

# 研究展望

## REVIEW

# 研究展望

## 混雑税理論の展望—経済学の視点

THE THEORY OF CONGESTION TAXES : A SURVEY FROM ECONOMISTS' VIEWPOINT

### 山内弘隆\*・竹内健蔵\*\*

*Hirotaka YAMAUCHI and Kenzo TAKEUCHI*

\* 一橋大学商学部助教授

(〒186 国立市中 2-1)

\*\* 長岡技術科学大学専任講師

**Keywords :** congestion tax, road investment, Ramsey pricing, social marginal cost, income distribution

### 1. はじめに

道路混雑はすべての大都市が共通に抱える問題である。小論は、混雑現象を経済理論の立場から解釈し、その対策に関する1つの考え方と付随して生じるいくつかの問題についての考え方を提示することを目的とする。

道路混雑という特定の問題を論ずる前に、混雑一般についての経済学的な解釈を考える。混雑現象は、理論的には、純粋公共財が準公共財に変化することと理解される。ここで純粋公共財とは、Samuelson (1954) によって定義された消費の競合性と排除原則が機能しない財であり、準公共財とは、この2つの性質のうちのいずれか一方を持たない財を指す。消費の競合性が存在しないことは、ある主体の消費が他の主体の消費を妨げないことを意味するが、混雑現象は施設の処理容量を超える消費によって消費者間に悪影響が生じることであり、混雑により消費の競合性が発生する、すなわち公共財の1つの条件が満たされなくなるのである。

混雑現象が特殊な点は、混雑によって生じる競合性の性格が通常とは異なることである。混雑が問題となる場合、消費量が施設の物理的限界に達する前から享受できるサービスの質が低下する（道路の場合では走行時間が増加する）。このような消費の競合性は、誰かが消費すれば他の人はそれを消費できないという一般財のケースとは区別され、各消費者が自分を含むすべての消費者に、サービス低下という外部不経済を及ぼしていると考えられる。

混雑をこのように捉えれば、それに対する経済学からの処方箋は、消費者が意識しない外部不経済の費用を公的介入によって消費者自身に意識させること、すなわち、外部費用分だけ課税することである（混雑税）。混雑税を課せば消費を断念する主体が生じるから、混雑税は排

除原則を導入することである。混雑によって純粋公共財に消費の競合性が生じれば、そのために排除原則が適用される。つまり、混雑とそれとともに混雑税により公共財は2つの基本的な性格を失うのである。

価格の上昇によって財の消費が断念されることは、通常の市場経済では当然の作用であり、問題とされることはない。しかし、混雑税の場合、原則として排除原則を付与されていない財に、混雑の発生の結果として排除原則が適用される。このことは課税という公権力の行使によって（混雑料金としても同様である）消費が妨げられることを意味する。この際、需要の一般的な性格からすれば、排除される主体は低所得層である可能性が大きく、混雑税の場合、通常の財では問題とならない所得分配の効果が重要な意味をもつことになる。

混雑現象の経済学における概念的な枠組みは以上のように捉えることができる。以下では、2.において上で述べた混雑の考え方を若干具体的に説明し、混雑税がもつ効果を厚生経済学のフレームワークにおいて概観する。これを受けて、3. では、簡単な数学モデルにより最適混雑税の解釈、およびその税収と投資の関係を検討する。3. における主たるテーマは、混雑税と道路投資をリンクさせた場合の最適税水準と支出のあり方であり、3. (3) では、これまで前提とされてきた混雑発生と道路の費用関数に関する仮定を緩めた場合、特定の税収をあげるための準最適な混雑税は、同様の前提のもとの準最適な物品税体系をもたらすラムゼイ・ルールに等しいことが示される。4. および5. においては、混雑税理論において常に問題とされてきた社会的限界費用曲線の反転問題、および混雑税課税による所得分配の問題をトピック的にとり上げ、過去の議論の整理と若干の考察を加える。

## 2. 混雑税理論の考え方

本節では、以下の議論の前提として、混雑と混雑税に関する基本的な考え方と、余剰概念による混雑税の効果を概観する。

議論を簡単にするために、以下では次のようなケースを考える。単一の道路を同一方向に走行する同質的な交通フローを想定し、走行費用は走行時間の単調増加関数であると仮定する。以下の想定は、すべての道路利用者にとって費用関数が共通であること、つまり時間価値や燃費などが共通であることを意味する。

フローを  $f$ 、走行費用を  $C$  によって表わし、フロー  $f_N$  までは混雑が発生せず、走行費用が一定 ( $C_N$ ) であるとする。道路利用者全体で  $f_N \cdot C_N$  (台数×1台当りの費用) の費用が生ずる。フローが1台増加して  $f_{N+1}$  になると混雑が発生し、各利用者の走行費用は  $d_{N+1}$  だけ増加し  $C_N + d_{N+1}$  となる。利用者全体の費用は  $(f_N + 1) \cdot (C_N + d_{N+1})$  である。この際、1台の増加によって利用者全体に課される費用の増加分（社会的限界費用）は、 $(f_N \cdot C_N + C_N + d_{N+1}) + f_N \cdot d_{N+1}$  から  $f_N \cdot C_N$  を減じた  $(C_N + d_{N+1}) + f_N \cdot d_{N+1}$  となる。

一方、個々の利用者が認識する利用者価格（利用者費用）は  $C_N + d_{N+1}$  である。これは私的限界費用であり、利用者はこれに基づいて道路利用の意思決定を行う<sup>1)</sup>。この場合、社会的限界費用と私的限界費用の間には  $f_N \cdot d_{N+1}$  の乖離が存在する。これは個々の道路利用者の意思決定には反映されない費用であり、それゆえに外部不経済効果（外部費用）が発生していることになる。

外部不経済効果が存在すれば産出量は最適なケースよりも過大になる。いま、実現されているフローを  $f_N + n$ 、1台当りの走行費用を  $C_N + d_{N+n}$ 、 $f_N + n - 1$  の時のそれを  $C_N + d_{N-1}$  とする。 $\Delta d = d_{N+n} - d_{N+n-1} (> 0)$ 、混雑が悪化する)と置くと、 $f_N + n$  における社会的限界費用は  $(f_N + n) \cdot (C_N + d_{N+n}) - (f_N + n - 1) \cdot (C_N + d_{N+n-1})$  であるから、 $C_N + d_{N+n-1} + \Delta d \cdot (f_N + n)$  となる。これと私的限界費用  $C_N + d_{N+n}$  との乖離は、 $\Delta d \cdot (f_N + n - 1)$  であり、正の値をとる。

