

情報の多様化を考慮した情報伝播の モデル化とシミュレーション

藤田 幸久^{†1} 鷲田 祐一^{†2} 鳥海 不二夫^{†1}
植田 一博^{†3} 石井 健一郎^{†1}

昨今、情報通信技術の発達により、一般生活者が日常的に入手しうる情報の量と種類が飛躍的に増加している。多くの既存研究では、保持している情報の量と種類が多ければ、影響力や意思決定力が強くなるものとしている。しかし、その真偽を再考する研究も現れており、情報量の飛躍的増加という未曾有の現象の本質を理解することが望まれる。本論文では、情報の多様化を考慮した情報伝播モデルを提案し、情報の多様化が情報伝播に及ぼす影響をシミュレーションにより分析する。特に、既存研究において強い影響力を持つとされるイノベータに着目した。シミュレーションの結果、情報の多様化によりイノベータの影響力が低下し、イノベータ以外の層がコミュニティ全体に対して影響力を持つことが確認された。また、イノベータの影響力低下は、情報の価値が均一になる「フラット化」によってもたらされることを明らかにした。

Modeling and Simulation of Information Diffusion Considering Information Diversification

YUKIHISA FUJITA,^{†1} YUICHI WASIDA,^{†2}
FUJIO TORIUMI,^{†1} KAZUHIRO UEDA^{†3}
and KENICHIRO ISHII^{†1}

Recently, with the advance of information technologies, the amount of available information has increased exponentially. It has been shown in many studies that the increase in information brings the enhancement of decision-making ability. However, there are some studies which are questioning the argument. Hence, we need to understand the nature of the unprecedented increase in information. In this paper, we propose the model of information diffusion considering information diversification, and investigate the impact of information diversification. Especially, we focus on the influence of innovators. The results of computer simulation using this model reveal that the influence of innovators is decreased by information diversification. It is also shown that “flat” infor-

mation which innovators have leads to the decrease of their influence on other agents.

1. はじめに

1.1 社会的背景

本研究の目的は、情報の量や種類が非常に多くなった環境下での、個人の影響力の変化をシミュレーションにより検討することにある。

昨今、情報通信技術の発達により、一般生活者が日常的に入手しうる情報の量と種類が飛躍的に増加している。総務省の情報流通センサス¹⁾によれば、1996年から2006年の10年で、日本社会での選択可能情報量（全国の主要情報機器で一般生活者向けに発信された情報の量：ビット換算）は530倍、消費情報量（同、実際に受信された情報の量：ビット換算）は63倍に増加している。

国際的にも同様のことが進行しており、Friedmanは世界の情報格差が縮まることで、影響力や意思決定力も均一化したと主張している²⁾。これは、得られる情報の量や種類が増加すれば、それに比例して影響力や意思決定力を強化できるという論である。この論は、1960年代以降、国や組織だけではなく、個人の行動についても一般的に真だと論じられてきた。例えばRogers³⁾は、様々な財や技術のイノベーションの普及過程を社会学的視点から仔細に研究し、共通パターンを導き出すことで、ユーザを新技術採用時期別に、5つの層に分化するモデルを構築したが、その際、最初期に商品の採用を行うイノベータは、多くの情報を持ち、他者への影響力が大きいと考察している。

しかし、保持・獲得している情報の量と種類が多いほうが、常に影響力や意思決定力も強いかどうかについては、その真偽の再考を論ずる先行研究も現れてきている。Granovetter⁴⁾は、労働市場における生活者の求職活動を細かく分析し、知人関係の中で、どんな経路から得た情報が実際の求職活動において実効的であったかを検証した。その結果、日常的に強く結ばれている人間関係よりも、やや疎遠で弱く結ばれている人間関係のほうが、より有用な

^{†1} 名古屋大学大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science, Nagoya University

^{†2} 株式会社博報堂イノベーション・ラボ
Innovation Lab, Hakuhodo Inc.

