

線香工場の繁忙期の 生産スケジュールに関する研究

沼田研究室

4403059

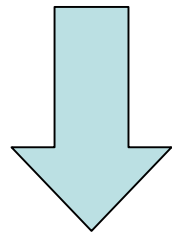
鷹箸 了介

発表構成

- 1 . はじめに
- 2 . 問題設定
- 3 . 定式化
- 4 . 解法
- 5 . 実験
- 6 . まとめ
- 7 . 参考文献

1.1 研究背景

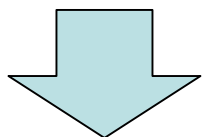
日本では、葬式、墓参り等で広く線香が用いられている。



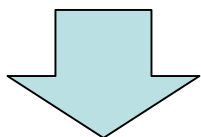
彼岸時における線香の消費量は、年間消費量の相当な割合を占める。

1.1 研究背景

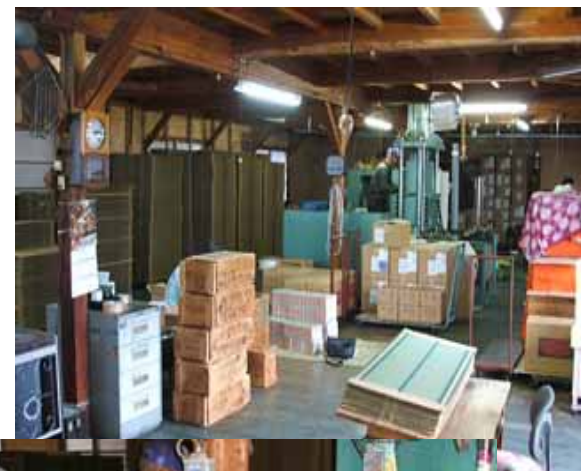
線香工場Aでは従業員の高齢化や退職により、生産性が低下。



通常期では、注文をさばくのが限界。作り置きは難しい。



繁忙期には注文が増加。生産が間に合わない。



1.1 研究背景

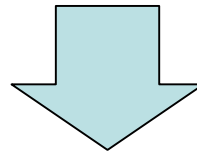
線香工場Aでは…

- ◆ 一日の生産予定分を製品種(ジョブ)別にまとめて生産.
- ◆ 生産設備は,全てのジョブが決められた工程順に加工される「フローショップ」を構成.
- ◆ ジョブの加工順序は各工程で同一.
- ◆ 繁忙期には作業員を新たに一人雇って増産に対処(以下 追回し要員).

