

# 確率的利用者均衡配分モデルにおける分散パラメータに関する研究\*

## A Study on Scale-Parameter of Stochastic User Equilibrium Assignment Models\*

岡田良之\*\*・三輪富生\*\*\*・森川高行\*\*\*\*

By Yoshiyuki OKADA\*\*・Tomio MIWA\*\*\*・Takayuki MORIKAWA\*\*\*\*

### 1. はじめに

近年、道路交通計画の実務現場における将来交通量予測手法として、従来の分割配分モデルから利用者均衡配分モデルへの移行が検討されている。確率的利用者均衡配分モデルは、ドライバーが経路選択を行う際に認知している、旅行時間の不確実性を考慮したパラメータをモデルに組み込むことで、より現実に近いドライバーの経路選択行動を表現した配分モデルである。このパラメータは分散パラメータ（もしくはスケールパラメータ）と呼ばれ、配分計算の際にあらかじめ外生的に設定しておく必要があるが、実際の道路ネットワークへの適用に際しては合理的な設定方法が課題とされている<sup>1)</sup>。設定方法としては、分散パラメータを変化させて配分計算を行った推計交通量と、路側で実際に観測された断面交通量との比較を行い、再現性が最も高いものを採用する方法<sup>2)</sup>や、溝上ら<sup>3)</sup>のように現実の経路選択行動結果に最も適合するようにリンク交通量の観測値を用いてパラメータを逆推定する方法が考えられる。特に実務レベルにおいては、 $\theta$ が0.1~1.0の範囲であれば配分されたリンク交通量に大きな差異は見られないため、 $\theta=1.0$ として適用されることが多い。

しかし、この分散パラメータは、ドライバーの経路選択行動を規定するものであり、交通量配分から得られるアウトプットに何らかの影響を与えるものである。アウトプットには、各リンクの断面交通量や主要交差点における方向別交通量のような単純な「量的」なもののみでなく、ある特定リンクを利用している交通のOD内訳や利用経路などから、どのような交通が利用しているのか

といった「質的」なものも含まれる。今後、道路事業の予算制約が益々厳しくなることが予想され、実務現場においても、新規路線の必要性の検討や既存ネットワークの有効利用の検討にあたっては、量的な評価はもちろん、質的なアウトプットの妥当性についても詳細に分析することが厳しく求められている。

また、確率的利用者均衡配分モデルの利用にあたっては、“ドライバーの経路選択行動のばらつきを表現できる”というこれまでの安易な利用目的から脱却し、道路の利用のされ方までを評価可能な、より有用な交通量配分手法へとその利用価値を高める必要がある。したがって、分散パラメータの設定に際しては、安易な設定方法によって誤った計画策定を招くことも考えられるため、リンク交通量のみではなく、OD内訳や利用経路など、より詳細なレベルにおいて、現実の交通現象との整合性を図ることが可能なパラメータを設定する必要がある。

そこで本研究では、OD間旅行時間の異なるドライバーの旅行時間に関する認知誤差の違いを表現した、マルチクラス確率的利用者均衡配分モデルを、実務レベルの道路ネットワークに適用し、その推計結果から分散パラメータの設定方法について考察する。具体的には、ネットワーク上における観測交通量に対する再現精度を比較した場合と、高速インターチェンジを利用する交通に対する自動車起終点調査から集計した実際のOD内訳（OD間旅行時間によるクラス別の交通量）に対する再現精度を比較した場合の2つの方法を用いて、適切な分散パラメータについて分析する。

### 2. マルチクラス確率的利用者均衡配分モデル

確率的利用者均衡配分モデルは、ODペア $rs$ 間の経路 $k$ の効用関数の確定項 $V_k^{rs}$ を、経路旅行時間（もしくは一般化費用） $c_k^{rs}$ の関数として $V_k^{rs} = -c_k^{rs}$ とおいたとき、効用関数の誤差項 $\varepsilon_k^{rs}$ に分散パラメータ $\theta$ のガンベル分布を仮定すれば、経路 $k$ の選択確率 $P_k^{rs}$ はロジットモデルである次式で表される。

$$P_k^{rs} = \exp(-\theta \cdot c_k^{rs}) / \sum_{k' \in K_{rs}} \exp(-\theta \cdot c_{k'}^{rs}) \quad (2-1)$$

\*キーワード：配分交通，確率的利用者均衡配分

\*\*正員，工修，株式会社 長 大

(名古屋市千種区名駅南1丁目18-24, TEL:052-586-0700,

E-mail:okada-yo@chodai.co.jp)

\*\*\*正員，博（工），名古屋大学大学院環境学研究所

(名古屋市千種区不老町, TEL:052-789-3565,

E-mail:miwa@trans.civil.nagoya-u.ac.jp)

\*\*\*\*正員，Ph.D，名古屋大学大学院環境学研究所

(E-mail:morikawa@civil.nagoya-u.ac.jp)

したがって、経路交通量  $f_k^{rs}$  は、 $rs$  間の OD 交通量  $q_{rs}$  を用いて、 $f_k^{rs} = q_{rs} \cdot P_k^{rs}$  として表される。

