

交通混雑問題の一視角：混雑税を中心として

松沢，俊雄

<https://doi.org/10.15017/2920560>

出版情報：経済論究. 36, pp.81-102, 1976-03-25. 九州大学大学院経済学会
バージョン：
権利関係：



交通混雑問題の一視角

—混雑税を中心として—

松 沢 俊 雄

目 次

は じ め に

1. 混雑発生のメカニズム
2. 道路混雑と利用税
3. 道路混雑と投資決定

結びに代えて

は じ め に

一般に公共的施設が供給するサービスの質は、その利用者が増加するにつれて低下すると考えられる。道路サービスの供給においてこのことは顕著な形で現われる。自動車による道路走行において、道路利用者は相互に彼らの走行条件に影響を及ぼし合う。すなわち利用者数が増加するほど各自動車の走行速度は低下し、一定距離の走行に要する時間は増加するという、広い意味での混雑現象が生ずる。そして一定限度を超えて道路が利用された場合は、いわゆる停滞的状态に陥ることになる。

道路利用者はトリップの意思決定にあたっては、自らがそのトリップに要する利用者費用(私的費用)しか考慮しないが、彼のトリップは他のすべての道路利用者の利用者費用をも高めているのである。すなわち彼は自らのトリップが道路利用者全体に及ぼす費用(社会的費用)については何ら考慮していない¹⁾。したがって、道路利用における私的費用の側面だけでなく、その社会的費用の側面をも考慮した上で、社会的に最適な道路利用がどのようなものであるかを追求する必要があるだろう。Walters, A. A. は彼の先駆的論文〔9〕の中で、社会的限界費用と私的限界費用との差を混雑税としてすべての利用者から徴収

することによって、社会的に最適な道路利用が達成されうることを明らかにした。

本稿の課題は道路サービスに対する需要が所与であるときに、いくつかの経済的観点のもとでの道路利用について考察してゆくことにある。まず1節では混雑発生のメカニズムを明らかにする。次に2節では道路容量が与えられているときの利用水準について考察し、続いて3節では、道路容量とその利用水準の両者を決定するという、投資決定の問題を分析する。これらの節では、まず社会的に最適な利用水準とそのとき課すべき混雑税を導く。そして次に、道路当局が企業者の立場からとる若干のポリシーによって決定される利用水準について考察する。そして社会的な最適利用水準とこれらポリシーにより決定された利用水準の比較を行なう。

- 1) 本稿において社会的費用とは、ある道路利用者が彼個人として支払う私的費用に対して、彼がその道路の利用者全体に及ぼす費用という意味で用いられていて、非利用者に対する外部効果を含んだ概念ではない。

1. 混雑発生のメカニズム

一般的に、道路容量がある与えられた大きさであるとき、一定時間内での道路利用水準が増加するほど各自動車の走行速度は低下する。これは広い意味での混雑現象である。そして利用水準が一定限度を超えて増加すると走行速度は急激に低下し、停滞の状況を呈することになる。われわれはまずこのような物理的混雑現象からみてゆくことにしよう¹⁾。

考察する道路は、ある二地点を結ぶ一定容量をもった道路であるとし、道路の利用状態に関して次のことを仮定する。(a)交通は同質である。(b)すべての自動車の走行速度は同一である。(c)交通密度は道路のどの部分でも同じである。このような仮定のもとで交通密度、走行速度、所要時間及び交通量の諸関係を明らかにしよう。交通密度(台/Km)を D 、走行速度(Km/時)を S 、所要時間を T 、交通量(台/時)を F とする。

いま容量など道路の諸条件は所与であるから、走行速度は交通密度の関数として表わされる。それを $S(D)$ とし、

$$S'(D) \leq 0, S''(D) \leq 0 \quad (1.1)$$

という仮定をおこう。所要時間は走行速度の逆数であるから、これも交通密度の関数として表わされる。それを $T(D)=1/S(D)$ とすると、(1.1) から

$$T'(D) \geq 0, T''(D) \geq 0 \quad (1.2)$$

となるだろう。また、このような走行時間のうちで最小のものを T_0 としておく。

交通量は密度と走行速度の積であるから、結局は密度の関数として表わされる。それを $F(D)$ とすると、

$$F(D) = D \cdot S(D) \quad (1.3)$$

である。さて、密度と交通量の関係は、(1.3) を D について微分した式

$$F'(D) = \{T(D) - D \cdot T'(D)\} / T(D)^2 \quad (1.4)$$

$$F''(D) = [-DT''(D) \cdot T(D) - 2T'(D)(T(D) - DT'(D))] / T(D)^3 \quad (1.5)$$

からわかる。 $T'(D) = T(D)/D$ のとき $F'(D) = 0$ となるが、(1.2)と(1.5)から $F''(D) < 0$ となるので、このとき交通量は最大となる。交通量が最大になるような交通密度を D^* とし、そのときの交通量を F_{max} と表わそう。図1は密度と所要時間の関係を、図2の $f-f$ は交通量と所要時間の関係を表わしたものである。この図からもわかるように、交通量は密度が D^* になるまでは増加するが、密度が D^* を超えると減少し始める。つまり $f-f$ は F_{max} を超えると backward bending の形をとるのである。そして密度が D_{max} に達すると、自動車は身動きがとれなくなり、走行速度はゼロになるので、交通量はゼロになる。

次にこの道路のサービスへの需要について考えてみたい。いま需要がトリップの所要時間のみに依存するとしよう。このとき、需要を単位時間内に当該道路へ進入する自動車台数で表わすことにする。需要量は走行時間が減少するほど大きくなり、需要曲線は通常の財の場合と同じ右下りの形状を示すものとし

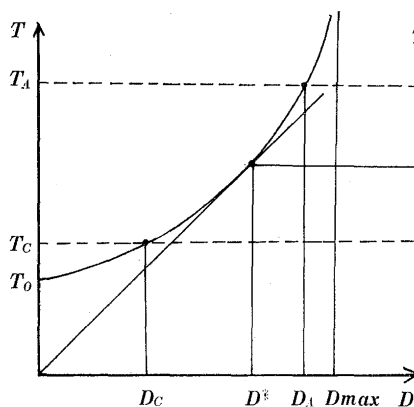


図 1

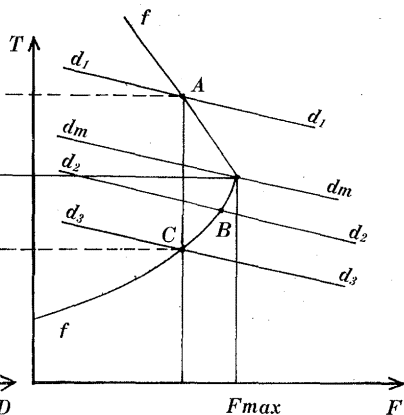


図 2

よう。図2には、このような需要曲線が示されている。この図で需要が d_1-d_1 , d_2-d_2 , d_3-d_3 のとき、均衡点は各々 A, B, C である。BとCでは、交通密度は D^* に達しておらず、道路容量もまだ余裕を残している。一方AとCでは交通量は同じであるが、交通密度はそれぞれ D_A , D_C と異なる。つまりAは“停滞的”な状態であり、そこではCの状態と較べて、各自動車は (T_A-T_0) だけ大きい所要時間を要しながら、交通量はCと同じである。そこでAのような状態では、進入規制等で密度を下げることによって交通量を増加させることができる。言い換えればそれは、道路への進入以前に運転者に待ち時間を課して、道路サービスの需要曲線をシフトさせることによってもたらされるだろう。

