

価値創成モデルによるイノベーション普及の分析 Analysis of Innovation Diffusion with Value Creation Model

西野 成昭*・竹中 毅**・上田 完次***
NISHINO Nariaki・TAKENAKA Takeshi・UEDA Kanji

価値創成、イノベーション、ネットワーク外部性、マルチエージェント、被験者実験
Value Creation, Innovation, Network Externalities, Multi-agent, Experiments with Human Subjects

要旨

本研究では、技術を体現した人工物、それを使う人間、人工物が作用する環境である社会が相互作用することで価値が生み出さるという視点から、価値創成モデルを構築し、イノベーションについて考察する。提供型価値、適応型価値、共創型価値の3つの価値創成モデルのクラスを構築し、具体例を提示しながら価値とイノベーションについて議論する。さらに例題として、ネットワーク外部性市場での製品普及を取り上げ、ゲーム理論に基づいた意思決定モデルを構築し、シミュレーションと被験者実験によって、イノベーションを構成論的に分析した。情報の不完全性といった行動主体間の相互作用に関連する要素が、イノベーション普及に影響を与えることを示した。

1. はじめに

我々の生活に豊かさをもたらしてくれる長期的な経済成長は、その多くがイノベーションによってもたらされている[1]。近年では、デジタル技術の発展を中心としたイノベーションの進行は著しいものと言える。液晶技術や情報通信技術など、そのインパクトは非常に大きく、我々のライフスタイルはイノベーションの発展とともに変化し続けている[2]。

しかし、機能性に優れた人工物の創出が豊かな価値をもたらすとは限らず、技術革新によって生み出される価値が社会にどのように受容され、普及するかを理解するのは容易ではない。その背景には、人間個人が本来持っている価値観や社会的な受容可能性が深く関わっていると考えられる。つまり、技術が有している本来の機能とは別に、技術を体現した人工物、それを使う人間、人工物が作用する環境である社会が互いに作用することで価値が生み出され、イノベーションが進む上で重要な要因であると言える。

そこで本研究では、人工物、人間、社会の相互作用から価値が創出されると捉えた価値創成モデルを構築し、価値という視点からイノベーションについて考察する。例題として、ネットワーク外部性市場を取り上げて、価値創成モデルをもとに製品普及

とイノベーションについて分析する。

2. 価値創成モデル

人工物、人工物を提供する生産者、その対象である消費者が構成要素となるシステムモデルを考える。価値のあり方は、提供型価値、適応型価値、共創型価値の3つが考えられる。3つのクラスとして、価値創成モデルを以下に示す。

(1) クラス I 価値創成モデル：提供型価値

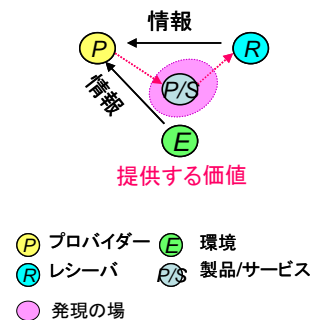


図1 クラス I 価値創成モデル

図中のPは製品の提供者であるプロバイダ(生産者)、製品の受け手であるRはレシーバー(消費者)、P/Sは製品もしくはサービスを表し、Eは製品/サービスを取り巻く環境を示し、ピンク色で囲まれた領域は、発見する場を表している。

* 東京大学 人工物工学研究センター 助教

** 東京大学 人工物工学研究センター 寄附研究部門教員

*** 東京大学 人工物工学研究センター 教授

* The University of Tokyo, Research into Artifacts, Center for Engineering (RACE), Assistant Professor

** The University of Tokyo, Research into Artifacts, Center for Engineering (RACE), Research Associate

*** The University of Tokyo, Research into Artifacts, Center for Engineering (RACE), Professor

クラス I 価値創成モデルでは、製品やサービスの主体（生産者）と対象（消費者）の価値が独立に明示化でき、かつ、環境が事前に確定できる。モデルは閉じたシステムとして完全記述が可能である。

