

第 3 章 世帯内での自動車利用の競合を考慮した交通機関選択行動の分析

3.1 概説

交通機関選択行動は、非集計交通行動分析の分野で最も初期から分析の対象とされてきた。これは、交通機関選択行動が自動車交通需要に最も直接的な影響を及ぼすという本質的な重要性に加えて、選択肢集合が明確である事、選択肢集合から最も効用の高い選択肢を選択するという離散選択行動の仮定がなじみやすい事、代替選択肢属性データが比較的容易に収集できる事等が原因であると考えられる（北村他，2000）。

古典的な離散選択行動モデルでは、個人はそれぞれ他者とは独立に選択肢集合を持っており、個々人の選択行動は他者とは独立に行われ、選択結果は他者の選択に影響を与えないという仮定が置かれている（Ben-Akiva and Lerman, 1985）。交通機関選択分析の枠組みでは、ある個人が自動車を選択することで、自動車需要量が増大したとしても、経路所要時間に与える影響は微小であり、経路所要時間は固定的なものとして外生的に与えるといったことが行われている。実際、需要量の増大によるサービス水準の変化等の影響については、モデル構築時には問題とならず、予測時に交通機関選択モデルと道路ネットワークモデルを組み合わせる事により、このような影響を考慮している。一方、自動車の利用可能性を考えた場合、世帯の保有自動車は限られており、ある世帯構成員が自動車を利用すると、他の世帯構成員がその自動車を利用できないため、選択肢から自動車が除かれるといった自動車利用の背反性が世帯構成員の交通機関選択行動に大きな影響を与えていると考えられる。交通需要管理施策の実施によって通勤に用いられなくなった自動車が世帯内の他の構成員に利用される等の、世帯内での自動車の利用パターンの変化を予測するためには、世帯における自動車利用の競合を考慮した分析が必要である。しかしながら、このような個々人の選択肢集合の相互依存性は従来の交通機関選択行動分析において十分考慮されてきたとは言えない。

従来の分析では、メインドライバー（各自動車の優先的利用者）を示すダミー変数や世帯の自動車保有台数、免許保有者数といった説明変数を交通機関選択モデルの説明変数に導入する事で世帯内での競合による影響を考慮してきた。また、山本他（1996）は、他の世帯構成員の自動車利用確率と世帯の保有自動車数から算出される自動車利用可能確率と、自動車が利用可能であるという条件付きの交通機関選択確率からなる交通機関選択モデルを構築している。

しかし、このような方法では、ある世帯構成員が世帯の自動車を利用する場合にそれ以外の世帯構成員が同時にその自動車を利用する事ができないという自動車利用の背反性が明示的に取り扱われていない。

近年では、個々人の選択が独立ではなく他者の選択との相互作用を明示的に考慮した交通機関選択モデルもいくつか構築されている。小林他（1996）は、送迎・相乗り交通を対象として、送迎サービスを提供する人と享受する人の相互作用を考慮したモデル化を行っており、森川他

(1997)は、自動車利用自粛行動を対象として、社会的相互作用を考慮したモデル化を行っている。しかしながら、自動車利用の競合という観点から世帯構成員間の相互作用をモデル化した研究は行われていない。

本研究では、世帯内での自動車利用の競合を考慮する事により、自動車利用の背反性を明示的に導入した、世帯における交通機関選択モデルの構築を行う。すなわち、世帯が保有する自動車の配分問題として世帯構成員の交通機関選択行動をモデル化するものである。

日々の交通機関選択行動はそれまでの習慣が大きな影響を与えているとの指摘がなされている(Banister, 1978; Verplanken et al., 1998)。世帯内での自動車の配分問題として交通機関選択行動を捉えた場合、メインドライバーは自動車利用に対する習慣性が他の構成員よりも強いと考えられるため、メインドライバーの存在は世帯構成員の自動車利用に大きな影響を及ぼすと考えられる。しかしながら、世帯によってメインドライバーの自動車利用に対する優先度は異なるものと考えられる。本章では、メインドライバーの影響の世帯間における異質性をモデルに導入し、モデルの現実性、精度の向上を目指す。

