

令和 3 年 6 月 21 日現在

機関番号：55401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K01003

研究課題名（和文）誤答原因判定を基礎とする学習PDCAサイクルによる数学用独習システムの開発

研究課題名（英文）Development of Self-study system for mathematics in the PDCA learning cycle based on the Judgment of the cause of incorrect answer

研究代表者

深澤 謙次（FUKAZAWA, Kenji）

呉工業高等専門学校・自然科学系分野・准教授

研究者番号：50238440

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：主な研究成果は数学独習用eラーニングシステムSTACK上で利用できる、学習する上で効果的と思われる図を作成するためのツールを開発したことである。この作図ツールで作成される図は、実行時に動的に決定される関数やパラメータを用いて、学習者がこの図を対話的に操作することによって学習内容を理解させる、あるいは理解を深めさせるようなものである。このために、我々はCinderellaという動的幾何ソフトウェア用に作られたCindyScriptという言葉と、ウェブ上の対話的な要素を作るフレームワークであるCindyJSを利用した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、学生の数理科目の学力の低下が指摘されており、これを放置することは、長期的には日本の技術力の衰退につながると考えられる。したがって、この研究で開発したツールを用いることで、数理科目の学力が向上すれば、その意義は大きいと考えられる。

研究成果の概要（英文）：The main research result is that we have developed the tool to produce the figures that are considered to be effective in learning mathematics, running in the e-learning system STACK. The figures produced by this tool are such that students can understand learning contents or deepen understanding by manipulating the figures, with the use of the functions and parameters determined dynamically at runtime. We used the language CindyScript and the framework CindyJS to develop our tool.

研究分野：科学教育

キーワード：STACKの描画機能の拡張 対話的に操作できる図 数学用e-ラーニングシステム

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1.研究開始当初の背景

(1) 昨今では、一斉型授業から、反転授業やアクティブラーニングなどの新たな授業方法への対応が求められるようになってきており、より学生個々の理解度に応じた、独習教育ツールが益々重要になってきている。

(2) 数学独習システムでは、数式評価による数式の自動採点が不可欠で、日本で導入されているシステムの中には、研究分担者(中村)が開発に携わっているSTACKというシステムがあり、数学eラーニングが起動に乗り始めている。教師は学生の回答記録を見て、学生が間違えやすい誤答パターンや誤答の原因を調べ、学生に提示する問題を適切に選択するために利用することができる。最近では、STACKの問題作成を支援するための問題データベースシステムmathbankについての研究などがされており、STACKの利用環境が整備されつつある。

2.研究の目的

近年、反転授業やアクティブ・ラーニングなど、学生主体型の学習形態が注目され、これまで以上に学生個々の理解度に応じた、独習教育ツールが重要になる。本研究の目的は、そのようなツールとして、教育改善のために構築されているPDCAサイクルを応用して、学力改善のための学習PDCAサイクルを導入し、この考え方に基づいた数学用独習システムを開発することである。具体的な目標は次のとおりである。

(1) 学習PDCAサイクルを効果的に機能させるため、誤答の原因を判定し、正しい理解のための説明と確認のための問題提示をする数学用独習eラーニングシステムの開発。

(2) 独習を支援するための適切な挿入図を、数学独習システム内に動的に生成・表示するための作図ツールの開発。

3.研究の方法

(1) eラーニングシステムSTACKの機能の1つであるポテンシャル・レスポンス・ツリーを適切に設計し、学生の誤答の原因を正しく判定できるようにし、そのシステムの教育効果を利用学生を対象としたアンケート調査によって検証する。

(2) 数学独習システム内に動的に生成・表示するための作図ツールを開発し、その効果を利用学生を対象としたアンケート調査によって検証する。

4.研究成果

(1) 主な研究成果

主な研究成果は数学独習用eラーニングシステムSTACK上で利用できる、学習する上で効果的と思われる図を作成するためのツールを開発したことである。

STACK上での描画機能は限定的であり、効果的な独習システムを構築する上で、有用と思われる描画機能が不足している。その1つは、陰関数や曲面の描画機能である。

この作図ツールで作成される図は、実行時に動的に決定される関数やパラメータを用いて、学習者がこの図を対話的に操作することによって学習内容を理解させる、あるいは理解を深めさせるようなものである。このために、我々はCinderellaという動的幾何ソフトウェア用に作られたCindyScriptという言語と、ウェブ上の対話的な要素を作るフレームワークであるCindyJSを利用した。

