

# TRL次世代CAD(1): 再利用可能な属性モデラ

1M-1

沼尾雅之 清水周一 香田正人

日本アイ・ビー・エム株式会社 東京基礎研究所

## 1 はじめに

製品設計と同時並行的に、その加工や組立てといった生産工程の設計および製造性評価をすることによって、設計の合理化、高品質化を図ろうとする、コンカレントエンジニアリングを実現するためには、3次元ソリッドモデルが必要なのはもちろんであるが、形状とその他の属性が同時に扱えるようなモデラが必要である。たとえば、寸法や公差は形状に密接に関連した属性の1つであるが、同じ形状であっても、寸法の基準線のとり方や、公差が異なれば、加工順序および加工方法が全く異なってくる。また、「切り欠き」、「溝」、「貫通穴」といった形状特徴は、その部分の形状がどういふ意図で作られたかという設計意図を表現しているものとして重要な属性である。

欠点があり、後者はパラメトリック設計のためのプログラミング環境としては優れているが、表現できる3次元形状が貧弱という欠点があった。

われわれは実用上十分な任意の3次元形状を制約によってシンボリックに表現できる方法を開発した[1,2]。幾何推論によって、与えられた制約を満たすような3次元幾何属性(面の方程式等)が得られ、非多様体幾何モデラによってソリッドモデルが構成される[3]。また、属性推論では不可欠になる非線形連立方程式の求解アルゴリズムも開発した[4]。これらを含めた全体のシステム構成を図1に示す。属性モデラは属性間の関連付けを定義することによって、各モジュールを有機的に結びつけるインタフェースとなるとともに、モデルを再利用可能な形で保持するエンジニアリングデータベースとしても機能する。

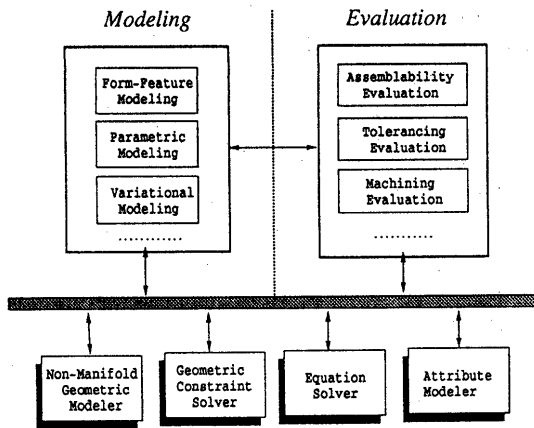


図1: システム構成.

こうした形状+属性を表現するために、形状モデラをベースにして、面や稜線、頂点といった幾何要素に属性情報を付加できるにデータ構造を拡張する方法と、形状をシンボリックに扱えるような形状記述言語を定義することによって、入力された仕様パラメータから属性を順次決定して、最終的には形状を決定していく設計過程自体をプログラミングできるようにする方法がある。前者は3次元CADの拡張であるから形状表現には強いが、形状に依存した属性しか表現できない

## 2 形状特徴によるモデリング

属性モデラでは、任意の属性を任意の関連づけで定義できなければならないが、ここではCADの属性モデラということで、まず形状特徴を対象として、どのような機能が必要であるか考えてみる。

### (1) 複合形状特徴の表現

複雑な形状も、単純な形状特徴を組み合わせることによって作られる。たとえば、「段付き穴」は中心軸が同じで径の異なる2つの「穴」によって構成される。また、「ねじ」のような単体の部品も複合形状特徴として定義される。このようにして形状特徴のボキャブラリーを増やしていくことによって、個々のアプリケーション向けの設計環境が整っていく。

### (2) 形状特徴の抽出および一般化

モデリングされた形状の一部分を取り出して、それを1つの形状特徴として定義したいことがある。たとえば、左右対象の部品を作る際に、まず片側だけをモデリングし、それを形状特徴として定義して、もう片側を作るようなことである。これを可能にするためには、指定された部分からそれを構成している形状特徴および、その間の関係を抽出し、さらにそれを再利用可能な形に一般化できなければならない。

### (3) 形状特徴の検索

形状特徴は幾何制約の集合によって記述されているが、その制約によって階層的に分類することが可能である[2]。たとえば、「角穴(貫通穴)」「角溝」「切り欠き」などの形状特徴は位相的には皆四角柱であるが、それが作られる土台との共有面の数によって、それぞれ2面、3面、4面と分類される。こうした分類をし

ておくことによって、「溝を持つような形状」というような検索が可能になる。

### 3 属性モデラ

上記のような要求を満たすような属性モデラは、知識表現言語として考えることができる。われわれはKL-ONE[5]をベースにしたモデラを設計した。KL-ONEでは概念と関係という2つのタイプを使って、知識を表現する。それぞれについて、クラスとインスタンスがあり、クラス階層はラティス構造をとる。概念クラスは通常のフレームのようなものであるが、スロットにあたる場所に関係クラスのインスタンスがくる。関係クラスは、定義域と値域を持つフレームであり、それぞれに概念クラスのインスタンスが入る。

