

HTML5を用いた授業支援ツールについて

On the application of HTML5 technologies to classroom support

山口大学 教育学部 北本 卓也 ^{*1}
TAKUYA KITAMOTO
FACULTY OF EDUCATION, YAMAGUCHI UNIVERSITY

1 はじめに

これからの時代を生きる子ども達にとって、教育における ICT を基盤とした先端技術の活用は必須である。ICT の環境を整えるため、GIGA スクール構想が提案され、児童生徒向けの 1 人 1 台端末と、高速大容量の通信ネットワーク環境が整備されつつある。しかしながら、授業において ICT を活用するためのソフトウェアや教材が不足しており、導入された ICT 機器の機能を十分に発揮できていないのが現状である。

そこで本稿では、これらの ICT 機器の機能を発揮するための教材作成ツールを提案し、それを用いた作成した E-learning 教材例を示す。本稿で提案する教材作成ツールは、HTML5 の技術を活用することによりブラウザ上でボタンをクリックするだけで図、テキストボックスやボタン、文章を整形するためのメニューなどを画面に追加可能であり、それらを用いてブラウザ上で教材作成をすることができる。

今回の教材作成では、特に図形操作を伴う E-learnig 教材を意識し、ベクトルを取り扱うものを取り上げる。後に示すように、生徒がブラウザ上で図を操作し、作成した図を答えとして回答する新しい回答形式を採用した E-learnig 教材を教材例として提示する。

2 システムの構成

2.1 従来の教材作成システム

従来使われている E-learning システムの多くは、Web サーバーに E-learning システムや数式処理システムを搭載し、教材作成者と教材利用者がともにその Web サーバーにアクセスして使う形を取っている。この形の教材作成システムは以下のような問題点を抱えている。

- Web サーバーに E-learning システムや数式処理システムをインストールする必要があるため、そのサーバーの管理者権限が必要である。これは安価なレンタルサーバーは使えないことを意味している。また管理の手間も必要となる。
- 計算や処理が Web サーバー上で行われるため、教員や生徒がシステムを使用しているときにはネットワークへのアクセスが必要である。

^{*1} 〒 753-8513 山口市吉田 1677-1 E-mail: kitamoto@yamaguchi-u.ac.jp

機能	名前	場所	オプション
radio button 追加		basis の後 ▾	選択肢: A,B,C
textarea 追加	t1	basis の後 ▾	行数: 10 列数: 80
Cinderella 追加	c1	basis の後 ▾	
Quill 追加	q1	basis の後 ▾	
Javascript ボタン 追加	j1	basis の後 ▾	label: 実行 行数: 10 列数: 80
HTML埋め込み	h1	basis の後 ▾	src: 幅: 800 高さ: 500
削除	test1		

図 1：教材作成メニュー

それに対し、筆者は HTML5(Javascript) を活用した教材作成システムを提案している。このシステムは基本的には HTML ファイルと Javascript のファイルからなっており、具体的な構成は以下の通りである。

- プログラム部分は Javascript で記述されている。
- エディタの部分は Quill (Javascript のライブラリ、参考文献 [4]) を用いている。また、数式表示は KaTeX (Javascript のライブラリ) を用いて行われる。
- 数式処理の計算は Algebrite (Javascript のライブラリ、参考文献 [3]) を用いて行われる。
- 暗号化の処理は sha1 (Javascript のライブラリ) を用いて行われる。
- データの保存はブラウザの Web Storage の機能を用いて行われる。

上で述べたように、このシステムは HTML ファイルと Javascript のライブラリのみを用いて構成されており、Google Chrome, Firefox や Safari などのモダンなブラウザが動作するパソコン・スマホ・タブレットなどの環境であれば動作する。このため、以下のような従来の E-learning システムにない特徴を持っている。

- 教材の配布をメールやファイルのコピーで行い場合は Web サーバーを必要としない。また、教材の配布をに Web サーバーで行い場合でも、通常の Web サーバーを用いる事が可能で、安価なレンタルサーバーを活用できる。
- 計算や処理がパソコンまたはスマホ上で行われるため、一旦システムをロードすればその後はネットワークアクセスが必要ない。

