

# ネットワーク外部性をともなう市場における情報非対称性と購買行動

金子 陽平<sup>†</sup> 西野 成昭<sup>††</sup>  
小田 宗兵衛<sup>†††</sup> 上田 完次<sup>††</sup>

近年、情報通信技術の発達にともない、ネットワーク外部性をともなう製品市場はますます拡大する傾向にある。消費者がネットワーク外部性をともなう製品を購入する際に、市場全体、もしくは消費者の近傍での製品の使用状況はその意思決定に大きな影響を及ぼすが、消費者が製品に関するあらゆる情報を取得することは難しく、その影響として製品に関する情報は消費者間で異なっているといえる。しかし、ネットワーク外部性に関する既存研究では、消費者が持つ情報が完全であることを前提としているものが多く、消費者の現実的な購買行動を明らかにするには不十分であるといえる。本研究では、近傍での製品の使用状況を消費者により異なる範囲で与えることで、情報の非対称性を導入し、複数種類の製品と嗜好が異なる複数の消費者が存在するネットワーク外部性をともなう製品市場のモデルを構築した。ゲーム理論による均衡分析、消費者個人をエージェントとしたマルチエージェントシステムによる計算機実験、実験経済学をもとにした被験者実験を統合的に用いることで、購買意思決定の分析を行った。結果として、市場全体については、他の消費者がどのように行動するかが分からないために市場が非効率になること、消費者が自分の嗜好とは異なる製品を購入することで1種類の製品が市場を独占すること、非合理的な消費者が市場全体の総余剰を高める可能性があることが分かった。また消費者個人については、情報を多く持つ消費者の効用が必ずしも高くならないことを明らかにした。

## Purchase Behavior under Asymmetric Information in Product Market with Network Externalities

YOHEI KANEKO,<sup>†</sup> NARIAKI NISHINO,<sup>††</sup> SOBEI H. ODA<sup>†††</sup>  
and KANJI UEDA<sup>††</sup>

Product markets with network externalities have been growing through information technology development. Though information of product share has large effects on decision making when consumers purchase products with network externalities, it is difficult for consumers to obtain complete information about products. Accordingly, you can say that information consumers have is asymmetric. Complete information is, however, assumed in most researches about network externalities. In this paper, we develop a market model in which two kinds of products exist and network externalities are present. In this model, it is assumed that each consumer has different information with respect to others' purchase behavior. We analyze purchase behavior with game theory, multi-agent simulation and experiments with human subjects, and we found some important features as following: (1) market becomes inefficient because of incomplete information, (2) some consumers purchasing opposite products to their preferences leads a monopolistic market, (3) a consumer's irrational behavior might increase total surplus, and (4) even if consumers have more information, they do not always obtain more utility.

### 1. はじめに

近年、携帯電話やインターネットなどを代表とする

ネットワーク外部性をともなう製品市場が拡大している傾向がある<sup>1)</sup>。ネットワーク外部性とは「ある財から得られる個人の効用が同じ財を消費する消費者の人数に依存するような外部性」である<sup>2)</sup>。これらの製品やサービスは他の消費者が同一の財を使用することで使用者の効用を高めるといふ需要側の規模の経済性を有している。たとえば、周囲でEメールサービスアドレスを取得している消費者がいない場合、その利用価値は低いといえる。

<sup>†</sup> 東京大学大学院工学系研究科  
School of Engineering, The University of Tokyo

<sup>††</sup> 東京大学人工物工学研究センター  
Research into Artifacts, Center for Engineering (Race),  
The University of Tokyo

<sup>†††</sup> 京都産業大学経済学部  
Faculty of Economics, Kyoto Sangyo University

これまでに、ネットワーク外部性に関する研究は数多くなされている。たとえば、Church ら<sup>3)</sup> はソフトウェアの種類やハードウェアの性能、価格などを導入した数式モデルから、市場全体における製品普及について均衡分析を行い、消費者がソフトウェアの多様性に高い価値を感じる時、標準化を達成することが可能になることを明らかにしている。Katz ら<sup>4)</sup> は製品の「過剰慣性」と「過剰転移」に着目し、市場における新規参入と製品間の互換性達成について分析を行っている。結果として、過剰慣性が起こらずに新技術が普及する可能性と旧技術との間で互換性を持たせない可能性が高いことを示している。Ruebeck ら<sup>5)</sup> は製品のスイッチングコストが優れた性能を持つ製品普及の妨げになることを被験者実験を用いて示している。また、計算機実験を用いた研究として、Oda ら<sup>1)</sup> は、消費者の効用をネットワーク外部性をともなう製品の使用経験と近傍での消費者の使用状況によりモデル化し、セルオートマトンを用いて 2 製品市場の製品普及の過程を視覚的に表し分析を行っている。

しかし、これらの既存研究について、主に 2 つの問題点を指摘することができる。1 つ目は、消費者が製品について持つ情報が完全かつ均質であることを前提としている点である。現実の消費者はテレビコマーシャルのような大域的な情報だけでなく、近傍の消費者から伝達される局所的な情報（口コミ）を取得している。その結果として、消費者間において取得している情報の量と質は異なっているといえる（情報の非対称性）。したがって、完全情報は実世界において非現実的な仮定であり、より現実的な消費者行動を理解するためにはこの点を考慮する必要があると考えられる。また、問題点の 2 つ目は、分析する対象が製品普及に限定しているものが多いということである。消費者が持つ情報が個人によって異なっていることや嗜好の多様性という点から、消費者全体による製品の普及だけでなく、個人の購買行動を分析することが必要であると考えられる。

