



RIETI Discussion Paper Series 04-J-042

消費者余剰アプローチによる政策評価

金本 良嗣
経済産業研究所

消費者余剰アプローチによる政策評価

金本良嗣*

要 旨

政策評価モデルのなかで最も単純なのは部分均衡の枠組みを用いる消費者余剰アプローチである。このアプローチは、需要曲線の左側の面積で測られる消費者余剰を用いるものであり、きわめて単純な枠組みではあるが、適用可能な例は意外に多い。消費者余剰アプローチを具体的な政策評価に適用するためには、様々な工夫が必要であり、また、注意深い適用を行わなければ重大なバイアスを招いてしまう。本稿では、消費者余剰アプローチの適用例としてアメリカにおける燃費規制の評価と日本における高速道路の評価の2つをとりあげ、具体的な適用における様々な問題点を検討する。

キーワード：費用便益分析、消費者余剰、規制インパクト分析、次善、高速道路投資、燃費規制
JEL classification: H43, D61, Q5, R4

経済産業研究所平成15年度ファカルティ・フェロー、東京大学公共政策大学院・大学院経済学研究科 教授

本稿は、独立行政法人経済産業研究所における「政策評価のための小規模ミクロ経済モデルの構築」研究プロジェクトの成果の一部をとりまとめたものである。経済産業研究所の支援と研究プロジェクト・メンバーの蓮池勝人、藤原徹の両氏の協力及びコメントに感謝したい。また、円山琢也、城所幸弘の両氏からも有益なコメントを頂いた。なお、本稿の内容や意見は、筆者個人に属し、経済産業研究所の公式見解を示すものではない。

1. はじめに

政策評価モデルのなかで最も単純なのは部分均衡の枠組みを用いる消費者余剰アプローチである。このアプローチは、需要曲線の左側の面積で測られる消費者余剰を用いるものであり、初歩のミクロ経済学でおなじみのはずである。きわめて単純な枠組みではあるが、適用可能な例は意外に多く、実際にも、公共事業の費用便益分析の多くでこのアプローチが使われている。単純であるからこそ、大きな誤りに陥ることが少なく、信頼性が高いという長所をもっている。いたずらに複雑なモデルを作るよりは、工夫してこのアプローチを適用することが望ましいことが多い。また、政策評価モデルの理論的基礎を理解したり、実際のデータからモデルをどう構築していくかを学んだりする際にも、このアプローチから始めることが有益である。

消費者余剰アプローチに関してもう一つ重要なことは、部分均衡から出発しているにもかかわらず、一般均衡の枠組みに拡張可能であることである。ただし、以下で解説するように、そのためには需要曲線を通常の部分均衡需要曲線から、他部門への波及効果を考慮に入れた一般均衡需要曲線に拡張する必要がある。

本稿の構成は以下の通りである。2節で消費者余剰による便益評価手法を解説し、3節と4節で具体的な政策評価への適用を行う。3節は、CAFE規制と呼ばれているアメリカにおける燃費規制の評価を紹介する。4節は、高速道路の建設及び無料化の評価を行う。付録1は消費者余剰アプローチの理論的な基礎を解説する。付録2は、代替性が不完全な場合の新規路線の便益評価に関する理論的な問題を検討する。

2 消費者余剰による便益評価

政策評価の基本は、政策によって社会全体に発生する費用と便益を推計し、後者が前者を上回るかを見ることである。たとえば、後ほど例として考察する高速道路建設の評価においては、以下のような社会的費用と社会的便益が計算されている。

社会的費用：(1) 高速道路の建設費用、(2) 高速道路の維持管理費用

社会的便益：(1) 利用者便益（道路利用者の消費者余剰）の増加、(2) 燃料税込、高速道路料金収入（生産者余剰）の増加、(3) 温暖化ガス、大気汚染、交通事故等による外部費用の減少

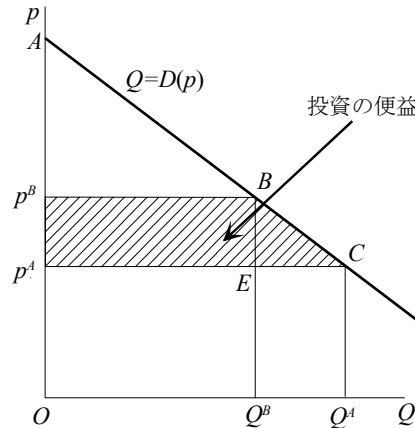
社会的便益のなかで利用者便益が大きな比重を占めることが多い。この利用者便益を推定する伝統的な手法が、消費者余剰アプローチである。

マーシャルの消費者余剰

消費者余剰アプローチにおける便益計測では、需要曲線の左側の面積で表されるマーシャルの消費者余剰を用いる。図1では、価格が p^B のときの消費者余剰は、三角形 ABp^B の面積で表さ

れる。これは以下のように説明できる。

図 1 消費者余剰



需要曲線の高さは、需要者が支払ってよいと思っている価格を表す。供給量がゼロの状態から出発して、最高の価格を支払う人に最初の一個を供給することを考えてみよう。需要曲線が A 点を通っていることは、この最初の一個を手に入れるために OA 円だけ支払ってもよいと考えている人がいることを表している。もちろん、こんなに高い価格を払ってよいと思っている人は多くない。支払ってもよいと思う価格（支払い意思額と呼ばれる）は徐々に低下していき、供給量が Q^B の時には、 p^B 円まで低下する。このように、需要曲線の高さは需要者がどれだけの価格を支払ってよいと思っているかを表している。

価格が p^B 円するときには、需要量は Q^B になる。このときに需要者全体で支払ってよいと思っている額を合計すると、台形 $OABQ^B$ の面積になる。ここで、実際に需要者が支払っている価格は p^B 円であり、 OA 円だけの高い価値を認めている人も p^B 円の価値しか認めていない人も同じ価格を払っている。言い換えれば、市場価格は実際に購入している人たちの間で最も低い価値しか認めていない人の支払い意思額に等しく、それ以外の人々は市場価格より高い価値を認めている。つまり、需要者全体では台形 $OABQ^B$ だけの価値を認めているのにもかかわらず、実際に支払っている額は長方形 $Op^B BQ^B$ にすぎない。これらの差の三角形 ABp^B が需要者の得ている便益であり、消費者余剰と呼ばれている。

マーシャルの消費者余剰には理論的にいくつかの問題があることが指摘されている。しかし、こういった理論的な問題によるバイアスは、実際の適用の際の需要や費用の予測誤差に比べると遙かに小さいのが通常である。消費者余剰に関する理論的な問題の簡単な解説については、付録 1 を参照されたい。

便益評価の基本

便益評価の基本は、政策を実行した場合としなかった場合の便益の差を比較し、それが政策のコストを上回るかどうかを評価することである。したがって、まず行わなければならないのは、政策を実行した場合（With ケース）と実行しなかった場合（Without ケース、ベースラインとも呼ばれる）の2つのケースについて、需要者が直面する価格と、その価格のもとでの需要量を予測することである。注意すべきなのは、政策実行後と実行前を比較するのではなく、あくまでも同じ時点において、実行したケースと実行しなかったケースを比較する点である。なお、便益や費用は長期にわたって継続的に発生することが多い。その場合には、各期に発生する便益、費用の割引現在価値を求めて、それらを足し合わさなければならない。

第一の価格の予測は簡単に見えるが、実際にはかなり面倒なことが多い。全く同質な財・サービスであれば、価格の変化を予想すればすむことである。たとえば、電力市場改革の効果が消費者の支払う価格を低下させるだけであるというケースには、末端での価格の変化を予測すればよい。しかし、通常は、財・サービスの品質の変化を考慮に入れる必要がある。電力価格が低下しても、頻繁に停電が起きるようになると、純便益はマイナスになることもありうる。

シンプルな消費者余剰アプローチの枠組みに乗せるために、品質の差を「実質的」な価格の差に変換することがよく行われる。たとえば、交通投資の便益評価においては、利用者が負担する様々なコストをすべて含む「一般化費用」という概念が用いられる。道路の利用者は、有料道路であれば料金を負担しなければならないが、一般道では料金負担はない。しかし、道路を利用するためには、ガソリン等の燃料コストの負担が必要であり、また、オイル、タイヤ、車両の維持修繕費等の負担も必要である。さらに、時間費用や疲労等の非金銭的な費用もある。交通投資の評価の際には、これらのすべての費用を合計した一般化費用という概念を用い、縦軸に価格の代わりに一般化費用をとることが通常である。たとえば、有料の高速道路の建設は利用者の支払う料金を上昇させるが、スピードアップによる時間費用の低下が一般化費用の低下をもたらす。

一般化費用の概念は非常に便利なものであるが、実際に用いる場合には、「品質」の差を「価格」の差に変換する「原単位」を適切に設定するという難しい課題がある。たとえば、スピードアップによる1分間の時間短縮がどれだけの料金低下と同等であるかを推定する必要がある。費用便益分析が長年にわたって行われてきている欧米諸国では、様々な分野において「品質の価値」に関する数多くの研究が存在し、「原単位」に関する概ねの合意ができてきていることが多い。日本ではまだ十分な研究成果が存在しておらず、また、実務者の専門的能力が不十分であるために、国際的に見てかけ離れた「原単位」が設定されていることがある。

たとえば、「人命の価値」については、欧米諸国では1億円から2億円の数字が多いのに対して、日本では3千万円台の数字が使われている。これは過小評価の例であるが、過大評価になっている例もある。たとえば、交通利用者の時間価値については、アメリカの数字よりも大きい数字が使われていることが多い。業務交通の時間費用についても日本の方がアメリカより高い数字

が使われている（日本では 46.72 円／人・分であるのに対して、アメリカでは 35.3 セント／人・分である）が、それにもまして顕著なのは、非業務目的の時間価値である。アメリカでは、地域内交通で業務目的の 50%、都市間交通で 70%の時間費用としているのに対して、日本では、ドライバーについて 81.6%、同乗者についてそのさらに 85.5%としている。時間費用以外の走行費用についても、日本では車両の減価償却費を平均費用ベースで算入しているが、本来は、限界費用（走行距離の増加による追加的費用）を用いる必要があり、欧米諸国よりかなり高い数字になっている。

便益評価における第二の課題は需要量の予測である。これは、政策を実行した場合としなかった場合の2つのケースについて行う必要がある。もちろん、図 1の需要曲線の位置と形状を推定できればそれですむ話である。実際には、政策を実行しないケースの B 点と政策を実行するケースの C 点とを予測し、その間は直線であると仮定することが多い。この場合には、便益の推定値は台形 $p^B B C p^A$ の面積であり、

$$(1) \quad B = \frac{1}{2} (p^B - p^A) (Q^A + Q^B)$$

となる。

B 点と C 点の推定には様々な需要予測手法が用いられる。交通等の多くの分野においては、計画策定のための需要予測が長年にわたって行われてきており、様々な工夫がなされている。需要予測がすでに他の目的のために行われている場合には、評価においてもその需要予測結果を用いることが通常であり、そのことに特段の問題はないであろう。しかし、一般に将来需要予測には誤差がつきものであり、その信頼性について十分な理解をもつことが必要である。以下の2つのことを行うことが推奨される。

第一に、現状維持ケースの方が予測が容易であるので、第一次接近として長方形 $p^B B E p^A$ の面積、

$$(2) \quad B_{\min} = (p^B - p^A) Q^B$$

を計算してみることが推奨される。この推定値は便益の下限值となるので、堅めの推定として用いることができる。

第二に、需要予測の誤差がどの程度であるかを推計し、その情報を提供することが望ましい。過去の予測結果と実績値の乖離から、予測誤差の分布を推計して、それを使った便益の確率分布を計算するというも行われているが、より簡便な方法での情報提供も可能である。最近よく採用されるのが、ベストの推計値に加えて、推計値の下限值と上限値の2つを示すことである。もちろん、この下限値及び上限値としてどういう値を使うべきなのかについて確定的な答えは存在しないが、専門家が見ておかしくない値を設定することは可能であろう。

波及効果の便益

公共投資は様々な**波及効果**をもたらす。たとえば、高速道路の建設は地域経済の活性化をもた

らし、地域の生産額を大幅に増加させるという議論がなされる。一般に、公共投資の効果は、価格変化や需要変化を通じて他の市場（以後、**間接市場**と呼ぶ）にも影響を及ぼす。これらの波及効果は、公共投資の間接効果と呼ばれたり、（金銭的）外部効果と呼ばれたりしている。たとえば、道路投資が行われれば、一般化費用が低下する。これは、**直接市場**（当該道路の道路交通）を変化させるだけでなく、他の財・サービスの価格や需要を変化させるという波及効果をもたらす。また、他の財・サービスの価格変化は直接市場に対して波及効果をもたらす、直接市場の価格及び需要・供給を変化させる。

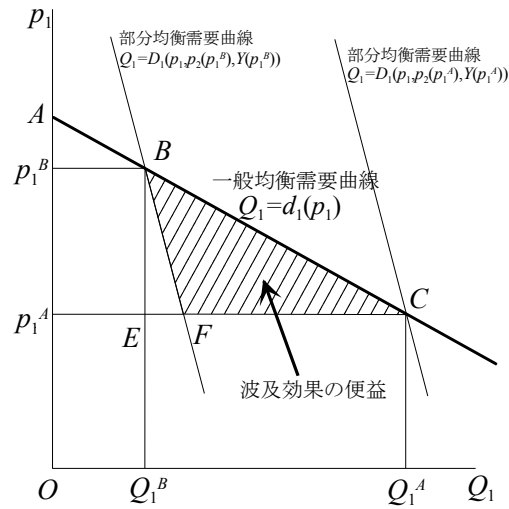
道路投資の例では、投資の行われた道路に他の道路から交通が移ることによって、他の道路の混雑が緩和される。また、道路投資による輸送費用の低下は輸送される製品の生産・消費の拡大をもたらす、さらには、産業や住宅の立地パターンをも変化させる。このような波及効果は、投資の行われた道路の交通需要を変化させる。投資直後は交通需要の増加はわずかであり、数年を経過した後に交通需要が大幅に増加することが多いのは、波及効果がすべて顕在化するまでにかかりの時間がかかることを反映している。

上の図 1 に示されているような部分均衡の枠組みを用いた消費者余剰アプローチは、これらの波及効果を見逃している。次に、波及効果を考慮に入れた場合の便益評価を考えてみよう。

すべての財・サービスの価格がそれぞれの社会的限界費用に一致して、効率的な資源配分が達成されるケースを**ファースト・ベスト**（最善）と呼んでいる。ファースト・ベストのケースにおいては、部分均衡の枠組みを少しだけ拡張すれば、波及効果を含むようにできる。以下の図 2 はこれを簡単に説明している。部分均衡の需要曲線は、他市場の価格（ p_2 ）や所得水準（ Y ）を所与として描かれる。直接市場の価格が p_1^B から p_1^A に下がると、他市場の価格や所得水準が変化すると、部分均衡需要曲線もシフトし、市場均衡は B 点から C 点に移る。波及効果を無視したときの均衡点は F 点であり、 F 点と C 点の差が波及効果を反映している。

