

都市高速道路における緊急時流出制御 - 理論的構築と実現に向けた考察 - *

An Outflow Control for incident congestion measures on Urban Expressway -The Theoretical Construction and Considerations for the Realization -

大藤武彦**・吉村敏志***・宇野伸宏****

By Takehiko DAITO*・Satoshi YOSHIMURA**・Nobuhiro UNO***

1. はじめに

(1) 背景と目的

阪神高速道路では、円滑な都市内交通を確保して道路網全体の機能低下を防止するために交通管制システムが導入され、道路交通情報の提供や交通制御が実施されてきた。このうち、交通制御については、新線の建設や施設整備による渋滞対策とともに、渋滞対策の主要施策の一つとして位置付けられて、多くの手法について研究が行われ、その中で「入路閉鎖・ブース制限方式」¹⁾による交通制御が実施されてきた。

しかしながら、交通事故などの緊急時における流出制御の方法については、均一料金であることによる再流入時の料金徴収の問題、迂回経路への交通影響、迂回経路案内方法、さらには迂回経路の所要時間情報を予測することが困難であることなどの理由から、あまり検討が進められてこなかった。

本研究は、ETCの普及、一般道路交通情報収集技術や所要時間予測技術の進展など、流出制御を取り巻く技術的課題への対応が可能になりつつあることを背景として、交通事故などの急激に渋滞が延伸する渋滞を緩和して都市内道路網への影響を防止することなどを目的として、本線上の車両を一般道路に迂回させるための「流出制御」の方法について、その概念形成、方式と方法、いくつかの課題への対応などを検討して、実現に向けた方向性を示すものである。

(2) 流出制御に関する研究経緯

高速道路を対象とした交通事故などの緊急時における

*キーワード：交通管制、交通マネジメント、
都市高速道路

**正員、(株)交通システム研究所

(東大阪市淀川区西中島7丁目1-20、
TEL:06-6101-7001、E-mail:daito@tss-lab.com)

***正員、工修、阪神高速道路株式会社情報システム部

(大阪市中央区久太郎町4-1-3、TEL06-6252-8121、
E-mail:satoshi-yoshimura@hanshin-exp.co.jp)

****正員、工博、京都大学大学院工学研究科

(京都市西京区京都大学桂Cクラスター、
TEL075-383-3234、E-mail:uno@trans-kuciv.kyoto-u.ac.jp)

流出制御の方法については、古くから検討が行われてきている。

欧米では、1971年(昭和46年)に、フランクフルト~ハイデルベルク間の高速道路において、事故などの緊急時における迂回制御実験を実施したのが最初であるとされている²⁾。

阪神高速道路では、昭和42年(1967年)の初期交通管制システム構築に際して検討が行われ、流出推奨や流出指示などの制御手法が提案されたが³⁾、いくつかの技術的な課題への対応が困難であったことから本格的な検討はされず、主に都市間高速道路における交通制御手法として検討されてきた。

また、近年のITS(Intelligent Transport Systems)における利用者サービスにおいても、「交通管理の最適化」における「交通管理ニーズに基づく経路誘導」として位置づけられており、交通事故時に対しては、「交通事故時の交通規制情報の提供」、「事象対応交通管理の支援」サービスを検討することとしている⁴⁾。

(3) 研究の概要

本稿では、都市高速道路における障害渋滞時の流出制御の必要性とその概念形成を行い、流出制御の方法を検討する。流出制御の方法検討では、その考え方、制御実施基準の判定方法、制御に際しての情報提供の内容と方法など、実現をめざした検討を行い、今後の検討課題を整理する。

2. 流出制御の概念形成

(1) 流出制御の必要性

これまでに、阪神高速道路において「流出制御」が実施されなかった最も大きい理由は、“均一料金制”にあると考えられる。本線上の事故渋滞を緩和するために“迂回”という協力的行動を要請するのであるから、迂回先入口から再び流入する際には料金を支払う必要がないと考えられるのが一般的であり、仮に再び高速道路を利用しないことにしたとしても、本来享受すべき高速利用の便益が減少したと感ずるのは致し方ないことである。もし、再び流入する場合に料金を支払う必要がないという運用を

