

平成 30 年 8 月 31 日現在

機関番号：52201

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12398

研究課題名(和文) 3つのアクティブ化導入による理解力向上を目指した電磁気学授業の効果検証

研究課題名(英文) Verification of the effect of electromagnetics class aiming at improving comprehension ability by introducing three active learning methods

研究代表者

鈴木 真ノ介 (SUZUKI, Shinnosuke)

小山工業高等専門学校・電気電子創造工学科・准教授

研究者番号：10369936

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は3つの新しいアクティブ・ラーニング手法について取り組んだ。1つは、アクティブ・ノートテイキング(A-note)と名付けた、授業時のノート取りを能動的に行う方法である。その講義には、アクティブ・イメージ(A-img)と呼ばれる、写真や動画をふんだんに用いたスライド形式の資料を用いて教授する。また、学生サイドは、アクティブ・テキスト(A-txt)と名付けられた、一般的な紙の教科書と携帯電子端末を用いて、教科書にデジタルコンテンツを追加することで自学を促すことができる。以上の手法は、講義から自習に至るまで、学生が積極的に学ぶ姿勢をサポートすることが可能である。

研究成果の概要(英文)：This study dealt with a method to make active learning from class to self-study by three proposed methods. One of them is naming active note taking (A-note), which actively makes note taking at class. In this method, in order to reduce passive note taking, let students actively write out the information by the students' words and diagrams to handouts distributed in advance. In that lecture, teachers will use a slide format material called active image (A-img) which includes abundant pictures and movies. The other is a system called active textbook system (A-txt) which promotes students' self-study by adding digital contents to a general paper textbook and browsing with a mobile smart device. In this study, iOS application using augmented reality (AR) technology was developed, in order to be easier and effective the conversion of general books into digital educational materials. As a result, by those methods, I found a possibility that students actively learn from lecture to self-study.

研究分野：工学教育

キーワード：AL(アクティブラーニング) AR(拡張現実) 工学教育 科学教育 電磁気学

1. 研究開始当初の背景

電気電子系基礎科目の1つである電磁気学は、すべての電気・磁気現象の根幹を取り扱うため、この分野を扱う教育機関では、ほぼ必修科目として設定されている。しかし、その内容は基礎であるがゆえに抽象的かつ難解で、苦手とする学生も少なくない。特にその傾向は成績が振るわない学生に多く見られる。その要因として、一般的な授業形態である板書中心の授業スタイルが考えられる。昨今は文字を書く習慣が減っているため学生のノート取り速度が遅く、説明を聞くのに追いつかない様子が見受けられる。加えて、これを扱う書籍では現象を示す文章や数学が難解であり、説明図が静的でイメージがしづらいつける学生も多い。その結果、試験に理解ではなく大方暗記で臨んでいる。これは電磁気学に限った話ではないが、同じ基礎科目である電気回路に比べて、取扱うパラメータに馴染みが薄く実験しにくいことも相まって、これらに比べて電磁気学は苦手・嫌いという傾向を如実に表している。

2. 研究の目的

そこで、本研究においては特に成績下位学生を対象とした電磁気学の効果的な授業法に取り組む。効果的な授業法とは単にわかりやすい授業ではなく、学生を授業に引き込む工夫が必要である。本研究ではそれを実現するために、以下の3つのアクティブ化を取り入れる。

アクティブ・ノートテイク(A-note)：授業内容を記載した資料を配布し、受動的に板書写しさせることを極力減らし、見聞きした情報を自らの言葉や図で能動的にメモを取らせることで、理解力を高める。
 アクティブ・イメージ(A-img)：現象を示す静止画や文章・数式を、実験の実写やアニメーション、シミュレーションを組み合わせたハイブリッド動画で提示することでイメージ力を高め、理解を助ける。
 アクティブ・テキスト(A-txt)：拡張現実(Augmented Reality：AR)技術を用い、教科書上に携帯端末をかざすことでA-imgや途中式等の追加情報を表示し、学生の自学意欲や知への興味を育成する。(図1)



