

柔軟な料金設定による都市高速道路の交通マネジメントに関する研究

御村 まゆ¹, 倉内 文孝²

¹学生会員 岐阜大学大学院 自然科学技術研究科環境社会基盤工学専攻 (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1)

E-mail: x4523036@edu.gifu-u.ac.jp

²正会員 岐阜大学教授 工学部社会基盤工学科 (〒501-1193 岐阜県岐阜市柳戸1-1)

E-mail: kurauchi@gifu-u.ac.jp

都市高速道路は循環機能を担う重要な社会インフラであるが、都心部への交通集中等により十分に機能を果たしていないケースも多く、その効率的な利用が必要である。本研究では、交通流シミュレータ「Heroine」に改良を加え、料金施策による高速道路本線と一般道路の交通状況変化を評価可能とした。シミュレータ結果より、料金を限界費用課金の概念を用いて設定し課金を実施したところ、旅行時間や平均走行速度が改善され、高速道路のより効率的な利用につながることを確認できた。さらに、一般道路から高速道路本線への利用変更が可能な機能を「Heroine」に追加し、減額と混雑課金を組み合わせた料金施策の実施による効果を検証したところ、料金収入の確保と一般道の交通状況改善を同時に実現しうる料金施策があることが確認できた。

Keywords: Traffic control, Marginal cost charging, Traffic flow Simulator Heroine, Hanshin Expressway

1. はじめに

都市高速道路は循環機能を担う重要な社会インフラであるが、交通集中等により十分に機能を果たしていないケースも多く、その効率的な利用が必要であるといわれている。本研究で取り扱う阪神高速道路では、これまで、入路閉鎖・ブース制限方式による流入規制や交通情報提供等で本線上の円滑性を確保してきた。しかし、交通情報提供による渋滞緩和は、阪神高速道路のような複数経路がほとんどないネットワークにおいてはその効果が限定的である。さらに、ETC が導入されたことで、ブース制限方式での流入制御が困難となるなど、流入交通量制御による交通規制手法は岐路に立っているといえる。

2008 年以降通勤時間帯の一般街路の混雑緩和、深夜時間帯の一般街路の交通騒音低減などさまざまな目的により、国土交通省が主導して多様な高速道路料金割引が導入されてきた。その際の料金割引施策前後での交通状況変化から料金割引が交通流に影響を及ぼすことが確認されている。また、国土交通省の「新たな高速道路料金に関する基本方針」¹⁾では、取り組むべき施策のひとつとして「各ルート料金に差を設け交通転換を促し、都心通過交通を抑制する」と記述しており、「近畿圏の新たな高速道路料金に関する具体方針(案)」²⁾では料金の 3 原則のひとつに「交通流動の最適化のための戦略的な料金体系」をあげている。このように、交通規制の手法として料金コントロール施策は注目されているといえる。また、交

通状況は時々刻々と変化するため、交通状況に応じた適切な課金設定により柔軟に交通をコントロールすることで最適な道路利用が実現されると考える。もし柔軟な料金設定により最適な交通状況を示すことができれば、それを用いて次善の施策を議論できる。以上のような背景を元に、本研究では交通状況に応じた適切な料金設定により柔軟的に都市高速道路を交通マネジメントする可能性について、検討することを目的とする。

既往研究としては、井ノ口³⁾の研究では、需要変動型確率的利用者均衡配分モデルを用いて、対距離料金設定による交通流動変化を分析し、利用台数、料金収入、平均利用距離、総走行時間、乗継交通量に対する車種別料金を提案した。その結果、対距離料金制では、上限額を抑えることが都市道路網全体の効率的運用につながる等の成果が得られた。一方、路線別料金設定など多様な料金ケースに関する検討が必要等の課題が残る。浅原⁴⁾は、料金設定実行時の社会的便益評価を近代的に推計する方法について議論し、多様な料金形態の考慮と具体的な設定形式の導出を可能とした。今後の検討課題としては、具体的な数値設定の手順と対応したモデル表現等があげられる。羅⁵⁾は時間帯別料金設定による交通需要分散効果を考慮した都市高速道路車種別通行料金決定モデルを構築し、総走行時間、総料金収入を目的関数とする 2 つの最適化問題により、料金について考察をおこなった。その結果、総走行時間最小化を目的関数とした際に得られる時間帯別料金を適用すると、高速道路料金

が安く設定されることで総料金収入は減少するが、一般道路の利用者減少が確認された。これに料金収入制約を課すことで、料金収入を確保しつつ一般道路の混雑緩和に寄与し得る料金パターンを確認した。今後、コストパラメータの推定や、実ネットワークにおける施策評価が求められる。高木ら⁶⁾は、設定された課金領域への流入時にその都度課金が生じるコードン型方式と対象領域内で全ての走行に対して1日単位で課金が生じるエリア型方式の2つの課金方法で課金領域の最適化を図った。その結果、最適化領域が都心中心部から偏った領域となったため、領域を円形にした場合で再分析をおこない、社会余剰の上昇率が100%を下回ったことから、領域最適化の重要性が示唆された。しかし、ヒューリスティックな解法に基づいた一都市の事例であること、静的交通量配分を用いている等の課題も残る。これらの既往研究の整理より、高速道路料金の検討に関する研究分野では、それぞれの料金設定方法や目的に応じた効果検証はなされているものの、より幅広い料金設定の考慮、実ネットワークによる実際の交通状況に適した料金設定方法の検討が必要であることがわかった。そのため、本研究では交通流シミュレーションモデルを用い、実ネットワークにおいて交通状況に応じた柔軟な料金設定の可能性について検証する。

本論文の構成は以下の通りである。1.では本研究の背景を述べた。続いて2.では本研究で取り扱う交通流シミュレータモデル「Heroine」と新たに追加したモデルについて説明する。3.では限界費用課金の概念を用いた混雑課金実施による影響を評価し、混雑課金、減額を組み合わせた料金施策による評価を交通状況変化の把握を通しておこなう。4.では、時々刻々変化する交通状況に応じて課金する動的課金について論じる。最後に5.において本研究の成果をとりまとめ、今後の課題を示す。