表-1 都市高速道路で流出制御が実施されない主な理由

- 1.均一料金制のもとでは、迂回流出して再び流入する際にもう一度料金を支払う必要があり、再流入に際しての料金収受が困難であった。
- 2.局地的な一般道路への影響が大きい。
- 3.迂回経路が複雑で案内誘導が難しい。
- 4.迂回経路所要時間予測が困難であった。
- 5.高速道路と一般道路が必ずしも1対1で競合していないために、迂回経路が所要時間短縮にならない場合がある。

しようとした場合には、非常に大きな労力を要するために現実的でなかったというのが理由の一つとして挙げられる。また、迂回出口には交通が集中して、出口接続交差点を中心とした迂回経路への交通影響が大きいこと、突然の迂回に伴う不案内な迂回経路案内方法も難しいこと、さらには、迂回経路の所要時間情報を予測することが困難であることなど、多くの障害があったためである(表-1)。

しかしながら、次のような理由から、都市高速道路においても流出制御の必要性は非常に高い。

障害渋滞の影響は非常に大きい。

- ・利用者に料金に相当する以上の時間便益を提供できない場合がしばしば発生している。
- ・障害区間に関係のない利用者に影響が及び、都市内道路網の機能が著しく阻害される場合がある。
- ・高速道路利用の安全性が著しく低下する。

入路制御だけでは制御効率が必ずしも良いとは限らず、制御が困難になる場合もある。

- ・入路制御では、隘路区間に対して制御効果が小さかったり、制御が困難な場合が発生して、制御効率が必ずしも良いとは限らない。

(2) 流出制御の概念

a) 流出制御の概念

近年のETCの普及によって、前記表-1に示すような課題への対応が可能になってきた。

均一料金制度の下では、一旦出口から流出した車両

が再び流入する場合には、新たに料金を徴収することが前提であり、この場合は、少なくとも「予定経路所要時間-迂回経路所要時間」が再度徴収される料金に見合う短縮量でなければ、迂回経路を選択するという協力的行動はほとんど期待できない。

このため、現在、「強制流出」車両が下流側で流入する際に“料金を受け取らない”という運用をしているのと同様に、“迂回”という協力的行動の依頼に応じた車両が再び障害発生地点下流側入口から流入する際には、“無料で”流入することを基本として運用することが妥当であろう。この場合、ETC搭載車両については、体系的な対応で十分運用が可能である。

したがって、事故などの障害渋滞時の渋滞を緩和し、都市内道路網の有効活用を図ることを目的として、「流出制御」を実施することが望ましい。

制御は、迂回推奨情報提供と流出指示(強制流出)を段階的に実施することが望ましく(表-2)、予定高速経路利用を変更して迂回経路を選択するドライバーに対しては、再流入時には原則無料とし、さらに、協力的行動実行意図を活性化するためのインセンティブ付与の検討も可能である。

b) 流入制御と流出制御

事故渋滞などの緊急時には、「入路制御」が実施される。「入路制御」実施時に「流出制御」を実施することは、過大制御にはならないのであろうか、あるいは重複した制御になる可能性がないのであろうか？

流入制御と流出制御を比較すると、表-3に示すとおりである。

まず、流入制御は、入口から高速道路上に流入する際に、少なくとも障害渋滞の情報を受け取ったうえで経路選択を実施している。一方で、流出制御は、既に高速道路に流入後に実施される。したがって、経路選択の意思決定の場所が異なるし、流入制御は事故渋滞の発生と流入制御の情報を知覚した上で高速道路利用を選択しているので、重複制御としての問題として検討する必要性は少ない。

