

都市高速道路における流入調整による交通制御手法 - 実用化をめざした事前評価と課題 - *

The On Ramp Metering Control Method on Hanshin Expressway.* - An Overview of Benefits and assignment for practical realization -

石橋照久**・大藤武彦***・宇野伸宏****

By Teruhisa ISHIBASHI**・Takehiko DAITO***・Nobuhiro UNO****

1. はじめに

都市高速道路においては、自然渋滞の緩和や障害渋滞の早期解消を目的として、道路交通情報の提供や流入制御が実施されている。このうち、流入制御は、渋滞緩和策の重要な施策として位置付けられ、これまでに多くの手法について研究がなされてきた。

代表的な流入制御の方式としては、その理論的な明快さと取り扱いの容易性から、LP (Linear Programming) 制御方式が代表的な手法として挙げられ^{1),2)}、流入需要量の時間変動やネットワーク上の交通状態の時間変動などを考慮するなど、動学化の試みがなされてきた^{3),4)}。しかし、LP制御手法は、有力な制御方式であることは認められつつも、利用者から理解が得られにくい場合があること、制御を実行するための施設整備や運用方法に課題があることなどから、阪神高速道路では、LP制御手法のコンセプトは踏襲しつつも「入路閉鎖・ブース制限方式」による流入制御が採用されてきた⁵⁾。

しかしながら、現行の「入路閉鎖・ブース制限方式」を導入して20年以上を経過した現在、交通制御を取り巻く様々な環境も変化して、制御方法運用に際してもいくつかの課題が指摘されており、効率的な制御が困難になってきている(表-1)。

一方、「入路閉鎖・ブース制限方式」の課題への対応要請とともに、近年の情報通信技術の高度化、ITSの進展、交通管理施策の拡充、そしてネットワークの拡大に伴う複雑な交通状況への対応の必要性などから、より合理的な流入制御への期待が高まったことから、阪神高速

*キーワード：交通管制、流入制御、交通流シミュレーション、渋滞対策

**正員、阪神高速道路株式会社計画部

(大阪市中央区久太郎町4-1-3、
TEL06-6252-8121、FAX 06-6252-7414)

***正員、株式会社交通システム研究所

(大阪市淀川区西中島七丁目1-20、
TEL06-6101-7001、FAX06-6101-7002)

****正員、工博、京都大学経営管理大学院

(京都市西京区京都大学桂C1 クラスター、
TEL075-383-3234、FAX075-383-3236)

道路では、「入路閉鎖・ブース制限方式」に代わって最も実用に近いと考えられる「渋滞水準を考慮したLP制御モデル」を活用した流入調整の手法について、机上実験による事前評価と実際のフィールドでの模擬実施を行って、本格実施を目指した⁶⁾。

本稿では、最新の実用的な「渋滞水準を考慮したLP制御モデル」の概要と実現方法を紹介すると共に、課題を抽出して、交通管制システムとの連携や交通管制業務における運用などの技術的課題への対応、法的側面への対応、利用者への理解を求める広報など、実施に向けた方向性を提案する。

2. 「入路流入調整方式」の実用化に向けた検討

(1) 「入路流入調整方式」の概要

実的な流入制御手法を考えるに際しては、「利用者には、渋滞が発生した後に必要最小限の制御を実施することを要求している」ことが最も大きな課題として指摘される。LP 制御手法が実用化されなかった最大の理由が、“渋滞が発生していないのに流入調整をなぜ実施するのか”という利用者の疑問に対して十分な答えを用意できていなかった点であり、検討レベルでは有効な手段であるが、実施に向けては利用者の理解を得るのが困難として位置付けられてきた。利用者へのアンケート調査結果からも、渋滞の発生はやむをえないものとして容認した上で必要最小限の制御を求める利用者が大半であることが知られている⁶⁾。

ここでは、図-1に示すような制御手法を考える。まず、「制御開始水準」と「許容渋滞水準」を定義する。制御開始水準は、制御の必要性を判断する閾値、許容渋滞水準は、渋滞を許容する最大値である。すなわち、渋滞が

