

トリップの連鎖性を考慮した交通手段選択モデルに関する研究

A Disaggregate Mode-Choice Model Considering the Interdependencies among the Trips in a Trip Chain

松井 寛* 藤田素弘** 辻川琢也***

By Hiroshi MATSUI, Motohiro FUJITA and Takuya TSUJIKAWA

Each person's travel behaviour in a day can be described in terms of linked trips or trip chains. Existing models have the shortcoming of not representing the interdependencies among the trips in a trip chain. In this paper a logit model of mode choice based on the utility theory considering the interdependencies of modal choice among the trips in a trip chain is developed. Finally this model is applied to estimate time-of-day travel volumes by mode.

1 はじめに

人の1日の動きは、たとえば自宅-出勤-買物-帰宅というように、ある目的をもったトリップから次の目的のトリップへと目的間を推移しながら行動している。したがってトリップ目的間の連鎖性やゾーンごとの発・着トリップ数の間にある種の量的関係が成立し、また交通手段の選択においても、連鎖性をもつ一連のトリップの利用交通手段の間に何らかの連鎖性があると考えるのが妥当である。しかしながら従来の交通需要予測手法においては、連鎖性をもつ一連のトリップがそれぞれ分離され、独立に取り扱われており、上記のトリップ連鎖特性が全く無視されている。本研究ではとくにトリップの交通

キーワード：需要予測，交通手段選択，トリップ連鎖

* 正会員 工博 名古屋工業大学教授 社会開発工学科
(〒466 名古屋市昭和区御器所町)

** 正会員 工博 名古屋工業大学講師 社会開発工学科

*** 正会員 工修 社団法人地域問題研究所

手段選択に限定して、トリップの連鎖性を考慮した新しい交通手段選択モデルを提案し、その妥当性と適用性について検証するとともに、このモデルを時間別交通手段分担交通量の予測に応用した場合について検討する。

2 従来の研究と本研究の特徴

交通需要分析においてトリップの連鎖性に注目したアプローチの有効性は従来から指摘されてきた¹⁾。たとえばトリップ連鎖特性に基づいて、ゾーンごとの発・着トリップ数の間にみられる量的整合性を図った発生集中交通量モデルが松井ら^{2) 3)}によってすでに提案されている。また業務目的に限定した発生集中交通量モデルが佐佐木・西井⁴⁾や加藤・門田⁵⁾らによって提案されている。一方交通手段選択問題に対しては、Sasaki⁶⁾やKondo⁷⁾らは1日の交通行動の中から交通手段選択を説明しようと試みて、マルコフ連鎖を採用したモデルを提案している。しか

し各ステップにおいて交通手段利用率の定常性を前提としたマルコフ性の妥当性についてはなお問題を残しているといえる。activity-based approach に基づいて1日の交通行動をトリップ連鎖パターンと非集計モデルと組合せによって表現しようとする研究が磯部⁸⁾や蓑⁹⁾によって提案されているが、個人レベルの交通行動をある程度記述できても、都市圏レベルの交通需要予測モデルとしては必ずしも実用的なものとなっていない。

本研究では1日の交通行動をトリップ連鎖として表現し、トリップ目的相互のつながりを交通目的連関行列で表現するとともに、1日の最初のトリップ(第1トリップ)および前トリップと当該トリップとの交通手段選択における連関性を組み込んだロジックタイプの非集計モデルを提案する。さらにトリップチェーンに沿って順にトリップをたどることによって、間接的に時間の経過を表現できることに対応して、本モデルを時間帯別交通手段別分担交通量の予測に適用し、その適用性と妥当性について検討する。

3 モデルの定式化

(1)トリップ連鎖と利用交通手段

初めに中京都市圏の昭和56年に実施されたパーソントリップ調査から、トリップ連鎖と利用交通手段の特徴について概観する。トリップ目的を5目的(出勤、登校、帰宅、自由、業務)とし、1日の最初のトリップを第1トリップとして順に第6トリップまでとり、それぞれの利用交通手段分担量をまとめたのが表-1である。なお第1トリップから第6ト

リップまでの合計が全トリップ数の97.9%を占めているので、第6トリップまでとれば全体が表されると判断してもよい。表-1によれば、たとえば出勤や登校においては第1トリップと第2トリップ以後ではその利用交通手段にかなりの差異がみられる。これはホームベースとノンホームベースによる違いと判断される。一方、帰宅や自由目的および業務目的では、トリップ番号が進むにつれて自動車分担率が高くなる傾向がみられる。これは1日に何トリップも行動する人ほど自動車依存の強いことを表している。以上のことから交通行動をトリップ番号別にみたとき、同じトリップ目的であっても交通手段選択にかなりの差異のあることが確認できた。

