

第 7 章 属性の変化による影響と取り替え更新行動間の相互影響を考慮した世帯の自動車取り替え更新行動の分析

7.1 概説

従来から、世帯の自動車保有に関する分析は数多く、我が国においても、ライフサイクルステージが自動車保有に及ぼす影響を分析したもの（森地他，1984；佐佐木他，1986）や、買い替えのつながりを表わす保有系列という概念を用いた分析（青島他，1991；石田他 1994）が行われている。しかしながら、前者の分析においては、1 断面における自動車保有状態をモデル化の対象としており、世帯のライフサイクルステージの変化、及びそれに対応する自動車保有状態の変更が時間軸上でどのような関係となるのかについての分析が不可能である。一方、後者の分析においては時間軸を考慮した分析が行われているものの、定量的なモデル構築までには至っていない。安藤他（1997）は最近引越しを行った世帯を対象として、住宅立地の郊外化が自動車複数保有化に及ぼす影響を分析している。この分析では、離散選択モデルを適用し自動車保有状態の変化をモデル化しているが、住宅立地の変化と自動車保有状態の変化の時間的な関係については考慮されていない。

本研究は、ある時点における世帯の自動車保有状態は、それまでの世帯の自動車取り替え更新行動の結果である、との観点（Kitamura, 1992）から、時間軸上における世帯の自動車取り替え更新行動の分析を行うことを目的とするものである。その際、生存時間解析手法（Hensher and Mannering, 1994）を適用する事によって、取り替え更新行動モデルを構築する。生存時間解析手法を自動車保有に適用した分析としては、Mannering and Winston (1991), Gilbert (1992), de Jong (1996), Hensher (1998)の研究がある。これらの研究では、自動車保有行動の時間依存性や、保有車種、世帯属性、個人属性が自動車保有行動に及ぼす影響が定量的に把握されているものの、各自動車の保有期間や複数回の自動車取り替え更新行動が独立にモデル化されており、それらの相互影響は考慮されていない。

時間軸上において、複数回の自動車取り替え更新行動を世帯が行う場合、それらの取り替え更新行動は独立に行われるわけではなく、互いに大きな影響を及ぼしているものと考えられる。また、世帯の状態変化が自動車取り替え更新行動に与える影響は、その種類、時期によって、非常に大きいものと考えられる。Kitamura (1987)を始めとする自動車保有状態のパネル分析では、複数時点間での保有台数や自動車利用の間に遅れ効果や状態依存効果等の影響の存在が明らかとなっている。さらに、Kitamura (1989)では、属性値の変更を表す変数を説明変数に加えた加えた分析を行っており、世帯内の免許保有者数や世帯収入に関して、増えた場合と減った場合ではその影響が異なるという結果を得ている。しかしながら、生存時間解析手法を適用したこれまでの研究ではこのような属性値の変化による影響は十分考慮されていない。本研究では、直前の取り替え更新行動や世帯の状態変化が、次の取り替え更新行動に与える影響を明示的に考慮した分析を行いその影響を明らかにする。

7.2 時間軸上での世帯の自動車取り替え更新行動

世帯の自動車取り替え更新行動は、買い替え、追加購入、買い替えを伴わない売却（以降では、破棄と呼ぶ）の3種類の行動からなり、それらの行動結果として、自動車保有台数は、それぞれ、現状維持、1台増加、1台減少となる（図7-1）。自動車を保有する世帯には、これら3種類の自動車取り替え更新行動の可能性が同時に存在する。本研究では、世帯は取り替え更新行動を行う時期、および、その種類を選択することで、自動車保有状態を変更させていくものとする。世帯が複数の自動車を保有している場合、買い替え、破棄については、どの自動車を手放すかについての選択も含まれる。図7-1に示されるように、世帯における自動車取り替え更新行動は、個々の自動車の保有開始時期と保有期間の積み重ねによって表現することが可能である。

本研究では、世帯の取り替え更新行動間隔を生存時間と捉え、生存時間解析手法を用いた自動車取り替え更新行動の分析を行う。その際、取り替え更新行動種類の選択に関して競合危険の考え方を適用し、競合危険モデルによって取り替え更新行動をモデル化することによって、取り替え更新行動の種類、及び行動時期を同時に予測することが可能となる。

