

電子教材の活用に関する一考察

横 山 修

はじめに

我々は初歩の数学問題を通して「学生の論理的なものの見方や考え方」の現状について調査検討を行った。その結果、図形についての数学的な見方や考え方が不十分であることが認められた。そしてそれを補う工夫として、視覚を通じて論理的思考になじませることを提案した ([1])。

このような視点から、コンピュータ・グラフィックスや模型等を利用することは図形認識についての学力向上を図る上で必要と考えられる ([2], [3])。

本研究では、コンピュータ・グラフィックスを授業の中で補助教材として用いることを目的として、そのアプリケーションを作成した。さらに、アプリケーションを試作するプロセスを通じて浮かび上がってきた電子教材開発の問題点について指摘した。

Java によるアプリケーション作成

アプリケーション作成のため、以下の数学パズルの問題を採用した。

[4つの立方体の問題]

4個の立方体をつくり、図1のように各面を赤、青、緑、黄の4色いずれかに塗り分けるとする。これらの立方体を積み上げて四角柱をつくり、四角柱の4つの側面それぞれに4色全部が現れるようにするには、どのように積み上げればよいか。ただし、Rは赤、Bは青、Gは緑、Yは黄をそれぞれ表す。

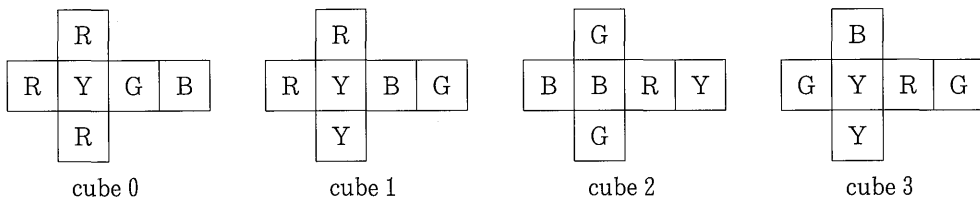


図1: cube 0 ~ cube 3 の展開図

このパズルの解答を図2に示す。(パズルの問題および解答は [4] からの引用である。) 図において、front, rear, right, left は積み上げられてできた四角柱の前面、後面、右面、左面を

それぞれ表している。

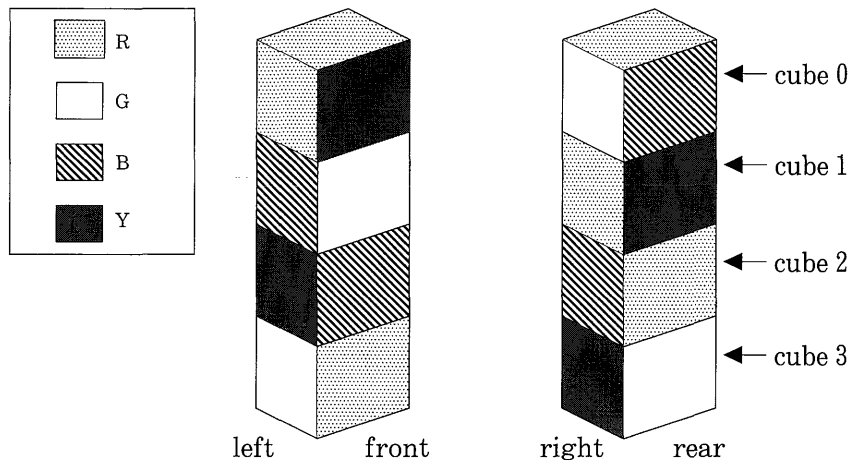


図2: 4つの立方体を積み上げる

本研究では、コンピュータ・グラフィックスのアプリケーションとして、前掲のパズルの問題をコンピュータ上でシミュレートするプログラムを作成した (Appendix)。言い換えれば、このプログラムは、積み上げられてできた四角柱の前後左右の側面それぞれに4色全部が現れているかどうか調べることを、コンピュータ上で可能にするものである。