#### (1) 新しいクラスの定義

クラス定義は既存クラスからのサブクラスの生成によっておこなう。この時、概念クラスの場合は新しいスロットを関係クラスの付加によって作ることにし、また関係クラスの場合には定義域および値域のクラスをそのサブクラスに制限することによって、それぞれのクラスに含まれるインスタンス領域を制限することによって行なわれる。

たとえば「穴」という概念クラスは、「形状特徴」クラスのサブクラスとして定義され、「上面」、「下面」、「中心軸」および「直径」というスロットを関係クラスによって付加することによって元の「形状特徴」クラスより制限される。また、「上面」クラスは「HasA」クラスのサブクラスとして定義され、「HasA」クラスの定義域および値域が両方とも「Root」の概念クラスであったものを、それぞれ、「穴」、「面」というサブクラスによって制限することによって作られている。

#### (2) インスタンスからのクラスおよび事例検索

まず、そのインスタンスの記述からクラス定義を生成し(抽象化)、それを含めた全体のクラス階層を再構成する(分類)。そのインスタンスから作られたクラスの直接の親となっているクラスが、求めるクラスである。このアルゴリズムは抽象化一分類戦略といわれている[6]。これを利用することによって、モデリングの過程で作られられたインスタンスから、それに最も近いクラスを選び出すことができる。もちろん複合オブジェクトのクラスが定義されていれば、それを、複数のインスタンスをもとにして、検索することもできる。また、過去に作られた形状をすべて、そのクラスのインスタンスとして保存しておくことによって、対象インスタンスに最も近い事例を検索することが可能になる。

たとえば、溝に穴が開いた形状を元に検索をすると、まず、より一般的なクラスとして溝つき形状のクラスが得られ、この下のインスタンスを取り出すことによって、今までに作った溝のついた形状がすべて検索される。これは、事例ベース推論において、構造を持った内容をそのままキーとして用いた事例検索と考えることができる。

#### (3) 動的クラス生成

特定クラスのインスタンスの数が多くなった時点で、そのクラスからサブクラスを生成し、インスタンスを分類することができる。概念クラスにはその概念を示す名前が必要なので、この操作は対話的に行なわれる。概念クラスからサブクラスが生成されると、これを契機として、それを値域を持つ関係クラスのサブクラスが生成され、さらにその関係クラスをスロットとして持っている概念クラスからサブクラスが生成され、これが順次繰り返される。

たとえば、溝付きの形状の事例が多くなり、それを溝に穴が開いた形状とそうでないものに分ける場合を考える。まず「溝」という形状特徴クラスから「穴開き溝」というサブクラスを生成する。このサブクラスには「穴」を値域を持つ関係クラスが付加される。次に、「溝」クラスを値域に持っていた関係クラスから、値域が「穴開き溝」に制限されたサブクラスが生成される。これを元にして、「溝付き形状」のクラスから「穴開き溝付き形状」のサブクラスが生成され、もとのクラスからインスタンスが分配される。

### 4 おわりに

機械系CADに必要な属性モデラの機能と、その実現方法について述べた。3次元形状の場合、事前に予測できない複雑な構造をとるのでKL-ONE型の知識表現言語を採用した。また、抽象化一分類戦略を利用することによって、内容データの構造を直接キーとして事例検索できることを示した。この属性モデラは、現在オブジェクト指向型データベース数種を用いてインプリメントしている。エンジニアリングデータベースの1つの枠組としてシステムを評価するとともに、オブジェクト指向データベース自体の性能も評価していく予定である。

### 参考文献

- [1] S. Shimizu, K. Inoue, and M. Numao, 'An ATMS-Based Geometric Constraint Solver For 3D CAD,' *Proc of Int. Conf. on Tools for AI*, Nov. 1991.
- [2] 沼尾、清水、増田、'幾何制約にもとづく3次元形状設計システム,' 人工知能学会第6回全国大会, SI-3, 1992.
- [3] H. Masuda et al., 'A Mathematical Theory and Applications of Non-Manifold Geometric Modeling,' *Advanced Geometric Modeling for Engineering Applications*, North-Holland, Nov. 1989.
- [4] 岡野、'標準部品を含むバリエーション最適設計,' 情報処理学会第45回全国大会, 1M-04, 1992.
- [5] R.J. Brachman and J.G. Schmolze, 'An Overview of The KL-ONE Knowledge Representation System,' *Cognitive Science*, Aug. 1985.
- [6] M. Vilain, 'The Restricted Language Architecture of A Hybrid Representation System,' *Proc. of the 9th IJCAI*, Aug. 1985.