

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

竹 内 健 蔵

1 はじめに

道路混雑の問題は我々が日常生活においてしばしば経験する極めて身近な交通問題の一つである。ある出発地と目的地の間に、ある一定の交通処理能力（容量）を持つ道路が与えられれば、その区間を通行する車両の数が多ければ多いほど混雑が発生し、単位時間当たりの通過交通量が上昇することは経験的に自明のことであろう。しかし、さらに交通量が増加すれば道路混雑には特有の現象が発生する。道路利用者数の増加によって単位時間当たりに処理される交通量は増加するが、それは与えられた道路の交通処理能力の臨界点までであって、当該道路の容量を超える車両が道路を利用するようになると、逆に単位時間当たりの交通量は減少するようになる。さらに道路利用者が増加すれば、いわゆる「交通マヒ」の状態になり、最終的には交通は完全にストップしてしまうであろう。

こうした道路の処理能力を超えた道路需要があるような混雑の状態は、ボトルネック型混雑、あるいは超混雑（hypercongestion）と呼ばれる。このような極度の混雑の状態において、混雑税（料金）の算定の基礎となる社会的限界費用曲線がどのような形状を描くか、という問題には未だに明確な結論が得られていない。むしろこの問題のあまりの複雑さゆえに、交通研究者はなるべくこの問題には触れないでおくという傾向すら見られるようである。しかしこの問題は理論的に興味深いのみならず、現実の交通混雑の問題を解決するにあたって大変重要な問題である。なぜならば、混雑解消政策として

しばしば提案され、また現実に行なわれているロード・プライシングの理論において、社会的限界費用曲線と需要曲線との交点は社会的な均衡点として通常一つであるとされているのに、上記のような混雑状態の場合にはその均衡点が複数生ずる場合があり得るからである。均衡点の一つなのかあるいは複数なのか、そして複数ならばどれが最も社会的に望ましいのか、という問題はこうして現実の交通問題への処方箋を与える政策に重大な困難をもたらす。

本稿では道路混雑という、通常の外部不経済現象の中でも特殊な現象において社会的限界費用曲線の形状を分析する。道路混雑の問題はすぐれて現実的な問題であり、多くのアプローチがあって、これがこの問題をより一層複雑にしている。このため、統一的な分析の視点を定め、問題点を整理することが行われなくてはならない。これまで多くの交通経済学者がこれをあたかもタブー視してきたことは現実の交通問題の解決を目指すうえでは好ましいことではなく、本稿はこの問題の更なる分析のための議論の出発点となることを目指している。2.では道路混雑の測定単位の相互関係を明らかにし、分析の出発点とする。3.と4.では社会的限界費用曲線が反転するという Else モデルと Kawashima モデルを検討し、そのメカニズムを解明する。5.ではこれまでとは別のアプローチから社会的限界費用曲線の形状を導出する。6.ではこの反転問題の生じた背景を道路混雑の持つ特殊性と絡めて述べる。

2 道路混雑に関する諸概念

以下で道路混雑に関する諸概念の理解を容易にするために、いくつかの前提を設けておくことは有用であろう。道路は距離が L である片側一車線のみを考え、距離 L の両端に入口と出口があり、その途中では交通の流入、流出はないものとする。つまり、全ての車は同一のトリップをする。車両はすべて同じタイプとし、乗車人員は一人であり、車両間でのコストの相違はないものとする。当該距離における車両の分布は一様であるとし、新たな車両の参入による車両の分布の乱れは瞬時に調整されるとする。

抽象的概念として生産量を考える一般の経済学理論とは異なり、通常、道路混雑においては生産量は具体的にいくつかの単位によって計測されるのが普通である。ここで考察される道路混雑の測定単位は車両数 (N)、密度 (D)、そしてフロー (F) である。車両数 N は距離 L の道路区間に存在する車両の数である。これは当該道路の上空から道路の航空写真を撮り、その写真に写った車両数を数えることで計測することができる。したがってこの計測単位は写真を撮った一時点においてのみ確定できる数であり、静態的な測定単位であると言える。密度 D は単位距離当たりの車両数として定義される。すなわち、

$$D = N/L$$

となる。密度は先の航空写真で撮った車両数を単位距離ごとに数えることによって計算できる。したがって密度もまた写真を撮った一時点においてのみ確定できる数であり、静態的な測定単位である。車両数と密度に関しては、密度を単に L 倍して車両数が求まるという単純な変換作業を必要とするだけであり、もし当該道路の距離を基本の一単位とすれば車両数と密度は全く同一のものとなることに注意しておく必要がある。フロー F は

