

# 介入機会モデルの推計精度に関する研究

## EVALUATION OF INTERVENING OPPORTUNITIES TRIP DISTRIBUTION MODEL

河上省吾\*・羽根田英樹\*\*  
By Shogo KAWAKAMI and Hideki HANEDA

### 1. はじめに

都市交通計画の主な目的の 1 つは、都市で生活している人々の評価基準に照らして、将来において交通需要と交通施設の最も望ましい調和を達成することであるといえよう。したがって、交通計画策定においては、交通需要の予測が不可欠である。一般に交通需要の予測は、交通発生に関連する各種経済・社会指標の推定、発生・集中交通量の推定、分布交通量の推定、交通手段別分担率の推定、交通手段別経路別配分交通量の推定という手順で行われる。

本研究は、分布交通量の推定のためのモデルの 1 つで、米国で比較的良好に用いられている介入機会モデル<sup>1)~3)</sup>に関して、目的別パーソントリップ実績値に対する適合性とその改良法の検討を行ったものである。この種の研究は<sup>2)~4)</sup>従来からよくなされておられ、定井は、「オポチュニティー・モデルの修正に関する実証的研究<sup>4)</sup>」の中で、介入機会モデルと重力モデルの複合化を試み、 $L$  値を距離の関数として表現し、修正モデルを提案した。また、山形・市川の研究<sup>5)</sup>においては、モデルの有効性の累積トリップ長分布を利用した評価に基づいて、①短トリップの部分における過少推計、②発ゾーン別の  $L$  値の安定性、③平均トリップ長による修正計算などに関する問題点が指摘されており、別の米国における研究<sup>3)</sup>では、短トリップ、長トリップといった、トリップの層別に応じた  $L$  値の提案がなされている。

そこで、本論文では、従来必ずしも十分ではなかった修正計算における収束状況の細かい検討、ゾーンの順序付け方法の検討、モデル基本式の相違による比較、 $L$  値の算定法に関する検討、そして、エントロピーモデルとの実績値に対する適合性の比較検討に重点を置き、介入

機会モデルの推計精度について考察している。

都市内交通のほとんどは、都市地域の住民の経済社会活動に付随して発生するものであるため、交通の目的により、トリップ長、交通手段別分担率にも差異が見られる。このため分布交通量の推計に際しては、交通目的別に推計する方が、妥当性があると考えられる。ここでは交通目的として、通勤、通学、帰宅、業務、帰社・帰校、観光・娯楽、日常的買物、非日常的買物の 8 分類を採用する<sup>7)</sup>。

以下では、これらの交通目的の特性を考慮し、交通目的別の分布交通量に関する介入機会モデルの実績値に対する適合性を検討する。

なお、データとしては、昭和 46 年の中京都市圏パーソン・トリップ調査結果<sup>7)</sup>の中から、名古屋市の行政区を単位とする 16 ゾーンに関する交通目的別分布交通量、ゾーン間所要時間を利用する。

### 2. 分布交通量予測モデルの推計精度の検討法

分布交通量予測モデルとしては、重力モデル、エントロピー・モデル、介入機会モデルなど種々のものがこれまでに提案されてきているが、これらの数学的モデルに要求される必要条件<sup>8)</sup>は

- ① 簡明性 (Simplicity)
- ② 弾力性 (Flexibility)
- ③ 誘導のための十分な理論的根拠
- ④ 必要なパラメーターの値の得やすさ
- ⑤ 時間的・空間的な予測能力をもつこと

であるといえよう。

つまり、モデルの構造が簡単で扱いやすく、多様性があること、そして、直観的に誘導されたモデルでなく理論化されたものであり、モデルの要因として用いる変数の資料が十分にあり、かつ得やすいことが重要になってくる。さらに、これらのモデルは、将来時点の交通量を

\* 正会員 工博 名古屋大学助教授 工学部土木工学科

\*\* 正会員 工修 名古屋市計画局

推定する能力と、1地域だけでなくいろいろの地域の交通量を予測する能力を有する必要がある。

予測モデルはこれらの5条件を相当程度満たしてなければならぬが、モデルの優劣を比較する際に特に重要となるのは、モデルの予測能力であるので、本研究ではこの点に重点を置いて検討を進める。

モデルの予測能力を評価・検定する方法として、次の3つ<sup>8)</sup>が考えられる。

- ① 実測した分布交通量により、モデルのパラメータの最適値を決め、このモデルによる推計値と実績値を比較する。
- ② 過去の2時点において同じ地域、同じ条件で調査された分布交通量を用いて、一方によって決定されたモデルの構造、およびパラメーターが他方に対してどの程度有効であるかを検討する。
- ③ ある地域での分布交通量推計モデルの構造およびパラメーターが、他の同様な地域において有効であるかを検討する。

すなわち、①はモデルが説明変数によって分布交通量を説明する能力を調べるもので、②、③は、モデルの時間的および地理的普遍性を調べ、時間的および地理的予測能力を検討するものである。

また、予測モデルの実績値に対する適合度を示す基準には、従来次のものが多く利用されている<sup>8),9)</sup>。

- ① 各ゾーンの实距離、または、時間距離などに対する交通量の頻度分布を比較する。このとき距離変数の変域が小さい場合は検定の精度が悪くなる。
- ② 分布交通量の推計値の実績値に対する相対誤差を計算し、これに対するゾーンペア数の頻度分布を求め、誤差の小さなゾーンペア数が多いほど良しとする。
- ③ 分布交通量を輸送網に配分し、輸送網上の交通量や渡河交通量などのスクリーンラインを通過する交通量で比較する。
- ④  $\chi^2$  検定式の  $\chi^2$  値や平均自乗誤差、RMS 値 (Root Mean Square error) などの統計量によって比較する。

これらの適合度の基準は、モデルの実績値に対する適合性のある一面を表現するもので、1つの基準で総合的な適合性を判定することは危険である。そこで、本研究では、OD 交通量の個々の値の誤差、交通量のランク別の誤差およびトリップの空間分布の誤差という、それぞれ異なった3つの観点から適合性を検討するために、式(2.1)に示す個別的な誤差の累積である  $\chi^2$  値、分布交通量の大きさによって分類したランクにおける交通量の平均値に対する誤差の累積である式(2.2)に示す重みづけ RMS 値(以下においては W-RMS 値と略記す

る)、そして、トリップの空間分布に対する誤差を見ることができ、トリップ長分布の実績値と推計値の比較という指標を用いる。

$$\chi^2 = \sum_{ij}^n (t_{ij} - \bar{t}_{ij})^2 / t_{ij} \dots \dots \dots (2.1)$$

$$W-RMS \text{ 値} = \sqrt{\frac{\sum_{ij}^k (t_{ij} - \bar{t}_{ij})^2}{k} / \frac{\sum_{ij}^k \bar{t}_{ij}}{k}} \times 100 \times \frac{\sum_{ij}^k \bar{t}_{ij}}{\sum_{ij}^n t_{ij}} \dots \dots \dots (2.2)$$

ここに、

- $\bar{t}_{ij}$  = ゾーン  $i, j$  間の実績交通量
- $t_{ij}$  = ゾーン  $ij$  間の推計交通量
- $n$  = ゾーンペア総数
- $k$  = ランクに属するゾーンペア数

なお、 $\chi^2$  値は、総トリップ数が大となれば大きくなり、また、後述するように W-RMS 値は、ランクに属するゾーンペア数に比例して大きくなるという傾向があることを付記しておく。

また、本論文は、特に介入機会モデルについて考察するものであるので、その長所、短所<sup>8),10)</sup>を以下に記しておく。

- 長所 ① ゾーンおよび地域の境界に無関係にモデルの適用ができる。
- ② 比較的計算が簡単である。
- ③ 機会の定義や、ゾーンの順序づけは利用者の裁量に委ねられるので非常に弾力的である。
- 短所 ① 未経験者は適用しにくい。
- ②  $L$  値の決定が非常にむづかしい。
- ③  $L$  値を1つの定数として決定することは、独断的で、また地域の各部分の特性を十分に考慮していない。
- ④ 集中交通量をあらかじめ与えられている値に一致させることが困難である。
- ⑤ 機会を表示するための合理的な基準が得にくい。

### 3. 介入機会モデル

ここでは、介入機会モデルの基本的内容について述べる。

#### (1) モデル式について

このモデルは次の3つの基本条件<sup>5)</sup>

- ① ある1点からの総トリップ所要時間は最小化される。
- ② トリップの目的地を選定する順序は、いくつかの合理的な基準によって決定される。

③ 与えられた地域において、適当な目的地を見つけ出す確率は、その地域の活動規模に比例する。これが前提となっている。

つまり、あるゾーンが有するトリップの到着する機会とはトリップの目的地に対する近づき易さ（アクセシビリティ）によって評価され、順序づけられる。そして、合理的に行動するトリップ主体は、順序づけられた各ゾーンの有するトリップ到着機会をある吸収確率に従って考慮し、1つの目的地を見つけ出すと仮定するのである。本研究では集中交通量をゾーンの有するトリップ到着機会として利用する。

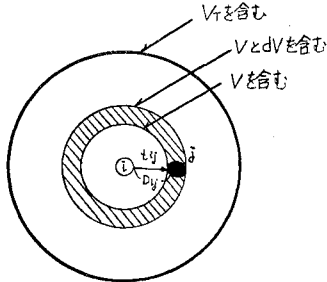


図-1 機会の概念図

この仮定により（図-1を参照）  
 (dVに入る確率) = (V内に目的地をもたない確率) × (dV内で任意の目的地を見つける確率)  
 が得られる。数学的に表現するなら、  

$$P(dV) = [1 - P(V)] \cdot f(V) dV \dots\dots\dots (3.1)$$
 ただし、  

$$P(dV) = dV \text{ 機会内に目的地をもつ確率}$$

$$1 - P(V) = V \text{ 機会内に目的地をもたない確率}$$

$$f(V) = V \text{ 機会を考慮し、目的地を見つける確率密度関数}$$

$$f(V) dV = \text{目的地を } dV \text{ 機会内に見つける確率}$$

$$V = \text{順序づけられたゾーン順位に関する累積機会}$$
 が得られるが、これを变形すると次式を得る。

$$dP(V) = [1 - P(V)] \cdot f(V) dV \dots\dots\dots (3.2)$$

この式(3.2)を解く場合の仮定の仕方によって、いくつかの解が得られるが、ここでは次の2つの場合について検討し、それぞれをA Type, B Typeと名付ける。

