

環境負荷を考慮した都市高速道路の車種別料金設定について*

Toll Pricing of Vehicle Type of the Urban Expressway Considering Environmental Load*

井ノ口 弘昭**

By Hiroaki INOKUCHI**

1. はじめに

環境に対する関心は世界中で高まっている。日本においては、二酸化炭素排出量の約2割が運輸部門からで、そのほとんどが自動車からの排出となっている。温室効果ガスの排出量は増加傾向にあり、その対策が求められている。その他の窒素酸化物などの有害物質も自動車からの排出が多くを占め、対策が必要である。自動車メーカーでは低排出ガス車などの技術開発を積極的に行っているが、道路管理者・交通管理者側では、環境影響を考慮した道路計画・交通運用計画を立案する必要がある。

本研究では、環境影響を出来るだけ正確かつ簡便に予測する際は、車種別に配分する必要があることを述べる。

2. 車種別交通量配分モデル

(1) 車種別配分の必要性

道路計画・交通運用計画立案の際の基本となる交通量の予測手法について見ると、交通量配分モデルは分割配分から均衡配分に移行してきたが、車種別の配分計算はほとんど行われていない。例えば、ディーゼルエンジンの大型貨物車のNOx排出量はガソリン乗用車の20倍程度というように、排出ガスは車両の大きさ・エンジンの種類などによって大きく異なるため、環境影響を予測するためには車種別の交通量の予測が重要となる。単車種での配分計算の後、車種の構成比率に応じて車種別交通量を予測することも考えられるが、車種別の配分計算とは結果が異なること、大型車に対する環境ロードプライシングなど車種別の交通対策の検討を行うことが出来ないことから、適切な方法とは言えない。従って、車種別交通量配分について考える。

(2) 車種別確率的利用者均衡配分の概要

本研究で用いる車種別交通量配分モデルは、出来るだ

*キーワード：交通環境、道路計画、交通管理

**正会員、博士(工学)、関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 (大阪府吹田市山手町3-3-35、TEL06-6368-0964、E-mail hiroaki@inokuchi.jp)

け計算が簡便になるように構築した車種別確率的利用者均衡配分モデル¹⁾を用いる。これは、確率的利用者均衡配分モデルが経路交通量に関しても解の唯一性をもつことを応用したものである。例えば、4車種では図-1に示す通り、セントロイドを乗用車用・小型貨物用・大型貨物用・バス用に分けることで車種ごとのリンク交通量が唯一に決められる。一方、確定的利用者均衡配分モデルでは、経路交通量に関する解の唯一性は保証されないため、これを車種別に拡張しても車種別リンク交通量の解の唯一性は保証されない。

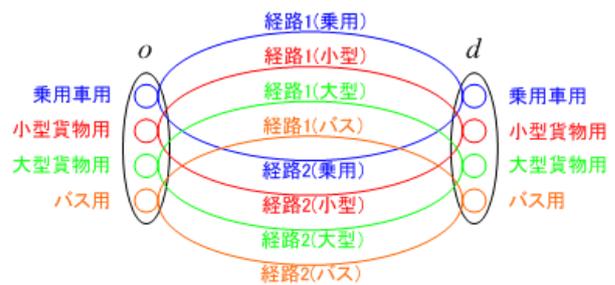


図-1 車種別配分の考え方

車種別確率的利用者均衡配分の等価最適化問題を式(1)に示す。

$$\min : Z = \sum_{ij} \int_0^{x_{ij}} t_{ij}(\omega) d\omega - \frac{1}{\theta} \sum_c \sum_r \{HL(x^{c,r}) - HN(x^{c,r})\} \quad (1)$$

$$s.t. \quad x_{ij} = \sum_c \sum_r E_c x_{ij}^{c,r} \\ x_{ij}^{c,r} \geq 0$$

ただし、

$$HN(x^{c,r}) \equiv - \sum_j (\sum_i E_c \cdot x_{ij}^{c,r}) \ln(\sum_i E_c \cdot x_{ij}^{c,r}) \\ HL(x^{c,r}) \equiv - \sum_{ij} E_c \cdot x_{ij}^{c,r} \ln(E_c \cdot x_{ij}^{c,r})$$

