

HTML5 を活用した Web 上の教材開発について

山口大学・教育学部 北本 卓也

Takuya Kitamoto, Faculty of Education, Yamaguchi University

新居高等学校 木原 宏佳

Hiroyoshi Kihara, Shizuoka Prefectural Arai Senior High School

概要

In this study, we propose a system that adopts a web application based on a single HTML file using HTML5, enabling interactive features to be easily added to existing PDF-based educational materials. By leveraging JavaScript libraries such as Algebrite, MathJax, and Pagedown, the system integrates various learning support functionalities—including formula processing, automatic grading, and Markdown input—and allows for the layout and resizing of components through a GUI. This approach overcomes issues associated with conventional standalone systems, such as a lack of flexibility and difficulties in classroom integration.

1 はじめに

近年、インターネット技術の急速な発展とともに、教育現場における e-Learning の活用が飛躍的に進展している。HTML5 の登場により、Web ブラウザ上で動作するマルチメディア機能や双方向性の高いインターフェースが実現可能となり、教育用コンテンツの柔軟な拡張や既存教材のインタラクティブ化が大きな注目を集めている ([1])。

また、文部科学省の報告書や各大学の実証実験においても、デジタル教科書やオンライン授業の効果検証が進められ、教育における ICT 化の重要性が再認識されている ([2])。しかしながら、これまでのシステムは、既存教材の改変が困難であったり、操作性や柔軟性に欠けるといった課題を内包していた。特に、従来の e-Learning システムは、教材の静的な再現にとどまり、学習者側のインタラクションやリアルタイムなフィードバックが限定的であったため、授業における即時性や個別最適化を十分に実現できなかった。さらに、従来システムの多くは特定のプラットフォームに依存していたため、教育現場で使用される多様なデバイスへの対応が不十分であった。

本研究では、HTML5 を基盤とした単一 HTML ファイルによる Web アプリケーションを採用し、既存の PDF 教材に対してインタラクティブな機能を容易に追加できるシステムを提案する。システムは、JavaScript ライブラリ (Algebrite, MathJax, Pagedown 等) を活用することで、数式処理、自動採点、Markdown 入力など、多様な学習支援機能を統合し、GUI 上で部品の配置やサイズ変更を可能にしている。このアプローチは、従来のスタンドアロン型システムが抱えていた柔軟性の欠如や、授業への組み込み困難といった問題を克服するものである。

また、近年のモバイル端末普及やクラウド型 LMS (学習管理システム) の進展と連動し、教育現場における「いつでも・どこでも」学習環境の実現が急務となっている。

HTML5を活用した本システムは、こうした背景の中で、教師が容易に教材を編集・拡張し、学習者に対してインタラクティブかつ個別最適な学習体験を提供する新たなプラットフォームとして位置付けられる。

2 HTML ファイルを基盤とした e-Learning システムとその特徴

本システムは、単一の HTML ファイルで動作する Web アプリケーションとして設計され、PC、タブレット、スマートフォンなど、様々なデバイス上で一貫した学習環境を実現する。以下にその特徴を挙げる。

2.1 2 層構造による柔軟な教材表示

本システムは、下層に既存の教材（PDF 形式）の表示領域を確保し、上層に対話的なインターフェース（ボタン、テキストボックスなど）を配置する 2 層構造を採用している。これにより、既存教材そのものを改変することなく、容易にインタラクティブな機能を付加することが可能となる。PDF 形式の教材を「load」することで表示領域を確保し、必要な操作部品を重ね合わせる手法は、参考文献 [3] におけるシステム設計の考え方や、参考文献 [4] に示された実践例でも活用されているものであり、教材の再利用性と拡張性の向上に寄与している。

2.2 JavaScript ライブラリによる機能拡張

本システムは、HTML5 の基本機能に加えて、以下の JavaScript ライブラリを統合することにより、教育現場の多様な要求に対応している。

- Algebrite: 数式処理エンジンとして採用され、数学問題や理数系の問題に対する自動採点機能を実現する。Algebrite を用いることで、複雑な数式の解析や既約化処理がブラウザ上でリアルタイムに行われ、学習者の解答と正解との比較が迅速かつ正確に実施される ([5],[6] を参照)。
- Pagedown: Markdown 記法に基づくテキスト入力機能を提供し、教員が直感的に教材の編集や更新を行える環境を構築している。これにより、テキストコンテンツの迅速な改定が可能となり、授業進行に合わせた柔軟な教材更新が実現される。
- MathJax: 複雑な数式を美しく正確に表示するために利用される。MathJax の採用により、視覚的にわかりやすい教材作成が可能となり、特に数学や科学分野においては、数式表示の正確性が学習効果の向上に直結する ([7], [8] を参照)。これらのライブラリを統合することで、従来の静的な教材から、学習者自身が操作しながら理解を深める対話型教材への転換を実現している。特に、数学や理科と

