

経路選択を考慮したソフトウェア的交通運用方策のための 動的交通流シミュレーション

A DYNAMIC TRAFFIC SIMULATION MODEL CONSIDERING DRIVERS' ROUTE
CHOICE FOR EVALUATING A SOFT-WARE TRAFFIC CONTROL MEASURE

飯田 恭敬*, 藤井 聡**, 内田 敬***

By Yasunori IIDA, Satoshi FUJII, Takashi UCHIDA

This paper presents a macro-scopic Dynamic traffic simulation model called BOX-MODEL for evaluating a soft-ware traffic control measure to reduce urban traffic congestion. This model simulates traffic condition in large-scale network, and also simulate micro-scale traffic condition in intersection. Each link is divided into congestion-area and non-congestion-area. Each areas are abstracted by some boxes whose size identical to the the capacity per unit time of the area. This model simulate drivers' dynamic route choice. Drivers are divided into some groupes by their type of route choice. We examine the performance of the model through the case study of simulating traffic flow on an imaginary traffic network. Validity of utilizing this model are shown.

1. はじめに

近年、都市部における交通渋滞は慢性的に発生しており、大きな社会問題の一つとなっている。交通渋滞を解消するための方策を大別すれば、道路の建設や道路拡幅などのハードウェア的なものと、信号制御や情報提供による経路誘導などのソフトウェア的なものに分割できる。近年では、地価高等のあおりを受け、ハードウェア的な方策のための用地買収が困難となってきたため、ソフトウェア的な方策が重要視されてきている。ソフトウェア的な方策は、混雑ピーク時や特定経路といった局所において顕著な交通状態を対象としている。したがって、ハードウェア的な方策を評価する目的で開発された、一日の平均的な交通状態を記述する静的な交通モデルで

は、ソフトウェア的な方策の評価は困難である。そこで、時々刻々と変動する交通状態を詳細に記述する動的な交通モデルが必要とされてきた。動的な交通モデルには静的なモデルを動量化して得られるものと、計算機による交通流シミュレーションとがある。より短い時間帯ごとの詳細な交通状態を知ることが可能なのは後者のシミュレーションモデルである。そこで本研究では、都市部での交通渋滞の解消を目指したソフトウェア的な交通運用方策を評価するための交通流シミュレーションモデルを構築する。

交通流シミュレーションには、ミクロシミュレーションとマクロシミュレーションとがある¹⁾。前者は車両一台一台を追跡するのに対し、後者はある程度まとまった車両群を単位として追跡する。ミクロシミュレーションとしては、NETSIM²⁾や名古屋高速道路公社の交通流再現シミュレーション³⁾、日本道路公団の交通流シミュレーション¹⁾などが挙げられる。これらのミクロシミュレーションに共通して

* 正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学教室
** 正会員 工修 京都大学助手 工学部交通土木工学教室
*** 正会員 工修 京都大学助手 工学部交通土木工学教室
(〒606 京都市左京区吉田本町)

いることは、一台一台シミュレートするための計算コストが大きいため、対象とするネットワークが小規模となる点である。したがって、経路選択を内生的にシミュレートすることが困難である。一方、マクロシミュレーションとして、ブロック密度法モデル⁴⁾、CONTRAM⁵⁾が挙げられる。これらのマクロシミュレーションは比較的、計算コストが低いため、大規模なネットワークを対象とすることができる。そこで、情報提供による経路誘導の評価を一つの目的とする本研究では、経路選択を内生的に扱うことが容易なマクロシミュレーションを構築する。

交通流のモデル化の際、ブロック密度法ではQK曲線を、CONTRAMでは利用者均衡を前提とする。しかし、単路部⁶⁾ではない一般街路でのQK曲線の再現や現実の道路網上における利用者均衡の達成には疑問が残る。したがって、より現実的に交通流を再現するためには仮定を緩和する必要がある。さらに、詳細な評価を目的とするならば、交差点における交通流などのミクロな交通現象の再現が必要となる。そこで、QK曲線や利用者均衡を前提とせず、かつミクロな交通流の再現も可能なマクロシミュレーションを構築する。本研究で取り扱うマクロシミュレーションはボックスモデルと呼ばれるモデルを基本としている。ボックスモデルの基本的な仮定、構造、計算手順等は既に示したところであり^{7) 8) 9)}、本稿では、リンクフローの再現性の向上、運転者のタイプごとの経路選択行動の再現を図った結果を示す。

