

東アジア3国における自動車保有・利用行動と社会意識に関する因果構造の分析*

Causal Relationship between Car Ownership/Usage and Social Attitude in East Asian Countries

佐藤有希也**, 内田敬***, 宮本和明****, 小野寛明*****

by Yukiya SATO, Takashi UCHIDA, Kazuaki MIYAMOTO and Hiroaki ONO

1. はじめに

今日、自動車に起因する環境問題及び混雑問題が深刻化している。地球温暖化現象は地球規模の問題であり、多くの人口を抱え、経済的発展の途上にある東アジア地域においては、今後モータリゼーションが進展していくと考えられ、自動車の保有・利用需要を適切に誘導する対策の必要性が高い。

一方で、自動車保有・利用行動に関する分析は、これまで社会経済属性に代表される客観的要因のみを説明変数とした手法が数多く用いられてきた¹⁾。しかし、個人の価値観の多様化や社会意識の変化に対応するためには意志決定構造をさらに詳細に捉える必要がある。客観的要因だけでなく、交通機関に対する快適性や利便性の評価や、近年高まりつつある環境問題への態度といった主観的要因をも説明変数として捉え、これらの要因間の因果関係を考慮した分析が必要と考えられる²⁾。

本研究は、主観的評価を考慮したアンケートデータを用いて、社会意識と自動車保有・利用行動との因果関係を定量的に記述するモデルを構築することにより、社会意識に変化を与える政策が自動車保有・利用行動に与える影響を定量的に明らかにし、適切な自動車保有・利用を促すための政策立案・評価への知見を得ることを目的とする。

そこで、文化的背景を共有し、異なる発展段階にある東アジア3国の4都市（仙台、ソウル、北京、大連）において調査した主観的評価を考慮したアンケートデータをもとに、共分散構造分析手法を用いて、主観的要因を考慮した自動車保有量・利用量モデルを各都市について構築する。これらのモデルより、自動車保有・利用の実態と社会意識の間の因果構造を定量的に明らかにし、都市間を比較することにより相互理解を深める。

ケーススタディとして、構築したモデルを用いて環境教育や社会実験、あるいはそれらの組み合わせといった、環境問題や交通機関に対する意識に変化を与える政策が行われた場合を仮定し、政策によって自動車保有・利用行動が受ける影響を予測する。また、所得水準等の時系列データを用いた都市全体の自動車保有・利用量予測モデルを構築し、それより求められる保有・利用量の予測値に対し、因果モデルより与えられる社会意識の変化による保有・利用量の変化の補正率を掛け合わせることで、社会意識を考慮した保有・利用量の将来予測を行う。

2. 分析対象

本研究では仙台、ソウル、北京、大連の東アジア3国・4都市において、主観的評価を考慮したアンケート調査として「自動車保有・利用に関する社会意識調査」を実施した。

各都市における調査は1998年秋のほぼ同時期に行った。調査内容は、世帯属性を世帯主に、構成員個人に（1世帯2人まで）個人の社会経済属性や自動車保有・利用に関する実際の行動に加えて、交通機関に対する評価や環境問題に対する態度等に関する7段階の主観的評価を質問している。主観的評価は全47項目の設問を設けた。

仙台における調査は、地下鉄駅や集合住宅の有無等による層別多段階抽出法で町丁目単位に世帯を抽出し、配布方法は投込・郵送回収とした。ソウルにおいては配布地区を4地区（都心部を除き、東北、東南、西北、西南）に分け、調査方法は西北、東南地区に関しては訪問・留置・訪問回収、東北、西南地区に関しては学校において生徒に配布し、父兄に回答していただき後日回収という形をとった。中国においては、他の国より自家用車保有率が低いことより、都市全域からのサンプル抽出では自動車の保有・利用に関して有効な回答が得られにくい。そこで、分析対象を自動車保有が可能と考えられる社会階層に絞り、北京では職場単位でのアンケート調査、大連では車検等の手続きの際に、ドライバーに回答していただく形をとった。

