

教材追加機能を備えた対話的なデジタル教材集作成支援システム

A Support System for Creating a Collection of Interactive Digital Teaching Materials with the Ability to Add New Materials

情報工学専攻 宇梶 有里加
Yurika UKAJI

概要 主に小学生向けの授業や問題解説の補助となる対話的なデジタル教材集作成支援システムを提案する。数値計算とアニメーションに関する部分的なコード等を入力することで、半自動的に教材のプログラムが作成され、教材集に追加される。全ての教材を同じ形式で表示することで、直感的な操作を可能にした。

キーワード：教育コンテンツ、デジタル教材、A-Frame、Three.js

1 背景

近年、デジタル教材の需要がこれまで以上に高まっている。コロナ禍の現在、学習塾や家庭教師よりもデジタル学習サービスを選択する家庭が増えていることや学校の授業で積極的にパソコンやタブレットが利用されていることなどが影響していると考えられる。

小中学校の授業、特に算数や理科の授業などにおいて、文字や画像だけの従来の教材を用いるだけでは、物体の動きや図形を想像することが難しく、正確に理解できない生徒が多くいる。現在、学校の先生や塾講師の多くは、手描きの図やイラストを使い、視覚的に捉えられるように工夫して指導を行っている。しかし、授業や問題解説の度に適切な図やイラストを描くのは手間がかかる上に、描く人によって違いが出てしまう。また、文部科学省の示す GIGA スクール構想[1]により、2020 年度より小中学生に一人一台の学習用端末を整備することが推進されている。教員にとっては、多様な既存のデジタル教材を使いこなすことが必要となる。また、必要に応じて、教員自らデジタル教材及び教材集を作成することで、ICT 教育の利点を活かすことができる。例えば、授業のテーマに沿っていくつかの図やアニメーション等の教材を新たに作成したり、それらをまとめて教材集の形にしたりすることが考えられる。

そこで、本研究では、アニメーションを用いたデジタル教材の作成とそれらを集めて教材集を作成す

る作業を支援するシステムの提案を行う。

2 目的

算数や理科の学習の補助となる対話的なデジタル教材を集めた教材集を容易に作るができるオリジナルのツールの作成を目指す。Web上で公開し、様々な人が考え、作成した教材を追加することで、多種多様なデジタル教材集になると考える。また、実際に授業を行う教員が自らデジタル教材作成に携わることで、教科書やテストの内容に沿ったデジタル教材を独自に作成可能である。さらに、生徒が自らアニメーションやオブジェクトを動かしながら学習することで、理解を深めることができると考える。

3 システムの構成

3.1 システム構成図

ここでは標準的なクライアントサーバの構成を採用する。システムの構成を以下に示す(図 1)[2]。

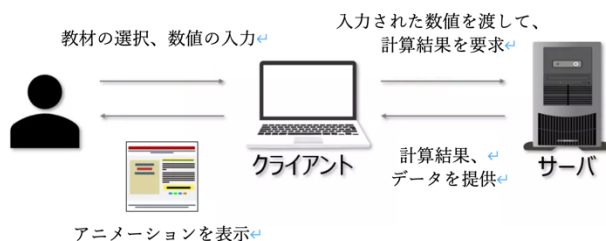


図 1：システム構成図

現段階では、Python を使って、ローカルサーバを構築し、数値計算やアニメーション表示は全て JavaScript で実装している。将来的には、サーバサイドでの計算や新規プログラムの自動生成も検討している。

3.2 デジタル教材選択・閲覧画面

クライアント側のシステム画面の具体例を以下に示す(図 2, 図 3)。



図 2：教材選択画面

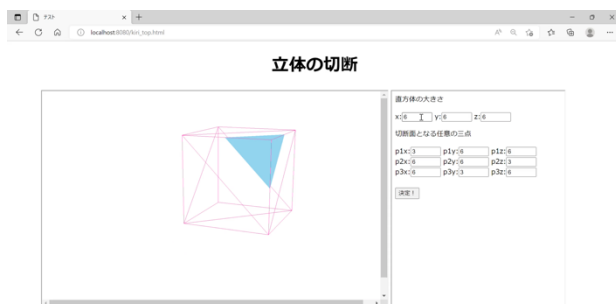


図 3：教材閲覧画面

デジタル教材の見せ方は多様になり得るが、今回は提案システムとしてシンプルな形を目指した。教材閲覧画面は数値入力フォームとアニメーション表示画面で構成され、入力値に応じた計算結果や物体の動きを即座に簡易的なアニメーションで確認できる。ひとつひとつの教材はアニメーションの表示と入力フォームの管理、そして、それらの連動の役割を持った三つの HTML ファイルから構成されている。

現在、A-Frame、Three.js で作成されたデジタル教材に対応している。また、Unity で作成されたデジタル教材に関しては、表示形式は異なるものの、閲覧・使用することは可能である。

