

# 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～

沼田研究室

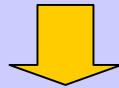
4404048 鈴木 健太

# もくじ

1. はじめに
2. 本研究の背景
3. 本研究の目的
4. 問題の概要
5. 記号の定義
6. 定式化
7. 解法
8. 数値実験
9. 結果および考察
10. まとめ

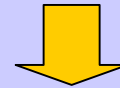
# 1. はじめに

電子メールの普及



葉書・手紙などの投函郵便物は減少の傾向にあるが、まだまだ需要がある

郵便業務が日本郵政株式会社へ移管



24,000人程度の社員を減らす計画[1]

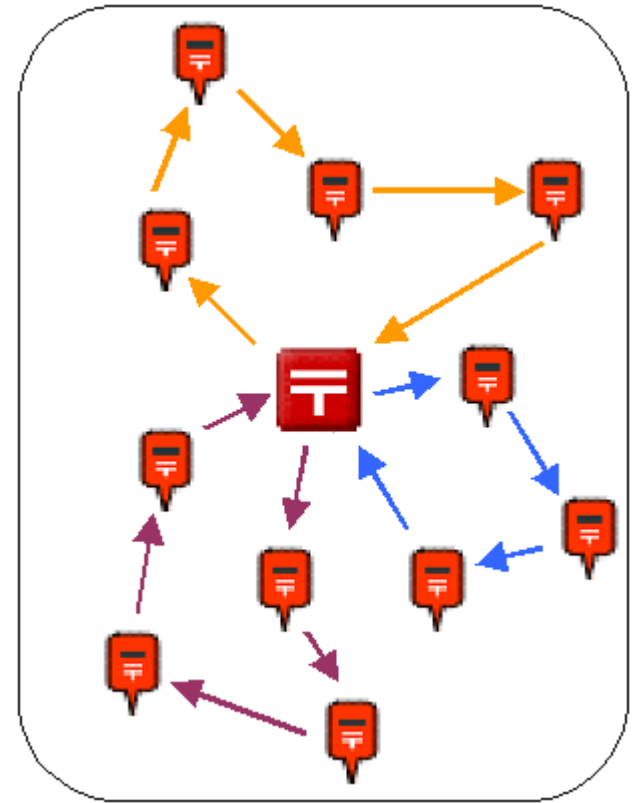
より少ない人数で業務を行う必要性が出てくる

## 2. 本研究の背景

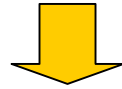
職員が地域に散在する郵便ポストから、そこに投函された郵便物を集配局に集めてくる業務(収集業務)に着目する

収集業務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しょうか?

「人員数をパラメーターとした担当ポスト問題」として扱う



「総移動距離を最小にする」



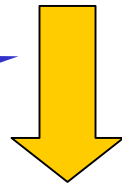
人員数

誰か1人がすべてのポストを受け持つのが最適



巡回経路

全ポストを訪問する巡回  
セールスマン問題(TSP)の最適解



収集業務を完了するまでの時間が長い

「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」

巡回経路

「配送経路問題(VRP)」

多く研究  
されている[2]

しかし

各職員の移動距離には長短の差が生じる

# 3. 本研究の目的



「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」

数理計画問題として提起し、  
それに対する**2つの解法**を提案

千歳郵便局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

## 4. 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

各職員の担当ポストが決まれば、  
それらに対するTSPの最適解が各職員の巡回路となる

各職員の巡回路長(時間)が均等になるようなポストの  
配分にする

この問題を PPP(Post Partitioning Problem)と呼ぶ



# 5. 記号の定義

- 集配郵便局を点 $0, n+1$ ,  
集収範囲にある郵便ポストを点 $1 \sim n$ で表す
- $t_{ij}$  を点  $i$  と点  $j$  ( $0 \leq i, j \leq n+1$ ) 間の移動時間とする
- $d$  を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とする

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

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

# 6. 定式化

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

# 7. 解法

ポストの配分

+

ポストのTSP

千歳郵便局の管轄下にはポスト96個



厳密解を出すことは難しい(計算時間が大)



