

渋滞を考慮した動的車種別交通量配分モデルに関する実証的研究

A DEMONSTRATIONAL STUDY ON THE MULTI-CLASS DYNAMIC TRAFFIC ASSIGNMENT MODEL CONSIDERING TRAFFIC CONGESTION

高山裕史*、河上省吾**

by Hiroshi TAKAYAMA, Shogo KAWAKAMI

1. はじめに

近年に始まった交通渋滞問題は依然大きな社会的問題として現在に至るまで残っている。特にピーク時における渋滞は深刻であり、このような問題を解決するには、動的交通量配分モデルが必要である。また、大型車と普通車は、本来走行速度や交通容量等が違い、それぞれ独自の走行特性を反映させる必要がある。そのため、1つのリンクを2つに分解し、大型車と普通車をそれぞれのリンクコスト関数に従って走行させようとするモデルが、館江¹⁾の動的車種別交通量配分モデルである。動的車種別交通量配分モデルの欠点は、FIFO法則を満足することができないところにある。それは、時刻 t にリンクに流入したフロー x_a が時刻 t におけるリンク所要時間 $c_a(t)$ 後の時刻 $t+c_a(t)$ にリンクから流出しなければならないからである。つまり、時刻 t におけるリンクの車存在台数より微小時間後の時刻 $t+\Delta t$ のリンク車存在台数がかなり少ない状態が起りえ、 $t+\Delta t$ に流入するフローが、 t に流入したフローを追い越すということである。しかし、この点を許容すれば、計算時間が短いため、かなり大規模なネットワークにも適用可能である。そこで、本研究においては、動的車種別交通量配分モデルを大規模ネットワーク(名古屋市)に適用し、その結果の有効性を検討する。

2. 動的車種別交通量配分モデルの概要

モデルの配分原則は、動的用户者最適配分とする。これは、全ての道路利用者が目的地までのノード通過時点ごとに実現している目的地までの所要時間が最小になる経路を選択した結果として成立するフローパターンである。従って、モデルの目的関数は以下のよう

キーワード 交通量配分、経路選択、ネットワーク分析

* 正会員 工修 中央コンサルタンツ(株)

〒451 名古屋市西区上名古屋三丁目12番1号

**フェロー 工博 名古屋大学大学院教授

〒464-01 名古屋市千種区不老町

になる。(経路選択はノード通過時点の直前状態により決定される。)

$$\text{Min } Z(t) = \sum_n \sum_a \lambda_{aJ}^n(t-\tau) \times u_{aJ}^n(t) \quad (1)$$

ここで、

$$\lambda_{aJ}^n(t-\tau) = c_a(t-\tau) + \sum_k \delta_{kJ}^{an}(t-\tau) \times c_k(t-\tau) \quad (2)$$

$$\delta_{kJ}^{an}(t-\tau) = \begin{cases} 1: \text{車種 } J、\text{リンク } a \text{ の終点から目的地 } n \text{ まで最短経路上にリンク } k \text{ があるとき} \\ 0: \text{そうでないとき} \end{cases}$$

τ : スキャンインターバル

$u_{aJ}^n(t)$: 時刻 t における目的地が n であるリンク a に流入する車種 J の交通量

$c_{aJ}(t)$: 時刻 t における車種 J のリンク a の通過所要時間

また、リンクフローは、以下の命題によって定義されることとする。

命題: 時刻 t にリンク a に入った目的地別の交通量のリンク a での走行所要時間は $c_a(t)$ でなければならず、そしてその交通量は時刻 $t+c_a(t)$ でリンク a から出なければならない。