3.2 世帯内での自動車利用の競合を考慮した交通機関選択行動モデル

一般に、世帯の保有する各自動車にはメインドライバーが存在する事が多く、当該自動車の利用に関してメインドライバーが優先権を持つものと考えられる。しかしながら、メインドライバーは他の世帯構成員の自動車利用に関する要求を勘案し、自らの自動車利用を取りやめ他の世帯構成員に自動車を利用させるといった行動をとる事も考えられる。しかし、メインドライバーとその他の世帯構成員との関係は世帯によって異なるものと考えられ、メインドライバーによっては他の世帯構成員による利用を全く考慮しない場合や、メインドライバーといっても当該自動車の利用に関してそれほどの優先権を持たず、他の世帯構成員と差別化されない場合も考えられる。

保有自動車が1台の場合、メインドライバーが世帯の保有する自動車の利用に関して絶対的な優先権を持つ世帯においては、まずメインドライバーが自動車利用選択行動を行い、その結果メインドライバーが利用しない場合のみ他の世帯構成員が当該自動車を利用する事ができるものと考えられる。よって、このような世帯における自動車利用選択構造は、図-1に示すように、メインドライバーの交通機関選択行動を上位レベル、メインドライバーが自動車を利用しない場合の下位レベルの選択として、それ以外の世帯構成員による利用を選択肢とする、2段階のロジットモデルとして定式化できると考えられる。

これに対し、メインドライバーが優先権を全く持たない世帯においては、世帯構成員全員が対等に自動車利用選択を行うものと考えられる。よって、このような世帯における自動車利用構造は、各世帯構成員を選択肢と捉えた多項ロジットモデルに従うものと考えられる。

さらに、これら両極の間に位置する一般的な場合として、メインドライバーが他の世帯構成員の自動車利用に関する要求を勘案し、自らの交通機関選択を行う世帯においては、メインド

ライバーが自動車を利用しない場合の効用に，他の世帯構成員が当該自動車を利用した場合に得られる利他的効用(小林他,1996)を加えた形の図3-1のツリー構造を持つネスティッド・ロジットモデルとして表現できる．

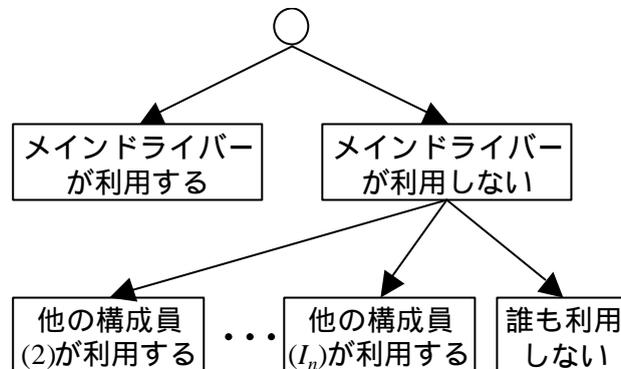


図3-1 世帯構成員の交通機関選択構造

ここで，世帯での自動車利用を考えた場合，他の世帯構成員とスケジュールの調整を行い，出発時刻を変更することにより両者が自動車を利用するという行動が考えられるが，本研究では交通の発生は所与とし，出発時刻の変更等は取り扱わない．このような仮定は従来の交通機関選択モデルにおいても用いられてきたものであり，世帯構成員間のスケジュールの調整を含めた交通機関選択行動モデルの構築は今後の課題である．

自動車保有台数が1台の場合，18才以上の世帯構成員 I_n 人からなる世帯 n において，メインドライバーが自動車を利用する確率 $P_n(1)$ を以下の式で表わす．

$$P_n(1) = \frac{\exp(V_{n1})}{\exp(V_{n1}) + \exp\left[m \ln \left\{ \sum_{i=2}^{I_n+1} \exp(V_{ni}) \right\}\right]} \quad (3.1)$$