ここで、

c : 車種
 r : 起点

E_c : 車種 c の乗用車換算係数
 HL, HN : エントロピー関数

この等価最適化問題では、確率的利用者均衡配分モデルの2つのエントロピー項が車種ごとに分かれ、乗用車換算係数を用いている。

有料道路の料金の考慮は、転換率法ではなく料金抵抗法を用いている。転換率法では、転換率の計算の際に利用ランプが決まるが、料金抵抗法では経路探索の時に決められるので、都市高速道路のような選択可能なランプが多い場合は料金抵抗法の方が良いと考えられるためである。また、料金抵抗法は転換率法と比べてモデル構造が単純である。所要時間を求める際は、乗用車換算係数を用いて単車種に変換して全車種共通のリンクパフォーマンス関数で計算を行う。従って、所要時間は全車種同じになる。しかしながら、有料道路の通行料金は車種ごとに異なるため、通行料金を時間価値を用いて時間単位に変換して所要時間と足し合わせると、車種ごとに異なる値となる。従って、経路探索は車種ごとに行う必要がある。

この配分モデルは、セントロイド数が見かけ上、車種数倍になる。計算時間はおよそセントロイド数の2乗に比例するが、車種をまたいだODペアは存在しないため、単車種の場合と比べておよそ車種数倍の計算時間で済む。

(3) 計算条件

本研究では、大阪府・兵庫県の道路ネットワークを用いて日交通量の配分計算を行った。リンク数は6,017である。このネットワークには、名神高速道路・阪神高速道路などの有料道路が含まれる。時間価値原単位は、国土交通省道路局の費用便益分析マニュアル²⁾の値を用いた。車種は、乗用車・小型貨物車・大型貨物車・バスの4車種で配分計算を行った。

現在、ETC利用車を対象としたものを中心として、さまざまな料金割引を実施しているが、議論を単純にするために、これらの料金割引は考慮しない。また、名神高速道路の通行料金は車種が細かく分かれているが、本研究では配分対象の4車種それぞれに代表的車種区分の料金を用いた。

3. CO₂・NOx排出量の推計

(1) CO₂・NOx排出量の推計手法

CO₂・NOx排出量は、エンジンの種類・大きさ、積載重量、車両の速度・加速度、道路の勾配など様々な要因によって変化する³⁾が、交通量配分モデルを用いた場合は各車両の細かな挙動を考慮することが出来ない。交通量

配分では均衡時の各リンクの上り・下り別の所要時間を求めることが出来るため、これを用いて各リンク各方向の平均速度を計算して考慮した。

CO₂排出係数は、大城ら⁴⁾によって求められた表-1に示す10km/h刻みの区間平均走行速度別の2車種分類(小型車種・大型車種)による平成12年のCO₂排出係数を補完して用いた。

表-1 計算で用いたCO₂排出係数

区間平均速度 (km/h)	小型車種 (g-CO ₂ /km)	大型車種 (g-CO ₂ /km)
10	327.9	1345.6
20	229.1	1132.5
30	186.2	962.9
40	161.0	835.5
50	145.8	750.0
60	138.2	706.4
70	137.0	704.5
80	141.8	744.4
90	152.1	826.1
100	167.8	949.6

NOx排出係数については、並河ら⁵⁾によって求められた式(2)・(3)に示す2車種分類(小型車種・大型車種)による平均走行速度を説明変数とした近似式を用いた。

(小型車種のNOx排出係数)

$$=-0.902/V-0.00578V+0.0000439V^2+0.261 \quad (2)$$

(大型車種のNOx排出係数)

$$=-7.12/V-0.0895V+0.000735V^2+3.93 \quad (3)$$

排出係数 : g/km・台 平均走行速度(V) : km/h

(2) CO₂・NOx排出量の推計結果

車種別の配分を行った場合と、単車種で配分を行った場合の比較を行う。単車種で配分を行った場合は、全OD交通量の車種構成比(今回の場合は、小型車種90.1%、大型車種9.9%)を基に、リンク交通量を按分して車種別リンク交通量を計算した。

配分対象地域全体のCO₂・NOx排出量の計算結果を表-2に示す。CO₂排出量・NOx排出量ともに車種別の方が1~2割程度多く計算された。車種別の走行台キロを計算したところ、小型車種8,584万台・キロ、大型車種1,444万台・

表-2 配分対象地域全体のCO₂・NOx排出量

配分計算方法	CO ₂ 排出量	NOx排出量
単車種	25,464t	23,629kg
車種別	28,135t	29,031kg

キロであり、小型車類の比率は85.6%であった。大型車類の方が走行距離が長い傾向があり、それが排出量に差が出た原因の1つであると考えられる。

次に、配分対象の6,017リンクをリンクごとに排出量の違いを見た。(単車種配分の場合のCO₂排出量) / (車種別配分の場合のCO₂排出量)の集計結果を図-2に示す。1.0となれば、どちらの配分方法でも同じ値が計算されたことになる。0.9~1.1に収まったリンクは約半数であった。全体で見た時は単車種の方がやや過小推計であったため、1.0より小さいリンクの割合がやや高いが、過小推計・過大推計のどちらもあり、リンクごとで見た場合はばらつきが発生することが分かった。