各都市におけるアンケート配布・回収結果を表1に示す。

* キーワード：自動車保有・利用、意識調査分析
共分散構造分析

** 学 生 員 工修 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻

*** 正 員 工博 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻

**** フェロー 工博 東北大学東北アジア研究センター

***** 学 生 員 東北大学大学院情報科学研究科

〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉06

Tel. 022-217-7478 Fax. 022-217-7479

E-mail : sato@rs.civil.tohoku.ac.jp

表1 各都市におけるアンケート配布・回収結果

	日本 仙台	韓国 ソウル	中国 北京 大連	
配布数	7757	各地区:300 合計:1200	354	※
回収数	767	752	230	211
回収率	9.89%	62.7%	65.0%	※

※大連は車検場での記入調査であり配布数・回収率は不明

3. 分析手法

本研究では、自動車保有・利用行動を社会経済属性に代表される客観的要因だけでなく、交通機関の利便性に対する評価や環境問題への態度といった主観的要因も考慮した分析を行う。

このような分析を可能にする手法として、直接観測することのできない潜在変数を導入し、その潜在変数と、直接観測することのできる観測変数との間の測定関係・因果関係を記述することのできる共分散構造分析手法を適用し、因果モデルとして LISREL モデルを用いる³⁾。

LISREL モデルは、潜在変数間の因果関係を表す構造方程式(1)と、観測変数と潜在変数の関係を表す測定方程式(2)、(3)によって記述される。

$$\eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta \quad \cdots\cdots\cdots(1)$$

$$y = \Lambda_y\eta + \varepsilon \quad \cdots\cdots\cdots(2)$$

$$x = \Lambda_x\xi + \delta \quad \cdots\cdots\cdots(3)$$

- ここに、
 η : 内生的潜在変数
 ξ : 外生的潜在変数
 y : 内生的潜在変数に関する観測変数
 x : 外生的潜在変数に関する観測変数
 $\Lambda_y, \Lambda_x, B, \Gamma$: パラメータ行列
 $\delta, \varepsilon, \zeta$: 誤差変数

これらの方程式を用いて観測変数の共分散行列を方程式中の母数で表現し、この母数を推定する。モデル推定にはパッケージソフト LISREL8.20⁴⁾を用いた。

なお、本研究で扱うアンケートデータはカテゴリデータによる離散変数であるので、観測変数の相関行列に多分相関係数を用い、パラメータの推定には ADF-WLS (Asymptotically Distribution-Free Weighted Least Squares)推定法⁵⁾を用いた。

4. 自家用車保有台数モデル

(1) モデルの概要

自動車保有行動と社会意識の間の因果関係を記述するモデルとして、意識調査項目に回答した個人を分析単

位として「自家用車保有台数モデル」を4都市それぞれについて、図1に示す仙台市の例のように構築した。

アンケート調査では自家用車保有台数は世帯単位で調査している。そこで世帯の自家用車保有台数を成人人数で割った値をカテゴリ化した「成人1人あたり自家用車保有台数」を個人の自動車保有行動を表す観測変数として定め、「保有意思」をその背後にある潜在変数として設定した。また、保有台数の分布は都市によって大きく異なっているので、表2のように仙台、ソウルにおいては5つのカテゴリを、北京、大連においては4つのカテゴリを設けた。

自動車保有の意思決定構造は、「無料駐車場台数」と「世帯年間所得」によって観測される自動車保有の「可能性」と、「世帯構成人数」と「最寄り駅までの距離」によって観測される自動車の「必要性」から「保有意思」が影響を受け、これらの変数が交通機関の利便性に対する評価や環境問題への態度といった社会意識と因果関係をもつと仮定した。

また、「保有意思」と「環境問題への態度」との因果関係について、「環境問題への態度」が「保有意思」に影響を与える場合 (Model_A) と、その逆に「保有意思」が「環境問題への態度」に影響を与える場合 (Model_B) の2通りを仮定し、それぞれモデルを推定した。

