

大都市圏における交通機関選択分析

東京工業大学 工学部 正員 森地 茂
三井情報開発株式会社 ○酒井通雄
井原勝美

1. はじめに

交通機関あるいは経路の分担(選択)に関する研究は、国内外を問わず活発に行われ、予測・推計モデルの構築さらには交通需要推計等の場での適用が数多く行われてきた。分担あるいは選択モデルは、その推定対象の集計の有無により二つに大別される。一つは、各ゾーン間の平均的な分担率⁽¹⁾⁽²⁾といった地域的に集計された値を推定するモデル(*aggregate model*)であり、これに対して各個人あるいはトリップにおける選択を対象とする非集計モデル(*disaggregate model*)⁽⁴⁾⁽⁷⁾の研究がされている。これらのモデルの構築および適用に至る各段階には、種々の問題が内在する。本研究では前者のモデルに関して、i). ゾーニングのスキームの選定の問題、後者のモデルには、ii). 地域または地域間の交通需要推計への適用方法の問題、iii). 交通手段利用者の選択構造についての問題、また共通の問題として、iv). 交通手段の競合条件の明確化、合計の4つの課題を取り上げた。具体的には、i). ゾーニングのスキームの違いがモデルの説明力や選択要因等に与える影響、ii). 非集計モデルによる推定結果の地域的な再集計において生ずるバイアス、iii). 選択要因の段階的評価という仮定に基づく選択構造のモデル化、iv). 鉄道の最短時間経路と競合経路との間の分担、について①大都市交通センサス(昭和60年)、②新玉川線関連定期券調査(昭和62年)および③都市交通手段利用に関する意識調査(昭和62年)の3種のデータに適用し実証的に個別に検討したものである。また本研究では、交通機関間の分担ではなく鉄道の経路分担の問題に主眼をおいている。経路分担の問題は、利用者の選択というより交通計画者による配分⁽³⁾の問題として扱われることが多いが、首都圏のように鉄道網が密に敷設された地域では、交通機関分担と同様のアプローチが適切であり、この点も分析する必要性が高いと考えたからである。

2. 適用データの概要

まず本研究で各分析の基礎とした3種類のデータについて、以下に概述しておく。

① 大都市交通センサス

大都市交通センサスは、首都圏、近畿圏および中京圏における大量公共交通機関の利用実態を把握するため5年ごとに運輸省により行われている承認統計であり、定期券調査、一般乗合バス、路面電車のみ調査、鉄道普通券調査の3調査より成る。本研究では、昭和60年度調査(10月27日～31日の5日間にかけて実施)での首都圏における鉄道定期券調査を適用して鉄道の経路分担モデルを構築し、ゾーニングの問題を検討している。対象区域は、都市部から概ね70km圏であり、小田原、大月、本庄、小仏、石岡、君津に囲まれる範囲である。また、鉄道定期券調査では鉄道の経路上で調べられており、駅間相互経路別人員表により駅間の経路分担と、個票をゾーン間に再集計することによりゾーン間の経路分担を把握することになる。

② 新玉川線関連定期券調査

この調査は、東京新玉川線開通前後の大量公共交通機関の動態的な利用実態を把握するため、昭和62年10月24日～28日の5日間にかけて、大都市交通センサスの定期券調査に準じて運輸省により実施された。対象区域は、東京急行電鉄株式会社の営業区域である。本研究では、この内鉄道駅間経路別利用人員データを競合経路の問題に適用している。

③ 都市交通手段利用に関する意識調査

運輸経済研究センターが、交通手段およびその経路選択モデル(非集計モデル)の分析のため、昭和62年

11月に実施した調査であり、対象区域は新線開通により利用可能交通手段が増加した新玉川線沿線地域（東京都世田谷区の一部および神奈川・川崎市・横浜市の一部）である（回収数は約2000サンプル）。主に、鉄道の各経路、バスおよび乗用車の利用条件—総所要時間、費用、徒歩時間、待ち時間等—およびその評価について調査している。

3. ゾーニングの問題について

ゾーン間の機関（経路）分担率を推定するモデルは、一般にゾーンの形成方法によってモデルの推定結果が左右されることが知られている。本研究では、大都市交通センサスのデータを用いて首都圏における通勤・通学交通の鉄道経路選択モデルを作成したが、その際、次の4つの集計レベルを設定し、ゾーンの大きさによって推定結果がどう影響されるかを分析した。

