

(自由論題)

社会的費用を考慮した道路別対距離課金制度による道路網の整備¹根本敏則 (一橋大学)²

今西芳一 (公共計画研究所)

味水佑毅 (高崎経済大学)

梶原 啓 (公共計画研究所)

要旨

本論文は、長期的に需要に見合う最適道路容量を、短期社会的限界費用に基づく対距離課金の反復的实施によって実現する2経路モデルの計画論を提案した。一定の道路の整備条件および走行条件を設定して実施した道路容量最適化シミュレーションを通じて、複数経路の環境の下で上記の計画論が実現可能であることを明らかにした。

Key Words: 社会的費用、対距離課金、最適道路容量、短期限界費用課金、道路ネットワーク

1. はじめに

本論文の目的は、さまざまな形態からなる自動車関係諸税および有料道路料金を廃した上で、場所や時間帯、車種など、自動車の走行環境ごとに、距離あたりの社会的限界費用に応じた負担を道路利用者に求める「対距離課金」の導入を通じて、道路容量の最適化を達成する枠組みの検討を行うことである。

現在、わが国における道路利用者は、自動車の取得、保有、走行ごとにさまざまな税を負担するとともに有料道路料金を負担している。道路整備は、それら道路利用者からの収入をもとに、特定財源制度と有料道路制度という受益者負担に基づく仕組みの下で道路整備を行ってきたが、現行の税体系、料金体系が最適かどうかは明らかではない。近年の弾力的な有料道路料金に関する社会実験の実施は、より望ましい料金水準を模索する取り組みではあるものの、その目的は、現在の道路容量を前提とした上で、限界費用を課すことを通じた短期最適な交通分担の実現である(根本、今西(2006))。

これに対して、本論文では、長期最適な道路容量を実現するための対距離課金を検討する。ここで対距離課金制度³とは、上述したように、現在の税や料金などを廃した上で、場所や時

¹ 本論文は、日本交通学会第66回研究報告会において「社会的費用を考慮した道路別対距離課金による道路網の整備」とのタイトルで発表したものである。

² 問い合わせ先: cc00330@srv.cc.hit-u.ac.jp。

³ EUの調査研究報告書であるCE Delft(2007)も同様の概念に基づき、議論を行っている。なお、わが国の高速道路においても、距離に応じた料金、時間帯別の料金割引の導入例はあるものの、既存の税、料金体系を前提とした部分的修正にとどまっている。

間帯、車種といった自動車の走行環境ごとに、距離あたりの社会的限界費用に応じた水準で道路利用者に走行距離に応じて課金する仕組みである。ここで重要な要素は、最適道路容量の決定方法である。過去、幹線道路の整備水準は、将来に予測される交通需要量への対応を目的として、主に工学的な観点から定められてきた。しかし、わが国における道路をとりまく環境は大きく変化しつつある。今後の人口減少時代においては、道路の需要と供給に関する経済的側面を分析する必要性が、これまでも増して高まる。最適な道路容量およびその時の道路利用の負担水準は、道路の供給費用と交通需要に基づき決定され、また最適な道路容量の実現後は、当該道路の維持管理および更新を目的とした課金の実施が望ましい。

ここで、短期最適を実現する課金と長期最適を実現する課金は異なる課金原則に立脚する必要があるそうだが、需要にあわせて道路容量を変化させる最適化プロセスを考えれば、矛盾なく両立する可能性がある。すなわち、需要が道路容量を上回り、混雑が生じている場合、課金水準を引き上げることで需要の抑制と課金収入の増加が実現される。ここでの課金収入額は現在の道路の維持更新に要する支出額を上回り、その分を道路拡幅へ投入することにより、道路容量の増加と混雑の緩和が実現される。根本・味水・梶原（2007）は、短期限界費用課金の実施と余剰収入による道路容量増加の繰り返しによって、最終的に長期平均費用に等しい利用者負担が実現する最適化プロセスの存在を示している。

