

## 162. 個人行動データを用いた都市特性と自動車利用量の関連分析

Analysis on Relationship between Urban Characters and Car Usage Based on Personal Trip Data

谷口 守<sup>\*</sup>・村川威臣<sup>\*\*</sup>・森田哲夫<sup>\*\*\*</sup>

Mamoru Taniguchi, Takeomi Murakawa and Tetsuo Morita

This study aims to find the relationship between urban layout and automobile usage patterns in Japan, especially focusing on gasoline consumption. The trip data was collected for 67 typical cities from the Nationwide Person-trip Surveys that were conducted in 1987 and 1992. Individual trip data are revised for accurate calculation. The relationship between car usage and factors such as urban density was calibrated by the model. It was found that the urban density is not only one of important factors that influence car usage in each city. Factors such as number of railway stations, area dummies and development history are indispensable factors to explain the level or car usage.

**Keywords :** urban layout, nation-wide person-trip survey, gasoline consumption, urban density  
都市形態, 全国パーソントリップ調査, ガソリン消費, 人口密度

### 1. はじめに

交通環境問題の解決のため、自動車利用を適切にコントロールしていくことが求められている。特に最近では、自動車利用の制御そのものに着目した政策に留まらず、英国の PPG13<sup>1)</sup> にみられるような土地利用計画と連動した政策の重要性が指摘されるようになってきている。このような、都市の構造とそこでの交通特性との関連を検討した例として、まず Thomson<sup>2)</sup> の研究があげられる。彼は高密度型の強中心都市において公共交通への指向性が高まり、この逆に低密度分散型都市が自動車利用に特化することを概念的に整理している。一方、このような概念的な研究に対し、実証レベルでの研究は、中村<sup>3)</sup> が指摘するように自動車走行台キロのデータを統一的な観点から整備することが難しかったため、実際に定量的な検証を行うことは容易ではなかった。この問題に取り組んだ例として知られているのは、主に欧米諸都市を対象とした図-1に示す Newman ら<sup>4)</sup> の研究がある。上述した PPG13 もこの図に基づく知見が取り入れられ、土地利用と交通計画の一体化がはかられるようになったものである。わが国の諸都市においても、今後の政策検討のために、この図-1のような自動車利用と基本的な都市特性との関連を、十分な数の都市に対する統一的な分析から明らかにしておく必要があり、本研究ではその実現と、都市特性と自動車利用間の更に詳細な関連を定量的に明らかにすることを目的とする。

証的研究は、その利用データに着目して、次の2つのグループに大別することができる。1) ガソリン消費量などのエネルギー利用そのものに着目した研究と、2) 交通行動データをもとに自動車利用の特性を割り出そうとする研究である。このうち前者には、鈴木<sup>5)</sup> のように、エネルギー消費の特性分析という観点にたち、各市の統計書から電力、

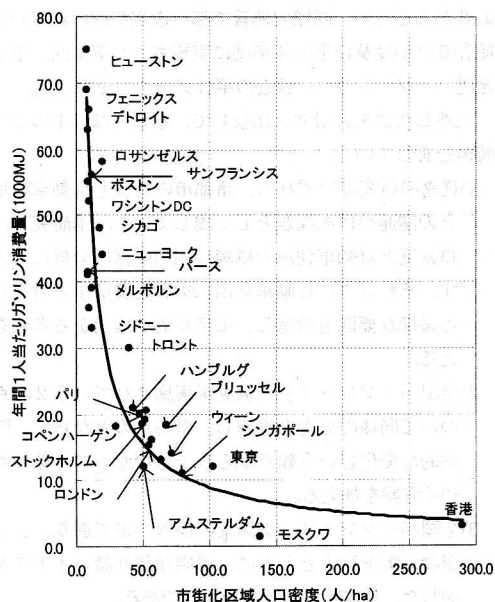


図-1 主要都市のガソリン消費量と人口密度の関連 (1989) (文献4)より転載)

### 2. 従来の研究と本研究の特徴

#### (1) 従来の研究

わが国における自動車利用と都市特性の関連に関する実

<sup>\*</sup> 正会員 岡山大学環境理工学部 (Okayama U.)、<sup>\*\*</sup> 学生会員 岡山大学大学院工学研究科 (Okayama U.)

