

特集論文
SPECIAL TOPIC

特集論文

織り込み区間に関する研究の現状と課題

片倉正彦*

わが国では織り込み区間の設計や運用方法について、これまで十分な研究蓄積がなく、明確な手法が確立されていない。織り込み区間の解析手法は米国でもHCM 1985で大幅に改訂されたがまだ論議の残るところであり、現在様々な解析手法が提案され、研究が継続されている。本論はこれらの研究経過と、わが国の織り込み交通現象を含めた、交通現象及び交通容量研究の現状をレビューして今後の研究開発の課題を展望するものである。

Keyword : weaving section capacity analysis method, traffic flow characteristics, level of service

1. 序—織り込み現象と高速道路—

道路の織り込み区間は合流部に続いて近距離に分流部が設置されている道路区間に形成される (Fig.1 参照)。このような道路区間では、二つの交通流が互いに相手の軌跡を横切る現象が生ずる。このとき、立体交差によらず同一平面上で、信号制御等による交通流の中断をせずに一方または両方の車の車線変更によって行われる交通流の交差現象が織り込み現象である。織り込み区間は、在来の平面交差点では過度な遅れを生ずることになり、立体交差では高価な構造物の建設などの関係で困難な場合に計画されるものであるが、多くはインターチェンジ等の立体交差に伴って必要となってくるものでもある。

従って、織り込み現象は基本的な交通現象の一つであり、中断のない交通流を確保することを基本的なサービスとする高速道路でも、交通流の交差全てを立体交差にすることは実際上非常に困難であるから織り込み区間の出現は必然である。実際、都市内高速道路ではインターチェンジやランプの間隔が短く、織り込み区間と見なされる区間が相当区間存在する。

わが国の場合、都市間高速道路ではインターチェンジ間隔が長く、またインターチェンジ等で織り込み現象が生ずる所では、交通安全の観点から本線主流交通と分離した集散路方式をとり、基本的な織り込み区間の設置を避けてきた。集散路方式とは二つの交通流を合流させ、一車線の交通流にまとめた後に二方向 (二つの交通流) に分流させる方法である (Fig.2 参照)。この場合、車線変更による交差である織り込み現象は生じない。

しかし、すでに5000 kmを越える高速道路網が建設され、今後さらにネットワークの整備が進むと高速道路同志のジャンクションが増え、また道路網の有効利用の

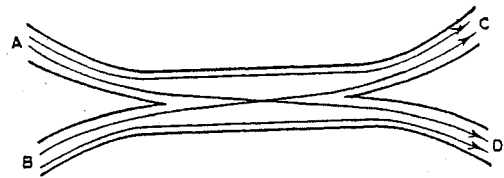


Fig.1 Formation of a weaving section

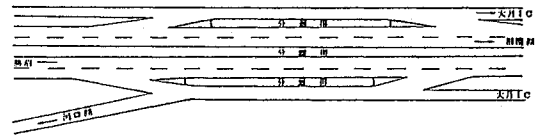


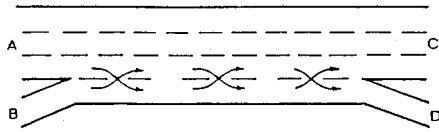
Fig.2 Collector-Distributor Operation

観点からインターチェンジの追加設置が望まれるであろう。特に大都市圏周辺等では、インターチェンジ間隔が狭くなると、オンランプとオフランプ間の距離が短く、実際上織り込み現象が生ずる区間が生ずる。また高速道路のジャンクションでは高速の本線交通が合、分流するフォーク型の設計も必要となることもあろう。その場合2以上の多車線流入入部が合分流する形態となることもあり、大織り込み区間 (Fig.3 参照) として設計する必要も生ずる。従って、今後は都市間高速道路においても、織り込み区間の設計と運用が重要な課題として具体的な研究が望まれている。

米国では織り込み区間の解析手法が1985年の Highway Capacity Manual (HCM)¹⁾で大きく改訂された。織り込み区間については1965年初頭から、いろいろな研究者によっていくつかの解析手法が開発された。1985年版 HCM の出版後も種々の解析法の論議は終了せず、手法の研究開発が続けられている。わが国でも、HCM 改訂出版の影響を受け、また高速道路網の発達、交通渋滞の激化から研究の必要性も高まり、織り込み区間に関する調査研究が多く行われるようになってきた。本論で

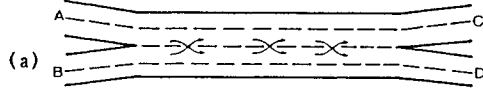
* 工博 東京都立大学教授 工学部
(〒192-03 東京都八王子市南大沢 1-1)

Ramp Weaving/One-sided weave

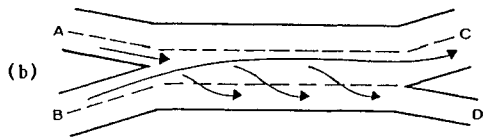


(Type A)

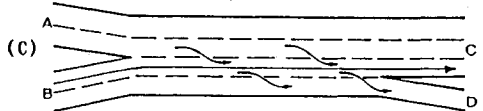
Major Weaving



(Type A)



(Type B)



(Type C)

