

交通の投資決定と価格形成

杉 山 武 彦

目 次

序

第一節 分析の諸前提

第二節 効率性の基準と投資ルール

第三節 混雑現象

第四節 ビークロード・プライシング

結

序

交通の機能と経済活動一般の水準との間には、相互の因果関係がある。交通の発達が種々の経済活動を可能ならしめると同時に、経済活動上の要請が新しい交通機能の展開を促す。オーウェン(W. Owen)の報告を引用するまでもなく、一般に、一国の経済活動水準と可動性ないし移動力(mobility)との間には、かなり高い相関が見られる⁽¹⁾⁽²⁾。

交通の投資決定と価格形成

しかしながら、経済活動水準に見合つてどの程度の交通資本が必要とされ、経済活動のタイプに応じてどのような交通資本が必要とされるかという点に関しては、理論上の結論というものはほとんど存在しない。したがって、従来、交通投資の意思決定において現実的な拠り所とされてきたものは、ほとんどの場合、特定の交通資本と他のマクロ経済指標との整合性（あるいは、過去の展開との連続性）、あるいは、いわゆる原単位⁽³⁾の考慮、であつたといつてよい。前者は、たとえば国民総生産に対する交通投資額の割合の推移に着目するような方法であり、後者は、たとえば自動車台数に対する道路資産、取扱貨物量に対する港湾資産の比率に着目するというような方法である。こうした方法は、いわば過去の投資決定を将来の投資決定の基準とするものであるから、合理性に関する理論上の根拠を欠くことは明白であらう。

いわゆる費用便益分析は、そのような簡便法（rule of thumb）に比して、ある程度までの客観性と合理性を有するものと考えられる。むしろ、費用便益分析のフレームワークは、それを適用して直接的に最適な交通投資の総合的計画を導くことには不向きといわなければならない。⁽⁴⁾しかし、それは個別の投資計画が社会全体の所与の——あるいは、所与と仮定される——目的に対して整合的であるかどうかを判断することには適している。したがって、ある時点における交通資本がその時点における経済活動に対して適格的であるかどうかの判断はやむをえず回避しながら、すくなくともその時点以降の投資計画に対しては必ず合目的性のテストを課そうとする考え方が、費用便益分析であるといつてもよい。この場合、交通投資の現状に関する判断は、その時点で公共部門および民間部門に登場してくる個々の投資計画案の内容の中に反映されているものと考えることになる。⁽⁵⁾

費用便益分析の適用は、そのこと自体は上に述べたような意味において妥当なアプローチであると考えられるが、一方、現実に推進されている多くの交通投資の計画およびそれに対する費用便益分析の内容については、共通した一つの問題点があるように思われる。それは、個別の投資計画において、投資の規模と価格形成との関係がほとんど意識されていないこと、したがって、切り離して想定された投資規模ないし価格の下で評価が行われていることである。本稿は、このような問題点を念頭に置いたうえで、交通経済理論の基本内容に立ち返って、投資の意思決定と価格形成との相互の関連について基礎的な整理を行おうとするものである。

以下の構成は次のとおりである。第一節においては、本稿において扱う分析上の諸概念の特定化を行う。第二節においては、経済的効率性の達成の基礎となる限界費用価格形成および投資決定のルールに関して、簡単なレビューを行う。第三節および第四節では、交通を特色づける二つの要素、すなわち混雑現象とピーク現象とをそれぞれとりあげ、第二節の内容がそれらの現象の下でどのように適用されるか、あるいは修正されるか、を検討する。そのような研究はすでに数多く存在するが、それぞれの研究はそれぞれに異なる前提と仮定をもっている。本稿では、そのような引用において、可能な限り、前提ないし仮定の統一を試みた。なお、全体を通じて、投資の具体的な内容としては、必ずしも全体を通してではないが、一応は、道路投資が考えられている。

(1) Owen [21] 参照。

(2) Owen [21] に、次のような数値が一九六一年について報告されている。

ここで、貨物可動性とは、国土百平方マイル当たりの道路延長、百平方マイル当たりの鉄道延長、人口千人当たりの鉄道延長、交通の投資決定と価格形成

	国民一人当所得	貨物可動性	旅客可動性
フランス	一〇〇 (基準)	一〇〇	一〇〇
アメリカ	二〇七	一八九	一四七
西ドイツ	一〇五	九九	九一
日本	三七	三一	四六
インド	六	一〇	一二

長、人口一人当たりのトン・マイル、一人当たりの商業車数、を総合的に指標化したものであり、旅客可動性の方も、ほぼ同様の考え方に基いて作成された指標である。

(3) 原単位は、分母に交通需要を、分子にそれに対応する交通施設量をとったもの。

(4) 費用便益分析は、同一のセクターにおける代替的なプロジェクトの比較、とくにアウトプットが同一で手段が異なるプロジェクトの比較には、十分な実績をもつ。しかし、セクターを超えた異種のプロジェクトの相互比較には、事実上、用いられてきていない。

(5) これは、あるべき交通の体系や水準に関して、消費者主権を究極的に前提することと同じである。

一 分析の諸前提

本稿の課題は、すでに序において簡単に述べたように、交通サービスの供給における効率性の達成の条件およびそれに関連する問題を、投資および価格形成のルールを中心に整理し叙述することにある。ここで投資というとき、そ

これは交通施設ないし設備、いいかえれば通路、の供給を意味している。たとえば自動車道路や鉄道などの供用がそれに相当する。ただし、以下において、常に最も強く念頭に置かれているものは、道路（ハイウェイ）である。⁽¹⁾一方、運搬具（車両）の開発や購入というような行為はここにいう投資の中には含まれない。さらに、供給された交通施設ないし設備の利用水準の決定、いいかえれば交通サービスの生産水準の決定も、投資の意思決定の一部分と考えることとする。価格形成は、当然のことながら、投資に関する意思決定と不可分の関係にある。

交通投資の経済的効率性に関して議論を進めるためには、いうまでもなく、効率性の基準についての前提が必要となる。ここでは、通常の考え方に従い、総余剰（社会的余剰、すなわち生産者余剰と消費者余剰の和）の最大化を効率性の基準ないし指標と考えることとする。また、以下の分析は、次のような諸点に関して、いくぶん限定された性格のものとなっている。すなわち、第一に、分析は静態的なものであり、交通投資の効果と需要との間に生じる時間を通じての相互作用は、ほとんどの場合、考慮されていない。第二に、たとえば混雑現象の効果などをも含めて、同一状況における同一トリップの費用はすべての需要者に関して等しいものとする。具体的な例としては、たとえばトリップ・マーケティングに要する時間の時間価値はすべての需要者に関して等しいことを仮定している。第三に、分析は特定の輸送サービスのみを念頭に置いた部分分析の形をとっている。すなわち、他の代替的あるいは補完的輸送サービス、あるいはその他の財やサービスの市場については考慮を払わない。いいかえれば、セカンド・ベストの問題はとり扱わない。そして第四に、需要者間の、所得分配の側面については立ち入らず、もっぱら効率性についてのみ注意を向けることとする。第三の仮定は、余剰分析においては事実上ほとんどの場合に採用されるものであるから、ここでも

妥当な単純化であると思われる。しかし、第二の点には、多少の問題があるかもしれない。⁽²⁾

費用関数

ここで、以下に用いられる分析上の要素について、それぞれの内容を明らかにしておこう。第一に費用関数であるが、その内容は、形式的には、通常に定義されるものと同一であり、総費用とアウトプットとの基本的な関係を示す関数である。すなわち、特定の発地と着地の間のトリップに関して、それは次式で与えられる。

$$TC_k(q) = F_k + VC_k(q)$$

k : 施設の容量(設備の規模)のインデックス

q : アウトプット(時間当たりトリップ数)

$TC_k(q)$: 規模 k の設備で q を生産する場合の総費用

F_k : 規模 k の設備の固定費用

$VC_k(q)$: 規模 k の設備で q を産出するときの可変費用の総額

ここで、アウトプットのトリップは、一時間当たりの車両のフローによって測られるものと考える。すなわち、特定の通路(設備)を流れる車両数ないし台数である。

以下で費用というときには、その中のような性格の費用項目がすべて含まれているものと想定する。

(1) 設備の固定費

(2) 設備に関する可変費

(3) 車両保有の固定費

(4) 車両に関する可変費

(5) 時間、非快適性などの費用

(6) 外部費用⁽³⁾

設備の固定費の中に、設備の建設費用、土地取得費用だけでなく、その建設のために必要となる補償の費用が存在するとすれば、それをも含めて考える。また、設備に対して労働力が固定的に結びつく場合には、その人件費も含まれよう。設備に関する可変費は、当該設備の管理および運営費のうち、トリップの数に応じて変化するような性格のものをさす。車両保有の固定費の中には、車両の資本費、および、維持費のうちトリップ数に依存しないもの、が含まれる。これに対して、維持費のうちトリップ数に依存するもの、および走行費、などが可変費の典型的項目となる。第五および第六の項目は、一から四までの項目に比して、現実問題として、それらの把握がかなり困難であろう。しかし、計測は困難であっても、それらの影響の強さはきわめて大であることは述べるまでもない。

いずれにせよ、これらの費用項目をさらに具体的に理解するためには、特定モードの特定設備に議論を特定化することが必要であろう。そうすることによって、また異なる側面からの費用の特徴づけも可能となる。たとえば、ハイウェイの建設および供用を想定するならば、上記の費用のうち、利用者が直接的に認識する項目は(3)、(4)、(5)、および(6)の一部であり、一方、(1)と(2)、および(6)の一部はまず供給者によって認識され、それが料金という形で間接的に

利用者に課されることになる、と考えられるであろう。それに対して、鉄道の場合であれば、(5)の一部を除いて、すべての項目が供給者によって認識され、それが運賃という形で利用者に課されることとなり、利用者が運賃とは別に直接的に認識する費用は(5)および(6)の一部ということになるであろう。

