

## 加工工程設計における設計対象モデリング

7 Q-4

前田康行

篠原克也

日本電気(株)

C &amp; Cシステム研究所

## 1. はじめに

設計問題に知識処理を適用するにあたって、設計対象をいかにモデル化するかは、経験的知識や設計の流れの整理・体系化と並んで重要である。筆者らは、機械部品の加工工程設計を自動化するエキスパートシステム ESPER の開発を行なっている [1, 2]。本稿では、ESPER における設計対象のモデル化とその実現方式について報告する。

## 2. 加工工程設計エキスパートシステム

加工工程設計は、機械部品の CAD 図面情報から製造に必要なデータを生成する作業であり、加工方法、加工領域、使用工具、加工順序、加工条件、工具経路などの決定を行なう。加工の順序や方法は部品の形状や要求される精度、利用できる加工機械などによって異なるので、加工データの生成には高度のノウハウが必要とされる。ESPER システムでは、専門家のノウハウを知識ベース化することによって、CAD で作成された図面情報から加工情報の自動生成を実現している (図 1)。

ESPER では現在、2.5 次元形状の部品加工を対象としており、入力される情報は、CAD を使って作成された図面の形状データ (2 次元輪郭形状と深さ) と、形状に付随する技術データ (加工精度、仕上あ

さ、ネジ指定など) から成る。ここで与えられる形状データは、最終的に得られる加工後の結果を表わすに過ぎない。これに対して、加工の容易性や効率を考慮しながら加工領域、使用工具、加工順序などを決定していく過程では、形状に関する判断が重要な役割を果たすため、加工の観点から対象の形状をモデル化する必要がある。

## 3. 工程設計用モデル

工程設計の自動化を実現する上で、通常の形状モデルを使って設計対象を記述するだけでは不十分であり、以下の 2 点を考慮して工程設計に適した新たな内部表現を用意する必要がある。

## ①部分間の関係の記述

よい設計解を得るためには、加工すべき各部分の間の関係を参照しながら最善の選択を行なう必要がある。例えば、加工順序を決定する際には、溝どうしが重なったり隣接している場合に加工順序に関する制約条件が生じる。これを調べるために通常の形状情報をそのまま用いると、部分形状間の関係が陽に記述されていないために処理時間がかかる。

## ②加工対象の変化の記述

加工対象の形状が加工前の素材の状態から最終結果まで徐々に変化するため、これを効率的に記述する必要がある。例えば、加工領域への工具の進入方法を決定する際に、すでに加工済みの隣接領域から進入できるかどうかの判断は加工順序に依存する。

## 4. 実現方式

ESPER では、加工対象を記述するために「加工領域」、「加工要素」、「加工グループ」という概念を用いている。ここで「加工領域」は単一の溝 (または穴グループ) に対応し、「加工要素」はひとつの加工領域に対応する加工、「加工グループ」は連続した加工要素の集まりを指す。ひとつの加工領域にはひとつ以上の加工要素 (例えば、荒加工と仕上加工、穴あけとタッピングなど) が対応する。

これらの概念の間の関係を記述する手段として本方式では、設計対象の構造に関する関係を表わす「構造モデル」と設計の進行に伴って変化する加工工程を表わす「加工プロセスモデル」を用いる。

構造モデルは、領域間の関係を記述するネットワー

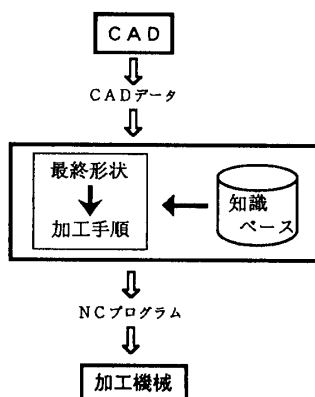


図1 工程設計エキスパートシステム

クで表わされる(図2)。領域間の関係には、溝と溝の隣接関係、溝または穴どうしの包含関係などがある。構造モデルは、CADから与えられた形状データにもとづいて最初に生成される。

