第Ⅳ部門　　単一中心都市における最適なコードンプライシングに関する研究

関西大学工学部　フェロー　吉川　和広　　京都大学大学院　正会員　　文　世一
関西大学大学院　学生員　○小西　孝治　　関西大学工学部　学生員　　京谷　百恵

1．はじめに

ロードプライシングは、机上の経済分析にとどまらず、いまや現実の政策手段として結実しつつある。シンガポールはじめ海外におけるほとんどの事例では、コードンプライシング方式が採用されている。この方式は、現在のところ、最も現実的なものといえるが、コードンの位置をどこにすべきか、そしてその際の料金はどのように設定すべきか、に関する厚生経済学的分析は行われていない。本稿では、単一中心都市を対象として、最適なコードンの位置と料金を求める方法を開発し、その有効性を検討することとする。

2．モデル

① n 個の地区（ゾーン）が連なった線形都市を仮定する。CBD から順に地区番号を 0,1,2,... とつける。隣接する地区間の距離を 1 に基準化すると、地区番号は CBD からその地区までの距離に等しくなる。そして r_f を都市の外側境界となる地区番号とする。

② 各地区の世帯数は外生的に与えられ、各世帯は必ず CBD に一定数のトリップを行うものとする。

③ 各世帯は自動車か公共交通のいずれかの手段を用いるが、その際トリップ費用の小さい手段を選択する。

④ 公共交通のトリップ費用は距離に比例する。一方、自動車のトリップ費用は CBD に到達するために通過する各区間の走行費用の和であるが、各区間の走行費用は区間交通量の増加関数である。

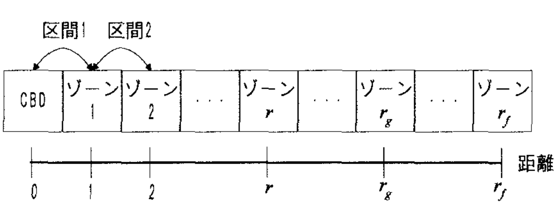

図1　都市形態

自動車を用いた場合のトリップ費用は次のように定式化される。

$$T_H(r) = \sum_{x=1}^{r} c\big(Q(x)/L_T(x)\big) \tag{1}$$

$c(r)$：区間 r における走行費用
$Q(r)$：区間 r における区間交通量
$L_T(r)$：区間 r の道路容量

ここで区間 r とは地区 $r-1$ と r の間のことである。

また区間交通量 $Q(r)$ は次のように求められる。

$$Q(r) = \sum_{x=r}^{r_f} n(x)\alpha(x) \tag{2}$$

$n(r)$：各ゾーンの世帯数
$\alpha(r)$：自動車の選択率

一方、公共交通のトリップ費用を次のように表す。

$$T_R(r) = k \cdot r \tag{3}$$

k：定数

各世帯の手段選択行動の結果、達成される均衡条件は次のように定式化される。

$$\begin{array}{lll} \alpha(r) = 1 & if & T_H(r) < T_R(r) \\ 1 \geq \alpha(r) \geq 0 & if & T_H(r) = T_R(r) \\ \alpha(r) = 0 & if & T_H(r) > T_R(r) \end{array} \tag{4}$$

3．最適なコードンプライシング

コードンプライシングとは、CBD と都市の郊外の中間にコードンラインを設け、そこを通過する自動車に対して一定の料金を徴収する方式である。最適なコードンプライシングとは、総トリップ費用を最小化するようにコードンの位置 r_g と料金水準 τ を設定することである。総トリップ費用は次のように定義される。

$$TC = \sum_{x=1}^{r_f} n(x)\alpha(x)T_H(x) + \sum_{x=1}^{r_f} n(x)(1-\alpha(x))T_R(x) \tag{5}$$

その際、道路利用のトリップ費用は、コードンの内外で異なるため、次式のように修正される。

$$T_H{}'(r) = T_H(r) + \begin{cases} 0 & if \quad 1 \leq r < r_g \\ \tau & if \quad r_g \leq r \leq r_f \end{cases} \tag{6}$$

このときの交通手段分担に関する均衡条件は(4)'式となる。

Kazuhiro YOSHIKAWA, Se-il MUN, Koji KONISHI and Momoe KYOTANI

$$
\begin{array}{lll}
\alpha(r)=1 & if & T_H{}'(r)<T_R(r) \\
0\le\alpha(r)\le 1 & if & T_H{}'(r)=T_R(r) \\
\alpha(r)=0 & if & T_H{}'(r)>T_R(r)
\end{array}
\qquad (4)'
$$

