

KeTCindy の利便性向上と効果的な教育利用に向けて

沼津工業高等専門学校・教養科 鈴木 正樹

Masaki Suzuki, Division of Liberal Arts, NIT(KOSEN), Numazu College

沼津工業高等専門学校・制御情報工学科 荻野 壮, 小野 涼大, 片山 謙信, 藤田 康佑

So Ogino, Ryota Ono, Kenshin Katayama, Kosuke Fujita,

Department of Control and Computer Engineering, NIT(KOSEN), Numazu College

1 はじめに

KeTCindy は、高遠節夫氏を中心としたグループによって開発された幾何教材作成支援システムである。動的幾何ソフト Cinderella2（通称：Cindy）のプラグインであり、Cindy をベースとして、TeX 文章に挿入するための図のグラフィックコードを生成することができる。これは、GeoGebra や GRAPES などの数学ソフトウェアと同様に、インタラクティブに作図ができる他、大きな特徴として、CindyScript と呼ばれるスクリプト言語を入力することでも作図ができる。この KeTCindy は、大日本図書から出版されている高等専門学校用の一連の数学教科書シリーズにおける図やグラフの作成に用いられるなど、教育分野で活用されているものの、一般的な知名度は高いとはいえず、その利用者も限られている。その理由として、KeTCindy のインストールが困難であること、CindyScript を理解するための環境があまり整備されていないこと、すなわち、Web 上で検索しても情報が少なく、リファレンスはあるもののやや使いにくいということ等が挙げられる。私たちは、それらの課題を解決するために、クリック一つで自動インストールできる KeTCindy Auto Installer, Web 上でリファレンスが参照可能な KeTCindy Web Reference, 対話型で KeTCindy のコードを生成できる KeTCindy Chat を開発し、それらを Web Document として整備した。また、KeTCindy には、アイデアとプログラミングスキル次第で教育効果の高い教材開発の可能性があると考え、中学生対象の KeTCindy による教材作成を通じたプログラミング演習や KeTCindy にて作成した教材の教育利用を目的とした講座などを実施してきた。

本稿では、KeTCindy の利便性を向上させるために Web 上に整備した Web Document および 2023 年度から現在（2024 年 10 月）までに実施した中学生向けの講座や体験会について報告する。

2 WebDocument

Meta 社が開発した静的サイトジェネレーターである Docusaurus を用いて、Auto Installer, Web Reference, KeTCindy Chat を一つのサイト「KeTCindy WebDocs」として整備した。サイトの URL は下記の通りである。

<https://ket-cindy-web-docs-with-chat.vercel.app/>

2.1 Auto Installer

KeTCindyは、Cinderella2の他に、KeTTeX, R, SumatraPDF, Maxima, GNU Compiler Collection を処理の補助として利用しているため、KeTCindy をインストールする際、これらのソフトウェアを別途個別に手でインストールする必要がある。さらに、各ソフトウェアの細かな設定なども必要であり、パソコンに不慣れな人たちにとって、その導入の敷居は高い。そこで、クリック一つでこれらのソフトウェア（GNU Compiler Collection を除く）と KeTTeX に必要な Visual C++ ランタイムを一括でインストールすることができる KeTCindy Auto Installer を開発した。

Auto Installer を起動すると、図1の画面が表示され、Install ボタンを押すことで、インストールが始まる。途中、KeTTeX のインストール中に「続行するには何かキーを押してください...」が表示されるが、任意のキーを押すことでインストールが進む。

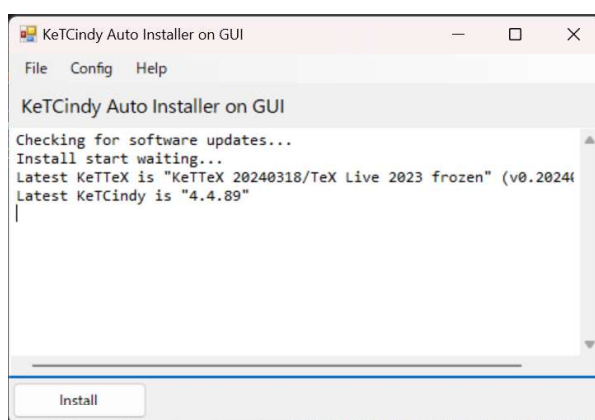


図 1: KeTCindy Auto Installer

KeTCindy と KeTTeX については、バージョン情報を取得することで、常に最新のものがインストールされるが、図2、図3のようにバージョンを指定することもできる。