式 (2-1) における分散パラメータ  $\theta$  は、分析者にとっては観測できない要因のばらつきを表しており、特に交通量配分においては、その値が大きくなればドライバーが認知している経路旅行時間の誤差は小さくなり、逆に小さくなれば誤差が大きくなると捉えられている。

ところで、ドライバーが認知する経路旅行時間の誤差項を独立で同一のガンベル分布に従うと仮定して導出するロジットモデルは、Dial のアルゴリズムにより交通量負荷を非常に簡易に行えるという利点を有する一方で、 $\theta$  をすべてのトリップ属性について同じにしてしまうと、非現実的な経路選択行動を表現してしまうといった欠点も有している。ここで、図 2-1 に示したような 1OD ペア 2 経路の非常に簡単なネットワークの 2 つケースについて考えてみることにする。

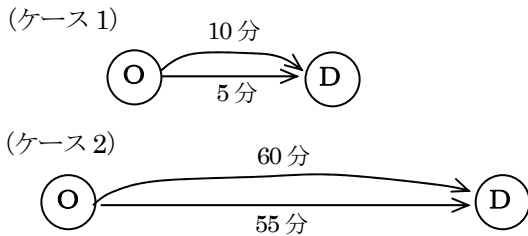


図 2-1 1OD ペア 2 経路のネットワーク

ケース 1 の各経路の旅行時間は 5 分と 10 分であり、ケース 2 では 55 分と 60 分である。通常のロジットモデルでは、どちらのケースでも同じ分散パラメータを用いるため、2 つの経路はまったく同じ選択確率 ( $\theta = 1$  のとき、.993 : .007) となる。しかし、ケース 1 においては、多くの利用者が 5 分の経路利用することに問題はないと考えられるが、ケース 2 においては 55 分の経路がケース 1 と同じ選択確率で選択されると考えることは非現実的であるといえよう。これは、ロジットモデルでは選択確率が効用差で決定され、 $\theta$  をすべてのトリップ属性について均一としたために生じる現象である。実際の経路選択行動を考慮した場合、OD 間の旅行時間が長くなればなるほど、各経路の効用に対するドライバーの認知誤差は大きくなり、経路間の効用差を正確には判断できなくなる。すなわち、OD 間の旅行時間が長くなるほど、誤差項のばらつき (分散) が大きくなると考える方が自然である。また、三輪らによるプローブカーデータを用いた分析結果<sup>4)</sup>によると、OD 間距離の増加に伴い分散が増加することが確認されている。

経路選択に伴う認知誤差が OD 間の平均旅行時間に比例していると考えられるとき、ペア  $rs$  間の経路  $k$  の効

用関数における誤差項  $\varepsilon_k^{rs}$  の分散  $Var[\varepsilon_k^{rs}]$  を、観測される経路旅行時間の期待値  $E[c_k^{rs}]$  の関数として式 (2-2) のように定義する。

$$Var[\varepsilon_k^{rs}] = \lambda \cdot E[c_k^{rs}] = \lambda \cdot \bar{c}_k^{rs} \quad (2-2)$$

一方、ガンベル分布の特性より、誤差項  $\varepsilon_k^{rs}$  の分散  $Var[\varepsilon_k^{rs}]$  は分散パラメータ  $\theta_{rs}$  を用いて式 (2-3) のように表現できる。

$$Var[\varepsilon_k^{rs}] = \pi^2 / 6\theta_{rs}^2 \quad (2-3)$$

したがって、ペア  $rs$  間の分散パラメータ  $\theta_{rs}$  は式 (2-2)、(2-3) から、次式として得られる。

$$\theta_{rs} = \pi / \sqrt{6\lambda \cdot \bar{c}_k^{rs}} \quad (2-4)$$

式 (2-4) によって得られた  $\theta_{rs}$  を、図 2-1 に示した簡単なネットワークに適用してみると (計算の便宜上  $\lambda = 1$  とする)、ケース 1: ( $\theta_{rs} = .574, .946 : .054$ ) に対してケース 2: ( $\theta_{rs} = .173, .704 : .296$ ) となり、非現実的な経路選択現象がかなり緩和されていることが分かる。この考え方は Gliebe ら<sup>5)</sup> により、経路選択行動を対象として非集計モデルに適用されている。

なお、ここでは Dial のアルゴリズムにより、交通量配分モデルに最も用いられている MNL モデルを例として示したが、期待効用最大化理論を背景としたその他の経路選択モデル<sup>6)</sup>に対しても、同様の考え方を適用することは可能である。また、本研究においては、経路選択に伴う認知誤差が OD 間の平均旅行時間に比例している、すなわち式 (2-2) のような線形関数として定義したが、線形関数以外の関数も設定可能である。

このようなトリップ属性 (クラス) の一つである OD 間の旅行時間の違いを、ネットワーク配分問題において明示的に区別して取り扱ったマルチクラス確率的利用者均衡配分モデルは以下のように定式化される (H.Yang<sup>7)</sup> 参照)。

$$\begin{aligned} \min . Z = & \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega \\ & - \sum_{g \in G} \left[ \frac{1}{\theta_g} \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} q_{g,rs} H_{g,rs}(\mathbf{f}^{g,rs}) \right] \end{aligned} \quad (2-5)$$

subject to

$$x_a = \sum_{r \in R} \sum_{s \in S} \sum_{k \in K_{rs}} f_k^{rs} \delta_{a,k} \quad \forall r \in R, s \in S \quad (2-6)$$

$$q_{g,rs} = \sum_{k \in K_{rs}} f_k^{g,rs} \quad \forall g \in G, r \in R, s \in S$$

