

首都高における混雑課金による余剰への影響分析

大瀧逸朗*1 今西芳一*1 内山直浩*1 根本敏則*2 宮武宏輔*3

株式会社 公共計画研究所*1、一橋大学*2、流通経済大学*3

首都高では平成 28 年 4 月に料金制が改定されたところである。さらに今後、需要や混雑状況に応じて混雑区間利用ルートと混雑区間非利用ルートとで料金差を設ける等の将来イメージが示されている。本研究では、首都高において混雑課金制度を導入した場合の影響について、余剰の観点から分析した。具体的には、中央環状線の内側を走行する車両に対して、通行料金に上乗せして混雑料金を徴収することを想定した。そして、現行料金制をベースとし、混雑課金が導入された場合の余剰の変化を分析し、混雑課金のあり方について検討・考察をした。

Effects of Shutoko's Congestion Pricing on its Surplus

Itsuro Otaki*1 Yoshikazu Imanishi*1 Naohiro Uchiyama*1 Toshinori Nemoto*2 Kosuke Miyatake*3

Public Planning & Policy Studies, Inc.*1, Hitotsubashi University*2, Ryutsu Keizai University*3

Abstract In April 2016, a new toll system was introduced to Tokyo Metropolitan Expressway (Shutoko). Further revision of toll system is already being discussed, including a congestion pricing where toll rates are dynamically differentiated between congested routes and other non-congested routes depending on the traffic demand and congestion levels. This study analyzes effects of surplus assuming the congestion pricing is introduced into Shutoko. Specifically, we assumed the vehicles running inside the Central Circular Route are surcharged when congested. We then analyzed the surplus that this congestion pricing may generate against the current toll system as a baseline scenario, and discussed best possible congestion pricing in the future.

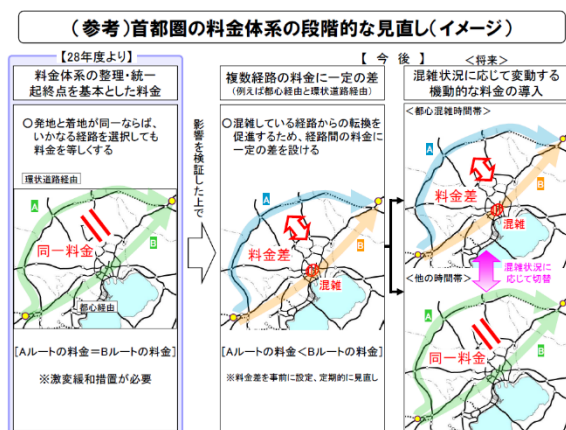
Keyword: *Surplus analysis, Congestion charging, Tokyo Metropolitan Expressway*

1. はじめに

平成 28 年 4 月から首都圏の高速道路では新たな料金制度（以下、新料金制と称す）が導入された。これまで道路会社や路線によって異なっていた料金体系が原則として統一され、走行距離に応じた、かつ、同一起終点間で同一の料金制度となった。国土交通省発表の資料（2016）には、「①都心通過から外側の環状道路へ交通が転換し、首都高速の渋滞が緩和」、「②首都高速の短距離利用増加で、一般道が円滑化」の効果が示されている。前者は、環状道路の利用が増えることで都心交通が減少し、渋滞損失時

間が増えたことを示している。後者は、前者による都心交通の減少に加えて短距離利用の料金引き下げにより、都心部で短距離利用が増加し、一般道の渋滞が緩和したことを示している。すなわち、これらの現象は、料金制度の変更がドライバーの経路選択に影響しうることを示している。

このように新料金制の導入によって一定の効果が見られたが、現行制度が完成ではない。国土交通省の資料（2015）では、下図のように今後は渋滞状況に応じて経路間に料金差を設けたり、リアルタイムで料金差を設定したりすることで、段階的に料金体系を見直すことを検討している。



出典：国土交通省道路局資料（2015）

図1 首都圏の料金体系の段階的な見直し（イメージ）

新料金制による効果が確認されてきてはいるものの、今後導入を検討している経路間の料金差については新たな知見が求められている。首都高速道路（以下、首都高と称す）においては新料金制によって渋滞損失時間が約9%減少したと上記資料では示されているが、1日あたり29,700台・時間もの渋滞損失時間が発生している。この多くが都心に近い区間で発生している渋滞がもたらしていると考えられる。実際に、平成27年3月の中央環状線（以下、C2と称す）全通により、C2内側の利用交通量が約5%減少したことで、渋滞損失時間が約半減され（首都高速道路株式会社（2015））、C2内側の交通が渋滞に大きな影響を与えていることが考えられる。