A Typeは、式(3.2)を以下のように变形し、最終的には、式(3.5)でゾーン間交通量が与えられるとするもので、従来よく利用されているモデルである。

式(3.2)より、

$$\frac{dP(V)}{1 - P(V)} = f(V) dV \dots\dots\dots (3.3)$$

$f(V) = L$  (定数)と仮定して、式(3.3)を解くと式(3.4)を得る。

$$P(V) = 1 - e^{-LV} \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\therefore t_{ij} = G_i \left[ \frac{e^{-LV_{i-1}} - e^{-LV_i}}{1 - e^{-LV_T}} \right] \dots\dots\dots (3.5)$$

ここに、

$t_{ij}$  = ゾーン*i*から*j*への交通量

$G_i$  = ゾーン*i*の発生交通量

$V_T$  = 総交通量

一方、B Typeは次のようにして導かれたものである。

まず式(3.2)を式

(3.6)のように变形し、

$\frac{d}{dV} P(V)$ の分布を

図-2に示すように仮定して

$P(V)$ を求めると、式(3.7)

において**b=2**とおいた解が得られる。

この**P(V)**をより

一般化するために**2**を**b**とおいたのが、このモデルである。

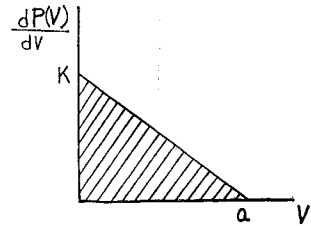


図-2 P'(V)の分布

$$\frac{d}{dV} P(V) = [1 - P(V)] f(V) \dots\dots\dots (3.6)$$

$$P(V) = 1 - \left( \frac{a - V}{a} \right)^b \dots\dots\dots (3.7)$$

$$\therefore t_{ij} = G_i \left[ \left( \frac{a - V_{i-1}}{a} \right)^b - \left( \frac{a - V_i}{a} \right)^b \right] \dots\dots\dots (3.8)$$

ここに、

$a = V_T$  (総交通量)

$b = \text{定数}$  (この値は、キャリブレーションによって求める)

(2) ゾーンの順序づけの方法

着ゾーンのトリップ到着機会の順序づけに関しては、① ゾーン間時間距離、② アクセシビリティの2つの指標を利用する。

a) ゾーン間時間距離

空間距離が非常に長いゾーン間でも、交通手段の所要時間、経費等を含めた移動能力が非常に卓越しておれば人の移動(パーソン・トリップ)は、増大すると予想されるため、交通手段別所要時間を利用交通量によって加重平均したゾーン間時間距離を利用する。都市内においては、経費の影響は各ゾーンともそれほど差異はないと考えられるので、これらの要因については考慮しない。

b) アクセシビリティ

トリップは、ゾーン間時間距離のみによってその多少が決定されるものではない。通勤トリップがその良い例で、職場がなければ、そのゾーンに関するゾーン間距離が短かくても、そのゾーンへの通勤トリップは生じない。

したがって、本研究では、3.(1)の④に記述した介入機会モデルの基本的仮定を、トリップはアクセシビリティの総和を最大化すると変更し、式(3.9)で表わされる指標をアクセシビリティと称して、ゾーンの順

表-1 ゾーン間の交通目的別活動要因

交通目的	<i>j</i> ゾーン の 活動
通 勤	得業員数, 昼間人口*, 従業者指数
通 学	学生取客数*, 学校数
帰 宅	居住人口*
業 務	従業員数, 昼間人口*, 従業者指数
帰 社・帰 校	従業者数+学生取客数, 第3次産業面積*
観 光・娯 楽	公園・緑地面積+第3次産業面積*
日 常 的 買 物	店舗数, 第3次産業面積*
非 日 常 的 買 物	店舗数, 第3次産業面積*

(注) \*印は本研究において利用した指標

序づけに利用する。

$$A_{eij} = \frac{S_j}{D_{ij}} \dots\dots\dots(3.9)$$

ここに、

$A_{eij}$  = ゾーン *i, j* 間のアクセシビリティ

$S_j$  = ゾーン *j* の活動規模

$D_{ij}$  = ゾーン *i, j* 間の時間距離

$r=2.5$  (全交通目的とも)

ここにおいて問題となるのは *r* の値として、参考文献 11) に示されている通勤トリップ 2.2, 買物トリップ 3.0, 社会的活動 2.35, 単純平均値 2.5 をそのまま全交通目的に対して利用していることで、今後は交通目的別の値を算定する必要があると考えられる。

また、ゾーンの活動規模が表-1 に列挙された要因で十分表現できるかどうかということも今後の検討課題である。

(3) 機会を表わす指標

トリップ集中の機会が交通分布パターンに与える影響は非常に大きく、A Type の *L* 値, B Type の *b* 値も機会との関連において、決定されるものである。したがって、トリップ到着機会の妥当な数量化がなされねばならない。

機会の指標として考えられるものに、表-1 で示したゾーンの活動規模や、集中交通量などがあり、本研究においては、後者を利用している。この集中交通量を機会として扱う場合、同一ゾーン内の交通量が一般に過小推計されることが、従来の研究<sup>9)</sup>によって指摘されている。これは、ゾーンの順序づけに際して、同一ゾーンを第1ゾーンに順序づけてはいるものの、同一ゾーン内トリップの発生交通量に占める割合は非常に大きく、順序づけを1位にすることだけでは、十分に説明することができないことを示していると考えられる。このため同一ゾーン内トリップを別途推計する方法が考えられているが、十分な成果を収めていない<sup>9)</sup>。

このことについては、4. において実際の  $P(V)-V$  曲線と理論的  $P(V)-V$  曲線を比較して詳しく述べている。

4. 介在機会モデルの推計精度の検討

ここでは、名古屋市 16 ゾーン間の目的別パーソン・トリップ交通量に対して、介在機会モデルを適用し、その適用上の問題点および推計精度の検討を行った。

(1) 目的別  $P(V)-V$  曲線

研究対象地域 16 ゾーンすべての曲線を限られた紙面に図示することが困難なため、ゾーン特性が相互に異なっていると考えられる千種区, 中区, 港区, 天白区の4ゾーンを選んで  $P(V)$  を次式で算定し、 $P(V)-V$  曲線の実績値を各交通目的別に 図-3~6 に示した。

$$P(V_n) = \frac{\sum_{j=1}^n t_{ij}}{G_i} \dots\dots\dots(4.1)$$

ここに、

$G_i$  = ゾーン *i* の発生交通量

$\sum_{j=1}^n t_{ij}$  = ゾーン *i* からの順序づけしたゾーン *n* までの交通量の和

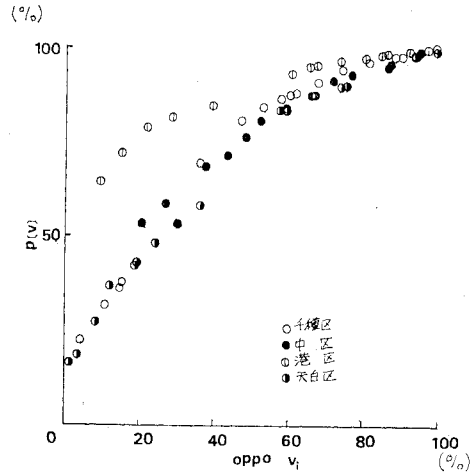


図-3  $P(V)-V$  関係 (通勤)

① 通勤トリップ (図-3) : 天白区, 千種区では他地区へのトリップが多く見られ、同一ゾーン内トリップに関する  $P(V_1)$  は小さく、逆に、職場数が多い港区, 中区では、 $P(V_1)$  が大きくなっている。

② 通学トリップ : 通学トリップの平均トリップ長は短く、また、各ゾーンに学校が比較的均等に分布していることなどから、 $P(V_1)$  が 0.6~0.8 と非常に大きくなっている。ゾーンによる差異はあまり見られない。

③ 帰宅トリップ (図-4) : 他の交通目的と比べ、最も著しい差異は、ゾーンごとに曲線形状が異なっていることである。

④ 業務, 帰社・帰校, 観光・娯楽トリップ

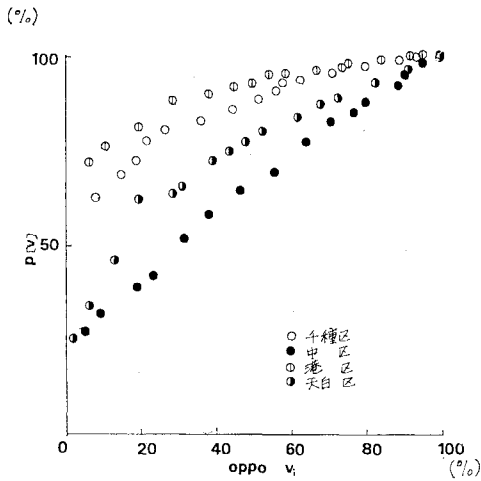


図-4  $P(V)$ - $V$  関係 (帰宅)

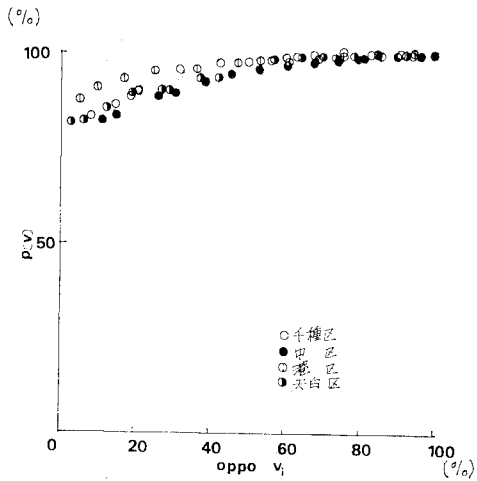


図-5  $P(V)$ - $V$  関係 (日常的買物)

