

# 遺伝的アルゴリズムを適用した都市ごみ収集作業に関する履歴を基にした人員配置計画策定支援手法に関する研究

内海 秀樹<sup>†</sup> 保倉 修一<sup>‡</sup>

京都大学地球環境学堂<sup>†</sup> 富士通エフ・アイ・ピー<sup>‡</sup>

## 1. はじめに

都市の環境衛生の維持を行う上で、特に重要な役割を果たしているものに廃棄物の収集運搬事業がある。以降、収集運搬の対象は家庭系廃棄物に限定する。

収集運搬は、人的資源や地理的条件に依存する部分が多いため人員配置や作業量や時間についての作業員間での適切な配分が、モチベーションや労働環境の維持に役立つ。本研究は、GAを用いた清掃事務所における人員配置計画の策定支援に関するものである。

## 2. 収集運搬およびその計画策定の概要

清掃事務所における人員配置とは、策定者が班員の顔ぶれや各作業員の担当業務を考慮して、班編成により予め業務が設定された班に作業員を割当てることである。清掃事務所における人員配置の概要を図に示す。図は、ごみの種類、コース、収集車が定められた「班」に対して、作業員（班長と班員）2名と運転手が割当てられている様子を表している。

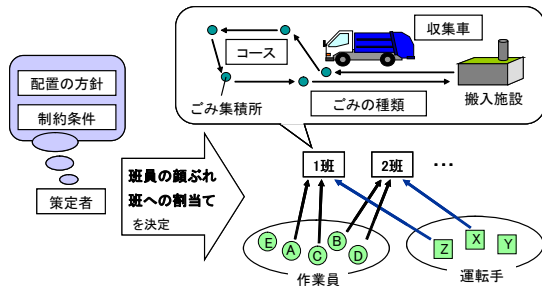


図1 清掃事務所における人員配置の概略

## 3. 人員配置支援手法の定式化

### 3.1 人員配置問題の定式化

班への割当ての方針に関する指標として、職員別各班の担当回数の分散  $work^2$  をとった。各職員が異なる班に割当てられている場合、分散  $work^2$  の値は小さくなり、逆の場合、分散  $work^2$  の値は大きくなる。分散  $work^2$  の大小と班への割当ての方針とが対応する。

同様に、班員の顔ぶれの方針に対応する指標として、職員同士の組合せ回数の分散  $pair^2$  をとり、労働量に関する指標として、1日当たりの作業時間等も考えられるが、職員別平均ごみ搬入量の分散  $waste^2$  を採った。

以上、人員配置問題をこれら3つの指標を用い、配置の方針に応じた3目的最適化問題として定式化した。

・班員の顔ぶれの方針について

$$\begin{aligned} & \max_{pair}^2 \quad (\text{毎回同じように}) \\ & \min_{pair}^2 \quad (\text{毎回異なるように}) \\ & \cdot \text{班への割当ての方針について} \\ & \max_{work}^2 \quad (\text{毎回同じように}) \\ & \min_{work}^2 \quad (\text{毎回異なるように}) \\ & \cdot \text{職員別平均ごみ搬入量の平準化について} \\ & \min_{waste}^2 \end{aligned}$$

### 3.2 GAの適用方法

#### (1) 班員の顔ぶれの探索

$N$ 個の班があり、 $2N$ 人の担当作業員にそれぞれ  $0, 1, \dots, 2N-1$  の番号を与える。事前に班長として区別した  $N$ 人の番号から成る配列  $C=(c_0, c_1, \dots, c_{N-1})$  および、班員の番号から成る配列  $S=(s_0, s_1, \dots, s_{N-1})$  をおく。  $c_k$  番の班長と  $s_k$  番の班員が組となるとし、その組は  $k$  番の組とする。配列  $C$  は固定し配列  $S$  を「班員の顔ぶれの探索」段階の解、すなわち GA での染色体とする。