道路容量が一定のとき、その道路に関しては上にみてきたような技術的諸条件が与えられているのであるが、われわれは道路がどのように利用されている状態が望ましいかについて直ちに判断することはできない。それは輸送の目的や形態によってそれぞれ異なるだろう。例えば、与えられた時間内にできるだけ多くの輸送を行なうには、交通量が最大になるように交通密度が調整されなければならないであろう。あるいは、自動車ができるだけ速く走行するためには、密度は極めて低く抑えられなければならないだろう。……等々。しかし、道路がどのように利用されるのが望ましいかは、単に道路の技術的側面からの

み論ずるのではなく、経済的な観点からも論じられねばならない。そのためには、これまでみてきた道路利用の物理的諸関係は経済的タームに置き換えられなければならないだろう。道路利用者は当該道路を走行するのになぜ自動車に関する走行費を必要とする。それは燃料費、消耗費等からなる。次に利用者は走行時間（所要時間）を必要とするが、それを貨幣額的なタームに置き換えたものが時間費用である。道路走行で負担しなければならない利用者費用はこれら走行費と時間費用とからなる。この内、交通量の増加に伴い逓増的な増加率をもつ時間費用は、利用者の負担する費用の中で重要な位置を占める。一方、需要についてはこれまでみた交通量と所要時間の関係から交通量と需要価格の関係で考えられる²⁾。

1) この節については Walters [9], Johnson [3], 岡野 [10] 等参照。

2) 密度に関して交通量が増加的であるとき（図1で $0 \leq D \leq D^*$ ）交通量と所要時間の関係は次のようになる。交通量を x とすると、 $x = D \cdot S(D) = F(D)$ であるが、 F の逆関数を M とすれば $D = M(x)$ と表わされる。したがって所要時間は $T(D) = T(M(x))$ となる。 $dT/dx = T' \cdot M'$ 、 $d^2T/dx^2 = T'' \cdot (M')^2 + T' \cdot M''$ となるが $0 \leq D \leq D^*$ では $M' > 0$ 、 $M'' \geq 0$ であり、(1・2) から $T' \geq 0$ 、 $T'' \geq 0$ だから $dT/dx \geq 0$ 、 $d^2T/dx^2 \geq 0$ がいえる。なお次章からの交通量と利用者費用の関係は密度に関して交通量が増加的な部分について考えている。

2. 道路混雑と利用税

一定の容量をもつある道路に関して、その需要構造が与えられている場合、道路がどのように利用されるのか、言い換えればどれ位の大きさの交通量が望ましいのかを経済的側面から考察してゆくのがこの節での課題である。本節ではまず道路利用に何等の経済的規制を加えない放任の場合と、社会的純便益を最大にする場合についての均衡交通量を考え、次にそれらを道路当局がとりうるいくつかのポリシーのもとで決定される均衡交通量と比較してみたい。

1. 1節と同様に、ある2地点を結ぶ道路を考え、そこでは1節での仮定(a), (b), (c) が成り立っているとしよう。その道路における交通量を x 、その道路を走行するのに必要な自動車1台当りの費用すなわち平均利用者費用を $g(x)$ としよう。 $g(x)$ は所要時間の時間費用と走行費用からなり、それは交通量 x に

依存するが、 $g(x)$ は

$$g'(x) \geq 0, g''(x) \geq 0 \quad (2.1)$$

であると仮定する。この仮定は前節で導かれた交通量と所要時間の技術的關係に対応している。一方この道路の当局者が道路サービスの供給に要するものとしては単位期間内の資本費用、維持費用、管理費等があるが、以下では簡単化のためこれらを一定で $\bar{k}$ であると仮定しよう。またこの道路サービスに対する需要については、それを交通量の関数 $f(x)$ と表わし、

$$f'(x) < 0 \quad (2.2)$$

と仮定する¹⁾。

まずこの道路に何らの利用税も課せられない放任的な場合から考えてゆこう。このとき利用者は平均費用 $g(x)$ だけしか要しないから、放任的な均衡は $f(x) = g(x)$ の解 $\hat{x}$ (図3のA) によって示される。いま

$$F(x) = \int_0^x f(\tau) d\tau \quad (2.3)$$

と表わすと、均衡において利用者全体は $F(\hat{x})$ の総便益を受け $\hat{x} \cdot g(\hat{x})$ の費用を支払ったことになる。

さて次に利用者が受ける総便益と、彼らが支払った総費用及び道路サービス

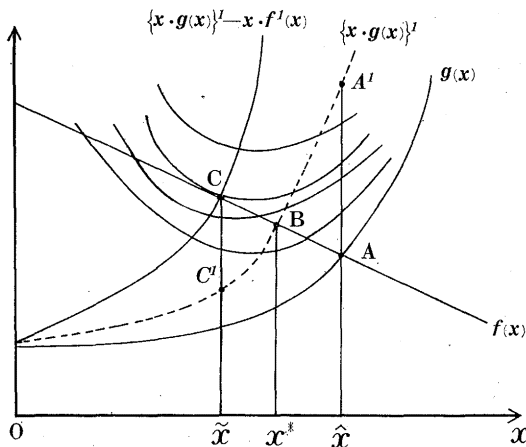


図 3

の供給に必要な費用の差額として社会的純便益（以下 $NB(x)$ と略記）

$$NB(x) = F(x) - x \cdot g(x) - \bar{k} \quad (2.4)$$

を定義しよう。道路容量が与えられているとき、社会的に最適な交通量は $NB(x)$ を最大にするような x である。それは $NB(x)$ を x で微分した

$$f(x) - \{g(x) + x \cdot g'(x)\} = 0 \quad (2.5)$$

から求められる²⁾。(2.5) 式の第2項は交通量が1単位増加した場合の利用者全体が支払う費用の増分であり、通常社会的限界費用といわれる。社会的限界費用は $g'(x) > 0$ 、つまり、交通量が増加するとき平均費用が増加するような場合は、必ず平均費用 $g(x)$ よりも $x \cdot g'(x)$ だけ大きい。(2.5) 式は社会的純便益を最大にする交通量 x は社会的限界費用と利用者の限界評価が等しいときもたらされることを意味している。(2.5) の解を x^* としよう。利用者に何等の経済的規制を加えないとき、均衡解は $\hat{x}$ であり x^* とは ことなる。すなわちこのような社会的純便益を最大にする交通量を道路利用者の主体的均衡によって達成するにはある経済的な規制が必要となるだろう。そこで道路利用者にある税 t を賦課することにしよう。そうすれば道路の利用者費用 c はこれまでの $g(x)$ から

$$c = g(x) + t \quad (2.6)$$

となる。均衡では $f(x) = c$ となるので、求めるべき税 t^* は、 $f(x)$ と $g(x)$ の関係を示す (2.5) 式を考慮すれば

$$t^* = x^* \cdot g'(x^*)$$

となる。つまり道路利用者に $x^* \cdot g'(x^*)$ の税を課し、利用者費用を $g(x)$ から $g(x) + x^* \cdot g'(x^*)$ にシフトさせることによって利用者の主体的均衡から交通量 x^* がえられるのである。