表2 成人1人あたりの自家用車保有台数カテゴリ

成人1人あたり自家用車保有台数			潜在変数
カテゴリ	仙台・ソウル	北京・大連	
1	0台	0台	保有意思
2	0～0.4台	0～0.5台	
3	0.4～0.6台	0.5～1台	
4	0.6～1台	1台以上	
5	1台以上		

(2) 仙台データの推定結果

仙台データの「自家用車保有台数モデル」(Model_A)の推定結果 (パス係数) を図1に示す。

Model_A においては、「可能性」、「必要性」から「保有意思」へのパス係数がどちらも小さく、一方で「自動車利便性」と「保有意思」との双方向のパス係数はどちらも大きな値を示している。これは仙台においては個人属性よりも、自動車の利便性に対する評価のほうが保有行動に大きな影響を与えているといえる。

また、「環境問題への態度」から「保有意思」へのパス係数は負の値を示しており、環境政策に積極的な態度を示すほど保有の意思が低いといえる。

Model_B (表2 参照) に関しても同様に「自動車利便性」から「保有意思」への影響が大きく、また、「保有意思」が大きいと自動車に負荷のかかる環境政策を受け入れにくいという結果が得られた。

また、Model_A、Model_B ともに「自動車嗜好」から「自

動車利便性」を経由して「保有意思」に与える影響は正の関係を示しており、自動車への「嗜好」の程度が高いと自家用車の「保有意思」が高くなることを表している。

以上の結果より、自動車への「嗜好」、あるいは「環境問題への態度」をいった社会意識を変化させることにより、自動車の保有を適切なものへと導くことができる可能性があるといえる。

(3) 4都市におけるモデルの比較

次に4都市の比較を行う。都市によって因果構造は異なっているとも考えられるが、比較の第一段階として、本質的な自動車交通の意志決定構造は全都市で同じであると仮定した。同じ構造のなかでパス係数の差異等を明らかにするため、仙台と同じ因果構造を他の都市に対し適用し、識別されないものに対しては若干の修正を加えてモデルを推定した。各都市の推定結果を表3に示す。

仙台では「可能性」や「必要性」といった、個人属性による影響は「自動車利便性」や「環境問題への態度」といった社会意識による影響よりも小さかったのに対し、他の3都市では、個人属性による影響の方が大きくなっ

ている。これは、自動車がまだ贅沢品であり、必要性が高いあるいはその利便性を高く評価していたとしても、所得等による制約が大きいために結果として保有することができないという状況が表現されていると考えられる。

5. 自動車運転頻度モデル

(1) モデルの概要

次に、自動車利用行動と社会意識の間の因果関係を記述する「自動車運転頻度モデル」を、保有と同様に個人を分析単位とし、4都市それぞれについて、図2に示す仙台市の例のように構築した。

自動車利用行動を「1ヶ月あたりの自動車運転頻度」によって観測されるとし、その背後の潜在変数を「自動車依存度」と仮定する。「自動車依存度」は交通機関の利便性をどう評価しているかという「自動車利便性」と「公共交通不便性」との間に因果関係を持ち、一方で自動車の利用度合が、自動車に負荷のかかる政策の受け入れ易さを示す「環境問題への態度」に影響を与えていると仮定する。

