

商品ネットワークの成長モデル：市場の秩序形成の探究に向けて

伊藤 諭志[†] 井庭 崇^{††}

本論文では、同一の消費者が購入した商品間をリンクで結び、ネットワークとして捉えることを提案する。また、ネットワーク科学の知見を活かし、商品ネットワークの成長モデルを提案する。この試みは、商品の販売量と順位にみられる「べき乗分布」の発生メカニズムを分析するための基本モデルとして利用できると考えられる。

Evolutionary Model of the Products Network - Toward Understanding the Spontaneous Ordering in Market -

SATOSHI ITOH[†] and TAKASHI IBA^{††}

In this paper, we propose the idea of the products network, in which products chosen by the same person are linked. We also propose a simulation model of products network by using the knowledge in network science. We expect this idea can be the basic model to analyze how the power law distribution in relationship between sales and ranking emerges from the individual choices of consumers.

1. はじめに

私たちの生活には、膨大な数の商品が溢れている。しかし、それらのほとんどは消費者の選択・購買による自然淘汰によっていつの間にか消えていく。多くの人に選ばれ、ヒットする商品はごくわずかである。このように、商品の売り上げに著しい偏りが存在することは以前から知られていたが、近年の研究によって、商品の販売量と順位の関係が「べき乗分布」に従っていることが明らかになってきた^{1),2)}。

個々人のレベルでは、消費者は自由に商品を購入しているが、市場のレベルでは、商品の販売量と順位の関係がべき乗分布になるという法則性が見出される。この法則性は個々人に還元することができないので、市場における創発的秩序であるといえる³⁾。しかし、このような創発的秩序がどのようなメカニズムによって形成されるのかについては、あまりよくわかっていない。そこで本研究では、べき乗分布を生み出すメカニズムを組み込んだ市場モデルの構築に向け、基本モデルを提案する。

2. 商品ネットワークモデルの提案

2.1 商品ネットワークとは

消費者は、市場に存在する膨大な数の商品の中から、いくつかの商品を選択している。そのとき、人は思考コストの節約などの理由から、習慣的な行動を取ることが多い⁴⁾。つまり、ある特定のブランドに対して、他に比べてより強い嗜好を持つならば、それを購買し続けるということである⁵⁾。

ここでは、図1のように、消費者1が多様な選択肢の中から商品Aと商品Bを選択する場合を考えてみよう。この場合、選ばれた商品の側に注目してみると、商品Aと商品Bは「消費者1によって選び出されたもの同士である」という関係にある。この点に注目すると、市場に存在するすべての消費者の購買行動の結果を、「消費者によって結びつけられた商品のネットワーク」として可視化することができる(図2)。

この発想には、2つの利点がある。第1の利点は、商



図1 消費者によって選択された商品

[†] 慶應義塾大学 大学院 政策・メディア研究科
Graduate School of Media and Governance, Keio University

^{††} 慶應義塾大学 総合政策学部
Faculty of Policy Management, Keio University

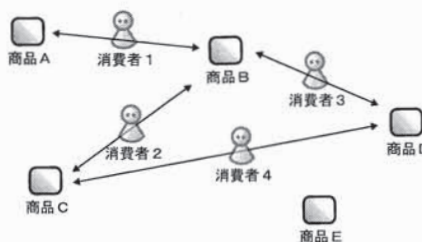


図2 商品のネットワーク

品の売れ行きや市場規模の変化を、商品のネットワークのトポロジーとして観察することができる点である。また、商品ごとの特徴が明らかであれば、それらの商品間の関係性[☆]の把握も容易であろう。第2の利点は、商品市場を捉える際に、ネットワーク科学の知見を利用することができるという点である。べき乗分布とその生成メカニズムの理解が進んでいるネットワーク科学の理論・概念は、市場における秩序の創発の理解に応用することができるだろう。

