

# エージェントシミュレーションを用いた会員型サービスの経済的メカニズムの分析：会員割引サービスとポイントサービスの比較

A Study on Economic Mechanism of Membership Services Using Agent-based Simulation: A Comparison between Member Discounts and Reward Programs

西野 成昭\*1  
Nariaki Nishino

藤田 宏介\*1  
Kosuke Fujita

上田 完次\*2  
Kanji Ueda

\*1 東京大学  
The University of Tokyo

\*2 産業技術総合研究所  
Advanced Industrial Science and Technology

This study analyzes economic mechanisms of membership services by using agent-based simulation. Nowadays, several types of membership services, such as airline's frequent flyer programs, are available. In order to improve service productivity, it is important to elucidate the mechanism of membership services. This study constructs two kinds of basic theoretical models: a member discount model and a reward program model. In addition to theoretical analysis, we conduct agent-based simulation and examine the mechanism of those models especially under incomplete information. As a result, we find that, in terms of service provider's profit, the two models are theoretically equivalent under complete information, but the member discount model presents higher profit under incomplete information.

## 1. はじめに

我々の社会では、これまでに多くの新しい技術が開発され、それを体現化した様々な製品が社会に提供され、豊かな生活が実現されてきた。言わば、モノによって我々の欲求を充足することが多かったが、モノが充足している現在社会では、もはやそれだけでは十分な価値を生み出すことができない。例えば、ビデオがない時代にビデオレコーダが社会で生み出されると、利用者は多大な価値を得ることが出来る。しかし、DVDレコーダが存在している社会で、さらに優れた機能を有するBlu-rayレコーダが現れても、追加的に得られる価値が逡減しているのは明らかである。つまり、新しい技術によってより豊かな価値を生み続けるには、単なる製品の提供による価値創出ではなく、製品を含めたサービスシステムとして価値創出を目指すことが重要であり、これからの社会の潮流であると言えよう。

そのような考えに依拠すれば、製品の機能やサービスを利用者へどのように提供するかという枠組みは非常に重要な視点である。従来型のモノとしての製品は、小売店などの店頭での販売によって、利用者に提供されていたが、無形性や同時性、消滅性といった性質を持つサービスは、そのような方法では効果的な提供が難しい。例えば、コーヒーショップでは、サービスが提供され消費する場（＝店舗内の飲食スペース）を提供方法として用いられているように、サービスが持つ特有の性質を考慮した提供の枠組みが必要となる。また、ここで言う提供の枠組みは、サービス工学の分野で新井ら[Arai 04]が定義しているサービスチャネルに言い換えることも可能である。

提供枠組みとして、多く用いられているものの1つが会員型サービスである。スポーツクラブのような典型的なものをはじめ、ケーブルテレビ等の有料放送サービス、航空会社のマイレージサービスも会員型である。また、水道や電力、電話なども、契約を通じて利用の権利が与えられるもので会員型に含まれる。携帯電話も会員型サービスと言える。このように、現在の社会で会員型でサービスが提供されているケースは非常に多いが、会員型の枠組みそのものを対象としたサービス研究は

それほど多くない。

そこで本研究は、会員型サービスを対象として単純な数理モデルを構築し、会員型サービスの基本的な経済メカニズムを明らかにする。具体的には、会員になると割引を受けられる割引型の会員型サービスと、利用回数に応じてポイントが蓄積していくポイント付与型の会員型サービスの二種類を構築し、それぞれに対して理論分析とエージェントシミュレーションによって分析している。

## 2. 関連研究

関連研究として、割引プログラムという観点から主にマーケティングの分野で研究が行われている。たとえば、Taylorらは実際の店舗での実証実験によって、割引プログラムの持つ効果について分析を行っている[Taylor 05]。Kehらはアンケート調査をベースに、割引プログラムを与えるタイミングや、その形式の影響について検証している[Keh 06]。また、Boltonらは消費者の消費行動のモデルを構築し、会員サービスを利用している消費者がサービスを評価する際に他社のサービスの評価を低く見積もることを示唆している[Bolton 00]。Hartmannらも消費者のモデルを構築し、割引プログラムによって生じる乗り換えコストの影響について検証を行っている[Hartmann 08]。これらの研究アプローチの多くは、割引プログラムを販売促進の手段として、いかに活用するかという点に主眼が置かれていると言える。

