

高密度交通流を考慮したネットワークシミュレーションモデルの開発

東北大学 学生員○本間 崇志
 東北大学 正会員 稲村 肇
 東北大学 正会員 武山 泰

1. はじめに

東北地方に於いては、冬季に雪の影響によって高速道路が閉鎖された場合、交通量が増加する朝夕のラッシュ時などに平均速度5[km/h]前後の大渋滞が発生することがある。このような渋滞を扱うシミュレーションモデルに関しては、従来動的配分手法が用いられることが多い。しかし、動的配分理論に基づいたモデルは計算時間、容量が非常に大きなものとなり、大規模ネットワークには適さない。これに対して、大規模ネットワークの交通需要予測手法として一般に用いられている等時間原則に基づいた静的配分手法モデルに、動的特性を加えた半動的モデルと呼ばれるものがいくつか提案されている。しかし、従来半動的モデルは、最長旅行時間は時間帯幅よりも小さいという条件を仮定しており、旅行時間の大幅に延伸する渋滞流を再現した場合に大きな障害となる。

そこで本研究では、従来の半動的モデルをさらに発展させて旅行時間の延伸にも十分対応できるようにし、通常の渋滞から超渋滞流まで幅広い渋滞流の再現を可能にすることによって、時間経過に伴うネットワーク上の交通流の変動を予測するシミュレーションモデルを開発することを目的とする。

2. 渋滞流を考慮した半動的モデルの提案

2.1 静的交通量配分手法

本研究では静的交通量配分手法として分割配分法を用い、リンクパフォーマンス関数にはBPR関数を用いる。

$$T = T_0 \{1 + \alpha (Q/C)^\beta\} \quad \cdots (1)$$

ここで、 T ：走行時間 [min]

T_0 ：自由走行時間 [min]

Q ：交通量 [veh/h]

C ：交通容量 [veh/h]

α, β ：パラメータ

さらに $Q-V$ 関係式は以下ようになる。

$$V = V_0 / \{1 + \alpha (Q/C)^\beta\} \quad \cdots (2)$$

ここで、 V ：平均速度[km/h]

V_0 ：自由走行速度[km/h]

また、(1)式、(2)式に於けるパラメータには次の値を用いた。

$$\alpha = 0.8, \beta = 3.0$$

2.2 リンク分布断面交通量の算出

本研究では各リンクへの配分交通量をそのリンクの需要交通量として捉え、それによってリンクの所要時間並びに平均速度が決定されるものとし、各OD交通量を経路上に様に分布させる。ここで、ネットワーク上のあるODペア間経路の経路交通量を u [veh/h]と置くと、任意のノード n を通過していない交通量 u_n [veh/h]は以下の式で表される。

$$u_n = u \cdot t_n / T \quad \cdots (3)$$

ここで、 t_n ：起点から任意のノード n までの所要時間 [min]

T ：時間帯幅 [min]

ここで、最長旅行時間<時間帯幅という仮定条件をなくした場合、あるODペア間経路上のノード i, j （ノード j はリンクの末端ノード）を結ぶリンク L_{ij} を経路上に有するリンク L_{ij} に分布する断面交通量 x_{ij} は以下の3通りに分けて求められる。

i) リンク全体に分布している場合 ($t_j \leq T$)

$$\begin{aligned} x_{ij} &= u_j - u_i \\ &= u (t_j - t_i) / T \end{aligned} \quad \cdots (4)$$

ii) リンクの途中まで分布している場合

$$\begin{aligned} (t_i < T < t_j) \\ x_{ij} &= u_j - u_i \\ &= u (1 - t_i / T) \end{aligned} \quad \cdots (5)$$

iii) リンクに分布していない場合 ($T \leq t_i$)

$$\begin{aligned} x_{ij} &= u_j - u_i \\ &= 0 \end{aligned} \quad \cdots (6)$$

これによって、OD経路旅行時間が時間帯幅を超えた場合でも、ネットワーク上の断面交通量の分布状態の表現が可能となる。

2.2 渋滞流の再現

モデルに於いての渋滞流の再現は交通密度という指標を用いて適正な高密度状態を作り出すことによって可能となる。ところで、BPR関数は交通量が容量を超えない範囲でしか速度・交通量、交通密度の適正な関係を保つことができない。よって、交通量配分終了後に配分交通が交通容量を超えていた場合、平均速度を絶対的なものとして交通密度と交通量の修正を行う。この平均速度・交通密度・交通量の関係式並びにグリーンシールドズ (Greenshields)