2.2 本論文で提案する商品ネットワークモデル

本節では、前節で提案した商品のネットワークの発想をもとに、購買行動のモデル化を行う。商品のネットワークは商品と消費者によって構成され、時とともに成長していく。提案モデルでは、少数の商品が市場に存在する状態を初期状態とする。初期状態では、市場に消費者は居らず、その時点で存在する商品はすべて同じ状態である。そして、ステップごとに以下のa, b, cのいずれかの操作が行われるものとする(図3)。なお、「優先的选择」とは、既にたくさんのリンクを獲得しているノードほど選択される確率が高いということである[☆]。また、 $p + q \leq 1$ である。

- a. 確率 p で、 m 人の消費者が新たに市場に加わる。すなわち、 m 人の消費者が新たに市場に参加し、それぞれ優先的选择に従って商品を選択し、購入する。
- b. 確率 q で、 m 人の既存の消費者が商品の選択を変える。すなわち、 m 人の既に市場に参加している消費者が、自身の今まで購入していた商品のうち、1つの商品をやめ、新たな商品を優先的选择によって選択し、購入する^{☆☆}。
- c. 確率 $(1 - p - q)$ で、新商品が発売される。すな

[☆] この場合には、どの商品とどの商品が一緒に選ばれる傾向があるかを示す。Amazon.co.jp の「この商品を買った人はこんな商品も買っています」という仕組みなどは商品間の関係性を活用した好例であろう。

^{☆☆} これは、好みのブランドのスイッチングにあたる。

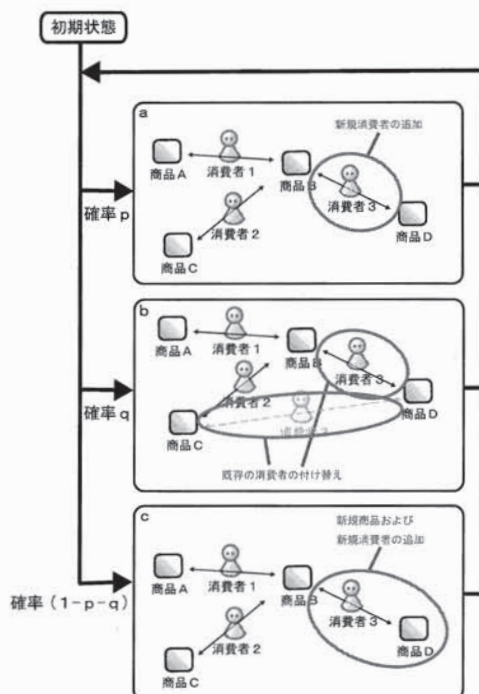


図3 提案モデルの概要

わち1つの新商品が発売され、 m 人の消費者が新商品を選択し、購入する。

2.3 提案モデルと一般化 BA モデルの同型性

前述の提案モデルは、消費者による商品の購買行動を、ネットワーク科学の分野において提案された「一般化 BA モデル」⁷⁾ の原理を援用して捉えたものである。一般化 BA モデルにおけるノードおよびリンクは、提案モデルの「商品」および「消費者」に対応している^{☆☆}。また、提案モデルにおける a, b, c の操作は、一般化 BA モデルにおける「新規リンクの追加」「既存リンクのつながり変え」「新規ノードの追加」という操作にそれぞれ対応している。

商品市場における購買行動を考える上で一般化 BA モデルを取り上げる理由は、購買行動という対象についての分析の視点を変えることだけが目的ではない。これらの現象には、2つ共通点がある。第1に、商品であれノードであれ、結果として、多くから選ばれるごく一部のものと、あまり選ばれることのないその他

^{☆☆} 厳密に言えば、シミュレーションモデルでは、消費者もエージェントとして存在し、商品との「関係」を持っている。そのため、複数の消費者が同様の商品の組み合わせを選択することもあり得る。

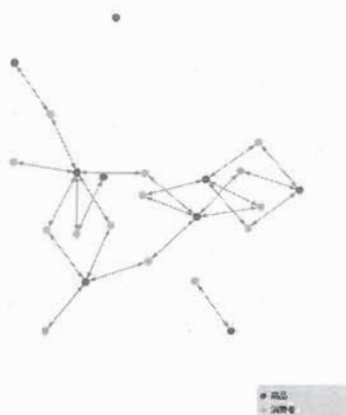


図4 商品ネットワークのトポロジー（25 ステップ目）

のものに分かれるという分布の偏りが生じる。第2に、どちらの場合も、この偏りがべき乗分布という特定の形に落ち着くことがある。この2つの共通点を軸にすることで、一般化BAモデルを商品の購買行動へ援用することができるのではないかと私たちは考えたのである。