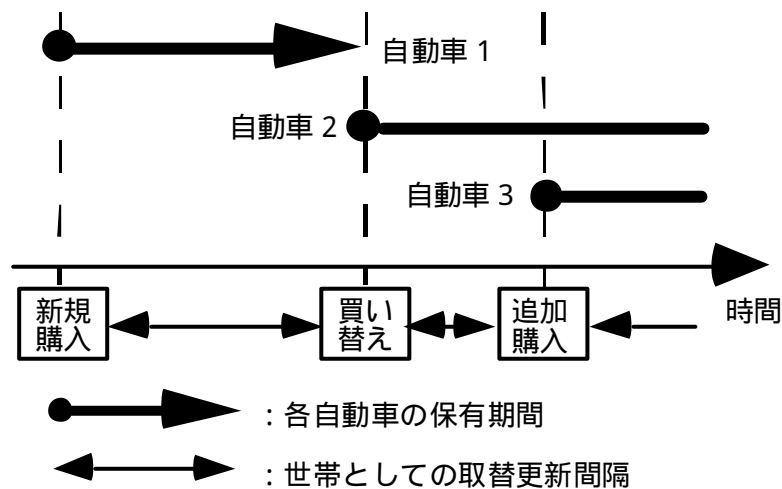


図7-1 時間軸上での自動車取り替え更新行動

7.3 自動車取り替え更新行動モデル

取り替え更新行動間隔を表わす確率変数を T で表わすと、 T がある一定の経過期間 t 以上である確率を表わす、生存関数 $S(t)$ は以下の式で表わされる。

$$S(t) = \Pr(T \geq t) = 1 - F(t) \quad (7.1)$$

ただし、 $F(t)$ は累積分布関数を表わす。

また、時点 t まで事象が発生していないという条件下で時点 t の瞬間に事象が発生するという条件付き確率密度を表わす、ハザード関数 $h(t)$ は、以下の式で表わされる。

$$h(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Pr(t + \Delta t > T \geq t | T \geq t)}{\Delta t} = \frac{f(t)}{S(t)} \quad (7.2)$$

ただし、 $f(t)$ は確率密度関数を表わす。ハザード関数と生存関数の関係は、以下の式で表わされる。

$$S(t) = \exp\left\{-\int_0^t h(t) dt\right\} \quad (7.3)$$

本研究では、世帯の取り替え更新行動として、買い替え、追加購入、破棄の3種類の行動を考え、それらが生起する確率が同時に存在するものとする。生存時間解析手法では、このような、事象を生起させる複数の要因を競合危険と呼ぶ。それらの競合危険が互いに独立であると仮定することにより、ハザード関数 $h(t)$ は、以下の式で示されるように線形和によって表わすことが出来る。

$$h(t) = \sum_k (h_{rk}(t) + h_{dk}(t)) + h_a(t) \quad (7.4)$$

ただし、 $h_{rk}(t)$ 、 $h_{dk}(t)$ 、 $h_a(t)$ はそれぞれ、保有自動車 k の買い替え、破棄、および、追加購入を表わすハザード関数である。世帯の自動車取り替え更新行動の生存関数 $S(t)$ は、式(7.3)、(7.4)より、式(7.5)に示すように、各取り替え更新行動の生存関数の積で表わすことが出来る。

$$S(t) = \prod_k \{S_{rk}(t) \times S_{dk}(t)\} \times S_a(t) \quad (7.5)$$

ただし、 $S_{rk}(t)$ 、 $S_{dk}(t)$ 、 $S_a(t)$ はそれぞれ、保有自動車 k の買い替え、破棄、および、追加購入に関する生存関数であり、以下の式で表わされる。

$$\begin{aligned}
S_{rk}(t) &= \exp\left\{-\int_0^t h_{rk}(t)dt\right\} \\
S_{dk}(t) &= \exp\left\{-\int_0^t h_{dk}(t)dt\right\} \\
S_a(t) &= \exp\left\{-\int_0^t h_a(t)dt\right\}
\end{aligned} \tag{7.6}$$