以上の問題意識に基づき、本論文では、道路ごとの対距離課金を通じて長期的に最適な課金を実現し、道路容量の最適化を達成する枠組みの構築を考える。具体的には、理論的な整理を踏まえ、根本・味水・梶原（2007）のモデルを拡張した上で、より実際に近い状態でその最適化プロセスが実現できることを、シミュレーション分析を通じて示すこととしたい⁴。

2. 受益者負担による道路計画論

2.1 現行の道路特定財源制度、有料道路制度の問題点

これまで、わが国では、道路特定財源制度、有料道路制度の下で道路整備を行ってきた。いずれも道路利用者の負担で道路の整備を行う、受益者負担の考え方に基づく制度である。受益者負担の考え方に基づくとき、道路特定財源制度、有料道路制度における道路の利用と供給（整備）の間の擬似的な市場機構の形成を通じて、消費者（道路利用者）、供給者（道路整備主体）がともに最適な行動をとり、最終的に最適な資源配分が達成されることが期待される。交通需要が道路供給量を上回れば、豊富な燃料税収や料金収入を利用して供給が増加する。一方で、交通需要が道路供給量を下回れば、道路の供給は縮小するのである。

ただし、これは現行の道路財源制度および有料道路制度が経済学的に効率的であることを意味しない。実際、現行制度の下での受益と負担の乖離が味水（2005a,b）などで実証的に示されており、この乖離の存在は、道路サービスの供給費用と課税水準の相違を通じた道路の

⁴ 上述したように、本論文で対距離課金を考えるにあたっては、既存の税、制度を廃止することを前提としているが、現実には、技術的課題、制度的課題、高速道路株式会社の経営戦略などに配慮しながら漸進的に進化させるシナリオを構想する必要がある。この問題については、今後の課題としたい。

超過供給または超過需要の状態を生じさせる。その結果、資源配分がゆがみ、社会的余剰は減少する。また、道路特定財源収入の多くは燃料税収入によるが、この燃料税を通じた道路利用者の負担水準は、現在の道路建設や維持管理などのための道路整備費用や、利用者数、混雑、大気汚染などの道路交通サービス水準と無関係であるほか、道路の耐用年数や将来の利用者数などとも関連していない。さらに、これまでの道路整備計画論は、人口密度、土地利用などの交通需要指標を用いて道路網密度を定め、道路特定財源収入の範囲で徐々に国全体の道路容量の増加を志向する考え方であったといえる。この考え方は、安定的な交通需要の増加の下では有効であったかもしれないが、基本的に、価格は需要と無関係に設定されてきたと言っても過言ではない。この乖離問題は、有料道路制度についても当てはまる。

これまでの全国一律の燃料税率・有料道路料率に基づく幹線道路整備は、平均費用で価格形成が行われていたと捉えることができよう。そして近年、一部地域の局所的問題に対応すべく導入されている混雑税や環境ロードプライシングなどは、この平均費用価格形成の上で、限界費用価格形成の要素を取り入れ需要調整していると考えられる。しかしながら、需要変動に対応して道路容量を変化させるという視点に欠けている。需要と供給を比べたとき、供給が小さければ道路容量を増加させ、供給が大きければ道路容量を減少させる必要がある。道路は更新が必要な社会基盤施設である。耐用年数をむかえた道路を更新しなければ、埋没費用に配慮することなく、道路容量を調整することが可能である。

2.2 対距離課金による1経路の道路容量の最適化問題

上記の問題について、Mohring (1976) は、道路費用が規模に関して収穫一定のとき、すなわち長期平均費用曲線が水平ならば、短期限界費用に等しい混雑料金を課し、その混雑料金収入を道路投資に充当することで、道路整備の最適水準が達成されることを証明している。本論文は、この考え方を道路整備の計画論のなかで解釈し直したものである。すなわち、混雑道路では混雑課金を通じて余剰資金を生み出して道路の新規投資を進め、非混雑道路では短期平均費用をまかなえない分だけ更新を断念し、道路容量の縮減を図る、という受益者負担の考え方にに基づく道路整備計画論を考える。

