The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	通勤交通手段別需要推計手法に関する基礎的研究
Author(s)	新田, 保次
Citation	大阪大学, 1986, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/508
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

通勤交通手段別需要推計手法に関する基礎的研究

1985年10月

新　田　保　次

通勤交通手段別需要推計手法に関する基礎的研究

1985年10月

新　田　保　次

目　　次

第1章　序　論

1. 交通計画における需要推計の位置づけ …… 1
2. 需要推計手法の発展 …… 2
3. 本研究の目的と意義 …… 4
4. 論文の構成 …… 5

参　考　文　献 …… 6

第2章　就業構造を考慮した通勤者生成原単位モデル

1. はじめに …… 7
2. 通勤者生成原単位の定義とその特徴 …… 8
3. 産業構造を考慮した原単位 …… 10
4. 都市類型別分類 …… 13
5. 都市類型別通勤者生成原単位モデルとその適合性 …… 16
6. 原単位モデルの簡略化 …… 19
7. まとめ …… 20

参　考　文　献 …… 21

第3章　一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデル

1. はじめに …… 23
2. 一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデル …… 24
3. 効用の独立性・加法性に関する検証 …… 25
4. 交通モード別等価時間係数 …… 27
5. 交通手段選択モデルの係数決定 …… 34
6. まとめ …… 35

参　考　文　献 …… 36

第4章　いくつかの交通行動における時間価値

1. はじめに …… 39
2. 交通手段選択モデルと時間価値の求め方 …… 39
3. 通勤交通における鉄道選択時の時間価値 …… 40
4. 買物・レジャー交通における鉄道選択時の時間価値 …… 43
5. 通勤時有料駐車場を選択する場合の時間価値 …… 45
6. まとめ …… 47

参　考　文　献 …… 48

第５章　バス利用者の鉄道駅選択モデルと需要推計への適用
1. はじめに …… 49
2. ２項選択型経路選択モデル …… 50
3. バス利用者の２駅選択モデル …… 52
4. バス利用者の３駅選択モデル …… 56
5. 駅選択モデルを用いたバス利用者の需要推計 …… 59
6. まとめ …… 64
参考文献 …… 64

第６章　交通手段転換意識モデルによる急行バスの需要推計
1. はじめに …… 67
2. 対象地域の交通実態と急行バス利用意識 …… 68
3. 急行バス転換意識モデルの構築 …… 71
4. 急行バス利用者の需要推計 …… 74
5. まとめ …… 77
参考文献 …… 78

第７章　自転車・バイクの利用特性と有料駐車場転換意識モデルによる需要推計
1. はじめに …… 79
2. 自転車・バイクの利用実態 …… 80
3. バイクと車の利用実態の比較 …… 84
4. バイクの経路選択特性と駅選択モデル …… 86
5. 有料駐車場転換意識モデル …… 88
6. まとめ …… 91
参考文献 …… 92

第８章　結論と今後の課題
1. 結論 …… 93
2. 今後の課題 …… 95

謝辞 …… 96

研究業績記録 …… 97

第1章　序　　論

1．交通計画における需要推計の位置づけ

戦後のわが国における交通施設整備計画（交通計画と称す）は，経済計画，地域開発計画のかぎを握る部門として重要な位置を占めてきたが，1970年を境としてその様相を異にしている。70年までは，交通施設が戦後の産業復興の主要な基盤施設として位置づけられ，急増する需要量に対して，鉄道，道路，港湾を中心とする交通計画がそれぞれ独立して策定された。この時代においては，需要推計は交通計画の首座を占め，そこで推計された予測値に基づいて交通施設整備が推進された。しかしながら，このような，いわば需要追随型の交通計画は，自然および生活環境に対する配慮を怠ったため，各地で住民の反対にあい，見直しを迫られた。

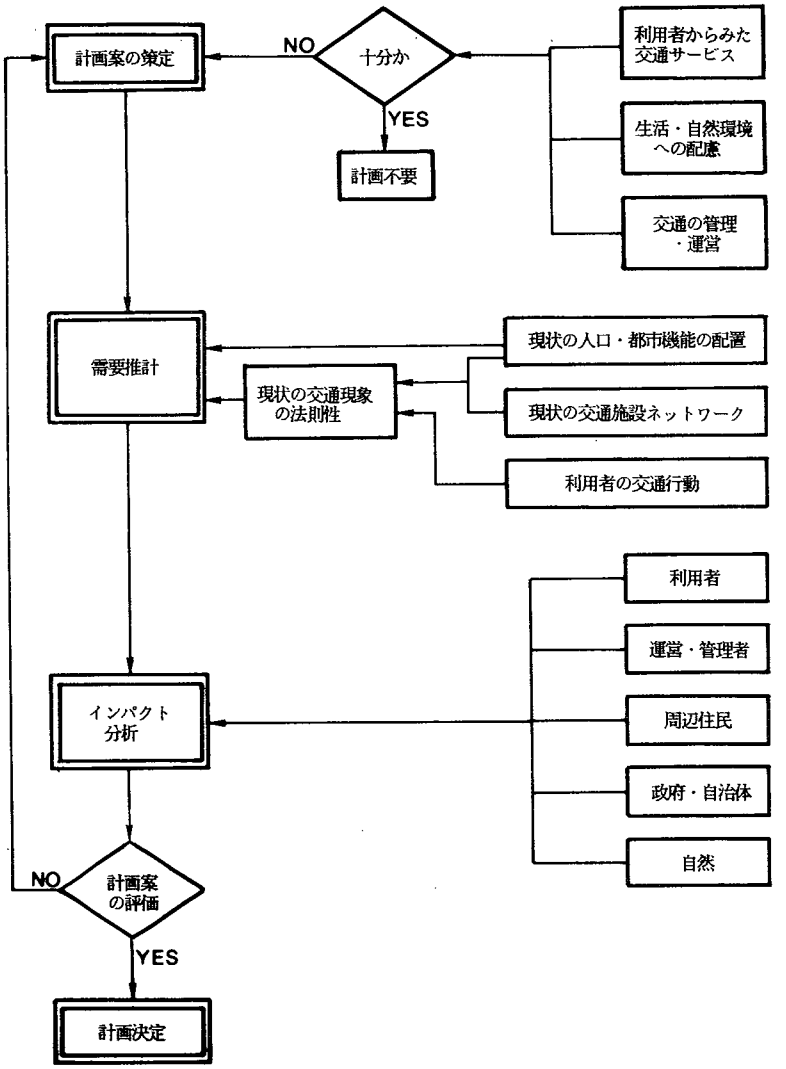


図1－1　短期交通計画プロセス

70年代に入ると，これらの課題に答えるべく総合交通体系に関する論議が活発となった。ここでは，国土の均衡的発展や生活基盤整備等の政策目的追求，大都市の空間制約や安全・公害問題からみて，今までのように交通機関の自由な競争と個人の自由な選好にゆだねることを交通政策の基本とするわけにゆかないとし，需要の調整と誘導の必要性が主張された。このようにして，交通計画は需要管理型交通計画へと移行していった[1)]。とくに70年代中途の第1次オイルショックを期に，経済活動が低

成長期に入るとともに，交通関連投資も制約を受けるに至り，この傾向は強まった。このため，既存の交通施設の運用により，交通サービスの向上を図ることが重要な政策課題として登場し，短期的交通計画が重視されるようになった。

短期的交通計画のプロセスは，概略，図１－１に示す通りである。この計画では短期間のうちに計画実施が可能であるものを対象にするため，社会・経済や都市構造を規定する主要な要因は現状とほぼ変わらないとし，主に対象とする交通システム内のサービス条件の変化に対応した交通計画を行うものである。このとき，需要推計は計画決定に至るまでのフィードバックプロセスの中で重要な役割を担う。この点が70年以前の需要推計が直ちに計画決定に結びつくといった交通計画と異なるところである[2)]。

一方，大規模で長期にわたる交通計画は，そのすべてが短期的交通計画によって代替しうるものではなく，主要幹線道路，鉄道新幹線，空港などの計画において，依然として重要な位置を占めている。これらの長期的交通計画は，図１－２に示すように，短期的交通計画において考慮する必要のなかった，社会・経済や都市構造を規定する要因の将来における変化を取り込んで計画プロセスを構成し，その中で需要推計が計画評価の基礎資料を提供するものとして重要な位置を占めている[3)]。

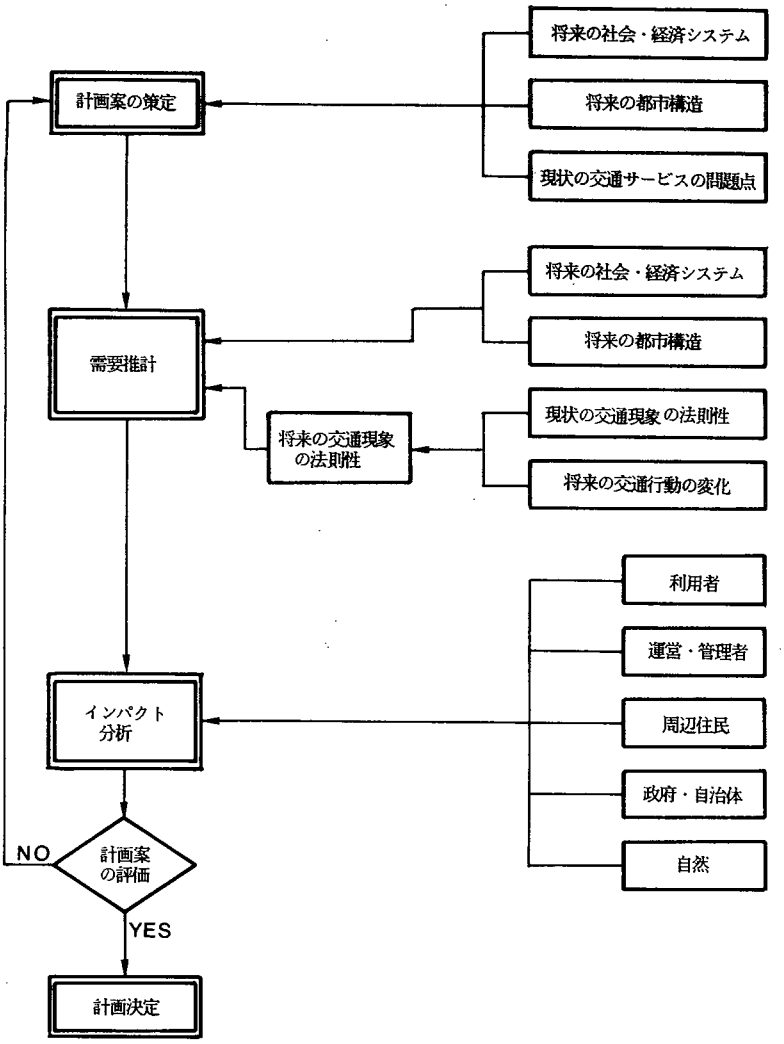


図１－２　長期交通計画プロセス

２．需要推計手法の発展

戦後のモータリゼーションの進展に伴ない，交通需要推計手法は発展を遂げてきた。自動車が少なく，鉄道やバスなどの公共輸送機関が中心的な役割を担っていた戦後の初期の段階においては，「乗車回数法」と呼ばれる手法が採用された。これは，人口に１人あたりの乗車回数を乗じて需要量を推計する方法である[4)]。

やがて，自家用車の普及につれて，道路整備が緊急の課題として登場し，道路計画が交通計画の中心とな

るにつれ，需要推計手法は道路交通量推計を主体に発展していった。初期の段階では，特定の路線の改良計画のために「トレンド法」が使われた。この方法は，対象とする路線の過去の交通量の推移を将来にトレンドして推計する方法である。しかし，新設路線には，この方法が適用できないため，「転換率曲線法」が用いられた。これは，既設路線から新設路線への転換交通量を，時間差（比），費用差（比）などの要因と転換率を対応づけた特性曲線によって推計する方法である[5)]。

しかしながら，以上の方法は点および線の範囲の道路しか対象にすることができないため，道路網全体の需要推計を総合的に行えないという欠点を有していた。そこで，この点を克服するために，交通の発生段階から目的地決定をへて最終的に各道路区間に交通量を配分する3段階推定法(経済指標の予測も入れて，4段階推定法と称することがあるが，次に示す交通手段別交通量の予測を含めた4段階推定法と区別するため，ここでは3段階推定法と称することにした）が開発され，1958年のカーＯＤ調査以後盛んになった。この方法は図１－３に示すように，対象地域内の各ゾーンからの発生交通量・各ゾーンへの集中交通量の推計，発生地と目的地ゾーン間の分布交通量推計，つづいて分布交通量を各道路区間に振り分ける配分交通量推計という３段階の推計プロセスによって構成される。

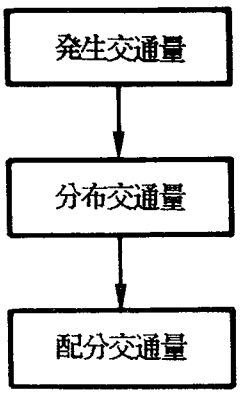


図１－３　三段階推定法

３段階推定法は自動車を対象にしたものであり，他の交通手段との関係を内包した方法ではない。現実の交通手段に対する選択行動は，多くの場合，自動車か鉄道か，といったように，いくつかの交通手段の中から選択しているので，このような関係を需要推計手法の中に盛り込む必要が生まれてきた。また，政策的にも交通システムを総合的に扱う必要から，人間の交通発生をベースにした４段階推定法が開発された。この標準的手法は図１－４に示すように，分布交通量推計の後に交通手段別交通量推計が位置づけられるものである。そして，この方法は米国では1948年から早くも実施に移されていたが，わが国では67年の広島都市圏のパーソントリップ調査以後，70年代に入り実務的にも確立されるに至った。

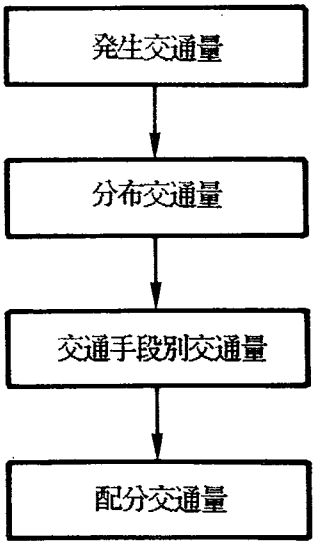


図１－４　四段階推定法

４段階推定法は，主に大規模で長期にわたる交通施設整備計画における需要量算定に使われるものであるため，比較的大きく分割されたゾーン単位に集められた情報を基に実施された。70年代

中途の第1次オイルショックを期に既存の交通施設の運用による，いわば短期的交通計画の必要性が叫ばれるに至り，従来の4段階推定法では対処しえないことが明らかになってきた。ここにおいて，個人の交通行動をベースにした非集計行動モデルが開発されるに至った。非集計行動モデルは交通手段選択を対象に欧米において始められた[6)〜8)]。70年代に入ると，McFadden[9)]，Manheim[10)]らを中心に，消費者行動選択理論の交通部門への応用研究が発展し，従来の4段階推定法を修正する新しい需要推計手法が提案されている。わが国でも，これらの影響を受けて交通手段選択分野を中心に研究が行われてきたが，最近では，分布交通，経路選択，住宅立地などへも適用対象を広げている[11)〜20)]。

3．本研究の目的と意義

今まで見てきたように，需要推計は交通計画において重要な位置を占めるとともに，その推計手法も4段階推定法を中心に発展を遂げ，現在ではその改良が非集計行動モデルの開発および短期的交通計画への適用という形でなされつつある。本研究では，このような現状認識のもとに，多様な目的を持つ交通のうちで，交通計画上最も大きな問題を抱えている通勤交通に焦点をあて，次のような研究目的を設定した。

1) 4段階推定法の第1段階を占める発生交通量のコントロールトータルとしての役割を有する生成交通量推計を対象に，その推計技術として原単位法を採用し，通勤者生成原単位の変動構造を産業構造を介して明らかにし，そのモデル化を図ること。つづいて，都市類型別にモデルの具体化を行うとともに，2つの時間断面でのモデルの比較を行い，モデルの簡略化を試みること。

2) 4段階推定法の第3，第4段階をそれぞれ占める交通手段別交通量推計，経路別交通量推計に必要なモデルとして，効用関数に一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデルとしての非集計行動モデルを定式化し，つづいて一般化時間モデル式の係数である等価時間係数，時間価値をいくつかの交通モード別に意識データにより求めること。さらに，このモデルをバスおよびバイク利用者の駅選択行動に適用し，駅選択モデルの構築を行うとともに，計画上の急行バスおよび自転車・バイク有料駐車場への転換行動意識にも適用し，転換意識モデルの構築を図り，その妥当性を検討すること。

3) 行動データによるバス利用者の駅選択モデルと，意識データによる急行バスおよび有料駐車場転換モデルという3種類のモデルを組み込んだ需要推計手法をそれぞれ提案し，駅別バス利用者，急行バス利用者，有料駐車場自転車利用者，それぞれにつき，試算例を示すこと。

本研究は以上の目的からみて，主に次に示す3点の意義を有していると思われる。ひとつは，経済指標を与件とした発生交通量推計は経済機構と関連しており，その推計技術としての原単位法に関する研究は，経済機構を取り込みながら発展していく必要があったが，本研究において就業者の産業構造との関連で原単位の変動を明らかにし，推計モデルとしての第1歩を築いたこと。ふたつは，交通手段選択および経路選択に関する非集計行動モデルとして，効用関数に一般化時間を組み込む方法を提案したが，これにより交通モード別等価時間係数および時間価値の比較が実証的に行えるようになるとともに，交通サービス条件の変化に対応できる操作性の高いモデルとなったこと。最後は，本研究で構築したモデルを使い，現実に重要な計画上の課題となっている，駅へアクセスする路線バス交通計画，駅周辺の自転車・バイク対策としての有料駐車場整備計画，鉄道サービスの貧弱な郊外住宅地における新しい交通モードとしての急行バス計画における需要推計手法を提案

し，その妥当性を示したことである。

4．論文の構成

本論文の具体的な内容については，以下，各章において詳しく述べるので，ここでは各章の相互関係を中心に論旨の展開を行う。

論文は大きく分けて３つのパートから構成されている。第１は，４段階推定法の最初の段階に位置する生成交通量の推計手法の開発に関するパートであり，第２章がこれに相当する。第２は，４段階推定法で第３ないし第４段階を占める交通手段別および経路別交通量推計に用いられる一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデルとしての非集計行動モデルの定式化と代表的な交通モードに関する等価時間係数および時間価値の推定に関するパートであり，第３章，４章がこれに該当する。第３は，一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデルの適用と需要推計手法の開発に関するパートであり，第５章から７章にかけて，バス利用者の鉄道駅選択モデル，新しい交通モードとしての急行バスへの転換モデル，自転車・バイク有料駐車場への転換モデルが構築され，駅別バス利用者，急行バス利用者および自転車・バイク有料駐車場利用者に関する需要推計手法が提案される。

大きくこのような構成を持つ本論文の各章の内容と位置づけは概略次のようである。

まず，第２章では，本研究で対象とする通勤交通とはいかなるものかを概観するため，その行動主体である通勤者の発生特性を原単位を介して把握する。このとき，人口10万人以上の都市について，２つの時間断面において原単位を求め，時間的変動を調べるとともに，同一時間断面における各都市の差異についても明らかにする。ついで，なぜ原単位にこのような変動が生じるのかを，産業構造の差異に着目して説明するモデルを開発し，生成交通量の推計手法として発展させるためのいくつかの工夫を行う。

第３章では，短期的交通計画における需要推計において，強く必要とされる時間や費用などの交通サービス条件の変化に敏感に対応できる交通手段選択モデルの開発について述べる。このモデルは，いくつかの交通モードが組み合わさった場合の経路選択現象に適用できる基礎的なモデルであり，一般化時間を組み込んで定式化される。つづいて，一般化時間を計算するのに必要となる等価時間係数を代表的な交通モードを対象に求める。

ついで第４章では，一般化時間の算定において費用を時間に換算するのに必要な時間価値について詳しく分析する。これでもって一般化時間の計算に必要なおもな係数の推定が終わる。

第５章では，前章までに構築された非集計行動モデルをベースに，現実に二者択一型，三者択一型の駅選択現象を呈している地域における通勤者に適用し，二者択一型および三者択一型駅選択モデルの構築を行い，その妥当性を検討するとともに，このモデルを用いた駅に集中するバス利用者の需要推計手法を提案する。

第６章では，交通施設整備が遅れている郊外住宅地における交通サービス改善の方法として，高速道路を利用した急行バスの運行計画を考えた。このとき，急行バスは新しい交通機関であるため，第５章のような行動データが収集できないという問題がある。そこで，ここでは急行バスへの転換モデルを，意識データを用いて，３章，４章で構築した交通手段選択モデルの適用により求め，新たな需要推計方法を示している。

第７章では，現在，焦眉の課題である鉄道駅周辺の自転車・バイクの有料駐車場の需要推計手法の確立をめざして，まず，駐車場の位置と料金の変化に対応できる有料駐車場への転換モデルを，先に構築した交通手段選択モデルをベースに構築し，ついでこのモデルを用いた需要推計手法も提案する。なお，この章では自転車・バイクの利用特性についても分析している。

最後に第８章では結論と今後の課題について整理している。

参　考　文　献

1) 米谷栄二・渡辺新三・毛利正光・佐佐木綱・加藤　晃：交通工学，pp.175, 国民科学社，1977年

2) 土木学会編：交通需要予測ハンドブック，pp.491～492，技報堂出版，1981年

3) 前掲2)，pp.493～494

4) 佐佐木綱：都市交通計画，pp.12～14，国民科学社，1974年

5) 前掲2)，pp.63～64

6) Quarmby, D.A. : Choice of travel mode for the journey to work, Journal of Transport Economics and Policy, pp.273～314, September 1967.

7) Stopher, P. R. : Predicting travel mode choice for the work journey, Traffic Engineering and Control, Vol.9, 1968.

8) Stopher, P. R. : A probability model of travel mode choice for the work journey, Highway Research Record 283, 1969.

9) Domencich, T. A. and D. McFadden : Urban travel demand, A behavioral analysis, A Charles River Associate research study, North-Holland, 1975.

10) Manheim, M. L. : Fundamentals of transportation systems analysis, Volume 1 : Basic concepts, MIT Press, 1979.

11) 原田　昇・太田勝敏・新谷洋二：非集計行動モデルによる新駅利用量の予測方法とその評価，土木学会論文集，No.347／Ⅳ－1，pp.49～58，1984年7月

12) 河上省吾・広畠康裕・溝上章志：意識データに基づく非集計交通手段転換モデルの構築の試み，土木計画学研究・論文集，No.1，pp.11～18，1984年1月

13) 河上省吾・広畠康裕：利用者の主観的評価を考慮した非集計交通手段選択モデル，土木学会論文集，第353号／Ⅳ－2，pp.83～92，1985年1月

14) 森地　茂・屋井鉄雄・藤井　卓・竹内研一：買回品の買物行動における商業地選択分析，土木計画学研究・論文集，No.1，pp.27～34，1984年1月

15) 森地　茂・屋井鉄雄：非日常的交通への非集計行動モデルと選択肢別標本抽出法の適用性，土木学会論文報告集，第343号，pp.161～170，1984年3月

16) 森地　茂・屋井鉄雄・田村　亨：非集計行動モデルによるOD交通量推計方法，土木計画学研究・論文集，No.2，pp.45～52，1985年1月

17) 毛利正光・新田保次：一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデルに関する基礎的研究，土木学会論文報告集，第343号，pp.63～72，1984年3月

18) 新田保次：一般化時間を組み込んだ経路選択モデルにおける時間価値について，交通科学，Vol.13，No.2，pp.33～41，1984年12月

19) 毛利正光・新田保次・安田扶律：交通手段転換意識モデルによる急行バスの需要推計について，交通工学，Vol.20，No.4，1985年7月

20) Mōri, M. and Y. Nitta : Disaggregate station choice models incorporating generalised time for work trips, Technology Report of the Osaka Univ., Vol.35－2, October, 1985.

第2章　就業構造を考慮した通勤者生成原単位モデル[1)2)]

1. はじめに

本章での研究は，交通量需要推計の1手法として，従来よく用いられてきた四段階推定法の最初の段階にある発生量推計手法の改良を目的とし，特に交通の中で重要な位置を占める通勤交通に焦点をあてたものである。

通勤交通は歴史的にみて，その時代の経済の動向と密接に結びついて発生している。特に，このことは戦後のわが国の経済の高成長を起因に農村から都市への人口集中が起こり，職場と住居の分離が進行し，爆発的に通勤者が増加し，朝夕の交通混雑を生じてきたことにみられる。

このように通勤交通は経済構造と密接に結びついているため，通勤発生を経済構造との関連で説明できる通勤者発生量推計手法の必要性が生まれてきた。そして，その推計技術としての原単位法に関する研究は経済機構を取り込みながら発展していく必要がある。

ところが，従来，原単位の分母には，人口，世帯，面積など，いわば計画するうえで扱いやすい指標がよく使われてきたが，ここに2つの大きな問題点が存在していた。1つは，ある時間断面でみると，原単位が都市ごとに変動する。2つは，ある都市に着目しても時間の経過とともに変わってゆくという点である。いずれにせよ交通発生は経済機構と関連しているため，経済の変動とともに原単位も変化し，複雑な現象を呈している。そして4段階推定の中でも立ち遅れた研究分野になっている。

そこでこの章では，交通の主要な部分を占める通勤交通に焦点をあて，各都市の通勤者の生成原単位の変動構造を産業構造を介して明らかにすること，そして，両者の関係を数学モデルで表わした通勤者生成原単位モデルを定式化することを第1の目的とし，第2には，各都市の性質は原単位モデルに組み込んだ産業構造要因のみならず，他のいくつかの要因によっても決定されるので，主要な要因を抽出して都市類型を分析し，これらの類型ごとに原単位モデルを適用し，具体化を図ること。第3には，1970年と75年の2つの時間断面で，都市類型別にモデルの比較を行ない，時間的，空間的に，より一般性を有するモデルに発展させるための分析を行うこと，以上3点を主な研究の目的とした。

交通量発生に関する研究は，わが国では米谷ほか[3)]を初めとしていくつかみられる。米谷ほかは，都市，区，用途地域別に車の発生原単位の安定性を調べ，河上[4)]は原単位法と回帰分析法により，都市と京都市内の小学校区を対象に推計式を求めた。黒川[5) 6)]は広島都市圏を対象に人口，世帯を単位とした原単位の要因分析を行い，用途別発生原単位では都市構造指標を説明変数とし，回帰分析により推計式を求め，精度比較も行っている。青山[7)]は人口を単位とした発生原単位を交通利便性により説明し，清水[8)]は原単位の時空間的変動構造の分析と需要推計への応用の必要性を訴えた。杉恵[9)]は2つの時間断面で行われたパーソントリップ調査の結果をもとに両年に共通する推計式を求めようとした。外国においては，同様な研究がKassoff[10)]，Douglas[11)〜14)]ほかにおいてみられる。いずれも推計式の評価はおもに時間断面でなされ，時系列分析は不十分である。

以上の従来の研究の方法を整理すると次のよう

になる。1つは発生量を説明変数から直接求める方法で，回帰分析により推計式を求めている。2つは発生原単位を求め，単位指標を乗ずることにより発生量を求める。このとき原単位を一定値とする場合と，原単位を変動するものと考え，説明変数との関係を回帰分析により推定する場合とに分かれる。さらに原単位法に属するものとして category analysis method がある。これは要因をカテゴリー分けし，それぞれのカテゴリーに原単位を与え，各カテゴリーに配属される単位数を乗じて発生量を求めるものである。また，単位としては人口，世帯が従来よく使われてきた。

このような研究成果は交通計画の実現において大きな力を発揮してきたが，おおむね時間断面での分析にとどまっており，時系列分析に耐え得るまで推計式を高めることが今後必要であると思われる。

2. 通勤者生成原単位の定義とその特徴

(1) 通勤発生現象

通勤とは空間的に相異なる自宅と職場の移動のことであり，通勤者の発生と増加は産業革命以後の変容と密接な関連がある。機械制大工業の出現は農業社会から工業社会へと産業構造を変え，あわせて生産手段の集中する都市へと人口移動をうながした。工業化の初期においては小経営における住み込み，工場敷地内での寮生活にみられるように，職住の分離は不完全であったが，工業化の発展が企業の大規模化と雇用者の増大，地価の上昇を伴って大規模に展開するにつれ，激しく進行し，ニュータウンを造るほどにもなっていった。同時に住居と職場を移動する通勤者が多量に集中的に発生するようになった。

(2) 通勤者生成原単位の定義

従来，通勤発生原単位の単位として人口，世帯が使われることが多かった。この原単位を人口10万以上の都市を対象に求め，都市規模との関係で変動状況をみたのが図2－1，2である。なお，この原単位の分子は通勤者数である。都市規模が

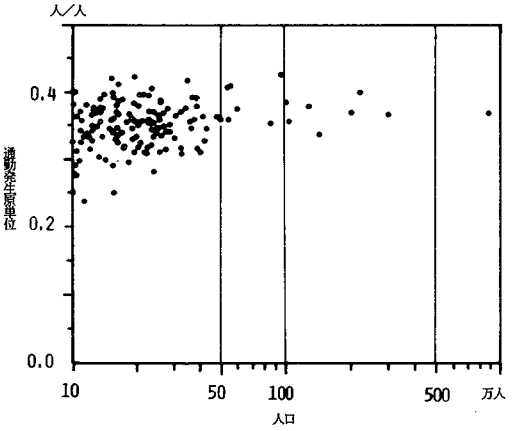


図2－1　人口と原単位

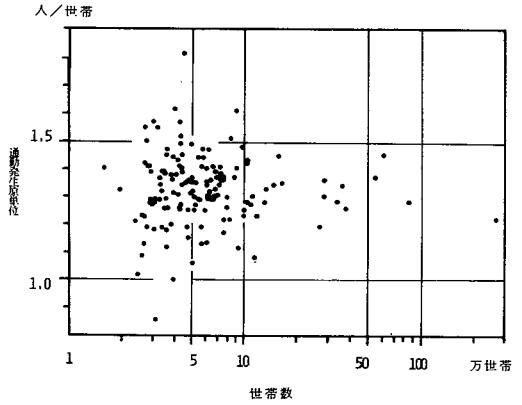


図2－2　世帯数と原単位の関係

小さくなるにつれ都市数が増えるとともに，原単位の変動が大きくなってくる。人口を単位とした原単位は0.24から0.42の間を変動し，世帯を単位としたものは0.86～1.82の間に大きくばらついている。

ではなぜ原単位がばらつくのか，通勤者数÷人口の原単位を例に考えてみよう。人口を仕事をもっているかどうかの視点で分けると，就業者と非就業者に分類される。そして非就業者には老人，子供，失業者などが含まれる。人口を単位にとるとこれらの構成比の違いが原単位の変動要因として入り，原単位のばらつきを大きくする原因となる。分析の手順としてはまず，就業者の中での通勤者の割合，つまり就業者を単位とした原単位

の変動原因を探る必要があると思われる。そこで，ここでは原単位を次式のように定義し，通勤者生成原単位と称することにした。

$$\text{通勤者生成原単位}(G)=\text{通勤者数}(T)/\text{就業者数}(W) \qquad (2\cdot1)$$

データは1970年の国勢調査を用い，通勤者数は各都市について，当地に常住する就業者数から自宅就業者数を減じて求めた。また，対象都市は人口10万人以上151都市である。

ここで定義した通勤者生成原単位は，交通計画上，通勤トリップのコントロール・トータル算出のための有用な情報を与えるものと思われる。つまり，比較的，大きなゾーンに対する通勤トリップのコントロール・トータル値を推計する際に，通勤トリップ生成のもとにある通勤者数を正確に推計し，続いて，通勤者の中で休暇や病気などで勤務を休む人や，勤務先を経由せずに，直接，業務活動に移る人などの通勤行動をとらない人を推計し，通勤者の推計値から，この値を減じた推計値をもとに，通勤トリップを推計する方法が考えられるが，このような場合，ここで定義した原単位による通勤者数の推計は，通勤トリップ推計のいわば第1段階を占めるという点において有用であろう。また，ここで定義した原単位を定量化する際に国勢調査で得られた就業者および自宅以外での就業者数のデータを用いたが，交通計画上，国勢調査の就業者の定義が妥当か否かについては，交通計画の種々のケースに応じて議論されるべきものと思われるが，少なくとも，通勤トリップのコントロール・トータル値を求める第1段階のステップとして位置づけた範囲においては妥当であると思われる。

(3) 原単位の変動（人口と原単位）

式（2・1）で定義した通勤者生成原単位（以下，原単位と略称する）を都市別に求め，人口規模との関係で変動をみたのが図2−3である。人口規模が小さくなるにつれ変動が大きくなっている。このことは都市により産業構造が異なるためであり，人口が少ない都市ほど多様な性格をもつためであろう。たとえば，農業人口が比較的多い都市，中小零細事業所が多い都市では，原単位が低くなり，大都市周辺の衛星都市では高くなることが想像される。いずれにせよ，原単位の変動を都市の産業の内部構造に立ち入って分析する必要があろう。

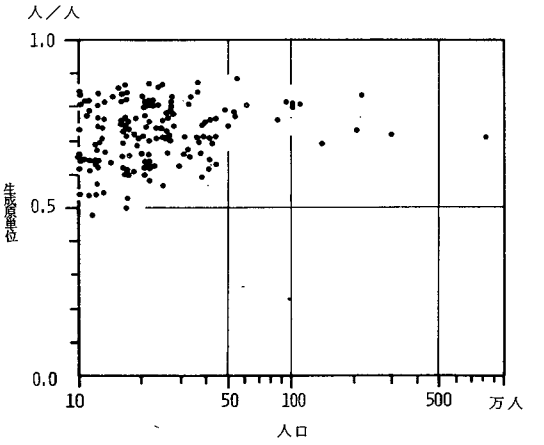


図2－3　人口と原単位の関係

(4) 2＋3次産業就業者構成比と原単位

産業構造の高度化は，1次産業の衰退，2次，3次産業の発展を伴いながら進行しているのが特徴的である。このような産業の発達はとりもなおさず通勤者の増加を促している。このような観点に立てば，人口との関係ではうまく説明し得なかった原単位の変動特性を産業構造との関係である程度説明し得るように思われる。そこで産業構造を示す代表的な指標として2＋3次産業就業者構成比をとり，これらの指標と原単位との関係をみることにした。

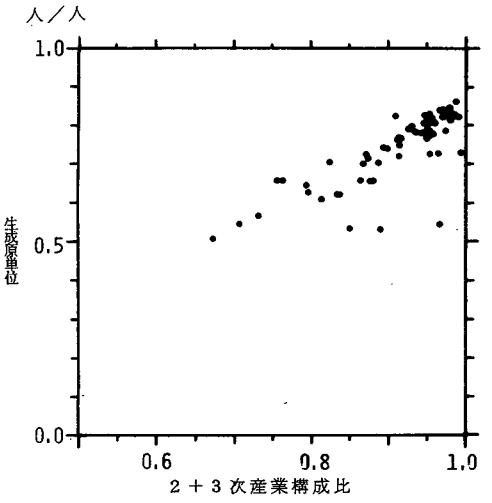
表2－1に各産業の就業者構成比（以下，構成比と略称する）と原単位の相関係数を示した。いずれの指標とも正の相関関係を示すが，2次と3次産業を合わせた構成比（2＋3次産業構成比）との相関が最も高く，続いて2次産業，3次産業

表２－１　産業構成比と原単位の相関係数

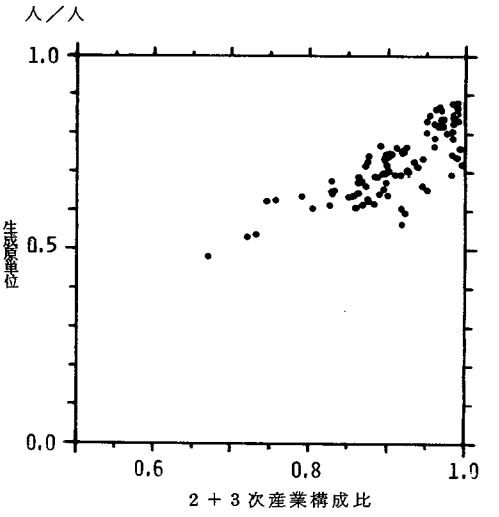
産業構成比	相関係数
２＋３次産業構成比	.793
２次産業構成比	.512
３次産業構成比	.288

の順となった。２＋３次産業構成比と正の相関がよいということは，裏を返せば１次産業構成比と負の相関がよいことを示している。また，２次，３次産業それぞれの構成比との相関がよくないということは，両産業とも通勤者を増加させるものでありながら，構成比においては一方が高ければ一方が低くなるといった具合に相互に制約しているためであろうと思われる。

図２－４に２＋３次産業構成比と原単位の関係を示した。平均的な傾向より原単位が低くでる都市には，桐生，足利，一宮といった繊維関係の地場産業をもつ都市や，東京，大阪，名古屋などの大都市が含まれ，逆に高い都市には東京，大阪周辺の衛星都市が多い。２＋３次産業構成比により



（a）北海道、東北、関東



（b）中部、近畿、中国、四国、九州

図２－４　２＋３次産業構成比と原単位

原単位の変動をマクロ的には性格づけられたが，平均的な傾向からはみでる都市がいくつか存在するように，これらの都市も含めて一般的に説明しようとするなら，さらに産業構造に立ち入って分析する必要があるように思われる。

３．産業構造を考慮した原単位

(1)　産業別構成比および産業別原単位と原単位との関係

原単位の変動については，２節において２＋３次産業構成比と正の相関関係にあるということが判明したが，さらにここでは産業構成をもっと詳しく分類し，原単位の変動要因について考察する。

それぞれの都市においては産業構造に特殊性があり，工業都市，中枢管理都市，観光都市とかさまざまな性格を呈している。これらの都市の性格は各産業に従事する就業者の構成比の差異による場合が多々見受けられる。このような産業構成の差異に加えて，農業従事者では通勤者は少なく，公務員で多いといったように産業によって原単位が異なる。そこで，ここでは産業による就業者構成比，通勤者生成原単位の違いを考慮して，式

（2・1）で示した原単位とこれら指標との関係を探ることにする。

式（2・1）で示される原単位Gは，産業分類を考慮すると式（2・2）となる。

$$G=T/W=\Sigma t_i/\Sigma w_i \qquad (2\cdot 2)$$

ただし，t_i：i産業の通勤者数

w_i：i産業の就業者数

さらに，産業別通勤者生成原単位（u_i）を導入すると，t_iは式（2・3）となる。

$$t_i=u_i\cdot w_i \qquad (2\cdot 3)$$

また，産業別就業者構成比（x_i）は式（2・4）となる。

$$x_i=w_i/\Sigma w_i \qquad (2\cdot 4)$$

式（2・3），（2・4）を式（2・2）に代入すると，次の式（2・5）が得られる。

$$G=\Sigma u_i x_i \quad ただし \quad \Sigma x_i=1 \qquad (2\cdot 5)$$

このように原単位Gは，産業別就業者構成比（x_i）と産業別通勤者生成原単位（u_i）の積の総和で示された。この式より理解されるように，産業別通勤者生成原単位（産業別原単位と略称する）が各都市で一定値をとるとしても産業別就業者構成比（産業別構成比と略称する）が変化すればGは変動することになる。

本研究では産業分類を1970年の国勢調査の産業大分類に従うものとする。この場合，産業は14項目に分類され，統計表では一部統合されて11分類となっている。分類数が式（2・5）を実用式として使う場合，多いと思われるが，これより分類を少なくすると一般的に認められている分類は3分類しかなく，これでは分類が粗くなるのでここでは11分類で分析し，将来，簡略化を試みることにする。11分類した場合の産業を表2－2に示した。

表2－2　産業別原単位と構成比（1970年）

	原単位			産業構成比		
	μ	σ	σ/μ	μ	σ	σ/μ
農・林・狩猟業	.064	.074	1.16	.085	.068	.80
漁・水産養殖業	.531	.290	.55	.005	.012	2.19
鉱業	.903	.089	.10	.002	.007	3.04
建設業	.799	.057	.07	.080	.017	.22
製造業	.843	.084	.10	.288	.105	.36
卸売・小売業	.647	.084	.13	.223	.040	.18
金融・保険・不動産業	.893	.041	.05	.034	.012	.35
運輸・通信業	.968	.016	.02	.070	.019	.26
電気・ガス・水道業	.993	.006	.01	.007	.003	.37
サービス業	.719	.054	.08	.165	.037	.22
公務	.992	.004	.00	.039	.019	.48

注）μ＝平均値　σ＝標準偏差

(2)　原単位推定式への試み

式（2・5）は各都市について，それぞれの固有の数値を代入することによって恒等的に成り立つものである。しかし，これは原単位の推定式ではない。一般的な推定式をつくるためには，産業別原単位か構成比を各都市について普遍的なものとして決める必要がある。もし，両者が各都市について一定とおけるならば，原単位Gは一定となる。しかし，前節での分析から判明したように，こうすると無理が生じてくる。よって産業別原単位か構成比のどちらか安定しているものを各都市共通のものとして決める必要が生ずる。

