

# 環境態度を考慮したコミュニティの人口密度が 自動車保有・利用に与える影響分析

谷下 雅義<sup>1</sup>

<sup>1</sup>正会員 中央大学教授 理工学部都市環境学科 (〒112-8551 文京区春日 1-12-27)  
E-mail: tanishi@civil.chuo-u.ac.jp

人口密度が自動車の保有・利用に影響を及ぼすことはよく知られているが、その程度は十分明らかでない。本研究は、過小定式化バイアスを避けるため、個人単位の環境態度にかかわる変数、具体的には公共交通、インフラ整備や自動車利用に関する政府の政策に対する人々の反応を環境態度としてモデルに取り込み、自動車の保有・利用に影響分析を行った。環境態度は、自動車の保有・利用に影響を与えているとともに、環境態度を考慮すると、保有台数・走行量ともに人口密度の弾性値が小さくなることを明らかにした。

**Key Words:** Population density, car ownership, car usage, environmental attitude

## 1. はじめに

輸送部門は世界のエネルギー消費の20%以上を占め、乗用車は約17%を占める。CO<sub>2</sub>排出量を削減するために、現在、都市のコンパクト化によりエネルギー使用、およびCO<sub>2</sub>排出を抑えることを可能にするための研究が多く行われている。

これまでは集計データを用いた分析が多く行われてきたが、集計バイアスを避けるため、近年は個票単位での分析が主流になっている。

Adib K. Kanafani<sup>1)</sup>は米国の国勢調査データを用いた研究で、人口密度を倍にすると家庭のCO<sub>2</sub>排出量が約5~12%、最大で25%低下する可能性があることを示唆している。

川野・谷下<sup>2)</sup>はスイスの自動車の保有・利用に関する個票データを用いて分析を行い、人口密度が自動車の保有・利用に影響を与えているが、車種選択には影響を与えていないことを明らかにした。その際、人口密度の影響が過小定式化バイアスにより過大に評価されることを防ぐため、最小の行政単位であるコミュニティ単位の環境保全を求める「緑の党への投票率」を説明変数に加え、分析を行った。「環境問題に取り組む政党への投票率」が高い地域ほど相対的に環境意識の高いとみなし、その結果、高い地域ほど自動車の保有・利用が少なくなる傾向があるという知見を得た。

しかし、個票単位の分析においては、環境態度（本研究では、CO<sub>2</sub>排出の原因である自動車の保有・利用行動内容に影響を与えるであろう潜在的に存在する世帯(個人)単位の環境に対する反応の特徴のことをいう）も自動車等の保有・利用に影響を及ぼす要因であることが指摘されており、人口密度と環境態度を同時に考慮しなければ、正確

な人口密度の影響を把握することはできない<sup>3)</sup>との知見もある。

川野・谷下の研究では、データ内に収められた世帯単位の環境態度に関わるアンケート項目を用いず、地域の集計値であるコミュニティ単位のデータで分析したため、依然モデルのパラメータにバイアスが発生している可能性がある。

本研究は、個人単位の環境態度にかかわる変数、具体的には公共交通、インフラ整備や自動車利用に関する政府の政策に対する人々の反応を環境態度としてモデルに取り込み、自動車の保有・利用に影響分析を行うものである。環境態度を説明変数としてモデルに投入し、それを加えたときと加えない時で人口密度や所得のパラメータがどう変化するかについて定量的に分析する。

## 2. 方法

1. アンケートの回答結果をもとに因子分析を行い環境態度因子を推定。  
↓
2. 因子得点を環境態度を表す変数として加えて自動車の保有・使用について回帰分析

自動車保有台数・走行量に関するモデルを作成し、単身世帯、複数員世帯に分けて、各モデル・各変数のパラメータを推定し、環境態度を考慮した場合、しない場合を比較考察する。モデル式は以下に示す通りである。