たとえば、1本の混雑した道路（容量不足）の場合、一般的な混雑税の議論と同様、短期的限界費用と需要曲線が交わる交通量における社会的限界費用と私的限界費用の差額が道路利用者の短期最適課金額である。このうち、社会的平均費用と私的限界費用の差額が現在の道路容量の維持更新に必要な課金額であるのに対し、社会的限界費用と社会的平均費用の差額がインフラ管理者の超過収入すなわち新規投資（車線数増、網密度増）に相当する課金額であり、この分だけ次期の道路容量が増加する。このプロセスを反復することで、最終的に、社会的限界費用と社会的平均費用と需要曲線が同時に交わる、長期最適な道路容量と交通量が実現すると考える⁵。

⁵ 詳しくは、根本・味水・梶原（2007）を参照されたい。

2.3 対距離課金による2経路の道路容量の最適化問題

2.2節で示した道路容量の最適化問題は、大きく分けて2種類の課題を抱えている。第1が、道路ネットワーク全体を1本の経路として考えている点である。道路ネットワーク全体の容量の検討も必要ではあるものの、近年の道路をめぐる主な問題は、局所的な混雑問題、大気汚染問題に対する特定の道路の容量不足問題である。第2が、道路容量の拡大のケース（過小容量）のみを考えている点である。局所的な混雑問題が生じている道路においても、並行する有料道路などが存在し、その並行道路がさまざまな理由で交通量不足（過大容量）問題を抱えていることも少なくない。今後の人口減少時代の到来では、交通需要の減少に合わせた道路の維持更新が重要な課題になると考えられる。

これらの問題に対して、本論文では、ある出発地と到着地を結び、長距離だが旅行速度が速い幹線道路（バイパス）と短距離だが旅行速度が低い幹線道路（都市内道路）の2経路からなる道路ネットワークモデルを考える（図1）。ここで道路利用者は、時間費用と対距離課金額の合計である一般化費用が低い方を選択する。また議論の単純化のため、全体交通量は一定とし、2経路間の交通量分担を考えることとする⁶。

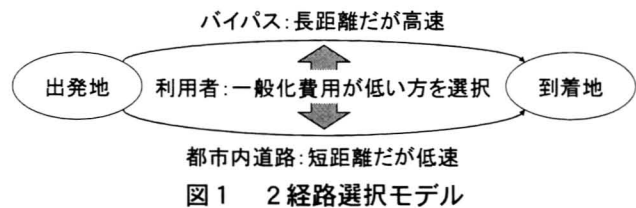


図1 2経路選択モデル

ここで、一般化費用の水準を踏まえたとき、バイパスが相対的に過小容量ならば、2.2節で示した限界費用に基づく対距離課金による道路容量の最適化を通じて、バイパスの道路容量は増加すると考えられる。それに対し、都市内道路が相対的に過大容量ならば、限界費用に基づく対距離課金では、その維持更新費用もまかなえないケースも生じる。この場合、2.2節で示したケースと異なり、その

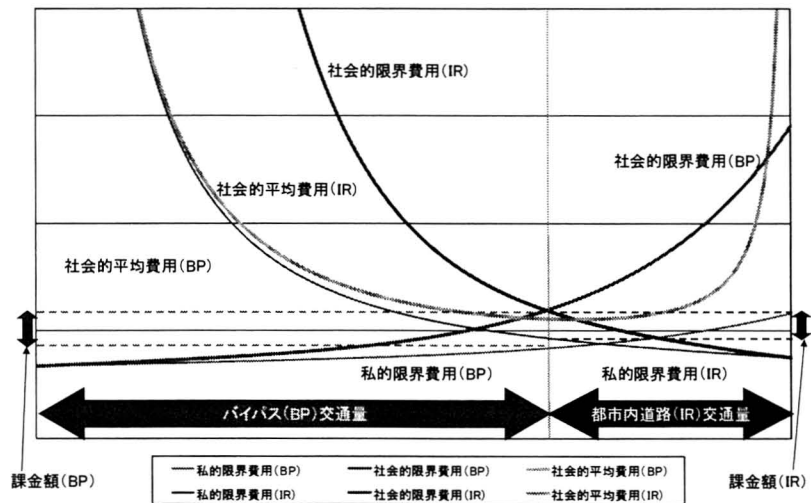


図2 最適化前の道路費用（過大容量の場合）

⁶ 本論文では、この2経路モデルに基づき分析を行うため、対距離課金も経路ごとにひとつの金額として捉えることができる。ただし、複数の出発地・到着地からなる、より広範囲の道路ネットワークを考える場合、道路はさまざまな経路の一部を構成する多数の区間に分けられ、その区間ごとに対距離課金額と道路容量を検討する必要が生じる。この問題の検討については、今後の課題としたい。