以上に述べたような内容をもつ費用関数の形状には、さまざまなものを考えることができる。多くの文献の中で想定されている形状は、通常は次の三つのいずれかである。⁽⁴⁾(1)アウトプットの増加とともに、平均費用がまず逓減を示し、一定の点から逓増するもの、(2)すくなくとも平均費用に逓減の生じないもの、(3)ある一定のアウトプットの水準まで平均費用が一定値をとり、一定のアウトプットに達すると無限大となるもの。以下では、状況に応じて、説明のための単純化などをも考慮しつつ、そのつど最も都合のよい形状を利用していくこととする。それによって、議論が大きく一般性を失うことはないであろう。

需要関数

次に、需要関数は、トリップ・メイキングの価格に対する需要量の依存関係の表現である。トリップ・メイキングの価格は、需要者が知覚し認識し考慮するすべての支出金額、時間や労力の評価額をもそのなかに含む。したがって、それは交通のために利用者が払ってもよいと考える犠牲の総評価額を意味している。⁽⁵⁾交通需要を(そしてくに交通手段選択を)規定するものは、基本的には、需要者の現実の金銭支払額ではなく需要者の意識する対価の総額なのであるから、投資や設備利用の意思決定にとっても、この後者がそれらの基礎に考えられなければならない。もし広義の

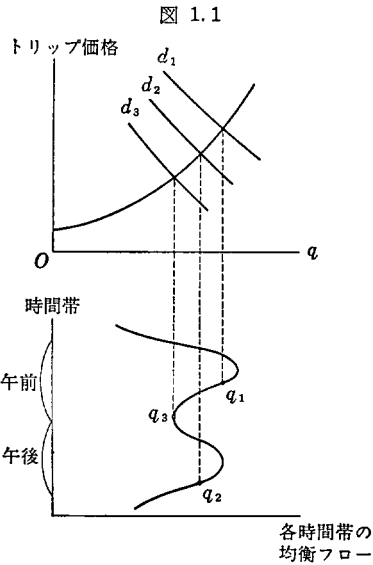
一般化された需要関数 (generalized demand function) というものを考えるならば、需要量の説明要因の中には、当然ながら、代替輸送サービスの運賃（あるいは、代替的輸送サービスに関して、需要者が認識するすべての費用）、代替輸送サービスを供給する輸送施設の料金、なども含まれなければならない。しかし、すでに述べたように、ここでは、いわば部分均衡分析を前提としているから、代替的輸送サービスに関するすべての情報は、すべて一定不変と考える。需要の単位は、費用関数におけるアウトプットの単位と同一のものでなければならぬ。したがって、以下では需要の単位として、一時間当たりの車両トリップ数を考える。したがって、異なる車両によるトリップが発生したり、同一車両によるトリップ数が増加すれば、それらはともにアウトプットの増加につながる。

需要関数はまた、特定のトリップに対する需要者の負担意志を示すものとも考えられるから、同時にそれは、各トリップの価値、あるいは限界便益の大きさ、を表わすものとみなすことができる。

設備利用の均衡水準

費用関数と需要関数とについて以上のような内容が規定されるとき、需要されるトリップの量（すなわち、均衡のフローの大きさ）は、それらの両者によって定められることとなる。

われわれの課題は、最も効率的な設備を決定すること——すなわち投資の意思決定——であると同時に、均衡のフローを決定すること——すなわち、利用水準の決定——でもあるから、もし需要者がかれらの意思決定の中にすべての支出や負担を考慮しないと考えられるような場合には、第一に、需要者の認識する（限られた）費用と需要の関係、



は、料金あるいはその他のチャージ以外のすべての支出と負担とに相当するものと考える。

すでに述べたように、ここでは主として、交通投資ないし設備の具体的内容として、自動車道路の建設と供用とを念頭におく。そこで、分析の一貫性のために、トリップの具体的内容としても、自家用乗用車による旅客輸送のみを念頭におき、貨物の輸送は除外して考えるものとする。輸送対象として両者をともに考慮する場合には、貨物および旅客のすべてに関して同一の時間価値を想定しない限り、そのそれぞれに異なる費用関数や需要関数を考慮する必要が生じてしまうであろう。

需要は時間に応じて変動を示し、混雑現象やピークとオフピークの存在をもたらす。したがって、たとえば一日の

第二に、現実の（すなわち、すべての）費用と需要の関係、という二つの関係を、それぞれに考慮する必要があることとなる。しかし、以下の分析においては、料金その他のチャージを別として、需要者の意識し考慮する支出および評価額は真の費用に等しく、かつ、それが平均可変費用に等しいものと仮定する。すなわち、需要者はトリップ・メーカーに際して、車両の保有費、走行費、パーキング、潜在的な事故のコスト、時間や労力の費用などを、すべて斟酌していることと仮定する。いいかえれば、需要者によって知覚される費用

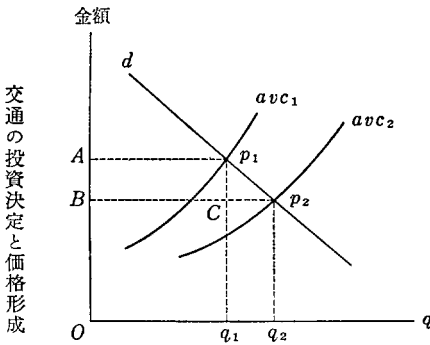
うちにおける単位時間当たりのトリップ数の増減は、需要の変動に基く均衡のフローの量の変化の結果として考えられる。図1.1はその関係を示したものである。

図1.1で置かれている単純化の仮定は、第一に、平均可変費用曲線は時間を通じて一定であると考え、第二に、異なる時間帯の需要は互いに独立とみなすこと、⁽⁶⁾の二つである。現実的には、特定の時間帯の需要関数は、他の時間帯における均衡のフロー量に依存するものと考えられよう。なお、需要の変動を需要関数のシフトのみに吸収させて表現するために、異なる時間帯を通じて、車両一台当たりの旅客数は一定と仮定しておくことが便利である。この仮定は、現実的ではないが、やはり分析の単純化のために不可欠である。

プロジェクト評価との関連

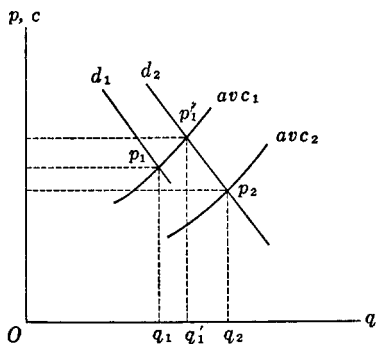
最後に、設備の規模ないし容量の変化に対応して均衡のフロー量が変化する関係を、図1.2によって整理しておく。図は、現存の道路が規模1から規模2へ改善ないし拡張された場合を示している。一般に、設備の改善ないし拡張は、図に見られるように、少なくともある大きさ以上のフローに対して、平均可変費用の低下をもたらすものと考えてよいであろう。図では、それは avc_1 から avc_2 へのシフトとして示されている。この結果、1から2への規模の変化は均衡のトリップ価格(すなわち、料金を別とした利用者費用)を p_1 から p_2 へ引

図 1.2



交通の投資決定と価格形成

図 1.3



き下げ、トリップ数を q_1 から q_2 へ増加させる。 q_1 は、通常、交通プロジェクトの経済評価において「転換交通量」(diverted traffic)と呼ばれるものに相当し、 q_1 と q_2 の差が、いわゆる「誘発交通量」(induced traffic)あるいは「発生交通量」(generated traffic)と呼ばれるものに相当する。

設備を1から2へ変化させるプロジェクトの経済効果は、 ABp_1p_2 の面積で図られる。このうち、 ABp_1p_2 は設備1の下ですでに実現していたトリップに関して発生する便益であり、残りの p_1p_2C は、発生交通量に関して計上されるべき便益である。プロジェクト評価の実務において、発生交通量の単位当たり便益を転換交通量の単位当たりの便益の半分に評価するというルールは、需

要関数の線形性を仮定した上で、図 1.2 の p_1p_2C の面積を考慮していることに他ならない⁽⁸⁾。
次に、もう一点、通常のプロジェクト評価の考え方との関連をつけておくこととする。図 1.3 は、図 1.2 と同様に、設備の規模ないし容量が1から2へ改善される場合を示しているが、同時に、1から2への変化の時間(たとえば、ハイウェイの建設期間など)の間に生じる需要の増加を、 d_1 から d_2 への変化で示している。費用便益分析における評価の基本原則は、いわゆる with project の状況と without project の状況の比較であるから、便益の評価は (p_1, q_1) の組み合わせと (p_2, q_2) の組み合わせに基いてなされなければならない⁽⁹⁾。ここで、 q_1 の量は上述の転換交通量となるが、ここでは q_1 から q_1 の間のトリップに対しても、 q_1 までのトリップと同様に、 $p_1 - p_2$ という単位当たり純

便益の値が適用される。このうち q_1 という量のトリップは、かりに設備が1から2へ改善されなくても(すなわち、without project の状況でも) 需要の経年変化(増加)によって発生すると考えられるトリップであり、これと q_1 とを合わせたものが、いわゆる「通常交通量」(normal traffic)である。したがって、この場合の発生交通量は q_1 から q_2 までのトリップであり、これらに対しては、前出の場合と同じく、 $q_1/2$ の半分の値が単位当たり純便益として適用されることとなる。

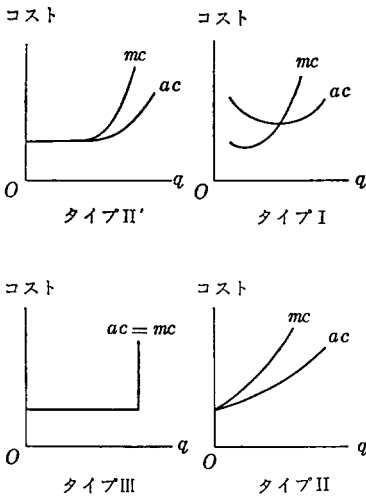
(1) とりあげる対象により、費用関数の形状やアウトプットの単位などに若干の修正を加えることが妥当であろう。

(2) 旅客の所得階層や貨物の種類に応じてその時間価値を別々に推定することは常識化しており、いわゆる輸送手段選択(modal choice)の研究の基礎ともなっている。したがって、本来はその点を分析の枠組みの中にとりいれるべきであろう。時間価値の算定の実例としては、次の文献を参照のこと。運輸政策審議会『わが国の総合交通体系』運輸経済研究センター、昭和四十七年。