次に、道路利用者にある利用税を課して、それから得られる税総収入と道路サービスの供給費用の差を最大にするような場合、つまり道路当局者が独占的企業者のような行動をする場合を考える。利用税を t とすると求めるべきものは

$$\begin{aligned} \max_x (x \cdot t - \bar{k}) \\ f(x) = g(x) + t \end{aligned} \quad (2.7)$$

となる x である。その均衡条件は

$$f(x) - x \cdot g'(x) - g(x) + x \cdot f'(x) = 0 \quad (2.8)$$

であり、このとき

$$t = x \cdot g'(x) - x \cdot f'(x) \quad (2.9)$$

である。均衡解は (2.8) から求まるがそれを $\bar{x}$ とすると、 $f'(x) < 0$ だから、(2.5) と (2.8) から $\bar{x} < x^*$ である。このことは、図3で $f(x)$ と $g(x) + x \cdot g'(x) - x \cdot f'(x)$ の交点Cによって表わされる。そしてこのとき求めるべき税は $\bar{t} = \bar{x} \cdot g'(\bar{x}) - \bar{x} \cdot f'(\bar{x})$ である。

利用税から得られる収入が道路サービスの供給費用 $\bar{k}$ と等しくなるような収支均等の場合は次のようになる。すなわち収支均等となる交通量は

$$f(x) = g(x) + t, \quad x \cdot t = \bar{k} \quad (2.10)$$

によって、つまり

$$f(x) = g(x) + \bar{k}/x \quad (2.11)$$

から求められる。このときの均衡交通量のうち最大のものを $\bar{x}$ とすると、利用税は $t = f(\bar{x}) - g(\bar{x}) = \bar{k}/\bar{x}$ である。図3には $f(x)$ と $g(x) + \bar{k}/x$ の関係が、 $\bar{k}$ の様々な大きさについて描かれている。 $\bar{k}$ の大きさによっては常に $g(x) + \bar{k}/x > f(x)$ となり、(2.10) 式は解をもたないこともありうる。つまり、利用税収入によって道路サービスの供給費用を賄うことは必ずしも可能ではないというのである³⁾。

最後に道路当局の税収入が供給費用と等しいか、上回るという条件のもとで社会的純余剰を最大にする場合を考えてみよう。その均衡交通量は

$$\max_x NB(x) \text{ sub. to } x \cdot t - \bar{k} \geq 0, \quad f(x) = g(x) + t \quad (2.12)$$

という問題を解くことによって与えられる⁴⁾。(2.12) の解を $\underline{x}$, $\underline{t}$ とすると $\underline{x} \cdot \underline{t} - \bar{k} > 0$ となっているときは $\underline{x} = x^*$ であり、 $\underline{x} \cdot \underline{t} - \bar{k} = 0$ となっているときは $\underline{x} = \bar{x}$ である。後者においても $\bar{x} = x^*$ であれば $\underline{x} = \bar{x} = x^*$ である。

2. これまでいくつかの場合の均衡交通量についてみてきたが、次にこれらの関係について若干の考察を加えてみよう。まず均衡交通量の大きさについては、各々の均衡式から、 $\bar{x} < x^* < \hat{x}$ であることがわかる。 $\bar{x}$ は $\bar{k}$ の大きさに依存するが、収支均等となるような均衡交通量が存在するとすれば、 $\bar{x} \leq \bar{x} < \hat{x}$ となっている。 $\bar{k}$ が小さいほど $\bar{x}$ は大きい。

次に道路利用者が直接的に受ける消費者余剰を $CS(x)$ とすると

$$CS(x) = F(x) - x \cdot f(x) \quad (2.13)$$

であるので、交通量 x が大きいほど $CS(x)$ は大きい。したがって $CS(\bar{x}) < CS(x^*) < CS(\hat{x})$ であり、 $CS(\bar{x})$ とこれらの関係は $\bar{k}$ の大きさ如何に依存する。利用者が直接的に受ける消費者余剰という観点のみから考えれば放任した場合の交通量 $\hat{x}$ が最も望ましいことになる。

道路利用者が相互に外部効果を及ぼさない場合は彼らが直接的に受ける消費者余剰を価値基準におけばよいが、利用者が相互に外部効果を及ぼし合う場合この基準は不適切となる。何故ならそれは利用者間の外部効果をも含めた社会的総費用を考慮していないからである。したがってわれわれは社会的総費用と供給費用を考慮した社会的純便益 $NB(x)$ を社会的な価値基準として用いなければならないだろう⁵⁾。社会的純便益に関してはどんな交通量 x に対しても $NB(x^*) \geq NB(x)$ であるが、それは次の理由による。交通量が x^* を超えると、交通量 1 単位当りの利用者の限界評価が社会的限界費用より小さいので、 $x^* < x$ なるいかなる交通量 x についても x^* を超えた部分については、総費用の増分が総便益の増分より大きいので、負の社会的余剰が生ずることになる。 $\hat{x}$ のときそれは図 3 の $A'AB$ で示される。つまり $NB(\hat{x})$ は $NB(x^*)$ より $A'AB$ だけ小さい。また交通量が x^* より小さいときは利用者の限界評価が社会的限界費用より大きいので、交通量を増加させて社会的純便益を増やすことができる。

3. さて次に各々の場合について社会的純便益の比較を行なってみたいが、それに先立って次のような性質をもつ交通量を考える。 $x < x^*$ なる x については $NB(x)$ は単調増加、 $x^* < x$ なる x については $NB(x)$ は単調減少だから

