

フレックスタイム制度下のピークロードプライシングの方法と経済評価

荒谷建設コンサルタント 正会員 ○松本 寛史
 広島大学大学院工学研究科 学生員 吉村 充功
 広島大学大学院工学研究科 正会員 奥村 誠

1. はじめに

近年、通勤混雑の解決を図るために交通需要管理(TDM)施策が注目されており、中でも最も効果のある施策として「ピークロードプライシング」(以下、PLP)の導入が期待されている。社会的に最適なPLPを考える上では、混雑だけでなく、交通の目的である勤務先での業務の効率への影響を考える必要がある。

本研究では課金額(混雑料金)が1種類(1段階PLP)もしくは2種類(2段階PLP)の場合について、フレックスタイム制度(以下、FWS)下における業務効率を考慮した社会的に最適な課金額、課金時間帯を理論的に導出する。また、以上の理論モデルを用いて数値計算を行い、1段階PLP、2段階PLPの導入により、それぞれの程度の経済効果が得られるかを明らかにする。

2. 効用のモデル化

(1) 通勤者の出勤・帰宅時不効用のモデル化

出勤(帰宅)時において、 q 番目に自宅を出発する通勤者 q の出勤(帰宅)による部分不効用 $U(q)$ ($V(q)$)を式(1)(式(2))のように混雑不効用(第1項)と勤務先に早く出社(遅く退社)することによるスケジュールコスト(第2項、以下、SC)、混雑料金(第3項)の和により定義する。

$$U(q) = -e_1 \{m(q) - a(q)\} - c_1 \{T_1 - m(q)\} - \rho_1(q) \quad (1)$$

$$V(q) = -e_2 \{b(q) - l(q)\} - c_2 \{l(q) - T_2\} - \rho_2(q) \quad (2)$$

ここで、 $a(q)$ は自宅出発時刻、 $m(q)$ は出社時刻、 $l(q)$ は退社時刻、 $b(q)$ は帰宅時刻であり、 $e_1(e_2)$ は出勤時(帰宅時)混雑不効用の時間価値、 $c_1(c_2)$ は出勤時(帰宅時)SCの時間価値、 $T_1(T_2)$ はコアタイム開始(終了)時刻、 $\rho_1(q)(\rho_2(q))$ は出勤時(帰宅時)混雑料金である。また $e_1 > c_1, e_2 > c_2, e_1 > e_2, c_1 > c_2$ と仮定する。なおボトルネック容量を k (台/分)とする。

(2) 賃金のモデル化

すべての企業は都心に立地する労働者管理企業であり、労働力のみを投入し、ニューメレール財を生産する。

つまり、従業者の生産額が、そのままその従業者の賃金として分配されると仮定する。

通勤者 q の始業時刻を t_w とする。通勤者 q の1日の賃金 $Y(q)$ は瞬間的な生産関数 $A\xi(\tau)^\alpha$ を労働時間 $[t_w, t_w+H]$ で積分した値となる(式(3))。ただし、 $\xi(\tau)$ は時点 τ にその都市内で勤務中の従業者数を表す。

$$Y(q) = \int_{t_w}^{t_w+H} A\xi(\tau)^\alpha d\tau \quad (3)$$

ここで、 H は労働時間であり、すべての通勤者で一定である。 A は各企業の技術水準を表すパラメータ、 α は時間的集積の経済性の大きさを表すパラメータであり、都市内ではそれぞれ一定値をとると仮定する。

3. 最適ピークロードプライシングの決定問題

通勤者 q が獲得する効用 $W(q)$ は賃金(3)から出勤・帰宅時不効用(1),(2)を差し引いたもの(式(4b))となる。

ここで混雑料金は社会的には収入となるため、社会全体の効用である社会的厚生水準 SW は通勤者全員(N 人)の効用の和に混雑料金収入 $\rho_1(q), \rho_2(q)$ を加えた(4a)として表される。行政の目的は SW を最大にすることである。つまり、最適PLPとは各通勤者の効用 $W(q)$ が等しい条件下で SW を最大化するように混雑料金の課金額 $\rho_1(q), \rho_2(q)$ および始業時間帯 $[S_1, S_2]$ を制御し、通勤・始業時刻分布を決定することである。

$$\max_{\substack{\rho_1(q), \rho_2(q), \\ S_1, S_2}} SW = \int_0^N [W(q) + \rho_1(q) + \rho_2(q)] dq \quad (4a)$$

$$\text{s.t. } W(q) = Y(q) + U(q) + V(q) \\ = \text{const.} \quad (4b)$$

このとき、混雑料金の設定額が1種類(1段階PLP)もしくは2種類(2段階PLP)しか許されない状況で実現しうる最適な始業時刻分布パターンは、いずれの場合も理論的に以下の4つのパターンに分類される。

