17.大気汚染・交通混雑の緩和を目的とした都心部及び都心周辺部の駐車料金最適化

佐藤　由菜[1]*・吉田　惇[2]・塚原　健一[3]

[1]九州大学大学院学生　工学府土木工学専攻（〒819-0395福岡県福岡市西区元岡744）

[2]東北学院大学准教授　経済学部　（〒980-8511宮城県仙台市青葉区土樋1-3-1）

[3]九州大学教授　工学研究院　附属アジア防災研究センター（〒819-0395福岡県福岡市西区元岡744）

＊ E-mail: *sato.yuna.230@s.kyushu-u.ac.jp*

近年，各地で容積率緩和制度を導入したビルの建替え事業が行われている．それに伴う交通量の増加が見込まれ，大気汚染や交通混雑といった外部不経済が生じる可能性がある．これらの問題への対応策として，フリンジパーキングの利用を促進し，交通量の抑制を図ることが考えられる．しかし，都心部及び都心周辺部での最適な駐車料金について定量的な分析は行われていない．本研究では，現在フリンジパーキングの利用促進を図っている福岡市を例として，大気汚染・交通混雑を緩和するための，都心部および都心周辺部の最適な駐車料金を求め，現行価格との比較を行った．分析の結果，最適な駐車料金は，１時間当たり都心部で830～860円，都心周辺部で80～96円となり，都心部では現行価格より高く，都心周辺部では現行価格より低い値となった．

Key Words : *air pollution, traffic congestion, fringe parking, parking fee*

1.　背景と目的

近年，各地で容積率緩和制度を導入したビルの建替え事業が行われている．このような事業には，集積の経済というメリットがある．その一方で，高層ビルへの来訪者が増加することで道路交通需要も増加し，外部不経済が生じるという問題もある．交通量の増加は渋滞を引き起こすだけでなく，自動車の排気ガスによって大気汚染が生じる．

福岡市都心部でも，現在，容積率を緩和してビルの建て替えが行われている。これによって集積の経済が見込まれるが，同時に外部不経済の緩和を行わなければ，社会厚生は最大とならない．こういった中，市は住民にフリンジパーキングの利用を推進している．フリンジパーキングは，都心周辺部の駐車場でマイカーを受け止め，公共交通に乗り換えさせることで，都心部への自動車流入を抑制する取り組みである．利用者は，指定された駐車場に駐車すると，駐車料金が割り引いてもらえる．しかし，福岡市の都心周辺部および都心部の最適な駐車場料金について定量的な分析は行われておらず，現行の料金をどう調整すれば良いか明らかにされていない．

本研究の目的は，大気汚染・交通混雑の外部性を考慮して，都心部および都心周辺部の最適な駐車料金を求めることである．

2.　既往研究と本研究の位置づけ

交通混雑対策に関する研究には以下のようなものがある．例えば，高木ら[1]は，宇都宮・熊本都市圏においてエリア課金を実施する場合の，最適な課金領域と料金を求めた．Kono et al.[2]は，自動車関連税や高速道路通行料料金が道路交通需要に与える相互作用を考慮して，諸税と高速料金の最適化を行った．

高橋ら[3]は，鎌倉地域においてパーク＆ライドを導入した場合，鎌倉地域内の駐車料金を上げても地域内の走行台キロは減らないということを明らかにした．なお，高橋らの研究では，鎌倉地域内の駐車料金のみを変動させており，パーク＆ライド利用時に駐車する郊外の駐車場については料金の調整を行っていない．

また，出口ら[4]は，2004年に福岡市天神地区で実験的に行われたフリンジパーキングにおいて，利用者に対し

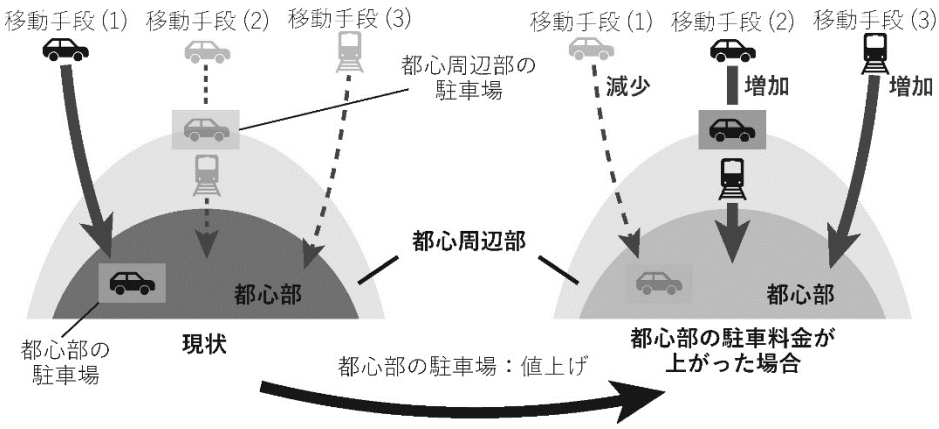


図-1 都心部での駐車料金を値上げした場合の，各移動手段を選択する消費者数の変化

アンケート調査を行った．フリンジパーキングの利用を促すには，駐車可能台数の増設やPRによる住民への周知を行うべきであると示しているが，駐車料金についての定量的な分析は行っていない．