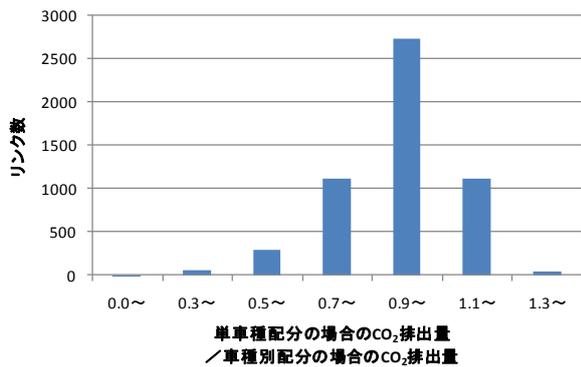


図-2 リンク単位で見たCO₂排出量の推計差

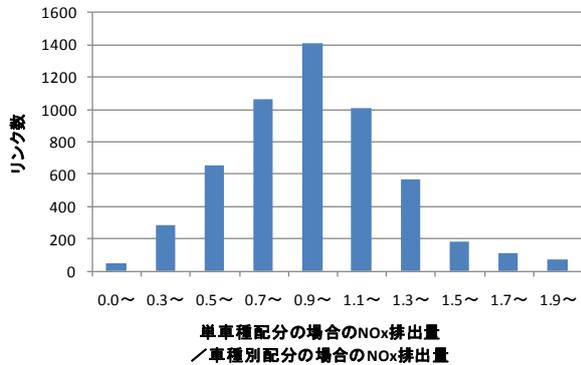


図-3 リンク単位で見たNOx排出量の推計差

また、(単車種配分の場合のNOx排出量) / (車種別配分の場合のNOx排出量)の集計結果を図-3に示す。NOx排出量はリンクごとで見た場合はかなりのばらつきが発生することが分かる。特に、単車種配分の排出量が車種別の半分以下として計算される場合、2倍以上として計算される場合もある。これは、大型車で多いディーゼル車と小型車で多いガソリン車でNOxの排出特性が大きく異なることも1つの原因である。従って、リンク単位のNOx排出量を求める場合は、単車種で配分した交通量を単に按分して車種別交通量を求めるのではなく、車種別配分モデルを用いて計算する必要がある。

(3) 路線別排出量の比較

阪神高速道路では、環境ロードプライシングと称して大型車を対象に3号神戸線から5号湾岸線に転換するように5号湾岸線の通行料金割引を行っている。このような交通政策案を検討する場合は交通量配分などを用いて効果予測を行うが、その場合に計算される、配分方法による排出量の違いについて検討を行う。今回は、図-4に示す大阪府と兵庫県の間(断面A)から芦屋市と神戸市の境(断面B)までの区間約15kmを対象に集計を行った。この区間では、阪神高速道路の5号湾岸線と3号神戸線は、およそ2kmの間隔で並行に通っている。5号湾岸線の規制速度は80km/h、3号神戸線は60km/hである。一般道路では、国道2号線と43号線がおよそ400m~1.5kmの間隔で並行に通

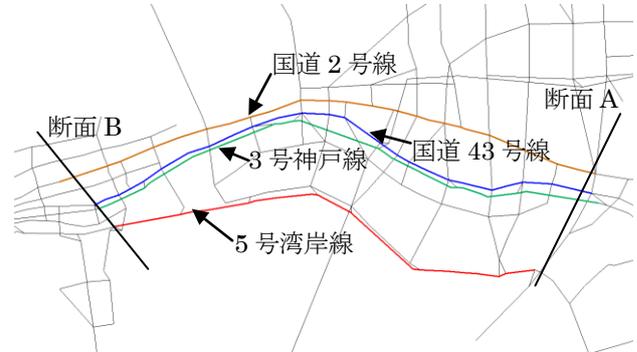


図-4 対象路線図

表-3 路線別断面交通量

路線	配分計算方法	断面 A				断面 B			
		乗用車	小型貨物	大型貨物	バス	乗用車	小型貨物	大型貨物	バス
5号湾岸線	単車種	39,384				46,566			
	車種別	27,009	6,773	9,816	113	30,229	8,397	12,587	470
3号神戸線	単車種	56,494				81,916			
	車種別	43,949	12,391	5,958	404	57,487	18,937	13,875	618
国道43号線	単車種	55,629				35,636			
	車種別	36,734	13,337	11,056	614	21,322	6,578	11,521	130
国道2号線	単車種	19,035				14,166			
	車種別	13,774	4,812	2,018	521	12,318	2,071	1,202	132