班員の顔ぶれの方針について「毎回異なるように」は式(1)を「毎回同じように」は式(2)を用いる。

$$f_{change} = \sum_{k=0}^{N-1} \left( 1 - \frac{1}{1+m_k} \right) \quad (1)$$

$$f_{fix} = \sum_{k=0}^{N-1} \frac{1}{1+m_k} \quad (2)$$

両式において、 $m_k$  は  $k$  番の組がある日を基準として計画対象日の前日までに組まれた回数であり、各職員の組合せの履歴が反映される。

式(1)の括弧内の値は組1組当りの評価値を表しており、その組が今まで組まれた回数が少ない程値が小さくなる。式(2)はその逆である。

次の「班への割当て」段階での解の探索領域を拡げ、偏りなくパレート最適解を得るため「顔ぶれ」の評価値の優位性と共に多様性も鑑みた GA の操作や設定値を採用する必要がある。

#### (2) 班への割当て

$N$  個の班にそれぞれ  $0, 1, \dots, N-1$  の番号を与える。班番号から成る配列  $T=(t_0, t_1, \dots, t_{N-1})$  をおき、 $k$  番の組は  $t_k$  番の班の担当として対応させ、配列  $T$  を「班の割当ての探索」の解、すなわち GA での染色体とする。班への割当ての方針が「毎回異なるように」は式(3)を「毎回同じように」は式(4)を用いる。

$$g_{change} = \sum_{k=0}^{N-1} \left\{ \left( 1 - \frac{1}{1+n_{c_k, t_k}} \right) + \left( 1 - \frac{1}{1+n_{s_k, t_k}} \right) + \alpha \cdot \sigma_{waste} \right\} \quad (3)$$

$$g_{fix} = \sum_{k=0}^{N-1} \left\{ \frac{1}{1+n_{c_k, t_k}} + \frac{1}{1+n_{s_k, t_k}} \right\} + \alpha \cdot \sigma_{waste} \quad (4)$$

A computation approach using GA based on the daily working logs of MSW collector assignment for supporting making the plan

<sup>†</sup>Hideki Utsumi · Kyoto Univ.

<sup>‡</sup>Shuichi Yasukura · FUJITSU FIP Corp.

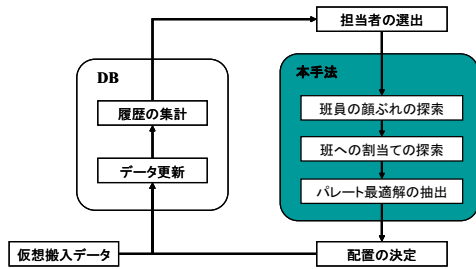


図2 シミュレーションの手順

表1 試算条件

項目	値
班	15[班]
班長人数	20[人]
班員人数	20[人]
計算対象回数	26[回]

表2 GA 設定値

	班員の顔ぶれ	班への割当て
交叉方法	部分一致交叉	部分一致交叉
突然変異方法	転座	転座
選択方法	ランク方式	ランク方式
個体数	150	100
世代数	150	150
交叉率	0.5	0.3
突然変異率	0.3	0.1
エリート保存率	0.2	0.1

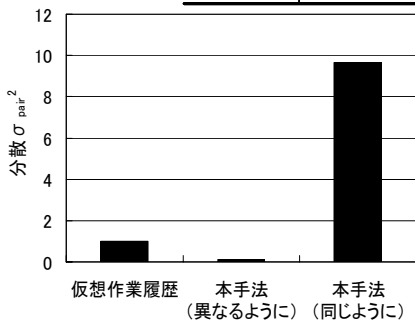


図3 顔ぶれの評価結果

両式において、 $n_{w,x}$ は職員  $w$  がある日を基準として計画対象日の前日までに班番号  $x$  を担当した回数であり、各職員の履歴が反映される。は重み付けのための係数であり感度分析により設定する。

