いことは他の二つの都市圏と共通しているが、都心と郊外の差は小さい（表6）。また、島という地形の特性や米

表4 居住地魅力度パラメータ推定結果 () 内はt値

		世帯1	世帯2	世帯3	世帯4	世帯5	世帯6	世帯7
		(3.95)	(7.82)	(6.83)	(8.82)	(4.43)	(6.72)	(2.11)
市街化区域面積 (α1)	仙台	0.65	0.79	0.75	0.80	0.43	0.70	0.36
	宇都宮	1.06	0.92	0.89	0.83	1.10	0.83	0.77
	沖縄	0.48	0.28	0.27	0.16	0.08	0.19	0.04
人口密度 (α2)	仙台	0.53	0.37	0.22	0.15	-0.037	0.27	0.34
	宇都宮	0.58	0.33	0.18	0.14	-0.39	0.13	0.20
	沖縄	0.72	0.47	0.36	0.33	0.25	0.46	0.76

表5 世帯タイプ別の平均世帯員数・就業率数・就業率率

		世帯1	世帯2	世帯3	世帯4	世帯5	世帯6	世帯7	都市圏
		仙台	宇都宮	沖縄	仙台	宇都宮	沖縄	仙台	宇都宮
平均世帯員数 (人/世帯)	仙台	1.00	2.00	3.78	3.79	5.05	2.73	1.56	2.68
	宇都宮	1.00	2.00	3.76	3.77	5.00	2.67	1.53	2.84
	沖縄	1.00	2.00	4.01	4.42	5.10	2.89	1.39	2.96
平均就業率数 (人/世帯)	仙台	1.00	1.41	1.47	2.45	2.40	1.46	0.37	1.35
	宇都宮	1.00	1.46	1.47	2.60	2.56	1.58	0.44	1.55
	沖縄	1.00	1.45	1.52	2.48	2.32	1.44	0.34	1.39
平均就業率率	仙台	1.00	0.71	0.39	0.65	0.48	0.54	0.24	0.50
	宇都宮	1.00	0.73	0.39	0.69	0.51	0.59	0.29	0.55
	沖縄	1.00	0.72	0.38	0.56	0.46	0.50	0.24	0.47

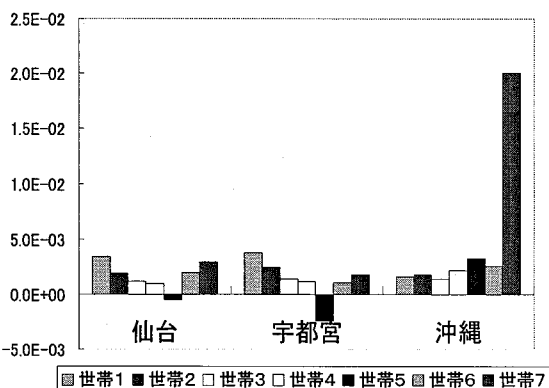


図2 限界効果の比

表6 エリア別^[4]人口密度 (単位 千人/km²)

人口密度	仙台	宇都宮	沖縄
都心	5.3	7.1	12.2
都心周辺	6.6	3.1	6.5
郊外	0.8	0.6	2.4
その他	0.3	0.4	1.1

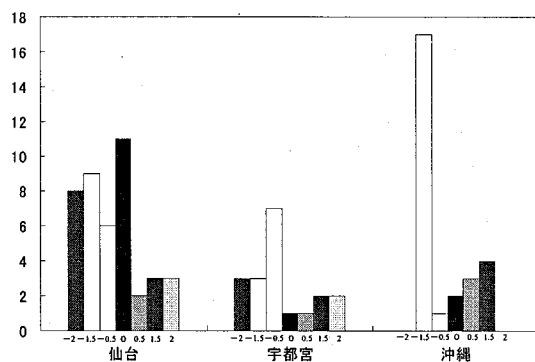


図3 標準化市街化区域面積ヒストグラム

(横軸：標準化市街化区域面積、縦軸：度数)

軍基地の存在により市街化区域面積が小さいゾーンが数多く存在する(図3)。そのため、他の二つの都市圏とは違い、どの世帯タイプも利便性を重視する傾向が強くなったと類推される。

このように、同じ世帯タイプでも、人口分布の違いにより、居住地魅力度の大きさを決める居住空間の有無と利便性の重視の度合いは異なる。

c) 交通費用(通勤) 通減係数(β^h)の比較^[5]