本研究では、ネットワーク外部性をともなう製品市場を対象とし、情報が非対称である消費者の購買意思決定に着目する。そのアプローチとして、ゲーム理論を用いた均衡分析・消費者をエージェントとした計算機実験・実験経済学に基づいた被験者実験を組み合わせた統合的なアプローチが有効である。均衡分析では経済主体の完全な合理性を仮定することで、その行動規則を定式化し解析的に解を求めることを可能とする。また、計算機実験は消費者個人をエージェントとすることで、個々のエージェントが持つ情報や行動結果を

記述・分析することを可能にする。さらに、実際の間人を含めた被験者実験を行うことで、より現実的な人間の行動を理解することができると考えられる。これらのアプローチに基づき、複数種類の製品と複数の消費者が存在する市場をモデル化し、その購買意思決定について分析する。具体的には、

- 個人が持っている製品嗜好と周囲の使用状況に関する局所的な情報をもとにした消費者の購買行動と製品の普及状況の分析
- 個人が持っている局所的な情報と購買行動の結果として得られる効用に関する分析
- 消費者の私的余剰と社会の総余剰の関係の分析を目的とする。1 点目は、企業がネットワーク外部性をともなう製品を企画、販売する際の戦略や注目すべき点について、2 点目は消費者が製品群の中から製品選択の意思決定を行う際に自らの効用を高めるための視点について、3 点目は市場全体の特徴について示唆を与えることが期待される。

本論文の構成は以下のとおりである。2 章でネットワーク外部性をともなう製品市場と消費者の意思決定をモデル化し、3 章で均衡分析の結果を示す。4 章では 3 章で求めた均衡分析の結果をもとに、消費者をエージェントとした計算機実験を行っている。非対称情報下での意思決定による製品普及の結果や消費者が持つ情報と得られる効用の関係について示している。5 章では実際の間人と計算機エージェントが混在した被験者実験を行っており、人間の意思決定結果を分析することで、より現実的な消費者行動の理解を深めている。最後に 6 章で結論を述べる。

## 2. モデル

本研究のモデルについて説明する。はじめにネットワーク外部性をともなう製品市場について説明し、ネットワーク外部性の定式化、市場における消費者の購買意思決定について述べる。

### 2.1 ネットワーク外部性をともなう製品市場

対象とするネットワーク外部性をともなう製品市場を以下のようにモデル化する。

- 市場には  $A \cdot B$  の 2 種類の製品が存在している。
- 各製品は同じ価格であり、一定とする。
- 市場には  $A \cdot B$  いずれかの製品を個人的に嗜好している 2 種類の嗜好タイプの消費者が混在している。
- 単純化のために、生産者は考慮しない。

### 2.2 ネットワーク外部性の定式化

ネットワーク外部性による消費者の効用のモデル式

表 1 留保価格の組合せの 1 例

Table 1 An example of reservation value.

製品 A (B) を嗜好する人		
	製品 A	製品 B
Rv	8 (3)	3 (8)

を以下に示す<sup>6)</sup> .

$$(Utility) = Rv Ne - (Price) \tag{1}$$

Rv : 留保価格 Ne : 同一製品の使用者数

製品に対する留保価格を消費者によって変化させることにより、消費者個人の嗜好を定義することとする。具体的な例として、表 1 を用いて説明する。たとえば、製品 A を嗜好している消費者の製品 A に対する留保価格は 8、製品 B に対する留保価格は 3 とし製品 A の留保価格の方が製品 B と比較して相対的に高くなるように設定する。

上記のモデル式は、同一の製品を購入する消費者の数が多ければ多いほど、製品使用による効用が高くなるように定式化されている。

### 2.3 不完全情報下での消費者の購買行動

市場に存在する消費者の購買行動を以下のようにモデル化する (図 1)。

- 消費者は各製品に対して留保価格を持っている。
- 自分が嗜好している製品の留保価格の方が相対的に高い。
- 各消費者は全体の製品の使用状況を知ることができず、知ることができる範囲は消費者により異なっている (情報の非対称性)。
- 製品 A・B のいずれかを購入するか、いずれも購入しないという意思決定を行う。
- 製品を購入した場合、式 (1) により効用が与えられる。
- いずれの製品も購入しない場合、得られる効用は 0 となる。
- 各消費者は自分の効用を最大化させることを目的とする。

### 3. 製品普及の均衡分析

ネットワーク外部性のモデル式 (1) をもとに、市場における製品の普及に関する均衡分析を行う。はじめに、完全情報を前提として各消費者の効用がそれぞれ最大となる理論解と総余剰が最大となる理論解について説明し、次にナッシュ均衡の概念を用いて均衡分析を行う。

#### 3.1 変数の定義

変数を表 2 のように定義する。

表 2 均衡分析における変数の定義

Table 2 Definition of parameter for equilibrium analysis.