波及効果による部分均衡需要曲線のシフトをたどりながら描いた需要曲線が、**一般均衡需要曲線**である。付録 1 で示すように、波及効果を含む便益は一般均衡需要曲線の左側の面積（図 2 では台形 $p_1^B BC p_1^A$ の面積）になる。部分均衡の便益（台形 $p_1^B BF p_1^A$ ）との差の斜線部分が波及効果による便益の増加分である。

図 2 波及効果の便益：ファースト・ベスト



波及効果の便益が直接市場における消費者余剰だけで計測できるのは、他市場における波及効果の便益が相殺し合うことによる。直観的には、以下のように説明できる。

波及効果の便益をどのように評価するかを考えるためには、直接効果と間接効果を厳密な形で定義する必要がある。「直接効果」は、公共投資に直接的に影響される市場での価格だけが変化し、他の市場の価格が変化しないと仮定したときの効果であり、「間接効果」は、直接市場からの影響によって他の財サービスの価格及び需要が変化することによる効果であると定義する。

次に、プロジェクトによる直接市場の価格変化を微小な変化の積み重ねとして表現してみよう。つまり、価格 p_1^B から出発して、それがほんの少し (Δp_1^B) だけ下がることの効果を見る。次に、下がった点からさらに少し変化させて、その効果を見るといったことを考える。直接市場における価格の低下は、他市場での価格をほんの少しだけ変化させる。間接効果は他市場での価格変化の効果であるが、これについては、便益と費用が相互に相殺しあう。たとえば、間接市場での価格が上昇すると、その財の売り手は収入が増えて利益を得るが、買い手はその分だけ損失を被る。売り手の利益と買い手の損失は貨幣額としては全く同じであるので、需給が均衡しているときには間接市場での効果は相殺してゼロになる。つまり、価格が1円上がると、需要者の消費者余剰は「1円×需要量」だけ減少し、供給者の生産者余剰は「1円×供給量」だけ増加する。市場が均衡している場合には「需要量=供給量」であるので、貨幣単位で評価した需要者の損害と供給者の利益は等しくなる。

以上は、最初の微小な変化についてのものであったが、次の変化についても、出発点が少し変化しているだけで、全く同じ議論ができる。したがって、間接効果の純便益はゼロになり、直接

市場における便益だけを推定すればよい。¹ただし、他市場に対する波及効果が自市場にはね返ってくることを考慮に入れなければならないので、一般均衡需要曲線を用いて評価しなければならないことに注意が必要である。

波及効果の便益に関して以下の点が重要である。

第一に、波及効果の便益は必ず直接市場における需要増加をとめない、直接市場における消費者余剰の増加で計測できる。実務上は、需要予測を行う際に、波及効果を織り込んだ形の予測を行えばよい。しかし、実際には、波及効果の推定は誤差が大きいため、これを無視することが多い。

第二の点は、第一の点の裏側である。波及効果の便益として地域生産の増加をとることが多いが、これを直接効果の便益に加えると、2重計算になる。上の図の三角形 BCF の部分だけをこういった計算から求めるという考え方もありうるが、実際には、この部分だけを分離するのはほとんど不可能である。

第三に、波及効果の便益の大きさはケースによって様々である。たとえば、プロジェクトを実行しない場合の需要量が非常に小さい場合には、三角形 BCF が部分均衡需要曲線を用いて計算した便益（台形 $p_1^B BF p_1^A$ ）よりはるかに大きくなるケースも考えられる。逆に、直接市場での価格低下が代替財の需要を減少させ、それが代替財の価格を低下させる場合には、波及効果の便益がマイナスになる可能性が大きい。たとえば、道路投資が代替的な道路の混雑を緩和させて、部分均衡需要曲線を左方向にシフトさせるようなケースである。

第四に、税制や混雑外部性等による価格体系の歪みがある場合には、ファースト・ベストの仮定は満たされない。このようなケースをセカンド・ベスト（次善）のケースと呼んでいる。次善のケースでは波及効果によって正あるいは負の便益が発生する。次に、簡単な例を用いて次善ケースにおける便益推定を検討する。

次善ケースにおける波及効果の便益

価格体系の歪みがあるということは、具体的には、価格が社会的限界費用と一致していないことである。最も簡単な例として、図 3 のように、社会的限界費用が水平で、社会的平均費用と等しくなっているケースを考える。しかも、これが供給者の私的限界費用及び私的平均費用とも等しいとする。市場 1 において限界費用（＝平均費用）を c_1^B から c_1^A に下げる投資の便益を計測する。税等の理由によって、「価格（一般化費用）」は費用と乖離していて、価格は p_1^B から p_1^A に変化する。市場 2 では限界費用＝平均費用は c_2 で一定であり、変化しないものとする。しかしながら、市場 1 での価格低下によって、市場 2 の需要は減少する。具体的には、部分均衡需要曲

¹ 間接効果が相殺し合うことはずいぶん前から知られており、たとえば、Mohring (1976) によっても指摘されている。日本語での解説については、金本 (1996)、金本・長尾 (1997)、赤井・金本 (1999) 等を参照。

を用いて計測しなければならない。

消費者余剰と生産者余剰を用いて便益を計算するのが一般的であるが、グロス消費者余剰から総費用を差し引くという形で計算することもできる。グロス消費者余剰は通常の消費者余剰に利用者が負担する総費用を加えたものである。通常の消費者余剰は需要曲線の左側の面積であるのに対して、グロス消費者余剰は需要曲線の下側の面積になる。簡単に分かるように、一般的に、

$$\text{消費者余剰} + \text{生産者余剰} = \text{グロス消費者余剰} + \text{総費用}$$

という関係が成り立つ。図 3 の例では、市場 1 におけるグロス消費者余剰の増加は台形 $ABQ_1^A Q_1^B$ の面積であり、総費用の増加は長方形 $c_1^A CQ_1^A O_1$ の面積から長方形 $c_1^B EQ_1^B O_1$ の面積を引いたものである。これらの差は斜線部の面積に等しい。同様に、市場 2 における便益もグロス消費者余剰の増加から総費用の増加を引いたものに等しい。

便益評価の一般公式

付録 1 で見るように、以上のような便益推計手法は一般的な適用が可能である。たとえば、交通ネットワークは多数のノード（結節点）とそれらを結ぶ多数のリンクから構成されており、非常に複雑である。リンク間の代替性が不完全な場合には、各リンクが別々の市場であると考えて、すべての市場（＝リンク）についてグロス消費者余剰と総費用の変化を計算して、それらを合計すればよい。² 需要曲線が直線であるという通常の仮定を置くと、この計算において必要な情報は、投資をする場合としない場合の各市場における価格（一般化費用）、需要量（＝供給量）、社会的費用だけである。市場 i において、需要量が Q_i^B から Q_i^A に変化し、価格と社会的費用が p_i^B と C_i^B から p_i^A と C_i^A に変化する場合には、グロス消費者余剰の増加は

$$(3) \quad \Delta GCS_i = \frac{1}{2}(p_i^A + p_i^B)(Q_i^A - Q_i^B)$$

であり、社会的費用の増加は

$$(4) \quad \Delta C_i = C_i^A - C_i^B$$

である。これらの差をすべての市場について足したもの

$$(5) \quad \begin{aligned} \Delta B &= \sum_i (\Delta GCS_i - \Delta C_i) \\ &= \sum_i \left\{ \frac{1}{2}(p_i^A + p_i^B)(Q_i^A - Q_i^B) - (C_i^A - C_i^B) \right\} \end{aligned}$$

が社会的便益になる。

この公式を消費者余剰と生産者余剰を用いて表すことも可能である。消費者余剰の増加は

² もちろん、リンク間の代替性がきわめて高く、完全代替に近いケースでは、それらのリンクを合計した集計需要曲線を用いて便益評価を行うことができる。したがって、各リンクを別々の市場であると考えする必要はない。なお、交通ネットワークにおける費用便益分析の理論的分析については Kidokoro (2004) も参照されたい。

$$(6) \quad \Delta CS_i = \frac{1}{2}(p_i^B - p_i^A)(Q_i^A + Q_i^B)$$

で、生産者余剰の増加は

$$(7) \quad \Delta PS_i = (p_i^A Q_i^A - C_i^A) - (p_i^B Q_i^B - C_i^B)$$

であるので、

$$(8) \quad \Delta CS_i + \Delta PS_i = \Delta GCS_i - \Delta C_i$$

が満たされる。したがって、

$$(9) \quad \begin{aligned} \Delta B &= \sum_i (\Delta CS_i + \Delta PS_i) \\ &= \sum_i \left\{ \frac{1}{2}(p_i^B - p_i^A)(Q_i^A + Q_i^B) + [(p_i^A Q_i^A - C_i^A) - (p_i^B Q_i^B - C_i^B)] \right\} \end{aligned}$$

の形でもまったく同じ便益推定値が得られる。

公式(5)から分かるように、社会的便益は社会的総費用の減少分にグロス消費者余剰の増加分を加えたものである。しかしながら、道路投資の費用便益分析マニュアルには総費用の減少分を用いて便益評価を行うとしているものがみられる。たとえば、アメリカの1960年マニュアル(Red Book)では、地点間の交通量は変化しないと想定して、それらを結ぶ複数ルート(リンク)間の交通量配分が投資によってどう変化するかだけを考慮して、便益を総交通費用の減少だけで計測している。その後、1977年のマニュアル(AASHTO(1977))では、(9)式のような消費者余剰公式を使うことを推奨するようになったが、地点間の交通量が変化しない場合には、どちらの方法を用いても同じ結論が得られるという記述が見られる。³日本のマニュアル(国土交通省(道路局、都市・地域整備局)による『費用便益分析マニュアル』)でも、総交通費用の減少だけで便益を計測している。

競合路線の交通需要が完全に代替的なケースで、しかもこれらの路線の交通需要の合計が一定の場合には、社会的便益を総交通費用の減少だけで評価できる。しかし、代替性が不完全な場合には、交通需要合計が一定であっても、グロス消費者余剰の変化を無視できない。アメリカのマニュアルの2003年版では、総交通費用だけを用いる方式は姿を消しており、消費者余剰公式を使う方式だけが紹介されている。

³ If a highway network is estimated to have the same total number of trips before and after an improvement and the trips are all by the same mode, all of the changes in traffic density by link result from diverted trips. User benefits can then be calculated correctly either by (1) summing consumers' surplus calculations for each link with the formula noted previously (the consumers' surplus approach), or (2) finding the difference between the sum of total user cost calculations for each link with and without the improvement (the total transportation cost approach). The former course is recommended, first because it provides a single approach for situations with and without induced travel, and second because it can correctly account for the value of any intermodal shifts, such as between private auto and bus transit modes. Such shifts represent, for each of the modes affected, induced traffic (or, conversely, traffic shifted away from a given mode), and should be evaluated on the basis of the traveler's willingness to pay for the more favorable travel time or convenience of the mode to which he shifts. (AASHTO(1977))

3 アメリカにおける燃費規制の評価

以上が教科書的な説明であるが、実際のケースへの適用はそれほど簡単ではない。適用に際してどういった問題が発生するかを、2つの例を用いて見てみよう。

第一に取り上げるのは、アメリカの交通省が行った燃費規制の費用便益分析である。アメリカでは、1975年から自動車（乗用車及び小型トラック）に対する燃費規制が行われている。これはCAFE（Corporate Average Fuel Efficiency、企業別平均燃費）規制と呼ばれており、各企業が生産する自動車の平均燃費が一定水準以下でなければならないとし、それを超える場合には罰金を課すというものである。⁴

アメリカでは、規制の新設の際には規制影響評価（Regulatory Impact Analysis）を行わなければならないことになっており、2003年4月に連邦道路交通安全庁（National Highway Traffic Safety Administration）が最終経済評価（NHTSA（2003））を公表している。これはほぼ200ページにわたる大部の報告書であるが、2005年から2007年にかけて販売される小型トラックに対して適用される企業別平均燃費規制について、その便益と費用を計算している。なお、アメリカにおける小型トラックはSUV（Sports Utility Vehicle、スポーツタイプの多目的車）等を含んでおり、乗用車と同様な使われ方をしているケースが多い。小型トラックに対する燃費規制は乗用車に対するものより緩やかであったが、小型トラックのシェアが急速に拡大しているため、燃費規制の強化が課題になった。

費用便益分析を行う際には、まず第一に、評価する代替案を明確にする必要がある。数多くの政策代替案の優劣を分析することももちろん可能であるが、分析が複雑になるので、通常は、新しい政策を導入するケース（With ケース）を、それを導入しない現状維持ケース（Without ケース）と比較する。比較対象とする現状維持ケースは、ベースラインと呼ばれることが多い。CAFE規制案に関して設定されたベースラインは、既存の規制値の20.7マイル／ガロンを維持することであり、分析する政策提案は、これを2005年モデルについては21.0、2006年モデルについては21.6、2007年モデルについては22.2に引き上げることである。⁵

ベースラインと新規規制の間で社会的費用と便益がどれだけ違うかを推定するのが、ここでの仕事になる。社会的費用としては、規制を守るために製造者がかけなければならない追加的な費用が推計されている。社会的便益の主たるものは、燃費の改善による燃料費用の減少である。この他に、燃料消費の減少による外部費用の減少や給油間隔の拡大による給油関連の消費者便益も考慮に入れられている。さらに、燃費が改善することによって走行費用が低下し、そのことが走

⁴ 日本でも、車両重量や用途ごとに燃費目標基準値が設定され、メーカー単位で各車両重量区分ごとに出荷台数で加重して調和平均した値が目標基準値を下回らないことが要求されている。

⁵ これらの規制値をキロメートル／リットルに変換すると、既存規制は約8.75km／リットルで、これを約8.88、9.13、9.38と順次上げていくのが新しい規制案である。

行距離の増加をもたらすというリバウンド効果も計算に入れられている。ただし、小型トラック販売台数は規制によって変化しないと仮定されており、リバウンド効果以外については需要量固定での推計が行われている。

結論としては、以下の表 1 のように、どのモデル年でも便益が費用を若干上回っている。ただし、規制が年々厳しくなるので、費用は 2005 年の 1 台あたり 22 ドルから 2007 年の 106 ドルに大幅に増加している。なお、小型トラックの価格は 2002 年の平均で 25,200 ドルであり、規制によるコスト増は最も大きい 2007 年モデルについても価格の 0.5% に満たない。

表 1 小型トラックに対する CAFE 規制の社会的便益と費用：1 台あたり平均値

モデル年	費用	便益	純便益
2005	22	29	7
2006	67	83	16
2007	106	121	15

注：NHTSA (2003) の Table 1 による。単位：ドル、2000 年価格

社会的費用の推計

規制の社会的費用については、規制強化によって小型トラック生産者の費用がどれだけ上昇するかを、企業から提出された生産計画に関する機密資料や連邦政府がもっているデータに基づいて推計している。2002 年の 12 月に規制案を提案した際に、連邦道路交通安全庁による費用推計を公表して、それに対する生産者等からのコメントを受けた。2003 年 4 月の最終経済評価は、これらのコメントを考慮に入れて再推計した結果を掲載している。この評価書には、生産者等からの各コメントに対してどう対応したか、対応しなかった場合にはどういう理由かが詳細に書かれており、興味深い。

