

# 1R-1 製図と3次元モデルを統合するアーキテクチャ

内山裕敏

佐藤義博

黒須豊

(株)日立製作所ソフトウェア工場

## 1.はじめに

現在提案・市販されている三次元CADの多くは、形状チェック、干渉チェック、マスプロパティ計算などの設計検討をはじめとし、構造解析、機構解析や意匠検討などトータルな設計支援にふさわしい機能・発展性を備えている。それにもかかわらず、これらが十分利用され尽くしているとはいい難い。その要因の1つとして、3次元CADでは、形状モデリング作業が設計者にとって非常に難しいことが挙げられる。

一方2次元CADの入力は、従来の製図作業によく似ているため、設計者がCADの操作に習熟するのも早い。しかし、基本的に製図システムであり、それ以上の道具としてはなかなか使いこなせなく限界があった。

そこで、こうした欠点を補い、かつ、従来の2次元CADで利用してきた図面の財産を有効に活用する目的で、2次元と3次元を統合したCADシステムを開発した。本稿では、その基本アーキテクチャと応用機能について報告する。

## 2. 基本アーキテクチャ

本システムの3次元モデルは、B-Repsのソリッドモデルをベースにしており、3次元のモデリング空間と2次元のモデリング空間(図面)をそれぞれ複数同時にコアメモリ内に保持する。

2次元と3次元の統合の点から見たデータ結合の基本構造を図1に示す。これは次の3つの階層で結合するものである。

- ・ファイルレベル
- ・コアメモリレベル
- ・セグメントバッファレベル

### (1) ファイルレベル

このレベルでの結合は、図面と3次元モデルを関連づけてファイリングし、設計情報の一元管理を支援する。3次元モデルと図面は1:多に対応づけられ、モデル名稱をキーに、格納、検索、取り出しなどを可能にした。

### (2) コアメモリレベル

このレベルでの結合は、3次元モデルの稜線と、図面上に投影した2次元形状の線分とを、双方のポインターで1:多にリンクするものであり、設計変更に伴う3次元モデル変更で、自動的に図面の2次元形状に反映することや、その逆反映することを支援する。システム構成上は、図2に示す2次元ドライバーで実現している。これは、3次元モデル表示時に同期して起動され、3次元稜線の投影変換、2次元線分の生成、チェック等を実行する。また、3次元モデル変更時、変更対象の3次元稜線にリンクする2次元線分だけを書き直すため、全面的に投影変換することなく、高速な連動を実現している。

### (3) セグメントバッファレベル

このレベルでの結合は、3次元モデルを表示する3次元ビュー(3Dビュー)と、図面を表示する2次元ビュー(2Dビュー)、およびそれぞれの表示プリミティブをセグメントバッファ内に混在させ、同一ウインドウ内での2次元/3次元混在表示や、コマンドパラメタ入力における表示プリミティブの混在指示等、マンマシンインターフェイスの統合を実現する。

