

# 遺伝的アルゴリズムによる市街地での配送経路の最適化\*

2 T-5

武田 淳

山田 進

菅原 研

吉原 郁夫

阿部 健一†

(東北大学工学部電気工学科)‡

## 1 はじめに

輸送・配送の分野では、配送センターを出発し、短時間に多くの配達先を効率良く回って配送センターに戻るために配送経路の最適化が盛んに研究されている [2]。このような問題は、対称巡回セールスマン問題（対称 TSP）に置き換えて考えることで済ませられてしまっているが、市街地での配送を考える場合には一方通行や、交差点での右折、左折によるコストの違いがあるので、行きと帰りのコストを等しいとする対称 TSP では扱えない。

そこで対称 TSP ではなく、非対称巡回セールスマン問題（ATSP）に置き換えて問題を扱う必要がある。対称 TSP の解法をそのまま ATSP に用いると、配達先  $i$  から  $j$  への距離  $d_{ij}$  と配達先  $j$  から  $i$  への距離  $d_{ji}$  を等しくみなして配達先を繋いでしまい探索の効率が悪い。そこで筆者らによって GA による ATSP 向きの解法が提案されている。またベンチマークによる検証実験を通して解法の有効性が示されている [1]。本稿では文献 [1] の解法を用い、実際の地図を使って巡回経路探索を試みる。

## 2 問題の定式化

ここで扱う問題は、1 台の配送車が配送センターを出発して、複数の配達先を回り配送センターに戻ってくるときに、その配送コストの合計を最小にする巡回路を求めるもので、都市の訪問順序を  $(t_1, \dots, t_N)$  として定式化すると

$$\min Z = \sum_{i=1}^{N-1} c_{i,t_{i+1}} + c_{t_N,t_1}$$

で表せる。ここで  $c_{ij}$  は配達先  $i$  から  $j$  へのコストである。

市街地における配送では信号待ち時間や一時停止の時間がなどがあるため、最短距離の巡回経路が最短時間の巡回経路ではなくなることが考えられる。このことからコストには時間を用いることとする。そして信号を直進するとき、信号を右左折するときにはそれに相当するコストを付加する。一般的に右折、左折、直進の順にコストが大きいと考えられる。また幅の狭い道路から幅の太い道路に合流する際や信号のない交差点でも、一時停止、左折、右折に時間がかかるのでそのコストを考えると  $c_{ij}$  は

$$c_{ij} = t_{ij} + N_{ss} * C_{ss} + N_{sl} * C_{sl} + N_{sr} * C_{sr} + N_{stop} * stop + N_l * C_l + N_r * C_r$$

となる。ここで  $t_{ij}$  は配達先  $i$  から  $j$  へ行くのに要する時間、 $N_{ss}$  は  $i$  から  $j$  へ行くのに直進で通過する信号の数、 $i$  から  $j$  へ行くのに信号を左折、右折する回数をそれぞれ  $N_{sl}, N_{sr}$  とする。 $C_{sl}, C_{sr}$  はそれぞれ信号左折コスト、信号右折コストである。また  $stop$  は一時停止コスト、 $N_{stop}, N_l, N_r$  はそれぞれ信号のない交差点での一時停止の数、左折の数、右折の数、 $C_l, C_r$  はそれぞれ左折コスト、右折コストである。

## 3 評価実験

(株)昭文社発行の 5000 分の 1 仙台市地図上に配達地点を任意に設定した地図を用いて、文献 [1] の解法で巡回経路探索を行ない、その結果を対称 TSP の解法（以下、従来法）による結果と比較する。

ここでは平均時速 40km で配送車が巡回すると仮定し、地図から求めた距離と平均時速から算出した時間に信号直進、信号右左折にかかる時間を加えたものをコストとして用いる。またある配達先から他の配達先への経路は交差点をノード、交差点間距離をエッジとして、交差点

\*Optimization of delivery route planning in a city area using Genetic Algorithms