- a. 自動車保有台数：地域属性および世帯属性を説明変数として、単身世帯は、保有・非保有の2項ロジット、複数員世帯においては、

0/1/2+台を被説明変数とするランクロジットを用いて推定する。

- b. 自動車走行量(km/年・世帯)：自動車を保有している世帯を対象に、地域属性および世帯属性を説明変数として、モデルを用いて推定する。

### 3. データ

Swiss Statistics (スイス統計局(Web))

人口密度のデータを使用

Micro census in Swiss 2000

世帯や個人単位のデータである。保有台数や車両ごとの走行量そして世帯属性に加えて、環境態度に関するアンケートへの回答が記載されている。このうち、環境態度を除く説明変数として、以下の変数を使用する(表-1)。

人口密度に関しては、スイスを3000分割ほどにした最小地方自治体である commune(gemeinde)毎のデータを使用する。

走行量の分析では、年間の走行距離が50,000kmを超えるあるいは保有しているにもかかわらず年間200km未満の世帯のサンプルは除いた。

表-3に相関変数間の相関行列を示す。変数間に強い相関はない。

表-1 説明変数

属性	変数	備考
X1:地域属性	log(人口密度)	(人/ha)
	およびその2乗	
X2:世帯属性	log(収入)	収入:8階級の中央値の対数
	およびその2乗	
	世帯人員数(人)	
	6歳未満者数(人)	
	世帯タイプダミー	0:単身世帯 1:非単身世帯
	主言語ダミー	0:ドイツ語 1:ドイツ語以外
	住居タイプダミー	0:戸建住居 1:集合住宅
	別荘数(戸)	
	環境態度	

表-2 コミュニケーションの特性

	最小値	第一四分位点	中央値	第三四分位点	最大値	平均値	標準偏差
人口(人)	22	344	870	2,235	363,300	2,517	9,757
面積(ha)	32	360	683	1,336	28,220	1,381	2,273
人口密度(人/ha)	0.007	0.52	1.2	3.02	111.7	3.12	6.2

環境態度を表す変数は直接観測できないため、Micro census in Swiss 2000に掲載されている公共交通、インフラ整備や自動車利用に関する政府の政策に対するアンケート回答を用いて因子分析を行い、導出した因子得点を、環境態度を表す指標とする。アンケートデータは主に、政府の政策に関する賛否に関するものと公共交通に対する満足度等に関するものの2種類に分けられる。両方に回答している世帯はほとんどなく、同時に分析することはできなかったため、政府の政策に関するアンケートを項目A、公共交通に関するアンケートを項目Bとして別々に導出し、後に統合する。

まずアンケートの項目を確認し、回答者が、アンケート上で表明した意思に従ったとき、自動車の保有・利用の抑制につながると判断した選択肢に高い値を割り振り、因子分析を行った。

因子得点導出に使用したアンケート項目を表-4に示す(\*印が付いている項目は表明意思に従わないほうが時保有・利用抑制につながると判断したもの)。

サンプル数は項目Aが6190、項目Bが6064である。

表-4 アンケート項目

numb	項目A(政府の政策に関する)
a5	交通機関に助成金を支給する政策に賛成
a6	車の排気ガス放出量に関する技術的な基準を厳しくする政策に賛成
a7	ガソリン価格を増加させる政策に賛成
a8	自動車用トンネルの通行量を課す政策に賛成
a9	ピーク交通時間に都心への入り口にて通行料を課す政策に賛成
a10	都心の駐車場の料金を高くする政策に賛成
* a11	施策による追加収入は、交通体系(車を所有しているときの税金、燃料の税金)で課された既存の税金を下げるのに使用する政策に賛成
* a13	施策による追加収入は道路交通に使用する政策に賛成
a14	施策による追加収入は国庫に入れる政策に賛成
numb	項目B(公共交通に関する)
b1	近年、スイスには、非常に良い拡大した道路網があると感じる。
b2	道路網の拡大は数年間必要ではないと考える。
b3	生活圏と都市のセンターでは、制限速度30ゾーンを設けるなど、交通をさらに遅くしなければならないと思う。
* b5	都心部の公共交通を値上げすべきである。
* b6	今日の公共交通はあまりに高い。より安くならないといけない。