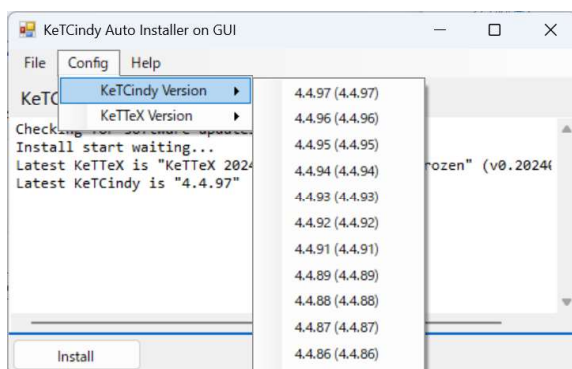


図 2: KeTCindy のバージョン選択

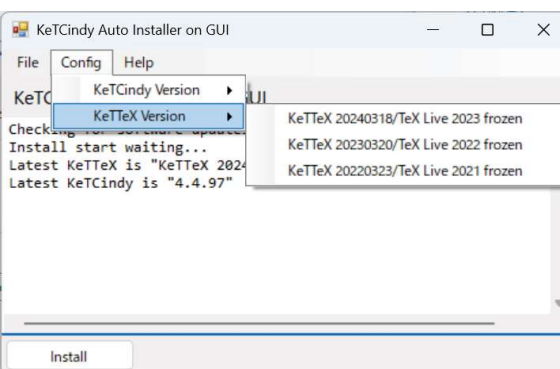


図 3: KeTTeX のバージョン選択

なお、Auto Installer は、C#言語と.NET Framework を用いて開発した。付記すると、内部では個々のソフトウェアのインストーラをダウンロードし、自動でインストールする作業を繰り返し行っている。

2.2 Web Reference

KeTCindy には、PDF 版リファレンスが用意されているが、PDF ファイルであるため、改行が挟まると検索機能がうまく機能しないこと、HTML への書き出し機能を用いることで一部の関数のグラフは即変化させることが可能であるが、その機能を活かしきれていないこと、コード例は一部のためコピー＆ペーストしても動かないことなどの問題点がある。そこで、検索機能の充実や HTML への書き出し機能を活かした関数のリアルタイムプレビューを実現した KeTCindy Web Reference を開発した（図 4）。



図 4: KeTCindy Web Reference

例えば、図 5 は、左のメニュー一覧から平面の図形とグラフを選択し、描画の中の曲線にある関数 `Beziersmooth` のコード表示例である。Draw フォルダ、initialization フォルダ、KeyTyped フォルダを選択すると、それぞれのコードが記載されており、「クリックでプレビューを表示」を押すことで、図 6 の上のようにベジエ曲線が表示される。動点である点 A～D はマウスをクリックし、動かすことが可能である（図 6 の下）。このように、Web Reference ではファイル構造を含めたコード例と PDF 版リファレンスに記載されているグラフの点などを動的に動かす機能を追加した。