表-2 流出制御の基本的な考え方

流出制御の方法	対象車両	制御の方法
迂回推奨情報提供	障害渋滞地点上流側出口手前に到達した車両	制御基準に達した渋滞発生地点上流側出口手前で、当該出口で流出して迂回経路を推奨する情報を提供する。 迂回経路を選択して下流側入口から流入する車両に対しては、再流入の料金を“無料”とする。
流出指示(強制流出)	障害渋滞地点上流側出口手前に到達した車両	車線閉塞する区間上流側で、管理隊が出口下流側本線を閉鎖し、強制的に出口から流出させる。 流出した車両が下流側で再び流入する際の料金は、“無料”とする。

表-3 流入制御と流出制御

項目	流入制御	流出制御(迂回推奨)
対象交通	・高速道路に流入する前の車両が対象	・高速道路本線上の車両が対象
制御の効果	・隘路区間に対して制御効果が小さい場合がある(隘路区間に対して関係ない車両も制御する場合、タイムラグの発生等)	・隘路区間に対して直接的に効果がある(障害地点に対する遷移確率は1.0、タイムラグは小さい)
制御の実効性	・制御が困難な場合が多い(閉鎖に対する抵抗大、入路固有の条件、待ち行列の制約等)	・迂回推奨が困難な場合は限定(迂回する道路がない場合)
制御の影響	・迂回先への影響は分散	・迂回先への影響は大(特に流出出口付近)

また、入路制御の場合、隘路区間直上流部に位置する入口以外からの流入交通量は、事故など発生区間に到達するまでにある程度の経過時間が存在するため、制御の効果を発揮するまでにタイムラグが発生するが、流出制御の場合は、隘路区間直上流部に出口がある限り(ない場合は流出制御が不能)、タイムラグなく制御の効果が発揮される。

このように考えると、流入制御と流出制御は並立するものであり、併用した運用を前提として検討を進めるとよいと考えられる。

3. 流出制御の方法

(1) 流出制御のプロセス

流出制御のプロセスは、図-1のように構成される。

障害渋滞発生当初は、渋滞情報及び所要時間情報を作成して情報提供を行うが、迂回推奨開始判別情報を生成して、入路制御実施情報を参照し、迂回推奨実施判

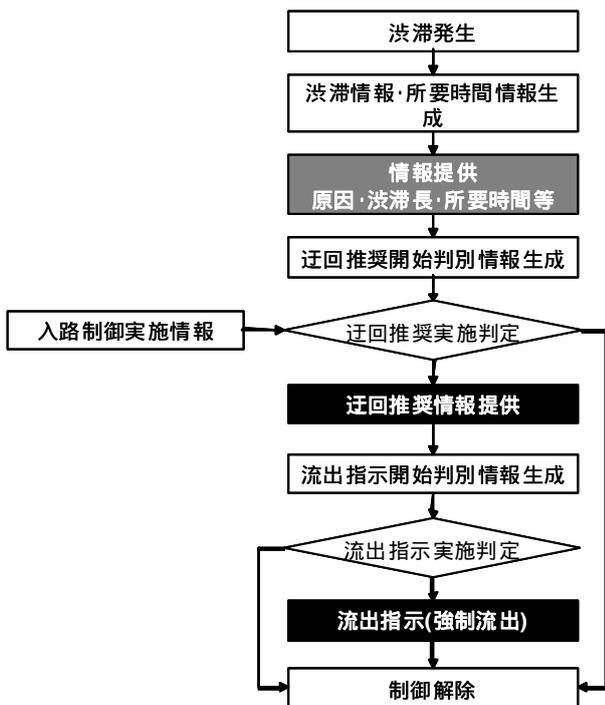


図-1 流出制御のプロセス

定を行って迂回推奨をすべき状態を判別して「迂回推奨情報提供」を開始する。

また、流出指示開始判別情報を生成して流出指示実施判定を行い、「流出指示(強制流出)」をおこなうこととする。解除も同様の判別を行って逆の手順を踏むこととする。

(2) 制御実施基準の判定方法

迂回推奨をすべき状態の判別は、道路網全体の交通状態が回復すること、迂回経路への影響が許容量を超えないこと、そして対象となるドライバーに便益があることを条件とする必要がある。また、流出指示については、物理的に車線を閉塞して強制的に流出させるための管理隊の準備が整うことが必要である。

