

交通流シミュレーションの設定による渋滞現象の再現性への影響
Influence to the reappearance nature of the traffic jam phenomenon
by the setting of the traffic simulation

小川智史* 宮城俊彦** 小川圭一***
By Tomofumi OGAWA, Toshihiko MIYAGI and Keiichi OGAWA

1. はじめに

近年、道路交通需要は増大の一途をたどっている。それに伴い大都市圏および都市間の幹線道路では渋滞が起きており、社会生活に支障をきたしている。特に、都市周辺部に位置する高速道路では朝夕の渋滞が恒常化している。また、都市間高速道路では、お盆や年末年始あるいは行楽シーズンといった交通混雑期間に渋滞が発生している。また、今日、幹線道路や高速道路のネットワークはより複雑になってきている。それに伴い、情報提供のシステムも高度でかつ能率的なものが要求されるようになってきた。

そこで、都市高速道路においては、それぞれに渋滞シミュレーションモデルが開発されており、これを用いた交通官制に関する研究が行われている。また、これまでに開発されたシミュレータはいろいろあり、それぞれに特徴があり、実際的な問題へ適用されている。

現在、第2東名や第2名神といった都市間高速道路の計画が進められている。これらの高速道路の完成後は、都市間高速道路においても経路選択の機会が増えると考えられる。今後は、都市間高速道路においても、交通流シミュレーションを用いて交通官制する機会が増えると考えられる。現在でも、都市間高速道路では、車両感知器は約2km間隔で設置されている。そこで、その車両感知器から得られるリアルタイムな情報を用いて、シミュレーションを行うためには、シミュレーションの設定を考えなくてはならない。

本研究では、シミュレーションの設定の違いが、渋滞現象の再現性にどのような影響があるかを考察する。

そこで、まず、シンプルな単路部の道路区間を考えることにした。そして、渋滞現象が適確に再現されるかを考察し、実際の車両感知器データをどのように適用していけばよいかを考える。

将来的には、交通流の再現性の高いモデルを構築し、その交通流シミュレーションを用い、より適確な情報提供が行えるよう考えていきたい。また、大規模なネットワークへ拡張することによって、複雑になってきているネットワーク上での、情報提供についても考えていきたい。

2. モデルの基本構造

これまでに開発された多くのシミュレーションモデルはブロック密度法の考え方を採用している。ブロック密度法は、リンクをいくつかのブロックに分割し、各ブロックへの流入量と流出量をスキャンタイムごとに計算をし、シミュレーションを行う方法である。このとき、次のような式で表わすことができる。

$$k_i(t + \Delta t)\Delta x_i = k_i(t)\Delta x_i + f_{i-1}(t)\Delta t - f_i(t)\Delta t \quad (1)$$

$k_i(t)$: 時刻 t におけるセクション i の密度

$f_i(t)$: 時刻 t においてセクション i から流出し、

セクション $i+1$ に流入する交通量

Δx_i : セクション i の長さ

Δt : スキャンタイム

基本的な考え方は、ブロックが受け入れることができる可能交通量と、上流側のブロックからの需要交通量を比較して、小さい方をそのブロックへの流入量とするというものである。上流側からの需要交通量は、モデルの開発者によっていろいろと設定されている。本研究では、都市間高速道路といった大規模な区間を考えているため、並列的に計算が可能な井上のモデルを基本構造としている¹⁾。また、本研究ではブロックを

キーワード：交通流 交通容量

* 学生員 岐阜大学大学院工学研究科

** 正会員 工博 岐阜大学地域科学部

*** 正会員 工博 岐阜大学工学部

連絡先：〒501-1193 岐阜市柳戸1-1

TEL : 058-230-2446 FAX : 058-230-1528

セクションと呼んでいる。

3. 交通流シミュレーションの構築

交通流シミュレーションを実行する際、次のようなものを設定する必要がある。

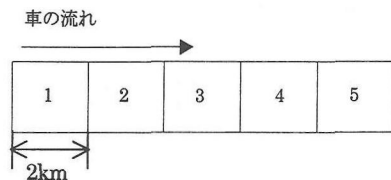


図1 仮想道路区間の設定

第一に、対象道路区間を設定する。本研究では、仮想道路区間を設定し、いくつかのセクションに区分する。そのセクションの長さは、自由速度でスキャンタイムの間に移動する距離よりも長くする必要がある。これは、スキャンタイムの間に、セクションを飛ばして移動しないようするためである。そこで、図1のような5つのセクションを設定した。