近似解法を利用

発見的解法を用いた配分法

+

3-opt法

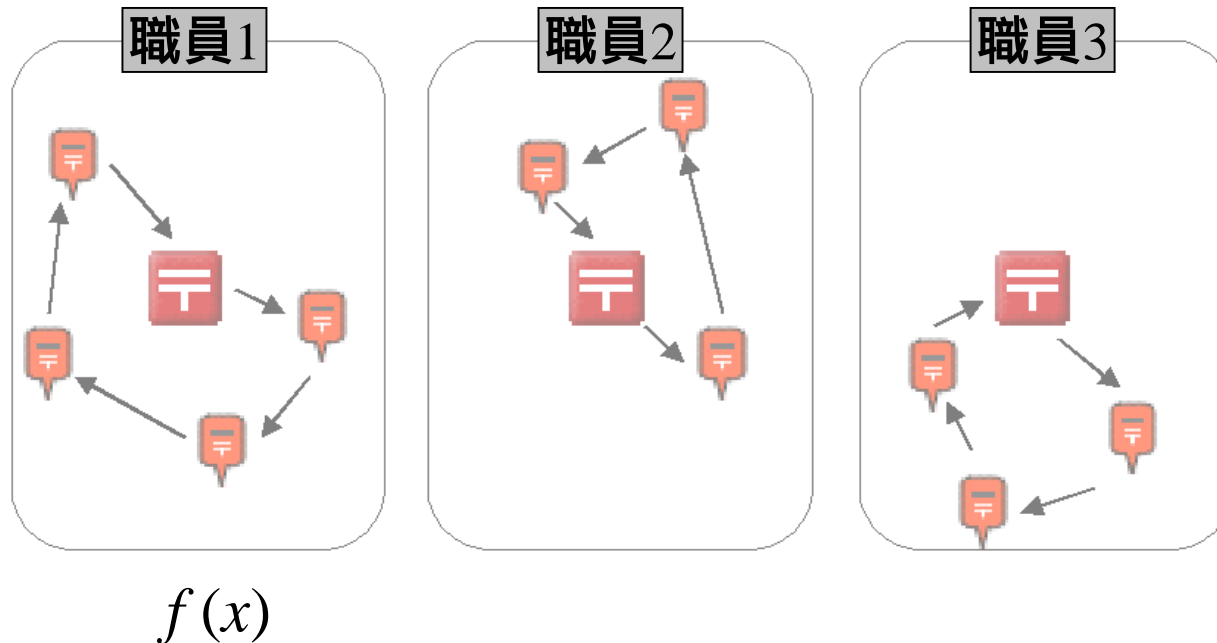
提案

既存

# ポストの配分

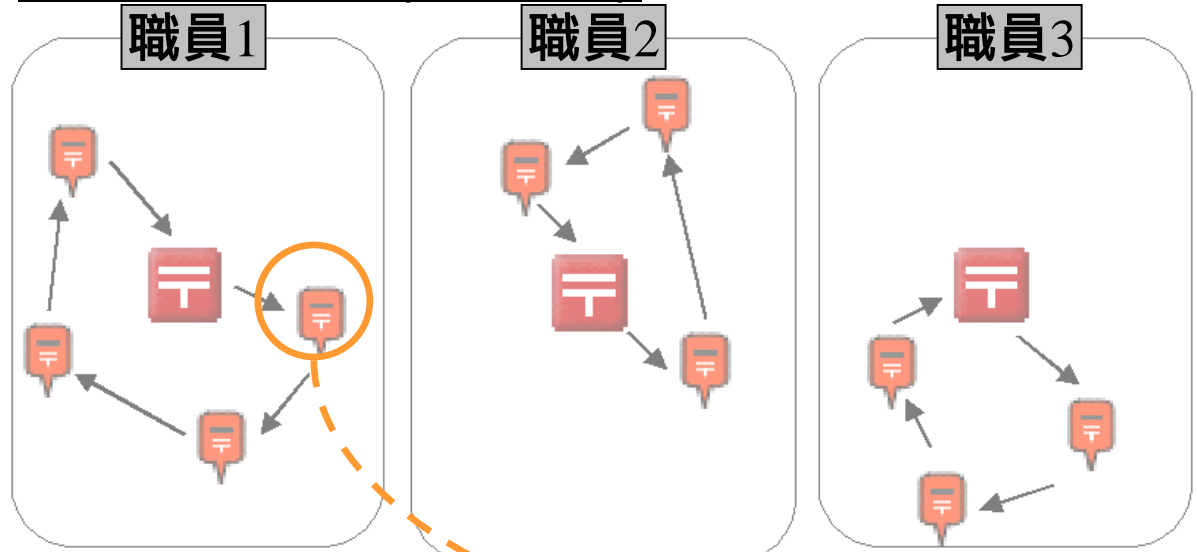
## 解法A

- Step 0: 各職員の受け持つポストの数が、均等になるように配分し、各職員の(準)最短経路を求め、移動時間が最も長い職員を $x$ とし、その移動時間 $f(x)$ をする
- Step 1: 職員 $x$ が担当するポストを1つ取り出し、職員 $x'$ の配分に加え、(準)最短経路とそのときの移動時間を求める



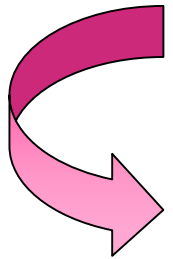
Step 2: Step1の最良解と $f(x)$ を比べ、より良い解が発見されたならば更新し、そうでなければ終了する。

