

# 数学オンラインテストシステムと動的幾何システムの 連携の実践報告

久留米高専・一般科目 菰田智恵子

Chieko Komoda, National Institute of Technology Kurume College

弓削商船高専・総合教育科 久保 康幸

Yasuyuki Kubo, National Institute of Technology Yuge College

元山陽小野田市立山口東京理科大 亀田真澄

Masumi Kameda, Sanyo-Onoda City University

木更津高専・基礎学系 山下哲

Satoshi Yamashita, National Institute of Technology Kisarazu College

## 1 はじめに

筆者らは、LMSプラットフォーム「Moodle」の小テスト (Quiz) 機能に、動的幾何システム「KeTCindy」を統合した数学オンラインテスト教材の開発に取り組んでいる [1]。一方、筆者らは KeTCindy を用いた動的な図や関数グラフを組み込んだ教材を数学教育において活用してきた [2, 3]。他方、Moodle のプラグインである数学オンラインテストシステム STACK は、数式を自動採点するシステムであり、国内外の高等教育機関で活用されている。通常の小テストによくみられる多肢選択や短文解答とは異なり、学習者が数式を解答し、システムが数式を評価し、正誤評価を自動で行う数式自動採点システムである。さらに、最終的な答えが不正解でも、解答過程が正しければ、それを評価し部分点を与えることも可能である。数式を自動採点する数学オンラインテストシステムとしては、STACK の他にも、WebWork, Möbius Assessment などがある。

本稿では、STACK による小テスト (Quiz) に KeTCindy による動的な図や関数グラフを組み込んだ数学オンライン学習教材の作成方法について区分求積法を例に取り上げて報告する。高専の2年生 (あるいは3年生) で学習する区分求積法についての授業実施後に、授業では区分求積法の理解が不十分であった学生を対象として、図や関数グラフを動かしながら、STACK 問題に解答していくことを通して、区分求積法への理解を深める教材である。

## 2 動的幾何システム KeTCindy

KeTCindy の利点は、プログラム化 (GeoGebra に比べて高い柔軟性を持つ) によって高度かつ複雑な動的な図や関数グラフが活用できることである (図1)。実際、高専数学教育に対するデジタル教科書「デジタルデータバンク (大日本図書)」 (<https://www.dainippon-tosho.co.jp/.html>) において有益的に KeTCindy がデジタル数学教材として紹介されている。

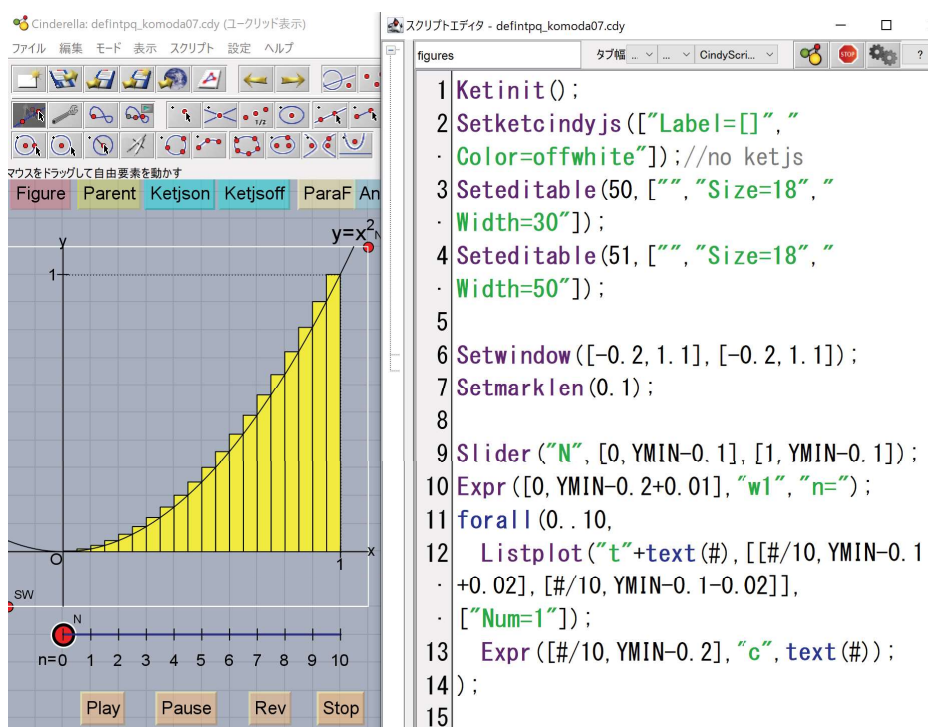


図 1: KeTCindy による図形描画 (右) とプログラム画面 (左)

