

3次元CADを活用したデザイン教育の試み

Design Education Attempted Using 3D-CAD

朝比奈奎一¹⁾ 平野利幸²⁾ 大高敏男³⁾

Keiichi ASAHINA, Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology, 1-10-40, Higashiohi, Shinagawa, Tokyo
Toshiyuki HIRANO, Tokyo Metropolitan College of Industrial Technology
Toshio OTAKA, Kokushikan-Univ., 4-28-1, Setagaya, Setagaya-ku, Tokyo

Since 1995, 3D-CAD has been a critical component of mechanical design education in the Department of Production Systems Engineering at Tokyo Metropolitan College of Technology. The quality of the department's mechanical design program has been reviewed, and the department has consequently received the JSME Education Award from The Japan Society of Mechanical Engineers (JSME). Current trends in digital engineering demand digital industrial designs of the utmost quality and efficiency. For this reason, we seek to investigate the possibility of new design programs that employ 3D-CAD in engineering education applications. This paper reports such a program implemented by our college.

Key Words : 3D-CAD, Design Education, Education of Engineers

1. はじめに

都立産業技術高専生産システム工学科では、将来のデジタルエンジニアリングによるモノづくりを予測して、平成5年いち早く3次元CADを導入し機械設計の教育に活用するとともに、3次元モデルデータをデータベースとする生産技術教育に活用してきた。本教育は毎年見直すことで徐々に完成度を高めて今日に至っている^{1)~3)}。

3次元CADは機械設計に活用できるだけでなくさらに上流のスタイリングデザインを中心とした意匠設計にも利用できる可能性を秘めている。モノづくり最上流のデジタル化が実現できれば、それ以降の設計の業務にデザインモデルが一貫して利用できることになり、開発期間の短縮に役立つだけでなく、モデル変換にかかわる誤差の排除につながることになる。

そこで本研究では機械系学生の技術教育に利用してきた3次元CADをデザインに有効に活用する方法をいくつか試みた^{4)~6)}。これらの試みを将来的には生産システム教育に取り込み、学生にデジタル一貫システムの理解を持たせる実習を実現したいと考えている。

2. 意匠設計における3D-CAD活用方法

現在モノづくりにおける情報化が積極的に進められているが、最終目標は3次元CADを中核とした一貫システムである。これらのシステム化の中で機械設計以降の工程、つまりエンジニアリングの業務では既にデジタル化

が推進し実現されているものも多い。しかし、さらに上流の工程である意匠（デザイン）設計においては残された課題も多く、まだまだアナログモデルが多く、完全なデジタル化が実用化できていないのが現状である。

特に自動車の車体デザインのような意匠設計において単純な直線や円・球ではない3次元の自由曲面を多く含むデザイン性を重視した製品が多い。デザイナーのデザインイラストを基に、設計者が3次元CAD上にデジタル化を行うのであるが、これらの自由曲線を多く含むモデルを正確に3次元CADで表現することは非常に難しい。

そこで、自由曲面を含むような形状を正確にモデリングするための機能を備えた機能や設備が必要となる。複雑な自由曲線を作成することが可能なサーフェスマデラなどのCADソフトを利用して、デザイナー自身がCADソフト上でスタイリング設計を行う方法や、デザイナーがイメージ通りに作成したクレイモデルをもとに設計者が3次元CADを用いてデジタル化を行うという方法を用いている。特に後者の方法は「リバースマニユファクチャリング」や「リバースエンジニアリング」と呼ばれ、近年意匠設計以外の方面でも注目されている。

しかし、上述のいずれの方法をとってもCADソフト上で思い通りの自由曲線・自由曲面を創成することは非常に熟練を必要とする。また、できたとしてもこれがデザイナーの思い描く元のモデルと整合したものなのかどうか、物理モデルを作り検証する必要がある。さらに、始めからCADで作成したデジタルモデルでは、形状がはっきりとわからない部分については試作の物理モデルが必要になることがある。つまり3次元CADモデルから作った物理モ

