

1 はじめに

近年、社会ネットワーク分析の研究が盛んに行われているが、その中でもグラフ部分構造を詳細に分析するエゴセントリックネットワーク分析がある。社会ネットワーク分析において、ネットワーク内の少数のまとまりに着目し、ネットワーク形成の原理を見出すネットワーク・センスというモチーフを分析する手法が用いられてきた [1]。実際に現実社会のネットワークにおいて観測されるエゴセントリックネットワークは特徴的な構造を持つパターンが観測されることが明らかになっている [2]。これらのエゴセントリックネットワークの多くは時間とともに構造を変化させていく。

本稿では、時系列に伴って変化する友人関係ネットワーク（以後、友人ネット）の局所的構造と、その変化を分析する。

2 社会ネットワークの分析手法

2.1 エゴセントリックネットワーク

注目する頂点（エゴ）と、それと隣接した頂点（オルター）から誘導される部分グラフをエゴセントリックネットワーク（以後、エゴネット）と呼び、本研究ではオルターのみで構成される物を扱う。

2.2 中心性

行為者の集合を $V = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}$ とし、その中の各行為者 $v_1, v_2 \in V$ の影響関係を辺 $(v_1, v_2) \in V \times V$ で表したネットワーク $G = (V, E)$ ($E \subseteq V \times V$) を用いて頂点 v_i に与えられる代表的な中心性について説明する [3]。

$$\text{近接中心性 } C_c(v_i) = \frac{n-1}{\sum_{j=1}^{n-1} d_{ij}}$$

ここで $n = |V|$ 、 d_{ij} は v_i から v_j への最短距離である。これは円や球の中心と同じように他の頂点との距離が小さいほど、その頂点は中心的であるとする指標である。

$$\text{次数中心性 } C_d(v_i) = |\{v_j | (v_i, v_j) \in E\}|$$

これはネットワーク内で関係を持っている頂点の数が多ほど中心的であるとする指標である。

$$\text{媒介中心性 } C_b(v_i) = \sum_{i \neq j \neq k} \frac{g_{jk}(i)}{g_{jk}}$$

ここで g_{jk} は頂点 v_j と頂点 v_k の間の最短経路数であり、 $g_{jk}(i)$ は頂点 v_j と頂点 v_k の最短経路のうち v_i を通るもの数である。これは、ある頂点が他の頂点間の最短経路上に存在する程度を表す指標である。

3 友人関係の構造による個人の分類

3.1 分類手法

エゴネットの定量的指標を属性値とし、各エゴネットパターンを図 1 の決定木を用いて 8 つのクラスタに分類する。ここで クラスター係数はエゴネットに現れた辺の数をオルターから 2 つ選ぶ組み合わせ数で

割った値であり、島はエゴネットでの連結成分の数、その中でも特に孤立ノードではないものの数をグループとする。

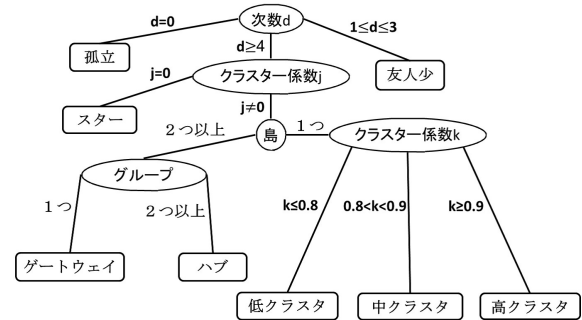


図 1: 分類の決定木

3.2 友人関係ネットワークへの適用実験

本節で分類を適用したネットワークは友人推定手法 [4] によって生成された 2007 年度から 2013 年度までの情報工学科の 1 年生の 4 月、5 月、6 月、7 月時の友人ネット合計 28 個である。

これらの友人ネットに分類を適用し、月ごとに集計した時の各クラスタに分類された頂点数の全体に対する比率を結果を表 1 に示す。「友人少」のみが数が単調に減少しており、学生が友人を増やしていることが分かる。4 月については、まだグループ化が未発達であるため他の月よりも「スター」が多く、「高クラスタ」が少なくなっており、5 月からは安定している。5 月以降はグループ化が進むため「ゲートウェイ」が増え、「ハブ」が少しずつ減っている。それ以外のクラスタは比較的、安定していた。

表 1: 各月のネットワークにおける分類の比率 (%)

	4月	5月	6月	7月
孤立	3.3	3.2	2.5	4.5
友人少	31.8	30.3	26.1	22.5
スター	1.5	0.9	0.9	1.0
低クラスタ	9.9	10.1	9.4	10.4
中クラスタ	6.1	7.3	6.5	7.8
高クラスタ	6.2	9.1	9.9	8.8
ゲートウェイ	31.8	29.4	35.7	36.4
ハブ	9.4	9.6	9.1	8.7

4 関係発生の変因と関係構築中心性

友人ネットの変化において新しく関係が出来た 2 頂点 X と Y に関して、これらの両方に関係を持っていた頂点 Z が存在した場合、Z を関係発生の変因としキューピッドと定義する。Z が存在しなかった場合、X と Y を関係発生の変因としパイオニアと定義する。

さらに、この考え方に基づいて各頂点に対し、関係を発生させる活発さを表す新しい中心性を 2 つ定義する。これらをキューピッド中心性・パイオニア中心性と呼び、合わせて関係構築中心性と呼ぶ。