4 対話的なデジタル教材の例

上記の提案システム内で活用可能なデジタル教材例を以下に示す。

4.1 立体図形の切断問題に対応したデジタル教材

切断する直方体の大きさと任意の三点の座標を入力することで、その三点を通る切断面を確認できるデジタル教材を作成した。プログラムの内容を以下に示す。

【プログラム概要】

入力された直方体の大きさと三点の座標から切断面の頂点を求め、Three.js[3]で表示可能なデータを作成する。それらのデータをもとに、元の直方体と切断面を表示する。直方体は枠のみ、切断面は色付

きの面（カラーコードは[4]を参照）として確認することができる。ドラッグで立体図形を回して 360 度自由に見ることができる。

切断面の頂点を計算し、図形を表示するプログラムを kiri.html, 入力フォームから値を取得するプログラムを kiri_form.html, 入力値を共有するプログラムを kiri_top.html とした。

【設計】

- ① 切断する直方体の大きさと任意の三点の座標の値を取得する
- ② Three.js にて、元の直方体を表示させるためのデータを作成する
- ③ 三点を通る平面の方程式を計算する
- ④ 直方体の 12 本の辺との交点を探す
- ⑤ 切断面の一つの頂点を基点に作られる全ての三角形の頂点を列挙する
- ⑥ (Three.js では、平面は裏から見たときに表示されないため) 三角形を作る頂点の並び方を変え、同様に列挙する
- ⑦ Three.js にて、切断面を表示させるためのデータを作成する
- ⑧ 元の直方体と切断面を表示する

4.2 月の見え方の学習のためのデジタル教材

日付と都市の経緯度を入力することで、月の動きをシミュレーションすることができるデジタル教材を A-Frame[5]を用いて作成した(図 4)。



図 4：「一日の月の見え方」のデジタル教材

プログラムの内容を以下に示す。

【プログラム概要】

日付と都市の経緯度から月の出・南中・入りの時刻を計算する。月の一日の動きを示す簡易的なアニメーションと共に、それらの時刻を表示する。

月の出・南中・入りの時刻を計算し、アニメーションに合わせて表示するプログラムを moon.html, 入力フォームから値を取得するプログラムを moon_form.html, 入力値を共有するプログラムを

moon_top.html とした。

【設計】

- ① 日付と都市の経緯度の値を取得する
- ② 日付から時刻変数 (T) を計算する (T は 2020 年 1 月 1 日正午からのユリウス経過年)
- ③ 略算式[6]に時刻変数 (T) を代入し、黄経 (Rm), 黄緯 (Bm), 視差 (P) を求める
- ④ 黄道傾角(ep)を計算し、黄経 (Rm), 黄緯 (Bm) を赤経(ax), 赤緯(bx)に換算する
- ⑤ 以上の計算を求めたい日とその前後の三日間分繰り返す
- ⑥ 一日の時間を 0~1 で表し (d), 赤経(ax), 赤緯 (bx), 視差 (P) の二次補間式を作る
- ⑦ 逐次近似法で、反復計算を行うことで、月の出・南中・入りの時刻を求めることができる
- ⑧ 月の運動のアニメーションに合わせて、月の出・南中・入りの時刻を表示する

4.3 旅人算の学習のためのデジタル教材

旅人算の基礎となる、二人の進む速さと道のりを入力することで、二人が出会うまで、もしくは、追い抜き、追い越されるまでの様子をシミュレーションすることができるデジタル教材を作成した(図5)。

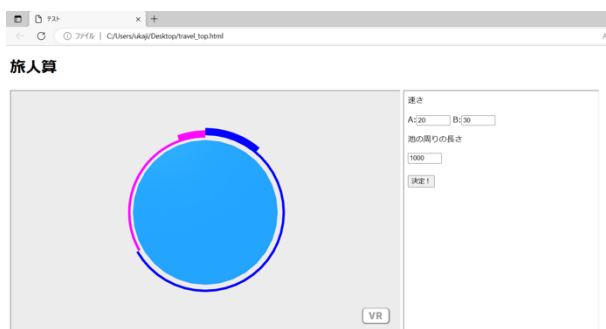


図 5: 「旅人算」のデジタル教材

プログラムの内容を以下に示す。

【プログラム概要】

入力された二人の進む速さと池の周りの道のりから、二人が同じ場所に来るまでの様子を簡易的なアニメーションで表示する。同時に、旅人算の解法も表示する。

旅人算の計算を行い、アニメーションと式を表示するプログラムを travel.html, 入力フォームから値を取得するプログラムを travel_form.html, 入力値を共有するプログラムを travel_top.html とした。

【設計】

- ① 二人の進む速さと池の周りの道のりの値を取得する

- ② A-Frame の primitive object タグ<a-ring>を用いて、二人の進む速さの比を示す

- ③ 二人の進む速さの割合に合わせて、ring の角度を大きくして、再表示する

- ④ 二つの ring が接触する角度を計算し、その角度まで③を繰り返す

- ⑤ 旅人算の計算式を表示する

5 教材追加の流れ

デジタル教材を新しく作成することも可能である。数値計算とアニメーションに関する部分的なコードと教材情報を入力することで、教材のプログラムが作成され、教材集に追加することができる。

