

スケールフリーネットワークにおける規格競争分析

The analysis of standardization competition in scale-free network

辻岡 卓^{*1}
Suguru Tsujioka

山本 耕司^{*2}
Kohji Yamamoto

四国大学^{*1*2}
Shikoku Univ.

To analyze the standardization competition, we have developed the agent based model. In the developed model, consumers make up scale-free network. As a result of simulation, the emergence of winner-take-all phenomenon is observed. In addition, the results show that the small number of hub consumers produce the winner-take-all phenomenon. The results suggest that the hub consumer plays a crucial role in market.

1. はじめに

財やサービスを供給・消費する市場において、同じ財・サービス(以下、規格)を消費する個人の数が多ければ多いほど、その規格の消費から得られる効用が高まる場合、その市場はネットワーク外部性の存在する市場であるといえる。[Katz 06]

近年、盛んに活用されている携帯電話、SNS、メッセージング等のコミュニケーションサービスにはネットワーク外部性が存在することが容易に想像できる。また、これまでにビデオ規格をはじめとする数多くの市場でネットワーク外部性に関する報告がなされ、また人工市場アプローチ等で再現・分析がこころみられている。[井庭 01]

一方、市場を構成する社会ネットワークは、不規則な分布と小さい距離、及び高いクラスター性を持つ。これらの特徴を再現するためにスモールワールドネットワークやスケールフリーネットワークなど様々なネットワークモデルが考案され、様々な事象の分析、研究に用いられている[増田 05]。なかでもスケールフリーネットワークは現実社会のネットワークに類似したベキ状のリンク/ノード分布をもつことから注目されている。

本研究ではネットワーク外部性の存在する市場における規格競争分析を行なうことを目的にスケールフリーネットワークで構成された仮想消費者市場のモデルを構築した。モデル構築の前提として、消費者が自身の消費する規格を選択する意思決定の際、他の消費者とのインタラクションが与える影響は非常に大きいとの仮定をおいている。本稿ではこのモデルを用いたシミュレーションの分析結果を述べる。

2. モデル概要

本研究で構築したモデルは現実世界の消費者に対応する100のノードから構成されている。これらのノードはスケールフリーネットワーク状に社会を構成している(図1)

これらのノードが複数種類の規格から1つを選択し、この規格を継続的に消費する。また、他の規格への乗り換えコストは非常に大きく、乗り換えは不可能であることとした。

消費に至る規格選択の意思決定のモデル化には EBM モデル[Engel 95]を基に図2の3フェーズを採用した。

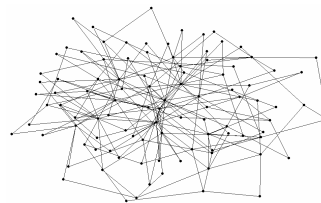


図1. スケールフリーネットワーク例(ノード数:100)

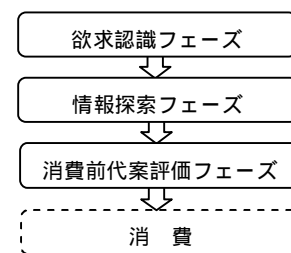


図2. 消費までの意思決定モデル

2.1 欲求認識フェーズ

各処理期間の最初に全ノードからランダムに選ばれた1ノードが消費欲求を認識する。

2.2 情報探索フェーズ

消費欲求を認識したノードは自身に隣接する各ノードの消費している規格を知覚する。

2.3 消費前代案評価フェーズ

各ノードは自身の消費する規格を確率的に選択する。ノード*i*が規格*j*を選択する確率 P_{ij} は多項ロジットモデルを採用しており、式(1)により算出される。

$$P_{ij} = \frac{\exp(U_{ij})}{\sum \exp(U_{ij})} \quad (1)$$

ここで、 U_{ij} は効用関数

^{*1 *2} 四国大学 経営情報学部 情報システム学科

^{*1} e-mail: tsujioka@keiei.shikoku-u.ac.jp

^{*2} e-mail: yamamoto@keiei.shikoku-u.ac.jp

3. 本研究モデルにおけるスケールフリーネットワーク

本研究モデルでスケールフリーネットワークを適用するにあたり、その構築方法としては BA モデル[Barabasi 99] [増田 05]を採用した。構築の手順は以下のとおり。(図 3)

