

リンク観測交通量を用いたエントロピー 最大化による道路網交通需要推計法*

STUDY OF SOME TRAFFIC DEMAND ESTIMATION MODELS BASED ON
ENTROPY MAXIMISATION PRINCIPLES BY OBSERVED LINK FLOWS

飯田恭敬**, 高山純一***, 小林光二****

By Yasunori IIDA, Jun-ichi TAKAYAMA and Koji KOBAYASHI

This paper proposes two methods of obtaining O-D matrices directly from the traffic counts based on entropy maximisation principles and investigates characteristics of these models.

The models assume knowledge of the paths followed by the vehicles over the network, that is, the assignment model used to estimate the p_{ij}^k should be realistic and its results compatible with the observed link flows. The models then use the traffic counts to estimate the most likely O-D matrix consistent with the link volumes available and any prior information about the trip matrix. The models have been tested with artificial data.

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。しかし、これまでに開発されてき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、本研究では確率論を用いた推計方法の中で、特にエントロピー最大化により定式化を行う推計モデルを取り上げ、従

来開発されてきた方法^{1)～4)}を整理するとともに、新に遷移確率モデルを導入した発生エントロピーモデルを提案する。このモデルは従来O-D交通量に関して定式化されていたエントロピーモデルを発生交通量の発生確率に着目して定式化したところに特徴があるといえる。

以下では、まずエントロピー最大化による従来のモデルを検討し、その問題点を明らかにする。そして、その改良方法を提案する。次に新しく遷移確率モデル(O-D推移確率モデル)を導入した発生交通量に関するエントロピーモデル(発生エントロピー法)を提案し、その適用性をシミュレーションにより検討する。シミュレーションでは、外生的に与える先験確率の推定誤差(サンプル誤差)の影響および道路区間交通量の観測誤差、観測リンク数の影響などについて検討を行い、各エントロピーモデルの有効性と適用限界を明らかにする。

* キーワード：エントロピー最大化、観測リンクフロー
** 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)
**** 金沢大学大学院 工学研究科 (〒920 金沢市小立野2-40-20)

2. エントロピー最大化による従来の研究

井上博司は家庭訪問調査（パーソントリップ調査 etc.）によって推計されるOD交通量を実測されたスクリーンライン交通量により修正する1つの方法（井上の方法）を提案した¹⁾。この方法は調査によって得られたOD分布をトリップの起こり易さの程度を表わすものと解釈し、各スクリーンラインでの計算交通量が実測交通量に一致するOD分布のなかで、最も起こる確率が高いOD分布を求めようとする方法である。しかし、この方法では調査洩れによるODトリップの修正は可能であるが、ODパターンのひずみ（推計OD交通量と真実OD交通量のODパターンのずれ）の修正については詳しい検討がなされていない。

一方、Willumsen は道路区間での観測交通量を制約条件として、エントロピー最大化によりOD交通量を推計する方法（Willumsenの方法）を提案している^{2), 3)}。しかし、Willumsen は推計OD交通量の総和（トータル交通量）が一定であるとしてモデル定式化を行っているため、既存OD交通量の総和と推計OD交通量の総和が異なる場合には大きな問題となる。なぜなら、一般には推計時のトータル交通量は未知であり、既存OD交通量の総和とは異なると考えられるからである。そこで、本研究では推計OD交通量の総和を未知として定式化を行う改良方法（改良 Willumsen 法）を提案する。

3. OD交通量に関するエントロピー最大化モデル

井上博司および Willumsen はそれぞれスクリーンライン上、あるいは道路区間上での実測交通量を制約条件として、式(1)に示す目的関数を最大化する最適化問題としてモデル定式化を行った。

$$S = \frac{T!}{\prod_{i,j} T_{ij}!} \prod_{i,j} (q_{ij})^{T_{ij}} \Rightarrow \text{Max} \quad (1)$$

