土木学会論文報告集
第 165 号・1969 年 5 月

OD 交通量予測モデルの適合度について
——通勤，通学交通による検討——

EVALUATION OF TRIP FORECASTING METHODS FROM THE POINT OF WORK AND SCHOOL TRIPS

河　上　省　吾*
By Shogo Kawakami

1. はじめに

大都市への人口の集中にともない，ラッシュ時の通勤，通学客による輸送機関の混雑の激しさは，重大な社会問題となっている。これを解決するには，輸送施設を増強する直接的方法に加えて，都市機能の最適配置により混雑を緩和する間接的方法を講ずる必要がある。いずれにしても，将来の輸送需要を的確にとらえることがきわめて重要となる。そこで本研究では，輸送需要の予測方法について基礎的な検討を試みた。

現在一般に行なわれている通勤，通学交通量の予測方法は，自動車交通量の場合の方法をそのまま応用しており，その手順はつぎのようなものである。まず，対象地域をいくつかの地区に分割し，経済指標および土地利用計画の推定を行ない，これらにより，発生，集中交通量を予測する。つぎに地区間（OD）交通量すなわち分布交通量の推定をし，最後に各路線への配分交通量を求める。このような推定作業の各段階ごとにいくつかの予測モデルがあるが，ここでは，分布交通量の予測モデルについて検討した。

本文では，分布交通量の予測モデルのうちの，現在パターン法，重力モデル法，エントロピー法，連立方程式法（後述）トリップ ポテンシャル モデルをとりあげ，実際の交通量測定値を用いて，これら各モデルの適合度を検討し，将来交通量の予測に使用する場合の注意事項などを明らかにした。予測モデルの適合度を一般的に論ずるためには，できるだけ多くの時点の実績値を数多く用いて，モデルの適合度を比較検討する必要があるが，ここでは 2 時点の 3 つの実績値を用いたに過ぎない。しかし，これらを比較検討するとある程度一般的な傾向を知ることができたので，ここに報告するものである。資料としては昭和 35 年と 40 年の京都市の区間通勤者数，名古屋市の区間通勤・通学者数，大阪市の区間通勤・通学者数を用いた。これらの数値は参考文献にあげた各都市の資料によるものである[1)~11)]。この場合，資料として国勢調査結果を用いることが考えられるが，国勢調査結果の同一ゾーン内の通勤，通学者は通勤者でない自宅従業者を含んでいるので，厳密な意味では通勤・通学者 OD 表ということはできない。そこで京都市と名古屋市については，両市の統計資料を用いて区別の自宅従業者数を求め，同一ゾーン内の真の移動人口を推定した。大阪市では，区別に自宅従業者数を調査した資料がなかったので，止むを得ず自宅従業者を含んだ資料を用いた。適合度の指標としては，推定値と実績値の比の分布（平均値と標準偏差）と χ^2 検定式の 2 つを用いた。

* 正会員　工修　名古屋大学助教授　工学部土木工学科

2. 分布モデルの種類

まず，ここで用いる記号を 表—1 に OD 表の形式に

表—1 (a)　現在 OD 表

O＼D	1	2	······	j	······	n	計
1	t_{11}	t_{12}	······	t_{1j}	······	t_{1n}	T_1
2	t_{21}	t_{22}	······	t_{2j}	······	t_{2n}	T_2
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮
i	t_{i1}	t_{i2}	······	t_{ij}	······	t_{in}	T_i
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮
n	t_{n1}	t_{n2}	······	t_{nj}	······	t_{nn}	T_n
計	U_1	U_2	······	U_j	······	U_n	T

表—1 (b)　将来 OD 表

O＼D	1	2	······	j	······	n	計
1	x_{11}	x_{12}	······	x_{1j}	······	x_{1n}	X_1
2	x_{21}	x_{22}	······	x_{2j}	······	x_{2n}	X_2
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮
i	x_{i1}	x_{i2}	······	x_{ij}	······	x_{in}	X_i
⋮	⋮	⋮		⋮		⋮	⋮
n	x_{n1}	x_{n2}	······	x_{nj}	······	x_{nn}	X_n
計	Y_1	Y_2	······	Y_j	······	Y_n	X

O：起点　D：終点　$\begin{cases} X_i - T_i = \Delta T_i \\ Y_j - U_j = \Delta U_j \end{cases}$　x_{ij}, t_{ij} の予測値を x_{ij}', t_{ij}' で表わす。

よって示しておく。

分布交通量の予測とは，発生，集中交通量 X_i, Y_j が与えられたとき，分布交通量 x_{ij} の推定値 x_{ij}' を求めることである。予測モデルの概要はつぎのようである。

（1） 現在パターン法[12),13)]

現在OD表のパターンを利用して $\sum_{j=1}^{n} x_{ij}'$, $\sum_{i=1}^{n} x_{ij}'$ を X_i, Y_j に収束させることにより，将来OD表の x_{ij} の推定値を求めるもので，つぎのようなモデルがある。

a） 平均成長率法

ゾーン i, j 間の交通量 x_{ij} は両ゾーンの交通成長率の平均値で伸びると考える。すなわち

$$x_{ij}'=t_{ij}\times\frac{F_i+F_j}{2} \quad \cdots\cdots(1)$$

ここに，

$$F_i=X_i/T_i,\ F_j=Y_j/U_j \quad \cdots\cdots(2)$$

このとき

$$\sum_{j=1}^{n} x_{ij}'=X_i,\ \ \sum_{i=1}^{n} x_{ij}'=Y_j,\ (i,\ j=1,\cdots,n) \cdots(3)$$

が成立しない場合は F_i, F_j を新しく

$$F_i=X_i\Big/\sum_{j=1}^{n} x_{ij}',\ F_j=Y_j\Big/\sum_{i=1}^{n} x_{ij}',\ (i,\ j=1,\cdots,\ n) \quad \cdots\cdots(4)$$

とし，$t_{ij}=x_{ij}'$ とおいて式（1）により再び x_{ij}' を計算する。この計算を F_i, F_j が 1.00 となるまで繰り返し，最終的に得られた x_{ij}' を x_{ij} の推定値とする。

b） デトロイト法

この方法は，x_{ij}' が次式で与えられると仮定する。

$$x_{ij}'=t_{ij}\times\frac{F_i\times F_j}{F} \quad \cdots\cdots(5)$$

ここに，$F=X/T$

Fi, Fj が 1.00 になるまで **a)** と同様にして $t_{ij}=x_{ij}'$ とおいて計算を繰り返す。

c） フレーター法

これは，次式で定義された L_i, L_j を用いる方法で，

$$L_i=\sum_{j=1}^{n} t_{ij}\Big/\sum_{j=1}^{n} t_{ij}F_j,\ L_j=\sum_{i=1}^{n} t_{ij}\Big/\sum_{i=1}^{n} t_{ij}F_i \quad \cdots\cdots(6)$$

推定値 x_{ij}' を次式により求める。

$$x_{ij}'=t_{ij}F_i\cdot F_j\cdot\frac{L_i+L_j}{2} \quad \cdots\cdots(7)$$

a） と同様にして，F_i, F_j が 1.00 になるまで，$t_{ij}=x_{ij}'$ とおいて計算を繰り返す。

（2） 重力モデル法[12),13)]

i, j 間の交通量 t_{ij} は，i, j 間の所要時間を r_{ij} とすると，次式（8）で与えられると仮定する。

$$t_{ij}=k\cdot\frac{T_i^{\alpha}U_j^{\beta}}{r_{ij}^{\gamma}} \quad \cdots\cdots(8)$$

そして現在OD表を用いて最小自乗法*により k, α, β, γ の値を決める。つぎに，将来の旅客発生，集中量 X_i, Y_j を用いて，式（9）により分布交通量の推定値 x_{ij}' を求め，これを基礎にして，現在パターン法で $\sum_{j=1}^{n} x_{ij}'$ および $\sum_{i=1}^{n} x_{ij}'$ を X_i および Y_j に一致させる。このとき，$\alpha=\beta$, $\alpha=\beta=0.5$ (1.0) とする場合もある。

$$x_{ij}'=k\frac{X_i^{\alpha}Y_j^{\beta}}{r_{ij}^{\gamma}} \quad \cdots\cdots(9)$$

（3） エントロピー法[12)]

旅客がゾーン i から j へ行く確率（遷移確率）を P_{ij} とすると

$$x_{ij}=X_iP_{ij} \quad \cdots\cdots(10)$$

と表わせる。いま，$u_i=X_i/X$, $v_j=Y_j/X$ とおくと

$$\sum_{j=1}^{n} P_{ij}=1,\ \ \sum_{i=1}^{n} u_iP_{ij}=v_j \quad \cdots\cdots(11)$$

が成立する。この方法は，トリップ発生の先験確率 P_{ij}' が次式（12）で与えられると仮定し（γ は現在 OD 表から最小自乗法により定める），条件式（11）のもとで式（13）を最大にする P_{ij} を求めることにより，

$$P_{ij}'=\alpha\, u_iv_jr_{ij}^{-\gamma} \quad \cdots\cdots(12)$$

確率的に最も起こりやすいODパターンを求めようとするものである。

$$R\equiv-\sum_i\sum_j u_iP_{ij}\log P_{ij}-\gamma\sum_i\sum_j u_iP_{ij}\log r_{ij} \quad \cdots\cdots(13)$$

$R_{\max}$ を与える P_{ij} を式（10）に代入して x_{ij} の推定値を求める。

（4） 連立方程式法**

これには2つのモデルがあり，それらは次式で表わされる[14)]。

モデル 1

$$x_{ij}'=t_{ij}+\frac{\alpha_j}{r_{ij}^{\gamma}}\varDelta T_i+\frac{\beta_i}{r_{ij}^{\gamma}}\varDelta U_j \quad \cdots\cdots(14)$$

モデル 2

$$x_{ij}'=\frac{1}{r_{ij}^{\gamma'}}(\alpha_j'X_i+\beta_i'Y_j) \quad \cdots\cdots(15)$$