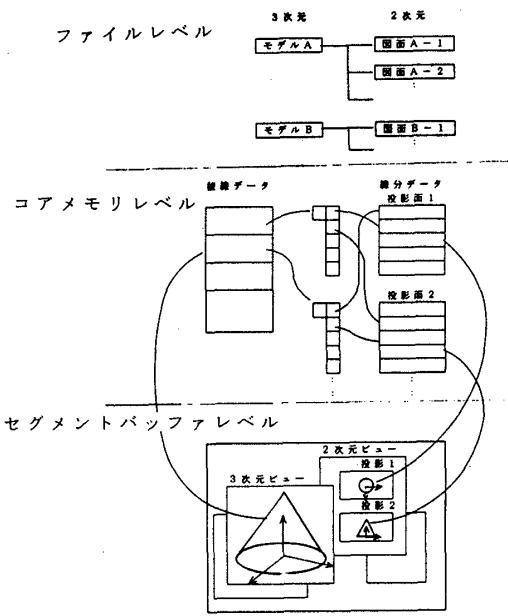


図1 2次元/3次元データの結合構造

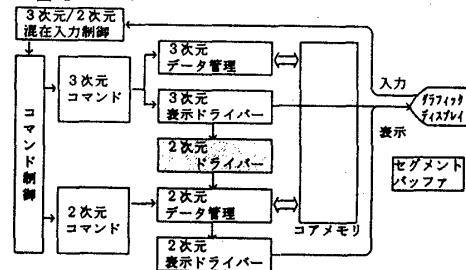


図2 プログラム構成

## 3.応用機能

前述のアーキテクチャを基盤にした応用機能として、図面からの3次元形状生成と、図面変更による3次元形状への自動反映について述べる。

### (1) 図面からの3次元形状生成

三面図で表わした図面から3次元形状を自動生成する手法は多数研究されているが<sup>[1,2,3]</sup>、それらはワイヤフレームモデルの生成に留まるものであったり、あるいは図面や生成するモデル形状の制約が厳しく、実用レベルにあることはいい難い。ここで示す手法は、若干の対話操作をくみ入れ、図面から3次元のソリッドモデルを半自動生成するものである。これは、図面上に三面図を設定し、図面の2次元形状から閉領域と始・終点位置または回転軸を指示して、厚み立体または回転体を生成するものである。その処理ステップを次に示す。

An architecture for integration of drafting system and 3-dimensional CAD system

Hirotoshi UCHIYAMA

Yoshihiro SATOU

Yutaka KUROSU

Hitachi, Ltd.

**ステップ1** 閉領域の自動抽出  
図3.1に示すように図面上の1つの線分を指示し、それに接続する線分を順次サーチして、2次元の閉領域を抽出する。

**ステップ2** 2次元→3次元座標変換  
三面図の各座標系：正面図( $Y, Z$ )、平面図( $Y, X$ )  
右側面図( $Z, X$ )を3次元モデリング空間の座標系( $X, Y, Z$ )に対応させ、ステップ1で抽出した閉領域の2次元座標値を3次元座標値に置き換える(図3.2参照)。

**ステップ3** 奥行き座標値の決定  
ステップ2では、投影面の奥行き方向の座標値は不定であるため、これを厚み立体の始点位置あるいは回転体の軸位置から決定する(図3.2参照)。

**ステップ4** 3次元閉ループの生成  
図3.3に示すようにステップ2、3で変換した3次元の閉領域座標値をもとに、3次元の稜線を順次生成し、1つのループを作る。

以下、厚み立体であればステップ5へ、回転体であればステップ6へ進む。

#### ステップ5 厚み立体生成

**ステップ5-1** 側面構成稜線の生成  
図3.4に示すように閉ループの各頂点から、厚みの終点位置に対応する平面上へ稜線を生成する。図3.4 側面構成稜線(厚み立体)

**ステップ5-2** 厚み立体の完成  
ステップ5-1で生成した稜線の頂点間に稜線を生成する。これによりループを生成し、図3.5に示す厚み立体を完成する。

#### ステップ6 回転体生成

**ステップ6-1** 側面構成稜線の生成  
図3.6に示すように閉ループの各頂点から回転軸まわりに45°回転した平面上へ曲線の稜線を生成する。

**ステップ6-2** 中心角45°の回転体生成  
ステップ6-1で生成した稜線の頂点間に稜線を生成する。これによりループを生成し、図3.7に示す中心角45°の回転体を生成する。図3.7 中心角45°の回転体

**ステップ6-3** 回転体の完成  
上記ステップ6-1、6-2をくり返し図3.8に示す回転体を完成する。

#### (2) 2次元からの3次元形状変更

設計工程における試行錯誤や類似品の設計などでは図面の変更がしばしば発生する。こうした時、それに対応する3次元形状が同期して変更されないと、設計計算をするために再度3次元モデルを作り直すという手間がかかり、設計者にとって非常に煩わしいものになる。また、3次元モデルを直接変更して図面に反映する手法だけでは、従来の製図作業に慣れ親しんだ設計者にはなじみにくい。

本手法はこのような欠点を補うために、図面を変更して自動的に3次元形状に反映するものである。例えば図4.1(a)に示すように、図面上で設計変更する部分を囲み形状を伸長すると、図4.1(b)のように、連動して3次元形状が伸長する。これは図4.2の処理ステップで実現される。

