

発生交通量のみを変量としたリンク交通量による各種交通需要推計モデルの特性比較分析

COMPARATIVE STUDY OF SOME TRAFFIC ESTIMATION MODELS BY
OBSERVED LINK FLOWS REGARDING GENERATION TRIPS AS UNKNOWN

飯田 恭敬 **, 高山 純一 ***, 水口 玲二 ****

BY Yasunori IIDA, Junichi TAKAYAMA and Reigi SIZUGUCHI

In this paper, we presents some kinds of traffic demand estimation model by observed link flows regarding generation trips only as unknowns, which are formulated by minimizing the sum of square errors between observed and estimated link flows, and investigate the differences in these model properties concerning prediction errors caused by noises in the given and the observed data. This comparative study is done by computer simulations using artificial data. The main results are as follows: (1) The trip distribution model, which gives a best goodness of fit on an existing or earlier OD pattern, must be choosed in order to estimate the OD matrix. (2) If the OD matrix change by the number of generation and attraction trips, we must use the gravity model satisfying two trip end constraints.

1. はじめに

道路区間上で観測される交通量データを利用して、対象地域内の交通需要量を推計する、いわゆる「実測路上交通量モデル」の研究開発が最近活発に行われている。これらのモデルの特徴は、パーソントリップ法のように大掛りな調査を必要とせず、既存交通量資料（道路交通センサス資料、車両感知器データ、既存OD交通量データ etc）を有効利用して、手軽にOD交通量推計が行なえる点にある。また、道路網レベルで見した場合にも、推計交通量が実測交通量に一致するよう計算されるので、推計値（OD

交通量）の信頼性も比較的高いと考えられる。

これまでに開発されてきた実測路上交通量モデルは、モデルの定式化方法によって大きく3つのタイプに分類される。タイプ1に属するモデルは、道路区間交通量（あるいはOD交通量）の残差平方和が最小になるようにモデル化を行ったものであり、実測路上交通量を用いた初期の研究にこのタイプのモデルが多い。このタイプに属するモデルには、D.E. Low (1972)¹⁾, Overgard (1972)²⁾, T. Jensen and S.K. Nielsen (1973)³⁾, P. Robillard (1975)⁴⁾, 井上矩之等 (1976)⁵⁾, L.G. Leblanc and K. Farhangion (1982)⁷⁾, 著者等 (1979)⁶⁾, (1984)^{8), 9)} などのモデルがある。また、タイプ2に属するモデルは確率論を用いたものであり、エントロピー最大化によるモデル、情報量最小化によるモデル、確率分布モデルを用いたモデルなどがある。エントロピー最大化を利用して定式化を行うモデルには、井上博司 (1977)¹⁰⁾, L.G. Willumsen (1980)¹¹⁾ の研究があ

- * キーワーズ ; 実測交通量, 交通需要推計モデル
- ** 正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学科 (〒606 京都市左京区吉田本町)
- *** 正会員 工修 金沢大学助手 工学部土木建設工学科 (〒920 金沢市小立野 2-40-20)
- **** 学生員 金沢大学大学院 工学研究科 建設工学専攻 (〒920 金沢市小立野 2-40-20)

る。情報量最小化によるモデルには、H. Van Zuylen (1980)¹¹⁾の研究がある。確率分布モデルを仮定したモデルには、J. Holm et al (1976)¹²⁾、井上博司 (1979)¹³⁾、(1983)¹⁴⁾、M. J. Maher (1983)¹⁵⁾、著者等 (1983)^{16), 17)}、(1984)^{18), 19)}などの研究がある。タイプ3のモデルはタイプ1、タイプ2に属さないその他のモデルであり、たとえば交差点分岐率からOD交通量を推計するモデルである。タイプ3に属するモデルには、著者等 (1978)²⁰⁾、(1980)²¹⁾、E. Hauer and T. Shin (1981)²²⁾などの研究がある。

このように、これまでに開発された実測路上交通量モデルは多種多様であり、現段階では必ずしも各推計モデルの推計特性（適用性）が明らかにされているとはいえない。そこで、本研究ではタイプ1のモデル（道路区間交通量の残差平方和が最小となるように定式化されたモデル）について、採用する分布モデルの形式が推計特性にどのような影響を及ぼすか、シミュレーションにより検討を行った。今回は、(a)二重制約型の重力モデル、(b)一重制約型の重力モデル（Voorhees型）、(c)OD推移確率固定の現在パターンモデル、(d)介在機会型モデルの4つの分布モデルについて検討を行う。以下に、モデル定式化の考え方と簡単な数値計算結果を示し、各推計モデルの適用性を明らかにする。

