

生産シミュレーションを用いた 生産計画最適化システムの提案と実装

村山真央[†] 伊藤暢浩[‡] 大塚孝信[‡]

名古屋工業大学[†] 名古屋工業大学大学院[‡]

1 はじめに

日本における製造業は、国内総生産の約 2 割を占める主要産業となっている[1]。一方で、新型コロナウイルスやロシアのウクライナ侵攻などの予測不能な出来事の発生により、製造業を取り巻く環境は大きく変化している。これらの社会情勢により、原材料調達費が高騰している。製造・販売する製品や部材の原材料調達費における高騰分の価格転嫁割合の調査[2]によると高騰分のうち価格転嫁できている割合は 50%-60%が最も多く、十分に価格転嫁を行えていない。

また、世界的な脱炭素社会実現への機運の高まりを受けて、製造業でも脱炭素に対する取り組みが求められている。

このような背景があり、製造業では生産効率を向上させることで製造費用やエネルギー使用量を抑える必要がある。そこで本研究では、生産効率低下の原因となる生産ラインにおける製品の滞留を減らすことを目的として、設備稼働率を平準化する生産計画の立案を行う。

2 関連研究

藤井らの研究では、生産シミュレーションを用いた製品の投入順序計画立案方式の開発を行っている[3]。しかし、製品の投入順序のみが立案対象であり、投入時間が考慮されていない。そのため、前詰めで生産を行うことが前提であり、この手法では後工程で滞留が大きくなってしまふと考える。そこで本研究では、後工程での滞留を削減するために、処理開始時間の考慮も行う。

3 提案手法

対象とした生産ラインの概要

本研究で対象とした生産ラインを図 1 に示す。対象とした生産ラインは、2 つの工程からなり、それぞれの工程は類似した機能を持つ複数の設備で構成されている。製品は第 1 工程で生産された後、AGV(無人搬送車)によって第 2 工程に運ばれ、加工される。この生産ラインでは、複数の品種が生産されており、品種ごとに使用する設

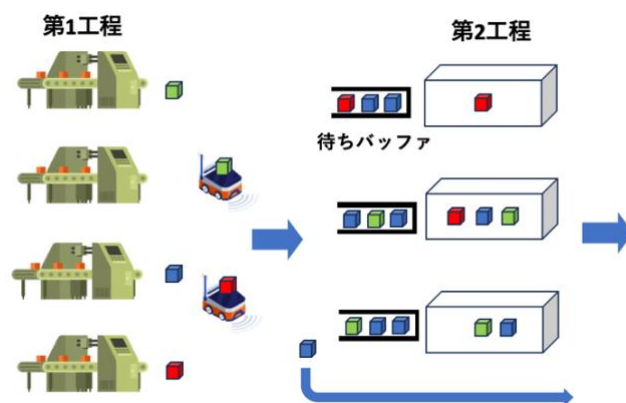


図 1 生産ラインの概要

備や処理時間が異なる。また、第 1 工程から複数の製品が第 2 工程の設備に同時に到着する可能性があり、これが設備の処理能力を超えてしまう場合に滞留を引き起こしてしまう。

提案手法の概要

本研究では、式(1)に示すように第 2 工程前の製品の総滞留時間を目的関数とし、この値の最小化を目指す。ただし、 N 、 ST_i 、 MT_i はそれぞれ製品の総数、製品 i の第 2 工程での処理開始時間、製品 i の第 1-第 2 工程間の移動終了時間である。

$$\sum_{i=1}^N (ST_i - MT_i) \quad (1)$$

本研究では、製品の滞留を削減するために生産品種と生産量を「ジョブ」と定義し、第 1 工程における複数設備の「ジョブ」の「処理開始時間」と「処理順序」を「生産計画」として立案する。ここで第 1 工程において、どの設備で「ジョブ」を処理するかは事前に決定されている。

提案手法では、まずシミュレーションと生産計画の作成に用いるデータを入力する。次に入力されたデータをもとに生産計画を作成する。続いて、最適化アルゴリズムに生産計画を入力して最適化を行う。この最適化の実行中に生産計画の評価値を算出する場合に生産計画を生産シミュレーションに入力して評価を行う。最適化が終わると、その時点での最良解が出力される。

生産シミュレーション

本研究で使用する生産シミュレーションは、離

Proposal and implementation of the production scheduling optimization system using production simulation

