

3 時点データを用いた土地利用・交通政策評価モデルの時間移転可能性に関する研究*

A study on Time Transfer Possibility of the Land Use Transport Interaction modeling on 3 time points data

木暮俊之^{**}, 杉田浩^{***}, 谷下雅義^{****}, 鹿島茂^{*****}

By Toshiyuki KIGURE^{**}, Hiroshi SUGITA^{***}, Masayoshi TANISHITA^{****}, Shigeru KASHIMA^{*****}

1. はじめに

人口減少, 少子高齢化社会は今後進展し, 地方都市をはじめとした多くの都市の郊外部などで, 土地利用計画や都市計画道路の見直しが問題となる。また, 地球環境問題への対応として都市構造の再編などもいわれており, 都市構造, 土地利用に関わる課題は今後, 益々重要となる。それは, 今までの, 白地に計画案を描く計画から, 既に市街地化している地域の再編成へと大きく異なってくる。市街地部の再編成の場合, 既に居住している多くの人々にそれぞれ固有の影響をもたらすこととなる。この場合, 計画案作成段階で, 数多くの代替案を比較し, 各代替案が誰にどのような影響を与えるか把握し, 望ましい代替案を選択することが必要である。すなわち, 従来のように平均的な人の立場からみた評価でなく, 個別主体(例えば高齢者)からみた評価が大切となる。このためには, 土地利用と交通を一体的に捉え, 都市に住む色々な人々の行動を表現可能な, 土地利用・交通モデルが都市計画・交通計画支援ツールとして重要な役割を果たす。最初に触れたように, 人口停滞・減少社会において適用可能であり, 主体個別に評価指標を算定可能であるためには, 精度の高いモデルが必要となる。そのため, モデルのパラメータが時間的に安定しているか検討し, モデルを適用しないと, 不適切な代替案の選択することとなる。このような問題意識のもと, 本研究においては, 精度高い都市計画・交通計画支援ツールの開発を最終目標とし, その前段として, 土地利用・交通モデルのパラメータの時点変動および, モデルの時間移転可能性について検討を行ったものである。

2. 研究の概要

(1) 研究の特徴と構成

欧米諸国においては, 土地利用交通モデルは, 1960 年代のローリーモデル, 1970 年代のエントロピーモデル

の活用, 1980 年代の大規模オペレーショナル群の開発などにより, 土地利用政策・交通政策の広範な分析に用いられてきた。大規模オペレーショナル群のモデルの不透明性, 計算可能性などの面からの批判があり, 一時, 土地利用モデルの研究・開発は下火になった。しかし, 実務的に, 交通政策が土地利用や環境に与えるインパクトを総合的に把握評価する必要性が高まり, 実務に利用可能な土地利用モデルが開発された。MEAPLAN(1990 年), TRANUS(1989 年), METROSIM(1982 年), DELTA(1994 年), URBANSIM(1998 年)などが有名であり, MEAPLAN, TRANUS, METROSIM は商業パッケージとして市販されている。また, URBANSIM はワシントン大学の Paul Waddell が中心となり開発されたものであり, モデルの計算パッケージはインターネットで公開され, 広く活用されている。わが国においても実務に活用可能なものとして, CALTUS(1983 年), RURBAN(1992-1998 年)などがあるが, これらのモデルの大半は特定の時点のデータを用いパラメータ推定を行い, 政策評価等のシミュレーションを行っており, モデルのパラメータが時間的に安定しているかの検討を行った例は少ない。

本研究では, 土地利用・交通政策評価モデルのパラメータが時間的にどのように変化しているか捉えた上, 土地利用・交通政策モデルの時間移転可能性について検討する。3 章では時間移転可能性の検討に用いた, 土地利用・交通政策評価モデルの概要について記述する。4 章では土地利用・交通政策モデルを分析する際ポイントとなる対象都市圏の都市構造がどのように変化しているかを概説する。5 章では, 仙台都市圏の 1972 年, 1982 年, 1992 年の 3 時点のデータを用い, パラメータ推定し, 3 時点でパラメータがどのように変化しているか分析する。6 章では, 土地利用・交通政策モデルの全体を移動し, モデルの時間移転可能性を検討する。具体的には, 外生変数の時点は同一(1992 年)とし, 時点の異なるパラメータ(1972 年, 1982 年, 1992 年)を用いたシミュレーションを実施した場合のアウトプットの差異を検討する。これらの結果を結論として 7 章に取りまとめる。

(2) 対象地域と使用データ

a) 対象地域

対象地域は, 仙台都市圏とした。仙台都市圏は, 東北の中心都市である仙台市を母都市とする 5 市 14 町 1 村か

*キーワーズ 都市計画, 土地利用

**正員 修(工) 千葉市役所(千葉県千葉市中央区千葉港 1-1 Tel043-245-5111, E-mail toshiyuk-kigure@city.chiba.jp)

***博(工) 財団法人計量計画研究所(東京都新宿区市ヶ谷本村町 2-9 Tel 03-3268-9939, E-mail hsugita@ibs.or.jp)

****博(工) 中央大学理工学部(東京都文京区春日 1-13-27, E-mail kashima@civil.chuo-u.ac.jp)

*****工博 中央大学理工学部(東京都文京区春日 1-13-27, E-mail

ら構成される(表.1)

