

**投稿論文(和文)  
PAPERS**

# 時間制約下における通勤者の私的交通行動分析

加藤文教\*・門田博知\*\*・高瀬直輝\*\*\*

通勤者の私的交通行動と、就業時間や通勤時間および私的活動にかかる活動時間やトリップ時間との関係を明らかにし、私的交通行動における時間制約について考察する。私的交通行動としては、まず私的交通の発生の有無を取り上げ、次に私的交通を行う場合それを就業前後および自宅ベース・通勤途中どちらで行うかの選択を取り上げる。その際特定の私的交通行動に対するニーズの強弱を、私的交通の目的や通勤者の属性から分析する。

**Keywords :** constraints on an usable time, travel behaviour related to out-of-home, nonwork activities, trip pattern

## 1. はじめに

### (1) 研究の目的

通勤者の買い物、食事、公用、社交、娯楽等の私的活動を目的とする交通（以下、私的交通）は、平日の場合、通勤者を取り巻く種々の時間制約の下で行われる。時間制約は、自宅内での活動、就業、および私的活動先の営業時間や時間的都合にかかるものの3つに分けることができる。通勤者は、これらの時間制約の相互関係に基づき、私的交通行動を選択する。

近年就業時間の短縮化、フレックスタイムや時差出勤の導入、週休2日制の実施等、通勤者を取りまく生活時間の変化は目ざましく、交通行動もそれに伴い変わっている。こうした生活時間の変化にも対応できる交通需要推計手法を開発するためには、時間制約を受ける私的交通行動特性を明らかにすることが必要となる。

このような背景のもと、時間的な制約との関係から私的交通行動が分析され、そのモデル化が試みられている。その中で私的交通への時間の割当に着目したのものとして、Pant et al.<sup>1)</sup>が自宅外の私的活動時間と他の生活時間および属性との関係を分析し、Kitamura<sup>2)</sup>やDamm et al.<sup>3)</sup>が私的行動への参加とその時間の割当についてモデル化を行っている。また磯部<sup>4)</sup>やMonden et al.<sup>5)</sup>らは、時間制約に関する時間的要因を交通需要分析に導入し、モデルの移転可能性の向上や政策評価への適用に有効であることを示している。一方、Hagerstrand<sup>6)</sup>が提案した時空間プリズムの観点から、交通行動における時間制約の特性をとらえる試みもなされている。近藤<sup>7)</sup>は効用最大化モデルを用い、最適なトリップチェイ

ンの決定とそこから導かれる結論について実証的に検証している。また西井らは、1日の交通行動を規定する時間的空間的特性を時空間プリズムにより明らかにするとともに、それらがトリップチェイン形成にどのような因果序列によって関係しているかを分析し<sup>8)</sup>、さらにバス選択メカニズムのモデル化を試みている<sup>9)</sup>。

これまでの研究により、就業にかかる時間的特性を交通需要分析に導入することの意義は明らかにされている。これらの知見に基づき、本研究では時間制約を形成する要因として就業関連時間を取り上げ、私的交通の発生と、トリップパターン選択との関係についてモデル化を通して分析する。

ところで同じ時間制約下であっても、通勤者の属性や私的交通の目的によって、私的交通の発生やそのトリップパターンに対するニーズが異なると考えるのは一般的であろう。たとえば通勤者が家庭の主婦である場合、家事の用務のため買い物が余儀なくされることもあるうし、乗用車で通勤した場合、飲酒のため私的交通がホームペイストにならざるを得ないこともある。こうした事実を分析で明らかにするためには、活動の理由をも理解しておくことが必要とされるが、近年注目されているアクティビティ調査でもその把握には限りがある。それは活動理由にまで立ち入った調査が、個人のプライバシー保護の限界を越えると批判される点にある。

このような状況をかんがみ、本研究では特に通勤者の属性や私的交通の目的に注目し、私的交通発生とトリップパターンに対するニーズの相違を、パーソントリップデータを用いて分析することを試みる。上述の論文の中には、モデルの説明変数に通勤者の属性が組み込まれたものがあり、パラメーターの符号やその有意性から属性による影響を類推することはできる。また通勤距離等の物理的要因が、トリップパターン選択に及ぼす影響について検討されたものもある。しかし本研究のように、属性

\* 正会員 工博 (株)ヒロコン 第二技術部  
(〒734 広島市南区宇品東7-8-25)

\*\* 正会員 工博 広島大学教授 工学部第IV類  
\*\*\* JR 四国

表一1 分析で用いる時間的要因

分析で使用する時間的要因	定義
1動時間にかかる私的交通を行ふ	到着時刻 出勤トリップの勤務先への到着時刻で午前0時からの経過時間。(分)
	就業時間 勤務先到着時刻から退社時刻までの経過時間。(分)
	日交通時間(DT) 1日の総トリップ時間の合計。ただし業務トリップと就業時間中の私的トリップは除く。(分)
私的交通行動にかかる時間的要因	活動時間 私的トリップの到着時刻から次回トリップの出発時刻までの経過時間。(分)
	TRI/DT 私的トリップが自宅ベースか通勤途中かの合計トリップ時間差を日交通時間で除した数。就業前の場合、合計トリップ時間差は、(H→A→H→W)から(H→A→W)を差し引く。就業後の場合はトリップの方向がこの逆。実際にやっていないパターンの合計トリップ時間は、都市圏を46ゾーンに分割した各ゾーン間の平均値を使用。
	COM/DT 直行出勤トリップ時間/日交通時間
	HOM/DT 直行帰宅トリップ時間/日交通時間

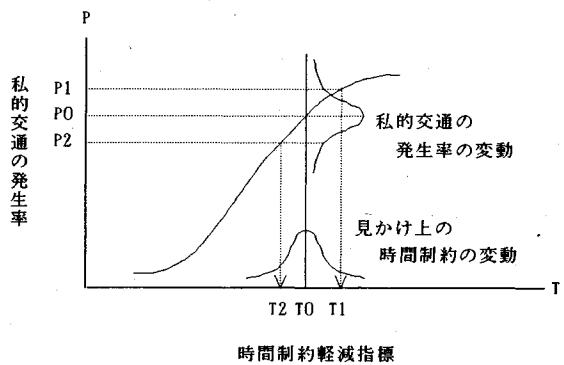
注) ここで、H: 自宅、A: 活動先、W: 勤務先、を示す。

や目的にかかるニーズに焦点を当て、時間制約下における私的交通の特性を分析した事例はあまりみうけられない。私的交通が自由裁量な性格の強い行動であるだけに、こうした観点から行われる分析は、私的交通をとらえる上で有意義なものと考えられる。パーソントリップデータの問題点として、私的交通を行う場合と行わない場合、あるいは実際と代替のトリップパターン両方の情報が得られないため、分析ではいくつかの仮定と集計化をともなうが、その成果は今後の私的交通の需要分析に貴重な情報を提供することが期待される。

