

ロードプライシングの具体的な設計課題の検討

—東京都心部を例として—

原田 昇* 太田勝敏**

自動車交通の増大による道路混雑と大気汚染の悪化は、自動車交通量の抑制を必要としているのか。そのための手段として、ロードプライシングが適切であるのか。このような現代的な課題に答えるためには、具体的な設計を行って検討する必要がある。そのために、具体的な設計手順を提示し、その適用に関する課題を整理し、さらに、極めて簡略的な方法ではあるが、具体的に東京都心を対象として検討を試みた。

Some Issues In Designing a Road Pricing Scheme

—A Case for the Central Area of Tokyo—

Noboru HARATA* Katsutoshi OHTA**

In order to evaluate the appropriateness of road pricing as a measure to restraint traffic, it is necessary to know the price levels required to attain various traffic reduction targets. So, in this paper, as a preliminary analysis, we propose general procedures to design a road pricing scheme, and then discuss its applicability and the problems through a tentative application to the Central Area of Tokyo.

1. 検討の視点

現状においては、ロードプライシングの適用例は諸外国でもきわめて限定されており、政策手法としての有用性に関しても必ずしも明らかにされていない。しかし、一方では、実際の道路混雑の激化や大気汚染問題の進展による自動車交通抑制の必要性の高まり、他方ではAVI（自動車両識別）技術などの実用化による効率的なロードプライシング技術の開発などの情勢の変化とともに、ロードプライシングを政策手法として見直す気運が高まっている。シンガポールのALS¹⁾、香港のERP実験²⁾、ベルゲンのツールリング³⁾の他に、新たに、ストックホルム、オスロなどで導入の具体的な動きがある。一方、わが国で

は、環境問題、あるいはオイル・ショックに関連した自動車交通抑制策の一つとして議論に上がった経緯があり、1960年代後半の「都心通行賦課金構想」、1970年代の東京、大阪、札幌等における効果試算事例など、政策担当者の断続的な関心を集めてきた。最近では、再び、大気汚染、道路渋滞の進行などにより自動車交通量コントロールの必要性が指摘されてきており、自動車交通抑制手法の一つとしてロードプライシングについて評価しなおす時期にきていると考えられる。

ロードプライシングの適用について、その性質上、民主主義社会では困難であるとする意見⁴⁾もあるが、やはり、具体的な地域について必要性を検証し、利用可能な代替手法と比較しないことには、適切な判断はできない。しかし、現実には、比較の方法、比較に必要なデータのいずれも、不確かな状況にある。

そこで、本論文は、その第1歩として、ロードプライシングの具体的な設計に関する課題を整理する。設計手順を提示し、その適用に関する課題を整理し、さらに、極めて簡略的な方法ではあるが、具体的に

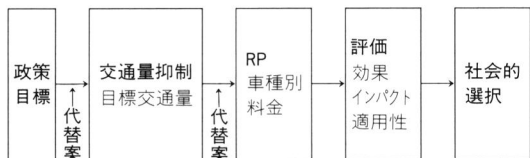
* 東京大学工学部助手

Assistant Professor, Faculty of Engineering,
University of Tokyo

** 東京大学工学部助教授（本学会員）

Associate Professor, Faculty of Engineering,
University of Tokyo

原稿受理 1989年10月5日



注) RP：ロードプライシング

Fig.1 都市交通政策の一般的検討プロセス

東京都心部を対象として料金設定を中心に試算を行った結果を述べる。

2. 設計手順と課題

ロードプライシングのような都市交通政策手法は、一般的には、特定の政策目標（群）を達成する各種の代替案の一つとして比較検討していくことが必要である（Fig. 1）。ロードプライシング（RP）の場合には、特定の政策目標を達成するための各種の代替政策案の中の一つとして、まず、「交通量抑制」が想定され、その具体的手法のひとつとしてRPに注目して、対象に合わせてその詳細な内容（例えば、車種別料金）を設計し、その効果・インパクト・適用性などを検討して設計内容等へフィードバックして具体案をつめる。さらに、駐車規制などの代替的手法との比較、また、道路施設整備などの代替的政策案との比較を行って、それぞれの代替案を評価して、適切な修正を行って最終案を取りまとめ、社会的選択に委ねることになる。今回の検討では、とりあえず、ロードプライシングを設計するとした場合の課題を把握するために、この手順に沿って、基本的課題である料金設定について定量的検討を行う。