(2-7)

$$f_k^{g,rs} \geq 0 \quad \forall k \in K_{rs}, \forall g \in G, r \in R, s \in S \quad (2-8)$$

ここに,

$$H_{g,rs}(\mathbf{f}^{g,rs}) \equiv - \sum_{k \in K_{rs}} P_k^{g,rs} \ln P_k^{g,rs} \\ = - \sum \sum \sum \frac{f_k^{g,rs}}{q_{g,rs}} \ln \frac{f_k^{g,rs}}{q_{g,rs}} \quad (2-9)$$

$x_a$  : リンク  $a$  の交通量

$t_a(x_a)$  : リンク  $a$  の旅行時間

$\delta_{a,k}^{rs} := \begin{cases} 1 : \text{OD ペア } rs \text{ 間経路 } k \text{ がリンク } a \text{ を含む} \\ 0 : \text{ } & \text{ } \end{cases}$  含まない

$q_{g,rs}$  : クラス  $g$  に属する OD ペア  $rs$  間分布交通量

$P_k^{g,rs}$  : クラス  $g$  に属する OD ペア  $rs$  間の  $k$  番目経路の選択確率

なお本来は、実際のネットワークに適用する際には、OD ペアの数だけクラスが存在することとなるが、本研究では計算機容量の制限により、OD 間平均旅行時間のランクによってクラス化 ( $g = 1, 2, \dots, G$ ) して定式化を行っている。

### 3. 実ネットワークへの適用

#### (1) 配分データの概要

配分の対象とする地域は、愛知県名古屋市を中心としたエリアを対象としている。ネットワークは、愛知県、及び隣接する県（岐阜県、静岡県、三重県、長野県）については、平成 11 年度道路交通センサス（以下、H11 センサス）の調査対象となっているすべての路線、それ以外の地域については、一般国道以上の路線で構成されており、リンク数は 14,161 である。また、OD 表（台/日）は平成 11 年道路交通センサス全国現況 B ゾーン OD 表を基本として、愛知県内は B ゾーンのままとし、

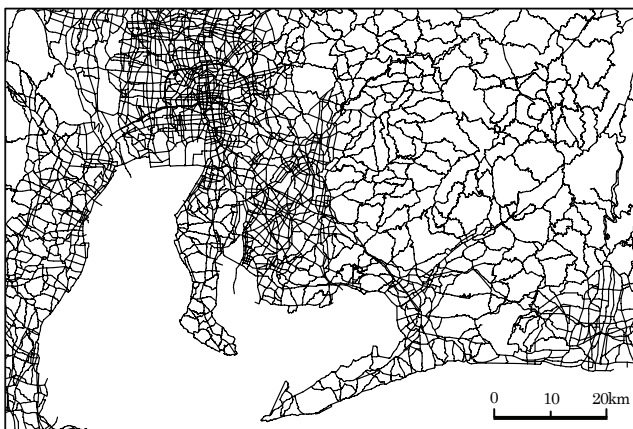


図 3-1 配分ネットワーク（愛知県）

隣接する県については概ね地方生活圏で集約し、その他の都道府県については概ね県単位で集約した OD 表を作成した。ゾーン数は 528 ゾーン（愛知県内 330 ゾーン）である。

また、ネットワークを構成する各リンクのリンクコスト関数には、以下の BPR 関数を採用した。

$$t_a(x_a) = t_{a0} \left[ 1 + \alpha \left( \frac{x_a}{\gamma_a c_a} \right)^\beta \right] \quad (3-1)$$

ここで、 $t_{a0}$  は自由旅行時間でリンク  $a$  の指定最高速度 (km/h) の逆数、 $c_a$  は可能交通容量 (台/日)、 $\gamma_a$  は 24 時間交通容量とするための換算係数を溝上ら<sup>8)</sup>の方法を用いて H11 センサスより設定し、パラメータ  $\alpha$ 、 $\beta$  は土木学会<sup>9)</sup>よりそれぞれ 0.48、2.82 を全リンクについて共通に設定した。なお、有料道路の料金は時間価値 (=72.45 円/分<sup>9)</sup>) を用いて時間換算している。

#### (2) $\theta_g$ の設定方法

$\theta_g$  は、各 OD ペア間の平均旅行時間（料金を時間換算した一般化費用、単位：分）を配分ネットワーク上の各リンクの自由旅行時間からあらかじめ集計し、 $\theta_1$  : 0 ~ 10 分、 $\theta_2$  : 10 ~ 20 分、 $\dots$ 、 $\theta_6$  : 50 ~ 60 分、 $\theta_7$  : 60 分以上の 7 クラスとして設定する。なお、適用する OD 表の  $\theta_1 \sim \theta_7$  クラスの構成比は、表 3-1 に示すようになっている。

表 3-1 OD 表のクラス別の構成比

クラス	OD 間 旅行時間 (分)	OD 量 (千台/日)	構成比
1	0~10	3,071	27.5%
2	10~20	3,435	30.8%
3	20~30	1,574	14.1%
4	30~40	955	8.6%
5	40~50	495	4.4%
6	50~60	326	2.9%
7	60~	1,293	11.6%
計		11,149	100.0%