不足額分だけ、道路容量を削減せざるを得ない。このプロセスを繰り返すことで、バイパスと都市内道路それぞれの最適交通量と最適容量に収束すると考えられる(図2と図3)。

なお、言うまでもなく、ここでの

議論はすべての道路に当てはまるわけではない。また、内閣府政策統括官編(2002)に示されるように道路の平均耐用年数は約46年であり、その年数に達していない道路に対して上記の議論を当てはめ、その削減を求めるものではない。当該道路が耐用年数に達し、住宅や商業施設など他の用途に転換可能ならば、その道路に対する費用は埋没しておらず、道路インフラの有効活用の観点から選択可能な道路政策として検討することが有用である⁷。

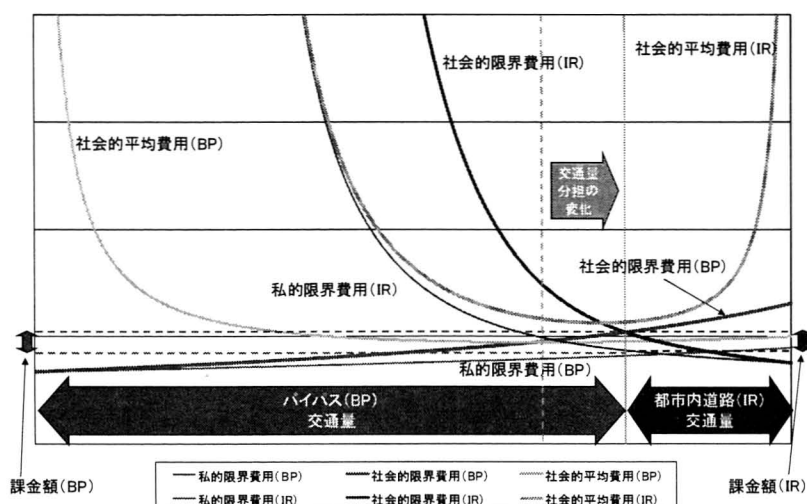


図3 最適容量時の道路費用

3. 対距離課金に基づく道路容量最適化シミュレーション

3.1 シミュレーションの枠組み

本節では、2.3節で示した計画論に基づき、2経路モデルにおける対距離課金による道路容量最適化シミュレーションを行う。すなわち、初期段階で一定容量の道路が2本存在し、この2本の道路の利用者に対して短期社会的限界費用価格形成に基づく対距離課金を適用し、その収入を道路の維持更新費用と新規投資費用に充当することで道路容量を最適化する。

本シミュレーションの枠組みを示したものが図4、前提条件を示したものが表2である。はじめに、道路ごとに期首道路容量を初期値として設定する。収入面では、期首道路容量と全体交通量に基づき、旅行速度関数を介して、2経路の各交通量が定まり、課金収入額が求まる。支出面では、表1に示されるように、1車線 km あたりの道路の容量維持更新必要額(用地費用、維持費用、更新費用の合計)が求められる。次に課金収入額から容量維持更新

⁷ 本文中に述べているように、すべての道路が他の用途に転換可能なわけではない。たとえば、生活道路は、生活の維持に不可欠な存在であり、ここでの検討の対象外である。ただし、既存の道路において、過去の交通需要の伸びに対応するため、その道路空間のほとんどを車道が占め、歩行者や自転車利用者が危険な移動を強いられているケースや、緑地帯の不足のために沿道住民の生活環境が悪化しているケースが多数存在していることも事実である。これら車道以外の道路空間の確保は、社会全体に便益をもたらすものであり、また、その整備に要する負担のすべてを道路利用者だけに求めるべきものでもない。なお、具体的な空間の転換事例の詳細な検討については、今後の課題としたい。

