

# 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\*1

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

木暮俊之\*2, 杉田浩\*3, 谷下雅義\*4, 鹿島茂\*5

By Toshiyuki KIGURE\*2, Hiroshi SUGITA\*3, Masayoshi TANISHITA\*4, Shigeru KASHIMA\*5

## 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やその周辺で, 土地利用計画や都市計画道路の見直しや, 地球環境問題への対応として都市構造の再編など都市構造, 土地利用に関わる課題は今後, 益々重要となる. 今まで, 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とその内容は大きく異なる. 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となる. 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, 総合的な土地利用・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, また, 主体個別に評価指標を算定可能なことなどから, 精度の高いモデルが必要となり, モデルのパラメータが時間的に安定しているかなどの検討を十分に踏まえ, 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, 仙台都市圏を対象とし, 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. 本研究のフローを以下に示す(図1).

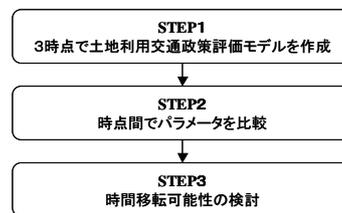


図1 研究のフロー

仙台都市圏は, 東北の中心都市仙台市を母都市とする都市圏であり5市14町1村から構成される(表1). 使用データは, 仙台都市圏パーソントリップ調査等を用いる(表2). 調査対象ゾーンは調査年によって異なるが本研究では1992年の44に統一することとした. また, 同じような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)を設定した.

複合世帯では広い郊外の住宅を好み単身世帯では狭くても利便性の高い住宅を好むなど, 家族構成によって居住場所の選好や交通行動は異なると考えられる. そこで, 世帯を世帯構成や就業状態により8つの世帯タイプに分類した(表3).

表1 仙台都市圏の概要

	1975	1995
面積(km <sup>2</sup> )	2183	
人口(千人)	1114	1493
市街化区域面積(km <sup>2</sup> )	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 <sup>2</sup> )	4.1	4.5
軌道系交通機関	鉄道	鉄道 路面電車 地下鉄

(国勢調査, 都市計画年報)

表2 パーソントリップ調査の概要

	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
	第2回	1982	6市19町1村
	第3回	1992	5市14町1村

表3 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

## 2. 土地利用・交通政策評価モデル

### (1) 対象地域と使用データ

対象地域は, データの蓄積も多く軌道系公共交通機関も整備されている人口100万人都市の仙台都市圏とする.

\*1 キ-ワ-ズ 都市計画, 土地利用

\*2 正員 修(工) 千葉市役所

(千葉市中央区千葉港1-1 TEL 043-245-5111)

\*3 正員 博(工) 財団法人計量計画研究所

(新宿区市ヶ谷本村町2-9 TEL 03-3268-9939)

\*4 正員 博(工) 中央大学理工学部

\*5 正員 博(工) 中央大学理工学部

(文京区春日1-13-27 TEL 03-3817-1810)

### (2) 土地利用・交通政策モデルの概要

土地利用・交通政策モデルは, 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2). これらのモデルは内生変数を介し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, 5つのサブモデル(居住立地・居住地魅力, 商業立地・商業

地魅力,業務立地)から構成され,産業と世帯の立地場所を決定する.交通モデルは,6つのサブモデル(発生,集中,分布,分担,保有,複数保有)から構成され,世帯の交通需要量,自動車保有状況を決定する.

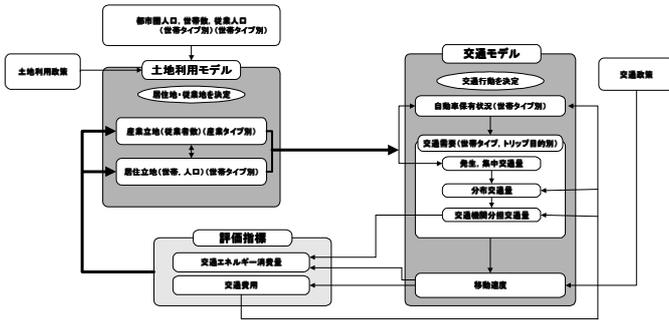


図2 土地利用・交通政策評価モデルの全体構成

### 3. 時点間でのパラメータの比較

ここでは,土地利用・交通政策評価モデルの各サブモデルのパラメータ推定を3時点で行い,時点間で比較を行う.比較結果は,時点間や世帯間,保有間の比較で特徴的な結果が得られた居住立地・居住地魅力,商業立地・商業地魅力,の4つのサブモデルについて記載する.

