

中心性に基づくランク選択によるネットワーク生成モデル

日大生産工 ○中神 海斗 日大生産工 山内 ゆかり

1 まえがき

現実の世界を表すモデルとして複雑ネットワークが有効とされている。実世界の様々なネットワークがスケールフリー性をもつことが示されており、スケールフリー性を持つようなネットワーク生成モデルの発見が実世界ネットワークの理解・解析に大きく関わっている。

柳井らが提案した「ノード順位による選択を用いたスケールフリー・ネットワークモデル」[1]では、成長原理を用いないことと、ノンパラメトリックであるランク選択モデルを提案した。その結果、スケールフリー性を持つネットワークを生成できたが、ベキ指数が小さすぎる問題がある。

本研究では、中心性を用いてランクを変位させるランク選択モデルを提案し、生成されたネットワークの特徴量を解析し従来モデルと比較する。

2-1 ランク選択モデル

ランク選択モデルとは、ノードに適合度(ランク)を割り当て適合度によってリンクを生成していくネットワーク生成モデルである。ランク選択モデルの生成過程を以下に示す。

- a. n個のノードに適合度を任意に割り当てる。
- b. ランダムにs個のノードを選択し、最も適合度が高いノードをnode1とする。
- c. bと同様にnode2を決定する。
- d.
 - d-1 node1≠node2であればリンクを生成。
 - d-2 node1=node2の時はリンクを生成しない。
- e. リンク本数分b~dを繰り返す。

2-2 ネットワークの中心性

本研究で用いる中心性は以下の3つとする。
Degree: ネットワーク内のノードとどの程度直接つながっているのかを示す指標

$$d_i = \frac{k_i}{N-1} \quad (1)$$

Closeness: ネットワーク内でのコミュニケーションの効率を示す指標

$$\frac{N-1}{\sum_{j=1, j \neq i}^N d(v_i, v_j)} = \frac{1}{L_i} \quad (2)$$

ここで、 $d(v_i, v_j)$ は v_i から v_j の距離、 L_i は v_i から他のN-1点への距離の平均である。

Betweenness: 情報伝達におけるフローのコントロールの可能性を示す指標

$$b_i \equiv \frac{\sum_{i_s=1; i_s \neq i}^N \sum_{i_t=1; i_t \neq i}^{i_s-1} \frac{g_i(i_s i_t)}{N_{i_s i_t}}}{(N-1)(N-2)/2} \quad (3)$$

ここで、 $g_i(i_s i_t)$ は v_{i_s} から終点 v_{i_t} への最短経路の中で v_i を通るものの数、 $N_{i_s i_t}$ は v_{i_s} から v_{i_t} への最短経路の総数である。

3 提案手法

本研究では、ノードの順位をネットワークの中心性によって変化させることを提案する。

- A. 初期ネットワークとしてレギュラーグラフを作成する。
- B. ノードに適合度を割り当てる。
- C. 適合度に応じた順位を割り当てる。
- D. 下位 N/2 位まででリンクを 2 本以上持つノードから 1 本リンクを外す。
- E. ネットワークの中心性を測り、新しい適合度をつける。
- F. ランク選択で外した分のリンクを生成する。ただしノード候補 s は 1 から 2K-1 のランダムな値とする。
- G. もう一度 e を行う。
- H. C~G を 10 回繰り返す。

4 実験環境

ネットワークのパラメータは、ノード数 N は 1024、平均次数 K は 6 としている。

ネットワークの比較に用いる指標はクラスター係数 C、平均頂点間距離 L、次数分布、ネットワーク図とする。

A Network Generation Model by Rank Selection based on the Centicity

Kaito NAKAGAMI and Yukari YAMAUCHI

5 実験結果および検討

提案手法で生成されたネットワークの比較及び検討を行う。各ネットワークの特徴量は10試行の平均としている。表1にBAモデルとランク選択モデル、提案手法を3つの中心性を用いて生成したネットワークのCとLを示す。各ネットワークの度数分布を図1に示す。