†Atsushi TAKEDA, Susumu YAMADA, Ken SUGAWARA, Ikuro YOSHIHARA, Kenichi ABE

‡School of Engineering, Tohoku University

直進右左折コスト、一時停止、右左折コストを考慮してDijkstra法を適用すれば厳密に求まるが、今回は地図から手作業で決定した。

今回は例として配達先が15の場合に従来法と本解法を用いてそれぞれ20回の試行を行なった結果を報告する。GAの遺伝子コーディングにはバス表現を採用し、交叉は従来法では辺組換え交叉法、本解法では文献[1]の解法を用いている。本解法では親の持っている「良い形質」が破壊されるのを極力防ぐためにそれぞれの親から出来る限り経路を続けて継承するという戦略をとっている[1]。突然変異には逆位を用いて、コストが小さくなったときだけその突然変異を採用することを任意回数繰り返すことで探索速度の向上を図っている。GAのパラメータは個体数50, 打ち切り世代数100, 交叉率1である。Fig.2に本解法で得られた巡回経路を示す。どちらの解法でも最良値、最良巡回路は同じであるが、本解法は毎回最良値に到達したのに対して、従来法は20回の試行のうち9回しか最良値に到達することが出来なかった。また従来法と比較して本解法の方が収束が速いことがFig.3からわかる。同一の世代数で打ち切るとTable1のような結果となり、平均値においても本解法の方が優れていることがわかる。

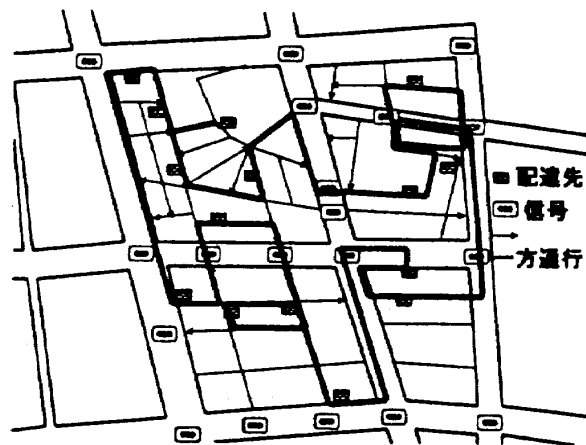


図2: 提案法による巡回経路

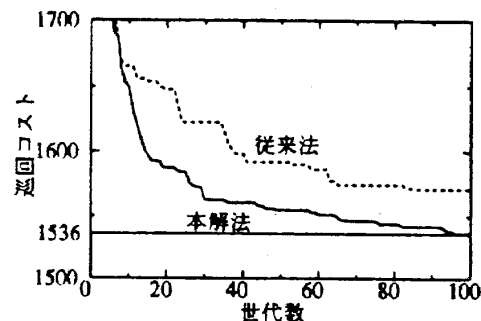


図3: 収束特性

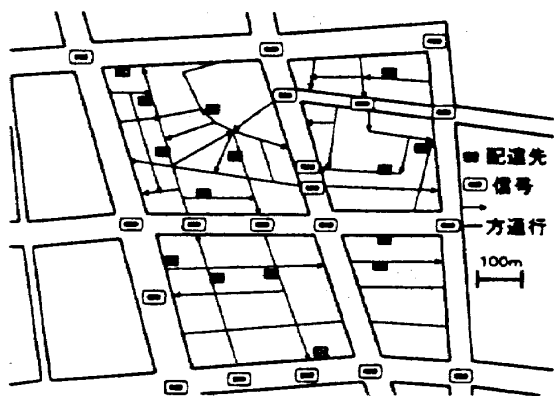


図1: 一方通行のある地図

	平均値	最良値	最悪値
従来法	1573	1536	1708
提案法	1536	1536	1536

Table1: 従来法と本解法の比較

#### 4 おわりに

本稿では地図の一方通行、信号の直進、右折、左折と一時停止や合流時の左折、右折のコスト

の違いを考慮して問題を定式化し、形質遺伝を重視したGAによる解法を用いて実際に巡回経路を求めた。また本解法は実際の巡回経路探索に対しても、対称TSPの解法より収束が速く、同一世代数打ち切りで結果を比較した場合には、平均値と、最良値への到達回数において優れていることがわかった。今後は道路の幅による車の速さの違い、場所による信号待ち時間の違いを考慮して問題を定式化し巡回経路探索を行なうことを考えたい。また配達先が増えた時に、地図から距離や信号をどのように与えるかということや、視覚的にわかりやすい巡回経路図示方法も今後の課題である。

#### 参考文献

- [1] 武田, 山田, 菅原, 吉原, 阿部: 非対称問題に対する辺組み換え交叉法の改良, 電気学会東北支部大会(1998)
- [2] 山口: 配送スケジューリングシステムの開発, オペレーションズ・リサーチ, 3月, pp.125-130(1994)