3. 計算手順

計算手順を説明するに先立ち、まず変数の説明を行う。

T : 総計算時間

TV_{ijt} : 時間帯 t に起点 i から発生した目的地 j に向かう交通量

TL_{ijt} : TV_{ijt} が走行しているリンク

TT_{ijt} : TV_{ijt} の現在位置から走行リンク末端までの所要時間

NST_{kj} : ノード k から目的地 j までの最短経路上の一番目のリンク

LV_l : リンク l 上の車存在台数

LT_l : リンク l の通過所要時間

計算手順は以下の 10 段階に表せる。

1. 1 分間あたりの目的地別発生交通量 TV_{ijt} を各出発地ごとに求める。
2. $t=0$ と置く。
3. 各リンクの自由走行時間によって各ノードから、各目的地までの最短経路を求め、最短経路上の 1 番目のリンクを NST_{kj} に記録する。
4. $t=t+1$ と置く。
5. 最短経路上の 1 番目のリンク NST_{kj} に発生交通量 TV_{ijt} を走行させ、そのリンクを TL_{ijt} に記録する。
そして、 LV_l に TV_{ijt} を加える。
6. 現在の時間帯以前に発生した交通量 TV_{ijt} を 1 分間走行させる。そして、 TV_{ijt} がリンク末端に到着するかを検査する ($TT_{ijt} - 1 \leq 0$ ならば到着)。もし到着したならば、 LV_l から TV_{ijt} を取り去り、1 分前の時間帯に求めた最短経路上の 1 番目のリンク NST_{kj} に走行させ始める。さらに、そのリンクを TL_{ijt} に記録し LV_l に TV_{ijt} を加える。到着しない場合は、 TT_{ijt} を $TT_{ijt} - 1$ に変更しそのまま走行させる。これらの操作を全ての TV_{ijt} について行う。
7. 2～6 の操作を大型車についても行う。
8. 新しく求められた LV_l に基づいて全リンクの走行時間 LT_l を普通車・大型車それぞれについて計算する。
9. LT_l を、リンク始点にいる交通量 TV_{ijt} 及び TV_{ijt} の、リンク所要時間 TT_{ijt} 、 TT_{ijt} とする。
10. 各 LT_l に基づき全ノード k から目的地 j までの最短経路を求め、1 番目のリンクを NST_{kj} に記録する。 $t=T$ ならば終了し、そうでなければ 4 へ戻る。

4. 渋滞を考慮したリンクコスト関数

(1) 非渋滞時のリンクコスト関数

非渋滞時におけるリンクコスト関数は BPR 関数に基づき、以下のように導出される。

まず、単車種 BPR 関数は次式 (3) で表せる。

$$c_a = c_{a0} \left\{ 1 + 2.62 \left(\frac{q_a}{cp_a} \right)^5 \right\} \quad (3)$$

q_a : リンク a の交通流量

cp_a : リンク a の交通容量

c_{a0} : リンク a の自由走行時間

また、交通流量 q_a と車存在台数 x_a の関係は、

$$x_a = q_a \times c_a \quad (4)$$

である。式 (4) を式 (3) に代入し整理すると、式 (5) になる。

$$x_a = cp_a \times c_a \left\{ \frac{1}{2.62} \left(\frac{c_a}{c_{a0}} - 1 \right) \right\}^{0.2} \quad (5)$$

この式 (5) は線形近似できると考えられ、車種間の相互影響を考慮した車種別リンクパフォーマンス関数は以下の式 (6)、(7) で与えられる。

$$c_{aC} = k_C \frac{x_{aC} + \xi x_{aT}}{cp_{aC}} + c_{a0C} \quad (\text{普通車}) \quad (6)$$

$$c_{aT} = k_T \frac{x_{aT} + \eta x_{aC}}{cp_{aT}} + c_{a0T} \quad (\text{大型車}) \quad (7)$$

x_{aC} : リンク a における普通車の存在台数

x_{aT} : リンク a における大型車の存在台数

cp_{aC} : リンク a における普通車の交通容量

cp_{aT} : リンク a における大型車の交通容量

c_{a0C} : リンク a における普通車の自由走行時間

c_{a0T} : リンク a における大型車の自由走行時間

ξ : 大型車の普通車に対する影響パラメータ

η : 普通車の大型車に対する影響パラメータ

k_C 、 k_T : パラメータ

それぞれのパラメータ値は、表 1 の通りである。なお、 k_C 、 k_T は式 (5) を線形近似する際に館江により、 ξ 、 η は河上ら²⁾により導き出されたものである。