一般的に政策目標は、「ある地域の渋滞緩和」などの定性的目標であることが多く、はじめに、これを定量的な指標、たとえば、自動車走行台数(T_i ; i は車種)や走行台キロ(DK_i)に置き換える必要がある。そのために、目標を具体的な指標と結びつけるためのマクロな関係式(効果算定式)が必要である。この点に関しては、例えば、地域の総交通量(台キロ)、道路密度と地域平均速度の関係を示す「集計Q-V式」などが有効であろう⁵⁾。

次に必要なのは、対象地域の総交通量を一定量削減するとした場合、車種、時間帯、トリップ目的などの、異なる交通流グループにその削減量をどう割り付けるのか、の負担ルールの設定である。これは、実際の車種構成などにも依存しているが、基本的には政策判断の問題である。

今回の検討での最後は、車種別等の交通量削減目

標を達成するために必要な車種別等の料金算定である。そのためには、車種別の経路選択モデル、あるいは車種別の料金弾力性といった形で交通需要関数の性質がわかっている必要があるが、後述するように既存データは、きわめて限定的であり、現段階では大胆に仮定せざるを得ない。

以下では、このような設計手順に基づいて、東京23区にロードプライシングを適用するとした場合の各段階での技術的課題と試算された車種別料金水準からの政策的課題について述べる。

このように、今回の検討はロードプライシング適用に当たっての設計上の課題に限定した予備的検討にとどまっており、都市交通政策として推進していくためには、そのインパクト、料金徴収方法などの適用上の課題の検討などにより手法としての意義を確認することが必要であり、さらに、上述したような代替的な他の交通量抑制手法との比較、他の代替政策との総合比較等が必要である。

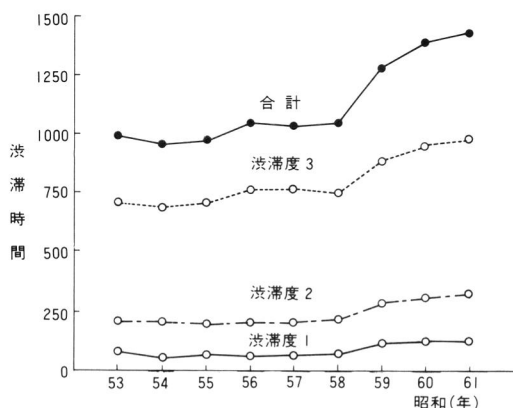
3. 事例検討—東京23区を対象として

道路混雑対策と自動車公害(NOx)対策の一手法としてロードプライシングを設計する場合を想定し、東京23区を対象として、抑制の必要性を把握し、試算の仮定を選定し、負担ルールの設定と料金の試算を行った。

3-1 抑制の必要性—混雑と大気汚染の実態

ここでは、混雑緩和と大気汚染(NOx)対策を目的とする自動車交通量抑制の必要性を整理する。

東京都自動車登録台数は昭和46年から昭和60年にかけて年率3.40%で増加したのに対して、総走行距



注) 渋滞度1—300mから500m、渋滞度2—500mから1,000m、渋滞度3—1,000m以上。

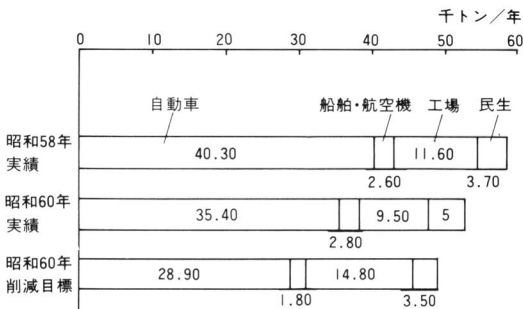
資料) 警視庁交通年鑑による。

Fig. 2 都内主要交差点の渋滞時間

離は年率1.72%で着実に増加し、昭和55年以降の5年間は年率2.40%と増加傾向を強めている⁶⁾。

このような交通量の増加に対する道路混雑の状況は、警視庁調査結果による都内主要交差点の混雑時間の変化で捉えられる(Fig. 2)。昭和52年以降、継続的に交差点の混雑の程度が悪化しており、特に、昭和57年以降の5年間で混雑度3(渋滞1km以上)の渋滞時間の時間数が2.0倍に増加している。渋滞時間の時間変動をみると、一般道では午前中は11時前後、午後は15時前後で混雑が激しく、首都高速道路では午前の10時から12時の混雑が激しい。これは、道路交通センサス路側観測調査結果による12時間交通量の時間変動パターンと一致しているが、渋滞時間の方が時間帯による変動は大きい。このように、東京都内の道路混雑は通勤交通よりも業務交通に左右されている。混雑緩和対策としては、現在様々な対処療法的な方策が行われているが、それらで生みだされる容量増加の効果は短期的であるとも言われており⁷⁾、交通量の増加傾向を勘案すると、近い将来、交通量の削減を考えざるをえない状況に追い込まれるおそれは高い。

