

都市高速道路における渋滞水準制約による動的流入制御の提案

岐阜大学

交通システム研究所

阪神高速道路公団

岐阜大学

正会員 奥嶋政嗣

正会員 大藤武彦

正会員 雪本雄彦

正会員 秋山孝正

1. はじめに

都市高速道路における交通制御の方法として、近年の各種情報技術の進展に伴って、流入交通量の高度な調整方法の適用が可能となってきた。

既存研究において、都市高速道路本線上で渋滞を発生させないように、入路での流入交通量を調整するLP制御などの予防制御が提案され、適用性の検討も行われている。しかしながら、予防制御に対する合意形成は成立していないため、実際の流入制御手法として適用されていない。

本研究では、都市高速道路において、渋滞水準の限界までの範囲で渋滞発生を許容し、その限界を超過しないように各入路料金所での流入可能台数を決定する流入制御方法を提案する。このとき、各入路から各対象区間までの制御対象時間内での、動的に変動する到達率についても考慮する。さらに、このような流入制御方法を検証するため、流入可能交通量の算定手順を整理し、交通流シミュレーションモデルへ組み込みを行う^{1),2)}。

2. 渋滞水準制約による流入制御の概要

本研究で提案する渋滞水準制約による流入制御について、その概要を記述する。

(1) 制御開始の判断

提案する流入制御のイメージを図-1に示す。まず、渋滞長の基準値として、「制御開始水準」と「渋滞限界水準」を定義しておく。

「制御開始水準」と「渋滞限界水準」はともに流入制御の必要性を判断するための閾値である。渋滞長が短ければ渋滞発生は許容される。そのため、制御開始水準の値を超過しない場合には、制御を実行しないこととする。また、予測された30分後までの最大渋滞長が、渋滞限界水準を超過した場合には、制御目標を満足させるように各入路の流入可能交通量を決定する。

(2) 流入制御による渋滞延伸の抑制

区間の渋滞を表す指標としては、走行速度を用いる。ここで、走行速度が30[km/H]以下の場合を渋滞とする。非渋滞区間においては、最大交通量を流出入を可能とする臨界速度以上になるように速度制約を設定する。

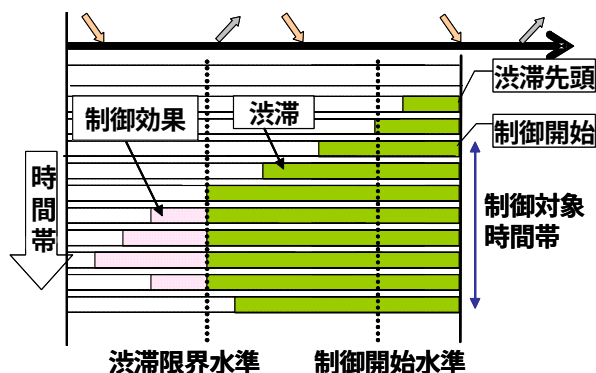


図-1 渋滞水準制約による流入制御のイメージ

また、渋滞区間においては停止状態とならないように、最低速度10[km/H]以上となるように制約条件を設ける。このような制約を設定することで、渋滞解消のために流入交通量を抑制しすぎることなく、渋滞延伸を抑制することが可能となる。このとき、制御目標としては、総流入台数最大化を目指すこととする。

なお、各入路では、流入需要交通量、許容待ち台数の待ち行列制約は、各入路における許容待ちスペースの制約を受けるものとする。

3. 渋滞水準制約による流入制御モデルの定式化

前章で述べた渋滞水準制約による流入制御方法を、総流入台数最大化問題としてモデルの定式化を行う。

(1) 区間の速度-密度特性

まず、本研究で対象とする都市高速道路網における本線区間 a について、速度-密度特性（いわゆるKV式）として、式(1)に示すようにドレイクの式を採用することとした。

$$V_a = V_f e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{K}{K_0} \right)^2} \quad (1)$$

V_f ：自由走行速度， K_0 ：臨界密度

(2) 問題の定式化

都市高速道路の流入制御の最適化問題は、LP制御として定式化されている。本研究で提案する渋滞水準制約による流入制御の定式化は、このLP制御の定式化を拡張することで記述可能である。区間走行速度の制約、流入需要制約、待ち行列制約を制約条件として、総流入台数最大化問題として定式化すると、以下のように記述できる。

