

遺伝的アルゴリズムによる警察官パトロール問題の解法 Solving the Police Officer Patrol Problem with Genetic Algorithm

工藤 史登¹⁾ 富澤 眞樹²⁾ 遠山 宏明²⁾
Fumito Kudo Masaki Tomisawa Hiroaki Tohyama

1 はじめに

近年、日本では警備コストの増加、警備員の人手不足が社会問題となっている。そのため、ビルや商業施設などの警備では、警備員の人数を減らしたり、巡回ルート工夫したりすることで、コスト削減を行うことが重要である。

警備員の巡回エリアは離散グラフによって表現でき、警備員の効率的な巡回ルートを求める問題は、グラフの辺の巡回問題に相当する。辺の巡回問題としては、混合中国人郵便配達問題 (Mixed Chinese Postman Problem, MCPP) が知られている。MCPP では、全ての辺を少なくとも 1 回は通行しなければならないので、警備員の効率的な巡回ルートは得られない。MCPP は NP 困難であり、Jun ら [2] は MCPP に対する遺伝的アルゴリズム (Genetic Algorithm, GA) を用いた手法を提案した。また、Yuhong[3] は複数の郵便配達員による効率的な配達ルートを求める問題に関して、GA を用いた手法を提案した。

近年、辺を通行するだけでなく、目視確認を認めた巡回問題として警察官パトロール問題 (Police Officer Patrol Problem, POPP) が Tohyama ら [1] により導入された。POPP で得られる巡回ルートは、すべての辺を通行する必要がないことから MCPP で得られるものよりも効率的である (図 1)。

POPP 最適化問題は MCPP 最適化問題と同様に、NP 困難であり、加えて、新しい問題であるため、POPP に対する解法は知られていない。そのため、本研究では、GA を用いた POPP の解法を提案することを目指す。

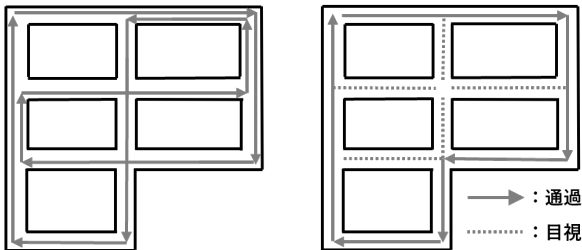


図 1 CPP と POPP の比較

2 遺伝的アルゴリズム (GA)

GA は、対象問題における条件を満たす解候補 (初期集団) をランダムに生成し、これらに遺伝子操作 (選択, 交叉, 突然変異) を繰り返すことで最適解, 又は準最適解を導き出すヒューリスティックな最適化手法である。本節では POPP に対する GA を用いた提案手法の概略を示す。

- 1) 前橋工科大学 工学研究科, Graduate School of Engineering, Maebashi institute of technology
- 2) 前橋工科大学 工学部 生命工学領域, Department of Life Engineering, Faculty of Engineering, Maebashi Institute of Technology

2.1 遺伝子表現

図 2 に示す混合グラフを警備エリアとしたときの POPP における巡回ルートの例を図 3 に示す。混合グラフの辺の重みは距離を表し、実線の辺は通過によって警備する辺、破線の辺が目視によって警備する辺を表す。図 3 は全ての辺が通過又は目視できるため、巡回ルートとして成立する。

提案する GA (以降 pGA と表す) では図 3 の解を染色体として遺伝子表現する。pGA における解の遺伝子表現を図 3 下部に示す。pGA では、通過する頂点を 1、通過しない頂点を 0 で表したビット列としている。

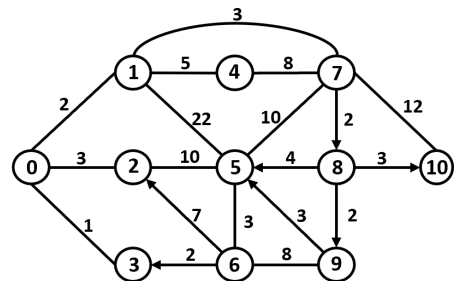


図 2 警備エリアの混合グラフ

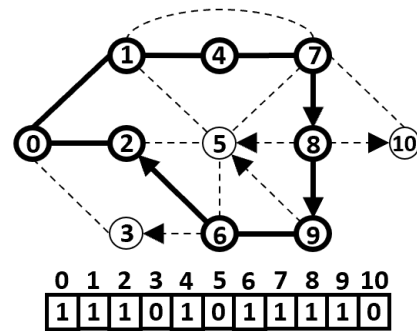


図 3 POPP の巡回ルート

2.2 POPP が交叉に適さない理由

交叉とは、2つの染色体で同じ位置の頂点をを 2つ選択し、その間の遺伝子情報を交換することで、新しい染色体を 2つ生成する遺伝子操作である。

しかし、pGA の遺伝子表現では交叉が適さない。例を図 4 に示す。図 4 では頂点 2 と頂点 4 を選択したとする。すると、2つの染色体の間で頂点 2, 3, 4 の遺伝子情報を交換することになる。交換した結果、図 4 の左下部の染色体から導かれるルートでは頂点 2 と頂点 5 を接続する辺が目視されない辺となった。

このように、ランダムに選択された 2 頂点で交叉すると巡回ルートとして成立しない場合がある。そのため、pGA では交叉を採用せず突然変異だけを採用することにした。

