

# 大型車課金を考慮した 利用者均衡配分モデルについての検討

常 荃 奎<sup>1</sup>・井ノ口 弘昭<sup>2</sup>・秋山 孝正<sup>3</sup>

<sup>1</sup>関西大学大学院 理工学研究科 都市システム工学専攻 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)  
E-mail: ziqiangfenjin24@163.com

<sup>2</sup>関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)  
E-mail:hiroaki@inokuchi.jp

<sup>3</sup>関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)  
E-mail:akiyama@kansai-u.ac.jp

都市道路網において、長期的な維持管理を検討するために、道路の損傷に与える影響が比較的大きな大型車交通のマネジメントが世界的に課題となっている。このため、欧州をはじめとして、大型車を対象とした対距離課金が導入されている。本研究では、大型車の対距離課金を考慮した利用者均衡配分モデルの基本的構成について議論する。具体的には、大型車の対距離課金の分析が可能な需要変動型の車種別利用者均衡配分モデルを構築する。本モデルを道路ネットワークモデルに適用し、課金による料金収入などを算定した。これより、今後の道路課金制度としての大型車課金の妥当性を検討することができた。

**Key Words** : 対距離課金、大型車、車種別利用者均衡配分

## 1. はじめに

都市道路では、橋梁や舗装などの劣化が進行し、修繕や更新などが行われている。これらの維持管理には多額の費用が必要である。このとき、道路の損傷は大型車の影響が大きいことが知られている<sup>1)</sup>。このため、欧州においては、一部の地域・路線で大型車課金制度が導入されている。これらのことから、本研究では一般道路における大型車課金の有効性を検討するためのモデル構成を提案する。具体的には、需要変動型の車種別利用者均衡配分モデルを用いたモデルを検討する。これより、今後の道路課金制度としての大型車課金の妥当性を検証する。

## 2. 大型車課金に関する基本的整理

本章では、大型車課金に関する基本的事項を整理する。大型車課金は、欧州や米国で導入・社会実験が実施されている<sup>2)</sup>。例えば、ドイツでは、アウトバーンのほぼ全区間と片側2車線以上の連邦道路を走行する車両総重量7.5トン以上の大型貨物車を対象として実施されている<sup>1)</sup>。また、2018年からは全連邦道路が課金の対象になる予定である。このとき、課金額は排出クラス（環境性能）と

車軸数により設定されており、8.1セント/km~21.8セント/kmである。

また、米国では、ワシントン州・オレゴン州・ミネソタ州で走行距離課金のパイロットプログラムが実施されている<sup>3)</sup>。これらの対距離課金を行うためには、車載装置および通信装置が必要となる。

大型車課金に関して、根本的には対距離課金制度の意義を理論的に明らかにし、受益者負担の原則を基にした道路整備のあり方を提案している<sup>4)</sup>。また、GPSを用いた大型車対距離課金、混雑料金などに関して各国の事例を紹介しながら、今後の道路交通行政のあり方について考察している<sup>5)</sup>。

これらの諸外国の事例および研究成果を基に、本研究では大型車課金に関する検討を行う。

## 3. 大型車課金に関する基本モデルの定式化

本章では、大型車課金の有効性を分析するための、基本モデルを構築する。

### (1) 車種別利用者均衡配分モデル

はじめに、車種別利用者均衡配分モデルに関する定式

化を行う<sup>6)</sup>。車種別利用者均衡配分モデルの等価最適化問題の目的関数は次式で示される。

$$\min z(\mathbf{x}) = \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(w) dw \quad (1)$$

subject to

$$t_a(x) = t_a(x_a^r + E \cdot x_a^h),$$

$$x_a^r, x_a^h \geq 0$$

ここで、 $x_a^r, x_a^h$  はリンク  $a$  の普通車交通量および大型車交通量である。また、 $E$  は大型車の乗用車換算係数である。また、 $A$  は道路ネットワーク上のリンクの集合を表す。本モデルでは、普通車と大型車には走行速度の差はないと仮定している。

なお、既存研究において車種別リンク交通量の解の一意性が担保される車種別確率的利用者均衡配分モデルが提案されている<sup>7), 8)</sup>。

### (2) 大型車課金を考慮した車種別利用者均衡配分モデル

つぎに、大型車課金を考慮したモデルを検討する。課金額が線形かつ上限・下限のない料金設定の場合は、リンクパフォーマンス関数に、リンク単位の課金額の時間換算値を加えることにより表現することが可能である。このとき、大型車だけに課金を行う場合は、普通車と大型車で最短経路が相違する。このため、以下の①～⑥に示す手順を収束するまで繰り返し、均衡解を算定する。

