

## 通勤・通学交通の輸送機関別分担率に関する解析

## MODAL SPLIT ANALYSIS OF THE JOURNEY TO WORK AND SCHOOL

河上省吾\*・加藤正樹\*\*

By Shogo KAWAKAMI and Masaki KATO

## 1. はじめに

都市内交通の大きな部分を占める通勤、通学交通の輸送機関別分担率についてはすでに多くの研究がなされている<sup>1)</sup>。本研究では従来あまり研究されていない交通施設条件と輸送分担率の関係について実績資料により分析し、さらに将来予測のためのモデルの開発を試みた。これによって将来予測方法が確立されていない交通機関が新設された場合の輸送機関別分担率の予測方法の確立を目指す。ここでは、対象交通機関として、鉄道、乗合バス、自家用車の3つをとり上げ、これら輸送機関を2つ以上利用する場合は、最も長距離にわたって利用する機関(代表交通機関)を利用輸送機関と考えている。なお、用いた資料は昭和45年10月に行われた国勢調査の集計結果である。

2. 輸送分担率に影響をおよぼす要因<sup>2), 3)</sup>

輸送分担率に影響する要因を個人的条件、交通施設条件、地域の性格、トリップの性格の4つに大別してシステム・チャートで示すと、図-1 のようになる。これらの要因の輸送分担率に影響する度合は一律でなく、特に前三者の影響度はトリップの性格、すなわち利用者の交通目的、トリップ長などに応じて異なってくる。また、ゾーンの性格と考えた駐車規制や自動車保有率などは、それぞれ交通施設条件および個人的条件と考えることもでき、各種要因の分類方法は、この外にも考えられる。本研究では、通勤・通学交通を取り上げ、輸送分担率に対する交通施設条件と地域の性格の影響について検討する。個人的条件の輸送分担率に対する影響は小さくないと考えられるが、ここでは採り上げない。その理由は2

つあり、その1つは、ここで用いる国勢調査結果において個人属性と交通機関選択の関係を把握できないことであって、他の1つは、たとえ現状の分担率を個人的条件で説明できるモデルを開発しても、現状では個人的条件の将来予測がむずかしく、モデルによる分担率の将来予測が困難であるので、ここでは、ひとまず個人的条件を含まない輸送分担率モデルの開発を目指すからである。しかし将来においては、個人的条件を考慮する必要があることはいうまでもない。

## 3. 交通施設条件と輸送分担率

## (1) 交通施設条件による地域の分類

交通機関を選定するとき、鉄道がまったく利用できない地域においてはその選択が乗合バスと自家用車に限定されてくる。反対に鉄道が敷設されている地域においては一般に、鉄道、乗合バス、自家用車の三者が共存するところが多く、そのような地域では交通機関の選択が鉄道、乗合バス、自家用車の三者間で行われる。このように、交通機関の選択範囲の差は交通施設条件の相違により起こる現象であり、これがその地域間の交通機関別分担率を左右することは明白であろう。ここでいう交通施設条件は図-1 に示した鉄道、乗合バスおよび自家用車のサービスからなる。

なお、交通機関選択に際しては、人間の肉体的条件も考慮する必要がある。特に遠距離で通勤時間が車で1時間以上もかかる場合、人間の肉体的疲労が大きいという点から他の交通機関を選択せざるを得ないからである。

これらの点を考慮すると、交通機関選択に影響する主要因は地区間距離(トリップ長)および交通施設条件などの相違によっても異なってくると考えられる。

本研究では、交通施設条件の違いにより、各ゾーン・ペアを次の3つのグループに分類して、分担率の解析を

\* 正会員 工博 名古屋大学助教授 工学部土木工学科

\*\* 正会員 日本住宅公団



表-1 分担率の説明要因

要因	鉄 道	乗 合 バ ス	乗 用 車	備 考 (単 位)
X <sub>1</sub>	所 要 時 間	所 要 時 間	所 要 時 間	分
X <sub>2</sub>	目的地の駅密度	目的地のバス停密度	出発地の自家用車保有率	駅数/ゾーン面積 (km <sup>2</sup> ), ただし乗用車の項は 保有台数/ゾーン人口
X <sub>3</sub>	出発地の駅密度	出発地のバス停密度	目的地の駐車場状況	駅数/ゾーン面積 (km <sup>2</sup> ), ただし乗用車の項はダミー変数 (駐車難地区-1, その他=0)
X <sub>4</sub>	鉄 道 状 況	鉄 道 状 況	鉄 道 状 況	ダミー変数 (直通鉄道のある場合-1, ない場合=0)

況を用いた。駅密度は数量化が容易であり、単位面積当りの駅数が多いほど、その交通機関を利用しやすいと考えられるからである。鉄道状況とは、出発地から目的地まで同一経営の鉄道で行けるかどうかを示すものである。これを利便性の指標として採用した理由は、経営主体の異なる鉄道への乗り換えが一般に徒歩時間、待ち時間などの所要時間の増大と運賃の割高をもたらすからである。なお、相互乗入れなどが行われている場合は同一経営と見なせばよい。ところで、鉄道状況を鉄道と他の交通手段との所要時間差、運賃差などによって表わすことが考えられるが、後述するように、所要時間差、運賃差では表わせない鉄道の影響が存在すると考えられるので、この要因を導入した。

乗合バスについても鉄道と同様に考えた。乗合バスの分担率は鉄道の影響を強く受けるので鉄道状況も要因に加えた。自家用車については、所要時間、対象地域の自家用車保有率、トリップ目的地が大都市の中心業務地区(都心部あるいは副都心部)である場合には、自家用車の分担率が駐車可能性の影響を受けることが多いので、これを要因に加えた。この駐車可能性の判別は、その地域の駐車規制および有料駐車場の利用率<sup>5)</sup>などを考慮して推定した。

分類(2):このグループは、ゾーン間距離が大きく、かつ鉄道が利用可能であるゾーン・ペアからなる。利用者の肉体的条件を考慮すればその疲労が大きいくほど、つまり所要時間が大きくなればなるほど鉄道の分担は小さくなり、個人輸送機関である自家用車の分担は小さくなると考えられ、実績値もこれを裏付けている<sup>6)</sup>。したがってこのグループのゾーン・ペアの鉄道、乗合バス、自家用車の分担率の主な説明要因は所要時間と考えて大きな誤りはないようである。