$NB(\hat{x})=NB(x)$ となるような $x < x^*$ が存在する。それを x' としよう⁶⁾。まず平均費用の増加率に対して、需要の価格弾力性が相対的に大きい場合を考える。この場合は x' と $\bar{x}$ の相対的關係について $x' \leq \bar{x}$ がいえるものとしよう。そしてこのとき $\bar{k}$ は小さくなるにしたがって (i) $\bar{x} \leq \bar{x} < x^*$, (ii) $\bar{x} < \bar{x} \leq x^*$, (iii) $x^* < \bar{x} < \bar{x}$ の各場合が考えられる⁷⁾。(i) では $NB(\hat{x}) \leq NB(\bar{x}) \leq NB(\bar{x}) < NB(x^*)$ で $\underline{x} = \bar{x}$ である。(ii) は (i) の場合と等号の關係が異なるにすぎず、 $NB(\hat{x}) \leq NB(\bar{x}) < NB(\bar{x}) \leq NB(x^*)$ で $\underline{x} = \bar{x}$ ($\bar{x} = x^*$ のときは $\underline{x} = \bar{x} = x^*$) である。(iii) では $NB(\hat{x}) \leq NB(\bar{x}) \leq NB(\bar{x}) < NB(x^*)$ (いずれかの等号が成立するか、すべての等号は成立しないかの3つのケース) であるが、このとき $\underline{x} = x^*$ となっている。これら (i), (ii), (iii) では、何らの利用税も課せない放任的な場合よりも道路当局の利潤最大或いは収支均等のポリシーによる均衡交通量の方が社会的に望ましいことがわかる。

次に平均費用の増加率に対して需要の価格弾力性が相対的に小さい場合を考えてみよう。このときは x' と $\bar{x}$ の相対的關係は $\bar{x} < x'$ となっているものとしよう。そして $\bar{k}$ が小さくなるにしたがって (iv) $\bar{x} \leq \bar{x} < x'$, $\bar{x} < \bar{x} \leq x'$, (v) $\bar{x} < x' < \bar{x} \leq x^*$, (vi) $x' < x^* < \bar{x}$ の各場合が考えられる⁸⁾。(iv) では $NB(\bar{x}) \leq NB(\bar{x}) < NB(\hat{x}) < NB(x^*)$, $NB(\bar{x}) < NB(\bar{x}) \leq NB(\hat{x}) < NB(x^*)$ で $\underline{x} = \bar{x}$ である。(v) では $NB(\bar{x}) < NB(\hat{x}) < NB(\bar{x}) \leq NB(x^*)$ で $\underline{x} = \bar{x}$ ($\bar{x} = x^*$ のときは $\underline{x} = \bar{x} = x^*$) である。(vi) では $NB(\bar{x}) < NB(\hat{x}) < NB(\bar{x}) < NB(x^*)$ で、このときは $\underline{x} = x^*$ となっている。

以上からわかるように、放任の場合、利潤最大の場合、収支均等の場合のそれぞれの社会的純便益は平均費用の増加率と需要の価格弾力性の相対的關係および供給費用 $\bar{k}$ と需要の相対的關係に依存する。

4. 利用税については次のことがいえるだろう。社会的純便益を最大にする利用税 t^* は社会的限界費用と平均費用の差であるが、それを混雑税とよぶことにする。まず道路当局が得る利潤を最大にする税 $\bar{t}$ については (2.9) から $\bar{t} = \bar{x}\{g'(\bar{x}) - f'(\bar{x})\} > \bar{x} \cdot g'(\bar{x})$ であり、この税は混雑税分 $\bar{x} \cdot g'(\bar{x})$ よりも需要の弾力性を考慮した $-\bar{x} \cdot f'(\bar{x})$ だけ大きい。収支均等となるような交通量が存

在しないときは $\bar{t} \cdot \bar{x} < \bar{k}$ となっており、税収入は供給費用を下回るが、収支均等となる交通量が存在すれば $\bar{t} \cdot \bar{x} \geq \bar{k}$ が成立している。以下収支均等となる交通量が存在することを前提して考えてゆこう。供給費用 $\bar{k}$ が相対的に大きくて混雑税収入が供給費より小さい、すなわち、 $t^* \cdot x^* < \bar{k}$ とき収支均等の税 $\bar{t}$ は $\bar{t} > \bar{x} \cdot g'(\bar{x})$ となっているので、この税は混雑税分より大きい。一方、 $\bar{k}$ が相対的に小さくて混雑税収入が供給費用より大きい、すなわち、 $t^* \cdot x^* > \bar{k}$ のときは $\bar{t} < \bar{x} \cdot g'(\bar{x})$ だから、この税は混雑税分より小さい。したがってこのときは税をより高くすることによって、収支均等よりもむしろ利潤が正のもとで社会的に最適な交通量を達成することができる。また混雑税収入が供給費用と等しいときは $\bar{t}^* = t$ で、収支均等の税は混雑税ともなっている。このときは収支均等のもとで社会的に最適な交通量が達成されることになる⁹⁾。

道路利用者が相互に外部効果を及ぼし合うとき、道路サービスの限界評価＝平均費用（私的限界費用）という利用者の主体的均衡による交通量 $\hat{x}$ は社会的にみて大きすぎる。そこで利用税を課することによって交通量を抑制し、社会的により望ましい交通量を達成できる。最も望ましい交通量は混雑税 t^* を課したときの x^* である。道路当局の利潤最大、収支均等の場合の交通量は、平均費用の増加率に対して需要の価格弾力性が相対的に大きいほど、放任的な交通量よりも望ましい。また利用税収入と供給費用 $\bar{k}$ の関係は $\bar{k}$ と需要の相対的關係にかかわるが、 $\bar{k}$ が相対的に小さいほど混雑税収入は $\bar{k}$ を上回りやすい。その際道路当局は正の利潤を得ながら社会的に最適な交通量も達成することができる¹⁰⁾。

1) 需要関数に関しては、 $f''(x)$ が正で法外に大きい値をとるような場合はないと仮定する。

2) 道路サービスの供給費用 $\bar{k}$ (一定) の大きさは最適条件 (2.5) に影響しない。
また仮定から $NB''(x) < 0$ だから、社会的純便益を最大にする解は存在し、それは一意である。

3) $f(x)$ と $g(x) + \bar{k}/x$ が接するときは $f(\bar{x}) = g(\bar{x}) + \bar{k}/\bar{x}$ かつ $f'(\bar{x}) = g'(\bar{x}) - \bar{k}/\bar{x}^2$ だから

$$f(\bar{x}) = g(\bar{x}) + \bar{x} \cdot g'(\bar{x}) - \bar{x} \cdot f'(\bar{x})$$

となる。よって (2.8) から $\bar{x} = \bar{x}$ となることがわかる。逆に $\bar{x}$ で $g(\bar{x}) + \bar{k}/\bar{x} = f(\bar{x})$ となるときは、

$$g(\bar{x}) + \bar{k}/\bar{x} = f(\bar{x}) \text{ かつ } f(\bar{x}) = g(\bar{x}) + \bar{x} \cdot g'(\bar{x}) - \bar{x} \cdot f'(\bar{x})$$

となるので、これから

$$f'(\bar{x}) = g'(\bar{x}) - \bar{k}/\bar{x}^2$$

となる。したがって $\bar{x}$ では $f(x)$ と $g(x) + \bar{k}/x$ は接している。

また $x < \bar{x}$ で $f(x) > g(x) + \bar{k}/x$ となることがあれば $f(\bar{x}) > g(\bar{x}) + \bar{k}/\bar{x}$ であることは、 $f''(x)$ が正および負の極端な値をとらないとき示される。