2. ボックスモデルの基本構造

ボックスモデルは、運転者の経路選択をシミュレートする「経路選択シミュレーション」と、道路網上の交通流を再現する「フローシミュレーション」とで構成される。両者をシミュレーションの基本構造の上で区別することによって、それぞれのサブシミュレーションを独立して改良することを可能とし、統合されたシミュレーションモデルの現象再現性の向上を容易としている。この両者の関係を図1に概略的に示す。経路選択シミュレーションにおいてフローシミュレーションから渡された交通状態に基づいて運転者の経路選択行動を再現する。そして、フローシミュレーションでは運転者を集計して各リンク、各交差点のフローの挙動を再現する。以上の操

作をスキャンインターバル（時間を離散化して得られる交通状態を更新する時間間隔）ごとに繰り返し、時々刻々と変動する交通状態を再現する。

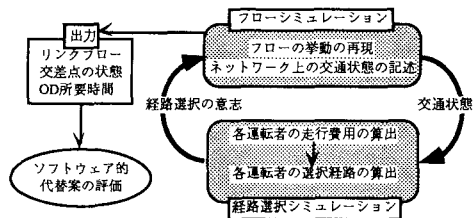


図1 ボックスモデルの基本構造

ボックスモデルでは、経路選択シミュレーション、フローシミュレーションそれぞれにおいて複数の車両で構成される車両群を設定する。前者では「経路選択単位」、後者では「流出単位」を構成し、それらをスキャンインターバルごとに追跡する。

3. フローシミュレーション

ボックスモデルでは（後に示す）図8の様なノードとリンクで構成されるネットワークを計算対象とする。フローは、発生ノード／集中ノードで発生／集中すると仮定する。各々のフローは経路選択シミュレーションで与えられる経路を構成する複数のリンク上を移動する。

3.1 リンクのモデル化の仮定

リンクは以下の仮定に基づいてモデル化される。

仮定1) リンクは一様である。

仮定2) リンク途中におけるフローの流入・流出はない。

仮定1) より、リンクのある断面を単位時間あたりに通過することのできる最大の交通量（断面容量）は、全ての断面で一定となる。したがって、渋滞の原因となるボトルネックはリンク下流端のみである。

3.2 リンク上のフローのモデル化

フローの挙動は道路上の交通状態によって大きく異なる。交通状態によって道路上の領域を大別すれば、リンク下流端における待ち行列が存在する「渋滞領域」とそれ以外の「走行領域」とに区別できる。

3.2.1 Horizontal Queue and Vertical Queue

一般に、渋滞列をモデル化する場合、「Horizontal

Queue」と「Vertical Queue」と呼ばれる渋滞列の表現方法がある。図2の様に前者は水平方向に、後者は垂直方向へと渋滞列が延伸する。

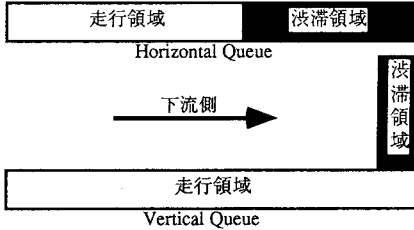


図2 Horizontal QueueとVertical Queue

前者は、渋滞領域が延伸するに連れて走行領域が減少するが、後者では走行領域は減少しない。これは、前者では渋滞領域の長さを考慮するが、後者では無視していることを意味する。CONTRAMでは後者で渋滞列を表現している。Vertical Queueの利点は、その計算の単純さにある。走行領域の長さはリンク上の交通状態とは無関係に一定であるため、リンク走行時間の算出は容易である。一方、Horizontal Queueでは、渋滞列の長さの変動を考慮した上で、走行領域における走行時間を各時間帯ごとに求める必要があり、計算は複雑となる。しかし、現実的かつ再現性が高いのは前者である。そこで本研究では、Horizontal Queueで渋滞列を表現することとした。