表. 1 仙台都市圏の概要

	1975	1995
面積(km ²)	2183	
人口(千人)	1114	1493
市街化区域面積(km ²)	197	263
市街化区域人口(千人)	809	1198
市街化区域人口密度(千人/km ²)	4.1	4.5
軌道系交通機関	鉄道 路面電車	鉄道 地下鉄

(国勢調査、都市計画年報)

なお、仙台都市圏を対象地域として選定した理由は次のとおりである。

- ①土地利用・交通モデルを構築するのに必要なパーソントリップ(以下PTと称す)調査データの蓄積が多い。
- ②市街地が外延部に拡大し、郊外部への住宅、商業施設の立地など、ここ20~30年間に都市構造が変化している。
- ③公共交通機関として、地下鉄が整備されており高い公共交通サービス水準が確保されている。

b) 使用データ

使用データは仙台都市圏で実施された1972年、1982年、1992年の3時点のPT調査データとした(表.2)。

また、同じ特性を持つゾーンを統合し、4つの地域区分(都心、都心周辺、郊外、その他)を設定し、分析を行った。

表. 2 PT調査の概要

		調査年	対象市町村	大ゾーン数
仙台都市圏	第1回	1972	6市10町1村	38
	第2回	1982	6市19町1村	47
	第3回	1992	5市14町1村	44

3. 土地利用・交通政策評価モデルの概要

土地利用・交通政策評価モデルの時間移転可能性を検討するのに用いたモデルについて概述する。モデルは土地利用モデルと交通モデルの2つの部分から構成される(図.1)。これらのモデルは内生変数を介して相互に連動しており、均衡状態に達するまでフィードバック計算を行う。土地利用モデルはローリータイプのモデルであり、

立地主体は3つの産業と世帯(8タイプに区分)である。産業は製造業、公務などの自立立地型(外生)と自立立地型産業に依存する業務立地型、小売業、サービス業などの商業地指向型であり、これらの立地場所は順次、内生的に決定される。業務の立地場所が決定された後、世帯の立地場所が居住立地モデルにより決定される。交通モデルは世帯の自動車保有状況を決定する車保有モデル、交通需要量を決定する発生・集中、分布、分担モデルからなり、これらから土地利用モデルにフィードバックする情報、一般化交通費用が計算される。一般化交通費用は交通エネルギー消費量とともに評価指標にも用いられる。

なお、本モデルの特徴の一つは、立地主体、交通行動主体としての世帯を世帯タイプにより、8つに区分(表.4)したことである。単身世帯は狭くても利便性の高い住宅を好む一方、家族構成の多い世帯は広い郊外の住宅地を好むなど、世帯タイプにより立地選好も異なり、世帯タイプに区分することにより、モデルの精度向上に寄与すると考えられる。

また、高齢者がいる世帯タイプを特出したことにより、高齢者の立場からみた評価も可能となる。

表. 3 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)
	都市圏総従業人口(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)
	市街化区域エリア面積(ゾーン別)
交通	道路車線長(ゾーン別)
	軌道系利用のゾーン間所要時間、運賃
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)
	ゾーン間分布交通量(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	1人当たり交通エネルギー消費量(世帯タイプ別、居住地ゾーン別)
	1人当たり交通費用(世帯タイプ別、居住地ゾーン別)

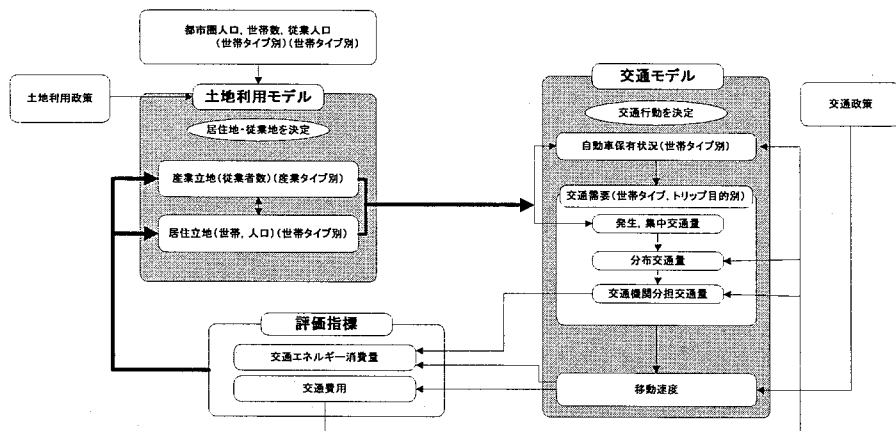


図. 1 土地利用・交通政策評価モデルの全体構成

表. 4 世帯タイプ区分

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

4. 都市構造の変化分析

土地利用・交通モデルの3時点のパラメータ比較分析する前に、仙台都市圏の都市構造が1972年、1982年、1992年の3時点でどのように変化しているか、世帯数と商業地指向型産業従業者の分布変化を地域(都心、都心周辺、郊外、その他)別に捉えた。

表5は世帯数の地域分布の変化を示したものである。1972年から1992年の20年間に世帯数は都市圏で284千世帯から502千世帯と77%増加している。地域別にみると都心の世帯数は減少する一方、都心周辺、郊外、その他地域で増加している。特に郊外の構成比は1972年の31.1%から1992年、42.0%と大きく増加している。