- (i) 駅間レベル-----乗車駅と降車駅との間の競合経路の分担
- (ii) 基本ゾーンレベル-----大都市交通センサスの基本ゾーン（平均600m四方）間の競合経路の分担
- (iii) 基本ゾーン群レベル-----基本ゾーンを2〜3個統合した基本ゾーン群間の競合経路の分担
- (iv) 市区レベル-----市区をいくつかのゾーンとし、その間の競合経路の分担

これらのモデルの構造式は全てlogitモデルが用いられた。ここでは個々のモデルの推定結果は省略し、ゾーニングレベルの観点から比較した結果を示すことにする。

① モデルの説明力

右の図は、各モデルのアグリゲーションレベルと説明力の関係を示したものである。この図からモデルのアグリゲーションレベルを小さくすればする程一般に説明力が向上することが読みとれる。また、任意のゾーニングレベルを設定し、分担モデルを作成した時、そのモデルの期待される説明力もほぼ見当をつけることが出来る。

基本ゾーン群レベルと市区間レベルでモデルの説明力が大きく開いているが、これはゾーンの大きさもこの間で格段の開きがあるためである。機関選択モデルでは市区間のレベルである程度説明力をもつ例はいくつあるが、経路選択モデルではゾーンの大きさがこの中で扱えると適切なモデル式の特定化が困難になることが示されている。

④ 経路選択要因

経路選択要因として統計的に有意性が確認されたものを網羅すると、乗車時間、費用、乗り換え徒歩時間、乗り換え回数、待ち時間、およびアクセス、イグレス徒歩時間である。これらとアグリゲーションレベルとの間に特に明確な関係は確認されなかった。乗車時間、費用、乗り換え回数、乗り換え徒歩時間のいずれか、およびアクセス、イグレス徒歩時間（駅間モデルは選択要因から除かれている）は、ほとんどすべてモデルで有意になっており、経路選択モデルで取り上げるべき必要最少限の選択要因といえる。乗り換え回数と乗り換え徒歩時間はいずれもモデルでも相関関係をもっており、このため両方を同時に説明変数に導入すると多重共線性の問題を引き起こし、いずれかのパラメーターが不安定になる傾向がある。

混雑率は、ほとんど全てのモデルで有意性が確認されず、通勤・通学交通ではあまり重要な選択要因とはいえない。

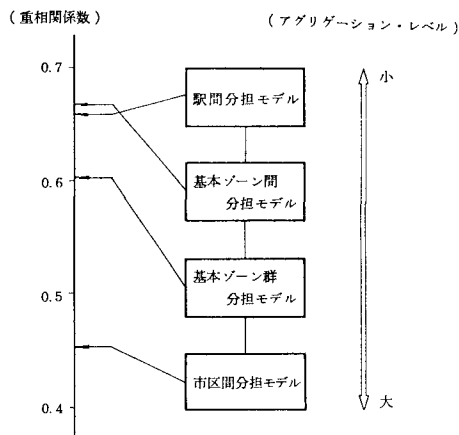


図1 モデルのアグリゲーション・レベルと説明力

③ 選択要因の感度

アグリゲーションレベルとモデル式から算出される選択要因の感度の関係を乗車時間、費用、アクセス・イグレス徒歩時間について図2に示した。

この図から、各選択要因の感度はアグリゲーションレベルに依存しており、一般にディスアグリゲートすればする程、感度が高くなる傾向が窺える。換言すれば、ゾーンサイズを大きくすればする程得られる結果は個人の選択構造から乖離していくともいえる(事実、意識調査を適用した個人モデルの感度をみると、いずれの要因についても図のIよりさらに大きな値をとっている)。この点は個人モデルの集計問題に係るものであり、4.において詳しく考察する。

④ セグメントについて

モデルの検証結果からみて、アグリゲーションレベルにのみならず、全てに共通した点がある。それは、距離帯でセグメントしたモデルが最も予測適合性が高いという点である。また、単に適合性のみならず、各セグメントの推定結果に示される経路選択傾向の相違についても共通した傾向が示されている。すなわち、短距離の経路選択の場合は、各選択要因の感度が高く、わずかな経路特性の変化で大きな分担率の変化がもたれるのに対し、長距離の場合は、分担率に及ぼす影響度が弱く、経路選択に若干の硬直性がみられるという点である。

