

ITS自動運転を想定した織り込み区間の 車両制御アルゴリズムの開発

長谷川 直之¹・中村 文彦²・田中 伸治³・王 鋭⁴

1学生会員 横浜国立大学 大学院都市イノベーション学府（〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台79-5）

E-mail: hasegawa-naoyuki-dh@ynu.ac.jp

2正会員 横浜国立大学教授 大学院都市イノベーション研究院

E-mail: f-naka@ynu.ac.jp

3正会員 横浜国立大学准教授 大学院都市イノベーション研究院

E-mail: stanaka@ynu.ac.jp

4正会員 横浜国立大学研究教員 大学院都市イノベーション研究院

E-mail: wang-rui@ynu.ac.jp

都市高速道路においては、ネットワークの高密度化によってインターチェンジ、ジャンクション同士が接近することとなり、その結果混雑の原因とされている織り込み区間が多く形成された。特に混雑の激しい織り込み区間においては車線の付加等といったハード側での解決が行われているものの、ソフト側からのアプローチというものは行われていない。

この研究では、将来的にITS技術（Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム）の発展によって走行する車両の一括制御による自動運転が可能になった場合の車両制御方法に関するアルゴリズムを構築し、交通容量増加にどの程度寄与できるのかを明らかにする。

Key Words： *weaving sections, highway capacity, traffic simulation*

1. はじめに

60年代から建設の始まった首都高速道路であるが、現在ではその総延長は300kmを超える長大なものとなった。首都高速道路の建設が進められるにつれ数多くのインターチェンジ、ジャンクションが建設されることとなり、これによって多くの合流部、分流部が高速道路に形成されることとなった。合流部と分流部が連続する区間において、合流の直後に分流が起こるというような区間においては、同一平面上で異なる方向への交通流が発生する。これによって交通容量は低下し、混雑の原因になるとされている。このような区間は織り込み区間と呼ばれており、この研究でも以後織り込み区間というのはこのような形状の道路を指すものとする。

織り込み区間の混雑解消方法としては、新たな車線の建設や区間長の延長等の方策が考えられるが、都市部における新たな土地取得の難しさ等から、そういった方策を採ることは難しい。実際に箱崎ジャンクションで行われた連絡路の増設による織り込み区間解消事業の際にも、多額の事業費が必要となった。

ここで、こういったハード面の織り込み区間における

混雑解消とは別に、ソフト側からの解決方法の一つとして考えられているのがITS技術（Intelligent Transport Systems：高度道路交通システム）の活用である。ITSのサービスの中の一つとして現在研究が進められているのが、AHS（Advanced Cruise-Assist Highway Systems）と呼ばれる道路と車両が連携し車両間で情報のやり取りを行うことにより交通事故や渋滞の削減を目指すシステムである。このAHSの枠組みの中では支援レベルというのが決められており、現状ではドライバーに対して情報を提供するという支援レベル-Iというのが実現している段階である。この支援レベルがシステム側に依存する割合が増えるにつれ、次の段階では一部の運転支援を実施し、そして最終的には情報収集と運転操作、及び責任の全てをシステムが負うものになると考えられている。システム側で車両を制御し自動運転することが可能となれば、全ての車の情報を一元的に管理し、より効率的な交通管制が行えると考えられる。

織り込み区間に関する研究は、シミュレーションモデルの構築、織り込み区間内部における事故統計分析、織り込み区間内部での交通現象解析等が挙げられる。交通容量に注目した中村らの研究では織り込み区間内での車

両の挙動に關してのフロー、及びシミュレーションモデルを構築した¹⁾。また、松本らは織り込み区間長に注目し、区間内織り込み完了率という指標を用いて織り込み区間ごとの評価基準の提案を行った²⁾。

以上の既往論文では、現状での織り込み区間内でのシミュレーションモデルの構築を行っている。本研究では、前述したAHSの中でシステム側で車両を制御し自動運転を行うケースを前提とし、織り込み区間の幾何構造自体を変えずに交通容量を向上するための車両制御アルゴリズムの開発を目的とする。