図1 A-txt

これらにより自ら文章・イメージ図・数式で記述する能力を鍛えることで各種現象を理解させ、学生から4つ目のアクティブ(学習に対する積極性)を引き出す。

この着想に至った経緯は、以下の通りである。わかりやすい授業が身につく授業であるとは限らない。申請者は10年以上電磁気学の授業に携わっており、過去には神奈川工科大学教育開発センターの授業収録DVDにも採用された実績を持ち、明快な授業を実施できる自負を持つが、学生の成績は他の科目と比較しても平凡であることからそのように考える。昨今の学生は幼少より情報過多の社会で生活しているせいか、なぜ、どうしてと疑問を持つ機会や能力(Why・How力)が少なく、平易な説明を聞き流し、理解したつもりで記憶に定着しない。その結果、試験は丸暗記で臨み、ちょっとした応用問題にも対応できない。そこで、ノートを取ることで自身体に頭を使わせてはどうかという着想に至った。受動的な板書を極力減らし、予め配布された資料に学生が見聞きした情報を自分の言葉や図で能動的に書き取ることから、本手法をA-noteと名づけた。その際、板書は不明瞭であることも考えられるので、プレゼンテーションソフトによる図表や動画を交えた提示資料とする。その中で理解を助けるのがA-imgである。これは単なる動画ではない。実験動画は現実を示しているにもかかわらず、現象が解り難いこともある。A-imgは一般的な教科書の写真や板書の図では表現できないことを、実験の様子やアニメーション、シミュレーション動画と融合することにより、文章や静止画のみでイメージすることが苦手な学生に対して各種現象理解の一助となり得るものである。

さらに、A-imgを含めた追加情報をAR技術により個人レベルの学習環境に実現するのがA-txtである。A-txtは既存の教科書と学生が所持している一般的な情報端末を用い、端末のカメラで教科書中の図表や数式を捉えるだけで、教科書上に現象の動的な表示や紙面の都合で省略されている詳細な説明や途中式の表示が可能で、学生は教科書+αの情報を知り得るようになる。

なお、これらの一部は平成26年度時点である程度の効果が確認されたが、感覚的な効果に留まっていたため、本研究ではその検証機会を十分に設け、定量的な評価を実施した。

成績優秀者にはどのような授業法でも効果に大差はないが、クラスの大半を占める中・下位成績者に対して効果的な手法を検討することは重要である。その一案として、下位成績者が板書写しに苦労しているとの意見を受け、試験的にA-noteを導入したところ、これだけが要因とは言い難いが試験平均点が例年に比べ10点程度上昇した。本手法はそもそも話を聞くことに重点を置いたのだが、その副産物としてより考えるノート取りになったようである。これは語学の習得に似

ている。語学は読み、聞いたことを、書く、話すことで習得される。さらに、板書ではなく資料をプロジェクト提示にしたことにより、教員に対し説明に集中できる時間的・精神的余裕を与えたことも効果の一因かもしれない。その余裕は説明時間の短縮にもつながり、その分授業中に学生がメモをまとめる時間を取れるようになり、その際巡回することで個別の質問を受けるようにしたことも、学生の理解度が向上に繋がる。

ゼミ形式授業や企業での研修、商談でのやりとり等ではメモ取りは必須であるが、昨今はこの能力に難を抱えている学生が少なくない。A-note ではそれを高めることができ、授業中に考える時間が増えたことで Why・How 力が育成され、社会人に必要とされる問題解決能力の強化にもなる。昨今、教育機関には創造性の向上や課題解決型学習(PBL)要素を含む科目をカリキュラムに組込むことが求められているが、科目の新設はタイトな時間割上ではなかなか困難である。そこで、本手法はただかノート取りではあるが、随時頭を使っていることから、既存科目への適用で小さな問題解決の積み重ねにより、それらにも充分貢献できる。その性質は、まさにアクティブ・ラーニング(AL)に合致する。

A-note で能動力を鍛え、A-img と A-txt により興味を引き理解度を向上させることで、学生の知への積極性を強化する。本研究の成果は電磁気学に限らず様々な授業に適用可能であるので、学生の理解力および積極性強化を実現する新たな授業法の1つにすることが本研究の総括的な目標である。