居住立地モデルの交通費用(通勤) 通減係数(β^h)の推定結果を表7・図4に示す。

世帯タイプ間の交通費用(通勤) 通減係数(β^h)の違いの要因として、世帯の平均就業者数と就業者率が考えられ、この2つが高い世帯タイプは交通費用(通勤) 通減係数(β^h)が大きくなると予想される。図4をみると、平均就業者数・就業者率ともに低い世帯タイプ7(高齢者のみの世帯)は、交通費用(通勤) 通減係数(β^h)が小さく、これは通勤行動が少ないため、交通費用(通勤)が居住地選好に関わっていないためであると考えられる。世帯タイプ7(高齢者のみの世帯)を除けば、世帯タイプ間で平均就業者数・平均就業者率が異なるものの、交通費用(通勤) 通減係数(β^h)にそれほど大きな差はなく、この傾向は都市圏間で共通している。

しかしながら、交通費用(通勤) 通減係数(β^h)の大きさに都市圏間で差が見られる。この係数は勤務先と居住地の隔たりの程度とみることもできる。この勤務地と居住地の隔たりの程度を決める要素の一つとして、人口規模が考えられる。なぜなら、人口規模が大きくなると、空間的制約から、都心・都心周辺以外にも居住する人口が増加することで都市域が拡大し、その結果、大半の人が都心に勤務先を持っていると考えれば、勤務地と居住地の隔たりの程度が大きくなるからである。対象3都市圏の人口規模を見ても(表3)と、仙台都市圏、沖縄都市圏、宇都宮都市圏の順に小さくなり、交通費用(通勤) 通減係数(β^h)の値はこの順で大きくなっており、人口規模が都市圏間の交通費用(通勤) 通減係数(β^h)の大きさに違いを生じさせる要因の一つであると考えられる。

(2) 商業立地モデル

a) サブモデルの概要

このモデルは、小売業・サービス業などの商業地指向型産業の立地場所を決定する。この産業は買物集中トリップに比例して立地するものとし、買物トリップの一定割合がこの産業の従業者になる。買物集中トリップは(4)式により算定されるゾーン間買物トリップを発ゾーンについて集計することにより求めた。

表7 居住立地モデルの交通費用(通勤) 通減係数(β^h)
() 内 重相関係数

	世帯1	世帯2	世帯3	世帯4	世帯5	世帯6	世帯7
仙台	1.82E-03 (0.92)	1.19E-03 (0.87)	1.70E-03 (0.81)	1.50E-03 (0.79)	1.57E-03 (0.70)	1.27E-03 (0.83)	6.80E-04 (0.82)
宇都宮	2.96E-03 (0.91)	2.53E-03 (0.92)	2.69E-03 (0.90)	2.62E-03 (0.90)	3.00E-03 (0.92)	2.52E-03 (0.89)	9.40E-04 (0.77)
沖縄	1.95E-03 (0.91)	1.78E-03 (0.87)	2.12E-03 (0.86)	1.98E-03 (0.83)	1.62E-03 (0.82)	1.90E-03 (0.88)	7.70E-04 (0.88)

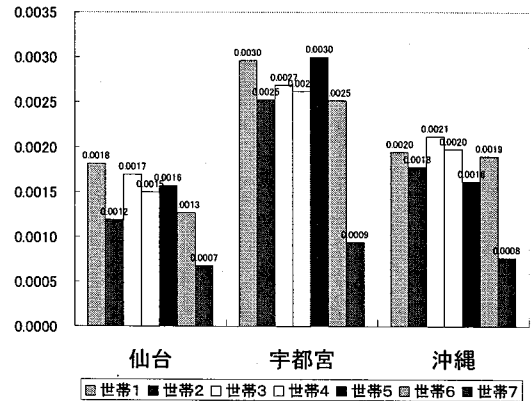


図4 居住立地モデルの交通費用(通勤) 通減係数(β^h)

ゾーン間買物トリップ分布はグラビティタイプのモデルで配分され、買物トリップの一般化交通費用、買物発生トリップ、商業地魅力度により決定される。商業地魅力度は(5)式のように、公共交通(鉄道・バス)利用者数と道路車線延長を説明変数とした。公共交通利用者数は都心や駅周辺など都心部の商業地(公共交通型商業地)の規模を示す代理変数、道路車線延長は郊外やロードサイトに立地する郊外部の商業地(自動車型商業地)の規模を示す代理変数である。

