

2L-3

立体図形学習のための
ツール型ソフトウェアの開発

日高一義

日本アイ・ピー・エム株式会社 東京基礎研究所

1. はじめに

私たちは、小・中学校の立体図形学習を支援するための、コンピュータグラフィックスの機能を最大限に活用したツール型ソフトウェア「IBM数学ラボ・シリーズ=3D-ラボ」をパーソナルコンピュータ上に開発した。

立体図形の学習においては、図形に対する認識力を向上させる為に、従来、模型をつくるなど実際の操作を通しての学習が有効であるとされ実践されてきたが、コンピュータ・グラフィックスを利用した視覚的な実験道具を利用する事は、より自由度の高い、効果的な学習手段として注目されている。例えば、陰影効果や運動奥行効果を活用した、多面体の回転表示と平面による切断に関するコンピュータ・ソフトウェアは子供たちの立体に対する理解を向上させると言うことが[1,2,3,4]に報告されている。

3D-ラボは、立体の回転表示・切断に加え、投影、展開・組み立て、3次元空間での作図、底面や高さの変形、角度(辺と辺、辺と面、面と面)、長さ、面積及び体積の計量などを、インタラクティブな直接操作で簡単に行えるようにした、立体図形の実験道具であり、授業での有効な活用が期待されると思われる。

Development of a software tool for
learning 3D geometry

Kazuyoshi Hidaka

Tokyo Research Lab., IBM Japan

1623-14 Shimotsuruma, Yamato, Kanagawa 242,
Japan2. 設計指針

先生や生徒たちに真に有効に使われることを第一に考え、以下のような設計指針のもとに開発を行った。

(1) 実際の学習で有効な、操作及び表示上の教育的配慮を最大限に取り入れる。例えば、3点による平面指定により立体の切断線を表示する操作では、切断線を表示するタイミングをユーザーが制御できるようにし、生徒達が切断線を予想した後に確認できるようにしてある。また、直交3平面への投影図を得る部分では、もと立体の見取り図の表示を含め4つの表示の「表示する・しない」をユーザーが制御できるので、教師は「 xy 、 yz 、 zx 平面への投影図がこのような時、この立体の見取り図はどうなっているのかな？」などの設問に基づく授業を容易に行える。

(2) 楽しみながら学習が進められるように、現実の世界では実現するのがむずかしいような操作実験にも簡単に対処できるよう、機能の一般性と自由度を高める。たとえば、切断を繰り返して、サッカー・ボールの近似立体を作り、これを平面展開して、「サッカー・ボールの展開図」を得ることもできる。さらに、これらの展開図は、展開終了時に自動的に画面と平行な状態に調整されるので、展開図を印刷し、切り抜いて模型として活用する事もできる。

(3) 直接的な操作実感を重視するために、立体図形の種類を制限し、データ構造及び表示上のアルゴリズムを簡素化し、パフォーマンスを向上させる。

(4) わかりやすく、使いやすい統一され

たユーザー・インターフェイスを提供する。操作はすべて、マウスでパネルのボタンを押すか、立体の該当部位をさわるかのいずれかででき、キーボードでなければ行えないのは、ファイル名を入力するところだけである。

3. 機能概要

3D-ラボでは、11種類の基本図形をアイコンで選ぶことにより、操作を開始する。この基本図形に対して自在に多種多様な操作を繰り返し行い、一つの素材からいろいろな立体を生成、観察できる事が本ソフトウェアの最大の特色となる。

画面上の立体は、すべての操作過程において、面表示/線表示陰線表示付き/線表示陰線表示なし、立体を見る視線の位置、及び表示上の大きさを即座に変更できる。回転ボタンを押し続けると立体の回転表示のアニメーションを行う事ができる。ソリッド・モデルとしては境界表現のF-B構造を簡易化しており、基本図形とそれを平面によって切断した凸多面体が任意に扱えるようにしてある。本システムと[1-4]のシステムとのデータ構造における違いは、本システムは稜線を陽に持つ事である。これにより、各辺に独立の属性情報（色、太さ、長さ、表示処理上のフラグ）などの管理が容易になっている。陰線処理は各面の法線と視線ベクトルの方向をチェックすることにより行う。

錘体、柱体は底面、頂点という情報をデータ項目に付加する事により、底面の形状、及び高さを独立にマウス・ドラッグで変更できるようにしてある。これにより、高さを1/2に、底面を直角二等辺三角形になどのより授業に密着した操作が可能となっている。

切断平面の移動は、面を構成する3点を立体上を動かして行うが、このうちの2点を結ぶ線分を軸とする回転移動や法線方向への平行移動などもでき、切断の形状を変更するパ

リエーションを増やす事に成功した。

直交3平面への投影図を表示している時には、空間に固定されたx、y、z軸を各々中心とした回転操作ボタンを独立にもうける事により、各平面での回転を行いながら、他の平面への投影及び、見取り図の変化を観察できるようにになっている。

展開・組立の機能に関しては[5]及び本大会での別途発表にゆずる。

4. おわりに

本研究をもとに開発された製品には、授業用の事例集が付属されているが、現場での実践を重ねて、さらなる改善を進めて行こうと思っている。

謝辞

研究を進めるにあたり、貴重な助言をいただいた東京大学教養学部鈴木賢次朗教授、早稲田大学理工学部寺田文行教授、松居辰則助手、東京大学附属中学校の吉川教諭、文教区立第五中学校の牛場教諭、システムの実現にあたり協力をいただいた日本IBMの中山氏、小出氏に感謝の意を表します。

[参考文献]

- [1] 脇田早紀子：「教育用立体シュミレーターの開発」，東京大学修士論文，1991.
- [2] 脇田，脇田，鈴木：「教育用立体図形シュミレーターの開発」，グラフィックスとCAD論文集，情報処理学会，1991.
- [3] 脇田，脇田，鈴木：「教育用立体図形シュミレーターの開発(2)-教育効果評価の試み-」，日本図学会1991年度大会学術講演論文集.
- [4] 脇田，脇田，鈴木：「教育用立体図形シュミレーターの開発」，数学教育学会第73回総会・全国算数・数学教育研究会講演予講集.
- [5] 長谷容子：「幾何学習支援ツールにおける図形展開機能」，CAI学会第18回全国大会講演論文集，1993.