

## ネットワーク外部性の働く製品市場のモデル化とプレゼント戦略評価

辻 将之<sup>†</sup> 川村 秀憲<sup>†,††</sup> 大内 東<sup>†,††</sup>

<sup>†</sup> 北海道大学大学院工学研究科 〒060-8628 北海道札幌市北区北13条西8丁目  
<sup>††</sup> 有限会社ソリューションテクノロジー 〒062-0932 北海道札幌市豊平区平岸2条9丁目  
E-mail: †{masat,kawamura,ohuchi}@complex.eng.hokudai.ac.jp

**あらまし** 本論文では、ネットワーク外部性の働く製品市場のモデル化とプレゼント戦略の評価を行う。エージェントベースモデルを用いることにより、消費者間の相互作用ネットワークを明示的にモデルに取り込むことが可能である。本モデルは、消費者間のネットワークの構造とネットワーク外部性の効果の関係について明らかにすることが出来る点に特徴がある。シミュレーションでは、企業の視点に立つことにより、競争が重要な意味を持つネットワーク外部性を有する製品の市場において、企業が独立に操作可能なマーケティング変数であるプレゼント戦略を導入し、その有効性の検証を行う。実験結果より、ネットワークの構造と有効なプレゼント戦略には密接な関係があり、同じ数のプレゼントを行っても構造に応じて効果的な戦略が存在することを示す。

**キーワード** マルチエージェント、ネットワーク外部性、経路依存性、ネットワーク構造、プレゼント戦略

## Evaluation of Present Strategies in Multiagent Market Model with Network Externality

Masayuki TSUJI<sup>†</sup>, Hidenori KAWAMURA<sup>†,††</sup>, and Azuma OHUCHI<sup>†,††</sup>

<sup>†</sup> Graduate School of Engineering, Hokkaido University Kita 13, Nishi 8, Kita-ku, Sapporo, 060-8628 Japan  
<sup>††</sup> Solution Technology Co., Ltd. Hiragishi 2-9, Toyohira-ku, Sapporo, 062-0932 Japan  
E-mail: †{masat,kawamura,ohuchi}@complex.eng.hokudai.ac.jp

**Abstract** In this paper, we design a multiagent market model with network externality, and evaluate the effectiveness of present strategy, which is one of sales promotion like that a sales corporation chooses customers in a market and gives him/her a product without compensation. The proposed multiagent model can clearly involve a customers interaction network, and we can clarify the relationship between the effectiveness of network externality and the structure of customers interaction network. In the computer simulations, we evaluate the effectiveness of two present strategies; a simple present strategy and friend present strategy.

**Key words** Multiagent, Network Externality, Path Dependence, Network Structure, Present Strategies

### 1. はじめに

コンピュータによるデータ交換、VTRで録画したテープの共有、友人とのゲームソフトの貸し借りといった、他の消費者との交流が頻繁に起こるような状況では、他の消費者との規格の共有や使用される製品の互換性などが重要な意味を持つ。そのため、このような製品では同製品を所有する人数が増加するほどより便利になるという特徴を有する。

ネットワーク外部性とは以上のように周囲の状況によって製品の価値が変化する効果を指し [1]、重要な特性として各消費者の購買選択とそのタイミングが後の普及過程に影響を与える経路依存性が指摘されている [2]。それにより、既に売れている製

品がさらに売れるというポジティブ・フィードバックや市場がある製品に固定されてしまうロック・インといった現象が見られ、デファクト・スタンダードやIT産業を中心に観察される「一人勝ち現象」(Winner-Takes-All)などをもたらす重要な要因の一つであると考えられている [3], [4]。

これらの特性で表されるように、ネットワーク外部性を有する製品市場では、通常の製品市場の振る舞いと異なる特性を示すことが知られており、複雑系の研究課題の一つとして注目されている。ネットワーク外部性に関する従来研究の焦点は、市場が非効率な状態に収束することを回避することが中心課題であり、情報の完全性についてや [5]、あるいは独占からのスイッチを扱ったものなどがある [6]。これらの研究は数理的解析に

