

令和 4 年 7 月 3 日現在

機関番号：52201

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2021

課題番号：18K02884

研究課題名(和文) 進化した3つのアクティブ化により授業から自学までをAL化する実践的効果検証

研究課題名(英文) Practical effect verification to make active learning from class to self-study by three evolved activations

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：10369936

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は電気電子系学科で必修である電磁気学を中心に、多種多様な科目において学習者の理解度・学習意欲向上を目指し、申請者が名付けたA-txt, A-img, A-noteと呼ばれる3つのアクティブ・ラーニング(AL)手法を導入した学習法の効果検証を行うものである。具体的な成果としてA-txt, A-imgについては、システムをUnity版に統合することで、OSに寄らない快適なシステムを構築することに成功し、各種授業に導入した結果、利用者から概ね好評であった。A-noteについては、画像処理・AI技術を用い、学生の手書きノート画像の特徴量に基づいたモデルノート画像生成の基礎開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

昨今、「なぜ」・「どうして」と疑問を持つ機会や能力が不足し、口頭説明を理解したつもりで記憶に定着しない学習者が多数存在する。デジタル世代の弊害か、筆記能力不足による様々な影響も見受けられる。そこで、見聞きした情報を自分の表現で能動的に書き取るA-note、書籍等の静的な図では表現できない内容をアニメーションとするA-img, それをAR技術により書籍上を実現するA-txtを開発した。A-txtはオフライン利用も可能であるため、ネット利用に懸念を覚える初中等教育への適用も十分可能である。これらは、一部の科目・学齢に寄らない包括的な適用が可能であり、社会全体における学習不安要素を払拭可能である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to verify the effect of the learning method that introduced the three active learning (AL) methods called A-txt, A-img, and A-note named by the applicants. As applicable subjects, we assumed a wide variety of subjects, centering on electromagnetism, which is a compulsory subject in the Department of Electrical and Electronic Systems, and aimed to improve the understanding and motivation of learners by the proposed method. As a concrete result, for A-txt and A-img, we succeeded in constructing a comfortable system that does not depend on the OS by integrating the system into the Unity version, and it was generally well received by users.

For A-note, we used image processing and AI technology to develop the basics of model note image generation based on the features of student handwritten note images.

研究分野：教育工学

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

1. 研究開始当初の背景

授業の究極の目標は、それを受講した学習者が能動的に学習する、いわゆるアクティブ・ラーニング（AL）を実践し、理解した上で、願わくは高得点で全員合格することである。そのような目標に対し、昨今の学生は、あらゆることをスマートフォン等で記録する傾向があり、自ら覚えようとせず、その影響か文字を書く習慣が減り、筆記速度が非常に遅く、加えて説明を聞いての理解や口述の書き取りが苦手なことが多い。そのため、板書写しが機械的になり、教員の重要な発言に注意を傾けられず、理解を踏まえての記憶ができない。また、自宅学習では基礎学力不足により教科書で理解できない部分の参考書選択に迷い、独学ができず学習意欲が低下する。特に、申請者が担当している電磁気学のように、基礎であるがゆえに抽象的かつ難解な科目にその傾向が強い。その結果、試験に脈絡もない暗記で臨み、単位取得に苦しみ、取得しても何も頭に残らない。

それに対して申請者は、これまで専門的に取り組んできた電磁界・超音波等の知識を活用し、平成27年度より科研費課題（15K12398）として、“3つのアクティブ化”なるものを導入する研究テーマを提案し、新たなAL手法として、特に低成績学生の学力改善を達成し、画像処理を用いた斬新な定量的解析手法により、その効果を示した。その手法とは、①効果的な書込作業を可能とする配布資料に能動的なノート取りをさせ、自ら産み出す能力を鍛えるアクティブ・ノートテイク（A-note）、②複雑な理論体系を意欲的に理解させるための各種動画やシミュレーションを融合したアクティブ・イメージ（A-img）、③既存の書籍を電子端末によりカスタムメイド型の参考書に進化させ、理解を促すアクティブ・テキスト（A-txt、図1）の3つである。



図1 アクティブ・テキスト

2. 研究の目的

本研究の目的は、3つのAL手法を進化させ、文理・学齢を問わない様々な科目に適用し、授業から自学まで拡張された効果増強を目指し、包括的に検証することである。その独自性・創造性の詳細を以下に述べる。

