図形科学講義における各種（実物）模型の使用（2）

—プレゼンテーションソフトによる提示—

The Use of Real Solid Models in Graphic Science Education (2)

— Instruction by the Use of Presentation Software —

鈴木 賢次郎 Kenjiro SUZUKI

概要

図（形科）学は、しばしば、“ものづくりの幾何学”と呼ばれているように、“ものづくり”に密接に関連した実用の学である。しかし、現在、多くの大学・工高専で実施されているように、抽象化された幾何学的立体の取り扱いのみを学習させて、そこからものづくりとの関連を学生に実感させることは難しい。図形科学を、ものづくりと密接に関連した実用の学として学ばせるには、学習内容が実際にどのようにものづくりに応用されているかを示すことが必要である。本報では、このような観点から、実物模型および実物の写真を授業での教示に使用した例について報告する。

キーワード：図学教育／設計・製図教育／応用幾何学

1. はじめに

図（形科）学においては、3次元立体の図的表現法、および、図を用いた立体の形状処理（切断・相貫等）が教えられる。これらは、すべて図を介して行われるが、“図（2次元）”から“立体（3次元）”をイメージするのは容易なことではない。そこで、3次元立体模型を教示用の補助教材として用いたり、あるいは、学生自身に製作させたりすることが行われている^[1]。このような使われ方が図形科学講義における模型の一般的な使われ方であるが、模型（3次元立体）の使用はこれに限ったことではない。図形科学は、しばしば、“ものづくりの幾何学（Constructive Geometry）”と呼ばれているように、もともとは、“ものづくり”に密接に関連した実用の学として発展し、現在に至っている。個々の“もの”に密着しすぎると一般性・汎用性が失われるため、個別のものから幾何学的立体へと抽象化が行われ、現在の幾何学的立体の取り扱いを中心とした教科内容となっている。しかし、抽象化された幾何学的立体のみを学習させて、そこから“ものづくり”との関連を学生に実感させることは難しい。図形科学を、ものづくりと密接に関連した実用の学として学ばせるには、学習内容が実際にどのようにものづくりに応用されているかを示すことが必要である。ここに、図形科学における実物模型使用のいま一つの意義がある。本報では、このような観点から、実物模型および実物の写真を授業に使用した例を、前報^[2]に引き続いて報告する。

2. 実物模型使用の意義—“かたちを見る目”の養成

序章で述べたように、図形科学の講義においては、学習内容がいかにものづくりに応用されているかを示すことが必要である。そのためには、実物を提示することが有効である。

実物模型の提示は、また、実物から“かたち”を見る目を養うことにつながる。実際のものは、かたち以外にも、用途、色・質感、材料等の様々な属性を有してい

る。これらの様々な属性をもつ実物を見て、そこから他の属性を捨象し、かたちを見ることができて、はじめて、図形科学で学習した幾何学をものづくりに応用できるようになるものと思われる。このような“かたちを見る目—幾何学的視点—”の養成が図形科学教育の最終的な目的であるといっても過言ではない。

上述のように、図形科学を実用の学として学習させるには、実物を示して教育を行うことが必要である。しかし、建築物のように大きいものは教室に持ち込むのは不可能である。また、逆に、ボルト・ナットのように小さいものも、教室で提示しても見にくい。学習内容の応用例を示すという意味からは、必ずしも実物そのものを示す必要はなく、プレゼンテーションソフト（パワーポイント®）など）を使用するなどして、実物の写真を見せることも有効である。「デジタル・カメラ（あるいは、スキャナー）+プレゼンテーションソフト+液晶プロジェクター」の普及により、手軽に実物の写真を撮影、編集し、教室で提示することが可能になった。

3. 図形科学授業における使用例

東京大学教養学部における図形科学は1年生後期に1コマ（90分／週×13週）の講義として開講されている。教科内容の一例を表1に示す。講義における留意点等については参考文献[3]に示す。講義は板書を中心として行われ、教科書[4]・演習帳[5]のほかに、補助教材とし

