

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の応用

日大生産工 ○木村 黎 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持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.

これまでにスケールフリー・ネットワークモデルは数多く提案されている.その中で中神らがノードの適合度をネットワークの中心性に基づいて割り当て,中心性によって変異させ,ランク選択でリンクの張り替えを行うことでネットワークを更新する手法¹⁾を提案した.この手法を用いて構成されたネットワークは高いクラスター性,平均頂点間距離が小さく,べき則の次数分布のネットワークを生成することができた.しかしこの従来手法は初期ネットワーク及び提案手法で生成されたネットワークでの特徴量を比較したのみであり,どのような分野に応用できるのかは確認されていない.

そこで本研究では,この中神らが提案した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を改良することでこのモデルが使える分野の拡張を目指す.

2. 研究背景及および従来手法

複雑ネットワークとは,現実の世界に存在する多様で,巨大な複雑構造を有しているネットワークから一定の共通する性質を見出し研究する学問である²⁾.中神らはスケールフリー性をもつようなネットワークを生成するため,ノードに中心性に基づいた適合度を割り当て,適合度に応じてリンクの張り替えを行い,ネットワークを構成するモデルを提案した.**Fig.1**に中神らの中心性に基づくランク選択モデルのアルゴリズムを示す.

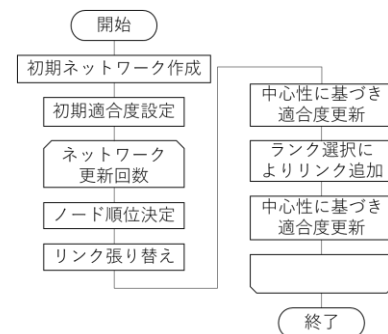


Fig.1 中心性に基づくランク選択モデル

- A. 初期ネットワークを作成する.
- B. 初期適合度設定では,ネットワークの中心性に基づいて各ノードの中心性を測りノードに適合度を割り当てる.ただし,レギュラグラフの場合は,任意なランダムな値を割り当てる.
- C. ノード順位決定では適合度の値によりノードに順位をつける.
- D. 適合度に応じて確率選択によりノードを選択し,下位ノード間のリンクを優先的に外す.
- E. ネットワークの中心性を測り,新しい適合度をつける.新しい適合度は,
 $(\text{現在の適合度} + \text{更新した適合度}) / 2 = \text{新しい適合度}$ とする.
- F. ランク選択でリンクを生成する.ただしノード候補サイズsは1から $2K-1$ のランダムな値とする.
- G. FをDで外した本数分繰り返す.
- H. もう一度Eを繰り返す.
- I. C~GをREPEAT_MAX回繰り返す.

ランク選択との違いは,初期ネットワークを作成し,中心性により適合度を割り当て,リンクを張り替えた後も中心性により適合度を変化させている点である.**Fig.2, Fig.3, Fig.4**は実際に各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を行ったモデルである.

しかし従来手法の問題点として孤立ノードや部分閉路ができてしまうため,正確な経路長が求められないという点があげられる.

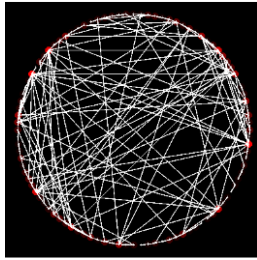


Fig.2 次数中心性によるランク選択モデル

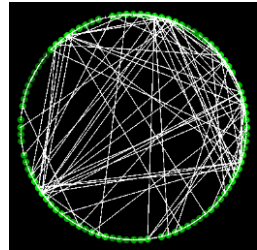


Fig.3 近接中心性によるランク選択モデル

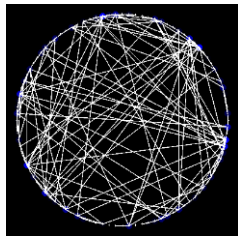


Fig.4 媒介中心性によるランク選択モデル

3. 提案手法

本研究では,孤立ノードや部分閉路を無くすことで,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の情報伝達効率を向上する.さらにネットワークの連結により,クラスター性やスケールフリー性にどのような影響があるかを検証する.

孤立ノードや部分閉路を無くす手法は,ネットワーク内に存在する最大クラスターを探索し,孤立ノードや部分閉路と最大クラスターを繋げることでネットワークを連結した.ただしリンク総数を変更しないよう,孤立ノードや部分閉路を繋げたリンク数分,クラスター内のリンクを孤立ノードや部分閉路を作らないように外すことを行った.

4. 実験結果および検討

提案手法によりネットワークの連結性が改善し,平均経路長(情報伝達効率)が向上した.ネットワークの特徴量であるクラスター係数による比較を,孤立ノードを繋げる前後で表1,表2に示した.なお,このネットワークはノード数 $N=100$,平均次数 $K=6$ である.

表1 クラスター係数(連結前)

モデル	初期	次数	近接	媒介
Regular	0.600	0.217	0.230	0.221
Random	0.057	0.153	0.131	0.143
WS	0.418	0.186	0.190	0.168
BA	0.207	0.233	0.213	0.191
Rank	0.161	0.250	0.249	0.252

表2 クラスター係数(連結後)

モデル	初期	次数	近接	媒介
Regular	0.600	0.210	0.214	0.218
Random	0.153	0.125	0.128	0.144
WS	0.418	0.183	0.192	0.167
BA	0.207	0.232	0.197	0.184
Rank	0.161	0.178	0.170	0.188

初期のネットワークの全てのモデルでクラスター係数の低下が見られた.これはネットワークが大きなクラスターになることで,もとのクラスターと比較してリンクの密度が下がり,クラスター性(相互に結合している度合い)が低下したからだと考えられる.またRankモデルでは孤立ノードや部分閉路が出来やすいため,特にこの影響が大きかったと考えられる.

5. まとめ

従来手法の中心性によるランク選択に基づくランク選択によるネットワークから生成されてしまう部分閉路や初期ネットワークに作られてしまう孤立ノードを無くし,どのノードに対してもアクセスを可能にすることを目的として今回の研究を行った.情報伝達効率を優先するとクラスター係数が減少してしまった.特にRankモデルでは初期ネットワークで既に孤立ノードが他のネットワークモデルよりも多く生成されてしまうため今回のような結果となっていたが,他のモデルに関しては情報伝達効率だけを大きく上げられた.今後は提案手法で生成したネットワークモデルを他の分野に応用できるか検証していきたい.

【参考文献】

- 1) 中神海斗(2015)「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」,日本大学生産工学部数理情報工学科提出卒業論文,p.19-20
- 2) 増田直樹,今野紀雄(2010),複雑ネットワーク〜基礎から応用まで,産業図書