加工プロセスモデル(図3)は、加工領域、加工要素、加工グループ間の対応関係を表わし、工程設計の進行に伴ってその内容は変化する。ある加工要素を実行する直前のその領域の状態は、(すでに加工順序が決定済みならば)関連する加工がどこまで加工済みかを調べることによって求められる。また加工領域には領域形状データ、加工要素には仕上条件(底面仕上代、側面仕上代)、加工グループには使用工具の情報が付随しており、ある加工要素によって加工される実形状である「加工形状」は、

加工形状 ← 領域形状、使用工具、仕上条件  
によって決定される。

## 5. 利用方法と効果

図4の設計の各作業における上記モデルの利用方法例と適用効果を示す。

### ① 加工順序決定

加工順序を決定する作業では、まず満足すべき順序制約(2つの加工要素間の前後関係)をすべて求め、次にそれを満たす範囲で加工時間最短になるように最適順序を求める。ここで順序制約を検出する処理は経験的ノウハウをルール化して実行するが、上記の領域間の隣接/包含関係を参照することによって加工対象の構造に関する推論が可能となる。

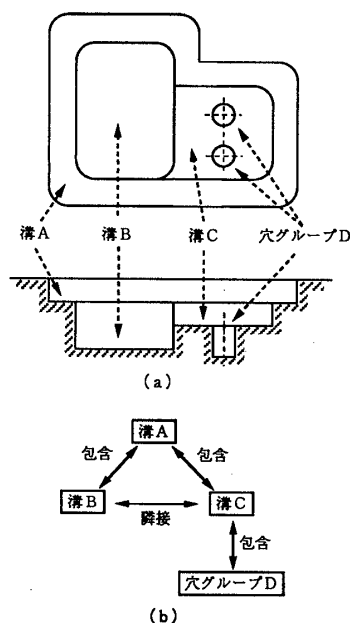


図2 構造モデル

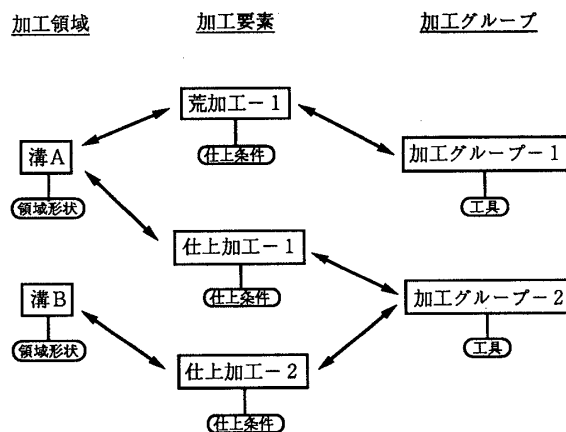


図3 加工プロセスモデル

### ② 工具アプローチ方法決定

工具を加工領域に接近させる場合、領域やその周囲の加工状態により接近方法が異なる。例えば、

- ・中央部分が加工済みで貫通している場合、領域の中心付近にまっすぐ降下させる
- ・隣接領域がすでに加工済みで十分な幅があれば、隣接領域から水平に接近する

などのルールがある。これらのルールの適用は、領域間の隣接関係と、領域に対応する加工要素が加工済みかどうかを調べることによって実行される。

### ③ 工具経路生成

工具経路生成では、与えられた工具と領域形状から効率的な工具移動経路を求めるが、このとき領域の一部に加工済みの部分がある場合にはその部分の加工を省略することができる。加工済み部分の形状を認識することによって効率的な工具経路の発生が可能となる。

## 6. おわりに

今回報告した表現方式は、工程設計の途中で加工プロセス中の任意の時点における対象形状の状態を簡単にアクセスできるという特長がある。これにより、より熟練者に近い判断が可能となり、効率的な加工手順の生成が可能となった。今後の課題として、現在は一方方向に制限している加工方向を任意方向の加工も扱えるように表現方式を拡張する必要がある。

## 参考文献

- [1] 前田、川越：加工工程設計自動化における知識処理、計測自動制御学会第4回知識工学研究会、pp.15-18 (1986)
- [2] Y. Maeda and K. Shinohara: Geometric Reasoning and Organized Optimization for Automated Process Planning, Proc. of AAAI-88, pp.105-110 (1988)



図4 設計の基本的流れ