表1 図形科学（講義）の教科内容

(週)	教科内容
1.	オリエンテーション
2.	投影（原理、各種投影法）
3.	主投影図
4.	副投影図（一次、二次、隠線消去）
5／6.	基本副投影(1)—直線実長視図とその応用— 基本副投影(2)—直線点視図とその応用— ～ 二直線の相互関係
7.	基本副投影(3)—平面直線視図とその応用— ～ 直線と平面、二平面の相互関係
8.	基本副投影(4)—平面実形視図とその応用— ～ 斜め円の投影
9.	等測図（箱詰め法、等測円）
10.	多面体（正多面体・準正多面体）
11.	切断（多面体・円柱・円錐）
12.	相貫(1)—多面体（含：切断法による交点）
13.	相貫(2)—曲面体（円柱と円柱、円柱と円錐）

て、プリント、CAV^[6]、および、実物模型^[2]を使用している。以下にプレゼンテーションソフトによる実物模型の提示例を示す。

3.1. 各種投影法

第2週では、図的表現の原理—投影—と各種投影法について講義する。ここでは、日常よく目にする投影図（算数・数学の教科書にみる見取り図、テクニカル・イラストレーション（ビデオデッキ等の取り扱い説明書）、新聞広告にみる透視図、テレビ・映画におけるCG）を、プレゼンテーションソフトで示す。不可能図形（図1）や多義図形（図2）についても示し、投影図の限界—投影線方向の次元については表現できない—の説明に用いている。

3.2. 斜め円の投影

第3～4週では正投影の基礎について、第5～8週では点・直線・平面の相互関係を投影との関係において講義する。これらの単元においては、カラー厚紙で作成し

(多面体)

(曲面体)

図1 不可能図形

図2 多義図形(“美術：表現と鑑賞の資料”，正進社より)

た平面・立体模型，模型用丸木材で作成した直線の模型を，2次元—3次元変換の理解補助のため使用している^[2]。物造りのための幾何学，あるいは，設計製図との関連で言えば，トラス構造(参考文献[4]：図3.11)，補助投影図(参考文献[4]：図3.17)について教科書を用いて説明する。

第8週では，平面実形視図に関連して，円，円錐(円柱)の斜め方向からの投影について説明する。ここでは，スティック糊，紙コップ，花瓶(ろくろ製品)などの身近なものを実物(図3)で示し，これらが，それぞれ，円柱，円錐(台)，回転面であり，円を曲線面素として有していること，従って，円の集まりとして記述できる形状であることに注目させる。また，これらを斜め方向から“見た(投影した)”場合，楕円に“見えている(投影されている)”ことを確認させる。この際，実物を見せるだけでなく，実物の写真を同時に見せることも有効である。われわれは，視覚イメージに基づいて目で見たものの形状を理解しているが，視覚イメージは単純な網膜像とは異なり，もののもつ様々な特徴形状を加味したものとなっているものと思われる。このような視覚イメージの存在が，逆に，“目で見たまま”のかたちを認知することを難しくさせている。実物ではなく，その写真(≒網膜像)を見せることにより，見たままのかたちを理解させることができる。プレゼンテーションソフトを利用することにより，着目させたい特徴形状(この例では“円”の斜め方向からの投影である“楕円”：図3参照)を写真に上描きして示すことにより，より教育効果を挙げることが期待できる。

図3 円(円柱・回転体)の斜め方向からの投影(お盆の上縁に楕円を上描きしてあることに注意)

図4 直軸測投影図(≒等測図)スケッチ(Marier, Manfred, “Basic Principles of Design 1”, Van Nostrand Reinhold (1977) より)

3.3. 等測図

第9週は等測図の描き方についての講義である。箱詰め法，等測円の描き方を中心に説明するが，板書での説

(正12面体—シドニーオリンピック閉会式ステージ，“朝日新聞”より)

(正20面体—核探知衛星, Hood et al., “Geometry of Engineering Drawing”, McGraw-hill (1969) より)

図5 正多面体・準正多面体

(正4面体—ティーバッグ：実物)

(切頭20面体—C60フラーレン，“朝日新聞”より)

(正4・8面体による空間充填—立体トラス)

図6 多面体の切断

明や演習課題としてはあまり複雑な課題を用いることは時間が掛かりすぎてできない。そこで、複雑な課題(図4)についてはプレゼンテーションソフトで示し、講義で学習した方法を用いて、より複雑な形状を表すことができることを説明する。