そこで、本研究では首都高においてC2内側を混雑エリアと見なし、C2内側に混雑課金が課された場合の影響を分析する。筆者らの一連の研究（今西ほか（2016）、大瀧ほか（2015）、Otaki, et.al（2016））を踏まえ、首都高において距離帯別料金制が導入された前後の利用台数データ（首都高速道路株式会社（2013、2014））を用いて、ドライバーの迂回行動を考慮に入れ、現行の新料金制に混雑課金が導入された場合の影響を余剰の観点から分析を行う。

2. 先行研究整理

首都高における料金制度変更による余剰への影響について筆者らの一連の研究を以下で整理する。今西ほか（2016）では、料金圏別均一料金制から平成24年1月1日に距離帯別料金制に移行した際の社会的余剰の増加を試算した。大瀧ほか（2015）及びOtaki, et.al.（2016）では、さらに並行一般道をモデル化し、

一般道利用者を含めた場合でも社会的余剰の増加を確認した。さらに、ラムゼイ価格の適用によって、首都高会社の料金収入を減らさずにさらに社会的余剰が増加する料金体系が存在することを示した。

本研究では、本モデルで分析対象としてこなかった新料金制、及び、C2内側に混雑課金をした場合の料金制（以下、混雑課金制と称す）の分析を行う。

これまで、首都高全体の距離帯別利用台数データを用いて分析を行った。すなわち、距離帯の数だけ市場が存在し、利用者は各距離帯の市場において、その距離帯を首都高または一般道のいずれかを走行することを選択している状況を想定した。このモデルでは、料金変更による利用距離や経路の変更を反映することができなかった。また、使用したデータが首都高全体の距離帯別利用台数であり、利用した路線（旧料金圏である東京線、神奈川線、及び埼玉線）や利用出入口が分からなかった。

本研究ではこれまでとは異なるデータを使用する。首都高速道路株式会社が出版した「首都高速道路交通起終点調査 報告書」の第27回及び第28回報告書では、ネットワークは同一であるが、距離帯別制の導入前後のOD間利用台数が掲載されている。さらに、複数の出入口を「渋谷線-外」や「都環-東」といった36のブロックに束ねたランプブロック間ODの利用台数が掲載されている。本研究では後者のランプブロック間OD表のデータを用いて分析する。

3. 想定するネットワーク

3-1 利用パターンの分類

本研究では、首都高の実際のネットワークを可能な限り単純化して分析を行う。想定する混雑課金の対象エリアはC2内側のみであり、極端に示せば下図のようなネットワークで分析する。

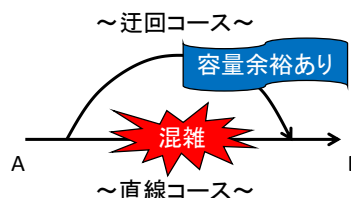


図2 最も簡略化した首都高ネットワーク

すなわち、ネットワークの中心部分を走行する場合、混雑する区間を走行する直線コースと、交通容量に比較的余裕のある迂回コースの2種類が存在すると考える。A地点からB地点への移動を図示して

いるが、ドライバーによっては目的地が混雑する区間の内側にあるかもしれないし、出発地・目的地がともに混雑する区間の内側にあるかもしれない。一方、混雑する区間をそもそも通らない A 地点付近の短距離利用も考えられる。本研究では、首都高利用の大半を占める、旧料金圏区分の東京線利用者のみを対象とし、以下の4つの利用パターンに分類する。分析は①～③の利用パターンのみを対象とする。

表1 利用パターンの分類表

利用パターン	説明
①内内利用	OD がともに混雑課金対象区間内にある
②内外利用	O が混雑区間外にあり D が混雑区間内にある (反対方向の移動も含む)
③外外利用	OD が混雑区間を跨いでともに混雑区間外にある
④その他利用	OD がともに混雑課金対象区間外であり、かつ同一ランプブロック間の移動である場合や、神奈川線及び埼玉線の利用