N	全体の消費者の数 (const)
$r^A$	製品 A を嗜好する消費者の数 (const)
$r^B$	製品 B を嗜好する消費者の数 (const)
$R_a^J$	製品 J を嗜好する人の製品 A への留保価格 (const)
$R_b^J$	製品 J を嗜好する人の製品 B への留保価格 (const)
P	製品価格 (const)
$n_a$	製品 A の購入者数
$n_b$	製品 B の購入者数
$n_0$	製品の非購入者数

### 3.2 消費者の効用最大化

以下のように場合分けを行うことで、各消費者の効用が最大となる理論解を求めた。その結果は表 3 のようにまとめられる。

#### 前提条件

定義した変数は以下の条件を満たすものとする。

$$J = A, B \tag{2}$$

$$P > R_a^A (= R_b^B) > R_b^A (= R_a^B) \tag{3}$$

$$N = r^A + r^B \tag{4}$$

$$N = n_a + n_b + n_0 \tag{5}$$

#### 理論解

以下のように 9 つのケースに場合分けを行った。

(i)  $R_a^A N < P$  のとき

式 (3) より、

$$n_a = 0 \tag{6}$$

$$n_b = 0 \tag{7}$$

式 (5) より、

$$n_a = 0, n_b = 0, n_0 = N \quad (\text{Case 1})$$

(ii)  $R_a^A N \geq P \wedge R_b^A N < P$  のとき

式 (3) より、

$$R_b^B N \geq P \tag{8}$$

$$R_a^B N < P \tag{9}$$

よって、

- 製品 A を嗜好している消費者は製品 B を購入しない。
- 製品 B を嗜好している消費者は製品 B を購入しない。

よって、式 (4) より

$$n_a \leq N - r^B = r^A \tag{10}$$

$$n_b \leq N - r^A = r^B \tag{11}$$

(ii-a)  $R_a^A r^A < P \wedge R_b^B r^B < P$  のとき

$$n_a = 0, n_b = 0, n_0 = N \quad (\text{Case 2})$$

(ii-b)  $R_a^A r^A \geq P \wedge R_b^B r^B < P$  のとき

$$n_a = r^A, n_b = 0, n_0 = r^B \quad (\text{Case 3})$$

(ii-c)  $R_a^A r^A < P \wedge R_b^B r^B \geq P$  のとき

$$n_a = 0, n_b = r^B, n_0 = r^A \quad (\text{Case 4})$$

表 3 各消費者の効用が最大となる理論解のまとめ

Table 3 The number of purchaser in equilibrium that consumer's utility is maximized.

Case	$n_a$	$n_b$	$n_0$
1	0	0	$N$
2	0	0	$N$
3	$r^A$	0	$r^B$
4	0	$r^B$	$r^A$
5	$r^A$	$r^B$	0
6	$r^A$	$r^B$	0
7	$N$	0	0
8	0	$N$	0
9	$N$	0	0
	0	$N$	0

(ii-d)  $R_a^A r^A \geq P \wedge R_b^B r^B \geq P$  のとき  
 $n_a = r^A, n_b = r^B, n_0 = 0$  (Case 5)

(iii)  $R_b^A N \geq P$  のとき

式 (3) より,

$$R_a^A N > R_b^A N \geq P \quad (12)$$

$$R_b^B N > R_a^B N \geq P \quad (13)$$

(iii-a)  $R_a^A r^A \geq R_b^A N \wedge R_b^B r^B \geq R_a^B N$  のとき  
 $n_a = r^A, n_b = r^B, n_0 = 0$  (Case 6)

(iii-b)  $R_a^A r^A \geq R_b^A N \wedge R_b^B r^B < R_a^B N$  のとき  
 $n_a = N, n_b = 0, n_0 = 0$  (Case 7)

(iii-c)  $R_a^A r^A < R_b^A N \wedge R_b^B r^B \geq R_a^B N$  のとき  
 $n_a = 0, n_b = N, n_0 = 0$  (Case 8)

(iii-d)  $R_a^A r^A < R_b^A N \wedge R_b^B r^B < R_a^B N$  のとき  
 $n_a = N, n_b = 0, n_0 = 0 \vee$   
 $n_a = 0, n_b = N, n_0 = 0$  (Case 9)

Case 1 と Case 2 では、製品価格が高すぎるためにだれも製品を購入することはない。また、Case 3 と Case 4 では、一方の製品のみがその製品を嗜好している消費者により購入される。Case 5 と Case 6 ではそれぞれの製品が嗜好どおりに購入される。Case 7 から Case 9 では一方の製品のみが全消費者に購入される。つまり自分の嗜好とは逆の製品を購入する消費者がいる。特に Case 9 については、いずれの製品が普及したとしても、各消費者の効用は最大化される。Case 3, Case 4, Case 7, Case 8 では、各製品を嗜好する消費者の数に偏りがあり、嗜好する消費者の数が少ない方の製品は購入されない。

### 3.3 社会余剰の最大化

3.2 節で求めた 9 つの Case のそれぞれについて、総余剰が最大となるような理論解を求めた (表 4)。

Case 1 では製品価格が高すぎるため、だれもいずれの製品も購入しないと総余剰が最大となる。つまり総余剰が 0 の場合が最大である。Case 1 以外では、製

表 4 総余剰が最大となる理論解のまとめ

Table 4 The number of purchaser in equilibrium that total surplus is maximized.

