

交通需要管理のための交差点許容サービス水準ならびに  
規制対象区間の決定法に関する研究\*

A study on decision method of intersection service level and  
traffic regulation area for transportation demand management

高山純一\*\*・井上秀行\*\*\*

Jun-ichi Takayama and Hideyuki Inoue

1. はじめに

近年、わが国でも実験的に導入されるようになった交通需要管理政策(TDM)による渋滞緩和の手法は、その目的から次のように大別できる。①利用時間帯の変更と平滑化②経路変更による交通需要の空間的平滑化③交通機関分担の変更④乗車人員や積載率の増大による効率的な自動車の利用⑤交通目的の変更や調整による発生量の調整。

TDMの考え方に基づく具体的政策の1つである賦課金制度(Road Pricing)は、これらの目的のうち①から④を同時に達成しうるものである。すなわち、Road Pricingは、通常の利用者均衡の成り立つネットワーク交通の一部に、経路選択の変更要因を与えて特定区間の交通量を抑制すると同時に、機関分担や利用時間帯の変更に伴うODパターンの変更を促すことで新たな均衡状態(交通量の抑制により渋滞状況の改善がなされる)を作り出すものである。

一方、都市内における交通渋滞は信号交差点の容量不足によって発生する場合が多い。したがって、交通抑制の対象の決定や抑制量の決定に際しては、信号交差点の交通処理状況を評価要因とした方が合理的である。

本研究は、合理的な交通抑制対象区間の決定法及び特定区間交通量の抑制効果の評価法を提案することを目的とする。具体的にはシミュレーションによって通行を抑制すべき(あるいは、経路変更を促すべき)特定のリンク(群)を探索し、その当該区間に対して抵抗を与えることで通行の抑制を行い、それによる道路網における交通状況の

改善効果の評価を行うものである。

その際に、信号交差点を施策対象区間の境界として捉え、信号交差点の交通処理状況を考慮した施策判定基準と量的決定の方法を提案する。

2. 問題の枠組み

Road Pricing計画を合理的に立案するためには、①規制対象区間の選定、②規制実行の判定、③賦課料金額、の3点を検討する必要がある。本研究は信号交差点の交通処理状況を考慮した規制対象区間の設定と実行判定方法の提案を目的としているが、まずこれを一般的に、混雑料金を含んだ交通量配分問題として考える。

(1) 最適化問題としての定式化<sup>1)</sup>

まず、抑制対象区間の設定方法別に問題の定式化を行う。以下は文の研究<sup>1)</sup>における、混雑の外部効果を組み込んだ交通量配分問題の定式化を基本としている。

(a) 全リンクを対象とする場合

いま、対象ネットワーク中にI本のリンクがあり、総交通量がMであるとき、iリンクの交通量 $x_i$ と、それに対するコスト $c_i(x_i)$ について、

$$\text{Minimize} \quad \sum_{i=1}^I c_i(x_i)x_i \quad (1)$$

$$\text{Sub.to} \quad \sum_{i=1}^I x_i = M \quad (2)$$

$$x_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, I \quad (3)$$

となる。このとき、最適性条件は、

$$\text{if } x_i > 0, \quad c_i(x_i) + c'_i(x_i)x_i = C^* \quad (4a)$$

$$\text{if } x_i = 0, \quad c_i(x_i) + c'_i(x_i)x_i > C^* \quad (4b)$$

and(2)

ここに、 $C^*$ は制約条件式(2)に関するラグランジェ乗数である。(4)式左辺第2項はiリンク利用に

\* キーワーズ：交通制御、交通配分、経路選択

\*\* 正会員 工博 金沢大学工学部助教授

\*\*\*学生員 金沢大学大学院工学研究科

〒920 金沢市小立野2丁目40番20号

Tel. 0762-34-4650 Fax.0762-34-4644

よる混雑の外部効果であり、これに等しい料金を徴収する。

(b) 対象を特定する場合

次に、ネットワーク中の特定の区間のみを対象として料金を賦課する場合を考える。料金賦課対象区間、あるいは対象となる区間の候補が何らかの方法で決定していた場合、以下のように定式化できる。