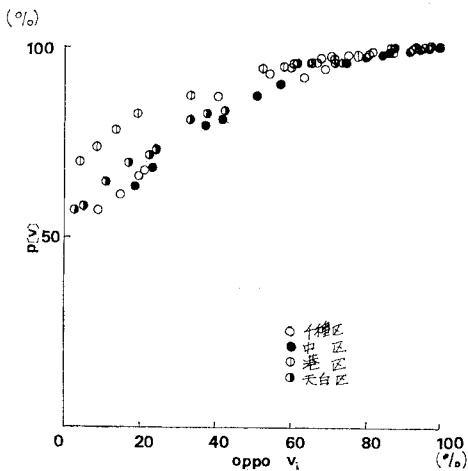


図-6  $P(V)$ - $V$  関係 (非日常的買物)

これらの交通について、ゾーン別の差異はあまり見られない。

⑤ 日常的買物, 非日常的買物トリップ (図-5, 6) 買物する対象によって, 交通特性がかなり違っていることが理解される. 曲線が  $P(V)=1$  に漸近しているほど交通の地域における閉鎖性が強いと考えられるが, 日常的買物トリップは, その意味で最も閉鎖性が強い. また, 累積機会  $V$  が 50% 以上になると,  $P(V)$  の分布パターンについて, ゾーンによる差異はほとんど見られない。

(2) 理論的  $P(V)$ - $V$  曲線

図-10 に示す A Type の OPPO1 のモデルに関する  $P(V)$ - $V$  曲線を通勤トリップを例として 図-7 に示す。

A Type は  $P(V_T) \approx 1$  であるため, それを修正するための修正係数の導入が必要であり, 図-7 には, その

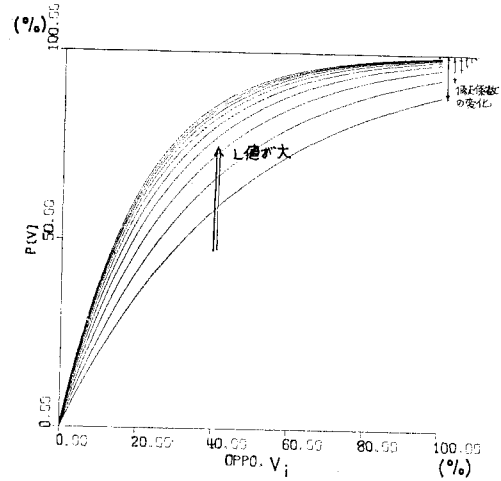


図-7 A Type の  $P(V)$ - $V$  関係 (通勤)

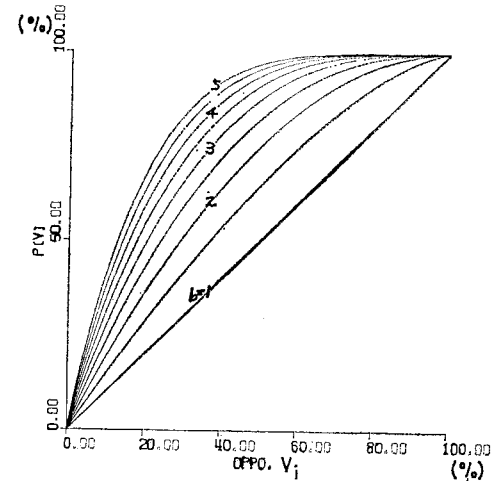


図-8 B Type の  $P(V)$ - $V$  関係

修正係数と、 $L$  値の変化の関係が示されている。つまり、 $L$  値が大になるほど曲線は上向きに凸型となり、それに伴って修正係数が小さくなっていく。

B Type の  $P(V)-V$  曲線は 図-8 に示されている。このタイプのモデルは  $P(V_T)=1$  となるため、修正係数は不要で、 $b$  値の変化によって A Type と同様に凸型へと移行していくが、 $b$  値の変化が曲線パターンに与える影響は大きいようである。

実際のパターンと理論式によるものを比較して、まず気付くことは、順位の早い、つまり  $V$  の少ない部分における差異である。そして  $L$  値、 $b$  値が変化しても、この差異を修正することができない。これは介在機会モデルに対して、より構造的な修正を示唆するものである。この差異は、従来の研究でも指摘されているように<sup>9)</sup>  $V$  の少ないゾーンにおける過小推計となって現われ、特に実際の  $P(V)-V$  曲線が  $P(V)=1$  により漸近している日常的買物トリップ、通学トリップに関してその傾向は著しく、逆に、通勤、業務トリップについてその傾向は弱いと考えられる。

(3)  $L$  値の決定

A Type の  $f(V)$  を定数  $L$  とした場合、理論式による発ゾーン別の  $L$  値 ( $L_i$ ) の算定は、トリップ集中密度 (単位面積当たりトリップ集中量) が一定であるという仮定のもとに、次式で算定される。

$$L_i = \frac{1}{4 \rho_i \bar{D}_i^2} \dots\dots\dots (4.2)$$

ここに、

$\rho_i$  = ゾーン  $i$  のトリップ集中密度 (トリップ/km<sup>2</sup>)

$\bar{D}_i$  = ゾーン  $i$  の平均トリップ長 (km)

なお、従来の研究<sup>9)</sup>においては、 $\rho_i$  としてゾーン  $i$  のトリップ発生密度を用いているので、本研究でも  $\rho_i$  としてトリップ発生密度を用いる。そして、名古屋市全域の  $L$  値は次式で決定する。

$$L = \frac{\sum G_i L_i}{\sum G_i} \dots\dots\dots (4.3)$$

名古屋市における交通目的別  $L$  値の初期値と最終値および平均トリップ長を示すと表-2 のようである。全域の  $L$  値あるいは、発ゾーン別の  $L$  値 ( $L_i$ ) は、その値が大きいほど、短トリップが多いことを示し、当然同一ゾーン内トリップが多くなる。

名古屋市の  $L$  値と広島都市圏の  $L$  値<sup>9)</sup>を、表-3 に示すが、これより、各交通目的とも名古屋市の  $L$

表-2 交通目的別  $L$  値 ( $\times 10^{-5}$ ) (モデル OPPO 1)

交通目的	通勤	通学	帰宅	業務	福祉・帰社・帰校	観光・娯楽	日常的買物	非日常的買物
初期値	34.5	133.0	26.0	46.9	134.0	1370	122.0	121.0
繰り返し計算による最終値	76.8	371.0	52.9	93.8	28.6	3533	371.0	310.0
平均トリップ長	23.7分	14.5分	16.8分	21.2分	19.2分	16.6分	11.5分	16.3分

表-3 名古屋市と広島都市圏の  $L$  値 ( $\times 10^{-5}$ )

交通目的	通勤	通学	帰宅	業務
初期値	34.5	133.0	26.0	46.9
繰り返し計算による最終値	1.29	5.44	0.81	0.94
平均トリップ長(分)	76.8	371.0	52.9	93.8
	0.88	4.40	0.32	0.01
	23.7	14.5	16.8	21.2
	24.4	14.5	17.3	43.7

(注) 上段：名古屋市  
下段：広島都市圏

値が大きいことがわかる。各種交通手段、施設状況などの差異も原因していると考えられるが、調査対象地域の規模の差異によるトリップ集中密度の差が大きく原因していると考えられる。

発ゾーン別  $L$  値 ( $L_i$ ) と発ゾーン別平均トリップ長 ( $\bar{D}_i$ ) の関係については、 $L$  値がトリップ集中密度  $\rho$  一定という仮定より導かれたものであるため、式 (4.2) よ

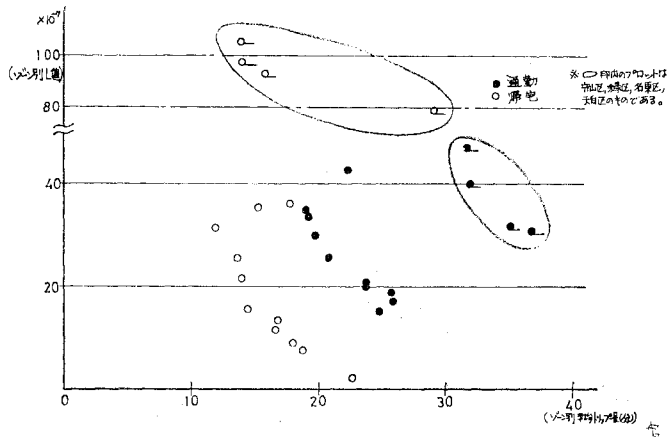
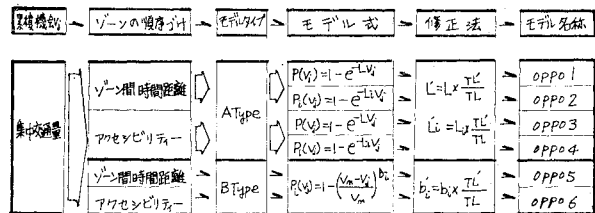


図-9 発ゾーン別  $L$  値と発ゾーン別平均トリップ長



TL = 全域の平均トリップ長-乗積値 (km)  
 TL' = " 推計平均トリップ長 (km)  
 v<sub>0</sub> = 発トリップ数  
 P(v) = 発ゾーン別L値(L<sub>i</sub>)またはb値(b)を利便時間v<sub>0</sub>と目的地を有する確率

図-10 介在機会モデルの種類別推計手順

り、 $L$  値は平均トリップ長の2乗に反比例するはずである。交通目的によっては、上述の関係を有しているものもあるが、そうでない交通目的も多く、この関係が崩れる交通目的ほどトリップ集中密度一定という仮定に反するので、これらの目的は推計精度がよくないと考えられる。

また、同じ交通目的の中でも、図-9 に示されているように守山区、緑区、名東区、天白区は、他地区と異なった別のグループを形成しており、これらの地区に関する推計精度は悪いと考えられる（相対誤差に関する項を参照）。

(4) 推計値と実績値の比較

介在機会モデルで予測される交通量は、一般に実績値と一致しないので、平均トリップ長により  $L$  値を修正する繰り返し計算を実施した。これは分布交通パターンと実績値との適合性が平均トリップ長で示されるという考えが基本となっている。