すなわち、本稿のシステムは下記のような長所を持っている。

- 使用するのにサーバー管理などの専門知識が不要なので、小・中・高等学校でも容易に管理ができる。
- 教室でもネットワーク接続が不要なので、計算機環境を問わない。
- ブラウザ上で簡単に教材作成が可能である。

従来型のシステムは管理が難しいので、小中高等学校での活用が困難である。本稿で提案するシステムは、現場の教員が自分で教材を作成する、もしくは既にあるものを自分の授業に合わせてカスタマイズすることを可能にするものである。このシステムでは、ブラウザ上で教材を作成するために、図 1 の教材作成メニューを準備している。これらの機能は以下の通りである。

- radio button 追加：ブラウザ上にラジオボタンを追加する。選択肢は「選択肢」で指定された項目(コンマで区切って指定)。

- textarea 追加：ブラウザ上にテキストエリアを追加する。行数、列数を指定する。
- Cinderella 追加：ブラウザ上に Cinderella の図を追加する。
- Quill 追加：ブラウザ上に Quill のメニューを追加する。このメニューを Word のように用いて文章や図、リンク、動画等をブラウザ上に追加する。
- Javascript ボタン 追加：Javascript の命令を入力するためのテキストエリアと、そこに書かれた命令を実行するためのボタンをブラウザ上に追加する。
- HTML 埋め込み：他のホームページを画面に埋め込む。src にはそのホームページの URL またはファイル名を指定する。
- 削除：上で追加した様々な機能を削除する。機能を追加するときに指定した名前を指定して削除する。

これらのメニューを用いて、教材を作成する。例えば、ブラウザ上に Cinderella の図を埋め込み、その解説を書き込めば、図を動かしながら問題を考えるような教材の作成が可能である。上に述べたように、本稿のシステムでは Javascript の命令を使うことができるので、プログラムを用いることで様々な処理（例えば、乱数の発生）が可能である。また、Algebrite を取り込んでいるので数式処理計算が可能で、数学の問題の採点を行う簡易的な E-learning システムも作成可能である。具体的な使い方などの詳細は紙面の都合のため本稿では省略するので、参考文献 [5],[6] を見ていただきたい。

3 教材作成

3.1 E-learning の新しい回答形式

E-learning における回答形式としては、選択肢から選ぶ形式のものがこれまでよく使われてきた。これに対し、数式処理システムを用いて回答を数式の形で入力するものがいくつか提案されている。例えば、Moodle(参考文献 [1]) ではデフォルトの状態では選択式の回答形式しか選べないが、Stack のプラグイン(参考文献 [2]) を導入することにより解答を数式で入力することが可能になる (Stack の場合、数式処理システムは Maxima を利用)。

本稿では、それらに加えて「図による回答形式」を提案する。これは文字通りに図形を動かしてそれで問題に回答する形式で、作図問題などに適している。この回答形式を用いた E-learning の教材例を図 2 に挙げる。この教材は以下の特徴を持っている。

- 教材中の図は Cinderella で作図したものを取り込んだものであり、赤色の点は全て動かす事が可能である。
- 図の左上にあるアイコンをクリックすることにより、新しい点を図に置いたり、線分を引いたり、円を描くことが可能である。
- 図の右下にある線分 EF も動かすことが可能であり、線分 EF の長さがリアルタイムで表示されるため、定規として使うことが可能である。
- 回答が終わった後(点 D を問いで指定された場所に置いた後)、「判定」をクリックすると、回答の正誤が判定され、正しければ「正解」、誤っていれば正しい回答(正しい点の位置が表示される)。
- 「出題」をクリックすると、新たな問題が画面に表示される(問題の数値はランダムに変わる)。