分類(3):これは鉄道網の未整備地域あるいは輸送サービス、輸送容量が弱体であるゾーン・ペアからなる。鉄道の分担率は所要時間および目的地に到着するまでの鉄道の利便性(目的ゾーンの駅密度、鉄道状況)により影響を受けると考えられるので、これらを説明要因として採用した。乗合バスの分担率も同様に所要時間、目的地のバス停密度、鉄道状況により影響を受けると考えられる。これらを乗合バス分担率の説明要因として用い

た。自家用車の分担率は所要時間のほかに分類(1)の自家用車の分担に影響する要因と同様、目的地側の駐車場の制限、鉄道状況の影響を受けると考えられる。これらを自家用車分担率の説明要因として取り上げた。

なお、ここで分担率の説明要因として取り上げた所要時間は、それぞれの交通機関によるゾーン間の所要時間ではなく、ゾーン間の大量輸送機関(鉄道、バス)による時間距離である。交通機関の分担率の説明要因としては空間的距離より時間距離の方が適当であると考えられたので、これを採用した。名古屋市の実績値による検討の際には、大量輸送機関による時間距離のみでなく、大量輸送機関と自家用車の所要時間の差および比をも分担率の説明要因として採用した。さらに、各種交通機関による所要経費の差および比をも分担率の説明要因として考慮した。

#### 4. 交通機関別分担率の予測式

以上で選定した要因を用いて、各ゾーン・ペアグループごとに予測式を提案した。予測式の関数型としては種々考えられるが、多変数の場合は計算の簡便性から一次関数を用い、一変数の場合は指数、対数および双曲線関数などを用いた。

分類(1)のゾーン・ペアに対しては、線型の関数モデル式(1)を用いた。

$${}_k P_{ij} = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4 \dots (1)$$

ただし、 ${}_k P_{ij}$  は  $i$  ゾーンから  $j$  ゾーンに流入する通勤・通学者の  $k$  交通機関の分担率を示す。  $X_i$  は分担率の説明変数で  $a_i$  は経験的に定められる定数である。

分類(2)のゾーン・ペアに対しては、とりあげた要因が所要時間のみであるから、曲線式(2)を用いた。ここでは、曲線式  $f(X_1)$  として指数、対数および双曲線関数などを用い、実績値への適合性が最もよい関数型を採用した。

$${}_k P_{ij} = f(X_1) \dots (2)$$

分類(3)のゾーン・ペアに対しては、分類(1)と同様のモデルを用い、分担率は式(1)の形で与えられると考えた。

なお、上記の各式(1)、(2)で推定された交通機関

別分担率の交通機関に関する和は鉄道，乗合バス，自家用車の各分担率の合計（交通機関が3種類の場合は100%）に一致すべきであるが，ここで提案したモデル式ではこの条件が満たされないことがある．そのため，ここでは予測された各交通機関別分担率に次のような修正を行うことによりこの条件を満足させる． $R P_{ij}$ ， $B P_{ij}$ ， $C P_{ij}$ をそれぞれ予測された鉄道，乗合バス，自家用車の分担率とすれば，修正された推定値 $R P_{ij}$ ， $B P_{ij}$ ， $C P_{ij}$ は式(3)，(4)，(5)でそれぞれ与えられると考える．

$$R P_{ij} = \frac{R P_{ij}}{R P_{ij} + B P_{ij} + C P_{ij}} \times A \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$B P_{ij} = \frac{B P_{ij}}{R P_{ij} + B P_{ij} + C P_{ij}} \times A \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$C P_{ij} = \frac{C P_{ij}}{R P_{ij} + B P_{ij} + C P_{ij}} \times A \quad \dots\dots\dots(5)$$

なお， $A$ は実績値の場合，鉄道，乗合バス，自家用車の各分担率の合計として与えられる値であり，将来予測の場合，徒歩率などを用いて推定される交通機関利用率である．

5. 名古屋都市圏の実績値によるモデルの検討

名古屋市 14 区に流入する通勤，通学交通量の資料を用いて分担率の予測式の係数を回帰分析によって決定し，交通機関別分担率予測モデルの実績値に対する適合性について検討した．使用したデータは昭和 45 年 10 月の国勢調査の結果<sup>7)</sup>（常住地別，利用交通手段別，区外市外からの流入人口）で，対象地域は名古屋市を中心として愛知，岐阜，三重の 3 県の一部で，ゾーン分割は名古屋市を区単位，その他を市郡単位で行った．そして対象交通機関は鉄道（国鉄，名鉄，近鉄，名古屋市営地下鉄，名古屋市営市街電車），乗合バス（名古屋市営バス，名鉄バスなど）と自家用車の 3 つである．そして，このデータでは通勤，通学に 2 つ以上の交通機関を利用する場合は，最も長い距離にわたって利用する機関（いわゆる代表交通機関）を利用交通機関と考えている．

(1) 交通機関別分担率の現状

名古屋市 14 区の各区に流入する通勤，通学者の交通機関別分担率を図-2 (1)，(2)，(3) に示す．ここでは横軸にはトリップ長として出発地から目的地までの所要時間を用いている．この所要時間の算定には各ゾーンの中心を決め，その間を鉄道を利用した場合（鉄道のない場合はバスを利用した場合）の所要時間をもってゾーン間の所要時間としている．各ゾーンの中心は原則として人口重心を用いている．なお所要時間の算定にあたっての詳細は付録-1 に示した．