表-1 現行「入路閉鎖・ブース制限方式」の課題

| |
|--------------------------|
| (1)運用上の課題 |
| 1. 閉鎖が困難な入路の増加 |
| 2. ブース制限が困難な入路の増加 |
| 3. マニュアル制御の限界 |
| (2)方式固有の課題 |
| 1. 30分単位でのブース開閉に起因する非効率性 |
| 2. 閉鎖に伴う迂回交通の一般道路への影響 |

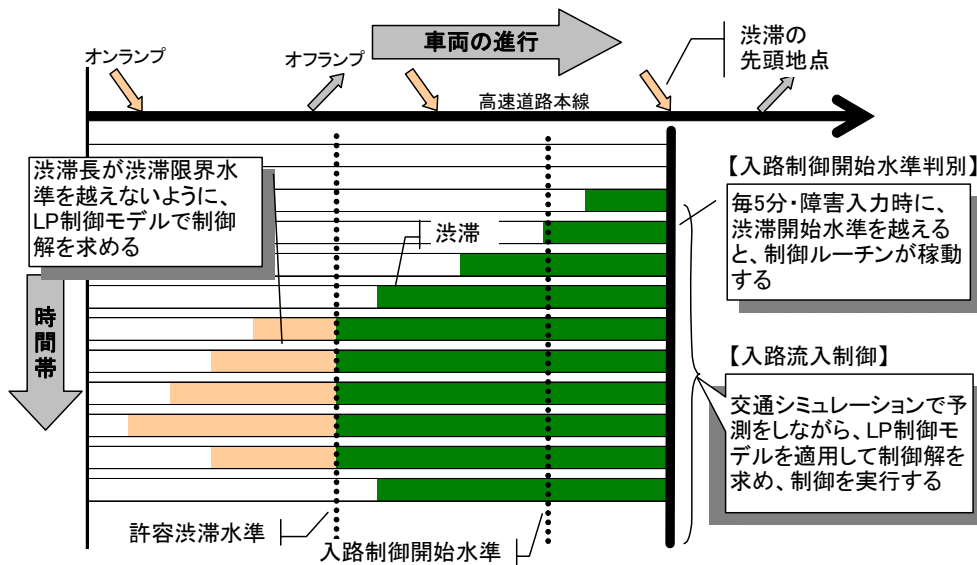


図-1 渋滞水準制約による流入制御のイメージ

発生して制御開始水準を超えた時点で制御を開始するかどうかを判別し、渋滞長が短ければ許容される。また、近い将来の渋滞長が許容渋滞水準を越えることが予測される場合には、渋滞が許容渋滞水準を超えないような制御率をLP制御手法で求めることとする。

モデルの定式化や詳細の実手順などは、文献6)を参照されたい。

(2) 交通流シミュレーションによる事前評価

制御は、リアルタイムで交通状況を把握しながら運用することを前提に、次のようなプロセスを採用する。

まず、現況の交通状況から、制御開始水準の判別を行う。現況の渋滞長が制御開始水準を超過していないときは、制御は実行されない。超過しているときは、渋滞予測を通して得られる予測渋滞長に対して許容渋滞水準判定を行う。予測渋滞長が許容渋滞水準を超えない場合は、制御を実行しない。予測渋滞長が許容渋滞水準を超過するときに、制御を実行する。手順中の渋滞予測は、交通シミュレーション：HEROINE⁷⁾を使用する。

また、制御率算定の単位時間間隔は5分、渋滞予測時間は30分先、そして制御率を算定するための単位到達時間間隔を5分として制御を実行することとする。

ケース・スタディの枠組みは、次のとおりとする。まず、検討対象路線を阪神高速11号池田線上りとし、第21回阪神高速道路起終点調査実施日(平成11年10月21日(木))の交通量データを使用する。また、評価のために、下記に示す制御手法を適用する4つのケースを設定し、それぞれ出勤時間帯(6:30~8:30)、昼間(14:00~16:00)、帰宅時間帯(17:00~19:00)の3種類の時間帯に適用することとする。

