

後払い方式による料金割引制度の経済便益評価*

ECONOMIC BENEFIT OF POSTPAID DISCOUNT FEE SYSTEM*

松島格也**・西田純二***・北野喜正****・小林潔司*****

by Kakuya MATSUSHIMA**, Junji NISHIDA***, Yoshimasa KITANO**** and Kiyoshi KOBAYASHI*****

1. はじめに

近年、高度情報通信技術の進展により、道路交通の利用料金や、公共交通の運賃の収集方法に様々なバリエーションが生じている。特に、高速道路におけるETCや関西の私鉄を中心とした新しいIC決済サービスの普及に伴い、後払い方式による料金の収集が実施されている。後払い方式により料金を収集することの運営事業者にとっての利点は、ある一定期間における各家計の利用状況を観察した後、利用状況に応じた様々な割引制度を設定できる点にある。

事後的に料金が割り引かれるという制度が導入された場合、家計の意思決定構造にも影響を及ぼす。往復のトリップを行う家計が高速道路を利用するか一般道路を利用するかという経路選択を行う問題に着目しよう。割引が事後的に行われる場合、家計の往路と復路の経路選択行動の間に相互関係が働くことになる。すなわち、往路においては、復路の経路選択時における料金割引というオプションを保有するかどうかを考慮にいれながら、往路における経路選択を行うことになる。比較のために、事前に往復割引が適用された往復料金が設定された場合を考えてみよう。この場合には、復路の経路選択に関する意思決定を、往路における経路選択段階で確定させなければならない。このような家計の動的な意思決定

構造を考慮すると、往路の需要と復路の需要の間に、相互関係が存在することが分かる。すなわち、事後割引制度導入による復路の高速道路利用者計の増加が、往路の利用者計の増加をももたらすという、市場厚の外部性に伴う規模の経済性が働きうる。本研究では、往復のトリップを行う家計の経路選択行動に着目し、往路に高速道路を利用した家計に対してのみ復路の料金を割引くという料金設定をとりあげ、家計行動に及ぼす影響について分析する。

2. 家計行動モデル

(1) 前提条件

家計の目的地までの自動車による往復のトリップを考えよう。往路、復路ともに一般道路と高速道路の両方が利用可能であると仮定しよう。高速道路を利用すれば高速料金を支払うことにより短い所要時間で目的地と自宅との間を移動することが出来る一方、一般道路を利用した場合にはより長い所要時間を必要とするとする。家計は往路($t = 0$)および復路($t = 1$)に関して、それぞれ独立に一般道路を利用するか高速道路を利用するかを選択することが出来る。また、それぞれの経路選択に関する意思決定は、トリップを行う直前に行われる。このような家計の意思決定の動的構造は図-1のように表される。すなわち $t = 0$ (往路)において高速道路を利用するか一般道路を利用するかに関する意思決定を行った後、 $t = 1$ において再度復路に関する経路選択を行うことになる。

道路管理者は、家計より徴収する高速道路の利用料金により道路施設を運営する。道路管理者は高速

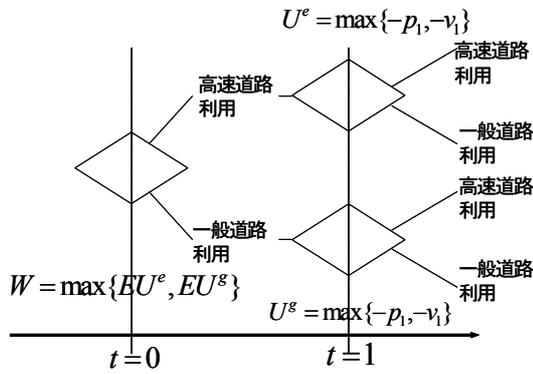
*キーワード：整備効果計測手法，財源・制度論

**正員 博士(工) 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻
(〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL 075-753-5072
kakuya@psa2.kuciv.kyoto-u.ac.jp)

***株式会社社会システム総合研究所(〒650-0001 神戸市中央区下山手通5-7-15 TEL 078-361-6323, nishida@jriss.jp)

****学生員 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻

*****フェロー 工博 京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻



注) ひし形は各期の選択を表す。Wは $t = 0$ での期待効用をあらわし、 EU^e と EU^g の大きいほうを選択される。 U^e は $t = 1$ での $t = 0$ で高速道路を選んだ場合の期待効用をあらわし、 $t = 1$ での選択は $-p_1, -v_1$ のうちの大きいほうを選択される。 U^g も同様。

