

複雑二重ネットワークを用いた情報流通の分析

Analyzing contents distribution mechanism through a complex doubly structural network model

松山 科子^{*1}

Shinako Matsuyama

國上 真章^{*2}

Masaaki Kunigami

寺野 隆雄^{*3}

Takao Terano

^{*1} 東京工業大学

Tokyo Institute of Technology

^{*2} 筑波大学

Tsukuba University

^{*3} 東京工業大学

Tokyo Institute of Technology

In this paper, we analyze information (contents) distribution mechanism through a complex doubly structural network model. Complex doubly structural network consists of a user network and a contents network. We have built an Agent-based simulation (ABS) based on the model and checked the impact of the characteristics of the user network on the contents distribution. The results show the effectiveness of the analysis using the Complex doubly structural network model.

1. はじめに

本論文では、複雑二重ネットワークモデルを用いて、ユーザ間の情報流通におけるコンテンツの流通の仕組みを解析する。ここで「コンテンツ」は、商品、サービス、店、観光地などユーザ間でその評価や感想が話題にされる対象物と定義する。また、「情報流通」とは、対象物の評価や感想などをユーザが他ユーザに伝えることを指す。

昨今、コンテンツ間のつながりに着目したサービスやツールが多々見受けられること、[Reingen 84]では、社会的なつながりによって製品の情報伝達のされ方が異なることが述べられていることからコンテンツとユーザの相互作用から情報流通の仕組みを見ることは重要である。

複雑二重ネットワークモデルは、著者らが[松山 07]にて提案したコンテンツとユーザの相互作用を説明するためのモデルであり、コンテンツ間のリンクとそれらを流通するユーザ間のリンクから成る。[松山 07]では、本モデルをエージェントベースシミュレーション (ABS) 上に構築し、コンテンツの流通の特徴を調査した。そこからは、各コンテンツに関わる環境が全て同一の状態においても、流通の結果、経路依存的に、優位なコンテンツが出現することを示した。また、[松山 07-2]では、ユーザ間リンクの形態が流通の特徴に与える影響を見た。本論文では、[松山 07-2]を発展させ、さらに異なるユーザ間リンクの形態が流通に与える影響を調査する。

2. コンテンツ流通 ABS

2.1 基本モデル

ABS 上の本モデルの構成要素は、コンテンツ $C = \{C_1, C_2, \dots, C_n\}$ とそれを流通するユーザ $U = \{U_1, U_2, \dots, U_m\}$ である。添え字は構成要素 (個体) の識別番号を示す。コンテンツ, ユーザはそれぞれが互いにリンクされており, 各コンテンツは初期状態で任意のユーザに所有される。

ABS では、一定期間、2 ユーザが各々所有するコンテンツを流通する。流通の結果、コンテンツを保持するユーザが更新される。また、流通の対象となったコンテンツのコンテンツ間リンク上の近隣のコンテンツおよびユーザのユーザ間リンク上の近隣

ユーザに間接効果が発生する。間接効果は、コンテンツ間リンクおよびコンテンツを流通するユーザを更新するものである。

図 1 に概念図を示す。図中、左側のリンクがコンテンツ間リンク、右側のリンクがユーザ間リンクを示す。図はユーザ U_1, U_2 がコンテンツ C_i, C_j を流通した場合の間接効果 (便乗効果, 波及効果) が及ぶ範囲をそれぞれ示している。

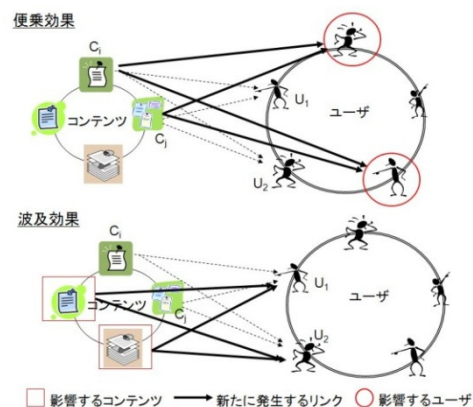


図 1 概念図

2.2 流通結果の評価方法

[松山 07-2]では、コンテンツを流通させる側から見た、情報流通の結果の評価指標をいくつか定義した。本論文では、そのうちの「多くのユーザに流通されたコンテンツ」という指標を用いる。以降では、「多くのユーザに流通されたコンテンツ」を「メジャーコンテンツ」と定義する。