(3) 大気汚染、騒音、振動、事故などによる、サービスの直接の需要者以外において発生するすべての費用を指す。むろん、計測上の困難はあるが、こうした項目が存在し、可能な限り考慮さるべきことは当然であろう。

(4) 本文中の(1)と(3)は、それぞれ上に示す図のタイプIとIIIに相当する。Mohring〔15〕参照。

交通の投資決定と価格形成



タイプⅠは通常のテキストブック的な費用曲線、タイプⅡおよびⅡ'は道路における自動車交通の費用の表現に適したもの、また、タイプⅢは Webb〔27〕によれば鉄道やバスによる輸送コストの表現に適している。

(5) すなわち、トリップ・メイキングに対して需要者が負担してもよいと思う対価の中には、現実の金銭的支出額だけでなく、時間や労力の評価額も含まれていると考える。費用は、費用関数に関連して述べられた通り、時間や労力などの価値を含んだものとして捉えられるのであるから、価格の側もそれに対応した内容になっていなければならない。ここでの費用の捉え方は、perceived cost あるいは generalized cost と表現される。Wohl〔29〕参照。

(6) この状況は、第四節において、移動ピーク the shifting-peak のケースとして取りあげられる。

(7) Adler〔2〕参照。「転換交通量」とは、もともとは、既存のルートまたはモードに対して異なるルートまたはモードが建設されたときに、そこに生じる需要の転換を指す用語であるが、ここでは既存の道路は改善されて「消滅」してしまうのであるから、改善された新しい道路における需要量は、本来は、転換交通量というにはふさわしくない。それは、いわば「強制された転換交通」量であろう。

(8) たとえば、Adler〔1〕、Anand〔3〕を見よ。

(9) これは、プロジェクト評価あるいは一般の費用便益分析において with and without principle と呼ばれる。往々にして行われる分析は、いわゆる before project と after project の比較であり、この比較に基づいて費用や便益の評価が行われるとすれば、after project (すなわち with project) に相当する時点での without project の状況と、before project の状況との差異が、費用便益計算から脱落してしまうことになる。文献〔10〕参照。

二 効率性の基準と達成条件

効率性の基準が総余剰の最大化と規定されれば、そのための条件は周知の限界均等で与えられる⁽¹⁾。短期の意思決定を考えるならば、その条件は、トリップの限界便益がその限界費用に等しいところに設備の利用水準を定める、と表現される。いうまでもなく、これはよく知られた限界費用価格形成の議論であるから、本来はここで反復する必要のないものと思われるが、次節以下の議論との関連を考慮し、最少限の整理を加えておくこととしたい。

トリップの限界便益は需要関数の逆関数によって示され、一方、限界費用は限界費用曲線として示されるから、最大の効率を達成するフローは、図 2.1 の q_0 によって与えられる。すなわち、既存の設備において一時間当たり q_0 台の車両によるトリップが実現されるとき、総余剰は最大となる。その総余剰、いかえれば純便益の総額は、次式によって与えられる。

$$\begin{aligned} TNB_k(q_0) &= \sum_{q=1}^{q_0} mb(q) - \sum_{q=1}^{q_0} srmc_k(q) - F_k \\ &= \sum_{q=1}^{q_0} mb(q) - VC_k(q) - F_k \end{aligned}$$

TNB_k : 純便益の総額

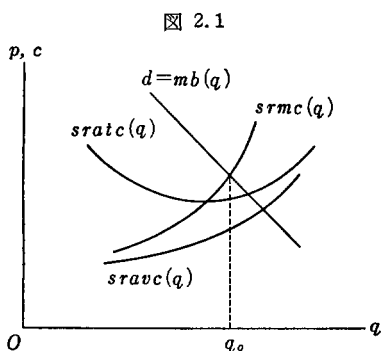
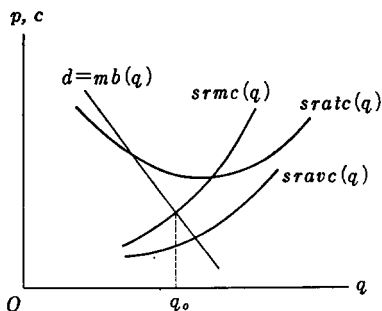


図 2.1

交通の投資決定と価格形成

図 2.2



mb : 個々のトリップの限界便益

$srmc$: トリップ当たりの短期限界費用

F : 設備の固定費

k : 設備規模

CC : 可変費用総額

図 2.1 では、比較的に必要な需要が大である場合が想定されているが、設備に対して相対的に需要が小である場合、いいかえれば平均費用遞減の状況を考えると、それは図 2.2 のような場合になる。むろん、どちらにおいても、効率化の条件に変わりはなく、また図中にも同一の記号を用いて最適点を示してある。しかしながら、効率化の条件の実現に関連した問題点は、両者の間に多少の相違がある。

前者の場合には次の問題点を指摘しうる。まず、すでに仮定しているように、需要者が認識するトリップの対価は短期の平均可変費用であり、 q_0 の点での平均可変費用は需要者がトリップから得る限界便益よりも小であるため、なんらかの方法でトリップを制限しない限り、実現する均衡のフローは q_0 を上回るであろう。需要を q_0 に抑える方法として考えられるのは、第一に、設備を利用しようとしてシステムの中にはいつてくる需要者を物量的に制限することであろう。しかしながら、この方法には、基本的な欠陥があり、 q_0 における限界便益と平均可変費用との隔たりが大であればあるほど、それによるディメリットも大となる。すなわち、たんにトリップ数の上で q_0 に抑えたとしても、

その場合、限界便益の大きいトリップから順に設備を利用しているとは限らず、限界便益が限界費用よりは小さいが平均可変費用を上回るようなトリップが q_0 の中にはいり込んで来るかもしれないからである。その場合には、フローが q_0 であったとしても、総余剰は最大にはなっていない。第二の方法は、その点を考慮して、需要者の認識する対価の全額がちょうど短期限界費用に等しくなるように、設備を利用することに対する料金を需要者から徴収することであらう。すなわち、短期限界費用と短期平均可変費用との差を料金として徴収すればよい。ただし、ここで考えられている料金の大きさは、平均総費用と平均可変費用との差を上回るから、設備の供給主体あるいは料金の徴収主体に余剰が生じる。この余剰の存在が妥当なものであるかどうかの検討が必要となるであらう。

一方、設備の最小規模に比して需要が相対的に小であるときには、設備供給主体の被る欠損、およびそのための補助の是非などの問題がある。これについては、ここにあらためて検討する⁽²⁾必要はないであらう。

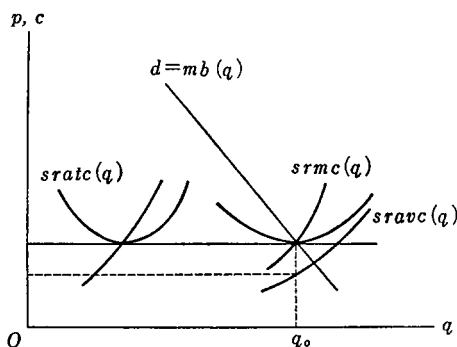
長期の意思決定——平均費用が一定の場合

以上は短期の問題であったから、次に、本来の投資の側面である長期の意思決定を検討することとする。

短期の意思決定における効率化達成のための条件は、基本的には長期の場合についても成立する。以下には、規模に関して収穫不変の場合——要素費用が不変であることを仮定すれば、それは長期の平均費用が一定であることに等しい——とそうでない場合とに分けて整理をしておく。

図2-3は、短期の費用状況を規模1の設備と2の設備とについて描いたものである。余剰の最大化は、長期の限

図 2.3



界費用——この場合、それは長期の平均費用にも等しい——と限界利益とが一致する点 q_0 において達成され、純便益の総額は次式で与えられる。

$$TNB(q_0) = \sum_{q=1}^{q_0} mb(q) - \sum_{q=1}^{q_0} lrmc(q) \\ = \sum_{q=1}^{q_0} mb(q) - LRTC(q)$$

$lrmc$: 長期の限界費用

$LRTC$: 長期限界費用総額

すなわち、生産プロセスが規模に関して収穫不変を示す場合には、長期の平均総費用と長期限界費用とは等しいから、需要者にとってのすべての負担（トリップ・マーケティングの対価）がそれに等しくなっていれば、そこで均衡が生じることとなる。しかし、ここでも短期の場合と同様に、（たとえば、ランプの開閉などによる）物量的な手段を通じての q_0 の実現は、余剰の最大化を保証しない。したがって、すでに仮定してきているように、需要者が認識する対価が短期の平均可変費用に等しいのだとすれば、そのような均衡を最適点において生じさせるためには、長期限界費用 $lrmc(q_0)$ あるいは短期の限界費用 $srmc(q_0)$ と短期平均可変費用との差の料金が需要者に対して課せられる必要がある。このとき、設備の規模 k が最適であると

して、次の関係が成立する。

$$F_k = (\text{sym}C_k(q_0) - \text{struc}C_k(q_0)) \cdot q_0$$

$$= (\text{トリップ当たり料金}) \cdot q_0$$

したがって、料金は

$$t = F_k / q_0$$

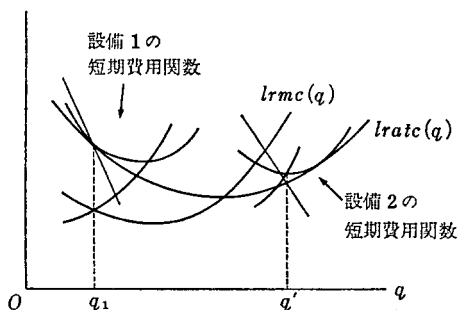
と定めることができる。

投資の意思決定

長期の意思決定の問題にはいるまえに、限界費用価格形成のルールに関して確認をしておくべきであった事柄が一つ存在する。それは、やはり周知の問題点であるが、限界費用価格形成という場合の限界費用は、短期のそれを意味するのか長期のそれを意味するのかの問題である。

