

## 1 はじめに

社会集団の理解のため友人関係は広く研究対象とされてきた。本研究は、友人関係形成過程の理解を目的に、モデルを与え、シミュレーションで検証する。友人関係の変化に関して、合理的選択と構造的選択の2つの観点がある。合理的選択理論は、制約条件の下での行為者の効用最大化を前提する社会理論である。他方、社会ネットワーク分析は「個人の行為は置かれている社会ネットワークの位置や形状によって決まる」といった構造主義に基づく。本稿では、合理的選択と構造的選択を組合せた友人変化のモデルを提案する。

## 2 友人選択のモデル

### 2.1 合理的選択による友人選択モデル

平松ら [1][2] は友人関係を持つことは有益だがその確立や維持にはコストがかかると仮定し、効用最大化の原理に基づき限界利得が限界コストに等しくなる状況を探る過程をモデル化している。初期の個人同士が未知な状況から、反復試行で友人関係を形成する。個人はコストの高低で他人をランク付けし、その降順に限界コストが限界利得を超えるまで友人関係を相手に提案する。友人関係が相互に提案された場合のみ友人関係を形成する。この試行を繰り返し友人関係を形成する。個人  $i$  が  $f_i$  人の友人を持つ状態で新たな友人選択をした際の限界利得  $B_i$  を次式で与える。

$$B_i = r (\sqrt{f_i + 1} - \sqrt{f_i})$$

$r$  は定数である。 $i$  の  $j$  との友人を維持するコストは

$$C_{i,j} = \sum_{k=1}^m S_{ik} \sqrt{|X_{ik} - Y_{jk}|}$$

である。 $m$  は各個人の持つ特性の数であり、個人  $i$  の特性  $k$  についてその重要性を関心度  $S_{ik}$ 、友人に求める値を理想友人値  $X_{ik}$ 、実際値を  $Y_{jk}$  とする。特性には、自分と似た値を持つ人を優先する類似特性 ( $X_{ik} = Y_{jk}$ ) と、高い値を持つ人を優先する願望特性 ( $X_{ik} = 1$ ) が存在する。また、自分が友人に影響を受ける社会的影響が働く特性は、各試行の友人形成が終了後、特性値を友人の平均値に更新する。

### 2.2 構造的選択の提案

本研究では2通りの方法を用いて、構造的選択の要素を組み込む。1つ目は、共通の友人が多い人同士は友人となりやすいという性質を取り入れる方法である。友人形成による  $f_i$  人の友人を持つ個人  $i$  が他の個人  $j$  を友人に加えた際の限界利得  $B_{ij}$  を

$$B_{ij} = r \left\{ (1-\alpha) (\sqrt{f_i + 1} - \sqrt{f_i}) + \alpha \left( \frac{|N(i) \cap N(j)|}{|N(i) \cup N(j)|} \right) \right\}$$

とする。 $N(i)$ ,  $N(j)$  は  $i$ ,  $j$  の友人の集合を表す。式の後半は  $i$  と  $j$  共通の友人が多いほど高い値をとる。2つ目はクラスタ性をもつネットワーク生成を行う CNN

モデル [4] を基に、友人選択後に potential edge を確率的に友人関係に変換する方法である。potential edge とは、その部分にリンクができると三者による関係が形成される潜在関係である。

## 3 実際の友人関係の調査

名古屋工業大学の1年生56人に対し、アンケートによって友人関係とその集団の特性の傾向を調査した。得られた友人関係ネットワークを図2-(a)に、構造指標を表2-Aに示す。アンケートでのこのクラスの傾向は次のとおりであった。

- 友人の影響で始めた趣味がある56人中12人
- 新たな友人に類似特性を優先56人中31人
- 新たな友人に願望特性を優先56人中9人

全体の友人分散は20.5、関係に満足した人に限ると26.4で、理想の友人数には個人差があると言える。

## 4 合理的選択によるシミュレーション

合理的選択のモデルを用いて友人関係形成の結果を示す。パラメータの変更による構造の違いの区別が可能となる反復試行を20回繰り返してできたネットワークを10回生成し、平均次数、次数の分散、平均距離、クラスタ係数の4つの構造指標による平均値を比較する。実験は、56人の各個人は3つの特性を持ち、関心度と実際値をランダムに0.1~1.0まで0.1刻みで値を持つと設定した。類似特性と願望特性の比率、社会的影響の強さ、友人利得の値の3つを変更し、形成されたネットワークの構造の比較を行う。表1に構造指標の比較、図1にネットワークの生成例を示す。類似特性と願望特性の比率を変化させた場合、願望特性の比率の増加に伴い、友人関係の数が低下し孤立頂点が増える。これは、特性値の高い人へ友人の提案が集中し、相互関係が減少するためと考えられる。社会的影響は大きくなるほど、クラスタ化が進む。一度友人関係となった人とは再度友人となる際のコストが減少するためだと考えられる。友人利得の変更では、大きな違いは観測できない。