- 4) この問題は 3 節の (3.13) に対応している。
- 5) 再度述べるが、利用者全体という意味で社会的である。
- 6) $\int_{\bar{x}}^{\bar{x}} [f(\tau) - \{\tau \cdot g(\tau)\}]' d\tau = 0$ の解が x' である。
- 7) (i) は $x' \leq \bar{x} \leq \bar{x} < x^* < \bar{x}$, (ii) は $x' \leq \bar{x} < \bar{x} \leq x^* < \bar{x}$, (iii) は $x' \leq \bar{x} < x^* < \bar{x} < \bar{x}$ である。
- 8) (iv) は $\bar{x} \leq \bar{x} < x' < x^* < \bar{x}$, $\bar{x} < \bar{x} \leq x' < x^* < \bar{x}$, (v) は $\bar{x} < x' < \bar{x} \leq x^* < \bar{x}$, (vi) は $\bar{x} < x' < x^* < \bar{x} < \bar{x}$ である。
- 9) 勿論、利用税収入は社会的純便益に含まれている。
- 10) われわれの分析では 混雑費を利用者費用関数で考慮しているが、それを需要関数において考慮したものに Anderson [1] がある。

3. 道路混雑と投資決定

2 節では、道路容量が一定のもとでの 利用税水準と均衡交通量についてみてきたが、本節では道路容量を一定と考えずに、与えられた需要構造のもとで、道路容量水準と交通量を同時に決定する 投資決定の問題についての考察を行ないたい。われわれはまず、社会的純便益を最大にする交通量と道路容量水準がどのような大きさであるかを導く。そして次に 道路利用税を徴収する場合を分析するが、そのさい 最初に利用税総収入が供給費用と等しいか上回るという条件のもとでの社会的純便益最大化について考え、次に、単に利用税収入と供給費の差額を最大にする、道路当局の利潤最大問題を考える。

1. 交通量を x 、道路容量水準を s とし $(x, s) = \mathbf{x}$ と表わす。当該道路への需要を $f(x, s)$ 、利用者費用を $g(x, s)$ とする。道路建設費は道路容量水準の関数とし、それを $K(s)$ と表わそう。そして単位期間当りの道路サービスの供給費は資本費用 $rK(s)$ だけであると仮定する。ここで r は社会的利子率である。

道路サービスに対する需要に関しては2節と同じく $f'(x) < 0$ とするが、更にはわれわれは利用者費用、道路建設費用に関して次のように仮定しよう。

$$g(x) > 0 \quad (3.1)$$

$$g_x(x) \geq 0 \quad (3.2)$$

$$g_{xx}(x) \geq 0 \quad (3.3)$$

$$g_s(x) \leq 0 \quad (3.4)$$

$$g_{ss}(x) \geq 0 \quad (3.5)$$

$$g_{xs}(x) = g_{sx}(x) \leq 0 \quad (3.6)$$

$$K'(s) > 0 \quad (3.7)$$

$$K''(s) \geq 0 \quad (3.8)$$

利用者の総便益から利用者の総費用、道路サービスの供給費用を差し引いたものを社会的純便益とし、それを $H(x)$ と表わすと

$$H(x) = \int_0^x f(\tau) d\tau - x \cdot g(x) - rK(s) \quad (3.9)$$

である。われわれは、まずこのような社会的純便益を最大にする社会的に最適な交通量と道路容量水準から求めることにする。ここで $H(x)$ は2回連続微分可能な厳密な凹関数とする¹⁾。 $H(x)$ を最大にする条件は

$$H_x = f(x) - g(x) - x \cdot g_x(x) = 0 \quad (3.10)$$

$$H_s = -x \cdot g_s(x) - rK'(s) = 0 \quad (3.11)$$

によって表わされる。ここで、 H, g のサフィックスは、それらサフィックスが表わす変数による H, g の偏微係数を、また $K'(s)$ は s による $K(s)$ の微係数をそれぞれ意味している。これら (3.10) と (3.11) から社会的純便益を最大にするような交通量と道路容量水準が求まるが、それらを $(x^*, s^*) = x^*$ としよう。ところで (3.10), (3.11) は次のようなことを意味する。(3.10) は均衡においては、道路利用者の道路サービスへの限界評価と交通量 x が増加することによる社会的限界費用が等しくなければならないことを意味する。これは道路容量水準 s を一定と考えたときの、交通量 x に関する最適化であり、短期的な意味での最適化といえよう。(3.11) 式は、均衡では、道路容量水準 s を増加

させたときの利用者費用の全体的節約分が 供給費用の増分に等しくなるように道路投資が行なわれなければならないことを意味している。これは交通量 x を一定と考えたときの道路容量水準 s に関する最適化であり、長期的な意味での最適化といえる。

ところで、(3.10) の条件は道路利用者の主体的均衡からは達成されないだろう。そこで2節で考えたと同様に利用者にある税 t を課し、利用者費用を $g(x) + t$ とし

$$f(x) = g(x) + t$$

という利用者の主体的均衡によって (3.10) 式の条件を達する。このとき徴収すべき税は

$$t^* = x^* \cdot g_x(x^*)$$

であり、道路当局の税収入の総額は $x^{*2} \cdot g_x(x^*)$ である。2節と同様 t^* を混雑税とよぶことにする。

2. 次に税収入総額が供給費用を上回るか等しいという条件のもとで社会的純便益を最大にする場合についてみてゆこう。その解は

$$\max_{x, s} H(x) \text{ sub. to } \varphi(x) = x \cdot t - rK(s) \geq 0 \quad (3.13)$$

という問題を解くことによって与えられるであろう²⁾。ここで $f(x) = g(x) + t$ であり、また $\{\varphi(x) \geq 0\}$ は空集合でないとする。 $(\bar{x}, \bar{s}) = \bar{x}$ が (3.12) の解であるための必要十分条件は

$$f(\bar{x}) - g(\bar{x}) + \bar{x}g_x(\bar{x}) + \frac{\bar{\alpha}}{1 + \bar{\alpha}}\bar{x}f'(\bar{x}) = 0 \quad (3.13)$$

$$\{-\bar{x}g_s(\bar{x}) - rK'(\bar{s})\}(1 + \bar{\alpha}) = 0 \quad (3.14)$$

$$\bar{x} \cdot t - rK(\bar{s}) \geq 0, \bar{\alpha}\{\bar{x} \cdot t - rK(\bar{s})\} = 0, \bar{\alpha} \geq 0 \quad (3.15)$$

となる $\bar{\alpha}$ が存在することである。均衡方程式 (3.13) (3.14) (3.15) から、均衡交通量 $\bar{x}$ 、均衡道路容量水準 $\bar{s}$ に関しては次のことがわかるだろう。まず、 $\bar{x} \cdot t - rK(\bar{s}) > 0$ となっている場合、つまり道路当局の徴収する利用税収入総額が供給費用を上回っている場合から考えよう。このとき $\bar{\alpha} = 0$ であるので、(3.13)、(3.14) はそれぞれ (3.10)、(3.11) と同一の式であることがわかる。

