

ノードの不活性を取り入れた時系列ネットワーク中でのオブジェクトランキング

日大生産工 ○佐藤 仁司 日大生産工 山内 ゆかり

1 まえがき

近年、ネットワーク構造を有するデータが容易に取得でき、実データを用いたネットワークには、時系列変化をするものがある。従来研究では宮西らがリンク予測問題を解き将来注目されるノードを予測していた。[1]しかし、将来的に活動しなくなるノードに関しては考慮されていない。

本研究ではノードの不活性化を考慮した手法をノードの重要度を測る指標として加え、将来的に重要になるノードの推定を行う。

2 ノードやリンクに関する指標

ネットワークの特徴を捉えるために一般的に下記にあげるような指標が使われる。

・次数中心性(Degree)

ネットワーク中のノードが他ノードと、どの程度繋がっているかを表す。ノードに接続される他ノードの数 N で定義されている。

・近接中心性(Closeness)

ネットワーク中のノードが他のノードに対し、どれだけ近距離に存在するかを示す。任意のノードに達するための最短パスの平均で定義できる。近接中心性を式(1)に示す。

$$Closeness = \frac{1}{\sum_{j \in V, j \neq i} \frac{d_{ij}}{n-1}} \quad (1)$$

・媒介中心性(Betweenness)

ネットワーク中の他ノード同士の間を多く仲介するノードを重要とみなす。あるノードを経路として通る任意のノード間の最短パス数で定義できる。媒介中心性の式(2)に示す。

$$Betweenness = \frac{\sum_{i_s=1; i_s \neq i}^N \sum_{i_t=1; i_t \neq i}^{i_s-1} \frac{g_i^{(i_s, i_t)}}{N_{i_s i_t}}}{\frac{(N-1)(N-2)}{2}} \quad (2)$$

・共通隣接ノード指標(COM)

ノードのペアに共通して隣接するノードの数を表す。2つのノードに繋がるノードの数と、将来的にその2ノードの間に新たに他の繋が

る確率には相関がある。共通隣接ノード指標を式(3)に示す。

$$COM(v^{(i)}, v^{(j)}) = |\Gamma(v^{(i)}) \cap \Gamma(v^{(j)})| \quad (3)$$

・Jaccard係数(JAC)

2ノード間に隣接するノードの集合のうち互いに隣接するノード数の割合を示す。Jaccard係数を式(4)に示す。

$$JAC(v^{(i)}, v^{(j)}) = \frac{|\Gamma(v^{(i)}) \cap \Gamma(v^{(j)})|}{|\Gamma(v^{(i)}) \cup \Gamma(v^{(j)})|} \quad (4)$$

・Adamic/Adar (ADA)

COMを改良し、共通隣接ノード中でも他ノードと隣接しないノードを重く評価する。

Adamic/Adarを式(5)に示す。

$$ADA(v^{(i)}, v^{(j)}) = \sum_{k \in |\Gamma(v^{(i)}) \cap \Gamma(v^{(j)})|} \frac{1}{\log |\Gamma(v^{(k)})|} \quad (5)$$

・Katz _{γ} 指標(KAT)

Katz _{β} は2ノード間のパス数の重み付き和で表される。Katz _{γ} 指標式(6)に示す。

$$KAT(v^{(i)}, v^{(j)}) = \sum_{l=1}^{\infty} \gamma^l |Path_{v^{(i)}, v^{(j)}}^{(l)}| \quad (6)$$

・優先的選択指標(PRE)

スケールフリーネットワークの生成モデルに基づいた指標である。ノードに接続するリンクが生成される確率はそのノードに隣接するノード数に比例すると考える。優先的選択指標を式(7)に示す。

$$PRE(v^{(i)}, v^{(j)}) = |\Gamma(v^{(i)})| \cdot |\Gamma(v^{(j)})| \quad (7)$$

3 提案手法

本研究では、ノードの不活性化を考慮した式の指標をノードの指標として加える提案式を式(8)に示す。

$$P(k_i) = \frac{1}{k_i + a} \frac{1}{\sum_j^{m+1} \frac{1}{k_j + a} \equiv \frac{\gamma - 1}{k_i + a}} \quad (8)$$

$$\gamma \equiv 1 + \left(\sum_{j=1}^{m+1} \frac{1}{k_j + a} \right)^{-1}$$

式(8)は頂点の不活性化を考慮したスケー

Object Ranking in a Temporal Network using Node Inactivation Node Of Inert

Masashi SATO and Yukari YAMAUCHI

ルフリーネットワークの頂点不活性化モデルにおいてノードが不活性化する確率を表す。頂点不活性化モデルは元々、成長するモデルであり、時系列で変化する共著ネットワーク適していると考えられる。