表-3 相関係数行列

	log(人口密度)	log(収入)	世帯人員数	6歳以下人員数	世帯タイプ	主言語	住居タイプ	別荘数	環境態度	AorBダミー	環境態度*AorB
log(人口密度)	1.00										
log(収入)	0.02	1.00									
世帯人員数	-0.19	0.36	1.00								
6歳以下人員数	-0.07	0.08	0.44	1.00							
世帯タイプ	-0.16	0.41	0.70	0.22	1.00						
主言語	0.06	-0.05	2.E-03	0.01	-0.01	1.00					
住居タイプ	0.33	-0.17	-0.24	-0.03	-0.23	0.05	1.00				
別荘数	0.01	0.14	0.05	-0.05	0.07	0.04	-0.07	1.00			
環境態度	0.06	-0.04	-0.01	0.01	-0.05	-0.15	0.01	-0.01	1.00		
AorBダミー	0.01	4.E-03	0.01	0.01	0.01	-5.E-03	0.02	3.E-03	-2.E-03	1.00	
環境態度*AorB	0.04	-0.05	-3.E-04	0.02	-0.03	-0.11	4.E-03	-0.01	0.73	0.01	1.00

図-1 A項目因子負荷量

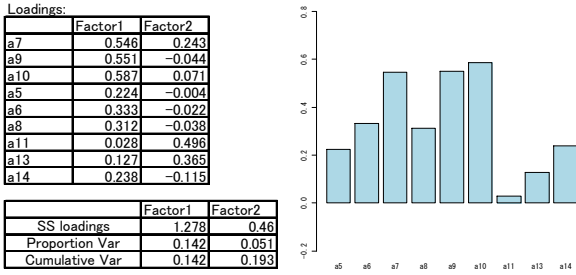


図-2 B項目因子負荷量

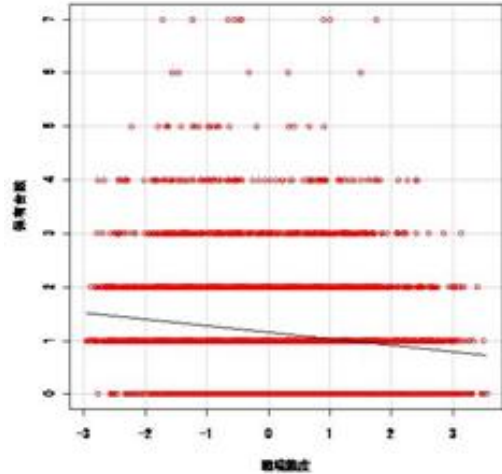
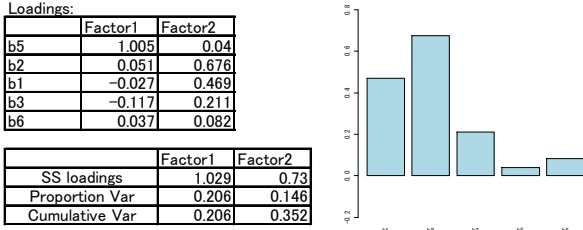


図-3 環境態度と自動車保有

## 4. 結果

### (1) 因子分析結果

因子分析の結果（因子負荷量）を図-1, 2に示す。

A項目, B項目共にプロマックス回転を適用し, 因子得点はバートレットの方法で導出した。また, A項目, B項目から導出した因子得点（環境態度）の相関は有意に得られた。

アンケートサンプル数が多く, アンケート結果が正規分布に従わないことが原因か, 共通因子の寄与率が高いとは言えないが, 導出した因子得点と, 実際の自動車保有・利用の関係を見比べ, 因子得点が高いほど保有・利用の抑制につながる傾向があることが確認でき次第, 因子得点を環境態度を表す尺度とみなし, 以下の分析を行った。

