

# 3次元 CAD を中核とした設計教育の

## デザインステージへの拡張

—サーフェスモデルとソリッドモデルの連携—

### Expansion of the 3D-CAD Education to Industrial Design —Collaboration of Solid and Surface-modeling—

朝比奈奎一<sup>1)</sup>, 大高敏男<sup>2)</sup>

Keiichi ASAHINA<sup>1)</sup> and Toshio OTAKA<sup>2)</sup>

#### 1. はじめに

都立工業高専生産システム工学科では、平成8年に機械工学科から分離して創設されるときに、将来のモノづくりは3次元CADをベースにしたいいわゆる技術情報システムが不可欠となることを予測して、情報のわかる機械エンジニアの育成を目標とした。この方針に沿って設備を整備し、設計・製図実習では早い時期から3次元CADによる教育を実践してきた。この範疇に入る設計教育に関してはすでに本学会において紹介をするとともに<sup>1)~3)</sup>、現在も鋭意教育評価を行いながら改善を試みているところである。

高専という実践技術者を育成するところにおいては、情報が一人歩きしてはならず、これが最終的な生産に有機的にリンクしていることを理解させなければならない。さらに現実の生産現場では、3次元CADのモデルをデータベースにしたコンカレント生産が進められている。これらに対処するために、本学科では3次元CADデータからFMSによるフレキシブル生産に至る加工実習や型利用の成形加工の実習などを実践している<sup>4)5)</sup>。

現在3次元CADデータの利用拡張が自社製品を持つ製造業で進められている。とくに図1に示すような機械設計の上流工程であるデザインプロセスから一貫した情報化が注目されている。これらに対応する教育システムの準備を現在進めている。本報ではその第1報ということで、従来設計教育で使ってきたソリッドモデルベースCADとデザインでは多用されているサーフェスベースCADの相違を調

べ、有効な利用方法を検討したのでその結果を報告する。

#### 2. デザインとサーフェスモデル

##### 2.1 デザインにおける業務

現在、車のボディ、マウス、家電製品などデザイン重視の滑らかな美観的な形状を持つ工業製品が多

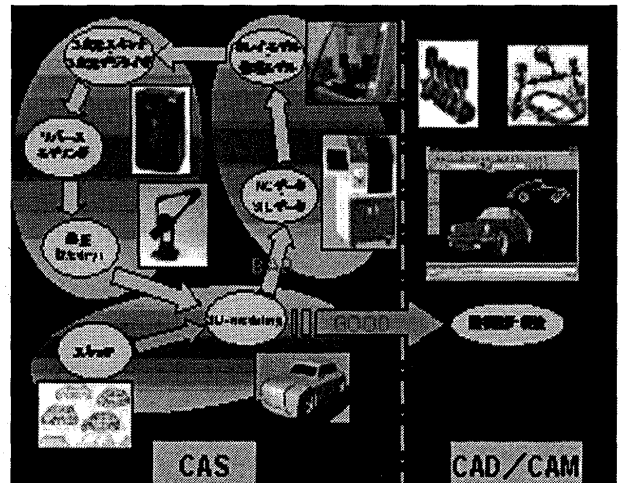


図1 デザインシステムから設計業務 CAD へのデータの流れ

く登場している。消費者の製品選択に際し、機能・性能とともに外観は重要なポイントになってきている。従来、このような製品はまずデザイナーがデザイン画であるスケッチ、クレイモデル等で意匠設計を行い、これを基に設計部門が3次元CADで製品設計を行い、さらに生産部門に送ることで製品化を行ってきた。この時デザイナーが意匠設計で創成するモデルの曲面形状は、球面や円筒面などの2次元面だけでなく自由曲面も多く含まれていたため、設

<sup>1)</sup> 都立工業高専 生産システム工学科, <sup>2)</sup> 同

計部門の設計者が直接その形状を3次元CADで実現していくことは困難であった。そこで、クレイモデルがある場合には3次元測定器や3次元スキャナなどを使って3次元形状データをCADに取り込み、デジタルモデルを構築すること(リバーズエンジニアリング)が行われるが、デザイナーが望んでいた自由曲面を完全に表現することは難しく、デザインと設計に微妙な誤差が生じる可能性があり、精度の観点から問題を常に持っていた。また、形状入力の手間となり作業効率の観点からも課題であると思われる。

しかし、最近デザイナーが自由曲面を簡単に表現できるサーフェスマデラを有するCADを用いて意匠設計を行えるようになり、これらデザインCADと機械設計用CADの連携が考慮されることで、一貫処理が可能となってきた。

## 2.2 デザイン指向CAD

本校では3次元CADとして、ハイエンドのPro/ENGINEERとミッドレンジのSolidWorksを設備し設計教育を行ってきた。今回デザイン用として新たにRhinocerosを導入しその違いを体験した。