Fig.3 Weaving Configuration¹⁾

は、それらの調査研究の経過を整理し、現状の問題点と今後一層強く推進されるべき研究課題を展望しようとするものである。

2. 織り込み区間の設計と運用の現状と問題点

道路の織り込み区間については、これまでわが国では十分な研究調査資料がなかったため、その設計方法が確立していない状況にある。道路の幾何構造設計の基準となっている「道路構造令の解説と運用」²⁾には織り込み区間の設計に関する記述はなく、ランプ接続端の距離について AASTO の標準値のみが示されている。織り込み区間は交通容量の検討対象として、別冊の「道路の交通容量」³⁾に 1965 年版 HCM⁴⁾に準拠した交通容量の検討方法が記載されているのみである。

日本道路公団の設計要領⁵⁾では、これに基づき、HCM 1965 に示されたグラフを利用した織り込み基本図を作成し、全織り込み交通量と織り込み影響係数 k から織り込み区間長を求めるものとしている。織り込み区間の幅員(車線数)については HCM 1965 の検討方法と同じ次式によって、全幅員の車線数 N を影響係数

k を用いた換算交通量 Q と 1 車線当たりサービス交通量 SV から求める方法を示しているにすぎない。

$$Q = R_{w1} + kQ_{w2} + Q_{o1} + Q_{o2} \dots \dots \dots (1)$$

$$N = Q/SV$$

Q_{w1} : 多い方の織り込み交通量

Q_{w2} : 少ない方の織り込み交通量

Q_{o1} : 非織り込み交通量

Q_{o2} : 非織り込み交通量

織り込み基本図には適用条件に見合った曲線が 3 本描かれているが、各方向の交通量に応じた織り込み形態や車線の運用方法などの検討方法は示されていない。

しかし、現状の高速道路網にもいくつかの織り込み区間が設置されている。それらの区間の織り込み形態は (Fig.3 参照)、ほとんど全て織り込みが車道の片側のみで行われる「片側織り込み(ランプ織り込み)」である。多車線道路で 3 もしくはそれ以上の流出入口で 2 車線以上の車線を持つ「大織り込み」は設置されていない⁶⁾。ジャンクションなどで取付道路の車線数や交通量から大織り込みの形態が想定される区間でも、流入部であらかじめ 1 車線に絞り込んでから合流させる運用をしている。場所によっては前述の「集路方式」に変更され、完全な織り込み区間として運用されていない。このような運用は交通安全の観点からの要請によるものであるが⁷⁾、交通量が増大した時点では効率性あるいは円滑性から問題が生じ、また安全上もその優位性が確認されたものではない。

一方、都市内高速道路では、流出入口が多いため實際上織り込み現象の生ずる区間が多数存在する。今後ネットワークの拡大、ランプの増設によって一層織り込み区間が増加するであろう。これらの区間はボトルネックの一つであり、交通安全上、また渋滞対策上もその交通運用方法は非常に重要な問題であるが、現在まで織り込み区間の交通現象解析データは多くはなく、交通運用方法についても明確な基準は確立されていない。

一般道路では、立体交差にともなって織り込み交通が生ずることが多くあり、実際上多数の織り込み区間がある。交通量が多い多車線道路では、織り込み区間長が十分長くないと織り込み挙動が難しくなるため、車線分離帯によって織り込み交差を禁止したり、交通信号制御によって織り込み交通を分離する交通運用が行われている。しかし、これらの交通運用についても、区間長、車線数、交通量の組み合わせがどのようになったら必要となるかについて定量的な検討はまだなされておらず、運用基準は明かになっていない。

以上のように、わが国の織り込み区間の設計、運用方法は明確な基準が確立していないが、米国においても織り込み区間の交通容量解析については論議が残っていると

ころであり、必ずしも確立されたものではない。

3. 米国における織り込み交通解析方法の検討経緯

1985年版のHCM⁸⁾で織り込み区間の交通容量解析手法が大きく改訂された背景には、1960年代初頭からいろいろの研究者によって多くの調査研究があり、多くの解析手法が開発されてきた。

最初の解析方法は、1950年版のHCM⁹⁾に現れ、これまでもっとも多く利用されてきた1965年版HCM¹⁰⁾の解析法の原型である。その方法は、織り込み区間長と全織り込み交通量及び運転速度で表される交通流の質の関係を示す3本の曲線図(織り込み基本図)を用いている。これらの曲線は、6つの織り込み区間の現場データに基づくだけで十分正確なものではなく、その後(1957)にO. K. Normanが追加データによって修正した¹¹⁾。式(1)と同型の車線数を求める数式があるが、後の解析法で重要なファクターとなる織り込み係数 k は顕示されてなく定数として3が与えられていた。この値3の根拠はとくには示されていない。おそらく織り込み交通量が1車線交通容量の2倍になると、図式的に考えて理論上各車は2回の織り込み挙動が必要になり、織り込み区間長は3倍必要になるということからの類推で先験的に与えたものと思われる。

J. E. Leischは、織り込み交通の範囲外となるまでの種々の織り込み交通状況に対して、織り込み交通量と織り込み区間長の関係曲線を追加した。この曲線から織り込み交通量を同等の非織り込み交通量に換算する補正係数(織り込み影響係数 k)が1から3までの値として定められた。HCM 1965は、Leischによって開発された解析法に基づいている。

