

特集論文 織り込み区間長評価のための 交通シミュレーションモデルの開発

松本健二郎*・高橋秀喜**・井上淳一***・
辻 光弘****

日本道路公団においては、昭和62年度より4箇年にわたり、同公団が管理する道路および首都高速道路において織り込み現象に係わるデータの蓄積を図るとともに、織り込み現象を再現するシミュレーションモデルを開発した。本論文においては、これらの研究を通じ開発されたシミュレーションモデルの構造、再現性、適用範囲、および同モデルを用いた織り込み区間長の評価方法について報告するものである。

Keywords : traffic simulation model, weaving section length, expressway

1. はじめに

織り込み現象は、インターチェンジとジャンクションが近接している箇所等において発生し、本線およびランプの交通容量に大きな影響を与える。しかしながら、わが国においては織り込み現象に関する実測例が乏しく、研究も十分に行われていないため、織り込み区間の設計にあたっては1965年版のHighway Capacity Manual (HCM) による基準を準用しているのが実情である。

今後、建設が予定されているインターチェンジやジャンクションによって生じる織り込み部は、都市部の市街化が進んだ区域が多くなり、必然的に構造物の占める比率が高くなるものと想定される。したがって、設計の如何が事業費に与える影響はこれまで以上に大きくなり、織り込み現象に関する課題は重要な検討項目となっている。

これらの観点から、日本道路公団においては昭和62年度より4箇年にわたり同公団が管理する道路および首都高速道路において織り込み部の交通現象に係わるデータの蓄積を図るとともに、織り込み部の交通現象を再現するシミュレーションモデルを構築した。また、織り込み区間長を評価する上でのモデルの適用性について検討を加えるとともに、その試算を行った。研究の経過および概要は、以下のとおりである。

昭和62年度においては、織り込み現象に関する既存調査研究および織り込み部の現況について整理を行うとともに、3箇所の織り込み部においてビデオ観測を主体とした実態調査を実施し、織り込み部の交通現象に関す

る基礎的なデータの蓄積を図った。また、織り込み部の交通現象を再現するシミュレーションモデルを構築し、織り込み区間長を評価する上でのモデルの適用性について検討を加えた。

昭和63年度においては、織り込み現象に関するデータの充実を図るためにさらに2箇所の織り込み部において交通現象に関するデータを蓄積するとともに、ギャップ、ラグおよび避走状況等、織り込み部の交通現象を再現するに重要と考えられるパラメータについて分析を加えた。また、前年度構築したシミュレーションモデルに改良を加え、再現精度の向上を図るとともに、交通量、織り込み比率の変化に対する評価指標の感度について分析を加えた。

平成元年度においては、モデルの精度向上を目的に再現ロジックの改良を図るとともに、交通量レベルからみたモデルの適用範囲について検討を加えた。さらに、織り込み区間長に対する評価指標の感度分析を通じ、シミュレーションによる織り込み区間長の評価方法について検討を加えた。また、開発されたシミュレーションモデルを用い、織り込み区間長の設計指針について検討を加えた。

平成2年度においては、シミュレーションによる織り込み区間長の評価方法を実証的な観点より検討を加えるとともに、織り込み部の設計にあたっての交通容量および安全面からの評価方法について検討を加えた。

本論文においては、これらの研究を通じ開発され、今後広く活用されることが期待される織り込み区間長評価のための交通シミュレーションモデルについてその概要を報告するものである。

2. 研究の方法と分析用データ

2本以上の道路が合流して下流の地点で2本以上に分岐する場合、上流からの各交通流の一部もしくは全部の

* 正会員 工修 (株) オリエンタルコンサルタンツ技術本部付部長 (〒150 渋谷区渋谷 1-16-14)

** 日本道路公団技術部交通技術課課長代理

*** 日本道路公団計画部計画第2課課長代理

**** 正会員 (株) オリエンタルコンサルタンツ総合計画部課長

車はそれぞれの目的とする流出部に向かって互いに軌跡を交差させる。互いに交差するこの交通現象を織り込み現象と呼ぶ。また、道路の合流地点と分岐地点との区間を織り込み区間と呼び、その長さを織り込み区間長と呼ぶ¹⁾。

現在、わが国においては高速道路の織り込み区間の設計にあたって、1965年版のHCMが一般に用いられている。すなわち、織り込み区間において目標とする織り込み車の走行速度によりサービス水準を設定し、サービス水準に応じた織り込み区間長を織り込み基本図により求めている。この織り込み基本図は、織り込み交通量に対して織り込み区間長に応じた織り込み車の走行速度を実測等により設定し、これら3者の関係をノモグラム化したものである。

しかしながら、HCMが作成されたアメリカ合衆国とわが国とではドライバーの運転挙動が異なり、1965年版HCMの方法では織り込み区間長を精度良く推定することは困難とされている。また、わが国の交通量レベルは、アメリカ合衆国に比べ大きく、織り込み区間長を検討するケースはHCMの適用範囲外にあることが多い。このため、わが国の実状にあった織り込み区間長の算出方法の確立が強く望まれている²⁾。