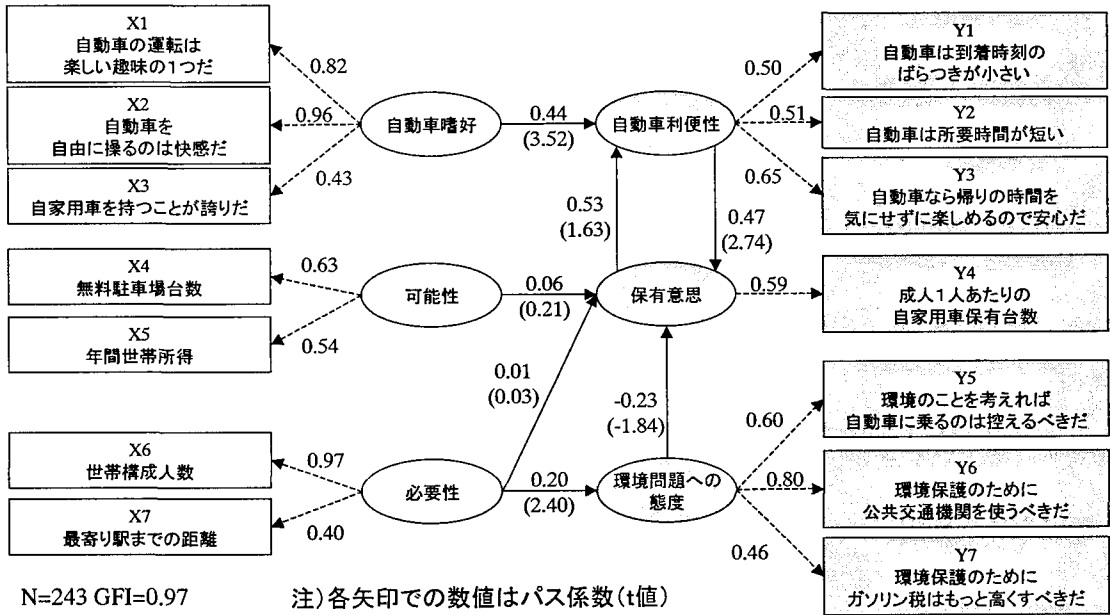


図1 仙台における自家用車保有台数モデル (Model_A)

表3 4都市における「自家用車保有台数モデル」の推定結果 (パス係数)

因果の方向		仙台A	仙台B	ソウルA	ソウルB	北京A	北京B	大連A	大連B
始点	終点								
自動車嗜好	自動車利便性	0.44	0.48	0.46	0.45	0.47	0.40	0.77	0.74
可能性	保有意思	0.06	-0.29	3.69	0.98	1.41	1.87	0.58	0.86
	環境問題への態度	—	—	-1.34	-1.03	—	—	—	—
必要性	保有意思	0.01	0.26	-3.26	-0.81	-1.32	-1.73	-0.13	0.74
	環境問題への態度	0.20	0.01	1.16	0.82	-0.24	-0.19	0.55	0.73
自動車利便性	保有意思	0.47	0.86	-0.94	-0.57	0.08	-0.083	0.95	-0.97
保有意思	自動車利便性	0.53	0.28	0.77	0.48	0.35	0.57	0.21	0.11
	環境問題への態度	(-0.23)	-0.52	(1.17)	0.24	(-0.31)	(-0.20)	(-0.65)	-0.13
サンプルサイズ(人)		243	243	884	884	291	291	279	279
適合度指標(GFI)		0.97	0.97	0.99	0.99	0.96	0.96	0.97	0.97

注)括弧つきは因果の方向が逆向きであることを意味する

(2) 仙台データの推定結果

仙台データを用い、「自動車運転頻度モデル」を推定した。潜在変数間の因果関係は、意識が行動に影響を与える場合と、逆に行動が意識に影響を与える場合の2通りを仮定した。「自動車利便性」と「公共交通不便性」が「自動車依存度」に影響を与える Model_C と、「自動車依存度」が「自動車利便性」と「公共交通不便性」に影響を与える Model_D を推定した。仙台データにおける Model_C の推定結果を図2に示す。

「環境問題への態度」から「公共交通不便性」へのパス係数が負であり、自動車に負荷のかかる環境政策を受け入れやすいほど公共交通に不便さを感じていないといえる。また、「自動車依存度」から「環境問題への態度」へのパス係数も負の値を示し、自動車に依存しているほど環境政策を受け入れにくいことが分かる。

