

オンラインの教材作成パッケージについて

山口大学教育学部 北本卓也

1 はじめに

現在、新型コロナウイルスの影響もあり、ICT教育の小学校・中学校・高等学校への導入の機運が高まっている。効果的なICT教育の実現には、ハードウェアとともにソフトウェアの充実も欠かせない要素であるため、教員にとって使いやすい教材作成システムが求められている。

本稿では、 $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ を用いた教材作成システムであるKetCindyに注目する。KetCindyは東邦大学の高速教授を中心としたグループにより開発されている教材開発のための $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ のパッケージである。このパッケージは動的幾何ソフトウェアCinderellaを核として構成されており、 $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ による図はもとより、ブラウザで閲覧できる動的な図を作成することも可能であるため、教材として様々な機会に活用できる。本論文ではこのKetCindyのオンライン版、すなわちブラウザ上で動作するバージョンの作成について述べる。このオンライン版のKetCindyを用いればKetCindyをインストールされていないパソコンやiPadなどのタブレット、スマートフォン上でも $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ による図の作成が可能である。

なお、本研究で用いたシステムは[1]で発表したJavaScriptを用いた教材作成システムで開発されたものである。

2 KetCindyによる教材作成

$\text{T}_\text{E}_\text{X}$ はドナルド・クヌース(Donald E. Knuth)により開発された組版処理システムであり、現在は出版に限らず、多くの分野で活用されている。 $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ は数式の表現に優れており、理系分野の論文や書籍の多く使われているが、その一方で図の表現は苦手としており、 $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ の文書作成においては図は他で作成したものを取り込む方法が多用される。

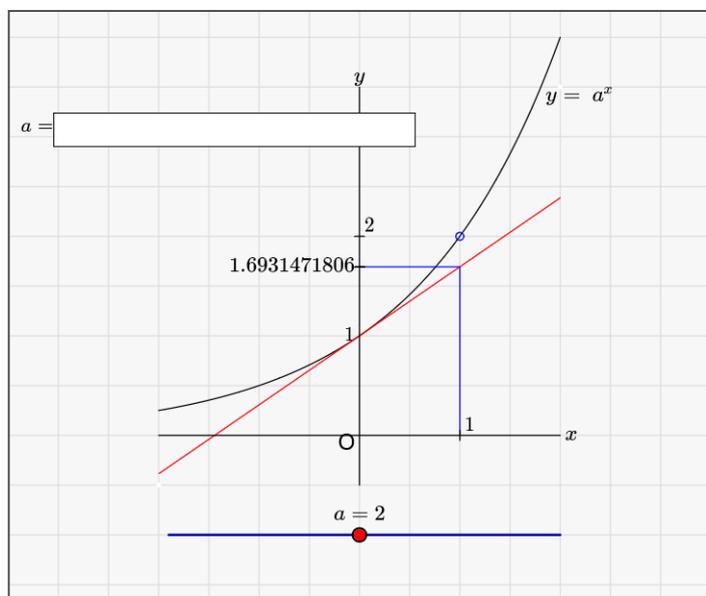
この $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ の図作成における問題の解決に向けて、東邦大学の高速教授を中心としたグループにより開発されている $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ のパッケージがKetCindyである。KetCindyは下記の利点から、特に理数系の教材作成に向いていると言われている。

- (a) 動的幾何システムCinderella上でインタラクティブにWYSIWYG式で図を作成できる。
- (b) $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ で静的な図のみでなく、ブラウザで閲覧できる動的な図を作成できる(これを用いた教材例は[3]を参照)。

KetCindyにおける教材作成は次のステップで行われる。

1. KetCindyの命令を組み込んでCinderellaで図を作成する。
2. CindyScriptで $\text{T}_\text{E}_\text{X}$ のソースファイルを作成するRのプログラムを生成する。

ネピアの数 e の定義(1)



- (1) スライダーを動かして, a の値を e の値に近づける.
- (2) a の値を代入し, さらに e の値に近づける.