2. 改良版 Heroine の概要

2.1 高速道路利用需要予測モデル

井戸ら⁷⁾は、ETCデータを用いた高速転換率式を構築し、構築されたモデルにより料金変更による交通需要変化を表現したうえで、ネットワーク有効活用のための高速料金デザインモデルを構築した。ここではまず、高速転換率式について説明する。離散選択モデルの代表的なものとしてLogitモデルが挙げられる。しかし、Logitモデルで得られる選択確率は単純に経路コストの絶対差によって決定されるため、同じ絶対経路コスト差で経路を区別できないという問題点が存在する。この問題を緩和できるアプローチとして確率的効用内の誤差項がワイブル分布によって表現されるWeibitモデルが挙げられるが、Weibitモデルで得られる選択確率は単純に経路コストの相対差によって決定されるため、同じ相対経路コスト差

で経路を区別できないという問題点が存在する。そこで先行研究ではXu⁸⁾らが提案したLogit-Weibitモデルの絶対・相対的コスト差を考慮したハイブリッド経路選択モデルを使用し、料金改定前後における高速転換率式を構築した。(1, 2式)モデルの検証では、仮想・実ネットワークの双方においてユーザークラスごとにパラメータ推定を実施し、概ね良好な精度を示した。

$$P_{wb} = \frac{x_{wb}}{x_{w0}} = \frac{\exp(\theta V_{wb})(-V_{wb})^{-\gamma}}{\exp(\theta V_{wb})(-V_{wb})^{-\gamma} + \exp(\theta V_{ws})(-V_{ws})^{-\gamma}} \quad (1)$$

$$P_{wa} = \frac{x_{wa}}{x_{w0}} = \frac{\exp(\theta V_{wa})(-V_{wa})^{-\gamma}}{\exp(\theta V_{wa})(-V_{wa})^{-\gamma} + \exp(\theta V_{ws})(-V_{ws})^{-\gamma}} \quad (2)$$

- ただし
- P_{wb} : 料金改定前の1時間ごとのランプ間ODペア w の高速道路選択確率
 - P_{wa} : 料金改定後の1時間ごとのランプ間ODペア w の高速道路選択確率
 - x_{wb} : 料金改定前の1時間ごとのランプ間ODペア w の交通量
 - x_{wa} : 料金改定後の1時間ごとのランプ間ODペア w の交通量
 - x_{w0} : 1時間ごとのランプ間ODペア w の潜在最大交通量
 - V_{wb} : 料金改定前の1時間ごとのランプ間ODペア w の高速道路効用
 - V_{wa} : 料金改定後の1時間ごとのランプ間ODペア w の高速道路効用
 - V_{ws} : 1時間ごとのランプ間ODペア w の一般道路効用
 - θ : 分散パラメータ
 - γ : 形状パラメータ

2.2 交通流シミュレータ Heroine

本研究では、先行研究の課題である「一般道路を含めた施策評価」、「交通量変化に伴う交通状況変化の考慮」を可能とする交通流シミュレータ「Heroine (Hanshin Expressway Real-time Observation-based & Integrated Network Evaluator)」を用いる。「Heroine」とは、リアルタイムに収集される交通管制データを入力データとして取り入れ、道路ネットワーク上の交通状態を予測及び評価し、事故・落下物による日々の渋滞に対する入路閉鎖等の交通管制業務の支援、新たな道路を整備した場合の評価、補修工事における交通影響検討や予測情報提供等多

くの目的のために構築されたシミュレーションモデル⁹⁾である。対象道路網は阪神高速道路と競合・補完する一般道路であり、一般道路については経路選択等で取り扱う一般道路のみを考慮しており、**図-1**の通り、大阪市、北大阪、東大阪、南河内、泉北、泉南、阪神間臨海、阪神間内陸、神戸市の9エリアに分割されている。「Heroine」の最大の特徴は、ランプ入口で一般道路への迂回を含めた経路選択が可能なこと、施策を実施したことによる阪神高速道路の交通状況変化だけでなく一般道路の交通状況変化も表現可能な点である。「Heroine」のモデル構造

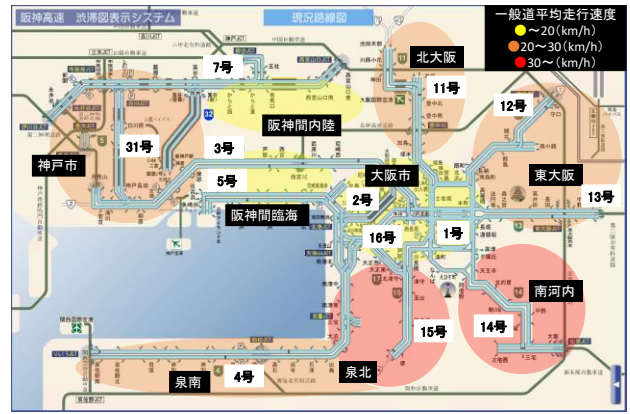


図-1 対象ネットワーク図

(**図-2**)について説明する。まず、交通状況データより、初期状態として初期ブロック状態、初期車両状態を生成する。次に道路ネットワークデータを用い、ダイクストラ法¹⁰⁾に基づく最短経路探索とその組合せにより各経路群候補を生成する。さらに、初期設定と、流入交通量によりフロー予測を行うが、この時、高速道路上は「ブロック密度法」、一般道路上は「インプットアウトプット法」に基づいて車両を進行させる。ここで生成されたフローをもとに入路閉鎖等の流入制御等の規制を行うことも可能である。高速道路本線の交通密度-速度関係式はDrake式が用いられている(**図-3**参照)。また、経路選択については、入路での経路選択は、「入口経路選択モデル」に基づき計算された経路選択確率により、そのままの入路から阪神高速道路を利用する「予定入路」、ひとつ先の入口を利用する「代替入路迂回」、一般道を利用する「非利用迂回」の各経路より1つを選択する。乗継経路選択については、「乗継経路選択モデル」に基づき計算された経路選択確率により「非乗継経路」「乗継を含む経路」より1つの経路を選択する。入力データは、リンクテーブル(距離、路線No、車線数)、料金所テーブル(料金所No、ブース数、最大待ち行列、料金所名)、時間帯車種別流入需要データ、天候情報、障害・規制情報、出力データは阪神高速道路の路線情報(流入台数、渋滞量、総走行台キロ、総旅行時間、平均走行速度)、区間情報(区間名称、区間交通量、平均走行速度)障害情報(程度、発生時刻、解消時間)、入路制御情報(入口番号、制御開始時間・終了時間、開口ブース数)、ETCランプ間情報(料金、距離、経路リンク)、一般道路の旅行時間、速度、走行台キロ等が用意されている。さらに、渋滞図表示システムというアプリケーションを用いることで、シミュレーション結果の交通状況をネットワーク図上に簡易的に表現することも可能であり、視覚的に交通状況の変化を確認することができる。