このとき各クラスの  $\theta_g$  の値は、式 (2-4) に含まれる  $\lambda$  の値によって図 3-2 のように変化する。

$\lambda$  は経路選択に伴う旅行時間の認知誤差の大きさを決定しているパラメータであり、 $\lambda = 5$  のように大きな値を設定してしまうと、OD 間旅行時間に係わらず  $\theta_g$  の値は非常に小さくなってしまふ。逆に、 $\lambda = 0.01$  のような非常に小さな値の場合は、ほとんどの OD ペアにおいて経路選択のばらつきが小さくなり、確定的利用者均衡配分から得られる結果に近づくといえる。Glielbe らは、便宜上  $\lambda = 1$  と仮定しているが、本研究では  $\lambda$  を

0.1~2.0 までの範囲で変化させた場合の配分計算を実施する。なお、 $\theta_g$  の値は各 OD 交通量で重み付けを行った式 (3-2) で算出される。

$$\theta_g = \frac{\sum_{rs \in g} \left( q_{rs} \frac{\pi}{\sqrt{6\lambda \cdot \bar{c}_k^{rs}}} \right)}{\sum_{rs \in g} q_{rs}} \quad (3-2)$$

参考として、 $\lambda = 0.1$  および  $\lambda = 1.0$  とした場合に設定される  $\theta_g$  の値を表 3-2 に示す。

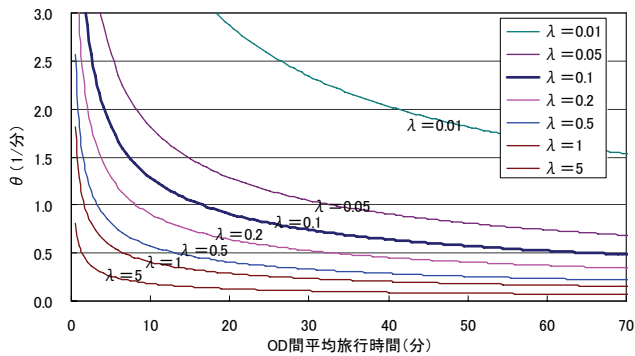


図 3-2  $\lambda$  の違いによる  $\theta_g$  の変化

表 3-2  $\lambda = 0.1, 1.0$  の場合におけるクラス別の  $\theta_g$

クラス	$\theta_g$	
	$\lambda = 0.1$ のとき	$\lambda = 1.0$ のとき
1	1.353	0.458
2	1.068	0.338
3	0.818	0.259
4	0.692	0.219
5	0.608	0.192
6	0.548	0.173
7	0.337	0.106

このように、OD 間旅行時間が小さいときに  $\theta_g$  の値が大きくなるように設定することは、短トリップを行うドライバーは、長トリップを行うドライバーと比較して OD 間のネットワーク形状や交通状況に対して正確な情報を認知していることを意味し、より最適な経路選択行動を行うことになる。逆に、長トリップを行うドライバーは、ネットワーク形状や交通状況に対して正確な情報を認知しておらず、ばらつきが大きな経路選択行動を行うことを意味している。

なお、本研究で採用するマルチクラス確率的利用者均衡配分モデルと、OD 間旅行時間による認知誤差の変化を考慮しない通常の確率的利用者均衡配分モデルによる配分結果の比較検証を行うために、全クラスに共通の分散パラメータ ( $\theta = 1.0$ ) を適用した場合の配分計算も行っている。

### (3) 分散パラメータの分析

ここでは、(1)、(2) の条件の下で配分した結果に基づき、現況再現性の最も高くなるような分散パラメータについて実証的に検討する。現況再現性の評価に際しては、(a) 各リンクの推計交通量の H11 センサ観測交通量に対する再現精度、(b) 代表リンクの OD 内訳 (OD 間旅行時間によるクラス別の交通量) の自動車起終点調査から集計された実際の OD 内訳に対する再現精度の 2 つの適合度評価項目について考察する。

#### (a) 断面交通量の再現精度

まず、ネットワークを構成する H11 センサ対象リンク (愛知県内 1,192 サンプル) における観測交通量 (台/日) に対する推計交通量の再現精度について、 $\lambda = 1.0$  のとき、及び全クラスに共通の分散パラメータ ( $\theta = 1.0$ ) を適用したときの推計交通量と観測交通量の散布図を図 3-3、図 3-4 に、 $\lambda$  の違いによる相関係数、RMSE の比較結果を図 3-5 に示す。

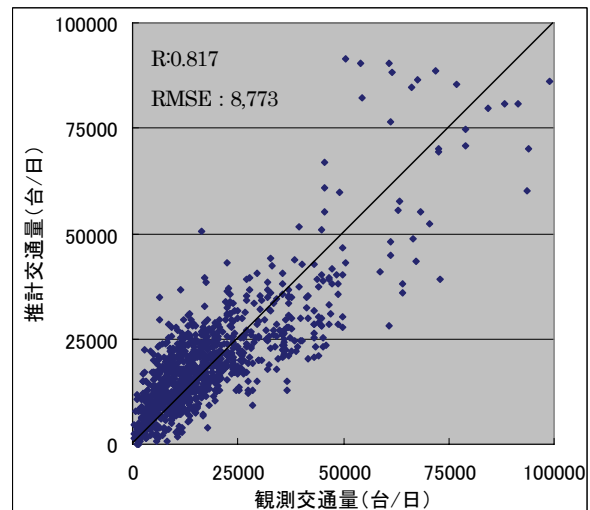


図 3-3 観測交通量と推計交通量の散布図 ( $\lambda = 1.0$ )