表-4 路線別所要時間・1台あたりの排出量

路線	所要時間	NOx 排出量		CO ₂ 排出量	
		小型車類	大型車類	小型車類	大型車類
5号湾岸線	11分	1.04g	20.5g	2.80kg	14.03kg
3号神戸線	15分	1.28g	24.6g	3.07kg	15.73kg
国道43号線	31分	2.42g	41.8g	4.67kg	23.88kg
国道2号線	42分	2.84g	49.8g	5.58kg	27.50kg

表-5 路線別排出量

路線	NOx 排出量		CO ₂ 排出量	
	車種別配分	単車種配分	車種別配分	単車種配分
5号湾岸線	177kg	90kg	152t	106t
3号神戸線	251kg	194kg	266t	235t
国道43号線	322kg	182kg	257t	189t
国道2号線	78kg	90kg	88t	93t

ている。なお、国道43号線は阪神高速3号神戸線の高架下を走る道路である。国道2号線の規制速度は50km/h、43号線は40km/hである。

路線別の各断面交通量を表-3に示す。国道2号線を除いて、車種別に計算した場合は単車種で計算した場合と比べて車種別交通量が大幅に異なり、特に5号湾岸線では大型車類の交通量が2倍以上になっている。

路線別の所要時間および1台あたりの排出量を表-4に示す。5号湾岸線は3号神戸線と比べて平均走行速度が高いため、1台あたりのNOx排出量は2割近く、CO₂排出量は1割程度少なくなっている。同じ場所を走行している3号神戸線と国道43号線を比べると、3号神戸線はNOx排出量で4割以上、CO₂排出量で3割以上少なくなっている。

路線別の通行車両合計の排出量を表-5に示す。車種別で配分した場合と、単車種で配分した場合とで車種別交通量が大幅に異なったことから、NOx排出量・CO₂排出量共に大幅に異なる結果となった。このことから、単車種で配分して単に按分するのではなく、車種別に交通量を求める必要があると言える。

4. まとめ

本研究では、交通量配分モデルを用いて環境影響を出来るだけ正確かつ簡便に予測することを目指して、車種別交通量配分モデルと単車種の交通量配分モデルでNOx排出量・CO₂排出量の推計にどれ位の違いが出るのかを検討した。

大阪府・兵庫県の道路ネットワークを用いて計算を行った結果、配分対象地域全体のCO₂・NOx排出量は車種別の方が1~2割程度多く計算された。また、リンクごとにばらつきを見たところ、特にNOx排出量で大きなばらつき

があり、リンク単位の排出量を求めたい場合は、車種別交通量配分モデルを用いる必要があることが分かった。

次に、15km程度の区間を対象に路線別の交通量・排出特性の比較を行った。その結果、車種別断面交通量は車種別に配分した場合と単車種で配分した場合とでは、大幅に異なることが分かった。NOx排出量・CO₂排出量についても大幅な違いが確認できた。

本研究で用いた車種別確率的利用者均衡配分は、単車種の確率的利用者均衡配分を拡張したものであり、計算時間もおよそ車種数倍で済むという特徴をもっている。NOx・CO₂のような環境影響を予測する場合は、少なくともこのような車種別配分を行う必要がある。

参考文献

- 1) 井ノ口弘昭, 土井孝浩: 車種別交通量配分モデルの並列計算効率に関する研究, 第34回土木計画学研究発表会・講演集, No. 226, 2006.
- 2) 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, 2002.
- 3) 井ノ口弘昭, 山辺宗記: ディーゼル自動車のCO₂・NOx排出量推計モデルの構築, 第27回交通工学研究発表会論文報告集, pp. 313-316, 2007.
- 4) 大城温, 松下雅行, 並河良治, 大西博文: 自動車走行時の燃料消費率と二酸化炭素排出係数, 土木技術資料, Vol. 43, No. 11, pp. 50-55, 2001.
- 5) 並河良治, 高井嘉親, 大城温: 自動車排出係数の算定根拠, 国土技術政策総合研究所資料, No. 141, 2002.
- 6) 土木学会: 交通ネットワークの均衡分析 -最新の理論と解法-, 丸善, 1998.