

実ネットワーク上の経路選択行動を考慮した配分手法に関する基礎的研究(1)

愛媛大学工学部 正会員 羽藤英二

愛媛大学工学部 正会員 朝倉康夫

1. はじめに

本稿は動的なネットワークにおけるドライバーの経路選択と出発時刻選択行動分析のための行動モデルの基礎的検討を目的としている。

2. 確率的 Loading のためのいくつかのモデル

User Equilibrium において、ドライバーの行動は確定的な行動原理を仮定し、Wardrop の第一原則に基づいて配分がなされる。ここで仮定される経路選択行動モデルは、効用最大理論に基づいた確率的選択モデルの効用関数の確率項をゼロと仮定したモデルと解釈できる。一方 Burrell(1968) による Stochastic User Equilibrium は経路選択行動原理が確率的であることを仮定している。

MNP(Thurstone,1927)と MNL (Luce, 1959), GEV(McFadden, 1978)などのいくつかの確率的選択モデルを SUE に組み込んだ現実的な解法アルゴリズムが提案されている。

各モデルの関係性を図-1 に示す。図中に示される GEV モデルの一般形は式(1)で表される。各経路選択枝の誤差項の独立性の仮定を緩和することで、選択枝間の類似性を取り扱ったものである。

$$P(k) = \frac{\exp(V_k) \frac{\partial G(y_1, y_2, \dots, y_n)}{\partial y_k}}{\mu G(y_1, y_2, \dots, y_n)} \quad (1)$$

$$y_k = \exp(V_k), (U_k = V_k + \varepsilon_k, k = 1, 2, \dots, n).$$

ここで CNL モデルは G を以下の式(2)で定義することで表すことができる。

$$G(y_1, y_2, \dots, y_n) = \sum_m \left(\sum_k \alpha_{mk} y_k \right)^\mu \quad (2)$$

m はネストであるリンクを k は経路を表し、 μ ($0 \leq \mu \leq 1$) はネストの程度、 α_{mk} ($0 \leq \alpha_{mk} \leq 1$) はネストへのアロケーションパラメータを示す。関数 G の仮定によりいくつかのモデルが提案されている。一方 Non-GEV モデルの ECL モデルでは、誤差項の定義をセグメントや選択枝毎に詳細に仮定する

ことで、選択枝の類似性と共に、誤差分散の不均一性を取り扱うことが可能である。

誤差構造を操作することでモデルの詳細化が可能になる。しかし、モデルが内包される評価システムとの整合性を考慮する必要がある。GEV ファミリーの確率利用者均衡問題は兵藤・室町が整理している。Non-GEV モデルのうち C-Logit, Path-Size Logit は経路を未知変数とするアルゴリズムを用いて配分が可能である。MNP についてはモンテカルロ・シミュレーションを用いた配分アルゴリズムが Daganzo (1979)により開発されている。一方、誤差分散の不均一性を取り扱った HEV などのモデルは嗜好の異なるセグメント毎に定数項として経路選択枝に対する嗜好の程度を取り扱うことになる。選択枝に対する嗜好は、選択枝集合の中で相対的に決定される。選択枝集合の現実的な設定方法が重要といえる。

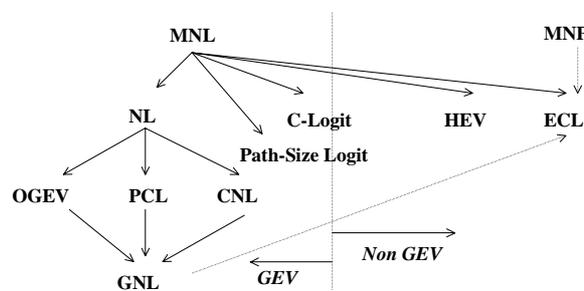


図-1 GEV と non-GEV モデルの関係

3. 確率的 Loading のための行動モデル比較分析

次に経路重複のある道路ネットワーク上で数値計算を行い、確率的 Loading のための経路選択モデルの特性について比較分析を行う。数値計算用のネットワークを図-2 に示す。ネットワークはいずれも1ODのネットワークで、Network#1 は経路1が独立で、経路2、3が重複しているネットワークを、Network#2 は経路1、2、3が全て重複しているBraessのネットワークを示す。それぞれの場合についてリンクの距離比 a/b をパラメータとして、ネ

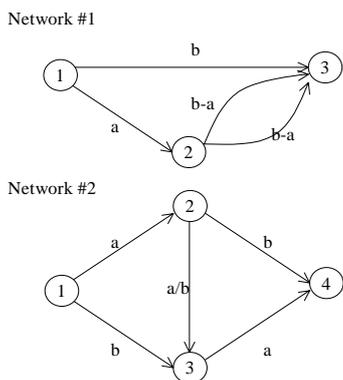


図-2 数値計算用ネットワーク

ネットワーク上のノードの空間的な配置が変化した場合の経路の選択確率を計算した。なおコストは Flow Independent として設定している。

図-3 にネットワーク 1 を適用した場合のモデルパラメータの構造を示す。経路の重複がみられる実ネットワーク上で確率的 Loading を行う場合、経路選択肢をリンクに分割してその選択肢構造を記述し、リンクとパスの間の相互関係をパラメータ表現する必要がある。MNL は、経路選択肢間の誤差を独立と仮定しているのに対して、PCL はパス間の誤算分散の相関をにより直接考慮している。一方 CNL はを導入することでパスとリンクの構造を考慮し、経路の重複の表現が可能となっている。