<sup>\*\*\*</sup> 正会員 計量計画研究所

都市ガス、灯油、プロパン、揮発油、軽・重油の利用量を拾い、自動車依存度の高い都市が揮発油利用に特化していることを明らかにした研究がみられる。また、鳴井ら<sup>6)</sup>は家計調査年報を取り上げ、1都市でのサンプル数が96世帯とやや少なく、また大都市に偏った調査ではあるが、世帯当たり年間ガソリン購入量平均値をデータとして利用し、その特性を明らかにしている。この他にも都道府県レベルではあるが、地域特性とガソリン消費の関係を明らかにしようとした伊藤<sup>7)</sup>の研究もみられる。

一方、実際の交通行動から自動車利用と都市特性の関連を検討しようとした研究には、まず道路交通センサスを用いた検討<sup>3)</sup>があげられるが、精度的な課題が大きいことも指摘されている。森本<sup>8)</sup>らは複数都市において同一基準で実施された全国パーソントリップ調査のデータを用い、特に中規模都市を対象として市街地の幾何学的形状と交通エネルギー利用との関係について言及している。また、中村<sup>3)</sup>は都市ごとの平均的な自動車走行台キロをもとに、ガソリン消費量を算出している。これら全国パーソントリップ調査を用いた研究はいずれも単時点、各種データは都市ごとの平均値が用いられている。

## (2) 本研究の特徴

本研究では、全国の多様な都市を対象とした分析を行う必要があるため、同様の趣旨で都市選定が行われている、昭和62年度及び平成4年度に実施された第1回、第2回全国パーソントリップ調査の平日データを使用した。

先述した従来の研究と比較して、本研究は以下のような特徴を有している。

- 1)従来の研究はいずれも、諸都市の特性と自動車利用量との関連づけを課題として残していた。本研究では人口密度と自動車利用の単純な相関関係の分析に留まらず、それ以外に自動車利用に影響を及ぼすと考えられる多様な要因も考慮し、モデル的な検討から考察を加える。
- 2)全国パーソントリップ調査が実施されている2時点について同様の分析を実施し、単時点のみならず、時系列的な変化という観点からも十分なサンプル数にもとづく考察を加える。
- 3)全国パーソントリップ調査の個票にまで遡り、より厳密な分析を行うとともに、可能な限り諸バイアスを排除した。具体的には下記の通りである。
  - a)自動車のみを手段とするトリップについては、都市ごとの平均値を用いるのではなく、一人一人の交通データに遡り、個人の自動車利用に対応したデータを用いた。これにより各個人がトリップを行ったときの混雑状況の差異も分析に考慮されることになる。

b)全国パーソントリップ調査では、トリップの構成手段は調査されていても、その構成手段ごとの利用時間や距離の内訳は調査されておらず、移動時間と移動距離の全体が代表交通手段によるものとして計算されるのが通常で、バイアスの原因となっている。本研究では4.で後述する方法で、このバイアスを最大限取り除くことを試みた。

c)全国パーソントリップ調査は基本的に市域全体ではなく、市街化区域のみからデータのサンプリングを行っている。このため、人口密度などを検討する際には、市域の値よりも実際に対応する市街化区域のデータを用いることでバイアスの軽減をはかった。

## 3. 対象都市と使用データ

第2回全国パーソントリップ調査の調査対象都市は、人口100万人以上の都市全てと、1)都市の人口規模、2)都市圏の規模、3)都市圏内での位置、という点で偏らないように選ばれた都市を合わせ、全国78都市が第1回調査の対象都市の中から選定されている。なお本研究では、この78都市のうち市街化区域の設定されている67都市を対象とした。第2回調査の概要は表-1のとおりであるが、原則として市街化区域を有する30丁字から世帯のサンプリングを行っているため、空間的偏在が少なく、諸都市特性と交通特性の関連がよく表れていると考えられる。交通特性に関する集計結果は既にまとめられており<sup>9)</sup>、都市特性との関連についても、基礎的な傾向は明らかにされている<sup>10-11)</sup>。