自由曲面の生成に関しては後で述べるが、両者の大きな違いは履歴を持つかどうかである。従来の設計に使っているソリッドモデルをサポートするCADは履歴を持つ、パラメトリック・フィーチャベース型システムである。つまり基本形状に穴とかフィレットとかの特徴(フィーチャ)を付加して形状定義を行っていくが、そのときの数字や式(パラメータ)を履歴(履歴)として残す。この履歴を後で編集することで形状を変化させ最適化を行う。機械設計では履歴の中に自動設計などのノウハウを入れ込んだり、部品管理のためにパラメータを利用したりと履歴によってデータ管理をすることは有効であると思われる。

一方デザインにおいてはパラメータ編集でモデリングを行うことは無いし、難しい拘束条件を付けることも必要ないわけで、フィーチャモデリングの中でパラメータに依存しないノン履歴型CADが適していると言える。この仕組みでは形状を変更する際にパラメータと関係なく現状の形状からの変更が可能であるため、変更する手法の選択がフリーである。このために形状を作ることの際の拘束が少なく、柔軟性に富んでいるということになる。鉛筆と紙によってアイデアやコンセプトを、思考過程の中で顕在化していくかっのデザイナーの業務を支援するためには、このCADの特徴は非常に重要である。

## 3.CADにおける表現方法の比較

### 3.1 CADにおける表現方法の比較

立体をコンピュータの中で表現する方法はワイヤーフレーム、サーフェス、ソリッドの3種類に分けられる。それぞれの特徴を整理すると以下ようになる。

#### (1)ワイヤーフレームモデル

このモデルでは3次元形状を稜線と頂点だけで表現しているので、針金で立体の輪郭を表現したものと同一である。簡単にコンピュータの中で表現できる構造となっているので必要とされるメモリも少なく、それぞれのデータへのアクセスも速いので多くの商用CADシステムで基本的な機能としてサポートされている。

#### (2)サーフェスマデル

このモデルではワイヤーフレームのデータに加え、面のデータを持っている。針金の輪郭の上に紙を張ったようなもので立体の表面データであるが、中は空になっている。面の形状データをどのような数学的表現で持つかはシステムによって異なり、円柱面・球面などの2次曲面のほか、Coons曲面・NURBSなどの自由曲面も表現できるシステムもある。図2はサーフェスマデル(Rhinoceros)でモデリングを行い、断面を切断したものであり、右図から中身がないのがわかる。

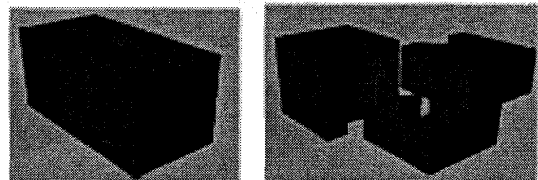


図2 サーフェスマデラによるモデル

#### (3)ソリッドモデル

立体を完全に表現できるモデルがソリッドモデルである。サーフェスマデルは中空であるが、ソリッドモデルは中身も詰まっている。このため、解析・加工などのさまざまな場面で自動的な処理ができる。このようなソリッドモデルに基づいたシステムをソリッドモデラと呼ぶ。図3はソリッドモデル(SolidWorks)でモデリングを行い、断面を切断したものであるが右図から中身も表現されているのがわかる。

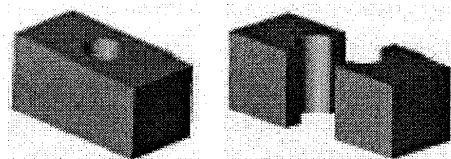


図3 ソリッドモデラによるモデル

### 3.2 自由曲面の処理

自由曲線／自由曲面とは、デザイナーが描くような局所的なカーブを含んでいるものや滑らかに結ばれている曲線／曲面のことであるが、この曲面をCAD内で表現することは容易ではない。

これまで自由曲面を表現するためにさまざまな数式が提唱されてきたが、最近のCADシステムではNURBS (Non Uniform Rational B-Spline : 非一様有理B-スプライン曲線) という自由曲面だけでなく、円錐や放物線などの2次曲面、B-スプライン曲面や有理 Bezier 曲面では行えない局所変形を表現することができる数式が採用されている。今回導入した3次元CADも、NURBSで自由曲面を表現するものである。図4はNURBSの性質を活かしてサーフェスモデルでプラスチック容器のモデリングを行ったものである。

### 3.3 サーフェスモデルとソリッドモデルのオペレーション機能の明確化

現在市場にあるサーフェスモデルとソリッドモデルのCADは、同じような形状生成機能を有している。そこで、両者におけるオペレーション操作手法の比較を実際にモデリングを行うことで体験してみた。その結果を表1にまとめる。