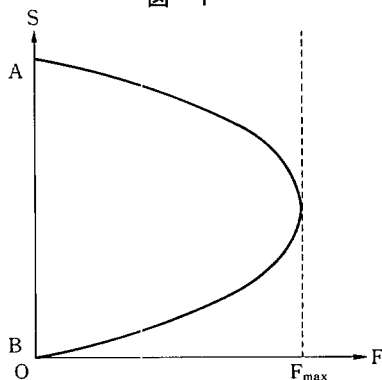
$$F = D \times (L/T)$$

と定義される。 T は当該道路区間のトリップ所要時間である。ここで、 L/T は車両の走行速度となる。 $D \times L$ は N と等しいから、フローはある一定時間にある一地点を通過する車両数ということになる。フローは車両数や密度とは異なり、航空写真を用いて計測することはできない。ある地点に位置し、一定時間にその点を通過する車両数を数えることによって始めて得ることのできる計測値である。つまり、フローは動態的な測定単位である。

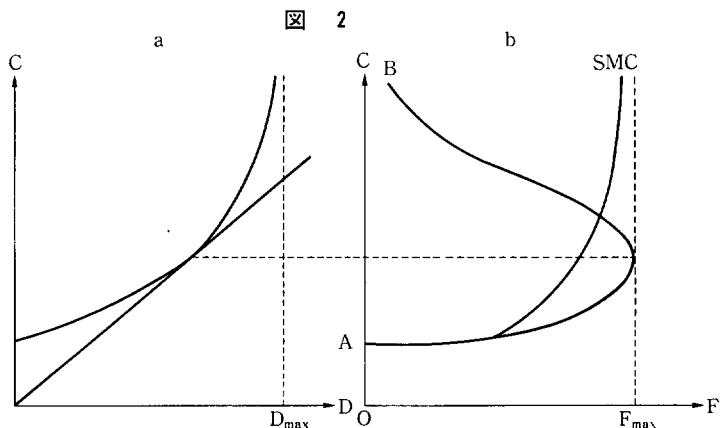
この3つの測定単位の存在はこれまでの道路混雑の経済学的な分析において混乱をもたらしており、また社会的限界費用曲線の数値や形状に論争をもたらす原因となっている。これについては後に述べることにして、ここでは各測定単位の相互の関係についてもう少し深く調べておくことにしよう。

道路交通の混雑状況を計測する試みは主に交通工学的なアプローチに負う

図 1



ところが大きい。現実の道路混雑は交通量とその時の走行速度との関係を示した速度・フロー曲線 (speed-flow curve) によって計測されることが一般的である。速度・フロー曲線は多くの研究者によって分析されているが¹⁾、その成果とこの他の理論的な推測を加味して、図 1 のような形状であるとされるのが普通である。A 点から出発し、フロー (F) が上昇するにつれて速度 (S) は低下し、やがて混雑の増加によって交通量は道路容量一杯 ($F_{\max}$) に達する。さらなる混雑の増加はフローを減少させ、ますます速度は低下し、やがて完全なマヒ状態となり、車は動かなくなり、速度はゼロとなるであろう (B 点)。我々の目的は費用曲線であるので、速度の軸を費用 (C) の軸に変換しなくてはならない。速度 S は $S=L/T$ 関係式を満たすので、時間価値を一定とすれば、所要時間に時間価値を乗ずることによって速度・フロー曲線は簡単に費用・フロー曲線 (cost-flow curve) に変換することができる。一般に費用・フロー曲線は図 2b の AB のような形状になるとされるのが普通である。A 点から出発し、完全なマヒ状態では車両は目的地に到達できず、費用 (主に時間費用) は無限大となる (B 点)。費用・フロー曲線はフローを測定単位としたときの費用曲線であるが、車両数あるいは密度を測定単位としたときの費用曲線とはどのような関係にあるであろうか。車両数は密



度の単なる実数倍であるので、ここでは密度との関係だけを述べると、費用・密度曲線の接線の傾きが原点からの直線の傾きと一致するときフローは最大になる(図2ab)。これは次のように証明することができる。いま、単純化のために $L=1$ とすると、 $F=D \times (1/T)$ であり、フローが最大になるための一階の条件は、

$$\frac{dF}{dD} = T^{-1} \left(1 - \frac{D}{T} \cdot \frac{dT}{dD} \right) = 0$$

したがって、

$$\frac{dT}{dD} = \frac{T}{D}$$

これは、費用・密度曲線の接線が原点からの直線と一致することを示している²⁾。図2bの費用・フロー曲線は自動車の利用者が当該道路を走行したときに自己が負担しなくてはならない走行費用、時間費用を意味し、当該車両の他者へ及ぼしている混雑費用は含まれていない(自己の負担する混雑費用は含まれている)。全ての車両は同一であるので、これは社会的平均費用SACであり、また私的限界費用PMCでもある。つまり、速度・フロー曲線が図1のようであるかぎり、費用・フロー曲線(=SAC=PMC)は反転