2. 織り込み区間の現状分析

(1) 現在の首都高速道路の混雑部における織り込み区間

近年の織り込み区間の動きとしては、これまで織り込み区間として知られていた葛西、堀切織り込み区間の他に、1993年に浜崎橋ジャンクションから芝浦ジャンクションまでの織り込み区間、2007年には板橋ジャンクションから熊野町ジャンクションまでの織り込み区間がネットワークの発展により形成された。

国土交通省による資料³⁾において、首都圏中心部高速道路の主要混雑箇所30箇所が発表となった。織り込み区間の定義については明確な指針は示されていないが、過去の論文、2000年度版のHCMから、合流部と分流部の距離が800m以下のものを織り込み区間とすると、30箇所の主要混雑箇所のうち、18箇所が織り込み区間、もしくはそれに準ずる構造となっていることがわかる。

(2) 新保土ヶ谷織り込み区間における実地調査

織り込み区間での実態を調べるため、新保土ヶ谷織り込み区間において実態調査を行った。実態調査の詳細を表1に示す。この織り込み区間は神奈川県横浜市保土ヶ谷区に存在する織り込み区間であり、本線は横浜横須賀道路で片方向二車線となっている。その本線に対して横浜新道より一車線が合流し、その後狩場オフランプに向けて一車線が分離していく構造となっている。(図1)

まず、この織り込み区間における方向別交通量を図2に示した。単位は全てpcu/h(大型車の乗用車換算係数を2.0とした)となっている。織り込み区間内において追越車線から他の車線に移ったり、逆に他の車線から追越車線に移るといった交通量は少ない。これは、追越車線が避走を行った際の移動先として選択されており、織り込み区間前にこの車線に移ってきた車両が多く存在するためだと考えられる。

また、横浜新道から走行車線、走行車線から狩場offランプへと移動する二つの車両の流れは織り込み区間で特に問題となる車両の流れだが、比較的交通量が多いこ

表-1 新保土ヶ谷織り込み区間での調査概要

調査実施日時	2012 年 11 月 12 日(月)
観測時間帯	16:08~16:18
観測区間	横浜横須賀道路(下り) 新保土ヶ谷 IC.~箱崎 IC.
観測方法	ビデオカメラ二台による観測



図-1 新保土ヶ谷織り込み区間構造図

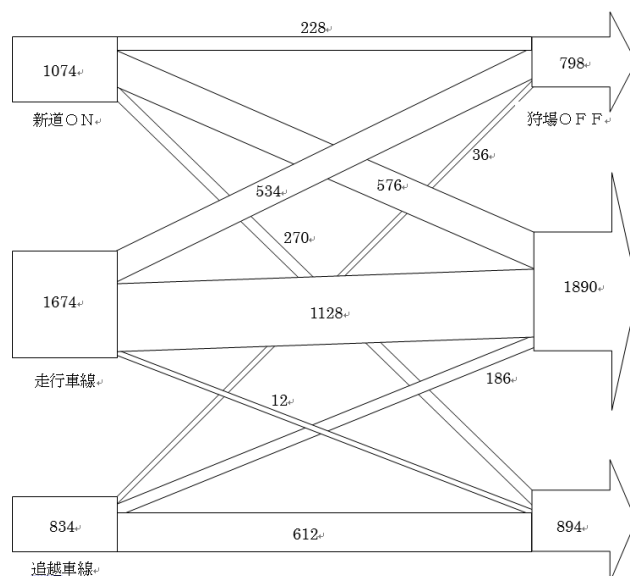


図-2 新保土ヶ谷織り込み区間方向別交通量

とが読み取れる。この時間帯は渋滞は発生していなかったものの、交通量がこういった傾向を示している場合には、この傾向が混雑の原因になると考えられる。

今回の実地調査において、今後アルゴリズムを構築していく上で留意すべき織り込み区間での特徴的な車両の挙動について以下に挙げる。

- ・ソフトノーズを踏んで車線変更を行う車両が多い（特に横浜新道から合流する車両に顕著）

- ・合流車線から一度の移動で追越車線まで移動しようとする車両が多く見られた
- ・車両と車両が接近した際の速度変化はかなり急激に起こり、また車間距離がかなり短い