第二に、各セクションごとに交通流・密度曲線を設定する。これは、セクション間の交通量を決定するために必要である。また、一般的な2次曲線を用いるのではなく、三角型にモデル化したものを用いることにした。

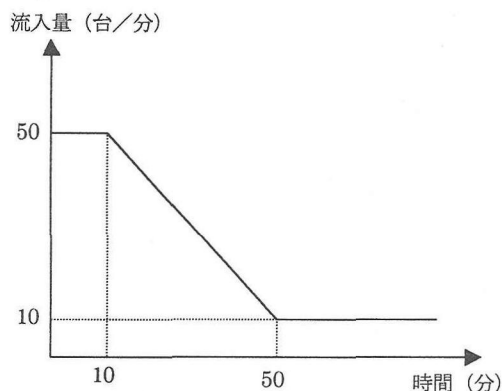


図2 セクション1への流入交通量

第三に、最上流のセクションへの流入量を設定する。この設定は、図2のような仮想の値を用いることにした。

第四に、渋滞が発生する原因となるボトルネックを表現するために、ボトルネックとなるセクションからの流出量を制限する量を設定する。

このうちの交通量・密度曲線とボトルネックとなるセクションからの流出量を制限する量は、実際の車両感知器データを分析することによって決めることにした。

4. 交通量・密度関係の現況分析

(1) 車両感知器データの分析

交通量と密度の関係は、一般的に2次曲線的になることが知られている。そこで、実際の車両感知器によって得られる平均速度と5分間交通量を用いて、交通量・密度関係の分析を行う。

本研究では、東名高速道路上り線静岡 IC から焼津 IC の区間長 11.78km の間での車両感知器の測定による平成7年8月16日のデータを用いた。特に、渋滞現象の再現性を考えているので、渋滞が発生している日本坂トンネル付近における交通量・密度関係を分析した。ただし、ここでの密度は、5分間交通量と平均速度から算出したものである。

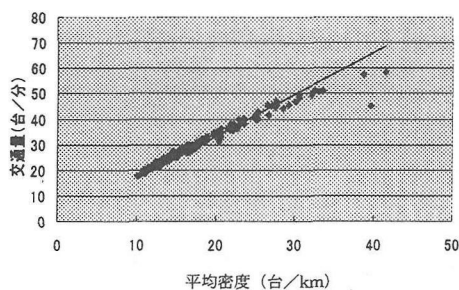


図3 自由流領域の交通量と密度の散布図

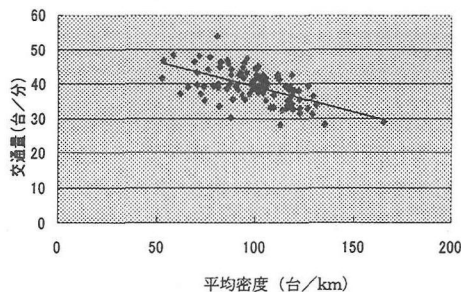


図4 渋滞流領域の交通量と密度の散布図

図3は、東京から 172.65kp の地点における自由流領域における交通量・密度の散布図である。また、図4は、同じ地点の渋滞流領域の散布図である。ただし、最大交通量の点によって、自由流領域と渋滞流領域に

区別した。それぞれにおいて回帰分析を行ったところ、回帰式は次のようになった。

$$\text{自由流領域：} q = 1.66k \quad (2)$$

$$\text{渋滞流領域：} q = -0.15k + 53.7 \quad (3)$$

式(2)、(3)より、自由流領域と渋滞流領域の傾き比は約1/10になっていることがわかる。この傾き比を交通量・密度曲線の設定に考慮する。また、臨界密度を50台/km、最大交通量を50台/分、飽和密度を100台/kmとした。