本研究においては、日本道路公団が過去に開発した合流部シミュレーションモデルを活用し、織り込み区間の交通現象を再現するモデルを開発することにより、織り込み区間長を評価することを考えた。合流部シミュレーションモデルは、1979年に開発された登坂部シミュレーションモデルを基本に次の開発方針に基づいて開発されたものである^{3),4)}。

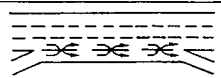
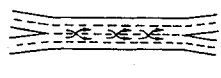
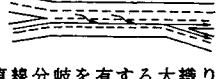
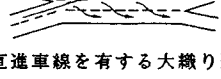
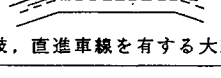
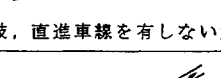
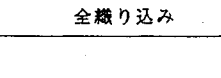
- ① できる限り汎用性のある構造とする。
- ② 車の挙動をできるかぎり細かく再現する。
- ③ できる限り効率性の高い構造とする。

合流部シミュレーションモデルは、道路条件を表現する道路モデルと走行挙動を表現する走行モデルにより構成されており、各種の道路形状における走行挙動を表現するには入力データの簡単な変更により処理することが可能な構造となっている。したがって、合流部モデルを織り込み部に適用するには、基本的には走行モデルに織り込み挙動を再現する機能を付加することにより可能となる。本研究においては、この構造を活用し織り込み部の交通現象を再現する交通シミュレーションモデルを開発するものとした。

合流部シミュレーションモデルを基本に、織り込み部の交通現象を再現する交通シミュレーションモデルを開発するには、織り込み部の交通現象の分析が必要である。本研究においては、次の5箇所においてビデオ観測を用いた詳細な交通現象に関する分析を実施した。

- ① 首都高速三ツ沢線 保土ヶ谷 ON～三ツ沢 OFF

表一 織り込みの形態

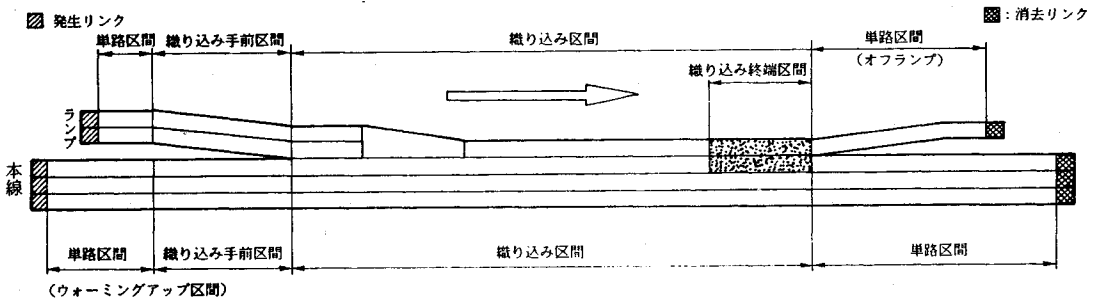
タイプ	概念図
タイプA	
	片側織り込み (ランプ織り込み)
タイプB	
	クラウン線を有する大織り込み
	
車線分岐を有する大織り込み	
タイプC	
	直進車線を有する大織り込み
	
車線分岐、直進車線を有する大織り込み	
タイプC	
	車線分岐、直進車線を有しない大織り込み
	
	全織り込み

- ② 首都高速湾岸線東行き 葛西 IC～葛西 OFF
 - ③ 首都高速湾岸線西行き 葛西 ON～葛西 IC
 - ④ 東関東自動車道 宮野木 JCT～千葉北 OFF
 - ⑤ 横浜横須賀道路 新保土ヶ谷 IC～狩場 IC
- 織り込み部の交通現象に関する分析結果の報告は、別の機会に行うものとし、モデルを開発するために実施した分析項目を整理すると次のとおりである。

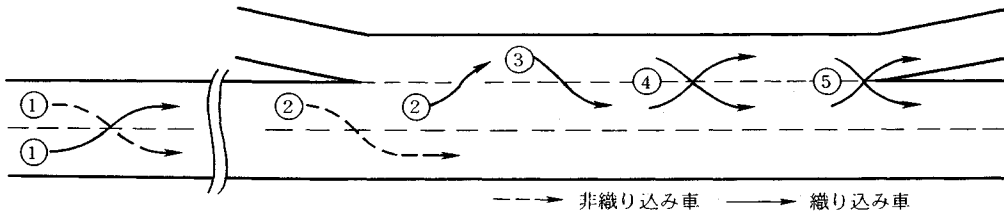
- ① 織り込みに要するギャップ、ラグ
- ② 織り込み区間での速度変化
- ③ 走行パターン別の旅行速度
- ④ 織り込みに要する車線変更時間
- ⑤ 織り込み位置と交通量、速度の関係
- ⑥ 織り込み車と避走車の位置関係、速度関係

3. 織り込み部のモデル化^{5),6)}

織り込み形態は、織り込みが道路の片側のみで行われる「片側織り込み」と、多車線道路の3つもしくはそれ以上の流出入部を対象に、2車線以上の車線をもつ区間において行われる「大織り込み」とに大別される。片側