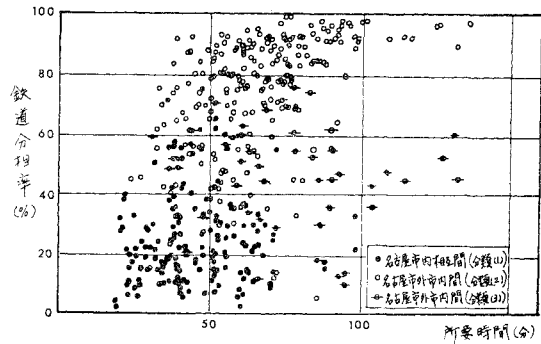


図-2 (1) 通勤・通学者の鉄道利用状況

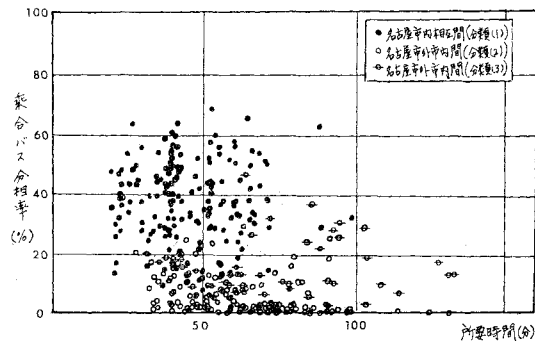


図-2 (2) 通勤・通学者の乗合バス利用状況

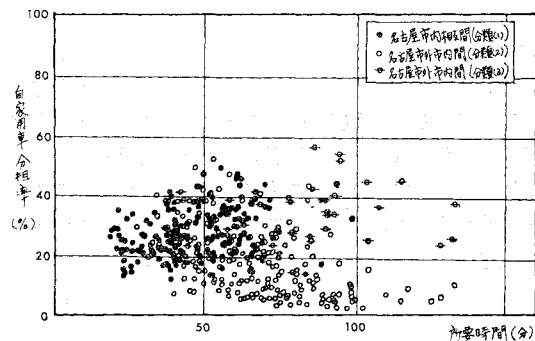


図-2 (3) 通勤・通学者の自家用車利用状況

(2) 交通サービス水準によるゾーン・ペアの分類

まず交通施設条件（サービス水準）の違いにより対象ゾーン・ペアを分類した．交通施設条件の相違を何でもって表わすかということが問題ではあるが，ここでは交通手段別の総所要時間でもって交通サービス水準を表わすことを考えた．なぜなら鉄道，乗合バスを利用した場合，総所要時間は，利便性の構成要素である徒歩時間，待ち時間，乗車時間の合計として出てくるものであり，自家用車を利用した場合も同様に混雑度，道路の整備状況によって総所要時間が異なってくるものと考えられるからである．ここで，鉄道による出発地から目的地までの総所要時間を  $T_R$ ，同じく自家用車の総所要時間を  $T_C$  とした時の両者の関係を目的地として名古屋市中区



表-4 要因間相関係数(自家用車分担率関係)

	自家用車 分担率	所 要 時間差	出発地自家用車 保有率	目的地 駐車状況	鉄 道 状 況	費用差	費用比	所要時間
自家用車分担率	1.000	0.070	0.196	-0.432	-0.041	-0.364	0.345	0.378
所要時間差		1.000	0.046	-0.123	-0.198	0.167	-0.229	-
出発地自家用車保有率			1.000	0.053	-0.074	-0.264	0.332	-0.248
目的地駐車状況				1.000	0.079	0.141	-0.198	-0.231
鉄道状況					1.000	-0.074	0.093	-0.071
費用差						1.000	-	-0.743
費用比							1.000	-
所要時間								1.000

② 費用を考慮しない場合

名古屋市市内相互間の交通機関別交通量のデータを用いて、式(1)の回帰係数  $a_i$  を決定すると次のようになる。

$$\begin{aligned}
 & \text{モデル式} && \text{重相関係数} \\
 & R P_{ij} = 12.1 + 0.095 X_1 - 1.1 X_2 + 2.1 X_3 + 14.4 X_4 && R = 0.50 \quad R^* = 0.48 \\
 & \quad \quad \quad (2.96) \quad (1.37) \quad (0.87) \quad (0.54) \quad (7.24) && \\
 & F = \frac{177}{4} \times \frac{R^2}{1-R^2} = 14.7 \dots\dots\dots (6) \\
 & B P_{ij} = 5.7 + 0.18 X_1 + 5.0 X_2 + 3.2 X_3 - 11.8 X_4 && R = 0.65 \quad R^* = 0.64 \\
 & \quad \quad \quad (1.02) \quad (2.98) \quad (7.67) \quad (4.82) \quad (7.38) && \\
 & F = 32.4 \dots\dots\dots (7) \\
 & C P_{ij} = 24.8 + 0.14 X_1 - 29.7 X_2 - 7.3 X_3 + 0.2 X_4 && R = 0.53 \quad R^* = 0.52 \\
 & \quad \quad \quad (9.99) \quad (3.81) \quad (1.89) \quad (5.72) \quad (0.22) && \\
 & F = 17.3 \dots\dots\dots (8)
 \end{aligned}$$

係数決定に用いたデータ数はいずれも 182 で、モデル式の実績値に対する適合性の判定基準として求めた重相関係数を  $F$  分布を用いて検定したところ、いずれの式の  $F$  値も  $F(4,177, 0.01) = 3.32$  より大きくなっており 1% の危険率で相関ありと判定された<sup>11)</sup>。

また、各式の実績値に対する適合性の判定資料として自由度調整済みの重相関係数  $R^*$  を示しておいた。

モデル式の各係数の下の( )内の数値は、各係数が 0 であるかどうかを検定するための  $t$  値で、これらの値のほとんどは、 $t(178, \frac{0.05}{2.58}) = \frac{1.96}{2.58}$  より大きい、中にはこの値より小さいものもあり、係数  $a_i$  が 0 でないといえないものもある。

次に、ここにあげたモデル式について検討を加える。式(6)の鉄道の分担率モデルについてみれば、 $X_2$  の係数の符号が人々の交通機関の選択傾向と逆になっている。しかし、目的地の駅密度  $X_2$  の値はどのゾーンにおいても 1.0 駅/km<sup>2</sup> 以下であり、分担率に与える影響は小さい。また  $t$  値を見ても 0.87 で、 $a_2$  の値が 0 でないといえないことがわかる。鉄道分担率に鉄道状況の与える影響を見るために係数  $a_4$  の 95% の信頼区間を求めると、 $10.5 \leq a_4 \leq 18.3$  となり<sup>12)</sup>、地区間に同一経営の鉄道が通じている場合、鉄道分担率が 10~18% 増加することがわかる。

式(7)の乗合バスの分担率モデルの係数の符号は人々の交通機関選択傾向と合致している。式(7)の鉄道状況を示す変数  $X_4$  の係数の 95% の信頼区間は  $-8.7 \geq a_4 \geq -14.9$  で、鉄道状況により乗合バスの分担率が