図-1 モデルの動的構造

道路の料金を自由に設定できるとしよう。家計が高速道路を利用する都度料金を支払う方式ではなく、ある一定のまとまった期間に利用した料金をあとで一括して請求する方式が採用されている状況を考える。近年のETCの普及や、それに伴うクレジットカードの発行により、このような方法が可能となっている。後払い方式による料金収集のメリットは、各家計の利用状況に応じて割引を実施するといった、多彩な料金設定を行える点にある。

(2) 家計行動の定式化

往路と復路の高速道路料金が (p_0, p_1) と表された場合を考えよう。家計のトリップ実施に伴う効用を線形効用関数

$$U(p_0, p_1) = w - \sum_{i=0}^1 (v_i + p_i) \quad (1)$$

で定義しよう、ここに、 w はトリップを実施することにより獲得できる効用(定数)である。以下、単純化のため $w = 0$ を仮定しよう。また、 v_i ($i = 0, 1$)は金銭タームで表される一般道路利用に対する不効用を表す確率変数であり、往路、復路のそれぞれに対して、領域 $[\underline{v}, \bar{v}]$ 上で定義される確率密度関数分布 $f(v_0), g(v_1)$ に従うと仮定する。また一般性を失うことなく、 $0 < \underline{v} < \bar{v}$ を仮定しよう。一方、 p_i ($i = 0, 1$)は高速道路の料金であり、ここでは道路管理者によりあらかじめ設定されていると仮定しよう。ただし、 $0 \leq p_i \leq \bar{v}$ を仮定しよう。一般道路を利用した場合

には料金を支払う必要はない。

家計は往路出発時($t = 0$)において、その時点において判明している往路における一般道路通行時の不効用 v_1 を与件とした上で、往路に高速道路を利用するか、一般道路を利用するかという2通りの選択肢から最適な戦略をとる。往路において高速道路を利用した場合には期待効用 EU^e を獲得し、一般道路を利用した場合には期待効用 EU^g を獲得する。以降、上付き添え字 e, g はそれぞれ高速道路及び一般道路を使用した場合を示すこととする。時点 $t = 0$ における期待効用は本節の以下において定式化されるが、ここではそれぞれの選択肢を選択したことにより獲得できる期待効用の値が EU^e, EU^g で表されることだけを確認しておこう。往路における家計行動は

$$\left. \begin{array}{l} \text{高速道路を利用する} \quad EU^e \geq EU^g \text{の時} \\ \text{一般道路を利用する} \quad EU^e < EU^g \text{の時} \end{array} \right\} \quad (2)$$

と表現できる。また、 $t = 0$ の時点で家計が獲得する期待効用 W は、次式で表される(図-1参照)。

$$W = \max\{EU^e, EU^g\} \quad (3)$$

次に、各道路を利用した場合に獲得できる期待効用 EU^i , ($i = e, g$)を定式化しよう。復路に一般道路を利用した場合には不効用 $-v_1$ を獲得し、高速道路を利用した場合には料金 $-p_1$ を支払う。したがって、 $t = 1$ の時点で獲得できる効用水準 U は

$$U = \max\{-p_1, -v_1\} \quad (4)$$

と定義できる(図-1参照)。 $t = 0$ においては時点 $t = 1$ の一般道路の不効用の値を確定的に把握することは出来ず、確率分布 $g(v_1)$ に従っていることが判明しているにすぎない。したがって、 $t = 1$ で獲得できる効用の期待値 $E[U]$ の時点 $t = 1$ における価値は、部分積分を適用することにより

$$\begin{aligned} E[U] &= E[\max\{-p_1, -v_1\}] \\ &= \int_{\underline{v}}^{p_1} (-v_1)g(v_1)dv_1 + \int_{p_1}^{\bar{v}} (-p_1)g(v_1)dv_1 \\ &= -[v_1G(v_1)]_{\underline{v}}^{p_1} + \int_{\underline{v}}^{p_1} G(v_1)dv_1 - p_1\{1 - G(v_1)\} \\ &= \underline{v}G(\underline{v}) - p_1 + \int_{\underline{v}}^{p_1} G(v_1)dv_1 \end{aligned} \quad (5)$$