- ①普通車リンク交通量および大型車リンク交通量から乗用車換算台数を算定する。
- ②乗用車換算台数を用いて、リンクパフォーマンスからリンク所要時間を算定する。
- ③算定されたリンク所要時間を基に、最短経路探索を行う。この最短経路に、普通車OD交通量を付加した普通車補助ベクトル $\mathbf{y}^r$ を算定する。
- ④リンク所要時間にリンク課金額を時間換算した値を加算し、最短経路探索を行う。この最短経路に、大型車OD交通量を付加した大型車補助ベクトル $\mathbf{y}^h$ を算定する。
- ⑤一次元探索により、目的関数を最小にするステップサイズを算定する。
- ⑥普通車リンク交通量および大型車リンク交通量を更新する。

これらの手順により、リンク単位の大型車課金額を設定した均衡解を算定することができる。

### (3) 普通車・大型車の需要関数の設定

道路利用者に課金を行うことで、交通需要が変化することが考えられる。このため、需要変動を考慮したモデル

を検討する。ここでは需要関数を設定する。本研究では、車種別に線形の需要関数を設定する。すなわち、

$$\text{普通車需要関数: } Q_{rs}^r(c_{rs}^r) = \alpha_{rs}^r - \beta_{rs}^r c_{rs}^r$$

$$\text{大型車需要関数: } Q_{rs}^h(c_{rs}^h) = \alpha_{rs}^h - \beta_{rs}^h c_{rs}^h$$

とする。ここで、 $c_{rs}^r$  はODペア  $rs$  間の普通車の時間費用、 $c_{rs}^h$  はODペア  $rs$  間の大型車の課金額を含めた時間費用を表す。また、 $\alpha_{rs}^r, \beta_{rs}^r, \alpha_{rs}^h, \beta_{rs}^h$  はパラメータである。このパラメータは需要固定型利用者均衡配分モデルを用いて算定した結果および価格弾力性値  $\epsilon$  を用いて求める。たとえば、需要固定型利用者均衡配分により計算を行った結果、ODペア  $rs$  間の所要時間が15分と算定され、普通車のOD交通量が500台の場合、需要関数は価格弾力性値  $\epsilon$  により図1のように求められる。

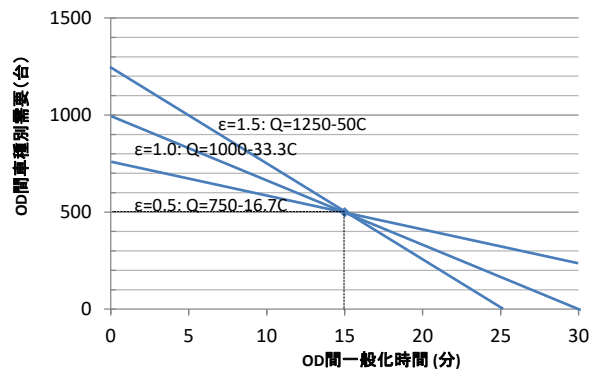


図1 需要関数の設定

これらのパラメータをODペア、車種別に算定する。

### (4) 需要変動を考慮した車種別利用者均衡配分モデル

つぎに、需要変動を考慮した車種別利用者均衡配分モデルについて検討する。単車種の需要変動型利用者均衡配分モデルは、目的関数に逆需要関数の積分項を加えた形になる<sup>6)</sup>。ここで検討する車種別の場合は、逆需要関数の積分項が車種別に定義された形で、次式に示すように定式化できる。

$$\min z(\mathbf{x}, \mathbf{q}) = \sum_a \int_0^{x_a} t_a(w) dw - \sum_{rs} \int_0^{q_{rs}^r} D_{rs}^{r-1}(w) dw - \sum_{rs} \int_0^{q_{rs}^h} D_{rs}^{h-1}(w) dw \quad (2)$$

この場合の解法は、(2)節で示した車種別利用者均衡配分モデルと同様であるが、OD間所要時間および課金額をもとにOD交通量を算定するプロセスが追加される。図2に、このアルゴリズムを示す。最短経路探索は、車種別に実行される。このとき、大型車は課金額を考慮した一般化所要時間を用いる。その後の目的関数を最小化する一次元探索は、車種共通で行われる。これにより、乗用車換算リンク交通量が算定される。