大きく影響を受けていることを示しているといえよう。

式(8)の自家用車の分担率モデルの  $X_2$  と  $X_4$  の係数は人々の交通機関選択傾向と逆になっている。しかし、 $X_4$  の係数は 0.2 であり、 $X_4$  は 1 または 0 であるから、この符号はあまり問題とならない。これは  $t$  値が 0.22 で、 $a_4$  が 0 でないといえないことでも裏付けられている。自動車保有率  $X_2$  の係数が負となったのは、 $X_2$  の値のほとんどが 0.06~0.08 の範囲の値で、変動域が小さいためと考えられる。この変数の自動車分担率に与える影響は 1.8~2.4% である。また、駐車難易度  $X_3$  の係数の 95% 信頼区間は  $-9.8 \leq a_3 \leq -4.8$  で駐車のみずかしい地域では 5~10% 自家用車分担率が低くなっていることがわかる。次に、自家用車の分担率モデルとして式(8)から  $X_2$  の項を除いたモデル式を考え、これの係数を求めたところ次式(9)を得た。

$$\begin{aligned}
 & C P_{ij} = 21.6 + 0.15 X_1 - 7.0 X_3 + 0.1 X_4, \quad R = 0.52 \\
 & \quad \quad \quad (11.9) \quad (4.44) \quad (5.50) \quad (0.14) \\
 & F = \frac{178}{3} \times \frac{R^2}{1-R^2} = 22.0 \dots\dots\dots (9)
 \end{aligned}$$

式(9)の重相関係数は 0.52 で式(8)のそれとほぼ等しく、式(8)と(9)の間ではモデルの実績値に対する適合度に差がないことがわかる。式(9)の重相関係数から求めた  $F$  値 22.0 は  $F(3,178, 0.01) = 3.78$  よりはるかに大きく、式(9)の推定値と実績値の間に相関があり、係数  $a_0, a_1, a_3$  の  $t$  値は  $t(179, \frac{0.05}{2.58}) = \frac{1.96}{2.58}$  より大きいので、いずれも 0 でないことを示している。しかし、鉄道状況を示す  $X_4$  の係数は 0 でない

はいえないことから、鉄道状況がほとんど自家用車の分担率に影響していないことが推測される。

この結果より自家用車の分担率をここで取り上げた交通施設条件により説明することには限界があり、自家用車分担率はここで取り上げなかった個人の属性などを含めて説明すべきであるといえよう。

各モデル式の重相関係数は、乗合バスの分担率モデルの0.65を除いて、鉄道、自家用車のモデルともに小さい。これはバス網が名古屋市全域をむらなくおおっていることと、バスの各停留所の利用者数に鉄道の場合ほど極端な差がないこと、すなわちここで取り上げた説明要因のゾーンによる質的な差が小さいことによると考えられる。なお鉄道駅の駅密度の算定においては、駅が区境界に位置する場合は駅数を0.5として計算した。ただし、路面電車の駅はその平均利用者数が他の鉄道駅の約1/10であるので無視した。これは、路面電車の駅を他の鉄道駅の1/10と仮定し前記鉄道の分担率モデルを実績値に適用した場合、重相関係数は0.50であり、路面電車の駅を無視した場合と適合度に差がなかったからである。

次に、名古屋市の各区ごとに、名古屋市内からそこへ流入する通勤、通学者の鉄道分担率の資料に式(1)を適用した結果を示せば、表-5のようになる。この表の回帰係数のほとんどは有意でないが、同じモデル式でも対象地域により係数値が異なり、適合性に差があることが推測できる。なお各区のモデル式における目的地の鉄道駅密度  $X_2$  の係数  $a_2$  は、 $X_2$  が一定値であるため、求めることができないので省いている。次に、通勤・通学先の土地利用に共通性があり、かつ交通施設条件に大きな差のない区を2つずつまとめて、式(1)を適用して鉄道分担率モデルを求めたところ表-6のような結果を得た。相関係数の有意性の検定より、この表の回帰係

表-5 分類(1) ゾーンペアの鉄道分担率モデル

$${}^R P_{ij} = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4$$

	重相関係数	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_4$
千種区	0.69	-13.3	0.8	24.9	10.1
東 "	0.48	-2.4	0.5	13.9	27.7
北 "	0.77*	-3.7	0.3	-0.5	9.3
西 "	0.84*	-1.7	0.3	18.2	30.3
中村 "	0.63	44.6	-0.7	-21.2	34.9
中 "	0.60	5.4	0.2	-26.6	22.2
昭和 "	0.75	16.9	0.0	-4.7	11.8
瑞穂 "	0.73	23.4	-0.1	7.2	14.4
熱田 "	0.22	31.3	-0.2	1.8	4.2
中川 "	0.55	28.8	-0.3	-9.3	10.6
港 "	0.18	25.0	0.0	-5.4	0.0
南 "	0.45	26.9	-0.3	10.4	9.4
守山 "	0.59	0.2	0.4	14.8	3.2
緑 "	0.42	35.5	0.0	22.3	-5.2

データ数それぞれ13

重相関係数の\*印は5%水準で有意であることを示す

表-6 分類(1) ゾーン・ペアの土地利用を考慮した鉄道分担率モデル

$${}^R P_{ij} = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4$$

	重相関係数	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
1. 千種区・東区	0.70*	9.4	0.5	-21.9	7.1	14.3
2. 北区・西区	0.79*	-161.8	0.3	501.6	2.9	18.7
3. 中村区・中区	0.52	14.0	0.0	-1.2	-5.7	21.6
4. 昭和区・瑞穂区	0.75*	15.2	0.0	77.6	1.4	13.1
5. 熱田区・中川区	0.49	20.4	-0.2	23.5	-5.0	8.5
6. 港区・南区	0.45	25.1	-0.1	-13.4	0.4	13.5
7. 守山区・緑区	0.51	39.0	0.3	-171.4	18.7	-0.3

(注) 1:住宅地域 5:工業地域  
 2:商・工業混在地域 6:工業地域  
 3:中心業務地域 7:新興住宅地域  
 4:住宅地域 データ数=それぞれ26  
 重相関係数の\*印は1%水準で有意であることを示す

数の信頼性はあまり高くないことがわかる。

この表によれば、2つの住宅地域(1.千種・東, 4.昭和・瑞穂)の重相関係数はそれぞれ0.70と0.75で、比較的高いが、両地区のモデルの係数の間にはあまり共通性が認められない。この原因の一つは、昭和区、瑞穂区に鉄道駅がきわめて少ないことにあると考えられる。また、工業地域(5.熱田・中川, 6.港・南), 中心業務地域(3.中・中村)および新興住宅地域(7.守山・緑)などの重相関係数は小さい。そして、いくつかの係数の符号は、人々の輸送機関選択傾向と矛盾している。

さらに、鉄道沿線の区のみを取り上げ、それらの区相互間の鉄道分担率の資料に式(1)を適用した結果を示すと、表-7のようになる。この表によれば、モデル中の鉄道状況  $X_4$  の係数  $a_4$  の値の変動範囲が13.4~15.9で、表-3の場合のそれより変動がはるかに小さい。しかし、いくつかの係数の符号は負となり、人々の輸送機関選択傾向と矛盾している。したがって、目的地の土地利用および鉄道施設状況によるゾーン・ペア分類はモデル式の適合性をある程度増加させることもあるが、その程度はあまり大きくないといえる。