^{†3} 東京大学大学院総合文化研究科
Graduate School of Arts and Sciences, The University of Tokyo

情報源になっていることを発見した。ロコミの人間関係において、情報の量や種類が多く得られる「強い紐帯」関係よりも、少なくしか得られない「弱い紐帯」関係のほうが、重要な意思決定について影響力が大きい場合があるということの意味している。また、Dekimpe, Parker and Sarvary⁵⁾は、160カ国での商品普及研究を通じて、社会格差の小さい国や組織ではイノベータの影響が限定的であると結論した。さらに鷲田・植田⁶⁾は、友人間の商品改良アイデアの伝播を研究し、イノベータ層によって想起されたアイデアよりも、その次の層であるアーリーアダプター層によって想起されたアイデアのほうが、有意に創造性が高いことを検証した。Gladwell⁷⁾は、様々な領域で熟達者が熟慮の末に下す判断よりも、むしろ「最初の直感」で下す判断（これを adaptive unconscious という）のほうが正しい場合が無視できない頻度で存在するという事実から、情報の量や種類の増加が必ずしも人間の意思決定力を強化しないと主張している。Duhan ら⁸⁾も同様の現象の存在を指摘し「wise fool」と呼んでいる。

このような大域的な問題についての検証は、実証調査などでは膨大な費用や時間がかかり、しかも調査対象国の文化性や情報環境の普及状況など、統制困難な問題が多い。ゆえに、基本的な条件を数理モデル化し、計算機を使ってシミュレーションをすることで、情報量の飛躍的増加という未曾有の現象の本質を理解することの意義が大きい。

1.2 数値モデル化の先行研究

情報伝播を数値モデル化した研究として、計算機シミュレーションの領域では、LT (Linear Threshold) モデル^{9),10)} や IC (Independent Cascade) モデル^{10),11)} がある。また、商品やサービスの普及にともなう情報伝播については、Rogers モデルを元に、ネットワーク内の情報伝播を「模倣係数 (q)」、そして技術の社会に対するインパクトを「革新係数 (p)」という、それぞれ1つの係数で扱う Bass の普及モデル¹²⁾ や、「ネットワーク外部性」効果が影響する財の普及は、初期の一定数のユーザ間に普及するまでは普及の進展に拍車がかからないが、その一定数の初期ユーザ間での普及を果たすと、その後は急激に普及が促進されることを、簡単なモデルで説明した Rohlfs の「クリティカルマス」モデル¹³⁾、さらに、2つの競合する技術を扱った Arthur の経路依存モデル¹⁴⁾ などがある。しかし、これら既存研究のように少ない種類 (1~2種類) の情報が伝播していく状況を扱うだけでは、多種多様、かつ大量な情報が伝わる昨今の情報環境下で起こる諸現象を、うまく説明しきれない可能性がある。

そこで、本研究では、複数の情報が集団内を伝播する情報伝播モデルを提案する。これにより、情報が多種多様に存在する現代の状況を表現し、一種類の情報を扱った既存の情報伝

播モデルが表現しきれない現象の発生について考察する。特に、既存研究において情報伝播に対して影響力を持つと言われているイノベータが、情報の多様化によってどのような挙動をするかに焦点を当てて分析する。

2. 情報の多様化を考慮した情報伝播モデル

計算機シミュレーションのモデル化をするにあたって、出発点となる既存研究では、前述のとおり LT モデルと IC モデルが広く用いられている。これらのモデルは、ある情報がネットワーク上で伝播していく現象を表現する数理モデルであり、次の仮定が存在する。

- ノードは“アクティブ”か“非アクティブ”のどちらか一方の状態をとる
- 情報伝播により“非アクティブ”なノードが“アクティブ”に変化し、逆の変化は生じない

そして、LT モデルでは、各ノードに情報伝播の閾値を、各リンクに重みを設定し、アクティブなノードとのリンクの重みの和が閾値以上であれば情報が伝播する。一方、IC モデルでは、リンクごとに設定された伝播確率によって確率的に情報が伝播する。これらのモデルでは、伝播の仕組みは異なっているが、単一の情報が伝播するという共通の前提が存在する。

一方、普及学やマーケティングの領域では、最も代表的な研究として、前述の Rogers³⁾によるユーザの分類が挙げられる。Rogers は、商品の採用時期によって、ユーザを5層に分類した。前述のとおり、商品普及やマーケティングにおいては、その中でも最初期に採用を行うイノベータ、およびその次の層であるアーリーアダプターが重要であるとされている。Rogers のモデルも基本的には一種類の商品 (情報) の伝播を扱っている。

