

## 340 図学教育用 3D-CAD の開発

## Development of 3D-CAD System for Education of Descriptive Geometry

新津 靖・東京電機大

Yasushi Niitsu, Tokyo Denki University  
yniitsu@sie.dendai.ac.jp

## Abstract

An 3D solid modeling software has been developed for the education of the descriptive geometry and computer graphics. The boundary representation and the winged-edges method have been adopted as a description method of solid model. The developed solid modeler can create a 3D solid model by executing the command lines of text format. Combining the ten kinds of primitive solid models, the solid model is constructed. The developed software has several kinds of display modes such as the edge-type and the surface-type display modes. It is possible to advance the production of the solid model by confirming the graphic display.

Key Words: CAD, 3D, Descriptive Geometry, Education

## 論文要旨

## 1. はじめに

大学の初等教育において、機械系学科や土木・建築系学科では図学教育が行われているが、3次元の意識能力には個人差がある上、2次元投影図と3次元物体の関係の理解には多くの勉強時間と努力を要する。このため、3次元意識能力が将来技術者として働く上で非常に重要な能力であるにもかかわらず、学生から敬遠され、十分な実力をつけられていないのが実情である。また、コンピュータの進歩に伴い、図学の後にくる製図教育では、多くの大学でコンピュータを使用したCAD教育に移行しており、図学教育もコンピュータを援用した教育に移行する必要性が叫ばれている。しかし、広く一般の大学で使用される製図教育用あるいは図学教育用のソフトウェアはない。

そこで本研究では、使いやすく教育的にも配慮された図学教育およびコンピュータグラフィックス教育用の3次元ソリッドモデラーを開発した。開発しているソフトウェアは、図学教育に援用することを考慮し、3次元CADに近い機能を付加した。すなわち、集合演算と陰線処理を充実させている。現在、表面積計算や体積計算、重心計算などのCAD的機能の充実を図っている。

## 2. 教育用3次元ソリッドモデラー

開発した教育用3次元ソリッドモデラー「Solid Interpreter」は、テキスト形式の独自のスクリプト言語を解釈してモデルの構築、演算、表示を行うソフトウェアである。このソフトは、基本立体と呼ばれる13種類（内部的には37種類以上）の立体に移動や回転、アフィン変換、集合演算などを施して希望とする3次元立体を構築することができる。図1に主な基本立体を示す。図1の矢印は、上の基本立体と同じ生成プロセスで下の基本立体を生成していることを示している。これらの基本立体を生成するコマンドは専用のGUIツールにより簡単に生成することができる。

立体のデータ形式は、境界表現法(B-Rep)で表されている。すなわち、頂点・稜線・面のデータで立体の境界を表現している。頂点・稜線・面の位相データはWingedEdgeデータ構造を採用している。高速処理を実現するため、位相データの検索はポインタ操作により行っている。また、「Solid Interpreter」の特徴はその表示機能にある。CADや図学教育を意識して開発されたため、陰線処理や3面図表示、リアルな面表示など140種類以上の多彩な表示方法を有している。

図2は、トーラスを集合演算により組合せた立体の表示例であるが、陰線処理を施したものと、OpenGL(標準3次元グラフィックス表示ライブラリ)による簡易陰線処理の違いが解かる。図3は3面図表示と陰線処理の例である。

ソリッドモデルの生成と表示はコマンドスクリプトを実行することで実現させることができる。コマンドは47種類あり、変数や繰り返し処理、条件分岐処理など言語的な機能も備えている。CAD機能として、立体のグループ処理や立体の動作表現も可能である。また、立体生成やコマンド生成をサポートする5種類のツールを備えており、GUI環境下でビジュアルに立体を生成したり、コマンドを生成できる。図4に基本立体を生成するためのツールである「プリミティブ生成 Window」を示す。(任意対称断面の螺旋体生成時の例)