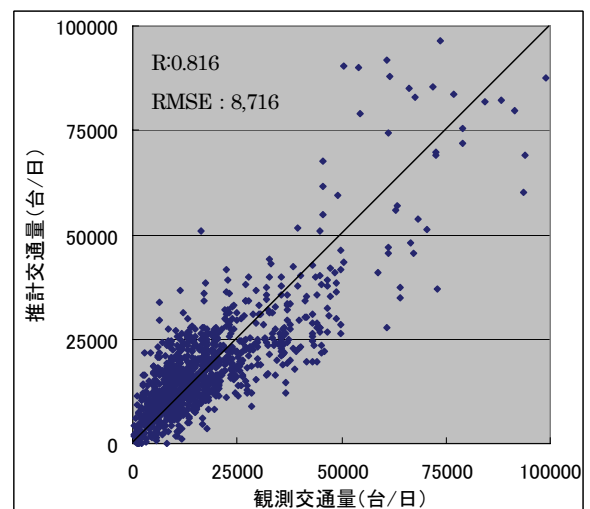


図 3-4 観測交通量と推計交通量の散布図 ( $\theta = 1.0$ )

図 3-3, 図 3-4 より,  $\lambda = 1.0$  のとき, 及び全クラスに共通の分散パラメータ ( $\theta = 1.0$ ) を適用したときの再現精度はともに高く, 本研究で使用したネットワークデータや OD 表は, 現実の交通状況を精度よく再現しているものであることが分かる。

また, 図 3-5 より,  $\lambda$  の違いによる再現精度については若干の差異はあるものの,  $\lambda = 0.1 \sim 2.0$  においてほとんど違いがない結果となった。さらには, 全クラスに共通の分散パラメータ ( $\theta = 1.0$ ) を適用した場合の再現精度 ( $R = 0.816$ ,  $RMSE = 8,716$ ) と比較しても大きな違いはなく, ネットワークを構成する各リンクの推計交通量の再現精度のみからは, 適切な分散パラメータ  $\lambda$  を設定することは難しい結果となった。

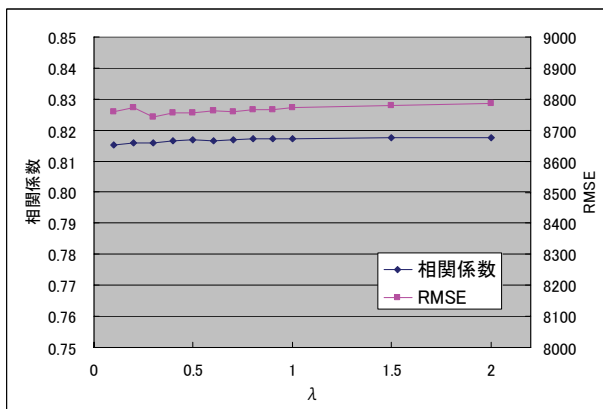


図 3-5  $\lambda$  の違いによるリンク交通量再現精度の比較

これは, OD ペア毎に異なる  $\theta_g$  を適用することで異なる経路選択行動を再現しても, ある OD ペアの経路選択行動とそれに伴う交通状況の変化が, 他の OD ペアの経路選択行動に影響を及ぼし, 各リンクの配分交通量自体は OD ペア間で補い合うため, 再現される均衡状態ではリンク交通量に大きな違いが生じないことを意味している。この結果は,  $\theta$  が  $0.1 \sim 1.0$  の範囲であれば配分されたリンク交通量に大きな差異は見られないという既存研究で示された結果<sup>2)</sup>と類似している。

そもそも, 本研究で適用したマルチクラス確率的利用者均衡配分モデルは, OD 間旅行時間の異なるドライバーの旅行時間に関する認知誤差の違いを表現することで, リンクを通過する交通の「量」ではなく「質」に与える影響が大きいはずである。したがって, リンク交通量のみに基づいて現況再現性を評価する従来の作業では, 現実の交通状況を質的にまで再現したことを保証するものではない。つまり,  $\lambda$  を変化させても均衡状態にある個々のリンクの推計交通量には大きな違いはないが, 各リンクを利用している交通の OD ペアは異なっているのではないかと考えられる。

そこで, 「質」に関する現況再現性について評価する一つの手法として, ある特定のリンクにおいて観測され

た OD 内訳 (OD 間旅行時間によるクラス別の交通量) に対する再現精度に着目した分析を行うこととした。

#### (b) クラス別交通量の再現精度

図 3-6 はネットワーク上のある県道 2 車線リンク (H11 センサス観測交通量: 21,135 (台/日)) における推計交通量のクラス別の交通量を示したものである。

