

アントコロニー最適化法による生産スケジューリングの最適化

陳 冠宇, 平松 綾子, 能勢 和夫

大阪産業大学 工学研究科 情報システム工学専攻

1. はじめに

本研究は、繰り返し工程を有する生産システムのスケジュールの最適化に対して、進化的計算手法であるアントコロニー最適化法 (ACO) による解法を検討する。繰り返し工程とは、同一の生産設備で何度も繰り返し加工して製品を製造する工程のことである。図 1 のような半導体製造におけるウェハファブ리케이션工程、すなわちウェハ上に集積回路を作り込む工程やアルミ、銅の薄板製造における圧延工程などがその典型例である。

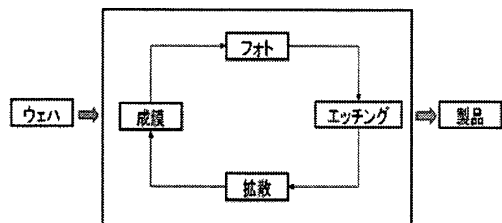


図 1 ウェハファブ리케이션の繰り返し工程

2. スケジューリング問題

スケジューリング問題とは、いくつかの作業から構成される仕事がいくつかある場合、納期を守る上で、どのように効率よく仕事をするか等の観点から仕事の順番や処理する装置を決める問題である[1,2]。

J 個の仕事が工程 $M(i) (i=1,2,\dots,m)$ で処理されるものとする。仕事には t 種類のタイプ $T(k) (k=1,2,\dots,t)$ があり、各タイプの仕事は $N(T(k))$ 個の作業から構成される。また、各工程には、同じ装置が $S(M(i))$ 台あるものとする。仕事 j の納期を $d(j)$ 、完了時刻を $c(j)$ とする。スケジューリング問題は「作業の先行制約を満たし、各仕事 $j \in \{1,2,\dots,J\}$ の納期 $d(j)$ と完了時刻 $c(j)$ の差の関する荷重和

$$F = \sum_{j=1}^J w(j) |d(j) - c(j)|$$

Ant Colony Optimization Method for Production Scheduling Optimization

Guanyu Chen, Graduate School of Engineering, Osaka Sangyo University

Ayako Hiramatsu, Graduate School of Engineering, Osaka Sangyo University

Kazuo Nose, Graduate School of Engineering, Osaka Sangyo University

が最小になるようにすべての作業の各装置へ順序よく割り付けることである。ただし、 $w(j)$ は重み係数である。ここでのスケジューリング問題はどの装置で処理するかという問題とどの順に処理するかという処理順問題とから構成されている。

3. 解決方法の考え方

図 2 に示すガントチャートの各作業の配置によってスケジュールの評価が決まる。配置の決め方として、まず、作業の配置順を決め、次に、作業を配置する措置を決めることを考える。前者を配置順問題、後者を割り付け問題と呼ぶ。

配置順問題は、組み合わせ最適化問題として捉え、組み合わせ最適手法の一手法であり、幅広い適用範囲を持つ ACO の適用を試みる。また、割り付け問題はルールにより決定することとした。

工程	装置	時刻								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
成膜	一号	■								
	二号		■							
	三号			■						
フォト	一号									
	二号									
	三号									
エッチング	一号									
	二号									
	三号									
拡散	一号									
	二号									
	三号									

図 2 ガントチャートの例

4. ACO の概要

ACO は、アリがフェロモンに基づいて餌を探索する行動を模した多点探索法である[3]。解候補の空間をノード空間とし、複数のアリエージェントが、ノード上に蓄積されたフェロモン量を頼りに最適解の探索を行う。フェロモンはアリが探索した解の評価に応じてノード空間に散布され、蓄積されるフェロモン量は変化する。このことによって、高評価の解が選択されやすくなる。

ここでは、各世代の最良解のアリをエリートアリとして、次世代に残すことにした。

ACO で最も重要となるのが、解候補のノード空間の設定である。ここでは、図 3 に示す配置順ノード空間を提案する。ノード (j, k) は k 番目に配置する作業は j 番目の仕事に属することを示

