4ZC-8

ベクトル幾何的に再構成される図法幾何教材のCADインターフェース

伊藤 勇磨† 矢吹 太朗 佐久田 博司
青山学院大学 理工学部 情報テクノロジー学科‡

1 はじめに

非言語的情報処理を主とする図形に関する学習の一つに図法幾何がある．図形を扱う手順の言語による解説などは一定の補助にしかならないため，学習者の深い理解を促すには，学習において図形を扱う新しい手法が必要である．自習システムとして，Web ブラウザ上で手順を示すアニメーションや，問題，正解の生成システムなどが提案されている [3][5].

本研究では，図法幾何学演習課題の問題および解答をベクトル幾何的概念に則って自動生成するシステムをプログラム開発する．それにより派生類題や個別課題の作成におけるコストを減少させ，効果的な自習環境を提供する．

2 研究背景

図形に関する能力開発は，論理的な思考や空間の想像力を養い，製品の設計や空間図形の概念の創生に関わるため，主に理工学分野の技術教育で重視されてきた．

図法幾何学演習において，解法や概念生成を促すために重要なことは，難易度の高い問題を長時間かけて解くことよりも，簡単な問題を数多くこなすことである．大量の問題と解答のデータセットが与えられれば，繰り返し学習にによる自学自習が可能となる．

2.1 図学および図法幾何学

図学とは，3 次元の形や空間にある図形の関係を投影を用いて 2 次元の図形として表現し，2 次元で表された情報から 3 次元の形や空間の構成，図の解析ができる能力の習得が目的の学問の総称である．

図法幾何学とは数式を用いず紙面上で図形を変換して形の特徴を探る学問分野であり，図法幾何学の問題を解くことによって空間図形の理解と空間把握力を養うことを目的としている．

3 既存のシステム

3.1 研究内容

先行研究 [3][5] により既に構築されたシステムとして，データベース内に格納されたパラメータを用いて学習者ごとに違った課題を自動生成するものがある．

これらは，図法幾何学演習問題の中で典型的なものについて学習者ごとに異なる類題を自動生成するものであり，課題作成と同時に解答も作成する．また解答の配信先の制御を可能とする．画像情報の精度を確保するため，PDF ファイルにおけるベクター形式での出力を可能としている．サーバはユーザ毎の問題管理を行い，課題データベース内のパラメータを用いた課題図形ファイルと解答図形ファイルが作成される．

3.2 問題点

問題作成において，2 次元点ベクトルデータを基にして各投影図を独立に生成する．必要な全ての点の座標を一つ一つ計算し，線で結ぶことで紙筆での作図を忠実に再現するように描かれている．そのため投影図間の整合性の確認などの時間がかかるという解決すべき課題があった．

4 研究目的

本研究では，図法幾何学の代表的な課題について，ユーザがベクトル幾何的に表現される立体図形を与えると，それを投影した再構成平面図形から PDF 形式および CAD 入力データを生成することで，問題と正解の組み合わせをパラメータ出力できるシステムを開発する．これによって，大量の問題と解答を自動生成でき，反復学習に活用することができる．このシステムは学習者に公開し，自習システムとして供することを目的としている．

5 提案するシステム

5.1 システム概要

図法幾何学演習に用いられる課題の図形はパターンが限られており，それらの 2 次元図形を 3 次元図形に構成したものをあらかじめ用意した．図形を構成する各頂点

CAD Interface for Descriptive Geometry Teaching Materials Based on Vector Geometry.

† Yuma ITO (a5807008@aoyama.jp)
‡ Department of Integrated Information and Technology, College of Science and Engineering, Aoyama Gakuin University

Copyright ©2011 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

の座標や頂点の数などは，ある程度の自由度を持って変更することも可能である．

システムの構成図は図1の通りである．

まず，描かれた3次元図形の正面図，平面図がクライアント側のブラウザ上に Java Applet によって表示される．視点の制御については，スクロールバーで投影面の法線ベクトルの X,Y,Z 成分を操作することによって行う（図2）．その後，任意の角度からの投影図がサーバに送られると，問題・解答が自動生成され，PDF 形式に変換して保存される．サーバで PDF ファイルを作成すると同時に，2D-CAD との互換性がある既存のデータ形式にも変換することができる．