そこで，産業別構成比，産業別原単位の変動状況を知るために，151都市について，平均，標準偏差，変動係数を計算した。表2－2に示したように，産業別構成比の平均値は製造業が最も高く29％，続いて卸売・小売22％，サービス17％，農・林・狩猟9％となった。以上の三者で68％を占めた。また標準偏差も製造業が最も高く11％，続いて農・林・狩猟7％，卸売・小売4％，サービス4％となり，農・林・狩猟の標準偏差が高いことが特徴的である。

一方，産業別原単位の平均値は電気・ガス・水道，公務が0.99を越え，続いて運輸・通信，鉱が

0.90 以上となった。0.8 台は金融・保険・不動産，製造の2産業であり，0.7 台は建設，サービスである。卸売・小売は 0.65 であり，農・林・狩猟は最も低く 0.06 であった。標準偏差は漁・水産・養殖が最も大きく，続いて鉱，製造，卸売・小売となり，小さいのは公務，電気・ガス・水道，運輸・通信であった。

産業別構成比と原単位の変動を変動係数により比較すると，農・林・狩猟を除いた全産業において原単位の方が小さく，変動が少ないことが判明した。農・林・狩猟の場合，原単位そのものが小さいので，この程度の変動では問題にならない。そこで，産業別構成比は変数とし，産業別原単位を一定値をとる係数とし，式（2・5）を推定式として発展させることにした。また，発生量推定の場合，経済指標を与件とすることにより，産業別構成比を変数とするのが妥当である。表2－2の産業別原単位の平均値を式（2・5）に代入したものを，ここでは原単位モデル（次の式（2・6））と呼ぶことにする。

$$Y_i = \sum_{j=1}^{11} u_j x_{ij} \qquad (2\cdot 6)$$

ただし，Y_i ：i 都市の原単位の推定値

u_j ：j 産業の原単位の平均値

x_{ij} ：i 都市における j 産業の就業者構成比

この原単位モデルは，従来の人口などを原単位としたものに比べて，原単位の変動構造を産業構造との関連で定式化し，将来の産業構成の変化に応じて原単位を予測できるといった点に特徴がある。

なお，この原単位モデルにより，原単位を推計する際には，説明変数である産業別構成比を推計する必要がある。このことは，とりもなおさず産業別就業者数を予測することである。就業者の推計についての研究[15]は，計量経済学の分野で行われており，国レベルでは人口推計に続いて，精度がよいようである。しかし，地域，都市レベルでの推計は人口と同様に，国レベルに比較して精度が落ち，その推計方法は重要な研究対象となっている。本モデルでは，このような経済指標を与件としているが，通勤者の推計精度を高めるうえでも，これらの経済指標の推計精度の向上が必要である。

(3) 原単位モデルの適合性

原単位モデルの適合性を示す指標として，パーセントRMS誤差を用いることにした。この指標は次式で示される。

$$\text{パーセントRMS誤差} = \left(\sqrt{\Sigma(y_i - Y_i)^2/n}\,/\,\bar{y}\right) \times 100\% \qquad (2\cdot 7)$$

ただし，

y_i ：実際値，ここでは i 都市の実際の原単位

$\bar{y}$ ：実際値の平均値

Y_i ：推定値，ここでは i 都市の原単位の推定値

n ：データ数，ここでは都市数

1970年の 151 都市について，産業別原単位の平均値（表2－2）で係数 u_i を表わした原単位モデルにより推定原単位を求め，パーセントRMS誤差を計算したところ 7.4 %の誤差となった。この誤差は比較的小さいと思われ，推計モデルとしての妥当性をもっていると思われるが，個別に都市をみると誤差が大きいところも考えられるので，原単位の実際値と推計値を図上にプロットし，この様子を調べることにした。図2－5に示したように，推定値が実際値を大きく上回る傾向のある都市には，足利，桐生，甲府，岐阜，一宮などの都市があり，逆に下回る都市には，豊中，吹田，高槻，枚方，茨木などの都市がある。前者の都市はよく知られているように，繊維産業を中心とした地方都市であり，後者は衛星都市といった特徴をもっている。これらの都市について主要産業で

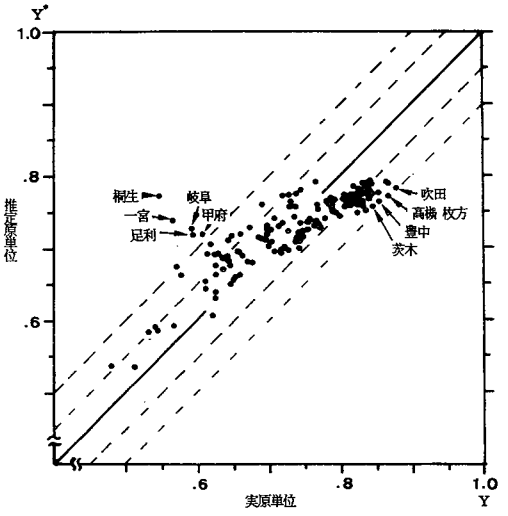


図２－５　実原単位と推定原単位の関係（1970年）

である製造業，卸売・小売業の原単位をみると表２－３に示すように，原単位が低い都市（足利，桐生，甲府など）の製造業，卸売・小売業の原単位は全国平均に比してかなり低く，逆に原単位が高い都市（豊中，吹田，高槻など）は高い。推定値が実際値に適合しない原因には，このように製造業，卸売・小売業原単位をモデル式で設定した値（全国平均で代表した）が実態とかけ離れたものになっていることが挙げられよう。

表２－３　典型都市の原単位

		実原単位 Y	推定原単位 Y*	製造業 原単位	製造業 構成比	卸売・小売業 原単位	卸売・小売業 構成比
全国		.725	.724	.843	.288	.647	.223
原単位が低い都市	足利	.529	.716	.591	.510	.434	.175
	桐生	.547	.770	.551	.540	.424	.189
	甲府	.605	.717	.612	.257	.513	.270
	岐阜	.593	.726	.550	.338	.576	.248
	一宮	.567	.737	.572	.501	.567	.192
原単位が高い都市	豊中	.853	.766	.901	.307	.831	.280
	吹田	.879	.784	.921	.293	.832	.238
	高槻	.868	.774	.946	.363	.798	.196
	枚方	.867	.772	.940	.375	.817	.195
	茨木	.845	.759	.942	.339	.810	.212

4. 都市類型別分類

前節において，都市類型を考慮しなかったモデルにおいても精度は比較的良いことが確かめられたが，一部の都市において推定値と相当かけ離れたものになっており，これらの都市においてはある程度固有の性格を持っていることが判明した。そこで，ここではさらに詳細に都市分類を行い，それぞれの都市類型に応じたモデルを構築することにした。このことにより，さらにモデルの精度が上昇するものと予想される。都市といっても都市にはさまざまな都市があり，類型化された，それぞれの都市のタイプ別にモデルを構築する方が精度が上昇すると考えられることと，モデルの一般性，特殊性をみる上でもこのような都市分類は必要と思われる。

(1)　都市分類指標

都市分類をする際の指標の選択は，それぞれの研究対象の違いにより，従来いろいろな指標が選択されているが，ここでは人口規模を表わす人口，就業者の動きを示す流動性指標，産業構造を示す産業構成比，人口の密集度合いを示すＤＩＤ人口比の４指標により，都市分類を行うことにした。なお，流動性指標は倉沢[16]の方法を用い，次式で示す流出入比と流動性指数でもって分類した。

流出入比 $= A/B$　　（2・8）

流動性指数 $= 100\times(A+B)/C$　（2・9）

ただし，

A：市内で常住し，市外で従業する就業者数

B：市外に常住し，市内で従業する就業者数

C：市内に常住する就業者数

(2)　人口による分類

表２－４に示すように，常住人口（以下，人口と称す）10万人以上の都市数は1970年151都市から75年175都市へと24都市の増加をみた。そのうち，10万～20万都市は73都市から87都市へと14都市増加し，20万～30万都市は42都市

表２－４　都市類型別都市数の変化

		都市数	
		1970	1975
全都市		151	175
人口	10万～20万	73	87
	20万～30万	42	39
	30万以上	36	49
流動性	衛星型	47	55
	自立型	104	120
産業構成	3次型	57	78
	2・3次型	90	97
DID人口比	0.8以上	47	65
	0.6～0.8	50	59
	0.6未満	54	51

から39都市へと３都市減少し，30万以上都市は36都市から49都市へと17都市の増加となった。図２－６に人口30万以上都市について人口の動向をプロットしたが，大多数の都市が人口増をみせているのに対し，東京，大阪，尼崎は減少傾向を示した。

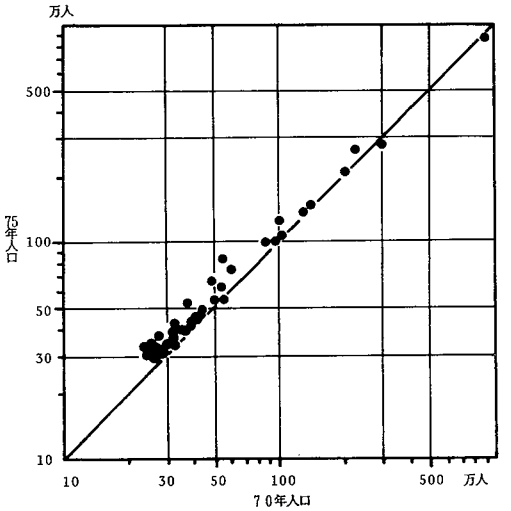


図２－６　人口の1970年、1975年比較
（75年人口30万人以上都市）

(3)　流動性指標による分類

流出入比，流動性指数を用いて求めた各都市の値を図２－７に示した。ここでは矢印により70年

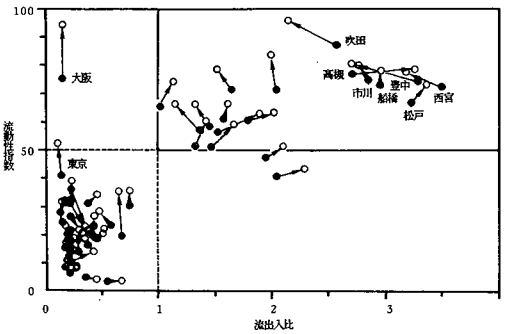


図２－７　流動性比較

から75年への変化を示している。流出入比は式（２・８）に示されるように流出する就業者数を流入する就業者数で除したものであり，この値が大きくなればなるほど職場を他市に依存するベッドタウン的性格が強くなるものと考えられる。実際，図２－７に示すように流出入比が１より大なる都市には，東京，大阪の周辺都市が多く存在している。なかでも２以上となる都市には東京周辺では松戸，船橋，市川，大阪周辺では豊中，吹田，西宮などがある。一方，流動性指数は式（２・９）で表されるように，当該市の就業者の出入りの程度を示すものであり，都市の開放性を表す指標とみなし得る。多くの大都市周辺都市は50以上であり，地方都市はそれ以下となっている。ただし，大阪市は中心都市でありながら非常に高い値を示した。東京も75年には50以上となった。70年から75年の変動をみると，大多数の都市において流動性が高まり，市相互間の職住分離が進行しているようである。ここでは，この両指標により，流動性指数50以上かつ流出入比１以上の都市を「衛星型」都市，それ以外の都市を「自立型都市」と呼ぶことにした。そして衛星型に属する都市数は70年の47都市から75年の55都市へと増加し，自立型も104都市から120都市へと増加した。

(4)　産業構成比による分類

産業構成比では，国勢調査の分類法による１次，２次，３次産業を用い，各産業の構成比が1／3を越えると，その産業名をとって２次型等命名した。

例えば3次産業のみ1／3を越えると3次型，2次，3次ともそれぞれ1／3を越えると2・3次型といった具合である。1970年では2次型4都市，3次型57都市，2・3次型90都市であったが，75年では表2－5に示すように2次型はわずか豊田のみとなった。3次型は78都市と21都市も増加し，2・3次型は97都市となった。これらの都市の推移を三角座標で示したのが図2－8である。いずれの都市も3次の伸びが大きく，1次は減少し，1次が10％未満の都市において

表2－5　都市類型別分類

人口	DID人口比	自立型(120)			衛星型(55)	
		2次型(1)	3次型(69)	2・3次型(51)	3次型(9)	2・3次型(46)
10万～20万 (87)	0.6未満 A (33)		弘前，水戸，土浦，熊谷，上越，松本，松阪，鳥取，米子，松江，山口，佐賀，八代，都城 (14)	足利，小山，太田，市原，厚木，高岡，小松，上田，大垣，富士宮，鈴鹿，尾道，宇部，岩国，今治，延岡 (16)		安城，和泉，加古川 (3)
	0.6～0.8 B (25)		帯広，石巻，会津，若松，長岡，甲府，津，伊勢 (7)	苫小牧，桐生，小田原，沼津，富士，瀬戸，徳山，防府，新居浜(9)		所沢，春日部，上尾，越谷，八千代，平塚，秦野，大津，川西(9)
	0.8～1.0 C (29)		小樽，立川，別府 (3)	室蘭，門真，大牟田 (3)	武蔵野，調布，小金井，東久留米，池田，宝塚 (6)	草加，新座，習志野，三鷹，府中，小平，日野，東村山，鎌倉，茅ケ崎，大和，宇治，岸和田，守口，松原，大東，伊丹 (17)
20万～30万 (39)	A (12)	豊田 (1)	山形，福島，郡山，富山，福井，宮崎 (6)	高崎，豊橋，岡崎，一宮，四日市 (5)		
	B (18)		青森，八戸，盛岡，秋田，前橋，下関，徳島，高松，高知，久留米，佐世保 (11)	日立，清水 (2)	奈良 (1)	川越，柏，春日井，枚方 (4)
	C (9)		釧路，那覇 (2)	呉 (1)		町田，藤沢，茨木，八尾，寝屋川，明石(6)
30万～50万 (32)	A (5)		長野，大分 (2)	いわき，倉敷，福山 (3)		
	B (15)		旭川，宇都宮，新潟，金沢，松山，長崎，熊本，鹿児島 (8)	岐阜，静岡，浜松，姫路，和歌山 (5)		大宮，八王子 (2)
	C (12)		函館 (1)	横須賀 (1)	西宮 (1)	川口，浦和，市川，船橋，松戸，相模原，豊中，吹田，高槻 (9)
50万以上 (17)	A (1)		岡山 (1)			
	B (1)			広島 (1)		
	C (15)		札幌，仙台，神戸，福岡 (4)	東京，名古屋，京都，大阪，北九州 (5)	千葉 (1)	横浜，川崎，堺，東大阪，尼崎 (5)

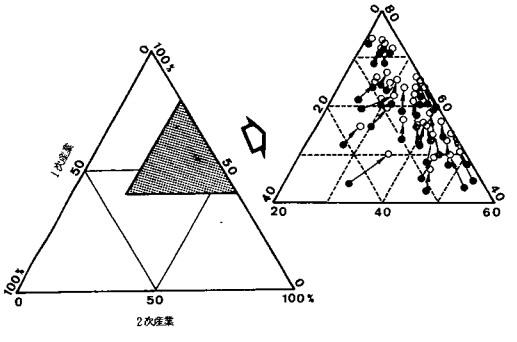


図2－8　産業構成の変動

は2次も減少傾向にあった。また，表2－5に示すように，3次型都市の大多数は自立型都市が占め，その中で県庁所在都市が半数を越えた。2・3次型都市では自立型，衛星型が半数ずつを占め，東京，大阪などの大都市と周辺都市及び県庁所在地でない地方都市が多く含まれた。

(5)　DID人口比による分類

DID人口比はDID地区の人口をその都市の人口で除すことによって求めた。これは市街化の進展度合いを示す指標と考えられる。0.8以上の

都市は70年47都市が75年65都市へと18都市も増加した。0.6～0.8では50都市から59都市へ，0.6未満は54都市から51都市へと逆に3都市減少した。0.8以上の都市には近畿，北海道の都市が多く含まれ，一般的に人口が多くなるとＤＩＤ人口比も高くなる傾向にある（図２－９）。

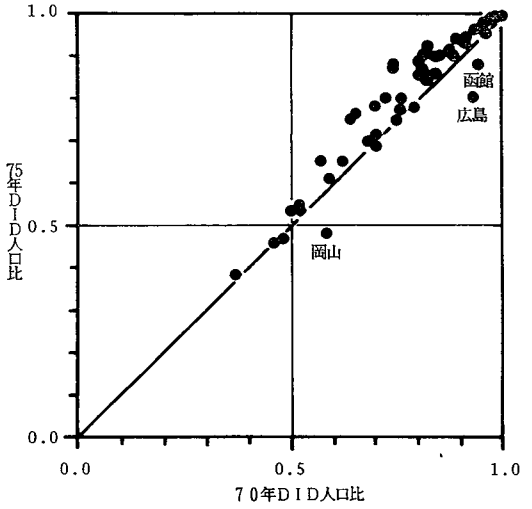


図２－９　ＤＩＤ人口比の比較

5. 都市類型別通勤者生成原単位モデルとその適合性

(1) 原単位の変動

都市類型別原単位及び産業別原単位の1970年，75年比較を表２－６に示した。なお，数値は平均値で示した。全都市についての原単位は0.725から0.777と0.052の増加をみた。人口30万人以上都市について原単位の変動を２＋３次産業構成比との関係でみると（図２－１０），２＋３次産業構成比が小さい都市ではより構成比を高めながら原単位も増加し，高い都市では構成比が伸びないにもかかわらず原単位が増加することが判明した。

都市類型別に原単位の大きさと変動の特徴をみると，人口規模が大なるほど原単位が大きくなる傾向がうかがわれる。そして原単位はいずれの都市規模とも約0.05の増加がみられた。流動性指標による分類では衛星型は0.805から0.838へ，自立型は0.689から0.742に増加し，衛星型の原単位は高いものの，自立型との差は少し縮まった。産業構成による分類では3次型が0.681から0.755へと0.074もの増加をみせたが，２＋３次型は0.757から0.780へと0.023の増加にとどまった。ＤＩＤ人口比による分類では，ＤＩＤ人口比の高い都市型ほど原単位は高いが増加量をみると，ＤＩＤ人口比が低い都市型ほど大きいことがわかった。このように，原単位は人口，ＤＩＤ人口比が小さい都市におけるほど低く，また，自立型，3次型都市においても低くなる傾向があった。さらに，70年から75年への原単位の増加度合いをみると，ＤＩＤ人口比が小，自立型，3次型都市において伸びが大きいことが判明したが，人口規模別では明確な差異は現れなかった。これらのことより，おおむね原単位の都市による差は，縮小傾向にあるといえよう。

(2) 産業別原単位の変動

全都市を対象とした場合，最も高いのが電気・ガス・水道，公務で0.99であり，続いて運輸・通信・鉱が0.9以上である。金融・保険・不動産も75年には0.9を越えた。以下，製造，建設，サービス，卸売り・小売り，漁・水産・養殖，農・林・狩猟の順となった。70年と75年の値を比較すると，建設，運輸・通信，電気・ガス・水道，公務は0.01以下の変動であり安定した値をとっている。鉱，金融・保険・不動産も0.02以下の変動であり，ほぼ安定している。これらの産業の原単位は都市類型別にみても安定しているが，ただ，鉱業，建設業においては変動がみられる。次項で示すように鉱業は構成比が少さいので，原単位の変動を無視して支障ないが，建設業は考慮する必要があろう。建設業は，人口規模が大なるほど，また，ＤＩＤ人口比も大なるほど大きくなり，衛星型，２＋３次型都市においても大きくなる傾向があった。

さらに70年，75年の比較をすると，最も大き

表２－６　都市類型別原単位の1970年、75年比較

		全体		農林・狩猟業		漁・水産養殖業		鉱業		建設業		製造業		卸売り・小売り業		金融・保険・不動産業		運輸・通信業		電気・ガス・水道業		サービス業		公務	
		70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年
全都市		.725	.777	.064	.137	.531	.622	.903	.915	.799	.793	.843	.867	.647	.704	.893	.909	.968	.963	.993	.988	.719	.787	.992	.989
人口	10万～20万	.719	.766	.059	.128	.529	.613	.916	.919	.788	.782	.848	.870	.628	.688	.890	.910	.969	.965	.992	.989	.718	.786	.992	.990
	20万～30万	.728	.773	.058	.133	.549	.618	.894	.906	.804	.795	.846	.868	.663	.707	.906	.913	.972	.963	.993	.987	.727	.783	.992	.989
	30万以上	.749	.798	.081	.158	.515	.641	.888	.914	.816	.810	.831	.862	.665	.730	.885	.904	.961	.959	.993	.988	.710	.790	.991	.989
流動性	衛星型	.805	.838	.066	.158	.686	.796	.947	.940	.824	.809	.886	.903	.719	.764	.918	.932	.975	.971	.996	.992	.762	.822	.991	.992
	自立型	.689	.742	.063	.125	.461	.522	.883	.900	.788	.784	.824	.847	.614	.670	.881	.896	.964	.958	.991	.986	.699	.766	.992	.988
産業構成	3次型	.681	.755	.064	.124	.504	.588	.876	.905	.786	.792	.816	.857	.642	.709	.882	.902	.969	.962	.990	.987	.713	.787	.992	.988
	2・3次型	.757	.780	.066	.146	.556	.645	.919	.922	.808	.794	.857	.873	.655	.702	.900	.914	.967	.963	.994	.989	.722	.786	.991	.990
DID人口比	0.8以上	.807	.839	.113	.201	.639	.772	.917	.938	.837	.820	.873	.896	.714	.762	.895	.913	.968	.965	.995	.992	.745	.814	.991	.991
	0.6～0.8	.725	.766	.061	.117	.580	.609	.912	.917	.788	.783	.828	.854	.640	.693	.889	.910	.968	.962	.992	.987	.716	.780	.991	.988
	0.6未満	.654	.711	.023	.080	.392	.449	.887	.884	.776	.770	.831	.846	.594	.644	.895	.904	.968	.960	.991	.985	.698	.759	.992	.987

表２－７　産業別構成比の変化

		農林・狩猟業		漁・水産養殖業		鉱業		建設業		製造業		卸り売・小売り業		金融・保険・不動産業		運輸・通信業		電気・ガス・水道業		サービス業		公務	
		70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年	70年	75年
全都市		.085	.058	.005	.004	.002	.002	.080	.090	.288	.268	.223	.239	.034	.041	.070	.069	.007	.007	.165	.178	.039	.041
人口	10万～20万	.100	.067	.006	.004	.003	.002	.078	.088	.296	.282	.211	.227	.031	.038	.068	.066	.007	.007	.163	.176	.037	.041
	20万～30万	.097	.065	.006	.005	.001	.002	.079	.087	.273	.255	.225	.242	.036	.040	.072	.070	.007	.008	.167	.179	.043	.045
	30万以上	.050	.037	.004	.003	.002	.001	.084	.095	.290	.255	.246	.259	.037	.046	.073	.074	.007	.008	.167	.180	.039	.040
流動性	衛星型	.040	.027	.001	.001	.001	.001	.083	.088	.352	.307	.211	.229	.043	.051	.069	.069	.007	.007	.158	.177	.035	.041
	自立型	.106	.076	.007	.006	.003	.002	.079	.090	.259	.246	.229	.245	.029	.034	.071	.069	.007	.007	.168	.179	.041	.042
産業構成	3次型	.121	.080	.009	.006	.003	.002	.078	.089	.182	.178	.249	.264	.034	.044	.073	.072	.008	.008	.192	.203	.051	.052
	2・3次型	.057	.045	.003	.003	.002	.001	.082	.090	.350	.322	.212	.225	.034	.039	.069	.068	.007	.007	.151	.163	.033	.035
DID人口比	0.8以上	.022	.017	.004	.003	.002	.002	.087	.093	.314	.273	.237	.248	.042	.050	.077	.074	.007	.007	.168	.186	.040	.044
	0.6～0.8	.076	.059	.007	.006	.003	.001	.080	.089	.272	.253	.230	.247	.035	.040	.072	.072	.007	.007	.175	.180	.042	.042
	0.6未満	.149	.109	.005	.004	.002	.001	.074	.085	.279	.279	.205	.221	.023	.029	.063	.061	.007	.007	.154	.165	.036	.038

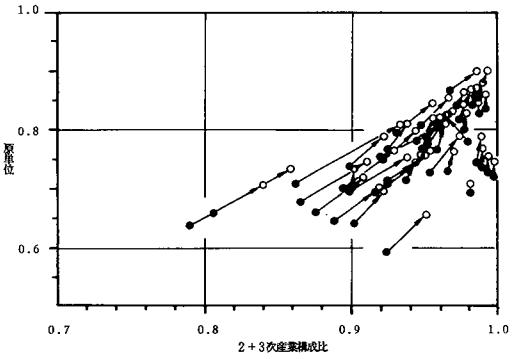


図２－10　原単位の変動

な増加を示したのは漁・水産・養殖の 0.090 増，続いて農・林・狩猟，サービス，卸売り・小売りで 0.05 以上の増加を示し，製造は 0.024 の増加であった。製造は都市類型別にみると，人口規模による差異はあまりなく，衛星型，２・３次型で高く現れ，またＤＩＤ人口比が大なるほど高い値を示した。卸売り・小売りは産業構成による都市型には差異が現れないが，ＤＩＤ人口比，流動性による分類において大きな差があらわれた。サービスもほぼ同様な傾向を示した。

(3)　産業別構成比の変動

全都市における産業別構成比の 70 年と 75 年値の変動を表２－７によりまず考察することにする。構成比が増加した産業は建設，卸売り・小売り，金融・保険・不動産，サービスの４種類であった。建設以外の産業はいずれも３次産業である。そのうち最も構成比が伸びたのは，卸売り・小売りで 0.016 増加し，0.239 となった。続いてサービスで 0.013 増加し，0.178 となった。逆に減少したのは農・林・狩猟 0.027 減の 0.058，製造 0.020 減の 0.268 となった。しかし，依然として製造は最大の構成比を示し，卸売り・小売り，サービスをあわせると 0.685 と約 2／3 の構成比を示すことになる。その他の産業はほぼ安定した値を示した。

都市の主要産業である製造，卸売り・小売り，サービスについて都市類型別の変動パターンをみると，人口規模による変動は製造，サービスにおいては人口規模が大なるほど大きくなっている。流動性指標による分類では製造において大きな差が現れ，衛星型は自立型より５％も高く現れた。卸売り・小売り，サービスは逆に自立型の方が高い。産業構成による分類では当然ながら製造においては２・３次型が圧倒的に高く，卸売り・小売り，サービスでは逆に３次型が高い。ＤＩＤ人口比による分類では，卸売り・小売り，サービスにおいてＤＩＤ人口比が高くなれば，これらの構成比が高くなる傾向にあるといえるものの，製造においてはこの傾向は明確でなかった。

(4)　原単位モデルの適合性

人口 10 万人以上の 1970 年 151 都市，75 年 175 都市に対して，全都市及び都市類型別に原単位モデルによる推定値を求め，％ＲＭＳ誤差を計算したところ表２－８に示す結果を得た。なお，このとき原単位モデル式（２・５）の係数 u_i には表２－６で示した都市類型別の産業別単位の平均値を採用した。

表２－８　％ＲＭＳ誤差の比較

		1970年	1975年
		%RMS 誤差	%RMS 誤差
全　都　市		7.42	6.59
人　口	10万～20万	7.97	7.16
	20万～30万	7.07	5.98
	30 万以上	6.52	5.84
流　動　性	衛　星　型	4.06	3.64
	自　立　型	7.44	6.62
産業構成	3　次　型	5.67	5.55
	2・3次型	8.16	7.14
DID 人口比	0.8 以上	5.11	4.53
	0.6～0.8	7.85	6.51
	0.6 未満	6.74	5.83

％ＲＭＳ誤差は 70 年では全都市で 7.4 ％と比較的良好なモデルの妥当性を示した。都市分類ごとでは人口 20～30 万，30 万以上，衛星型，３次型，ＤＩＤ人口比 0.8 以上，0.6 未満都市において，全都市を対象とした場合より小さな誤差を

示した。特に衛星型においては4.1％と誤差は小さく，良好なモデルの適合性を示したといえよう。図2－11に衛星型都市の実原単位（Y）と推定原単位（Y*）の関係をプロットしたが，$|Y-Y^*|<0.05$の範囲に47都市中40都市（85％）が入っているものの，残りの東大阪，守口，川口，八王寺の4都市はこの範囲より推定原単位が高く，吹田，高槻，枚方は逆に低くなった。

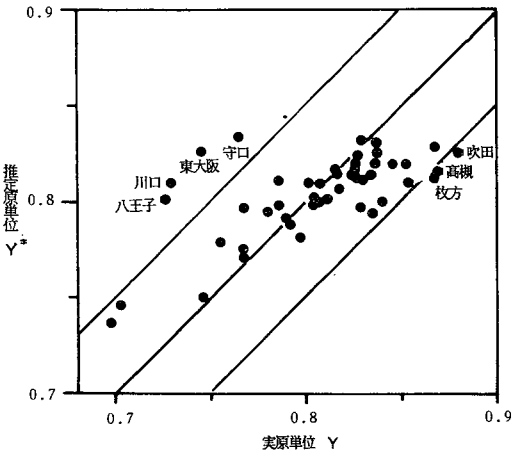


図2－11　衛星型都市の推定精度（70年）

75年の場合もほぼ同様な傾向を示したが，％RMS誤差は全都市で6.6％と70年比に比較し小さく，この傾向は各都市型ともに現れた。さらにDID人口比による分類ではいずれの都市型も全都市の場合より小さくなった。衛星型都市では誤差は3.6％と非常によいモデルの適合性を示した。図2－12に衛星型都市のYとY*の関係図

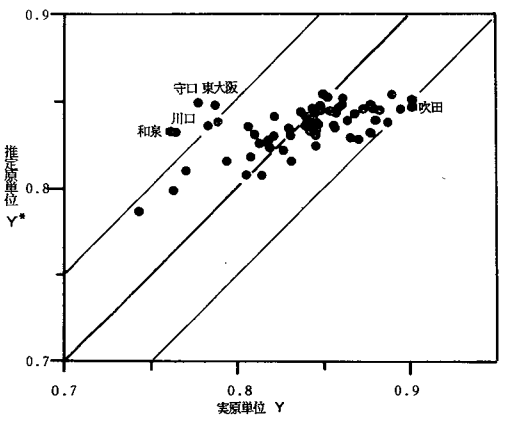


図2－12　衛星型都市の推定精度（75年）

を示したが，$|Y-Y^*|<0.05$の範囲に55都市中50都市（91％）が入り，70年の場合より良好な結果を示した。

6. 原単位モデルの簡略化

(1) 産業別原単位の簡略化

すでに前節において産業別原単位の都市類型別変動と時間的変動の特徴をみた。ここではこの特徴から判断して，産業別原単位で時間的に変動の少ないものも一定とおくことにより，原単位モデルの係数u_iを決定し，（前節では都市類型別に年次別に個別の値を設定した。表（2－6））モデルの簡略化を試みた。この時，産業別原単位が安定していると判断する基準として変動幅をおおむね0.01以下とした。これに該当する産業には運輸・通信，電気・ガス・水道，公務がある。建設，金融・保険・不動産は時間的に安定していたが，都市型により差異が現われた。漁・水産・養殖，鉱は原単位の変動があるものの表2－7に示すように構成比が小さく，原単位Gに与える影響は少ないので一定とおくことにした。農・林・狩猟は原単位，構成比とも小さいのでほぼ一定とおいたが，DID人口比による分類では明確な差が現れた。構成比の高い製造，卸売り・小売り，サービスは表2－6に示すように5年間で原単位は上昇しており，時間的に一定とおくことはできなかった。このようにして設定した産業別原単位を表2－9に示した。なお，小数点第3位は5単位で丸めている。

(2) 簡略化モデルの適合性

表2－9で設定した産業別原単位u_iを用いて，式（2・5）の原単位モデルにより推定した原単位の％RMS誤差は表2－10のようになった。70年においては全都市で7.6％と簡略化しないモデルにくらべて0.2％誤差が大となったが，増加した誤差の値は小さくほぼ同様の推計精度といえよう。都市類型別にも同様な結果を示した。75年には

表２－９　簡略化モデルの産業別原単位

		農・林・狩猟	漁・水産・養殖	鉱	建設	製造		卸売り・小売り		金融・保険・不動産	運輸・通信	電気・ガス・水道	サービス		公務
						70年	75年	70年	75年				70年	75年	
全都市		.100	.575	.910	.795	.845	.865	.645	.705	.900	.965	.990	.720	.785	.990
人口	10万～20万				.785	.845	.865	.630	.690						
	20万～30万				.800			.665	.705						
	30万以上				.815			.665	.730						
流動性	衛星型				.815	.885	.905	.720	.765	.925			.760	.820	
	自立型				.785	.825	.845	.615	.670	.890			.700	.765	
産業構成	3次型				.795	.815	.855	.645	.705	.900			.720	.785	
	2・3次型					.855	.875								
DID人口比	0.8以上	.155			.830	.875	.895	.715	.760				.745	.815	
	0.6～0.8	.090			.785	.830	.855	.640	.695				.715	.780	
	0.6未満	.050			.775	.830	.845	.595	.645				.700	.760	

表２－10　簡略化モデルの％RMS誤差

		1970年	1975年
全都市		7.57 (.15)	6.51 (−.08)
人口	10万～20万	8.17 (.20)	7.07 (−.09)
	20万～30万	7.24 (.17)	5.96 (−.00)
	30万以上	6.62 (.11)	5.79 (−.01)
流動性	衛星型	4.09 (.04)	3.63 (−.01)
	自立型	7.55 (.10)	6.55 (−.07)
産業構成	3次型	5.91 (.24)	5.47 (−.08)
	2・3次型	8.26 (.10)	7.07 (−.07)
DID人口比	0.8以上	5.10 (−.00)	4.55 (.00)
	0.6～0.8	7.88 (.00)	6.51 (−.00)
	0.6未満	6.76 (.02)	5.81 (−.02)

注）（　）内は簡略化する前からの変化

逆に全都市において誤差が0.1％減少した。都市類型別にもわずかながら誤差は減少した。このように簡略化モデルの精度は簡略化しない場合と同様良好な値を示しており，実用上より簡便になった点に意味があろう。

7. まとめ

本章では，発生量推計の一手法である原単位法を用い，通勤者生成原単位の変動を説明する原単位モデルを，就業構造を考慮して定式化し，都市類型別，年次別に適用し，その適合性を検討するとともに，より一般的なモデルをめざしてモデルの簡略化に取りくんだ。これらの一連の研究過程の中で明らかにされた要点をまとめると次のようになる。

(イ)　原単位の変動を都市における就業構造の差異により基本的に説明し得た。大きくは産業の発展段階を示す２＋３次産業構成比と正の比例関係にあることを，時間的，空間的に示し得た。

(ロ)　さらに都市の就業構造と原単位の関係を明らかにし，原単位の推計式である原単位モデルを作成した。このモデルでは，原単位は産業別原単位と産業別就業者構成比の積で表現された。

(ハ)　70年から75年にかけての都市の変化は，人口においてはほとんどの都市において増加し，流動性は高まり，産業の３次化が進行し，あわせてＤＩＤ人口比も上昇した。

(ニ)　原単位は全都市で増加したが，その伸び

は原単位の低い都市ほど大きかった。また，原単位モデルの適合性はすべての都市型において良好であったが，特に衛星型，ＤＩＤ人口比0.8以上都市において良好であった。

(ホ) 簡略化されたモデルは，簡略化されないモデルと同様，精度が良好であった。都市の主要産業である製造，卸売り・小売り，サービスの原単位は5年間で顕著な増加を示した。

参　考　文　献

1) 毛利正光・新田保次：就業構造を反映した通勤者生成原単位モデルについて，土木学会論文報告集，第328号，pp.89～96　1982年12月

2) 毛利正光・新田保次：都市類型別通勤者生成原単位モデルについて，交通工学，Vol.18. No.3　1983年5月

3) 米谷栄二・明神証・溝畑靖雄：交通需要発生の地域原単位，土木学会誌，Vol.51, No.6, pp.51～54，1966年6月

4) 河上省吾：通勤・通学輸送需要の予測について，土木学会論文報告集，No.145, pp.33～46, 1967年9月

5) 黒川洸：人の発生交通を中心とした諸都市活動の相互関連に関する研究，都市計画，No.67, pp.34～44, 1971年10月

6) 黒川洸：パーソントリップの発生特性に関する研究，日本都市計画学会学術講演会論文集，pp.109～117, 1969年11月

7) 青山吉隆：大都市通勤交通の発生・集中および分布の相互関係について，日本都市計画学会学術講演会論文集，pp.87～94, 1969年11月

8) 清水浩志郎：通勤・通学交通の発生・集中原単位について，第31回土木学会年次講演会講演概要集第Ⅳ部，pp.223～224, 1976年10月

9) 杉恵頼寧：交通需要モデルの時間的移転可能性，第3回土木計画学研究発表会講演集，pp.295～300, 1981年1月

10) Kassoff, H. et al.：Trip generation：A critical appraisal, Highway Research Record, No.297, 1969.

11) Douglas, A.A. et al.：Trip generation techniques 1. Introduction, Traff. Engng. Control, Vol. 12, No.7, pp.362～365, November, 1970.

12) Douglas, A.A. et al.：Trip generation techniques 2. Zonal least－squares regression analysis, Traff. Engng. Control, Vol.12, No.8, pp.428～431, December, 1970.

13) Douglas, A.A. et al.：Trip generation techniques 3. Household least－squares regression analysis, Traff. Engng. Control, Vol.12, No.9, pp.477～479, January, 1971.

14) Douglas, A.A. et al.：Trip generation techniques 4. Category analysis and summary of trip generation techniques, Traff. Engng. Control, Vol.12, No.10, pp.532～535, Feburary, 1971.

