

高等学校数学Ⅱにおける計算練習のための Webアプリの開発と利用状況の分析

木 谷 聖 人 (数 学 科)

要 旨

近年、一人一台端末環境の整備が進む中、算数・数学教育におけるICTの利活用が積極的に推進されている。算数分野ではタブレット端末を用いた適応学習、数学分野ではコンピュータを活用したグラフ描画などの実践例が報告されている。また、ゲームやパズルの要素を取り入れた学習も一定の効果があるとされ、ICTの普及とともに研究が進められている。一方で、数学の学習において計算練習が不可欠であるにもかかわらず、高等学校数学における基本的な計算練習にICTを活用した事例は依然として少ない。そこで、本稿では、高等学校数学Ⅱの三角関数および対数関数分野における計算練習を目的としたWebアプリをHTML5およびJavaScriptを用いて開発した。さらに本稿では、開発したWebアプリの概要を示すとともに、アクセス解析を通じてその利用状況を分析する。解析の結果、授業時間内に限らず、通学中や自宅にいる時間にも利用されていることが推測された。これにより、Webアプリが計算練習の機会を拡充し、継続的な学習や学習意欲の向上に寄与する可能性が示唆された。

1. はじめに

2020年以降、文部科学省のGIGAスクール構想により、一人一台端末環境の整備が進み、小・中・高等学校においてICTを活用した学習が推進されてい

る。特に算数教育では、タブレット端末を用いた基本的な計算練習が行われることが多い。稲垣ら（2019）は、小学生を対象に、難易度の異なる算数問題を出題する適応学習アプリケーションを開発し、その取り組み状況を分析している。一方、中学校・高等学校の数学教育においては、ICTの活用は主にグラフの描画やデータの統計解析に重点が置かれている。文部科学省「各教科等の指導におけるICTの効果的な活用に関する参考資料」によると、各教科・学校種ごとにICT活用の事例が示されているが、算数・数学科に関しては、「二次関数の式とグラフの関係について、コンピュータなどの情報機器を用いてグラフをかくなどして多面的に考察する」と記述されており、グラフの描画が主要な活用例として想定されていることが分かる。実際、飯島（2015）や辰見（2022）も、数学教育におけるグラフ描画へのICTの活用を報告している。

数学教育において、ゲームやパズルの要素を取り入れることは古くから行われており、近年ではパソコンやタブレットなどのICTを活用した学習ゲームも多くの研究により提案されている。これらの研究では、ICTを活用した学習が一定の効果をもたらすことが示されている（古川・北本，2016；青木・伊禮，2018）。しかし、数学の学習において基本的な計算練習が不可欠であるにもかかわらず、高等学校数学における計算練習のためのツールやゲーム等を用いたICT活用事例は少ない。特に、高校数学Ⅱで扱う三角関数や対数関数は、計算手順の定着が重要であり、継続的な練習が求められる分野である。従来、これらの計算練習は紙の教材を用いて行われることが一般的であり、ICTを活用した練習環境の整備は進んでいないのが現状である。

そこで本稿では、高等学校数学Ⅱの三角関数および対数関数の基礎計算を練習するためのWebアプリを開発した。飯島（2015）は、ネイティブアプリを利用する場合、PCやタブレット端末へのインストールが必要となること、また管理者権限が求められる場合があることを指摘している。さらに、異なるOSでの利用を考慮する場合、マルチデバイス対応のソフトウェア開発が必要にな

る点も課題として挙げている。これらの問題を回避するため、飯島（2015）は、iPadを利用した学習のためにHTML5およびJavaScriptを用いたブラウザ上で動作する作図ツール（動的幾何ソフト）を開発した。

