

IV-376

路側観測交通量からの時間変化するOD交通量の推定

東京大学 正会員 桑原 雅夫
東京大学 学生員 〇小根山裕之

1. はじめに

近年、ダイナミックな時間変化に対応したシミュレーションシステムの開発に伴って、それらの入力情報として時間変化するOD交通量の推定方法の開発が必要とされている。そこで、本研究では、時刻別のリンク交通量、交差点における分岐交通量の観測値を用いて時間的に変化するOD交通量を推定する方法を提案するものである。

ここで対象とするネットワークはリンクとノードから構成され、観測交通量としてリンクを直進するリンク交通流と交差点における分流交通流を扱う。本研究では観測交通量とOD交通量を関連づけるために経路選択率を定義しており、①時空間ネットワークにおけるDial配分により経路選択率を算出し、②①で求めた経路選択率を用いてOD交通量を推定する、という2ステップを経てOD交通量の推定を行っている。

2. OD交通量と観測交通量の関係

本研究では時間軸を Δt 毎の小区間に分割し、起点出発時刻 t_r 、観測リンク流入時刻 t は Δt を単位として表すことにする。また、リンク a に時間 $[t, t+\Delta t]$ に流入する交通の当該リンクの旅行時間 $T_a(t)$ も Δt の単位で表現され、 $T_a(t)$ の値は全てのリンク a 、流入時刻 t で所与であると仮定する。このとき時刻 t_r に起点 r から終点 s へ向かって出発した交通が時刻 t にリンク a に流入する確率 $p_a^{rs}(t_r, t)$ を用いると、OD交通量と観測交通量の関係は次のように表すことができる。

$$x_a(t) \cdot \Delta t = \sum_{rs} \sum_{t_r} q^{rs}(t_r) \cdot p_a^{rs}(t_r, t) \cdot \Delta t \quad \dots (1)$$

ここに、 $x_a(t)$: リンク a の時刻 t における観測交通流率
 $q^{rs}(t_r)$: 時刻 t_r における起点 r から終点 s へのOD交通流率

3. 経路選択率の推定

利用者の経路選択確率は誤差項にワイブル分布を仮定した次のロジットモデルとして表されると仮定する。

$$p_k^{rs}(t_r) = \frac{\exp(-\theta \cdot C_k^{rs}(t_r))}{\sum_k \exp(-\theta \cdot C_k^{rs}(t_r))} \quad \dots (2)$$

ここに、 $C_k^{rs}(t_r)$: 時刻 t_r に起点 r を終点 s に向かっ

て出発した交通の経路 k の不効用、
 θ : ロジットパラメータ。

ここで、経路の不効用 $C_k^{rs}(t_r)$ は、リンクの不効用 $C_a(t)$ の線形和として表され、リンク不効用は、すべてのリンク a 、すべての区間 i について与えられているものと仮定する。ここで不効用としては、リンク距離、リンク旅行時間、通行料金等が代表的な要素として考えられる。

ここで、2次元の空間ネットワークに時間軸を追加した3次元ネットワークを考える。実ネットワーク上の1本のリンク a について考えると図1のように時間区間 Δt 別の複数のリンクに分解することができ、横軸に距離、縦軸に流入時間区間 t をとると、分解された各リンクは速度の傾きを持って表される。この3次元ネットワーク上でFlow-IndependentなDial配分を行うと、 $p_a^{rs}(t_r, t)$ を導出することができる。

また、分岐交通流について考えると、先に求めた $p_a^{rs}(t_r, t)$ を用いれば、区間 t に起点 r を終点 s に向かっ

$$p_{ab}^{rs}(t_r, t + C_a(t)) = p_a^{rs}(t_r, t) \cdot \frac{p_b^{rs}(t_r, t + C_a(t))}{\sum_{b \in L(b)} p_b^{rs}(t_r, t + C_a(t))} \quad \dots (3)$$

ここに、 $L(b)$: リンク b の始点ノードから流出するリンクの集合

$p_{ab}^{rs}(t_r, t)$ を用いると、分岐交通流についても式(1)と同様に次のように表現できる。

$$x_{ab}(t) \cdot \Delta t = \sum_{rs} \sum_{t_r} q^{rs}(t_r) \cdot p_{ab}^{rs}(t_r, t) \cdot \Delta t \quad \dots (4)$$

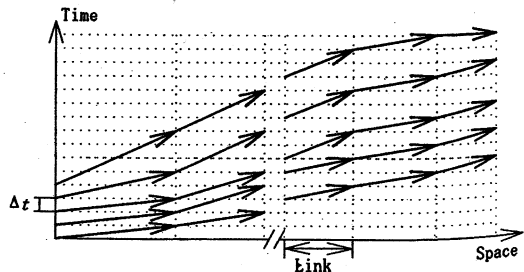


図1 3次元ネットワーク

4. OD交通量の推定

次に、前章までに求められた $p_a^{rs}(t_r, t)$ 、 $p_b^{rs}(t_r, t)$ を用いて、OD交通量を推定する。ここで、観測リンク交通量に関する式(1)と、観測分岐交通量に関する式(4)を交通流 m を用いて統一的に次のように表現できる。

$$x_m(t) \cdot \Delta t = \sum_{rs} \sum_{t_r} q^{rs}(t_r) \cdot p_m^{rs}(t_r, t) \cdot \Delta t \quad \dots (5)$$