ここに，γ, γ' は経験的に定められる定数で，$\alpha_j, \beta_i, \alpha_j', \beta_i'$ は各ゾーンからの分布交通量の和がそのゾーンの発生量に等しく，また各ゾーンへの分布交通量の和がそのゾーンへの集中量に等しいという条件式を連立させた $2n$ 元連立一次方程式を解くことによって決められる調整係数である。ところで，モデル1において，増加交通量 $\varDelta x_{ij}$ の j および i に関する和が，増加発生，集中量に一致することによる条件式は $2n$ 個あるが，この

* このとき，あるゾーンからの交通量の和が発生量に，またあるゾーンへの交通量の和が集中量に等しくなるという条件は考慮していない。

** 著者が提案したものである。

うち独立なものは（$2n-1$）個である。また，モデル2において，交通量 x_{ij}' の j および i に関する和が発生，集中量に一致することによる条件式も $2n$ 個あるが，この場合も独立なものは（$2n-1$）個である。したがって，この連立一次方程式モデルでは未知数の数が独立な方程式の数より1つ多く，理論的には一意的な解を求めることはできない。しかし，ここでは交通量推定モデルに要求される精度を考慮して，$2n$ 番目の条件式において，増加集中量 $\varDelta U_n$，あるいは集中量 U_n の量をわずかに増減すること（$\varDelta U$, U の 0.3%）によって，$2n$ 個の独立な条件式が与えられたと考えて，α_j, β_i, α_j', β_i' の値を計算する。こうして，求めた α_j, β_i, α_j', β_i' を用いて，式（14）あるいは式（15）によって x_{ij}' を求める。モデル 1，2 のいずれを用いるかは，過去の実績値に対する適合度によって決める。

また，このモデルは，負の交通量を与えることがあるという欠点をもつが，その場合はモデル 1，2 ともにつぎの方法により交通量を補正する。これは参考文献 15）のトリップ ポテンシャル モデルで用いている方法を利用したものである。まず，現在OD表でモデルの適合度を検討する段階で，負の推定交通量が得られる場合は，OD 表でその交通量を含む列または行に過大予測となっている交通量 t_{ij}' があるので，これに対する所要時間 r_{ij} を $(t_{ij}'/t_{ij})^{1/r}\,r_{ij}$ に修正して，改めて交通量の推定を行なう。この操作を数回くり返しても負数がなくならない場合は，次式（16）によって負の交通量を0にする k_{ij} を求め，さらに $k=\max\limits_{i,j}(k_{ij})$ を計算する。そして，式（17）により負数をもたない推定交通量 t_{ij}'' を求める。

$$t_{ij}'+k_{ij}\frac{T_iU_j}{T}=0,\ t_{ij}'：推定値\cdots\cdots\cdots\cdots(16)$$

$$t_{ij}''=\left(t_{ij}'+k\frac{T_iU_j}{T}\right)\frac{1}{1+k}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(17)$$

つぎに将来交通量の予測では，モデル式（14），（15）により x_{ij}' を計算し，もし負の交通量があれば，前述の式（16），（17）の T_i, U_j の代りに X_i, Y_j を用いて交通量を補正し，推定値 x_{ij}'' を求め，これを予測交通量とする。

式（17）を用いて交通量を補正する根拠をつぎに示す。ゾーン i, j の発生，集中量が T_i, U_j で総交通量が $T(=\sum\limits_i T_i=\sum\limits_j U_j)$ であるとき，交通量がゾーン間の結びつきや所要時間などに無関係に一様に分布する場合の i, j 間の推定交通量は T_iU_j/T である。しかし，現実の交通量はゾーン間の結びつきや所要時間などの影響により，この値とは異なったものになる。そのために，前述のモデル式（14），（15）を用いて T_iU_j/T を補正した実際の交通量を求めるわけである。このとき負の交通量が得られるのは，モデル式による補正の行き過ぎであると考えることができるので，基本交通量ともいえる T_iU_j/T を用いて，式（17）によって補正の行き過ぎを修正しようとするのである。T_iU_j/T で表わされる交通量は，あらかじめ与えられている発生，集中量 T_i, U_j に一致しているので，式（17）で与えられる交通量は与えられた発生，集中量に一致するものである。

（5） トリップ ポテンシャル モデル

このモデルでは，現在交通量 t_{ij} は T_iU_j/T を $\bar{g}_{ij}$ だけ修正したものであると考え，次式により修正項 $\bar{g}_{ij}$ を求める。

$$\bar{g}_{ij}=\frac{T_iU_j}{T}-t_{ij}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(18)$$

そしてつぎのようなネットワーク パラメーター $\bar{r}_{ij}$ を定義する。

$$\bar{r}_{ij}=\frac{\bar{g}_{ij}T}{T_iU_j}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(19)$$

このネットワーク パラメーターは将来も現在のままであると考え，将来の修正項 g_{ij}' が次式（20）で与えられると考える。

$$g_{ij}'=\frac{X_i'\bar{r}_{ij}Y_j'}{T}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(20)$$

ここに，$X_i'=X_iT/X$, $Y_j'=Y_jT/X$

そして将来交通量 x_{ij}' は次式（21），（22）によって求める。

$$x_{ij}'=\frac{\{X_i'+X_i(g)\}\{Y_j'+Y_j(g)\}}{T+X(g)}-g_{ij}'$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(21)$$

ここに，$X_i(g)=\sum\limits_{j=1}^{n}g_{ij}'$, $Y_j(g)=\sum\limits_{i=1}^{n}g_{ij}'$,

$$X(g)=\sum_{i=1}^{n}X_i(g)=\sum_{j=1}^{n}Y_j(g)$$

$$x_{ij}'=\frac{X}{T}\cdot x_{ij}''\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(22)$$

x_{ij}'' が負数となる場合は，式（16），（17）を用いてすべての x_{ij}'' が0または正となるように修正する。

3．適合度の評価法

予測モデルの実績値に対する適合度の良し悪しは，モデルの予測能力を表わすものであり，これについて検討することによってモデルの優劣をある程度判定することができる。ところで，推定値が実績値にどれほど一致しているかということ，すなわち適合度は何によって評価すべきであろうか。従来使用されている適合度の評価法はつぎのようなものである[16),17)]。

（1） OD 表から得られるトリップ長の頻度分布を比較する。

（2） OD 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。

（3） 各OD交通量ごとに推定値の実績値に対する相対誤差を計算し，これの頻度分布を求めて比較する。

（4） χ^2 検定式の χ^2 値や平均自乗誤差により比較する。

これらの適合度の評価法のうちで，（1）と（2）はOD表の値をある程度統合した形で比較するので，個々のOD交通量はそれほど似ていなくても，統合することにより誤差が相殺されて評価の尺度が同値となり，両OD表は似ていると評価される場合がある。このような点を考慮して，ここでは主に（3），（4）を用いる。すなわち，予測結果の実績値に対する適合性の良否の判定は推定値の実績値に対する比の分布および χ^2 検定式(23)の値の大小によって行なう。

$$\chi^2=\sum_{i,j}^{n}(x_{ij}'-x_{ij})^2/x_{ij} \cdots\cdots(23)$$

比による判定はその平均値 m と標準偏差 σ の2つを用い，m が 1.00 に近く，かつ σ が小さいほど適合度がよいと判定する。ところで，交通量の予測では実績値との比のみならず，誤差の絶対値が小さいことを要求される。交通量の大きいゾーン間の予測値の比と小さいゾーン間の比を同等に扱うことは望ましくない。たとえば予測値が実績値の2倍の場合について考えてみよう。実績値が 100 人なら2倍でも 100 人の誤差が生ずるに過ぎないが，5 000 人なら誤差は 5 000 人となる。予測値に基づいて施設計画を立案する場合，100 人の誤差なら大した問題もないが，5 000 人となると計画を大きく変更する必要が生じてくる。このような点に注目するとき，後述のごとく分布関数の適合度の検定などに用いられる χ^2 の式はきわめて好都合である。そこで，式(23)を実績値との適合性の判定に用いるのだが，予測交通量をそのまま χ^2 検定すると，ほとんどの場合予測値は実績値に合っていないという結論になる。このため，ここでは χ^2 の値の大小により適合度の判定は行なうが，χ^2 分布による適合度の検定は問題にしない。

また，適合度の判定に誤差の平方和 $\sum_{ij}(x_{ij}'-x_{ij})^2$ を用いることも考えられるが，ここではつぎの理由によって採用しなかった。これは，誤差の絶対値を考慮しているが，予測値の実績値に対する比を無視している。そのために同じ 500 人の誤差でも実績値が 100 人のときと，5 000 人の場合では適合度が異なると判定すべきであるのに，誤差の平方和にはその違いが現われず同等に評価するので好ましくない。しかし，重力モデルなどの係数決定の際には（最小自乗法において）誤差の平方和を適合度判定に用いている。

つぎに χ^2 検定式と比の分布の関係について考える。比の分布による適合度の判定指標には，比の 1.0 からの偏差の平方和 R を用いることが考えられる。

$$R=\sum_{i,j}\left(\frac{x_{ij}'}{x_{ij}}-1\right)^2=\sum_{i,j}\left(\frac{x_{ij}'-x_{ij}}{x_{ij}}\right)^2 \cdots\cdots(24)$$

すなわち，R が小さいほど適合性がよいと判断するわけである。しかし，この式(24)では x_{ij} の大小に関係なく，すべてのゾーン間交通量の，比からみた適合性を同等に考えている。これでは前述のように適合性の判定上好ましくない。そこで，これに誤差の絶対値を反映させるために，比の 1.0 からの偏差の平方に交通量に比例した重み付けをして加えると，下に示すように式(23)に等しくなり，

$$\sum_{i,j}\left(\frac{x_{ij}'-x_{ij}}{x_{ij}}\right)^2 x_{ij}=\chi^2 \cdots\cdots(25)$$

これが χ^2 検定式であることがわかる。

これより，χ^2 検定式は，単に比のみならずゾーン間交通量の予測誤差の絶対値を適合度の判定に反映させていることがわかる。ゆえに，主として χ^2 の値により，適合度の判定を行なう。