- ・ ケース1：制御なし(情報提供あり)
- ・ ケース2：「入路閉鎖・ブース制限方式」適用

- ・ ケース3：「渋滞水準付動的LP制御」適用
- ・ ケース4：「LP制御(予防制御)」適用

ケース・スタディの例として出勤時間帯における渋滞等の交通状況予測結果を、図-2、表-2に示す。

まず、構築した「渋滞水準付動的LP制御」モデルは、期待した制御を実行することができた。すなわち、「渋滞水準付動的LP制御」実施時は、渋滞発生直後は制御なしと同様に渋滞が延伸するものの、許容渋滞水準である渋滞長：約6Km以上には延伸しないことが明らかに見て取れる。渋滞緩和効果も、LP制御(予防制御)に比べると効果が小さいものの、制御なしと比較すると渋滞量や高速平均旅行速度において明らかに緩和されており、入路閉鎖・ブース制限方式よりも効果が大きいところとなっている。

ここで、流入台数は各ケースともほぼ同程度であり、一般道路への影響もマクロ的には微小であった。

なお、入路許容待ち台数を超えないという制約についても、LP制御(予防制御)では、制御効果のある入路では、制御量が大きいため待ち台数が増加して短時間のうちに許容待ち台数に達して、その後は許容待ち台数が許される範囲で制御が実行されることとなるが、渋滞水準付動的LP制御では、それほどまでに待ち台数は延伸しないことを確認した。たとえば、隘路区間直上流側に位置する塚本入路では、LP制御(予防制御)の場合は6:50に制御が開始されて20分後には許容待ち台数76台まで待ち台数が延伸して制御解除まで同程度の待ち行列が継続するが、渋滞水準付動的LP制御適用時には最大25台程度しか待ち台数が延伸しないといった結果となった。

提案した「渋滞水準付動的LP制御」手法は、静的なLP制御(予防制御)ほどではないものの、制御効果があるとともに一般道路への影響が大きいこと、現行の入路閉鎖・ブース制限方式よりも有用であることなどから、

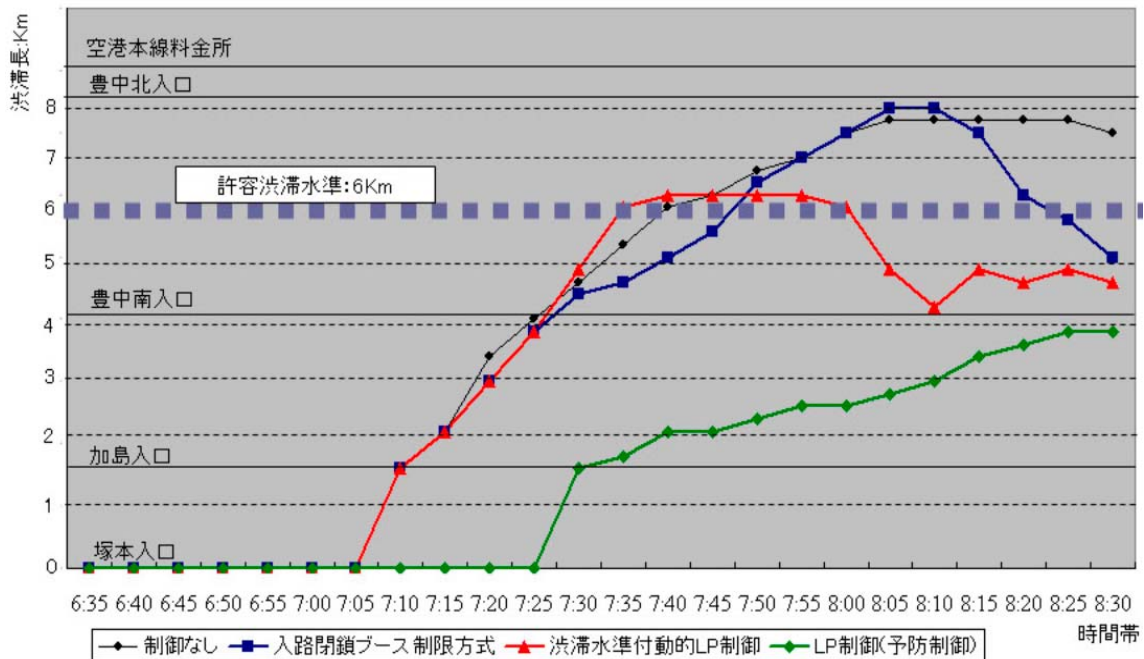


図-2 渋滞予測結果の比較例(渋滞長の推移)