なお、生産コストが増加すると価格が上昇し需要が減少する。この需要減についても、各生産者毎に推計しているが、定量的に小さいので社会的費用の推計値には加えていない。

社会的便益の推計

燃費規制の強化の社会的便益として推計されているのは、以下の 5 つである。

(1) 燃料節約

燃費の向上によって燃料消費が減少するので、社会全体としての資源の節約ができる。

(2) 原油輸入減少による外部費用削減

燃料消費の減少は原油輸入の減少をもたらす。輸入原油への依存は OPEC の価格支配力による石油価格の上昇や安全保障上の外部費用をもたらす。原油輸入の減少はこれらの外部費用を減少させる。

(3) リバウンド効果

燃費の向上は距離当たりの走行費用を低下させるので、走行費用の実質的低下をもたらす。価

格低下は需要の増加をもたらすので、車の走行需要が増加する。これをリバウンド効果と呼んでいる。リバウンド効果は車の利用者にとっての消費者余剰の増加をもたらすが、同時に、混雑、事故、騒音費用等の外部費用を増加させる。また、大気汚染の外部費用も増加させる。

(4) ガソリン生産と流通における大気汚染の減少

燃費の向上はガソリン消費量を減少させるので、精製や流通の段階における大気汚染の減少をもたらす。

(5) 給油間隔の拡大効果

燃費の向上はガソリンの給油間隔を拡大する効果を持つので、消費者が給油のためにかけなければならない時間費用等を減少させる。

表 2 CAFE 規制の社会的便益（費用）

区分	2005年モデル	2006年モデル	2007年モデル
燃料節約	263.9	779.7	1,160.8
原油輸入外部性減少	18.5	54.7	81.3
リバウンド効果による消費者余剰増加	0.3	2.9	6.3
リバウンド効果による外部費用（混雑、事故、騒音）	-87.4	-261.1	-395.6
大気汚染減少	2.4	8.0	12.7
給油間隔の拡大	20.5	60.3	89.6
合計	218.2	644.5	955.2

注：NHTSA (2003)の Table VIII-7 による。単位：百万ドル、2000年価格

表 2はこれら5つの社会的便益の推計値を示している。ここで、大気汚染減少便益はリバウンド効果とガソリンの精製や流通段階での効果の双方を含んでいる。この表から分かるのは、燃料節約便益が社会的便益の大部分を占めているが、リバウンド効果による外部費用の増加がかなり大きく、これが社会的便益を引き下げていることである。外部費用の推計には FHWA (1997)による原単位推計値が用いられており、1マイル当たりで混雑が4.0セント、事故が2.15セント、騒音が0.06セントである。混雑及び事故の外部性が高く推計されていることが、外部費用が大きくなっている理由である。

社会的便益の推計手法をすべての便益について解説するのは煩雑であるので、ここでは燃料節約便益とリバウンド効果だけに絞って見てみたい。

燃料節約便益については、まず、規制によって実際にどれだけの燃費改善が見られるかを予測しなければならない。燃費規制に用いられる燃費の値は一定の条件の下で計測されるテスト値であり、実際の燃費とは異なっている。実効燃費は過去のデータから、規制に用いられるテスト値の15%増しであると推定されている。また、市場には規制燃費を下回る車も供給されているので、これを考慮に入れて各モデル年の平均燃費を計算する必要がある。これらの調整の後で、2005年モデルについては、規制燃費が20.7から21.0に上がるのにもなって、実効燃費は21.13か

ら 21.29 に上がると推計されている。

こうして求めた各年モデルの平均燃費を走行距離にかけ合わせて燃料消費を推計する。その際に、毎年一部の車両が廃棄されて残存車両が減少していくことと、古い車両は年間走行距離が短くなっていくことを考慮に入れる必要がある。過去のデータから、25 年間分の車令別の残存率と年間走行距離を推計し、これらを掛け合わせることによって、車一台あたりの予想走行距離を各年について計算している。こうやって求めた各年の予想走行距離に平均実効燃費をかければ各年の燃料消費量が出てきて、これから規制による燃料消費の減少が求まる。これにガソリン価格をかければ、車一台あたりの燃料節約便益が出る。

ここで、いくつかの調整が必要になる。第一に、ガソリン価格は税金を含んでいる。税金分は社会全体にとってのコストではないので、税引き後のガソリン価格を計算する必要がある。ガソリン価格は 2005 年の 1.37 ドル/ガロンから 2030 年の 1.46 ドル/ガロンまで段階的に上がっていくと予測されている。税は 0.377 ドル/ガロンで一定であると想定されている。したがって、税引き価格は 2005 年の 0.99 ドル/ガロンから 2030 年の 1.08 ドル/ガロンまで上昇していく。第二に、各年の燃料節約便益を割引率を使って現在価値化する必要がある。アメリカでは割引率としては 7% が用いられている。これらの 2 つの計算を行うと 1 台あたりの燃料節約便益が得られる。これに販売台数の予測値をかけると表 2 の燃料節約便益が出てくる。

リバウンド効果については、燃費の改善による走行距離の増加を予測しなければならない。アメリカでは、走行需要の燃料価格弾力性についてかなりの数の実証的研究があり、それらの推定値はほぼ 0.1 と 0.2 の間にある。このことから 2002 年の 12 月に提示した分析では 0.15 の値を用いた。しかし、パブリック・コメントの中にこの値は低すぎるという意見があったために、2003 年 4 月の最終経済評価では 0.2 の値を用いて推計を行っている。この数字を用いると、2005 年モデルではリバウンド効果によって 1 台あたり 252 マイルの走行距離の増加がある。これに予想販売台数をかけると 19.3 億マイルになる。

リバウンド効果による消費者余剰の増加を計算するには、走行コストの減少をまず求めなければならない。報告書では、例として、2007 年モデルの 2010 年における便益を計算している。走行コストは、0.0760 ドル/マイルから 0.0735 ドル/マイルに 0.0025 ドル/マイルだけ低下する。リバウンド効果による走行距離の増加は 7.84 億マイルであるので、消費者余剰の増加は

$$\frac{1}{2} \times 0.0025 (\text{ドル/マイル}) \times 78,400 (\text{万マイル}) = 98 (\text{万ドル})$$

となる。このような計算を各モデル及び各年について行って、その割引現在価値を求めている。

リバウンド効果による混雑、事故、騒音の外部費用の増加については、すでに述べたように、FHWA (1997) による走行距離 1 マイル当たりの費用原単位を走行距離の増加分に掛け合わせて求めている。大気汚染費用については、まず環境省のモデルを用いて汚染物質の排出量増加を予測し、それに行政管理予算局 (OMB, Office of Management and Budget) が推計している費用原単位をかけて社会的費用を求めている。

以上の紹介から分かるように、アメリカ政府による CAFE 規制の経済評価においては、経済学的にはごく単純な分析しか行っていない。ほとんどは、政策による需要量の変化を無視して、単位当たりの社会的費用の低下を需要量にかけるという(2)式のアプローチを採用しており、リバウンド効果による消費者余剰の増加の部分だけに台形公式(1)を適用している。需要量の変化を無視しても差し支えないのは、規制政策による1台あたりのコストの増加が22ドルから106ドルで、2002年の小型トラックの平均価格25,200ドルと比較してごく小さいからである。

経済学的には単純な分析であっても、規制による生産コストの増加を予測するには面倒な工学的な分析が必要であるし、社会的便益や費用の原単位を設定するにも様々な分野での研究が必要である。また、残存率や車令別走行距離といったデータも収集しなければならない。

なお、CAFEの評価において経済モデルを用いたシミュレーション分析が必要でなかったのは、規制を強化する場合としない場合というごく単純な比較を行っているからである。藤原・蓮池・金本(2004)では、自動車関係税制の評価を行っているが、そこでは自動車の保有税と燃料税の2つを別々に動かすことを考えているので、単純な消費者余剰アプローチによる分析は困難である。こういった場合には、簡単ではあっても定量的な経済モデルを構築して、政策シミュレーションを行う必要がある。

4 高速道路投資及び無料化の評価

日本の高速道路はほとんどが有料であり、しかも料金が低い。通常の乗用車で、キロメートル当たり25円程度である。もちろん、無料の一般道でも、利用者は燃料税(ガソリン車の場合は揮発油税、軽油車の場合は軽油引取税)の形で実質的な負担をしている。しかし、燃料税の負担は、キロメートル当たり換算すると、通常の乗用車で5円程度であり、高速道路料金はこれよりはるかに高い。高速道路利用者は揮発油税も同時に負担しなければならないので、キロメートル当たり30円程度の負担になる。

高い高速道路料金を反映して、地方部では利用者が少なく赤字になっている路線が増えてきている。これらの路線について問題になっているのは以下の2点である。第一は、利用者の少ない路線は建設すべきではないのではないかという点である。第二は、料金を下げたり、場合によっては、無料にすることによって、利用者を増やした方がよいのではないかという点である。地方部でも通勤ラッシュの時間帯は無料の一般道が渋滞するケースが多く、高速道路の料金を下げることによって、一般道の渋滞緩和効果が期待できる。高速道路の予定路線の一部を無料の高速道路として整備する方針が出されているのは、この理由によるところが大きい。以下では、これらの2点について定量的に評価するにはどうすればよいかを考える。

具体例として想定しているのは、平成14年に開通し、「社会実験」と称して一時的にピーク時間帯割引を試行した日本海東北道(日東道)の新発田市と新潟市の間の区間である。この社会実験は、同年の9月30日から5日間にわたって行われ、6時30分から9時までのピーク時間帯の料金を約50%割り引いた。その結果、日東道のピーク時間帯交通量は、試行前(7月9日)の

506 台から 1,148 台に増加し、試行が終わった後（約 1 週間後の 10 月 10 日）には 697 台に減少した。また、試行期間中は、平行する一般道の交通渋滞が目に見えて緩和され、一般道利用者の所要時間が平均約 5.3 分減少した。

この例は、延長が 20 数キロの小規模なものであるが、それでも複雑な交通ネットワークを形成しており、精度の高い分析のためには交通ネットワークのシミュレーションが必要である。実際の道路投資評価においてはこのようなシミュレーションが行われているが、ここでは説明の簡単化のために、2 地点間を結ぶ 2 路線というごく単純なネットワーク構成を想定し、仮想的な数字を用いた計算を行う。したがって、ここでの計算結果は日東道に関する評価ではなく、あくまでも仮想的な路線に関する評価である。

利用者費用

表 3 のように、一般道ルートは 24 キロの区間であり、時速 28 キロで走行できるとする。高速道路は市街地から離れたところにあるので、両端で一般道を 4 キロ走る必要があり、高速道路自体の延長は 26 キロであるとする。速度は、高速道路区間は時速 80 キロ、一般道部分は時速 30 キロであるとする。

表 3 高速道路ルートと一般道ルート

ルート	高速道路ルート	
	一般道	一般道
道路種別	一般道	高速道路
距離 (km)	24	26
速度 (km/時)	28	80

便益評価のためには、まず価格と需要量を計測あるいは予測する必要がある。道路利用の「価格（一般化費用）」には、時間費用や走行費用が含まれるので、価格の計測は簡単ではない。表 6 では、利用者が負担する一般化費用は、時間費用、走行費用、高速道路料金から構成されると仮定し、それぞれの構成要素を国土交通省（道路局、都市・地域整備局）による『費用便益分析マニュアル』にしたがって計算している。

表 4 一般化費用の内訳と交通量

ルート	高速道路ルート	一般道ルート
所要時間 (分)	27.50	51.43
時間費用 (円/台) (A)	2,167	4,052
高速道路料金 (円/台) (B)	750	
走行費用 (円/台)		
燃料税 (C1)	146	153
走行費用－燃料税 (C2)	280	515
一般化費用 (円/台) (A+B+C1+C2)	3,342	4,720
交通量 (台/日)	8,000	24,000

なお、表 4の推計値は大胆な仮定に基づいている。表 5は、表 4で用いた原単位をリストアップしている。時間費用と走行経費は国土交通省のマニュアルに基づいているが、これらの数値の妥当性には議論があるところである。たとえば、時間費用は一人当たりの所得水準をベースに計算されており、通勤や余暇のための交通については高すぎるという意見がある。また、時間費用は個人や移動目的によって異なっているにもかかわらず、均一の時間費用を用いていることも非現実的である。

表 5 利用者費用の原単位

費用項目		費用原単位
燃料費 (円/台・km)	28km/h	6.37 (6.37)
	30km/h	6.16 (6.15)
	高速 80km/h	4.70 (4.66)
時間費用 (円/台・分)		78.8
走行経費 (円/台・km)	28km/h	27.8
	30km/h	27.4
	高速 80km/h	12.1

注 1) 燃料費は燃料税部分を除いたものである。燃料費の括弧内が燃料税部分を表す。

注 2) 車種によって費用が異なるが、燃料費、時間費用、走行経費の計算における車種構成は平成 11 年度道路交通センサスにおける高速道路の全国平均の値を用いた。

高速道路投資の評価：税・料金・外部費用を無視した評価

まず、高速道路投資自体が社会的に望ましいかどうかの評価を行う。上の図 1を用いた評価を行えばよいが、実際には 2つの課題がある。

第一に、図 1の評価方法では、一般化費用が社会的費用と一致していると仮定している。しかし、実際にはこれらは一致しない。まず、料金や税の負担については、利用者の支払うお金が政府や道路公団に移転するだけで、社会全体としては費用にはならない。したがって、燃料税と高速道路料金は所得移転に過ぎず、社会的費用ではない。⁶また、大気汚染等の外部費用は社会的費用であるが、個人が負担する一般化費用には含まれていない。以下では、最初に、一般化費用が社会的費用に等しいと仮定して便益評価を行い、その後、より一般的なケースを考える。

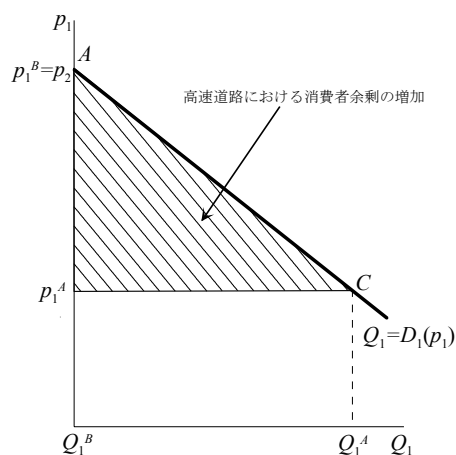
第二に、高速道路を建設しない場合には高速道路の交通量はゼロであるので、図 1の B 点が A 点に一致する。ここで問題になるのは、どうやって A 点（つまり、高速道路需要がゼロになるような一般化費用の水準）を推定するかである。既存道路の交通容量増加の場合には、投資をしない場合の一般化費用は、投資前のデータを基礎に推定できる。ところが、新規投資では投資前には高速道路がないので、同じ推定方法は使えない。

