

経路を明示しないマルコフ連鎖型配分を用いた経路/滞在配分

東京大学 学生会員 ○伊藤 創太
東京大学 正会員 羽藤 英二

1. はじめに

中心市街地における回遊行動パターンは多様であり、空間改変や中心市街地活性化のためのプログラムや駐車場施策の評価では、行動をモデル化し、フローとその流動を予測することが検討される。中心市街地における回遊行動では、①経路と滞在場所の選択が多様、②周回経路・迂回経路が存在、③トリップの定義や分割が困難、といった特徴があり、既往のトリップ単位での分析ではこれらの問題に対応するためには適切であるとはいえない。

既往の交通量配分方法は、経路を列挙するアプローチ、確率的に経路を抽出する方法、経路を明示せずにODペア毎の経路選択確率とリンク通過確率を求める方法に整理することができよう。本研究では回遊行動を移動/滞在の時空間上での経路選択と捉え、列挙困難な経路集合について経路を明示しない配分方法による分析を提案し、単純ネットワークでの感度分析を行う。

2. 経路を明示しないマルコフ型配分の定式化

(1) 経路非明示型の配分

経路を明示しない配分方法としてマルコフ連鎖を用いた方法が提案されており、交差点の遷移確率を用いた佐佐木(1965)やロジット型経路選択モデルを仮定したBell(1995)や赤松(1996)などがある。これらの配分では周回経路を含むかどうか議論となるが、回遊行動では往復行動や周回行動が考えられるため、周回経路を含む全経路を対象とすることとする。

(2) リンク間遷移マルコフ連鎖モデル

ここでは、赤松(1996)と同様にリンク間遷移モデルとして配分を考える。経路上での効用は各リンク間の遷移時に発生する。そのときリンク o とリンク d を結ぶ経路 p の選択確率は、経路選択がロジット型モデルに従うと仮定すると以下のように設定される。

$$P_p^{od} = \frac{\exp(\theta c_p^{od})}{\sum_p \exp(\theta c_p^{od})} = \frac{\exp(\sum_{ij} \theta a_{ijp}^{od} c_{ij})}{\sum_p \exp(\sum_{ij} \theta a_{ijp}^{od} c_{ij})} \quad (1)$$

キーワード 交通量配分, 回遊行動, 経路選択
連絡先 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1
TEL 03-5841-1672

c_p^{od} : od 間経路 p の効用 θ : スケールパラメータ

c_{ij} : リンク i からリンク j への遷移に関する効用

a_{ijp}^{od} : od 間経路 p 内に ij 間遷移が含まれる回数

ここで、各リンク間の負荷行列 \mathbf{W} を考える。 \mathbf{W} の ij 成分 W_{ij} を以下のようにおく。

$$\begin{aligned} W_{ij} &= \exp(\theta c_{ij}) \quad (ij \text{ 間の遷移が可能なとき}) \\ W_{ij} &= 0 \quad (\text{それ以外のとき}) \end{aligned} \quad (2)$$

ここで、経路の効用は経路内の各リンクの効用の和であることを踏まえた上で、利用者の経路選択がマルコフ過程に従うと考える。このとき、 \mathbf{W} では1回の状態遷移が考慮されているが、OD間の経路ごとに到達までに要する遷移回数はさまざまである。一般に、

$$(\mathbf{I} - \mathbf{W})^{-1} - \mathbf{I} = \mathbf{W} + \mathbf{W}^2 + \dots \quad (3)$$

が成立し、

$$\mathbf{V} = (\mathbf{I} - \mathbf{W})^{-1} - \mathbf{I} \quad (4)$$

とおき直すと、 \mathbf{V} の ij 成分 V_{ij} は、リンク i からリンク j への cycle を含む全ての経路についての $\exp(\theta c_p^{ij})$ の総和と解釈できる。ODペア od に関するリンク i の配分交通量 x_i^{od} は以下のように表される。

$$x_i^{od} = q_{od} \frac{V_{oi} V_{id}}{V_{od}} \quad (5)$$

(2) ネットワークの時空間表現

回遊行動では多くの移動と滞在が繰り返されトリップの区切りが不明確であり、またエントリーポイント(EP)からの行動圏域に注目すべきであることから、従前の経路選択問題でみられるトリップに分解した分析は適切とはいえない。そこで本研究では移動と滞在を時空間ネットワーク上での経路配分と捉え来街中の行動を考える。

図-1 に2つの時間帯の滞在を組み込んだ時空間ネットワークとした簡単例を示す。ネットワークは水平方向の移動リンクと垂直方向の時間軸上の動きである滞在リンクで構成され、他に来街起終点を決定するハイパーリンクとしてEP選択リンク及び起点・終点リンクを導入する。来街者のフローはリンク1からリンク2へと流れる。なお、本例では全体の来街時間は外生的に決定されているものとする。

