

トリップ連鎖パターンからみた業務交通の自動車分担率特性と それに基づく発生集中量推計モデル

AN ESTIMATION MODEL OF THE CAR-USED TRIP GENERATION FOR BUSINESS TRIP CHAININGS

佐佐木 綱*・西井和夫**

By Tsuna SASAKI and Kazuo NISHII

The purpose of this paper is to develop an estimation model of trip generation and modal split, based on an analysis of travel patterns in business trip chaining behaviours. From an empirical analysis for the daily travel pattern and modal split, it is obtained that the ratio of a car-use tends to become larger with increasing the number of sojourns in a business trip chain. The model proposed here incorporates such a characteristic into modal split decision-making, by improving the existing trip chaining model for an estimation of business trip generation. Through its application, it can be found that this model is useful for representing the interaction between business trip chaining behaviour and modal split in a single day.

1. ま え が き

本論では、交通需要分析において重要な検討課題の1つである交通手段選択を取り上げ、都市内業務交通に対してトリップチェーンアプローチからの実証的分析ならびにモデル化に関する諸検討を行うことを目的とする。

交通手段選択モデルは、従来より数多くしかも多様な観点からの研究によって提案されている。その中で代表的なのは、代表交通手段によるモード選択型、集計型、単一トリップ型に属するものであり、それらは段階的推計法に組み込まれた形で開発されている。これに対してこのような従来の段階的推計法の中で位置づけられたモデルでは対応の困難な局面が生じたり、交通行動の忠実な記述に基づくよりの確な交通政策評価といった要請が強まるとともに、交通手段選択問題のとらえ方におけるこれまでの前提条件をいくつか緩めることによって、新たなモデル開発を行う必要性が高くなる場合がある。そのときには、従来のタイプとは異なる、たとえば、機能選択あるいは混合トリップ型、非集計型そしてトリップ

チェーン型などに分類されるモデルがその有効性を発揮できると考えられる。そして本論文で着目しているトリップチェーンアプローチは、交通需要分析の枠組みの中で特に以下に示す諸性質の把握に関して有効である。

- ① 人の1日の交通行動の中でのトリップの連鎖性
- ② 交通手段選択とトリップチェーンの生成との関係
- ③ 交通需要の派生的性質
- ④ 1日完結性とトリップ連鎖パターン特性
- ⑤ 交通行動における1日の時間に関する諸制約

これらに関する詳細な議論は拙稿(1985)¹⁾に譲るが、特に本論文と深く関連するのは②、③、④についてである。すなわち、従来のパーソントリップ法における交通手段選択プロセスは、各交通手段相互の関係を取り込んだ需要予測体系の中で主要な役割を演じるが、そこでは人の1日の交通行動全体の中に含まれるそれぞれのトリップが独立であることが暗黙的に仮定されている。しかし本来同一の個人による連続的なトリップがこのように分断されて独立的に取り扱われることの矛盾は、特にこの交通手段選択に関して顕著に現われる場合が多い。これは、たとえば自宅を出発するときに車利用を決めた人の1日全体の動きを眺めた場合、少なくとも後続トリップの交通手段選択において第1トリップが車利用であることを無視できないはずであり、またそもそも1日

* 正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学科
(〒606 京都市左京区吉田本町)

** 正会員 工博 山梨大学講師 工学部土木工学科
(〒400 甲府市武田4-3-11)

全体の動きを見通して第1トリップの交通手段として車が選択されていることも考えられる。

また、本研究で対象とする業務交通の場合には、それが当該地域の社会経済的諸活動の派生需要としての性質を有し、業務トリップから成る1日の一連の動き（業務トリップチェーン）における各トリップは、その交通生成、発生集中、OD分布そして交通手段選択を含めて個別に説明されるものでなく、むしろトリップチェーンを単位として表現されるべき性質をもつ。その際、トリップチェーンの表示において定義されるベースあるいはソージャーが重要な役割を演じると考えられる。これは、業務活動形態としての商品取引、納品、商談などにおいて活動主体と顧客との関係が、それらの活動拠点としてのベースと顧客の位置するソージャー（訪問先）との結びつきに規定され、しかもそれに基づく立ち回りは1日完結性のもとで用務内容の差異を反映したトリップ連鎖パターンを形成するといえるからである。

業務交通は、一般に自動車利用率の高いものであるが、それは個々のトリップにおける用務内容、個人属性あるいは所要時間・費用といったトリップ特性などの諸要因に依存するだけでなく、上述のトリップチェーンの諸性質にも大きく関係すると考えられる。従来のモーダルスプリット分析のいくつかにおいても、業務トリップの交通手段選択は、個人的・組織的制約による他律的選択を除いて分析してもなお十分な精度を得ることが難しく、交通手段の競合特性とは異なった次元で選択がなされている側面をもつことが指摘されている^{21,3)}。また、トリップチェーンアプローチの1つとして代表的な吸収マルコフ連鎖モデルでは、訪問先の多い業務トリップチェーンはマルコフ連鎖の中で業務から業務への目的連関とおそらく自動車から自動車へのモード連関を伴った立ち回りとして記述される^{4,5)}。しかし、業務トリップチェーンの生成に関して、このようなトリップの連鎖性だけからの説明では不十分であり、1日のトリップ連鎖パターンを明示的に取り扱うことによってチェーンの生成機構の解明に対応した交通手段選択モデルの構築が必要といえる。

以下では、まずパーソントリップチェーンにおける交通手段選択に関する実態分析を、トリップ連鎖パターンに着目することにより事業所を活動拠点とした業務の立ち回りにおける自動車利用特性の観点から行う。次いで、その結果に基づき、業務交通における自動車利用者数推計のためのトリップチェーンモデルを提案し、モデルの具体的な適用例を通じてその現況再現性などの諸検討を行う。本モデルでは、自動車利用者数の変化をサイクル内ソージャー数というトリップ連鎖パターンによって追跡でき、それは、交通手段選択とトリップチェーンと

の関係の記述を可能にするものといえ、本モデルの大きな特徴点の1つである。

2. トリップ連鎖パターンと交通手段選択

ここでは、トリップチェーンの記述に有効なトリップ連鎖パターンに着目し、その代表的パターンならびに交通手段選択特性に関する実態分析を行う⁶⁾。具体的な分析対象データは、昭和55年度京阪神P.T.調査における大阪市に少なくとも1つのトリップエンドをもつ大阪市関連トリップチェーンである。

(1) 代表的なトリップ連鎖パターン

まず個々のトリップチェーンに含まれるサイクル数やソージャー数によって類型化されるトリップ連鎖パターンに関して、その代表的パターンとして上位5位までを昭和55年および昭和45年の2時点について図1に示す。これより、上位5位までは2時点間で代表的パターンの順位は等しく、また全体に占める割合が昭和55年で85.3%、昭和45年84.9%でありその構成もほぼ同じであることがわかる。そして、トリップ回数分布についても平均トリップ回数2.90回/人、2.80回/人、さらに完結率では97.7%、94.7%であり、トリップチェーンの生成特性としてトリップ連鎖パターンの側面からみる限り、2時点間の経年的推移はかなり安定しているものと考えられる。