す。これにより、配置すべき作業の属する仕事番号が決まるので、当該仕事のタイプに応じて、先行制約を考慮して配置する作業を選定することが出来る。

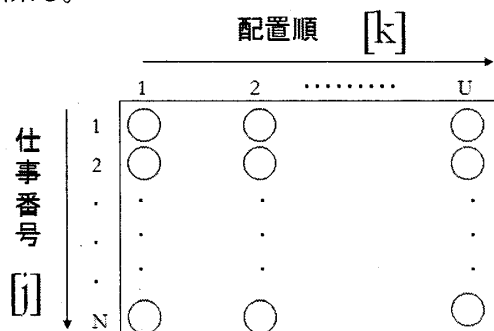


図 3 配置順ノード空間

5. 割り付けルール

作業の装置への割り付けルールとして、今回は以下の優先順位でルールを適用する。

- (1) 一番空き時間の長い装置に割り付ける。
- (2) 空き時間が同じであれば、作業開始時刻の最も早い装置に割り付ける。
- (3) 作業開始時刻が同じ装置であれば、番号が小さい装置に割り付ける。

6. 数値実験

数値実験として仕事数 6 (総作業数 264)、装置数 24 の問題を考える。なお、6 つの仕事のうち、2 つは着手可能時刻として仕事を開始できる時刻について制約を設けた。以下は 100 回実行した結果の平均値である。

まず、世代数とアリの数の積を一定にして求解した。すなわち、探索回数を一定にした場合、アリの数が多い方が良いのか、世代数の多い方の良いのかを調べた。そしてフェロモンの撒き方について、評価値に対して一次関数方式と分数方式を比較した。その結果を図 4 に示す。図 4 より、フェロモンの散布式は分数方式より一次関数方式のほうが良いことが分かる。探索回数を一定にした場合、世代数と蟻の数の影響について、二つの方式とも 1000 世代×100 匹アリの時によりよい解が得たことが分かった。

さらに、エリートアリのフェロモンの撒く倍率、初期フェロモン量と蒸発率のパラメータについて検討した。結果を表 1 に示す。

なお、仕事の数を 9 つに増やし、実験したところ、最良パラメータが一緒であることを確認した。

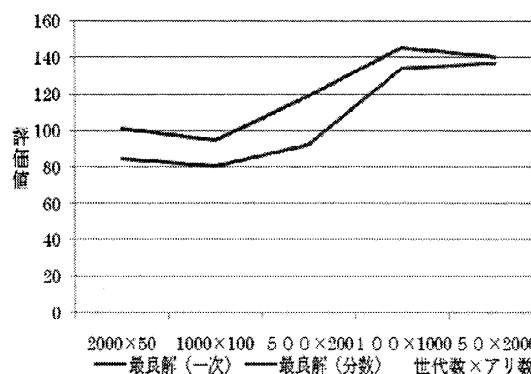


図 4 世代数とアリ数の変化による最良評価の比較

表 1 ACO のパラメータの検討

エリートアリ撒く フェロモンの倍率		初期フェロモン量		蒸発率	
倍率	最良解	フェロモン量	最良解	蒸発率	最良解
10 倍	80.44	10000	74.74	0.01	87.39
20 倍	76.84	20000	70.53	0.05	80.44
30 倍	74.74	30000	71.2	0.1	83.48
40 倍	78.15	40000	69.74	0.5	117.46
50 倍	78.96	50000	68.47		
60 倍	76.03	100000	67.91		
70 倍	76.8	150000	67.12		
80 倍	76.04	200000	66.39		
90 倍	76.16	250000	67.69		
100 倍	80.59	300000	70.22		

7. 今後の課題

新たな割り付け規則の検討が必要である。また遺伝的アルゴリズムとの比較することで ACO 法の有効性を検証する予定である。

8. 参考文献

- [1] Marco Dorigo, Vittorio Maniezzo, and Alberto Colomi: "Ant System: Optimization by a Colony of Cooperating Agents," IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. B, Vol. 26, pp. 29-41 (1996)
- [2] Yeong-Dae Kim, Jae-Gon Kim, Bum Choi, and Hyung-Un Kim: "Production Scheduling in a Semiconductor Wafer Fabrication Facility Producing Multiple Product Types With Distinct Due Dates," IEEE Trans. Robot. Automat., Vol. 17, pp. 589-598 (2001)
- [3] 大内東、山本雅人、川村秀憲「生命複雑系からの計算パラダイム」; 森北出版 (2003)