

愛媛大学大学院 学生員 ○朝倉千絵  
愛媛大学工学部 正会員 羽藤英二  
愛媛大学大学院 学生員 村上公一

## 1. はじめに

交通量配分とは、ネットワーク上の経路選択行動についてある種の原則を設けて、その原則を満たすように交通量を各経路に割り振る問題を解くことである。このため経路選択の原則やネットワークの形によって実現するネットワークの交通状態は異なってくる。本研究ではネットワーク上の人の行動を記述するにあたり、基礎をなす経路選択行動に着目し、近年発展を遂げる経路選択モデルについてネットワーク分析におけるその適用可能性を探る。

## 2. モデルの定式化

本研究で用いる交通量配分の手法と経路選択原則について以下に整理する。

### (1) 確率的利用者均衡モデルの定式化

確率的利用者均衡配分は、非集計行動モデルに用いられるランダム効用最大化理論に基づいた確率的選択モデルにより行われる。いくつかのモデルが存在するなかで、本研究では誤差項の分布を互いに独立なガンベル分布と仮定した多項ロジット (Multi Nomial Logit) モデルを適用する。MNL 型利用者均衡配分では、経路の重複問題を記述できないことが指摘されている。以下に需要固定型のロジット型確率的利用者均衡の定義と等価な最適化問題を示す。

$$\min Z(f) = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(w) dw + \frac{1}{\theta} \sum_{rs} \sum_k f_k^{rs} \ln \frac{f_k^{rs}}{q_{rs}} \quad (5)$$

subject to : 利用者均衡配分と同様である。

### (2) CNL 型配分に基づく確率的利用者均衡

#### モデルの定式化

CNL (Cross-Nested Logit) モデルは、MNL の重複経路問題を緩和するモデルである。CNL 型利用者均衡配分では、道路混雑の有無に関係なくネットワークの構造に基づく選択肢の類似性を考慮した配分結果を導くことができる。以下に CNL 型配分に基づく確率的利用者均衡の定義と等価な最適化問題を示す。

$$\min Z = Z_1 + Z_2 + Z_3 \quad (6)$$

$$Z_1 = \sum_a \int_0^{x_a} C_a(w) dw \quad (7)$$

$$Z_2 = \frac{\mu}{\theta} \sum_{rs} \sum_m \sum_n f_{mn}^{rs} \ln \frac{f_{mn}^{rs}}{(\alpha_{mn}^{rs})^{1/\mu}} \quad (8)$$

$$Z_3 = \frac{1-\mu}{\theta} \sum_{rs} \sum_m \left( \sum_n f_{mn}^{rs} \right) \ln \left( \sum_n f_{mn}^{rs} \right) \quad (9)$$

subject to

$$x_a = \sum_{rs} \sum_m \sum_n f_{mn}^{rs} \delta_{a,k}^{rs} \quad \forall a \in A \quad (10)$$

$$q^{rs} = \sum_m \sum_n f_{mn}^{rs} \quad \forall rs \in W \quad (11)$$

$$f_{mn}^{rs} \geq 0 \quad \forall mn \in K_{rs}, \quad \forall rs \in W \quad (12)$$

ここで、

$f_{mn}^{rs}$ : ODペア $rs$ 間、ネスト $m$ 、経路 $n$ の交通量

$q^{rs}$ : ODペア $rs$ 間の交通量

$t_a$ : リンク $a$ のコスト

$\alpha_{mn}^{rs}$ : ODペア $rs$ 間、ネスト $m$ 、経路 $n$ のアロケーションパラメータ

$\mu$ : 非類似度パラメータ

### (3) システム最適化配分

Wardrop は交通量配分の第 2 原則「道路網における総走行時間が最小となるように配分する。」に基づくシステム最適化配分は、以下のような目的関数をもつ最適化問題である。

$$\min Z(f) = \sum_a x_a t_a(x_a) \quad (13)$$

subject to : 利用者均衡配分と同様。

## 3. 仮想ネットワークにおける数値計算例

### (1) 仮想ネットワークの概要

図 1 のような 1OD3 経路の仮想ネットワークを用いて計算する。リンク 1 と 4 がそれぞれ経路 1, 2 間, 2, 3 間における重複リンクとなる。

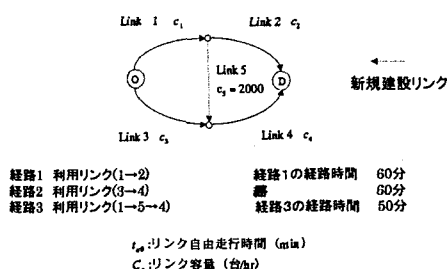


図1 数値計算に用いた仮想ネットワーク図  
リンクコストは式(14)のBPR関数を用いる。

$$t_a(x_a) = t_{a0} \left\{ 1 + \alpha (x_a / C_a)^\beta \right\} \quad (14)$$

ここで、

$t_a(x_a)$ : リンクコスト (km/hr)

