



Title	TSPにおけるLC0とメタヒューリスティックスの組み合わせ
Author(s)	市瀬, 光生; 鈴木, 育男; 山本, 雅人 他
Citation	情報処理北海道シンポジウム講演論文集, 2009, 219-220
Issue Date	2009-10-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/51060
Rights	ここに掲載した著作物の利用に関する注意 本著作物の著作権は情報処理学会に帰属します。本著作物は著作権者である情報処理学会の許可のもとに掲載するものです。ご利用に当たっては「著作権法」ならびに「情報処理学会倫理綱領」に従うことをお願いいたします。
Type	journal article
File Information	Hokkaidosympo2009219-20.pdf



TSPにおける LCO とメタヒューリスティックスの組み合わせ

市瀬光生* 鈴木育男 山本雅人 古川正志

(北大工)[†](北大情報科学)[‡]

1 はじめに

巡回セールスマン問題 (Traveling Salesman Problem, TSP) とは与えられた都市をセールスマンがただ 1 度だけ訪問し, 最初の都市に戻る最短経路, つまり最小の長さのハミルトン経路を見つけ出す問題である. TSP はドリル穴あけ問題や基盤の配線問題など, 工学的に広い応用を持つ. しかし, 都市数 n に対する総経路が $(n-1)!$ 通り存在し, n が大きくなると一般的に厳密解を得ることは困難である. このため, TSP の解法として用いられる GA や SA などのメタヒューリスティックス [1] のアルゴリズムは厳密解ではなく, 精度のよい近似解を実用的な時間で求めることを目的としているものが多い. これらのアルゴリズムのうち, 特に局所クラスタリング組織化法 (Local Clustering Organization, LCO) [2] は高速かつ精度の良い解を導き出すことを報告している.

本研究では, LCO の精度を更に改善することを目的とする. そのために LCO とメタヒューリスティックスのハイブリッド手法を提案し, その精度を数値計算実験によって検証する.

2 局所クラスタリング組織化法 (LCO)

LCO はランダムに選択した領域で局所的なクラスタリングを繰り返しつつ全体の解を改善する手法である. クラスタリングには 3 種類の方法があり, これらをランダムに選択して適用する.

2.1 LCO の全体アルゴリズム

LCO の全体のアルゴリズムを以下に示す.

1. ランダムに都市をリング状に結合し, 初期解とする.
2. ランダムに都市 c を選択する.
3. c とその近傍都市にクラスタリングを適用する.
4. 終了条件を満たせば終了, そうでなければ 2 へ戻る. 終了条件には一定時間評価値が改善されない, などが用いられる. 上記アルゴリズムで使用されるクラスタリング方法について以下に説明する.

2.2 単純交換法 (Simple Exchange Method, SEM)

SEM はリング状のニューロン (都市) からランダムに選択した 1 つのニューロンを中心に, 左右に r 個のニューロン 1 つ 1 つに対して交換するかを判定し, クラスタリングを実施する. 交換前の評価値と交換後の評価値を比較し, 後者のほうがよい値の場合のみ交換を実施する.

2.3 逆位交換法 (Inverse Exchange Method, IEM)

順序問題に対しては逆位, すなわち選択した 2 箇所の間の要素を逆順にするオペレータが有効なことが知られている. 従って, LCO においてもランダムに選択したニューロンを中心に, 左右に r 個のニューロンそれぞれに対して逆位を行うかどうかを判定し, クラスタリングを実施する. 実施の判定は SEM の場合と同様である.

2.4 平滑法 (Smoothing Method, SM)

平滑法はランダムに選択されたニューロンを中心として, 左右に r 個のニューロンに対して m -step 2-opt を実施するクラスタリングである. これは, 選択した都市を始点とし, 範囲内のニューロンすべてに対し総当りで SEM を実施することと同じである.

3 ハイブリッド手法

2 節で LCO のアルゴリズムを述べた. 次に LCO とメタヒューリスティックスの組み合わせを導入する. 今回の実験ではメタヒューリスティックスとして一般的によく知られ, また実装が比較的容易な GA 及び SA とのハイブリッド手法を検討する.

3.1 GA とのハイブリッド手法

GA とのハイブリッドでは複数の解 (個体) を保持し, それぞれに LCO を一定回数適用した後に遺伝操作を適用する. 具体的なアルゴリズムは以下の通り.

1. それぞれの個体をランダムに初期化する.
2. 各個体に対して LCO を適用し, TSP の評価を求め評価値とする.
3. ランク選択により個体を淘汰する.
4. 指定確率により, 個体間に交叉を行う.
5. 指定確率で個体を選択し, 突然変異を行う.
6. 一定回数評価値が改善されなければ終了, そうでなければステップ 2 へ戻る.

