Ⅳ－18

新都市経済学型モデルによるP&Rシステムの導入効果分析

熊本大学大学院　学生員　河内　誠
熊本大学自然科学研究科　正　員　柿本　竜治
熊本大学工学部　正　員　溝上　章志

1．はじめに

公共交通機関への転換を促進するTDM施策の一つとして各地でP&Rシステムの導入が検討されている．実際にP&Rシステムを導入するにあたっては，システム導入効果を社会的厚生の視点から分析しておくことが重要である．従来はP&R駐車場の位置や規模，サービス水準などは与件とした上で自動車通勤からの転換による所要時間短縮効果を評価するのが一般的であった．しかし，これらは便益と費用の両方に影響を与える変数であることから内生変数として計画モデルに導入されるべきである．本研究では，これらの社会的最適解が満たすべき性質を新都市経済学型モデルの枠組みの中で解析的に検討することを目的とする．

2．基本仮定と目的関数

都市モデルの基本仮定は以下のとおりである．

①都市は業務中心区(CBD)をもつ単一中心都市で，都市内の各世帯は1本の道路を利用して自動車でCBDに通勤する．

②都市はCBDを原点とし，各地点 はCBDからの距離xを唯一の属性とする（図-1参照）．

③人口密度$n(x)$，地価$VL(x)$は郊外へ行くほど低下する．

上の仮定のもとで，地点xの通過速度を$v(x)$とすると，地点xから都心までの通勤時間$t(x)$は式(1)のようになる．$v(x)$は断面交通量$N(x)$の関数である．

$$t(x)=\int_0^x \frac{dx}{v(x)} \qquad (1)$$

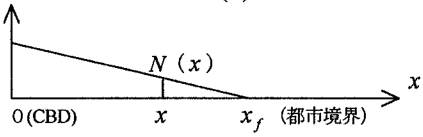

図-1　都市モデル

この都市にP&Rシステムを導入し，都市全体での通勤時間短縮の最大化を目的とした社会的最適化問題を定式化する．システムバス運行頻度fの増加関数，自動車とP&Rシステム利用費用の差Pの減少関数である自動車からP&Rシステムへの転換率を$\gamma=\gamma(f,P)$，P&Rシステム導入前・後の地点xから都心までの通勤時間を$t_0(x)$，$t_1(x)$とすると，その目的関数は式(2)となる．

$$F=\int_0^{x^*}(t_0(x)-t_{1C}(x))n(x)dx+(t_0(x^*)-t_{1B}(x^*))\gamma N(x^*)$$
$$+(t_0(x^*)-t_{1C}(x^*))(1-\gamma)N(x^*) \qquad (2)$$

ただし，添字のCは自動車，BはP&Rシステムを，x^*はシステムバス導入地点を表す．式(2)の第1項はP&Rシステム導入位置より都心側の総短縮時間を，第2項はP&Rシステム導入位置より郊外側のP&Rシステム転換者の総短縮時間を，第3項はそのときの自動車利用者の総短縮時間を表している．

以下では，料金収入RとP&Rシステム導入費用Cについての収支均衡条件がない場合（f，Pは外生変数，x^*が内生変数）と，ある場合（f，P，x^*はすべて内生変数）に分けて，3章で社会的最適解の性質，4章で利潤最大解との比較，5章で社会的最適解時の料金収入と導入費用の弾力性値の性質を検討する．

3．社会的最適解の性質(表-1参照)

社会的最適解の最適性条件は，収支均衡条件がない場合は式(3)となる．これは，最適なP&Rシステム駐車場導入位置においては，導入位置を1単位郊外側に移動するとき，P&Rシステム導入位置より内側の通勤者に生じる所要時間増の合計（左辺）とP&Rシステム導入位置を通過する通勤者の総短縮時間の増加量（右辺）が等しいことを表している．また，収支均衡条件がある場合は，式(4)～(7)を連立して解くことによ

キーワード：P&Rシステム，社会的便益分析，新都市経済学型モデル
〒860 熊本市黒髪2丁目39番1号　TEL　096-342-3541　FAX　096-342-3507

表-1　社会的最適化の条件

収支均衡条件がない場合

$$\int_0^{x^*}\frac{\partial t_{1C}(x)}{\partial x^*}n(x)dx+(t_{1C}(x^*)-t_{1B}(x^*))\gamma n(x^*)=\left(\frac{d\,t_0(x^*)}{d\,x^*}-\frac{d\,t_{1C}(x^*)}{d\,x^*}\right)N(x^*)+\left(\frac{d\,t_{1C}(x^*)}{d\,x^*}-\frac{d\,t_{1B}(x^*)}{d\,x^*}\right)\gamma N(x^*)\quad(3)$$