以上の点を踏まえ，本研究では，都心部に訪れる消費者の行動をモデル化し，大気汚染と交通混雑の影響を考慮して駐車料金を最適化する．この際，都心部および都心周辺部の駐車料金を同時に最適化することで，一方の駐車料金のみを最適化するよりも，効果の高い交通混雑対策を提案する．また，福岡市のデータを用いた計算を行い，福岡市でフリンジパーキングを実施する場合の，都心部・都心周辺部での最適な駐車料金を導出する．

3. モデルと駐車料金の最適化

(1) モデル

a) 設定

都心部に私用で訪れる消費者の，年間のトリップを表現する静学モデルを考える．消費者は予算制約と時間制約のもとで，効用U^iが最大となるように，「移動手段の種類」，「都心部への来訪回数x^i」，「都心部以外で過ごす余暇の時間y^i」を決定する．移動手段は以下の 3 つである：(1) 車で都心部に訪れ，都心部の駐車場に駐車する　(2) 車で都心周辺部の駐車場に訪れ駐車し，公共交通に乗り換えて都心部に訪れる　(3) 公共交通のみで都心部に訪れる．

例として，都心部の駐車料金を上げた場合に，消費者の移動手段選択が変化することによる，各移動手段の需要の変化を，**図-1** に示している．

b) 消費者の効用関数

消費者の効用関数は，

$$U^i = u^i(x^i, y^i, E_i, E_o) + z^i \tag{i}$$

式(i)において，E_i, E_oは車移動によって生じる環境外部性である．これは，交通量が増加するにしたがって減少する．

$$E_i \equiv E_i(X_{11}) < 0, \qquad \frac{dE_i}{dX_{11}} < 0 \tag{ii-a}$$

$$E_o \equiv E_o(X_{11} + X_{10}) < 0, \qquad \frac{dE_o}{d(X_{11} + X_{10})} < 0 \tag{ii-b}$$

上式で$X_{11} \equiv \sum_i \theta^i \delta^i x_{11}^i$, $X_{10} \equiv \sum_i \theta^i (1-\delta^i) x_{10}^i$は，それぞれ都心部と都心周辺部の駐車場の総利用回数を表すものである．

また，移動手段(1), (2), (3)を選んだ場合，式(i)のx^iはそれぞれ$x_{11}^i, x_{10}^i, x_0^i$に置き換えられる．

c) 消費者の予算制約

消費者の予算制約は，

$$\begin{aligned} z^i + \theta^i [\delta^i \left(\overline{f_{11}}^i + p_i\right) x_{11}^i \\ +(1-\delta^i)\left(\overline{f_{10}}^i + p_o + {p_{p_{10}}}^i\right) x_{10}^i] \\ +(1-\theta^i){p_{p_0}}^i \cdot x_0^i = (\bar{w}^i - \tau) L^i \end{aligned} \tag{iii}$$

ここで，車移動の有無を「$\theta^i = 1$で有り，$\theta^i = 0$で無し」で表し，さらに$\theta^i = 1$の場合には駐車場の選択を「$\delta^i = 1$で都心部の駐車場を利用，$\delta^i = 0$で都心周辺部の駐車場を利用」で表している．

z^i(円)は合成財消費量，p_iおよびp_o(円/回)はそれぞれ都心部および都市周辺部での駐車料金，$\overline{f_{11}}^i$および$\overline{f_{10}}^i$(円/回)はそれぞれ出発地点から都心部および都心周辺部

に車で行く時の固定移動費用（燃料代），$p_{p_{10}}^{i}$および$p_{p_0}^{i}$(円/回)はそれぞれ都心周辺部から都心部，および出発地点から都心部まで公共交通で行く時の公共交通運賃，$\bar{w}^i$(円/h)は賃金，τ(円/h)は住民税を表す．

d) 消費者の時間制約

時間制約は，

$$y^i + L^i + \theta^i[\delta^i\left(T_o + T_i + \bar{t}^i\right)x_{11}^i + \left(1-\delta^i\right)\left(T_o + \overline{T_{p_{10}}}^i\right)x_{10}^i] + (1-\theta^i)\overline{T_{p_0}}^i \cdot x_0^i = \bar{M} \quad \text{(iv)}$$