他にもKimらは、価格や割引プログラムの配分の意思決定をモデル化し、ゲーム理論的なアプローチで割引プログラムが価格競争を緩和させることや[Kim 01]、過剰供給された財の配分に有効であることを示唆している[Kim 04]。これらは、市場における財の配分問題として割引プログラムを扱っている。本研究でもこれらに近い立場であるが、特に情報が不完備の場合においてどのような意思決定が行われるかという点に着目しており、そのためにエージェントアプローチを採用し分析を行っている。

### 3. 会員型サービスモデル

会員型サービスとして様々な形式が考えられるが、本研究で扱う会員型サービスとして、会員になると提供されているサービスを割引価格で利用できる「会員割引モデル」と、会員がサービスの利用頻度に応じてポイントが蓄積し、無料チケットが配布される「会員ポイントモデル」の2種類を考える。詳細については以下の節で説明する。

#### 3.1 モデルの基本構成

1人のサービスプロバイダと、 $n$ 人のサービスレシーバが存在する。サービスプロバイダによって、 $T$ 種類のサービスが価格  $P_O$  で提供されている。サービスレシーバは、入会価格  $f$  を支払うことで会員になれば、その会員型サービスによって構成される提供枠組みの中で各サービスを利用可能となる。モデルの概略を図1に示す。

また、サービスレシーバは各サービスに対して、支払っても良いと思う最大価格である留保価格を持っており、サービス  $j$  ( $1 \leq j \leq T$ ) に対する留保価格を  $R_j$  で表す。その留保価格の組を  $R = (R_1, R_2, \dots, R_T)$  と定義する。なお、簡略化のため全てのサービスレシーバは同じ  $R$  を持っているものと仮定する。

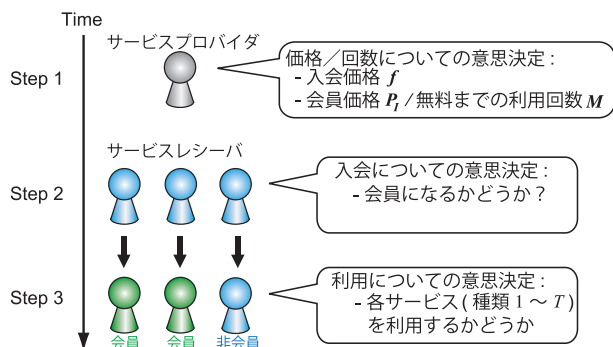


図 1: モデルの概略図

#### 3.2 会員型サービス 1: 会員割引モデル

会員になると割引価格  $P_I$  ( $P_I < P_O$ ) でサービスを利用できる。ただし、会員にならなくても通常価格の  $P_O$  で利用可能である。サービスプロバイダは、入会価格  $f$  と会員価格  $P_I$  を決定する。このとき、利得  $\Pi$  は以下のように定式化できる。

$$\Pi = fN_I + N_I(P_I - c) + N_O(P_O - c) \quad (1)$$

ここで、 $n_I$  は入会人数、 $N_I$  は会員のサービス利用回数、 $N_O$  は非会員のサービス利用回数である。また  $c$  はサービス利用 1 回あたりのコストを表す。

サービスレシーバは、入会するかどうかと各サービスについてするかどうかについて意思決定を行う。このとき、サービスレシーバ  $i$  の利得  $U_i$  は以下のように定式化される。

$$U_i = \begin{cases} \sum_{j=1}^T a_{ij}(R_j - P_I) - f & (\text{会員の場合}) \\ \sum_{j=1}^T a_{ij}(R_j - P_O) & (\text{非会員の場合}) \end{cases} \quad (2)$$

ただし、 $a_{ij}$  はサービスレシーバ  $i$  のサービス  $j$  に対する利用の意思決定を表わしており、サービス  $j$  を利用するならば 1、利用しないならば 0 となる変数と定義する。