なお、分布交通量の推計方法の相違によって、介在機会モデルを 図-10 に示されているように分類し、本研究においては、A Type に属する OPPO 1, OPPO 2, OPPO 3, と B Type に属するモデル OPPO 5 について検討を加える。

a) A Type (OPPO 1, OPPO 2, OPPO 3)

交通目的と各モデルとの関連において特に、全域の  $L$  値を利用した OPPO1 とゾーン別の  $L$  値 ( $L_i$ ) を利用した OPPO 2, そしてゾーン間所要時間でゾーンの順序づけした OPPO 1 とアクセシビリティで順序づけした OPPO 3 の関係に着目して考察していく。

$L$  値と平均トリップ長の繰り返し計算による収束状況を OPPO 1 について、交通目的別に示せば 表-2, 4 のようになる。以下では、交通目的別に、トリップ長の収束状況、W-RMS 値および集中交通量の相対誤差などについて考察するが、紙面の都合で、通勤トリップ以外については、計算結果の図表は割愛し、考察のみを述べる。詳細は参考文献 12) を参照されたい。

1) 通勤トリップ

① トリップ長の収束状況 (図-11 参照)

図-11 の横軸はトリップ長のランクを示し、縦軸は、そのランクの属するトリップ長の割合 (%) である。ただし、各ランクのトリップ長は 表-5 に示すとおりである。図

表-4 繰り返し計算による平均トリップ長 (分) の変化 (モデル OPPO 1)

交通目的	通勤	通学	帰宅	業務	娯楽・通学	観光・娯楽	日常的買物	非日常的買物
初期値	29.6	23.3	24.5	26.9	25.4	24.9	9.4	24.5
最終値	23.9	14.6	17.0	21.4	19.4	16.8	11.6	16.4
実績値	23.7	14.5	16.8	21.2	19.2	16.6	11.5	16.3

11 の折線は繰り返し計算の各回の結果を示しており、折線の数、収束するまでの繰り返し計算回数 (以下ラウンド数とよぶ) を示している。なお収束方向は、間隔が密になる方向である。

OPPO 1, OPPO 2, OPPO 3 の各モデルに共通していることは、トリップ長が 0~30 分以内 (ランク 1~ランク 6) まではトリップの割合を増加せしめる方向 (以下正の方向とよぶ) に、トリップ長が 30 分より長い (ランク 7 以上) 場合は、値を減少せしめる方向 (以下負の方向とよぶ) に収束している。OPPO 1 と OPPO 2 の収束パターンには、ほとんど差がなく、 $L$  値と  $L_i$  値すなわち全域の値と発着ゾーン別の値による差は、ほとんど見られないが、アクセシビリティによって順序づ

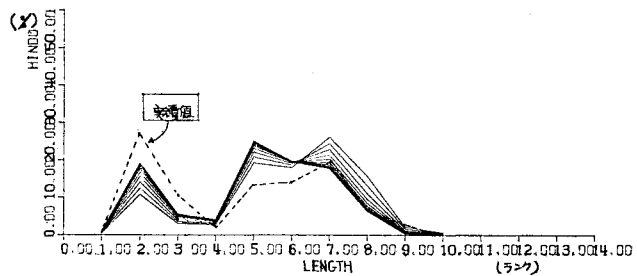


図-11 (その 1) OPPO 1 通勤

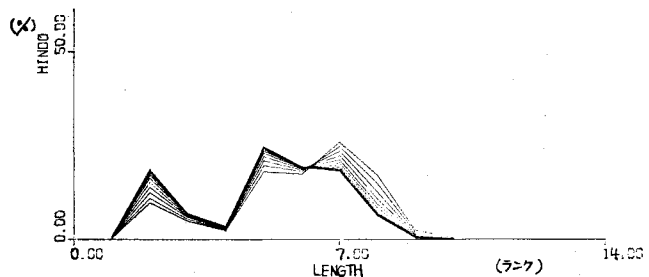


図-11 (その 2) OPPO 2 通勤

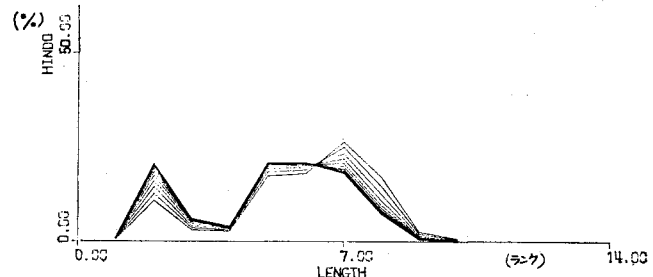


図-11 (その 3) OPPO 3 通勤

表一5 トリップ長の  
ランク

ランク No.	Trip-Length (分)
1	0~ 5
2	6~ 10
3	11~ 15
4	16~ 20
5	21~ 25
6	26~ 30
7	31~ 40
8	41~ 50
9	51~ 60
10	61~ 70
11	71~ 80
12	81~ 90
13	91~100
14	100~

表一6 分布交通量の  
ランク

ランク No.	分布交通量 (トリップ)
1	0
2	1~ 20
3	20~ 50
4	50~ 100
5	100~ 200
6	200~ 300
7	300~ 400
8	400~ 500
9	500~ 1000
10	1000~ 1500
11	1500~ 2000
12	2000~ 3000
13	3000~ 5000
14	5000~ 10000
15	10000~ 20000
16	20000 以上

表一7 ラウンド数に対する集中交通量の  
相対誤差 (通勤)

モデル ゾーン	OPPO 1			OPPO 2			OPPO 3		
	1	3	最終	1	3	最終	1	3	最終
千種区	0.05	0.04	0.01	0.13	0.18	0.17	0.01	0.03	0.07
東区	0.04	0.07	0.09	0.02	0.01	0.02	0.21	0.33	0.41
北区	0.18	0.19	0.16	0.19	0.14	0.05	0.21	0.25	0.23
西区	0.09	0.09	0.07	0.10	0.01	0.06	0.10	0.14	0.13
中村区	0.04	0.01	0.02	0.03	0.02	0.03	0.17	0.20	0.20
中区	0.20	0.19	0.13	0.16	0.12	0.04	0.40	0.51	0.48
昭和区	0.04	0.07	0.10	0.10	0.14	0.09	0.00	0.04	0.11
瑞穂区	0.02	0.10	0.18	0.10	0.07	0.07	0.02	0.07	0.18
熱田区	0.17	0.22	0.22	0.26	0.31	0.32	0.08	0.17	0.23
中川区	0.07	0.10	0.10	0.04	0.01	0.05	0.10	0.16	0.18
港区	0.12	0.14	0.14	0.09	0.08	0.02	0.20	0.26	0.27
南区	0.08	0.04	0.01	0.12	0.09	0.05	0.04	0.02	0.11
守山区	0.38	0.44	0.44	0.34	0.38	0.36	0.52	0.65	0.67
緑区	0.30	0.32	0.29	0.28	0.30	0.26	0.50	0.62	0.63
名東区 (猪高地区)	0.36	0.41	0.41	0.34	0.43	0.43	0.63	0.79	0.82
天白区 (天白地区)	0.20	0.23	0.22	0.20	0.24	0.24	0.63	0.77	0.80

けたモデル OPPO 3 は、ランク 5 の収束状況が若干異なっている。

短トリップは過少，長トリップは過大に推計されることは、他の研究<sup>9)</sup>によっても指摘されているが、本研究においても同様な傾向が確認され、特に繰り返し計算することによって、実績値との差が逆に大きくなっている部分のあることが図から容易に判断できる。

② W-RMS 値の収束状況 (図一12 参照)

図一12 の横軸は、分布交通量のランク (表一6 参照) を示し、縦軸には W-RMS 値と、各ランクのゾーンペア数を対数表示してある。

各モデルに共通していることは、W-RMS 値が、ゾーンペア数とほぼ比例しており、エントロピーモデルによる値よりすべてのランクにわたって大きくなっている。また、トリップ長分布と同様、繰り返し計算回数が増えれば W-RMS 値が減少するものでなく、ランクによっては、W-RMS 値が増えている。

③ 集中交通量の相対誤差 (表一7 参照)

集中交通量の相対誤差を、次式で定義する。

$$RE_j = \left| \frac{A_j - A_j'}{A_j} \right| \dots\dots(4.4)$$

A<sub>j</sub> = ゾーン j の集中交通量の実績値

A'<sub>j</sub> = ゾーン j の集中交通量の推計値

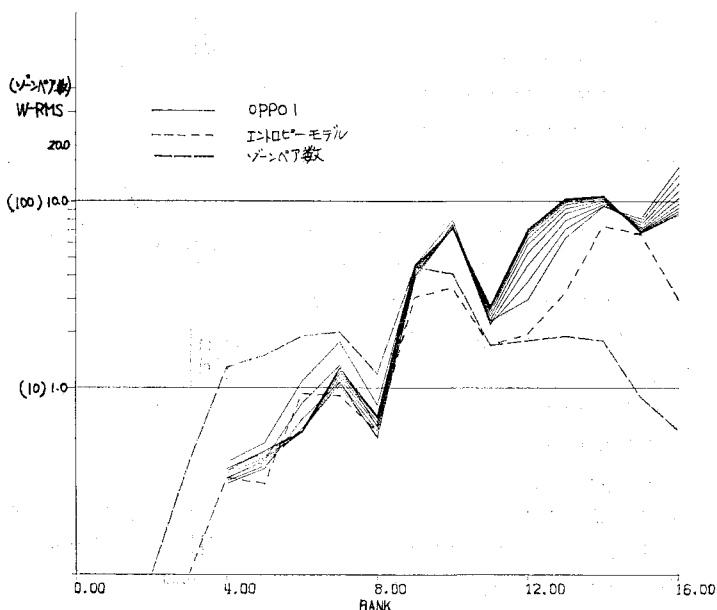
この相対誤差も繰り返し計算することによって増減しており、特に誤差の大きいゾーンは、守山区、緑区、