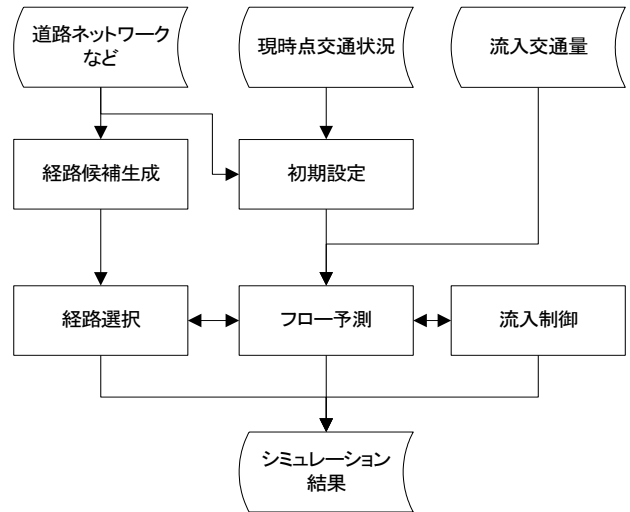


図-2 Heroine のモデル構造

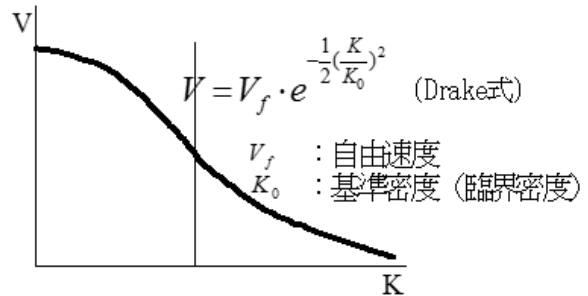


図-3 K-V 図 (Drake 式)

2.3 Heroine の改良

本研究では「Heroine」に新たにふたつのモデルを導入した。**図-4**一つ目は、交通状況などに応じ、ターミナルチャージ、距離チャージを設定可能な「料金デザイン

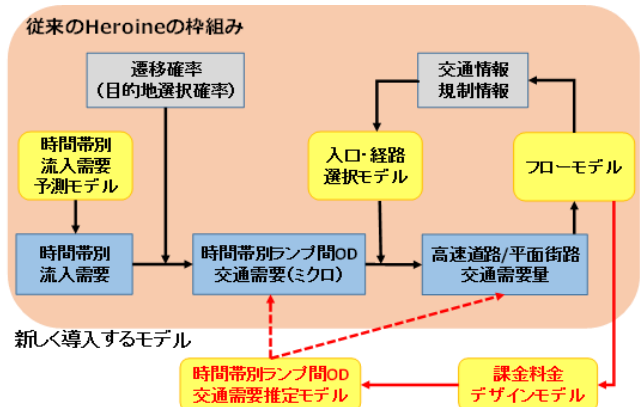


図-4 改良版 Heroine の概要

モデル」である。二つ目は、先行研究の課題の一つである交通量変化を考慮するために、「料金デザインモデル」で決定される料金と、所要時間などにより高速道路／一般道路の交通需要を推定する「時間帯別ランプ間 OD 交通需要推定モデル」である。この二つのモデルの導入により、様々な料金体系による交通状況変化を検証することが可能となる。なお、従来の Heroine では、阪神高速道路本線から、一般道へ降りるケースは表現可能であったものの、一般道から阪神高速道路への移動を表現できていなかった。そのため、にさらに一般道からの吸い上げ機能を追加することで、減額時の本線、一般道の交通状況についても考慮可能とした。以上の改良を加えたものを「改良版 Heroine」と呼ぶこととする、

3. 混雑課金による交通状況変化

3.1 限界費用課金を用いた課金額の設定方法

混雑課金について、理論的には利用者の負担が社会的限界費用と等しくなるように料金設定をおこなえば良い。社会的限界費用とは、1 台の交通量増加による社会的総費用の増加分を指し、ガソリン、時間費用、タイヤの磨耗等の利用者自らが負担する費用と、舗装の損傷、大気汚染、騒音等の環境悪化、混雑の増加等の外部費用を考慮したものとなる。外部費用とは発生者が費用を負担せずに第三者へ負担させるときの費用のことであり、この外部費用を道路料金として徴収すれば、利用者の負担が社会的限界費用と等しくなり、最適な交通量が達成できる。これを外部費用の内部化という¹¹⁾。本研究ではまず外部費用の中でも、最も損失額の大きい混雑の増加分を課金の指標として用いることとする。

混雑課金額 cc の算出方法について、以下の(6)式から、(9)式を使用する。「Heroine」で設定されている K-V 式は 3 章で説明したように、Drake 式で設定されている(式(6)参照)。この、Drake 式で設定されている走行速度式 v と区間距離 l を用いて区間全体の旅行時間を示したものが式(7)である。ここで、1 台車両が増加したときの路線全体の時間増加分は、(7)式を k で微分したものになる。そして、(8)式に時間価値 VOT を乗じることで、混雑課金額の算出式は(9)式となる。

$$v = V_f e^{-\frac{1}{2} \frac{k}{k_0}} \quad (6)$$

$$t = \int (k) = \frac{\Delta l}{v} = \frac{\Delta l}{V_f e^{-\frac{1}{2} \frac{k}{k_0}}} \quad (7)$$

$$k = \Delta l \frac{dt}{dk} \quad (8)$$

$$cc = \frac{k^2 \Delta l^2}{k_0^2 V_f e^{-\frac{1}{2} \frac{k}{k_0}}} VOT \quad (9)$$

