

京都大学工学部地球工学科 学生員 ○熊野哲也
 京都大学大学院工学研究科 フェロー 飯田恭敬
 京都大学大学院工学研究科 正会員 宇野伸宏
 京都大学大学院工学研究科 学生員 高野 明

1. はじめに

現在都市高速道路では渋滞の緩和・解消を図るため、流入制御が行われている。情報通信技術や観測システムの発達に伴う観測交通データの入手可能性を考慮すると、オンライン流入制御の適用モデルによる効率的な都市高速道路の運営が期待できる。本研究では LP 制御手法を基礎とし、リンク観測データを利用したオンライン動的流入制御モデルの構築を目的とする。また、このモデルとオフライン動的流入制御モデルを比較することによって、その基本特性、有用性等について検討する。

2. オンライン流入制御モデルの構築

2.1. モデルの概要

本研究では、入路閉鎖・ブース制限方式による流入制御の高度化を目指して、流入需要に応じた適切な開口ブース数を、制御単位時間を表す5分間のタイムステップごとに求めるための最適化問題を構築する。その際、車両検知器データをオンライン利用する。制御モデルの操作変数を開口ブース数とすると、離散的な整数型の最適化問題となり、厳密解を求めることが難しくなる。そこで本研究では整数型の最適化問題において、効率的に解が求まる GA (遺伝的アルゴリズム)を用いる。制御モデルの実ネットワークへの適用性を考慮すると、GA は効率的かつ迅速に求解可能な最善な手法と考えられる。

2.2. 前提条件

- ① 流入需要の時間的変化を明示的に考慮できるモデルとする。流入需要とは、オンランプの流入需要量及び流出オフランプの選択状況を意味する。
- ② ネットワーク上の交通状態(速度・密度)の時間変化を考慮可能なモデルとする。
- ③ 各タイムステップ内では、流入需要・交通状態の定常性を仮定する。

2.3. リンク観測交通データの取り扱い方

本研究では、リンク観測交通データ(交通量・密度・速

度)は、リンク末端上に設置された車両検知器より得たものとする。制御対象タイムステップ r の流入制御解を求める場合、直前のタイムステップ $r-1$ (1 タイムステップ前)の観測データは、収集・処理に要する時間を考慮して利用不可能とし、タイムステップ $r-1$ の制御解を予測値として利用する。利用可能な最新の検知器データは、タイムステップ $r-2$ (2 タイムステップ前)のデータとする。

2.4. 定式化

本研究では流入制御モデルの目的関数として、総走行距離最大化の目的関数(式(1))を用いる。また、制約条件として、流入交通量の制約条件(式(2))と渋滞予防のための制約条件(式(3))を用いる。なお、渋滞予防のための制約条件としてはリンク容量制約条件を用いる。

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

$$U_i^L \leq U_i^r \leq U_i^H \quad \text{for } \forall i \in I \dots\dots\dots (2)$$

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

$$U_i^r = \min(U_i^H, \gamma B_i^r) \dots\dots\dots (4)$$

r : 制御対象タイムステップ

$\bar{d}_i^r$: タイムステップ r 、オンランプ i についての流入交通1台当りの平均トリップ長

U_i^r : タイムステップ r 、オンランプ i の流入需要

U_i^L : オンランプ i からの流入交通量の最低需要

U_i^H : オンランプ i からの流入交通量の最大需要

Y_{li}^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

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 $r-1$ 冒頭時点で本線上に残存していた交通量

Ca_l^r : タイムステップ r におけるリンク l の流出量の上限值

γ : 1 ブースあたりの最大処理台数(台/5分)

B_i^r : タイムステップ r のオンランプ i の開口ブース

3. オンライン流入制御モデルの有用性評価

3.1. 計算条件

本節では、図1に示す仮想ネットワークにおいて、ブロック密度法による動的ネットワークシミュレーションを実施し、GA を利用したオンライン流入制御モデルの有用性の評価を行う。オンライン流入制御モデルの有用性は、リンク観測交通データを利用しないオフライン流入制御モデルと比較することによって、評価することができる。特に、流入需要量の予測に誤りが生じ、予測とは異なった流入需要が生じた場合、両モデルの適用計算結果に違いが生じると考えられる。ここでは流入需要のピーク時に予測より過大な交通量が生じた場合(図2)を考える。