本研究では、これらの研究では説明できない、情報が多様化した場合における情報伝播について分析を行うために、人々の間で複数の情報が伝播するモデルを構築する。

本モデルで扱う情報として、人々が複数の商品の中から購入する商品を選択するのに用いる情報 (機能、用途等) を想定する。

まず、 N 人からなる集団において、個人をエージェント $a_i (1 \leq i \leq N)$ 、 M 種類の情報を $b_k (1 \leq k \leq M)$ とする。通常、個人が持つ情報の量や種類は、情報収集に対する意欲、興味などによって異なると考えられる。また、個人の能力や関心度により、所持する情報の量は限定されると考えられる。そこで、エージェント a_i に対して、所持できる情報の数に上限 (保持可能情報数 c_i) を定める。図 1 にエージェントの例を示す。図 1 では、3種類の情報 b_1, b_2, b_3 が存在している状態で、エージェント a_1 が8つの情報を持ち、エージェント a_2 がただ1つの情報を持つことを示している。

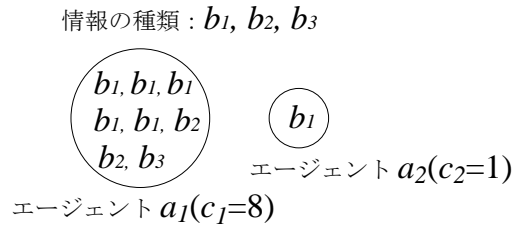


図 1 エージェントが所持する情報
Fig. 1 Information owned by agents

ある商品の情報が伝播する過程を考えた場合、詳しい人からの情報は受け入れられやすいことから、所持する情報が多い人から少ない人へ伝播しやすいと考えられる。そこで、エージェント a_i から a_j への情報伝播確率 p_{ij} を次式によって定義する。

$$p_{ij} = \begin{cases} c_i/c_j & \text{if } c_i < c_j \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

すなわち、保持可能情報数が多いエージェントから少ないエージェントへは確実に情報伝播が生じ、その逆は確率的に情報伝播が生じる。図 1 の場合、 a_1 から a_2 へは確実に情報が伝播するが、 a_2 から a_1 へは確率 $1/8$ で情報が伝播する。本モデルでは、上記のような情報伝播を 1 ステップに 1 回、伝播元、伝播先のエージェントを無作為に選択して行う。

情報伝播によって伝播する情報は、伝播元のエージェントが持つ情報の中から無作為に選択される。また、伝播先のエージェントが既に保持可能情報数上限まで情報を所持している場合、伝播した情報と異なる種類の古い情報が削除される。なお、あるエージェントの持つ情報が一種類のみであり、かつ情報伝播により同種の情報がそのエージェントに伝播する場合、情報が伝播しなかったものとして扱う。

次に、各エージェントが情報伝播に及ぼす影響を分析するために、エージェントの情報伝播に対する影響力を次のように考える。あるエージェント a_j が情報 b_k を所持している場合に、 a_j に情報 b_k が伝播するまでの経路を考える。情報 b_k が伝播した経路の集合を ω_k とする。エージェント a_j へ情報 b_k が伝播した経路において、エージェントをノード、情報が伝播した経路をリンクとし、経路上のエージェント a_i, a_j 間に存在するリンクの数を a_i, a_j の距離 d_{ij} とする。そして、情報 b_k に関して、 a_i の a_j に対する影響力 $\rho_k(a_i, a_j)$ を次式で定義する。

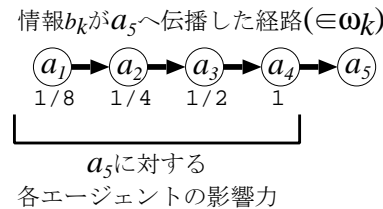


図 2 エージェントの持つ影響力
Fig. 2 Influence of agents

$$\rho_k(a_i, a_j) = \sum_{\omega_k} \left(\frac{1}{2}\right)^{d_{ij}-1} \quad (2)$$

ただし、一つの経路上に同一のエージェントが複数回現れる場合、経路を逆順に辿り、最初に現れた位置のみ加算する。また、 a_j が情報 b_k を持たない場合、あるいは経路上に a_i が存在しない場合は $\rho_k(a_i, a_j) = 0$ とする。図 2 に、ある情報 b_k が a_5 へ伝播した時の、 a_5 に対する各エージェントの影響力を示す。図 2 では、直近である a_4 の影響力が最も強く、以降は距離が離れるにつれて影響力が低下している。