この場合は (3.9) と (3.12) の解は等しく $\bar{x}=x^*$ であり, 利用税 $\bar{t}=\bar{x}\cdot g_x(\bar{x})=x^*\cdot g_x(x^*)=t^*$ はまさしく混雑税である。次に $\bar{x}\cdot\bar{t}-rK(\bar{s})=0$ つまり税収入総額と道路サービスの供給費用が等しくなっている場合 $\bar{\alpha}\geq 0$ である。この場合もし $\bar{\alpha}=0$ のときは, 社会的純便益を最大にするような交通量と道路容量に関して, 利用税収入総額が道路サービスの供給費に等しくなっている。 $\bar{\alpha}>0$ のときは, 制約条件をゆるくして, 道路税総収入が道路サービスの供給費用を下回るようにすれば, 社会的純便益をより増やすことができることを意味する³⁾。

さて均衡において, $\bar{\alpha}=0$ のとき (3.13) は (3.10) と等しくなるが, $\bar{\alpha}>0$ のときは (3.13) と (3.10) は等しくならない。(3.13) は道路容量水準が与えられたとして社会的純便益を最大にするような交通量を求めようとする短期的な最適条件であることは前にも述べたが, $\bar{\alpha}>0$ のとき (3.13) は, 均衡においては交通量の増加による社会的限界費用が道路利用者の限界評価よりも $\alpha/(1+\alpha)\cdot x\cdot f'(x)$ だけ小さくなるように交通量が決められなければならないことを意味している。また交通量が与えられたとして, 道路容量水準を決める条件 (3.14) は (3.11) に等しい。つまり, この場合も道路容量に関する長期的な最適化条件は制約条件のないときの最適化条件と等しいことになる。このとき道路利用者に賦課される税は

$$t=\bar{x}\cdot g_x(\bar{x}, \bar{s})-\frac{\bar{\alpha}}{1+\bar{\alpha}}\cdot\bar{x}\cdot f'(\bar{x}) \quad (3.16)$$

である。(3.16) は, 道路利用者税は社会的限界費用と平均費用の差である混雑税分 $\bar{x}\cdot g_x(x)$ よりも $-\bar{\alpha}/(1+\bar{\alpha})\cdot\bar{x}\cdot f'(\bar{x})$ だけ高い水準であることを意味する。

4. さて, われわれは次に, 道路利用税総収入と道路サービスの供給費用の差が最大になるような場合, つまり道路当局の利潤最大化の場合についての交通量と道路容量水準を求めてみよう。これは

$$\max_{x, s}\{x\cdot t-rK(s)\} \quad (3.17)$$

から導くことができる。ただし $f(x)=g(x)+t$ である。(3.17) を x と s についてそれぞれ微分して

$$f(x) - g(x) - xg_x(x) + xf'(x) = 0 \quad (3.18)$$

$$-xg_s(x) - rK'(s) = 0 \quad (3.19)$$

をうるが、(3.17)の解はこれら2つの式から求めることができる。これらの解を $(\bar{x}, \bar{s}) = \bar{x}$ としよう。(3.18)は社会的純便益を交通量に関して最大にする最適化条件(3.10)とは常に異なる。しかし道路容量水準に関する長期的最適化条件(3.19)は(3.11)と等しい。また $0 \leq \bar{\alpha}/(\bar{\alpha}+1) < 1$ だから、(3.18)では均衡における道路利用者の限界評価と社会的限界費用の乖離の度合が、(3.13)と比べるとより大きくなっていることを意味している。さてこのときの利用税 $\bar{t}$ をとすると

$$\bar{t} = \bar{x} \cdot g(\bar{x}) - \bar{x} \cdot f'(\bar{x}) \quad (3.20)$$

であり、利用税は混雑税分よりも $-\bar{x} \cdot f'(\bar{x})$ だけ高い水準にあることがわかるだろう。

ところでこれまでみてきた三つの場合の他に道路当局の利用税総収入＝供給費用という収支均等のもとでの道路サービスの供給が考えられる。収支均等条件、 $\varphi(x) = x \cdot t - rK(s) = 0$ ただし $f(x) = g(x) + t$ を満たす道路容量水準 s と交通量 x のもとで、このような道路サービスの供給は可能である。しかし社会的純便益のような厚生基準を考慮するなら、この問題は(3.12)の問題に包摂されてしまうだろう⁴⁾。

5. さて、次にこれまで考察してきた三つの場合に関して、それぞれの社会的純便益、均衡交通量、均衡道路容量についての比較を行ってみよう。

まず社会的純便益については次のことがわかる。問題の性質から $H(x^*) \geq H(\bar{x})$ であるが $H(x)$ は厳密な凹であるから、 $\bar{x} = x^*$ のときのみ $H(\bar{x}) = H(x^*)$ がいえる。そして $\bar{x} = x^*$ でないときは $H(x^*) > H(\bar{x})$ 。また $H(x^*) \geq H(\bar{x})$ と考えられるが、(3.10)、(3.11)と(3.18)、(3.19)から $\bar{x} = x^*$ とはならないので $H(x^*) > H(\bar{x})$ ある。次に $\{x | \varphi(x) \geq 0\}$ は空でないから、 $\varphi(\bar{x}) \geq 0$ および $\varphi(\bar{x}) \geq 0$ である。また(3.12)、(3.17)から $H(\bar{x}) \geq H(\bar{x})$ である。 $\varphi(\bar{x}) > 0$ のときは $\bar{\alpha} = 0$ で(3.13)、(3.14)から $H(\bar{x}) = H(x^*) > H(\bar{x})$ 。 $\varphi(\bar{x}) = 0$ 、 $\varphi(\bar{x}) > 0$ のときもやはり $H(\bar{x}) > H(\bar{x})$ である。 $\varphi(\bar{x}) = \varphi(\bar{x}) = 0$ のとき

($\bar{x}=\bar{x}$ ではない), $H(\bar{x})=H(\bar{x})$ とすると仮定から実数 λ ($0<\lambda<1$) に対して $H(\lambda\bar{x}+(1-\lambda)\bar{x})>\lambda H(\bar{x})+(1-\lambda)H(\bar{x})=H(\bar{x})$ となる。また $\varphi(\bar{x})$ の性質から $\varphi(\lambda\bar{x}+(1-\lambda)\bar{x})>\lambda\varphi(\bar{x})+(1-\lambda)\varphi(\bar{x})=0$ である。つまり $\varphi(\lambda\bar{x}+(1-\lambda)\bar{x})>0$ なる $\lambda\bar{x}+(1-\lambda)\bar{x}$ について $H(\lambda\bar{x}+(1-\lambda)\bar{x})>H(\bar{x})$ となるので $H(\bar{x})$ が $\varphi(\bar{x})\geq 0$ での $H(\bar{x})$ の最大値であることに矛盾する。よって $H(\bar{x})>H(\bar{x})$ でなければならない。