## (2) 使用するデータと時間的要因

分析では、広島広域都市圏で1987年に実施されたパーソントリップ調査データのうち、広島都市圏内に居住し、都市圏内で交通行動を行う通勤者を対象とした。私的交通に関しては、就業時間中、例えば昼休みや業務途中に行われる私的トリップは対象外とした。また他のデータと比較し特異なデータ、すなわち1日の交通行動の開始が午前4時以前か午後4時半以後、総トリップ数が11以上、就業時間が2時間以下、就業時間以外に業務交通を行う、等のデータは除外した。これにより全体の3%が除外された。その結果データ数は24 930人、そのうち何らかの私的交通を行う通勤者は4 431人で17.8%となった。

時間制約にかかる時間的要因の抽出に当たっては、私的交通について次を仮定する。すなわち私的交通は、はじめにそれを行うか行わないかが選択され、次に行う場合いつ（就業前か後か、以下時間帯選択と呼ぶ）、どのようにするか（ホームペイストかノンホームペイストか、以下HB・NHB選択と呼ぶ）のトリップパターンが選択される。分析で使用した時間的要因とその内容を表一1に示した。時間的要因は、私的交通行動に直接関係する時間と、どちらかと言えば1日の交通行動全体に



図一1 時間制約と私的交通の発生率との関係

関係する時間とに大別される。

私的交通における時間制約として、これらの時間的要因を選んだ理由は以下のよう考え方による。就業時間は、自宅での生活必需時間および通勤時間とから、1日のうち私的交通に消費できる時間を制約するばかりでなく、勤務先到着時刻とともに、店舗等の営業時間との関係から私的交通の発生や時間帯選択に対し重大な制約を与える。日交通時間は、Zahavi et al.<sup>10)</sup> や Gunn<sup>11)</sup> らが交通予算の概念として述べているように、ある上限値をもつと考えられ、通勤時間との関係から私的交通の発生やトリップパターンを制約する。一方私的交通に直接関係するとして採用した時間的要因のうち、活動時間は活動の種類をも代弁し、私的交通のトリップパターン選択に関係する。また3種類の交通時間は時空間プリズムの概念を考慮したもので、日交通時間の制約の下、私的交通に消費できる時間を制約する。

## 2. 私的交通の発生における時間制約とニーズ

### (1) 時間制約とニーズの強弱の定義

ここでは時間制約と私的交通の発生との関係を、ニーズの強弱に着目して分析する。一般に私的交通の発生率は、時間制約が軽減されるとともに高くなると考えられるので、発生率と時間制約の軽減指標との間に図一1を仮定する。曲線上的数値は、ある軽減指標に対する平均的な発生率を与える。ところで同じ時間制約下にあっても、通勤者によって私的交通の発生率は異なるが、ここではこの発生率の相違がニーズの強弱に依存するとし、それを通勤者の属性の違いによって表すものとする。同一の時間制約に対する発生率の変動は、曲線の周りで図のように分布すると考える。

いま任意の軽減指標  $T_0$ において、異なる属性をもつ通勤者の発生率が、それぞれ、 $P_0$ ,  $P_1$ , および  $P_2$ で表されるとする。ここで  $P_0$  は  $T_0$  に対する曲線上的の数値で、平均的な発生率を与えるとする。 $P_1 > P_0$ , および  $P_2 < P_0$  とすると、 $P_1$ ,  $P_2$  に対応する曲線上の軽減指標

はそれぞれ  $T_1, T_2$  となる。すなわち発生率の変動の分布に対応して、軽減指標も同様に変動すると考える。しかしこの軽減指標の変動は、同一時間制約下における発生率の変動に対応するもので、現実に軽減指標が変動しているわけではないので、ここでの時間制約を「見かけ上の時間制約」と呼び、「見かけ上の軽減指標」が変動していると解釈する。

次に私的交通に対するニーズの強弱を、見かけ上の軽減指標を用いて表現することを試みる。同一の時間制約下において、私的交通を行うか否かは、自宅で過ごすこととのトレードオフの関係となる。これはどちらが自分にとって有益であるかの効用の問題であるが、これを分析するためには、私的交通をする場合としない場合とを含む、複数日を対象とする詳細な調査が必要となる。しかしニーズの強弱が、偶発的あるいは定性的な要素を多く含むものであるだけに、詳細な調査を通してその内容を明らかにすることはなかなか難しい。そこでここでは上述の時間制約と私的交通発生との平均的な関係を基準とし、同一の時間制約に対し発生率が平均値より高いか低いかによって、ニーズの強弱を以下の2つの指標を用いて表現する。

#### a) 軽減指標差

同一の時間制約下において、私的交通の発生率が平均値より高いか低いかは、自宅で過ごす効用との差によって生じると考える。これは言い換えれば、時間を自宅で過ごすか私的交通に充當するかの違いを意味しているが、効用に対する時間の重みが両者では異なるので、物理的な消費時間の比較だけではこの関係を表すことはできない。そこでここでは効用差に代わるものとして見かけ上の軽減指標を仮定し、軽減指標の差によってこれを表す。

##### ① $T_1 - T_0 = T_2 - T_0 \neq 0$ の場合

発生率は平均的であり、ニーズも平均的とみなす。

##### ② $T_1 - T_0 > 0$ の場合

見かけ上の時間制約下において、時間を自宅で過ごさないで私的交通に充當していることを意味しているので、ニーズは強いとみなす。

##### ③ $T_2 - T_0 < 0$ の場合

見かけ上の時間制約下において、時間を私的交通ではなく自宅で過ごすことに充當していることを意味しているので、ニーズは弱いとみなす。

なお軽減指標差の絶対値が大きいほど、ニーズの強弱の程度も大きいとみなす。

#### b) 弹性値

私的交通のニーズによって時間がトレードオフされるが、現在受けている時間制約の状況によって、トレードされる時間の重みは異なると考える。この違いを、発生率と軽減指標とを用いた弹性値で示す。