$$T = \sum_{i,j} T_{ij} \quad (2)$$

ここに、 T ：OD交通量 T_{ij} の総和（推計時のトータル交通量）

T_{ij} ：ゾーン ij 間のOD交通量

q_{ij} ：単位OD表（先験確率）

$$q_{ij} = \frac{t_{ij}^*}{\sum_{i,j} t_{ij}^*} \quad (3)$$

ここに、 t_{ij}^* ：既存OD交通量（家庭訪問調査によって得られたOD交通量）
スクリーンライン交通量の制約条件式

$$SX_l = \sum_{i,j} T_{ij} \delta_{ij}^l \quad (4)$$

ここに、 δ_{ij}^l ：OD交通量 T_{ij} がスクリーンライン l を通過する場合 = 1、
そうでない場合 = 0

道路区間交通量の制約条件式

$$X_k = \sum_{i,j} T_{ij} p_{ij}^k \quad (5)$$

ここに、 p_{ij}^k ：OD交通量 T_{ij} が道路区間 k を利用する確率（道路区間利用率）で、 $0 \leq p_{ij}^k \leq 1$ の値をとる

S の最大化は $\log S$ の最大化と同値であるので、スターリングの公式を用いて近似すると式(1)は式(6)のように書き直すことができる。

$$\log S \approx T \log T - T - \sum_{i,j} (T_{ij} \log T_{ij} - T_{ij}) + \sum_{i,j} T_{ij} \log q_{ij} \quad (6)$$

ここで、Willumsen はトータル交通量 T が一定であるとして目的関数より除外し、式(7)に示す目的関数を最大化する問題としてモデル定式化を行っている。しかし、一般にはトータル交通量 T は未知であり、 T 自体同時確率 S が最大となるように決定されるべきものと考えられる¹⁾。そこで、本研究ではトータル交通量 T を未知として、式(6)を最大化する改良方法（改良 Willumsen 法）を提案する。ただし、制約条件は式(2)および式(5)である。

$$\log S' = -\sum_{i,j} (T_{ij} \log T_{ij} - T_{ij}) + \sum_{i,j} T_{ij} \log q_{ij} \quad (7)$$

この問題は、ラグランジュの未定乗数法を用いる

ことにより解くことができる。ラグランジェ関数 L は式 (8) のようになる。

$$L = T \log T - \sum_{i,j} T_{ij} \log T_{ij} + \sum_{i,j} T_{ij} \log q_{ij} + \sum_k \lambda_k \left(\sum_{i,j} T_{ij} p_{ij}^k - X_k \right) + \nu \left(T - \sum_{i,j} T_{ij} \right) \quad (8)$$

L を T, T_{ij}, λ_k および ν でそれぞれ偏微分してゼロとおくと次のようになる。

$$\frac{\partial L}{\partial T_{ij}} = -\log T_{ij} - 1 + \log q_{ij} + \sum_k \lambda_k p_{ij}^k - \nu = 0 \quad (9)$$

$$\frac{\partial L}{\partial T} = \log T + 1 + \nu = 0 \quad (10)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda_k} = \sum_{i,j} T_{ij} p_{ij}^k - X_k = 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \nu} = T - \sum_{i,j} T_{ij} = 0 \quad (12)$$

式 (10) を変形して式 (9) に代入し、整理すると式 (13) が得られる。

$$\begin{aligned} \log T - \log T_{ij} + \log q_{ij} + \sum_k \lambda_k p_{ij}^k &= 0 \\ T_{ij} &= \exp \left(\log T + \log q_{ij} + \sum_k \lambda_k p_{ij}^k \right) \\ \therefore T_{ij} &= T \cdot q_{ij} \exp \left(\sum_k \lambda_k p_{ij}^k \right) \end{aligned} \quad (13)$$

式 (13) を式 (11), 式 (12) にそれぞれ代入すると次のようになる。

$$X_k = T \cdot \sum_{i,j} q_{ij} p_{ij}^k \exp \left(\sum_k \lambda_k p_{ij}^k \right) \quad (k=1, 2, \dots, m) \quad (14)$$

$$1 = \sum_{i,j} q_{ij} p_{ij}^k \exp \left(\sum_k \lambda_k p_{ij}^k \right) \quad (15)$$

したがって、式 (14), 式 (15) の非線形連立方程式を T, λ_k ($k=1, 2, \dots, m$) について解けば、式 (13) に代入することにより OD 交通量 T_{ij} を推計することができる。