本稿においても、これに倣い、以下の要件を満たすWebアプリを開発することとした。

1. スマートフォンでの利用を前提とすること
2. アプリのインストールを不要とすること
3. OSや機種に依存せず動作すること

これらの要件を満たすことで、生徒が時間や場所を問わず手軽に利用できる学習環境を提供することを目指した。本稿の構成は次の通りである。第2節では開発したWebアプリの概要と工夫した点を紹介する。第3節ではWebアプリに対するアクセス数を解析し、その解析結果をグラフにより示す。第4節では第3節のアクセス数解析の結果をふまえて考察を行う。最後に第5節で結論と今後の展望についてまとめる。

2. Webアプリの概要

HTML5とJavaScriptを用いてWebサイトを作成し、ブラウザ上で動作するWebアプリを開発した。開発したのは「三角関数の値ドリル」¹と「対数計算ドリル」²の2種類である。「三角関数の値ドリル」は、 $\sin \frac{\pi}{3}$ などの弧度法で表された三角関数の値を解答するアプリであり、「対数計算ドリル」は $\log_2 8$ など答えが整数となる対数の値を解答するアプリである。いずれのアプリも次のような流れで動作する。アプリはタイトルページ、問題ページ、結果ページで構成され、タイトルページには問題数や難易度等を設定するボタンがあり、

¹ <https://cuboctahedron.sakura.ne.jp/trival2/>

² <https://cuboctahedron.sakura.ne.jp/logarithm/>

必要なものを選択した後スタートボタンをタップすると問題ページに切り替わる。さらにスタートボタンのタップと同時に計時が始まる。表示された式に対応する数値のボタンをタップすると、正解または不正解の判定が行われ、画面上に大きく○または×が表示される。正解の場合のみ、次の問題に進み、既定の問題数が終了すると、結果ページに移動し、終了までの合計タイムが表示される。「もう一度」のボタンをタップするとタイトルページに戻る。2.1節と2.2節ではそれぞれ「三角関数の値ドリル」と「対数計算ドリル」の特徴と工夫した点を述べる。

2. 1 「三角関数の値ドリル」の特徴

アプリのスタートページ、問題ページ、結果ページを図1に示す。本アプリでは、タイトルページにおいて単位円の表示・非表示を選択できる機能を実装した。単位円は、三角関数を含む方程式や不等式を解く際、および最大・最小値を求める際に重要な概念である。特に、三角関数に対して苦手意識を持つ生徒にとって、単位円を表示することで学習の助けとなることが期待される。具体的には、角度を単位円上の動径の位置として認識し、その動径に対応する正弦や余弦の値を単位円上の点のx座標またはy座標として読み取ることを促す狙いがある。初学者は単位円を表示した状態で学習を進めることで、視覚的な補助を受けながら三角関数の概念を理解しやすくなる。また、学習が進み、慣れてきたタイミングで単位円を非表示に切り替えることで、無理なくステップアップできる仕組みとなっている。

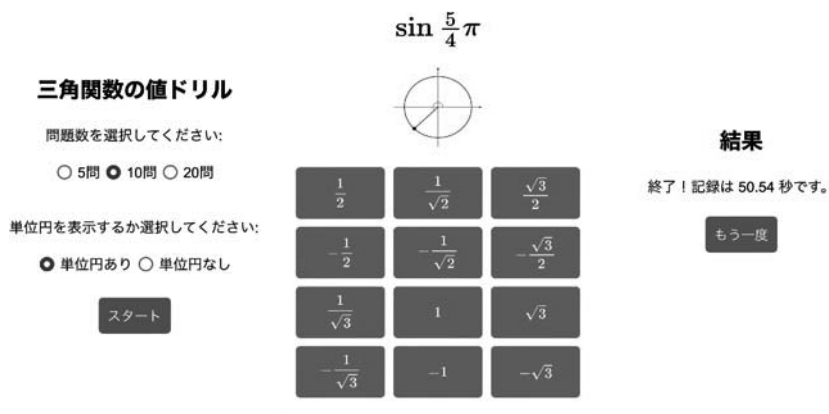


図 1 「三角関数の値ドリル」のWebアプリ画面。タイトルページで単位円の有無を選択できる（左）。上部に表示された正弦，余弦，正接の値をボタンから選んで解答する（中央）。既定の問題数を正解すると結果ページに移動し，合計時間が表示される（右）。