ここに、 $x_m(t)$: 交通流 m の時刻 t における観測交通流率

$p_m^{rs}(t_r, t)$: 時刻 t_r に起点から終点 s へ向かって

出発した交通が時刻 t に交通流 m として流入する確率

この式からOD交通流率 $q^{rs}(t_r)$ を求めたいのであるが、全観測時間を T とすると条件の数は(観測交通流の数, m) x (時間区間数, $T/\Delta t$) であるのに対し、未知数の数は(ODペア数) x (区間数, $T/\Delta t$) なので、未知数のほうが一般には多く、式(5)の条件のみからは $q^{rs}(t_r)$ を唯一に決めることはできない。 $q^{rs}(t_r)$ を唯一に決める方法はいくつか提案されているが、本研究ではWillumsen¹⁾が提案したエントロピー最大化法を時間軸に拡張して適用した。

対象とする全交通量 $q = \sum_{rs} q^{rs}(t_r)$ を分割して

$q^{rs}(t_r)$ を作ったとすると、1単位の交通が $q^{rs}(t_r)$ に振り分けられる先験確率を $z^{rs}(t_r)$ (所与) とすると、ODパターンの同時生起確率 P は、

$$P = q! \prod_{rs} \prod_{t_r} z^{rs}(t_r)^{q^{rs}(t_r)} / \prod_{rs} \prod_{t_r} q^{rs}(t_r)! \quad \dots (6)$$

で与えられる。この同時生起確率 P を式(5)を制約条件とする最大化問題として解くと $q^{rs}(t_r)$ は、

$$q^{rs}(t_r) = z^{rs}(t_r) \prod_m X_m(t) p_m^{rs}(t_r, t) \quad \dots (7)$$

とおける。上式の $X_m(t)$ は観測された交通流 m に対応する未知数で、OD交通量が $X_m(t)$ によって表現できるので、未知数の数と式(5)の条件数が一致する。従って、式(7)を式(5)に代入して式(5)の非線形連立方程式を解けばすべての $X_m(t)$ が決定され式(7)よりOD交通量も決めることができる。しかし、実際には連立方程式の次元が増えると計算が非常に困難になるので、Marchlandの提案した収束計算法¹⁾で解くこととした。

5. 適用例

図2のネットワークを用いて、モデルの挙動を検証した。まず、所与のリンクコストから経路選択率を計算し、設定したOD交通量よりリンク交通量を求める。このように求めた全リンク全時間

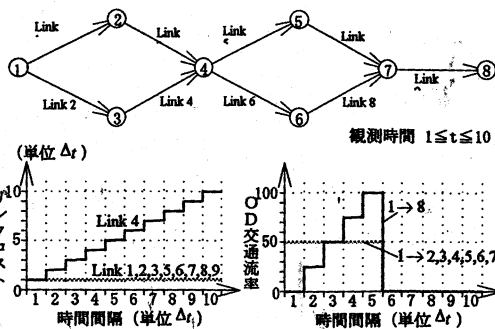


図2 例題ネットワーク

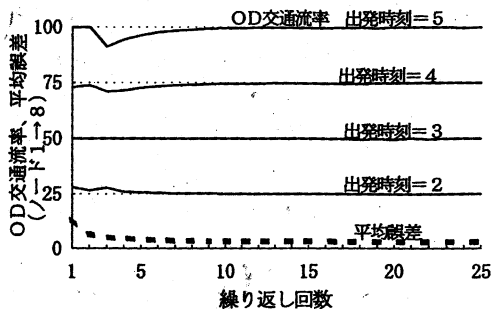


図3 実験ネットワークによる推定結果

間隔のリンク交通量をOD交通量推定の入力として用い、設定したOD交通量と推定OD交通量の比較を行った。なお、先験確率はすべてのODペアについて $z^{rs}(t_r) = 1$ であるとした。また、 $x_m(t)$ の初期値はすべて1として計算した。その結果として図3に設定OD交通量と推定OD交通量の差の総和と、ノード1→ノード8への推定OD交通量の、繰り返し計算による変化をグラフに示す。これによると、振動しつつ徐々に設定したOD交通量に近づいていることがわかる。

6. 今後の課題

今後、大規模ネットワークへのモデルの適用による本モデルの実用性の検討を行う必要がある。その際、本モデルでは分析対象が大規模になるに従って計算時間や記憶領域が飛躍的に増大するため、計算アルゴリズムの改良が求められる。

参考文献

1) H.J. Van Zuylen and L.G. Willumsen, The Most Likely Trip Matrix Estimated From Traffic Counts, Transp. Res. Vol.14B 281-293, 1980