

渋滞シミュレーションを用いた混雑料金に関する実証的分析*

Empirical Analysis for Congestion Pricing Using Traffic Simulation

秋山孝正**・五井直輝***・小川圭一****

By Takamasa AKIYAMA, Naoki GOI and Keiichi OGAWA

1. はじめに

都市交通における道路混雑問題は、円滑な交通処理を目指す都市交通管理の側面から、都市活動に多大な影響をもたらすという点で社会的に重要な問題である。また、一方で道路混雑は自動車交通の外部不経済性の問題として知られており、道路利用者の適正な費用負担という意味でも重要な課題である。

交通管理技術面では、道路混雑に対して、技術的な側面から交通制御や交通管制などの方法によって、社会的に最適な道路交通状態を生み出そうとする努力がおこなわれており、高度道路交通システム(ITS)にみられる様々な情報通信技術によって現実化している。

一方、交通混雑を交通需要の側面から経済学的に分析し、混雑料金という形で、道路料金にもとづく交通政策として外部不経済の解決を図る方法が諸外国においてすすめられ、わが国においても検討されている。

このような背景から、都市交通のなかでも交通渋滞問題が深刻であり、さらに料金政策が有効的に機能すると考えられる都市高速道路を対象として、混雑料金政策の有効性と実行可能性を実証的に検討する。

具体的な検討として、都市高速道路の単路部を対象とした渋滞シミュレーションモデルを作成し、実証的な混雑料金の算定をおこなう。渋滞シミュレーションは、交通現象を詳細にモデル化し、時間的変化を記述できる有効な方法である。すなわち従来研究において、理論的な検討に用いられている基本的なモデル形式を用いて、現実的な混雑料金算定を試みるものである。ここでは、交通渋滞現象を記述できるモデル構成を具体的に示すとともに、渋滞シミュレーションから算出される旅行時間予測値などの各種指標をもとに、混雑料金算定に必要な平均交通費用関数などを、現実的データをもとに定義する。また混雑料金を対象道路(阪神高速道路)において導入する場合の効果を社会的余剰の側面から検討する。

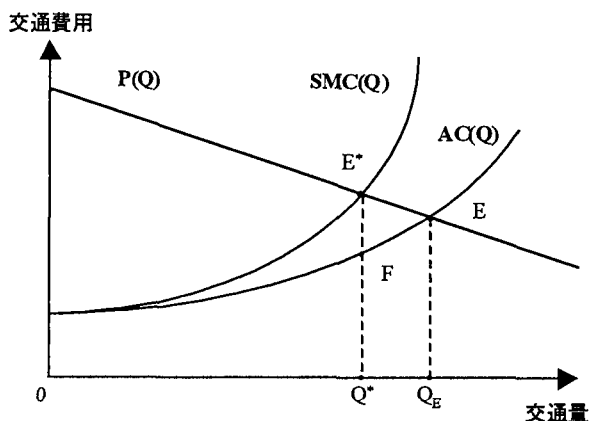


図-1 交通量-交通費用平面からみた混雑料金

2. 混雑料金理論

従来の経済学説においては交通量 Q を変数として定式化した混雑料金理論が一般的である。すなわち、平均交通費用関数 $AC(Q)$ より社会的限界費用関数 $SMC(Q)$ を導き、 $SMC(Q)$ と交通需要関数 $P(Q)$ との交点に相当する交通量 Q^* が最適であるとする¹⁾。したがって図-1に示される E^*F に相当する混雑料金を賦課することによって自律的な交通調整が可能となる。

一方、実際の都市高速道路においては等間隔(阪神高速道路では 500m)ごとに設置された車両検知器により計測される断面交通量、および時間占有率(時間オキュパンシ)をもとに、渋滞長の自動計測や所要時間の算定をおこない、交通管理のために利用されている。これより、関係式を用いて交通量、走行速度、および交通密度の関係が導かれる。混雑料金の考え方には、これらの基本となる数量の定義が必要であり、それにともない理論的な適用範囲が相違する。特に交通工学で知られる交通流に関する物理的関係の十分な理解が昨今求められている。近年、交通工学的なアプローチから、実現象を考慮したモデルを用いた混雑料金に関する研究も多角的におこなわれている。たとえば、道路単路部の特定区間に着目した研究として、文は交通混雑現象を考慮した詳細な動学的モデルを用いて交通混雑を記述し、混雑によって生じる待ち行列の長さとの混雑料金の関係を明らかにしている²⁾。

