

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 5 日現在

機関番号：34504

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26330412

研究課題名(和文)リアルタイム学習ログ情報を用いたWeb教材コンテンツ品質評価モデルの実装と検証

研究課題名(英文)Implementation and validation for quality evaluation model of web-based teaching materials using learning log collected in real time

研究代表者

池田 瑞穂(Mizuho, Ikeda)

関西学院大学・理工学部・研究員

研究者番号：80379601

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：Web教材の品質評価モデルの確立を目標に，Web ページ(セクション)単位での学習ログに加え，マウスカーソルの動きにもとつきサブセクション単位のデータを収集し，リアルタイムに分析，可視化を行うWeb教材品質評価システムMCT1Aを開発した．ブレンド型の実授業に適用し分析を行った結果，学習者の学習の特徴を把握し，授業進行の調整など効果的な授業サポートが可能となった．また，教材コンテンツの再構成や再配置，内容精査などを検討するために有用であることがわかった．

研究成果の概要(英文)：For the quality control of web-based teaching materials using structured contents, a system (MCT1A) to collect mouse cursor behavior automatically has been designed and developed. In addition, it has been applied to an actual class and learning log have been collected. Furthermore, a system that can visualize in real time the progress of a lesson has been developed using the learning log. It was found that it is possible to clearly capture a student's learning activities. A learning log of the subsection units has been accumulated every semester since the 2015 fall semester. A quality evaluation model of web-based teaching materials needs to be established by analyzing additional learner features and applying them to a mathematical model.

研究分野：教育工学

キーワード：Web教材 品質管理 学習ログ マウスカーソル 特徴分析 ローレンツ曲線 ジニ係数 クラスタリング

1. 研究開始当初の背景

多くの大学などの高等教育機関では LMS (Learning Management System) が導入され、e-learning システムの利用が急速に増えてきている。e-learning システムのページデザインやコンテンツは、大学と企業との共同開発や教育現場で独自のシステムを開発したものなどが提供されている。本研究を開始する以前より、独自の Web 教材コンテンツを設計し、e-learning システムを開発してきた。まず、「授業計画」において、各授業で行う内容の目的(ゴール)を明確化し、「ゴール指向分析」を用いて各ゴールの構造化を行った。構造化されたゴールに対して、「ページ構成」および「コンテンツ構成」を行い、Web 教材を構築した。独自開発した e-learning システムは、学習者の操作性を考慮し、ワンクリックで教材コンテンツの Web ページ間の画面遷移ができるように画面構成を設計した。また、学習者を補助するシステムとして、学習ログ(アクセスログ、課題提出ログ、理解度ログなど)を自動収集し、ナビゲーションウィンドウを開発し学習者へ提供した。このナビゲーションウィンドウにて、教授者や学習者が課題進捗登録と習得した技術をリアルタイムに確認できるリーダーチャートや、閲覧したページを確認するための授業回別ページ閲覧履歴グラフの可視化を実現し、学習者たちの学習支援、および、教授者の学習者の学習状況を確認することを可能とした。

Web 教材は、外的要因(技術進歩や社会情勢など)と内的要因(学習スタイルなど)を考慮し、常に改善していく必要がある。そこで、各学期の終了後に学習ログに基づき Web 教材の評価を行い、改善を繰り返してきた。

教育サービスや学習モデルの品質に関する標準化が欧米を中心に行われ始めており、ISO(International Organization for Standardization)において 2007 年「非公式教育と訓練のための学習サービス分野」を対象とした専門委員会 TC232(TC: Technical Committee) が設立され、教育サービスの標準化に向けた活動が行われている。国内においても標準化への研究、提言など多く行われている。また、LA(Learning Analytics)として科学的根拠に基づいた学習や教育の分析方法やモデルについて様々な専門分野で活発に議論されている。しかし、Web 教材の品質管理や標準化が重要になると思われるが、品質評価の手法は確立されていない。多くの Web 教材の品質に関する研究は、教材コンテンツを中心に考えられてきた。しかし、授業計画から教材作成、および、授業の進行まで関連性をもって、リアルタイムに Web 教材の評価を行っている例はほとんどない。また、学習ログを用いた研究は、LMS から取得されるアクセス情報やページ遷移情報などのマクロな情報や生体情報(瞳孔、血圧、脳波)などの環境依存や被験者が限定されたミクロな情報を用いた研究は多く行われている。