3. 実験

3.1 実験目的

実験では、ABS の初期条件であるコンテンツ間リンクおよびユーザ間リンクの形態がメジャーコンテンツの出現に与える影響を見る。[松山 07-2]では、ユーザ間リンクの形態が正則ランダムグラフの場合とスケールフリーネットワーク ([Barabasi 99]) の場合を比較し、ユーザの次数がメジャーコンテンツ出現に与える影響を見た。本論文では、ユーザ間リンクの形態がスモールワールドネットワーク ([Watts 98]) である場合の影響を見る。スモールワールドネットワークは、ネットワーク上の任意の2ノードが比較的短い距離で結ばれかつ、高密度に接続されているネット

連絡先: 松山科子, ソニー株式会社, 東京都品川区北品川 5-1-12

03-5448-3833, Shinako.Matsuyama@jp.sony.com

^{*1} ソニー株式会社勤務, ^{*2} 防衛省勤務 (2008年4月1日現在)

ワークである。ネットワークの密度 CL^1 は以下の式で計算され、値が大きいほど高密度となる ([Watts 98])。

$$CL = \frac{1}{n} \sum_i CL_i$$

$$CL_i = \frac{\text{ノード}i\text{に接続される三角形の数}}{\text{ノード}i\text{に接続される3ノード組の数}} \quad (1)$$

n : ノード数

3.2 実験環境

本実験では、ユーザ間リンクが正則ランダムグラフである場合とスモールワールドネットワークである場合を比較する。その他の条件は基準値(コンテンツ, ユーザが全て同一の条件となる環境)である。表 1 に両者の実験パラメタをまとめる。

表 1 実験パラメタ: ABS の初期値

	基準値	今回の実験
コンテンツ数	128	128
ユーザ数	1024	1024
コンテンツ間リンク	8-正則ランダム	8-正則ランダム
ユーザ間リンク	8-正則ランダム	スモールワールド
コンテンツから流通するユーザへのリンク	全コンテンツ共通で 128	全コンテンツ共通で 128
実行日数	30	30

スモールワールドネットワークは, [Watts 98] に記述されている方法で生成した。

3.3 実験結果と考察

まず, メジャーコンテンツの指標である「多くのユーザに流通された」ことを見るため, コンテンツ毎の流通するユーザ数の分布を見た。

図 2 にそれぞれの実験パラメタでの結果を示す。

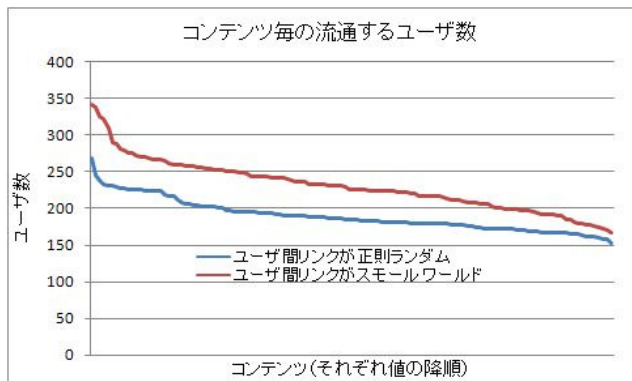


図 2 ユーザ数分布

図 2 から, 2 つの環境下では, 流通するユーザ数の分布に差が見られる。確認のため, Welch の T 検定にて検定を行った結果, 平均, 分散共に有意差が見られた (1%の有意水準)。そこで, スモールワールドの特徴である高密度性の影響を見るため, 式(1)における各コンテンツの CL_i 値を計測しそれが流通に与える影響を見た。図 3 に以下 2 種のコンテンツ群における流通ユーザ数の変化を時系列に掲載する; CL_i 値が上位 10 位のユーザを高 CL_i 値ユーザと定義し, コンテンツ群の中でそれらのユーザに流通されている率が高い上位 10 コンテンツおよび流通されている率が低い下位 10 コンテンツ。図 3 より, CL_i 値が高いユーザに多く流通されるコンテンツは必ずしもメジャーコンテ