基づくものが主流であり、具体的な相互作用のモデルを導入せずに、既得基盤としてネットワーク外部性の効果をモデル化するものが多かった。しかし、文献 [7], [8] で指摘されているように、ネットワーク外部性の効果は消費者間の相互作用によって生じることから、消費者間の相互作用を明示的にモデルに導入し、その相互作用に基づいてネットワーク外部性の性質を明らかにすることも重要な研究課題の一つであると言える。

そこで本論文では、消費者間の相互作用ネットワークを組み込んだ製品市場のエージェントベースモデルを構築し、企業が競争市場において勝利するために独立に操作可能なマーケティング戦略を活用しているという観点から、企業が市場の外部から介入する場合の経路依存性について焦点を当てる。

## 2. シミュレーションモデル

本論文では、消費者間の相互作用ネットワークを導入し、相互作用ネットワークを通じて形成されるネットワーク外部性をモデル化する。その際、ここでは以下の仮定に基づいてモデルの構築を行うものとする。

- 消費者はそれぞれ独立に製品を使用して得られる製品そのものの価値を持っている
- 消費者はそれぞれ自分が直接相互作用する他の消費者との相互作用ネットワークを持っている
- 相互作用ネットワークには他の消費者との交流頻度に応じた影響力の度合いが存在する
- 製品のネットワーク外部性は消費者のもつ相互作用ネットワークのみに基づいて形成される

これらの仮定を自然に表現するモデルの枠組みとして、「プラットフォーム」と「消費者エージェント」の二つを構成要素とするエージェントベースモデルを構築した [9], [10]。

本モデルにおいて、プラットフォームは消費の対象となる製品であり、ネットワーク外部性を有するものとする。具体的には、VTR や DVD の規格、OS の方式、携帯電話のキャリアなどがプラットフォームの例として挙げられる。消費者エージェントは、相互作用ネットワークを通じて得られる他の消費者エージェントの状況と自分の状況に基づいて、実際にプラットフォームの選択と購入を行う。単純化のために、本モデルでは今まで市場に普及していなかった新プラットフォームが発売されてから普及するまでの期間をシミュレーションの対象とし、故障や代替新製品の登場などによる買い換え需要によって形成される市場動向については対象としないこととする。

以下、相互作用ネットワークと消費者エージェントのモデルについて説明する。

### 2.1 相互作用ネットワーク

消費者エージェント集合を  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  とする時、相互作用ネットワークは消費者エージェント  $i$  と  $j$  のリンクの有無を示す  $L_{ij} \in \{0, 1\}$ ,  $i, j \in N$ ,  $L_{ij} = L_{ji}$  によって定義される。 $L_{ij}$  が 1 の場合は相互作用が存在することを表す。相互作用ネットワークが与えられた際、消費者エージェント  $i$  の友人集合  $N_i \subseteq N \setminus \{i\}$  が以下のように表される。

$$N_i \equiv \{j \mid j \in N, L_{ij} = 1, j \neq i\} \quad (1)$$

$N_i$  は消費者エージェント  $i$  にとっての友人や家族、同僚、取引相手といった交流の可能性を持つ親しい関係を持つ消費者の集合であり、プラットフォームの選択に影響を与える。

更に、相互作用ネットワークで結ばれる友人間の影響度の差異を実現するために、交流頻度  $w_{ij}$  を導入する。

$$w_{ij} \begin{cases} > 0 & \text{if } L_{ij} = 1 \\ = 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{subject to } \sum_{j \in N_i} w_{ij} = 1$$

この値が大きい場合、その消費者エージェントの所有するプラットフォームに強い影響を受けることになる。ここでは、消費者エージェント間での整合性を保つために、各消費者エージェントに関する交流頻度の総和は 1 とする。即ち、 $w_{ij}$  は  $i$  について友人間で相対化された交流頻度であると解釈できる。

### 2.2 消費者エージェントの意志決定モデル

各ステップ毎に、消費者エージェント  $i$  はプラットフォーム  $k$  について、他の消費者エージェントと相互作用せず単独でプラットフォームを使用することにより得られる使用価値  $U_{ik}(t)$  と、相互作用を行うことにより得られる効果を含めた製品価値  $R_{ik}(t)$  を見積もり、自己の希求水準  $A_i$  と比較する。市場で発売されているプラットフォームの中で、 $A_i$  を上回る製品価値に達したものが現れた場合には、購入を決定する。即ち、希求水準  $A_i$  は消費者の需要レベルを表しており、 $A_i$  が小さいほどその消費者の需要レベルは高いものとなる。シミュレーションの想定期間が比較的短期間であることから、簡単化のために消費者エージェントがプラットフォームを購入できるのは 1 度だけとし、買い換えや買い増しは行わないこととする。