(2)交通手段選択モデルの定式化

トリップ目的相互間の連関性を表現したものに交通目的連関行列がある。この行列はある目的から次の目的へ推移するトリップ数を行列表示したもので、あるトリップに着目したとき、先行する目的を着目的、当該トリップの目的を発目的として表される。ただしホームベースのトリップについては、その着目的として帰宅を取ることにする。一般にこの交通目的連関行列は、トリップ数を人数で除した1人当りの生成原単位を要素とする行列で表される。本研究ではさらに交通目的連関行列をトリップ番号ごとに作成する。定式化にあたり次の記号を定義する。

T_{ijm}^n : 第 n 番目トリップ(発目的 m) の $i-j$ ゾーン間での交通手段 y の分担交通量
 a_{im}^n : 第 n 番目トリップ(着目的 i , 発目的 m) のトリップ生成原単位

表-1 目的別・トリップナンバー別の交通手段別分担量および分担割合

目的	手段	1st-TRIP		2nd-TRIP		3rd-TRIP		4th-TRIP		5th-TRIP		6th-TRIP	
		TRIP数	割合	TRIP数	割合	TRIP数	割合	TRIP数	割合	TRIP数	割合	TRIP数	割合
出勤	自動車	611807	59.68	20922	83.28	6291	78.27	1482	81.07	620	85.75	---	---
	鉄道	333280	32.51	3344	13.31	1345	16.73	274	14.99	25	3.46	---	---
	バス	79994	7.80	855	3.40	402	5.00	72	3.94	78	10.79	---	---
	計	1025081	100.00	25121	100.00	8038	100.00	1828	100.00	723	100.00	---	---
登校	自動車	72262	29.55	2392	50.19	650	41.09	121	37.58	73	55.30	---	---
	鉄道	143579	58.71	2097	44.00	764	48.29	201	62.42	59	44.70	---	---
	バス	28736	11.75	277	5.81	168	10.62	0	0.00	0	0.00	---	---
	計	244577	100.00	4766	100.00	1582	100.00	322	100.00	132	100.00	---	---
帰宅	自動車	---	---	737266	57.79	95004	62.33	230527	75.75	61872	76.82	79643	83.78
	鉄道	---	---	417207	32.70	43724	28.69	57259	18.81	15122	18.84	12686	13.34
	バス	---	---	121253	9.50	13683	8.98	16542	5.44	3487	4.34	2733	2.87
	計	---	---	1275726	100.00	152411	100.00	304328	100.00	80281	100.00	95062	100.00
自由	自動車	154239	63.42	91619	65.72	122536	81.75	36471	80.92	31965	88.92	---	---
	鉄道	53017	21.80	36203	25.97	17255	11.51	6545	14.52	2621	7.29	---	---
	バス	35938	14.78	11576	8.30	10100	6.74	2053	4.56	1364	3.79	---	---
	計	243194	100.00	139398	100.00	149891	100.00	45069	100.00	35950	100.00	---	---
業務	自動車	162205	85.43	164403	88.43	189761	90.92	69568	93.10	48324	94.59	---	---
	鉄道	19988	10.53	17429	9.37	15071	7.22	4038	5.40	2113	4.14	---	---
	バス	7678	4.04	4088	2.20	3881	1.86	1115	1.49	649	1.27	---	---
	計	189871	100.00	185920	100.00	208713	100.00	74721	100.00	51086	100.00	---	---

u_{il}^n : 第 n 番目トリップ (着目的 l) のゾーン i における発生率

P_{ijm}^n : 第 n 番目トリップ (発目的 m) の $i-j$ ゾーン間での OD 確率

${}_y q_{ijm}^n$: 第 n 番目トリップ (発目的 m) の $i-j$ ゾーン間での交通手段 y の選択確率

T : 対象地域内総人口

とすれば、

$${}_y T_{ijm}^n = T \sum_l a_{ilm}^n \cdot u_{il}^n \cdot P_{ijm}^n \cdot {}_y q_{ijm}^n \quad (1)$$

と表せる。ここに a_{ilm}^n は第 n 番目トリップの交通目的の連関行列の要素として与えられるものであり、ゾーン発生率 (u_{il}^n) とともにその予測手法がすでに提案されている³⁾。また P_{ijm}^n は従来から広く用いられている重力モデルなどの OD 交通量予測モデルが適用できる。従来の予測手法と異なる点は、重力モデルのパラメータ値がトリップ番号別に異なることである。すなわちトリップ連鎖を考慮した OD 交通量の予測では、同じトリップ目的でもトリップ番号ごとに OD パターンが異なることを前提としている¹⁰⁾。また、 $i-j$ ゾーン間のトリップ目的 m の終日の交通手段 y の分担交通量を ${}_y T_{ijm}^n$ とおけば、

$$\begin{aligned} {}_y T_{ijm}^n &= \sum_n {}_y T_{ijm}^n \\ &= T \sum_n \sum_l a_{ilm}^n \cdot u_{il}^n \cdot P_{ijm}^n \cdot {}_y q_{ijm}^n \quad (2) \end{aligned}$$