したがって最適なコードンプライシングは、(7)式を解くことによって求められる。

$$
\min_{r_g,\tau} TC \qquad s.t.\quad (4)',(6) \qquad (7)
$$

数値計算によって、上述の問題を解くのであるが、その手順は以下の通りである。

Step1　初期値として r_g を与える。

Step2　r_g を与件として TC を最小化する $\tau^*(r_g)$ を求める。最小化された目的関数の値を TC($\tau^*(r_g)$、r_g)とする。

Step3　r_g をパラメトリックに変化させて、Step2 の計算を行い、TC を最小化する r_g^* を求める。このように求められた r_g^* と $\tau^*(r_g^*)$ が最適なコードンの位置と料金である。

4．社会的に効率的なロードプライシング

上述したコードンプライシングは効率性の観点から見れば最適ではない。社会的に効率的（ファーストベスト）なロードプライシングは、各世帯の立地点ごとに、彼らが及ぼす外部効果に等しい額の料金を課することである。その意味で上述のコードンプライシングは次善（セカンドベスト）の政策である。このような次善の政策の有効性を評価するため、比較対象として最適なロードプライシングも計算される。

5．計算結果

数値計算に用いた、走行費用関数の形とパラメータ値は以下の通りである。

$$
T_H(r)=\sum_{x=1}^{r}\left\{0.01+0.04\left(Q(x)/L_T(x)\right)^2\right\}
$$

$$
T_R(r)=1.0r \text{、} L_T(r)=1010-10r \text{、} n(r)=100
$$

図 2 には r_g=26 のもとで、上の Step2 により、最適な料金を求めている。図 3 は、上の step3 により最適なコードンの位置を求めている。

また、図 4 はすべての区間において一様に道路容量を変化させたときの、各方式のもとでの TC を表している。

図 4 より均衡においては総トリップ費用が変化しないことがわかる。これは、道路を増加させても均衡においては社会的な便益を得ていないことである。また、コードンプライシングが社会的最適に近い値をとることがわかる。これにより、本研究で定義したコードンプライシングが有効な政策である可能性があることが示された。

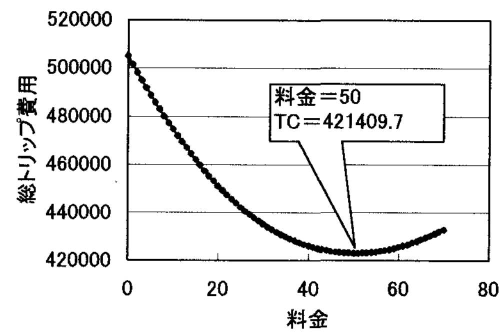

図 2　r_g=26 における step2

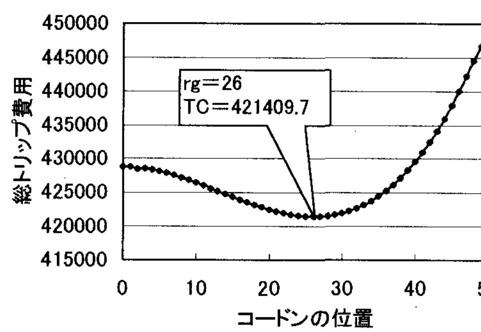

図 3　step3 により最適な位置の決定

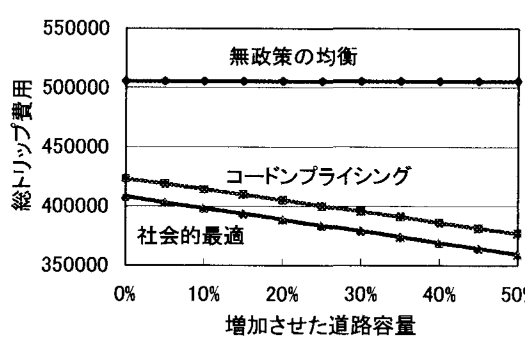

図 4　道路容量増加による TC の変化

6．おわりに

数値計算を通じてではあるが、次善の政策であるコードンプライシングが、無政策の均衡よりもかなり最適解に近い水準にまで、効率性を改善することが示された。家計の交通行動に関する制約的仮定を緩和すること、より現実的な都市空間を対象とした分析に拡張することなどが、今後の課題である。