本研究では、Web 教材の品質評価モデルを確立するために、Web 教材品質を 3 つの階層(「授業計画」、「教材作成」、「授業の進行」)から構成されていると定義した(図 1)。そして、環境依存や被験者が限定されるなどの制約を受けることなく、実授業に適用できる Web 教材の品質評価を行うための教育のビッグデータ取得につながることを目指した学習ログの自動取得機能を実現し、Web 教材の品質評価システム MCT1A(Mouse Cursor Tracking Analyzer)を開発し、品質評価方法について提案するものである。

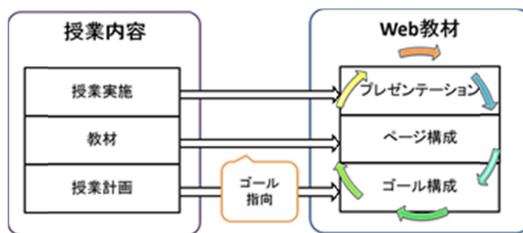


図 1 授業構成要素モデル

2. 研究の目的

本研究の目的は授業教材として実現した Web 教材の品質評価モデルを確立することである。Web 教材を実授業で用いることにより自動収集された定量的、および、学習者の定性的データなどを用いて有効性を実証的に検討する。

これまで、大学文科系学部の演習科目において、学習ログを自動収集し、リアルタイムに Web 教材の品質を分析し可視化するシステムを構築してきた。授業の構成要素(授業計画、教材作成、授業進行)に対して効果的な Web 教材コンテンツとして実現し、授業の進行ができていないかを評価するためには、品質評価モデルの精度を向上させ、品質管理を実現する必要がある。そこで、Web 教材品質評価モデルにおいて、現在自動収集しているデータを細分化した学習ログやサポート情報を自動取得できるように機能強化する。そして、適用範囲を複数の演習科目、および、講義科目に広げ有効性を検証する。品質の標準化を目指し、Web 教材の品質評価モデルの確立を行う。

3. 研究の方法

Web 教材の品質評価システム MCT1A をブレンド型の実授業に適用し、学習ログの自動収集を行う。そして、自動収集した学習ログ、学習者の情報や課題達成状況などに基づき Web 教材を分析・評価し、Web 教材や授業の構成を改良する。また、新たに収集方法を改善し、分析結果の可視化ツールの機能強化を図り Web 教材の品質評価を行う。

4. 研究成果

(1) Web 教材システムに授業中の学習者の状況をリアルタイムに確認できる Web 教材システムにおけるツールの作成と実授業への適用

重み付き無向グラフを用いた Web ページ遷移情報確認ツール

各授業回にて Web ページを閲覧した学習者と教授者それぞれの Web ページ遷移を、重み付き無向グラフを用いて可視化を行なった。

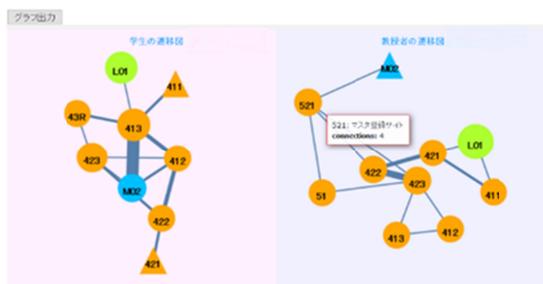


図 2 学習者と教授者の Web ページ遷移図 (授業回 1 回分)

アクセス回数をノードの大きさで表し、Web ページの種類をノードの色と形状で表した。Web ページ名が表示されているノードをクリックするとコンテンツのタイトルとノードとリンクしている Web ページの個数を表示した。リンクの太さでノード間のアクセス回数の割合を示した。

学習者は教授者の Web ページ遷移状況を参考にすることで、見逃したページを見つけたり、過去の授業で教授されたページを容易に参照したりすることが可能となった。また、教授者も、授業進行中に学習者の閲覧している Web ページの進行とのずれや、学習者の状況を詳細に把握することができ、授業進行の調整を図ることが可能となった。

レーダーチャートを用いた学習者全員の技術取得確認ツール

教授者が学習者や学習者全体の Web ページへのアクセス状況から、技術取得との関連を示すことができるレーダーチャートを作成した (図 3)。授業回別に各学習者と学習者全体の Web ページ利用の比較が可能となった。