### (2) 環境態度と自動車保有・利用の関係

環境態度と自動車保有・利用の関係を図-3, 4に示す。環境態度が高いほど保有・利用の抑制傾向が見られる。また, 先行研究で数値が高いほど環境意識が高いとみなしている「緑の党への投票率(green)」と因子分析で導出した環境態度の関係を図-5に示す。最小2乗曲線はわずかであるが正の傾きを示し, 世帯ごとの環境意識（削減協力意思）が高いほど地域の集計値である環境意識が高くなるという妥当な結果を示し, greenと環境態度がある程度相関していることがわかる。

### (3) 自動車保有・使用の分析

#### 1) 自動車保有台数モデル

モデル精度の向上を図るため, 説明変数にlog(人口密度)2乗とlog(収入)2乗の項目を入れて分析した。結果を表-5に示す。また推定結果的中表を表-6に示す。

単身世帯・非単身世帯ともにlog(人口密度)2乗のパラメータは負の値をとっており, 人口密度の

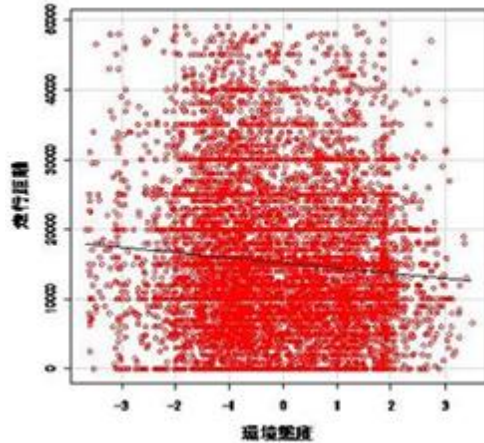


図-4 環境態度と自動車利用

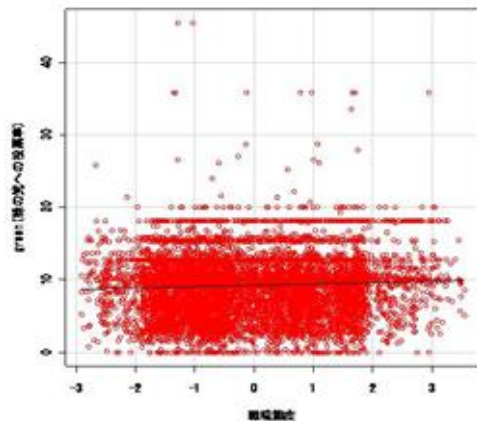


図-5 環境態度と green

増加で自動車保有台数が減少するという先行研究と同様の結果を得た。

また, 単身世帯・非単身世帯ともに, 所得の増加とともに, 自動車を保有する確率が増加するという結果を得た。これも妥当な結果であるといえる。

表-5 自動車保有台数モデル

	保有単身				保有複数員			
	環境態度有		環境態度無		環境態度有		環境態度無	
	パラメータ	z値	パラメータ	z値	パラメータ	z値	パラメータ	z値
log.人口密度.2乗	-0.38	-4.77	-0.41	-5.13	-0.19	-3.65	-0.22	-4.31
log.人口密度.	-0.09	-0.60	-0.09	-0.57	-0.46	-5.28	-0.43	-4.94
log.収入.2乗	2.87	5.51	2.82	5.56	1.79	5.63	1.71	5.42
log.収入.	-16.13	-4.50	-15.83	-4.53	-10.43	-4.40	-9.92	-4.21
環境態度	-0.51	-10.44	-	-	-0.38	-13.07	-	-
AorBダミー	-0.04	-0.50	-	-	0.06	1.15	-	-
環境態度.AorB	0.25	3.75	-	-	0.17	4.55	-	-
世帯人員数	-	-	-	-	0.27	10.34	0.25	9.68
X6歳以下人員数	-	-	-	-	-0.17	-3.44	-0.17	-3.62
住居タイプ	-0.29	-2.17	-0.24	-1.81	-0.33	-5.76	-0.31	-5.49
主言語	0.53	5.66	0.68	7.46	0.49	8.95	0.61	11.28
別荘数	0.27	1.78	0.23	1.55	0.44	6.05	0.42	5.86
intercept0 1	21.87	3.56	21.27	3.54	-16.14	-3.67	-15.32	-3.50
intercept1 2	-	-	-	-	-12.91	-2.93	-12.19	-2.79
サンプル数	3147				6823			
尤度比	0.20		0.17		0.13		0.11	
的中率	0.71		0.69		0.62		0.60	
AIC	3462.72		3605.78		11038.04		11263.27	