1.1 研究背景

- ◆ジョブは原則的にロット数の多い順に投入
- ◆追回し要員は常に1つの工程に配置

有効に活用されているとは言いがたい・・・



ジョブの投入順序と追回し要員の配置を適切に計画する事で、生産性を向上できないか。

1.2 研究目的

線香工場Aの生産計画について

[1] 「フローショップ・スケジューリング」+ 「追回し要員の配置」というモデルを作成

[2] 現行との比較

- 追回し要員を加えることでの効果
- 追回し要員の“よりよい”配置についての検討

2.1 線香工場Aの生産工程



図2.1 線香工場の生産の現状

工程1：原料混ぜと染色
 工程2：捏ね
 工程3：練り出し
 工程4：乾燥作業

工程5：結束
 工程6：紙巻
 工程7：箱詰め
 全7工程

2.2 線香工場Aの現状

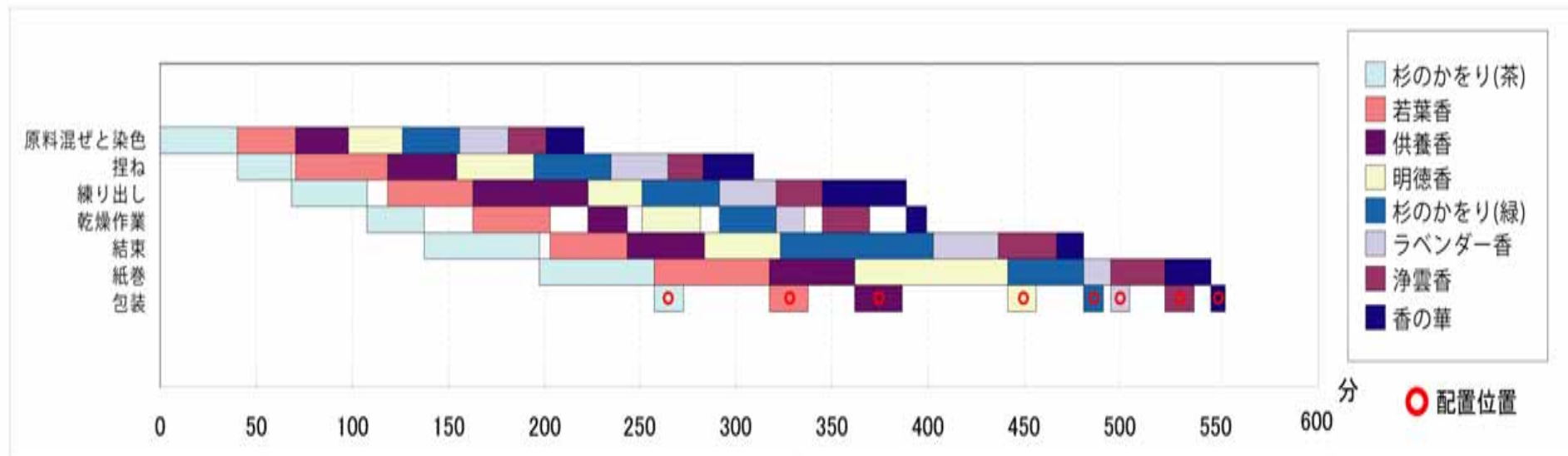


図2.2 現行のガントチャート

- 従業員5人
- 製品種8種, 工程数7, 総作業数56.
- ロット数の多い製品種から生産.
- 追回し要員は常に包装作業のみ従事. 8品種に対して計8作業を救援.

2.3 モデルの概要

n ジョブ m 機械で構成されるフローショップ

→ 1日の生産スケジュールを作成, 総処理完了時間の最小化.

前提

- 各ジョブは機械間を自動で移動する.
 - 各ジョブは先行している他のジョブを追い抜いて作業を進めることはできない(追い抜き禁止).
 - 各ジョブに対し, ある作業が始まる前にその1つ前の作業が完了していなければならない.
- 追回し要員の移動距離は無視する.
 - 追回し要員が救援する作業は処理時間が短縮される.
 - 追回し要員は, 各作業の開始時刻からのみ割当てることができ, 救援している作業が終了するまで他へ移る事は出来ない.

3.1 目的関数と変数

目的関数 : 総処理完了時間の最小化

総処理完了時間・・・最初に投入するジョブを最初の工程に流してから、最後に投入するジョブが最後の工程を終えるまでの時間(make-span)

決定変数 : ジョブの投入順序, 追回し要員の配置

3.2 記号化

入力データ

- n ジョブ m 機械の順列フローショップ ($n \geq 1, m \geq 1$)
- μ_{ij} : ジョブ i の第 j 機械における所要処理時間
- ρ : 追回し要員が加わったときの処理時間の短縮率
- c : 配置作業数(追回し要員が救援する作業数)

決定変数

- $\pi = \{\pi(1), \ominus, \pi(n)\}$: 投入順序
- $x_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{: 追回し要員がジョブ } i \text{ の第 } j \text{ 機械における作業を手伝う} \\ 0 & \text{: 追回し要員がジョブ } i \text{ の第 } j \text{ 機械における作業を手伝わない} \end{cases}$

3.2 記号化

補助変数等

- u_{ij} : ジョブ i の第 j 機械における開始時刻
- v_{ij} : ジョブ i の第 j 機械における終了時刻
- $\pi(r)$: r 番目に投入するジョブのジョブ番号
- $G(\tau)$: $\tau \geq 0$ ならば 1 , $\tau < 0$ ならば 0 となるような関数
- S_n : $\{1, \ominus, n\}$ の置換全体の集合

3.3 定式化

$$\min_{\pi, \mathbf{x}} v_{\pi(n)m} \quad (3.1)$$

$$\text{s.t. } x_{\pi(i)j} + x_{\pi(k)l} - 1 \leq G(u_{\pi(k)l} - v_{\pi(i)j}) + G(u_{\pi(i)j} - v_{\pi(k)l})$$

$$(1 \leq i \neq k \leq n, \quad 1 \leq j \neq l \leq m) \quad (3.2)$$

$$x_{\pi(i)j} \in \{0,1\} \quad (1 \leq i \leq n, \quad 1 \leq j \leq m) \quad (3.3)$$

$$\sum_{i,j} x_{\pi(i)j} = c \quad (3.4)$$

3.4 漸化式

(3.1) 式は以下の漸化式で与えられる.

$$u_{\pi(1)1} = 0, \quad u_{\pi(1)j} = v_{\pi(1)(j-1)}, \quad u_{\pi(i)1} = v_{\pi(i-1)1} \quad (i = 2, \ominus, n, \quad j = 2, \ominus, m)$$

(3.1.1)

$$u_{\pi(i)j} \geq \max(v_{\pi(i-1)j}, v_{\pi(i)(j-1)}) \quad (i = 2, \ominus, n, \quad j = 2, \ominus, m)$$

(3.1.2)