なお、この定式化は井上の提案した方法とほとんど同様であり、異なるのはスクリーンライン交通量を制約条件とした井上の方法に対し、この方法では

道路区間交通量を制約条件にしている点である。したがって、道路区間利用率 p_{ij}^k を all-or-nothing 法により簡便的に決定する場合 (p_{ij}^k は 1 か 0 のどちらかの値をとる) には、井上の提案した計算アルゴリズムを用いて解くことが可能である。

4. 発生交通量に関するエントロピー最大化モデル (発生エントロピー法)

ゾーン i からゾーン j への OD 推移確率 (OD 遷移確率) を f_{ij} ($\sum f_{ij} = 1.0$) とすると、OD 交通量 T_{ij} はゾーン i の発生交通量 A_i を用いて式 (16) のように表わすことができる。

$$T_{ij} = A_i \cdot f_{ij} \quad (16)$$

また一方、トータル交通量 T のうち、ゾーン 1, 2, 3, $\dots$, n の発生交通量がそれぞれ $A_1, A_2, \dots, A_n$ である確率 (同時生起確率) は P で表わされる。

$$P = \frac{T!}{\prod_i A_i!} \prod_i (f_i)^{A_i} \Rightarrow \text{Max} \quad (17)$$

ここで、 f_i は発生交通量に関する先験確率 (事前情報) であり、ここでは既存 OD 交通量 t_{ij}^* の発生交通量 a_i^* を用いて、式 (18) のように与える。また、 f_{ij} も t_{ij}^* を用いて式 (19) のように与える。

$$f_i = \frac{\sum_j t_{ij}^*}{\sum_i \sum_j t_{ij}^*} = \frac{a_i^*}{\sum_i a_i^*} \quad (18)$$

$$f_{ij} = \frac{t_{ij}^*}{\sum_j t_{ij}^*} \quad (19)$$

そうすると、この問題は OD 交通量に関するエントロピーモデルと同様、式 (20), 式 (21) を制約条件とする式 (17) の最大化問題として定式化することができる。

$$X_k = \sum_{i,j} T_{ij} p_{ij}^k = \sum_{i,j} A_i f_{ij} p_{ij}^k \quad (20)$$

$$T = \sum_i A_i \quad (21)$$

P の最大化は $\log P$ の最大化と同値であるので、スターリングの公式を用いて変形すると次のようになる。

$$\log P \approx T \log T - \sum_i A_i (\log A_i - \log f_i) \quad \Rightarrow \text{Max} \quad (22)$$

よって、ラグランジェの未定乗数法を用いるとラグランジェ関数 K は式 (23) のようになる。

$$K = \log P + \sum_k \lambda_k \left(\sum_{i,j} \sum_i A_i f_{ij} p_{ij}^k - X_k \right) + \nu \left(T - \sum_i A_i \right) \quad (23)$$

K を T, A_i, λ_k, ν でそれぞれ偏微分し、ゼロとにおいて整理すると、式 (24)、式 (25) が得られるので、この非線形連立方程式を未知数 T および λ_k ($k=1, 2, \dots, m$) について解けば、式 (26) に代入することによって、OD 交通量 T_{ij} を推計することができる。

$$\sum_i \left\{ T f_{ij} \exp \left\{ \sum_k \lambda_k \left(\sum_j f_{ij} p_{ij}^k \right) \right\} \right\} \left(\sum_j f_{ij} p_{ij}^k \right) = X_k \quad (24)$$

($k=1, 2, \dots, m$)

$$\sum_i f_{ij} \exp \left\{ \sum_k \lambda_k \left(\sum_j f_{ij} p_{ij}^k \right) \right\} = 0 \quad (25)$$

$$T_{ij} = T f_{ij} \exp \left\{ \sum_k \lambda_k \left(\sum_j f_{ij} p_{ij}^k \right) \right\} \quad (26)$$

5. シミュレーションを用いた推計精度の検討方法

本研究では図-1に示す簡単な道路網を対象に、シミュレーションにより推計精度の検討を行う。シミュレーションでは先ずOD調査により得られるサンプルOD交通量 t_{ij}^S を任意に設定し、それをもとに推計時の真実OD交通量 TR_{ij} と推定OD交通量 t_{ij}^* (サンプル調査結果を拡大して計算されるOD交通量；既存OD交通量) を作成する。次に、真実OD交通量をネットワークに配分 (Dial 確率配分法) して道路区間交通量 RX_k を作成し、推計モデル (実測路上交通量モデル) を用いて RX_k (観測誤差がある場合は X_k^*) からOD交通量 T_{ij} を推計する。推計精度の評価は、 t_{ij}^S をもとに作成した TR_{ij} と RX_k (X_k^*) から推計される T_{ij} の誤差 (重みつき標準比率誤差 δ_T) および TR_{ij} と t_{ij}^* の誤差 (重みつき標準比率誤差 δ_t) を用いて行う。ただし、 TR_{ij} はサンプル調査におけるサンプル誤差 σ_T (比率誤差) を考慮するために、正規乱数を発生させて式 (29) により