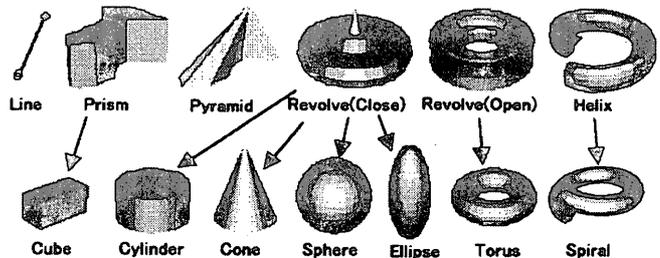
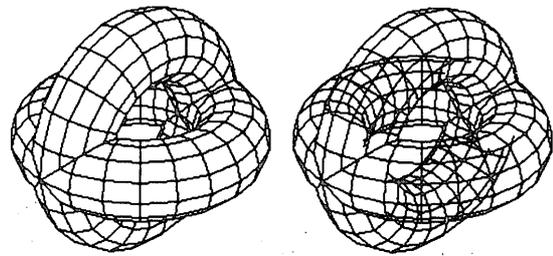


図1 基本立体の種類



(a) 完全陰線処理 (b) 陰線処理

図2 完全陰線処理と簡易陰線処理

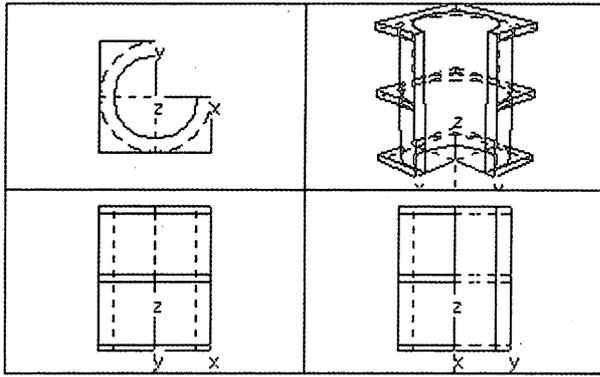


図3 3面図表示と陰線処理

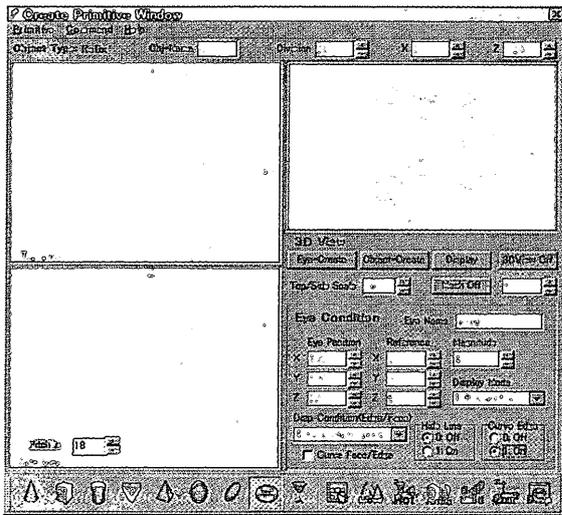


図4 プリミティブ生成 Window

簡単な例として、以下に円柱と円柱の集合演算からできる立体のプログラム例（13行）と実行例（図5）を示す。

```

new
Eye eye0 100,100,82,0,0,0,3,1,4,0,0
Cylinder y0 32,10,30 # 円柱 y0 の生成
Move y0 0,0,-15 # 円柱の移動
y1 = y0 # 円柱のコピー
Rotate y1 0,0,0,1,0,0,90 # 円柱 y1 の回転
Xcolor y0 255,255,255 # 着色 (白)
Xcolor y1 255,128,0 # 着色 (青)
XObj1 = y0 + y1 # 集合演算(和)
XObj2 = y0 - y1; Move XObj2 -25,-25,0 # 集合演算(差)
XObj3 = y0 * y1; Move XObj3 -25,30,0 # 集合演算(積)
Display eye0 XObj1,XObj2,XObj3 # 表示
    
```