この場合の条件は、表-4に示すような考え方に基づく必要があると考えられる。

なお、これらの判別のためには、迂回推奨を実施すべき状態の判別方法を検討するとともに、次のような課題への対応を検討しておく必要がある。

- ・高速道路と一般道路迂回経路所要時間予測の必要性
- ・迂回経路の影響予測と許容量設定方法検討の必要性
- ・協力行動実行意図を活性化するためのインセンティブの検討

(3) 情報提供の内容と方法

a) 情報提供の種別と場所及び媒体

流出推奨情報を提供するためには、「どのような情報を」、「どこで」、「どのような媒体で」提供すべきかを検討する必要がある(表-5)。

情報の種別としては、交通規制情報(規制内容と場所)、障害情報(障害原因と場所)、交通情報(渋滞情報：区間と渋滞長、所要時間情報)、そして案内情報(迂回出口、迂回経路情報)が考えられる。

提供する場所は、「高速本線上：出口手前」、「一般道路：迂回経路上」が必要であり、提供媒体は、可能な範囲で提供可能な媒体で考えるべきである。

表4 迂回推奨すべき状態の判別基準設定方法

視点	基準	課題等
道路網全体の交通状態の回復基準	(迂回推奨ナシの場合の総旅行時間-迂回推奨時総旅行時間) 0	・高速道路、一般道路迂回経路所要時間予測
迂回経路への影響基準	迂回経路への影響量 < 許容量	・評価指標の検討(例:迂回系路上交差点混雑度 1.0)
対象となるドライバーの便益基準	(予定高速経路所要時間-迂回経路所要時間+インセンティブ相当の時間) t	・高速道路、一般道路迂回経路所要時間予測 ・協力行動に対する態度と経路選択の基準

表5 提供情報の種別と場所、及び媒体

情報の種別		本線(出口手前)				一般道路(迂回経路)	
		道路情報板	道路情報ラジオ	車載器	Internet(情報ターミナル)	道路情報板	車載器
交通規制	車線閉鎖(通行止)						
	出口閉鎖						
障害情報提供	障害原因						
	障害場所						
交通情報	渋滞情報						
	所要時間情報						
案内	迂回出口						
	迂回経路						

:交通規制情報

:案内情報

b) 提供すべき情報の内容

提供すべき情報の内容を以下に示す。

まず、障害情報については、現行システムでも十分に提供が可能であるが、所要時間情報については、高速予定経路上の経路所要時間、迂回経路所要時間を予測する必要がある。

また、迂回経路については、一般道路の幹線が高速道路と必ずしも競合していない場合が多いことやネットワーク形状からして、ドライバーが迂回経路を知らない場合が多いことを前提として、経路情報、迂回先入路の案内、経路誘導情報などを準備するとともに、事前に迂回経路を設定して周知することも一つの対応方法であると思われる。

さらに、迂回推奨をするメッセージについても、事前にドライバーの知覚や態度と関連して十分に検討しておく必要がある。

交通規制情報

- ・規制場所：路線区間、入口/出口
- ・規制内容：閉鎖など
- 対象となる障害情報
- ・障害発生場所と原因

- ・渋滞の起点/終点と渋滞長
対象となる渋滞情報
- ・渋滞の起点/終点と渋滞長
交通情報
- ・迂回先入路までの本線経路所要時間、迂回経路所要時間

案内情報

- ・迂回経路情報：迂回先入路情報、迂回経路案内情報
- ・迂回推奨メッセージ(Word:迂回してください,迂回をお願いします,迂回をおすすめします)

c) 提供媒体と方法

ここでは、主要な提供媒体である「道路情報板」と「次世代VICS(車載器)」について、可能性を検討する。

路情報板

- ・出口手前の既設道路情報板(2段式)で提供は十分可能であると考えられる(図-2)。
- ・しかし、放射線下り端末などに設置されている1段式などでは、十分な情報を提供できないため、交互表示、補完する情報板の設置、もしくは2段式道路情報板設置などを検討することが必要である。
- ・なお、迂回経路を含む所要時間情報提供については、