2. モデル定式化の考え方

交差点（ノード）に交通量の発生・集中機能と通過機能を持たせ、ネットワークを作成する。

2.1 二重制約型重力モデル^{6), 8)}

ノード*i*からノード*j*へのOD交通量を T_{ij} 、ノード*i*の発生交通量を A_i 、ノード*j*の集中交通量を B_j 、ノード*i* *j*間の交通抵抗パラメータを R_{ij} とすると、OD交通量 T_{ij} は式(1)のように表わされる。ただし、 α_i 、 β_j は式(2)、式(3)に示すトリップエンド条件式を満足するためのパラメータである。

$$T_{ij} = \alpha_i \cdot A_i \cdot \beta_j \cdot B_j \cdot R_{ij} \quad (1)$$

$$A_i = \sum_j T_{ij} \quad (2)$$

$$B_j = \sum_i T_{ij} \quad (3)$$

また、OD交通量 T_{ij} が道路区間*m*を利用する確率（道路区間利用率）を P_{ij}^m とすると、道路区間

*m*の計算交通量 EX_m は式(4)で示される。

$$EX_m = \sum_i \sum_j (\alpha_i \cdot A_i \cdot \beta_j \cdot B_j \cdot R_{ij}) \cdot P_{ij}^m \quad (4)$$

ここで、発生交通量 A_j と集中交通量 B_j の差が隣接する道路区間の流出側合計交通量 $\sum_k RX_{jk}^*$ と流入側合計交通量 $\sum_k RX_{kj}^*$ の差（ ΔD_j ）に等しいという関係（式(5)）を利用すると、式(4)は式(6)のように変形される。*印は観測値を示す。

$$A_j - B_j = \sum_k RX_{jk}^* - \sum_k RX_{kj}^* = \Delta D_j \quad (5)$$

$$EX_m = \sum_i \sum_j \alpha_i \cdot A_i \cdot \beta_j \cdot (A_j - \Delta D_j) \cdot R_{ij} \cdot P_{ij}^m \quad (6)$$

ΔD_j は道路区間交通量の観測値（ $\sum_k RX_{jk}^* - \sum_k RX_{kj}^*$ ）より既知である。交通抵抗パラメータ R_{ij} は既存OD交通量 ST_{ij} （たとえば、過去の自動車OD調査やパーソナリティップ調査より得られるサンプルOD交通量、あるいはそれを拡大して推定したOD交通量）を用いて式(7)のように計算するか、あるいは、ゾーン*i*、*j*間の交通費用 τ_{ij} （所要時間）を用いて式(8)（ τ はトリップ長指数）のように与えれば、式(6)の未知変量は発生交通量 A_i と道路区間利用率 P_{ij}^m となる。

$$R_{ij} = \frac{ST_{ij}}{\sum_i ST_{ij} \cdot \sum_j ST_{ij}} \quad (7)$$

or

$$R_{ij} = (\tau_{ij})^{-\gamma} \quad (8)$$

既存の配分理論（たとえば、分割配分法、Dial確率配分法）を応用して P_{ij}^m を先決すれば、式(6)の未知変量は発生交通量のみとなる。したがって、モデルの定式化は道路区間*m*の観測交通量 RX_m^* と計算交通量 EX_m の残差平方和（式(9)）が最小になるように、未知変量 A_i を求める問題となる。すなわち、式(10)の最適化問題を発生交通量 A_i について解けば、式(1)、式(5)より道路区間交通量観測時（推計時）のOD交通量を推計することができる。

$$\sum_m (EX_m - RX_m^*)^2 \rightarrow \text{Min.} \quad (9)$$

$$\sum_m \left\{ \sum_i \sum_j \alpha_i \cdot A_i \cdot \beta_j \cdot (A_j - \Delta D_j) \cdot R_{ij} \cdot P_{ij}^m - RX_m^* \right\}^2 \rightarrow \text{Min.} \quad (10)$$

ただし、問題は非線形の最適化問題となるため、

解法には繰り返し計算式 (式 (11)), (q) は繰り返し回数を表わす) を用いる必要がある。

$$A_i^{(q+1)} = \frac{A_i^{(q)}}{\sum_k RX_{ik}^*} \left\{ \sum_k RX_{ik}^* - \sum_k EX_{ik}^{(q)} \right\} + A_i^{(q)} \quad (11)$$

2.2 一重制約型重力モデル

一重制約型の重力モデルとして、発生側トリップエンド条件式 (式(2)) を満足する場合を考える。

式(1)を発生側トリップエンド条件式に代入して変形し、改めて式(1)に代入すると式 (12) が得られる。

$$T_{ij} = A_i \cdot \frac{\beta_j \cdot B_j \cdot R_{ij}}{\sum_j \beta_j \cdot B_j \cdot R_{ij}} = A_i \cdot \frac{B_j \cdot R_{ij}}{\sum_j B_j \cdot R_{ij}} \quad (12)$$

ここで、 $\beta_j = 1.0$ としても、一般性が失われな。式 (12) は一般に、Voorhees型重力モデルと呼ばれている。式(5)を用いて式 (12) を変形すると、モデルは式 (13) に示す最適化問題として定式化できる。なお、解法にはやはり繰り返し計算式 (式 (11)) を用いる必要がある。

$$\sum_m \left\{ \sum_i \sum_j A_i \cdot \frac{(A_j - \Delta D_j) \cdot R_{ij}}{(A_j - \Delta D_j) \cdot R_{ij}} \cdot P_{ij}^m - RX_m^* \right\}^2 \rightarrow Min. \quad (13)$$