ただし， V_{n1} ， V_{ni} ($i = 2, 3, \dots, I_n$)， $V_{n(I_n+1)}$ は，それぞれメインドライバーが自動車を利用した場合の効用，その他の世帯構成員が利用した場合の効用，誰も利用しない場合の効用を表わす．また， m はスケールパラメータである．

一方，その他の世帯構成員が自動車を利用する確率 $P_n(i)$ ($i = 2, 3, \dots, I_n$)，および誰も自動車を利用しない確率 $P_n(I_n + 1)$ は以下の式で表わされる．

$$P_n(i) = \frac{\exp\left[\mathbf{m} \ln \left\{ \sum_{i=2}^{I_n+1} \exp(V_{ni}) \right\}\right]}{\exp(V_{n1}) + \exp\left[\mathbf{m} \ln \left\{ \sum_{i=2}^{I_n+1} \exp(V_{ni}) \right\}\right]} \quad i = 2, 3, \dots, I_n + 1 \quad (3.2)$$

$$\times \frac{\exp(V_{ni})}{\sum_{i=2}^{I_n+1} \exp(V_{ni})}$$

ここで、一般的な McFadden (1978) タイプのネスティッドロジットモデルでは、式(3.1),(3.2)中の V_{ni} ($i = 2, 3, \dots, I_n + 1$)が V_{ni} / \mathbf{m} となっており、本研究での定式化とは異なっている。本研究での定式化は Daly (1987) による定式化と一致するものである。Koppelman and Wen (1998) は両タイプのネスティッドロジットモデルを比較し、前者の定式化が効用最大化理論と整合的である一方で、後者の定式化は周辺確率と条件付確率の論理に基づく定式化であるが効用最大化理論と整合的でないと述べている。しかしながら、本研究では、メインドライバーは利他的効用を自らの効用に組み入れて選択を行っていること、及び、メインドライバー以外の世帯構成員はメインドライバーが自動車を選択しない場合にのみ自動車を利用する可能性があることをモデル化する一方で、McFadden タイプの定式化で仮定されているような選択肢間の相関については考慮していない。すなわち、McFadden タイプの定式化では、 \mathbf{m} が選択肢 $2, 3, \dots, I_n + 1$ の類似性を表すのに対して、本研究では \mathbf{m} はメインドライバーが利他的効用をどの程度考慮するかを表すものである。さらに、 $\mathbf{m} = 1$ の場合には、多項ロジットモデルに一致するため、世帯における自動車の割り当てに関してメインドライバーの優先権が存在しない状態を表わすと捉えることが可能である。一方、 $\mathbf{m} = 0$ の場合には、2段階ロジットモデルに一致し、はじめにメインドライバーが自らの効用のみによって交通機関選択を行い、メインドライバーが自動車を利用しなかった場合のみ、他の世帯構成員間で当該自動車の割り当てが決定される事を表わす。

このように、 \mathbf{m} は世帯におけるメインドライバーと他の世帯構成員の関係を表わすパラメータと解釈する事が可能である。しかしながら、通常のネスティッド・ロジットモデルにおいては、 \mathbf{m} は全世帯共通と仮定されることとなる。本研究では、世帯におけるメインドライバーとその他の世帯構成員の関係は世帯毎に異なるものと考え、世帯間の異質性を \mathbf{m} に導入するために、以下の式に示すように \mathbf{m} を構造化する (Baht, 1997)。

$$\mathbf{m} = \mathbf{m}_0 \exp(\mathbf{a}X_n) \quad (3.3)$$

ただし \mathbf{m}_0 は未知パラメータ \mathbf{a} は未知パラメータベクトル X_n は説明変数ベクトルを表わす。

保有台数が2台以上の世帯についても同様の定式化が可能となるものと考えられるものの、選択肢間の誤差相関について考慮が不可欠となりモデルの構造が複雑化するため本研究では取

り扱っていない。

未知パラメータの推定に際しては、式(3.3)を式(3.1)，(3.2)に代入し、線形の効用関数を仮定することによって、最尤推定法を適用し、全てのパラメータの同時推定を行う。