### 3 Web ベースへの KeTCindy コンテンツの挿入法

#### 3.1. KeTCindy の前準備

KeTCindy は動的幾何ソフトウェア Cinderella (欧州学術ソフトウェア賞受賞) をベースとして高遠節夫氏が開発したものであり、ホームページ「KeTCindy Home」

<https://s-takato.github.io/ketcindyorg/indexj.html>

においてインストールが可能である。特に、OS が Windows であれば、沼津高専の学生らが作った「Windows 用の一括インストーラ」が利用できる。

<https://github.com/nikachu2012/ketcindy-auto-installer>

#### 3.2. KeTCindy コンテンツの HTML 化

トップメニューから「ファイル > HTML に書き出す」を選択する。さらに、「Ketjson」ボタンを押すと、HTML 教材 (「defintpq\_komoda07json.html」) が作成できる (図 2)。

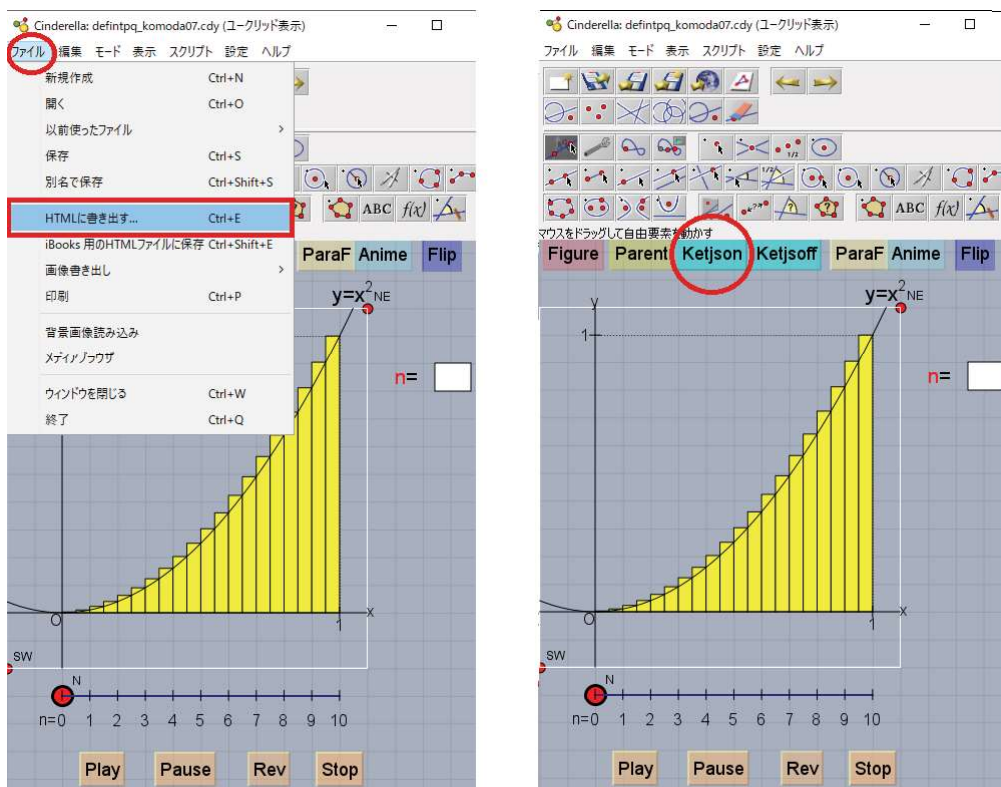


図 2: KeTCindy による HTML 作成

### 3.3. KeTCindy コンテンツの Web 配信

GitHub を開き、図 3 で、「…」をクリックして「Upload files」を選択する。HTML 教材（「defintpq.komoda07json.html」）をドラッグアンドドロップしてアップロードすれば、HTML 教材を Web 配信することが可能になる。