最初の例は、方程式

$$x^3 + ax^2 + bx = kx \quad (1)$$

に関する問題で、回答に対するフィードバックで図1のような図を表示する。この問題では、方程式 (1) が2つの解を持つ k の値に対して、この2つの値の差の絶対値を求めており、 a, b の値は実行時に擬似乱数でランダムに決まるように設定されている。図1は $a = -3, b = 2$ の場合の図を示している。学生は図1のスライダーを動かすことによって、直線の傾きを変えられるので、方程式 (1) の解を示す曲線と直線との交点の数が変化することを対話的な操作で学ぶことができる。

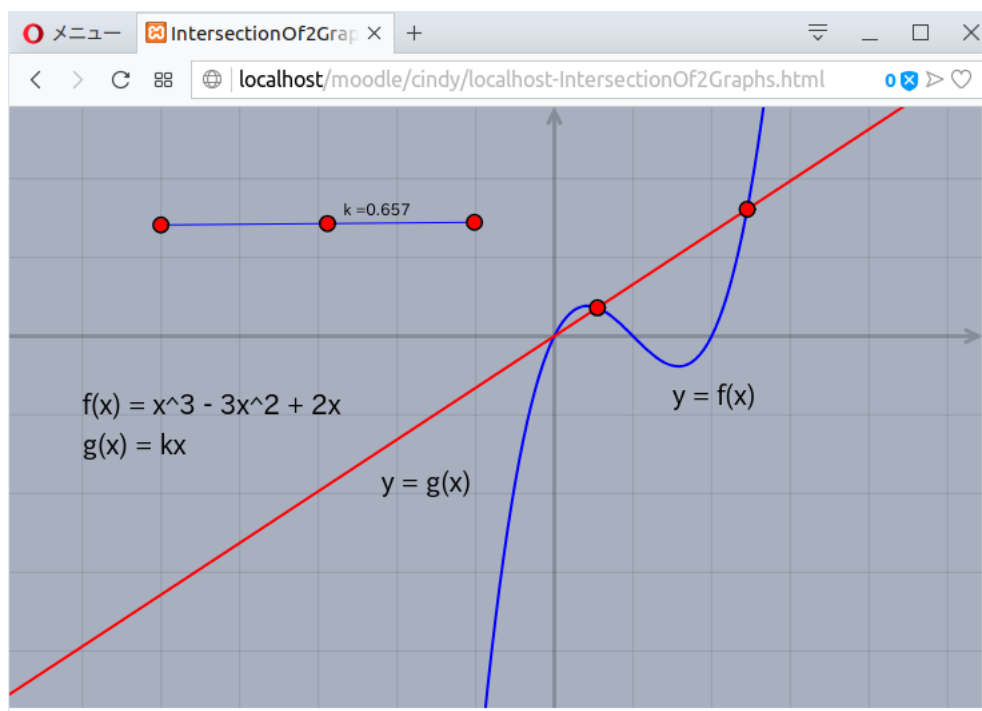


図1: スライダーで操作できる図の例1

2番目の例は、非斉次線形微分方程式

$$\frac{d^2y}{dx^2} + a \frac{dy}{dx} + by = e^{cx} \quad (2)$$

と初期条件

$$y(0) = 1, \quad y'(0) = 0 \quad (3)$$

の解を求める問題である。ここで、 a, b, c の値は実行時に擬似乱数でランダムに決まるように設定されている。

学生が不正解の場合、フィードバックとして図2が表示される。図2は、斉次線形微分方程式

$$\frac{d^2y}{dx^2} + a \frac{dy}{dx} + by = 0 \quad (4)$$

の特性方程式

$$\lambda^2 + a\lambda + b = 0 \quad (5)$$

の解を説明するものである。この図では、パラメータ a と b の値がスライダーによって変えられるようになっている。左上の図は (5) の左辺のグラフを表し、2つのスライダーを動かす

と、それに応じてグラフが移動する。右上の図は (5) の判別式 $D = a^2 - 4b$ の符号を緑色の点で示している。左下の図は (5) の解を2つの緑色の点で示している。右下の図は、齊次微分方程式 (4) と初期条件 (3) の解を表しており、判別式の符号によって形が変わることがわかる。また、 a, b の値が変わると、それに応じてグラフや点が同時に移動することが観察できる。この図を操作することによって、学生は2階線形微分方程式の階についての理解を深めることができると考えられる。