3.4. 正・準正多面体

第10週は多面体についての講義である。正多面体，準正多面体を例に，オイラー定理等，多面体の構成関係について教える。正4面体を例に正多面体の作図法について板書して説明するが，ここでは，カラー厚紙で作成した模型を補助教材として使用している^[2]。

正多面体・準正多面体の工学的応用や自然界における出現について，実物模型(ティーバッグ，立体トラス，面心立方格子，サッカーボール)^[2]，および，実物の写

真(図5)をプレゼンテーションソフトで提示し，形状と機能との関係について説明し，形状の重要性，面白さについて実感させるように心がけている。

3.5. 切断と相貫

第11～13週では、切断と相貫—立体の集合演算—について講義する。作図例としては、簡単で、かつ、実際に多用される例について説明する。

(門松)

(手すり)

(配管—エルボ)

(建物)

図7 円柱の切断

3.5.1. 切断

第11週は切断についての講義である。4角錐の切断(参考文献[4]:図4.4), 円柱の切断(参考文献[4]:図4.6)について板書して説明する。多面体の切断の例として建物屋根(図6), 円柱の切断の例として, 門松, 手すり, 配管, 建物(図7)などについてプレゼンテーションソフトで提示する。

円錐の切断については, 教科書の図(参考文献[4]:図4.7~4.8)を用いて円柱と同様に作図できることを説明した後, いくつかの実例(図8)をプレゼンテーションソフトで示す。

(コーヒー抽出器—楕円)

(スポットライトの影—双曲線)

図8 円錐の切断

図9 多面体の相貫

(手すり)

(自転車のフレーム)

(信号機の日除)

(ヴォールト)

図10 円柱と円柱の相貫

して教える。プレゼンテーションソフトによる応用例の提示には建物(図9)などを用いている。

第13週では、直立円柱と水平円柱の相貫を中心に教える。軸が直交する同一直径の円柱の相貫(参考文献[4]:図4.17)は工学的に重要であり、必ず説明するようにしている。実物模型としてはドゥー・イット・ユアセルフで購入した配管部材^[2]を、また、プレゼンテーションソフトによる提示例としては、手すり、自転車のフレーム、ヴォールト(図10)などを用いている。

4. まとめ

本報では、図形科学講義における実物模型の提示例について、プレゼンテーションソフトを用いて実物の写真を示す方法を中心に紹介した。「デジタルカメラ+プレゼンテーションソフト+液晶プロジェクター」の普及により、比較的簡単に、このような教示ができるようになってきた。本報の筆者は、ここで紹介したもの以外にも多数の画像データを蓄積しており、希望者には喜んで提供するつもりである。教師間で互いに教材データを交換することにより、より豊かな図形科学の授業が展開されることを望んでいる。

参考文献

- [1] 近藤邦雄, “第30回国学教育研究会報告: 図学教育のための模型の活用”, 図学研究, 37-1 (2003), 19-52.
- [2] 鈴木賢次郎, “図形科学講義における各種(実物)模型の使用”, 図学研究, 37-1 (2003), 25-28.
- [3] 鈴木賢次郎, “図学教育の目的—幾何学? / グラフィクリテラシー?”, 図学研究, 32-1 (2001), 16-23.
- [4] 磯田浩, 鈴木賢次郎, “工学基礎「図学と製図」新訂版”, サイエンス社 (2001).
- [5] 磯田浩, 鈴木賢次郎, “演習 図学と製図”, サイエンス社 (1999).
- [6] Sung, X., Suzuki, K., “Evaluation of Educational Effects of the Solid Simulator”, *Journal for Geometry and Graphics*, 3-2 (1994), 281-285.

●2004年7月14日受付

すずき けんじろう

東京大学教養学部 情報・図形科学部会 教授 工学博士
1945年11月19日生
東大院工(航空)1973年満期退学
図学・認知図学

3.5.2. 相貫

第12~13週は相貫についての講義である。

第12週では、多面体どうしの相貫について、三角錐と三角柱の相貫(参考文献[4]:図4.13~4.14)を板書