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法の改良

Improvement of GA-Based Algorithm for Obtaining Quasi-Pareto Solution of a Binary-Objective Network

1541096　中村 正典

Masanori NAKAMURA

指導教員　秋葉 知昭

I considered an algorithm for obtaining quasi-Pareto solutions of a binary-objective network with all-terminal reliability and construction cost by using genetic algorithm. In this study, I proposed to improve the genetic algorithm for the previous study. As a results, proposed algorithm could obtains better quasi-Pareto solutions with previous study when the node of number 6 or more.

１．緒　言

ネットワークの設計評価の際に，信頼度とコストは評価において重要な要素であると考えられる[1]．しかし，信頼度とコストは一般にトレードオフの関係であるため，この 2 つの評価が最良となるネットワークの設計判断は困難である. 従って，パレート最適解算出を行うことは，設計・評価に良い判断材料を提供するため有用である.

大枝[3]は，遺伝的アルゴリズムを用いて，ノード数 9 までの準パレート最適解を算出する方法を提案した．しかしノード数 6 より上の発見率とエラー率の値が悪いという問題点があった.

そこで本研究では，先行研究である大枝[3]の遺伝的アルゴリズムを改良し，ノード 6 以降の準パレート最適解を，より厳密なパレート最適解に近づけることを主目的とする.

２．ネットワークシステム

2.1 ネットワークシステムのモデル化

本研究ではネットワークシステムを構成する各コンポーネント(部品)を，点(ノード)と線(エッジ)によってグラフとしてモデル化する．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

e_i：エッジ番号iのエッジ

p_i：エッジe_iの信頼度

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

加えてエッジの使用状態をm次元ベクトルで表し以下を定義する.

$\mathbf{x}_k$：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

2.2 問題定義

単純グラフ$\mathrm{g} = (\mathrm{V}, \mathrm{E})$で表されるネットワークに対して，本論文では全点間信頼度と構築コストの 2 つを目的関数とし，より信頼度が高く構築コストの低いネットワーク g を求める．このとき，本論文の問題は以下のように定式化される.

$$R(\mathrm{g}) \quad \rightarrow \quad \max$$
$$C(\mathrm{g}) \quad \rightarrow \quad \min$$

本論文では，この問題のパレート最適解を探索する効率的なアルゴリズムを提案する.

2.3 先行研究

高橋[2]は 2 目的ネットワーク設計問題において，パレートフロント付近の解となる部分ネットワークのみの計算ができるよう，解の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}を構成することを基本とする．このとき，エッジの効率とエッジの有効度をエッジe_iの選択指標として使用する.

大枝[3]は 2 目的ネットワーク設計問題において，GA を用いた効率的なパレート最適解探索アルゴリズム提案をした．その際，高橋[2]の提案を GA に適用することで，より効率化を図った．GA の選択で大枝[3]は, パレート最適解の端 2 点間の傾き制約を用いた解の探索空間の制限する手法を用いた.

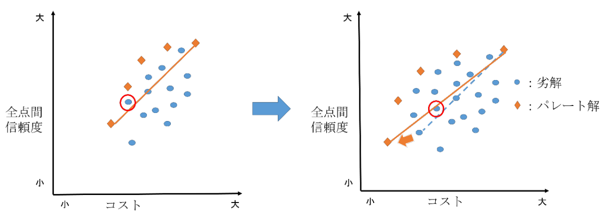

図 1　大枝[3]の傾き制約を考慮した例

３．GA アルゴリズムの改良

本研究では，2 目的ネットワーク設計問題において，先行研究の大枝[3]のアルゴリズムを改良し，更に厳密パレート最適解に近づけるためのパレート最適解探索アルゴリズムを提案する．

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端 2 点間の傾き制約を適用して解の探索空間を制限する方法を用いた．この制約条件とパレートフロントの関係を考え,本研究ではパレート最適解のだいたい真ん中に位置する 3 つ目の点を探索し，中心から最小の 2 点間の傾きと最大から中心の 2 点間の傾きを用いて解の探索空間を制限する方法を提案する．