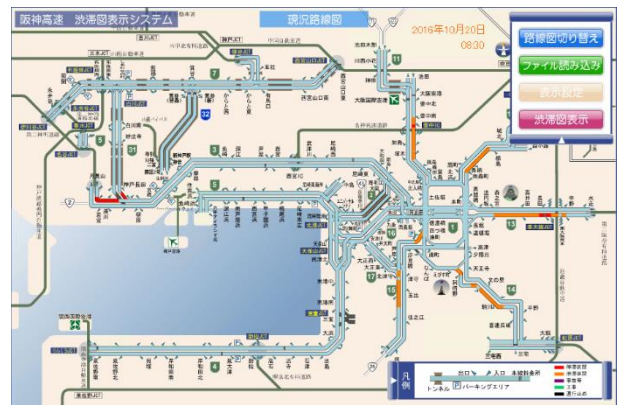


図-5 シミュレーションによる阪神高速道路渋滞図

表-1 混雑課金額

	8時台	9時台	10時台
11号池田線	49.8	48.8	
13号東大阪線	26	64.6	60

ただし、
 v : 走行速度
 t : 走行時間
 k : 密度
 l : 路線距離
 V_f : 自由速度
 k_0 : 臨海密度
 VOT : 時間価値 45.78(円/台・分)¹²⁾

ここで、(6)式の数値をとり k について展開すると(10)式になり、これを(9)式に代入すると(11)式になる。よって混雑課金額 cc は、速度 v の関数として表すことができる。

$$k^2 = 2k_0^2 (\ln V_s - \ln V) \quad (10)$$

$$cc = \frac{2(\ln V_f - \ln v) \Delta l^2}{v} VOT \quad (11)$$

この混雑課金 cc を使って、渋滞箇所、時間帯に課金処置をおこなうこととする。図-5 に、2012 年の対距離料金において「改良版 Heroine」でシミュレーションを実施した結果を示す。このケースでは、朝夕の通勤時間帯で特に 11 号池田線、13 号東大阪線で特に深刻な渋滞発生を確認した。そのため、この 2 路線について区間走行速度と(11)式を用いて課金額 cc を決定し(表-1)、課金による交通状況変化を分析する。

3.2 混雑課金による交通状況の改善結果

混雑課金実施前後の全時間帯総旅行時間の比較を図-6 に示す。本線と一般道を合わせた総旅行時間は課金により減少しており、本線は 1,028 (千時) 減少、一般道は 48 (千時) 増加している。これより、課金によって一般道の旅行時間は多少増加するが、本線の減少値がそれを上回り、ネットワーク全体としての評価では交通状況が改

善されたといえる。つぎに、図-7において平均走行速度を示す。本線では9時から12時にかけて走行速度が改善しているが、16時から19時の間で若干速度が低下している。つまり、午前は課金による波及効果により速度が改善されたが、午後は反対に波及効果により速度が低下しているといえる。一般道の速度は10時台で少々低下しているが、大きな変化は見られない。図-8より、路線ごとの平均走行速度の変化率をみると、12号守口線と14号松原線では走行速度が低下しているが、どちらも60km/h前後での変化にとどまっている。午前中に関しては池田線と東大阪線の走行速度が大幅に改善しているが、その他の路線に目立った悪影響はないといえる。図-9をみると、もともとの流入台数が少ない16号大阪港線湾岸と2号淀川左岸線の変化率が大きくなっているが、実質の台数的にそこまで多くはない。反対に、課金を実施した11号池田線と13号東大阪線は、変化率は少ないが、実質台数は大きく減少していることになり、図-8で示す速度改善につながっていると考えられる。また図-10に示す総旅行時間では、本線と一般道を合わせた旅行時間の減少は時間が経つにつれて大きくなっている。これは例えば10時台ならば、8時台、9時台の課金による波及効果を受けているためである。図-11では路線ごとの総旅行時間の比較をおこなっているが、ここでも同じことがいえる。

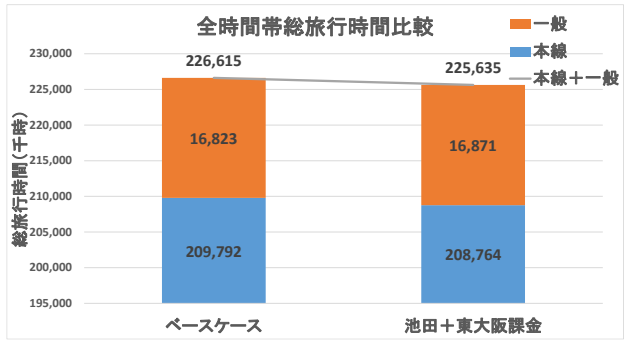


図-6 課金前後の総旅行時間比較

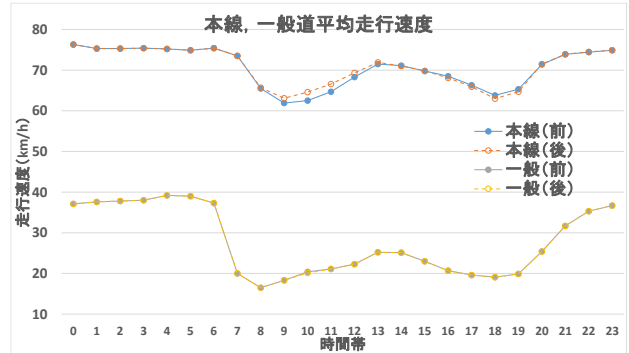


図-7 課金前後の平均走行速度比較

以上より、混雑課金による本線、一般道合わせた交通状況変化を確認した結果、100円未満の課金でも実際に阪神高速道路で発生している渋滞には効果があることをシミュレーション上で確認することができた。