業務の立ち回りでは、そのトリップメーカーの活動拠点として主に事業所（Office Base、以下OBとする）が考えられる。そこで、OB上の一連の動きについてトリップ目的構成を問わないでその立ち回りパターンを検討する。表1は、OB上のトリップチェーンに関するトリップ連鎖パターンの分類結果である。これより、①代表的なトリップ連鎖パターンとしては、1サイクル型でソージャー数が6個まで、2サイクル型ソージャー数2、3、4そして3サイクル型でソージャー数3個のパターンが挙げられる。これは、自宅ベース（Home Base、以下HBとする）の動きを対象とした場合に比較して、やはり業務の立ち回りを反映して巡回型トリップ連鎖パターンの構成比率が大きくなっていることを示す。なお、1日のトリップ回数は個々のトリップチェイ

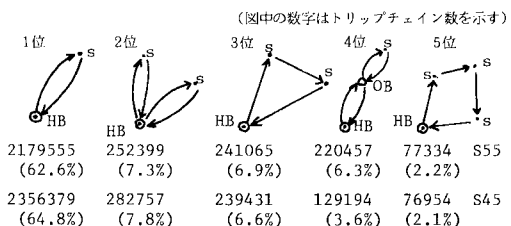


図1 代表的なトリップ連鎖パターン

表一 ソージャー数別サイクル数別トリップチェーン数
(OB上 昭和55年)

サイクル数 ソージャー数	1	2	3	4	5以上	計 (%)
1	① 293732					293732 (65.6)
2	③ 39114	② 49535				88649 (19.8)
3	④ 18589	⑤ 11573	⑥ 8118			38280 (8.0)
4	⑦ 7612	⑧ 5716	1057	471		14856 (3.3)
5	⑨ 4617	1525	356	368	103	6969 (1.6)
6	⑩ 1857	633	156	326	205	3177 (0.7)
7	426	295	0	98	157	976 (0.2)
8以上	429	381	190	53	53	1106 (0.2)
計 (%)	366376 (81.8)	69658 (15.6)	9877 (2.2)	1316 (0.3)	518 (0.1)	447745 (100.0)

(OB上 昭和45年)

サイクル数 ソージャー数	1	2	3	4	5以上	計 (%)
1	① 173748					173148 (55.3)
2	② 38896	③ 31626				70522 (22.5)
3	④ 16804	⑤ 12649	⑥ 6444			35897 (11.5)
4	⑦ 9752	⑧ 8154	1070	228		19203 (6.1)
5	⑨ 5571	1961	580	171	83	8365 (2.7)
6	⑩ 2007	813	214	91	43	3167 (1.0)
7	790	157	227	154	39	1366 (0.4)
8以上	564	372	232	38	0	1207 (0.4)
計 (%)	247531 (79.1)	55731 (17.8)	8766 (2.8)	681 (0.2)	165 (0.1)	312874 (100.0)

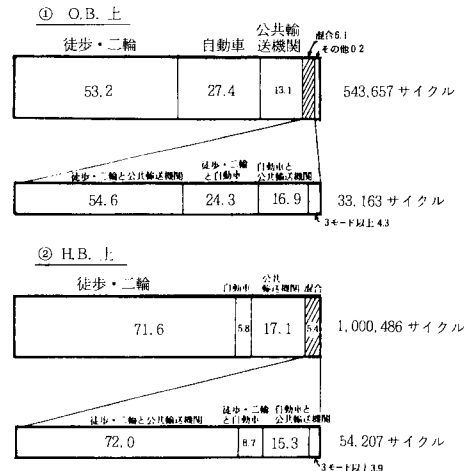
注) 表中○内数字は順位を示す。

ンにおけるサイクル数とソージャー数を加算したものであるから、代表的なパターンに関していえばたかだか7回までであるといえる。②業務活動のための立ち回りを主とするこのようなトリップチェーンに関して、その訪問先数に着目した諸分析は、これまでもいくつか報告されてきた⁷⁾⁻⁹⁾。その中でソージャー数の選択確率はチェーン内ソージャー数の増加とともに指数的に遞減する性質をもつことが示されているが、本分析結果においてもやはりその傾向をもつ。③さらに、昭和55年と昭和45年での代表的なパターンは、上位10位までの種類は変化なく安定している。また、ソージャー数選択率は本データの場合ピストン型の割合が大きくなっているが、京阪神全域のカートリップチェーンデータの場合には経年的な変化はみられず、今回の分析結果の特徴的な点といえる。

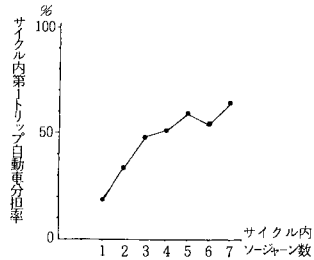
(2) OB上トリップチェーンの利用交通手段構成

次にOBを中心として立ち回るトリップチェーンに関して、そのサイクル内各トリップの利用交通手段を眺めることにより、各サイクル内での交通手段構成を分析してみた。その結果を図一2に示す。なお図中には比較検討のために、OB上およびHB上の両者を示している。これより、①OB上あるいはHB上のサイクルにおいて利用交通手段が混合している割合は、6.1%、5.4%と少なく、むしろ単一の交通手段による利用形態が大半を占めている。②また、混合型の具体的な交通手段構成に関していえば、徒歩・二輪、自動車、公共輸送機関のうちの2つから成る場合がほとんどであり、それほど複

雑な手段構成ではない。③そして自動車利用に着目するとき、自動車のみでサイクル内を立ち回るという利用形態がOB上で27.4%、一方HB上では5.8%となっている。これは、やはりOB上での業務を中心とした立ち回りにおいて自動車が選好されていることを反映したものと考えられる。なお、このようなOB上トリップチェーン内のサイクルでのトリップ目的構成は、混合型が5.8%と小さく、いったん業務目的で出発すればベースに戻るまでそのまま業務目的を運べる場合が多い。



図一2 サイクル内の交通手段構成 (%)



図一3 サイクル内ソージャー数別第1トリップ自動車分担率 (同乗を含まない)

表二 サイクル内第1トリップの自動車分担率 (同乗を含まない)

サイクル内ソージャー数	第1トリップ自動車利用サイクル数	サイクル総数	第1トリップ自動車分担率 (%)
1	82183	443934	18.5
2	19053	57759	33.0
3	12009	24636	48.7
4	4602	9049	50.9
5	2955	5021	58.9
6	1110	2079	53.4
7	364	567	64.2
計	122569	543657	22.5