そして、情報 b_k に関するエージェント a_i の影響力 σ_i を次式で定義する。

$$\sigma_i(b_k) = \sum_{j=1}^N \rho_k(a_i, a_j) \quad (3)$$

すなわち、 σ_i は自分で多くのエージェントに情報を伝播させることにより高くなる。また、一旦情報が伝播したエージェントから、他のエージェントに情報が伝播することでも高くなる。これにより、エージェントの情報伝播に対する影響力を評価する。

3. 情報が多様化した社会の表現と分析

3.1 情報の多様化によるイノベータの影響力の変化

3.1.1 目的

情報の多様化によるイノベータの影響力の変化を分析する。本節では、情報が多様化した社会を表現し、イノベータの影響力について考察する。また、多種多様な情報が存在する現代社会において、情報を多く持つことの意味について考察する。

3.1.2 シミュレーション設定

本シミュレーションでは Rogers の普及モデル³⁾ に従いエージェントをイノベータ、アーリーアダプター、フォロワーの 3 層に分類する。各層ごとのエージェントの人数と保持可能情報数を表 1 に示す。保持可能情報数はイノベータ、アーリーアダプター、フォロワーの順に累乗で減少する。

本シミュレーションでは、情報の多様化を情報の種類が増加した状態と捉える。入手可能な情報が爆発的に増加している現代では、イノベータに限らず、全ての人々が多様な情報に接し、何らかの情報を持つと考えられる。そこで、本シミュレーションは、多様な情報が氾濫する現代社会を表現するため、全てのエージェントに情報を与えた状態で開始する。ただ

表 1 エージェントの設定
Table 1 Configuration of agents

	人数	保持可能情報数
イノベータ	2	100
アーリーアダプター	14	10
フォロワー	84	1

し、このとき与えられる情報は、各エージェントの保持可能情報数上限まで無作為に選択される。

情報の種類数 M (以降、総情報数) をパラメータとし、総情報数 M が少ない場合 (5 ~ 50, 5 刻み) と多い場合 (50 ~ 250, 50 刻み) についてそれぞれシミュレーションを行う。各試行で 500000 ステップ経過後に多数派となった情報に関する各エージェントの影響力を評価し、20 回行った平均をとる。

3.1.3 シミュレーション結果

図 3 に、各層ごとに平均した影響力の推移を示す。図 3 より、総情報数が少ない場合、イノベータの影響力が最も大きいことがわかる。これは、これまで述べてきた、既存の普及学、経済学の議論に沿った結果と言える。しかし、総情報数が増加していくと、イノベータの影響力とアーリーアダプターの影響力の差がなくなり、最終的にはアーリーアダプターの方が強い影響力を持つようになる。一方、最も情報を持たないフォロワーは総情報数が増加しても影響力はほとんど変化しない。また、図 4 に総情報数 $M = 200$ の場合における影響力の分布を示す。各層で分散が大きいものの、アーリーアダプターの影響力がイノベータに比べ大きい傾向がある。よって、情報が多様化した状況では、アーリーアダプターのような中間層が全体に対して影響を及ぼす逆転現象が生じることが確認された。

3.1.4 考察

まず、イノベータ、アーリーアダプターの影響力が逆転した現象の意味について考察する。普及学、マーケティングにおける先行研究では、イノベータはインフルエンサーとも呼ばれ、新製品や新技術を最初期に採用するだけでなく、革新的な価値観やアイデアを持つと考えられてきた。しかし、実際にイノベータが単独で新規アイデアの提案などを行うと、既存アイデアの焼き増しとなる場合が多い。あるいは、イノベータはそもそもアイデアの提案ができない場合が多いことが報告されている⁶⁾。本シミュレーションの結果においても、総情報数の増加に伴い、アーリーアダプターの影響力が増加していった。これは、アーリーアダプターがゲイトキーパーとしてキャズム¹⁵⁾を越えるための役割を果たしているわけでは

