

# リバースエンジニアリングの事例研究

尾崎 清

## A Case Study of Reverse Engineering

Kiyoshi OZAKI

Reverse Engineering , which makes 3D-shape of actual objects such as natural or clay models by means of CAD system and applies to the design process , has been remarkably progressing . In this study we demonstrated the trial production , measured an actual object by Non- contact 3D Digitizer , and drew some curved lines from the picking points , and made some curved surfaces from the curved lines , finally made ABS models using Rapid Prototyping System .

Keywords: Reverse Engineering , CAD , 3D Digitizer , Rapid Prototyping System

天然物やクレイモデルのような実物モデルの形状をCADを用いてコンピュータ上に再現し、設計に活用する、いわゆるリバースエンジニアリングに関する技術が急速に進歩しつつある。本報では、実物モデルを非接触三次元形状入力機で計測し、得られた点群データからCADを用いて自由曲線、さらに自由曲面を作成し、最終的に三次元造形機を用いて試作を行った事例について報告する。

キーワード：リバースエンジニアリング、CAD、三次元形状入力機、三次元造形機

### 1 . 緒言

近年、デジタルエンジニアリング関係の測定機やソフトウェアの急速な進歩によって、実物モデルの形状を設計に反映させることが実用レベルで可能になってきた。例えば自然が造りだした樹木、石、生物などの天然物や人間が感性により造形したモデルをデザインに取り入れることやCAD/CAMで製作した試作品を三次元計測し、CADデータとの誤差を求めることなども可能となってきている。具体的なツールとしては、多種多様な材質、形状からなる実物モデルを効率よく正確に数値化するための非接触三次元測定機、得られた点群データから自由曲面を自動生成する曲面生成ソフトウェア、さらに曲面データを用いて設計・製造データを作成するためのCADなどがあり、価格も機能も様々である。ここでは、自転車競技用ヘルメットを実物モデルにして、非接触

三次元形状入力機とCADを用いてリバースエンジニアリングに取り組んだ事例を紹介する。

### 2 . 実物モデルの測定

図1に実物モデルとして用いた自転車競技用ヘルメットを示す。測定に用いた非接触三次元形状入力機はミノルタ株式会社のVIVID700である。スリット状のレーザー光で被測定物をスキャンし、その反射光をCCDカメラで受光し三角測距の原理で距離情報を得て三次元データ化する。分解能はXY方向が測定視野域の1/200、Z方向が測定視野域の1/256である。今回、被測定物をできるだけ測定視野域いっぱいになまるように配置した結果、分解能はXY方向が約1.6mm、Z方向が約1.2mmになった。

実際に測定を行うと、実物モデルの光沢が影響し検出できない箇所が多かった。この対策としては塗



図1 実物モデル

料等を塗り、つや消しを行う方法があるが、今回はモデルを汚すことができないため、形状の特徴的な輪郭部分に白テープを貼り、境界線情報を得ることにした。その際、モデルが左右対称であることから半分だけに白テープを貼った。白テープを貼った実物モデルを図2、図3に示す。



図2 モデル正面



図3 モデル側面

白テープを貼った実物モデルを回転テーブルに載せ、360°回転させて得た点群データの画像を図4に示す。左上が正面、左下が上面、右が斜め方向から見たものである。白テープを貼った箇所は測定できていることがわかる。点群データは後の境界線作成作業を考慮して1/4に間引き、全部で2177点になった。

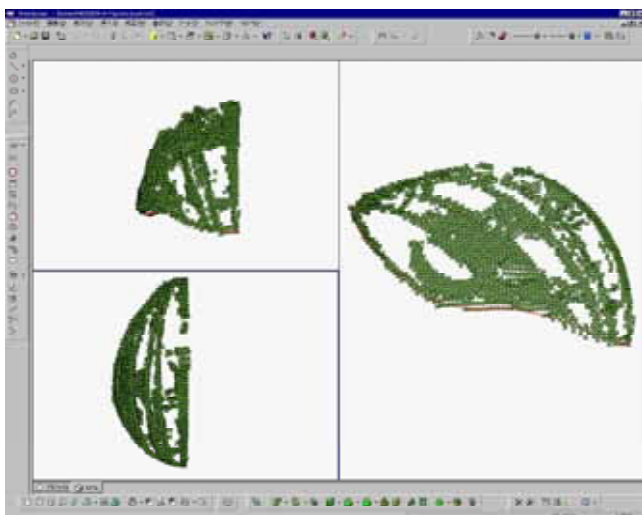


図4 点群データ

### 3. モデリング

補間点コマンドで点群から点をピックしながら作成した曲線を曲線フィッティングコマンドにより修正した。フィッティング条件は次数3、連続性2、セグメント数は、縦線5、横線2に統一した。境界線で構成されるワイヤーフレームモデルを図5に示す。左上が正面、左下が上面、右が斜め方向から見たものである。使用したCADはthink3社のthinkdesignである。

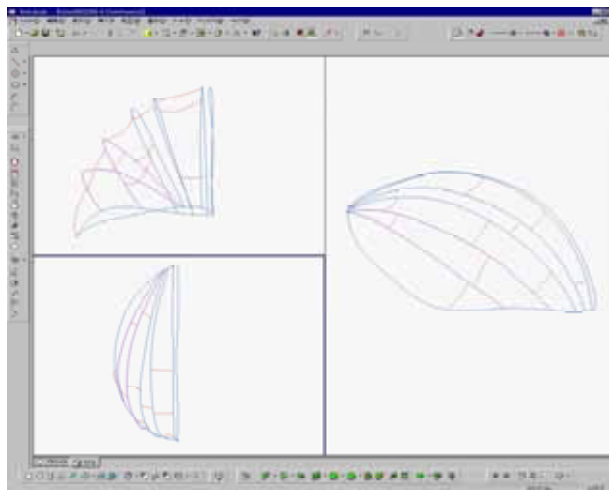


図5 境界線の作成

次に、境界線から曲面を作成したものを図6に示す。モデル上面から見て、隣り合う縦の境界線2本で囲まれた部分が接線連続な一つの曲面とみなされるが、ここでは境界線と境界線の交点で境界線を分割し、4本あるいは3本の境界線で囲まれる部分にロフトコマンドを使って曲面を作成した。