具体的に、シミュレーションステップ  $t$  における消費者エージェント  $i$  のプラットフォーム  $k$  に対する使用価値  $U_{ik}(t)$  は以下のように与えられる。

$$U_{ik}(t) = \begin{cases} \alpha_{ik} & \text{if } i \text{ has platform } k \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

ここで、パラメータ  $\alpha_{ik}$  は消費者エージェント  $i$  が実際にプラットフォーム  $k$  を使用するときに得られる価値を表す非負の定数である。

ネットワーク外部性を考慮した製品価値  $R_{ik}(t)$  は、使用価値  $U_{ik}(t)$  と、相互作用が存在する消費者エージェント  $j$  とのネットワーク外部性の効果  $y_{ik}^j(t)$  を用いて以下のように定義される。

$$R_{ik}(t) = U_{ik}(t) + \sum_{j \in N_i \setminus \{i\}} y_{ik}^j(t) \quad (4)$$

消費者エージェント  $j$  から受ける  $i$  のネットワーク外部性の効果  $y_{ik}^j(t)$  は、 $i$  と  $j$  の直接的な効果、共通な一人の友人を介した効果、二人の友人を介した効果の 3 次までの効果を考慮して、

$$y_{ik}^j(t) = U_{jk}(t) \cdot w_{ij} + U_{jk}(t) \cdot \sum_{x \in N \setminus \{i, j\}} w_{ix} \cdot w_{xj}$$

$$+ U_{jk}(t) \cdot \sum_{x,y \in N \setminus \{i,j\}, x \neq y} w_{ix} \cdot w_{xy} \cdot w_{yj} \quad (5)$$

と定義する。式の形式上、1次から  $n-1$  次までの効果を導入することが可能であるが、交流頻度の値の定義より3次以降の効果を導入してもあまりモデルの挙動に影響を与えないことから、ここでは3次までを考慮することとした。 $R_{ik}(t)$  は、友人の中でプラットフォーム  $k$  を所有する消費者エージェントが増加するにつれて高い値をとり、ネットワーク外部性の効果と対応する。

シミュレーションの開始時には数人の消費者エージェントにプラットフォームを購入させることにより、他の消費者の購入が誘発さステップ  $t$  は進行していくが、あるステップにおいて新規の購入者が現れない場合は、それ以降の変化が生じないためその時点でシミュレーションは停止する。また、このモデルではネットワーク外部性の効果は何人先までであっても瞬時に伝搬される。即ち、ネットワーク外部性における効果の伝搬の時間遅れはモデル化していない。そのため、ステップ  $t$  の進行は状態遷移として捉えることができる。

### 3. 相互作用ネットワークの構造

シミュレーションの対象となる製品市場のモデル化を行う際、製品の使用形態に応じて消費者間に形成される相互作用ネットワークの特徴が異なることが予想される。例えばゲームソフトの貸し借りでは、地理的な条件に強く拘束された相互作用ネットワークが想定され、地理的に近い友人とのハードの共有は大きな意味を持つ。携帯電話では、地理的な要因よりも頻繁に連絡を取る家族や恋人によって相互作用ネットワークが形成され、そこで相手と同一のキャリアを持つことによる割引や機能の共有が重要であろう。また、ビジネスシーンで頻繁に使用されるソフトウェアでは、ビジネスに関わる業種間の関係に影響を受けた相互作用ネットワークが想定される。

つまり、製品市場のモデル化に当たっては、製品の使用される形態と消費者の社会的ネットワークの二つの要因によって相互作用ネットワークが形成されるため、それらの特徴を考慮して相互作用ネットワークをモデル化する必要がある。実世界の消費者間の相互作用ネットワークを正確に測定してモデル化することは容易ではないが、ここでは社会的ネットワークやネットワーク外部性に関する先行研究で広く用いられている4つの構造を採用することとする。各モデルの採用における基準はできるだけ特徴が異なるということであり、モデルが実世界での製品特性による消費者構造が及ぶ可能領域の広い範囲を形成することを意図した。以下に各モデルについて説明する。

