

## 成長ネットワークにおける企画競争分析 The analysis of standardization competition in growing network

辻岡 卓\*1  
Suguru Tsujioka

山本 耕司\*2  
Kohji Yamamoto

\*1\*2 四国大学  
Shikoku Univ.

To analyze the standardization competition, we develop the agent based model. In the developed model, agents make up 4 types network forms; regular, random, small world, and scale-free. As a result of simulation, we observed the emergence of winner-take-all phenomenon in the random and scale-free network.

### 1. はじめに

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は非常に強いネットワーク外部性を有している。ネットワーク外部性を有する市場では同じ財・サービス(以下、規格)を消費・利用する消費主体(以下、主体)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。[Katz 86]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]

コミュニケーションサービス市場を分析するにあたっては市場を構成するネットワークの構造を考慮に入れることが重要となる。一般に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といわれる。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]。

ネットワーク外部性のみにより効用を決定するならば、各主体はコミュニケーションサービスの消費を開始するにあたって、社会的近傍に位置する先駆主体の消費規格を採用する可能性が高い。またサービスの普及に従って市場ネットワークは成長(拡大)すると考えられる。

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仮想消費者市場のモデルを構築した。現実社会に存在する市場で想定しているのはネットワークサービス市場である。提案モデルは、規格の普及に従って市場のネットワークサイズが大きくなると仮定している。また、各主体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主体に対応するノードとこれらの関連を表現するリンクから構成されている。各ノードは規格を消費開始するにあたって、ネットワークに新規に参入する。またその際に、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。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 1 の 3 フェーズを採用した。

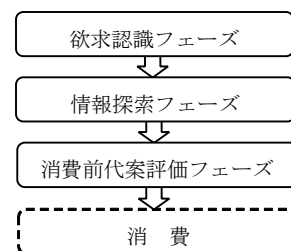


図 1. 消費までの意思決定モデル

#### 2.1 欲求認識フェーズ

各処理期間の最初に1ノードが消費欲求を認識し、市場ネットワークに参入する。この際、各ネットワークモデルの定義に応じた方法で、先在するノードへのリンクを生成する。このリンク先のノードは新規参入ノードにとって市場における近傍となる。

#### 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の近傍に存在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。多項ロジットモデルは、主体の選択行動を表現することを目的として様々な事象の分析に用いられている[井庭 01]。

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

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市場ネットワーク

本研究モデルで成長ネットワークを適用するにあたり、その構築方法としてレギュラーモデル、ランダムモデル、スモールワールドモデル、スケールフリーモデルを採用した。

各モデルともにシミュレーション開始時はノード数  $n$  からなる完全グラフを構成している。よって、この時点での各ノードのリンク数  $l$  は  $l=n-1$  となる。また、新規参入ノードから先在ノードへ接続されるリンク本数も  $l$  本とした。

以下に各ネットワークモデルの成長過程について述べる。

#### 3.1 レギュラーモデル

新規ノードの各リンクは先在ノードへ接続されるが、この際に接続先となる  $l$  個の先在ノードは必ず隣接している (図 2)。

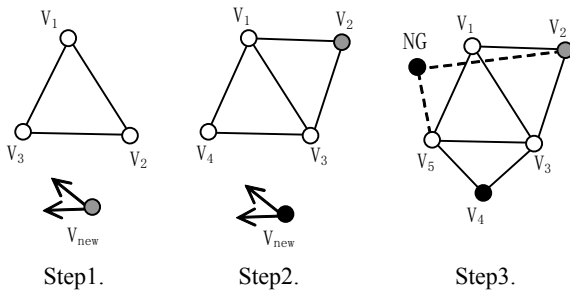


図 2 レギュラーモデルのネットワーク成長過程

#### 3.2 ランダムモデル

新規ノードの近傍となる  $l$  個の先在ノードはランダムに選択される。

#### 3.3 スモールワールドモデル

新規ノードの近傍となる先在ノードは原則隣接している必要がある。この点においてはレギュラーネットワークと遜色が無い。しかしごく小さい置換確率でリンク先をランダムに選択する (図 3)。この接続先をランダムに選択したリンクをウィークタイと呼ぶ。