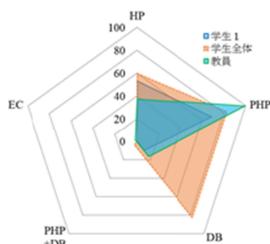


図 3 授業回 (7 回目) の Web ページのアクセスと関連する技術

(2) Web 教材システムの機能強化: マウスカーソルの動きに基づいた学習者の挙動データの収集

学習者の学習理解度を上げ、より多くの知識を獲得してもらうため、効果的な Web 教

材を提供する必要があると考えた。ここでは、Web ページ単位 (セクション単位) での閲覧時間情報などの学習ログに加え、収集する学習ログの細分化を図った。すなわち、セクションを構成するサブセクション単位で学習者の挙動に関する情報を収集する機能を強化した。

学習スタイルや学習者の挙動に関する研究は、被験者が限定されて実験や評価が行なわれる場合や、特定の環境下での実験である場合が多く、実運用での適用や、継続的な評価を前提としている研究は少ない。また、システム全体のリソース環境設定の変更による研究対象以外のシステムへの影響に対する考慮が必要なものであった。そこで、実際の授業で継続的に収集可能であり、他システムへ影響を及ぼさない、Web 教材の修正、変更が容易であることを要件として、Web 教材システムに機能追加を行った。

また可視化システムの要件として、学習者、教授者、教授者の学習者サポート者が利用することを目的とし、学習者の個別の挙動、学習者全体の挙動が把握できることとした。そして、データ処理やデータ分析、可視化が可能な開発環境のもとに、教授者や学習者サポートも Web ページを通じて全学習者の状況を確認できる環境にあることとした。また、データの自動収集から可視化までのプロセスを自動化し、継続的に運用でき、可視化された結果をリアルタイムに Web ページに表示できることとした。

Web ページを閲覧するときの視線とマウスカーソルの動きの相関関係の研究において、Web ページの閲覧時に検索者が Web 画面上で興味のあるリンクを容易にクリックするためマウスカーソルを目で追う傾向がある、と指摘されている。また、マウスのトラックボールを用いて画面をスクロールする学習者が多いことから、マウスカーソルの位置は学習者が閲覧している部分の周辺に存在すると考えた。

そこで、マウスカーソルの挙動を表す座標データをサブセクションの領域単位で検出することとした。図 4 は Web 教材を分割した領域とマウスの挙動を矢印で表している。左のメニュー領域は目次であり、各コンテンツの Web ページ、すなわちセクションへのリンクがある。セクションは x 方向、y 方向それぞれ 10 個までのサブセクションで構成される。マウスカーソルの挙動データの収集はコンテンツ表示部分、すなわちセクション部分のみとしている。マウスカーソルが存在する Web ページ、すなわちセクションラベルと、そのマウスカーソルが存在するサブセクション x 方向のラベル、y 方向のラベル、滞留した時間 (秒) を収集した。

図 4 は Web 教材の 1 つのセクションが、Subsection00 から Subsection30 までの 5 つのサブセクションで構成される例である。太線の矢印に示すマウスカーソルの挙動では、x 方向のデータとして [000010]、y 方

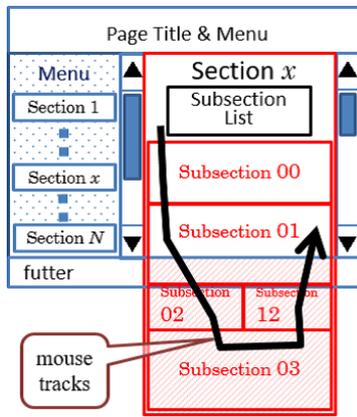


図 4 Web ページの構成とマウスの挙動

向のデータとして[012321], 各サブセクションの滞留時間(秒)がこのセクションのデータとともに保存される。

(3) 細分化した学習ログにもとづく可視化手法による学習者の特徴分析

この細分化した学習ログを自動収集後, リアルタイムに分析を行い, その分析結果を Web 教材システム MCT1A にて可視化した。データ処理や分析だけでなくプログラミング言語としてアプリケーション作成も容易なオープンソースの Python3 (pandas, matplotlib ライブラリ等), 一部 R 言語を用いリアルタイム表示を実現した。これにより, 学習者の学習の特徴を把握し, 即座に授業に反映することが可能となった。