上段: 障害渋滞情報(渋滞区間・原因・渋滞長)
下段: 迂回経路情報、迂回推奨メッセージ

図2 既設情報板での迂回推奨メッセージ例

流出制御用の専用情報板を検討する必要がある。

次世代VICS(車載器)

・車載器の普及が前提ではあるが、各出口手前で独立した情報提供が可能であることを確認する必要がある。

4. まとめと今後の課題

(1) まとめ

ここでは、「緊急時流出制御」について、概念形成と基礎的な検討を行った。この結果、都市高速道路における障害時などの緊急時渋滞制御として、流出制御を大きな労力や新たな技術開発なしで実施できるかもしれないことがわかった。

都市高速道路を取り巻く環境は、激変している。たとえば、距離料金制への移行が提示されているものの見通しは立っていないこと、多様な割引料金導入の推移性

にあること、高速道路無料化の議論など、流出制御にとっても大きな影響がある可能性は否定できない。たとえば、「一日乗り放題料金」などの導入は、再流入時の料金抵抗が極めて低くなるかもしれないし、交通事故などの緊急時に限定した運用なども意味がなくなるかもしれない。

したがって、当面は「緊急時流出制御」として迂回推奨情報提供の実施に向けた検討を進めていくことが考えられ、将来的には、料金施策との連携による流出制御、平常時(交通集中渋滞時)を含む流出制御なども視野に入れた検討を進めていくことが考えられる。

(2) 今後の課題

a) 迂回推奨時の所要時間予測方法の検討

迂回推奨時における所要時間情報提供は、協力行動である迂回経路選択に際して非常に重要である。

現在の交通管制システムでは、高速道路本線上の予測所要時間情報提供は十分可能であると見通されるが、一般道路の迂回経路所要時間予測は困難であるし、迂回推奨に伴うドライバーの経路選択行動についてもほとんど見えない。

