

都市高速道路のオンライン動的流入制御モデルの構築

国土交通省 正員 高野 明 京都大学大学院 正員 宇野 伸宏
 京都大学大学院 フェロー 飯田 恭敬 京都大学大学院 学生員 熊野 哲也
 阪神高速道路公団 大窪 剛文

1. はじめに

都市高速道路が良質な信頼性の高い道路交通サービスを提供するためには、交通管制システムの高度化が必要である。アクセス制限された都市高速道路では、オンランプでの流入制御が主たる交通制御方策と考えられる。本研究では ITS 技術の目覚ましい発展に伴う詳細な動的データの入手可能性を考慮し、オンライン観測データを入力とした動的流入制御モデルを構築し、その有用性を適用計算により検証する。流入交通量を操作変数とした入路流入調整方式と、開口ブース数を操作変数とした入路閉鎖ブース制限方式の2制御方式について比較検討する。

2. 流入制御方式について

本節では、都市高速道路で採用されている入路閉鎖ブース制限方式と、本研究の主な検討対象である入路流入調整方式との違いを説明する。入路閉鎖ブース制限方式（図1）は、入路料金所の開口ブース数の調節（完全もしくは一部閉鎖）で対応しており、過剰あるいは過小制御となる可能性が考えられる。入路流入調整方式（図2）では、料金所ブースの閉鎖は原則無く、車両の流入間隔の調整により流入交通を制御する。

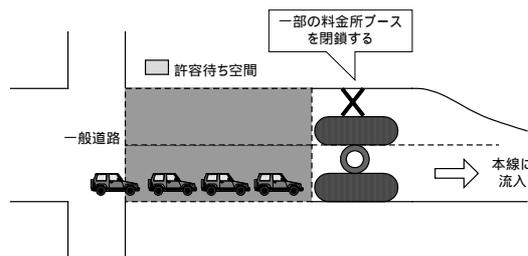


図1 入路閉鎖ブース制限方式

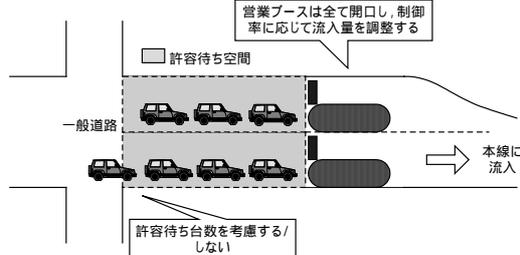


図2 入路流入調整方式

3. 動的LP流入制御モデルの構築

(1) モデルの概要

本研究では、流入需要に応じた各タイムステップの流入可能量を LP として求める流入制御モデルを構築する。その際、交通集中渋滞防止のための制約条件を明示的に取り込む。以下に示す流入制御モデルは基本的に予防制御のためのモデルである。本研究で提案しているオンライン型モデルの特徴は以下の2点である。

- a) リンク上の車両検知器による収集データ(交通量, 速度, 占有率(密度))を制御モデルの入力として利用する。なお後述の適用計算では、観測データは交通流シミュレーションによる推定値で代用するものとする。
- b) 2 タイムステップ以前の観測データが利用可能とする。1 タイムステップ前については、データ処理時間を考慮すると、制御モデルの入力としては利用不可と仮定する。

(2) 定式化

本研究では、総走行距離最大化を目的関数(式(1))として用いる。制約条件としては、流入交通量の上下限の制約(式(2))とリンク容量制約条件(式(3))を用いる。

$$\max \sum_i \bar{d}_i^r U_i^r \quad (1)$$

$$UL_i^r \leq U_i^r \leq UH_i^r \quad \text{for } \forall i \in \mathbf{I} \quad (2)$$

$$Y_{1l}^r + Y_{2l}^r \leq Ca_l^r \quad \text{for } \forall l \in \mathbf{L} \quad (3)$$

\bar{d}_i^r : 制御対象タイムステップ

d_i^r : オンランプ i の流入交通の平均走行距離

UL_i^r, UH_i^r : タイムステップ r におけるオンランプ i からの流入交通量の最小値, 最大値 (流入需要)

U_i^r : タイムステップ r , オンランプ i からの流入交通量

Y_{1l}^r : タイムステップ r , リンク l の流出交通量のうち, リンク l の上流部オンランプから流入した交通量。(操作変数 U_i^r と影響係数より推定.)