3. 研究の方法

(1) 研究体制

本研究で、特に A-note, A-img 適用の授業については、申請者が所属する小山高専の主に電気電子創造工学科(EE)3,4年生の電磁気学を対象とした。電磁気学ではその一部で習熟度別授業を実施し、申請者は3年の下位及び4年上位クラスを担当した。このような検証する際、大学や高専等の高等教育機関では、複数クラスに同じ授業を行う中等教育と異なり、複数年度での比較にとどまるため、その検証の有効性に説得力が欠ける。それに対して申請者の所属機関では1学年2クラス体制を実施しているため、検証が充分可能であった。A-txt の対象としては、それにとどまらず、他学年や教員も交えた多様な人財にユーザビリティを検証してもらった。

また、成績に関与しないノートテイク状況のチェックや資料収集、アンケート集計等の研究補助に加えて、学生の立場からの意見聴取として専攻科生に協力を依頼した。

(2) A-note および A-img を用いた授業

A-note による授業では、受動的に板書写しさせることを極力減らし、理解力を高めることを狙っている。そのために、授業内容を記

載した資料を配布し、講義から学生が見聞きした情報を自らの言葉や図で能動的に記載させる。その際、教員による黒板への記述は不明瞭であることも考えられるので、学生への講義方法は、プレゼンテーションソフトによるスライド資料とする。スライド資料は、アニメによるシミュレーションや実験動画など、教科書中の写真や板書の図では表現できないことを表示可能である。それにより、文章や静止画のみでイメージすることが苦手な学生に対して理解を助けるものとなり得る。これが A-img を取り込んだスライド資料である。この形式は板書時間を減らし、学生が記述を整理している間の巡回や個別質問に当てることも可能である。一方、学生への配布資料は、図2に示すような穴埋め式の白黒印刷である。これは、受動的な書き取りを減らし、教員の口述書き取りや資料へのカラーマーキングに集中させるためである。

本手法を前述の研究体制にて述べたクラス分けに適用し、成績との相関や書き込み資料の定量解析を行った。

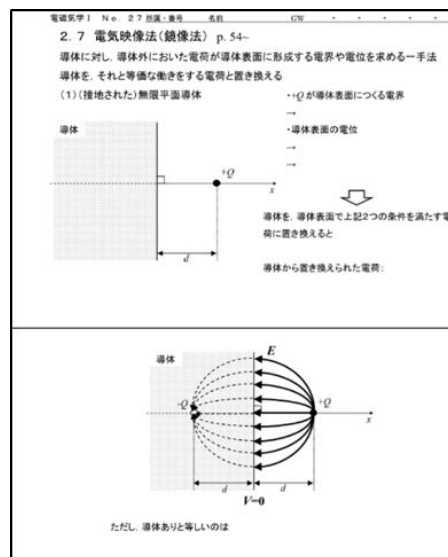


図2 A-note 配布資料の一例

(3) A-txt の概要と開発環境

A-txt とは、書籍等、紙媒体に書かれた図形や写真にデジタルコンテンツを結びつけ、利用者所有の一般的な電子携帯端末を用いてデジタル書籍に拡張する新しい教材システムである。このような着想に至った経緯は以下の通りである。高等教育機関において学生は、一つの講義に対し複数の書籍を用意する必要が多々ある。その状況は自宅学習においてより顕著である。特に成績の低い学生は、基礎学力不足により教科書だけでは、理解できない。そのような学生は、学力不足を補うための参考書選択に迷う。その結果、彼らは自学ができず学習意欲が低下する。このような事例に対し、昨今、タブレット PC を利用した電子教科書の導入により解決する手法が提案されている。確かに、電子教科書には

多彩なコンテンツを利用できる。しかし、その一方で、デジタル・ディバイドと呼ばれる様々な格差により、現状の紙ベース教科書を用いた教育よりも更なる学力差を生むとの報告もされている。