(2) クラス II 価値創成モデル：適応型価値

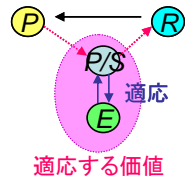


図2 クラス II 価値創成モデル

クラス II 価値創成モデルでは、製品やサービスの主体と対象の価値は明示化できるが、環境が変動し、予測困難である。モデルは環境に開いたシステムとなる。

(3) クラス III 価値創成モデル：共創型価値

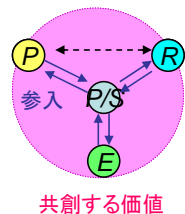


図3 クラス III 価値創成モデル

クラス III 価値創成モデルでは、製品やサービスの主体の価値と対象の価値が独立に確定できない。両者が相互作用し分離できない。主体が参入するシステムである。

3. 価値創成モデルによるイノベーションの考察

具体的な製品を例に、上記の3つのクラスについて価値創成の視点から捉え、価値創成とイノベーションについて考える。

□各クラスでの具体例

例えば、日本語ワードプロセッサ（以下、ワープロ）はクラス I 価値創成モデルの例として挙げられる。ワープロという製品は、文章の入力、編集、記憶、印刷を行う機能を有しており、その機能が与える文章の効率化という製品価値は、生産者側から見れば一つの独立した価値として明示できる。それを必要とする消費者にとっては、製品の価値が高く、必要としない消費者には価値が低い。それぞれの消費者に対しても独立に価値が明示できる。

クラス II 価値創成モデルの例として、パーソナルコンピュータ（以下、PC）がある。PCはワープロとは異なり、必要なソフトウェアをインストールすることで、環境に応じた用途として利用可能である。ワープロソフトがあれば、文章を作成・印刷することができるし、別ソフトをインストールすればグラフィックデザインもできる。また、膨大な量の計算や、プログラム作成など、PCが使用される環境に対して適応する価値を発現することが可能である。生産者は、パソコンという製品の価値は独立に明示化できるし、消費者も使用する環境に応じて、それぞれ独立に価値を決定することができる。

生産者と消費者の価値が独立に確定できないクラス III 価値創成モデルは、Linux などのオープンソースの製品が1つの例である。オープンソースの製品開発では、プログラムソースが公開され、ユーザー自身が開発に参加する。クラス III では、生産者と消費者の価値が独立に確定できないことが特徴であるが、この場合は、ユーザーの一部が開発者になるので、独立に価値を決定することが容易ではない。製品の主体（開発者）と製品の対象（ユーザー）がシステムに参入するということが重要な性質で、主体と対象の相互作用を通じて価値が形成されていく。近年注目を浴びているソーシャルネットワークサービス（SNS）などもクラス III の例であり、コンテンツの提供側と受容側が同時に相互作用しながらサービスの価値が形成される。顧客が設計段階から積極的に参加する形態のハウスボート製造会社（Sumerset 社）[3]もクラス III の例である。

□価値創成からイノベーションへ

上記の例を、イノベーションの観点から考えれば、興味深い性質が見える。クラス I の場合では、より多くの消費者が、新しい技術を持った製品（上記の例ではワープロ）に対して高い価値を持つ場合には、社会的に受け入れられイノベーションとして社会に普及する。すなわち、いかに高い価値を持つ技術を開発するかがイノベーションの鍵となる。与えられた環境での最適解探索が主とした課題である。

クラス II の場合は、新しい技術を持つ製品が変動する環境に対して、どのように高い価値を提供するかが鍵となる。適応的な価値がそれぞれの消費者にとって価値があれば社会に普及すると考えられる。先述のパソコンの例は、多様な消費者ニーズという環境に対し、様々な需要を満たす汎用的な基盤を提供することで、適応的に価値を生み出している。

このクラスでは、変動する環境に対する適応的戦略が主とした課題である。

一方、クラス III の場合は、生産者と消費者が相互作用を通じて技術を開発し、新しい価値を生み出すので、イノベーションの鍵は共創的意思決定である。ここで、共創的意思決定とは、「多様な行動主体間の相互作用の結果、システム全体として有効解を創出する集成的意思の形成」である[4]。価値共創が主とした課題となる。