この問題は、問題の設定を逆にして、短期の限界費用か長期の限界費用かを考える必要をなくすための条件は何か、という問題に置きかえてみる⁽³⁾ことができる。この条件を考えることが、実は最適な設備水準の選択、すなわち投資の意思決定のルールを求めることと同じことになる。図2-4は、平均費用が遞減および遞増する場合の、典型的な長期と短期の費用関係の図示である。ここでは、設備の完全な分割可能性(divisibility)を仮定している。図についていえば、たとえばアウトプット q_1 を生産するときには、1の設備が最小の平均費用を与える。そのような設備1が選択されたときには、長期と短期の平均費用は互いに等しく、したがって、長期と短期の限界費用もアウトプット q_1

図 2.4



に對して一致する⁽⁴⁾。このことは、設備が 1 のとき、アウトプット q_1 の水準において、短期の限界費用 smc がちょうど設備を拡張して限界単位を生産することの費用と等しくなることを意味している。かくして、いかなるアウトプットの水準に關しても、もし $smc > lrmc$ であれば、現実の設備は費用最小の設備より小さい設備であり、逆に $smc < lrmc$ ならば、設備は費用最小の設備に比して大である。 q' に対する設備 2 が、これに当たる。そこで、

$$p(q) = smc(q) = lrmc(q)$$

が最適な設備および産出量を定める条件式となる。すでに述べた長期平均費用が一定のケースにおいては、どのアウトプットの水準に關しても、それに対する最適設備は、ちょうどそのアウトプットを平均費用の最小点で生産するような設備

であるため、とくに最適設備の決定という問題が強く意識されなかつたにすぎない。むしろ、この場合にも最適設備に關して $p = smc = lrmc$ の条件は成立している。

要するに規模に關して収穫遞減および遞増のいずれの場合にも、まず需要曲線と長期の限界費用曲線との交点において産出量が決定され、そのアウトプットに對して、すでに検討したような意味での最適な設備が決定されることになる。

なお、最小設備の固定費用 (threshold cost) を考慮にいれるとき、長期総費用は

$$LRTC(q_0) = \sum_{q=1}^{q_0} lrmc(q) + F$$

となり、当該の投資が経済的効率性を達成し、かつ経済的にファイジブルであるためには、限界便益と限界費用の均等の上に、次の条件がさらに必要となる。

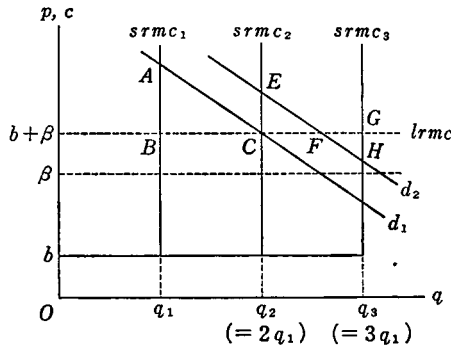
$$\sum_{q=1}^{q_0} mb(q) \geq LRTC(q_0)$$

短期の意思決定の場合には、設備の固定費は埋没費用であるから、サービスの供給の継続を前提とする限りは、 $mb(q_0) = smc(q_0)$ が成立しさえすればよい。

不分割性のある場合

これまでのところは、設備が完全に分割可能であることを仮定してきた。したがって、いかなるアウトプットの水準が与えられても、それに対する最適な設備が必ず選択できたのであった。しかしながら、設備に不分割性ないし分割不可能性 (indivisibility) があるとすれば最適な設備の選択および価格形成はどのように考えられるであろうか。限界費用価格形成の限界費用は短期のそれか長期のそれかという問題を、これまででは短期と長期の限界費用が一致するように設備を選ぶということによって回避したのであったが、実はこの問題が、不分割性の存在の下では、回避することのできない問題として再登場することとなる。交通施設をはじめその他の公益事業サービスの設備に真に不

図 2.5



割性があるか否かについては議論のわかれるところと思われるが、ここでは不分割性の存在を前提とした上で、設備規模の選択および価格形成について検討する。⁽⁵⁾

不分割性の存在という以外の点では分析を単純化するため、ウィリアムソン (O. Williamson) にならって、需要およびインプットの費用は時間を通じて一定で、技術変化の可能性は考慮しないこととし、生産関数は規模に関して収穫不変と考える。そして、設備には不分割性が存在し、一定のアウトプットに対応した単位でのみ付加することができるものとする。さらに、限界費用と平均費用との関係を、前節の注(4)に示したタイプⅢのものと考える。したがって、これを図2.5として示すと、アウトプットが q_1 のレベ

ル(一単位の設備の容量)までは、単位当たりの可変費用は図の b で与えられる。アウトプット一単位あたりの固定費(資本費)は、アウトプット q_1 の生産を前提として、単位時間当たりの均等額として β で表わされている。

このような図をもとに考えると、不分割性の存在の下での設備の適応は、単純な費用と便益の比較の問題として処理することができる。たとえば、需要が d_1 であるときに現在の設備が1であれば、設備を2にすることは、純便益をABCだけ増加させるから、最適な設備はいうまでもなく2である。問題は、需要が d_1 というような好都合な位置ではなく、たとえば d_2 のような位置にシフトした場合であろう。しかしこのときにも、設備をもう一単位追加するこ

とから得られる便益

$$\begin{aligned} ITNB &= (q_2 q_3 HE - q_2 q_3 GC) \\ &= (CEF + q_2 q_3 HFC) - (FHG + q_2 q_3 HFC) \\ &= CEF - FHG \end{aligned}$$

$ITNB$: TNB の増分

となり、この $ITNB$ を判断基準として、設備へ拡張の是非が決定される。

この場合に着目すべきは、価格が同時に $symc$ と ymc とに等しくはなっておらず、限界費用価格形成の内容は短期の限界費用となっていることである。したがって、余剰の最大化が追求されたことによって、価格の安定性が犠牲にされたこととなる。

(1) 総余剰 (社会的余剰) すなわち純便益の最大化が目的関数であるから、純便益を W 、グロスの便益を SB (social benefit)、費用を SC (social cost)、総収入を TR (total revenue)、消費者余剰を CS (consumers' surplus)、総費用を TC (total cost) とする、次式が成り立つ。

$$\begin{aligned} W &= SB - SC \\ &= TR + CS - TC \end{aligned} \quad (1)$$

W を生産量 q に関して微分すれば

$$\frac{dW}{dq} = \frac{d}{dq}(TR + CS) - \frac{d}{dq}(TC) \quad (2)$$

交通の投資決定と価格形成

右辺の第一項は限界便益、第二項は限界費用であるから、(2)式をゼロと置くことにより、限界均等の条件が得られる。一方、需要関数を $p(q)$ とすれば

$$TR + CS = \int_0^q p(q) dq \quad (3)$$

であるから

$$\frac{d}{dq}(TR + CS) = \frac{d}{dq} \int_0^q p(q) dq = p(q) \quad (4)$$

である。すなわち、限界均等の条件は、価格を限界費用に等しく設定することとなる。

(2) 周知のごとく、限界費用価格形成原理については、さまざまな問題点を指摘しうる。たとえば、設備の供給主体に欠損が生じるため、その欠損はなんらかの方法によって補填されなければならない。もしその財源が税に求められるとすると、資源配分に中立的な税を考えなければならない。第二に、税によって欠損の補助金を賄うことは、当該サービスの利用者へ非利用者から所得の再分配が行われていることを意味する。第三に、いわゆるセカンド・ベストの問題がある。(この点については、第一節の前提を参照のこと)。第四に、欠損に補助がなされるために、経営能率の向上に対する誘因が働かない。しかしながら、第二の点についていえば、当該サービスを消費したいときにいつでも消費できるための権利をもつことを人々が望むと仮定をすれば、限界費用価格形成に伴って徴収される税は、そのような権利に対する支払いと考えられ、そこに所得の移転支払いが生じているとする見方は適切でない。また、第四の点は、おそらく限界費用価格形成の固有の欠点ではない。たとえば、フルコスト原理や独立採算制による価格形成についても、同じことがいえるであろう。限界費用価格形成に伴って欠損に補助金が与えられるとすれば、それはたんに「原点をずらした独立採算制」にすぎない。したがって、独

立採算制には経営能率の向上に対する刺激があり、限界費用価格形成にはない、とする考え方も妥当ではない。

限界費用価格形成の全般的な議論については Ruggles [22]、Millward [23]、Vickrey [24]、などに一般的な形で論じられている。とくに交通サービスに関しては Goergen [25]、Foster [26]、Nelson [18] を参照のこと。

(3) Webb [27] p. 17-p. 20 参照。

(4) アウトプット q_1 に対して平均費用を最小にする設備が選択されていれば、 q_1 に対して $srac(q_1) \equiv lrac(q_1)$ となっている。したがって、総費用を TC で表わせば

$$\begin{aligned} srac(q_1) &= \frac{dTC}{dq} \bigg|_{q=q_1} = \frac{d}{dq} (srac(q) \times q) \bigg|_{q=q_1} \\ lrac(q_1) &= \frac{dTC}{dq} \bigg|_{q=q_1} = \frac{d}{dq} (lrac(q) \times q) \bigg|_{q=q_1} \end{aligned}$$

が成立している。ところが、 q_1 において平均費用が短期と長期とで等しいことから、 $srac(q_1) \equiv lrac(q_1)$ も成立する。

(5) 一車線の道路から二車線の道路へ、複線の鉄道から複々線へ、というような変化を考えれば、そこでは明白に分割可能性が存在する。しかし、車線の拡張、あるいは信号設備の充実による列車の運転回数の増加など、単純な車線や線路の増加以外の方法でも設備の容量の増加は可能である。このような場合を想起すると、設備には一見したところほどの分割不可能性は存在しない、と考えることも可能である。また、かりに設備自体はあくまでも非連続的にしか増加させえないとしても、費用関数は依然として滑らかであるかもしれない。たとえば、既存の容量に対して新たに付加される設備が小であれば、費用関数は実質的に連続であり、分析には差し障りが生じない。