表. 5 世帯数の地域分布の変化

	都心	都心周辺	郊外	その他	合計
1972年	8,086 (2.8)	109,409 (38.6)	88,138 (31.1)	78,146 (27.5)	283,779
1982年	6,122 (1.5)	124,191 (30.9)	148,148 (36.9)	122,984 (30.6)	401,445
1992年	6,204 (1.2)	138,945 (27.7)	210,769 (42.0)	146,093 (29.1)	502,011

注: () 内の数字は地域構成比(%)

表6は世帯タイプ1(単身就業世帯)、世帯タイプ3(夫婦と子供からなる就業世帯)、世帯タイプ6(その他の就業世帯)について、居住地の分布変化をみたものである。世帯タイプ1は、1972年には利便性の高い都心周辺に住んでいる比率が高かったが、1972年から1992年の間に、郊外部で大きく増加し、1992年には、そのシェアは、ほぼ都心周辺と同程度となっている。世帯タイプ3は1972年では都心周辺と郊外ほぼ同程度の割合だったが、その後、都心周辺のシェアは低下、郊外のシェアが増加し1992年には約半数が郊外に住むようになっている。世帯タイプ6は1972年では都心周辺や都心といった中心部に居住するシェアは高かったが、1992年では郊外やその他地域に居住する割合が増加している。世帯タイプにより、変化の傾向は若干異なっているが、都心周辺から郊外に居住場所はシフトしていると考えられる。

表. 6 世帯分布の変化(世帯タイプ1,3,6)

		(%, 世帯)				
		都心	都心周辺	郊外	その他	世帯数
世帯タイプ1	1972年	8.1	48.0	26.5	17.4	33,471
	1982年	3.5	45.9	31.7	19.0	51,962
	1992年	2.5	43.0	40.3	14.1	81,068
世帯タイプ3	1972年	1.2	35.0	34.6	29.2	62,584
	1982年	0.9	24.0	46.3	28.8	83,665
	1992年	0.6	21.6	48.3	29.4	75,548
世帯タイプ6	1972年	4.1	42.8	29.5	23.6	21,630
	1982年	1.6	29.9	36.1	32.5	30,752
	1992年	1.5	23.5	41.4	33.5	53,070

表7は商業地指向型産業従業者の地域分布を示したものである。都心、都心周辺のシェアは1972年、34.2%、31.5%であったが、1992年には25.3%、24.0%に低下している。一方、郊外は1972年18.9%が、1992年32.3%と13.4ポイントも増加している。これらのことから、商業機能も周辺部にシフトしていることが伺える。

表. 7 商業地指向型産業従業者の地域分布の変化

	都心	都心周辺	郊外	その他	合計
1972年	39,868 (34.2)	38,722 (31.5)	22,072 (18.9)	17,858 (15.3)	116,520
1982年	59,262 (28.3)	56,153 (26.9)	55,269 (26.4)	38,445 (18.4)	209,129
1992年	69,896 (25.3)	66,259 (24.0)	89,192 (32.3)	50,723 (18.4)	276,070

注: () 内の数字は地域構成比(%)

5. 時点間でのパラメータの比較

1972年、1982年、1992年の3時点のPTデータを用い、土地利用・交通モデルの全てのパラメータを推定し、土地利用政策、交通政策が評価可能な土地利用・交通政策評価モデルを作成した。ここでは、時点間、世帯間、車保有タイプ間の比較で特徴的な結果がえられた、土地利用モデルの居住立地モデルと商業立地モデルについて記述する。

(1) 居住立地モデル

a) モデル構造

このモデルでは、従業者の居住場所を決定する。従業者数、従業地から居住地までの通勤トリップの一般化交通費用、居住地魅力度を説明変数とする(1)式により算定される。ここで、居住地魅力度^[1]は市街化区域面積と人口密度を説明変数とする(2)式により決定される。市街化区域面積は居住空間の有無を表す代理変数、人口密度は地域の利便性を表す代理変数である。

$$T_{ij}^h = E_{ij}^h \times \frac{LP_i^h \times \exp(-\beta \times CC^{ho=commuter}_{ij})}{\sum_i LP_i^h \times \exp(-\beta \times CC^{ho=commuter}_{ij})} \quad (1)$$

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

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_{ij}^h : j ゾーンにおける世帯タイプ h の従業者数(人)

$CC^{ho=commuter}_{ij}$: 通勤トリップの ij ゾーン間の一般化交通費用(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) 居住地魅力度のパラメータ比較

居住地魅力度推定式のパラメータ推定結果を表8に示す。 α_1 は市街化区域面積、 α_2 は人口密度にかかるパラメータである。

α_1 を横軸に、 α_2 を縦軸にとり、世帯タイプ別にこの値がどのように変化しているか示すと図2のとおりとなる。世帯タイプ1(単身就業世帯)～世帯タイプ5(夫婦と高齢者を含む就業世帯)については、 α_1 、 α_2 のパラメータ

タとも、世帯タイプ1が一番大きく、世帯タイプ2, 3, 4, 5の順に小さくなる。3時点の変化についてみると、世帯タイプ2(夫婦のみの就業世帯)から世帯タイプ5の4つの世帯タイプでは、 α_1 増加、 α_2 減少と同じパターンで変化している。世帯タイプ1のみ、 α_1 、 α_2 とも減少している。なお、世帯タイプ6(その他の就業世帯)、世帯タイプ7(高齢者のみの世帯)は、世帯タイプ1から世帯タイプ5の5つの世帯タイプとは異なる変化をしている。この中で、世帯タイプ6の変化は小さい。

