

郵便物収集を行う人員数と作業時間に関する研究

世田谷区の千歳郵便局を例として

鈴木 健太（沼田 一道 准教授， 田中 健一 助教）

1. はじめに

電子メールの普及により，葉書・手紙などの投函郵便物は減少の傾向にあるが，今後も必要不可欠な情報伝達手段として存続していくと考えられる．しかし，郵便業務の日本郵政株式会社への移管に伴い，その業務体制の見直しも進められている．実際，同社は2007年11月に2011年度末までの4年半で合計24,000人程度の社員を減らす計画を立てている[1]．この計画が実行されると，今までの業務をより少ない人数で行う必要性が出てくる．以下では，地域に散在する郵便ポストから，そこに投函された郵便物を集配局に集めてくる業務に注目する．この作業を行うのに必要な人数をどのように見積もったら良いのであろうか．過大に見積もれば無駄が生じ，過小に見積もれば無理が生ずる．本研究では，この問題を「人員数をパラメータとした担当ポスト決定問題」として扱うことを考える．総移動距離（移動時間）を最小化する場合は「集配経路問題（VRP）」としてよく研究されているが，各人の移動距離（移動時間）をできるだけ均等にしようとする場合の研究は見当たらない．本研究の目的は，この問題を数理計画問題として提起し，それに対する解法をいくつか提案することである．また，世田谷区の千歳郵便局とその管轄下のポスト96個を対象として，人員数を変化させたときの分割巡回路を求め，現状と比較する．

2. 問題の概要

複数の職員が集配局を出発し，分担して，全ポストから郵便物を集め集配局に戻ってくる．「全員の移動距離の和（総移動距離）を最小にする」のであれば，誰か1人が全ポストを受け持つのが最適であり，巡回路は全ポストを訪問する巡回セールスマン問題（TSP）の最適解で与えられる．しかし，この解は収集を完了するまでの時間が長くなり非現実的である．「収集に使える時間（制限時間）を限って総移動距離を最小化する」と考えると，これはVRPになるが，一般に，その最適解の経路長には長短の差が生ずる．

本研究では望ましい収集業務の基準として，各職員の移動距離（時間）をできるだけ均等に保ちながら短くすることを考える．各自の担当ポストが決まれば，それらに対するTSPの最適解が各自の巡回路となるので，各自の巡回路長（時間）が均等になるようにポストを配分するということである．

この問題を扱う上で，以下のような前提を置く．

- ・全職員は集配郵便局を出発し，集配郵便局に帰ってくる
- ・1日毎の各人の収集時間を均等化する（問題を1日単位で扱う）
- ・職員の移動速度はすべて同一で，一定とする（距離と時間は比例する）
- ・郵便物の容量・重量は考えない（1人ですべてを運ぶことも可能）
- ・1つのポストから郵便物を回収するのに要する時間はすべて等しい

3 . 定式化

収集職員数を m , 郵便ポスト数を n , 集配郵便局を点 $0, n+1$, 郵便ポスト点 $1 \sim n$, 第 i ポストと第 j ポスト ($0 \leq i, j \leq n+1$) 間の移動時間距離を t_{ij} , 職員がポストから投函された郵便物を回収するのに必要な時間を d とする . 第 k 職員がポスト i を担当するか否かを y_{ik} で表す . また , 第 k 職員がポスト i の直後にポスト j を訪れるか否かを x_{ijk} で表す . すなわち ,

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1 & : \text{集配局員 } k \text{ が点 } i \text{ の直後に点 } j \text{ を訪れる} \\ 0 & : \text{それ以外,} \end{cases}$$

$$y_{ik} = \begin{cases} 1 & : \text{集配局員 } k \text{ が点 } i \text{ を訪れる} \\ 0 & : \text{それ以外.} \end{cases}$$

以上の記号を用いると , 職員数 m が与えられたとき , 各職員の収集経路を求める問題は以下のように定式化される . この問題を PPP(Post Partitioning Problem) と呼ぶ .