2. 2 「対数計算ドリル」の特徴

図 2 にアプリの各画面を示す。「三角関数の値ドリル」を使用した生徒および教員からのフィードバックにより、「対数計算ドリル」では間違えた選択肢を選んだ場合は合計タイムに5秒のペナルティを追加すること，結果画面で合計タイムに応じた称号が表示されること，を新規に実装した。「やさしい」と「とてもやさしい」の違いは，底と真数に分数や根号を含む問題を出题するか否かである。

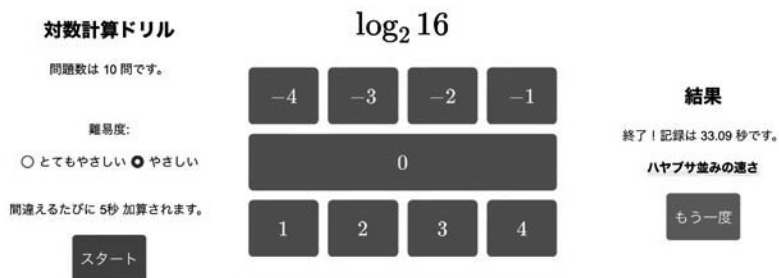


図 2 「対数計算ドリル」のWebアプリ画面。タイトルページで難易度を選択し（左）、対数の値をボタンで解答する（中央）。結果ページでは合計時間と称号が表示される（右）。

3. Webサイトのアクセス数の解析

第2節で紹介したアプリは、数学Ⅱ（4単位）の授業において2クラス85名の生徒に順次紹介した。「三角関数の値ドリル」は、弧度法の導入および三角関数の導入と定義が終わったあと、2024年9月5日の授業で紹介した。「対数関数ドリル」は対数関数の導入が終わった2024年10月29日に授業で紹介し、生徒がアプリを実際に利用した。筆者担当クラスのほかに、数学Ⅱを担当する教員がそれぞれの授業内でも用いたため、最終的に学年全員（340名）にアプリが周知された。

本節では、Webサイトのアクセスデータを解析することにより、生徒がWebアプリを利用した回数や時間帯について調査する。3.1節では、アクセスデータの解析に用いたPages数とVisits数について説明する。3.2節と3.3節ではそれぞれ日別と時間別のアクセスデータをまとめる。3.4節ではアクセスデータ解析の結果から考察を行う。

3. 1. 用語の説明

本稿では、アクセス数としてPages数とVisits数を利用する。Pages数はいわゆるページビューの数であり、HTMLドキュメントが生成されるごとに1回とカウントされる。一般に、何回ページが閲覧されたかを示すものとして広く用いられている指標である。Visits数はIPアドレスからサーバーにリクエストが要求されるごとに1回とカウントされる。ただし、30分以内に同一IPアドレスからリクエストがあった場合はカウントしない³。Pages数は、例えば1人がブラウザの「前に戻る」ボタン等で3回ページを閲覧した際には「3回」とカウントされる。一方でVisits数は30分以内に何回ページを閲覧しても最初の1回しかカウントされないため、より実態の「延べ人数」に近い値を推測できると考えられる。

なお、本稿で利用したアクセス解析ツールは、メインディレクトリへのアクセス数を解析するものであり、サブディレクトリごとのアクセス数は解析できない。したがって、「三角関数の値ドリル」(/trival2/)へのアクセスと「対数計算ドリル」(/logarithm/)へのアクセス数は他のサブディレクトリともまとめてカウントされる。表1～3に、各月ごとのURL別アクセス数を示す。表中の割合は、その月全体のPages数（Visits数）に対する割合である。各表において関係のあるURL以外へのアクセス数は省略する。