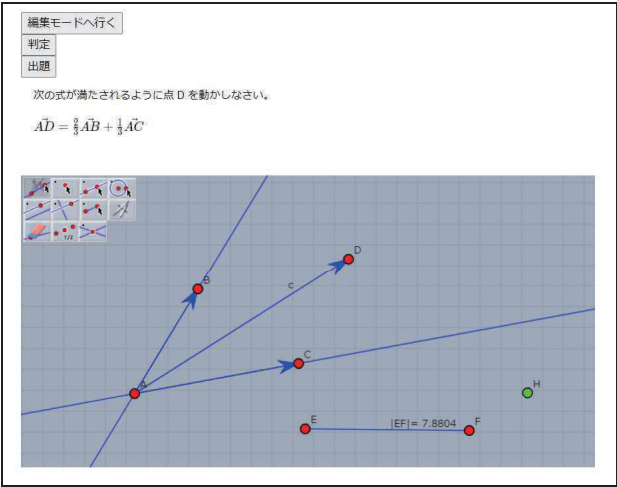


図 2：図による回答形式を用いた教材例

3.2 教材の使い方（生徒）

図 2 にある問題はベクトルでよくある問題で、線分 BC を 1:2 に内分する所に点 D を置くのが正解であるが、生徒が次のようにして教材を使うことを想定している。

- (i) 左上のアイコンの上段左から 3 番目にあるアイコン（これは線分を引くためのアイコン）をクリックした後に、点 B,C をクリックすることにより、2 点 B, C の間に線分を引く。
- (ii) 右下のある線分 EF を定規として用いながら、線分 BC を 1:2 に内分する点を特定し、そこに点 D を置く。
- (iii) 「判定」のボタンをクリックして、回答の正誤をチェックする。
- (iv) 回答が間違っている場合は、「出題」をクリックして次の問題（問題の数値が変わる）を表示させ、もう一度問題を解く。

3.3 教材の構成

この教材には「編集モード」（教員が教材を編集するときのモード）と「テストモード」（生徒が教材を利用するときのモード）の 2 種類のモードがあるが、「編集モード」での画面を図 3 に示す。

図 3 のラベル (t1): の下にあるテキストボックスは、図 1 の教材作成メニューの「textarea 追加」のボタンをクリックすることにより作成されたものであり、CindyScript のスクリプトを保存するためのものである。テキストボックスのすぐ上にある「表示」の所にチェックマークがついていないので、このテキストボックスは「テストモード」では表示されない。

ラベル (j1):, (j2):, (j3): の下にあるテキストボックスとボタンは、図 1 の教材作成メニューの「Javascript ボタン追加」のボタンをクリックすることにより作成されたものである。テキストボックス内にはそれぞれ次のような内容の Javascript のプログラムが保存される。

ユーザー名: yuzu

テストモードへ行く

管理メニュー: 保存

機能	名前	場所	オプション
radio button 追加		basis の後 v	選択数: A,B,C
textarea 追加	t1	basis の後 v	行数: 10 列数: 80
Cinderella 追加	c1	basis の後 v	
Quil 追加	q1	basis の後 v	
JavaScript ボタン 追加	j1	basis の後 v	label: 実行 行数: 10 列数: 80
HTML埋め込み	h1	basis の後 v	src: 幅: 800 高さ: 500
削除	testf		

☐ 表示

(basis):

☐ 表示

☐ 表示

(t1):

☐ 表示

```
opentop() {
  [[Move, "Point", "Line", "Circle"],
  [[Parallel, "Orthogonal", "Segment", "Compass"],
  [Delete, "Move", "Interactive"]],
  [2,2,flipped->false]);
}
```

☐ 表示

(j1):

☐ 表示

```
exe_cs_textarea("c1", "t1");
backup_quil("q1");
```

☐ 表示

初期化

☐ 表示

☐ 表示

(j2):

☐ 表示

```
cs_to_js(["c1", "A.x", "B.x"],
cs_to_js(["c1", "A.y", "B.y"],
cs_to_js(["c1", "D.x", "B.x"],
cs_to_js(["c1", "D.y", "B.y"],
cs_to_js(["c1", "C.x", "D.x"],
cs_to_js(["c1", "C.y", "D.y"]);
```

☒ 表示

判定

☐ 表示

☐ 表示

(j3):