と表せる。ここに、 $G(\cdot)$ は確率分布関数を表している。往路に高速道路を利用した場合、往路の高速道路料金 p_0 を支払う必要がある。したがって、往路に高速道路を利用した場合の期待効用 EU^e は

$$EU^e = E[U] - p_0 \quad (6)$$

と表される。同様に、往路に一般道路を利用した場合には不効用 v_0 を享受する。したがって、一般道路を利用した場合の期待効用 EU^g は次式で表される。

$$EU^g = E[U] - v_0 \quad (7)$$

3. 料金制度の評価

(1) 割引制度が存在しない場合

以降では、高速道路料金の値が家計行動に及ぼす影響について検討する。まず、一切の割引制度がなく、往路・復路において高速道路を利用するすべての家計から一定料金 p を徴収する場合を考えよう。すなわち、 $p_0 = p_1 = p$ となる。式(6)(7)を考慮すれば、往路において家計は以下のような行動をとる。

$$\left. \begin{array}{l} \text{高速道路を利用する } v_0 \geq p \text{ の時} \\ \text{一般道路を利用する } v_0 < p \text{ の時} \end{array} \right\} \quad (8)$$

このとき、経路選択を分岐する閾値（以下、臨界不効用値と呼ぶ）を \check{v} とすると、

$$\check{v} = p \quad (9)$$

が成立する。このとき、家計が獲得できる期待効用の期待値 $E[W]$ は次式で表せる。

$$\begin{aligned} E[W] &= E[\max\{EU^e, EU^g\}] \\ &= E[U] - \int_{\check{v}}^p v_0 f(v_0) dv_0 - \int_p^{\bar{v}} p f(v_0) dv_0 \\ &= 2 \left[\underline{v}G(\underline{v}) - p + \int_{\underline{v}}^p G(v_1) dv_1 \right] \end{aligned} \quad (10)$$

(2) 事後割引制度

つぎに、事後割引制度が導入された場合を考えよう。具体的には、往路に高速道路を利用した家計が復路にも高速道路を利用した場合、復路の高速道路

料金を q ($q < p$)に割り引くことを考える。一方、往路に一般道路を利用した家計が復路に高速道路を利用した場合には、通常料金 p を徴収する。すなわち、復路における高速道路料金は、

$$\left. \begin{array}{l} q \text{ 往路に高速道路を利用した時} \\ p \text{ 往路に一般道路を利用した時} \end{array} \right\} \quad (11)$$

と表される。このとき、往路に一般道路を利用したか高速道路を使用したかによって $t=0$ で評価した復路の期待効用値 $E[U]$ が異なる。ここでは、それぞれを $E[U]^e, E[U]^g$ と表そう。往路に一般道路を利用した場合の復路の高速料金は p 、往路に高速道路を利用した場合の復路料金は q であるので、期待効用は

$$E[U]^e = \underline{v}G(\underline{v}) - q + \int_{\underline{v}}^q G(v_1) dv_1 \quad (12a)$$

$$E[U]^g = \underline{v}G(\underline{v}) - p + \int_{\underline{v}}^p G(v_1) dv_1 \quad (12b)$$

と表せる。したがって、往路にそれぞれの道路を利用した場合の期待効用は

$$EU^e = \underline{v}G(\underline{v}) - q + \int_{\underline{v}}^q G(v_1) dv_1 - p \quad (13a)$$

$$EU^g = \underline{v}G(\underline{v}) - p + \int_{\underline{v}}^p G(v_1) dv_1 - v_0 \quad (13b)$$

となる。両者を比較することにより、家計が往路に高速道路を利用する条件は、

$$v_0 \geq \int_q^p G(v_1) dv_1 + q \quad (14)$$

となる。家計が獲得できる期待効用 $E[W_{post}]$ は

$$\begin{aligned} E[W_{post}] &= E[\max\{EU^e, EU^g\}] \\ &= \underline{v}G(\underline{v}) - p + \int_{\underline{v}}^{\check{v}} \left\{ \int_{\underline{v}}^q G(v_1) dv_1 - q \right\} dv_0 \\ &\quad + \int_{\check{v}}^{\bar{v}} \left\{ \int_{\underline{v}}^p G(v_1) dv_1 - v_0 \right\} dv_0 \end{aligned} \quad (15)$$

と表される。ただし、 \check{v} は、臨界不効用値であり、

$$\check{v} = \int_{\underline{v}}^p G(v_1) dv_1 - \int_{\underline{v}}^q G(v_1) dv_1 + q \quad (16)$$

と表される。

(3) 事前割引制度

事前割引制度を導入した場合を考えよう。すなわち、往路の段階で往復割引の高速料金チケットを購

入することに該当する。往復割引チケットを購入した家計は、復路においてすでに購入した高速道路料金チケットを放棄すれば一般道路を選択することが可能である。往復割引チケットの料金を $p+q$ であるとし、このうち往路部分の料金が p 、復路部分の料金が q であるとしよう。

