図学教育において教えるべき図法幾何学的発想法とは

大月 彩香 Ayaka OHTSUKI

大月 美佳 Mika OHTSUKI

概要: 図法幾何学的解析手法は、コンパスと三角定規を使用したものに特化されてきた。ツールがコンピュータ上のアプリケーションへ移行するとともに、それが時代遅れになるのは当たり前といえる。しかし、人間は目に映る投影画像を介して三次元空間を理解せざる得ないという事実は、ツールが変わっても変わらない。図法幾何学的解析手法が時代遅れとなろうとも、図法幾何学的な発想自体が全く不要になるとは考え辛い。たとえば、3D-CGではうまく直接的に解決できない問題も多く存在する。そもそも図学教育の目的はコンパスと三角定規による解析手法を教えることではなく、図法幾何学的発想法を教えることではなかろうか。本報告では、ツールに捕らわれることのない、図法幾何学的発想法とはそもそも何か、ということについて考える。

キーワード: 図学教育／図法幾何学／作図ツール

1. はじめに

図学教育を担当するようになって以来、三角定規とコンパスに換えてコンピュータを利用する事を意識し試みてきた。初期のころの図学教育へのコンピュータ適用には、コンピュータプログラミングによる作図によるものが多かった。その後、パーソナルコンピュータにおいてグラフィックスの表示が速くなるにつれ、図形を利用したインタフェースによる作図が主流となってきた。また、コンピュータグラフィックス(CG)やコンピュータ支援設計(CAD)アプリケーションも増えてきて、安価になった。このため、我々はこれらを利用した図学の方法があると考え様々なCGアプリケーションを利用して図学の問題を解く事に挑戦してきた。そして、ほとんどの問題が解ける事を確認することで、図学の教育において三角定規もCGアプリケーションも同じツールにしか過ぎないということを確認した。そして、その潜在能力から教育の方法としてCGアプリケーションを使用した方法に未来と可能性があると考え、研究に取り組んできた。

2. 図学教育とCGアプリケーション

2.1. 図学教育に必要とされる機能

2.1.1. 三角定規とコンパス

僅かだがシンプルで洗練された機能を持ちツールして優れている。これらが持つ図学教育で必要とされる作画機能としては以下のようにあげられる。

三角定規の機能には:

1. 直線を描く
2. 平行線を描く

3. 垂直線を描く

4. 15° 刻みで直線を描く

がある。

コンパスの機能には:

1. 円あるいは円弧を描く
 2. 長さを移しとる(ディバイダとしての機能)
- がある。

これらの機能は、数少ない故に覚えるのは簡単であるが、アナログ的な操作となるため正確な作図にはある程度の熟練が必要となる。いずれも紙の上への作図となるため、解像度は0.1mm程度と考えられ、それ以上の精度やA4のサイズを超える作図が求められる場合には満足できる結果が得られるとは限らない。一方、非常に安価で軽く小さく携行性が高いため、教育を受けるものにとって、負担は小さい。

2.1.2. CG アプリケーション

CG アプリケーションには、二次元と三次元のものがある。二次元の場合は、二次元でしか作図が出来ない紙の上での作図を単純に置き換えた事に相当する。つまり、コンピュータ上で可能な三次元での作図の可能性を捨てる事になる。このため、図学が三次元空間における問題を取り扱う事を考慮するならば、二次元より三次元CGを採用するのが自然である。

三次元CGアプリケーションには、前述した三角定規とコンパスの機能に加え非常に多くの機能が用意されている。つまり、紙の上での作図では意識されなかった紙の移動や拡大縮小、そして方眼の設定などである。さらに加えて、三次元であるが故に視点の位置と回転に空間における紙のレイアウトなど、普段の生活において何気なく行っている無意識下の操作に至るまで強いられる事になる。これらの機能を使用するには慣れが必要であるが、三次元のゲームに慣れ親しんだ世代では抵抗無く操作できることが期待される。

いずれにせよ、三角定規とコンパスの機能が満足されていれば、二次元での作図には十分対応可能であると考えられる。このため、三次元CGアプリケーションはそのまま使用できると考えがちである。しかし実際には、アナログとデジタルの違いからか、三角定規とコンパスと比較して精度が高く曖昧さが無い事に加えディスプレイの解像度が紙ほど高くない事から、作図においては吸着という機能を使用しないと精度を活かす事が困難である。吸着とは、端点等に正確にマウスカーソルをあてる機能である。また重要で必須の機能として交切命令がある。例えば、二本の線が交わっているかどうかは、見