「首都高速道路交通起終点調査 報告書」のランプブロック間 OD 表を用いて、各 OD ペアに該当する利用パターンを割り当てる。さらに、これら各利用パターンについて、下図に示すようにドライバーの選択肢を2つずつ設定する。

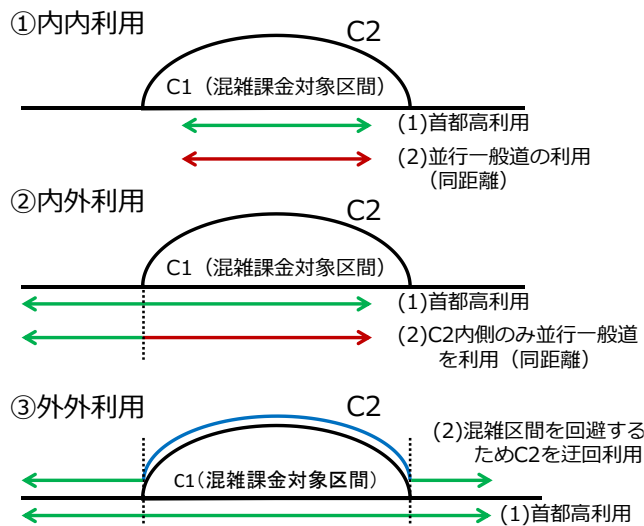


図3 利用パターン別のドライバーの選択肢

すなわち、利用パターン別の選択肢の内容は下表に示す通りである。なお、東京線の利用のみに限定する理由は以下の通りである。複数の路線を対象とした場合、距離帯別制導入前に同一走行距離でも路線毎に料金が異なり、弾力性や需要関数等の推計の際に多くの場合分けが必要になるが、東京線のみに限

定しても全利用台数の約7割を占めるため、首都高の多くの部分を説明できると考えられるためである。

表2 各利用パターンのドライバーの行動の選択肢

利用パターン	選択肢
①内内利用	(1)首都高を利用する (2)並行一般道を利用する (同距離)
②内外利用	(1)首都高を利用する (2)C2 外側のみ首都高を利用し、C2 内側は並行一般道を利用する (同距離)
③外外利用	(1)首都高を利用する (混雑区間利用) (2)首都高を利用するが、混雑区間を回避するために C2 を利用する

3-2 利用パターン別の設定事項

3-1 で示したように、①～③の3つの利用パターンのみを対象とする。分析対象とする3パターンは、全ランプブロック間 OD ペアのうち約半分を占め、利用台数ベースでは約3分の2を占め、1日あたり約66万台(距離帯別制導入前)のボリュームである。

以降の余剰分析にあたり、各利用パターンの各選択肢について、走行距離及び旅行速度を設定する必要がある。以下で設定の考え方及び方法を述べる。

(1) 走行距離

走行距離は利用パターン別に2段階のプロセスで算出する。まず、ランプブロック毎に代表出入口を設定し、代表出入口間の距離を検索する。距離検索は当時のネットワークを想定してWebサイトにより行う。そして、各ランプブロックの利用台数で加重した走行距離の平均値を利用パターン別に算出する。

次に、算出した平均走行距離を、C2 内側、C2 外側、及び一般道に配分する。ここで、②内外利用の C2 内側走行距離は大橋 JCT~銀座間、③外外利用の C2 内側走行距離は西新宿 JCT~堀切 JCT 間(都心環状線経由)の距離に代表させる。ただし、③外外利用の C2 迂回の場合は、同区間の C2 経由での距離とする。算出した走行距離の設定値を下表に示す。

表3 各利用パターンの選択肢別区間別走行距離の設定値

利用パターン		全走行距離(km)				
		うち首都高				うち一般道
			C2内側	C2迂回	C2外側	
①内内利用	(1)首都高	9.6	9.6	9.6	-	-
	(2)一般道	9.6	-	-	-	9.6
②内外利用	(1)首都高	18.2	18.2	10.8	-	7.4
	(2)首都高+一般道	18.2	7.4	-	-	7.4
③外外利用	(1)首都高	25.1	25.1	20.1	-	5.0
	(2)首都高+C2迂回	26.8	26.8	-	21.8	5.0