電子教科書に類似するものとして AR を利用した教科書も販売されている。これは、電子端末を持っていないとも、普通の教科書としての利用は可能である。しかし、紙ベースの書籍が書き換えられないように、教える側の要求に合わせた修正ができない。そこで、カスタマイズ性に優れた A-txt のようなハイブリッド教材が求められる。A-txt は利用する際、学習者はスマートデバイスのカメラを書籍中のマーカ画像にかざすだけで、追加のコンテンツが閲覧できる。そのコンテンツは、教える側や学ぶ側のニーズに合わせることが可能である。極論を言えば教員毎、学生毎のニーズを満たすカスタムメイド型の教材を実現できる。したがって、既存の難解な良書とされている専門書や学習者の母国語ではない書籍にも適用可能であり、授業スタイルに合わせ学生の興味を引き、学習意欲の向上が期待できる。

A-txt のシステム構成および利用の流れを図 3 に示す。ここでコンテンツを制作し提供する側を制作者、システムを利用して学習する側を学習者と呼ぶことにする。システムの構成要素は、追加コンテンツを管理するサーバと、コンテンツを表示するための AR マーカ画像となる図形を含む書籍である。まず、制作者は書籍の中のマーカとする図形を選出し、ソフトウェアによりその特徴量を抽出したパターンファイルを作成する。次にコンテンツサーバにパターンファイルとそれに紐付ける追加コンテンツを登録する。パターンファイルとして登録されたマーカ図形を利用者が携帯端末のカメラで読み取ることで、ネットワークを介して追加コンテンツが配信され、端末の画面上に表示される。今回、A-txt を実現するシステムは、サーバマシンに

は MacBook (Apple) を使い、マーカからパターンファイルを作成するアプリケーションとして、AR 開発ライブラリである ARToolkit6 (DAQRI) を基に、統合開発環境 Xcode (Apple) を用いてサーバおよび端末専用アプリケーションの開発を行った。なお、開発には合同会社コペリンに制作協力を依頼している。

本システムは、パターンファイルや追加コンテンツを主にサーバの特定のフォルダに置くだけの操作で運用可能なため、専門知識を持たない制作者でも扱いやすい。一方、利用者は、サーバと同一の限定されたイントラネットにて、自身のデバイスで A-txt アプリケーションを利用してコンテンツを閲覧できる。コンテンツは、デバイスのキャッシュに格納できるため、一度ダウンロードすればオフラインでも利用可能となり、リアルタイム処理を要しない。したがって、同時に多数のダウンロードをしなければ、ネットワーク・トラフィックの負荷になることはない。昨今、出版社や教材提供会社から A-txt と同様のシステムが提供されているが、それらは基本的に専用書籍や専用端末を必要とするため、高コストになる傾向があるとともに、コンテンツの追加や修正を行うことは困難である。それに対して A-txt は既存の書籍と利用者の端末を利用し、制作者が容易に扱えるアプリケーションを用意していることから、コストや教材開発における前述のような問題を解決できる。

A-txt では、コンテンツとして画像や動画、音声、3DCG を用いた立体的な図等が利用でき、例えば従来使用していた授業用のプレゼンテーションソフトで制作した資料に加えて、配布物のスキャンも扱うことができる。マーカにはある程度特徴のある図形が選出できれば良いので、汎用の書籍に加えて、配布物のような既存の紙ベースの媒体もそのまま利用可能である。これにより紙面上のあらゆる図形にコンテンツを付加することができる。制作者は学生の自学等に必要と思われる内容や、ページ数の制約から出版上掲載しきれない詳細解説や途中式などを追加できる。その結果、制作者は既存の書籍を教育現場のニーズに合わせた教材へ近づけることが可能である。また、本システムを用いれば、1冊の書籍に有効な情報をいくらかでも付加することができる。そのため、参考書選択や学習方法に悩みを抱える学生に対しては、特に効果が期待できる。