#### (1) 居住立地・居住地魅力モデル

このモデルでは,従業者の居住場所を世帯タイプ別に決定する.モデルは,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(代理変数として通勤発生トリップを使用)を説明変数とした(式(1)).また,居住地魅力度は市街化区域面積と人口密度を説明変数とするモデルより推計した(式(2)).ここでは,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として採用した.以下にパラメータの推定結果を示す(表4,5,図3,4).

$$T^{h_{ij}} = E^h_j \times \frac{LP^h_i \times \exp(-\beta \times CC^{ho=comuter}_{ij})}{\sum_i LP^h_i \times \exp(-\beta \times CC^{ho=comuter}_{ij})} \quad (1)$$

$T^{h_{ij}}$ :  $j$ 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

$E^h_j$ : 世帯タイプ  $h$ の従業者数(人)

$CC^{o=bu \sin ess}_{ij}$ : 通勤トリップの  $ij$ ゾーン間の一般化交通費用(円)

$LP^h_i$ : 世帯タイプ  $h$ に属する人の居住地魅力度

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

$UA_i$ : 市街化区域面積(km<sup>2</sup>)       $POP_i / Sq_i$ : 人口密度(人/km<sup>2</sup>)

表4 居住立地モデル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
72	$\beta$	2.33E-03	9.50E-04	1.69E-03	1.53E-03	1.41E-03	1.21E-03	7.10E-04
	重相関係数	0.91	0.88	0.84	0.90	0.87	0.92	0.91
82	$\beta$	1.41E-03	1.47E-03	2.01E-03	1.63E-03	1.53E-03	8.30E-04	5.90E-04
	重相関係数	0.91	0.91	0.85	0.88	0.80	0.91	0.91
92	$\beta$	1.67E-03	1.13E-03	1.55E-03	1.35E-03	1.62E-03	1.11E-03	6.50E-04
	重相関係数	0.95	0.91	0.87	0.81	0.81	0.84	0.85

居住立地モデルは,時点間で大きな変化はみられなかった.世帯間では,世帯7においてどの時点でも他の世

帯よりパラメータが小さくなっている.これは,高齢者のみの世帯であるため通勤にあまり関係ないためであると考えられる.

表5 居住地魅力度モデル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
72	$\alpha 0$	0.69	26.22	61.82	220.72	354.86	15.46	0.04
	t値	0.52	8.51	10.61	13.65	15.29	5.57	2.85
	$\alpha 1$	0.85	0.62	0.51	0.36	0.21	0.43	0.18
	t値	3.66	4.86	3.94	2.72	1.64	2.67	0.48
82	$\alpha 0$	0.66	0.36	0.31	0.19	0.135	0.36	0.81
	t値	5.71	5.80	4.86	2.91	2.15	4.47	4.28
	重相関係数	0.84	0.87	0.82	0.68	0.53	0.77	0.66
	重相関係数	0.84	0.87	0.82	0.68	0.53	0.77	0.66
92	$\alpha 0$	7.44	37.79	135.91	424.04	1260.48	32.70	0.82
	t値	3.77	8.29	11.82	16.71	20.44	9.48	0.20
	$\alpha 1$	0.62	0.67	0.72	0.50	0.23	0.49	0.69
	t値	3.79	4.94	5.62	4.48	2.16	4.36	2.21
82	$\alpha 0$	0.47	0.32	0.20	0.11	-0.008	0.30	0.41
	t値	5.20	4.29	2.79	1.79	-0.13	4.82	2.35
	重相関係数	0.85	0.85	0.83	0.75	0.55	0.85	0.63
	重相関係数	0.85	0.85	0.83	0.75	0.55	0.85	0.63
92	$\alpha 0$	5.29	18.08	75.79	406.58	2375.91	89.17	8.65
	t値	2.67	7.57	10.05	16.79	22.12	12.84	3.33
	$\alpha 1$	0.65	0.79	0.75	0.59	0.24	0.42	0.36
	t値	3.95	7.83	6.63	6.23	2.59	4.61	2.11
92	$\alpha 0$	0.53	0.37	0.22	0.10	-0.08	0.24	0.34
	t値	5.43	6.17	3.31	1.73	-1.46	4.43	3.35
	重相関係数	0.81	0.90	0.83	0.78	0.45	0.80	0.63
	重相関係数	0.81	0.90	0.83	0.78	0.45	0.80	0.63