3.2.2 走行領域でのフローの挙動

一般に、走行速度は交通密度が上昇するに連れて減少する傾向があることが知られている¹⁰⁾。本研究では走行領域を、交通密度 K が臨界密度 K_0 ¹⁰⁾に至るまでの「自由走行領域」と臨界密度 K_0 を超過した「混雑走行領域」とに区別し、図3に示す様な速度と密度の関係を仮定した。すなわち走行速度 V は、自由走行領域では自由走行速度 V_f であるが、臨界密度 K_0 を超過すると、

$$V = V_f \frac{K_0}{K} \quad (1)$$

に従って徐々に低下する。なお、式(1)はリンクのモデル化の仮定1)より以下のように導かれる。

走行速度 V 、交通密度 K 、交通量 Q の間には、 $Q = KV$ (2) の関係があることが知られている。また、臨界密度における交通量は断面容量 $Q_{\max}$ であり¹⁰⁾、走行速度

は図3より自由走行速度である。すなわち、

$$Q_{\max} = K_0 V_f \quad (3)$$

一方、仮定1)より各断面を単位時間あたりに通過可能な交通量は常に断面容量に等しい。したがって、走行領域における交通密度が臨界密度を超過した場合（混雑走行領域）でも、単位時間あたりに断面容量に等しい交通量が各断面を通過可能である。したがって、式(2)、式(3)より、 $K \geq K_0$ の場合は、

$$Q_{\max} = KV \quad (4)$$

となる。そして、式(3)、式(4)より、式(1)が導かれる。

V : 走行速度

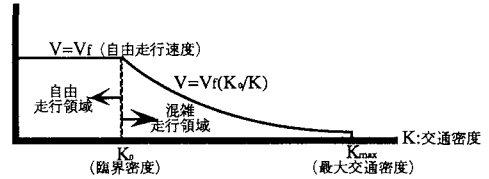


図3 走行速度-交通密度の関係

一方、本モデルはHorizontal Queueで渋滞列をモデル化するため、走行領域長 L_f は、

$$L_f = L - L_j \quad (5)$$

と変動する。ここに、 L はリンク長、 L_j は渋滞領域長である（なお、渋滞領域長の求め方は後述する）。そして、走行領域における所要時間 T_f は、

$$T_f = \frac{L_f}{V} \quad (6)$$

より得られる。

なお、距離 $V_f \Delta t$ あたりに車両台数 F のフローが存在する場合、交通密度は式(3)より

$$K = \frac{F}{V_f \Delta t} = K_0 \frac{F}{Q_{\max} \Delta t} \quad (7)$$

となる。そして、式(7)より F が断面容量 $Q_{\max} \Delta t$ を超過した場合に交通密度は臨界密度を超過する。一方仮定1)より、断面容量以上の交通量が通過する可能性があるのはリンク上流端のみである。したがって、混雑走行領域となるのは、上流端と上流端より $V_f \Delta t$ の距離に位置する断面の間の領域のみである。

3.2.3 リンク下流端の流出制約と渋滞列の発生

リンク下流端からの流出需要量が、

制約1) 流出容量 (C)

制約2) 屈折方向別流出容量 (C_x : x は屈折方向)

制約3) 下流側リンクの流入可能量 (C_{in})

のいずれかに制約を受けた場合、流出できなかったフローがリンクに残留して渋滞列を形成する。

制約1)は「単位時間にリンク下流端から流出可能な最大の交通量」である。

制約2)は、「単位時間においてリンクからその方向へと流出可能な最大の交通量」である。そして、流出容量と方向別流出容量の関係は、

$$C_x = \alpha C \quad (8)$$

である。ここに、 α は交差点の幾何学的条件やリンクの車線種（その車線の流出方向に関する制約）、下流側リンクの断面容量などを考慮して得られる0から1までの係数である。また、右折容量は対向リンクの直進交通に大きく影響を受ける。そこで、右折容量は対向リンクの直進交通量と図4に示した様な関係があると仮定し、動的に変動するとした。

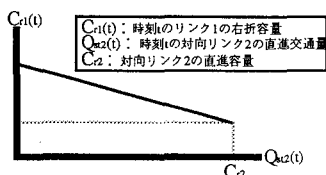


図4 右折容量—対向リンク直進交通量との関係

制約3)は「下流側のリンクが単位時間に受け入れることのできる最大の交通量」である。流入可能量はそのリンク上に存在できうる最大の車両台数から、その時点でそのリンクに存在している台数を差し引いて求められる。そして、この制約によって、下流側の交通状態が上流側リンクに反映され、渋滞列の上流側リンクへの延伸がモデル化できる。