3.3 データの概要

本章では、平成9年度に神戸市居住者及び大阪市居住者を中心とした地域を対象として行われたアンケート調査、及び、同じく平成9年度に京都市居住者を対象として行われたアンケート調査から得られたデータを用いた実証分析を行う。前者の調査は兵庫県南部地域における交通網の整備効果を把握する事を目的としたパネル調査の第1回目にあたる。対象地域の5,000世帯を対象として世帯調査票1枚と個人調査票3枚を郵送により配布した。得られたサンプル数は470世帯（回収率9.4%）、回収個人票総数は859枚となった。一方、後者の調査は京都市地下鉄東西線開通に伴う影響評価を目的としたパネル調査の事前調査にあたる。予備調査で調査への参加意思を示した3,171世帯を対象として世帯調査票1枚と予備調査時に参加意思を示した人数分の個人調査票を郵送により配布した。得られたサンプル数は2,000世帯（回収率63.1%）、回収個人票総数は3,944枚となった。

両調査は個別の目的を持つものの、調査内容は似通っており、回収率の大幅な違いは予備調査の有無によるものと思われる。今後の調査設計を行う上で、調査費用の削減の点からも予備調査を実施することが望ましいと考えられる。両調査は抽出率等に違いがあるものの、本研究では、両調査データを統合することにより、京阪神都市圏の都市部に居住する世帯を分析対象とした。18才以上の世帯構成員数と自動車保有台数のクロス分析を行った結果を表3-1に示す。

表3-1 18才以上の世帯構成員数と自動車保有台数の分布

18才以上の世帯 構成員数	保有台数				合計
	0台	1台	2台	3台以上	
1人	144 (6.3)	41 (1.8)	5 (0.2)	1 (-)	191 (8.4)
2人	144 (6.3)	252 (11.1)	40 (1.8)	5 (0.2)	441 (19.4)
3人	86 (3.8)	334 (14.7)	93 (4.1)	18 (0.8)	531 (23.3)
4人	77 (3.4)	422 (18.5)	140 (6.2)	32 (1.4)	671 (29.5)
5人	28 (1.2)	173 (7.6)	82 (3.6)	27 (1.2)	310 (13.6)
6人以上	10 (0.4)	60 (2.6)	42 (1.8)	20 (0.9)	132 (5.8)
合計	489 (21.5)	1282 (56.3)	402 (17.7)	103 (4.5)	2276 (100.0)

(): 総合計のパーセント。四捨五入のため合計は一致しない。

-: 0.05未満

表3-1より自動車を1台保有する世帯が全世帯の56%を占めている事、及び、世帯構成人数より保有台数の方が少ない世帯が多いことが分かる。よって本研究では、自動車保有台数が1台で、18才以上の世帯構成員全員が個人調査票に回答しており、回答内容に不備の無い242世帯を対象として未知パラメータの推定を行うものとした。京都市居住者を対象として実施された調査では、個人調査票が予備調査で参加意思を示した人数分だけ配布されており、必ずしも18才以上の世帯構成員全員に調査票が配布されていない事、および18才以上の全ての世帯構成員が調査に参加していた場合でも、1人でも記入漏れがあると、その世帯のデータが利用できない事等からパラメータ推定に用いたサンプル数が少なくなっている。今後の調査設計を行う上で考慮すべき点である。