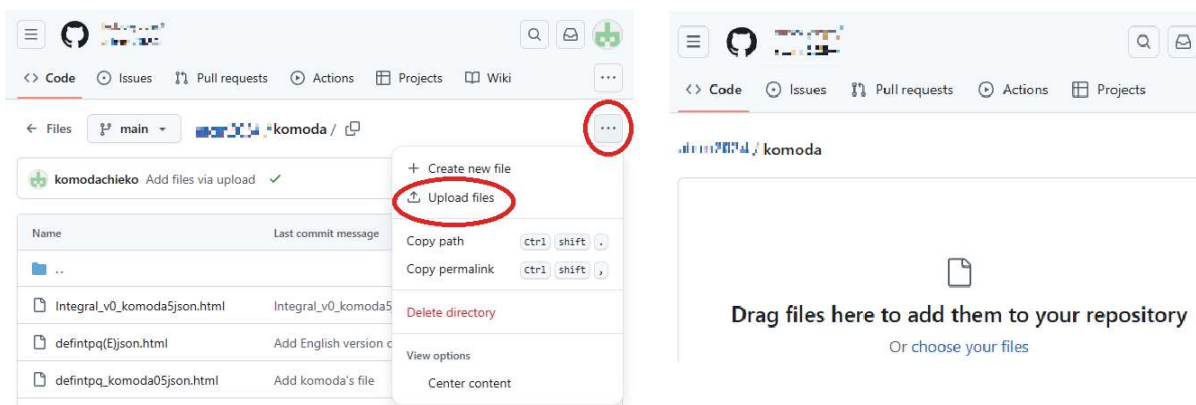


図 3: GitHub に HTML ファイルをアップロード

### 3.4. KeTCindy コンテンツの Quiz への埋め込み

- (1) Moodle の「問題バンク」に入り、「STACK 問題の編集」に入る (図 4)。
- (2) 「問題テキスト」の編集画面で、下記を入力する (図 5)。

`<iframe src="https://.....github.io/...../defintpq_komoda07json.html" scrolling="yes" width="600" height="600"> </iframe>`



図 4: STACK 問題の編集画面



STACK への動的コンテンツの埋め込み方法を説明したが、他の Moodle 小テスト (Quiz) への埋め込み方法も何ら変わらない。参考として、多肢選択問題における埋め込み方法のサンプルを挙げる。

**問題 1**

未解答

最大評点 1.00

図 6: 多肢選択問題 (サンプル) の学生受験時のプレビュー画面

↓
A
B
I
☰
☰
☰
☰
🔗
🔄
😊
🖼️
📄
🎤
🎥
📄
H-P
🌐
⋮

U
🔗
 $x_2$ 
 $x^2$ 
☰
☰
☰
📊
📝
📄
I
🔄
🔄
</>

```

1 <iframe src="https://github.com/defintpq_komoda07json.html" scrolling="yes" width="600" height="600">
2 </iframe><br><br><br>&nbsp;次の中から正しいものを選択しなさい。
    
```

図 7: 多肢選択問題作成における「問題テキスト」の編集画面

下記の図 8, 9 は, STACK による小テスト (Quiz) の学生受験時のプレビュー画面の抜粋である.

## 区分求積法

小テスト 設定 問題 受験結果 問題バンク さらに▼

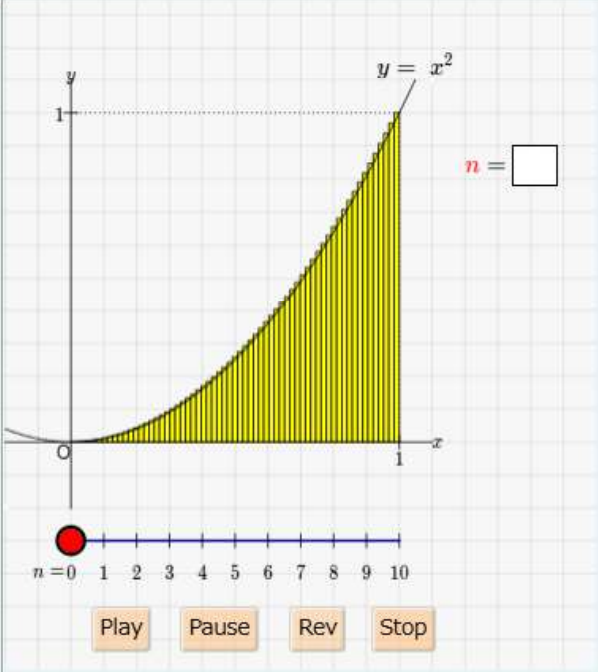
戻る

**問題 1**  
未解答  
最大得点 1.00  
問題にフラグを付ける  
問題を編集する

問題のテストとデプロイ

2次関数  $f(x) = x^2$  のグラフ,  $x$  軸および直線  $x = 1$  で囲まれた領域の面積を求める。

下図のplayボタンを押すと, 1個, 2個, 3個, ... の長方形が現れる。長方形の数を増やしていくと長方形の面積の和が, 求める領域の面積に近づくことが予想できる。(この考え方によって面積を求めることを区分求積法と呼ぶ。)