表-2 時間的要因を用いた主成分分析

主成分	到着時刻	就業時間	日交通時間	寄与率
主成分 1	0.706	-0.706	0.063	0.489
主成分 2	-0.042	0.047	0.998	0.333
主成分 3	0.707	0.707	-0.003	0.178

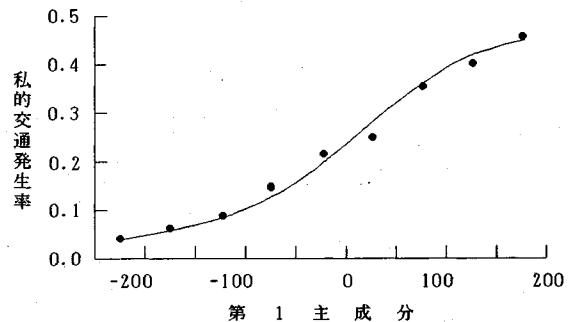


図-2 第1主成分と発生率との関係

$$E = \frac{(P_1 - P_0)/P_0}{(T_1 - T_0)/T_0} \dots \dots \dots (1)$$

弹性値は、単位当たりの発生率を得るために必要とされる軽減量を示し、これが大きいほど軽減量の重みは軽くなると考える。

式(1)は、現在の時間制約下において、単位当たりの発生率を得るために必要とされる見かけ上の時間制約の軽減量を示している。

#### (2) 時間制約の軽減指標

私的交通の発生においては、私的交通に消費できる量的な時間制約と、店舗等の営業時間にかかるタイミングとしての時間制約とが存在する。後者の時間制約については、店舗等の営業時間が活動の目的によりまちまちであるため、勤務先への到着時刻と就業時間とにより対応を図る。前者の時間制約については、24時間から生活必需時間、就業時間、および通勤時間を除いた時間が上限値となるが、生活必需時間と通勤途中に私的交通を行いう場合の通勤時間が不明である。そこで生活必需時間については、一定性を仮定し分析では除外する。通勤時間については、日交通時間の特性を考慮しこれを代用する。すなわち日交通時間は、前述したように上限値が存在するばかりでなく、通勤時間との間に正の相関関係が認められ、通勤時間の増大は日交通時間の増大をもたらす傾向にある。したがって通勤時間の増大は日交通時間の上限値との関係から、私的交通に消費できる量的な時間制約する。以上のことから、ここでは時間的要因として、勤務先到着時刻、就業時間、および日交通時間を用いる。

次に私的交通の発生に対する軽減指標を定義する。こ

表-3 私的交通の発生に関わる属性

性別	0.319	通勤交通手段	0.068
年齢	0.094	居住地	0.039
職業	0.084	勤務地	0.030
世帯人数	0.071		

注1) 数値は偏相関係数 相関比: 0.125

注2) データ数: 8962 (内私的交通有り: 4431)

こでは採用した3つの時間的要因を用いて主成分分析を行い、得られた主成分を軽減指標として適用する。表-2に、第1主成分から第3主成分までの各時間的要因の固有ベクトルと、寄与率とを示した。

私的交通の発生に対して、時間制約の軽減は到着時刻を遅くし、就業時間を短くすることで達成できる。こうした観点から固有ベクトルの符号を考えると、到着時刻は正で、就業時間は負となるはずである。この条件を満たしているのは第1主成分であり、軽減指標としてはこの第1主成分を採用する。図-2に、第1主成分得点を50毎にカテゴライズし、そこに含まれる通勤者の平均発生率を示した。主成分得点が増加するにつれ発生率も増加し、その関係がほぼS次曲線となっており、第1主成分を軽減指標として適用することの妥当性が伺える。

図-2から、ロジスティック関数を仮定し、第1主成分と発生率との関係式を求めた。

$$P = \frac{0.613}{1 + \exp(0.577 - 0.00824T)} \quad (2)$$

ここで、 $P$  は各カテゴリーの平均発生率、 $T$  は各カテゴリーの第1主成分の中央値である。分子の 0.613 は、推定される最大発生量を示す。この関係式の重相関係数は 0.988 と非常に高いものとなった。

以上のことから、第1主成分を時間制約の軽減指標とみなしても差し支えないものと考えられる。これは、到着時刻、就業時間、および日交通時間が、私的交通の発生に対する時間制約となっていることを示すものであろう。ここで固有ベクトルの絶対値に注目すると、到着時刻と就業時間とが相対し、同程度の重みをもつ時間制約となり、日交通時間はこれらに比べ10分の1程度の重みしかもっていない。

### (3) 属性による時間制約とニーズの強弱

私的交通の発生に対する時間制約の相違とニーズの強弱を、通勤者の属性に着目して分析する。方法としては、通勤者を同じ属性をもつグループに分類し、発生率、軽減指標、軽減指標差、および弾性値を求めて比較する。まず通勤者を分類するため、私的交通の発生に対し属性として何が有意であるかを、数量化理論II類を用いて調べた。なおここではデータの偏りをなくすため、私的交通を行う通勤者と行わない通勤者の数をほぼ等しくして

表-4 通勤者の属性によるグループ分け

番号	分類	番号	分類	番号	分類	番号	分類
1	SIA1J1	11	SIA3J3	21	S2A1J1	31	S2A4J1
2	SIA1J2	12	SIA3J4	22	S2A1J2	32	S2A4J2
3	SIA1J3	13	SIA4J1	23	S2A1J3	33	S2A4J3
4	SIA1J4	14	SIA4J2	24	S2A2J1	34	S2A4J4
5	SIA2J1	15	SIA4J3	25	S2A2J2	35	S2A5J1
6	SIA2J2	16	SIA4J4	26	S2A2J3	36	S2A5J2
7	SIA2J3	17	SIA5J1	27	S2A3J1	37	S2A5J3
8	SIA2J4	18	SIA5J2	28	S2A3J2	38	S2A5J4
9	SIA3J1	19	SIA5J3	29	S2A3J3		
10	SIA3J2	20	SIA5J4	30	S2A3J4		