表 1 パラメータ値

普通車	パラメータ値	大型車	パラメータ値
k_C	0.461	k_T	0.347
ξ	1.50	η	0.65

(2) 渋滞時のリンクコスト関数

渋滞時のリンクコスト関数は待ち行列理論をもとに推定する。ここでは、リンクフローの記述を簡略化するため、渋滞の長さを考慮しないVirtual Queueを採用し、次式 (9)、(10) を渋滞時の車種別リンクコスト関数として定式化する。

$$c_{aC} = \frac{x_{aC} + \xi x_{aT}}{cp_{aC}} \tag{9}$$

$$c_{aT} = \frac{x_{aT} + \eta x_{aC}}{cp_{aT}} \tag{10}$$

(3) リンクコスト関数

渋滞時、非渋滞時双方に対応し、車種間の相互影響を考慮したリンクコスト関数は以下の式 (11)、(12) で表せる (ここでは、普通車の場合のみについて示す)。

非渋滞時

$x_{aC} + \xi x_{cT} \leq cp_{aC} \times c_{aC}$ のとき
つまり $x_{aC} + \xi x_{cT} \leq \frac{cp_{aC} \times c_{a0C}}{1 - k_c}$ のとき

$$c_{aC} = k_c \frac{x_{aC} + \xi x_{aT}}{cp_{aC}} + c_{a0C} \tag{11}$$

渋滞時

$x_{aC} + \xi x_{cT} > \frac{cp_{aC} \times c_{a0C}}{1 - k_c}$ のとき

$$c_{aC} = \frac{x_{aC} + \xi x_{aT}}{cp_{aC}} \tag{12}$$

また、この関数の概略を以下の図 1 に示す。

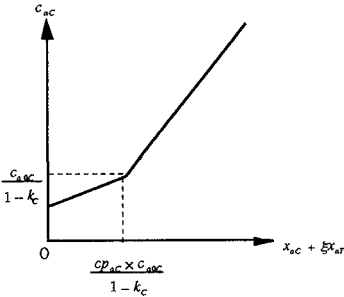


図 1 リンクコスト関数 (普通車)

5. 名古屋市への適用

(1) データ及びネットワークの概要

名古屋市の道路ネットワークは図 2 に示す。ここで、セントロイド数は 42、ノード数は 242、リンク数は 442 である。図の太線で示されたリンクの内側を分析対象地域とする。分析対象リンクは 74 リンクである。

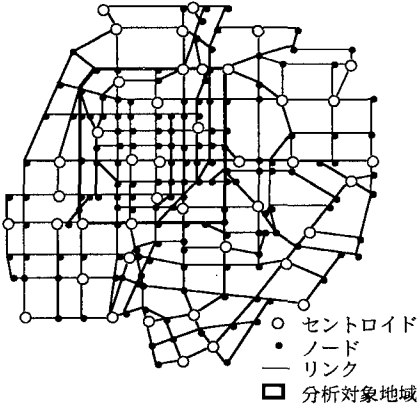


図 2 名古屋市の道路ネットワーク

集計にあたっては、平成 3 年に実施された第 3 回中京都市圏パーソントリップ調査から、名古屋市内の車種別 OD 交通量を交通発生時刻をもとに 5:00 から 21:00 まで 1 時間ごとに集計し、平均をとることで 1 分ごとの発生交通量とする。そのうち分析対象時間帯は 7:00 から 19:00 である。配分を 5:00 から行うのは初期交通を与えるためであり、21:00 までとしたのは 19:00 までに出発した残存交通量を目的地まで流し、OD 所要時間を推定するためである。ここで、普通車と大型車の分類は表 2 に示す。

表 2 普通車・大型車の分類

普通車	自家用乗用車・タクシー・小型貨物
大型車	大型貨物

リンク交通量の分析には、平成 2 年度道路交通センサスの名古屋市一般交通量概況の 12 時間交通量 (7 時～19 時)、及び時間帯別交通量を用いる。OD 所要時間の分析には、パーソントリップ調査から、名古屋市内各区～中区・東区の発生集中トリップの 12 時間平均所要時間を用いることとする。分析対象 OD は合計 60 である。本来ならば、時間帯別の OD 所要時間比較も行うべ