（1）A-note 資料と一般的な配布物による授業形態との違い

配布物を用いる授業は他でも実践されているが、A-note 資料は自ら見聞きしたことを、頭を使ってまとめた上で書き込めるよう、A4 白黒印刷でカラーマーキングし易く、適宜空所・余白を設け、ノート作成の見本となる等の工夫が随所に施されている。加えてA-txt 技術により追加コンテンツを表示可能な従来にはない教材である。

（2）A-txt と電子教科書や既存AR教科書、画像自動検索との比較

タブレットPCを利用した電子教科書の導入は文科省が積極的な推進を提言しており、一部自治体では近年中の電子教科書適用を予定している¹⁾。ただし、電子教科書には多彩なコンテンツを利用できる反面、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²⁾。これに類する一般的なAR教科書³⁾は、紙ベースの書籍が利用者側で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、学習者は端末のカメラを書籍中のマーカ画像にかざすだけでよい。また、教える側や学ぶ側のニーズに合わせたコンテンツの製作が可能で、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。難解ではあるが良書とされている既存の専門書や英文書籍等にも適用可能であるので、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。勿論、本申請書をA-txt化することも可能である。

この応用として、大学等の学生実験において各校で使用機器が異なる場合にも市販や共通の実験テキストにA-txt技術を組み込み、各校に適した動画チュートリアルを見せることもできる。本手法を適用することにより、学生は実験をより理解し、安全に進めることができる。また、小中学校における授業時間確保による実験削減を補完する一手法としても有効である。加えて、学習障害や発達障害などの特別な支援を要する場合の教材づくりにも活用できる。

昨今話題になっているgoogle等が開発したカメラで捉えた画像や文字をオンラインで自動検索する技術もA-txtに類するものである。こちらは検索結果が必ずしも正しいとは限らない点

や、学習者に不適切な内容であることも考えられるため、教育には不向きである。A-txt は検索とは異なり、表示されるコンテンツは製作者が用意したものに限られるので、学齢を問わない教材としても有効である。

ネットワーク利用の有無についても優位な点がある。AR 教科書や画像検索はコンテンツを随時ダウンロード (DL) しているのに対し、A-txt は図に示すように、一度 DL すればオフラインでも利用可能な点も教材としての優位性がある。そのため、多数の利用者が同時アクセスすることでネット渋滞が起こることもない。また、マーカとコンテンツはいずれも手書きのものでもカメラ・スキャナ等でデジタル化すれば適用できる。サーバへのコンテンツ登録も基本的にマウス操作のみなので、情報技術に不得手な教員であっても容易に利用できる。

なお、本システムは、合同会社コベルン (<http://covelline.com/>) との共同開発であり、フリー・ライブラリである ARToolKit (<https://sourceforge.net/projects/artoolkit/>) を利用した完全オリジナルである。本システムは専用端末を必要とせず、市販の携帯端末と PC で充分利用可能であることから、個人端末の利用を含め導入コストを極めて低く抑えられる。

(3) 著作権に関して

書籍中の図をマーカとする場合、サーバにアップロード (UL) されるのは、その図自体ではなく、特徴点を抽出したパターンファイルのみであるため、著作権侵害とならない。当然のことながら、それに紐付けるコンテンツは自作であれば同様である。また、利用者端末に表示されるコンテンツは端末のキャッシュに保存される方式としている。キャッシュデータの抜き出しは基本的には不可能なので、製作者の著作権も守られることになる。暗号化を加えればより強固な保護となる。昨今、授業スライド等を UL しているケースが見受けられるが、無許可の 2 次利用を防ぐことはできない。それらはファイル形式で DL されるため、パスワードで保護したとしても流出に歯止めをかけることは困難である。それに対し A-txt のデータはキャッシュに格納されるため、例えばコンテンツとして授業スライドを用いる場合、それはマーカ画像スキャン時のみ表示できるので流出防止可能となる。

3. 研究の方法

研究目的達成の方策として、申請代表者が担当する電磁気学を主対象とし、その後、他用途へと拡張した。具体的な取組事項は以下に示す。

(1) A-txt サーバソフトウェア、端末アプリケーションのバージョンアップ

A-txt を情報技術に長けていないユーザーにも簡単に利用できるように、Web ベースでサーバへのコンテンツ UL が可能なシステム等、更に扱いやすく改良した。利用対象として初等教育から高等教育までの拡大を考えているため、年齢を問わず誰にでも使いやすいシステムを目指した。なお、研究開始時はハードウェアの規格が統一された iOS 端末のみを対象としていたが、ほぼすべての携帯端末で利用できるように Android 版の開発にも取り組み、さらに端末の OS に依存しない Unity 版 A-txt の開発にも取り組んだ。