商業立地モデルは車保有タイプ(保有0・保有1・保有2)別にパラメータを推定した。車を保有しない世帯は都心や都心周辺に、保有する世帯は郊外に、買物先を持つ割合が高く世帯タイプ別より車保有タイプ別のほうが買物先の差異が明確だと考えたためである。

$$S_{ij}^n = GS_i^n \times \frac{SP_j^n \times \exp(-\beta^n \times CS_{ij}^n)}{\sum_j SP_j^n \times \exp(-\beta^n \times CS_{ij}^n)} \quad (4)$$

$$SP_j^n = \alpha_0^n + \alpha_1^n \times TPUB_j + \alpha_2^n \times SL_j \quad (5)$$

S_{ij}^n : 車保有タイプnに属する人のjゾーン間買物トリップ分布

GS_i^n : 車保有タイプnに属する人の買物発生トリップ

CS_{ij}^n : 買物トリップのjゾーン間の一般化交通費用(円)

SP_j^n : jゾーンの車保有タイプnに属する人の商業地魅力度

$TPUB_j$: 公共交通機関利用者数(人) SL_j : 道路車線延長(m)

b) 商業地魅力度モデルパラメータ (α_1'' α_2'') の比較

商業地魅力度モデルで推定されるパラメータ α_1'' は公共交通型商業地、 α_2'' は自動車型商業地を重視する程度を示す (表 8)。車保有タイプにより公共交通型商業地と自動車型商業地のどちらを重視しているか、また、その傾向は都市圏により異なるか分析する。説明変数を標準化した回帰分析のパラメータ (図 5) を用い考察する。説明変数が標準化してあるため、2 変数のパラメータを直接比較しても、変数の利き方の大小関係が判断できる。

表 8 商業地魅力度モデルパラメータ () 内 t 値

		保有タイプ		
		保有0	保有1	保有2
公共交通利用者数 (α_1)	仙台	0.15 (45.11)	0.29 (22.46)	0.11 (13.20)
	宇都宮	0.086 (13.16)	0.227 (9.69)	0.161 (4.96)
	沖縄	0.111 (14.55)	0.179 (12.71)	0.05 (4.01)
道路車線延長 (α_2)	仙台	-0.005 (-3.67)	0.013 (2.69)	0.015 (4.59)
	宇都宮	-0.0001 (-1.10)	0.004 (2.16)	0.013 (4.81)
	沖縄	0.003 (1.40)	0.018 (3.83)	0.013 (3.15)

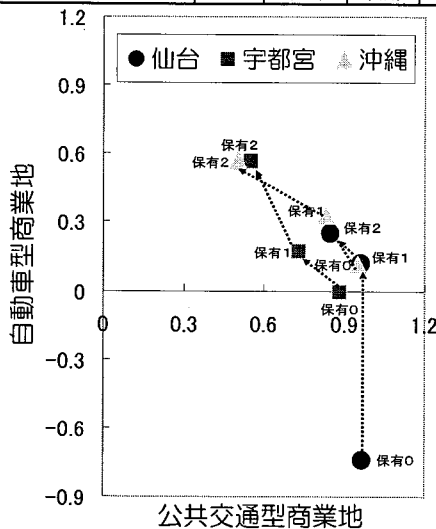


図 5 商業地魅力度標準化パラメータ

仙台都市圏は宇都宮都市圏・沖縄都市圏と傾向が異なる。仙台都市圏の保有0は、自動車型商業地より公共交通型商業地をかなり重視している。保有台数が多くなるに従い、自動車型商業地を重視する程度は大きくなるが、公共交通型商業地を重視する程度に変化はほとんどない。一方、宇都宮、沖縄都市圏は保有台数が多くなるに従い自動車型商業地を重視するようになる反面、公共交通型商業地の重視する程度は小さくなり、公共交通型商業地

表 9 都市圏別交通機関分担率 (単位 %)

	徒歩・自転車	オートバイ	自動車	バス	鉄道
仙台	35.4	3.4	43.9	7.4	9.9
宇都宮	38.0	2.7	54.6	2.7	2.0
沖縄	36.4	5.0	49.9	8.8	