Y_{2l}^r : タイムステップ r , リンク l の流出交通量のうち, タイムステップ $r-1$ 冒頭に本線上に残存していた交通量。

キーワード：交通管制，流入制御，観測交通データ，交通流シミュレーション

連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻 TEL：075-753-5126

（リンク観測データより推定（既知）.）

Ca_l^r : タイムステップ r , リンク l の流出量の上限值

4. オンライン流入制御モデルの適用計算結果

本節では、仮想ネットワーク(図3)に対する流入制御モデルの適用計算を行い、モデルの有用性の確認を試みる。

(1) オンライン流入制御モデルの有用性

リンク観測データを入力としないオフライン流入制御モデルとの比較により、オンライン流入制御モデルの有用性評価を試みる。オンライン制御モデルの有用性は、流入需要に予測誤差が含まれる時に顕在化すると考えられる。流入需要が過小予測のケース(図4)を想定する。

図5の総走行時間・平均待ち時間の推定値から、オンライン流入制御モデルを適用し検知器を各リンクの上・下流側の計2カ所設置としたケースでは、流入交通全体でみた便益の増大を確認できた。検知器が各リンク1カ所のみの場合、本線上の交通状態の制御モデルへの的確な反映が難しいため、制御効果が十分に認められない。オフライン制御モデルではモデルの推定交通状態と実際の状態は同じと仮定しており、流入需要の予測誤差に起因する渋滞を制御モデルに反映させていないため、流入制御の効果が確認されない。

(2) 入路閉鎖ブース制限方式と入路流入調整方式の比較

入路閉鎖ブース制限方式の制御解は、GAを利用して求めた。紙幅の制約より詳細な説明は割愛する¹⁾。図6に示す走行時間・平均待ち時間の推定値より、開口ブース数を操作変数とした流入制御モデルでは、制御が必要な場合に、料金徴収ブースの開閉で対応するため、渋滞予防に必要な制御量よりも過剰制御となる傾向がある。そのため総走行時間は減少するが、待ち時間が増加し、総所要時間でみると制御なしの場合よりも増大している。

なお、実際に流入制御が実施される場面と比較した場合、ここでは高速道路の利用を取りやめる交通の影響が考慮されていないため、入路閉鎖ブース制限方式の待ち時間は過大評価の傾向にある点に留意していただきたい。

5. まとめ

本研究では観測交通データを入力の一部とした動的流入制御モデルの構築を目的とし、仮想ネットワークを対象とした適用計算によりモデルの有用性を示した。リンクの流下方向に対して複数の検知器を設置し、リンク内の交通状態の空間的差異に着目し、リンク観測交通データを把握した場合、オンライン流入制御モデルは流入需要予測誤差の悪影響を緩和し、渋滞予防に適切な制御解

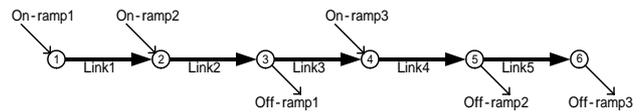


図3 数値計算用ネットワーク

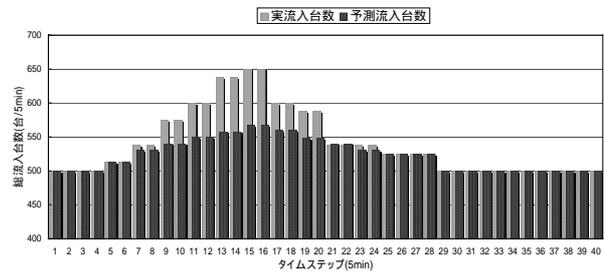


図4 実流入需要と予測流入需要との関係

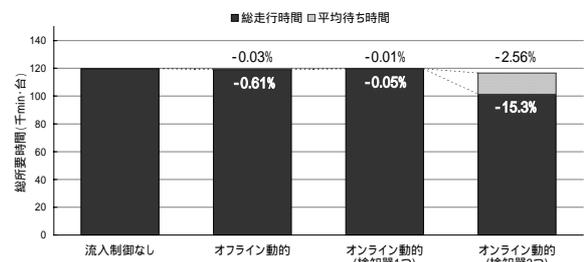
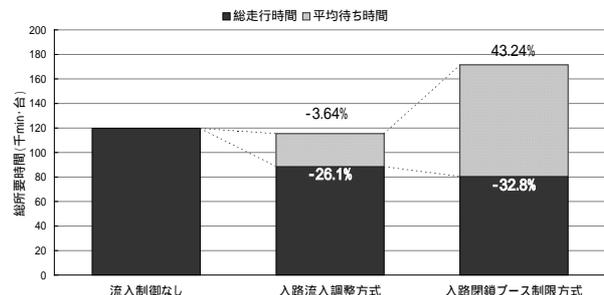


図5 オンライン制御モデルの有用性評価



上段の%は、制御がない場合の総所要時間に対する減少率、下段の%は、制御がない場合の総走行時間に対する減少率を表す

図6 制御方式による有用性の差異

を提供できることが分かった。また、入路閉鎖ブース制限方式を想定した流入制御モデルと比較した結果、入路流入調整方式に準じたモデルでは、細やかな制御ができるため、渋滞の削減効果ならびに道路利用者側の便益は大きいことを確認した。交通情報提供の効果も加味した形で流入制御効果の検証を行うこと、ならびに実規模ネットワークへの適用を行うことが今後の課題である。

謝辞 本研究の適用計算は、京都大学大学院の永廣悠介氏の多大なるご協力を得て実施した。記して謝意を表します。

【参考文献】

1) 熊野哲也, 飯田恭敬, 宇野伸宏, 高野明: 開口ブース数を変数とした都市高速道路のオンライン流入制御モデル, 土木学会関西支部年次学術講演会(平成15年度)講演集, 印刷中, 2003.