

北大工 ○皆川雅章 嘉数侑昇

1. 緒言

製造業において、受注から出荷までの一連の作業の流れをコンピュータを用いて統合化し、現状の把握とそれに基づいた意志決定の迅速化を図ろうとする要求が高まっており、多くの試みが行なわれている。このような試みの中で、大きな問題の1つは、現行は人手に委ねている作業をいかにコンピュータ化するかということであろう。そして、今まで人手に頼ってきた作業はなかなかコンピュータ化しづらく、経験と熟練を要するものであることが多い。人員、設備等のリソース割当の計画もこのような作業の1つである。特にフローショップスケジューリング、ジョブショップスケジューリングと呼ばれる問題群においては、今までに多くのアプローチがなされており、限られた問題設定の場合を除き、数理計画的に解こうとした場合の最適解をもとめることの困難さと、ヒューリスティックな手法によって解こうとした場合の解の特定問題への依存性が明らかになっている。後者の場合に対する改良アプローチとしては、状況に応じて適用するルール群を変更するものがある。また、予め特定の制約を除いておいて問題を解くのではなく、与えられた制約条件群を出来る限り取り入れておき、探索の過程で緩和することにより現実的な解を得ようとするアプローチも報告されている。本報告では、AI的なアプローチを行なうことを前提に、いくつかの事例をまじえてこのようなリソース割当の問題を再認識し、今後の方向を探る試みを行なう。

2. 事例 1

図 1 に日程計画作成の流れの例（金型製造）を示す。この例は一品生産を行なっている場合で、3ヶ月分の大日程計画を毎月、2週間分の小日程計画を毎週立てている。工程計画担当者が行なう大日程計画作成の流れは次の通りである。

- ① 営業から納期、型名、品名等を聞く
- ② 図面担当者から型の特徴を聞く
- ③ ①②で得た以下の情報をもとに工数予想を行なう
 - a) 型の大きさ
 - b) 型の高低差（形状の難易度）
 - c) 型構造（型の組み方）
 - d) 付属品用加工の有無
 - e) 材質（鋳物のみ、鋼材+鋳物）

f) 穴の有無

- ④ 予想工数をもとに機械割付を行なう
- ⑤ 結果を日程表にまとめる

大日程作成時には、

- ① スケジュール全体でバランスが取れていることが必要である（各々の工程の工数見積りに誤差があっても、全体では、相殺されていなくてはならない）
- ② 余裕のあるスケジュールは立てない
- ③ スケジュールに入らない加工工程は、割り込みや外注加工をする。

等を考慮する。

小日程作成計画の手順は次の通りである。

- ① 図面をもとに工程の分解を行なう
- ② 工程ごとに加工時間を見積る
- ③ 大日程をもとに詳細な作業計画を作成する。
- ④ 作成結果を日程表にまとめる。

小日程作成時には、

- ① 材料やNCデータが揃っているか、あるいは揃いそうか。
- ② 現状の工場では、以前のスケジュールの消化状況がどうなっているか、未消化の作業工程、割り込みの作業工程がないか。
- ③ 特急品の割り込み予想（改造、設変加工等）
- ④ 納期
- ⑤ 有人の作業効率を多少無視しても、休日の無人加工を行なうようにスケジュールする。
- ⑥ 細かい加工変更や、不良品による作業の遅れ等を出来るだけ大日程に合うように吸収する。

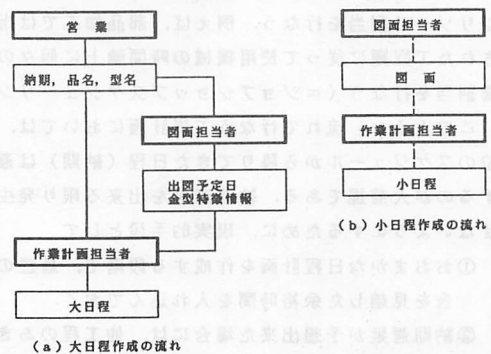


図 1. 日程計画作成の流れの例 - 1

工程を機械の時間軸上に割り付ける際の個別の基本優先ルールは次の通りである。

- ①納期順に割り振る
- ②工程順に割り振る
- ③工数大のものから割り振る
- ④使用頻度の高い（負荷能力の高い）機械から割り振る
- ⑤能力の高い機械を優先する
- ⑥成型型を先に加工する。

