

複数経路を持つ都市高速道路に対する最適流入制御法

京都大学工学部 正 員 飯田恭敬
 京都大学工学部 正 員 朝倉康夫
 京都大学工学部 部 春福
 京都大学工学部 学生員 ○田中啓之

(1) はじめに

自然渋滞の予防策として提案された流入制御手法のうち、方法論的に完成度が高く、実用面でも十分機能しうる方法は、LP（線形計画法）によるランプ流入制御である。従来型のLP制御は、ODペア間に複数の経路が存在する場合への対応が十分ではなかった。近い将来に、都市高速道路網は、大規模かつ複雑化することが予想され、さらに情報提供システムも充実するであろう。その場合に備えて、豊富な交通情報を持つ利用者の行動を考慮した流入制御方法を開発することが本研究の目的である。

(2) 従来型LP制御の問題点

LP制御の問題点として、以下の3点をあげることができる。

①リンク所要時間とリンク交通量との関係についての仮定が非現実的である。リンク所要時間はその交通量とは関係なく一定であると仮定されている。②各ODペア間の経路を1本に限定している。③情報提供システムにおける技術革新が、LP型の制御方式の中に必ずしも生かされていない。

これらの問題点を解消することは、高度情報化社会における大規模で複雑化した都市高速道路に対応できる効率的で新しい交通制御方式を開発するうえで、最も重要なことであると思われる。将来、利用者は情報提供システムにより、大量で高度な交通情報を持つようになると思われる。新しい制御方式は、その場合の利用者の行動を考慮にいれた交通制御方式でなければならない。具体的に言えば、この新しい制御方式は、ネットワーク上での利用者の経路選択行動を記述するために、利用者均衡の考え方をを用い、それを従来からのLP型の制御問題とを結合したものである。利用者均衡の概念は、情報提供システムにより、経路所要時間についての完全な情報が利用者に対して提供されている状況のもとで、利用者の行動によって生じる交通流の安定状態を適切に記述するものである。

(3) 最適流入制御問題の定式化

表 1 定式化

最適流入制御問題を定式化するために、次の仮定を設ける。

①従来からのLP制御問題に含まれる制約は、そのまま継承する。すなわち、各リンク交通量はその容量を越えてはならないし、各流入ランプの流入許容量は流入需要量と等しいか、それ以下でなければならない。②ODペア間に、バス（利用者にとっての選択可能な経路）が複数存在する。③リンク所要時間は、リンク交通量の単調増加関数である。交通量の増加に対する交通混雑は、この関数に反映される。④利用者には、経路選択に関して、十分詳細な交通情報が提供されており、その結果、ネットワークフローは利用者均衡状

$$\min f(U) = - \sum_i U_i \quad (3.1)$$

$$\text{s.t. } \sum_i Q_{ia} U_i \leq C_a \quad a \in A \quad (3.2)$$

$$0 \leq U_i \leq U_i^d \quad i \in I \quad (3.3)$$

$$\min \sum_k \int_0^{X_k} t_k(x) dx \quad (3.4)$$

$$\text{s.t. } \sum_k h_{kij} = U_i P_{ij} \quad i \in I, j \in J \quad (3.5)$$

$$X_a = \sum_k \sum_i \sum_j \delta_{aki} h_{kij} \quad a \in A \quad (3.6)$$

$$h_{kij} \geq 0 \quad k \in K_{ij}, i \in I, j \in J \quad (3.7)$$

態にある。

以上の前提条件のもとに、定式化すべき制御問題の特徴を簡単に表現すれば「利用者均衡を考慮した最適流入制御問題」ということになる。利用者均衡問題は、ある最適化問題の解として与えられるから、定式化すべき制御問題の全体構造は、最適化問題をその制約の中に持つ2レベル最適化問題となる。制約条件としての最適化問題は、下位問題と呼ばれる。一方、それを除いた残りの問題は、上位問題と呼ばれる。総利用台数最大を制御目的とするとき、この最適化問題は表1のように定式化できる。この問題の制御変数は許容流入量 U である。

(4) 近似解法

(3)で定式化した問題は、一種の非線形数理最適計画問題であるから、原則的には、厳密解が求められる。しかし、実際のネットワークに厳密解法を適用するのは、現実問題として困難である。そこで、近似解法をいくつか提案する。

近似解法の基本概念は、上位問題と下位問題との間で解を相互に交換することにある。このとき、もとの2レベル最適化問題が、2つの独立な問題(LP制御問題と利用者均衡問題)に便宜的に分離されることになる。近似解法は、上位問題であるLP制御問題と下位問題である利用者均衡問題との相互関係によって、次の3種類に分類できる。

①上位問題と下位問題はともに制御過程の中にあり、上位問題では下位問題で規定される影響係数 Q_{ia} を用いることにより最適流入交通量 U_i を決定する。一方、下位問題ではその U_i をもとに Q_{ia} が計算される。この繰り返しによって、制御変数の収束を期待する方法。(図1)

②上位問題と下位問題はともに制御過程の中にあるが、単に連続して並べられ、解を直接的には相互交換しない方法。(図2)

③下位問題を解くための計算時間を短縮するために、下位問題を制御過程の外で解く方法。

(5) おわりに

本研究では、高度情報化社会における都市高速道路に対応できる新しい交通制御手法を開発するため、ネットワーク上での利用者の経路選択行動を記述する利用者均衡モデルをLP制御問題と結合した最適流入制御問題を定式化した。将来、都市高速道路の大規模化、複雑化が進み、ODペア間に複数経路が存在するようになれば、利用者に対する情報提供の重要性が増し、そのことを合わせ持った制御問題を開発・研究する必要性が大きくなるものと思われる。なお、数値計算結果は講演時に示す。

U_i	: 流入交通量 (制御変数)
Q_{ia}	: 影響係数
C_a	: リンク容量
U_i^d	: 流入需要量
$t_a(x)$	: 走行時間関数
h_{kij}	: バスフロー
P_{ij}	: 目的地選択確率
X_a	: リンク交通量
δ_{akij}	: 経路行列

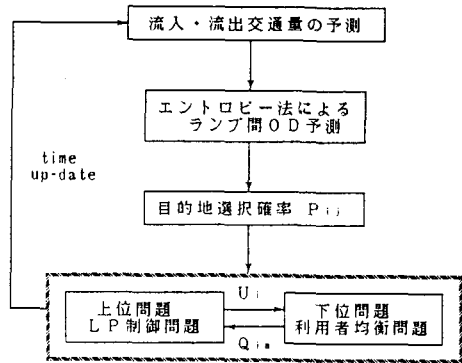


図 1 近似解法①

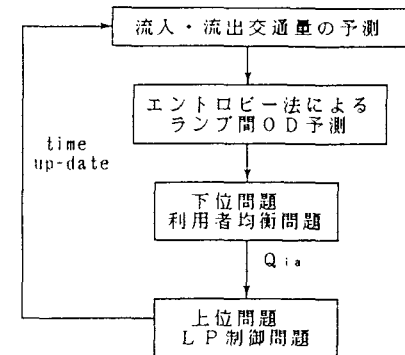


図 2 近似解法②