

ネットワーク特性と普及メカニズムの関係

機械制御システム学科 BQ12070 並木 翔太
指導教員 武藤 正義

1. 研究概要

本研究はソーシャルネットワークの普遍的な特徴量である次数分散, 平均頂点間距離, クラスター係数, において異なる 8 タイプのネットワークで製品普及シミュレーションを行い, それぞれの特徴量が普及に与える影響について分析する.

2. 意思決定モデル

消費者間相互作用とネットワークの性質を考慮した製品普及モデルのために斎藤・倉橋(2011)の意思決定モデルを導入する[1]. 消費者*i*の未採用状態から採用状態への状態遷移確率を P_i とする. 接触効果 x_i は探索的な情報獲得を表現しており, 隣接している採用者数が与える影響である. 規範効果 y_i は個人が所属する集団での同調を表現しており, 隣接している採用者の割合が与える影響である. 状態遷移確率 P_i はこれらの一次結合を表し, (2.1)~(2.3)式ようになる.

$$P_i = \alpha x_i + (1 - \alpha) y_i \quad (2.1)$$

$$x_i = \begin{cases} 1 & (N_{i,adopted} \geq \zeta_i) \\ 0 & (otherwise) \end{cases} \quad (2.2)$$

$$y_i = \begin{cases} 1 & (\frac{N_{i,adopted}}{N_{i,neighbour}} \geq \varphi_i) \\ 0 & (otherwise) \end{cases} \quad (2.3)$$

$N_{i,adopted}$ を消費者*i*と隣接している採用者数,
 $N_{i,neighbour}$ を消費者*i*と隣接している消費者数,
 ζ_i, φ_i を消費者*i*の閾値, $\alpha(0 \leq \alpha \leq 1)$ をウェイトとする.

3. ネットワークモデル

ネットワーク特性の違いによる普及の仕方を調べるためモデルの類型を作成する. ソーシャルネットワークの普遍的な数理特性であるスケールフリー性, クラスター性, スモールワールド性をそれぞれの特徴量で判断する. 更に, これらを高い(H)・低い(L)の 2 つのタイプに分け全てのタイプの組み合わせを考えると, 8 種類のネットワークに分類できる. 表 3.1 は類型したネットワークモデルである. 次数分散 H, 平均頂点間距離 H, クラスター係数 L であるネットワークは現実的でないため, モデルの確認が出来なかった. そのため, 提案モデルを考案した.

表 3.1 ネットワークモデルの類型

クラスター係数H		平均頂点間距離	
		H	L
次数分散	H	KE 	KE+ランダム
	L	レギュラーグラフ 	WS

クラスター係数L		平均頂点間距離	
		H	L
次数分散	H	提案 	BA
	L	サイクル 	ランダムグラフ

次にネットワークモデルをノード数 100 で生成し, 3 つの特徴量と次数平均を算出した(表 3.2). H タイプの特徴量をピンク色, L タイプの特徴量を水色で示している. 次数平均は 4 を基準に合わせたため, サイクルモデルは他のモデルのリンク数との違いから分析対象から外した.

表 3.2 ネットワークモデルの特徴量

	タイプ	次数分散	平均頂点間	クラスター係数	次数平均
KE	HHH	9.41	7.13	0.70	3.94
KE+ランダム	HLH	7.94	4.22	0.50	3.94
提案	HHL	9.12	12.49	0.26	3.70
BA	HLL	15.41	2.94	0.16	3.94
レギュラー	LHH	0.00	12.88	0.50	4.00
サイクル	LHL	0.00	25.25	0.00	2.00
WS	LLH	0.39	5.18	0.39	4.00
ランダム	LLL	1.55	3.72	0.13	4.00

4. シミュレーション

4.1 実験方法

消費者エージェント数 $N=100$ とし、各消費者エージェントの接触効果、規範効果の閾値である ζ_i , φ_i をそれぞれ $[1, 4]$, $[0.2, 0.6]$ の範囲でランダムに割り振った。また、経過時間を示す繰り返し回数を100回とし、1ステップ目にイノベーターである採用者を約2.5%ランダムに出現させ、採用者の推移を観察する。ウエイト α は $\alpha=1$ (接触効果のみ), $\alpha=0$ (規範効果のみ), $\alpha=0.5$ (接触効果と規範効果)の3つのパターンとし、効果の違いを検討する。これらを7タイプのネットワークで行う。