と表せる。

そこで本研究では、非集計二段階二項ロジットモデルに基づいた交通手段選択確率 (${}_y q_{ijm}^n$) の予測モデルを開発することにする。対象とするトリップは代表交通手段として自動車と公共交通 (鉄道とバス) を利用するトリップのみとし、徒歩および二輪車利用のトリップは本研究では対象外とする。モデルの構造は第 1 ステップとして自動車と公共交通、第 2 ステップとして鉄道とバスの二段階とし、それ

それを独立と仮定した二項ロジットモデルである。モデリングにおいて採用した変数を表-2に示す。利用交通手段のトリップ連関性を表す指標として、第 1 トリップおよび前トリップ公共交通 (鉄道、バス) 使用ダミー変数も考えたが、事前の検証で精度向上にそれほど貢献しないことが判明したので最終的には削除している。

4 中京都市圏への適用と考察

(1) パラメータの推定結果

以下では本研究で提案するモデルを連鎖モデルと呼ぶことにする。また比較のためトリップ番号ごとに区分せずトリップ目的別の全トリップを対象に、トリップの連鎖性を考慮しない従来型のモデル (従来モデルと呼ぶ) も同時に作成した。対象地域は中京都市圏で昭和 56 年に実施されたパーソントリップ調査データを用いてパラメータ推定を行う。

紙面の関係から、ここではトリップの連鎖性の影響を最も強く受けた帰宅目的のしかも第 1 ステップ (自動車と公共交通) の手段選択モデルを中心に以下に示し、その結果を考察する。表-3 に従来モデルのパラメータ推定結果を、また表-4~8 に連鎖モデルのトリップ番号別のパラメータ推定結果を示す。これらの結果によれば従来モデルに比べて連鎖モデルは全体的に尤度比、適中率、AIC とともに大幅な精度向上がみられる。

従来モデルでは運転免許の有無は別として、平均所要時間や発ゾーン従業者密度などトリップ特性やゾーン特性を表す指標が重要な影響要因となっているが、一方連鎖モデルの第 1 ステップにおいては、たとえば第 2 トリップでは前トリップ自動車ダミー変数の t -値が 15.89 と他に比べてはるかに大きく、支配的影響要因となることがわかる。第 3 トリップ

表-3 パラメータの推定結果 (帰宅目的) 従来モデル

パラメータ	STEP1 (自-マ)			STEP2 (鉄-バ)		
	効	推定量	t 値	効	推定量	t 値
鉄道固有ダミー	--	--	--	鉄	2.122	2.89
平均所要時間	自	-0.04839	-12.22	鉄	0.1029	7.83
所要時間差 (自-マ)	共	-0.04116	-6.87	--	--	--
鉄道アクセス時間	--	--	--	鉄	-0.1002	-2.82
発ゾーン夜人口密度	自	-0.005534	-3.15	鉄	-0.005132	-1.32
着ゾーン夜人口密度	自	-0.003468	-1.95	鉄	-0.005243	-1.50
発ゾーン従業者密度	自	-0.003588	-7.88	--	--	--
最寄り駅 (鉄道)	マ	0.3642	2.42	--	--	--
最寄り駅 (バス)	--	--	--	バ	3.416	7.79
運転免許あり	自	2.728	15.27	--	--	--
車の保有台数	自	0.4969	5.49	--	--	--
サンプル数:1508	尤度比:0.465			尤度比:0.636		
自動車:950	適中率:82.47%			適中率:89.57%		
鉄道:432	AIC:1133.30			AIC:291.32		
バス:124						

表-2 モデル作成の際考慮した説明変数

1 第一トリップ自動車	9 バスアクセス時間
使用ダミー変数	10 バスイグレス時間
2 前トリップ自動車	11 発ゾーン夜間人口密度
使用ダミー変数	12 着ゾーン夜間人口密度
3 選択肢固有ダミー変数	13 発ゾーン従業者密度
4 自動車コスト	14 着ゾーン従業者密度
5 平均所要時間	15 最寄り駅 (鉄道) ダミー
6 所要時間差	16 最寄り駅 (バス) ダミー
7 鉄道アクセス時間	17 運転免許ありダミー
8 鉄道イグレス時間	18 車の保有台数

