

# 配送経路問題に関する研究

金沢工業大学 ○ 岩田 実  
金沢工業大学 正員 片山 直登

## 1. はじめに

配送経路問題とは、複数台数の配送車を用いて、配送車の容量内ですべての顧客の与えられた需要をデポから顧客へ配送するとき、配送費用の総計を最小にする配送ルートを求める問題である。配送経路問題は厳密に解くと莫大な計算時間が必要になるため、厳密解を見つけるかわりに実用的な計算時間で近似解を見つける研究が数多く行われており、近年では、繰り返し探索法の一つであるタブサーチ法やシミュレーテッド・アニーリング法を使用したOsman<sup>[1]</sup>, Taillard<sup>[2]</sup>, Kubo<sup>[3]</sup>の研究が報告されている。しかし、これらの研究は1配送ルートを1台の配送車に割り当てるモデルを対象としており、稼働時間内で1台の配送車が複数の配送ルートを配送することについては考慮していない。

そこで、本研究では、従来の解法を応用して、配送車1台当たりの稼働時間に対して時間制約を持つ配送経路問題を取扱い、配送ルートと配送車数を決定するための近似解法を提案することを目的とする。

## 2. 問題の定義

複数の顧客の需要が与えられているものとする。容量を持つ複数の配送車が与えられ、1つの需要を2台以上の配送車で分けて配送しないものとする。顧客間の移動のための配送費用と配送時間、および各顧客のためのサービス時間が与えられ、各配送車の費用が与えられている。どの配送車の総配送時間も与えられた時間値を越えてはならず、この時間値を越えなければ1台の配送車で複数の配送ルートを配送しても良い。また1つの配送ルートで配送できる需要量は配送車の容量を越えてはならない。

以上の条件のもとで、配送費用と配送車費用の総和が最小になるような配送ルートとその配送ルートに割り当てる配送車を求める。

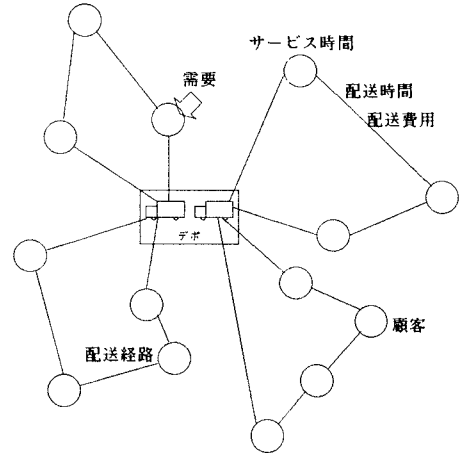


図1. 配送経路問題

## 3. 近似解法

本研究で提案する解法は次の3段階の手順からなる。

Phase I 初期実行可能解の生成

Phase II 配送ルートの配送車への割り当ての変更

Phase III 配送ルートの変更

各Phaseでタブサーチ法を用いる。タブサーチ法は、近年、巡回セールスマン問題などの組合せ最適化問題の近似解法として提案された解法である。この解法は、タブリストを用いて試行解を一定期間記憶したり、変更した変数を一定回変更を禁止して、近傍解を探索する方法である。タブリストを使うことによって同じ解を重複して探索するのを防げるので、局所最適解に陥ったときに、そこから脱出できる可能性がある。

配送車費用と総配送費用はトレードオフの関係にあるため、両者を交互に最小化することにする。Phase IIで配送車費用を減少するために配送車数を実行可能性の考慮をせずに減少させるので、Phase IIIでは、実行可能性に注意しながら顧客の配送ルートへの割り当てを変更する必要がある。

### 【解法のアルゴリズム】

#### Phase I 初期配送ルート生成

- step1 タブサーチ法によって生成した解を初期配送ルートとする。  
 step2 配送ルートをfirst-fit-decreasing法で配送車に割り当て、近似解とする。