3.2 SA とのハイブリッド手法

SA とのハイブリッドでは, LCO においてクラスタリングを適用する際にある確率 (遷移確率) で改悪解にもクラスタリングを行うようにする. 具体的には, 遷移前, 遷移後の評価値をそれぞれ c_1, c_2 とし, そのときの温度の値を t とすると, 遷移確率 p は

$$p = \begin{cases} 1 & (c_1 \geq c_2) \\ \exp\left(\frac{c_1 - c_2}{t}\right) & (c_1 < c_2) \end{cases} \quad (1)$$

となる. この確率に基づき, 改悪解へのクラスタリングも許容する.

* ichinose@complex.eng.hokudai.ac.jp

† 札幌市北区北 14 条西 9 丁目北海道大学工学部

‡ 札幌市北区北 14 条西 9 丁目北海道大学大学院情報科学研究科

4 数値計算実験

ここまでに提案した LCO と GA および SA とのハイブリッド手法の有効性を検証するために TSPLIB[3] で公開されている tsp225.tsp に対して各手法を適用し、数値計算実験を実施した。この問題を使用した理由は (1) 最適解が公開されている、及び (2) 巡回路を見ることで直感的に最適解に近いかが判断できる (最適な巡回路は「TSP」の文字になる) ためである。数値計算実験では 10 回の計算時間、解の精度の平均値および解の分散を調べて比較した。また、各実験には CPU が CeleronD 3.6GHz の市販の PC を用いた。実験条件を以下に示す。

- LCO
 - クラスタリング割合
SEM:IEM:SM = 2:2:1
 - 終了条件 1000 回評価値が改善されない
- GA
 - 個体数:6
 - LCO 適用回数:30
 - ランク選択:評価値の最悪の個体を最良の個体と置き換え
 - 交叉:一様交叉, 交叉率 80%
 - 突然変異:巡回路中のランダムな 2 都市を交換
- SA
 - 初期温度:5.0
 - 温度減少:500 ターン毎 0.98 倍

これらの条件のもとに数値計算実験を行った。その結果を表 1 に、LCO, GA ハイブリッド, SA ハイブリッドのそれぞれのアルゴリズムから得られた巡回路を図 1, 2, 3 にそれぞれ示す。表 1 より、LCO 単体よりも GA 及び SA とのハイブリッドの方が、精度が良くなっていることが分かる。特に SA ハイブリッドは LCO に比べて大きく精度が上がっており、これは図 1~3 に示した巡回路からも明らかである。一方、GA ハイブリッドでは、SA ハイブリッドには劣るが LCO よりも精度は向上し、また両方とも極めて分散が小さいことから、安定して高い精度の解が導出できるといえる。しかしながらいずれの手法においても、とりわけ SA ハイブリッドでは計算時間が LCO 単体よりも大きく増えてしまう。これは単純な LCO に GA 及び SA の処理を加えるため、ある程度増えるのは当然と考えられる。

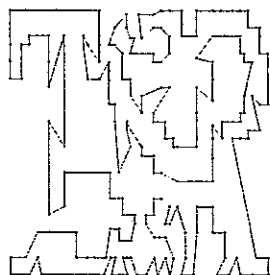


Fig. 1 LCO による巡回路

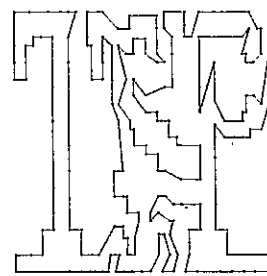


Fig. 2 GA ハイブリッドによる巡回路

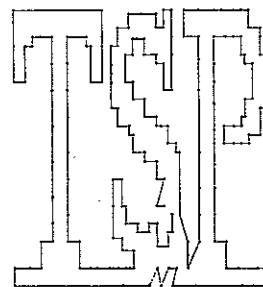


Fig. 3 SA ハイブリッドによる巡回路

Table 1 各アルゴリズムの比較

手法	LCO	LCO+GA	LCO+SA
精度	1.119	1.058	1.014
分散	8407	488	327
時間 (秒)	0.535	7.131	12.48

5 おわりに

本研究では LCO とメタヒューリスティックスのハイブリッド手法を提案し、数値計算実験によってその精度を検証した。この結果から、LCO と他の手法をハイブリッドすることにより、さらに精度を上げることができたといえる。その一方で計算時間が大きくなるが、これは必要とする解の精度とのトレードオフと考え、必要な精度に応じて手法を選択すればよい。今後は、今回の研究の結果を踏まえてさらに効果的な組み合わせ方および他のメタヒューリスティックスとのハイブリッドについても調査したい。

参考文献

- [1] Sadiq M. Sait, Habib Youssef, "Iterative Computer Algorithms with Applications in Engineering", Wiley-IEEE Computer Society Press, 2000
- [2] 古川正志, 渡辺美知子, 松村有祐, 局所クラスタリング組織化法による TSP の解法. 日本機械学会論文集 (C 編), Vol.71, No.711, (2005) 83-89
- [3] Gerhard Reinelt, TSPLIB95, <http://www.iwr.uni-heidelberg.de/groups/comopt/software/TSPLIB95/index.html>, 2009,8,28