キーワード：流入制御、交通流シミュレータ、渋滞緩和

連絡先（〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 岐阜大学工学部社会基盤工学科都市デザイン講座，tel: 058-293-2446 fax: 058-230-1528）

$$\max \sum_{i \in I} U_i^s \quad (for \forall s) \quad (2)$$

subject to

$$V_a^{s+1} = V_f e^{\frac{-1}{2} \left\{ \frac{K_a^s + (Y_a^s - X_a^s) / L_a}{K_0} \right\}^2} \geq V_a^{\min} \quad (3)$$

$$0 \leq U_i^s \leq U_i^{sd} \quad (for \forall s) \quad (4)$$

$$D_i^s \leq D_i^{\max} \quad (5)$$

U_i^s : 時間帯 s におけるオンランプ i への流入交通量

Y_a^s : 時間帯 s における区間 a への流入台数

X_a^s : 時間帯 s における区間 a からの流入台数

D_i^s : 時間帯 s におけるオンランプ i での待ち行列長

式 (2) は、目的関数で、総流入台数最大化を表している。
式 (3) ~ (5) が制約条件であり、式 (3) はリンク a の走行速度制約、式 (4) はオンランプ i の流入需要制約、式 (5) はオンランプ i の許容待ち行列長制約を表している。

4. 流入可能交通量算定手順

ここでは、提案した流入制御方法の効果を評価するために、交通流シミュレーションへの組込みを行う。そのための具体的な流入可能交通量の算定手順について整理する。

(1) 制御実行フロー

制御計算の実行フローを図-2 に示す。流入制御における制御率の切り替えのタイミングは、5分ごととしている。現況において渋滞長が制御開始水準を超過しており、なおかつ渋滞予測において、予測渋滞長が渋滞限界水準を超過する場合に流入交通量を制御するものである。

(2) 渋滞予測

現況交通状況と流入需要予測値に従い、予測時刻30分先までの交通流シミュレーションを行い、渋滞限界水準を超過していないかを予測5分ごとに判定する。このときは、流入制御を行わないものとして算定する。

ここでの交通流シミュレーションは内部モデルであり、制御判定をおこなう時間軸で動作する交通流シミュレーション (外部モデル) とは、区別して考える必要がある。

(3) 到達率算定

入路 i から車輦が流入する時刻 s と、区間 a への到達する時刻の間には、車輦が本線上を移動する旅行時間 T_{ias} の分だけ差が生じる。ここで時間帯 s にオンランプ i から流入した車輦について制御対象時間 CT 以内に区間 a への到達率 W_{ias} は、区間 a を含む経路の選択確率 P_{ia} を次のように記述できる。

$$W_{ias} = P_{ia} \cdot (CT - T_{ias}) / CT \quad (6)$$

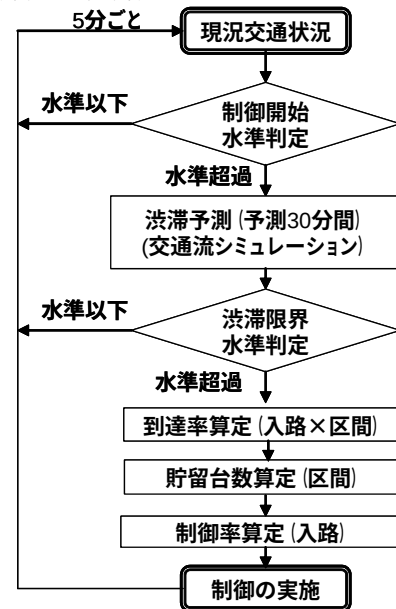


図-2 制御量算定フロー

(4) 貯留台数算定

区間の走行速度制約の式 (3) は両辺の対数をとって整理すると存在台数制約に置きなおすことができる。

$$K_a^s L_a + (Y_a^s - X_a^s) \leq K_0 L_a \sqrt{2 \ln \left(\frac{V_a^{\min}}{V_f} \right)} \quad (7)$$

制御対象時間 CT 後に区間 a に貯留される車輦台数 R_a は、流入交通量と流出交通量の差として算定できる。

$$R_a = (Y_a^s - X_a^s) = \sum U_i^s \cdot (W_{ias} - W_{i(a+1)s}) \quad (8)$$

(5) 制御率算定

総流入台数最大化問題を解き、各入路の流入可能台数を算定する。流入可能台数を、入路通過可能台数で除して、流入制御率とする。

5. おわりに

本研究では、都市高速道路の流入制御方法として、渋滞水準制約による動的流入制御を提案した。また、この方式を数理最適化問題として定式化し、具体的な流入可能交通量の算定手順について整理した。

今後の課題としては、実際に都市高速道路への適用のため、交通流シミュレーションモデルを用いた評価を行うことが挙げられる。

謝辞: 本研究で提案した流入制御方法は、「阪神高速道路の交通渋滞対策に関する調査研究委員会」での議論を参考としたものであり、ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 奥嶋政嗣, 大窪剛文, 大藤武彦: 都市高速道路における交通管理施策評価のための交通シミュレーターの開発, 第26回土木計画学研究・講演集, CD-ROM, 2002
- 2) T.Yukimoto, M.Okushima, N.Uno, T.Daito: Evaluation of On Ramp Metering on Hanshin Expressway Using Traffic Simulator (HEROINE), The9th World Congress on Intelligent Transport Systems (2002)