ただけではわからない。確認するためには交点を求めてみるしかない。その他に、紙のレイアウト、点、線、面そして立体の作成機能が必要である。後者の面と立体は三次元 CG に特有であり、点と線だけで作図される紙の上では実作業的に不可能であったものである。これらはレンダリングする上で必要となる機能である。さらに点や線の色を変えることができれば、鉛筆での作図における濃淡や太細に相当する表現が可能である。

以上の機能が満足されれば、ほぼ紙の上と同様の発想により空間に作図して行く事が可能と考えられる。

2.2. 現在使用中の CG アプリケーション

上の議論をまとめると、図学教育に必要な作画機能としては三角定規とコンパスが持つもので充分だと考えられるが、これは二次元のメディアである紙への作図を対象としているため、三次元の空間での作図に対応するには、紙の空間へのレイアウト機能が必要となる。そして、アナログとデジタルの違いから、正確で曖昧さの無い作図を支援するためにオブジェクトへの吸着機能や交切機能が必要となる。これまで使用してきた三次元 CG アプリケーションの中では、Rhino^{注1}がこれらの機能をもっとも充足しており、モデリングに関して非常に多くの機能を有している。また、バージョンアップが積極的におこなわれており将来性も高いと考えられることから、図学教育に採用し、現在も使用中である。

図 1 現在使用中の CG アプリケーション
(空間に作図の基準となるような立方体を用意した)

3. 考 察

3.1. 三角定規とコンパスの機能

現実には即して発展してきた図学の問題そのものは、一般に三次元空間に用意されているとするのが妥当である。紙の場合はやむなく正投影して表現してきたものとする。しかるに、三次元 CG アプリケーションを使用した場合は、コンピュータが実現する仮想空間に三次元として問題を用意するものとした。こうすることにより、初期の立面と平面という二面への正投影図は必要なくなり、アプリケーションがスクリーン上へデフォルトで自動的に投影するものが提示可能となる。

紙に描く事は、三次元 CG アプリケーションを使用する上では仮想空間に紙をレイアウトして描く事に相当する。副投影は副投影面を空間にレイアウトして描く事も可能であるが、そもそも副投影の主な目的は実長や実形の正投影図を得る事である。これは、実長あるいは実形視 (View) を実現することで代用可能な場合が多く、紙を正確にレイアウトして、その紙の垂直方向に画面に投影させる事で実現できる。さらに、これらの投影図から、点、端点、交点 (見かけ)、分割点、垂直、平行、15° 刻みの方向などに吸着 (拘束) する機能を利用できる。円や円弧の作図はコンパスと同様だが、長さを直接移す命令は残念ながら無く、数値を介在させるか等値半径の円を移動させる事によるしかない。

3.2. 図法幾何学的発想法と図学教育

点、線、面、そして、立体といった要素を系統的に扱い自在に操作する能力を図法幾何学的発想法と捉えれば、三次元 CG アプリケーションは立体や空間を直接操作し編集する事を目的としていて、その発想法を実現しようとはしていないように見える。そのかわりに立体や空間を直接操作する機能が用意されているため (用意できるため)、この発想法が活躍する場面は少ない可能性がある。しかしながら、立体や空間を点にまで分解して考え問題解決する能力は基礎的で応用の効く大事な能力と考えられ、直接的な命令が無くこの発想法が必要となる場面に遭遇する事も考えられる。この発想法を系統的に研究し学習する場が図学であると考え。

3. まとめ

これまでの三角定規とコンパスの使用に換えて三次元 CG アプリケーションを等価な機能に置き換える等の工夫をして使用する事により、図学の教育を行ってきた。その結果、三次元 CG アプリケーション使用前と同様の発想法にて実施する事が可能であった。さらに、三次元空間で直接的に操作し編集するという特徴から、現実の空間との相似性をより緊密に実現する事が出来ることも確認できた。その上で、図法幾何学的発想法は三次元アプリケーションにおいてもいまだ系統的に教える必要のある能力であると考え。このため、コンピュータによる仮想現実には溢れている現状において、図学教育は実能力的な能力の開発につながる事が期待される。

注

注1 Rhino は米国 Robert McNeel&Associates の登録商標です。

著者紹介

おおつき あやか : 九州大学工学研究院知能機械システム部門, 819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744
おおつき みか : 佐賀大学理工学部知能情報システム学科, 840-8502, 佐賀県佐賀市本庄町 1