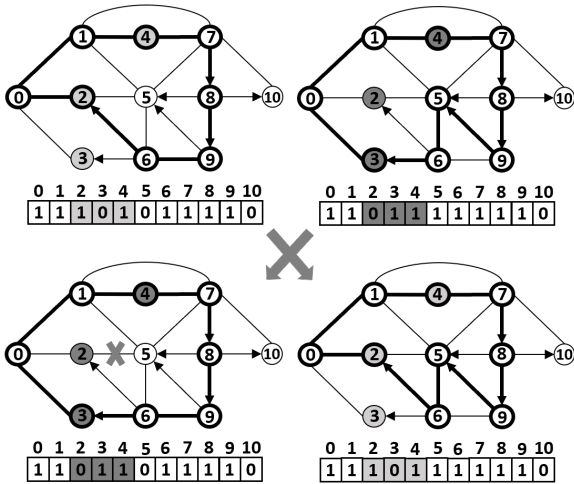


図 4 交叉の例

2.3 POPP における突然変異の提案

pGA では、染色体から遺伝子をランダムに選び、ビット反転する突然変異を用いる。図 5 に突然変異の例を示す。ここで、ビット反転を行う遺伝子に対応する頂点が異なる 2 頂点と隣接していない場合、生成された染色体は実行可能解を表さない。また、ビット反転に伴う部分的なルート変更によって、有向辺を逆向きに通行しなければならない可能性が生じる。さらに、たとえビット反転によって生成された染色体が実行可能解であったとしても、1 回のビット反転では、親個体に似た形質の染色体しか生成できない。このように、ビット反転によって実行不能解が生成される可能性があることと、解集団の多様性を維持する必要性から、図 6 に示すようにビット反転を反復する突然変異を採用する。

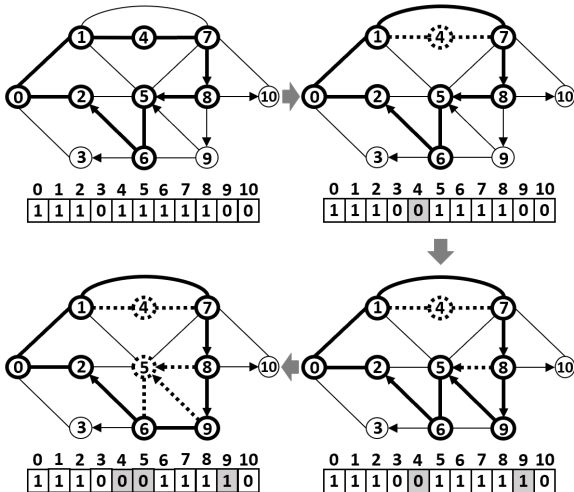


図 5 POPP における突然変異の様子

3 まとめ

警備員のコスト削減のため、効率の良い巡回ルートの生成が求められる。警備員の効率的な巡回ルートを求める問題はグラフの辺の巡回問題に数理モデル化できる。

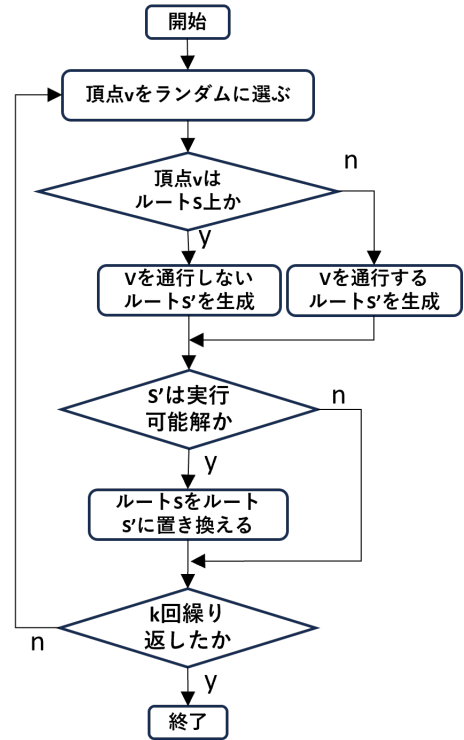


図 6 突然変異のフローチャート

本研究では POPP に対する GA を提案することで効率的な巡回ルートの生成を試みた。POPP では交叉が適さないと考え、突然変異だけを採用した解法を提案した。実行不能解の生成を避けることと、解集団の多様性を維持するという観点からビット反転を反復する突然変異を採用した。

提案手法は交叉を採用していないので、最適解に近く能力が損なわれているのではないかと問題が考えられる。この問題を解決するため、JAYA アルゴリズム [4] を併用するなどの手法を検討している。また、現在の POPP のモデルでは辺を 1 度しか通らないため現実問題から離れたものになる。そのため、より現実問題に近づけるような制約条件を与えた新しいモデルを考案することが求められる。

参考文献

- [1] Tohyama, H. and Tomisawa, M.: Complexity of the Police Officer Patrol Problem, *Journal of Information Processing*, Vol. 30, pp. 307–314 (2022).
- [2] Jun, B. and Han, C.: Solving the Chinese Postman Problem on Mixed Networks Using an Efficient Genetic Algorithm, *Proceeding of the 1st Korea-Japan Joint Conference on Industrial Engineering and Management*, pp. 121–124 (1998).
- [3] Ma, Y. H., Tian, G. L. and Li, X.: Genetic algorithm for the capacitated Chinese postman problem on mixed networks, *Applied Mechanics and Materials*, Vol. 701, pp. 44–49 (2015).
- [4] Rao, R.: Jaya: A simple and new optimization algorithm for solving constrained and unconstrained optimization problems, *International Journal of Industrial Engineering Computations*, Vol. 7, No. 1, pp. 19–34 (2016).