以上の3制約を受けて、流出が可能であった交通量を「流出可能量」と呼ぶ。

3.2.4 渋滞領域におけるフローの挙動

渋滞領域での車両は、渋滞待ち行列を少しずつ前方に詰めることによって移動する。したがって、渋滞領域における所要時間 T_j は、

$$T_j = \frac{F_j}{C_{po}} \quad (9)$$

で得られる。ここに、 F_j はリンク下流端で渋滞列を構成している車両台数（渋滞車両台数）、 C_{po} は流出可能量である。また渋滞領域では、交通密度は最大交通密度となっていると仮定する。したがって渋滞領域長 L_j は、渋滞車両台数 F_j を最大交通密度 K_{max} で除することによって得られる。

3.3 ボックスを用いたリンクフローのモデル化

ボックスモデルでは、前節3.2で述べたような仮定に基づいて「ボックス」を用いてリンクフローをモデル化している。まず3.3.1で、ボックスの基本的な性質に関して述べる。そして、3.3.2でボックスを用いたリンクフローのモデル化に関して述べる。

3.3.1 ボックスの基本的性質

図5にリンクフローをモデル化する際に用いられるボックス列（ボックスの連なり）の例を示す。

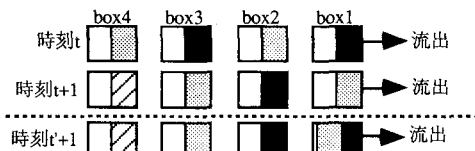


図5 ボックス内の基本的なフローの流れ

ボックスは以下のような基本的性質を持つ。

- 性質1) ボックス内部のフローは一律に混じりあっている。
- 性質2) ボックスの内部にはそのボックスの大きさに相当する交通量を超えるフローは存在できない。
- 性質3) ボックス内に存在する全てのフローは、単位時間が経過すると、下流側ボックスへの流入需要となる。

図5の時刻tにおいて、box1内のフローが制約を受けずに全て流出する場合、それぞれのボックス内のフローは1つ前方のボックスへと移動して時刻t+1の状態となる。この場合、box4に流入したフローがbox1から流出するまでに要する時間（ボックス列所要時間）はボックス数と一致する。

次に時刻tにおいてbox1からの流出が何らかの制約（制約1or/and制約2or/and制約3）を受けた場合を想定する。この場合、box1にフローが残留し、性質2)よりbox1の大きさから残留したフローを差し引いた分がbox2から流出可能である。そして、単位時間が経過した後にリンクは時刻t+1の状態となる。この時、フローはbox2からbox4のそれぞれを単位時間を通して通過する。一方、残留フローが存在するbox1を通過するための平均所要時間は、box1内のフローを流出可能量で除した値に等しくなる。すなわち、

性質4) 残留フローが生じた場合、平均所要時間は流出可能量で残留フローを除せば得られる。

3.3.2 ボックスを用いた各領域のモデル化

ボックスモデルでは先に述べたような基本的性質を持つボックスを用いて、図6-Aの状態にあるリンクを図6-Bの様にモデル化する。そして、リンクに流入したフローが式(6)、式(9)で与えられる時間を要するように、自由走行領域は「自由走行ボックス」の連なりで、混雑走行領域は「混雑走行ボックス」の連なりで、渋滞領域は「渋滞ボックス」の連なりでモデル化される。

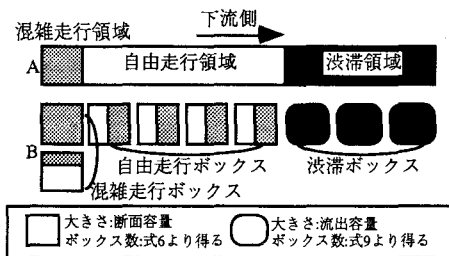


図6 ボックス列によるリンクのモデル化

【走行領域】

走行ボックス（自由走行ボックスと混雑走行ボックス）の大きさは断面容量に等しく設定する。性質3)より両領域のボックス内に存在するフローが流出需要量となるため、ボックスの大きさを断面容量とすると、断面による容量制約をモデル化できる。また、残留フローが生じない場合はボックス数とボックス列所要時間が一致するため、ボックス数を式(6)より得られる所要時間に設定し、走行領域における所要時間をモデル化する。なお、混雑走行ボックス数の設定は、リンク上流側から流入したフローが全て納まるまでボックスを新設する操作で行なわれる。この操作は混雑走行領域に存在する車両台数 F_{fj} を断面容量で除し、その商を整数化する操作に等しい。すなわち、混雑走行領域長を L_f とすれば領域内の存在台数は KL_{fj} である。一方、断面容量は式(4)より KV であり、前者を後者で除すると、