図一 織り込み部のモデル化



図二 織り込み部における走行挙動

織り込みは、近接したオン、オフランプの存在に伴い生ずることが多く、ランプへの出入りにより生じる片側織り込みを特に「ランプ織り込み」と呼ぶ。また、2車線以上のすべての車線を横断する大織り込みを「全織り込み」と呼ぶことがある。

これらの織り込み形態を織り込み車の車線変更の回数に着目し区分すると、表一に示すA、B、Cの3つのタイプに大別される。タイプAは、最も多く見られる形態であり、すべての織り込み車が1回の車線変更を必要とするものである。タイプBは、一方からの織り込み車のみが多くて1回の車線変更を伴うものである。タイプCは、一方からの織り込み車のみが2回以上の車線変更を必要とするものである。

本モデルにおいては、道路を車の走行挙動の違いにより区別して区分するとともに、再現する各車に走行すべき方向を持たせることにより先に示した織り込み形態を表現するものとした。すなわち、道路を車の走行挙動の違いにより次の4区間に区分し、それぞれの車の走行挙動を再現するものとした。

- ① 単路区間：追越し、追従等通常の単路部の挙動を示す区間
 - ② 織り込み手前区間：織り込み車が織り込み方向の車線へ車線変更を行う区間
 - ③ 織り込み区間：織り込み車が織り込みのための車線変更を行う区間
 - ④ 織り込み終端区間：織り込みを完了していない車が分岐点を意識して減速する区間
- ランプ織り込みを例に、織り込み部の表現方法を示す

と、図一のとおりである。なお、スタディ・エリアの両端にはそれぞれ車線別に車発生リンク、車消去リンクを持たせ、スタディ・エリア内の車の出入りを再現するものとした。また、織り込み手前区間上流の単路区間は通常の単路部の走行挙動を確保する区間であり、試行錯誤の結果2 kmとした。織り込み区間下流の単路区間は、車をスタディ・エリアから取り除くことによる影響を織り込み区間の交通現象の再現に影響させないための区間であり、同様に2 kmとした。

4. 織り込み挙動のモデル化^{5),6)}

(1) モデルの構造

織り込み部を走行する車は、織り込みを伴うものとそうでないものとの違いにより織り込み車と非織り込み車に区分される。これらの区分を、前章で示したランプ織り込みを例に図一2を用い具体的に示すと以下のとおりである。

織り込み車とは、その車の目的地により、車線変更を必要とする車をいい、織り込み車の挙動は次の5つに分けられる。

- ① 織り込み区間への接近に従う走行車線への移行
- ② 本線から付加車線への移行
- ③ 付加車線から本線への移行
- ④ 織り込み車相互の織り込み
- ⑤ 分岐地点手前の割り込み

非織り込み車とは、その車の目的地からは車線変更を必要としない車をいい、非織り込み車の織り込み車に係わる挙動は次の2つに分けられる。

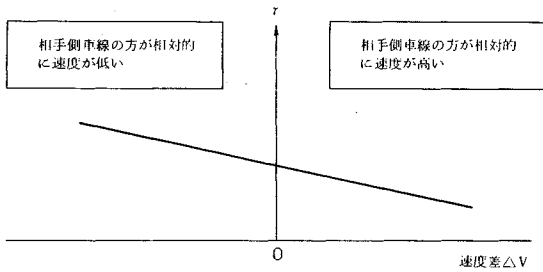


図-3 100%の車が織り込みを判断する位置(γ)

① 織り込み手前区間での追越車線への避走

② 織り込み区間での織り込み車に対する避走

すなわち、本線の織り込み車は織り込み手前区間であらかじめギャップを選択しながら走行車線に移り、織り込み可能区間でランプ側に車線変更するものとした。また、ランプ側の織り込み車は織り込み可能区間に進入すると本線上のギャップを選択し、速度調整を行いながら本線に織り込むものとした。一方、非織り込み車は一般の単路区間の走行と同様であるが、織り込み車の影響を受け、その影響を避けるために避走挙動を行うものとした。

なお、時間の進め方としてはピリオディック・スキヤニング方式を採用した。同方式は等時間間隔ごとに新しい事象を走査、実行する方式であり、新しい事象が生起する度に演算を実行するイベント・スキヤニング方式に比べ発生する事象の多いことを想定した場合、演算時間の短縮が期待できる。

(2) 単路部の走行挙動

単路部における車の走行挙動の再現方法は、合流部のモデルと同様とし、その概要は以下のとおりである。

- ① ある時間間隔ごとの通過台数の分布は、車の流れが自由走行の場合、ポアソン分布で近似することが可能である。したがって、本モデルでは車発生リンクよりポアソン分布に従い、車線別に車をスタディ・エリア内に発生させるものとした。
- ② 車発生リンクより発生した車は、前車との車頭間隔あるいは縦断勾配の影響等を受け車線変更、減速走行等の走行挙動を起こし、スタディ・エリアを走行するものとした。
- ③ 縦断勾配の影響は、車の駆動力と走行抵抗の差である余裕駆動力により車を加速、減速させることにより表現するものとした。
- ④ 追従挙動の表現は、前車との車頭時間を介して表現するものとした。すなわち、前車の影響を受け始めた時点で減速走行に入り、前車との車頭時間が車発生時に各車に分布を持たせて付与した追従車頭時間になった時点で追従走行に入るものとした。