よって、時点 t に各々の取り替え更新行動を行う確率密度関数 $f_{rk}(t)$, $f_{dk}(t)$, $f_a(t)$ は、以下の式で表わされる。

$$\begin{aligned}
f_{rk}(t) &= h_{rk}(t)S(t) \\
f_{dk}(t) &= h_{dk}(t)S(t) \\
f_a(t) &= h_a(t)S(t)
\end{aligned} \tag{7.7}$$

各取り替え更新行動を表わす分布としては、指数分布、ワイブル分布、一般化ガンマ分布、対数正規分布、対数ロジスティック分布等の複数の分布を適用する事が考えられる。本研究では、第3章での結果に基づき、ワイブル分布を適用し、ハザード関数を以下のように定式化した。

$$\begin{aligned}
h_{rk}(t) &= \mathbf{g}_r t^{\mathbf{g}_r - 1} \exp(-\mathbf{b}_r X_k) \\
h_{dk}(t) &= \mathbf{g}_d t^{\mathbf{g}_d - 1} \exp(-\mathbf{b}_d X_k) \\
h_a(t) &= \mathbf{g}_a t^{\mathbf{g}_a - 1} \exp(-\mathbf{b}_a X)
\end{aligned} \tag{7.8}$$

ただし、 \mathbf{g} , \mathbf{g}_d , \mathbf{g}_a は時間依存性を表わす未知パラメータであり、1 より大きい(小さい)場合、ハザード関数は時間とともに増大(減少)するため、取り替え更新行動の時間依存性を考慮することが可能である。また、 \mathbf{b}_r , \mathbf{b}_d , \mathbf{b}_a は未知パラメータベクトル、 X , X_k は説明変数ベクトルを表わす。式(7.8)において、 t は各取り替え更新行動の基準時点からの経過時間を表わしており、買い替え、破棄については当該自動車の購入時点、追加購入については最後に取り替え更新行動が行われた時点を基準時点とした。観測開始時点 t_0 において、既に各取り替え更新行動の基準時点から時間が経過していることを考慮し、 t_0 までに、取り替え更新行動が行われていないという条件付き確率を用いて、観測開始時点からの取り替え更新行動の生存関数を以下の式で表わす。

$$S(t|t_0, \{t_k\}, t_z) = \prod_k \left\{ \frac{S_r(t-t_k|X_k)}{S_r(t_0-t_k|X_k)} \times \frac{S_d(t-t_k|X_k)}{S_d(t_0-t_k|X_k)} \right\} \times \frac{S_a(t-t_z|X)}{S_a(t_0-t_z|X)} \quad (7.9)$$

ただし, t_k は保有自動車 k の購入時点を表わし, t_z は t_0 以前に行われた最後の取り替え更新行動時点を表わす. 以上より, 尤度関数は以下の式で表わされる.

$$L = \prod_k \left\{ h_r(t-t_k)^{d_{rk}} \times \frac{S_r(t-t_k|X_k)}{S_r(t_0-t_k|X_k)} \times h_d(t-t_k)^{d_{dk}} \times \frac{S_d(t-t_k|X_k)}{S_d(t_0-t_k|X_k)} \right\} \times h_a(t-t_z)^{d_z} \times \frac{S_a(t-t_z|X)}{S_a(t_0-t_z|X)} \quad (7.10)$$

ただし, d_{rk} , d_{dk} , d_z はそれぞれ, 自動車 k の買い替え, 破棄, および, 追加購入が行われた場合 1, それ以外の場合 0 をとるダミー変数を表わす. 観測終了時点においても, いずれの取り替え更新行動も行われていない場合, 3 つのダミー変数を全て 0 とすることで表現することが可能である.

式(7.10)より, 尤度関数が各取り替え更新行動のハザード関数, および, 生存関数の積によって表現されていることから, 未知パラメータの推定に際しては, 各取り替え更新行動毎に, 別々に最尤推定を行うことが可能である. これは, 競合危険が互いに独立であるとの仮定を設けている事により可能となっており, 各競合危険間での相関を考慮する場合には, このような推定方法を用いる事が出来ず, 推定コストが非常に大きくなるものと考えられる.