ここで，L^i(h)は勤務時間，T_o, T_i(h)はそれぞれ出発地点から都心周辺部，および都心周辺部から都心部までの車移動時間，$\overline{T_{p_{10}}}^i$(h)は都心周辺部から都心部までの公共交通移動時間と都心での滞在時間，$\overline{T_{p_0}}^i$ (h)は出発地点から都心部の公共交通移動時間と都心での滞在時間，$\bar{M}$は年間の行動可能時間を表す．

式(iv)において，車移動時間T_oおよびT_iは交通量が増加すれば増加し，混雑外部性が発生する．

$$T_i \equiv T_i(X_{11}), \qquad \frac{dT_i}{dX_{11}} \geq 0 \quad \text{(v-a)}$$

$$T_o \equiv T_o(X_{11}, X_{10}), \qquad \frac{dT_o}{d(X_{11}, X_{10})} \geq 0 \quad \text{(v-b)}$$

(2) 駐車料金の最適化

a) 行政の財政制約

行政の支出$\bar{G}$は，公共交通の運賃による収入と住民税収の和Rによってまかなわれる．今回は，最終的に福岡市のデータを用いて数値計算を行うため，公共交通（福岡市営地下鉄）の運賃と住民税がどちらも行政の収入になるとして，立式した．

$$\bar{G} = R \equiv \sum_{i=1}^{N}\left[\theta^i(1-\delta^i)p_{p_{10}}^{i}x_{10}^i + (1-\theta^i)p_{p_0}^{i}x_0^i\right] + \sum_{i=1}^{N}\tau L^i \quad \text{(vi)}$$

b) 駐車場運営機関の財政制約

駐車場運営機関の支出$\bar{P}$は，都心部および都心周辺部の駐車料金による収入Iによってまかなわれる．

$$\bar{P} = I \equiv \sum_{i=1}^{N}\theta^i[\delta^i p_i x_{11}^i + (1-\delta^i)p_o x_{10}^i] \quad \text{(vii)}$$

c) 駐車料金の最適化

行政と駐車場運営機関の財政制約のもとで，社会厚生V^iが最大となるような駐車料金を求める．ここで，社会厚生とは，消費者の効用を全住民分集計したものとする．

$$\max_{p_i, p_o} \sum_{i=1}^{N} V^i \quad s.t.\ \ R + I - \bar{G} - \bar{P} = 0 \quad \text{(viii)}$$

4. パラメータの設定

表-1に，数値計算の際に適用したパラメータを示す．

表-1 モデルに適用したパラメータ

パラメータ	値	情報源
都心部の駐車場需要の 都心部の駐車料金に対する弾力性	-0.32	Lehner and Peer(2019)[5]
都心部の駐車場需要の 都心周辺部の駐車料金に対する弾力性	0.01	天神でのフリンジパーキングの 社会実験(2004)結果から推定
都心周辺部の駐車場需要の 都心周辺部の駐車料金に対する弾力性	-0.32	Lehner and Peer(2019)
出発地点から都心周辺部の 車移動で発生する環境外部性	24.31円/台	兒山・岸本[6] Kono et al.
都心周辺部から都心部の 車移動で発生する環境外部性	5.77円/台	兒山・岸本 Kono et al.
出発地点から都心周辺部の 車移動で発生する混雑外部性	434.32円/台	平成27年度全国道路・街路 交通情勢調結果より推計[7]
都心周辺部から都心部の 車移動で発生する混雑外部性	837.84円/台	平成27年度全国道路・街路 交通情勢調査結果より推計

表-2 都心部及び都心周辺部における現在の駐車料金と最適な駐車料金

	都心部の駐車料金(円/h)	都心周辺部の駐車料金(円/h)
MCF=1.1での最適価格	838.8	80.9
MCF=1.2での最適価格	857.0	95.5
現行価格	540	125

表-3 駐車料金最適化による各移動手段の需要量の変化

		都心部の駐車台数	都心周辺部の駐車台数	公共交通のみを利用して移動する人数
MCF=1.1	変化量	-872,848(台/年)	+350,732(台/年)	-67,264(人/年)
	変化率(%)	-18.06	+16.85	-0.24
MCF=1.2	変化量	-919,600(台/年)	+285,735(台/年)	-54,145(人/年)
	変化率(%)	-19.02	+13.73	-0.19