☐ 表示

```
recover_nu11(["c1"]);
p = randint(1,3);
q = randint(1,3);
pq = p*q;
p1 = Algebraic.run(numerator("x^p"/"x^q"));
```

☒ 表示

出題

☐ 表示

☒ 表示

(q1):

☒ 表示

Sans Serif Normal B I U G A 関 x, x² H₁ H₂ ㄱ ㄴ ㄷ ㄹ ㄺ ㄻ ㄼ ㄽ ㄾ ㄿ ㅀ ㅁ ㅂ ㅃ ㅄ ㅅ ㅆ ㅈ ㅉ ㅊ ㅋ ㅌ ㅍ ㅎ

次の式が満たされるように点 D を動かして下さい。

$$\vec{AD} = \frac{|a|}{|a|} \vec{AB} + \frac{|a|}{|a|} \vec{AC}$$

☐ 表示

(c1):

☐ 表示

ファイルを選択 選択されていません

☒ 表示

図 3 : 教材の構成 (編集モード)

- (j1): 教材を初期化するプログラム。
- (j2): 解答の正誤を判定するプログラム。具体的には、点 D が求められた位置にあるかどうかを判定する（プログラムの詳細は後述）。
- (j3): 新しい問題を生成するプログラム。具体的には、乱数を用いて $\vec{AB}$, $\vec{AC}$ の前の係数をその和が 1 となるように生成する（プログラムの詳細は後述）。

「判定」と「出題」のボタンのすぐ上にある表示の所にチェックマークがついているので、この 2 つのボタンは「テストモード」でも表示される。その他のボタンやテキストボックスは、すぐ上の表示の所にチェックマークがついていないので「テストモード」では表示されない。

ラベル (q1): の下にある文章整形用のメニューは、図 1 の教材作成メニューの「Quill 追加」のボタンをクリックすることにより作成されたものである。Word などのワープロソフトで行うようにこのメニューを用いて、文章を入力することができる。実際、その下にある問題の解説文はその文章整形用のメニューを用いて書かれたものである。図 3 にあるように、数式を入力することも可能である（数式の入力には TeX 形式の命令を用いる）。また、図 3 の問題の数式中にある $[[p1]]$ は Javascript の変数 $p1$ の値を表している。 $[[p2]]$, $[[q1]]$, $[[q2]]$ も同様で、このようにして問題文中を Javascript の変数の値を埋め込むことで、問題文の更新を実現している。

最後にラベル (c1): の下にある図は動的幾何ソフトウェア Cinderella により作成したものを、図 1 の教材作成メニューの「Cinderella 追加」のボタンを用いて埋め込んだものである。

3.4 教材の動作原理

まず、教材を使うための手順について解説する。

- (a) 「編集モード」で「初期化」ボタンをクリックした後に、「テストモードへ行く」をクリックし、「テストモード」に移行する。
- (b) 「テストモード」の画面（図 2）で「出題」をクリックする（ $\vec{AB}$, $\vec{AC}$ の前の係数がランダムに決められ、問題が出題される）。
- (c) 3.2 節の「教材の使い方（生徒）」で解説したステップ (i) ~ (iv) に従って、教材を生徒に使ってもらう。

それぞれのステップでの教材の動作原理について解説する。

上の (a) のステップの「初期化」のボタンをクリックすると、ラベル (j1): の下のテキストボックス内にある下記の Javascript のコードが実行される。

```
1 exe_cs_textarea("c1","t1");
2 backup_quill("q1");
```

1 行目の `exe_cs_textarea("c1","t1");` はラベル (t1): の下にあるテキストボックス内にある下記の命令を CindyScript として実行する命令である（これは図形描画のためのアイコンを左上に表示させる命令である）。

```
1 createtool(
2   ["Move","Point","Line","Circle"],
3   ["Parallel","Orthogonal","Segment","Compass"],
4   ["Delete","Mid","Intersection"] ]
5   ,2,2,flipped->false);
```

2 行目の `backup_quill("q1");` はラベル (q1): の Cinderella の図の初期状態の情報を保存する命令である。(問題を繰り返し出題するために初期状態を保存することが必要)。