#### 3.3 会員型サービス 2: 会員ポイントモデル

会員になると、サービスを  $M$  回利用する ( $M$  ポイントを蓄積する) と 1 回無料になるチケットを受け取り、1 度だけ無料でサービスを利用出来る。この場合は、会員・非会員ともに利用価格は  $P_O$  である。サービスプロバイダは、入会価格  $f$  と無料チケットを得るまでの利用回数  $M$  を決定する。このとき、利得  $\Pi$  は以下のように定式化される。

$$\Pi = f n_I + N(P_O - c) - P_O n_r \quad (3)$$

ただし、 $n_I$  は入会人数、 $N$  はサービス利用回数、 $n_r$  は無料チケットの利用回数である。 $c$  はサービス利用 1 回あたりのコストである。

一方、消費者の利得は以下のように表される。

$$U_i = \sum_{j=1}^T a_{ij}(R_j - P_O) - f + r \quad (4)$$

ただし、

$$r = \begin{cases} P_O & (\sum_j a_{ij} \geq M + 1 \text{ の場合}) \\ 0 & (\text{それ以外}) \end{cases}$$

### 4. 理論的メカニズム

構築した会員型サービスの 2 つのモデルについて、理論的なメカニズムを明らかにする。

#### 4.1 パラメータ設定

Table 1 に示すパラメータ設定のもと均衡解を導出する。ただし、本モデルは完備情報であると仮定しており、予め定めた (1600, 2400, 1600, 1200, 1600, 2400) が、留保価格の組として与えられる。

表 1: パラメータ設定

プレイヤー数	$n = 1$
サービスの種類	$T = 6$
コスト	$c = 1100$
サービス価格	$P_O = 1800$
留保価格	(1600, 2400, 1600, 1200, 1600, 2400)

#### 4.2 均衡分析による完備情報下での行動解

完備情報の場合は、入会時点で全てのサービスに対する留保価格が分かるので、サービスレシーバは入会すべきかどうか判断できる。また、サービスレシーバの合理的行動を前提として、サービスプロバイダは合理的な意思決定をすることができる。紙面の都合上、均衡解の導出過程の説明は割愛するが、各行動主体が合理的な行動をとった場合に得られるナッシュ均衡は以下ようになる。

会員割引モデル：入会価格  $f^* = 3000$ 、会員価格  $P_I^* = 1100$ 、すべてのサービスレシーバ  $i$  は入会し、全ての  $i, j$  に対して  $a_{ij}^* = 1$  となる。

このとき、プロバイダの利得は  $\Pi = 3000$ 、レシーバの利得は  $U_i = 1200$ 、社会的余剰は 4200 である。

会員ポイントモデル: 入会価格  $f^* = 600$ , 無料チケット取得までの利用回数  $M^* = 5$ , すべてのサービスレシーバ  $i$  は入会し, 全ての  $i, j$  に対して  $a_{ij}^* = 1$  となる.

このとき, プロバイダの利得は  $\Pi = 3000$ , レシーバの利得は  $U_i = 1200$ , 社会的余剰は 4200 である.

以上のとおり, 両方の会員型サービスにおいて, サービスレシーバはすべて入会し各サービスもすべて利用するという等しい均衡状態となるが, 入会価格は異なり, 会員割引モデルは会員ポイントモデルよりも高くなる. ただし, 各行動主体の利得は両ケースにおいて等しく, 社会的余剰 (各主体の利得の総合計) は, 両モデルで等しくなる.

## 5. エージェントベースシミュレーションによる分析

前節では完備情報下での均衡解を導出したが, 実際のサービスでは, 入会意思決定をする段階では留保価格が分からないことが多い. つまり, 実社会では入会後にどの程度サービスを利用するのか, どれぐらいの価値あるサービスが提供されるのかなどの情報が事前に完全に分かっていることはそれほど多くない. そこで, 本モデルでの留保価格  $R_{ij}$  が, 分からない場合 (不完備情報) において, エージェントベースシミュレーションを用いて分析する.

なお, 不完備情報下での各サービスに対する留保価格は, 集合  $\{1200, 1600, 2000, 2400\}$  の中から毎回ランダムで選択されるものとした.