いった分野においては、数式やグラフィカルな表現が不可欠であり、本システムの柔軟な設計は、これらの分野における教育効果を飛躍的に向上させるものである。

2.3 GUIの柔軟なカスタマイズ性

本システムは、GUI上で各インタラクティブ部品的位置やサイズを自由に変更可能な設計となっている。これにより、教員は授業の進行や学習者の反応に応じてレイアウトをリアルタイムに最適化することができる。従来の固定レイアウト型教材システムでは実現が難しかったこの柔軟性は、[3] や [4] においてその有用性が示されている、

2.4 システムの実用性と将来展望

本システムは、HTML5が提供するクロスプラットフォーム性および豊富な Web API を最大限に活用して構築されているため、「教材の改変困難」「操作性の低さ」「デバイス間の互換性の問題」といった従来の e-Learning システムが抱える課題に対処可能である。参考文献 [5], [7] および [6] において報告された実践例からも、単一の HTML ファイルを用いたシステムが多様なデバイス上で安定して動作し、授業への迅速な導入と運用が可能であること伺え、今後の教育環境の発展に寄与が期待できる。

3 システムの利用手順

本システムでは既存教材を対話的な e-Learning 教材へと転換することが可能であるが、具体的な利用手順は以下の 1 から 5 のステップである。各ステップは前段階の成果を引き継ぎながら、最終的に HTML ファイルとして配布可能な教材を作成するために設計されている。

- (1) **既存教材の PDF 化および下層表示:** まず、従来の教材を PDF 形式に変換し、システム内の下層領域に「load」機能を用いて表示する。このステップにより、既存教材が Web 上に取り込まれ、以降の操作の基盤が形成される。
- (2) **インタラクティブ部品の追加:** 次に、上層領域に「text」入力欄や「button」などのインタラクティブな操作部品を追加する。これにより、教材上に学習者が直接操作可能な入力欄や採点ボタンなどが配置され、対話型教材としての基礎が構築される。
- (3) **JavaScript による自動採点機能の実装:** 続いて、追加されたボタンに JavaScript を割り当て、自動採点機能を実装する。ここでは、学習者の入力に基づいた解答の自動採点が行われ、迅速かつ正確な評価が可能となる。このステップにより、教材が単なる情報提供にとどまらず、学習効果を高める双方向性が付与される。

- (4) **モード切替機能の活用:** システムは「Mode Switch」機能を備えており、教師用編集モードと学習者用モードを切り替えることができる。教員はこの機能を用いて、授業前に教材内容の編集や配置調整を行い、授業中は学習者が操作しやすい状態に切り替える。
- (5) **教材の HTML としての保存と配布:** 最後に、「Save」機能を実行して、これまでの各ステップの成果を反映した完成教材を HTML ファイルとして保存する。この保存された HTML ファイルは、そのまま Web 上で配布可能であり、システム全体が単一の HTML ファイルで完結するため、教材の配布や更新が容易である。

以上の 1 から 5 までの手順を順次実行することで、既存教材を活用した対話型 e-Learning 教材が作成される。各ステップは、前の工程の成果を基盤として次の工程へとつながり、一連のプロセスを通じて教材作成の効率性と柔軟性を高める仕組みとなっている。

4 実践とシステムの拡張

本システムは、単に既存教材をインタラクティブ化するのみならず、実際の教育現場における多様な運用環境に適応し得る拡張機能を備えている。以下に、主要な拡張機能について詳述する。

4.1 PDF 表示位置調整機能

システムは、従来の静的な PDF 教材をそのまま取り込むのではなく、利用するデバイス間で生じる画面サイズや解像度の違いに柔軟に対応するため、PDF の表示位置を動的に調整する機能を有する。この機能により、PC、タブレット、スマートフォンなど異なるデバイスにおいても、教材の内容が常に最適なレイアウトで表示され、学習者は教材の内容をストレスなく閲覧できる。実際の授業現場では、各種デバイスが混在する環境下で正確な表示が求められるため、この表示位置調整機能は教育効果の向上に大きく寄与する。