### 近傍の取り方(集合間)

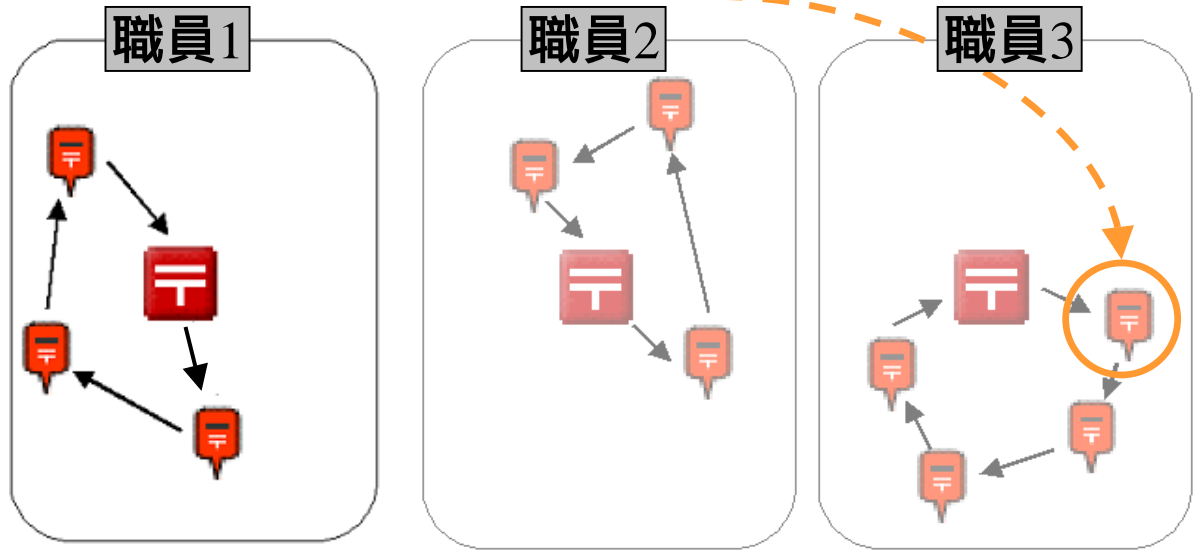


$f(x)$

更新



Step1とStep2の流れを繰り返し、最も良い解を(準)最適解とする。



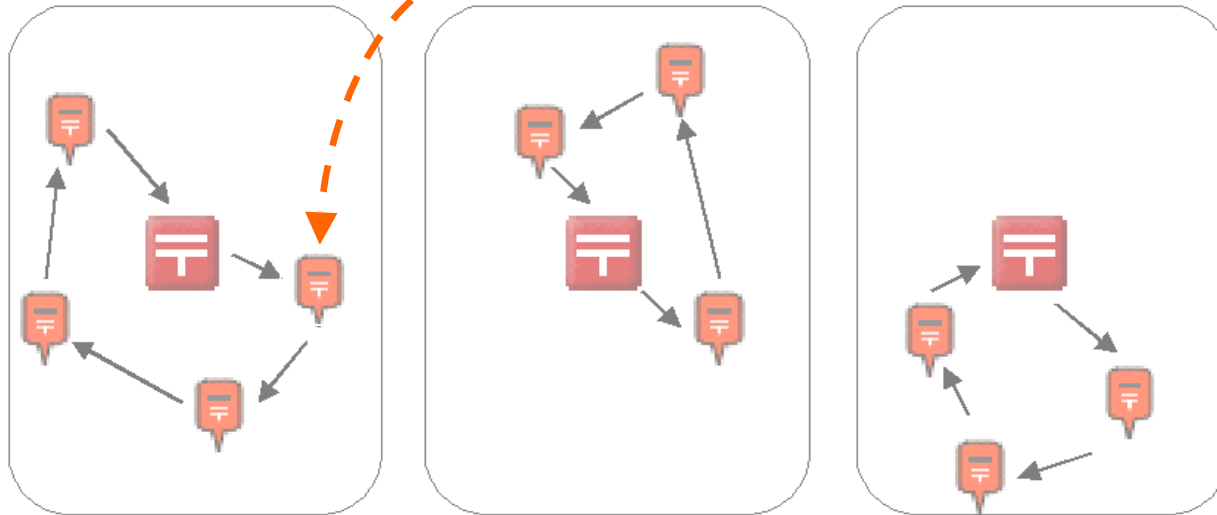
$f(x')$

## 解法B

Step 0: ポストを順番付けし無作為に並べた順列 $P$ を作成する

Step 1: 順列 $P$ に従って, 最大移動職員の移動時間ができるだけ小さくなるよう職員に1個ずつ配分していく. このときの, 最大移動職員の移動時間を $f(P)$ とする

$P : P_1, P_2, P_3, \dots, P_i, \dots, P_j, \dots, P_n$



Step 2: 順列 $P$ を順列空間で近傍探索を行う

$f(P) < f(P')$  ならば  $P \leftarrow P'$  とする

近傍の取り方(順列空間)