(2) 平均旅行速度

本研究では、距離帯別制導入、新料金制導入及び混雑課金制導入の3度の料金体系変更による影響を分析対象としているが、速度変化は混雑課金制導入前後のC2内側についてのみ生じると仮定する。

平成22年度道路交通センサスの箇所別基本表を用いて、利用パターン別、選択肢別、課金前後別に3段階のプロセスで平均旅行速度を算出する。まず、各レコードに、「C2内側」、「C2外側」及び「C2」の情報を付与する。一般道の場合は、区の面積の半分以上がC2内側に含まれている千代田区等の全11区内に観測地点がある場合に「C2内側」と判断した。

次に、区間延長と平均旅行速度の数値を用いて各レコードに旅行時間の情報を付与する。平均旅行速度は、課金後のC2内側については「昼間非混雑時の上下線のうち遅い方の速度」を用い、その他の場合は「混雑時の上下線のうち遅い方の速度」を用いて算出する。

第3段階として、利用パターン別、選択肢別、課金前後別に合計延長及び合計旅行時間を集計することで平均旅行速度を算出する。ここで、C2内側の課金後については、混雑課金によって首都高全体の平均速度になると仮定する。算出結果を下表に示す。

表4 各利用パターンの選択肢別区間別旅行速度の設定値

利用パターン		選択肢(1)	選択肢(2)
①内内利用	C2内側(課金前)	26.6	15.1
	C2内側(課金後)	47.0	15.1
②内外利用	C2内側(課金前)	26.6	15.1
	C2内側(課金後)	47.0	15.1
	C2外側	52.2	52.2
③外外利用	C2内側(課金前)	26.6	-
	C2内側(課金後)	47.0	-
	C2外側	52.2	52.2
	C2	-	46.5

3-4 選択肢別の利用台数の算出方法

本研究で使用するデータでは、並行一般道の利用台数や、途中で一般道に降りた台数、C2に迂回した台数は把握できない。そこで、把握可能な利用台数がOD間の移動に占める割合(①内内利用では首都高分担率)を算出することで、それらを推計する。

分担率の算出に際し、時間価値分布を検討する。すなわち、2つの行動選択肢の一般化費用が等しくなるような時間価値(均衡時間価値)を算出し、均衡時間価値よりも時間価値の低い人は一般道利用、高い人は首都高利用と考える。実際の世帯所得分布を用いて対数正規分布に従うと仮定して時間価値分布を設定し、均衡時間価値よりも低い利用者の割合、

すなわち分担率を算出する。算出した分担率を基に、距離帯別制導入前時点での各選択肢の利用台数を推計する。算出のイメージ図を以下に示す。

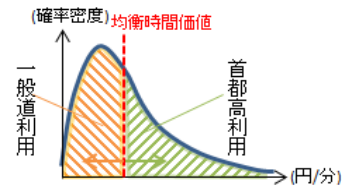


図4 選択肢別分担率の算出イメージ

なお、一般化費用の一部に含まれる燃料費用については、国総研資料第671号(2012)を基にして推計した燃料消費率を使用して算出した。

4. 余剰の計算方法

本研究では、社会的余剰を消費者余剰と生産者余剰との和として表現する。選択肢(1)の首都高利用者については、金本(1996)等で示される消費者余剰アプローチをベースに、供給者側の項を考慮して算出する。首都高利用者の消費者余剰は距離帯別制導入前後の利用台数と料金の変化から推計する需要関数を用いる。下図に消費者余剰の算出イメージ(料金低下の場合)を示す。

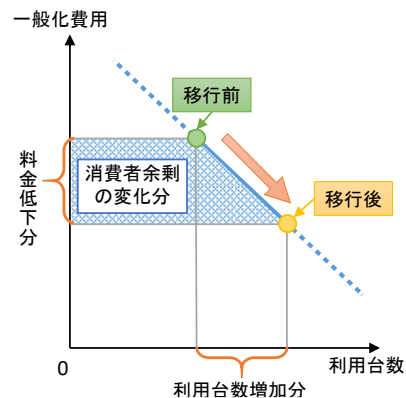


図5 消費者余剰の算出イメージ

生産者余剰は料金収入と燃料税収入から首都高のみに生じる維持修繕費用を減じたものとする。課金後にはこれに混雑課金収入が加えられる。燃料税収入の算出は、ガソリン税(円/L)に使用燃料量を乗じて算出する。維持修繕費用は、首都高道路株式会社が公表している2008~2012年度の維持修繕費と走行台キロから台キロ当たり維持費を推計して算出した。

