

次数固定張り変えモデルによる複雑ネットワークの生成

日大生産工 ○江 思萱 日大生産工 山内 ゆかり

1 まえがき

世の中にネットワークと言われるものが多種多様に存在する。例えば、情報通信ネットワーク、交通ネットワーク、遺伝子ネットワークなどがある。コンピュータを使うことで、このようなネットワーク上の膨大なデータを分析することが容易になった。

現実世界に存在するネットワークは多様であり、それぞれ複雑な構造を有しているが、共通する性質を見出すことができる。それらの性質は「スモールワールド性」「スケールフリー性」「クラスター性」などがある。本研究では、「スモールワールド性」の生成に基づいて新しい手法を提案する。

2 WSモデルによるスモールワールドネットワーク

ワッツ(Watts)とストロガッツ(Strogatz)によって1988年に提案された「スモールワールドモデル」は規則的なネットワークのエッジを繋ぎ変えることにより構成されるネットワークである。規則的にネットワークのエッジを繋ぎ変えることで、ネットワークの平均経路長が小さく、クラスター係数が大きい性質を持つネットワークを構成できる。

[1]

平均経路長 L は

$$L = \frac{S}{\frac{n(n-1)}{2}} \quad (1)$$

と定義される。頂点間を行き来するための最少ステップ数の平均を示す。 $n(n-1)$ は異なる2頂点の組合せの総数である。 S は頂点間距離の合計である。

クラスター係数 C は

$$C_i = \frac{H_i}{k_i(k_i-1)/2} \quad (2)$$

と定義される。1つの頂点に繋がっている2つの頂点同士が繋がっていることをクラスターといい、その数のことである。 H はある頂点を頂点に持つ三角形の数、 K は頂点の次数である。

確率 P はリンクの張り変えの発生確率である。 P が0に近いほど、エッジはわずかしき繋ぎ変わらない。 P が1に近いほどより多くのエッジが繋ぎ変わる。以上三つの性質を用いて新しく提案したモデルを分析する。

3 次数固定張り変えモデル原理

本研究において提案したモデルは次数固定張り変えモデルである。次数固定張り変えモデルとは、各ノードの次数の数を変化させないようにエッジを貼り変えるものである。手順はランダムで選択された2つのノード間のエッジを取り、次数を変えないように、他の2つのノード間にエッジを張る。この操作は確率 P によって確率 P のノード間に行い、新しいネットワークを生成する。

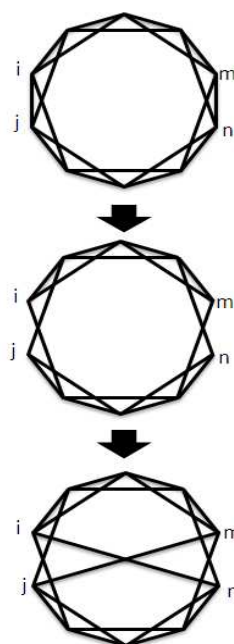


図1 張り変え原理

図1では、レギュラーグラフから開始し、ランダムで選ばれたノード i とノード j の間にあるリンクを外す。次数の数は固定であるため、ランダムで選ばれたノード m とノード n の間にあるリンクも一緒に外し、両リンクを交差で繋ぎ変える。

