

GA によるネットワーク生成における 平均最短移動距離とクラスター係数の相関関係について

佐藤 史隆

Fumitaka Sato

1 はじめに

近年、複雑ネットワークがいたるところに存在していることが分かっているが、構造や特性については分かっていない場合が多い¹⁾。

本研究では、ネットワーク特性量について注目し、最適化を用いてネットワークを設計した後、その設計されたネットワークの特性量を調査、検証を行うというアプローチをとる。最適化には、遺伝的アルゴリズムを用い、初期個体をランダムネットワークとし、そこから目的のネットワークを設計していく。目的関数を変更することで、様々な検証に有効であると考えられる。ここでは、その調査の一例として、目的関数の対象となりうるネットワーク特性量のうち、ノード間の距離である平均最短移動距離に着目した場合について最適化を行い、クラスター係数との相関関係について調査する場合について示す。

2 ネットワーク特性量

ネットワークは、中継点である各点のノード (Node) と、それらをエッジにより (Edge) によりつなぎ合わせることで、つまりリンク (Link) させることにより構成される。このネットワークを特徴づけるために、様々な特性量が用いられる。ここでは、複雑ネットワークに関連するネットワーク特性量として代表的な平均パス長、クラスター係数について述べる。

2.1 平均パス長

ネットワーク中の、ある 2 つのノードについて、いくつかのノードを経由していくか、渡っていく最小のエッジ数を、ノード間の距離である最短パス長 (Path Length) と定義される。さらに、ネットワークに存在するすべてのノード間の最短パス長を平均したものを、そのネットワークにおける平均パス長と定義する。ネットワークの簡略図を Fig. 1 に示す。

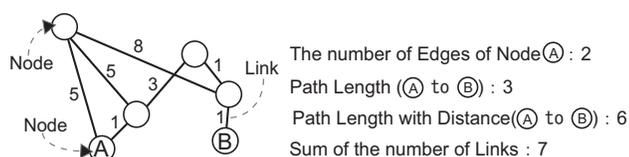


Fig. 1 ネットワーク構成例

ここでは、より実問題に近い問題を想定した、すなわち、各ノード間の距離を考慮するネットワークを扱う。なお、距離を考慮するネットワークにおいては、ノード間の関係の指標として、平均パス長ではなく、より少ない移動距離で到達できるような最短移動距離をノード間の関係の指標とする。

2.2 クラスター係数

クラスター係数は、ネットワークの集まり具合を表す指標であり、ノードとつながっているノード同士もまたつながっている (三角形を形成している) 確率を示す。あるネットワーク全体のクラスター係数 C は、各頂点 i が持つクラスター係数 C_i の平均値として定義される。ノード数を N 、頂点 i が持つ辺数を k_i 、クラスター数を E_i とするとき、式 (1) に示す式で定義される²⁾。

$$C \equiv \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N C_i \quad C_i = \frac{2E_i}{k_i(k_i - 1)} \quad (1)$$

3 数値実験

目的関数を 2 節に示したネットワーク特徴量の 1 つである平均最短移動距離として実験を行う。そして、その際におけるクラスター係数との相関関係について調査し、ネットワークの特性調査の一例を示す。

3.1 対象問題

本実験では、TSPLIB に収録されている eil101 の都市配置をネットワーク作成、および調査のテスト問題として扱う。この都市配置に対してエッジ数を 160 から 500 までのそれぞれの場合についての実験を行う。

3.2 パラメータ

実験に用いたパラメータを Table 1 に示す。終了条件は評価計算回数が 1.5×10^7 を超えたときであり、試行回数は 5 とした。MGG における複製選択後の交叉回数は 25 とする。すなわち各世代に 50 個の子個体を生成し生存選択を行う。

3.2.1 実験結果

Fig. 2, Fig. 4 にエッジ数をそれぞれ 200, 400 とした GA を適用した際の平均最短移動距離およびクラスター係数の変化を示す。それぞれについて縦軸は平均最短移動距離とクラスター係数、横軸は最適解更新回数を

Table 1 パラメータ

母集団数	1
世代交代モデル	MGG
個体数	600
染色体長	5050
交叉回数	25
交叉率	1.0
サブ母集団数	1
突然変異率	1 / (染色体長)
選択手法	ランキングルーレット選択

示している。また、それぞれの履歴を示した場合について、初期状態とGA適用後の図をそれぞれ Fig. 3, Fig. 5 に示す。また、Fig. 6 に最適化後のクラスター係数と平均最短移動距離が、エッジ数によってどのように変化するかを示す。縦軸に平均最短移動距離とクラスター係数、横軸にエッジ数を示す。