表-4 駐車料金最適化による厚生改善

	合計(円/年)	車1台が1回移動する当たり(円/回)	車1台が毎週末(土・日曜日)に移動した場合(円/年)
MCF=1.1	1,085,376,347 (≒10.9億)	156.95	16,368
MCF=1.2	1,361,442,799 (≒13.6億)	196.87	20,531

表-5 駐車料金最適化による大気汚染の改善

	合計(円/年)	車1台が1回移動する当たり(円/回)	車1台が毎週末(土・日曜日)に移動した場合(円/年)
MCF=1.1	5,941,882,033 (≒59.4億)	859.24	89,606
MCF=1.2	6,640,944,562 (≒66.4億)	960.33	100,148

5. 計算結果

別所ら[8]によって，日本における公的資金の限界費用は約0.96～1.23であると推定されている．そこで，住民税によって生じる歪みの指標MCFを1.1と1.2として，2パターンの分析を行った．

表-2には，都心部と都心周辺部の駐車料金について，現在の価格と最適価格を記載している．都心部の駐車料金は現行価格より高く，都心周辺部の駐車料金は現行価格より低く設定されるべきだということが分かった．

表-3は，都心部および都心周辺部の駐車料金を最適化した場合に，それぞれの移動手段の需要がどのように変化するかを示している．都心部で駐車料金が上がり，都心周辺部では下がるため，移動手段(1)の需要は減少し，移動手段(2)の需要は増加する．

表-4は，都心部および都心周辺部の駐車料金を最適価格に設定した場合の厚生改善を表している．これは，道路交通量が減少することで，大気汚染・交通混雑が改善されることによる．特に，環境外部性による損失が大幅に減少するということが明らかになったため，その結果を**表-5**として示している．車移動から公共交通移動への変更で損なわれる利便性や快適さを差し引いても厚生改善が得られるほど，駐車料金最適化という施策が大気汚染緩和へ貢献する度合いが高いということが分かる．

6. 結論

本研究では，都心部に訪れる消費者の行動を表現するモデルを作成し，住民税によって生じる歪みを考慮したうえで，都心部および都心周辺部の駐車料金の同時最適化を行った．また，モデルに対して福岡市のデータを適用することで，福岡市天神地区における，中心部の駐車場とフリンジパーキングでの最適な駐車料金を導出した．

福岡市においては，駐車料金の最適価格が，都心部では現行価格より高く，都心周辺部では現行価格より低いことが分かった．また，天神地区において駐車料金を最適価格とした場合，道路交通需要が都心部では減少，都心周辺部では増加し，大気汚染・交通混雑の緩和に貢献することも明らかになった．したがって，現在の福岡市では，都心部での駐車料金が最適価格よりも低いことが原因で，消費者が都心部まで車で移動することを選びやすくなっており，大気汚染・交通混雑が悪化しているのではないかと考えられる．このことから，フリンジパーキングの利用を推進する方法の１つとして，駐車料金を最適価格に設定するということが有効であるといえる．

REFERENCES

1) 高木良太，丸山琢也，溝上章志：エリア課金の最適設計問題：課金領域・レベルの決定アルゴリズムの構築と適用，土木学会論文集 D3（土木計画学），Vol67，No.5，pp.I_1233-I1241，2011.
2) Kono, T.， Mitsuhiro, Y., Yoshida, J. : Simultaneous optimization of multiple taxes on car use and tolls considering the marginal cost of public funds in Japan, *The Japanese Economic Review*. pp.1-37，2019.
3) 高橋洋二，久保田尚，木田千尋：鎌倉地域へのパーク＆ライド及びロードプライシング導入の事前評価に関する研究，1998 年第 33 会日本都市計画学会学術研究論文集，pp.601-606，1998.
4) 出口敦，有馬隆文，趙世晨，吉田宏幸，名古屋泰之，高崎繁行：福岡市天神地区における社会実験とフリンジ駐車場システムの評価．都市･建築学研究　九州大学大学院人間環境学研究院紀要, 第８号，pp.1-8, 2005.
5) Lehner, S.，Peer, S. : The price elasticity of parking: A meta-analysis，*Transportation Research Part A*，121，pp.177-191，2019.
6) 兒山真也，岸本充生：日本における自動車交通の外部費用の概算．運輸政策研究，Vol.4，No.2，pp.19-30，2001.
7) 国土交通省：平成 27 年度全国道路・街路交通情勢調査　一般交通量調査結果（可視化ツール）．http://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-data/census_visualization2/index.html#15/33.5811/130.2601
（最終閲覧日：2023 年 7 月 15 日）
8) 別所俊一郎，赤井伸郎，林正義：公的資金の限界費用．日本経済研究，(47)，pp.1-19，2003.