図 5: 3 次 Bezier 曲線のコード例

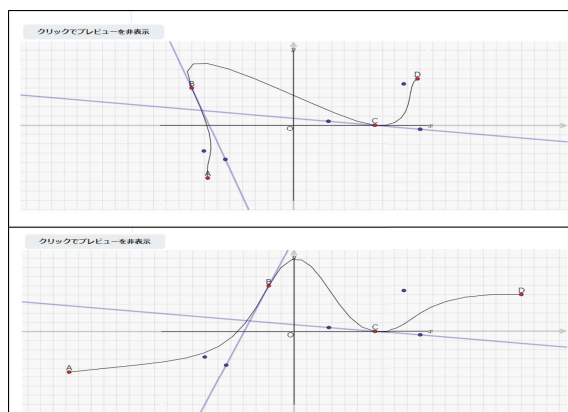


図 6: Web 上で動点を操作可能

Web Reference の使い方については、直観的に理解できるよう配慮して設計しているが、改善の余地はあるため、今後もブラッシュアップを行っていく。

2.3 KeTCindy Chat

KeTCindy を用いて複雑な図やグラフを作成するためには、CindyScript に関する知識が必要であるが、プログラミングの経験が無いとやや難しい。そこで、対話形式で KeTCindyScript のコードを生成する KeTCindy Chat を開発した。図 7 のように、質問やリクエストを入力することで、学習済み AI がその回答例を提示する。これを用いることで、プログラミングの知識がなくても、比較的容易にグラフの描画や図の作成ができる。また、特定の関数名を知らなくても望む結果や条件を入力するだけで、最適なコードが提案される逆引きとしても使用できるため、その利便性は格段に向上する。



図 7: KeTCindy Chat の会話例

KeTCindy Chat は、Dify および MyGPTs の 2 つの AI を用いてそれぞれに開発を進めているが、現時点で Web Documents として公開しているものは、Dify 版のみである。今後の運用に関してはいくつかの課題があるものの、まずは精度の向上に努める。

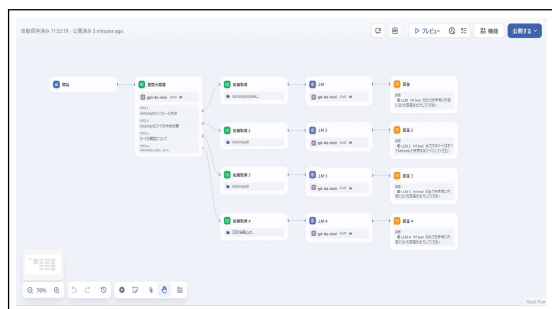


図 8: Dify による KeTCindy Chat

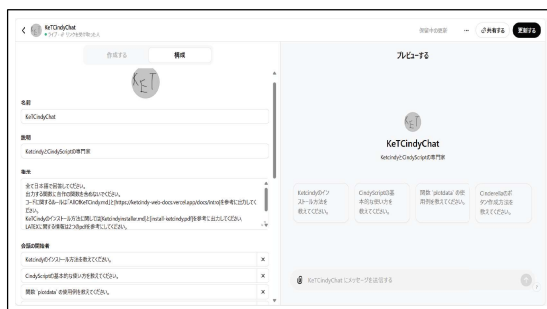


図 9: MyGPTs による KeTCindy Chat



図 10: Dify に学習させた内容の一部

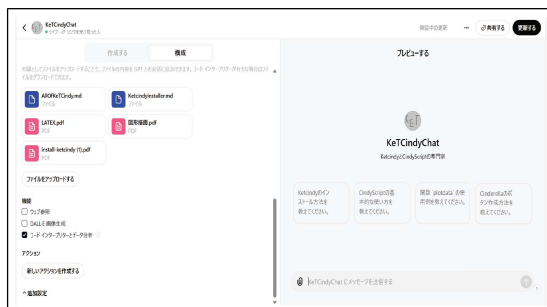


図 11: MyGPTs に学習させた内容の一部

3 教育利用に関する活動事例

私たちは、2023年に「Project KeTCindyJS in 沼津高専」を立ち上げ、この2年間で延べ20名ほどの学生らが、各々の発想でKeTCindyJSに関する様々な活動を実施している。なお、KeTCindyJSとは、CindyのプラグインであるCindyJSで、KeTCindyのライブラリを利用して図やグラフを作成し、それらをHTMLファイルとして生成できるシステムのことである。本活動の主眼の一つは、効果的なデジタル教材、すなわちHTML教材の開発であり、公開講座や出前授業を通じて、KeTCindyJSを用いて作成した教材の教育効果の測定に繋がたいと考えている。これら一連の活動については、下記のサイトで公開している。