4 実験結果および検討

次数固定張り変えモデルとスモールワールドモデルをノード数 $N=1000$ 、次数 $K=10$ で10試行を行い、平均経路長の比較を示す。

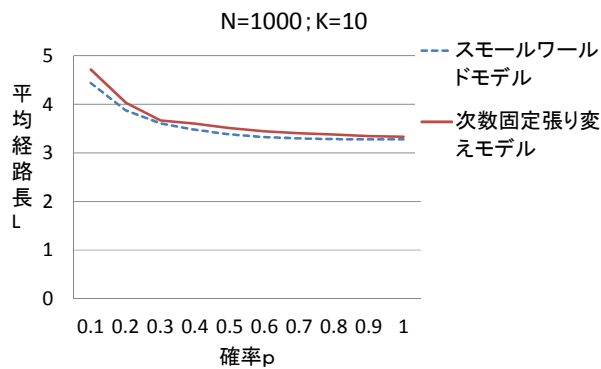


図2 平均経路長の比較

平均経路長の場合より確率 P の変化によって次数固定張り変えモデルは従来にあるスモールワールドモデルより小さな平均経路長を維持できないことが解った。

次数固定張り変えモデルとスモールワールドモデルをノード数 $N=1000$ 、次数 $K=10$ で10試行を行い、クラスター係数の比較を示す。

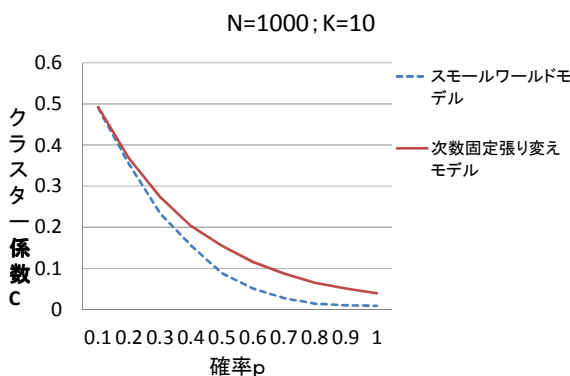


図3 クラスター係数の比較

クラスター係数の場合より確率 P の変化によって次数固定張り変えモデルは従来にあるスモールワールドモデルより大きなクラスター性を維持できた。また確率 P が大きいほどクラスター性を維持できた。

次に次数固定張り変えモデルのノード数の変化によるネットワーク指標の影響を分析する。

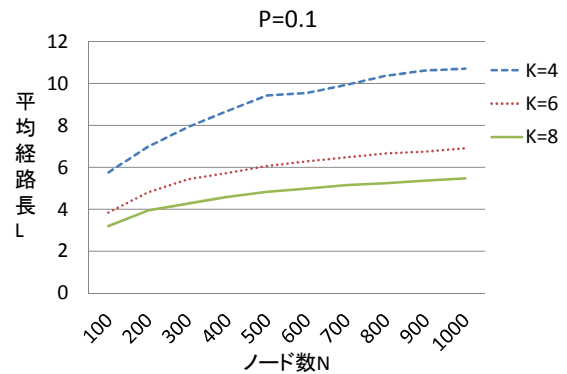


図4

平均最短経路長の変化図

図4よりノード数 N 増加によって平均最短経路は規則的に増加している。これはスモールワールドの特性と一致する。

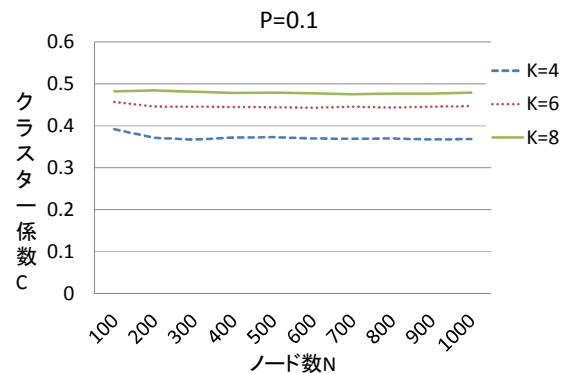


図5 クラスター係数の変化図

図5よりノード数 N 増加によってクラスター係数の変化はほぼ見られない。つまり、本モデルではネットワークの規模に依存しない結果となった。これはスモールワールドモデルの特性と一致する。

5 まとめ

本研究で提案したモデルによって生成するネットワークはスモールワールド性を有しているという結果となった。従来のスモールワールドモデルよりクラスター係数 C が大きく維持でき、スモールワールドモデルの特性と似ていることが解ったが、本モデルをどのようなネットワークに適用すべきかを今後の課題となる。

「参考文献」

[1] 今野紀雄 町田拓也：「図解入門よくわかる複雑ネットワーク」，秀和システム，pp. 134，2008。