文科系学部学生約 30 名が履修する WAMP (Windows, Apache, MySQL, PHP) 環境にて PHP 言語と MySQL データベースシステムとの連携を学ぶ科目である Web コンピューティングの授業の学習ログに関して分析し可視化を行った結果を紹介する。

学習者, および, 学習者全体の挙動を把握するため, ローレンツ曲線とジニ係数を用いて可視化を行った。これらは経済学において所得などの不均等性(偏り)を表すためによく用いられる統計量である。

まず, 対象とする学習ログのセクションまたはサブセクションの閲覧数の累積相対度数と閲覧時間との累積相対度数を求める。これらのデータに基づきローレンツ曲線を描くとともに, ジニ係数を求めた。

学習ログをサブセクション単位で収集したデータとして細分化した効果

同一の分析対象において, セクション単位とサブセクション単位で分析した結果, 殆どのデータにおいて, 図 5 に示すように異なる形状のローレンツ曲線が得られた。ローレンツ曲線での閲覧回数の約 70% において, サブセクション単位はセクション単位より閲覧時間を費やしていることがわかった。すなわち, サブセクション間で短時間の閲覧を行っている可能性があると考えられた。また, ジ

ニ係数はセクション単位が 0.75, サブセクション単位が 0.59 となっている。従って, サブセクション単位のデータを用いた分析は, 学習者の細かな挙動を検出するのに有効であるといえる。

特に閲覧時間が短時間でかつ複数のサブセクションを閲覧する場合において学習者の挙動の特徴を明確にとらえることができた。サブセクション単位のデータを用いて, サブセクション閲覧の経路順序や閲覧時間などを分析することにより学習スタイル, 学習プロセス, 学習メカニズムへの分析につながっていくと考えられる。

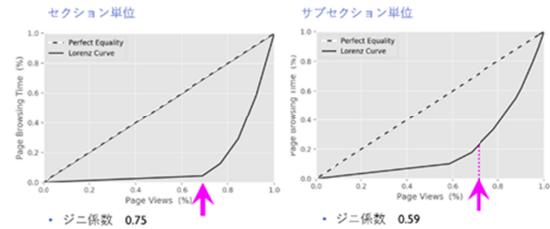


図 5 セクション単位とサブセクション単位のローレンツ曲線とジニ係数

因子によるローレンツ曲線とジニ係数

閲覧時間分布の均等性の評価において, 学習者の分類として, 全学習者, 学部, 学年, レベル(課題達成度)の複数の因子に対し, 対象とする時間軸の指定を行い, ローレンス曲線やジニ係数の比較を行った。授業回別のローレンツ曲線とジニ係数に最も差異がみられた。図 6 に一部の授業回のローレンツ曲線を示す。授業回が進むごとにジニ係数が増加傾向にある。これは, 閲覧分布の不均等性が高くなっていることを示している。授業の後半に向けて, 1 つのサブセクションを閲覧している可能性が高くなっていることを示している。

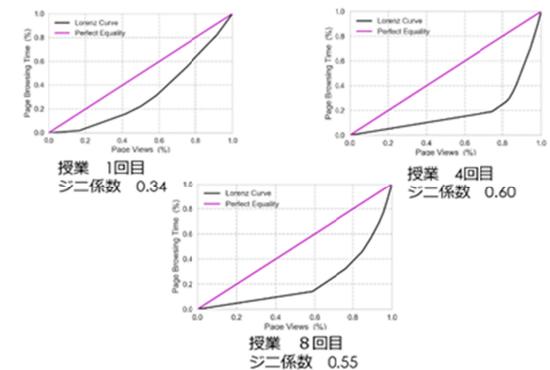


図 6 授業回別ローレンツ曲線とジニ係数

閲覧分布時系列特性の検証

ある学期の最後に学生が達成した課題に基づき 5 つのレベルに分け, レベル別に各授業回のジニ係数をグラフ化した。ジニ係数が低くなると, 閲覧分布の均等性が高くなり, すなわち, 様々なサブセクションを一様に閲覧していることを示している。ジニ係数が高

くなると、閲覧分布の不均等性が高くなり、すなわち、1つのサブセクションを集中的に閲覧していることを示している。レベル5の学習者は、他の学習者と比較して、ジニ係数が高くあまり変動していない。