#### 3.1 Regular モデル

Regular モデル (以下 Reg) は、社会的な距離に基づいて自分の近隣  $r$  人とリンクを持つよう定義された相互作用ネットワークモデルで、ある一部分を見た場合ほぼ全員がお互いにリンクを所有するというグループを形成している (図1参照)。Reg は地理的要因を考慮した場合に使用される機会の多いモデルであり、例えば、VTRの規格競争を扱った研究で利用されて

いる [11]。シミュレーションで使用する Reg は消費者エージェントを環状に配置し、各消費者エージェントに関して、両隣各3エージェントにリンクを作成するモデルを採用する。従って、相互作用ネットワークにおける総リンク数は  $3n$  となる。

#### 3.2 Random モデル

Random モデル (以下 Ran) は、決められたリンク数に基づいて消費者エージェント同士がランダムに結合された相互作用ネットワークである (図2参照)。即ち、社会的ネットワークの複雑さを単にランダムな結合で近似したモデルであり、物質の結晶構造の特徴解析に使用されるパーコレーションモデルを基礎としている。シミュレーションに用いる Ran の総リンク数は Reg と同じ  $3n$  とする。明示的にネットワーク構造を取りあげていない研究や理論的解析を試みる研究では、Ran を採用しているものが多い [6]。

#### 3.3 Small World モデル

Small World モデル (以下 SW) は、Reg と Ran の中間の特徴を持ったモデルであり、決められた置換確率に従って Reg の各リンクをランダムリンクに置き換えることで生成される相互作用ネットワークである (図3参照)。友人関係の大部分は、地理的な要因などに基づいて概ねグループを形成しているが、小さい割合で他のグループと繋がるリンクを持ったエージェントが存在する。このリンクのことを文献 [12] では “weak tie” と表現し、情報収集の際の情報の多様性を生み出す役割を果たすとしている。SW の特徴は、一定の weak tie リンクを含むことで平均パス距離<sup>(注1)</sup>が短くなっていることにある [13], [14]。シミュレーションに用いる各リンクのランダムリンクへの置換確率は、SW の特徴が最もよく現れる 0.01 とする。

#### 3.4 Scale Free モデル

Scale Free モデル (以下 SF) は、各消費者エージェントが持つリンク数  $r$  の分布  $P(r)$  がべき乗分布に従い、 $P(r) \sim r^{-\gamma}$  と近似できるモデルである [15] (図4参照)。本論文での SF では、順に各消費者エージェントからのリンクを生成する際、相手となる消費者エージェントを等確率に選択するのではなく、相手を持っているリンクの数に比例した確率によって選択することでべき乗分布に従う相互作用ネットワークを作成する。シミュレーションに使用するモデルでは、各消費者エージェントから順に3リンクを作成していき、全リンク数が  $3n$  のネットワークを作成する。

このモデルの特徴は、非常に多くの相互作用の相手を持つハブと呼ばれるエージェントが存在することである。文献 [16] によれば、現実の社会的ネットワークにも多くの友人をもつハブが存在することが指摘されており、対象とする製品によってはハブを含む相互作用ネットワークが形成されると考えられるものもある。

## 4. シミュレーション

本論文では最も単純な競争状況として、2プラットフォーム

(注1)：平均パス距離とは、ある二人が最短で何人を経由して到達することが出来るかという最短パス距離を、グラフに存在する全ての消費者エージェントの組み合わせについて平均化したものである。

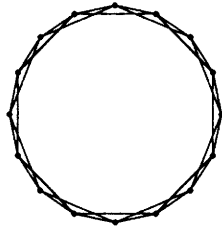


図 1 Regular モデルの例  
Fig. 1 Regular Model

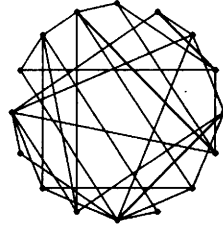


図 2 Random モデルの例  
Fig. 2 Random Model

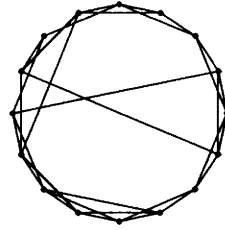


図 3 Small World モデルの例  
Fig. 3 Small World Model

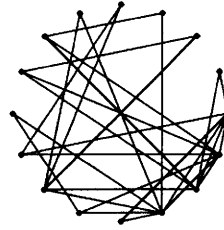


図 4 Scale Free モデルの例  
Fig. 4 Scale Free Model

での競争市場におけるプレゼント戦略の有効性の検証を行うが、まずは外部からの特別な介入がない場合のモデルの基本特性を調べる。シミュレーションのパラメータ設定は次の通りである。

