

単路部交通流の特性を抽出するための 車頭時間ダイナミクスモデル

葛西 誠¹・大月 崇照²・寺部 慎太郎³

¹正会員 東京理科大学 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)

E-mail: kasai@rs.noda.tus.ac.jp

²学生非会員 東京理科大学大学院 理工学研究科土木工学専攻 修士課程

(〒278-8510 千葉県野田市山崎2641) E-mail:7614602@ed.tus.ac.jp

³正会員 東京理科大学 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎2641)

E-mail: terabe@rs.noda.tus.ac.jp

高速道路単路部における容量上の隘路現象を説明する取組みは、主として追従挙動のモデル化に依って来た。重要な文献によって全貌の一部が明らかになりつつあるが、渋滞が顕在化した区間以外のある区間に対して容量を推定することは未だ課題と位置付けられる。本論文はこの課題に対して、追従挙動のモデル化に拘らない方法の意味を述べ、車頭時間のダイナミクスをモデル化の対象とし、この変動の大きさと道路線形との対応付けする方法の案を示す。まず、試行モデルの数値シミュレーション結果によってモデルの性質を概観し、さらにドライビングシミュレータによって取得された交通流データに対して同種のモデルを適用し縦断線形と車頭時間の変動の大きさとの関連を見る。

Key Words : *traffic flow, traffic capacity, basic section, time headway, meso-scopic model*

1. はじめに

トラフィック機能の卓越する高速道路において、渋滞は最も望ましくない事象であるにも拘わらず、サグ部やトンネル部等の単路部渋滞は未だ解消に至っていない。運用上や交通管理上の工夫も様々に試されており、渋滞緩和に効果のある方法も発見されてきている¹⁾²⁾が、決定的な渋滞解消には至っていない。ある区間の容量がどのようにして決定されているかを明らかにすることは今日でも重要な問題として位置づけられる。

高速道路単路部における容量上のボトルネック現象を説明する取組みは、主として追従挙動のモデル化を媒介してきた³⁾。いくつかの重要な文献⁴⁾⁵⁾⁶⁾によって全貌の一部が明らかになりつつあるが、顕在化した渋滞に対しての説明力を有するモデルであっても、同一のモデルが他区間の容量を推定できるとは限らず、本質的な描像に接近できていない可能性は残されている。

仮に、追従挙動モデルを媒介としてボトルネック現象を説明することに限界があるとすれば、今までとは異なるアプローチも当然検討されなければならない。本稿では、追従挙動のモデル化に拘らない、これまで

とは種類の異なる交通流の見方を例示する。

2. ボトルネック現象とモデル化のスケール

(1) ボトルネック現象を表現する微視的モデル

1980 年前後から、サグやトンネルが渋滞の先頭になり得ることが確認されるようになったことは有名である⁴⁾⁷⁾。渋滞の先頭として観測されるのはほとんど常に同一のサグであることから、縦断線形が支配的な要因であることは想像に難くない³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾。これを考慮して、渋滞発生時や渋滞発生後安定して渋滞先頭がサグ部等に留まることの有力な説明を提示したのが越⁴⁾であった。少なくともサグ部渋滞に関しては、当時存在した複数の追従挙動モデルを収集し、単路部ボトルネック現象を解くために有効と考えられる追従挙動モデルの構造を検討した大口⁹⁾、さらに大口¹⁰⁾の最近の知見を踏まえて再度整理された渋滞発生時の描像が参考になる。

近年では、さらに実際にボトルネックとして知られる区間を対象に、使い勝手が良く最近よく用いられる

ようになっている Intelligent Driver Model (IDM)¹²⁾を基本に、縦断勾配の変化に対して加速補償が遅れる効果を加えて渋滞発生を検証したケース^{13,14)}が注目される。ただし、ここで構築された追従挙動モデルが、他の区間の渋滞発生を同様に再現できるかは追加の検証が必要である。さらに言えば、顕在化した渋滞に隠されてしまい見えなくなっている容量の小さい区間（いわゆる潜在ボトルネック）を特定できることが戦略的な渋滞対策にあたって重要であるが、こうした検討は追従挙動モデルで取り組まれることは一般には難しい。