15) 経済審議会計量委員会：計量委員会第6次報告－新経済社会7カ年計画のための多部門計量モデル－，1980年

16) 倉沢進："日本都市分類の一考察"，都市問題，54－9，1963年

第3章　一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデル[1)]

1. はじめに

わが国における交通需要推計に関する研究は，1960年代，70年代に，四段階推定法を中心に発展を遂げ，おもに大都市圏の交通計画に有用な情報を与えた。この時代には，増加する都市人口と車交通量に対処するため，絶対的な道路不足を背景に，幹線道路中心の交通計画が立てられ，道路が建設された。このため，需要推計は，比較的大きく分割されたゾーン単位に集められた情報をもとに実施された。そして，交通手段の分担特性に関する研究は，このような事情により，ゾーン属性と交通手段の分担関係を探り，モデル化する，いわば，集計型のモデル開発に焦点をおいたものであった。

しかし，1970年代中途の第1次オイルショックを期に，経済活動が低成長期に入るとともに，交通関連の投資も制約を受けるに至った。また，都市部の道路混雑により，車から公共輸送機関への転換の必要性が叫ばれるようになった。このため，既存の交通施設の運用により，交通サービスの向上を図ることが重要な政策課題として登場した。これらの政策評価のためには，集計型モデルによるアプローチでは不十分な点が多く，交通行動主体に着目して，選択法則を把握し，モデル化する非集計型モデル構築に関する研究が行われるようになった。

非集計交通手段選択モデルに関する研究は，1960年代に欧米において始められた[2)〜4)]。Quarmbyの試み[2)]は，「行動主体は交通に伴う非効用を最小にする手段を選択する」という仮説に基づいてモデル化を行う研究の最初の試みであった。1970年代に入ると，MITの交通研究グループを中心に，消費者行動選択理論の交通部門への応用研究が発展し，従来の四段階法を修正する新しい需要推計手法が提案されつつある[5)]。わが国でも，これらの影響を受けてロジット型選択モデルの研究が，杉恵，太田，原田らを中心に進められている[6)〜9)]。この場合，非効用を選択要因の線形関係で示し，パラメーターを最尤法により決定する方法がとられているが，パラメーターの性質の把握に，まだ不十分な点があり，時間的，空間的に一般性のあるモデル開発に向けて研究が取り組まれている状況である。

そこで，本研究では，非集計交通手段選択モデルの効用関数を，従来のように最尤法により，一気にパラメーターを決定し，求めるといった方法ではなく，一般化時間を効用関数に組み込み，モデル化を行う方法をとることにした。そのため，まず，一般化時間とそれを組み込んだ選択モデルの定式化を行うことにした。そして，通勤交通と業務交通を対象にした意識データにより，一般化時間モデルの係数である「等価時間係数」を交通モード別に求め，さらに，一般化時間の1次式で示された非効用の係数を求め，2項選択型の選択モデルを決定することにした。

一般化時間モデルの等価時間係数に関する研究は，従来，次のものがある。McIntosh・Quarmby[10)]は，交通時間を交通モード別に分割し，各交通モードの等価時間係数をそれぞれの交通時間に乗じ，総和し，一般化時間を求める方法を提案した。この提案に基づいて，交通モード別等価時間係数が多くの研究者によって求められた[11)]（表3－1）。わが国では，谷・宮武[17)]が東京と長

表３－１　従来の研究における等価時間係数

		鉄道着席	鉄道立席	徒歩	待ち	乗りかえ1回	他
Quarmby[2]	(1967)	1					excess time 2.3 or 2.6
McIntosh et al.[10]	(1970)	1			2	2	
Wilson et al.[12]	(1969)	1			1	2.0	
Costinett[13]	(1973)	1			1.7	2.3	
Rogers et al.[14]	(1970)	1			2.4	1.7	
Steele et al.[15]	(1973)	1			2.8	2.1	
Davis et al.[16]	(1973)	1			2.5	3.2	
谷・宮武[17]	東京 長崎	1 1	1.4 1.4	2.5 1.7	1.0 1.8	7.0 8.7	

注）乗りかえ１回の等価時間係数の単位は（分／回）である。他は単位はない。

崎において，通勤時を対象に求めた。なお，表３－１に示す値は，各モードの所要時間あるいは乗り換え回数を鉄道着席時の所要時間に換算する係数であり，たとえば，鉄道立席の等価時間係数が２ということは，鉄道立席状態での10分は着席状態での2×10＝20分と等価であることを示す。また，乗り換え１回の等価時間係数が7.0ということは，乗り換え１回は鉄道着席状態での7.0分と等価であることを示している。Goodwin[11]は，McIntoshらの研究を発展させ要因とした新たにeffortを導入し，定式化した。

いずれの研究とも，鉄道利用を中心とした場合のものであり，バス・自転車などのアクセス手段，代表交通手段としての車の係数は求めていない。本研究では，これらのモードについても係数を求めることにし，これらの係数を用いて求めた一般化時間を組み込んだ選択モデルを交通モードの選択意識データに適用することを試みた。

２．一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデル

従来，交通手段選択モデルとして，ロジットモデルが理論的背景の妥当性，実用上の便利さの点で優れていることから，多く使われてきた。そこで，ここでも，交通手段選択モデルとして，このモデルを採用し，２項選択型の交通手段の選択現象を対象に，効用関数に一般化時間を組み込んだ新たな選択モデルの定式化を図ることにした。

(1)　２項選択型ロジットモデル

たとえば，自宅から勤務先に行く場合に，A，Bという２つのルートがあった場合に，Aを選択する確率（P_A）は次式で示される。

$$\left.\begin{aligned} P_A &= 1/[\,1+\exp(U_B-U_A)\,] \\ P_B &= 1-P_A \end{aligned}\right\} \qquad (3\cdot1)$$

ただし，

P_A，U_A：ルートAを選択する場合の確率と効用

P_B，U_B：ルートBを選択する場合の確率と効用

なお，効用Uは効用の中で変動しない項，つまり確定項を示している。

(2)一般化時間を組み込んだ効用関数

通勤，業務，買物交通など，ほとんどの交通は，交通自体が目的ではなく，社会的活動を遂行するうえでの手段として位置づけられるため，交通自体はプラスの効用ではなく，マイナスの効用を生ずることになる。よって，交通手段選択においては，このマイナスの効用（非効用と称す）を最小にする手段を選択するということになる。よって，式（３・１）において，U_A，U_Bは負で示される。

一般に，交通は徒歩のみでなされる場合は少なく，複数の交通モードの組み合わせによってなされるとともに，鉄道料金，バス料金などの費用も必要とする。このことを考慮して，Quarmby[10),18)]らは，交通時間を乗車時間（t_1），徒歩時間（t_2），待ち時間（t_3）に分割し，かつ，費用（m）も考慮して，非効用を次式のように，これらの要因の線形式で示した。

$$U = b_1t_1 + b_2t_2 + b_3t_3 + b_4m \qquad (3\cdot2)$$

ただし，b_i：係数（$i=1,2,3,4$）

さらに，Goodwin[11]は，effortの要因も含んだモデルを定義し，式（３・２）の係数にeffortが反映していることを示した。

本研究では，要因として乗り換え回数も加えるとともに，トリップがi個の交通モードにより構成されている一般的なケースを想定して，非効用

の確定項を式（3・3）で定義する。また，このとき，各トリップには，上記要因によっては影響されない固有の非効用が存在するものとし，それを定数（b_0）で示した。

$$U=\sum_{i=1}^{I} b_i t_i + b_e N + b_m M + b_0 \qquad (3\cdot3)$$

ただし，t_i：交通モード i の交通時間（$i=1,2,\cdots,I$）

N：乗り換え回数

M：費用

式（3・3）を b_1 で除すと，

$$U/b_1 = t_1 + (b_2/b_1)t_2 + \cdots + (b_I/b_1)t_I + (b_e/b_1)N + (b_m/b_1)M + b_0/b_1 \qquad (3\cdot4)$$

このとき，一般化時間 G は，次式で示され，交通モード1を基準にしたものである。

$$G=\sum_{i=1}^{I} \mu_i t_i + \mu_e N + \mu_m M \qquad (3\cdot5)$$

ただし，

$$\mu_i = b_i/b_1,\ \mu_e = b_e/b_1,\ \mu_m = b_m/b_1$$

ここで，μ_i を交通モード i の「等価時間係数」と称することにした。なお，μ_m は時間価値の逆数で表わされる。

よって，一般化時間 G を使うと，非効用は

$$U = b_1 G + b_0 \qquad (3\cdot6)$$

となる。

(3) 交通手段選択モデル

式（3・6）より，式（3・1）で示した U_A, U_B の定数値は，A と B で異なるとすると

$$\left.\begin{aligned} U_A &= b_1 G_A + b_{0A} \\ U_B &= b_1 G_B + b_{0B} \end{aligned}\right\} \qquad (3\cdot7)$$

となり，式（3・1）は次式で示される。

$$\left.\begin{aligned} P_A &= 1/[1+\exp(a\Delta G + b)] \\ P_B &= 1 - P_A \end{aligned}\right\} \qquad (3\cdot8)$$

ただし，$\Delta G = G_B - G_A$

$$a = b_1$$

$$b = b_{0B} - b_{0A}$$

この式がここで提案する交通手段選択モデルであり，選択確率は一般化時間差（ΔG）を説明変数として示される。

3．効用の独立性・加法性に関する検証

(1) 目的と方法

交通手段選択モデルは，式（3・3）に示す効用関数を基礎にして導かれたが，このとき，各モードの効用の独立性と加法性を仮定していた。そこで，ここでは，この仮定がはたして妥当性をもつものかどうかの検証を加えることにした。式（3・3）の効用関数は，大きくは時間，乗り換え回数，費用という次元の異なる3つの属性によって構成され，さらに時間はモード別の所要時間に分割されている。本来，これらはすべての属性について効用の独立性および加法性を検証する必要があるが，モード数が多いため質問項目が相当数にのぼり，確かな情報を被験者から引きだし得ることが困難であると予想されることから，所要時間については，モード別に分割せず，総所要時間を用い，乗り換え回数，費用を加え，3つの属性について，Keeneyの方法[21)]を用いて検証することにした。

(2) 調査の方法と結果

本調査は，通勤に要する所要時間，乗り換え回数および通勤費という3つの属性について，選好の独立性，効用の独立性，効用関数の加法性を検証する目的で，1983年9月に大阪大学の20才代から40才代までの教職員20名を対象に面接方式にて実施した。調査で用いた属性，測定単位，許容範囲を表3－2に示した。このとき用いた通勤

表3－2　属性，その測定単位および許容範囲

	属　　性	測定単位	最　良	最　悪
1	通勤時間（T）	分	30	120
2	乗り換え回数（N）	回	0	4
3	1か月通勤費（M）	円	3000	30000

時間，乗り換え回数は片道のものであり，通勤費用は1か月当たりである。たとえば通勤時間(T)は片道の所要時間を示し，最良のケースで30分，最悪のケースで120分を想定している。なお，調査票の作成にあたっては文献22を参考にした。

a）選好の独立性

Keeneyの検証方法に従い，通勤時間(T)と乗り換え回数(N)，Tと通勤費(M)，NとMの選好の独立性に関する質問項目を作成した。図3－1に前提条件としてMが最悪の水準にある場合のTとNに関する質問を示しているが，同様にしてMが最良の水準にある場合の質問を実施した。このようにしてTとNに関して2つの質問項目を設定し，同様にしてTとM，NとMについて2つずつ合計6つの質問を行った。

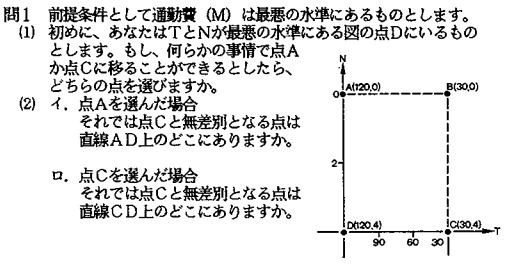


図3－1　選好の独立性に関する質問

その結果，前提条件にかかわらず無差別となる点が変化しなかった人は，TとNに関しては20人中19人，TとMでは14人，NとMでは12人となった。このことより，選好の独立性は通勤時間と乗り換え回数においても最も高く，続いて通勤時間と通勤費，乗り換え回数と通勤費の順となることが判明した。また，全体を通じて，前提条件の変化により選択する点が別の軸上に移るのは，NとMの選好の独立性の質問において1名存在しただけであり，無差別点が変化した人のほとんどは同一軸上での変化にとどまっており，いずれの組合わせともほぼ選好の独立性は検証されたものと思われる。

b）効用の独立性

Keeneyの検証方法に従い，T，N，Mの効用の独立性に関する質問項目を作成した。図3－2に前提条件としてN，Mがともに最悪の水準にある場合のTの効用独立を調べる質問を示した。さらに，N，Mがともに最良の水準にある場合の質問を同様にして設定し，N，Mについても同様にして2つずつ質問を設けた。

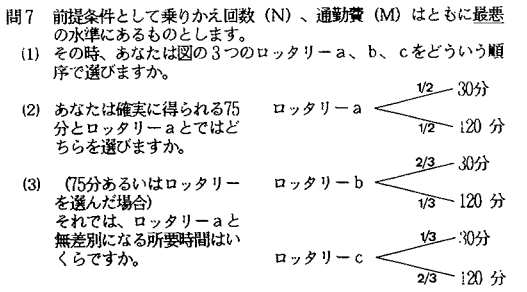


図3－2　効用の独立性に関する質問

調査の結果，前提条件の違いにかかわらず無差別点が移動せず効用の独立性が確かめられた人は，20人中Tについては12人，Nについては16人，Mについては13人であり，乗り換え回数の効用の独立性が最も高く，8割の人について独立性が確かめられた。続いて費用，通勤時間となり，約6割の人について独立性が確かめられた。このように，通勤時間と費用については効用の独立性にやや問題があるものの，各属性ともある程度，効用の独立性は検証されたものと思われる。

c）加法性

Keeneyの定理によると，多属性効用関数が加法的であるか乗法的であるためには，各属性ペアの選好独立と各属性の効用独立が前もって検証されていることが必要である。そこで，本調査結果をもとに，各属性ペアの選好独立と各属性の効用独立がすべて検証された被験者を調べると，20人中わずか6名にすぎなかった。この6名について，図3－3に示す調査票を作成し質問したところ，ロッタリーが無差別であるとした人は3名となり，

問13　あなたは選択案aと選択案bの間で無差別ですか。
つまり、1カ月のうち半月を『状況Ⅰ』で、残りの半月を『状況Ⅱ』の状態で生活するのと、1カ月にうち半月を『状況Ⅲ』で、残りの半月を『状況Ⅳ』の状態で生活するのとであなたにとって満足感は同じ位ですか。

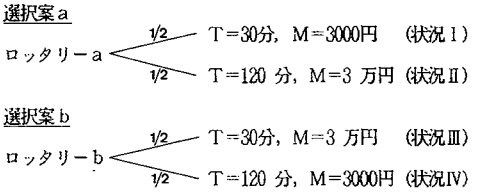


図3－3　関数型識別のための質問

加法性が確認された。残りの3名はa，bいずれかのロッタリーを選び，乗法的効用関数を有することが示された。しかし，この6名以外の14名については，Keeneyが示すところの加法的あるいは乗法的効用関数のいずれの式形式とも妥当でないことが判明した。

(3)　まとめ

通勤時間，乗り換え回数，費用の3つの属性によって構成された効用関数は，ここでの分析を通じ，選好の独立性と効用の独立性に関しては，6割から9割の人について独立性が確認されたが，その式形式においては，加法的あるいは乗法的関数として設定されることには問題があることが判明した。よって，通勤時間をモード別に分割した式（3・6）の効用関数においても加法性を有するとの仮定は理論的には妥当ではないといえよう。しかし，現時点ではここで設定したような課題に対して，理論的な妥当な効用関数を提示できる段階ではないと考えられるので，ここではモデルの操作性を考え，式（3・6）に示す効用関数を使用することにする。そして，この効用関数の妥当性は，これが導入された選択モデルの適用時の有効性から間接的に，また，経験的に確かめられるものと考える。

4．交通モード別等価時間係数

一般化時間モデルの係数である交通モード別等価時間係数が交通手段選択モデルに導入され，そのモデルが需要推計手法として有用性を発揮するためには，それぞれの需要推計対象に応じて，この係数が安定しているか，あるいは変動していても，その特性が定量的に把握され，数学式として表現されている必要があろう。そのためには，まず，等価時間係数の変動特性を把握する必要がある。このとき，変動要因としては，交通目的，個人属性，交通サービス属性がおもなものとしてあげられよう。そこでここでは，交通目的としては通勤交通と業務交通を取り上げ，個人属性による係数の変動特性を探ることにした。また，交通サービス属性については，3節で効用の独立性に関して，ある程度分析しているので，ここではモード別の所要時間の違いによる係数の変動をみるにとどめた。

(1)　通勤交通の場合

a）対象とする交通モード

式（3・5）に示した一般化時間モデルの等価時間係数を，通勤交通において一般的にみられる次のモードにつき，求めることにした。

代表交通手段としては，鉄道と車を取り上げ，鉄道の場合は着席乗車と立席乗車，車は自分で運転する場合，また，アクセス手段の場合は，バス着席乗車と立席乗車，自転車，徒歩を対象とし，鉄道間の乗り換えの場合も含めて，これらのモードについて等価時間係数を求めることにした。このとき，基準とする交通モードは鉄道着席乗車時とし，等価時間係数を1とした。なお，費用Mの等価時間係数は時間価値の逆数として，表わされるが，これについては4章で求めることにした。

b）等価時間係数の求め方

いま，A，Bという2つの交通手段の選択現象を考える。このとき，Aを選択した場合の効用の確定項をU_A，Bを選択した場合のそれをU_Bとすると，これらの効用は式（3・5），（3・7）より次式のようになる。

$$U_A = b_1(t_{1A} + \mu_2 t_{2A} + \cdots + \mu_I t_{IA}) + \mu_e N_A + \mu_m M_A + b_{0A} \quad (3\cdot9)$$

$$U_B = b_1(t_{1B} + \mu_2 t_{2B} + \cdots + \mu_I t_{IB}) + \mu_e N_B + \mu_m M_B + b_{0B} \quad (3\cdot10)$$

これらの式は，各属性における効用の独立性を前提にして成立しているので，個々の等価時間係数は他の属性によって影響されないことになる。つまり，ある交通モードに着目すると，そのモードの等価時間係数は他の属性の値がどんなに変化しようと一定であることを意味している。いま，仮にμ_2を求めたいときには，t_1，t_2 以外の属性の値および定数項b_0をA，Bともに同一とおけばよい。この同一部分をα，β，b_0を使って示すと，

$$U_A = b_1(t_{1A} + \mu_2 t_{2A} + \alpha) + \beta + b_0 \quad (3\cdot11)$$

$$U_B = b_1(t_{1B} + \mu_2 t_{2B} + \alpha) + \beta + b_0 \quad (3\cdot12)$$

となり，$U_A - U_B = 0$ とおくと，次のようにμ_2が求まる。

$$\mu_2 = (t_{1B} - t_{1A}) / (t_{2A} - t_{2B}) \quad (3\cdot13)$$

しかしながら，効用という概念が明確に認識されていないため，直接，効用比較によって等価時間係数を求めることは困難と考えられる。そこで，選択概念を使って求めることにした。つまり，$U_A = U_B$のとき，Aの選択確率は式（3・8）より$P_A = 0.5$となるので，このときのt_1，t_2をA，Bについて求めればよいことになる。しかし実際には，個々人の選択確率を求めることは困難であるので，各人の選択結果を集計化したデータを用い，その選択率が0.5となるときのt_1，t_2の値を求めることにした。

たとえば，鉄道立席の等価時間係数（W_{rs}）を求める場合は次のようにした。図3－4に示すような質問を設定し回答を求めたが，このとき，「電車で立ったまま20分行く場合」のW_{rs}は，図3－5(a)に示すように，「電車で座ってx分で行く場合」のxを22，25，30，35分と変化させた場合につき，それぞれの立席を望ましいとす

C 交通手段の選択意識について、おたずねします。

問16　交通機関を利用して出勤する場合、次の1から32までの各質問においてとりあげられているAとBの二つの交通手段の利用のうち、あなたはどちらがより好ましいと判断され、利用したいと思われますか。それぞれの質問のAとBのうち、利用したいと思われる方に○印をつけて下さい。なお、いずれの質問とも料金は同じとします。

（例）

1	A＝電車に立ったまま20分行く場合	(B)＝電車に座って22分行く場合
2	A＝電車に立ったまま20分行く場合	(B)＝電車に座って25分行く場合
3	(A)＝電車に立ったまま20分行く場合	B＝電車に座って30分行く場合
4	(A)＝電車に立ったまま20分行く場合	B＝電車に座って35分行く場合

○電車で立つ場合と座れる場合

1	A＝電車に立ったまま20分行く場合	B＝電車に座って22分行く場合
2	A＝電車に立ったまま20分行く場合	B＝電車に座って25分行く場合
3	A＝電車に立ったまま20分行く場合	B＝電車に座って30分行く場合
4	A＝電車に立ったまま20分行く場合	B＝電車に座って35分行く場合

図3－4　通勤交通における等価時間係数を求める質問

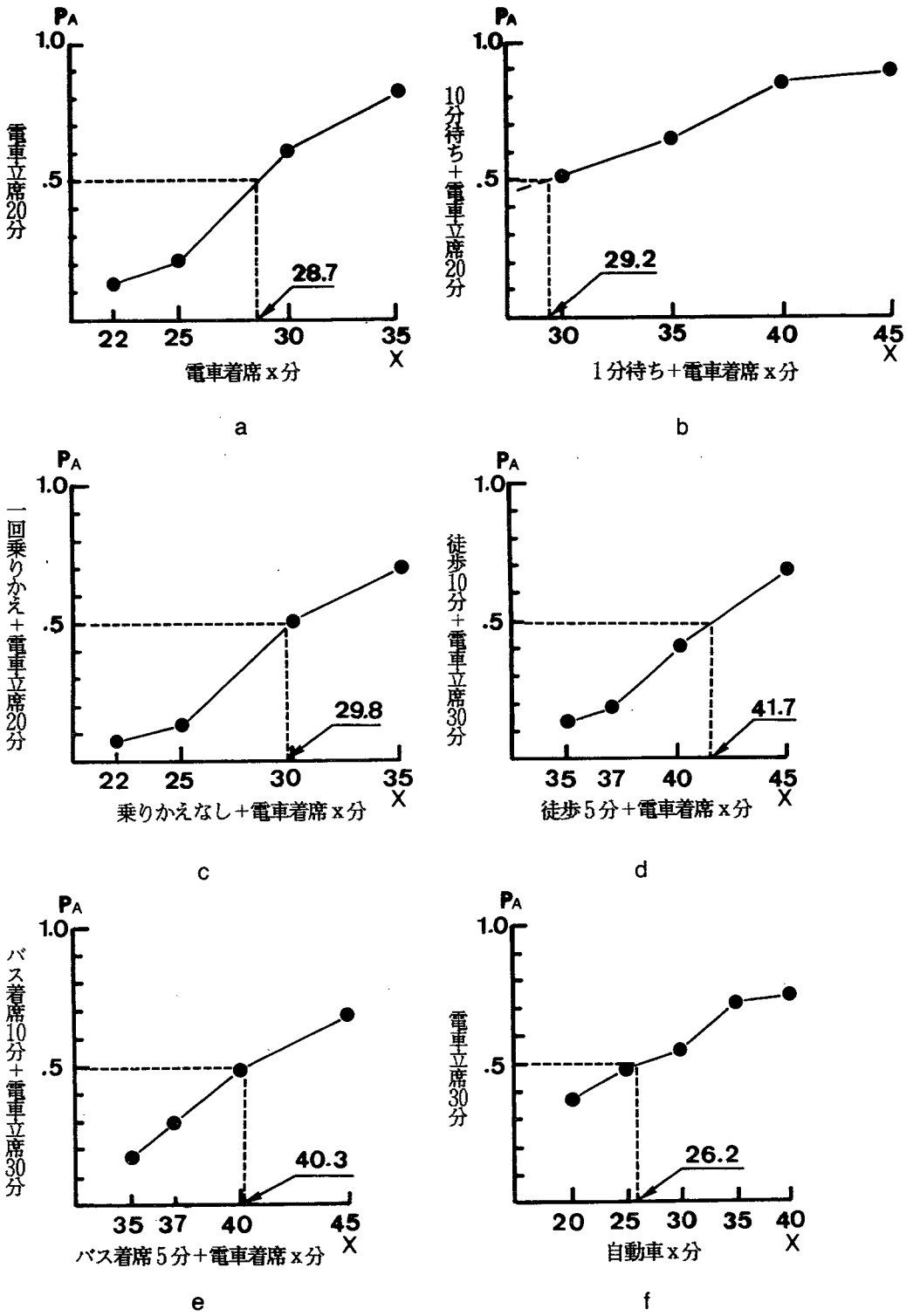


図３－５　通勤交通における交通モード別選択率の分布

る選択率を求め，この選択率が50％となる点のxを求めた。このとき，図上の点と点との間は直線で結ぶものとした。図3－5(a)に示すように50％タイル値のxは28.7分となり，W_{rs}は1.44（＝28.7／20）となった。他の時間に関するモードの等価時間係数も同様にして求めた。各ケースの50％タイル値の求め方を図3－5に示している。なお，ここで設定したような仮想的な質問にいては，2つの選択肢のそれぞれの効用の定数項b_0は同一とみなしてもよいと思われる。

調査は図3－4に示したような交通モード別等価時間係数を求める項目に加えて，表3－3に示す項目をもつ調査票を作成し，大阪府庁，吹田市役所，阪神高速道路公団の職員を対象に，1981年12月に調査を行い，563の有効回収数を得た。

c)結果

交通モード別等価時間係数を表3－4に示した。鉄道立席の等価時間係数は，全体を対象にした場合，立席20分の場合では1.44，40分の場合で

表3－3　通勤交通における調査項目

	調査項目
個人属性	性別
	年令
	自宅および勤務先住所
	運転免許証の有無
	運転歴
	車の保有台数
	世帯人数
	世帯の通勤人数
	年間収入
通勤交通実態	自宅出発時刻
	勤務先到着時刻
	通勤交通手段・経路
	交通手段別所要時間
	電車での混雑状態
	バスでの混雑状態
等価時間係数	電車立席
	電車待ち
	乗り換え
	徒歩
	自転車
	バス着席，立席
	車
時間価値	電車利用の通勤交通
	電車利用の買物・レジャー交通

表3－4　通勤交通における等価時間係数

		電車（立席）		バス		自動車		自転車	徒歩	待ち	乗り換え（1回）
		20分	40分	（着席）	（立席）	VS 鉄道30分	VS 鉄道60分				
調査対象	大阪府庁	1.43	1.36	1.99	2.75	1.25	1.23	2.37	2.31	0.95	9.63
	阪神高速道路公団	1.44	1.36	1.94	2.75	0.98	1.11	2.24	2.37	0.99	9.77
	吹田市役所	1.44	1.41	2.35	2.93	1.11	1.20	2.53	2.38	1.00	10.25
性別	男性	1.43	1.37	2.01	2.77	1.12	1.20	2.39	2.33	1.00	9.85
	女性	1.45	1.40	2.33	2.94	—	—	2.21	2.43	1.11	9.55
年令（歳）	1～24	1.38	1.28	2.08	2.87	—	—	1.73	2.04	0.83	8.45
	25～29	1.45	1.38	1.94	2.79	1.03	1.18	1.86	2.39	0.89	9.11
	30～34	1.43	1.36	1.99	2.70	1.02	1.21	2.48	2.35	0.92	10.19
	35～39	1.45	1.38	1.95	2.67	1.22	1.21	2.54	2.42	0.95	10.63
	40～45	1.42	1.40	2.44	3.06	1.21	1.22	3.20	2.36	1.21	9.80
	45～	1.45	1.36	2.21	3.00	1.22	1.22	2.50	2.25	1.67	10.86
運転免証	有	1.43	1.36	2.02	2.79	1.15	1.20	2.34	2.32	0.94	9.63
	無	1.44	1.40	2.13	2.83	—	—	2.46	2.41	1.17	10.14
自家用車	有	1.43	1.36	2.10	2.79	1.07	1.20	2.28	2.35	0.83	9.77
	無	1.45	1.39	1.98	2.79	1.24	1.20	2.44	2.32	1.20	9.88
年間収入（万円）	200未満	1.41	1.33	1.85	2.73	—	—	1.83	2.29	0.67	8.52
	200台	1.43	1.32	2.00	2.65	1.21	1.21	1.90	2.17	1.00	9.42
	300台	1.46	1.38	1.97	2.91	1.16	1.21	2.39	2.35	1.57	10.59
	400台	1.44	1.39	2.04	2.57	1.08	1.18	2.45	2.33	0.92	10.10
	500台	1.42	1.35	1.95	2.76	0.97	1.00	2.70	2.39	1.01	9.47
	600以上	1.41	1.39	2.80	3.04	1.27	1.26	3.00	2.78	1.19	10.42
全体		1.44	1.37	2.05	2.79	1.15	1.21	2.37	2.35	1.02	9.80

もほぼ等しく，1.37の値を示した。また，グループ別にみても，変動は少なく，ほぼ，1.4で安定しているといえよう。

バス着席の等価時間係数は，全体では2.05を示した。グループ別では，吹田市，女性，年令40才以上，年間収入600万円以上で，比較的高い値を示した。バス立席の等価時間係数は，全体では2.79となり，バス着席の場合に比べて，0.74高くなった。グループ別では，バス着席の場合ほど大きな変動はないものの似かよった傾向を示した。

自転車の等価時間係数は，全体で2.37となったが，グループ別では，年令が若いほど小さく，収入が多いほど高くなる傾向を示した。徒歩の場合は，全体では2.35となった。グループ別の変動は小さく，ほぼ安定しているが，24才以下でやや小さく，年間収入600万円以上で高くなった。

待ち時間については，全体では1.02と鉄道着席の場合とほぼ等しい結果を示した。グループ別では，年令の若い層ほど小さくなる傾向にあった。全データによる乗り換え1回の等価時間係数は，9.80となり，乗り換え1回が鉄道着席の約10分に相当することが判明した。また，24才以下および所得が200万未満でやや小さくなった。自動車を自分で運転して行く場合の等価時間係数は，鉄道30分に対する場合，1.15，60分に対する場合，1.21となり，ほぼ1.2を示した。

このように，等価時間係数は交通モードにより異なる値を示すことが明らかになった。特に，電車，バスの場合，着席状態と立席状態では明らかな差異を示した。一方，電車と自動車については所要時間を2ケース設定して比較したが，明確な差異はみられなかった。個人属性による変動状況は，自転車と待ち時間，乗り換え回数において，年令が上がるにつれて係数が高くなる傾向がみられた。また，バスの場合も40才以上で高くなったが，それ以外では特徴的な傾向はみられなかった。以上のことより，交通手段選択モデルとして実用化を図る場合，モード別に等価時間係数を設定することの妥当性は示されたと思われるが，さらに，特に年令により係数に違いがみられたモードについては，年令によりセグメント化し，年令別モデルを開発することも考えられる。

(2) 業務交通の場合

a) 調査の概要

業務交通における交通モード別等価時間係数を，通勤交通の場合と同様にして求めるため，図3－6に示すような調査票を作成した。このとき，対象とした交通モードは，鉄道立席，徒歩，待ち，乗り換えの4つである。他の交通モードについては，大阪都心の業務交通においてあまり重要でないと思われるため省略している。ほかにも，表3－5に示す項目を含めて調査票を作成し，業務交

F あなたが仕事で公共交通機関（電車、バスなど）に乗って目的地まで行くとしたさい、下の1から28までの各質問にあげる二つの状況のうち、どちらがより好ましいとお感じになりますか。それぞれのAとBのうち、好ましいと思われる方に○印をつけて下さい。

1	A	立ったまま10分乗って行く場合	B 12分かかるが、座っていける場合
2	A	同上	B 15分かかるが、座っていける場合
3	A	同上	B 20分かかるが、座っていける場合
4	A	同上	B 25分かかるが、座っていける場合

図3－6 業務交通における等価時間係数を求める質問

表3－5　調査項目（業務交通）

	調査項目
個人属性	性別
	年令
	業務内容
	運転免許証の有無
	通勤定期の有無
	業務におけるおもな交通手段と頻度
	業務目的地
負担意識	最寄り駅からの徒歩
	バス停からの徒歩
	直行タイプの徒歩
	待ち時間
	乗り換え回数
	乗り換え時間
	公共交通の混雑
等価時間係数	電車・バス立席
	徒歩
	待ち時間
	乗り換え

通が多量に発生する大阪市内都心4区（北，東，南，西区）に事業所を有する大企業約30社を抽出し，1社当たり原則として30名，合計約1000名にアンケート用紙を配布した。事業所は，1970年に行われたパーソントリップ調査で用いられた4桁ゾーン単位に，従業者数の多いところから，従業者数にほぼ比例するようにして抽出した。また，事業所が特定地点に集中するのを避けるために，鉄道駅からの距離に応じて抽出した。調査票の回収状況を表3－6に示した。なお，調査は1980年11月から12月にかけて行った。

表3－6　調査票の配布・回収状況

	北区	東区	南区	西区	その他	合計
配布事業所数（か所）	12	12	4	4	2	34
有効回収数（人）	249	300	104	110	60	823

b）等価時間係数

通勤交通の場合と同様にして，等価時間係数を求めた。結果を，図3－7，表3－7に示した。図3－7は，全体のデータに対する選択率をプロットし，50％タイル値の求め方を示したものであり，表3－7は，このようにして求めたグループ別の等価時間係数を示したものである。

表3－7　業務交通における等価時間係数

		立席電車		徒歩		待ち		乗り換え1回
		10分	20分	A	B	C	D	
性	男	1.56	1.50	2.07	2.14	2.06	2.08	8.69
	女	1.66	1.49	2.00	1.95	1.99	1.97	8.48
年令	29才以下	1.61	1.48	2.01	2.01	1.97	1.96	8.38
	30才代	1.57	1.55	2.07	2.15	2.06	2.07	8.73
	40才代	1.50	1.47	2.08	2.16	2.12	2.17	8.78
	50才以上	1.66	1.52	2.16	2.18	2.12	2.10	9.12
業務内容	管理職	1.44	1.50	2.07	2.16	2.10	2.16	8.15
	事務	1.62	1.52	2.04	2.07	2.02	2.02	8.63
	販売	1.55	1.47	2.06	2.16	2.07	2.11	8.99
	他	1.61	1.48	2.18	2.13	2.09	2.00	10.00
免許	有	1.57	1.53	2.07	2.13	2.07	2.08	8.72
	無	1.59	1.48	2.03	2.06	2.01	2.03	8.56
定期	有	1.57	1.50	2.04	2.09	2.04	2.05	8.65
	無	1.59	1.51	2.19	2.21	2.11	2.15	8.50
業務交通手段	地下鉄	1.58	1.50	2.04	2.09	2.03	2.05	8.46
	他の鉄道	1.60	1.51	2.08	2.13	2.06	2.05	8.75
	バス	1.73	1.58	2.33	2.46	2.14	2.12	9.64
	タクシー	1.54	1.48	2.03	2.13	2.08	2.11	8.13
	自動車	—	1.47	2.19	2.64	2.22	2.15	10.00
	徒歩・2輪	1.67	1.48	2.05	2.07	2.08	2.10	8.66
回数	1回/日未満	1.51	1.47	2.02	2.08	1.98	2.00	8.17
	1，2回/日	1.60	1.54	2.08	2.10	2.06	2.08	8.82
	2回/日以上	1.64	1.48	2.07	2.14	2.14	2.13	8.94
全体		1.58	1.50	2.06	2.10	2.05	2.06	8.66

注）A＝座って10分乗ったあと，10分歩く場合
B＝座って20分乗ったあと，10分歩く場合
C＝10分待ったあと，座って10分乗る場合
D＝10分待ったあと，座って20分乗る場合

鉄道立席の等価時間係数は，全体を対象にした場合，立席10分の場合では，1.58，立席20分の場合では，1.50とほぼ等しい値となった。グループ別では，1.47から1.73まで変動しているが，顕著な変動特性はみられなかった。

徒歩で，全体を対象とした場合，「座って10分乗ったあと10分歩く場合」は2.06，「座って20分乗ったあと10分歩く場合」は2.10と，ほぼ等しい値を示した。グループ別では，業務におもにバスを用いるグループが2.3～2.5と比較的高い値を示したものの，他のグループは比較的安定した値を示した。

待ち時間の等価時間係数は，全体の場合，「10分待ったあと，座って10分乗る場合」は，2.05，「10分待ったあと，座って20分乗る場合」は，2.06ときわめて類似した値を示した。グループ

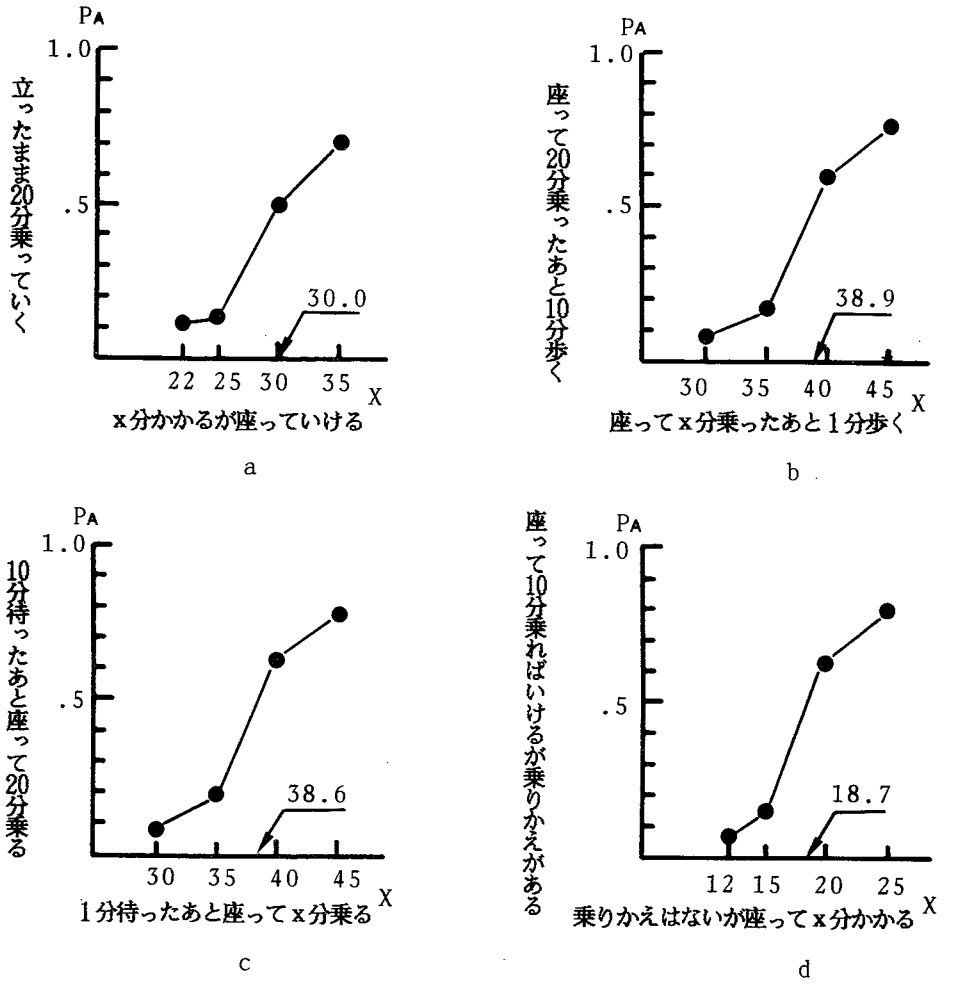


図3－7　業務交通における交通モード別選択率の分布

別では，業務に自動車を利用するグループがやや高い値を示したものの，他のグループはほぼ似かよった値を示した。

乗り換え1回の場合は，全体で8.66となったが，グループ間では，8.13から10.00の間を変動した。特に，年令が高くなるにつれて，若干，大きくなる傾向がみられた。また，バス，乗用車，貨物車利用者は高い値を示した。

ここでも等価時間係数は交通モードにより異なる値を示すことが確認された。電車立席の場合は，通勤交通のときに比較してやや高い値を示したが，徒歩では逆に低くなった。待ちは徒歩の場合とほぼ等しい値を示したが，通勤交通の場合の約2倍となり，大きな差異を示した。乗り換え1回は通勤の場合より，やや低くなった。また，所要時間の違いによる係数の変化は，各モードとも顕著ではなかった。個人属性による変動では，乗り換え1回において，年令が上がるにつれて高くなる傾向が通勤交通の場合と同様にみられた。

5．交通手段選択モデルの係数決定

(1) モデルの係数決定の方法

式（3・8）で示したロジット型の選択モデルの係数 a，b を，通勤交通と業務交通を対象に，等価時間係数を求めた調査データにより，次の手順で求めることにする。なお，図3－4に示した鉄道立席の等価時間係数を求める質問を例に説明する。

i）選択モデルの単純回帰型への変形

式（3・8）の P_A は次式で示された。

$$P_A = 1/[1+\exp(a\Delta G + b)] \qquad (3\cdot14)$$

さらに式（3・9）は次のように誘導される。

$$ln(1/P_A - 1) = a\Delta G + b \qquad (3\cdot15)$$

ここで，$Y = ln(1/P_A - 1)$，$X = \Delta G$ とおくと，

$$Y = aX + b \qquad (3\cdot16)$$

となり，単純回帰分析により，a，b を求めることができる。

ii）Y の求め方

図3－4に示した「電車で立つ場合」と「座れる場合」の質問において，着席時間22，25，30，35分それぞれの場合につき，A の選択率 P_A が求まる。これより，Y を求める。他のケースについても，同様にして求める。

iii）X の求め方

X は，$\Delta G = G_B - G_A$ で表わされた。そして，G_A は，回答項目 A の場合の一般化時間であり，4節で求めた全体の等価時間係数（表3－4，7）を使い，式（3・5）により計算する。G_B も同様である。たとえば，図3－4に示したケースでは，

$$G_A = W_{rs}\, t_A = 1.4 \times 20 = 28\text{分}$$

「電車に座って22分行く場合」の G_B は，次のようになる。

$$G_B = W_{ro}\, t_B = 1.0 \times 22 = 22\text{分}$$

よって，$X = \Delta G = G_B - G_A = 22 - 28 = -6$ となる。着席25，30，35分の場合も同様にして計算できる。

(2) 選択モデルの係数

前項に示した方法により，選択モデルの係数を求めたところ，次の結果が得られた。

a）通勤交通の場合

通勤交通における選択モデルの係数 a，b を表3－8に示した。「電車立席」対「電車着席」の場合は，立席20分，40分の場合とも，$a = -0.27$ となり，これと同じ a 値を示すものに，「電車乗り換え1回」対「電車乗り換えなし」，「徒歩10分＋電車」対「徒歩5分＋電車」，「バス立席10分＋電車」対「バス立席5分＋電車」のケースがあった。「バス着席＋電車」の選択においては，－0.23となり，「自転車＋電車」の場合も同じ値であった。このように，アクセス手段，乗り換えの有無にかかわらず，電車を利用する場合同士の選択においては，おおむね a は－0.25となった。しかし，待ち時間を含む場合は，－0.15と少し大きな値を示した。「電車着席」対「自動

表3－8　通勤交通における手段選択モデル

交通モード A	交通モード B	モデルのパラメーター a	モデルのパラメーター b	F 値	サンプル数
電車立席20分	電車着席 x 分	−0.27** (10.97)	0.35 (2.87)	120.26**	4
電車立席40分	同　上	−0.27* (6.78)	−0.33 (0.88)	51.60*	
10分待ち＋電車着席20分	1分待ち＋電車着席 x 分	−0.15* (6.83)	0.10 (0.45)	46.64*	
1回乗り換え＋電車着席20分	乗り換えなし電車着席 x 分	−0.27* (6.09)	0.36 (2.18)	73.79*	
徒歩10分＋電車着席30分	徒歩5分＋電車着席 x 分	−0.27** (13.49)	−0.00 (0.00)	179.88**	
バス着席10分＋電車着席30分	バス着席5分＋電車着席 x 分	−0.23* (8.63)	0.12 (1.14)	74.49*	
バス立席10分＋電車着席30分	バス立席5分＋電車着席 x 分	−0.27** (20.44)	−0.01 (0.13)	433.21**	
自転車10分＋電車着席30分	自転車5分＋電車着席 x 分	−0.23** (13.83)	0.04 (0.52)	194.62**	
電車着席30分	車 x 分	−0.07** (8.05)	0.08 (0.89)	63.46**	5
電車着席60分	車 x 分	−0.10** (7.87)	0.33 (2.14)	62.53**	6

注）① （　）内は t 値
② *：5% 有意　**：1% 有意
③ 選択率モデル　$P_A = 1/[1+\exp(a\Delta G + b)]$

車」の場合は，電車同士の選択現象とは異なり，－0.10～－0.07と大きな値を示した。このことは，電車対自動車の場合は，一般化時間差の変動が，電車同士の選択ケースほど，強く選択率に影響を及ぼさないことを示している。なお，$a=0$という帰無仮説に対して検定を行ったところ，すべてのケースとも5％有意となり，帰無仮説は棄却された。

bは，一般化時間差が0のとき，選択率が0.5をとる場合，0を示すのであるが，表3－8に示すように，おおむね0の近辺をとるものの，$|b|$が0.3をこえるものもみられた。しかしながら，t検定の結果，$b=0$の仮説は5％の危険率ではすべてのケースとも棄却されず，おおむね0とみなしてよいものと思われる。モデルの推定性に関するF検定では，すべてのケースとも5％有意となり，モデルの再現性はある程度確かめられた。

b）業務交通の場合

表3－9に示すように，aはおおむね－0.25と通勤交通の場合と似かよった値を示した。しかし，電車立席10分，電車着席10分＋徒歩10分の場合は，それぞれ，－0.20，－0.22とやや大きな値を示した。乗り換えの有無の場合は－0.33と，やや小さな値となった。bは0.07から0.43の間を変動した。また，t検定，F検定とも通勤交通の場合とほぼ同様な結果を示した。

表3－9　業務交通における手段選択モデル

交通モード A	交通モード B	モデルのパラメーター a	モデルのパラメーター b	F値	サンプル数
電車立席 10分	電車着席 x分	−0.20* (4.84)	0.07 (0.29)	23.04*	4
電車立席 20分	同上	−0.25* (7.43)	0.25 (1.39)	55.61*	
電車着席 10分＋徒歩 10分	電車着席 x分＋徒歩 1分	−0.22* (6.33)	0.11 (0.55)	40.09*	
電車着席 20分＋徒歩 10分	同上	−0.25* (7.36)	0.26 (1.33)	54.29*	
10分待ち＋電車着席 10分	1分待ち＋電車着席 x分	−0.25* (6.39)	0.15 (0.67)	40.90*	
10分待ち＋電車着席 20分	同上	−0.26* (7.72)	0.16 (0.83)	59.98*	
電車着席 10分＋1回乗り換え	乗り換えなし 電車着席 x分	−0.33* (7.22)	0.43 (1.88)	52.04*	

注）① （ ）内はt値
② *：5％有意　**：1％有意
③ 選択率モデル　$P_A=1/[1+\exp(aAG+b)]$

6．まとめ

以上，本章では，いくつかの交通手段とか，交通状況の組合わせにおいてなされる交通モードの選択現象のうち，二項選択型現象に着目し，そのモデル化を行った。このとき，効用と選択率の関係は，従来のロジットモデルで示したが，効用は従来とは異なり，一般化時間により説明することを試み，定式化を行った。そして，個々のパラメーターを選択意識調査データにより決定し，次のおもな結論を得た。

(イ) 一般化時間の係数である交通モード別等価時間係数を，通勤および業務交通を対象に求めたところ，おおむね表3－10に示す結果を得た。「立席乗車」の場合，両交通とも，あまり差はみられないが，「徒歩」では，通勤において，やや高くなった。「待ち」では，業務で通勤の2倍と高い値を示した。「乗り換え」では通勤がやや高い値を示した。

表3－10　交通モード別等価時間係数

	通勤	業務		通勤	業務
電車立席	1.4	1.5	バス立席	2.8	—
徒歩	2.4	2.1	待ち	1.0	2.1
自転車	2.4	—	乗り換え	9.8	8.7
バス着席	2.1	—	自動車	1.2	—

(ロ) 選択モデルの係数a（表3－8，9）は，アクセス手段を含めた電車を利用する場合の選択現象においては，おおむね－0.25付近の値を示したが，待ち，乗り換えを含めた場合，通勤と業務において，やや異なる値を示した。通勤交通における電車対車の選択では，約－0.1を示し，電車対電車の場合に比べて，一般化時間差の選択率に及ぼす影響が小さいことが判明した。

参　考　文　献

1) 毛利正光・新田保次：一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデルに関する基礎的研究，土木学会論文報告集，第343号，pp.63～72，1984年3月

2) Quarmby, D. A. : Choice of travel mode for the journey to work, Journal of Transport Economics and Policy, pp.273～314, September, 1967.