1. 上図で, stopボタンを押し, 空欄口に3と入力してEnterキーを押す。積分区間  $[0, 1]$  を 3 等分し, 区間  $[0, 1]$  を 3 等分した小区間の長さを

図 8: STACK 問題のプレビュー画面 (1)

1. 上図で、stopボタンを押し、空欄に3と入力してEnterキーを押す。積分区間  $[0, 1]$  を 3 等分し、区間  $[0, 1]$  を 3 等分した小区間の長さを  $\Delta x_k$  ( $k = 1, 2, 3$ )、3 個の長方形の面積の和を  $S_3$  として面積を近似する。

$$S_3 = \sum_{k=1}^3 f(x_k) \Delta x_k$$

$$= f\left(\frac{1}{3}\right) \times \frac{1}{3} + f\left(\frac{2}{3}\right) \times \frac{1}{3} + f\left(\frac{3}{3}\right) \times \frac{1}{3}$$

$$= \left(\frac{1}{3}\right)^2 \times \frac{1}{3} + \left(\frac{2}{3}\right)^2 \times \frac{1}{3} + \left(\frac{3}{3}\right)^2 \times \frac{1}{3}$$

$$= \sum_{k=1}^3 \left(\frac{k}{3}\right)^2 \times \frac{1}{3}$$

$$= \left(\frac{1}{3}\right)^3 \times \sum_{k=1}^3 k^2$$

このとき、 $A =$  \_\_\_\_\_ である。

ゆえに  $S_3 =$  \_\_\_\_\_

(中略)

すなわち、次のように変形できる。

$$S_n = \frac{1}{6} \times \frac{n(n+1)(2n+1)}{n^3}$$

$$= \frac{1}{6} \times \frac{n}{n} \times \frac{n+1}{n} \times \frac{2n+1}{n}$$

$$= \frac{1}{6} \times \left(\alpha + \frac{1}{n}\right) \left(\beta + \frac{1}{n}\right)$$

このとき、次の式が分かる (ただし、 $\alpha \leq \beta$ )。

$\alpha =$  \_\_\_\_\_

$\beta =$  \_\_\_\_\_

5. ここで、 $n \rightarrow \infty$  とすれば、次の式が成り立つ。

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{6} \times \left(\alpha + \frac{1}{n}\right) \left(\beta + \frac{1}{n}\right)$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\alpha\beta}{6}$$

$$= \frac{\alpha\beta}{6}$$

6. この面積の値

$$\lim_{n \rightarrow \infty} S_n = \lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=1}^n f(x_k) \Delta x_k$$

を

$$\int_0^1 f(x) dx$$

と表し、被積分関数  $f(x) = x^2$  および積分区間  $[0, 1]$  に対する定積分と定める (「定積分の定義 (区区分積法)」)。

7. 以上より、次が成り立つ。

$$\int_0^1 x^2 dx = \lim_{n \rightarrow \infty} S_n$$

$$= \gamma$$

$\gamma =$  \_\_\_\_\_

テストを終了する ?

図 9: STACK 問題のプレビュー画面 (2)

## 4 まとめと今後の課題

今後は、作成した数学オンライン学習教材を実際に学生に利用してもらい教育効果を検証したい。

- 本教材利用後にアンケートを実施する。
- ログ記録から、学習時間や正答率を計る。
- 本教材は、教科書と同じ問題を使用しているため、オンライン教材学習前と学習後での問題の正答率における有意差を分析する。

さらに、数学的な概念を理解するためのオンライン学習教材を増やしていきたい。例えば、微分係数の直感的理解を深めるための動的な関数グラフを用いた教材を作成したい（接線の概念を視覚的に理解できるようになることが期待できる）。

## 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP22K02936 の助成を受けたものである。

## 参考文献

- [1] 亀田真澄, 高等専門学校における数学～中等教育機関の数学教育の現場を意識したコンテンツ～, 数式処理 29(2), 33-35, 2023
- [2] 菰田智恵子, クラウドサービス Microsoft 365 を利用した数学教育教材の作成, 城西大学数学科数学教育紀要第 2 巻, 35-41, 2021
- [3] 山下哲, KeTCindy による数学教材作成 – 一般特別セミナーの実践報告, 城西大学数学科数学教育紀要第 4 巻, 3-8, 2023