また、「自動車嗜好」から「自動車利便性」を経由して「自動車依存度」に与える影響は正の関係を示してい

る。一方で、「環境問題の認識」が「環境問題への態度」、
「公共交通不便性」を経由して「自動車依存度」に与える影響は負の関係を示している。これらの点を考慮すると保有行動と同様に、利用行動に関しても、自動車への「嗜好」の程度、あるいは「環境問題の認識」を変化させることにより、自動車利用行動を適切なものへと導ける可能性があるといえる。

(3) 4都市におけるモデルの比較

「自家用車保有台数モデル」と同様に、仙台データとの比較のため、仙台と同じ因果構造を他の3都市についても同様に適用し、同じ構造では識別されない場合は若干の修正を加えてそれぞれの都市についてモデルを推定した。推定結果を表4にまとめる。

ソウルにおいては、Model_C、Model_D ともに仙台と同じ構造でモデルが識別され、自動車の利用意識構造が仙台に近いといえる。

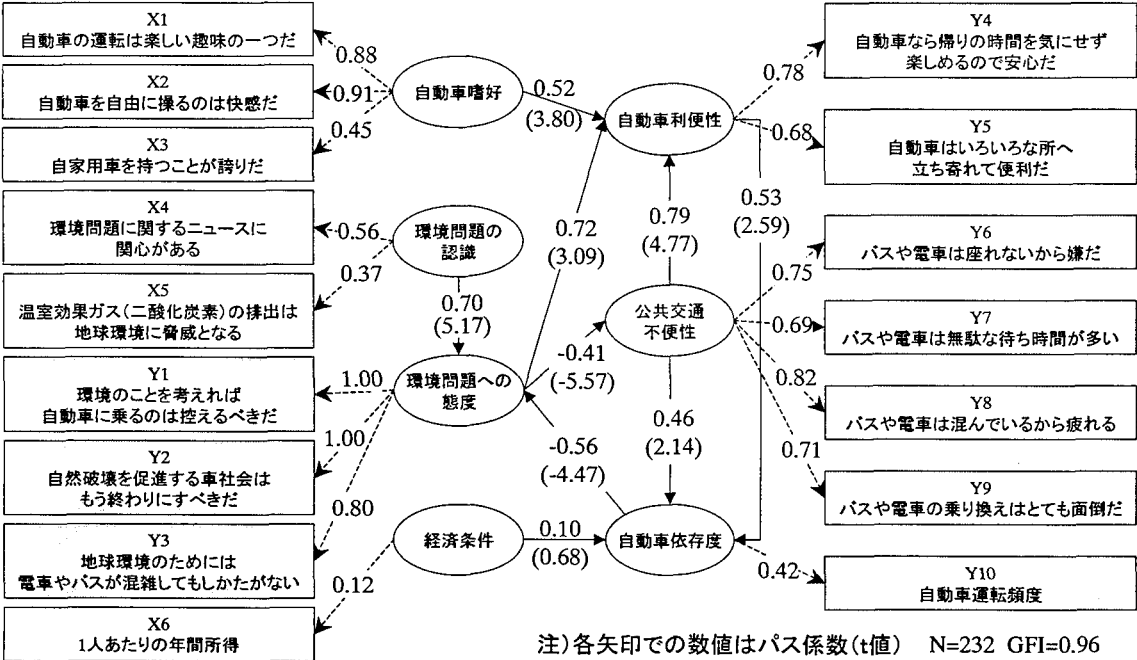


図2 仙台における自動車運転頻度モデル (Model_C)

表4 4都市における「自動車運転頻度モデル」の推定結果 (パス係数)