表 10 各車保有タイプの世帯タイプ割合

		世帯1	世帯2	世帯3	世帯4	世帯5	世帯6	世帯7	計
保有0	仙台	34%	6%	5%	3%	2%	12%	37%	100%
	宇都宮	24%	4%	3%	2%	2%	11%	54%	100%
	沖縄	20%	7%	9%	4%	3%	19%	38%	100%
保有1	仙台	19%	18%	22%	11%	9%	13%	7%	100%
	宇都宮	26%	17%	18%	8%	8%	14%	10%	100%
	沖縄	13%	21%	28%	11%	8%	15%	4%	100%
保有2	仙台	3%	11%	16%	28%	30%	10%	2%	100%
	宇都宮	4%	14%	18%	24%	28%	9%	3%	100%
	沖縄	3%	13%	23%	31%	19%	10%	1%	100%

から自動車型商業地に魅力を感じるようになっていく。

仙台都市圏と宇都宮・沖縄都市圏で傾向が異なる理由として、公共交通機関の整備水準の違いが考えられる。仙台都市圏はJRに加え、地下鉄南北線が整備されているため、公共交通のサービス水準は高く、公共交通の分担率も高い (表 9)。そのため、どの車保有タイプの世帯も公共交通型商業地には一定の魅力を感じていると考えられる。ただし保有台数が多くなるに従い、道路車線延長のパラメータが増加しており、保有世帯は相対的には公共交通型商業地から自動車型商業地に魅力を感じていると見ることができる。宇都宮都市圏はJRや東武がサービスを提供しているものの、その分担率は低く、自動車依存型の都市となっており、車の保有台数が多い世帯ほど、自動車型商業地に対する魅力は向上する一方、公共交通型商業地に対する魅力が低下する結果となっている。このことは沖縄都市圏にも当てはまる。

以上の車保有タイプ別の比較を世帯タイプとあわせて考察をする。表 10 に各車保有タイプの世帯タイプ割合を示す。網掛けの部分は、割合が高く各車保有タイプを代表していると考えられる世帯である。どういった世帯タイプが各車保有タイプを代表しているかを見ると、保有0は単身世帯 (世帯タイプ1)・高齢者世帯 (世帯タイプ7)、保有1は就業率の高い世帯 (世帯タイプ1・2)あるいは核家族 (世帯タイプ3) が、保有2は世帯員が多い世帯 (世帯タイプ4・5) であり、都市圏でおおむね共通している。

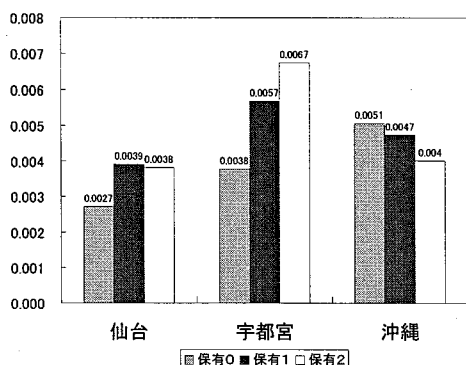
各車保有タイプをそれぞれの代表世帯タイプで置き換えて考えて商業地選好の違いを見る。すると単身・高齢者世帯は公共交通型商業地を重視し、居住地選好において利便性を重視していたことと共通している。世帯員が多い世帯は自動車型商業地に魅力を感じる傾向にある。

c) 交通費用 (買物) 通減係数 (β'') の比較

商業立地モデルの交通費用 (買物) 通減係数 (β'') の推定結果を表 11・図 6 に示す。

表11 商業立地モデルの交通費用（買物）逓減係数（ β^n ）

		() 内 重相関係数		
交通費用(買物)逓減係数 (β^n)	仙台	保有0	保有1	保有2
		2.71E-03 (0.89)	3.91E-03 (0.91)	3.81E-03 (0.86)
	宇都宮	3.78E-03 (0.89)	5.67E-03 (0.97)	6.74E-03 (0.96)
	沖縄	5.05E-03 (0.96)	4.73E-03 (0.94)	4.01E-03 (0.88)