次に、市街化区域面積(X_1)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(X_2)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り、この値(以下、限界効果の比率と称す)が時間とともにどう変化しているか(3)式によりみた。

$$(\partial LP / \partial X_2) / (\partial LP / \partial X_1) = (\alpha_2 / \alpha_1) \times (X_1 / X_2) \quad (3)$$

(X_1 , X_2 はそれぞれの変数の平均値を用いた。)

この値を世帯タイプ別に示したのが図3である。この値が大きくなれば、人口密度の高い場所を選ぶ確率が高くなるとみることができる。世帯タイプ7(高齢者のみの世帯)は他の世帯タイプと比較し、この値は高く、人口密度の高い場所を指向する傾向が高いことがわかる。変化についてみると、世帯タイプ1(単身就業世帯)はわずかに増加、世帯タイプ2(夫婦のみの就業世帯)はほぼ横ばいである。世帯タイプ3(夫婦と子供からなる就業世帯)から世帯タイプ5(夫婦と高齢者を含む就業世帯)は減少しており、この3つの世帯タイプは、人口密度の高い場所を嗜好する程度が弱まっていることがわかる。

c) 交通費用のパラメータ比較

一般化交通費用(通勤)のパラメータ(β)の推定結果を図4に示す。世帯タイプ1(単身就業世帯)、世帯タイプ3(夫婦と子供からなる就業世帯)が大きく、世帯タイプ2(夫婦のみの就業世帯)、世帯タイプ6(その他の就業世帯)、世帯タイプ7(高齢者のみの世帯)は小さい。変化についてみると世帯タイプ5(夫婦と高齢者を含む就業世帯)は単調増加しているが、世帯タイプ2から4は凸型、世帯タイプ1, 6, 7は凹型と変化のパターンは世帯タイプにより異なる。82年から92年の間に、地下鉄南北線が87年に開業している。地下鉄の開業により地下鉄沿線に世帯・

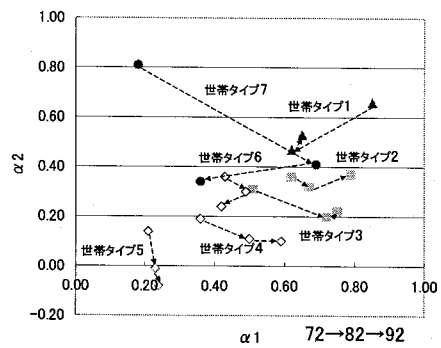


図. 2 居住地魅力度のパラメータの変化

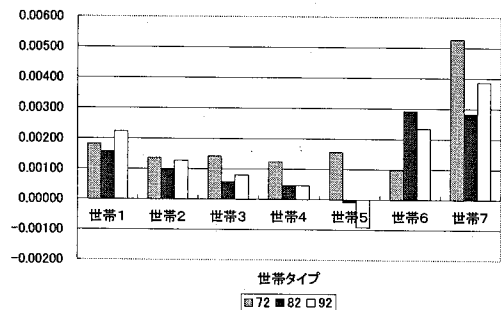


図. 3 限界効果の比率の変化

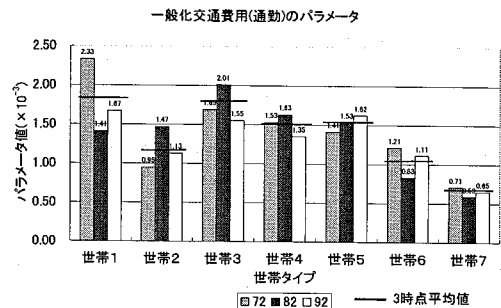


図. 4 一般化交通費用(通勤)のパラメータの時点比較

人口配置が高まり、この結果、世帯タイプによる凸型、凹型の2つの異なる変化になったと考えられる。前者は地下鉄開業前までは郊外を選好するウエイトが高かったが、開業後、都心に近い地下鉄沿線に居住地選好のウエイトを変えたグループである。後者は逆に、単身世帯な

表. 8 居住地魅力度のパラメータ推定結果

		世帯1	世帯2	世帯3	世帯4	世帯5	世帯6	世帯7
α_0	72	0.69 (0.52)	26.22 (8.51)	61.82 (10.61)	220.72 (13.65)	354.86 (15.29)	15.46 (5.57)	0.04 (2.85)
	82	7.44 (3.77)	37.79 (8.29)	135.91 (11.82)	424.04 (16.71)	1260.48 (20.44)	32.70 (9.48)	0.82 (0.20)
	92	5.29 (2.67)	18.08 (7.57)	75.79 (10.05)	406.58 (16.79)	2375.91 (22.12)	89.17 (12.84)	8.65 (3.33)
α_1	72	0.85 (3.66)	0.62 (4.86)	0.51 (3.94)	0.36 (2.72)	0.21 (1.64)	0.43 (2.67)	0.18 (0.48)
	82	0.62 (3.79)	0.67 (4.94)	0.72 (5.62)	0.50 (4.48)	0.23 (2.16)	0.49 (4.36)	0.69 (2.21)
	92	0.65 (3.95)	0.79 (7.83)	0.75 (6.63)	0.59 (6.23)	0.24 (2.59)	0.42 (4.61)	0.36 (2.11)
α_2	72	0.66 (5.71)	0.36 (5.80)	0.31 (4.86)	0.19 (2.91)	0.14 (2.15)	0.36 (4.47)	0.81 (4.28)
	82	0.47 (5.20)	0.32 (4.29)	0.20 (2.79)	0.11 (1.79)	-0.01 (-0.13)	0.30 (4.82)	0.41 (2.35)
	92	0.53 (5.43)	0.37 (6.17)	0.22 (3.31)	0.10 (1.73)	-0.08 (-1.46)	0.24 (4.43)	0.34 (3.35)