また、コンテンツ配信には学内無線 LAN を利用している。これをより安定かつ安全な通信環境を実現するために、専用無線ルータの運用やより良い利用環境を維持するための DL タイミングや同時可能人数等についても検証した。

(2) A-txt 利用時の著作権に関する検証

オンライン授業が急増したことにより、新たな問題が浮上している。著作権に関する問題である。これまでの対面授業で何気なく用いてきた著作物の引用は、ネットワークを介する、もしくは、録画データとして視聴者に提供する場合は、その利用に大きな制限がかかる。それに対して日本政府は、著作権法を改正することにより、教員や学生が著作物をより使いやすくする方策を立ててはいるが、それにも限界がある。筆者らが提案する A-txt もその例外ではない。そこで、A-txt 自体の使い勝手を向上させるとともに、ICT ツールを用いた教材における著作権問題を回避する手法について検討した。

(3) A-note, 各種資料の A-txt 化

これまでの A-note 資料はあくまで書き込むだけであったが、A-txt 技術を組み込み、授業スライド等を追加コンテンツとして紐付けし、予復習に利用可能で、より有効な資料へと進化させた。スライドは研究開始時に既に 2 学年分製作済だったので、更なる改良と紐付け作業を行った。また、講義だけでなく、実験・実習形式の資料の A-txt 化にも取り組んだ。なお、コンテンツ内容については、学生からの意見収集を A-txt の機能の一つである意見のフィードバック等を用いて行い、求めに応じた内容とした。

(4) 書き込み済み A-note 資料の画像処理・AI を用いた解析

これまでに収集した書き込み済み A-note の一部を画像処理により解析したところ、成績優秀者の書込特徴には一定の傾向が存在することが伺えた。これをさらに発展させ、画像処理に加えて人工知能 (AI) の機械学習を取り入れ、優秀者の書込特徴を見出し、AI による理想的なノート

画像の創出を試みた。

4. 研究成果

(1) A-txt の改良 : Unity 版 A-txt 開発

これまで A-txt の端末アプリケーションは、ハードウェア仕様が規格化されている iOS 搭載端末を対象として開発されてきた。本研究ではより多くのユーザーが利用できるよう、Android 版 A-txt の開発を行った。iOS 版と同等の機能の実現を目指したが、Android 版では動作の機種依存性が高く、性能の低い端末では動作が重いことに加えて、いくつかの機能の実践ができなかった。その主な理由は iOS と Android のプログラムの構成や開発環境によるものである。また、両者を完全に別個に製作することにより、開発のための時間とコストは増大することも問題としてあげられる。そこで、別の選択肢として、OS 依存性のない Unity を使うことで両 OS に対応したアプリケーションを開発することにした。その結果、予算や人的資源を集中することで統一プラットフォームでの提供が可能となり、iOS および Android の両 OS で同じ機能を有するアプリケーションを開発した。その際、Android 版で問題となっていた動作の機種・性能依存性の問題も解決し、いずれの機種についても軽快な処理を行うことに成功した。そのほか、ユーザーの使い勝手を向上させる種々の改良に加えて、対象コンテンツを当初の静止画・動画・音声に加えて、Web サイトの URL も追加することで、Web 上の有益なコンテンツのシームレスな表示も可能とした。

また、コンテンツ・メーカーと呼ばれるサーバ側アプリケーションについても、図 2 (a) に示すように開発当初のコマンドライン形式から GUI 形式とすることで、利用者は一般的な PC のウェブブラウザ上で、キーボードとマウスにより操作可能なアプリケーションへと進化させた。さらに最新の研究成果では、図 2 (b) に示すようなスマートフォンやタブレット PC のようなポータブル端末用のコンテンツ・メーカーも開発され、今やだれもが持つ端末において、A-txt を閲覧するだけでなく、マーカとコンテンツの紐づけも可能となった。

なお、コンテンツのダウンロードについては、以下に容量の小さなファイルであっても、一般的な大学の講義定員である 40~80 人が同時にダウンロードする場合、一般的な教育機関における現状の無線ネットワーク設備では全員が安定的にダウンロードすることはできないため、ダウンロードのタイミングは教員側が指示する必要がある。