因果の方向		仙台C	仙台D	ソウルC	ソウルD	北京C	北京D	大連C	大連D
始点	終点								
自動車嗜好	自動車利便性	0.52	0.20	0.06	0.07	0.80	0.76	0.93	0.95
環境問題の認識	環境問題への態度	0.70	0.69	0.35	0.74	1.52	0.20	0.95	0.97
経済条件	自動車依存度	0.10	3.90	0.54	0.99	1.51	1.29	4.10	6.12
自動車利便性	自動車依存度	0.53 (1.41)		2.46 (2.03)		-1.47 (0.21)		-2.23 (-0.02)	
公共交通不便性	自動車利便性	0.79	-0.33	0.28	-1.14	0.33 (1.10)		(0.94) (0.89)	
	自動車依存度	0.46 (0.86)		-1.03 (0.93)		0.74 (-0.33)		-0.19 (0.02)	
自動車依存度	環境問題への態度	-0.56	-0.48	-0.55	-1.14	1.45	0.08	0.08	0.003
環境問題への態度	自動車利便性	0.72	0.51	-0.32	0.10	-0.04	-0.002	(-0.68) (-0.65)	
	公共交通不便性	-0.41 (-0.09)		-0.06 (1.01)		0.44 (-0.14)		(0.67) (0.64)	
サンプルサイズ(人)		232	232	212	212	167	167	203	203
適合度指標 (GFI)		0.96	0.96	0.95	0.96	0.92	0.92	0.96	0.96

注)括弧つきは因果の方向が逆向きであることを意味する

北京と大連では「経済条件」が「自動車依存度」に与える影響が大きい。また、交通機関に対する評価から自動車依存度に影響を与えると仮定した Model_C では「自動車利便性」から「自動車依存度」へのパス係数が負となっており、自動車に対して高い評価をしていますが、経済的制約が強く自由に利用することができないことがうかがえる。

6. 社会意識の変化による影響予測

(1) 定式化

4, 5章で構築したモデルを用いて、何らかの政策により社会意識の変化を促したとするシナリオを設定し、社会意識の変化によって自動車保有・利用行動が受ける影響を明らかにする。

変化量予測式の定式化の仮定として、「社会意識の変化後においても意思決定構造は変化しない」ものとする。この仮定のもと、外生的潜在変数と測定関係を持つ観測変数（ここでは社会意識） x_0 が x_1 に変化したとき、内生的潜在変数と測定関係を持つ観測変数（保有・利用行動） y_0 は y_1 に変化するものとする。と、 y_1 は式(1)～(3)より導出された式(4)によって与えられる。

$$y_1 = \Lambda_{y_0} (I - B)^{-1} \Gamma (\Lambda'_{x_0} \Lambda_{x_0})^{-1} \Lambda'_{x_0} x_1 \dots\dots\dots (4)$$

(2) 影響予測

図2に示した仙台における自動車運転頻度モデル (Model_C) において、社会意識が変化した場合の影響予測を行う。前述の定式化により導出される変化後の数値自体は、他の交通機関への転換等を考慮していないため、そのままの値をもって政策の有効度合を判断することはできないが、この分析により意識の変化を促すことによる行動変化の可能性を確認することができる。

『自動車利用を適切なものへ導くために、環境問題の重要性を訴え、環境問題の認識を高める政策が施行された結果、「環境問題の認識」と測定関係を持つ観測変数：X4「環境問題に関するニュースに関心がある」、X5「温室効果ガス(二酸化炭素)の排出は地球環境の脅威となる」に対する全サンプルの評価値が、強く賛成を意味する「+3」に変化した』というシナリオを設定し、社会意識の変化が自動車運転頻度に与える影響を求める。

このシナリオに対して、自動車利用行動を表す変数：Y10「自動車運転頻度」が受ける影響を式(4)により求めた。社会意識の変化による自動車運転頻度のシェアの変化を図3に示す。

