

数理最適化による生産計画の自動作成

機械電子科 松下五樹 岩崎清斗 赤堀 篤*
愛工業株式会社 織田直樹 荒津有希

Automatic creation of production plans by mathematical optimization

MATSUSHITA Itsuki, IWASAKI Kiyoto, AKAHORI Atsushi, ODA Naoki and ARATSU Yuki

keywords : Production planning, Multi-objective optimization, Genetic algorithm

製造業において生産計画は生産効率等に直結する重要な項目であるが、多くの中小企業では現状、経験を持つ担当者が長時間を掛け、人手により作成をしている。本研究では数理最適化の手法を用いて、生産計画を自動で作成する手法について検討を行った。生産計画における様々な要求事項を考慮するため計14項目の目的関数を設定し、多目的最適化の枠組みを導入した遺伝的アルゴリズムによって探索を行った。目的関数の重みを調整することで、納期遅れを防ぐといった優先項目を満たしながら、各目的関数を改善する解の探索を行った。

キーワード：生産計画、多目的最適化、遺伝的アルゴリズム

1 はじめに

製品の生産スケジュールを決める生産計画は、生産効率やコストに直結する重要な要素である。プラスチック射出成形では生産製品の変更時に金型や原料の交換が必要となるため、効率化のためには同じ製品を出来る限り連続して生産する必要がある。しかし、生産計画は表1のような膨大な組み合わせから決める必要があり、従来は担当者が経験を元に毎週約8時間掛けて作成していた。本研究では生産計画作成の負担軽減や属人化解消のため、数理最適化による生産計画の自動作成を試みた。

表1 生産計画の作成条件

項目名	値
成形機数	14 機
製品種類数	約 140 種
計画期間	2 週間分
総組合せ数	約 10^{260} 通り

2 方法

生産計画で要求される項目を表2に示す目的関数として設定した。いずれの項目も値が小さい方が良い生産計画となる。このうち、納期遅れを示す③在庫ショート量、金型の所有数を超過している回数を示す④金型重複回数は、優先して改善すべき項目である。

探索手法は多目的最適化遺伝的アルゴリズムのDRMOGA (Divided Range Multi-Objective Genetic Algorithm)¹⁾を使用した。多目的最適化は複数の目的関数を考慮して探索を行う枠組みであり、DRMOGAは多目的最適化を適用した遺伝的アルゴリズムの手法である。プログラムはPythonにより実装し、PyTorchでGPU計算を行うことにより処理の高速化を図った。なお、使用したPCのスペックはCPU: Intel Core i9-9900 K、メモリ: 32GB、GPU: NVIDIA GeForce RTX2070である。

* 現 研究統括官

表 2 設定した目的関数

目的関数名	設定目的
① 在庫スコア	余分な在庫を減らす
② 装置優先度合計	優先度の高い装置を使う
③ 先行日数超過 (休日最小)	後工程を考慮した納期遅れ(1)
④ 先行日数超過 (休日最大)	後工程を考慮した納期遅れ(2)
⑤ 段替え回数合計	部品交換を減らす
⑥ 段替え回数最大	部品交換の最大値を減らす
⑦ 段替え回数幅	部品交換を平準化する
⑧ 金型交換回数	金型交換を減らす
⑨ 材料交換コスト	材料交換時の消耗品を減らす
⑩ 人的コスト合計	作業者の作業量を減らす
⑪ 人的コスト休日加重	平日以外の作業量を減らす
⑫ 稼働工場数	工場単位での休日を増やす
⑬ 在庫ショート量 (優先項目)	納期遅れを無くす
⑭ 金型重複回数 (優先項目)	金型所有数の制限考慮

3 結果

遺伝的アルゴリズムにより探索を行った際の各目的関数の推移を図 1 に、条件を表 3 に示す。図 1 横軸は探索サイクル数であり、各グラフの灰色部分は並行して探索される1,600個の解候補の最小から最大の範囲を、実線は平均値を示す。グラフは概ね右肩下がりであり、探索を進めるに従い目的関数の値が改善していることが分かる。また、優先して改善すべき 2 項目 (図 1 最下段) は目的関数の重みを調整することにより、探索序盤で下限値に達していることが分かる。得られた結果はエクセルファイルに一覧を出力し (図 2)、フィルター機能で望ましい生産計画案を選定できるようにした。

4 考察

出力した生産計画を現場担当者に評価してもらった結果、おおよその生産計画は作成できているが、複数の製品を交互に生産している等の非効率な箇所が一部見受けられる、という意見を頂いた。遺伝的アルゴリズムの要素変更はランダムに行われるため、目的関数が適切でも局所的に非効率な計画が生成されてしまったものと考えられる。