4．実績値による適合度の検討

ここでは，京都，名古屋，大阪の各都市における昭和35，40 年の区間通勤，通学者OD表を用いて，**2.** で述べた各方法により，40 年の交通量を予測し，その実績値に対する適合度の比較検討を試みた。計算例として京

表―2 35 年京都市通勤OD表

起点＼終点	北　区	上京区	左京区	中京区	東山区	下京区	南　区	右京区	伏見区	計
北　区	8 813	5 768	1 960	6 223	846	3 818	1 004	2 046	361	30 839
上京区	1 667	14 022	1 686	7 198	846	3 909	1 018	1 936	358	32 640
左京区	1 523	5 149	19 403	9 519	2 303	5 601	1 540	2 144	644	47 826
中京区	736	3 369	1 272	17 919	1 068	5 910	1 516	3 549	339	35 678
東山区	456	1 635	1 961	6 570	17 184	5 970	2 295	1 281	1 090	38 442
下京区	393	1 551	791	6 090	1 490	29 609	2 862	2 218	610	45 614
南　区	222	1 056	563	3 366	1 082	5 929	14 382	1 544	871	29 015
右京区	976	2 882	1 569	8 157	826	4 886	1 681	21 963	317	43 257
伏見区	307	1 366	966	4 351	2 048	4 555	2 920	841	22 244	39 598
計	15 093	36 798	30 171	69 393	27 693	70 187	29 218	37 522	26 834	342 909

表—3 35 年名古屋市通勤通学 OD 表

起点＼終点	千種区	東 区	北 区	西 区	中村区	中 区	昭和区	瑞穂区	熱田区	中川区	港 区	南 区	守山区	緑 区	計
千種区	17 840	7 062	1 418	1 416	4 947	17 592	4 094	1 795	1 222	823	1 069	589	367	62	60 296
東 区	2 446	14 743	2 138	1 145	1 980	6 953	1 337	687	573	397	506	266	319	29	33 519
北 区	2 236	7 548	24 424	3 634	2 731	9 923	1 812	1 055	913	645	599	378	525	44	56 467
西 区	1 474	2 968	2 205	28 019	4 121	7 143	1 119	547	1 081	1 024	639	355	117	36	50 848
中村区	2 654	3 693	1 001	5 108	29 228	11 974	1 939	1 160	1 946	3 881	1 479	681	110	59	64 913
中 区	1 841	2 606	540	766	1 788	15 998	2 033	946	1 316	843	614	326	139	41	29 797
昭和区	3 839	3 616	801	944	3 135	13 012	18 630	3 598	1 984	1 076	1 363	1 128	178	135	53 439
瑞穂区	1 996	2 488	566	704	2 119	8 165	5 028	18 195	4 250	1 156	2 356	2 332	96	192	49 643
熱田区	726	1 132	281	578	1 411	4 013	1 193	1 494	14 610	2 783	3 045	1 020	40	56	32 383
中川区	1 012	1 573	410	1 241	4 803	5 617	1 329	1 037	3 769	22 165	3 044	618	61	36	46 715
港 区	460	756	236	484	1 223	3 014	874	882	3 387	2 740	24 115	831	27	28	39 057
南 区	1 259	1 613	472	774	2 376	6 224	2 606	4 799	5 477	1 418	9 045	24 842	64	505	61 474
守山区	1 253	5 000	2 028	541	1 056	3 584	602	301	265	161	271	113	5 263	16	20 400
緑 区	292	472	119	264	1 075	1 828	495	1 296	1 349	299	1 100	1 762	20	5 716	16 087
計	39 329	55 270	36 639	45 618	61 993	115 040	43 091	37 792	42 142	39 411	49 191	35 241	7 326	6 955	

表—4 京都市平均通勤時間 r_{ij}（分）

北 区	上京区	左京区	中京区	東山区	下京区	南 区	右京区	伏見区	終点／起点
16	24	39	33	50	40	55	45	66	北 区
	9	28	15	35	21	32	33	44	上京区
		16	30	37	39	48	44	56	左京区
			9	28	17	27	25	38	中京区
				13	30	34	50	33	東山区
					9	24	33	38	下京区
						13	39	36	南 区
							16	66	右京区
								12	伏見区

都と名古屋のものを中心に示す。両市の 35 年の区間 OD 交通量および区間通勤時間を **表—2～5** に示した。40 年の実績値と各方法の予測値を **表—6，7** に示した。そして 3 都市の昭和 40 年の予測値から計算した比の平均値および標準偏差と，χ^2 の値を **表—8，9，10** に示した。これらには各モデルの係数を求めるために使用したデータの年度，相関係数をも付記しておいた。

表—8，9，10 および計算過程からつぎのことがわかった。まず各都市別に述べる。

京都市では現在パターン法の適合度が最もよく，平均成長率法，デトロイト法，フレーター法の差はほとんどない。これに続いては連立方程式法，トリップ ポテンシャル モデルの適合度がよい。重力モデル法とエントロピー法は，そのモデル式の型によって異なるが，ここで計算した範囲内では$x_{ij}=k\sqrt{X_iY_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$（重力モデル法），$P_{ij}'=\alpha\sqrt{u_iv_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$（エントロピー法）の適合度が最もよかった。現在パターン法の χ^2 の値と比較すると，連立方程式法が約 2 倍，トリップ ポテンシャル モデルが約 4 倍，重力モデル法，エントロピー法が約 9 倍になっている。また重力モデル法，エントロピー法の係数は，35 年と 40 年で変わっており，とくに k の変化が大きい。連立方程式法モデル 2 の r は，35 年，40 年の最適値がともに 2.30 で，予測モデルとして都合がよい。

名古屋市でも現在パターン法の適合度が最もよく，3 モデル式の差もほとんどない。これに続いては連立方程式法モデル 2 がよい。しかしモデル 1 の適合度は，重力モデル法，エントロピー法，トリップ ポテンシャル モデルとほぼ等しく，その推定値は実績値と相当異なっている。また重力モデル法とエントロピー法のモデル式のうちでは京都市と同様に，$x_{ij}=k\sqrt{X_iY_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$，と $P_{ij}'=\alpha\sqrt{u_iv_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$ の適合度がよかった。エントロピー法で $P_{ij}'=\alpha(u_i/v_j)r_{ij}^{-\gamma}$ を検討したら χ^2 は最小となったが $P_{ij}'=\alpha\sqrt{u_iv_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$ との差はわずかなので，

表—5 名古屋市平均通勤時間 r_{ij}（分）

千種区	東 区	北 区	西 区	中村区	中 区	昭和区	瑞穂区	熱田区	中川区	港 区	南 区	守山区	緑 区	終点／起点
11	23	39	50	46	29	20	34	65	64	81	64	41	91	千種区
	8	19	31	36	20	34	44	56	56	73	66	40	92	東区
		11	20	41	30	45	57	65	60	83	76	41	103	北区
			10	24	31	54	68	54	43	70	86	58	112	西区
				11	23	49	45	46	20	58	73	77	99	中村区
					10	24	38	31	36	56	55	59	81	中区
						9	12	41	45	61	41	52	68	昭和区
							9	33	45	54	29	64	56	瑞穂区
								10	28	22	31	91	57	熱田区
									13	36	57	95	84	中川区
										13	35	116	62	港区
											15	93	26	南区
												11	120	守山区
													13	緑区

