

遺伝的アルゴリズムを用いた2目的ネットワーク問題における 準パレート最適解導出方法の改良

Improvement of Obtaining Quasi-Pareto Solutions for a Bi-Objective Network by Genetic Algorithm

1941017 岩橋 泰一

Taichi IWADATE

指導教員 秋葉 知昭

Although many network systems have been designed in the real world, it is known that evaluating network systems is complex and takes a lot of time.

The purpose of this study is to improve the method of obtaining quasi-Pareto solutions for a Bi-Objective Network. as in the previous studies, a genetic algorithm is used to improve both the discovery rate and error rate of the quasi-Pareto solution by improving the method of reducing the search space and the method of intersection. In order to improve the method of obtaining the quasi-Pareto solution, I conduct an additional investigation in addition to the properties of the quasi-Pareto solution shown in previous studies. Based on the properties obtained, the proposed algorithm uses a genetic algorithm to efficiently search for networks that are considered to be quasi-Pareto solutions.

1. 緒言

現代社会には数多くのネットワークシステムが存在する。ネットワークの評価の対象となるものとして、小出[1]は「多くのネットワーク設計ではネットワーク信頼度やネットワーク構築を考慮して、採用可能なネットワーク構成要素の中から適切なものを選択する」と指摘している。このように、信頼度や構築コストはネットワークシステムの評価において重要な要素であると考えられる。

本報告は2目的ネットワークの設計問題において、パレートフロントを構成する部分ネットワークの性質を利用し効率的な探索アルゴリズムを構築すると共に、その実験結果の概要を示す。

2. ネットワークシステム

2.1 問題定義

問題を定義するために以下の記号を定義する。

n : ノード数

m : エッジ数

$i = 1, 2, \dots, m$ に対して,

\mathbf{x} : エッジの使用状態, $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_m)$

e_i : エッジ番号 i のエッジ

p_i : エッジ e_i の信頼度

c_i : エッジ e_i のコスト

f_i : エッジ e_i の効率性, $f_i = p_i/c_i$

g : ノード V , エッジ E からなる単純グラフ。

$R(g)$: ネットワーク g の全点間信頼度

$C(g)$: ネットワーク g のエッジの構築コスト合計

\mathbf{x}_k : n 個のノードが k 本のエッジで連結されているネットワーク

X_k : ネットワーク \mathbf{x}_k の集合

$\bar{F}(g)$: エッジの効率の平均値, $\bar{F}(g) = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^m f_i x_i$

\bar{F}_k : ネットワーク \mathbf{x}_k のエッジの効率の平均値の中央値

本研究では、単純グラフ g で表されるネットワークに対して、ネットワーク集合 G_n から、より信頼度が高く構築コストが低いネットワーク g を求める。考察する問題は以下のように定式化される。

$$R(g) \rightarrow \max$$

$$C(g) \rightarrow \min$$

2.2 先行研究

高橋[2]は、エッジ本数 k の部分ネットワーク \mathbf{px}_k にエッジ e_i を追加したエッジ本数 $k+1$ の部分ネットワークは \mathbf{px}_{k+1} である可能性が高いことを示した。そこで、パレートフロント付近のネットワークのみを計算できるように、探索空間を制限する方法を提案した。この方法は部分ネットワークの集合 X_k から部分ネットワーク \mathbf{x}_k を選択し、エッジ e_i を追加することで X_{k+1} を構成する。

大枝[3]は遺伝的アルゴリズムの選択の際、パレート最適解からコストが最大の点と最小の点の2点間の傾き制約を適用して、解の探索空間を制限した。この制約条件とパレートフロントの関係を考え、中村[4]はパレート最適解のコストが中央の点を探索し、最小から中央と中央から最大の各2点間の傾きを用いて、解の探索空間を制限した。金澤[5]は中村[4]のコストが中央の点を、コストは中央の点、信頼度は中央の点の次にコストが低い点をとる方法と、コストは中央の点の次にコストが高い点、信頼度は中央の点をとる方法によって

探索空間を制限した。また、高橋[6]はコストが最小から中央までの区間はコストが最小の点の信頼度以上、コストが中央から最大までの区間はコストが中央の点の信頼度以上の点を探索空間とした。

3. アルゴリズムの改良

はじめに、パレート最適解となるネットワークの傾向を調査した。部分ネットワークの集合 X_k のうち、パレート最適解になる部分ネットワーク px_k のエッジの効率の平均値 $\bar{F}(x_k)$ はそれらの中央値 \tilde{F}_k 以上になる傾向がみられた。