一方、東京都特別区等地域の昭和60年の自動車からのNOx排出量は、昭和58年の40.3千トン/年から35.4千トン/年に減少したが昭和60年の削減目標値28.9千トン/年を23%程度上回っている(Fig. 3)。地域別では区部の中では都心3区を中心とした地区の排出量が特に高い。時間帯別では、秋冬には逆転層の影響で、交通量のピーク時間とずれて、21時から22時のNOx濃度が最大になる。NOx削減のためにはよりクリーンな自動車への置換など多くの手法があるが、実績排出量が目標値を大幅に上回っていることから、削減目標交通量は現況交通量の遙か下方にあり、混雑緩和達成に必要な以上に自動車交通量を削減する必要がある。



資料) 環境白書による。

Fig. 3 東京特別区等地域のNOx排出量

3-2 車種別道路交通量からみた現状

23区の1985年の車種別走行台キロをFig. 4に示す。このデータは、道路交通センサスとサンプリングメッシュに関する航空写真からの交通量読み取りを基に推定されたものであり、道路交通センサスの対象とならない道路の交通量も含んでいる点に特徴がある⁸⁾。この推定結果によると、23区全体の総交通量は、日平均5,645万台キロであり、車種別には、最も多い乗用車が53%であり、小型貨物、貨客車、普通貨物車は10~15%である。また、乗用車の内、タクシーを主体とするLPG車は、台キロで見ると、乗用車全体の3分の1程度を占める。混雑への車種別寄与率を、Table 1の乗用車換算係数(PCU)による換算台キロで見ると、乗用車が47%に減少するのに対して、普通貨物車は19%に増加する(Fig. 4)。

一方、排出係数(後述)を基に算出したNOx排出量の車種別構成を見ると、普通貨物車が30%で最大であり、乗用車と小型貨物車が22%を占める。

また、道路種類別には、高速道路が18%、一般都道以上の幹線道路が55%、幹線道路に接続する主要な区市道が10%、ならびに、その他の細街路が17%であり、一般都道以上の道路を利用する交通量は全体の約半分を占めるにすぎない。

ところで、抑制対象として論議されることの多い自家用乗用車は、全車に占める割合が都心部ほど高く、都心3区のトリップエンドの7割を占めるが、そのトリップ目的の6割は業務であり、全体としては比較的弾力性が小さいと考えられる。

これらの実態から、特定の車種や道路種別のみを抑制の対象として、総交通量の大幅な削減を達成す

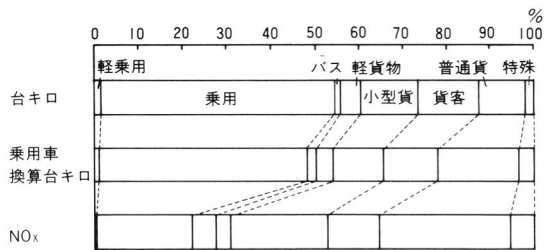


Fig. 4 交通量とNOx排出量の車種構成 (東京23区)

Table 1 車種別の乗用車換算係数と排出係数

| 車種別 | 軽乗用 | 乗用 | バス | 軽貨物 | 小型貨 | 貨客 | 普通貨 | 特殊 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PCU | 1.0 | 1.0 | 2.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 2.0 | 2.0 |
| 排出係数 | 0.756 | 0.667 | 8.412 | 1.174 | 2.692 | 1.358 | 4.631 | 4.449 |