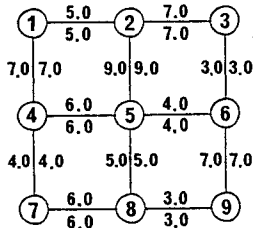
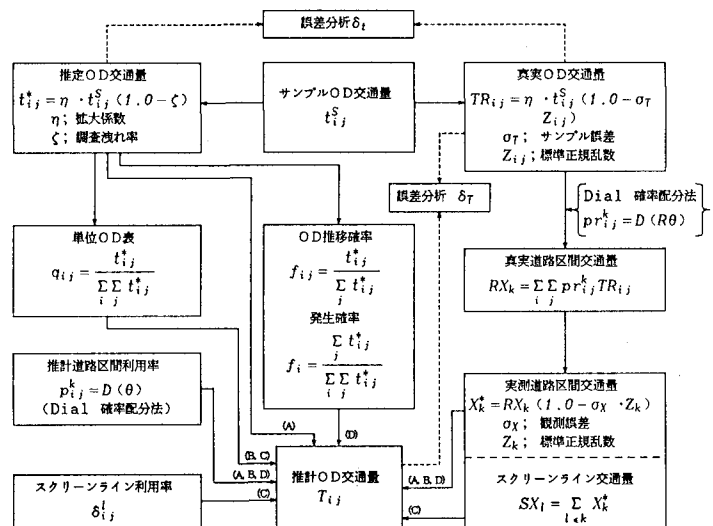


図-1 対象道路網とリンク
初期所要時間 (分)



A: Willusenの方法 B: 改良Willusen法
C: 井上の方法 D: 発生エントロピー法

図-2 シミュレーションの手順を示すフローチャート

作成する。また、道路区間交通量の実測値 X_k^* は観測誤差 σ_X (比率誤差) を考慮して、式 (30) により作成する。

$$\delta_T = \sqrt{\frac{1}{\sum_i \sum_j TR_{ij}} \sum_i \sum_j TR_{ij} \left(\frac{T_{ij} - TR_{ij}}{TR_{ij}} \right)^2} \quad (27)$$

$$\delta_t = \sqrt{\frac{1}{\sum_i \sum_j TR_{ij}} \sum_i \sum_j TR_{ij} \left(\frac{t_{ij}^* - TR_{ij}}{TR_{ij}} \right)^2} \quad (28)$$

$$TR_{ij} = \eta \cdot t_{ij}^S (1.0 - \sigma_T \cdot Z_{ij}) \quad (29)$$

$$X_k^* = R X_k (1.0 - \sigma_X \cdot Z_k) \quad (30)$$

ここで、 η は拡大係数 (サンプル抽出率の逆数) である。また、 Z_{ij} および Z_k はそれぞれ OD ペア ij および道路区間 k ごとに決まる標準正規乱数である。

一般に、OD 調査 (パーソントリップ調査、自動車 OD 調査 etc.) は家庭訪問調査により行われるため、偶発的な標本誤差 (σ_T) の他に、調査洩

れによる誤差が問題となる。調査洩れがなければ、式 (31) に示すように、真実 OD 交通量 TR_{ij} の総和と推定 OD 交通量 t_{ij}^* の総和はほぼ等しくなるはずである。しかし、一般には両者は一致せず、推定 OD 交通量の総和の方が小さいといわれている。これは、スクリーンライン上での計算交通量と実測交通量を比較した場合、計算交通量の方が実測交通量よりも小さいことから明らかである。

$$\sum_i \sum_j TR_{ij} \approx \sum_i \sum_j t_{ij}^* \quad (31)$$

そこで、本研究ではその影響を考慮するために、式 (32) を用いて推定 OD 交通量 t_{ij}^* を作成し、OD 調査の推計精度の検討を行う。

$$t_{ij}^* = \eta \cdot t_{ij}^S (1.0 - \zeta) \quad (32)$$

ここで、 ζ は調査洩れの比率 ($1.0 - \sum_i \sum_j t_{ij}^* / \sum_i \sum_j TR_{ij}$) を表す。

i, j なお、シミュレーションの手順を図-2 のフローチャートに示す。

表-1 調査漏れが推計精度に及ぼす影響 ($\zeta=0.2$)