本研究ではこれらの既存研究を参考として、都市高速道路単路部を対象に現実的なデータにもとづいた混雑料

* キーワード：交通管理、TDM、交通需要、混雑料金

** 工博・正会員 岐阜大学 工学部土木工学科

*** 工修・正会員 愛知県 一宮土木事務所

**** 工博・正会員 岐阜大学 工学部土木工学科

〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸 1-1 岐阜大学工学部

TEL. 058-293-2446 / FAX. 058-230-1528

金に関する実証的な検討をおこなう。

3. 都市高速道路単路部を対象とした混雑料金の検討

(1) 渋滞シミュレーションモデル

混雑料金の検討には交通現象を詳細にモデル化し、時間的変化の記述をおこなうことが重要であり、これを可能とする渋滞シミュレーションを用いる^{3),4)}。
本研究で用いたモデルは阪神高速道路の旅行時間予測のために構築・実用化され、さらに既存研究において改良がすすめられている^{5),6)}。ここでの対象路線は阪神高速道路堺線^{上り}とする。この路線は阪神高速道路の典型的な形状の放射線であり、路線延長は約 12km である。渋滞シミュレーションモデルにおいては、この路線を 500m ごとの 24 区間に分割して記述している。この対象路線の概要を示したものが図-2 である。

モデルの主要な計算概念は上流区間から下流区間に流れる車群台数を流出需要交通量と受け入れ可能交通量との関係から求めるものである。具体的な計算手順をつぎのようにまとめることができる。

- ①対象路線を適当な区間（ここでは 500m ごと）に分割し、区間内の交通状態は一様であると考え、区間を単位として交通状態の変化を取り扱う。
- ②各区間に対して密度と速度の関係を規定する交通密度—走行速度特性が与えられており、この関係を用いて区間ごとの交通状況を算定し車両を進行させる。
- ③ある時刻 $t+1$ において区間 $n+1$ に存在する車両台数は、1 単位時間（本モデルでは 20 秒）前の時刻 t の当該区間の車両台数 $Q(n+1)$ 、上流区間からの流入台数 $Q_{in}(n)$ 、および流出台数 $Q_{out}(n+1)$ の差し引きによって決定される。
- ④車両は 1 単位時間に下流方向に 1 区間だけ進み、2 区間以上は進行しないものとする。
- ⑤区間の交通状態の推定は、下流区間から上流区間に向かっておこなわれる。

ここでオンランプ合流部、およびオフランプ分流部も単路部とほぼ同様に計算されるがオフランプ分流部に対しては本線からの「分岐率」を定義している。具体的には西大阪線分岐直前、および直後の地点における交通量から定式化されている。
この手順にしたがって実際に計算をおこなうためには各オンランプ交通量、オフランプ交通量と関連する区間全 11 地点の 5 分間交通量のデータが必要になる。

(2) 平均交通費用の前提

ここでは混雑料金を算定するために必要となる平均交通費用について述べる。平均交通費用には、つぎの 3 項目を考慮する。すなわち、

- ①料金所（堺）における待ち時間の費用換算値

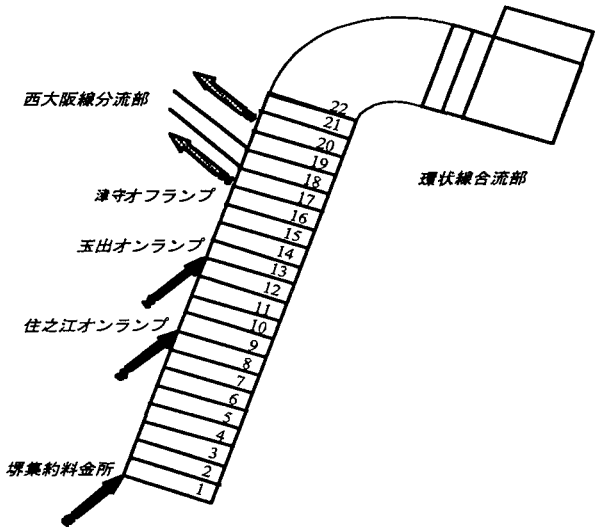


図-2 モデルの区間表示（阪神高速道路堺線^{上り}）

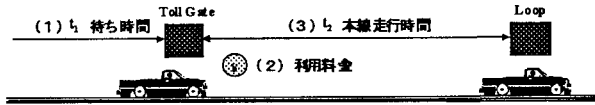


図-3 平均交通費用の内訳

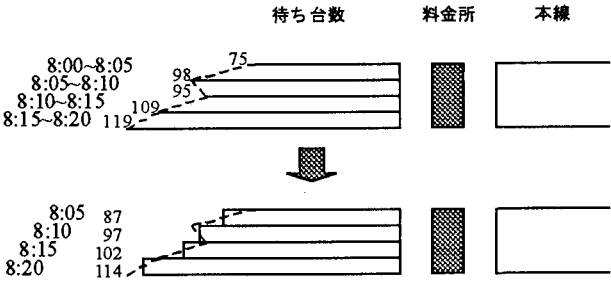


図-4 平均待ち台数の算定（午前 8 時台）

- ②道路利用料金 600 円（平成 11 年度より 700 円に改正）
- ③本線（堺料金所～環状線）走行時間の費用換算値である。この概要を図-3 に示す。この 3 項目を堺料金所からの「流入需要交通」を変数として算出する。

まず、①について、本モデルでは平面街路の交通状況をとらえる目的から料金所における待ち行列長の実測値が調査されている（昭和 60 年 2 月 28 日）。この待ち行列長を、大型車混入率を考慮した平均車間距離にもとづいて、以下の式により台数換算する。

$$\text{待ち台数} = \frac{\text{待ち行列長}}{OG \times 8.90 + (1 - OG) \times 4.97 + 2.50} \tag{1}$$