#### Phase II 配送ルートの配送車への割り当て

- step1 最小配送時間の配送車に割り当てられている全配送ルートを別の配送車に割り当て、配送車を1台減らす  
 step2 平均配送時間が配送車の時間制約を越えていれば終了  
 step3 最小配送時間の配送車を配送ルートの割り当て先の配送車とする  
 step4 タブリストに含まれていない配送ルートを対象に、配送時間が最小の配送ルートを割り当て先の配送車に割り当てる  
 step5 割り当てを変更した配送ルートをタブリストに追加する。  
 step6 実行可能解が発生したとき近似解を更新しstep1へ  
 step7 近傍解の探索回数が繰り返し回数の上限になれば、実行不可能解の中で配送超過時間が最小の解を試行解としてPhase IIIへ、そうでなければstep3へ

#### Phase III 配送ルートの変更

- step1 最大配送時間の配送車に割り当てられていて、タブリストにない顧客を対象に、総配送時間の増加分が最小になる顧客を他の配送車の配送ルートへ割り当てる  
 step2 割り当てを変更した顧客をタブリストに加える  
 step3 実行可能解が発生したとき近似解を更新しPhase II step1へ  
 step4 Phase IIを一定回繰り返せば終了  
 step5 近傍解の探索回数が繰り返し回数の上限になればPhase II step3へ、そうでなければstep1へ

Phase I は初期実行可能解を生成する。

Phase II は配送ルートの配送車への割り当ての変更である。配送ルートが与えられた場合、ビンパッキング問題になる。しかし、配送ルートを変更することが可能であるため、各配送ルートの配送時間が変化の中でビンパッキング問題を解かなくてはならない。配送車費用を減少させるために配送車を減少させ、配送ルートの再割り当てをしている。

Phase III は配送ルートの変更である。Phase II step1の超過分に対する値を配送ルートの配送費

用のペナルティとして付加した上で、一般の配送経路問題のタブサーチ法を実行する。

### 4. 数値例

Christofidesら<sup>[3]</sup>のテスト問題のC9(顧客数150, 配送車容量200)を用いた数値例を図2に示す。

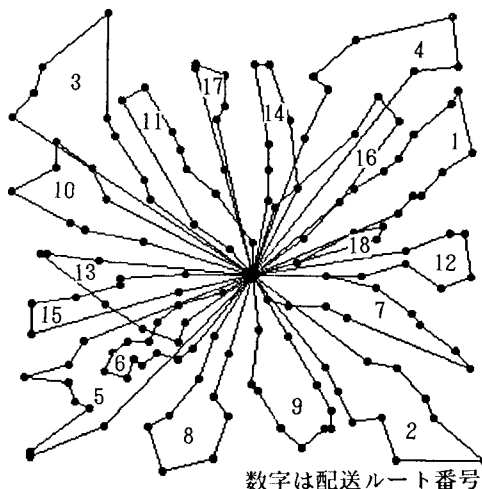


図2. 数値例

テスト問題C9において配送車の稼働時間730とした場合、配送車4台、配送費用2873、配送車1が配送ルート1-2-3-17、配送車2が配送ルート4-5-6-11、配送車3が配送ルート7-8-9-13-18、配送車4が配送ルート10-12-14-15-16、となった。なお計算にはIBM互換i486DX2-66上でVisual Basicを使用した。

### 5. おわりに

配送車の稼働時間制約を持つ配送経路問題に対して、タブサーチ法を用いた近似解法を提案した。

### 参考文献

- [1] I. H. Osman.: "Metastrategy simulated annealing and tabu search algorithms for the vehicle routing problem", *Ann. Operations Res.*, Vol. 41, pp. 421-451, 1993.  
 [2] E. Taillard.: "Parallel iterative search method for vehicle routing problems", *Networks*, Vol. 23, pp. 661-673, 1993.  
 [3] M. Kubo.: "Vehicle routing problem", working paper, 1994.