選択 リンク	誤差	サンプル誤差 σ_T	0%			20%		
	交通量の観測誤差 σ_X		0%	5%	10%	0%	5%	10%
	OD調査の精度 δ_t		20.0 %			25.8 %		
選択リンク数 $m=3$ リンク番号 (1,11,21)	Willumsen の方法 δ_T		18.1	18.1	18.7	25.9	25.9	26.3
	改良Willumsen 法		0.0	1.1	4.8	22.0	22.1	22.4
	井上 の方法 (%)		0.3	0.2	0.4	22.2	22.3	22.4
	発生エントロピー法		0.0	1.3	2.7	21.6	22.0	25.0
選択リンク数 $m=6$ (1,11,21) (2,12,22)	Willumsen の方法 δ_T		15.9	16.0	16.8	22.7	22.9	23.3
	改良Willumsen 法		0.0	2.5	5.5	22.7	23.7	23.6
	井上 の方法 (%)		0.1	1.8	1.2	23.8	24.7	24.9
	発生エントロピー法		0.0	3.1	6.2	24.3	26.2	29.3

表-2 調査漏れが推計精度に及ぼす影響 ($\zeta=0.4$)

選択 リンク	誤差	サンプル誤差 σ_T	0%			20%		
	交通量の観測誤差 σ_X		0%	5%	10%	0%	5%	10%
	OD調査の精度 δ_t		40.0 %			41.8 %		
選択リンク数 $m=3$ リンク番号 (1,11,21)	Willumsen の方法 δ_T		36.1	36.3	36.3	38.5	38.8	38.8
	改良Willumsen 法		0.0	1.1	4.8	19.9	21.8	22.8
	井上 の方法 (%)		0.3	0.2	0.4	20.1	20.2	20.0
	発生エントロピー法		0.0	1.3	2.7	20.6	20.2	20.0
選択リンク数 $m=6$ (1,11,21) (2,12,22)	Willumsen の方法 δ_T		31.8	32.1	32.6	35.3	35.5	36.1
	改良Willumsen 法		0.0	2.5	5.5	18.9	19.6	22.0
	井上 の方法 (%)		0.1	1.8	1.2	20.2	20.7	20.4
	発生エントロピー法		0.0	3.1	6.2	21.7	20.5	19.7

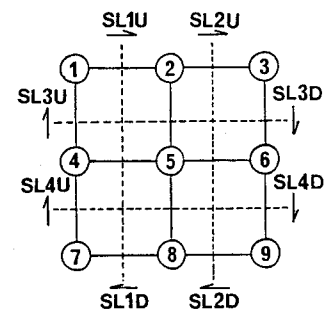


図-3 上下方向別スクリーンライン番号

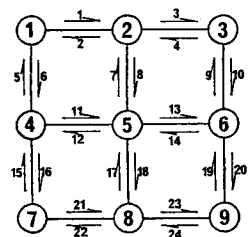


図-4 上下方向別リンク番号

6. シミュレーション結果と考察

6. 1 調査洩れが推計精度に及ぼす影響

調査洩れが推計精度にどのような影響を及ぼすか検討するために、調査洩れの比率 ζ を $\zeta=0.2$, $\zeta=0.4$ としてシミュレーションを行った。ただし、道路区間利用率 p_{ij}^k （あるいは、スクリーンライン利用率 δ_{ij}^l ）の先決誤差はないものとする。

