

## P システムの応用--巡回セールスマン問題の新しい近似解法

西田泰伸 (正員)<sup>†</sup> 成田雅彦 (非会員)<sup>‡</sup>

富山県立大学工学部電子情報工学科<sup>†‡</sup>

### 1. はじめに

近年、DNA 計算、分子計算など、いわゆる Natural computing が注目を集めている。これらは、自然界、とりわけ生物の情報処理の仕組みに内在する並列性を生かし、逐次計算方式に代わる可能性を探求している。そのひとつである膜計算(membrane computing または P system) [7]を応用した巡回セールスマン問題の近似解法をここで提案する。

### 2. 膜計算と膜アルゴリズム

真核生物の細胞は、核、ミトコンドリア、ゴルジ体、リソソームなど膜で区切られた多くの細胞内小器官を含む。それらの小器官で独立かつ並列に生化学反応が生じ、細胞の機能が保たれる。特に、免疫細胞や神経細胞では高度な情報処理が行われる。この仕組みを抽象化したのが膜計算である。

膜計算は図1に示すような膜構造、規則、初期集合からなる。

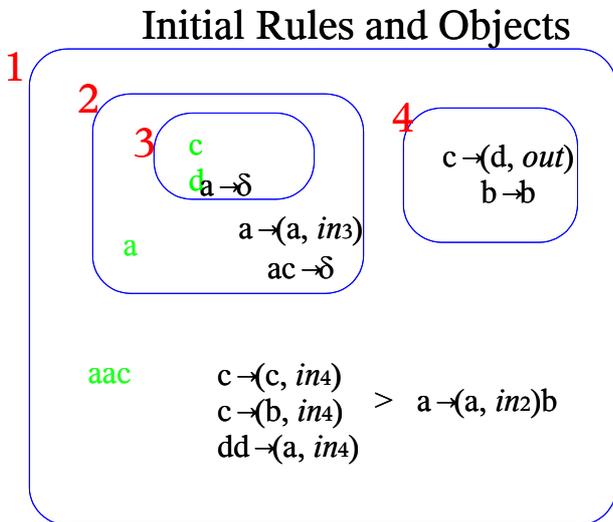


図1 膜計算の模式図

膜で区切られたそれぞれの領域で並列に規則が適用されることにより計算が進展する。膜計算は Turing 機械と同じ能力を持つことが示されている[7]。

膜アルゴリズムでは、図2に示す入れ子型膜構造のそれぞれの領域に、解くべき問題の暫定解と解を改良するサブアルゴリズムを配置する[5,6]。それぞれの領域で、サブアルゴリズムは並列に暫定解を改良し、一番よい解をひとつ内側、悪い解を外側(良い・悪いは最適化の目的による)に送る。解の移動も並列に行われる。移動後(必要なら不要な解を消去し)、サブアルゴリズムによる解の改良がなされる。このサイクルをあらかじめ決めておいた回数だけ繰り返し、一番内側の領域の最良の解を膜アルゴリズムの出力とする。

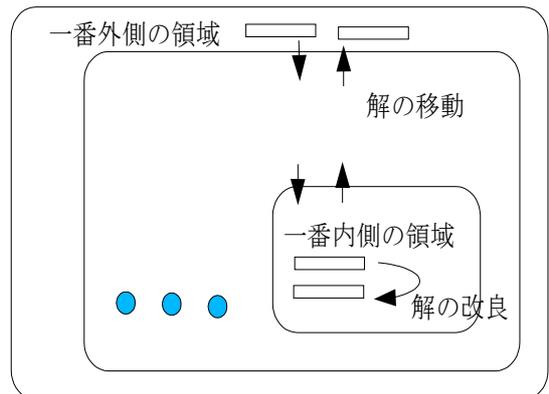


図2 膜アルゴリズムの模式図

### 3. 巡回セールスマン問題への適用

膜アルゴリズムの構成要素を次の通り定め、巡回セールスマン問題(TSP)の近似解を求めた。

- それぞれの領域はちょうど2個の暫定解を持つ
- サブアルゴリズムは遺伝的アルゴリズム型、つまり、交差と突然変異により暫定解を改良する。交差は枝交換交差[2]を行った。アルゴリズムをJavaにより実装し、TSPのベンチマーク問題[8]を解いた。表1と2にその結果を示す。

これらの表中でMAは今回得られた膜アルゴリズム、GAは遺伝的アルゴリズム[3]、SAはシミュレーティドアニーリンク[11]、TPSAは温度

An application of P system – A new approximate solution of the traveling salesman problem.

