複数経路探索問題の一解法

正 員 宮 田 栄 子 (茨城大学)

正 員 浜 松 芳 夫 (茨城大学)

An Optimization Method for the Multi-route Searching Problem

Eiko Miyata, Member, Yoshio Hamamatsu, Member (Ibaraki University)

キーワード：複数経路探索，幾何学的情報，遠近率，最近接点法

1. ま え が き

将来，我が国では世界に例を見ない高齢化社会を向かえようとしている．現在でもデイケアセンター等に車椅子で乗車できるリフト付きバスが導入されている．米国デラウェア州の交通局では，高齢者や身体障害者が利用できるデマンドバスシステムを運行している．十数台の車両が1日に約250トリップを処理している．この例では，ダイナミックプログラミングを基本とした一種のDSS(Decision Support System)を導入して，車両のスケジューリングを行っている．しかし，このシステムでは，近似最適解を得るのにも約半日を要し，キャンセルが出た場合などは対応することが出来ない．本論文では，このような観点から幾何学的情報を取り込み計算時間を飛躍的に短縮した近似最適解を求める新しい手法を提案する．

2. 最適化手法

〈2・1〉 問題の設定 図1に説明のために単純化した都市配置の一例を示す．複数台の車両が始発地点Sから各都市を経由して目的地点Gへ向かう．問題を明確にするために条件等を箇条書きにすれば次のようになる．(1)すべての車両は，始発地点Sを出発し，各都市を訪問し乗客を目的地点Gへ運ぶ．(2)各車両は少なくとも一つ以上の都市を訪問し，どの都市も1台の車両が一度だけ訪問する．(3) n 個の都市が存在し，各都市には1から n まで番号付けがな

され，ただ1人の乗客がいるものとする．(4)各都市間の距離は，直線距離とする．

更に，Sの座標を $(0,0)$ ，Gの座標を (a,a) とし，すべての都市の座標 (x,y) は， $0 < x, y < a$ の条件を満たすものとする．また，各車両の最大乗車人数を $m(2 \leq m < n)$ とした時，車両台数が $\lceil \frac{n}{m} \rceil$ 台についての複数経路探索を行う．このとき，各車両の走行距離の総和が最小になる解を最適解とし，各車両の走行距離の差は考慮しないものとする．また，この種の問題の代表的な巡回セールスマン問題(TSP)と比較してみると，都市数が12のTSPの組み合わせ数は19,958,400通りであるが，本問題では車両と訪問する都市の組み合わせがあるため，10都市でも55,458,451通りになってしまう．

〈2・2〉 最適化手法 提案する最適化手法は，基本的に(1)領域分割と(2)経路決定の2つの部分から構成される．まず，(1)の領域分割は，後述する都市の遠近率の値を計算し，その値を用いて領域を分割する．そして，分割された領域に存在する都市は1台の車両で訪問するようにする．

本問題では，始発地点と目的地点を直線で結ぶ対角線の経路が最短経路であり，最も外側の正方形の辺を通る経路が最長経路となる．遠近率とは，最短経路上の値を0，最長経路上の値を1としたときに着目した都市が，どの程度最短経路から離れているかを表す指標である．まず，着目する都市 i から最短経路である対角線へ引いた垂線の距離を d_i とする．次に，正方形の辺から都市 i を通り対角線への垂線の距離を l_i とする．この d_i, l_i を用いて都市 i の遠近率の値 P_i は，

$$P_i = d_i / l_i \dots\dots\dots (1)$$

で求められる．但し，対角線の左側を正，右側を負とする．具体的に説明するため，図1の例で，すべての都市の遠近率の値を求め，遠近率の値の大きい順にソートしたものを図2に示す．いま，車両の最大乗車人数を3人とすれば，図2の9つの都市を左から3都市ずつに分割することにより各車両が訪問しなければならない都市を決定することができる．すなわち，1台目の車両は都市2,8,5を訪問する．

図1 都市配置例

Fig. 1. A location of cities

以上が領域分割の基本的な考え方である。実際の計算では、解の精度の向上と計算時間の短縮のために互いに最近傍である2都市は遠近率に関係なく同じ車両が訪問するという制約条件を設けている。次に、(2)の経路決定では、(1)で選別した各車両の訪問する都市の訪問順序を決定することになる。この種の問題で計算時間が増大する要因として、経路の組み合わせが膨大となり、その各経路の距離比較を行うことが挙げられる。従って、距離比較を省くために最近接点法(Nearest Neighbor法)⁽¹⁾を用いて訪問順序を決定する。以上の方法により近似最適解を求める。具体的な結果に関する検討は、次章で行う。

3. 実験結果

〈3・1〉 厳密解との比較 ここでは、本手法によって得られた近似最適解の精度を検討するために厳密解との比較を行う。総当たり法により厳密解を求めるため、計算可能な都市数は、始発地点と目的地点を除いて16都市である。

図2 都市の遠近率

Fig. 2. Perspective ratio of cities

図3 都市の遠近率

Fig. 3. Perspective ratio of cities

図4 都市の遠近率

Fig. 4. Perspective ratio of cities

乱数を用いて各都市配置を決め、15種類の異なった都市配置の例題を用意した。図3にその数値実験の結果を示す。誤差率を(本手法の解-厳密解)/(厳密解)と定義した。縦軸は誤差率を表し、横軸は15種類の例題の番号を表している。また、図中の点線は参考のため遺伝的アルゴリズム(GA)で同じ問題を解いたときの誤差率の最大と最小の値を示している。図から明らかなように、2つの例題においてGAよりも悪い結果が得られているが、大半の解はGAよりも良好な解となっている。このデータにおける本手法の平均値は、約11.7%でありGAの最小値よりも小さくなっている。

〈3・2〉 遺伝的アルゴリズムとの比較 次に、より多くの都市数を扱った場合の解の精度を検討する。しかし、厳密解が得られないためGAとの比較を行う。都市数を30として数値実験を行った。前節と同様の方法で15種類の例題を用意した。GAの解の値を1としたとき、すなわち(本解法)/(GA)の比較を行い、結果を図4に示す。15例中11例は、GAよりも良好な解を得ることができた。また、計算には、SPARCstation 20を用い、一問題当たりGAでは約20分かかるのに対し、本解法では1秒以下であった。

4. むすび

本手法の特徴は、計算時間が短いこととGAと比べても解の精度が良いことである。また、近似解法の多くは何らかのパラメータの検討が必要である。GAの場合、良好な解を得るためには試行錯誤的に交叉率や突然変異率の最適な値を決めなければならない。しかし、本手法では、このようなパラメータはなく、誰でも同じ解を得ることができる。

(平成10年4月22日受付)

文 献

- (1) 岩野和生:「巡回セールスマン問題をめぐる最近の話」, 信学誌, Vol.78, No.10, 1045~1047 (1995-10)

宮 田 栄 子 (正員) 95年3月日本大学大学院理工学研究科情報科学専攻博士前期課程修了。98年3月同情報科学専攻博士後期課程単位取得後満期退学。同年4月茨城大学工学部システム工学科助手、現在に至る。電子情報通信学会, 神経回路学会各会員。

浜 松 芳 夫 (正員) 76年3月日本大学大学院理工学研究科電気工学専攻修士課程修了。同年4月玉川大学工学部電子工学科助手。82年講師, 88年助教授。92年4月茨城大学工学部システム工学科助教授, 98年教授, 現在に至る。工学博士(北大)。電子情報通信学会, 日本シミュレーション学会, IEEE, IASTED各会員。