(2) ボトルネック現象と巨視的モデル

追従挙動モデルに拘らないという観点では、ある区間の容量が、縦断勾配差や縦断勾配長等の道路線形に関する要因で説明されるような推定モデルを構築することも当然有力な方法であり、例えば Xing ら¹⁵⁾がそれに該当する。各要素が容量の増減に対してどのように影響するかを大域的に知るための貴重な成果である。ただし、なぜそれが容量を左右する要因となるかの仕組みについては別途検証されなければならず、潜在ボトルネックを対象にサンプリングされているわけではないことに留意が必要である。

(3) 既往のモデル化スケールとそれらが有する問題

渋滞発生現象の説明に対して、追従挙動モデルを基本としたアプローチが有する弱点は、以下に要約されると筆者らは考えている。1) サグ部通過時の追従挙動に対して何らかの具体的な仮説を設けなければ、シミュレーションによって交通流を生成することができないこと、2) 設けられた仮説が真のメカニズムに十分近くなければ、真のメカニズムは判明できないこと、換言すれば、本質的には「当たるまで繰り返す」トライアンドエラーが必要であり、「当たる保証もない」ことである。

例えば、サグにおける縦断勾配の変化に対して、ドライバーの認知が遅れるといった仮説¹³⁾は、それ自身は極めて合理的に思えるが、縦断勾配変化が極めて緩慢であれば、加速補償の遅れは結果として無視し得るかもしれない、との疑問は昔から存在する³⁾。これを加味した仮説を提示すること自体が難しいし、全く見当はずれの仮説を提示することに繋がる可能性もある。

一方で、例えば Xing ら¹⁵⁾のように、巨視的なアプローチでは、縦断勾配差が大きいほど容量が小さい、などのデータ構造上の相関があらかじめ分かっているから、この相関を表現するような渋滞発生の仕組みを想像すればよい点が効率的に思われる。ただし、ここで想像された仕組みが妥当であるか否かは、微視的モデルに付加して再現性を確認する必要があり、結局ここ

でも（必ずしも追従挙動モデルでなくても良いはずであるが）交通流を生成するのに十分な微視的な交通力学モデルの助けを借りる必要がある。

以上の背景が、次章以降で述べる「車頭時間のダイナミックス」を扱うモデルを提案する動機である。

3. メゾスコーピックモデリングの可能性

(1) モデルにて表現すべき対象

上記に照らせば、交通流を、微視的でも巨視的でもないスケールでモデル化すること、いわばメゾスコーピックにモデル化することは 1 つの残された選択肢である。

その際、1) いわゆるメゾスコーピックなモデルは何を変数として扱うか、がまず問題となる。次いで、2) それは（巨視的なモデルのように）渋滞と関わりのあると思われる諸量（例えば縦断勾配）と、モデルで扱われる変数がどのように対応付けされるのか、について方向を示しておく必要がある。

前者の 1) については以下のように考える。微視的モデルと位置付けられる追従挙動モデルは一般には追従車加速度を出力、相対速度や車間距離を入力とした形式で表現される。こうした入出力の関係に立ち入らずに、追従挙動の結果実現された「車頭時間」の時間的変動のみを記述する方法が交通流を表現することとして成立し得るかどうかが鍵である。

後者 2) については次のようであろう。「『車頭時間』の時間的変動」を扱うわけであるから、その特徴量としては時間方向の変動の大きさ、が最も自然である。この変動の大きさが、区間によって異なると思える。例えばボトルネックになり得るサグ部では、変動が大きい、などと考えることは当面可能である。

ただし、この変動の要因を説明することに深入りすると、追従挙動モデルによる縦断線形の影響を取り入れる試行のように当たらない仮説を数多く立てることになり本末転倒である。この変動の大きさは、ある程度多くの種類の縦断線形に対して何らかの方法でデータが取得されれば、巨視的モデルのようにデータ回帰的に縦断線形と対応付けすることも期待できる。この作業は、ドライビングシミュレータにと、大口・飯田¹⁶⁾によって提案された独創的な交通流生成方法「追従積重ね試験」によって可能となると思われる。