$P : P_1, P_2, P_3, \dots, P_i, \dots, P_j, \dots, P_n$

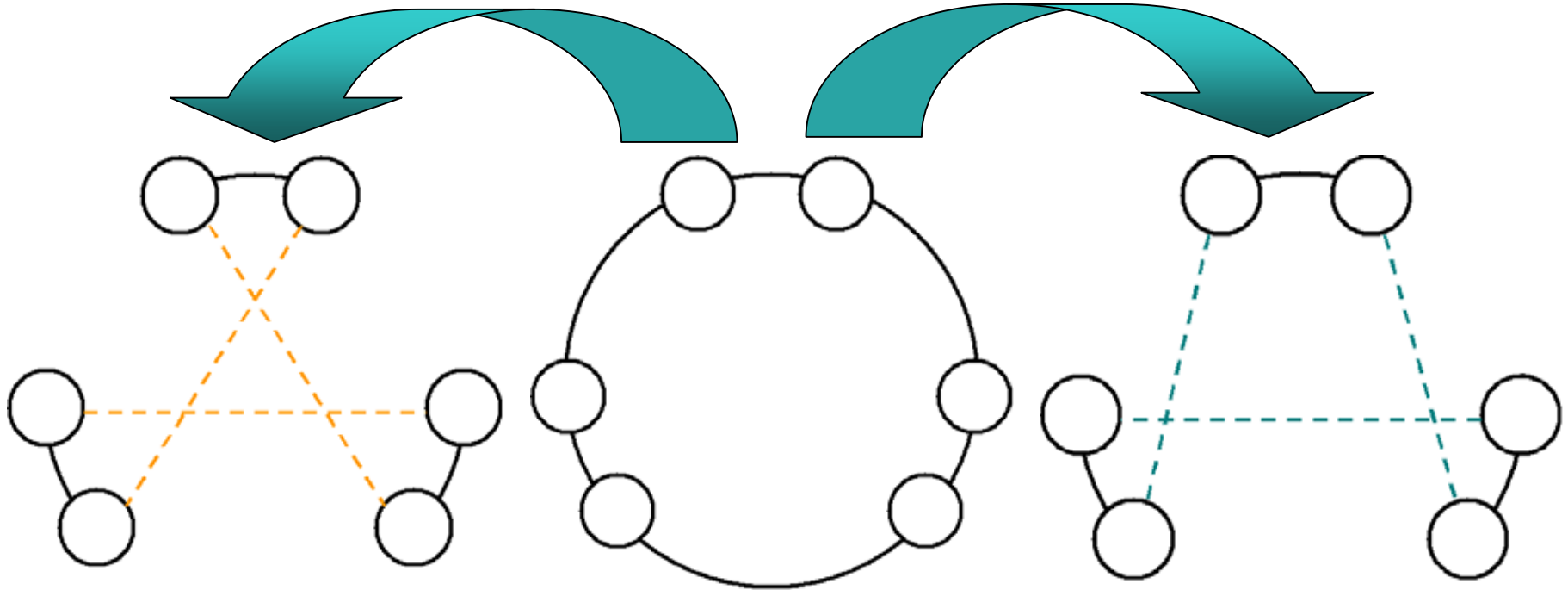
順列内の2要素を交換

$P' : P_1, P_2, P_3, \dots, P_i, \dots, P_j, \dots, P_n$

Step1とStep2の流れを繰り返し、最も良い解を(準)最適解とする

# ポストのTSP

解法A , 解法B共に3 opt法を用いる



ある巡回路において隣り合わない3本の枝を取り除き,別の3本の枝を付け加えて再び巡回路を作る



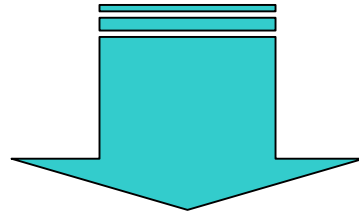
# 8. 数値実験

## 収集業務の現状

- 制限時間: 75分
- 職員数: 5人

## 実験データ

- 職員の平均速度 $v$ : 時速30km
- ポストで費やす時間 $d$ : 1分
- 移動時間 $t_{ij}$   
=(点 $i$ と点 $j$ の直線距離/ $v$ )