自動車利用量については、各個人がどれだけガソリンを消費しているかという観点から定義を行った。しかし、全国パーソントリップ調査では一つのトリップを構成するジャーニの交通手段については全て記されているものの、距離、所要時間についてはトリップ全体の情報しか調査されていない。このため、本研究では各トリップで実質的に自動車利用に割かれた距離と時間を以下に述べる方法によって推定し、各都市における自動車利用の実態を精緻に求めている。なお、1トリップの移動距離が80kmを越えるトリップを有する個人については、都市圏外への移動を伴っていると判断し、データの誤記入の恐れもあることから分

表-1 平成4年度全国パーソントリップ調査の概要

調査対象者	1都市あたり360世帯の5歳以上の構成員全員 (全国計29520世帯、80997人)
調査対象地域	原則として市街化区域内
調査対象日	平成4年度10月における平日・休日各1日
調査方法	訪問配布留置訪問回収法
調査票	世帯表:構成員の属性、自動車利用可能性等 個人票:出発時刻・到着時刻、目的、交通手段等
回収状況	25009世帯、67067人(有効回収率82.8%)

析対象外としている。

#### 4. 自動車利用量の推計

まず、全国パーソントリップ調査に基づく自動車利用量の推計を行う。ここでは特に先述した本研究の特徴の 3)a)、3)b)の両要件を満足させるため、下記のような推計方法を採用した。まず、3)b)に関連し、全国パーソントリップ調査では、混合トリップの構成手段は調査されていても、その構成手段ごとの利用時間や距離の内訳は調査されていない。集計の結果、自動車利用を含む混合トリップは、例えば第2回調査の場合、表-2に示す構成になっていることが明らかになったが、この No.2 以降の組み合わせの混合トリップについては、その全移動時間及び距離が代表交通手段に費やされたとして推計を行うしか方法がなかった。本研究では、このうち第4番目まで、つまり自動車利用トリップ全体の 98.5%を対象とし、自動車と徒歩を利用した混合トリップについては、自動車利用の距離、時間を下記の連立方程式と制約条件によって具体的に推計を行った。第4番目までを対象とすることにより、どの都市においてもほぼ完全に (96~100%) 自動車利用トリップをカバーすることができ、各都市平均して約 1100 トリップのサンプルが得られた。

なお、混合トリップにおける自動車利用の距離と時間を求める際に、徒歩の速度を時速 4km、自動車の速度は、自動車のみを利用したトリップから求めた各都市の平均自動車速度に等しいものと仮定している。また、3)a)で述べたように可能な限り個別の混雑状況も考慮できるよう、自動車のみの単独トリップ (全体の 94.3%) については個別の自動車速度をデータとして用いた。

表-2 自動車利用トリップの交通手段構成  
(平成4年度調査)

No.	交通手段構成	トリップ数	%
1	自動車	70,848	94.3%
2	自動車 → 徒歩	1,387	1.8%
3	徒歩 → 自動車	1,142	1.5%
4	徒歩 → 自動車 → 徒歩	674	0.9%
5	自動車 → 鉄道 → 徒歩	312	0.4%
6	徒歩 → 鉄道 → 自動車	238	0.3%
7	自動車 → 二輪車	79	0.1%
8	二輪車 → 自動車	62	0.1%

$$\begin{cases} s_w + s_c = S \\ \frac{s_w}{v_w} + \frac{s_c}{v_c} = T \end{cases} \quad (1)$$

ただし、

$$\frac{s_w}{v_w} + \frac{s_c}{v_c} = T \quad (2)$$

$$\frac{S}{T} < 4.0 \Rightarrow s_w = S, s_c = 0$$

$$\frac{S}{T} > v_c \Rightarrow s_w = 0, s_c = S, v_c = \frac{S}{T}$$

ここで、

$$\begin{aligned} s_w &: \text{徒歩移動距離}, & s_c &: \text{自動車移動距離} \\ v_c &: \text{自動車速度}, & v_w &: \text{徒歩速度} \\ S &: \text{トリップ距離}, & T &: \text{トリップ時間} \end{aligned}$$

また、

$$q = 0.290x + 49.3 \quad (3)$$

$q[cc/km]$  : 距離当たり燃料消費量 (街路平常走行時)