消費者エージェント数  $n = 1000$  とし、前章で説明した各相互作用ネットワークに対してシミュレーションを行う。各消費者エージェントの使用価値である  $\alpha_{ik}$  は、 $\alpha_{ik} \sim N(3, 1)$ ,  $k = 1, 2$  とし、両プラットフォームとも差異なく平均 3、分散 1 の正規分布によって与える。交流頻度  $w_{ij}$  については、各消費者エージェントで合計値が 1 となるようランダムに値を割り振った。これらの設定は全てのシミュレーションで共通である。プラットフォームに対する市場の需要は単純な線形の需要関数をなしていると仮定し、各消費者エージェントの希求水準  $A_i$  は  $A_i \sim I(0, A_{max})$  と一様分布に基づいて割り当てる。 $\alpha_{ik}$  の平均値を 3 に設定していることから、需要決定パラメータ  $g$  を用いて  $A_i$  の上限値を  $A_{max} = 3g$  と設定する。シミュレーションにおいては、 $g$  の値を 1.0~3.0 の範囲で 0.2 刻みで設定することによって、プラットフォームに対する需要とその普及の関係を検証する。各シミュレーション結果は、100 試行の平均を取ったものである。

シミュレーションを行う際、最初にプラットフォームを購入する人々は先駆的消費者と考えられる。文献 [17] では、イノベーションを始めに採用する上位 2.5% を先駆的消費者と定義しており、先駆的消費者は他の消費者から独立した自己の選好に基づいて購入を行うことに特徴があると述べている。従って、ここでのシミュレーションでは、プラットフォーム間の性能に差がない場合は独立な選好により半々の割合で購入すると仮定し、市場より希求水準  $A_i$  が最も低い消費者エージェント 20 人を選択して 10 エージェントずつ各プラットフォームを購入させることで先駆的消費者とする。即ち、普及率は 0.02、シェアは 0.50 対 0.50 の状態から競争が開始されるものとする。

#### 4.1 基本特性

図 5、図 6 に消費者エージェントの購入行動が停止したステップでの結果を示す。それぞれのグラフにおいて、横軸は  $g$  の値、縦軸は各試行における普及率の平均値と市場で勝者となったプラットフォームの獲得シェアの平均値である。シミュレーションは全て 50 ステップ以内に収束した。

普及率の結果を見ると、Ran と SF で構成される市場ではプラットフォームが普及し易く、次に SW、Reg と続いていることがわかる。どの相互作用ネットワークにおいても、希求水準

を決定する  $g$  が高くなるにつれてプラットフォームの製品価値に対する要求が高くなるので、普及率は減少している。一般的な傾向として、Ran、SF で経路依存性の影響が強く、SW、Reg ではそれよりも低いと考えられる。それぞれの結果での勝者プラットフォームの獲得シェアの結果を見ると、Ran と SF では市場が勝者にロック・インされる傾向が強く、SW と Reg ではその傾向は弱いことがわかる。

これらの結果は、相互作用ネットワークの構造の違いが影響している。Reg や SW はグループを形成しているため、ある消費者エージェントの購入の影響がそのエージェントの属するグループ内で大きくなりやすく、周囲の消費者エージェントにネットワーク外部性の効果が自己強化的に波及していく。しかし、さらにプラットフォームの普及が進むためには、グループ間を橋渡しする weak tie の消費者エージェントが効率よくネットワーク外部性の効果を伝達していく必要がある。しかし、これらの構造では、weak tie を担うエージェントの存在が多くないため、もしそのエージェントの  $A_i$  が大きければその効果はそこで遮断されてしまう。即ち、グループを形成しているネットワークでは、グループ内でのネットワーク外部性の波及効果は大きい、他のグループへの波及効果が小さいために全体としてネットワーク外部性の効果が小さく、製品価値も上がらないことから全体的に普及率が低いと考えられる。