3 つ目の点を「中央値」と定義する.中央値は，第一世代ではコストの低い順にソートされた個体群の半分に位置する個体のコストと信頼度の値から中央値を選ぶ．さらに大枝[8]の左の点が広がった場合傾き制約を更新するのと同様に，中央値もパレートフロントが広がる場合に更新するようにする．

交叉の際には，高橋[2]の提案したエッジの効率性の概念を用いた交叉法を使用する．大枝[3]はエッジ効率が良いものある場合の場合分けを行ったが，本研究は 2 番目 3 番目のエッジ効率がある時の場合分けを加え,大枝[3]が用いた一点交叉を二点交叉に変える．

さらに世代数と個体数を大枝[3]のパラメータより増加させて，発見率を上げ，エラー率を下げることにより，より厳密なパレート最適解に近い解の導出を目指す．

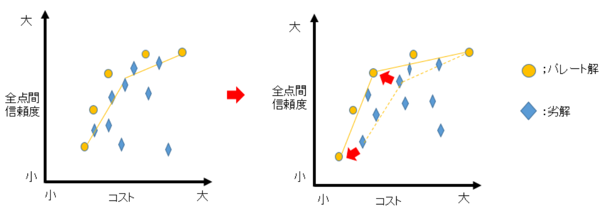

図 2　傾き制約を考慮した際の例

４．数値実験

本研究で提案するアルゴリズムを，高橋[2]と大枝[3]のアルゴリズムと比較をした．ノード 6 の場合，表 1 のように発見率とエラー率に大幅な改善が見られた．しかし世代数を増やしたために計算時間が膨大になる結果となった．

ノード 7 の場合，大枝[3]のパレートフロントより外側になりの高橋[2]のパレートフロントに近づく結果となった．しかし計算時間に関しては，どのネットワークでも膨大な時間がかかり，高橋[2]と大枝[3]のアルゴリズムが優れている結果となった．

表 1　ノード 6 の比較

NW1	高橋[2]	大枝[3]	GA1
計算時間	0.55	1.67	154.90
発見率(%)	70.00	35.00	95.00
エラー率(%)	17.65	52.27	1.72

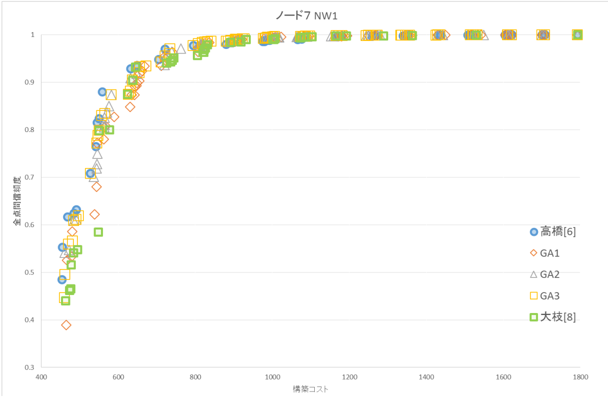

図 3　ノード数 7 の比較

５．結　言

本研究で，改良した遺伝的アルゴリズムを用いることにより，ノード 6 の発見率とエラー率の大幅な改善ができた．またノード 7 以降のパレートフロントも比較的優れている結果となった．

しかし世代数と個体数の増加に伴い計算時間の増加が顕著に表れたため，計算時間を考慮するならば,大枝[3]や高橋[2]のアルゴリズムを用いたほうが良いという結果になった．

今後ノード数 7 でより良い結果を出すためには，世代数を増やしたり，エッジ使用の制約など別の制約も必要であると考えられる．そうすることにより，より厳密なパレート最適解に近い解を求めることができると考えられる．

文　献

[1] 飛鳥川幸弘：コストと信頼度を考慮したネットワークシステムのパレート解算出アルゴリズムに関する研究，平成 18 年度首都大学東京卒業研究(2006)

[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，日本経営工学解論文誌，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)