

初等幾何学教育のための作図ソフトウェア「HiZy」

HiZy, a geometry software for elementary geometric education

新井 浩史郎[†]

寛 捷彦[‡]

Arai Koshiro[†]

Takehi Katsuhiko[‡]

だれでも簡単に扱うことができ、初等幾何学の学習に役立つ作図ソフトウェアを開発している。

1. はじめに

情報技術の進歩に伴い、作図ソフトウェアが数多く開発されている。

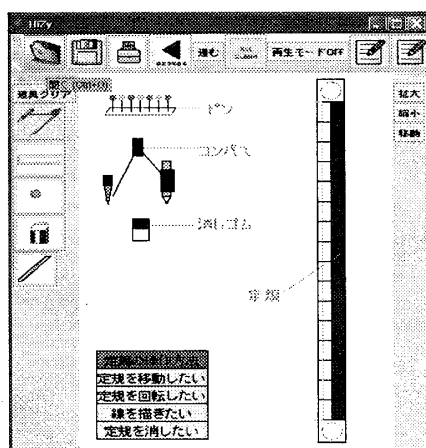
本研究の目的は、学習者が初等幾何学の本質を正しく理解することができるシステムの設計や教育者が生徒の理解度を把握できるシステムの設計を行うことで、教育の場で役立つ作図ソフトウェアを開発することである。

2. 画面上での作図方法

HiZy[1]は紙の上での作図方法とできるだけ同じ方法で画面上に作図するように作成している。作図道具には中学校の平面幾何の授業と同様に円弧を作図するためのコンパス、線分を作図するための定規を用意している。点に関しては鉛筆ではなくピンという道具を使用する。[Fig. 1]

操作方法に関しては、マウスの左ボタンのクリックやドラッグのみで作図と作図道具の操作を行える。初等幾何学の学習を行うのは小中学生であることを考え、できるだけ簡単に操作できるように設計した。

[Fig. 1]



3. 座標の取得方法

3.1. 表示座標と計算座標の保持

表示座標 (Java 言語に用意された 32bit 符号付き整数座標) とは別に幾何学計算を行うための 64bit 浮動小数の座標をシステム内部に用意する。これを計算座標と呼ぶことにする。表示用の座標と計算用の座標を使い分けることで限りなく計算の誤差をなくすることができる。

3.2. 計算座標の計算方法

計算座標の値は [X 座標, Y 座標, 1] の 3×1 行列の形で保持する。この方法により HiZy 上では図形や作図道具の回転移動や平行移動、拡大縮小がアフィン変換を用いて簡単に行える。

また、作図された図形同士の交点を求める計算や図形上の一点を求めるための計算は X 座標と Y 座標を二つの成分として持つ 2 次元ベクトルを用いて行っている。

これらの実装により、コンピュータの利点を活かした作図ができる。

4. 作図再生機能

HiZy ではユーザが行った作図の手順を記録し、再生することができる。

4.1 教師からの利点

HiZy では特定の図形の消去やすべての図形の消去など作図のやり直しが可能であるが、そのやり直しなどの手順も記録しており、教師が、生徒は作図のどの手順で悩んでいたかを発見することができる。

4.2 生徒からの利点

HiZy では記録の再生の途中で、新たな作図を行い、記録することができる。このときに記録された新たな手順の分岐を「ブランチ」と呼ぶ。この機能を使って生徒は、自分がどのような間違いをしているかを確認することができ、正しい作図を身につけることができる。 [Fig. 2]

[†]早稲田大学大学院理工学研究科

[‡]早稲田大学理工学術院

5. 幾何論理の演繹

初等幾何学教育では作図のほかに図形の合同や相似、正三角形であることや二等辺三角形であることの証明が欠かせないものである。しかし、整数や浮動小数を使った座標からの関係の導出では計算誤差がどうしてもおきてしまい、また幾何の本質と離反している。

HiZy では幾何図形の持つ性質の組み合わせで図形同士の関係を論理的に導く。

5.1. 設計

HiZyの幾何図形の設計はユークリッド幾何学を元としている。しかし、コンパスと定規のみで作図を行うので、ユークリッド幾何学に比べ、大幅に省いてある。また、定義のみで関係の導出を行う場合、どうしても手順が多くなってしまい計算量が増えてしまう。そこで一部の性質、定理を定義と同様に扱う。

5.2. 作例

図形同士の論理的関係の導出の作例として、中学校の幾何教育における基本的な作図の一つである角の二等分線の作図を行う。[Fig. 3]

[Fig. 3]の作図は中学校で学ぶ作図方法を忠実に再現している。緑色の二つの角は三角形の合同を元に対応する二つの角が等しいことが導かれている。

6. ヘルプ機能

この作図ソフトウェアは小中学生の学習に役立つことを目標に開発されている。そのためユーザが使い方に困らないように目的操作別の項目表を画面左下に用意し、項目上にマウスが移動すると操作方法が表示される。

また、操作に慣れたユーザのために、キーボードによる操作でアイコンをクリックした際と同様の処理を実行できるよう、ショートカット機能を用意している。

7. まとめ

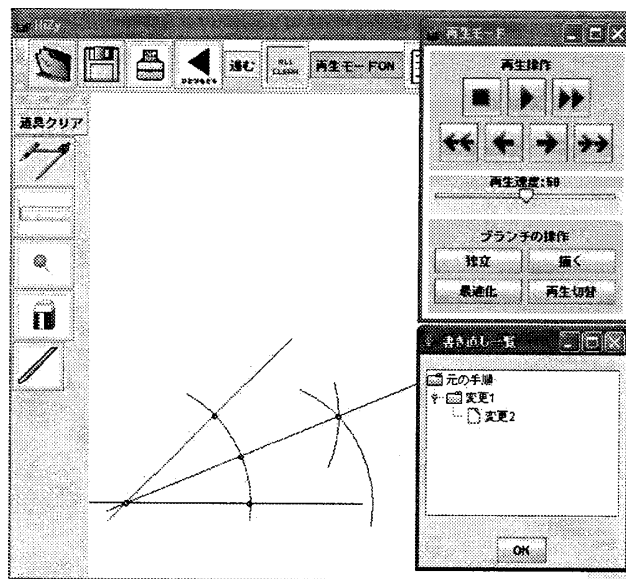
開発中の作図ソフトウェア「HiZy」を紹介した。初等幾何学の本質を理解することができ、教育の場で役に立つことができるものである。

参考文献

[1]作図ソフトウェア「HiZy」

<http://www.kake.info.waseda.ac.jp/research/hizy/index.html>

[Fig. 2]



[Fig. 3]