3.4 推定結果

3.3で述べた242世帯をサンプルとして用いて推定を行った結果を表3-2に示す。

表3-2 推定結果

説明変数	選択肢	Coef.	t 値
上位レベル			
自動車所要時間(10分)	1	-0.79	-4.51
鉄道所要時間(10分)	1	0.13	3.79
鉄道費用(10円)	1	0.0010	0.20
鉄道乗り換え回数	1	-1.12	-1.25
男性ダミー	1	-4.33	-2.07
年齢ダミー	1	-0.22	-0.66
就業者ダミー	1	0.54	1.11
通勤通学ダミー	1	-0.51	-1.13
定数項	1	3.46	1.41
下位レベル			
所要時間差(10分) [†]	2,3,..., I _n	0.19	0.53
費用差(10円) [†]	2,3,..., I _n	0.021	0.36
高速利用可能ダミー	2,3,..., I _n	1.74	0.20
男性ダミー	2,3,..., I _n	1.63	0.66
50才以上ダミー	2,3,..., I _n	0.30	0.16
中古車ダミー	I _n + 1	0.67	0.40
免許保有者数	I _n + 1	-0.88	-0.69
定数項	I _n + 1	5.72	0.63
スケールパラメータ			
m_0		1.03	0.62
世帯主ダミー		-1.79	-1.94
普通乗用車ダミー		-0.80	-1.41

サンプル数 242, L(0) = -282.0, L(β) = -158.7,

$\chi^2 = 246.7$ (df = 20) [†](差)=(鉄道)-(自動車)

*中古車ダミー、免許保有者数以外の説明変数は、当該選択肢の世帯構成員に関する属性である。

表3-2より χ^2 値が246.7となっておりモデルの有意性が確認される。個々のパラメータにつ

いては、統計的に有意とならなかったものが見受けられるものの、妥当な符号を持っているものと考えられる。今回の推定では、上位レベルと下位レベルにおいて異なる効用関数を仮定したが、メインドライバーでは男性ダミーが負の値をとっているのに対して、下位レベルでは正の値をとっており、性別の影響はメインドライバーが否かによって異なる事が示された。

スケールパラメータについては、 m_0 が 1.03 となっており 1.00 と有意差はなく、通常はメインドライバーといっても他の世帯構成員と対等に自動車利用選択を行っているという結果となった。ただし、統計的有意性は低くそのような傾向は明らかではない。一方、普通乗用車ダミーが負となっており、当該自動車が普通乗用車である場合には、スケールパラメータが 0.46 (= $1.03 \times \exp(-0.80)$) となる。これより、普通乗用車のメインドライバー、は他の小型乗用車や軽自動車のメインドライバーに比べて利他的効用をそれほど考慮せず、自らの効用に基づいて交通機関選択を行っている傾向が強いことが示された。また、世帯主ダミーが負となっており、世帯主がメインドライバーの場合、スケールパラメータが 0.17 (= $1.03 \times \exp(-1.79)$) となり、ほとんど他の世帯構成員の事を考慮していないと解釈される。さらに、世帯主でかつ普通乗用車のメインドライバーの場合、スケールパラメータは 0.077 (= $1.03 \times \exp(-1.79 + -0.80)$) となり、他の世帯構成員の事を考慮する度合いが低い。今回のパラメータ推定では、特に下位レベルの未知パラメータの推定値が統計的に有意とならず、今回の結果だけから本モデルの妥当性を示すには至っていない。今後、更なるデータ収集を行い、モデルを適用することによってモデルの妥当性を確認する必要がある。

本研究で構築したモデルとの比較のために、本モデルで用いたの同様の変数を用いていくつかのモデルを構築した。比較したモデルは、世帯間における相互作用の異質性を考慮しないネスティッド・ロジットモデル、メインドライバーが絶対的な優先権を持つ事を仮定した 2 段階ロジットモデル、全ての世帯構成員が対等に選択を行う事を仮定した多項ロジットモデル、および世帯内の各個人が独立に選択を行うものと仮定し、各世帯構成員を意思決定主体とした 2 項ロジットモデルである。各々のモデルによる最終尤度を表 3 - 3 に示す。

表 3 - 3 モデルの比較

	L(β)
本研究のモデル	-158.7
ネスティッド・ロジットモデル	-163.6
2段階ロジットモデル	-163.6
多項ロジットモデル	-164.9
2項ロジットモデル	-199.3

表 3 - 3 において、まず 2 項ロジットモデルと他の 4 つのモデルを比較する事により、世帯における構成員間の相互作用を考慮した方が適合度が高くなる事が確認される。この結果より、交通需要予測を行う際には、同一世帯のいずれかの世帯構成員が自動車を利用する事で他の世帯構成員がその自動車を利用できないという自明の関係をモデルに導入することの有用性が示