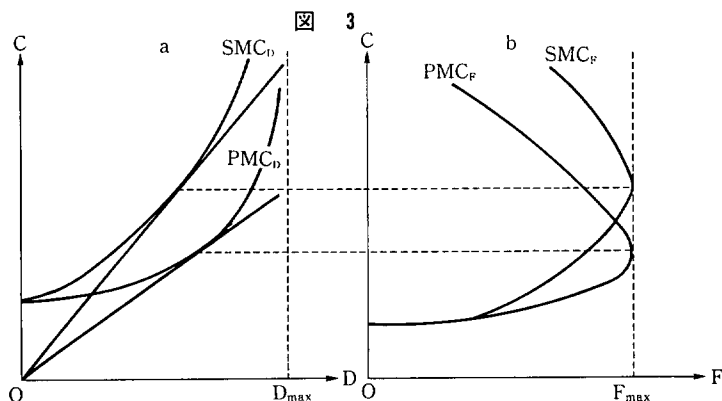
する（密度で測定された SAC は反転しない）。それでは社会的限界費用曲線 SMC は反転するであろうか。従来の伝統的な考え方にしたがいれば、 SMC はフローの最大値において無限大に発散するとされている（図 2b）。なぜならば、生産量（交通量）の変化が負になるので、費用・フロー曲線の反転部分では SMC は定義されないからである³⁾。

3 社会的限界費用曲線の反転 (1)——Else モデルの検討

道路混雑において、 SMC が反転するということを理論的に示したものに Else (1981) がある。しかしながら、Else (1981) は SMC が反転することを論じることが主たる目的ではなく、その目的は混雑の測定単位をフローから混雑に参加している車の台数にするべきであって、それによる SMC は従来の（フローによる） SMC よりも小さくなることを論じることであった⁴⁾。したがって Else (1981) の分析においては、 SMC の反転問題と混雑の測定単位の問題が密接に関連していることが特徴である。

Else (1981) の考え方の基本的スタンスが従来の交通経済学者のそれと異なる点は、「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⁵⁾」である、という点であって、これゆえ道路の混雑状況は当該道路の車両数によって計測されなくてはならないとする点である。道路サービス利用に関する意思決定（需要）が車両数を基準になされている以上、費用の測定もまた車両数によって行わなくてはならない。そして車両数の増加による費用の増加はフローの増加による費用の増加と比例的ではなく、「フローの一定の増加には、それを上回る車両数の増加がなくてはならない⁶⁾。」つまり、車両数によって測られた SMC は従来フローによって測られた SMC よりも小さい。要するに、Else (1981) において、 SMC が反転している理由は、測定単位が車両数を基準としているところにある。

このことを図によって示すことにしよう。簡単な数学的な展開によって、車両数によって測られた SMC は密度によって測られた SMC と一致するこ



とが知られている⁷⁾。したがって、ここではフローによって測られる SMC と密度によって測られる SMC との比較の問題に変換できる。従来の伝統的な分析では、費用・フロー曲線によって示された $SAC (= PMC)$ から直接 SMC が導出された。しかし、Else (1981) にあっては、基本的に密度 (= 車両数) によって費用は計測されなくてはならないから、図 3a のように、密度を測定単位とする座標においてすでに SMC は SAC の上方に乖離しているはずである。そして、その曲線はフローを測定単位とする座標において、前述の手続きを経て反転することになる (図 3b)。したがって、フローの測定単位を考えるとときには SMC は反転することになる。

この考え方に基づいて Else (1981) は SMC の反転部分で需要曲線が交点を持てば、その均衡点で最適な交通量が達成できると主張したが、これに関しては Nash (1982) が反論を加えている⁸⁾。それは主に 2 点に集約される。第 1 は、 SMC の反転部分で需要曲線が交点を持つ場合、 SMC の傾きが需要曲線の傾きよりも急であるために 2 階の条件を満たさないという点であり、第 2 点は、需要曲線はフローで計測されているから、車両数 (密度) に基づいて計測された SMC とはそもそも比較することができないという点である。第 1 の点は純粋に理論的な問題であり、第 2 は現実の交通サービス利用の意

思決定にかかわる交通政策上重要な問題である。ここでは第2の点を取り上げる。Else (1981) の主張は確かに論理上の展開については認めることはできるが、その前提となるドライバーの意思決定の判断基準について疑義があるように思われる。すなわち、ドライバーは混雑した道路に参入するときにはたして道路上の車両数をもって判断基準としているかどうかということである。