したがって、都市圏程度の広がりをもつ地域を対象とする経路選択の問題には、ゾーンレベルによる距離帯でセグメントしたモデルを適用するのが望ましいといえる。

これと併せてゾーンの大きさは、モデル構築する上は需要推計の作業量や単なるODの細かさ、データの精度等との関係は明らかと見られる面が強まったと考えられる。しかしながら、本項で検討してきたようにゾーンサイズは、構築されるモデルの諸特性と切りわけ推定精度を大きく左右する。今後ゾーンの形成方法を、構築されるモデルの特性やその適用可能性の面からさらに検討を加えてゆくことが必要と考えられる。

4. 集計に関する問題

個人レベルの機関・経路選択モデルは、これと選択構造の精緻化、適合性の向上という面に主要な関心がおかれてきた。その結果、モデル式の選択要因に、個人属性はもとより心理的・社会的要因までを含めた極めて個別的特

性をもち、これらモデルは利用者一人一人の選択の問題を論じる限りでは極めて有効であるが、対象範囲が広範囲に及ぶ予測の問題に対してはそれの形で適用するにば困難である。個人モデルの利点を予測の問題に生かそうとすれば、個人モデルの算出結果を集計していく何らかの手段が必要にならなければならない。右図は集計モデルと個人モデルの予測値が算出される過程を示したものであるが、集計モデルではゾーン間の分担率がモデル式から直接算出されるのに対し、個人モデルで算出される値は個人の選択確率であり、このためゾーンペアについて個人の選択確率の値を集計するフェーズが新

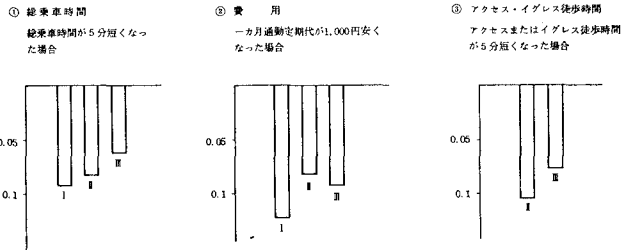
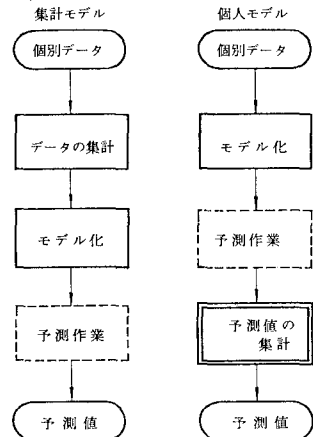


図2 選択要因の感度(統合モデル, logitモデル)



たに必要とされる。

① 選択確率の集計と集計バイアス

今、ある個人レベルの選択モデルが与えられたとして、このモデルからゾーン間のマクロ的な分担率を求めることを考える。原理的にはゾーン間を移動する全ての利用者について選択確率を算出し、それを集計することによって分担率が求められることになるが、これは実際上できないことである。現実的な可能性のある一つの方法は図3に示したように、モデル式はそのまま個人モデルの式を用い、説明変数としてゾーン間の平均的なデータを用いることであり、ゾーン内における平均的な個人の選択確率をもってゾーン間の分担率とすることができる。

この方法は確かに便利な方法であるが、バラツキを持つデータを平均値で代表させてしまうため、非線型な構造式をもつモデルでは、推定値にバイアスが生じる結果となる。本研究で適用したlogitモデルの場合、このバイアスは次のようになることが知られている。

まず、logitモデルのモデル構造式は次の式で与えられる（二機関連選択を考える）。

$$P_i^K = \frac{1}{1 + \exp(-G_i^K)}$$

$$G_i^K = G_2^K - G_1^K = \sum_l a_l (x_{2l}^K - x_{1l}^K)$$

ここに a_l ; パラメーター、 x_{il}^K ; モード l の選択要因 ($l=1, 2$), K ; 個人

個人の選択確率を集計した真のゾーン間分担率を $\bar{P}_1$ 、図3の手順から得られるそれを $\hat{P}_1$ とするバイアス値は次式のようになる。

$$\begin{aligned} \hat{P}_1 - \bar{P}_1 &= -\frac{1}{2} \text{Var}(G^K) \bar{P}_1 (1 - \bar{P}_1) (2\bar{P}_1 - 1) \\ \text{Var}(G^K) &= \text{Var}(G_2^K - G_1^K) = \sum_l a_l^2 \text{Var}(x_{2l}^K - x_{1l}^K) \end{aligned}$$