- step1. 初期ノードを配置する。初期ノード数 fn は任意だが、これら初期ノード間は完全グラフを構成する。このとき、各ノードのリンク数 l は $l=fn-1$ となる。
- step2. ノードを 1 個追加する。各追加ノードは l 本のリンクを持つ。追加ノードの各リンクは先在ノードへ接続されるが、この際に先在ノードの保有リンク数に応じた確率で接続先を選択する。
- step n . 以下、規定のノード数に達するまで step2 を繰り返す。

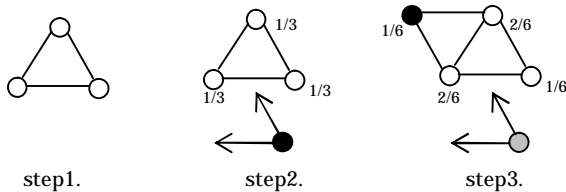


図 3. スケールフリーネットワークの構築方法

4. シミュレーション

4.1 シミュレーション条件

現実世界の消費者に対応するノード数は 100 個とした。このためシミュレーションは 100 処理期間で終了する。また各ノード生成時の初期保有リンク数は 2 本とした。

消費対象となる規格は 3 種類であり、これらの規格間に性能、価格、ブランド等の優位性は存在しない。よって各ノードは自身に隣接するノードの消費している規格のみを入力として、消費する規格を選択することとなる。本研究では効用関数 U_{ij} を以下のとおり設定することでこれを表現する。

$$U_{ij} = \frac{S_{ij}}{\sum S_{ij}} \quad (2)$$

ここで、 S_{ij} はノード i に隣接するノードのうち規格 j を消費しているノードの数

4.2 シミュレーション結果

(1) 需要集中

まず、シェアの推移を観測するためにハーフィンダール指数の時系列変化を調べた。ハーフィンダール指数(以下、HI)は各規格のシェア(0~1)の二乗和で算出され、この値が大きいほど需要集中が起こっているといえる。シミュレーションを 10 回行ったそれぞれの結果を図 4 に示す。なお、シミュレーション序盤は消費者が少なく、乱高下が激しいため、処理期間 15 時点以降を表示対象とした。

図 4 において result 6,7,10 の HI が他のシミュレーション結果に比して明らかに大きく、需要集中が起こっていると考えられる。

これを確認するために各シミュレーション結果の処理期間 100 時点 (:シミュレーション終了時点)におけるシェアを表 1 に示す。なお、ここでは処理期間 100 時点で獲得したシェアの大きい規格から第 1 規格、第 2 規格、第 3 規格としている。表 1 より result6 では第 1 規格、第 2 規格への 2 極集中が起こり、result7 及び result10 では第 1 規格への 1 極集中が起こっていることが見て取れる。

次にこれらの需要集中原因について調べるためにシミュレーション開始から処理期間 15 までを対象として、HI を調べた(図 5)。図 5 において result6,7,10 と他のシミュレーション結果に顕著な差異が見当たらないことから、本シミュレーション結果において見られる需要集中が初期優位性[Arthur 94]によるものではないことが解る。

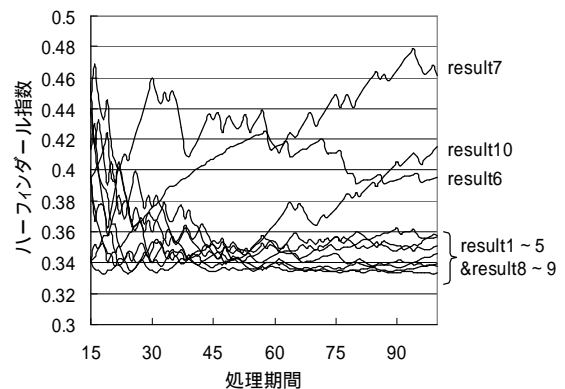


図 4. ハーフィンダール指数の推移

	第1規格	第2規格	第3規格
result 1	43	33	24
result 2	36	36	28
result 3	42	32	26
result 4	45	32	23
result 5	38	21	41
result 6	45	42	13
result 7	62	24	14
result 8	38	35	27
result 9	34	33	33
result 10	17	56	27