必要額を減じ、その差額が正の場合は、その差額を1車線kmあたりの更新費用単価で除することで求められる追加車線数分の新規投資が行われる(規模に関して収穫一定と仮定)。その差額が負の場合は、課金収入額から用地費用および維持管理費用を減じた残額を1車線kmあたりの更新費用単価で除することで維持更新可能な車線数が求められ、期首車線数との差が減少車線数となる。上記のプロセスを通して、期末道路容量すなわち次期の期首道路容量が定まる。

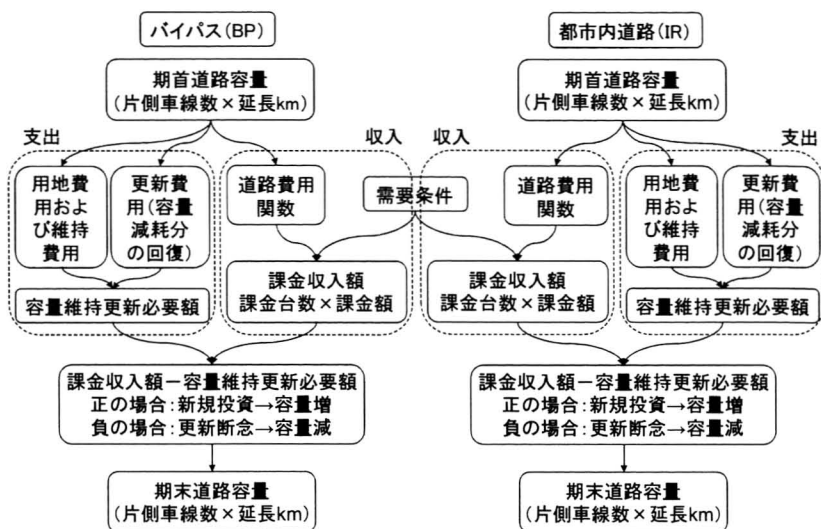


図4 道路容量最適化シミュレーションの枠組み

表1 シミュレーションにおける前提条件

	バイパス (BP)	都市内道路 (IR)
延長	12km	10km
自由走行速度	66.7 km/h	50 km/h
旅行速度関数	$V_{BP} = \frac{66.7}{1 + 0.15 \cdot \left(\frac{N_{BP}}{1000 \cdot L}\right)^4} - \frac{N_{BP}}{80}$	$V_{GR} = \frac{50}{1 + 0.15 \cdot \left(\frac{N_{GR}}{750 \cdot L}\right)^4} - \frac{N_{GR}}{40}$
	V : 速度 (km/h) N : 交通量 (台) L : 車線数 (車線)	
初期車線数	片側1車線 (両側2車線)	片側1車線 (両側2車線)
時間交通量	1,146台 ($N_{BP} + N_{GR} = 1146$)	
時間費用	時間価値 (3,771.6円/h) × 距離 (km) ÷ 速度 (km/h)	
用地費用	13.4億円/車線 km・40年	8.9億円/車線 km・40年
維持費用	0.20億円/車線 km・年	0.14億円/車線 km・年
更新費用	13.2億円/車線 km・40年	8.8億円/車線 km・40年

本シミュレーションの場合、交通サービスが相対的に高いバイパスでは新規投資が続く一方で、交通サービスが相対的に低い都市内道路では更新の断念が続き、それぞれ最終的にある水準で収束すると考えられる。

なお表1で示す設定条件のうち、旅行速度⁸と交通量については、湖西道路(滋賀県)での交通観測データに基づいている。また、道路費用としては、時間費用とインフラ費用(用地、

⁸ BPR関数を援用して推定しており、時間費用において、バイパス、都市内道路とも車線数に関し若干の規模の不経済が存在している。

維持、更新費用)を想定しており、このうち時間費用は国土交通省道路局、都市・地方整備局(2003)に基づき、インフラ費用は国土交通省(2007)に基づき、それぞれ設定している。ここで、車線数は道路容量の代理変数