(6) 以下の叙述は、主として Webb [27] および Williamson [28] に拠っている。

交通の投資決定と価格形成

三 混雑現象

混雑現象 (congestion) は与えられた一定の容量に比して、需要が相対的に大きい場合に生じる⁽¹⁾。それは相対的な関係であるから、逆に、一定の量の需要が混雑現象をひきおこすかどうかは、交通設備の容量に依存する。本節では、ある特定の道路において混雑現象が生じているときに、そこにおける経済効率の最大化が限界費用価格形成およびその補完的手段によって、どのように達成されるかを検討する。以下では、混雑現象に関して、費用曲線の反転が生じる場合 (隘路 bottleneck が存在する場合、あるいは、backward-bending の場合とも表現される) とそうでない場合とに分けて整理しよう。

費用曲線の反転がない場合

混雑現象をめぐる分析の出発点となったのは、主として、ハイウェイにおける交通密度とトリップの所要時間との関係の観察である。これら両者の関係の実証的な分析はおそらく多数存在するであろうが、とりあえず一つの実例を見ると、たとえばコールマン (R. Coleman) は、次のような成果を報告している⁽²⁾。かれは仮説として、トリップの所要時間 T 、交通量 Q 、および設備の容量 K との間に、次のような関数関係を想定した。

$$T = f(Q/K)$$

ペンシルヴァニアの市街における交通量をデータとしてかれが得た関係式は

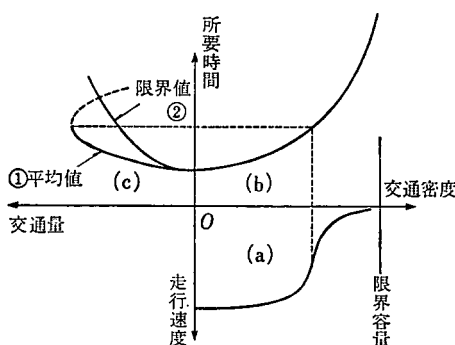
$$T = 5.67 - 3.33(1 - N/K)^{\frac{1}{2}}$$

である。これに基づいて、いくつかの N/K に対してトリップ所要時間の平均値、および限界所要時間が、次表のように示されている。(c)

これはあくまでも、引用可能なほんの一つの例を示したにすぎないが、ここに計算されたトリップ所要時間の平均値と限界値とは、概略、図 3.1(c) の実線部分のような形となっており、常識的な推論にも一致する典型的な形状であると考えられる。すなわち、与えられた一定の容量をもつ道路において交通密度が増加すれば、それに応じて車両

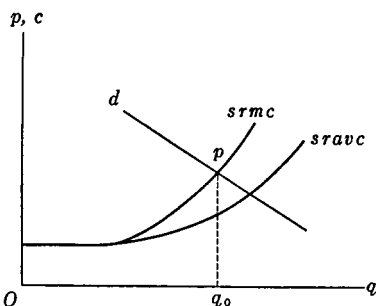
車両マイル当たり所要時間		
N/K	平均値	限界値
0.1	2.51	2.68
0.2	2.68	3.04
0.3	2.87	3.45
0.4	3.07	3.90
0.5	3.28	4.42
0.6	3.52	5.05
0.7	3.80	5.85
0.8	4.12	6.98
0.95	4.93	12.02

図 3.1



の走行速度は低下する(図 3.1(b))。そして、交通密度がある水準に達すると、走行速度はついにはゼロに達するであろう。そして、速度の低下はトリップ所要時間を増加させる。そこで、特定の発地と着地とを結ぶ道路を考え、そこにおける交通密度とそのトリップの所要時間のおおよその関係を考えれば、それが図 3.1(c) のように示されるということである。それは、交通密度の増加、すなわ

図 3.2



ち一定時間内のトリップの増加にに応じて、車両の走行速度が低下し、したがって、トリップ時間が増加する様子を示している。すなわち、図 3.1(○) は、異なる交通密度に対応した交通量と所要時間の組み合わせをプロットしたものと考えてもよい。⁽⁴⁾

いま、かりにトリップ・メーキングの費用がもっぱら時間という要素であると仮定するならば、図 3.1(○) の曲線①(実線部分) は、時間で表現された平均費用曲線と考えることができる。そして、曲線②は、そのような平均費用曲線が生じるものになった限界費用曲線と解釈することができる。しかし、トリップ・メーキングの費用は消費される時間という要素だけではなく、むしろ、走行費その他も考慮されなければならない。そこで、走行時間と走行費とのありうべき関係を想定し、それを時間の平均費用と限界費用にそれぞれ加算すれば、そのようにしてできあがる曲線が、前節の議論における短期の平均可変費用曲線および限界費用曲線に他ならない。その形状は、基本的に、時間費用曲線に似たものとなる。それが、図 3.2 に示されている。

このような混雑現象の存在を考慮する場合、設備の最適利用水準の決定、およびそのための条件はどのようなものとなるであろうか。これが以下の検討課題である。まず、経済的効率性は、いうまでもなく、限界費用価格形成によって達成される。すなわち、図 3.2 に基いていえば、

$$TNB(q_0) = \sum_{q=0}^{q_0} mb(q) - q_0 \cdot srauc(q_0) - F$$

$TNB(q_0)$ が最大となる条件は、 $ITNB(q_0) = 0$ であるから、

$$mb(q_0) - srauc(q_0) - q_0 \cdot \Delta srauc(q_0) = 0$$

$$\therefore p - srauc(q_0) = q_0 \cdot \Delta srauc(q_0)$$

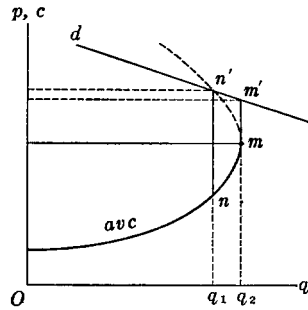
$$\text{ii) } \Delta srauc(q) = srauc(q+1) - srauc(q)$$

となる。したがって、最適な交通量 q_0 においては、需要価格 $p (= mb(q_0))$ と $srauc(q_0)$ との間に、 $q_0 \cdot \Delta srauc(q_0)$ に等しいギャップが存在する。そこで、需要者が認識する費用が限界費用に等しくなるように、そのギャップに等しい額が、税ないし料金という形で需要者に課されなければならない。

費用曲線が反転する場合

混雑現象は一種の外部不経済現象であり、限界費用と平均費用曲線とがある水準のアウトプットに関して乖離するところから発生しはじめるものであるが、さらにアウトプットが増加して設備の容量に到達し、それを超えるとき、場合によっては、いわゆるボトルネックの現象が生じる。ウォルタース (A. Walters) は、かれの論文において、ロストック (C. Rothrock) とキーファー (E. Keeter) の報告によるヴァージニア州での実例を引用して、そのような状況の存在を示した⁽⁵⁾。この関係を一般的な形で示すものが、図 31(c) の破線部分をも含めた①の全体である。

図 3.3



図の形状に關していえば、その特色は、設備の容量に等しい最大限度のトリップ数を境にして所要時間の曲線が反転していることである。これを再び費用曲線に変換をすれば、反転の性質は平均費用曲線においても受けつがれるであろう。以下では、このように費用曲線が反転する状況における料金の設定について検討する。(6)

図 3.3 は、設備の利用に何のコントロールをも加えないとき混雑現象が発生するような、需要曲線と費用曲線との關係を示している。むろん、需要曲線はさ

まざまな位置に想定しうるが、 m よりも低い点で費用曲線を切るケースは、ここで問題とする必要はないであらう。(2) 図から判明する通り、いかなるコントロールも存在しなければ、均衡は q_1 点で達成され、トリップの単位当たり可変費用は n' の高さとなる。むろん、この状況はそのまま持続するわけではない。トリップのフロアが q_1 の水準で続くとすれば、やがて平均可変費用は n の高さに戻る(あるいは、その方向へ動く)からである。しかし、平均可変費用がそこに戻ると、トリップ・メーカーの限界便益が費用を上回るためにトリップが増加し、再び極大フロアを超えてしまう。このようにして、実際には、 q_1 と q_2 の間でフロアが変動しつづけることになるであらう。

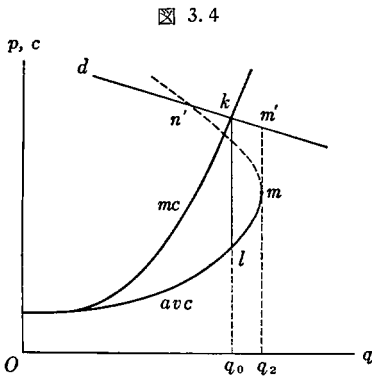
この場合、混雑現象を発生させないために考えられる料金の課し方は、二つ考えられる。第一の方法は、 n' と n との差を料金とする方法であらう。このときには、フロアは q_1 を上回ることはなく、各トリップ・メーカーは混雑による時間費用として負担していたものを新たに料金という形で支出することとなり、かれらにとって結果的な負担額は

不変である。⁽⁸⁾ 第二の方法は、 m' と m の差の金額を料金として課することであろう。この場合には、当該設備に関する最大フローのトリップ数が均衡状態で発生することとなる。

これらの両者を比較すると、需要者にとってより望ましいのは、後者の方法であろう。前者と後者とを比較した場合、後者によって需要者の純便益の総額は $\frac{1}{2}(q_1 + q_2)(n - m)$ だけ増加する。この純便益の増加に加え、さらに料金徴収総額 $(m' - m)q_2$ からの何らかの間接的な再分配が期待されるかもしれない。ただし、設備の利用者の便益のみと考えるならば、料金の徴収ではなく、物量的なコントロールによってフローを q_2 に抑えることも考えられる。そのときには、例によって、限界便益の高いトリップから順に設備を利用するものと仮定しなければならない。この仮

定が現実に成立することは、ほとんど望めないところであるが、かりにそのような状況が成立するときには、利用者の純便益の増加は $\frac{1}{2}(q_1 + q_2)(n' - m) + (m' - m)q_2$ となる。

最後に、効率性の達成に関して検討を加えておこう。ここでは、短期の意思決定のみを対象とし、固定費用のすべては埋没費用であるとして、可変費用のみを考慮する。この状況は図3.4に示されている。総余剰を最大とする設備利用の水準は、ちょうど前出の図3.2における q_1 点と q_2 点との中間において定められることとなる。この場合の純便益の総額は、他のケースと同様に次式で示される。



交通の投資決定と価格形成

$$TNB(q_0) = \sum_{q=1}^{q_2} mb(q) - \sum_{q=1}^{q_2} symc(q) \\ = \sum_{q=1}^{q_2} mb(q) - q_0 \cdot symc(q_0)$$