$$\frac{L_{fj}}{V} = T_{fj} \quad (10)$$

となる。ここに、 T_{fj} は混雑走行領域における所要時間である。なお、図6では、混雑走行ボックスは1つ新しく設定されている。

【渋滞領域】

リンク下流端からの流出可能量は、交差点や下流側リンクの交通状態に影響を受け、動的に変動する

ため、渋滞ボックスの大きさを流出可能量に設定することは計算コストの観点から得策ではない。そこで渋滞ボックスの大きさは静的な値である流出容量に、またボックス数は渋滞車両台数（残留フロー）を流出容量で除した値に設定する。この設定では、渋滞領域における所要時間とボックス数は必ずしも一致しなくなるが、性質4)より平均的な所要時間を再現することができる。

流出容量で渋滞フローを除することによる渋滞ボックス数の設定は、以下の操作でなされる。すなわち、リンク下流端で残留フローが生じた場合、残留フローが全て納まるまで渋滞ボックスを新設する。また、フローが走行領域から渋滞領域に流入する際も、全てのフローが納まるまで設定される。

本モデルはHorizontal Queueで渋滞列を表現するため、走行領域長は渋滞領域長に応じて変動する。したがって、渋滞ボックス数に対応して走行ボックス数は変動する。そして渋滞ボックス、走行ボックスそれぞれが表現する道路上の領域の長さに基づいて、走行ボックス数の変動をモデル化する。すなわち、

$$N_f = n \text{int} \left(N_{f \max} - \frac{L_{bj}}{L_{bf}} N_j \right) \quad (11)$$

ここに、 N_f は走行ボックス数、 $N_{f \max}$ は最大走行ボックス数（自由走行時間に等しく、図6では6単位時間である）、 N_j は渋滞ボックス数、 $n \text{int}()$ は整数化する関数である。そして、 L_{bj} と L_{bf} はそれぞれ渋滞ボックスと走行ボックスが表現する道路上領域長であり、他のリンク属性と以下の様な関係を持つ。

$$L_{bj} = \frac{C}{K_{\max}} \Delta t \quad (12)$$

$$L_{bf} = V_f \Delta t \quad (13)$$

なお、図6では、渋滞ボックスが3つ設定され、自由走行ボックスが1つ消去されている。

4. 経路選択シミュレーション

4.1 経路選択シミュレーションの基本概念

運転者は経路途上での経路変更が可能な地点、すなわち、ノードにおいて経路選択の意志決定を行う。図7に運転者の経路選択を行なうまでのフローを示す。経路選択の意思は、各運転者が予想する各々のリンクの走行費用（以下、見込みリンク走行費用と呼ぶ）に基づいて決定される（なお、見込みリンク走行費用はその時点におけるリンク走行時間やリン

クデータに基づいて算出される)。そして、運転者は各リンクの見込みリンク走行費用に基づいて走行費用マップ¹¹⁾を構成する。走行費用マップとは、運転者が主観的に構成する、各リンクの走行費用を記した地図である。運転者は自分の走行費用マップに基づいて経路走行費用が最小となる経路を選択する。

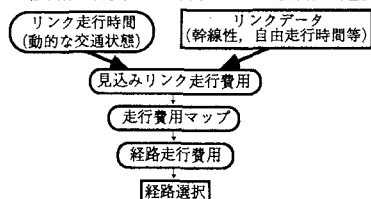


図7 経路選択のフロー

4.2 運転者の経路選択の特性による分類

現実の道路には様々なタイプの運転者が混在する。そこで、運転者を経路選択の行動特性に応じていくつかのセグメントに分割し、あるセグメントの運転者は同じ走行費用マップを構成すると仮定した。以下、各セグメントを「選択層」と呼ぶこととする。本研究では選択層として情報利用層、経路選択層、経路固定層の3つを設けた。この分割によって経路誘導のための情報提供の効果を評価することが可能となる。