HCM 1965は、全体にサービス水準の概念が導入されたが、織り込み区間では交通流の質の概念と2本だてになっている。また、HCM 1965には付録に公共道路局(Bureau of Public Road: BPR)で実施した織り込み区間の大規模な調査データが載せられているが、このデータはHCM 1965の解析手法の開発には間に合わず利用されなかった¹²⁾。

1970年に第3版のHCMの開発をめざしたプロジェクトとして、National Cooperative Highway Research Program (NCHRP)のなかで、“The Weaving Area Operations Study”が実施された。この研究はThe Polytechnic Institute of New York (PINY)によって行われ、先のBPRデータ(1963)に加えて新たなデータ(1972—1973)が集められた。その結果として、HCM 1965の欠点が指摘され、新しい解析法が開発された。その方法はR. Roessによる車線形態の概念を取り入れたものである。全体の研究結果は、NCHRPレ

ポート159¹³⁾に示されている。

この手法は織り込み区間の幾何構造形態を重要視したもので、その後PINYの研究者によって、より使いやすい形に改正され、新HCMの暫定版“Circular 212”¹⁴⁾で織り込み解析の暫定手法として公表された。

この文書は、1985 HCMの出版に先立って試験的利用をはかるため、Transportation Research Boardによって発行されたもので、織り込み区間の解析手法として第2の方法も試行の対象としていた。その第2の手法は、J. Leischによって独立に開発されたノモグラフを用い、織り込み係数 k を用いるものである¹⁵⁾。

2つの手法はしばしば明らかに異なった解析結果を生じ、一般的な織り込み解析法が望まれた。The Federal Highway Administration (FHWA)は、Leischの手法の再補正とその文書化を後援するとともに、2種の解析法の比較調査をJHK & Associatesに委託した。新しいデータベースが1983年に収集され、主に織り込み区間の速度について2つの方法の比較検討結果を示すとともに¹⁶⁾、JHK & Associatesは3番目の織り込み解析法を提案した¹⁷⁾。その方法は先の手法を単純化したもので、平均速度を2つの方程式によって求めているだけで、織り込み形態の考慮は含まれていない。

このようにHCM 1985の織り込み交通解析法には3種類の解析法が対象となり、HCMの委員会は多くの議論の後、最終的に一つの解析法にとりまとめることにした。速度の方程式には、JHKの開発した基本アルゴリズムが採用されたが、織り込み形態を考慮するように修正することが指示された。最終の修正はPINYの研究者によって行われ、1985年版のHCMの解析方法として出版された。

この開発検討経緯はFig. 4のように表されるが、結局3手法の妥協的な結果となって、どの研究開発者にも不満が残っているようである。以上の経緯は主にPINYのW. McshaneとR. Roessの著書¹⁸⁾によったが、研究者によってはHCM 1985の手法はPINY法の修正版とみなしているようである。

HCM 1985の出版後も、Leisch, JHKの両方法ともさらに修正した方法が提示されている。J. Fazioはこれらの諸手法を比較検討して、車線変更回数を利用する新たな解析手法を開発した。その手法は、織り込み交通量の車線利用分布と車線変更乗数から、1時間あたりの乗用車換算車線変更回数を求めて、これを変数とした速度推定式によるものである。¹⁹⁾

The Institute for Transportation Research of the University of California at Berkeleyでも、包括的な調査研究を行っており、1987—1989年に収集した第4のデータベースによってこれまでの諸手法の比較を行っている。このように織り込み区間の交通運用と交通容量の

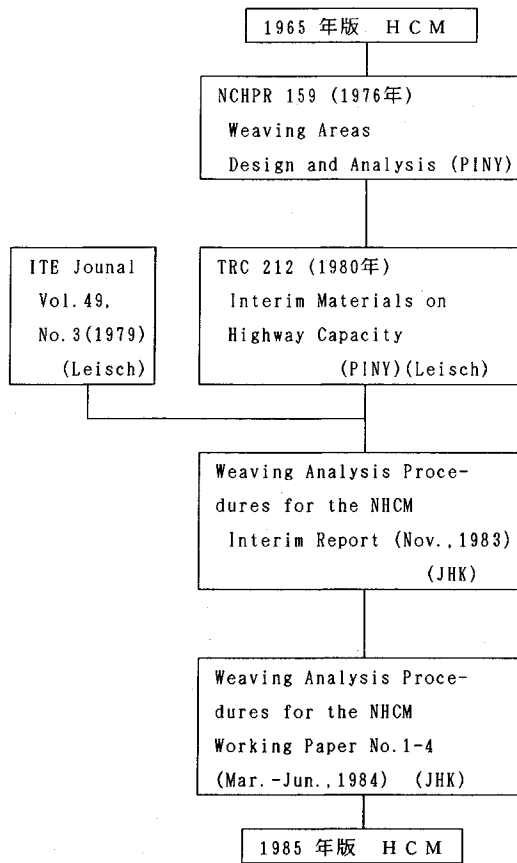


Fig.4 Development of Weaving Analysis

解析法はまだ確立されたものではなく、1995年に予定されている次のHCMの改訂に向けて研究が続けられている状況にある。

4. わが国の織り込み交通研究の背景と現況

(1) 道路交通現象と交通容量研究の経過

織り込み交通の交通容量の研究には、その比較基準として一般単路部の交通容量の値が必要であり、また類似の交通現象である合分流区間の交通現象の研究が基礎となっている。そこでまず、基本的な交通容量の研究経過について述べることにする。