[†] Nagoya Institute of Technology

[‡] Department of Computer Science, Nagoya Institute of Technology

散事象シミュレーションである。離散事象シミュレーションとは、連続的な時間の変化ではなく、特定の事象が発生するごとに離散的に時間が進むシミュレーション手法である。生産計画を入力として受け取り、第2工程前の製品の総滞留時間を出力する。

最適化アルゴリズム

生産計画を立案する際に「ジョブ」の「処理開始時間」と「処理順序」について全通りの組み合わせをシミュレーションで評価した場合、最適化された生産計画を求めることができる。しかし、全組み合わせ数は膨大であり、シミュレーションによる計算時間が爆発してしまうため、全探索は現実的に不可能である。

そこで本研究では、効率的に解探索を行い、近似解を求める手法である進化計算アルゴリズムを用いる。生産計画を個体とし、適応度の高い個体を組み合わせることで徐々に最適な生産計画に近づけていく。

以下に提案手法のアルゴリズムを示す。

1. 初期世代の生成
事前に決めた個体数分だけランダムに個体を生成し、初期世代とする。
2. 個体の適応度評価
現世代に含まれる全ての個体の適応度を評価する。ここで適応度は、生産シミュレーションによって算出された滞留時間の逆数とする。
3. 選択
次世代に残す個体を決定するためにトーナメント選択を行う。トーナメント選択とは、トーナメントサイズの数だけランダムに個体を取り出し、この中から適応度が最も高い個体を選択することである。この操作を個体数分だけ繰り返す。
4. 交叉
次世代の中から2個の個体を取り出し、一定の確率で二点交叉を行う。二点交叉は、図2に示すようにランダムに選択した生産計画の一部分を入れ替える操作である。
5. 突然変異
次世代の個体に対し、一定の確率で突然変異させる。突然変異は、ランダムに個体を生成し直すことである。
6. 世代交代
次世代を現世代にする。
7. 繰り返し
終了条件になるまで手順(2)～(6)を繰り返す。

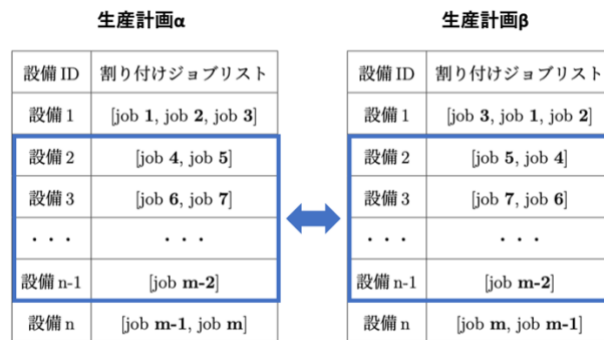


図2 交叉の例

4 評価実験

実験内容

実際の工場での生産計画からの滞留時間の減少を提案手法と近似解を求めるアルゴリズムとして実装が容易な山登り法と比較する。本実験では、1ヶ月分の生産計画を立案する。ここで、1生産計画あたり100秒かけて最適化を行う。この1ヶ月分の生産計画立案を各アルゴリズムで10回試行し、平均の滞留時間と減少率を算出する。

実験結果と考察

実験結果を表1に示す。実験結果より、提案手法では山登り法と比較して約13%多く滞留を削減できている。また、実際の生産計画から34.2%の滞留を削減できている。

表1 実験結果

| | 平均滞留減少時間(分) | 平均滞留減少率 |
|------|-------------|---------|
| 山登り法 | 328301.8 | 30.2% |
| 提案手法 | 372132.8 | 34.2% |

5 おわりに

本研究では、設備の稼働率を平準化することで生産ラインにおける製品の滞留を削減する生産計画の立案を生産シミュレーションと最適化アルゴリズムを用いて開発した。実験結果より、実際の生産計画と比較して3割以上の滞留を削減することができた。

謝辞

本研究成果の一部は、株式会社豊田自動織機との共同研究によるものである。

参考文献

- [1] 経済産業省, 2023年度版ものづくり白書
- [2] 三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社, 令和4年度製造基盤技術実態等調査 我が国ものづくり産業の課題と対応の方向性に関する調査報告書
- [3] 藤井 紀輔, 石橋 尚也, 永原 聡士: 製造ラインシミュレーションを用いた投入順序計画立案方式の開発, 2012年度精密工学会秋季大会, pp. 583-584 (2012)