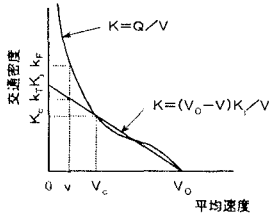


図-1 平均速度と交通密度

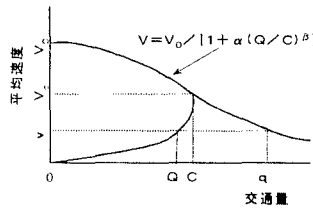


図-2 交通量と平均速度

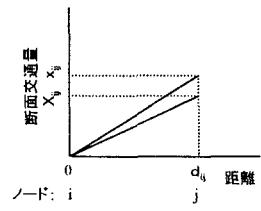


図-3 リンク L_{ij} 上の分布
断面交通量

が提案した平均速度と交通密度の線形関係式を以下に示し、そのグラフを図-1に示す。

$$K = Q/V \quad \dots (7)$$

$$K = (V_o - V) K_f / V_o \quad \dots (8)$$

ここで、 Q : 交通量 [veh/h]

K : 交通密度 [veh/km]

V : 平均速度 [km/h]

V_o : 自由走行速度 [km/h]

K_f : 飽和交通密度 [veh/km]

なお、図-1に示された $K=Q/V$ の曲線はBP関数を元に出されたものである。

今、ネットワーク上のノード i, j (ノード j はリンクの末端ノード) を結ぶリンク L_{ij} を経路上に有するあるODペア間経路の経路交通量 u を経路上に一樣に分布させたときのリンク L_{ij} の分布断面交通量を x_{ij} と置き、配分交通量 q_{ij} [veh/h]が交通容量を超えていたとする。まず、リンク L_{ij} の平均速度 v_{ij} [km/h]が(2)式から以下のようにして算出される。

$$v_{ij} = V_{oij} / \{1 + \alpha (q_{ij}/C)^\beta\} \quad \dots (9)$$

ここで、 V_{oij} : リンク L_{ij} の自由走行速度[km/h]

次に、(7)式を用いて交通密度 k_{Fij} [veh/km]を算出する。

$$k_{Fij} = q_{ij} / v_{ij} \quad \dots (10)$$

さらに、 v_{ij} を用いて(9)式から v_{ij} に見合った真の交通密度 k_{Tij} [veh/km]を算出する。

$$k_{Tij} = (V_{oij} - v_{ij}) K_f / V_{oij} \quad \dots (11)$$

そして、真の交通量 Q_{ij} [veh/h]を算出する。

$$Q_{ij} = k_{Tij} \times v_{ij} \quad \dots (12)$$

これを図-2に示す。また、リンク L_{ij} に分布する真の断面交通量 X_{ij} [veh/h]は、

$$X_{ij} = x_{ij} \times (k_{Tij} / k_{Fij}) \quad \dots (13)$$

となる。ここで、修正することによって生じる断面交通量の差 Y_{ij} [veh/h]を求めると、

$$Y_{ij} = x_{ij} - X_{ij}$$

$$= x_{ij} (1 - k_{Tij} / k_{Fij}) \quad \dots (14)$$

となる。これを図-3に示す。ここで、 d_{ij} はリンク L_{ij} の距離を表す。本研究では、 Y_{ij} を渋滞によってリンクに進入できなかった余剰交通量とし、これをODペアの起点に戻すことによって起点を出発できなかった交通量として扱うタイプをモデルAと、そのリンクの始点ノードに仮想駐車場を設定してリンクに入れない交通量として扱うタイプをモデルBと置き、両方のモデルを提案することとする。

2.4 残留交通量の表現

残留交通は、2.2で算出した各リンクの断面交通量 x と2.3で算出した余剰交通量 Y を足し合わせることによって表現する。以下にネットワーク上の任意のノード b に於ける残留交通量 R をモデルAとモデルBに分けて表す。

i) モデルAでノード b があるODペア経路の起点に設定されていた場合

$$R = \sum x_{ab} + \sum Y_{ij} \quad \dots (15)$$

ii) モデルBでノード b が渋滞リンクの始点ノードの場合

$$R = \sum x_{ab} + \sum Y_{bc} \quad \dots (16)$$

ここで、 x_{ab} : ノード a とノード b を結ぶリンク L_{ab} の分布断面交通量[veh/h]

Y_{ij} : ノード a を起点に持つあるODペア間経路上のノード i, j を結ぶリンク L_{ij} の余剰交通量[veh/h]

Y_{bc} : ノード b とノード c を結ぶリンク L_{bc} の余剰交通量[veh/h]

各ノードの関係を図-4に示す。

以上の原理に基づいたモデルの適用例は紙面の都合上講演時に示す。

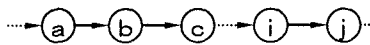


図-4 ノードの関係図

参考文献

- 堀 祐三：配分交通量の推計手法とその環境影響評価への適用，東北大学大学院修士論文，1995
- 福田 正：交通工学，朝倉書店，1995
- 藤田泰弘・松井寛・溝上章志：時間帯別交通量配分モデルの開発と実用化に関する研究，土木学会論文集，No.389，pp111～119，1988