

不確実性下における家計のサービス予約行動に関する研究

京都大学大学院 学生員 小路 剛志
京都大学大学院 正会員 松島 格也
京都大学大学院 正会員 小林 潔司

1. はじめに

航空機、新幹線等の容量に制約がある公共交通機関では、予約制度はよりニーズの高い家計が早めに購入意思を明らかにし、その家計に優先的に座席を割り当てるという自己選抜メカニズムとして機能している。本研究では将来時点でサービスが購入できない供給リスクと予約のキャンセルの可能性という需要リスクという不確実性を考慮した家計のサービスの予約行動をモデル化し、サービスの購入に成功する確率（購入可能確率）が内生的に決定されるメカニズムを表現する。

2. 家計の予約行動のモデル化

家計の意思決定構造は図 - 1 で示されるような 2 期間モデルとして表されると仮定する。

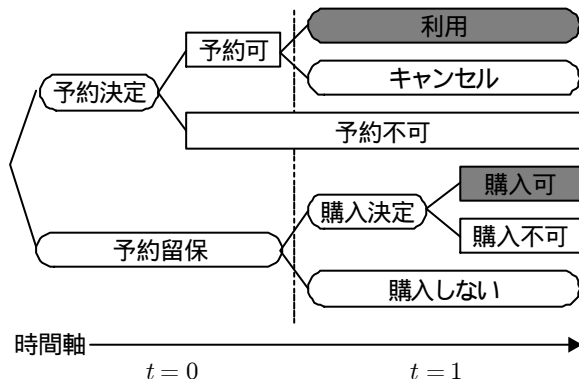


図 - 1 家計の購入意思決定モデル

時点 $t(t = 0, 1)$ における家計の主観的購入可能確率を $\tilde{p}_t$ ($1 \geq \tilde{p}_0 \geq \tilde{p}_1 \geq 0$) と表そう。家計のサービス消費に対する効用を線形効用関数 $U = v - c - \omega$ として表現する。 v は当該のサービスの消費により得る効用、 c はサービスの価格、 ω は取引費用である。予約をキャンセルする場合、キャンセル料金 αc ($0 \leq \alpha \leq 1$) と取引費用 ω が必要となる。他の活動を行うことで得られる最大の効用水準（留保効用）を ε で表す。 $t = 1$ において ε の値は ε に確定するが、 $t = 0$ の段階では当該サービスの消費活動以外の行動計画は存在しない ($\varepsilon = 0$) とする。留保効用 ε は $[0, \infty)$ で定義される確率変数で、分布関数 $G(\varepsilon)$ （密度関数 $g(\varepsilon)$ ）に従って分布すると考える。なお、サービス消費効用 v は時点を通じて一定と仮定する。

$t = 0$ において家計は効用水準 v の下で、予約の意思決定を行う。 $t = 0$ でチケットを購入した場合には期待効用 EV を獲得し、予約をしない場合には期待効用 EU

を獲得する。 $t = 0$ において $EV \geq EU$ の時には予約し、 $EV < EU$ の時には予約を留保する。

まず期待効用 EV を定式化する。 $t = 0$ で予約した場合、 $t = 1$ では 1) サービスを利用するか、2) 予約をキャンセルし、別の行動を行うかを選択することから、 $t = 1$ で得られる効用の $t = 1$ で評価した期待値 $E[V_1]$ は $E[V_1] = E[\max\{v, \varepsilon + c - \alpha c - \omega\}]$
$$= \beta(v)G(\beta(v)) + \int_{\beta(v)}^{\infty} \varepsilon g(\varepsilon) d\varepsilon + c - \alpha c - \omega \quad (1)$$
と表せる。ただし $\beta(v) = v - c + \alpha c + \omega$ は $t = 1$ でキャンセルを行う臨界的な留保効用である。家計が予約により獲得できる $t = 0$ での期待効用は $E[V_0] = \delta E[V_1] - c$ と表せる。ここで δ は割引率である。予約時の購入可能確率 $\tilde{p}_0$ を考慮すると期待効用 EV は次式で表される。

$$EV = \tilde{p}_0 \{ \delta E[V_1] - c \} - \omega \quad (2)$$

$t = 0$ で予約しなかった場合、 $t = 1$ で 1) 購入するか、2) そのまま購入しない（留保効用が ε で確定）かの選択が可能である。サービスの購入を試みることで得る期待効用は $\tilde{p}_1(v - c) - \omega$ となることから、 $t = 0$ で予約しなかった場合の期待効用を $t = 1$ で評価した期待値は $E[U_1] = E[\max\{\tilde{p}_1(v - c) - \omega, \varepsilon\}]$

$$= \gamma(v)G(\gamma(v)) + \int_{\gamma(v)}^{\infty} \varepsilon g(\varepsilon) d\varepsilon \quad (3)$$