表-6 保有台数モデルの的中率

	単身 環境態度あり			単身 環境態度なし		
		実値			実値	
		0	1		0	1
推定値	0	1078	661	0	1036	703
	1	255	1153	1	269	1139

	複数員 環境態度あり				複数員 環境態度なし			
		実値				実値		
		0	1	2		0	1	2
推定値	0	2	3	0	0	18	11	0
	1	570	2631	1264	1	569	2619	1243
	2	46	826	1482	2	31	830	1502

表-7 自動車利用モデル

	利用単身				利用複数員				利用全世帯			
	環境態度有		環境態度無		環境態度有		環境態度無		環境態度有		環境態度無	
	パラメータ	z値	パラメータ	z値	パラメータ	z値	パラメータ	z値	パラメータ	z値	パラメータ	z値
log.人口密度.2乗	-839.00	-2.04	-887.50	-2.14	-980.10	-3.33	-1094.20	-3.71	-959.70	-3.96	-1055.68	-4.34
log.人口密度.	-1899.48	-2.55	-1825.70	-2.43	-1365.19	-2.80	-1254.40	-2.56	-1456.60	-3.55	-1366.84	-3.31
log.収入.2乗	3151.16	1.32	3184.60	1.32	11017.44	6.08	11137.50	6.12	8428.90	6.13	8331.33	6.02
log.収入.	-13605.76	-0.80	-13554.90	-0.79	-71636.37	-5.29	-72667.00	-5.34	-51997.90	-5.11	-51309.41	-5.01
環境態度	-1239.59	-4.79	-	-	-903.74	-5.64	-	-	-990.00	-7.22	-	-
AorBダミー	-560.52	-1.26	-	-	-12.43	-0.05	-	-	-152.90	-0.65	-	-
環境態度.AorB	642.77	1.86	-	-	228.28	1.07	-	-	325.60	1.78	-	-
世帯人員数	-	-	-	-	592.64	4.17	539.90	3.79	605.10	4.41	547.66	3.97
X6歳以下人員数	-	-	-	-	-20.41	-0.08	-42.00	-0.16	-68.60	-0.26	-91.72	-0.35
住居タイプ	1765.99	2.79	1845.70	2.88	482.99	1.57	530.80	1.72	661.60	2.41	709.90	2.57
主言語	838.08	1.75	1127.80	2.36	1512.81	4.96	1870.60	6.19	1338.00	5.16	1690.20	6.57
別荘数	46.75	0.07	-152.10	-0.23	1378.69	3.63	1359.20	3.56	1112.30	3.38	1064.97	3.22
世帯タイプ	-	-	-	-	-	-	-	-	863.20	2.31	908.60	2.42
(Intercept)	21699.89	0.71	20786.20	0.67	128685.47	5.09	130943.80	5.15	90781.10	4.83	89565.19	4.74
サンプル数	1488				5028				6516			
尤度比	0.0057		0.0047		0.0050		0.0045		0.0062		0.0057	
AIC	31146.01		31171.95		106719.20		106766.00		137910.30		137984.90	
決定係数	0.11		0.09		0.10		0.09		0.12		0.11	

そして単身世帯・非単身世帯ともに環境態度は負に統計的に有意に算出されており、環境態度の値が高いほど自動車保有台数が減少するという、予想通りの結果が得られた。

その他、住宅タイプ、主言語や別荘の項目も統計的に有意に算出されており、集合住宅に居住する世帯ほど自動車を保有しないという傾向や、ドイツ語を話す世帯の方がその他の言語を話す世帯よりも自動車を保有する確率が低く、別荘を多く所有する世帯ほどよく保有していることが表から読み取れる。