ここで、OG は大型車混入率である。ここでは調査結果にもとづき、大型車平均車長を 8.90m、普通車平均車

長を 4.97m、平均車間距離を 2.50m として待ち行列内部の平均車頭距離を求め、待ち行列長をこれで除すことにより、料金所での待ち台数を推定している。

なお、待ち台数は図-4 に示すように、5 分ごとに平均化された台数を基本とする。これをもとに、堺料金所におけるサービス時間（このモデルでは車両 1 台あたり 5 秒）を用いて時間費用を算出する。

つぎに、②については、全車両について 1 台あたり 600 円の高速道路利用料金を考慮する。

最後に、③について、シミュレーションモデルにおいては上流地点と下流地点を通過する車両の累積台数が等しくなる時間差として旅行時間が計算される。具体的には、堺料金所における流入需要交通量に対応する環状線合流部までの旅行時間として 5 分ごとに $t_1, t_2, t_3, \dots, t_{12}$ [分]を算出することができる。これより、時間価値を用いた費用換算値を算出する。

ただし、本研究のモデルはランプ間 OD 交通量の推計プロセスを持たず、各ランプの流入、流出交通量を入力値としている。したがって、特定の上下流 2 地点における累積交通量の比較から旅行時間を推定すると、途中の入路、出路での流入、流出により、誤差が生じることになる。そのため、仮想的に対象路線を走行する車両を 2 群に分け、一方の群は堺入路から環状線合流部までの全線を走行する車両のみで構成されるものとして、旅行時間の算定にはこの群の車両のみの累積交通量を用いている。なお、この 2 群の構成比率については実績値をもとに設定している。

(3) 時間帯別の混雑料金の算定と便益計算

前々節で述べた渋滞シミュレーションモデルを用いて対象路線の交通現象を記述する。

さきに述べたように渋滞シミュレーションにおいては 5 分ごとの堺集約料金所における流入需要交通に対応する環状線合流部までの旅行時間($t_1, t_2, \dots, t_{12}$)を算出することができる。また、同時に算出される堺料金所における待ち台数から待ち時間を算出することができる。これより、総交通費用 $TC(Q)$ は定義にしたがって、(1)式のように計算される。ただし、 P は道路利用料金 600[円/台]、 R は時間価値 80[円/分]、および w_n は堺料金所における平均待ち時間を表している。

$$TC(Q) = R \cdot \sum_{n=1}^{12} t_n Q_n + R \cdot \sum_{n=1}^{12} w_n Q_n + P \cdot \sum_{n=1}^{12} Q_n \quad (2)$$

(2)式の 3 つの項は、それぞれ本線上の旅行時間費用、料金所での待ち時間費用、道路利用料金を表している。たとえば現況の午前 8 時台の交通量を用いて算定をおこなうと、第 1 項（旅行時間費用）が 324 万円、第 2 項（待ち時間費用）が 116 万円、第 3 項（道路利用料金）が 134 万円となる。需要交通量の増大にともなって各項

の値はそれぞれ増加する。またその内訳をみると、交通量があまり大きくない場合には旅行時間費用の増加割合が大きく、混雑がさらに大きくなると待ち時間費用の増加割合が大きくなっている。

これにより、平均交通費用は次式のように計算される。

$$AC(Q) = TC(Q) / \sum_{n=1}^{12} Q_n \quad (3)$$

これより、この関係を満たす平均交通費用曲線を数値的に求める手順はつぎのようにまとめられる。

①対象とする各時間帯（午前 7 時～午後 12 時）における 5 分単位の堺集約料金所における「流入需要交通量 ($Q_1, Q_2, \dots, Q_{12}$)」を作成し、これに対して、それぞれ等割合の総流入需要交通量の変化を想定する。このときの割合 f を $f=0.1, 0.2, \dots, 2.0$ として 20 ケース設定した。したがって、その他のオンランプからの流入交通量、およびオフランプからの流出交通量は一定とし、変化させない。

②①の各ケースに対応する旅行時間をシミュレーションによって求め、各ステップごとに(2)式により平均交通費用 $AC(Q)$ を計算する。また、このとき同時に堺集約料金所における待ち行列も計算される。この待ち行列によって生じる待ち時間費用も平均交通費用 $AC(Q)$ に考慮する。

③②より得られる平均交通費用 $AC(Q)$ の値を順次プロットし、平均交通費用の変化を示す。

つぎに社会的限界費用 $SMC(Q)$ の算定をおこなう。この場合もシミュレーションモデルを用いて流入需要交通量を微小変化させたときの総交通費用 $TC(Q)$ の増分として計算する。ここでの微小変化としては 5 分単位の流入需要交通量が、それぞれ 1 台ずつ増加したものとする。したがって、ある単位時間帯において、 $\Delta Q=12$ [台/時]となる。これより、各時間帯を対象とした社会的限界費用は(4)式のように表される。

$$SMC(Q) = \frac{\Delta TC(Q)}{\Delta Q} = \frac{TC(Q+12) - TC(Q)}{12} \quad (4)$$

