

線上都市における TDM 施策の評価モデル*

Assessment of Traffic Demand Management Policy on a Linear City*

竹隈史明**・柿本竜治***・溝上章志****

By Fumiaki Takekuma**・Ryuji Kakimoto***・Syousi Mizokami****

1. はじめに

近年、慢性的な交通渋滞に対応するために、単に道路整備や TSM などの容量の拡大や効率の施設運用だけではなく、需要サイドからの対策、いわゆる交通需要マネジメント(TDM)が数多く検討されている。その中でもロードプライシングやパークアンドライドシステムは、この TDM の有効な施策の一つである。

従来、これらの TDM 施策は、個別にその需要や効果の検討が行われてきた。しかし、ロードプライシングで徴収した料金をパークアンドライドシステムの駐車場整備に還元するなど、複数の TDM 施策を同時に効率よく導入するほうが効果的であると考えられる。

本研究では、自らが設定した線上都市においてロードプライシングやパークアンドライドシステムなどの TDM パッケージ施策を組み込んだ TDM 施策評価シミュレーションモデルを構築し、今後導入されたり、もしくはすでに導入されている交通渋滞対策の規範的は性質の検証を行う。また、そのモデルを使用し、導入に関する数値シミュレーションを行い、複数の TDM 施策の効率的・効果的な機能分担、ソフト面とハード面との効率的・効果的な機能分担に関して分析を行う。

2. 線上都市における混雑料金

図-1のように、郊外から都心までが単一のリンクで結ばれ、需要はマイカーのみで都心へ移動する線上都市を考える。世帯密度 n を一定とすると、都心からの距離が R の地点における交通量は $Q =$

$n \cdot (R_f - R)$ となる。ここで、 R_f はリンク長(都市外縁までの距離)とする。道路利用者から徴収する経済理論上の混雑料金は、一人の道路利用者が当該道路に乗り入れることによる道路利用者全体の費用の増加分である社会的限界費用と、一人の利用者が乗り入れるときにその個人が支払う費用である私的限界費用との差分¹⁾である。そこで、道路利用者が支払う混雑料金は、どこから乗り入れたかにかかわらず地点ごとに利用者全員一定の料金が負担されるものとする。

私的限界費用曲線 MC_p には単調増加な次のような BPR 型関数²⁾を採用する。

$$MC_p = T_a(Q) = T_{ao} \{1 + \alpha(Q/C_a)^\beta\} \quad (1)$$

ここで、 Q : 交通量、 T_{ao} : ゼロフロー時の所要時間、 C_a : 交通容量、 α, β : パラメータである。

社会的限界費用曲線 MC_s は $Q \cdot T_a(Q)$ で表される社会的費用 C_s の増加分であるから

$$MC_s = T_a(Q) + Q \cdot d\{T_a(Q)\}/dQ \quad (2)$$

と表され、式(1)を代入すると次式のようになる。

$$MC_s = T_{ao} \{1 + \alpha(Q/C_a)^\beta + \alpha\beta \cdot (1/C_a)(Q/C_a)^{\beta-1} \cdot Q\} \quad (3)$$

このとき、式(1)、(3)を用いて、地点 R における私的限界費用と社会的限界費用の差として定義した混雑料金は次式のようになる。

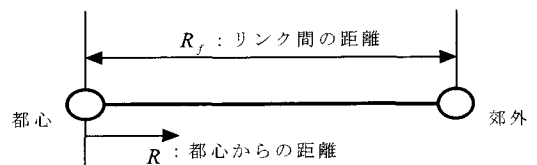


図-1 線上都市の設定

*キーワード : TDM 施策評価, RP,P&R,都市経済学

**学生員, 熊本大学大学院自然科学研究科
(熊本市黒髪2丁目39-1)

TEL096-342-3541, FAX096-342-3541)