図 1 : KetCindy で作成されたブラウザ上の教材

3. R のプログラムで $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ のソースファイルを生成する。
4. $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ のソースファイルをコンパイルして、dvi ファイルを生成する。
5. dvi ファイルから PDF ファイルを生成する。

上のステップからわかるように、KetCindy のシステムは $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ のみでなく、Cinderella や R などの複数のプログラムを組み合わせで実現されている。このため、システムのインストールの際にこれらのプログラムもインストールしなければならない、システムのインストールが煩雑であるという問題点も指摘されている。

また、先に述べたように KetCindy ではブラウザ上の教材も作成可能であるが、その場合は 1. のステップで作成した Cinderella の図を HTML ファイルに変換する。そのようにして作成した教材の例を 図 1 に示す (参考文献 [3] より引用)。

このようなブラウザ上の教材を利用する場合はブラウザさえインストールしておけば、教材を利用することは可能である (教材を作成するには KetCindy のシステムのインストールが必要になる)。ただし、その場合は 2. ~ 5. のステップで作成する $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ のソースファイルや PDF ファイルを得ることはできない。

radio button 追加	name: r1	選択肢: A,B,C	場所: basis	の後 ▾		
textarea 追加	name: t2	行数: 3	列数: 80	場所: t1	の後 ▾	
Cinderella 追加	name: c1	場所: basis		の後 ▾		
Quill 追加	name: q1	場所: basis		の後 ▾		
Javascript ボタン 追加	name: j1	label: 実行	行数: 10	列数: 80	場所: basis	の後 ▾
削除	name: test1					

図 2 : 教材作成メニュー

3 Web 上の教材作成システム

筆者は JavaScript を用いた教材作成システムを開発している ([1],[2])。このシステムの特徴は、JavaScript を活用することでブラウザ上での教材開発を可能にしていることである。現在、JavaScript 上で様々なシステムが開発されているが、これらを組み込むことで教材に必要ないろいろな機能を追加することができる。具体的には次のようなシステムを、現在のところ組み込むことができる。

- Quill (エディタ機能をシステムに追加)
- Algebrite (数式処理機能をシステムに追加)
- sha1 (暗号化機能をシステムに追加)
- Cinderella (動的幾何システムの機能をシステムに追加)

これらの機能を組み合わせることで、授業の補助教材や E-Learning 教材を作成することが可能になっている。

また、この教材は JavaScript をベースとしているが、JavaScript を知らなくてもブラウザ上で教材を WYSIWYG 式で作成できるようにするために、図 2 の「教材作成メニュー」を準備している。

これは HTML におけるラジオボタンやテキストエリア、ボタンなどを作成するためのメニューであり、各メニューのボタンは次の機能を持っている。

- 「radio button 追加」: 教材にラジオボタンを追加する。選択肢をコンマで区切って与える。選択されている button が何であるかを、JavaScript の関数で取得できる。
- 「textarea 追加」: 教材にテキストエリアを追加する。テキストエリアに書かれている内容を JavaScript の関数で取得できる。
- 「Cinderella 追加」: Cinderella で作成した図を HTML に変換したものを取り込む。この図は上の「textarea 追加」で追加したテキストエリアに書かれた CindyScript(Cinderella におけるプログラミング言語)により操作できる。
- 「Quill 追加」: 教材に Quill エディタを追加する。ワープロのようなメニューが現れ、文章を装飾したり、絵や動画を埋め込んだりすることが可能になる。また、 \TeX の書式で数式を入力することも可能。

- 「Javascript ボタン追加」：教材にテキストエリアとボタンを追加する。作成されたテキストエリアの中に JavaScript のコードを入力して、作成されたボタンをクリックすると JavaScript のコードが実行される。今回の KetCindy のオンライン化は主にこの機能を用いて行った。
- 「削除」：上記で追加した機能を削除する。

4 システムのオンライン化

4.1 概要

ここでは、第2節の「KetCindy による教材作成」で解説した KetCindy のシステムのオンライン化について述べる。システムのオンライン化には第3節の「Web 上の教材作成システム」を用いている。本稿で述べるオンライン化されたシステムでは、前節で述べた KetCindy における教材作成のステップを次のように行う。