性別: 男=S1, 女=S2

年齢: 24以下=A1, 25-34=A2, 35-44=A3, 45-54=A4, 55以上=A5

職業: ブルーカラー=J1, サービス=J2, ホワイトカラー=J3, 管理=J4

表-5 各クラスターに含まれる通勤者のグループ

クラスター	グループ番号
1	1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17
2	4, 21, 23
3	18, 19, 20, 22
4	24, 26, 27, 31
5	28, 30, 32, 36
6	25, 29, 33, 34, 35, 37, 38

いる。

分析結果の中から、表-3に偏相関係数の高い順に属性を列挙した。これによると私的交通発生に対し、性別で最も有意な差が生じている。その他の要因では、偏相関係数に大差はないが、高い順に、年齢、職業、世帯人数と続いている。居住地、勤務地といった空間的要因は、私的交通発生にあまり影響を及ぼしていないようである。これらの結果から、分類数が多すぎることによるデータの欠損を避け、通勤者を分類する属性として、性別、年齢、および職業の3属性を用いることとする。グループングの方法については表-4に示した。なお、データ数が10に満たない2グループを除いているため、グループ数は38となっている。

分析に必要とされる実際の軽減指標 ( $T_0$ ) とそれに対応する平均発生率 ( $P_0$ )、および実際の発生率 ( $P_1, P_2$ ) とそれに対応する見かけ上の軽減指標 ( $T_1, T_2$ ) は以下のよう求めることとする。

① 表-4のグループ毎に、実際の発生率と表-2の第1主成分で求められる実際の軽減指標の平均値を計算する。

② 式(2)を用い、計算された実際の発生率に相当する見かけ上の軽減指標と、実際の軽減指標に相当する平均発生率とを計算する。

得られた実際の発生率、実際の軽減指標、および見かけ上の軽減指標から実際の軽減指標を差し引いた軽減指標差および式(1)で求められる弾性値とを用い、クラ

表-6 各クラスターの諸指標の平均値

クラスター	発生率	軽減指標	軽減指標差	弾性値
1	0.102	189	-19	1.211
2	0.202	216	67	1.578
3	0.103	262	-89	1.273
4	0.383	308	125	1.636
5	0.266	347	-10	1.548
6	0.284	309	43	1.608

表-7 各クラスターの特徴

クラスター	特徴
1	時間制約が最も厳しく、発生率が最も低い。ほぼ時間制約に見合った平均的な発生率となっており、ニーズは強くない。ほとんどの男性が含まれ女性は含まれない。
2	時間制約が厳しいにもかかわらず発生率が高く、ニーズも強い。男性では24歳以下の管理、女性では24歳以下のブルーカラーとホワイトカラーの2グループが含まれる。
3	時間制約がクラスター1と比較しながら軽いにもかかわらず発生率は同程度であり、ニーズが最も弱い。ブルーカラーを除く55歳以上の男性と、女性では24歳以下でサービスが含まれる。
4	女性の中では時間制約が厳しいにもかかわらず発生率が最も高く、ニーズが非常に強い。女性で25歳~54歳までのブルーカラーが多い。
5	時間制約が最も軽いが、発生率とニーズとは平均的である。35歳以上の女性でサービスが多い。
6	時間制約がクラスター4と同程度であるにもかかわらず、発生率は約0.1低い。しかし他と比較するとニーズは比較的強い。特に45歳以上の女性が多い。

スター分析により通勤者を類型化する。表-5に、38グループが6クラスターに分類された結果と、それぞれの諸指標の平均値を表-6に示した。なおここでは弾性値を求める関係上、軽減指標は-300を0, 0を300, 300を600に置き換えている。

各クラスターの特徴は表-7に示す通りである。男性は全般に時間制約が厳しく、時間制約に見合った平均的な発生率で私的交通を行っているよう、そのニーズは弱い。そのためクラスター4以降に、男性は含まれない。ただ24歳以下の管理的職業の通勤者は、私的交通のニーズが例外的に強い。それに対し女性は、全般に時間制約が軽くそれに伴い私的交通の発生率が高い。私的交通のニーズも強くなる場合が多いが、家事に関わる活動が男性より多くなるためであろう。女性の中でも特にニーズの強いグループは、ブルーカラーと言えるようである。また24歳以下の女性については、時間制約が厳しく男性と同じクラスターに属しているが、これらの世代は比較的家庭の制約を受けることが少ないためであろう。

次に軽減指標差の意味を、見かけ上の時間制約下において考察する。軽減指標としては第1主成分を用いているが、ここではそれを構成する固有ベクトルに着目し、到着時刻と日交通時間とが一定と仮定し、軽減指標差を就業時間に換算して考える。まず私的交通のニーズの強

表-8 トリップパターンの定義

分類	パターン	データ数
パターン1	H→A→H→W→H	115
パターン2	H→A→W→H	142
パターン3	H→W→A→H	2251
パターン4	H→W→H→A→H	844

注) ここで、H:自宅、A:活動先、W:勤務先、を示す。

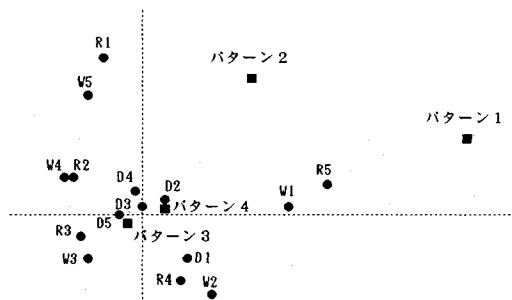
いクラスター4に注目すると、その軽減指標差は125であり、就業時間に換算すると $125/0.706=177$ 分になる。この結果は、時間制約と私的交通との平均的な関係に基づくなら、現在の就業時間が177分長くなるまでは、見かけ上の私的交通を行う可能性のあることを意味している。一方ニーズの最も弱いクラスター3では、軽減指標差は-89で就業時間に換算すると126分になる。この場合には就業時間が126分未満短縮されても、見かけ上の私的交通を行わないことを意味している。