このように、対象地区のまとめ方によって、モデル式の係数値とその分散が変動するので、分担率の分析に際しては、分担率に関連する諸指標によって対象地区の適切な分類を行い、精度の高い係数を推計する必要がある。

表-7 分類(1) ゾーン・ペアの鉄道沿線沿いの区を対象とした鉄道分担率モデル

$${}^R P_{ij} = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_3 + a_4 X_4$$

鉄道路線名	重相関係数	データ数	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$
国鉄:中央線	0.51**	117	9.8	0.2	-0.9	-0.3	15.2
国鉄:東海道線	0.36*	78	19.1	0.0	-1.1	-2.7	13.4
名鉄:瀬戸線	0.64**	52	-5.3	0.4	10.7	0.4	14.5
名鉄:名古屋線	0.48**	104	16.7	0.0	-1.4	4.2	15.5
名古屋市:地下鉄	0.51**	78	10.9	0.2	-1.6	2.0	15.9

(注) 重相関係数の\*\*および\*印は1および5%水準で有意であることを示す

れておれば、鉄道の分担率が 10~15% 増加すると考えることができよう。

③ 所要経費を考慮した分担率予測モデル

以上の分担率の予測モデルでは所要経費を分担率の説明要因として用いなかったが、ここでは、説明要因として鉄道と自家用車の 1 か月の所要経費の差および比を加えたモデル式について検討する。

また、以上では所要時間として大量輸送機関による所要時間をゾーン間の時間距離の代表値として使用してきたが、ここでは鉄道と自家用車の所要時間の差および比を説明要因として採用する。

このようなモデルを導入したのは、大量輸送機関と自家用車が競合関係にある地域では、所要時間および所要経費などの要因においては、それらの差および比などが交通機関別分担率に大きく影響すると考えられるからである。

ここで得られた交通機関別分担率のモデルは次のようである。

$$R P_{ij} = 17.0 - 0.478 X_1 - 1.324 X_2 + 0.967 X_3 + 11.62 X_4 - 0.00104 X_5$$

(5.38) (5.66) (1.23) (0.30) (6.89) (5.52)

$$R = 0.691 \quad R^* = 0.683$$

$$F = \frac{176}{5} \cdot \frac{R^2}{1-R^2} = 32.2 \dots \dots \dots (10)$$

$$B P_{ij} = 11.1 + 0.454 X_1 + 4.33 X_2 + 2.48 X_3 - 10.3 X_4 + 0.00008 X_5$$

(2.35) (6.08) (7.25) (4.15) (6.81) (0.43)

$$R = 0.712 \quad R^* = 0.702$$

$$F = 36.2 \dots \dots \dots (11)$$

$$C P_{ij} = 18.6 + 0.0473 X_1 + 0.376 X_2 - 7.56 X_3 - 0.139 X_4 - 0.0005 X_5$$

(7.03) (7.32) (2.09) (6.01) (0.13) (4.18)

$$R = 0.551 \quad R^* = 0.533$$

$$F = 15.3 \dots \dots \dots (12)$$

ここに、

$X_1$  = 大量輸送機関による所要時間 - 自家用車による所要時間 (分)

$X_5$  = 大量輸送機関による所要経費 - 自家用車による所要経費 (円/月)

$X_2, X_3, X_4$  = 表-1 の要因と同じ (ただし自家用車の場合は  $X_2$  = ゾーン人口/保有台数)

大量輸送機関による所要経費は 1 か月の定期券運賃を採用し、自家用車の所要経費は 1 km 当り 21 円と推定された (付録-2 参照) ので、1 か月 27 日間ゾーン間往復運転する場合の費用を採用した。

次に、 $X_5$  として所要経費の比を用いた場合のモデル式を示すと以下ようになる。

$$R P_{ij} = 18.2 - 0.433 X_1 - 1.06 X_2 + 2.63 X_3 + 11.4 X_4 + 0.330 X_5$$

(6.12) (5.05) (0.98) (0.80) (6.78) (5.73)

$$R = 0.713 \quad R^* = 0.703$$

$$F = \frac{176}{5} \cdot \frac{R^2}{1-R^2} = 36.4 \dots \dots \dots (13)$$

$$B P_{ij} = 13.5 - 0.439 X_1 + 4.10 X_2 + 2.24 X_3 - 10.2 X_4 - 0.0545 X_5$$

(2.33) (5.65) (5.94) (3.24) (6.78) (0.80)

$$R = 0.713 \quad R^* = 0.703$$

$$F = 36.4 \dots \dots \dots (14)$$

$$C P_{ij} = 20.5 + 0.0550 X_1 + 0.356 X_2 - 7.36 X_3 - 0.156 X_4 + 0.125 X_5$$

(7.78) (1.03) (1.88) (5.64) (0.15) (3.31)

$$R = 0.529 \quad R^* = 0.509$$

$$F = 13.7 \dots \dots \dots (15)$$

ここに、

$X_1$  = 大量輸送機関による所要時間 - 自家用車による所要時間 (分)

$X_5$  = 大量輸送機関による所要経費 / 自家用車による所要経費

$X_2, X_3, X_4$  = 表-1 の要因と同じ

式 (10)~(15) のモデルの係数を決定したデータ数はいずれも 182 個である。各モデル式の実績値に対する適合性を重相関係数の有意性の検定で判断すると、 $F(5, 176, 0.01) = 3.02$  でいずれも危険率 1% で有意で、各モデル式の実績値に対するある程度の適合性が認められる。3 つの機関別分担率モデル全体について実績値に対する適合性をみれば、式 (10)~(12) と式 (13)~(15) のモデルの間にほとんど差が認められない。しかし、3 機関に対するモデルの中で最も相関係数が小さい自家用車分担率のモデル式が少し大きい点および人々が交通機関を選択する場合、ある程度以上の距離の通勤、通学においては、それぞれの交通機関の所要時間および経費の比よりも差によって優劣を判断していると考えられる点から、ここでは、機関別分担率モデル式 (10)~(12) を採用する。また、モデル式 (10)~(15) の各係数の下の ( ) 内の数値は、各係数が 0 であるかどうかを検定するための  $t$  値で、これらの値のほとんどが  $t_0(177, \frac{0.05}{0.01}) = 1.96$  より大きい。したがってほとんどの係数は 0 でないといえる。交通機関によっては、ある要因の係数が 0 ではないといえないものもあるが、同じ要因の係数でも交通機関が異なれば 0 ではないといえるのと各要因の分担率への影響度を見るために、各機関とも 5 要因の予測式を採用した。