本研究では、この傾向および高橋[2]の提案をGAに適用する。初期個体は、 $n-1 \leq k \leq m$ かつ $\bar{F}(x_k) \geq \tilde{F}_k$ を満たす x_k からランダムに生成する。親個体は、部分ネットワーク x_k 、前世代のパレート最適解 $px(\in PX)$ について、 $\sum_{i=1}^m |x_i - px_i| \leq 1$ を満たすパレート最適解 px が存在し、 $n-1 \leq k < \frac{n+m}{2}$ の場合、 $\bar{F}(x_k) \geq \tilde{F}_k$ であるネットワーク x_k を選択する。また、交叉は2つの方法を用いる。エッジの効率 f_i について、実験①では、 f_i の値が上位3位までのエッジ e_i の連結状態 x_i を保持し、その他の遺伝子を交叉する。実験②では、 f_i の値が下位3位までのエッジ e_i の連結状態 x_i を保持し、その他の遺伝子を交叉する。

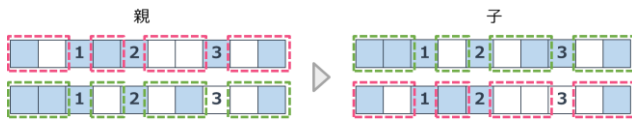


図 3.1 本研究提案の交叉法

4. 数値実験

本研究では、ノード数を6とし、金澤①[5]、金澤②[5]、高橋[6]、全数列举のアルゴリズムの4つとの比較した。以下、実験①は岩楯①、実験②は岩楯②と表記している。

表 4.1 のように、本研究の岩楯①および岩楯②は金澤①、金澤②、高橋のアルゴリズムに比べ、発見率は高くエラー率は低い傾向を示した。

表 4.1 実験結果の比較

NW0	全数列举	金澤①	金澤②	高橋	岩楯①	岩楯②
パレート最適解	65	34.3	36.3	56.0	66.3	66.3
発見数		24.5	27.7	51.7	63.0	63.0
劣解数		9.8	8.7	4.3	3.3	3.3
発見率		0.377	0.426	0.795	0.969	0.969
エラー率		0.282	0.238	0.076	0.050	0.050

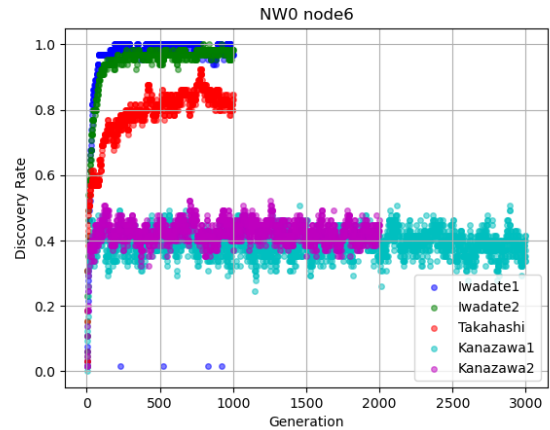


図 4.1 パレート最適解の発見率の推移

5. 結 言

本研究では、金澤①、金澤②、高橋のアルゴリズムと比較して、パレート最適解の発見率とエラー率が大幅に改善された。また、図 4.1 のように、発見率の増加率についても改善されていることがわかる。

しかし、エッジの効率のばらつきが小さいネットワークの場合は、著しく発見率が低下し、エラー率が上昇することがわかった。この問題は、エッジの効率のばらつきが小さいほど顕著になる傾向があった。この問題を解決するためには、本提案アルゴリズムを大幅に変更する必要があると思われる。

文 献

- [1] 小出武：全部分ネットワークの信頼性計算アルゴリズム，流通経済大学論 集—経済・情報編，第9巻，3号，pp.71-83(2001)
- [2] 高橋奈津美，山本久志，秋葉知昭，肖霄：ネットワーク特性を考慮した効率的なパレート最適解探索過程，日本経営工学会論文誌，vol.68，No.4，pp.232-243(2018)
- [3] 大枝拓未：遺伝的アルゴリズムを用いた2目的ネットワーク設計問題の解法，平成30年度千葉工業大学卒業研究(2018)
- [4] 中村正典：2目的ネットワーク問題におけるGAを用いた準パレート最適解算出方法の改良(2017)
- [5] 金澤悠璃：遺伝的アルゴリズムを用いた2目的ネットワークの準パレート最適解の導出方法の新提案(2020)
- [6] Natsumi Takahashi, Tomoaki Akiba, Hisashi Yamamoto, Shao-Chin Sung : Bi-objective Optimization of Network Reliability by Genetic Algorithm, The 9th Asia-Pacific International Symposium on Advanced Reliability and Maintenance Modeling (2020)