一方、Ran は効果が波及するための迂回路がいくつも存在するため、全体としてのネットワーク外部性の効果は均一にある一定の水準が保たれ、プラットフォームが広く普及しているものと考えられる。Reg と SW を比較すると、わずかなランダムリンクの存在によって全体的に普及率が若干上昇していることからこのことが確認できる。

勝者の獲得シェアを見ると、いずれの相互作用ネットワークでもある  $g$  にピークが存在する。特に、Ran では 1.6、SF では 1.4 にそれぞれピークが存在する。これは、 $g$  の低い市場では消費者エージェントの希求水準が低いために、勝者プラットフォームが市場をロック・インする前に敗者プラットフォームも普及してしまうためである。 $g$  の低い値でのこの傾向は Ran で強い、SF では小さい。これは、SF ではハブの影響力が強く、ハブを獲得したプラットフォームが  $g$  に関わらず広く普及するためである。逆にハブが購入を行わないとプラットフォームが全く普及せず、 $g$  が増加した場合に Ran よりもネットワーク外部性の効果が小さくなるのが早いのが観察できる。

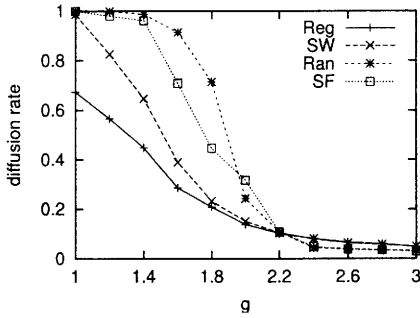


図 5 普及率の平均値

Fig. 5 Average of diffusion rate

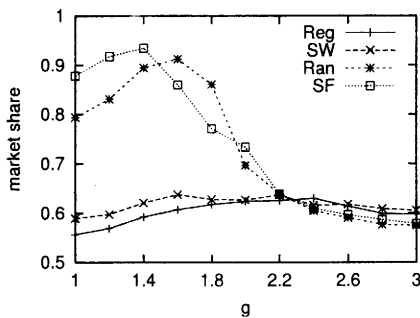


図 6 勝者シェアの平均値

Fig. 6 Average of winner share

#### 4.2 プレゼント戦略の導入

ここでは、企業が市場に介入するためのマーケティング戦略としてプレゼント戦略を導入し、効果を検証する。シミュレーションの手順は、前節の設定と同様に先駆的消費者が各プラットフォームを購入した後、一方のプラットフォームのみに対してプレゼント戦略が実行される。プレゼント戦略を取るプラットフォームを  $k_{pre}$  とし、プレゼント数を  $p$  と表すと、シミュレーション開始時において  $k_{pre}$  は  $(10 + p)$  人、もう一方は 10 人が所有することになる。

プレゼント戦略は、実行可能でありコストもほぼ同程度であろうという視点から 2 種類の戦略によってプレゼントを行う。

一つ目は、市場から無作為に選定した消費者エージェントに無条件にプラットフォームを供与する単純プレゼント戦略であり、一般的な懸賞などと同等の効果を持つと解釈できる。

二つ目として、消費者エージェント同士のリンクを考慮した友人プレゼント戦略を導入する。具体的に、プレゼント対象を、既に  $k_{pre}$  を持っている消費者エージェントの友人集合より抽出する。このようなプレゼントの方法は、応募券付きの販売や友人紹介キャンペーンなどで実際に行われており、消費者の友人関係などの特別な情報が無くても、低コストで実行可能な戦略の一つである。ここでは二つの戦略の有効性を比較するため、プレゼント数を固定した上で 2 つの戦略を実行する比率を変化させてシミュレーションを行う。

手順はプレゼント数  $p$  を 10 に固定した上で、まず、 $s$  を友人プレゼントを実行する割合として、 $10 \times (1 - s)$  エージェント分だけ消費者エージェントを無作為に抽出し、単純プレゼント戦略を実行する。その後、残りの  $10 \times s$  エージェントについて友人プレゼント戦略を実行する。友人プレゼント戦略の対象者を選定する際には、初期購入者を含めて既に  $k_{pre}$  を購入している消費者エージェントを無作為に抽出し、選定されたエージェントの友人エージェントのうちいずれのプラットフォームも所有していない集合から、交流頻度の最も高いエージェントを  $k_{pre}$  のプレゼント対象とする。一度プレゼントの対象になったエージェントは友人プレゼントの応募資格を失ったとして、次回のプレゼント対象から除かれる。実験において、 $s$  を 0 から 1 まで 0.1 刻みで変更してシミュレーションを行った。