そこで、図5のような交通量・密度曲線を設定した。

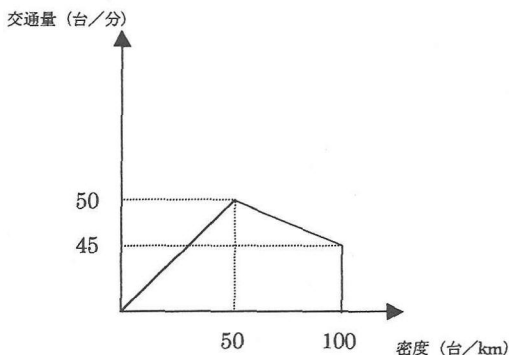


図5 モデル化した交通量・密度曲線(その1)

次に、ボトルネックのセクションからの流出交通量を決定するために、渋滞発生地点における交通量・密度関係の考察を行った。

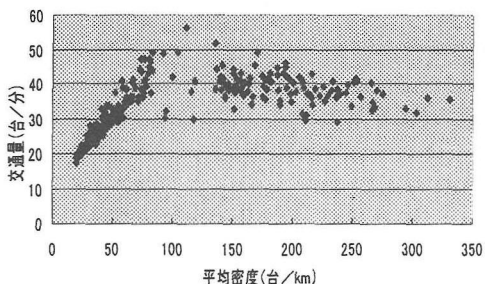


図6 170.64kpの交通量・密度の散布図

図6は、地点170.64kpの交通量と密度の散布図である。この地点は、日本坂トンネルの入り口にあたる地点で、このデータの観測日においても、ここから渋滞が発生していた。また、この地点における密度は、前述の地点における密度より高くなっている。これは、車両感知器のデータの交通量と平均速度から密度を算出していることによるものである。従って、この地点での密度は、実際の交通流の密度とは、かなり異なるものであると考えられる。

これより、渋滞流領域の交通量から算出した平均をもとにボトルネックにおける流出交通量を40台/分とした。

5. 交通流シミュレーションによる渋滞の再現

(1) シミュレーション結果

シミュレーション結果は、各セクションの密度の変化で表わすことにした。

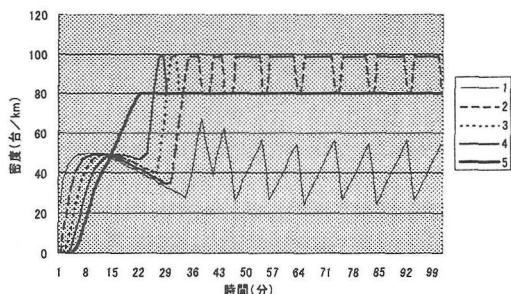


図7 密度の変化

図7は、3章と4章で設定した交通流シミュレーションの結果である。図7より、渋滞がボトルネックを設定したセクション5を先頭に、上流側のセクションへ延伸していることがわかる。また、渋滞の後尾で密度が不連続に変化する現象がみられた。この現象は、密度が臨界密度近傍の状態になった時、上流側からの流入量に比べ、下流側への流出量が小さくなり、上流側の密度が下流側の密度より高くなることによって、引き起こされていると考えられる。また、セクション1への流入量が大きく関係していると考えられる。なぜなら、渋滞がセクション1へ延伸してきた状態に、大きな流入量を設定すると前述のような現象が起きるのは、明らかである。逆に、流入量が小さければ、このような現象は起きないと考えられる。次に、ボトルネックからの流出量の制限の影響が考えられる。流出量を大きく制限してしまうと、極度の渋滞に陥ることになる。従って、このような現象が起きる。さらに、交通量・密度曲線の渋滞流領域側の傾きとセクションの長さの設定が関係しているのではないかと考えている。今後は、最上流のセクションへの流入量やボトルネックの流出量を制限する量を変化させることによって、渋滞現象にどのような影響が出るのかを分析していく必要がある。

区別した。それぞれにおいて回帰分析を行ったところ、回帰式は次のようになった。

$$\text{自由流領域： } q = 1.66k \quad (2)$$

$$\text{渋滞流領域： } q = -0.15k + 53.7 \quad (3)$$

式(2)、(3)より、自由流領域と渋滞流領域の傾き比は約1/10になっていることがわかる。この傾き比を交通量・密度曲線の設定に考慮する。また、臨界密度を50台/km、最大交通量を50台/分、飽和密度を100台/kmとした。