> a バイアス曲線は右図で表わされ、 $\bar{P}_1$ が 0, 0.5, 1 ใด 0, 0.25, 0.75 の点で最大のバイアスを持っていることがわかる。

② 集計バイアスの測定

上述した集計バイアスバ、実際の交通量予測の場面で問題となる程のものがあるかどうかを確認するため、本研究で実際に作成した個人モデルによって集計バイアスを測定してみた。とりあげたモデルは次の二つである。

- (i) 通勤・通学交通鉄道経路分担モデル
- (ii) 通勤・通学交通自動車用自動車分担モデル

この結果は表1に示す通りであり、(i)については新玉川線利用経路、(ii)については自動車用乗用車を選択する確率について集計されている（この値はモデル作成の対象地域全体についてのものであり、ゾーンペアに分けて集計する場合はこの値を越えることはないと思われる）。

この二つの結果を比較すると、鉄道経路選択モデルの方がバイアスが小さくなっている。これはこのモデルにおける $\bar{P}$ が 0.5 に近いこと、各選択要因の分散が小さいことによるものと考えられる。一般に同一機関内の経路分担モデルと異機関の選択モデルを比べると後者の方が分散が大きくなり、集計バイアスも大きくなる傾向が

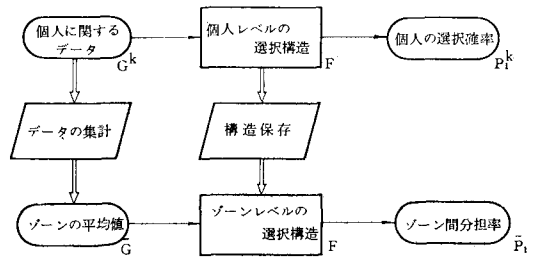


図3 個人モデルのアグリゲーション

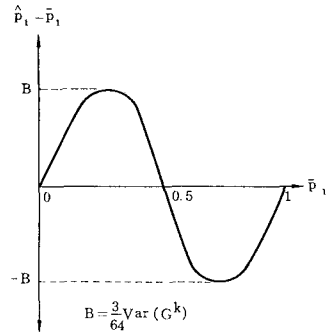


図4 logitモデルのアグリゲーション・バイアス曲線

ある。選択要因別にみると特に自家用乗用車分担モデルにおいて、費用が極めて大きな分散をもっており、集計バイアスのかなりの部分に、費用の分散の大きさによるものと考えられる。

本研究は、まだ個人モデルの集計問題の一端に触れただけであり、この結果だけから図3に示した手順が実際の交通量予測の場で容認され得るかどうか一概にはいえない。しかし、もしこの方法が可能ならば個人モデルの適用範囲が大幅に広がる。マクロ的な交通量予測に対して極めて大きな便宜を与えるものであり、今後この方法を妥当性を実証的に検討する必要があると思われる。

5. 交通手段利用者の選択構造の問題

従来のモデル構造の基礎となっている「幾つかの選択要因の同時評価」という選択過程に対して段階的評価という新たな仮説を設け、その定式化に適用を試みた。

① 選択過程に関する仮説

交通手段利用者の選択過程に関して次の4つの仮説を置く。

- 1) 交通機関、経路(以下モードで代表する)の特性と選択に際して評価する場合、各特性間に優先順位が存在し、これを段階的に評価してゆく。
- 2) 各段階における選択という意思決定は、その段階の選択要因のモード間の差が、ある許容範囲内にあるかどうかによりなされる。この許容範囲には個人差があり、その分布に関して確率的に次の仮説を設ける。
- 3) 各選択要因の許容範囲は、対数正規分布(lognormal distribution)を有するものとする。
- 4) いずれの選択要因についてもモード間の差が許容範囲内にある場合は、選択は全く無差別である。ただし、モード特性以外の要因により選択が偏る場合、いづれかの偏向したモードを選択する。

この選択過程を2つのモード特性

の場合について、右図に例示する。

この図では、優先順位の高い要因(t)について2つのモードを比較し、その差(Δt)が許容範囲(u_t)より大きい場合は短時間モード(モード1)を選択し、そうでない場合は次の要因(c)について比較することを行っている。許容範囲以下の場合には、両モードの選択は全く無差別になされるか偏向モードを選択する。