注) ただし、表中の計には、サイクル内トリップ数9以上のものを含んでいる。

(3) トリップ連鎖パターンからみた自動車分担率

ここでは、OB上で形成されるサイクルに関して、それに含まれるソージャー数に着目することによって、自動車利用特性を明らかにする。具体的には、まずサイクル内ソージャー数によって類型化された立ち回りパターンについて、サイクル内ソージャー数別第1トリップ自動車分担率を求めた。その結果を図-3、表-2に示す。これよりサイクル内ソージャー数が多い立ち回りパターンである場合ほど、その第1トリップにおける自動車分担率が過増的に大きくなる傾向をもつことがわかる。

さらに、第1トリップの自動車分担率だけでなく、サイクル内ソージャー数別に当該サイクル内の各トリップ番目における自動車分担率を求めたものを、図-4に示す。これは、OB上の立ち回りパターンごとに各トリップ番目での自動車分担率の推移を眺めたものであるが、第1トリップにおける自動車分担率の値とほとんど変動がないことを示している。なお、これと同様の集計分析を昭和53年度備後都市圏P.T.調査データを用いて行ったところ、上述の性質とまったく同じ結果が得られている⁸⁾。

したがって、この分析結果は、トリップチェーンのサイクル内第1トリップ自動車分担率に着目することによって、サイクル単位の自動車利用特性を明らかにでき、

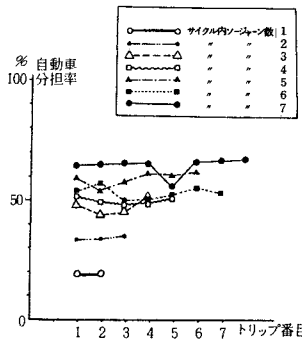


図-4 サイクル内ソージャー数別各トリップ番目の自動車分担率 (同乗を含まない)

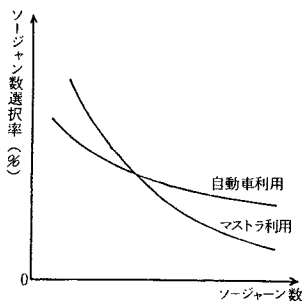


図-5 ソージャー数選択率曲線の概形

しかもその性質に基づいた交通手段選択に関するトリップチェーンモデル構築の可能性を示唆するものと考えられる。

ここで、上述のようなサイクル内第1トリップ自動車分担率がソージャー数の増加とともに過増的に変化する性質をもつことについて、従来より提案されているソージャー数選択率の考え方との関係を考察しておくことにしよう¹¹⁾。

ソージャー数選択率は、全トリップチェーン数に対する当該ソージャー数をもつトリップチェーン数の割合として定義されるが、これを自動車利用 $P_{\tau}^{auto}(s)$ とそれ以外の交通手段利用 (たとえばマストラ利用) $P_{\tau}^{mass}(s)$ の2つに区分して考えることにする。このソージャー数選択率は、立ち回りの多寡を反映するものでソージャー数の増加とともに指数的に過減する¹²⁾が、その概形を図-5に示す。なお、図-5では、自動車利用の場合において立ち回り頻度がマストラ利用に比較して大きいと仮定し、曲線の勾配が緩やかに描かれている。

いま、サイクル内ソージャー数別自動車分担率 $\rho_i(s)$ (ここで i はベースゾーン、 s はソージャー数を示す) は、

$$\rho_i(s) = \frac{i \text{ ゾーンをベースゾーンとしソージャー数}}{i \text{ ゾーンをベースゾーンとする}} \cdot \frac{s \text{ 個のサイクルのうち自動車利用数}}{\text{ソージャー数 } s \text{ 個のサイクル総数}} \dots \dots \dots (1)$$

と定義できる。

ここで i ゾーン発総サイクル数 T_i とし、サイクル内第1トリップ自動車分担率 μ_i とすれば、自動車利用で s 個のソージャーをもつサイクル数は $\mu_i T_i P_{\tau}^{auto}(s)$ 、一方マストラ利用サイクル数は $(1 - \mu_i) T_i P_{\tau}^{mass}(s)$ で与えられる。したがって、式(1)は次式のように書くことができる。

$$\rho_i(s) = \frac{\mu_i T_i P_{\tau}^{auto}(s)}{\mu_i T_i P_{\tau}^{auto}(s) + (1 - \mu_i) T_i P_{\tau}^{mass}(s)} = \frac{1}{1 + \frac{(1 - \mu_i) P_{\tau}^{mass}(s)}{\mu_i P_{\tau}^{auto}(s)}}} \dots \dots \dots (2)$$

ソージャー数選択率は、自動車利用の帰宅確率 P_A 、マストラ利用の帰宅確率 P_m をそれぞれ一定であると仮定するとき、

$$P_{\tau}^{auto}(s) = P_A (1 - P_A)^{s-1}, \quad P_{\tau}^{mass}(s) = P_m (1 - P_m)^{s-1} \dots \dots \dots (3)$$

と書くことができる。これを用いて式(2)を次式に変形する。

$$\rho_i(s) = \frac{1}{1 + \frac{(1 - \mu_i) P_m}{\mu_i P_A} \left(\frac{1 - P_m}{1 - P_A} \right)^{s-1}} = \frac{1}{1 + \gamma_i \tau \theta^{s-1}} \quad (4)$$

ここで、

$$\gamma_i = \frac{1 - \mu_i}{\mu_i}, \quad \tau = \frac{P_m}{P_A}, \quad \theta = \frac{1 - P_m}{1 - P_A}$$

いま、図-5に示すようなソージャー数選択率曲線は、式(3)の帰宅確率を $1 > P_m > P_A > 0$ と仮定することと等しく、そのとき式(4)より明らかに $\rho_i(s)$ はソージャー数の増加とともに逓増的に変化することがわかる。

したがって、サイクル内ソージャー数別にみた第1トリップ自動車分担率に関するこのような実態分析結果は、従来よりのソージャー数選択率の考え方(すなわち、1日のソージャー数の選択特性)と関連させて考えていくことができるといえる。

3. 自動車利用者数推計モデル

(1) モデルの基本構造とその検証

本節では、前述のサイクル単位でみた自動車利用特性に関する分析結果をもとに、自動車利用者数推計のためのトリップチェーンモデルの構築を行い、具体的な適用例を通じて本モデルの有効性を考察する。そのために、まずここでは、本モデルの基本構造を明らかにする。なお、本モデルにおける対象データの業務サイクルとは、大阪市関連チェーンに含まれるOB上サイクルのうち、当該サイクルに少なくとも1回以上の業務トリップを有するものを指す。また、本モデルは、業務トリップの自動車利用および自動車利用以外の発生集中量を推計するものであり、自動車利用以外とは、マストラ利用、徒歩・二輪利用などで構成されるが、以下では単にマストラ利用とよぶことにする。本モデル構築における基本的な前提条件としては、