1. 第2節の 1. のステップと同様に KetCindy の命令を組み込んで Cinderella で図を作成する。
2. 上の 1. のステップで生成した Cinderella の図を HTML ファイルに変換する。その HTML ファイルから Cinderella の図の生成に必要な情報を取り出し、それを用いて JavaScript で Cinderella の図をブラウザ上に作成する。
3. ブラウザの JavaScript 上で CindyScript を動かし、 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ のソースファイルを作成する R のプログラムを生成する。
4. 上の 3. で作成した R のプログラムをサーバーへ転送し、サーバー上で R を動かし、 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ソースファイルを生成する。
5. サーバー上で $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ のソースファイルをコンパイルし、dvi ファイルを生成する。
6. サーバー上で dvi ファイルから PDF ファイルを生成する。

オンライン化されたシステムの処理の流れを図3に示す。このようにシステムをオンライン化すると、サーバーが必要となり、サーバー維持やセキュリティ確保のための手間や経費等が必要となるが、その一方で、オンライン化されていないシステムに比べ、下記の長所を得る。

- 教材作成者は Cinderella のみをインストールすればよく、R や $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ などのソフトウェアをインストールする必要がない。
- Web 上の教材を使うユーザーも $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ のソースファイルや PDF ファイルのダウンロードが可能になり、パソコンからだけでなく、タブレットやスマートフォンからも $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ のソースファイル生成等が行える。

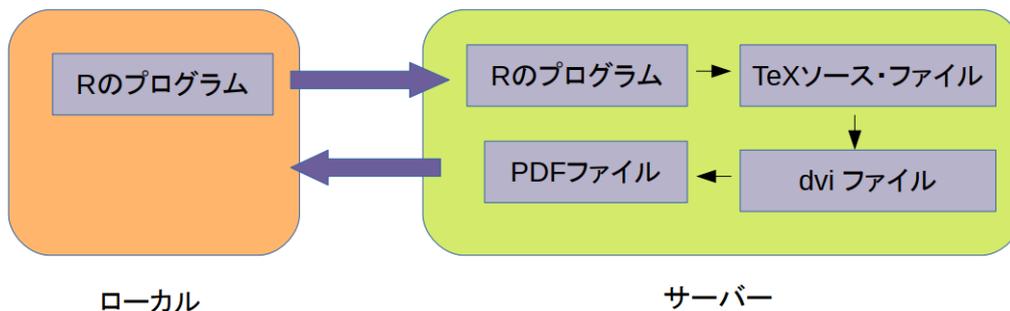


図3：オンライン化されたシステムの処理の流れ

4.2 システムの作成方法

図1の教材をオンライン化したものを図4,5に示す(画面が1つに入らないため、2つに分割した)。このオンライン化された教材は図2の教材作成メニューを用いて作成されている。以下、どの部分がどのメニューを用いて作成されたか述べる。

- 図4の (geometry):, (transform):, (init):, (draw):, (rscript): の名前の下にあるテキストエリアは第3節の「Web上の教材作成」で解説した「textarea追加」の機能で追加されている。
- 図4,5にある (j1):, (j2):, (j3):, (j4): の名前の下にあるテキストエリアと「KetCindy」「PDF View」「TeXpicture source download」「TeXFull source download」などのボタンは「JavaScriptボタン追加」で追加されている(「JavaScriptボタン追加」はプログラムを書いておくテキストエリアと、そこに書かれたプログラムを実行するためのボタンを追加する)。
- 図5の (c1): の下に表示されている Cinderella の図は、「Cinderella追加」で追加されている。

4.3 処理の実現方法

図4,5のオンライン化されたシステムでは、「KetCindy」「PDF View」「TeXpicture source download」「TeXFull source download」などのボタンをクリックすることにより、PDFファイルの表示などの処理が実行される。ここでは、各ボタンをクリックすると、どんな処理がどのように実行されるのかを解説する。

- (j1): のテキストエリアの下にある「KetCindy」のボタンをクリックするとテキストエリア内の命令

```
gen_cinderella_textarea("c1","geometry","transform","init","draw");
```