表—6 京都市の通勤交通量の予測値（昭和 40 年）

起点＼終点	北区	上京区	左京区	中京区	東山区	下京区	南区	右京区	伏見区	計
北区	10 361	5 938	2 235	6 216	831	3 852	1 552	2 348	468	33 801
	10 679	6 032	2 109	6 247	854	3 839	1 338	2 271	436	33 804
	9 068	5 605	2 671	5 259	1 361	4 094	1 753	3 097	898	33 805
	9 147	5 353	2 715	5 204	1 366	4 106	1 803	3 203	906	33 803
	10 697	6 430	2 156	5 638	989	3 784	1 212	2 346	548	33 801
	9 836	5 851	2 266	6 403	1 045	4 269	1 527	2 334	272	33 803
上京区	1 996	14 534	1 711	6 672	816	3 399	1 447	2 434	492	33 501
	1 969	14 256	1 765	7 021	830	3 818	1 324	2 095	423	33 502
	1 643	11 183	1 968	7 937	972	4 894	1 864	2 316	730	33 507
	1 585	11 740	1 813	8 026	956	4 863	1 769	2 058	693	33 503
	1 805	13 614	1 647	7 736	645	4 315	1 653	1 871	215	33 501
	1 946	12 881	1 997	7 087	1 084	4 342	1 585	2 221	358	33 501
左京区	1 952	5 411	20 698	9 116	2 267	5 293	2 041	2 311	906	49 995
	1 818	5 294	20 540	9 391	2 286	5 534	2 023	2 345	768	49 997
	2 259	5 433	17 308	8 021	3 011	5 484	2 861	4 080	1 541	49 997
	2 269	5 117	17 585	7 855	3 006	5 451	2 932	4 231	1 551	49 998
	1 759	5 420	20 924	8 441	2 422	4 874	2 094	3 119	941	49 995
	1 929	5 406	18 581	9 632	2 558	6 315	2 389	2 542	643	49 995
中京区	863	2 755	1 259	17 445	880	4 709	1 897	3 501	546	33 855
	817	3 208	1 248	16 354	982	5 400	1 856	3 610	377	33 853
	718	3 368	1 372	15 764	1 142	5 654	2 016	3 078	749	33 862
	699	3 639	1 262	16 145	1 136	5 654	1 907	2 701	715	33 858
	773	2 919	1 192	17 475	847	5 280	2 130	3 083	156	33 855
	948	3 321	1 559	15 087	1 231	5 695	2 033	3 654	328	33 856
東山区	585	1 939	2 318	6 970	18 611	6 075	3 180	1 771	1 476	42 925
	590	1 829	2 258	7 060	18 563	6 426	3 265	1 520	1 408	42 919
	1 034	2 509	2 731	6 435	14 643	6 317	3 911	2 398	2 942	42 920
	1 035	2 445	2 725	6 408	14 667	6 336	3 963	2 407	2 936	42 922
	719	2 151	2 141	6 564	18 341	6 010	3 304	1 658	2 037	42 925
	801	2 251	2 515	7 279	17 047	6 764	3 313	1 686	1 269	42 925
下京区	441	1 352	817	4 918	1 321	29 161	3 265	2 559	782	44 616
	451	1 529	803	5 756	1 418	28 017	3 619	2 332	700	44 624
	694	2 582	1 151	6 855	1 390	25 044	3 403	2 483	1 025	44 627
	683	2 732	1 085	7 005	1 391	25 181	3 288	2 259	994	44 618
	648	1 719	848	5 170	934	29 343	3 640	2 122	192	44 616
	744	2 132	1 388	6 403	1 778	25 190	3 706	2 589	686	44 616
南区	311	930	631	3 107	991	4 942	17 072	1 986	1 134	31 104
	244	999	549	3 056	988	5 391	17 396	1 552	954	31 130
	503	1 654	998	3 933	1 451	5 485	13 358	2 263	1 460	31 106
	504	1 669	980	3 968	1 462	5 524	13 348	2 198	1 450	31 103
	331	1 283	642	3 471	1 037	5 054	16 891	1 643	751	31 104
	315	1 188	718	3 355	1 088	5 637	16 579	1 512	712	31 104
右京区	1 393	3 805	1 443	10 477	1 034	7 269	3 300	28 151	627	57 499
	1 445	3 716	2 079	10 121	1 028	6 076	2 726	29 813	466	57 470
	1 656	3 827	2 592	10 690	1 653	7 117	4 002	24 889	1 086	57 512
	1 652	3 583	2 610	10 374	1 638	7 001	4 056	25 506	1 086	57 506
	1 191	3 143	1 857	10 876	1 063	6 184	3 123	29 537	524	57 499
	1 510	3 831	2 307	9 916	1 215	6 406	2 795	29 518	0	57 498
伏見区	545	1 872	1 454	5 203	2 610	5 185	4 320	1 535	30 149	52 873
	432	1 672	1 215	5 123	2 419	5 375	4 499	1 083	31 052	52 870
	871	2 370	1 774	5 221	3 744	5 784	4 906	1 981	26 183	52 834
	874	2 257	1 790	5 140	3 739	5 767	5 008	2 032	26 249	52 856
	523	1 857	1 158	4 751	3 083	5 041	4 026	1 218	31 216	52 873
	418	1 675	1 235	4 964	2 314	5 267	4 148	540	32 312	52 873
計	18 447	38 536	32 566	70 124	29 361	69 885	38 074	46 596	36 580	
	18 445	38 535	32 565	70 129	29 367	69 875	38 046	46 623	36 584	
	18 445	38 531	32 566	70 115	29 367	69 873	38 074	46 586	36 613	
	18 448	38 535	32 565	70 125	29 361	69 883	38 074	46 595	36 580	
	18 447	38 536	32 566	70 124	29 361	69 885	38 074	46 596	36 580	
	18 447	38 536	32 566	70 126	29 360	69 885	38 075	46 596	36 580	

記入順序：昭和40年実績値　現在パターン法（平均成長率法）　重力モデル法　エントロピー法　連立方程式法（モデル 2）　トリップ ポテンシャル モデル

表—7　名古屋市の通勤，通学交通量予測値（昭和 40 年）

起点＼終点	千種区	東 区	北 区	西 区	中村区	中 区	昭和区	瑞穂区	熱田区	中川区	港 区	南 区	守山区	緑 区	計
千 種 区	26 744	8 248	1 811	1 632	6 985	20 649	5 053	2 377	1 322	983	1 194	809	1 166	177	79 150
	26 422	8 493	1 712	1 661	6 675	21 578	5 281	2 235	1 329	904	1 288	770	753	68	79 169
	32 182	9 591	2 442	1 887	3 537	14 213	7 209	2 371	1 113	1 221	1 279	1 058	921	135	79 159
	32 194	9 481	2 430	1 884	3 557	14 551	7 015	2 325	1 112	1 224	1 262	1 043	931	141	79 150
	28 303	8 563	1 787	1 671	5 713	20 054	5 629	2 225	1 324	972	1 282	735	826	64	79 148
	21 601	8 098	2 383	2 628	7 122	20 168	5 365	2 877	2 197	1 740	2 411	1 651	812	97	79 150
東 区	3 099	22 118	2 306	1 208	2 152	6 874	1 727	780	576	374	402	320	778	60	42 774
	3 714	18 164	2 645	1 376	2 738	8 738	1 767	876	638	447	625	357	672	33	42 787
	2 601	19 972	2 993	1 513	1 835	10 364	813	444	484	521	565	341	313	40	42 789
	2 628	20 377	3 108	1 535	1 783	9 803	875	444	476	574	502	322	331	45	42 783
	3 436	18 835	2 727	1 403	2 447	9 008	1 545	786	627	473	615	312	534	27	42 775
	3 534	14 329	2 608	1 850	3 242	8 551	2 118	1 366	1 197	985	1 351	930	645	68	42 774
北 区	3 466	8 088	30 465	4 604	3 926	12 419	2 480	1 199	1 076	845	735	502	1 458	124	71 387
	3 397	9 300	30 214	4 366	3 778	12 473	2 395	1 345	1 017	726	740	507	1 107	50	71 414
	2 739	12 769	23 010	9 429	3 835	12 300	1 526	844	998	1 251	1 105	691	825	96	71 417
	2 740	12 646	22 942	9 421	3 848	12 540	1 493	832	997	1 252	1 084	679	835	100	71 409
	3 216	10 022	29 033	5 257	3 739	12 463	2 214	1 247	1 023	828	805	509	979	53	71 388
	3 873	8 425	23 135	4 618	4 858	12 706	3 155	2 218	1 988	1 655	2 058	1 515	1 068	115	71 387
西 区	2 219	3 439	3 069	33 403	5 242	8 877	1 486	784	1 265	1 226	690	536	609	124	62 969
	2 239	3 652	2 724	33 619	5 697	8 969	1 478	697	1 202	1 151	788	476	247	41	62 980
	1 413	4 189	6 259	25 958	9 008	9 567	876	502	1 158	1 886	1 286	464	366	68	63 000
	1 414	4 158	6 270	25 970	8 993	9 640	867	501	1 156	1 884	1 243	453	373	71	62 993
	1 944	3 712	3 349	32 423	6 425	8 984	1 336	654	1 203	1 290	866	436	306	41	62 969
	2 899	4 131	2 997	25 364	6 017	9 728	2 366	1 645	2 013	1 895	1 973	1 400	433	108	62 969
中 村 区	3 712	3 626	1 197	5 213	43 648	13 069	2 217	1 326	1 780	3 955	1 615	844	432	195	82 829
	3 927	4 431	1 206	5 977	39 377	14 656	2 496	1 441	2 110	4 253	1 779	889	226	65	82 835
	1 790	3 279	1 718	6 037	87 135	18 042	1 127	1 124	1 679	8 040	1 904	662	234	90	82 859
	1 793	3 242	1 720	6 039	37 107	18 161	1 112	1 119	1 677	8 045	1 852	652	240	95	82 854
	3 246	4 244	1 289	6 059	38 893	15 442	2 189	1 381	2 122	5 048	1 839	777	240	59	82 828
	4 399	5 038	2 089	6 007	31 943	14 809	3 346	2 374	2 904	4 577	2 940	1 853	441	110	82 830
中 区	2 172	2 504	471	872	1 890	28 672	2 009	980	1 168	860	525	405	309	88	42 925
	3 138	3 633	756	1 042	2 784	22 719	3 033	1 363	1 663	1 075	856	492	325	52	42 931
	1 233	2 985	912	1 083	3 203	28 789	1 197	421	1 035	891	685	352	111	36	42 936
	1 311	3 186	1 002	1 157	3 245	28 001	1 372	489	1 092	923	632	351	126	44	42 931
	2 527	3 433	791	1 037	2 998	24 590	2 444	1 072	1 496	1 040	824	379	262	33	42 926
	3 117	3 613	1 211	1 593	3 266	18 943	3 024	1 709	1 953	1 473	1 518	1 025	396	85	42 926
昭 和 区	6 248	4 338	1 020	1 122	3 689	14 546	24 119	4 176	2 159	1 104	1 413	1 463	444	304	66 145
	5 562	4 241	943	1 079	4 132	15 571	23 455	4 369	2 102	1 152	1 603	1 441	359	146	66 153
	6 505	2 905	1 209	1 068	2 086	14 465	21 026	9 930	1 709	1 584	1 525	1 583	395	145	66 135
	6 461	2 908	1 219	1 064	2 031	14 025	21 511	10 239	1 691	1 551	1 390	1 487	402	153	66 132
	5 755	4 038	974	1 079	3 546	15 292	23 191	5 458	2 136	1 259	1 594	1 318	370	134	66 144
	5 347	4 599	1 693	2 056	4 915	14 845	18 518	4 308	2 678	1 865	2 547	2 086	496	191	66 144
瑞 穂 区	3 124	2 915	686	777	2 545	9 013	6 256	22 732	3 684	1 202	2 443	2 777	317	402	58 878
	2 835	2 854	652	787	2 736	9 562	6 196	21 617	4 400	1 211	2 712	2 919	190	203	58 875
	2 734	2 037	858	783	2 647	6 463	12 820	20 099	2 848	1 736	2 031	3 273	296	231	58 858
	2 717	2 038	862	780	2 593	6 345	12 987	20 508	2 823	1 705	1 875	3 086	300	241	58 860
	2 640	2 734	668	786	2 560	8 996	7 425	21 557	4 463	1 323	2 604	2 716	205	200	58 877
	3 208	3 431	1 405	1 746	3 714	9 949	5 637	16 612	4 308	1 841	3 302	3 117	360	249	58 879
熱 田 区	915	1 163	325	744	1 494	4 303	1 538	1 458	18 534	2 827	3 666	1 220	105	151	38 443
	1 100	1 385	345	689	1 942	5 012	1 567	1 893	16 140	3 111	3 738	1 361	84	63	38 432
	538	833	423	745	1 639	6 012	874	1 139	14 971	2 577	6 552	1 891	97	139	38 430
	548	847	436	760	1 641	5 978	906	1 192	15 200	2 599	6 217	1 854	102	153	38 433
	898	1 272	352	689	1 797	5 102	1 420	1 757	16 300	3 143	4 178	1 378	86	72	38 444
	1 590	1 927	910	1 319	2 579	5 567	1 908	2 018	12 106	2 961	3 591	1 635	225	107	38 443
中 川 区	1 797	1 970	664	2 078	6 233	7 897	1 996	1 629	4 888	29 079	4 231	1 076	219	162	63 919
	1 740	2 206	577	1 698	7 535	8 028	1 996	1 504	4 788	28 424	4 273	940	144	46	63 899
	1 086	1 677	994	2 233	14 037	8 847	1 552	1 334	4 682	21 094	4 932	1 140	180	140	63 927
	1 080	1 638	980	2 215	14 086	9 048	1 486	1 288	4 651	21 092	4 909	1 130	181	146	63 930
	1 512	1 976	648	1 778	9 980	8 043	1 880	1 451	4 489	26 715	4 329	930	182	58	63 921
	2 516	3 048	1 452	2 500	7 189	8 873	2 690	2 181	4 519	22 264	4 497	1 722	358	110	63 919

