

金型工程管理システム*

若槻 正明**、堀田 昌宏**、和合 健***、

飯村 崇**

生産を円滑に行う上で工程管理ならび日程計画は大事なことである。特に、製品の多様化や製品サイクルの短命化による金型コストの低減や納期短縮の要請に対応するためには、各工程における現時点以降の負荷を予測し、その状況に応じて対応策を検討する必要がある。しかし、金型製作の現場では詳細な日程計画が組まれることがなく、無計画に近い生産となっている。このことから、パソコンで金型製作工程の流れが容易に把握できるPERT (Project Evaluation and Review Technique) を応用したスケジューリング手法による金型の工程管理システムを開発した。

キーワード：工程管理、スケジューリング、PERT、金型

Development of Scheduling System for Die Manufacturing

WAKATUKI Masaaki, HOTTA Masahiro, WAGO Takeshi,

and IIMURA Takashi

The process control and the scheduling are very important to manufacture products smoothly. Especially, it is necessary to foresee loads at the time in future from now and to find the appropriate conditions for the managing or handling at case by case, in order to comply with users requests to decrease die cost and lead time due to the variety and short life cycle of products. But they almost do not have any detail daily production planning for die manufacturing, so it starts to run without schedules. Therefore, we have developed a system of making the schedule for die manufacturing with personal computer, which is applied the method of PERT, and it is easily to understand the flow of the manufacturing process of die.

key words: Manufacturing Management, Scheduling, PERT, Die Manufacturing

1 緒 言

生産を円滑に行う上で工程管理ならび日程計画は大事である。特に、製品の多様化や製品サイクルの短命化による金型コストの低減や納期短縮要請に対応するためには、各工程における現時点以降の負荷を予測し、その状況に応じて対応策を検討する必要がある。

中小金型企業で行われている日程計画作成は、通常一人か二人の金型製作に精通した作業者が、経験などをもとに図面から工程展開し、作業時間の割付、各作業工程の納期

設定するという流れで行われている。しかし、金型は一品生産が多く、月の生産部品点数は数百を超え、工程数では数千工程にも及ぶ。したがって、人手による日程計画では、数千にも及ぶ工程への展開と作業時間の割付を行うのが精一杯で、それぞれの部品製作の流れや作業工程のかち合いなどを検討する余裕はない。このため、無調整の作業着手となり、急ぐ必要のない作業を先行したり、納期直前に未製作部品が判明したり、また、いくつかの工程で作業のかち合いが生じ、長時間かけて行った段取りを崩し作業のし

* 次世代金型製造プロセスに関する研究開発（ベンチャー企業育成型地域コンソーシアム研究開発事業）

** 電子機械部

*** 電子機械部（現在 企画情報部）

直しが強いられたり、本来なら不要な残業が強いられたりと常に非効率的な作業で追われ混沌としているのが現状である。このことから、金型製作の流れ全体が把握でき、各工程のかち合いの判定も行え、進捗や実績を反映した柔軟な日程計画が組める PERT(Project Evaluation and Review Technique)を応用した工程管理システムの開発を行った。

2 PERT 手法を応用した金型のスケジューリング
一般に、機械加工などの工場でのスケジューリングはガントチャートと呼ばれるジョブショップ型のスケジューリング手法を用いられる。しかし、この方法は複数の工程にまたがった日程管理や部品間相互の関係が把握しづらいという欠点がある。金型は多くの部品から構成されるため、それぞれの部品製作の進行がその金型の納期へ大きく影響を及ぼす。したがって、ガントチャートなどのような単一工程のみを対象としたスケジューリング手法は、金型の納期管理には不向きである。このことから、個々のジョブ間のつながりが良く把握できるプロジェクトスケジューリング手法の PERT に着目し、一つの金型製作を一つのプロジェクトと見立てることにより、この手法を金型のスケジューリングへ適用することを検討した。しかし、日々新たな金型製作が要求され、それには同一の機械が使用され、作業の重複なども考慮しなければならないことから、単一プロジェクトを対象とした PERT 手法をそのまま金型のスケジューリング手法として採用することはできない。そこでこの PERT 手法を金型製作のスケジューリングに適用する方法について検討し、以下のような納期決定アルゴリズムによる金型スケジューリング方法を決定した。

