

ドライバーの経路選択行動を考慮した動的流入制御モデルの開発*

Development of Dynamic On-ramp Traffic Control Model

Considering Driver's Route Choice Behavior

飯田恭敬** 金 周顯*** 宇野伸宏****

By Yasunori IIDA, Ju-Hyun KIM and Nobuhiro UNO

1. はじめに

都市高速道路の流入制御手法として提案されてきた、LPおよびBP制御手法¹⁾は、ランプ流入需要ならびに交通流動の定常性を仮定し、流入制御が交通流動に及ぼす影響を無視できるほど十分長い時間帯(例えば数時間から半日)でのマクロな制御解を求める構造をとっている点が実用上の問題点である。一方、高度交通情報システムの双方向通信機能などを利用すれば、動的かつ詳細な交通データの入手も可能となると予想される。そこで、本研究では、既往のLP制御をベースにして、流入需要および交通流動の非定常性を考慮でき、実規模ネットワークにも適用できる実用的な動的流入制御手法の開発を試みる。また、都市高速道路の制御は、自然渋滞の予防を目的とした平常時制御とともに、突発事象の生起(事故、故障車の発生など)によって発生する渋滞に対する非常時制御も重要である。非常時制御への適用可能性も考慮して、シミュレーションタイプの流入制御モデルとして開発する。

2. 動的流入制御モデル

流入需要ならびにネットワーク上の交通変動に応じた流入制御を行うには、制御対象となる全時間帯(全制御時間)をいくつかの単位制御時間帯に区分し、各々の単位制御時間帯ごとに流入制御パターンを求め、これを逐次更新する方法をとる。

LP制御手法をベースとして、動的な流入制御問題を定式化する場合、静的な問題と最も大きく異なる要素は、各オンランプから流入した車両が各リンク

クに及ぼす影響を示す影響係数である。静的な問題では、この影響係数があるランプから流入した交通量が当該制御時間に全ての流出ランプに到着すると仮定して作成されるため、当該制御時間に流入した各ランプ間OD交通量は経路上に常に一様に分布しているとみなされ、オンランプからオフランプまでの到達経過時間が無視されている。本研究では交通需要の非定常性を考慮できる動的流入制御問題を定式化するため、①ランプ需要量の時間的変動および、②本線上の交通量の時間的変動に対応する必要がある。そのため、影響係数に関しては、オンランプから車両が流入した時間帯と、その車両が各リンクに実際に影響を及ぼす時間帯を明示する必要がある。

動的流入制御モデルは、次のように定式化できる。この問題の目的関数としては、総流入台数最大化と総走行台キロ最大化を採用する。

$$\max \sum_t U_i^t \quad \text{or} \quad \max \sum_t U_i^t \bar{d}_i^t \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \sum_i \sum_k Q_{ia}^{t-k,t} U_i^{t-k,t} \leq C_a^t \quad (2)$$

$$0 \leq U_i^t \leq U_i^{dt} \quad (3)$$

t : 単位制御時間帯($t = 1, 2, \dots, T$)

U_i^t : 時間帯 t におけるオンランプ i からの流入交通量[制御変数]

$\bar{d}_i^t$: 時間帯 t におけるオンランプ i からの流入車の平均利用距離

$Q_{ia}^{t-k,t}$: 時間帯 $t-k$ にオンランプ i から1台流入したときの、時間帯 t リンク a の交通量[影響係数]($k = 0, 1, 2, \dots, t-1$)

C_a^t : 時間帯 t におけるリンク a の容量(所与)

U_i^{dt} : 時間帯 t におけるオンランプ i からの流入需要量(時間帯ごとに変動, 所与)

式(2)の制約条件は、本線上のリンク交通量が交通

* キーワード: 経路選択, 交通制御

** 正会員 工博 京都大学教授 工学部交通土木工学教室

*** 学生員 工修 京都大学大学院工学研究科 博士後期課程

**** 正会員 工修 京都大学助手 工学部交通土木工学教室

(〒606-01 京都市左京区吉田本町 TEL. 075-753-5126)