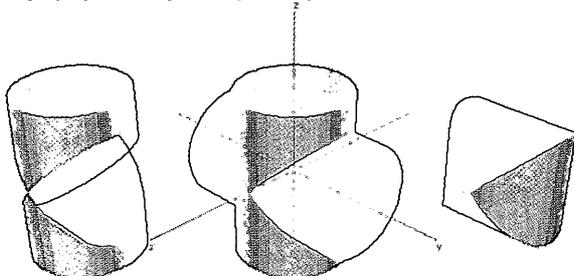


図5 集合演算の例 (和, 差, 積集合)

### 3. まとめ

「Solid Interpreter」は現在、Windows-Me に対応した Version3.3 が最新版として完成している。また、Machintosh 用には Version3.2 がほぼ完成している。ソフトウェアの開発で留意した点は、初心者でも楽しく使えることと、図学教育が目的とする「空間把握能力」を高める効果が得られることである。過去3年間の大学生を対象にした授業を通し、この目的はかなり達成できていると考えられる。図6に、学生たちが製作したソリッドモデルの例を示す。このようなモデルを週2時限、4～5週で学生たちは作れるようになる。東京電機大学の機械工学科では1999年前期より1年次生のコンピュータ教育で開発したソフトウェアを使用しており教育効果を上げている。また、拓殖大学工学部、山梨大学工学部でも授業支援に使用しており教育効果を上げている。今後は、(1): 作図機能、寸法線表示、曲線表示機能を充実させた簡易3次元CADの開発、(2): STEP,IGES等のファイル入出力機能の強化、(3): GUI環境を整備した小中学生でも直感的に使用できるソリッドモデラーの開発、などを進める予定である。なお、開発されたソフトウェアは <http://www.cyber-solid.com/> または <http://www.n-plus.co.jp/> からダウンロードすることができる。多くの教育機関で是非教育に利用していただきたい。

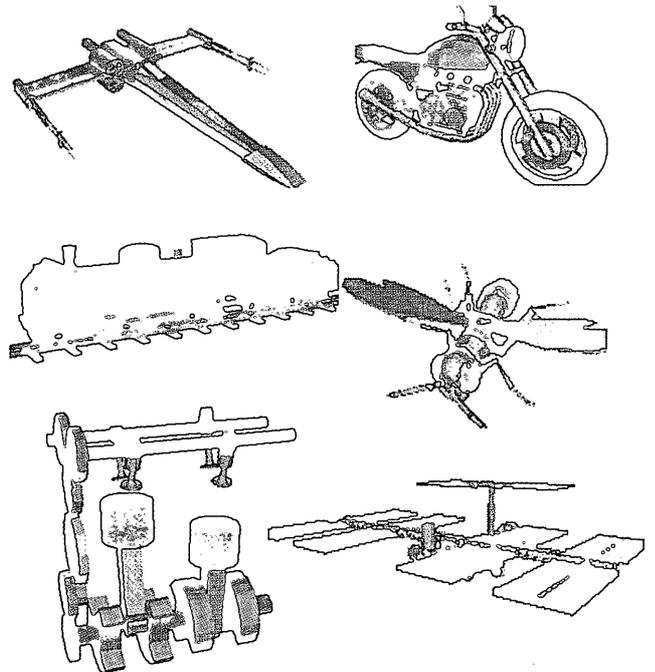


図6 学生の作品例 (これらのモデルは動作するようにプログラミングされている)

### 参考文献:

- [1] 山口富士夫: コンピュータディスプレイによる図形処理工学, 日刊工業新聞社, 1981
- [2] 千代倉弘明: ソリッドモデリング, 工業調査会, 1985
- [3] 鳥谷浩志・千代倉弘明: 3次元CADの基礎と応用, 共立出版, 1991
- [4] 遠山茂樹: ソリッドモデル入門, オーム社, 1988