

令和元年6月15日現在

機関番号：53302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01154

研究課題名(和文) 技術系グローバル人材育成のためのデジタル教材の開発～基礎数学と微分積分～

研究課題名(英文) Digital teaching materials of Kosen fundamental mathematics for Bilingual Engineering Education

研究代表者

坂倉 忠和 (Sakakura, Tadakazu)

国際高等専門学校・グローバル情報学科・准教授

研究者番号：30369970

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では特に工学系の基礎となる数学に着目し、基礎数学と微分積分(偏微分や微分方程式を含む)を英語とともに学ぶことができるデジタル教材を開発した。コンテンツの開発に先立ち、海外で使用されているテキストと日本の高等学校および大学初等教育相当の学年で用いられている教科書の学習内容を比較した。これらの調査結果を元に英語版テキストを作成した。また、これらのコンテンツを利用するフレームワークとして、独自の学習支援システムも開発した。このシステムは1)読み上げ機能、2)学習者の音読録音・再生機能、3)付箋機能、4)学習中の疑問点などを手軽に記録し残すことができるスタンプ機能を有している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

技術系グローバル人材育成に向けて、日本の初等教育で身に付けた数理的思考プロセスなどを踏まえた教材の選択が重要であることが示された。従来、英語の学習教材においてはネイティブスピーカーによる音声データが主流となっているが、Web Speech APIのようなライブラリを利用することで事前にこのような音声データを準備することなく、効率的に学習者に音声データを提供できることを示した。また、デジタル教材を通じて教師と学習者が学習結果を共有した、「学習者とともに作り上げる、成長する教科書」の実現性を示唆している。

研究成果の概要(英文)：Our aim is to develop a digital material for a bilingual mathematics education. We investigate textbooks of mathematics used in English-speaking countries, and compare a fundamental mathematics textbook for Kosen education with them. Based on the results, we develop teaching materials for mathematics in English. Furthermore, we develop a learning support system aiming to increase the learning effects of digital teaching materials. We obtain a feedback from several students, but not analyzed the quantitative educational effect of our system and mathematical contents yet. This analysis will be accomplished in the future.

研究分野：教育工学

キーワード：技術系グローバル人材 数学教育 mラーニング

1. 研究開始当初の背景

近年の急速なグローバル社会の進展の中で、企業活動の拠点を日本から東南アジアや中東などの海外に移さなければならない状況が出てきている。しかしながら、日本においては企業活動のグローバル化に対応できる人材の確保と育成は難しく、特に地方の中小企業においては戦略上の大きな障害となっている。国際社会に対する日本の技術的競争力を高めるためには早急に解決しなければならない深刻な問題である。そのような状況の下、平成25年12月に文部科学省は初等教育や中等教育の段階からグローバル人材育成を見据えた環境作り構築のために「英語教育改革実施計画」を公表し、英語力の向上を目指している。その一方で、技術系のグローバル人材には一般的な英語によるコミュニケーション能力のみならず、高度な専門知識を有し、かつそれを仕事上のパートナーである外国人の技術者に伝えることができる能力も求められる。

技術系グローバル人材育成のための教育に関して、国際高等専門学校（以下、本校と略す）では平成21年より工学と英語を有機的に結びつけた教育プログラムである「工学・英語共同学習」を開発し、実施している。このプログラムは実験・演習系の専門科目について英語で工学を学ぶ独自の教育プログラムである。このプログラムによって一定の成果を挙げているものの、簡単な数や数式の表記であっても口頭で伝えることが難しいこともある。さらに高みに持ち上げるためには工学の基礎となる自然科学分野についての同様のプログラムも期待されている。

英語を母国語としないアジア諸国でも英語による自然科学や専門科目の教育に取り組もうとするケースが見られる。特に数学の分野においては工学に必要な範囲が網羅されていない、あるいは数学者や研究者のための教科書が多いなど、技術者の卵である学習者にとって適切な水準の体系的な教科書が洋書であり見られないことが大きな課題となっている。本教材は日本における工学系グローバル人材教育の足掛かりとなるものである。

2. 研究の目的

本研究では特に工学系の基礎となる数学に着目し、基礎数学と微分積分（偏微分や微分方程式を含む）を英語とともに学ぶことができるデジタル教材を開発する。このデジタル教材の中心は英語版テキストであり、そのコンテンツにマルチメディアデータを付加する機能を持つ。このデジタル教材は1) 読み上げ機能、2) 学習者の音読録音・再生機能、3) 付箋機能、4) 学習中の疑問点などを手軽に記録し残すことができるスタンプ機能を有する。図1は機能の概要図を示している。