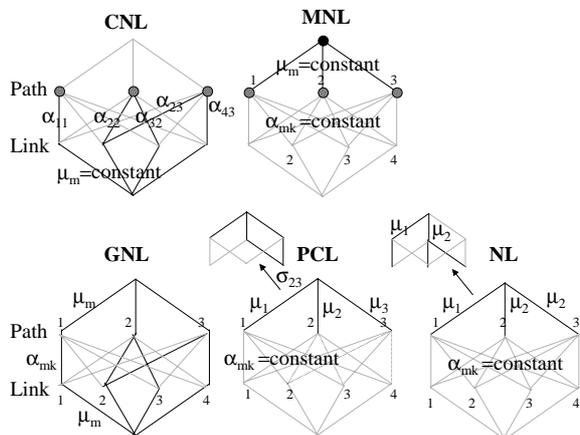


図-3 パラメータ構造

数値計算結果を図-4 に示す。いずれのネットワークにおいても、経路の重複率の変化に対して MNL が感度を持たないことがわかる。NL は誤差分散パラメータ μ を操作することで IIA 特性を考慮することが可能である。しかしリンクと経路の関係が選択肢 tree で構造化されていない場合、ネットワークの経路重複率の変化に伴う経路選択率の変化を取り

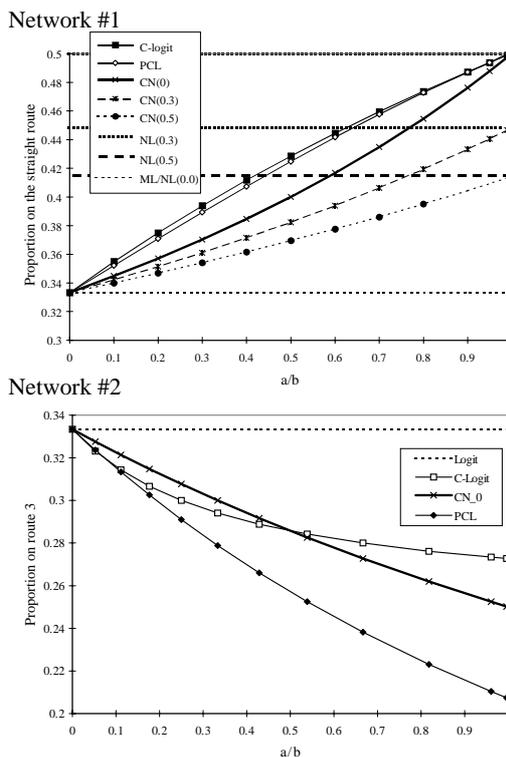


図-4 感度分析結果

扱うことができない。一方 C-logit と PCL では同様の感度を示している。CNL は μ を変化させることで、ネットワークの構成の変化に対する感度を調整することが可能である。

4. まとめ

ネットワーク上のノードの空間的な配置変化に対する経路選択行動の変化を GEV タイプのモデルでは記述可能であることを確認した。しかし実際には、これらのモデルにおける経路選択肢の認知構造と感度パラメータ値は、ドライバーが考慮する選択集合そのものによって大きく異なる。確率的ネットワーク・ローディングにおいて、現実的な経路選択肢列挙のアルゴリズムの開発が重要であろう。

参考文献

- Burrell, J.E.(1968) Multiple route assignment and its application to capacity restraint. In Leutzbach, W. and Baron, P.(eds) 4th ISTT, Karlsruhe, 1968.
- McFadden, D.(1978) Modelling the choice of residential location. In Karlqvist, A. et al(Eds) Spatial Interlocation Theory and Residential Location, pp.75-96. North-Holland (Amsterdam).
- Luce, R.(1959) Individual Choice Behavior: A Theoretical Analysis. John Wiley (New York)
- Wardrop, J. G. (1952) Some theoretical aspects of road traffic research. Proceedings of the Institution of Civil Engineers 2, 1, pp325-378.
- Thurstone, L.(1927) A law of comparative judgement, Psychological Review, 34, pp.273-286
- 兵藤哲朗・室町泰徳(2000) . 個人選択行動モデルの最近の開発動向に関する研究のレビュー, 土木計画学研究・公園集, 23(2), pp.275-278
- Daganzo,C(1979) Multinomial Probit: The theory and its Application to Demand Forecasting. Academic Press (New York)