2.3 OD推移確率型モデル⁹⁾

ノード i からノード j へのOD推移確率を F_{ij} ($\sum_j F_{ij} = 1.0$) で表わすと、OD交通量 T_{ij} は発生交通量 A_i を用いて、式 (14) のように表わすことができる。

$$T_{ij} = A_i \cdot F_{ij} \quad (14)$$

ここで、OD推移確率 F_{ij} が既存OD交通量 ST_{ij} を用いて、式 (15) のように先決できると仮定すれば、モデルは式 (16) に示す最適化問題として定式化できる。なお、式 (16) の解法は、式 (11) を用いた繰り返し計算、あるいは連立一次方程式⁹⁾を解くことによって行うことができる。

$$F_{ij} = \frac{ST_{ij}}{\sum_j ST_{ij}} \quad (15)$$

$$\sum_m \left\{ \sum_i \sum_j A_i \cdot F_{ij} \cdot P_{ij}^m - RX_m^* \right\}^2 \rightarrow Min. \quad (16)$$

2.4 介在機会型モデル^{23), 24)}

i を発生ゾーン、j をゾーン i から見て所要時間

が小さい順に並べた j 番目の到着地とする。また、j 番目ゾーンの到着機会数を B_j 、j 番目ゾーンまでに通過してきた機会数を $V_j (= \sum_{k=1}^j B_k)$ 、ゾーン i からの発生トリップ数 (発生交通量) を A_i 、到着地のいずれかに止まる確率を λ とすると、OD交通量 T_{ij} は式 (17) のように表わされる。

$$T_{ij} = A_i \cdot \frac{[\exp(-LV_j) - \exp(-LV_{j+1})]}{[1 - \exp(-LV_{n+1})]} \quad (17)$$

ゆえに、モデルは式 (18) に示す最適化問題として、定式化される。

$$\sum_m \left\{ \sum_i \sum_j A_i \cdot \frac{[\exp(-LV_j) - \exp(-LV_{j+1})]}{[1 - \exp(-LV_{n+1})]} \cdot P_{ij}^m - RX_m^* \right\}^2 \rightarrow Min. \quad (18)$$

以上、本研究で扱うモデルはいずれも道路区間交通量に関する残差平方和を最小にするように定式化されている。したがって、式 (11) に示す繰り返し計算式を用いれば、どの分布モデルであっても、同様にして解を求めることができる。ただし、道路区間利用率 P_{ij}^m が先決できない場合には、参考文献 8), 9) に示すように、たとえば Dial 確率配分法を導入してOD交通量 T_{ij} の推計 (発生交通量 A_i の推計) とネットワーク配分計算 (配分パラメータ θ の推計) を交互に繰り返し、道路区間交通量の残差平方和が最小になる A_i 、 θ を求めればよい。

3. 数値計算を用いた適用性の検討

一般に、現実の道路網においては対象地域の取り方 (大きさ) やゾーニングの仕方によって、得られるOD交通量 (分布パターン) がかなり異なると考えられる。なぜなら、対象地域を広範囲にとり、ゾーニングを大きくすると、比較的重力モデルに適合したOD交通量が得られるが、対象地域を狭く (ゾーニング小) してOD調査を行うと、対象地域内外 (あるいは、通過) のOD交通量が多くなり、一般に重力モデルに合っていない。

また、利用する既存OD交通量の調査時点と推計時点では、普通ODパターンにずれがあり、対象地域の特性 (土地利用の変化、道路網の変化 etc.) に応じて分布パターンが変化している可能性が大きい。既存OD交通量を利用せず、推計時点において簡単なサンプル調査を行う場合でも、調査OD交通

量（サンプルOD交通量）にはサンプル誤差（ランダム誤差）が含まれる。したがって、実測路上交通量モデルを適用する場合には、利用可能なデータの信頼性や対象地域の特性を考慮して、モデルの選択を行う必要がある。