ドライバーの混雑道路への参入の意思決定は車両数及び密度に基づくとする考え方には、現実を考えるならばかなりの困難が伴う。なぜならば、ドライバーが道路へ参入するときにおいてその地点では彼は混雑した道路の車両数及び密度（静態的な測定単位）を見ることはできない。象徴的にいうならば、ドライバーはそのとき航空写真を撮ってすぐに車両数を計算することはできない。ドライバーはその地点でせいぜい十数メートル先までのことがわかるだけであり、意思決定のために全混雑道路の状況を把握することはできない。それよりも、ドライバーの目の前の車両の動き（早く進んでいるか、遅く進んでいるか）という動態的な状況に敏感であると考えることが自然であり、もしそうだとすれば、ドライバーはフローに基づいて参入意思決定をしていることになる。したがって、ドライバーがフローに基づいて意思決定を行っているならば、車両数（密度）の考え方に基づいて出された SMC は意味を持たないことになるであろう。

4 社会的限界費用曲線の反転 (2)——Kawashima モデルの検討

Else (1982) 以来、SMC が反転するという主張を積極的に肯定する研究はなかったように思われるが、Kawashima (1988) は、Else とは若干異なった視点から SMC が反転することを示した。以下では Kawashima モデルについて検討する。Kawashima (1988) は厳密な説明によって論を展開しており、その概要をわずかな紙面で紹介するのは不可能である。ここではその考え方のエッセンスだけを検討することしかできないが、その基本的な考え方は、潜在的な道路需要を示す指標 Q （フロー）と現実に現れる道路需要 F

(フロー) を示す指標とを区別し, 両者の変換関数を導入することによって, 各曲線の形状を導出する, という考え方である. これを具体的に示すことにしよう. Walters (1961) にしたがえば, 社会的限界費用は,

$$MC(Q) = AC(Q) + Q \times dAC(Q)/dQ \dots\dots\dots (1)$$

と表される. ここで Q , AC , MC はそれぞれ需要水準 (demand level), (社会的) 平均費用, (社会的) 限界費用である. ここで Walters (1961) の Q は道路容量の存在を明確に意識せず, 単に人々の道路に対する需要の量とだけ考えている. しかし, 道路容量が現実存在する以上, 従来の測定単位 Q は現実の道路容量の存在によって現れる需要水準 F と明確に区別されるべきであり, 両変数は相互に変換されなくてはならない, というのが Kawashima (1988) の主張である. この Q と F の関数関係を $Q = G(F)$ で表す とすると, 本来 (1) は,

$$SMC_f(F) = SAC_q[G(F)] + G(F) \times dSAC_q[G(F)]/dG(F)$$

同じことであるが,

$$SMC_f(F) = SAC_f(F) + G(F) \times dSAC_q[G(F)]/dG(F) \dots\dots\dots (2)$$

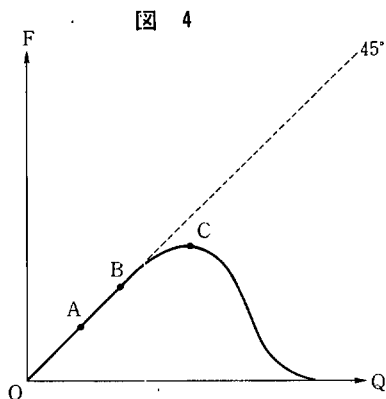
と表現されなくてはならない, とされる. ここで添字 f と q はそれぞれ F と Q を測定単位にしていることを示す. ところが, 従来の理論では本来ならば明確に区別すべき Q と F を同一視して,

$$SMC_f(F) = SAC_f(F) + F \times [dSAC_f(F)/dF] \dots\dots\dots (3)$$

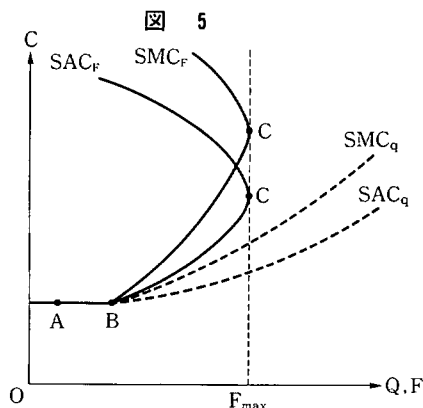
という形で表され, これに基づいて SMC が無限大に発散するとされる.

(2) と (3) を比較するとき, 右辺第 2 項が異なっている. これが SMC の形状を決定する要因となる.