$x[秒/km]$  : (旅行時間)<sup>-1</sup>

$$Q = q \times s_c \quad (4)$$

$Q[cc]$  : トリップ当たり燃料消費量

このようにして得られた個人別の交通データを基に、これらの交通を全てガソリン乗用車による街路平常走行であると見なし、旅行速度と距離当たり燃料消費量との関連を表す上式<sup>12)</sup>を用いて各都市における1人あたりガソリン消費量を推計した。(3)式では速度が非常に速くなった時に燃費が逆に悪化する非線形的な関係を考慮できていないが、通常の都市内交通を対象としているため、問題はないと考えた。なお、自動車利用時の運転の有無について、第1回調査では調査項目に含まれていない。そこで本研究では各都市において、車を運転している主体によるトリップが全自動車利用トリップに占める割合を第2回調査時点と同一であると仮定し、全自動車利用トリップに要する各都市のガソリン消費量の総和にこの割合を乗じ、調査対象人数で除することにより1人あたりガソリン消費量を算出している。その結果と、全国パーソントリップ調査が調査対象とする市街化区域の人口密度との関係を、3段階の人口規模とともに示したものが図-2、図-3である。これらの図は、Newman<sup>4)</sup>らが世界の約30都市について示した、1人あたりガソリン消費量と人口密度の関連と同様の傾向を呈している。なお、全国PT調査はあくまで家庭調査であるため、都市内の物流に関連する自動車利用のデータは含まれておらず、Newman<sup>4)</sup>らの研究結果と比較して、どの都市においても全般的に1人あたり自動車利用量が少な目に算出されたのは、この理由によるものと考えられる。

この結果からまず、自動車利用は人口などの都市特性よりも人口密度と明確な関連があることが読みとれる。また全体的な自動車利用量の増加という傾向に加えて、人口密度が50人/ha程度以下の都市においては自動車利用の度