表-4 パラメータの推定結果(帰宅目的) 連鎖モデル 2nd-TRIP

パラメータ	STEP1 (自-マ)			STEP2 (鉄-バ)		
	効	推定量	t値	効	推定量	t値
自動車固有ダミー	自	-2.147	-5.11	鉄	1.100	1.07
鉄道固有ダミー	自	6.573	15.89	鉄	-0.1301	-3.32
前TRIP自動車ダミー	自	-0.04035	-3.91	鉄	0.08701	6.81
平均所要時間	自	---	---	鉄	-0.2343	-1.98
鉄道アクセス時間	---	---	---	鉄	-0.008713	-2.37
バスアクセス時間	---	---	---	バ	3.534	7.59
着ZONE夜人口密度	---	---	---	---	---	---
最寄り駅(バス)	---	---	---	---	---	---
運転免許あり	自	1.384	3.37	---	---	---
サンプル数:1007	尤度比:0.836			尤度比:0.618		
自動車:582	適中率:97.22%			適中率:87.76%		
鉄道:330	A I C:237.21			A I C:237.01		
バス:95						

表-5 パラメータの推定結果(帰宅目的) 連鎖モデル 3rd-TRIP

パラメータ	STEP1 (自-マ)			STEP2 (鉄-バ)		
	効	推定量	t値	効	推定量	t値
自動車固有ダミー	自	-1.844	-4.05	鉄	0.1252	7.21
前TRIP自動車ダミー	自	2.727	9.04	鉄	-0.07961	-1.37
平均所要時間	自	-0.04717	-6.46	鉄	-0.2046	-1.82
鉄道アクセス時間	---	-0.09833	-2.97	バ	-0.0008555	-1.25
バスアクセス時間	---	---	---	---	---	---
免ZONE従業者密度	自	-0.002334	-3.40	鉄	4.014	7.71
1stTRIP自動車ダミー	自	2.491	7.70	---	---	---
最寄り駅(バス)	---	---	---	---	---	---
運転免許あり	自	1.636	5.09	---	---	---
サンプル数:1039	尤度比:0.726			尤度比:0.664		
自動車:647	適中率:93.07%			適中率:90.05%		
鉄道:299	A I C:409.02			A I C:192.85		
バス:93						

表-6 パラメータの推定結果(帰宅目的) 連鎖モデル 4th-TRIP

パラメータ	STEP1 (自-マ)			STEP2 (鉄-バ)		
	効	推定量	t値	効	推定量	t値
前TRIP自動車ダミー	自	3.066	10.31	鉄	0.1184	5.79
自動車コスト	自	-0.005703	-2.09	鉄	-0.2264	-4.36
平均所要時間	自	-0.07033	-8.68	鉄	-0.009721	-1.49
鉄道アクセス時間	---	---	---	鉄	-0.003201	-3.51
免ZONE夜人口密度	自	-0.002127	-2.60	---	---	---
免ZONE従業者密度	自	4.035	9.70	---	---	---
1stTRIP自動車ダミー	---	---	---	鉄	3.767	5.75
最寄り駅(鉄道)	---	---	---	---	---	---
車の保有台数	自	0.6370	3.83	---	---	---
サンプル数:1041	尤度比:0.779			尤度比:0.643		
自動車:789	適中率:94.43%			適中率:90.48%		
鉄道:195	A I C:330.31			A I C:134.63		
バス:57						

においても、前トリップおよび第1トリップ自動車ダミー変数のt-値がそれぞれ9.04, 7.70と選択確率に大きく影響を及ぼしている。この傾向は第4トリップ以後にも現れることが確認できる。このようにトリップの交通手段選択をトリップ番号別にみると、トリップ特性やゾーン特性などよりも、トリップの手段連鎖によって支配的に規定されることが明らかとなった。この事実は、たとえば自動車交通量を抑制したい場合は、第1トリップの自動車利用を抑制することが第1義的に重要であることを意味している。この他に自動車コストがトリップ番号の4, 5, 6に現れることから、トリップ数の多い人ほどコストを重視する傾向が読みとれる。