Case	$n_a$	$n_b$	$n_0$
1	0	0	$N$
2	$N$	0	0
	0	$N$	0
3	$N$	0	0
4	0	$N$	0
5	$N$	0	0
	0	$N$	0
6	$N$	0	0
	0	$N$	0
7	$N$	0	0
8	0	$N$	0
9	$N$	0	0
	0	$N$	0

品 A と製品 B のいずれかが独占的に普及する状態が総余剰を最大化させる。ただし、Case 3 と Case 4, Case 7 と Case 8 では消費者の嗜好タイプの分布に偏りがあるため、それぞれ製品を嗜好する消費者の数が多い方の製品のみとなっている。

また、消費者個人の効用を最大化する解と比較すると、消費者の私的誘因と社会厚生が一致しない Case があることが分かる (Case 2, 3, 4, 5, 6)。

### 3.4 ゲーム理論による均衡分析

3.2 節で求めた 9 つの Case のそれぞれについて、ナッシュ均衡を求めた。その結果を表 5 に示す。得られたナッシュ均衡解から以下のようなことがいえる。

- Case 1 と Case 2 を除き、3.2 節で得られた理論解以外の均衡状態が得られた。
- ナッシュ均衡のうちの 1 つが各消費者の効用を最大化する均衡であり、総余剰が最大となる解はナッシュ均衡とは限らない。

## 4. 不完全情報下での計算機実験

消費者が持つ情報が非対称である状況下での消費者をエージェントとした計算機実験を行った。ただし、Case 1 と Case 2 では、3.2 節の理論解においても 3.4 節の均衡解においても購入人数が 0 人であるため、実験を行っていない。また、Case 3 と Case 4, Case 7 と Case 8 は製品の種類が逆になっているだけの設定であるため、実験では Case 3, 5, 6, 8, 9 について行う。

はじめに消費者エージェントの意思決定方法について述べる。次に、計算機実験における変数の設定、計算機実験の結果について説明し、最後に考察を述べる。

表 5 ナッシュ均衡のまとめ  
Table 5 Nash equilibria.

Case	$n_a$	$n_b$	$n_0$
1	0	0	$N$
2	0	0	$N$
3	$r^A$	0	$r^B$
	0	0	$N$
4	0	$r^B$	$r^A$
	0	0	$N$
5	$r^A$	$r^B$	0
	$r^A$	0	$r^B$
	0	$r^B$	$r^A$
	0	0	$N$
6	$N$	0	0
	$r^A$	$r^B$	0
	$r^A$	0	$r^B$
	0	$N$	0
	0	$r^B$	$r^A$
7	0	0	$N$
	0	0	0
8	0	0	$N$
	0	$N$	0
	0	0	$N$
9	$N$	0	0
	*	$r^A$	$r^B$
	*	$r^A$	0
	*	0	$N$
	*	0	$r^B$

\*  $R_a^A r^A \geq P$  のときのみ

4.1 意思決定の設定

消費者エージェントは以下のように行動する。

- 消費者エージェントは2種類の製品(製品A, 製品B)のいずれかを嗜好している消費者である。
- 消費者エージェントが知ることができる製品の使用状況はエージェントにより異なっており, その範囲は0人~ $N$ 人となっている。
- 2.を実現するために, $N$ 人は順番に意思決定を行い,各消費者は自分よりも前に意思決定を行った消費者の選択結果を知ることができる。
- 各消費者エージェントは以下の2通りの計算方法

- 市場全体での嗜好タイプの分布を考慮しない場合
- 市場全体での嗜好タイプの分布を考慮する場合

により得られる期待効用を計算する。

- 嗜好タイプの分布を考慮しない方法:線形予測(製品Aの場合)
  - ある消費者*i*を指定し,消費者*i*よ

表 6 実験の変数設定

Table 6 Parameters in simulation.

Case	$R_a^A$	$R_b^A$	P	$r^A$	$r^B$
3	8	3	35	7	3
5	8	3	35	5	5
6	8	3	25	5	5
8	8	4	25	3	7
9	5	3	25	5	5

りも前の消費者数を  $c_f^i$ , その消費者よりも後ろの消費者数を  $c_i^i$  とする。

- 消費者*i*よりも前に製品Aを購入した人数を  $p_a^i$  とする。
- 以下の式で, 全体の購入人数の予測値  $\bar{n}_a^i$  を計算し, 式(1)に代入することで効用の予測値  $E_a^i$  を求める。

$$\bar{n}_a^i = p_a^i + 1 + c_i^i \times \frac{p_a^i + 1}{c_f^i + 1}$$

$$E_a^i = R_a^i \times \bar{n}_a^i - P$$

- 嗜好タイプの分布を考慮する方法: 分布情報を含めた線形予測(製品Aの場合)

