

A-034

上限値制約を伴う経路探索手法の GA による実現 A Routing Method with an Upper Bound Constraint Using GA

稲垣 潤[†]
Jun Inagaki

長谷山 美紀[‡]
Miki Haseyama

北島 秀夫[‡]
Hideo Kitajima

1. まえがき

最短経路問題に対する解法として、全探索に基づいた深さ優先探索法、幅優先探索法とこれらを用いた手法が提案されている [1][2]。我々は遺伝的アルゴリズム [3] を用いることにより、上述の従来法で探索困難であった種々の最適経路探索を可能とする手法を既に提案している [4][5]。一方、経路探索法の応用の一例であるカーナビゲーションシステムや宅配ルート決定等への適用においては、あらかじめ設定した巡回経路長の上限値を超えない範囲で、最も多くの経由点を通る最適経路の探索に対する要求が存在すると考えられる。このような要求に応える経路探索法を、我々は文献 [6] で提案した。しかしながら、文献 [6] の手法では、評価関数に導入した上限値制約に関する各パラメータを実験的に設定する必要があり、汎用性に問題がある。本稿では、このようなパラメータ数の減少と、探索能力の向上を目的とする新たな手法を提案し、その有効性に関して検証を行う。

2. 経路探索への上限値制約の導入

あらかじめ設定した巡回経路長の上限値を超えない範囲で、最も多くの経由点を通る経路の探索を考えた場合、最も単純な実現法としては、文献 [5] の手法において、設定上限値を超えた経路長をもつ個体を淘汰する方法が考えられる。この方法は、以下の評価関数を用いることにより実現可能である。

$$Fitness(p) = \frac{1}{T(p) \sum_i rlength_p(i) \alpha(p)} \quad (1)$$

$$\alpha(p) = \begin{cases} \alpha_n, & \text{if } \sum_i rlength_p(i) \leq U \\ 1000, & \text{otherwise} \end{cases}$$

ここで、 $T(p)$ を個体番号 p の個体の経路が出発点から到着点までに通過するノードの個数、 $rlength_p(i)$ を番号 p の個体の経路が i 番目に通過するノードと $(i-1)$ 番目に通過するノードの間のパス長とする。 α_n は通過する経由点数 n に応じてつける重みで、全経由点数を N として $1 \leq \alpha_N < \alpha_{N-1} < \dots < \alpha_0$ となるように設定する [5]。また、 U は上限値を示し、上式中の $\alpha(p) = 1000$ は、経路長が U を超えた個体に著しく悪い適応度を与えることにより、淘汰するための処理である。

ところが、この手法は、設定した上限値によっては探索能力が悪化する問題をもつ。本手法の探索能力を確認するために、アルパイン株式会社提供の地図情報 (図 1) に対し、経由点を 2 点指定し、式 (1) の評価関数を用

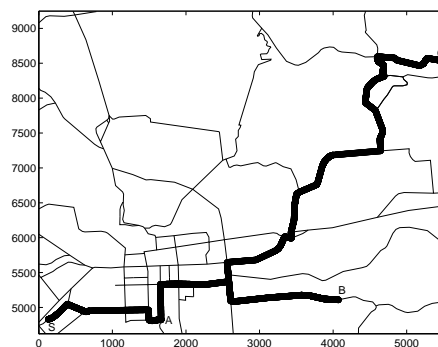


図 1: 2 経由点を通る最短経路

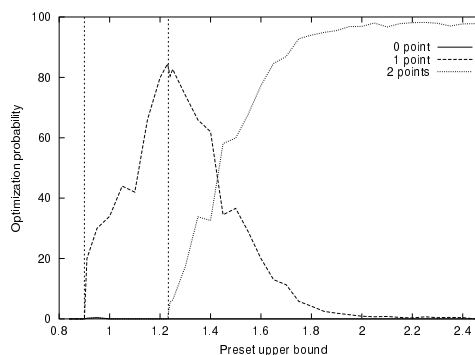


図 2: 最適解探索確率 (上限値固定手法)

いて探索した実験を行った。なお、評価関数以外の GA パラメータおよび遺伝的操作は文献 [5] と同様とする。

図 2 に設定上限値を 1.0 から 2.5 まで変化させ、最適経路の探索確率を調べた結果を示す。点線は 2 経由点を通る最短経路 (経路長 1.233・図 1)、破線は 1 経由点 (点 A のみ) を通る最短経路 (経路長 0.900)、実線は経由点を通らない最短経路 (経路長 0.831) が得られた確率である。図より、各経由点数ごとの上限値 (図 2 中縦線) 付近で、得られるべき最適経路の探索確率が逆転しているのがわかる。この誤探索の原因を以下に示す。

本手法は、遺伝的アルゴリズムを用いており、経由点の通過を表すスキマタや短い経路の形成に寄与するスキマタを組み合わせ、ビルディングブロックを形成することにより、最適解を探索する。一方、多経由点の通過を表すスキマタを含む個体の経路長は長くなる傾向にある。従って、このようなスキマタを含む個体が形成されても、各経由点数の最短経路長付近に上限値が設定された場合、個体の経路長が上限値を超え、淘汰される確率が高い。このため多経由点の通過を表すスキマタが次世代に保存されず、最適経路の探索が困難となる。