名東区、天白区となっている。また、OPPO 3 に関する相対誤差は全体的に大きくなっている。

2) 通学トリップ

① トリップ長分布の収束状況については、ランク 2,3 で過少，ランク 4,5,6 では過大推計，そのほかでは過少推計され、全体的に分布パターンは各モデルとも似ている。

② W-RMS 値は、各モデルとも通勤トリップと異なり、すべてのランクにおいて、負の方向に収束しているが、その他は、通勤トリップの場合と同じである。



図一12 (その1) OPPO 1 通勤



③ 集中交通量の相対誤差が大きくなっている地区は、守山区、熱田区、名東区で約3割の誤差がある。

中区についてもかなりの誤差が認められる。

3) 帰宅トリップ

① トリップ長の収束状況は、ランク4を境に前半は正の方向に、後半は負の方向に収束している。収束パターンについては、OPPO 2 が他2つと少し異なっているが、実績値と比較すると、どのモデルもランク2の過

少推計、ランク5の過大推計が示されている。

② W-RMS 値について、収束状況は、正の方向もあれば、負の方向もあるが、OPPO 2 の値が各ランクに関して、他のモデルより小さい値を示しているとは、前述した実際の  $P(V)-V$  曲線と合わせて考えるなら、興味ある特性である。

③ 集中交通量の相対誤差の特に大きくなっている地区は、熱田区、守山区、緑区、名東区、天白区である。

4) 業務トリップ

① トリップ長分布の収束パターンは、各モデルとも類似しており、ランクの前半では正の方向に収束し過少推計され、ランクの後半では逆の現象が生じている。

② W-RMS 値についても、他の交通目的と同様に、ゾーンペア数に比例し、また、エントロピー・モデルによる推計値と比較して大きくなっている。

③ 集中交通量の相対誤差は、この交通目的が最も大きく、誤差が5割以上になる地区は、各モデルとも中区、守山区、緑区、名東区、天白区があげられる。

5) 帰社・帰校、観光・娯楽トリップ

① トリップ長の収束パターンは、両交通目的ともランク2における正の方向への収束、過少推計、ランク7における負の方向への収束、過大推計が示されている。

② W-RMS 値については、他の交通目的と同様に、ゾーンペア数の分布と相似しており、エントロピーモデルによる値より大きくなっている。

③ 集中交通量の相対誤差について、両交通とも、守山区、緑区、名東区、天白区が大きくなっている。

6) 日常的買物、非日常的買物トリップ

① 日常的買物トリップに関する、繰り返し計算がトリップ長分布に与える影響は、収束幅によってわかるように他の交通目的に比して最も大きく、OPPO 3 による分布パターンが、他2つのモデルと異なっているが、実績値に対しては、最も近いようである。

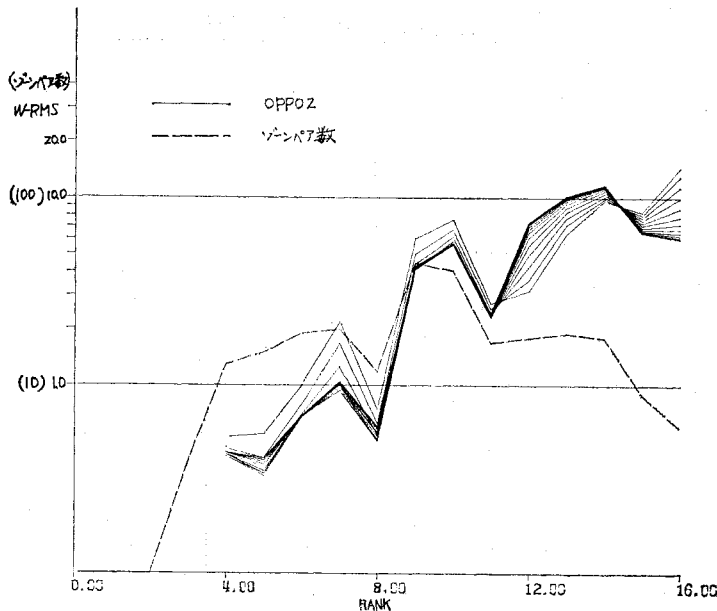


図-12 (その2) OPPO 2 通勤

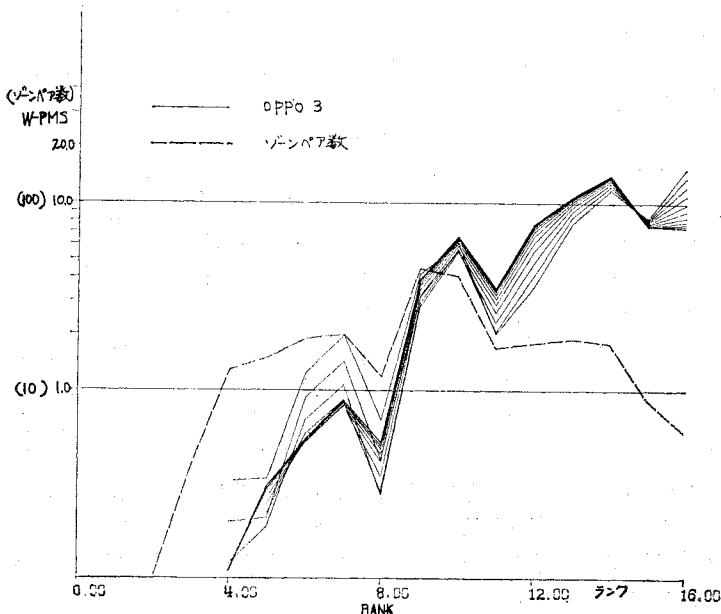


図-12 (その3) OPPO 3 通勤

非日常的買物トリップの場合も同様なことが OPPO 3 についていえる。しかしながら、ランクの前半においては、両交通目的のどのモデルも実績値に対して過少推計がなされている。

② W-RMS 値については、各ランクともエントロピーモデルによる値より大きく、またゾーンペア数に比例している。収束幅は大きく、日常的買物トリップについては、どのランクも負の方向に収束しており、OPPO 3 の収束パターンが他の2つのモデルと異なっているのが特徴的である。

③ 集中交通量の相対誤差に関して、日常的買物トリップは、各モデルとも繰り返し計算の回数に応じてその値が少なくなっていく。OPPO 3 による誤差が全般的に大きく、中区、名東区が特に大きい。非日常的買物については各モデルとも、繰り返し計算に応じて、値が大きくなったり小さくなったりしているが、特に OPPO 3 における中区の誤差が大きい。

次に W-RMS 値の和（以下  $\Sigma W-RMS$  と記述する）と  $\chi^2$  値の収束状況に着目してみる。

7)  $\Sigma W-RMS$  の収束状況（図-13 参照）

収束状況は大きく2つに分類される。繰り返し計算回数とともに  $\Sigma W-RMS$  の値が小さくなっていくものと、ラウンド数2~4の時に最小値を示し、後は逆に値が大きくなっていくものがある。

前者に含まれる交通目的は、通学、観光・娯楽、業務、日常的買物、非日常的買物などの目的で、後者には、通勤、帰宅、帰社・帰校が該当する。

また最終ラウンドにおいて  $\Sigma W-RMS$  が最も小さくなっているモデルは表-8 のようである。

この表によると、第1ラウンドで  $\Sigma W-RMS$  の最も小さいモデルは、通学と帰宅を除いたすべての交通目的において OPPO 1 であるが、ラウンド数が増えるにつれて、OPPO 2 が OPPO 1 にとって代わることがわかる。つまり、各発ゾーン別の  $L$  値 ( $L_i$ ) を決定し、それによって分布交通量を推計する方法をとっても、 $L_i$  の初期値が最終値とかけ離れ、小さい値となっているため、発生交通量で重みづけした1つの平均的な  $L$  値でもって推計したモデル-OPPO 1-の方が多少  $\Sigma W-RMS$  が小さくなっている。しかし、繰り返し計算に際しては、OPPO 2 の  $L_i$  の修正による方が、個別の修正であるため  $\Sigma W-RMS$  の最終値は小さいものとな

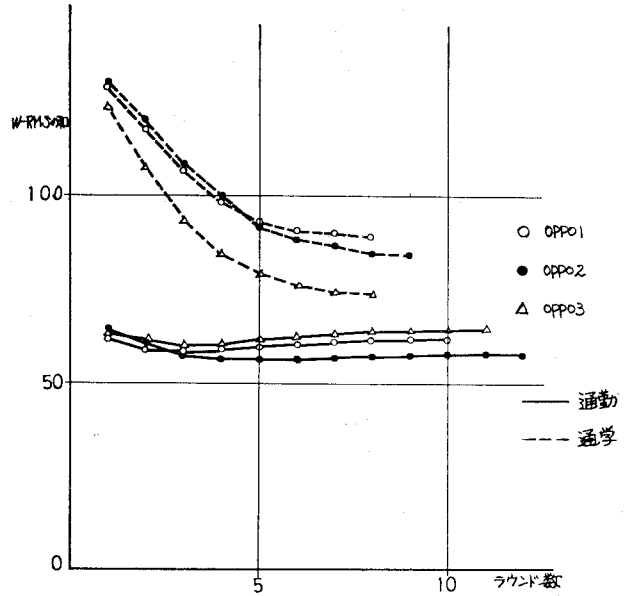


図-13  $\Sigma W-RMS$  値とラウンド数（通勤と通学）

表-8 最小の  $\Sigma W-RMS$  値を与えるモデル

交通目的	モデル	
	最終ラウンド	第1ラウンド
通勤	OPPO 2	OPPO 1
通学	*OPPO 3	OPPO 3
帰宅	*OPPO 2	OPPO 2
帰社・帰校	OPPO 2	OPPO 1
観光・娯楽	OPPO 3	OPPO 1
日常的買物	OPPO 2	OPPO 1
非日常的買物	OPPO 2	OPPO 1

\*印：すべてのラウンドにわたって値が小さいモデル

表-9 最小の  $\chi^2$  値を与えるモデル

交通目的	モデル	
	最終ラウンド	第1ラウンド
通勤	OPPO 2	OPPO 1
通学	*OPPO 3	OPPO 3
帰宅	*OPPO 2	OPPO 2
帰社・帰校	OPPO 2	OPPO 1
観光・娯楽	OPPO 1	OPPO 1
日常的買物	*OPPO 3	OPPO 3
非日常的買物	OPPO 2	OPPO 1