そして結果は省略するが、先行研究で用いられた green (コミュニ単位での緑の党への投票率) を投入したモデルよりも当てはまりが向上した。

2) 自動車走行量

環境態度を含むモデルと含まないモデルに分けて推計した。推定結果を表-7に示す。モデル精度の向上を図るため、説明変数にlog(人口密度)2乗とlog(収入)2乗の項目を入れて分析しているが、尤度比、決定係数は決して高くない。

単身世帯・非単身世帯・全世帯ともにlog(人口密度)2乗のパラメータは負の値をとっており、人

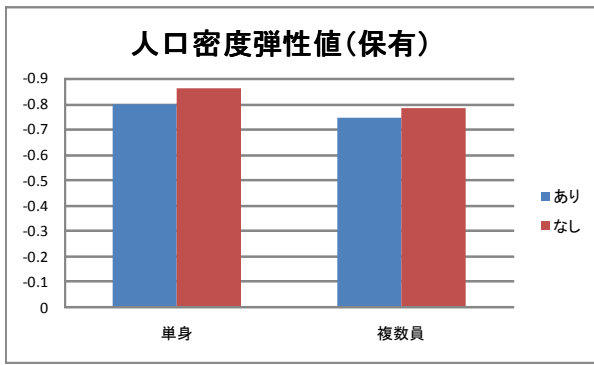


図-6 保有の人口密度弾性値 (平均値)

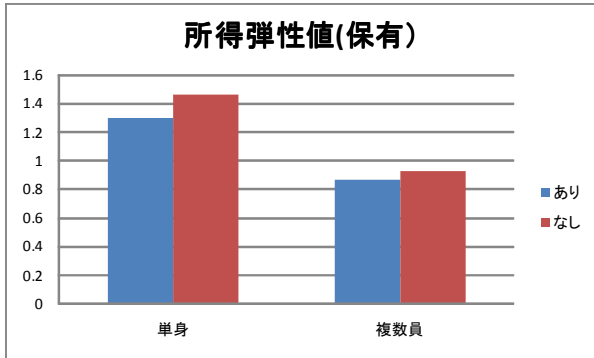


図-7 保有の所得弾性値 (平均値)

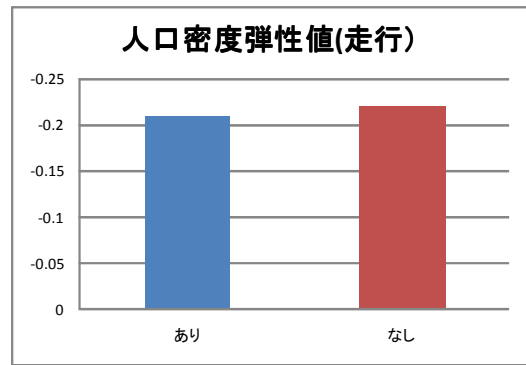


図-8 走行量の人口密度弾性値(平均値)

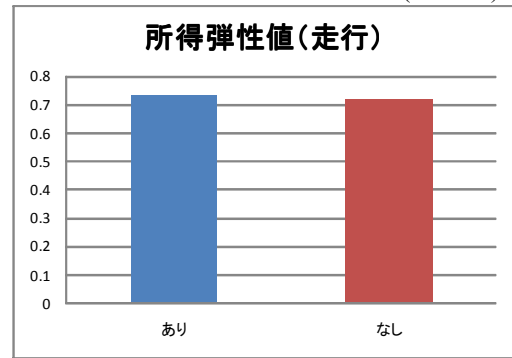


図-9 走行量の所得弾性値(平均値)

口密度の増加で自動車利用が減少するという結果を得た。

また、単身世帯・非単身世帯・全世帯ともに所得が増加するとともに、自動車利用が増加するという結果を得ている。

環境態度を含むモデルと含まないモデルを比較すると、単身世帯・非単身世帯・全世帯ともに環境態度を含むモデルの方が、尤度比が若干高くなっていることがわかる。

環境態度はどのモデルでも負に統計的に有意に算出されており、環境態度の値が高いほど自動車利用量が減少するということが統計的に有意に示されたことになる。

残差は被説明変数の走行量が大きいかほど残差が大きくなる傾向が見て取れたため、柯卜の分散共分散行列を用いて標準誤差の再検討を行っているが、パラメータの有意性に変化は生じなかった。