Kawashima (1988) によれば Q と F の関係は図 4 のようになる. 点 A は混雑の発生していない点, 点 B は混雑が発生し始める点, 点 C は道路容量が最大限に利用されている点である. この Q と F の変換曲線を用いることによって, SMC が反転することが示される. Kawashima (1988) はこれを 4 象限を用いたグラフで説明するが⁹⁾, ここではこれを別の観点からの説明で試みる¹⁰⁾. Kawashima モデルの基本は, 仮に道路容量が存在しないか



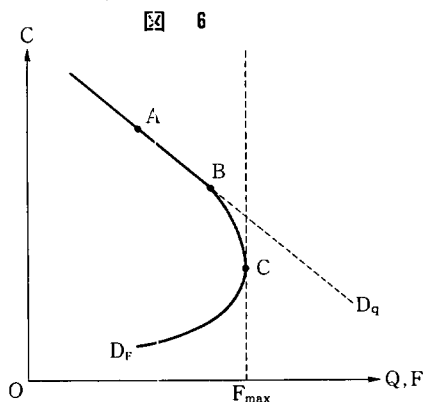
非常に大きい場合に、ある交通量とそのとき発生する費用との（現実には現れない潜在的な）関係を示す費用曲線と、道路容量が存在し、目に見える形で現れる交通量とそのとき発生する費用の（現実に現れる顕在的な）関係を示す費用曲線の二つを考えることにある。図5において、まず SAC について考える。もし、仮に道路容量が存在しないとすると、道路容量による制約がないので、おそらく、費用・フロー曲線は SAC_q のような形状を示すであろう（点線は実際には実現しない潜在的な費用と交通量の関係である）。しかし実際には道路容量は存在するために、容量が存在しなければ実現したであろう費用・フローの関係は道路容量の最大値を超えないように左にねじ曲げられる。これが実際に道路で現れる費用・フロー曲線（ $=SAC_f$ ）である。同じことは SMC についてもいうことができる。 SAC のときと全く同じプロセスによって、 SMC_q は道路容量の存在によってねじ曲げられて SMC_f となる。なお図5の ABC 点は図4の ABC 点と対応している。さらに同じ推論によって需要曲線は図6のようになる。 D_q は道路容量が無限ならば利用者が与えられた価格によって実現するであろう道路需要量を表す（実際には実現できないので潜在的な道路需要量となる）。しかし、現実には道路容量は存在するので、たとえ道路サービスが低価格であっても、実際に実現



できる道路利用量は道路容量以下である。つまり D_q は道路容量の存在によってねじ曲げられて D_f となる。したがって、Kawashima (1988) においては需要曲線も反転した形状となる。

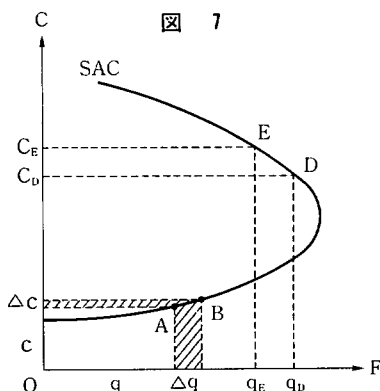
これは極めて興味深く、かつまた衝撃的な内容である¹¹⁾。SMC だけではなく、需要曲線もまた反転するというこの結果は、現実を生ずる（顕在的な）交通量と道路容量が存在しない（または限りなく大きいとしたときに生ずる潜在的な）交通量という両者を考えたことによって導き出されたものであるといってよいであろう。問題であるのは、現実の交通政策としてどちらの交通量が混雑税の計測のために正しい交通量であるか、ということである。

この問題に対して解答を与えることは容易ではなく、安易に結論を下すことはできない。そこでここでは結論を得るための手がかりとなる点を指摘しておきたい：もし前述の Kawashima モデルの解釈・説明が本来の Kawashima モデルの趣旨と異なっていないならば、SMC の反転を導出するために理論的、仮想的な SMC_q を想定しそれを使用することが正当化できるであろうかという点がまず問われなくてはならない。現実の問題として SMC_q を求めることは非常に困難であるか、また不可能であるかもしれない。我々が現実を得ることのできるデータは速度（費用）・フロー曲線だけ



であり、これから SMC_q を導出するための理論的な計算式があると考え
 ことは難しい。それぞれの道路の物理的な形状、状態によって、それはさま
 ざまに異なるであろうから、現実の速度（費用）・フロー曲線から直接 SMC
 を計算する方が実際の混雑税の計算にかなうものであると考えることができ
 るかもしれない。需要曲線の反転に関しては、価格と現実に見れる交通利用
 量の関係式が真に道路利用希望者の選好を顕しているものであるかどうか
 が問われなくてはならない。道路利用者にとっては道路容量の大きさは自己の
 道路利用の意思決定には基本的に関与しない。ドライバーは低価格であれば
 道路容量にかかわらず利用を希望するのであって、道路容量の存在によって
 反転する需要曲線は道路利用者の真の道路利用の選好を示しているかどうか
 が問題となる。ロード・プライシング（混雑税）を実行するとき、まずこの
 2点について明確な解答が与えられなくてはならない。

