

# 時間的推移を伴う友人関係の局所的ネットワーク分析

伊東樹希<sup>‡</sup> 菅田貞治<sup>†</sup> 武藤敦子<sup>‡</sup> 犬塚信博<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>名古屋工業大学工学部情報工学科

<sup>‡</sup>名古屋工業大学院工学研究科情報工学専攻

## 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・センサスというモチーフを分析する手法が用いられてきた [1][2]。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 [3]。また、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の局所的構造の遷移について分析する。

## 2 エゴセントリックネットワーク

各行為者を頂点とし、行為者間の影響関係を辺で表した無向グラフを考える。社会ネットワーク分析では、行為者の1人1人に注目するときに、各行為者をエゴと呼ぶ。各エゴを中心としたローカルなネットワーク、つまり、エゴと直接つながる行為者（オルター）の集合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（以下エゴネット）という。（図1）

## 3 提案手法

同じ頂点集合（人の集合） $N$  をもつ時系列  $t_1, t_2, \dots$  に対応したグラフ系列  $G_1, G_2, \dots$  を考える。これらに観測される互いに非同型のエゴネットすべての集合を  $EN$  と

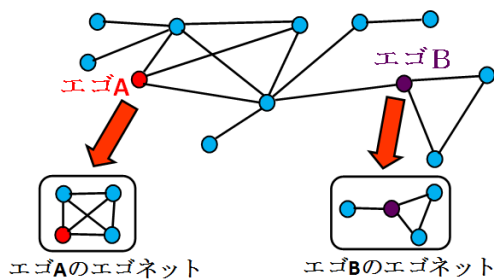


図1: エゴセントリックネットワーク

**Time transition analysis of local friendship networks**  
Tatsuki Ito<sup>‡</sup>, Sadaharu Sugata<sup>†</sup>, Atsuko Mutoh<sup>‡</sup> and Nobuhiro Inuzuka<sup>‡</sup>

<sup>†</sup>Dept. of Computer Science, Faculty of Engineering, Nagoya Institute of Technology

<sup>‡</sup>Dept. of Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

する。このとき  $EN$  の与えられた分割（クラスタリング） $EN = EN_1 \cup EN_2 \cup \dots \cup EN_m (EN_i \cap EN_j = \phi)$  に対し、対応するエゴネットの遷移図を考える。すなわち、遷移図は分割の各クラスタ  $EN_1, \dots, EN_m$  を頂点とする有向グラフであり、ある時刻  $t$  での  $G_t$  に属する人のエゴネットがクラスタ  $EN_i$  に属し、 $G_{t+1}$  でその人のエゴネットが  $EN_j$  に属するとき、 $EN_i$  から  $EN_j$  へ遷移したといい有向辺を持つ。有向辺は遷移の全体に対する割合に比例した確率をラベルとして持つこととする。この遷移図が本研究の対象である。

本研究では社会ネットワークの局所的推移傾向を探るためにエゴネットをクラスタリングし遷移図を得る次の3通りの手法を検討する。これらはそれぞれエゴネットの構造的特徴に基づくクラスタリング、ネットワークの定量的指標に基づくトップダウンな分類、遷移図の指標に基づく分類である。また、遷移図を定量的に評価する2つの指標を提案する。

### 3.1 遷移図のクラスタリングモデル

**閉路ベクトルモデル** 閉路ベクトルモデルでは、エゴ  $e$  のエゴネットを  $(v_1, v_2, \dots)$  に符号化する。 $v_i$  はエゴを始点かつ終点とする長さ  $i+1$  の閉路の数である。これらのベクトル間のユークリッド距離を対応したエゴ間の類似度とし、 $EN$  に階層クラスタリングを適用する。**トップダウンモデル** トップダウンモデルでは、ネットワークの定量的指標を属性値とし、各エゴネットを決定木（図3）を用いて8つのクラスタに分類する。属性値のうち、島はエゴネットからエゴを取り除いた際の連結成分個数、平均クラスタ係数は同値で分類されるエゴネットの平均値、グループはエゴを取り除いた際の連結成分のうち、孤立ノードでないものを指す。

**指標優先モデル** 指標優先モデルは、後述のクラスタ指標と遷移指標の合計値（あるいは重みづけ合計）が最大の2クラスタ対を探索し、クラスタリングする。これをクラスタの個数が一定数になるまで繰り返す。

### 3.2 遷移図の評価指標

**クラスタ指標** クラスタ指標は、遷移図のクラスタ内で構造的に近しいエゴネットがクラスタリングされているかを表す指標である。2グラフ間で共有する極大共有部分グラフのサイズからグラフ間の類似度を定義するMCS法 [4] に基づいた類似度のクラスタ内最遠値をクラスタサイズに合わせて加重平均した値を用いる。値の範囲は  $[0, 1]$  であり、値が高いほどクラスタ内がまとまっていると言える。