誰でも思いつくのは、高速道路に対する代替物として一般道が存在しているので、一般道の一

⁶ 単純化のために、表 6では、燃料税に含まれる消費税部分も単なる所得移転であるとしている。これに対して、藤原・蓮池・金本(2004)では、消費税部分は社会的コストを表しているとしている。

般化費用を用いることである。アメリカの道路費用便益分析マニュアルでもこのような方式が推奨されている。⁷この方式では、一般道の一般化費用を p_2 と置くと、 $p_1^B = p_2$ と設定することになる。高速道路ルート的一般化費用が p_1^A の時の需要量は Q_1^A であるので、需要曲線が直線であると仮定すると、高速道路の需要曲線は図 4 の太線になる。

図 4 高速道路投資の便益：一般化費用と社会的費用が等しいケース



実際には、需要曲線の縦軸との切片が p_2 に一致する保証はない。たとえば、高速道路のインターチェンジ近くに住む人は、 p_2 より高い便益を受ける可能性がある。しかし、日本の高速道路の場合には、インターチェンジが市街地から離れていることがほとんどであるので、こういった人々の数は多くないであろう。また、時間費用が非常に高い人たちは高速道路の便益を p_2 より高く評価する可能性がある。しかし、これについても、所得分布は所得が高い層では密度が低くなっているため、時間費用が高い人たちの数は少ないと予想される。こういった問題についての簡単な理論的分析を付録 2 で行っている。

以上の 2 つの仮定を置けば、便益評価はきわめて単純である。高速道路投資の便益（三角形 $AC p_1^A$ ）は、 $p_2 - p_1^A = 1,378$ （円／台）に交通量 8,000（台／日）をかけたものの半分で約 551（万円／日）になる。一年当たりの便益はこれに 365 日かけた約 20.1 億円となる。

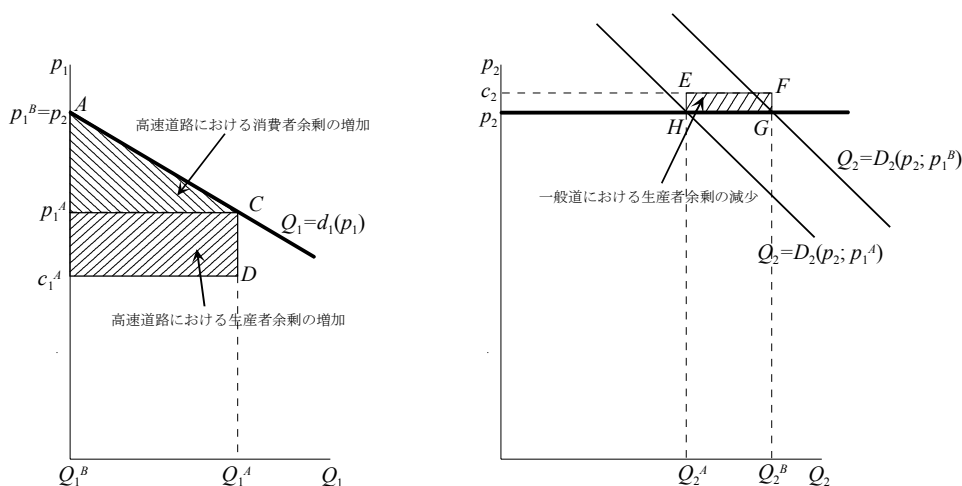
高速道路投資の評価：税・料金・外部費用を考慮した評価

価格体系に歪みがない場合には、上の図 4 のように、高速道路における消費者余剰の増加を計測するだけでよい。しかし、実際には、燃料税、高速道路料金、外部費用等による価格体系の歪みが存在しているため、もう少し複雑になる。第一に、すでに述べたように、高速道路料金及び燃料税は社会的費用から除かなければならない。第二に、大気汚染等の外部費用は一般化費用に

⁷ AASHTO (2003) の 3-14 ページを参照。

台/日であるとする。したがって、一般道の交通量は高速道路を建設しない場合には $Q_2^B = 30,000$ で、高速道路を建設する場合には、これより 6,000 台少ない $Q_2^A = 24,000$ となる。高速道路の建設によって総交通量は 2,000 台増加することになる。

図 5 高速道路投資の便益：税・料金・外部費用を考慮した評価



交通需要は一般化費用によって決まってくるが、社会的便益は社会的費用を用いて推計しなければならない。社会的便益は、(1) 高速道路利用者の消費者余剰の増加、(2) 料金・燃料税収入（生産者余剰）の増加、(3) 外部費用の減少の3つからなる。第一の消費者余剰の増加は、図 5 の三角形 ACp_1^A である。第二の生産者余剰の増加と第三の外部費用の減少は、高速道路における増加分から一般道における減少分を差し引く必要がある。高速道路における増加分は図 5 の長方形 $p_1^A CDc_1^A$ である。一般道では外部費用が燃料税収入を上回っているので、交通量の減少によって長方形 $EFGH$ だけの便益が生まれる。

表 8は社会的便益の推計額を表している。第一に、消費者余剰の増加（三角形 ACp_1^A ）は、 $p_2 - p_1^A = 1,378$ 円/台に交通量 8,000 台/日をかかけたものの半分である。一年当たりの便益はこれに 365 日をかかけた約 20.1 億円/年となる。第二に、高速道路における料金・燃料税収入は、高速道路料金 750 円/台と燃料税 146 円/台の和である。これに交通量 8,000 台をかけると一日当たり約 716.6 万円になる。これに 365 日をかけると、約 26.16 億円/年となる。同様に、一般道では、燃料税 153 円/台に交通量減少分の 6,000 台をかかけたものに 365 日をかけて得られる 3.35 億円/年の減収になる。これらを差し引きすると、表 8に示しているように、約 22.8 億円/年になる。第三に、外部費用については高速道路では 120 円/台に交通量 8,000 台をかかけたものが増加要因になるが、一般道では 232 円/台に交通量減少分の 6,000 台をかかけたものが減少要因になる。これらの純計を年当たりに換算すると、便益額は約 1.6 億円/年になる。

表 8には、これらの社会的便益に加えて、管理費や建設費用の推計値を掲載している。管理費及び建設費用は、国土交通省道路局が道路4公団民営化の検討に際して公表した推計値を基礎に、平均的な数値を当てはめたものである。社会的便益と管理費が40年間一定であると仮定して、割引率4%で割引現在価値を計算すると、約778億円になる。建設費用が1,300億円と推計されているので、便益費用比は0.60になり、1を大幅に下回る。

表 8 高速道路投資の便益と費用

便益・費用	金額・便益費用比	単価等
年当たり便益・管理費 (億円/年)		
消費者余剰の増加	20.1	
収入増加便益	22.8	
外部費用減少便益	1.6	
管理費	-5.2	2千万円/年・km
純計	39.9	
便益の割引現在価値 (億円)	778	割引率4%
建設費用 (億円)	1,300	50億円/km
便益費用比	0.60	

感度分析

便益の推定値には誤差がつき物であり、50%程度の誤差があっても不思議ではない。便益の推定値を一つだけ公表すると、こういった誤差の大きさについて誤った印象を与えるおそれがある。それを回避するための手法の一つが、感度分析である。すでに需要予測のところでも述べたように、評価者がベストの推定値だと思っているものに加えて、堅く見積もってもこの程度はあるという「低位値」と、楽観的に考えればこれ位の値があり得るという「高位値」を出していくということが推奨される。

たとえば、表 8では費用便益比の推定値が0.60であるが、これは交通量が8,000台/日であるという想定に基づいていた。交通量が、低く見積もってもその3割減程度に収まり、楽観的に見積もると5割増になると予想される場合には、低位値を5,600台/日に、高位値を12,000台/日に設定すればよい。一般道における交通量減少も設定する必要があるが、これらをそれぞれ5,000台減と6,000台減に設定すると、表 9に示しているように、低位値の場合には費用便益比が0.60から0.39に低下し、高位値の場合には、0.87に上昇する。便益費用比の変化率の方が交通量の変化率より若干大きくなっているのは、便益から差し引く管理費が一定だからである。

既に述べたように、日本で用いられている時間費用及び走行費用の原単位は海外のものより高くなっている。したがって、これらに関する感度分析は非常に重要である。とりわけ、時間費用の影響は非常に大きく、時間費用を3割低くすると便益費用比は0.46にまで低下する。走行費用のうちで燃料税以外の部分についても、かなり高めになっている可能性がある。ただし、走行費用が一般化費用に占める割合は大きくないので、走行費用(燃料税部分を除く)を3割低下させても、便益費用比は0.57にまでしか低下しない。

環境外部性等の外部費用については、原単位に関する不確実性が非常に大きい。藤原・蓮池・金本(2004)でより詳しく解説するように、環境外部性の大きさに関する研究は数多く存在するが、得られている推定値には大きな幅がある。表 9は、藤原・蓮池・金本(2004)低位値と高位値を使った結果を示している。外部費用が一般化費用に占める割合は小さいので、便益費用比は大きくは動かない。しかし、温暖化費用や大気汚染費用については、非常に高い推定値が存在しているので、原単位の高位値が高く設定されている。このために、高位ケースについてはかなりの影響が出ている。

表 9の最後の行は、ここで検討した4つの要因すべてについて低位値を使ったケースと高位値を使ったケースを計算している。これらは、最悪ケース分析 (Worst-Case Analysis)、最善ケース分析 (Best-Case Analysis) と呼ばれているものの例であり、すべてが悪い方に転んだ最悪のシナリオと、それと逆にすべてが良い方に転んだ最善のシナリオを表している。⁸ 当然の事ながら、最悪ケースと最善ケースの差は非常に大きく、表 9では 0.28 と 1.07 となっている。

表 9 感度分析の例

感度分析変数	中位ケース	低位ケース	高位ケース	ケース設定
交通量	0.60	0.39	0.87	低位ケースは3割減、高位ケースは5割増
時間費用		0.46	0.71	低位ケースは3割減、高位ケースは3割増
走行費用		0.57	0.60	低位ケースは3割減、高位ケースは3割増
外部費用		0.57	0.62	藤原・蓮池・金本(2004)表14の比率を用いて設定
すべて		0.28	1.07	

高速道路無料化の便益

次に、高速道路料金を無料にするケースを考えよう。この場合には、一般化費用は高速道路料金の750円分だけ下がり、図 6の $p_1' = 2,592$ になる。一般化費用の低下に伴って、交通量は Q_1' に増加する。この高速道路交通量の増加にともなって、一般道の交通量は Q_2' に減少する。無料化による便益の増加は3つの部分からなる。第一は、高速道路料金がゼロになったことによって発生する消費者余剰の増加である。需要曲線が直線のケースでは、これは料金 ($p_1^A - p_1' = 750$) に増加交通量をかけたものの2分の1になる。第二は、燃料税収入であり、これは一台あたり燃料税(145円)に増加交通量をかけたものになる。一般道の交通量が減少するので、一般道での収入減少も考慮する必要がある。第三は、外部費用部分であるが、高速道路においては一台あたり120円の増加になるので、マイナスの便益として計上される。一般道での交通量減少による外部費用の低下はプラスの便益になる。便益の増加分はこれら3つの和であり、図 6の斜線部の面積で表される。

⁸ Boardman, Greenberg, Vining and Weimer (2001)の7章を参照。

図 6 高速道路無料化の便益

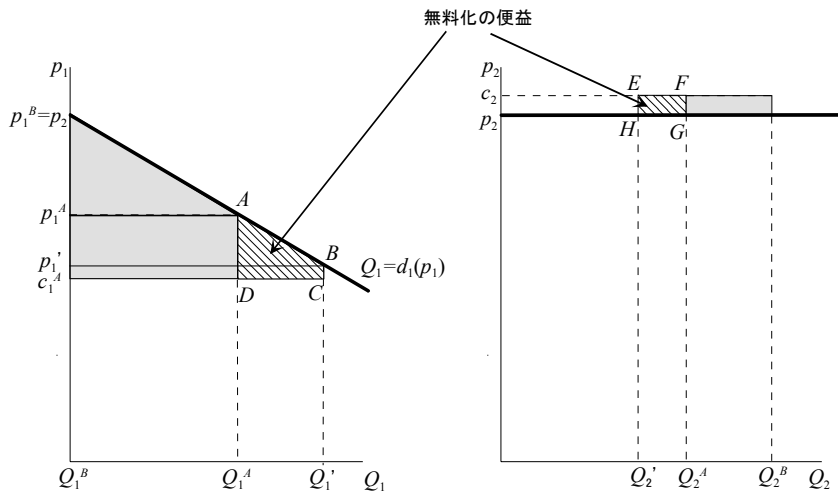


表 10 無料ケースの便益と費用：交通量倍増ケース

便益・費用	金額・便益費用比
年当たり便益・管理費 (億円/年)	
有料ケースの消費者余剰の増加	20.1
収入増加便益	22.8
外部費用減少便益	1.6
無料ケースの消費者余剰の増加	15.2
収入増加便益	3.7
外部費用減少便益	-2.7
管理費	-2.6
純計	58.1
便益の割引現在価値 (億円)	1,150
建設費用 (億円)	1,300
便益費用比	0.88

表 10は、無料の高速道路を建設することの便益を計算している。⁹無料化によって、高速道路の交通量が8,000台/日から16,000台/日に倍増し、一般道の交通量が24,000台/日から23,000台/日に1,000台/日減少するケースを考えている。¹⁰無料にした場合の消費者余剰の増加は、「高速道路料金(750円/台)×交通量÷2」であり、高速道路における燃料税の増加は、「燃料税(146円/台)×交通量(8,000台/日)」であり、これから一般道における減少分の「燃料税(153円/台)×交通量(1,000台/日)」を差し引かなければならない。外部費用は、高

⁹ 比較の対象としている Without ケースは有料の高速道路を建設することではなく、高速道路を建設しないことである。

¹⁰ このケースでは、 $Q' - Q^A = Q^A$ であるので、図 6 と異なり、需要曲線は直線にはならず、C 点でキックする。

速道路では「外部費用（120 円／台）×交通量（8,000 台／日）」だけ増加し、一般道では「外部費用（232 円／台）×交通量（1,000 台／日）」だけ減少する。これらを年額に換算したものが表 10の第 2 列に表されている。

無料にすると料金徴収の必要がなくなるので、管理費は半分程度に減少する。これらの調整の結果、便益費用比は 0.88 に上昇する。

混雑緩和便益

高速道路の建設は一般道の混雑緩和をもたらすことがある。また、日東道の社会実験からも分かるように、高速道路料金を下げたり、無料化したりすると、かなりの交通量が一般道から転換し、大きな混雑緩和便益が生まれる可能性がある。次に、一般道における混雑緩和便益を考えてみよう。

