

K_ET_Cindy による反転授業教材の作成

木更津工業高等専門学校・基礎学系 山下 哲 (Satoshi Yamashita)
Faculty of Fundamental Research,
National Institute of Technology, Kisarazu College

1 カレッジ級数学の現状

高校 1 年次から理工系大学 2 年次まで（高専 1 年次から高専 5 年次までに相当）で修得すべき数学をカレッジ級数学と呼ぶ。Skemp の認知説 [1] によると、カレッジ級数学では、小中学校の算数・数学における用具的理解（規則を機械的に応用する能力）や関係的理解（数学的関係から手続きや規則を引き出せる能力）では不十分であり、数学の理論体系に関する記号的理解（記号体系と概念構造を同化する能力）や論理的理解が要求される。これらの理解を学生に実現させるには、理論の基礎事項を順次関連付ける必要があり、「何かを理解することは（認知的）つながりをつくることである」という Haylock の連合説 [2] とも関与する。例えば、微分の理論体系を学生に理解させるには、微分記号と微分概念（瞬間の変化率）を同化させることから始まり、微分の計算手段として導関数を導入し、微分概念が曲線の接線の傾き、関数の極大・極小、速度・加速度などに应用できることを論理的に理解させなければならない。微分概念から曲線の接線の傾きが求まり、曲線の接線の傾きから関数の極大・極小が判定できるというように、順次関連付けながら授業を進めていくことになる。

カレッジ級数学における授業の全体的な流れは上記のようになるが、毎回の授業では前後の関連付け以外にも注意しなければならないことがある。代数的な取り扱いに長けている学生であれば、形式的な論理だけでも理解できるが、一般的な学生には視覚化されたイメージ付けを行わないと理解しにくい。とくに、微分積分学は図形的意味から理解できることが多く、効果的な図を板書したり、スライドで見せたりしながら学生に提示することで、学生の理解が促進すると考えられてきた。ただし、提示した図を学生に配付することが難しく、学生が手元に残すにはノートに書き写すしか方法がなかった（最近は携帯電話で撮影するような要領の良い学生もいるが）。これを改善するために、私たちは数学ソフトウェアの付属パッケージ K_ET_Pic を開発し、T_EX で図入り教材を容易に作成できるようシステム化した。現在は K_ET_Cindy へと進化し、作成できる図のバリエーションが増えただけでなく、初心者でも手軽に使えるよう大幅に改善されている。

また、21 世紀はグローバル化された国際社会に耐え得る能力として、単なる「生きる力」から「主体的に考える力」が期待されるようになり、スーパーグローバル大学では「答えのない問題の答えを想像する」能力を育成する教育が求められ、知識偏重型であった日本の大学教育そのものが大きく変革されようとしている。このような情勢において、2011 年 8 月 28 日付の文部科学省中央教育審議会答申 [3] 以降「アクティブ・ラーニング」

が盛んに叫ばれ、大学や高専でも積極的に導入することが求められるようになった。ここで言う「アクティブ・ラーニング」とは、この答申の用語集によれば

教員による一方向的な講義形式の教育とは異なり、学修者の能動的な学修への参加を取り入れた教授・学習法の総称。学修者が能動的に学修することによって、認知的、倫理的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成を図る。発見学習、問題解決学習、体験学習、調査学習等が含まれるが、教室内でのグループ・ディスカッション、ディベート、グループ・ワーク等も有効なアクティブ・ラーニングの方法である。

この定義から、以下のことがわかる。

- 「学習者」ではなく、「学修者」を用いていることから、「アクティブ・ラーニング」では学生が主体的に学んで修得することを求めている。
- 「認知的、倫理的、社会的能力、教養、知識、経験を含めた汎用的能力の育成」から、知識以外の社会適応能力の育成も期待している。
- 「発見学習、問題解決学習、体験学習、調査学習等が含まれるが、教室内でのグループ・ディスカッション、ディベート、グループ・ワーク等も有効なアクティブ・ラーニングの方法」から、一方向講義形式以外であれば、どんな方法でもかまわない。

高等教育だけでなく、新しい学習指導要領にもアクティブ・ラーニングが盛り込まれるようになり [4]、小中学校からアクティブ・ラーニングを導入する動きがある。最も出遅れていた高校でも、最近、アクティブ・ラーニングへの関心が高い。このような流れも受けて、溝上 [5] は「アクティブラーニング」（溝上らが以前から使っていた用語）を次のように定義している。

