

KeTCindy を用いた幾何教材作成を支援する Web ドキュメントの構築



実施担当者 沼津工業高等専門学校
教授 鈴木 正樹

1 はじめに

KeTCindy は、動的幾何ソフト Cinderella を基盤とした幾何教材作成支援システムであり、インタラクティブな作図に加え、Cindy スクリプトと呼ばれる独自のスクリプト言語によって図を作成することができる。2024 年度の教育助成では、KeTCindy で作成した図を HTML ファイルとして出力する KeTCindyJS を活用し、様々な動的 HTML 教材の開発に取り組んできた。これらの活動を通じて、KeTCindy による教材作成には、導入に必要な各種ソフトウェアのインストールや環境設定が容易ではないこと、リファレンスが PDF 形式のみで提供されているためコピー&ペーストや検索が行えず利用が不便であること、さらに Cindy スクリプトが独自構文であるため習得が難しいだけでなく、公開されている情報やコード例が限られていることから既存の生成 AI では正確なコードが出力されにくいといった課題が明らかとなった。

今年度は、これらの課題を解決するために、クリック一つで KeTCindy を導入できる「自動インストーラー」、Web 上でリファレンスを参照可能な「Web リファレンス」、対話的に Cindy スクリプトを生成できる「KeTCindy ChatBot」を開発し、これらを統合した Web ドキュメント「KeTCindy WebDocs」を整備した。これにより、KeTCindy を用いた教材作成環境の導入から学習、開発までを一体的に支援する基盤を構築した。本報告書では、Web ドキュメントの他、今年度実施した KeTCindy に関する一連の取り組みについて報告する。

2 Web ドキュメントの構築

Web ドキュメントは、Meta 社が提供する静的サイトジェネレーター Docusaurus を用いて、自動インストーラー、Web リファレンス、および Dify を活用した ChatBot を単一のプラットフォームに統合した構成として構築した（図 1）。当初の目的であった KeTCindy による教材作成環境の整備は、これにより概ね達成された。一方、ChatBot については、発展的な機能拡張や処理フローの柔軟な設計を検討した結果、新たに Hugging Face Spaces 上に Web 上のアプリケーションとして再構築した（図 2）。Hugging Face 版では、LangChain を用いた RAG (Retrieval-Augmented Generation) 構成を採用し、FAISS による類似検索と OpenAI API による応答生成を組み合わせている。なお、予算上の制約によりこちらはデモ版として限定運用しており、一般公開は行っていない。



図1 KeTCindy WebDocs

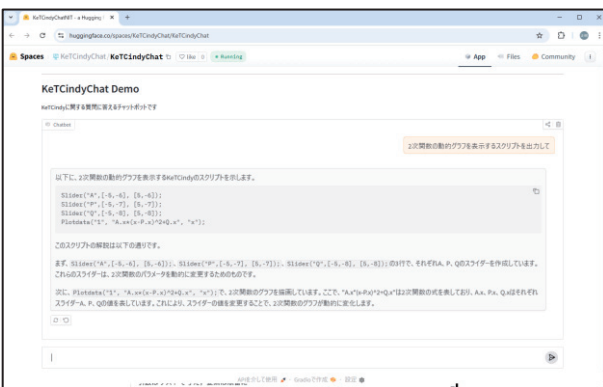


図2 KeTCindy ChatBot (Hugging Face 版)

自動インストーラーは、C#言語と.NET Framework を用いて開発した。アプリケーションを起動し Install ボタンを押すだけで、KeTCindy の導入に必要な Cinderella の他、KeTTeX, SumatraPDF, R, Maxima, Visual C++ランタイムを一括してインストールできる。さらに、KeTCindy の設定画面まで自動的に立ち上がるため、従来複雑であった環境構築の負担を大幅に軽減した。

Web リファレンスは、これまで PDF 形式で提供されていた情報を Web 上で検索・参照できるよう再構成し、コード例のプレビューや動的操作を可能とした。その結果、必要な情報へ迅速にアクセスでき、教材作成時の参照性が大きく向上した。

ChatBot は、KeTCindy および Cinderella 固有の文法や関数に特化した専用システムとして開発しており、利用者からの質問に対して KeTCindy の最小コードを提示することを目的としている。現時点で KeTCindy リファレンスは学習済みであり、基本的なコード生成が可能な段階にある。現在は、Hugging Face 版の精度を高め、実用的なレベルへの向上を目指し、これまでに作成した教材の Cindy スクリプトを Markdown 形式で整理したデータを学習させており、教材生成支援機能の拡張を進めている。

3 実践報告と活動成果

3-1 入試問題を活用した学習サイトの整備

今年度は、教材作成のテーマを国立高等専門学校および静岡県内の公立高等学校の過去の数学入試問題とし、動点問題を中心に KeTCindyJS を用いた動的 HTML 教材を作成した。作成した教材は問題文と併せて Web 上に公開し、学習サイトとして整備した(図3)。中学生向けの受験用オンライン教材として、動点の変化や関数の挙動を視覚的かつ対話的に学習できる環境となっている。

The figure consists of three parts:

- Left Panel:** A math problem in Japanese. It asks for the area of a triangle formed by a point on a parabola and the x-axis, and another point on the x-axis. The parabola is $y = x^2 - 0.819x^2$. The x-axis has points A(0,0) and B(5, 9.5968). A point P is on the x-axis between A and B. A point C is on the parabola. The area of triangle AOB is 49.1422 and the area of triangle APB is 43.8762.
- Middle Panel:** A screenshot of the dynamic HTML interface. It shows a coordinate plane with the parabola $y = x^2 - 0.819x^2$ and the x-axis. A slider for 'a' is set to 0.819. A point P is on the x-axis. A point C is on the parabola. The area of triangle AOB is 49.1422 and the area of triangle APB is 43.8762. There are buttons for 'aの値を変更' and '点Pの位置を変更'.
- Right Panel:** A snippet of JavaScript code for KeTCindy. It defines variables for x and y, and uses KeTCindy functions like draw, drawtext, apply, PutPoint, Slider, Plotdata, ListPlot, and Windragg to create the dynamic interface.