結局こうした問題が現れる根本的な原因は、道路混雑は他の外部不経済現
 象とは違って空間的な広がりを持っている、という点にあると思われる。他
 の生産活動においても確かに設備容量（capacity）は存在する。しかし、通
 常の生産活動のフローは設備容量を超えれば、自動的に生産はその限界値を
 超えないのに対し、道路混雑では設備容量を超えても交通を処理することが



できるという点が通常のエconomic理論とは異なる点であり，新たな分析の方法が求められる所以である。

5 社会的限界費用曲線のもう一つのアプローチ

これまで従来の伝統的な *SMC* の考え方と，*SMC* が反転するという考え方の二つを検討してきた。しかし，道路混雑の分野において *SMC* に対する考え方の違い，解釈の相違には多くのものがある。ここではそのうち一つを取り上げ，その考え方を押し進めることによって新たな *SMC* の形状について述べることにしたい¹²⁾。

純粹にエコノミストの立場をとらない人々は，ときとして次のような *SMC* の定義を用いることがある。図7において *SAC* は費用・フロー曲線である。いま仮に交通量が点 *A* から点 *B* へ増加したとしよう。点 *A* のときの交通量を q ，社会的平均費用を c とし，交通量（フロー）の増加によってそれぞれ， Δq ， Δc だけ増加したとする。このとき，*SMC* は，

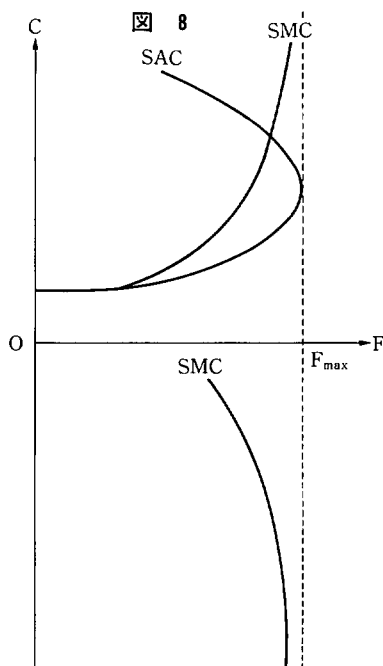
$$\begin{aligned} SMC &= (q + \Delta q)(c + \Delta c) - cq \\ &= \Delta q(c + \Delta c) + \Delta cq \end{aligned}$$

与えられる。これは図7の斜線部分の面積に相当する。2番目の式の右辺第1項は新たに混雑に参加したドライバー自身が負担する費用であり，右辺

第2項はそのドライバーが他者に課す混雑費用である。この場合 SAC が右上がりであるかぎり、右辺第2項は正であり、 SAC に上乘せされるから、 SMC はつねに SAC より上方に位置するはずである。したがって SMC は SAC は縦軸を出発する点から上方に乖離している¹³⁾。

こうした考え方に立脚すると、 SAC が反転するとき SMC はどのようなになるであろうか。これは図7の点 D と点 E を比較することによって明らかになる。交通量が点 D から点 E へ限界的に移動するとき、点 D のときの(社会的)総費用は $Oq_D DC_D$ であり、点 E のときの(社会的)総費用は $Oq_E EC_E$ であるので、 SMC はこの両者の変化分に相当する。しかし、この両者の総費用の大小関係は SAC の形状に依存しており、決定することができない。すなわち、 SMC の正負は決定することができず、 SAC の反転後の SMC 形状は不定になる。いまもし仮に、 SAC の反転部分において交通量が減少すればするほど(社会的)総費用がより大きくなっていき¹⁴⁾、かつ交通量が減少すればするほどその(社会的)総費用の変化分(SMC)が増加していくような SAC の形状があるとしよう¹⁵⁾。このときは SMC は図8のような形状を描き、 SMC は反転する。しかし、反転したときの SMC は負値であり、交通政策上は意味を持たない。

以上からわかることは、上記のような SMC の定義にしたがうならば、 SAC の反転部分における SMC 形状は一意的に決定できない。つまり、この場合の SMC の考え方は SMC が反転するという主張を必ずしも支持しないと同時に、Walters (1961) をはじめとする従来の SMC の形状もまた支持しない。こうした SMC の定義が正しいかどうかはまだ議論の残されている問題であり、今後さらなる分析が必要である。しかしながら、この SMC の定義は最も単純なものであり、比較的理解が容易な定義の仕方であるために広く受け入れられている SMC の理解の方法であることには注意しておく必要がある。