***正員, 博士(学術), 熊本大学工学部環境システム工学科

****正員, 工博, 熊本大学工学部環境システム工学科

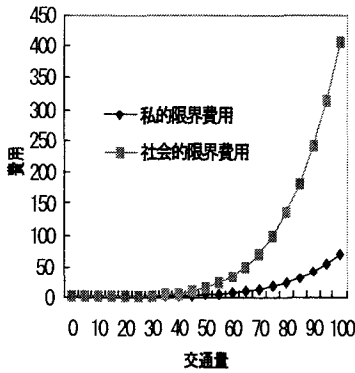


図-2 MCp&MCs 曲線

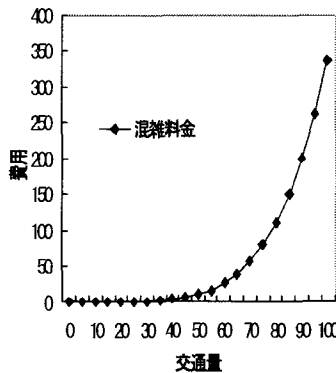


図-3 混雑料金 (定義1の場合)

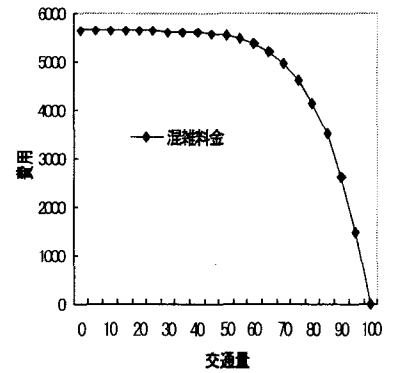


図-4 混雑料金 (定義2の場合)

[定義1]

$$MCs - MCp = T_{ao} \cdot \alpha\beta \cdot (Q/C_a)^\beta \quad (4)$$

ここでは, $n=1.0, R_f=100, \alpha=2.62, \beta=5.0$
 $C_a=60, T_{ao}=1.2$ としたときの私的限界費用と社会的限界費用を図-2に, 混雑料金を図-3に示す。 R が大きく交通量が増加してくると混雑料金は徐々に増加してくる。

一方, 混雑料金を, 各道路利用者が道路に加わる地点 R から都心, すなわち $R=0$ までにかかる両費用の差の総和と考え, 次式で定義する。

[定義2]

$$\begin{aligned} & \int_{Q(R)}^{Q(0)} \{MCs - MCp\} dQ \\ &= n^{\beta+1} \cdot T_{ao} \cdot \alpha\beta \cdot (1/C_a)^\beta \cdot (1/\beta+1) \\ & \quad \times \{R_f^{\beta+1} - (R_f - R)^{\beta+1}\} \end{aligned} \quad (5)$$

この定義による混雑料金の変化を図-4に示す。混雑料金は単調減少となるが, これはすべての道路利用者は都心まで移動するために, 道路に加わる地点が都心から遠いほど, 他の道路利用者に影響を与える。したがって, 負担すべき混雑料金は大きくなっている。よって, 両者の性質の比較から混雑料金の定義としては後者のほうが適切と考え, 以後の分析ではこれを採用する。

3. 問題の設定と需要予測の方法

ロードプライシングとパークアンドライドシステムをパッケージとした TDM 施策の効果を個別の施策の効果と比較する。ここでは図-5に示すように,

都心から r の地点に P&R 駐車場と混雑料金徴収所を同時に設け, 郊外から地点 r までは全員マイカーで来てもらい, 都心までマイカーかパークアンドライドシステムのいずれかを選択してもらう。地点 r から都心までの両手段の効用は,

$$\begin{aligned} V(r)^{BUS} = & -B_1 \cdot A \cdot r - B_2 \cdot \int_{Q(r)}^{Q(0)} T_a^{BUS} dQ \\ & - B_3 \cdot (x \cdot Q + y) \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} V(r)^{CAR} = & -B_1 \cdot T \cdot r - B_2 \cdot \int_{Q(r)}^{Q(0)} T_a(Q) dQ \\ & - B_3 \cdot \int_{Q(r)}^{Q(r)} (MCs - MCp) dQ \end{aligned} \quad (7)$$

で定義する。ここで $A \cdot r$, $x \cdot Q + y$, $T \cdot R$, はそれぞれバス料金, 駐車場料金, 燃費等である。駐車場料金は都心に近いほど地価が高くなると考えて, Q に関する増加関数としている。また, $B_1, B_2, B_3 (\geq 0)$ は, 各費用の相対的ウェイトである。バスの旅行時間 T_a^{BUS} は一定と仮定しており, 式(6)の第2項の T_a^{BUS} はバスの旅行時間である。地点 r での手段選択モデルには, 式(6), (7)を効用関数の確定項とする2項ロジットモデルを用いる。また, 駐車場(地点 r)より都心側に加わる需要は, 駐車場料金も混雑料金も負担しないと考える。