上記の議論をもとに、次節では例題としてネットワーク外部性市場をモデル化し、イノベーションの普及を構成論的に分析する。

4. 例題：ネットワーク外部性市場におけるイノベーション普及

近年のイノベーションはデジタル技術や IT に関連するものが多いが、その場合にはネットワーク外部性が重要な要素となる。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人数増加とともに上昇するような外部性」であり、携帯電話などもその1例である[5]。

そこで、クラス II 価値創成モデルとして、ネットワーク外部性市場での製品普及モデルを考える。ゲーム理論をベースにモデル化し、シミュレーションと被験者実験によってイノベーション普及について考察する。

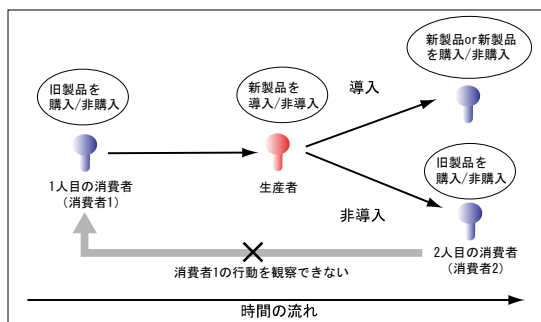


図1 モデルの概要

4. 1 モデルの概要

図1に示すように、独占的な生産者と2人の消費者からなる市場を仮定する。各主体については以下の通りである。

□生産者

生産者はネットワーク外部性が働く新製品の導入/非導入を決める。次のようにモデル化する。

- 消費者1には旧製品のみを販売できる。
- 消費者1の意思決定後、導入の有無を決める。

- 新製品を導入すれば、消費者2には旧製品と新製品を販売できる。導入しなければ、旧製品のみを販売することになる。
- 利得を最大化することが目的である。

□消費者

消費者1は旧製品の購買の有無を、消費者2は旧製品と新製品いずれかの購買の有無を決定する。ネットワーク外部性の効果により、他の消費者と同じものを購入した場合には、利得が高くなる。ここでは、消費者が得る利得を製品の価値として捉えることにする。具体的には次の通りである。

- 消費者1は意思決定の際に、他の行動主体がどのように行動するかを知ることができない。
- 消費者2は生産者の行動結果を知ることができるが、消費者1の行動結果を知ることができない。生産者が新製品を導入しなければ、それを選択することができない。
- 消費者の目的はそれぞれの利得を最大化することである。

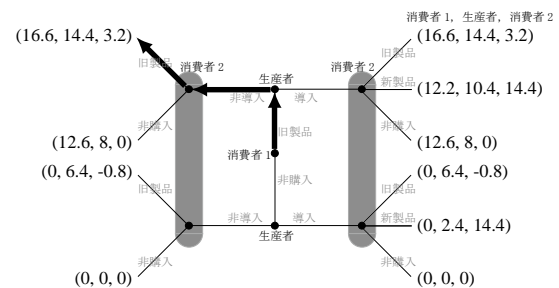


図2 旧製品の普及が均衡（ゲーム1）

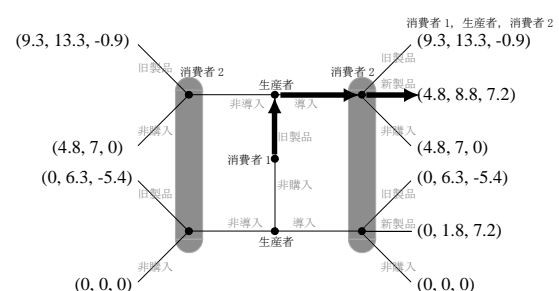


図3 新製品の普及が均衡（ゲーム2）

□ゲーム構造

図2, 3に示すように、各主体の利得が異なる2種類のゲーム構造を用意した。図中の矢印はナッシュ均衡を示す。図2のゲーム1は、新製品が普及しない状態がナッシュ均衡であるが、社会余剰最大は新製品が普及する状態である。図3のゲーム2は逆で、ナッシュ均衡では新製品が普及する状況に対し、

社会余剰最大は新製品が普及しない状況である。

4. 2 シミュレーション

各行動主体がそれぞれ強化学習を行うエージェントとし、マルチエージェント環境でシミュレーションを行った。

□エージェントの行動ルール

消費者 1, 2 と生産者は Q 学習によって行動を学習する。入力は、先に意思決定したプレイヤーの行動結果を状態変数とし、消費者ならばどちらの製品を購入するかを出力し、生産者ならば新製品を導入するかしないかを決定する。