3) Stopher, P. R. : Predicting travel mode choice for the work journey, Traffic Engineering and Control, Vol.9, 1968.

4) Stopher, P. R. : A probability model of travel mode choice for the work journey, Highway Research Record 283, 1969.

5) Manheim, M. L. : Fundamentals of transportation systems analysis volume 1 : Basic concepts, MIT press, Massachusetts／London, 1979.

6) 杉恵頼寧：非集計型ロジットモデルによる短期交通政策の評価，第15回都市計画学会学術研究発表会論文集，pp.367～372，1980年11月

7) 原田　昇：鉄道駅・アクセス手段選択行動の分析，第16回都市計画学会学術研究発表会論文集，pp.301～306，1981年11月

8) 杉恵頼寧：非集計多項ロジットモデルによる短期交通政策の評価，交通工学，Vol. 16, No.6, pp.3～11, 1981年 1月

9) 原田　昇・太田勝敏：非集計ロジットモデルの適用性に関する研究，交通工学，Vol. 17, pp.15～23, 1982年3月

10) McIntosh, P. T. and D. A. Quarmby : Generalised costs, and the estimation of movement costs and benefits in transport planning, MAU note 179, Department of Environment, December, 1970.

11) Goodwin, P. B. : Human effort and the value of travel time, Journal of Transport Economics and Policy, Vol.10, No.1, pp.3～15, 1976.

12) Wilson, A. G., A. F. Hawkins, C. J. Hill and D. J. Wagon : Calibration and testing of the SELNEC transport model, Regional Studies, Vol.3, pp.337～350, 1969.

13) Costinett, P. J. : Modal split ; theory and practice, Proceedings of Annual Symposium, Promoting Public Transport, Universtity of Newcastle-upon-Tyne, April, 1973.

14) Rogers, K. G., G. M. Townsend and A. E. Metcalf : Planning for the work journey, Report C67, Local Government Operations Research Unit, April, 1970.

15) Steele, W. A. and K. G. Rogers : Predicting multimodal choice, Report C139, Local Government Operations Research Unit, December, 1973.

16) Davies, A. L. and K. G. Rogers : Modal choice and the value of time, Report C143, Local Government Operations Research Unit, 1973.

17) 谷　明良・宮武信春：通勤経路選好特性の計量化手法，土木学会論文報告集，No.267, pp.83～87, 1977年11月

18) Harrison, A. J. and D. A. Quarmby :

The value of time in transport planning, Sixth Round Table, ECMT, Paris, 1969.
19) Goodwin, P. B. : Value of time, Round Table 30, ECMT, Paris. 1976.
20) 太田勝敏：非集計モデルに関する研究－高速道路利用経路選択問題への適用例－，新谷・太田研究室，1979年．
21) Keeney, R. L. : Multiplicative utility functions, Operations Research, Vol.22, No.1, pp.22～34, 1974.
22) 河野博史・永鉋揚四郎・吉田雅敏：多属性効用理論による公害（騒音）評価率の計測，日本交通政策研究会，1978年

第4章　いくつかの交通行動における時間価値[1)]

1. はじめに

時間と費用は従来より，交通行動者が交通手段や経路を選択する際の重要な2大要因と言われてきた。しかしながら我国においては，選択現象把握の際，時間については比較的詳しく分析されてきたが，費用について独自に研究した例は少ない。交通手段や経路を選択する際，時間と費用のトレードオフ関係により意思決定を行なっているケースが多いが，このとき異なる次元の両者を結びつける指標として時間価値が考えられた。時間価値は分母に時間，分子に金額をとり，時間を金額に換算する指標である。ところで，時間価値に関する研究の系譜をまとめたものとして青山ら[2)]の研究がある。これによると，時間価値についての研究には5つの系統の流れがあることが示されている。これらは1)所得　2)費用関数　3)行動モデル　4)効用理論　5)土地価格による方法である。本研究で用いる時間価値は2節で示しているように，各経路に費される時間と費用を基準モードの所要時間にすべて換算して一般化時間として表現するための，とくに費用を時間に換算する係数としての意味を持っている。そして，この一般化時間は2節で示す確率効用理論にもとづく2項選択型ロジットモデルの効用関数を形づけるものとして考えられており，ここで用いられる時間価値も必然的にこのモデルを前提として誘導される。よって，本研究において対象とする時間価値は，青山がいうところの行動モデルによる方法に該当するものと思われる。

本章では，いくつかの交通手段選択現象が考えられるなかでとくに，鉄道を使って通勤する際の経路選択における時間価値，同様に買物・レジャーに鉄道を使う場合の時間価値，P＆R通勤者を対象とした駅周辺の駐車場選択における時間価値，この3種類の時間価値をアンケート調査データをもとにして求めることにした。

2. 交通手段選択モデルと時間価値の求め方

すでに3章において，いくつかの交通モードの組み合わせにおいてなされる交通を対象とした，2項選択型の交通手段選択モデルを一般化時間を組み込んで定式化した。このとき，交通手段選択モデルは式（3・8），一般化時間は式（3・5）で表現した。しかしながら，一般化時間を求める式（3・5）では，その費用に関する項Mが交通経路全体にわたって費される費用の総和として表現されるにとどまっていた。現実には，鉄道やバスの料金，自動車の走行費用や駐車料金など，いくつかの異なるモードの費用により構成されるケースが多いので，ここでは，一般化時間を求める式をさらに一般的なものに拡張することを試みた。つまり，Mをモード別の費用に分割し，それぞれ時間価値が異なるものとして，一般化時間Gを次式のように表現することにした。

$$G=\sum_{i=1}^{I}\mu_i t_i+\mu_e N+\sum_{j=1}^{J}m_j/\lambda_j \qquad (4\cdot1)$$

ただし，m_j＝モードjに関する費用
（$j=1,2,\cdots,J$）
λ_j＝モードjの時間価値
（$j=1,2,\cdots,J$）

ところで，式（4・1）における等価時間係数μ_i

については，3章において，表4－1に示すように通勤時の代表的な交通モードを対象にすでに求めるとともに，μ_eについても推定しているので本章では残された時間価値を推定することにした。この場合の推定方法は3章で述べた等価時間係数を求める方法とほぼ同様である。

表4－1　通勤交通における交通モード別等価時間係数

鉄道		バス		車	自転車	徒歩	乗りかえ一回
着席	立席	着席	立席				
1.0	1.4	2.1	2.8	1.2	2.4	2.4	9.8

つまり，A，Bという2つの経路の選択現象を考えるとすると，Aを選択した場合の効用の確定項U_A，Bを選択した場合のそれU_Bは，式（4・1），（3・6）より

$$U_A = b_1\left(\sum_{i=1}^{I} \mu_i t_{iA} + \mu_e N_A + \sum_{j=1}^{J} m_{jA}/\lambda_j\right) + b_0 \qquad (4\cdot2)$$

$$U_B = b_1\left(\sum_{i=1}^{I} \mu_i t_{iB} + \mu_e N_B + \sum_{j=1}^{J} m_{jB}/\lambda_j\right) + b_0 \qquad (4\cdot3)$$

となる。このとき，定数項b_0は3章で述べた理由により経路A，Bで異ならないものとしている。次に，今，$i=1$のモードの時間を基準にした時間価値λ_1を求めるとすると，t_1, m_1以外の属性の値および定数項b_0を，A，Bともに同一とおいて次のようにして求める。この同一部分をαで示すと

$$U_A = b_1(t_{1A} + m_{1A}/\lambda_1 + \alpha) + b_0 \qquad (4\cdot4)$$

$$U_B = b_1(t_{1B} + m_{1B}/\lambda_1 + \alpha) + b_0 \qquad (4\cdot5)$$

となり，$U_A = U_B$とおくと，λ_1は，

$$\lambda_1 = (m_{1B} - m_{1A})/(t_{1A} - t_{1B}) \qquad (4\cdot6)$$

として求まる。そして，等価時間係数の場合と同様，$U_A = U_B$のとき，$P_A = P_B = 0.5$となることを利用して，次節以下で時間価値を推定することにした。

3. 通勤交通における鉄道選択時の時間価値

(1) 時間価値の求め方

図4－1に示す質問項目を持つアンケート調査を，1981年12月に大阪府庁，吹田市役所，阪神高速道路公団の職員を対象に実施した。この調査においては，図4－1に示した，直接，時間価値に関連する質問項目以外に，個人属性，通勤交通実態，等価時間係数把握のための質問なども含まれている。回収数は，大阪府庁194，吹田市役所188，阪神高速道路公団181，計563票となった。時間価値は，この調査データをもとに，2節で示した方法により，具体的には次に示す方法で求めた。

問17　今、AからBへ行くのに鉄道が2本あります。一方は他方に比較して速度は早いが、料金は高い場合、**出勤時**AからBへ行くのにどちらの鉄道を利用されますか。通勤手当はいずれも支給され、自己負担はありません。

1．高くても早い方を利用する。

2．二つの路線の通勤定期代と所要時間から、どちらを利用するか判断する。

問18　出勤時にAからBへ行くのに、一方の鉄道を利用すると、所要時間が**30分**、1ケ月の定期代が**5000円**かかります。他方は**20分**で行けますが定期代が高くなります。**いくら以下**なら、**20分**で行ける鉄道を利用されますか。

1．6000円　2．7000円　3．8000円

4．9000円　5．10000円以上（　　円）

問19　出勤時にAからBへ行くのに、一方の鉄道では**60分**、1ケ月定期代が**10000円**かかります。他方の鉄道では**40分**の場合、1ケ月の定期代が**いくら以下**ならこの鉄道を利用されますか。

1.12000円　2.14000円　3.16000円　4.18000円

5.20000円　6.その他（　　円）

図4－1　通勤交通の時間価値に関する質問項目

今，OからPへ行くのに，A，Bという鉄道が2本あるとし，次の所要時間と費用を有するものとする。これら2つ以外の要因は，両鉄道を使った経路とも同一であると仮定する。

鉄道Aの場合，所要時間30分，

1カ月定期代5,000円

鉄道Bの場合，所要時間20分，

1カ月定期代X円

この時，各被験者は，図4－1の問18のように，スピードは早いが，費用が高くなる鉄道Bを選択する際の一ケ月定期代の上限値Xを答えるよう指示される。しかしながら，直接，このXを回答するよう被験者に要求しても，判断に苦しむと思われるので，問18のように，1,000円オーダーでの選択肢に回答するようにした。この回答値をもとに，式(4・6)により，各個人につき，時間価値が求められるが，選択確率が50％となる時のXの値は，たとえば，問18で7,000円に回答したとすると，正確には，7,000±500円の範囲内に存在し，7,000円でもって代表させるには誤差が大きいと考えられるので，次のように集計化したデータを用いることにした。

たとえば，回答者総数100人として，6,000円に回答した人10人，7,000円30人，8,000円20人，9,000円30人，10,000円10人とすると，Bが6,000円を少しでも越えた値でのAの選択率は0.1(＝10／100)，7,000円の場合では0.4(＝(10＋30)／100)となる。このようにXの値に応じて求めた鉄道Aの選択率が図4－2に示すように変化したとすると，この時Aの選択率が50％に相当するXの値は7,500円となる。よって時間価値は，式(4・6)より，

$$\lambda = (7500-5000)/(30-20) = 250 \qquad (4\cdot7)$$

となる。ただし，この場合の時間価値は式(4・7)の分母が地点OからPへ行く場合の片道の所要時間差で示され，分子がOP間の1カ月の通勤定期代の差で示されていることに注意を払う必要がある。よって，この場合の時間価値は，片道鉄道1分間を1カ月の定期代(円)に換算して表わしたものとなる。なお，この時，問18に示すケース以外に，鉄道Aが60分，1カ月定期代が1万円，鉄道Bが40分のケースについても同様にして時間価値を求め，これらの時間価値の比較も行った。

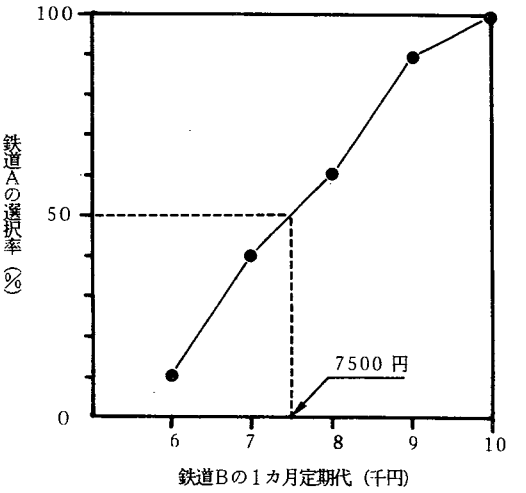


図4－2　鉄道Aの選択率の分布例

(2) 結　果

図4－1の問17では，A地点からB地点に行くのに2つの鉄道，一つは速度は速いが料金が高く，他は速度は遅いが料金が安いという鉄道があった場合，どちらを利用するかを問うている。この時，通勤手当は支給されるものとしている。結果を表4－2に示したが，回答総数535のうち，「高くても早い方を利用する」と答えた人は337人で63.0％を占めた。残りの198人(37.0％)が「運賃と所要時間から判断する」と答えている。このように，通勤手当が全額支給される場合でも，運賃と所要時間を考慮して鉄道の経路選択をする人が約4割にのぼったということは興味深い。

さらにグループ別にみてみると，大阪府庁と吹田市役所では「高くても早い方を利用する」割合が10％以上の差を有している。大阪府庁の職員は吹田市役所の職員に比較して，通勤時間が長いが，このことが影響していることも考えられる。

表4－2　問17の鉄道選択判断結果

属性＼選択肢		高くても早い方を利用する		運賃と所要時間から判断する		合計	
		回答数	%	回答数	%	回答数	%
事業所	大阪府	133	69.3	59	30.7	192	100.0
	阪神高速道路公団	107	61.1	68	38.9	175	100.0
	吹田市	97	57.7	71	42.3	168	100.0
性	男	302	63.4	174	36.6	476	100.0
	女	35	60.3	23	39.7	58	100.0
年令（歳）	～24	30	73.2	11	26.8	41	100.0
	25～29	53	60.9	34	39.1	87	100.0
	30～34	116	71.6	46	28.4	162	100.0
	35～39	73	65.8	38	34.2	111	100.0
	40～44	36	53.7	31	46.3	67	100.0
	45～	27	42.9	36	57.1	63	100.0
免許	有	231	63.5	133	36.5	364	100.0
	無	104	62.3	63	37.7	167	100.0
車	有	202	66.2	103	33.8	305	100.0
	無	135	59.5	92	40.5	227	100.0
年間収入（万円）	～200	22	55.0	18	45.0	40	100.0
	200台	53	68.8	24	31.2	77	100.0
	300台	111	68.9	50	31.1	161	100.0
	400台	74	60.2	49	39.8	123	100.0
	500台	41	56.9	31	43.1	72	100.0
	600以上	28	54.9	23	45.1	51	100.0
全体		337	63.0	198	37.0	535	100.0

年令別では，おおむね若い層より，高令層ほど「運賃と所要時間から判断する」割合が高く，また，年令と比例関係にあると思われる収入別でも，収入が多い層ほど，この割合が高くなっている。性別，免許証の有無別ではあまり差はみられない。自家用車の有無別では，保有している層において「高くても早い方を利用する」と答えた割合が高くなっている。

次に，「運賃と所要時間から判断する」と回答した人を対象に，問18，19に示す時間価値を求める質問を行った。このデータをもとに先に示す方法により求めた時間価値を表4－3に示した。なおこのとき，所要時間の差異による時間価値の変動状況をみるため，問18では所要時間30分と20分の場合の選択問題，問19では60分と40分の場合の選択問題とした。

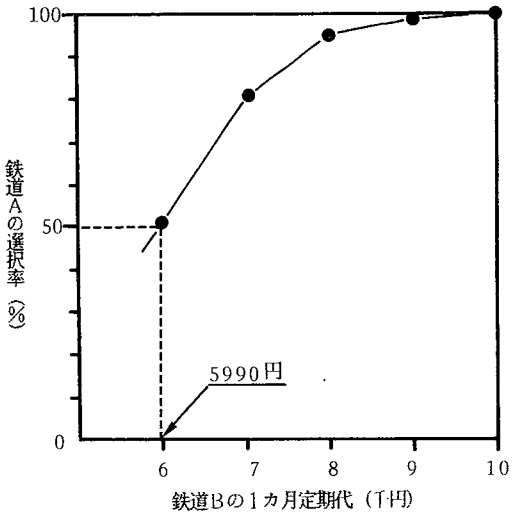
表4－3　鉄道を利用する場合の時間価値

属性＼交通目的		通勤交通 *1)		買物・レジャー交通 *2)	
		問18	問19	問20	問21
事業所	大阪府	111.9	142.7	3.6	3.9
	阪神高速道路公団	119.1	116.0	3.4	4.2
	吹田市	75.1	117.5	3.3	3.6
性	男	94.0	122.2	3.5	3.9
	女	(166.7)	(156.3)	3.4	4.0
年令（歳）	～24	(175.1)	(150.0)	3.3	3.6
	25～29	127.2	130.7	3.3	4.3
	30～34	85.7	139.5	3.7	4.2
	35～39	134.5	146.5	3.6	3.8
	40～44	57.1	39.7	3.0	3.3
	45～	81.6	107.2	3.6	3.8
免許	有	90.1	120.6	3.5	3.9
	無	127.1	135.9	3.4	3.8
車	有	103.1	128.4	3.5	4.0
	無	108.8	122.2	3.4	3.8
年間収入（万円）	～200	(150.0)	(128.5)	3.5	3.3
	200台	(128.6)	(136.4)	3.4	4.3
	300台	85.5	118.3	3.3	3.9
	400台	100.0	136.1	4.1	4.1
	500台	122.3	121.3	3.2	3.8
	600以上	(100.0)	(130.0)	3.4	3.9
全体		99.0	123.0	3.3	3.8

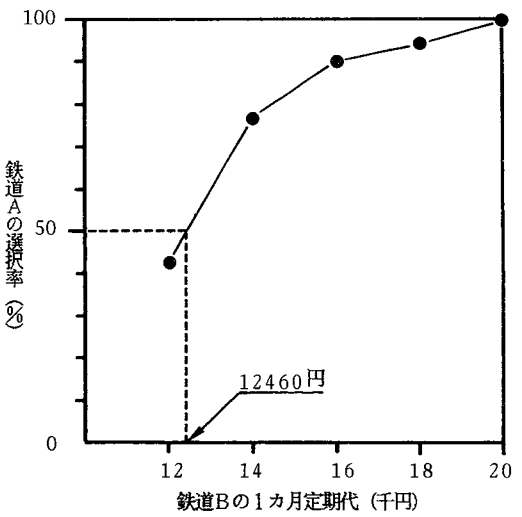
(注) ＊1）通勤交通の場合の時間価値の単位は、鉄道片道1分間あたりの1ケ月定期代の金額(円)である。
＊2）買物・レジャー交通の場合の時間価値の単位は、乗車券を買って乗った場合の1分間あたりの金額(円)である。
＊3）（　）はデータ数30以下のもの。

問18のケースでは，全回答者を対象にした場合，鉄道片道1分間の時間価値は1カ月定期代にして99.0円となった。この時の鉄道B（所要時間20分，1カ月定期代X円）のXの各値に対する鉄道Aの選択率の分布状況を図4－3（a）に示した。鉄道Aの選択率50％に相当するXは5,990円

となり，時間価値 99.0 円／分は（ 5990 －5000 ）／（ 30－20 ）により求められた。問 19 の場合も同様にして図 4 － 3（b）に示す値をもとにして，123.0 円／分と計算された。この値は 1 カ月の定期代で測った場合の 1 分間の時間価値であるが，仮に 1 カ月に 25 日通勤に往復，鉄道を利用する



（a） 鉄道A、所要時間30分、定期代5000円の場合



（b） 鉄道A、60分、 10000円の場合

図 4 － 3 鉄道 1 カ月定期代と選択率の関係（全体）

とすると，1 カ月 50 回この鉄道に乗ることになる。よって，1 回乗車あたりの時間価値は，問 18 のケースの場合，99 ÷ 50 ＝ 2.0 円／分，問 19 のケースでは 2.5 円／分となる。

グループ別に時間価値をみると（表 4 － 3，図 4 － 4 ），問 18 のケースの場合，おおむね収入が増加するにつれて時間価値は大きくなっている。しかし，それ以外では顕著な特徴はみられなかった。問 19 のケースでは，収入階層別においても明確な特徴は見られなかったが，いずれのグループにおいても，おおむね問 19 のケースの方が問 18 による時間価値より大きくなった。このことは，所要時間が 60 分といった鉄道における時間短縮に支払われる金額は，これより短かい所要時間が 30 分の場合の同一時間の短縮に対して支払われる金額より大なることを示している。

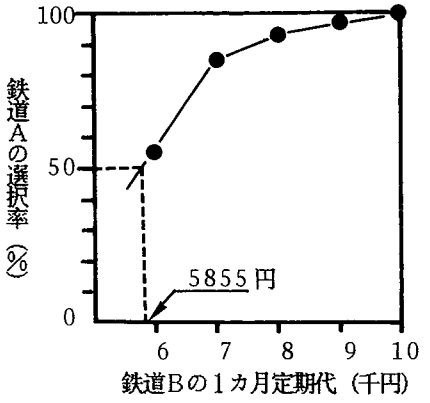
4. 買物・レジャー交通における鉄道選択時の時間価値

(1) 調査方法

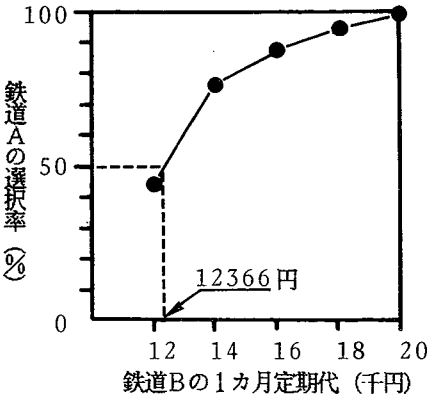
3 節に示した通勤時鉄道を利用した場合の時間価値を求める調査票に，図 4 － 5 に示す買物・レジャー交通時の鉄道に関する時間価値を求める質問項目，問 20 ，21 を加えて，調査を行った。この時，これらの質問にみられるように，前節の場合の 1 カ月定期代に変えて，ただ，片道料金をおいている。問 20 においては，一方の鉄道を所要時間 30 分，料金 200 円（この鉄道を鉄道 A と称す），他方（鉄道 B と称す）を所要時間 20 分，料金を X 円とおいて，X の値別に鉄道 B の選択意識を問うている。問 21 では，これに比較して所要時間と料金が 2 倍になるケースで同様の質問をした。

(2) 結 果

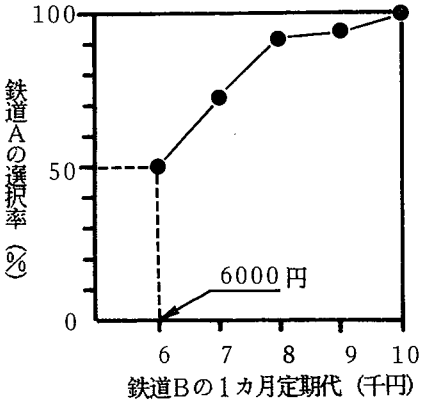
時間価値の求め方は前節と同様である。全回答者を対象にした場合の問 20 での時間価値は，表 4 － 3 に示すように 3.3 円／分となった。この時の鉄道 B の料金に対応する鉄道 A の選択率の分布



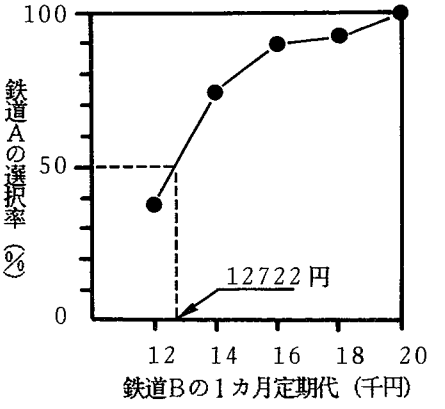
（a－1）　鉄道A、30分、5000円
年間収入 300万円台



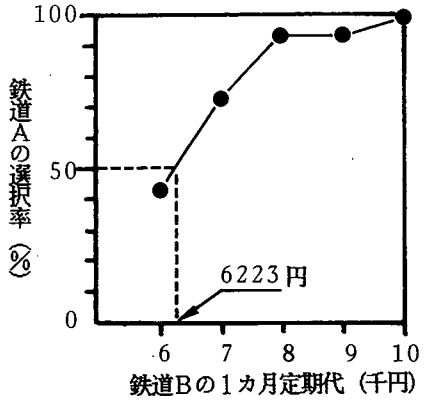
（a－2）　鉄道A、60分、10000円
年間収入 300万円台



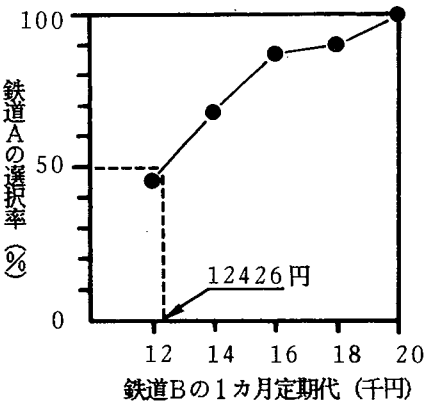
（b－1）　鉄道A、30分、5000円
年間収入 400万円台



（b－2）　鉄道A、60分、10000円
年間収入 400万円台



（c－1）　鉄道A、30分、5000円
年間収入 500万円台



（c－2）　鉄道A、60分、10000円
年間収入 500万円台

図4－4　鉄道1カ月定期代と選択率の関係（年収別）

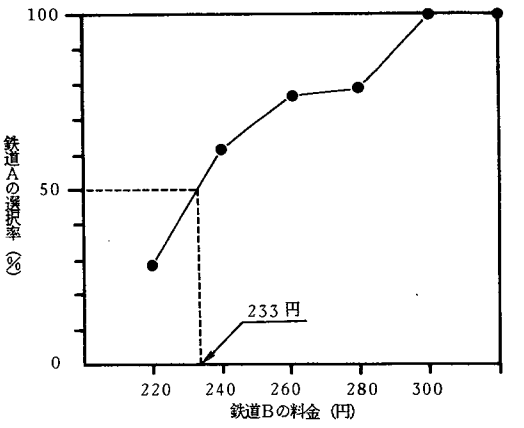
状況を図４－６（a）に示した。鉄道Aの選択率の50％タイル値は233円となり，時間価値は（233－200）／（30－20）＝3.3円／分として計算された。同様に，問21の所要時間が長く，料金が高くなるケースについての選択率の分布状況を図４－６（b）に示した。この時，時間価値は3.8円／分（＝（476－400）／（60－40））とな

問20　**買物やレジャーで出かけられる場合**、AからBへ行くのに二つの鉄道路線があり、一方は所要時間**30分**で料金は**200円**かかります。他方は所要時間**20分**ですが、料金は高くなる場合、料金が**いくら以下**ならこの鉄道を利用されますか。
1．220円　2．240円　3．260円
4．280円　5．300円　6．その他（　　円）

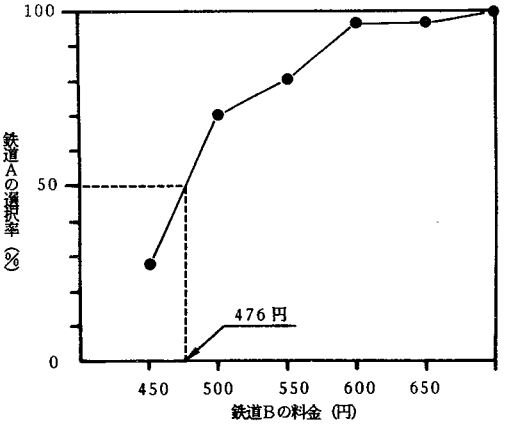
問21　**買物やレジャーで出かけられる場合**、AからBへ行くのに二つの鉄道路線があります。一方は所要時間**60分**で料金は**400円**かかります。他方は**40分**で行けますが、料金が高くなる場合、料金が**いくら以下**ならこの鉄道を利用されますか。
1．450円　2．500円　3．550円　4．600円
5．650円　6．700円　7．その他（　　円）

図４－５　買物・レジャーの時間価値に関する質問項目

り，所要時間，料金とも小さい問20のケースより，0.5円／分大きくなった。３節に示した鉄道定期代に換算した場合も，同様の結果を示しており，１時間くらいかかる場合での時間短縮においては，30分くらいかかるケースでの同一時間の短縮に対してより，より多くの費用を負担してもよいとの意識を回答者が有することがうかがわれよう。また，３節で求めた全回答者に対する時間価値を，１カ月に50回鉄道に乗車するとして，１回乗車あたりの時間価値に換算したところ，問18のケースでは2.0円／分，問19の場合2.5円／分となり，本節での買物・レジャー交通時のように切符を買うケースでの時間価値より小さくなっている。



(a)　鉄道A、30分、料金 200円の場合



(b)　鉄道A、60分、料金 400円の場合

図４－６　買物・レジャー交通時の鉄道料金と選択率の関係の関係（全体）

5．通勤時有料駐車場を選択する場合の時間価値

(1)　調査方法と時間価値の求め方

通勤時に自動車を利用している人を対象に，図４－７に示す質問項目を持つ調査を行った。この質問においては，次のような駐車場の選択現象を想定している。今，駅の近くに駐車料金と駅までの徒歩時間の異なるA，B２つの有料駐車場があるとする。駐車場Aは駅まで歩いて３分，１カ月の駐車料金が7,000円，駐車場Bは駅まで歩いて８分，Aより５分時間がかかるが駐車料金が安く

問22 **【自動車利用の方のみ、お答え下さい】**

今、自宅から駅まで自動車を利用し、それから鉄道に乗りかえ、通勤・通学先まで行くとします。このとき、駅の近くにA・Bという2つの有料駐車場があります。駐車場Aの場合、**駅まで歩いて3分、1ケ月の駐車料金が7000円**です。駐車場Bの場合は、駅まで歩いて**8分**でAより5分長くなりますが、駐車料金は安くなります。**駐車料金がいくらまでならBの駐車場を利用されますか。**なお、駐車料金は自己負担とします。

1. 6500円　2. 6000円　3. 5500円　4. 5000円
5. 4500円　6. 4000円　7. 3500円　8. 3000円
9. その他（　　）円まで

図4－7　駐車場選択時の時間価値を求める質問項目

なる。このとき，Bの駐車場を選択する際の料金の許容限度を問うている。

この時，徒歩時間1分に相当する時間価値を，1カ月の駐車料金に換算して求めたが，この考え方は3節に示したものと同じである。たとえば，駐車場A，Bの選択率が50％をとる時の駐車場Bの料金をX円とすると，時間価値は（7000－X）／（8－3）として求まる。

なお，本調査は駅周辺に実際にP＆Rしている通勤・通学者を対象に行ったものであることから，図4－7の問22において想定したP＆Rは，調査対象者にとってある程度現実性を有するものと考えられる。この調査は1983年10月に北大阪急行千里中央，江坂，阪急北千里，山田，南千里，京阪樟葉の6駅で実施され，1131人から回収を得た。なお，ここでの分析では通勤者のみを対象としている。

(2)　結果

表4－4にグループ別の時間価値を示した。全回答者を対象にした時間価値は，徒歩1分あたり566円となった。グループ別にみると，性別では男性536円，女性652円となり，女性の方が100円以上も高く顕著な差異を示した。年令別では，一般に年令が上がるにつれて時間価値も高くなる

表4－4　駐車場選択時の時間価値

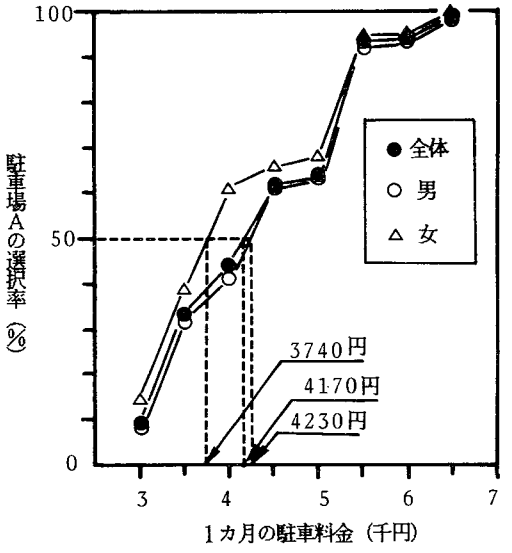
属性		時間価値	データ数
性	男	536	208
	女	652	41
年令（歳）	～29	540	34
	30代	642	64
	40代	596	90
	50～	514	47
車	1台	574	197
	2台～	546	53
家族人数	～2人	560	31
	3	570	51
	4	536	106
	5	600	40
	6～	600	20
通勤人数	1人	592	125
	2～	542	121
年収	400万円未満	510	58
	400万以上600万未満	604	77
	600万以上800万未満	542	55
	800万円以上	642	46
駐車料金（円）	0円	586	19
	7000円台	550	98
	8000円台	576	50
	9000以上/10000未満	536	48
	12000円台	650	31
通勤時間	50分未満	584	36
	50分台	606	53
	60分台	540	66
	70分台	544	41
	80分以上	540	53
全体		566	250

注）この場合の時間価値の単位は、駐車場から駅までの徒歩1分間あたりの1ケ月駐車料金の金額(円)で示している。

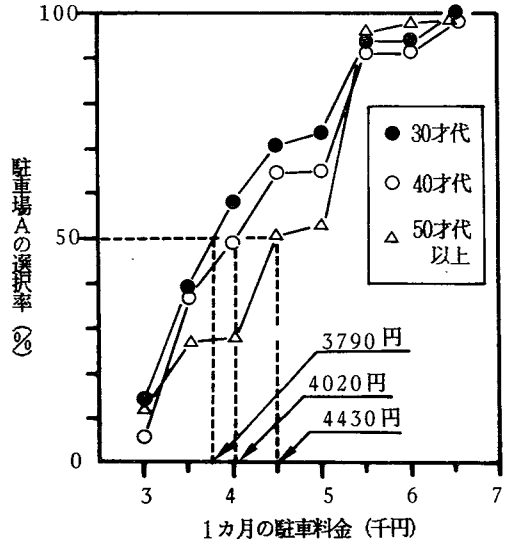
と思われるが，調査結果は逆の傾向を示し，30才代の642円をピークに以後減少している。年収別では，収入があがるにつれて時間価値も上昇すると予想されるが，表4－4に示すように年収800万円以上で642円とピーク値を示し，400万円未満で最低値を示すものの，400万円以上600万円未満の層と600万円以上800万円未満の層で逆転を生じている。他のグループにおいてはあまり顕著な差異はみられない。なお，全体，性別，年令

別グループの駐車場Aの選択率の分布状況を図4－8に示している。

ところで，ここで求められた時間価値は徒歩1分間あたりの時間価値であった。3節においては鉄道乗車1分間あたりの時間価値を求めている。そこで，両者を比較するために，ここで求めた時間価値を鉄道1分間あたりに換算することを試みる。前章で示したように徒歩1分は鉄道2.4分に相当するという結果が得られている。そこで，この値を使うと，全回答者を対象に求めた時間価値566円は，鉄道1分間あたりに換算すると236円となり，鉄道選択時の時間価値の約2倍という結果となった。また，駐車場を1カ月に25回利用すると仮定すると，1カ月あたりの駐車料金に換算して566円という時間価値は，駐車場1回利用するたびに徒歩2分の時間短縮を得，1カ月では50分の時間短縮となるので，徒歩1分間あたりの時間価値は厳密にいうと，11.3円，鉄道1分間あたりに換算すると4.7円となり，買物・レジャー時の時間価値よりも高い値となった。



(a)　性別



(b) 年齢別

図4－8　駐車料金と駐車場の選択率との関係

6. まとめ

本章では，以上みてきたように，A，Bという2つの時間と費用の異なる経路，たとえばAはBに比較して時間はかかるが費用は安いといった場合に，A，Bいずれとも選択率が50％ずつになる場合の時間と費用のトレードオフ関係により時間価値を3つのケースを対象に算出した。その結果，主に次の結論が得られた。

（イ）通勤時鉄道を利用する場合の時間価値は，片道鉄道乗車1分間あたり1カ月定期代にして，全回答者を対象にした場合，99円と123円が得られた。前者の数値は遅い方の鉄道の所要時間が30分，後者は60分のケースである。このように，所要時間が長い時の方が時間価値は大きくなった。なお，通勤時に定期代が全額勤務先から負担される場合でも，費用と時間の両者を考慮して鉄道を選択する人が，40％近くにも上った。残りは高くても早い方を利用する人であるが，この結果からみて，通勤時の経路選択問題を考える際，何らかの形で時間のみならず費用も考慮する必要があ

ると思われる。

（ロ） 買物・レジャーのために鉄道を利用する場合には，乗車のたびに乗車券を購入するが，このケースで求めた時間価値は鉄道1分間あたり，遅い方の鉄道の所要時間が30分の場合，3.3円，60分の場合では3.8円となり，通勤時と同様，所要時間が長い方が大きな値を示した。

（ハ） 通勤時にP＆Rする人を対象にして求めた駐車場選択時の時間価値は，駐車場から駅まで歩く際の徒歩時間1分あたり，1カ月の駐車料金にして566円となった。徒歩時間1分は鉄道着席状態で2.4分に相当するので，この値を使うと，鉄道1分間あたり236円となり，通勤時鉄道を利用する場合の時間価値の約2倍となった。

（ニ） 以上，3種類のケースの時間価値を比較するため，通勤交通における鉄道選択と駐車場選択時の時間価値を1カ月に25日，通勤のため鉄道および駐車場を利用するものとして計算すると，鉄道選択時および駐車場選択時の時間価値はそれぞれ，鉄道1分間あたり2.0円～2.5円，4.7円となり，通勤時に鉄道を選択する場合の時間価値が最も小さく，通勤時に有料駐車場を選択する際の時間価値が最も大きくなった。

参　考　文　献

1）新田保次：一般化時間を組み込んだ経路選択モデルにおける時間価値について，交通科学，Vol.13，No.2，pp.33～41，1984年12月

2）青山吉隆・西岡敬治：交通計画における時間価値研究の系譜，第2回土木計画学研究発表会講演集，pp.61～70，1980年1月

3）毛利正光・新田保次：一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデルに関する基礎的研究，土木学会論文報告集第343号，pp.83～72.