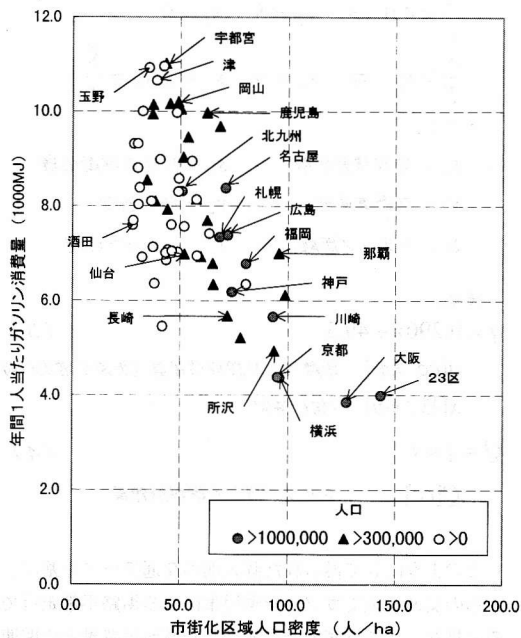


図-2 1人当たりガソリン消費量と人口密度の関連（平成4年度）

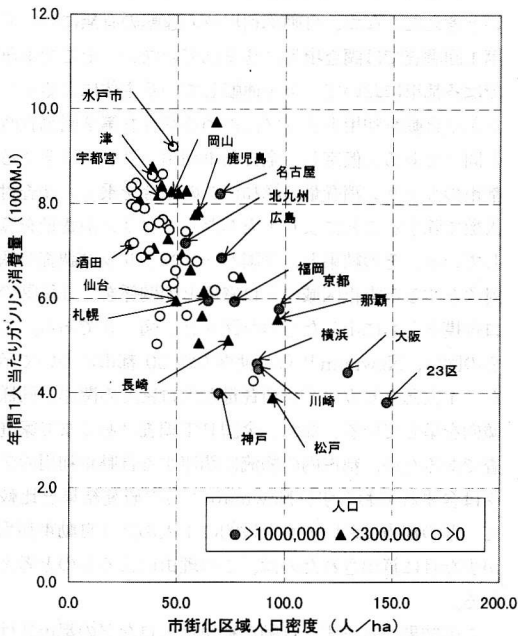


図-3 1人当たりガソリン消費量と人口密度の関連（昭和62年度）

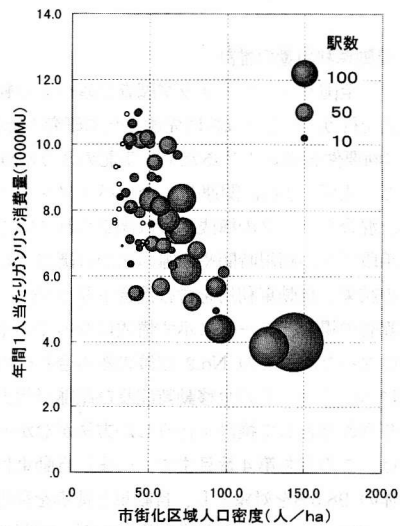


図-4 ガソリン消費量と駅数の関連（平成4年度）

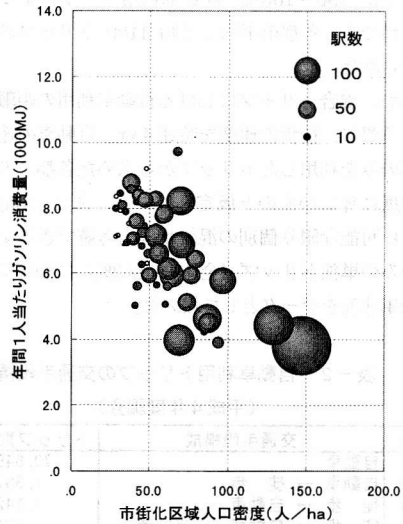


図-5 ガソリン消費量と駅数の関連（昭和62年度）

合いには大きなばらつきがあり、昭和62年度の結果と比較して、平成4年度においてそのばらつきがさらに拡大している様子が顕著に見られる。さらに、自動車利用量と関連のあるその他の都市形態を表す指標の例として都市内に存在する駅の数を取り上げ、円の半径の大小により駅数の多少を表す情報を付加したグラフを図-4、図-5に示した。さらに、図-6に駅数と自動車利用量の変化をプロットしたが、駅数が10以下の都市ではほとんどが自動車利

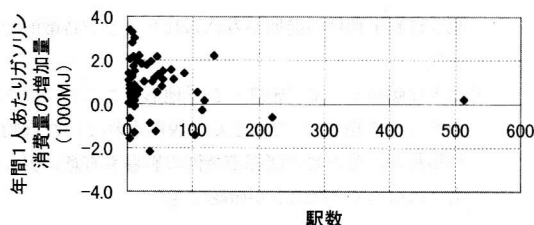


図-6 駅数と自動車利用量の変化  
(昭和62年度～平成4年度)

用量の顕著な増加がみられる。この駅数は路面電車の駅までを含んでいるため、駅数の多い都市の結果を解釈するには注意が必要ではあるが、駅数と自動車利用量変化の弱い逆相関を読みとることができる。

### 5. 都市形態と自動車利用量の関連

自動車利用量と都市形態との関連をより正確に把握するため、次に、ガソリン消費量の自然対数値を被説明変数とし、候補とした説明変数群から、表-3に示す諸都市特性を説明変数とした重回帰分析と相関分析を両調査年度について行った結果を表-4、5に示す。なお重回帰分析に用いた変数値は、駅数(1990年次)を除いてはそれぞれ全国パーソントリップ調査年次に対応している。

まず、自由度修正決定係数が0.815と十分に高い平成4年度の重回帰モデルからは、次のことが読みとれる。1) 人口密度は自動車利用を説明する重要な要因であるが、その他にも有意な変数は数多く存在する。2) 駅数が多く、公共交通の利用可能性が高いこと、港湾都市といった地形的な条件も自動車利用の少なさと関連性が高い。3) 歴史的都市が若干自動車利用の低い傾向があるのに対し、戦災復興都市では自動車利用の傾向が非常に強い。4) これら