4.2 手書き描画機能

本システムは、学習者が直接、教材上に計算過程や注釈を手書きで記入できる描画機能を搭載している。これにより、学習者は単なるテキスト入力に留まらず、図やグラフ、メモを自在に追加することが可能となる。手書き描画機能は、特に数学や理科など、プロセスの理解が重要な分野において、解答の補足説明や思考過程の可視化を実現し、学習の深化を促すための有効な手段である。さらに、教師側にとっても、学習者の思考過程や誤解の箇所を把握する上で大きな情報となるため、フィードバックの精度向上に寄与する。

4.3 描画・回答データ込みで HTML 保存機能

本システムは、作成された教材を HTML ファイルとして保存する際、単にレイアウト情報のみならず、学習者が行った描画や入力された回答データをも一体として保存する機能を備えている。この機能により、各学習者の操作履歴や解答の傾向を後日参照可能とし、個々の学習進捗や理解度の分析が可能となる。教育現場において、学習履歴の保持は、継続的な評価や個別指導の基盤として極めて重要であり、保存された HTML ファイルは、学習管理システム (LMS) などと連携することで、さらなるデータ解析やパーソナライズされたフィードバックに活用できる。

4.4 新規部品

textbox や button などの Web 要素の基本的な部品の他にも、Pulldown, file, 表計算, Quill, eChart, Cinderella, timer などの新規部品を導入した。これらの部品は、それぞれが独自の機能を有し、教材作成において多彩なインターフェースを提供するために活用される。例えば、Pulldown 部品は、選択肢形式の問題作成において利用され、file 部品は外部ファイルの読み込みを可能にする。表計算機能は、データ処理や数値計算の補助として有効であり、Quill や eChart, Cinderella などは、テキスト編集や図表の生成、動的なグラフィック表現を支援する。

4.5 Compound 機能

本システムは、個々の部品が単体で提供する機能に加え、複数の部品を統合してひとつのコンポーネントとして扱う「Compound 機能」を搭載している。この機能は、教材作成において、異なる入力手段や表示要素を一体化し、より複雑で高度なインタラクティブ機能を実現することを目的としている。

Compound 機能の基本的な考え方は、複数の独立した部品を統合することにより、個々の部品単体では実現しづらい複合的な処理やユーザーインターフェースを構築する点にある。たとえば、不等号を含む式の問題においては、Markdown による問題文の記述、Pulldown による選択肢の提示、およびテキストボックスによる解答入力を一体化することで、ひとつの問題コンポーネントとして取り扱うことが可能となる。これにより、学習者は一連の操作を統一されたインターフェース上で実行でき、操作性および採点の一貫性が向上する。

さらに、Compound 機能は、テキストファイルの読み込みや csv ファイルの読み込みにおいても有用である。具体的には、ファイル入力部品とテキストエリアを組み合わせることで、外部ファイルの内容を教材に反映させることができ、また、ファイル入力部品と表計算部品を組み合わせることで、数値データの自動処理や集計が容易に行える。これらの機能は、従来の e-Learning システムにおいては個別に実装する必要があった複雑な処理を、統一された部品群として管理することを可能とし、システム全体の拡張性と柔軟性を大幅に向上させるものである。

このように，Compound 機能は，各部品が個別に提供する機能を超えて，統合的かつ一貫したユーザーインターフェースを実現するための重要な仕組みである．結果として，教材作成の手間を削減するとともに，各種問題形式に対して共通のインターフェースを容易に拡張できる基盤となり，将来的なシステムの高度化や多様な教材形式への対応を促進することが期待される．

5 Compound 機能の応用

compound 機能の応用例として，オンラインの e-Learning システムを構成する．

5.1 Compound 機能を用いた部品の作成

Compound 機能を用いて採点ボタン (図 1 左)，数式解答入力部品 (図 1 中央)，および選択式解答入力部品 (図 1 右) を作成した．

The figure displays three distinct user interface components. The leftmost component is a simple rectangular button labeled '採点' (Marking). The central component is a '数式解答入力部品' (Mathematical answer input component), which includes a header area with a logo and an 'x' icon, followed by three input fields: '解答欄' (Answer field) with a text box, '問題番号' (Question number) with a text box containing '1', and '正答' (Correct answer) with a text box containing '42'. The rightmost component is a '選択式解答入力部品' (Multiple choice answer input component), featuring a header area with a logo and an 'x' icon, a '問題番号' (Question number) field with the value '2', a '正答' (Correct answer) dropdown menu showing '2番目の選択肢' (2nd option), and a list of options '1,2,3,4,5' with a 'j' button.