起点＼終点	千種区	東　区	北　区	西　区	中村区	中　区	昭和区	瑞穂区	熱田区	中川区	港　区	南　区	守山区	緑　区	計
港　区	809	998	236	719	1 591	3 540	1 254	1 196	3 793	3 135	33 397	1 112	56	124	51 960
	752	1 006	315	628	1 824	4 090	1 247	1 214	4 080	3 333	32 145	1 202	61	34	51 931
	675	993	520	889	1 939	3 632	847	892	6 744	2 946	28 879	2 633	119	229	51 934
	668	958	508	876	1 944	3 713	798	849	6 669	2 942	29 030	2 629	119	239	51 942
	750	979	353	663	1 865	3 939	1 160	1 147	4 387	3 309	31 652	1 586	99	71	51 960
	1 538	1 877	1 032	1 465	2 788	5 414	1 892	1 738	3 829	3 321	25 071	1 681	237	76	51 959
南　区	1 954	2 103	543	1 148	2 935	7 706	3 743	6 307	5 726	1 631	10 675	34 753	142	905	80 271
	1 941	2 020	593	945	3 338	7 950	3 500	6 220	6 204	1 623	11 350	33 838	137	581	80 241
	2 306	2 650	1 366	1 343	2 763	7 974	3 890	6 319	8 292	2 772	10 241	27 362	397	2 547	80 223
	2 265	2 525	1 308	1 311	2 809	8 468	3 505	5 736	8 160	2 779	10 790	27 659	387	2 537	80 239
	2 098	2 114	727	997	3 149	8 002	3 718	6 404	6 485	1 858	11 204	32 264	255	995	80 270
	2 865	3 159	1 598	2 165	4 608	9 496	4 016	5 810	5 946	2 387	10 345	26 888	370	618	80 271
守山区	2 173	5 829	2 377	824	1 616	5 385	948	504	331	288	252	189	9 073	41	29 830
	1 871	6 095	2 482	644	1 440	4 452	786	380	293	179	265	149	10 796	18	29 850
	2 634	3 447	2 131	1 412	1 316	3 713	1 312	767	586	573	616	501	10 743	80	29 832
	2 634	3 382	2 094	1 407	1 348	3 943	1 233	726	586	580	637	504	10 675	81	29 830
	2 141	5 612	2 403	758	1 383	4 314	941	471	325	240	323	218	10 674	28	29 831
	1 910	5 569	2 380	895	1 715	4 633	1 003	624	547	397	566	382	9 209	0	29 830
緑　区	839	988	223	628	2 141	4 117	1 301	2 036	1 797	542	2 807	2 636	62	7 630	27 747
	618	826	209	451	2 087	3 252	924	2 341	2 149	479	1 920	3 320	57	9 095	27 729
	832	980	539	565	1 077	2 659	1 071	1 321	1 831	955	2 476	6 728	173	6 520	27 727
	819	940	517	553	1 100	2 850	966	1 200	1 808	961	2 621	6 792	167	6 440	27 734
	803	792	293	424	1 592	2 838	1 036	1 881	1 719	556	1 930	5 083	150	8 650	27 747
	874	1 084	501	766	2 130	3 386	1 090	2 010	1 911	689	1 875	2 758	119	8 553	27 746
計	59 271	68 327	45 393	54 972	86 087	147 067	56 127	47 489	48 099	48 051	64 045	48 642	15 170	10 487	799 227
	59 256	68 306	45 373	54 963	86 083	147 049	56 121	47 494	48 115	48 069	64 081	48 663	15 157	10 497	
	59 267	68 306	45 373	54 945	86 057	147 042	56 140	47 508	48 118	48 047	64 078	48 679	15 170	10 497	
	59 272	68 326	45 396	54 972	86 085	147 066	56 126	47 488	48 098	48 051	64 044	48 651	15 169	10 486	
	59 269	68 326	45 394	54 974	86 087	147 067	56 128	47 491	48 099	48 054	64 045	48 641	15 168	10 485	
	59 271	68 328	45 394	54 972	86 086	147 068	56 128	47 490	48 096	48 050	64 045	48 643	15 169	10 487	

記入順序：昭和40年実績値 現在パターン法（平均成長率法） 重力モデル法 エントロピー法 連立方程式法（モデル1） トリップ ポテンシャル モデル

表—8 京都市の通勤交通に対する適合度（9ゾーン）

予測モデル名	モデルの式	係数	相関係数	年度	比 平均値	比 σ	χ^2
平均成長率法					0.970	0.121	2 129
デトロイト法					0.970	0.120	2 173
フレーター法					0.970	0.120	2 191
重力モデル → 平均成長率法	$x_{ij}=k\sqrt{X_iY_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$	$k=3.31\times10$, $\gamma=1.831$	0.840	35 年	1.230	0.302	19 703
〃 → デトロイト法	〃	〃					20 283
〃 → フレーター法	〃	〃					18 781
〃 → 平均成長率法	$x_{ij}=k(X_iY_j)^{\alpha}r_{ij}^{-\gamma}$	$k=4.35\times10^{-3}$, $\alpha=0.906$, $\gamma=1.708$	0.890	35 年	1.313	0.372	30 290
〃 → デトロイト法	〃	〃			1.290	0.418	30 181
〃 → フレーター法	〃	〃			1.290	0.384	28 825
〃 → 平均成長率法	$x_{ij}=kX_i^{\alpha}Y_j^{\beta}r_{ij}^{-\gamma}$	$k=3.00\times10^{-3}$, $\alpha=0.949$, $\beta=0.899$, $\gamma=1.711$	0.890	35 年	1.311	0.370	30 002
〃	$x_{ij}=k\sqrt{X_iY_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$	$k=2.09\times10$, $\gamma=1.688$	0.811	40 年	1.317	0.381	31 934
〃	$x_{ij}=k(XiYj)^{\alpha}r_{ij}^{-\gamma}$	$k=1.70\times10^{-4}$, $\alpha=1.040$, $\gamma=1.609$	0.878	40 年	1.378	0.436	41 316
〃	$x_{ij}=kX_i^{\alpha}Y_j^{\beta}r_{ij}^{-\gamma}$	$k=4.41\times10^{-6}$, $\alpha=1.605$, $\beta=0.850$, $\gamma=1.710$	0.888	40 年	1.309	0.374	30 216
エントロピー法	$Pij'=\alpha\sqrt{v_iv_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$	$\gamma=1.831$	0.840	35 年	1.222	0.314	20 297
〃	$P_{ij}'=\alpha\, u_iv_jr_{ij}^{-\gamma}$	$\gamma=1.680$	0.833	35 年	1.316	0.394	32 917
〃	$P_{ij}'=\alpha\sqrt{u_iv_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$	$\gamma=1.688$	0.811	40 年	1.310	0.389	32 119
〃	$P_{ij}'=\alpha\, u_iv_jr_{ij}^{-\gamma}$	$\gamma=1.615$	0.826	40 年	1.357	0.432	39 811
連立方程式法 1		$\gamma=2.60$			0.973	0.163	4 981
〃 2		$\gamma=2.30$		35(40)年	0.984	0.200	4 359
トリップ ポテンシャル モデル					1.035	0.254	8 080

ここでは採用しなかった。現在パターン法の χ^2 の値と比較すると，連立方程式法モデル1が約1.5倍で，その他は約 7~8 倍である。重力モデル法，エントロピー法の係数は 35 年と 40 年で変わっているが，変動はそれほど大きくない。連立方程式法モデル2の γ の最適値は，京都市と同じく 35 年と 40 年が等しくなった。