図3 入試問題の HTML 教材とスクリプト例

3-2 出前授業および教材開発体験による実践検証

学習サイトを用いた高校入試対策向けの出前授業やミニミニ体験授業（出前授業の地域版）に加え、前述の WebDocs や ChatBot を活用した教材開発の体験授業を、学生が講師となって次の通り実施した。なお、教材開発の体験授業では、中学生を対象とした実践を通して、教材作成環境の有効性についての検証も行った。

- ① ミニミニ体験授業 in 沼津，沼津高専大教室，中学生 97 名，5 月 11 日。
- ② KeTCindy 体験会，沼津高専図書館棟無音学修スペース，中学生 100 名程度，8 月 2 日。
- ③ 出前授業，静岡大成中学校，中学生 40 名，8 月 26 日。
- ④ ミニミニ体験授業 in 静岡，グランシップ静岡，中学生 31 名，8 月 30 日。
- ⑤ 体験授業 - HTML 教材の開発 - ，沼津高専多目的演習室，中学生 14 名，10 月 13 日。



図4 ミニミニ体験授業 in 静岡



図5 体験授業 - HTML 教材の開発 -

教材開発の体験授業後に、WebDocs や ChatBot の定性評価を受けるため、受講者へアンケートを実施した。その結果の一部を表 1 に示す。多くの参加者が KeTCindy による動的 HTML 教材の作成や ChatBot を用いた作図体験に対して肯定的な回答を示した。特に、関数に関する項目では、「はい」と回答した割合が高く、初学者に対しても教材作成支援環境が有効に機能していることが示唆された。また、自由記述欄から、学生講師による支援や対話型ツールの導入が学習意欲の向上に寄与している様子が確認された。

表 1 体験授業のアンケート結果の一部（2 名無回答）

質問	はい	いいえ
Plotdata 関数は理解できましたか。	12	0
Slider 関数は理解できましたか。	12	0
Letter 関数は理解できましたか。	11	1
1 次関数の動的幾何教材を作ることができましたか。	10	2
2 次関数の動的幾何教材を作ることができましたか。	7	5
これまでに生成 AI を利用したことがありますか。	9	3
ChatBot を用いて作図することができましたか。	6	6
この続きの講座を受講したいですか。	11	1
KeTCindy を用いて数学教材を作りたいですか。	9	3
自由記述欄		
・ 補助学生のおかげで授業を理解することができた。		
・ プログラムによってグラフ等がどのように作られているかが分かった。		
・ ChatBot を活用してグラフを作ることができて嬉しかった。		

3-3 学会発表等

今年度も以下の通り、学会等にて発表を行い、本活動に関して一定の評価を得ることができた。また、木更津高専および弓削商船高専とは定期的にセミナーを実施しており、各々の活動について相互に発表するとともに、意見交換や講評を通じて活動の振り返りと評価を行う体制が整ってきた。

- ① 第4回 KeTCindy セミナー，オンライン (Teams)，5月13日。
- ② 第5回 KeTCindy セミナー，オンライン (Teams)，7月15日。
- ③ 数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究，京都大学数理解析研究所，8月27日。
- ④ 第6回 KeTCindy セミナー，オンライン (Teams)，9月30日。
- ⑤ 富士・箱根・伊豆国際学会，沼津市立図書館，11月2日 (奨励賞 受賞)。
- ⑥ 第7回 KeTCindy セミナー，オンライン (Teams)，12月9日。
- ⑦ 中谷財団成果発表会，東京工科大学，12月21-22日。
- ⑧ 第31回高専シンポジウム，尼崎商工会議所，1月25日 (協議会会長賞 受賞)。
- ⑨ 第8回 KeTCindy セミナー，オンライン (Teams)，2月17日。



図6 KeTCindy セミナー



図7 高専シンポジウム

4 まとめ

本活動は、2024年度教育助成「KeTCindyJSによるHTML教材開発」からスタートし、今年度はKeTCindyを用いた教材作成環境の整備へと深化した。KeTCindyの利便性が格段に向上したことは、数学教育として価値があるだけでなく、WebDocsやChatBotの開発など情報教育の観点からも意義のある取り組みとなっている。今後は、ChatBotの応答精度の向上やプロンプト最適化、知識ベースの拡充を進め、AI支援を融合した教材作成環境の整備をさらに推進するとともに、出前授業や体験授業を継続的に実施することで、教育現場におけるKeTCindyの活用を促進し、より多くの生徒・学生が効果的に学習できる環境の提供を目指す。

謝辞

本活動は、公益財団法人中谷財団の2025年度科学教育振興助成を受けたものである。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- 1) 片山謙信，富田亘惇：KeTCindy専用の対話型AIの開発と実践，第31回高専シンポジウム in Amagasaki，講演要旨集，pp.36-37，2025。
- 2) 鈴木正樹，荻野壮，小野涼大，片山謙信，藤田康佑：KeTCindyの利便性向上と効果的な教育利用に向けて，京都大学数理解析研究所講究録，第2301巻，pp.82-89，2025。
- 3) KeTCindy WebDocs：https://ket-cindy-web-docs-with-chat.vercel.app (最終参照日：2026/3/1)