¹⁾ 都立産技高専 生産システム工学コース ²⁾ 同

³⁾ 国土館大学 理工学部

デルから形状データを取り込み、再度 3 次元モデル作成することも行われる。当然修正箇所があれば物理モデルを直接修正し、それを取り込むことも可能である。これがもうひとつのリバースエンジニアリングの活用方法である。つまりリバースエンジニアリングは車体デザイン等の意匠設計分野においても非常に有効な手法であると考えられる。

上述した意匠設計におけるリバースエンジニアリングの流れについて図 1 に示す。

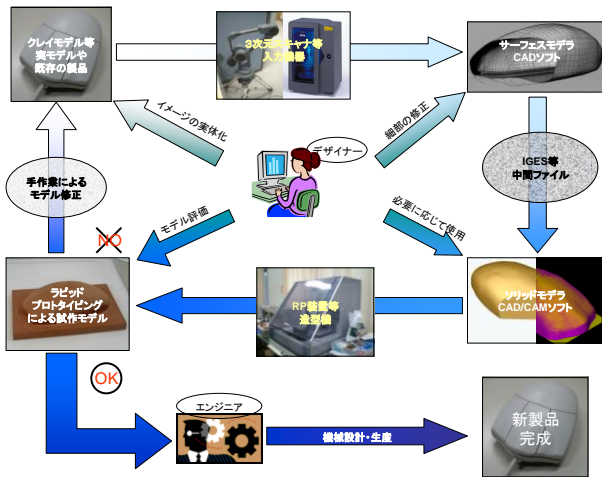


図 1 デザイン工程における
リバースエンジニアリングの活用

3. 実施したデザイン作業の概要

今回試行したデザイン作業では、自動車の車体のデザインを想定し 3 次元 CAD の一貫システムの弱点を補う方法として 3 次元 CAD モデルから物理モデルの製作、この物理モデルから再度 3 次元モデル作成、というプロセスをくりかえすことでより高精度で、かつ迅速に意匠設計を行う方法を実施し、この方法の有効性評価を行うことにした。

4. デザイン作業の手順

3 次元プリンタの使用方法を学び、モデル造形手法の修得を行った後に以下の手順に沿って作業を進めた。

- (1) ベースモデルの CAD データ作成
- (2) RP での物理ベースモデル造形
- (3) 物理モデル修正
- (4) 3 次元スキャナによるモデルデータの取り込み
- (5) 3 次元 CAD によるモデル修正
- (6) 最終モデル造形とその評価

5. デザイン作業の内容

実験の詳細な内容について以下に説明を行う。

5.1 RP での物理モデル製作方法の選定

今回の方法では RP で造形した物理モデルにさらに修正を加えながらデザインのクオリティを高めていく。そのために造形時間が短く、造形物の修正が容易な粉体固化法を用いることとする。

使用する設備は、図 2 に示す米国 Z Corporation 製の ZPrinter310 System とする。なお本研究では材料に石膏ベースのパウダーを使用することとする。

粉体固化法の造形方法として、まず造形エリアにパウダーを 1 層分均等な厚みに広げ、その上にプリンタヘッドがバインダー（接着液）を塗布して、3 次元 CAD モデルの断面をプリントしてゆく。バインダーによりパウダーの粒子が結合される。

その層のプリントが終わると、造形エリアが 1 層分下降し、新しいパウダーの層が広げられ、次の断面をプリントする。これを繰り返し、モデル全体をプリントすることで、3 次元モデルが造形される。

3 次元プリンタの操作に慣れるため図 3 に示すような切削 RP では不可能なモデルを作成し、造形を行うことで処理方法について習熟するとともに RP の特性を理解する。

4.2 ベースモデル作成

CAD での始めのデザインはベースとなる単調な自由曲面の集合だけで迅速にモデリングを行う。細部のディテールは人（デザイナー）の手で作って入れるようになっているのが本システムの特徴である。

図 4 に示すようにベースモデルはロングノーズの 2 人乗りクーペで、頭の中で描いたイメージを元に 3 次元 CAD (SolidWorks) の自由曲面を用いたカットフィーチャーでデザインしている。