最後に時間制約の弾性値を用い、見かけ上の時間制約に対する発生率の変化とニーズの強弱とを考察する。ここで見かけ上の時間制約の軽減は、間接的には到着時刻の遅れ、就業時間の短縮、および日交通時間の延長を意味している。まず軽減指標差がプラスとなったクラスターについてみると、発生率の最も高いクラスター4で弾性値は最大となり、私的交通の発生率の増加が、見かけ上の時間制約の少しの軽減によってもたらされていることが伺える。これが私的交通の発生率が高くなる、ひとつ的原因になっているとも考えられる。それに対しクラスター2では、弾性値がクラスター4に比べ小さいにもかかわらず、また時間制約が厳しいにもかかわらず、平均以上の私的交通を行っており、私的交通に対するニーズの強さが伺える。一方軽減指標差がマイナスとなったクラスターに注目すると、時間制約の最も厳しいクラスター1の弾性値は、時間制約の軽いクラスター5に比べかなり小さい。これは私的交通の単位当たりの発生率の減少に対し、見かけ上の時間制約の軽減量が大きいことを意味している。逆の立場から言い換えると、これらの通勤者の発生率を高めるためには、弾性値が大きい場合と比べ多くの見かけ上の時間制約の軽減を必要としており、間接的には就業時間や到着時刻の大きな変化が必要であることを示している。

### 3. トリップパターン選択での時間制約とニーズ

#### (1) トリップパターン選択における時間制約

時間帯選択とHB・NHB選択における時間制約を考察するとともに、トリップパターンに対する私的交通の目的によるニーズの違いを分析する。この場合通勤者



到着時刻 : 450以下=R1, 451-540=R2, 481-510=R3, 511-540=R4, 541以上=R5  
就業時間 : 450以下=W1, 451-510=W2, 511-570=W3, 571-630=W4, 631以上=W5  
日交通時間 : 25以下=D1, 26-51=D2, 51-75=D3, 76-100=D4, 101以上=D5

図-3 時間制約による私的交通パターンの分類

が両者の選択のどちらを先に決定しているのか、あるいは同時に決定しているのかが問題となろうが、ここでは独立した選択と仮定して分析を進める。

分析では選択行動における種々の時間的要因の影響を明らかにするという立場から、非集計行動モデルを適用する。また私的交通を行う通勤者のうち、活動数1が全体の75.6%を占めるため、ここでは活動数が1の場合を対象とする。その結果トリップパターンは、表-8に示すように、①出勤前、②出勤途中、③帰宅途中、および④帰宅後に分類される。これは先述のDamm et al.による分類から、就業時間中の時間帯を除いたものと一致する。

分析にとりかかる前に、トリップパターン選択における時間制約の影響をあらかじめ把握しておくため、私的交通の発生において時間制約として採用した3つの時間的要因を用い、数量化理論III類によりパターンの類似性を分析した。計算結果の中から1軸と2軸について、各要因のカテゴリーを図-3にプロットした。

ここで横軸は勤務先への到着時刻に関係し、縦軸は就業時間の長さに関係している。こうした観点から図をみると、パターン3および4が近接しているのに対し、パターン1および2はこれと大きくかけ離れている。これらのことから、次が言えようである。パターン1および2は就業前、パターン3および4は就業後に私的交通を行うものであることから、到着時刻と就業時間とは時間帯選択に関係する。一方HBとNHBとの相違を示すパターン3および4が近接していることから、HB・NHB選択については、ここで用いた時間的要因だけでは十分に説明できない。また日交通時間とHB・NHB選択との関係に注目すると、明確ではないがパターン3と日交通時間が51分以上、パターン4と50分以下に分類できそうである。これは日交通時間の制約と、日交通時間と通勤時間との正の相関関係とから、通勤時間の増大にともない、時間的にロスの少ないNHBが増える傾向にあることを意味していると推測される。

表-9 私的交通の時間帯選択モデル

変数	パラメター (t値)
到着時刻	-0.280 (-9.5)
就業時間	-0.116 (-6.9)
活動時間	0.182 (5.2)
定数	20.713 (129.2)
的中率 (%)	81.9
$\bar{p}^2$	0.432

注1) データ数: 458 (内就業後 51.5%)

注2) 各時間要因の単位は10分

## (2) 時間帯選択における時間制約とニーズ

時間帯選択は前節の分析結果から、どちらといえばタイミングにかかる時間的要因、すなわち到着時刻と就業時間との制約を強く受けているようである。しかしタイミング的に可能であっても、私的活動時間の長さによっては時間帯が制約を受けることも考えられる(たとえば、たばこを買うなら就業前でも可能だが、衣服を買うには時間が足りない)。これらのことより、ここでは時間的要因として、到着時刻、就業時間、および活動時間を用いることにする。

分析には次の非集計二項選択ロジットモデルを使用する。

$$P_b = \frac{1}{1 + \exp(-V_b)} \quad (3)$$

$$V_b = a_0 + \sum_k a_k X_{bk}$$

$P_b$ : 就業後の選択確立

$V_b$ : 時間的制約からみた効用の就業前を選択した場合との効用差

$X_{bk}$ :  $k$ 番目の説明変数

$a_0, a_k$ : パラメーター

得られたモデルを表-9に示した。なおここでは表-8で示されるように、就業後の比率が92.3%と偏っているため、就業後のデータを対象に8%ランダム抽出し、就業前後のデータ数をほぼ等しくしている。パラメータはいずれも1%危険率で有意で、その符号から判断すると、到着時刻が遅くなるほど、就業時間が長くなるほど、就業前に行われる選択確率が高くなる。また活動時間については、これが長くなるほど就業後の選択確率が高くなる。これらの結果は、時間制約の概念から考えて妥当であり、ここで用いた時間的要因が、時間帯選択における時間制約となっていることを示している。しかし定数項のt値が非常に大きく、これら以外の定性的あるいは定量的要因が関係していることが考えられるが、パーセントリップデータではこの点を明らかにするには限界がある。ここでは私的交通の目的によるニーズの違いを探

表-10 目的ダミーを導入した時間帯選択モデル

変 数	私的交通の目的			
	買い物	食事	社交・娯楽	その他
到着時刻	-0.299 ( 9.3)	-0.280 ( 9.5)	-0.285 ( 9.4)	-0.277 ( 9.2)
就業時間	-0.091 ( 4.9)	-0.115 ( 6.8)	-0.115 ( 6.9)	-0.121 ( 6.5)
活動時間	0.288 ( 6.8)	0.183 ( 5.2)	0.193 ( 5.3)	0.203 ( 5.2)
定数	18.81 (101.8)	20.67 (128.9)	20.93 (130.0)	21.70 (128.1)
目的別効用	3.608 ( 7.9)	-0.131* ( 0.3)	-0.485* ( 1.1)	-2.358 ( 7.5)
的中率 (%)	88.0	81.9	82.1	86.9
$\bar{\rho}^2$	0.593	0.431	0.433	0.538