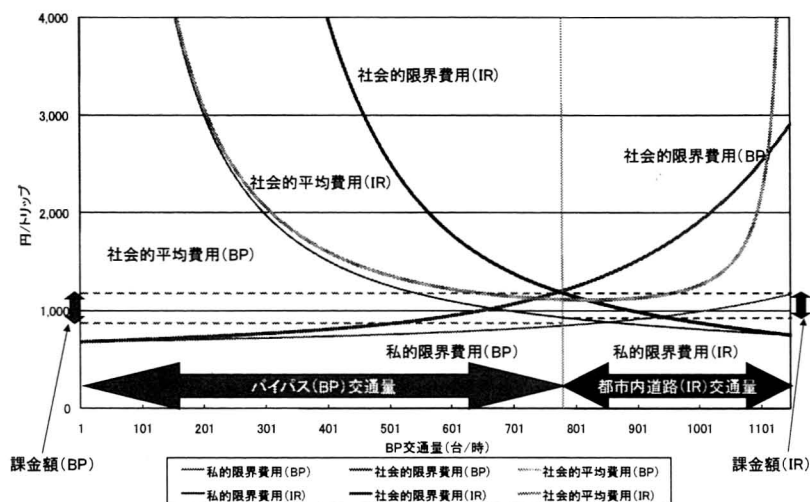


図5 バイパスと都市内道路の費用水準(初期段階)

であり、また2経路全体交通量が1時間当たり1,146台(一定)かつ24時間にわたって一様に分布していると仮定している。

以上の枠組みおよび条件を用いて、社会的費用を考慮した道路別対距離課金を実施する。上述したように、道路利用者が負担する課金額は、短期社会的限界費用と短期私的限界費用の差分である。ただし、本シミュレーションでは2経路全体交通量を一定と仮定したため、両経路の社会的限界費用が同じ水準で各経路の交通量が決定されると考える。1年目の両道路の費用水準は図5に示される。ここに示されるように、1年目は、両経路の社会的限界費用の交点(バイパス773台、都市内道路373台)で各経路の交通量が決定され、その時点での社会的限界費用と私的限界費用の差分(バイパス353円、都市内道路259円)が、それぞれの課金額となる。

3.2 シミュレーション結果

本シミュレーションのプロセスおよび結果をまとめたものが図6～図8である。これらの図から、バイパスでは課金額が逓減する一方で交通量が増加し、また新規投資額の逓減と道路の維持更新費用の逓増を反映して期首車線数は逓増しながら、1.6車線程度に収束していることが読みとれる。また都市内道路では課金額が逓減するなかで交通量も逓減し、また課金収入で道路の維持更新費用をまかなえないため、車線数が逓減し、0.7車線程度に収束していることが読みとれる。

なお、本論文におけるシミュレーションでは、最適道路容量水準の導出を目的としているため、議論の単純化を図る意味で、毎年、課金収入に基づき追加的な投資を行うという前提に基づき分析を行っている。しかしながら、実際の道路投資において、毎年道路容量の増加を図る必要はない。現実の道路投資では予測される最適道路容量水準に基づき、課金収入額も踏まえつつ、適切なタイミングで投資を行うことが必要と考える。