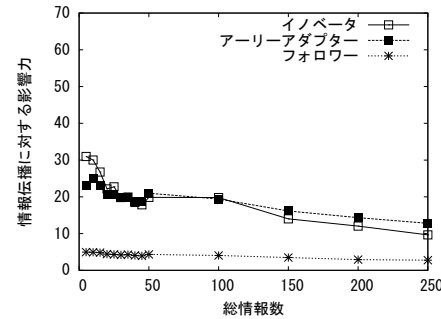


図 3 各層の影響力の推移

Fig. 3 Changes in average influence at each category

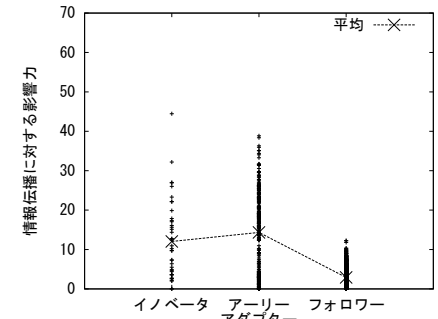


図 4 各層の影響力 (総情報数 $M = 200$)

Fig. 4 Influence at each category ($M = 200$)

ないと考えられる。アーリーアダプターがキャズムを越えるための役割を果たす場合、イノベータから普及してきた商品を受け入れ、後続に伝えることが重要となる。このような場合、イノベータの影響力が大きくなるであろう。本シミュレーションの結果は、情報の多様化により、これまでのマーケティングや普及学における議論だけでは説明できない現象が生じることが示唆している。

そこで、情報の多様化に伴って、イノベータとアーリーアダプターの影響力が逆転した原因を考える。情報の多様化が提案モデルの挙動に及ぼす影響として、エージェントが最初に持つ情報の種類数の増加が挙げられる。本シミュレーションにおいて、各エージェントが最初に持つ情報の多様さは保持可能情報数によって異なる。すなわち、イノベータのように保持可能情報数が大きい場合、多様な情報を所持することが出来る。特に、イノベータは保持可能情報数が 100 であり、情報を最も広範に持つ場合、100 種類の情報を持つことになる。このような状態では、イノベータから他のエージェントへの情報伝播が生じる場合、毎回異なる種類の情報が伝播する。アーリーアダプター、フォロワーは保持可能情報数が小さいため、情報が伝播してくるたびに所持する情報の種類が変わることになる。その結果、伝播した情報は蓄積されにくく、他のエージェントへ広まっていく可能性も減少する。さらに、イノベータは他のエージェントからの情報伝播が生じにくいいため、このような状態が長続きしやすい。一方、アーリーアダプターはイノベータに比べ保持可能情報数が少なく、フォロワーからも影響を受けやすい。一旦、ある情報がフォロワーの間で多数派になった場合、アーリーアダプターが広範な情報を所持していても、保持可能情報数がイノベータより小

さいため、多数派の情報を獲得することで所持する情報の種類を限定していく。その結果、イノベータではなく、アーリーアダプターが伝播の中心になりやすい。また、アーリーアダプターはフォロワーと比べ、イノベータに対して情報伝播が生じる可能性が高い。フォロワーやアーリーアダプターの中で多数派となった情報が、アーリーアダプターを通じてイノベータへ伝播される。その結果として、情報伝播の元となるのはアーリーアダプターとなり、アーリーアダプターの影響力をより増大させると考えられる。ここで、(1)と同様に、総情報数 $M = 200$ のある一試行について、各エージェントから伝播した情報の種類の数を調査した。その結果、イノベータからは平均 43 種類、アーリーアダプターからは平均 5.9 種類の情報が伝播していた。イノベータから伝播した情報の種類がアーリーアダプターに比べ多く、イノベータが最後まで多種の情報を伝播させていたことを示している。よって、エージェントが最初に持つ情報の種類数の増加は、イノベータ、アーリーアダプターの影響力が逆転した要因であると考えられる。

3.2 所持する情報の多様性による影響

3.2.1 目的およびシミュレーション設定

前節のシミュレーションにおいて、情報の多様化により、イノベータの影響力が低下することを示した。また、その主要因として、イノベータが多種の情報をもち、伝播させる情報を統制できないことを挙げた。これは、各情報に対する価値を自分の中で順序づけできず、情報の価値が均一になってしまっているため、伝播する情報を統制できない状態と言える。以降、イノベータが多種の情報を持つことにより、個人の中で情報の価値が均一化される状態を「フラット化」と呼ぶ。