$f_N + n$  において個々の利用者は、その道路に対する支払意思額（それを集計すると需要曲線になる）と利用者価格である私的限界費用  $C_N + d_{N+n}$  の大小を比較し、前者が後者を上回ることから当該道路を走行していると考えられる。一方、彼らが走行することの社会的限界費用は、私的限界費用を  $\Delta d \cdot (f_N + n - 1)$  だけ上回っている。したがって、 $f_N + n$  台の道路利用者の中には、私的限界費用  $C_N + d_{N+n}$  は上回るが、社会的限界費用  $C_N + d_{N+n-1} + \Delta d \cdot (f_N + n)$  を下回る支払意思しかもたない道路利用者が存在する。このような利用者が存在することは費用を下回る価格で財を購入している者が存在すること

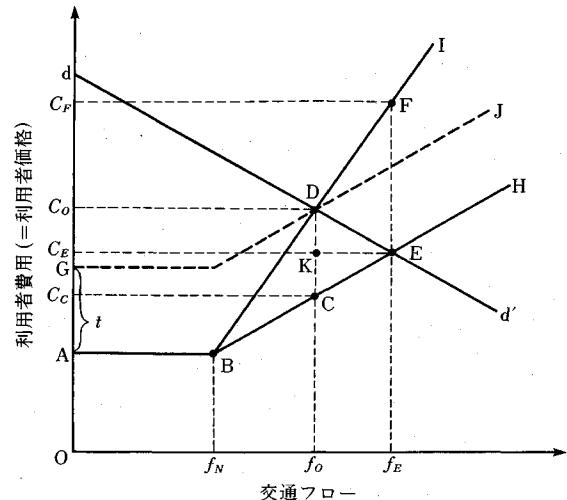


図-1 最適混雑税額の決定

とと同じであり、希少資源が効率的に利用されていないこと（過大な利用）になるのである。

混雑が発生すれば私的限界費用と社会的限界費用が乖離する。社会的に最適な利用量を決定するためには、外部費用を利用者に認識させる必要がある。この関係を図によって説明すれば次のようになる。

図-1は、通常の経済分析同様、横軸に数量、縦軸に価格および費用が目盛られている。フローは当該道路の生産物と捉えることができるから、横軸にフローをとる。縦軸は利用者費用である。フローと走行費用の関係は、曲線ABCEHによって表される（図-1では便宜的に直線によって示されている）。また、需要曲線はdd'である<sup>2)</sup>。

図-1の場合、市場に任せれば、フローは需要曲線dd' と私的限界費用が交差するところまで拡大し、実現されるフローは  $f_E$  である。 $f_E$  では社会的限界費用と私的限界費用が乖離しており、効率的な資源配分は、点Dにおいて達成される。

道路利用に、 $f_0$ における私的限界費用と社会的限界費用の差  $CD$  に等しい税額  $t$  を課せば、私的限界費用曲線は  $t (= AG)$  だけ上方にシフトし（図-1の点線GDJ）、需要曲線dd' と新しい私的限界費用GDJが交差する点Dにおいて均衡が成立する。課税  $t$  によって、社会的に最適な交通フロー  $f_0$  が実現されるのである。

図-1においてD点で均衡が達成されている場合、総余剰は原点から  $f_0$  までの需要曲線の積分値から同区間にについての社会的限界費用の積分値をマイナスした値、すなわち四角形ABDdの面積によって示される。一方、混雑税が課されていない場合の総余剰は、四角形ABDd-三角形DEFである。つまり、混雑税が課されなければ三角形DEFだけ社会的総余剰が減少すること

となり、このことこそ経済理論から混雑税が要請される根拠である。

以上のように、混雑税は資源配分効率(=総余剰最大)を根拠として導入されるべきことが示される。ただし、前節でも指摘したように、課税がもたらす資源配分効率以外の効果に注意する必要がある。まとめれば以下のようなになる。

第1に、混雑税により $f_0$ から $f_E$ までの利用者は、利用者費用が支払意思額を上回りこの道路の利用から排除される。これらの利用者が比較的所得の低い階層に属しているならば<sup>3)</sup>、混雑税は所得分配上の問題を有する。利用排除されたグループが代替交通機関として同じ道路を走る乗合バスを利用するとすれば、バスにも混雑緩和の効果が及ぶのであるから、彼らは間接的に混雑税により便益を受けることになる。これらの利用者が地下鉄等の大量輸送機関を利用する場合でも、混雑税収を公共交通輸送機関の改善に充てる等の措置により所得分配の問題を緩和することができる。これらの問題については、小論5.において再度論ずる。

第2に、混雑税の賦課によって、利用を継続するものの状況も悪化する。課税がない場合利用者が意識する消費者余剰は三角形 $dC_E E$ であるが、課税後の消費者余剰は三角形 $C_0 D d$ となる。課税後の総余剰は四角形 $C_c C D d$ (定義的にこれは四角形 $A B D d$ に等しい)に増加するものの、そのうちの四角形 $C_c C D C_0$ の部分は税収として課税主体に帰属し、利用者は高められた利用者費用だけを意識する。したがって、利用を継続するものは混雑緩和と引換に高い利用者費用を負担することとなり、個々の利用者の感覚においては状況が悪化するのである。

この第2の問題点は、混雑税が現実の政策立案過程において容易に合意が得られないことの1つの理由である。社会全体の効率性が増進される政策であっても、利用者の状況が悪化すると認識されるならば社会的支持を期待することは難しい。そこで、考えられる1つ解決策(唯一ではない)は、混雑税からの歳入を道路投資に充て、政策実行上のフィージビリティーを高めることである。混雑税の賦課と投資の関係は、別の観点から長期の資源配分効率の問題と捉えることもできる。次節においてこの問題の考え方とその若干の応用を検討する。