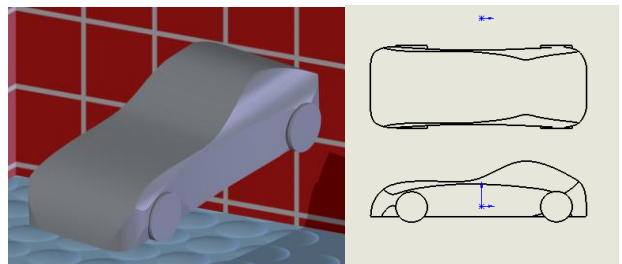


図 4 3 次元 CAD ベースモデル



図 2 粉体固化法 RP

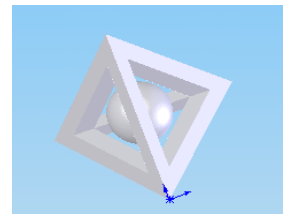


図 3 RP の試作モデル

4.3 RPによるベースモデル造形

ZPrinter310 System を用いて物理ベースモデルの造形を行う。

横方向に 450 分割して積層する。このモデルを元に物理的に修正を加えるため、中実となる造形を行った。また造形後モデルの補強を目的としてエポキシ系表面硬化剤を使用した。

4.4 物理モデル修正

本研究では実車よりサイズを縮小したモデルを用いるため、物理モデルの修正は彫刻用ナイフを用いる。ベースモデルはシンプルな形状にしておいたため、この作業で自由曲面を多用したボディ形状デザインを感性に基づき作りこむ。

図5は修正の一連の様子を示す。カッターによる削りだし、削りすぎた部分への石膏粉の肉盛りそして最後に乾燥させた後にサンドペーパーで仕上げを行う。



図5 物理モデルの手作業による修正

図6に示すように車は左右対称形であるためにボディの右側のみ加工を行いCADで鏡面コピーを用いることにより迅速な意匠設計を行うこととする。



図6 加工修正後のモデル

4.5 3次元プリンタによるモデルデータの取り込み

作成した物理モデルの形状の取り込みには図7に示す3次元スキャナRoland PICZA LPX-250と専用ソフトDr.

PICZA3を使用する。

図9に示すように3次元スキャナでは上下の面にレーザーが届かず、モデルデータに穴が開いてしまうことがあるため平面スキャンを上下、左右の2方向から行うこととした。

スキャンピッチはLPX-250での最高最高感度である0.2°、高さ方向0.2mmを用いて点群データを作成する。

スキャンした2つのデータをPixform 2001にインポートしポリゴンメッシュデータとし、トラックボールで手動位置あわせした後に最適化し、ポリゴンメッシュ



図8 スキャナ外観

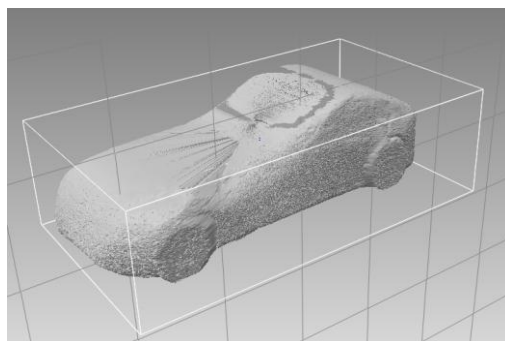


図9 スキャナで取り込んだデータ

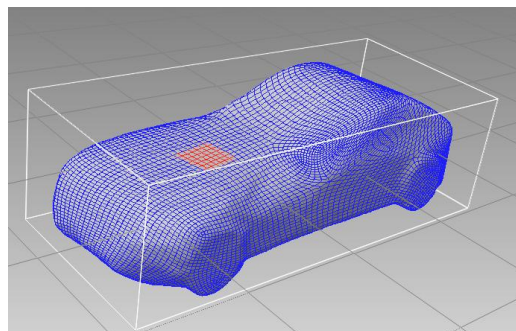


図10 修正後の面データ

の合成を行うことで穴のないデータを作成する。ノイズ除去、不正ポリゴンの検出および削除、ポリゴン穴埋め、ポリゴン削減、スムージング、ポリゴン分割、再構築を用いデータのサイズを小さくし、図10のように滑らかなモデルを作成する。