このため、今後は次のような検討を行い、迂回推奨時の所要時間予測を実現する必要がある。

なお、迂回経路の所要時間が得られるまでの運用方法については、当面の流出制御手法として検討しておくことが望まれる。

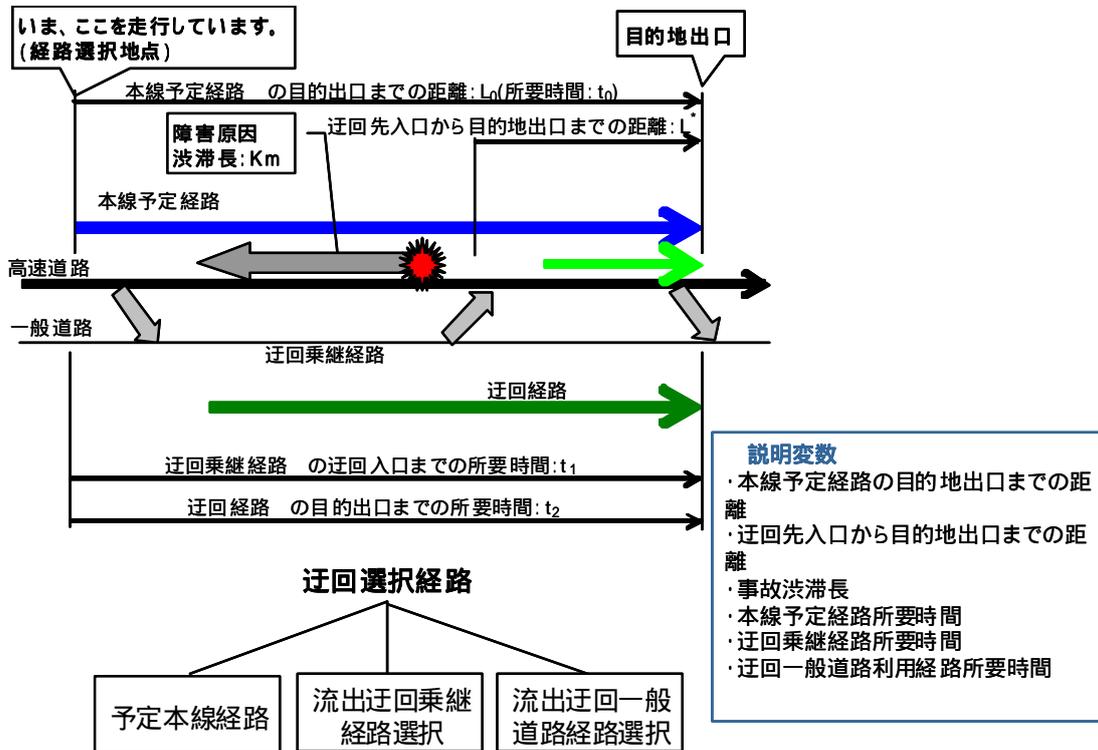


図3 迂回推奨時仮想経路選択モデル分析のイメージ

リアルタイムの一般道路交通データ収集
・関係機関交通管制システムデータの収集、活用方法の検討

・プローブデータの活用方法の検討
迂回情報提供に伴う経路選択モデル分析
・迂回推奨に伴う経路選択モデル調査と分析(図-3)
迂回推奨時の高速予定経路・一般道路迂回経路所要時間予測の実現

・高速・一般道路網を対象とした交通流シミュレータの開発(例えば阪神高速道路交通流シミュレーション HEROINEの他機関及び一般道路網への拡張)

b) 利用者の受認性・態度などに関する検討
迂回推奨情報提供によって、ドライバーには迂回経路を選択するという協力行動を採用していただかなければならない。

このためには、ドライバーに受認していただき、協力行動をしようとする態度を醸成し、実行意図を活性化させる必要がある。

また、情報提供システムを構築するためには、提供情報を知覚し、理解していただくための検討も必要である。

利用者の受認性調査

・ドライバーへの広報とアンケート調査などを通して、流出制御を理解し、実施を受け入れていただくための取り組みをしていく必要がある。

事前啓発、教育の取り組み

・迂回推奨情報提供によって協力行動を採用していただくためには、単なる広報だけでなく、迂回推奨の目的とねらいを認知し、理解していただくとともに、協力行動を採用しようという態度、行動意図、実行意図を活性化するための啓発、教育の取り組みが必要である。

提供情報知覚試験など

・新しい情報提供であるため、情報内容やメッセージが容易に知覚できることが必須条件である。このため、道

路情報板に表示するメッセージや、車載器の表示などについては、利用者の知覚試験を通した検証を行う必要がある。

c) 迂回推奨情報提供システムの検討

交通管制システムの中に、交通制御機能の一つとして「迂回推奨情報提供システム」を開発し、運用する必要がある。

この場合、一度に全てのモデルが導入可能かどうか不明であるため(たとえば、一般道路迂回経路所要時間予測には、関係機関協議も必要であるため、相当程度の時間が必要である)、当面の運用から長期的にわたる戦略的な構築を検討しておく必要がある。

d) 運用方法の検討

迂回推奨情報提供の実現のためには、実施判定方法と基準、インセンティブ付与のあり方と具体的な付与方法、提供情報の生成方法など、多くの運用課題が指摘されている。

今後はこれらの課題への対応を具体的に検討、設定するとともに、一般道路迂回経路予測所要時間の提供ができるまでの間の運用方法などを検討する必要がある。

参考文献

- 1) (社)交通工学研究会：「阪神高速道路の渋滞対策に関する調査研究報告書」1980.03
- 2) J.T.Duff：Accomplishment in Freeway Operations outside the United States, HRR, No.368, pp9-25, 1971
- 3) 井上矩之：「都市間高速道路の交通制御に関する基礎的研究」学位論文，1973.11
- 4) 「ITSに係るシステムアーキテクチャー」警察庁，通商産業省，運輸省，郵政省，建設省，1999.11 http://www.its-jp.org/about/arch/doc/sys_main.pdf