## 5. 弾力性に関する考察

### (1) 保有台数 (図-6, 7)

保有単身世帯モデルの人口密度の弾性値を比較すると、環境態度を考慮しない場合の平均値は約-0.85で、環境態度を考慮すると約-0.8と低下した。単身世帯の所得弾性値に関しては、平均値が1を越えている。また複数員世帯の方が弾性値は小さい。そして環境態度を考慮すると弾性値は低下した。

### (2) 走行量 (図-8, 9)

人口密度では、環境態度を考慮しない場合の平均値が約-0.23、環境態度を考慮した場合の平均値が約-0.21となり若干低下した。また、所得弾性値については環境態度を考慮しない場合の平均値が約0.72、環境態度を考慮した場合の平均値が0.73となり、環境態度を考慮すると絶対値が若干上昇した。

人口密度については、保有・走行ともに、環境態度を考慮することで弾性値が小さくなる、逆に言う、環境態度を無視して推定すると、人口密度の影響を過大に評価する可能性があることを示した。

## 6. おわりに

本研究では、世帯単位の自動車利用・削減協力意思である環境態度を説明変数としてモデルに投入し、それを加えたときと加えない時で人口密度や所得のパラメータがどう変化するかについて分析した。

環境態度が自動車保有・利用推計において統計的に有意に負に算出されることに加え、環境態度を説明変数に加えた場合、加えない場合に比べ保有モデル利用モデルともに人口密度のパラメータを小さく算出することを示した。これは、環境態度を考慮に入れないでモデリングすると、過小定式化バイアスにより、人口密度を過大評価する可能性があることを示している。ただし、今回のデータセットでは、その程度はあまり大きくなかった。

各モデル特に利用モデルのあてはまりの向上が課題である。また今回は考慮できなかったが、アメリカでは道路密度や混雑の程度がガソリン消費量に影響を与えているという推定結果も得られている<sup>5)</sup>。そうした変数を考慮するとともに、日本のデータを用いた推定も重要である。

謝辞：木実谷雅人氏（川崎市役所）にデータ整理、分析の協力を得た。記して謝意を表します。また本研究は、文部科学省科学研究費（課題番号：22560535）の研究成果の一部である。

#### 参考文献

- 1) Adib K. Kanafani: Driving and the Built Environment  
The Effects of Compact Development on Motorized  
Travel, Energy Use, and CO2 Emissions  
[/www.national-academies.org](http://www.national-academies.org), 2010

- 2) 川野正史・谷下 雅義：人口密度が自動車選択・走行量に与える影響分析 都市計画論文集, 43, 2008.
- 3) Thomas F. Golob and David Brownstone: The Impact of Residential Density on Vehicle Usage and Energy Consumption Working paper, UCI-ITS-WP-05-01-2005.
- 4) 望月 美久仁, 鹿島 茂: 軽油価格値上げ策に対する事業所の対応行動モデルの作成と影響予測, 環境情報科学論文集, 11, 123-128, 1997.
- 5) Su, Qing: The effect of population density, road network density, and congestion on household gasoline consumption in U.S. urban areas, Energy Economics, 33, 445-452, 2011.

## IMPACT ANALYSIS OF COMMUNE POPULATION DENSITY ON CAR OWNERSHIP AND USAGE CONSIDERING ENVIRONMENTAL ATTITUDES

Masayoshi TANISHITA

It is well known that population density affects car ownership and its use. However, its extent is not clear enough. This paper analyzed the population density elasticity with respect to car ownership and usage taking individual's environmental attitude which I estimate from the stated preference data such as against public transport and government transport policies, into account to avoid so-called omitted variable bias. I showed that environmental attitude affected car ownership and its use and that population density elasticities with respect to car ownership and usage were decreased when considering environmental attitude.