プレゼント戦略の有効性を評価するにあたり、普及率が 50 % を超えた場合を一つの基準と見なして、競争市場での勝敗数の増減に基づいて戦略評価を行う。具体的には、ある  $g$  と  $s$  の設定における 100 試行の中で、プラットフォームの普及率が 50 % を超えた試行数を  $D_g^s$  とし、その試行中で  $k_{pre}$  が勝者となった試行数を  $W_g^s$ 、敗者となった試行数を  $L_g^s$  とする。この時、プレゼント戦略の総効果、普及効果、競争効果を以下のように算出する。

$$\text{総効果} = \sum_g W_g^s / \sum_g W_b^g - 1 \quad (6)$$

$$\text{普及効果} = \sum_g D_g^s / \sum_g D_b^g - 1 \quad (7)$$

$$\text{競争効果} = 1 - \sum_g L_g^s / \sum_g L_b^g \quad (8)$$

$W_b^g, D_b^g, L_b^g$  の値はプレゼント戦略を導入しない場合の結果を表しているため、総効果はプレゼント戦略導入前後での勝ち試行数の増加割合、普及効果は 50 % を超えた試行数の増加割合、競争効果は負け試行数の減少割合を表していることとなる。これらの指標を見ることで、プレゼント戦略によってプラットフォームの普及を促進できたのか、そして競争の中でどのような効果があったのかを検証することができる。

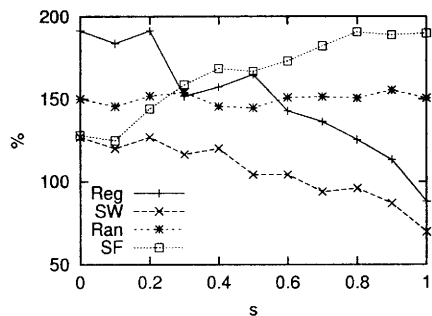


図 7 友人プレゼント割合変更による総効果

Fig. 7 Total effect of each  $s$

それぞれ、図 7 に総効果、図 8 に普及効果、図 9 に競争効

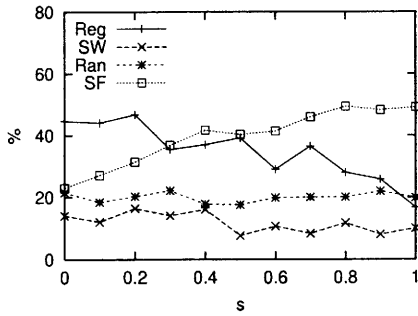


図8 友人プレゼント割合変更による普及効果  
Fig. 8 Diffusion effect of each  $s$

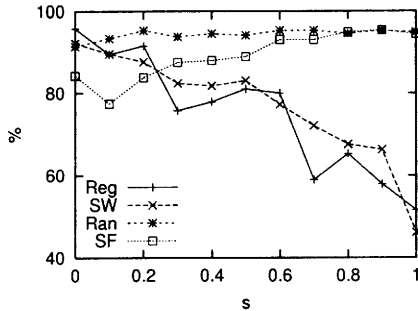


図9 友人プレゼント割合変更による競争効果  
Fig. 9 Competition effect of each  $s$

果の結果を示す。各グラフにおいて、横軸が  $s$ 、縦軸が効果の値を示している。結果を見てみると、相互作用ネットワークの構造によって両戦略の効果異なることがわかる。総効果のグラフより、Reg と SW では単純プレゼント戦略が、SF では友人プレゼント戦略の効果が高く、Ran ではあまり違いが現れなかったことがわかる。

図8を見ると、SFでの友人プレゼント戦略の優位性は主に普及効果の影響によってもたらされると考えられる。 $s$ が0と1という全て各戦略による実行時を比較すると、ほぼ2倍の差が生じている。どちらの場合も  $p$ は10であり、全消費者エージェントに対して少ない数であるにも関わらず効果の差異が大きいのは、SFではランダムにプレゼントするよりも消費者のリンクを利用するほうが圧倒的にハブを獲得する可能性が高くなるからと考えられる。