(2) 車頭時間相互作用モデル

車頭時間のダイナミックスのみを扱う方法は、既に Kasai¹⁷⁾によって一案が提示されているが、読者の便宜のため要点のみ述べる。

このモデルは車頭時間のダイナミクスとして2種類を仮定する：1)前後に隣り合う車両の車頭時間 t_{i-1} ， t_i は互いに十分に近似する，すなわち，これらの差は正規分布に従って正規すると仮定する：

$$p_{1i} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} \exp\left\{-\frac{(t_{i-1}-t_i)^2}{2\sigma_1^2}\right\}, \quad (1)$$

ここに， i は車両の順番を意味する添え字， σ_1 はどの程度前後に隣り合う車両の車頭時間が接近しているかを意味する量に相当する。

各車両が，車両全体の平均値から大きく外れることはないを仮定する．すなわち， i 番目の車両と車両全体の平均値との差は正規分布に従う，とする：

$$p_{2i} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_2} \exp\left\{-\frac{(t_i-\bar{t})^2}{2\sigma_2^2}\right\}, \quad (2)$$

ここに， \bar{t} は固定値であり，車両全体の平均車頭時間に相当する． σ_2 は，車群全体の平均車頭時間からどの程度逸脱を許容するかを表す量である。

車頭時間の変動が定常状態にあれば，式(1)と式(2)の同時確率の全ての車両に対する総積(式(3))が最大化されていると考えられる。

$$P = \prod_{i=2}^n p_{1i} p_{2i} = \prod_{i=2}^n \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_1} \exp\left\{-\frac{(t_{i-1}-t_i)^2}{2\sigma_1^2}\right\} \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_2} \exp\left\{-\frac{(t_i-\bar{t})^2}{2\sigma_2^2}\right\}, \quad (3)$$

式(3)から交通流を生成するには動的モンテカルロ法 (Markov Chain Monte Carlo (MCMC) Methods)¹⁸⁾を用いる．1ステップ前($j-1$ 番目のMCMCステップ)の i 番目車両の車頭時間 t_i^{j-1} を基に， X を0から1を動く一様乱数にある係数 w を乗じて得られる新たな車頭時間の候補 t_i^c を生成する：

$$t_i^c = t_i^{j-1} + wX, \quad (4)$$

全ての車両について車頭時間の新たな候補を生成して，式(3)に従い同時確率を求め(P^c と表す)， $j-1$ 番目のMCMCステップに対する同時確率 P^{j-1} の比 $r = P^c/P^{j-1}$ が0から1を動く一様乱数よりも大きければ新たな候補を採用し，そうでなければ $j-1$ 番目の

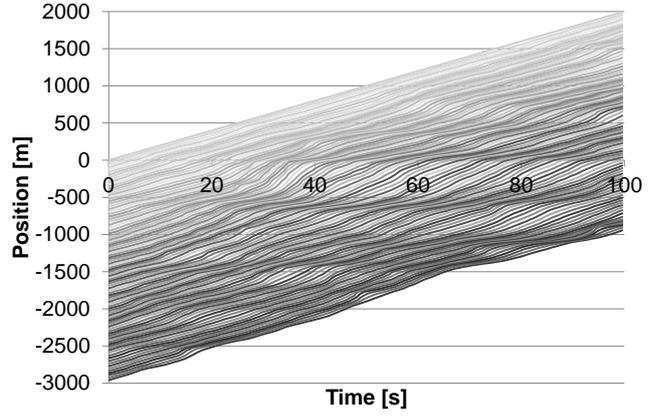


図-1 車頭時間相互モデルから生成されたTime-space図の例 ($\sigma_1 = 0.3$ [s] $\sigma_2 = 0.9$ [s])¹⁷⁾

MCMC ステップの車頭時間を j 番目の車頭時間として保持する．これを十分な回数繰り返せば，式(4)がもたらす車頭時間の揺らぎの下で定常状態となっている車頭時間データが生成できる．

これをTime-space図に変換するには，あるMCMC計算ステップ以降を対象に，1回のMCMC計算ステップを時間軸とみなし，先頭車の速度，初期時刻における各車両の初期位置を仮定すればよい．

(3) 数値シミュレーション結果

図-1は，MCMC計算ステップのうち最初から495,000回分を捨て5,000回分を採用し1回の計算ステップを0.2秒に対応させ，先頭車速度を20m/sの等速，初期車頭距離を20mとして描いたものである．走行台数は100台である．その他の条件は， $\sigma_1 = 0.3$ [s]， $\sigma_2 = 0.9$ [s]， $w = 0.2$ である．