高速道路では混雑現象が発生せず、一般道だけで混雑が発生するとする。図 7で、車一台あたりの平均利用者費用 $c_2(Q_2)$ が右上がりになっていることが、一般道での混雑現象を表している。高速道路の方は混雑がないので、図 5と同じである。一般道では、燃料税の負担よりも外部費用の方が大きいので、一般化費用 $p_2(Q_2)$ は平均利用者費用を下回っている。

ここで、高速道路を建設する場合としない場合を考える。しない場合には、すべての車が一般道を利用し、平均利用者費用は $c_2^B = c_2(Q_2^B)$ である。高速道路を建設すると、一般道の交通量は Q_2^A に減少し、高速道路の交通量は Q_1^A になる。その結果、一般道では混雑が緩和されるので、平均利用者費用は $c_2^A = c_2(Q_2^A)$ に下がる。一般化費用は、平均利用者費用に燃料税負担を加えて、外部費用を引いたものであり、 $p_2^A = p_2(Q_2^A)$ で表されている。

高速道路建設によって一般道で発生する便益は、付録 1 で解説されている方式を適用することによって計測できる。これは以下の 2 つの部分からなる。第一に、社会的費用は $c_2^B Q_2^B$ から $c_2^A Q_2^A$ に低下する。図 7では、これは $c_2^B E Q_2^B Q_2^A H c_2^A$ の面積になる。第二に、交通量の減少によって、利用者が一般道で受けていた便益の一部が失われる。これは一般均衡需要曲線の下側の面積（付録 1 ではグロスの消費者余剰と呼んでいる）で計測できる。この場合の一般均衡需要曲線は一般化費用曲線 $p_2(Q_2)$ であるので、 $GFQ_2^B Q_2^A$ が便益の減少分になる。これを社会的費用の減少分から差し引くと、一般道で発生する便益は図 7の右側に示されている斜線部分であることが分かる。

図 7 一般道における混雑緩和便益

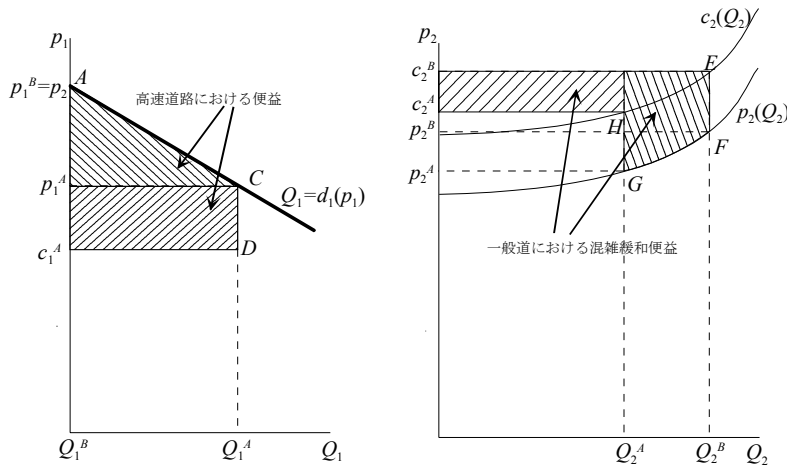


表 11はこれまで用いてきた数値例に混雑緩和便益を加えたものである。高速道路を建設しない場合には、一般道だけが利用できて、交通量は 30,000 台/日であるとする。高速道路ができると、交通量は全体で 2,000 台/日増加し、8,000 台が高速道路、残りの 24,000 台が一般道を利用する。高速道路の建設によって一般道で 5 分間の時間短縮があり、その結果、時間費用が 4,052 円/台から 3,658 円/台に、走行費用が 668 円/台から 626 円/台に低下したとする。これに対応して、社会的費用も一般化費用も低下する。

表 11ではグロス消費者余剰を用いて社会的便益を計算している。グロス消費者余剰の増加は一般均衡需要曲線の下側の面積（高速道路では $ACQ_1^A Q_1^B$ で、一般道では $GFQ_2^B Q_2^A$ ）であり、社会的費用の減少は高速道路では $c_1^B Q_1^B - c_1^A Q_1^A = -c_1^A Q_1^A$ で一般道では $c_2^B Q_2^B - c_2^A Q_2^A$ （図 7では $c_1^A DQ_1^A Q_1^B$ にマイナスをつけたものと、 $c_2^B EQ_2^B Q_2^A Hc_2^A$ ）となる。一般化費用曲線 $p_2(Q_2)$ が F と G の間で直線になっていると仮定して、これらを計算したのが、表 11における便益推計値である。時間短縮は 5 分間に過ぎないが、一般道での混雑緩和便益はきわめて大きく、44.1 億円/年と、高速道路における便益の 37.6 億円/年を上回っている。その結果、便益費用比は 1.24 に上昇する。

混雑緩和便益がどの程度大きくなるかは、一般道でどの程度の時間短縮が起きるかに依存する。混雑緩和によって出てくる誘発需要が大きい場合には、混雑緩和効果が小さいこともあり得る。円山・原田・太田(2003)は、ロジット型のモデルを東京都市圏に適用して、誘発需要を考慮した場合には、考慮しない場合に比較して便益が約半分になるという結果を得ている。

表 11 混雑緩和便益が存在する場合の便益と費用

ケース ルート	高速道路建設なし	高速道路建設	
	一般道ルート	高速道路ルート	一般道ルート
所要時間 (分)	51.4	27.5	46.4
時間費用 (円/台)	4,052	2,167	3,658
社会的費用 (円/台)	4,800	2,567	4,370
一般化費用 (円/台)	4,720	3,342	4,284
交通量 (台/日)	30,000	8,000	24,000
年あたり便益・管理費			
グロス消費者余剰の増加		117.7	-98.6
社会的費用の減少		-75.0	142.7
管理費		-5.2	
純計		37.6	44.1
便益の割引現在価値		743	873
建設費用		1,300	
便益費用比		1.24	

5 まとめ

本稿では、需要曲線の左側の面積を用いる消費者余剰アプローチを解説した。このアプローチは、複数の財・サービスを単純化して一つの財で表現するために、精度が低くなる可能性がある。しかし、枠組みが単純であることによる長所も大きい。消費者余剰アプローチの長所としては、単純であるので、誰にとっても分かりやすいので、(1) 透明性が高く外部からのチェックが容易であることや、(2) 誤まりがおきにくいといったことがあげられる。また、部分均衡分析の枠組みから出発したが、一般均衡的波及効果を考慮に入れることが可能である。

消費者余剰アプローチにおいて、一般均衡的波及効果を考慮に入れるためには、他市場における変化が自市場の需要を変化させることを考えなければならない。そのためには、通常の部分均衡の需要曲線を、波及効果を含んだ一般均衡需要曲線に置き換えればよい。また、価格体系に歪みがないファースト・ベストの経済においては、他市場に対する波及効果の便益は相殺しあうので、無視できる。しかしながら、価格体系に歪みがある場合には他市場に発生する便益や費用を推定する必要がある。

現実の政策評価に消費者余剰アプローチを適用するには様々な工夫が必要になる。交通投資でよく使われる工夫は、価格を一般化費用に拡張することである。たとえば、高速道路の利用者は、高速道路料金以外に、燃料コストや時間費用等の利用者費用を負担しており、道路投資は時間短縮や燃料消費の減少といった便益をもたらす。利用者費用を加えた一般化費用の概念を用いて需要曲線を推定すれば、消費者余剰アプローチを道路投資の便益に適用することが可能になる。

もちろん、一般化費用を用いることによって発生する問題もある。たとえば、時間費用は個人によって異なるので、単一の原単位を用いて一般化費用を計算すると、便益推定値にバイアスが発生する。

消費者余剰アプローチの適用例として、アメリカにおける燃費規制の評価と高速道路の建設及

び無料化の評価を紹介した。

アメリカにおける燃費規制の評価では、燃費改善が走行コストの低下をもたらして、これが走行距離を増加させるというリバウンド効果は考慮されているが、それ以外の需要変化は無視されている。燃費規制による車両コストの増加が車両価格に比較してごくわずかであるので、このような単純化を行っても大きなバイアスは発生しない。このように、実際の適用においては、経済理論的には大胆な単純化を行っても差し支えないケースも多い。

高速道路の評価についてはいくつかの課題をクリアしなければならない。第一に、新規建設ケースに消費者余剰アプローチを適用するには若干の困難がともなう。高速道路を建設しない場合の高速道路交通量はゼロであるので、交通需要がゼロになる時の需要曲線の高さを推定する必要があるが、これを推定するのは容易でないからである。

もう一つの問題は、燃料税、高速道路料金、外部費用等による価格体系の歪みが存在していることである。価格体系に歪みがない場合には、高速道路における消費者余剰の増加を計測するだけでよいが、歪みが存在すると他市場に対するインパクトを考慮に入れる必要がある。高速道路の例では、代替的な一般道に対する波及効果を計測しなければならない。

高速道路建設の評価に加えて、高速道路無料化の便益の評価も行った。無料にすると高速道路の利用者が増加するので、便益費用比は上昇する。さらに、高速道路の建設が一般道の混雑緩和をもたらすという可能性も考慮に入れた便益評価も行った。一般道で時間短縮が5分間といったレベルであっても、便益費用比は0.60から1.24に大きく上昇した。

単純な消費者余剰アプローチには様々な問題があり得るが、第一次接近として最初に行う分析としてはきわめて有効であり、幅広い適用可能性をもっている。政策評価の課題が与えられたときに最初に検討すべきアプローチであろう。

参考文献

- 赤井伸郎・金本良嗣 (1999) 「費用便益分析における地域開発効果」 『費用便益分析に係わる経済学的基本問題』 第4章, 社会資本整備の費用効果分析に係わる経済学の問題研究会, 49-66。
- 道路投資の評価に関する指針検討委員会編 (1998) 『道路投資の評価に関する指針(案)』 (財)日本総合研究所。
- 藤原徹・蓮池勝人・金本良嗣 (2004) 「政策評価のための小規模マイクロ経済モデル～単純CES型モデルから動学的層化CES型モデルへの発展～」 RIETI Discussion Paper Series, forthcoming。
- 金本良嗣 (1996) 「交通投資の便益評価・消費者余剰アプローチ」 日交研シリーズ A-201, 日本交通政策研究会。
- 金本良嗣・長尾重信 (1997) 「便益計測の基礎的考え方」 『道路投資の社会経済評価』 (中村英夫編, 道路投資評価研究会著) 第5章, 東洋経済新報社, 75-99。

- 国土交通省道路局、都市・地域整備局 (2003) 『費用便益分析マニュアル』。
- 国土交通省道路局 (2003) 『高速自動車国道の将来交通量推計手法説明資料』。
- 円山琢也・原田昇・太田勝敏 (2003) 「誘発交通を考慮した混雑地域における道路整備の利用者便益推定」 『土木学会論文集』 No. 744/IV-61、pp. 123-137。
- 常木淳 (2000) 『費用便益分析の基礎』 東京大学出版会。
- AASHTO (1977), *A Manual of User Benefit Analysis of Highway and Bus Transit Improvements*, American Association of State Highway & Transportation Officials.
- AASHTO (2003), *User Benefit Analysis for Highways Manual*, American Association of State Highway & Transportation Officials.
- Boardman, Anthony E., David H. Greenberg, Aidan R. Vining, and David L. Weimer. *Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice*. 2nd ed., Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 1999.
- FHWA (1997) *Federal Highway Cost Allocation Study Final Report*, US Federal Highway Administration, Department of Transportation, Washington, D.C., 1997.
- FHWA (2000) *Addendum to the 1997 Federal Highway Cost Allocation Study Final Report*, US Federal Highway Administration, Department of Transportation, Washington, D.C., 2000.
- Kanemoto, Y. and Mera, K. (1985) "General Equilibrium Analysis of the Benefits of Large Transportation Improvements," *Regional Science and Urban Economics* 15, 343-363.
- Kidokoro, Y. (2004) "Cost-Benefit Analysis for Transport Networks: Theory and Applications," *Journal of Transport Economics and Policy* 38, 275-307.
- Mohring, H., (1976), *Transportation Economics*, Ballinger Publishing Co.
- NHTSA (2003), *Final Economic Assessment: Corporate Average Fuel Economy Standards for MY 2005-2007 Light Trucks*, US National Highway Traffic Safety Administration, (http://www.nhtsa.dot.gov/cars/rules/cape/docs/239451_web.pdf).
- Willig, R.D., (1976), "Consumer's Surplus Without Apology," *American Economic Review* 66, 589-597.

付録1 消費者余剰アプローチの理論的基礎

消費者余剰

消費者余剰は直観的にわかりやすい便益計測の手法であるが、いくつかの欠点が指摘されている。まず、マーシャルの消費者余剰の変化が、効用水準の変化を金銭換算したものであるとみなせるのは、厳密に言えば、ごく特殊なケースに限定される。たとえば、対象としている財・サービス（この章の例では、道路交通需要）の需要が利用者の所得水準から影響を受けない場合（所得効果が存在しない場合）などに限られる。したがって、理論的な整合性を求めるためには、CV（Compensating Variation, 補償変分）やEV（Equivalent Variation, 等価変分）といった指標が用いられる。CVは政策実施後（より正確には、政策を実施した場合）の価格を用いて効用水準を貨幣換算したものであり、EVは政策実施前（政策を実施しなかった場合）の価格で評価したものである。

1章でも述べたように、Willig (1976)によると、政策対象になる財・サービスへの支出が所得の小さな割合しか占めていない場合には、マーシャルの消費者余剰を用いることによるバイアスはほとんど無視できるほど小さい。したがって、住宅のように所得の中に占める割合が高い財を除いては、マーシャルの消費者余剰を用いても大きな問題にはならない。第4章の層化型CESモデルを用いたシミュレーションにおいても、所得効果は無視することによるバイアスは小さいことが示されている。

効用関数が準線形（quasi-linear、擬線形と呼ぶこともある）の形をしている場合には、マーシャルの消費者余剰を用いて何の問題も発生しない。これは、効用関数が $U(z, Q) = z + u(Q)$ の形で表すことができる場合である。ここで、 z は合成消費財で、 Q は交通量である。消費者の所得制約を $Y = z + pQ + T$ とする。ここで、 Y 、 p 、 T はそれぞれ、所得、交通の価格、交通部門の赤字をまかなうための一括税である。この予算制約のもとで効用を最大化する問題を解くと、限界効用が価格に等しいという1階の条件 $u'(Q) = p$ が導かれる。この条件によって、すべての価格水準に対応して需要量が求まる。こうして得られたのが需要曲線である。限界効用を $MU(Q) = u'(Q)$ で表すと、 $p = MU(Q)$ が需要量の関数として価格を表す逆需要関数を与える。この関数の逆関数が通常的需求関数 $Q = D(p)$ である。