このデジタル教材では学習者がスタンプ機能を利用することで、教師が学習者の理解しにくい場所を授業前に把握することができ、授業におけるフォローのための情報として用いることができる。また、その一方で、学習者が残した付箋は教師にとってより分かりやすい教科書に改訂するための自由記述と捉えることもできる。本教材は「学習者とともに作り上げる、成長する教科書」を実現するものである。

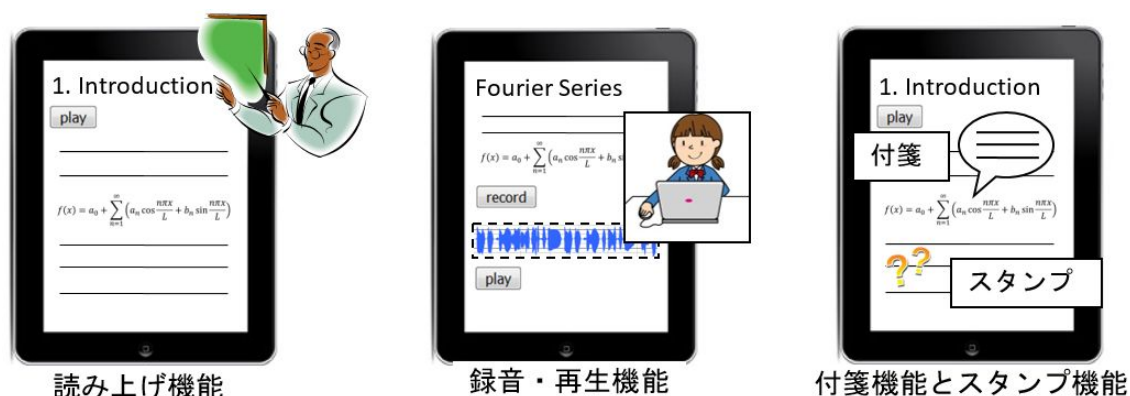


図1 デジタル教材（機能）の概要図

3. 研究の方法

(1) 海外での数学テキストの調査

教授言語の日本語、英語を問わず、教科書は正しい表現・表記を学ぶ上でとても大切なツールである。また、自学自習を推奨し、将来的に反転授業を目指す上で、教科書は学習者にとって重要な情報源となる。そこで、高等専門学校（以下、高専と略す）における数学教育を念頭に置き、日本の高等学校および大学初等教育相当の学年で多く用いられている数学の書籍を収集し、その項目や取り扱う内容を調査することにした。また、海外（アメリカ・シンガポール・

ニュージーランド)の提携校の協力により、現地で使用されている数学のテキストをピックアップした。日本の高校や高専での履修内容や履修学年の相違について比較検討を行った。

(2) 英語版教材の開発・試行

数学は他の科目に比べ英語での学習が比較的容易であると言われるが、早い段階で基本的な表現や用語を理解することは、その後の授業を円滑に進める上でとても重要と考えられる。そこで、まず開発と実際の運用が比較的容易と思われる英語版のプリント教材を開発した。その後、英語版プリント開発での経験を活かし、英語版テキストの開発に着手した。

(3) 学習支援システムの開発

デジタル教材は、モバイル端末を利用した授業中における教科書および反転授業での教材としたm - ラーニングとしての利用を想定している。このような学習を支援する仕組みとして、1) テキストの読み上げ機能、2) 学習者の音読録音・再生機能、3) 付箋機能、4) 学習中の疑問点などを手軽に記録し残すことができるスタンプ機能を有する。iPadやノートPCなど種々の端末から利用可能となるように、Webアプリケーションとして実装した。

4. 研究成果

(1) 海外における数学テキストの調査

収集した数学の洋書の単元や学習項目と本校のシラバスの比較を行った。その結果、各科目の内容を網羅する教科書はなく、複数の教科書を必要とすることが分かった。また、複数の教科書を用いても完全にカバーできない科目も存在していた。洋書は高価であることが多く、複数の教科書を利用することは現実でないと考えられる。さらに、工学の研究者のための数学の教科書は学生にとってかなりレベルの高いと感じられた。そのため、英語による数学の授業を実施するためには既存の洋書を利用するよりも、高専数学の内容に合わせた教科書を開発することが望ましいとの結論を得た。

(2) 英語版教材の開発・試行

開発および導入が比較的容易な授業時におけるプリント教材の開発を行った。図2は開発したプリント教材の一例を示している。図2(左)は単元「方程式・不等式」に関する演習プリントであり、図2(右)は用語集の例を示している。重要語彙については文字サイズを変更する、枠で囲うなどすることにより印象付けるようにした。主観的な評価ではあるが、英語が苦手な学習者にも受け入れやすい教材になったと考えられる。