そこで、本研究では次に示す3つの点を明らかにするために、図-1に示すようなシミュレーションを行った。

検討項目(a)―既存OD交通量（あるいは、サンプルOD交通量）の分布パターンがモデルの推計精度にどのような影響を及ぼすか検討する。

検討項目(b)―OD交通量の変動特性（ランダム型変動、重力モデル型変動、OD推移確率型変動）がどのような影響を及ぼすか検討する。

検討項目(c)―観測交通量の観測誤差がどのような影響を及ぼすか検討する。

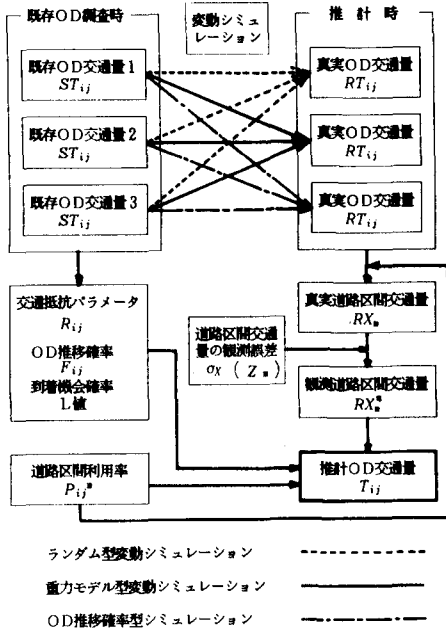


図-1 シミュレーションの推計手順

3.1 シミュレーションの方法

本研究では図-2に示す格子状の道路網（リンク上の数値はリンク所要時分を表わす）を用いて適用性の検討を行う。まず、シミュレーションでは項目(a)を検討するために、分布パターンの異なる3種類の既存OD交通量 ST_{ij} を設定した。既存OD交通量1は平均トリップ長が $\bar{\tau}=5.6$ 分の重力モデル（式(19)）、ただし、 $SA_i = \sum_j ST_{ij}$ 、 $SB_j = \sum_i ST_{ij}$ ）に適合したOD交通量であり、モデルの適合度（相関係数 ρ 、比率誤差 δ_{OD}^1 、重み付き標準比率誤差 δ_{OD}^2 ）は、それぞれ $\rho=0.916$ 、 $\delta_{OD}^1=3.9\%$ 、 $\delta_{OD}^2=99.4\%$ （図-3）である。

既存OD交通量2は重力モデル（ $\rho=0.853$ 、 $\delta_{OD}^1=5.6\%$ 、 $\delta_{OD}^2=15.0\%$ 、図-4）、介在機会モデルの両モデルに適合したOD交通量（ $\bar{\tau}=12.4$ 分）である。また、既存OD交通量3はゾーン間所要時間では説明できない、まったくランダムなOD交通量（ $\bar{\tau}=13.5$ 分）であり、対象地域内外（あるいは通過）のOD交通量が多い場合を想定して作成したOD交通量である。それぞれのトリップ長分布の形を図-5に示す。

OD交通量の誤差の表示は重みつき標準比率誤差（式(21)）を用いる。図-2 格子状の対象道路網

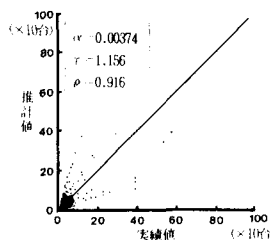
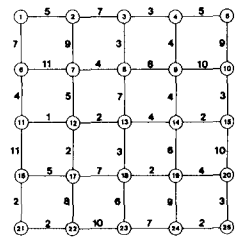


図-3 既存OD交通量1の実績値と重力モデル式による推計値の関係

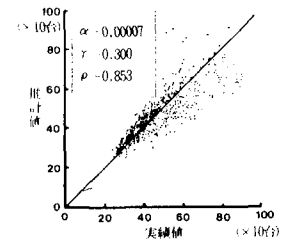
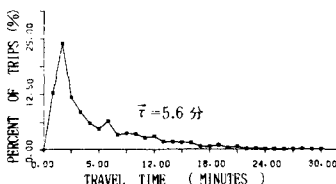
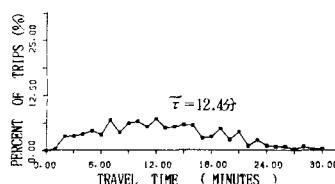


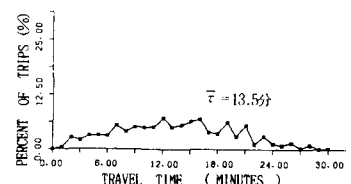
図-4 既存OD交通量2の実績値と重力モデル式による推計値の関係



(a) 既存OD交通量1



(b) 既存OD交通量2



(c) 既存OD交通量3

図-5 既存OD交通量1、既存OD交通量2、既存OD交通量3のトリップ長分布

$$ST_{ij} = \alpha_i \cdot SA_i \cdot SB_j \cdot (\tau_{ij})^{-\gamma} \quad (19)$$

$$\delta_{od}^1 = \sqrt{\frac{1}{NN} \sum_i \sum_j \left\{ \frac{T_{ij} - RT_{ij}}{RT_{ij}} \right\}^2} \quad (20)$$

$$\delta_{od}^2 = \sqrt{\frac{1}{RT} \sum_i \sum_j RT_{ij} \left\{ \frac{T_{ij} - RT_{ij}}{RT_{ij}} \right\}^2} \quad (21)$$