- ① 交通手段選択において、サイクル内での交通手段の変更はない。たとえば自動車利用でベイスを出発した場合ベイスに戻るまで当該サイクル内では自動車利用を継続する。
- ② 自動車利用およびマストラ利用のそれぞれにおいて各サイクル番目での一定の平均帰宅確率(P_A, P_m)ならびに付加的なサイクルの生成に関しては一定のサイクル再起確率(C_A, C_m)をもつ。
- ③ 第1サイクルにおける第1トリップ自動車分担率(μ_A)は、ベイスゾーン属性ならびに個人属性としての各トリップメーカーの属する業種によって規定される。

などが挙げられる。

本モデルにおける具体的な推計フローに関しては、次項のモデルの定式化の際に詳述することにし、以下ではこれらの前提条件のもとで対象圏域全体を対象とした、いわゆる全域モデルレベルを想定することにより、本モ

デルの基本構造の妥当性を簡単に検証しておく。

いま、自動車利用の第1サイクルにおける総ソージャー数 $TS^A(1)$ 、マストラ利用第1サイクル総ソージャー数 $TS^m(1)$ 、ならびに自動車利用の第1サイクルにおける総トリップ数 $TT^A(1)$ 、マストラ利用第1サイクル総トリップ数 $TT^m(1)$ は、それぞれ以下の式で μ_A, P_A, P_m, TC (TC : 総発生トリップチェーン数)を用いることにより得られる。

$$TS^A(1) = \sum_{s=1}^{\infty} \{s \cdot \mu_A TC (1 - P_A)^{s-1} P_A\} \\ = \mu_A TC \frac{1}{P_A} \dots \dots \dots (5)$$

$$TS^m(1) = \sum_{s=1}^{\infty} \{s(1 - \mu_A) TC (1 - P_m)^{s-1} P_m\} \\ = (1 - \mu_A) TC \frac{1}{P_m} \dots \dots \dots (6)$$

$$TT^A(1) = \sum_{s=1}^{\infty} \{(s+1) \mu_A TC (1 - P_A)^{s-1} P_A\} \\ = \mu_A TC \left(1 + \frac{1}{P_A}\right) \dots \dots \dots (7)$$

$$TT^m(1) = \sum_{s=1}^{\infty} \{(s+1)(1 - \mu_A) TC (1 - P_m)^{s-1} P_m\} \\ = (1 - \mu_A) TC \left(1 + \frac{1}{P_m}\right) \dots \dots \dots (8)$$

また、第 n サイクルに関しては、サイクル再起確率 C_A, C_m を用いることにより、利用交通手段別第 n サイクル発生数が $\mu_A TC C_A^{n-1}, (1 - \mu_A) TC C_m^{n-1}$ となるので、これを第1サイクルにおける $\mu_A TC, (1 - \mu_A) TC$ と置き換えればよいことになる。

したがって、本モデルの基本構造としては、ベイスゾーンから発生する第1サイクルの総数が与えられたときその第1トリップにおける自動車分担率を決め、それ以降の立ち回りについては利用交通手段ごとの帰宅確率によって推移すると考えている。そこでこの考え方にに基づき実際のデータから得られる平均帰宅確率、サイクル再起確率などの諸値を用いて、本モデルの基本構造の妥当性を眺めることにする。なお、比較検討の対象として帰宅確率を1種類とした場合(ケース1)、ピストン型と巡回型との帰宅確率を区別した場合(ケース2)の2ケースを設けている。表-3は、本モデルの基本パラメーターの諸値を示したもので、その算出方法は、従来の帰宅確

表-3 モデルの基本構造の検証のためのパラメーター値

基本パラメータ	パラメータ現況値	基本パラメータ	パラメータ現況値
帰宅確率		第1トリップ自動車分担率	$\mu_A = 0.44385$
(ケース1)		第1サイクル発生サイクル総数	$TC = 204,375$
自動車利用	$P_A = 0.63589$		
マストラ利用	$P_m = 0.70832$	サイクル再起確率	
(ケース2)		自動車利用	$C_A = 0.18249$
自動車利用ピストン型	$P_{A1} = 0.68666$	マストラ利用	$C_m = 0.15653$
巡回型	$P_{A2} = 0.54394$		
マストラ利用ピストン型	$P_{m1} = 0.77154$		
巡回型	$P_{m2} = 0.56040$		

表-4 サイクル内各トリップの利用手段別非帰宅・帰宅トリップ

手 段 トリップ 番 目	自 動 車 利 用						マ ス ト ラ 利 用					
	非帰宅トリップ			帰宅トリップ			非帰宅トリップ			帰宅トリップ		
	実績値	ケース1	ケース2	実績値	ケース1	ケース2	実績値	ケース1	ケース2	実績値	ケース1	ケース2
1	90712	90712	90712				113663	113663	113663			
2	27695	33029	28424	60496	57683	62288	30740	33153	25967	85444	80510	87696
3	13942	12026	12963	13941	21003	15461	12853	9670	11415	17699	23483	14552
4	6659	4379	5912	8324	7647	7051	5261	2821	5018	6551	6849	6397
5	3587	1595	2696	3240	2784	3216	2127	822	2206	1966	1999	2612
6	1458	580	1230	2107	1015	1466	1038	240	970	1111	582	1236
7	483	211	560	1035	369	670	246	70	426	732	170	544
8	223	77	256	260	134	304	105	20	187	141	50	239
9	184	28	117	39	49	139	53	6	82	52	14	105
10	60	10	53	124	18	64	53	2	36	0	4	46
11	60	3	24	0	7	29	29	1	16	53	1	20
12		1	11	60	2	13			7			9
13			5		1	6			3			4
14			2			3			1			2
15			1			1						1
16												

注) 表中実績値は、不完全サイクルを含むために各利用手段の非帰宅・帰宅トリップ数は各トリップ番号で一致しない場合がある。

表-5 モデルの適用結果 (トリップ数)

手 段 サイクル 番 目	全 手 段		自 動 車 利 用		自 動 車 以 外 利 用				
	実績値	計算値 ケース1	計算値 ケース2	実績値 ケース1	計算値 ケース2	実績値 ケース1	計算値 ケース2		
1	515577	507497	507342	234689	233366	233679	280888	274131	273663
2	83925	85499	85481	40732	42589	42644	43193	42910	42837
3	7511	14489	14487	3973	7772	7782	3538	6717	6705
4	1610	2469	2470	856	1418	1420	754	1051	1050
5	796	424	423	688	259	259	108	165	164
6	490	73	73	382	47	47	108	26	26
7	106	13	13	106	9	9	4	4	4
8	106	3	3	106	2	2	1	1	1
9	106			106					
計	610227	610467	610292	281636	286462	286482	326589	325006	324450