したがって、 $AC(Q)$ と同様に総流入需要を変化させ、 $SMC(Q)$ の値を順次プロットすることにより社会的限界費用の変化を示すことができる。これより、各時間帯に対応した費用関数を導出することができる。

つぎに交通需要関数 $P(Q)$ を導出する。ここでは既存研究を参考として次式のような線形関数を用いた⁷⁾。

$$P(Q) = \alpha + \beta Q \quad (5)$$

ここで、まずパラメータ β を決定するため、既存調査より得られた阪神高速道路堺線の「道路利用料金に対する交通量の弾性値」を用いる。この調査によれば、平成元年度平日の値として 0.2588 が得られている⁸⁾。しかしながら、この値は堺線の特典断面に対するものであり、本研究で対象としている堺料金所からの流入需要交通量に対するものではないため、現実との整合性に問題がある。なぜなら、ここでは特定の起終点（堺料金所から環状線）交通量のみを対象にしているにも関わらず、他の起終点（堺料金所以外のオンランプから環状線）交通量が影響するためである。しかしながら、流入需要交通量に対する値は一般的に実際の道路網においては観測不可能な値であるため、ここでは代替的な値として用いる。平成元年度以降の弾性値の変化がないものとして、(6)式の関係が得られる。

$$e = - \frac{dQ/Q}{dP/P} = 0.2588 \tag{6}$$

平成元年度以降の弾性値の変化がないものと仮定すると、(6)式に弾性値調査時（平成元年度）の道路利用料金 P （500 円）、および 1 日平均利用交通量（堺線上り堺集約料金所：平日）の時間係数による時間平均交通量 Q を代入することにより、パラメータ β が得られる。

つぎに、この傾き β が現在も変化していないものとして、現況（シミュレーション対象時点）の均衡点 E （図-1）において平均交通費用 $AC(Q)$ と交通需要 $P(Q)$ が一致することから、パラメータ α の値が決定される。

具体的に午前 8 時台を例とすると、まず、(6)式に弾性値調査時（平成元年度）の 8 時台の平均交通量 2,667 台、道路利用料金 500 円を代入することにより、需要関数の傾き $\beta=0.7244$ が決定する。つぎにこれを利用して、現在（シミュレーション対象時点）の需要曲線の切片 α を求める。すなわち、(7)式の Q に午前 8 時台の流入

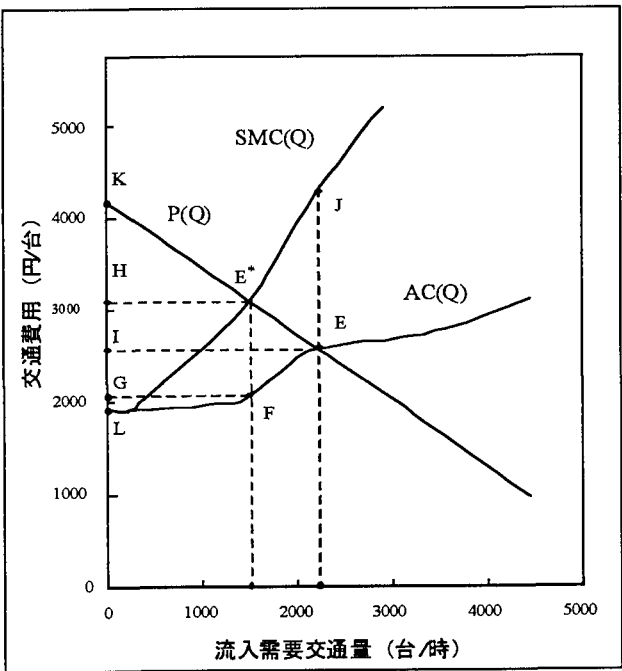


図-5 混雑料金による余剰（午前 8 時台）

需要交通量 2,229[台/時]（1997 年 10 月 14 日）、 $AC(Q)$ にシミュレーションを用いて計算される旅行時間、および待ち時間を時間価値により費用換算したものに利用料金を考慮した値 2,564[円/台]を代入する。

$$AC(Q) = P(Q) = (\alpha - 0.7244Q) \tag{7}$$

これより、パラメータ $\alpha=4,179$ が決定し、(8)式に示される交通需要関数が決定される。

$$P(Q) = 4179 - 0.7244Q \tag{8}$$

表－1 時間帯ごとの混雑料金等の計算結果

	午前 7 時台	午前 8 時台	午前 9 時台	午前 10 時台	午前 11 時台
現況流入需要 (台/時)	2871	2229	1873	1753	1547
最適流入需要 (台/時)	1970	1499	1227	1224	1000
SMC(Q*) (円/台)	3,584	3,093	2,951	3,368	2,813
AC(Q*) (円/台)	2,679	2,068	1,943	2,299	1,909
混雑料金 (円/台)	905	1,025	1,008	1,069	904
(総料金) (円/台)	1,505	1,625	1,608	1,669	1,504
社会的総余剰 (円/時)	3,129,973	2,350,525	1,862,583	2,025,033	1,365,000
消費者余剰 (円/時)	1,347,837	813,864	625,773	716,727	461,000
混雑料金収入 (円/時)	1,782,137	1,536,661	1,236,810	1,308,305	904,000
通行料金収入 (円/時)	1,182,000	899,400	736,200	734,400	600,000
通行料金収入変化 (円/時)	△ 540,600	△ 438,000	△ 387,600	△ 317,400	△ 328,200
総料金収入 (円/時)	2,964,137	2,436,061	1,973,010	2,042,705	1,504,000
総料金収入変化 (円/時)	▲ 1,241,539	▲ 1,098,661	▲ 849,210	▲ 990,905	▲ 575,800
混雑料金の社会的便益 (円/時)	790,339	632,542	546,300	476,069	434,181