### 3. 混雑税と道路投資

混雑税からの歳入を道路投資に向けることは、その実施のための合意を得る手段とともに、長期的な資源配分効率の面からも有効である。混雑税は道路容量を一定とした短期的な処方箋にすぎない。實際には道路容量の変更は可能であり、道路投資を考慮に入れるならば、そのもっとも望ましいあり方を探る必要がある。

結論を述べれば、この問題の解は次のようになる。混雑現象が発生している状態での投資は、その投資によって限界的に社会にもたらされる便益とそれに要する費用が等しくなるところまで行われるべきである。ただし、道路は公共財の性格をもつから、道路の容量拡張は、最適な混雑税が課されているという想定のもとで、その投資に要する限界的な費用が、考慮されているすべての期間のすべての消費者に対して生ずる混雑費用の減少分の総和に等しくなるまで行われるべきことになる<sup>4)</sup>。

最適混雑税からの歳入と必要投資額の関係はどのようになるであろうか。混雑税収が必要資金を上回るなら、残った資金を道路以外の分野に充てることが考えられるが、逆の場合には、不足分を資源配分上中立な資金(一般税収)によって補わなくてはならない。費用削減産業の限界費用価格形成においてしばしば論じられているように、資源配分に中立的な資金は人頭税により得られるが、人頭税は所得に対しきわめて逆進的であり、実現可能性と社会的公正の面から常に問題とされてきた(ただし、イギリスにおいては実施された)<sup>5)</sup>。

もっとも望ましいのは混雑税収が必要投資額に等しくなる場合であるが、この条件は、以下で述べるように、混雑費用発生に関する関数の形状と、道路投資がもたらす規模の効果について特定の仮定を設けることによって達成されることが知られている。政策的には、これらの仮定が現実にどの程度妥当性をもつかが重要であるが、実際にはこれについて十分な実証分析がないのが現状である。そこで以下では、この仮定を緩めたケースを含めて考察する。

#### (1) 基本モデル<sup>6)</sup>

道路投資を考慮するために、簡単な理論モデルを導入する。モデルの記述は、Morrison(1986)に従うが、その内容はMohring and Harvitz(1962)以来、交通経済学の共通の財産となっているものである。

まず、最大化する目的関数を総余剰から年間の資本費用を減じたものとし、これを社会的純便益関数と呼ぶ。関数および記号を以下のように定義する<sup>7)</sup>。

$i$ : 利用者グループ ( $i=1, 2, \dots, n$ )

$t$ : 需要期間 ( $t=1, 2, \dots, T$ )

$Q_{it}(P_{it})$ : 利用者グループ $i$ の期間 $t$ における需要

$P_{it}(Q_{it})$ : 逆需要関数、ただし、 $P_{it}$ 自体は利用者費用を表す

$K$ : 施設の物理的容量

$D_t = D(Q_{1t}, \dots, Q_{nt}, K)$ : 期間 $t$ に各利用者が経験する平均遅延時間

$V_{it}$ : 利用者グループ $i$ の期間 $t$ における遅延時間の価値

$\rho(K)$ : 年間の施設費用

ある道路への需要量の逆関数をとれば、その道路への

支払意思額が需要量の関数として表される（逆需要関数）。需要は、その特性に応じて自家用乗用車、営業用トラック等  $n$  種類の需要グループに分けられる。また需要は、1 から  $t$  までの時間帯別に分けられ、時間帯により混雑状況が異なると考える。

$D_t$  は遅延時間で、各時間帯ごとにその時間帯の各グループの需要量と道路の物理的な容量 ( $K$ ) によって決定される。遅延時間への影響度は、各時間帯、各クラスごとに異なる。例えば、同じ時間帯においては乗用車とトラックは混雑への影響度が異なり、同じ車両であっても時間帯ごとに影響度が異なる。混雑の性格からすれば、

$$\frac{\partial D_t}{\partial Q_{it}} > 0 \text{かつ} \frac{\partial^2 D_t}{\partial Q_{it}^2} > 0 \text{と考えられる。}$$

時間価値  $V_{it}$  は、需要グループ、時間帯ごとに異なるが、同一時間帯、同一クラスでは一定であると考える。

年間施設費用  $\rho(K)$  は、具体的には年間に発生する資本費用が考えられる。

以上より、最大化されるべき社会的純便益 (SNB ; social net benefit) は、次のように定式化される。

$$SNB(Q_{it}, K) = \sum_i \sum_j \left[ \int_0^{Q_{it}} P_{it} dQ_{it} - Q_{it} V_{it} D_t \right] - \rho \quad (1)$$

式 (1) を最大化するために次の条件式が得られる。

$$P_{it} = V_{it} D_t + \sum_j Q_{jt} V_{jt} \frac{\partial D_t}{\partial Q_{it}} \quad (i=1, 2, \dots, n; t=1, 2, \dots, T) \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial K} = - \sum_i \sum_j V_{it} Q_{it} \frac{\partial D_t}{\partial K} \quad (3)$$

式 (2) は価格決定ルールであり、各期各グループの価格すなわち利用者費用が社会的限界費用に等しくならないことを示す。各利用者は、必然的に平均遅延費用（私的限界費用） $V_{it} D_t$  を負担するから、最適混雑税は式 (2) の右辺第2項によって表される。これは混雑の外部効果に等しい。時間帯および利用者グループの多様性を無視して図-1 と対応させると、右辺第1項が  $C_c (= C_{f0})$  であり、右辺第2項が  $C_c C_o (= CD=t)$  に相当する。

式 (2) 右辺第2項の中の  $\frac{\partial D_t}{\partial Q_{it}}$  は利用者グループの属性（例えばトラックと乗用車）によって異なるから、各クラスは混雑費用への寄与分に応じて可変的な混雑税が課されることになる。 $\sum Q_{jt} V_{jt}$  を一定とすれば、混雑への寄与度が大きい（小さい）需要クラスほど料金は高く（低く）なる。混雑が生じていない状態では混雑税はゼロである。

## (2) 最適投資ルール

最適投資ルールは式 (3) によって与えられる。式 (3) は、容量を増加させることによる追加費用が、それにともなってすべての期間、すべての利用者に生じる混雑費

用の減少分に等しくなるまで容量を増大させねばならないことを示している。式 (3) のルールは、式 (2) のルールが達成されていなければ適切でない。利用者費用が限界費用以下（以上）に設定されれば、式 (3) を適用する結果過少（過大）投資となる。