このプログラムは次の3つのクラス、すなわちFCube (105行~246行)、MyCanvas (248行~323行)、Box (325行~399行) から構成される。これら3つのクラスのうち、FCubeクラスおよびMyCanvasクラスは、Gr3d5.java ([5]) のプログラムに、学習者がパズルを試行錯誤しながら解答するための機能を追加したものである。また、Box クラスはBox.java ([5]) の座標を拡張したもので、積み上げられた4つの立方体の座標を与えるものである。以下のURI (Uniform Resource Identifier) にこのプログラムの実行結果を示す。(学内イントラネットのみ)

<http://apple1.intra.baiko.ac.jp/%7Eyokoyama/elearning/FCube.html>

なお、図2においては紙面の都合上それぞれの立方体の側面を色分けすることが不可能であった(したがって塗りつぶしの種類により色分けを表現した)が、実行結果ではそれが可能となっている。

考察

前述の通り、本研究では数学パズルの問題を素材としてコンピュータ・グラフィックスのアプリケーションを作成した。今回のアプリケーション作成を通じて浮かび上がってきた問題点とし

て、プログラム作成に相当の時間がかかること、及びプログラム作成に関するある程度のスキルが必要であるため、誰もが簡単にアプリケーションを作成できるとは考えにくいことが挙げられる。(実際、今回のプログラム作成には集中して1週間程度の時間を要した。)この問題の解決策として次の2点を提示する。

- (1) 公開されている電子教材を積極的に利・活用すること
- (2) 既存のLMS(注1)を用いて、電子教材の開発自体を容易にすること

(1) に関しては、近年、コンピュータ・グラフィックス等のアプリケーションがCD-ROMで配布されたり、Web上で公開されるようになった([5], [6])。これらを教材として利・活用することは、学生の興味・関心に結びつき、図形認識についての学力向上を促すものと考えられる。公開されている電子教材は授業の中で補助教材として活用されることが主と思われるが、これらを授業に導入した場合、「電子教材導入の効果はどの程度か」を調べる方法についての検討が不可欠であろう。

(2) に関しては、eラーニングシステムの普及に伴い様々なLMSが既に公開され、汎く利用されている。ところで、LMSを利用することにより、プラットフォームの部分とコンテンツの部分とを完全に分離することが可能となる。言い換えれば、電子教材の開発がコンテンツ作成だけで済むため、開発効率の向上および開発の単純化が見込まれる。ただし、作成したコンテンツに対するレビューの方法については客観的方法の確立が必要であろう。また、LMS自身の持つ基本機能(学習者の登録、学習履歴の管理、学習の進捗管理、コンテンツ配信)によって、自学自習を行うことのできるシステムを構築できることも、LMS導入の利点であると考えられる([7])。

今回作成したプログラムも、LMS上で動作するように改変することで容易に再利用可能であると思われる。

(注1) LMS (Learning Management System) eラーニングの基盤となる管理システム([7])。

まとめ

本研究では約300行ほどのプログラムを記述することにより、コンピュータ・グラフィックスのアプリケーションを作成した。しかし前述の通り、アプリケーション作成に相当の時間がかかる点及びある程度のスキルが必要であるという点で、誰もが簡単にプログラミングによるアプリケーション作成を行うことは困難である。

しかし、考察の(1)、(2)で述べたような既存のフレームワークを使えば、誰もが比較的短い時間で、しかも簡単にアプリケーション作成を行うことが可能となる。このような視点から、今後電子教材の作成においては既存のフレームワークを利用する方向にシフトすべきであろう。このことがeラーニングコンテンツを豊富にすることは言うまでもない。