一方向的な知識伝達型講義を聴くという（受動的な）学習を乗り越える意味での、あらゆる能動的な学習のこと。能動的な学習には、書く・話す・発表するなどの活動への関与と、そこで生じる認知プロセスの外化を伴う。

いずれにせよ、「一方向的な講義形式」ではなく、「書く・話す・発表するなどの活動」を取り入れて、学生が積極的に学習できるような授業を工夫していく必要がある。数学の授業では、通常、概念や公式等を解説する時間とこれらの理解を促すために演習する時間を盛り込んでおり、演習する時間をできる限り増やして、「書く・話す・発表するなどの活動」を取り入れれば、「問題解決学習」としてアクティブ・ラーニングに移行しやすい。

本論文では、以上のようなカレッジ級数学の現状に基づき、有効な授業デザインを提案し、KETCindy で作成した教材をどのように組み込むべきかについて記す。

2 KETCindy で作成できる教材について

本節では、KETCindy で作成できる教材について、インストールの際に配布されるサンプルを用いて紹介する。KETCindy 講習会に参加すると、インストール DVD が配布さ

れる。以下、最新版（2015年12月13日版）で説明する（旧版でも samples フォルダ内を見ればよい）。インストールDVD内にある InstallforWin フォルダまたは InstallforMac フォルダを自分のパソコンのOSに合わせて選び、デスクトップにコピーする。コピーしたフォルダ内にあるテキストファイル「インストールの手順 Win.txt（またはインストールの手順 Mac.txt）」を開き、書かれた通りに実行すると KeTCindy のインストールが完成する。KeTCindy/ketsample/samples に以下の11個のフォルダがある。

s1figure：平面図形	s2graph：関数のグラフ	s3table：表
s4bezier：自由曲線	s5spacefigure：空間曲線	s6animation：動画
s7slides：スライド	s8stat：統計(Rの利用)	s9surface：曲面
s10maxima：Maximaの利用	s11asir：Risa/Asirの利用	

ここで、s8stat, s10maxima, s11asir 以外では Scilab を利用している。各フォルダ内に図のサンプル cdy ファイルが含まれているから、これらを用いてどのような教材が作成できるか紹介しよう。

2.1 自由曲線

KeTpic でも spline 曲線を用いて自由曲線を描くことができるが、下絵にフィッティングさせるために、曲がりの急な所で節点を多くとる必要があり大変だった。KeTCindy では Bezier 曲線を用いるため、Cinderella 画面上で下絵上に最小限の節点を取り、制御点を動かすことで簡単にフィッティングできるようになった。では、s4bezier フォルダ内にある s404mtfuji.cdy ファイルで使い方を説明する。

まず、同じフォルダ内になる下絵の画像ファイル mtfuji.png を Cinderella 画面に取り込もう。Cinderella 画面のプルダウンメニューから「ファイル」→「メディアブラウザ」を選択する。「+」ボタン→「ファイルから読込」をクリックすると、s4bezier フォルダ内にある下絵の画像ファイル mtfuji.png を選択し開く。メディアブラウザを閉じ、プルダウンメニューから「スクリプト」→「CindyScript」を選択し、Draw/figures をクリックする。CindyScript 画面に以下の1行を記入する。

```
drawimage([0,0],"mtfuji.png",scale->3,alpha->0.5);
```

ここで、[0,0] は下絵の中心の座標、scale は下絵の大きさの倍率、alpha は下絵の不透明度を表す。ギアマークをクリックして、プログラムを実行すると、Cinderella 画面上に原点 (0, 0) 中心、3 倍の大きさ、半透明で下絵が取り込まれる（図1参照）。

次に、下絵上に節点を取り、制御点を作ろう。Cinderella 画面で下絵上に節点 A から節点 Q までを図1のようにとり、CindyScript 画面で以下のプログラムを記入する。

```
1 Setcolor("cyan",0.5);
2 Shade(["en1"]);
```

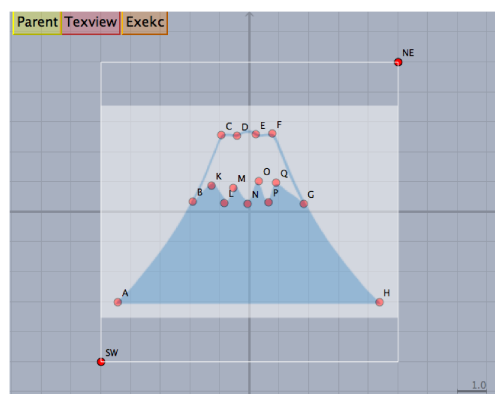


図1. 下絵と節点

```

3 Setcolor("cyan");
4 Mkbezierptcrv([A,B,C,D,E,F,G,H,A]);
5 Mkbezierptcrv([B,K,L,M,N,O,P,Q,G]);
6 Enclosing("1",["bzb","bza"],[B]);