6 社会的限界費用曲線の反転問題の背景——結びにかえて

社会的限界費用曲線が反転するか、しないか、という論争は現実の交通政策上重要な問題であるのみならず、いみじくも道路混雑の理論の持つ、他の外部不経済現象とは異なった特殊要因を浮き彫りにし、またその理論の不完全性をはからずも示したものとなっている。ここではこの論争の原因はそもそものような背景のもとにあるのかを示し、道路混雑の理論の抱える問題点を指摘することによって本論の結びにかえたい。

社会的限界費用曲線はロード・プライシングについて研究を行った論文によっていろいろな形に描かれている(表1)。このように SMC の反転問題において意見の一致が見られず、曖昧な点が残されている理由は主に5つに要約できるであろう。第1に、混雑した道路の当該区間に一定数の車両がある

表1 社会的限界費用曲線の反転部分に関する取り扱い

反転しない	不明確	反転する
Walters (1961)	Else (1986)	Else (1981)
Johnson (1964)	Ministry of	Else (1982)
Moore (1968)	Transport (1964)	Kawashima (1988)
Nash (1982)	OECD (1987)	
Morrison (1986)		

注) 「反転しない」には、社会的平均費用曲線の反転部分で社会的限界費用は定義されない、という見解を含む。

として、その区間の出発点に新たに1台の車が参入したとき、その参入車両が当該区間の既存の車両全体にどのような影響を与えるのかが明確にされていない。通常は全ての車両が同一の混雑費用を負担する（参入車両の影響は一樣である）とされるが、この仮定は妥当であろうか。Else (1981) はこれを問題として論を展開している。第2に、混雑の程度はある程度ピーク時間の伸縮によって吸収されるという考え方がある¹⁶⁾。混雑が激しくなったとき、それがピーク時間の拡大によって吸収されれば、過度の混雑は生じないかもしれない。十分なピーク時間の拡大があれば、SMCは反転しないかもしれない。第3に、従来の理論はフローという動態的な視点で混雑をとらえるが、混雑は1地点の通過車両のみで考えられるべきではなく、混雑全体を考えるべきである、と主張することもできる。従来の理論はこの意味で混雑全体を把握したものではない、という考え方は安易に否定できない。第4は、道路混雑特有の要因と言えるであろうが、前述したように通常の財の生産と異なり、道路は生産能力（設備容量）を超えて交通サービスを生産（供給）することが可能であるという点がこの反転問題を複雑にしている要因である。したがって、この問題は通常の生産における外部不経済の問題と同一に論ずることはできない。第5は、通常の外部不経済の内部化の理論と比較しての混雑の特殊性である。混雑にはいわゆる「共有地の悲劇」がある¹⁷⁾。すなわち、大気汚染などに代表される一般の外部不経済現象は外部不経済を発生させる側と外部不経済の影響を受ける側が明確に区別できるのに対し、混雑に

においては外部不経済を発生させる側と影響を受ける側が同一であるということが大きく異なる点である。この「コモン・プロパティの外部性」の存在は第1の問題を惹起する。ここで重要であるのは、道路混雑の問題は大気汚染などに代表される一般の外部不経済現象とは異なった立場で分析を加えなくてはならないということを認識することである。

SMCの反転問題はSAC(=PMC=費用・フロー曲線)の反転部分において問題となるものであるが、これまでの現実のデータにおいては費用・フロー曲線の反転部分についてはまだ十分な分析はなされておらず、反転部分が顕著であることを示した研究はあまりない。反転部分の存在を計量的に十分に証明したものは少なく、比較的評価の高いBoadman and Lave (1977)であっても、反転部分はほんのわずかしき示されていない。このように、現実のデータに比べて、理論のみがかなり先行しているという点は否定できない。現実の交通量データに基づいて混雑税、ロード・プライシングの具体的な数値が決定される以上、現実のデータに注意を十分に払うこともまた忘れてはならないことであろう。

- 1) 交通フローと速度の関係を扱った研究は非常に多い。たとえば、交通工学からのアプローチでは、Persaud and Hurdle (1988) や Gilchrist and Hall (1989), エコノミストからのアプローチでは Boardman and Lave (1977) や Färe, Grosskopf and Yoon (1982) などがある。しかし、いずれもフローを測定単位として用いており、密度または車両数を測定単位とはしていない。
- 2) 二階の条件は満たされる。Johnson (1964) p. 138.
- 3) Walters (1961) p. 680.
- 4) Else (1981) は他に、論文の後半で新たな車両の混雑の参入が全体の混雑にどのような影響を与えるかを分析しているが、ここではそれについては特に取り上げない。Else (1981) pp. 223-232.
- 5) Else (1981) pp. 220-221.
- 6) Else (1981) p. 223.
- 7) Else (1981) p. 221. 前述のように、車両数は密度の実数倍であるので、当該道路区間を1単位とすればこのことは自明のことである。