金型の最終納期から組立手順を基に着手開始日方向に工程と標準時間を割り付ける。

汎用機とNC機に分け、時間内に作業可能かどうかをしらべ、作業不可能であれば、余裕時間の範囲内で作業を移動する。

作業開始から終了まで最も時間のかかる経路(クリティカルパス)を捜す。

各工程の余裕時間を算出する。

作業投入が不可能な工程があれば余裕時間の範囲内で作業を移動する。

工程の負荷の算出を行う。

金型製作PERTの完成。

また、運用についての基本則として

作業時間は予め決定されるものとする。

段取りは作業時間を含むものとする。

同一種機械が複数台ある場合の工程の作業能力は、

特に定めない限り複数台の合計時間とする。

部品組立の手順は予め定められるものとする。

部品組立は一つの部品に一つの組立作業を配置する。

2 - 1 作業の割り当て配置

本手法を用いて金型の製作工程を割り付ける場合の例を図1、図2により説明する。図1に示すような製作工程手順と作業時間を持つ部品<01001>、部品<01002>、部品<01003>と、その組立工程からなる金型があるとする。この場合、先ず計画日と納期日を設定し、最終工程から計画日方向へ作業の割付を行う。この例では組立が2工程に分かれているので、その最終のAS2を納期に間に合うように配置し、つづいて同じ組立工程の初めの工程であるAS1をAS2の前へ配置する。部品の配置順はどれが先でもよいが、予めそれぞれの部品と組立工程の手順が決まっている必要がある。ここでは部品<01001>が組立AS1を行う際に必要な部品であるとする、これも組立工程を配置したと同様に部品<01001>を製作する工程の最終工程のNCEDMから配置する。この後は組立工程と同様、M2、MCと割付け、部品<01001>の配置を完了する。また、部品<01002>も同様にJG、LP、TGの順に順次配置する。さらに、部品<01003>については組立工程AS2で使用するものであるから、このAS2に連結する配置とする。

部品 01001			部品 01003		
順位	工 程	標準時間	順位	工 程	標準時間
1	MC	2 4 0	1	TG	3 0 0
2	M2	1 2 0	2	PG	3 0 0
3	NCEDM	3 0 0	3	SG2	1 8 0

部品 01002			組立		
順位	工 程	標準時間	順位	工 程	標準時間
1	TG	1 8 0	1	AS1	1 8 0
2	LP	1 2 0	2	AS2	1 2 0
3	JG	2 4 0			

図1 金型部品と製作工程、製作時間の例

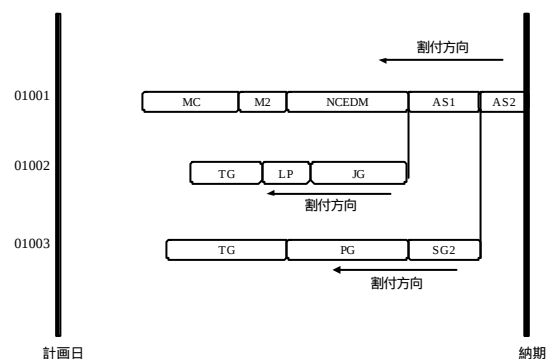


図2 作業の割付方法

2 - 2 作業の可能性ならびに余裕の検出

通常の昼日勤務形態の場合は、作業が深夜となる時間帯は避けなければならない。（休日も同様の扱い）したがって、この段階で作業不能時間帯の作業工程を検出する。図3において、部品<01001>の NCEDM と部品<01002>の JG は NC 機であり、無人作業が可能な工程であるが、部品<01003>の PG は汎用機であり作業員張り付きによる作業が必要な工程である。したがって、この作業不能時間帯の作業を作業可能な時間帯へと再配置しなければならない。この場合、計画日（着手日）から作業開始までの時間に余裕があることから、計画日方向へ移動することにより作業不能時間帯を回避する。ただし、この再配置においてはその加工手順が守られること、及び計画日（着手日）から納期日の間にあってこれらの範囲をはみ出ないことが条件となる。そして、この再配置の結果生じた作業空白の時間帯は作業余裕時間となる。また、この作業余裕時間は再配置後の PG の作業余裕ではなく、その後工程の SG2 の作業余裕であり、条件付き余裕時間である。

