

道路利用者のリスク態度を考慮した金沢道路ネットワークの均衡分析

金沢大学工学部 正会員 中山晶一郎
 金沢大学工学部 正会員 高山 純一
 ○金沢大学大学院 学生会員 長尾 一輝

1.はじめに

交通量や旅行時間が変動し、ばらつく原因には様々なものが考えられるが、事故や災害などが発生していない通常の交通では、交通需要が不確定である(確率的に変動している)ことが一つの大きな原因であろう。交通量・旅行時間の不確実性を考慮する場合、このような交通需要を確率分布(確率変数)と仮定し、交通量を確率的に配分することが必要になると考えられる。

本研究では、OD交通量が正規分布に従うと仮定し、正規分布に従う交通量を配分する確率ネットワーク均衡を提案する。そして、提案した均衡モデルを金沢道路ネットワークに適用し、その妥当性、実用性などを確認する。このような均衡モデルは従来までのワードロップ均衡が確定値としてのOD交通量を確定的に配分していた点を大きく拡張し、確率的なOD交通量を確率的な交通量として配分するものである。このような均衡モデルによって、交通ネットワークの旅行時間の不確実性や時間信頼性を評価することが可能となる。

2.基本概念

(1)均衡概念

ワードロップ均衡の基本的な考え方は、利用される経路の旅行時間は皆等しく、利用されない経路の旅行時間よりも小さいかせいぜい等しいというものである。交通量や旅行時間を確率変数と考え、このワードロップ均衡の考え方を適用すると、利用される経路の「期待旅行時間」は皆等しく、利用さ

れない経路の「期待旅行時間」よりも小さいかせいぜい等しい、という均衡を考えることは極めて自然なことである¹⁾²⁾。これが本均衡モデルの基本的な考え方である。この時、期待旅行時間の代わりに効用の期待値や一般化費用の期待値を用いることも当然可能となる。

(2)交通量の分布

本研究では正規分布のOD交通量を正規分布の交通量として配分する。このときOD交通量について、平均に比例して分散が決まると仮定する。ODペア*i* ($i \in U$)のOD交通量の分散 $(\sigma^i)^2$ は $\eta\mu^i$ と仮定する。ただし、 η は正のパラメータ、 μ^i はOD交通量の平均である。このとき、 $\mu^i = \sum_j \mu_j^i$ 、 $(\sigma^i)^2 = \sum_j (\sigma_j^i)^2 = \eta \sum_j \mu_j^i$ である。ここで、 F_j^i はODペア*i*の経路*j*の経路交通量の確率変数であり、 μ_j^i はその平均である。

$$F_j^i \sim N[\mu_j^i, \eta \mu_j^i] \quad (1)$$

以上に加えて、各経路交通量は独立と仮定する。このとき、リンク*a*の交通量 X_a は正規分布に従う(独立な)経路交通量 F_j^i の和 $\sum_i \sum_j \delta_{aj} \cdot F_j^i$ であるため、それは以下の正規分布となる。

$$N[\sum_i \sum_j \delta_{aj} \cdot \mu_j^i, \sum_i \sum_j \delta_{aj} \cdot \eta \cdot \mu_j^i] \quad (2)$$

3.定式化

前項の基本概念に基づくと、本研究のモデルはワードロップ均衡と同様に、以下のように定式化

Key Words: 交通ネットワーク均衡, 確率的 OD 交通量
 連絡先: 金沢大学工学部

〒920-8667 金沢市小立野 2-40-20 Tel: 076-234-4614, Fax: 076-234-4632

できる.

$$\min. Z = \sum_a \int_0^{\mu_a} g_a(w) dw \quad (3)$$

subject to

$$\mu^i = \sum_j \mu_j^i \quad \forall j \in J^i \quad \forall i \in U \quad (4)$$

$$\mu_a = \sum_j \delta_{a,j} \cdot \mu_j^i \quad \forall j \in J^i \quad \forall a \in A \quad (5)$$

$$\mu_a \geq 0, \mu_j^i \geq 0 \quad \forall j \in J^i \quad \forall a \in A \quad (6)$$