価格および投資が最適であれば、料金収入と施設費用との関係は、施設建設の技術条件に依存する。遅延関数  $D_{it}$  が  $Q_{it}$  および  $K$  に関して零次同次で規模に関する収穫一定の技術条件が成立するならば、収入は費用に等しくなる。収穫過増（過減）が存在するならば、収入は費用よりも小さく（大きく）なる。

式 (2) によって決定される混雑料金からの総収入  $TR$  は、

$$TR = \sum_i \sum_j Q_{jt} V_{jt} Q_{it} \frac{\partial D_t}{\partial Q_{it}} \quad (4)$$

となる。次に、混雑関数が零次同次であることから、オイラーの方程式によって、

$$\sum_i Q_{it} \frac{\partial D_t}{\partial Q_{it}} = -K \frac{\partial D_t}{\partial K} \quad (5)$$

を得る。式 (4) と (5) から、

$$TR = \sum_i \sum_j V_{jt} Q_{jt} \frac{\partial D_t}{\partial Q_{it}} \left[ \sum_i Q_{it} \frac{\partial D_t}{\partial Q_{it}} \right] \\ = -K \sum_i \sum_j V_{jt} Q_{jt} \frac{\partial D_t}{\partial K} \quad (6)$$

となる。式 (6) の右辺を  $K$  で除した  $-\sum_i \sum_j V_{jt} Q_{jt} \frac{\partial D_t}{\partial K}$  は式 (3) の右辺に等しい。次に、 $\rho(K)$  が1次同次であれば、 $\rho = K \frac{\partial \rho}{\partial K}$  であるから、式 (3) と (6) より、

$$\rho = K \frac{\partial \rho}{\partial K} = -K \sum_i \sum_j V_{jt} Q_{jt} \frac{\partial D_t}{\partial K} = TR \quad (7)$$

となる。

式 (7) より、混雑関数が零次同次でコスト関数が1次同次であれば、最適混雑料金からの収入は最適な投資の総費用に等しくなることがわかる。

## (3) 収入制約付きの混雑税

以上で示されたように、最適な混雑税による税収は、最適な投資を行った場合に発生する費用総額に等しくなる。繰り返せば、その条件は、① 混雑関数が零次同次であること、② 投資のためのコスト関数が1次同次であることである。これらの条件は基本的には技術的な問題であり、その妥当性に関しては実証的な検討を要する。過去の経済学の分析では2つの仮定を許容する立場が多い (Keeler and Small (1977) 等) が、技術的な立場からは疑問視されるケースも少なくない。また、2つの条件を前提として、最適な混雑税からの税収分だけ道路建設のために投資することによって投資の最適水準が保たれるとの主張もあるが、それを政策として受け入れるには、条件を精査する必要があることを指摘しておきたい。

上述のように、投資が規模に関して収穫通増なら、混雑税は最適な投資のための費用を下回る。このケースで、収入不足を資源配分に中立な税により補填することが難しいならば、収入が投資額に等しくなることを制約として、資源配分の歪みを最小にする混雑税体系を求めることが考えられる。

記号および前提はこれまでと同様とし、目的関数は式(1)の社会的純便益とする。混雑税による税収は一定額（以下では便宜的に年間の資本費用に等しいとする）であるとすれば、制約式は次のようにになる。

$$\sum_t \sum_i (P_{it} - V_{it}D_t) Q_{it} - \rho = 0 \quad \dots \dots \dots \quad (8)$$

$(P_{it} - V_{it}D_t)$  の部分は、利用者費用 ( $P_{it}$ ) から私の限界費用 ( $V_{it}D_t$ ) を引いた混雑税の部分である。 $P_{it}$  は式(2)で示されるように、最適なケースでは社会的限界費用に等しくなくてはならないが、特定の収入を前提とすれば、それからさらに乖離することになる。以上より、ラグランジュ関数は、

$$\mathcal{L} = \sum_t \sum_i \left\{ \int_0^{Q_{it}} P_{it} dQ_{it} - Q_{it} V_{it} D_t \right\} - \rho - \lambda [\sum_t \sum_i (P_{it} - V_{it}D_t) Q_{it} - \rho] \quad \dots \dots \dots \quad (9)$$

と定義される。 $\lambda$  はラグランジュの未定乗数である。

式(9)の最大化のための  $Q_{it}$  に関する 1 階の条件を求め、整理すると、次の条件が得られる<sup>8)</sup>。

$$\frac{P_{it} - [V_{it}D_t + \sum_j Q_{jt} V_{jt} \frac{\partial D_t}{\partial Q_{jt}}]}{P_{it}} = \frac{\lambda}{1-\lambda} \frac{1}{\varepsilon_{it}} \quad \dots \dots \dots \quad (10)$$

$$(i=1, 2, \dots, n; t=1, 2, \dots, T)$$

ただし、 $\varepsilon_{it} = \left| \frac{P_{it}}{Q_{it}} \frac{dQ_{it}}{dP_{it}} \right|$  で、利用者グループ  $i$  の期間  $t$  における需要の価格弾力性である<sup>9)</sup>。

式(10)左辺の分子の括弧内は社会的限界費用であり、この条件は、一定の収入を確保するために利用者費用 ( $P_{it}$ ) が社会的限界費用を上回るように設定される場合、その乖離率は需要の価格弾力性の逆数に反比例するよう決定されるべきことを意味する。ここでも、各利用者は私の限界費用  $V_{it}D_t$  を負担する。したがって、混雑がない場合 ( $\sum_j Q_{jt} V_{jt} \frac{\partial D_t}{\partial Q_{jt}} = 0$ ) でも弾力性に応じて税（料金）が徴収されることになる。

式(10)は一定税収を確保するための最適な物品税体系を求めるラムゼイ・モデル類似する<sup>10)</sup>。ラムゼイの理論は、Boiteux (1956) により、費用通減の公益事業において、収支均衡制約下で準最適な価格体系を示すモデルに応用されており（ラムゼイ価格）、式(10)は、生産に関する限界費用を外部効果を含んだ社会的限界費用に置き換えたラムゼイ価格の条件に他ならない。つまり、一定税収を目的とする最適混雑税体系は基本的にはラムゼイ価格であり、その大きさは負担力に応じて決められ