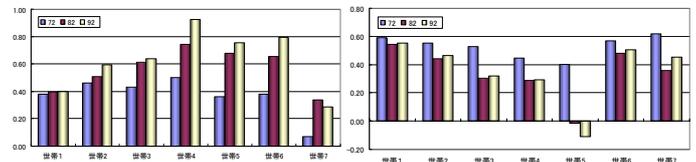


図3 市街化区域面積パラメータ

図4 人口密度パラメータ

居住地魅力度モデルにおける,市街化区域面積のパラメータは世帯7を除き,どの世帯も年々増加している.増加割合は世帯1,世帯2では小さいが世帯4,世帯5では大きい.一方,人口密度のパラメータはどの世帯も年々減少する傾向にあるが,世帯1,世帯2ではその割合は小さい.これは,世帯構成人数の少ない世帯では宅地の広さより利便性を,世帯構成人数の多い世帯では利便性よりも宅地の広さをそれぞれ選好する傾向にあることと考えられる.

#### (2) 商業立地・商業地魅力モデル

このモデルでは,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定する.この産業は買物集中トリップに比例するとし,ここでは車保有タイプ別ゾーン間買物トリップ分布を決定する.買物集中トリップの地域別構成比率は,車を保有しない世帯では都心,都心周辺に多く分布し,保有する世帯では郊外に多く分布する傾向があり,世帯タイプ別よりも車保有タイプ別のほうがはっきりしているためこのように構築した.モデルは,買物発生トリップ,買物トリップのゾーン間一般化交通費用,買物地魅力度(代理変数として買物集中トリップを使用)を説明変数した(式(3)).また,商業地魅力度は公共交通利用者数と道路車線延長を説明変数とするモデルより推計した(式(4)).以下にパラメータの推定結果を示す(表6,7,図5,6).

$$S^{n_{ij}} = GS^n_i \times \frac{SP^n_j \times \exp(-\beta_n \times CS^n_{ij})}{\sum_j SP^n_j \times \exp(-\beta_n \times CS^n_{ij})} \quad (3)$$

$S^{n_{ij}}$ : 車保有タイプ  $n$ に属する人の  $ij$ ゾーン間買物トリップ分布

$GS^n_i$  : 車保有タイプ  $n$  に属する人の買物発生トリップ

$CS^n_{ij}$  : 買物トリップの  $ij$  ゾーン間の一般化交通費用(円)

$SP^n_j$  :  $j$  ゾーンに車保有タイプ  $n$  に属する人の商業地魅力度

$$SP^n_j = \alpha_0 + \alpha_1 \times TPUB_j + \alpha_2 \times SL_j \quad (4)$$

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

表 6 商業立地モデルのパラメータ推定結果

		0台	1台	2台以上
		$\beta$	9.25E-03	9.35E-03
72	重相関係数	0.94	0.92	
82	$\beta$	4.34E-03	6.15E-03	4.10E-03
	重相関係数	0.92	0.92	0.86
92	$\beta$	2.71E-03	3.91E-03	3.81E-03
	重相関係数	0.89	0.90	0.86

商業立地モデルは、時点間でどの保有タイプにおいてもパラメータが年々減少する傾向にある。これは、商業施設が郊外に分散したことや、モータリゼーションの進展に伴い平均トリップ長の長い自動車の分担率が増加したことにより、買物トリップ分布が分散したことによると考えられる。

