

遺伝的アルゴリズムを用いた全体最適化手法の検討

(株) 富士通研究所 *丸尾 昭人 MARUO Akito
 (株) 富士通研究所 添田 武志 SOEDA Takeshi
 (株) 富士通研究所 山崎 貴司 YAMAZAKI Takeshi

1. はじめに

実問題に対する最適化は連続値の最適化と組合せ最適化が複雑に組み合わせられた問題として扱われることが多々ある。このような問題はそれぞれを個別の問題として扱い別々に最適化することも可能であるが、その場合に全体としての評価値が向上しないことがある。そのため、複雑に組み合わせられた問題を同時に最適化する手法が求められている。そこで、本報告ではこの問題を解決するため、実数値遺伝的アルゴリズム(GA: Genetic Algorithm)をメインフローに用いて、個体評価の際に局所的な組合せ最適化を実施する全体最適化手法を提案する。

2. 最適箱詰め問題

全体最適化問題の事例として箱詰め問題を考えた。箱詰め作業の問題として、複数の箱詰めされる箱(被梱包箱)を複数の梱包箱に詰め、配送コストを最小化する被梱包箱と梱包箱の組み合わせを求める問題を想定した。詳細な問題設定を下記に示す。

2.1 被梱包箱

被梱包箱は表1に示すサイズの異なる34個の長方形の箱とし、高さはどれも10cmとした。また、被梱包箱の縦横回転は可能とした。

2.2 梱包箱

100×50×10、200×200×10、100×150×10、100×200×10、200×400×10、300×350×10の6種類を想定し、同一サイズの梱包箱はいくつ利用しても構わないものとした。長さの単位は全てcmである。

2.3 配送コスト

配送コストは梱包箱の供給コストと送料の和で与えられるものとし、次のように定義した。

- ・ 梱包箱の供給コスト = (容積×0.002) 円
- ・ 送料 = 1000 (円/梱包箱)、ただし容積が500,000 cm³以上の場合、1箱当たり2.5倍に増額する。また、同一種類の箱を用いる場合に限り、複数割引として、2箱目以降は1箱当たり600円ずつ減額する。

2.3 目的関数

被梱包箱をすべて詰め込むことができるコスト最

小の梱包箱数を求める。

表1 被梱包箱

product num	Width [cm]	Depth [cm]	product num	Width [cm]	Depth [cm]
1	55	11	18	42	12
2	25	15	19	63	42
3	132	33	20	121	34
4	77	40	21	44	29
5	30	9	22	91	44
6	66	41	23	54	17
7	40	10	24	86	49
8	86	35	25	81	36
9	81	15	26	26	25
10	18	17	27	123	29
11	64	41	28	79	64
12	32	8	29	32	5
13	88	70	30	50	9
14	103	32	31	117	42
15	53	39	32	78	26
16	59	9	33	62	57
17	44	38	34	90	68

3. 提案手法

はじめに、問題を連続値の最適化問題と組合せ最適化問題に分離する。連続値の最適化は実数値GAをメインフローとし、GAの個体値評価の際に、サブフローである組合せ最適化を呼び出す。GAの個体が持つ連続値の値を用いて組合せ最適化をしたのち、組合せ最適化結果を評価値としてメインフローに戻すことで全体最適化を実行する。今回は、最適箱詰め問題を、連続値の最適化問題である梱包箱数最適化問題と、組合せ最適化問題である長方形詰め込み問題に分離した。長方形箱詰め問題はBL法(bottom left algorithm)^[2]を用いて解いた。手法の概要を図1に示す。

3.1 遺伝的アルゴリズムを用いたメインフロー

6種類の各梱包箱の数を実数値GAの設計変数とした。実数値GAの交叉手法としては、探索性能が高いとされるREX^{star}交叉^[2]を用いた。また、世代交代モデルとしては、小集団サイズでも安定した収束が期待できるJGG(Just Generation Gap)^[2]を用いた。提案手法のフローチャートを図2に示す。

3.2 BL 法を用いた個体評価

メインフローによって梱包箱数が決まるため、サブフローでは、その梱包箱数に応じた被梱包箱の詰め込み最適化をする。今回、被梱包箱の高さは一定なので、横幅(Width)と奥行き(Depth)の2次元平面で考え、長方形詰め込み問題として扱った。本研究で使ったBL法は、はじめに長方形に番号をつけ、この順に従って、なるべく下、同じ高さであればできる限り左に詰込むということを繰り返す。今回は、被梱包箱を容量の大きい順に並べてBL法を実施した。梱包箱は複数個存在するため次の手順でBL法を実施した。はじめに、梱包箱を大きい順に並べる。次に、BL法を実施し、被梱包箱が梱包箱の奥行きを超えたら、その被梱包材を回転する(縦横を入れ替える)。再び、被梱包箱が梱包箱の奥行きを超えたら、次の梱包箱にその被梱包箱を入れる。この複数個の梱包箱に被梱包箱を詰め込むBL法を用いて下記のようにGAの個体評価をした。