ることになるのである<sup>11)</sup>。

#### 4. 社会的限界費用曲線の反転問題<sup>12)</sup>

前述のように、混雑税とは、社会的平均費用（私の限界費用）と社会的限界費用との乖離部分を税金（または料金）として道路利用者から徴収することによって、道路という社会資本を利用者に配分する方法である。したがって、混雑税を徴収する場合、社会的平均費用と社会的限界費用の両者が明確に定義され、そしてその性質を十分に知っておく必要がある。

現実の道路交通において直接に計測することが可能であり、またこれまでなされてきた研究は、道路交通量（フロー）と速度の関係を把握しようとするものであった。この速度とフローの関係（速度・フロー曲線）を求めようとする試みは多くの交通工学者、土木工学者の手によってなされてきたが、それと同様の試みは経済学者によっても行われている。古い研究としては、Smeed (1968) から Boardman and Lave (1977)，比較的最近では Fare, Grosskopf and Yoon (1982) や Wilson (1991) がみられる。技術の分野において（あるいは経済学の分野において）導出された速度とフローの関係は、それが経済学者の手に移るとき、コストとフローの関係（コスト・フロー曲線）に置き換えられ、それが社会的平均費用（私の限界費用）曲線と解釈されている（2. の記述もこの立場である）。

速度は当該区間の距離を所要時間で除したものであるから、ある時間価値を与えられれば、速度・フロー曲線は容易に費用・フロー曲線に置き換えることは可能である。速度を縦軸、フローを横軸とするとき、通常速度・フロー曲線はアルファベットの U を左側に倒した形とされることが多いが、費用・フロー曲線も同様の形となる。ただし、速度・フロー曲線が反転したのち、縦軸に近づくにつれて、費用・フロー曲線は無限大に発散する。なぜなら、交通が完全にマヒして目的地に到達できないならば、時間費用は無限大になるからである。費用・フロー曲線は自動車が実際に道路を走行して 1 台当たりのドライバー自身が負担しなければならない時間費用と走行費用を示す。したがって、すべての車両を同一とするならば、これは 1 台当たりが負担する費用を示した社会的平均費用である。また、この曲線は（混雑税がなければ）自己が混雑のために他のドライバーに及ぼす余分な時間費用や走行費用は含まれていない私の限界費用である。社会的平均費用（私の限界費用）は大体において速度・フロー曲線と似た形状をとる。その最大の特徴は、道路容量の最大値において反転するということである。

このとき、社会的限界費用曲線はどのような形状となるであろうか。既に述べたように、混雑税の額を最終的に決定するのは（社会的に最適な交通量を決定するのは）

社会的限界費用と需要曲線であるから、この問題は大変重要な意味をもつ。しかしながら、社会的限界費用曲線の形状に関してはこれまでさまざまな議論がなされており、未だに明確な結論が得られていないのが現状である。その議論は大きく分けて、社会的限界費用曲線は反転しない（その多くは社会的限界費用はフローの最大値において無限大に発散するとされる）という立場と、社会的限界費用曲線は反転するという立場である。この問題が重要である理由は、もし社会的限界費用曲線が反転するとなれば、通常右下がりの形状をとる需要曲線と交点を2つもつ場合が発生し、社会的に最適な点が2つ発生するからである。この場合、さらにその2つの点のどちらが望ましいかをきめる新たな問題が生じる。このように、社会的限界費用曲線がどのような形状を描くのかという問題は、混雑税の賦課について重大な影響を与えることになる。

伝統的な議論においては、社会的限界費用曲線は反転しないという立場をとることが多い。その理由は、Walters (1961) に示されているように、社会的平均費用曲線の反転部分では「交通サービスのアウトプットの変化量がマイナスであるために、社会的限界費用曲線は定義されない」<sup>[13]</sup> という考え方に基づくものが多い。したがって、社会的限界費用曲線は社会的平均費用曲線と同様に（社会的平均費用曲線を上回って）増加するが、それはフローの最大値において無限大に発散し、社会的平均費用曲線の反転部分においては社会的限界費用曲線は存在しないことになる。それゆえ、社会的限界費用曲線は反転しない。しかし、1980年代に入って社会的限界費用曲線もまた社会的平均費用曲線と同様に反転するという主張がなされるようになった。その代表的な議論は Else (1981) によるものである。

座標の縦軸を費用として、横軸にフローではなく密度をとると、この密度を単位とした社会的平均費用曲線（これは右上がりで密度の最大値で無限大に発散する）と原点から引いた直線が接する点においてフローが最大になることは、Johnson (1964) などによって比較的以前から知られている。そして、この点を境にしてフローを単位とした社会的平均費用曲線は反転している。一方、フローではなく密度を単位とした社会的限界費用曲線は、社会的平均費用曲線と同様に右上がりで密度の最大値で無限大に発散し、かつ、常に社会的平均費用曲線より上方に位置する。したがって、密度を単位とした社会的平均費用曲線からフローを単位とした社会的平均費用曲線を導出したプロセスとまったく同様にして、フローを単位とした社会的限界費用曲線もまた導出されるはずである。このようにして、社会的限界費用曲線も反転する考えができる。このようにしてさらに作業を進めると、密度という単位で測られた限界費用は車両数

で測られた限界費用と一致することを証明することができる。そして Else は、「道路を利用しようとするドライバーの意思決定の判断基準は、本質的にはその道路に存在する車の数に新たに加わるかどうかということ」<sup>[14]</sup> を主張するのである。

この主張に対し、Nash (1982) は、次の2点から批判している。それらは、①そもそも車両数を基本として計測された社会的限界費用曲線はフローを基本として計測された需要曲線と比較することができない、②もし社会的限界費用曲線が反転するとしても、その反転部分での需要曲線との交点は2階の条件を満たさないがゆえに最適な交通量を示す点ではない、というものである<sup>[15]</sup>。問題であるのは社会的限界費用曲線が反転するか否かが混雑を測定する単位に依存している点であり、道路利用者が利用の意思決定を行うときにどの測定単位をもって意思決定を行っているのかが、この論争の重要なポイントである。