を実行する。これは上の「4.1 概要」のところの2.のステップを実行するJavaScriptの命令である。具体的には、この命令は (geometry):, (transform):, (init): のテキ

管理メニュー：
 編集モードへ行く

ユーザー名：kita

(basis):
 (geometry):

```
{name: "SW", type: "Free", pos: [4.0, 1.0, -2.0], color: [1.0,1.0,1.0], labeled: false, size: 2.0, border:false },
 {name: "NE", type: "Free", pos: [-2.2857142857142856, -4.0, -1.1428571428571428], color: [1.0,1.0,1.0], labeled: false, size: 2.0,
```

(transform):

```
{visibleRect: [-3.6510865462471025, 4.322036600687611, 3.0025014936212773, -1.2915788547979796]}
```

(init):

```
Ketcindyjsfigure=0;
Ketcindyjsscale=1;
```

(draw):

```
Ketinit();
Ketcindyjsbody(["<p,f10>_;ネピアの数eの定義"],[]);
Setax(["Size=1.5","a0.5"]);
Slider("A",[-2+0.1,-1],[2,-1]);
```

(rscript):

```
# date time=2020/1/6 14:43:21
setwd('C:/tmp2')
source('C:/texlive/2019/texmf-dist/scripts/ketcindy/ketlib/ketpiccurrent.r')
```

(j1):

```
gen_cinderella_textarea("c1","geometry","transform","init","draw");
```

KetCindy

図 4：教材をオンライン化したもの (1)

(j2):

```
clear_textarea("rscript");
exe_cs("c1", 'OLWritetoRS("rscript", "sh")');
```

PDF View

(j3):

```
clear_textarea("rscript");
exe_cs("c1", 'OLWritetoRS("rscript", "sh")');
```

TeX picture source download

(j4):

```
clear_textarea("rscript");
exe_cs("c1", 'OLWritetoRS("rscript", "sh")');
```

TeX full source download

(c1):

図 5 : 教材をオンライン化したもの (2)

ストエリアに書かれた情報を元にして (c1):(図5) のところに Cinderella の図を作成する。

- (j2): のテキストエリアの下にある「PDF View」のボタンをクリックするとテキストエリア内の命令

```
clear_textarea("rscript");
exe_cs("c1", 'OLWritetoRS("rscript","sh")');
exe_web_textarea("http://www.ktky.online/ketcindy/ket_com5a.php?
  key=", "rscript");
```

を実行する。この命令は上の「4.1 概要」のところの 3. ~ 6. のステップを実行する JavaScript の命令である。具体的は (c1): の下に表示されている Cinderella の図に基づいて $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ファイルを生成したのち、その $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ファイルから PDF ファイルを作成し、表示させる。3行からなっているが、各行の命令の中身は以下の通りである。

1行目の命令は (rscript): の名前がついているテキストエリアを空欄にする。次の2行目の命令は「4.1 概要」の 3. のステップに当たる処理を行う命令で、(rscript): の名前がついているテキストエリアに「 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ のソースファイルを作成する R のプログラム」を書き込む。最後の3行目の命令は「4.1 概要」の 4. ~ 6. のステップに当たる処理を行う命令で、「 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ のソースファイルを作成する R のプログラム」をサーバーに転送し、PDF ファイルを生成させ、それを表示させる。

- (j3):, (j4): のテキストエリアの下にある「 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ picture source download」と「 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ full source download」のボタンをクリックすると、テキストエリア内の命令

```
clear_textarea("rscript");
exe_cs("c1", 'OLWritetoRS("rscript","sh")');
exe_web_textarea("http://www.ktky.online/ketcindy/ket_com5b.php?
  key=", "rscript");
```

と

```
clear_textarea("rscript");
exe_cs("c1", 'OLWritetoRS("rscript","sh")');
exe_web_textarea("http://www.ktky.online/ketcindy/ket_com5c.php?
  key=", "rscript");
```

をそれぞれ実行する。この命令は上の「4.1 概要」のところの 3. ~ 4. のステップを実行する JavaScript の命令である。

これらは (c1): の下に表示されている Cinderella の図に基づいて $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ファイルを生成したのち、その $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ファイルをダウンロードさせる命令である (前者は絵を描く部分のみの $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ファイルを、後者は $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ ファイル全体をダウンロードさせる)。