となる。ここで $\gamma(v) = \tilde{p}_1(v - c) - \omega$ は $t = 1$ でチケットを購入する臨界的な留保効用である。 EV と同様に、期待効用 EU は以下のように定式化できる。

$$EU = \delta \left\{ \gamma(v)G(\gamma(v)) + \int_{\gamma(v)}^{\infty} \varepsilon g(\varepsilon) d\varepsilon \right\} \quad (4)$$

EV, EU について考察すると以下の命題を得る。

命題 $\tilde{p}_0 > \tilde{p}_1$ ならば $EV = EU$ が成立するような臨界予約効用 $\bar{v}$ がただ 1 つ存在し、 $v \geq \bar{v}$ の場合には予約を行い、 $v < \bar{v}$ の場合には予約を見送る。

3. 合理的期待均衡モデルの定式化

ここでは、家計の主観的確率 $\tilde{p}_t$ を与件の上で市場で実現する客観的購入確率 p_t を導出する。いま、潜在的な家計総数を N 、サービスの供給量を Q とする。各時点の購入希望者数を n_t 、購入家計数を n_t^* 、 $t = 0$ で予約したがキャンセルする家計数を m と表す。任意の家計において予約時点までに効用水準 v が区間 $(-\infty, \infty)$ で定義された分布関数 $F(v)$ （密度関数 $f(v)$ ）に従って選ばれると考える。この時、ある家計が $t = 0$ においてサービス

キーワード： 予約、自己選抜、不確実性

〒606-8501 京都市左京区吉田本町 TEL, FAX 075-753-5073

消費を予約する確率 π は命題を用いて

$$\pi = \text{Prob}\{EV \geq EU\} = \text{Prob}\{v \geq \bar{v}\} = 1 - F(\bar{v}) \quad (5)$$

と表せる。この時、 n_0 人の家計がサービスの予約を試みる条件付き確率 $P(n_0)$ は2項分布

$$P(n_0) = \frac{N!}{n_0!(N-n_0)!} \pi^{n_0} (1-\pi)^{(N-n_0)} \quad (6)$$

で定義できる。 n_0 を与件とした時の購入可能確率は $p_0(n_0) = \max\{1, \frac{Q}{n_0}\}$ と表されるので $t=0$ での購入可能確率 p_0 は次式のように定式化できる。

$$p_0 = \sum_{n_0=0}^Q P(n_0) + \sum_{n_0=Q+1}^N \frac{Q}{n_0} P(n_0) \quad (7)$$

つぎに、キャンセル行動を考えよう。 $t=0$ でチケットを購入したが、 $t=1$ において予約をキャンセルするのは、1) $t=0$ ではサービスに対する効用 v が臨界水準 $\bar{v}$ 以上であり、2) $t=1$ における留保効用 $\bar{\varepsilon}$ が臨界効用 $\beta(v)$ よりも大きくなる場合である。留保効用が臨界効用より大きくなる確率は $1 - G(\beta(v))$ である。いま、効用水準が $f(v)$ に従って分布しているので、 $t=0$ で予約した家計が $t=1$ でキャンセルする条件付き確率 ϕ は

$$\phi = \frac{\int_{\bar{v}}^{\infty} f(v) \{1 - G(\beta(v))\} dv}{\int_{\bar{v}}^{\infty} f(v) dv} \quad (8)$$

と表せる。 $t=0$ における予約者数が n_0^* である時に、その中から m 人の家計が時点 $t=1$ においてキャンセルする条件付き確率 $M(m|n_0^*)$ は次の2項分布で表される。

$$M(m|n_0^*) = \frac{n_0^{*!}}{m!(n_0^* - m)!} \phi^m (1 - \phi)^{(n_0^* - m)} \quad (9)$$

最後に、 $t=0$ で予約せず $t=1$ においてサービスを購入する行動を考える。 $t=1$ において、サービスの購入を試みる家計は、1) 効用水準 v が $\bar{v}$ より小さく、2) 臨界効用 $\gamma(v) = \bar{p}_1(v - c) - \omega$ が正であり、3) 留保効用 $\bar{\varepsilon}$ が臨界効用 $\gamma(v)$ 以下になる家計のみである。 $\bar{\varepsilon} \leq \gamma(v)$ になる確率が $G(\gamma(v))$ と表されることに着目しよう。 $t=0$ において予約を試みなかった家計($v < \bar{v}$ が成立する家計)が、 $t=1$ において購入を試みる条件付き確率 ψ は

$$\psi = \frac{\int_{\gamma^{-1}(0)}^{\bar{v}} f(v) G(\gamma(v)) dv}{\int_{-\infty}^{\bar{v}} f(v) dv} \quad (10)$$