わが国の交通容量に関する現状のデータ及び過去の研究調査文献リストについては交通工学研究会でまとめた文献²⁰⁾に詳しい。

道路交通現象や交通容量の研究が日本で盛んに始められたのは、名神高速道路の建設により高速道路時代を迎えた昭和30年代の後半からであった。高速道路調査会を中心として、多くの研究調査がまとめられた^{21)~24)}。第7回日本道路会議(昭和38年)では特定課題「道路及び交通条件の自動車走行速度に及ぼす影響について」の研究発表で実測結果に基づく2車線道路の交通容量の

推定値が示された^{25), 26)}。これらの研究調査の結果を受けて、伊吹山は往復2車線道路の基本交通容量を2500台/時とし、またHCM1950に習って多車線道路の1車線の基本交通量も同じ値をとるものとした^{27), 28)}。2車線道路では、この値を越える高い実測交通量もあり、より高い交通容量推定もされたが²⁹⁾、当時は多車線道路では交通量が少なく、交通容量状態の実測データは得られなかった。昭和45年の道路構造令(旧版)では、これらの研究成果に基づいて、基本交通容量を2方向2車線道路の往復合計の値及び多車線道路の1車線当たりの値とも2500台/時を採用したのである。

多車線道路についても高い交通量が観測されるようになると、2車線道路の解析と同様に首都高速道路の15分観測データから、走行速度と交通量の関係及び追従車頭間隔と速度の関係を用いて1車線当たり2300台/時の値が求められた³⁰⁾。しかしその後、交通渋滞の発生時も含めて大量の交通量データが観測され、それらの観測データから、1時間実現最大交通量は都市間高速道路では単路部標準断面で片側2車線合計で4000台/時程度までであり、都市高速道路でも平均的な最大交通量は2車線合計実台数で、4000~4200台/時程度であることが知られた。また走行車線と追い越し車線では値の異なること、短時間の交通量では飽和状態になる直前に高い値が出現することが明らかになった³¹⁾。これらの観測結果による最大出現交通量を基に大型車混入の影響を考慮して、現行の基本交通容量が2200pcu/hと定められた³²⁾。

単路部の可能交通容量の研究調査はその後も続けられ、条件によってかなり変動のあることなどが示されているが、影響要因の定量的な解析やサービス水準についての研究はまだ十分でなく確立されていない。ただ、交通渋滞は通常、合流部や織り込み区間等のボトルネックで生ずるので、現在は高速道路の交通容量解析はそれらのボトルネックが主対象となっている。

(2) 合流部と織り込み区間に関する研究

織り込み交通の解析研究の前に、合流部の交通現象について多くの研究が行われてきた。それらは織り込み交通挙動の分析の基礎となったものである。

織り込み区間や合流部の交通容量解析の手法として、3つのアプローチがある。第1は交通現象を観測し、大量のデータを得て、統計解析によって交通容量の値やサービス水準を決めていく方法である。このやり方は、これまでのHCMの作成の手法でもあり、最も直接的で簡明な方法である。交通容量でいえば実現最大交通量から決めていくもので、一般的には単純で説得力も大きい。しかしそれには大量の観測データを収集することが必要で、特に織り込み現象など複雑な現象になればなるほど多数の要因が関係するから、種々の条件に応じたデータが大量に必要となる。

第2の方法は、トラフィックシミュレーションによる解析手法である。個々の車両の交通挙動の一般的特性をシミュレーションに組み込めれば、現状では実測できないような道路交通条件を含めて、種々の条件に対応できる。従って、外的条件の異なる多種の観測は必要としない。しかし車両挙動の一般的特性の分析のために、詳細な交通現象観測データが必要である。またモデルの実現象の再現性の検証にも、観測データを得る必要がある。

3番目の方法は、対象とする交通現象を表現する理論モデルを構築して、交通特性値や目的とする変数について解析するやり方である。合流、織り込みなどの交通現象は一般に流入確率を用いるギャップアクセタンスの確率モデルとして構築される。この手法は適用可能な範囲内の条件であれば外的条件の変化に対して最も一般的に適用することができる。ただ到着分布やギャップアクセタンス関数などの内部パラメータ設定のために、交通現象の実測データを必要とする。

どのアプローチをとるにせよ基本的な合流挙動の実測データは必要であり、合流部の交通現象の実態調査は、かなり以前からこれまで様々の調査が行われてきた^{43)~42)}。それらの中で、初期に高速道路調査会で行ったものは、個々の車両挙動のミクロな分析結果としてその後の研究やシミュレーション解析の基礎資料となった。これらのデータは合流部の交通特性をある程度解明したが、それだけでは交通容量や合流車線長の設計、運用の指針を得るには十分ではない。