2 - 3 クリティカルパスの検出

このように、作業不能時間帯を含めた全作業の配置、再配置が完了した時点で、最も作業時間の長い工程を検出する。これが、この金型製作において最も作業余裕の少ない部品製作工程であり、クリティカルパス（Critical Path）に相当し、このパス上の作業がこの金型納期を左右する重要な工程となる。（図3）つまり、このクリティカルパス上の作業の遅れは、即金型そのものの納期遅れに結びつくことを意味する。なお、これ以外の部品については、クリティカルパスの-span 内での作業着手余裕を持つことになる。また、この段階での計画日（現在の日時）に対する余裕は作業着手までの余裕となり、その作業余裕範囲内でのそのパス上の作業を割り当てることが可能である。

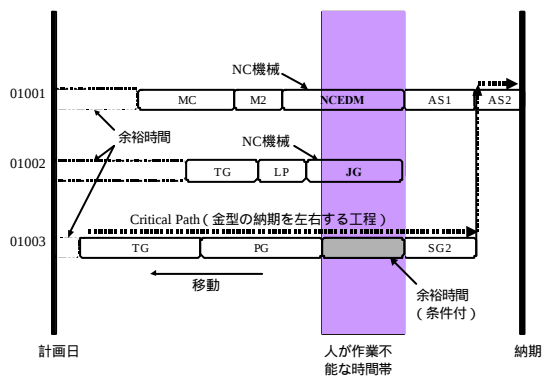


図3 作業の可能性、余裕、クリティカルパス

2 - 4 作業の重なりと負荷の算出

一般に、PERT が用いられるプロジェクト計画では、個々の作業は一過性であるが、機械加工では一つのプロジェクトに同一内容の作業工程がいくつも存在する。また、通常のプロジェクト計画では、必要に応じて設備や人を配置できるが、機械加工では、設備や人は固定的であり、その工程が保有する作業能力（容量）を超える作業は不可能である。さらに、プロジェクト型の場合、単一計画が対象であるため、あるプロジェクトが他のプロジェクトの影響を受けることはない。しかし、工場の場合、加工工程が定まっており、多くのプロジェクトの作業が一つの工程へ投入されることになる。このため、あるプロジェクトの作業の進行が、他プロジェクト作業の進行の影響を受けるということが生ずる。図4に示すように、計画後、新たな金型（図4最上部と最下部）が投入された場合、部品<01001>の MC 工程と M2 工程に作業の重なりが生じている。この場合、余裕時間があれば、優先度の低い金型の工程をその範囲内で再配置する。このとき、クリティカルパスは部品<01001>を製作する工程へ変わる。また、工程の重なりが生じた際の作業余裕範囲内での再配置が不可能な場合は、その部品は製作不可能となり外注作業により対処する以外、方法がないことになる。

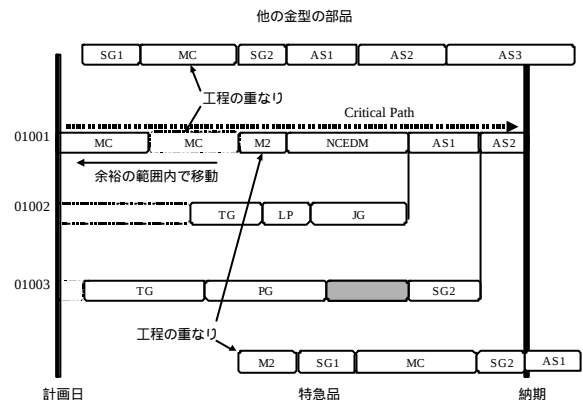


図4 作業の重なり

3 開発システム

3 - 1 入出力処理

日程計画のための作業内容と手順および作業時間（標準時間）の入力は図5に示す工程計画入力処理により行う。この処理では、画面中央に表示された登録済みの部品に対し、画面左下の工程名（作業名）からマウス選択で、工程名入力とその作業時間を画面下中央の電卓タイプのキーにより入力する。この操作を、金型を構成する全ての部品について順次、繰り返す。なお、標準部品など予め作業が