2つの解法をBorland社のDelphi6を用いて実装し実験を行った

# 9. 結果および考察

— 職員 1  
— 職員 2

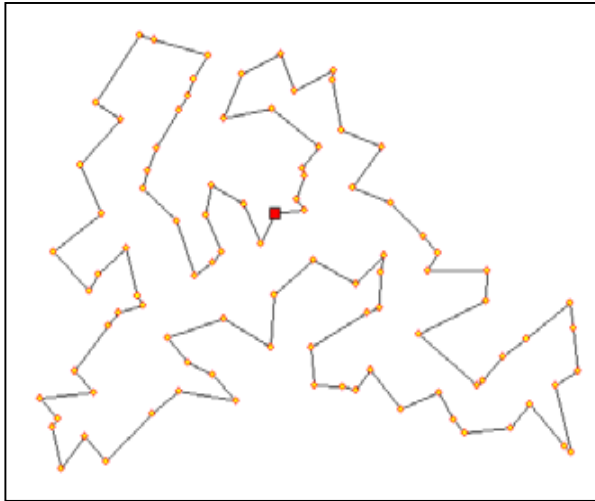


図1:  $m=1$

表1:  $m=1$

	移動時間[分]	担当するポスト数[個]
職員 1	194	96

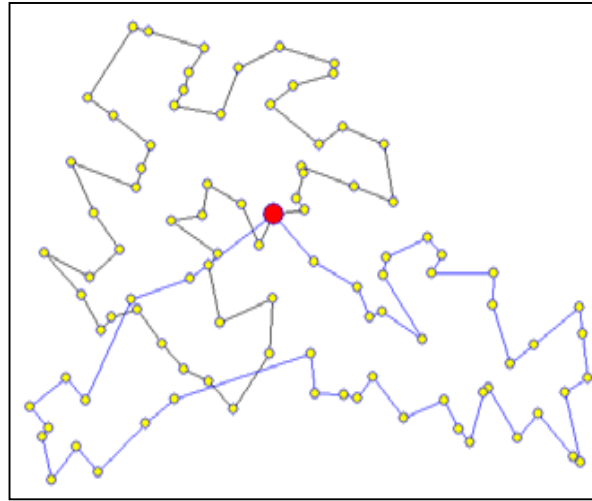


図2: A  $m=2$

表2: A  $m=2$

	移動時間[分]	担当するポスト数[個]
職員 1	101	49
職員 2	102	47

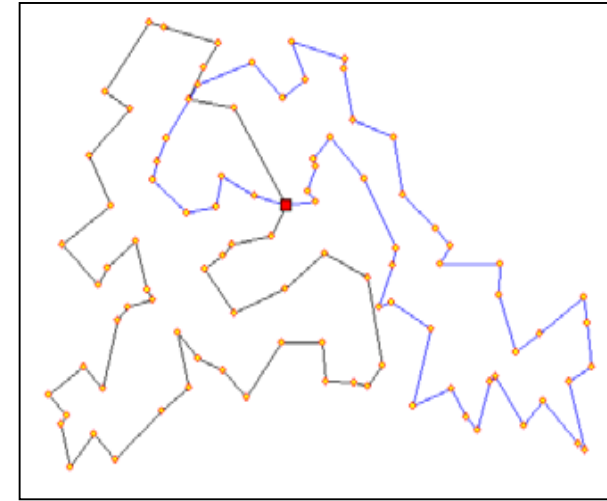


図3: B  $m=2$

表3: B  $m=2$

	移動時間[分]	担当するポスト数[個]
職員 1	99	47
職員 2	99	49

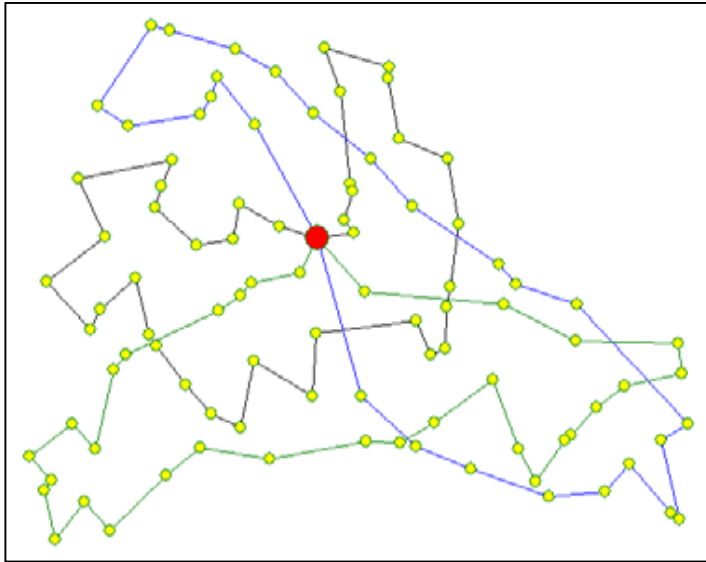


図4: A  $m=3$

表4: A  $m=3$

	移動時間[分]	担当するポスト数[個]
職員 1	73	35