謝辞

この研究に際し、本学高瀬剛助教授より多くの助言を頂いた。記して深い謝意を表する。

Appendix:Java Program for simulating 4-cube problem

```
[FCube.java]
101 import java.applet.Applet;
102 import java.awt.*;
103 import java.awt.event.*;
104
105 public class FCube extends Applet
106     implements ActionListener,AdjustmentListener,ItemListener {
107     Choice [] c_fb=new Choice[4],c_lr=new Choice[4];
108     Button b=new Button("Draw");
109     Panel p [] =new Panel[6],controlPanel=new Panel(),scrPanel=new Panel();
110     Scrollbar scrY;
111     CheckboxGroup cbg=new CheckboxGroup();
112     Checkbox cb1=new Checkbox("正面",cbg,true),
113             cb2=new Checkbox("左面",cbg,false),
114             cb3=new Checkbox("後面",cbg,false),
115             cb4=new Checkbox("右面",cbg,false);
116     int angX =30,angY=30,angZ=0;
117     char [] c_f=new char[4],c_b=new char[4],c_l=new char[4],c_r=new char[4];
118     char [] c=new char[18];
119     MyCanvas mc=new MyCanvas();
120
121     public void init(){
122         setLayout(new BorderLayout());
123         controlPanel.setLayout(new GridLayout(4,1,0,0));
124         for(int i=0;i<5;i++){
125             p[i]=new Panel();
126         }
127         for(int i=0;i<4;i++){
128             c_fb[i]=new Choice();
129             c_lr[i]=new Choice();
```

```
130     }
131     c_fb[0].addItem("正面-後面");
132     c_fb[0].addItem("B-Y");c_fb[0].addItem("G-R");c_fb[0].addItem("R-R");
133     c_fb[0].addItem("Y-B");c_fb[0].addItem("R-G");
134     c_lr[0].addItem("左面-右面");
135     c_lr[0].addItem("B-Y");c_lr[0].addItem("G-R");c_lr[0].addItem("R-R");
136     c_lr[0].addItem("Y-B");c_lr[0].addItem("R-G");
137
138     c_fb[1].addItem("正面-後面");
139     c_fb[1].addItem("B-R");c_fb[1].addItem("G-Y");c_fb[1].addItem("R-Y");
140     c_fb[1].addItem("R-B");c_fb[1].addItem("Y-G");c_fb[1].addItem("Y-R");
141     c_lr[1].addItem("左面-右面");
142     c_lr[1].addItem("B-R");c_lr[1].addItem("G-Y");c_lr[1].addItem("R-Y");
143     c_lr[1].addItem("R-B");c_lr[1].addItem("Y-G");c_lr[1].addItem("Y-R");
144
145     c_fb[2].addItem("正面-後面");
146     c_fb[2].addItem("B-R");c_fb[2].addItem("B-Y");c_fb[2].addItem("G-G");
147     c_fb[2].addItem("R-B");c_fb[2].addItem("Y-B");
148     c_lr[2].addItem("左面-右面");
149     c_lr[2].addItem("B-R");c_lr[2].addItem("B-Y");c_lr[2].addItem("G-G");
150     c_lr[2].addItem("R-B");c_lr[2].addItem("Y-B");
151
152     c_fb[3].addItem("正面-後面");
153     c_fb[3].addItem("B-Y");c_fb[3].addItem("G-R");c_fb[3].addItem("G-Y");
154     c_fb[3].addItem("Y-B");c_fb[3].addItem("R-G");c_fb[3].addItem("Y-G");
155     c_lr[3].addItem("左面-右面");
156     c_lr[3].addItem("B-Y");c_lr[3].addItem("G-R");c_lr[3].addItem("G-Y");
157     c_lr[3].addItem("Y-B");c_lr[3].addItem("R-G");c_lr[3].addItem("Y-G");
158
159     for(int i=0;i<4;i++){
160         p[i].add(new Label("cube"+i));
161         p[i].add(c_fb[i]);
162         p[i].add(c_lr[i]);
```

```
163     controlPanel.add(p[i]);
164 }
165 add(controlPanel,"East");
166
167 scrY =new Scrollbar(Scrollbar.HORIZONTAL, 0,15,-360,360);
168 scrPanel.add(b);
169 scrPanel.add(cb1);
170 scrPanel.add(cb2);
171 scrPanel.add(cb3);
172 scrPanel.add(cb4);
173 scrPanel.add(scrY);
174 scrPanel.add(new Label("Y-Rotation(-360 ...+360)"));
175 add(scrPanel,"South");