3. シミュレーション結果

提案モデルをコンピュータ・シミュレーションのモデルとして実装し、シミュレーション実験を行った^{*}。ここでは、その結果のうち、いくつかを紹介する。

3.1 ネットワークのトポロジー

まず、各商品の売り上げの時系列に沿った変化を、商品のネットワークを可視化することで確認することにしたい。図4および図5は、パラメータ $m=1$ 、パラメータ $p=0.8$ 、パラメータ $q=0.0$ のときの商品のネットワークを可視化したものである。初期の段階では、各商品の売れ行きにはわずかな差があるだけである（図4）。

しかし、消費者や商品の増加による商品のネットワークの成長のなかで、次第に一部の商品に対して消費者の人气が集中していく。その一方で、ごく少数の消費者にしか選択されていない商品や、誰にも選択されずにネットワークから孤立している商品も目立つようになってくる。

500 ステップの時点では、ごく一部の商品への集中傾向は更に加速し、特にネットワークの中央に位置している3種類の商品に対する集中が顕著になってい

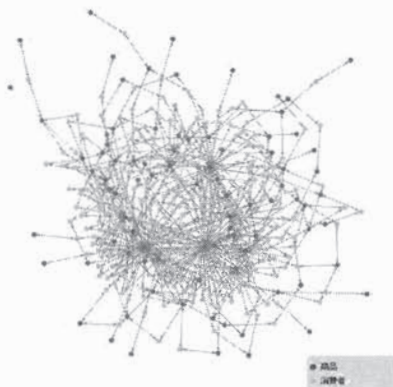


図5 商品ネットワークのトポロジー（500 ステップ目）

る。また、ネットワークの外側に見られる、消費者にあまり選択されない商品の数もまた確実に増加している（図5）。つまり、売れる商品と売れない商品の間の格差が顕在化してくるのである。これは、現実の市場の傾向とも一致している。

3.2 販売量と順位の分布

商品の販売量とその順位を両対数グラフ上にプロットし、売り上げと順位の分布がどのようなになっているかを示したものが、図6および図7である。それぞれ、提案モデルの設定を変えて実行した際の、10000 ステップ時点での各商品の売り上げと順位を両対数グラフ上にプロットしている。これらのグラフはすべて、縦軸が販売量、横軸がその順位である。

消費者が優先的選択と適合するようなかたちで商品選択・購入を行っていると仮定すると、商品の売り上げの分布は、多くの場合べき乗分布、あるいはそれに近い分布になることが読み取れる。ただし、その偏り具合はパラメータ、すなわち市場の状況によって様々であり、市場に存在する商品数が少ない場合には、商品の売り上げの分布はべき乗分布にはならず、商品間の売り上げの差はそれほど大きくなりません。

また、図8および図9は、商品の売り上げと順位の間を100ステップごとにグラフ上にプロットし、その関係が時系列に沿ってどのように変化しているかを示したものである。これらのグラフから、商品の売り上げと順位の間は徐々にきれいなべき乗分布に近づいていることがわかる^{**}。また、グラフのヘッド（トップの部分）の販売量の増加とテールの部分の広

^{*} モデルの実装およびシミュレーション実験は、PlatBox (<http://www.platbox.org>) を用いて行った。結果の詳細については、論文⁸⁾を参照して頂きたい。

^{**} 時間経過のなかで、個々の商品の順位自体が変動することはない。

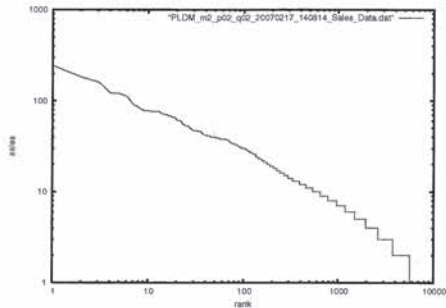


図 6 販売量と順位の分布 ($m=2$, $p=0.2$, $q=0.2$, 10000 ステップ目)