容量を越えないというもので、LP制御の基本制約条件である。

3. 動的交通量配分モデル

動的流入制御問題における動的配分モデルは、時々刻々の影響係数の変動を予測する。すなわち、各制御時間帯において、与えられたランプ流入量に対するドライバーの経路選択と経路上各リンクの交通状態の変動を予測し、時々刻々のネットワークフローを記述するものである。本研究ではネットワークレベルでの計算の実行可能性を考慮し、ボックスモデル²⁾を適用する。経路選択原則は、見込み走行時間最小経路を選択するものとする。

4. 数値計算アルゴリズム

本モデルは、交通需要の変動を考慮に入れて、単位制御時間である各時間帯のオンランプでの適切な制御量を算定し、制御パターンを求める。計算アルゴリズムを図-1に示す。

オンランプ閉鎖などの流入制御が、ある程度の効果を得るためには、一定の時間同じ制御パターンが継続されるべきである。したがって、上位問題のスキャンインターバルは数分～30分程度とすべきであろう。一方、ネットワーク上の交通状態を詳細に予測することを考えれば、下位問題のスキャンインターバルは、できるだけ短い方がよい。そこで、スキャンインターバル1分で計算した下位問題の結果に基づき、単位制御時間の影響係数行列 $Q_{ia}^{t-k, t[1]}$ を求め、上位問題がこれを受けて制御変数 $U_i^{t[1]}$ を求める。次に与えられたランプ流入量に対するネットワーク交通流を記述するため、 U_i^t を下位問題に与えて、さらに $Q_{ia}^{t-k, t[2]}$ を求める。この繰り返しで収束計算を行い、その時間帯の制御量を決定する。以上の操作を単位制御時間帯ごとに更新して計算を行う。その結果、全制御時間帯について交通需要の時間変動およびフローの非定常性を考慮した流入制御パターンを求めることができる。

5. 数値計算

提案したモデルの計算可能性ならびに求められる制御パターンの特徴を示すため、朝のピーク時を想定した数値計算を行う。単位制御時間は5分として

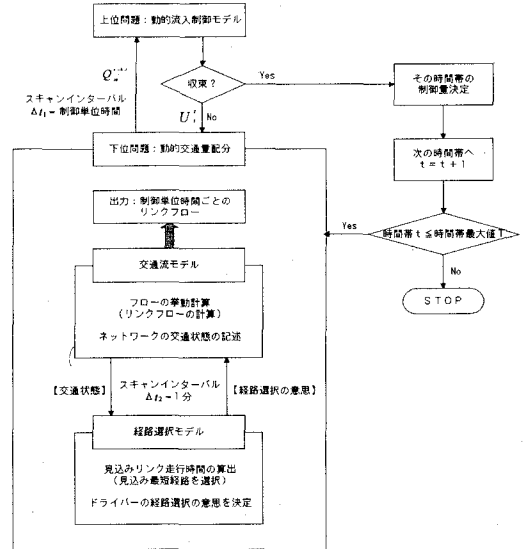


図-1 動的BP流入制御モデルの計算アルゴリズム
計算する。1組のオンランプ・オフランプ間に利用可能経路が複数あるネットワークを対象として、モデルの適用計算を行う。時間帯別総走行台キロ、時間帯別流入台数、時間帯別制御率等を求め、計算時間も考慮に入れ、提案したモデルの実用可能性について検討する。さらに、制御解の点から見た従来の静的な流入制御問題との差異についても検討を加える。なお、数値計算結果は講演時に示す。

6. おわりに

本研究では、LP制御モデルを基礎として動学化を試み、動的配分モデルと統合することで交通需要の変動とドライバーの経路選択行動を考慮したシミュレーションタイプの動的流入制御モデルを構築した。

今後、全時間帯の制御パターンを一括で決定できる予測型の流入制御を行うための目的関数（例えば、 $\max \sum_i \sum_t U_i^t$ ）を導入して計算を行い、今回のケースとの差異を比較検討する。

参考文献

- 1) 飯田恭敬・朝倉康夫・田中啓之：複数経路を持つ都市高速道路の最適流入制御方法，土木計画学研究・講演集，No. 12，pp. 305～312，1989。
- 2) 鷹尾・飯田・内田：経路選択シミュレーションによる交通量配分，土木学会第45回年次学術講演会講演概要集，4，pp. 482～483，1990。