176
177 add(mc,"Center");
178
179 cb1.addItemListener(this);
180 cb2.addItemListener(this);
181 cb3.addItemListener(this);
182 cb4.addItemListener(this);
183
184 scrY.addAdjustmentListener(this);
185
186 for(int i=0;i<4;i++){
187     c_fb[i].addItemListener(this);
188     c_lr[i].addItemListener(this);
189 }
190 b.addActionListener(this);
191
192 setBackground(new Color(128,128,255));
193 }//end init
194
195 public void actionPerformed(ActionEvent e){
```

```
196     if(e.getSource()==b){
197         mc.repaint();
198     }
199 }
200
201 public void adjustmentValueChanged(AdjustmentEvent e){
202     if(e.getSource()==scrY){
203         angY=scrY.getValue();
204         mc.setAngle(0,angY,0);
205         mc.repaint();
206     }
207 }//end adjustmentValueChanged
208
209 public void itemStateChanged(ItemEvent e){
210     if(e.getSource()==c_fb[0]){
211         c[4]=c_f[0]=(c_fb[0].getSelectedItem()).charAt(0);
212         c[0]=c_b[0]=(c_fb[0].getSelectedItem()).charAt(2);
213     }else if (e.getSource()==c_lr[0]){
214         c[3]=c_l[0]=(c_lr[0].getSelectedItem()).charAt(0);
215         c[1]=c_r[0]=(c_lr[0].getSelectedItem()).charAt(2);
216     }else if(e.getSource()==c_fb[1]){
217         c[8]=c_f[1]=(c_fb[1].getSelectedItem()).charAt(0);
218         c[5]=c_b[1]=(c_fb[1].getSelectedItem()).charAt(2);
219     }else if(e.getSource()==c_lr[1]){
220         c[7]=c_l[1]=(c_lr[1].getSelectedItem()).charAt(0);
221         c[6]=c_r[1]=(c_lr[1].getSelectedItem()).charAt(2);
222     }else if(e.getSource()==c_fb[2]){
223         c[12]=c_f[2]=(c_fb[2].getSelectedItem()).charAt(0);
224         c[9]=c_b[2]=(c_fb[2].getSelectedItem()).charAt(2);
225     }else if (e.getSource()==c_lr[2]){
226         c[11]=c_l[2]=(c_lr[2].getSelectedItem()).charAt(0);
227         c[10]=c_r[2]=(c_lr[2].getSelectedItem()).charAt(2);
228     }else if(e.getSource()==c_fb[3]){
```

```
229         c[17]=c_f[3]=(c_fb[3].getSelectedItem()).charAt(0);
230         c[13]=c_b[3]=(c_fb[3].getSelectedItem()).charAt(2);
231     }else if(e.getSource()==c_lr[3]){
232         c[15]=c_l[3]=(c_lr[3].getSelectedItem()).charAt(0);
233         c[14]=c_r[3]=(c_lr[3].getSelectedItem()).charAt(2);
234     }else if(e.getSource()==cb1){
235         mc.setAngle(0,0,0);
236     }else if(e.getSource()==cb2){
237         mc.setAngle(0,90,0);
238     }else if(e.getSource()==cb3){
239         mc.setAngle(0,180,0);
240     }else if(e.getSource()==cb4){
241         mc.setAngle(0,270,0);
242     }
243     c[2]=c[16]=' W' ;
244     mc.sendData(c);
245 } // end itemStateChanged
246 } //end FCube
247
248 class MyCanvas extends Canvas{
249     private int angX,angY,angZ;
250     private char[]c=new char[18];
251     public MyCanvas(){
252         setBackground(Color.gray);
253     }
254
255     public void setAngle(int r,int s,int t){
256         angX=r;
257         angY=s;
258         angZ=t;
259     }
260
261     public Color setColor(char c){
```



```
262     switch(c){
263         case 'R':
264             return Color.red;
265         case 'G':
266             return Color.green;
267         case 'B':
268             return Color.blue;
269         case 'Y':
270             return Color.yellow;
271         default:
