

# コンビニ弁当配送計画問題

川崎 秀和（沼田 一道助教授，田中 健一助手）

## 1.はじめに

### 1.1 背景

コンビニエンスストア（以下コンビニと呼ぶ）の普及には目を見張るものがある．日本フランチャイズチェーン協会の統計によると，1990 年度に 17,408 店舗だったコンビニの店舗数は，2005 年度には 42,643 店舗と 15 年間で約 2.5 倍に増加し，現在も増加の傾向にある．これは 24 時間営業しているコンビニの利便性や，商品の品揃えの豊富さによるものと考えられる．

一方，コンビニ業界は競争が激しく，各チェーン店では郵便物の受付サービスを開始するなど様々なサービスを試み，他チェーン店との差別化を図っている．コンビニでは弁当・雑誌・飲料・酒・たばこ・化粧品など様々な種類の商品を扱っているが，雑誌・飲料などの商品は，各チェーン店で同じような種類の商品を販売している．しかし弁当は各チェーン店が独自に製造している商品のため，チェーン店ごとの違いが大きい．そのため弁当は集客に大きく関わっている．また日本フランチャイズチェーン協会の統計によると 2005 年度のコンビニの総売上が 7,439,129 百万円であったのに対し，弁当の売上が 2,452,477 百万円と総売上の約 3 割を占めている．そのため弁当はコンビニの売上に直接的に関わっている．また弁当には時間帯により販売量に差があるため，配送時刻に敏感な商品であると考えられる．

### 1.2 コンビニ配送の現状

現在コンビニの商品の配送方法は、まず各店舗が本部に商品を発注し、発注された商品を商品のカテゴリー別の配送センターに集め、配送センターから複数台のトラックで各店舗へ配送するというものである．配送の際は，トラックの積載量・各店舗の時間指定・各店舗の積み下ろし量・トラック台数・駐車場の有無などを考えて配送巡回路を決定している．

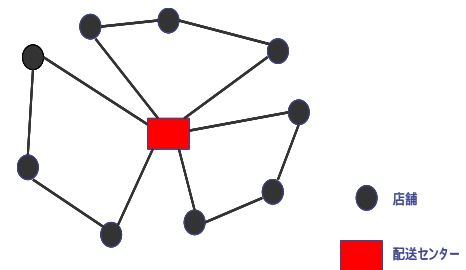


図1 コンビニ配送の現状

### 1.3 本研究の目的

重要度を十分に考慮した上で配送計画を立てているとは必ずしも言えない．そのため売上高の高い店舗（重要度の高い店舗）が，最後のほうに配送されることがある．すると渋滞や天候などにより配送に遅れが生じた場合に，損害の程度が大きくなる可能性がある．しかし，重要度の高い順に配送すると，総移動距離が大きくなり配送コストが大きくなってしまう．そのため配送距離と重要度考慮のバランスが重要である．

そこで本研究ではコストを大きくかけずに，重要度の高い店舗をできるだけ先に配送する配送計画を考える．具体的な目的は以下の2点である．

- (1) 重要度（売上高 = 配送量）を考慮した配送経路の立案を行えるようなモデルを作成する．
- (2) 作成したモデルを用いて現実の問題を解き，モデルの有用性を検証する．

## 2.問題設定

### 2.1 前提条件

コンビ二弁当は様々な条件を考慮して配送されているが、本研究では以下のように仮定する。

- 重要度を表す重みを各店舗に配送する配送量で与える。
- 積み込み積み下ろし時間は配送量に関わらず一定とする。
- トラックの走行速度は一定とする。
- トラックの積載量は充分大きいものとする。
- トラックは配送センターを出発し、割り当てられた配送を行った後、配送センターに戻る。

### 2.3 定式化

#### 2.3.1 目的関数の設定

重要度の高い順に配送した場合、一般的に移動距離が長くなり全体的コストが大きくなる。また総移動距離が最小となるように配送した場合、重要度の高い店舗を最後に配送することがあるため、遅れが生じた時の損害が大きくなってしまふ。それを解決するために目的関数を次のように設定する。