□シミュレーション結果

表 1 に結果を示す。100 試行のうちゲーム 1 では、すべてが (旧製品, 非導入, 旧製品) で、ゲーム 2 では、99% が (旧製品, 導入, 新製品) という結果になった。これはナッシュ均衡と一致する。(ここで、(旧製品, 非導入, 旧製品) という表記は、(消費者 1 の意思決定, 生産者の意思決定, 消費者 2 の意思決定) を意味する。)

表 1 シミュレーション 100 試行の普及状況 (%)

Game	旧, 旧	旧, 新	旧, 非	非, 旧	非, 新	非, 非
1	100	0	0	0	0	0
2	0	99	1	0	0	0

(注) ただし、旧は旧製品、新は新製品、非は非購入を表し、消費者 1 の行動、消費者 2 の行動の順で示している。

4. 3 被験者実験による検証

京都産業大学の学生 27 名 (3 名×9 グループ) を被験者として実験を行った。実験経済学的手法に基づき、被験者には 1 点あたり 5 円の報酬を支払った。被験者実験の結果を表 2 に示す。表より、ゲーム 1 では、シミュレーションと異なり、(旧, 新) という普及状況が多く見られた。一方、ゲーム 2 では、シミュレーション同様にナッシュ均衡と一致する。

表 2 被験者実験の結果：普及状況 (%)

Game	旧, 旧	旧, 新	旧, 非	非, 旧	非, 新	非, 非
1	53.3	38.9	6.7	0	1.1	0
2	0	92.2	6.7	0	1.1	0

4. 4 考察

ネットワーク外部性が働くので、製品を使用する消費者の人数に応じて製品の価値が決まる。すなわち、変動する環境に対して適応する価値が問題となるクラス II の例である。新製品普及の観点から、2 種類の設定の違いによって、全く性質が異なる新製

品普及の状態が明らかになった。ゲーム 1 では、ナッシュ均衡に反して新製品が普及するのに対し、ゲーム 2 では理論通り新製品が普及する。これは情報の不完全さが、意思決定主体の相互作用に影響を与え、普及状態は理論とは全く異なるものになっている。

また、クラス II からクラス III への展開を考えた時には、実はネットワーク外部性が重要なファクターとなる。3 章で示したように、オープンソースや SNS などは全てインターネットを媒介とした製品・サービスであり、ネットワークに接続すれば必然的にネットワーク外部性を考慮せざるを得ない。本論文のクラス II のネットワーク外部性市場モデルは、クラス III への応用が可能である。

5. おわりに

本研究では、イノベーションを考える上で、製品の価値に着目し、3つの価値創成モデルを構築した。価値創成という視点からイノベーション普及について考察し、例としてネットワーク外部性市場での製品普及について分析した。

現在の情報通信技術に関連するイノベーションは、Microsoft や Google などのアメリカ主導であるが、この分野で日本の技術がデファクトスタンダードになれないのは、高い機能性を重視し、ネットワーク外部性のような社会での相互作用の視点を、技術開発の段階で軽視していることが理由の 1 つかもしれない。本研究が提案する価値共創モデルによる構成論的なアプローチは、人工物と人と環境との相互作用に着目しており、今後の日本のイノベーション創出において新しい道を切り開く可能性がある。

参考文献

- [1] R. Solow: "Technical Change and the Aggregate Production Function," Review of Economics and Statistics, Vol. 39, No. 3, pp.312-330, 1957.
- [2] 内藤耕, デジタル技術の衝撃, 工業調査会, 2006.
- [3] V. Ramaswamy, "価値の共創", 国際会議「デザインの科学 - 創ることと分かることの本質を探る -」, 東京大学, 2007 年 9 月 29 日
- [4] 上田完次, "共創的意思決定とシステムインテグレーション", 計測と制御, Vol. 44, pp. 64-69, 2005.
- [5] 依田高典, ネットワークエコノミクス, 日本評論社, 2001