- 消費者*i*を指定し, 消費者*i*よりも前の全消費者における嗜好タイプ別の人数の期待値  $\bar{c}_f^A$  を, 嗜好タイプの分布をもとに求める(たとえば5番目の消費者を指定した場合, 4番目までの製品Aを嗜好する人数の期待値)。
- ステップ(a)と同様に, 消費者*i*よりも後の全消費者における嗜好タイプ別の人数の期待値  $\bar{c}_i^A$  を求める。
- 消費者*i*よりも前に製品Aを購入した人数を  $p_a^i$  とする。
- 以下の式で, 全体の購入人数の予測値  $\bar{n}_a^i$  を計算し, 式(1)に代入することで効用の予測値  $E_a^i$  を求める。

$$\bar{n}_a^i = p_a^i + 1 + \bar{c}_i^A \times \frac{p_a^i + 1}{\bar{c}_f^A + 1}$$

$$E_a^i = R_a^i \times \bar{n}_a^i - P$$

- 各消費者エージェントは予測した全体の購入人数をもとに, 自分が購入した場合に効用(得点)が正になるなら購入し, 負になるなら購入しない。

4.2 変数の設定

各Caseにおける変数の設定は表6のとおりである。

4.3 計算機実験の結果

はじめに, 嗜好タイプの分布を考慮しない場合と考慮する場合の結果を表7と表8にまとめる。着目す

表 7 嗜好分布を考慮しない場合の計算機実験結果  
Table 7 Summary of simulation result without considering preference distribution.

Case	I・Cの有無	総余剰	情報量と得点の関係
3	なし	39%	情報量 ↗ ⇒ 得点 ↗
5	あり	5%	情報量 ↗ ⇒ 得点 ↗
6	あり	68%	情報量 ↗ ⇒ 得点 ↘
8	あり	85%	なし
9	あり	100%	なし

表 8 嗜好分布を考慮する場合の計算機実験結果

Table 8 Summary of simulation result with considering preference distribution.

Case	I・Cの有無	総余剰	情報量と得点の関係
3	あり	34%	なし
5	あり	3%	情報量 ↗ ⇒ 得点 ↗
6	あり	70%	情報量 ↗ ⇒ 得点 ↘
8	あり	100%	なし
9	あり	38%	なし

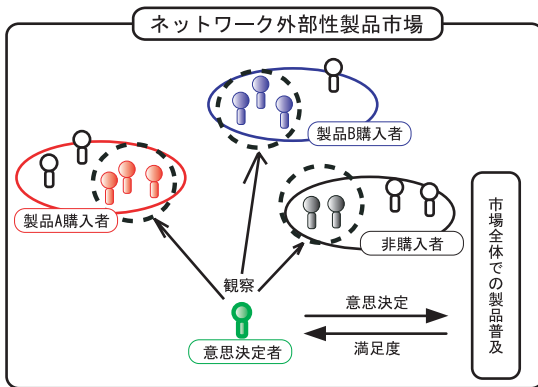


図 1 消費者の購買行動モデル

Fig. 1 Consumers' purchase behavior model.

べき点として、以下の3点があげられる。

- Information Cascades (自分の製品に関する嗜好にかかわらず、他の消費者の意思決定結果に従うこと<sup>7)</sup>)の有無(表ではI・Cと略記する)
- 3.3節で求めた総余剰が最大となる場合を100%としたときの実験結果の総余剰
- 知ることができる近傍での製品の使用状況の範囲(情報量)と効用の関係

また、製品の普及状況を表す例を図2に、消費者が持つ情報量と効用(得点)の関係(Case 5とCase 6)を図3と図4に表す。示されている効用は嗜好タイプの全並びについて平均値をとっている。図2の左側は10人の消費者の嗜好タイプの並び(購買の意思決定順序)を横軸で表している。また、中央と右側はその嗜好タイプの並び方に対応した実験結果を表し、中央は分布を考慮しない場合の意思決定結果を、右側は分