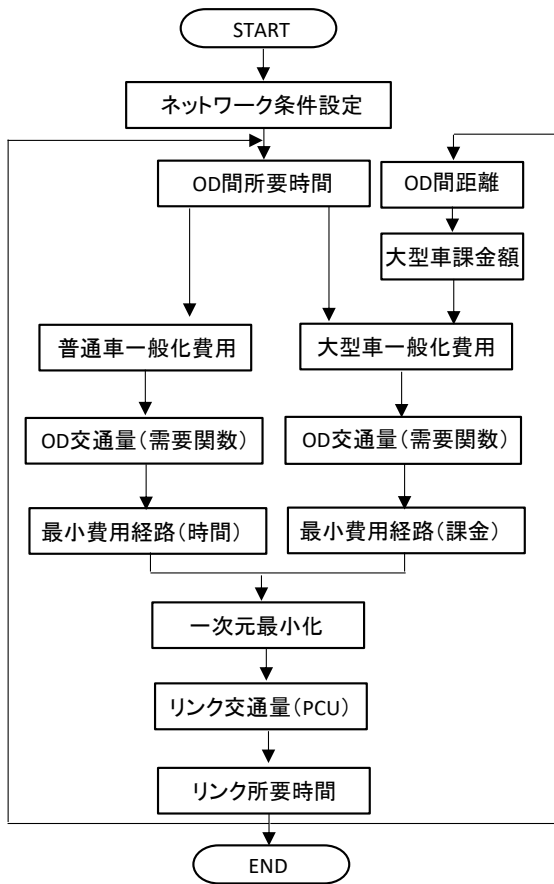


図2 車種別利用者均衡計算アルゴリズム

#### 4. 大型車課金に関するモデル分析

本章では、前章で構築したモデルを用いて、大型車課金の有効性を検討するためのモデル分析を行う。

##### (1) 道路ネットワーク・需要関数の設定

はじめに、モデル分析のための道路ネットワーク、需要関数の設定などについて述べる。本研究では、モデル分析のため図3に示す道路ネットワークを設定する。

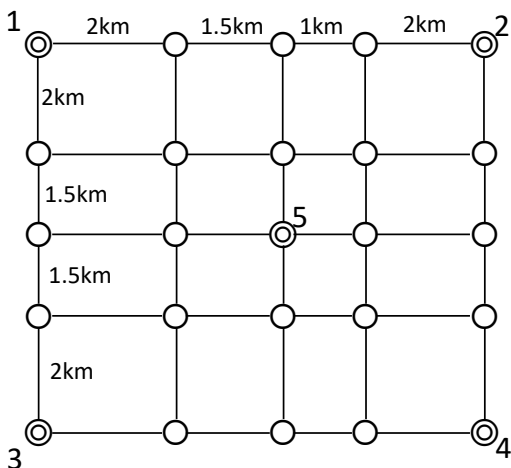


図3 数値計算ネットワーク

本図の◎はセントロイドを示す。また、各リンクは両方向通行可能とする。

つぎに、普通車および大型車の需要関数を設定する。ここで、表1に普通車のOD交通量を示す。

表1 OD交通量の設定 (普通車)

OD	1	2	3	4	5
1		2,000	2,000	2,000	5,000
2	2,000		2,000	2,000	5,000
3	2,000	2,000		2,000	5,000
4	2,000	2,000	2,000		5,000
5	5,000	5,000	5,000	5,000	

つぎに、表2に大型車のOD交通量を示す。

表2 OD交通量の設定 (大型車)

OD	1	2	3	4	5
1		500	600	400	1,000
2	500		600	700	1,500
3	600	600		500	1,200
4	400	700	500		1,300
5	1,000	1,500	1,200	1,300	

これらのOD交通量および需要固定型交通量配分結果のOD間所要時間を基に、需要関数のパラメータを算定する。

##### (2) 大型車課金による影響分析

つぎに、大型車課金による影響を交通量配分結果を用いて考察する。ここでは、大型車課金額として、20円/kmから100円/kmを検討する。また、大型車の時間価値として64.18円/分・台を設定する<sup>9)</sup>。さらに、価格弾力性値として0.5, 1.0, 1.5のケースを検討する。