さて次は交通量について考えよう。まず $H(x^*)=H(\bar{x})$ のとき $x^*=\bar{x}$ である。 $H(x^*)>H(\bar{x})$ のとき $0<H(x^*)-H(\bar{x})<H_x(\bar{x})(x^*-\bar{x})+H_s(\bar{x})(s^*-\bar{s})$ となるが (3.13) (3.14) から $H_x(\bar{x})>0$, $H_s(\bar{x})=0$ となるのでこのとき $x^*>\bar{x}$ でなければならない。よって $x^*\geq\bar{x}$ である。また同様にして, $\bar{x}>\bar{x}$ が示される。

一方道路容量については次のことがいえる。 $\bar{x}=x^*$ のときは $\bar{s}=s^*$ である。そこで $x^*>\bar{x}$ のとき $s^*<\bar{s}$ とする。このとき (3.5) から $g_s(x^*, s^*)\leq g_s(x^*, \bar{s})$ であり, (3.6) から $g_s(x^*, \bar{s})\leq g_s(\bar{x}, \bar{s})$ であるから, $g_s(x^*)\leq g_s(\bar{x})$ 。一方, $-x^*<0$, $-\bar{x}<0$ であり, (3.7), (3.11), (3.14) から $g_s(x^*)<0$, $g_s(\bar{x})<0$ であるから $rK'(s^*)=-x^*\cdot g_s(x^*)>-\bar{x}\cdot g_s(\bar{x})=rK'(\bar{s})$ となりこれは $K'(s^*)>K'(\bar{s})$ を意味する。しかし (3.8) から $K''(s)\geq 0$ だから, $s^*<\bar{s}$ のときは $K'(s^*)\leq K'(\bar{s})$ でなければならないのでこのことは矛盾する。また $s^*=\bar{s}$ とすると (3.6) から $g_s(x^*)\leq g_s(\bar{x}, s^*)=g_s(\bar{x}, \bar{s})=g_s(\bar{x})$ となるが, 同じ理由からこれは $K'(s^*)>K'(\bar{s})$ を意味する。しかし $s^*=\bar{s}$ のときも $K'(s^*)=K'(\bar{s})$ であるからやはり矛盾する。これらから $s^*>\bar{s}$ でなければならないことがわかる。同様にして $\bar{s}>\bar{s}$ も示される。以上から $x^*\geq\bar{x}>\bar{x}$ で $H(x^*)\geq H(\bar{x})>H(\bar{x})$ (等号は $\bar{x}=x^*$ のとき) となることがわかった。

6. これまでの論議では, 道路サービスへの需要が与えられたとき, 社会的純便益を最大にするような交通量と道路容量水準が存在することを前提にして議論を進めてきたが, ここではそれが存在する前提条件について若干の考察を加えたい⁵⁾。われわれは社会的純便益を最大にする交通量と道路容量水準が一意的に存在する十分条件として, $H(x, s)$ が厳密な凹であることを仮定した。

$H(x, s)$ がこのような性質を満たすための条件は H の 2 次導関数からなるヘッセの行列が負定値となることであるが、それは

$$H_{xx}(x, s) = f'(x) - x \cdot g_{xx}(x, s) - 2g_x(x, s) < 0 \quad (3.21)$$

$$H_{ss}(x, s) = -x \cdot g_{ss}(x, s) - rK''(s) < 0 \quad (3.22)$$

$$\begin{aligned} & H_{xx}(x, s) \cdot H_{ss}(x, s) - H_{xs}(x, s)^2 \\ &= \{f'(x) - x \cdot g_{xx}(x, s) - 2g_x(x, s)\} \{-x g_{ss}(x, s) - rK''(s)\} \\ &\quad - \{-x g_{xs}(x, s) - g_s(x, s)\}^2 > 0 \end{aligned} \quad (3.23)$$

とならなければならないことを意味する。なおここで、各関数のサフィックスはそれらサフィックスが表わす変数による各関数の導関数である。以下われわれはどのような条件のもので (3.21), (3.22), (3.23) が成り立つのかをみてゆくことにしよう⁶⁾。それに先立っては、本節の冒頭で行なった (3.1) から (3.8) がどのような意味をもつかについて考えてみる必要があるだろう。

(3.1) は $x > 0, s > 0$ のとき利用者は当該道路を走行するのに必ず費用を必要とするという当然の仮定である。(3.2) は道路容量水準が一定としたとき、交通量が増加すれば平均費用は増加するということを、(3.3) は同じく平均費用の増加率が通増的であることを意味している。それらは 2 節の仮定 (2.1) に対応していることはいうまでもない。一方 (3.4) は交通量を一定としたとき道路容量を増せば平均費用は減少することを意味する。しかし (3.5) は、このような平均費用の減少率は道路容量水準が大きくなるほど小さくなること、つまり道路投資の収穫非通増性を意味する。また (3.6) は、交通量に関する平均費用の増加率は道路容量の増大によって減少することを意味している。また (3.7), (3.8) は道路建設費は道路容量が増えると増加し、その増加率は非通増的であることを意味している。

さてこのような仮定のもとで (3.21), (3.22), (3.23) について考えてゆく。 (3.2) と (3.3) および $f'(x) < 0$ の仮定から (3.21) は常に成立することがわかる。(3.22) は (3.5) と (3.8) の両者が等号の場合を除けば成り立っている⁷⁾。次に (3.23) についてはその第 2 項は非負の値をとるから (3.22) が成立しないような場合は成り立たない。いま (3.22) は成立しているものとして、

どのような場合に (3.23) が成立しやすいか列挙してみよう。まず平均費用の増加率 g_x とその増加率 g_{xx} が大きいほど成立しやすい。道路投資の社会的費用低下分に対する効果が投資の増加によって減少するほど（投資の収穫逦減性が大きいほど）成立しやすい。道路投資の規模による資本費用増加率の逦増性が大きいほど成立しやすい。また需要に関しては、その価格弾力性が小さいほど成立しやすい⁸⁾。

現実的な問題として、(3.1)～(3.8) は妥当性をもつ考えられるし、(3.23) も成立するとみなしてよいだろう。そのときは社会的純便益を最大にする交通量と道路容量水準が存在する十分条件が満たされていることになる。

7. 以上本節では道路容量水準 s と交通量 x を決定する問題を考察してきたのであるが、最後にそれらのまとめを行ってこの節を終えたい。

道路当局は社会的純便益を最大にするような道路容量水準 s を次のようなプロセスから決定すると考えることができよう。

まず任意の道路容量水準 s を与えると、2節でみたように、その s に対して社会的に最適な均衡交通量が決まる。次に s を変化させ、供給費用 $K(s)$ を考慮しながら社会的純便益が最大となるような s を決めることができる。かくして x^* , s^* が求められる。第二、第三のポリシーによる均衡解も同様なプロセスから導かれる。