以上の命令により、問題を出力するための準備が終了する。

次に教材を使うための手順のステップ (b) について解説する。(b) のステップの「出題」のボタンをクリックすると、ラベル (j3): の下のテキストボックス内にある下記の Javascript のコードが実行される。

```
1 recover_quill("q1");
2 p = randint(1,3);
3 q = randint(1,3);
4 pq = p+q;
5 p1 = Algebrite.run('numerator('+p+'/'+'pq+')');
6 p2 = Algebrite.run('denominator('+p+'/'+'pq+')');
7 q1 = Algebrite.run('numerator('+q+'/'+'pq+')');
8 q2 = Algebrite.run('denominator('+q+'/'+'pq+')');
9 replace_quill_contents("q1",["[[p1]]",p1,["[[q1]]",q1,["[[p2]]",p2,["[[q2]]",q2
  ]]);
```

1 行目の `recover_quill("q1");` はステップ (a) の `backup_quill("q1");` で保存した Cinderella の図の初期状態の情報を元に戻す命令である。2,3 行目で変数 p, q に 1 から 3 までの整数をランダムに設定し、4 行目で変数 pq を $p+q$ の値に設定する。5~8 行目で変数 $p1, p2, q1, q2$ を $p1/p2 = p/(p+q)$, $q1/q2 = q/(p+q)$ を満たす整数としているが、 $p/(p+q)$ が可約である (例えば $2/4$ のような) 場合があるので、Javascript で書かれた数式処理システムである Algebrite を用いて有理数の既約化を行っている (Algebrite.run() は Algebrite の命令を実行する Javascript の関数)。最後に 9 行目の `replace_quill_content(...)` の命令で問題文の $\overline{AB}$, $\overline{AC}$ の前にある係数を $p1/p2, q1/q2$ で置き換えている。

以上の命令により、新しい乱数が生成され、それらが $\overline{AB}$, $\overline{AC}$ の前にある係数に設定され問題が出力される。

最後に教材を使うための手順のステップ (c) について解説する。(c) のステップの「教材の使い方 (生徒)」のステップ (iii) での「判定」のボタンをクリックすると、ラベル (j2): の下のテキストボックス内にある下記の Javascript のコードが実行される。

```
1 cs_to_js("c1", "A.x", "ax");
2 cs_to_js("c1", "A.y", "ay");
3 cs_to_js("c1", "B.x", "bx");
4 cs_to_js("c1", "B.y", "by");
5 cs_to_js("c1", "C.x", "cx");
6 cs_to_js("c1", "C.y", "cy");
7 cs_to_js("c1", "D.x", "dx");
8 cs_to_js("c1", "D.y", "dy");
9 abx = bx-ax;
10 aby = by-ay;
11 acx = cx-ax;
12 acy = cy-ay;
13 adx = dx-ax;
14 ady = dy-ay;
15 m = p1/p2;
16 n = q1/q2;
17 ddx = m*abx+n*acx;
18 ddy = m*aby+n*acy;
19 addx = ax+ddx;
```

```

20 addy = ay+ddy;
21 res = (ddx-adx)**2 + (ddy-ady)**2;
22 if (res<0.1) {
23     alert("正解");
24 } else {
25     js_to_cs("c1","addx","H.x");
26     js_to_cs("c1","addy","H.y");
27     alert("間違い");
28 };

```

上の命令の1～8行目では、Cinderellaの図のA, B, C, Dの x 座標の値をJavascriptの変数ax,bx,cx,dxに、 y 座標の値をJavascriptの変数ay,by,cy,dyにそれぞれコピーしている(cs_to_js()はCindyScriptでの変数の値をJavascriptの変数にコピーする命令)。上の命令の9～14行目では、点Aの座標を原点としたときの点B, C, Dの相対座標の x 座標をabx, acx, adxに、 y 座標をaby, acy, adyに代入している。15～16行目では、変数m, nをそれぞれp1/p2, q1/q2に設定している。17～20行目では、点Dがあるべき(正解の)座標の x 座標を変数addxに、 y 座標を変数addyに、点Aの座標を原点としたときの相対座標の x 座標を変数ddxに、 y 座標を変数ddyにそれぞれ設定している。21行目で正解の点Dの座標と、現在の点Dの座標との距離の2乗を計算し、変数resに代入する。22～28行目でその距離の2乗が0.1より小さい場合は「正解」と画面に表示し、そうでない場合は「間違い」と表示し、点Hの座標を点Dが置かれるべき所に移動する(js_to_cs()はJavascriptの変数の値をCindyScriptの変数にコピーする命令)。