<https://user.numazu-ct.ac.jp/~m-suzuki/ketcindy/index.html>

ここでは、これまでに実施してきた活動から、特に教育利用に関する活動事例として三つの講座について報告する。いずれの講座もアンケートを実施しているが、定量的な指標を定めていないため、教材の効果測定までには至っていない。ただ、定性的な評価として、受講者のコメントの一部を記載する。

3.1 一般向けの公開講座

2023年9月24日、沼津高専にて、公開講座「数理モデル入門－感染症の数理II－」を実施した。受講者は、40代から70代の幅広い世代の8名である。

講座では、SIRモデルと呼ばれる感染症の流行を表す最も簡易的なモデル方程式について解説した後、ある設定の下で、感染者予測数のシミュレーションを行ったが、そのシミュレーションにKeTCindyJSにて作成した教材を用いた。図12のように、総人口と初期感染者数の他、感染率、回復率を設定することで、感染者予測数の変化の様子が分かる。2022年度に実施した感染症の数理Iでは、このシミュレーションを、手計算の他、ExcelやRを用いて行っており、そこに多くの時間を割いていたが、この教材により改善され、受講者からの教材に関連したコメントとしては次が得られた。

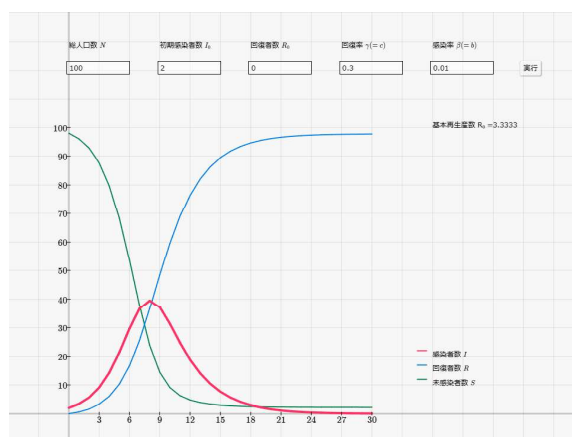


図 12: SIR モデルのシミュレーター

- 去年はソフトの立ち上げと入力为主になっていたが、今年のソフトは使いやすく内容の深堀ができた。
- データサイエンス分野に興味があり、Python, R はよく見かけるが、KeTCindyJS は初で、学べる講座があれば別途受講したい。

3.2 中学校への出前講座

2024年9月7日、静岡大成中学校にて、出前授業「探求型数学 HTML 教材を活用した高校入試対策講座」を実施した。受講者は3年生20名を2クラス分、計40名である。

講座は、静岡県内の公立高校および国立高専の入試過去問題を高専生が解説するというもので、関数や図形の動的問題について、KeTCCindyJSにより作成したHTML教材を用いた。例として、図13が令和6年度の静岡県公立高校入試問題の6番、図14が令和4年度の国立高専入試問題の2番であり、これらを解説するために作成したHTML教材が図15である。

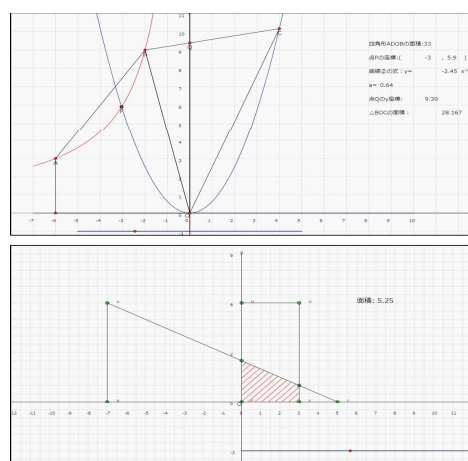
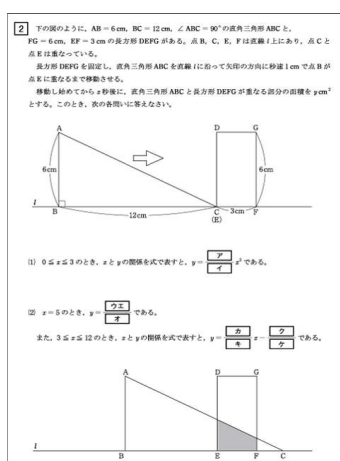
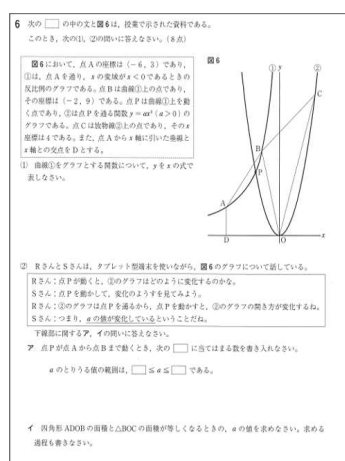