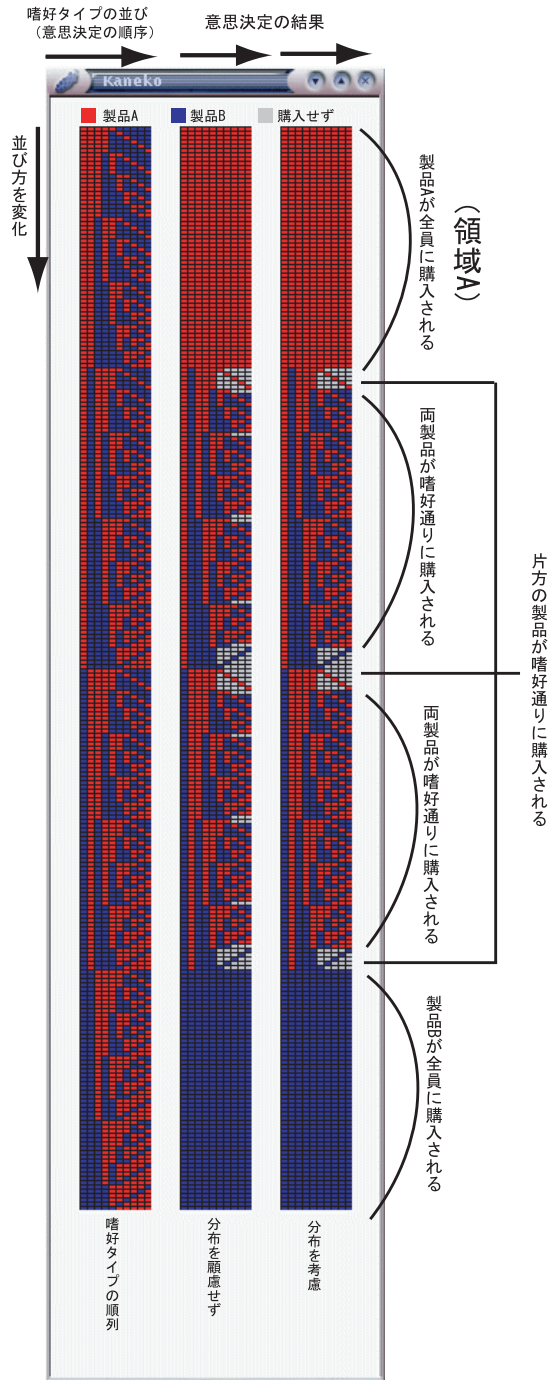


図 2 嗜好タイプの並びと製品普及 (Case 6)

Fig. 2 Preference and product diffusion (Case 6).

布を考慮する場合の意思決定結果を表している。製品の嗜好タイプを変化させたものが縦軸に並んでいる。

#### 4.4 計算機実験の考察

表7と表8より、嗜好分布を考慮しない場合のCase 3を除いて、Information Cascadesが発生して

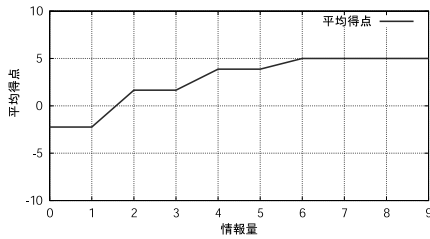


図3 情報量と効用の関係(計算機実験, Case 5)  
Fig. 3 Relation between information and utility (simulation, Case 5).

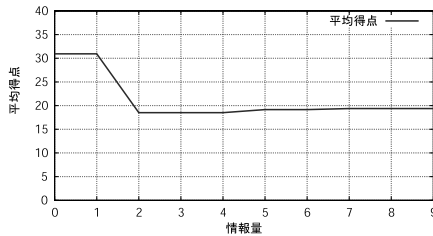


図4 情報量と効用の関係(計算機実験, Case 6)  
Fig. 4 Relation between information and utility (simulation, Case 6).

いることが分かる。たとえば、製品 B を嗜好している消費者が自分の効用を上げるために、自分よりも先に意思決定を行った消費者の行動に合わせ、製品 A を購入している(図 2 の領域 A)。Case 6 では、各消費者は自分の嗜好どおりに製品を購入すれば効用が最大になるため、両製品が普及するという解が得られたが、本実験では情報が非対称であるために、Information Cascades が発生し、ナッシュ均衡の 1 つである 1 種類の製品の独占状態になる。

次に、総余剰について述べる。嗜好分布を考慮しない場合の Case 9 と考慮する場合の Case 8 を除いて、いずれの Case においても非効率な市場が達成されていることが分かる。各消費者が自らの効用を最大化させようと行動したとしても、その結果として市場全体の効用は最適な状態に至っていないといえる。その原因として、主に以下の 2 つの理由が考えられる。

- 個人の効用が最大化されるときと総余剰が最大化されるとき製品の普及状況が異なっている (Case 3, 5, 6)。
- 情報が非対称であるために、間違った意思決定を行い、製品を購入した結果として負の効用を得てしまう、もしくは製品を購入すべきときに非購入を選択してしまう。

また、嗜好分布を考慮しない場合と考慮する場合の総余剰を比較すると、考慮しない場合の方が高くなっている Case がある (Case 3, 5, 9)。これらは製品

価格が高いもしくは留保価格が安い Case であり、製品を購入した場合に負の効用を得やすい。嗜好分布の情報を考慮した場合、負の満足度を得ないように正確に行動するため、情報を考慮しない場合と比較して製品が購入される回数が少なくなる。特に、このような理由により初期の意思決定者が製品を購入しない場合に、市場全体に非購入が促され、結果的に総余剰が低くなっている。したがって、情報量が多いからといって、社会全体が必ずしも効率的であるとはいえないことが分かる。

最後に、消費者が持つ情報量と効用の関係について説明する。Case 5 では情報量が多くなるほど、効用が高くなっている。この Case は製品価格が高いため、消費者は製品を購入した場合に負の効用を得やすく、初期の意思決定者は自分が購入した製品が市場全体で普及しない場合に効用が低くなってしまふ。逆に、後から意思決定する消費者ほど情報量が多く、間違った選択をする可能性が低く、効用が高い結果になっていると考えられる。次に、Case 6 では情報量が多いほど、効用が低くなる傾向が現れている。この Case では、初期の消費者が自分の嗜好どおりに製品を購入し、Information Cascades により後半の消費者が初期の消費者に合わせて同じ製品を購入する。その結果として、嗜好どおりに製品を購入している初期の購入者の効用の方が高くなり、一方後半の消費者は自分の嗜好と逆の製品を購入することで効用が低くなる。

## 5. 不完全情報下での被験者実験

実験経済学的手法<sup>8)</sup>をもとにした被験者実験を行った。実験経済学では、実験で得た得点に対応した金額の謝金を被験者に支払うことにより、被験者にインセンティブを与えることができ、より現実的な購買行動が現れることが期待できる。

はじめに被験者実験の概要と設定を説明し、次に被験者実験の結果と考察について述べる。

### 5.1 被験者実験の概要

2005 年 1 月 14 日に、東京大学人工物工学研究センター共創工学部門共創工学実験室において実験を行った。実験の被験者は人工物工学研究センターの学部生と大学院生から 20 人募集した。実験には専用のアプリケーションを用い、開始直前に実験のインストラクションの冊子を被験者全員に配布し、実験内容、意思決定手順について説明した。以前に同様の実験を受けた被験者は含まれておらず、パーティションを用いて被験者間のコミュニケーションを遮断し、各被験者には実験に関して共通の情報と知識を与えた。

表 9 嗜好分布を考慮しない場合の被験者実験結果  
Table 9 Summary of experimental results without considering preference distribution.