以上の命令により、点Dが正しい場所に置かれているかが判定され、正しい場所にある場合は「正解」と、そうでない場合には「間違い」と表示される。また、点Dの場所が間違っている場合には、点Dがあるべき場所が点Hで示されることになる。

4 本システムでの教材作成の長所と短所

前節では本システムで構成した教材について述べた。本システムで図を作成するために用いた動的幾何ソフトウェアCinderellaは作成した図をHTMLに変換する機能を持っているので、Cinderella単体でも図を操作して正誤を判定する教材を作成することが可能である。Cinderella単体で作成した教材例を図4に示す(「判定」のボタンをクリックすると正誤の判定が行われる)。

Cinderella単体で教材を作成する場合に比べて、本システムを用いて教材作成を行う際の長所は下記の通りである。

- Quill や Algebrite との連携が可能であり、説明文を追加したり、数式処理の機能を用いたりすることが可能である。
- ブラウザの Web Storage の機能を活用して、生徒のテストの得点や学習履歴を保存することができる。

逆に短所は教材の作成が複雑になることである。

5 おわりに

Javascriptを活用したWeb上の教材作成システムについて述べた。このシステムはブラウザ上で動作するため、パソコン・スマホ・タブレットで動作し、Wordで文書を作成する感覚で教材作成を行うことが可

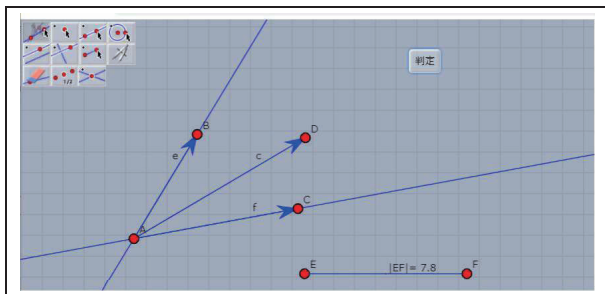


図4：Cinderella 単体で作成した教材

能である。また、Cinderella で作成した図を取り込み、CindyScript と Javascript を用いてその図を操作したり、その図からデータを取得する機能を持っている。

本稿では、このシステムを用いて図で回答する形式の E-learning 教材を作成し、その構成や使い方、動作原理等を解説した。本システムはブラウザでボタンをクリックするだけで、テキストボックスやボタン、文章を整形するためのメニューや図などを画面に追加できるので、それらを用いてブラウザ上から教材作成を行うことができた。

従来の E-learning システムでは、選択肢もしくは数式で答えを回答する形式のものがほとんどであったが、数学の単位によってはこのように図で回答する形式のものがよりフィットする分野もあると思われる。今後は更に機能強化を行うとともに、教材の作成例を増やしていきたい。

参 考 文 献

- [1] Moodle official homepage : URL <https://moodle.org/>
- [2] Moodle official homepage : STACK Plugin Description
URL https://moodle.org/plugins/qtype_stack
- [3] Algebrite official homepage : URL <http://algebrite.org/>
- [4] Quill official homepage : URL <https://quilljs.com/>
- [5] T. Kitamoto, M. Kanako, S. Takato : “E-learning system with Computer Algebra based on JavaScript programming language”, *Proc. of ATCM 2018*, pp. 123–233, Yogyakarta, 2018.
- [6] T. Kitamoto, M. Kanako, S. Takato : “Standalone web application for teachers to create teaching materials on a browser”, *Proc. of ATCM 2020*, Online, 2020.