交通需要がそれほど大きくなかった昭和43年当時、交通容量の解析や合流車線長の検討のために、かなりくわしいシミュレーションモデル⁴³⁾が開発された。その5年後、阪神高速道路の交通現象の調査研究⁴⁴⁾でもシミュレーションが利用された。これらのモデルはかなり精緻に作られたが実現象の再現性は必ずしも十分ではなかった。どちらのモデルも合流位置の分布は実現象と相当異なった結果が得られている。シミュレーション上では合流条件が満たされると直ちに流入挙動を起こすことになるが、実際の運転挙動はそうではない。合流車線長の検討にはこの問題は重要であり、その解決を図ったものが後に開発された次のモデル⁴⁵⁾である。

昭和60年から3カ年にわたり日本道路公団は交通工学研究会への委託研究⁴⁶⁾で、設計要領を検討する目的で合流区間長の評価に用いるシミュレーションモデルを開発した。このモデルはその利用目的から、合流位置の分布を含め合流交通現象をかなりの精度で再現するものとなっている。このシミュレーションモデルは、登坂車線に関する研究⁴⁷⁾から始まり、種々の新しい合流現象実態調査結果^{48)~51)}を取り入れて開発されてきた。さらに織り込み区間の交通モデルへと継続したものである。

確率論を用いたギャップアクセタンスモデルとして

合流現象を扱った研究は、古典的な交通流理論の一つで多くの研究があるが、ここでは省略する。大部分は仮定のパラメータによる理論解析のみで、実態データに基づき実務的な応用をめざしたものは少ない。巻上らの一連の研究^{52)~54)}は実態観測データに基づく流入確率を算定して種々の分析を行っている。名神高速道路の改築に伴う本線合流部の合流車線長の検討に始まり、都市高速道路の合流形式の評価、サービス水準の定量的検討を目的としたもので工学上高く評価できるであろう。その研究成果が織り込み区間の解析に応用されることになった。

織り込み区間に関する研究調査はまだあまり多くない。わが国の調査研究では、首都高速道路の交通現象研究⁵⁶⁾が実測データに基づく初めてののものであろう。2カ所の織り込み区間を実測し、方向別交通量、平均速度、車線変更位置等の交通特性を解析している。交通容量解析にHCM 1965の計算法を検討したが、織り込み交通量そのものが少なくほぼ一定の値であったため、織り込みの影響を解析することはできなかった。その後、交通容量の研究として織り込み区間の実態調査⁵⁷⁾が行われたが、この時も調査データを得ただけに終わっている。

また一般街路の立体交差に伴って生ずる織り込み区間に関して、織り込み区間長を検討した研究⁵⁸⁾がある。東京都内の国道の織り込み区間で、車線変更に要する長さ、ノーズ端から織り込み挙動を開始するまでの長さの分布を調査し、必要な織り込み区間長をそれらの必要長の和として求める数式を示した。この式には交通量や速度が含まれてなく一般的なものとはならなかった。

都市間高速道路では、織り込み交通をなるべく避けるような設計がなされてきたため、実際の織り込み区間が少なく実態調査調査資料が得にくい状況にある。しかし、中央自動車道西宮線と富士吉田線を連結する大月ジャンクションは地形などの制約のため大月インターチェンジと700m離れた地点に設置され、この間に織り込み交通の生ずる線形となっている。建設当初、この区間は集散路方式で運用されていたが、富士吉田線の4車線化に際して、交通量のバランス及び交通流の形態上は大織り込み区間となるため、交通容量上の問題からこの区間の交通運用方法を再検討することとなった。高速道路技術センターで昭和55年から3カ年にわたる研究⁵⁹⁾が行われ、その中で首都高速道路での実態調査を含め、織り込み区間に関する種々の研究調査が行われた。しかし結局十分な判断資料が得られず、検討委員会では織り込み区間の交通運用方式を一つに絞ることはできなかった。

ちょうどその当時、HCMの改訂に向けて織り込み区間の新解析法が一般の検討に付されていたときであり、上記のことはわが国での織り込み区間の調査研究の必要性を強く認識させることになったと思われる。以降、交通運用上の問題から織り込み区間の交通現象調査が^{60), 61)}

いくつか行われた。

建設省関東地方建設局では、一般道路織り込み区間の設計についての既往の資料と実態調査結果から、織り込み区間長の算出式を求めた。その織り込み区間長モデル式は、走行速度を変数とする一次式で表されるが、交通量の要因は含まれていない。織り込み区間の必要最小長を意味するものとしている^{62), 63)}。

HCM 1985 が出版されると、織り込み区間の交通容量解析法がわが国の交通状況への適用性の検討を含めて、織り込み区間の交通現象解析が盛んになり、首都高速道路^{64)~66)}、阪神高速道路^{67), 68)}の織り込み区間の交通現象調査が行われた。その結果はいずれもわが国の織り込み区間に HCM 1985 の手法をそのまま適用することは困難なことを示している。

一方日本道路公団は、合流部に引き続き織り込み区間の設計方法の検討のため先に開発したシミュレーションモデルを応用して、織り込み区間長の評価する研究を行った⁶⁹⁾。新たに交通現象観測から織り込み時のギャップ等の織り込み交通特性を解析して、合流シミュレーションモデルを改良し、そのシミュレーションを用いて織り込み区間長の評価を行っているものである。