一方で選択肢(2)の利用者(一般道利用者、一部一般道利用者、C2迂回利用者)については、利用台数

の算出方法が選択肢(1)利用台数に依存しており、需要曲線が不明である。そのため、消費者余剰は合計一般化費用の負値と、低下により消費者余剰増加を表現するものとする。生産者余剰は、燃料税収入を基本とするが、②内外利用及び③外外利用については首都高を利用した距離に関して料金収入と維持修繕費用が発生するとした。以上を下表に示す。

表 5 社会的余剰の内訳

計上対象	消費者余剰	生産者余剰	
		首都高会社	政府
選択肢(1)首都高利用者	需要関数から推計	料金収入＋混雑課金収入－維持修繕費用	燃料税収入
選択肢(2)一般道利用者等	総一般化費用(負値)	(首都高利用のみ)料金収入－維持修繕費用	燃料税収入

5. 料金制度変更による余剰変化

5-1 新料金制導入

以下では、首都高における料金体系変更による社会的余剰の変化、及び C2 内側を対象として混雑課金を導入した場合の社会的余剰の変化を分析する。

首都高では、平成 28 年度には距離帯別制から上下限を拡大した対距離制にシフトしており、現在も運用されている(新料金制)。新料金制導入による社会的余剰の変化を下表に示す(表 6)。社会的余剰は 0.6%増加した。短距離ドライバーにとっては値下げ効果があり、①内内利用と②内外利用では消費者余剰の増加と生産者余剰の減少が見られた。一方で、長距離の③外外利用の消費者余剰は減少し生産者余剰は増加したが、前者の効果が大きく、全体としては消費者余剰が増加し、生産者余剰は減少した。

表 6 新料金制導入による余剰の変化率

利用パターン	余剰の内訳	新料金制
①内内利用	消費者余剰	2.8%
	生産者余剰	-18.8%
	社会的余剰	0.3%
②内外利用	消費者余剰	15.7%
	生産者余剰	-7.5%
	社会的余剰	2.5%
③外外利用	消費者余剰	-4.3%
	生産者余剰	6.7%
	社会的余剰	-0.5%
合計	消費者余剰	2.5%
	生産者余剰	-3.6%
	社会的余剰	0.6%

5-2 混雑課金導入

(1) 混雑課金額の設定

混雑課金の導入による効果を分析するに際し、まずは混雑課金額の設定が必要である。そこで、実際に運用されている海外事例を参考にする。

米国の SR-91 では、エクスプレスレーン(カリフォルニア州オレンジ郡)という課金対象区間が延長約 16km にわたって存在している。料金は曜日・時間・方向により変動し、深夜等閑散時で約 10 円/km、最高で約 70 円/km が設定されている。

同じく米国のメトロ・エクスプレスレーン(カリフォルニア州ロサンゼルス)では、料金は交通量に応じて変動している。料金の設定範囲は約 18~94 円/km である。

我が国では既に 1km あたり 29.52 円の通行料金が課されており、上記 2 事例と近い水準とするために、混雑課金額を 50 円/km と設定する。この場合、①内内利用は 480 円、②内外利用は 540 円、③外外利用は 1,010 円が課されることになる。

(2) 混雑課金制導入効果

上記の設定により混雑課金制導入による社会的余剰の変化について試算結果を示す(表 7)。

表 7 混雑課金制導入による余剰の変化率

利用パターン	余剰の内訳	混雑課金
①内内利用	消費者余剰	0.1%
	生産者余剰	88.2%
	社会的余剰	8.3%
②内外利用	消費者余剰	-35.4%
	生産者余剰	58.1%
	社会的余剰	12.6%
③外外利用	消費者余剰	-23.1%
	生産者余剰	89.4%
	社会的余剰	18.8%
合計	消費者余剰	-13.3%
	生産者余剰	75.5%
	社会的余剰	13.0%