4. 数値シミュレーション分析

(1) ケース設定と最適な P&R 駐車場位置

計画策定者は総旅行時間費用が最小となる地点に P&R 駐車場と混雑料金徴収所を設置する。この解を求めるためのアルゴリズムを図-6に示す。料金等

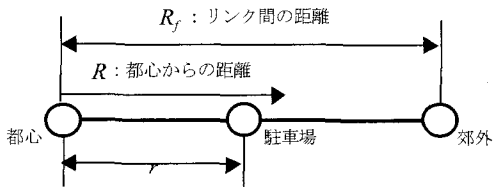


図-5 線上都市の設定 (2)

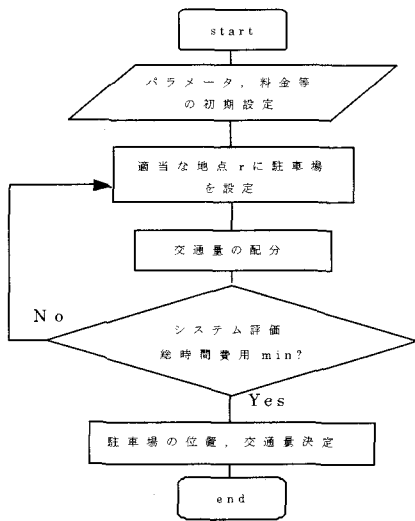


図-6 シミュレーションアルゴリズム

表-1 料金設定と総旅行時間最小費用&地点

ケース	A	x, y	C_a	最小旅行時間費用	地点
(i)	5	1,100	60	14167.8	47
(ii)	5	5,500	60	12378.9	62
(iii)	5	10,1000	60	12658.9	79
(iv)	5	1,100	50	16434.3	57
(v)	5	1,100	70	12859.8	38
(vi)	3	1,100	60	14185.4	47
(vii)	5	5,500	50	17410.0	83
(viii)	7	1,100	70	12783.9	39

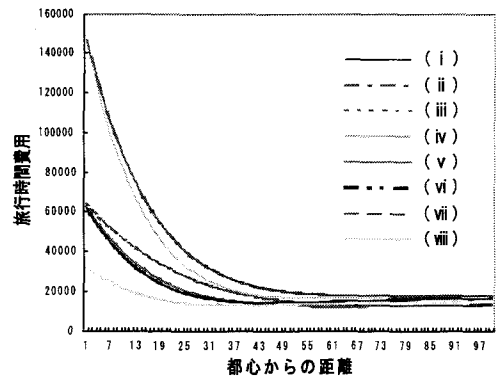


図-7 旅行時間費用最小化

の設定を表-1に表す。各ケースの特徴としては (i) を基本ケースとして, (ii), (iii) では P&R 駐車場料金の単価 x, y を上げることによってバスの効用を, (iv) では道路の容量 C_a を下げることによってマイカーの効用を下げている。逆に (v) では C_a を上げることによってマイカーの効用を上げている。また, (vi) では バスの効用をバス料金の単価を上げることによって, (vii) は駐車場料金の単価を下げることによってマイカーの効用を下げている。(viii) はマイカー優先の料金および容量設定としたケースである。

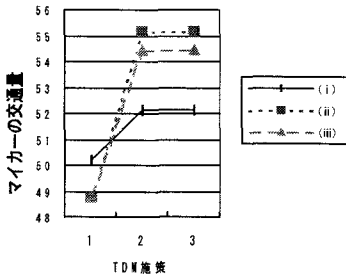
ここでは, 総交通量 $N = 100, T = 9.0, B_1, B_2, B_3 = 0.001$ とした。総旅行時間費用最小化の結果を図-7に, そのときの最小費用の値と最小値をとる地点の値を表-1の右側に示す。図-7より総旅行時間費用は駐車場の位置が都心から離れるにしたがって減少し, ある地点で最小値をとった後, 再び増加していく凸関数となる。旅行時間費用は交通容量

や交通量に依存しているため, 交通容量の小さな (iv) と (vii) では最小費用値は基本ケースよりも大きくなっている。また, 今回のシミュレーションでは, マイカーの交通量がある値になるまでは, バスの時間費用よりもマイカーの時間費用が小さい。そのため, 料金設定などによって最小地点における交通量の割合が違い, 他のケースを比較しても交通容量が大きいから最小費用が小さくなるとは言えない。しかし, 最小となる地点が近い値同士では, 最小費用の値も近くなっている。