第5章　バス利用者の鉄道駅選択モデルと需要推計への適用[1)2)]

1．はじめに

近年，住宅地の郊外化に伴い，鉄道駅の勢力圏はますます拡大し，郊外駅を利用する通勤者は増加しつつある。また，住宅地は郊外駅周辺においても，さらに駅から除々に離れて立地する傾向にある。このためアクセス手段としてのバス利用者が増加するとともに，バスサービスの不十分さを補う形で自転車，バイクが急増している。そこで，増加するバス需要に対しては駅前広場にどれだけのバスバース数を確保したらよいか，また，自転車，バイクでは駐車場を各種利用抑制策と連動して，どこに，どの位の規模で作ればよいかといった課題が，郊外駅周辺施設整備計画の中で重要な位置づけを有してきているように思われる。

これらの計画課題達成のためには，各種対策の政策変数に鋭敏に反応する需要推計手法の確立が必要となろう。駅に集中するアクセス手段の需要推計においては，競合する駅がない場合（孤立駅タイプ）とある場合（競合駅タイプ）では推計手順が異なってくる。孤立駅タイプでは駅選択を考える必要がなく，交通手段間の選択のみ考えればよい。競合駅タイプでは手段選択に加えて駅選択も考える必要があり，問題は複雑となる。駅選択にも同一路線内の駅選択と異なる路線間の駅選択の2種類が存在するが，後者は自宅から目的地まで通して交通条件を考える必要があり，より複雑である。

そこで本章では，従来あまり研究が進んでいないアクセス手段がバスの場合の通勤者による路線間駅選択現象を研究対象とする。このとき駅選択においても，二者択一型，三者択一型などのケースが考えられるが，ここではまず，現実に最も多く実現していると思われる二者択一型，三者択一型のケースを取り上げる。そして，行動主体にとっては，駅選択は経路選択の一環として行われるとの観点から駅選択現象を分析し，すでに3章で示した一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデル[3)]を適用することにより駅選択モデルの構築を図り，その妥当性を検討する。つづいて，このモデルを使用した需要推計方法を示し，吹田市北部の山田地域をケーススタディとしてバス利用者の需要推計を行い，この需要推計方法の妥当性も検討した。なお，自転車，バイクについては7章で検討することにした。

従来，鉄道駅の選択現象を取り扱った主な研究には次のものがある。奥平[4)5)]は駅勢圏の境界と路線間境界に分け，その決定に関する研究をまとめた。そのとき，統計力学の原理を応用した駅選択モデルを開発し，アクセス手段が徒歩，バスの場合に適用した。このとき，要因としては時間のみ考慮したが，さらに費用，乗りかえ回数券なども含めて路線選択特性を分析し，判別関数モデルも提案した。毛利・渡辺[6)]は実用的な駅勢圏区画式を開発することを目的として，とくに激増している自転車に焦点をあて研究を行った。このときの駅選択の考え方は自宅から目的地までの所要時間が短い方の駅を選ぶというもので，アクセス時間の推定方法についても提案している。1980年代に入ると，非集計モデルを駅選択現象に適用する

研究がみられるようになった。原田・太田ら[7)8)]は駅選択を手段選択と同時に扱う立場から，ロジットモデルを改良したNested Logit モデルの適用を試みた。アクセス手段としては徒歩，バス，自転車を対象としている。そして，アクセス手段間よりも駅間の類似性が高くなることを明らかにした。一方，欧米においては，Liou・Talvitie[9)]が多項ロジットモデルにより，駅・アクセス手段同時選択型モデルと2種類の連続型モデルの構築を行い，駅選択後手段選択を行う連続型モデルが精度上最も良好であることを示した。また，Desfor[10)]はパーク・アンド・ライド，キス・アンド・ライド利用者を対象にプロビットモデルと回帰モデルによる駅選択モデルの構築を行い，良好な結果を得た。

また，駅選択現象に適用していないものの，この問題に関連すると思われる代表的な経路モデルとして次のものがあげられる。谷・宮武[11)]は心理学の比較判断の法則に基づく経路モデルを提案した。このモデルは非集計モデルと同様，個人の選択行動にある仮説を設定し，演えき的に導いたモデルである。一方，モデルが具備すべき関数条件から出発し導いたモデルに，河上[12)]，宇野ら[13)~15)]の研究がある。宇野は関数方程式を解くことにより，モデルの一般性を求めた。また，佐藤，五十嵐・田村[16)~18)]は要因抽出に実験計画法を取り入れ，独自のモデルを展開している。

本研究はこのような従来の研究との関連で次のような特色を有していると思われる。ひとつは，研究対象として従来あまり手がつけられていなかったアクセス手段がバスの場合の路線間駅現象を分析したこと。ふたつは，駅選択モデルの構築において3章で開発した一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデルの適用を試みたこと，主に以上2点である。

2．2項選択型経路選択モデル

(1) 経路選択モデルの一般形

今，自宅から勤務先に通勤する場合に，最寄りの駅Aを経由する通勤経路と駅Bを経由する経路の2つが考えられるとする。このとき，通勤者は自宅から勤務先までのそれぞれの経路から生ずる非効用を比較することによって，最寄りの駅A，Bのいずれかを選択する。このような状況における2項選択型ロジットモデルを，その効用関数に一般化時間を組み込んですでに3章で示した。このとき示したモデルは鉄道駅を利用しないケースにも使える一般的なものであったが，本章では通勤交通において多々見うけられる駅選択を伴う経路選択現象に特定してモデル構築を行なう。このとき，時間価値は等価時間係数と同様，モード別に設定するものとした。経路選択モデルは次の通りである。

自宅から勤務先まで通勤するに要する総所要時間をT，総乗りかえ回数をN，総費用をMとし，Tは等価時間係数の異なるI個の交通モード，Mは時間価値の異なるJ個のモードによって構成されるとすると，

$$T=\sum_{i=1}^{I} t_i \qquad (5\cdot1)$$

$$M=\sum_{j=1}^{J} m_j \qquad (5\cdot2)$$

となる。交通モードiの等価時間係数をμ_i，モードjの時間価値をλ_jとすると，この経路に関する一般化時間Gは，すでに式（4・1）で示したように次のように表わされた。

$$G=\sum_{i=1}^{I}\mu_i t_i+\mu_e N+\sum_{j=1}^{J} m_j/\lambda_j \qquad (5\cdot3)$$

ただし，μ_eは乗りかえ1回に関する等価時間係数である。

ここで，駅A，Bを選択した場合の経路の一般

化時間をそれぞれ G_A，G_B とし，一般化時間差 ΔG を $G_B - G_A$ とすると，経路A，Bの選択率 P_A，P_B は式（３・８）より次式で示される。

$$\left.\begin{aligned} P_A &= 1/[1+\ exp(a\Delta G+b)] \\ P_B &= 1-P_A \end{aligned}\right\} \qquad (5\cdot4)$$

ただし，a，b は定数である。

(2) 経路選択モデルの解釈

式（５・３）に示した一般化時間を組み込んだ経路選択モデルは，一般的な形で示されたモデルであり，現実に生起する現象においては，式（５・３）の独立変数を個々の現象に応じて抽出することが必要である。つまり，時間に関して必要とされるモード数 I および費用に関するモード数 J を式（５・１），（５・２）の条件下で決定し，各 t_i，m_j を求めることが必要となる。

さらに，このようにして抽出された選択要因としての独立変数であっても，選択モデルが式（５・４）に示されるように一般的時間差の関数として表現されるため，両経路の独立変数の値が等しい場合にはそのモードに関する一般化時間差は０となり，選択率に影響を及ぼす要因とはならず，このような独立変数を考慮することは計算上無駄なこととなる。たとえば，両経路とも鉄道に座って通勤でき，この乗車時間以外の独立変数の値がすべて両経路とも等しい場合では，式（５・４）の一般化時間差は単なる鉄道乗車時間差となり，選択モデルは単なる所要時間差モデルと等しくなる。よって，現実にモデルを適用する場合には，本モデルの構造を理解した上で，適用ケースに応じて必要とされる要因のみ考慮し，独立変数として取り上げ，一般化時間を計算した方が実用的である。

なお，図５－１に，乗りかえ回数，費用を順に一般化時間に組み入れることによって，駅選択モデルの的中率が上昇する過程を模式的に示している。図（ａ）は単なる所要時間差（Δt）との関係で，駅選択の観測値をプロットしたものである。この段階では両駅の選択が同一 Δt においてオーバーラップしているところが多く，的中率は低くなる。次に乗りかえ回数も考慮して一般化時間を求め，その時間差（$\Delta G'$）との関係で示したのが図（ｂ）である。このケースでは乗りかえ回数を含めて一般化時間を計算することにより，オーバーラップする部分が少なくなり的中率は上昇する。さらに図(c)においては費用も考慮した結果，駅別

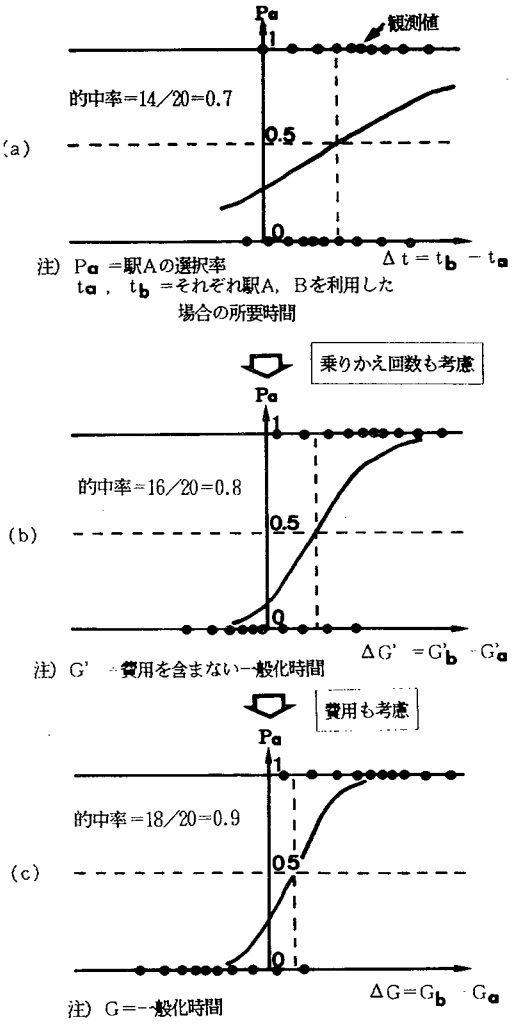


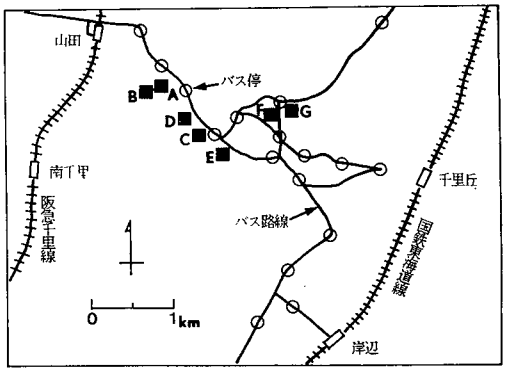
図５－１　駅選択モデルの的中率の上昇過程

選択者層をより分離することができ，的中率がさらに上昇する。

3．バス利用者の2駅選択モデル

(1) 調査対象地域と駅選択状況

2項選択型駅選択モデルの構築に際して，そのデータ収集にふさわしい地域として図5－2に示す



注）記号A，B，・・・は団地名を示す。表5－1に名称を記す。

図5－2　調査対象地域

大阪府吹田市北部の山田地域を選定した。この地域のバス路線は阪急千里線山田駅と国鉄東海道線岸部駅方面を結ぶ形で走っている。また，地域はおおむね中高層の分譲マンション群より構成されており，大阪市中心部から直線距離で12 Kmの所に位置している。調査は1981年11月から12月にかけて家庭訪問留置方式により実施した。配布・回収状況は表5－1に示す通りである。

次に通勤交通実態の概要を示す。勤務先分布では，吹田市が12%，大阪市中心5区は34%，大阪市その他は23%となり，大阪市全体では57%と6割近い値を示した。また，表5－2に示す勤務先別代表交通手段分担率をみると，大阪市中心5区は鉄道が87%と高い値を示した。大阪市その他では，鉄道が中心5区に比較して30%も低くなり，逆に車が増加した。大阪市以外では鉄道より車の方が高い値を示した。

鉄道利用者の最寄り駅選択状況は表5－3に示すように3本の路線の7駅にまたがっている。なかでも阪急山田駅は59%と最も高く，つづいて国鉄岸辺駅は26%となり，両駅で85%を占めた。表5－4には駅別のアクセス交通手段別分担率を示しているが，利用者の最も多い山田駅の分担率ではバスが61%と最も高く，つづいて徒歩，自転車の順となった。岸辺駅へはバスが87%をしめ，千里丘へはバス利用者はなく，自転車が多数を占めた。これは千里丘駅へはバス路線はあるものの本数が少なく，かつ，バス停から駅までの路離が長いためであると思われる。このように調査対象地域では，駅へのアクセス手段としてバスを中心に考えた場合，おおむね阪急山田と国鉄岸辺を最寄り駅とする二者択一型の選択現象を呈していると考えられる。

(2) 経路データの求め方

a）分析対象者　分析対象者の抽出基準は次の通りである。対象者はこれらの基準すべてに該当するものとした。

- 阪急山田駅または国鉄岸辺駅を乗車駅とする者
- 駅までバスを利用しているもの
- 最終降車駅から勤務先までの交通手段が徒歩である者
- 山田駅および岸辺駅利用の経路が，相互に代替しうると思われる淀川以南の大阪府あるいは豊中，吹田，摂津，茨木，高槻のいずれかに勤務する者
- 午前6時から午前10時までの間に自宅を出発する者

以上の条件に該当する通勤者は130名となった。

b）経路データの収集　式（5・4）に示したモデルを構築するためには，式（5・3）に示す一般化時間を各通勤者について現状経路と代替経路別に求める必要がある。このとき，交通モードとしては，バス停までの徒歩，バス停での待ち，バス乗車（着席または立席），バス降車後駅プラットホームまでの徒歩，鉄道待ち，鉄道乗車（着席

表５－１　配布・回収状況

団地名		世帯数	配布数	回収数	回収率	抽出率
A	一条池スカイハイツ	345	80	79	98.8	22.9
B	千里レックスマンション	244	72	32	44.4	13.1
C	山田西第１次団地	150	68	57	83.8	38.0
D	山田西第２次団地	312	129	122	94.6	39.1
E	山田西Ｂ団地	160	73	65	89.0	40.6
F	千里台スカイハイツ	439	145	114	78.6	26.0
G	千里台スカイタウン	495	126	124	98.4	25.1
計		2145	693	593	85.6	27.6

(注) 回収率＝（回収数／配布数）×１００％
抽出率＝（回収数／世帯数）×１００％

表５－２　勤務先別代表交通手段別選択者数と分担率

手段＼勤務先	吹田市	大阪市		他	計
		中心５区	他		
鉄道	17 (27.4)	151 (87.3)	61 (52.6)	56 (36.4)	285 (56.4)
車	31 (50.0)	16 (9.2)	47 (40.5)	87 (56.5)	181 (35.8)
バス	1 (1.6)	1 (0.6)	1 (0.9)	4 (2.6)	7 (1.4)
自転車 バイク	10 (16.1)	5 (2.9)	7 (6.0)	7 (4.5)	29 (5.7)
徒歩	3 (4.8)	0 (0.0)	0 (0.0)	0 (0.0)	3 (0.6)
計	62 (100.)	173 (100.)	116 (100.)	154 (100.)	505 (100.)

(注) 大阪市中心５区：東、西、南、北、天王寺

表５－３　最寄り駅の選択状況

利用駅		選択者数	選択率 (%)
阪急	山田	173	58.8
	南千里	3	1.0
国鉄	千里丘	22	7.5
	岸辺	76	25.9
	吹田	2	0.7
北急	桃山台	12	4.1
	千里中央	6	2.0
計		294	100.

表５－４　駅別アクセス交通手段別分担率

	阪急山田	国鉄岸辺	国鉄千里丘
徒歩	15.6	—	22.7
バス	60.7	86.8	—
車	2.9	1.3	13.6
自転車	14.5	9.2	54.5
バイク	6.4	2.6	9.1
計	100.	100.	100.

または立席），鉄道乗りかえ徒歩，乗りかえ時の鉄道待ち，最終降車駅から勤通先までの徒歩が考えられ，これらの交通モード別所要時間を求めるとともに乗りかえ回数も把握した。また，鉄道とバスの１カ月通勤定期代も算出した。

現状経路に関する交通モード別所要時間の求め方は次の通りである。実態調査によって現状の通勤経路の把握はできるものの，モード別所要時間を求めることは不可能であった。そこで，鉄道，バスの乗車時間は時刻表より30分間時刻帯別に求めた。待ち時間は30分間隔の時刻帯別に平均運行時間間隔を求め，その半分とした。アクセス徒歩時間，イグレス徒歩時間は調査票の回答値を用いたが，回答のない場合は直線距離を分速70mで除した値を用いた。乗りかえに要する徒歩時間は実測した。また，鉄道，バスの着席状況は調査票のデータより求めた。

代替経路の場合は次の方法で求めた。

- 現状で山田駅を利用している人は，代替駅として岸辺駅を考え（岸辺駅利用者はこの逆），勤務先まで最も速く行くことができる経路を代替経路とした。
- 最寄りのバス停は現在利用しているバス停とした。

・待ち時間，乗車時間は現状の出勤時刻と同時刻に出勤したとして，現状経路の場合と同様な方法で求めた。

・アクセス，イグレス徒歩時間，乗りかえ徒歩時間は，現状経路の場合と同様にして求めた。

・鉄道，バスの着席状況は現状経路での状況をもとに把握した。

(3) 経路特性

一般化時間は式（5・3）で示したように，時間，乗りかえ回数，費用という3つの異なる次元を持つ要因の総合化指票として表わされた。そこで，ここでは現状経路と代替経路について各指標の値を個人別に把握し，両経路を比較することによって，どういう点で代替経路が不利か，さらに総合化指標としての一般化時間でもって，代替経路の不利さを説明しうるのかを明らかにする。

表5—5，6に示すように，乗りかえ回数の平均は1.44回であるが，代替駅として岸辺駅を利用するとした場合，2.14回となり，0.69回の増加がみられた。一方，岸辺駅利用者は0.04回増加したにすぎなかった。自宅から勤務先までの所要時間では，山田駅利用者の平均は64.3分であり，代替駅として岸辺駅を利用した場合の67.3分より3.1分短かった。一方，岸辺駅利用者の平均は62.6分で，代替経路の78.2分より15.6分も短くなった。また，バス，鉄道にかかる1カ月定期代で費用差をみると，山田駅利用者は岸辺駅利用の場合に比較して595円安くなり，岸辺駅利用者では487円安くなった。このように，山田駅利用者にとっては，代替経路に比較して乗りかえ回数が少ない，岸辺駅利用者にとっては所要時間が短いといった点が，選択判断に重要な要因として反映されていると思われる。費用は両駅利用者とも代替経路より若干安い程度にとどまっているので，要因としては重要でないと考えられる。

表5－5　現状経路と代替経路の特性比較

指標	駅別利用者	現状経路		代替経路		代替経路—現状経路	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
乗りかえ回数（回）	山田利用者	1.44	0.55	2.14	0.63	0.69	0.77
	岸辺利用者	1.65	0.63	1.68	0.59	0.04	0.25
所要時間（分）	山田利用者	64.3	13.5	67.3	13.2	3.1	11.6
	岸辺利用者	62.6	11.1	78.3	12.5	15.6	10.3
費用（円／月）	山田利用者	13021	2869	13616	2052	595	1971
	岸辺利用者	12250	2429	12737	2444	487	1002
費用無一般化時間（分）	山田利用者	114.0	23.7	134.2	23.5	20.3	22.2
	岸辺利用者	124.4	22.3	140.8	23.5	16.4	19.5
一般化時間（分）	山田利用者	232.4	41.8	258.0	37.8	25.7	31.2
	岸辺利用者	235.8	40.0	256.6	38.6	20.9	23.6

注）サンプル数は山田駅利用者81人，岸辺駅利用者49人である。

表5－6　代替経路利用時の増分

	増加時間	増加乗り換え回数	増加費用
山田駅利用者が岸辺駅を利用した場合	3.05分	0.69回	595円／月
岸辺駅利用者が山田駅を利用した場合	15.59	0.04	487

一般化時間では2つのタイプを考えた。ひとつは費用を含まない一般化時間（費用無一般化時間 G'），他は費用を含む一般化時間（一般化時間 G）である。G'，G は式（5・3）をもとに本ケースでは次式により求めた。

$$G' = \mu_f t_f + \mu_b t_b + \mu_r t_r + \mu_w t_w + \mu_e N \qquad (5\cdot5)$$

$$G = G' + M/\lambda \qquad (5\cdot6)$$

ただし，添字 f は徒歩，b はバス，r は鉄道，w は待ちを表わす。また，M は鉄道とバスの1カ月定期代の合計値である。そして，等価時間係数は3章の結果より $\mu_f=2.4$，$\mu_w=1.0$，$\mu_e=9.8$ とし，時間価値 λ は4章の結果をもとに110円とした。μ_b，μ_r は実態調査で得られた個人の着席状況をもとに，経路別手段別に等価時間係数の平

均値を求め，表５－７のように設定した。

表５－７　経路別修正等価時間係数

経　路	鉄道	バス
山田ルート	1.3	2.5
岸辺ルート	1.4	2.3

費用無一般化時間は表５－５に示すように，山田駅利用者の場合，現状で114.0分が代替経路の場合134.2分へと20.3分の増加がみられ，現状で岸辺駅利用者の場合もほぼ同様に124.4分から140.8分へと16.4分の増加となった。一般化時間も山田駅利用者は232.4分から258.0分へと25.7分の増加，岸辺駅利用者では235.8分から256.6分へと20.9分の増加が代替経路においてみられた。費用を含む一般化時間の場合，一般化時間差が費用無一般化時間に比較して，わずか５分増加したにすぎなかったが，これは表５－６に示すように費用差では両駅利用者ともほぼ同様な値を示したためであると思われる。いずれにせよ一般化時間では明確に代替経路の不利さを示すことができたといえよう。

(4)　モデルの係数決定と適合性

山田駅と岸辺駅のいずれかを選択するモデルは式（５・４）より次のようになる。

$$Py = 1/\{1 + exp(a\Delta G + b)\}$$
$$Pk = 1 - Py \qquad (5\cdot7)$$

ただし，添字 y ，k はそれぞれ山田駅，岸辺駅を示す。また，ΔG は $\Delta G = Gk - Gy$ となる。このとき，各駅利用の場合の一般化時間は式（５・６）により計算できるが，ここでは式（５・７）の ΔG に相当する部分を次のようなタイプにおきかえ，モデルの係数と適合性の比較を試みることにした。

タイプA：ΔG を単なる所要時間差 Δt とした場合

$\Delta t = t_k - t_y$

t ＝自宅から勤務先までの所要時間

タイプB：ΔG を費用を含まない一般化時間差とした場合，式（５・５）により計算

タイプC：式（５・６）の一般化時間を使う場合

これらのモデルのタイプ別に最尤法により，係数 a ，b を求め，あわせて適合性を示したのが表５－８である。的中率，尤度比指標（$\bar{\rho}^2$ ）とも最

表５－８　２駅選択モデルの係数と適合性

モデルのタイプ	a	b	的中率%	$\bar{\rho}^2$	サンプル数
A	-0.160	-1.58	82.3	0.384	130
B	-0.089	-0.44	83.1	0.402	
C	-0.060	-0.50	78.5	0.361	

注）Ｐｙ＝１／（１＋ｅｘｐ（ａΔＧ＋ｂ）］
Ｐｙ；山田駅の選択率

も高い値を示したのは費用を含まない一般化時間を使ったタイプBのモデルで，つづいて，単なる所要時間を使ったタイプAとなった。すべての要因を考慮したタイプCのモデルは意外なことに，タイプAより的中率，$\bar{\rho}^2$ とも下回った。次に定数項 b に着目すると，いずれのタイプとも０とはならなかったが，タイプB，Cにおいてやや０に近い値を示した。タイプAでは，定数項の絶対値は大きく，$\Delta t = 0$ において $Py = 0.83$ となり，山田駅の方に大幅に選択が偏よる傾向がみられた。以上，モデルの適合性，定数項の大きさから判断して，モデルとしてはタイプBが最もすぐれていることが示された。しかしながら，このことは式（５・４）で提案したモデルに費用要因を考慮しなくてもよいということを示しているのではなく，たまたま本ケースでは表５－６に示したように，山田駅，岸辺駅利用者とも代替経路においてはわずかの増加費用となっているように，費用要因が駅選択の際の決定要因として具現しなかったためであると思われる。

4．バス利用者の3駅選択モデル

(1) 多項選択型経路選択モデルの定化式

多項選択型ロジットモデルにおいては，n個の選択肢の中から選択肢iを選択する確率P_iは，次式で示される。

$$P_i = exp(Z_i) / \sum_{j=1}^{n} exp(Z_j),$$

$$i=1 \cdots, n \qquad (5 \cdot 8)$$

ただし，Z_i＝選択肢iの効用の確定項

このモデルを，3つ以上存在する経路のうちいずれかひとつを選択するような多項選択型経路選択現象に適用し，Z_iを一般化時間を用いて表わした場合の経路選択モデルは次式となる。

$$P_i = exp(aG_i) / \sum_{j=1}^{n} exp(aG_j),$$

$$i=1, 2 \cdots, n \qquad (5 \cdot 9)$$

ただし，G_i＝経路iを選択した場合の一般化時間　$(j=1, 2, \cdots, n)$

a＝パラメータ

このモデルが，ここで提案する多項選択型駅選択モデルである。なお，一般化時間は式（5・3）と同じである。

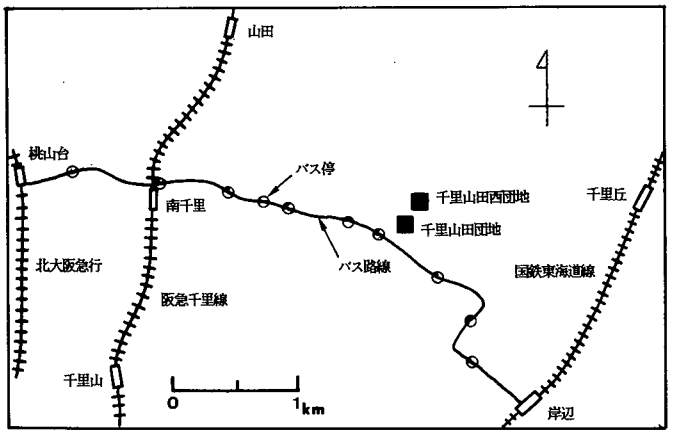


図5－3　調査対象地域

(2) 調査対象地域と駅選択状況

3項選択型駅選択モデルの構築に際して，そのデータ収集にふさわしい地区として，図5－3に示す吹田市山田西1丁目地区を選定した。この地区は3節で対象とした地区のすぐ南側に位置している。そして，この地区の中の千里山田団地，千里山田西団地を対象に3節で示した調査と同時に世帯調査を実施した。配布・回収状況は表5－9に示した。

表5－9　調査票の配布・回収状況

団地名		世帯数	配布数	回収数	回収率	抽出率
H	千里山田団地	780	212	193	91.0	24.7
I	千里山田西団地	384	141	117	83.0	30.5
計		1164	353	310	87.8	26.6

注）回収率＝（回収数／配布数）×100％
　　抽出率＝（回収数／世帯数）×100％

調査より得られた勤務先分布では，吹田市15%，大阪市中心5区35%，大阪市その他23%となり，大阪市全体では59%を占めた。また，勤務先別代表交通手段の分担率を表5－10に示したが，分布率，分担率とも3節で取りあげた対象地域とほぼ同じ傾向を示した。

鉄道利用者の最寄り駅選択状況は，表5－11に示すように主に阪急南千里，国鉄岸辺，北急桃山台の3駅に選択が集中し，三者択一の選択現象を呈していることが確かめられた。

つづいて，表5－12には駅別アクセス交通手段別分担率を示したが，いずれの駅ともバス分担率が最も高いことがわかった。とくに北急桃山台，阪急南千里では高くなった。岸辺では少し低くなり，かわって自転車が増加した。

表5－10　勤務先別代表交通手段別選択者数と分担率

勤務先／手段	吹田市	大阪市		他	計
		中心5区	他		
鉄道	13 (31.7)	72 (75.0)	31 (48.4)	27 (37.5)	143 (52.4)
車	20 (48.8)	18 (18.8)	30 (46.9)	39 (54.2)	107 (39.2)
バス	4 (9.8)	4 (4.2)	3 (4.7)	3 (4.2)	14 (5.1)
自転車バイク	3 (7.3)	2 (2.1)	0	2 (2.8)	7 (2.6)
徒歩	1 (2.4)	0 (0.0)	0	1 (1.4)	2 (0.7)
計	41 (100.)	96 (100.)	64 (100.)	72 (100.)	273 (100.)

注）大阪市中心5区：東、西、南、北、天王寺

表5－11　駅選択状況

利用駅		選択者数（人）	選択率（%）
阪急	山田	3	2.1
	南千里	49	34.3
国鉄	千里丘	1	0.6
	岸辺	51	35.7
	吹田	0	0
北急	桃山台	39	27.3
	千里中央	0	0
計		143	100.0

表5－12　駅別アクセス交通手段別分担率

単位：%

駅／手段	阪急南千里	国鉄岸辺	北急桃山台
徒歩	—	7.3	—
バス	91.8	72.7	87.5
車	—	1.8	5.0
自転車	4.1	14.5	—
バイク	4.1	3.6	7.5
計	100.	100.	100.

(3)　経路特性

阪急南千里，国鉄岸辺，北急桃山台を乗車駅とする者を対象に，前節と同様な抽出基準により，対象者を選んだ。このとき対象者は80名となった。次にこれらの人を対象に現状経路と代替経路を前節と同様にして設定し，これらの経路特性を所要時間，乗りかえ回数，費用および一般化時間でもって把握することにした。

これら4指標における変化（＝代替経路の値－現状経路の値）を対象者一人一人について求め，つづいて，指標別に全対象者の平均値でもってその変化を表わすと，図5－4のようになった。現在，桃山台駅を利用している人については，代替駅を岸辺とした場合，所要時間，乗りかえ回数はともに増加したが，費用は若干減少し，トレードオフ関係が現われた。代替駅を南千里とした場合はいずれの指標とも明らかに代替駅が不利になった。岸辺駅利用者では，いずれの指標とも代替駅において有利さはみられなかったが，現在，南千里を利用している人では，代替駅が岸辺の場合，費用においては代替駅の方が安くなり，トレードオフの関係が現われた。このように，選択駅においては，場合によっては指標間にトレードオフ関係が現われることが確認された。このようなケースでは単一指標だけでもって選択行動を説明することは不可能である。そこで，つづいてこれら指標の総合化指標である一般化時間を前節と同様にして計算し，求めた結果をあわせて図5－4に示したが，トレードオフ関係が現われたケースにおいても，一般化時間では代替経路において増加し，不利になることが判明し，二者択一型の駅選択ケースと同様，一般化時間指標の妥当性が確認された。

(4)　モデルの係数決定と適合性

桃山台駅，岸辺駅，南千里駅の3駅の中からいずれかひとつを選択するモデルは，式（5・9）より次式のようになる。

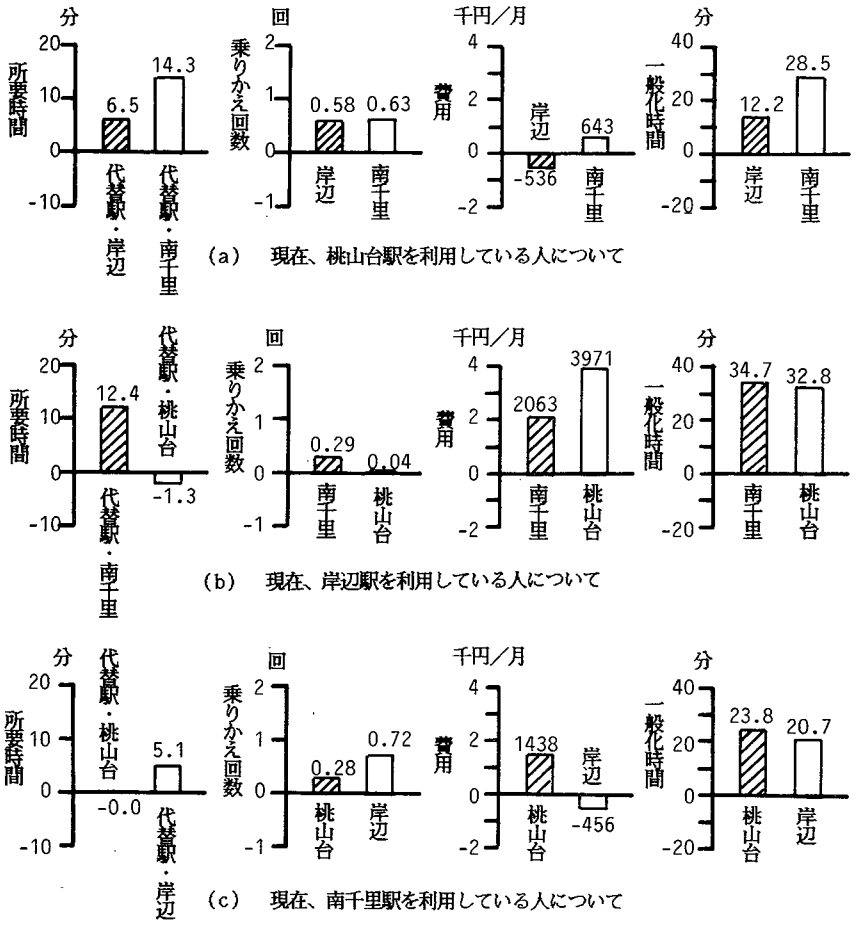


図5－4　代替駅を利用した場合の各種指標の増分

$$P_i = exp(aG_i) / \sum_{j=1}^{3} exp(aG_j),$$

$$i=1,2,3 \qquad (5\cdot10)$$

このとき，$i=1$は桃山台駅，2は岸辺駅，3は南千里駅を示す。なお，G_iは式(5・6)により計算するが，前節と同様，この一般化時間を用いたモデルと比較するために，Gを単なる所要時間tでおきかえたモデル(タイプA)，Gの中から費用を除いた式(5・5)のG'を用いたモデル(タイプB)も考えた。最尤法により，これらのモデルのタイプ別にパラメータaを求め，適合性を調べたところ，表5－13に示す結果を得た。尤度比指標($\bar{\rho}^2$)ではいずれも0.42と比較的高い値を示し，差異はみられなかったものの，的中率でみるとタイプCが最も高く，80%を越える値を示し，すぐれたモデルであることが判明した。このように2駅選択モデルの場合に比較して，この3駅選択モデルでは，費用まで含めた一般化時間を用いることの妥当性が明らかになったが，これは前項での経路特性の分析結果が示すように，時間，乗りかえ回数，費用の間に2，3のケースにおいてトレードオフ関係みられたためであると思われる。

よって，これら3指標間に，より明確なトレードオフ関係が現われるような経路選択現象に本モデルを適用すると，さらにはっきりとモデルの有効性を証明しうるものと推察できよう。

表5－13　3駅選択モデルの係数と適合性

タイプ	a	的中率(%)	$\overline{\rho^2}$	サンプル数
A	-0.294	76.3	0.424	80
B	-0.117	76.3	0.416	
C	-0.076	81.3	0.415	

注)
$$Pi = \exp(a\,Gi) \Big/ \left[\sum_{j=1}^{3} \exp(a\,Gi)\right]$$

5．駅選択モデルを用いたバス利用者の需要推計

(1) 需要推計の方法

ここでは，最寄り駅が2つ以上ある住宅地から発生する通勤者のうちで，バスで鉄道駅に行き，鉄道に乗りかえ勤務先まで通勤する人を対象に，バスや鉄道などの交通サービス条件が変化した場合に，どのように駅選択行動が変化し，結果として各駅のバス利用者がいくらになるかを推計するための手順を，先に構築した駅選択モデルを取り込んで考えることにした。このときの需要推計手順を図5－5に示した。

Step 1： 通勤者の発生量推計

今，ゾーンiの世帯数をm_i，通勤者発生原単位（単位は人／世帯）をg_iとおくと，ゾーンから発生する通勤者数n_iは，

$$n_i = g_i \times m_i \qquad (5\cdot11)$$

となり，全通勤者数Nは次式で示される。ただし，ゾーンはI個存在するとした。

$$N = \sum_{i=1}^{I} n_i \qquad (5\cdot12)$$

Step 2： 分布量の推計

ゾーンiにおける目的地ゾーンj（$j=1,\cdots,J$）への通勤割合（分布率）をd_{ij}とすると，ij間の通勤者数D_{ij}は，

$$D_{ij} = n_i \times d_{ij},\quad \sum_{j=1}^{J} d_{ij} = 1 \qquad (5\cdot13)$$

Step 3： 代表交通手段別利用者数の推計

ゾーンij間における代表交通手段k（$k=1,\cdots,K$）の分担率をp_{ijk}とし，その利用者数をP_{ijk}とすると，

$$P_{ijk} = D_{ij} \times p_{ijk},\quad \sum_{k=1}^{K} p_{ijk} = 1 \qquad (5\cdot14)$$

Step 4： 鉄道のアクセス交通手段別利用者数の推計

式（5・14）で求めた鉄道利用者数をT_{ij}とおき，この時のアクセス手段l（$l=1,\cdots,L$）の分担率をq_{ijl}とし，その利用者数をQ_{ijl}とすると

$$Q_{ijl} = T_{ij} \times q_{ijl},\quad \sum_{l=1}^{L} q_{ijl} = 1 \qquad (5\cdot15)$$

Step 5： 駅別バス利用者数の推計

式（5・15）で求めたアクセス交通手段別利用者数のうちで，バス利用者数をB_{ij}とおく。つづいて，駅s（$s=1,\cdots,S$）の選択率をr_{ijs}とし，その利用者数をR_{ijs}とおくと，

$$R_{ijs} = B_{ij} \times r_{ijs},\quad \sum_{s=1}^{S} r_{ijs} = 1 \qquad (5\cdot16)$$

となる。R_{ijs}はゾースij間を通勤する人のうちで鉄道駅Sへバスでアクセスする人の量である。つづいて，需要推計対象地区全体から発生する人を対象にした，駅Sへバスでアクセスする通勤者数V_sを求めると，次式のようになる。