全国の都市に共通する要因に加え、大阪大都市圏での自動車利用の少なさ、北関東における都市での自動車利用の高さが目立った傾向として読みとれる。全く同じ説明変数で

表-3 重回帰分析に用いた説明変数

No.	説明変数・備考
1	駅数 路面電車駅を含む
2	市街化区域人口密度 単位: (人/ha)
3	京阪神地域ダミー (大津, 京都, 宇治, 大阪, 堺, 神戸, 奈良)
4	港湾都市ダミー 貿易港として発展した都市 (小樽, 横浜, 神戸, 長崎)
5	東京通勤圏域ダミー (取手, 熊谷, 所沢, 千葉, 松戸, 23区, 町田, 横浜, 川崎)
6	城下町ダミー 城下町として発展し、 戦災ダミーと重複しない都市 (弘前, 盛岡, 仙台, 宇都宮, 金沢, 名古屋, 松本, 浜松, 京都, 大阪, 姫路, 鳥取, 松江, 徳山, 丸亀, 今治, 高知, 熊本, 大分)
7	宅地化度 <sup>1,3)</sup> 宅地化度 = (住宅系面積) / (DID面積)
8	北関東地域ダミー (水戸, 勝田, 宇都宮, 桐生)
9	第2次産業従業人口率
10	人口30～70万人県庁所在地ダミー (宇都宮, 岐阜, 富山, 金沢, 静岡, 高知, 熊本, 那覇, 岡山, 奈良, 長崎, 大分, 鹿児島)
11	戦災ダミー 市街地が、戦災によって 60%以上被害を受けた都市 (水戸, 甲府, 岐阜, 静岡, 津, 神戸, 岡山, 広島, 徳島, 鹿児島)
12	都市計画道路延長 単位: (km)

表-4 重回帰分析の結果

No.	説明変数	平成4年度		昭和62年度 (I※)		昭和62年度 (II※※)	
		標準化係数	t 値	標準化係数	t 値	標準化係数	t 値
1	駅数	-0.398	-2.884	-0.124	-0.647		
2	市街化区域人口密度	-0.372	-3.543	-0.585	-4.256	-0.657	-6.881
3	京阪神地域ダミー	-0.315	-4.836	-0.056	-0.671		
4	港湾都市ダミー	-0.232	-4.180	-0.332	-4.644	-0.343	-5.104
5	東京通勤圏域ダミー	-0.184	-2.532	-0.232	-2.516	-0.210	-2.746
6	城下町ダミー	-0.040	-0.649	0.016	0.205		
7	宅地化度	0.062	0.946	0.005	0.063		
8	北関東地域ダミー	0.115	2.044	0.063	0.867	0.076	1.125
9	第2次産業従業人口率	0.149	2.364	0.048	0.596		
10	人口30～70万人県庁所在地ダミー	0.225	3.816	0.145	1.908	0.142	2.035
11	戦災ダミー	0.257	4.228	0.169	2.173	0.160	2.323
12	都市計画道路延長	0.362	2.813	0.226	1.310	0.144	1.654
-	定数項		15.850		15.371		51.425
自由度調整決定係数		0.815		0.691		0.711	

※ 平成4年度と同一の説明変数を用いたモデル

※※ I から t 値の低い説明変数を除いたモデル



表－5 年間1人当たりガソリン消費量と  
各説明変数間の相関係数値（平成4年度）

No.	説明変数	平成4年度	昭和62年度
1	駅数	-0.447	-0.426
2	市街化区域人口密度	-0.654	-0.670
3	京阪神地域ダミー	-0.471	-0.279
4	港湾都市ダミー	-0.311	-0.401
5	東京通勤圏域ダミー	-0.437	-0.514
6	城下町ダミー	-0.014	0.103
7	宅地化度	0.257	0.234
8	北関東地域ダミー	0.365	0.250
9	第2次産業従業人口率	0.189	0.069
10	人口30～70万人 県庁所在地ダミー	0.273	0.188
11	戦災ダミー	0.305	0.225
12	都市計画道路延長	-0.349	-0.334