【情報利用層】

ナビゲーションシステムなどの情報を得、かつその情報に対して敏感に反応して経路選択を行なう選択層である。情報利用層の経路選択行動をモデル化するためには、ネットワークの動的な交通状態に精通していると仮定する必要がある。そこで、情報利用層の運転者は、経路選択を行なう時点における各々のリンクの走行時間を見込みリンク走行費用として予想すると仮定した。したがって、情報利用層の運転者は、最も合理的な経路を選択する。なお、各リンクの走行時間は、フローシミュレーションにおいて式(6)、式(9)より算出される

【経路選択層】

情報は提供されないが、動的に変動する交通状態をある程度把握して経路選択を行なう選択層である。この「ある程度の把握」をモデル化するために、見込みリンク走行費用を求める際に確率分布を用いた。すなわち、式(6)、式(9)より算出されるリンク走行時間を平均とする確率分布に基づいて乱数を発生させ、

見込みリンク走行費用を求める。本研究では、確率分布として正規分布を用い、分散は外生的に与えた。

【経路固定層】

常に同一の経路を選択し、かつ、経路途上で経路選択を行わない選択層である。そこで、経路固定層の運転者は、データとして与えられる静的な自由リンク走行時間やリンク長などを見込みリンク走行費用として予想すると仮定した。

以上、経路誘導のための情報提供を念頭においた3つの選択層について述べたが、ボックスモデルではこれら以外の選択層を設けることが可能である。リンクの幹線性、走行時の安全性等をデータとして入力し、それらを見込みリンク走行費用に加算すれば、幹線性や安全性に敏感な（もしくは敏感でない）選択層を再現できる。また、各運転者のリンクに対する認知度を定量化してデータとして入力すれば、限られた選択肢集合を表現することも可能である。

5. 数値計算例

本章では、本研究で構築したボックスモデルを用いて数値計算を行い、その実用性を確認する。

5.1 前提条件

計算対象とする都市部を想定した仮想ネットワーク（リンク数80、ノード数25、セントロイド数9）を図8に示す。時間帯の幅（スキャンインターバル）を信号の1サイクル程度、すなわち1分とした。リンクの自由走行時間を3～6分の間で乱数的に与え、主要幹線街路・補助幹線街路・細街路の流出容量をそれぞれ60,40,20（単位:台/分）とした。また、式(11)の L_{bf}/L_{bj} を1/3とした。すなわち、渋滞ボックス数が3の倍数（0を含む）を超過することに走行ボックスが1つずつ消去されていく。時間帯別のOD交通量は各セントロイドにおけるその時間帯の発生交通量

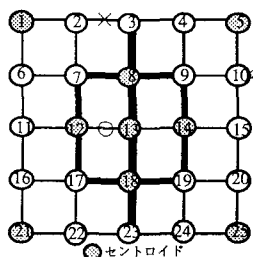


図8 ネットワーク図

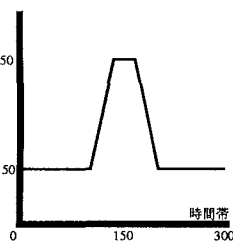


図9 発生パターン

に目的地選択確率を掛け合わせるにより得る。目的地選択確率はOD間の距離にほぼ反比例する形で与えた。発生交通量は同一時間帯で各セントロイドから同一の交通量が発生するが、図9に示した様に時間帯によって変化する。また、経路固定層が全体の50%，残りの50%が経路選択層であるとした。

5.2 計算時間

計算のために要した時間を表1に示す。計算時間の多く（80.8%）をフローシミュレーションにおける計算に要している。これは、交差点における交通流、渋滞の延伸による走行領域の減少などのミクロな交通現象のモデル化のために多くの計算が必要であったからである。しかし、総計算時間は7.17秒であり、ミクロな観点を導入したマクロシミュレーションとしては経済性は高いと考えられる。

表1 計算時間

	計算時間	割合
初期設定	104ミリ秒	1.4%
フローシミュレーション	5791ミリ秒	80.8%
経路選択シミュレーション	1273ミリ秒	17.8%
出力	1ミリ秒	0.0%
合計	7170ミリ秒	100.0%

(計算機種：FACOM M-1800)

5.3 動的な交通状態の再現の確認

図10に混雑度（ネットワーク上に存在できる最大の車両台数に対する、実際に存在している車両台数の割合）の推移を示す。図10より発生交通量がピークを迎える時間帯110あたりから混雑もピークを迎えることが分かる。そして、発生需要交通量が急激に低下した後、混雑は徐々に解消していく。以上より、ネットワーク全体のマクロな交通状態の動的な推移を再現していることが確認できた。