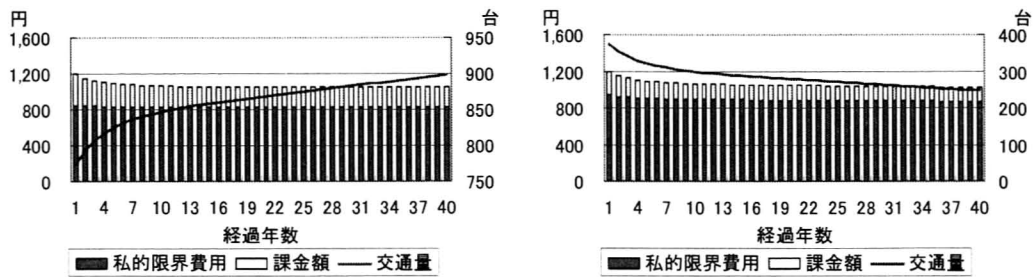


図6 課金額と最適交通量（左：バイパス、右：都市内道路）

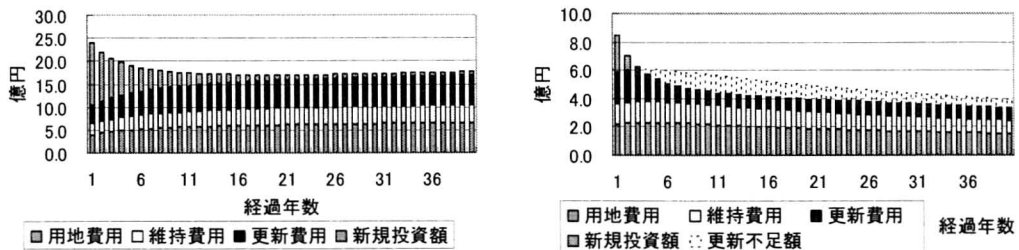


図7 課金収入の用途（左：バイパス、右：都市内道路）

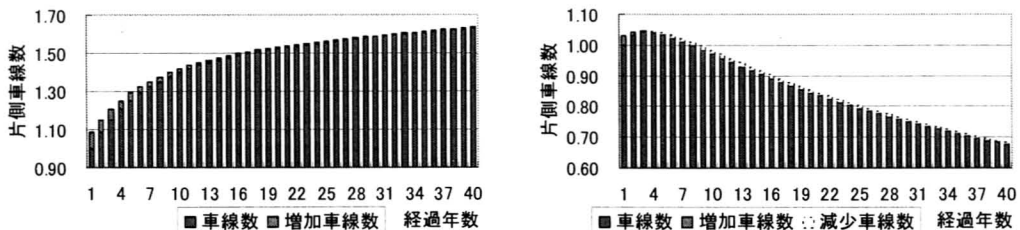


図8 期首車線数と新規追加車線数（左：バイパス、右：都市内道路）

3.3 感度分析

上記のシミュレーションは、「道路からの収入はその道路に投資する」「どちらの道路もインフラ費用は規模に関して収穫一定」という前提で行ったものである（基本ケース）。前者については、受益（費用）と負担の関係を切り離し、両道路からの収入をプールすることで、より費用対効果の大きな道路に投資するという政策も考えられる。最適化に関する制約条件が減るため、より効率的に最適状態が実現できる可能性がある。また、後者についても、たとえば、バイパスでインフラ費用に関し規模の経済（道路拡幅が容易）、都市内道路でインフラ費用に関し規模の不経済（道路拡幅が困難）が存在するケースを想定して検討することが考えられる。そこで本節では、投資先および道路の費用特性に関して、表2に示すケースを設定し（ケース1～5）、分析を行った。

表2 ケース設定

	規模の経済なし	バイパス：規模の経済	都市内道路：規模の不経済
当該道路に投資	上記基本ケース	ケース1	ケース2
効果的な道路に投資	ケース3	ケース4	ケース5

バイパスにおいて、片側1車線が増加するごとに費用原単位が30%低下するという極端な仮定をしたケース1の場合でも、バイパスと都市内道路の収束車線数は、それぞれ2.0車線、0.6車線にとどまるとの結果が示された。また都市内道路において、片側0.1車線が増加するごとに費用原単位が10%増加するとの極端な仮定をしたケース2の場合でも、バイパスと都市内道路の収束車線数は、それぞれ1.6車線、0.8車線にとどまるとの結果が示された。

また、課金収入額と道路の維持更新必要額の差額が正の場合、すべての超過収入を効果的な道路（バイパス）に投資すると仮定した場合の結果がケース3～5である。超過収入条件以外は基本ケースと同一条件のケース3の場合、バイパスと都市内道路の収束車線数は、それぞれ1.6車線、0.7車線との結果が示された。また、超過収入条件以外はケース1と同一条件のケース4の場合、バイパスと都市内道路の収束車線数は、それぞれ2.0車線、0.6車線との結果が示された。また、超過収入条件以外はケース2と同一条件のケース5の場合、バイパスと都市内道路の収束車線数は、それぞれ1.6車線、0.8車線との結果が示された。いずれも、基本ケースの結果（バイパス：1.6車線、都市内道路：0.6車線）とほぼ同様の結果であり、基本ケースの結果の安定性は高いと考えられる。また、基本ケースとケース3の比較からは、シミュレーションの始めの期間（5期程度まで）での挙動は異なるものの、収束車線数およびその車線数に収束する時期にほとんど違いがみられないことが示された。