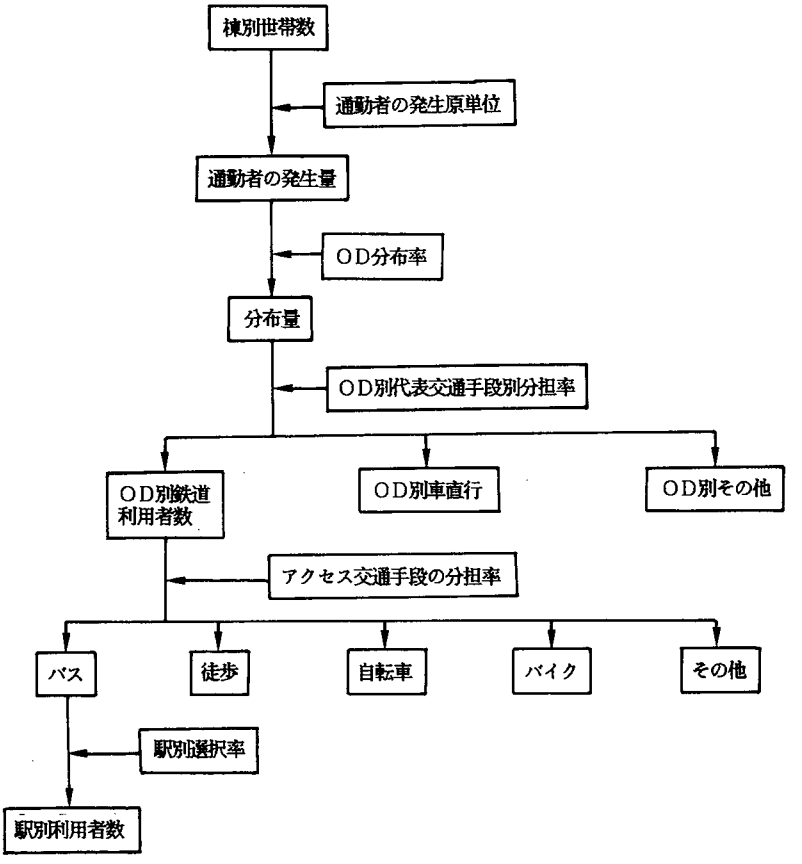


図5－5　山田地域における駅別バス利用通勤者数の需要推計手順

$$V_s = \sum_{i=1}^{I} \sum_{j=1}^{J} R_{ijs} \qquad (5 \cdot 17)$$

このようにして，各駅ごとのバス利用者数が推計される。先に構築した駅選択モデルは，このときの r_{ijs} を推定するために使用される。

(2)　山田地域における需要推計結果と駅選択モデルの現状再現性

2駅および3駅選択モデル構築の際の調査対象地区であった吹田市山田地区の8団地（つまり，2駅選択モデルの適用では一条池スカイハイツ，山田西第1次団地，山田西第2次団地，山田西B団地，千里台スカイハイツ，千里台スカイタウンの6団地，このとき千里レックスマンションではバス利用者がいなかったため対象から除外した。また，3駅選択モデルの適用においては千里山田団地，千里山田西団地）を対象に，前項に示した需要推手順により駅別バス利用者の推計を行った。その結果を次に示す。なお，このとき，本研究においては駅選択モデルの妥当性を検討することが目的であるため，駅選択率以外の諸元，つまり発生原単位，分布率，代表およびアクセス交通手段分担率は調査結果の値をそのまま用いた。

Step 1：通勤者の発生量推計

発生地のゾーンは上記8団地とし，通勤者発生

原単位は，この8団地を対象にして調査により得られた次の値を用いた。

$g=1.194$（人／世帯）

なお，原単位は各団地により若干の変動はみられるが，あまり差がないので，各団地一率に上記値を適用した。このとき，8団地全体の世帯数は3065世帯，通勤者は3660人となった。

Step 2：分布量の推計

目的地は大阪市中心5区，大阪市その他，吹田市，豊中市，茨木市，大阪府北部，大阪府東北郡，その他の8ゾーンに分割した。分布率は調査結果の値を用い，式（5・13）によりOD分布量を計算した。

Step 3：代表交通手段別利用者数の推計

調査結果より得られたOD別鉄道分布率を用い，式（5・14）により鉄道利用者数を計算すると，8団地全体で2004人となった。

Step 4：アクセス交通手段別利用者数の推計

調査結果より得られたアクセス手段としてのバスの分担率を用いて，式（5・15）によりOD別バス利用者数を計算した。このとき，8地区全体では1399人となった。

Step 5：駅別バス利用者数の推計

Step 4でOD別のバス利用者数（B_{ij}）を求めた。この値に，式（5・16）に示す駅Sの選択率r_{ijs}を乗ずることによってR_{ijs}が求まる。このとき，r_{ijs}は駅選択モデルにより推定するので，その計算手順を示すことにする。

① ゾーンij間の交通サービス条件の把握

2駅選択モデル（式（5・7）），3駅選択モデル（式（5・10）），においては，各ij間の一般化時間を求める必要がある。そのため，ここでは，各住宅団地から目的地までの一般化時間（式（5・6））を計算するに必要なデータを収集した。このうち，各団地から各利用駅までの交通サービスデータを参考までに表5－14に示した。なお，本項では調査時点でのモデルの再現性をみることを目的としているため，表5—14に示すダイヤ改正前のデータを使用している。同様にして各駅から目的地ゾーン中心地までの交通サービスデータを収集した。

② 経路別一般化時間の計算

①で求めた交通サービスデータをもとに，式（5・6）より，経路別一般化時間を計算した。結果を表5－15に示した。

③ 駅選択率の推定

②で求めた経路別一般化時間を式（5・7），式（5・10）に代入し，OD別の駅選択率（r_{ijs}）を計算した。

以上の様にして駅選択率が推定できた。つづいて，式（5・16）により，R_{ijs}を計算し，式（5・17）により駅別バス利用者数（V_s）を推計すると，表5—16のようになった。一方，駅選択率をモデルによらず，実態調査結果の値をそのまま用いて計算した値を実際値として，あわせて表5—16に示した。両者の差は小さく，誤差はおおむね10%以下であり，本節で提案した駅選択モデルを用いたバス利用者の需要推計方法の現状再現性は高いといえる。

(3) バスダイヤ改正後の需要推計

ここで需要推計の対象とした山田地区においては，1984年10月1日にバス路線再編成とダイヤ改正が行われた。このときのバスサービスの変化を表5—14に示した。主な特徴は次の通りである。

イ．バス増便により待ち時間の減少が行われた。とくに，一条池スカイハイツ，山田西第1次，第2次，B団地においては岸辺駅へ向かう場合の待ち時間が大きく減少した。あわせて，山田駅へ向かう場合の待ち時間も

表5－14　ダイヤ改正前後のバスサービスの比較

団　地	利用駅	t_f (分)		t_w (分)		t_b (分)		M_b (円/月)	
		改正前	改正後	改正前	改正後	改正前	改正後	改正前	改正後
一条池	山　田	4.3	4.3	3.5	2.2	4	4	5040	6300
スカイハイツ	岸　辺	4.3	4.3	15	5.6	12	24	5880	7140
山田西	山　田	2.6	2.4	4	2.5	5	5	5040	6300
第一次団地	岸　辺	3.2	3.4	11.5	5.6	11	23	5880	7140
山田西	山　田	4.6	5.3	4	2.2	5	4	5040	6300
第二次団地	岸　辺	5.1	5.0	11.5	5.6	11	23	5880	7140
山田西B団地	山　田	2.6	2.9	4	2.5	5	5	5040	6300
	岸　辺	2.0	2.3	11.5	5.6	11	23	5880	7140
千里台	山　田	4.3	4.6	10	2.8	6	6	5040	6300
スカイハイツ	岸　辺	2.3	1.9	11.5	5.6	16	19	5880	7140
千里台	山　田	1.0	1.0	23	4.6	11	11	5040	6300
スカイタウン	岸　辺	1.5	1.5	11.5	5.6	17	17	5880	7140
千里山田団地	桃山台	4.6	4.6	4.7	3.4	11	11	4620	6300
	岸　辺	2.7	2.7	5.3	5.2	10.5	10.5	4620	6300
	南千里	4.6	4.6	3.2	2.2	6	6	4620	6300
千里山田西団地	桃山台	7.1	7.1	4.7	3.4	11	11	4620	6300
	岸　辺	5.9	5.9	5.3	5.2	10.5	10.5	4620	6300
	南千里	7.1	7.1	3.2	2.2	6	6	4620	6300

注）t_f ＝団地からバス停までの徒歩時間、t_w ＝バス停での待ち時間
t_b ＝バス乗車時間、M_b＝1カ年のバス定期代

減少した。千里台スカイハイツ，千里台スカイタウンでは山田駅へ行く場合の待ち時間が大幅に減少し，岸辺駅へ行く場合の待ち時間より少なくなった。千里山田，山田西団地においては桃山台，南千里方面が若干改善されたが，岸辺行は変化がなかった。

ロ．バス路線再編成による乗車時間の変化をみると，一条池，山田西第1次，第2次，B団地において岸辺行のバス乗車時間が10分以上，千里台スカイハイツでも3分増加した。山田駅では変化はみられなかった。千里台スカイタウン，千里山田，山田西団地においては変化がなかった。

ハ．バス停位置はほとんど移動がなく，徒歩時間にほとんど変化がみられなかった。定期代は一条池，山田西第1次，第2次，B団地，千里台スカイハイツ，スカイタウンでは山田行，岸辺行とも1260円，千里山田，山田西団地においては桃山台，岸辺，南千里とも1680円増加した。このように各団地においては，利用駅によって増加額が異なるといったことはなかった。

以上のことにより，バス路線再編成，ダイヤ改正に伴い，バスサービスに大きな変化が生じたのは，一条池，山田西第1次，第2次，B団地における岸辺行利用者の場合である。待ち時間は少なくなったものの，乗車時間が10分以上も増加し不便となった。逆に山田行は待ち時間の減少によりより

表5－15　各団地から目的地までの一般化時間（ダイヤ改正前）

団地	利用駅＼目的地	大阪市中心5区	大阪市その他	吹田市	豊中市	茨木市	大阪府北部	大阪府東北部
一条池スカイハイツ	山　田	204	137	117	193	169	200	183
	岸　辺	218	151	153	236	150	252	167
山田西第一次団地	山　田	205	138	117	193	169	200	183
	岸　辺	211	144	146	229	143	245	160
山田西第二次団地	山　田	239	172	151	227	203	234	217
	岸　辺	245	178	180	263	177	278	194
山田西B団地	山　田	205	138	117	193	169	200	183
	岸　辺	208	141	143	226	140	242	157
千里台スカイハイツ	山　田	217	150	130	206	182	212	196
	岸　辺	221	154	156	239	153	255	170
千里台スカイタウン	山　田	234	168	147	223	199	230	213
	岸　辺	220	153	155	238	152	253	169
千里山田団地	桃山台	189	161	126	246	121	271	271
	岸　辺	193	134	129	209	154	221	138
	南千里	191	138	114	189	251	191	186
千里山田西団地	桃山台	195	167	132	252	257	278	277
	岸　辺	201	142	137	216	129	229	146
	南千里	197	144	120	195	160	197	192

便利となっている。他団地においては，変化がほとんどみられなかった。

このようなバスサービスの変化後のバス利用者の需要推計を前項に示した手順により行った結果，表5—17に示すように，2駅選択地区（一条池スカイハイツ，山田西第1次，第2次，B団地，

表5－16　駅選択モデルによる需要推計値と実際値

地区	利用駅	推計値（人）	実際値（人）	誤差（%）
2択駅地選区	山　田	491	471	4.0
	岸　辺	301	320	5.9
3択駅地選区	桃山台	139	160	13.1
	岸　辺	234	230	1.7
	南千里	222	205	8.3

注）誤差＝(|推計値—実際値|／実際値)×100

表5－17　ダイヤ改正後の駅別利用者の変化

地区	利用駅	改正前推計値（人）	改正後推計値（人）	増加分（人）
2択駅地選区	山　田	491	604	+113
	岸　辺	301	188	−113
3択駅地選区	桃山台	139	143	+4
	岸　辺	234	231	−3
	南千里	222	221	−1

千里台スカイハイツ，千里台スカイタウン）では，山田駅利用者が大幅に増加し，逆に岸辺駅利用者が減少する結果となった。3駅選択地区（千里山田，山田西団地）においてはほとんどが変化がなかった。

6．まとめ

本章では，一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデルを，経路選択の一環として行われる駅選択現象に適用し，2項選択型および多項選択型の駅選択モデルを作成した。この駅選択モデルを通勤者を対象に，アクセス手段がバスの場合の事例に適用し，モデルの有効性を検討した。さらに，このモデルを適用した駅別のバス利用者の需要推計法を提案し，この方法の妥当性を検討した。その結果，次のことが判明した。

(イ) 2駅選択モデルにおいては，一般化時間を組み込んだモデル（一般化時間選択モデル），単なる所要時間のみ考慮したモデル（所要時間選択モデル）とも，適合性は良好であった。しかし，両者にはほとんど差が現われなかった。この原因は，今回モデルを適用した地区の対象者においては，一般化時間の主要な構成要因である時間，乗りかえ回数，費用において経路間にトレードオフ関係がみられなかったことにあることがわかった。

(ロ) しかし，3駅選択モデルにおいては，その適用地区において，とくに費用と時間においてトレードオフがあらわれるところがあり，こうした場合は一般化時間選択モデルの適合性がすぐれていることが判明した。このように，一般化時間選択モデルは，より一般性を持つモデルであるといえる。

(ハ) つづいて，これらの一般化時間選択モデルを駅別バス利用者の需要推計に組み込む方法を提案し，山田地区を対象にケーススタディを行い，現状再現性でもってこの推計方法の妥当性を確認したところ，十分有効性を有することが明らかとなった。

参　考　文　献

1）Nitta, Y. and M, Mōri : Binary station choice models incorporating generalised time, Proceedings of the World Conference on Transport Research, Vancouver, May, 1986

2）Mōri, M. and Y. Nitta : Disaggregate station choice models incorporating generalised time for work trips, Technology Report of the Osaka Univ., Vol.35−2, 1985年10月

3）毛利正光・新田保次：一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデルに関する基礎的研究，土木学会論文報告集，第343号，pp.63～72，1984年3月

4）奥平耕造：駅勢圏の境界に関する研究，日本建築学会論文報告書．第125号，pp.59～64，1966年7月

5）奥平耕造：通勤者の路線選択性向に関する研究，日本建築学会論文報告集，第130号，pp.39～44，1966年12月

6）毛利正光・渡辺千賀恵：自転車駅勢圏の駅間境界と路線間境界，交通工学，Vol.15，No.2，pp.21～32，1980年3月

7）原田昇・太田勝敏：Nested Logit モデルの多次元選択への適用性一駅・アクセス交通手段同時選択の場合一，交通工学，Vol. 18，No.6，pp. 3～11，1983年11月

8）原田昇・太田勝敏・新谷洋二：非集計行動モデルによる新駅利用量の予測方法とその評価，土木学会論文集，第347号／Ⅳ−1，pp.49～58，1984年7月

9) Liou, P. S. and A. P. Talvitie : Disaggregate access mode and station choice models for rail trips, Transportation Research Record 526, pp. 42～57, 1974
10) Desfor, G. : Binary station choice models for a rail rapid transit line, Transportation Research, Vol. 9, pp.83～41, 1975
11) 谷明良・宮武信春：通勤経路選好特性の計量化手法，土木学会論文報告集，第267号, pp.83～87, 1977年11月
12) 河上省吾：通勤・通学者の輸送機関および経路の選定率に関する研究，土木学会論文報告集第179号，pp. 61～68, 1970年7月
13) 宇野敏一：交通手段選択モデルのある一般形の導出，交通工学，Vol. 18, No. 4, pp. 3～8, 1983年7月
14) 宇野敏一：交通手段選択モデルとルートの直並列合成，交通工学，Vol.19, No. 2, pp.3～8, 1984年3月
15) 佐佐木綱・西井和夫：通勤交通における経路別利用者数の予測ー宇野モデルの検討ー，土木計画学研究，論文集1，pp.91～98, 1984年1月
16) 佐藤馨一，五十嵐日出夫：空港アクセス交通における交通機関分担モデルの推定，土木学会論文報告集，第274号, pp. 95～104, 1978年6月
17) 田村享：地方中小都市における自家用車選択構造の分析，土木計画学研究・論文集1，pp. 19～26, 1984年1月
18) 佐藤馨一・五十嵐日出夫：実験計画モデルによる交通機関選択行動の事前・事後分析，土木学会論文報告集，pp. 151～159, 1984年3月

第6章　交通手段転換意識モデルによる急行バスの需要推計[1)]

1．はじめに

近年，大都市郊外部においては大規模な住宅開発に伴い，大量の交通が発生し，いくつかの交通問題が顕在化している。本章で研究対象とした大阪北部地域はこのような問題をかかえる典型的な地域であり，とくに通勤時の交通渋帯，それによるバスの遅延，またバス，鉄道の車内混雑により，交通管理者の努力にかかわらず住民に負担を強いているのが現状である。

このような地域の交通問題を解決するためには，現在都市計画道路を中心に進められている道路整備を推進する一方，増大する開発人口に対処するため，鉄道，新交通システムなどの導入も含めた公共交通体系の整備が必要であると思われる。しかしながら，鉄道，新交通システムなどの軌道システムにおいては輸送力の格段の向上が期待される一方，採算性において多くの課題が残されている。

そこで本研究では，大阪北部地域の道路整備の一貫として都市計画決定された阪神高速道路の延伸部分が将来この地域まで伸びるのを機に，都市高速道路の新しい使われ方としての急行バスの導入について検討することにした。ここで構想したバスは通勤者を主に対象とするものであり，ひとつは鉄道へのアクセス機能を重視したタイプ，他は鉄道と類似した代表交通機関としての機能を持つタイプの2つである。

これらの急行バス計画の評価においては，各種の条件に応じた需要推計値が重要な資料となる。この需要推計においては従来と同様，基本的には4段階推定法をここでは用いるが，第3段階目に位置づけられる交通手段別交通量の推計においては，急行バスという全く新しい交通機関を考えるため，従来のような行動データにもとづく交通手段選択モデルを使用できないという問題がある。そこで本研究では，需要推計の手順として，まず最初に，現状と同じ交通サービス状況が将来も続いたとして需要推計を行い，次に推計された個々の交通手段から，転換モデルを用いて急行バスへの転換量を推計するという2段階の手順をふむことにした。

よって本章では，まず第1に，意識データにもとづく転換モデルを，すでに3章で提案した一般化時間交通手段選択モデル[2)]を適用することにより構築し，個々の転換ケースに応じてパラメータ推定を試みること，あわせてその差異について考察することを目的とし，つづいて，構想した2つの急行バスタイプのうち代表型急行バスについて転換意識モデルによる需要推計の試算例を示すこととした。なお，代表型急行バスとは，対象地区から阪急梅田駅まで運行するバスであり，鉄道に代替しうるという意味で代表型と名づけた。

従来，新しい交通機関に関する需要推計方法を示した研究は数少ない。その中で代表的なものとして，一連の佐藤・五十嵐，河上・広畠の研究がある。佐藤・五十嵐らは[3)〜7)]，交通手段の選択意識を把握する際に実験計画法を用いたユニークな調査方法を考案し，そのデータに基づき手段選択を規定する要因抽出を分散分析により実施し，

この選ばれた要因を用いて，直交多項式モデル，オメガモデル，集計ロジットモデルと順次モデルの発展を行ってきた。そしてこの実験計画モデルが短期予測において精度が良いことを明らかにした。一方，河上・広畠らは，2つのアプローチにより，それぞれ交通手段選択モデル[8]と交通手段転換モデル[9)10)]の開発を行っている。手段選択モデルでは，選択行動主体は現在利用している交通手段に規定されて，評価構造は異なるとし，客観的要因をそのままモデルの効用関数に入れるのではなく，まず客観的要因により主観的評価を求め，それを用いて選択率を推計するという方法をとっている。そして地下鉄開通による手段転換現象にこのモデルを適用し，有効性を検証した。また転換モデルでは，転換抵抗が存在するとの仮定のもとで，いくつかの新しいモデルを作成し，各転換ケースに応じてモデルの妥当性を検証した。

以上のような従来の研究との関連で本研究の特徴を示すと次のようになる。ひとつは，都市高速道路を運行する通勤型の急行バスを需要推計の対象として選んだこと。ふたつは，この新しい交通手段の需要推計方法を，事前調査の交通実態に基づく発生，分布，交通手段別需要推計部分と新しい交通手段の利用意識調査をもとにした転換モデルによる交通サービス条件の変化に応じた交通手段別需要推計部分に分けて示したこと。第3は転換モデルの構築において，すでに3章で提案した一般化時間選択モデル[2)]を急行バスへの転換現象に適用し，一般化時間と選択率を結合するパラメータの推定を行ったこと，以上3点である。

2．対象地域の交通実態と急行バス利用意識

(1) 調査地域の選定

兵庫県川西市，大阪府池田市を中心とする猪名川流域は，近年住宅開発が大々的に行われている。また，将来にわたっても大規模な開発が計画されている。本研究ではこれらの地域の中でとりわけ現在，交通渋帯により最寄りの鉄道駅へ向かうバスの大幅な遅れが生じているとともに，公共交通機関のサービスの悪さから車が大量発生しており，急行バスの導入によりその交通混雑の緩和が望まれる地域として清和台，伏尾台の2地区，さらに急行バスの導入により，交通手段の選択幅が広がり，あわせてアクセス交通手段としてのバス，能勢電鉄の混雑緩和が予想される地区として多田グリーンハイツの計3地区を調査対象地域に選定した。なお，調査地区を図6－1に示したが，阪急

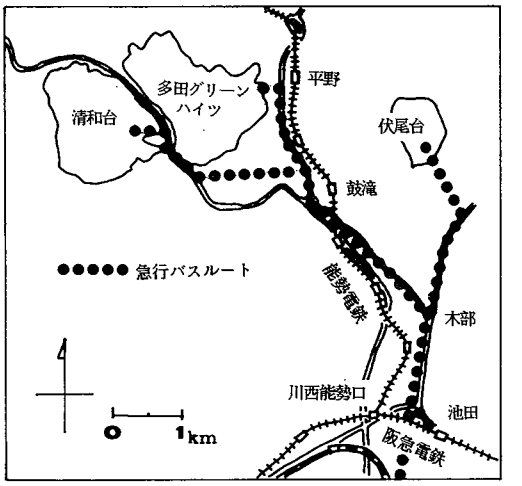


図6－1　調査対象地域

バスの旅客流動調査データ（1979年11月）によると，清和台から川西能勢口にむかうバスの場合，朝ラッシュ時の平均速度は12～13Km/hrであり，表定速度の21～22Km/hr（所要時間24分）を大きく下回り，最も遅いバスでは30分以上の遅れを生じていた。また，伏尾台から池田までの場合では表定速度17Km/hr（所要時間21分）に対し，平均運行速度は11Km/hrであり，最大20分の遅れがあった。多田グリーンハイツでは，ほぼダイヤ通りに運行していたが，能勢電鉄の混雑率はピーク時180％に達していた。

(2) 通勤交通の実態

3地区の通勤交通実態と急行バスへの転換意識動向を探るために，1982年2月から3月にかけて家庭訪問調査を実施した。そのときの配布・回収状況を表6－1に示した。この地区の通勤交通実態の概要は，OD分布の場合，表6－2に示すように，いずれの地区とも大阪市が最も多く，清和台31％，多田グリーンハイツ52％，伏尾台50％となった。つづいて隣接市が多いが，とくに清和台では尼崎市が多く，兵庫県内への通勤が他の2地区に比べて大きな割合を示した。

表6－1　配布・回収状況

地　区	配布数	回収数	回収率%
清和台	466	396	85.0
多田グリーンハイツ	350	269	76.9
伏尾台	286	236	82.5
計	1102	901	81.8

代表交通手段の分担率は表6－3に示すように，鉄道では多田グリーンハイツの分担率が最も高く，つづいて伏尾台，清和台となった。清和台では鉄道より車の分担率の方が高い値を示した。また，鉄道利用者の最寄り駅選択状況を表6－4に示したが，清和台では川西能勢口，多田グリーンハイツでは平野，伏尾台では池田駅の選択が最も多かった。駅へのアクセス交通手段分担率は表6－5に示すように，いずれの地区ともバスが最も高い値を示した。

表6－2　通勤者のOD分布

D / O	大阪市 中心5区	大阪市 他	池田市 豊中市	川西市 伊丹市	尼崎市	他	計
清和台	76 (20.7)	38 (10.4)	67 (18.3)	64 (17.4)	62 (16.9)	60 (16.3)	367 (100.)
多田グリーンハイツ	88 (34.6)	43 (16.9)	33 (13.0)	27 (10.6)	21 (8.3)	42 (16.5)	254 (100.)
伏尾台	71 (32.0)	39 (17.6)	47 (21.2)	4 (1.8)	12 (5.4)	49 (22.1)	222 (100.)
計	235 (27.9)	120 (14.2)	147 (17.4)	95 (11.3)	95 (11.3)	151 (17.9)	843 (100.)

(注) 中心5区：東，西，南，北，天王寺。　（ ）内は分布率%。

表6－3　代表交通手段別選択者数と分担率

交通手段	清和台 人数	清和台 %	多田グリーンハイツ 人数	多田グリーンハイツ %	伏尾台 人数	伏尾台 %	計 人数	計 %
鉄道	134	36.8	153	61.2	119	53.1	406	48.4
車	196	53.8	91	36.4	94	42.0	381	45.5
バス	16	4.4	1	0.4	8	3.6	25	3.0
自転車バイク	14	3.8	1	0.4	0	—	15	1.8
徒歩	2	0.5	1	0.4	0	—	3	0.4
他	2	0.5	3	1.2	3	1.3	8	1.0
計	364	100.	250	100.	224	100.	838	100.

(3) 急行バスの利用意識

高速道路を利用した急行バスとして，清和台，多田グリーンハイツ，伏尾台の各地区と阪急梅田駅を結ぶ「代表型急行バス」（図6－2）と，各地区と阪急池田駅を結ぶ「アクセス型急行バス」（図6－3）の2種類を考えた。そして，勤務先を大阪府

下で淀川以南の市と滋賀県，奈良県，和歌山県に持つ人を対象に利用意識を調べ，結果を図６－４に示した。

表６－４　最寄り駅の選択率

単位：％

駅	清和台	多田グリーンハイツ	伏尾台
能勢電　平野	12．4	96．2	—
能勢電　鼓滝	0．7	—	24．6
能勢電川西能勢口	82．4	2．5	—
阪急　池田	2．0	—	75．4
他　2駅	2．6	1．3	—
総　数（人）	153	157	130

代表型急行バスにおいては，「利用したい」と考える人の割合は多田グリーンハイツで最も多く37％，清和台で，伏尾台も３割を越えた。「条件しだいで利用するかもしれない」人を加えると，清和台では73％となり，伏尾台，多田グリーンハイツにおいても７割近い値を示した。アクセス型急行バスでは，「利用したい」と答えた人は，伏尾台で最も高く63％を示し，続いて清和台43％，多田グリーンハイツ26％となり，地区により大きな差異を示した。なお，多田グリーンハイツ以外の清和台，伏尾台では代表型の場合より高い利用意識を示した。また，「条件しだいで利用するかもしれない」人を加えると，伏尾台85％，清和台78％，多田グリーンハイツ65％となった。伏尾台，清和台において，アクセス型急行バスに対して，高い利用意識を示したが，これはこれらの地区と最寄り駅を結ぶバスが，道路混雑により大幅な遅れを生じていることへの不満を反映したためであると思われる。

表６－５　アクセス交通手段別分担率

単位：％

	清和台	多田グリーンハイツ	伏尾台
徒　歩	—	20．3	11．8
バ　ス	74．6	61．4	66．4
車	14．2	13．1	17．6
自転車	0．7	1．3	—
バイク	9．0	3．9	3．4
他	1．5	—	0．8
総数（人）	134	153	119

以上述べたように，ここで仮定した急行バスに対して通勤者がかなりの利用意識を示したことは，ここで想定した急行バスが計画上ある程度現実的な意味を有していることを示したものといえよう。

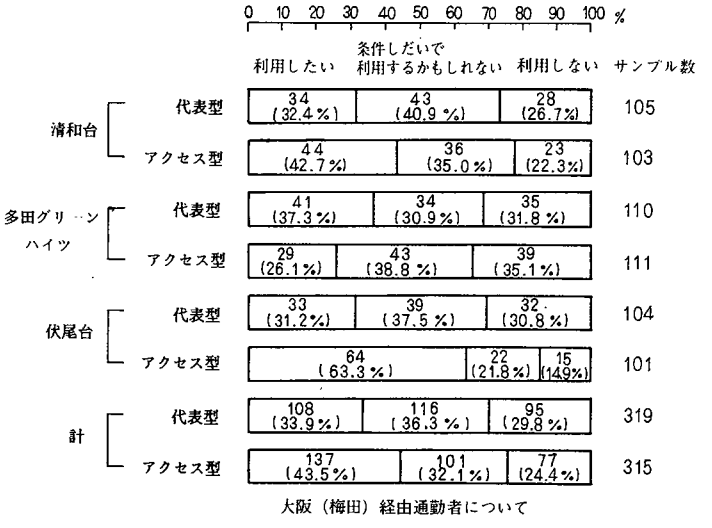


図６－４　急行バス利用意識

■ **高速バスの利用意識について（全員記入）**

近い将来、阪神高速道路大阪池田線を現在の大阪空港付近より池田市木部町まで延伸することが計画されています。

（高速バスについて）

今、この阪神高速道路を他車にくらべて**優先的に走行し**、あなたが住んでいる地区と**阪急梅田駅**との間に、次のような特徴をもつ**高速バス**が運行された場合、通勤に利用するかどうかお考え下さい。ただし、高速バス以外の既存の交通機関（自動車も含む）のサービス（所要時間、費用など）は現状と変らないものとします。

高速バスの特徴

- 阪急梅田駅まで**座っていけます**。
- 阪急梅田駅までの**所要時間は60分**です。
- **バス停**はお宅から歩いて**3分以内**のところにあります。
- ほとんど**待たず**に乗れます。
- 帰宅時も出勤時と同様、良好な高速バスサービスが確保されます。

問26　このような**高速バス**を通勤に利用したいと思いますか。

1. 利用したい　2. 条件だしで利用するかもしれない　3. 利用しない（理由：

問27　高速バスの**1カ月の定期代は15000円**で、勤務先から**全額支給**されます。しかし、これに加えて**高速料金**が必要であり、これは**自分で負担**しなければなりません。**高速料金代が1カ月いくらまで**なら高速バスを利用したいと思いますか。

1. 1000円まで　2. 3000円まで　3. 5000円まで
4. 7000円まで　5. 9000円まで　6. 11000円まで
7. その他［　　］円まで　8. 利用したくない　9. わからない

図6－2　代表型急行バスの利用意識に関する質問

3．急行バス転換意識モデルの構築

(1) 転換意識モデル

急行バスへの転換意識モデルとは，新しく急行バスが運行された時に，今まで通勤に使っていた経路から，この新しい急行バスへ転換する割合を推定するモデルのことをいい，3章で示した一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデル[2)]をこのケースに適用したものである。この転換意識モデルは式（6・1）に示すように，急行バスへの転換率を，現状の経路と急行バスを利用した経路の一般化時間差により説明するロジット型モデルとなっている。

$$\left.\begin{aligned} P_b &= 1/[1+exp(a\Delta G+b)] \\ \Delta G &= G_r - G_b \end{aligned}\right\} \qquad (6\cdot1)$$

ただし，

P_b ＝ 急行バスへの転換率

G_r ＝ 現状の経路を利用した場合の一般化時間

（直行バスについて）

今、阪神高速道路の延伸された部分を通り、あなたが住んでいる地区と阪急池田駅との間に、次のような特徴をもつ直行バスが運行された場合、通勤に利用するかどうかお考え下さい。ただし、直行バス以外の既存の交通機関（自動車も含む）のサービス（所要時間、費用など）は現状と変らないものとします。

直行バスの特徴

- 阪急池田駅まで座っていけます。
- 阪急池田駅までの所要時間は清和台地区、多田グリーンハイツ地区から25分、伏尾台地区から15分です。
- バス停はお宅から歩いて3分以内のところにあります。
- ほとんど待たずに乗れます。
- 帰宅時も出勤時と同様、良好な高速バスサービスが確保されます。

問28　このような直行バスを通勤に利用したいと思いますか。

1. 利用したい　2. 条件しだいで利用するかもしれない　3. 利用しない(理由：

問29　直行バスの1カ月の定期代は8000円で、勤務先から全額支給されます。しかし、これに加えて高速料金が必要であり、これは自分で負担しなければなりません。高速料金代が1カ月いくらまでなら、直行バスを利用したいと思いますか。

1. 1000円まで　2. 2000円まで　3. 3000円まで
4. 4000円まで　5. 5000円まで　6. 6000円まで
7. その他［　　］円まで　8. 利用したくない　9. わからない

図6－3　アクセス型急行バスの利用意識に関する質問

G_b ＝ 急行バスを利用した場合の一般化時間

(2) 分析用データの作成

次のⅰ)～ⅳ)に示す条件にすべて該当する人を，モデル構築の際の対象とした。

ⅰ) Auto Captive 層の人はどうしても車を使わざるをえない人であるので，急行バスの利用は困難であると思われる。よって，残りの Transit Captive 層, Choice 層を対象とした（表6－6）。

ⅱ) 通勤者の交通モードパターンは様々であるが，少数者のパターンについてモデル構築を行うことは精度上問題があるので，比較的多数のデータが見込まれる次の3つのパターンのどれかに該当する人を対象とした。

イ．自宅→バス利用→鉄道利用→勤務先まで徒歩

ロ．自宅→車利用→鉄道利用→勤務先まで徒歩

ハ．自宅→車利用→勤務先

ⅲ) 急行バスは主に大阪都心方面への交通混雑を緩和するために立案されたので，勤務先を大阪府下に有する人を対象とした。ただし，調査地区より北部の豊能郡は除き，さらに，代表型急行バスの場合は淀川以北の市を除いた。

表6－6　Choice層とCaptive層

地区 / 層	清和台		多田グリーンハイツ		伏尾台	
	人数	%	人数	%	人数	%
Transit Captive	82	23.3	73	30.0	55	24.8
Auto Captive	54	15.4	37	15.2	49	22.1
Choice	215	61.3	133	54.7	118	53.2
計	351	100.	243	100.	222	100.

iv）また，午前6時から午前8時までに自宅を出る人を対象とした。

以上の条件に該当する通勤者は280名となった。なお，ここで，Transit Captive 層は，免許の有無に関係なく，自家用車も勤務先の持ち帰り車もない人で，家族・知人の車にも乗ることもできず，どうしても鉄道しか利用できない人とし，Auto Captive層は，免許を持っており，通勤に車を利用している人で，勤務時間，仕事上の都合で，車通勤している人とした。そして，残りの人をChoice 層とした。

一般化時間を求める際には，交通モード別の所要時間を各通勤者について求める必要がある。そこで，これらのモードのうち，バス乗車時間は阪急バスの実態調査データをもとに，鉄道乗車時間は時刻表により，30分間隔の時刻帯別に算定した。待ち時間は30分間隔の時刻帯別の平均運行時間間隔を求め，その半分とした。アクセスおよびイグレス徒歩時間は調査票の回答値を用いたが，回答のない場合は直線距離を分速70mで除した値を用いた。乗りかえに要する徒歩時間は実測した。車の所要時間は調査票の値を用いた。

急行バス利用の場合は，図6－2，3に示す調査票の条件通り経路情報として入力し，バス降車後の勤務先までの経路については，現状の経路を尊重して設定した。この時，現状の経路が不明の場合は所要時間が最小となる経路とし，現状の経路の場合と同じ方法によりモード別所要時間を求めた。

通勤費用の計算は，公共機関については1982年3月時点の1カ月定期代とし，車の場合はガソリン1ℓあたりの走行キロ9.5 Km，使用日数1カ月あたり25日とし，調査で把握した通勤時の片道の走行距離をもとに1カ月の燃料費を求め，これに駐車料，有料道路通行料を加えて車の費用とした。急行バス料金は図6－2，3に示すよう設定した。

(3)　モデルの係数決定と適合性

モデルの係数決定の方法を代表型急行バスを例に説明する。図6－2に示す調査票の問26の「1.利用したい」あるいは「2.条件しだいで利用するかもしれない」に回答し，かつ問27の1から7の項目に回答した人は急行バスに転換する意志があるとみなした。たとえば，問27の「3. 5000 円まで」に回答したとすると，当然5000円より安い料金では急行バスに転換し，これを越える場合は転換しないことになる。そこで，ここでは問27の1～6までの料金形態に応じ，各通勤者の急行バス利用の場合の一般化時間を計算し，かつ，6種類の料金形態に応じて転換する場合は式（6・1）の P_b を1，転換しない場合は $P_b=0$ とし，最尤法によりモデルの係数を求めることにした。なお，問26で「3.利用しない」，問27で「8. 利用したくない」と回答した人は6種類の料金形態のすべて $P_b=0$ とし，問27で「9.わからない」と答えた人は対象から除いた。よって，サンプル数は対象者の6倍となった。

式（6・1）の一般化時間 G は式（3・5）により計算した[2]。ここで用いた交通モードは鉄道着席，鉄道立席，バス着席，バス立席，車，徒歩，乗りかえの7種類であり，それぞれの等価時間係数は表3-10に示す値を用いた。時間価値は4章で示した鉄道1分間あたりの時間価値の平均的な値である110円（単位は鉄道着席1分間あたりの一カ月定期代）[11]を使い，各通勤者の通勤経路別に算出するととも

に，急行バスを利用した場合にも同様にして求めた。なお，時間価値は鉄道の場合のみならず，バス，車に関する費用の場合も鉄道に関する時間価値110円を用いた。

このようにして求めたモデルの係数と適合性を表6－7に示した。ここでは，現状の交通手段として，バス＋鉄道，車＋鉄道，車直行の3種類を考え，これらのモードから代表型急行バスおよびアクセス型急行バスへの転換意識モデルを考えた。その結果，「バス＋鉄道」通勤者の場合，アクセス型急行バスより代表型急行バスのモデルの方が的中率，$\bar{\rho}^2$とも高くなり精度が良いことが判明した。車を含む「車＋鉄道」通勤者，車直行者の場合も代表型，アクセス型急行バスともサンプル数が少ないので明確には断言できないが，代表型の方が精度が良いようである。車を含んだモードにおいてはサンプル数が少ないという問題はあるものの，係数a，bの比較により転換動向を占うと，車＋鉄道，車直行から急行バスへの転換の場合，係数aの絶対値がバス＋鉄道の場合より極めて小さく，一般化時間の短縮といったサービス改善に敏感に反応しないとともに，定数項bが正になり，転換抵抗が強いことが確かめられた。

表6－7　転換意識モデルの係数と適合性

急行バス	現状の交通手段	a	b	的中率%	$\bar{\rho}^2$	対象者数
代表型	バス＋鉄道	-0.023	-0.72	77.0	0.138	102
	車＋鉄道	0.001	1.19	74.7	-0.016	27
	車直行	-0.003	1.04	78.2	0.032	29
アクセス型	バス＋鉄道	-0.017	0.899	71.9	0.047	128
	車＋鉄道	-0.002	0.800	70.0	0.003	30
	車直行	-0.004	0.806	75.3	0.030	97

注）$P_b = 1/1+\exp(a\Delta G+b)$

4．急行バス利用者の需要推計

(1)需要推計の手順

清和台，多田グリーンハイツ，伏尾台の3地区から発生する通勤者を対象に，急行バスの2つのタイプ（代表型およびアクセス型急行バス）に関する利用者の需要推計を行った（なお，ここでは代表型急行バスについてのみ試算例を示す）。本研究で対象とした急行バスは新しく建設される高速道路を走る，地区住民が未だ経験しない交通機関があるので，需要量を交通機関に振り分ける際，意識データに基づく選択モデルを用いて需要量を推計することにした。

このときの推計手順を図6－5に示した。まず，調査によって得られた現状の交通手段分担関係が将来も続くものとして需要推計を行う。つづいて，

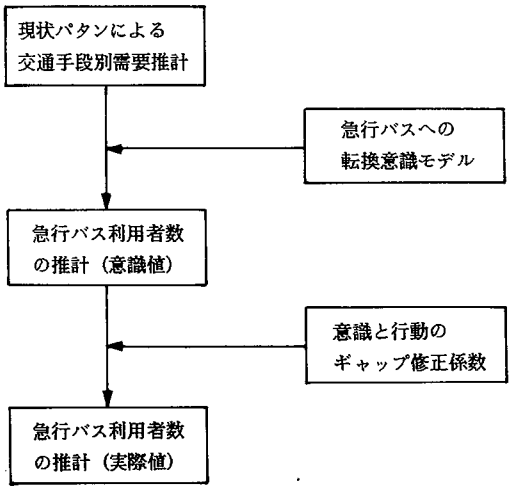


図6－5　急行バスの需要推計手順

この現状の交通手段別に推計された通勤者を対象に，転換意識モデルにより急行バスへの転換者数を推計する。本研究ではこの段階までの需要推計を行ったが，これは意識レベルの推計値であり，さらには現実に行動を行う人を推計する必要がある。このことを可能にするためには意識と行動と