図 13: R6 年度 高校 6

図 14: R4 年度 高専 2

図 15: 解説用 HTML 教材

GIGA スクール構想の実現により中学生全員がタブレットを所持しており，コロナ禍で余儀なくされたオンライン授業の経験から，HTML 教材を提示しながらの講座自体はスムーズに行うことができた。

講座実施後のアンケートの結果の一部を表1にまとめ、続けて、自由記述欄からいくつかのコメントを紹介する。

表 1: 静岡大成中学校 3 年生 40 名へのアンケート結果の一部

質問	はい	いいえ
HTML 教材は使いやすかったですか.	39	1
HTML 教材で問題は解きやすくなりましたか.	37	3
KeTCindy に興味を持ちましたか.	37	3

- 難しい問題で全然わからなかったけど、教材を使いながら説明してくれたので、とても分かりやすかった。
- 文章だけでは想像できない状態を目で見れるというのが素晴らしいなと思った。
- 使えることが限定的すぎて少しの変化に対応できないのではと思った。

以上のように、概ね教材が有用であったことを示す結果が得られた一方で、改善点や反省点も得られた。

3.3 中学生のための体験授業

2024年10月13日、沼津高専にて、中学生を対象にした体験授業「KeTCindy プログラム入門－関数のグラフを作ろう－」を実施した。受講者は中学生14名とその保護者ら10名である。

こちらは前述の二つの講座とは異なり、プログラミング入門としてKeTCindyを取りあげ、CindyScriptを用いて中学生が教材を作ることを目的とした体験授業である。まず、CindyScriptの基本的なコードとして、Plotdata関数やSlider関数について解説した後、一次関数や二次関数、分数関数などのグラフで、係数がスライダーで変化するHTML教材を作ることまでを目標とした。配布したテキストの一部を図16に示す。