図 1: 採点ボタン (左)，数式解答入力部品 (中央)，選択式解答入力部品 (右)

採点ボタンは学習者が採点を行うときにクリックするボタンである．これの構成備品はボタンのみであるが，すでに採点を行うための JavaScript のコードが入力されており，e-Learning システムの作成者がそれを改めて入力する必要がない．

数式解答入力部品は，解答欄，問題番号入力欄，正答入力欄の 3 つのテキストボックスとそのラベルからなっている．解答欄は解答入力する欄，問題番号入力欄は問題の番号を入力する欄，正答入力欄は正しい回答を入力する欄である (図 1 では 42 が正答として与えられている)．

選択式解答入力部品は，2 つの Pulldown メニューと 2 つのテキストボックス (問題番号入力欄，選択式解答入力欄) とそれらのラベルからなっている．選択式解答入力部品 (図 1 右の 1,2,3,4,5 と入力されているテキストボックス) の j と書かれたボタンの右にある欄に選択肢を，で区切って入力し，j と書かれたボタンをクリックすると指定した選択肢が入力される (図 1 では 1, 2, 3, 4, 5 の 5 つを選択肢として入力している)．正答の右にある選択肢では何番目の選択肢が正解なのかを指定する (図 1 では 2 番目の

選択肢，すなわち 2 が正答して指定されている）。問題番号の欄には，数式解答入力部品の時と同様に問題番号を入力する（図 1 では中央のものが問題番号 1 で右のものが問題番号 2 である）。

5.2 e-Learning システムの構成

上で紹介した 3 つの Compound の部品を用いて e-Learning システムを構成する。これらの Compound の部品を画面に並べ，問題を画面に書いて，図 2 のようにする。