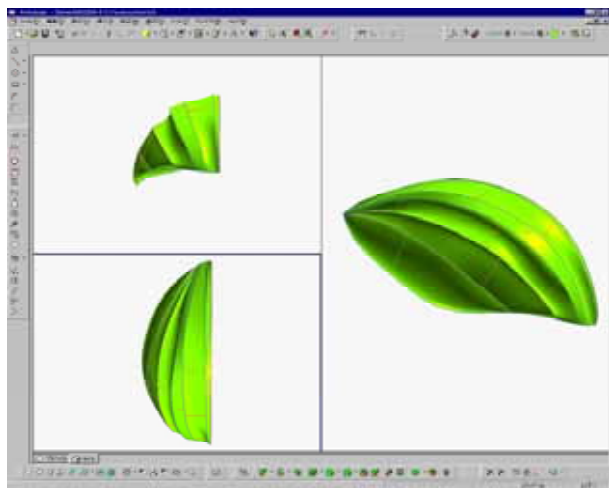


図6 曲面の作成

次にモデルに厚みをつけるために曲面をソリッド化したうえで、シェル化を試みたが、曲面が複雑なためコマンドが効かなかった。そのため、図5の境界線をオフセットして裏側の境界線を作成し、それを用いて裏面を作成した。さらに、ミラー機能を用いて完成したモデルを図7に示す。

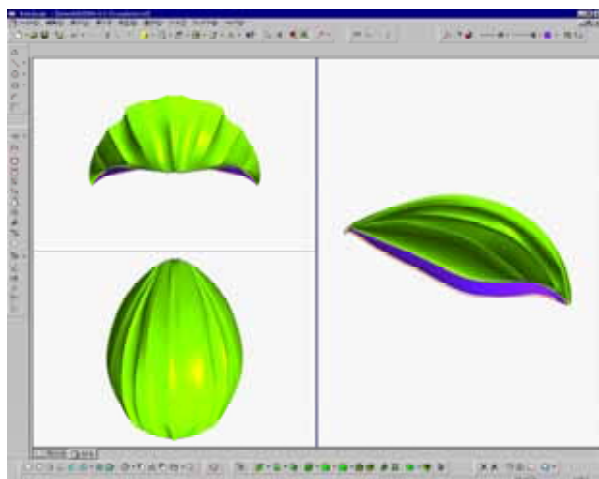


図7 完成モデル

このように、一度、3Dモデルを作成してしまえば、変更や改造は容易にできるようになる。デザインを変更したモデルを図8に示す。

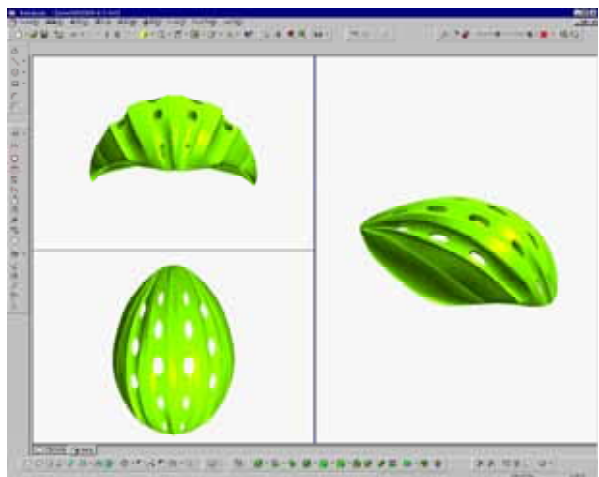


図8 デザイン変更モデル

さらに、CAD上のモデルを具現化するために三次元造形機を用いて試作を行った。用いた造形機はStratasys社のProdigyで、造形方法はABS樹脂の糸を積み重ねていく溶解紡糸堆積法(FDM)である。造形したモデルを図9、図10に示す。



図9 モデル正面



図10 モデル側面

#### 4. 結言

自転車競技用ヘルメットを実物モデルに、三次元形状入力機とCADを用いて3Dモデルを作成した。さらに、デザイン変更を行ったうえで三次元造形機による試作を行った。今回の事例研究で得た知見として次のようなことがあげられる。

(1)光沢のある実物モデルの場合、形状の特徴的な輪郭部分につや消しのためのテープを貼り、必要最少の境界線情報を得ることにより3Dモデルを作成する方法が有効である。

(2)3Dモデルの曲面に厚みを持たせる場合、曲面をソリッド化のうえシェル化する方法が簡単であるが、使えない場合は、境界線をオフセットし、それにもう一つの曲面を作成することにより厚みを持たせる方法が有効である。

今回はモデル形状の輪郭部分に、意図的に境界線を作成し、曲面を作成したが、実物モデルの形状によっては境界線の設定が難しい場合や境界線が複雑になる場合が考えられる。このような場合は、点群データから曲面を自動生成する市販ソフトウェア等を利用することにより、さらに効率が良く適用範囲の広いリバースエンジニアリングが可能と思われる。

最後に、本研究の実施にあたり、リバースエンジニアリングに関するアドバイスをいただいた静岡文化芸術大学の望月達也教授に感謝の意を表す。