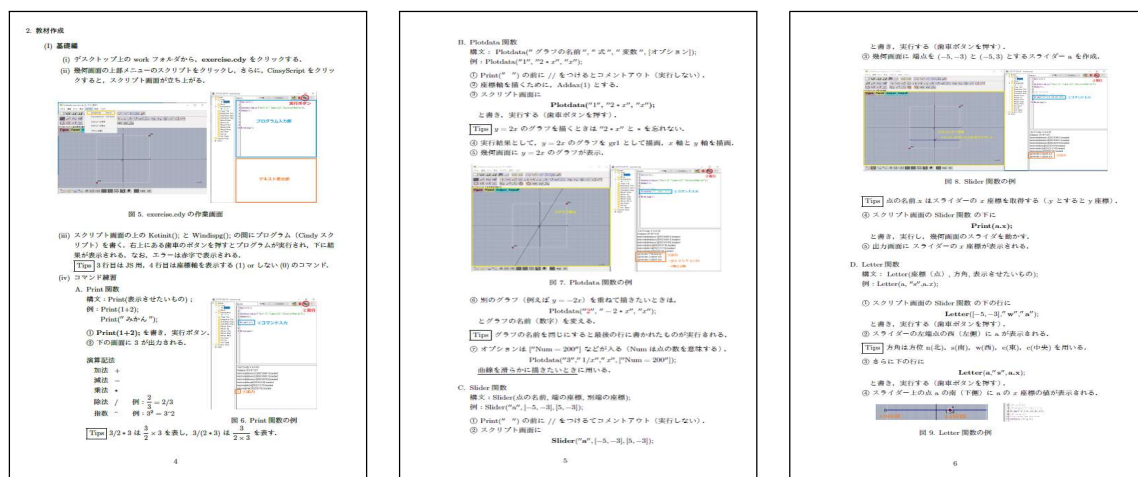


図 16: 体験授業用テキスト

授業実施後のアンケートの結果の一部を表2にまとめ、続けて、自由記述欄からいくつかのコメントを紹介する。

表 2: 体験授業参加中学生1～3年生14名へのアンケート結果の一部

質問	はい	いいえ
授業の内容は理解できましたか。	14	0
授業の内容は興味を持つものでしたが。	14	0
プログラミングで図やグラフを描くことに興味を持ちましたか。	12	2
KeTCindyをインストールして、教材を作りたいと思いますか。	11	3

- 最初は難しいと思ったが、やってみると楽しくて面白いと感ずることができた。
- 授業として改めて受けたい。またやってみます。
- 演習の時間が少し短すぎた。スムーズでなかったと思う。

以上のように、概ね好評であり、プログラミングの入門として、KeTCindyを扱うことは選択肢の一つになることが示唆された。

4 今後の展開

今回、KeTCindy の利便性向上のために Auto Installer, Web Reference, KeTCindy Chat を開発し、これらをまとめて Web Document として整備したが、一つひとつに改善の余地が存在する。例えば、Auto Installer については、現在 Windows のみに対応しているため、マルチプラットフォーム対応としたい。こちらは本発表が契機となり、現在、木更津高専の学生と協働で開発中である。Web Reference については、PDF 版リファレンスに記載のないコードもみられるため、それらを新たに追加することや CindyScript の入門として、体験授業のテキストを教材として追加することを考えている。また、KeTCindy Chat については、実用に耐え得るために精度向上が必須である。しかしながら、これについては、AI に学習させる資料を整備しなけれならぬ他、AI の使用量に応じて経費がかかるという予算の問題など課題は多い。

一方、教育利用に向けては、今回紹介した三つの事例からも明らかな通り、アイデアとプログラミングスキルはいるものの、KeTCindy は教育に効果的な教材作成が可能であり、KeTCindy そのものを講座のテーマとして扱うことも有意であるといえる。

今後もこれらの活動を継続して実施し、KeTCindy にて作成した HTML 教材が教育現場で活用され、かつ自らが主体的に学習できる環境を Web 上に整備していく。

謝辞

本研究は、中谷医工計測技術振興財団の科学教育振興助成「KeTCindyJS を用いた探求型数学 HTML 教材の開発」を受けている。

参考文献

- [1] 鈴木正樹, 黒岩佑真: KeTCindyJS を用いた防災・減災教育用教材の作成, 沼津工業高等専門学校研究報告 第 58 号, pp.63–66, 2024.
- [2] 高遠節夫: KeTCindy の開発について, 京都大学数理解析研究所講究録, 第 1978 巻, pp.173–182, 2015.
- [3] 高遠節夫: KeTCindyJS の開発と教育利用, 京都大学数理解析研究所講究録, 第 2142 巻, pp.123–132, 2019.
- [4] 西浦考治, 高遠節夫: KeTCindy による数学教材の作成とその教育効果の検証, 京都大学数理解析研究所講究録, 第 2067 巻, pp.177–182, 2018.
- [5] 西浦考治, 高遠節夫, 白井邦人, 鈴木正樹: 実験授業における KeTCindy の効果的利用, 城西大学数学科数学教育紀要, 第 2 巻, pp.44–48, 2021.
- [6] 山下哲: KeTCindy による数学教材作成, 城西大学数学科数学教育紀要, 第 4 巻, pp.3–8, 2023.
- [7] KeTCindy Home: <https://s-takato.github.io/ketcindyorg/indexj.html>