各ポリシーにおける均衡条件で、交通量を一定としたときの道路容量に関する均衡条件はすべてのポリシーで同じである。しかし、道路容量を一定としたときの交通量に関する均衡条件は各ポリシーで異なるが、それは2節でみたそれぞれのポリシーの均衡条件と対応していることがわかる。均衡交通量、均衡道路容量は第一のポリシーのもとで一番大きい。第二のポリシーのもとでの各均衡量は、第一のポリシーのもとでのそれと一致する場合もあるが、そうでないときは第一のポリシーの各均衡量よりも小さい。また第三のポリシーの各均衡量は第一、第二のポリシーのそれよりも小さい。

- 1) 実行可能領域は R^2 においてコンパクトで凸であるとする。 $(x, s) \geq 0$ であり、
 $s=0$ のとき $x > 0$ とはならない。一方 $s > 0$, $x=0$ のときは $H(0, s) < 0$ 。

- $H(0, 0)$ となる。したがって最適解は $(x, s) = 0$ か $(x, s) > 0$ にある。また、どのような s の大きさに対しても、利用密度が最大にならないところに x の最適解があるので、実行可能領域の境界に解はない。
- 2) $\varphi(x)$ は厳密な凹関数で、 $\{x | \varphi(x) \geq 0\}$ は空集合ではないと仮定する。
 - 3) $rK(s) - x \cdot t = m$ とすると $\bar{a} = dH(\bar{x})/dm | m = 0$ だから、 $\bar{a} = 0$ のときは $H(x)$ は $\varphi(x) \leq 0$ の領域で局大かつ最大になっている。一方 $\bar{a} > 0$ のときは m を増やす、つまり 利用税総収入が供給費用を上回るという条件をゆるめることによって社会的純便益の最大値 $H(\bar{x})$ を増やすことができることを意味する。
 - 4) 道路当局による社会的純便益最大のポリシーのもとでの混雑税収入総額と供給費用との大小関係は利用者費用関数、建設費用関数の性質に依存するが、十分条件として次のことがいえる。もし利用者費用関数 $g(x, s)$ が x, s に関して零次同次なら、建設費の限界費用が道路容量に関して一定、つまり $K'(s) = 0$ のとき、混雑税収入総額と供給費用は常に等しい。また 建設費の限界費用が道路容量に関して通増的なとき前者は後者を上回り、通減的なとき前者は後者を下回る。これについてはモーリング〔7〕を参照。
 - 5) 以下は Littlechild〔4〕による。
 - 6) (3.21) (3.22) (3.23) は $H(x)$ が厳密な凹関数であることの必要十分条件である。ところで $H(x)$ が最大値をもつためには $H(x)$ が凹関数であることを必要とするわけではないが、 $H(x)$ が凹関数ならば $H(x)$ は最大値をもつ。したがって以下では $H(x)$ が最大値をもつ十分条件について考えていることになる。
 - 7) $K''(s) < 0$ でも $|xg_{ss}| > |rK''|$ つまり、投資による社会的費用節約分の変化率が投資による資本費用増分の変化率より大きいときは、(3.22) が成立する。
 - 8) $\varphi(x)$ については、 $\varphi_{xx} = H_{xx} + (f' + x \cdot f'')$ 、 $\varphi_{ss} = H_{ss}$ 、 $\varphi_{xs} = H_{xs}$ となるので、 $f' + x \cdot f'' \leq 0$ であれば (3.21) (3.22) (3.23) が成立するとき $\varphi(x)$ は厳密な凹であるが、 $f' + x \cdot f'' > 0$ であっても $\varphi(x)$ の厳密な凹性を満たすこともできる。

結びに代えて

これまで 道路がどのように利用されるのが社会的に望ましいのかということについて考察してきたのであるが、最後に いままでの議論に関連する若干の問題点に触れて稿を終えたい。

われわれは、2 節と 3 節で、社会的に最適な交通量を実現するには、利用者に混雑税を課さなければならないことをみてきた。そこでこのような混雑税をいかにして徴収するかが問題となるだろう。各道路ごとに徴収すべき税は異なるので、徴収には多大な費用と煩雑さが伴うと考えられる。燃料税や自動車税による課税は容易ではあるが、それは 道路利用全体に対する課税になり、そ

れぞれの道路の事情を考慮していないことになる。そこで、このような混雑税を徴収しない次善的な方法として、道路サービスと代替的な公共輸送機関の料金を引き下げることにより道路サービスへの需要を減少させ、負の社会的余剰部分を減らすという方法も考えられるだろう¹⁾。

また道路サービスを利用する場合、通常単一の道路だけでなく、道路ネットワークとしての利用が行なわれるので、特に都市部での道路混雑を考察する際、道路間の相互関係の考慮は欠かせない²⁾。

社会的純便益の構成についても考慮しなければならない。というのは社会的純便益は、利用者が直接的に受ける消費者余剰と道路当局の利用税収入とから成り、消費者余剰はさらにこれまでの交通の同質性の仮定に反して、異質の乗用車利用によるものと営業車利用によるものからなる。したがって社会的純便益は、乗用車利用と営業車利用から得られる余剰と道路当局の税収入とをすべて同じウェイトで加えたものから成っていることに留意しなければならない。

最後に、本稿で用いた社会的純便益は、非道路利用者への外部効果をも含んだ、より拡大された便益の概念に置き換えられる必要があるであろう。

1) Jackson [2] 参照。

2) Littlechild [4] ではネットワークの混雑問題に言及している。

参考文献

- 1) Anderson, F.J. and N.C. Bonsor, "Pricing and Valuation of Transport Facilities in the Presence of Congestion", *Economica*, Nov. 1974.
- 2) Jackson, R., "Optimal Subsidies for Public Transit", *Journal of Transport Economics and Policy*, Jan. 1975.
- 3) Johnson, M.B., "On the Economics of Road Congestion", *Econometrica*, Jan.-April 1964.
- 4) Littlechild, S.G., "Myopic Investment Rules and Toll Charges in a Transport Network", *Journal of Transport Economics and Policy*, May. 1973.
- 5) Meiburg, C., "An Economic Analysis of Highway Services", *Quarterly Journal of Economics*, Nov. 1963.
- 6) Mohring, H., "Urban Highway Investments", *Measuring Benefits of*

Government Investments, 1965.

- 7) Mohring, H. and M. Harwitz, *Highway Benefits: An Analytical Framework*, 1962. (松浦義満訳『道路経済学』, 1968).
- 8) Thomson, J. M., "Some Aspects of Evaluating Road Improvements in Congested Area", *Econometrica*, March. 1970.
- 9) Walters, A. A., "The Theory and Measurement of Private and Social Cost of Highway Congestion", *Econometrica*, Oct. 1961.
- 10) 岡野行秀「道路サービスの価格形成と道路財源の問題」(3), 『経済学論集(東大)』 33巻4号, 1968.
- 11) 山田浩之「交通問題と公共経済学」『経済評論』47年1月号.