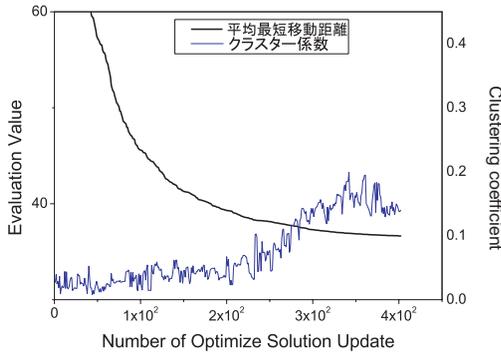


Fig. 2 クラスター係数と平均最短移動距離の変化 (eil101-200)

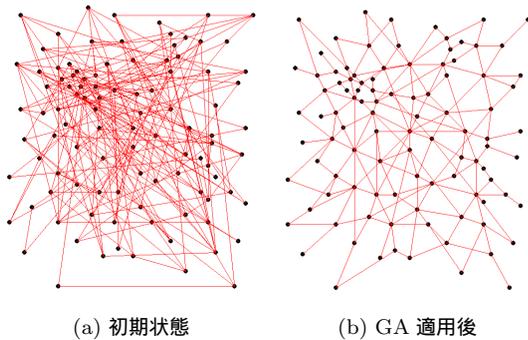


Fig. 3 ネットワーク構成 (eil101-200)

Fig. 2, Fig. 4 より、平均最短移動距離が最適化されていくと共に、クラスター係数が大きくなっていることが確認できる。また、Fig. 6 より、エッジ数の増加に伴い、平均最短移動距離は小さくなり、クラスター係数は上昇傾向にあることが確認できる。これにより、平均最短移動距離とクラスター係数に相関関係があることが予想される。

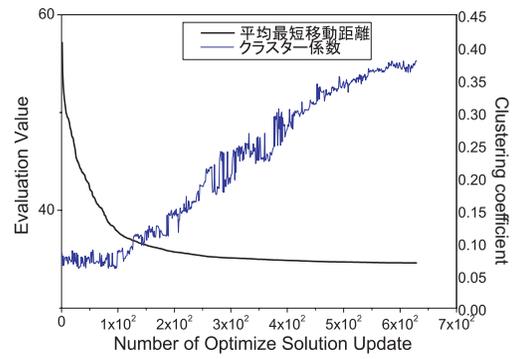


Fig. 4 クラスター係数と平均最短移動距離の変化 (eil101-400)

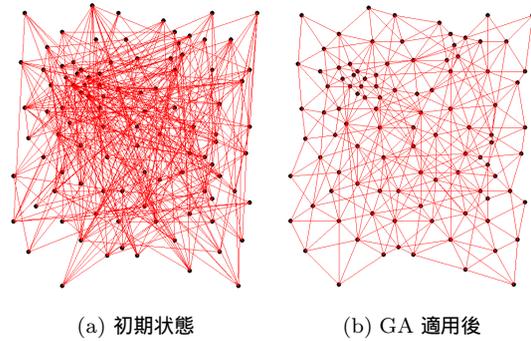


Fig. 5 ネットワーク構成 (eil101-400)

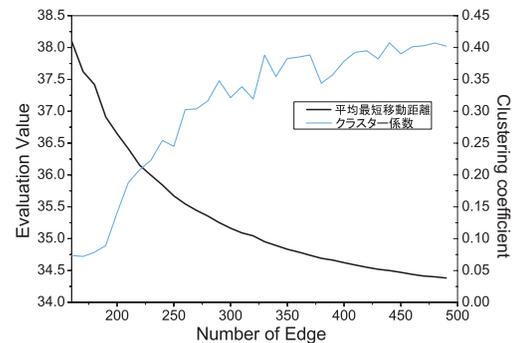


Fig. 6 エッジ数を変えた時の最適化後のクラスター係数と平均最短移動距離

4 まとめ

本報告では、目的関数に平均最短移動距離を用いてネットワークを作成し、クラスター係数との相関関係について考察を行い、ネットワーク特性の調査の一例を示した。数値実験により、この問題モデルにおいて平均最短移動距離の最適化を行った場合、クラスター係数と相関関係があることが確認できた。

参考文献

- 1) A.-L. Barabási, Linked: The New Science of Network Perseus Books (青木訳『新ネットワーク思考』), NHK 出版, 2002.
- 2) 相馬亘, 下原勝憲, スモールワールドネットワークの役割, 2001.