本シミュレーションでは、「フラット化」していないイノベータを導入することで、「フラット化」により影響力が低下することを確認する。イノベータから 1 人選択し、そのイノベータが持つ情報を一種類に限定した状態でシミュレーションを開始する。これにより、情報を一種類しか持たない「フラット化」していないイノベータを設定する。他の設定は前節のシミュレーションと同様とする。

3.2.2 シミュレーション結果

図 5 に、各層ごとに平均した影響力の推移を示す。ただし、「フラット化」したイノベータと「フラット化」していないイノベータとで別にプロットした。また、図 6 に総情報数 $M = 200$ の場合における影響力の分布を示す。図 5 より、「フラット化」していないイノベータの影響力が最も大きく、アーリーアダプター、「フラット化」したイノベータの順に低下している。また、図 6 より、フラット化したイノベータ群とフラット化していないイノベータ群との間に影響力の差があることがわかる。

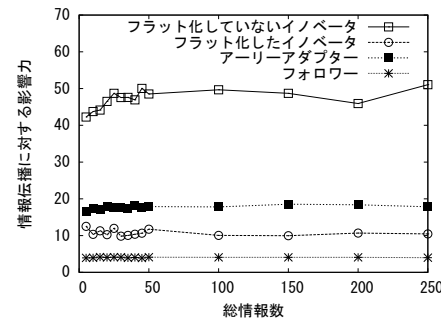


図 5 フラット化していないイノベータが存在する場合の各層の影響力の推移

Fig. 5 Changes in average influence at each category with an innovator whose information is not flat

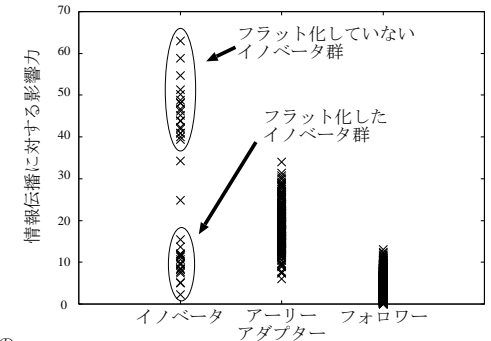


図 6 フラット化していないイノベータが存在する場合の各層の影響力 (総情報数 $M = 200$)

Fig. 6 Influence at each category with an innovator whose information is not flat ($M = 200$)

ベータ群との間に影響力の差があることがわかる。

ただし、図 6 中で円で囲われていないイノベータ (25 付近, 33 付近) については、他のイノベータと異なる傾向となった。この 2 人のイノベータはある一回の試行におけるイノベータであり、影響力が 33 程度となっているのがフラット化しているイノベータ、もう一方がフラット化していないイノベータである。このイノベータが存在した試行を調査した結果、この試行ではフラット化していないイノベータが所持していた情報が広まらず、全く別の情報が多数派になっていた。よって、低い確率ではあるが、情報の多様化によりフラット化していないイノベータでも影響力が小さく、フラット化したイノベータでも影響力が高くなる可能性があると言える。

3.2.3 考 察

本節のシミュレーション結果および 3.1 節のシミュレーション結果より、イノベータが「フラット化」することで影響力が低下することが示された。現実におけるフラット化の影響としては、3.1.4 節で述べたように、情報伝播、商品の普及などがアーリーアダプター中心となる点である。以上の結果は、1.1 節で挙げた、情報の量や種類の増加が必ずしも影響力を強化しない現象を提案モデルにより説明可能なことを示している。

特に、情報が多様化し、情報獲得の機会が飛躍的に増加した昨今では、イノベータのように情報を自発的に多く収集する存在はフラット化している可能性が高いと考えられる。現

実に、イノベータが多いと考えられる技術者、研究者や、いわゆるオタク、マニアと呼ばれる人々の中には、専門や興味の対象とは無関係に莫大な知識を持つ人々がいる。このような人々は、自分の持つ知識・情報が莫大であるが故に、廃れた情報に固執したり、必要な情報の取捨選択ができない場合がある。一方、アーリーアダプターに相当する人々は、過度の知識・情報を持たないため、自分の情報に固執しすぎず、コミュニティ内での流行に対応しやすい。ある一時点で、多種多様な情報を持っていたとしても、流行、あるいは流行の芽に対応して、情報の取捨選択を適宜行っていく。このような人々は、イノベータから得られる知識・情報とコミュニティの流行の芽を適切に融合させ、新しいアイデアを生み出していくものと考えられる。この場合、イノベーションや世論形成の元となる存在はイノベータではなく、アーリーアダプターとなる。本稿のシミュレーションにおいても、アーリーアダプターが自身の持つ情報、あるいはイノベータ、フォロワーから得られる情報を保持し、フォロワーだけでなくイノベータにもフィードバックすることで、アーリーアダプターが集団全体を主導する役割を担うようになったと考えられる。すなわち、情報の多様化により、イノベータ、アーリーアダプターの役割が変化していったと考えられる。