他の対象時間帯についても同様な手順にしたがって、交通需要関数を導出することができる。なお、流入需要交通量がゼロとなるような場合の交通費用を表す、最大価格水準は対象時間帯において 3,700[円/台]から 5,000[円/台]程度と計算される。

このようにして導出された $AC(Q)$ 、 $SMC(Q)$ 、および $P(Q)$ を午前 8 時台を例として図-5 に示す。平均交通費用曲線は流入需要交通量が 2,000[台/時]を超えるあたりから変化率が小さくなっている。これは道路の容量制約に起因するもので、これ以降の増加は堺集約料金所における待ち時間の増加によるものである。このとき、混雑料金値としては 1,025[円/台]と計算される。また、消費者余剰は三角形 KE^*H で表され、約 81[万円/時]である。さらに事業者が得る混雑料金収入は長方形 HE^*FG で表され、約 154[万円/時]と計算される。したがって、社会的総余剰は消費者余剰と混雑料金収入の和（四角形 KE^*FG ）で表され、235[万円/時]となる。この値は、消費者余剰と生産者余剰の和（三角形 KE^*L ）に等しい。

つぎに、混雑料金が課されない場合との比較をおこなう。市場均衡における社会的余剰は三角形 KEL —三角形 JEL で表され、社会的最適点における社会的総余剰は三角形 KE^*L で表される。そのため、混雑料金を課さない場合における死加重(Dead Weight Loss)は、三角形 JEE^* で表される。すなわち、混雑料金を課すことによって得られる社会的便益は三角形 JEE^* で表され、ここでは 633[万円/時]となる。これらの結果を整理したものが表-1 である。

他の時間帯についても同様に混雑料金値等を算定することができる。このときの混雑料金等の計算結果を表-1 に併せて示す。混雑料金額は 904[円/台]から 1,069[円/台]の範囲であり、大きな相違はみられない。

4. 実用的な混雑料金の算定と便益計算

前章では旅行時間の推定値等にもとづき、時間帯ごとの平均交通費用曲線、社会的限界費用曲線、および交通需要関数を導出した。これより混雑料金水準、および便益を時間帯別に算定した。

しかしながら、現実的な混雑料金政策においては時間帯別の混雑状況を考慮したうえで、ピーク時間帯等の特定時間帯を対象とした混雑料金賦課がおこなわれる可能性が高い。そこで、本章では全対象時間帯（午前 7 時～午後 12 時）に対応した平均交通費用関数、社会的限界費用関数、および交通需要関数を作成し、これにもとづいた混雑料金の算定を試みる。なお、現況の交通量観測値をみると、対象路線においては午前、午後のそれぞれに交通量のピークが存在しており、対象時間帯（午前 7 時～午後 12 時）では恒常的に渋滞が発生している。

まず、対象時間帯ごとに計測した流入需要交通と平均交通費用 $AC(Q)$ の関係を同一平面上にすべてプロット

する。ここで最小二乗法を用いて、平均交通費用関数を指数型として求めると(9)式のようなのである。

$$AC(Q) = 1830.4e^{0.0001Q} \quad (9)$$

このとき誤差は重相関係数を用いて 0.8314 と計算される。また、関数型として指数型を用いることについては、一般に交通量の増加にともなって変化率も増加する点、さらに既存研究においても指数型として表現されることが多いという点などが挙げられる。

つぎに、社会的限界費用関数 $SMC(Q)$ は、(10)式のように定義されている。

$$SMC(Q) = \frac{d\{AC(Q)Q\}}{dQ} = AC(Q) + \frac{dAC(Q)}{dQ}Q \quad (10)$$

したがって、(11)式のように導出される。

$$SMC(Q) = 1830.4e^{0.0001(1+0.0001Q)Q} \quad (11)$$

一方、交通需要関数については時間帯ごとに関数形が決定していることから切片、および傾きを平均化し、全対象時間帯に対応したものとして作成すると(12)式のように表現することができる。

$$P(Q) = 4275 - 0.8258Q \quad (12)$$

以上により得られた、平均交通費用関数、社会的限界費用関数、および交通需要関数を用いて混雑料金を算定すると 684 円と計算される。社会的限界費用関数の導出方法の違いから時間帯ごとの算定結果に比べて混雑料金額としては低く計算されている。