ただし、 NN はODペア総数を表わし、 RT は総合計交通量を表わす。

次に、項目(b) (既存OD調査時と推計時のODパターンのずれの影響)を検討するために、3通りの変動シミュレーションを設定して誤差分析を行った。

(i) ランダム型変動シミュレーション

これは、サンプルOD調査におけるサンプル誤差(ランダム誤差 σ_T)の影響、あるいは日々変動するOD交通量の不規則変動(ランダム誤差 σ_T)による影響を検討するために設定した変動シミュレーションであり、推計時の真実OD交通量 RT_{ij} と既存OD交通量 ST_{ij} の相対ずれ(ODパターンのずれ)を σ_T として、シミュレーションを行うものである。シミュレーションでは、式(22)を用いて真実OD交通量 RT_{ij} を作成する。ただし、 Z_{ij} は RT_{ij} ごとに決まる標準正規乱数 $Z_{ij} = N(0, 1)$ であり、 κ (カップパー)は傾向変動の大きさを表わす係数である。ここでは $\kappa=1.0$ とした。

$$RT_{ij} = \kappa \cdot ST_{ij} \cdot (1.0 - \sigma_T \cdot Z_{ij}) \quad (22)$$

(ii) 重力モデル型変動シミュレーション

これは、既存OD調査時と推計時におけるODパターンの変化が重力モデル的(発生交通量、集中交通量の大きさに応じてOD交通量が増加する)であるとした場合(たとえば、土地利用形態が変化した場合)の影響を検討するために設定した変動シミュレーションである。

具体的には、既存OD交通量の発生交通量 SA_i と集中交通量 SB_j に対して、標準正規乱数 Z_i 、 Z_j を発生させ、推計時の発生交通量 RA_i (式(23))、集中交通量 RB_j (式(24))を作成する。真実OD交通量 RT_{ij} は、式(25)に RA_i 、 RB_j を代入し、トリップエンド条件式を満足するように計算して求める。 σ_A 、 σ_B はそれぞれ発生交通量、集中交通量の相対ずれの大きさを表わす。

$$RA_i = \kappa \cdot SA_i \cdot (1.0 - \sigma_A \cdot Z_i) \quad (23)$$

$$RB_j = \kappa \cdot SB_j \cdot (1.0 - \sigma_B \cdot Z_j) \quad (24)$$

$$RT_{ij} = \alpha_i \cdot RA_i \cdot \beta_j \cdot RB_j \cdot (\tau_{ij})^{-\gamma} \quad (25)$$

(iii) OD推移確率型変動シミュレーション

この変動シミュレーションは、OD推移確率 F_{ij} (式(15))が大きく変化しないと仮定した場合の影響を検討するために行うものである。具体的には式(23)を用いて RA_i を変化させ、式(26)により真実OD交通量 RT_{ij} を計算する。ここで、 σ_F はOD推移確率 F_{ij} の変動の大きさを示すランダム誤差である。

$$RT_{ij} = RA_i \cdot F_{ij} \cdot (1.0 - \sigma_F \cdot Z_{ij}) \quad (26)$$

なお、真実の道路区間交通量 RX_m は真実OD交通量 RT_{ij} を Dial 確率配分法(配分パラメータ $R\theta = 0.35$)により配分して求めた。ただし、一般に観測交通量 RX_m^* には観測誤差(ランダム誤差 σ_X)が含まれるため、シミュレーション(式(27))は標準正規乱数を用いてその影響を検討する。

$$RX_m^* = RX_m \cdot (1.0 - \sigma_X \cdot Z_m) \quad (27)$$

3.2 計算結果と考察

(i) 道路区間交通量に観測誤差がない場合

OD交通量がランダムに変動した場合の推計精度を図-6(既存OD交通量1)、図-7(既存OD交通量2)、図-8(既存OD交通量3)に示す。いずれの図においても、ランダム変動の大きさが大きくなると、それに応じて推計精度が悪化することがわかる。ただし、既存OD交通量2ではどの分布モデルを用いても、ほぼ同じような推計特性が見られるが、既存OD交通量1、3では介在機会型の分布モデルの誤差が大きく推計不能であった。また、距離抵抗パラメータ R_{ij} を所要時間 τ_{ij} (式(8))により設定した重力モデル型の分布モデルを用いた場合も、推計精度(二重制約型は○印、一重制約型は△印で示す)が悪いことがわかる。これらのことより(1)サンプルOD調査におけるサンプル誤差(あるいは、既存OD交通量の不規則変動)が大きい場合には推計精度が悪いことがわかる。また、(2)対象地域のOD分布パターンに応じて採用する分布モデル

を選択する必要があるといえる。

OD交通量が重力モデル的に変化した場合の推計精度を図-9（既存OD交通量1）に示す。発生、集中交通量の変動（ σ_A , σ_B ）が大きくなって二重制約型の重力モデルを用いれば、非常に安定した推計精度（図中、●, ○印で示す）で推計できることがわかる。

一重制約型の重力モデルでは、集中側トリップエンド条件式を満足しないために、誤差（図中、▲, △印で示す）が大きくなるものと予想される。また、OD推移確率 F_{ij} を固定したモデルでは、OD推移確率 F_{ij} のずれが推計精度（図中、■印で示す）に影響するものと考えられる。ただし、既存OD交通量1では、介在機会型モデルの推計誤差が大きく推計不能であった。なお、いずれのモデルも既存OD交通量とのずれ（真実OD交通量と既存OD交通量の相対誤差を☆印で示す）に比べ、推計精度が良いといえる。