7.4 説明変数の時間軸上での変化の考慮

7.3 での定式化では, 説明変数ベクトルは時間の経過によっても変化しない事を暗に仮定しているが, これを拡張し, 時間の経過と共に値が変化するような説明変数 (時間依存性説明変数) をモデルに導入することが可能である. 時間依存性説明変数を含む説明変数ベクトルの時点 t における値を $X(t)$ とすると, 式(7.3)は以下の式となる.

$$S(t) = \exp \left\{ - \int_0^t h(t|X(t)) dt \right\} \quad (7.11)$$

ただし，時間依存性説明変数を説明変数ベクトルに導入するにあたり，時間の経過に伴う変数値の軌跡が t の関数とならない場合には，右辺の積分が解析的に求まらないため，数値積分等を行う必要がある．

本研究では，観測期間中に世帯の状態が変化した場合，状態変化によって取り替え更新行動を行う確率が変化するものと考え，時間依存性説明変数として，以下の式で表わされるような，連続時間軸上の離散時点で変数値が瞬間的に変化する形の変数を導入する．

$$X(t) = \begin{cases} X_0 & 0 \leq t < t_1 \\ X_1 & t_1 \leq t < t_2 \\ \vdots & \\ X_n & t_n \leq t \end{cases} \quad (7.12)$$

式(7.12)で表わされる説明変数ベクトルをモデルに導入した場合の生存関数 $S(t)$ は，式(7.11)より，以下の式で表わされる．

$$S(t|X(t)) = S(t_1|X_1) \times \prod_{i=1}^{n-1} \frac{S(t_{i+1}|X_i)}{S(t_i|X_i)} \times \frac{S(t|X_n)}{S(t_n|X_n)} \quad (7.13)$$

上式において，右辺は，説明変数値が一定な値を取る期間毎に分割することで，時間依存性説明変数を含まない説明変数ベクトルによる，条件付き生存関数の積によって表現されている．よって，未知パラメータの推定に際しては，各期間毎に，別々のケースとして取扱うことで，時間依存性説明変数を含むことなく，解析的に生存関数を算出し，最尤推定を行うことが可能である．

このような形で時間依存性説明変数をモデルに導入した場合，時点 t ($t_i \leq t < t_{i+1}$) まで取り替え更新行動が行われていないという条件下で，時点 t の瞬間に取り替え更新行動が行われる条件付き確率密度（ハザード関数）は，その時点 t での説明変数値 X_i にのみ影響を受け，時点 t までの説明変数値の軌跡や状態の変化があった事そのものは，取り替え更新行動に直接影響を与えない．つまりモデル上は，時点 t までに取り替え更新行動が行われなかった場合の時点 t 以降の条件付き確率関数は，時点 t までに説明変数値に変化があったか否かに関わらず，同一となる．そこで，世帯に関する説明変数として，状態を表わす説明変数に加えて，その状態に変化が生じたことを表わす(状態が変化する以前は 0，状態が変化した以降は 1 をとる)ダミー変数をモデルに導入することによって，世帯の状態の変化がそれ以降の自動車取り替え更新行動に与える影響を明示的にモデルに導入する．また，ある時点での取り替え更新行動がそれ以降の取り替え更新行動に与える影響を考慮するために，各取り替え更新行動が行われたことを表わすダミー変数を，世帯の状態変化を表わすダミー変数と同様に，説明変数としてモデルに導

入する。ここでは、最後に行われた取り替え更新行動のみが次の取り替え更新行動に影響を与えるものと考え説明変数として用いることとした。

ここで、ある時点での世帯の状態変化や取り替え更新行動が影響を与えるその時点以降の期間については、適切な減衰関数を当てはめ、減衰に関する未知パラメータを推定することによって表現することが可能となると考えられるが、本研究では、次節で示すように、分析に用いるデータが高々1年間の観測期間から得られるサンプルであるため、1年以内の減衰は無いものとして推定を行っている。

7.5 データの概要

本研究で用いるデータは、低公害自動車の需要予測を目的として、1993年および1994年に米国カリフォルニア州で実施されたパネル調査（Bunch, et al., 1996）で得られたものである。第1回調査、第2回調査ともに回答した世帯は2,857世帯であった。