5.1 教材追加手順

教材追加の手順は以下の通りである。

- ① システムのトップ画面左上の「教材追加」ボタンをクリックする
- ② 教材のタイトル, サムネイル画像, 数値計算とアニメーション表示に関するコード, 使用した変数とその意味, 例題や解説などの説明文, 教材を形成する 4 つの HTML ファイルの名前を登録する
- ③ 「送信」ボタンをクリックする
- ④ 開いたピッカーで、教材集を保存したいフォルダを指定し、4 つのファイルを②で登録した名前ですべて保存する
- ⑤ トップ画面に戻り、ブラウザを更新する

5.2 キーワードと教材追加情報

追加する教材情報はキーワード(表 1)で管理し、入力フォームや区切り記号を用いてキーワードに対応する値を順に並べたテキストデータ等、複数の方法で登録することが可能である。また、今後は XML 形式でのデータ記述も検討している。

表 1: キーワードと教材追加情報

キーワード	教材追加情報
Title	教材のタイトル
Picture	サムネイル画像ファイル名
Program1	数値計算に関するコード
Program2	アニメーションに関するコード
Num	使用した変数
NumName	使用した変数の意味
Ans	出力結果を代入する変数
AnsName	出力結果を代入する変数の意味
Memo	例題や解説などの説明文
File1	数値計算とアニメーション表示を行う HTML ファイル名
File2	入力フォームから値を取得する HTML ファイル名
File3	入力値を共有する HTML ファイル名
File0	トップ画面を構成する HTML ファイル名

足し算を題材とした学習用教材を例に、教材追加情報の登録方法の具体例を以下に示す。

まず初めに、区切り記号を「|」として、キーワードに対応する値を順に並べて記述する例は次の通りである：

```
「足し算|addition.jpg|var ans=a+b;|<a-scene><a-text ans scale="5 5 5" position="0 2 -4" color="black"></a-text></a-scene>|a,b|A,B|ans|答え|二つの数字の足し算です。|addition.html|addition_form.html|addition_top.html|index.html」.
```

次に、入力フォームから登録する例は以下の図 6 の通りである。

タイトル
足し算

サムネイル画像
ファイルを選択 addition.webp

プログラム
数値計算のコードを入力してください。
var ans=a+b;
アニメーション表示のコードを入力してください。
<a-scene>
<a-text ans scale="5 5 5" position="0 2 -4" color="black"></a-text>
</a-scene>

変数 (カンマ区切りで入力してください)
入力値
変数: a,b 名前 (意味): A,B
計算結果
変数: ans 名前 (意味): 答え

説明
二つの数字の足し算です。

htmlファイルの名前
addition.html addition_form.html addition_top.html index.html

図 6：教材追加入力フォーム

現在は、主にこれらのテキスト表現を用いて教材追加を行っている。

5.3 教材追加の仕様

ユーザーの入力した教材追加情報を参考に、①数値計算とアニメーションの表示、②入力された情報の管理、そして、③入力値を共有することでそれらを連動させる役割を持った三つの HTML ファイルを作成し、システムのトップ画面を構成する index.html を更新するプログラム add.html を作成した。これらの HTML ファイルの保存には File System Access API[7]の showSaveFilePicker()を使用した。実際にファイルを保存する際は、ファイル

の保存先とファイル名を選択するピッカーが開き、ユーザーが自らそれらを指定することでファイル保存が完了する。また、JavaScript の連想配列を用いて、教材情報を管理しており、ブラウザのローカルストレージに既存の教材及び追加された教材の一覧を保存している。

6 評価実験

作成したデジタル教材の多くは、中学受験に対応したものであるため、学習者として小学生もしくは中学受験経験者、指導者として教師や塾講師の経験のある人を対象に評価実験を行うことを計画している。

7 結論

本研究では、デジタル教材の閲覧、使用に加え、ユーザー自ら教材の追加が可能な対話的なデジタル教材集作成支援システムを設計し、試作した。

今後の課題としては、以下のものが挙げられる。(i)評価実験の実施、(ii)教材追加機能の向上とオリジナルのデジタル教材集を作る機能の実装、(iii)教材の管理機能の実装。

参考文献・URL

- [1] 文部科学省, GIGA スクール構想の実現について, 入手先 <https://www.mext.go.jp/a_menu/other/index_00001.htm> (参照 2023-2-15).
- [2] クライアントサーバシステムとは? メリット・デメリットを 3 分で解説, Biz.Online, 入手先 <<https://it-biz.online/it-skills/client-server/>> (参照 2023-2-15).
- [3] Three.js, 入手先 <<https://threejs.org/>> (参照 2023-2-15).
- [4] 原色大辞典, 入手先 <<https://www.colordic.org/>> (参照 2023-2-15).
- [5] A-frame, 入手先 <<https://aframe.io/>> (参照 2023-2-15).
- [6] 長沢工, 日の出・日の入りの計算 天体の出没時刻の求め方, 地人書館, 1999.
- [7] File System Access API, MDN Web Docs, Mozilla, 入手先 <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/File_System_Access_API> (参照 2023-2-15).