率・サイクル再起確率の定義に基づく⁷⁾。そしてその結果の一部として、表-4では、帰宅確率の設定法の妥当性をみるために第1サイクルの各トリップ番号における利用交通手段別非帰宅・帰宅トリップ数を示し、また表-5では本モデルのアウトプットとしての各サイクル番号の利用交通手段別発生トリップ数を示す。

これらより、ケース間の比較では表-4に示すように帰宅確率が1種類のケース1で第2トリップで計算値が過大に、逆に第3トリップ以降で過小になっている。一方、ケース2は、ピストン型と巡回型とで異なる帰宅確率を用いているのでその適合度は向上している。また、各サイクル番号での適合度は、両ケースとも第2サイクルまでは良好な結果を得ているが、第3サイクル以降ではやはりサイクル再起確率を一定としているためやや低下している。

したがって、本モデルの定式化にあたっては、ピストン型・巡回型という立ち回りパターンの差異に対応して変数を設定することが望ましいこと、そして複数サイクルの取扱いは、量的に多い第2サイクルまでを重視する場合にはこのようなサイクル再起確率の設定方法に実用上問題とならないものの、多サイクル型の立ち回りに関して改良の余地を残すといえる。

(2) モデルの定式化

本モデルは、基本的には前項で述べたようにサイクル内の立ち回り特性に基づく自動車利用者数追跡モデルである。その具体的な推計フローにおいては、業務トリップの交通手段別発生集中量をアウトプットできる定式化を試みている。このようなトリップチェーンの諸性質に基づく業務交通発生集中量推計モデルは、拙稿(1983, 1985)にすでに提案されており^{12),13)}、ここでは交通手段選択プロセスを導入するために、サイクル内第1トリップ自動車分担率推計の新たなステップを組み込むことによる改良が行われている。以下では、図-6に示す推計フローに従って、本モデルの概略を明らかにしていく。

(ステップ1) 発生トリップチェーン数推計とピストン型・巡回型立ち回りパターンの分離

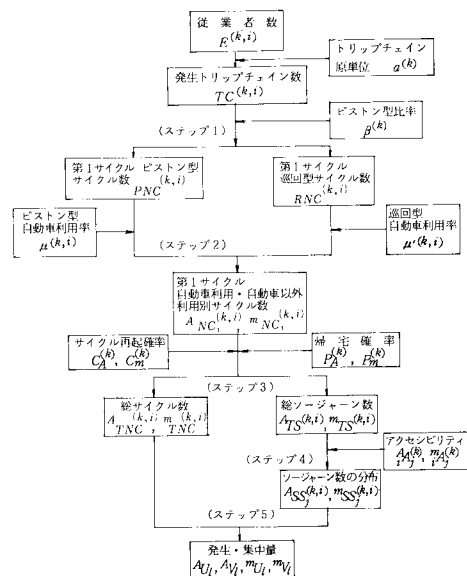


図-6 モデルの推計フロー

対象圏域の各ベイスゾーンにおいて発生する業務トリップチェーン数は、トリップメーカーの属する各業種の特性（用務内容、外出率、事業所規模構成）に規定されると考えられるので、従来のモデルでは業種別にベイスゾーンの従業員数・事業所数といった土地利用指標を説明要因とする回帰式が提案されていた。本モデルでは、これらの諸指標はステップ2のサイクル内第1トリップ自動車分担率推計の際に取り上げることにし、ここでは最も簡単な形で業種別業務トリップチェーン生成原単位（従業員1人当たり）によって推計する。なお、この発生業務トリップチェーン数は、当然のことながら第1サイクル数に等しい。

次にピストン型・巡回型との分離は、ステップ2以降において両者の立ち回りパターンを区別して取り扱うために必要であり、本モデルでは現況のデータよりピストン型立ち回りパターンの割合（ $\beta^{(k)}$ ： k 業種）を求め、次式からそれぞれの立ち回りパターンの第1サイクル数を得ている。

$$\left. \begin{aligned} PNC^{(k,i)} &= \beta^{(k)} TC^{(k,i)} \quad (\text{ピストン型第1サイクル数}) \\ RNC^{(k,i)} &= (1-\beta^{(k)}) TC^{(k,i)} \quad (\text{巡回型第1サイクル数}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(9)$$

【ステップ2】 サイクル内第1トリップ自動車分担率推計

この第1トリップ自動車分担率 $\mu^{(k,i)}$ (k 業種, i ベイスゾーン) は、本モデルにおける交通手段選択を大きく規定する。これは、前節でみてきたようにサイクル内の自動車分担率（ソージャー数という立ち回りの頻度が多くなるにつれて過増的に推移する性質をもつ）が、サイクルを生成した場合の第1トリップにおける自動車利用特性とソージャー数の選択特性との両者に規定されると仮定しているからである。したがって、この第1トリップ自動車分担率は、トリップメーカーの業種特性のほかにベイスゾーン側の土地利用特性や交通条件によって決められるとみなし、いわゆるトリップエンドモデルのタイプの推計式を仮定した。具体的には、次式の回帰式を用いることにする。

$$\left. \begin{aligned} \mu^{(k,i)} &= \alpha_0^{(k)} + \alpha_1^{(k)} (A^{(k,i)} / m A^{(k,i)}) + \alpha_2^{(k)} (C^{(k,i)} / E^{(k,i)}) \\ \mu^{(i,k,i)} &= \alpha_0^{(i)} + \alpha_1^{(i)} (A^{(k,i)} / m A^{(k,i)}) + \alpha_2^{(i)} (C^{(k,i)} / E^{(k,i)}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(10)$$

ここで、

$\mu^{(k,i)}$ (= μ : k 業種 i ベイスゾーンピストン型立ち回りパターン第1トリップ自動車分担率 (k, i) のサフィックス省略)

$\mu^{(i,k,i)}$ (= μ' : k 業種 i ベイスゾーン巡回型立ち回りパターン第1トリップ自動車分担率 (k, i) のサフィックス省略)

$A^{(k,i)} / m A^{(k,i)}$: 自動車利用とマストラ利用とのアクセシビ

リティ比 (k 業種 i ベイスゾーン)

$$A^{(k,i)} = \sum_j \frac{E_j}{A^{(k,i)} t_{ij}}, \quad m A^{(k,i)} = \sum_j \frac{E_j}{m t_{ij}}$$

E_j : j ゾーン従業員総数

t_{ij} : $i-j$ ゾーン間所要時間 (車利用)

$m t_{ij}$: $i-j$ ゾーン間所要時間 (マストラ利用)

$C^{(k,i)} / E^{(k,i)}$: 従業員1人当たり保有台数 ($E^{(k,i)}$, $C^{(k,i)}$ は k 業種 i ゾーンにおける従業員数および保有台数を指す)

