

免疫アルゴリズムを用いた スケジューリング問題の一解法

岡山県立大学 *堀田 忍 HOTTA Shinobu
 01107215 岡山県立大学 金川 明弘 KANAGAWA Akihiro
 01304115 岡山県立大学 高橋 浩光 TAKAHASHI Hiromitsu

1 はじめに

近年注目されている, JIT 環境下 [1] における総実滞留時間最小化問題 [2] などの生産スケジューリング問題は, 実際の生産現場を視野にいたした場合, ジョブ間には先行関係が存在する 경우가一般的であると考えられる.

また, 近年の人工生命論的な手法のうち, 免疫システムを用いた免疫アルゴリズム (Immune Algorithms:IA)[3] が注目されている. これは免疫機能のアナロジーにより, 多様性を維持しながら, 有効な抗体の産生を促し良質の解を導くものである.

本研究では, IA を, 総実滞留時間最小化問題及びジョブ間の先行関係を考慮した同問題 [4] に適用し, その有効性を示す.

2 総実滞留時間最小化問題

JIT 環境下では, 定められた納期までの製品の滞留時間が最も問題になる. 本研究で扱うのは, 段取り替えを考慮した総実滞留時間最小化問題である. スケジュールの一例を図1に示す.

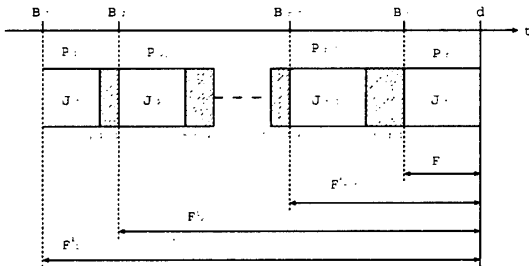


図 1: 総実滞留時間最小化問題のガントチャート

この問題は, 単一機械にて, ジョブを実行させるものである. また, 生産時間 P_{ij} と段取り時間 s_{ij} が与えられている. ガントチャートにおいて, 各ジョブ J_i の生産開始時刻 B_i から納期 d までを実滞留時間 F_i^a と呼ぶ. 総実滞留時間最小化問題とはすべてのジョブの実滞留時間の和

$$TF^a = \sum_{k=1}^n F_{[k]}^a \quad (1)$$

が最小となる加工順序を求める問題である. また, 本研究では, 特定の2ジョブ間において直接的あるいは間接的な先行関係を制約に付ける, 先行関係を考慮した問題にも取り組んだ. 以下に先行関係について図に示す.

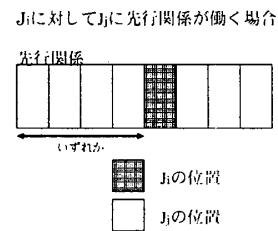


図 2: 先行関係

3 免疫アルゴリズムの適用

免疫アルゴリズムの概要を図3に示す.

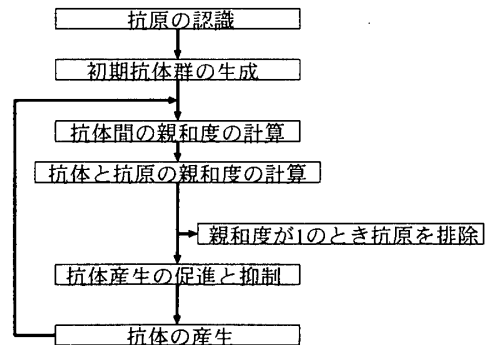


図 3: 免疫アルゴリズムの流れ

抗原と抗体へのコーディング
 抗原→最小総実滞留時間(最適解)
 抗体→ジョブ並び(解候補)
 遺伝子→ジョブ番号を表す染色体
 遺伝子座→ジョブの順番

操作法と定式化

○初期抗体群生成→シャッフリング

○親和度の計算

親和度とは、類似性の尺度である。

以下の式(2),(3)に抗体間の親和度 ay_{vw} , ならびに抗体と抗原の親和度 ax_v を定義する。

$$ay_{v,w} = \frac{1}{1 + H(v,w)} \quad (2)$$

$$ax_v = opt_v \quad (3)$$

ここで opt_v は抗体 v の目的関数値, $H(v,w)$ は抗体 v,w 間の情報エントロピーとする。

また, ay_{vw} は抗体群内における濃度の計算, ax_v は解の評価を組み込むこととして, 次のプロセスでの自己調節を行うために必要となる。

○抗体産生の促進と抑制

このプロセスでは, 自己調節を行うため, 濃度 c_v を計算した後, 式(4)により期待値 e_v を計算し, それにより抗体の残存に関するパラメータを得ることができる。

$$e_v = \frac{ax_v}{c_v} \quad (4)$$

c_v は抗体 v の抗体群内における濃度である。

○抗体の産生→交叉, 突然変異

・交叉法→Edge Recombination

形質を崩さずに遺伝させる方法以下にその方法を示す。

抗体 A: 1 2 4 8 6 5 7 3

抗体 B: 4 6 8 5 3 2 1 7

↓

865, 685 12, 21

↓

抗体 A: 2 1 4 6 8 5 7 3

抗体 B: 4 8 6 5 7 1 2 3

図 4: Edge Recombination

・突然変異法→ランダム交換法

ランダムに2つの遺伝子座を選びその遺伝子同士を交換する方法

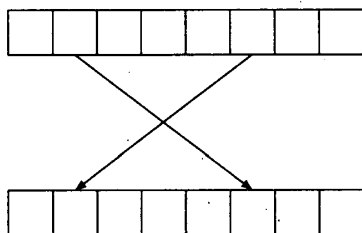


図 5: ランダム交換法

3 検証例

先行関係のない10ジョブ問題についての検証例を示す。

パラメータ

抗体数→20, 濃度の閾値→0.65

問題作成方法

・生産時間→[50,200] 一様乱数

・段取り時間→[2,50] 一様乱数

検証結果

表 1: 提案法によるランダム問題の検証

問題	最適解	IA 解	近似率
1	5931	5931	100.00%
2	7262	7262	100.00%
3	6891	6891	100.00%
4	6238	6238	100.00%
5	7336	7336	100.00%
6	6273	6273	100.00%
7	5239	5239	100.00%
8	5748	5748	100.00%
9	5813	5813	100.00%
10	7754	7754	100.00%

4 むすび

総実滞留時間最小化スケジューリング問題の免疫アルゴリズムの適応について検証した。その結果以下のことが上げられる。

検証例では, 先行関係なしについてのみ示したが, 実験では, 先行関係を考慮するしないにかかわらず近似率100%を導くことができた。これにより, 解の精度という観点では, 提案法はかなり有効であるといえる。

また, パラメータ設定も, 検証例で示したパラメータにて全ての問題について対応することができるので, ロバストであると考えられる。

参考文献

- [1] 特集:「企業事例 - トヨタ生産方式の基本的な考え方」, オペレーションズ・リサーチ, Vol.42, No.2(1997)
- [2] 山本明夫・有菌育生・太田 宏:「ニューラルネットワークに基づく総実滞留時間最小化スケジューリング問題の解法」, 日本経営工学会誌, Vol.42, No3, pp.175-180 (1990)
- [3] 石田好輝 編:「免疫システムとその応用」(コロナ社,1998)
- [4] 山本明夫, 有菌育夫, 太田宏:「ニューラルネットワークを用いた先行関係をもつスケジューリング問題の解法」, 日本経営工学会, Vol43, No5, pp.334-340, (1992)