Minimize (1)

$$\text{Sub.to } x_k(c_k(x_k) - C^{**}) = 0 \quad (5)$$

$$c_k(x_k) \geq C^{**} \quad (6)$$

and(2),(3)

ここに、 $k$ は料金賦課対象外のリンク番号である。

均衡時、対象外リンクのコストは全て等しい。ただし、 $x_k = 0$ のとき $c_k(x_k) > C^{**}$ となる場合もあること

が(5)式によって示されている。最適性条件は、

$$\text{if } x_j > 0, \quad c_j(x_j) + c'_j(x_j)x_j - \sum_k r_k c'_k(x_k)x_k = C^{**} \quad (7a)$$

$$\text{if } x_j = 0, \quad c_j(x_j) + c'_j(x_j)x_j - \sum_k r_k c'_k(x_k)x_k > C^{**} \quad (7b)$$

$$\text{if } x_k > 0, \quad c_k(x_k) = C^{**} \quad (8a)$$

$$\text{if } x_k = 0, \quad c_k(x_k) > C^{**} \quad (8b)$$

and(2),(3)

ここに、 $j$ は料金賦課対象のリンク番号である。

(7)式左辺第2項は賦課道路の追加利用による外部効果、第3項は料金賦課対象外リンクに関する混雑の外部効果の重み付き平均であり、 $r_k$ が重みである。第2項と第3項の差を料金として徴収する。

(2) 規制対象区間・利用者の考え方

規制対象となる区間及び利用者は様々に分類することができるが、ここでは対象区間の形態から、以下のように分類して考える。

(a) リンク：リンク交通量のOD内訳によらず、特定リンクに着目する。リンク交通量のみを規制対象の選択要因とするため、最も簡便に規制対象を決定できる。

(b) パス：リンクフローのOD内訳に着目し、特定のODに対して実施する。規制を受ける利用者が特定されるため、現実には合意を得にくいと思われるが、(a)の方法に比べ、迂回のみならず利用交通機関の変更などに伴う需要変動による交通状況の改善が期待できる。

(c) エリア：面的にみた特定の区域に対する流

入・流出に対して規制を行う。都心部の通過交通排除を目的とした場合に有効である。

(3) 規制区間と信号交差点の交通処理状況

規制区間の合理的決定を目的として、交通量の増加に伴う信号交差点の交通処理状況から規制区間を決定する方法を考える。

一般に信号交差点の交通処理状況（混雑状況）は、飽和度として表現される。そして飽和度がある閾値を超過した場合、その交差点では需要交通量を捌くことができず、渋滞が生じるものとされている。そのため飽和度の臨界値（一般に0.9とされる）は、信号交差点のひとつの許容サービス水準と位置づけることができる。

そこで交差点飽和度の臨界値に着目し、規制実行の判定のために新たに臨界値（信号交差点の許容サービス水準）を外生的に設定する。そしてこの値を超過した交差点あるいは交差点流入部を、規制対象区間として決定する。ここで設定される許容サービス水準の値は、一般的な臨界値よりも大きいものとする。実際には過飽和となった交差点においても需要はさらに増加しているのが現状であり、渋滞の発生以前に料金賦課を行うのは事実上不可能だからである。

(b) 賦課料金と信号交差点の交通処理状況

信号交差点の交通処理状況から、許容サービス水準を超過した区間が発生し、それに伴い規制対象が決定された後に、(1)に示した均衡問題より、プライシングとして徴収される料金額が決定される。

