

東京工業大学 学生員 ○池田 均
東京 都 泉 哲夫

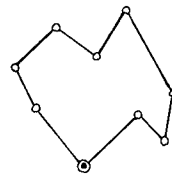
1. はじめに

ネットワーク決定問題の解法としてグラフ理論の適用が提案されているが、対象の規模が大きくなるにつれて計算時間を莫大に必要とするという困難を生じることが多い。本研究は、従来このような欠点があるために実用性の乏しかった巡回セールスマン問題、及び最短トリー決定問題について最近発表された、計算が十分可能な近似解法のアルゴリズムを利用して、都市の廃棄物チューブ輸送におけるパイプライン網の決定方法に関して検討したものである。

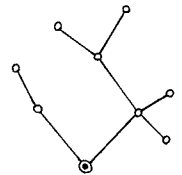
2. 巡回セールスマン問題・最短トリー問題の近似解法

巡回セールスマン問題は、トラックの最適集配経路の決定などに用いられ、輸送システムの基礎的な問題である。この問題の従来の解法には、ダイナミック・プログラミング、整数計画法の適用、及び branch and bound などを使ったアプローチが提案されてきた。この中で1972年に発表された Said Ashour^{*}等によるヒューリスティックな解法のアルゴリズムは、計算がきわめて容易である点に大きな特長がある。またこれは距離行列が非対称な場合にも適用できる。

図-1



〔巡回セールスマン問題〕



〔最短トリー問題〕

この方法では、各段階で結合することが最も有効と思われる一組のノードペアに対してこれらをリンクで結ぶというプロセスを逐次繰り返す、解が導かれる。有効性の判断基準には、距離行列においてあるノードペアを結ばなかった場合のその行の最小値と列の最小値が用いられ、これを最大にするノードペアが優先してその段階で結合される。こうして部分解が得られるにつれ、セールスマン問題として結合が実現不可能となったノードペアは順次削除され、一連の解は一つのループを形成することになる。

最短トリーの問題は Kruskal, Kalaba, Prim などによって開発された幾つかの解法があるが、1970年に Chin Chen^{*2)}によって発表された解法は計算も容易であり、距離行列が非対称な場合にも適用でき集荷点を任意に定めることができる。このアルゴリズムも先のセールスマン問題と同様に各段階での有効な結合ノードペアを順次決定していく方法であるが、有効性の判断基準と実現不可能ノードペアの削除方法が異なっている。

Ashour の論文も、Chin Chen の論文もかなりの例題について解の有効度、計算の簡便性が検討されている。以下のケーススタディではこの両者の解法を適用する。

3. パイプライン網決定へのグラフ理論の適用

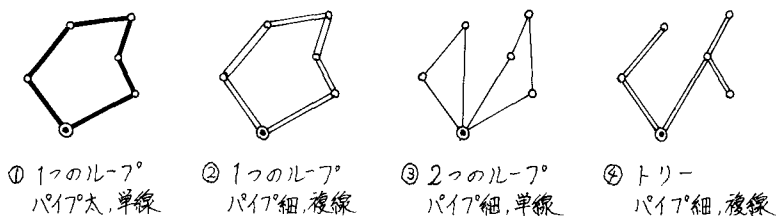
ケーススタディとして東京都23区の廃棄物チューブ輸送におけるパイプライン網の策定を、先の2種類のグラフ理論を用いて行なう。ネットワークはすべてループとトリーを基礎のパターンとし、これらの組合せにより全体を構成する。策定プロセスは初めに、パイプの太さ、流れの方向性を考えネットワークの本線となる主要パターンを定め、次にこれを初期解として、一部を支線として太さを変え、積換えを考慮した場合を試行錯誤によって検討する。

(1) 初期解の設定

初期解としては図-2に示す4種類の本線のパターンを考え、廃棄物が最終的には一か所（東京湾岸の埋立地）に輸送されるものとする。パイプ内の流れを一方方向と仮定してあるので、トリーの場合には後線とすることが必要とされる。ループの場合は単線である。

このネットワークは費用（建設費+運営費）によって決定されるが、運営費はパイプの太さによって決まるものとし、またステーションの建設費も固定して考え、初期解ではパイプの建設費、すなわちパイプの全長を最短にするような解を導く。

図-2



(2) パイプライン網の決定

次に初期解をもとにこれ为本線とし、一部を細いパイプに置き換えこの部分をループまたはトリーで構成し、置き換えを考慮した場合を考える。図-3はその一例であるが、これは本線とループとし、一部をトリーに置き換える場合を示したものである。置き換えた場合にはその部分についてパイプでの費用の増減、ステーションでの費用の増減を検討する。置き換えるステーション数ごとの費用削減期待値をあらかじめ計算しておき、その後置き換える試行錯誤を行ない最小費用の全パイプライン網が決定される。この点において計算の簡便な先のアルゴリズムの長所が十分発揮される。

表-1には初期解から試行錯誤によって削減された費用の計算結果が示されている。

図-3

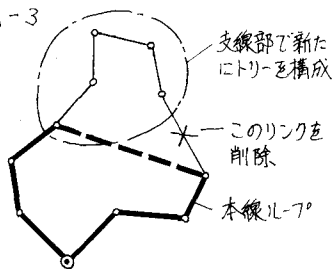


表-1

本線	支線	初期解での費用 A	置き換える場合の減り費用 B	削減後の費用 A-B
① 1つのループ パイプ太, 単線	ループ	15,177	3,118	12,059
② 1つのループ パイプ細, 後線	ループ	10,245	928	9,318
③ 2つのループ パイプ細, 単線		6,875	0	6,875
④ トリー パイプ細, 後線	トリー	9,585	1,060	8,525

(単位 百万円/年)

4. おわりに

ネットワークの組合せは無限にあり、これから最適解を導き出すことは難しい。本研究でのループとトリーを構成要素として取り扱った策定方法は、代替案作成方法として実用的であると考えられる。

《参考文献》

- 1) "A Heuristic Algorithm for Traveling Salesman Problems", Said Ashour 他, Transportation Research 1972
- 2) "Shortest Spanning Tree Network Design for Cost Minimization", Chin Chen, 1970