減速波が発達している様子が確認でき，実交通流としての特徴は一定程度確保しているように思われる．もちろん，衝撃波伝播速度や車両走行速度が妥当であるかは検証の余地があるものの，設定自体は極めて単純でありながら交通流を生み出すモデルとして機能する可能性が示唆される．

なお，車頭時間の変動の大きさを司る σ_1 ， σ_2 を変化させると，当然ながらTime-space図も変化する．例えば σ_1 ， σ_2 を小さくすると車頭時間の変動はより小さくなるから，擾乱の小さい交通流を得る．サグ部での渋滞発生時メカニズムの仮説として車頭時間の増幅伝が1つの重要な過程と位置づけられていることを考慮しても，車頭時間の変動の大きさが縦断線形と対応付けられると考えることは自然と考える．

この車頭時間の変動の大きさを知ることは，ドライビングシミュレータによって生成される交通流データを活用可能である．

4. ドライビングシミュレータによる追従積重ね試験

(1) 試験方法

大口・飯田¹⁰⁾により導入された追従積重ね試験によって交通流を生成すると、ドライビングシミュレータ（以下DS）と実路との相違は否定できないものの運転者属性や車種によらない均一な交通流が実現できるとされる。縦断線形が渋滞に対して支配的であると考えられる以上、縦断線形と交通流の関係のみを議論したい場合には極めて有効な手法と考えられる。

以下、簡単にデータ取得方法を説明する。DS内に再現したサグ部を擁した単路部道路において、まずは被験者に速度を一定に保ちながら走行をしてもらい、1回目の走行データを得る。その1回目の走行データをDS上で先行車として再現し、その後ろを再び同一被験者が追従走行を行い2回目の走行データを得る。これを繰り返すことで交通流が生成できる。

本稿で利用するDSは本田技研工業製、6軸制御により運転者が勾配や車両加減速による加減速を体感できるようになっている。

DSによる追従積重ね試験で用いたコースは、全長約3500mのサグ部を含む高速道路単路部で、下り-0.5%から上り1.5%の緩いサグ(緩サグ)と下り-0.5%から上り3.0%の急なサグ(急サグ)の2種類のコースである(図-2)。なお、走行開始から安定した追従走行に至った上でサグでの挙動検証を行うため、縦断・平面線形が共に直線である約1000mの助走区間を含んでいる。

本論文の追従積重ね試験では自由流から渋滞流に至る交通流現象を再現するために、先行車となる1回目の走行を60km/hで等速走行するよう被験者に指示をして実験を実施する。また、被験者は左車線のみを走行するよう指示し、追越車線には先行車と同じ動きをする車両を、車間距離が33.3mとして3台表示させる。

(2) 取得データ

被験者は普段運転をしている一般人 10名(被験者No.1-10)で、緩サグと急サグの両方で追従積重ね試験を実施する。つまり、10名の被験者による2種類の縦断線形での追従積重ね試験で計20種類の走行データが取得される。同一被験者により縦断線形が異なる2つのコースで追従積重ね試験データが取得されたこととなり、個人属性を排除した縦断線形の比較が可能となる。