したがって、当然ではあるが、設備が許す最大のフローを実現させることは、そのまま経済的効率性の達成につながるわけではない。点 q_0 と点 q_2 の場合で総余剰の比較を行えば、

$$TNB(q_0) - TNB(q_2) \\ = \sum_{q=q_0}^{q_2} symc(q) - \sum_{q=q_0}^{q_2} mb(q) \\ = (m \cdot q_2 - l \cdot q_0) - \frac{1}{2}(q_2 - q_0)(k + m)$$

に等しい大きさの差が計算される⁽⁹⁾。

(1) Mohring [15] は、混雑現象を次のように捉えている。すなわち、混雑とは、(i) 財ないしサービスの買手が、その財やサービスの消費を完遂するために自ら何らかのインプット——たとえば時間など——を供給し、(ii) そのインプットの必要量、あるいはまた、財ないしサービスの質が、買手の購入の速度に依存する、という状況において生じるものであるとしてゐる。

(2) 文献 [6] 参照。

(3) 本文の T の式を用いれば、 N 件の（一マイルの）トリップに要する時間は

$$NT = N[5.67 - 3.33(1 - K/N)^{\frac{1}{2}}]$$

となる。これを N に関して微分すれば

$$\frac{d(NT)}{dN} = T + (1.67 N/K)/(1 - N/K)^{\frac{3}{2}}$$

が得られる。表における限界時間は、この式によつて、異なる N/K に対する値を算出したものである。

(4) 道路ではなく鉄道の場合を考えると、ここでは、混雑が生じてトリップの所要時間はほとんど不変であると考えられる。しかし、その反面、トリップに伴う不快感が上昇する。不快の費用は形式の上では費用関数に含められているから、もしその金額換算さえ可能であれば、やはり混雑により全体としての費用は増大することとなる。

(5) Walters [29] が引用した C. Rothrock and E. Keeler, "Traffic Speed and Volume Measurements," Highway Research Board Bulletin 156, 1956 に基づく。かれらは、特定の道路についで、十二分間ごとに区切って通過車両台数と通過所要時間を調べ、通過車両台数が一三〇台前後に達すると明確な反転が生じたことを報告している。

(6) 以下の分析は、主として Wohl [29] の問題設定に依拠している。

(7) そのような場合は、図 3.22 における分析と異なるところがない。

(8) 金銭的な支出という形の負担と、時間の消費という形での負担、という差異はむしろある。また、料金の徴収からは何らかの還元が期待されるという点においても異なる。

(9) 第2辺と第3辺の第1項は、第2辺では限界費用によって表現され、第3辺では平均費用によって表現されている。

四 ピークロード・プライシング

輸送サービスの需要の変動はほとんど避けがたい現象であり、その結果としてのピークおよびオフピークの存在は、投資および価格形成をきわめて複雑な問題とする。ここでは、比較的単純なケースに限定しながら、ピークとオフピークの存在の下での効率性の達成の条件を検討したい。以下で扱う需要変動の状況は、次のようなタイプのものに限られる。すなわち、需要の変動は、一日のうちの時間帯に生じる変動に限定し、週や月や季節などの変動は考えないものとする。そこで一日の需要の変動は、二つの需要関数によって表現されるものとしよう。一つはピーク時のもの、他の一つはオフピーク時のものである。さらに、単純化のために、短期および長期限界費用は一定と仮定をする。

このように二つの需要関数が与えられるとき、あるいは推定されるとき、ここでも第二節に述べたと同じように、問題は二つある。一つは最適な設備の規模の決定、もう一つはその設備の最適利用水準の決定である。すなわち、前者は長期の問題、後者は短期の問題である。この種の分析の通常のスタイルに則って、⁽¹⁾ここでも、いわゆる固定ピークの状況 (the firm-peak case) と移動ピークの状況 (the shifting-peak case) とに分けて考えることとする。

固定ピークの場合

図 1 において、需要曲線 d_1 と d_2 はそれぞれピークおよびオフピーク時に対応する。ここでは固定ピークの場合を考えるから、設定される価格によって、ピークやオフピークが入れ替わることはないものとする。より一般的に表

現すれば、異なる時間帯における需要の間で、交差弾力性は無視しうるほどに小さいと仮定することに等しい。費用の状況は図に示されたとおりであり、現存の設備の下で社会的余剰を最大にする価格は、それぞれ p_1 と p_2 である。ここでの設備規模に対して、純便益の総額は次の式で与えられる。

$$TNB = \sum_{i=1}^2 h_i \sum_{q=1}^{q_i} (mb_i(q) - smc(q)) - 24 F$$

$mb_i(q)$: 第 i 時間帯の需要の限界便益 $i=1$ (ピーク), $i=2$ (オフピーク)

h_i : 第 i 時間帯の時間数

F : 設備の時間当たりの固定費

経済効率という点からみて、その投資がフィジブルであるためには

$$\sum_{i=1}^2 h_i \sum_{q=1}^{q_i} (mb_i(q) - smc(q)) \geq 24 F$$

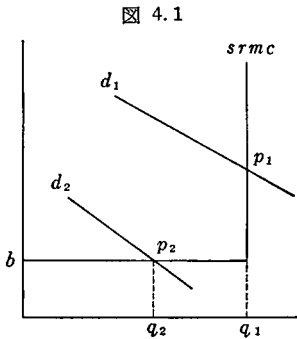
でなければならず、ついにながら、財務的にフィジブルであるためには

$$\sum_{i=1}^2 h_i (q_i \cdot p_i - VC(q_i)) \geq 24 F$$

が成立しなければならない。

上述のような事柄を図によって説明しようとする場合、ほとんどの場合、費用

交通の投資決定と価格形成



関数の形状としては、あるアウトプット水準で短期の限界費用が一定値から無限大となるもの(図Aのタイプ)が想定される。第二節の注(4)に触れたように、これは主として鉄道やバスなどの車両を資本設備として念頭に置いているものであり、道路を念頭におく場合には、そのような形を考えることはやや不自然かもしれない。また、ここの図Aのような形の費用曲線を想定することからは、多少の問題が生じる⁽²⁾。しかし、本節では、便宜上、このタイプの費用曲線を想定しつづけるものとする。

固定ピークの場合——長期の意思決定

次に、最適な設備規模の決定を考える。前節におけると同様、単位時間(ここでは一時間)当たりの資本費を β とし、設備は完全に分割可能であるとする。最適な設備規模の条件は、すでに第二節に見たように価格 $\parallel \text{sync} \parallel \text{time}$ であり、決定ルールは「 $\text{sync} \vee \text{time}$ ならば設備規模を増加させる」というものである。この条件とルールとは基本的にはここでも成立するが、しかしピークロード・プライシングの場合には、資本費 β はピーク時のサービスとオフピーク時のサービスに対して共通のものであるから、それを考慮した形で、上記の条件とルールに修正が加えられなければならない。すなわち、ここでのルールは、「ピーク時の価格 p_1 とオフピーク時の価格 p_2 との和、すなわち限界便益が、ピークおよびオフピーク時における設備の運転費 c と資本費 β との和を上回るとき、そしてその限りにおいて、設備の拡張が要請される」ということになる。すなわち、 $p_1 + p_2 \geq c + \beta$ であるならば、そのときの設備はまだ最適ではない。この関係を示したものが、図Bである。規模を1から2へ拡大するときの純便益の増分は、

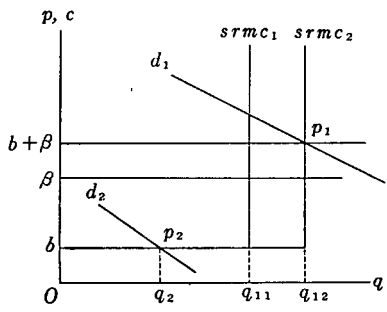
次式で与えられる。

$$ITNB_{12} = TNB_2 - TNB_1$$

$$= \sum_{i=1}^2 h_i \sum_{q=q_{11}}^{q_{12}} mb_i(q) - 24(F_2 - F_1)$$

$$= \sum_{i=1}^2 h_i (VC_2(q_{12}) - VC_1(q_{11}))$$

図 4.2



ここで、 q_{ik} は設備規模が $k(k=1, 2)$ のときの第 i 時間帯の均衡フロー、 $VC_k(q_{ik})$ は、設備の規模が k で一時間の

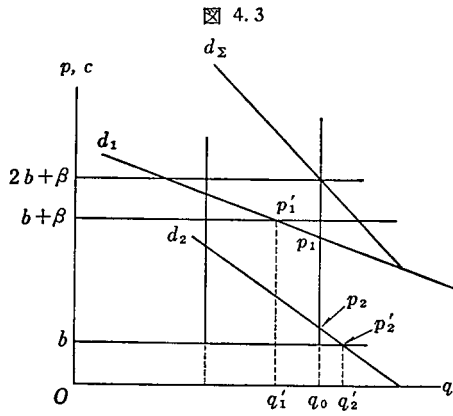
フローが q_{ik} のときの第 i 時間帯の可変費用の総額を表わす。これが正であるから、規模 1 から規模 2 への拡張は正当化されることとなる。この場合、最適な価格は図の p_1 と p_2 であり、 $p_1 + p_2 = 2b + \beta$ が成立する⁽³⁾。

このような固定ピークの場合には、設備の費用のすべてがピーク時の利用者によって負担され、設備の規模や変更も、すべてピーク時の利用者の需要関数に応じて決定されることとなる。

移動ピークの場合

移動ピークの場合は、図 4.3 によって示される通り、ピーク時とオフピーク

交通の投資決定と価格形成



時の需要の相対的な大きさが固定ピークの場合ほど差が存在しない場合に相当する。もし、ここですでにみたルールにより、オフピーク時の価格を短期限界費用 smc (すなわち、 b) に等しく設定し、ピーク時の価格を長期限界費用 lmc (すなわち $b+\beta$) に等しく設定をすれば、ピーク時のアウトプットの水準は q_1' となるが、一方、オフピーク時のアウトプットの水準は q_2' となり、ここに両者のピークとオフピークの関係が逆転してしまう。