表-2 織り込み挙動のパターン

左側車線 → 右側車線		右側車線 → 左側車線	
①	W → NW	⑤	NW → W
②	W → W	⑥	W → W
③	NW → W	⑦	NW → W
④	W → W	⑧	W → W

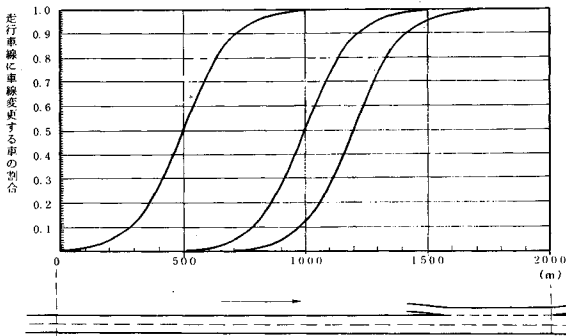
■ 着目車, W: 織り込み(予定)車, NW: 非織り込み車

- ⑤ 前方の低速車を越越す越越現象は、追従車の希望する速度が前車の速度より大きく、また隣接する右側車線の前方、後方に一定値以上の間隔がある場合、車線変更を可能とした。ただし、車線変更を行う他車に追従して車線変更を行う場合には後方の条件のみを考慮するものとした。

(3) 織り込み挙動

織り込み区間では、織り込み車が相互に車線変更を行うため、複雑な車線変更判断や速度調整等が必要となる。本モデルでは、織り込み挙動の特性をふまえて想定される挙動を可能な限りとり入れることとした。

- ① 織り込み判断の開始地点は、一般的に左側から進入した車の方が早い傾向がみられる。これは、織り込もうとする相手側車線の速度が相対的に速い場合には早く織り込み、速度を上げようとし、遅い場合には現在いる車線をできるだけ長く走ったのち織り込もうとすることによるものと考えられる。本モデルでは、この特性を反映するために織り込み判断を開始する車の割合が合流地点からの距離に従い増加する関数形を設定した。具体的には、図-3に示すとおり、100%の車が織り込みを判断する位置(γ)を隣接車線間の速度差(ΔV)の関数で与えるものとした。
- ② 織り込み時における車線変更の判断は、隣接車線を走行する車のギャップおよび前方と後方のラグが一定値以上の場合に車線変更を可能とした。具体的には、実態調査結果をふまえて表-2に示すパターン別にギャップおよびラグを設定するものとした。
- ③ 織り込み車は、合流車と異なり、織り込みの際の車線変更の軌跡が比較的緩やかなものである。これは、織り込み区間の車線変更が2方向になるため、相手側車線のみならず自車線の車の動きとも調整を図る必要があることによる。したがって、本モデルでは織り込み車が車線変更を可能と判断したt秒後に車線変更を完了することとした。また、織り込み車が車線変更を完了するまでは、その隣接車線の後方車は織り込み車の後方ラグ以内に接近することの



図—4 走行車線に車線変更する位置の想定

ないように、必要に応じ減速させるものとした。

- ④ 織り込み区間において織り込み車と非織り込み車、あるいは織り込み車同士が並走する場合、お互いの車は織り込むためのギャップおよびラグをできるだけ早くとるように速度調整を行うものと考えられる。本モデルでは、わが国のドライバーの特性を考慮し、織り込み車、非織り込み車に関係なく、右側に位置する車を加速、左側に位置する車を減速させることにより必要なギャップおよびラグをできるだけ早く得られるように速度調整を行うものとした。また、織り込み区間の終端が迫っても織り込みを完了していない車は、終端の一定区間に達した場合、減速挙動を行うこととし、織り込み車が分岐地点に達した場合は、強制的に車線変更させるものとした。
- ⑤ 織り込み手前区間の織り込み車は、分流部における分流車に置き換えて考えることができる。すなわち、分流車は分岐地点手前2 kmに設置されている出口案内標識を過ぎた頃から次第に走行車線に移行する傾向がある。本モデルでは、織り込み車が分流車と同じ挙動を示すものと考え、走行車線への移行の判断を開始する位置を図—4に示す関数により付与することとした。

(4) 避走挙動

織り込み区間およびその手前における避走には、織り込み区間の存在を意識して織り込み車の有無にかかわらず避走するものと、前方を併進する織り込み車の影響を避けようとして避走するものがある。

織り込み区間の存在を意識して織り込み車の有無にかかわらず行う避走は、合流部の警戒標識やインターチェンジの案内標識等により慣習的に行うものであり、織り込み車を視認できる位置では大半が完了しているものと考えられる。