図6 商業立地モデルの交通費用（買物）逓減係数（ β^n ）

仙台都市圏、沖縄都市圏は車保有タイプによる差異は小さい。沖縄都市圏は保有0が若干大きい。これは市街地が連担していることから、保有世帯も非保有世帯もそれほど移動距離は変わらないため、移動抵抗が相対的に大きい保有0が大きくなったと考えられる。宇都宮都市圏では、交通費用（買物）逓減係数（ β^n ）は、車を複数保有している世帯ほど大きくなり、近くに買物に大半が自動車（自動車分担率：保有1：48.1%，保有2：64.9%）で行く構造となっていると考えられる。

(3) 分担モデル

a) モデルの概要

分担モデルは交通機関別ゾーン間一般化交通費用（ C_{ij}^{nok} ）を説明変数とするロジットタイプのモデルであり、自動車、バス、鉄道利用の分担率（ p_{ij}^{nok} ）をトリップ目的別、車保有タイプ別に算出する（式（6）（7））。

$$P_{ij}^{nok} = \frac{\exp(U_{ij}^{nok})}{\sum_k \exp(U_{ij}^{nok})} \quad (6)$$

$$U_{ij}^{nok} = \alpha_k^{no} + \alpha_1^{no} \times \ln(C_{ij}^{nok}) \quad (7)$$

C_{ij}^{nok} ：車保有タイプnの目的oにおける交通機関kのゾーン間一般化交通費用

p_{ij}^{nok} ：車保有タイプnの目的oにおける交通機関kの分担率

表12 分担モデルパラメータ () 内 t 値

		保有0	保有1	保有2
通勤	仙台	-2.46 (-48.88)	-2.58 (-144.73)	-1.80 (-97.98)
	宇都宮	-2.42 (-17.29)	-1.01 (-35.44)	-1.10 (-56.05)
	沖縄	-0.69 (-9.5)	-1.59 (-53.39)	-1.03 (-32.26)
		保有0	保有1	保有2
買物	仙台	-2.36 (-65.07)	-1.48 (-99.62)	-1.41 (-77.28)
	宇都宮	-2.31 (-26.03)	-1.17 (-37.98)	-1.11 (-46.39)
	沖縄	-0.82 (-26.91)	-0.20 (-12.41)	-0.49 (-20.48)

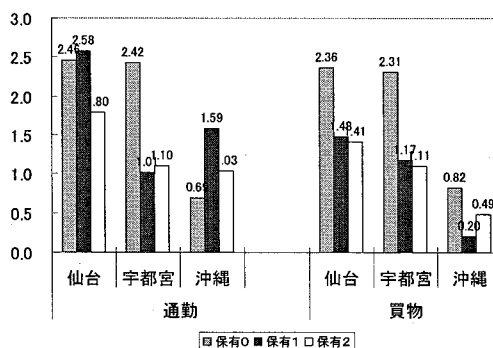


図7 分担モデルのパラメータの推定結果（絶対値）

b) パラメータの比較

分担モデルのパラメータ α_1^{no} は、車保有タイプ別の交通機関の交通費用に対する抵抗を示し、この値が大きいほど、交通機関の選択において交通費用を重視している、と解釈できる。通勤と買物目的についてのパラメータ推定結果を表12・図7に示す。

図7から、仙台都市圏は宇都宮都市圏・沖縄都市圏にくらべて、車保有1・2の交通費用に対する抵抗を示すパラメータが、通勤・買物とも大きくなっていることがわかる。また、宇都宮都市圏では車非保有世帯に比べて、車保有世帯の交通機関の交通費用に対する抵抗が低くなっている。沖縄都市圏では、車非保有・保有世帯とも、交通機関の交通費用に対する抵抗が低くなっている。

仙台都市圏は公共交通整備の水準が高いことから、交通機関の選択肢が多いと考えられ、車保有世帯であっても公共交通機関を利用することが多く、交通費用が交通機関選択において重要な要因となっていると考えられる。一方宇都宮都市圏では、公共交通の整備水準が高くないことから、車保有世帯にとっては車以外の交通機関を使うメリットは少ないと考えられる。そのため、交通機関間の交通費用差が、

車保有世帯の交通機関選択にそれほど影響していないため、交通費用に対する抵抗は低くなっていると考えられる。沖縄都市圏においては、交通機関の選択肢は自動車かバスしかなく、選択肢が固定している層が多いため、非保有・保有世帯とも交通機関の選択に際して交通費用を重視する程度は小さくなっていると考えられる。