きであるが、サンプル数の少ないODがパーソントリップ調査で多数確認されたので行わないことにする。

(2) 配分結果

図3、図4はそれぞれ全車種、普通車の12時間合計リンク交通量の配分結果である。相関係数は、全車種で0.62、普通車で0.64と比較的良好な値を示している。また、表3に示すとおり、時間帯別のリンク交通量(全車種)の推計結果も良好な値を示している。

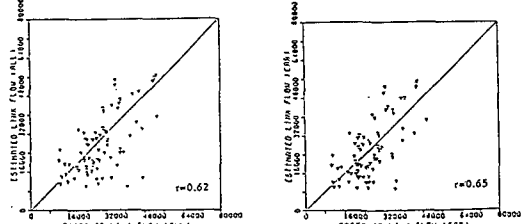


図3 12時間交通量(台) (全車種) 図4 12時間交通量(台) (普通車)

表3 時間帯別リンク交通量(全車種)

	8時台	10時台	15時台	17時台
相関係数	0.64	0.56	0.58	0.61

次に、リンク交通量の時間的変化を比較検討するが、図5は分析対象リンクの1時間ごとの交通量の総合計の推移を表している。

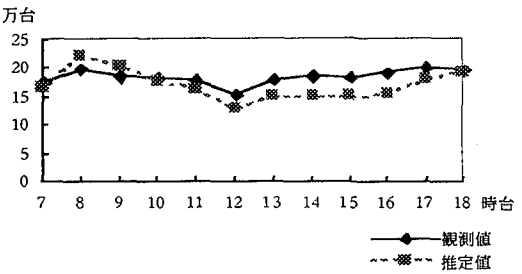


図5 時間帯別交通量の推移

ここで、破線は観測合計交通量、実線は推定合計交通量である。全体的に見て過小評価しているのは市外ー市内トリップを考慮しなかったためである。8時台、9時台において過大推定が見られるが、これは実際ネットワーク上に表されていない道路交通が簡略化した

ネットワーク上に流れた結果と考えられる。しかし、ピークの出方、及び時間帯ごとの交通量の増減はほぼ合致しているため、交通量の時間的推移はよく表せたと考えられる。最後に12時間の平均OD所要時間の分析を行う。図6はその散布図であるが、相関係数は0.77であり比較的良好な値を示したと考えられる。

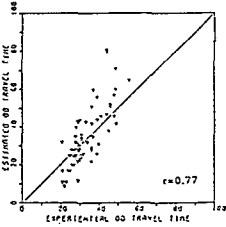


図6 平均OD所要時間(分)(全車種)

また、追い越しは、普通車・大型車合わせて44872回確認された。ここから、各リンクの1分間当たりの追い越し確率を求めると $(44872 / 403 \times 960) \times 100 = 5.8\%$ であった。以上のことから、リンク内で理論的根拠のない追い越しは多数存在したが、ネットワーク全体で見れば、比較的良好な結果を得たと考えられる。

6. おわりに

本研究では、動的車種別交通量配分モデルがFIFO法則を満足できないが、本モデルがネットワーク全体の交通現象をうまく再現できることを示した。今後は、FIFO法則を満足するモデルによって配分を行い、本研究の結果との比較検討する必要がある。また、名古屋市外からの流入、及び市外への流出交通量も考慮したネットワークの作成、より現実の交通現象に近い発生・集中交通のあたえ方の検討も今後の課題である。

参考文献

- 1) 館江宏明：FIFO (First-In-First-Out) を考慮した動的車種別交通量配分モデルの開発に関する研究、名古屋大学修士学位論文、1995
- 2) 河上省吾、徐志敏、広島康裕：車種別均衡配分モデルに関する実証的な研究、土木学会論文集No.431 / IV-15、pp57-66、1991