職員 2	73	30
職員 3	74	31

— 職員 1  
— 職員 2  
— 職員 3

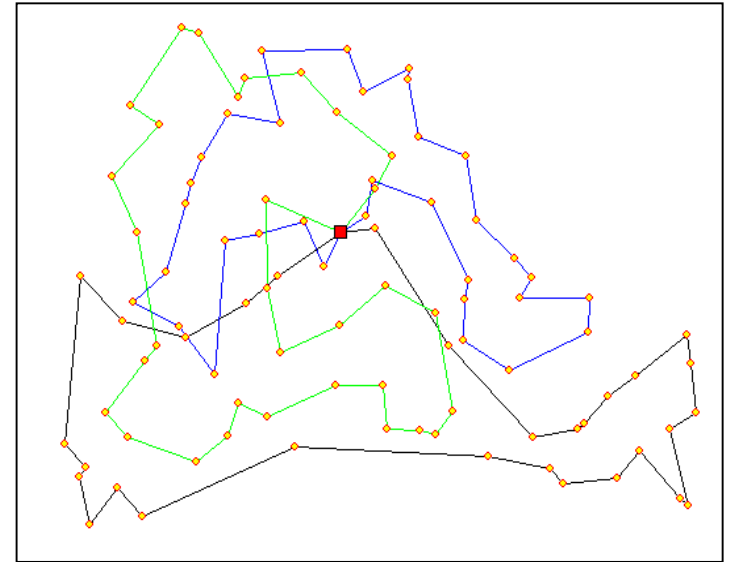


図5: B  $m=3$

表5: B  $m=3$

	移動時間[分]	担当するポスト数[個]
職員 1	73	30
職員 2	73	34
職員 3	72	32

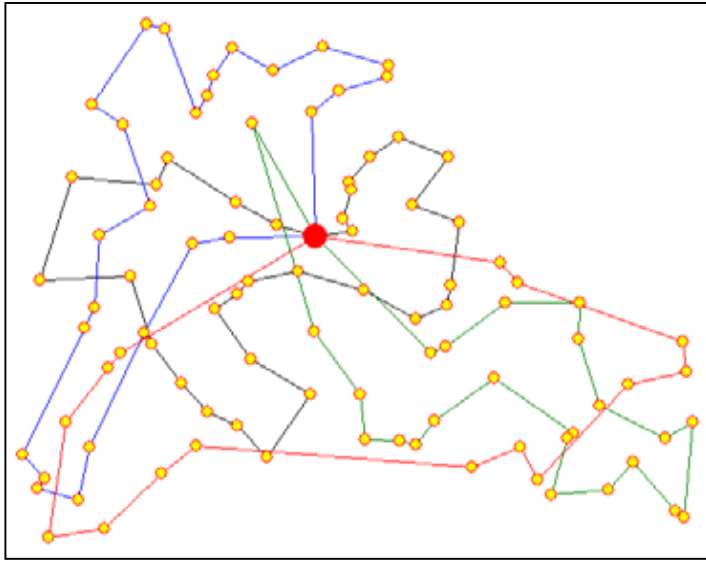


図6: A  $m=4$

表6: A  $m=4$

	移動時間[分]	担当するポスト数[個]
職員 1	59	27
職員 2	59	24
職員 3	59	24
職員 4	59	21

職員 1  
 職員 2  
 職員 3  
 職員 4

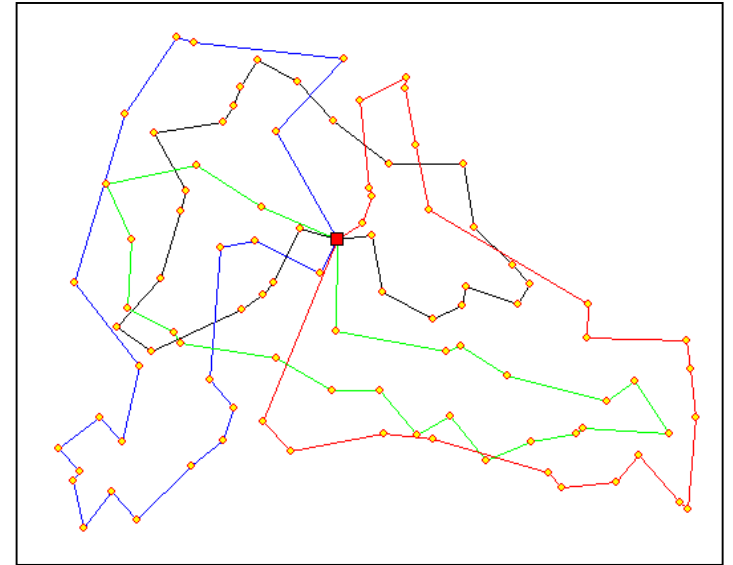


図7: B  $m=4$

表7: B  $m=4$

	移動時間[分]	担当するポスト数[個]
職員 1	59	28
職員 2	59	22
職員 3	58	23
職員 4	59	23