第2ステップにおいては従来モデルと連鎖モデルとの間に説明変数に大きな差異はなく、鉄道利用には平均所要時間、バス利用には最寄り駅ダミーが主

表-7 パラメータの推定結果(帰宅目的) 連鎖モデル 5th-TRIP

パラメータ	STEP1 (自-マ)			STEP2 (鉄-バ)		
	効	推定量	t値	効	推定量	t値
鉄道固有ダミー	自	2.956	9.68	鉄	1.166	1.31
前TRIP自動車ダミー	自	-0.01012	-2.63	鉄	-0.07068	-0.99
自動車コスト	自	-0.06051	-7.63	鉄	-0.09638	-2.72
平均所要時間	---	---	---	---	---	---
鉄道アクセス時間	---	---	---	---	---	---
免ZONE夜人口密度	自	-0.006090	-1.92	---	---	---
免ZONE従業者密度	自	-0.002070	-2.97	---	---	---
着ZONE夜人口密度	自	0.007156	1.69	---	---	---
1stTRIP自動車ダミー	自	3.916	10.25	---	---	---
最寄り駅(鉄道)	---	0.5932	2.02	---	---	---
最寄り駅(バス)	---	---	---	バ	2.045	3.81
車の保有台数	自	0.7755	4.22	---	---	---
サンプル数:1092	尤度比:0.791			尤度比:0.640		
自動車:837	適中率:93.96%			適中率:89.41%		
鉄道:207	A I C:334.75			A I C:137.13		
バス:48						

表-8 パラメータの推定結果(帰宅目的) 連鎖モデル 6th-TRIP

パラメータ	STEP1 (自-マ)			STEP2 (鉄-バ)		
	効	推定量	t値	効	推定量	t値
前TRIP自動車ダミー	自	3.066	11.23	鉄	0.1668	5.45
自動車コスト	自	-0.008395	-2.75	鉄	-0.009955	-1.47
平均所要時間	自	-0.05638	-8.38	鉄	-0.001553	-1.19
免ZONE夜人口密度	自	-0.002485	-4.14	鉄	0.008180	1.25
免ZONE従業者密度	自	0.004511	2.04	---	---	---
着ZONE夜人口密度	自	3.168	9.33	---	---	---
1stTRIP自動車ダミー	---	---	---	バ	3.997	5.17
最寄り駅(バス)	---	---	---	---	---	---
車の保有台数	自	0.5075	3.51	---	---	---
サンプル数:1268	尤度比:0.789			尤度比:0.737		
自動車:1079	適中率:94.33%			適中率:93.30%		
鉄道:171	A I C:391.19			A I C:86.30		
バス:38						

要な要因となっている。したがって、モデルの精度もほぼ同じか若干向上している程度である。

紙面の関係でここでは帰宅目的のみについてその結果を示したが、その他のトリップ目的について概観してみると、帰宅目的について自由目的、業務目的でトリップの連鎖性がみられた。一方、出勤、登校目的についてはトリップの連鎖性は同様にみられるものの、結果として精度向上に大きく貢献するほどのことはなかった。その理由として、出勤、登校目的においては、第1トリップだけで全体に占める割合がそれぞれ96.6%, 97.3%であることが考えられる。

(2) 中京都市圏への適用結果の検討

本文で提案した交通手段選択モデルを中京都市圏に適用した結果を、トリップ目的別、手段別の適合度指標を表9~11に示す。従来モデルと比較して連鎖モデルは帰宅目的と自由目的において精度の向上がみられる。とくに全トリップ数の42.0%を占める帰宅目的で、自動車、鉄道利用でRMS誤差が大きく減少し、最も優れた結果を示した。業務目的はもと自動車依存が高く、トリップ番号による差異が少ないため、連鎖モデルを用いても従来モデルに比べて大差ない結果となったが、バス利用で改善が

表-9 目的別・手段別の検定値(自動車)

目的	実績値	従来モデル			連鎖モデル		
		合計比	RMS値	相関	合計比	RMS値	相関
出勤	641746	0.9918	795.4	0.9877	0.9899	686.9	0.9907
登校	75510	0.9840	335.2	0.8998	0.9944	346.4	0.8939
帰宅	1205113	0.9797	1821.7	0.9851	1.0329	1579.9	0.9914
自由	437044	1.0011	608.9	0.9776	0.9922	436.9	0.9879
業務	634655	1.0034	282.2	0.9993	1.0032	363.0	0.9991

表-10 目的別・手段別の検定値(鉄道)

目的	実績値	従来モデル			連鎖モデル		
		合計比	RMS値	相関	合計比	RMS値	相関
出勤	338585	1.0269	697.7	0.9867	1.0381	731.7	0.9864
登校	146796	1.0145	244.5	0.9814	1.0135	236.9	0.9824
帰宅	546299	1.0679	1623.0	0.9980	0.9844	899.6	0.9992
自由	115645	1.0050	561.6	0.9908	1.0309	388.0	0.9940
業務	58640	0.9970	261.6	0.9893	0.9568	316.8	0.9914

表-11 目的別・手段別の検定値(バス)