以上より、公共交通機関の整備水準により、交通機関の選択肢が異なるため、同じ車保有タイプでも、都市圏の公共交通機関の整備水準により交通機関の交通費用に対する抵抗の大きさに違いが生じているのだと考えられる。

車保有タイプを代表する世帯タイプで見ると、単身世帯（世帯タイプ1）と高齢者世帯（世帯タイプ7）が、交通機関の交通費用に対する抵抗が買物において高い。

5. 結論

本研究は、世帯タイプ・車保有タイプを明示的に表現できる土地利用・交通モデルを、同じ関数型・変数のまま、人口分布・規模、交通施設の整備状況の異なる3都市圏のデータよりパラメータを推定し、主体の選好を表す推定パラメータを比較した。結果以下の知見を得た。

<世帯タイプごとの特徴>

単身世帯や高齢者世帯など世帯員数が少ない世帯は車保有の割合が低く、利便性や公共交通機関を重視して居住地を選択する傾向がある。子供がいるなど世帯員数が多くなると保有台数が多くなり、買い物において自動車型商業地を重視する。

<都市圏間の特徴>

- ① 沖縄都市圏のように、人口分布が一様（人口密度の都心部と郊外部の差が小さい）であることや、地形の特性や米軍基地が存在することによって市街化区域面積が小さいと、同じ世帯タイプでも居住地選好利便性を重視する傾向）が異なる
- ② 3都市圏とも、居住地選択における交通費用（通勤）逓減係数の大きさは、高齢者世帯を除く世帯タイプ間では、平均就業者数・就業者率は異なっているが、それほど大きな差がない
- ③ 居住地選択における交通費用（通勤）逓減係数の大きさは都市圏間で差がある。本研究では、人口規模が大きいくほど交通費用（通勤）逓減係数は小さい、という結果となった
- ④ 高齢者世帯は自動車保有率が低く、そのため居住地選好として利便性を重視する、そして、平均就業者

数・就業者率が低いいため通勤時の交通費用を居住地選好として重視しない、という傾向は都市圏によらず共通である

- ⑤ 都市圏の交通施設の整備状況（地下鉄など都市内交通の有無、軌道系交通機関の有無）が異なると、同じ世帯タイプでも買物地選好（買物時の交通費用に対する抵抗、公共交通型商業地か自動車型商業地を好む傾向）や交通機関選択において交通費用を重視する程度が異なる

以上より、世帯はタイプごとに車保有状況が異なり、居住地選好や行動にも特徴があるといえ、都市構造の再編の検討においては、世帯タイプごと固有の影響を考える必要がある。さらに、対象とする都市圏がどのような人口分布・規模か、またどの程度交通機関が整備されているのか、もあわせて考えるべきである。そして検討に際して、土地利用—交通モデルを用いるのであれば、本研究の土地利用—交通モデルのような世帯タイプを明示できるモデルである必要がある。

今後の課題としては以下の3点が挙げられる。

- ・ 本研究では、サブモデルごとのパラメータの比較を行ったが、サブモデルは相互に連動しており、その相互作用の現われ方についても都市圏間で比較する必要がある。パラメータを動かす、あるいは、都市圏間で入れ替える、などの異なる検討が必要である。
- ・ 世帯タイプごとのパラメータの大小関係に、所得あるいはそれに占める交通費用の割合が影響している可能性がある。本研究で用いた世帯区分においては所得などによって区分をしていないため、ライフステージに加えて、所得水準も考慮した区分にする必要があると考えられる。
- ・ 本研究で用いた土地利用・交通モデルはゾーン内の集計値を用いたものであり、ゾーン設定の仕方が分析に影響をしている可能性がある。都市圏によらない一般的なゾーン区分の基準のようなものを今後検討していく必要があると考えられる。

注

本研究の土地利用・交通モデルは、低密度市街地の拡大やモータリゼーションの進展による環境負荷の増大を問題意識として作成したもので、以下が評価可能な政策である。

- ・ 土地利用政策：線引き制度
- ・ 交通政策：道路整備、公共交通施設整備

土地利用政策・交通政策の評価には、都市の主体の多様性を考えると複数の側面からの評価を考慮するべきであり、「社会」「個人」2つの側面から評価指標を導入した。それぞれ色々な