ある時点でのネットワーク $G_1 = (V, E_1)$ が次に観測した時に $G_2 = (V, E_2)$ へ変化したとする。この時、頂点 v のキューピッド中心性 $C_{cpd}(v)$ は

$$C_{cpd}(v) = \sum_{e \in MG^{G_1 \rightarrow G_2}(v)} \frac{1}{|\{v' \in V | e \in MG^{G_1 \rightarrow G_2}(v')\}|}$$

と表せる。なお $MG^{G_1 \rightarrow G_2}(v)$ は v がキューピッドとなって結んだ辺の集合である。

また頂点 v のパイオニア中心性 $C_{pio}(v)$ は

$$C_{pio}(v) = \sum_{e \in NW^{G_1 \rightarrow G_2}(v)} pio(e, v)$$

と表せる。なお $NW^{G_1 \rightarrow G_2}(v)$ はネットワーク変化 $G_1 \rightarrow G_2$ において v が新しく結んだ辺の集合、 $pio(e, v)$ は辺 e が新しく結ばれたとき v がパイオニアだったら $1/2$ 、そうでなかったら 0 の値を取る関数である。

4.1 中心性の適用実験

本学の 2012 年度と 2013 年度の情報工学科 1 年生の友人ネットを用いて各学生の中心性を調べた。その結果、キューピッド中心性は約半分の人々の値が 0 だった。したがって友人ネットは社会ネットワークの性質の 1 つであるクラスター性が高いが、それに貢献しているのは残り半分の人々だった。

4.2 従来の中心性と関係構築中心性との比較

ここで 2013 年度における各種中心性間の相関係数を調べた結果 (表 2)、近接、媒介、キューピッドは次数との相関係数が最も大きく、これらの値は次数の影響を強く受けている。対してパイオニアは次数との相関係数が最も小さく、他とも相関も低いため、この値は独立性の高い基準であると考えられる。したがってパイオニア中心性を用いることで他の指標では注目されにくい、積極的に友人を作っている人物を発見できる可能性がある。

表 2: 各種中心性間の相関係数

	次数	近接	媒介	キューピッド
近接	0.68			
媒介	0.63	0.43		
キューピッド	0.56	0.29	0.48	
パイオニア	0.01	0.11	0.24	0.06

5 友人関係と個人の役割との相関分析

2012 年度と 2013 年度の 1 年生に対して人格適応論を参考にした社会的性質に関するアンケートを実施した。12 個の設問について、どれぐらい当てはまっているかを 4 段階で回答してもらった。

アンケートの各設問に対して学生の回答と、その学生の属する分類または各種中心性との間に有意な相関があるかどうかについて検定を行った。

5.1 分類との相関

真面目、優しい、または責任感が強いと思っている学生は「低クラスター」に属することが多かった。また

社会的でない、または自分をアピールするのが下手だと思っている学生は「孤立」に属することが多く、「ゲートウェイ」に属することは少なかった。また「低クラスター」は他の設問でも有意な関係が多く現れたため、この分類は社会的属性と特に深い関連性があると考えられる。

5.2 中心性との相関

関係構築中心性については、どちらも人数が同程度になるように 3 分割した。具体的には $C_{cpd} = 0, 0 < C_{cpd} \leq 1, 1 < C_{cpd}$ 、 $C_{pio} = 0, C_{pio} = 0.5, C_{pio} \geq 1$ とした。相関分析の結果、キューピッド中心性が高い人ほど場を盛り上げるのが好き、または自分を優しい性格だと思っている、パイオニア中心性が高い人ほど提案するタイプ、または自分をアピールするのが上手いと思っている傾向があった。図 2 の all は全学生、1or2 は図の設問に当てはまると答えた学生、* または** はそれぞれ有意水準が 5% または 1% で差が出たことを表している。

場を盛り上げるのが好きで、人に気を使う

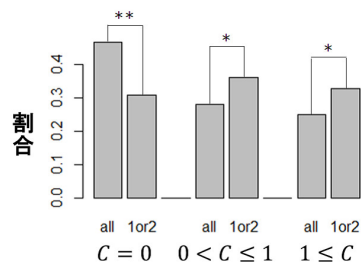


図 2: 上部の設問とキューピッド中心性の相関

6 まとめ

本研究では人々の持つ友人関係の構造と、その変化に関する知見を得るために、局所的構造の分析手法とネットワークの変化に対応した関係構築中心性を提案した。そして実際の友人ネットに対して提案手法を適用して分析を行った。

今後の方向性としては本研究で使用した友人ネットは 4~7 月だったが、それ以降の月の友人ネットも合わせて分析すれば、よりダイナミクスが明らかになると思われる。

参考文献

- [1] S.Wasserman and K.Faust. *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge University Press, 1994.
- [2] 竹内辰, 犬塚信博, エゴセントリックネットワークのパターンマイニング. 情処全大講演論文集. pp.653-655, 2011.
- [3] U.Brandes and T.Erlebach(Eds.): "Network Analysis" LNCS 3418, pp.16-61,2005.
- [4] N.Inuzuka, T.Nakano, K.Shimomura. Friendship Analysis Using Attendance Records to University Lecture Classes. IASK International Conference Teaching and Learning, pp.478-486, 2008.