注: ()内の数字はt値

どであり、都心・都心周辺のエリアから、就業地には少し遠いが利便性の高い地下鉄沿線地域に居住地選好のウエイトを変更したグループと考えられる。

(2) 商業地立地モデル

a) モデル構造

このモデルは、小売業・サービス業など商業地に立地を指向する産業の立地場所を決める。買物集中トリップが多いほど、この産業は多く立地すると考え(4)式により求める。なお、買物の集中トリップ数は(5)式によりゾーン間買物トリップ数を求め、これを発ゾーンについて集計することにより求める。ゾーン間買物トリップ数の推計式は、買物トリップのゾーン間一般化交通費用、商業地魅力度、買物発生トリップ数を変数とするグラビティタイプ式であり、車保有タイプ別に構築^[2]されている。商業地魅力度^[3]は公共交通利用者数と道路車線延長を説明変数とする(6)式により推計する。

$$ES_j = K \times \sum_i \sum_n S_{ij}^n \quad (4)$$

$$S_{ij}^n = GS_i^n \times \frac{SP_j^n \times \exp(-\beta_n \times CS_{ij}^n)}{\sum_j SP_j^n \times \exp(-\beta_n \times CS_{ij}^n)} \quad (5)$$

$$SP_j^n = \alpha_0 + \alpha_1 \times TPUB_j + \alpha_2 \times SL_j \quad (6)$$

ES_j : j ゾーンの商業地指向型産業従業者数

K : 定数

S_{ij}^n : 車保有タイプ n に属する人の ij ゾーン間買物トリップ数

GS_i^n : 車保有タイプ n に属する人の買物発生トリップ数

CS_{ij}^n : 買物トリップの ij 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(km)

b) 商業地魅力度のパラメータ比較

商業地魅力度推計式のパラメータ推定結果を表9に示す。 α_1 は公共交通利用者数、 α_2 は道路車線延長のパラメータである。 α_1 はどの車保有タイプでも、1972年、1982年、1992年の順に減少している。一方、 α_2 はほとんどの車保有タイプで増加している。

図5は説明変数を標準化し、パラメータ推定した結果を示したものである。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することで、どちらの変数の利き方が大きいかわかる。

非保有、1台保有、2台以上保有の順で α_2 のパラメータは大きくなり、道路車線延長のききかたが高くなる。これより、車保有水準が高いほど、道路車線延長が大きい郊外商業地を重視する傾向が高まることがわかる。変化についてみると、全ての車保有タイプで α_2 の増加の

表. 9 商業地魅力度のパラメータ推計結果

	72			82			92		
	保有0	保有1以上	保有0	保有0	保有1	保有2以上	保有0	保有1	保有2以上
α_0	443.31	1444.31	-108.33	1716.29	410.14	239.74	306.86	888.78	1.67
α_1	0.21	1.06	-0.34	2.40	2.72	0.97	0.33	0.29	0.11
α_2	9.43	10.32	45.11	24.59	16.45	45.1	22.5	13.2	13.2
α_2	-0.026	-0.018	-0.003	0.003	-0.005	0.013	0.015	0.015	0.015
α_2	-1.87	-1.98	-1.53	0.77	1.48	-3.67	2.69	4.90	0.90
買物発生数	0.88	0.88	0.99	0.97	0.93	0.99	0.96	0.96	0.90

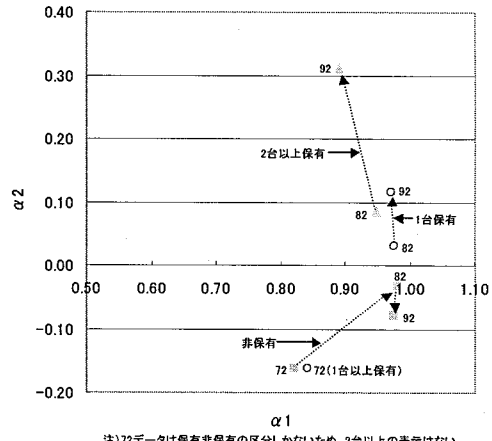


図. 5 商業地魅力度のパラメータ比較(標準化データ)

方が、 α_1 の増加より大きく、都心や鉄道駅周辺の商業施設より郊外商業施設を嗜好する割合が高まっているとみることができる。

c) 交通費用のパラメータ比較

一般化交通費用(買物)のパラメータ(β)の推定結果を図6に示す。全ての車保有タイプでパラメータは小さくなっている。これは、郊外住宅地の近くに郊外型商業施設が多数立地し、買物トリップのトリップ長が減少していることによるためと考えられる。