注) 排出係数の単位はg/kmで、文献12を参照した。

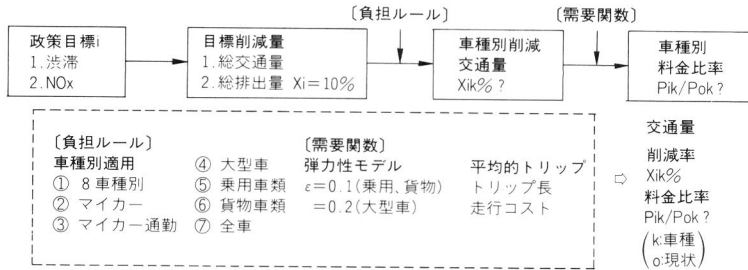


Fig.5 ロードプライシング手法料金試算の諸仮定

ることは困難であることが指摘できる。

3-3 試算の諸仮定

ここでは、Fig. 5 に示すように、2つの政策目標（渋滞とNOx）に対して、削減交通量を設定し、代替的な負担ルールと需要関数を設定し、代替的な負担ルールに対する車種別の交通量削減率と料金比率（現状の走行費用に対する通行料金賦課後の走行費用の比率）を算出する。

はじめに、目標削減交通量について、混雑緩和の場合には、「首都高速道路4号線の朝7時から9時の……超過需要は……13%にしか過ぎない。……青梅街道の朝のラッシュ時では約3%であった」⁹⁾と言われており、NOxの場合には、現状で総排出量が削減目標を23%上回っており、混雑緩和よりも大幅な削減を必要とする (Fig. 3)。従って本来、数ケース設定すべきであるが、後述するように需要関数として弾力性モデルを用いざるを得なかったなど、結果的に削減交通量と代替的負担ルールの下で算出される車種別交通量削減率とが線形関係にあるため、とりあえず、設計上の課題把握には1ケースのみで十分であると判断し、10%に設定した。なお、データの制約から、日交通を対象に検討した。

料金比率の算定では、車種別にトリップ長と走行費用を設定する必要があるが、いずれも、平均的トリップで代表させる意味から、この予備的検討では既存データより得られる平均トリップ長、平均走行費用を用いた。

代替的な負担ルールとしては、車種別、トリップ目的別、道路種類別などのルールが考えられるが、ここでは、Fig. 5 に示す通り、特定の車種のみを負担させるルールから、全車で負担させるルールまで7通りの負担ルールを設定した。

車種別に賦課する際のウエイトとして、道路混雑対策の場合は交通容量に対する物理的な負荷率を表すものが適切であり、乗用車換算係数を利用する。具体的には、交差点容量の設計で用いている乗用車

換算係数を採用した¹⁰⁾。これらは、乗用車類(軽乗用車、乗用車)、貨物車類(軽貨物、小型貨物、貨客)、大型車類(バス、特殊車、普通貨物)の3車種別に設定できる。一方、公害対策では大気汚染に対する寄与率が適切であり車種別のNOx排出係数を利用する。排ガス規制の車種分類としては、ガソリン・ディーゼル・LPGといった燃料種別によるもの、ディーゼル車について直噴式・副室式等の燃焼方式により細分化したものが利用できる¹¹⁾。ここでは、これらの係数を保有台数の比率で重み付けした排出係数を、観測交通量の8車種別に適用する (Table 1)。

交通需要関数については、香港のERPの場合のように、都内道路利用者を対象とする意向調査などに基づいて、車種別・目的別の経路選択(一般道路と有料道路)、交通手段選択、目的地、出発時刻選択などの行動モデルを構築して、用いるのが望ましい。しかし、現実に利用できるデータは極めて限られているため、本試算では、車種別に料金弾力性を設定するという極めて単純な方法とした。料金弾力性についての既存研究は限定的であるが、新規の調査実施が困難であるため、首都高速道路利用に関する既存研究¹²⁾の平均をとり、具体的には、乗用車類10%、貨物車類10%、大型車類20%と設定した。トリップ目的別のバリエーションは、通勤・業務等は小さく、買物・レクリエーション等は大きいと考えられるが、その具体的な設定は困難であるため、これらについての検討は行っていない。

3-4 負担ルールと料金

(1)混雑緩和の場合

はじめに、特定車種のみを交通量を削減することによって、目標削減量を達成するルールの例を検討する。ここでは、乗用者換算交通量(台キロ)の10%を特定の車種のみで削減するときの、車種別交通量削減率と、それに料金弾力性を考慮した料金比率を算出した (Table 2)。なお、軽乗用車、軽貨物

車、バス、特殊車は、現在の構成率が小さいため、削減率が100%を越えており、これらの車種だけで総交通量10%削減という目標の達成は不可能である。

よく削減対象として議論にあがるマイカーを、LPGを除く乗用車（区部台キロの36.8%）として計算すると、削減率31%、料金比率は4.08倍となる。これは、現状の道路利用経費を、平均トリップ長を区部実績の14km、キロ当り走行費を約20円と設定し、平均280円と推定すると、新料金は約1,100円となる。現行の首都高速料金よりやや大きい800円程度の追加賦課となる。