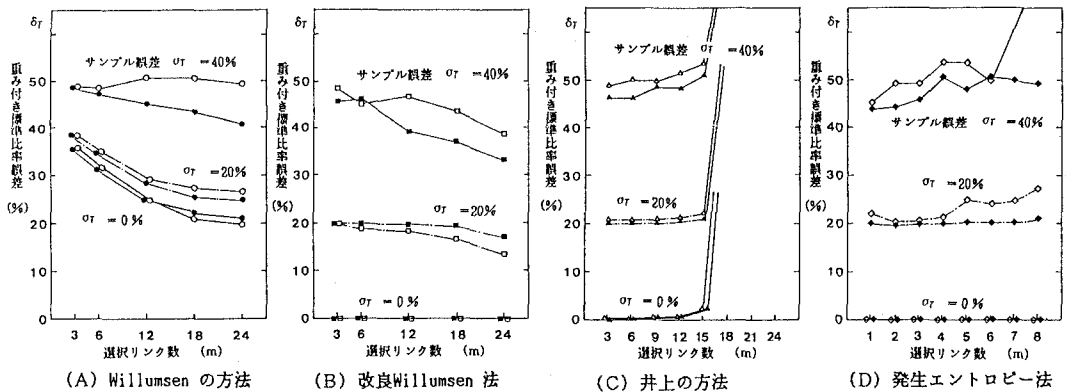
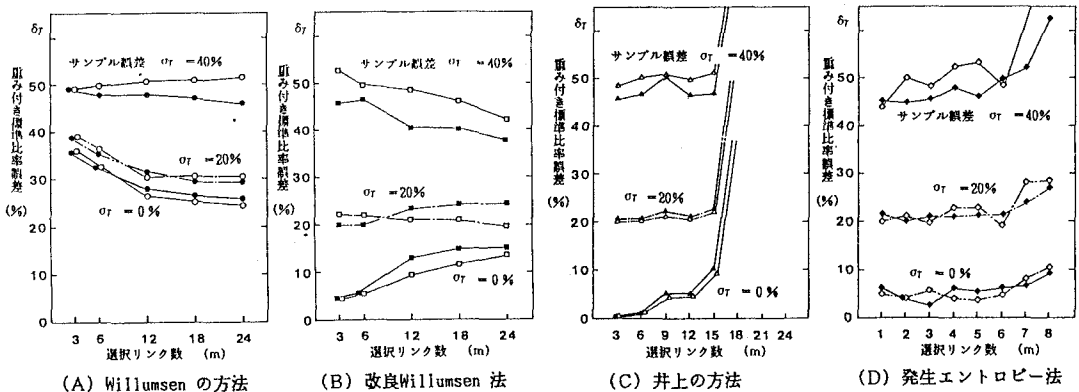
結果の一例を表-1 ($\zeta=0.2$)、表-2 ($\zeta=0.4$)に示す。ただし、各手法とも制約条件として選択するリンク数およびリンク位置（番号）は同一とした。表-1、表-2より、Willumsenの方法は調査洩れが大きいほど、推計精度が悪く調査洩れの影響を大きく受けるといえる。これはモデルの定式化において、OD交通量の総和を一定として除外しているためである。それに対し、他の3つの方法はいずれも調査洩れの影響を受けないといえる。ただし、OD調査のサンプル誤差が大きく

なれば、それに応じて推計精度が悪化する傾向にあることがわかる。これは、推計時に外生的に与える先験確率(q_{ij}, f_{ij}, f_i)の不確実性が大きくなることによるものと考えられる。

一方、道路区間交通量の観測誤差 σ_x の影響を比較すると、どの方法も観測誤差が大きくなれば、推計誤差も大きくなる傾向にあるといえるが、その影響はそれほど大きくはなく、特にサンプル誤差 σ_T が大きくなると小さくなる傾向にあるといえる。

6. 2 選択リンク数が推計精度に及ぼす影響

選択リンクの数が推計精度にどのような影響を及ぼすか検討するために、選択リンク数（道路区間制約条件式あるいはスクリーンライン制約条件式の数）を変えてシミュレーションを行った。シミュレーションでは、各手法とも同じ条件になるように、道路区間（あるいはスクリーンライン）の選択位置は同一とした。ただし、発生エントロピー法は未知変量

図-5 選択リンク数が推計精度に及ぼす影響 ($\sigma_x=0\%$, $\zeta=0.4$)図-6 選択リンク数が推計精度に及ぼす影響 ($\sigma_x=10\%$, $\zeta=0.4$)

