

遺伝的アルゴリズムによるごみ収集輸送計画

八代高専 正 員 藤野和徳

1. はじめに

近年、最適化問題に遺伝的アルゴリズム(genetic algorithm)が用いられている。この手法は、生物の進化の原理に基づいたものであり、選択、交叉、突然変異の3つの操作を通して、適合する個体を生み出してゆくものである。本研究は、ごみ処理にかかる経費の大部分を占める収集輸送費の削減を目的に、一般廃棄物を、複数台の収集車で、最小の時間で処理場まで収集運搬する、最適ごみ収集輸送計画に遺伝的アルゴリズムを適用したもので、ケーススタディをとおして、本手法の有用性を検討するものである。

2. 最適ごみ収集輸送計画の定義

収集域内の各集積所に集められたごみを処理場まで運び出すのに最も時間のかからないものを、最適ごみ収集輸送と定義して、その収集輸送経路を求める手法を提案する。ここでは図1に示すモデルに適用する。集積所は30箇所、ごみ処理場は番号31で、四角の中の数値は集積所番号、3桁の数値はその集積所のごみ量(kg)を表し、集積所間を結ぶ線上の数値はその間を移動するのにかかる時間であり、矢印は一方通行を表し、矢印がついていない区間は通常の道路である。

算定には、次の3つの仮定を行っている。

- ①収集車の最大積載量は全車一定とする。
- ②各集積所のごみ量は既知量とする。
- ③各集積所のごみは収集するかしないかの2通りとし、例えば半分だけ積み込むといった収集は行わない。
- ④集積所のごみを積み込むための時間は、ごみ量に比例し、ここでは100kg当たり1分かかるとした。

最適ごみ収集輸送の算定は、まず、1台の収集車を考え、この1台の収集車が処理場を出発して、集積所を回り、ごみを積み込んでいき、次の集積所でごみを積み込むと最大積載量を越える場合は、処理場へ戻ってごみを降ろし、また、収集を繰り返してゆき、全集積所のごみを処理場まで運び終えるまでの時間を最小にする収集作業回数と収集順序を求めていく。

次に、得られた収集作業を、各収集車の作業時間ができるだけ等しくなるように振り分ける。なお、収集車が処理場からどの経路を通過して目的の集積所へいくか、また、各集積所間についてもその間の最小時間と経路が必要なため、ここでは各集積所間の最小時間経路を動的計画法によって求めている。

3. 遺伝的アルゴリズムによる最適

ごみ収集輸送の定式化

- (1)初期集団の生成：乱数を用いて、収集順序パターンの個体を生成する(400個体)
- (2)適応関数：全集積所のごみを処理場まで運び終える時間とする。
- (3)選択：サイズ2のトーナメント選択を用いた。