走行車線を走行している非織り込み車が追越車線に避走する挙動を例に、この避走挙動を再現してみると次の

とおりである。すなわち、織り込み区間に近づくに従い織り込み車が走行車線に移行するため走行車線の車両密度が高くなり、非織り込み車の自由度が奪われ、自由度の高い追越車線へ移行する避走挙動がみられる。そこで、本モデルでは織り込み手前区間において走行車線を走行する非織り込み車は、追従状態になると追越車線に移行するものとした。ただし、希望速度の比較的低い非織り込み車は、低速車を追越した後、再び走行車線に復帰するものとした。

一方、前方を併進する織り込み車の影響を避けようとして行われる避走は、織り込み車の影響を受けることをドライバーが予期して行うものであり、織り込み車の存在を視認できる区間において発生するものである。

この避走挙動を再現するための判断は、次の方法により行うものとした。すなわち、クラウン線をはさみ非織り込み車の前方の一定距離以内に織り込み車が存在し、しかも非織り込み車と織り込み車の速度差が一定値以下である場合に、避走させるものとした。ただし、避走しようとする車線には、車線変更に必要な前方ラグおよび後方ラグが存在するものとした。

5. モデルの再現性および適用範囲⁷⁾

(1) モデルの再現性

シミュレーションモデルの妥当性を検討するために、織り込み区間の交通現象に関する実測値とシミュレーション値の整合性について検証を実施した。

検証は、実態調査を行った首都高速湾岸線東行き、東西行き、東関東自動車道下り線および横浜横須賀道路下り線の4地点を対象に、合流地点の交通量と速度の車線分布、織り込み位置、旅行速度について実測値とシミュレーション値を比較することにより実施した。図—5、6は、横浜横須賀道路、東関東自動車道における織り込み位置の分布を示したものである。

4地点におけるシミュレーションの検証結果を整理すると次のとおりである。

- ① 織り込み区間の道路構造や線形の特殊性が現象に影響を与えている場合、実測値とシミュレーション値の整合性が多少悪くなる場所がみられたが、この影響を見込んで検証結果を評価するとモデルの再現性は妥当なものと考えられる。
- ② 交通量が少ない場合（東関東自動車道）、非織り込み車が走行車線に残る傾向があり、ランプから本線への織り込みが遅れる傾向がみられた。したがって、非織り込み車が織り込み手前の区間で追越車線に移行する避走の再現にやや問題があるものと考えられる。ただし、交通量が少ない場合、織り込み区間長が問題になることは少なく、この点に関しては今後の研究課題と考える。

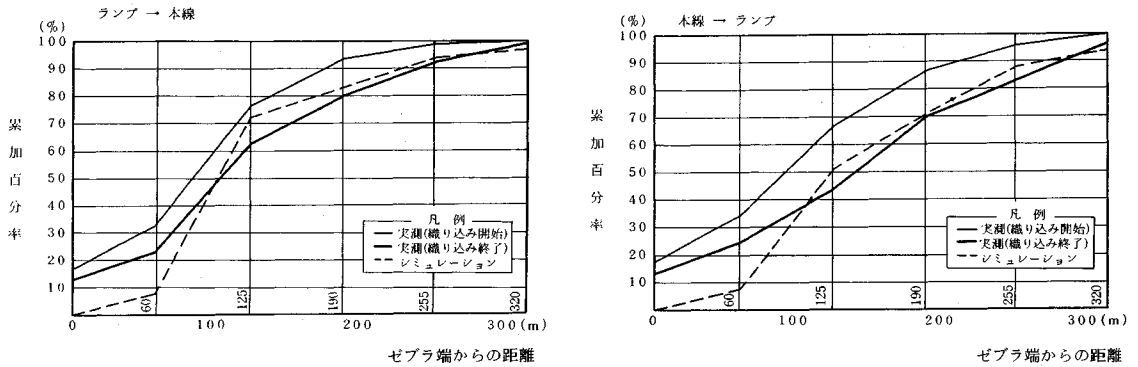


図-5 織り込み位置の分布 (横浜横須賀道路)