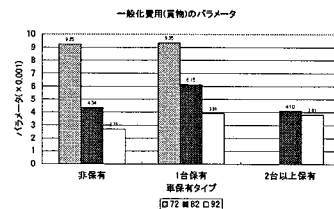


図. 6 一般化交通費用(買物)のパラメータの時点比較

6. 時間移転可能性の検討

(1) 分析方法

ここでは、土地利用・交通政策評価モデルの時間移転可能性について検討する。土地利用・交通政策評価モデルを作成する場合、特定の時点(例えば92年)のデータを用い、個々のモデルのパラメータ推定を行う。その後、個々のモデルのパラメータが妥当であるかどうか、パラメータの符号条件、安定性、モデルの適合度などから検討を行い、個々のモデルを確定する。更に、モデル全体

を通したシミュレーションを行い、推計値が実績値とどの程度一致しているかチェックを行う。例えば、92年のデータでモデルを作成し、このモデルからの推計値が92年の実績値と一致しているかのチェックとなる。この時、インプットデータは92年であり、アウトプットは92年の状況表現することとなる。

モデルの時間移転可能性は、ある時点のインプットデータと異なる時点のデータで推定したモデルのパラメータを用いて、ある時点の状況再現が可能かどうかにより行う。すなわち、インプットデータとパラメータの時点が同一にした時のアウトプット値を固有値(基準)として、インプットデータとパラメータの時点が異なる場合のアウトプット値を移転値とし、両者のアウトプット値を比較する。(図7)

本研究では、72年、82年それぞれのデータで推定したモデル(パラメータ)を用い、インプットデータのみ92年値を用いた場合のアウトプット値(移転値)が、92年のデータで推定したモデル(パラメータ)を用い、インプットデータも92年値の場合のアウトプット値(固有値)とどの程度一致しているかみることにより行った。(表10)

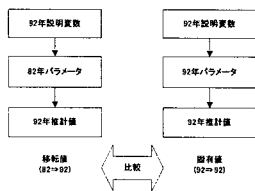
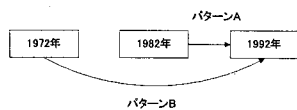


図. 7 時間移転可能性の分析方法

表. 10 分析ケース

パターン	分析方法	表記方法
A	82年のモデル(パラメータ)に92年のインプットデータを入力し、92年値を再現し、92年固有値(基準値)と比較する	82⇒92
B	72年のモデル(パラメータ)に92年のインプットデータを入力し、92年値を再現し、92年固有値(基準値)と比較する	72⇒92



(2) 分析結果

土地利用モデルの主要なアウトプットである世帯数と商業地指向型産業従業者について考察した。

①世帯数

図8、図9は世帯数(世帯タイプ合計)について、横軸に固有値、縦軸に移転値をとり、各ゾーンの値をプロットしたものである。82⇒92年はほぼ45度線にあるが、72⇒92年はプロットにばらつきがみられるようになる。

固有値と移転値の一致の度合いをみるために、固有値(92年モデル)を真値と考え、各移転値の平均相対誤差率(4)を計算し、それを各ゾーンのトリップ数(固有値)比率で重み付けし合計したもの((7)式)(以下、重み付き平均相

対誤差率と称す)を用いることとした。

$$WMAPE = \frac{\sum_{i \in J_r} X_i}{\sum_{i \in J_r} X_i} \times \frac{|Y_i - X_i|}{X_i} \quad (7)$$

$WMAPE$: 重み付き平均相対誤差率

Y_i : 移転値, X_i : 固有値

J_r : r 地域に属するゾーン群, i : ゾーン

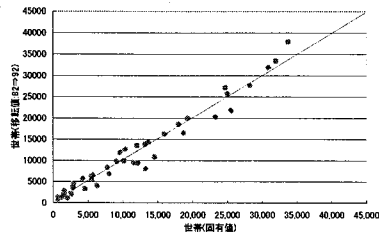


図. 8 固有値と移転値比較(世帯数:82⇒92)

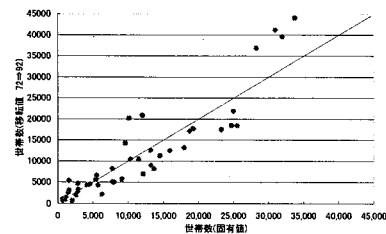


図. 9 固有値と移転値比較(世帯数:72⇒92)

また、92年モデルの重み付き平均相対誤差率(7)式の X_i に92年実績値、 Y_i に92年モデルの固有値を用い計算し基準値とした。

表11、表12、図10、図11にその結果を示す。

都市圏全体で重み付き平均相対誤差率は82⇒92、11.9%、72⇒92、28.3%であり、82⇒92は基準値25.2より小さいが、72⇒92は基準値を上回る。地域別にみると82⇒92の場合は2.3%~12.1%で、72⇒92の21.7%~31.0%に比較してその値はどの地域でも小さい。基準値と比較すると、82⇒92は全ての地域で下回るが、72⇒92では郊外を除く全ての地域で基準値を上回る。

世帯タイプ別にみると、82⇒92の場合、重み付き平均相対誤差率は12.3%~24.3%と最大でも世帯タイプ7の24.3%であり、全てが基準値を下回る。72⇒92の場合は19.2%~62.0%と世帯タイプ3~世帯タイプ7は基準値を上回る。

表. 11 重み付き平均相対誤差率 (地域別)