収支均衡条件がある場合

$$\int_0^{x^*}\frac{\partial t_{1C}(x)}{\partial f}n(x)dx+\left(\frac{dt_{1B}(x^*)}{df}-\frac{dt_{1C}(x^*)}{df}\right)\gamma N(x^*)+\frac{dt_{1C}(x^*)}{df}N(x^*)+(t_{1B}(x^*)-t_{1C}(x^*))\frac{d\gamma}{df}N(x^*)=\lambda\left(\frac{dR}{df}-\frac{dC}{df}\right)\quad(4)$$

$$\int_0^{x^*}\frac{\partial t_{1C}(x)}{\partial P}n(x)dx+\left(\frac{dt_{1B}(x^*)}{dP}-\frac{dt_{1C}(x^*)}{dP}\right)\gamma N(x^*)+\frac{dt_{1C}(x^*)}{dP}N(x^*)+(t_{1B}(x^*)-t_{1C}(x^*))\frac{d\gamma}{df}N(x^*)=\lambda\left(\frac{dR}{dP}-\frac{dC}{dP}\right)\quad(5)$$

$$\int_0^{x^*}\frac{\partial t_{1C}(x)}{\partial x^*}n(x)dx+(t_{1C}(x^*)-t_{1B}(x^*))\gamma n(x^*)+\left(\frac{d\,t_{1C}(x^*)}{d\,x^*}-\frac{d\,t_0(x^*)}{d\,x^*}\right)N(x^*)+\left(\frac{d\,t_{1B}(x^*)}{d\,x^*}-\frac{d\,t_{1C}(x^*)}{d\,x^*}\right)\gamma N(x^*)=\lambda\left(\frac{dR}{dx^*}-\frac{dC}{dx^*}\right)\quad(6)$$

$$\lambda\Big(R(P,\gamma N(x^*))-C(VL(x^*),\gamma N(x^*),f)\Big)=0\qquad(\lambda\text{ :ラグランジェ乗数 })\quad(7)$$

り社会的最適解が得られる．

4．利潤最大解との比較

利潤最大を目的とする独占的な交通企業の行動では，限界収入と限界費用が等しいという条件のもとで最適解が存在する．本章では，社会的最適が成立するときの限界収入と限界費用の差の負号条件について検討する．導入位置を例に挙げると，式(6)より表-2 に示すような条件が成り立つ．ただし，P&R システム導入が有効であるためには $t_{1C}=\alpha t_{1B}$ において $\alpha>1$，第 3 項において $\frac{dt_{1C}(x^*)}{dx^*}>\frac{dt_0(x^*)}{dx^*}$ となる必要がある．表-2 はこの場合の関係を示している．もし，上段のように限界収入と限界費用の差が正の場合は企業の参入可能性は大きいと考えられる．しかし，負の場合は企業の参入可能性は小さいと考えられ，補助金などの施策が必要となってくる．また，運行頻度，費用差についても，導入位置と同様に社会的最適時における限界収入と限界費用の関係が得られるが，ここでは省略する．

表-2　社会的最適導入位置時の限界収入と限界費用の関係

第１項 (a)	第２項 (b)	第３項 (c)	第４項 (d)	$\frac{dR}{dx^*}-\frac{dC}{dx^*}$
正	正	正	負	(a)+(b)+(c)>(d)のとき 正 (a)+(b)+(c)<(d)のとき 負

5．社会的最適時の料金収入と導入費用の弾力性

収支均衡条件付き社会的最適時の各変数による料金収入と導入費用の弾力性は表-3 のようになる．この表より，社会的最適費用差において転換率の価格弾力性の大小が料金収入に大きく影響を及ぼすことが明らかである．

表-3　料金収入と導入費用の弾力性分析結果

任意の f , P のもとで

$$\frac{dR}{dx^*}=-Pn(x^*)<0\ ,\ \frac{dC}{dx^*}=\frac{\partial C}{\partial VL(x^*)}\cdot\frac{dVL(x^*)}{dx^*}-\frac{\partial C}{\partial\gamma N(x^*)}\cdot n(x^*)\frac{d\gamma}{dx^*}<0$$

導入位置が郊外へ移動することにより
料金収入…減少　　導入費用…減少

任意の P , x^* のもとで

$$\frac{dR}{df}=PN(x^*)\frac{d\gamma}{df}>0\ ,\ \frac{dC}{df}=\frac{\partial C}{\partial\gamma N(x^*)}\cdot N(x^*)\frac{d\gamma}{df}+\frac{\partial C}{\partial f}>0$$

運行頻度が増加することにより
料金収入…増加　　導入費用…増加

任意の f , x^* のもとで

$$\frac{dR}{dP}=\left(1+\boxed{\frac{P}{\gamma}\frac{d\gamma}{dP}}\right)\gamma N(x^*)\ ,\ \frac{dC}{dP}=\frac{\partial C}{\partial\gamma N(x^*)}\cdot N(x^*)\frac{d\gamma}{dP}<0$$

利用料金が増加することにより
料金収入 ─ 増加（転換率の価格弾力性 小）
　　　　　 減少（転換率の価格弾力性 大）
導入費用…減少

6．おわりに

本研究では P&R システム駐車場に関する解析的な検討を行ったが，今後の課題として本研究の数値的な検討やネットワークを用いた分析が挙げられる．