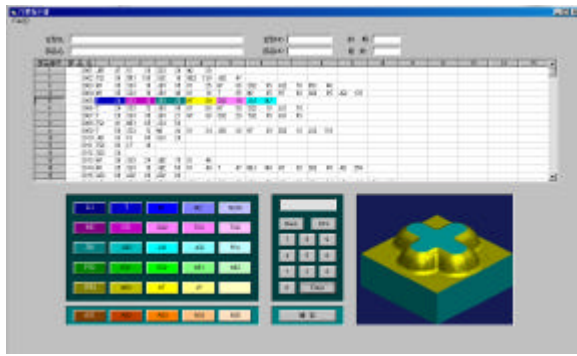


図5 工程計画入力処理

定型化されている部品については、登録されているファイルからの挿入で処理される。また、画面右下の画像は、CADデータ(2次元の場合は図面、3次元の場合はモデル)

スキャナー読み取りデータ(実物の写真もしくは、図面として出力されたものなど)

などの入力により部品名や金型名と関連づけられ、保存されている画像ファイルが読み込まれ表示される。このような製作部品や金型の画像が表示されることで、作業対象部品の形状や外観などが容易に判断でき、計画入力作業の効率化が図られる。

3-2 組立手順の入力

図5の工程計画入力画面により入力されたデータから各部品の作業手順が表示される。(図6)ただし、この時点では作業時間の長さは考慮されない。ここでは組立工程が別ウインドウとして表示され、それぞれの部品が必要とされる組立の段階を決定する。処理としては、関連づけを行う部品製作工程と組立の工程をそれぞれマウスでクリックすることにより行う。これにより、部品が組立工程のどの



図6 部品と組立手順の設定

の段階で組み込まれるかが、関連付けデータとして記憶される。この作業を表示されている全ての部品について行い、部品と組立作業の関連付け作業を終了する。画面操作段階では、選択された作業をハイライトさせることで、現在選択されている部品、組立工程であることを示している。

3-3 金型製作のPERT表示

部品と組立との関連づけが終了することで、割り付けられた作業時間でのPERTへの展開が行われる。そして、この中で最も作業時間のかかる工程がクリティカルパスとして赤色で表示される。また、それぞれの部品の各工程における納期がサブウインドウに表示される。(図7)

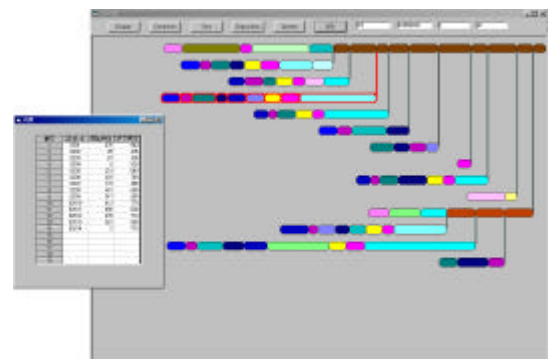


図7 PERT図の表示と各部品納期の表示

4 まとめ

パソコンを使用し日程計画を組み、これをもとに工程管理ができるシステムの開発を行った。このとき、日程計画の作成ではPERT(Project Evaluation and Review Technique)手法を応用した金型製作工程の流れが容易に把握できるスケジューラを開発した。従来方法の日程計画に比べ、製品の停滞時間が短い計画が組めること、作業余裕を十分活用した計画が組めること、また、作業のかち合いを判定し効率の良い作業計画が組めるなどの特徴を持つ。今回開発したのは、あくまでもフレーム部分に相当するもので、今後、企業との実用実験などにより市販ソフトに近い形へ移行することも検討する。なお、本研究は平成10年度、11年度ベンチャー企業育成型地域コンソーシアム研究開発事業「次世代金型製造プロセスに関する研究開発」で実施したものである。

文 献

- 1)人見勝人：生産システム工学、共立出版、1990
- 2) Joseph H. : Critical Path Scheduling、KRIEGER、1980
- 3)加藤昭吉：計画の科学、講談社、1973