1. GAの個体の持つ梱包箱の合計容量と被梱包箱の合計容量を比較し、GA個体の持つ梱包箱合計容量の方が大きければ2へ。そうでなければ、ペナルティを付けて評価終了。
2. BL法による長方形詰め込み最適を実施。被梱包箱がGA個体の持つ梱包箱にすべて収まれば3へ。収まらなければペナルティを付けて評価終了。
3. GA個体の持つ梱包箱の配送コストを計算し、計算結果を評価値とし、評価終了。

4. 最適化結果

提案手法の解の収束過程を図3に示す。GAの世代が進むにつれて、配送コストが小さくなるように解が改善されていることが分かる。最終的に50世代目で、200×200×10の梱包箱を3個使う解が得られた。このとき、配送コストは4,200円であった。梱包箱に被梱包箱を箱詰めた様子を図4に示す。図より、1つ目、2つ目の梱包箱には箱が密に詰め込まれている一方、3つ目は疎な状態であることが分かる。梱包箱の供給コスト(容量の最適性)で考えると、3つ目の梱包箱は小さなサイズが有利に働くはずだが、それ以上に複数割引がある運送コストの影響が大きく作用したと考えられる。このように本提案手法は、梱包と配送のような複数の問題を、全体的な視点から同時に解決するのに有用と言える。

今後は提案手法のメインフローを多目的GAに拡張し、コストと作業時間の観点で多目的最適化を実施する予定である。

参考文献

- [1] 小林重信, “実数値GAのフロンティア”, 人工知能学会誌, vol. 24, no. 1 pp. 147-162, 2009.
- [2] Brenda S. Baker, E. G. Coffman, Jr., and Ronald L. Rivest, "Orthogonal Packings in Two Dimensions," in *SIAM Journal on Computing*, vol. 9, no. 4, pp. 846-855, 1980.

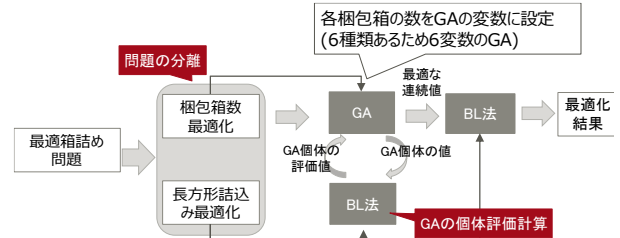


図1 手法の概要

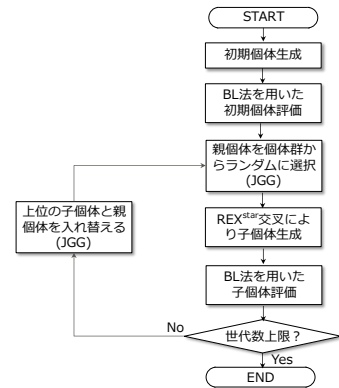


図2 フローチャート

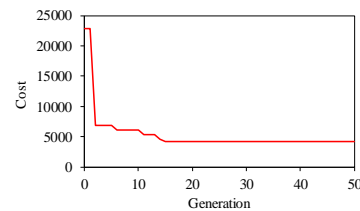


図3 提案手法解の収束過程

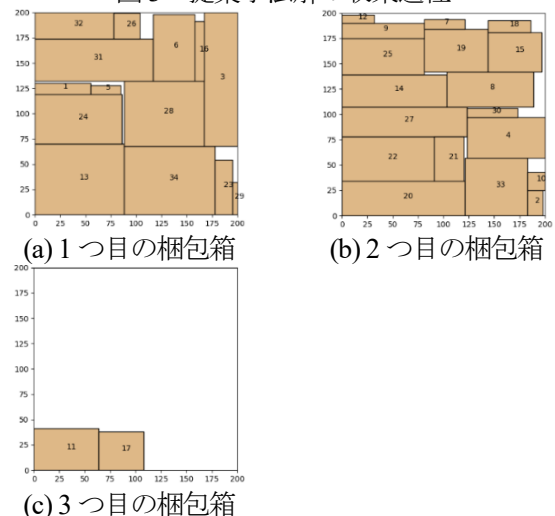


図4 最適結果の箱詰めの様子