が発生交通量であるため、制約条件の数は発生（集中）ノードの数よりも多くできないという特徴を持つ。なお、道路区間の選択順位は図-3に示すスクリーンラインSL1U, SL1D, SL2U, ..., SL4D（上下方向別）に対応した図-4の道路区間（1, 11, 21）,（2, 12, 22）,（3, 13, 23）, ...,（16, 18, 20）から順に行うものとし、選択リンク数の増加に応じて制約条件を増加させた。

シミュレーション結果の一例を図-5（ $\sigma_X = 0\%$, $\zeta = 0.4$ ）, 図-6（ $\sigma_X = 10\%$, $\zeta = 0.4$ ）に示す。ここでは、正規乱数 Z_{ij} （式（29））を2通り発生させて、2回のシミュレーションを行った。これらの図より、全体的傾向としては次のことがいえる。

まず、Willumsenの方法と改良Willumsen法を比較した場合、後者の方がいずれも推計精度がよいといえる。そして、この傾向はサンプル誤差が小さい場合に特に顕著である。また、井上の方法、発生エントロピー法と比較した場合、道路区間交通量の観測誤差およびサンプル誤差の大小により結果は異なるが、サンプル誤差が大きい場合（ $\sigma_T = 40\%$ ）には、改良Willumsen法の推計精度の方がよいといえる。しかし、サンプル誤差が小さくて、しかも道路区間交通量の観測誤差が大きい場合（ $\sigma_T = 0\%$, $\sigma_X = 10\%$ ）には、井上の方法あるいは発生エントロピー法を用いた方が推計

精度はよいといえる。

一方、選択リンク数の影響を比較すると、Willumsenの方法、改良Willumsen法と井上の方法、発生エントロピー法とでは、その傾向が異なるといえる。前者の2つの方法では選択リンク数が増加すれば、それに応じて推計精度も上昇する傾向にあるが、後者の2つの方法ではそれほど顕著ではないが逆に推計精度が悪化する場合もある。ただし、改良Willumsen法では選択リンク数を増加させると推計精度が悪化する場合（ $\sigma_T = 0\%$, $\sigma_X = 10\%$ ）もある。これは、誤差の大きい道路区間交通量を多く用いれば、その影響がさらに大きくなる

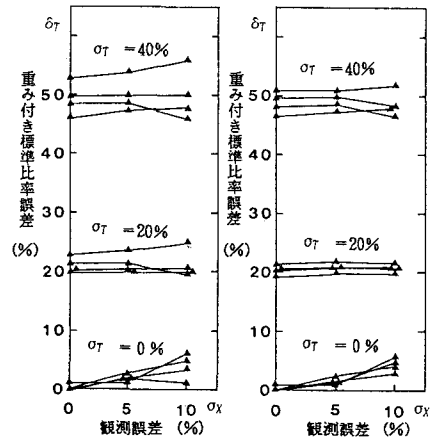


図-8 選択リンク位置が推計精度に及ぼす影響
(井上の方法, $\zeta = 0.4$)

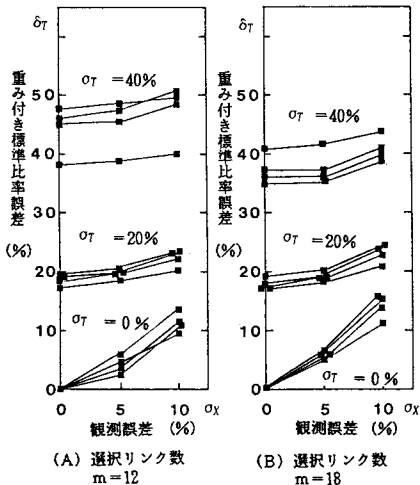


図-7 選択リンク位置が推計精度に及ぼす影響
(改良Willumsen法, $\zeta = 0.4$)

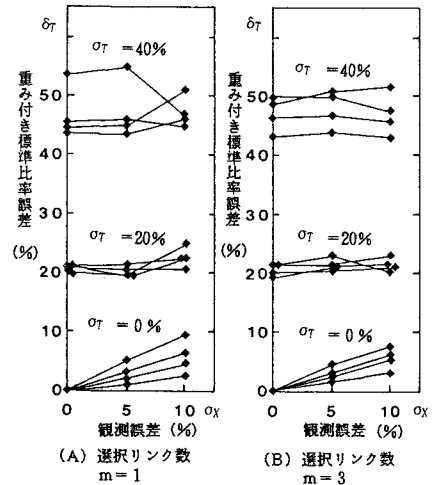


図-9 選択リンク位置が推計精度に及ぼす影響
(発生エントロピー法, $\zeta = 0.4$)