ここで,  $\lambda = 0.1$  と  $\lambda = 1.0$  を比較した場合, 断面交通量では 203 台の差しかないが, クラス別の交通量をみると最大で 280 台 (クラス 2) の差が生じている。特に, クラス 5~7 とクラス 1~4 では, 両者の交通量の占める割合が逆転するといった傾向が見られる。一方,  $\lambda = 0.1$  と全クラスに共通の分散パラメータ ( $\theta = 1.0$ ) を適用した結果を比較すると, 断面交通量では 235 台の差であるが, クラス別の交通量では最大で 582 台 (クラス 6) の差が生じており, クラス別交通量の大小関係についても一定の傾向がみられない。

なお, クラス別交通量の分布の差の検定 (カイ 2 乗検定) をおこなったところ,  $\lambda = 0.1$  と  $\lambda = 1.0$  の間の  $\chi^2$  値は 35.57,  $\lambda = 0.1$  と共通 ( $\theta = 1.0$ ) の間の  $\chi^2$  値は 99.49 (それぞれ自由度: 6,  $\chi_{0.01}^2$  値: 16.812) であり, 「両者の分布が同じである」という帰無仮説は, 有意水準 1% で棄却され, 分布が同じではないことが示された。

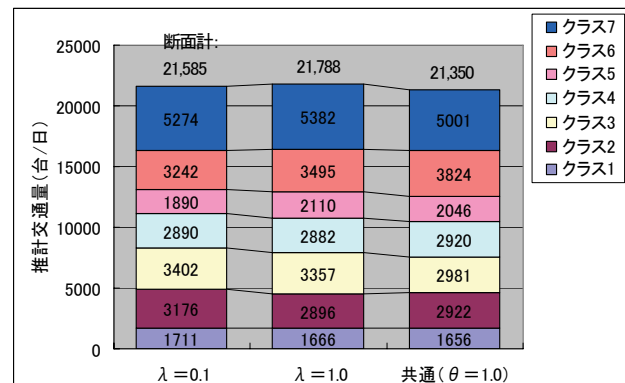


図 3-6 特定リンクにおけるクラス別交通量

このように, 個々のリンクにおけるクラス別交通量に着目し, その再現精度の検証結果から適切な分散パラメータを設定することの有用性は十分にあると考えられる。

しかしながら, 図 3-6 に示したような, ある特定リンクを通過する交通の実際の OD 内訳を観測するためには, 通過車両を停止させて調査票を配布する等の方法による路側 OD 調査を別途実施する必要があり, H11 センサスから得られる断面交通量とは異なり, 簡易に実際の観測値を入手することは難しい。

そこで, 高速道路という特殊な状況化であるものの, 実際の OD 内訳を比較的簡易に集計することが可能な H11 センサス高速マスターデータを用いた分析を行うこととした。高速マスターデータからは, 各インターチェ

ンジ (以下, IC) の利用交通の OD ペアを B ゾーン単位で集計することが可能である. 愛知県内には, 主に東名高速道路, 名神高速道路を中心として 14 の IC があり, 各 IC リンクのクラス別交通量 (クラス 1~7) を対象とした 98 (=14×7) サンプルを対象とした再現精度を比較した.  $\lambda=0.4$  のとき, 及び全クラスに共通の分散パラメータ ( $\theta=1.0$ ) のときのクラス別の推計交通量と観測交通量の散布図を図 3-7, 図 3-8 に,  $\lambda$  の違いによる相関係数, RMSE の比較結果を図 3-9 に示す.

図 3-7, 図 3-8 より, 各 IC のクラス別交通量の再現性は, 比較的高く予測されていることが分かる. また,  $\lambda$  の違いによる比較結果を示した図 3-9 をみると, 十分に有意な差異ではないものの  $\lambda=0.4$  付近で再現性が高くなっていることが分かる.

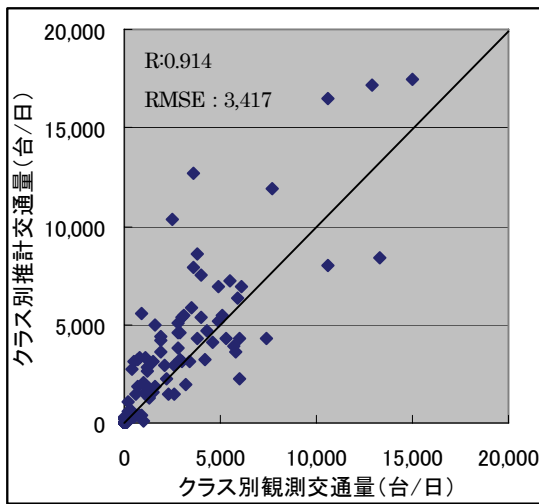


図 3-7 クラス別の観測交通量と推計交通量の散布図 ( $\lambda=0.4$ )

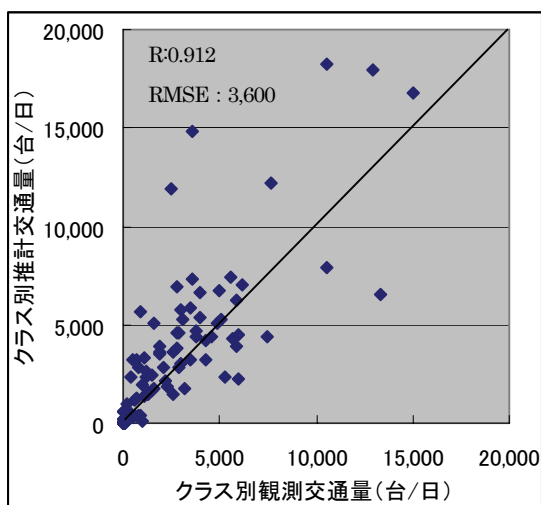


図 3-8 クラス別の観測交通量と推計交通量の散布図 ( $\theta=1.0$ )