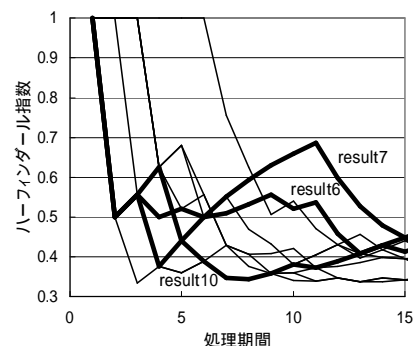


図 5. シミュレーション初期のハーフィンダール指数

(2) ハブノードが需要集中に与える影響

次にハブノード(：ネットワークにごく少数存在する、他のノードに比べ多くのリンクを持つノード)が需要集中に与える影響について調べるため、result6,7,10 を構成するノードのうち、保有リンク数の多いノード(：上位 20 ノード)を表 2 に示す。表 2 は各ノードの規格消費開始時点の処理期間、保持するリンク数、消費規格を示している。表 2 よりハブノードにおいて第 1 規格もしくは第 1 規格と第 2 規格の占める割合が非常に高いことが解る。また、ハブノードの一部は処理期間の早い時点から規格消費を行っており、これらのノードが需要集中に貢献していると考えられる。

以上を確認するために全ノード中で最も保持リンク数の多い 5 ノードに予め第 1 規格を消費させた状態でシミュレーションを行った。試行 10 回の HI 推移を図 6 に示す。構成ノード中、5%のノードの選好を操作しただけにも関わらず、非常に高い需要集中が発生している。

表 2. 保持リンク数の多いノードと消費規格

result6			result7			result10		
処理期間	リンク数	消費規格	処理期間	リンク数	消費規格	処理期間	リンク数	消費規格
18	18	第1規格	6	32	第1規格	37	21	第1規格
75	18	第2規格	75	22	第1規格	5	18	第1規格
37	17	第1規格	80	14	第1規格	74	14	第1規格
65	14	第1規格	16	13	第1規格	31	13	第2規格
88	12	第1規格	19	12	第1規格	66	12	第1規格
1	11	第1規格	41	8	第1規格	9	10	第1規格
53	11	第1規格	25	7	第1規格	57	10	第1規格
83	10	第2規格	62	7	第1規格	94	9	第1規格
35	8	第2規格	7	6	第1規格	76	8	第1規格
80	8	第3規格	81	6	第1規格	11	7	第2規格
86	8	第1規格	86	6	第2規格	12	7	第1規格
87	8	第3規格	98	6	第1規格	48	7	第3規格
2	7	第2規格	77	6	第1規格	19	6	第3規格
25	7	第2規格	92	6	第1規格	92	6	第1規格
43	6	第2規格	37	6	第3規格	68	6	第3規格
13	5	第3規格	27	6	第1規格	4	6	第3規格
29	5	第2規格	46	5	第1規格	16	5	第3規格
47	5	第2規格	61	5	第2規格	22	5	第1規格
50	5	第1規格	69	5	第1規格	28	5	第2規格
66	5	第1規格	87	5	第1規格	29	5	第1規格

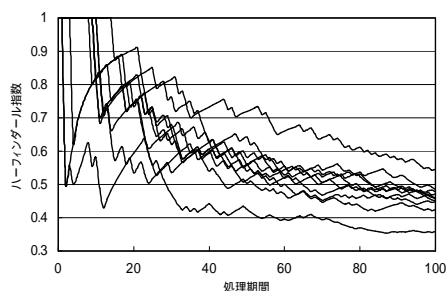


図 6. ハーフィンダール指数の推移(選好操作あり)

5. まとめ

本研究では規格競争の分析を目的として、スケールフリーネットワークを構成する消費者達からなる仮想消費者市場を構築した。シミュレーションの結果、ハブ消費者の早期規格消費が需要集中に大きく影響することが説明できた。

今後具体的な対象商品・サービス市場を選定し、現実の市場とのフィッティングを行うことが必要であると考えている。しかし、シミュレーションの目的は現実社会の精緻な再現だけとは限らず、現実世界の裏側にある様々なメカニズムへの洞察を得るツールとして捉えることも出来る。これを踏まえて今後、本モデルに種々の拡張を行い分析を継続する予定である。

参考文献

[Arthur 94] Arthur, B.W. "Increasing Returns and Path Dependence in the Economy", The University of Michigan Press(1994)

[Barabasi 99] Barabasi AL, Albert R, "Emergence of scaling in random networks" Science, 286, pp.509-512(1999)

[Engel 1995] Engel, J.F., Blackwell, R.D. and Miniard, P.W. "Consumer Behavior", The Dryden Press (1995)

[井庭 01] 井庭崇, 竹中平蔵, 武藤佳恭, 「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, Vol.42, No.SIG14 (TOM5), pp.73-89(2001)

[Katz 86] Katz, Michael L. and Carl Shapiro, "Technology Adoption in the Presence of Network Externalities" Journal of Political Economy, Vol.94, No.4, pp.822-841 (1986)

[増田 05] 増田直紀, 今野紀雄「複雑ネットワークの科学」, 産業図書 (2005)