以上で述べた例は、スケジューリングに関して次のような特徴を持つと考えられる

- ①工程設計者の経験と熟練に基づいて行なわれてきた作業である。
- ②陽(explicit)に表わされたルールが少ない
- ③基本ルールの抽出は比較的容易であるが、これらを組み合わせて使用するメタルールを抽出することは大きな手間を要し、体系化が困難である。
- ④計画がなんらかの最適性を有する（例：機械の遊休時間が最小／無人運転時間が最大である等）
- ⑤生産設備全体での処理能力が陰に(implicit)に表現されている。
- ⑥動的なスケジューリングが行なわれている。

3. 事例 2

図2にもう1つの例を示す。この例では、標準的な金型が存在する。主たる工程は（a）に示すように5工程ある。受注時には、工場全体での負荷処理能力（余力）と、予想発生負荷とのつき合わせを行い、おおまかな予想納期をシミュレーションによって算出する。このシミュレーションでは、各工程での負荷処理能力をもとに、ある正規化された共通負荷とよばれる値を使っている。次に、この予想納期を仮の納期として、工程別の日程計算を行なう即ち、各工程の時間軸上に負荷を割り当てる。この段階では、予想納期はほぼ確定された値となっている。最後に、各工程ごとに詳細なリソース割当を行なう。例えば、部品加工では指定された工程順に従って使用機械の時間軸上に個々の作業割当を行なう（=ジョブショップスケジューリング）。このような、流れて行なう工程計画においては、上位のスケジュールから降りてきた日程（納期）は遵守するのが大前提である。納期遅延を出来る限り発生させないようにするために、現実的手段として

- ①おおまかな日程計画を作成する段階で、最悪の場合を見越した余裕時間を入れ込んでおく。
- ②納期遅延が予想出来た場合には、他工程のあき時間に割り込ませる、または外注加工に振り替える等を行なっている。尚、この例では、作業の標準時間

が実績に基づいて得られている。

工程を機械の時間軸上に割り付ける際の優先ルールは次の通りである（優先順位の高い順）。

- ①納期の近いものを優先
- ②特定の加工工程を含む製品、部品を優先
- ③特急品優先（ライン化、試作品、設計変更品）

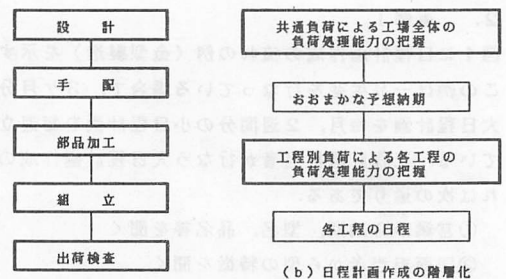
以上で述べた例では、スケジューリングに関して次のような特徴を持つと考えられる

- ①下位のスケジューリングになるに従い納期が固定化され余裕時間の調整が難しくなる（=最適化を図ることが不可欠）。
- ②上位のスケジューリングになるに従い、リソース表現の抽象度が高くなる。
- ③スケジューリングが階層化されており、各階層における対象問題の性質が異なっている。

4. 今後の方向

今後の方向を定める上で重要と思われる項目を以下に記す。

- ①最適解をもとめるアプローチと実際の解をもとめるアプローチとの併用。例えば、最適解に近付けるための方針決定方法をヒューリスティックスとして与える等。
- ②ヒューリスティックアプローチを行なう際の問題点である、個別問題領域への解の依存性の解消。例えば、複数個の個別問題解決手法を準備し、対象問題を識別するメタ知識を利用して、それらを使い分ける。また、競争原理等の導入による『最も良い可能解』の選択を行なう等
- ③階層化されたスケジューリング。
- ④実用的な解を有限かつ実際の処理時間の範囲内で与える。



(a) 工程順序

図2. 日程計画作成の流れの例-2

5. 参考文献

Fox, 'Constraint-Directed Search: A Case Study of Job-Shop Scheduling', Pitman Publishing, London (1987)他