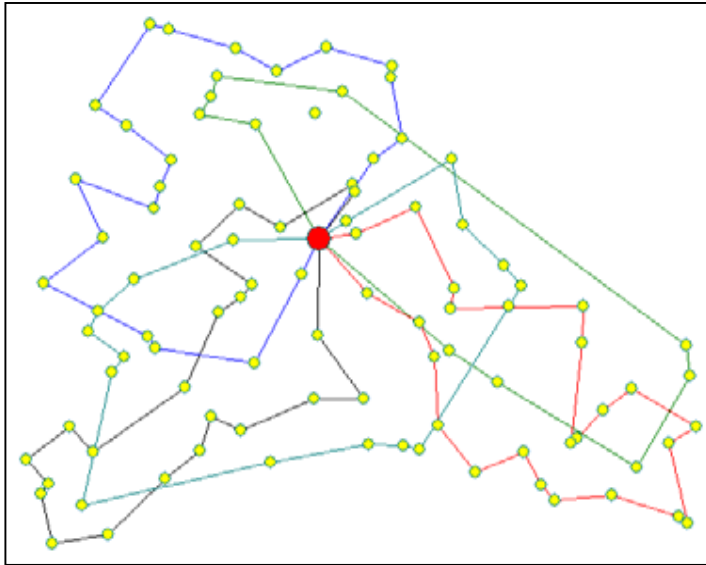


図9: A m=5

表9: A m=5

	移動時間[分]	担当するポスト数[個]
職員 1	54	21
職員 2	53	20
職員 3	54	20
職員 4	51	17
職員 5	53	18

職員 1  
 職員 2  
 職員 3  
 職員 4  
 職員 5

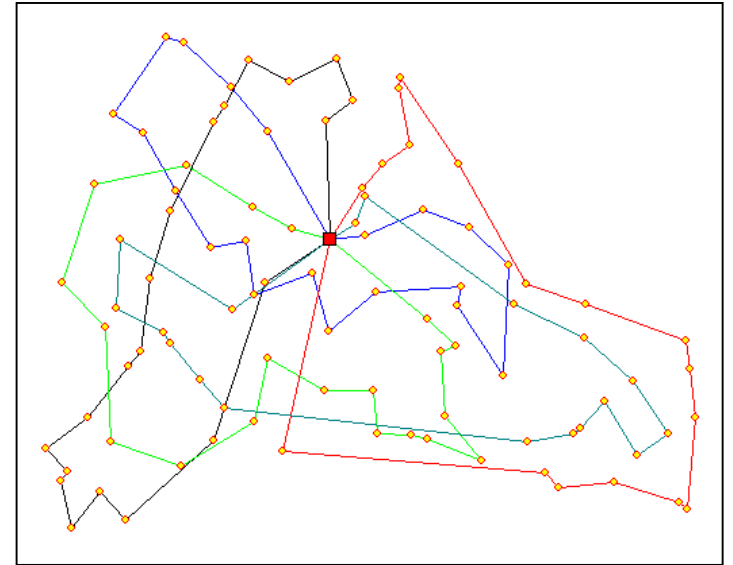
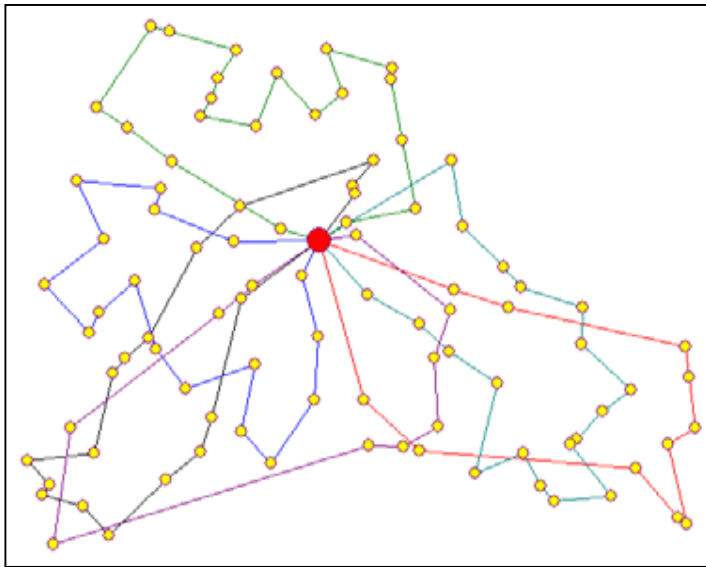


図10: B m=5

表10: B m=5

	移動時間[分]	担当するポスト数[個]
職員 1	51	21
職員 2	50	20
職員 3	51	20
職員 4	51	17
職員 5	51	18



- 職員 1
- 職員 2
- 職員 3
- 職員 4
- 職員 5
- 職員 6

図11: A m=6

表11: A m=6

	移動時間[分]	担当するポスト数[個]
職員 1	45	15
職員 2	44	17
職員 3	44	16
職員 4	43	16
職員 5	43	17
職員 6	44	15