$\alpha_0^{(k)}$, $\alpha_1^{(k)}$, $\alpha_2^{(k)}$, $\alpha_0^{(i)}$, $\alpha_1^{(i)}$, $\alpha_2^{(i)}$: パラメーター

ここで式(10)で与えられる μ と μ' およびステップ1の立ち回りパターン別サイクル数(式(9))を用いて、第1サイクルにおける利用交通手段別サイクル数 (${}^A NC_i$, ${}^m NC_i$) を次式から得ることができる(なお、サフィックス (k, i) を省略)。

$$\left. \begin{aligned} {}^A NC_i &= \mu PNC + \mu' RNC = [\mu\beta + \mu'(1-\beta)] TC \\ {}^m NC_i &= (1-\mu) PNC + (1-\mu') RNC \\ &= [(1-\mu)\beta + (1-\mu')(1-\beta)] TC \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(11)$$

【ステップ3】 サイクル再起確率、帰宅確率による総サイクル数・総ソージャー数推計

各ベイスゾーンから発生する総サイクル数やそれぞれのサイクルに含まれるソージャーの総数は、それらを加算するときに対象圏域全体としての業務トリップの生成量を与える。また、ベイスゾーン別発生サイクル総数とそのゾーンをソージャーゾーンとしてトリップエンドとなるソージャー総数との両者の和は、当該ゾーン業務トリップ発生集中量に等しい(ステップ5参照)。

そこでまず、 k 業種, i ベイスゾーンにおいて発生する利用交通手段別総サイクル数 (${}^A TNC^{(k,i)}$ (= ${}^A TNC$), ${}^m TNC^{(k,i)}$ (= ${}^m TNC$)) は、サイクル再起確率 ($C_A^{(k,i)}$ (= C_A), $C_m^{(k,i)}$ (= C_m)) を用いて次式より得る。

$$\left. \begin{aligned} {}^A TNC &= \sum_{n=1}^{\infty} {}^A NC_i \cdot C_A^{n-1} = {}^A NC_i / (1 - C_A) \\ {}^m TNC &= \sum_{n=1}^{\infty} {}^m NC_i \cdot C_m^{n-1} = {}^m NC_i / (1 - C_m) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(12)$$

一方、利用交通手段別の発生総ソージャー数 (${}^A TS^{(k,i)}$ (= ${}^A TS$), ${}^m TS^{(k,i)}$ (= ${}^m TS$)) は、平均帰宅確率 ($P_A^{(k,i)}$ (= P_A), $P_m^{(k,i)}$ (= P_m)) で表現されるソージャー数選択率を用いて得られるが、本モデルではピストン型(1ソージャータイプ)を先取りしているため次式のように書き表わされる。

$$\begin{aligned} {}^A TS &= \sum_{s=1}^{\infty} s \cdot {}^A NC(s) = {}^A NC(1) + \sum_{s=2}^{\infty} s \cdot {}^A NC(s) \\ &= \mu\beta TC / (1 - C_A) + \mu'(1-\beta) TC / (1 - C_A) \\ &\quad \left\{ \sum_{s=2}^{\infty} s(1 - P_A)^{s-2} \right\} P_A \\ &= \frac{TC}{1 - C_A} \left[\mu\beta + \mu'(1-\beta) \left(1 + \frac{1}{P_A} \right) \right] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 {}^mTS &= \sum_{s=1}^{\infty} s \cdot {}^mNC(s) \\
 &= {}^mNC(1) + \sum_{s=2}^{\infty} s \cdot {}^mNC(s) \\
 &= (1-\mu)\beta TC / (1-C_m) + (1-\mu')(1-\beta)TC / \\
 &\quad (1-C_m) \left\{ \sum_{s=2}^{\infty} s(1-P_m)^{s-2} \right\} P_m \\
 &= \frac{TC}{1-C_m} \left\{ (1-\mu)\beta + (1-\mu')(1-\beta) \left(1 + \frac{1}{P_m}\right) \right\} \\
 &\quad \dots\dots\dots(13)
 \end{aligned}$$

(ステップ4) 発生ソージャー数ゾーンの分布推計
 従来の業務交通発生集中量推計モデル¹⁴⁾と同じく、あるベースゾーンから発生する総ソージャー数のゾーン分布は、ベースゾーンとソージャーゾーンとの結びつきの強さに規定されると仮定し、次式で示されるアクセシビリティによって利用交通手段別に求める。

$$\left. \begin{aligned}
 {}^A SS_j^{(k,l)} &= \frac{{}^A A_j^{(k)}}{{}^A A_i^{(k)}} {}^A TS^{(k,l)} \\
 {}^m SS_j^{(k,l)} &= \frac{{}^m A_j^{(k)}}{{}^m A_i^{(k)}} {}^m TS^{(k,l)}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(14)$$

ここで、 ${}^A A_j^{(k)}$ 、 ${}^m A_j^{(k)}$ は k 業種利用交通手段別のベースゾーン i のソージャーゾーン j に対する相対的アクセシビリティで、次式のように、ゾーン間距離(${}^A t_{ij}$ 、 ${}^m t_{ij}$)と業種別のソージャーゾーン特性($Z_j^{(k,\alpha)}$)によって表わされる。すなわち、自動車利用・マストラ利用のそれぞれの場合では、

$${}^A A_j^{(k)} = AR_j \frac{Z_j^{(k,\alpha)}}{{}^A t_{ij}^\alpha}, \quad {}^m A_j^{(k)} = AR_j \frac{Z_j^{(k,\gamma)}}{{}^m t_{ij}^\gamma} \dots\dots\dots(15)$$

$\alpha, \gamma, \alpha', \gamma'$: パラメーター

AR_j : ソージャーゾーン j の面積

となり、 $Z_j^{(k)}$ は当該ゾーン業種別従業者密度 (E_j^k/AR_j) と夜間人口密度 (N_j/AR_j) を業務トリップの発着エンド施設間流動を重みづけした線形和で与えている。

$$Z_j^{(k)} = w_{k0}(N_j/AR_j) + \sum_h^k w_{kh} \cdot (E_j^h/AR_j) \dots\dots\dots(16)$$

ここで、 w_{kh} ($h=0, \dots, k$) ($h=0$ は着エンドが住宅施設を指す) は、 k 業種の h 業種に対する重視度で、現況の業務トリップ発着エンド施設間分布量より算定した。