表 1 2024年9月のURL別アクセス数

URL	Pages	割合	Visits	割合
/trival2/	806	11.80%	386	94.61%

³ <https://github.com/hyc/webalizer/blob/master/README>

表 2 2024年10月のURL別アクセス数

URL	Pages	割合	Visits	割合
/logarithm/	948	27.39%	117	65.00%
/trival2/	66	1.91%	57	31.67%

表 3 2024年11月のURL別アクセス数

URL	Pages	割合	Visits	割合
/logarithm/	614	45.48%	164	87.70%
/trival2/	31	2.30%	23	12.30%

3. 2 日別のアクセスデータ

図 3, 4 はそれぞれ2024年9月5日から10月28日までのPages数とVisits数のグラフである。横軸は日付, 縦軸はPages数またはVisits数を表す。この期間は, 「三角関数の値ドリル」を授業で紹介した日から「対数計算ドリル」を紹介する前日までである。したがって, 主に「三角関数の値ドリル」へのアクセス数である (表 1, 2)。9月20日にPages数が突出しているのは, Webページの更新のために筆者がアップロードとWebページの動作チェックを繰り返したためであり, アプリへのアクセスではない。

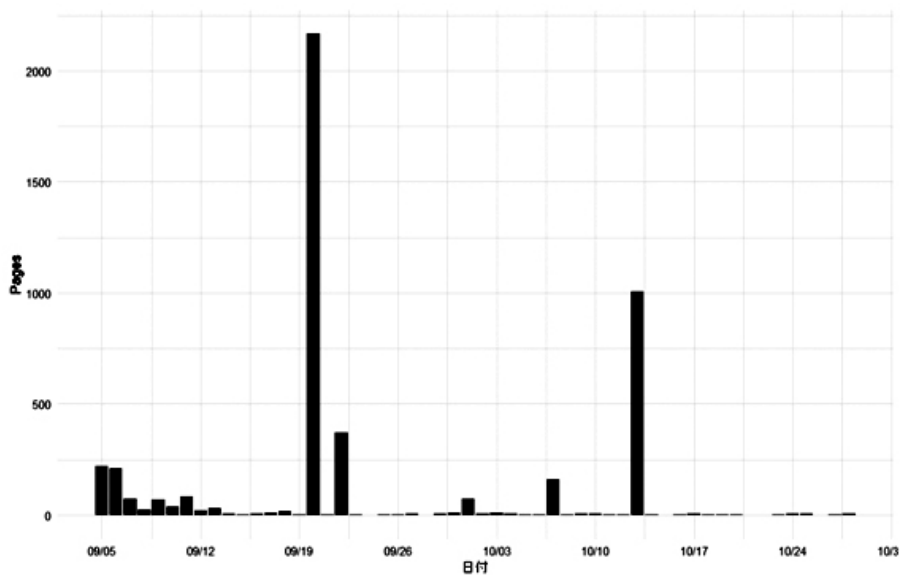


図 3 2024年9月5日から10月28日におけるPages数

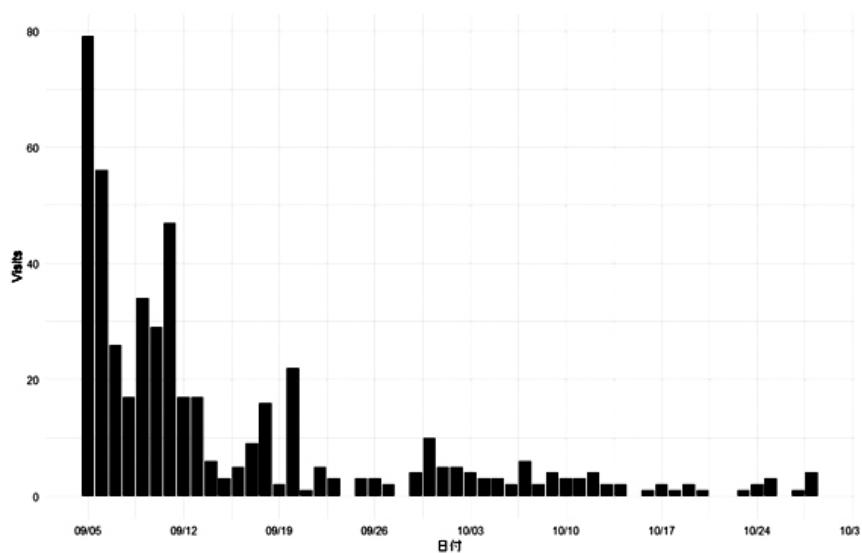


図 4 2024年9月5日から10月28日におけるVisits数

図5、6はそれぞれ2024年10月29日から11月30日までのPages数とVisits数のグラフである。この期間は「対数計算ドリル」を生徒に紹介してからの約1か月間である。しかし、3.1節で述べたように「三角関数の値ドリル」にアクセスした人数も同時に加算されている。ただし、表3より、11月のVisits数は87.7%が「対数計算ドリル」へのアクセスであることから、「対数計算ドリル」のアクセス状況として考える。