大阪市でも前2都市と同じく，現在パターン法の適合度が最もよく，モデル式による差は小さい。これに続い

表—9　名古屋市の通勤，通学交通に対する適合度（14 ゾーン）

予測モデル名	モデルの式	係数	相関係数	年度	比		χ^2
					平均値	σ	
平均成長率法					0.990	0.175	13 043
デトロイト法					0.980	0.234	13 068
フレーター法					0.980	0.240	13 133
重力モデル→平均成長率法	$x_{ij}=k\sqrt{X_iY_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$	$k=3.29\times10^{-2}$, $\gamma=1.837$	0.860	35 年	1.127	0.522	106 290
〃	$x_{ij}=k(X_iY_j)^{\alpha}r_{ij}^{-\gamma}$	$k=1.54\times10^{-6}$, $\alpha=0.972$, $\gamma=1.625$	0.938	35 年	1.348	0.614	127 458
〃	$x_{ij}=kX_i^{\alpha}Y_j^{\beta}r_{ij}^{-\gamma}$	$k=5.43\times10^{-5}$, $\alpha=0.482$, $\beta=1.128$, $\gamma=1.633$	0.949	35 年	1.342	0.607	126 444
〃	$x_{ij}=k\sqrt{X_iY_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$	$k=3.47\times10^{-2}$, $\gamma=1.662$	0.858	40 年	1.288	0.607	122 180
〃	$x_{ij}=k(X_iY_j)^{\alpha}r_{ij}^{-\gamma}$	$k=1.03\times10^{-5}$, $\alpha=0.874$, $\gamma=1.524$	0.919	40 年	1.445	0.694	146 651
〃	$x_{ij}=kX_i^{\alpha}Y_j^{\beta}r_{ij}^{-\gamma}$	$k=1.22\times10^{-4}$, $\alpha=0.550$, $\beta=0.973$, $\gamma=1.524$	0.924	40 年	1.447	0.693	146 929
エントロピー法	$P_{ij}'=\alpha\sqrt{u_iv_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$	$\gamma=1.837$	0.860	35 年	1.125	0.516	105 220
〃	$P_{ij}'=\alpha\,u_iv_jr_{ij}^{-\gamma}$	$\gamma=1.612$	0.874	35 年	1.337	0.632	127 925
〃	$P_{ij}'=\alpha\,u_iv_j^{-1}r_{ij}^{-\gamma}$			35 年			104 707
〃	$P_{ij}'=\alpha\sqrt{u_iv_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$	$\gamma=1.662$	0.858	40 年	1.287	0.599	120 550
〃	$P_{ij}'=\alpha\,u_iv_jr_{ij}^{-\gamma}$	$\gamma=1.478$	0.851	40 年	1.478	0.740	155 480
〃	$P_{ij}'=\alpha\,u_iv_j^{-1}r_{ij}^{-\gamma}$	$\gamma=1.858$	0.714	40 年	1.11	0.509	104 409
連立方程式法 1		$\gamma=1.90$			1.000	0.269	18 100
〃 2		$\gamma=1.90$		35(40)年	1.090	0.497	106 033
トリップポテンシャル モデル					1.413	0.633	95 880

表—10　大阪市の通勤，通学交通に対する適合度（22 ゾーン）

予測モデル名	モデルの式	係数	相関係数	年度	比		χ^2
					平均値	σ	
平均成長率法					1.237	0.332	35 620
フレーター法					1.228	0.328	34 518
重力モデル→平均成長率法	$x_{ij}=k\sqrt{X_iY_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$	$k=4.394$, $\gamma=1.567$	0.774	35 年	2.088	1.207	357 024
エントロピー法	$P_{ij}=\alpha\sqrt{u_iv_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$	$\gamma=1.668$	0.858	35 年	1.694	0.853	160 543
連立方程式法 2		$\gamma=1.70$		35(40)年	1.476	0.530	108 085
トリップポテンシャル モデル					2.953	2.383	853 299

て連立方程式法モデル 2 の適合度がよく，χ^2 の値は現在パターン法の約 3 倍である。前 2 都市の検討により，重力モデル法およびエントロピー法のモデル式のうちでは $x_{ij}=k\sqrt{X_iY_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$，$P_{ij}=\alpha\sqrt{u_iv_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$ の適合度がよいことがわかったので，大阪市ではこれらを採用した。大阪市では，前 2 都市と異なり，重力モデル法とトリップ ポテンシャル モデルの適合度が極端に悪く，エントロピー法の χ^2 の値が現在パターン法の約 5 倍であるのに，重力モデル法とトリップ ポテンシャル モデルのそれは，それぞれ約 10 倍，25 倍となっている。重力モデルでは全体的に同一ゾーン内交通量が小さくなっていることから，同一ゾーン内所要時間を大きく見積り過ぎたためと思われる。しかし，他のモデルではこの所要時間で比較的よい値が得られているので，モデルごとに所要時間の算定基準を変える必要があるかもしれない。

つぎに予測方法別に考察する。

現在パターン法の 3 法の予測値はほぼ等しい。京都市における現在パターン法の適合度がとくによいのは，35 年から 40 年までの発生，集中量の伸び率およびその変動（分散）が小さく，かつゾーン数が少ないためと思われる。各都市のゾーン別伸び率の平均値 m および分散

表—11

	伸び率平均値	発生量伸び率分散	集中量伸び率分散
京都市	1.11	0.01	0.10
名古屋市	1.30	0.10	0.21
大阪市	1.36	0.05	0.08

σ^2 は表—11 のようである。現在パターン法では，伸び率の大きいゾーンの推定値を実績値と比較すると一般に小さくなっている。これは現在パターン法が地域に大きな構造変化のある場合，その変化に対応できない欠陥を示していると思われる。また，現在 OD 表において $t_{ij}-q$，$t_{i,j+k}+q$，$t_{i+l,j}+q$，$t_{i+l,j+k}-q$ というような変化があった場合，発生，集中量は不変なので，現在パターン法の推定値は現在値のままで，構造変化は全く無視されることになる。これに対して，構造変化が区間所要時間の短縮などにより生ずる場合なら，現在パターン法以外の方法では，これをある程度推定値に反映させることが可能である。

収束計算回数は，発生，集中量の収束率を何%（たとえば 99%，99.9%）にするかによって異なる。収束率 99.9% の場合は，平均成長率法の回数が最も多く，京都市の例ではデトロイト法，フレーター法の順に少なく

なる。ところが名古屋市ではフレーター法，デトロイト法の順に少なくなるので両法の優劣は現在ODパターンと将来発生，集中量によって決まり，一般的にいうことはできない。しかし，電子計算機の発達により，これら3法を用いる限り，今日では収束の速さを問題にする必要はほとんどなくなったといえる。

重力モデル法による予測値は現在パターン法よりかなり適合度が悪い。この原因としてはつぎのことが考えられる。第1は，重力モデル式において係数 k, α, γ を最小自乗法で求めたとき，t_{ij} と T_i, U_j, r_{ij} 間の重相関係数が 1.00 でなかったことからもわかるように，OD交通量を式（8）で完全に表現することができないことである。第2は，35 年の OD 表を基にして得られた係数が，40 年においても変わらないと仮定していることである。第3は，ゾーン間の平均所要時間 r_{ij} の5年間における変化を考慮していないことである。重力モデル式（8）の係数 α, β, の値としては $\alpha \fallingdotseq \beta$, または $\alpha=\beta$ として最小自乗法により決めた値と $\alpha=\beta=1/2$ を用いる場合では，$\alpha=\beta=1/2$ の適合度が最もよい。これは将来予測に際して現状分析のゾーン分割をそのまま用いるからであろう。

OD 交通量を式（8）で表わす場合の重相関係数は 0.770〜0.950 でかなりよい相関性を示している。これは式（8）の両辺の対数をとったときの値であるので，実際とは多少相違すると考えられるが，その影響はあまり大きくないだろう。また，相関係数について見ると，$\alpha=\beta$ と仮定するより $\alpha \fallingdotseq \beta$ とするほうが大きいが，適合度にはほとんど差がない。これは，係数を多くすると現在のパターンにはよりよく適合するが，必ずしも将来を，係数が少ない場合より的確に予測するとは限らないことを示している。

つぎに，35 年の係数 k, α, β, γ を用いて 40 年の予測をすることの妥当性を検討するために，40 年の実績値から k, α, β, γ を求めてみると，α, β, γ は 35 年のものとほぼ等しいが，k の値が相当変化していることがわかる。したがって，35 年の係数で計算した 40 年の分布量と実績値との差は相当大きく，これを現在パターン法で収束させても実績値に対してばらつくのは当然のことである。またこの現在パターン法による修正量があまり大きいと，得られた最終結果は重力モデルの性質とは違ったものになる危険がある。事実，**表—8，9** によると，40 年の予測をするのに，その年の係数を用いるよりも 35 年のを用いたときの適合度の方がよい。この理由としては，対数をとって最小自乗法を適用していること，最小自乗法は誤差の自乗の和を最小にしているのに対して，適合度の判定は χ^2 の値を用いていること，係数が適切でなく，発生，集中量に一致させる際の修正量が大きすぎることの3つが考えられる。各予測値について，誤差の自乗の和 $E=\sum_{i,j}(t_{ij}'-t_{ij})^2$ を計算してみると，χ^2 が大きい場合は E の値も大きくなっており，適合度判定に χ^2 を用いることによる影響は小さいことがわかる。また対数をとることによる影響もそれほど大きいとは考えられない。したがって，現在パターン法で収束させる重力モデル法では，最小自乗法によって決めた係数が最適値でなく，よりよい予測値を与える係数が他に存在すると考えるのが妥当のようである。すなわち，最小自乗法によって係数を決定することには問題があるといえる。ではいかにして係数を決めるべきであろうか。係数の最適値は最小自乗法で得た値の近傍にあるはずだから，それぞれの係数の近傍の値を用いて適合度を検討し，最適値を求める方法しかないだろう。これも，係数の個数が少ない場合はよいが，多くなると最適値を求めることが相当めんどうになる。

エントロピー法による予測値の適合度は重力モデル法のそれとほぼ等しく，あまりよくない。これは通勤，通学交通のような特定地域間の結びつきが強く現われる交通に対して適合性が低下する本法の特質によるのであろうが，モデル式の構造が重力モデル法に似ていることから，重力モデル法と同じ原因にもよると考えられる[18]。この方法でも P_{ij}' が式（12）で与えられると仮定するより，$P_{ij}'=\alpha\sqrt{u_i v_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$ としたほうの適合度がよい。また，γ は実績値から最小自乗法により求めるのだが，同じ 40 年を予測するのに 35 年と 40 年の γ を用いると，前者の適合度がよいという結果が得られた。これは，重力モデル法の場合と同様に，γ を最小自乗法で決定することに起因していると思われる。エントロピー法は最小自乗法で決めた係数を用いて将来の遷移確率を求め，それを発生，集中量の条件式を満足しながら同時生起確率が最大となるよう修正する計算方法であると考えられる。ゆえに，重力モデル法の場合と同様に，最小自乗法で決定した γ を用いるより，他の γ を用いるほうが適合度のよい交通量を得る場合があり得る。また，名古屋市で $P_{ij}'=\alpha(u_i/v_j)r_{ij}^{-\gamma}$ と仮定して，交通量を予測してみたら，$P_{ij}'=\alpha\sqrt{u_i v_j}\,r_{ij}^{-\gamma}$ の場合よりも適合度がよかった。エントロピー法の式からわかるように，P_{ij}' が $P_{ij}'=\alpha\, u_i^{\beta_1} v_j^{\beta_2} r_{ij}^{-\gamma}$ の形で与えられる限り，適合度に関係するのは γ の値であるから，γ をいろいろ仮定して実績値との適合度を調べ，望ましい値を決定するのがよいのではないだろうか。このとき，重力モデル法では2つ以上の係数の最適値を決めなければならないのに対して，エントロピー法では γ のみを決めればよいので比較的容易である。