上述の問題を解消するために、文献 [6] では、個体の淘汰に用いる上限値を設定された上限値より大きく設定

[†]北海道東海大学工学部, Faculty of Engineering, Hokkaido Tokai University

[‡]北海道大学大学院工学研究科, School of Engineering, Hokkaido University

して探索を開始し、世代交代とともに徐々にその値を低下させ、探索過程の後期では設定上限値と等しくする手法を提案した。具体的には、探索の初期段階では式(1)中の U をあらかじめ設定された巡回経路長の上限值(ここでは u とする)より大きめに設定し(文献[6]ではシミュレーション結果より $2u$ と設定している)、20回世代交代を行うごとに $U \geq u$ を満たす範囲で U を0.8倍する。これにより、有効なスキマの消失を低減することができ、探索能力の向上が可能となった。

しかしながら、文献[6]の手法では、上限値に関するパラメータが実験的に設定されており、また、場合によっては探索能力が悪化する可能性がある。次章で、本問題を解消する手法を提案する。

3. 提案手法

文献[6]の手法においては、 U の初期値(U_{ini} とする)をシミュレーションにより決定している。しかしながら、この手法は、適用する地図情報や、出発点・経由点・目的地点の設定を変更するたびにシミュレーションを必要とするため、実用的ではない。また、探索過程において、評価関数中の上限値 U が設定上限値 u と等しくなる前に、終了条件により探索が中止される場合があるため、探索能力が悪化する可能性がある。従って、これらの問題を解消するためには、 U_{ini} を適切に設定し、かつ、探索過程において $U = u$ となるような値が必ず出現する手法を用いる必要がある。このような探索を可能とする手法を以下に提案する。

具体的には、探索の初期段階では U に関する条件を設けずに探索を行い、終了条件(N 世代無進化で判定)を満たした段階で、最良個体の経路長 l_a が設定上限値 u を超えていなければ探索を終了する。この場合、与えられた経由点の全てを通過する最短経路の探索を行う文献[5]の手法と全く同じ処理となるので、この時点での最良個体は、与えられた経由点の全てを通過する最短経路である。従って、この個体には、経由点通過を表すスキマの全てが含まれていると考えられる。

一方、経路長 l_a が設定上限値 u を超えていた場合、探索過程では経由点通過を表すスキマのいくつかを削りつつ、より最適解に近い個体を生成していくことになる。この場合の最適解は上述の段階での最良個体より少ない経由点を持ち、かつ経路長も短いことから、 l_a を U_{ini} として探索を再開すればよい。これにより、事前シミュレーションを行うことなく U_{ini} の設定が可能となる。

探索再開後は、 n 世代ごとに U を $U \geq u$ の範囲で $\frac{n(U_{ini}-u)}{N}$ ずつ減じる。探索再開後 N 世代目には必ず $U = u$ となるよう上限値が更新され、また終了条件から少なくとも N 世代は世代交代を行うことから、探索能力悪化の回避が可能となる。なお、様々な出発点、経由点、目的地点の組合せにおいて、 $N = 100$ の条件で n の値を1, 5, 10, 20, 50と変えてシミュレーションを行ったところ、 $n = 1$ で他の値より若干良好な結果が得られたため、本手法では $n = 1$ を用いる。

提案手法の有効性を確認するために、図1に示した地図情報に適用した実験を行った。図3は設定上限値を1.0から2.5まで変化させ、最適経路の探索確率を調べた結果である。図中の実線は提案手法、破線は文献[6]の手法

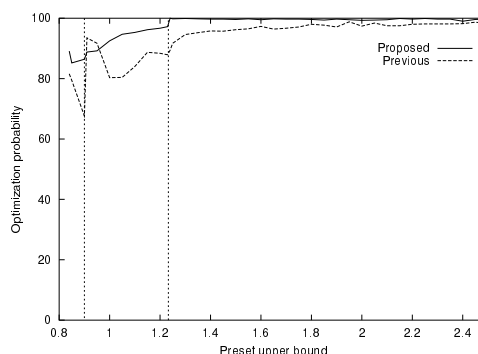


図3: 最適解探索確率 (提案手法)

法による最適解の探索確率を示す。なお、提案手法における各遺伝パラメータは、個体数を100、突然変異確率を0.1、終了条件を100世代無進化としている。実験結果より、提案手法は文献[6]の手法と比較して、探索能力が改善されていることがわかる。

4. まとめ

本稿では、遺伝的アルゴリズムを用いることにより、あらかじめ設定した経路長の上限值を超えない範囲で、最も多くの経由点を通る最適経路探索において、従来実験的に設定していたパラメータ U_{ini} を、探索過程において適切に設定する手法を提案した。提案手法により、 U_{ini} の設定において必要とされていた事前シミュレーションが不要となったばかりでなく、探索能力の向上が可能となることが確認された。一方、提案手法は文献[6]の手法と比較すると最適解への収束に要する世代交代数が増加する傾向にあり、今後は探索能力を悪化させずに世代交代数を減少させる手法を検討する必要がある。

参考文献

- [1] 大山達雄, アルゴリズム, 丸善, 1989.
- [2] E.W.Dijkstra, "A note of two problems in connection with graphs," Numerische Mathematik, vol.1, pp. 269-271, 1959
- [3] D.E.Goldberg, Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning, Addison-Wesley, 1989.
- [4] 稲垣潤, 長谷山美紀, 北島秀夫, "遺伝的アルゴリズムを用いた経路探索における複数経路候補の決定法," 信学論(D-I), vol.J82-D-I, no.8, pp.1102-1111, 1999.
- [5] J. Inagaki, M. Haseyama and H. Kitajima "A Method of Routing the Shortest Route through Several Designated Points Using a Genetic Algorithm," IEICE Trans. Inf. & Syst., vol.J83-D-I, no.5, 2000.
- [6] 稲垣潤, 長谷山美紀, 北島秀夫, "上限値制約を伴うGA経路探索の実現に関する考察," 信学技報, CAS 2002-67, NLP 2002-53, pp. 25-30, 2002.