地域	都心	都心周辺	郊外	その他	全域 (%)
82⇒92	2.3	6.1	12.1	19.2	11.9
72⇒92	98.3	30.7	21.7	31.0	28.3
基準値	63.3	12.0	30.3	28.7	25.2

注) 基準値は92年モデルの重み付き平均相対誤差率

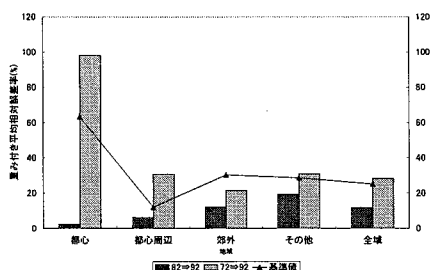


図. 10 重み付き平均相対誤差率比較(地域別)

表. 12 重み付き平均相対誤差率 (世帯タイプ別)

世帯タイプ	1	2	3	4	5	6	7
82⇒92	12.3	13.7	17.6	15.1	14.3	13.6	24.3
72⇒92	19.8	25.1	36.1	36.7	28.4	34.1	62.0
基準値	30.8	30.6	35.2	34.9	27.9	32.7	42.8

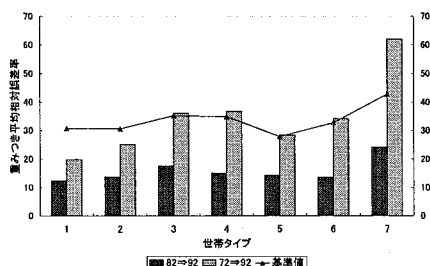


図. 11 重み付き平均相対誤差率比較(世帯タイプ別)

②商業地指向型産業従業者数

図.12, 図.13 は商業地指向型産業従業者について固有値と移転値を世帯数と同様にプロットし示した。世帯数の結果よりばらつきは大きい。

表.13, 図.14 に重み付き平均相対誤差率を示す。世帯数の場合と比較し、重み付き平均相対誤差率は大きく、全域でみると 82⇒92, 39.9%, 72⇒92, 50.5%とともに基準値を上回っている。

地域別にみると都心周辺、郊外は小さく、都心、その他地域は大きい。基準値を下回るのは 82⇒92 の都心周辺と郊外、72⇒92 の郊外のみであった。

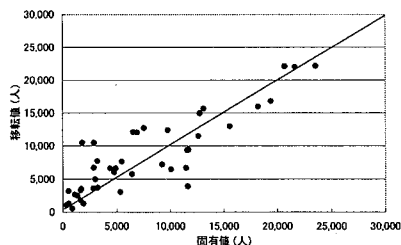


図. 12 固有値と移転値比較(商業地指向型産業:82⇒92)

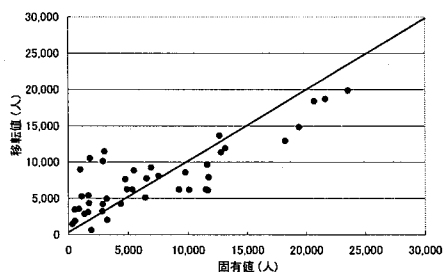


図. 13 固有値と移転値比較(商業地指向型産業:72⇒92)

表. 13 重み付き平均相対誤差率 (商業地指向型産業)

地域	都心	都心周辺	郊外	その他	合計
82⇒92	75.8	15.3	28.7	59.2	39.9
72⇒92	89.3	40.5	26.7	73.0	50.5
基準値	20.9	16.0	42.4	41.3	32.2

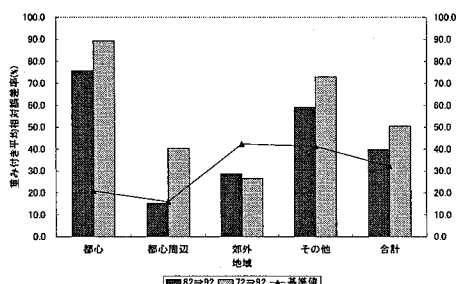


図. 14 重み付き平均相対誤差率比較(世帯タイプ別)

用・交通政策評価モデルのパラメータを推定し、モデルの時間移転可能性を検討した。

本研究で得られた知見をまとめると次のとおりである。

＜パラメータとその変化＞

①土地利用モデルのパラメータは時点により変化しており、その大きさは世帯や車保有タイプにより異なる。

②居住立地モデルのパラメータ分析から世帯タイプ 1(単身就業世帯)や世帯タイプ 7(高齢者のみの世帯)は人口密度の高い場所を嗜好するのに比較し、世帯タイプ 2～5 の普通世帯はその傾向は小さい。パラメータの変化の傾向も世帯タイプ 1, 世帯タイプ 7 のグループと世帯タイプ 2～5 のグループでは異なる。つまり、居住空間を選好する世帯と利便性を選好する世帯で傾向が分かれている。

③商業立地モデルのパラメータは、車を多く保有する世帯ほど道路車線延長のパラメータが大きく、郊外型商業地を嗜好する傾向が高い。パラメータの変化の傾向は、どの保有タイプでも同じで、公共交通利用者数のパラメータは減少する一方、道路車線延長のパラメータは増加している。

これは、モータリゼーションの進展や商業施設の郊外化の影響を受け、道路車線長の効き方が高まったことや、買物トリップ長が短くなったことなど都市構造の変化によるところが大きいと考えられる。