式(3)、(4)の第1項は各職員の各班の担当回数に関して式(1)、(2)とそれぞれ同様の考え方に基づいた。両式の第2項は、職員別平均ごみ搬入量の標準偏差に関する項で、これが大きい解は望ましくない解である。

班への割当ての探索では、評価値に重点を置いてGAの操作や設定値を決める。

#### 4. シミュレーション

##### 4.1 シミュレーションの手順

手順を図2に示す。一定期間の配置履歴を基にした1日分の計算結果によって作業履歴を更新し、さらに次の日の配置を算出することによって結果を検証した。アンケート調査の結果を参考に設定したシミュレーションの条件を表1に示す。ごみ搬入量は、ある清掃事務所の実績を参考に班ごとに重みをつけ乱数を用いて作成した。本手法との比較のため、乱数を用いて仮想作業履歴を作成した。

以上の条件の下で、2つの方針共に「同じように」と、「異なるように」と設定している場合について計算を行った。GAで用いる設定値は、仮想作業履歴を用いて感度分析を行い、効率的に良質な解が得られるものに設定した(表2)。紙幅の関係上、班員の顔ぶれに

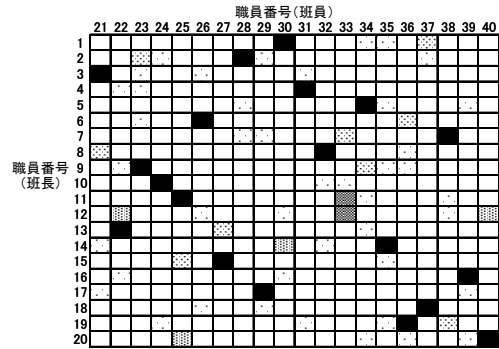


図4 顔ぶれの組合せ回数の分布(同じように)

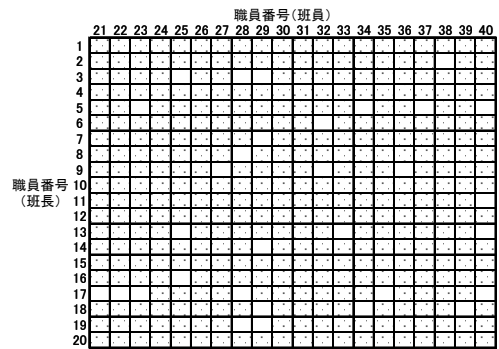


図5 顔ぶれの組合せ回数の分布(異なるように)

関する結果のみを示す。

##### 4.2 シミュレーション結果

班員の顔ぶれについて仮想作業履歴及び本手法の適用結果より得られた目的関数  $\sigma_{pair}^2$  の値を図3に示す。仮想作業履歴と比較して、本手法を適用した場合の方が、方針に応じて目的関数の値が改善されている。

また、職員同士の組合せ回数の分布を、方針が「毎回同じように」の場合は図4に、「毎回異なるように」の場合は図5に示す。図4は、色の濃い少数及び薄い多数のセルが分布しており、毎回同じような顔ぶれとなっていることを示している。一方、図5は、色の濃さが同程度のセルが図全体に分布しており、これは毎回異なる顔ぶれとなっていることを示している。これらから、本手法により班員の顔ぶれの方針に則した配置が得られていることが確認できる。班への割当てでも同様にどちらの方針についても仮想作業履歴よりも良好な結果を得ている。しかし、「同じように」の場合は、作業量の分散がより大きくなっている。

#### 5. 結論

本研究では、清掃事務所における人員配置問題に着目し、作業履歴を基にGAを適用した人員配置計画支援手法について述べ、本手法の有効性を検証した。

策定者の意図を反映した計画策定を支援し、労働安全衛生環境の維持に資することができれば幸いである。参考文献

- 1) 内海,保倉ら:EICA, 11[2.3]159-166(2006)
- 2) 保倉,内海ら:EICA, 11[2,3]151-158(2006)