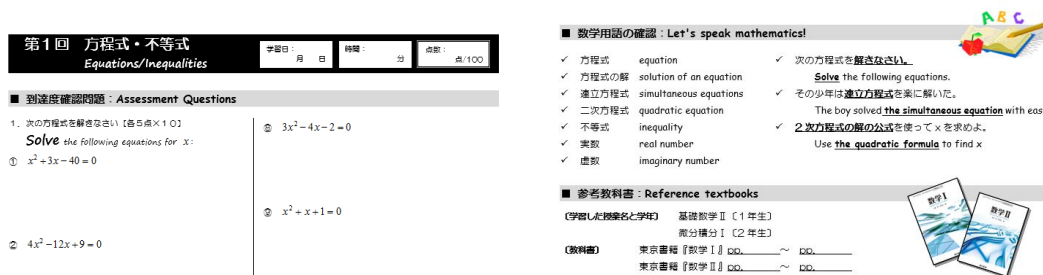


図2 プリント教材(方程式・不等式)および用語集の一例

(3) 学習支援システムの開発

読み上げ機能

Web サイト上で読み上げ機能を実装するために、Web Speech API を採用した。表1は読み上げ機能のコード例を示している。図3のようなインタフェース上にあるボタンを押すことにより、そのボタンに割り当てられたセンテンスが voice_play 関数に引数として渡され、音声として再生される。ボタンとそれに対応するセンテンスをソースコードに追加するだけで良いため、生産性が向上したと考えられる。ただし、Web Speech API から生成された音声を与える教育的効果についてはこの研究の範囲を超えているため、今後の課題とした。

表 1 読み上げ機能のコード例

```

1: function voice play(item)f
2:   var text = new Array(
3:     'small "a" belongs to large "A".',
4:     'small "b" does not belong to large "A".',
5:     'large "A" is included in a set large "B"',
6:     'large "C" is an intersection of large "A" and large "B".',
7:     'large "D" is a union of large "A" and large "B".'
8:   );
9:   var synthes = new SpeechSynthesisUtterance(text[Number(item)]);
10:
11:   synthes.lang = "en-US";// language selection
12:   synthes.rate = 0.7
13:   speechSynthesis.speak( synthes ); // reading
14: }

```

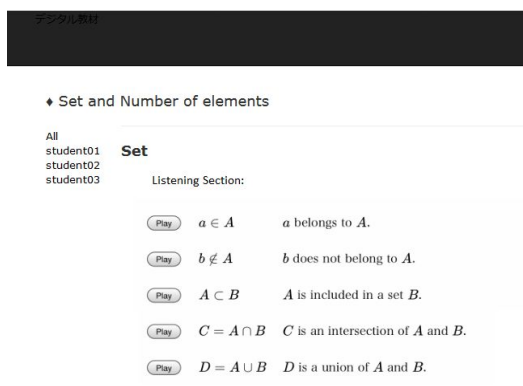


図 3 読み上げ機能のインターフェースの一例

音読・録音機能

英語による数学教育においても、「読む力」「書く力」「話す力」のバランスが重要であると考えた。そこで、学習者が読み上げたセンテンスを録音し、再生することで確認できる機能を実装した。ただし、この機能についてはオペレーティングシステムおよび Web ブラウザの制限によって PC のみで利用可能となっている。この機能によって録音された音声はサーバに蓄積され、教師が必要に応じて練習した結果を確認することも可能である。図 4 は音読・録音機能のページの一例を示している。

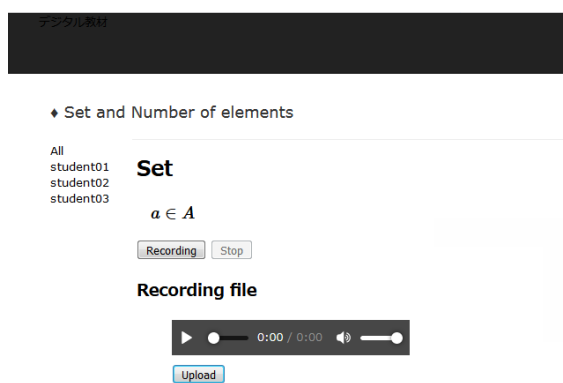


図 4 音読・録音機能の一例

付箋機能

授業中に学習者は教科書にメモを書き込む様子が見られるため、本システムでも同様の機能、すなわち付箋機能を実装した。現在、3種類の付箋を準備しており、学習者の好みや用途に応じて使い分けができる。図 5 は付箋機能の例を示している。この機能で作成したラベルはシステムからのログアウトやページの移動をした後でも残っている。