レベル2の学習者は、授業回の前半教授者のサブセクションの閲覧遷移に追従しているが、9回以降の授業回からは均等性が非常に高くなり、教授者が閲覧しているサブセクション以外に、過去のサブセクションなど様々なサブセクションを閲覧していることがわかる。

ジニ係数の時系列遷移図は、リアルタイムに表示することが可能なため、教授者は、授業を進めていくなかで、閲覧分布の不均等性を確認し、授業の進行のスピードを調整したり、場合によっては、過去サブセクションに戻って講義したりすることが可能となる。教材コンテンツの内容精査、および、サブセクションの再配属を考えていく上で有用な情報になると考えられた。

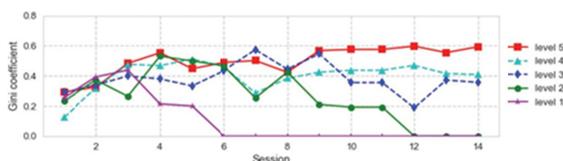


図7 ジニ係数の時系列遷移図

サブセクション閲覧経路の検証

学習者が辿った各サブセクションの経路を、対象とするサブセクションの直前に参照されたサブセクション (IN) で対象とするサブセクションより前 (before)、後 (after) に学習されるもの、対象とするサブセクションの直後に参照されたサブセクション (OUT) で対象とするサブセクションより前 (before)、後 (after) に学習されるもの、の4つの属性に分類した。これらの属性に従い、Ward法による階層クラスタリングを行い結果をテンドログラムに示した。この結果4つのクラスターに分割することができた。図9は各クラスターの特徴を積み上げ棒グラフで表したものである。

クラスター1と2はサブセクションの順に関係なく閲覧しており、クラスター1は入門レベルのサブセクションが、クラスター2は基礎レベルのサブセクションが含まれている。また、クラスター3はサブセクションの順に関係のないサブセクションから遷移し、次の順のサブセクションに遷移している。一方、クラスター4ではサブセクション順に遷移したあと、順番とは関係のないサブセクションに遷移している。クラスター3と4には難しいレベルのタスクが含まれている。この結果から、各クラスターのサブセクションの再構成や再配置、内容精査などWeb教材の改善の度合いの調整の絞り込みが可能になると考えられた。

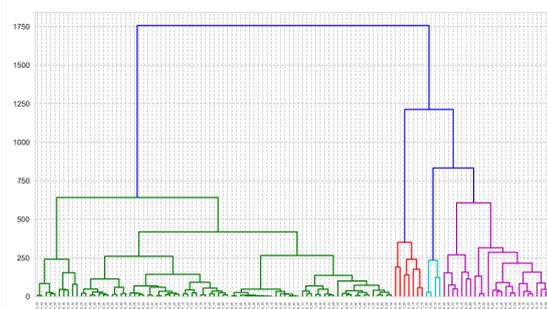


図8 サブセクション閲覧経路のテンドログラム

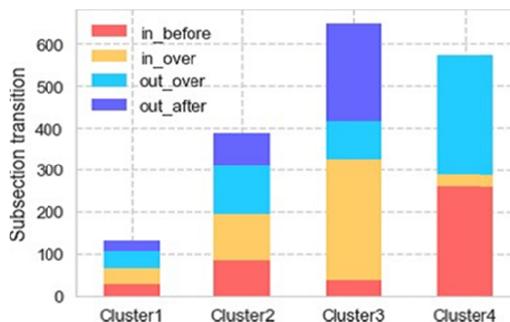


図9 サブセクション閲覧経路の各クラスターの特徴

(4) 考察

ローレンツ曲線、ジニ係数時系列遷移図、クラスタリング図は、授業進行中において、リアルタイムに表示することができるため、学習者の学習の特徴を把握し、即座に授業に反映し、授業進行の調整など効果的な授業サポートが可能となった。

また、学習者のサブセクション閲覧経路のクラスタリングの結果から、教材コンテンツのサブセクションの再構成、再配置、内容精査、および、授業進行の速度調整などを検討するための有用な情報になると考えられる。

(5) まとめと今後の課題

Web教材の品質評価システム MCT1Aとして学習者のマウスカーソルの挙動を自動収集するシステムを設計、開発した。このシステムを実授業に適用し、学習者の学習ログとその他のデータを用いて分析を行い、授業の進行に合わせてリアルタイムに分析結果が可視化できるシステムを構築した。学習ログを用いて、分析、および、結果を可視化することにより、学習者の挙動を明確にとらえることが可能であることがわかった。