さらに、交通需要関数について弾性値によって異なる関数を別に 4 ケース設定し、検討をおこなう。すなわち、これまでに用いた阪神高速道路堺線の「道路利用料金に対する交通量の弾性値」 $\epsilon=0.2588$ に対して、 $\epsilon=0.10$ 、 0.15 、 0.20 、 0.60 の 4 ケースを設定する。

このときの平均交通費用関数 $AC(Q)$ 、社会的限界費用関数 $SMC(Q)$ 、および基本ケースを含む 5 ケースの交通需要関数 $P(Q)$ の概要を図-6 に示す。弾性値が $\epsilon=0.10$ のとき最大価格 7,000 円を超えており、特殊なケースといえる。したがって、最大価格水準としては 3,500 円から 7,500 円程度の値を与えることになる。また、各ケースにおける混雑料金、および関連指標を表-2 に示す。各ケースにおける混雑料金値としては 619 円から 895 円の範囲であり大きな相違はみられない。しかしながら、

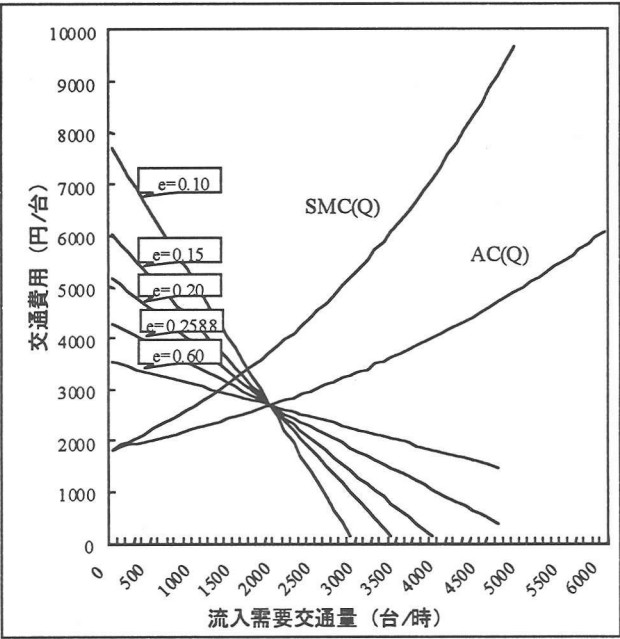


図-6 費用関数とケース別の交通需要関数

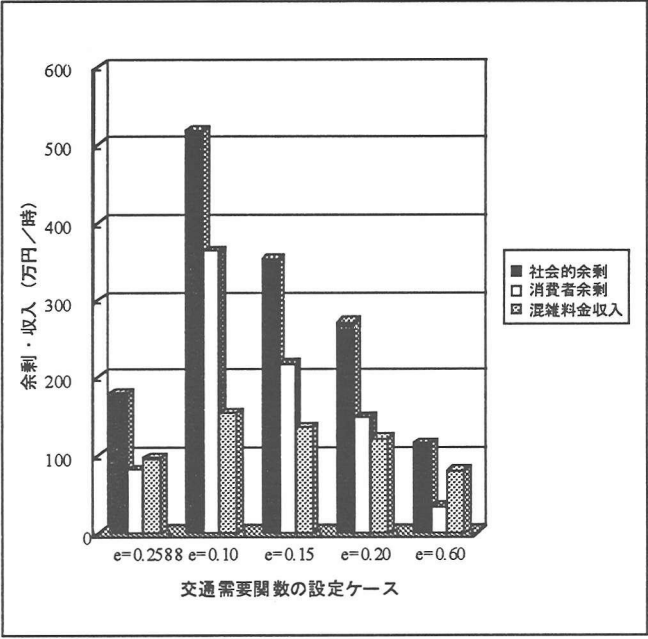


図-7 交通需要関数の各指標値への影響

消費者余剰に関しては交通需要関数の設定ケースによって大きな差が生じる。この概要を図-7 に示す。具体的には基本ケースにおける消費者余剰と比較すると、率にして約 41%から 444%、金額にして約 48[万円/時]から約 +282[万円/時]の幅があり、交通需要関数の設定が大きく影響している。余剰計算は混雑料金に限らず、各種政策をおこなうか否かの判断基準としても非常に重要な指標のひとつといえる。したがって、現実的な政策として混雑料金を考える場合には、交通需要関数について十分な検討をおこなう必要があるといえる。

5. 混雑料金の現象的考察

ここでは、前章の混雑料金に関する便益計算をはじめとする経済学的評価に加えて現象論的な考察をおこなう。

すなわち、混雑料金の導入がもたらす都市高速道路上の交通状況の変化について検討をおこなう。

前述のように当該時間帯（午前 7 時～午後 12 時）を対象に混雑料金 684 円が賦課された場合を考える。具体的には、このとき交通需要関数にしたがって流入需要交通量が 2,368[台/時]から 1,955[台/時]に減少する。したがって、混雑料金賦課によって流入需要交通が約 82%まで減少したことになる。この需要変化に対応して各時間帯においても流入需要が減少するものとする。