と表せる(ただし $\gamma^{-1}(0)$ は $\gamma(v) = 0$ となる v)。この時、 $t=0$ で n_0 人が予約を試みた場合の n_1 人の家計が $t=1$ において購入する意思を持つ条件付き確率は2項分布 $R(n_1) = \frac{(N-n_0)!}{n_1!(N-n_0-n_1)!} \psi^{n_1} (1-\psi)^{(N-n_0-n_1)}$ と表せる。 $t=0$ で予約成功者数が n_0^* 、キャンセル数が m の場合、売れ残りの容量が $\hat{n} = Q - n_0^* + m$ と表されるので、 $t=1$ で n_1 人の購入希望者があり、売れ残りが $\hat{n}$ の場合の条件付き購入可能確率は $p_1(n_1 : \hat{n}) = \max\{1, \frac{\hat{n}}{n_1}\}$ と表せる。 $t=0$ で n_0 人が予約を試み、予約に成功した n_0^* 人の内で m 人キャンセルした場合に、 $t=1$ でサービスを購入できる条件付き確率は

$$E[p_1|n_0, m] = \sum_{n_1=0}^{\hat{n}} R(n_1) + \sum_{n_1=\hat{n}+1}^{N-n_0} \frac{\hat{n}}{n_1} R(n_1) \quad (12)$$

と表せる(ただし $n_0 > Q$ の時 $\hat{n} = m$)。この時、 $t=1$ での購入可能確率 p_1 は次のように表せる。

$$p_1 = \sum_{n_0=0}^Q \sum_{m=0}^{n_0} M(m|n_0) P(n_0) E[p_1|n_0, m] + \sum_{n_0=Q+1}^N \sum_{m=0}^Q M(m|Q) P(n_0) E[p_1|n_0, m] \quad (13)$$

いま、式(7)、(13)で求めた客観的購入確率 p_0, p_1 は、家計の主観的期待 $\tilde{p}_0, \tilde{p}_1$ を与件として導出したものである。長期学習の結果、全家計の主観的期待値が合理的期待均衡に収束したと仮定すると合理的期待は $p_0^* = \tilde{p}_0^*, p_1^* = \tilde{p}_1^*$ を満足する $(\tilde{p}_0^*, \tilde{p}_1^*)$ として定義される。

4. 数値計算事例

数値計算により予約行動モデルの性質を確認してみよう。 $c = 1, \omega = 0.002, N = 100, Q = 10, \delta = 0.9975$ と設定し、 v が標準正規分布 $N(0, 1)$ に従い、 ε が平均 $\mu = 2$ の指数分布に従って分布すると考える。ここで合理的期待均衡モデルを用いて、キャンセル時のペナルティ率 α と時点 $t=(0, 1)$ の均衡購入確率 $\tilde{p}_t^*$ と臨界予約効用水準 $\bar{v}$ の関係を数値計算によって求めると図-2のように表される。 α が大きくなると、キャンセルによる損失リスクが大きくなり、 EV が減少するので、より多くの家計が予約を留保するので $\bar{v}$ は増加し、 $\tilde{p}_0$ も増加する。また、 α の変化 $t=1$ における家計の購入行動に対しては α の変化によって直接的な影響を与えないものの、 $\tilde{p}_1^*$ に複雑な影響を及ぼす。 α が増加すると予約者数が減少するため、より多くの家計が $t=1$ でサービスの購入を試みる一方、 $t=1$ において利用可能なチケット数は増加する。この2つの効果が同時に機能するため、 α の変化が $\tilde{p}_1^*$ に及ぼす影響に関して定性的な結論を導くことはできない。本数値計算事例では、 α が0.3の近傍で $\tilde{p}_1^*$ が最小値となっている。

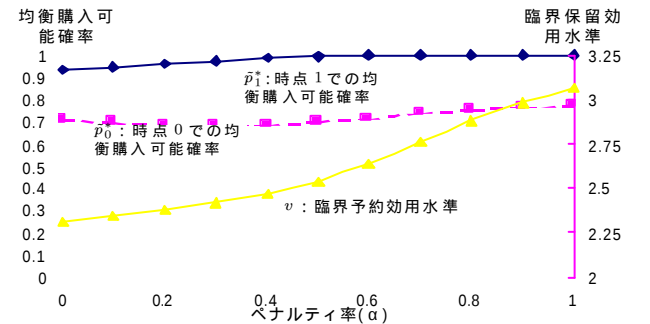


図-2 ペナルティ率と予約行動

5. おわりに

本研究では、家計の将来のサービス消費に対する予約行動のモデル化と購入可能確率の決定メカニズムを表現した。今後はサービス生産企業の行動も考慮した市場均衡モデルの開発が必要である。