評価指標が考えられるが、「社会」は「1人当たり交通エネルギー消費量」,「個人」は「1人当たり一般化交通費用」を用いている。

〔2〕 PT 調査時点(1989 年)は沖縄都市モノレールは未開業。

〔3〕 従業人口についてのゾーン別の推計値と実績値を比較し、平均相対誤差率 (MAPE) を計算した ((8) 式)。

$$MAPE = \left(\sum_i \frac{|Y_i - X_i|}{X_i} \right) / n \quad (8)$$

MAPE : 平均相対誤差率 X_i : i ゾーンの実績値

Y_i : i ゾーンの推計値 n : ゾーン数

各都市圏の従業者数の MAPE を以下に示す。

仙台 17.3% 宇都宮 13.0% 沖縄 30.0%

〔4〕 エリア区分は以下のおこなった。

仙台都市圏		宇都宮都市圏		沖縄都市圏	
エリア区分	ゾーン	エリア区分	ゾーン	エリア区分	ゾーン
都心	1	都心	1	都心	1
都心周辺	2~6, 15	都心周辺	2~6	都心周辺	2~5
郊外	7~14, 16~20	郊外	7~13	郊外	6, 7, 16, 17, 19
その他	21~44	その他	14~24	その他	8~10, 15, 18, 20~29

〔5〕 居住立地モデルのパラメータ推定方法

パラメータの初期値を設定し、推計通勤トリップ OD を算出する。推計通勤トリップ OD と実績通勤トリップ OD とともにゾーン間交通費用を乗じて、それぞれ総和を算出し、総和に差なくなる

((9) 式) までパラメータを変化させ推定した。商業立地モデルも同様のアルゴリズムである。

$$\left\{ \sum_i \sum_j T_{ij}^h \times CC_{ij}^h \right\} - \left\{ \sum_i \sum_j \hat{T}_{ij}^h \times CC_{ij}^h \right\} = 0 \quad (9)$$

T_{ij}^h : 実績通勤トリップ OD

$\hat{T}_{ij}^h$: 世帯タイプ h の推計通勤トリップ OD ((1) 式の右辺)

CC_{ij}^h : 世帯タイプ h の通勤トリップの ij ゾーン間一般化交通費用

参考文献

- 1) 古谷知之：総合的な交通政策・計画の分析評価手法とモデルの展開，道経研シリーズ A-107 pp75-122, 2003
- 2) 杉田浩，鈴木紀一，秋元伸裕：世帯属性の変化が交通発生に及ぼす影響分析，運輸政策研究，vol.2, No.3, pp.9-17, 1999
- 3) 石田東生，上原穂高，岡本直久，古屋秀樹：東京都市圏における世帯の自動車保有及びトリップ発生に関する基礎的研究，土木計画学・論文集 vol.21 no.2, pp531-538, 2004
- 4) 杉田浩：日本の土地利用政策，交通政策が都市構造に与えた影響に関する基礎的研究，中央大学博士論文，2002

3 都市圏データを用いた土地利用—交通モデルの構造比較分析*

坂本将吾^{**}, 杉田浩^{***}, 谷下雅義^{****}, 鹿島茂^{*****}

世帯タイプによって立地・交通行動が異なることが明らかにされてきているが、同じタイプの主体が異なる都市圏でも行動・選好が共通かどうかはあまり検討されていない。本研究は同一の関数型・変数の土地利用・交通モデルを都市構造が異なる3都市圏に適用し、主体の行動・選好を推定されたパラメータでとらえ、世帯タイプ間・都市圏間での比較を行った。その結果、世帯員数が少ない世帯タイプは車保有の割合が低く、利便性や公共交通機関を重視して居住地を選択する傾向があること、同じ世帯タイプでも人口分布・規模や交通施設の状況によって選好が異なることなどを明らかにした。

Comparison of Structure of Land Use-Transport Interaction modeling using 3 Metropolitan Area data*

By Shogo SAKAMOTO^{**}, Hiroshi SUGITA^{***}, Masayoshi TANISHITA^{****}, Shigeru KASHIMA^{*****}

In this paper, we analyze the differences of the same categories household's and car ownership's preferences among three metropolitan areas which have difference in population density and the level of transportation service. For this analysis, we apply a same integrated land use-transport model to these areas considering 8 household types. As a result, the same categories household's and car ownership preference and action are different among metropolitan areas that are different from the population distribution and size and the level of transportation service.