割引チケットを購入した場合に $t = 1$ で獲得できる効用の期待値の時点 $t = 1$ における価値は、

$$\begin{aligned} E[U]^e &= E[\max\{-q, -q - v_1\}] \\ &= -q + \int_{\underline{v}}^0 (-v_1)g(v_1)dv_1 \\ &= -q + \underline{v}G(\underline{v}) + \int_{\underline{v}}^0 G(v_1)dv_1 \quad (17) \end{aligned}$$

となる。それぞれの道路を利用した場合に獲得できる期待効用は、

$$EU^e = -q + \underline{v}G(\underline{v}) + \int_{\underline{v}}^0 G(v_1)dv_1 - p \quad (18a)$$

$$EU^g = \underline{v}G(\underline{v}) - p + \int_{\underline{v}}^p G(v_1)dv_1 - v_0 \quad (18b)$$

となる。両者を比較することにより、家計が往路に高速道路を利用する条件は、

$$v_0 \geq \int_0^p G(v_1)dv_1 + q \quad (19)$$

となる。家計が獲得できる期待効用 $E[W_{pre}]$ は

$$\begin{aligned} E[W_{pre}] &= E[\max\{EU^e, EU^g\}] \\ &= \underline{v}G(\underline{v}) - p + \int_{\underline{v}}^{\hat{v}} \left\{ \int_{\underline{v}}^0 G(v_1)dv_1 - q \right\} dv_0 \\ &\quad + \int_{\hat{v}}^{\bar{v}} \left\{ \int_{\underline{v}}^p G(v_1)dv_1 - v_0 \right\} dv_0 \quad (20) \end{aligned}$$

と表される。ただし、経路選択における臨界不効用値は次式で表せる。

$$\hat{v} = \int_0^p G(v_1)dv_1 + q \quad (21)$$

(4) 料金制度の比較

以上で定式化した3つの料金制度の効果を比較しよう。事後割引制度の導入により、1) 復路の高速料金が低下したことによる復路の高速道路利用者の増加、2) 復路の高速料金の減少効果が、往路における高速道路利用者の増加という2つの効果が期待で

きる。このうち、復路の需要増加は自明である。そこで、往路における臨界不効用値 $\check{v}, \tilde{v}, \hat{v}$ を比較し、往路における高速道路利用者数を比較しよう。まず、料金割引のない場合と事後割引制度が導入された場合を比較することにより、以下の命題が成立する。

[命題1] $\check{v} \geq \tilde{v}$ が常に成立する。

[証明] 式(9),(16)より $\bar{G}(x) = \int_{\underline{v}}^x G(v)dv$ とおくと、

$$\check{v} - \tilde{v} = \bar{G}(p) - \bar{G}(q) + q - p \quad (22)$$

が成立する。 $H(x) = \bar{G}(x) - x$ とすると、

$$\frac{\partial H(x)}{\partial x} = \int_{\underline{v}}^x g(v)dv - 1 < 0 \quad (23)$$

仮定より $p > q$ なので、

$$\tilde{v} - \check{v} = H(p) - H(q) < 0 \quad (24)$$

ゆえに、 $\tilde{v} < \check{v}$ となる。□

すなわち、事後料金割引を導入した場合、往路に高速道路を利用するための不効用の閾値が小さくなり、往路に高速道路を利用する家計の数が増加することがわかる。同様に、事後割引制度導入の場合と事前割引制度導入の場合とを比較すれば、以下の命題が成立する。

[命題2] $\tilde{v} \geq \hat{v}$ が常に成立する。

$\bar{G}(x)$ は、 x に関して単調増加だから、 $q > 0$ より

$$\tilde{v} - \hat{v} = -\bar{G}(q) + \bar{G}(0) < 0 \quad (25)$$

ゆえに、 $\tilde{v} < \hat{v}$ となる。□

また家計が獲得する期待効用についても、同様に事後割引料金の場合の方が割引料金制度がない場合や事前割引料金の場合にくらべて期待効用が高いことが示される。すなわち、 $E[W_{post}] > E[W], E[W_{post}] > E[W_{pre}]$ が成立する。

4. おわりに

本研究では、事後的に料金を割り引く制度が家計の行動や効用水準に及ぼす影響について分析した。準オプション価値による便益評価や道路管理者による利潤最大化行動と社会的厚生の評価については、紙面の都合上講演時に発表する。