\*印：すべてのラウンドにわたって値が小さいモデルを示す。

□： $\Sigma W-RMS$  に関しても最小値を与えていることを示す。

っている。  
8)  $\chi^2$  値の収束状況（図-14,15 参照）

W-RMS 値の和の収束状況と同様に、 $\chi^2$  値の収束状況も大きく2つに分類される。

ラウンド数に応じて  $\chi^2$  値が小さくなっていく場合と、1度小さくなって、その後はラウンド数に応じて  $\chi^2$  値が大きくなっていく場合とである。前者に属する交通目的は、通学、帰宅、日常および非日常的買物であり、後者には、通勤、業務、帰社・帰校が属する。観光・娯楽目的は両者のパターンを有している。 $\Sigma W-RMS$  の収束状況と多少異なっている。

また、 $\chi^2$  値の最も小さくなっているモデルを表-9

表-10  $b$  値

交通目的	初期値	最終値
通勤	0.2	2.3
通学	0.8	3.8

に示す。

帰社・帰校の最終ラウンドと観光・娯楽目的の第1ラウンド以外は、すべて、 $\Sigma W-RMS$  の場合と同じモデル

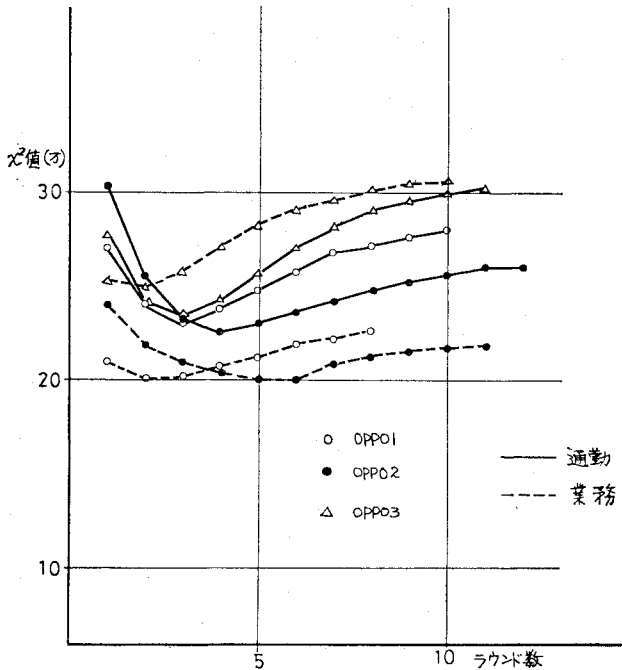


図-14  $\chi^2$  値とラウンド数

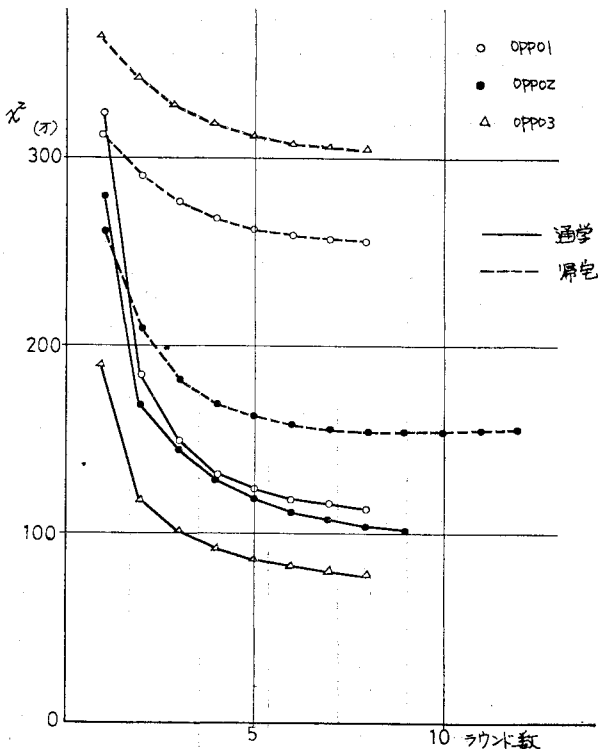


図-15  $\chi^2$  値とラウンド数

ルがそれぞれ最小値になっている。

b) B Type (OPPO 5)

ここでは、通勤、通学の両交通目的について、B Type-OPPO 5- と A Type-OPPO 2- を比較しながら考察する。B Type のパラメーターである  $b$  値は、最小自乗法により導かれた次式 (4.5) で求め、その値は表-11 のとおりである。

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n \ln(a - V_j) \cdot Y_j - \sum_{i=1}^n Y_j \cdot \ln a}{n \cdot \ln^2 a - 2 \ln a \sum_{i=1}^n \ln(a - V_j) + \sum_{i=1}^n \ln^2(a - V_j)} \dots (4.5)$$

ここに、

$$a = V_T$$

$$Y_j = \ln \left( \frac{G_i - \sum_{j=1}^j \bar{t}_{ij}}{G_i} \right)$$

$\bar{t}_{ij}$  = ゾーン  $i$  から  $j$  への実績交通量

$n$  = ゾーン総数

$$V_j = \sum_{j=1}^j A_j$$

1) トリップ長分布の収束状況 (図-16 参照)

発ゾーン別の  $b$  値 ( $b_i$ ) の初期値が、通勤、通学目的とも1未満のゾーンがあるので、モデル式の構造上、分布交通量が、順序づけしたゾーンの低位に集中し、最初の計算において推計されたトリップ長分布は、極めて実績値と異なり、通勤トリップはランク7、通学トリップはランク8にそれぞれピークが現出する。

この最初の分布パターンは、繰り返し計算によって修正され実績値に近づいていき、繰り返し計算回数は A Type より少ないが、その収束幅は A Type よりかなり大きく、修正計算による変動の大きいことが理解できる。

2) W-RMS 値の収束状況

両交通目的とも、A Type と同じようなパターンを有しており、各ランクのゾーンペア数にほぼ比例している。また、エントロピーモデルによる値より各ランクとも大きな値になっている。

3)  $\Sigma W-RMS$  および  $\chi^2$  値の収束状況 (図-17, 18)

$\Sigma W-RMS$  および  $\chi^2$  値とも、各ラウンドについて A Type の方が小さくなっている。

B Type においては、2回目の繰り返し計算における  $\chi^2$  値の減少が著しいが、これは、 $b_i$  の初期値の決定が極めて現状と乖離していることを示していると考えられる。

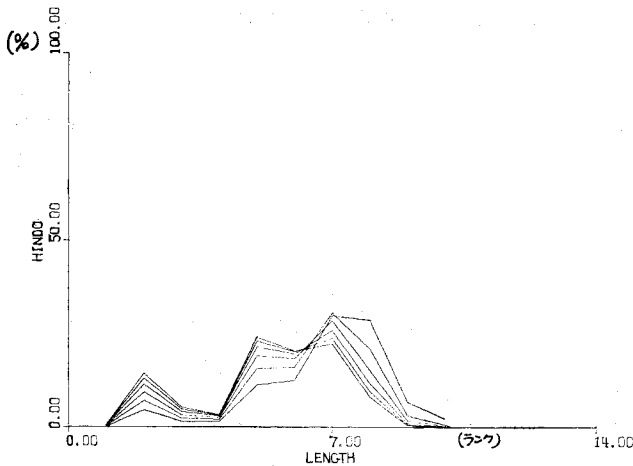


図-16 B Type 通勤

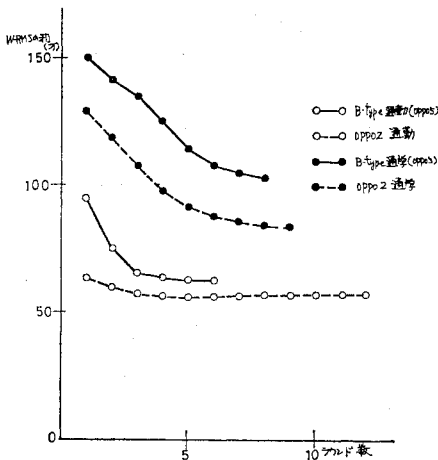


図-17  $\Sigma W-RMS$  値とラウンド数 -B Type (OPPO 5) と OPPO 2 A Type の比較

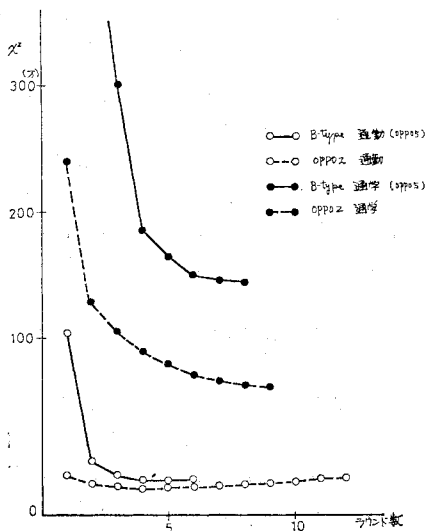


図-18  $\chi^2$  値とラウンド数 -B Type (OPPO 5) OPPO 2 (A Type) の比較

4) 集中交通量の相対誤差 (表-11 参照)

B Type は繰り返し計算回数に応じて誤差が増大する傾向にあるが、第1ラウンドの値は全般的に B Type の方が小さくなっている。しかしながら、最終ラウンドにおいて通勤目的交通は A Type と同様、守山区、緑区、名東区、天白区に関する誤差が大きい。

(5) ま と め

推計精度を示す指標としてのトリップ長分布、 $\Sigma W-RMS$  値および  $\chi^2$  値、そして集中交通量の相対誤差からモデルを総括的に評価してみる。

a) トリップ長分布

各モデルとも、すべての交通目的に対して、ランク 2、ランク 5 で過大推計がなされており、分布パターンに関しては、交通目的によって OPPO 3 が多少異なっているが OPPO 1, OPPO 2, OPPO 3 ともよく似たパターンを示している。しかし B Type の OPPO 5 は若干異なっている。