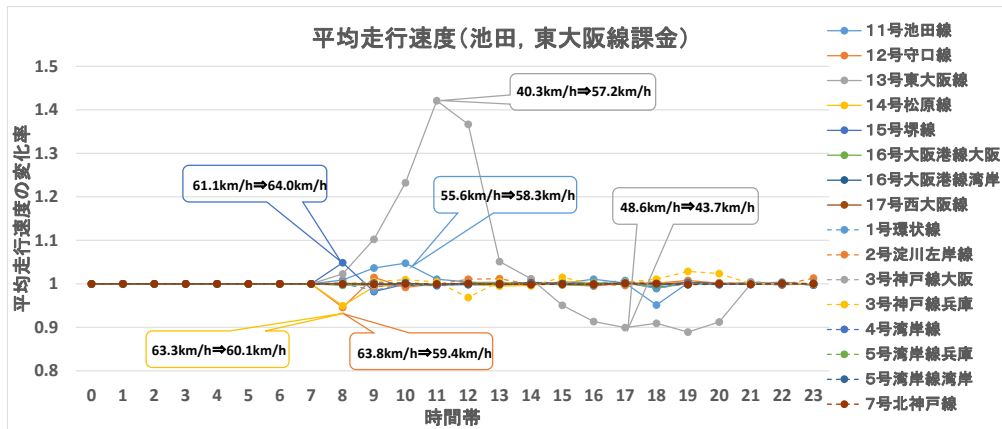


図-8 課金前後の路線ごと平均走行速度変化率

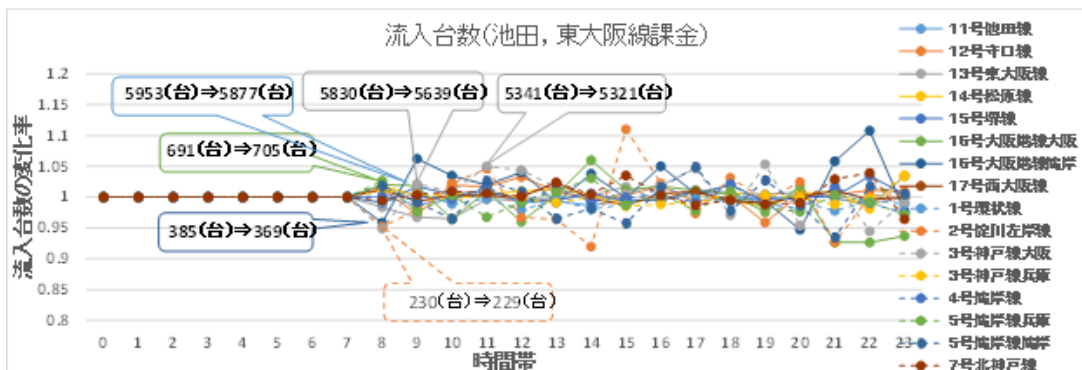


図-9 課金前後の路線ごと流入台数変化率

4. 減額を組み合わせた施策検討

4.1 減額方法

ここまでは、混雑課金による交通挙動変化を検証してきた。しかし、混雑している区間を一方的に課金する方法は、社会的合意を得ることが困難である。また、一部区間ではそれほど混雑していないことから、高速道路をより有効的に活用するためには、交通量の少ない区間の減額についても考慮する必要がある。なお、3.1 で示した課金額算定方法は、密度-速度曲線が単調減少関数である以上マイナスの課金額、すなわち減額を考慮することはできない。そのため、ここではまずすべての区間において現状のターミナルチャージから一律の金額（10 円、20 円、40 円、60 円）を差し引き、「改良版 Heroine」でシミュレーションをおこない、その時に混雑している箇所には混雑課金を課金することで本線の利用を増やし、かつ渋滞を抑えることが可能か検証をおこなうこととした。

4.2 減額+課金による交通状況変化

減額による流入台数の変化を図-12 に示す。減額、減額+課金ともに、減額の金額が大きくなるほど流入台数が増加している。ここで、図-13 より 60 円減額+課金の時の各路線の流入台数変化率を見ると、減額によりほとんどの路線で流入台数が 5%~10%増加しているが、11 号池田線、13 号東大阪線では流入台数が減少している。よって、減額+課金により路線全体としては流入台数を増加させ、混雑区間のみ流入台数を抑えることができたといえる。次に、旅行時間の変化を見ると、図-14 より 20 円減額までは、減額+課金により総旅行時間は base 時よりも少なくなっている。図-12 の結果とあわせて、流入台数は増加しつつ総旅行時間が減少しているため、比較的短距離の交通の利用が増加したと考えられる。また、旅行時間が増加しているケースも増加流入台数と比較すると、1 台当たりの所要時間は課金前後ともに 18 分前後と悪影響はほとんど存在していない。さらに、一般道の旅行時間を見ると減額により、全ての施策において同様に改善されていることがわかる。一般道の交通状況変化については図-15、図-16 より、減額をしたことで泉北や大阪市の平均走行速度が改善したことがわかる。減額+課金の場合でも、東大阪線や、北大阪市以外のエリアの路線はほとんどが改善傾向である。さらに、表-2 より施策ごとの料金収入を見ると 10 円減額+課金では base 時と比べて料金収入が増加しており、その後は減額が大きくなるほど収入が少なくなっているが、60 円減額でも料金収入は 2%程度しか減少しておらず、減額をおこなった場合でも一定の収入を確保できることが確認できた。以上より、減額と課金を組み合わせることで、料金収入を確保しつつ、本線、一般道を合わせた交通状況改善の可能性を示すことができた。