被験者1の緩サグ、急サグで取得された走行データによるTime-space図を図-3、図-4に示す。

これらの取得されたデータは、実路でも存在されるとされる車頭時間擾乱の増幅伝播を含み、渋滞発生時の特徴をよく捉えていると判断される。

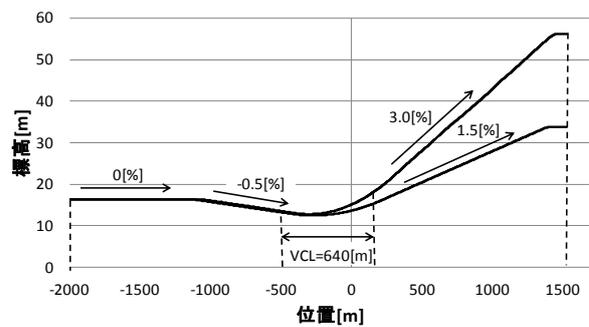


図-2 道路縦断線形

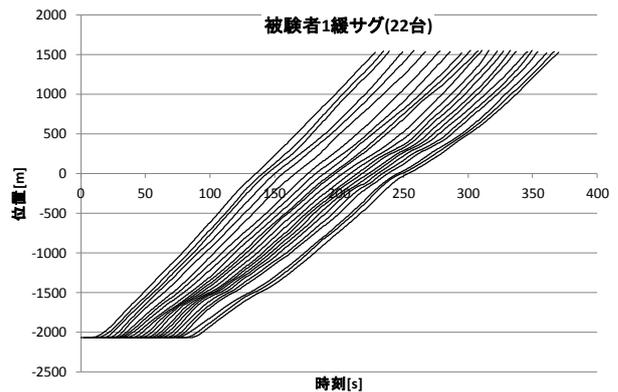


図-3 被験者1(緩サグ)Time-space図

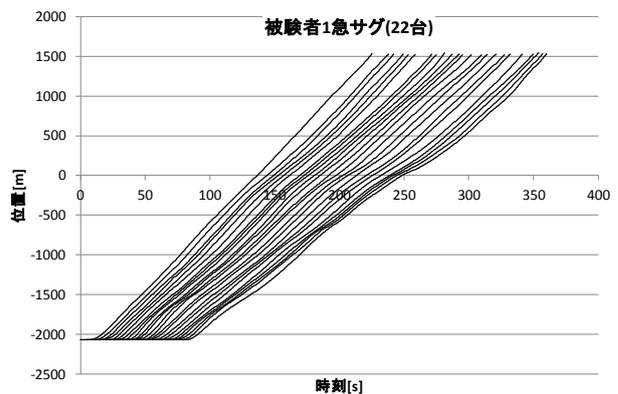


図-4 被験者1(急サグ)Time-space図

前章で言及した車頭時間相互作用モデルも実交通量の特徴を一定程度表現できていると思われるため、以下では車頭時間相互作用モデルによって車頭時間の変動の大きさを抽出することを試みる。

5. 車頭時間の変動の大きさの抽出

(1) 車頭時間相互作用モデルの拡張

車頭時間相互作用モデルのプロトタイプ¹⁷⁾は第3章にて示した通りであるが、第4章にて取得されたデータによってキャリブレーションをする際にはいくつか改良が必要である。

まず、MCMC 計算ステップが時間経過に相当するとみなしていることの妥当性が問題である。時間とともに車頭時間がどのように変化するかを表現したいので、MCMC 計算法に固有のダイナミクス（車頭時間に擾乱を与える過程）に依存せず、車頭時間が時間とともに変化する様子を明示すべきである。

時間軸を離散化し、時刻 k 番目の i 番目車両の車頭時間を $T_{i,k}$ と表す。隣り合う時刻の車頭時間は滑らかに変動すると仮定すれば、時間方向の2階差分が漸的に0、すなわち正規分布に従うとしてよい：

$$p_{1(i,k)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_1^2}} \exp\left[-\frac{\{(T_{i,k-2} - T_{i,k-1}) - (T_{i,k-1} - T_{i,k})\}^2}{2\sigma_1^2}\right] \quad (5)$$

σ_1 は時間方向の車頭時間の変動の大きさを意味する。

また、プロトタイプ車頭時間相互作用モデルで記述されていた、隣り合う車両方向の車頭時間は滑らかである、との仮定も同様に表現する：

$$p_{2(i,k)} = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_2^2}} \exp\left[-\frac{\{(T_{i-2,k} - T_{i-1,k}) - (T_{i-1,k} - T_{i,k})\}^2}{2\sigma_2^2}\right] \quad (6)$$

σ_2 は車両方向の車頭時間の変動の大きさを意味する。

今知りたいのは、車頭時間の変動の大きさであるから、 σ_1 および σ_2 を推定する。推定値は、以下の同時確率を最大とする値として得られるとする：

$$P = \prod_i \prod_k p_{1(i,k)} \prod_k \prod_i p_{2(i,k)} \quad (7)$$

推定の方法は様々考えられるところであって、推定対象が上記の2変数のみであり、式(5)および式(6)の形式であれば重回帰でも構わないが、将来の拡張性を考慮してMCMCを適用する。

推定のアルゴリズムは第3章とほとんど同一であるが、動かす変数は σ_1 、 σ_2 である。これらの新しい候補を提案し、式(7)に従って同時確率を求め、MCMCの一回前の計算回における同時確率との比を求めて0~1