次に、マイカーの通勤トリップを取り上げると、区部台キロ全体の約10%（マイカー区部発生台数の26.2%）を占めており、簡単にするために目的別トリップ長に大差が無いとすると、台キロでの削減率114%（料金比率は12.4倍）となり、マイカー通勤を全面禁止したとしても総交通量10%の削減は出来ないことがわかる。さらに、これは料金弾力性を10%としたときの計算結果であり、現状で通勤に自動車を利用する人は仕事での利用、あるいは会社の通勤費全額負担などにより、料金弾力性はより小さく、必要削減率はさらに大きくなると考えられる。23区のピーク交通量の主体となる業務交通に関しても必然性が高く料金弾力性はきわめて小さく、必要削減率が大きくなることも想定される。

全車に賦課する場合には、弾力性の違いから料金比率は乗用車類と貨物車類は2倍、大型車類は1.5倍となる。これに対して、乗用車類のみに賦課する場合には、料金比率は3倍となり、乗用車類の負担が大きく増加する。

これらの結果は、極めて単純な試算によるものではあるが、23区の全日を対象とする限り、総交通量（乗用車換算台キロ）10%の削減を特定の車種のみを負わせることは、その車種への賦課が大きく、現実的ではないと言えよう。

(2)NOx対策の場合

混雑対策と同様に、まず、特定車種のみを交通量を削減するルールを検討する。ここでは、NOx総排出量の10%を特定の車種のみで削減するときの、車種別交通量削減率と、それに料金弾力性を考慮した料金比率を算出した(Table 3)。

混雑対策と比べると、同じ10%目標削減率の場合であっても、混雑とNOx排出では車種別に寄与率(Fig. 4)が異なるため、交通量削減率が異なり、料金弾力性の相違も合わさって、車種別料金比率が異

Table 2 PCU換算交通量10%削減に必要な車種別交通量削減率と料金比率

| 車種別 | 軽乗用 | 乗用 | バス | 軽貨物 | 小型貨 | 貨客 | 普通貨 | 特殊 |
|------|-------|------|-------|-------|------|------|------|-------|
| 削減率 | 810.7 | 21.3 | 515.9 | 264.0 | 86.0 | 81.1 | 54.1 | 283.8 |
| 料金比率 | 82.0 | 3.1 | 52.6 | 27.4 | 9.6 | 9.2 | 3.7 | 15.2 |

注) 料金比率 = (賦課料金 + 現行料金) / 現行料金 (走行経費等)。

Table 3 NOx総量10%削減に必要な車種別交通量削減率と料金比率

| 車種別 | 軽乗用 | 乗用 | バス | 軽貨物 | 小型貨 | 貨客 | 普通貨 | 特殊 |
|------|--------|------|-------|-------|------|------|------|-------|
| 削減率 | 1540.5 | 45.8 | 176.2 | 323.0 | 45.9 | 85.8 | 33.5 | 183.2 |
| 料金比率 | 155.1 | 5.6 | 18.6 | 33.2 | 5.6 | 9.6 | 2.7 | 10.2 |

なってくる。NOx排出量では混雑の場合と比べて、普通貨物車と小型貨物車の寄与率が高いことから、これらの車種のみを抑制する場合の交通量削減率と料金倍率はより小さくてすむが、乗用車についてはNOx排出量での寄与率が低いことから、逆により大きな負担が必要となる。

また、よく削減対象として議論される大型車を、普通貨物車と特殊車として計算すると、削減率28%、料金比率は2.42倍にとどまる。これは、現状の道路利用経費を平均トリップ長約20km、キロ当り走行費を約25円より平均500円とすると、新料金は約1,200円となり、現行の首都高速料金より小さい約700円の追加賦課ですむことになる。

一方、全車に賦課する場合と比べて、乗用車類に限定して賦課する場合には、乗用車類に対する料金比率が2倍から5.5倍へと大きく増加する。

以上は、NOx排出量を10%削減する場合であるが、上述したように、さらに大きな削減目標を目指す必要がある。排出規制強化等によりカバーできない分として、例えば20%の排出量の削減を交通量抑制で対応しようとする場合には、上記の試算結果の2倍の削減率と料金比率が必要となる。従って、極めて単純な試算であるが23区の全日を対象としてNOx対策としての交通量抑制を検討する場合、目標削減率は大きくなると考えられることから、特定の車種のみを削減はその車種の大幅な交通量削減、従って高額な料金賦課が必要となることがわかる。