表1: パラメータの違いによる構造指標の比較

構造指標	類似特性 : 願望特性				影響される特性の数				友人形成利得	
	3:0	2:1	1:2	0:3	0	1	2	3	一律	個別
平均次数	4.85	2.68	1.62	0.80	4.85	6.07	9.48	6.31	4.85	4.23
次数の分散	4.13	5.45	6.33	3.63	4.13	4.89	9.61	22.58	4.13	4.23
平均距離	3.27	4.41	2.99	2.07	3.27	2.90	2.28	1.79	3.27	3.38
クラスタ係数	0.36	0.24	0.15	0.09	0.36	0.45	0.60	0.73	0.36	0.36

また、3つの特性を全て類似特性とし、社会的影響が1つの特性だけに働き、友人利得  $r = \{1, \dots, 6\}$  とした場合に実際のもとの類似した結果が得られた (表2-B, 図2-(b) 参照)。しかし、クリークサイズ毎の所属学生数の分布 (図3) では、形が異なる部分が見られる。シミュレーションでは、パラメータの整合が一部アンケート結果と異なり、今後の検討が必要である。

## 5 構造的選択を導入したシミュレーション

### 5.1 アンケートとの比較

モデルに構造的選択による友人選択を導入し、前節のアンケートによるネットワークと比較し、その効果を検証する。構造的選択の方法 1 と方法 2 を導入した場合の構造指標を表 2-C,D に示す。方法 1 の  $\alpha$  の値は 0.2、方法 2 の変換する potential edge の割合は 10% とした。図 2-(c),(d) にネットワーク例を示す。方法 1 と方法 2 を導入した際に、クリーク所属学生数の分布を同じ図 3 に示す。構造的選択がある場合は全体的にサイズの大きいクリークに所属する学生が多くなり、実際の数値に近くなる。友人の数が多い人には、構造的選択が働きやすいことが示唆された。

表 2: モデルによるネットワークの構造指標

	A:実際のクラス	B:合理的選択のみ	C:構造的選択1	D:構造的選択2
平均次数	7.68	7.33	7.16	7.46
次数の分散	20.5	18.5	21.0	22.5
平均距離	2.30	2.59	2.69	2.51
クラスタ係数	0.55	0.49	0.55	0.52

### 5.2 ネットワーク変化における効果

友人関係の時間とともに変化していく過程での、構造的選択による効果を検証する。下村らの提案した友人スコアによる友人関係推測手法 [3] を用いて、名古屋工業大学の情報工学科 1 年生の友人ネットワークを取得する。5.1 節と同様の設定にて、モデルによるネットワークの 5,10,15,20 ターン目の時点でのネットワークを抽出し、それぞれを友人スコアでの 4,5,6,7 月時点でのネットワークと比較する。図 4 に友人スコアと合理的選択のみ、構造的選択を導入した場合のクリーク所属学生数の分布の変遷を示す。構造的選択のある場合、友人スコアによる現実のネットワークと類似した分布が確認できる。

## 6 まとめと今後の課題

本稿では友人生成に関する 2 つの考え方である合理的選択と構造的選択の両方を取り入れた友人変化モデルを考案し、形成される構造の検証を行い、実際の大学生の友人関係構造の変化との比較を行った。構造的選択が現実での友人関係変化に影響を与えているかの検証は今後の課題とする。

### 参考文献

- [1] 平松潤, “友人選択過程のメカニズムを探る”, ネットワーク・ダイナミクス 社会ネットワークと合理的選択, 5 章, 勁草書房, 2005.
- [2] Zeggelink E.P.H., “Evolving Friendship Networks: an Individual Oriented Approach Implementing Similarity” Social Networks Vol.17, pp83-110, 1995.
- [3] Inuzuka, N., Nakano, Y., and Shimomura, T., “Friendship Analysis Using Attendance Records to University Lecture Classes”, TL2008, pp.478-486, 2008.
- [4] Vazquez, A.: “Growing network with local rules: Preferential attachment, clustering hierarchy, and degree correlations”, Phys. Rev. E, Vol67, No.5, pp56-104, 2003.