OD推移確率が大きく変化しないと仮定した場合（ただし、真実OD交通量の発生交通量は変化している）の推計精度を図-10（既存OD交通量1）、図-11（既存OD交通量2）、図-12（既存OD交通量3）に示す。

既存OD交通量の分布パターンによって、OD交通量の変動による影響は異なるが、OD推移確率の変動がゼロ（(a) $\sigma_F = 0\%$ ）の場合には、OD推移確率型モデルを用いると、まったく誤差がない状態でOD交通量が推計される。しかし、一般には発生交通量が変化するとOD推移確率も変化するので、図の(b) $\sigma_F = 10\%$ に示すように、その変化の大きさ（ σ_F ）に応じて誤差が残るといえる。なお、既存OD交通量の分布パターンの違いによる影響を比較すると、既存OD交通量2（重力モデル、介在機会モデルに適合したOD交通量）では、どのような分布モデルを用いても非常に精度良く推計できるのに対し、既存OD交通量1, 3では発生交通量の変化による影響が大きく、用いる分布モデルによってその大きさが異なるといえる。結果を比較すると、OD推移確率型モデルが最も安定した推計精度であり、二重制約型と一重制約型を比較すると、二重制約型の方が安定しているといえる。ただし、こ

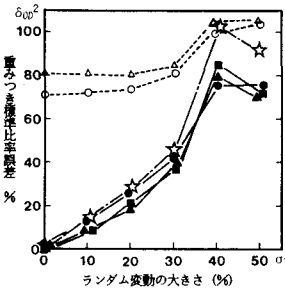
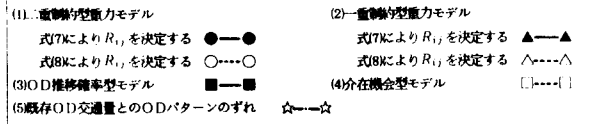


図-6 ランダム型変動に対する推計精度の比較（既存OD交通量1）

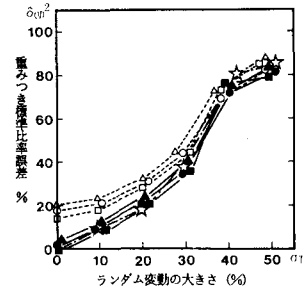


図-7 ランダム型変動に対する推計精度の比較（既存OD交通量2）

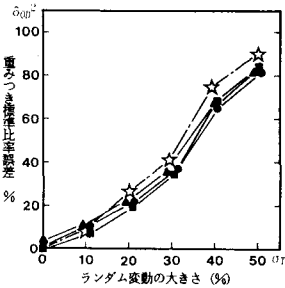


図-8 ランダム型変動に対する推計精度の比較（既存OD交通量3）

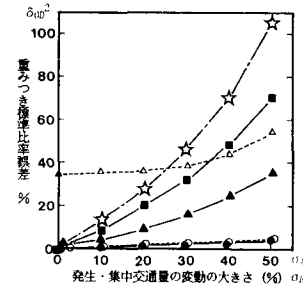


図-9 重力モデル型変動に対する推計精度の比較（既存OD交通量1）

こでは示さなかったが二重制約型重力モデルでは、道路網の形態によって解がユニークに求まらない場合（たとえば、線形道路網やループ状道路網）が存在するため、そのような道路網では一重制約型重力モデル、あるいはOD推移確率型モデルを使用する必要がある。なお、介在機会型モデルでは誤差が大きく推計不能となる場合があった。

(ii) 道路区間交通量に観測誤差がある場合

道路区間交通量に観測誤差 σ_X がある場合のシミュレーション結果の一例を図-13（既存OD交通量1）に示す。OD交通量の変動特性によって多少観測誤差の影響は異なるが、(1)OD交通量がランダムに変動する場合（(a) $\sigma_T = 20\%$ ）には σ_X の影響が小さく、(2)OD交通量が重力モデル型（(b) $\sigma_A, \sigma_B = 20\%$ ）あるいはOD推移確率型（(c) $\sigma_F = 20\%$ ）に応じて変動する場合には、 σ_X の影響が大きいことがわかる。特に、ODパターンが重力モデル型で

変動する場合に、二重制約型重力モデルの推計精度が σ_X の影響を受け易い。なお、OD推移確率型モデル、一重制約型重力モデルは σ_X の影響が比較的小さいといえる。

4. まとめ

本研究では、道路区間交通量の残差平方和が最小になるように定式化を行う実測路上交通量モデルについて、(a)採用する分布モデルの形式が推計精度にどのような影響を及ぼすか、(b)既存OD調査時と推計時のOD交通量の分布パターンの変化が推計精度にどのような影響を及ぼすか、(c)観測誤差がどのように推計精度に影響するか、簡単なシミュレーションを用いて検討を行った。

結果をまとめると、次のことがいえる。

(1) 既存OD交通量の分布パターンに応じて、採用する分布モデルを選択する必要がある。特に、介在機会型モデル、距離関数 $R_{ij} = (\tau_{ij})^{-\gamma}$ を用いた重力モデル（二重制約型、一重制約型）を使用する場合は注意する必要がある。