連立方程式法には2つのモデルがあるが，京都市ではモデル 1，2 とも，名古屋市ではモデル 1，大阪市では

モデル2の適合度がそれぞれ現在パターン法についでよく，この点では重力モデル法，エントロピー法よりすぐれているといえる。しかし，モデル1を大阪市に適用すると，交通量が負となったので，この場合モデル1をそのまま適用することはできない。この方法では，ゾーン数が 20 以上になるか，あるいは r が 2.0 以上になると交通量が負になることがある。これが欠点である。しかし，あらかじめ与えなければならない係数は r だけなので，エントロピー法の場合と同様に，比較的容易に係数の最適値を決定できる。また，r を変えても適合度がよくならない場合は，所要時間 r_{ij} を増減すると交通量 x_{ij}' が減増する性質を利用して，とくに適合度の悪い地区間の r_{ij} を少し変え，適合度をよくすることができる。

ここでとりあげた各都市の例では，連立方程式法がよい予測値を与えたが，モデル式の構造上交通量が負となることがあるから注意を要する。しかし，所要時間 r_{ij} および r の値が適切で，得られた交通量がすべて正なら，比較的よい予測値を与えていると考えてよいだろう。また，交通量が負となった場合も，r_{ij} を少し変えることおよび前記修正法により，適切な予測値が得られることがある。

トリップ ポテンシャル モデルによる予測値の適合度は，京都では比較的よいが，名古屋では重力モデル，エントロピー法と同じで，大阪では他のモデルにくらべて極端に悪い。このモデルでは，ゾーン数が多くなると予測精度が悪くなるようである。また全般的に同一ゾーン内交通量が小さく予測されている。そしてこのモデルでは，連立方程式法と同様に予測交通量が負になる場合があるので，これを修正する方法が与えられている。ここで計算した京都，名古屋，大阪のいずれの都市においても負の交通量が現われたので，最終予測交通量を決定するためには修正計算を行なわなければならなかった。このとき最小交通量が0になるように補正するのだが，最小交通量が0になるという根拠は明らかでないので，ここに問題がある。連立方程式法でもこれと同じ修正法を用いるので，同じ問題を含んでいる。

表―6, 7 によると，現在パターン法以外は，いずれの方法も同一ゾーン内交通の予測値が実績値より小さくなっており，エントロピー法，重力モデル法においてとくにその傾向が強い。これは同一ゾーン内の平均所要時間 r_{ij} を大きく推定したためと考えられる。平均所要時間の推定についてはさらに検討する必要がある。また，各方法による予測値の差の最大値は京都で約 4 000，名古屋で約 8 000，大阪で約 17 000 人で，これだけの差をもつ地区間が 5，6 個あるから採用する方法を慎重に選ぶ必要がある。

つぎに，χ^2 の値の差が OD 交通量にどれほど現われるかを名古屋と京都で重力モデル法を例にとって検討してみると，つぎのような結果を得た。名古屋において $\chi^2=106\,290$ と $\chi^2=122\,180$（差 15 890）の間で，京都において $\chi^2=19\,703$ と $\chi^2=31\,934$（差 12 231）の間で，それぞれ交通量の差の最大値は約 3 000 人，1 500 人であった。ゆえに，同じモデルでも適切な係数を用いるか否かによって相当差があるので，その決定法が交通量予測において非常に重要であることがわかる。また，予測値の実績値に対する比の平均値が 1.00 より大きい場合は，過大予測値の地区間が多く，過小予測値のそれが少ない。このとき，過大予測量の合計は過小予測量の合計に等しいので，過小OD交通量となる地区間の誤差が大きくなるから注意を要する。逆に，比の平均値が 1.00 より小さい場合は，過大予測地区間の誤差が大きくなる。

以上を総合するとつぎのことがいえる。35 年の OD 表を用いて 40 年の交通量を予測する場合，適合度は現在パターン法が最もよく，連立方程式法がこれに続き，トリップ ポテンシャル モデル，エントロピー法，重力モデル法の順に悪くなる。後二者の間には大きな差は認められず，前二者にくらべると適合度が相当悪い。連立方程式法では，名古屋市の場合，モデル2の適合度が重力モデル法，エントロピー法と変わらず，また大阪市でモデル1をそのまま適用すると負の交通量が得られたので注意を要する。

また，重力モデル法およびエントロピー法の係数を求めるための従来の最小自乗法は最適値を与えないので，最小自乗法で得た係数の近傍で繰り返し計算により最適値を求めるべきである。

現在パターン法の適合度が最もよいという結果は，35 年から 40 年を予測するのは比較的短期間の予測で，その間の交通量の変動も小さいために，得られたと考えられる。長期予測で，その間の変動が大きい場合は，現在パターン法の適合度がもっと悪くなるはずである。これに対して，その他の方法は交通パターンの変化にある程度適応できるので，それほど適合度が悪くならないであろう。

5. 予測モデルの構造の比較

これまで実績値により予測モデルの適合度を検討してきたが，ここでは，予測モデルの具備すべき構造的な条件をあげ，各モデルがこれらをどの程度満足しているか考察してみる。

交通量予測モデルは，OD 交通量を所与の発生，集中量によって説明するモデル式で，将来発生する交通量の

変化を説明する能力が大きいものほどすぐれている。予測モデルにおいては，現在ODパターンを説明することが必要最低限の条件である。なぜなら，現状を説明できないモデルが将来を的確に予測できるはずがないからである。またいかなるモデルにも将来値を現状以上に的確に予測することは期待できないから，モデルの予測能力の限界は，それを現在ODパターンに適用することによって知ることができる。まれに，将来予測の適合度が現状に対するものよりよくなることがあるが，これは偶然であって，一般的には現状への適合度を越えることはできないと考えるのが妥当である。しかし，現状への適合度がよくても，必ずしも将来予測の適合度がよいとは限らないので，予測モデルの適合度の検討は少なくとも二時点で行なうべきである。

それぞれの予測モデルが既知のODパターンの特質をいかにうまく説明しているかということは，そのモデルを既知の OD 交通量に適用した場合，得られる交通量 t_{ij}' が既知交通量 t_{ij} にどれだけ近い値を示すかによって測定できる。この測定指標としては，つぎの値が考えられることをすでに述べた。

$$E=\sum_{i,j}(t_{ij}'-t_{ij})^2,\ \text{あるいは}\ E'=\sum_{i,j}(t_{ij}'-t_{ij})^2/t_{ij} \quad\cdots\cdots(26)$$

このとき，予測OD交通量はつぎの条件を満足しなければならない。

$$\sum_j t_{ij}'=T_i,\ \sum_i t_{ij}'=U_j,\ t_{ij}'\geqq 0 \cdots\cdots(27)$$

また，将来交通量予測の場合の条件式も同じくつぎのようになる。

$$\sum_j x_{ij}'=X_i,\ \sum_i x_{ij}'=Y_j,\ x_{ij}'\geqq 0 \cdots\cdots(28)$$

OD 交通量の予測モデルは，交通量の発生機構を考慮するものと，全体に対する比率により個々の値を予測するものの2つに大別できる。前者には重力モデル法，エントロピー法，連立方程式法があり，後者には現在パターン法がある。これらのモデルは，以下に示すように，いずれも E, E' を最小にするモデル式を用い，条件式 (28) を満足する交通量 x_{ij}' を求めることを目的としている。これらは，Eを最小にするモデル式を用いているので，x_{ij}' が x_{ij} に最も近い値となるであろうという推論に基づいて構成されたものである。この推論は正しい。しかし，たとえ E を最小にするモデルでもその最小値が極端に大きい場合は，予測モデルとしての基本条件“現状を説明できること”を満足していないので，使用できない。また E を最小にするモデル式の係数が容易に求められるかという問題もある。これらの点を考慮しながら，各モデルの検討を行なってみる。

現在パターン法を現在 OD 交通量の予測に適用すると，$E=0$ で，条件式 (27) を満足しており，将来予測値は式 (28) を満足している。しかし，この方法は現在交通量を用いて現在値を予測すると常に実績値と一致するという構造をもっているので，これだけで予測能力が大きいと断定できない。過去のOD交通量から現在の交通量を予測し，このときの t_{ij}' と t_{ij} を比較して，OD パターンの特質をどれほどとらえているかを判定すべきである。

重力モデル法では，現在交通量から E の最小値を与える係数を求めるが，条件式 (27) は満足していない。したがって，どれだけODパターンの特性をとらえたかは，(相関係数である程度わかるが) 現在パターン法で条件式 (27) を満足せしめ，Eの値を求めてみなければわからない。また，将来予測値も現在パターン法により式 (28) を満足せしめる。条件式 (27) を満足し，かつ E を最小にする係数が求められればよいのだが，このような係数は存在しない。実例で検討の結果，Eを最小にする係数による予測値の適合度が最良でないことがわかったので，繰り返し計算により最適な係数を求める必要がある。

エントロピー法では，Eでなく，遷移確率の誤差が最小となる係数 r を現在交通量から決定する。この段階では式 (27) は満足していないが，将来予測値は式 (28) を満足している。重力モデル法と同様に，式 (27) を満足していないのでどれだけODパターンの特質を採り入れたかを知るには，現在交通量にこの方法を適用し，Eを計算してみなければならない。検討例によると，前記の方法による係数が必ずしも最適でないことがわかったので，繰り返し計算により最適値を求めるべきであろう。

以上より重力モデル法とエントロピー法においては，係数決定に際して従来の最小自乗法を用いる限り，現状を最もうまく説明すると考えられるモデル式が必ずしも将来を最も的確に予測するものでないことがわかった。