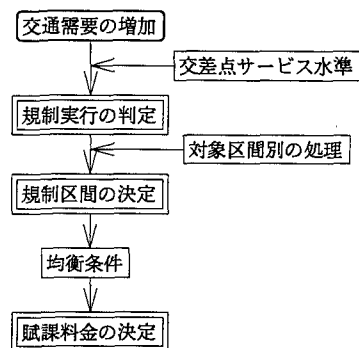


図-1 Road Pricingのための計画代替案作成手順を示すフローチャート

以上の流れを図-1に示す。

### 3. シミュレーションモデルによる計算法

シミュレーションモデルによる計算過程は、基本となる分割配分モデルに、2. で示した3つの検討項目をサブモデルとして加えた形で構成される。

#### (1) 規制実行の判定基準

規制実行の判定は規制対象（リンクorパスorエリア）の決定と同時にされるものであるが、施策プロセスを明確にするために、ここでは両者を分けて考える。

本研究では、(2)で述べるように、基本的に交通量配分の結果を利用して施策対象区間を決定するため、実行判定についても、交通量配分の結果を利用する。

ここでは、信号交差点を組み込んだ交通量配分モデルの特徴を生かし、以下の式を用いて判定を行う。

#### 判定基準

$\lambda$ がある一定値 $\lambda'$ （臨界値より大）に達したとき、  

$$\rho_j \geq \frac{\lambda'}{\lambda} \cdot \rho_j^0 \quad (\rho_j \lambda \geq \rho_j^0 \lambda' (\lambda \geq \lambda')) \quad (9)$$
  
 を適用する。ここに、 $\rho_j$ ; 評価対象流入部の正規化交通量、 $\rho_j^0$ ; 現示の飽和度、 $\lambda$ ; 交差点飽和度、 $\lambda'$ ; 抑制判定のための交差点飽和度の閾値。臨界値よりも大きい値であり、外生的に設定する。

この式は、飽和度がある許容水準を超過した交差点において、現示の飽和度として採用されなかった正規化交通量を持つ流入部における相対的な交通量の余裕を知ることができるものである。この式を用いることにより、対象交差点内の各流入部毎に実行判定が可能であり、飽和度によって交差点全体として評価する場合に比べ、流入部毎の不均衡に対処できるメリットがある。

#### (2) 規制区間の決定

混雑料金を課す（通行を規制する）べき区間の決定法には以下の2つの方法が考えられる。

(a) 外生的に決定する場合：現状の各道路区間交通量が既知である場合は、一般的に規制対象を外生的（固定）に与えることができる。現在多くの場合

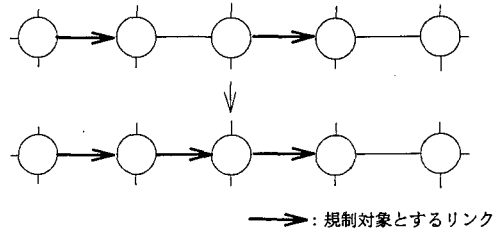


図-2 便宜的な連結処理

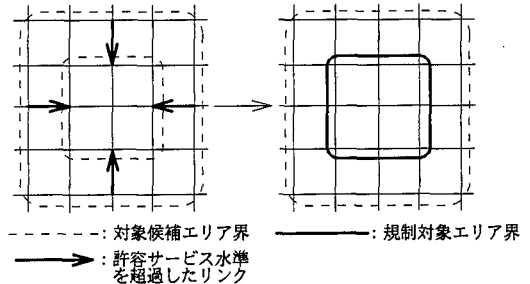


図-3 規制対象エリアの決定

この方法により、経験的に規制区間を決定しているものと思われる。

(b) 交通量配分の結果を利用する場合：交通量配分の結果を利用し、交通量増加の著しい区間から順に規制を行う。交通量配分の結果を利用することで、ODパターンの変化に伴って規制対象を変更させると共に、規制実行の判定基準を設けることにより、規制実行の時期を決定することができる。

本研究では、このメリットを生かして基本的に(b)の方法を利用するものとする。しかし、一般に混雑する交差点は隣接して発生するとは限らない。そのような場合、それらを適宜連結処理する場合がある(図-2)。連結処理にあたっては計画者の恣意を免れないが、ある程度の長さをもつ区間を施策対象区間とした方が現実的であるからである。また、特定のエリアを施策対象区間とする場合、施策対象候補となるエリアを数パターン外生的に設定する(図-3)。すなわち、ここでは(a)(b)両方の考え方を取り入れた方法を用いる。

#### (3) 規制量（賦課料金）の決定

規制対象となる区間と規制実行の時期を決定した

後、交通量の抑制を行うために当該リンクに混雑料金を課す。実際の処理としては、リンクの混雑状況に応じて一定の割合でリンク所要時間を割り増しし、その後もリンク所要時間は交通量の増加に伴って割り増しするものとする。