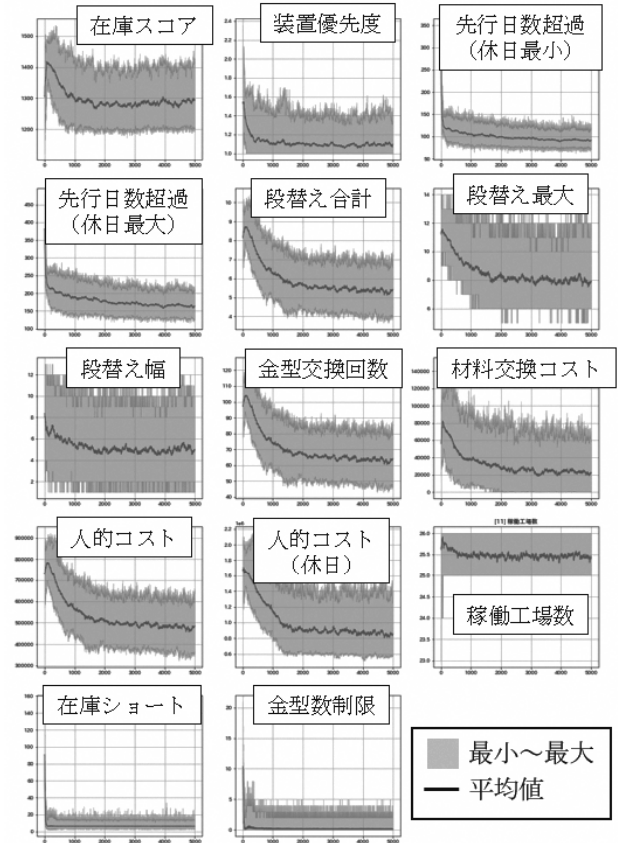


図 1 遺伝的アルゴリズムでの探索における各目的関数の推移

表 3 遺伝的アルゴリズムの探索条件

項目名	値
世代数 (探索サイクル数)	5,000 回
個体数 (解候補数)	1,600 個
交叉方式	一様交叉
交叉確率	0.05
突然変異率	0.005

Index	パレート解	在庫量	装置優先度	先行日数超過合計 (休日最小)	先行日数超過合計 (休日最大)	段替え回数合計	段替え回数最大	段替え回数幅	金型交換回数	材料交換コスト合計	人的コスト	人的コスト休日加重	稼働工場数	在庫ショート	金型数制限
1	平均	1,388.3	1.0	831	841	79.9	9.3	6.4	78.3	23,068.1	762,859.4	98,549.0			
2	標準偏差	211	0.1	3.4	41	5.1	0.8	1.4	5.1	3,466.7	51,111.4	30,222.6			
3	最小値	1,337.1	1.0	69.6	77.4	67.0	8.0	3.0	66.0	4,637.5	641,784.9	23,280.0			
4	25%	1,370.0	1.0	80.5	81.1	76.0	9.0	5.0	75.0	15,815.8	726,641.2	76,635.0			
5	50%	1,385.6	1.0	82.7	83.8	79.0	9.0	6.0	76.0	22,484.0	759,504.9	98,514.0			
6	75%	1,402.6	1.1	85.2	86.9	83.0	10.0	7.0	82.0	29,108.1	797,621.2	118,901.5			
7	最大値	1,440.6	1.3	109.0	118.1	84.0	12.0	10.0	84.0	60,843.9	820,758.9	175,353.0			
8	パレート解	1,419.56	1.00	81.91	80.65	84.00	11	10	83	27,415	810,656	37,269			
9	1パレート解	1,378.56	1.00	84.29	84.56	76.00	9	6	77	28,677	740,645	86,822			
10	2パレート解	1,365.56	1.00	82.44	85.88	82.00	11	10	81	22,284	758,585	53,251			
11	3パレート解	1,408.56	1.00	79.62	86.66	85.00	9	5	84	16,218	816,585	151,911			
12	4パレート解	1,359.56	1.00	86.28	87.40	80.00	10	8	79	36,742	781,885	70,539			
13	5パレート解	1,373.56	1.00	82.41	83.91	83.00	11	10	82	31,269	803,145	37,269			
14	6パレート解	1,407.56	1.00	78.58	88.06	80.00	11	5	89	24,828	870,485	174,471			
15	7パレート解	1,417.56	1.00	77.86	87.48	80.00	9	5	79	23,356	762,285	121,784			
16	8パレート解	1,398.56	1.04	77.86	80.33	84.00	10	5	83	29,496	802,205	142,091			
17	9パレート解	1,391.56	1.00	81.06	80.34	80.00	9	5	79	44,143	770,685	115,669			
18	10パレート解	1,401.56	1.00	81.06	80.97	84.00	9	4	83	16,218	807,805	145,400			
19	11パレート解	1,378.56	1.00	83.72	85.85	84.00	9	5	83	9,678	795,285	124,850			
20	12パレート解	1,364.56	1.00	78.45	87.61	77.00	10	6	76	19,288	755,485	111,498			

図 2 出力された生産計画案の一覧

5 まとめ

多目的最適化遺伝的アルゴリズムを用いた生産計画の作成を試みた。今後、パラメーターの最適化や遺伝的アルゴリズム中の変更・選択操作を改良し、出力される生産計画の精度改善に取り組む予定である。

参考文献

- 1) 廣安知之 他：領域分割型多目的遺伝的アルゴリズム. 情報処理学会論文誌, 41, pp.79-89 (2002)