式 (10)~(12) の分担率モデルについて見れば、式 (10) の  $X_2$ 、式 (11) の  $X_1$  および  $X_5$ 、式 (12) の  $X_2$



および  $X_5$  の各係数  $a_i$  の符号は人々の交通機関選択傾向と矛盾しているが、いずれも分担率に与える影響は小さい。ちなみに、これら係数の  $t$  値を見れば、式 (11) の  $X_1$  と式 (12) の  $X_5$  の係数を除いて  $t=2.58$  より小さく、これらの  $a_i$  は 0 でないといえないことがわかり、これらの要因の分担率に対する影響が大きくないことを裏付けていると考えられる。さらに、これらのモデル式における鉄道状況および駐車場状況の各機関別分担率に与える影響度を各説明要因の係数の 95% 信頼区間で示せば、鉄道状況が鉄道分担率に 8.3~14.9%、バス分担率に -7.3~-13.3% の変化を与え、駐車場状況が自家用車分担率に -5.1~-10.1% の変化を与えると推測される。なお、式 (12) によれば、自家用車分担率は鉄道状況の影響をほとんど受けないと考えられる。

一般に、データ数が一定なら説明変数が多くなれば重相関係数は大きくなるので、自由度調整済みの重相関係数  $R^*$  を求めて式 (6)~(8) と式 (10)~(12) の実績値に対する適合性を比較すれば、全体的に見て式 (10)~(12) の 5 変数の場合のモデル式の方が優れているといえる。

また、式 (10)~(12) から、2 地区間が鉄道で結ばれていることの影響は、鉄道と自家用車の所要時間差および所要経費差だけでは説明できないことがわかる。これが、分担率モデルに鉄道状況という要因を導入した理由である。ただし、今後、鉄道状況の意味する内容をより詳細に解析する必要があることはいうまでもない。

以上の式 (6)~(15) の各モデルの分析に基づいて、理論的に矛盾がなく、かつ統計的に有意な係数をもつ要因で構成された機関別分担率モデルを示せば、次のようになる。

$$R P_{ij} = 16.6 - 0.47 X_1 + 11.7 X_4 - 0.00105 X_5 \quad R = 0.69 \quad (16)$$

(6.56) (5.80) (7.06) (5.84)

ここに、

- $X_1$  = 所要時間差 (大量輸送機関 - 自家用車 (分))
- $X_4$  = 鉄道状況
- $X_5$  = 所要経費差 (大量輸送機関 - 自家用車 (円/月))

$$B P_{ij} = 5.7 + 0.18 X_1 + 5.0 X_2 + 3.2 X_3 - 11.8 X_4 \quad R = 0.65 \quad (17)$$

(1.02) (2.98) (7.69) (4.82) (7.38)

ここに、 $X_k (k=1, 2, 3, 4)$  = 表-1 に示した要因

$$C P_{ij} = 21.7 + 0.154 X_1 - 7.0 X_3 \quad R = 0.52 \quad (18)$$

(12.83) (4.46) (5.52)

ここに、 $X_1, X_3$  = 表-1 に示した要因

なお、式 (16)~(18) の各係数の下の ( ) 内の数値はそれぞれの  $t$  値を示し、 $R$  は重相関係数を示している。

**b) 分類 (2) のゾーン・ペア**

これらのゾーン・ペアの交通機関別分担率の説明変数としては、所要時間のみを使用し、式 (2) の  $f(X)$  の関数形としては、双曲線、指数、対数および放物線関数を適用して回帰分析を行った。最も相関が高い回帰曲線を鉄道、バス、自家用車についてそれぞれ示せば式 (19)、(20)、(21) のようになる。

$$R P_{ij} = 100.0 - e^{0.0025 X_1 + 4.53} \quad R = 0.61, \quad t_0 = \frac{R}{\sqrt{1-R^2}} \sqrt{228} = 11.61 \quad (19)$$

$$B P_{ij} = 7.9 e^{-0.032 X_1} \quad R = 0.35, \quad t_0 = 5.64 \quad (20)$$

$$C P_{ij} = 6.67 e^{-0.023 X_1} \quad R = 0.59, \quad t_0 = 11.03 \quad (21)$$

このときのデータ数はいずれも 230 で、 $t$  分布による相関係数の検定結果によれば、 $t_0 > t(228, 0.01) = 2.575$  で、いずれの式で与えられる値も実績値との間に 1% の危険率で相関ありと検定された。したがって、式 (19)~(21) の  $X_1$  の係数はいずれも 0 でないことがわかり<sup>13)</sup>、機関別分担率は式 (19)~(21) によってある程度

説明できると考えることができる。

鉄道および自家用車の分担率モデルの相関係数は比較的大きく、モデル式の実績値に対する適合性が比較的良好であることを示しているが、バスの分担率モデルのそれは 0.35 と小さい。これは名古屋市と周辺市郡との間のバス路線の偏在と遠距離の場合はバス路線が存在しないと

表-8 分類 (2) ゾーン・ペアの交通機関別分担率モデル

交通機関 モデル式	鉄 道			乗 合 バ ス			自 家 用 車		
	$a$	$a$	相関係数	$a$	$b$	相関係数	$a$	$b$	相関係数
$P_{ij} = \frac{a}{X} + b$	-1791.2	105.7	0.52	397.5	-3.0	0.32	1081.2	-0.2	0.49
$= a \log X + b$	30.4	-50.0	0.52	-6.5	30.4	0.31	-18.8	95.8	0.51
$= a \sqrt{X} + b$	7.5	15.9	0.52	-1.6	16.1	0.30	-4.7	55.4	0.51
$= 100 - e^{-ax+b}$	-0.025	4.5	0.61	0.0009	4.5	0.24	0.0035	4.2	0.48
$= be^{ax}$				-0.03	7.9	0.35	-0.023	66.7	0.59