そこで、図5のような交通量・密度曲線を設定した。

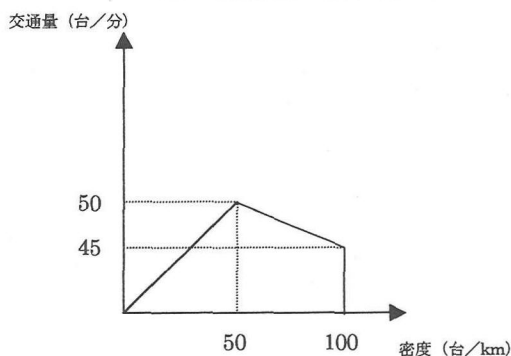


図5 モデル化した交通量・密度曲線(その1)

次に、ボトルネックのセクションからの流出交通量を決定するために、渋滞発生地点における交通量・密度関係の考察を行った。

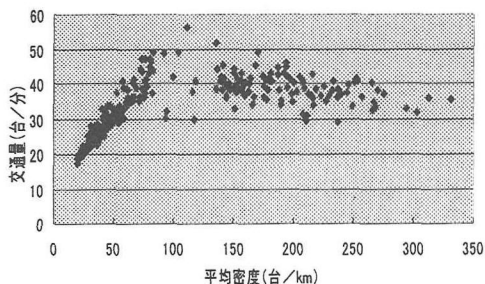


図6 170.64kpの交通量・密度の散布図

図6は、地点170.64kpの交通量と密度の散布図である。この地点は、日本坂トンネルの入り口にあたる地点で、このデータの観測日においても、ここから渋滞が発生していた。また、この地点における密度は、前述の地点における密度より高くなっている。これは、車両感知器のデータの交通量と平均速度から密度を算出していることによるものである。従って、この地点での密度は、実際の交通流の密度とは、かなり異なるものであると考えられる。

これより、渋滞流領域の交通量から算出した平均をもとにボトルネックにおける流出交通量を40台/分とした。

5. 交通流シミュレーションによる渋滞の再現

(1) シミュレーション結果

シミュレーション結果は、各セクションの密度の変化で表わすことにした。

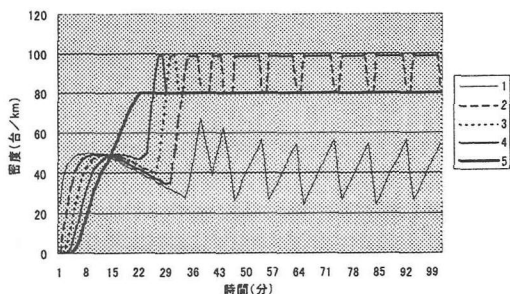


図7 密度の変化

図7は、3章と4章で設定した交通流シミュレーションの結果である。図7より、渋滞がボトルネックを設定したセクション5を先頭に、上流側のセクションへ延伸していることがわかる。また、渋滞の後尾で密度が不連続に変化する現象がみられた。この現象は、密度が臨界密度近傍の状態になった時、上流側からの流入量に比べ、下流側への流出量が小さくなり、上流側の密度が下流側の密度より高くなることによって、引き起こされていると考えられる。また、セクション1への流入量が大きく関係していると考えられる。なぜなら、渋滞がセクション1へ延伸してきた状態に、大きな流入量を設定すると前述のような現象が起きるのは、明らかである。逆に、流入量が小さければ、このような現象は起きないと考えられる。次に、ボトルネックからの流出量の制限の影響が考えられる。流出量を大きく制限してしまうと、極度の渋滞に陥ることになる。従って、このような現象が起きる。さらに、交通量・密度曲線の渋滞流領域側の傾きとセクションの長さの設定が関係しているのではないかと考えている。今後は、最上流のセクションへの流入量やボトルネックの流出量を制限する量を変化させることによって、渋滞現象にどのような影響が出るのかを分析していく必要がある。