(ステップ5) 利用交通手段別発生集中量推計

最後に、各ベースゾーンにおける発生サイクル数とステップ4で得られる各ゾーンへ配分されたソージャー数によって、発生集中量を利用交通手段別に推計する。すなわち、 l ゾーンにおける手段別発生量 (${}^A U_l$ 、 ${}^m U_l$) は、それぞれ l ゾーン手段別集中量 (${}^A V_l$ 、 ${}^m V_l$) に等しく、次式より得られる。

$$\left. \begin{aligned}
 {}^A U_l &= \sum_k \left\{ \left(\sum_i {}^A SS_i^{(k,l)} \right) + {}^A TNC^{(k,l)} \right\} \\
 {}^m U_l &= \sum_k \left\{ \left(\sum_i {}^m SS_i^{(k,l)} \right) + {}^m TNC^{(k,l)} \right\}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(17)$$

(3) 適用例

ここでは、本モデルの適用例として、大阪市関連トリップチェーンデータより大阪市内にOBをもつ業務サイクルを抽出してそれらに含まれる交通手段別業務トリップ発生集中量に関して、現況再現性の検討を行う。

具体的に対象圏域は、大阪市内を区単位の26ゾーンに分割した城内ゾーンと大阪市外を17ゾーンに分割した域外ゾーンの計43ゾーンを設けている。なお、本モデルの業種分類は、従来諸研究を参考にして表-6に示す6分類を考えることにした。

以下では、本モデルの推計フローに従って、各ステップで得られた諸値ならびにそれらによる現況再現性について概略する。

まずステップ1において、発生トリップチェーン数推計のために用いた生成原単位とそれによる業種別適合度ならびにピストン型立ち回りパターンの構成比率を表-7にまとめて示す。これより、原単位法による推計結果は、製造業を除いて良好であることがわかる。この製造業に関しては、大阪都心(東区)の実績データの偏りによるもので全体的には問題とならない。

またピストン型立ち回りパターンは、サイクル単位で約7割占め、卸売業で若干大きい値を示すだけで業種別差異がそれほど顕著に現われていない。

次にステップ2におけるサイクル内第1トリップ自動車分担率は、式(10)に基づき帰式と推定した。その結果を表-8に示し、またこれより得られる業種別立ち回りパターン別の第1サイクル第1トリップ自動車利用者数に関する適合度を表-9に示す。これらより、表-8に示すように、第1トリップ自動車分担率の推計式は

表-6 業種分類

No.	業種分類
1	建設業(農、林、水産、鉱業を含む)
2	製造業
3	卸売業
4	小売業
5	サービス業
6	金融・保険・不動産業、運輸・通信業、電気・ガス・水道業、公務

表-7 業務トリップチェーン生成原単位およびピストン型立ち回りパターンの構成比率(業種別)

業種	従業員1人当り生成原単位 (a^k)	相関係数 (r^2)	ピストン型立ち回りパターンの構成比率 (β^k)
建設業等	0.22897	0.88570	0.72957
製造業	0.11512	0.37212	0.70709
卸売業	0.09243	0.99008	0.87499
小売業	0.07774	0.77680	0.78326
サービス業	0.11852	0.98112	0.73429
金融業等	0.13149	0.99128	0.73455

表—8 第1サイクル第1トリップ自動車利用率のパラメーター値

業種 パラメーター	1 建設業等	2 製造業	3 卸売業	4 小売業	5 サービス業	6 金融業等
a_1^k	0.40405	0.35063	0.27004	0.25772	0.10707	0.35988
a_2^k	0.30620	0.20421	0.23954	0.06917	0.21681	0.10726
a_3^k	0.05936	0.01822	0.11934	0.05828	0.09806	—
a_4^k	0.44704	0.36252	0.32604	0.46834	0.24091	0.36557
a_5^k	0.25916	0.19191	0.25301	—	0.17673	0.09940
a_6^k	—	—	0.14337	—	—	—

ピストン型： $\mu^{k,i} = a_1^k + a_2^k(A_1^i/A_2^i) + a_3^k(C_1^i/E_1^i)$

巡回型： $\mu^{k,i} = a_4^k + a_5^k(A_1^i/A_2^i) + a_6^k(C_1^i/E_1^i)$

表—9 第1サイクル第1トリップ自動車利用者数の推計値と実績値との相関係数

業種	ピストン型 相関係数	巡回型 相関係数
建設業等	0.828	0.809
製造業	0.745	0.941
卸売業	0.887	0.827
小売業	0.829	0.766
サービス業	0.898	0.665
金融業等	0.925	0.856

表—10 業種別帰宅確率およびサイクル再起確率

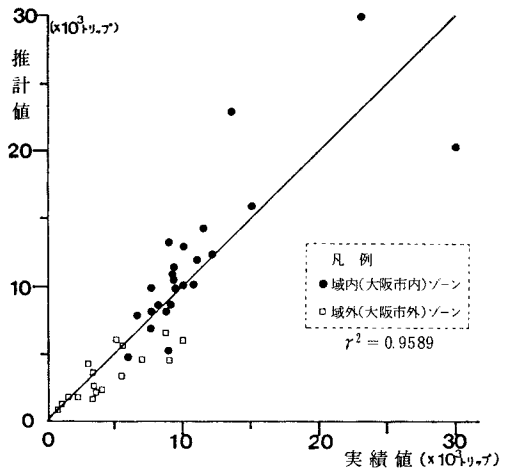
業種	種別	1 建設業等	2 製造業	3 卸売業	4 小売業	5 サービス業	6 金融業等
帰宅確率	P_1^k	0.53101	0.55523	0.48843	0.49041	0.48802	0.48815
	P_2^k	0.53248	0.55648	0.67354	0.52506	0.62024	0.58477
サイクル再起確率	C_1^k	0.11512	0.19376	0.16601	0.20018	0.23843	0.19398
	C_2^k	0.16446	0.13507	0.16408	0.27413	0.18049	0.17145

式 (10) のタイプを基本形としてパラメーターの符号条件などを考慮した結果、ピストン型で金融業を除く5業種、巡回型で卸売業がこの基本形によって説明され、一方その他ではアクセシビリティ比を説明要因とする単回帰式となった。また、これらを用いたときの現況再現性に関して表—9をみると、製造業のピストン型とサービス業の巡回型で若干適合度が低くなるものの、全般的には良好であると判断できる。ただし、本モデルにおいてこの第1トリップ自動車分担率はトリップチェーンの生成と交通手段選択との関係を記述するうえで大きな役割をもつと考えられるので、さらに精度の高い推計のために交通手段選択要因分析を含めた諸検討・改良がはかられる必要があろう。

ステップ3では、業種別利用交通手段別の帰宅確率およびサイクル再起確率(表—10参照)を用い、ベースゾーンから発生する交通手段別の総サイクル数・総ソージャー数数が得られる。ここで帰宅確率をみると、どの業種とも自動車利用の場合がマストラ利用に比較して小さな値をとり、立ち回りにおける自動車利用の利便性を物語っている。また、サイクル再起確率は、建設業等、小売業において自動車利用の場合が小さな値が得られているものの、業種間の比較では立ち回りの頻度の大きいサービス業、小売業、金融業等で大きな値を示し、その