(注) 相関係数はすべて 1% の水準で有意である

いうことによると考えられる。なお、ここで検討した他の曲線式の適用結果を示せば、表-8 のようである。

e) 分類 (3) のゾーン・ペア

これらのゾーン・ペア間の通勤、通学交通の交通機関別分担率を、表-1 の説明要因を用いた関数モデル式 (1) でどの程度説明できるかを検討した。

① 説明変数間の相関関係

分担率および各説明要因間の相関行列は表-9~11 のようであり、ゾーン間所要時間と鉄道状況の間以外の説明変数間にはあまり強い相関が見られないこと、および鉄道分担率と鉄道状況の間に正の相関があり、乗合バスおよび自家用車分担率と鉄道状況の間に負の相関があること、さらに自家用車分担率が駐車場の難易度と相関関係にあることなどがわかる。

表-9 要因間相関係数 (鉄道分担率)

	鉄道分担率	所要時間	目的地駅密度	鉄道状況
鉄道分担率	1.000	0.129	0.067	0.396
所要時間		1.000	-0.027	-0.410
目的地駅密度			1.000	0.146
鉄道状況				1.000

表-10 要因間相関係数 (バス分担率)

	バス分担率	所要時間	目的地のバス停密度	鉄道状況
バス分担率	1.000	0.002	0.123	-0.433
所要時間		1.000	0.043	-0.410
目的地のバス停密度			1.000	0.091
鉄道状況				1.000

表-11 要因間相関係数 (自家用車分担率)

	自家用車分担率	所要時間	目的地の駐車場状況	鉄道状況
自家用車分担率	1.000	-0.070	-0.323	-0.285
所要時間		1.000	0.023	-0.410
目的地の駐車場状況			1.000	0.116
鉄道状況				1.000

② モデル式の決定

分類 (3) のゾーン・ペアの鉄道、バス、自家用車の分担率モデルは、それぞれ式 (22), (23), (24) のようになる。

$$RP_{ij} = 21.9 + 0.26 X_1 - 0.01 X_2 + 18.5 X_4 \quad R=0.51 \quad F=20.9 \quad \dots\dots\dots(22)$$

$$BP_{ij} = 20.4 - 0.10 X_1 + 1.4 X_2 - 10.8 X_4 \quad R=0.51 \quad F=20.9 \quad \dots\dots\dots(23)$$

$$CP_{ij} = 42.6 - 0.08 X_1 - 6.4 X_3 - 6.5 X_4 \quad R=0.45 \quad F=14.8 \quad \dots\dots\dots(24)$$

ここに、説明変数の内容は表-1 に示したものである。このときのデータ数は 50 であり、F 分布による相

関係数の検定結果は、 $F(4, 45, 0.01) = 3.79$  で式 (22) ~ (24) の与える推定値は実績値と 1% の危険率で、相関ありと判定された。したがって、式 (22) ~ (24) は、分担率をある程度説明していると考えられる。モデル式 (22) ~ (24) の各係数の下の ( ) 内の数値は、各係数が 0 であるかどうかを検定するための t 値で、これらのうち 4 個を除いた値が、 $t(46, 0.05) = 2.01$  より大きい。したがって鉄道分担率の  $X_2$  の係数以外は 0 でないと考えてよい。鉄道の分担率を与える式 (22) の  $X_2$  の係数が -0.01 で、一般の交通機関選択傾向と逆になっており、係数  $a_2$  の t 値も小さく、 $a_2 \approx 0$  といえないので、鉄道分担率を所要時間と鉄道状況で説明するモデル式の係数を求めると、式 (25) のようになった。

$$RP_{ij} = 21.9 + 0.26 X_1 + 18.5 X_4 \quad R=0.51 \quad \dots\dots\dots(25)$$

式 (25) の係数の有意性を t 値で検定すれば、 $t(47, 0.05) = 2.01$  より  $t_0 = 2.69$  で、 $X_1$  の係数は 5%、他の係数は 1% の危険率で 0 ではないといえる。また、重相関係数は式 (22) と変わらないので、推計式の実績値に対する適合性は 3 変数を用いた場合と変わらないといえる。ゆえに、鉄道分担率の予測モデルとしては式 (22) より式 (25) の方が優れているといえよう。また、式 (22) ~ (24) の  $X_3$  の係数の 95% の信頼区間はそれぞれ  $7.7 \leq a_3 \leq 28.3$ ,  $-16.5 \leq a_3 \leq -5.1$ ,  $-12.3 \leq a_3 \leq -0.7$  である。したがって、これらのゾーン間では、鉄道状況の鉄道、乗合バスおよび自家用車の分担率に与える影響が比較的大きく、それぞれ、8~28%、5~17%、1~12% で、乗用車の分担率に対する影響度は分類 (1) のゾーン・ペアに比較して大きいことがわかる。さらに、式 (24) の  $X_3$  の係数の 95% 信頼区間は  $-12.6 \leq a_3 \leq -0.4$  で、目的地が駐車難地区の場合自家用車分担率は 0~13% 減少することがわかる。説明変数として、出発地の自家用車保有率を用いることが考えられるが、分類 (3) の出発ゾーン数が少なく、各ゾーンの保有率に差がほとんどないので、ここでは採用しなかった。

6. むすび

本研究では、対象地域である名古屋都市圏の各ゾーン・ペア市区郡間を鉄道と自家用車輸送の所要時間の大小によって分類し、各分類ゾーン・ペアごとに交通施設条件およびゾーンの性格と通勤、通学交通の機関別分担率の関係について検討した。そして、交通施設条件およびゾーンの性格を説明要因として含む分担率の予測モデルを提案し、このモデル式を用いて交通施設条件および

ゾーンの性格の分担率への影響度を分析した。

本研究で明らかになったことをまとめると次のようである。

(1) 名古屋都市圏の鉄道と自家用車のサービスがほぼ等しいゾーン間(分類(1))では、所要時間差、所要経費差、発着ゾーンの駅密度、目的地の駐車場状況、鉄道状況を説明要因とする線型モデルによってある程度通勤、通学交通の機関別分担率を説明することができる。そして、2地点間が同一経営の鉄道で結ばれておれば鉄道の分担率が10~18%増加すると考えられる。このようなゾーン間で鉄道状況は、鉄道とバスの分担率にある程度影響すると考えられるが、乗用車の分担率にはほとんど影響しないといえよう。自家用車の分担率は駐車場の条件の影響を受け、トリップの目的地が駐車難地区であれば、自家用車の分担率は約5~10%減少すると考えられる。さらに、ゾーン・ペアを目的地の土地利用によって細分して、各ゾーン・ペア群にモデル式を適用しても、モデルの実績値への適合性はあまり改善されなかった。