スタンプ機能

学習者が重要と考えたセンテンスに下線を引く行動は一般的である。本システムでは先の付箋機能に加えて、簡単にマークを残すことができるスタンプ機能を実装した。スタンプを配置した後も移動させることができる。図6はスタンプ機能の使用例を示している。教師はすべての学生あるいは選択した一部の学生のスタンプを確認することができる。このスタンプの状況を授業前に確認することで、教師は学習者が難しいと感じた部分を把握することもできる。その意味で柔軟で効果的な授業を実施するためのツールと考えることができる。

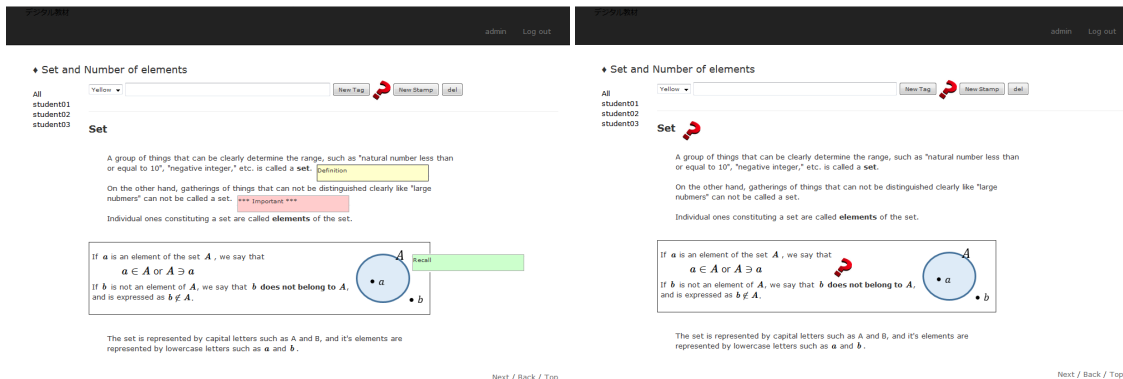


図5 付箋機能の一例

図6 スタンプ機能の一例

研究当初には授業での実証検証を計画していたが、コンテンツの開発に時間がかかり実施には至らなかった。その一方で、一年間の海外留学経験を持つ数名の5年生（最上級生）に対して、システムの実演を行い、インタビューを行った。学生からのフィードバックの一部を以下に抜粋する。

- 非常に興味を持った。授業で使ってみたい。
- スタンプ機能よりも実際にアンダーラインを引ける方がよい。
- インタフェースが使いやすく、改良の余地があると思います。
- 動画やインタラクティブなコンテンツがあるとより良いと思います。

学習支援システム自体はバイリンガルな授業に特化したシステムではないため、eラーニングやmラーニング用のシステムとして、幅広いコンテンツに適用できると考えられる。

(4) 研究成果の公表および学習支援システムの一般公開

本研究の成果の概要についてはリーフレットを作成し発信した。また、2019年電子情報通信学会 総合大会の企業展示において、コンテンツおよび学習支援システムを展示し、一般に公開した。図7は一般公開の際の様子を示している。研究開発当初、コンテンツの提供を予定していたが、著作権の関係で提供には至らなかった。



図7 学習支援システム展示の様子

5. 主な発表論文等

[学会発表](計3件)

Tadakazu Sakakura et al., Digital teaching materials of Kosen fundamental mathematics for Bilingual Engineering Education, 2018 IEEE 10th International Conference on Engineering Education, 2018

中谷 亮子 他、英語による数学授業を目指した取組について、日本数学教育学会 全国算数・数学教育（和歌山大会）2017

坂倉 忠和 他、技術系グローバル人材育成のためのデジタル教材の試作～基礎数学と微分積分、2017年電子情報通信学会 総合大会、2017

6. 研究組織

(1) 研究分担者

研究分担者氏名：松本 昇久

ローマ字氏名：Matsumoto Norihisa

所属研究機関名：国際高等専門学校

部局名：一般教科

職名：准教授

研究者番号（8桁）：20530835

研究分担者氏名：中谷 亮子（氏家 亮子）

ローマ字氏名：Nakatani Akiko

所属研究機関名：国際高等専門学校

部局名：創造技術教育研究所

職名：客員研究員

研究者番号（8桁）：30280382

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、研究者個人に帰属されます。