目的	実績値	従来モデル			連鎖モデル		
		合計比	RMS値	相関	合計比	RMS値	相関
出勤	81423	0.9520	577.5	0.9682	0.9206	475.4	0.9720
登校	29184	0.9686	281.1	0.9120	0.9461	264.8	0.9209
帰宅	157766	0.9189	831.7	0.9884	0.8018	1097.9	0.9786
自由	61081	0.9827	286.7	0.9739	0.9973	265.4	0.9754
業務	17411	0.8858	121.3	0.9819	1.0276	92.7	0.9917

みられた。一方出勤、登校目的は、従来モデルと同程度の精度となった。これは前述のように両トリップ目的とも、第1トリップの構成比率が圧倒的に多いため、従来モデルと大差のない説明変数からなるモデルとなったためと思われる。図1～3は対象地域内52ゾーンの発ゾーン別にみた全目的の交通手段別の実績トリップ数と推定トリップ数をプロットし

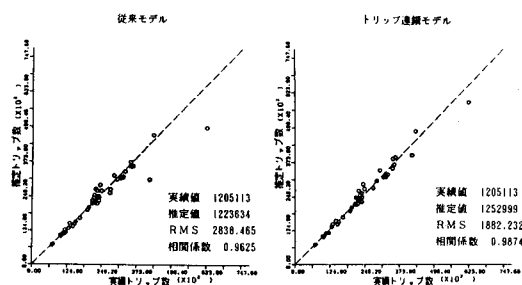


図-1 従来モデルとトリップ連鎖モデルの散布図(帰宅目的・自動車)

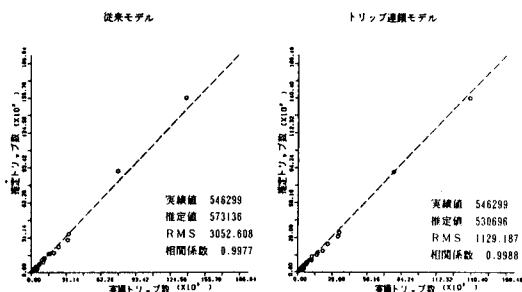


図-2 従来モデルとトリップ連鎖モデルの散布図(帰宅目的・鉄道)

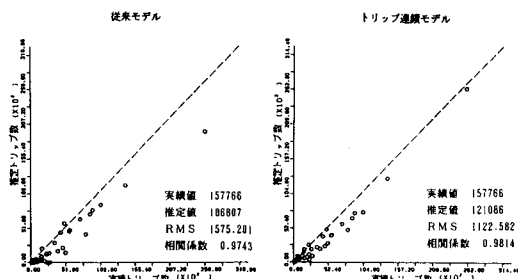


図-3 従来モデルとトリップ連鎖モデルの散布図(帰宅目的・バス)

た散布図である。図によればすべての交通手段において従来モデルより連鎖モデルの精度が良くなっている。とくに鉄道利用においてその傾向が著しい。ただし、バス利用で全般的に過小推計する傾向が十分に改善されておらず、説明変数の選定などなお改善の余地が残されているといえる。いずれにせよ、連鎖の各段階のモデル誤差が伝播して予測誤差が大きくなるような心配はなさそうである。

5 時間帯別交通手段別分担交通量予測への応用

人の1日の動きをトリップ番号ごとの交通目的の連関に従いながら順にたどりながら記述することは、間接的に1日の時間の経過を表現していることを意味している。そこでトリップ番号別トリップの時間帯別発生率を乗じることによって、時間帯別交通手段別分担交通量を予測することが可能となる。そこでいま、

p_{lmk}^n : 第 n 番目トリップ(着目的 l , 発目的 m)の時間帯 k の時間係数

とすれば、トリップ目的 m の $i-j$ ゾーン間の時間帯 k の交通手段 y の分担交通量 yT_{ijmk} は、

$$yT_{ijmk} = T \sum_n \sum_l a_{lm}^n u_{li}^n P_{ijm}^n p_{lmk}^n q_{ijm}^n \quad (3)$$

によって求められる。

上式を用いて将来予測を行う場合、トリップ番号別の構成比率パターンおよびその時間係数パターンが経年的に安定していることが前提となる。そこで昭和46年と昭和56年の中京都市圏パーソントリップ調査データを用いて検討を行った。図-4は全目的のトリップ番号別の構成比率を示したものである。この図から明らかなように2時点の構成比率パターンがきわめて類似していることがわかる。この他のト