注1) ( ) 内は  $t$  値 注2) \* 5% 危険率棄却

注3) 各時間要因の単位は10分

るという主旨から、本モデルを基本モデルとおくこととする。

私的交通の目的による、時間帯に対するニーズの違いは、目的を基本モデルにダミー変数として導入することで探る。この際目的別にモデルを構築する方法を考えられるが、基本モデルの総データ数が458しかなく、目的別にデータを分類した場合データ数が少くなり、計算結果の信憑性が損なわれる危険性があるので採用しなかった。私的交通の目的は、パーソントリップ調査の分類に合わせ、買い物、食事、社交・娯楽、およびその他の4分類とする。ダミー変数の導入については、たとえば目的が買い物の場合、買い物=1、それ以外の目的=0とおく。したがってキャリブレーションによって得られるパラメーターは、就業後の選択確率に対する効用の大きさを示し、正の場合には就業後に対しニーズが強く、負の場合には逆に非効用となり就業前に対するニーズが強いことを表していると考える。

目的別にダミー変数を導入して得られたモデルを、表-10に示した。これによるとパラメーターが正となっているのは買い物で、その内容が食料品や衣服の買い物である場合、就業後に対するニーズが強いのは妥当な結果であろう。一方パラメーターが負となっているのは、食事、社交・娯楽、およびその他であるが、その他以外は5%危険率で棄却されている。その他については、内容が特定できず意味の解釈は難しい。

### (3) HB・NHB選択における時間制約とニーズ

HB・NHB選択は、前述したように到着時刻と就業時間ばかりでなく、私的交通に直接かかわる時間的要因の制約を受けている。ここでは近藤、磯部、西井らが仮定したと同じように、活動場所と活動時間とが先決され

た状況を対象とする。この場合時空間プリズムの概念から、活動場所が勤務先に近いか自宅に近いかによって、HB・NHB選択は制約を受ける。この制約にかかる時間的要因として、TRI/DT, COM/DT, およびHOM/DTを仮定する。

TRIは、HBとNHBとのトリップ時間差を示し、活動場所が自宅か勤務先いずれに近いかを表す。ただしこのままでは通勤距離が長いほど数値が大きくなるので、日交通時間で除し交通時間制約下での割合として示す。COMとHOMは、それぞれ自宅と勤務先とを直行する出勤トリップ時間と帰宅トリップ時間である。通勤途中に私的交通を行う場合直行トリップ時間が不明のため、出勤と帰宅トリップ時間がほぼ同程度と考え、就業前にはHOMを、就業後にはCOMを代用する。これを日交通時間で除した比率は、高いほど私的交通に消費できる時間が減少することを意味し、行動の範囲に時間的制約を与えると考える。

また前述の論文で西井は、トリップ時間の非効用と、いったん帰宅することによる効用とによって、HB・NHB選択問題が成り立つとし、いったん帰宅滞在時間を時間的要因として用い、その有効性を示している。しかし活動場所が自宅から遠いにもかかわらず、いったん帰宅がやむおえない場合、必ずしも帰宅することが効用に結びつくとは限らないであろう。これは活動の目的や、自宅内活動および世帯制約との関連性に起因することであり、パーソントリップデータからそれを明らかにすることは難しい。そこでここではHBおよびNHBが、タイミングにかかる時間制約と、私的交通に消費できる時間の制約とによって選択されると仮定し、時間的要因として、就業時間、活動時間、TRI/DT, COM/DT, およびHOM/DTを採用する。なお到着時刻については、就業前後にデータを分類するため、説明要因から除いている。

モデルには以下の非集計二項選択ロジットモデルを用いる。

$$P_h = \frac{1}{1 + \exp(-V_h)} \quad \dots \dots \dots (4)$$

$$V_h = b_0 + \sum_k b_k X_{hk}$$

ここで、

$P_h$ : HB の選択確率

$V_h$ : 時間的制約からみた効用の NHB を選択した場合との効用差

$X_{hk}$ :  $k$  番目の説明変数

$b_0, b_k$ : パラメータ

作成されたモデルを表-11に示した。なお後で私的交通目的別のモデルを作成するため、表-11のモデルを全データモデルと呼ぶ。表によると、就業前後ともに変数のパラメーターはすべて5%危険率有意で、符号は負

表-11 就業前後の HB・NHB 選択全データモデル

変 数	時間帯の分類	
	就業 前	就業 後
就業時間	-0.364 ( 2.8)	-0.237 ( 5.4)
活動時間	-0.892 ( 2.0)	-0.449 ( 4.8)
T R I / D T	-4.669 ( 5.9)	-4.833 (21.0)
C O M / D T		-5.898 (12.1)
H O M / D T	-5.063 ( 3.8)	
定数	4.621 (19.7)	3.711 (40.8)
的中率 (%)	84.2	82.2
$\rho^2$	0.482	0.419
データ数 [内 HB (%)]	221 [42.1]	3038 [27.3]

注 1 ) ( ) 内は t 値

注 2 ) 就業時間と活動時間の単位は100分

となっている。パラメーターの符号は、変数の値が増加すれば HB の選択確率が減少することを示している。COM/DT と HOM/DT とについては、私的交通に割り当てられる可能消費時間が減少し、就業時間についてはこれが長くなれば私的活動に消費できる時間が減少するため、この場合時間的に効率的な NHB が選択されるようである。TRI/DT は、私的交通に消費できる時間の制約から考えて、論理的に符号は負となる。これは活動場所が勤務先に近く自宅から遠い場合、時間的に効率的な NHB が増加することを意味している。これらの結果、すなわちモデルの推計精度、およびパラメーターの妥当性は、採用した時間的要因が HB・NHB 選択における時間制約となっていることを示唆している。

一方就業前後のモデルの違いに着目すると、就業時間と活動時間のパラメーターに相違がみられる。特に活動時間では 2 倍程度の差がみられ、HB の選択確率に対する活動時間の重みは、就業後の方が大きいようである。