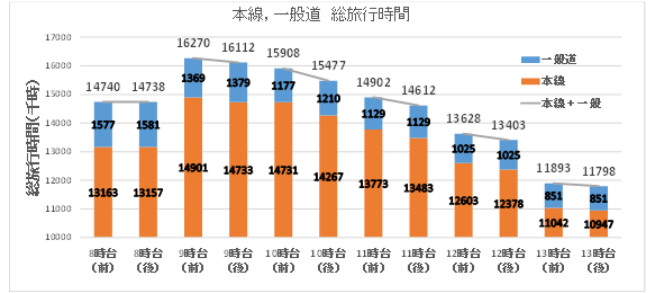


図-10 課金前後の時間帯別総旅行時間比較

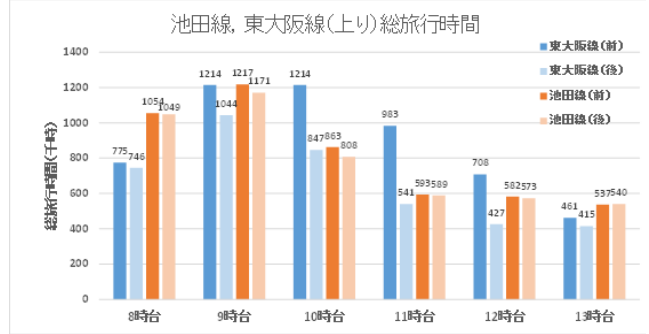


図-11 池田線, 東大阪線路線別総旅行時間比較

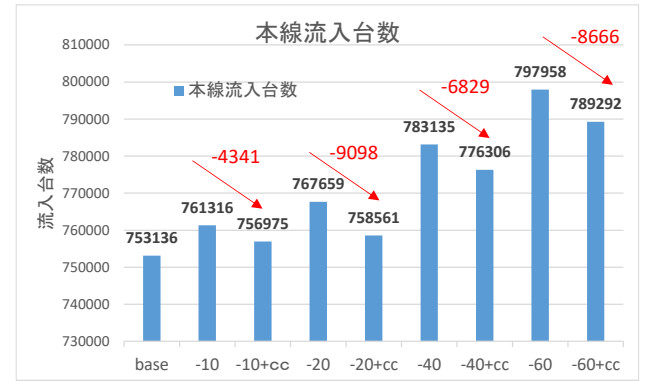


図-12 減額による流入台数の変化

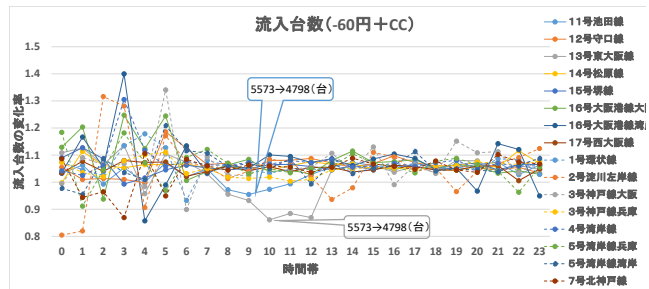


図-13 減額による路線別流入台数の変化率

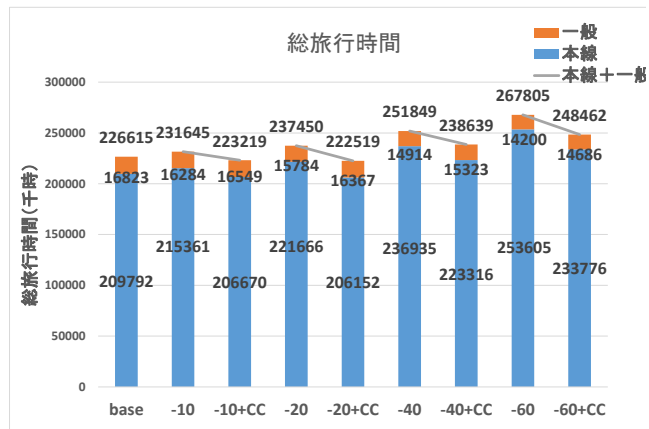


図-14 施策前後の総旅行時間比較

5. 動的課金

5.1 課金方法

4章の検討は、一度 Heroine を実行した上で混雑区間を同定し、その区間を利用する OD ペアに課金の形で利用料金を再設定し Heroine を再実行しその結果を考察している。これは、例えば一般的な混雑状況を元に課金額を設定するような状況といえる。一方で、交通流シミュレーション上では時々刻々変化する交通状況に応じて課金をすることも可能である。本章においては、これを「動的課金」と称してその効果を検証する。阪神高速道路では、交通状況を「停滞」(15km/h 未満)、「渋滞」(15km/h 以上 40km/h 未満)、「混合」(40km/h 以上 60km/h 未満)、「自由流」(60km/h 以上) の4段階に分類されており、また区間速度は交通流シミュレーションの出力結果として得られる。本研究では、課金対象を「渋滞」および「停滞」とし、各 OD ペアに対し、最短経路探索結果から得られる阪神高速道路利用経路について「渋滞」あるいは「停滞」と判断された距離を求め、単位課金額 (円/km) を乗じることとした。ここで、本研究で仮定している高速道路の利用・非利用モデルは、利用者はあらかじめ利用料金を認識した上で高速道路の利用・非利用を選択しているものとしている。つまり、利用者は、OD ペアごとに異なる料金が時間的に変化していることを十分認識していると仮定している。これらの仮定は現実的とはいえないが、このようなきめ細やかなコントロールが実現可能な状況を表現できれば、その最善な交通状況に現実的施策による交通状況がどの程度近づくか見ることができ、施策の効率性を把握する際の有用な情報提供になり得ると考えられる。そのため、理想的な条件下で動的課金が実施できるとしたケースとして、5分ごとに更新される交通状況に応じて次の5分のための課金額を決める、5分間更新のケースと、現実的な課金ケースとして、1時間ごと、毎正時の交通状況に応じて課金額を決定し、それを1時間継続するものを1時間更新ケースとし比較することとする。なお、課金額計算においては、全てのODペアそれぞれに課金額を計算する必要があるため、かなりの計算負荷となる。そのため、まずは1時間後との更新間隔で最適な課金単位数を考察し、その重金額を元に更新時間間隔の違いによる影響を分析する。

5.2 1時間更新の課金による効果

課金額の設定にあたり、3.1で考察した混雑課金額とその際の平均渋滞長を計算し、渋滞長 1km あたりの課金額を算出した結果、おおよそ 5~10 (円/km) が混雑課金額として算定されていた。よって、検証対象とする課金額を表-3通りとした。また、大型車の課金額は単純に普通車の2倍とし、「停滞」は「渋滞」の2倍としている。