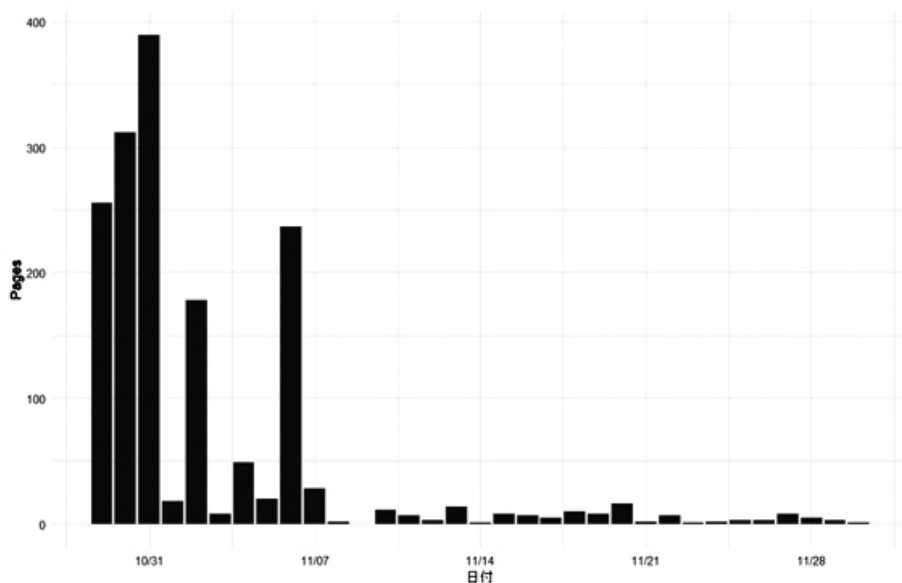


図5 2024年10月29日から11月30日におけるPages数

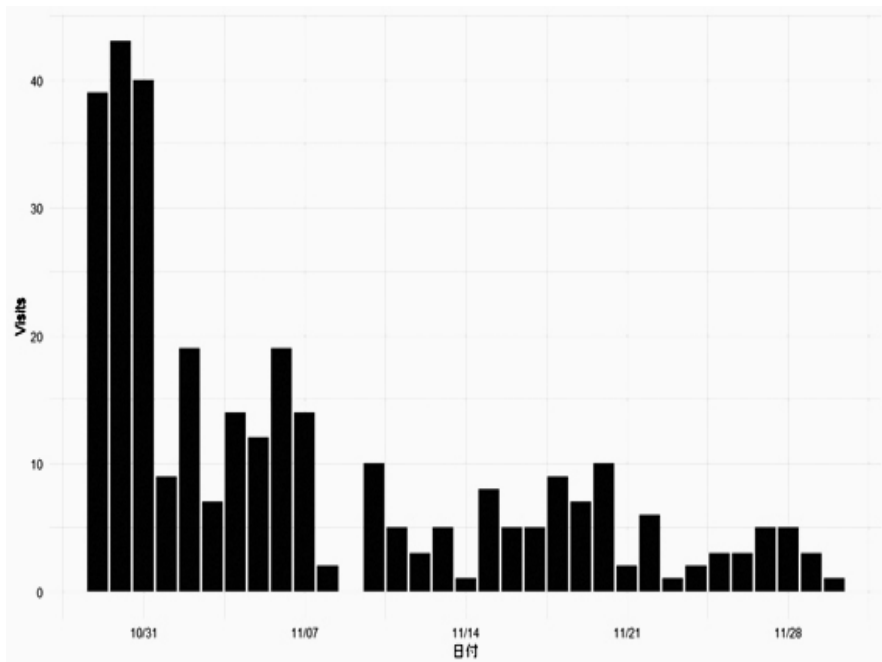


図 6 2024年10月29日から11月30日におけるVisits数

3. 3. 時間別のアクセスデータ

図 7 は2024年9月1日から11月30日までの3か月間における0時台から23時台の各時間帯のPages数である。アクセス解析ツールの仕様上、時間帯ごとのVisits数は取得できない。しかし、図1と図2の比較、図3と図4の比較から、突出している箇所を除いておおよそPages数とVisits数の間には同じ傾向が見て取れるため、ここではPages数を用いることとする。