次に私的交通の目的によって、HB・NHB 選択に対する時間的要因の制約の程度がどのように違うかを探る。分析にはデータ数の多い就業後を取り上げ、目的別にグループ分けしてもデータ数として十分と判断し、目的別にモデルを作成し比較する。作成されたモデルを表-12 に示した。

表によると、買い物と食事は各時間的要因のパラメーターが比較的似かよっている。このことから、HB・NHB 選択に対し、各時間的要因が及ぼす制約の程度は、両目的では類似していると言えそうである。それに対し社交・娯楽では、活動時間が有意とならず、COM/DT のパラメーターが他の目的と比べ非常に小さい。ここでは私的交通にかかる時間よりも、私的交通に消費できる

表-12 就業後の目的別 HB・NHB 選択モデル

変 数	私的交通の目的			
	買い物	食事	社交娯楽	その他
就業時間	-0.412 [1.74]	-0.436 [1.84]	-0.447 [1.89]	-0.085 [0.36]
活動時間	-1.453 [3.24]	-1.759 [3.92]	-0.203 [0.45]	-0.635 [1.41]
T R I / D T	-6.617 [1.28]	-5.904 [1.22]	-4.048 [0.84]	-3.728 [0.77]
C O M / D T	-8.136 [1.38]	-5.311 [0.90]	-2.479 [0.42]	-5.251 [0.89]
定数	5.641 [1.52]	5.641 [1.52]	3.681 [0.99]	2.869 [0.77]
的中率 (%)	86.1	90.1	78.9	76.7
$\rho^2$	0.507	0.475	0.357	0.326
データ数 〔内 HB (%)〕	1590 [26.5]	252 [17.9]	508 [26.8]	688 [32.9]

注 1 ) [ ] 内の数値は表-10 の全データを用いたモデルのパラメーターとの比を示す。

注 2 ) \* 5 % 危険率棄却

注 3 ) 就業時間と活動時間の単位は100分

時間の制約が重要となっているようである。その他では、就業時間が有意とならず、活動時間のパラメーターが買い物および社交・娯楽の半分以下で、ここでは活動時間の制約が重要となっている。

最後に、HB・NHB 選択に対する私的交通目的の二つの相違を検討する。分析には、非集計モデルを異なったデータに適用する際のパラメーター修正法<sup>12)</sup>を用いる。すなわち全データを対象として作成されたモデルを平均的なモデルとして位置づけ、これを目的別のデータに適用し、修正係数の相違からニーズの強弱を探ろうとするものである。全データモデルを私的交通の目的別グループに適用した際のパラメーターの修正係数  $\alpha$  および  $\beta$  は、次で求められる。

$$P_{hi} = \frac{1}{1 + \exp\{-(\beta + \alpha TC)\}} \quad (5)$$

$$TC = \sum_k b_k X_{hik}$$

ここで、

$P_{hi}$  : グループ  $i$  に含まれる通勤者の HB の選択確率

$\beta$  : 修正された定数項

$\alpha$  : 尺度の修正係数

TC : 全データモデルにより計算される時間的制約からみた効用差

$b_k$  : 全データモデルのパラメーター

$X_{hik}$  : グループ  $i$  における  $k$  番目の説明変数

ここで  $TC$  は、全データモデルによって計算される効用

表-13 全データモデルにおける目的別データ適用時における修正係数

修正係数	私的交通の目的			
	買い物	食事	社交・娯楽	その他
修正係数: $\beta$	4.797 (29.3)	4.414 (9.0)	2.884 (15.9)	3.008 (23.7)
尺度の修正係数: $\alpha$	1.310 (16.8)	1.183 (6.4)	0.747 (9.9)	0.790 (11.9)
$\beta/\alpha$	3.758	3.696	3.819	3.873

注) ( ) 内は  $t$  値

差で、ある時間的制約の下での平均的な数値を与えると考える。式(5)から、HBの選択確率を高めるために必要とされる時間的制約からみた効用は、

$$\Delta TC = \frac{1}{\alpha} \left\{ \beta + \ln \left( \frac{1}{\Delta P_{hi}} - 1 \right) \right\} \quad (6)$$

で求められ、尺度の修正係数に反比例し、修正された定数項に比例する。 $\Delta TC$  がおおきいほど、同じ HB の選択確率を得るために多くの時間が犠牲にされていると考えられることから、この場合 HB に対するニーズが強いものとみなす。

全データモデルを目的別グループに適用し、得られた修正係数を表-13に示した。ここで  $\alpha$  は、全データモデルの平均的な時間的効用の、各目的に対する尺度を与える。たとえば  $\alpha < 1$  の場合には、平均的な時間的効用の価値が適用された目的では低いこと示している。これは、すなわち、その目的において全体モデルと同一の選択確率を得るためにには、より多くの時間が犠牲にされる必要があることを意味している。したがってこの場合、ニーズは強いものと考えられる。一方  $\alpha > 1$  の場合には、この逆の理由からニーズは弱くなると考えられる。また表中の  $\beta/\alpha$  は、HB に対する固定効用に相当するもので、ニーズの強弱の目安になるものと考えた。さらに平均的な時間的制約からみた効用と、HB の選択確率との関係を、表-13の修正係数を用い図-4に示した。

まず表-13に注目すると、 $\alpha$  が 1 以上となっているのは買い物および食事、1 以下となっているのは社交・娯楽およびその他である。また  $\beta/\alpha$  は、これが大きいほど HB への依存度が高いと考えられるが、大きい順にその他、社交・娯楽、買い物、食事となっている。次に図-4に注目し、HB の選択確率の増分に対し必要とされる時間的制約からみた効用を比較すると、社交・娯楽およびその他が、食事および買い物に比べかなり大きい。