こうした移動ピークのケースについて、そのための解法としては、ハーシュライファ (J. Hirschleier) による図解がよく知られている。それによれば、この場合の最適なキャパシティは q_0 の大きさに求められる。これは、曲線 d_Σ と長期の限界費用曲線 (ピーク時およびオフピーク時の両方を含め

たもの) の交点によって定められる。曲線 d_Σ は、需要曲線 d_1 の上に需要曲線 d_2 を垂直方向に加えたものであり、いわば、設備に対する総需要曲線を表わしている。一方、ピークもオフピークもあわせた一日の需要の一単位の増分を供給するための費用は、資本費 β と二つの時間帯のための b であり、この $2b+\beta$ が全体としての lmc である。(4) したがって、図 4.3 においては、 $d_\Sigma=2b+\beta$ の点でキャパシティが決定され、ピーク時およびオフピーク時に設定される価格はそれぞれ p_1 および p_2 であり、これらの和 p_1+p_2 がちょうど $2b+\beta$ となっている。明らかなように、固定ピークの場合と異なり、移動ピークの場合には、ピーク時の価格もオフピーク時の価格も、user opportunity cost

の概念を用いなければとくに短期の限界費用とは一致していかない(注(2)参照)。一方、ピーク時とオフピーク時の設備の利用水準は同一である。ここに、移動ピークの場合のピークロード・プライシングの特色が見出される。かくして、移動ピークの場合には、ピーク時およびオフピーク時の需要の強さに応じて、同じ水準のアウトプットに対して、差別的な価格が付されていることになる。設備のための費用はピーク時にとってもオフピーク時にとっても共通であるから、設備の拡大が許容されるか否かは、設備を拡大して次の一単位のサービスをピーク時およびオフピーク時において供給することから得られる純便益が、設備の拡大の限界費用を上回るか否かによって判断される。その純便益は $(p_1 - d) + (p_2 - d)$ であり、後者はいうまでもなく p である。したがって、 $(p_1 - d) + (p_2 - d) > p$ は設備拡張のための条件式であり、 $p_1 + p_2 > 2d + p$ という前出の条件式は、まさしくこれと同一のものである。

ここに述べたハーシェライファの解法は、ピークとオフピーク時とを、長さの等しい二つの時間帯として単純化している。ここでの扱い方も、基本的にはそれと同じであるが、すでに前提に述べたように、アウトプットは一時間当たりのトリップ数で測られているから、ピーク時間帯とオフピーク時間帯の長さが異なるケースでは、その長さで上述のプロセスを、いわば加重した形で実施すればよいことになる。

実施費用と効率性の関係

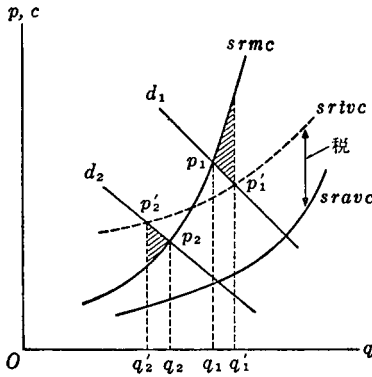
これまでのところ、限界費用価格形成による経済効率の追求を考える際に、そのようなルールあるいは方法を実施することに對する実際上の障害については、何も考慮が加えられなかった。いいかえれば、限界費用価格形成および

ピークロード・プライシングの実施は、まったく費用のかからないものであるかのように考えられてきた。おそらく、現実には、数多くのコスト要因が存在するであろう。料金を徴収されること、とくに差別的な価格が課されることに對するサービ需要者からの社会的な圧力も存在するであろうし、また、時間帯別に異なる料金を徴収する業務にも、必ず費用が発生する。ここでは、考えうるそれらの要因の内容を深く検討しようとするものではないが、すくなくとも、これまでに導いてきた結論のいくつかが、現実的な考慮のまゝに、どのような修正なり留保条件なりを要求されることになるかを検討しておく必要があろう。

ピークロード・プライシングは、すでに見たように、ピーク時とオフピーク時の需要に對して、限界費用の大きさに関連させつつそれぞれに異なる価格を適用するものであった。それが効率性の追求のために必要な条件であったことは、述べるまでもない。これに對して、ひとまず、それとは異なる種類の価格形成の方法を考えてみよう。たとえば、額が一律の利用者税 (uniform user tax) の徴収も考えられるし、限界費用以外の基準によるピーク時およびオフピーク時への差別料金という方法もありえないわけではない。ここでは、前者——これを、一律利用者税と呼ぶこととする——をとりあげ、これと前述のピークロード・プライシングの場合とを比較してみることとする。⁽⁵⁾

図 4 は、実施のために特別な費用を要しないことを前提としてピークロード・プライシングを考え、それと一律利用者税の適用とを比較するために描かれている。特定の規模の設備を想定するとき、短期の限界費用 $SMC(b)$ と短期の平均可変費用 $AVC(b)$ の曲線の関係は、すでにみたとおりのものであり、これまでの分析におけると同様に、後者は需要者によって認識されるすべての費用——ただし、徴収される料金の類は除いたもの——を意味するも

図 4.4



交通の投資決定と価格形成

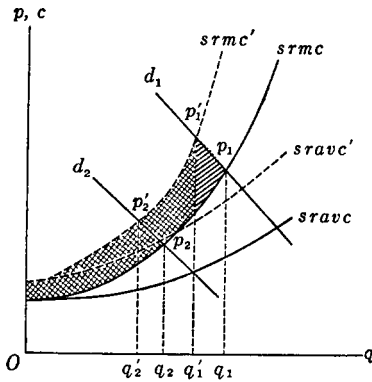
のとする。図に描かれた $srivc(q)$ は、短期の平均可変費用 $sravc(q)$ に一律利用者税を加えたものを表わしている。図から明らかなように、ピークロード・プライシングを適用する場合の、ピーク時の価格は p_1 、オフピーク時の価格は p_2 で与えられている。一方、破線で示したものが、短期の平均可変費用曲線に一律利用者税額を足したものである。これに基いてピーク時およびオフピーク時に平均費用価格形成を適用すれば、 $\hat{p}_1$ 、 $\hat{p}_2$ で定められる。この場合、一律利用者税の大きさは、財務上の収支を均等に導くような水準に定められるであろう。これを税と考えずに、設備の供給主体によって徴収される料金の一構成要素と考えれば、それは基本的には現行の有料道路に関する価格形成を表わしていると考えてよいであろう。このようにして定まるピーク時およびオフピーク時の均衡のフローをピークロード・プライシングの下における均衡のフローと比べると、ピーク時に関しては設備の過剰利用、オフピーク時には過少利用となっていることがわかる。この過剰および過少利用によって生じている純便益の損失が図の斜線部分の面積であり、それは次式によって与えられる。

$$NBL = h_1 \sum_{q=q_2}^{q_1} (srivc(q) - mb_1(q)) + h_2 \sum_{q=q_2}^{q_1} (mb_2(q) - srivc(q))$$

NBL: 純便益の損失

以上の比較は、繰り返していえば、あくまでもピークロード・プライシ

図 4.5



ングに実施費用のかからないという前提の下での比較にすぎない。現実的に考えるならば、異なる時間帯の需要に対して異なる価格を、しかも限界費用に依拠しつつ課するということの実施費用は、無視しえない大きさと考える必要がある。むしろ、平均費用価格形成に関しても実施の費用は存在する。しかし、平均費用価格形成は現在すでに行われている方法であるから、これを継続すること自体に費用がかかるわけではない。そこで、実施のための費用をピークロード・プライシングについて考慮するときには、それと前出の純便益の損失とが比較される必要がある。

図 4.5 は、もとの短期平均可変費用曲線および短期限界費用曲線の上に、ありうべきピークロード・プライシングの実施の費用を上乗せして、新しく二つの費用曲線を描き加えたものである。ピーク時およびオフピーク時の需要が図のように与えられているとすれば、ピークロード・プライシングの実施の下では、実際の均衡の価格およびフローの組み合わせは、ピーク時に関して (p_1, q_1) 、オフピーク時に関しては (p_2, q_2) となる。このとき、費用がかからないと仮定した場合の均衡点 (p_1, q_1) と (p_2, q_2) とを比べると純便益の損失は次式によって与えられる。図の二重の斜線部分が第一項に、斜線部分が第二項に相当する。

$$NBL = h_1 \sum_{q=1}^{q_1'} (srmc'(q) - srmc(q))$$

$$\begin{aligned}
& + h_1 \sum_{q=q_1}^{q_1^*} (mb_1(q) - smc(q)) \\
& + h_2 \sum_{q=1}^{q_2^*} (smc(q) - smc(q)) \\
& + h_2 \sum_{q=q_2^*}^{q_2^*} (mb_2(q) - smc(q))
\end{aligned}$$

いうまでもなく、この損失と平均費用価格形成による損失とを一般的に比較することはできないが、現実の選択においては、こうした比較が実施されるべきである——また、当然に実施されるであろう——ことは明らかである。

(1) 主として Steiner [23] および Williamson [28] の定式化を参考としている。

(2) このタイプの費用曲線に基いて分析を行えば、図 4-1 の q_1 における短期限界費用は、 b であるとも p_1 であるとも考えられる。Hirshleifer [9] は二つの異なる機会費用の概念を考え、 b には通常の解釈（もし一単位のアウトプットの増加を断念すれば節約される資源の価値）を、 p_1 には、需要者機会費用（user opportunity cost もしアウトプットを一単位増加させれば、消費者が享受し得たであろう便益）の解釈をあてはめた。これらの異なる機会費用の概念をそれぞれに適用しうると考えるならば、 p_1 と p_2 はともに限界費用価格であるが、もしそのような解釈を受け容れないとするならば、 p_1 は限界費用価格ではないということになる。

(3) Boiteux [5] も、ピークロード・プライシングに関して、ここに示した差別価格の設定の方法を検討した。ボワトウの場合には、最適な設備の基準を、「ピーク時およびオフピーク時の均衡のフローに対して総費用が最小となること」としており、その基準はここで用いている総余剰の最大化とは異なっている。しかし、その最適化の基準に基いて、ボワトウが示