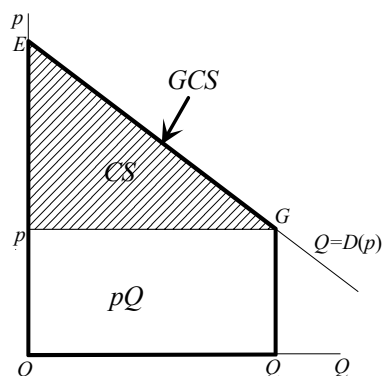
さて、一般性を失わずに、効用関数を $u(0) = 0$ となるように基準化することができる。そうすると、限界効用関数をゼロから Q まで積分したものが、

$$(A-1) \quad u(Q) = \int_0^Q MU(q) dq$$

に一致する。この式の右辺は需要曲線の下面積であり、消費者余剰を図示している図A-1では台形 $EGQO$ になる。これは消費者が交通サービスから受けるグロスの便益であると解釈でき、グロス消費者余剰（GCS）と呼ぶ。通常消費者余剰（CS）は、このグロスの便益から交通

に対する支出額（長方形 $pGQO$ ）を差し引いたものであり、図 A-1の斜線部分（需要曲線と価格との間の三角形）である。

図 A-1 需要曲線と消費者余剰



費用

単純化のために、消費者は同質であると仮定し、各消費者は c の交通費用を負担するとする。各消費者が負担する費用 c を**平均利用者費用**と呼ぶ。平均利用者費用は交通量 Q と道路の交通容量 K に依存し、 $c(Q, K)$ の形に書くことができる。**総利用者費用**は平均利用者費用に交通量をかけてことによって求まる： $C(Q, K) = Qc(Q, K)$ 。道路の建設と維持・補修・管理にかかる費用をキャパシティー費用と呼び、 $F(K)$ で表す。単純化のために、このキャパシティー費用は交通量には依存しないものとする。この仮定は利用者費用の方に交通量に依存する部分を付け加えることによって簡単に拡張できる。**総社会的費用**は $TC(Q, K) = C(Q, K) + F(K)$ で表され、総利用者費用とキャパシティー費用の和である。環境費用や事故費用も存在するが、しばらくの間はこれらを見捨てる。

交通投資の便益

次に、交通容量を K^B から K^A に増加させ、その結果として、価格（＝一般化費用）を p^B から p^A に低下させるような交通投資プロジェクトを考えてみよう。グロスの消費者余剰（GCS）の方が通常の消費者余剰（CS）より図を用いた解説が容易である。上で定義したように、グロスの消費者余剰 GCS は消費者余剰 CS と供給者の収入の和であり、需要曲線の下の部分の面積である。図 A-2の斜線部分が投資によるグロス消費者余剰の増加を表している。

図 A-3は平均費用を用いて総利用者費用の変化を表している。プロジェクトが実行された場合とされなかった場合の総利用者費用はそれぞれ $c^A H Q^A O$ と $c^B G Q^B O$ であり、プロジェクトによる総利用者費用の変化は斜線部分 $c^B G I c^A$ から灰色部分 $I H Q^A Q^B$ を引いたものになる。図

A-2と図 A-3を重ね合わせることによって、プロジェクトの便益は図 A-4の斜線部分であることが分かる。

図 A-2 投資によるグロス消費者余剰 (GCS) の増加

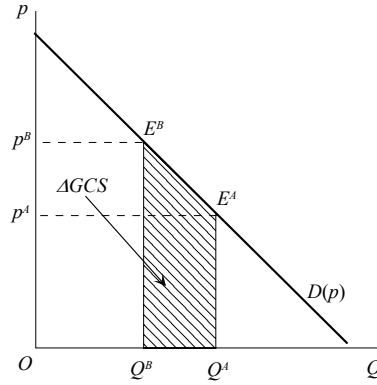


図 A-3 投資による総利用者費用の変化：平均費用による計測

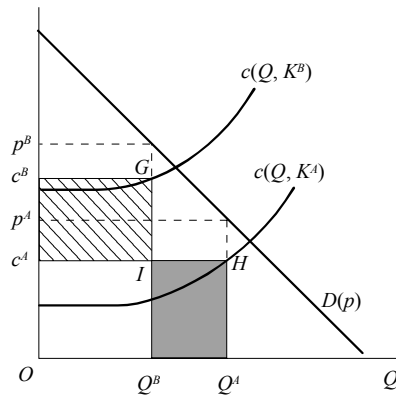
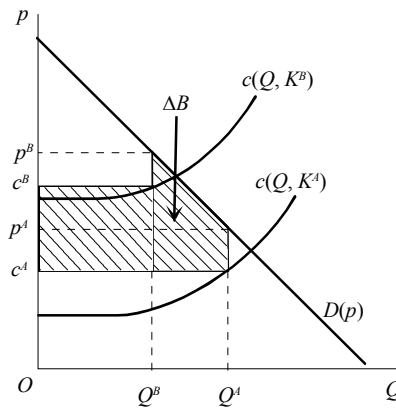


図 A-4 投資の便益：平均費用による計測



消費者余剰分析の2路線への拡張

次に、消費者余剰分析を2路線に拡張する。これまでと基本的に同じ記号を用い、路線1を添え字1で表し、路線2を添え字2で表す。たとえば、路線1と2の平均利用者費用はそれぞれ $c_1(Q_1, K_1)$ と $c_2(Q_2, K_2)$ である。路線2の交通容量 K_2 はこれからの分析では所与なので、この変数は省略する。総効用関数はこれまでと同じく準線形で、 $U(z, Q_1, Q_2) = z + u(Q_1, Q_2)$ の形をしているとする。消費者の予算制約式は、 $z + p_1 Q_1 + p_2 Q_2 = Y - T$ である。ここで、これまでと同じく、 T は交通部門の赤字をまかなうための税金であり、

$$(A-2) \quad T = -[p_1 Q_1 - C_1(Q_1, K_1) - F_1(K_1)] - [p_2 Q_2 - C_2(Q_2) - F_2]$$

を満たす。

効用最大化の1階の条件から、限界効用が価格に等しくなり、以下の関係が成立する。

$$(A-3) \quad \frac{\partial u(Q_1, Q_2)}{\partial Q_1} \equiv MU_1(Q_1, Q_2) = p_1$$

$$(A-4) \quad \frac{\partial u(Q_1, Q_2)}{\partial Q_2} \equiv MU_2(Q_1, Q_2) = p_2.$$

これらの式を Q_1 と Q_2 について解くと、各路線に対する需要関数、 $Q_1 = D_1(p_1, p_2)$ 、 $Q_2 = D_2(p_2, p_1)$ が得られる。これらの需要関数と予算制約式を効用関数に代入すると、効用水準を価格と交通容量の関数として、

$$(A-5) \quad U = u(D_1(p_1, p_2), D_2(p_2, p_1)) - C_1(D_1(p_1, p_2), K_1) - C_2(D_2(p_2, p_1)) - F_1(K_1) - F_2 + Y$$

の形に表すことができる。

以上の準備のもとに、路線2の価格が歪んでいるときの次善の問題を考える。ここでは、路線2の価格づけに関して、一般的な価格づけルール $p_2 = P_2(Q_2)$ を考える。このルールは、混雑料金ゼロのケース ($p_2 = c_2(Q_2)$)、平均費用料金のケース ($p_2 = c_2(Q_2) + F_2 / Q_2$)、及びファースト・ベスト料金のケース ($p_2 = MSC_2(Q_2)$) を含む。

路線2の需要関数を価格づけルールに代入すると、 $p_2 = P_2(D_2(p_2, p_1))$ となる。これを p_2 に関して解くと、路線2の価格を路線1の価格の関数 $p_2 = p_2^*(p_1)$ として表すことができる。さらに、この関係を需要関数に代入すると、

$$(A-6) \quad Q_1 = D_1(p_1, p_2^*(p_1)) \equiv d_1(p_1)$$

$$(A-7) \quad Q_2 = D_2(p_2^*(p_1), p_1) \equiv d_2(p_1)$$

となる。(A-6)式は、路線1の一般均衡需要関数と呼ばれる。この関数は、経済の他部門に及ぼす影響(一般均衡的波及効果)を考慮に入れて、路線1の価格と需要量の関係を表したものである。一般均衡需要関数の逆関数を $\tilde{p}_1(Q_1)$ で表すと、

$$(A-8) \quad p_1 = d_1^{-1}(Q_1) \equiv \tilde{p}_1(Q_1)$$

が成立する。

路線2の価格を路線1の価格の関数として表す代わりに、その逆関数

$$(A-9) \quad p_1 = p_1^*(p_2) \equiv p_2^{*-1}(p_2)$$

を使うことも可能である。この関係を(A-7)式に代入すると、路線2の需要関数を路線2の価格の関数として表すことができる。

$$(A-10) \quad Q_2 = d_2(p_1^*(p_2)) \equiv \hat{d}_2(p_2)$$

路線2の価格はずねに価格づけルールを満たさなければならないので、この式は価格づけルール $p_2 = P_2(Q_2)$ の逆関数に一致していなければならない。これらの関係は以下の2つの図に示されている。

図 A-5 一般均衡需要関数の導出

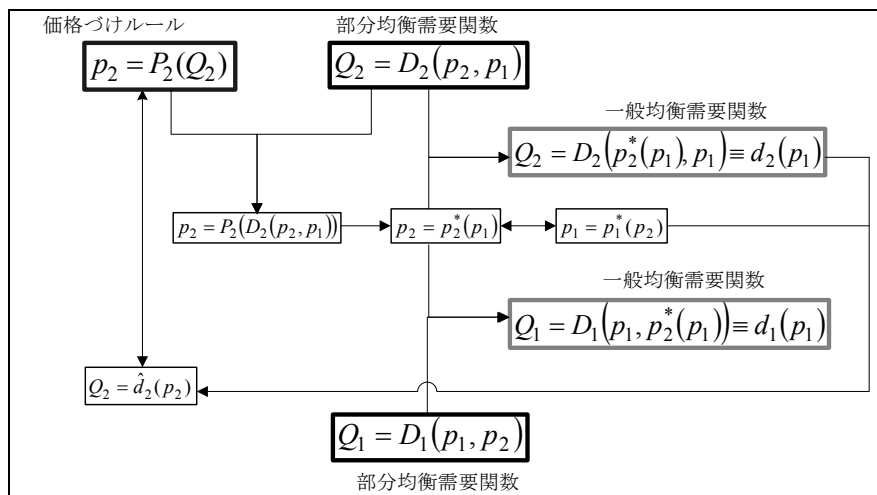
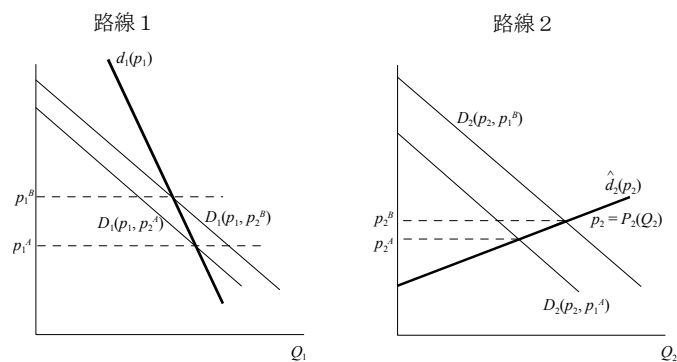


図 A-6 部分均衡需要曲線と一般均衡需要曲線



消費者余剰と生産者余剰

まず、消費者余剰と生産者余剰を定義しなければならない。社会厚生を(A - 5)式で与えられる代表的個人の効用関数で定義する。念のために、以下にこの関数を再掲しておく。

$$(A - 11) \quad U = u(Q_1, Q_2) - C_1(Q_1, K_1) - C_2(Q_2) - F_1(K_1) - F_2 + Y$$

消費者余剰 (CS) と路線 1 及び路線 2 の生産者余剰 (PS_1 と PS_2) を以下のように定義することができる。

$$(A - 12) \quad CS = u(Q_1, Q_2) - [p_1 Q_1 + p_2 Q_2]$$

$$(A - 13) \quad PS_1 = p_1 Q_1 - C_1(Q_1, K_1)$$

$$(A - 14) \quad PS_2 = p_2 Q_2 - C_2(Q_2).$$

さらに、グロス消費者余剰を $GCS = u(Q_1, Q_2)$ で定義する。このグロス消費者余剰は消費者余剰と交通部門の収入との和になる。

$$(A - 15) \quad GCS = u(Q_1, Q_2) = CS + p_1 Q_1 + p_2 Q_2$$

ただし、道路交通の場合には、ここでの交通部門の収入は利用者自身が負担する利用者費用を含んでおり、交通サービス提供者の収入とは必ずしも一致しないことに注意が必要である。消費者余剰と生産者余剰の和を**グロスの社会的便益** (略して、**便益**) と呼び、

$$(A - 16) \quad B = CS + PS_1 + PS_2 = GCS - C_1 - C_2$$

で表す。この式の第 2 の等号は、消費者余剰と生産者余剰の和がグロス消費者余剰から総利用者費用を引いたものに等しいことを表している。消費者の効用は、便益から固定費用を引き、それに所得を加えたものに等しい： $U = B - F_1 - F_2 + Y$ 。

次に、路線 1 における交通投資で、交通容量を K_1^B から K_1^A に増加させ、その結果として、価格を $p_1^B = \hat{P}_1(K_1^B)$ から $p_1^A = \hat{P}_1(K_1^A)$ に低下させるようなプロジェクトを考えてみよう。このプロジェクトの便益は $\Delta B = B^A - B^B$ であり、これは消費者余剰と生産者余剰の変化に分解できる。

$$\Delta B = \Delta CS + \Delta PS_1 + \Delta PS_2$$

ここで、 $\Delta CS = CS^A - CS^B$ 、 $\Delta PS_1 = PS_1^A - PS_1^B$ 、 $\Delta PS_2 = PS_2^A - PS_2^B$ であり、添え字 A と B はこのプロジェクトが実施される場合と実施されない場合とを表している。

需要曲線の左側の面積で計測される部分均衡分析における消費者余剰は、我々の 2 部門一般均衡モデルに直接に拡張できる。消費者余剰を K_1 の関数として以下のように書く。

$$CS(K_1) = u(d_1(\hat{P}_1(K_1)), d_2(\hat{P}_1(K_1))) - \hat{P}_1(K_1) d_1(\hat{P}_1(K_1)) - p_2 * (\hat{P}_1(K_1)) d_2(\hat{P}_1(K_1))$$

この式を K_1 について微分し、それを再度、 K_1^B から K_1^A まで積分すると、消費者余剰の変化 ΔCS を

$$\Delta CS = \int_{K_1^B}^{K_1^A} CS'(K_1) dK_1$$

の形に書き直すことができる。ここで、チェイン・ルールを繰り返し適用すると、

$$CS'(K_1) = \{(MU_1 - p_1)d_1'(p_1) + (MU_2 - p_2)d_2'(p_1) - d_1 - d_2 p_2^*(p_1)\} \hat{P}_1'(K_1)$$

が得られる。右辺の大括弧の中の最初の2つの項は効用最大化の1階の条件からゼロになるので、さらに、

$$(A-17) \quad CS'(K_1) = -\{d_1(p_1) + \hat{d}_2(p_2) p_2^*(p_1)\} \hat{P}_1'(K_1)$$