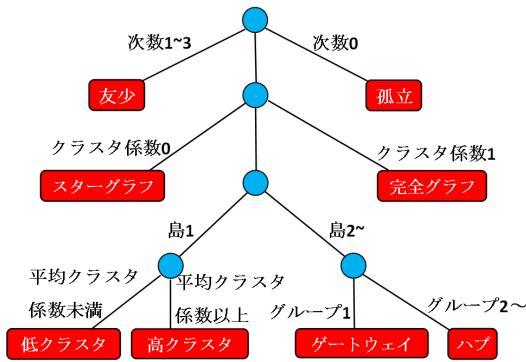


図 2: トップダウンモデルで用いる決定木

**遷移指標** 遷移図のクラスタからクラスタへの各遷移がどれだけ単純化されているかを表す指標である。各クラスタの遷移確率に対するエントロピーを各クラスタサイズに合わせて加重平均し、 $[0,1]$  の範囲で正規化する。値が高いほどクラスタ間の遷移の傾向が理解しやすいと言える。

#### 4 友人関係ネットワークへの適用実験

3節で与えた手法を最終的なクラスタ数を8として本大学にて4,5,6,7月に観測された学生友人関係ネットワークから生成された遷移図に適用した。表1は得た遷移図の各指標値である。表内のクラスタ優先はクラスタ指標の値のみを優先して指標優先モデルを適用した場合の結果である。表内のkの値は閉路ベクトルモデルにおける符号化ベクトル長を意味する。また、クラスタ指標の%表記はクラスタ優先における値を100%とした時の割合を表す。図3,4にはそれぞれトップダウンモデル、クラスタ指標優先を適用した遷移図から遷移確率10%以上の遷移と、エゴネットの総数に対するクラスタの割合を%表記した。クラスタ指標優先モデルでは、クラスタ内の頻度1位、2位のエゴネットパターンを示した。

#### 5 実験結果の考察

遷移指標を見ると指標優先モデルが最も高いがクラスタを確認すると2つのクラスタにほぼ全てのエゴネットパターンが集中して、この2つのクラスタ間で遷移がほぼ完結しているため、遷移を理解するには不適切である。クラスタ指標に関してはトップダウンモデルとクラスタ優先以外は低い値であるが、対象のネットワークを8個のクラスタに分けた際の取りうる最大の指標値はクラスタ優先の値になるため、トップダウンモデルは非常によくまとまっている。閉路優先モデルは符号化ベクトル長が長いほどクラスタリング結果が次数の影響を受けやすく、次数が低いエゴネットがほぼ1つのクラスタにまとまるため、低い値になっていく。遷移図から見出される傾向として図3ではクラスタ係数があまり高くない場合は友人同士の結びつきが強くなる傾向が強く、特にエゴネット内でエゴ以外に友人を持たない人や規模の小さいグループが結びつく確率が高い。図4では1月単位では友人の人数が大

表 1: モデル別指標

	クラスタ指標	遷移指標
トップダウン	0.510(87.5%)	0.285
閉路 (k=3)	0.242(41.5%)	0.428
閉路 (k=4)	0.189(32.4%)	0.566
閉路 (k=5)	0.170(29.2%)	0.532
指標優先	0.184(31.6%)	0.969
クラスタ優先	0.583(100%)	0.236

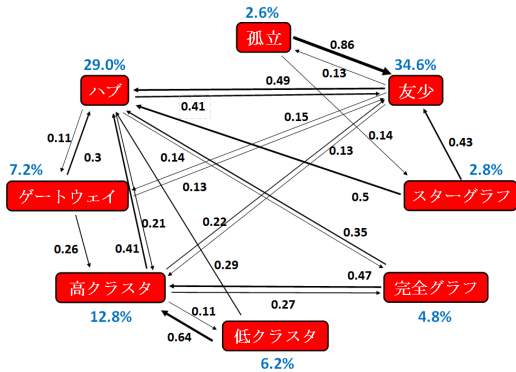


図 3: トップダウンモデル遷移図

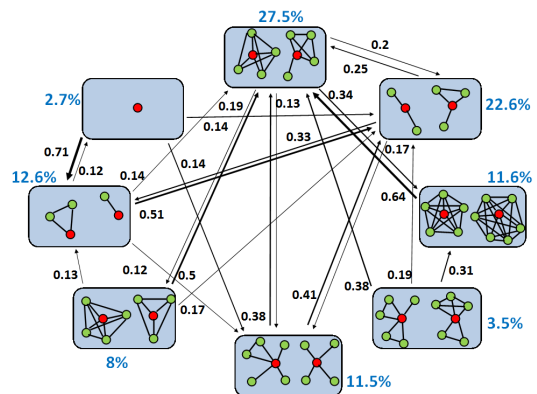


図 4: クラスタ指標優先モデル遷移図

きく変動する確率は低く、かつ友人数が増える傾向が多少強いことが観察される。

本研究で提案した2つの指標は今回の実験においてトレードオフな関係が見受けられた。今後は異なる友人ネットワークを分析することで指標間の関係を明らかにし、より高い指標値となるクラスタリング手法を提案する必要がある。

#### 参考文献

- [1] 金光淳. 社会ネットワーク分析の基礎—社会関係資本論にむけて. 勁草書房, 2003.
- [2] Stanley Wasserman and Katherine Faust. *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge University Press, 1994.
- [3] 竹内晨, 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. 2011, pp.653-655.
- [4] Horst Bunke, Kim shearer. *A graph distance metric based on the maximal common subgraph*. Pattern Recognition Letters 19. 1998, pp.255-259.