(a) PC 用 G U I



(b) モバイル端末用

図 2 コンテンツ・メーカー

(2) A-txt 利用時の著作権に関する検証

コンテンツに著作権が絡む場合、作者の許諾なしにそのコンテンツをサーバにアップロードすることは、法律で禁止されている。A-txt においてサーバにマーカやコンテンツ情報をアップロードする観点から、著作権を侵害回避対策について検討した。その手法は 2 つあり、一つは、Unity 版 A-txt における新機能の一つである URL ジャンプ機能の利用である。Web 上にある情報をコンテンツとして用いたい場合には、コンテンツとしてそのページの URL を登録すると、URL ジャンプ機能により A-txt ではブラウザを起動しそのリンクにジャンプする処理を行うため、著作権を侵害せずに情報を閲覧することが可能となる。

もう一つはマーカに対する著作権の配慮である。市販の教科書に記載された図や文章をマーカ画像とする場合は、著作権への配慮が必要となる。ここで、著作権法第 47 条の 7 によると、著作物は「必要最低限」の範囲であれば、許諾なく使用可能とされる。その「必要最低限」の範囲に具体的な数値は定められていない。そのため、A-txt のマーカとして安定的にコンテンツを表示できるマーカの範囲を定量的な検証を行った。その結果、A-txt にマーカとして用いる画像

の著作権法における必要最低限範囲の具体的な数値の基準としては、対象の7割程度であれば安定的な表示がされることが分かった。さらに、図とその周囲の文字を結合させた方がコンテンツ表示をより安定でき、かつ、対象物の一部のみの採用にとどめることで、著作権法侵害を回避できこともわかった。

(3) A-note, 各種資料の A-txt 化

A-note として配布した申請代表者の作成した電磁気学の配布資料(穴埋め形式)の完全版原稿をそのコンテンツとして紐づけ、学生が閲覧できるようにした。その他に、実験テキストへのチュートリアル追加や、英語の教科書に音声データの付加を行った。利用学生にアンケート調査をした結果、その使用感は概ね良好であったが、iOS 端末であっても、極端に古い機種(iPhone 6S 以前)であると、けいはいなどうさをしないことや、バッテリー消費が激しいことが分かった。

また、一般的な授業だけでなく、電力における3E(経済、環境、エネルギー安定供給)や発電電力割合(エネルギーミックス)などの、現実問題を含めた電力工学への正しい理解を意欲的に学ぶことのできるボードゲーム形式の教材に対し、コンピュータ・アプリケーションと Web 動画および A-txt との連携を施した。図3に示すように、スマート端末を教材の各所にかざすだけで、チュートリアルや追加説明を静止画や動画により閲覧可能なシステムを構築した。

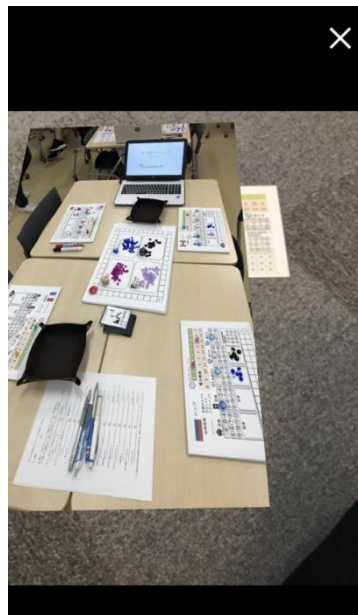


図3 3E教材への適用

(4) 書き込み済み A-note 資料の画像処理・AI を用いた解析

A-note 資料の解析については、2種類の OCR システムを組み合わせることで解析精度を向上させることに取り組んだ。具体的には、それぞれ日本語、数式の認識を得意としている Tesseract と Mathpix を組み合わせ、OCR スコアと呼ばれる自己評価値を用いることで、単語・文章・数式という3つに分類したうえで各 OCR の認識結果が OCR スコアを基準に適切に選択できるか検証を行った。現状ではまだ十分な成果は得られていないが、追加学習を繰り返すことにより、改善できるものと期待している。