Else と Nash の論争は、その議論の内容が複雑なこともあります、その後の大きな展開をみたわけではないが、Kawashima (1988) は Else (1981) を別の観点から発展させ、社会的限界費用曲線は反転すると主張している。Kawashima (1988) は、Walters (1961) にみられるような伝統的な混雑算定の議論では現実に路上に現れる道路利用者の需要水準（これは道路容量によって制約を受けている）と道路容量の存在を考えない道路利用者の需要水準を混同しているとし、両者の変換関数を用いることによって、両者を整然と区別し、社会的限界費用を導出することを主張している。そしてこの結果、4象限を用いたグラフによって社会的限界費用曲線が反転することが示されるのである<sup>[16]</sup>。Kawashima (1988) は、「フローの最大値において社会的限界費用は一定の正值をとる。社会的平均費用曲線の反転部分でも社会的限界費用は定義される」との見解をとる<sup>[17]</sup>。Kawashima (1988) の主張において説得力のある点は、これまでの議論が費用関数においてのみ道路容量の存在を考えた形となっているのに対して、需要関数は道路容量の存在を考えない通常の右下がりの曲線を考えているという、そのアンバランスさにある<sup>[18]</sup>。Kawashima (1988) に対して直接言及した研究はまだ少なく、今後の議論の展開を待つところである。

これまでの混雑税に関する様々な研究を概観すると、社会的限界費用曲線の形状に関する点では、社会的限界費用曲線は反転せず、フローの最大値で無限大に発散するという立場が支配的であるように見える。しかしながら、このことは、Else (1981) や Kawashima (1988) の議論を否定することにならないのは当然である。この議論は、80年代に起こったものであり、そのためか十分に議論が尽くされたものとはなっていない。最近では

わが国において、坂下・田渕（1991）などわずかを数えるのみである<sup>19)</sup>。実際のところ、この社会的限界費用曲線の反転問題は、導出のプロセスにおいてそのあまりの複雑さのために、混雑税に関する研究においては、社会的平均費用曲線の反転部分については言及しないでおくものが多く、それがまたこの問題が未解決のままになっている1つの理由ともなっている。しかし、それ以上に、混雑の測定単位の問題、社会的限界費用の定義の問題がこの問題の大きな障害になっていることは否定できない<sup>20)</sup>。純粋な理論経済学の立場に立てば、社会的、私的の区別、総費用、平均費用、限界費用の区別は、理論的かつ数学的に厳密に定義されている。しかし、これらの概念がいったん混雑税という議論の中に投じられると、それらの概念に混乱が生じ、様々な問題が現れてくる。このような観点から、経済学が現実の交通政策にどのように貢献できるかを示す試金石として混雑税の問題は、1つの重要なトピックであるといえる。

## 5. 混雑税と所得分配の公正

混雑税の理論は、経済学的に一応の理論的な正当性が与えられ、少なくとも資源配分の適正化という観点からは望ましいことが証明されている。しかしながら、理論の正当性は必ずしも現実世界への理論の適用を保証するものではない。

混雑税が実際に賦課されるとする場合に必ず生じるものであり、またもっとも有力な反対理由になっているものの1つに、混雑税の所得分配上の影響に関するものがある。すなわち、混雑税は税の支払いに余力のある高所得者に有利であり、低所得者には不利な税制である、より簡単にいえば、道路は金持ちだけのものとなり、金持ちでないものは道路の利用を排除される税制であるとの批判である。

確かに、経済学における混雑税の理論は、資源の効率的配分という観点からのみ正当化されるものであり、所得分配上の観点からは全面的に正当化されるものとはなっていない。所得分配の問題は、より進んだ価値判断を必要とするから、個々の価値判断の相違が所得分配の公正に関する意見の違いを生み出すのはむしろ当然のことであろう。ともあれ、こうした所得分配上の影響の問題は、外見上単純であるだけに一層強い反対の根拠となっている。道路という日常不可欠なサービスが混雑税によって利用できなくなる（税金を払えば利用できる）ことはいわゆる「交通権」、「移動の自由」を阻害するものであるという意見もある。

このような所得分配の問題は既に1960年代から問題とされてきているものである。例えば、Vickery（1968）は、混雑税が低所得者を道路利用から排除するものではない理由として、混雑税は混雑を減少させる（資源配分

上最適な水準にする）ことが目的であり、それは比較的わずかの交通量の低下でもなしうるものであるから、一般に想像されるほどに低所得者に不利なものではないこと、また課税が公共用交通に対しても影響も考慮にいれるべきであることなどを指摘している。

混雑税が累進的な税であるか逆進的な税であるかについてのより直接的な論争は、Foster（1972, 1975）、Richardson（1974, 1975）の間で行われている。RichardsonとFosterの間には、累進性、逆進性の用語の定義の相違などからの議論が重要となっているが、それはさておき、Richardsonにおいては、混雑税（この論争の用語では「ロード・プライシング」）は、低所得者ドライバーを市の中心部から排除する逆進的な制度とする一方で、実際のところ、混雑税が逆進的か累進的か一般化して論じることは難しいとしている。なぜならば、道路は低所得者のみが利用しているものではないし、非常に低い所得をもつ人々が混雑緩和によるバス・サービスの質の向上から逆に大きく便宜を得ることもあるからである。また、こうした累進性、逆進性は混雑税の税率の使途に大きく左右されることも指摘しておく必要がある。Richardsonの基本的立場は混雑税を逆進的であるとするものであるが、その結論はそれほど単純に判定できるものではないことをこの論争は示している。

混雑税の所得分配への影響は、時間価値の相違によっても影響を受ける。時間価値の大きさが所得の大きさに依存するものとすると、時間価値の相違を導入した混雑税のモデルの展開は所得分配上の問題をも併せて展開することになる。この試みがLayard（1977）によってなされている。ここではLayard（1977）のモデルを具体的に紹介することはできないが、その概要を示せば次のようなになる。時間価値の相違をモデルに組み込むことによって影響を受ける人々は、4種類に分けることができる。すなわち、① 混雑税課税以前は道路を利用していたが課税後は利用しなくなったグループ、② 課税以前は道路を利用していなかったが、課税後利用を開始したグループ、③ 課税前後を通じて道路を利用しているグループ、④ 課税前後を通じて道路を利用していないグループ、である。この場合、それぞれのグループの厚生の状態は、混雑税の水準によって変化する。また、Layardは、時間価値を所得の関数と考え、混雑税が逆進的であるか累進的であるかは時間価値の大きさに依存することを示している。