この流入需要交通量をデータとして用い、再びシミュレーション計算をおこない旅行時間を算出する。このときの対象時間帯の堺料金所から環状線までの旅行時間の変化を図-8 に示す。ここで午前 7 時台は混雑料金賦課開始直後であるため、7 時台以前の交通が影響し旅行時間の短縮量は小さい。しかしながら、8 時台に入ると時

表-2 交通需要関数によって異なる計算結果

弾性値 e	0.2588	0.10	0.15	0.20	0.60
現況流入需要 (台/時)	1922	1922	1922	1922	1922
最適流入需要 (台/時)	1410	1729	1635	1564	1302
SMC(Q*) (円/台)	3,111	3,481	3,369	3,285	2,993
AC(Q*) (円/台)	2,427	2,587	2,538	2,503	2,375
混雑料金 (円/台)	684	895	831	783	619
(総料金) (円/台)	1,284	1,495	1,431	1,383	1,219
社会的総余剰 (円/時)	1,785,209	5,183,560	3,526,475	2,712,111	1,149,081
消費者余剰 (円/時)	820,886	3,636,804	2,168,119	1,487,838	343,703
混雑料金収入 (円/時)	964,322	1,546,755	1,358,355	1,224,273	805,315
通行料金収入 (円/時)	846,000	1,037,400	981,000	938,400	781,200
通行料金収入変化 (円/時)	△ 307,200	△ 115,800	△ 172,200	△ 214,800	△ 372,000
総料金収入 (円/時)	1,810,322	2,584,155	2,339,355	2,162,673	1,586,515
総料金収入変化 (円/時)	▲ 657,122	▲ 1,430,955	▲ 1,186,155	▲ 1,009,473	△ 433,315
混雑料金の社会的便益 (円/時)	264,695	68,534	117,400	156,068	532,237

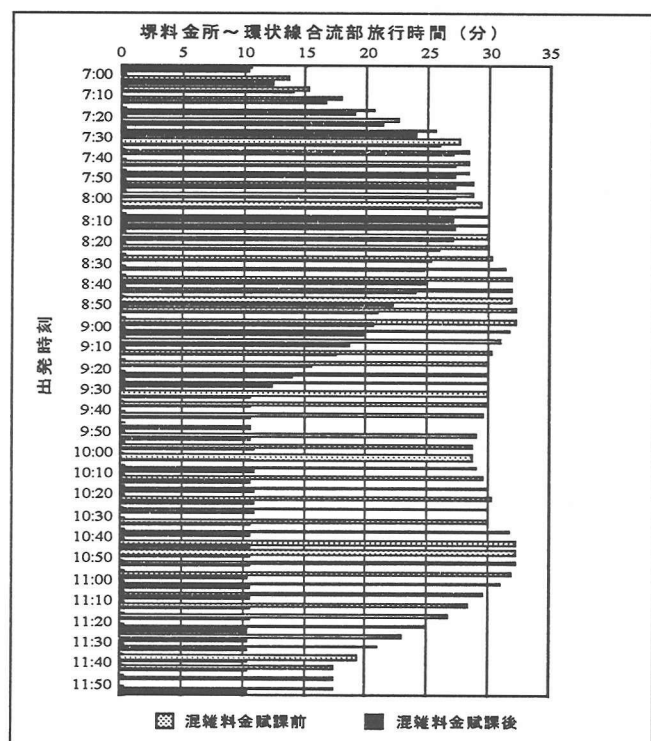


図-8 混雑料金賦課による交通状況変化(旅行時間)

間の経過とともに旅行時間の短縮量は大きくなり、最大20分程度短縮される時刻もある。

つぎに、混雑料金による渋滞状況の変化を指標として評価をおこなう。このとき混雑料金賦課前と賦課後の渋滞状況を比較する。この結果、渋滞時間で140[min/5h]、渋滞量で約750[km・h]減少する。なお混雑料金賦課後の9時40分以降では渋滞が解消している。

ただし、ここでは環状線の交通量は実績値から与えており、シミュレーションでの合流部の処理は環状線の走行車両を優先して通過させているため、堺線の渋滞状況は環状線の通過交通量に大きく依存する。そのため、さらに現実的なモデルとするためには、合流部での放射線、環状線の合流比率の設定方法を検討する必要がある。

本研究では、一般道路の交通条件と独立した形で交通需要関数を設定している。このため混雑料金の賦課は流入需要交通の大きな低下を与える結果が算定されるが、現実的には若干過大な評価となっていることに注意を要する。しかしながら、全般的には混雑料金賦課の混雑緩和への有効性は高いことがわかる。

6. おわりに

本研究では都市高速道路単路部を対象として渋滞シミュレーションモデルから算出される各種指標値をもとに混雑料金を算出し、対象道路(阪神高速道路堺線)においての効果を社会的余剰等の側面から検討した。