表-2 ケース別評価指標例(出勤時間帯 : 6:30-8:30)

| ケース | 流入交通量 (台/2h) | | 渋滞量 (Km時/2h) | | 高速平均旅行速度 (km/h) | | 一般道路走行台 キロ (台キロ/2h) | |
|-------------|-----------------|-------|-----------------|-------|--------------------|-------|---------------------------|-------|
| 制御なし | 10,267 | 1.000 | 9.7 | 1.000 | 40.7 | 1.000 | 388,352 | 1.000 |
| 入路閉鎖ブース制限方式 | 10,183 | 0.992 | 8.9 | 0.918 | 40.9 | 1.005 | 388,445 | 1.000 |
| 渋滞水準付動的LP制御 | 10,179 | 0.991 | 6.9 | 0.711 | 40.6 | 0.998 | 388,833 | 1.001 |
| LP制御(予防制御) | 9,991 | 0.973 | 5.7 | 0.588 | 45.9 | 1.128 | 450,918 | 1.161 |

注). 一般道路 : 11号池田線と競合補充する幹線道路(府道以上)

充分実用に供することが可能であると理解された。

4. 「入路流入調整方式」の実現に向けた課題への対応

(1) 実施に向けた課題

阪神高速道路では、「入路流入調整方式」の机上実験を踏まえ、交通管制システムの高度化に伴う動かつ大量のデータの活用が可能になってきていること、ITSの進展による多様な道路交通情報提供が出現してきていること、そして交通マネジメント等の交通管理施策の実施や社会実験などの施策への利用者参画機会の増加など、近年の交通制御を取り巻く環境の変化を考慮して、「入路流入調整方式」の現地適用調査を実施して、実現可能性を検討してきた⁶⁾。

これまでの検討の結果、「入路流入調整方式」が有効であることが分かったが、①. 交通管制システムと連携した入路流入調整のシステムを構築していく必要があること、②. 都市高速道路を取り巻く要請との整合性を確保する必要があること、③. 制御を実施するに際しての法的側面の整理と運用方法を確立する必要があること、

そして④. ドライバーの理解を得るための努力をする必要があることなどの課題への対応を検討する必要がある。

(2) 技術的課題への対応

技術的課題は、それほど多くはない。入口に設置すべき流入調整のための機器は信号的なもので十分であるし、待ち行列の計測は画像センサやITV、情報提供のための端末装置は既存の機器で対応可能である。したがって、交通管制システムと連携した交通流シミュレータと「入路流入調整方式」による制御情報を生成するシステムを開発して、既存技術を活用することで、たとえば図-3のような「入路流入調整現地調査システム」は比較的容易に構築が可能である。

(3) 都市高速道路を取り巻く要請への対応

都市高速道路を取り巻く要請として、ETCの普及促進が挙げられる。ETCの整備効果のうち、利用者の利便性・快適性の向上、料金所渋滞の解消などについて、流入調整によって入口で停止を余儀なくされることがETC整備の目的を阻害するという意見もあると思われる。しかし、ETC整備による利便性・快適性の提供は必要では