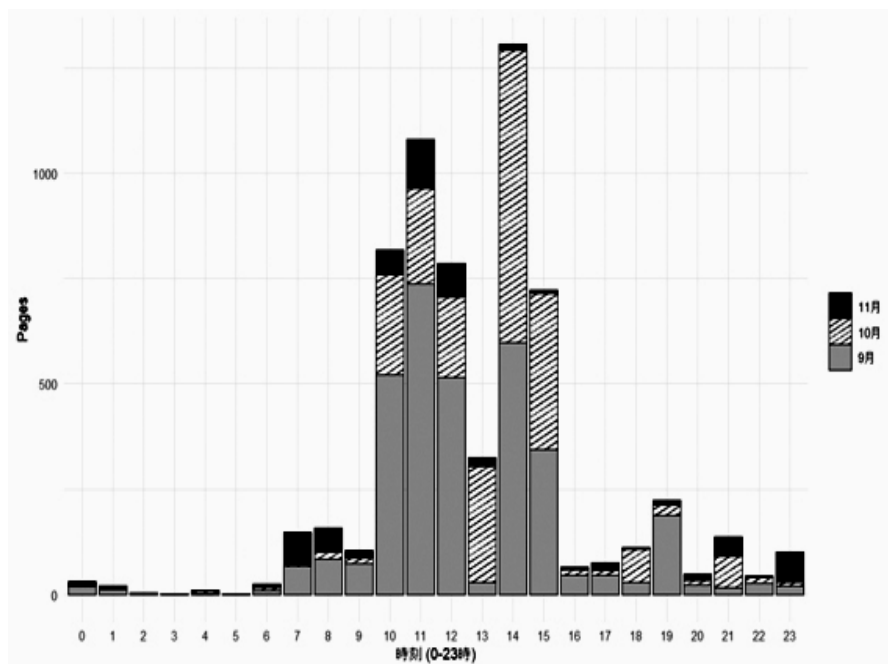


図 7 2024年9月5日から2024年11月30日までの0時～23時の
各時間帯におけるPages数

4. アクセス解析の考察

図4より、「三角関数の値ドリル」は紹介直後の約1週間は継続的なアクセスが見られるものの、その後はアクセス数が減少する傾向が確認できる。図6に示す「対数計算ドリル」についても同様に、公開直後の数日はアクセス数が多く、1週間ほど経過すると減少する傾向が見られる。しかしながら、図5によると、「対数計算ドリル」の紹介後数日間にはPages数が毎日約300に達しており、「三角関数の値ドリル」と異なる挙動を示している。この要因として、結果画面に称号を表示する仕様を導入したことや、授業内で班単位の競争を促したことが挙げられる。これにより、生徒が繰り返しWebアプリを利用する動