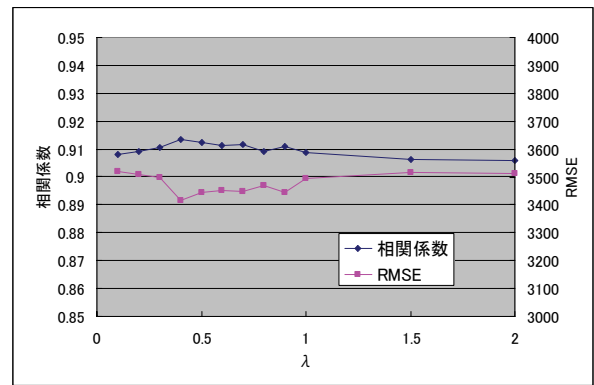


図 3-9  $\lambda$  の違いによるクラス別交通量再現精度の比較

また, 全クラスに共通の分散パラメータ ( $\theta=1.0$ ) を適用した場合の再現精度は  $R=0.912$ ,  $RMSE=3,600$  であった. したがって,  $\lambda=0.4$  においては, 本研究で適用したマルチクラス配分の方が若干ではあるが優れている. さらには,  $RMSE$  で比較した場合では, すべての  $\lambda$  の値においてマルチクラス配分の方が再現性に優れていることが分かる. なお,  $\lambda=0.4$  を適用した場合の  $\theta_g$  は表 3-3 のようになる. ここで, クラス別交通量のある 1 つの IC (東名阪自動車道 名古屋西 IC) で詳細にみると, 図 3-10 のようになっている.

表 3-3  $\lambda=0.4$  の場合におけるクラス別の  $\theta_g$

クラス	OD 間旅行時間 (分)	$\theta_g$
1	~10	0.697
2	10~20	0.534
3	20~30	0.409
4	30~40	0.346
5	40~50	0.304
6	50~60	0.274
7	60~	0.168

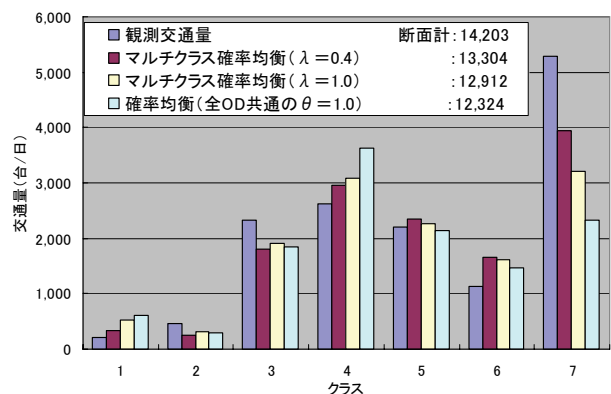


図 3-10 名古屋西 IC におけるクラス別交通量の比較

この結果より, マルチクラス配分の方が, 特に長トリップのクラス (クラス 7) において再現性が高くなって

いる。この傾向は $\lambda=0.4$ としたときに顕著であり、 $\lambda$ を適切に設定することにより、質的な再現性を確保することが可能となることが分かる。

ただし、この結果は高速道路 IC という特殊な状況下における結果であること、また、本来 OD 間旅行時間で異なる高速道路の利用傾向を反映したモデル（例えば、高速転換率併用モデル）ではないことから、実際に適用するモデル構造と、OD 内訳の得られたリンクの特性を十分に考慮した上で $\lambda$ を決定する必要がある。

#### 4. まとめ

本研究では、OD 間旅行時間の異なるドライバーの旅行時間に関する認知誤差の違いを表現した、マルチクラス確率的利用者均衡配分モデルを実ネットワークへ適用した。さらに、各リンクの断面交通量の再現精度と、ある特定のリンクにおける OD 内訳（クラス別交通量）の再現精度の2つの視点から、適切な分散パラメータの設定方法について実証的検討を行い、以下の知見を得た。

- 各リンクの断面交通量の再現精度のみでは、分散パラメータの設定による十分な差異はみられず、道路ネットワークの利用のされ方を考慮した、適切な分散パラメータを設定することは難しい。
- マルチクラス配分による分散パラメータの違いは、リンク交通量そのものよりも、その OD 内訳に与える影響が大きい。（ただし、OD 内訳が正しいかどうかの検証は、実際の OD 内訳が取得可能な場合のみ可能である。）
- 高速インターチェンジにおけるクラス別交通量の再現精度を比較した結果、断面交通量と異なり分散パラメータが再現精度に与える影響があることが分かった。これは、分散パラメータの OD 間旅行時間による構造化により、少なくとも高速道路の利用特性が変化することを意味している。