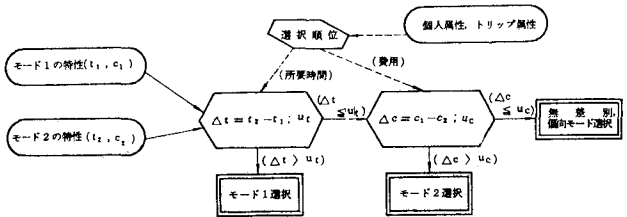
表 1 アグリゲーション・バイアスの推計結果

(1) 鉄道経路分担モデル(サンプル数=206, 的中率=75.4%)

選択要因	平均値	分散	モデル式の係数	個人の選択確率を集計した分担率($\hat{p}_i$)	平均値から算出した分担率($\bar{p}$)	アグリゲーション・バイアス($\hat{p}-\bar{p}$)
総所要時間(分)	2.235	127.16	-0.0985	0.455	0.430	0.025
費用(片道・円)	-32.481	6,827.83	-0.0126			
徒歩時間(分)	-1.685	23.49	-0.0935			
待ち時間(分)	0.812	20.29	-0.0797			

(2) 自家用自動車分担モデル(サンプル数=102, 的中率=78.4%)

選択要因	平均値	分散	モデル式の係数	個人の選択確率を集計した分担率($\hat{p}_i$)	平均値から算出した分担率($\bar{p}$)	アグリゲーション・バイアス($\hat{p}-\bar{p}$)
総所要時間(分)	15.11	672.6	-0.0145	0.387	0.310	0.077
所要時間の変動(分)	-8.30	312.3	-0.0305			
費用(片道・円)	-204.16	86,907.8	-0.00238			
待ち時間(分)	7.38	39.4	-0.0559			
駐車難易度(カテゴリー)	-0.69	0.9	-1.01			



注) $t_1 < t_2, c_1 < c_2$ とした場合の例

図5 段階的評価モデルの選択過程(例)

② モデルの定式化

以上の仮定に基づき、モードの選択確率を定式化すると、次式が得られる（このモデルではモード間の選択を対象としている）。

$$P(\text{モード}=1) = \alpha_1 F(a_1 \log \Delta x_1 + b_1) + \sum_{k=2}^n \{ \alpha_k F(a_k \log \Delta x_k + b_k) \cdot \frac{1}{\sum_{j=1}^n \{ 1 - F(a_j \log \Delta x_j + b_j) \}} \} \\ + \left(\frac{1}{\sum_{j=1}^n \alpha_j} + \alpha_0 \right) \frac{1}{\sum_{j=1}^n \{ 1 - F(a_j \log \Delta x_j + b_j) \}}$$

$$F(x) = \int_{-\infty}^x \frac{1}{1+e^t} e^{\frac{t}{2}} dt, \quad \Delta x_i = x_{2i} - x_{1i}, \quad \alpha_i = \begin{cases} 1, & x_{2i} > x_{1i} \\ 0, & x_{2i} \leq x_{1i} \end{cases}$$

ここに、 P ；モードの選択確率， x ；モード特性（選択要因）， a, b ；パラメータ（ α_0 はモードの偏好性を表わす）， n ；選択要因数

なお、パラメータ（ $a_1 \sim a_n, b_1 \sim b_n$ ）と各選択要因の許容範囲の次数の平均値（ M_i ）、標準偏差（ δ_i ）との間には次式の関係にある。

$$a_i = \frac{1}{M_i}, \quad b_i = -\frac{M_i}{\delta_i}$$

このパラメータの推定は、最尤法を適用して行うことが出来る。すなわち、次式の尤度関数 L が最大になるよう収束計算を行う方法である。

$$L(a_0, a_1, \dots, a_n, b_1, b_2, \dots, b_n) = \sum_{k=1}^N P(\text{モード} = l^k)$$

ここに、 N ；サンプル数， l^k ；サンプル l の選択モード

③ モデルの適用と結果の考察

前述の都市交通手段利用に関する意識調査データを用い、通勤・通学交通における鉄道の経路選択の問題に適用した結果は右表に示される通りである。選択要因は、総所要時間、徒歩時間の二つに限定し、総所要時間の優先順位が高いものとした。また、経路間の選択であるためモード偏好性は α_0 も α とせ、 α_0 は 0 としている。これと比較するため、同じ選択要因、同じデータによるlogitモデルの推定結果を同表に示す。この結果より次の点が明らかになる。