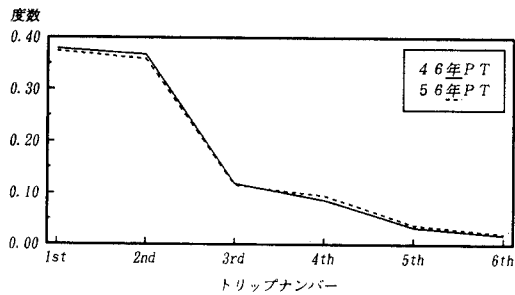


図-4 トリップナンバー変動パターン（全目的）

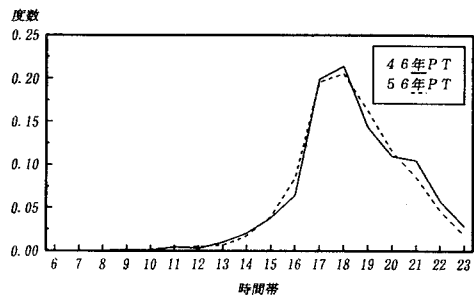


図-5 目的別・トリップナンバー別の時間変動パターン
帰宅目的・6TH-TRIP

リップ目的についても同様に検討してみたが、いずれも2時点できわめて類似していることが確認できた。一方図-5は帰宅目的の第6トリップの時間係数を示したものである。これも2時点間で大きな差はみられない。その他の目的についてもトリップ番号ごとに検討してみたが、データ数の少ないケースを除いていずれも大差のないことが確認できた。以

表-12 時間帯別・手段別の適合度指標（自動車）

時間	実績値	従来モデル		連鎖モデル	
		合計比	相関	合計比	相関
6	92673	1.1580	0.6235	1.1375	0.6637
7	399269	1.0445	0.8947	1.0289	0.9254
8	332677	0.9186	0.9301	0.9037	0.9542
9	167136	0.9694	0.9338	0.9536	0.9434
10	136923	0.9987	0.9550	0.9986	0.9619
11	130954	0.9503	0.9564	0.9866	0.9772
12	120020	0.9751	0.9385	0.9885	0.9557
13	131720	1.0010	0.9593	1.0113	0.9668
14	133714	0.9547	0.9376	0.9375	0.9524
15	147069	1.1455	0.9265	1.0716	0.9296
16	169970	1.1314	0.9106	1.1291	0.9165
17	344293	1.0615	0.9194	1.1262	0.9390
18	260716	0.9573	0.9610	1.0355	0.9799
19	177198	0.8868	0.9200	0.9733	0.9463
20	103831	0.8634	0.9175	0.9616	0.9282
21	62669	0.8203	0.9236	0.9361	0.9307
22	32785	0.7547	0.8626	0.8613	0.8815
23	16687	0.6890	0.7274	0.7830	0.7538

表-13 時間帯別・手段別の適合度指標（鉄道）

時間	実績値	従来モデル		連鎖モデル	
		合計比	相関	合計比	相関
6	75685	0.7767	0.4005	0.7979	0.4846
7	263134	0.9525	0.9477	0.9744	0.9675
8	131300	1.2096	0.9262	1.2353	0.9319
9	44621	1.2169	0.8412	1.2317	0.9196
10	27802	1.2483	0.8696	1.1950	0.9281
11	25426	1.4185	0.9703	1.2225	0.9852
12	29649	1.1871	0.9743	1.1267	0.9887
13	27829	1.0966	0.9835	1.0298	0.9938
14	30710	1.2428	0.9690	1.2978	0.9721
15	71824	0.8106	0.8678	0.9432	0.9828
16	85874	0.8340	0.9429	0.8519	0.9858
17	172274	0.9039	0.9912	0.8284	0.9970
18	103959	1.0622	0.9947	0.9314	0.9990
19	57652	1.2076	0.9940	1.0223	0.9956
20	31484	1.2859	0.9892	1.0432	0.9944
21	16074	1.4820	0.9877	1.1272	0.9956
22	5604	2.0600	0.9830	1.5749	0.9951
23	1661	3.2956	0.9395	2.5707	0.9613

表-14 時間帯別・手段別の適合度指標（バス）

時間	実績値	従来モデル		連鎖モデル	
		合計比	相関	合計比	相関
6	10902	1.2061	0.8006	1.2356	0.7960
7	60732	0.9059	0.9379	0.9153	0.9440
8	37608	0.9816	0.9662	1.0256	0.9808
9	19944	0.7698	0.9184	0.8695	0.9491
10	18059	0.6263	0.9403	0.7079	0.9595
11	15248	0.7282	0.9460	0.7395	0.9398
12	13453	0.8105	0.9432	0.8198	0.9420
13	12413	0.7688	0.9512	0.8099	0.9578
14	12808	0.8897	0.9668	0.9338	0.9413
15	24789	0.6818	0.9306	0.7368	0.9751
16	28472	0.7116	0.9686	0.6738	0.9743
17	47294	0.8937	0.9707	0.6992	0.9625
18	25128	1.1761	0.9766	0.9077	0.9848
19	10737	1.7431	0.9415	1.3139	0.9245
20	5548	1.9275	0.9626	1.4699	0.9759
21	2627	2.3407	0.9392	1.7400	0.9701
22	854	3.4836	0.8762	2.5574	0.8612
23	21	66.0476	0.7558	49.1429	0.8579