4.2 実験結果

接触効果のみ、規範効果のみ、接触効果と規範効果の3つの場合の採用者の推移を図4.1~4.3に示す。

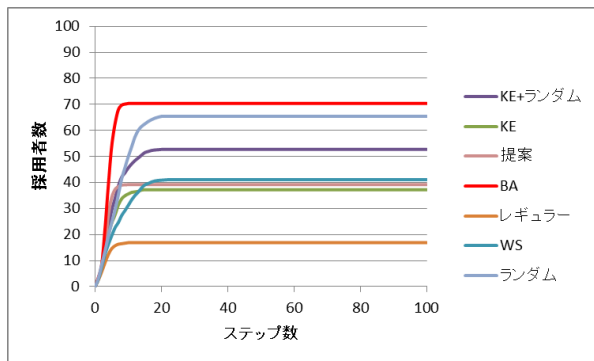


図 4.1 採用者の推移(接触効果のみ)

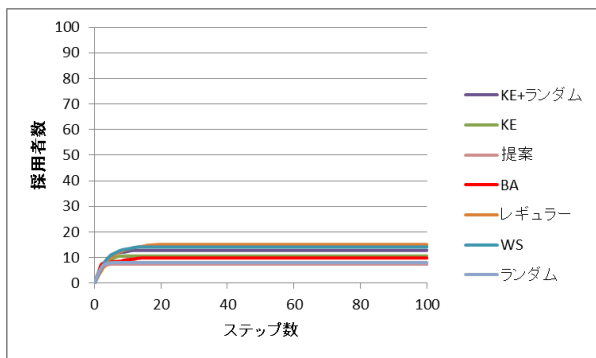


図 4.2 採用者の推移(規範効果のみ)

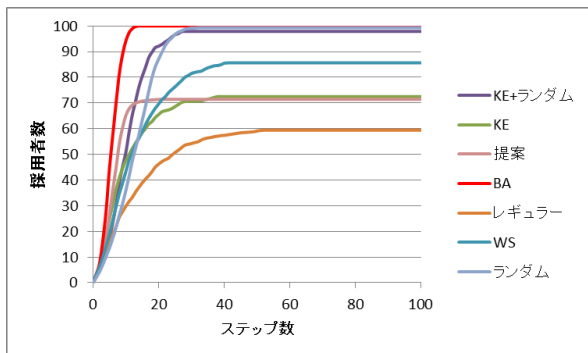


図 4.3 採用者の推移(接触効果と規範効果)

5. 考察

4.2節の実験結果から普及範囲、到達ステップ数とそれぞれの特徴量の相関係数を算出した。

表 5.1 相関係数(接触効果のみ)

	普及範囲	到達ステップ数
次数分散	0.42	-0.82
平均頂点間距離	-0.92	0.57
クラスター係数	-0.66	0.62

表 5.2 相関係数(規範効果のみ)

	普及範囲	到達ステップ数
次数分散	-0.56	0.19
平均頂点間距離	0.33	0.07
クラスター係数	0.56	0.03

表 5.3 相関係数(接触効果と規範効果)

	普及範囲	到達ステップ数
次数分散	0.21	-0.68
平均頂点間距離	-0.96	0.79
クラスター係数	-0.54	0.59

接触効果と規範効果では普及範囲の相関係数の符号は逆であり、ネットワーク構造の影響は意思決定のモデルによって真逆になることが分かる。

接触効果の下では高い次数分散、短い平均頂点間距離、小さいクラスター係数であるBAモデルが最も普及している。これは、接触効果は次数に比例して影響するので、ハブやショートカットが普及を促進していると考えられる。つまり、ハブを持つツリーに近いネットワーク構造が有効である。

一方、規範効果の下では低い次数分散、長い平均頂点間距離、大きいクラスター係数であるレギュラーグラフモデルが最も普及している。逆にBAモデルは順位を大きく落としている。これは、規範効果は次数に反比例して影響するため、次数の小さいノードどうしの関係が普及の中心であると考えられる。つまり、均質で地理的なネットワーク構造が有効である。ただし、平均頂点間距離は他の特徴量を変動させる間接的な影響にある。

両効果の場合、特徴量の影響はほぼ接触効果と同様のことがいえる。実際、全てのモデルが規範効果の下より接触効果の下の方が普及する。これは、ネットワーク構造にかかわらず、接触効果は高い次数のノードにすぐ反応を起こせるためと考えられる。

参考文献

- [1] 斎藤宗香・倉橋節也,「製品普及と消費者間ネットワーク構造の関係」, 2011 年
- [2] 増田直紀・今野紀雄,「複雑ネットワーク 基礎から応用まで」, 近代科学社, 2010 年
- [3] 山影進,「人工社会構築指南 artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門」, 書籍工房早山, 2007 年