- ① 説明力（的中率）はlogitモデルに比べて高く、段階的評価という仮説も肯定されうろと考えられる。
- ② 両選択要因の許容範囲の平均値は、総所要時間8.4分、徒歩時間9分となり、多少総所要時間が厳しく評価されている。
- ③ 各段階での選択確率の比率は、第1段階（総所要時間）で選択される比率は全体61%、第2段階では19%、無差別に選択されるのは20%である。

本モデルには選択要因数が増加した場合の解の安定性、選択要因間の優先順位の問題が残されており、いまだ試論的域でない。選択要因の段階的評価という仮説も利用者の選択構造を分析する一つの有効なアプローチであるといえる。

6. 競合条件の問題

交通手段の競合条件を明らかにすることは、分担モデルの有効な適用範囲を設定することと同意であり重要な問題と考えられる。本項では、鉄道の経路分担について、最小所要時間経路（以下最短経路と略す）を設定し、その利用割合を調べ、次いでこの利用率の低いものに関し、最短経路とこれと競合している経路の関係を考察することにより、経路の競合条件を検討する。

① 分析対象と適用データ

ここで適用した新玉川線関連定期券調査の調査範囲である国6の区域・駅間のうちから、利用者数が多く

表 2 段階的評価モデルについての推定結果

選択要因		モデル名 パラメータ	段階的評価モデル	logit モデル
総所要時間(分)	a_1	1.43	-0.139	
	b_1	-3.05		
徒歩時間(分)	a_2	0.488	-0.0948	
	b_2	-0.968		
的中率(%)			81.7	75.0

また複数経路が考えられるものとして、周辺地域(東急各線
 1 駅)から都心3区へのものを分析対象とした。所要時間は
 ・対象駅間の利用経路と他1代替経路について次式により求
 め、最短経路を設した。

$$\text{所要時間} = \text{総乗待時間} + \text{総乗車時間} + \text{総乗換時間}$$

② 最短経路の利用割合

東急各線の駅から都心3区への経路について、最短経
 路利用者1割合を集計した結果を表3に示す。利用者1総
 数は約20万人であり、この内最短経路1利用者は約18万人と
 約90%である(通勤交通で多少高くなっている)。代替経路
 1最短経路1の時間差を5分単位で分け、その利用者1をみる
 と、大部分は10分以内であり、10分以上1差1ある経路はほ
 んど利用されていないと見られる。次にこれら着駅1路
 線別に集計すると、表4に示されるようにやはり1差1み
 られる。この最短経路利用割合1高い路線と低い路線1間
 には、発駅路線である東急各線と結びついているか否か1違1
 あり、経路選択1大きな要因である乗換回
 数1影響していること1もみられる。

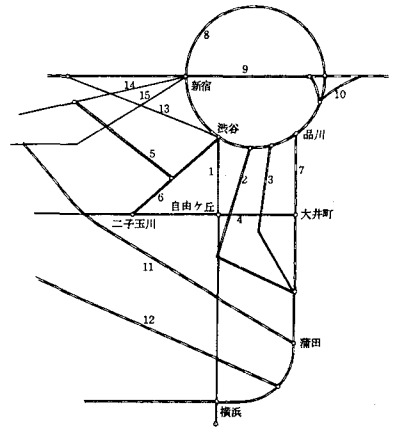
③ 乗換回数と所要時間差について

代替経路が利用される条件として、乗換
 回数が関係するものと示唆された。そこで
 発駅を次のように限定して、この点を検討
 する。

駅群1 二子玉川園〜梶ヶ谷(田園都市線)
 駅群2 市ヶ尾〜長津田()

この2つの駅群と都心3区1各駅との
 ついて、最短経路利用割合、代替経路1
 所要時間差、両経路1平均乗換回数を調べた
 結果は図7に示される通りである。

この結果より、両駅群とも最短経路利用割
 合1平均乗換回数1間の相違が大きいと見
 られる。また、所要時間差が5分未満1場
 合、平均乗換回数も最短経路1かたにも
 かわらず代替経路1利用者120%程度み
 られる。これらのことから、非常に限られた
 のについて1結果ではあるが、①所要時間
 差が5分未満であれば、乗換回数以外1他1
 特性が優れていれば競合しうる。②所要時間
 差が5分以上であっても、乗換回数1優位であ
 れば競合しうるが、時間差が大きくなれば、



- 1: 東急本線 7: 東海道線 13: 井ノ頭線
- 2: 目黒線 8: 山手線 14: 京王線
- 3: 池上線 9: 中央線 15: 小田原線
- 4: 田園都市線 10: 総武線
- 5: 世田谷線 11: 南武線
- 6: 新玉川線 12: 横浜線