本研究で得られた知見に基づき、さらに合理的な分散パラメータの設定方法を検討し、実際のネットワーク配分問題に適用していくための今後の課題をまとめると以下の通りである。

- 配分交通量の再現精度は、分散パラメータのみでなく、ネットワーク密度とゾーニングのバランスや、リンクコスト関数の設定方法などが与える影響も大きい。そのため、その他のインプットデータの妥当性についても十分な検証を行う必要がある。
- 都市交通を担う一般道路や、都市内への通過交通の排除を目的とした環状道路のような、本来の建設目的が明確な路線を対象として、その再現性や利用実態を分析することで、より有用な知見が得られると考えられる。

- マルチクラス配分を考慮した場合、車種別の経路選択行動の違いが与える影響も大きいと考えられるため、車種、目的、時間価値などのその他のトリップ属性も考慮したモデルについても検証する必要がある。
- 配分交通量の再現精度だけでなく、アンケート調査やプローブカーデータなどその他の経路選択行動データを用いた、分散パラメータの設定方法についても検討する必要がある。
- 本研究では Dial のアルゴリズムにより交通量負荷計算を行っており、利用可能経路集合を明示的に扱っていない。しかし、現実の経路選択行動を考えると、利用可能経路集合の設定によっても分散パラメータは変化すると考えられる。したがって、利用可能経路集合の設定と分散パラメータの関係についてのより詳細な分析を行う必要がある。
- 最後に、本研究では Dial のアルゴリズムにより容易に適用可能な MNL モデルを用いていることとなるが、特に、Paired Combinatorial Logit や Cross-Nested Logit などは、ネットワークへの交通量負荷アルゴリズムが示されており<sup>10), 11)</sup>、これらのモデルを用いることでより適切な交通量配分結果が得られると考えられる。

#### 参考文献

- 1) 土木学会：「道路交通需要予測の理論と適用 第I編」, pp.112, 2003
- 2) 桑原雅夫：「交通量配分手法の実証的検討」, 交通工学, Vol.23, No.2, pp.17~25, 1989
- 3) 溝上章志,松井寛：「Fisk 型確率均衡配分モデルの未知パラメータ  $\theta$  の推定に関する一手法」, 交通工学, Vol.28, No.2, pp.21~29, 1993
- 4) 三輪富生, 森川高行, 倉内慎也：「プローブカーデータを用いた動的な経路選択行動に関する基礎的分析」, 土木計画学研究・論文集, Vol. 22 (印刷中)
- 5) Gliebe, J. P., Koppelman, F. S. and Ziliaskopoulos, A.: 「Route choice using a paired combinatorial logit model」, Transportation Research Board 78th Annual Meeting, CD-ROM, 1999.,
- 6) 羽藤英二：ネットワーク上の交通行動, 土木計画学研究・論文集, Vol.19-1, pp.13~27, 2002.
- 7) HAI YANG: 「Multiple Equilibrium Behaviors and Advanced Traveler Information Systems with Endogenous Market Penetration」, Transpn Res.-B, Vol.32, No3, pp.205-218, 1998
- 8) 溝上章志,松井寛,可知隆：「日交通量配分に用いるリンクコスト関数の開発」, 土木学会論文集, 第 401 号/IV-10, pp.99~107, 1989

- 9) 国土交通省道路局都市・地域整備局：「費用便益分析マニュアル」， pp.7, 平成 15 年 8 月 CD-ROM, 1998.
- 10) Prashker, J. N. and S. Bekhor: 「Investigation of stochastic network loading procedures」， Transportation Research Board 77th Annual Meeting, 11) Vovsha, P. and S. Beckhor: 「Link-nested logit model of route choice: overcoming route overlapping problem」， Transportation Research Record 1645, pp.133-142, 1998.

---

## 確率的利用者均衡配分モデルにおける分散パラメータに関する研究\*

岡田良之\*\*・三輪富生\*\*\*・森川高行\*\*\*\*

近年の実務現場では、交通量配分手法として確率的利用者均衡配分モデルへの移行が検討されている。確率的利用者均衡配分モデルでは、ドライバーが経路選択を行う際に認知している旅行時間の不確実性を考慮した分散パラメータをあらかじめ外生的に設定しておく必要があるが、その合理的な設定方法が課題とされている。本研究では、OD間旅行時間の異なるドライバーの旅行時間に関する認知誤差の違いを表現したマルチクラス確率的利用者均衡配分モデルを実際の道路網に適用した結果から分散パラメータの設定方法について考察し、分散パラメータの違いはリンク交通量よりも、そのOD内訳に与える影響が大きいことを示した。

---

## A Study on Scale-Parameter of Stochastic User Equilibrium Assignment Models\*

By Yoshiyuki OKADA\*\*・Tomio MIWA \*\*\*・Takayuki MORIKAWA \*\*\*\*

Adopting stochastic user equilibrium assignment models (SUE) for traffic assignment has been considered in professional practice. Although in SUE scale parameter, which accounts for drivers' uncertain cognition for travel time at route choice decision-making, must be set exogenously, a reasonable setting has remained to be solved. This study aims at examining a method of the setting, and multi-class SUE, which considers the differences of drivers' cognitive errors for travel time as travel time varies, was applied to an actual road network. The finding is that the scale parameter differences relate to detailed traffic contents rather than to link traffic volume.

---