表1. N=1024でのCとL

| | C | L |
|-------------|---------------|---------------|
| BAモデル: BA | 0.0387 | 3.4247 |
| ランク選択: Rank | 0.0284 | 1.6661 |
| 度数中心性: ProD | 0.0462 | 2.7115 |
| 近接中心性: ProC | 0.0623 | 2.3704 |
| 媒介中心性: ProB | 0.0359 | 3.3952 |

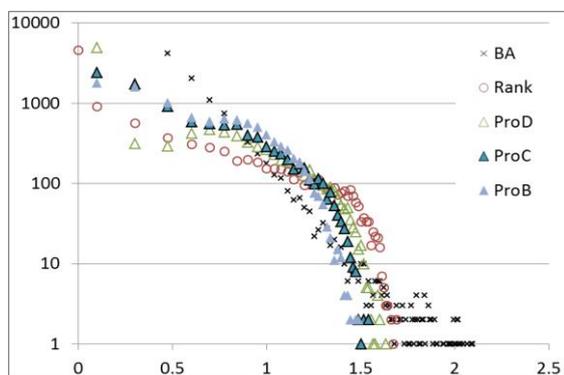


図1. 度数分布図

表1より、提案手法に近接中心性を用いて構成したネットワークは平均頂点化距離Lが小さく、クラスター係数は最も大きい値となった。図2にネットワーク例を示す。ただし、形状の見やすさの為、N=32、K=6での例を用いた。

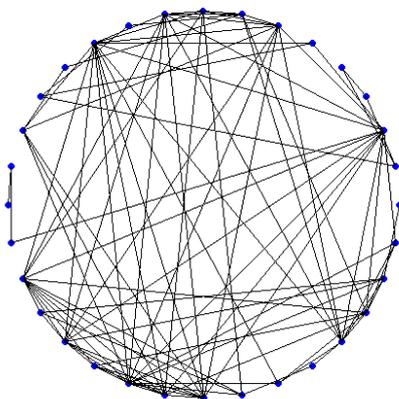


図2. 近接中心性に基づくランク選択モデル

平均頂点化距離Lが小さい結果は、近接中心性がLに基づき計算される指標であり、その値

が小さいノードを優先した張替えの影響によるものと考えられる。

図2より、近接中心性を用いて構成されたネットワークは類似ノード間での相互結合が多いことがわかる。これにより高いクラスター係数が得られていると考えられる。また、リンクを1本しか持たないノード同士が結合することで、ネットワークを分断してしまう問題点がある。

図1より、度数中心性の分布は、度数が大きく下がっている部分があるのがわかる。これは初期の適合度にランダム性がでるためと考えられる。中心性を用いて構成されたネットワークの度数分布は柳井らのランク選択モデルと比べ高いスケールフリー性を持っていることがわかる。

6 まとめ

本研究では、ノードの適合度をネットワークの中心性によって変化させ、ランク選択モデルでリンクの張替えを行うことでネットワークを生成する手法を提案した。近接中心性ではBAモデルと比較して、小さいLと大きいCを持つネットワークを生成することができた。また、柳井らのランク選択モデルではベキ指数の低いスケールフリー性を持つことが問題であったが、より高いスケールフリー性を持つネットワークを生成できることを実験により示した。

今後の課題としては、ネットワークを分断するノードに対しての対応を付加することにより、提案手法の拡張を行いたい。

「参考文献」

- [1] 柳井孝介,伊庭斉志, ノード順位による選択を用いたスケールフリー・ネットワークモデル, コンピュータソフトウェア 24(1), 50-61, (2007)
- [2] 増田直紀,今野紀雄, 複雑ネットワークの科学,産業図書,2005年2月25日
- [3] 増田直紀,今野紀雄, 複雑ネットワーク～基礎から応用まで～,産業図書,2010年4月30日