からである。したがって、サンプル誤差が小さい場合には、少ない情報（道路区間数）で十分であるといえる。

6. 3 選択リンク位置が推計精度に及ぼす影響

改良 Willumsen 法、井上の方法および発生エントロピー法の各手法について、選択するリンク位置（番号）あるいはスクリーンライン位置が推計精度に対してどのような影響を及ぼすか検討するために、選択するリンク（あるいはスクリーンライン）を任意に代えてシミュレーションを行った。結果をそれぞれ図-7（改良 Willumsen 法）、図-8（井上の方法）、図-9（発生エントロピー法）に示す。これらの図より、サンプル誤差および道路区間交通量の観測誤差の大小により多少結果は異なるが、いずれの推計法においても、リンク選択位置が推計精度にそれほど大きな影響を及ぼさないことがわかる。そして、その大きさは選択リンク数（あるいはスクリーンライン数）が多いほど小さいといえる。ただし、発生エントロピー法では取り入れられるリンク数に制限があり、他の方法に比べ多少影響を受け易いといえる。また、井上の方法ではスクリーンラインを3本（リンク数18）以上選ぶと解が振動して非常に誤差が大きくなった。よって、実際の適用にあたってはそれらの点を考慮して用いる必要がある。

7. まとめ

本研究では、エントロピー最大化により定式化を行う実測路上交通量モデルを取り上げ、従来開発されてきた方法を整理するとともに、その改良方法の提案と新しく発生エントロピーモデルの提案を行った。そして、それらの各手法について、その推計特性（適用性）をシミュレーションにより検討した。シミュレーション結果をまとめると、次のことがいえる。

- (1) Willumsen の提案した方法は調査洩れの影響を大きく受けるため、調査洩れが大きい場合には問題が残るといえる。したがって、そのような場合には、本研究で改良を加えた改良 Willumsen 法を用いた方がよいといえる。
- (2) サンプル誤差が大きい場合には、井上の方法あるいは発生エントロピー法を用いるよりも、

改良 Willumsen 法を用いた方が推計精度はよいといえる。ただし、その場合には、できるだけ多くの道路区間で交通量観測を行う必要がある。

- (3) サンプル誤差がほとんどないような場合には、井上の方法あるいは発生エントロピー法を用いた方が推計精度はよいといえる。特に、道路区間交通量の観測誤差が大きい場合に、その傾向が強い。

- (4) 発生エントロピー法は非常に少ない観測地点交通量からOD交通量を推計することができるが、その反面他の方法（特に、井上の方法）に比べてリンク選択位置の違いによる影響が大きいといえる。

なお、今後の課題をまとめると次のようになる。

- (5) 本研究では道路区間利用率あるいはスクリーンライン利用率の先決誤差はないものとして、シミュレーションを行ったが、今後はそれらの影響についても分析する必要がある。
- (6) 発生エントロピー法は、他の方法に比べてリンク選択位置の違いによる影響を受け易いので、井上の方法のようにスクリーンライン交通量を制約条件としてモデル定式化を行うなど改良が必要である。

最後に、本研究は昭和60年度、昭和61年度文部省科学研究費補助金（一般研究C）の研究補助を受けて行った研究成果の一部である。ここに記して、感謝したい。

参 考 文 献

- 1) 井上博司；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, pp. 11~19, 1977年
- 2) H. J. Van Zuylen and L. G. Willumsen；The Most Likely Trip Matrix Estimated from Traffic Counts, Transpn. Res. - B, Vol. 14B, pp. 281~293, 1980.
- 3) D. Van Vliet and L. G. Willumsen；Validation of The ME2 Model for Estimating Trip Matrices from Traffic Counts, Proceedings of the 8th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Tronto University, June 1981.
- 4) L. G. Willumsen；Estimating Time-Dependent Trip Matrices from Traffic Counts, Proceedings of the 9th International Symposium on Transportation and Traffic Theory, Delft, pp. 397~411, July 1984.