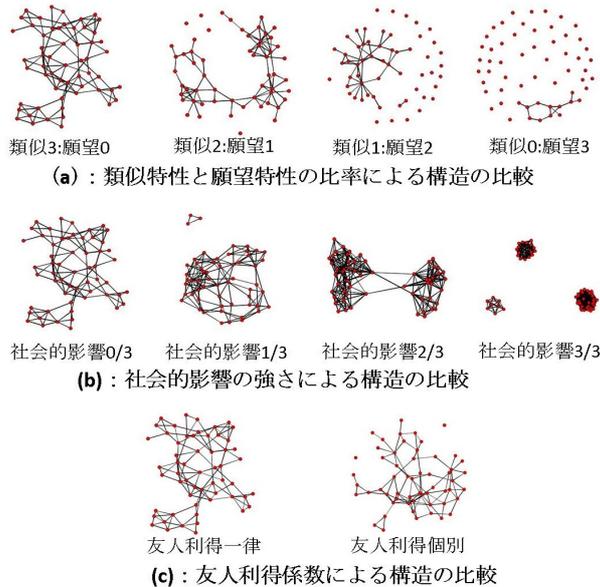


図 1: パラメータ変化によるネットワーク生成例

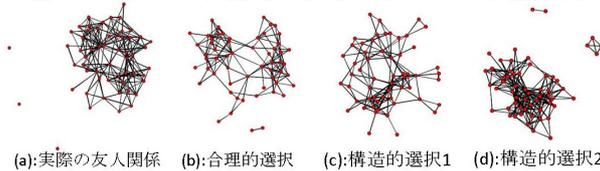


図 2: 実際の友人関係とシミュレーションの構造

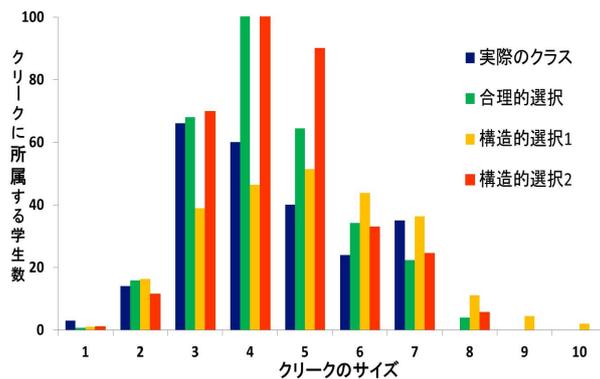


図 3: サイズ別にクリークに所属する学生数の分布

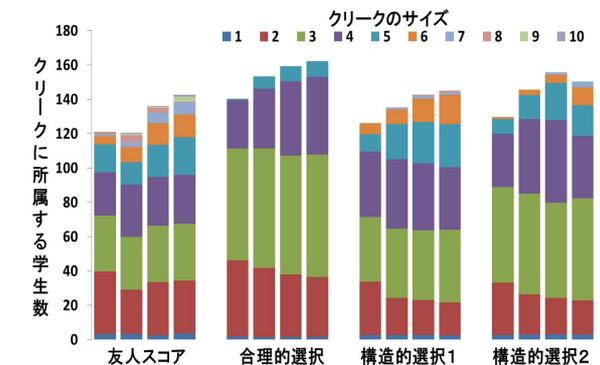


図 4: ネットワークの変化に伴うクリーク分布の変遷研究業績

- 加藤竜丸, 松島裕, 武藤敦子, 加藤昇平, 犬塚信博, “コミュニティ分割に基づいた友人生成のための班分け手法”, 情報処理学会第 74 回全国大会, 6ZH-2, 2012.
- Kato, R., Mutoh, A., Inuzuka, N., “Grouping Methods for Generating Friendship Based on Network Properties”, IEEE SNPD2013, pp438-443, 2013.
- 加藤 竜丸, 武藤 敦子, 犬塚 信博 “個性と構造的特徴を考慮した友人関係ネットワークの変化のモデル”, 情報処理学会第 76 回全国大会, 5ZF-4, 2014(発表予定).