また、このほかに、2経路全体交通量を初期道路容量と等しい1,750台として同様のシミュレーションを行った。その結果、収束する車線数は異なるが（バイパス：3.5車線、都市内道路：1.7車線）、ほぼ同様の傾向が示された。

4. 結論

本論文は、Mohring (1976) が提示した考え方を援用し、限界費用課金による最適な道路容量を実現する計画論を2経路モデルで構成し、シミュレーション分析を行ったものである。すなわち、長期的に需要に見合う最適道路容量を、短期社会的限界費用に基づく対距離課金によって実現する計画論を提案した。そして、上記の計画論に基づき実施した、道路容量最適化シミュレーションを通じて、複数経路の下でも、道路の整備水準および交通サービス水準に応じて、一定の道路容量に収束するケースを求めることができ、提案した計画論が実現可能であることを明らかにした。

今後の課題としては、条件を変更した上でのシミュレーションの実施（特に旅行速度関数に関する規模の経済性の検討）、より詳細な道路インフラ費用や外部費用データの収集、価格弾力性をはじめとする需要データの分析とそれらデータの反映、インフラ費用と投資額にお

ける割引率の考慮、固定的な将来交通需要に関する仮定の緩和、より広範囲の道路ネットワークにおける区間ごとの対距離課金額と道路容量の検討、道路管理者の行動分析などが挙げられる。

謝辞

本論文の執筆にあたっては、「道路の整備・維持管理費用、環境費用を考慮した受益者負担の仕組みに関する研究会（国土交通省委託研究）」において多くの有益なコメントを得た。また、第66回研究報告会での討論者の文世一氏および審査過程で匿名の査読者から多数の貴重なご指摘をいただいた。ここに感謝の意を表したい。

参考文献

- 今井勇・井上孝・山根孟（1971）『道路の長期計画』、技術書院。
- 建設省都市局監修（1992）『ゆとり社会と街づくり・道づくり』、大成出版社。
- 国土交通省（2007）『道路の整備・維持管理費用、環境費用を考慮した受益者負担の仕組みに関する研究報告書』。
- 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』。
- 内閣府政策統括官編（2002）『日本の社会資本—世代を超えるストッカー—』。
- 根本敏則（1999）「地方分権時代の社会資本整備—道路整備制度の評価を通じて—」『計画行政』第22巻第4号、pp.20-26。
- 根本敏則・今西芳一（2006）「有料道路の料金政策の有効性に関する考察」『運輸と経済』第66巻第11号、pp.7-15。
- 根本敏則・味水佑毅（2002）「社会資本整備における受益者負担原則」『公益事業研究』第54巻第1号、pp.7-15。
- 根本敏則・味水佑毅・梶原啓（2007）「限界費用課金による最適道路容量の実現」『高速道路と自動車』第50巻第11号、pp.18-25。
- 味水佑毅（2005a）「受益者負担原則に基づく走行段階課税に関する一考察—道路整備費用に着目して—」『物流学会誌』第13号、pp.75-82。
- 味水佑毅（2005b）『一般道路整備における受益者負担のあり方』、一橋大学大学院商学研究科博士論文。
- CE Delft（2007）*Internalisation Measures and Policies for All external Cost of Transport Interim report*.
- Greene, D.L., D. W. Jones and M. A. Delucchi eds.（1997）*The Full Costs and Benefits of Transportation*, Springer.
- Levinson, D.M. and D. Gillen（1998）“The full cost of intercity highway transportation,” *Transportation Research-D*, Vol.3, No.4, pp.207-223.
- Mohring, H.（1976）*Transportation Economics*, Cambridge Mels.
- Small, K., C. Winston and C. Evans（1989）*Road Work: A New Highway Pricing and Investment Policy*, Brookings Institute.