まず、図-17より各ケースの総旅行時間を比較する。こ

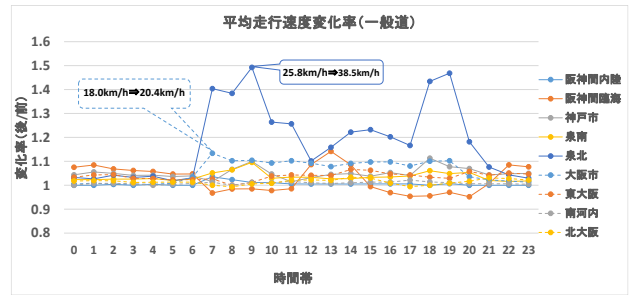


図-15 base と-60円減額の平均走行速度変化率

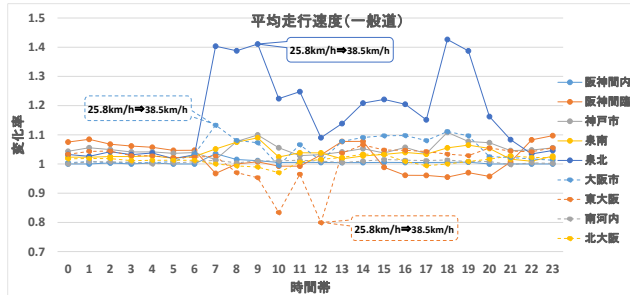


図-16 base と-60円+ccの平均走行速度変化率

表-2 施策ごと料金収入 (千円)

	base	-10+cc	-20+cc	-40+cc	-60+cc
料金収入	563,942	564,110	561,775	554,826	549,328

表-3 単位距離あたりの課金額の設定 (円/km)

ケース名	普通車		大型車	
	渋滞	停滞	渋滞	停滞
Case a	5	10	10	20
Case b	10	20	20	40
Case c	20	40	40	80
Case d	30	60	60	120
Case e	40	80	80	160

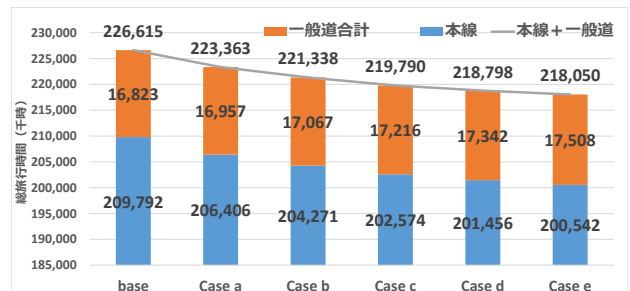


図-17 総旅行時間比較 (1時間料金変化)

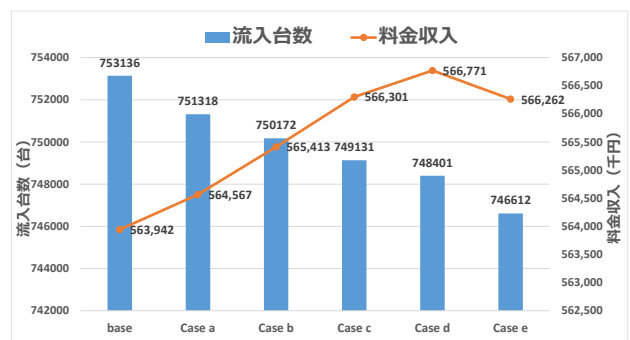


図-18 料金収入, 流入台数比較 (1時間料金変化)

こでの Base とは課金なしのケースに対応する。総旅行時間の減少は課金額を増加させる分だけ大きくなるのがわかる。図-18 の料金収入、流入台数の推移を見ると、Case e までは、課金額を増加させることで高速道路流入台数は減少するものの、料金収入は増加し、それ以上課金額を上げれば料金収入は徐々に減少する結果となった。

5.3 更新時間間隔による効果の比較

Case a の場合について、課金額の更新時間を 5 分とした Case a5 と比較することとする。シミュレーション計算の結果、5 分更新では 8:10 から課金が発生し 20:20 までほとんど課金が発生した。一方、1 時間更新では 9~20 時のうち 13, 14 時を除いて課金が発生した。つまり、5 分更新の方が 8 時台の渋滞、停滞に対応し課金が発生していたこととなる。また、5 分更新の最高課金額は、109.62 (円)、1 時間更新の最高課金額は 128.58 (円) と、時間更新時間が短いときめ細やかな制御が可能となり、渋滞緩和に関与でき、課金額の最大値を小さく抑えることができたと考えられる。次に、図-19 の路線全体の総旅行時間を見てみると、Base と比較して 5 分更新の方が、旅行時間減少量が多いことがわかる。ここで 5 分更新が最適な交通状況とすると、1 時間更新の効果は 45%程度となることがわかる。図-20 の走行速度では、課金による一般道への時間的な悪影響はほとんど存在しないことがわかる。また、本線の走行速度を見ると、5 分更新では 8 時台から課金が発生するため、8 時台から速度改善効果が見られる。次に、料金収入、流入台数について確認すると、図-21 より Base と比較して 1 時間更新、5 分更新ともに流入台数が減少している。特に 5 分更新の減少は 1.23%とかなり大きいといえる。一方、料金収入はどちらも増加しており、5 分課金の方が 1 台当たりの課金額は少ないが全体の料金収入としては 1 時間更新よりも増加する結果となった。また、5 分更新と 1 時間更新を比較すると、5 分更新は 1 時間更新の 1.5 倍程度の総課金額ではあるものの、本線流入台数は 3.14 倍抑制することができ、その結果 2.21 倍の時間短縮効果が実現できているといえる。

6. まとめ

本研究では、交通流シミュレータ「Heroine」に新たに「料金デザインモデル」と「時間帯別ランプ間 OD 交通需要推定モデル」を追加し、さらに高速道路本線から一般道路への経路選択を可能に「Heroine」を改良した。これにより、一般道を考慮した戦略的な高速道路料金の効果検証を可能とした。また、混雑課金の概念を用いて課金額を決定し、11 号池田線、13 号東大阪線に課金施策をおこなった時の交通状況変化について分析した。シミュレーション結果より、特に混雑が発生している路線につい