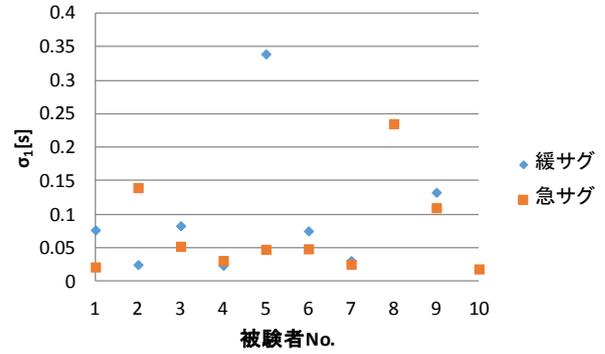


図-5 推定結果 σ_1

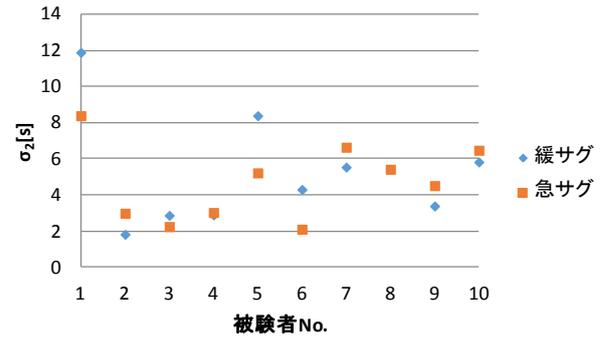


図-6 推定結果 σ_2

を動く一様乱数より大きければ新しい候補を採用し、そうでなければ前回計算回の値を保持する。以上の手順を繰り返して、変動の大きさを表す σ_1 、 σ_2 の推定を行う。

(2) 推定結果

前章の方法で取得されたDSの追従積重ね試験データを用いて、 σ_1 、 σ_2 を求めると図-5、図-6 のようになる。このようにして、おおよその2種類の縦断線形に対応した車頭時間の変動の大きさを求めることができる。図-5、図-6 より、時間方向の変動の大きさ σ_1 は0.01~0.35[s]、車両方向の変動の大きさ σ_2 は2.00~12.0[s]の値を取り、時間方向と車両方向の変動のオーダーを得ることが確認される。時間方向には十分滑らかであるが車両方向は十分滑らかでないことが分かる。

図-5と図-6を比較すると、サグと急サグの縦断線形の違いによる差は不明瞭である。縦断線形によって、車頭時間の変動の大きさがどのように違うかを検出することが分析の動機であったが、ここからはそれは読み取れない。これはどちらの縦断線形もボトルネック現象が見られる実道路を基に設計していることが原因である可能性が考えられる。

他の課題も述べておく。車頭時間の変動を扱うモデ

ルとして、実験的に時間方向と車両方向の車頭時間の変動について仮定をしたが、他の仮定についても検討の余地がある。

6. おわりに

本論文は、単路の容量の推定を最終の目標と位置付け、ボトルネック現象のメカニズムを解明するための土台を構築することを目指したものである。

交通流の微視モデルおよび巨視モデルのそれぞれの抱える問題に言及した上で、いわゆるメゾスコピックなスケールでのモデル化を試みた。車頭時間の時間方向への変動を表現するプロトタイプモデルを提案し、この特性について数値シミュレーションにて確認した。その上で、ドライビングシミュレータを用いた追従積重ね試験データによって、車頭時間の変動の大きさを推定し、これが縦断線形と交通流の特性を結び付ける変量として考えられることに言及した。

この変量は道路線形と関係を持つはずであるので、多様な道路線形をDS状に設定して追従積重ねデータが取得されれば、この関係がより明確に見られるはずである。追従積重ね試験データは2種類の縦断線形でしか取得できていない。今後は、ボトルネックを生じないサグや、平坦路など様々な道路線形のコースで追従積重ね試験の走行データを補充し、道路線形ごとに抽出した変量を比較できるようにする必要がある。

いわゆる車頭時間の変動の早さに関しては、他にも当然様々な種類の仮定が可能である。その場合は、モデルの説明力について精緻な議論も必要となってくる。推定されるデータと実測のデータとの乖離を扱うデータ分布を組み入れた推定とすると、形式的には階層ベイズ型の問題となるが、その推定方法の検討も今後重要となる。