各店舗に重みを与え、各店舗へ配送するまでの距離と重みの積を、全ての店舗について合計したもの（総巡回経路長の重み付き和）を最小化する。

これを目的関数として配送計画を立てる。

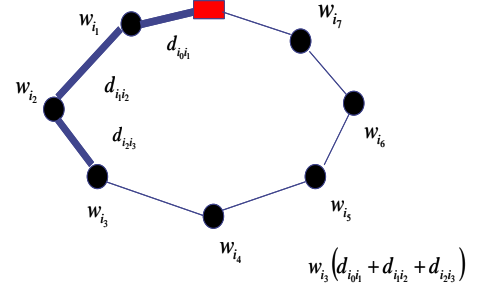


図2 目的関数設定

#### 2.3.2 定式化

店舗の集合を  $N = \{i | i = 1, 2, \dots, n\}$  , トラックの集合を  $T = \{k | k = 1, 2, \dots, m\}$  , 店舗  $(i, j)$  間の距離を  $d_{ij}$  , 店舗  $i$  の重要度を  $w_i$  とする。また  $i = 0, n + 1$  をデポとする。決定変数は、トラック  $k$  が店舗  $i$  の次に店舗  $j$  に行く(1)か、否(0)か、を表す 0-1 変数  $x_{ijk}$  , トラック  $k$  が店舗  $i$  に行く(1)か、否(0)か、を表す 0-1 変数  $y_{ik}$  である。  $i$  までの経路長を表す  $z_i$  は、補助決定変数である。本研究で扱う問題はこれらの記号を用いて以下のように定式化される。

$$\min \sum_{i=1}^{n+1} w_i z_i + z_{n+1} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \sum_{j=0}^{n+1} x_{ijk} = \sum_{j=0}^{n+1} x_{jik} = y_{ik} \quad (i=1, \dots, n, \forall k) \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^n x_{0jk} = \sum_{i=1}^n x_{i(n+1)k} = 1 \quad \forall k \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^m y_{ik} = 1 \quad (i=1, \dots, n) \quad (4)$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ijk} \leq |S| - 1 \quad (\forall S \subseteq N) \quad (5)$$

$$z_i = z_h + \sum_{k=1}^m \sum_{h=1}^n d_{hi} x_{hik} \quad (i=1, \dots, n, n+1) \quad (6)$$

$$z_0 = 0 \quad (7)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad (i, j = 1, \dots, n, n+1, \forall k) \quad (8)$$

$$y_{ik} \in \{0, 1\} \quad (i=1, \dots, n, \forall k) \quad (9)$$

(2)式はトラック  $k$  が店舗  $i$  に配送するならば、トラック  $k$  はある店舗から  $i$  に行き、次の店舗  $j$  へ配送することを表している。(3)式はトラックが配送センターから出発し、配送センターへ帰ることを表している。(4)式は全ての店舗に必ず配送することを表している。(5)式は部分巡回路除去制約である。(6)式は  $i$  に到着するまでの経路長  $z_i$  を定める漸化式である。(7)式は出発点の経路長は 0 とすることを表している。

### 3. 解法

本研究で扱うコンビニの配送規模（店舗数）では、厳密解を求めるのは困難なため近似解を用いて準最適解を求める。

Step1 店舗に番号付けし、その店舗番号をランダムに並べた順列  $\sigma$  を生成する。

Step2 順列  $\sigma$  を  $m$  個に分け、順列の順番通りに配送させ、目的関数値を求める。

Step3 順列  $\sigma$  を  $m$  個に分ける全ての組み合わせについて、目的関数値を求める。その中で最適な目的関数値を  $f(\sigma)$ 、配送経路を  $x(\sigma)$  とする。

Step4 順列  $\sigma$  の 2 要素を交換したすべての順列から成る  $\sigma$  の近傍  $U(\sigma)$  に属するすべての順列  $\tau$  について、 $f(\tau)$  を計算し最小値となる順列  $\tau$  を求め、その順列を  $\tau^*$  とする。

Step5  $f(\tau^*) < f(\sigma)$  ならば  $\sigma \leftarrow \tau^*$  として Step4 へ、そうでないならば Step6 へ。

Step6 最適解は  $x(\sigma)$ 、そのときの目的関数値は  $f(\sigma)$  となる。

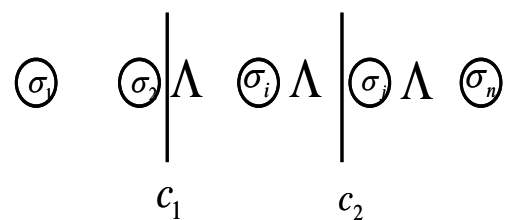


図3 順列の組み合わせ

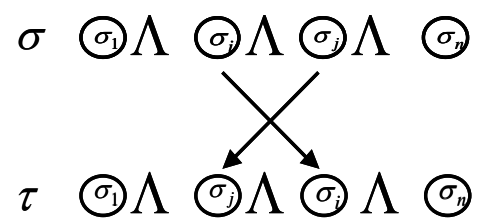


図4 2要素を交換

## 4. 数値実験

### 4.1 実験概要

本研究で提案した配送巡回路決定法の有用性を確認するために、実際のデータを用いて実験を行う。実際の配送量データに基づく重要度で配送した場合の配送経路と、総巡回路長だけを考えた配送経路 ( $w_i = 0$  ( $i = 1, \Lambda, n$ )) とすれば従来の総巡回路長のみを考慮した配送経路問題となる) を比較する。データは、新潟市内のコンビニに配送しているコンビニチェーン L のものを用いる。配送店舗数は 30 店舗、トラック台数は 3 台である。解法は Borland 社の Delphi6 で実装した。