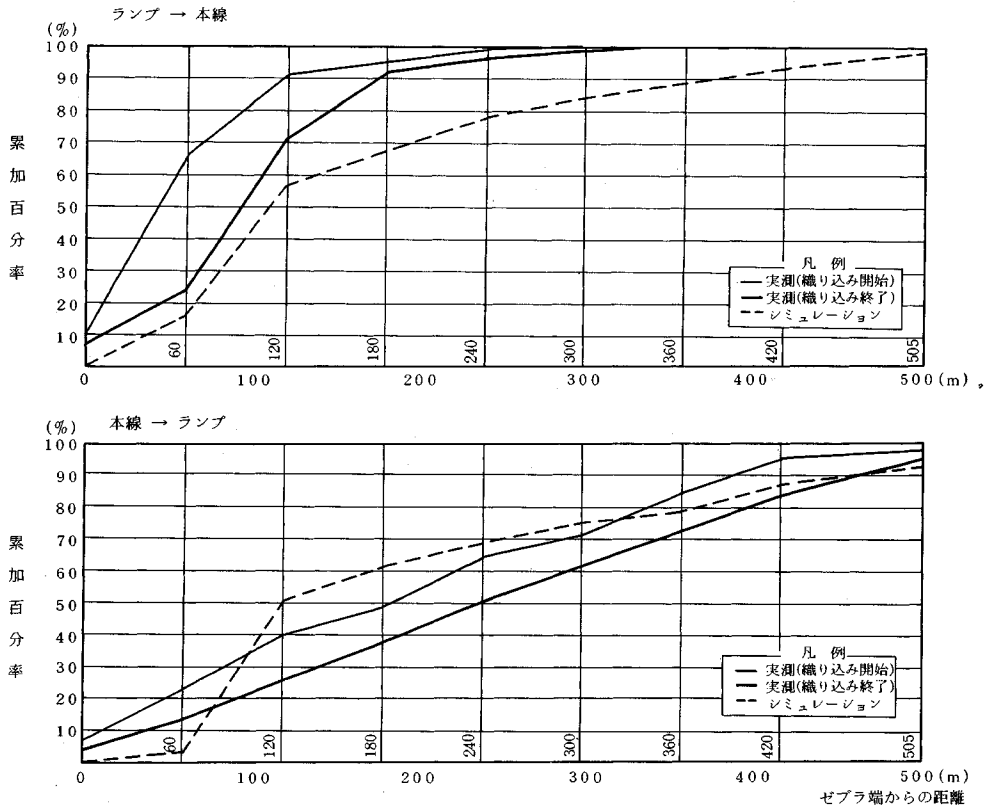


図-6 織り込み位置の分布 (東関東自動車道)

以上より、本モデルは標準的な織り込み区間における交通現象を再現するに十分なレベルに達しているものと判断した。

(2) モデルの適用範囲

本モデルを用い織り込み区間長を検討するには、モデルの適用範囲、すなわちモデルがどの程度の交通量レベルまで適用可能かを明らかにする必要がある。このため、単路部において交通量レベルを増加した場合、交通量の車線分布や QV 関係等の基本的な状態量が高密度流でどの程度まで実態を再現できているのかについて検証を加え

た。

図-7および図-8は、それぞれ織り込み手前区間における交通量と車線利用率の関係および交通量と速度の関係を実測値上にプロットしたものである。これらの図より、交通量の変化に応じたシミュレーション上の現象が実測値の傾向によく合っているものと考えられる。また、本モデルは3000台/時・2車線程度の交通量レベルまで適用できるものと考えられる。

一方、本モデルは追従車頭時間を平均値2.0秒とする分布で与えているため、1車線あたりの最大交通量は

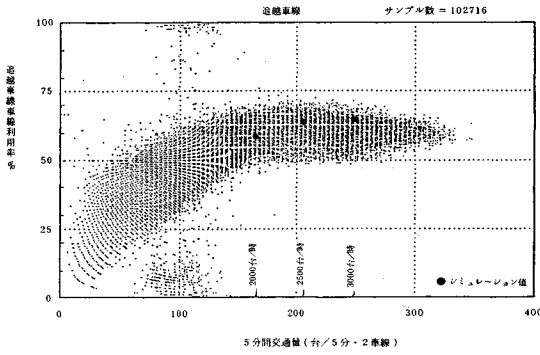


図-7 交通量と車線利用率の関係

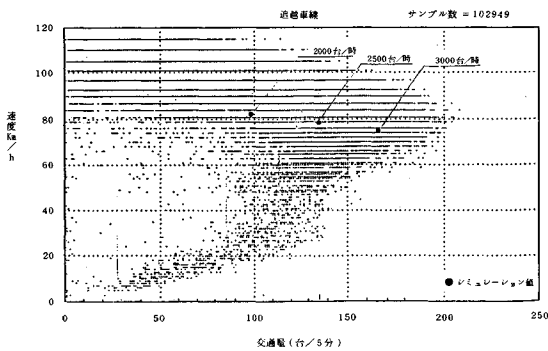
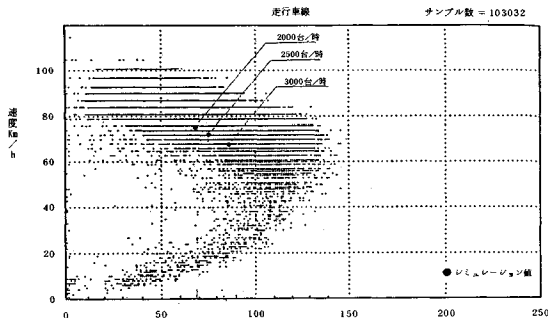


図-8 交通量と速度の関係

1800台/時となる。図-8より断面交通量が2500~3000台/時で追越車線の利用率が60%程度になると考えると、モデル上2車線で発生できる最大交通量は $1800 \div 0.60 = 3000$ 台/時となる。