曲面自動生成を用いサーフェイスデータに変換しIGES形式でエクスポートする。

6. 3次元CADによるモデル修正

IGES形式でエクスポートしたデータをSolidWorksで開きボディ左側を削除する。物理モデルでは製作が難しい

細部形状や3次元スキャナでは読み取れない凹凸部分を修正した後、鏡面複写でボディのベースを作成する。図11に操作状況を示す。

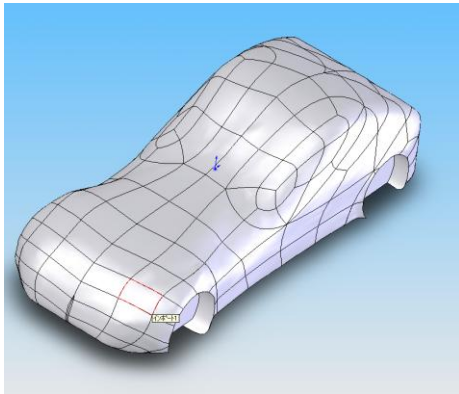


図11 途中のソリッドモデル

以上の作業を繰り返すことで理想のデザインを追求する。

SolidWorksの作成アセンブリで細部のパーツを取り付けてモデリング完了とする。

完成したモデルを図12に示す。また、完成したCADモデルからRPによって作成した物理モデルを図13に示しておく。手作業で修正したモデルと比べると細部の精度に若干誤差が見受けられたが、自由曲面は再現されていた。

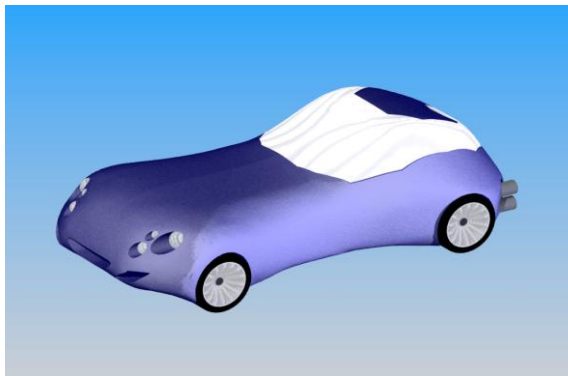


図13 最終のアセンブリモデル

7. まとめ

今回の実験によってリバースエンジニアリングによる車体デザインは自由曲面を用いたボディを高精度に効率よく作成することができる可能性が十分にあることがわかった。しかし、エッジが立った部分などに関してはCADによるモデリングの方が断然優位性をもっていた。そのため迅速なモデリングを行うためには手作業と3次元CADの優位性を生かしたコラボレーションが不可欠であることがわかった。

本作業はすべて学生に実施してもらったが、一連の業務を通じて機械系の学生においても工作のように興味を持ってデザインにかかわることができたようであった。

様々な学生向けデザインコンテストに本手法は利用できるだけでなく、機械系のデジタルモノづくり実習にも取り入れることで学生に魅力を持たせるような授業展開が



図13 最終の物理モデル

可能となると期待している。

参考文献

- 1) 朝比奈奎一：都立高専生産システム工学科における設計教育（3次元ベースのモノづくり教育）、設計工学、35、12(2000)、18
- 2) 大高敏男、朝比奈奎一：都立高専における3次元CADを利用した設計教育、設計工学、39、5(2004)、17
- 3) 朝比奈奎一、大高敏男：3次元CADを中核としたモノづくり教育（3次元CADによる加工実習）、平成16年度日本設計工学会春季研究発表講演会講演論文集、5(2004)、17
- 4) 朝比奈奎一、大高敏男：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（サフェスモデルとソリッドモデルの連携）、平成16年度日本設計工学会秋季研究発表講演会講演論文集、9(2004)、127
- 5) 朝比奈奎一、大高敏男：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（ラピッドプロトタイプング実習）、平成17年度日本設計工学会秋季研究発表講演会講演論文集、8(2005)、19
- 6) 朝比奈奎一、大高敏男：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（リバースエンジニアリングの活用）、平成19年度日本設計工学会春季研究発表講演会講演論文集、5(2007)、19