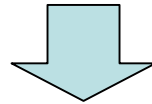
$$v_{\pi(i)j} = u_{\pi(i)j} + \mu_{\pi(i)j}(1 - \rho \cdot x_{\pi(i)j}) \quad (i = 1, \ominus, n, \quad j = 1, \ominus, m)$$

(3.1.3)

4.1 救解の方針

投入順序と追回し要員の配置の組合せは、全部で $n! \cdot ({}_{n \times m} C_1 + \text{☹} + {}_{n \times m} C_{n \times m})$ 通り。

→ n, m の値を小さく設定し予備的問題を全列挙法で解いた



処理時間の短縮率 ρ が一定の場合、最適解は、
追回し要員の配置無しのお最適処理順について、追回し要員を配置した時に得られた。

最適な投入順序の決定 → 追回し要員の配置

5.1 実験概要

入力データ

- ◆ 製品種(ジョブ数) 8 種
- ◆ 工定数(機械数) 7 工程
- ◆ 処理時間の短縮率 0.5
- ◆ 配置作業数 8 作業
- ◆ 各作業の所要処理時間と受注データを表5.1, 5.2に示す.

表5.1:製品種別10ロット(200把)当たりの各作業での所要処理時間(単位:分)

製品種	作業工程	M1:原料 混ぜと染	M2:捏ね	M3:練り出 し	M4:乾燥 作業	M5:結束	M6:紙巻	M7:包装
J 1:杉のかをり(緑)		15	20	20	15	40	20	10
J 2:杉のかをり(茶)		20	14	20	15	30	30	15
J 3:ラベンダー香		25	30	30	15	34	14	20
J 4:明德香		14	20	14	15	20	40	15
J 5:香の華		20	14	44	10	14	24	15
J 6:若葉香		15	24	22	20	20	30	20
J 7:浄雲香		20	18	24	25	30	28	30
J 8:供養香		14	18	30	10	20	22	25

表5.2:受注データ

製品種	ロット数
杉のかをり(緑)	20
杉のかをり(茶)	20
ラベンダー香	10
明德香	20
香の華	10
若葉香	20
浄雲香	10
供養香	20

5.2 実験結果

表5.3: 実験結果

	目的関数値		投入順序	配置位置(ジョブ番号, 機械番号)
	配置前	配置後		
現行	569	556	2,6,8,4,1,3,7,5	(1,7),(2,7),(3,7),(4,7),(5,7),(6,7),(7,7),(8,7)
投入順序のみ	525	515	7,4,2,8,6,1,3,5	(1,7),(2,7),(3,7),(4,7),(5,7),(6,7),(7,7),(8,7)
最適化モデル	525	445	7,4,2,8,6,1,3,5	(1,5),(2,3),(2,6),(4,1),(4,2),(6,3),(7,1),(8,6)

最適な投入順序 7 4 2 8 6 1 3 5 現行から44分の短縮

最適な配置(ジョブ番号, 機械番号)

(1,5),(2,3),(2,6),(4,1),(4,2),(6,3),(7,1),(8,6)

追回し要員の効果

現行
投入順序のみ
最適化モデル

約2.3%の短縮
約1.9%の短縮
約15.2%の短縮

最適化モデルでは現行よりも約2時間の短縮となった。

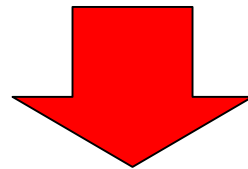
5.2 実験結果



図5.1 最適化モデルのガントチャートと現行との比較

6.1 まとめ

フローショップ設備における**ジョブの投入順序と追回し要員の配置**を考えたモデルを作成し、線香工場Aのデータを用いて実験を行った。



現行よりも優位なスケジュールを与える**ジョブの投入順序と追回し要員の配置位置**を決定する事が出来た。

6.2 今後の課題

- より現実的なモデルの追求

「配置作業数を固定しない場合」, 「追回し要員がいつでも他の作業に移れる場合」, 「処理時間の短縮率が作業によって違う場合」など

- 求解に要する時間の改善

7 参考文献

- [1] 新村出：「広辞苑」
岩波書店, (1979)
- [2] 黒田充・村松健児：「生産スケジューリング」
朝倉書店, (2002)
- [3] 局所探索によるフローショップスケジューリングの最適化
http://www.res.kutc.kansai-u.ac.jp/~murata/Labo/P_B_Scheduling_2.pdf
アクセス日 2006年12月3日
- [5] 掌田津耶乃：「Delphi パーソナルプログラミング」
毎日コミュニケーションズ, (2002)
協力 有限会社 陽薫堂

抄録訂正

- p115 , 2行目

$$n! \left({}_{n \times m} C_1 + \text{☹} + {}_{n \times m} C_n \right) \quad n! \left({}_{n \times m} C_1 + \text{☹} + {}_{n \times m} C_{n \times m} \right)$$

- p115 , 14行目

「各作業の所要処理時間」を追加