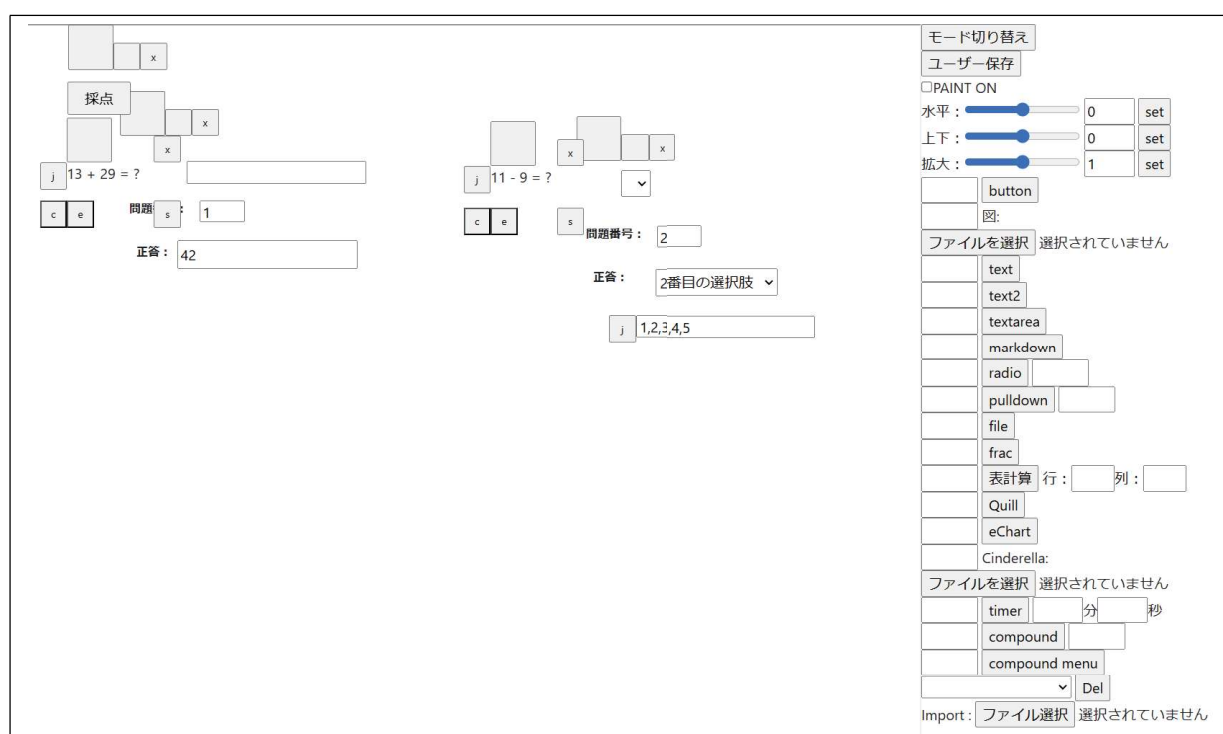


図 2: e-Learning システムの構成

図 2 の画面でユーザーモードに切り替えると，不必要なボタンが消え，図 3 のようになる。

ここで，正しい答えを入力し，「採点」のボタンをクリックすると問題が採点され，その結果が図 4 のように表示される。

先に述べたように，採点ボタンにはすでに採点を行うための JavaScript のコードが入力されており，e-Learning システムの作成者がそれを改めて入力する必要がない。作成者は上に示したように，数式解答入力部品，および選択式解答入力部品を画面に配置し，問題番号と正答を入力するだけで e-Learning システムを構成することが可能である。

以上のように，Compound 機能の応用により，複数の独立した部品をひとまとめにして一体的なコンポーネントとして扱うことが可能となり，従来の個別設計に比べ，教材作成における一貫性と拡張性が大幅に向上する。

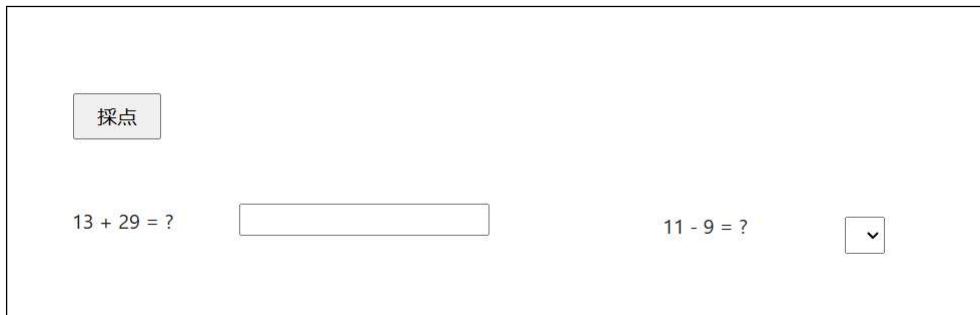


図 3: ユーザーモードでの e-Learning システム

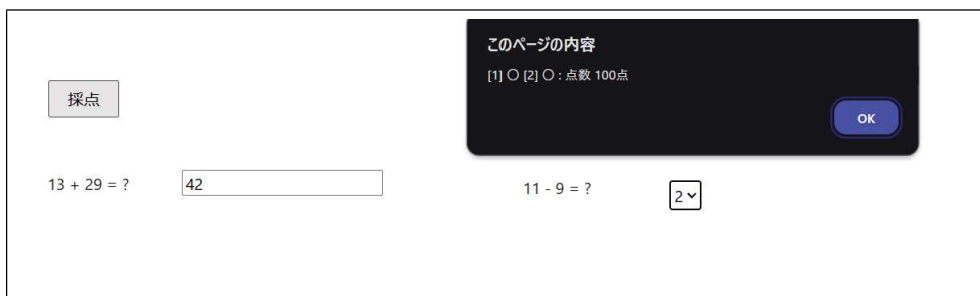


図 4: 採点ボタンをクリック

6 まとめと今後の課題

本研究では、従来の静的な教材をインタラクティブな e-Learning 資源へ転換するシステムを提案した。システムは、単一の HTML ファイルで構成され、PDF 形式の既存教材をそのまま利用しながら、対話的な操作や自動採点、手書き描画、学習履歴の保持といった多彩な機能を実現している。これにより、従来のスタンドアロン型教材が抱えていた授業への組み込み困難や操作性の低さという課題を解消し、ユーザーフレンドリーな教材環境を提供している。