連立方程式法は，条件式 (27) を満足し，かつ E' を最小にする r を求めている。これによる予測値は式 (28) の前2式を満足しているが，$x_{ij}\geqq 0$ を満足するという保証はない。$x_{ij}\geqq 0$ を満足するために，修正計算を必要とすることがある。

トリップ ポテンシャル モデルでは，現在交通量 t_{ij} を用いて $E=E'=0$ となる修正項 $\bar{g}_{ij}$ を計算し，これよりネットワーク パラメーター $\bar{r}_{ij}$ を決めているので，条件式 (27) を常に満足しているが，現パターン法と同様に，これをもって現状を説明する能力が大きいと断定することはできない。このモデルの予測能力は，過去のOD 交通量から現在の交通量を予測して予測値と実績値を比較してみなければわからない。ネットワーク パラメーター r_{ij} は将来も変わらないものと考えて予測値 x_{ij} を求めている。この予測値は式 (28) の前2式を満

足しているが，$x_{ij} \geqq 0$ を満足する保証がないので，修正計算法により $x_{ij} \geqq 0$ を満足せしめる。この修正計算法は最小交通量が0となるように修正するものだが，最小交通量が0となることの理論的根拠は明らかでない。また適用例によると，ゾーン数が多くなると予測精度が悪くなる傾向があるので注意を要する。

交通量予測方法は，式(27)を満足し，かつ E, E' を最小にするもので，その最小値が小さく，将来予測においては，式(28)を満足し，モデルの係数の決定が容易で，しかもODパターン構造変化にも適応できるものが最も望ましい。しかし，**表—8, 9, 10** において，各モデルを適用したときの相関係数が 1.00 にならないことからもわかるように，重力モデル，エントロピー法を用いる場合，式(27)を満足する係数は存在しない。これらのモデルでは，係数が 2〜4 個であるのに，発生量と集中量が与えられていることによる条件式は $2n$-1 個ある。したがって，条件式を満足する係数を求めることは，未知数の数より方程式の数が多い連立方程式を解くことになり，解が存在しないということになる。このために，次適の手段として，従来行なわれている方法が考えられたものと思う。このような矛盾を解決することを目的として考案したのが，連立方程式法であるが，現在の段階ではまだ目的を達成したとはいえない。

6. 結　　び

本研究で得られたことをまとめると，つぎのようである。

(1) 現在パターン法は，パターン変化が小さい場合にきわめてよい予測値を与えるが，変化の大きい場合は精度が悪くなる。

(2) 重力モデル法では，最小自乗法が係数の最適値を与えないことがわかったので，最小自乗法で得られた係数の近傍値を用いて，繰り返し計算により，適合度を最もよくする係数 k, r の値を決定すべきである。モデル式としては，$x_{ij}=k\sqrt{X_i Y_j}\, r_{ij}^{-r}$ の適合度がよい。

(3) エントロピー法でも，重力モデル法と同様に，最小自乗法が係数の最適値を与えないことがわかったので，最小自乗法で得られた係数の近傍値を用いて，繰り返し計算により，適合度を最もよくする係数の値を決定すべきである。モデル式としては，$P_{ij}'=\alpha\sqrt{u_i v_j}\, r_{ij}^{-r}$ の適合度がよい。

(4) 連立方程式法では，ゾーン数が 20 以上あるいは r が 2.0 以上になると，交通量が負になる場合があるので注意を要する。また，モデル 1, 2 の適合度は都市によって異なり，両者の優劣を断定することはできない。都市ごとに適合度のよい方を採用すると，この方法による予測値の適合度は，重力モデル法，エントロピー法などのものより相当よい。

(5) 交通パターンの変化が小さいと思われる昭和35年と40年の交通量を用いた検討によると，トリップポテンシャル モデルの適合度は，ゾーン数が比較的少ない（15 以下）ときは現在パターン法，連立方程式法に続いてよいが，ゾーン数が多くなると悪くなる。またこのモデルでは負の交通量が与えられることがあり，これを補正するための最小交通量を0にする修正法には問題がある。このことは，同じ修正法を採用している連立方程式法についてもいえる。

(6) 予測モデルの実績値に対する適合性を検討する場合に，現在パターン法では適合度が悪くてもこれをよくすることは不可能であるが，重力モデル法，エントロピー法，連立方程式法などでは交通量の説明変数としてゾーン間所要時間 r_{ij} を用いているので，これをその変動範囲内で適当に変えることにより，適合度をよくすることができる。トリップ ポテンシャル モデルでも，ネットワーク パラメーター r_{ij} を変えること（これは相当むずかしいが）により適合度をよくすることができる。これは，現在パターン法はパターン変化に対応しにくいが，その他はある程度パターン変化に対応できることを表わしている。このとき，r_{ij} の変化と交通量 t_{ij} の変動量の関係が明らかなモデルほど r_{ij} の変化とパターン変化の関係をとらえやすいので，将来交通量予測においては都合がよい。

ところで，重力モデルの適合度がよい所要時間 r_{ij} が必ずしもエントロピー法，連立方程式法の適合度をよくするとは限らないという問題がある。本研究では，ゾーン中心間の平均所要時間を r_{ij} としたが，ここで得られた結果も **表—4, 5** の r_{ij} を用いたときの適合度の比較であって，別の所要時間算定基準により求めた r_{ij} を用いると，重力モデル法，エントロピー法，連立方程式法の適合度のよさの順位は変わるかもしれない。これは所要時間 r_{ij} の算定基準を一義的に決められないからであり，ゾーンをもっと細かく分割した各ゾーン間の平均所要時間を明確にとらえられるOD表を用いて，さらに検討する必要がある。

(7) ここで得られた結果は，通勤および通勤・通学交通量を用いた場合のものであるから，別の交通目的すなわち業務，買物，観光などのOD交通量を用いると，予測モデルの適合度の順序が異なるかもしれない。

(8) 適合度の判定基準として，主に χ^2 の値を用いたが，χ^2 値による判定が絶体ではないので，もちろん予測値の実績値に対する比も考慮されなければならない。**表—8, 9, 10** によると，比の平均値が 1.00 から離れており，その分散が大きい予測値では一般に χ^2 の値も大

きいが，この関係が逆になる場合もある。これは，χ^2 値が比と誤差の絶対値の両者を反映しているためである。しかし，このような現象は χ^2 値の差が小さく，適合度がほぼ等しい予測値の間においてまれに見られるだけであるので，一般には χ^2 値による適合度の判定は比による判定と一致すると考えられる。ゆえに，OD 交通量の予測値の実績値に対する適合度の判定は χ^2 値によって行なえばよいといえるであろう。

以上を総合するとつぎのことがいえる。

交通量の予測に際して，交通パターン変化が小さい場合は，現在パターン法を用いるべきである。そして，交通パターン変化が大きいと推測される場合は，パターン変化にある程度適応できる重力モデル法，エントロピー法，連立方程式法などを用いるべきである。これらのうちのいずれが最もよいかは断言できないので，前述した各方法の問題点を十分考慮したうえで，実績値を用いて適合度を検討し，その地域および交通目的に最も適した方法を採用するのが得策と考えられる。

おわりに，ご指導いただいた京都大学 米谷栄二教授，名古屋大学 毛利正光教授，京都大学 佐佐木綱教授および計算に協力して下さった名古屋大学大学院生 小池明夫君に感謝いたします。

参 考 文 献

1) 京都市行政局統計課：京都市勢統計年鑑，昭和 35,36,37 年版，京都市役所，昭和36年4月，37 年4月，38 年4月
2) 京都市行政局統計課：京都市統計書，昭和41年版，京都市役所，昭和42年1月
3) 京都市統計解析センター：京都市の流動人口，昭和41年6月
4) 名古屋市総務局統計課：名古屋市統計年鑑，昭和 36，37 年版，名古屋市，昭和 37 年3月，38 年3月
5) 名古屋市総務局統計課：昼間人口調査，昭和35年，昭和36 年3月
6) 名古屋市：名古屋の人口—昭和35年国勢調査地方集計，昭和37年3月
7) 名古屋市：昼間人口調査，昭和40年，昭和 41 年6月
8) 名古屋市総務局統計課：名古屋市統計年鑑，昭和 41，42 年版，名古屋市，昭和 42 年3月，43 年3月
9) 総理府統計局：昭和35年国勢調査報告第3巻全国編その3，昭和39年3月
10) 大阪市総合計画局：昭和40年大阪市昼間人口調査結果，昭和41年3月
11) 総理府統計局：昭和 40 年国勢調査報告第4巻その 27，昭和42年3月
12) 佐佐木 綱：道路交通量の推定について，道路・交通工学における最近の諸問題，土木学会関西支部，昭和 41 年 12 月
13) 佐々木恒一・小林八一：道路交通量の推定，交通日本社，昭和 37 年 10 月
14) 河上省吾：通勤・通学輸送需要の予測について，土木学会論文集，第 145 号，昭和 42 年 10 月
15) P.S. Loubal and R.B. Potts; A Mathematical Model for Trip Distribution, I.T.T.E. Univ. of California, Dec. 1967.
16) Howard C. Lawson and John A, Dearinger; A Comparison of Four Work Trip Distribution Models, Proceedings of ASCE, Vol. 93, No. HW 2, pp. 1～25, Nov. 1967.
17) Kevin E. Heanue and Clyde E. Pyers; A Comparative Evaluation of Trip Distribution Procedures, Public Roads, Vol. 34, No. 2, pp. 43～51, June 1966.
18) 佐佐木綱：トリップの OD 分布を求める確率論的方法，交通工学 No. 6, Vol. 2, pp. 12～21, 昭和42年11月
19) 米谷栄二・定井喜明：交通工学のための推計学，国民科学社，昭和41年4月
20) 毛利正光・河上省吾・小池明夫：分布交通量の予測モデルに関する一考察，第22回土木学会年次学術講演会講演概要第Ⅳ部，昭和42年5月
21) 細井昌晴：交通量の予測，技術書院，昭和41年9月
22) Brian V. Martin, Frederick W. Memmott, and Alexander J. Bone; Principles and Techniques of Predicting Future Demand for Urban Area Transportation, The M.I.T. Press, July, 1966.

(1968. 3. 25・受付)