(2) 既存OD調査時と推計時のODパターンのずれがOD交通量の大きさによらずランダムである場合（たとえば、サンプル抽出率が小さくサンプル誤差が大きい場合やOD交通量が不規則に変動する場合）には、どの分布モデルを用いてもそのずれの大きさと等しい大きさの推計誤差が残る。

(3) OD交通量が発生、集中交通量の大きさに応じて変化する場合には二重制約型の重力モデルを用いて推計を行えば、非常に安定した推計精度が得られる。ただし、一重制約型の重力モデルあるいはOD推移確率固定型のモデルでは、集中側トリップエンド条件式を満足しないために、誤差が残るものと考えられる。

(4) OD推移確率が大きく変化しない場合には、OD推移確率固定型の分布モデルを用いれば、非常に精度良く推計を行うことができる。一重制約型と二重制約型の重力モデルを比較すると、二重制約型の方が精度が良い。

ただし、OD推移確率が変化する場合には、その変化の大きさに応じて推計誤差も大きくなる。

(5) OD交通量の変動特性によって多少異なるがOD交通量がランダムに変動する場合には、どのモデルを用いてもそれほど観測誤差の影響は大きくないといえる。しかし、OD交通量の変動が重力モデル型で、用いる分布モデルが二重制約型重力モデル

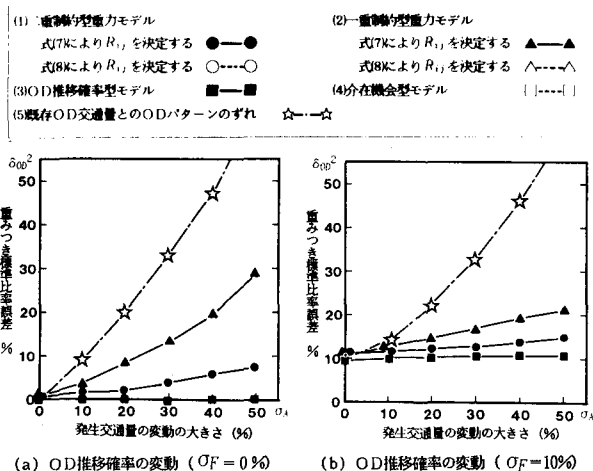


図-10 OD推移確率型変動に対する推計精度の比較（既存OD交通量1）

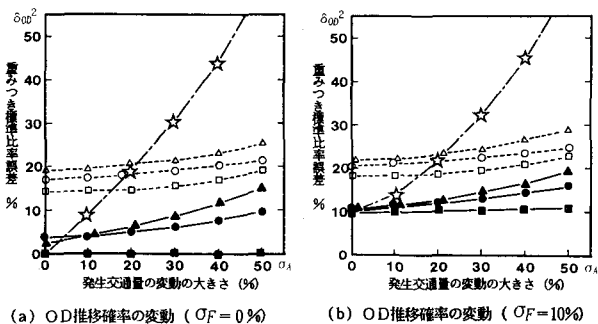


図-11 OD推移確率型変動に対する推計精度の比較（既存OD交通量2）

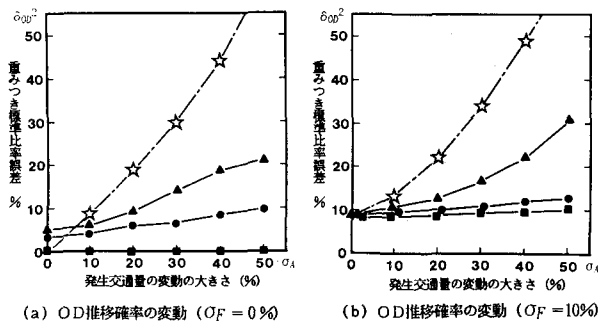


図-12 OD推移確率型変動に対する推計精度の比較（既存OD交通量3）

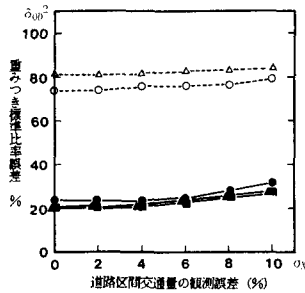
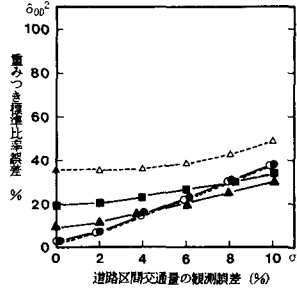
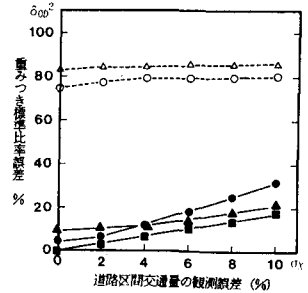
(a) ランダム型変動 ($\sigma_F = 20\%$)(b) 重力モデル型変動 ($\sigma_A = 20\%$)(c) OD推移率型変動 ($\sigma_F = 20\%$)