また、システムは、ユーザーが直感的に扱える GUI の実装により、教員が容易に教材の編集やカスタマイズを行える点も大きな特徴である。HTML ファイル 1 枚でシステム全体を配布・利用可能とすることで、システムの導入や更新、運用が極めてシンプルになっている。これらは、教育現場における ICT 活用の推進と、柔軟な教材開発の実現に大きく寄与することが期待できる。

一方、今後の課題としては以下の点が挙げられる。

- **Compound 部品開発の拡充:** 複数の部品を組み合わせた Compound 機能は、より複雑な問題設定や多様な教材形式への対応を可能とするが、現状ではその適用範囲や機能が限定的である。今後は、さらなる部品の追加や、既存部品の組み合わせ方法の最適化を図り、教材作成の柔軟性と汎用性を向上させる必要がある。
- **JavaScript ライブラリ活用強化:** 本システムでは、Algebrite, Pagedown, Math-Jax などの JavaScript ライブラリを活用しているが、これらのライブラリの最新

技術や他の有用なライブラリとの連携を強化することで、さらなる機能拡張やシステムの高機能化が期待される。具体的には、より複雑な数式処理や動的なコンテンツ生成を実現するためのライブラリの導入が検討される。

- **AIの導入による高度化:** 将来的には、人工知能（AI）技術をシステムに組み込むことで、学習者個々の理解度や進捗に応じたパーソナライズドなフィードバックを提供し、教材の自動最適化や効率的な運用を実現することが求められる。AIの活用は、学習効果の向上のみならず、教員の負担軽減にも寄与するであろう。

以上の点を踏まえ、本研究で提案したHTML5を基盤とするWeb上の教材開発システムは、従来の教材運用方法を大きく革新するとともに、今後の教育現場におけるICT活用の可能性を大いに広げるものである。さらなる技術の発展と運用実績の蓄積を通じ、より高度で柔軟な教育支援ツールとして発展させることが今後の課題である。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 21K02752 , 22K02951 の助成を受けている。

参考文献

- [1] K. Synytsya, N. Prokofyeva, A. Grocevs and V. Tomko : "HTML5 in Development of Assessment Tasks for e-Learning", Applied Computer Systems, Vol. 16, Issue 1, 2014, 105 - 110, DOI: <https://doi.org/10.1515/acss-2014-0020>
- [2] 文部科学省 学びのイノベーション事業 実証研究報告書 :
URL https://www.mext.go.jp/component/b_menu/shingi/toushin/_icsFiles/afieldfile/2014/04/11/1346505_06.pdf (2025 年 3 月 20 日閲覧)
- [3] T. Kitamoto, "Framework for building an E-Learning system using existing teaching materials", MathUI ' 23: 14th MathUI Workshop 2023, September 6-7, 2023, Cambridge, UK (online).
- [4] 北本卓也, 金子真隆, 野田健夫 : 母平均の差の検定に関するシミュレーション学習を可能とするHTMLをベースとした教材の作成と改良, 京都大学数理解析研究所講究録 2273, 58-69, 2023
- [5] T. Kitamoto, M. Kaneko, S. Takato : "Standalone web application for teachers to create teaching materials on a browser", Proc. of ATCM 2020, Virtual Format, 2020. 258-267.
- [6] T. Kitamoto, M. Kaneko, T. Noda, H. Kihara : "E-Learning material creation system that utilizes existing teaching materials", Proc. of ATCM 2024, Yogyakarta, 2024, 314-323.

- [7] 北本卓也 : HTML5 を用いた授業支援ツールについて , 京都大学数理解析研究所講究録 2178, 39-47, 2021.
- [8] T. Kitamoto, M. Kaneko, S. Takato : "E-learning system with Computer Algebra based on JavaScript programming language", Proc. of ATCM 2018, Yogyakarta, 2018, 123-133.
- [9] JsreadSheet Official Home Page : URL <https://jsreadsheet.com/> (2022 年 9 月 5 日閲覧)
- [10] KaTeX Official Home Page : URL <https://katex.org/> (2022 年 9 月 5 日閲覧)
- [11] Apache Echarts Official Home Page:URL <https://echarts.apache.org/en/index.html> (2022 年 9 月 5 日閲覧)
- [12] CindyJS Official Home Page : URL <https://cindyjs.org/> (2022 年 9 月 5 日閲覧)