

板金加工用 FMS の加工順序最適化 AI ソフト

東京農工大学工学部機械システム工学科

教授 早勢 実

(昭和62年度研究開発助成 AF-87007)

1. 研究の背景と目的

多品種少量生産が不可避となっている今日では、シャーリング・タレットパンチプレス・ベンディング等の機械からなるラインでそのライン数を大きく上回る種類の製品を作ることになる。その際、加工順序が作業の完了時間やコスト、納期ずれに大きく影響を及ぼすことは容易に想像できる。この順序は理論的には有限個であるため最適解を求めるのはたやすいことのように思われがちだが、実際にはその数は製品数の階乗個にも及ぶため製品数が多くなれば大型コンピュータ等を用いてもその計算時間は天文学的な数値になってしまう。また、2節で示すようにジョンソン法などの従来のスケジューリングの手法は、その適応範囲が著しく狭いために複雑な実状に適用するのがとても困難である。そのため現状としては、熟練工が納期等を考慮した上でガントチャートを用いるなどしてスケジューリングしているようである。

そこで本研究では比較的最適解に近いといわれている熟練工の加工順序に対する判断をソフト化しパソコンで手軽に扱える板金加工用 FMS の加工順序についてのエキスパートシステムを構築することを目的とする。さらに大型計算機により理論的最適解を求めて比較検討し、エキスパートシステムの有用性を確認することを目的とする。

2. スケジューリング手法の状況

以下に従来のスケジューリングの手法とその例題を簡単に示す。また、ここでは各機械からなるラインの数はすべて1つとして考えている。

[a] 1機械遅れ仕事数最小化問題 (ムーアの解法)
まず納期 D_i の早い順にジョブ $J_1 \sim J_n$ を並べ換え

る。その後 J_1 から順にスケジュールし、 J_1 の作業完了時間 C_1 がその納期を越えたときすなわち $C_1 > D_1$ となった時点で J_1 以前で最も処理時間の T_1 大きいものを最後に回し、再度スケジュールを行なうというものである。

《例》表1のように各ジョブの処理時間と納期が与えられたとする。

表1.

	J_1	J_2	J_3	J_4	J_5
T	8	7	6	9	4
D	9	11	13	16	19

ここで $J_1 \rightarrow J_2 \rightarrow J_3 \rightarrow J_4 \rightarrow J_5$ とスケジュールすると、 $C_1 = 8 < 9 = D_1$ で○、 $C_2 = 15 > 11 = D_2$ で×となる。そこで J_2 までで処理時間の一番大きい J_1 を最後に回し $J_2 \rightarrow J_3 \rightarrow J_4 \rightarrow J_5 \rightarrow J_1$ とスケジュールする。すると $C_3 = 13 = D_3$ で○、 $C_4 = 22 > 16 = D_4$ で×となる。そこで J_4 までで処理時間の一番大きい J_4 を最後にまわし $J_2 \rightarrow J_3 \rightarrow J_5 \rightarrow J_1 \rightarrow J_4$ とスケジュールする。すると $C_5 = 17 < 19 = D_5$ で○となりこのときが遅れ仕事数は最小となる。このとき納期遅れ仕事は2である。

【b】2機械オープンショップ最大完了時間最小化問題

オープンショップ問題とは、製品を処理する機械の順番は関係なく、各製品が各機械によって処理されれば良いものである。またここでは処理時間を T で表わし、添字は1つ目がジョブの番号、2つ目が機械の番号を示す。

①ジョブ $J_1 \sim J_n$ を以下の要領で2つの組みに分ける。

$$A = \{J_i : T_{1i} \geq T_{2i}\}$$

$$B = \{J_i : T_{1i} < T_{2i}\}$$

つまり機械1での処理時間が機械2での処理時間と等しいか上回るものはA、その他はBである。

②Aで T_{1i} が最大のものを J_r 、Bで T_{1i} が最大のものを J_l とする。

③次のような集合 A' 、 B' を作る。

$$A' = A - J_r$$

$$B' = B - J_l$$

④集合Bの仕事に対して、 J_l を処理した後 B' を処理する実行可能なスケジュールを組む。次に集合Aの仕事に対して A' を処理した後 J_r を処理する実行可能なスケジュールを組む。

⑤ $T_1 = T_{11} + \dots + T_{1n}, T_2 = T_{21} + \dots + T_{2n}$ として
(I) $T_1 - T_{11} \geq T_2 - T_{21}$ のとき

④のBのスケジュールの後にスケジュールをつなげる。ここでBの M_2 の仕事をAの M_2 の仕事とつながるまで下げ、 J_r の M_2 の仕事を J_l の前に出す。

(II) $T_1 - T_{11} < T_2 - T_{21}$ のとき

④のBのスケジュールの後にAのスケジュールをつなげる。ここでAの M_1 の仕事をBの M_1 の仕事とつながるまで前にずらし、 J_l の M_1 での仕事を J_r の後ろに移す。

【例】表2に示すようなジョブの処理時間が与えられたとする。

表2.