表—11 アクセシビリティのパラメーター ($\alpha, \gamma, \alpha', \gamma'$)

パラメーター	1 建設業等	2 製造業	3 卸売業	4 小売業	5 サービス業	6 金融業等
車 α	1.394	1.230	1.388	1.828	1.458	1.675
利用 γ	2.278	2.430	2.357	3.309	2.758	2.841
マストラ α'	1.414	1.147	1.594	1.494	1.388	1.722
利用 γ'	2.545	2.738	2.425	3.728	3.008	2.858



図—7 ゾーン別自動車利用業務トリップ発生集中量の推計値と実績値との比較

業種特性を反映した結果となっている。

そしてステップ4およびステップ5では、ソージャー数のゾーン分布とそれに基づく発生集中量への換算がなされるが、そのとき用いるアクセシビリティのパラメーター(式(15))を表—11に示す。これより、推計された値は、従来のアクセシビリティにおける距離抵抗値に比較して若干過大な結果となっているかもしれないが、ベースとソージャーとの結びつきの強さを表わす指標としてはほぼ妥当な値であると判断できる。

さらに、ステップ5において業種別に業務トリップの発生集中量を求める。その結果の一部として、全業種を合計した自動車利用の推計値と実績値とを比較したものを図—7に示す。これより、全体としては相関係数で0.9589と良好であるが、域内ゾーンで、トリップ数の多い都心部ゾーンにおける推計値が過大になっていることが目立ち、逆に域外ゾーンで過小になっていることがわかる。これは、大阪市内の域内ゾーンにおける相対的アクセシビリティの過大評価によることと第1トリップ自動車分担率推計の際の過大評価にもよると考えられ、いずれにせよベースとソージャーとの結びつきの強さあるいはソージャーゾーンとしての魅力度算定に改良の余地を残すと考えられる。

4. おわりに

本研究では、トリップチェーンの諸性質のうちトリッ

ブ連鎖パターンに着目することによって、都市内業務交通における自動車利用を中心とした交通手段選択特性を明らかにするとともに、その分析結果をもとに交通手段別業務交通発生集中量推計のためのモデル構築と諸検討を行ってきた。

これらの結果を要約すれば以下のとおりである。

(1) トリップ連鎖パターンと交通手段選択との関係は特に事業所をベースとした業務の立ち回りにおいて無視できず、そのことはOB上で生成されるサイクル内の交通手段構成をみてもサイクル内を単一の交通手段によって立ち回るパターンが大半を占めることから明らかとなった。また、人の1日の動きは一見複雑で多様なパターンから成ると考えられるものの、そのトリップ連鎖パターンに基づく代表的なパターンがほとんどの割合を占め、その種類は経年的に変化するものでなく、人の1日単位のマクロな動きの把握に関して、本研究の着眼点のもつ意義は深いと考えられる。

(2) OB上で生成されるサイクルに関してそのソージャー数別にみた自動車利用特性としては、まずサイクル内第1トリップ自動車分担率はソージャー数の増加とともに逓増的に大きくなる傾向をもつこと、そしてこの分担率はサイクル内の後続トリップにおいてもほとんど変化しないことがわかった。

(3) 本研究で提案されたモデルは、業務交通の発生集中量を自動車利用とそれ以外との交通手段別に推計するものである。その基本的な考え方は、これまでの発生集中量推計のためのトリップチェーンモデルを交通手段選択問題を拡張していくことにあった。また本モデルの有効性として、自動車利用者数の変化をサイクル内ソージャー数という立ち回りパターンを通じて追跡できる点が挙げられる。そして具体的な適用例においても、本モデルがほぼ妥当な現況再現性をもつことが示された。ただし、本モデルが自動車利用追跡モデルであったために、マストラ、徒歩・二輪等の他の交通手段分担関係のモデル化は含まれておらず今後の課題といえる。

(4) しかしながら、本モデルの現段階までの諸考察はあくまでも現況分析的視点を重視し交通手段選択とトリップチェーンとの有意な関係を明らかにするためになされてきたものであり、したがって、本モデルが業務トリップの自動車利用者数推計モデルとして将来予測に供するためには、ここで用いられたパラメーターや定数の安定性を吟味するとともに、推計プロセスの簡略化等の検討が不可欠といえる。

最後に、本研究を遂行するにあたって貴重な討議を行い、また計算等にも協力していただいた京都大学大学院生、薬師寺清幸君（現在、(株)地域設計研究所勤務）、植林俊光君（現在、大阪市役所勤務）に対して深謝の意を表します。

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——その有効性と枠組みについて——，第7回土木計画学研究発表会，講演集，pp.271～278，1985。
- 2) 近藤勝直：トリップチェーン手法を用いた都市交通需要推計プロセス，京都大学学位論文，1977。
- 3) 北村隆一・西井 充・上野義弘：交通機関の選択に与える個人属性の影響，交通工学，Vol.11，No.3，1976。
- 4) Sasaki, T. : Estimation of Person Trip Patterns Through Markov Chains, Proc. of the 5th Intl. Sympo. on Transpn. and Traffic Flow Theory, Ed. by G. F. Newell, Berkley, 1971.
- 5) Kondo, K. : Estimation of Person Trip Patterns and Modal Split, Proc. of the 6th Intl. Sympo. on Transpn. and Traffic Theory, Ed. by D. J. Buckley, Sydney, 1974.
- 6) 薬師寺清幸：1日の交通行動パターンに着目した交通手段選択モデル，京都大学修士論文，1984。
- 7) 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。
- 8) Sasaki, T. and Nishii, K. : Estimation of Business Car Trip Generation by A Trip Chaining Model, Proc. of W. C. T. R. in Hamburg, pp.376～390，1983。
- 9) 佐佐木綱・西井和夫・井上敬三：トリップ連鎖パターンを考慮した業務交通需要予測モデル，JSCE第39回年次学術講演会（第IV部門），pp.283～284，1984。
- 10) 佐佐木綱・近藤勝直・西井和夫・川田 均：1日のトリップパターンからみた交通機関選択に関する基礎的考察——地方都市圏（備後圏）P.T. 調査より——，第4回土木計画学研究発表会，講演集，pp.456～460，1982。
- 11) 西井和夫・薬師寺清幸・植林俊光：1日の交通行動パターンに着目した交通手段選択モデル，昭和59年度JSCE関西支部年次学術講演会，IV-42-1～IV-42-2，1984。
- 12) 前掲7)
- 13) Sasaki, T. and Nishii, K. : The Development of Trip Chaining Approaches in Travel Demand Modelling, Memoirs of the Faculty of Engineering Kyoto University, Vol.47, No.3, pp.186～204，1985。
- 14) 前掲7)

(1985.10.9・受付)