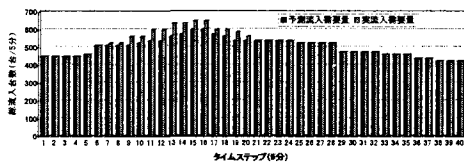
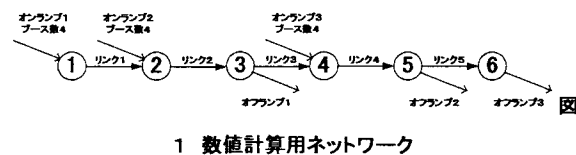


図2 予測流入需要量と実流入需要量

3.2. 計算結果

制御なしの場合のシミュレーション結果を示す。図3にタイムステップ毎、ブロック毎の交通密度を示す。表中で網掛けされているブロックは、臨界密度(111.8 台/km)を超え、渋滞に陥っているブロックである。図3より、上流リンクからの流下交通にオンランプ流入交通の合流が生じるリンク2,4のブロック1が、ボトルネックとであることが分かる。

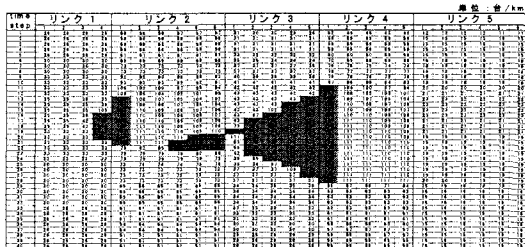


図3 タイムステップ毎、ブロック毎の交通密度(制御なし)

次に、オフライン流入制御モデルを適用した場合のタイムステップ毎、ブロック毎の交通密度を図4に示す。図4を見ると、ボトルネックであるリンク2,4のブロック1にお

いて、密度の増加を十分に抑制することができず、渋滞伝播の発生が確認される。オフライン流入制御モデルでは、リンク観測交通データを利用することなく、予測流入需要量から制御解を算出している。そのため、渋滞の発生など時々刻々変化する交通状態を把握できず、流入需要に見合った制御が行われなかったと言える。

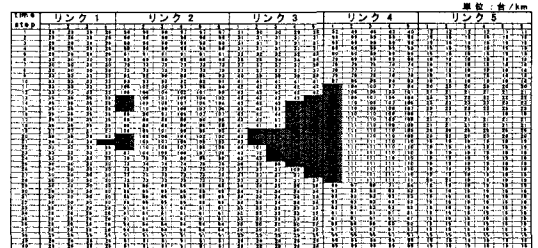


図4 タイムステップ毎、ブロック毎の交通密度(オフライン制御)

オンライン流入制御モデル適用時のタイムステップ毎、ブロック毎の交通密度を図5に示す。図5より一旦リンク4のブロック1を先頭に生じた渋滞が抑制され、ほぼ解消されていることが分かる。オンライン流入制御モデルでは、予測流入需要量とリンク観測交通データに基づきリンクの空き容量を算出し、容量を越えないように制御が行われている。そのため、予測に誤りがある場合でも、適切な制御が行われ、渋滞の拡大を抑制しすることができる。

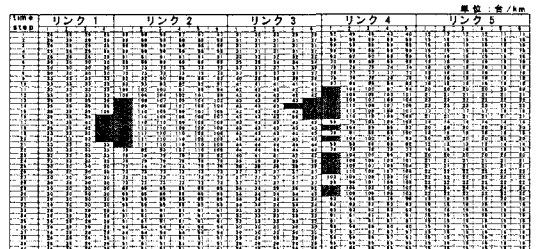


図5 タイムステップ毎、ブロック毎の交通密度(オンライン制御)

4. まとめ

本研究では、リンク観測交通データを加味したオンライン動的流入制御モデルを構築し、交通シミュレーションモデルを用いて、その有用性を確認した。流入需要に誤差がある場合でも、リンク観測交通データを用いれば、流入需要に見合った適切な制御を行うことができ、渋滞の拡大を抑制することができた。現実の都市高速道路においては、流入需要量を正確に予測することは困難であると考えられる。予測に誤りが生じた場合でも適切な制御を行えるオンライン流入制御モデルは、実用性が高いと言える。