

IV-247

都市高速道路の動的なLP型流入制御モデルの数値計算

愛媛大学大学院 学生員 玉木 敦
 愛媛大学工学部 正会員 朝倉康夫
 愛媛大学工学部 正会員 柏谷増男
 愛媛県庁 正会員 山内敏通

1. はじめに

最近では、交通流の観測機器・システムなどの発達に伴い、時々刻々と変化するネットワーク上の交通量や走行速度などの詳細なデータが容易に観測できるようになっている。これらの観測されたデータはオンランプ流入制御のインプットデータとして使用することができる。本研究では高速道路網上で得られる観測データを用いて、ネットワーク上を走行する車両の時間的な変動を推計するとともに、その結果を従来のLP型の流入制御モデルと組み合わせた動的な流入制御モデルを開発し、その数値計算を行った。

2. 制御モデル

(1) モデルの枠組み

本研究で構成される動的なLP型流入制御モデルシステムの全体的枠組みを図1に示す。実際の都市高速道路では5分程度の時間間隔で制御変数を更新していることを考慮して、以下で説明する流入制御モデルでも時刻を離散的に表現する。制御時間帯を dt とし、時刻 $t \sim t+dt$ の間を時間帯 t と呼ぶ。制御変数は、時間帯 t に各ランプから流入することのできる流入台数（許容流入台数）である。

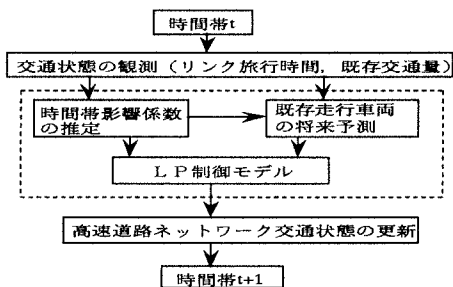


図1 流入制御システムの枠組み

図中の点線枠内が時間帯ごとの許容流入量を決定する流入制御モデルである。このモデルは、時間帯影響

係数の推定、現在ネットワーク上を走行中の車両に関する将来予測、オンランプからの許容流入量を決定するLP制御モデルから構成される。

(2) 時間帯影響係数

時間帯影響係数 $Q_{ia}(t, s)$ とは、時間帯 t にランプ i から流入した1台の車が時間帯 s ($s > t$)の期末（すなわち時刻 $s+dt$ ）にリンク a に存在する割合であり、従来のLP制御で用いられていた静的な影響係数を動的に拡張したものである。 $Q_{ia}(t, s)$ の作成には直前の時間帯 $(t-1)$ における観測データを用いるものとする。

(3) リンク容量制約

リンクに関する制約条件は、各時間帯の新たな流入によるリンク交通量が残存リンク容量を上まわらないことである。ここに残存リンク容量とはリンク容量 C_a とリンク交通量の差をいう。現時間帯のリンク交通量は、観測値から得られる。しかし、将来の時間帯のリンク交通量は未知である。そこで、現在ネットワーク上を走行中の車両について将来の挙動を予測するとともに、将来時点で流入した車両についてもその挙動を予測して将来リンク交通量を求める。将来時間帯 s におけるリンク容量制約は

$$\sum_{i \in I} Q_{ia}(t, s) X_i(t) \leq C_a - \sum_{b \in B_a} Q_{ba}(t-1, s) Q_b(t-1) \quad (1)$$

となる。

(4) 需要の積み残し

従来のLPモデルと同様に、時間帯 t の新たな流入需要 $\alpha_i(t)$ は別途に予測されているとしよう。流入需要に見合う台数が流入できないなら、オンランプで新たに $\alpha_i(t) - X_i(t)$ の待ち車両が発生する。これらは次の時間帯の流入需要に付加されるから、時間帯 $t+1$ の流入需要は

$$\alpha'_i(t+1) = \alpha_i(t+1) + \{\alpha_i(t) - X_i(t)\} \quad (2)$$

と表される。 $\alpha'_i(t)$, $\alpha'_i(t+1)$ は、それぞれ時間帯 t , $t+1$ において積み残しされた待ち台数を加えた流入需要である。