```

プログラムを実行すると、節点を結んだ折れ線が生じ、各線分の3等分点として制御点が2個ずつ出現する。制御点を適当に動かすと、下絵にフィッティングでき、図2のPDFが出現する。上記プログラムでShadeを2行目に記すのは、自由曲線が塗りつぶして消えないように、先に塗りつぶしてから自由曲線を書くようにしているからである。

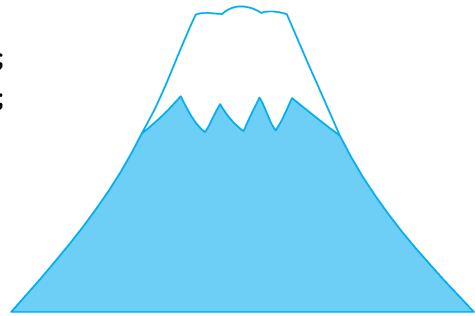


図 2. 自由曲線の PDF 表示

2.2 動画

K_ET_Cindy では、パラパラ動画や T_EX の animate 環境を用いた PDF アニメーションも作成できる。s6animation フォルダ内にある s601cycloid ファイルで使い方を説明する。CindyScript 画面で Draw/figures を開くと、サイクロイドの動画プログラムは以下のようになっている。

```

1 Ketinit();
2 Ketinitmv();
3 tmp=Paraamble("");
4 //Writeparaamble("paraamble.txt");
5 //tmp=Paraamble("paraamble.txt");
6 Addcolor("Circledata('1',[0,1],[1,1],[ ])",[1,0,0]);
7 Mf(s):=(
8   Circledata("2",[s,1],[s+1,1]);
9   Pointdata("2",[s-sin(s),1-cos(s)],["Size=4"]);
10  if(s>0,
11    Paramplot("2","[t-sin(t),1-cos(t)]","t=[0,s]","do");
12  );
13 );
14 Moviedata("Mf(s)","s=[0,2*pi]","Div=30","Cut=10");
15 // Use AdobeReader to diplay the movie
16 Mvdispg();

```

動画を作成するには、Ketinitmv(); と Mvdispg(); の間にプログラムを記す。3行目はパラパラ動画のプリアンブル部を書くために必要である。Mf(s):=(...); で媒介変数 s を用いて動画のコマ図を作成する。Moviedata(...); で動画を作成する。ここで、Div はコマ数、Cut はアニメーションで 1 秒間に表示するコマ数を表している。15 行目のコメントでは、アニメーションは animate 環境を用いており、Adobe Reader でしかサポー

トされていないことが記されている。

前述のプログラムを実行して、Cinderella 画面上にある「TexMv」ボタンをクリックするとアニメーションが表示される。「Exekc」ボタンをクリックすると、アニメーションの PDF ファイルが出現し、PDF 上の図の部分をクリックすればアニメーション開始する。パラパラ動画を作成するには、Cinderella 画面上で「Texpara」ボタン→「Exekc」ボタンの順でクリックすると、パラパラ動画のスライドが PDF で現れる。

2.3 スライド

K_ETpic でもスライドを作成できたが、K_ETCindy では簡単にスライドを作成できるよう改善した。s7slides ファイル内の sampleslide.cdy ファイルで使い方を説明する。まず、テキストファイル sampleslide.txt を TeraPad などのエディタで開くと、以下のように記されている。

```

1   タイトル::slide0::kabegami//
2   %%%%%%%%%%%%%%%//
3   main::メインスライド 1 //
4   %%%%%%%%%%%%%%%//
5   new::itemize 環境の使い方//
6   itemize//
7   item::内容//
8   item::結論//
9   end//
10  %%%%%%%%%%%%%%%//
11  new::enumerate 環境の使い方//
12  enumerate::[(1)]//
13  item::番号を変えるには、例えば [(1)]//
14  item::後は同じ//
15  end://
16  %%%%%%%%%%%%%%%//
17  new:: $\sin x$  のグラフと layer//
18  layer::{100}{50}//
19  putnote::se{40}{15}::sincurve1,0.5//
20  end//
21  same//
22  layer::{100}{0}//
23  putnote::se{40}{15}::sincurve1,0.5//
24  end//
25  %%%%%%%%%%%%%%%//
26  new::includegraphics と layer//
27  layer::{100}{0}//

