

樹脂成形工程スケジューリング問題に関する一考察

6T-9

島田孝徳 阿部昭博

松下電器産業（株）東京情報システム研究所

1. はじめに

近年エキスパートシステム（以下ES）技術は実用段階に入りさまざまな現場で使用されている。ES技術は専門家のノウハウを知識ベース化して計算機処理を行なうものであるが、各専門家のヒューリスティクスがなぜ実用的な解を導けるのかという検討はそれほど行なわれていない。専門家のヒューリスティクスを分析して、今後類似問題に対処するための一助とすることは意味のあることと思われる。

本発表では樹脂成形工程スケジューリング問題について概説し、専門家のヒューリスティクスについて考察する。

2. 対象問題の概要

2.1 樹脂成形工程スケジューリング

樹脂部品は、金型一面と金型を載せる成形機一台との組合せからなる設備に樹脂原料を投入して成形される。樹脂成形工程は、静的・単一作業・並列のラインであり、同じ金型を使用する複数のロットを同一時刻には処理できない。各ロットは、前後の時間制約として最早着手時刻と納期時刻を持ち、各ロット間には順序関係はない。一つのロットの処理が終ると金型または塗料の入れ換えのための切替時間が発生する。

当社の工場の一例をあげると、各成形機は10数機設置されており、それぞれ数種類の金型を使用可能である。金型は100面程あり、同じ種類の金型も複数ある。これらによって成形される樹脂部品は色違いを含めると500種類に及んでいる。上位の計画レベルに位置する月次計画はホストコンピュータによって決定され、ロットサイズはこのときに適正化される。問題の対象とするのは、月次計画のデータをもとに立案する日程計画である。

2.2 スケジューリングに対する要求

工場経営の観点から、スケジューリングに対する要求として以下があげられる。

(1) 金型の成形機間移動回数の削減

前述した通りに、一つの金型は複数の成形機で使用可能である、金型をある成形機から別の成形機へ移し替える作業は重労働であり、事故の要因ともなる。一つの金型は同じ成形機で使うのが好ましい。

(2) 切替回数の削減

切替回数が多くなると生産を中断する回数が多くなり、稼働率の低下につながる。また、前述のように事故の要因ともなるので、切替回数はできるだけ減らすようにする。

(3) 部品在庫削減

保管スペースの制約から部品在庫は極力減らす。

(4) 割付け不可ロットの発生禁止

月次計画上のすべてのロットは生産しなければならない。

(5) 立案時間の短縮

日程計画に基づく材料発注の早期化、生産計画変更時の再スケジューリングを実現するため、立案時間の短縮は不可避である。

上記要求の内(1)-(3)はスケジューリングの質に対する樹脂成形工程特有の要求である。(4),(5)はシステム化する上での絶対条件となるものである。

2.3 定式化

樹脂成形工程スケジューリング問題を以下のように定式化する。

成形機稼働時間制約：

$$L X + R + K f(x_i, x_{i+1}) + A = S$$

金型稼働時間制約：

$$L' X' + R + K f'(x_i, x_{i+1}) + A' = S$$

割付け時刻制約：{ $l_i : t_{si} < l_{si} < l_{ei} < t_{ei}$ }

切替時間制約：Min(K f(x_i, x_{i+1}))

ここで

L：各成形機に割付け可能なロット長の行列
(行:成形機, 列:ロット)

L'：各金型に割付け可能なロット長の行列
(行:金型, 列:ロット)

R：休み時間長の行列

K：切替時間長の行列(行:ロット, 列:ロット)

A：空き時間長のベクトル

S：生産時間長のベクトル

A Study of Plastic Molding Process Scheduling

Takanori Shimada Akihiro Abe

Matsushita Electric Industrial Co.,Ltd

4-5-15,Higashi-Shinagawa,Shinagawa-ku,

Tokyo 140,Japan

ts: 最早着手時刻
 te: 納期時刻
 li: i番めに順序付けられたロット
 ls: ロット処理開始時刻
 le: ロット処理終了時刻
 f, f': 切替の発生した回数を値とする行列
 (行:ロット, 列:成形機または金型)
 X, X': 0または1を値とする行列
 (行:ロット, 列:成形機または金型)