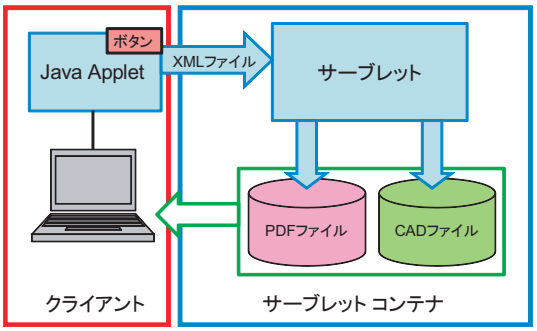

図1　システムの構成図

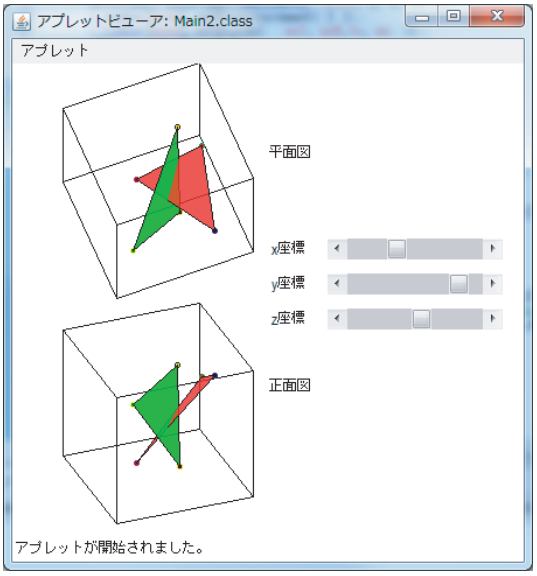

図2　Java Applet による実行画面

5.2　特徴的な機能

本システムに相当する機能を有する既存のシステムとして 3D-CAD が挙げられる．3D-CAD では，作成した3次元図形を 2D-CAD で用いることのできる2次元図形データに変換することができる．3D-CAD は図形の設計やパラメータ変更には有力なツールであるが，習熟に時間を要することと，本システムの特徴である Web ベースで稼働するものがあまりないという点で利用しにくい．問題作成者は 3D-CAD で本研究と同じことを行おうとすると，3次元図形の作成，2次元図形への投影，視点を変えて平面図を作成，正面図, 平面図を並べて表示，PDF 形式に変換, 出力し，さらに Web コンテンツとして問題・解答を配置する必要がある．3D-CAD には，ユーザ環境にインストールしなければならないという欠点もある．図法幾何学演習には，Google SketchUp を適用した例もあるが，自習用問題を生成する機能はない．

5.3　本システムの利用形態

本システムの利用形態として，主に2つの方法が考えられる．

1. 問題をダウンロードし，プリントアウトして回答したのち，正解答をダウンロードして自己採点するという，自習システムとしての利用．
2. 教員が複数の学生に対して問題だけを公開し回答させたのち，正解答を公開する演習授業形式での利用．

上記いずれの方法においても，オンラインで利用できるということに大きな利点がある．

6　おわりに

図法幾何学演習において，多くの類題を Web から配信するシステムを構築した．2D-CAD であればフリーソフトが数多く存在するため，1の利用方法において，所有のノート PC などでも利用可能である．また，2D-CAD をインストールせず PDF 形式での出力も可能である．

図法幾何的能力は個人毎に差が大きく，計測も難しいが，電子的に回答を集め，画像処理によって自動的に採点が行われるようなシステムを利用することによって，集団の能力測定などが可能となると思われる [1][2][4][6].

参考文献

[1] Emiko TSUTSUMI, Wakana ISHIKAWA, Hiroshi SAKUTA, Kenji SUZUKI. Analysis of causes of errors in the mental cutting test -effects of view rotation. *12TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOMETRY AND GRAPHICS*, 2006.

[2] 佐久田博司, 蒔野雄介, 武士俣貞助. 動的コンテンツの mct 試験結果へ及ぼす効果のグループ別評価. 図学研究, pp. 3–8, 2003.

[3] 佐久田博司, 斉藤広美, 矢吹太朗. 図法幾何学演習課題の自動生成配信システム. 日本図学会大会本部例会議演論文集, pp. 59–62, 2006.

[4] 佐久田博司, 廣實崇, 伊東由佳, 二宮理憙. 動的・静的図形の脳波に及ぼす効果. 日本図学会大会講演論文集, pp. 29–32, 2004.

[5] 舟口聡, 矢吹太朗, 佐久田博司. 図法幾何学演習問題の解法アニメーション生成システム. 第70回（平成20年）全国情報処理学会講演論文集, 第4巻, pp. 537–538, 2008.

[6] 堤江美子, 石川若菜, 佐久田博司, 鈴木賢次郎. 切断面実形視テストにおける誤答原因の分析-問題立体に対する視線変更による効果-. 日本図学会大会講演論文集, pp. 35–40, 2005.

Copyright ©2011 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.