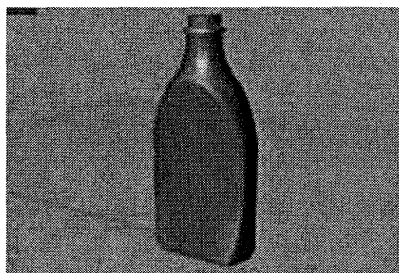


図4 NURBS モデラによるモデリング

表1 オペレーションの機能からみたソリッドモデラとサーフェスモデラの比較

○ : 良い △ : 普通 × : 悪い

定性的な評価になっているが、フィレットや面取り他の面との関係を保持しながらの操作に関しては、ソリッドモデルの方が優れているが、先に述べたように自由曲面生成機能はサーフェスモデルが優位であることが再確認できた。

ソリッドモデルとサーフェスモデルを統合させた最適なモデリング方法の一つとしては、表1のそれぞれのモデルの長所を生かした図5のパターンが考えられる。

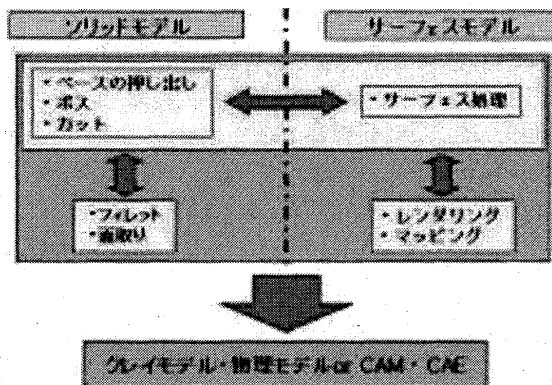


図5 サーフェスモデルとソリッドモデルを統合させた最適モデリングの一方法

	サーフェスモデル			ソリッドモデル		
	簡易性	正確性	効率性	簡易性	正確性	効率性
ベースの押し出し	○	△	△	○	○	△
ボス	○	△	△	○	○	△
カット	○	△	△	○	○	△
フィレット	△	×	×	○	○	○
面取り	△	×	×	○	○	○
パターン化	△	△	△	△	△	△
自由曲面の作成	○	○	○	△or×	△	△or×

## 4. サーフェスモデルとソリッドモデルの統合させたモデリング

### 4.1 モデル間のデータ交換

サーフェスモデルとソリッドモデルの統合化を考えると、まず必要となる機能としてモデル間のデータ交換があげられる。そこで、IGESで実際にデータ交換を行うことで、その留意点を調べてみた。

サーフェスモデルデータからソリッドモデルデータに変換するとき、特に注意しなければならない事項は2つある。一つ目はサーフェスモデルが閉じた立体モデルであることである。もう一つは、作成したサーフェスに隙間や破損があってはならないことである。複雑形状の場合には、サーフェスを貼っていく過程で往々にして面の欠陥が作り込まれることが発生する。そこで、データ変換の前に面のチェックを十分に行うことが必要である。サーフェスベースのCADにはこのような機能が装備されている。

逆にソリッドモデルからサーフェスモデルにデータ変換するときには次の点に注意をする。フィレットや面取りのあるソリッドモデルをサーフェスモデルに移したとき、時としてサーフェス間に隙間ができていく可能性があるということである。この対策としてはデータ変換後のモデルに対して、破損オ

プロジェクトの検出チェックを十分行うことが不可欠である。

#### 4.2 統合モデリングの事例

デザインから3次元CADを使用して設計業務を遂行するときには、サーフェスモデルとソリッドモデルを統合したモデリングが不可欠になると思われる。そこで、表1の特徴を考慮した図5のモデリング方法に基づいて、事例としてマウスを取り上げてモデリングを行ってみた。

図6の(a)と(b)はサーフェスモデラベースでモデリングを行ったもので(a)は成功してアセンブリまで行ったもので、(b)は途中で進むことも戻ることもできなくなったためアセンブリまでいかずに終わった失敗例である。(a)はサーフェスを1枚だけ使用したマウス表面のモデリングを行ったもので、結果としてあまり特徴のないものになってしまったが、5回のシステム間のデータ交換でもミスがなく、簡単な部品分けやアセンブリも行うことができた。