謝辞：本研究はJSPS 科研費 (No. 25820247) の補助を受け実施されたものである。また実践的ITS研究委員会 (土木学会・技術推進機構) からの受託研究の予算を一部活用している。ここに記して感謝する。

参考文献

- 1) Saito, Y. Xing, J. Nonaka, Y., Ishida, T. and Uchiyama, H.: An Experimental study on Mitigation of expressway traffic congestion with LED information board, *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol.5, pp.919-928, 2005.
- 2) 鎌田恭典, 渡部聡, 安齋潤哉, 柴田健一: 渋滞対策を目的とした自発光ペースペーカーの開発と運用について, 第33回交通工学研究発表会論文集, pp.181-184, 2013.
- 3) 大口敬: 高速道路単路部渋滞発生解析—追従挙動モデルの整理と今後の展望—, 土木学会論文集, No.660/IV-49, pp.39-51, 2000.
- 4) 越正毅: 高速道路のボトルネック容量, 土木学会論文集, No.371/IV-5, pp.1-7, 1986.
- 5) Ozaki, H.: Reaction and anticipation in the car-following behavior, *Proceedings of 12th ISTTT*, pp.45-55, 1995.
- 6) Xing, J., 越正毅: 高速道路のサグにおける渋滞現象と車両追従挙動の研究, 土木学会論文集, No.506/IV-26, pp.45-55, 1995.
- 7) 越正毅: 高速道路トンネルの交通現象, 国際交通安全学会誌, Vol.10, No.1, pp.32-38, 1984.
- 8) 越正毅, 桑原雅夫, 赤羽弘和: 高速道路のトンネル, サグにおける渋滞現象に関する研究, 土木学会論文集, No.458/IV-18, pp.65-71, 1993.
- 9) 大口敬: 高速道路サグにおける渋滞の発生と道路線形との関係, 土木学会論文集, No.524/IV-29, pp.69-78, 1995.
- 10) 越正毅, 大口敬: 高速道路サグにおける渋滞とその対策, 道路, pp.65-69, 1995.
- 11) 大口敬: 高速道路における交通渋滞緩和策の最新動向, 自動車技術, Vol.67, No.10, pp.11-16, 2013.
- 12) Treiber, M., Hennecke, A. and Helbing, D.: Congested traffic states in empirical observations and micro-scale simulations, *Physical Review E*, Vol. 62, pp. 1805-1824, 2000.
- 13) Goni Ros, B., Knoop, V. L., van Arem, B. and Hoogendoorn, S. P.: Mainstream traffic flow control at sags, *proceedings of the 93rd Annual Meeting of the Transportation Research Board*, 16pages, 2014.
- 14) Kanazawa, F., Sakai, K., Suzuki, K. and Iwasaki, K.: Countermeasures against congestion at expressway sag sections with vehicle-infrastructure cooperative systems using adaptive cruise control, *proceedings of the 19th World Congress on ITS*, 9pages, 2012.
- 15) Xing, J., 宇佐美純二, 福島賢一, 佐藤久長: 潜在的ボトルネック交通容量の推定及び交通容量の確率分布を用いた年間の渋滞予測検討, 土木計画学研究・論文集, Vol.27, No.5, 2010.
- 16) 大口敬, 飯田克弘: 高速道路サグにおける追従挙動特性におけるドライビング・シミュレータ技術の適用性, 交通工学, Vol.38, No.4, pp.41-50, 2003.
- 17) Kasai, M.: Exchange interaction in the time headway model in critical traffic flow states, *Proceedings of the 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems*, pp.1587-1593, 2013.
- 18) 伊庭幸人, 種村正美, 大森裕浩, 和合肇, 佐藤整尚, 高橋明彦: 統計科学のフロンティア 12 計算統計 II, 岩波書店, 2005.

(2014.8.1 受付)

MESO-SCOPICALLY MODELLING DYNAMICS OF TIME HEADWAYS TO EXTRACT CHARACTERISTICS OF TRAFFIC FLOW IN SAG SECTION

Makoto KASAI, Takaaki OTSUKI and Shintaro TERABE