混雑税の所得分配への影響を考える場合にしばしばとり上げられる「金持ちによる道路の占有」という考え方とは、言い換れば、金銭の支払いによって道路という資源の配分を行う場合、道路は高所得者のものとなるという考え方である。これとは逆に、現在のように道路を利用するために行列を作り利用を待つ場合には、これは

道路という資源を時間によって配分していることを意味する。ここで、もし時間価値の大きさが所得の低下にしたがって小さくなるとすれば（時間の機会費用を労働による所得と考える場合がこれにあたる）、混雑税のない現在の道路は低所得者に有利なサービスになっていると考えることが可能である。道路サービスという資源を時間によって配分するか、金銭によって配分するかは既に効率の観点からはいくつかの研究があるが<sup>21)</sup>、このことは、いまでもなく、混雑税が所得分配にも大きな影響を及ぼす1つの要因であると考えること意味するものであろう<sup>22)</sup>。

いずれにせよ、混雑税の所得分配上の問題を考える場合には、価値判断を導入せざるを得ず、一般的に論ずることが難しいことは事実である。しかしながら、少なくとも問題を二者択一として単純に捉えることは避けなくてはならない。例えば、前述のように、いつでもどこでも混雑税が逆進的あるいは累進的課税方法であると断言することはできない、それは時間価値の相違によっても影響を受けるであろうし、かりに混雑税が逆進的課税であったとしても、様々な課税上の工夫や免税措置などによってその逆進性を緩和することも可能であろう<sup>23)</sup>。

また、それと同時に、混雑税の所得分配上の問題は単にドライバーの問題としてだけでなく、交通全体の問題として広く考えることが重要である。混雑税の課税は公共交通に影響を及ぼすであろう。混雑税によって道路の混雑が緩和されれば、低所得者の利用するバス・サービスはかなり改善され、低所得者には有利な制度となる可能性があることは既に述べたとおりである。さらに、最後に、混雑税の税収の使途によって所得分配への効果がかなり大きく左右されることも忘れてはならないであろう。

## 6. む す び

小論では経済学における混雑税の基本的考え方と、道路投資の問題、社会的限界費用曲線の反転問題、混雑税賦課がもたらす所得分配上の問題を論じた。混雑税の本質は経済主体が認識する費用水準と社会的に発生する費用との乖離を、課税という政策手段によって埋めることにある。その意味で混雑税は、課税と補助金の組み合わせによる経済の微調整という古典的な経済の一手法の応用にすぎない。

いまでもなく混雑税の考え方は、道路という特定の交通機関だけに適用されるべきものではない。昨今話題となっている東京への一極集中は、道路、鉄道を始めとする交通混雑の問題だけでなく、都心のオフィス・スペースの不足とそれに端を発する地価の高騰、住環境の悪化、廃棄物処理の限界等様々な問題を提供している。これらの問題の多くは容量を超えた需要の放置がもたら

すものであり、その処方箋の1つとして、混雑税的な発想が有効であろう。

2. で述べたように、混雑は社会全体に課している費用を利用者1人1人が認識しない点に特徴があり、そのために外部費用を負担することに対する抵抗は強い。それは道路以外の分野でも同じであり、合意形成のために多大な努力が必要であろう。しかし、混雑税的な発想が現実政策とまったく無縁であるわけではない。近年制度化された特定都市鉄道整備積立金制度は、現在の混雑を引き起こしている利用者に対し「混雑税的な」負担増を強いることによって将来の鉄道建設を促す。同制度には、将来の利用者の便益を現在の利用者が負担する点、複数路線に適用される場合には利益を受けない現在の利用者が負担を負う点などの問題が残るが、混雑税概念の1つの応用として評価されるべきものと思われる。

混雑税理論は、技術的にも政策論的にも解決されるべきいくつかの課題を残している。しかし、道路に限らず都市全体における混雑が一層深刻となりつつある現在、その応用は十分に魅力的なものと思われる。社会的限界費用の本質に関するより進んだ解明や所得分配上の考慮などの研究を進めることによって、混雑税理論はミクロ経済政策の有用なツールと思われる。

### 注

- 1) 私的限界費用という表現は、1台増加した場合に利用者が意識する（すなわち私的）費用という意味で用いられている。これを単に私的費用と表現する場合もある（例えば、奥野他編者（1989）第1章を参照）。
- 2) 図-1では横軸をフローとし、私的限界費用（＝社会的平均費用）は反転しない範囲で描かれている。横軸にフローではなく交通密度をとることの意味は、社会的平均費用曲線の反転部分と社会的限界費用曲線の反転問題との関係で小論4.において論ずる。
- 3) 支払意志額の低い利用者が低所得の階層であるとの先驗的な根拠はない。
- 4) Samuelson (1954) を参照。
- 5) で論ずるように、混雑税自体が所得分配上の（逆進性の）問題をもつから、混雑税と人頭税の組み合わせは、逆進性に関して大きな問題を残す。
- 6) 以下3.(2)までの内容は、山内・太田（1989）において既に紹介した。
- 7) 以下の記号は、2.で用いた記号とは別のものである。
- 8) 施設容量  $K$  に関する条件は式(3)と等しくなり、未定乗数  $\lambda$  に関する条件により収支の均衡が要求される。
- 9) 前節同様、ここでは需要は他の利用者グループ、他の期間の価格に影響を受けないと仮定している。混雑税のような時間帯別の課税の場合、これはかなりきつい仮定である。
- 10) Ramsey (1927)。
- 11) 以上のモデルは、Morrison (1987) で展開されたモデルと基本的に同一である。ただし、Morrison (1987) では、空港という事業体に発生する運営費が明示的に取り入れ

- られている。
- 12) 本節の内容について詳しくは、竹内(1991)を参照。
  - 13) Walters(1961), p.680.
  - 14) Else(1981), pp.220~221.
  - 15) これに対して Elseは再反論を試みている。Else(1982)を参照。
  - 16) Kawashima(1988), pp.53~57.
  - 17) Kawashima(1988), pp.57.
  - 18) Kawashima(1988)においては、需要曲線もまた反転している場合がある。
  - 19) 坂下・田渕(1991)においては、社会的限界費用曲線が反転する場合としない場合でそれぞれに具体的な混雑税の水準が示されている。
  - 20) 社会的限界費用曲線の定義の仕方によっては、社会的平均費用曲線の反転後の社会的限界費用曲線の形状は不定になるということを示したものに竹内(1991), pp.123~125がある。
  - 21) 例えばNichols et al.(1971), 竹内(1991)を参照。
  - 22) Else(1986), pp.104~106, 山内・太田(1989)を参照。
  - 23) 太田(1990), pp.35~36.