注) ———: 東急の各線
 ———: 国鉄
 ———: 東急以外の私鉄

図6 分析対象地域

表3 券種別最短経路利用割合

	最短経路の 利用者数	最短経路 以外の 利用者数	最短経路との所要時間差			利用者総数
			5分未満	5~10分未満	10分以上	
通勤	137,028 (0.917)	12,479 (0.083)	6,822 (0.046)	4,833 (0.032)	824 (0.005)	149,507 (1.000)
通学	43,643 (0.862)	6,969 (0.138)	3,820 (0.076)	2,519 (0.050)	630 (0.012)	50,613 (1.000)
計	180,661 (0.903)	19,448 (0.097)	10,642 (0.053)	7,352 (0.037)	1,454 (0.007)	200,119 (1.000)

()内は利用者総数に対する割合

表4 着路線別最短経路利用割合

	利用者数	最短経路利用者数	最短経路利用割合
中央線	22,400	16,387	0.732
山手線	94,305	87,282	0.926
都営1号線	5,963	5,438	0.912
都営6号線	1,502	1,479	0.985
銀座線	24,212	22,042	0.910
丸の内線	7,839	6,248	0.797
日比谷線	35,110	34,859	0.992
東西線	2,940	2,139	0.728
千代田線	5,117	4,225	0.826
有楽町線	731	571	0.781
計	200,119	180,661	0.903

その可能性は小さくなる、という点でできよう。

7. おわりに

交通手段の分担について問題を分析するエグの4つの課題について、それぞれ個別に検討を加えてきた。これらはモデル構築および交通需要推計への適用という機関分担の研究の中で、避けて通ることはできない問題と考えられる。今後機関分担の研究では、その分析視点を明確化し、これらの問題を踏まえた上で行うことが望まれる。

なお本研究は、運輸省ならびに運輸経済研究センターにより進められた「大都市圏における交通機関選択分析調査」の一環として行われたものである。

(参考文献)

- 1) W. Cherwong, J. Luten, "Two-dimensional logit modal split model", *TEJ of ASCE*, vol. 102, 1976
- 2) A.H. Mayburg, P.R. Stopher, "Aggregate and disaggregate travel demand models", *TEJ of ASCE*, vol. 101, 1975
- 3) 塚原重利・長浜敬, 「OD別モード別旅客輸送需要モデルの開発」, 運輸調査局調査資料 No. 355, 1972
- 4) 森田緯之・大蔵泉, 「交通機関選択要因に関する研究」, 土木学会年次学術講演会概要集, 1973
- 5) C. A. Lane, "A behavioral approach to modal split forecasting", *Transportation Research*, vol. 3, 1969
- 6) A. Talvitie, "Comparison of probabilistic modal-choice model; Estimation method and system", *Highway Research Record* 392, 1972
- 7) W.W. Recker, T.F. Golob, "An attitudinal modal choice model", *Transportation Research* vol. 10, 1976
- 8) J. Athlison, J.A.C. Brown, "The lognormal distribution" Cambridge University Press, 1975
- 9) A. Talvitie, "Aggregate Travel Demand Analysis with Disaggregate or Aggregate Demand Models" *Transportation Research Forum Proceeding*, 1973

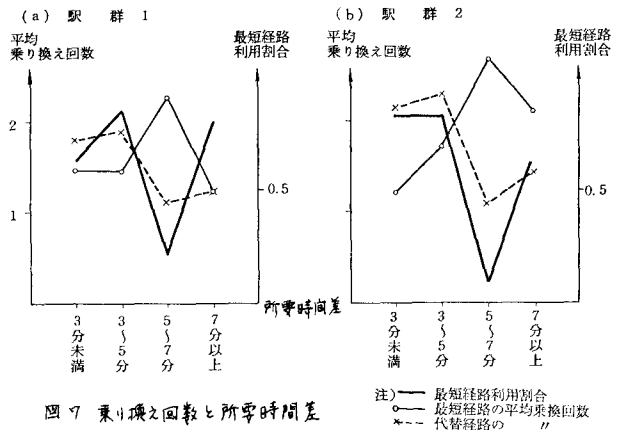


図7 乗り換え回数と所要時間差

注) — 最短経路利用割合
 --- 最短経路の平均乗換回数
 代替経路の "