図-13 道路区間交通量の観測誤差が推計精度に及ぼす影響 (既存OD交通量1)

の場合には、他に比べ観測誤差の影響が大きい。

以上、本研究では簡単なシミュレーションではあるが、残差平方和最小化による実測路上交通量モデルの適用性について検討を行い、その限界を明らかにした。今後は、現実道路網を対象として、道路区間利用率の先決誤差の影響を検討するとともに、他の定式化方法による実測路上交通量モデルとの比較を通して、モデル適用上の操作性などについても検討を行う必要がある。

参 考 文 献

- 1) D.E.Low (1972) ; A new approach to transportation system modeling ,Traffic Quarterly,pp.391~404,July
- 2) Overgard (1972) ; Development of a simplified traffic model for the city of Silkeborg,paper presented at the O.E.C.D.T .7. group in Copenhagen
- 3) T.Jensen and S.K.Nielsen (1973) ; Calibrating a gravity model and estimating its parameters using traffic volume counts, Proceedings from the English University Traffic Engineer's yearly congress
- 4) P.Robillard (1975) ; Estimating the O-D matrix from observed link volumes ,Transportation Research,Vol.9,
- 5) 井上矩之, 佐々木綱 (1976) ; 断面交通量調査によるOD表の修正, 第31回土木学会年次学術講演会概要集, 第4部, pp. 237,
- 6) 飯田恭敬 (1979) ; 発生交通量のみを变量とした実測交通量による交通需要推計法, 土木学会論文報告集, 第283号,pp.95~104
- 7) L.G.Lebanc and K.Farhangian (1982) ; Selection of a trip table which reproduces observed link flows, Transpn. Res.-B,Vol.16-B ,No.2,pp.83~88
- 8) 飯田恭敬, 高山純一, 他2 (1984) ; Disl確率配分法を導入したリンク交通量による道路網交通需要推計法, 都市計画別冊, 19号
- 9) 飯田恭敬, 高山純一, 他2 (1984) ; OD推移率確率法が既知の場合の道路網交通需要推計モデル, 第7回交通工学研究発表会論文集
- 10) 井上博司 (1977) ; スクリーンライン調査によるOD調査の精度の検定およびOD表の修正法, 交通工学, Vol.12, No.6
- 11) H.J.Van Zuylen and L.G.Willumsen (1980) ; The most likely

trip matrix estimated from traffic counts, Transpn.Res.-B Vol. 14-B,Vol.3,pp.277~293.

- 12) J.Holm et al (1976) ; Calibrating traffic models on traffic census results only ,Traffic Engineering and Control, Vol.17,No.4,pp.272 ~282,
- 13) 井上博司 (1979) ; 路上交通量観測による自動車OD交通量の推計, 第1回土木計画学研究発表会講演集,pp.37~40
- 14) 井上博司 (1983) ; 交通量調査資料を用いたOD交通量の統計的推計法, 土木学会論文報告集, 第322号,pp.85~94
- 15) M.J.Maher (1983) ; Inferences on Trip Matrices from Observations on Link Volumes: A Bayesian Statistical Approach Transpn Res.-B, Vol.17-B ,No.6,pp.435 ~447
- 16) 高山純一, 飯田恭敬, 他1 (1983) ; 傾向変動を考慮した確率論的手法による道路網交通需要推計法, 第5回土木計画学研究発表会講演集, pp.376~382
- 17) 高山純一, 飯田恭敬, 他2 (1983) ; OD交通量の不規則変動を考慮した交通量観測による道路網交通需要推計法, 金沢大学工学部紀要, 第16巻,1号,pp.61~72
- 18) 高山純一, 飯田恭敬 (1984) ; 周期変動を考慮した実測交通量による交通需要推計法, 土木計画学研究・論文集,Vol.1,pp.43~50
- 19) 高山純一, 飯田恭敬, 山口義雄 (1984) ; トリップエンド条件性を考慮した最尤推定法による実測路上交通量予測モデル, 金沢大学工学部紀要, 第17巻,1号,pp.31~42
- 20) 飯田恭敬 (1987) ; 実測路上交通量を用いた部分道路網の結合による道路網交通需要推計法, 交通工学,Vol.13, No.2,pp.3 ~14
- 21) 飯田恭敬, 他2 (1988) ; 観測交通量による交通需要推計モデルの部分道路網結合計算法の検討, 交通工学,Vol.15, No.6
- 22) E.Hauer and B.Y.T.Shin (1981) ; Origin-Destination on Simple Systems,Traffic Engineering and Control,Vol.22,No.3
- 23) Stophor P.R. (1975) ; Urban transportation modeling and planning ,D.C.Heath and company,pp.158 ~173
- 24) 河上省吾, 羽根田英樹 (1976) ; 介入機会モデルの推計精度に関する研究, 土木学会論文報告集, 第251号,pp.91~106
- 25) R.B.Dial (1970) ; A probabilistic multipath traffic assignment model which obviates path enumeration,Transpn Res. Vol.5 , pp.83 ~111