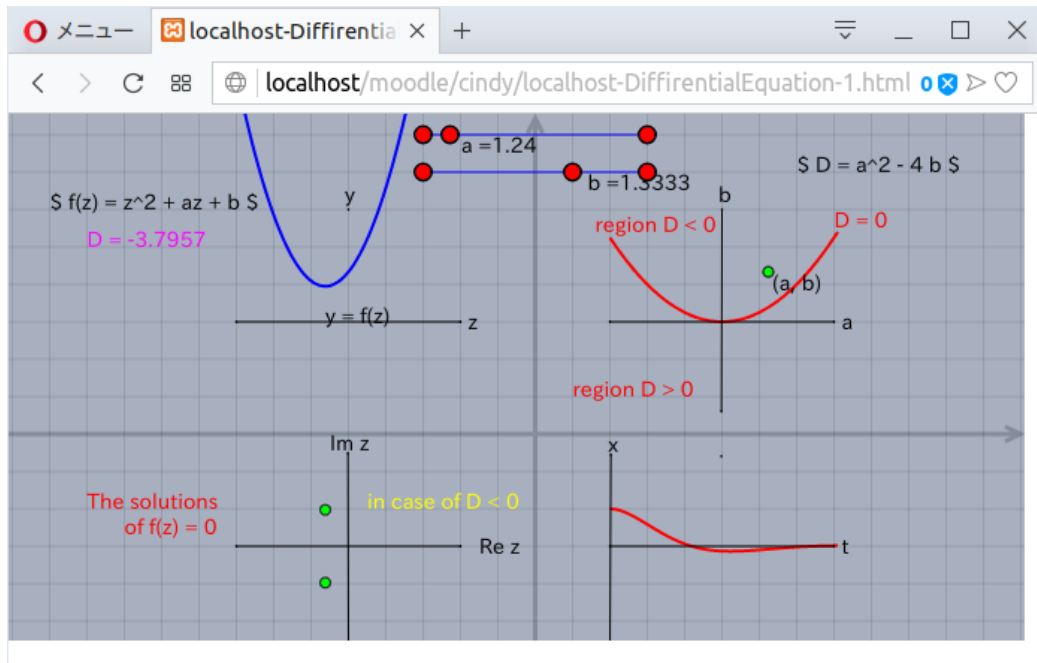


図2: スライダーで操作できる図の例2

<引用文献>

1 深澤 謙次、中村 泰之、Improvement of the Usability of Figures in STACK by Use of CindyScript and CindyJS、Proceedings of The 23rd Asian Technolog Conference in Mathematics、2018、141-149.

(2) 得られた成果の国内外における位置づけとインパクト

STACKの環境が整備され利用が広がりつつある現在において、STACKの実行時に動的に決定される関数やパラメータを用いて、学習者が図を対話的に操作することによって学習内容を理解させるような図を生成・表示するための作図ツールが開発できたことは、STACKの利用をさらに促すことになると期待される。

(3) 得られた成果の今後の展望

この研究の経験を活かして、STACKを含むeラーニングシステム上で動作する、軽量の実行時に動的に決定される関数やパラメータを用いて、学習者が図を対話的に操作することができるシミュレーション教材を開発することを考えている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 深澤 謙次, 中村 泰之	4. 巻 1
2. 論文標題 Improvement of the Usability of Figures in STACK by Use of CindyScript and CindyJS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Technological Creativity and Innovation in Mathematics Applications, Proceedings of The 23rd Asian Technolog Conference in Mathematics	6. 最初と最後の頁 141-149
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 深澤 謙次, 中村 泰之	4. 巻 1
2. 論文標題 Enhancement of Figures in STACK by Appending the Capability of Interactive Manipulations	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Technological Creativity and Innovation in Mathematics Applications, Abstracts of the Twenty-Second Asian Technology Conference in Mathematics	6. 最初と最後の頁 21-21
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 深澤 謙次, 中村 泰之, 赤池 祐次	4. 巻 2105
2. 論文標題 eラーニングの学習効果について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 京都大学数理解析研究所講究録「数学ソフトウェアとその効果的教育利用に関する研究」	6. 最初と最後の頁 39-44
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 深澤 謙次, 中村 泰之
2. 発表標題 Improvement of the Usability of Figures in STACK by Use of CindyScript and CindyJS
3. 学会等名 The 23rd Asian Technology Conference in Mathematics (ATCM 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深澤 謙次、中村 泰之、赤池 祐次
2. 発表標題 eラーニングの学習効果について
3. 学会等名 RIMS 共同研究(公開型)「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)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 深澤 謙次、中村 泰之
2. 発表標題 Enhancement of Figures in STACK by Appending the Capability of Interactive Manipulations
3. 学会等名 The 22nd Asian Technology Conference in Mathematics (ATCM 2017) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	中村 泰之 (NAKAMURA Yasuyuki) (70273208)	名古屋大学・情報学研究科・准教授 (13901)	
研究 分担者	赤池 祐次 (AKAIKE Yuji) (70311074)	呉工業高等専門学校・自然科学系分野・准教授 (55401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------