仕事		J_1	J_2	J_3	J_4	J_5	J_6
T	M_1	5	4	2	2	6	3
	M_2	3	5	4	3	4	3

① $A = \{J_1, J_5, J_6\}, B = \{J_2, J_3, J_4\}$

② $J_r = J_5, J_l = J_2$

③ $A' = \{J_1, J_6\}, B' = \{J_3, J_4\}$

④ B : M_1

J_2	J_3	J_4
-------	-------	-------

A : M_1

J_1	J_6	J_5
-------	-------	-------

 M_2

J_1	J_6	J_5
-------	-------	-------

⑤ $T_1 - T_{21} = 18, T_2 - T_{32} = 18$ となり (I) の場合である。以下図1のガントチャートを利用して説明する。Bのスケジュールの後にAのスケジュールをつなげる。ここで M_2 の J_5 を前に回してスケジュールする。

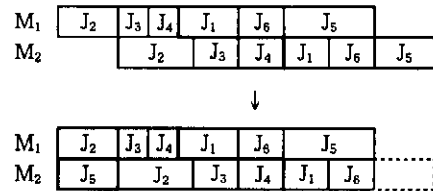


図1. ガントチャート

【c】ジョンソン法 (2機械フローショップ最大完了時間最小化問題)

フローショップ問題とは、複数の機械を使用する際に各製品の機械にかかる順序が同一の問題である。ここで、機械を M_1, M_2 とし、ジョブを $J_1 \sim J_n$ 、 M_1, M_2 での $J_1 \sim J_n$ の処理時間をそれぞれ $a_1 \sim a_n, b_1 \sim b_n$ とする。今、すべての処理時間の最小値が M_1 の方に存在するならば、 J_l を最初に処理し、 M_2 の方に存在するならば、 J_r を最後に処理するようにスケジュールを組む。また、この最小値が、 M_1, M_2 の両方に存在するときには、 J_r を最初に、 J_l を最後に処理し、 M_1 のほうに2つ存在する際には、その M_2 の処理時間の小さいほうを先に、 M_2 の方に2つ存在する際には、その M_1 の処理時間の大きい方を最後に処理するスケジュールを組む。

この操作を繰り返すことにより、スケジュールを前後から決定していき、この結果得られたスケジュールは最適なものである。

ただし、2つの機械での処理時間が同じであるジョブの処理時間が最小となったときなどここでは考えられていない。

また、この方法は3機械の場合にも適用する事は可能であるが、このときは条件として機械が $M_1 \rightarrow M_2 \rightarrow M_3$ とあったとき M_1, M_3 での処理時間の最小値が M_2 での処理時間の最大値より大きいことが要求されるため、現実問題としてはその利用価

値は著しく低下してしまう。

《例》表3に示すようなジョブと各処理時間が与えられたとする。

表3.

仕事	J ₁	J ₂	J ₃	J ₄	J ₅
a _i	2	5	4	9	6
b _i	6	8	7	4	3

今、全処理時間の最小値はa₁の2なのでJ₁を最初に処理することにする。次に残りのジョブの処理時間の最小値はb₅の3なのでJ₅を最後に処理することにする。残りの処理時間で最小のものはa₃とb₄の4なのでJ₃をJ₁の次に、J₄をJ₅の前に処理する。これにより以下のスケジュールが最適スケジュールとして得られることになる。

$$J_1 \rightarrow J_3 \rightarrow J_2 \rightarrow J_4 \rightarrow J_5$$

図2にこのときのガントチャートを示す。

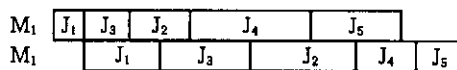


図2. ションソン法のガントチャート

3. 本研究の概要

以上のように、従来のスケジューリング手法ではその目的関数を1つしか設定できない上に機械数の制約などがついてしまう。しかし実際には納期遅れやコスト、作業の完了時間など複数の目的

が存在し、これらのどこに妥協点を置くかがたいへん大きな問題となってくる。そこで本研究では目的関数を複数個設定した多目的スケジューリングの解法をエキスパートシステムを導入してソフト化することにする。実際には最も重要視しなければならない納期遅れを最優先し、ジョブを納期の順番に並べこれを基準にして完了時間やコストを小さくする方向でジョブを移動させていく方法をとる。これにより最大納期遅れを小さくしながらその他の目的関数値も小さくすることができるはずである。またこのときの評価関数の設定方法についても研究が必要であると考えられる。

4. おわりに

本研究は財団法人天田金属加工機械技術振興財団の研究開発助成のもとに行なわれた。厚く御礼申し上げます。

5. 発表論文

1. Z.Anuar, H.E.Cheong and M.Hayase ; SICE'88, Proceedings, pp.811 - 814 (1988)
2. Z.Anuar, A.Ali, Nagaswara and M.Hayase ; SICE'88, Proceedings, pp.1009 - 1012 (1988)
3. M.Hayase, S.Mori, T.Irisa, K.Otsuka and M.Nagai ; SICE'89, Proceedings, pp.1301 - 1304 (1989)