これまでに、追加コンテンツとしては、大別して電磁気学と英語に関する 2 種類を制作した。電磁気学関係のコンテンツとしては、我々は基礎知識の解説動画や実験動画を制作した。英語については、我々は音声ファイル再生用のデモンストレーション用を兼ねて、教科書に書かれた英文の読み上げとそのセンテンスの追従動画を制作した。

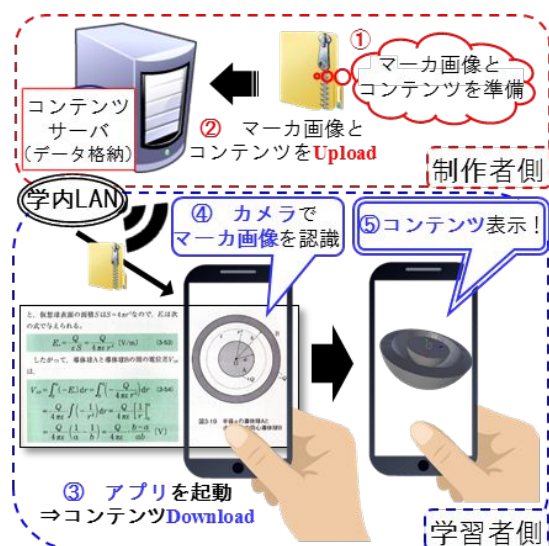
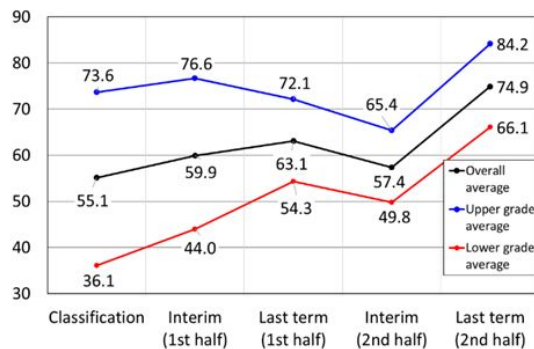


図3 A-txt システムの概要

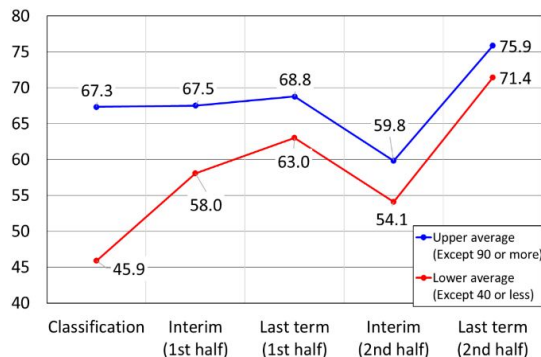
4. 研究成果

(1) A-note, A-img による授業の効果

図4に平成27年度にA-noteを適用した3年生下位と上位クラスの試験の平均点差の推移を示す。試験を重ねる毎に差は縮小していることが確認できる。特に、図4(b)に示すように、各クラスの間成績層の平均点差は5点未満と、本手法の効果がより認められた。ここで、中間成績層とは、上位クラスの90点以上と下位クラスの40点未満を除いた学生を示す。以上の結果より、成績下位者には、少量でもより考えるノート取りにしたことが効果的であることが示された。また、後期よりクラス替えを実施したにもかかわらず、平均点差が縮まっている。このことから、本手法の効果が確認できる。学生の満足度については、試験後にアンケートにて確認した。その結果、9割以上の学生が本方式に賛同した。その一方で、一部の成績上位者においては、自由にノート取りをできないことにストレスを感じるとの意見もあった。さらに、効果的なノート取りの特徴を定量的に判断する一手法として、画像処理ソフトFijiと自作のマクロプログラムを用いて解析した。その結果を図5に示す。解析は、受講学生の書き込みのある配布資料を回収し、スキャナを用いてデジタル化することで実施した。図5(a)はある配布資料に書き込まれた内容を2値化し、色を問わない書込量と試験成績の相関を調査したものの一例である。結果より、両者に概ね相関があることが伺える。また、図5(b)は、成績の良い