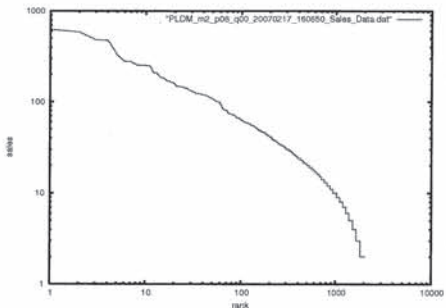


図 7 販売量と順位の分布 ($m=2$, $p=0.8$, $q=0.0$, 10000 ステップ目)

がりから、時間を経るに従って、選ばれるものとあまり選ばれないものの 2 極化が著しくなっていることが読み取れる。

4. おわりに

本論文では、消費者による購買行動に対して「商品のネットワーク」という視点からのアプローチを提案し、その発想にもとづくモデル化とシミュレーションを試みた。提案モデル自体には改良の余地があるものの、様々な拡張可能性を持っており、商品の販売量と順位にみられるべき乗分布の発生メカニズムを分析するための基本モデルとして利用できるだろう。このような取り組みが、消費行動や市場における秩序形成の研究に際して、何らかの新たな進展に貢献できれば幸いである。

参 考 文 献

- 1) 井庭崇, 深見嘉明, 齊藤優: 書籍販売市場における隠れた法則性, 情報処理学会論文誌: 数理モデル化と応用 (2007).

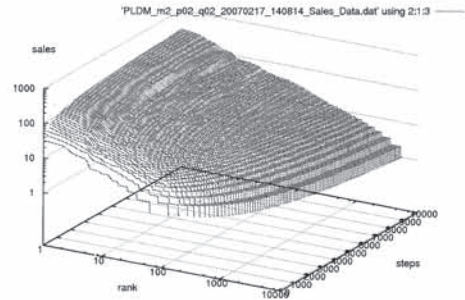


図 8 販売量と順位の関係の時系列変化 ($m=2$, $p=0.2$, $q=0.2$, 両対数グラフ)

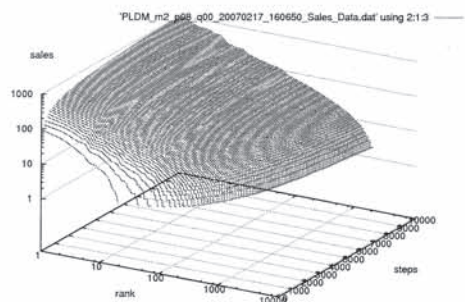


図 9 販売量と順位の関係の時系列変化 ($m=2$, $p=0.8$, $q=0.0$, 両対数グラフ)

- 2) 井庭崇, 深見嘉明, 吉田真理子, 山下耕平, 齊藤優: 書籍販売市場における上位タイトルの売上分析, 情報処理学会第 64 回数理モデル化と問題解決研究会 (2007).
- 3) 井庭崇: 新しいシステム観にもとづく思考と実践, Mobile Society Review 未来心理, Vol. 009 (2007).
- 4) 塩沢由典: 複雑さの帰結—複雑系経済学試論, NTT 出版 (1997).
- 5) 小野崎保, 柳田達雄: 見えざる手による独占・寡占の創発, 複雑系社会理論の新地平, 専修大学出版局 (2003).
- 6) 増田直紀, 今野紀雄: 「複雑ネットワーク」とは何か—複雑な関係を読み解く新しいアプローチ, 講談社 (2006).
- 7) Barabási, A.-L. and Albert, R.: Topology of Evolving Networks: Local Events and Universality, *Physical Review Letters*, Vol. 85 (2000).
- 8) 伊藤諭志: 商品市場におけるべき乗分布の発生メカニズムを探る—ネットワーク科学の知見とその応用—, 慶應義塾大学 卒業制作論文 (2007).