このトリップ長分布ではどのモデルが実績とよく適合しているか判断することは困難で、極めて主観に頼らざるを得ない。また、平均トリップ長の実績値と推計値の関係によって、繰り返し計算をし、修正が実行されるのだが、繰り返し計算回数を重ねるにつれ、逆に実績値と乖離する方向に収束するランクが生ずる。すなわち、平均的な指標で個別的な分布交通量を修正することの限界がここに現われていると考えられる。

上述のことは以下の指標についてもあてはまる。

b)  $\Sigma W-RMS$  および  $\chi^2$  値

通学トリップ、観光・娯楽トリップでは、アクセシビリティによって、ゾーンを順序づけたモデル (OPPO

表-11 B Type (OPPO 5) の集中交通量の相対誤差

交通目的 ゾーン	通 勤			通 学		
	ラウンド数 1	3	最終	1	3	最終
千種区	0.03	0.19	0.22	0.03	0.05	0.13
東 区	0.02	0.02	0.02	0.02	0.13	0.13
北 区	0.01	0.21	0.16	0.02	0.10	0.10
西 区	0.03	0.04	0.02	0.01	0.13	0.32
中 村 区	0.00	0.15	0.05	0.01	0.13	0.16
中 区	0.02	0.25	0.21	0.02	0.31	0.05
昭 和 区	0.03	0.09	0.12	0.02	0.11	0.07
瑞 穂 区	0.02	0.10	0.05	0.00	0.22	0.29
熱 田 区	0.01	0.25	0.34	0.00	0.28	0.25
中 川 区	0.01	0.00	0.08	0.02	0.04	0.13
港 区	0.04	0.08	0.01	0.06	0.18	0.09
南 区	0.01	0.15	0.09	0.04	0.06	0.03
守 山 区	0.04	0.54	0.49	0.02	0.46	0.43
緑 区	0.06	0.47	0.44	0.09	0.25	0.10
名 東 区	0.01	0.56	0.55	0.01	0.53	0.49
天 白 区	0.02	0.37	0.34	0.01	0.23	0.16

3)の値が他のモデルより小さく、帰宅トリップについては、発ゾーン別の  $L$  値を利用したモデル (OPPO 2) の値が他のモデルより小さくなっている。

実測値に対する説明力を高めるために、山形・市川も指摘<sup>9)</sup>しているように、実際の発ゾーン別の  $P(V)-V$  曲線のゾーンによる差異を把握し、ゾーン活動規模を利用することが考えられる。本研究では、これらある程度考慮に入れたアクセシビリティを用いて、ゾーンの順序づけを行い、比較的良好な結果を得たので、もしゾーンの活動規模をよりの確に表わす指標を用いるなら、さらに良い結果が得られたであろう。

c) 集中交通量の相対誤差

4つのモデルにおいて、ほとんどの交通目的に関して、守山区、緑区、名東区、天白区の相対誤差が大きく、交通目的、またモデル(OPPO 3)によっては、中区の相対誤差が大きくなっている。

上述の4地区においてこのような結果となったのは、これらの地区のトリップ集中密度が他地区に比して、極端に低いことが、主因と考えられる。この4地区は、名古屋市の周辺地域に位置し、住宅の立地が激しいところで、交通施設の整備状況も十分とはいえない地区である。

中区の誤差が OPPO 3 において大きくなっていることはゾーンの順序づけ、つまり中区の活動指標の評価が、妥当でなかったことを示していると考えられる。

したがって、これらの誤差を減少させるためには、トリップ集中密度に応じた  $L$  値の導入、あるいはゾーンの活動すなわちトリップ吸引確率をより適切に評価することが必要であると考えられる。

5. エントロピーモデルとの推計精度の比較

ここでは、介入機会モデルと確率論を応用したモデルの1つであるエントロピーモデルとの実績値に対する推計精度の比較を行う。

(1) エントロピーモデル<sup>15)</sup>

先験確率  $q_{ij}$  の仮定の仕方により、いくつかのモデルが考えられるが、ここでは次式で定義するような重力モデルタイプのものを利用して遷移確率  $p_{ij}$  を決定し、分布交通量  $t_{ij}$  を推計するモデルを取り上げる。

$$q_{ij} = \alpha \sqrt{g_i \cdot a_j} \cdot D_{ij}^{-r} \dots\dots\dots(5.1)$$

ここに、

- $g_i$  = ゾーン  $i$  の相対的交通発生力
- $a_j$  = ゾーン  $j$  の相対的交通集中心力

表-12 適合度指標に関するモデルの比較

指 標	$\Sigma W-RMS$		$\chi^2$ 値	
	介入機会モデル	エントロピーモデル	介入機会モデル	エントロピーモデル
交通目的				
通 勤	57	33.78	260 000	89 560
通 学	74	26.07	780 000	146 602
帰 宅	66	27.68	1 550 000	275 401
業 務	59	38.92	218 000	115 524
帰社・帰校	67	39.74	124 000	72 793
観光・娯楽	92	43.74	92 000	29 283
日常的買物	33	20.62	520 000	77 765
非日常的買物	76	40.75	360 000	212 863

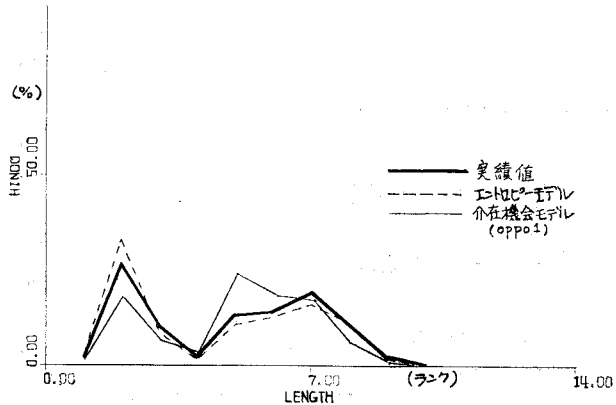


図-19 各モデルによる通勤トリップ長分布

$$D_{ij} = \text{ゾーン } i, j \text{ 間の時間距離}$$

$\alpha, r = \text{定数}$

$$t_{ij} = p_{ij} \cdot G_i \dots\dots\dots(5.2)$$

ここに、

$$G_i = \text{ゾーン } i \text{ の発生交通量}$$

(2) 推計精度の比較

両モデルの推計精度を  $\chi^2$  値、 $\Sigma W-RMS$  で判断する限り、表-12 に示されているように、すべての交通目的に関してエントロピーモデルの方が良い結果が得られている。図-19 に示されるトリップ長分布を見ても、主観的ではあるがエントロピーモデルの方が実際の分布と相似しているようである。ただし、短トリップの部分でエントロピーモデルは、過大推計の傾向がある。

6. 介入機会モデルの問題点

(1) 理論式に関する問題点

A Type と B Type のモデル式を導くための 3. (1) に示された3つの基本条件のうち①の“最小化される”という条件が現実にはそぐわないことがまず問題点としてあげられる。そして②の“合理的な基準”の合理的と

いう判断基準が確定しておらず、機会の数量化が困難であることも問題である。

A Type については、確率密度関数  $f(V)$  の決定が困難で、定数  $L$  値に置換していること、また、積分に際しての初期条件も問題点としてあげられる。さらに、 $L$  値の式 (4.2) による算定についても、トリップ集中密度を一定と仮定しているなどの問題点を含んでおり、この仮定が、名古屋市に関する  $L$  値の初期値を最終値より小さくしている一因と考えられる。

そこで、本研究では、より適切な  $L$  値の初期値を得るために、ゾーン  $i$  に関する順位  $k$  のゾーンのトリップ集中密度を、式 (6.1) に示すように、発ゾーン  $i$  のトリップ発生密度  $\rho_i$  とゾーン  $i, k$  間の距離  $d_{ik}$  の関数であると仮定する。これは、トリップの集中密度の算定に距離抵抗を考慮したことになる。

$$\rho_k = \alpha \rho_i \cdot d_{ik}^{-\beta}, \left( \rho_i = \frac{G_i}{A_i} \right) \dots\dots\dots(6.1)$$

ここに、

$A_i$  = ゾーン  $i$  の面積、

$\alpha, \beta$  = 定数

このとき  $V$  は、式 (6.2) によって与えられる。

$$\left. \begin{aligned} dV &= 2\pi\alpha d_{ik} d\rho_k \\ V &= 2\pi\alpha\rho_i \int_0^d d_{ik}^{1-\beta} dd \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(6.2)$$

したがって、 $0 \leq \beta < 2$  の範囲内で  $L$  値を求めると、次のようになる。

$$\bar{d}_i = \int_0^\infty 2^{-\beta} \sqrt{\frac{2-b}{2\pi\alpha\rho_i}} \cdot 2^{-\beta} \sqrt{V} L_i \cdot \exp(-L_i V) dV \dots\dots\dots(6.3)$$

$$\therefore L_i = \left[ \frac{1}{2-\beta} \cdot \frac{1}{\bar{d}_i} \Gamma\left(\frac{1}{2-\beta}\right) \cdot 2^{-\beta} \sqrt{\frac{2-\beta}{2\pi\alpha\rho_i}} \right]^2 \dots\dots\dots(6.4)$$

ここに、

$\bar{d}_i$  = 平均トリップ長

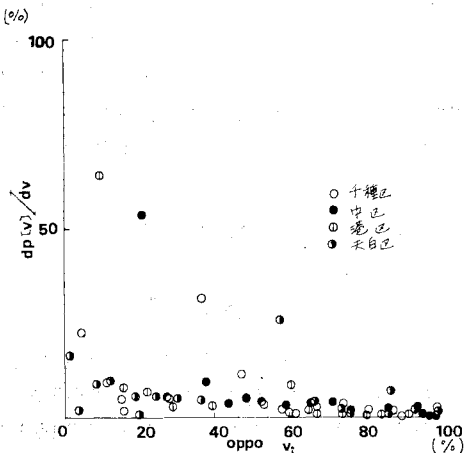


図-20 通勤の  $dP(V)/dV-V$  関係

式 (6.4) において  $\alpha=1, \beta=0$ , つまりトリップ集中密度が一定の場合、式 (4.2) と同じになる。今後は、式 (6.4) によって得られる  $L_i$  値を用いてモデルの予測精度を検討する必要がある。