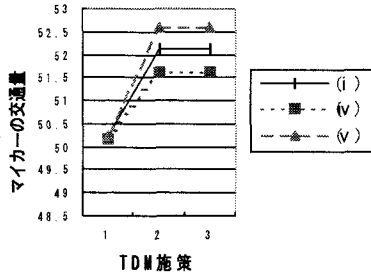
(2) TDM 施策の評価

ここでは, 以下の3種の TDM 施策に対する評価を行う。

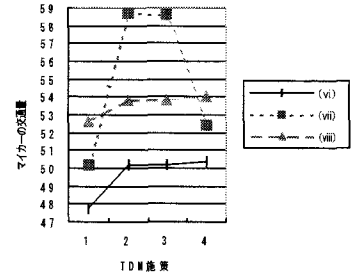
- ①マイカーとバスを郊外から都心まで走らせる
- ②パークアンドライドシステム (P&R) のみを導入
- ③ロードプライシング (RP) と P&R を組み合わせて導入



図－８ 駐車場料金の違いによる都心における交通量



図－９ マイカーの交通容量の違いによる都心における交通量



図－１０ 駐車場の位置の違いによる都心における交通量

a) 駐車場料金の影響

表－１の P&R 駐車場料金を変化させたケース (ii), (iii) について、都心におけるマイカーの交通量をケース (i) と比較したものが図－８である。横軸に①～③の施策を示している。すべてのケースで、郊外からバスを走らせた施策①のマイカーの交通量が最小となる。これは、バスをフロー・インディペンデントとしているため、相対的にバスの効用が高くなったためである。また、P&R のみを導入する②よりも、RP を導入した③の施策の方が、わずかながらマイカーの交通量は減少している。さらに、表－１より、P&R 駐車場料金を高くするほど駐車場の位置は都心より遠い地点となる。これは、P&R 駐車場料金が都心に近いほど高くなる関数に設定しているために、バスの効用が下がり、マイカーの交通量が増加するためである。

b) 交通容量の影響

交通容量を変化させたケース (iv), (v) について (i) と比較をする。交通容量を大きくすると、マイカーでより長い距離を走った方が旅行時間費用が小さくなるために駐車場の位置は都心に近くなった。図－９に示すように、交通容量の増加により、都心におけるマイカーの交通量は大きくなっている。この場合もすべて、施策①におけるマイカーの交通量が最も少なく、P&R と RP を同時に導入したほうがマイカーの交通量は減少している。

c) 駐車場の位置の影響

ここでは、施策①、②、③とも $r=50$ としたシミュレーション結果と、総旅行時間費用を最小とする地点に P&R 駐車場を設置して、施策③を導入した施策④とを比較する。都心におけるマイカーの交通量の結果を図－１０に示す。駐車場の位置が、総旅行

時間費用を最小にする地点より郊外側の場合はマイカーの交通量は減少し、逆に都心側の場合は増加している。ケース (i) と (vi), (vii), (viii) を比較すると、交通容量が大きいほどバス料金の変化が交通量に与える影響が小さい。これは、容量拡大による旅行時間費用の改善がマイカーの効用を上昇させているためである。

５. おわりに

線上都市における数値シミュレーションを通して、いくつかの単独 TDM 施策とこれらをパッケージとして導入した TDM 施策の導入効果を検討した。その結果より、以下のような定性的な結果が得られた。

- ①バス専用レーンなどの公共交通優先的施策は渋滞緩和に有効である。
- ②複数の TDM 施策を同時に行うことは渋滞緩和に有効である。
- ③しかし、ソフト面の対策に加え、道路の容量拡大などのハード面の対策を同時に行うと、マイカーの効用水準を上げるので、P&R の導入などのソフト施策の効果は上がらない。

今後の課題として、徴収した混雑料金を駐車場の運営やハード整備などへ還元した場合の評価を行う必要がある。

参考文献

- 1) 藤井彌太郎, 中条潮:「現代交通政策」, pp89-92
- 2) 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～」, pp16-17, pp46-47, 1998
- 3) 土木学会:「非集計行動モデルの理論と実際」, pp33-66, 1995