なお、以上の成果については、すべて国際会議にて発表しており、国内だけでなく海外への発信にも取り組んでいる。

【引用文献】

- 1) 例えば、長崎県武雄市と東洋大の取り組み, 日本経済新聞, 2017/10/4 朝刊
- 2) Sharon Oviatt, et al., Quiet Interfaces that Help Students Think, UIST '06 Proc. pp. 191-200 (2006)
- 3) 東京書籍, 教科書 AR, <https://itunes.apple.com/jp/app/jiao-ke-shuar/id648137866?mt=8>

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Suzuki Shin-nosuke, Akimoto Yutaro, Suzuki Kengo, Okada Akira, Hirata Katsumi, Kato Takehito, Yajima Kuniaki, Kanematsu Hideyuki, Fukumoto Tadashi, Yoshikawa Fusao	4. 巻 176
2. 論文標題 Development of A-txt system compatible introductory teaching materials for Electric Power Engineering using gaming simulation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 1557 ~ 1566
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procs.2020.09.167	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 Suzuki Sin-nosuke, Kanematsu Hideyuki, Barry Dana M., Ogawa Nobuyuki, Yajima Kuniaki, Nakahira Katsuko T, Shirai Tatsuya, Kawaguchi Masashi, Kobayashi Toshiro, Yoshitake Michiko	4. 巻 176
2. 論文標題 Virtual Experiments in Metaverse and their Applications to Collaborative Projects: The framework and its significance	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 2125 ~ 2132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procs.2020.09.249	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 該当する
1. 著者名 Suzuki Shin-nosuke, Akimoto Yutaro, Hirata Katsumi, Ishihara Manabu, Kameyama Ryohei, Yamaguchi Masaya, Yajima Kuniaki	4. 巻 159
2. 論文標題 Development of Android Version Active Textbook System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 2258 ~ 2266
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procs.2019.09.401	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 鈴木 真ノ介、秋元 祐太郎、石原 学、山口 勝也、亀山 龍平	4. 巻 2019
2. 論文標題 P-04 Android版A-txt (アクティブ・テキスト)の開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 工学教育研究講演会講演論文集	6. 最初と最後の頁 466 ~ 467
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20549/jseeja.2019.0_466	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 Suzuki Shin-nosuke, Akimoto Yutaro, Kobayashi Yasuhiro, Ishihara Manabu, Kameyama Ryohei, Yamaguchi Masaya	4. 巻 126
2. 論文標題 A proposal of method to make active learning from class to self-study using active note taking and active textbook system	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Procedia Computer Science	6. 最初と最後の頁 957 ~ 966
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.procs.2018.08.030	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Suzuki Shin-Nosuke, Iijima Yosuke, Okada Akira, Kobayashi Yukio, Kameyama Ryohei, Yamaguchi Masaya	4. 巻 2018
2. 論文標題 Improvement of the active textbook system	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 2018 5th International Conference on Business and Industrial Research (ICBIR)	6. 最初と最後の頁 69-72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICBIR.2018.8391168	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 干川 尚人, 大島 心平, 床井 良徳, 鈴木 真ノ介, 石原 学
2. 発表標題 クラウド型リモート会議ツールによる情報リテラシー授業の定着度評価
3. 学会等名 第23回ネットワークソフトウェア研究会(オンライン)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Suzuki Shin-nosuke, Akimoto Yutaro, Hirata Katsumi, Ishihara Manabu, Kameyama Ryohei, Yamaguchi Masaya, Yajima Kuniaki
2. 発表標題 Development of Android Version Active Textbook System
3. 学会等名 23rd International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems(KES2019)(国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki Shin-nosuke, Terajima Naoki , Akimoto Yutaro, Okada Akira, Kameyama Ryohei, Yamaguchi Masaya
2. 発表標題 Examination of A-txt System Independent from OSs After Developed the iOS and Android Version
3. 学会等名 International Conference on Information Technology (InCIT2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林紗也奈, 鈴木真ノ介
2. 発表標題 任意マーカへのデジタルコンテンツ紐づけによるアクティブ・テキストの改良
3. 学会等名 第24回 高専シンポジウムin小山
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小林康浩, 鈴木真ノ介
2. 発表標題 手書きノート画像におけるテキスト領域抽出量と成績との相関関係
3. 学会等名 第24回 高専シンポジウムin小山
4. 発表年 2019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	小林 康浩 (Kobayashi Yasuhiro) (40580858)	小山工業高等専門学校・電気電子創造工学科・准教授 (52201)	

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
---------	---------