7. 結論

仙台都市圏を対象に、3 時点のデータを用い、土地利

＜時間移転可能性＞

④異なる時点のパラメータで、状況(世帯数分布、商業地指向型産業従業者数分布)が再現可能か重みつき平均相対誤差率でみると次のようであった。

・都市圏全体では、世帯数、商業地指向型産業従業者とも、82⇒92では基準値以下となったが、72⇒92は基準値を上回った。

・地域別では、世帯数は82⇒92では、全ての地域で基準値を下回った。72⇒92では郊外以外は基準値を上回った。商業地指向型産業従業者は都心周辺、郊外は都心やその他地域に比較し、重みつき平均相対誤差率は小さいが、基準値を下回るのは82⇒92の都心周辺と郊外、72⇒92の郊外のみであった。

・世帯タイプ別では、82⇒92はどの世帯タイプも基準値を下回ったが、72⇒92では世帯タイプ1,2を除き基準値を上回った。

以上のことは、「時点が離れるほどモデルの時間移転可能性は悪くなる」、「商業指向型産業従業者のような昼間系の人口配置より、世帯数など夜間系の人口配置の誤差の方が小さい」と要約できる。

このことから、近い将来(概ね10年先)の状況を検討するためには、現在のデータを用いて作成されたモデルのパラメータを用いても、推計結果にそれほど誤差は生じないが、都市構造の変化が大きい長期の検討を行う場合には、パラメータを修正しモデルを適用する必要があると考えられる。

今回、仙台都市圏を対象にモデルの時間移転可能性の検討を行ったが、他の都市圏でも同様な検討を行うとともに、異なる時点の状況を再現するためのパラメータ修

正方法等について検討することが今後の課題である。

注

①居住機材度

居住機材度係数のパラメータを推定する際、居住機材度の代理変数として通勤トリップ数を用いた。

②商業地力度モデルを車保有タイプ別に構築

車を保有しない世帯(都心や都心周辺)に、保有する世帯(郊外)に買物先を持つ意欲が高く、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で考えた。

③商業地力度

商業地力度係数のパラメータを推定する際、商業地力度の代理変数として買物集中トリップ数を用いた。

④各移転値の平均相対誤差率

通常モデルの精度は、算出値と固有値を比較するが、本研究では、モデルの時間移転性に焦点をあてているため、モデル固有の誤差を除き固有値と移転値の比較で精度の検討を行うことにした。

参考文献

- 1) 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，2001
- 2) 三古展弘，前畑弘明，山本俊行，森川行：中京都市圏における世帯の自動車・二輪車保有行動の時点間比較，土木計画学集巻2004
- 3) 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，道新シリーズA-107，pp75-122，2003.
- 4) 中林英夫，林良嗣，宮本和明：広域都市圏土地利用交通システム，土木学会論文集335，pp141-152，1983
- 5) Miyamoto, K. and K. Kitazume, "A Land Use Model Based on Random Utility/Rent Bidding Analysis (RURBAN)", Proceedings of 8th ECIR, Vol.4, pp.107-121, 1990
- 6) Echenique, M.H., "Urban and Regional Studies at the Marin Centre", Environment and Planning, 21 B, pp.517-533, 1994
- 7) Anas, A. MetroSim: a unified economic model of transportation and land use. Williamsville: Alex Anas, 1994
- 8) De la Barra, T., *Integrated Land Use and Transport Modeling*, Cambridge University Press, 1995
- 9) Roberts, and Simmonds DC, "A Strategic Modeling Approach for Urban Transport Policy Development", Traffic Engineering & Control, July/August, pp.377-384, 1997
- 10) Waddell P. "Urban Sim: modeling urban development for land use, transportation and environmental planning", Journal of the American Planning Association, Vol.68, pp.297-314, 2002

3時点データを用いた土地利用・交通政策評価モデルの時間移転可能性に関する研究*

木暮俊**、杉田浩***、谷下雅義****、鹿島茂*****

多くの土地利用交通モデルは、単一の時点データに基づきパラメータが推定されている。また、多くの場合、パラメータが時間的に安定しているか検討されず、評価に利用されている。本研究では、仙台都市圏の3時点のデータを用い、モデルのパラメータを推定し、その時点比較を行った。また、シミュレーション計算によりモデルの時間移転可能性を検討した。その結果、モデルのパラメータは時点により変化しているが、それは世帯や車保有タイプで異なること、また、パラメータを変化させず、シミュレーションした場合、世帯数は商業従事者数より精度高く、また、20年先より10年先の方が精度高く、推計できることが確認された。

A study on Time Transfer Possibility of the Land Use Transport Interaction Modeling on 3 time points data By Toshiyuki KIGURE^{*2}, Hiroshi SUGITA^{*3}, Masayoshi TANISHITA^{*4}, Shigeru KASHIMA^{*5}

Many Land Use Transportation Models are estimated its parameter used single time point data. And almost case it is not examined which its parameter is stable or not according to time point. In our study we estimated a parameter of Land Use and Transportation Model by 3 time point data of SMA. And analyzed parameter's stability and time transfer possibility.

As a result we confirmed parameter's size is different from time point. For the time transfer possibility household's estimation is better than commercial employee's estimation, and ten years after simulation is better than twenty years after simulation.