```

```

28 putnote::s{60}{5}::include[bb=0 0 404 406,height=50mm]::exbezier.pdf//
29 end//

```

1 行目でタイトルスライド `slide0.tex` と `kabegami.tex` を挿入する。3 行目でタイトルのみのメインスライドを作成する。5 行目以降の `new::` で新しいスライドページを作成し、タイトル付ける。6 行目から 9 行目で `itemize` 環境、12 行目から 15 行目で `enumerate` 環境、18 行目から 20 行目で `layer` 環境の書き方が記されている。21 行目の `same::` でページ番号を変えずに新しいスライドを作成できる。一部だけ変更したり、追加で表示させたりする場合に利用する。これらのコマンドだけで簡単にスライドが作成できる。

`sampleslide.txt` でスライドの全体像を作成した後、`sampleslide.cdy` を開き、CindyScript を実行し、「Texview」ボタン→「Exekc」ボタンの順でクリックするとタイトルスライドのみ PDF で表示される。次に「Slides」ボタンをクリックすると、スライド全体が PDF で表示される。

3 反転授業教材の作成方法

本節では、反転授業に使用するビデオ教材を `KETCindy` で作成する方法について紹介する。ビデオ教材を作成するには、`KETCindy` で PDF のスライドを作成し、`ipad` のアプリケーションソフト `ExplainEverything` を用いて動画にする。

まず、2.3 節で説明した方法で `KETCindy` を用いてスライド用 `tex` ファイルを作成し、PDF で表示する。パラパラ動画のページを挿入したい場合は、2.2 節で説明した方法でパラパラ動画のスライド用 `tex` ファイルを作成し、`tex` ファイルとして挿入した後、コンパイルして PDF で出力する。これを繰り返して、スライド用 PDF ファイルが完成する。

次に、`ipad` を用いてスライド用 PDF ファイルを `ExplainEverything` に挿入して開く。声を入れたり、文字を書き入れたりすることも可能であるが、そのまま録画しても十分である。録画すると、`mp4` ファイルに変換でき、これを YouTube などの web ページにアップすれば学生が視聴できるようになる。

4 まとめと今後の課題

`KETpic` の機能をさらに使いやすく改良した `KETCindy` のおかげで、いろいろな形式の図入り教材を作成できるようになった。これらの教材の大きな特長は、どんな形式で作成しても全く同じ図が利用できる点である。今回、`KETCindy` による反転授業用ビデオ教材の作成方法を紹介したが、ビデオ教材の図と配付されたプリント教材の図、授業中提示されたスライドの図が全く同じであるため、学生はストレスなく、図から概念のイメージ付けすることに集中できる。

そこで、学生のアクティブ・ラーニングを誘発するような授業デザインとして、次のようなものが考えられる。まず、次の授業で解説する図入りプリントを 1 回前の授業で学生に配付しておく。学生に、反転授業用ビデオ教材（プリントと同じ図を採用）を視聴して予習ページを埋めてくるよう指示する。反転授業用ビデオ教材はあらかじめ web

ページにアップしておき、学生には web ページアドレスを教える。この予習では学生自身がわからなかった部分を明確化することが目的である。授業が始まると、予習させた部分の解説が始まり、必要があればスライド（プリントと同じ図を採用）で提示しながら説明する。学生は自分がわからなかった部分だけ集中して聞けばよく、効率的にメモが取れる。その後、演習時間を設定し、『学び合い』方式を採用し、学生同士で互いに教え合いながら問題を解かせる。出来上がったプリントを随時回収し、ミスがないかどうか大筋をチェックする。次回のプリントを配付して終了する。

今後は、このような授業を実践しながら、図入り教材の効果的な活用方法を探求し、学生のアクティブ・ラーニングを誘発するような授業デザインを模索していくつもりである。

参考文献

- [1] R. R. Skemp, “Globals of learning and qualities of understanding”, Mathematics Teaching, No.88, pp.44–49, 1979.
- [2] D. W. Haylock, “Understanding in Mathematics: Making connections”, Mathematics Teaching, No.98, pp.54–55, 1982.
- [3] 文部科学省中央教育審議会 平成 24 年 8 月 28 日答申「新たな未来を築くための大学教育の質的転換に向けて?将来学び続け、主体的に考える力を育成する大学へ?」, 2011.
- [4] 文部科学省中央教育審議会 平成 26 年 11 月 20 日「初等中等教育における教育課程の基準等の在り方について（諮問）」, 2014.
- [5] 溝上慎一,『アクティブラーニングと教授学習パラダイムの転換』, 東信堂, 2014.