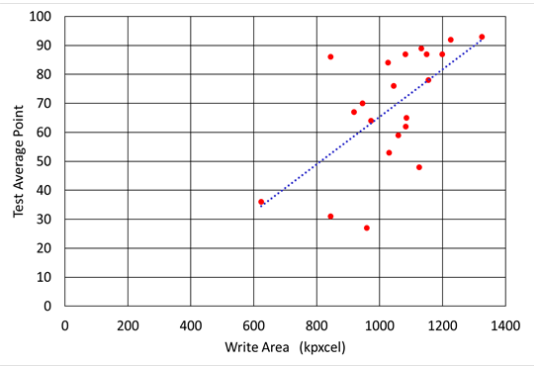


(a)各クラスの平均と全体平均の比較

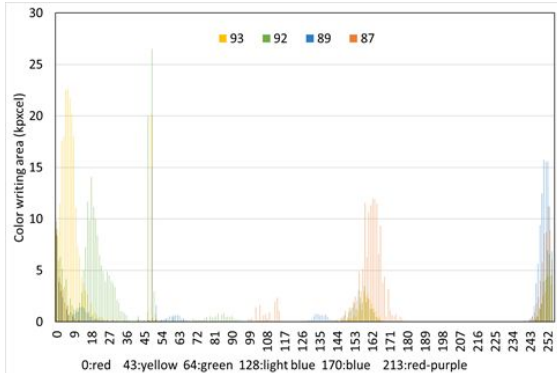


(b)中間層の平均点比較

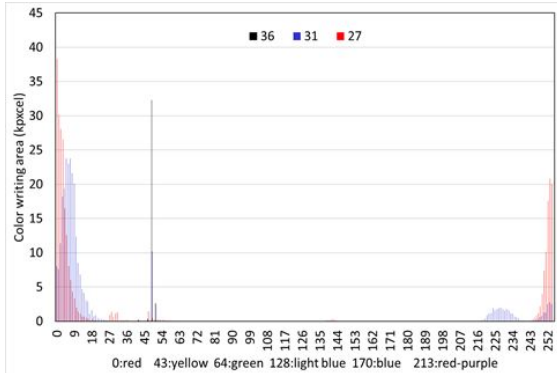
図4 A-note 導入による試験平均点の比較(平成27年度3年電磁気学)



(a)書き込み量と試験成績の相関



(b)成績上位者の使用色分布



(c)成績下位者の使用色分布

図5 画像処理を用いたA-note 配布資料の書き込みに対する定量解析

学生数名の書き込み内容の色分布をヒストグラムで示したものである。成績優秀者のノートは2~3色を効果的に用いている傾向が見出された。反対に、黒や赤一色など、特定の色だけで記入している学生は成績が良くないものが多かった。今のところ、これらの結果は、残念ながらすべてのノートに当てはまることではない。今後は、サンプル数を増やすことで、成績とノート作成の関係をより明らかにする予定である。

(2) 開発したA-txtシステム

前述のシステム構成に基づき、A-txtシステムを開発した。本システムには、当初の想定に加えて、以下の機能を搭載した。

1つは、コンテンツファイル制作のフルGUI化である。これまで、コンテンツサーバに登録するファイルを作成するには、GUI操作に加えて何らかのコマンドライン作業を

する必要があった。これでは、ICT の知識に乏しい教員にとって使い勝手が良くなかった。そこで、Content Maker (図6) というソフトウェアを開発し、登録作業をすべて GUI 化することに成功した。また、質問投稿システムとして、利用する学生が追加解説を希望する箇所を A-txt を利用する端末で撮影し、コメントを添えて専用サーバに吸い上げることで、学生の要望に答えたコンテンツ作成ができる機能を追加した。その他に、事前登録したユーザに A-txt アプリを配信するサービスやコンテンツファイルを外部サーバからダウンロードできる環境も整備した。

(3) モニターによる意見徴収

開発した A-txt アプリを教員・学生混在の約 10 名のモニターに自身の端末にインストールしてもらい、使い勝手を検証してもらった。その結果、アプリ自体のコンセプトやコンテンツ利用方法には多大な興味と理解を頂いた。技術的な意見としては、以下のような事項があげられた。