表 7 買物地魅力度モデルのパラメータ推定結果

	72		82		92			
	保有0	保有1以上	保有0	保有1	保有0	保有2以上		
$\alpha_0$	443.31	1444.31	-108.33	1716.29	410.14	239.74	306.86	988.78
t値	0.21	1.08	-0.34	2.40	2.72	0.97	0.33	1.67
$\alpha_1$	1.21	0.86	0.23	0.29	0.04	0.15	0.29	0.11
t値	9.43	10.32	45.11	24.59	16.45	45.1	22.5	13.2
$\alpha_2$	-0.026	-0.018	-0.003	0.003	0.001	-0.005	0.013	0.015
t値	-1.87	-1.98	-1.53	0.77	1.48	-3.67	2.69	4.60
重相関係数	0.86	0.88	0.99	0.97	0.93	0.99	0.96	0.90

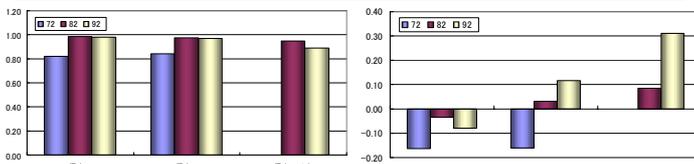


図 5 公共交通利用者数パラメータ

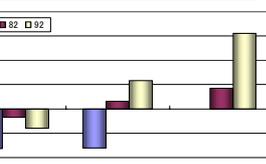


図 6 道路延長パラメータ

買物地魅力度モデルは、公共交通利用者数のパラメータは時点間であまり変化しない。保有間では、保有2台以上で若干小さい傾向がある。これは、あまり公共交通を使用しないためであると考えられる。一方、道路車線延長のパラメータは、時点間で自動車保有世帯において年々増加する傾向がある。これは、モータリゼーションの進展により自動車保有が増加し道路車線延長に対する魅力が高まったことによると考えられる。

#### 4. モデルの移転可能性の検討

ここでは、ある時点の説明変数に対して異なる時点のパラメータを用いて現況再現が可能か検討する。具体的には、パラメータと説明変数の時点が同一のケース(固有値)を基準値として、同一でないケース(移転値)と現況再現を比較することにより行う(図 7)。分析パターンは以下の3パターンとした(表 8, 図 8)。また、検討はパーシャルテスト(サブモデルごとに推計)とトータルテスト(モデル全体を通して推計)それぞれについて行った。

検討結果は、土地利用モデルから居住立地, 商業立地,

と交通モデルから発生(通勤目的), 集中(帰宅目的), の4つのサブモデルについて記載する。また, 前述のように世帯構成人数により選好は異なると考えられる。よって, 世帯別に構築しているモデルに関しては単身世帯から世帯1, 複合世帯から世帯4を中心に記載する。

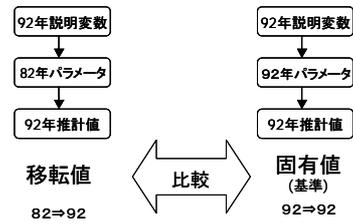


図 7 時間移転可能性の検討法

表 8 分析パターン

パターン	分析方法	表記法
パターンA	82年のモデルに92年の説明変数を入力し92年の現況再現を行う	82⇒92
パターンB	72年のモデルに92年の説明変数を入力し92年の現況再現を行う	72⇒92
パターンC	72年のモデルに82年の説明変数を入力し82年の現況再現を行う	72⇒82



図 8 分析パターン

(1) 居住立地, 商業立地モデルの時間移転可能性の検討  
居住立地モデルと商業立地モデルの検討結果それぞれ以下に示す(居住立地: 図 9~11, 商業立地: 図 12~14)。  
移転値は、居住立地モデルは変化しないが、商業立地モデルは、20年先になると変化する。