機付けが強まり、一人あたりの利用回数が増加したと考えられる。したがって、基礎計算の繰り返し学習を促進するために2.2節で示した工夫が一定の効果を持つことが示唆される。

次に、時間帯別のアクセス状況を分析すると、図7より、10時台～12時台および14時台～15時台にアクセス数が多いことが確認できる。これは、授業時間帯と一致しており、授業内での一斉利用が影響していると考えられる。一方で、7時台～8時台および18時台～19時台にも一定数のアクセスが見られることは注目に値する。これらの時間帯は生徒の通学時間帯と重なっており、移動中にスマートフォン等を用いてWebアプリを利用した可能性が高い。また、21時台にもアクセスが確認されることから、自宅等で利用されたことが推測される。以上の結果から、本研究で開発したWebアプリがOSに依存しないブラウザアプリとして設計されたことにより、授業内の利用にとどまらず、通学中や自宅での自主学習にも活用されたことが示された。

5. まとめと今後の展望

本稿では、三角関数および対数関数の導入段階における計算問題の練習を目的としたWebアプリを開発し、アクセス解析を通じてその利用状況を分析した。その結果、授業時間内での利用にとどまらず、通学中や自宅においてもアプリが利用されていたことが確認された。さらに生徒からは「スマートフォンで手軽にアクセスでき、隙間時間に学習できる」といった意見が寄せられた。これらの結果は、OSに依存しないブラウザベースのアプリとして開発したことにより、生徒が容易にアクセスできる環境を提供し、継続的な利用を促進したことを示唆している。

アクセス解析に関しては、サーバー付帯のアクセス解析ツールを用いたが、トップページ以下の個別ページごとのアクセス数や、時間帯別の訪問者数（Visits数）を詳細に把握することはできなかった。この点は、今後の課題の

一つとして挙げられる。例えば、スタートボタンが押下されるたびにサーバーへ時刻を記録する機能を実装することで、より精緻な利用状況の分析が可能となると考えられる。

さらに、本研究で取り上げたような学習支援のためのWebアプリの開発は、生徒の探究活動のテーマとしても有用である可能性がある。HTML5およびJavaScriptを用いた開発は、特別な開発環境を必要とせず、テキストエディタとブラウザのみで開発が始められるという利便性を有する。加えて、学習内容に応じた機能の設計や、アクセス解析を通じた利用状況の評価は、数学、情報、統計といった複数の分野を横断する探究活動の一環となることが期待される。今後は、これらの観点を踏まえ、生徒自身が学習アプリを設計・開発し、その有効性を検証するような教育実践の可能性についても検討していきたい。

6. 参考文献

- 青木慎恵，伊禮三之（2018），「算数・数学教育におけるゲームの役割—小学校低学年のゲーム例を中心に—」，『琉球大学教職大学院紀要』，2，107-118
- 飯島康之（2015），「作図ツールGC/html5の開発—HTML5+JavaScriptによる教育用ソフト開発の可能性—」，『科学教育研究』，39，161-175
- 稲垣忠，大森裕二，志野奈美子，阿波弘真，村上壮，菊池尚樹（2019），「学校および家庭における適応学習の実践と評価」，『日本教育工学会』，42，345-354
- 辰見憲（2022），「動画作成やグラフ描画ソフトを用いた課題について—高等学校数学科におけるSTEAM教育の可能性—」，『中央大学杉並高等学校紀要』，31，155-164
- 古川新，北本卓也（2016），「ゲームを活用した数学教材について」，『山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要』，41，189-195
- 文部科学省，「各教科等の指導におけるICTの効果的な活用に関する参考資料」，https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/zyouhou/mext_00915.html
（参照2025-2-15）