## 参考文献

- 1) Boardman, A.E. and L.B. Lave: Highway Congestion and Congestion Tolls, *Journal of Urban Economics*, Vol.4, 1977.
- 2) Boiteux, M.: Sur la Gestion des Monopoles Publics astreint à l'Équilibre Budgetaire, *Econometrica*, Vol.24, 1956.
- 3) Else, P.K.: A Reformulation of the Theory of Optimal Congestion Taxes, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.15, 1981.
- 4) Else, P.K.: A Reformulation of the Theory of Optimal Congestion Taxes: A Rejoinder, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.16, 1982.
- 5) Else, P.K.: No Entry for Congestion Taxes?, *Transportation Research*, Vol.20A, 1986.
- 6) Fare, R. S. Grosskopf and B.J. Yoon: A Theoretical and Empirical Analysis of the Highway Speed-Volume Relationship, *Journal of Urban Economics*, Vol.12, 1982.
- 7) Foster, C.D.: A Note on the Distributional Effects of Road Pricing: A Comment, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.9, 1975.
- 8) 藤井彌太郎: 都市道路政策(増井健一編著『交通と経済』都市交通講座2), 鹿島出版会, 1970年。
- 9) Johnson, M.B.: On the Economics of Road Congestion, *Econometrica*, Vol.32, 1964.
- 10) 角本良平・岡野行秀・藤井彌太郎: 混雑税をめぐる論争, 高速道路と自動車, 第23卷第6号, 1980年。
- 11) Kawashima, T.: Optimal Congestion Tax of Expressway: A.A. Walters Re-examined, P.K. Else Re-appraised, and Demand-Surface Paradigm Re-considered, *Gakushuin Economic Papers*, Vol.25, 1988.
- 12) Keeler, T.E. and K.A. Small: Optimal Peak-Road Pricing, Investment and Service Levels on Urban Expressways, *Journal of Political Economy*, Vol.85, 1977.
- 13) Layard, L.: The Distributional Effects of Congestion Taxes, *Economica*, Vol.44, 1977.
- 14) Mohring, H. and M. Harwitz: *Highway Benefits: An Analytical Framework*. North Western U.P., 1962. (松浦義満訳『道路交通経済学—便益の分析一』, 鹿島出版会, 1968年.)
- 15) Morrison, S.A.: A Survey of Road Pricing, *Transportation Research*, Vol.20 A, 1986.
- 16) Morrison, S.A.: The Equity and Efficiency of Runway Pricing, *Journal of Public Economics*, Vol.34, 1987.
- 17) Nash, C.A.: A Reformulation of the Theory of Optimal Congestion Taxes: A Comment, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.16, 1982.
- 18) Nichols, D., E. Smolensky and T.N. Tideman: Discrimination by Waiting Time in Merit Goods, *American Economic Review*, Vol.61, 1971.
- 19) 岡野行秀: 道路サービスの料金; 直接税と間接税—イギリスにおける研究を中心に—, 高速道路と自動車, 第9卷第5号, 1966年。
- 20) 奥野正寛・篠原綱一・金本良嗣編著: 交通政策の経済学, 日本経済新聞社, 1989年。
- 21) 岡本博: 混雑税と都市高速道路の料金の機能, 高速道路と自動車, 第26卷第6号, 1983年。
- 22) 太田和博: ロード・プライシング実施の社会的合意に向けて, ロード・プライシングの理論とその適用性, 国際交通安全学会プロジェクト報告書, 1990年。
- 23) Ramsey, F.: A Contribution to the Theory of Taxation, *Economic Journal*, Vol.37, 1927.
- 24) Richardson, H.W.: A Note on the Distributional Effects of Road Pricing, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.8, 1974.
- 25) Richardson, H.W.: A Note on the Distributional Effects of Road Pricing. A Rejoinder, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.9, 1975.
- 26) Samuelson, P.A.: The Pure Theory of Public Expenditure, *Review of Economics and Statistics*, Vol.36, 1954.
- 27) Smeed, R.J.: Traffic Studies and Urban Congestion, *Journal of Transport Economics and Policy*, Vol.2, 1968.
- 28) 坂下昇・田渕隆俊: 自動車交通超混雑の経済分析, 日交研シリーズA-142, 日本交通政策研究会, 1991年。
- 29) 竹内健蔵: 道路混雑の理論とその適用の可能性, 高速道路と自動車, 第27卷第11号, 1984年。
- 30) 竹内健蔵: 道路資源の配分方法の比較—時間による支払いと金銭による支払い, 交通学研究1990年研究年報, 1991年。
- 31) 竹内健蔵: 道路混雑における社会的限界費用曲線の反転問題について, 一橋論叢, 第106卷第5号, 1991年。
- 32) 常木淳: 道路料金と投資政策, 高速道路と自動車, 第32卷第7号, 1989年。
- 33) U.K. Ministry of Transport, *Road Pricing: The Economic and Technical Possibilities*. HMSO, London, 1964.
- 34) Vickery, W.: Congestion Theory and Transport Investments, *American Economic Review*, Vol.59, 1969.
- 35) Walters, A.A.: The Theory of Measurement of Private and Social Cost of Highway Congestion, *Econometrica*, Vol.29, 1961.
- Wilson, P.W.: The Highway Speed-Volume Relationship

- Revisited, *Journal of Urban Economics*, Vol.29, 1991.
- 36) Winston, C. : Conceptual Developments in Economics of Transportation ; An Interpretive Survey, *Journal of Economic Literature*, Vol.23, 1985.
- 37) 山内弘隆・太田和博：ロード・プライシングの経済理論,  
IATSS Review, 第15巻第4号, 1989年.  
(1991.12.20 受付)