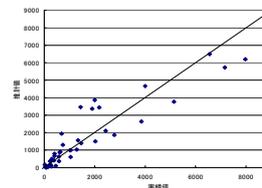


図 9 固有値(世帯1:92 92T注1)

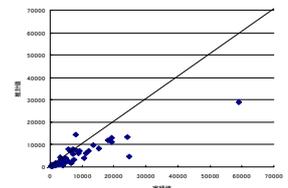


図 12 固有値(保有1:92 92T)

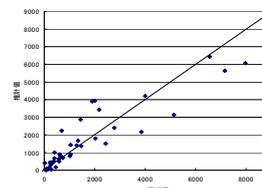


図 10 移転値(世帯1:82 92T)

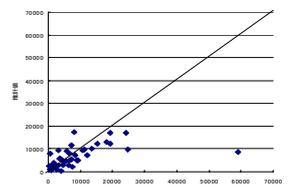


図 13 移転値(保有1:82 92T)

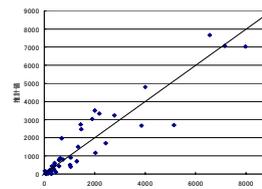


図 11 移転値(世帯1:72 92T)

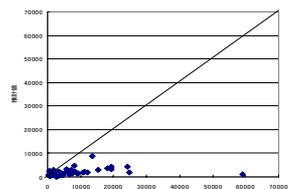


図 14 移転値(保有1:72 92T)

注 1: Tはトータルテスト, Pはパーシャルテストの結果であることそれぞれを示す。

(2) 発生モデルの時間移転可能性の検討

発生モデルは、ゾーン別発生交通量を世帯数、従業人口を説明変数として決定する。発生モデル(通勤目的)の検討結果を以下に示す(図 15~17)。移転値は、20 年先になるとやや過小に推計される傾向にある。これは、通勤発生トリップが少ないと考えられる自営業者の構成比率が時点間で減少したことによると考えられる(図 18)。また、世帯 1 も世帯 4 と同様の傾向がみられた。

(3) 集中モデルの時間移転可能性の検討

集中モデルは、ゾーン別発生交通量を世帯数、従業人口を説明変数として決定する。集中モデル(買物目的)の検討結果を以下に示す(図 19~24)。移転値は、世帯 1 ではあまり変化しないが、世帯 4 では都心、都心周辺で過大に推計される傾向にある。また、その傾向は 20 年先の方が大きい。これは、買物集中トリップの地域別構成比率(図 25,26)を比較すると、世帯 4 は構成比率が、時点とともに都心中心から郊外中心へとシフトしているため、都心、都心周辺で過大となったと考えられる。一方、世帯 1 ではやや郊外にシフトするものの構成比率が変わる程ではなかったため移転値もあまり変化しなかったと考えられる。

5. まとめ

土地利用・交通政策評価モデルを 3 時点で構築し時間移転可能性の検討を行った。ここで、検討結果を整理する。

土地利用モデルでは、居住立地モデル、商業立地モデルともパラメータは変化するが、居住立地モデルに関しては、移転値はあまり変化しない。一方、商業立地モデルは 10 年先の推計では移転値は変化しないが 20 年先では移転値大きく変化した。

交通モデルでは通勤の発生のように、時代によらず変化しない行動では移転値はあまり変化しない。一方、買物の集中のように都市構造の変化に大きく左右される交通行動では移転値の変化は大きく、今回の分析でも都市の郊外化により移転値は変化している。その変化も都心、都心周辺地域で過大になるなど地域によりその影響は異なる。また、20 年先になると変化が大きくなるなど移転させるスパンによっても傾向は異なる。今回、記載することは出来なかったが保有モデルでは、移転値が過小になり、その変化は 20 年先になるとより大きくなる傾向がみられた。これは、時点間でモータリゼーションが進展したため自動車保有率が年々高い構造になっていったことによると考えられる。これらの結果からパラメータや移転値の変化は都市構造の変化と大きく関係があるといえる。