されたものと考えられる。さらに、世帯構成員間の相互作用を考慮したモデルの中では、多項ロジットモデル、2段階ロジットモデル、ネスティッド・ロジットモデル、本研究で提案するスケールパラメータの異質性を考慮したネスティッド・ロジットモデル、の順に最終尤度が向上する結果となった。本研究のモデルとネスティッド・ロジットモデルとの差を表す χ^2 値は9.8 (= $-2 \times \{(-163.6) - (-158.7)\}$) (df = 2) となり、統計的な有意差が確認された。

3.5 感度分析

本研究で構築したモデル、通常のネスティッド・モデル、2段階ロジットモデル、多項ロジットモデルを対象として感度分析を行った結果を表3-4に示す。2項ロジットモデルについては、仮定より世帯内の他の構成員のサービス水準に全く影響を受けないため、交互弾性値が全てのケースで0となるため、表には示していない。なお、表中の値は(3.4)式で表わされる弾性値である。

$$E_{C_j}^{S_i} = \frac{\partial S_i / S_i}{\partial C_j / C_j} \quad (3.4)$$

ただし、 C_i は世帯構成員 i の交通サービス水準、 S_i は世帯構成員 i の自動車選択率を表す。

表3-4 感度分析結果

$C_j =$ 鉄道所要時間 ($j =$ メインドライバー)				
i	本モデル	NL	ML	2段階
メインドライバー	2.920	2.611	2.605	2.624
非利用	-3.503	-3.126	-3.124	-3.148
非メイン1	-3.503	-3.126	-3.124	-3.148
非メイン2	-3.503	-3.126	-3.124	-3.148

$C_j =$ 自動車所要時間 ($j =$ メインドライバー)				
i	本モデル	NL	ML	2段階
メインドライバー	-2.059	-2.080	-2.080	-2.067
非利用	1.940	1.956	1.960	1.947
非メイン1	1.940	1.956	1.960	1.947
非メイン2	1.940	1.956	1.960	1.947

$C_j =$ 所要時間差 ($j =$ 非メイン1)				
i	本モデル	NL	ML	2段階
メインドライバー	0.000	-0.001	-0.002	0.000
非利用	-0.006	-0.003	-0.002	-0.006
非メイン1	0.080	0.064	0.059	0.073
非メイン2	-0.006	-0.003	-0.002	-0.006

表 3 - 4 より，メインドライバーの交通サービス水準が変化した場合には，いずれのモデルでも各ドライバーの弾性値の傾向は似通っている．ただし，表には示していないものの，2 項ロジットモデルを適用した場合には，需要予測を大きく誤る可能性があることを示している．また，本研究で提案したモデルが最も弾性値が大きくなっており，交通施策を施行して交通サービス水準が変化した場合，異質性を考慮しない場合には施策効果を過小評価してしまう可能性があることを示している．一方，非メインドライバーの交通サービス水準が変化した場合には，本モデルと 2 段階ロジットモデルから得られるメインドライバーの弾性値がネスティッド・ロジットモデルや多項ロジットモデルから得られるものに比べて低いという結果となった．