交通の投資決定と価格形成

した最適な設備容量および短期の限界費用価格形成の条件は次式で与えられ、これは $p_1 + p_2 = 2b + \beta$ に一致する。

$$\sum_{i=1}^n h_i \text{symc}_i(q_i) = \lim_{i \rightarrow \infty} \sum_{i=1}^n h_i$$

ただし、ポワトゥ自身が留意しているように、この条件は、長期の限界費用が一定で、かつ、異なる規模に対する総費用曲線の形状がみな同一であるとき——すなわち、第四節で用いているようなタイプであるとき——にのみ妥当する。

- (4) これは、需要の変動のサイクルが一巡した場合の、合計としての限界費用をさす。
- (5) この比較は、Wohl (36) にならっている。
- (6) 現実の道路料金の設定は、内容的にはこの方法に近いと考えられる。
- (7) ここでは、たとえば料金徴収ゲイトでの作業が繁雑になるものと想定し、フローの大きさに応じて増加するような実施費用として描かれている。

結

本稿では、交通投資の経済評価の現状認識を基本的な出発点として、従来、公企業ないし公益事業に関する経済理論の分野で展開されてきた投資および価格形成の意思決定についての一般的な議論を、交通投資およびその価格形成へ適用して検討を加えた。第一節から第四節までの議論を全体としてふり返ると、次のような諸点が、本稿を結ぶにあたって確認に値するであろう。

- (一) 限界費用価格形成は資源配分の効率性以外の目的との関係においては、もともと多くの問題点を有している。第

二節の注(2)は、よく知られているいくつかの点を挙げたものであった。しかし、資源配分の効率という単一の目的の下でも、それに問題点がないわけではない。その一つは、第二節に整理したように、設備の分割不可能性の仮定から生じる問題、すなわち、短期の限界費用と長期の限界費用のいずれが価格形成の基礎となるかという問題である。そこでは、一般に短期の限界費用と長期の限界費用に乖離が生じ(かつ長期の限界費用の方が通常は安定的であろうから)、短期の限界費用に価格を設定することは往々にして価格の不安定性を生み、それは長期の資源配分の効率性を阻害することとなる。したがって、資源配分の目的だけに議論を限定するとしても、限界費用価格形成のルールが明確な解を示しえない場合がある。さらに、設備のほとんどが長期の建設時間を要するものであることを考えると、現実の世界では、最適でない設備の下で最適な価格形成を必要とする可能性も大であるから、この問題は一層重要なものとなる。

(二) 限界費用価格形成を論ずる場合、一般にその実施のための費用のようなものは考慮されていないことが多い。しかし、それをたとえば平均費用価格形成と比べた場合、費用の把握などのプロセスにおいて、限界費用価格形成はより多くの費用を要するものと考えられる。限界費用価格形成は、二部料金制度やピークロード・プライシングなどの中に生かされていることが多いが、そうした料金制度の実施に要する費用をすなわち限界費用価格形成の費用と考えれば、それは、平均費用価格形成より確実に高い実施費用を要するであろう。第四節に述べたように、限界費用価格形成のメリットからは、この実施費用に関するディメリットが差し引かれなくてはならない。

(三) 料金政策によって補完されるところの限界費用価格形成は、混雑現象の下においても理論的には適用可能である。

それは平均費用曲線に backward-bending の性格の有る無しに関わらない。しかし、現実の道路料金政策においては、基本的には平均価格形成がとられているため、backward-bending の平均費用曲線の下では、第三節に示したような二つの代替的な料金の候補が登場する。そして、往々にして、ちょうど設備容量の限度の点(図 33 の点 m)に均衡が生じるような料金政策の方が採用される可能性が大きい。しかし、場合によっては、それは限界費用価格形成によって示唆される均衡の設備利用水準(図 34 における点 g)から、もう一つの候補(図 33 における点 h)よりさらに遠ざかることになってしまう。

(四) 限界費用価格形成は、すでに繰り返し触れてきたような理由から、原理上の望ましきとはうらはらに、実施には多くの困難がある。もともと、交通サービスの運賃や料金には、互いに根本的な性格の異なる複数の要請がこめられている。しばしば挙げられるのは、経済効率の増大、財務上の収支の調整、および所得の再分配である。限界費用価格形成は、そのうちの一つ——経済効率の増大——に応えるものにすぎない。したがって、こうした複数の要請をそれぞれある程度まで満たすためには、限界費用価格形成だけが全面的に適用されることは不可能であり、それは、(一)においても述べたように、二部料金制やピークロード・プライシングの中で部分的に生かされることとなる。しかし、二部料金制やピークロード・プライシングは、資源配分の効率性以外の他の目的の達成にも貢献しうる——また、事実それを目的としている——ものであることにも注意しなければならないであろう。ついではながら、この点に関連して、第四節において示したハーシェライファの解法についてみると、ピークロード・プライシングの解を限界費用価格形成によって追求すると、その結果として、ピーク時およびオフピーク時のそれぞれのサブ・マーケットにおいて

限界費用価格形成が崩れてしまうという点は——それは第四節の注(2)に示したように、限界費用の解釈にもよるが——興味深い帰結と思われる。

以上の諸点をふり返ったあとで、最後に、これらが交通投資の経済評価(すなわち、費用便益分析)に対してもつ意味合いを考えておこう。現時点で実践されている交通投資の経済評価は、多くの場合、エンジニアリング的に設計された投資計画を経済性の面から評価する、という一方通行の状況であるように思われる。むろん、序において指摘したように、費用便益分析は交通投資のエンジニアリング的な内容を能動的に決定しうるわけではない。しかし、それは経済性の評価を通して、投資の内容が不満足であればそれを拒否し、同時に、あるべき性格について間接的に示唆を与えることができる。すなわち、評価という機能を通して、設計という機能を間接的に発揮することが可能なのである。投資規模の選択とプライシングは、経済評価の結果(すなわち、経済的フィジビリティ)を直接的に左右する。したがって、いったん想定された交通投資の内容に対する経済評価の結果が交通投資の具体的内容(投資の規模、設定価格など)につねにフィードバックされ、それによって評価と設計とが互いに結びついていくことが必要であろう。

参考文献

- [1] H. Adler, "Economic Evaluation of Transport Projects" in G. Fromm ed., *Transport Investment and Economic Development*, the Brookings Institution, 1965.
- [2] —, *Sector and Project Planning in Transportation*, The Johns Hopkins Press, 1967.

- [7] S. Anand, "The Little-Mirrlees Appraisal of a Highway Project in Malaysia," *Journal of Transport Economics and Policy*, September, 1976.
- [8] R. Baneen, "Transportation Pricing's Role in Investment Decisions," in J. Nelson ed., *Criteria for Transport Pricing*, Cornell Maritime Press, 1973.
- [9] M. Boiteux, 'Peak Load Pricing,' *Journal of Business*, April, 1960.
- [10] R. Coleman, "A Study of Urban Travel Times in Pennsylvania Cities," *Highway Research Board Bulletin* 306, 1961.
- [11] C. Foster, "Investment Policy and Pricing in Transport," in J. Nelson ed., *Criteria for Transport Pricing*, Cornell Maritime Press, 1973.
- [12] R. Goergen, "Some Problems Raised by Transportation Pricing on the Basis of Marginal Cost," in J. Nelson ed., *Criteria for Transport Pricing*, Cornell Maritime Press, 1973.
- [13] J. Hirschleifer, "Peak Loads and Efficient Pricing: Comment," *Quarterly Journal of Economics*, August 1958
- [14] 経済企画庁システマ分析調査室編『費用便益分析理論の展開』昭和四四年°
- [15] J. Kneafsey, *Transportation Economic Analysis*, Lexington Books, 1975.
- [16] J. Meyer and M. Straszheim, "Benefit Measurement for Transport Projects," in J. Meyer and M. Straszheim ed., *Techniques of Transport Planning*, Vol. 1, *Pricing and Project Evaluation*, the Brookings Institution, 1971.
- [17] R. Millward, *Public Expenditure Economics*, McGraw-Hill, 1971.

- [14] H. Mohring, "The Peak Load Problem with Increasing Returns and Pricing Constraints," *American Economic Review*, 1970.
 - [15] —, *Transportation Economics*, Ballinger, 1976.
 - [16] H. Mohring and M. Harwitz, *Highway Benefit*, 1962.
 - [17] 中村貢「道路料金の決定基準と道路投資の経済効果」(大塚・小宮・岡野編『地域経済と交通』東京大学出版会、昭和四十六年)。
 - [18] J. Nelson, "Pricing Transport Services," in G. Fromm ed., *Transport Investment and Economic Development*, The Brookings Institution, 1965
 - [19] 岡田清「交通投資と便益費用分析」(大塚・小宮・岡野編『地域経済と交通』東京大学出版会、昭和四十六年)。
 - [20] 奥野信宏『公企業の経済理論』東洋経済新報社、昭和五十年。
 - [21] W. Owen, *Strategy For Mobility*, The Brookings Institution, 1964.
 - [22] N. Ruggles, "Recent Developments in the Theory of Marginal Cost Pricing," *Review of Economic Studies*, Vol. 17, 1949-50.
 - [23] F. Steiner, "Peak Loads and Efficient Pricing," *Quarterly Journal of Economics*, November, 1957.
 - [24] W. Vickrey, "Economic Efficiency and Pricing," in S. Mushkin ed., *Public Prices for Public Products*, The Urban Institute, 1972.
 - [25] —, "Optimization of Traffic and Facilities," *Journal of Transport Economics and Policy*, January, 1967.
 - [26] A. Walters, "The Theory and Measurement of Private and Social Cost of Highway Congestion," *Economic Journal*, 1969.
- 交通の投資決定と価格形成

etica, Vol. 29, 1961.

[27] M. Webb, *Pricing Policies for Public Enterprises*, Macmillan, 1976.

[28] O. Williamson, "Peak-load Pricing and Optimal Capacity under Indivisibility Constraints," *American Economic Review*, Vol. 56, 1966.

[29] M. Wohl, *Transportation Investment Planning*, Lexington Books, 1972.

[30] —, "Congestion Toll Pricing for Public Transport Facilities," in S. Mushkin ed., *Public Prices for Public Products*, The Urban Institute, 1972.

(昭和五三年一〇月九日 受理)