(2) 分類(1)のゾーン間において、前記の説明要因のうち所要時間を大量輸送機関と自家用車の所要時間の差で置き換え、さらに両輸送機関の所要経費の差を説明要因に付加したモデルを実績値に適用してみたところ、先のモデルより少しよい適合性があることがわかった。

(3) 鉄道のサービスが自家用車のサービスより優れているゾーン間(分類(2))では、大量輸送機関による所要時間の指数関数でもってほぼ分担率を説明することができると考えられる。

(4) 鉄道のサービスが自家用車のサービスより劣っているゾーン間(分類(3))では、所要時間、目的地の駅密度、駐車場状況、鉄道状況を説明変数とする線型モデルの名古屋都市圏の実績値に対する適合性が比較的よい。このような分類(3)のゾーン間では、各種輸送機関分担率に与える鉄道状況の影響が比較的大きく、2地点間が同一経営の鉄道で結ばれておれば、鉄道の分担率は約8~28%増加する。分類(3)のゾーン間における自家用車の分担率は、トリップの目的地が駐車難地区であれば0~13%減少するのに対して、ゾーン間を同一経営の鉄道が結んでおれば、約1~12%減少し、駐車場条件と鉄道状況の自家用車分担率に与える影響度はほぼ等しいと考えられる。

次に本研究の問題点をまとめると次のようである。

(1) ここでは、利用しうる資料の制約から通勤、通学交通をあわせた交通量の機関別分担率を分析の対象としたが、通勤者と通学者では、交通機関の選択性向に差があると考えられるので交通目的を通勤と通学で分離し

て分析した方が、より説明力のあるモデルを求めることができたであろう。

(2) 分担率の説明要因として、通勤、通学者の個人的条件を考慮しなかったが、もし、個人的条件の異なる人々のグループごとに、たとえば、自家用車を利用可能な人とそうでない人ごとに分析すれば、モデルの実績値に対する適合性はもっとよくなったであろう。

(3) ある交通機関のサービス条件が他の交通機関の分担率に与える影響をある程度分析しているが、十分とはいえない。

(4) 分担率の説明要因の選定においては、もっと広い範囲から、要因分析などを用いて、最適な説明要因を順次抽出してゆく方法がより望ましいといえる。また、モデル式の関数型においても同様のことがいえる。したがって、ここで開発した分担率モデルは、モデル式の関数型および取り入れる説明要因の面からさらに検討を加え、モデルの改良を行う必要がある。

(5) 分析の対象ゾーン・ペアを交通施設条件の1つである各機関の所要時間の大小関係によって3つに分類し、各分類ごとに分担率モデルを設定することによって、実績値への適合性の比較的よいモデル式を開発できたと考えるが、この分類の基準についてはさらに検討する必要がある。

本研究をさらに進めることによって、大量輸送機関の整備および駐車規制などの交通政策によって、現在問題となっている自動車交通をどの程度抑制できるかという問題に対する解答を与えることが可能となるであろう。

#### 【付録1】 ゾーン間の平均所要時間の算定法<sup>8),9)</sup>

ゾーン間の平均所要時間を求めることは、きわめてむずかしいので、ここでは各ゾーンの中心を決め、ゾーン中心間の所要時間を平均所要時間と考える。なお、各ゾーンの中心は人口重心を用いることを原則とし、次の方法により所要時間を算定した。

(1) まず、ゾーン中心に最も近い鉄道駅またはバス停をゾーンの中心駅とする。そして、通勤・通学時間帯に最もよく利用されている経路および列車(電車)による中心駅間の所要時間を算定し、これを輸送機関の所要時間とする。

(2) もし実際の所要時間がわからない場合は、輸送機関は次の速度で運行されると仮定して所要時間を算定する。

鉄道	30 km/hr
鉄道以外的大量輸送機関	15 km/hr

(3) ゾーン間所要時間には徒歩時間が含まれるので、輸送機関の所要時間に別に推定された各ゾーンごとの徒歩時間を加わえ合せたものをゾーン間所要時間とする。

### 【付録 2】 自家用車の所要経費の算定 (昭和 45 年度)

わが国における典型的な自家用車である排気量 1500 cc の新車を購入し、年間平均 15000 km 走行し、平均保有期間を 4 年と仮定して、経費を均等配分すると、各費用項目ごとの年平均額は次のようになる。

#### 1. 保険, 税金類

自動車税 26000 円 強制保険 18000 円

任意保険 30000 円

#### 2. 償却費

購入費用 自動車取得税など 120000 円

#### 3. 運行費

ガソリン代 90000 円 10 km 走行/ガソリン 1 l  
60 円/ガソリン 1 l

オイル代 8000 円 4 回×4 l×500 円

#### 4. 消耗品, 補修部品費 3000 円

#### 5. 車検, 定期点検費用

車検 15000 円 定期点検 6000 円

合計 316000 円  $316000/15000=21$  円/km

以上より、1 km の走行費用は 21 円と推定される。

#### 参考文献

- 1) 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，179 号，昭和 45 年 7 月，p. 61~68.
- 2) F.C. Bock; Factors influencing modal trip assignment, Highway Research Board, 1968.
- 3) 佐佐木綱ほか訳：トリップの交通手段への配分に影響を与える要因，関西鉄道協会都市交通研究所，1969 年 11 月.
- 4) 加藤 晃・三浦 侃：名古屋周辺の通勤・通学トリップにおける鉄道・道路の輸送分担の現況分析，第 26 回年次学術講演会講演集第 4 部，昭和 46 年 10 月，p. 127~128.
- 5) 中京都市群パーソントリップ調査協議会：中京都市群パーソントリップ調査要約版，昭和 47 年.
- 6) 4) に同じ.
- 7) 名古屋市総務局：昭和 45 年国勢調査による昼間人口調査，名古屋市，昭和 46 年 8 月.
- 8) 名古屋市：名古屋市の人口重心，昭和 46 年.
- 9) 都市交通審議会名古屋圏部会需要予測ワーキング・グループ：名古屋圏における高速鉄道利用旅客輸送需要予測，昭和 46 年 10 月.
- 10) 東海地区道路交通調査連絡協議会：昭和 46 年度全国道路交通情勢調査（東海地区）報告書，昭和 47 年 3 月.
- 11) 朝香鉄一：品質管理のための統計的解析，日本規格協会，1965.7, p. 231.
- 12) J. ジョンストン著，竹内 啓訳：計量経済学の方法，東洋経済新報社，昭和 45 年 6 月，p. 131.
- 13) 上記 12) p. 30~32.

(1975.3.12・受付)