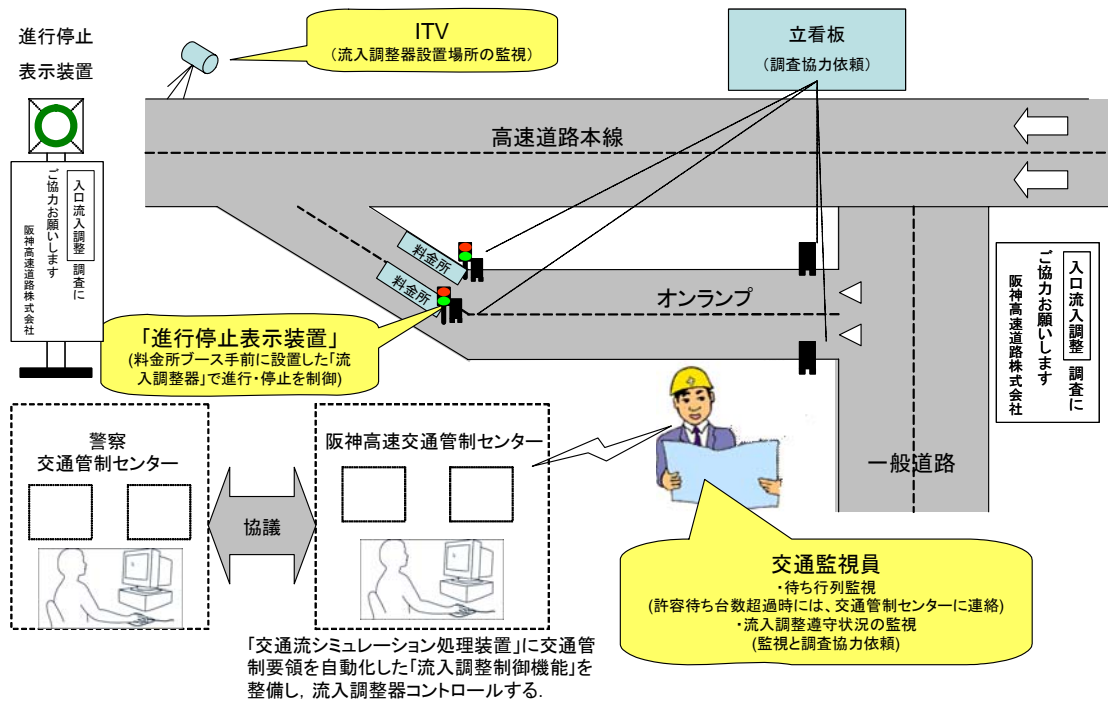


図-3 「入路流入調整」による現地調査システムのイメージ

あるが、道路会社に対する要求事項として渋滞対策が強く求められており、「入路閉鎖・ブース制限方式」による入路制御を実施している現状を踏まえると、「入路流入調整方式」を取り入れていくことは、ETC整備の目的を阻害するものとは言えないと考える。

(4) 法的側面の課題への対応

入路流入調整を「信号的な機器」で実施するという方法は、基本的には道交法第4条に基づいて実施するのが妥当であろう。したがって、現行「入路閉鎖・ブース制限方式」による入路制御と同様と考えられ、道路管理者と交通管理者が連携して運用管理方法を定めると共に、遵守義務への対応方法などを見出していく必要があると考えられる。

(5) ドライバーの理解を得るための努力

利用者意識調査からは、「入口で少し待っても高速道路上で渋滞に巻き込まれない方がよい」とする利用者が「高速道路上に渋滞があっても入口で待たされない方がよい」とする利用者を大きく上回るところとなっているが⁶⁾、利用者の利便性の確保や交通事故防止、そして渋滞対策としての流入調整への理解をいただくための広報や啓発活動を進める必要がある。

3. おわりに

少子高齢化が進み社会資本整備への投資が抑制される中で、既存の道路施設の有効活用がこれまで以上に求め

られている。流入調整方式による交通制御は、技術的には対応可能であり、シミュレーションでは現在実施している「入路閉鎖・ブース制限方式」よりも大きな渋滞緩和効果が確認されている。今後は、実現に向けて、残されたいくつかの課題への対応が必要である。

参考文献

- 1) 佐佐木綱, 明神証: 都市高速道路網における流入制御理論, 交通工学, Vol.3, No.3, pp. 8-16, 1968
- 2) 佐佐木綱, 井上矩之: 阪神高速道路松原線供用時交通制御の検討と検証, 土木計画学研究発表会講演集, vol4, pp. 450~455, 1982
- 3) 山内敏道, 朝倉康夫: 観測データの利用による都市高速道路の動的な LP 型流入制御モデル, 土木計画学研究・講演集 No18, pp. 257-260, 1995
- 4) 飯田恭敬, 宇野伸宏ほか: 流入需要の時間変動を考慮した準動的 LP 制御問題, 第 15 回交通工学研究発表会論文報告集, pp.113-116, 1995
- 5) (社)交通工学研究会: 阪神高速道路の交通渋滞対策に関する調査研究報告書, 1981.3
- 6) 西林素彦, 大藤武彦, 奥嶋政嗣, 井上矩之: 都市高速道路における流入調整による交通制御手法の事前評価, 高速道路と自動車 Vol.48 No.4, pp.19-28, 2005
- 7) K. Saita, F. Kurauchi, M. Okushima and T. Daito, "ESTABLISHMENT OF HEROINE (Hanshin Expressway Real-time Observation-based & Integrated Network Evaluator), 9th ITS World Congress, CD-R, 200