実現象として3000台/時・2車線レベルの交通量は、一般的に2車線では容量に近い状態であり、本モデルは容量に近い状態まで適用できるものと考えられる。ただし、容量状態に達し、渋滞が発生するような高密度の流れになると車の自由度が低下し、微小な加減速や割り込み等の影響で交通流に乱れが生じる。ところが本モデルは、自由流を対象とし、渋滞流との遷移領域や渋滞流における追従や車線変更の挙動を再現する構造にはなっていない。したがって、本モデルの適用にあたって、3000台/時・2車線までの交通流の再現は可能である

表-3 評価指標の考え方

評価指標	評価の考え方
① 平均旅行速度	織り込み区間の速度サービスを評価する。
② 平均遅れ時間	希望速度で走行した場合に対する遅れを評価する。
③ 織り込み区間の速度低下	織り込みの影響による速度サービスの低下を評価する。
④ 区間内織り込み完了率	正規の区間で織り込みを行った車の割合により円滑性を評価する。ここで正規の区間とは、合流のゼブラノーズから分岐点(ハードノーズ)の一定距離手前までの区間とする。
⑤ 急な減速を伴わない織り込みの比率	スムーズな速度調整で織り込みを行った車の割合により快適性を評価する。
⑥ 位置別織り込み完了率	織り込み区間全体の〇〇%の位置で、どのくらいの織り込みが終わっているかにより区間長利用の効率性を評価する。
⑦ 織り込み区間長の利用率	織り込み車の〇〇%が織り込み区間のどの程度まで用いて織り込みを完了しているかにより、区間長の充足度を評価する。

が、実際的な再現精度を考えると2500台/時・2車線程度が上限になるものと考えられる。

6. 織り込み区間長の評価方法⁹⁾

織り込み部においては4方向の交通が交錯し、交通流に大きな乱れが生じる。したがって、織り込み部の設計にあたっては、計画交通量に対し、十分円滑な流れを確保できる車線数および長さが必要となる。また、織り込み部は一旦建設されると、容易に改築することが困難であり、十分な交通容量を確保し、道路網形成の観点から将来にわたりボトルネックにならない保障が必要となる。さらに、安全性の観点からも事故が発生する恐れのある危険な区間にならないよう十分な配慮が必要となる。

このように織り込み区間の設計にあたっては、本来多面的な検討が必要であるが、構造物比率が必然的に高くなる山岳部や都市部の織り込み区間においては、円滑性や安全性に加え、いかに事業費を押さえるかが大きな課題となる。したがって、本研究においては事業費に直接影響を与える織り込み区間長に関する評価を重視し、最低必要と考えられる織り込み区間長の算出方法について検討を進めるものとした。

表-3は、シミュレーションモデルにより織り込み区間長を評価するために考えた評価指標を整理したものである。シミュレーションによる感度分析を通じ、これらの評価指標について明らかになった事柄を整理すると以下のとおりである。

① 各評価指標はともに、交通量と織り込み比率の変

化に対する感度が高い。

- ② 平均旅行速度、平均遅れ時間、織り込み区間の速度低下等、速度に関する評価指標は織り込み区間長に対する感度が低い。
- ③ 絶対量より、相対量を扱う評価指標の方が区間長に対する感度が高い。

このように、速度に関する評価指標は織り込み区間長を評価する上での感度があまり大きくない。これは、モデル構築の際に、主として自由流における挙動の再現を基本としたため、織り込み区間長が短いときに生ずる急な織り込みやそれに伴う微小な速度変化に対し、後続車が敏感に反応する構造にはなっていないことによるものと考えられる。

一方、基準化を図る上で望ましい評価指標の要件として次のことがあげられる。

- ① 状態量としてわかりやすく説明が容易である。
- ② 交通条件の変化による評価が明確である。
- ③ 区間長の変化による評価が明確である。
- ④ 基本的な考え方が他の構造基準と類似している。
- ⑤ 評価基準の設定およびその説明が容易である。

以上のことから、織り込み区間長評価にあたっては、交通条件や織り込み区間長に対する評価値の変化が比較的良好であらわれ、現行基準で加速車線長を定めている流入確率の考え方も類似し、統計量としての閾値を定めやすい「区間内織り込み完了率」を評価指標として代表するものとした。

区間内織り込みとは、織り込み終端区間に至らない正規の織り込み区間において標準的な車線変更により織り込みを行った車を意味する。したがって、区間内織り込み完了率は、終端まで追い込まれることなく織り込んだ車に対する全織り込み車の割合と考えることができる。

評価にあたっては、まず下限値を定めることとなるが、下限値としては交通流が不安定な領域に近づき、分岐地点での無理な織り込みがみられるようになる70パーセント値を採用することが適切と考えた。また、評価基準については、快適性の向上度に応じ、計画上の目標として次の3段階に分けることを提案した。

評価A：区間内織り込み完了率が90%以上

評価B：区間内織り込み完了率が90～80%

評価C：区間内織り込み完了率が80～70%

なお、評価指標の下限値の設定にあたっては、第2章で示した首都高速三ツ沢線および横浜横須賀道路の織り込み区間に本モデルを適用することにより得られた区間内織り込み完了率と、旅行速度および交通密度の観測値との関係を分析することにより、その妥当性を検討した。