$$(PPP) \left\{ \begin{array}{ll} \min \max_{1 \leq k \leq m} \left\{ \sum t_{ij} x_{ijk} + d \sum_{i=1}^n y_{ik} \right\} & \text{--- (1)} \\ \text{sub.to } \sum_{i=0}^n x_{jik} = y_{ik} \quad (j=1,2,\dots,n+1 \quad k=1,2,\dots,m) & \text{--- (2)} \\ \sum_{j=1}^{n+1} x_{ijk} = y_{ik} \quad (i=0,1,\dots,n \quad k=1,2,\dots,m) & \text{--- (3)} \\ \sum_{k=1}^m y_{ik} = \begin{cases} 1 & (i=1,\dots,n) \\ m & (i=0,n+1) \end{cases} & \text{--- (4)} \\ \sum_{i,j \in S} x_{ijk} \leq |S|-1 \quad \forall S \subseteq \{1,2,\dots,n\} \quad (k=1,2,\dots,m) & \text{--- (5)} \\ x_{ijk} \in \{0,1\} \quad (i=0,1,\dots,n \quad j=1,2,\dots,n+1 \quad k=1,2,\dots,m) & \text{--- (6)} \\ y_{ik} \in \{0,1\} \quad (i=0,1,\dots,n+1 \quad k=1,2,\dots,m) & \text{--- (7)} \end{array} \right.$$

(1)は全職員の中で移動距離が最も長い職員の移動距離 (最大移動距離と呼ぶ) を最小化する目的関数である . 制約条件は (2)(3) はポストをある職員が訪れるならば , その職員は他の点からやってきて , 他の点へ向かっていくことを表す . (4) はすべてのポストに必ずある職員が訪れることを表す . (5) は部分巡回路を禁止するものとする .

4 . 解法

本研究で対象とする千歳郵便局の管轄下にあるポスト数は 96 個である . PPP は TSP を部分問題として含むので , この程度の規模のものを厳密に解くのは困難である . 実行可能解を全列挙すれば , 原理的には厳密に解けるが , 計算時間は膨大なものとなる . 本研究では , 局所探索を用いた発見的解法を A と B の 2 通り提案し , 実験を行う . 局所探索法は , 適当な解 x (初期解) を生成し , 解空間の中で x の近傍により良い解 x' を見つけたならば , $x = x'$ として x を更新して , 新しい x の近傍により良い解がなくなるまで繰り返し探索す

る方法である。

解法は、ポストの配分と配分されたポストのTSPに分けて考える。ポストを順番付けし無作為に並べた順列 P を作成する。また、職員に配分されたポストを $W_k = \{W_{k1}, W_{k2}, \dots, W_{km}\}$ で表す。

● ポストの配分

- A step1: 各職員の受け持つポストの数が均等になるように $\{W_{k1}, W_{k2}, \dots, W_{km}\}$ を与える。
- step2: 各職員に配分されたポスト集合間で、各職員の巡回路長(時間)が均等になる方向にポストの移動を行い配分を改善する。どのポストをどの集合間で移動するかは、配分の近傍探索により決定する。
- B step1: 順列 P に従って、最大移動職員の移動量ができるだけ小さくなるよう m 人の職員に1個ずつ配分していく。
- step2: 順列 P を順列空間で近傍探索を行うことで、各職員の配分の改善をする。

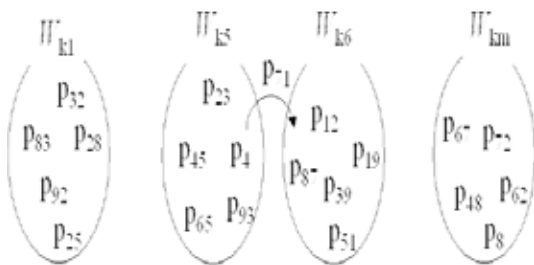


図1 解法Aのポストの配分

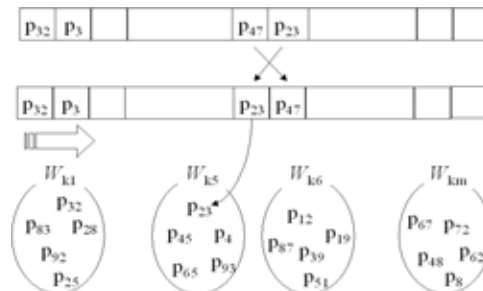


図2 解法Bのポストの配分

● 配分されたポストのTSP

- A 2-opt 法を用いて求める
- B 3-opt 法を用いて求める

2-opt 法は、ある巡回路においてある2本の枝を取り除き、別の2本の枝を付け加えて再び巡回路を作ること考える。このとき、巡回路の長さが短くなる場合にはこの入れ替を行い、改善されない場合には行わない。この操作を巡回路の長さを減少させる入れ替えが行われなくなるまで繰り返す方法である。同様に3本の枝の入れ替えを考えるのが3-opt法である。

5. 数値実験と考察

前節で示した2つの解法を Borland 社の Delphi6 を用いて実装し実験を行った。移動時間距離 t_{ij} は、千歳郵便局と収集範囲内にある郵便ポストの座標(緯度、経度)から直線距離を計算し、職員が平均時速30kmで移動するものとして算出した。また、職員がポストから投函された郵便物を回収するのに必要な時間 d を60秒とする。