第1回調査では、その時点での世帯属性と、世帯で現在保有している自動車と過去に保有していた自動車それぞれ6台までについて、車種、購入時期、購入時新車か中古車か等について回答を求めている。第2回調査では、第1回調査時点以降の世帯の自動車取り替え更新行動について、その種類、および時期（月単位）等について詳細な質問が行われた。また、世帯属性、世帯構成員の属性の変化についても、その時期（月単位）を含め、回答を求めている。

第1回調査、第2回調査の両調査ともに、コンピュータを利用した電話調査で、被験者の世帯属性に応じて高度にカスタマイズされた質問内容を用いることによって、詳細で効率的なデータ収集が実施されている。このような調査を行うことによって、第1回調査から第2回調査までの世帯変化と取り替え更新行動について、月単位でそれらの順序も含めて完全な形で把握することが可能である。

本研究では、第1回調査と第2回調査の間の期間を観察期間とし、観察期間における自動車取り替え更新行動と、それに影響を与える属性の時間軸上における変化に関するデータを用いて分析を行う。分析には、パネル調査のサンプル世帯のうち、データに不備のない、1,882世帯についてのデータを用いた。なお、観察期間中に取り替え更新行動を行った世帯は全体の約35%、654世帯であった。取り替え更新行動の内訳は、買い替え(1回)が約38%、新規購入(1回)が約33%、破棄(1回)が約19%であり、複数の取り替え更新行動を行っている世帯も約10%存在した。

7.6 推定結果

7.5で述べたデータを用いて推定を行った結果を表7-1に示す。推定に際しては、各取り替え更新行動毎に、別々に最尤推定を行った。いずれの推定においても、サンプル世帯数は1,882世帯と共通であるが、観測期間中に取り替え更新行動を行った世帯についてはモデル化の対象となる取り替え更新行動間隔が取り替え更新の前後に観測される事、および複数保有世帯にお

いては同一の期間に、買い替えと破棄の生存時間が台数分観測されること、説明変数が変化したケースについては説明変数の変化した前後で別のケースとみなして推定を行ったことから、買い替えと破棄については、5,574 ケース、追加購入については 2,887 ケースのサンプルとなっている。

表 7-1 より、 g の推定結果から、買い替え、追加購入については正の時間依存性を持つことが統計的に示された。これは、当該自動車の保有期間が長くなるほど買い替えを行う確率が高くなること、および、最後の取り替え更新行動時点からの経過期間が長くなるほど追加購入を行う確率が高くなることを示している。一方、破棄については $g=1$ に対する t 値が統計的に有意ではなく、時間依存性の存在が確認されなかった。このことは、破棄については、自動車の保有期間といった時間依存性を持つ要因よりも、世帯属性や自動車属性等の時間依存性を持たない要因や、事故や故障等の確率的要因が大きな影響を与えていることを示しているものと推測される。

説明変数の推定結果について、表中では、説明変数の推定値が正(負)である場合、取り替え更新行動間隔が長く(短く)なることを表わし、競合危険の考え方からは、当該取り替え更新行動が行われる確率が他の取り替え更新行動に比べて低く(高く)なることを意味している。大人の人数については、大人の人数が多いほど、買い替え行動までの期間が長く、追加購入と破棄までの期間が短くなるという結果が示された。このことは、大人の人数が多い世帯では、買い替えに比べて追加購入や破棄を行う可能性が高くなることを意味している。また、大人の人数が増えた場合には、追加購入の期間が短く、破棄の期間が長くなることが示された。このことは、大人の人数が増えた場合には、新たに加わった大人のために自動車の追加購入を行う可能性が高く、反対に破棄を行う可能性が低くなることを意味しているものと考えられる。反対に、大人の人数が減った場合には、追加購入の期間が長くなることが示されており、大人の人数が減った場合には、追加購入を行う可能性が低くなることを意味しているものと考えられる。

子供の人数については、新規購入の期間が短くなる事が示されている一方、子供の増加によって、新規購入の期間が長くなる事が示されている。このことは、子供の増加によって、追加的な自動車の購入需要が高まるものの、子供の増加直後には新規購入は行われず、結果として新規購入が時間的遅れを伴って行われる事を意味するものと考えられる。賃貸住宅への引越しを表わすダミー変数の推定結果が買い替えにおいて負の値となっている事から、住宅立地の変更によって、保有自動車を変更する傾向のある事が示された。