なお, X と X' の各要素は同時に決定され, 各行の総和は1である.

xi: 各成形機で開始時刻から数えて i 番目に割り付けられたロット

3. 専門家のヒューリスティクス

専門家のヒューリスティクスは以下のアルゴリズムにまとめられる. [1]

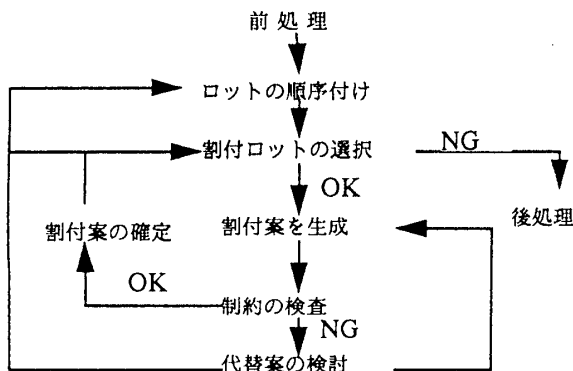


図1 スケジューリングの処理手順

図1において以下にあげる処理ステップには, 専門家がもつ樹脂成形工程特有のヒューリスティクスが導入されており, 2.2 で挙げたスケジューリングに対する要求を満たすよう工夫されている.

(1) ロットの順序付け

「金型の成形機間移動回数の削減」と「切替回数の削減」では可能な生産順序を仮決めするために, すべてのロットを以下の順に順序付けする.

- (a) 使用成形機の優先順位
- (b) 使用金型の優先順位
- (c) 納期時刻順
- (d) 最早着手時刻順

なお, (a),(b) の優先度も専門家の業務経験から見いだされたヒューリスティクスの一つである.

(2) 割付ロットの選択

既に割付けたロットの状態によって, 「金型の成形機間移動回数の削減」と「切替回数の削減」を目的に, (1) で順序付けたロットの生産順を以下の場合には動的に変更する.

- ・同じ金型を連続使用できる場合

- ・同じ塗料を連続使用できる場合

(3) 代替案の検討

ロットの割付けに失敗した場合の代替案生成においては「割付け不可ロットの発生を起こさない」ように, 次の2つの方策を用いている.

- ・割付けに失敗したロットを分割
- ・割付済みロットをシフトさせロットを挿入

4. 考察

2.3 式から行列 X を変動させることにより, 変化する値は行列 f とベクトル A であり, ロットの置き方を工夫することにより効率化できるのは切替時間の長さや空き時間であることが解る. すなわち, 良い立案結果を導くためには空き時間を長く, 切替時間を短くするアルゴリズムであれば良い.

専門家のヒューリスティクスにおいて割付ける処理は数式上では行列 X, X' を決定していく処理である. 割付ける際にあらかじめロットを金型の順に並べかつロット選択の際に連続生産できるロットの優先度をあげるのは切替回数を削減する際の欲張り法であり, 納期時刻順, 最早着手時刻順に並べておくのは空き時間を長くするための欲張り法である. また, 代替案の検討でなされているロット分割は順序付けられたロット li を $li = li1 + li2$ とすることに相当し, ロットシフトは順序付けられたロットの順番に割り込みをかけることに相当する. さらに, 部品在庫の削減についても, 各ロットに在庫を抑制するため, の時間制約(最早着手時刻)を設定することにより欲張り法で取り扱うことができる.

すなわち専門家は 2.2 の要求を満たすためにロットの順序付けに工夫をして, 計画を立てていたのがあるが, その方法は欲張り法で説明できることが解った.

5. おわりに

樹脂成形工程スケジューリング問題を定式化し, 専門家のヒューリスティクスが欲張り法で説明できることを示した. 今後は, 専門家のヒューリスティクスによる解が解空間の中でどれほどの位置にあるかということを検討したいと考えている.

参考文献

[1] Abe, [I-CAPE: An Expert System for Planning in Plastic Molding Production], Japan-U.S.A. Symposium of FA, pp.1465-1472, 1992