これより、対象都市の都市構造の変化を考慮し、土地利用・交通政策評価モデルのパラメータを修正すればモデルの時間移転性は高まると考えられる。

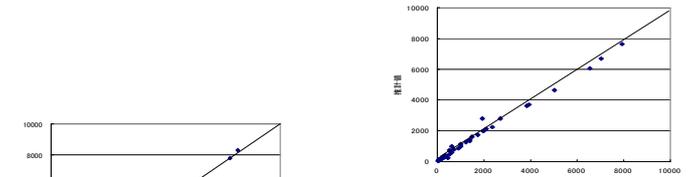


図 15 固有値(世帯 4,通勤:92 92P)

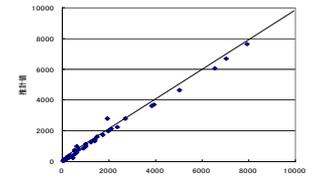


図 16 移転値(世帯 4,通勤:82 92P)

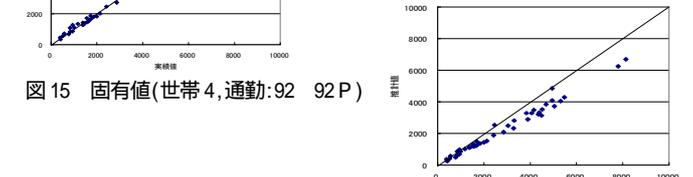


図 17 移転値(世帯 4,通勤:72 92P)

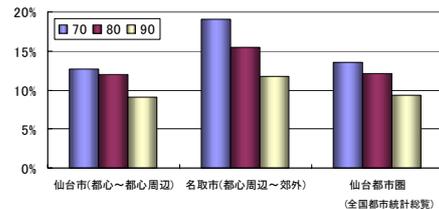


図 18 自営業者構成比率

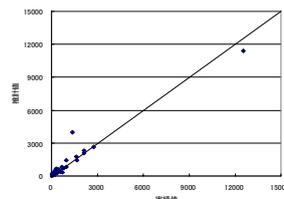


図 19 固有値(世帯 1,買物:92 92P)

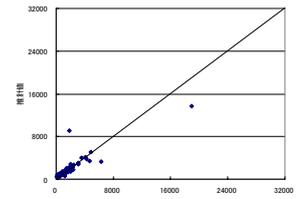


図 22 固有値(世帯 4,買物:92 92P)

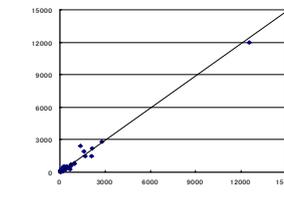


図 20 移転値(世帯 1,買物:82 92P)

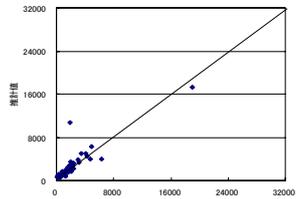


図 23 移転値(世帯 4,買物:82 92P)

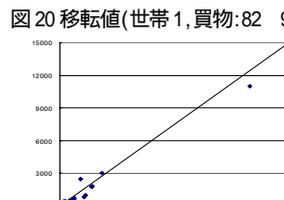


図 21 移転値(世帯 1,買物:72 92P)

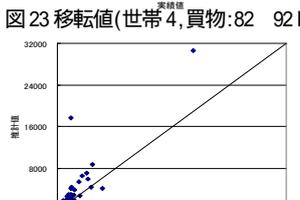


図 24 移転値(世帯 4,買物:72 92P)

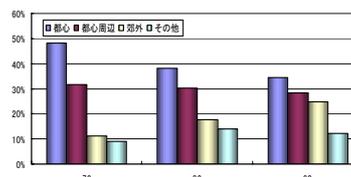


図 25 買物集中トリップ構成比率(世帯 1)

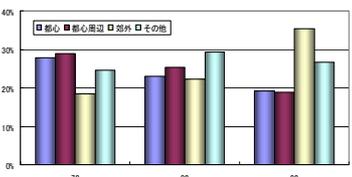


図 26 買物集中トリップ構成比率(世帯 4)

【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・前そば宏明・山本俊行・森川高行：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，土木計画学講演集，2004 年