はじめに、各ケースの大型車課金収入の算定結果を図4に示す。

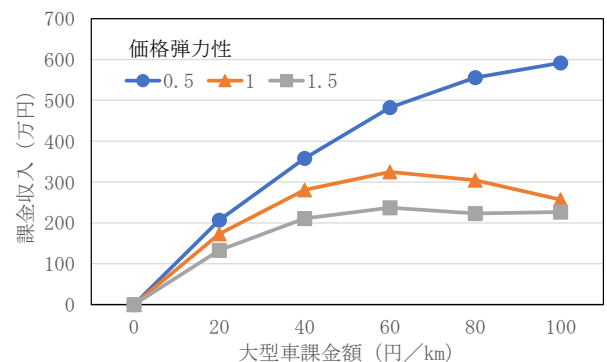


図4 課金収入の算定結果

本図より、価格弾力性が低い場合は、課金額が高額な場合に課金収入が高額になることがわかる。一方、価格弾力性が高い場合は、課金額が高額になると課金収入は

少なくなる。本計算設定の場合、価格弾力性が1.0、1.5のケースでは大型車課金額が60円/kmの場合に課金収入が最大であった。

つぎに、課金額と大型車の走行距離との関係を図5に示す。

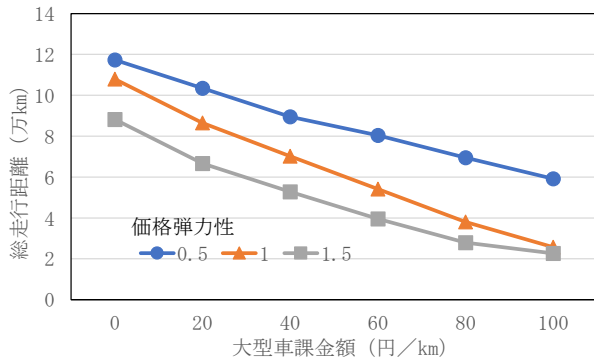


図5 総走行距離の算定結果

本図より、大型車課金額が高額になると、大型車の総走行距離は減少することがわかる。

つぎに、課金額と普通車・大型車を合わせた総走行時間との関係を図6に示す。

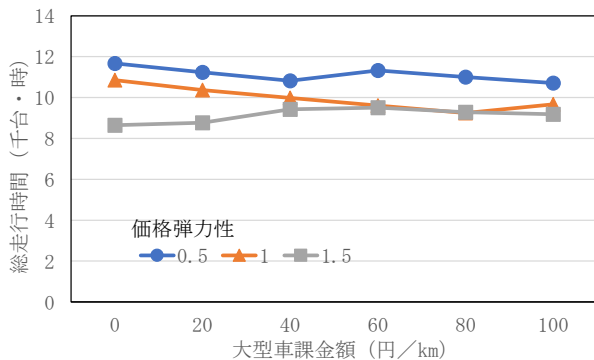


図6 総走行時間の算定結果

本図より、総走行時間は、価格弾力性値により相違することがわかる。価格弾力性が1.0の場合は、80円/kmで最小であった。なお、ここでは普通車・大型車は等価として総走行時間を算定している。総走行時間の評価方法については、検討の余地がある。

## 5. おわりに

本研究では、一般道路における大型車課金の有効性を検討するためのモデルを提案した。本研究の主要な成果を以下に示す。

1) 需要変動型の車種別利用者均衡配分モデルを用いた計算手順を提案した。車種別に経路探索を行い、均衡解

を算定することで、大型車課金を考慮した計算が可能であることが示された。

2) 大型車課金の有効性を検討するモデル分析を行った。価格弾力性および大型車課金額と各評価指標値との関係を検討した。この結果、価格弾力性値が小さい場合は課金額を増額すると課金収入は増大するが、価格弾力性が大きい場合は一定の課金額を超えると課金収入は減少することが示された。

3) 大型車課金による道路ネットワークの交通状態を検討した結果、課金により大型車の総走行距離は減少すること、普通車・大型車を合わせた総走行時間は価格弾力性が1.0の場合では80円/kmで最小になることがわかった。

本研究の今後の課題として、①車種別リンク交通量に解の一意性が担保された確率的利用者均衡配分モデルを用いたモデルを構築すること、②総走行時間などの評価指標を検討すること、③一部の道路区間のみ課金を行う場合を検討することなどが挙げられる。

最後に本研究は、平成 29 年度科学研究費補助金基盤研究 (C) の研究の一部であることを付記する。

## 参考文献

- 1) 阿部勝義, 神谷恵三, 佐藤正和: 高速道路舗装の構造的損傷に関する一考察, 舗装工学論文集, Vol. 9, pp. 177-183, 2004.
- 2) 根本敏則, 今西芳一: ドイツにおける総合的道路利用者負担制度, 高速道路と自動車, Vol. 59, No. 2, pp. 40-42, 2016.
- 3) 塚田幸広, 渡邊良一: 米国における交通マネジメントと走行距離課金の動向, 運輸政策研究, Vol. 15, No. 3, pp. 48-53, 2012.
- 4) 根本敏則, 味水佑毅: 対距離課金による道路整備, 勁草書房, 2008.
- 5) 根本敏則, 今西芳一: 道路課金と交通マネジメント—維持更新時代の戦略的イノベーション, 成山堂書店, 2017.
- 6) 土木学会土木計画学研究委員会: 交通ネットワークの均衡分析—最新の理論と解法, 土木学会, 1998.
- 7) 井ノ口弘昭, 秋山孝正: 都市高速道路の車種別料金体系に関する検討, 土木計画学研究・論文集, Vol. 28, I-1173, 2011.
- 8) 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設定の検討, 土木学会論文集, Vol. 70, No. 5, pp. 1119-1125, 2014.
- 9) 国土交通省: 費用便益分析マニュアル, 2008.

(2017.7.31 受付)