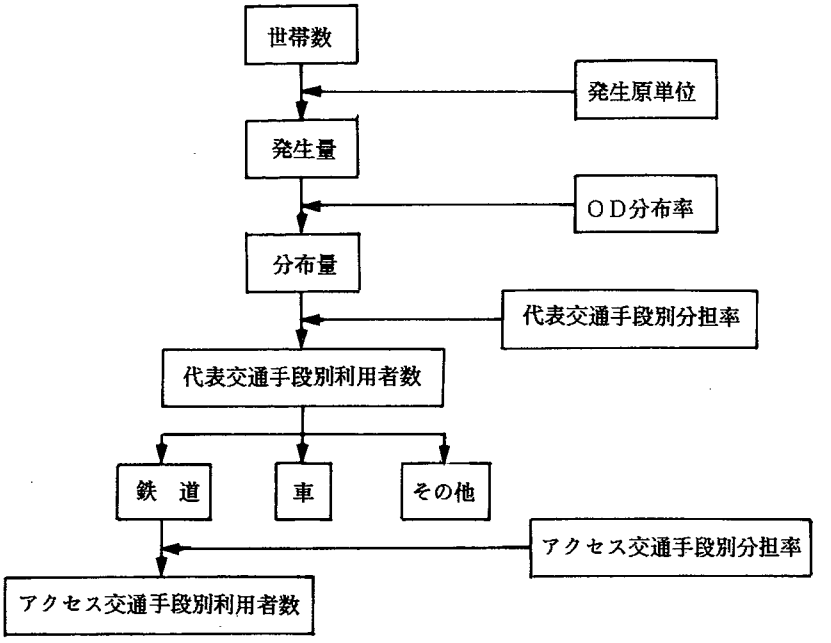


図６－６　現状パターンによる交通手段別利用者の推計手順

のギャップを埋める方法を何らかの形で導入する必要があると思われる。

続いて現状パターンによる交通手段別交通量の需要推計手順を説明する。図６－６に示すように４段階推定法により行う。まず世帯数を求め，それに通勤者発生原単位を乗ずることにより通勤者の発生量を推計する。続いてＯＤ分布率を発生量に乗じ，ＯＤ別通勤者数を求め，次にこれに，現状での代表交通手段別分担率を乗じ，鉄道，車などの代表交通手段別通勤者数を推計する。さらに，鉄道に関しては，アクセス交通手段別分担率によりアクセス手段別通勤者数を求める。

急行バスの利用者数の推計は，図６－７に示すように現状パターンによって推計された交通手段別利用者のいくらかが急行バスに転換するものと考え，転換者数を求める方法を採用した。代表交通手段の内訳は，表６－３に示したように鉄道，車が大多数を占めるので，この２つの手段を推計の対象とした。ただし，車の場合は急行バスを選択する可能性のあるChoice層のみを対象とした。

そして，現状パターンによってＯＤごとに推計された鉄道および車利用者を対象に，これらの通勤者がゾーン中心間を移動するものとして，現状ルートでの一般化時間と急行バス利用の場合の一般化時間を求め，両者の差を式（６・１）のモデルに代入して求めた転換率を乗じ，転換者数を計算した。

(2)　代表型急行バスの需要推計例

a）現状パターンによる需要推計例

図６－７に示した手順により，調査データから得られた表6−2〜3の値を用い求めたOD別代表交通別通勤者数は，表６－８のようになった。なお，D側ゾーンには代表型急行バスが利用可能と思われる地域をとった。

b）急行バスのタイプ

急行バスのタイプとして次に示す２つのタイプを考えた。

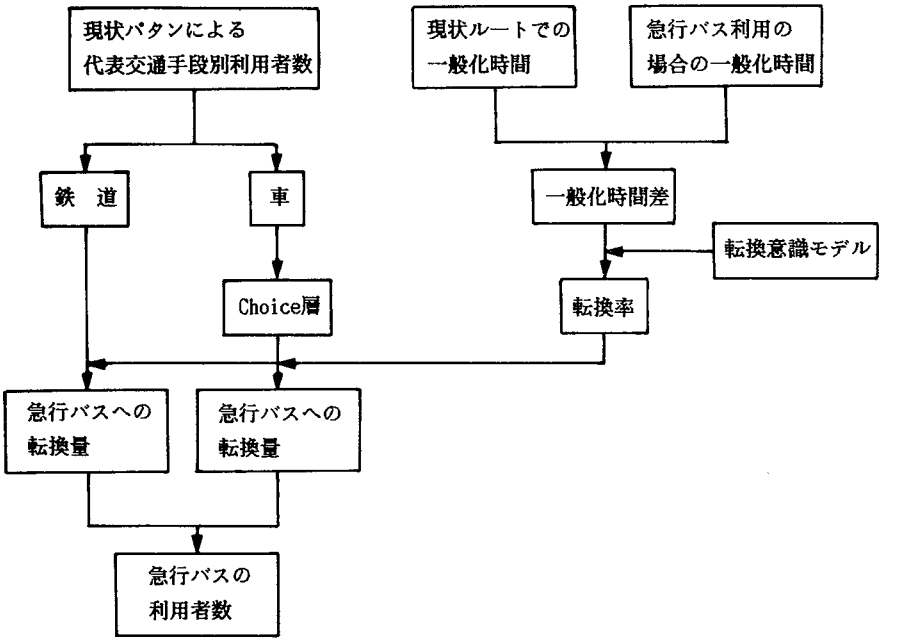


図6－7　急行バスへの転換量の推計手順

タイプA：速度＝一般道路20Km/hr＋高速道路50Km/hr
定期代＝現状のバス・鉄道の定期代＋2000円

タイプB：速度＝一般道路30Km/hr＋高速道路50Km/hr
定期代＝現状のバス・鉄道の定期代＋3000円

c）鉄道から代表型急行バスへの転換者数の推計

鉄道利用者はすべてバスで最寄り駅にアクセスすると仮定し，現状ルートでの一般化時間をまず求め，つづいて急行バスを利用した場合の一般化時間を求めた。これらより一般化時間差を求め，式（6・1）の転換意識モデルにより，OD別に転換率を求め，表6－8の値に乗じ，転換者数を推計した（表6－9）。なお，この時，モデルのパラメータとしては表6－7に示す$a=-0.023$，$b=-0.72$を用いた。推計結果より，急行バスのタイプAでは，表6－8に示す鉄道利用者総数6429人のうち70%にあたる4527人が急行バスに転換するものと推計された。タイプBではこれより少なく，3882人となった。

d）車直行から代表型急行バスへの転換者数の推計

図6－7に示すように車直行者についてはChoice層のみ取り出す必要がある。そこで表6－8の推計値に，表6—10に示す実態調査から得られた車直行者の中でのChoice層の割合を乗じ求めることにした（表6—11）。つづいて，表6－7に示す車直行者の場合のパラメータを持つ転換意識モデルにより鉄道からの転換の場合と同様な方法により転換率を求め，つづいて転換者数を推定した。その結果，表6—11に示すように，急行バスタイプAでは車直行者の22%にあたる381人が転換することになり，タイプBではやや少な

表6－8　現状パターンによるＯＤ別代替交通手段別通勤者数の推計

自宅	手段＼勤務先	大阪市 北	大阪市 東	大阪市 西・南 天・浪	大阪市 他	府東南部	尼崎	西宮・神戸	計
清和台	鉄道	582	360	205	159	51	228	73	1658
	車	70	0	68	141	69	719	217	1284
	計	652	360	273	300	120	947	290	2942
多田グリーンハイツ	鉄道	800	1091	553	458	169	232	230	3533
	車	30	29	87	92	141	378	0	757
	計	830	1120	640	550	310	610	230	4290
伏尾台	鉄道	428	235	210	206	43	45	71	1238
	車	148	15	30	74	57	105	29	458
	計	576	250	240	280	100	150	100	1696
計	鉄道	1810	1686	968	823	263	505	374	6429
	車	248	44	185	307	267	1202	246	2499
	計	2058	1730	1153	1130	530	1707	620	8928

注）大阪市は淀川以南の地域を対象としている。

表6－9　鉄道利用者の代表型急行バスへの転換者数

自宅	バスタイプ＼勤務先	大阪市 北	大阪市 東	大阪市 西・南 天・浪	大阪市 他	府東南部	尼崎	西宮・神戸	計
清和台	A	367	227	129	100	32	144	46	1045
	B	308	191	109	84	27	121	39	879
多田グリーンハイツ	A	592	807	409	339	125	172	170	2614
	B	520	709	359	298	110	151	150	2297
伏尾台	A	300	165	147	144	30	32	50	868
	B	244	134	120	117	25	26	40	706
計	A	1259	1199	685	583	187	348	266	4527
	B	1072	1034	588	499	162	298	229	3882

表6－10　車直行者のChoice層とCaptive層

層＼地区	清和台 人数	清和台 %	多田グリーンハイツ 人数	多田グリーンハイツ %	伏尾台 人数	伏尾台 %
Choice	160	74.8	77	67.0	63	56.3
Captive	54	25.2	38	33.0	49	43.7
計	214	100.0	115	100.0	112	100.0

く21％の人が転換するものと推計された。

e）代表型急行バス利用者数

表6－9，11よりタイプAの急行バス利用者は4908人，タイプBでは4246人となった。

表6－11　車直行通勤者と代表型急行バスへの転換者数

自宅	手段＼勤務先		大阪市 北	大阪市 東	大阪市 西・南 天・浪	大阪市 他	府東南部	尼崎	西宮・神戸	計
清和台	車直行者		52	0	51	105	52	538	162	960
	転換者	タイプA	13	0	12	26	12	108	40	211
		タイプB	12	0	11	25	12	103	38	201
多田グリーンハイツ	車直行者		20	19	58	62	94	253	0	506
	転換者	タイプA	5	4	13	15	22	50	0	109
		タイプB	5	4	13	14	21	48	0	105
伏尾台	車直行者		83	8	17	42	32	59	16	257
	転換者	タイプA	21	2	4	10	8	12	4	61
		タイプB	21	2	4	10	7	11	4	58
計	車直行者		155	27	126	209	178	850	178	1723
	転換者	タイプA	39	6	29	51	42	170	44	381
		タイプB	37	6	28	49	40	162	42	364

5．まとめ

本章では，意識データに基づく急行バス転換モデルを構築することと，このモデルを用いた急行バスの需要推計方法を提案することを主な目的とし研究を行い，次の成果を得ることができた。

(イ)　一般化時間を組み込んだ急行バスへの転換意識モデルを構築し，その適合性を検討したところ，「バス＋鉄道」通勤者の場合，アクセス型急行バスより代表型急行バスへの転換モデルの方が精度が良いことが判明した。また，車を含む「車＋鉄道」通勤者，車直行者のモデルの場合，サンプルが少ないという問題はあるものの係数比較により転換動向を占うと，「バス＋鉄道」通勤者より急行バスへの転換が困難であることが示された。

(ロ)　次にこの転換意識モデルを用いた需要推計においては，実態調査で得られた現状の交通手段分担関係が将来続くものとしてまず需要推計を行

い，つづいて転換モデルにより急行バスの需要推計を行うという２段階の推計手順により比較的容易に新しい交通機関の需要推計が行えることを明らかにした。

参　考　文　献

1）毛利正光・新田保次：交通手段転換意識モデルによる急行バスの需要推計について，交通工学，Vol．20,No.4,1985年7月

2）毛利正光・新田保次：一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデルに関する基礎的研究，土木学会論文報告集，第343号，pp．63～72，1984年3月

3）佐藤馨一・五十嵐日出夫：空港アクセス交通における交通機関分担モデルの推定，土木学会論文報告集，第274号，pp．95～104,1978年6月

4）佐藤馨一・田村享・五十嵐日出夫：都市間交通における交通機関選択特性に関する研究，第4回土木計画学研究発表会講演集，pp.194～199，1982年1月

5）田村享，佐藤馨一，五十嵐日出夫：選好順位データを用いた交通機関選択モデルの構築に関する研究，第5回土木計画学研究発表会講演集，pp．407～412,1983年1月

6）田村享：地方中小都市における自家用者選択構造の分析，土木計画学研究・論文集1，pp．19～26，1984年1月

7）佐藤馨一，五十嵐日出夫：実験計画モデルによる交通機関選択行動の事前・事後分析，土木学会論文報告集，第343号，pp．151～159，1984年3月

8）河上省吾，広畠康裕：利用者の主観的評価を考慮した非集計交通手段選択モデル，土木学会論文集，第353号／Ⅳ－2,pp．83～92，1985年1月

9）河上省吾，広畠康裕，溝上意志：意識データに基づく非集計交通手段転換モデル構築の試み，土木計画学研究・論文集，No.1，pp.11～18，1984年1月

10）河上省吾，広畠康裕，溝上章志：鉄道端末バスサービスの改善計画のための交通需要予測モデルの開発と適用，土木計画学研究・論文集，No.2．pp.53～60，1985年1月

11）新田保次：一般化時間を組み込んだ経路選択モデルにおける時間価値について，交通科学，Vol.13,No.2，pp.33～40，1984年12月

第7章　自転車・バイクの利用特性と有料駐車場転換意識モデルによる需要推計[1)2)]

1．はじめに

1973年の第1次オイルショック以後，通勤・通学交通における自転車利用は飛躍的に増大した。しかし，最近ではそろそろ頭打ちとなり，かわって原動機付自転車（いわゆるミニバイク）が急増してきている。大都市の多くの駅周辺には先行して発生した自転車と最近発生したバイクが混在して，歩道，車道，公園などに駐車することにより，歩行者，自動車などに対する通行障害，景観の悪化，利用者間のトラブルなど様々な問題を生じさせている。とくに，バイクの場合，可燃物の積載，重量が重いことによる危険性は大きい。

このような状況に対し，今まで自転車を中心に各種対策が実施され，いくつかの成果が上げられているが，試行錯誤的段階にとどまっており，利用者の特性を充分把握した上で合理的な対策を打っているとは言い難い面がある。とくにバイクにいたっては，その特性すら明らかにされていないのが現状である。

そこで本章では，駅周辺の自転車・バイク対策のための基礎資料を得ることを目標に，次の研究目的を設定した。

1）自転車，車との比較でみたバイク利用者の特徴を明らかにすること。

2）置場利用者との比較でみた放置者の特徴を明らかにすること。

3）交通手段の転換特性を把握すること。

4）バイク利用者の駅選択特性を把握し，駅選択モデルを構築すること。

5）有料駐車場への転換意識を調べ，そのモデル化を行うとともに，有料駐車場の需要推計手法を確立すること。

次に従来，駅周辺に駐車している自転車，バイクを対象にして実施された研究について整理することにする。自転車に対する研究では，利用者の基本的特性をアンケート調査により分析したものが多く，毛利・渡辺[3)]，高岸・金丸[4)5)]，大塚・川上ほか[6)]によって利用者の属性，発生圏域と利用距離，手段選択の変化とその理由，有料駐車場の利用意識などが把握された。また，放置自転車の実態についても最近報告されている[7)]。これらのアンケート調査結果をもとに，一歩突っ込んで徒歩，バスとの関連において自転車の分担関係を分析したものに高岸[8)]，毛利・渡辺[9)]の研究がある。高岸は総費用概念を用いて，演えき的に分担圏を推定するモデルを提案した。毛利・渡辺は三者の選択関係を徒歩対非徒歩，非徒歩の中での自転車対バスという2段階の二者択一型選択関係におきかえて，時間要因によって選択率を推定する回帰式を求め，これをもとに各手段の発生圏域を区画する方法を提案した。さらに，渡辺らは自転車利用者の置場選択行動を分析し，置場の分担圏域区画法を提案する[10)]とともに，自転車の駅勢力圏についても考察した[11)]。一方，山川[12)]は利用特性を把握するとともに，自転車駐車対策に対する意識，駐車対策の実施例を検討することにより，今後の駐車対策のあり方について提言した。

バイクについては，最近研究が始まったばかりであり，主に実態把握が中心である。山川ら[13)14)]

は近年バイクが急激に増加していること，「坂があるので疲れる」が最大の転換理由であることを明らかにするとともに，バイク対策についても検討した。また，竹内[15]らは自転車との比較においてバイクの特徴を調べた。

このように，従来の研究においてはバイクの利用特性そのものに関する研究および，現在，現場において焦眉の課題である自転車・バイク有料駐車場の需要推計方法に関する研究が不充分な状況にある。本研究ではこの点を重視し，研究を行った点に特徴がある。

2．自転車・バイクの利用実態

(1) 調査の概要

1984年9月21日，大量の自転車・バイクの鉄道駅周辺駐車が行われている枚方市内の京阪本線枚方市，牧野，樟葉の3駅を対象に，自転車・バイクの利用実態調査を実施した。この3駅の駐車台

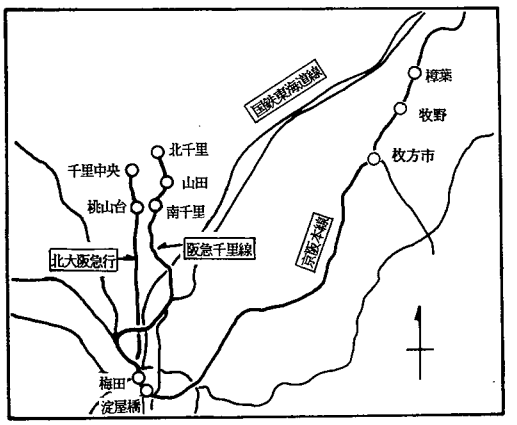
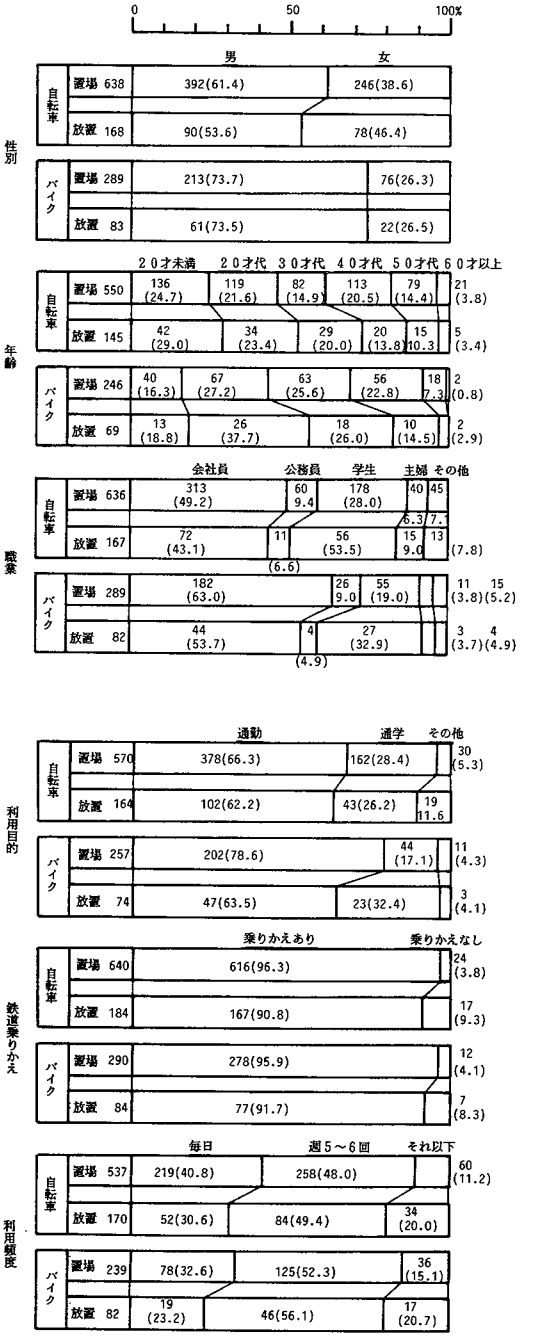


図7－1　調査対象駅

数は表7－1の通りである。これらを対象に，駅からの距離帯別，置場・放置別，自転車・バイク別に調査票がある程度まとまって回収できるよう配布数を決定し，ハンドルやサドルに吊り下げる方法で配布した。回収は料金受取人払いの郵送方式とした。配布・回収状況を表7－1に示した。全



体の有効回収率は22.3%となった。このとき，自転車はバイクに比較してやや高い値を示し，また，置場の方が放置に比較して相当高い値を示した。

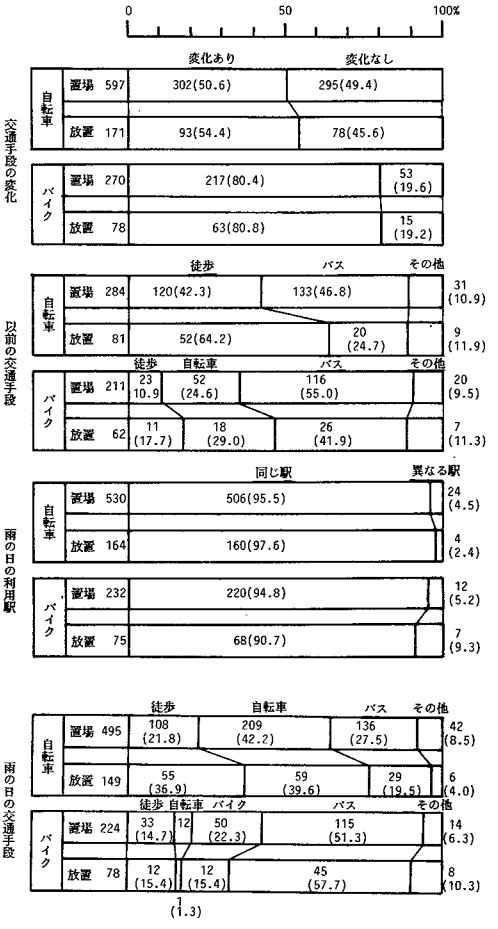


図7－2　おもな集計結果

(2)　調査結果の概要

調査した3駅全体を対象にした分析結果を図7－2に示し，自転車とバイク，置場利用者の特徴を調べた。

a）性別，年齢，職業：性別では，自転車はバイクに比べて女性の占める割合が高くなった。置場・放置別にみると，自転車では放置において女性の割合が増加した。年齢では，自転車の場合，20才以下が多く，バイクでは20才代，30才代が多くなり，自転車に比べてやや年令が上がった。また，放置は自転車，バイクとも若い人の占める割合が高くなった。職業別では，自転車，バイクとも放置において学生の占める割合が増加した。とくにバイクにおいて著しかった。

b）利用目的，鉄道乗りかえ，利用頻度：利用目的においては，バイクは自転車に比べて通勤の占める割合が高く75％を占めた。通勤，通学を合わせると自転車93％，バイク96％となった。このように自転車，バイクのほとんどが通勤・通学である。置場・放置別にみると，放置自転車では通勤・通学が減少し，その他の目的が増加した。放置バイクでは通勤が減少し，かわって通学が増加した。鉄道乗りかえの有無では，自転車・バイクとも，鉄道に乗りかえる人が大多数を占めた。放置では乗りかえる人がやや少なくなった。利用頻度では，自転車はバイクに比べて毎日利用する人の割合が高いが，週5～6回を含めると両者ともほぼ85％になり，差はみられなかった。また，放置では自転車・バイクとも週5～6回以上使用する人の割合がやや減少した。

c）以前の交通手段と雨の日の交通手段：現在，駅まで利用している交通手段と以前の交通手段で変化があった人は，自転車では51％，バイクでは80％となり，自転車よりバイクの方が多くなった。置場・放置別では，バイクにおいては差はみられなかったが，自転車では放置でやや増加した。以前の交通手段の内訳をみると，自転車とバイクでは差異がみられた。自転車では徒歩，バイクあわせて9割をしめた。置場・放置別では放置において徒歩が増加し，64％を占めた。一方，置場ではバスが最も多く47％，つづいて徒歩42％となった。バイクの場合は置場，放置ともバスが最も多く，つづいて自転車，徒歩となったが，放置においてはバスの占める割合が減少し，かわって徒歩，自転車が増加した。

雨の日に利用駅を変える人は，自転車，バイクとも少なく数％であったが，放置バイクにおいてやや駅を変える人が増加した。雨の日にも引きつづき同じ交通手段を利用する人は，自転車で42％，バイク21％となり，バイクの方が雨の日は利用しにくいようである。また，自転車，バイク

表７－１　調査駅の駐車台数とアンケート配布・回収状況

駅名	車種	駐車台数（台）			配布数（枚）			有効回収数（枚）			有効回収率（%）		
		置場	放置	計	置場	放置	計	置場	放置	計	置場	放置	計
枚方市	自	1304	1141	2445	357	377	734	101	49	150	28.3	13.0	20.4
	バ	293	710	1003	339*	334	673	90	32	122	26.5	9.6	18.1
	計	1597	1851	3448	696	711	1407	191	81	272	27.4	11.4	19.3
牧野	自	2162	1708	3870	866	521	1387	229	85	314	26.4	16.3	22.6
	バ	290	222	512	296*	182	478	79	22	101	26.7	12.1	21.1
	計	2452	1930	4382	1162	703	1865	308	107	415	26.5	15.2	22.3
樟葉	自	5077	456	5533	1069	311	1380	313	52	365	29.3	16.7	26.4
	バ	1170	356	1526	522	246	768	126	31	157	24.1	12.6	20.4
	計	6247	812	7059	1591	557	2148	439	83	522	27.6	14.9	24.3
計	自	8543	3305	11848	2292	1209	3501	643	186	829	28.1	15.4	23.7
	バ	1751	1290	3041	1157	762	1919	295	85	380	25.5	11.2	19.8
	計	10294	4595	14889	3449	1971	5420	938	271	1209	27.2	13.7	22.3

注）(1)自＝自転車　バ＝バイク
(2)駐車台数：枚方市、牧野は1984年 9月 5日、樟葉は同年 9月19日に調査
(3)配布：1984年 9月21日実施
(4)有効回収率＝（有効回収数／配布数）×100
(5)＊印は、駐車台数より配布数が大なることを示す。これは調査日が異なることによる。

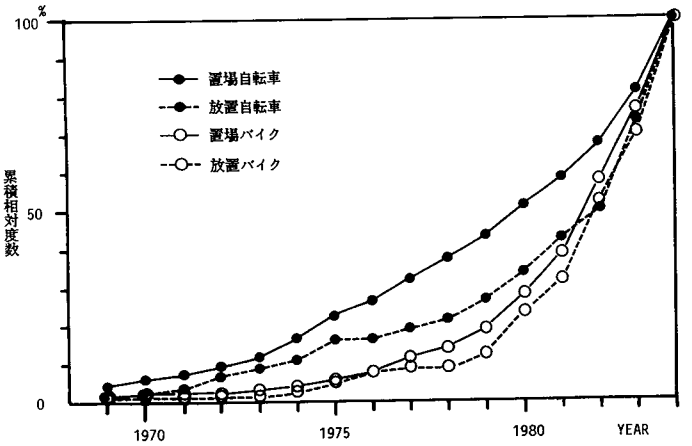


図７－３　駐車開始時期の累積傾向

とも放置において手段を変える人が多い。他の交通手段を利用する人では，置場自転車においてはバスが最も多く，つづいて徒歩，放置においては徒歩，バスの順となった。バイクの場合，置場，放置ともバスが最も多いが，放置は置場に比べてより高い値を示し，逆にバイクの割合は減少した。

(3)　駐車開始時期と駐車時間

駐車開始時期は図７－３に示すように，バイクは自転車に比べて近年急激な増加を示し，ここ２，３年で過半数が発生した。また，置場，放置別にみると，自転車，バイクとも放置において近年の発生がめざましく，最近２年間で半数が発生している。駐車開始時刻，駐車終了時刻，駐車時間の平均値でみると，駐車開始時刻は自転車，バイクともおおむね似かよった値を示したが，いずれも放置は置場より駐車開始時刻が遅くなった。駐車終了時刻では，バイクは自転車より遅く，また置場は放置より遅くなった。駐車開始から終了までの駐車時間は，バイクは自転車に比べてやや長くなる傾向があるとともに，放置においては置場に比べて自転車・バイクとも１時間以上短くなった。また，いずれの指標とも標準偏差は放置において大きくなった。

表７－２　駐車開始時刻，終了時刻，駐車時間

車種	形態	駐車開始時刻		駐車終了時刻		駐車時間	
		μ 時 分	σ 分	μ 時 分	σ 分	μ 時 分	σ 分
自転車	置場	7：52	83	18：56	140	11：10	156
	放置	8：22	110	18：12	177	10：03	183
バイク	置場	7：46	73	19：19	147	11：38	158
	放置	8：35	120	19：00	150	10：25	210

注）μ＝平均値　σ＝標準偏差

(4) 自宅から駅までの距離と時間

自宅の位置を地図上にプロットし，自宅から駅までの直線距離（利用距離と略称す）を測定し，各駅別に累積相対度数を示すと図７－４のようになった。駅別にみると自転車・バイクそれぞれ距離の分布形状に差異がみられるが，いずれの駅ともバイクは自転車より遠距離から発生し，放置は置場より近距離から発生する傾向がみられた。利用距離の平均値をみると，表７－３に示すように自転車全体では1232mとなった。このとき放置では置場に比べて約200m短くなり，1068mとなった。バイクでは2070mとなり，自転車より約850m長くなった。また，放置は置場より約200m短かく，1929mとなっている。駅別では自

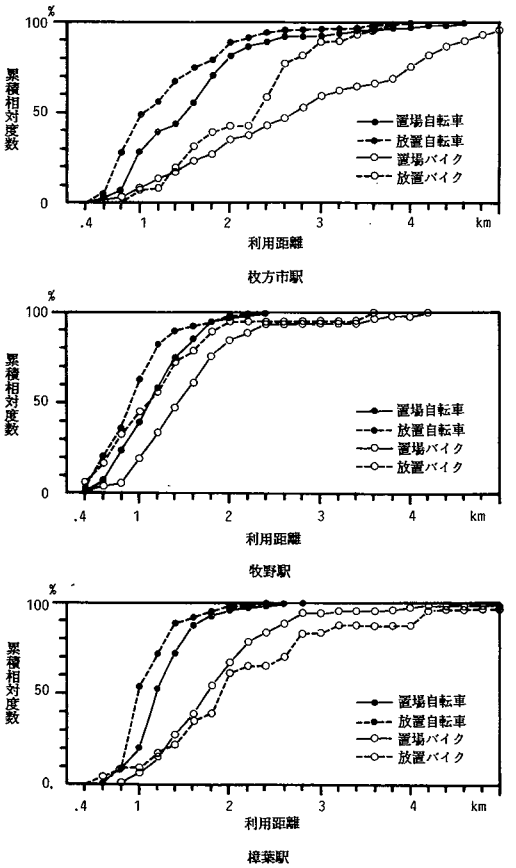


図７－４　利用距離の累積傾向

表７－３　自宅から駐車場所までの所要時間と利用距離

手段	場所	駅名	利用距離 m μ	利用距離 m σ	所要時間 分 μ	所要時間 分 σ	相関係数	回帰式 a	回帰式 b	データ数
自転車	置場	枚方市	1678	983	10.9	5.4	0.774**	0.424**	3.78**	74
		牧野	1158	402	8.4	3.0	0.441**	0.303**	4.87**	182
		樟葉	1255	373	8.5	3.2	0.555**	0.470**	2.64**	239
		計	1283	546	8.8	3.6	0.631**	0.417**	3.48**	495
	放置	枚方市	1300	976	8.9	4.9	0.869**	0.435**	3.28**	36
		牧野	927	368	7.6	2.7	0.420**	0.313**	4.71**	70
		樟葉	1100	323	8.5	3.4	0.445**	0.463**	3.45**	46
		計	1068	580	8.2	3.6	0.669**	0.411**	3.82**	152
	計		1232	561	8.7	3.6	0.642**	0.412**	3.60**	647
バイク	置場	枚方市	2939	1670	12.0	5.3	0.752**	0.238**	5.02**	63
		牧野	1527	735	7.1	2.7	0.711**	0.260**	3.08**	60
		樟葉	1931	866	8.1	3.1	0.775**	0.280**	2.71**	93
		計	2113	1258	9.0	4.3	0.802**	0.272**	3.20**	216
	放置	枚方市	2198	834	9.2	3.4	0.673**	0.277**	3.11*	26
		牧野	1199	776	6.3	3.0	0.534*	0.205*	3.80**	17
		樟葉	2163	1131	9.0	3.8	0.760**	0.254**	3.49**	23
		計	1929	1018	8.4	3.6	0.729**	0.259**	3.37**	66
	計		2070	1207	8.8	4.1	0.790**	0.270**	3.23**	282

注）(1)μ＝平均値　σ＝標準偏差
(2)相関係数＝利用距離（ℓメートル）と所要時間（t分）の相関係数
(3)回帰式：$t = a \times 10^{-2} \ell + b$
(4)＊＝5％有意　＊＊＝1％有意

転車，バイクとも枚方市の駅勢圏が最も大きく，つづいて樟葉，牧野の順となった。調査票の回答値による自宅から置場までの所要時間では，バイクは自転車に比べてやや時間がかかっているものの差はあまりみられなかった。次にこの時間(t)分と利用距離（ℓメートル）との回帰式を求めると，表７－３に示すように係数において駅ごとに若干の変動はあったが，全体を対象にすると自転車・バイクそれぞれ次式のようになった。

自転車：$t = 0.412 \times 10^{-2} \ell + 3.60$　（7・1）

バイク：$t = 0.270 \times 10^{-2} \ell + 3.23$　（7・2）

この式の傾きより速度を求めると，自転車14.6 Km/hr，バイク22.2Km/hrとなった。なお，置場放置における差異は認められなかった。

(5) 利用距離帯別交通手段の転換状況

ここでは交通手段の転換状況を利用距離との関係において分析することにした。このとき，利用

目的（通勤・通学），駐車状況（置場，放置）によって特徴に差異があらわれることも予想し，これらのクラス別に分析を行うことを考えた。しかし，通学ではサンプル数が少ないため，通勤のみを対象として分析した。また，置場，放置別にサンプルを分けて分析したが，サンプル数が少ないため，ここでは置場と放置をあわせたサンプルを対象にした結果のみ記す（表７－４，図７－５）。徒歩から自転車に転換した人の利用距離の平均値は959mであり，1Km以内から59％が発生している。バスの場合は平均値が1453mとなり，1Km以内から発生した人は16％であった。バイクの場合はバスからの転換者が最も多いが，この時の平均値は2268mとなり，自転車への転換の場合より平均値で800m長くなった。雨の日の交通手段の転換状況（表７－５，図７－６）は，以前の交通手段の転換状況とほぼよく似かよった傾向を示し，徒歩，バスから自転車，バイクに転換した人は雨の日にはおおむね，もとの手段にもどるのではないかと思われる。

表７－４　以前の交通手段別利用距離

転換状況		利用距離 m		発生率	サンプル数
現在	以前	μ	σ	%	人
自転車	徒歩	959	267	59.4	106
	バス	1453	528	16.1	93
バイク	徒歩	985	501	63.2	19
	自転車	1486	397	11.5	26
	バス	2268	935	2.2	92

注）μ＝平均値　σ＝標準偏差
発生率＝駅から直線距離１km以内で発生する人の割合

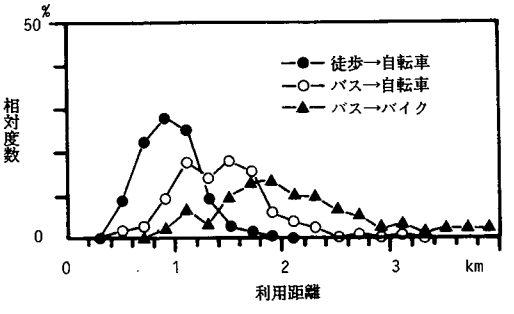


図７－５　利用距離と以前の交通手段からの転換状況

表７－５　雨の日の交通手段別利用距離

転換状況		利用距離 m		発生率	サンプル数
現在	雨の日	μ	σ	%	人
自転車	徒歩	933	301	64.1	78
	バス	1459	387	9.5	84
バイク	徒歩	977	511	62.5	24
	バス	2220	909	2.1	94

注）μ＝平均値　σ＝標準偏差
発生率＝駅から直線距離１km以内で発生する人の割合

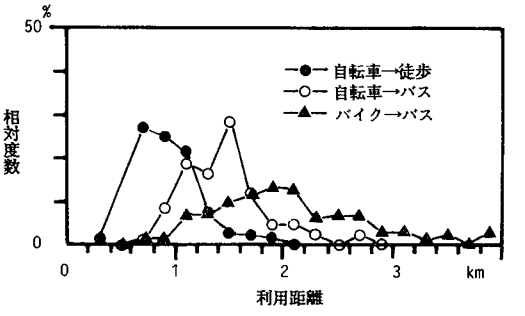


図７－６　利用距離と雨の日の交通手段の転換

３．バイクと車の利用実態の比較

(1)　調査の概要

通勤・通学交通におけるバイク，車のパーク・アンド・ライド利用の実態を調べるため，大量の駐車が行われている大阪府北部の北大阪急行千里中央，桃山台，阪急千里線北千里，山田，南千里，京阪本線樟葉の６駅において全駐車台数を対象にアンケート調査を実施した。調査票の配布は，車ではワイパーはさみ込み，手渡し，バイクではミラーつり下げ，手渡し方式で，1983年10月下旬の平日午前中に行い，回収は料金受取人払いによる郵送方式とした。配布・回収状況を表７－６に示した。有効回収率はバイク20.2％，車19.1％と

なった。

表７－６　調査票の配布・回収状況

調査駅	配布数		有効回収数		有効回収率*)	
	車	バイク	車	バイク	車	バイク
千里中央	736	556	115	138	15.6	24.8
桃山台	33	637	2	128	6.1	20.1
北千里	107	566	24	93	22.4	16.4
山田	91	234	12	47	13.2	20.1
南千里	91	375	17	60	18.7	16.0
樟葉	412	1625	111	342	26.9	21.0
全駅	1470	3993	281	808	19.1	20.2

*）有効回収率＝（有効回収数／配布数）×100　(%)

(2)　調査結果の概要（図７－７）

a）利用目的：バイクの８割，車のほとんどが通勤目的であった。そこで，以下では通勤者に対する集計結果を示すことにした。

b）性別，年齢，収入：バイク，車とも男性の占める割合が高いが，車は８割をこえバイクより高い値となった。年齢別では，バイクは車に比較して若い層が利用し，30才代までが７割近くをしめた。回答者個人の年間収入では，バイクは車より所得が低くなった。

c）免許および車の保有：バイク利用者の15％が車の免許を保有せず，32％が車を保有していないことがわかった。車利用者ではバイクを保有していない人は６割以上に達した。

d）利用頻度：車はバイクより週５～６回利用する人の割合が高いが，いずれも８割以上をしめた。

e）以前の交通手段：現住所に移ってから交通手段を変更した人は，バイクでは79％，車では67％となった。以前の交通手段の内訳は，バイクではバスが最も多く55％，つづいて徒歩16％，自転車16％となった。車の場合もバスが最も多く49％，つづいて車直行27％，徒歩17％の順となった。

(3)　駅利用開始時期と駐車開始時期

駅を利用し始めた時期とその駅へアクセスするためにバイクあるいは車の利用を開始した時期を

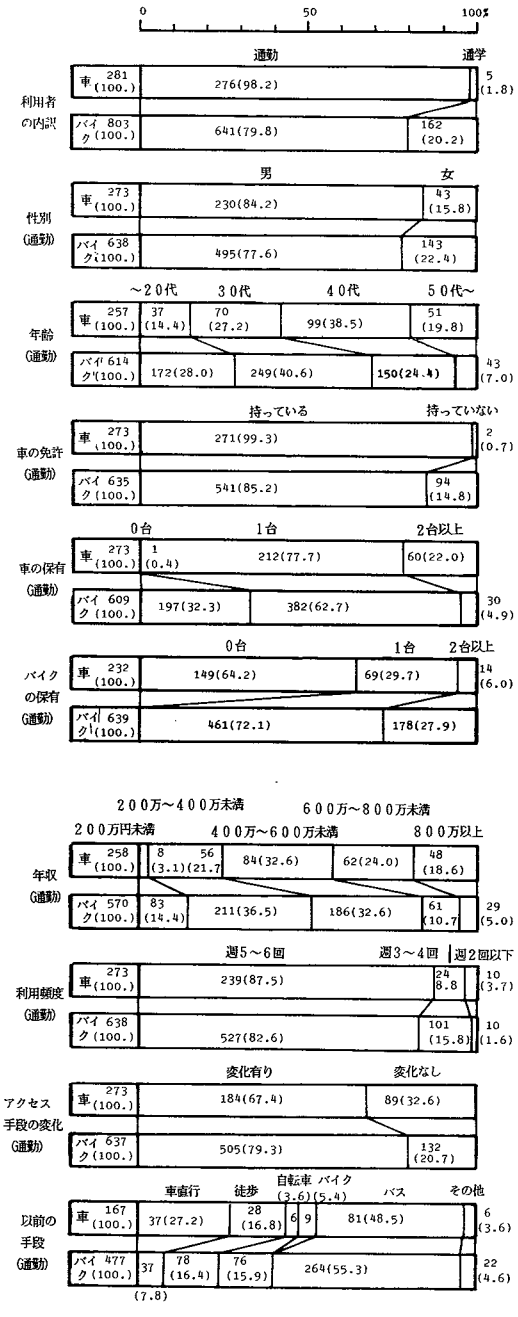


図７－７　おもな集計結果

調査により把握した。図7－8にバイクのケースを示したが，バイクにおいては近年急激な増加傾向を示した。車の場合は近年特に増加しているといった傾向はみられなかった。次に，駅利用開始時期と現在の交通手段の利用開始時期のタイムラグを計算すると，バイク，車とも同時利用が最も多いが，車では60％とバイクの37％となり，より車の方が高い値を示した。よってタイムラグの平均値も車1.2年，バイク2.1年となり，バイクの方が大きくなった。

(4) 自宅から駅までの距離と時間

通勤者の住所を地図上にプロットし，駅までの直線距離を求め，全駅の合計を対象にその分布を調べたところ図7－9に示すようになった。バイクの平均値は2.0Km，車は3.4Km となり，車の方が利用距離が長いことが判明した。また，調査票の回答値による自宅から置場までの所要時間では，バイク，車の平均値はそれぞれ8.3分，12.6分となり，最頻値はバイク5～9分，車10～14分にあらわれた。次にこの時間（t分）と利用距離（ℓm）との回帰式を求めると対象駅全体のサンプルを対象にした場合，次式のようになった。