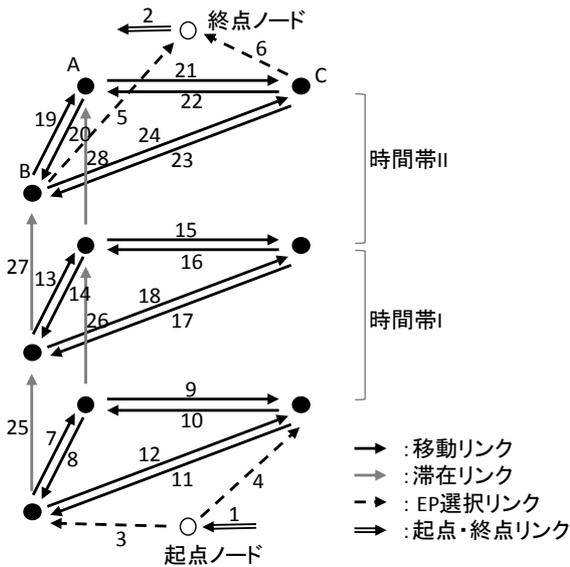


図-1 時空間拡張ネットワーク

(3) 負荷行列の定式化

ここでは、各リンク間遷移コストを以下のように表す。

$$c_{ij} = \alpha_1 \delta_{move,j} length_j + \alpha_2 \delta_{stay,j} att_j + \alpha_3 \delta_{EP,j} EPcost_j + \alpha_4 \delta_{stay,ij} \quad (6)$$

ただし、 $\delta_{move,j}$ 、 $\delta_{stay,j}$ 、 $\delta_{EP,j}$ はリンク j についての移動リンク、滞在リンク、EP 選択リンクのダミー変数、 $\delta_{stay,ij}$ はリンク i と j が遷移可能かつともに滞在リンクであるダミー変数である。リンク j に関して、 $length_j$ は長さ、 att_j は滞在魅力度、 $EPcost_j$ はコストを表す。

3. 感度分析

(1) パラメータによる流動変化の考察

$\theta=1.0, \alpha_2=0.1, \alpha_3=-0.005, \alpha_4=0.1$ とする。また、リンク 3 と 4 に EP に関するコスト(料金、座りやすさなどを想定)として 200 を与える。本稿では、各利用者がロジット型選択に従った経路選択を行うと仮定する。このとき α_1 を変化させたときの流動の変化をみる。

図-2 にパラメータ変化時のリンクフロー例を、図-3 と図-4 平均歩行距離と滞在場所割合を示す。移動への抵抗が大きい場合は B を EP として B に滞在するだけの割合が多いが、小さい場合は多様な移動行動がみられ、また複数地点で滞在する割合も増加している。このフローの増分には周回経路も含まれている。

(2) 料金施策による流動変化の考察

(1)と同条件(ただし $\alpha_1 = -0.3$)としたとき、エントリーポイント C に関するコストを変化させる。図-5 と図-6 に EP シェアと滞在場所割合のそれぞれ変化を示す。本事例ではコストに対する EP シェアの感度は出

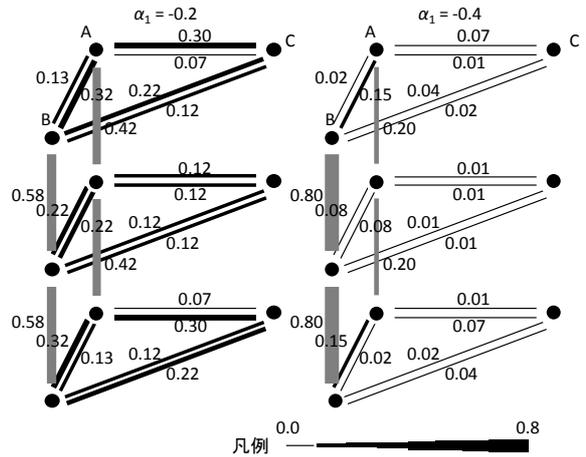


図-2 リンクフロー変化

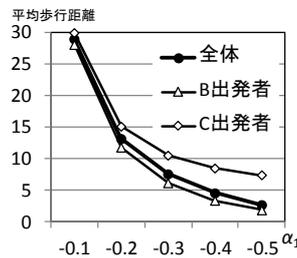


図-3 平均歩行距離

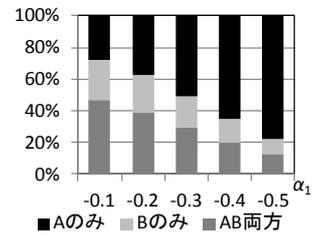


図-4 滞在场所別割合

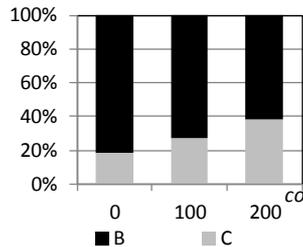


図-5 エントリーポイントシェア

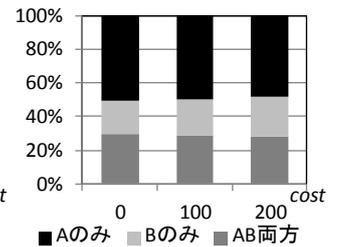


図-6 滞在场所別割合

ているが、滞在场所に与える影響はわずかで、相対的に場所自体の魅力度が卓越していることを示している。以上のように、EP とその圏域を考慮した上で、それぞれの要因の感度を評価できることを検証した。

4. おわりに

本手法は、移動経路と滞在场所及び滞在時間を取得できる移動実態調査やプローブパーソン調査に適用することにより、街路や建築の影響や、駐車場とプログラムの配置を評価できる。今後実証分析を進めたい。

参考文献

- ・佐佐木綱: 吸収マルコフ過程による交通量配分理論, 土木学会論文集, No.121, pp.28-32, 1965.
- ・Bell, M. G. H.: Alternatives to Dial's Logit Assignment Algorithm, Transportation Research B, Vol. 29, pp. 287-295, 1995.
- ・赤松隆: ネットワークの幾何学情報を考慮した確率的交通均衡配分モデル, 情報処理学会研究報告. MPS, 数理モデル化と問題解決研究報告 96(91), pp.9-16, 1996.