3. アルゴリズム開発について

第一章で述べたように、本研究ではITS技術のうちAHSのサービスによって全ての車両が一元的に制御される場合を考えている。この仮定を考えた際に現状と比べてどのような差が発生するのかというのを表2にまとめた。

現状では織り込み区間において、織り込み区間に進入するまでは防音壁に阻まれ、合流する車線からどのタイミングで車両が流入するというのを把握することができない。しかし、本研究では情報の共有によって実際に目視で交通状況を把握する前の段階で、反対側の車線に存在する車両の位置を特定することが可能である。これによって早い段階から速度調整を実施し、よりスムーズな合流が可能となる。また、現状では他の車両がどのような進路を取るのか把握することができないが、情報の共有によりこれについても知ることができる。

これらの前提をふまえた上で、二車線同士の本線が織り込み区間を形成する場合に、一方の本線の車線からもう一方の本線への車線へと車線変更する場合のアルゴリズムの具体例を図3に示した。まず、織り込み区間進入前に他の車両の位置を把握できるという点を生かし、織り込み区間進入前から速度変更を実施する。さらに、進入後には他の車両の進路もわかっているという利点を生かし、後続車も車線変更を行う場合には状況が許せばさらに追越車線まで二車線を跨いで車線変更するというステップを設けた。つまり、他の車両の挙動を考えつつ本来車線変更によって混雑してしまう内側車線ではなく、外側車線を走行することになる。これにより、混雑の低減及び交通容量の増加を狙う。

表-2 既往研究と本研究の違い

既往研究	本研究
合流直前までそれぞれの車両はもう一つの車線の車両がどの位置にいるのか把握できない	合流前に本線側の車両の位置がお互いに把握できている
どの車両が車線変更を行うのか直前までわからない	他の車両の進路情報について共有がされている

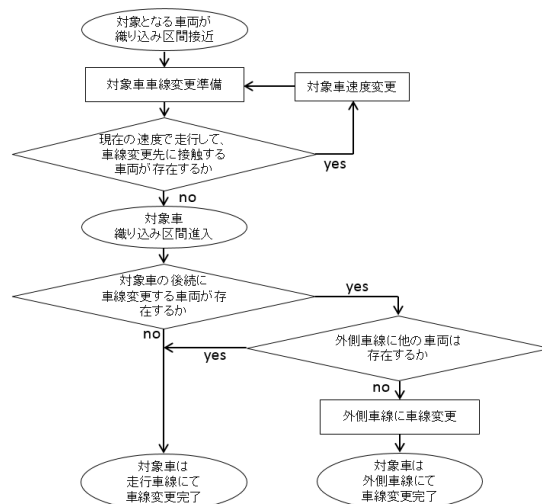


図-3 アルゴリズム具体例

4. おわりに

今回の調査では、これまでの織り込み区間についての論文を整理した上で、織り込み区間の現状を把握することができた。また、実際の織り込み区間でのビデオ観測調査を通じて、アルゴリズムを構築する上での知見を得ることができた。

今後は構築したアルゴリズムを実際にマイクロシミュレーションソフトの中に導入し、ITS技術による自動運転によって交通容量を増加させることができるのかをシミュレーションする。今回の発表でも簡単なアルゴリズムについて提案は行ったが、車両の走行する車線や経路毎にケースに応じた対応を考える必要がある。様々な局面に対応できるアルゴリズムを構築する。

参考文献

- 1) 中村英樹, 桑原雅夫, 越正毅: 織り込み区間の交通容量算出シミュレーション・モデル, 土木学会論文集, No.440, pp.51-59, 1992.
- 2) 松本健二郎, 高橋秀喜, 井上淳一, 辻光弘: 織り込み区間評価のための交通シミュレーションモデルの開発, 土木学会論文集, No.440, pp.61-69, 1992.
- 3) 国土交通省: 平成 24 年度 首都圏の主要渋滞箇所の特定期間, http://www.ktr.mlit.go.jp/kisha/road_00000023.html

(2013. 8. 2 受付)

Development of a vehicle control algorithm for expressway weaving sections
under an assumed ITS automatic driving situation

Naoyuki HASEGAWA, Fumihiko NAKAMURA, Shinzi TANAKA and Rui WANG