

ロット化と平準化を考慮したスケジューリングにおける 塗色/品種割当表の作成

02401780 早稲田大学 *永本 光政 NAGAMOTO Mitsumasa
01603200 早稲田大学 森戸 晋 MORITO Susumu
申請中 早稲田大学 赤木 雅史 AKAKI Masashi

1 はじめに

本研究では、2工程フローショップ生産ラインのスケジューリング、より具体的には、投入順序の決定問題を取り上げる。以下では、対象となる2工程を「塗装」工程、「組立」工程と呼び、塗装工程ではロット化が望まれ、組立工程では平準化が望まれるものとする。塗装工程は複数機械(本研究では2台)からなるハイブリッドフローショップを考える。

永本、森戸[1]らは、塗色個数と品種個数の各塗装機械へ割り当て方法を示す塗色/品種割当表が与えられたものとし、投入順序を持つブロック構造と呼ぶ性質を生かして、投入順序計画を作成する問題を整数計画モデルに定式化し、数値実験によりその有効性を示した。

本発表では、投入順序決定の際に評価尺度となる塗色切り換え回数と関係すると考えられる要因を挙げて、切り換え回数を最小とする投入順序計画が得られるような、塗色/品種割当表の作成について論じる。

紙面の都合上、以下では最低限必要な問題の概要を示すにとどめる。問題の詳細については[1]を参照されたい。

2 問題の概要

2.1 前提条件

1. 生産対象となる製品数百個のオーダー1つずつの品種および塗色は既知である。
2. 複数機械で構成される塗装工程において、各機械が塗装可能な色は既知である。

表1: 塗色と塗装機械との関係

塗色	塗装機械	
	機械1	機械2
1	○	×
2	×	○
3	×	○
4	○	○
5	○	×
6	○	○
7	×	○
8	○	×
9	○	×

‘○’は塗装可、‘×’は塗装不可を示す。

表1において、塗色4、塗色6のように双方の機械で塗装される色を**機械共用色**、塗色1のように特定機械のみで塗装される色を**機械専用色**と呼ぶことにする。

3. 「2分岐無在庫投入」の前提

本研究では、塗装工程から流れてきた製品を順番通りに組み立てれば、組立工程の平準化が達成されるような投入順序を考える。つまり、塗装工

程と組立工程の間にはバッファが存在せず、投入順序の入れ換えを行わないことを前提とする。このことを以後、「2分岐無在庫投入」と呼ぶことにする。

なお、本研究では、上流工程の一本のラインから塗装工程において2分岐する場合には、塗装機械間の負荷を均等化するために、製品は交互に2台の塗装機械に流れていくものとする。

2.2 意思決定要因

1. 塗色/品種割当表

塗色/品種割当表とは、塗装機械に各品種ごとの個数、色の塗装個数を割り当てたものである。塗色/品種割当表作成における具体的な意思決定要因は、機械共用色の各機械、各品種への塗装個数の割り当てである。

塗色/品種割当表が定まった状態で、品種A、品種Bの双方に塗装する塗色を**品種共用色**、特定品種のみに塗装する塗色を**品種専用色**と呼ぶことにする。

表2: 塗装工程の塗色/品種割当表の例

塗色	機械1			機械2		
	品種		合計	品種		合計
	A	B		A	B	
1	8	7	15	-	-	-
2	-	-	-	-	8	8
3	-	-	-	35	10	45
4	10	19	29	-	3	3
5	-	15	15	-	-	-
6	11	-	11	18	16	34
7	-	-	-	-	10	10
8	23	6	29	-	-	-
9	1	-	1	-	-	-
合計	53	47	100	53	47	100

塗装工程では、品種(A,B)の違いによって、工数が若干異なる。塗装工程は2台の並列機械から構成されるが、機械間の作業負荷を均等化するために、各機械で塗装される品種ごとの個数もなるべく均等化することが望ましい。

2. 各製品の投入順序

2分岐無在庫投入の前提から、上流工程の投入順序と組立工程の投入順序が一致する。

2.3 評価尺度

1. 塗装工程のロット化

塗装工程のロット化は、投入順序から得る塗色の切り換え回数によって評価する。

2. 組立工程の平準化

本研究では、製品品種が2種類(A,B)に限られ、しかもその比率がおおよそA:B=1:1、高々、A:B=2:1である状況を想定する。組立工程では、平準化を達成するために、品種Aの連続を高々2連続まで許容し、3連続以上は許さないことにする[1]。

3 投入順序作成の階層的アプローチ

投入順序作成の手順は、塗色/品種割当表作成問題を解き、得られた塗色/品種割当表を用いて投入順序決定問題を解くアプローチを考える。

3.1 投入順序決定問題 [1]