7. まとめと今後の課題

本研究においては、織り込み部における交通実態調査

を実施し、織り込み部の交通特性を多面的に分析することにより、同部の交通現象に関する各種データの蓄積を図ることができた。また、現象解析を通じ明らかになった織り込み挙動をモデル化し、織り込み部の交通現象を比較的精度よく再現できるシミュレーションモデルを開発した。さらにシミュレーションにより織り込み部の交通状況を評価する各種指標を検討することにより、シミュレーションによる織り込み区間長の評価方法を開発することができた。研究の過程において明らかになった課題を列挙すると以下のとおりである。

(1) シミュレーションモデルの精度について

本研究では、織り込み部の交通現象を比較的精度よく再現するシミュレーションモデルを開発することができた。しかしながら、本線交通量が少ない場合に織り込み手前区間での避走挙動の再現性にやや問題があり、合流地点の車線分布が多少実態に合わないことがあった。避走挙動は、広い範囲で発生し、検証用のデータに限られ、また交通状況によっても変化するため現象の解明は難しいが、今後もデータの蓄積を図り、避走挙動を解明し、モデルの再現性を向上することが必要と考えられる。

また、モデルのパラメータについては、検証用データに制約があり、パラメータの値や関数形について十分な調整ができなかった。特に、織り込み手前区間において織り込み車が外側車線への移行を希望する位置、および織り込み区間において織り込み判断を開始する位置については、今後も検証データの蓄積およびパラメータの感度分析、検証を通じ、精度の向上を図ることが必要と考える。

(2) シミュレーションモデルの適用範囲について

開発したシミュレーションモデルは、基本的に自由流領域での走行挙動の再現を対象としたものであり、容量状態での適用には無理がある。実現象では、容量状態に達すると車の自由度が低下し、微小な速度変化や割り込み等の影響でショックウェーブが生じ、速度低下が上流側へ伝播する。しかしながら、現行モデルでは自由流を対象としたため追従挙動をある程度簡略化した構造になっており、このような現象を十分再現する構造にはなっていない。したがって、織り込み区間の容量を検討するには、モデル構造の基本的な見直しが必要と考える。

(3) 容量面および安全面の評価について

本研究では、最終年次において、織り込み部の交通容量、安全性について検討を加えたが、織り込み区間長の設計指標に直接反映させるには至らなかった。織り込み部は、一旦完成すると改築が困難であり、計画、設計にあたっては将来にわたり道路網上のボトルネックにならないよう配慮せねばならない。また、織り込み部が事故の多発する危険箇所にならないよう注意せねばならない。したがって、今後も引き続き、交通容量面および交

通安全面からの評価方法について検討を加えることが必要と考える。

謝 辞：最後に、本研究を行うにあたってご指導いただいた(社)交通工学研究会「織り込み区間の設計に関する調査研究委員会」(委員長 越正毅東京大学工学部教授)の委員および幹事をはじめとする関係者各位に深く感謝の意をあらわすものである。なかでも、第2章において述べたとおり、本研究は1979年に開発された登坂部シミュレーションモデルを基本としたものであり、途中の中断を除いても約10年の長きにわたりご指導いただいた越委員長、片倉幹事長(東京都立大学工学部教授)、大蔵委員(横浜国立大学工学部教授)、森田委員(首都高速道路公団計画部調査課長)の各氏に対し心からの謝意を表わすものである。

参 考 文 献

- 1) 越正毅・昭神証：新体系土工学61 道路(1), pp.52~53, 技報堂, 1983年4月.
- 2) 桑原正夫(研究代表者)：織り込み区間の交通容量に関する研究, 平成2年度科学研究費補助金研究成果報告書, 1991年3月.
- 3) 森川美信・松本健二郎：合流部シミュレーションモデルの開発, 交通工学, Vol.22, No.6, 1987年12月.
- 4) (社)交通工学研究会：登坂車線に関する研究, pp.4~12, 1980年1月.
- 5) (社)交通工学研究会：合流部の設計に関する調査研究(その2), pp.70~80, 1987年3月.
- 6) (社)交通工学研究会：合流部の設計に関する調査研究(その3), pp.181~187, 1988年2月.
- 7) (社)交通工学研究会：織り込み区間の設計に関する調査研究, pp.191~208, 1990年3月.
- 8) (社)交通工学研究会：織り込み区間の設計に関する調査研究, pp.27~40, 1991年2月.

(1991.5.10 受付)

DEVELOPMENT OF A TRAFFIC SIMULATION MODEL TO EVALUATE WEAVING SECTION LENGTHS

Kenjiro MATSUMOTO, Hideki TAKAHASHI, Junichi INOUE
and Mitsuhiro TSUJI

The Japan Highway Public Corporation, with the data it has collected over the past four years regarding the phenomenon of weaving on the roads and expressways it manages, has developed a model that simulates such behavior. This paper, which utilizes the results of this research, analyzes the structure, simulation ability, and scope of applicability of the model, as well as examining the methods of evaluation for weaving section lengths when said model is applied.