### 5.1 エージェントの行動

各エージェントは, Q 学習のアルゴリズムに基づいた強化学習によって行動を行う学習エージェントとして実装した. Q 学習は以下の式によって Q 値が更新される.

$$Q(s_t, a_t) \leftarrow (1 - \alpha)Q(s_t, a_t) + \alpha \left[ r_{t+1} + \gamma \max_a Q(s_{t+1}, a) \right] \quad (5)$$

ここで  $s_t$  は  $t$  ステップにおける状態  $s$ ,  $a_t$  は  $t$  ステップにおける行動  $a$  を示している. また,  $r_{t+1}$  は状態  $s_t$  から  $s_{t+1}$  に遷移した際に得られる報酬,  $\gamma$  は割引率,  $\alpha$  は学習率を表している. ここでの報酬とは各エージェントが得た利得を意味する. 状態  $s_t$  においてエージェントがとる行動  $a_t$  は以下の確率に基づいて選択される.

$$P(a|s) = \frac{\exp(Q(s, a)/T)}{\sum_a \exp(Q(s, a)/T)} \quad (6)$$

ここで  $T$  は温度パラメータである.

これらの評価式に基づいて, プロバイダエージェントは価格意思決定として, 会員割引モデルでは会員価格  $P_i$  と入会価格  $f$ , 会員ポイントモデルであれば必要回数  $M$  と入会価格  $f$  を決める. 一方, レシーバエージェントはこれらのプロバイダエージェントの意思決定の結果を状態  $s$  として入力し, 入会意思決定を行う. 消費意思決定に関しては, 会員割引モデルでは価格が留保価格を上回る場合に消費する意思決定を行うこととした. 会員ポイントモデルにおいては, どこで消費するかについて, 容易に行動解を求めることができないため, 消費意思決定も同様に強化学習を用いて, 消費するかどうかの意思決定を行動出力として求めた.

## 5.2 シミュレーション結果

以上の設定のもと, 留保価格が分からない状況で各エージェントが適応的に学習し, 十分に収束した行動解について 100 回の平均を表 2 に示す.

表 2: シミュレーション結果

	会員割引モデル	会員ポイントモデル
入会価格 $f$	3305	1176
会員価格 $P_0$	1060	—
無料チケット取得までの利用回数 $M$	—	4.04
プロバイダ利得	2993	2749
レシーバ利得	1138	1099
社会的余剰	4131	3848
入会率	100%	28%

完備情報の均衡解と比べると, シミュレーションの収束解は会員割引モデルで入会価格が少し高いが完備情報と近い状態が達成されていることが分かる. 一方, 会員ポイントモデルでは入会価格が非常に高くなり, 無料チケット取得までの利用回数は少なくなっている. さらに, 特に入会率が低くなっていることから, プロバイダ・レシーバ共に利得が減少し社会的余剰も低くなっている. 従って, 情報が不完備の場合には会員割引モデルの方が両者にとって好ましいということである.

## 6. 考察

例えば映画館の会員型サービスでは, 本論文で構築した 2 種類のモデルが多く使われている. 一般的に, 映画は通常価格 1800 円で提供されているのに対して, 映画館が提供する会員型サービスに入会し会員になると, 例えば会員価格の 1200 円で見ることが出来る. また, 映画を 5 回見ると 1 回無料で見ることが出来るといった会員型サービスを利用している映画館も多い.

情報の不完備性に関して言えば, 公開される映画情報も完全ではないし, 自分が今後どの程度映画館に足を運ぶかも確かではないために, 留保価格が入会の段階で分かっている場合が多いと考えられる. つまり, 映画館の会員型サービスは本質的に不完備情報となる.

図 2 と図 3 に理論分析とシミュレーションの結果をまとめた. サービスプロバイダの利益・サービスレシーバの利得とともに, 不完備情報になると会員ポイントモデルの方が減少割合が大きい. すなわち, 映画館において会員型サービスをデザインすることを考えたとき, サービスが提供される状況が不完備に近いために, 会員ポイントサービスでは利益が減少する可能性が示唆される.

一方, もし状況が完備であれば, 理論上はどちらのモデルでも映画館が得られる利益と消費者の利得が共に大きくなることが示されているので, 公開される映画情報を積極的に公開したり, 定期的に消費者が足を運べるような体制づくりをするなど, 情報を完備に近づけるようにサービス提供方法をデザインするのも 1 つの方法であると考えられる.

