

一般廃棄物収集運搬ルート策定のための遺伝的アルゴリズムを用いた対話型支援システムの開発

京都大学地球環境学大学院 正会員 ○内海秀樹
 静岡県 中井和彦
 京都大学地球環境学大学院 正会員 松井三郎

1. 研究背景および目的

収集運搬に要する費用が、廃棄物処理処分事業全体に要する費用に対して占める割合は、一般的に大きく財政硬直化の一因となっている。今後も、容器包装リサイクル法への対応など収集運搬業務は、益々、複雑化かつ高費用構造化することが予想される。

収集運搬での巡回方法は、運転者の勘と経験による部分が大きい、その巡回方法に検討を加えるニーズは、工事や交通渋滞等の障害要因の回避する目的や、例えば、高齢者等の家庭にごみ収集のため訪問するサービス等、高齢化社会を先取りした人的資源の創造的活用を目的とする分野で増加すると考えられる。

廃棄物集積所巡回のための最短ルートの探索問題は、その組合せが大変多くなるため、すべてを調べ上げて解を求めることは実際的には困難である。本研究では、確率的探索手法の一つである遺伝的アルゴリズム(以降GAと表記)をこの問題に適用し、利用者と対話的に巡回ルートの検討を行うことのできるアプリケーションシステムの開発を行った。

2. 遺伝的アルゴリズムの概要

遺伝的アルゴリズムは、生物の遺伝と進化の機構を工学的にモデル化したものである。その基本原理は、親の遺伝子によって生物としての情報伝達が行われ、次世代へは、各個体の中で環境への適応度のより高い個体の遺伝情報が次世代に優先的に伝えられるというものであり、確率的探索・学習・最適化の一手法と位置づけることができる。

代表的な応用分野には、組み合わせ最適化問題、設計問題、スケジューリング問題、制御問題等を挙げることができるが、本研究で対象とする問題は、組み合わせ最適化問題の中の巡回セールスマン問題に近い。

遺伝的アルゴリズムでは、実際の染色体に相当するものとして、一般的には、シンボルや数値を1次元に並べたものを扱う。そして、その操作手順は、概ね次に示すとおりである。

- a) 対象とする問題を遺伝子の形で表現しなければならないため、“対象とする問題”から“記号列”へと変換を行う必要がある。これをコーディング

といい、一般的方法は確立されていない。

- b) 初期集団として、ある数以上の個体を生成させる。多様性を持たせるため、ランダムに個体を生成させる方法が一般的である。
 c) あらかじめ方法を決めておき、各個体の適応度について計算し、あらかじめ定めた基準を満足する個体があれば終了し、なければ次の手順に進む。
 d) c)で求めた適応度に基づいて次の段階で交叉を行う個体の生成分布を決定する。
 e) 2つの染色体間で遺伝子を組み換えて交叉を行い、新しい個体を発生させる。
 f) 遺伝子のある部分の値を強制的に変えて、遺伝子集団としての多様性を大きくする。この手順によって、よりよい解を持つ個体の発生が期待されるが、その規模が大きすぎると悪い方向への変異の確率も大きくなる。
 g) c)へ戻る。

3. 対話型支援システムの概要3. 1 構成および操作手順

本システムは、集積所のデータベース操作、集積所位置の地図上への入力、収集地域人口などの条件の入力、GAでの条件や適応度（走行距離）を表示する部分などから構成されるメイン画面と、GAで用いる更に詳細な条件を入力するGAの詳細設定画面と初期集団生成設定画面の3つの画面から構成され、相互に連動して機能する。

基本的な操作手順は、(1)収集地域の人口などの地域情報の入力、(2)集積所の位置の入力、(3)地図上での収集地域の特定、(4)ごみ排出量の推計、(5)隣接状況の入力、(6)初期集団（巡回ルート代替案群）の生成、(7)最短収集ルートの探索、(8)探索解の修正、(9)修正後の染色体を加えた初期集団の生成を経た後、(7)に戻るという作業を行う。

3. 2 特徴

本システムでは、1台の収集車が担当する集積所を最短距離で巡回するルートの探索問題に遺伝的アルゴリズムを適用している。

集積所毎に固有の番号を与えそれを遺伝子と見立て

キーワード 一般廃棄物、収集運搬、ルート探索、遺伝的アルゴリズム、対話型支援システム

連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学地球環境学大学院地球環境学堂地球親和技術学廊
 TEL 075-753-5169 / FAX 075-753-3335 E-mail utsumi@eden.env.kyoto-u.ac.jp