この他、立体の移動や立体の切断などにおいても、2次元の図面を変更する要領で3次元形状を変更することが可能となった。

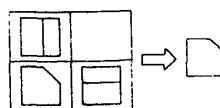


図3.1 閉領域の抽出

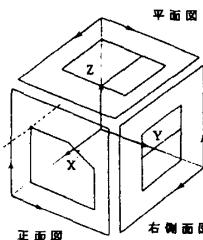


図3.2 三面図とモデリング空間

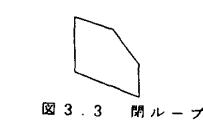
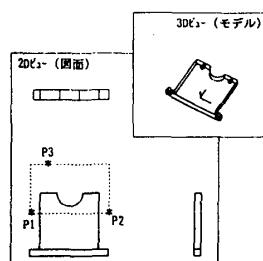
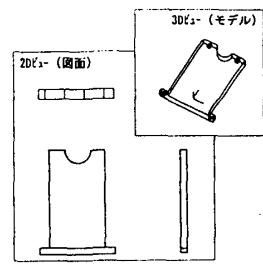


図3.3 閉ループ



(a) 伸長



(b)

図4.1 形状の伸長

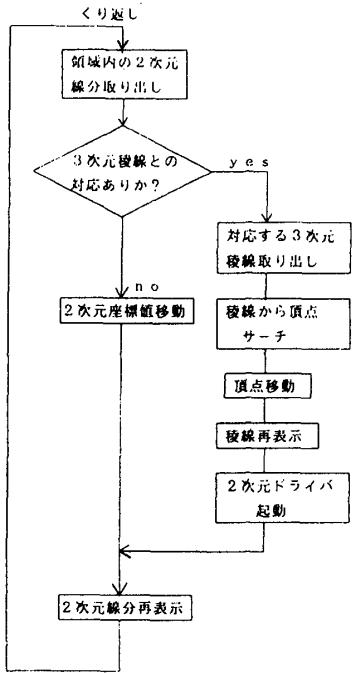


図4.2 伸長の処理ステップ

図5に本システムを用いた適用例を示す。これは、ボットの設計図面から3次元形状を生成し、設計検討を実施したものである。複雑な図面から3次元形状を容易に生成できることを確認した。また、生成した3次元形状はソリッドモデルになるため、ボットの内容積計算、干涉チェックなどの設計検討や、レンダリングによる外観形状検討に適用できることが確認できた。

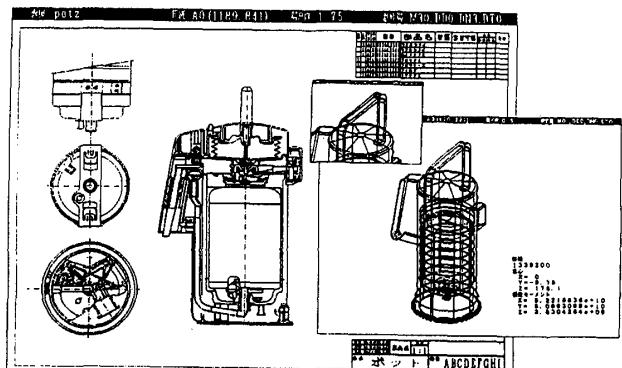


図5 適用例

#### 4. おわりに

従来独立していた製図システムと3次元システムを単に統合するのではなく、各データ階層の特質を考慮した統合と、それぞれのシステムの特徴を生かした統合が重要である。本稿では、製図システムと3次元システムを統合することで、設計者になじみやすく、かつ、設計の検討段階から製図まで一貫して支援できるCADシステムを構築できた。

#### 参考文献:

- 1) 米田、下田「傾斜面を含む3面図から3次元形状自動合成方法」、情報処理学会「グラフィックスとCAD」シンポジウム(1989)
- 2) 千田「2次元CAD图形データの3次元データへの自動変換」、設計工学会講演論文集No.89-秋季
- 3) 佐々木他「三面図からの物体自動合成のための線形擬似ブール代数解法」、情報処理学会論文誌Vol.28 No.12(1987)