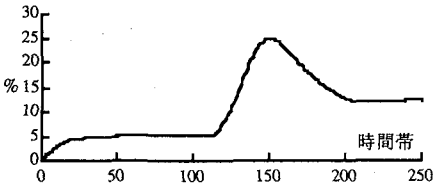


図10 混雑度推移

次に、図8に×を記したリンクにおける交通状態の時間的な推移を図11に示す。時間帯122では渋滞列は存在していない。ところが時間帯123において

右折需要が右折容量に制約を受けて残留フローが生じ、渋滞列が形成される。それ以後、徐々に上流側へと渋滞列が延伸し、時間帯134において全領域が渋滞領域となり、リンク上の車両台数はそのリンクに存在できる最大の値となる。そして、渋滞列は上流側のリンクへと延伸することとなる。以上より、リンク内のミクロな交通状態が動的に変動する過程を再現していることが確認できた。

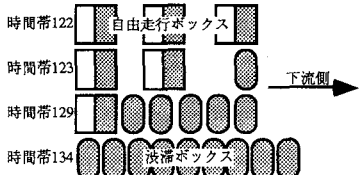


図11 渋滞列の延伸

5.4 リンクにおけるQK曲線の再現

図12に図8に○を記したリンクの交通密度と下流端からの流出交通量の関係を示す。なお、図12では交通密度、流出交通量のそれぞれを最大交通密度、流出容量で正規化した値（Q値およびK値）を用いた。ボックスモデルでは、リンクフローをモデル化する際に図13の様なQK曲線を前提としていない。しかし、図13の様なQK曲線、すなわち一般に知られる交通密度と交通量の関係を近似的に再現していることが図12より確認できる。なお、モデルで再現するQK曲線の形状はリンクデータに依存する。すなわち、右上がりの傾向は自由走行速度に、Q値が1となる水平部分は流出容量に、右下がりの傾向はリンク長や最大交通密度にそれぞれ依存する。したがって、入力データによって任意の形状のQK曲線を再現できる。

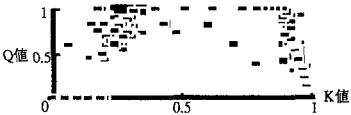


図12 交通密度—流出交通量の関係



図13 QK曲線

5.5 選択層によるOD所要時間の相違

情報利用層を5%，経路選択層を45%，経路固定層を50%とした場合の、発生ノード1，集中ノード

25のOD間の所要時間推移を図14に示す。図14より、経路固定層より経路選択層、そして経路選択層よりも情報利用層の方がOD所要時間が短くなっていることが確認できる。そして、その傾向は混雑時において顕著である。これは、経路固定層は渋滞リンクの迂回行動をとらない一方、経路選択層は迂回する可能性があるためである。そして、情報利用層は常に渋滞リンクを迂回して最短経路を選択するからである。したがって、渋滞リンクが生じる混雑時において先の傾向が顕著となる。

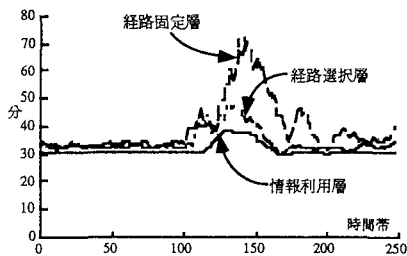


図14 OD所要時間推移 (ノード1→ノード25)

次に、情報利用層の増加にともなう、情報利用層、非情報利用層（経路選択層と経路固定層）の混雑時におけるOD所要時間の平均の推移を図15に示す。OD所要時間は情報利用層では常に増加していく傾向にあり、非情報利用層では減少していく傾向にある。そして、情報利用層率が0.7において非情報利用層のOD所要時間が情報利用層のそれを上回る。これは一般にハンチング現象と呼ばれているものである¹⁴⁾。ハンチング現象とは、情報利用層率が增大することによって、空いていると情報提供されたリンクに車両が集中し、その結果、情報利用層の車両の旅行時間が增大する現象のことである。そして、それまで減少の傾向にあった全ての選択層（全層）のOD所要時間はそれ以後上昇することとなる。