272             return Color.gray;
273     }
274 }
275
276 public void sendData(char [] b){
277     c=b;
278 }
279
280 public void paint(Graphics g) {
281     Box bx=new Box();
282     bx.setdata(80.0,80.0,80.0);
283
284     for (int i=0; i<bx.x.length; i++) {
285         drawPGH (g,bx.x[i], bx.y[i], bx.z[i],250,400,setColor(c[i]));
286     }
287 } //end paint
288
289 public void drawPGH(Graphics g,double []x,double []y,
290     double []z,int xp,int yp,Color co) {
291     double x1,y1,z0,x2,y2,xi,yi,zi;
292     int len=x.length;
293     double [] xw=new double[len];
294     double [] yw=new double[len];
```

```
295     int [] xx=new int[len];
296     int [] yy=new int[len];
297     final double RAD=Math.PI/180.0;
298     double a=angX * RAD;
299     double b=angY * RAD;
300     double c=angZ * RAD;
301     double sinA=Math.sin(a),cosA=Math.cos(a);
302     double sinB=Math.sin(b),cosB=Math.cos(b);
303     double sinC=Math.sin(c),cosC=Math.cos(c);
304
305     for (int i=0; i<len; i++) {
306         xi=x[i]; yi=y[i]; zi=z[i];
307         x1= xi * cosB+zi * sinB;
308         y1= yi;
309         xx[i]=xp+(int)Math rint(x1);
310         yy[i]=yp-(int)Math rint(y1);
311         xw[i]=x1; yw[i]=y1;
312     }
313     if (Hvec(xw,yw) > 0) {
314         g.setColor(co);
315         g.drawPolygon(xx,yy,len);
316         g.fillPolygon(xx,yy,len);
317     }
318 } //end drawPGH
319
320 double Hvec(double []x,double []y) {
321     return(x[0] * (y[1]-y[2])+x[1] * (y[2]-y[0])+x[2] * (y[0]-y[1]));
322 } //end Hvec
323 } // end MyCanvas
324
325 class Box {
326     public double [] [] x=new double[18][4];
327     public double [] [] y=new double[18][4];
```

```
328 public double [] [] z=new double[18][4];
329 public void setdata(double a,double b,double c) {
330     x[0][0]=0; x[0][1]=0; x[0][2]=a; x[0][3]=a;
331     x[1][0]=a; x[1][1]=a; x[1][2]=a; x[1][3]=a;
332     x[2][0]=0; x[2][1]=0; x[2][2]=a; x[2][3]=a;
333     x[3][0]=0; x[3][1]=0; x[3][2]=0; x[3][3]=0;
334     x[4][0]=0; x[4][1]=a; x[4][2]=a; x[4][3]=0;
335
336     x[5][0]=0; x[5][1]=0; x[5][2]=a; x[5][3]=a;
337     x[6][0]=a; x[6][1]=a; x[6][2]=a; x[6][3]=a;
338     x[7][0]=0; x[7][1]=0; x[7][2]=0; x[7][3]=0;
339     x[8][0]=0; x[8][1]=a; x[8][2]=a; x[8][3]=0;
340
341     x[9][0]=0; x[9][1]=0; x[9][2]=a; x[9][3]=a;
342     x[10][0]=a; x[10][1]=a; x[10][2]=a; x[10][3]=a;
343     x[11][0]=0; x[11][1]=0; x[11][2]=0; x[11][3]=0;
344     x[12][0]=0; x[12][1]=a; x[12][2]=a; x[12][3]=0;
345
346     x[13][0]=0; x[13][1]=0; x[13][2]=a; x[13][3]=a;
347     x[14][0]=a; x[14][1]=a; x[14][2]=a; x[14][3]=a;
348     x[15][0]=0; x[15][1]=0; x[15][2]=0; x[15][3]=0;
349
350     x[16][0]=0; x[16][1]=a; x[16][2]=a; x[16][3]=0;
351     x[17][0]=0; x[17][1]=a; x[17][2]=a; x[17][3]=0;
352
353     y[0][0]=3 * b; y[0][1]=4 * b; y[0][2]=4 * b; y[0][3]=3 * b;
354     y[1][0]=3 * b; y[1][1]=4 * b; y[1][2]=4 * b; y[1][3]=3 * b;
355     y[2][0]=4 * b; y[2][1]=4 * b; y[2][2]=4 * b; y[2][3]=4 * b;
356     y[3][0]=3 * b; y[3][1]=3 * b; y[3][2]=4 * b; y[3][3]=4 * b;
357     y[4][0]=3 * b; y[4][1]=3 * b; y[4][2]=4 * b; y[4][3]=4 * b;
358
359     y[5][0]=2 * b; y[5][1]=3 * b; y[5][2]=3 * b; y[5][3]=2 * b;
360     y[6][0]=2 * b; y[6][1]=3 * b; y[6][2]=3 * b; y[6][3]=2 * b;
```