- 8) Nash (1982) p. 297. これに対して Else は再反論を試みている。Else (1982) pp. 229-304.
- 9) Kawashima (1988) p. 55.
- 10) Kawashima (1988) では綿密な分析を行っているが、紙面の都合上、以下では筆者による簡略化した Kawashima モデルの独自の解釈となっており、Kawashima (1988) のオリジナルの紹介ではない点に注意する必要がある。この意味で、以下での説明は Kawashima モデルのかかなり大胆な再構築となっている。詳しくは Kawashima (1988) p. 49-57. を参照されたい。
- 11) 例えば、仮に SMC が反転しないとしても、需要曲線が反転すれば、均衡点が2つ存在することがあり得る。この点、Kawashima モデルは道路混雑の理論分析の持つ一部の曖昧さを鮮明にえぐり出したものになっている。この意味で Kawashima モデルはパンドラの箱を開けた理論といえるかも知れない。
- 12) ただし、これは筆者の SMC に関する最終的な結論ではない。代表的な SMC の考え方をさらに発展させて得られる一つの結果であり、この考え方が正当化されるかどうかはまた別の問題である。
- 13) 縦軸上から SAC と SMC が乖離する状況はときどき道路混雑を取り扱う文献に見られるが、その多くはこうした SMC の定義を採用しているように思われる。これにはたとえば Goodwin and Jones (1989) などがある。ただし、 SAC が一定 (横軸に平行) ならば、 SAC は SMC と乖離しない。
- 14) つまり図7でいえば、 SAC の反転部分においてつねに $Oq_D DC_D < Oq_E EC_E$ が満たされているような場合である。
- 15) もし SAC の反転部分において交通量が減少すればするほど (社会的) 総費用がより少くなる場合には、Nash (1982) が示したような SMC の形状となる。Nash (1982) p. 296. しかし Nash (1982) はどのようにしてこの SMC の形状を導出したのかについては説明していない。
- 16) この点に注目した分析は比較的早くから行われている。たとえば、Jansson (1969) などはその早期の例である。
- 17) 国際交通安全学会 (1990), 16-20 頁。

参 考 文 献

- Boardman, A. E. and L. B. Lave. 1977. Highway Congestion and Congestion Tolls. *Journal of Urban Economics* 4: 340-359.
- Else, P. K. 1981. A Reformulation of the Theory of Optimal Congestion

- Taxes. *Journal of Transport Economics and Policy* 15 : 217-232.
- Else, P. K. 1982. A Reformulation of the Theory of Optimal Congestion Taxes : A Rejoinder. *Journal of Transport Economics and Policy* 16 : 299-304.
- Else, P. K. 1986. No Entry for Congestion Taxes? *Transportation Research* 20A : 99-107.
- Färe, R., S. Grosskopf and B. J. Yoon. 1982. A Theoretical and Empirical Analysis of the Highway Speed-Volume Relationship. *Journal of Urban Economics* 12 : 115-121.
- Gilchrist, R. S. and F. L. Hall. 1989. Three-Dimensional Relationships among Traffic Flow Theory Variables. *Transportation Research Record* 1225 : 99-108.
- Goodwin, P. B. and P. M. Jones. 1989. Road Pricing: the Political and Strategic Possibilities. Report prepared for Round Table 80, European Conference of Ministers of Transport, Paris.
- Jansson, J. O. 1969. Optimal Congestion Tolls for Car Commuters—A Note on Current Theory. *Journal of Transport Economics and Policy* 3 : 300-305.
- Johnson, M. B. 1964. On the Economics of Road Congestion. *Econometrica* 32 : 137-150.
- Kawashima, T. 1988. Optimal Congestion Tax of Expressway: A. A. Walters Re-examined, P. K. Else Re-appraised, and Demand-Surface Paradigm Re-considered. *Gakushuin Economic Papers* 25 : 47-74.
- (財) 国際交通安全学会 269 プロジェクト研究会, 『ロード・プライシングの理論とその適用性』, (財) 国際交通安全学会, 1990 年.
- Nash, C. A. 1982. A Reformulation of the Theory of Optimal Congestion Taxes : A Comment. *Journal of Transport Economics and Policy* 16 : 295-299.
- Persaud, B. N. and V. F. Hurdle. 1988. Some New Data that Challenge Some Old Ideas about Speed-Flow Relationships. *Transportation Research Record* 1194 : 191-198.
- Walters, A. A. 1961. The Theory of Measurement of Private and Social Cost of Highway Congestion. *Econometrica* 29 : 676-699.

(長岡技術科学大学専任講師)