Case	I・Cの有無	総余剰	情報量と得点の関係
3	あり	39%	情報量 ↗ ⇒ 得点 ↗
5	あり	5%	情報量 ↗ ⇒ 得点 ↗
6	あり	62%	情報量 ↗ ⇒ 得点 ↘
8	あり	80%	情報量 ↗ ⇒ 得点 ↘
9	あり	95%	なし

表 10 嗜好分布を考慮する場合の被験者実験結果  
Table 10 Summary of experimental results with considering preference distribution.

Case	I・Cの有無	総余剰	情報量と得点の関係
3	あり	35%	なし
5	あり	0%	情報量 ↗ ⇒ 得点 ↗
6	あり	66%	情報量 ↗ ⇒ 得点 ↘
8	あり	100%	なし
9	あり	26%	なし

5.2 被験者実験の設定

以下のような設定で被験者実験を行った。

- 市場に存在する消費者のうち、1人のみが人間(被験者)である。
- 各 Case について、40 ターン繰り返し行う(計算機実験で得た嗜好タイプの並びの全順列からランダムに選択する)。
- 嗜好タイプの分布情報を与えない実験では、嗜好タイプの分布を考慮しない消費者エージェントが他の消費者として行動する。
- 嗜好タイプの分布情報を与えるときは、嗜好タイプの分布を考慮する消費者エージェントが他の消費者として行動する。

また、被験者実験で用いた変数の設定は計算機実験のときと全 Case において同様である。

5.3 被験者実験の結果

計算機実験のときと同様に、嗜好タイプの分布を考慮しない場合の結果をまとめたものを表 9 に、嗜好タイプの分布を考慮する場合の結果をまとめたものを表 10 に表す。そして、消費者が持つ情報量と効用(得点)の関係を図 5 と図 6 に示す。表 11 では、消費者個人の効用と総余剰を示す。

5.4 被験者実験の考察

被験者実験で得られた結果の考察を行う。計算機実験のときと同様に、Information Cascades が起こっていることが分かる。つまり、実際の人間が購買意思決定を行うときにも、他の消費者に合わせて製品選択を行っているといえる。

総余剰については、分布を考慮した場合の Case 8 を除いて、社会的に見て非効率な状態になっている。

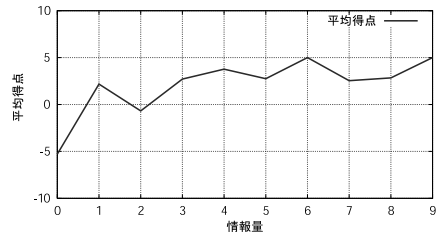


図 5 情報量と効用の関係(被験者実験, Case 5)  
Fig. 5 Relation between information and utility (experiments with human subjects, Case 5).

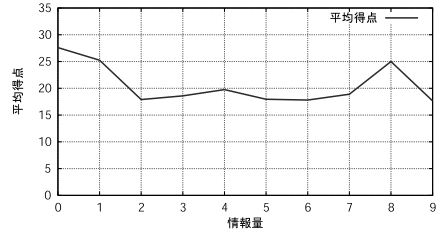


図 6 情報量と効用の関係(被験者実験, Case 6)  
Fig. 6 Relation between information and utility (experiments with human subjects, Case 6).

表 11 消費者個人が市場全体に与える影響の例  
Table 11 Effect to the whole consumer by a consumer's decision making.

Case		個人の効用	総余剰
6 (分布を考慮しない場合)	エージェント	96%	64%
	被験者	84%	99%

また、各 Case の総余剰について計算機実験の結果と比較すると、同程度かそれ以下となっている。これは、消費者エージェントとまったく同じ情報を与えられながらも、被験者実験では人間が完全に合理的に行動していないためと考えられる。実際に、被験者実験の終了後に、被験者に実験に関するアンケートを実施したところ、実験ではすべての情報を使用しなかったという回答が得られた。しかし、被験者個人で見れば計算機エージェントよりも悪いパフォーマンスを示しながらも、その被験者が存在する市場全体で見れば、そちらの方が効率的な社会となっている場合が確認された(表 11)。これは、被験者が間違えて効用最大化に反する製品を購入した結果、その製品を使用する人数が増加し、結果的に他の消費者の効用が上昇したためであると考えられる。また、分布情報を考慮しない場合と考慮した場合の結果を比較すると、計算機実験のときと同様に、情報を考慮した場合の方が総余剰が低くなっている Case が確認された。