<sup>†</sup> Yasunobu Nishida (member), <sup>‡</sup> Masahiko Narita (non-member)

<sup>†‡</sup> Faculty of Engineering, Toyama Prefectural University

並列シミュレーティドアニーリング[1]、ACはアントコロニー法[4]、NNはニューラルネットワーク[9]による結果である。なお、ACの最悪値にNAとあるのは文献に記載がなかったことを示す。膜アルゴリズムは膜の数100、繰り返し200,000で、20回の試行による最良・平均・最悪の値である。

表1 ベンチマーク問題 eil51(51頂点)についての結果。最適値は426。シミュレーションの条件と略語は本文参照。

Algorithm	MA	GA	SA	TPSA	AC
Best	426	426	430	426	426
Average	427	428	438	427	427
Worst	434	432	445	427	NA

表2 ベンチマーク問題 kroA100(100頂点)についての結果。最適値は21282。シミュレーションの条件と略語は本文参照。

Algorithm	MA	SA	TPSA	NN
Best	21282	21369	21384	22246
Average	21405	21763	21418	22765
Worst	21664	22564	21482	23167

これらの表より、膜アルゴリズムは従来知られている近似アルゴリズムより良い結果をもたらすことがわかった。

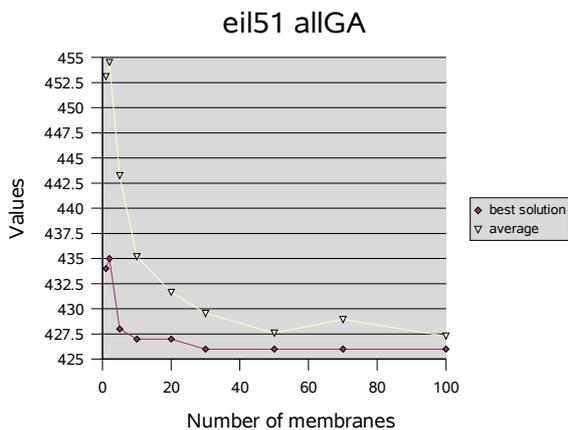


図3 膜の数(横軸)と得られる値(縦軸:上平均、下最良)の関係。

次に、図3に膜の数と得られる近似値(最良と平均)の関係を示す。膜の数を増やす方が良い近似が得られる。ただし、この問題(eil51)では、膜の数30から50くらいですでに最適値が得られている。これは暫定解の個数60から100に相当し、比較的少ない暫定解でこの結果が得られることがわかる。なお、問題の大きさと

ともに良い近似を得るための膜の数、繰り返し回数ともに増やす必要がある。それに伴い計算時間もかかり、近似の精度と膜の数・繰り返し回数はトレードオフ関係にある。

#### 4. おわりに

膜アルゴリズムとそれを用いた巡回セールスマン問題の近似解を紹介した。膜アルゴリズムは比較的少ない計算量(問題の大きさ、膜の数、反復回数それぞれに比例)で良い近似が得られる。今回の計算機実験は逐次処理であった。今後はマルチプロセッサあるいはグリッド計算により並列化できる、マルチスレッドプログラム実装を行いたい。また、巡回セールスマン問題以外にも応用してみたい。

#### 参考文献

1. 小西健三ほか、温度並列シミュレーティドアニーリング法の巡回セールスマン問題への適用と実験的解析、電子情報通信学会論文誌D, J80-D, 127-136 (1997)
2. 前川景二ほか、遺伝的アルゴリズムによる巡回セールスマン問題への一解法、計測自動制御学会論文誌, 31, 598-605 (1995)
3. 前川景二ほか、熱力学的選択ルールを用いた巡回セールスマン問題の遺伝的解法、計測自動制御学会論文誌, 33, 939-946, (1997)
4. 中道義之ほか、ACOによるランダム選択に基づく多様性調節の効果、情報処理学会論文誌, 43, 2939-2947 (2002)
5. T. Y. Nishida, An approximate algorithm for NP-complete optimization problems exploiting P-systems, in G. Ciobanu, Gh. Paun, and M. Peres-Jimenez (eds), *Application of Membrane Computing*, (Springer, Berlin, 2005) 301-312.
6. T. Y. Nishida, Membrane algorithm, in R. Freund, Gh. Paun, G. Rozenberg, A. Salomaa (eds), *Membrane Computing: 6th International Workshop, WMC 2005* LNCS 3850 (Springer Berlin 2005) 55-66.
7. Gh. Paun, Computing with membrane, *Journal of Computer and System Sciences*, **61**, 108-143, 2000
8. G. Reinelt, TSPLIB, URL <http://www.iwr.uni-heidelberg.de/groups/comopt/software/TSPLIB95/>
9. 田中敏雄ほか、大規模な巡回セールスマン問題に対するホップフィールドニューラルネットワークの性能比較、情報処理学会論文誌, 38, 2157-2164 (1997)
10. M. Yoneda, [http://www.mikilab.doshisha.ac.jp/dis/research/person/yoneda/research/2002\\_7\\_10/SA/07-saresult.html](http://www.mikilab.doshisha.ac.jp/dis/research/person/yoneda/research/2002_7_10/SA/07-saresult.html)