(b)の事例ではサーフェスを複数枚使用してマウス表面のモデリングを行ったもので、滑らかにするつもりがフィレット作業ができなくなり、逆に不連

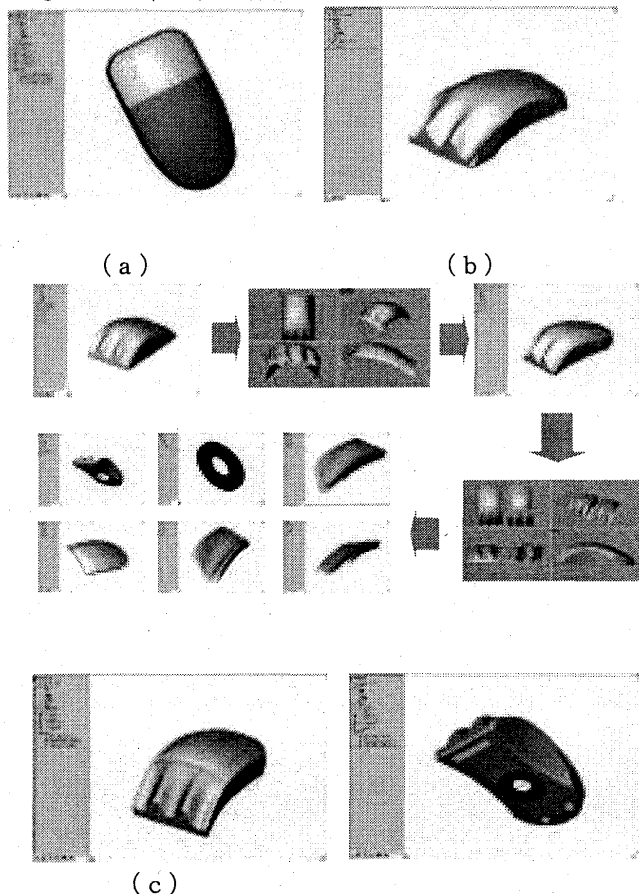


図6 サーフェスモデラとソリッドモデラの協調によるオペレーション

続を持つモデルになってしまい、サーフェスモデラが履歴を持たないことからあるところまでしか戻ることができなかった。失敗した理由としては、サーフェスを組み合わせてモデリングしたことやサーフェスの合致の前に形状を確認しなかったことがあげられる。

図6の(c)はソリッドモデラベースでモデリングを行ったもので、この場合IGESファイルを通してサーフェスの修正を行うことができるのでサーフェス1枚でマウス表面のモデリングを行え、フィレット処理もスムーズに行うことができた。結果として自分のイメージに近いモデルを早く、正確に作成することができた。

図6の(a)~(c)を考察して簡単・正確・効率的モデリングを行え、滑らかで美観的なサーフェスを維持しながらモデルを作成していくことができるソリッドモデラベースのモデリングが、サーフェスベースのモデリングより今回の場合は、有効であると判断できる。

#### おわりに

今回、新たにとり上げたサーフェスベースの3次元CADについては、以下のことが明らかになった。

- (1)サーフェスモデラは面の扱いに自由度が多く、レンダリング、マッピング機能が充実しているのでデザイン工程に有効である。
- (2)NURBSによる自由曲面の作成を行えば、正円、円錐、球などの有理式を表現でき、また局所変形も容易に行えるのでデザイナーのイメージにあったデザインを作成することができる。
- (3)ノンヒストリー型であるので前後関連を持たずに局所変形が行えるが、逆に途中からやり直すことが出来ないのでモデリングをよく確認しながら行わなければならない。
- (4)サーフェスを組み合わせてモデル表面を作成するとエッジが発生するため、滑らかな面ができない。

また、デザインから製品設計、製造に至る3次元CADベースの一貫システムを構築することにより以下のことが明確になった。

- (1)ソリッドモデルを主体にモデリングを行い、サーフェス機能、特に自由曲面を有する部分にサーフェスモデルを使用することがデザインから製品設計、製造までの最適モデリングに有効である。
- (2)ソリッドモデラとサーフェスモデラの統合にあたっては、それらの間のモデルデータ交換が不可欠である。今回の実験では、データ交換は複数回

行っても問題が発生しなかった。これは Solid Works と Rhinoceros の相性の良さを示している。

## 6. 参考文献

- 1)朝比奈：都立工業高専生産システム工学科における設計教育、設計工学、35,12(2000)464
- 2)朝比奈：3次元CADをベースにしたモノづくり教育の実践、日本機械学会2002年度年次大会講演論文集(2002)408
- 3)朝比奈他：ソフトウェア活用による生産のシステム化教育、設計工学、38,5(2003)211
- 4)朝比奈：3次元CADを中核としたモノづくり教育（第1報）、日本設計工学会平成15年度秋季研究発表講演会講演論文集、pp111～114
- 4)朝比奈：3次元CADを中核としたモノづくり教育（第2報）、日本設計工学会平成16年度春季研究発表講演会講演論文集、pp17～20