ンツとはならないが, 流通の初期段階では多くのユーザに所有される。このことから, CL_i 値が高いユーザすなわち流通相手のユーザ同士が密な状態にあるユーザは全体の流通を増やすことに貢献していると言える。これは流通により間接効果にて隣接ユーザに与える影響やまた他ユーザの流通から間接効果を受ける可能性が高いためと考える。

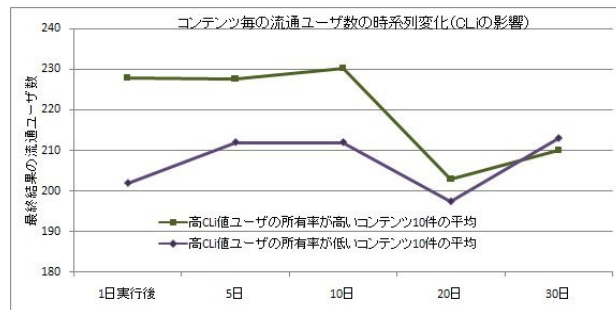


図 3 CL_i 値のユーザ数への影響

4. まとめ

本論文では, コンテンツ間のリンクとコンテンツを流通するユーザ間のリンク, そしてそれらの相互作用を考慮した複雑二重ネットワークモデルを用いてユーザ間でのコンテンツの流通を解析した。具体的にはユーザ間リンクの接続のされ方がコンテンツの流通に与える影響を見る一例としてユーザ間リンクが正則ランダムグラフである場合とスモールワールドネットワークである場合でのコンテンツ流通の差を見た。

結果として, ユーザ間リンクがスモールワールドネットワークである環境下では, 正則ランダムなネットワークである場合に比べ全体的にコンテンツが多くのユーザに所有されること, 流通相手のユーザ同士が密な状態にあるユーザは全体の流通を増やすことに貢献していることを得た。このことは, 人のつながりネットワークにおいて密度が高い部分(例えば物理的な条件やインターネット上のコミュニティなど)の特徴の推定につながる。

このようにコンテンツ, ユーザ相互の作用を同時に考慮することでコンテンツの流通の仕組みの解析が様々な視点から行える。今後は本研究で得た知見をさらに詳細に解析することで, コンテンツが多くのユーザに流通されるための施策を導きたい。

参考文献

[Barabasi 99] Barabasi, A.L., Albert, R., Jeong, H : Mean-field theory for scale-free random networks, Physica A, 272, pp.173-187, 1999.

[Reingen 84] Reingen, P.H. et al. : Brand Congruence in Interpersonal Relations: A Social Network Analysis, Journal of Consumer Research 11, 1984.

[Watts 98] Watts, D.J. and Strogatz, S.H.: Collective dynamics of "small-world" networks, Nature, Vol. 393, pp.440-442, 1998.

[松山 07] 松山 科子, 國上 真章, 寺野 隆雄: エージェントベースシミュレーションによるハブコンテンツ出現メカニズムの解明, 第 21 回人工知能学会全国大会, 2007 年 6 月.

[松山 07-2] 松山 科子, 國上 真章, 寺野 隆雄: ABS によるコンテンツ流通メカニズムの解析, 日本ソフトウェア科学会 ネットワークが創発する知能研究会第 3 回ワークショップ, 講演論文集, pp.16-23, 2007 年 8 月.

¹ クラスタリング係数と呼ばれ通常 C と表記するが本論文ではコンテンツと混乱しないよう CL と記述する