$L$  値の算定方法には、式 (4.2) を用いる方法と、 $\log\{1-P(V)\}$  と  $V$  をプロットした図から最小自乗法によって求める方法<sup>9)</sup>の2つがある。 $L$  値の初期値は算定法によって異なるが、収束計算結果は、同一値を与えるので、実績値に対する適合性の面からは、いずれの方法を用いてもよいといえる。しかし、介在機会モデルを将来予測に適用する場合、 $L$  値の将来値を決定する必要があるが、式 (4.2) を用いる方法では、将来の発生・集中交通量の変化に対応した  $L$  値を算定できるのに対して、図から  $L$  値を求める方法では、発生・集中量の変化を考慮することがむずかしいという欠点をもっている。

B Type については、式の誘導が、 $dP(V)/dV$  の分布を仮定することによってなされているが、実績値は、図-20 から明らかなように単調減少しておらず、モデルの前提条件が現実と合わないという問題点を含んでいる。

(2) 計算上の問題点

ゾーンの順序づけによる  $P'(V)$  の変化、つまり順序づけられたおのおののゾーンにトリップが到着する確率の変化率を B Type に関して、図-21, 22 によって考察してみると次のことがいえる。

a)  $b=1.0$  の場合

$P(V)$  が  $V$  に関する、線型関係を有する場合で、 $P(V)$  の  $V$  に対する変化率  $P'(V)$  は  $V$  に対して一定になり、ゾーンの順序づけの変化に分布交通量は左右されない。

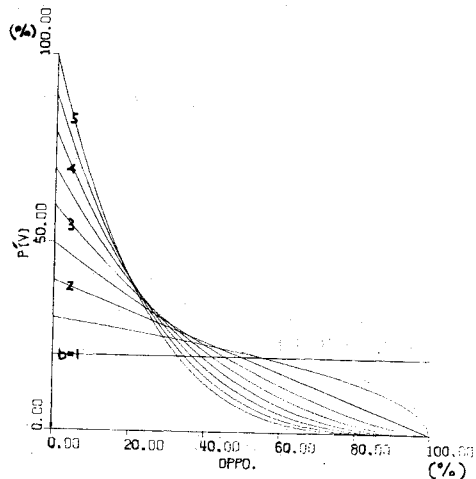


図-21  $P'(V)-V$  B type

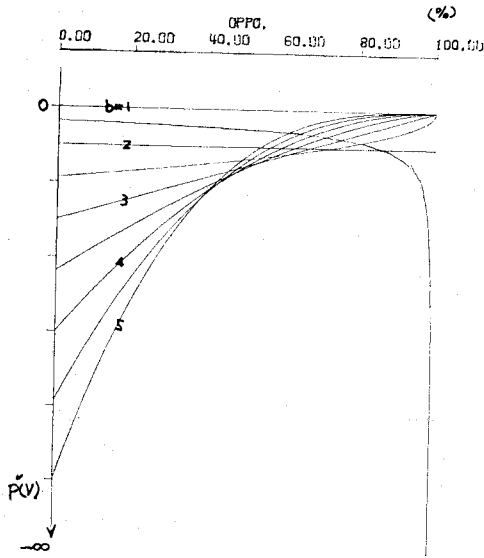


図-22  $P'(V)-V$  B Type

b)  $1.0 < b < 2$  の場合

特異な現象を示す。V が大きくなるほど、つまり、ゾーンの順位が下位になるほど、ゾーンの順序づけの変化が分布交通量に与える影響は大きい。

c)  $b=2.0$  の場合

$P'(V)$  が V に関する線型関係を有する場合で、 $P''(V) = \text{一定 (負)}$  となり、順位の変化による分布交通量の変化がゾーンの順位変化量に比例することを示している。

d)  $b > 2.0$  の場合

ゾーンの順位が上位にあるほど、順序づけの変化が分布交通量におよぼす影響は大きく、 $b=2.0$  の場合より大きいものとなる。また、V が 50% 以上になり、順位が下位の場合、その影響は  $b=2.0$  の場合より小さくなる。

A Type の場合は  $P'(V)$ 、 $P''(V)$  とも  $e^{-LV}$  で V に対して変化するため、傾向としては、d) の場合と同様になると考えられ、上位の順位決定に際しては十分な配慮が必要となる。

平均トリップ長の実績値と推計値の比較による繰り返し計算においては、A Type は L 値、B Type は b 値を修正したが、最終的に得られた  $\chi^2$  値、 $\Sigma W\text{-RMS}$  値、集中交通量の相対誤差が必ずしも最小値ではなく、交通目的によっては、ラウンド数 2~4 で最小値を示しているものがある。

これは、平均的な指標で、個別的な分布交通量を修正しようとするに問題があり、今後この繰り返し計算の妥当性を検討する必要があると考えられる。

7. むすび

本研究で明らかになったこと、および介在機会モデルの予測精度を上げるために今後検討すべき事項をまとめると以下ようになる。

介在機会モデルによって推計された交通量の実績値に対する適合性を  $\chi^2$  値、 $\Sigma W\text{-RMS}$  で判断すると、通勤、帰宅、業務、日常的買物、非日常的買物交通については、発ゾーン別 L 値を用いたモデル OPPO 2 が、通学、観光・娯楽交通については、アクセシビリティでゾーンを順序つけたモデル OPPO 3 が、それぞれ精度的に良い結果を与えていることがわかる。

また、これらのモデルはいずれも A Type に属していることから、タイプ別には B Type より A Type の方が精度的に優れているといえよう。

将来予測において、平均トリップ長による修正計算を行う際には、仮定した平均トリップ長に収束するまで修正計算を行うべきか、それとも途中で中止すべきかを、実績値による  $\chi^2$  値および  $\Sigma W\text{-RMS}$  の分析結果を参考にして決める必要がある。

実績値に対する適合性によって、介在機会モデルと確率論を応用したモデルの 1 つであるエントロピーモデルとの推計精度を比較すると、介在機会モデルの方が劣っていると考えられる。

さらに、介在機会モデルの推計精度を高めるためには次のような配慮が必要となる。

- (1) モデルの基本条件 ① の妥当性の検討が必要である。
- (2) 確率密度関数  $f(V)$  を V の関数として表現する。
- (3) OPPO 1 と OPPO 2 の適合度の比較、および繰り返し計算による最終値の  $\chi^2$  値、 $\Sigma W\text{-RMS}$  が必ずしも最小値になっていないことなどから、平均トリップ長の比較による L 値の修正法を再検討する必要がある。
- (4) ゾーンの順序づけは、最初の決定で固定化するため、より交通目的に対応した基準でもって決定する必要がある。また、繰り返し計算の中にゾーンの順序変換を組み入れることも考えられる。
- (5) 短トリップは過小に、長トリップは過大に推計される傾向があり、内々トリップ率の高い目的ほど、一般に推計精度が劣ることから、トリップ長に応じた L 値を決定するなど、トリップ長に応じた推計法を検討する<sup>4),6)</sup>。
- (6) 集中交通量の相対誤差の観点より、トリップ集中密度別の L 値を検討する。

(7)  $P(V)-V$  曲線に関して、理論値と実績値を一致させるために理論曲線の平行移動などの技術的な操作を検討する。

本研究を行うにあたり、文献収集においてご援助いただいた名古屋大学工学部 成岡昌夫教授、データ処理技術に関する電子計算機プログラムの借用を快く許された、当時名古屋大学大学院生であった加藤雅史（現在竹中工務店）、神谷周浩（現在神奈川県）の両氏、ならびに、パーソントリップデータの利用において便宜を与えられた中京都市群パーソントリップ協議会に、心から謝意を表したい。

なお、利用した計算機は名古屋大学大型計算機センターの FACOM 230-60 である。

#### 参 考 文 献

- 1) Pyers, C.E. : Evaluation of Intervening Opportunities Trip Distribution Model, H.R.R. No. 114, pp. 71-98 1966.
- 2) Ruiter, E.R. : Improvements in Understanding, Calibrating and Applying the Opportunity Model, H.R.R. No. 165, pp. 1-21, 1967.
- 3) 高岸節夫ほか訳：介入機会モデルと分布交通量の推定，関西鉄道協会 都市交通研究所，1971.9
- 4) 定井善明：オポチュニティモデルの修正に関する実証的研究，日本都市計画学会学術研究発表会論文集 第8号，pp. 123-128, 昭和48年11月。
- 5) Golding, S. and K.D. Davidson : Land use prediction

- in transportation planning, University of Queensland Department of Civil Engineering Bulletin No. 13, Dec. 1969.
- 6) 山形耕一・市川 準：オポチュニティモデルに関する 2,3 の考察，土木学会第27回年次学術講演会講演概要集第4部 IV-54, 昭和47年10月。
  - 7) 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報告書，昭和48年9月
  - 8) 河上省吾：通勤通学交通量分布の予測方法に関する研究 京都大学博士論文，昭和44年3月。
  - 9) 広島都市交通研究会：交通量の地域間分布のモデル化について，1971年4月。
  - 10) Martin, B.V., F.W. Memmott and A.J. Bone : Principles and Techniques of Predicting Future Demand for Urban Area Transportation, M.I.T. Press, July 1966 など。
  - 11) Flavia Savigear 著，住田陸快 訳：アクセシビリティの定量的測定法，道路，pp. 82~83, 1968年6月。
  - 12) 鈴木英樹：分布交通量予測モデルの推計精度について，名古屋大学修士論文，昭和48年2月。
  - 13) 河上省吾：OD 交通量予測モデル（重力モデル）に関する 2,3 の考察，第1回交通工学研究発表会論文集，昭和47年6月。
  - 14) Kawakami, S. : A Gravity Model for Trip Distribution, Proc. of 6th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, pp. 327-343, 1974年8月。
  - 15) Sasaki, T. : Probability Methods to Estimate Trip Distribution, Proc. of 4th International Symposium on the Theory of Traffic Flow, 1968.

(1975.7.16・受付)