これらの結果から総合的に判断すると、その他および社交・娯楽では HB に対するニーズが強く、それに比べ買い物および食事ではニーズが弱いことが伺える。

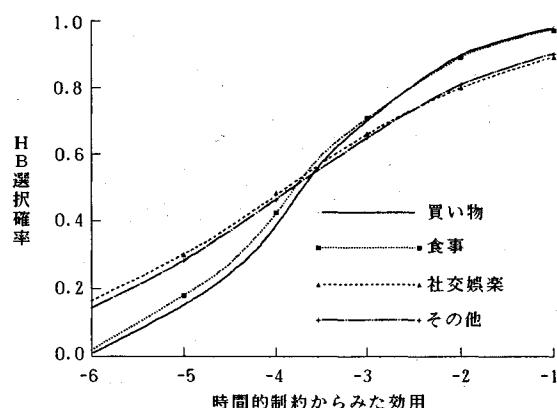


図-4 時間的制約からみた効用と HB 選択確率との関係

#### 4. まとめ

本研究では、就業関連時間によって生じる時間制約と、私的交通の発生およびそのトリップパターンとの関係を特に通勤者の属性と私的交通の目的によるニーズの相違に着目して分析した。ニーズが定性的なものであるため、その定量化に当たってはいくつかの仮定を設けたが、こうした試みはあまりみうけられず、今後の私的交通の需要分析に有効な情報を提供すると考えられる。以下に得られた成果をまとめる。

まず私的交通の発生については次の通りである。

(1) 時間制約の軽減とともに発生率が高くなると考え、時間制約の軽減指標と発生率との間に平均的な関係式を仮定した。関係式を用いて同一の時間制約下における発生率の変動を、軽減指標上の変動として表し、これを見かけ上の時間制約下における見かけ上の軽減指標の変動と呼称した。この見かけ上の軽減指標と発生率の変動とを用い、軽減指標差と弾性値とを定義し、私的交通に対するニーズの強弱を定量的に表した。

(2) 軽減指標を定義するため、時間制約を形成する時間的要因として、勤務先への到着時刻、就業時間、および日交通時間を仮定し主成分分析を行った。その結果、第1主成分が軽減指標として妥当であることが認められ、仮定した3つの時間的要因が時間制約となっていることが支持された。関係式にはロジスティック関数を当てはめ、高い推計精度を得た。

(3) 通勤者を性別、年齢、および職業によって分類し、発生率、軽減指標、軽減指標差、および弾性値を求め、属性の相違によるニーズの強弱を実証的に示した。

一方トリップパターンについては、時間帯選択と、HB・NHB選択とが独立と仮定し、それそれぞれにおける時間制約とニーズの相違を、私的交通の目的に着目して分析し、次のような結果を得た。なお私的交通の目的は、買い物、食事、社交・娯楽、およびその他の4分類とし

ている。

(1) 時間帯選択においては、私的交通のタイミングにかかる時間的要因が重要であるとし、到着時刻と就業時間を時間制約として用いた。さらに活動時間も関係するとして、これを加えた3つの時間的要因によりモデルを構築し、変数の有意性およびモデルの推計精度から、時間制約の仮定の妥当性を示した。

ニーズの強弱については、データ数の制約から私的交通の目的をダミー変数としてモデルに組み込み検証し、買い物の場合就業後に対するニーズが強く、その他の場合には就業前に対するニーズの強いことが示された。

(2) HB・NHB選択では、タイミングにかかる時間制約と、私的交通に消費できる時間の制約とによって選択されると仮定し、時間的要因として、就業時間、活動時間、TRI/DT、COM/DT、およびHOM/DTを採用した。モデルの推計精度、およびパラメターの妥当性から、これらの時間的要因がHB・NHB選択における時間制約となっていることが示された。

次に就業後の私的交通について、HB・NHB選択に対する時間制約の内容の相違を、私的交通の目的に着目して分析した。その結果買い物と食事とが類似し、社交・娯楽とその他とはそれぞれ異なっていることが示された。

最後にHB・NHB選択に対するニーズの相違を、パラメター修正の手法を用いて検証し、買い物、食事に比べ、社交・娯楽とその他ではHBに対するニーズが強いことを示した。

#### 参考文献

- 1) Pant, P.D. and Bullen, A.G.R : Urban Activities, Travel, and Time : Relationships from National Time-Use Survey,

Transportation Research Record 750, pp.1~6, 1980.

- 2) Kitamura, R. : A Model of Daily Time Allocation to Discretionary out-of-home Activities and Trips, Transportation Research, Vol.18 B, No.3, pp.255~266, 1984.
- 3) Damm, D. and Lerman, S.R. : A Theory of Activity Scheduling Behavior, Environmental and Planning, Vol.3, pp.703~718, 1981.
- 4) 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。
- 5) Monden, H., Kato, F. and Minoda, K. : Applicability of Activity Time to Travel Demand Forecasting, Memoirs of the Faculty of Engineering, Hiroshima University, Vol.9, No.1, pp.51~61, 1985.
- 6) Hagerstrand, T. : What about People in Regional Science ?, Papers of the Regional Science Association, Vol.24, pp.7~21, 1970.
- 7) 近藤勝直：トリップチェイン形成過程のプリズム効用モデル、土木学会論文集、第377号／IV-6, pp.71~78, 1987.
- 8) 西井和夫・近藤勝直：鉄道利用通勤者の時空間プリズムに着目した交通パターン分析、土木計画学研究論文集、No.7, pp.139~146, 1989.
- 9) 西井和夫・鈴木祐介：2ストップ型トリップチェインにおけるバス選択モデル、土木学会第45回年次学術講演会、pp.352~353, 1990.
- 10) Zahavi, Y. and Talvitie, A. : Regularities in Travel Time and Money Expenditures, Transportation Research Record 750, pp.13~19, 1980.
- 11) Gunn, H.F. : Travel Budgets-A Review of Evidence and Modelling Implications, Transportation Research, Vol.15A, pp.7~23, 1981.
- 12) 森地茂・屋井鉄雄・田村亨：非集計交通手段選択モデルの地域間移転可能性、土木学会論文集、第359号／IV-3, pp.107~115, 1985.

(1990.11.3受付)

## AN ANALYSIS OF COMMUTERS' TRAVEL BEHAVIOURS RELATED TO OUT-OF-HOME, NONWORK ACTIVITIES UNDER THE CONSTRAINTS ON AN USABLE TIME

Fuminori KATO, Hirokazu MONDEN and Naoki TAKASE

A commuter decides his travel behaviour related to out-of-home, nonwork activities under the constraints on an usable time. The usable time is assumed to be scheduled based on the relation between the obligatory time factors associated with work and such other time factors as domestic activities time, business hours of store, appointed time for meeting and so on. This assumption is examined through the analysis of the decision making in travel behaviours related with the time factors focused on difference in commuter's attribute and purpose of nonwork activity. In this analysis, the travel behaviours are explained about whether or not to participate in out-of-home, nonwork activities and when or how to make their trip.