- 全員が一斉始業
- 前半一斉始業・後半フレックス始業
- 中間一斉始業・前後半フレックス始業
- 全員がフレックス始業

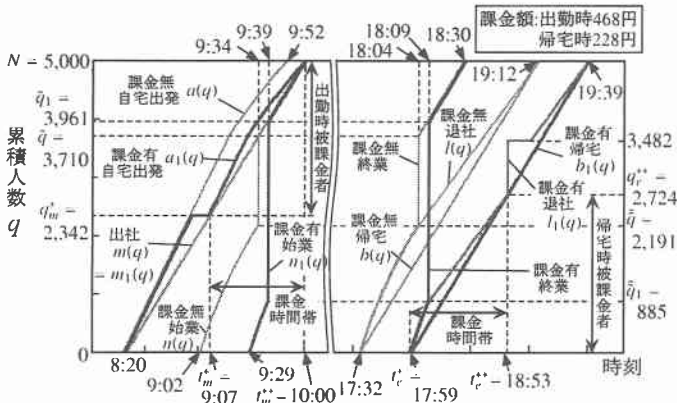


図-1 課金無，1段階PLP時の通勤・始業時刻分布

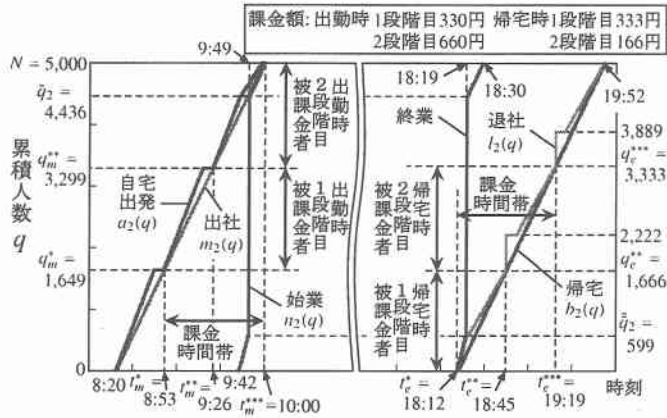


図-2 2段階PLP時の通勤・始業時刻分布

なお、パターンb), c)は、PLPの導入によりフレックス始業を行う通勤者数が変化し、全員の賃金に変化する。

4. 最適ピークロードプライシングの経済評価

3. のモデルより得た理論解に以下のパラメータ値を設定して数値計算を行い、経済評価を行う。 $e_1, c_1, e_2, c_2 = 50, 10, 30, 5$ (円/分), $k = 50$ (台/分), $N = 5,000$ (人), $H = 450$ (分), $T_1 = 10:00, T_2 = 16:50, \alpha = 0.4, A$: 全通勤者が一斉始業のときの1人当たりの1日の賃金が20,000(円)になるように設定する。

(1) 1段階ピークロードプライシング

図-1は最適な1段階PLPの通勤・始業時刻分布を示したものである。なお、課金無時の時刻分布も同時に示している。課金無時，1段階PLP時ともに，中間の通勤者が一斉始業し，前後半の通勤者がフレックス始業するc)が最適なパターンとなる。このパターンではフレックス始業していた通勤者の一部は課金により自身の効用が低くなるため，一斉始業に変更する方が有利となる。したがって，このパターンを実現するために必要なフレックス始業をする通勤者の割合は69.6%から38.5%となり大幅に減少する。なお，課金は9:07-10:00に468円，

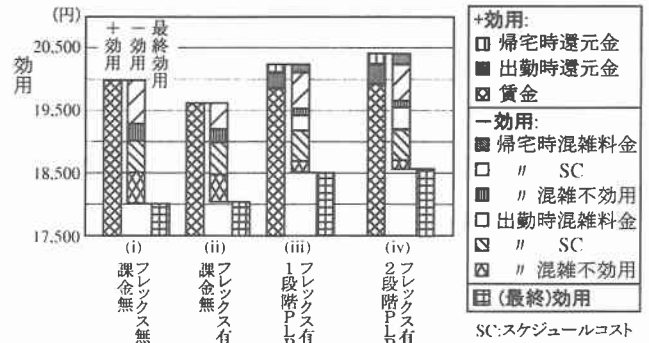


図-3 効用の各費目

17:59-18:53に228円行う。

(2) 2段階ピークロードプライシング

図-2は最適な2段階PLPの通勤・始業時刻分布を示したものである。課金無，1段階PLPと同じくc)が最適なパターンとなる。2段階PLPによってフレックス始業が必要な通勤者の割合は1段階PLP時の38.5%から23.2%になり，さらに減少することが分かる。

なお，出勤時の課金額は8:53-9:26が330円，その後10:00まで660円と，後半が2倍の額となり，帰宅時は18:12-18:45が333円，その後19:19までがその半分の166円となる。

(3) 課金段階数の違いによる効用の各費目

図-3は効用の各費目を(i)課金無+FWS無の基本ケース，FWS有の下で(ii)課金無，(iii)1段階PLP，(iv)2段階PLPについて示している。FWSと1段階PLPを同時に導入(ケース(iii))すると，賃金は減少するが混雑不効用の減少分の効果がそれ以上に大きいため，通勤者が最終的に獲得する効用は大幅に増加し，十分な効果が上げられることが分かる。(iii)1段階PLPから(iv)2段階PLPに変更すると，一斉始業者の割合が増加するため賃金はやや増加し，混雑不効用の減少分の効果も増加するが，SCが却って大きくなり，効用の増加量は小さく(iii)1段階PLPと大差ないことが分かる。

5. おわりに

1段階・2段階PLP，FWSの組み合わせによる政策の効果を経済評価した結果，1段階PLPで十分な効果が上げられることが分かった。2段階PLPを導入しても効用の改善効果は1段階PLPを若干上回る程度であり，フレックス始業が必要な通勤者の割合も1段階PLPの導入で抑制できるため，実現可能性から見ても1段階PLPが望ましいといえる。