4 実験環境

本研究で用いるデータセットは arXiv(Hep-Th)[2]より、1994年までに存在している著者の人数を2950人に限定また参照し、初期のネットワークの各指標を測定する。時系列的な変化をしたネットワークは1999年と2003年の共著関係を参照してノードの重要度と、ノードペアから推定したリンク予測指標にトップ5まで順位付けし、時系列ネットワークの変化を見る。

5 実験結果および検討

1994年のネットワークおよび、1999年、2003年時点のネットワーク中のノードについて、ランク付けを行った。1994年、1999年、2003年時点の共著者ネットワークにおけるノードの重要度の数値で上位5位までの順位付したものを、表1、2、3に示す。

表1.1994年の共著者ネットワーク

	1	2	3	4	5
Degree	23	18	17	16	15
COM	41	40	39	38	36
ADA	1.44	0.91	0.72	0.62	0.56
KAT	1.2	1.15	1.10	1.00	0.95
PRE	943	920	897	874	828

表2.1999年の共著者ネットワーク

	1	2	3	4	5
Degree	40	38	32	31	31
COM	77	72	71	70	69
ADA	1.44	0.91	0.72	0.62	0.56
KAT	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
PRE	3157	2911	2880	2870	2829

表3.2003年の共著者ネットワーク

	1	2	3	4	5
Degree	48	41	38	37	36
COM	88	84	83	80	78
ADA	1.44	0.91	0.72	0.62	0.56
KAT	0.80	0.75	0.70	0.65	0.60
PRE	4224	3840	3696	3648	3608

Betweennessはすべてのノードにおいてほぼ0である。共著ネットワークには端にあるノード等、そもそも仲介するノードがあまり無いといえる。Closenessは時系列と共に増えているが、ネットワークの規模に影響されたと考え

られ、極端に低い値となった。Degreeは年数と共に度数が増えているが、これら上位5位以内のノードは各年数共に全く別のノードであった。これは将来的に共著関係が大幅に増えたノードがあることを示す。COM、JAC、PREは年代を重ねるごとに増えていった。これは年代を重ねるごとに、あるノードが新たなノードと繋がりを持ったことを示す。ADAは他のノードと隣接する数が少ないノードを重みで評価するが、変化が見られなかったため全ノードに対し極端に隣接ノードの少ないノードが増加しなかったことを示す。KATは本来共通隣接ノードが増える度に数値が増すが、逆に減少した結果になってしまっている。上位5位のノードの年代ごとのランキング推移を図1に示す。

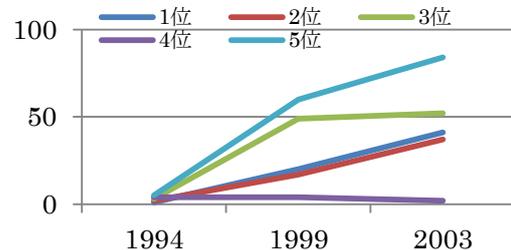


図1.各年代での上位5ノードのランキング推移

1994時点で上位5位だったノードの順位が1999年また2003年になると大きく下がってしまっているが、中では4位のノードのように順位が維持されるノードも存在する。他のノードと比べ4位のノードは年代ごとにDegreeが大幅に増えている。このことからDegreeが増加すると比例して増加する共通隣接ノード指標のCOMとPREならば順位を維持できるノードは予測しやすいと考えられる。

6 まとめ

ノードの重要度指標及びリンク指標を用いて、それぞれの指標の観点で将来的に重要となるノードの推定を行った。1994年時点には共著関係の数が少ない著者でも1999年、2003年時点にはさらに多くの共著関係を築き上げていることがわかった。

「参考文献」

- 1) 宮西 大樹, 藤井 進, 上原邦昭, リンク予測を基にした時系列ネットワーク中でのオブジェクトランキング, 人工知能学会論文誌, 27巻3号(2012-3)
- 2) 高エネルギー物理理論の論文データベース arXiv(HEP-Th) ネットワークデータ <https://kdl.cs.umass.edu/display/public/HEP-Th> (最終アクセス日時 2014年10月27日 11:22)