

# 小ロット多品種の食品製造における効率的生産計画支援ツールの提供

Providing efficient production scheduling support tool for small lot multi-kind food production

電子・機械技術部 電子・情報科 鈴木健司 三瓶史花 浜尾和秀

小ロット多品種製造の生産計画は、商品のリードタイムに合わせ製造設備の組合せを計画し、商品の製造をしている。しかし計画立案作業には多くの制約と暗黙知を含み熟練が必要となりがちであり、より効率的な計画立案作業が課題となっている。本開発支援では、注文に応じた製造設備割り当て候補リストを生成し、最終的には計画立案者が製造設備割り当てを行うための、計画立案支援ツールを提供する。

**Key words:** 小ロット、多品種、生産計画、暗黙知

## 1. 緒言

近年消費者ニーズの多様化により食品工場では少量多品種生産が求められてきている。応募企業も小ロット多品種製造を行っている。

小ロット多品種製造のため現在、応募企業は商品のリードタイムに合わせ生産計画立案者が製造可能設備を選択し製造の生産計画立案をしている。しかし立案作業は属人的となり、より効率的な立案作業を進めることが課題となっている。

本テーマでは、過去の生産計画を分析し、注文に応じた製造設備割り当て候補リストを生成し、最終の製造設備割り当ては生産計画立案者が行う半自動の生産計画支援ツールの提供を目指す。

## 2. 関連技術

一般的に生産計画は、需要予測量や生産能力をインプットし、生産量や労働時間などをアウトプットする、総合生産計画（長期）、基準生産計画（中期）、資材所要量計画（短期）と階層的システムを構築するもの。生産スケジューリングは、注文品の製造工程順序、それに必要な人、材料などを計画することとされる。本報告では、生産計画から当該週の注文品及び製造量が与えられ、製造工程の割り当てまでの日程計画の支援を行うものであるが、全て生産計画と呼ぶことにする。

生産計画には、数理最適化として問題を解くことがある。数理最適化法には、主に次に示す手法がある。

ジョブショップスケジューリング

### (1) フローショップ

- ・大量生産システムにおいてよくみられる
- ・機械に送られるジョブの順序が一定（流れ作業）

### (2) ジョブショップ

- ・多品種少量生産システムにおいてよくみられる
- ・ジョブごとに工程順序が異なる

### (3) フレキシブルジョブショップ

- ・ジョブショップスケジューリングで各工程が使用する機械を候補の中から自由に選べるように

拡張したもの

### (4) オープンショップ

- ・ジョブの一部または全ての工程順序が任意

数理最適化による最適解を得るには、定式化が必要である。昨今は、立案者の暗黙知をAIによる機械学習によって解を得る手法<sup>1)</sup>も提案されている。

今回は上記(3)に近いが、後述するように数理最適化手法は用いなかった。

## 3. 現状分析

令和4年のある期間の表1のような形式でまとまっている実施済みデータを元に、次のとおり整理し分析を行った。

(1) A、B、C、Dの四つの製造グループへ商品仕分け

(2) 商品と製造量による割り当て可能製造設備のリスト化、及び実際の割り当て製造設備

(3) イレギュラーな設備割り当ての整理

一連の流れを模式的に図1に示す。

商品の製造設備割り当てのために商品と製造量を掛け合わせた式からなる評価関数を定義した。

四つの製造グループ中の一製造グループを、評価関

表1 生産計画表（実施済）

設備	1日	2日	...	n日
A01	商品ア 2,200kg	商品イ 2,208kg	...	商品W □kg
A02		商品キ 2,976kg	...	商品X □kg
...				
B01	商品ハ 2,200kg	商品ヒ 2,200kg	...	商品Y 2,000kg
...				
B11	商品ラ 500kg	商品リ 522kg	...	商品Z 550kg