### 4.2 実験結果・考察

重要度  $w_i$  (配送量) を考慮して解いた結果を図 5 に、考慮せずに ( $w_i = 0$  として) 解いた結果を図 6 に示す。

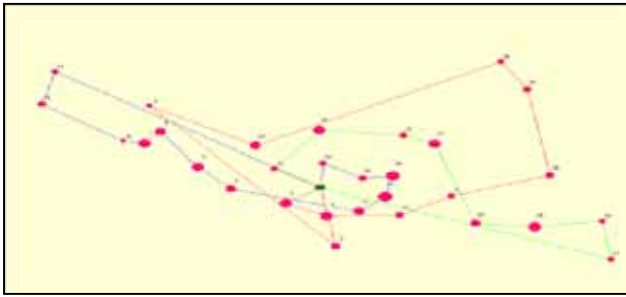


図5 配送量を考えたデータの実行画面

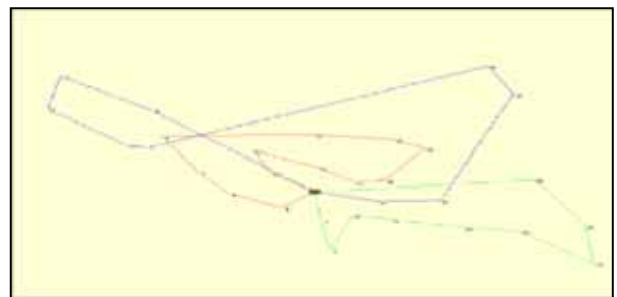


図6 経路長のみ考えたデータの実行画面

表1 配送量を考えた時の実験結果

総移動距離	重みと配送順の積の和
75458	10817

表2 経路長のみ考えた時の実験結果

総移動距離	重みと配送順の積の和
58103	13762

図の は店舗を表し、 の大きさが配送量の大きさを表している。また直線が配送経路を表している。表の重みと配送順の積の和とは、店舗に配送される配送量とその店舗に配送する順番の積を全ての店舗について足したものである。配送量の多い店舗を先に配送するとこの値は小さくなる。

表1,表2の重みと配送順の積の和を見ると、経路長のみを考えた巡回路の場合13,762,配送量を考えた巡回路の場合10,817で2,945小さくなっていることがわかる。よって配送量を考えて実行した時の方が、配送量の多い店舗を先に配送していると考えられる。これより、配送量の多い店舗をできるだけ先に配送させるという、本研究の目的を達成したと考えられる。しかし表1,表2の総移動距離を見ると、配送量を考えた巡回路の場合75,458m,経路長のみを考えた巡回路の場合58,103mで17,355m総移動距離が長くなっていることが分かる。一般的に配送量の多い店舗を先に配送すればするほど総移動距離が長くなると考えられるため、距離と重要度のバランスをどのようにとるか(配送量の多い店舗をどの程度優先するか)を考える必要があると考えられる。そのため両者の比を変えて実験を行い、最も良い比(重み付け)を求める必要があると考えられる。

## 5.まとめ

本研究ではコンビニの弁当配送に関して、弁当に遅れが生じた場合の損害を小さくするため、弁当を多く配送する店舗を出来るだけ先に配送するような新たな配送計画モデルを提案した。提案したモデルで配送経路を決定すると、従来の経路長のみを考えた配送計画よりも、総巡回路長を抑えつつ配送量の多い店舗を先に配送することができた。しかし距離と配送量の比のバランスのとり方や、遅れが生じた時の損害がどれだけ小さくなるのかを調べる必要がある。また遅れの生ずる頻度等を考慮する必要もあるが、これらは今後の課題である。

## 参考文献

- [1]山本芳穂・久保幹雄:「巡回セールスマン問題への招待」,朝倉書店,(1997)
- [2]徳山博茅・曹徳粥・熊本和浩:「生産マネジメント」,朝倉書店,(2002)
- [3]小山修一:“トラックの総走行距離を最小にする配送経路問題の解法の提案”,2001年度東京理科大学工学部経営工学科卒業論文,(2001)