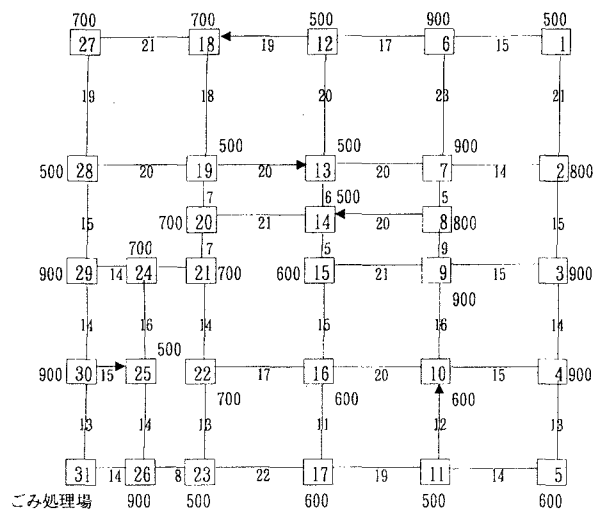


図-1 ごみ収集輸送地域モデル

(4)交叉：基本的には次のような2つの交叉を用いた。

①交叉CA（例では交叉区間3～5）

親A 4 7 |2 6 3| 9 8 1 5 → 子A 4 3 |5 7 6| 9 8 1 2

親B 8 1 |5 7 6| 2 9 3 4 → 子B 8 1 |2 6 3| 5 9 7 4

②交叉CB：標準リストを利用し、参照表現に代えて、交叉を行うものである（例では交叉区間3～5）。

親A 4 7 |2 6 3| 9 8 1 5 → 子A 4 7 |5 8 6| 9 3 1 2

親B 8 1 |5 7 6| 2 9 3 4 → 子B 8 1 |3 5 4| 2 9 6 7

(5)突然変異：転座と逆位の二つを用いた。

①転座：これは染色体の位置を入れ替えるもので、例として、区間3～4と区間6～7の転座を示す。

4 7 |2 6| 3| 9 8| 1 5 → 4 7 |9 8| 3 |2 6| 1 5

②逆位：これは区間の染色体の順番を逆にするもので、区間3～6の場合の逆位の一例を次に示す。

4 7 |2 6 3 9| 8 1 5 → 4 7 |9 3 6 2| 8 1 5

以上、選択と交叉、突然変異を繰り返して、最小時間のごみ収集輸送順序を求めた。

4. モデルへの適用と解の検討

最大積載量が1800kgの収集車1台でゴミを処理場まで収集輸送するときの最小時間の解を表-1に示す。また、その解が得られる経過の一例を図-2に示す。作業数は12となり、収集車1台での全収集輸送時間は2071分となった。表-1より、各作業の集積所は互いに近くにあり、一部を除けば最大積載量またはその近くのごみ量となっており、最適解が得られていると考えられる。

次に複数の収集車で輸送する場合について、収集車の稼働時間を7.5時間/日とすると、収集車の台数は5台となる。12の作業を3,3,2,2,2の作業振り分け、各収集車の稼働時間ができるだけ等しくなるようにした。その結果を表-2に示す。なお、作業番号は表-1に示した番号である。

以上の解は、交叉を用いず、突然変異の転座と逆位を組み合わせた時に得られた。これは細胞の増殖過程をモデル化した遺伝的アルゴリズムとなっている。

5. むすび

効率的なゴミ収集輸送の算定に動的計画法と遺伝的アルゴリズムを組み合わせた手法を提示し、ほぼ最適解と思われる解が得られた。

表-1 収集車1台のときの最小時間

最大積載量1800kg					
収集作業番号	順序1	順序2	順序3	積載量kg	時間min
1	7	6	-	1800	253
2	27	18	-	1400	175
3	22	26	-	1600	86
4	9	8	-	1700	206
5	23	24	25	1700	116
6	13	14	20	1700	176
7	11	5	10	1700	192
8	16	15	17	1800	155
9	30	29	-	1800	72
10	4	3	-	1800	220
11	12	1	2	1800	280
12	28	19	21	1700	140
				20500	2071

表-2 収集作業の割り振り

最大積載量1800kg				
収集車	作業1	作業2	作業3	時間min
1	3	4	5	408
2	2	6	9	423
3	11	12	-	420
4	1	8	-	408
5	7	10	-	412
				2071

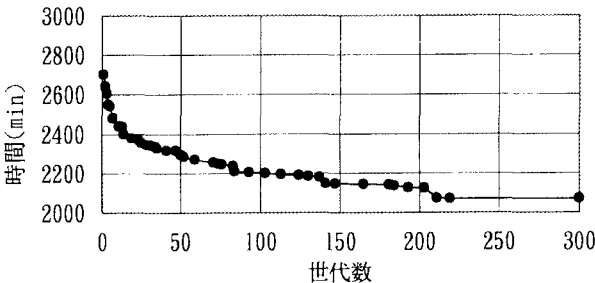


図-2 ゴミ収集輸送時間の世代変化