また、過去の取り替え更新行動の影響を表わすダミー変数の推定結果より、保有自動車の買い替えが行われた場合には、次の買い替えあるいは破棄の期間が長くなることが示されている。このことから、保有自動車の買い替えが行われた場合には、他の保有自動車の買い替えや破棄の時期を延期することを意味するものと考えられる。一方、破棄と新規購入の相互関係について見ると、新規購入が行われた場合には破棄の期間が長くなっているものの、破棄が行われた場合には、新規購入の期間が短くなっている。このことから、自動車に対する追加的な需要に

よって、追加購入を行った場合には、それらの需要が継続される、あるいは自動車の台数が多い事に慣れてしまうため、破棄が行われる可能性が低いのにに対して、破棄を行った場合には、世帯は保有台数が多かった時の経験を持っているため、もう一度追加購入によって保有台数を増加させる可能性が高い事が推測される。このような結果は、自動車保有の非可逆性とも関連するものと考えられるため、更なる検討が必要であると考えられる。

表 7 - 1 推定結果

説明変数	買い替え		破棄		新規購入		
	Coef.	t値	Coef.	t値	Coef.	t値	
γ	1.36	5.09	0.94	-0.89	1.10	2.02	
定数項	6.15		6.53		5.37		
世帯属性	大人数	0.40	2.23	-0.26	-3.01	-0.23	-2.52
	子供数					-0.13	-2.36
	運転者数	-0.45	-2.40				
	常勤者数	-0.21	-2.51			-0.33	-3.55
	パート勤務者数					-0.31	-2.35
	賃貸住宅ダミー	0.39	2.52	-0.45	-2.64		
世帯属性変化	大人増			0.52	1.59	-0.34	-1.70
	大人減					0.48	2.08
	子供増					0.50	1.72
	賃貸住宅引越	-0.65	-2.26				
自動車属性	バン			0.73	1.88		
	トラック	0.25	1.31	0.26	1.19		
	スポーツカー			0.38	1.33		
	ワゴン車			0.61	1.36		
	中古車	-0.37	-2.97	-0.61	-3.96		
	リース	-1.01	-4.14				
	社有車	-1.30	-4.21	-0.55	-1.30		
	保有自動車数	0.37	3.98	-0.23	-3.16	0.33	3.76
取り替え更新行動	買替ダミー	0.58	3.11	0.25	1.30		
	破棄ダミー	0.38	2.64			-0.51	-3.90
	新規購入ダミー			0.89	2.33		
$L(C)^{**}$	-1709		-1221		-1511		
$L(\mathbf{b})$	-1671		-1187		-1477		
χ^2 (df)	74.52(12)		67.96(12)		68.74(9)		
世帯数	1882		1882		1882		

* $\gamma = 1$ に対する t 値

** γ , および定数項以外の全てのパラメータを 0 とした時の尤度

7.7 結語

本研究では、時間軸上における世帯の自動車取り替え更新行動を分析することにより、世帯における自動車保有構造の把握を目指した。その際、生存時間解析手法を適用することによって、取り替え更新行動の種類および時期について、連続時間軸上で同時に予測することを可能とした。

世帯の自動車取り替え更新行動を、買い替え、追加購入、破棄からなる競合危険ととらえ、競合危険モデルを用いて自動車取り替え更新行動の分析を行った結果、複数の取り替え更新行動間での相互影響を定量的に捉えることが出来た。本研究でのモデルの定式化は個々の自動車保有期間モデルと整合的な形となっており、これまでに構築された自動車保有期間モデルによって得られた知見をそのまま自動車取り替え更新行動モデルに反映させることが可能である。また、説明変数として、世帯の状態を表わす変数に加えて、世帯の状態に変化が生じたことを表わす変数を導入することによって、世帯の状態の変化が自動車取り替え更新行動に与える影響についても把握することが出来た。