消費者が持つ情報量と効用の関係については、情報量が多ければ多いほど効用が高まる Case (図 5) と情



報量が多いほど効用が減少する Case (図 6) とが確認された。計算機実験の結果と比較すると、総余剰で比較したときと同様に、多くの被験者の効用は計算機エージェントに比べ、同程度かそれ以下となっている。しかし、Case 6 において情報量が 8 の被験者は計算機エージェントよりも極端に高い値を示しており、線形予測よりも効用が高くなるような意思決定を被験者が行っていることが分かる。

## 6. おわりに

本研究では、ネットワーク外部性をともなう製品市場を対象として、情報が非対称である状況下での消費者の意思決定の分析を行った。各消費者に市場全体における製品の使用状況を異なる範囲で与えることで情報の非対称性を導入し、複数の種類の製品と嗜好タイプの消費者が存在するネットワーク外部性をともなう市場をモデル化した。均衡分析、計算機実験、被験者実験を用いて分析した結果、以下の 4 点が分かった。

- 消費者が自らの効用を高めるために、製品に対する自分の嗜好を無視して、周囲の消費者が使用している製品と同じものを購入するという意思決定が連鎖し、1 つの製品が独占的に普及することが計算機実験と被験者実験の双方で観察された。
- 理論的に個人の効用を最大化する市場の状態と総余剰を最大化する市場の状態に乖離が存在する場合に、特に市場が非効率になることが計算機実験と被験者実験で観察された。
- 非合理的な意思決定により、消費者個人の効用が低減するが、他の消費者の効用を高めるため、市場全体で見ると結果的に総余剰が上昇する。
- 製品価格が高く、負の効用を得やすい場合には、情報量が多いほど正確な判断ができるために効用が高くなる。逆に、製品価格が安く、負の効用を得にくい場合には、初期に購入された製品が Information Cascades により市場全体に普及するため、情報量が少ないほど効用が高くなる。

今後の展望として、生産者を含めた市場モデルの構築とその経済主体の意思決定の分析、実社会との比較による制度設計への応用が期待される。

## 参考文献

1) Oda, S.H., Iyori, K., Miura, K. and Ueda, K.: The Application of Cellular Automata to the Consumer's Theory, *Simulating the Duopolistic Market, Simulated Evolution and Learning*, pp.454-461, Springer (1999).

- 2) 依田高典：ネットワーク・エコノミクス，pp.91-109，日本評論社，東京（2003）。
- 3) Church, J. and Gandal, N.: Network Effects, Software Provision and Standardization, *The Journal of Industrial Economics*, Vol.40, No.1, pp.85-103 (1992).
- 4) Katz, M.L. and Shapiro, C.: Product Introduction with Network Externalities, *The Journal of Industrial Economics*, Vol.40, No.1, pp.55-83 (1992).
- 5) Ruebeck, C., Stafford, S., Tynan, N., Alpert, W., Ball, G. and Butkevich, B.: Network Externalities and Standardization: A Classroom Demonstration, *Southern Economic Journal*, Vol.69, No.4, pp.1000-1008 (2002).
- 6) Davis, D.D. and Holt, C.A.: *Experimental Economics*, pp.249-282, Princeton University Press, Princeton, N.J. (1992).
- 7) Anderson, L.R. and Holt, C.A.: Information Cascades in the Laboratory, *The American Economic Review*, Vol.87, No.5, pp.847-862 (1997).
- 8) Friedman, D. and Sunder, S.: *Experimental Methods: A Primer for Economists*, Cambridge University Press (1994). 秋永利秋，内木哲也，川越敏司，森 徹（訳）：実験経済学の原理と手法，pp.17-32，同文館，東京（1999）。

（平成 17 年 10 月 3 日受付）

（平成 17 年 12 月 2 日採録）



金子 陽平

1981 年生。2005 年東京大学工学部システム創成学科知能社会システムコース卒業。現在、東京大学大学院工学系研究科精密機械工学専攻修士課程 1 年。ゲーム理論、実験経済学の手法をもとに経済システムに関する研究に従事。



西野 成昭（正会員）

1976 年生。1999 年神戸大学工学部機械工学科卒業。2001 年神戸大学大学院博士前期課程修了。2004 年東京大学大学院博士課程修了。現在、東京大学人工物工学研究センター研究員。主として、社会システムに関する研究に従事。博士（工学）。システム制御情報学会会員。



小田宗兵衛

1956年生．1991年サセックス大学科学政策研究所博士課程修了．1999年より京都産業大学経済学部教授．多部門動学理論に基づく不比例成長経済学，被験者実験の計算機実験に

よる再現，ゲームにおける人間の思考の論理的表現等に従事．日本経済学会会員．



上田 完次

1946年生．1972年大阪大学大学院精密工学専攻修士課程修了．同年神戸大学工学部助手，1980年金沢大学工学部助教授，1988年同教授を経て，1990年神戸大学工学部教授．

2002年6月より東京大学人工物工学研究センター教授．創発的シンセシス，共創工学，人工物工学，生物指向型生産システム，人工生命の工学的展開等の研究に従事．工学博士．精密工学会論文賞，計測自動制御学会論文賞等受賞．日本機械学会フェロー，精密工学会，計測自動制御学会，日本ロボット学会，CIRP等の会員．

---