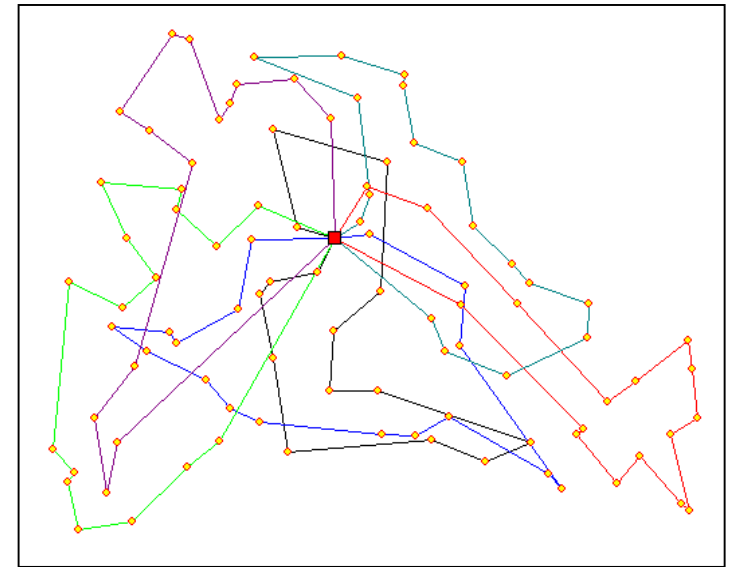


図12: B m=6

表12: B m=6

	移動時間[分]	担当するポスト数[個]
職員 1	43	15
職員 2	44	17
職員 3	43	16
職員 4	44	16
職員 5	44	17
職員 6	43	15

# 人員数と収集時間

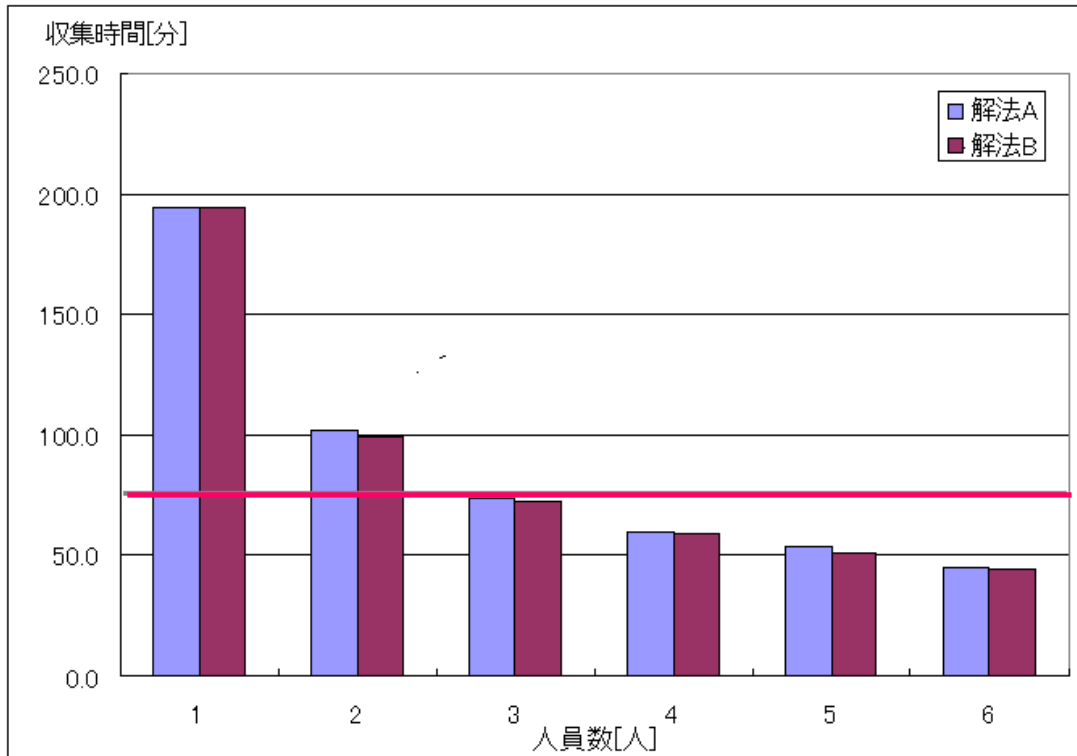


図13: 人員数と収集時間の関係

解法A, 解法B共に現状  
(5人)より少ない人員数  
3人で収集業務を行える

制限時間

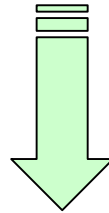
解法Bの方が解法Aと  
比べ制度が高い

与えられた点配置, 集配局位置に対して, 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

# 10. まとめ

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**する問題を提起し、**2つの解法**を提案

千歳郵便局を対象として実験



合理的な人員数を見積もる方法が示せた



# 今後の課題

- 実験データの数値の設定により、結果は大きく変化するため、数値設定の吟味が必要である
- 今回得られた解には、分割巡回路の交差が見受けられる。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。

千歳郵便局の収集業務を行う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]杉本 勇哉: 家庭ごみ収集トラックの運行計画に関する研究, 東京理科大学工学部経営工学科2000年度卒業論文, 2000
- [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, 東京理科大学工学部経営工学科2000年度卒業論文, 2001
- [4]塚越 一雄:「はじめてのDelphi」, 技術評論者, 2003
- [5]福島 雅夫:「数理計画入門」, 朝倉書店, 1996