混雑課金制導入により、社会的余剰は 13.0%増加した。額ベースでは、1,718 百万円/日から 1,942 百万円/日に約 2.2 億円/日の社会的余剰の増加が見られた。この内訳をみると、消費者余剰が 13.3%減少し、生産者余剰が 75.5%増加したことから、混雑課金収入によるところが大きいと考えられる。混雑課金によって都心の利用台数が減少することで得られる、旅行速度の上昇(26.6km/h から 47.0km/h に上昇すると設定)による時間費用の減少分が、利用台数減少による消費者余剰減少分を打ち消す水準には至らなかった。この場合、混

雑課金制の導入に対してドライバーから理解を得ることが難しいと考えられるが、一方で、得られた混雑課金収入を何らかの形でドライバーに還元することで、理解の促進は可能であると考えられる。例えば、ネットワーク整備やボトルネック箇所の拡幅、ランプ増設、深夜割引等が挙げられる。

(3) 混雑課金区間の回避状況

本研究のモデルでは混雑課金制によって社会的余剰は増加した。一方で、②内外利用においては、混雑課金が課される区間の直前で首都高を降りて一般道を利用する人や、③外外交通においては、混雑課金区間を経由せずに C2 を利用して迂回行動をとる利用者が増加すると考えられる。このような行動をとった利用者の割合の変化を示す。②内外利用については、C2 の外側から走行してきた C2 内側は一般道を使う利用者の割合は約 11%増加した。また、③外外利用については、都心を通らず C2 を走行して迂回する利用者の割合が約 8%増加した。混雑課金によって都心通過路線から迂回路線への転換が生じ、結果として社会的余剰が増加したと言える（表 7）。

6. 結論と考察

首都高の C2 内側において混雑課金を課した場合の影響について、首都高の東京線（旧料金圏の区分）利用者を 3 つの利用パターンに分類し、社会的余剰、及び都心環状線を回避して C2 で迂回する利用者の割合の変化を分析した。

混雑課金額を米国の事例を参考に 1km あたり 50 円と設定して試算した結果、混雑課金制の導入により社会的余剰は増加し、C2 を迂回利用する車両の割合は 2 倍強の約 14%に増加した。

この結果から得られる混雑課金制導入による効果を以下に整理する。(a) 社会的余剰は増加した。(b) 消費者余剰は減少したため、新たに加えられた混雑課金収入をドライバーに還元することが制度導入に向けて必要である。(c) 都心に発着地を持たないが都心を通行（通過）する車両を減らすことができる。

7. 今後の課題

本研究では新たに利用パターン別の市場を有するモデルをトライアルとして開発したため、簡略化した箇所がいくつかある。以下、列挙するが、これらの課題の克服を通じ、混雑課金導入による効果についてさらに知見が深まると考える。①大型車の考慮、②利用台数に応じた旅行速度の設定、③混雑課金の内生化による最適混雑課金水準の導出、④選択肢(2)利用者の台数及び消費者余剰の適切な算出、⑤時間帯別あるいは交通量に応じた混雑課金。

参考文献

- 1) 今西芳一・内山直浩・大瀧逸朗・中拂諭・根本敏則（2016）「料金体系変更による社会的余剰への影響～首都高の距離別料金導入をケーススタディとして～」、『計画行政』第 39 巻第 2 号、p.49~55
- 2) 大瀧逸朗・今西芳一・内山直浩・中拂諭・根本敏則（2015）「高速道路料金体系変更による一般道を含めた余剰への影響～首都高の距離別料金導入に伴う社会的余剰変化～」、第 13 回 ITS シンポジウム、2015.12.3~4、首都大学東京
- 3) 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 A シリーズ』日本交通政策研究会
- 4) 首都高速道路株式会社（2013）「第 27 回首都高速道路交通起終点調査 報告書 平成 23 年 11 月調査」
- 5) 首都高速道路株式会社（2014）「第 28 回首都高速道路交通起終点調査 報告書 平成 23 年 11 月調査」
- 6) Otaki, I., Y. Imanishi, K. Miyatake, T. Nemoto, N. Uchiyama (2016), "Effects of the change of toll system on social surplus: A case study of distance-based toll in Tokyo Metropolitan Expressway," 14th World Conference on Transport Research, 10-15 July 2016 Shanghai, China.