社会意識の変化前は「ほぼ毎日」が約40%であったのに対し、変化後には約20%に半減しているというように、全体的に利用頻度が低くなるようにシフトしている。

この例のように、環境問題の認識を高めることによる運転頻度の変化を定量的に示すことができる。意識を変

化させることにより自動車保有・利用行動を適切に導くための政策評価が可能であるといえる。

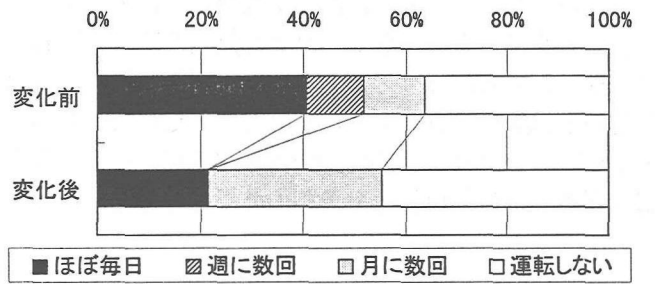


図3 社会意識の変化による運転頻度の変化（仙台）

7. 社会意識を考慮した自動車保有・利用量予測

(1) 自動車保有・利用量予測モデル

次に、社会経済属性の集計型時系列データ⁹⁾を用いて、都市全域の自動車保有・利用量の将来予測を行い、その予測値に前述の非集計データより推定した因果モデルから求めた社会意識の変化による補正率を掛け合わせて、社会経済属性、社会意識を考慮した都市全域の自動車保有・利用量を予測する。

都市全域の自動車保有・利用量は下のようにゴンペルツ曲線モデル⁷⁾とした。推定結果を表5に示す。

$$V = \gamma e^{\alpha \beta_1 GDP + \beta_2 RD} \dots\dots\dots (5)$$

$$A = \gamma e^{\alpha \beta_1 GDP} \dots\dots\dots (6)$$

ここで、

- V : 保有量 (台/人)
- A : 利用量 (24h 交通量/人)
- GDP : 所得水準 (GDP/人)
- RD : 道路整備水準 (道路延長/人)
- γ : 飽和水準パラメータ
- α, β_1, β_2 : パラメータ

表5 保有量・利用量予測モデルの推定結果

保有量 予測モデル	対象地域	α	β_1	β_2	γ	R ² 値
	仙台	-20.703	-0.000	-0.132	0.396	0.93
	ソウル	(-8.428)	(-17.957)	(-19.259)	(28.612)	0.98
	日本					0.98
利用量 予測モデル	対象地域	α	β_1		γ	R ² 値
	仙台				0.0147 (7.900)	0.93
	ソウル	-4.368 (-3.383)	-0.000 (-7.259)		3.843 (4.011)	0.98
	日本				0.000 (13.287)	0.98

注) (t値)

注) (t値)

(2) 将来予測結果

6章に示した手法より、仙台市における自家用車保有台数モデル (Model_A) を用いて、保有量変化に最も効果のあった「X3：自家用車を持つことが誇りだ」に対する全サンプルの評価値が強く反対を意味する「-3」に変化したときの影響をみる。所得水準、道路整備水準が

それぞれ年2%, 1%増加するというシナリオを設定した。

保有量の時系列モデルは最も精度が高い日本(全国)のデータを用いた。しかし、社会意識調査は日本においては仙台市でのみ行っているため、自家用車保有の意思決定構造は仙台と日本で大差がなく、また将来においても変化しないと仮定して仙台の補正率を用いた。社会意識を考慮した自動車保有量予測の結果を図4に示す。

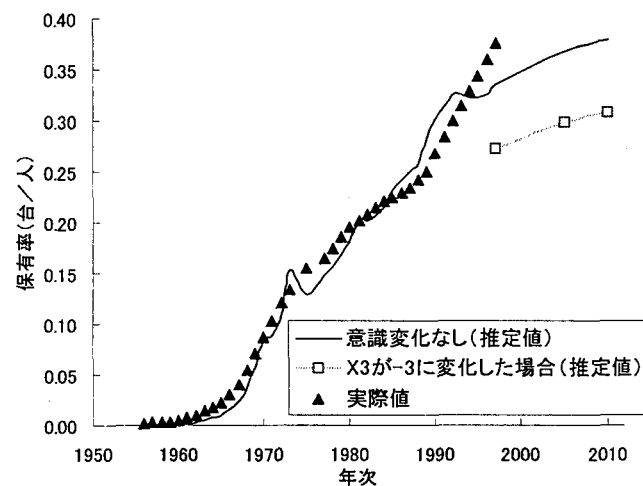


図4 社会意識を考慮した自家用車保有率予測(日本)