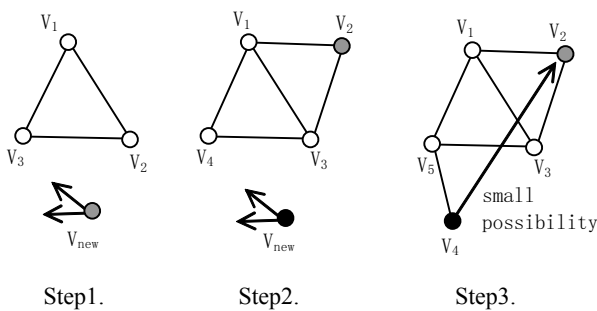


図 3 スモールワールドモデルのネットワーク成長過程

#### 3.4 スケールフリーモデル

新規ノードのリンク 1 本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 (図 4)。

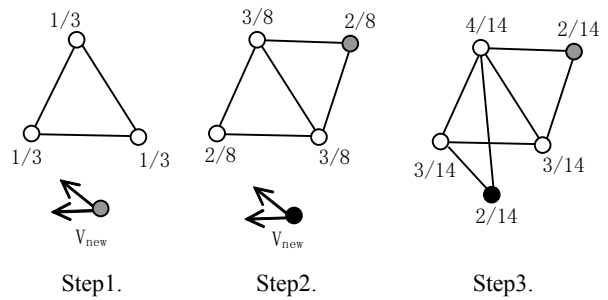


図 4 スケールフリーモデルのネットワーク成長過程

#### 3.5 ネットワーク特徴量の比較

各ネットワークモデルの特徴を明らかにしておくために、クラスタリング係数、平均頂点間距離を表 1 に示す。なお、表 1 はノード数が 100 時点の結果であり、乱数に依存するランダムモデル、スモールワールドモデル、スケールフリーモデルに関してはネットワーク生成 100 試行の平均値である。また、スモールワールドモデルのリンク置換確率は 0.01 とした。

表 1 から見て取れるように提案モデルにおいてレギュラーモデルとスモールワールドモデルは大きい平均頂点間距離と高クラスタ構造を持ち、ランダムモデルとスモールワールドモデルは小さい頂点間距離と低クラスタリング構造をもつ。

表 1 各モデルのネットワーク特徴量

	平均頂点間距離	クラスタリング係数
レギュラーモデル	10.81	0.46
ランダムモデル	3.43	0.03
スモールワールドモデル	6.13	0.39
スケールフリーモデル	2.99	0.15

## 4. シミュレーション

#### 4.1 シミュレーション条件

現実世界の先駆的消費者に対応するノード数は 3 個、シミュレーションの処理期間は 497 期間とした。このためシミュレーションは終了時、500 個のノードが市場ネットワークを構成することとなる。また新規参入ノード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。

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

## 4.2 シミュレーション結果

表2にシミュレーション終了時点のハーフィンダール指数を示す。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。3規格以上の規格競争の分析を行う場合、単純にシェアの1極集中が起こるだけでなく、2極集中や特定規格の極端な少需要といった結果が想定できる。このような場面において、単純に最大シェア規格のシェアを示す場合と比較して、HIはうまく需要集中を表現することができる。なお、表2は試行10回の平均値である。

表2 各モデルによるシミュレーション結果のハーフィンダール指数

	ハーフィンダール指数
レギュラーモデル	0.34
ランダムモデル	0.38
スモールワールドモデル	0.34
スケールフリーモデル	0.39

表2からレギュラーモデルやスモールワールドモデルに比してランダムモデルとスケールフリーモデルに需要集中が起こっていることが見て取れる。この結果は試行10回の結果に数回含まれる特定規格へのロックインが平均HIを上昇させていると考えられる。これまでに筆者らが構築した安定状態のネットワークにおける規格競争モデル[辻岡 07]ではシミュレーション初期にハブノードが欲求認識を行うかどうかで経路依存性からロックインの発現可能性が増減[Arthur 94]していたが、本提案モデルでは初期参入ノードは非常に高い割合でハブノードとなるため、ロックイン発現の可能性が大きく高まっている。

一方、高クラスタ構造を持つレギュラーモデル、スモールワールドモデルによるシミュレーション結果では、クラスタ内ではネットワーク外部性が大きく影響し、需要集中を生んでいると考えられる。しかしこの需要集中は各クラスタ内に留まり、クラスタの集合により構成される市場ネットワーク全体で平均をとった場合、が平均的なシェアを保有するに留まる結果となっている。スモールワールドモデルのウィークタイはこれらクラスタ間の情報を伝達する役割を持つが、クラスタの強固さに比べてその数が少なく、ネットワーク全体に情報を伝播するには至らないと考えられる。また、ネットワークが成長することによる規格競争への影響は見受けられない

## 5. まとめ

本研究ではネットワーク外部性を有する市場の規格競争分析を行うことを目的に人工市場を構築した。提案人工市場は4種類の市場ネットワークを有しており、新規参入者によりその大きさを拡大する。シミュレーションの結果、ハブノードを有するモデルではネットワークの成長と消費規格の選定を同時に行うことでよりロックインの可能性が高まることが説明できた。

今後、現実社会のサービス・商品とのフィッティングを行い、ネットワーク形態に応じて最適なマーケティング戦略を提案するべく分析を進めていく。

## 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 95] 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)
- [辻岡 07] 辻岡卓, 山本耕司, 「スケールフリーネットワークにおける規格競争分析」, 第21回人工知能学会全国大会, 1C2-3(2007)
- [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)