昭和62年度のガソリン消費量について分析を行ったところ（表－4・Ⅰ）、自由度修正済決定係数が0.691とやや低く、人口密度以外の変数のt値、パラメータ値も相対的に小さい。さらに有意でない変数をぬいてモデルを作成し直したところ、表－4・Ⅱの結果が得られた。これらの結果から、昭和62年度では他の変数と比較して、市街化区域人口密度と港湾都市ダミーが非常に強い有意性を示していたのに対し、最近になるとそれ以外の説明変数の有意性も相対的に高まってきたといえる。特に昭和62年度では駅数に関する有意性が低かったのに対し、平成4年度では有意性が高まっており、軌道系交通整備を事前に実施できていたかどうか、自動車利用の増加を抑えるかどうかの1つのポイントと解釈することも可能である。

なお、表－5では年間1人当たりガソリン消費量と都市計画道路延長の間の相関係数が負値であるにもかかわらず、表－4の重回帰分析の結果では都市計画道路延長のパラメータ値が正となっている。これは誤りではなく、単純な関係を見れば都市計画道路延長が長いのは東京や大阪などの大都市であるが、モデル分析から人口密度などの影響を考慮すると都市計画道路延長がガソリン消費量に正の影響を及ぼすことが浮彫にできたことを示すものである。

## 6. 分析結果のまとめ

本研究より得られた結論をまとめると、次の通りである。

- 1) Thomson が概念的に示し、Newman らが海外の諸都市で検証した人口密度と自動車利用の関係を、全国パーソントリップ調査が含み得るバイアスを最大限排除した形で明らかにすることができた。
- 2) この結果、対応する市街化区域人口密度の水準は自動車利用の状況に大きな影響を及ぼしているが、我が国の諸都市においてはモデルに取り入れられたその他の諸要因の影響も少なくないことが確認できた。
- 3) 経年的には軌道系交通施設の不十分な都市において急

激な自動車利用の進展がみられたことが特徴的であった。

- 4) 大きな傾向として「密度」と「地形（ここでは港湾都市ダミーを指す）」でほとんど説明されていた自動車利用量が、その他の諸都市特性の影響も有意に表れるようになってきたことが確認できた。

## 7. 今後の課題

本研究より、都市形態と自動車利用のマクロな関係は明らかに出来たが、今後は具体的な都市整備方策につながるような分析に展開していく必要がある。実際に住宅地等を整備していく際に個々の開発エリアをどのような密度、構成として計画すれば交通環境上どれだけの影響が及ぶかといった観点からの検討が必要である。

## <参考文献>

- 1) 谷口守(1998), 「土地利用・交通計画一体化のためのガイドラインの実際と課題」, 土木計画学研究・論文集 No.15, pp.227-234
- 2) Thomson, J.M.(1977), *Great cities and their traffic*, Victor Gollancz Ltd.
- 3) 中村隆司(1997), 「わが国における自動車利用と都市特性－環境負荷の小さな都市と交通－」, pp.13-29, 日本交通政策研究会 A-20
- 4) Peter Newman and Jeffrey Kenworthy(1989), *Cities and automobile dependence :An international sourcebook*, Gower Technical
- 5) 鈴木勉(1996), 「全国主要都市におけるエネルギー消費構造に関する比較分析」, 都市計画論文集 No.31, pp.751-756
- 6) 鳴井・中村・岩崎(1998), 「家庭のガソリン消費と都市の形態に関する研究」, 土木計画学研究・論文集 No.15, pp.267-274
- 7) 伊藤雅(1997), 「乗用車保有・利用構造の地域別時系列把握のための集計パネル分析」, 京都大学学位論文
- 8) 森本・古池(1997), 「都市構造が運輸エネルギーに及ぼす影響に関する研究」, 都市計画論文集 No.30, pp.685-690
- 9) 建設省都市局都市交通調査室(1993), 「平成4年度第2回全国都市PT調査報告書－現況分析編－」
- 10) 下田・浅野・中野(1991), 「全国パーソントリップ調査とデータ特性」, 土木計画学研究・論文集 No.9, pp.53～60
- 11) 下田・浅野・望月(1991), 「都市交通から見た都市特性の比較」, 都市計画論文集 No.26, pp.301～306
- 12) 金安・金泉(1972), 「交通公害」, 技術書院, p.31
- 13) 佐保肇(1998), 「中小都市における都市構造のコンパクト性に関する研究」, 都市計画学会論文集 No.33, pp.73-78