$t_{a0}$ : リンク自由走行速度 (km/hr)

$x_a$ : リンク交通量 (台/hr)

$C_a$ : リンク容量 (台/hr)

$\alpha, \beta$ : パラメータ (本研究では $\alpha=1, \beta=1$ とする)

Case1 のネットワークパターンの設定は以下のようになる。

- (1) 経路3の重複率を0.1~0.9に変化させ、それによってリンクコストを設定した9パターン。
- (2) リンク5の容量を400台/hr~8000台/hrまで20パターン。(それ以外は2000台/hrに固定。)
- (3) OD交通量は800台/hrに固定する。
- (4) スケールパラメータは $\theta = 0.1$ ，非類似度パラメータは $\mu = 0.1$ 。

Case2 では、Case1 と(1)，(3)，(4)は同様の設定でCase2における(2)の設定を以下に示す。

- (2) リンク1，4の容量を400台/hr~8000台/hrまで20パターン。(それ以外は2000台/hrに固定。)

2つのケースともにMNL，CNL型確率利用者均衡配分で計算を行う。

## (2) 計算結果

計算結果を図2~図5に示す。

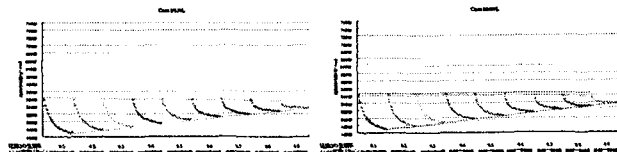


図2 重複率と容量を横軸に総旅行時間を縦軸にとる  
Case1 CNL(左図↑)とMNL(右図↑)の場合

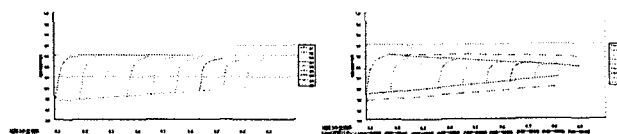


図3 重複率と容量を横軸に経路3選択確率を縦軸にとるCase1 CNL(左図↑)とMNL(右図↑)の場合

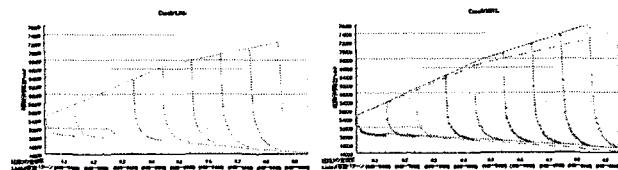


図4 重複率と容量を横軸に総旅行時間を縦軸にとる  
Case2 CNL(左図↑)とMNL(右図↑)の場合

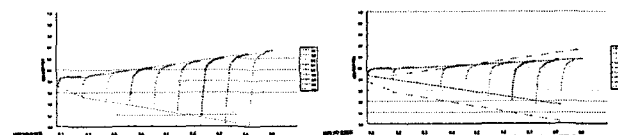


図5 重複率と容量を横軸に経路3選択確率を縦軸にとるCase2 CNL(左図↑)とMNL(右図↑)の場合

## (3) 考察・まとめ

### ・配分原則(CNL型，MNL型)による比較

総旅行時間について、MNLのほうがCNLより大きい。経路3選択確率においては、経路3の重複率、容量が小さいときにMNLのほうがCNLより大きく、経路3の重複率、容量が大きいときにCNLのほうがMNLより大きい。このことから、MNLでは経路の重複問題を記述できないために、経路3選択確率は重複率、容量が小さいときにCNLより大きくなったと考えられる。また、総旅行時間もCNLより大きくなったのだと考えられる。

### ・重複率と総旅行時間の関係性

Case1 では、重複率が高いときには、容量の増加に対する総旅行時間の縮小の勾配は緩やかで、重複率が低いときには、容量の増加に対する縮小の勾配は急である。Case2 ではCase1 とは逆で、重複率が低いときには、容量の増加に対する総旅行時間の縮小の勾配は緩やかで、重複率の高いときには、容量の増加に対する縮小の勾配は急である。従って容量を増加させること、つまり、道路整備はネットワークの形に対応した整備を行わなければならないことが分かる。

## 4. 今後の課題

最後に、本研究における今後の課題について示せば、今回は仮想ネットワークにおいて示したが、実ネットワークへの適用可能性について本研究を踏まえて、松山都市圏への適用を目指したい。