の形に単純化できる。ここで、 $\hat{d}_2(p_2) = d_2(p_1^*(p_2))$ を用いている。 $p_1 = \hat{P}_1(K_1)$ 、 $dp_1 = \hat{P}_1'(K_1) dK_1$ 、 $p_2 = p_2^*(p_1)$ の3つの条件が成立していることに注意して、変数変換を行うと、

$$\Delta CS = \int_{p_1^A}^{p_1^B} d_1(p_1) dp_1 + \int_{p_2^A}^{p_2^B} \hat{d}_2(p_2) dp_2$$

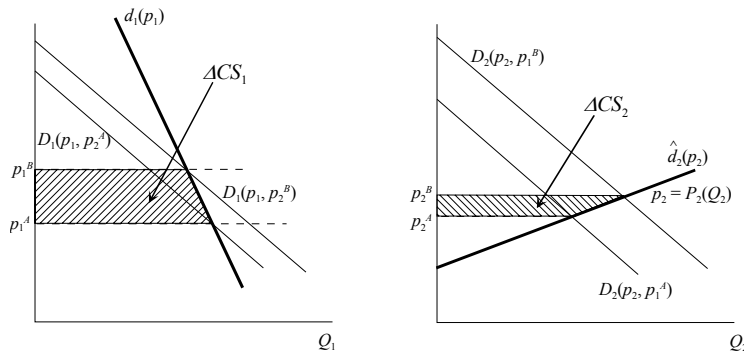
が得られる。(A-17)式の右辺にマイナスがかかっていることを反映して、右辺の積分はこれまでとちがってAからBの方向にとられていることに注意されたい。路線1と2の消費者余剰の変化を

$$\Delta CS_1 = \int_{p_1^A}^{p_1^B} d_1(p_1) dp_1$$

$$\Delta CS_2 = \int_{p_2^A}^{p_2^B} \hat{d}_2(p_2) dp_2$$

で定義する。これらは需要曲線の左側の面積であり、図A-7の斜線部分で表される。

図 A-7 消費者余剰



平均費用を用いた便益評価

グロス消費者余剰 (GCS) は需要曲線の下の部分の面積

$$(A-18) \quad \Delta GCS_1 = \int_{Q_1^B}^{Q_1^A} \tilde{p}_1(Q_1) dQ_1$$

$$(A-19) \quad \Delta GCS_2 = \int_{Q_2^B}^{Q_2^A} \tilde{p}_2(Q_2) dQ_2$$

である。GCSを用いると、プロジェクトの便益をGCSの変化から総利用者費用の変化を差し引いたもの

$$(A - 20) \quad \Delta B = \Delta GCS_1 + \Delta GCS_2 - \Delta C_1 - \Delta C_2$$

として表すことができる。つまり、

便益＝グロス消費者余剰の増加の和－総利用者費用の増加の和

で計算することができる。

図 A-9は総利用者費用の変化を表している。路線1では、プロジェクトが実行された場合とされなかった場合の総利用者費用はそれぞれ $c_1^A H Q_1^A O_1$ と $c_1^B G Q_1^B O_1$ であり、プロジェクトによる総利用者費用の変化は斜線部分 $c_1^A G I c_1^A$ から灰色部分 $I H Q_1^A Q_1^B$ を引いたものになる。同様に、路線2における総利用者費用の変化は斜線部分である。図 A-8と図 A-9を重ね合わせることによって、プロジェクトの便益は図 A-10の斜線部分から灰色部分を差し引いたものであることが分かる。

これらの図は複雑に見えるが、実際の便益計算は簡単である。第一に、需要予測を基礎に、一般均衡需要曲線を推測する。実際には、需要曲線は投資がある場合とない場合の均衡点を直線で結ぶことがほとんどである。第2に、需要曲線の下の部分の面積を計算し、グロスの消費者余剰 GCS の変化を求める。第3に、需要予測を基礎に、総利用者費用の変化を求める。最後に、グロスの消費者余剰の変化から総利用者費用の変化を差し引けば、プロジェクトの便益が求まる。このプロセスは、ファースト・ベストのケースでの費用便益分析と同じである。適切な価格と費用を用いれば、価格体系が歪んでいる次善の経済でも全く同様に便益を計算することができる。

図 A-8 グロスの消費者余剰

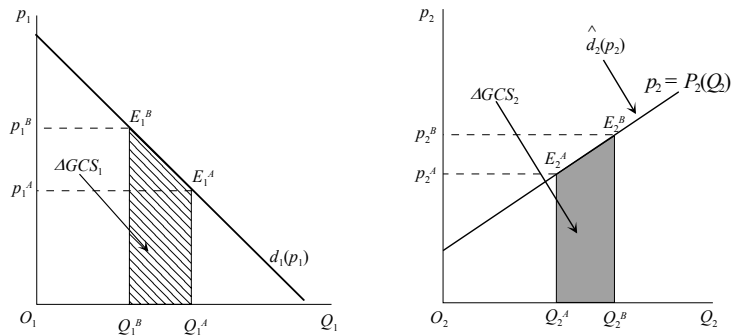


図 A-9 総利用者費用の変化：平均費用による計測

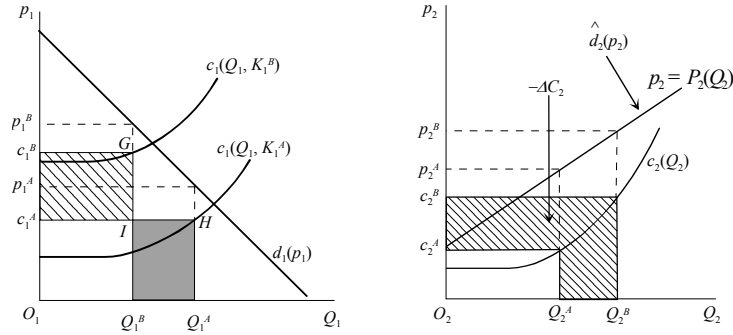
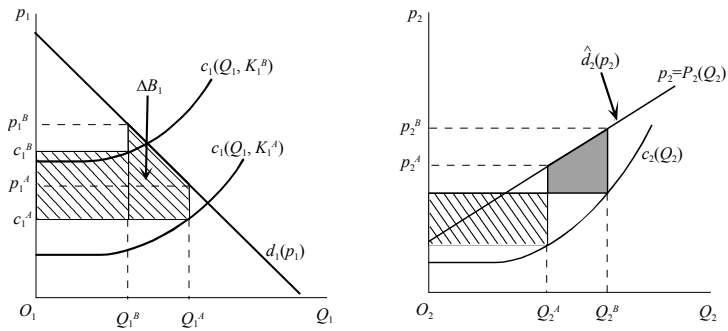


図 A-10 プロジェクトの便益：平均費用曲線による計測



限界費用を用いた便益評価

全く同じ便益を、平均費用の代わりに限界費用を用いて計測できる。実務的には限界費用の計測は平均費用の計測より難しいが、こちらの方が直観的な解釈が容易である。

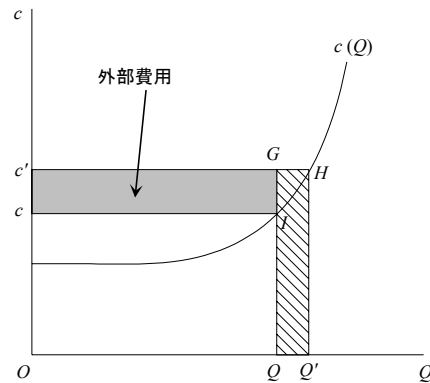
まず、限界費用を定義しなければならない。限界費用は、車両が道路に一台追加されたときの総費用の変化である。総費用には総利用者費用と総社会的費用があるが、キャパシティー費用は交通量に依存しないと仮定しているため、車両が一台増えたときの費用の変化はどちらも同じである。以下の図は、総利用者費用に対する影響を見ている。交通量が Q から Q' に増加すると、走行スピードが少し低下して、平均利用者費用が c から c' に上昇する。これは、総利用者費用を長方形 $cIQO$ から長方形 $c'HQ'O$ に増加させる。この増加は、追加された車両自身が負担する部分と他の既存車両によって負担される部分との2つに分解できる。この図の灰色に塗った部分が後者の外部費用を表し、斜線部分が追加車両の自己負担分を表している。数学的には、追加車両の社会的限界費用 (MSC、Marginal Social Cost) は、

$$(A - 21) \quad MSC(Q, K) = \frac{\partial TC}{\partial Q} = \frac{\partial C}{\partial Q} = c + Q\frac{\partial c}{\partial Q},$$

となる。ここで、 c が自己負担分で、 $Q\frac{\partial c}{\partial Q}$ が他の車両に対する外部費用である。混雑料金が

導入されていない場合には個々の車両は外部費用分を負担しないので、混雑外部性による市場の失敗がもたらされる。

図 A-11 混雑外部性



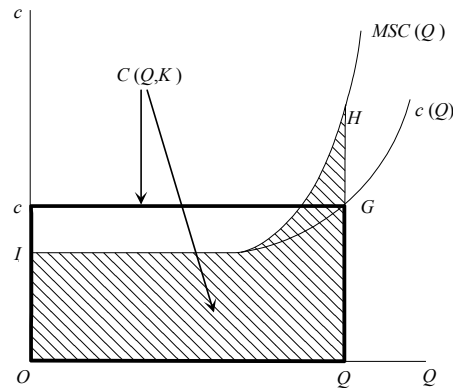
ここで導入した各種の費用関数はミクロ経済学の教科書に出てくるものと基本的に同じ構造をもっている。利用者費用、キャパシティー費用、社会的費用はそれぞれ可変費用、固定費用、総費用に対応しており、社会的限界費用と限界利用者費用は限界費用と限界可変費用に対応している。当然の事ながら、限界費用は限界可変費用に等しい。ここでの費用関数はミクロ経済学の教科書のもとの数学的に同値であるが、経済学的解釈には重要な相違がある。我々の総費用は多数の異なった個人の費用を合計したものであり、通常総費用は一企業のものであるからである。この相違によって、我々の社会的限界費用は同時に走行している車両相互間の外部費用を含んでいる。

微分したものを積分すると元の関数に戻ることから、以下の関係が得られる。

$$(A - 22) \quad C(Q, K) = \int_0^Q \frac{\partial C}{\partial Q} dq + C(0, K) = \int_0^Q MSC(q, K) dq,$$

ここで、交通量がゼロの時には総利用者費用はゼロであることを用いている。以下の図は、この式で表されている関係を図示している。総利用者費用は社会的限界費用の積分であるので、社会的限界費用曲線の下の部分の面積（斜線部分 $IHQO$ ）と等しい。同時に、平均利用者費用に交通量をかかけたもの（太線で囲んだ長方形 $cGQO$ ）とも等しくなる。以下では、これらの2つの面積が等しいという事実を繰り返し用いることになる。

図 A-12 各種費用曲線と総利用者費用



まず、価格体系の歪みがないファースト・ベストのケースから始めよう。図 A-13は総利用者費用の変化を表している。総利用者費用は MSC 曲線の下部分の面積であり、その変化は図の斜線部分から灰色部分を引いたものに等しい。この図を図 A-8と重ね合わせると、便益は図 A-14の斜線部分であることが分かる。

この場合には、図 A-8におけるグロスの消費者余剰の増加が図 A-13における総利用者費用の増加によってちょうど相殺されるので、路線2の便益はゼロ ($\Delta B_2 = 0$) である。この結果は、ファースト・ベストの経済における波及効果の便益は相殺し合ってゼロになるという一般的な性質の一例である。これはずいぶん前から知られていた（たとえば、Mohring (1976)を参照）が、往々にして忘れられる傾向がある。直観的には、以下のような説明が可能である。他の市場における波及効果は価格の変化を通じて発生する。ところが、価格変化の純便益を貨幣単位で計測すると必ず相殺し合ってゼロになる。需要者側は価格の上昇によって損害を被り、供給者側は利益を得る。これらの損害と利益は、需要と供給が等しければ、全く同じになる。つまり、価格変化 Δp は需要者の消費者余剰を $(\Delta p)D$ だけ減少させ、供給者の生産者余剰を $(\Delta p)S$ だけ増加させる。ここで、 D と S はそれぞれ需要量と供給量を表す。均衡では需要と供給が等しいので、需要者の損害と供給者の利益は貨幣単位で等しくなる： $(\Delta p)D = (\Delta p)S$ 。

なお、補償変分 (CV) や等価変分 (EV) を用いると、一般には波及効果の便益は相殺しない。したがって、所得効果が無視できない場合には波及効果の扱いが面倒になる。しかし、Kanemoto and Mera (1985) は、すべての人の効用水準を一定に保ちながら、どれだけのニューメール財を余すことができるかということによって便益を評価すれば、波及効果の便益が相殺し合うということを示した。この便益指標はフランスの経済学者の Allais が提唱したものであり、アレー余剰と呼ばれている。¹¹

¹¹ アレー余剰については、常木 (2000)を参照されたい。

図 A-13 限界費用を用いた総利用者費用の変化：ファースト・ベスト

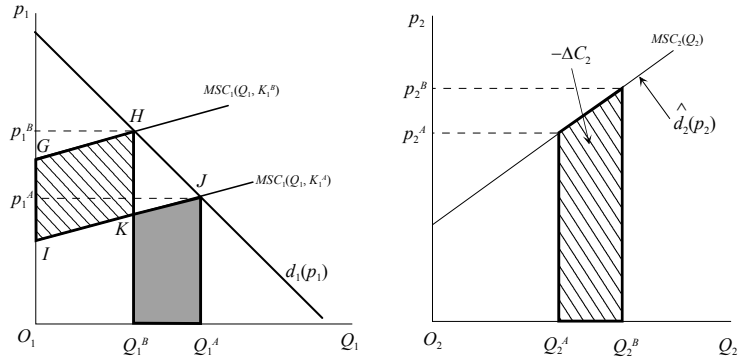
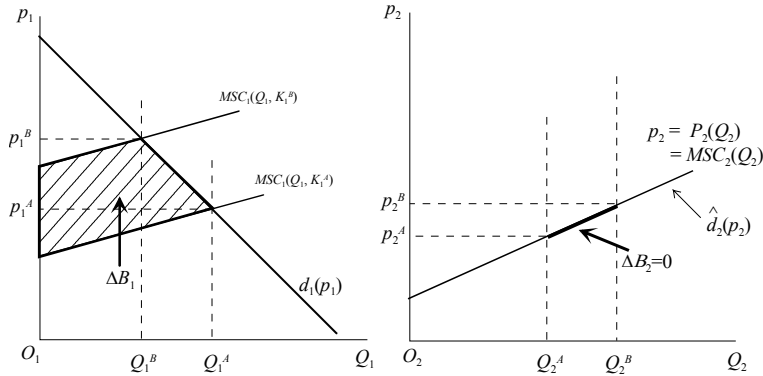