8. おわりに

本研究ではまず、東アジア4都市において実施した主観的評価を考慮したアンケートデータをもとに、共分散構造分析手法を用いて分析した。その結果、自動車保有・利用行動と交通機関や環境に対する社会意識の間の因果関係を定量的に明らかにしたモデルをそれぞれの都市について構築し、都市による違いを明らかにした。

また、社会意識の変化による自動車利用行動の変化量

を予測し、さらに自家用車保有率を時系列データによる将来予測と組み合わせることにより、適切な自動車利用のための政策の立案・評価に適用できることを示した。

ただし、現時点では、比較のため各都市におけるモデルの因果構造を同じものとしている。社会意識の変化による影響予測の際には、都市の現状をより正確に記述したモデルが必要であり、それぞれの都市固有の構造でモデルを推定する必要がある。今後は、より精確な構造のモデルを推定して、各都市にさまざまなシナリオを設定し、それぞれの都市に最も効果的な政策の提案を行う予定である。

最後に、本研究はトヨタ財団の研究助成を受けて実施した「東アジア3国における自動車保有・利用の実態と社会意識の調査研究」の分析の一部である。北京・大連における調査は精華大学、陸化普助教授を中心とする研究チーム、ソウルにおける調査は引益大学、李仁遠教授を中心とする研究チームにより実施された。上記して謝意を表する次第である。

参考文献・資料

- 1) 例えば、加藤博和、林良嗣：経済成長レベルと都市構造要因を考慮した乗用車保有水準の分析とモデル化、交通工学, Vol. 32, No. 5, pp. 41-50, 1997.
- 2) 例えば、呉戈、山本俊行、北村隆一：保有意識の因果構造を考慮した非保有者の自動車保有選好モデル、土木計画学研究・論文集, No.16, pp. 553-560, 1999.
- 3) 豊田秀樹：SASによる共分散構造分析、東京大学出版会, 1992.
- 4) LISREL8.20 : Scientific Software International Inc.
- 5) 狩野裕：グラフィカル多変量解析、現代数学社, 1997.
- 6) 仙台市：仙台市統計書
- 7) Dargay, J. and D. Gately : Income's effect on car and vehicle ownership, worldwide : 1960-2015, Transportation Research A, Vol. 33, pp.101-138, 1999.

東アジア3国における自動車保有・利用行動と社会意識に関する因果構造の分析

佐藤 有希也, 内田 敬, 宮本 和明, 小野 寛明

自動車保有・利用行動を適切なものへと導く政策の必要性が高まっており、自動車保有・利用行動に関して、主観的要因を考慮した分析が必要とされている。本研究は、東アジアの3国において実施した主観的要因を考慮したアンケート調査をもとに、自動車保有量・利用量モデルを構築し自動車保有・利用行動と社会意識の間の因果関係を定量的に明らかにし、都市間の差異を示した。ケーススタディとして社会意識の変化を促す政策が行われた際の保有・利用行動が受ける影響を明らかにした。

Causal Relationship between Car Ownership/Usage and Social Attitude in East Asian Countries

Yukiya SATO, Takashi UCHIDA, Kazuaki MIYAMOTO, Hiroaki ONO

Concern about car ownership and usage is being emerging from the viewpoint of congestion and environment. The purpose of this study is to present information for policy selection regarding car related problems by identifying the relationship between car ownership/usage and social attitude. In this study, by using the data obtained from questionnaire survey conducted in three countries in East Asia, descriptive models are built to represent causes and effects of car related problems. Implications for car related policy based on analysis are concluded by using the models.