図3-1 アプリケーションメイン画面

てコーディングを行い、初期集団を生成する際に、ランダムに生成させるのではなく、集積所の隣接関係を反映させて生成し、探索時間の短縮化を図っている。

遺伝的アルゴリズムの適用による解の収束を速めるために、視覚的に解の収束を促すと判断できる部分は、利用者の操作により、支援システムが提案した解を修正し、初期集団の中に加えて再計算を行うことができる。つまり、複雑な計算はコンピューターが行い、対話的操作を利用者が行うことによって探索時間の短縮を図る相互補完的なアプローチを用いている。

4. 結果及び考察

京都市内のある地域を対象として取り上げ、シミュレーションを行った。その際の対象地域の設定を表4-1に、GAの適用の際に必要な設定を表4-2に示す。集積所の数および位置は、著者らが設定を行った。また、距離の計算精度を向上させるため、通過する必要のある場所をごみ収集の必要のない集積所として設定している数を含む。

図4-1にランダムに生成した初期集団に対し、30000世代に渡って計算した結果を、図4-2に10000世代毎に利用者が視覚的によりよい解に近づけるように解を修正し、30000世代まで計算した結果を示す。表4-3には、両者において求められた総走行距離と計算時間の結果を示す。

図4-1および図4-2比較すると、図4-2の方が経路の交差箇所が少ない解が得られ、修正を行わない場合に比べて同程度の探索時間で約15%強程度、総走行距離の短い解が探索されていることがわかる(表4-3)。これらの結果より、利用者の視覚的な情報を探索に反

表4-1 ケーススタディにおける設定

設定	
対象地域	京都市のある地域
総世帯数	1004[世帯]
総人口	2726[人]
1人1日あたりごみ排出量原単位	0.6023[kg/人/日]
対象地域1日あたり総排出量	1642[kg]
収集間隔	4[日]
収集車の積載量	2000[kg]
積載率	0.9[-]
集積所数	74[カ所]

表4-2 ケーススタディでのGA関連の設定

設定	
染色体数	200
世代数	10000 x 3 or 30000
交叉率	0.7
突然変異率	0.2
突然変異方法	転座
選択方法	ランク方式

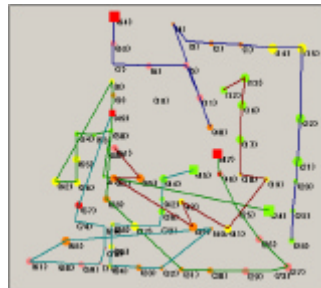


図4-1 ランダムに生成した初期集団の30000世代後の解

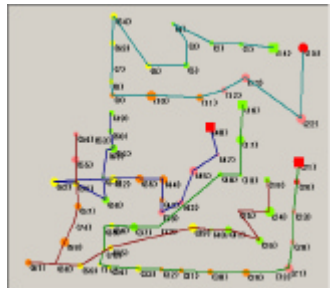


図4-2 10000世代毎に修正を繰り返した後の解

表4-3 ルート修正の有無と初期集団生成方式の違いによる探索結果

ルート修正		総走行距離[m]	計算時間[s]
なし			
(ランダム式)	1回目	5821	4224
あり	1回目	5162	1389
(隣接式)	2回目	4943	1317
	3回目	4858	1358
	小計		4064

※ルート修正欄の()内は、初期集団生成方式

映させる方が、同程度の探索時間で、より効率的な解を探索できることが明らかになった。結果には示していないが、初期集団の生成に隣接状況を加味して修正を行わない場合でも、同程度の探索時間で、約10%程度総走行距離の短い解を得ることができている。

5. 結論

収集運搬ルート策定を目的として構築された、本システムは発展途上にあるが、現段階で達成した成果の主なものは下記の通りである。

- ・GAの一般的な方法で初期集団をランダムに生成させるより、集積所の隣接状況を反映させて初期集団を生成する事により、走行距離の短い収集ルートをより短時間で探索できた。
- ・探索されたルートに利用者が修正を加え、再度入力することにより、適応度の高い染色体を意図的に生成して、より走行距離の短い収集ルートを探索することができた。

参考文献

- 1) 藤野和徳: 遺伝的アルゴリズムによるごみ収集輸送計画, 土木学会論文集, No.558/II-38, 139-146, 1997
- 2) 萩原将文: ニューロ・ファジィ・遺伝的アルゴリズム, 産業図書, 1994