バイク：$t = 0.230 \times 10^{-2}\ell + 3.79$　（7・3）

車　　：$t = 0.185 \times 10^{-2}\ell + 5.67$　（7・4）

この式の傾きより速度を求めると，バイク26.1 Km／hr，車32.4Km／hr となった。なお，係数はt検定の結果いずれも1％有意であった。

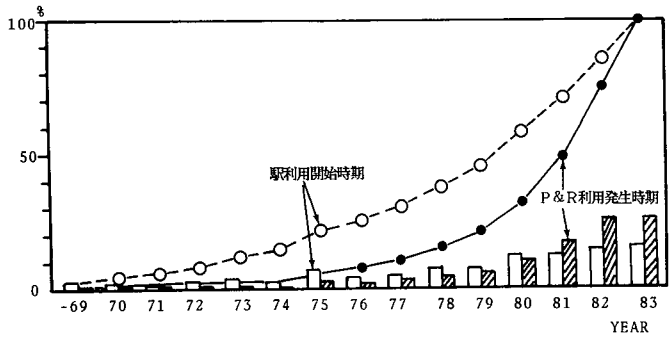


図7－8　駅利用開始時刻とバイク利用時期

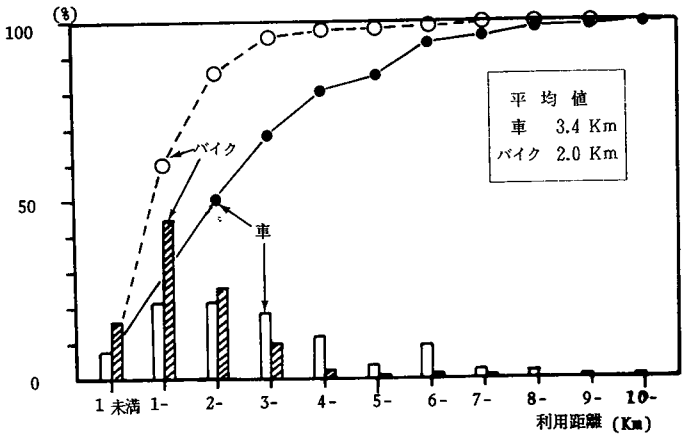


図7－9　利用距離の相対度数と累積傾向

4. バイクの経路選択特性と駅選択モデル

(1) 駅選択状況

今までの分析で明らかになったように，バイクの利用距離は車より短くなるものの自転車より相当長く，速度も速い。また，自転車と同様駐車が容易である。これらのことより鉄道駅の選択は広範囲にわたって行われていると思われる。そこで，前節で示した調査において代替駅についても調べた。その結果，主に異なる鉄道路線においては「千里中央」対「北千里」，「桃山台」対「南千里」，同一路線内においては「千里中央」対「桃山台」「山田」対「南千里」の選択が行われていることが明らかになった。そこでここでは，従来研究が進んでいない路線間選択を対象に，最もサンプル数の多い「千里中央」対「北千里」の選択を行

っているバイク利用者の駅選択特性を調べ，駅選択モデルの構築を行うことにした。なお，本節では通勤者を対象に考察した。このとき，サンプル数は千里中央利用者（代替駅北千里）31人，北千里利用者（代替駅千里中央）20人の計51人となった。

(2) 経路データの求め方

現状経路については，調査票より自宅から勤務先までの経路と利用交通手段を把握した。このときイグレス手段がバスの人もあったが少数のため除き，徒歩の場合のみ対象とした。代替経路は調査票に記された代替駅から勤務先までの所要時間が最も短くなるものを採用した。

経路データは次のようにして作成した。自宅から駐車場所までの所要時間は式（7・3）を用い，直線距離を代入することにより求めた。駐車場所から駅までの徒歩時間は駅別に求めた平均値によった。鉄道の乗車時間は時刻表より求め，待ち時間は平均運行間隔の半分とした。イグレス徒歩時間は調査票の値を用いた。乗りかえ徒歩時間は実測した。また，1カ月の駐車料金はすべての駐車場で1200円であった。千里中央，北千里とも有料駐車場が用意されているので，現在駐車場を利用している人は代替駅においても有料駐車場を利用するものとした。利用していない人は代替駅においても有料駐車場を利用しないものとした。バイクの1カ月の燃料代は，調査票に記された1カ月の燃料代（m円）と利用距離（ℓm）との次に示す回帰式により，利用距離を代入することにより求めた。

$$m = 0.2068\,\ell + 2570 \qquad (7\cdot5)$$

鉄道費用は1カ月の通勤定期代とした。

(3) 経路特性

経路選択において従来重要な要因であると考えられている時間と費用に，乗りかえ回数を加えた3種類の指標により，千里中央駅を選択した場合の経路と北千里駅を選択した場合の経路の特徴をまず探ることにした。

主な特徴を表7－7に示したが，それぞれの指票の平均値により比較すると，乗りかえ回数の場合，0.32回の増加がみられた。一方，北千里駅利用車ではわずか0.05回増加したにすぎなかった。自宅から勤務先までの所要時間の場合，千里中央駅利用者では代替経路において13.6分増加した。北千里駅利用者では逆に9.4分の減少となった。また，費用は1カ月あたりの通勤定期代と駐車料金，燃料代の合計としたが，このとき千里中央駅利用者では代替経路においてわずかではあるが，273円安くなった。北千里駅利用者は代替経路において3471円も高くなった。以上のことから，おおむね，千里中央駅利用者は代替経路として北千里駅を選択した場合との比較において，費用はやや高くつくものの，所要時間，乗りかえ回数の少ない千里中央駅を選択し，北千里駅利用者は所要時間は長くなるものの，費用がかなり安い北千里駅を選択していることが判明した。

次にこれら3指標の総合化指標である一般化時間により経路特性をみることにした。一般化時間(G)はこの場合，次式で求められる。

表7－7　現状経路と代替経路の特性比較

指標	駅別利用者	現状経路		代替経路		代替経路－現状経路	
		平均値	標準偏差	平均値	標準偏差	平均値	標準偏差
乗りかえ回数（回）	千里中央利用者	0.23	0.43	0.55	0.57	0.32	0.48
	北千里　利用者	0.75	0.72	0.80	0.70	0.05	0.69
所要時間（分）	千里中央利用者	49.0	14.7	62.3	15.4	13.3	7.1
	北千里　利用者	64.8	12.7	55.4	14.7	-9.4	7.9
費用（円／月）	千里中央利用者	14204	4399	13931	4817	-273	1707
	北千里　利用者	11259	2518	14730	2654	3471	2836
一般化時間	千里中央利用者	190.6	59.3	205.1	60.8	14.6	20.1
	北千里　利用者	194.8	39.6	220.0	46.4	25.2	32.9

注）サンプル数は千里中央駅利用者31人、北千里駅利用者20人である

$$G=\mu_f t_f+\mu_b t_b+\mu_r t_r+\mu_w t_w + \mu_e N+M/\lambda \qquad (7\cdot6)$$

ただし，μ＝等価時間係数，λ＝時間価値，t＝所要時間，N＝乗りかえ回数，M＝費用，添字f，b，r，w，e はそれぞれ徒歩，バイク，鉄道待ち，乗りかえ1回を示す。このとき等価時間係数は，$\mu_f=2.4$，$\mu_r=\mu_w=1.0$，$\mu_e=9.8$とした[16]。μ_b は調査により直接求めていないが，車と自転車の間に位置すると考え，これらの係数の平均値をとり，1.8とした。λは鉄道定期代とバイクの燃料代にかかる部分については，4章での調査結果をもとに鉄道着席利用1分間1カ月あたり115円，駐車料金については236円とした[17]。なお，鉄道の時間価値は，4章での時間価値に関する調査の2年後に，バイクの駅選択に関する調査が行われたことに鑑み，その間の物価上昇分を考慮して設定した。

このようにして求めた一般化時間では表7－7に示すように，千里中央駅利用者，北千里駅利用者とも代替経路においてプラスの値を示した。このことは個々の指標においては，トレードオフ関係がみられるような選択現象については，トレードオフ関係を総合化する機能をもつ指標として一般化時間が妥当性を有することを示したともいえよう。

(4) 駅選択モデル

一般化時間を説明変数に用いた千里中央駅と北千里駅の次に示す選択モデルが駅選択実態を説明するのに妥当であるかどうか検討することにした。

$$P_S=1/\{1+exp(a\Delta G+b)\} \qquad (7\cdot7)$$

$$P_K=1-P_S \qquad (7\cdot8)$$

ただし，添字S，Kはそれぞれ千里中央駅，北千里駅を示す。また，$\Delta G=G_K-G_S$ となる。このモデルと比較するためΔGの次のようなものにおきかえたタイプを考え，モデルの適合性の比較を試みた。

タイプA：ΔGを自宅から勤務先までの所要時間の差のみで表現した場合

タイプB：ΔGを費用を含まない一般化時間差とした場合

タイプC：式（7・7）のモデル

これらのモデルタイプ別に最尤法により求めた係数および適合性指標を表7－8に示した。的中率

表7－8　バイクの駅選択モデルの係数と適合性

タイプ	a	b	的中率%	$\bar{\rho}^2$	サンプル数
A	-0.072	0.38	62.7	0.009	51
B	-0.042	0.03	64.7	0.049	
C	-0.065	-0.60	80.4	0.372	

注）Ps＝1／〔1＋exp（aΔG＋b）〕
Ps；千里中央駅の選択率

$\bar{\rho}^2$とも最も高い値を示したのは一般化時間を用いたタイプCのモデルとなった。このように時間と費用のトレードオフ関係がとくにあらわれるようなケースの場合，ここで示したモデルは有効性を発揮することが確かめられたといえる。

5．有料駐車場転換意識モデル

(1) 有料駐車場への転換意識

本節の分析で用いたデータは2節で示した調査により得られたものである。無料置場利用者と放置者に対して，駅から1分のところに有料駐車場が建設された場合の転換意識を尋ねたところ，無

表7－9　無料置場利用者の有料駐車場利用意識

目的	手段	利用したい	利用したくない	わからない	計
通勤	自転車	126 (61.2)	78 (37.9)	2 (0.9)	206 (100.0)
	バイク	99 (73.9)	33 (24.6)	2 (1.5)	134 (100.0)
通学	自転車	37 (34.6)	68 (63.6)	2 (1.8)	107 (100.0)
	バイク	15 (60.0)	10 (40.0)	0 (0.0)	25 (100.0)

注）(1)「利用したい」は「料金次第では利用したい」ことを示す。
(2)鉄道利用者を対象

料置場利用者については表7－9に示す結果を得た。通勤は通学より利用意識が高く，また，バイクは自転車より高いことがわかった。放置者については，放置禁止となり先に示した有料駐車場か，現在の駐車場所より3分遠いところの無料置場か，この2つの駐車場しか利用できないものとした。このときの選択結果を表7—10に示した。通勤においては，有料駐車場の選択者は自転車，バイクともほぼ5割を示したが，置場利用者の場合より低くなった。遠くとも無料置場を利用する人は35％であり，わからないと答えた人が約1割に達した。徒歩，バスに転換する人は非常に少なかった。

(2) 有料駐車場への転換意識モデル

「料金次第では有料駐車場を利用したい」と答えた人を対象に，置場利用者では現在利用している置場か，駅から1分の有料駐車場のいずれかを，放置者では，駅から1分の有料駐車場か，現在の放置場所より3分遠い位置にある無料置場のいずれかを選ぶ問題として次の選択モデルを定式化した。

$$P_A = 1/\left[1+exp(a\Delta G+b)\right] \qquad (7\cdot9)$$

$$P_B = 1-P_A \qquad (7\cdot10)$$

ただし，P_A, P_B はそれぞれ有料駐車場，無料置場の選択率である。また，ΔGは有料駐車場，無料置場をそれぞれ使う場合の徒歩時間1分を基準にした一般化時間G_A，G_B の差で示される。

$$\Delta G = G_B - G_A \qquad (7\cdot11)$$

ここで，

$$G_A = 1 + m/\lambda \qquad (7\cdot12)$$

$$G_B = t \qquad (7\cdot13)$$

このとき，mは有料駐車場の1カ月の料金，λは徒歩1分間あたり時間価値，tは無料置場から駅までの徒歩時間である。

(3) 時間価値とモデルのパラメータ推定

時間価値λは，まず「料金次第では有料駐車場を利用したい」と答えた人それぞれにつき，料金限度額x円を回答してもらった。次に各人の駐車場所から駅までの徒歩時間t分を求め，有料駐車場から駅までの時間1分との差$t-1$でxを除し，時間価値とした。つづいて個々求まった時間価値の中央値を求め，これをモデル時間価値λとした。結果を表7－11に示した。通勤は通学に比べおおむね時間価値は高くなり，通勤においては，置場は放置より，バイクは自転車より高くなった。

次にこれらの時間価値を代入して個々の料金ケースに応じて求めた一般化時間と選択別判断結果のデータをもとに最尤法によりモデルのパラメータa，bを求めると表7—11に示す結果を得た。通勤では係数aの絶対値において，置場は放置より大となり，一般化時間により敏感に反応すること，定数項bの値より$\Delta G=0$においては，放置の方が有料駐車場の選択意識が高いことが判明した。また，通勤においては的中率，尤度比指標（$\bar{\rho}^2$）とも高くなり，モデルの精度は比較的良好であった。なお，これらのモデルにおける料金の適用範囲はおおむね500円から2000円の間である。

表7－10 放置者の有料駐車場利用意識

目的	手段	A	B	徒歩	バス	わからない	その他	計
通勤	自転車	49 (49.5)	34 (34.3)	3 (3.0)	0 (0.0)	10 (10.1)	3 (3.0)	99 (100.0)
	バイク	24 (52.2)	16 (34.8)	1 (2.2)	0 (0.0)	4 (8.7)	1 (2.2)	46 (100.0)
通学	自転車	16 (38.1)	19 (45.2)	1 (2.4)	0 (0.0)	4 (9.5)	2 (4.8)	42 (100.0)
	バイク	13 (56.5)	6 (26.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	4 (17.4)	0 (0.0)	23 (100.0)

注) (1)A＝料金次第では有料駐車場を利用してもよい　B＝遠くても無料駐車場を利用する
(2)鉄道利用者を対象

表7－11 時間価値の推定結果

利用者のタイプ			時間価値	データ数
通勤	置場	自転車	407	112
		バイク	446	98
	放置	自転車	210	48
		バイク	259	23
通学	置場＋放置	自転車	292	44
		バイク	237	24

注）時間価値は徒歩1分あたりの1ケ月の駐車料金で示される
単位：円／月・分

表7－12 有料駐車場選択意識モデルの推定結果

目的	場所	手段	a	b	的中率%	$\bar{\rho}^2$	サンプル数
通勤	置場	自転車	-0.934	-0.779	88.0	0.474	112
		バイク	-0.974	-0.721	87.6	0.464	98
	放置	自転車	-0.513	-1.019	89.3	0.484	48
		バイク	-0.528	-1.057	82.6	0.435	23
通学	置場＋放置	自転車	-0.210	0.499	77.0	0.153	44
		バイク	-0.525	-0.943	85.4	0.459	24

注）モデル：$P_A = 1 / [1 + \exp(a\Delta G + b)]$

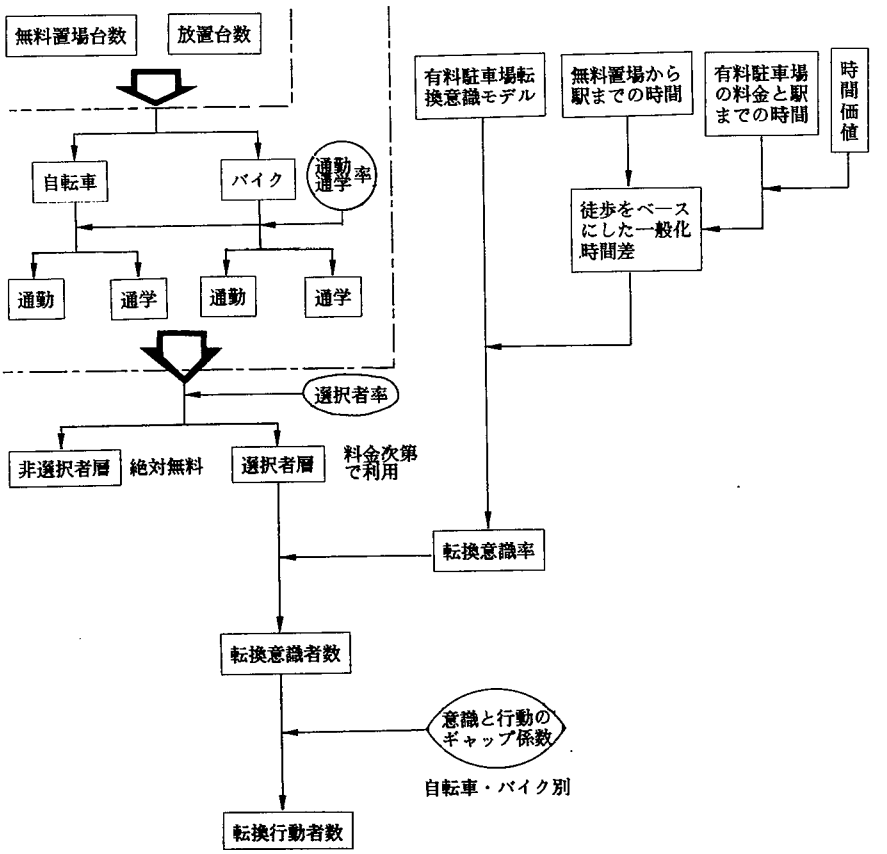


図7－10 有料駐車場の需要推計手順

(4) 有料駐車場の需要推計

有料駐車場転換意識モデルを用いた有料駐車場の需要推計手順を図7—10に示した。この方法は現在の駐車状況を基本にして，この状態から有料駐車場に転換する人を予測する極めて短期的な需要推計方法である。この方法による需要推計例を次に示す。

枚方市樟葉駅においては，2節で示した調査後の1984年12月に有料の自転車・バイク駐車場がオープンした。料金は1カ月自転車1800円，バイク3300円であった。このとき，前節で構築したモデルの適用範囲をバイク料金は越えるのでバイクについては需要推計は行わず，自転車のみを考えた。2節で示した現況の置場別駐車台数をベースに，実態調査によって得られた通勤・通学率，有料駐車場選択者率と表7—11の時間価値，表7—12のモデルにより計算された置場別の転換意識率を使い，有料駐車場の選択意識者数を推計すると491人となった。この値は1985年1月時点での実際の利用者数720人の68％となった。意識による需要推計（A）と実際値（B）のかい離を「ギャップ係数」α（＝B／A）とすると，この場合$\alpha = 1.47$となった。

6．まとめ

本章での成果をまとめると次のようになる。

(イ) 自転車，車との比較でみたバイク利用者の特徴：バイク利用者は車に比べて，女性，若者の占める割合が高いが，自転車の場合よりは低くなった。利用目的では通勤が最も多く，つづいて通学であるが，車よりは通勤の占める割合は低く，自転車よりは高くなった。いずれの手段とも通勤・通学が9割以上を占めた。週5～6回以上の利用は自転車，車と同様に8割をこえた。利用距離の平均は約2Kmとなり，自転車（12Km）よりは長く，車（3.4Km）よりは短くなった。直線距離速度を回帰式より推定すると時速22～26Kmとなり，車（32Km/時）よりは遅くなった。また，バイクの発生は近年特に顕著であること，駐車時間は平均11時間であり，自転車よりやや長いことがわかった。

(ロ) 置場利用者との比較でみた放置者の特徴：自転車，バイクとも放置において，若者，学生の占める割合が高くなり，利用頻度もやや少なくなる傾向にあった。また，駐車時間は1時間以上，利用距離は約200m短くなった。

(ハ) 交通手段の転換状況：自転車は徒歩，バイク・車はバスからの転換が最も多くなった。徒歩から自転車へ転換した人の平均利用距離は959mとなり，1Km以内から6割が発生した。雨の日にはおおむね転換前の交通手段に帰る傾向にあった。

(ニ) 駅選択特性とそのモデル：バイクは自転車に比べて行動距離が長く，駅選択の自由度が高い。このような特性を持つバイクについて駅選択モデルを作成し，時間と費用のトレードオフ関係が現われるような路線間駅選択現象に適用したところ，本モデルの妥当性が明らかになった。

(ホ) 有料駐車場への転換意識モデルとその適用：現在駐車している自転車，バイクを対象に，新たに有料駐車場が建設された場合の転換モデルを作成し，意識データをもとにパラメータ推定を行ったところ，時間価値については，通勤は通学より高いことがわかった。また，構築されたモデルの精度は比較的良好であった。つづいてこのモデルを有料駐車場の需要推計に適用する方法を示し，ケーススタディを行ったところ，推計作業の容易性が確認されるとともに，自転車においては意識と行動のギャップ係数がほぼ1.5となった。

参　考　文　献

1）新田保次・毛利正光・張瑛岳：パーク・アンド・ライド通勤者の発生特性と駅選択モデル，土木計画学研究・講演集 7，pp. 219～225，1985 年 1 月

2）新田保次・毛利正光・張瑛岳：自転車・バイクの有料駐車場転換意識モデルと需要推計，第 40 回土木学会年次講演会講演概要集第Ⅳ部，pp.25～26，1985 年 9 月

3）毛利正光・渡辺千賀恵：自転車交通の交通特性に関する調査報告，交通科学，Vol．5，No.2，pp．103～112，1975 年 11 月

4）金丸次男・高岸節夫：サイクルアンドライドの駐車現象と置場利用，交通科学，Vol.9,No.2 pp.9～17，1980 年 5 月

5）高岸節男・金丸次男：サイクルアンドライドの自転車利用と代替手段，交通科学，Vol．10，No. 1，pp.15～21，1980 年 11 月

6）大塚全一・川上洋司・嶋誠二・大塚和幸：鉄道駅へ集中する自転車需要構造に関する基礎的研究，昭和 56年度第 16回日本都市計画学会学術研究発表会論文集，pp. 307～312，1981 年 11 月

7）筒井信之・野田和俊：「放置自転車」の実態調査ーアンケート調査によるー，第 37 回 土木学会年次学術講演会講演概要集第Ⅳ部，pp，329～330，1982 年 10 月

8）高岸節夫：鉄道駅集中型自転車交通の発生圏に関する空間的分析，土木学会論文報告集，第 260 号，pp.119～127，1977 年 4 月

9）毛利正光・渡辺千賀恵：鉄道駅へ集中するアクセス交通の輸送分担特性と発生圏域の区画法，土木学会論文報告集，第 300 号，pp. 81～94，1980 年 8 月

10）毛利正光・渡辺千賀恵・本井敏雄：鉄道駅に集中する通勤自転車交通の置場選択特性，土木学会論文報告集，第 271 号，pp. 97～105，1978 年 3 月

11）毛利正光・渡辺千賀恵：自転車駅勢圏の駅間境界と路線間境界，交通科学，Vol．15，No. 2，pp。21～32，1980 年 3 月

12）山川仁：地区交通における自転車の駐車および走行施設の分析と評価，土木計画学研究・論文集 1，pp.83～90，1984 年 1 月

13）山川仁，渡部守：鉄道端末交通手段としてのバイク利用と駐車対策，第 37回 土木学会年次学術講演会講演概要集Ⅳ部，pp．321～332，1982 年 10 月

14）山川仁：都市交通における二輪車の役割ー二輪車交通の現状と対策の考え方ー国際交通安全学会誌，Vol．9，No. 2，pp.8～19，1983 年 6 月

15）竹内伝史・花岡利幸・坂出靖：郊外都市における 2 輪車交通の実態ー春日井市を例としてー第 5 回土木計画学研究発表会講演集，pp．473～478，1983 年 1 月

16）毛利正光・新田保次：一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデルに関する基礎的研究，土木学会論文報告集，第 343 号，pp.63～72，1984 年 3 月

17）新田保次：一般化時間を組み込んだ経路選択モデルにおける時間価値について，交通科学，Vol．13，No. 2，pp.33～41，1984 年 12 月

第8章　結論と今後の課題

1．結論

本研究では，交通計画において，とりわけ重要な位置を占める需要推計のための手法の開発をめざして，多様な目的を有する交通のうちで最も大きな問題を抱える通勤交通を対象に，交通手段別需要推計手法に関する基礎的な研究を行った。その第1は，4段階推定法の第1段階を占める発生交通量推計手法としての通勤者生成原単位モデルの構築であり，第2は，短期的交通計画における交通手段別需要推計の分野で課題となっている交通サービス条件の変化に敏感に反応する交通手段選択モデルの開発である。このとき，モデルに組み込まれた一般化時間算定式の主要な係数である等価時間係数と時間価値の推定も行った。第3は，この一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデルを，現在，通勤交通サービス改善のために，いくつか必要とされている分野に適用し，個々の選択モデルを具体化し，つづいてこれらモデルを内包した個々の課題に対する需要推計手法の実用化を図る研究である。

以上のような目的による一連の研究作業により得られた主な成果をまとめると次のようになる。

(イ) 通勤者の発生特性と通勤者生成原単位モデル

各都市における原単位の分析を通じて，通勤者の発生は産業構造の2次および3次産業化と密接な比例関係にあることが確かめられた。すなわち，ある時間断面においては原単位の高い都市ほど就業者の2，3次化が進んでいるとともに，個々の都市においても2，3次化が進みつつ原単位が高くなる傾向にあった。

以上の定性的分析を踏まえて，通勤者生成原単位を定量的に推計するための原単位モデルを作成した。このモデルでは，原単位は産業別原単位と産業別就業者構成比の積の総和として定式化できた。

さらに，推計精度の良いモデルとするために，産業構造以外の都市の性質を規定する要因も考慮して都市類型別分類を行い，個々の都市型に応じたモデルを作成したところ，良好な精度を得ることが確認された。つづいて，より実用的なモデルに向けて簡略化を行ったところ，この簡略化モデルにおいても精度が良いことが確かめられた。なお，この結論は2章の結果を基にしている。

(ロ) 一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデル

いくつかの交通手段とか，交通状況の組み合わせにおいてなされる交通モードの選択現象を対象に，非集計行動モデルの考え方を用いて，新たな選択モデルの提案した。このモデルでは，効用と選択率の関係はロジットモデルで示したが，効用は従来とは異なり，一般化時間により説明することを試みるとともに，一般化時間算定式においても，交通モード別所要時間および費用に加えて乗りかえ回数を考慮し，より一般的で操作性の高いものとした。なお，3章で2項選択型，5章で多項選択型ロジットモデルを示している。

(ハ) 等価時間係数と時間価値

一般化時間算定式の係数である交通モード別等価時間係数を，通勤交通を対象に鉄道着席状態を1として求めたところ，鉄道立席1.4，徒歩2.4，自転車2.4，バス着席2.1，バス立席2.8，待ち1.0，自動車1.2となり，同じ所要時間に対しても交通モードによ

り負担感が異なることが明らかになった。また,乗りかえ1回は鉄道着席状態の9.8分にも相当することが判明した。また，比較のために業務交通についても，同様にして等価時間係数を求めている。なお，これらの分析は3章に示している。

一般化時間算定式のもうひとつの係数である時間価値は，通勤時鉄道を利用する場合，片道鉄道乗車1分間あたり1カ月定期代にして100円～120円，買物・レジャーのために鉄道を利用する場合では，鉄道乗車1分間あたり3.3円～3.8円となった。なお，この場合は乗車のたびに乗車券を購入するケースである。また，通勤時にP&Rをする人を対象にして求めた駐車場選択時の時間価値は，駐車場から駅までの徒歩1分間あたり1カ月の駐車料金にして566円となった。これらの分析は4章で行っている。さらに，7章において，通勤・通学時の自転車・バイクを対象に，有料駐車場選択時の時間価値を求めたところ，通勤は通学より，バイクは自転車より高いことがわかった。

(ニ) 行動データによる駅選択モデルと需要推計

3章，4章で求めた2項選択型交通手段選択モデルを，現実の駅選択行動に適用し，2駅選択モデルを構築し，その適合性を調べた。このとき，バス利用者については5章において，バイク利用者については7章でその結果を示したが，いずれのモデルとも比較的良効な適合性を示すとともに，このモデルは一般性を有するモデルであることが確かめられた。とくに，選択される経路間で，時間，費用，乗りかえ回数といった要因にトレードオフ関係が現われる場合，有効性を発揮した。さらに，5章において3駅選択モデルの構築も行っている。

つづいて，これらの行動データによる駅選択モデルを組み込んだ需要推計手法を提案し，駅別利用者の需要推計を行ったところ，現状再現性が良好であることが確かめられた。

(ホ) 意識データによる急行バス転換モデルと需要推計

6章においては，高速道路を利用した急行バスの需要推計手法について検討した。このとき，急行バスは新しい交通手段であるため，5章で示したような行動データによる選択モデルが使用できないという問題がある。そこで，意識データによる転換モデルにより需要推計を行うという方法を採用した。

急行バスへの転換モデルは，3章と同様に一般化時間を組み込んで定式化し，つづいてパラメータ推定を行い，適合性を検討したところ，駅までバスで行く通勤者の場合，アクセス型急行バスより代表型急行バスへの転換モデルの方が精度が良くなった。また，車利用から急行バスへの転換は困難であることが示された。

次に，この転換モデルを用いた需要推計においては，実態調査で得られた現状の交通手段分担関係が将来も続くものとして，まず需要推計を行い，つづいて転換モデルにより急行バスの需要推計を行うという2段階の推計手順により比較的容易に新しい交通手段の需要推計が行えることを明らかにした。

(ヘ) 自転車・バイクの利用特性と有料駐車場の需要推計

自転車・バイクの利用特性に関しては，おもに次のことが明らかとなった。放置者は置場利用者に比較して，若者，学生が多く占めるとともに，利用頻度，駐車時間，利用距離とも減少する傾向にあった。交通手段の転換状況では，自転車は徒歩，バイク・車はバスからの転換が最も多く，自転車では徒歩から転換した人の6割が駅から1km以内で発生することがわかった。

次に，駅周辺に駐車している自転車，バイクを対象に，新たに有料駐車場が建設された場合の転換モデルを作成し，意識データをもとにパラメー

タ推定を行い，モデルの適合性を検討したところ，精度は比較的良好であることが確かめられた。つづいて，このモデルを有料駐車場の需要推計に適用する方法を示し，ケーススタディを行ったところ，推計作業の容易性が確認されるとともに，自転車においては意識と行動のギャップ係数がほぼ1.5となった。

2, 今後の課題

以上，通勤交通を対象にした交通手段別需要推計手法の開発を目標に研究を進めてきたが，その過程において，この研究では扱いえなかった新たな課題が生まれてきた。これらは今後の研究に託されることになるので，ここで若干の説明を付すことにする。

第1の課題は，通勤者の発生量推計の問題である。2章で提案した通勤者生成原単位モデルを推計モデルとしてさらに発展させるためには，製造業，卸売・小売業の原単位の変動特性を把握し，モデル化する必要がある。また，ここで提案したモデルは都市レベルの推計に使われるものであったが，短期的交通計画における需要推計への適用といった点では不充分であった。今後，地区レベルでの発生量推計に適用できるようなモデル開発も必要である。

第2の課題は，交通手段選択モデルの効用関数に組み込んだ一般化時間の算定に使われる等価時間係数と時間価値に関するものである。3章，4章で求めた、これらの値は交通手段の選択意識データから導かれたものであり，現実の選択行動結果から求められたものではなかった。かなりの困難は予想されるが，行動データによる，等価時間係数と時間価値の推定を行い，意識によるものとの対応関係を見いだすことが必要となろう。

第3の課題は，駅に集中するアクセス交通手段別需要推計手法についてである。5章ではバス利用者を対象に駅選択モデルを構築し，このモデルを用いた需要推計手法を示したが，アクセス交通手段の選択関係を表現するモデルの開発と需要推計への適用は未着手であった。この点での研究が今後重要であると思われる。

第4の課題は，6章，7章で取り上げた新しい交通施設の需要推計手法に関するものである。行動データにより蓄積された研究が不充分であったり，行動データの収集が困難な場合には意識データに頼らざるを得なくなる。こうした場合，意識による需要量と行動結果による需要量の対応関係を探り，意識需要量を実際の需要に修正する方法をさらに検討する必要があろう。

謝　辞

本論文は，1976年に交通需要予測に関する研究の最初として，通勤者の発生に関する研究を手掛けて以来，9年間の研究成果をまとめたものです。この間，実に多くの方から御指導，御協力を得ることができました。

大阪大学工学部教授・毛利正光先生には，筆者が先生の研究室に卒業研究で配属されて以来，終始一貫して御指導していただきました。とくに，研究者として生きる場を与えて下さり，折にふれ，激励していただいたことに対し，心から感謝する次第です。

大阪大学教授岡田光正先生，同じく紙野桂人先生には，本論文の構築にあたり，有益なる御助言をいただきました。また，筆者が在籍する土木教室の小松定夫教授，室田明教授，椹木亨教授，松井保教授には，学生時代から今に至るまで，折あるたびに御指導ならびに温かい励ましをいただきました。それに，土木教室の諸先生方の自由・かっ達な研究活動も忘れることができません。多くの刺激を得ることができました。ここに，深く感謝申し上げます。

近畿大学講師三星昭宏先生，岐阜工専助教授・渡辺千賀恵先生には，両氏が大阪大学交通研究室に在籍当時から現在に至るまで，研究の遂行に関し，実に有意義な助言と励ましをいただくことができました。また，大阪大学助手田中聖人氏，同講師塚口博司氏には，職場の同僚として多くの御協力を得ることができました。これらの4氏を交えた研究会の意義も忘れることはできません。改めて，心から感謝する次第です。

また，本研究の遂行にあたっては，多くの大阪大学の学生・院生・研究生の方々から協力を得ました。中平明憲氏，大西宣二氏，宮田正弘氏とは，氏が4年生の時から修士課程修了に至るまで，入口靖弘氏，安田扶律氏，張瑛岳氏とは修論研究を通じ，竹村英雄氏，松葉祥典氏，松本恭明氏，桧山良一氏，平田浩三氏，中井恭一郎氏，中林憲一氏，松村弘三氏，森本正則氏，中川聡氏，山田友之氏とは卒業研究において，また，小畑健介氏，中田淳一氏とは研究生として，筆者の「小ゼミ」に属していただき調査・分析に尽力していただきました。厚く御礼申し上げます。

さらに，本研究の基礎資料となる実態調査におきましては，阪神高速道路公団計画部調査課，吹田市土木部交通対策課，枚方市土木部交通対策課，大阪府土木部総合計画課の御支援によるところが多く，ここに感謝申し上げる次第です。

大阪大学工学部技官合谷敦司氏には，調査に御協力いただいたのみならず，筆者の不慣れなワープロでの図表作成作業を，一手に心良く引き受けて下さり，深く感謝致しております。

以上の諸兄以外にも，多くの諸先輩，友人からも御支援いただきました。記して謝さざる非礼をわびつつ，秘かに感謝申し上げます。

研究業績記録

論文名	発表年月	雑誌名	共著者
【論文集・雑誌】			
(1) バスと乗用車で構成される混合交通流の基礎的特性	1981. 12	土木学会論文報告集 第316号	毛利正光
(2) 自家用乗用車保有率の経年的，地域的変動特性	1982. 8	交通科学 vol 11, No.2	毛利正光
(3) 就業構造を反映した通勤者生成原単位モデルについて	1982. 12	土木学会論文報告集 第328号	毛利正光
(4) 都市類型別通勤者生成原単位モデルについて	1983. 5	交通工学 vol 18, No.3	毛利正光
(5) パーク・アンド・ライド方式の実施事例とその分析	1983. 5	都市計画 No.126	毛利正光 渡辺千賀恵
(6) 一般化時間を組み込んだ交通手段選択モデルに関する基礎的研究	1984. 3	土木学会論文報告集 第343号	毛利正光
(7) 一般化時間を組み込んだ経路選択モデルにおける時間価値について	1984. 12	交通科学 vol 13, No.2	
(8) 交通手段転換意識モデルによる急行バスの需要推計について	1985. 7	交通工学 vol 20, No.4	毛利正光 安田扶律
(9) Disaggregate Station Choice Models Incorporating Generalised Time for Work Trips	1985. 10	大阪大学工学報告 vol 35, No.2	毛利正光
(10) Binary Station Choice Models Incorporating Generalised Time	1986. 5	Proceedings of the World Conference on Transport Research	毛利正光

【研究発表会】

(1) 堺市における自動車交通騒音の被害実態と問題点 ー一般市街地の例ー	1973. 11	第11回日本道路会議（日本道路協会）	毛利正光 三星昭宏
(2) 定常走行時における車種別騒音パワーレベルの実測結果について	1974. 5	関西支部年次講演会（土木学会関西支部）	毛利正光
(3) 一般市街地における騒音分布特性および被害意識との比較に関する研究	1975. 10	第30回年次講演会（土木学会）	毛利正光 三星昭宏
(4) 郊外鉄道駅を起終点とするループ状バス路線の運行改善に関する一考察	1975. 11	第12回日本道路会議（日本道路協会）	毛利正光
(5) 混入率を考慮したバスの定常走行特性	1976. 10	第31回年次講演会（土木学会）	毛利正光 中平明憲
(6) 大規模団地におけるバスサービス特性	1977. 4	関西支部年次講演会（土木学会関西支部）	毛利正光 中田淳一
(7) 通勤者の発生原単位モデルに関する一考察	1977. 4	同　上	毛利正光 姜　英雄
(8) バス混入率を考慮した交通流の定常走行特性	1977. 10	第32回年次講演会（土木学会）	毛利正光 松葉祥典
(9) 単純街路バス混合交通流シミュレーションモデル解析	1978. 5	関西支部年次講演会（土木学会関西支部）	毛利正光 松本恭明
(10) 都市形態を考慮した通勤発生原単位の変動特性	1978. 9	第33回年次講演会（土木学会）	毛利正光 芋田晴夫
(11) 高蔵寺ニュータウンにおけるアクセス手段の分担特性	1979. 6	関西支部年次講演会（土木学会関西支部）	毛利正光 宮田正弘
(12) 道路空間の輸送構造の変容過程 ー大阪市の場合ー	1979. 6	同　上	毛利正光 大西宣二
(13) 産業構造を反映した通勤発生原単位の構造特性	1979. 1	土木計画学研究発表会（土木学会）	毛利正光
(14) 陸上輸送機関に関する輸送量発生の動向とその構造	1979. 10	第34回年次講演会（土木学会）	毛利正光 中平明憲
(15) 陸上輸送機関別輸送量分担関係の動向とその構造	1979. 10	同　上	同上
(16) 自家用乗用車保有率の時間的・空間的変動特性	1980. 9	第35回年次講演会（土木学会）	毛利正光 桧山良一
(17) 大阪市を着ゾーンとする出勤トリップの自家用車分担率特性	1981. 6	関西支部年次講演会（土木学会関西支部）	毛利正光 宮田正弘
(18) 時間価値を考慮した通勤時の経路選択特性	1982. 6	同　上	毛利正光 中井恭一郎
(19) 一般化時間モデルにおける「等価時間係数」について	1982. 10	第37回年次講演会（土木学会）	毛利正光 大西宣二
(20) 出勤時鉄道利用者の経路選択特性	1983. 5	関西支部年次講演会（土木学会関西支部）	毛利正光 松村弘三
(21) 通勤者の鉄道経路選択および急行バスへの転換意識特性とモデル化	1984. 1	土木計画学研究発表会（土木学会）	毛利正光 安田扶律

(22) 通勤・通学交通におけるバイクを含むパーク・アンド・ライド利用者の発生特性について	1984. 5	関西支部年次講演会（土木学会）	毛利正光 張　瑛岳 中川　聡
(23) パーク・アンド・ライド通勤者の発生特性と駅選択モデル	1985. 1	土木計画学研究発表会（土木学会）	毛利正光 張　瑛岳
(24) 自転車・バイクの有料駐車場転換意識モデルと需要推計	1985. 9	第40回年次講演会（土木学会）	毛利正光 張　瑛岳

【調査報告書】

(1) 都市計画調査研究　ー道路と環境問題ー	1978. 4	堺市開発部・大阪大学都市交通工学研究室	毛利正光ほか
(2) 高蔵寺ニュタウンにおける交通輸送の現状と計画	1976. 9	日本住宅公団名古屋支社・災害科学研究所	毛利正光ほか
(3) 交通空間の多目的利用に関する研究	1978. 3	地方行政総合研究センター	毛利正光ほか
(4) 道路空間の交通手段別利用のあり方に関する研究	1978. 3	大阪府企画部企画室	毛利正光ほか
(5) 高速道路を利用した公共交通のサービス改善に関する調査研究（その１）	1981. 3	阪神高速道路公団	毛利正光ほか
(6) 高速道路を利用した公共交通のサービス改善に関する調査研究（その２）	1982. 3	同　上	毛利正光ほか
(7) 吹田市の都市構造と交通体系整備に関する研究	1982. 3	吹田市	毛利正光ほか
(8) 高速道路を利用した公共交通のサービス改善に関する調査研究（その３）	1983. 3	阪神高速道路公団	毛利正光ほか
(9) 高速道路を利用した公共交通のサービス改善に関する調査研究（その４）	1984. 3	同　上	毛利正光ほか
(10) 枚方市の鉄道駅周辺における自転車・バイク対策に関する調査研究報告書	1984. 12	枚方市・災害科学研究所	毛利正光ほか