(5) モデルの定式化

目的関数は、現時点から将来のある時間帯までの許容流入量の総和の最大化である。

$$z = \sum_{i \in I} \sum_{t=t}^{t+T} x_i(t) \rightarrow \max \quad (3)$$

制約条件は将来時間帯で新規の流入によるリンク交通量が残容量以下でなければならないという条件

(式(1)で表されるリンク容量制約), 流入量は積み残しにより修正された流入需要量以下でなければならないという条件(4), 流入量に対するランプの構造上の制約(5)および非負条件(6)である。

$$x_i(t) \leq \alpha'_i(t) \quad \forall i \in I, \tau = t, \dots, t+T \quad (4)$$

$$x_i(t) \leq \beta_i \quad \forall i \in I, \tau = t, \dots, t+T \quad (5)$$

$$x_i(t) \geq 0 \quad \forall i \in I, \tau = t, \dots, t+T \quad (6)$$

3. 数値計算例

(1) ケース設定

簡単なネットワークを対象として提案したモデルシステムの数値計算を行う。数値計算では交通流シミュレーションモデルにより高速道路交通流の変化を代替的に記述するものとする。流入制御モデルで求められた許容流入量は、交通流シミュレーションモデルのインプットとなる。用いたネットワークを図2に示す。オン・オフランプ間には経路は1本しか存在しない。リンクはすべて一方通行で、リンク長はいずれも2kmである。リンクは500m単位の4つのブロックに分割される。各ブロックに存在できる台数は100台とする。制御時間間隔 Δt は2分とし、シミュレーションの時間間隔 Δu は0.2分とした。

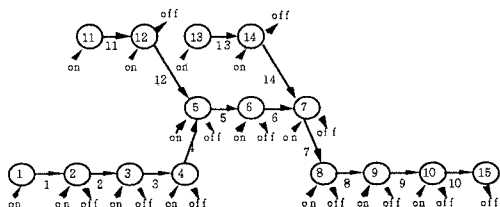


図2 数値計算に用いたネットワーク

ケース設定は以下の2通りである。

(A)制御しない場合

(B)5時間帯先までの容量制約を考慮して制御する場合

(2) 数値計算結果

表1に2つのケースそれぞれについて1台あたりの本線上の走行時間、オンランプでの待ち時間、走行時間と待ち時間の和を示す。

表1 走行時間と待ち時間の比較（単位：分）

ケース	I. 走行時間	II. 待ち時間	I+II
A	15.80	0.12	15.92
B	6.78	7.88	14.66

ケースAは制御をしないのでほとんど待つことなくしに流入できるが、本線上は混雑するため走行時間は長い。ケースAに比較すると、ケースBは待ち時間は長くなるものの走行時間が小さくなり、待ち時間と走行時間の和で見ると制御しない場合の85~90%に減少している。

図3はケースA,Bそれぞれのリンク上の存在台数の時間変化を見たものである。これを見るとケースBは、制御を行わないケースAと比べて存在台数が大幅に押さえられていることがわかる。以上の結果から、ここに示したネットワークと前提条件の範囲では本研究で提案したLP制御方式が有効であることが確認できた。

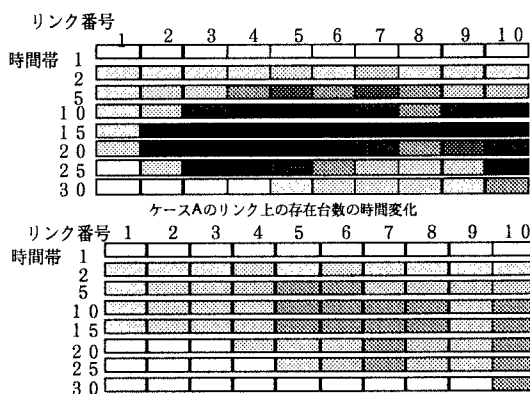


図3 リンク上の存在台数の時間変化

【参考文献】

朝倉康夫, 山内敏通 (1995) 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, No. 18 (2), pp. 257-260.