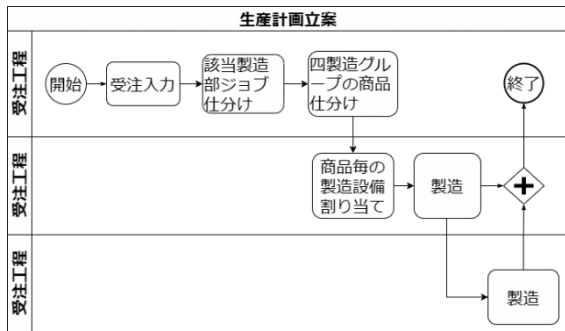


図1 業務プロセス

表2 実施済生産計画の分析

商品番号	商品	製造時間	設備 X21	設備 X22	設備 X23	設備 X24	設備 X25	設備 X26	評価関数値
XX58	商品Z	180	3	4	5	6	7	8	450000
XX14	商品A	180	5	6	7	8	9	10	399960
XX72	商品N	180	3	4	5	6	7	8	396000
XX72	商品N	180	3	4	5	6	7	8	396000
XX69	商品M	150	4	5	6	7	8	9	300000
XX31	商品S	180			3	4			135000
XX58	商品Z	180	3	4	5	6	7	8	135000
XX58	商品Z	180	3	4	5	6	7	8	126000
XX58	商品Z	180	3	4	5	6	7	8	126000
XX62	商品K	150	1	2	3	4	5	6	112500
XX25	商品T	150	1	2	3	4	5	6	112500
XX27	商品Y	150	1	2	3	4	5	6	112500
XX62	商品K	150	1	2	3	4	5	6	112500
XX90	商品M	150	4	5	6	7	8	9	112500

数によって表2のとおり降順に整列させる。整列した商品の計画済み製造設備割り当て（色付きセル）は、右斜め下方向に階段状に整列される、あるいは、異なる商品だが製造量の関係から同設備となり、概ね評価関数に沿うものであった。しかしながら、一部評価関数に沿わない商品があったため、(3)として整理してその理由を応募企業に伺った。

#### 4. 開発

本報告の製造工程は、四製造グループに分かれ、製造工程ごとに製造設備が分かれる。製造の初期工程は、製造する商品と製造量に応じ製造設備の選択肢が基本的に絞られるが、内二製造グループは設備相互利用商品が存在する。また、後工程供給が必要な場合等の制約から、生産計画立案者の暗黙知による製造設備割り当てが生じ、ヒューリスティック処理が存在している。生産計画は組合せの最適化問題であるため、数理最適化による近似解を求めることができる。しかし、暗黙知ルールがある場合製造の定式化が難しい。今回は、計画立案者の作業をサポートする「生産計画立案支援ツール」を試作することにした。

支援ツールは、注文データを Excel へ入力し、Excel

VBA を用いる処理として、次の仕様のとおりとした。併せて、本支援ツールは、製造設備の組合せが多数生じる初期製造工程の生産計画を支援するものとした。仕様

- (1) 一定期間の注文商品・製造量データ入力
- (2) 製造する商品と製造量に応じた製造設備組合せリストを提案
- (3) リストを参考に、計画立案者が他要因を加味して計画を立案。既存システムに計画を入力するもの。

#### 5. 結果と評価

注文データは図2に示す黄色「入力項目」セルへ、製造番号①及び製造量②を入力する。また納期限がある場合は納期③を併せて入力する。

Excel VBA の処理から商品番号を基に製造時間などの各種情報を取り寄せ、評価関数に基づき製造設備候補リストを図3のとおり提示する。納期限がある場合は評価関数同順位の上位に並べた。3. 現状分析で利用した表2の分析結果の設備割り当て順に、製造設備候補を提案できた。

#### 6. 結言

少ロット多品種生産の生産計画立案をする際の、支援ツールの開発を行った。

商品と製造量を掛け合わせた式から成る評価関数を定義し、評価関数から注文に応じた製造設備候補リストを提案する。計画立案には、イレギュラーな設備割り当てが存在し、明確な意図があるが暗黙知による立案となるヒューリスティック処理が存在している。この理由から、フレキシブルジョブショップ手法による

図2 入力画面

図3 製造設備組合せリスト

定式化には至れなかった。

今後は、新たな注文データを用い、支援ツールとしての利用価値評価を行う。また暗黙知となる一つ一つの制約処理を形式知化に向け整理し、場合分けのプログラミングをしていければ、現時点の計画立案者の生産計画に近い提案ができる計画提案支援ツールにしていけるものと考えている。その先には、計画立案の定式化により、数理最適化からの計画立案が最終地点となる。

#### 参考文献

- 1) 清藤駿成, 塚原朋哉, 宗形聡. “生産計画立案における作業のまとまりと処理順序に基づく制約学習手法”. IEICE Conferences Archives. The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, 2021.