ここでもやはり、信号交差点の交通処理状況を考慮して量的な決定を行う。

シミュレーション上の処理としては、規制対象として決定された区間に関わる交差点流入部に対して、外生的に与えた時間価値から決定された仮想待ち時間を与えるものとする。

#### (4) 交通状況改善の評価

本研究では、特定交通規制を道路網容量時まで続行し、施策効果を道路網最大容量の増大および容量時の一般化費用によって評価する。

道路網最大容量算定の配分シミュレーションモデル<sup>2)</sup>において、カット形成のためのリンク切断の判定基準は、過飽和交差点流入部における渋滞列の延伸を考慮して以下のように設定する。

$$L \geq L_1 \quad (10)$$

$$L_1 = Q_S \times \frac{1}{NS} \times d \quad (11)$$

上式を満たす交差点流入リンクに対し切断の処理を行う。ただし、

$$Q_S = Q \times S \times G \times \frac{1}{C} \left( -Q - \frac{S}{3600} \times G \times \frac{3600}{C} \right) \quad (12)$$

である。ここに、 $L$ はリンク長、 $L_1$ は過飽和時滞留交通による渋滞列、 $Q_S$ は滞留交通量、 $NS$ は流入部車線数、 $G$ は青時間、 $C$ はサイクル長、 $S$ は飽和交通流率、 $d$ は車頭間隔である。

#### (5) 抑制に伴うODパターン変化の取り扱い

抑制対象リンクの集合によって特定エリア内への流入が規制される場合には、ODパターンも変化するはずであり、これは特定区間流入規制の目的のひとつとなる。本研究ではリンク交通規制をリンク所要時間の割り増しとして与えるため、抑制前後のODパターンの変化を重力モデルによって計測し、変更されたODパターンを利用する。

各サブモデルを組み込んだ交通量配分シミュレーションモデルのフローを図-4に示す。

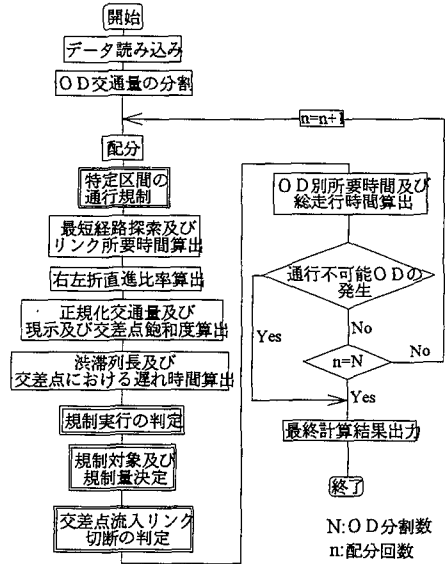


図-4 サブモデルを含む配分計算フロー

## 5. おわりに

Road Pricingは、TDM諸政策のなかで最も社会的合意を得難いと思われ、実現が難しい政策のひとつである。

本研究では賦課金制度の計画立案を想定し、交通需要量からみた合理的な施策実行基準の設定と施策対象区間の決定方法を検討した。しかし交通需要量に応じた決定方法であるということから、シミュレーション手法におけるサブモデルは他のTDM政策への適用が比較的容易であると思われる。ただし、最適化問題の枠組みのなかに時間換算した料金抵抗を組み込んでいることから、施策評価の基準については再検討の必要がある。

最後に、本研究は文部省科学研究費一般研究C(代表：高山純一)により行われた研究成果の一部である。ここに記して感謝したい。

#### 【参考文献】

- 1) 文世一；混雑料金と交通量配分、土木計画学研究・論文集No.11, pp.123-120, 1993年12月
- 2) 高山ら；交差点容量を考慮した道路網最大容量評価に関する研究、第46回JSCE年講、pp.374-375 1991年
- 3) 山田ら；交通需要マネジメント的渋滞対策の効果に関する考察(バス専用レーンの設置について)、第49回JSCCE年講、pp.624-625, 1994年