## 7. まとめ

本研究では, 会員型サービスとして会員になれば通常価格から割り引いた価格で利用できるという会員割引モデルと, 利用に応じてポイントが蓄積し, 規定の回数を利用すれば無料チ

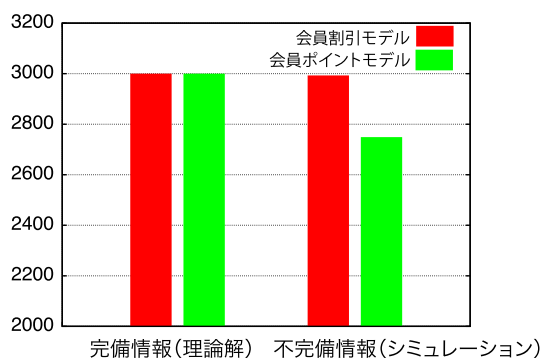


図 2: 結果の比較 : サービスプロバイダの利得

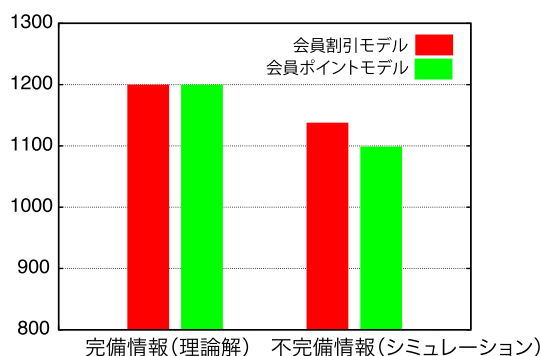


図 3: 結果の比較 : サービスレーバの利得

ケットが得られるという会員ポイントモデルを構築した。完備情報下での理論的な均衡解を導出し、2つのモデルで利得・社会的余剰の面では違いが無いことが明らかになったが、不完備情報下でのエージェントシミュレーションでは、会員ポイントモデルの方が入会率が低く、利得・社会的余剰共に低くなることが示された。

現在は、この2つのモデルにおいて、実験経済学 [Friedman 94] の手法に基づいた被験者実験を行い、比較しているところである。実際の間人がプレイヤーとして意思決定する場合は、限定合理的な行動が含まれ、理論やエージェントシミュレーションで得られた結果とも異なる可能性がある。それらの結果を統合し、サービスデザインの問題へと展開していく予定である。

## 参考文献

- [Arai 04] Arai, T., and Shimomura, Y.: Proposal of service CAD system-a tool for Service Engineering, *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, Vol.53, No.1, pp.397-400 (2004)
- [Taylor 05] Taylor, G. A. and Neslin, S. A.: The current and future sales impact of a retail frequency reward program, *Journal of Retailing*, Vol. 81, No. 4, pp. 293-305 (2005)
- [Bolton 00] Bolton, R. N., Kannan, P. K., and Bramlett, M. D.: Implications of loyalty program membership and service experiences for customer retention and

value, *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 28, No. 1, pp. 95-108 (2000)

- [Hartmann 08] Hartmann, W. R. and Viard, V. B.: Do frequency reward programs create switching costs? A dynamic structural analysis of demand in a reward program, *Quantitative Marketing and Economics*, Vol. 6, No. 2, pp. 109-137 (2008)
- [Keh 06] Keh, H. T. and Lee, Y. H.: Do reward programs build loyalty for services? The moderating effect of satisfaction on type and timing of rewards, *Journal of Retailing*, Vol. 82, No. 2, pp. 127-136 (2006)
- [Kim 01] Kim, B. D., Shi, M., and Srinivasan, K.: Reward Programs and Tacit Collusion, *Marketing Science*, Vol. 20, No. 2, pp. 99- 120 (2001)
- [Kim 04] Kim, B. D., Shi, M., and Srinivasan, K.: Managing capacity through reward programs, *Management Science*, Vol. 50, No. 4, pp. 503-520 (2004)
- [Friedman 94] Friedman, D., and Sunder, S.: Experimental methods: a primer for economists, Cambridge University Press (1994)