上のことから、トリップ番号別の構成比率パターンとその時間係数パターンが経年的に安定しており、10年程度であれば不変とみなしてもよいことがわかった。

次に表-12～14に時間帯別手段別分担交通量の推定結果を示す。この結果によれば、自動車利用については夕刻の16時、17時台で多少の過大推計がみられるものの、おおむね良好な結果が得られた。一方鉄道利用については8～12時、21～22時を中心にや

や過大推計の傾向がみられ、その分が逆にバス利用の方に過小推計に結び付いている。このように鉄道とバスの競合関係を示す説明指標にはまだ改善の余地を残しているといえる。

6 結論

本研究では交通需要予測の精度向上を目的にトリップの連鎖性を考慮した新しい交通手段選択モデルを提案し、その妥当性と適用性について考察した。得られた結論は以下の通りである。

- ①人の1日の交通行動をトリップチェーンとして扱えたとき、同じトリップ目的であっても、トリップ番号別にみた利用交通手段には、大きな差異のあることが明らかとなった。
 - ②本研究で導入した前トリップおよび第1トリップ自動車タミー変数が、すべてのトリップ目的において交通手段選択の重要な影響要因であることが明らかとなった。とくに帰宅、自由目的で精度上からも有効であることがわかった。またトリップ番号によって、説明指標のパラメータ値にそれぞれ差異のあることが確認できた。
 - ③中京都市圏への適用計算の結果、トリップ目的では帰宅と自由目的で、手段別では自動車と鉄道利用でRMS誤差を中心に大きな精度向上が得られた。しかし、第1トリップの構成比率が圧倒的に高い通勤や通学目的、自動車依存が高い業務目的では従来モデルと大差のない結果となったことから、計算労力を考えればこれらの目的トリップの予測に連鎖モデルを用いる利点は見い出せない。
 - ④本研究で提案したモデルを拡張して時間帯別交通手段別分担交通量の予測に適用したところ、とくに朝ピーク時、昼間帯、18時台以後でとくに良好な結果を得ることができた。
- 以上のことから、人の1日の行動をトリップチェーンとして捉え、交通手段選択における連鎖性を考慮することが予測精度の向上を図る上できわめて有効であり、また実用性の高いことがわかった。なお今後の課題としては、
- ⑤鉄道とバスの競合関係がまだ十分に説明できていないとはいえず、説明指標の選定においてまだ改善の余地を残している。
 - ⑥本モデルの長期予測への適用や地域移転可能性に

ついてさらに検討する必要がある。

参考文献

- 1)西井和夫・佐佐木綱：トリップチェーン手法を用いた都市交通需要分析，土木計画学研究・講演集，No.7，pp.271～278，1985
- 2)松井寛：交通目的連関行列を用いた発生集中交通量の一推定手法，交通工学，Vol.11，No.1，pp.19～26，1976
- 3)松井寛・藤田素弘・神谷英次：交通目的連関を考慮した時間帯別発生集中交通量の予測，第27回日本都市計画学会学術研究論文集，pp.367～372，1992
- 4)佐佐木綱・西井和夫：トリップチェーン手法を用いた都市内業務交通の発生集中量の分析，土木学会論文報告集，No.327，pp.129～138，1982
- 5)加藤文教・門田博知：時間帯別業務交通の推計法に関する実証的研究，土木学会論文集，IV-15，No.431，pp.115～124，1991
- 6)Sasaki T. : Estimation of Person Trip Patterns Through Markov Chains, Transpn. & Traffic Flow Theory, 1971
- 7)Kondo k. : Estimation of Person Trip Pattern and Modal Split, Transpn. & Traffic Flow Theory, pp.715～742, 1974
- 8)磯部友彦：人の交通・活動関連分析に基づく交通需要推計法に関する研究，名古屋大学学位論文，1989
- 9)裴永錫：ツアー概念を用いた非集計交通需要予測モデルに関する研究，名古屋大学学位論文，1993
- 10)松井 寛(研究代表者)：時間変動を考慮した四段階交通需要予測手法の開発実用化に関する研究，平成3・4年度科学研究費補助金研究成果報告書，1993