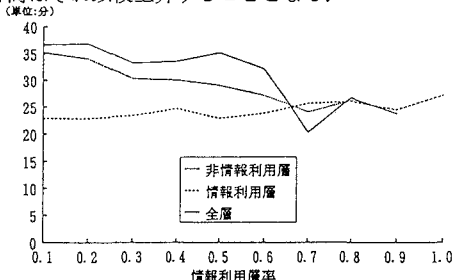


図15 情報利用層の増加による平均OD所要時間の推移

以上より、ボックスモデルによって、複数のタイ

プの運転者の経路選択行動をモデル化することができ、かつ情報提供による経路誘導という交通運用方策の評価が可能であることが確認できた。

6. 結語

本研究では、都市部における混雑の緩和のためのソフトウェア的な交通運用方策の評価を目的とした、ボックスモデルと呼ばれるマクロシミュレーションを構築した。本稿では、フローの再現性を高めるために、渋滞列の延伸による走行領域の減少や、右折容量の対向交通流による影響などをモデル化を図った。また、運転者を経路選択行動の特性によっていくつかのセグメント（選択層）に分割し、様々なタイプの運転者によって構成される交通状態の再現を図った。そして、仮想ネットワークに対して数値計算を行い、ネットワークおよびリンク内の動的に変動する交通状態の再現、選択層によるOD所要時間の相違を確認した。また、QK曲線との比較によってリンクフローの再現性を確認した。最後に、情報提供による経路誘導を評価することが可能であることを示した。

今後の本モデルの発展の方向として、渋滞の伝播速度のモデル化、発生交通、到着交通のモデル化等の再現性の向上が挙げられる。また、実際の交通運用方策に適應するためには、使用上の操作性・運用性の向上を図る必要がある。

【参考文献】

- 1) 深田, 川村, 吉田: 交通流再現シミュレーションモデルの開発, 第11回交通工学研究発表会論文集, pp.1-4, 1991.
- 2) Hani S. Mahmassani, R. Jayakrishnan, Robert Herman: Network traffic flow theory: microscope simulation experiments on supercomputers, Transpn. Res.-A, Vol.24A, No.2, pp.149-162, 1990.
- 3) 丸山勝: 交通流シミュレーションによる渋滞に関する検討, 交通工学, Vol.27, No.1, pp.53-58, 1992.
- 4) 上田, 坪野, 桑野, 赤羽, 尾崎: 経路選択シミュレーションモデルの開発, 土木計画学研究・講演集, NO14(1), pp.279-286, 1991.11.
- 5) D R Leonard, J B Tough, and P C Baguley: CONTRAM. A traffic assignment model for predicting flows and queue during peak period, TRRL LABORATORY REPORT 841, pp.1-12, 1978.
- 6) 道路交通容量調査マニュアル検討資料vol.1, 交通工学研究会容量委員会, pp.1-2, 1992.
- 7) 廣尾, 飯田, 内田: 経路選択シミュレーションによる動的交通量配分, 土木学会第45回年次学術講演会講演概要集, 4, pp.482-483, 1990.
- 8) 飯田, 内田, 藤井, 廣尾: 渋滞の延伸を考慮した動的交通流シミュレーション, 土木計画学研究・講演集, NO14(1), pp.301-308, 1991.
- 9) 飯田, 内田, 藤井: 大規模ネットワークを対象とした動的交通流シミュレーション, 土木計画学研究・講演集, No.15(1), pp.39-46, 1992.
- 10) 飯田恭敬, 佐佐木綱: 交通工学, pp.143, 国民科学社, 1992.
- 11) M. M. Fischer, P. Nijkamp and Y. Y. Papageorgiou: Spatial Choices and Processes, Elsevier Science Publishers B.V, pp.169-199, 1990.
- 12) 飯田, 宇野, 長谷川: 情報提供効果の分析のための経路選択シミュレーション, 土木計画学研究・講演集, No15(1), pp.67-74, 1992.11.
- 13) 飯田, 内田, 山本, 村田: 実験アプローチによる動的経路選択行動のモデル化, 土木計画学研究・講演集No14(1), pp.271-278, 1991.11.
- 14) 森津, 大原, 多田, 井上: 経路誘導による交通ネットワークフローの変化に関する分析, 土木計画学研究・論文集, No.9, pp.10-18, 1989.