今回は1つの学期の1つの科目を対象とし考察した。サブセクション単位の学習ログは、2015年秋学期から学期ごとにデータを蓄積している。複数学期の複数科目のデータに関して学習者の特徴分析を行い、数理モデルへの適用、および、統計量を用いた検定を行う予定である。それらの結果にもとづき、Web教材を再構成するなど改善を試み、新しい学期での実授業に適用し、Web教材の品質評価を行い、教材コンテンツの品質評価モデルの確立を行っていく予定である。

<引用文献>

- 古川雅子, 中村泰之, 山川修他, ラーニング・アナリティクスの動向 - 第 7 回 Learning Analytics & Knowledge Conference (LAK '17) 情報教育シンポジウム, 31-36, 31 - 36, 2017/08
- 安武公一, 中村泰之, 山地一禎, 古川雅子, 梶田将司, 山川修, 多川孝央, 最先端の Learning Analytics 研究を目指して, 教育システム情報学会, 第 41 回全国大会, B5-1, 2016, 345 - 346
- 山川修, 組織を超えた Learning Analytics の可能性, コンピュータ&エデュケーション, Vol.38, 2015, 55 - 61
- 平田謙次, Learning Analytics による学習品質 - e-learning での教育・学習活動データの連携と技術標準化 -, コンピュータ&エデュケーション, Vol38, 2015, 43 - 48
- 池田瑞穂, インストラクショナルデザインに基づく学習活動ログによる Web 教材コンテンツの利用形態分析と実装, 情報科学 研究 (24), 2010, 17 - 24
- 池田瑞穂, Web 教材システムに基づいた教材コンテンツ評価モデルの作成と実装, 日本教育工学会研究報告集, 2012(4), 2012, 49 - 54
- 池田瑞穂, Web 教材の品質管理のための学習ログ収集の機能強化と学習者の特徴分析, 信学技報, 2018
- Paul B. Kantor, Endre Boros, Benjamin Melamed, Vladimir Menkov, Bracha Shapira, David J. Neu, Capturing HUMAN INTELLIGENCE Intelligence in the Net, ACM 08/2000, Vol.43, No.8, 2000, 112 - 115
- 矢島邦昭, 小川信之, 高附祐輔, 野村収作, 福村好美, e-learning 受講中の生体情報を用いたコンテンツの質の評価に関する実験, 情報処理学会研究報告, Vol.2012-CLE-7, No.6, 2012
- 杉田賢治, 福原知宏, 増田英孝, 山田剛一, Web ブラウザのスクロール操作に基づくユーザ注目箇所推定に関する分析, 人工知能学会, 26, 2012, 1 - 4
- 中村和晃, 角所考, 美濃導彦, e-learning 環境における学習者の観測に基づく主観的難易度の推定, 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2007), 2007/07
- Fionan Peter Williams, Owen Conlan, Visualizing Narrative Structures and Learning Style Information in Personalized e-Learning Systems, ICALT 2007, 2007
- 中澤真, 荒木道隆, 後藤正幸, 平澤茂一, 編集履歴可視化システムを用いた Learning Analytics, 情報処理学会, 第 78 回全国大会, 2016, 531 - 532
- 鍵山貴一郎, 林雄介, 平嶋宗, 学習者集団および個人についての理解状態とその遷移の可視化の試み, 人工知能学会, 1C5-0S-13b-3, 2016, 1 - 3

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 3 件)

- 池田瑞穂, マウスカーソルの挙動データを用いた学習者の特徴分析のための可視化手法の検討, 情報処理学会研究報告, 査読無, Vol.2018-CLE-24, No.26, 2018, 1-5
- 池田瑞穂, Web 教材の品質管理のための学習ログ収集の機能強化と学習者の特徴分析, 電子情報通信学会技術研究報告, 査読無, ET2017-121, 2018, 189-192
- 池田瑞穂, 構造化された学習ログのリアルタイム自動収集と Web 教材コンテンツ品質管理への利用について, 第 22 回大学教育研究フォーラム発表論文集, 査読無, 2017, 340-341

[その他]

ホームページ等 Ikeda Laboratory
<http://gpiked.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池田 瑞穂 (IKEDA, Mizuho)
関西学院大学・理工学部・研究員
研究者番号: 8 0 3 7 9 6 0 1