ここで

$g_a(\cdot)$: リンク a の期待リンク旅行時間関数

μ^i : OD 交通量の期待値(平均)

μ_a : リンク交通量の期待値

μ_j^i : 経路交通量の期待値

リンク走行時間が BPR 関数に従うと仮定すると, リンクの旅行時間 t_a は $t_{a0} \{1 + \alpha(x/C_a)^\beta\}$ で表される. ただし, t_a はリンク a の旅行時間, t_{a0} は自由走行時間, C_a は交通容量, x は交通量である. 期待リンク旅行時間関数 g_a は μ_a の式で表され, $\beta=4$ のとき, g_a は次式となる.

$$g_a(\mu_a) = t_{a0} [1 + \alpha \{3(\eta \cdot \mu_a)^2 + 6\mu_a^2(\eta \cdot \mu_a) + \mu_a^4\} / C_a^4] \quad (7)$$

4. 利用者のリスク態度を考慮した実効旅行時間

本研究のモデルは, 期待旅行時間の代わりに以下に示す実効旅行時間 V_j^i を用いることで, このような利用者の旅行時間の不確実性への態度(リスク態度)を考慮したモデルへ容易に拡張できる.

$$V_j^i = E[T_j^i] + \sqrt{\text{Var}[T_j^i]} \quad (8)$$

V_j^i は OD ペア i の経路 j の実効旅行時間, T_j^i はその経路の旅行時間の確率変数, $E[T_j^i]$ は旅行時間の期待値, $\sqrt{\text{Var}[T_j^i]}$ は標準偏差である.

ただしこのような実効旅行時間を用いる場合は, リンク相互の相関が効用に反映される. そのため式(9)で示すような最適化問題として定式化は出来ず, 変分不等式等で表され, 緩和法や射影法

などの方法を用いて解くことになる. この場合, 一般に解は一意には保障されない.

5. 金沢道路ネットワークへの適用

ここまでで示してきた本研究の均衡モデルを金沢道路ネットワークに適用する. ノード数が 140, リンク数が 467 である. OD 交通量の平均値はパーソントリップ調査で得られた通勤時の OD 交通量と

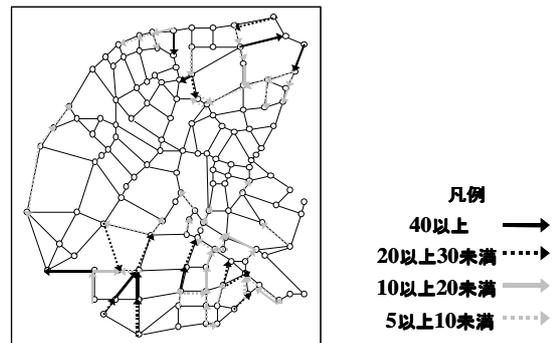


図-1 金沢道路ネットワークにおいて, 旅行時間の分散値が大きいリンク

し, 分散はリンク交通量の実測値から η を推定することによって設定する.

図-1 は, 配分の結果旅行時間の分散の値が大きかったリンクをピックアップしたものである. 旅行時間の分散が大きいことは旅行時間の信頼性が低いことと解釈でき, ここに挙げたリンクは今回の配分条件のもとで旅行時間の信頼性が低いリンクと考えることができる.

6. おわりに

本研究では, OD 交通量が正規分布であり, 交通量を正規分布とした, 旅行時間の不確実性を考慮する交通ネットワーク均衡を提案し, 金沢道路ネットワークに適用した. なお, 利用者のリスク態度を考慮した金沢道路ネットワークへの適用結果は講演時に発表する.

参考文献

- 1) Nakayama, S. and J. Takayama: Traffic Network Equilibrium Model for Uncertain Demands, Presented at the 82th annual meeting of Transportation Research Board, on CD-ROM, 2003.
- 2) 中山晶一郎, 高山純一, 笠島崇弘: 旅行時間の不確実性を考慮した交通ネットワーク均衡: 二項分布とポアソン分布を用いた確率ネットワーク均衡モデル, 第 25 回土木計画学研究発表会, on CD-ROM, 2002.