4. む す び

本論文では、情報の多様化を考慮した情報伝播のモデル化を行った。そして、提案モデルを用いて、情報の多様化が情報伝播に及ぼす影響を分析した結果、情報の種類が増加することにより、情報伝播に対して強い影響力を持つユーザ層が変化することが確認された。また、その要因は、多種の情報を持つことで、それぞれの情報の価値が均一化する「フラット化」であることを確認した。本研究の結果は、イノベータ以外の層がコミュニティ全体に与える影響の重要性を示唆するものである。

今後の課題は、「フラット化」が生じる原因を探ることである。本稿では、イノベータが「フラット化」している状態でシミュレーションを行った。次の段階として、現実において、イノベータが何故「フラット化」するのかを考えていく必要がある。

また、今後より多くの社会現象を再現・説明するために、ネットワーク構造などの要因を考慮することも今後の課題である。

参 考 文 献

1) 総務省情報通信政策局情報通信経済室：平成 18 年度情報流通センサ報告書，総務省 (2008).

- 2) Friedman, T.: *The World Is Flat*, Farrar, Straus and Giroux, New York (2006). 伏見 威蕃 (訳) : フラット化する世界, 日本経済新聞社 (2006).
- 3) Rogers, E.: *Diffusion of Innovations*, Free Press, 5th edition (2003). 三藤 利雄 (訳) : イノベーションの普及, 翔泳社 (2007).
- 4) Granovetter, M.: The Strength of Weak Ties, *American Journal of Sociology*, Vol.78, No.6, p.1360 (1973).
- 5) Dekimpe, M., Parker, P. and Sarvary, M.: Global diffusion of technological innovations: A coupled-hazard approach, *Journal of Marketing Research*, Vol.37, No.1, pp.47–59 (2000).
- 6) 鷺田祐一, 植田一博 : イノベーション・アイデアを発生させる需要側ネットワーク伝播構造の研究, 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.4, pp.1515–1526 (2008).
- 7) Gladwell, M.: *Blink: The Power of Thinking without Thinking*, New York: Little Brown and Company, 1st edition (2005). 沢田 博, 阿部 尚美 (訳) : 第 1 感「最初の 2 秒」の「なんとなく」が正しい, 光文社 (2006).
- 8) Duhan, D., Johnson, S., Wilcox, J. and Harrell, G.: Influences on consumer use of word-of-mouth recommendation sources, *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol.25, No.4, pp.283–295 (1997).
- 9) Watts, D.: A simple model of global cascades on random networks, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol.99, No.9, p.5766 (2002).
- 10) Kempe, D., Kleinberg, J. and Tardos, É.: Maximizing the spread of influence through a social network, *Proceedings of the ninth ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining*, ACM New York, NY, USA, pp.137–146 (2003).
- 11) Goldenberg, J., Libai, B. and Muller, E.: Talk of the network: A complex systems look at the underlying process of word-of-mouth, *Marketing Letters*, Vol.12, No.3, pp.211–223 (2001).
- 12) Bass, F.: A new product growth model for consumer durables, *Management Science*, Vol.15, No.5, pp.215–227 (1969).
- 13) Rohlfs, J.: A theory of interdependent demand for a communications service, *The Bell Journal of Economics and Management Science*, Vol.5, No.1, pp.16–37 (1974).
- 14) Arthur, W.: Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events, *The Economic Journal*, Vol.99, pp.116–131 (1989).
- 15) Moore, G.: *Crossing the Chasm, rev ed*, New York: HarperBusiness (1999). 川又 政治 (訳) : キャズム-ハイテクをブレイクさせる「超」マーケティング理論, 翔泳社 (2002).