図 A-14 プロジェクトの便益：ファースト・ベスト



次善のケースはもう少し複雑な図になる。図 A-15は総利用者費用の変化を表し、図 A-16はプロジェクトの便益を表している。これらの図をファースト・ベストのケースと比較すると、次善ケースの便益はファースト・ベスト・ケースの便益に死重損失の減少を加えることによって求まることが分かる。路線1における死重損失はプロジェクトを実施しないときには三角形 GHI であり、実施するときには JKL であり、これらの差を便益に追加する必要がある。路線2における死重損失の変化は図 A-16における斜線部分の台形である。路線1における投資は路線2における交通量を減少させ、混雑緩和効果をもたらす。このことによって路線2の死重損失が減少する。

図 A-16は次善のケースで必要な調整がどの程度の大きさであることを示している。たとえば、路線1における投資が路線2の混雑を緩和させる場合の死重損失の減少は、価格・社会的限界費用マージンに需要の減少分を乗じたものにほぼ等しい。大都市圏の道路ではこのマージンはかなり大きいので、もし2つの路線間の代替性が大きい場合には、この付加的な便益はかなり大きい。しかしながら、総交通費用の減少 $-\Delta C_2$ はこの便益を過大評価することに注意が必要である。図 A-16のように、外部費用の「社会的限界費用－価格」 ($MSC_2 - p_2$) だけを交通量減少部分について足し合わせなければならない。平均費用を用いる場合の正しい便益は図 A-10によって与え

られる。

図 A-15 総利用者費用の変化：社会的限界費用を用いた計測

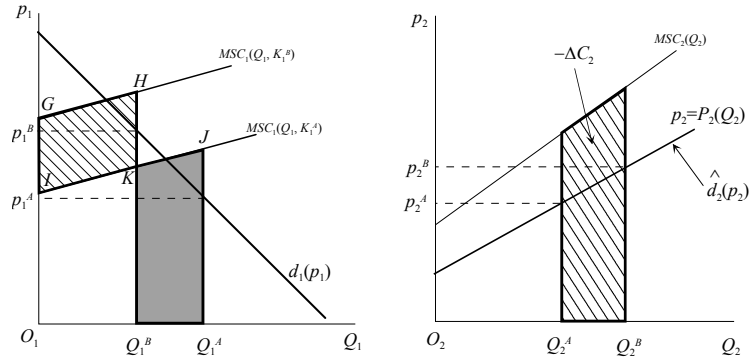
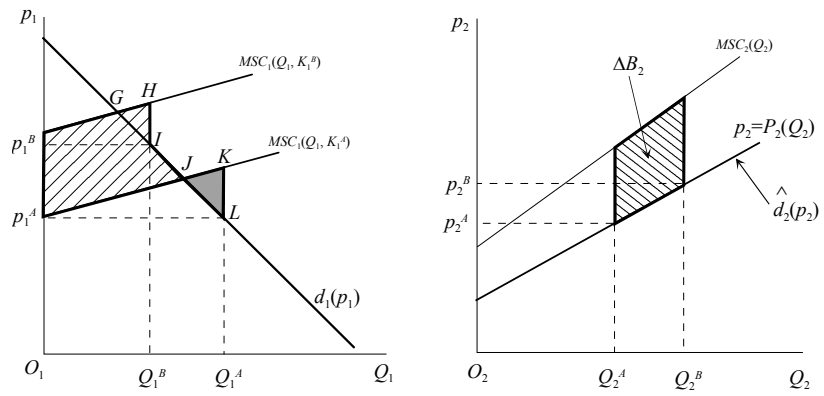


図 A-16 プロジェクトの便益：社会的限界費用を用いた計測



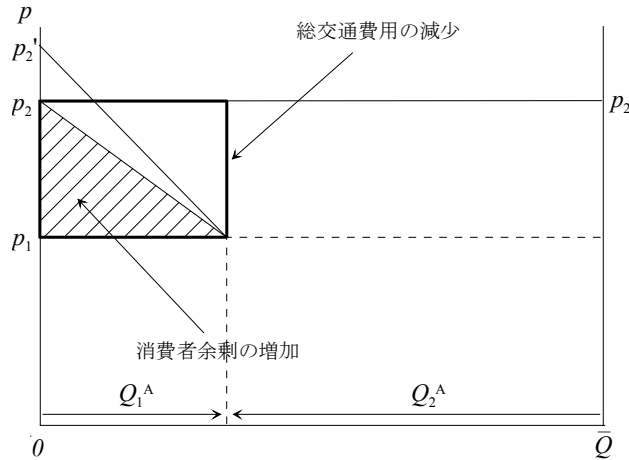
付録2 代替性が不完全な場合の新規路線の便益評価

本文では、高速道路新規建設の評価の際に、交通需要ゼロの時の需要曲線の高さが既存路線の一般化費用に一致すると仮定した。しかしながら、路線間の代替性が不完全な場合には、この仮定は当てはまらない。以下では、極めた単純な2つの例について、この問題を分析する。第一の例は2ルートへのアクセスが個人によって異なっているケースであり、第二の例は時間費用が個人によって異なるケースである。完全代替のケースとの違いを際立たせるために、両方のケースとも総交通需要は一定である場合を考える。また、説明を単純にするために、料金も税も課されておらず、外部費用も存在しないケースを考える。したがって、一般化費用が平均利用者費用及び平均社会的費用に等しい。まず、本文中の分析をこのケースに適用するとどうなるかを以下の簡単な図を用いておさらいしておこう。

高速道路を建設しない場合には、全交通需要 \bar{Q} が一般道を利用し、この場合の一般化費用(=社会的費用)は p_2 である。高速道路を建設すると、 Q_1^A だけが高速道路に移り、残りの Q_2^A は一般道を利用する。高速道路の一般化費用は p_1 である。一般道の一般化費用は高速道路を建設しない場合と同じ p_2 である。高速道路の方の一般化費用が一般道より低いので、高速道路と一般道が完全代替であれば、すべての交通は高速道路に移るはずである。そうっていないのは、完全代替の仮定が成り立っていないからであり、完全代替の仮定を用いて便益評価することは自己矛盾になる。アメリカの1960年マニュアルや日本の国土交通省マニュアルのように、総交通費用の変化で便益を計算する「総交通費用アプローチ」は、完全代替のケースは正しい答えを与えるが、代替性が不完全な場合にはバイアスが発生する。

したがって、「消費者余剰アプローチ」を採用することが望ましいが、そのためには高速道路の需要曲線を推定する必要がある。ここで直面する難題は、縦軸との切片(交通量ゼロの場合の需要曲線の高さ)を推定することである。本文では、これが一般道の一般化費用に等しいと仮定した。この場合には、高速道路建設の便益は下図の斜線部で推定され、総交通費用アプローチによる推計値のちょうど半分になる。しかしながら、縦軸との切片が p_2' のように高い位置にある可能性もあり、その場合には、便益が斜線部より大きくなる。以下の分析では、縦軸との切片の位置が焦点になる。

図 A-17 新規路線の便益：消費者余剰アプローチと総交通費用アプローチ



アクセスに関する差別化

高速道路と一般道の2つのルート周辺の利用者の起点と終点が散らばっており、どちらのルートが利便性が高いかが利用者によって異なっていると考える。簡単化のために、利用者は 0 と b の間の線分上に立地しているとし、高速道路は端点の 0 地点にあり、一般道は x_2 の地点にあるとする。地点 x にいる利用者が高速道路を利用したときの消費者余剰は $U_1 = A - p_1 - \tau x$ で、一般道を利用したときの消費者余剰が $U_2 = A - p_2 - \tau|x - x_2|$ であるとする。ここで、 p_1 と p_2 は高速道路と一般道の一般化費用であり、 τ は km あたりのアクセスのコスト、 A は道路利用の便益であり、 $|x - x_2|$ は $x - x_2$ の絶対値を表す。

図 A-18 アクセスに関する差別化

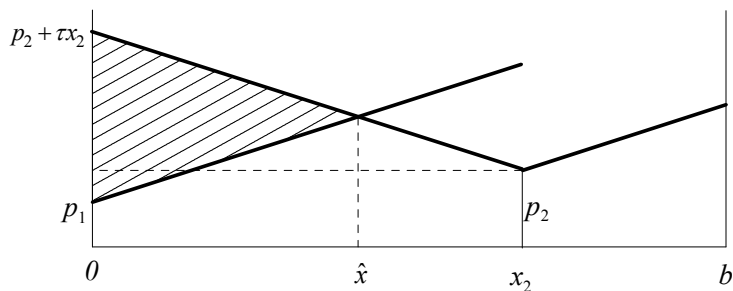
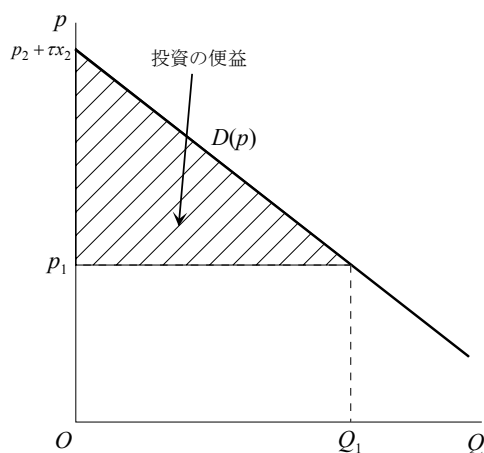


図 A-18の太線はアクセス・コストを含んだ交通費用を表している。高速道路が建設された場合には、 0 と $\hat{x} = (-p_1 + p_2 + \tau x_2)/2$ の間の利用者は高速道路を利用した方がコストが低いので高速道路を使い、 \hat{x} と b の間の利用者は一般道を使う。高速道路の建設によって便益を受けるのは前者のみであり、便益は斜線部分になる。利用者が 0 と b の間に一様に分布している場合には、図 A-19のように、高速道路の需要曲線は直線になる。一般化費用が平均利用者費用に等しい場合には、高速道路建設の便益はこの図の斜線部になる。完全代替のケースと違って、この場合の

便益は高速道路と一般道の平均利用者費用の差に交通量をかけたものとは一致せず、総交通費用アプローチはバイアスを生んでしまう。もし x_2 がゼロであれば、真の便益は総交通費用アプローチの半分になるが、 x_2 が大きければ、逆に真の場合の便益の方が大きくなる可能性もある。

利用者の分布が一様でない場合には、需要曲線は直線にはならない。通常は、高速道路は市街地から離れたところに建設されるので、その近くには利用者は少ない。そういった場合には、需要曲線の勾配（の絶対値）は縦軸付近では大きく、需要量が大きくなるに従って緩やかになる。したがって、真の便益が総交通費用アプローチより大きくなるケースは少ないものと思われる。

図 A-19 高速道路の需要曲線と高速道路投資の便益：アクセスによる差別化



時間価値の相違

次に、個人によって時間価値が違う場合を考えてみよう。分当たりの時間価値を v で表し、これが \underline{v} と \bar{v} の間に分布しているとする。一般化費用は貨幣的費用と時間費用から構成され、 $p = c + vt$ で表されるとする。ここで、 c は貨幣的費用であり、 t は所要時間である。高速道路の場合には $p_1 = c_1 + vt_1$ で、一般道の場合には $p_2 = c_2 + vt_2$ となる。時間価値の高い人は通常は所得が高いので、貨幣単位で表現した効用水準が高くなる。これを表現するために、所得が時間価値に比例し、 $Y = vT$ で与えられると仮定する。この場合の効用水準は $U = vT - p$ となる。高速道路を利用したときの効用（消費者余剰）は $U_1 = vT - c_1 - vt_1$ で、一般道を利用したときの効用は $U_2 = vT - c_2 - vt_2$ である。

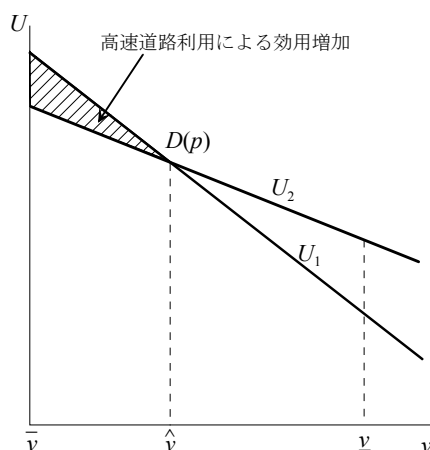
以下の図は、これらの2ルートそれぞれの利用した場合の効用水準を横軸に時間価値をとって表している。なお、通常的需求関数と似た形にするために、時間価値の上限 \bar{v} を原点にとり、右方向に行くほど時間価値が下がる形にしている。 \hat{v} を

$$\hat{v} = \frac{c_1 - c_2}{t_2 - t_1}$$

と置くと、時間価値が \hat{v} 以上の人たちは高速道路を利用し、それ以下の人たちは一般道を利用す

る。高速道路を建設しない場合には、すべての人が一般道を利用するので、高速道路建設による便益は斜線部分で与えられる。ただし、時間価値は一様に分布しているわけではないので、時間価値の分布に応じて横軸の取り方を調整する必要がある。

図 A-20 2ルートの効用水準比較：時間価値による差別化



両ルート間の効用水準の差を $\Delta U = U_1 - U_2$ で表すと、

$$\Delta U = (t_2 - t_1)v - (c_1 - c_2)$$

となる。これを図示しているのが以下の図である。時間価値が一様分布をしている場合には、斜線部分の面積を用いて高速道路投資の便益を表すことができる。この図で、 \hat{v} の値は実際のデータから簡単に求めることができる。たとえば、表 2-4 の例では、時間差が 23.93 分で、貨幣的費用の差が 508 円であるので、 \hat{v} は 21.2 円/台・分である。これは表 2-5 の原単位の 78.8 円/台・分に比べて非常に小さい。

このように、 \hat{v} の値は簡単に求めることができるが、時間価値の分布全体を推定することは容易でなく、これまでのところ信頼できる推定結果は見あたらない。しかしながら、時間価値は時間当たり賃金と似た分布をしていると思われるので、所得分布からある程度は類推できる。所得分布は中・低所得層が多く、高所得層が少ない非常に偏った分布をしている。したがって、時間価値の高い人々は少なく、中位から低位の人たちが多いと思われる。こういった場合には、図 A-22のような需要曲線になる。

図 A-21 高速道路投資の便益：時間価値が一様分布のケース

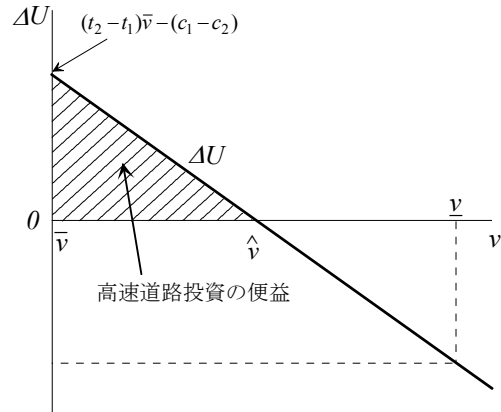


図 A-22 高速道路投資の便益：時間価値が一様分布でないケース