このシミュレーションモデルの開発研究と並行して、織り込み区間に関して上記の交通現象実態調査に引き続き二つの研究が別途に行われた。一つは東大生産技術研究所の桑原等によるもので、織り込み区間の交通容量に関して車両感知器データに基づく実証的研究^{70), 71)}と、別に開発したシミュレーションモデルによる研究である。先の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を対象としたものであり、その場合の再現性は実証されたが、追従時の挙動をある程度簡略化した構造なので、交通容量状態への適用は無理がある。中村⁷²⁾は、織り込み車とその前後の織り込みギャップを評価しながら加減速挙動をとるモデルを構築し、交通容量状態まで適用するシミュレーションモデルとした。ギャップの評価に、織り込み車と被織り込み車の速度差を車頭距離で除した値で求められる車頭距離の相対変化率という評価指標を用いて成功している。

もう一つの研究は巻上らによるもので、多重合流理論の流入確率を応用して織り込み区間長を評価しようとするものである⁷³⁾。これはランプ織り込み区間へ適用し、本線車は先頭ランプ車または単独ランプ車の前後へ流入するものとし、ランプ車が多重合流する流入確率を求めている。織り込み区間長は見送ることのできるギャップ数から流入確率を算定して評価される。

これらの研究はそれぞれ独立しているが、調査データの情報を交換し、共通に検討する機会を持って進められている。織り込み基本図のような一般的な設計基準を導くには、シミュレーションのみでは膨大な演算を必要と

し、いろいろなケースに対応する基準体系を作り上げるのは困難であろう。それ故このような研究の体制は、非常に有意義なものといえよう。

5. 結び—今後の展望と研究課題—

織り込み区間に関する研究は、ようやく最近になって進んできたばかりである。今後ますます織り込み区間の設置の必要性は高まるものと思われ、設計基準や運用基準を確立するためには、より多くの精力的な研究が望まれる所である。

全体的な問題では、特に大織り込み区間 (タイプ B, C) に関する研究が必要である。開発中のシミュレーションモデルは大織り込み区間への適用をめざしているが、現状では検証が不可能であり、また流入確率の理論モデルはランプ織り込み区間 (タイプ A) を対象としたもので大織り込みには適用できない。交通安全上、また円滑性の観点からも少ない方の織り込み交通の扱いが重要なポイントである。これは巨視的な観点からだけでは解決できない問題を含んでいるといえよう。

ランプ織り込み区間については、わが国でもこれまでの研究で多くの交通現象が解明され、織り込み区間長の検討手法が作成されたが、一般的な基準を設定するにはまだ種々の課題が残っているといえよう。

最大の課題は交通安全の問題である。交通事故データの収集蓄積は当然だが、事例の少ない織り込み区間では安全研究の方法事態が研究課題である。

交通容量解析手法については、織り込み区間だけでなく道路施設全体に関わる基本的な課題として、サービス水準の考え方とトラック当量の問題がある。サービス水準の考え方は、わが国の交通容量解析法としてまだ確立していない。実現象で明かな交通状態と結びつく定量的な評価指標が設定されることが望まれる。大型車の影響を表すトラック当量は、単路部での値も交通状況によって異なるという研究もあり、織り込み区間での大型車の影響は今後の解析対象の一つとなり得よう。

研究解析の手法に関しては、今後も実現していない道路交通条件に対応するために、シミュレーション手法が主流となるであろう。シミュレーションモデルを整理して、目的に応じた演算が容易にできるように体系立てるとともに、パラメータの設定、再現性の検証のために実現象の観測データを整理蓄積してデータベースを作ることが望まれる。確率モデルによる理論的解析は、設計基準等の巨視的な検討に有効な方法と思われるが、安全性の検討への応用は難しい面がある。危険な現象等の小さな発生確率を推定する場合、到着分布に当てはめた理論確率分布の仮定や、ギャップアクセプタンス関数に一定の流入可能限界ギャップによるステップ関数を用いることの影響を検討する必要がある。この点で簡易なシ

ミュレーションと組み合わせた理論計算のアプローチが考えられるのではなからうか。

交通工学の実務技術的な観点では、織り込み区間の設計方法と並んでその交通運用方法の研究が重要である。交通挙動は交通標識等による交通の案内、誘導と大きく関連する。これらの交通運用方法と交通現象との関係について実証的な調査研究が望まれる所である。

最後に本論は、交通工学研究会の織り込み区間の設計に関する研究委員会及び交通容量委員会での討議と提出資料に基づくものであり、ご協力頂いた多数の委員の名前を個々に示すことは省略するが、それらの方々に深く感謝の意を表すものである。