- ・機種や iOS のバージョンが古いものでは動作が重く時にはフリーズする。また、バッテリー消費が早かった。
- ・iPhone 6s 以降の機種になるとフリーズすることはなくなり、iPhone 7 以降のものでは、スムーズな動作が得られた。
- ・この状況は同時期に発売されたタブレットサイズの iPad でも同様である。

(4) A-txt の今後

iOS 版の改良としては、現在用いているライブラリである ARToolKit 6 がベータ版であるため、これを昨今公開された正式版である ARToolKitX Ver.1.01 や Apple 社が提供している ARKit に置き換えることで動作やバッテリー消費に関する問題を解決できる可能性がある。また、併せて Android 版 A-txt の開発も予定している。こちらは iOS 同様 ARToolKitX を用いるか、ARCore という別ライブラリを最勝することも検討している。

iOS と Android の 2 種類の OS に対応する A-txt を用意することで利用可能なユーザ数を増やし、授業や自学の参考書的なツールとして展開する。その教育効果についても検証する。

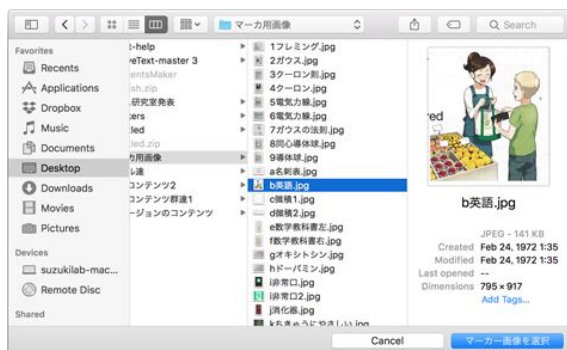


図6 Contents Maker

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計1件)

Shin-nosuke SUZUKI, 他 3 名, Basic Development of the Active Textbook System consisted of a General book and a Portable Electronic Terminal, Science Direct Procedia Computer Science, 査読有, 112, 2017, 109-116

[学会発表](計7件)

鈴木真ノ介, 他 5 名, 3 つのアクティブ化を用いた AL 手法の提案, 2018 高専シンポジウム, 2018

鈴木真ノ介, 他 4 名, 授業から自学までを AL 化する手法の一提案 - アクティブ・ノートテイクとアクティブ・テキスト -, 日本工学教育協会第 65 回年次大会工学教育研究講演会, 2017

鈴木真ノ介, 他 4 名, 3 つのアクティブ化導入による理解力向上を目指した電磁気学授業の効果検証, 平成 29 年度全国高専フォーラム, 2017

鈴木真ノ介, 他 3 名, 汎用書籍とデジタル技術の融合によるアクティブ・テキスト, 平成 29 年電気学会全国大会, 2017

鈴木真ノ介, 他 3 名, 視聴覚取得情報書き取りに重きをおいたアクティブ・ノートテイクによる授業展開, 2017 高専シンポジウム, 2017

伊藤達哉, 鈴木真ノ介, 既存教科書と携帯端末によるアクティブ・テキストの実現, 2017 高専シンポジウム, 2017

鈴木真ノ介, 他 3 名, 理解力向上を目指したアクティブ・ノートテイクによる電磁気学授業の提案, 2016 電子情報通信学会総合大会, 2016

[図書](計 0 件)

[産業財産権]

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

[その他]

ホームページ等

・小山高専研究シリーズ集：
<http://www.oyama-ct.ac.jp/contents/images/hyoken/seeds/37.pdf>

・合同会社コベリンによる紹介：
<https://blog.covelline.com/entry/2017/09/14/151137>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 真ノ介 (SUZUKI, Shin-nosuke)

小山工業高等専門学校・

電気電子創造工学科・教授

研究者番号： 1 0 3 6 9 9 3 6

(2) 研究分担者 なし

(3) 連携研究者 なし

(4) 研究協力者

小林 康浩 (KOBAYASHI Yasuhiro)