3.6 結語

本章では，世帯における自動車利用に関する競合を考慮した交通機関選択モデルを構築した．このモデルの特徴は，従来，個人は独立に交通機関選択を行うとされてきた仮定を緩和し，世帯内での自動車利用の背反性を明示的に取り入れていること，及び，スケールパラメータを構造化する事により世帯間の自動車利用優先権についての異質性を表しているという点にある．京阪神地域の都市部で実施されたアンケート調査に基づく 18 才以上の世帯構成員全員の時間利用データを用いて実証分析を行った結果，本研究で構築したモデルにより世帯における構成員間の相互作用を考慮することで大幅なモデル精度の向上が確認された．また，世帯主や普通乗用車のメインドライバーは他者の効用を考慮する傾向が弱いことが示された．さらに，世帯間における相互作用の異質性を考慮しないネスティッド・ロジットモデル，メインドライバーが絶対的な優先権を持つ事を仮定した 2 段階ロジットモデル，全ての世帯構成員が対等に選択を行う事を仮定した多項ロジットモデル，および世帯内の各個人が独立に選択を行うものと仮定し，各世帯構成員を意思決定主体とした 2 項ロジットモデルの 4 つのモデルとの比較を行った結果，わずかではあるが，世帯間の異質性を考慮する事によるモデルの精度の向上が見られた．ただし，今回のパラメータ推定では，特にメインドライバー以外の世帯構成員の自動車配分行動に関する未知パラメータの推定値が統計的に有意とならず，今回の結果だけから本モデルの妥当性を示すには至っていない．今後，更なるデータ収集を行い，モデルを適用することによってモデルの妥当性を確認する必要がある．感度分析の結果からは，メインドライバーの交通サービス水準が変化した場合には，上記のモデルのうち，2 項ロジットモデル以外のいずれのモデルでも各ドライバーの弾性値の傾向は似通っている．ただし，2 項ロジットモデルを適用した場合には，需要予測を大きく誤る可能性があることを示している．また，本研究で提案したモデルが最も弾性値が大きくなっており，交通施策を施行して交通サービス水準が変化した場合，異質性を考慮しない場合には施策効果を過小評価してしまう可能性があることを示している．

今回の分析では各世帯構成員の交通の発生は所与とし，出発時刻も固定されているものと仮定してモデル化を行った．このような仮定は従来の交通機関選択モデルでも暗黙的に用いられ

てきたものである。しかしながら、現実の世帯での自動車利用を考えた場合、他の世帯構成員とスケジュールの調整を行い、出発時刻を変更することにより両者が自動車を利用するという行動は十分考えられる。このような現象を考慮するためには、アクティビティ分析の枠組みによるモデル化が不可欠である。世帯構成員間のスケジュールの調整を含めた交通機関選択行動モデルの構築は今後の課題である。このようなモデルが現実のものとなれば、世帯内における使い回しや同乗といった自動車の利用形態を再現することが可能となる。

第3章 参考文献

- Banister, D. (1978) The influence of habit formation on modal choice –a heuristic model, *Transportation*, Vol. 7, pp. 19-23.
- Bhat, C. (1997) Covariance heterogeneity in nested logit models: econometric structure and application to intercity travel, *Transportation Research B*, Vol.31, No.1, pp. 11-21.
- Ben-Akiva, M. and Lerman, S. R. (1985) *Discrete Choice Analysis: Theory and Application to Travel Demand*, The MIT Press, Massachusetts.
- Daly, A. (1987) Estimating ‘tree’ logit models, *Transportation Research B*, Vol. 21B, pp. 251-267.
- Koppelman, F. S. and Wen, C.-H. (1998) Alternative nested logit models: structure, properties and estimation, *Transportation Research B*, Vol. 32B, pp. 289-298.
- McFadden, D. (1978) Modeling the choice of residential location, *Transportation Research Record*, No. 672, pp. 72-77.
- Verplanken, B., Aarts, H., van Knippenberg, A. and Moonen, A. (1998) Habit versus planned behaviour: a field experiment, *British Journal of Social Psychology*, Vol. 37, pp. 111-128.
- 北村隆一，森川高行，佐々木邦明，藤井聡，山本俊行（2000）交通行動の分析とモデリング（mimeograph）
- 小林潔司，喜多秀行，多々納裕一（1996）送迎・相乗り行動のためのランダム・マッチングモデルに関する研究，土木学会論文集，No. 536/IV-31, pp. 49-58.
- 森川高行，田中小百合，荻野成康（1997）社会的相互作用を取り入れた個人選択モデル - 自動車利用自粛行動への適用 - ，土木学会論文集，No. 569/IV-36, pp. 53-63.
- 山本俊行，藤井聡，吉田洋，北村隆一（1996）世帯構成員間の関係に基づいた自動車利用可能確率を考慮した機関選択モデルの構築，土木計画学研究・論文集，No.13, pp. 535-542.