RegとSWでは、グループを形成しているため局所的にネットワーク外部性の効果が自己強化的に強められるので、わざわざ友人プレゼントを導入することの効果は小さい。 $s$ を大きくとって単純プレゼントの対象者が減ると、広く  $k_{pre}$ を普及させるための種となる消費者エージェントの数が少なくなるので、先に競合プラットフォームの普及を許してしまうことが図9より見て取れる。従って、グループを形成する相互作用ネットワークでは、友人プレゼント戦略よりも単純プレゼント戦略が有効であると考えられる。また、Ranの場合はある消費者エージェントの友人は既に独自のグループを形成しており、ラ

ンダムに全く別のプレゼント対象者を選定するのとはほとんど変わらない程度のつながりでしかなく、友人のリンクを利用することのメリットがあまり無いという結果になった。

## 5. まとめ

本論文では、消費者間の相互作用の関係を明示的に導入した製品市場のエージェントベースモデルを構築し、社会的ネットワークとして典型的な4つの構造に対してシミュレーションを行うことでネットワーク外部性の効果に関する考察を行った。更に、企業が市場の外部から介入可能な戦略の一つであるプレゼント戦略をシミュレーションに導入し、同コストで実行可能な二つのプレゼント戦略について有効性の比較を行った。シミュレーション結果から、プレゼント数は市場競争において正の効果をもっており、比較的少ないプレゼント数でもポジティブフィードバックの効果から相手が勝つ可能性を減少させることが出来ることがわかった。また、RegやSWのようなグループを形成する構造では、懸賞などの単純なプレゼント戦略が有効であり、SFのように多くのリンクをもつハブが存在する構造においては、消費者のつながりを利用した友人プレゼント戦略をとることによってプレゼントの効果を最大限引き出すことができることを確かめた。

## 文献

- [1] M. L. Katz and C. Shapiro: "Network externalities, competition, and compatibility", *American Economic Reviews*, **75**, pp. 424-440 (1985).
- [2] S. J. Liebowitz and S. E. Margolis: "Path dependence, lock-in, and history", *Journal of Law, Economics and Organization*, **April**, (1995).
- [3] W. B. Arthur: "Positive feedbacks in the economy", *Scientific American*, **262**, pp. 92-99 (1990).
- [4] W. B. Arthur: "Increasing returns and the new world of business", *Harvard Business Review*, **July-Aug**, (1996).
- [5] T. Weitzel, D. Beimbom and W. Konig: "An individual view on cooperation networks", *Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Science* (2003).
- [6] A. Khalak: "Agent-based model for economic impact of free software", *Complexity*, **8**, pp. 45-55 (2003).
- [7] O. Wendt and F. v. Westarp: "Determinants of diffusion in network effect markets", *SFB 403 Research Report* (2000).
- [8] T. Weitzel, O. Wendt and F. v. Westarp: "Reconsidering network effect theory", *Proceedings of the 8th European Conference of Information Systems*, pp. 484-491 (2002).
- [9] 大内, 山本, 川村: "マルチエージェントシステムの基礎と応用", コロナ社 (2000).
- [10] 生天目: "マルチエージェントと複雑系", 森北出版 (1998).
- [11] 伊庭, 竹中, 武藤: "人工市場アプローチによる家庭用VTRの規格競争シミュレーション", *情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用*, **42**, SIG 14, pp. 73-89 (2001).
- [12] M. S. Granovetter: "The strength of weak ties", *American Journal of Sociology*, **78**, pp. 1360-1380 (1973).
- [13] D. J. Watts and S. H. Strogatz: "Collective dynamics of small-world networks", *Nature*, **393**, pp. 440-442 (1998).
- [14] M. E. J. Newman: "Models of the small world", *Journal of Statistical Physics*, **101**, pp. 819-841 (2000).
- [15] A. L. Barabási and R. Albert: "Emergence of scaling in random networks", *Science*, **286**, pp. 509-512 (1999).
- [16] M. Gladwell: "The Tipping Point", Little Brown, New York (2000).
- [17] E. M. Rogers: "Diffusion of Innovation", The Free Press, 3rd edition (1985).