361 $y[7][0]=2 * b; y[7][1]=2 * b; y[7][2]=3 * b; y[7][3]=3 * b;$
362 $y[8][0]=2 * b; y[8][1]=2 * b; y[8][2]=3 * b; y[8][3]=3 * b;$
363
364 $y[9][0]=b; y[9][1]=2 * b; y[9][2]=2 * b; y[9][3]=b;$
365 $y[10][0]=b; y[10][1]=2 * b; y[10][2]=2 * b; y[10][3]=b;$
366 $y[11][0]=b; y[11][1]=b; y[11][2]=2 * b; y[11][3]=2 * b;$
367 $y[12][0]=b; y[12][1]=b; y[12][2]=2 * b; y[12][3]=2 * b;$
368
369 $y[13][0]=0; y[13][1]=b; y[13][2]=b; y[13][3]=0;$
370 $y[14][0]=0; y[14][1]=b; y[14][2]=b; y[14][3]=0;$
371 $y[15][0]=0; y[15][1]=0; y[15][2]=b; y[15][3]=b;$
372
373 $y[16][0]=0; y[16][1]=0; y[16][2]=0; y[16][3]=0;$
374 $y[17][0]=0; y[17][1]=0; y[17][2]=b; y[17][3]=b;$
375
376 $z[0][0]=0; z[0][1]=0; z[0][2]=0; z[0][3]=0;$
377 $z[1][0]=0; z[1][1]=0; z[1][2]=c; z[1][3]=c;$
378 $z[2][0]=0; z[2][1]=c; z[2][2]=c; z[2][3]=0;$
379 $z[3][0]=0; z[3][1]=c; z[3][2]=c; z[3][3]=0;$
380 $z[4][0]=c; z[4][1]=c; z[4][2]=c; z[4][3]=c;$
381
382 $z[5][0]=0; z[5][1]=0; z[5][2]=0; z[5][3]=0;$
383 $z[6][0]=0; z[6][1]=0; z[6][2]=c; z[6][3]=c;$
384 $z[7][0]=0; z[7][1]=c; z[7][2]=c; z[7][3]=0;$
385 $z[8][0]=c; z[8][1]=c; z[8][2]=c; z[8][3]=c;$
386
387 $z[9][0]=0; z[9][1]=0; z[9][2]=0; z[9][3]=0;$
388 $z[10][0]=0; z[10][1]=0; z[10][2]=c; z[10][3]=c;$
389 $z[11][0]=0; z[11][1]=c; z[11][2]=c; z[11][3]=0;$
390 $z[12][0]=c; z[12][1]=c; z[12][2]=c; z[12][3]=c;$
391
392 $z[13][0]=0; z[13][1]=0; z[13][2]=0; z[13][3]=0;$
393 $z[14][0]=0; z[14][1]=0; z[14][2]=c; z[14][3]=c;$

```
394      z[15][0]=0; z[15][1]=c; z[15][2]=c; z[15][3]=0;
395
396      z[16][0]=0; z[16][1]=0; z[16][2]=c; z[16][3]=c;
397      z[17][0]=c; z[17][1]=c; z[17][2]=c; z[17][3]=c;
398  }//end setdata
399 }//end Box
```

参考文献

- [1] 横山修・高瀬剛, 大学のIT 教育に関する基礎知見, 梅光大学・女子短期大学『論集』第36号, 2003.
- [2] 中学校学習指導要領 数学編, 文部省, 1999.
- [3] 高等学校学習指導要領 数学編 理数編, 文部省, 1999.
- [4] R.J.ウィルソン, グラフ理論入門, 近代科学社, 2001.
- [5] 山本芳人, Java による図形処理入門, 工学図書, 1998.
- [6] 湧井良幸・湧井貞美, パソコンで遊ぶ数学実験, 講談社, 2003..
- [7] 日本eラーニングコンソーシアムWebサイト (<http://www.elc.or.jp/>)