解法Aと解法B共に、人員数を増員すれば各職員の移動距離(時間)が短くなるという挙動に大きな

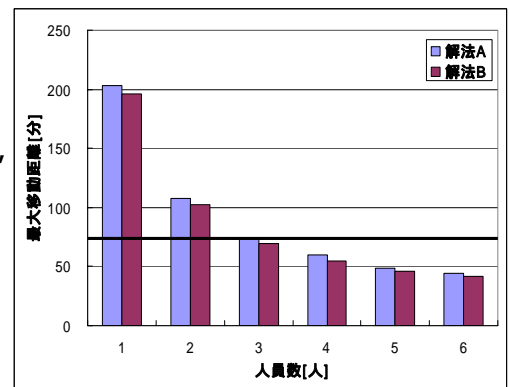


図3 人員数と最大移動距離の関係

傾向の違いはないものの、巡回路の分割の様子には違いが見られる。解法 B で求められた分割巡回路の方が解法 A のものと比べ、分割が明確になっている。解法 A は高速であるが精度がやや低く、解法 B は求解時間が大きいが高精度であるといえる。

千歳郵便局の収集業務は、制限時間が 75 分で職員数 5 人の体制で行っている。職員数を 1 人から順に増やながら解いたところ制限時間を最初に下回る職員数は解法 A, B 共に 3 人となった。

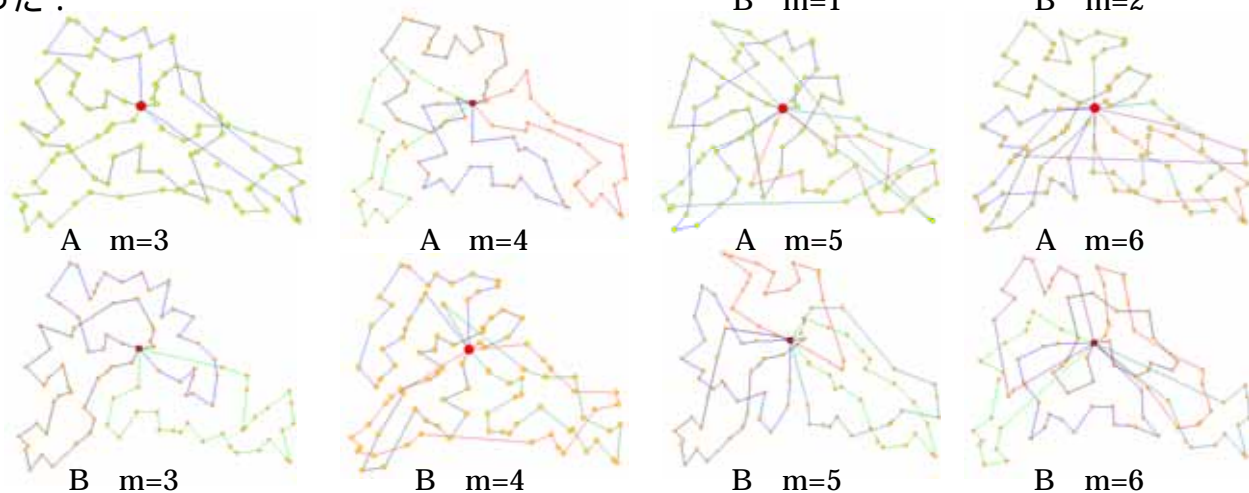


図 4 解法 A と解法 B の分割巡回路の様子

6. まとめ

本研究では世田谷区の千歳郵便局とその管轄下のポスト 96 個を対象として、人員数を変化させたときの分割巡回路を、各職員の移動距離（時間）をできるだけ均等に保ちながら短くする問題を扱いそれに対する発見的解法を提案した。

与えられた点配置，集配局位置に対して，人数が過剰になると分割が不自然になる。自然な分割になっているものは「制限時間」に応じてそれぞれ意味のあるものであると考えられる。また，今回得られた解には，分割巡回路の交差が見受けられる。これは，問題の設定上避けられないものであるが，交差を許さない状況も考えられる。問題の設定，解法に改善の余地はあるが，本研究の結果は，千歳郵便局において収集業務を行うのに必要な人員数を見直す際に，十分参考になるものと考えられる。

参考文献

- [1]日経 NET:「郵便局・事業会社，4 年半で 2 万 4000 人削減」，2007
<http://www.nikkei.co.jp/sp2/nt47/20071129AS3S2701X29112007.html>
- [2]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，東京理科大学工学部経営工学科 2000 年度卒業論文，2001
- [3]塚越 一雄:「はじめての Delphi」，技術評論者，2003