この他、負担ルールとしては、排出規制との関係で未規制時から同一比率で削減とする考え方、車種等に問わず1人キロないし1トン・キロ走行当

り同一の負担とする考え方など、様々なルールが考えられ、今後の検討課題である。

4. おわりに

この論文では、ロードプライシングの設計上の論点を整理するために、設計の一般的手順を整理し、東京23区を対象に適用し、現段階で入手可能な範囲のデータによって賦課料金の試算を行った。その結果、潜在的な政策目標のうち、道路混雑緩和と大気汚染 (NOx) 削減に関しては、自動車交通の経年的な増加傾向と他に有効な決め手を欠く状況の下で、自動車交通量抑制の必要性は高く、ロードプライシングをこれらの政策目標を達成する手法の一つとして検討する必要性は高いことを指摘した。しかし、現段階では、ロードプライシングを具体的に設計するためには、その根拠となる料金をはじめ試算上に数多くの仮定が必要であり、効果を明らかに出来ないことから適用性を判断することに困難があることがわかった。以下では、これらの分析を基に、ロードプライシングを正しく評価するために必要な今後の課題を整理する。

第1に、自動車交通量抑制の必要性をよりの確に判断するためには、道路混雑と大気汚染の実態を地域別道路種類別に経年的に捉えるとともに、道路網整備などの代替政策の可能性を検討する必要がある。

第2に、交通量抑制の計画・設計上の課題として、政策目標を具体的な交通量に置き換えるために、ある地域の交通量と混雑レベル (または大気汚染レベル) のマクロ的な関係式を開発する必要がある。

第3に、抑制策の具体的な効果を推計するために、より詳細な自動車利用行動モデルの開発を進める必要がある。特に、料金、所要時間などの要因により、目的地、交通手段などに加え、駐車場所、頻度、出発時間帯、乗車人数などの変更がどの様に行われるかを表す実用的モデルの開発が必要であり、そのための基本的データの収集・分析が重要である。例えば、首都高速などの料金変更を捉え、交通行動の変化を総合的に検討する事前・事後調査が有効である。

第4に、ロードプライシングによる各種のインパクトを推定するための手法の開発とデータ収集の課題がある。特に、自動車利用行動の変化に伴うインパクトとして、代替交通機関や抑制対象地区周辺道路等への直接的影響、土地利用・産業活動への短期

的・長期的影響などの分析手法の開発が重要である。

第5に、抑制による効果に加えて、各種のインパクトが許容できるものか、また、抑制システムの技術的信頼性や操作性、更に必要な費用・人員、そして実施体制などからみた実施可能性があるのか、を総合的に検討する評価フレームの確立が必要である。

これらの研究課題に関して、適用事例や利用可能なデータは限定されている。現状では、効果の計測とその推定手法の開発、そして、エレクトロニック・ロードプライシングのような関連技術の開発を主眼とする実験プロジェクトの実施が最も望ましいと言えよう。

参考文献

- 1) 伊藤規子「シンガポールの道路政策—自動車に対する総合的需要管理の効果—」『道路交通経済』48号、1989年7月
- 2) 山内弘隆「香港の道路事情—見送られたERP—」『道路交通経済』48巻夏季号、1989年7月
- 3) 太田勝敏「ロード・プライシングによる自動車交通量の抑制」『環境研究』No.71、1988年11月
- 4) Borins S. F.: Electronic Road Pricing: An Idea Whose Time May Never Come, Transportation Research - A, 22A-1, 1988, 1
- 5) Ohta K., Harata N.: Properties of Aggregate Speed-Flow Relationship for Road Network, A Paper Presented at the 5th W. C. T. R., 1989, 7
- 6) 東京都建設局『東京都の自動車交通の実態』1987年12月
- 7) 越正毅、坂下昇他「大都市の交通渋滞は解消できるか」『交通工学』1989年1月
- 8) 「東京都内自動車排出ガス排出量算出調査報告書(概要)」東京都環境保全局、1987年3月
- 9) 越正毅「渋滞解消の可能性と限界」『道路』pp.3-6、1988年6月
- 10) 交通工学研究会『交通工学ハンドブック』1984年
- 11) 『環境保全に資するモーダルシフト施策等あり方に関する調査研究報告書(II)』運経センター、1987年3月
- 12) 首都高速道路協会『首都高速道路の料金弾力性に関する研究』1982年3月