3行ある命令の1行目、2行目は上の「PDF View」のボタンに対応する命令と同じである。3行目の命令も、「 \TeX のソースファイルを作成するRのプログラム」をサーバーに転送するところまでは同じで、その結果、PDFファイルをサーバーから受け取るのか、 \TeX のソースファイルをサーバーから受け取るのかという所が違っているのみである(この3行目は「4.1 概要」の4.のステップに相当)。

4.4 教材の作成・利用方法

ここで解説したシステムは、`(geometry):`、`(transform):`、`(init):`、`(draw):`のテキストエリアの情報を変更するだけで、様々な教材に対応できる。このシステムを用いた教材作成の具体的な手順は以下の通りである。

1. 第2節の1.のステップと同様にKetCindyの命令を組み込んでCinderellaで図を作成する。
2. 上の1.のステップで生成したCinderellaの図をHTMLファイルに変換し、HTMLファイルから`geometry`、`transform`、`init`、`draw`の情報を取り出し、それぞれ`(geometry):`、`(transform):`、`(init):`、`(draw):`のテキストエリアに入力する。

上の手順からわかるように、このシステムで教材作成を行うにはCinderellaがインストールしてあれば十分である(KetCindyのインストールと比べ、負荷が少ない)。

このように作成された教材は、次の手順で利用できる。

1. 作成された教材をブラウザで開き、「KetCindy」のボタンをクリックする(これで`(geometry):`、`(transform):`、`(init):`、`(draw):`のテキストエリアの情報からCinderellaの図が生成される)。
2. PDFファイルを表示するためには「PDF View」を、 \TeX のソースファイルをダウンロードさせるには「 \TeX picture source download」または「 \TeX full source download」のボタンをクリックする。

上の手順からわかるように、このシステムの利用はブラウザさえあれば可能で、パソコンはもちろんのこと、スマートフォンやタブレットなどからも利用可能である。

5 セキュリティの課題

本システムではサーバーを用いるので、その管理やセキュリティの確保が必要となる。本稿で解説したようにRのプログラムをサーバーに送り実行させているが、本システムへの攻撃方法として、サーバーに偽装したRのプログラムを送り実行させる方法が考えられる。それを防ぐため、サーバーにRのプログラムを送る際に、「ケルベロス認証で用いるような認証のチケットを一緒に送る」ことでセキュリティを確保することを現在、検討している。

6 まとめと今後の課題

本研究では、図の作成をインタラクティブに WYSIWYG 式で作成するための $\text{T}_\text{E}\text{X}$ のパッケージである KetCindy のオンライン化について述べた。

KetCindy をオンライン化することにより、 $\text{T}_\text{E}\text{X}$ のソースファイル作成や PDF ファイルの作成などをサーバー側で行えるので、教材作成者は Cinderella のみをインストールすればよく、インストールの手間が軽減する。

また、教材の利用者はタブレットやスマートフォンでも PDF ファイルや $\text{T}_\text{E}\text{X}$ ソースファイルの生成が可能になり、教材利用の可能性が広がると考えられる。

これらのオンライン化は JavaScript をベースとした教材作成システムを活用することにより行われたが、この教材作成システムには数式処理機能なども含まれるので、オンライン化された KetCindy に新たな機能を組み込むことも可能なのではないかと考えられる。これらの可能性の検討と、上で述べたサーバーのセキュリティの確保が今後の課題である。

参考文献

- [1] 北本卓也, Web 上の教材作成について, 2019 年度 RIMS 共同研究 ”Computer Algebra - Theory and its Applications”, 京都, 2019 年 12 月.
- [2] T. Kitamoto, M. Kaneko, S. Takato, E-learning system with Computer Algebra based on JavaScript programming language, Proc. of ATCM 2018, pp. 123-133, Yogyakarta, 2018.
- [3] 数学教員のための HTML 教材, URL: <https://sattch.github.io/math-lab/>