参考文献

- 1) Transportation Research Board : Special Report 209, Highway Capacity Manual-1985, 1985.
- 1') 交通工学研究会 : 1985 道路の交通容量, 1987 年.
- 2) 日本道路協会 : 道路構造令の解説と運用, 1983 年.
- 3) 日本道路協会 : 道路の交通容量, 1984 年 11 月.
- 4) Highway Research Board : Special Report 87, Highway Capacity Manual-1965, National Academy of Sciences, National Research Council, 1965.
- 4') 交通工学研究会 : 1965 道路の交通容量, 1968 年.
- 5) 日本道路公団 : 設計要領第 4 集, 幾何構造, 休憩施設, 1987 年 4 月.
- 6) 交通工学研究会 : 合流部の設計に関する調査研究 (その 3) 報告書, 1988 年 2 月.
- 7) 高速道路技術センター : 中央自動車道大月ジャンクション交通運用計画 (その 3), 1983 年 1 月.
※ 米国における織り込み交通研究
- 8) TRB : Special Report 209, Highway Capacity Manual-1985, 1985. (前掲 1.)
- 9) Highway Research board : Highway Capacity Manual, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., 1950.
- 10) Transportation Research Board : Special Report 87, Highway Capacity Manual-1965, 1965. (前掲 4.)
- 11) O.K. Normann : Operation of Weaving Areas, HRB Bulletin 167, HRB, 1957.
- 12) McShane, W.R. and Roess, R.P. : Chapter 13 Capacity Analysis of Freeway Weaving Sections, Traffic Engineering, pp.236~261, 1990.
- 13) Transportatin Research Borad : National Cooperative Highway Research Progam Report 159, Weaving Areas, Design and Analysis, National Research Council, 1975.
- 13') 織り込み区間の設計と分析 (1)~(4), 交通工学, Vol. 12, No. 6, 1977~Vol. 13, No. 2, 1978.
- 14) Transportatin Research Borad : Interim Materials on Highway Capacity, Transportation Research Circular No.212, National Academy of Sciences, 1980.
- 15) Leisch, J.E. : A New Technique for Design and Analysis of Weaving Sections on Freeways, ITE Journal Vol.49, No.3, 1979.
- 16) JHK & Associates : Weaving Analysis Procedures for the New Highway Capacity Manual, Interim Report, 1983.
- 17) JHK & Associates : Weaving Analysis Procedures for the New Highway Capacity Manual, Work Papers No.1~No.4, 1984.
- 18) McShane, W.R. and Roess, R.P. : Chapter 13 Capacity Analysis of Freeway Weaving Sections, Traffic Engineering, pp.236~261, 1990. (前掲 12.)
- 19) Fazio, J. and Roupail, N.M. : Freeway Weaving Sections, Comparison and Refinement of Design and Operations Analysis Procedures, 65th Annual Meeting of the Transportaiton Research Board, 1986.
※ 交通容量の基本値に関する研究
- 20) 交通工学研究会 : 道路交通容量検討資料集—道路交通容量に関する研究の現状と課題, 1986 年 3 月.
- 21) 高速道路調査会 : 高速道路の交通容量, 1960 年 3 月.
- 22) 高速道路調査会 : 交通容量関係文献抄録集, 1960~1970 年.
- 23) 高速道路調査会 : 高速道路における交通現象と容量の研究, 1962 年 3 月.
- 24) 高速道路調査会 : 交通現象に影響を及ぼす諸要因について, 1964 年 3 月.
- 25) 宮本正三・高田弘・栗本讓 : 道路及び交通条件の自動車走行速度に及ぼす影響について, 第 7 回日本道路会議論文集, 1963 年.
- 26) 吉田滋 : 道路及び交通条件の自動車走行速度に及ぼす影響について (交差のない 2 車線道路の交通観測と容量の推定), 第 7 回日本道路会議論文集, 1963 年.
- 27) 伊吹山四郎, 他 : 道路交通工学, 金原出版, 1964 年 12 月.
- 28) 伊吹山四郎 : わが国における単路の交通容量, 第 8 回日本道路会議論文集, 1965 年.
- 29) 伊吹山四郎・羽田幸男 : 2 車線道路の交通容量についての考察, 第 9 回日本道路会議論文集, 1967 年.
- 30) 高速道路調査会 : 首都高速道路の交通現象調査研究, 1965 年 3 月.
- 31) 高速道路調査会, 交通工学研究部会, 幾何構造委員会 : 道路幾何構造検討資料 (その 4), 1983 年 3 月.
- 32) 日本道路協会 : 道路の交通量, 1984 年 11 月.
※ 合流部の交通現象
- 33) 高速道路調査会 : 合流と分流の交通現象, 1966 年 3 月.
- 34) 首都高速道路協会 : 首都高速道路の分流部交通現象調査研究, 1968 年 2 月.
- 35) 首都高速道路協会 : 首都高速道路の交通特性調査研究, 1969 年 2 月.
- 36) 首都高速道路協会 : 都心部高速道路の交通特性調査研究, 1970 年 2 月.
- 37) 吉田滋, 権藤邦彦, 三宅秀隆 : 合流部の走行解析, 第 8 回日本道路会議論文集, 1965 年 10 月.
- 38) 井上広胤・鍋島泰雄 : 高速道路の合流部における交通現象, 第 9 回日本道路会議論文集, 1967 年 10 月.
- 39) 岩崎征人 : 高速道路合流部の交通現象解析, 交通工学, Vol. 4, No. 1, 1969.
- 40) 岩崎征人 : 交通流の現象解析—合流部前後の交通流に関して—, 交通工学, Vol. 6, No. 2, 1971.
- 41) 片倉正彦・田中亨 : 都市高速道路の本線合流部における交通制御方法の比較, 第 1 回交通工学研究発表会論文集,