以上より、現実的道路を対象とした混雑料金の算定可能性が整理されるとともに、都市高速道路における混雑

料金政策の有用性について検討した。また、混雑料金を都市高速道路の料金政策として用いる場合の各種問題についても整理をおこなった。

具体的には、対象時間帯(午前7時～午後12時)について混雑料金額は904円から1,069円と計算され、各時間帯において大きな差は生じなかった。しかしながら、実際の混雑料金政策運用においては時間帯別の分析結果にもとづいてピーク時間帯を対象としたものになる可能性が大きい。そこで、つぎに拡大された時間帯を対象とした各交通費用関数、および交通需要関数を作成し、混雑料金の算定をおこなった。このとき、混雑料金額は684円と計算された。また交通需要関数を数ケース設定し、検討をおこなった。このとき、混雑料金額に大きな相違はみられなかったが、消費者余剰等は交通需要関数の設定に大きく依存することがわかった。

最後に混雑料金賦課前後の交通状況の変化をみた。具体的な指標として旅行時間、および渋滞長を用いた。この結果、混雑料金賦課によって旅行時間は時間の経過とともに短縮され渋滞長も減少することがわかった。

今後の課題として、つぎに示す2点が挙げられる。

- ①本研究では、都市高速道路を対象とした混雑料金について検討した。しかしながら、現実のロードプライシングを考えるためには都市高速道路と一般道路網を一体とする都市道路網としての検討が必要であり、このための広域的ネットワークに対応した分析方法の開発が必要である。
- ②混雑料金政策は現行のITS技術のなかで、ETCとの関連性が大きい^{9),10)}。ここで料金徴収上の問題は自動化によって解決される可能性が高い。しかしながら、都市高速道路の混雑問題は料金所での待ち行列よりも本線上の渋滞による影響が大きいため、料金所での処理効率の向上を図るETCの導入は必ずしも有効とはいえない。すなわち、都市高速道路では、単位時間あたりの料金所の通過台数が増大することにより、本線上の交通量が増大し、交通渋滞を悪化させることが予想される。そのため、今後ETCの技術的な進歩とともにより詳細な検討をおこなう必要がある。

最後に本研究を遂行するにあたり、資料収集に御協力頂いた阪神高速道路公団・(株)都市計画研究所に感謝の意を表す。また、研究における理論的検討に関して適切な御指摘を頂いた、大阪国際大学の山田浩之先生をはじめとする日本交通政策研究会「混雑問題研究会」の皆様

—参考文献—

- 1) 奥野正寛・篠原総一・金本良嗣(1989): 交通政策の経済学, 日本経済新聞社, pp.27-47
- 2) 文世一(1993): 超混雑の経済学的分析に関する一考察, 高速道路と自動車, 高速道路調査会, 第36巻, 第9号,

pp.16-22

- 3) 阪神高速道路公団・(社) 交通工学研究所(1981): 阪神高速道路の渋滞対策に関する調査研究報告書, pp.80-106
- 4) 井上矩之・秋山孝正・山西弘剛(1985): 都市高速道路の渋滞、旅行時間予測オンラインシミュレーションモデル, 昭和 60 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, IV-26
- 5) 佐佐木綱(1993): 都市高速道路の旅行時間予測システムによる情報提供に関する研究, 平成 3 年度科学研究費・試験研究(B)(1)研究成果報告書
- 6) 土田貴義・秋山孝正(1998): 渋滞シミュレーションモデルを用いた交通管理支援システム, 土木計画学研究・講

演集 21(1), pp.423-426

- 7) 五井直輝・秋山孝正(1996): シミュレーションモデルを用いた混雑料金の算定, 土木計画学研究・講演集 19(2), pp.865-868
- 8) 阪神高速道路公団(1994): 阪神高速道路の料金弾力性に関する調査研究報告書
- 9) 秋山孝正・五井直輝(1997): 渋滞シミュレーションモデルを用いた混雑料金水準の検討, 混雑料金の理論と適用可能性, 日交研シリーズ, A-229
- 10) 阪神高速道路公団・(社) システム科学研究所(1998): 都市高速道路における交通需要マネジメント研究会報告書

渋滞シミュレーションを用いた混雑料金に関する実証的分析

秋山孝正・五井直輝・小川圭一

近年、混雑と料金の関係について、多くの経済学的考察がおこなわれ、道路交通に対する混雑料金の賦課という交通調整策が検討されている。本研究では都市高速道路の混雑料金の算定において渋滞シミュレーションの利用を考えた。具体的には、阪神高速道路大阪堺線を対象として、各種の観測データをもとに平均交通費用曲線を推定し、当該路線に対する混雑料金水準を算定した。さらに混雑料金政策を導入した際の影響を社会的余剰と現実的な渋滞量の減少という点から計測した。これらより、都市高速道路に対する混雑料金政策の導入が有効であることがわかった。

Empirical Analysis for Congestion Pricing Using Traffic Simulation

Takamasa AKIYAMA, Naoki GOI and Keiichi OGAWA

Many economical considerations between congestion and price have been done. The practical road pricing techniques have been discussed as well. In this study, a traffic simulation model is used to calculate congestion price on urban expressway. The average cost function is estimated from the observed data on Osaka-Sakai route in Hanshin Expressway. The standard value of congestion price is estimated as well. In addition, the influence of introduction of road pricing is counted as social surplus and reduction of congestion volume. These results would show that the road pricing works effectively on the urban expressway.