平準化の達成が保証されており、「2分岐無在庫投入」の下で可能な塗装スケジュールは、片方の機械が品種Aを塗装している間に、もう一方の機械は品種Bを塗装し、塗装機械において品種を切り換えるところで品種Aの2連続生産を発生させる形を考える。以下では、各塗装機械でAまたはBを連続して作っている部分を「ブロック」と呼ぶことにする。

投入順序決定問題は、品種Aブロックには一種類の塗色のみが塗装されるという前提条件で、評価尺度を塗色の総切り換え回数の最小化とし、各塗色の塗装充足、各品種の塗装充足、ブロック数・ブロックの存在条件などを制約条件とした整数計画問題として定式化している[1]。

塗装順序	1	2	3	4	5	6	7	...
塗装機械1		A			B			A
塗装機械2	B			A				B

“A”は品種Aの製品、“B”品種Bの製品
図1: 塗装工程と品種

3.2 塗色/品種割当表作成問題

塗装工程の塗色切り換え回数は、塗色/品種割当表と密接な関係がある。平準化の達成を保証することにより、各機械の品種塗装順序は品種Aブロック、品種Bブロックが繰り返される(図1参照)。そのため、品種共用色の塗装個数が少ない場合には、塗装機械において塗装対象となる品種が切り換わる所(A→B,B→A)で、塗色の切り換えも併発する可能性が大きい。

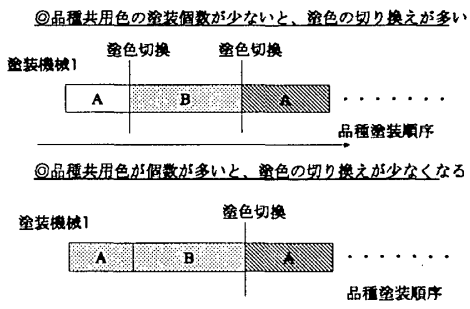


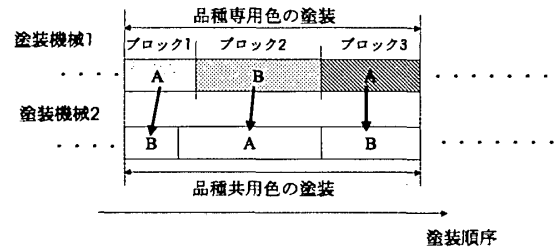
図2: 塗色切り換え回数と品種共用色の関係

それを防ぐために、塗色/品種割当表作成の際に、双方の塗装機械において品種共用色の塗装個数が最大となるように定めることを考える。

また、特定機械の品種専用色の塗装順序を定めることは、もう一方の機械の品種塗装順序の一部を固定するこ

とになり、塗装順序の自由度を減少させることとなる。例えば、図3のように塗装機械1のブロック1に品種専用色を割り当てて、品種Aを塗装すると定めると、塗装機械2の塗装対象となる品種をBと定めてしまう。

機械1の品種専用色の塗装が、機械2の品種塗装順序の一部を固定



機械1の品種専用色塗装による自由度低下を、
機械2の品種共用色塗装により妨げる

図3: 品種専用色の塗装と塗色切り換え回数の関係

しかし、品種の塗装順序の固定された部分に対し、どちらの品種にも塗装する品種共用色を割り当てることのできれば、その自由度低下を妨げる可能性が大きくなる。そのためには、機械1(2)の品種共用色の塗装個数が、機械2(1)の品種専用色の塗装個数よりも大きいことが望ましい。

塗色/品種割当表作成問題は、以下のように定式化できる。

評価尺度 品種共用色の塗装個数
制約条件

- (1) 機械1(2)の品種共用色の塗装個数が、機械2(1)の品種専用色の塗装個数1(2)よりも大きい
- (2) 各機械の品種の塗装完全充足
- (3) 各機械共用色の塗装完全充足
- (4) 品種共用色計算の為の制約

4 実験結果

表3: 実験結果

問題	品種			切り換え回数
	A	B	差	
1	123	77	46	62
2	120	80	40	49
3	108	72	36	35
4	115	85	30	28
5	110	90	20	19
6	104	96	12	9
7	105	95	10	13

塗色/品種割当表作成問題は、極めて短時間で解くことができ、得られた表をもとに、投入順序決定問題を解くことによって、実際使われている投入順序よりも切り換え回数が少ないものを得ることができた。

参考文献

- [1] 永本 光政, 森戸 晋. ロット化と平準化を考慮した製品投入順序計画. 生産スケジューリング・シンポジウム'98 講演論文集, pp.29-35, 1998.