- 1972年.
- 42) 栗本謙・荻野弘・巻上安爾・渡辺信次：小牧ジャンクション合流部の走行挙動解析，第2回交通工学研究発表会論文集，1974年.
- 43) 交通工学研究会：シミュレーションによる合流交通容量の研究報告書，1968年3月.
- 44) 交通工学研究会：阪神高速道路の合流部交通現象調査研究：1973年6月.
- 45) 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，第22巻6号，交通工学研究会，1987年11月.
- 46) 交通工学研究会：合流部の設計に関する調査研究報告書，1986年3月。（その2），1987年3月。（その3），1988年2月.
- 47) 交通工学研究会：登坂車線に関する研究報告書，1980年1月.
- 48) 日本道路公団東京第二管理局：東北自動車道・東関東自動車道合流部における交通現象解析報告書，1980年3月.
- 49) 日本道路公団東京第二管理局：東関東道ジャンクション及びインターチェンジランプ部走行実態調査報告書，1982年11月.
- 50) 日本道路公団大阪建設局：中央自動車道分合流部の交通運用に関する調査研究報告書，1985年3月.
- 51) 日本道路公団東京第一建設局：東海自動車道（大井松田～御殿場）改築に伴う交通工学上の検討調査報告書，1985年3月.；（その2）1986年2月.
- 52) 巻上安爾・安達靖夫・末田元二：高速道路改築に伴う合流部の合流車線長について，土木学会論文集，第371号，pp.133～142，1986年7月.
- 53) 巻上安爾・松尾武：流入確率に基づく都市高速道路入路接続方式の評価について，土木学会論文集，第389号，pp.93～101，1988年1月.
- 54) 巻上安爾・松尾武：多重合流を考慮した流入確率の算定方式について，土木学会論文集，第413号，pp.87～96，1990年1月.
- 55) 高田邦彦，河野辰男，落合綱三：分合流部交通実態調査，第18回日本道路会議論文集，1989年10月.
※ 織り込み区間の交通現象調査解析資料
- 56) 首都高速道路協会：都心部高速道路の交通特性調査研究，1970年2月.
- 57) 交通工学研究会，交通容量研究会：信号交差点および織り込み区間の交通容量の研究，交通工学，Vol.14，No.4，1979.
- 58) 神崎紘郎・永嶋英明・西田寿紀・水口辰夫：立体交差の流入部におけるウィーピング特性，第12回日本道路会議論文集，
- 59) 高速道路技術センター：中央自動車道大月ジャンクション交通運用計画，1981年。（その2），1982年。（その3）1983年.
- 60) 日本道路公団東京第2管理局：東関東道ジャンクション及びインターチェンジランプ部走行実態調査，1982年11月.
- 61) 日本道路公団福岡管理局：鳥栖ジャンクション交通流実態調査，1985年10月.
- 62) 建設省関東地方建設局，関東技術事務所：織り込み区間の設計に関する調査報告書，1986年3月.
- 63) 清水洋：織り込み区間の設計に関する調査，第17回日本道路会議一般論文集，pp.1020～1021，1987.
- 64) 長田，荒神：織り込み区間等における交通現象，第17回日本道路会議一般論文集，pp.1022～1023，1987.
- 65) 渡辺隆・岩崎征人・亀井則夫：高速道路の織り込み交通の基本的解析とサービス水準の推定，土木計画学研究・講演集，No.11，1988年11月.
- 66) 中村英樹・桑原雅夫・鈴木隆・越正毅・赤羽弘和：首都高速道路織り込み区間での交通流観測と運転挙動解析，土木計画学研究・講演集，No.12，1989年12月.
- 67) 豊田健・巻上安爾・松尾武：阪神高速道路環状線四ツ橋区間の容量解析についての研究，土木計画学研究・講演集，No.12，1989年12月.
- 68) 巻上安爾・松尾武・松原武司：阪神高速道路環状線堂島区間の交通現象と容量解析についての研究，交通工学，No.5，1988.
- 69) 交通工学研究会：織り込み区間の設計に関する調査研究報告書，1989年3月.同（その2），1990年3月.
- 70) 桑原雅夫・越正毅・鈴木隆：首都高速道路の織り込み区間と走行速度に関する実証的研究，交通工学，Vol.26，No.2，1991.
- 71) 桑原雅夫：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.
- 72) 中村英樹：織り込み区間の交通容量に関する研究，東京大学博士論文，1991年2月.
- 73) 巻上安爾：流入確率の織り込み交通解析への適用について，交通工学研究会織り込み区間の設計研究委員会への提出資料，1991年3月.

(1991.5.28 受付)

A REVIEW OF THE RESEARCH ON WEAVING SECTION

Masahiko KATAKURA

There have been so far small research works on highway weaving sections and the design and operation methods of the weaving sections have not yet established in Japan. In the U.S.A the analysis methods have been revised drastically in the new HCM-1985 compared to the old edition. However there remain still discussions on it among researchers. Several analysis procedure have been proposed so far and studies are going on still now.

This paper reviews those development about the weaving analysis study and presents also the state of arts on the traffic flow characteristics and capacity study concerning weaving sections in Japan. It also perspectives the future study problems.