特に、過去の取り替え更新行動の影響に関する推定結果より、自動車に対する追加的な需要によって追加購入を行い保有自動車が増えた場合には、それらの需要が継続するか、自動車の第数が多いことに慣れてしまうため、破棄によって再度保有自動車を減らすという行動が行われにくいものに対して、破棄が行われて保有台数が減少した場合には、保有台数が多かった時の経験を持っているため、もう一度追加購入を行って保有台数を増加させる可能性が高いことが示された。これらの結果は自動車保有の非可逆性を示すものであり、将来の自動車保有に対する施策を立案する上で一旦複数保有が進展すると、保有された自動車を減少させることは非常に困難であるということの意味するものと考えられる。

しかしながら、本研究では、全世帯に対して同じ構造のハザード関数を適用して分析を行っており、世帯間の異質性は全て、説明変数によって反映されているものとして取り扱っているものの、自動車保有行動は、合理的経済的判断だけでなく、ステイタスシンボルやライフスタイルといった観測困難な要因に影響を受ける。そのため、買い替え性向の激しい世帯と、同一の自動車を寿命まで乗り続ける世帯をモデル上で再現するためには、通常の社会経済属性を説明変数とするだけでは十分ではない。第6章では、自動車保有期間の分析を行う際に、このような非観測異質性を考慮するためにマスポイント手法を用いた分析を行っている。本研究への適用は今後の課題である。

その他、説明変数として、内生変数である取り替え更新行動ダミーを用いていることに関して検討する必要があること、各競合危険間の相関を考慮する必要がある事、および、低公害自動車の普及台数予測といった政策面での応用を可能とするために、マクロレベルでの社会経済指標等をモデルの説明変数として導入する必要があるものと考えられる。

第7章 参考文献

- de Jong, G. (1996) A disaggregate model system of vehicle holding duration, type choice and use, *Transportation Research*, Vol. 30B, No. 4, pp. 263-276.
- Gilbert, C. C. S. (1992) A duration model of automobile ownership, *Transportation Research*, Vol. 26B, No. 2, pp. 97-114.
- Hensher, D. (1998) The timing of change for automobile transactions: competing risk multispell specification, In Ortuzar, J. D., Hensher, D., Jara-Diaz, S. (eds.) *Travel Behaviour Research: Updating the State of Play*, Elsevier, Amsterdam, pp. 487-506.
- Hensher, D. A. and Mannering, F. L. (1994) Hazard-based duration models and their application to transport analysis, *Transport Review*, Vol. 14, pp. 63-82.
- Kitamura, R. (1987) A panel analysis of household car ownership and mobility, *Proceedings of the Japan Society of Civil Engineers*, No. 383/IV-7, pp. 13-27.
- Kitamura, R. (1989) The asymmetry of the change in household car ownership and utilization: a panel analysis, In the International Association for Travel Behaviour (ed.) *Travel Behaviour Research*, Avebury, Aldershot, England, pp. 186-196.
- Kitamura, R. (1992) A review of dynamic vehicle holdings models and a proposal for a vehicle transactions model, *Proceedings of the Japan Society of Civil Engineers*, No. 440/IV-16, pp.13-29.
- Mannering, F. and Winston, C. (1991) Brand loyalty and the decline of american automobile firms, *Brookings Papers on Economic Activity, Microeconomics*, pp. 67-114.
- 青島縮次郎・磯部友彦・宮崎正樹 (1991) 世帯における自動車保有履歴から見た自動車複数保有化の構造分析, 土木計画学研究・論文集, No.9, pp.45-52.
- 安藤良輔・青島縮次郎・伊藤正経 (1997) 地方都市圏における住宅立地条件が自動車保有に及ぼす影響に関する分析, 交通工学, Vol. 32, No. 2, pp. 27-36.
- 石田東生・谷口守・黒川洸 (1994) 世帯における利用特性からみた自動車の分類に関する一考察, 第29回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.97-102.
- 佐佐木綱・朝倉康夫・木村宏紀・和田明 (1986) 世帯のライフサイクルステージと車保有・利用の関連分析, 第21回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.439-444.
- 森地茂・田村亨・屋井鉄雄・金利昭 (1984) 乗用車の保有及び利用構造分析, 第19回日本都市計画学会学術研究論文集, pp.49-54.