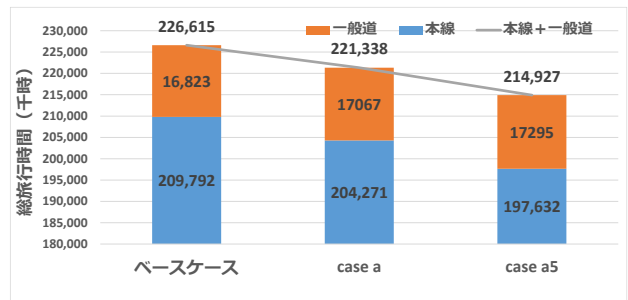


図-19 更新時間間隔と総旅行時間の関係

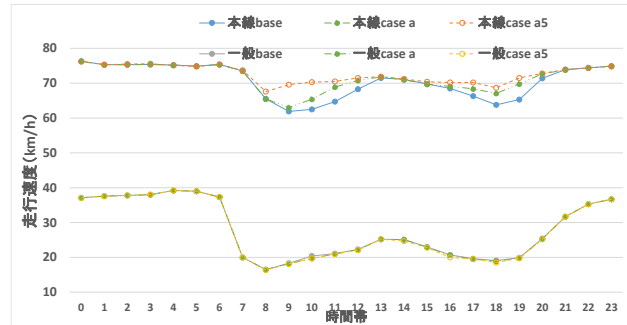


図-20 更新時間間隔と走行速度の関係

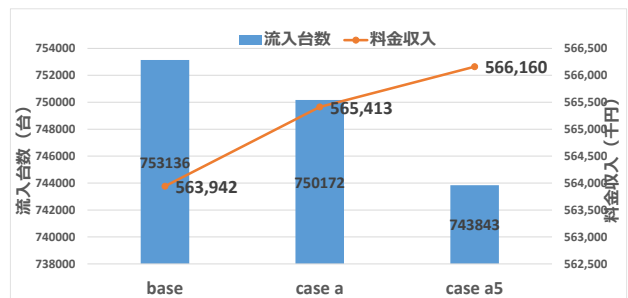


図-21 更新時間間隔と流入台数、料金の関係

て、混雑箇所、時間帯に対しピンポイントで課金を実施すると、課金対象路線の交通状況が改善され、課金をおこなっていない路線への影響が存在することがわかった。また、課金を実施した時間帯の交通状況の改善に加え、その後の時間帯の交通状況にも影響を及ぼすことが確認できた。また、減額と混雑課金を組み合わせた料金施策についても検証した。その結果、減額により流入台数は増加するが、部分的に混雑課金をおこなうことで、渋滞している箇所は流入を抑え、余裕のある路線で流入を促すことが可能となり、最終的な結果としてベース時より効率的な交通状況となることが確認できた。さらに、課金による交通状況変化をフィードバックさせ、シミュレーション結果上で得られる交通状況に応じて課金額を設定する、動的課金の検討をおこなった。その結果、課金額の時間間隔によって効果が大きく変化することを確認し、より短期間できめ細かい料金変更が効果的であることが明らかとなった。

最後に今後の課題としては、その他の社会的限界費用の考慮として安全面を考慮した事故リスクや、環境面を考慮した大気汚染物質排出量などを料金指標として導入

し、視野の広い最適な交通状況を表現していく必要があること、料金を動的に変化させることに対するドライバーの認知と反応行動についてさらに検証する必要がある。

謝辞

本研究は、阪神高速道路株式会社との共同研究として実施し、あわせて JSPS 科研費 15H04057 の助成を受けたものである。記してここに謝意を示す。

参考文献

- 1) 国土交通省 道路局：新たな高速道路料金に関する基本方針，平成 25 年.
- 2) 国土交通省 道路局：近畿圏の新たな高速道路料金に関する具体方針(案)，平成 28 年.
- 3) 井ノ口弘昭，秋山孝正：需要変動型確率的利用者均衡配分モデルによる都市高速道路の対距離料金の検討，土木学会論文集，D3，Vol. 70，No. 5，pp.I_1119-I_1125，2014.
- 4) 浅原麗，秋山孝正，井ノ口弘昭：都市高速道路の実証的料金設定についての方法論的研究，第 31 回交通工学研究発表会論文集，pp. 285-289，2011.
- 5) 羅罕勛，宇野伸宏，嶋本寛，中村俊之，山崎浩気：需要の時間分散を目指した都市高速道路の車種別料金決定モデル，土木計画学研究・講演集，Vol. 47，CD-ROM，2013.
- 6) 高木良太，円山琢也，溝上章志：混雑課金領域の形状制約を考慮した最適設計手法の構築と適用，土木学会論文集 D3，Vol. 70，No. 1，pp.88-101，2014.
- 7) F. KURAUCHI and H. IDO: Estimation of The Expressway/Surface Road Choice Model Using Logit-Weibit Hybrid Model, Proceedings of the 22nd International Conference of Hong Kong Society for Transportation Studies(HKSTS), 2017.12.
- 8) Xu,X., Chen, A., Kitthamkesorn, S., Yang, H. and Lo, H.K.: Modeling absolute and relative cost differences in stochastic user equilibrium problem, Transportation Research, 81B, 686-703, 2015.
- 9) Saita, K., Kurauchi, F., Okushima, M. and Uno, N.: Establishment of HEROINE, 9th World Congress on ITS, 2002.
- 10) Dijkstra, E.W., :A note on two problems in connexion with graphs, Numerische Mathematik, 1:269.271, 1959.
- 11) 文 世一，高速道路料金の理論と実際，高速道路と自動車，vol.60 No.7 ,p.5-p.9,2017 年 7 月.
- 12) 国土交通省 道路局 都市地域整備局；費用便益分析マニュアル，平成 20 年 11 月

A STUDY ON TRAFFIC MANAGEMENT OF URBAN EXPRESSWAY BY FLEXIBLE TOLL SETTING

Mayu MIMURA and Fumitaka KURAUCHI

Urban expressway is an important social infrastructure that plays a role in circulation. However, in many cases, the function is not fully fulfilled due to concentration of traffic to the central part of the city. It is necessary to use it efficiently. In my study, improve the traffic flow simulator "Heroine" and made it possible to evaluate the traffic situation change of the expressway main road and general road by fee measures. Based on the simulator results, when we set the fee by using the concept of marginal cost accounting and charge it, we confirmed that travel time and average driving speed were improved, leading to more efficient use of expressways. In addition, we added a function that can change usage from general road to main road of expressway to "Heroine". Furthermore we verified the effect of implementation of fee measures combining reduction and congestion accounting. As a result, it was confirmed that there are fee measures that can simultaneously realize toll revenue and improve traffic conditions on the surface road.