

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：32406

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K11578

研究課題名（和文）学びのプロセスに着目したe-ラーニングAIアナリスト支援システムの開発

研究課題名（英文）Development of e-learning AI analytics support system focusing on the learning process

研究代表者

李 凱 (LI, Kai)

獨協大学・経済学部・准教授

研究者番号：10531543

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）：近年、e-ラーニングやLMS（学習管理システム）に加えて、MOOCと呼ばれる大規模なオンライン公開授業が注目を集めている。しかし、オンライン学習履歴データを利用した研究が主に受講者への介入支援及び教材・教育プロセスの改善を目的とし、評価の多様化、支援の適応性、実用性など多くの課題が残されている。本研究では、オンライン学習のプロセスに着目し、この膨大な一見脈絡のない学習履歴ビッグデータを活用し、データの構造抽出、学習活動のモデル化、及び評価の多様化、諸学習活動の可視化を支援するe-ラーニングAIアナリストシステムを開発した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、学びのプロセスを重視した学習活動のモデル化・可視化の支援・評価システムを開発した。主にMoodleにおける諸学習活動の遷移に着目し、様々な機械学習の手法を用いて、期末試験の評価推定モデルを開発した。本推定モデルを使って、学期学習の途中で期末試験の成績ランクを推定することが可能になり、効果的に学習評価の支援が可能になる。また、脱落の早期発見に参考データを提供することが可能になる。本研究結果を既存のLMSと融合することにより、教育現場での普及、多様化学習成果の評価、及び多くの受講生と対峙する教員のLMSの利用効率を向上させることを本研究の社会的意義である。

研究成果の概要（英文）：In recent years, e-learning, LMS (Learning Management System), and MOOCs have gotten a lot of attention in distance learning. However, some of the researches mainly aimed at supporting interventions for students' online learning and improving teaching materials. There are many issues remain, such as diversification of evaluation, adaptability of learning support, practicality, etc. Therefore, in this research, we focus on the online learning process and utilize the learning history big log data to extract the structure of the online learning data, and to model the learning activities. We also developed an e-learning AI analytics support system to support the diversification of evaluations, and visualize various learning activities.

研究分野：教育工学

キーワード：教育工学 e-ラーニング ラーニングアナリスト AI 学習履歴 可視化 遠隔授業 学習評価

## 1. 研究開始当初の背景

従来の講義と試験を中心とした知識伝達型の授業から、能動的学習、反転授業、ピアインストラクションなどを活用した授業へと、教育観や教育手法が転換しつつある。これらの新しい教育に適し、効率的で効果的な授業実施を支えるためには、ICTを活用して学習者のみならず教授者にも効果的に支えることが求められる。また、近年 e-ラーニングや LMS (学習管理システム)に加えて、MOOC と呼ばれる大規模なオンライン公開授業が注目を集めている。しかし、オンライン学習履歴データを利用した研究が主に受講者への介入支援及び教材・教育プロセスの改善を目的とし、評価の多様化、支援の適応性、実用性など多くの課題が残されている。現在 e-ラーニングの本質的大転換点とした学習履歴を活用するラーニング・アナリティクス(学習履歴分析)に関して、介入支援、教育プロセスの改善の目的以外に、学びプロセスの解明、評価の多様化、諸学習活動の可視化、システムのオープン化が期待される。

本研究では、オンライン学習のプロセスに着目し、この膨大な一見脈絡のない学習履歴ビッグデータを活用し、データの構造抽出、学習活動のモデル化手法の開発、及び評価の多様化、諸学習活動の可視化を支援する e-ラーニング AI アナリストシステムの開発を目的とする。本研究結果を既存の LMS とシームレスに融合することにより、教育現場での普及、能動的学習活動プロセスの支援、多様化学習成果の評価、及び多くの受講生と対峙する教員の LMS の利用効率を向上させることを本研究の最終目的とする。

## 2. 研究の目的

本研究は、オンライン学習のプロセスに着目し、学習履歴ビッグデータを活用し、データの構造抽出、学習活動のモデル化手法の開発、及び諸学習活動の可視化を支援する e-ラーニング AI アナリストシステムの開発を目的とし、主に以下の4点を明らかにする。

(1) 学習特徴モデル化するため、膨大な学習履歴ログデータから特徴ベクトルの抽出、クラスタリングの最適化方法を開発する。具体的に、予測モデルの構築に、必要な特徴ベクトルの抽出、学習活動遷移状態を分類する。

(2) 学びプロセスを可視化するため、時系列に諸学習活動の可視化手法を開発する。具体的に、学習活動を分類し、関連データを抽出し、教員の要望に応じて、可視化ダッシュボードを構築する。

(3) 適応性サポートをするため、学習モデル特徴の解釈と支援手法を検討する。主に、学習成果を予測し、脱落の早期発見に参考データを提供することにより、個々の学習に応じて支援する。

(4) 他システムと融合するため、モジュール化方法を確立する。主に、LMS に限定せず、ダウンロード可能な学習履歴データを用いて、予測モデル手法の汎用化を目指す。

## 3. 研究の方法

初年度では、主に現存ラーニング・アナリティクスに関する先行研究の整理によって、汎用 LMS の Moodle に基づき、学習活動の可視化、及び学びプロセスに重視した AI アナリストのデザインを行った。以下は詳細

(1) 二つの大学で e-ラーニングの実施及び学習履歴の収集を行った。具体的には、研究代表者が所属する獨協大学で大学1年生を対象とした教室講義とブレンドさせた2科目の e-ラーニング、及び研究分担者が所属する豊橋技術科学大学で社会人を対象とした18科目の e-ラーニングを実施した。約140人分1年間の学習履歴を収集した。獨協大学では、講義中における教材の配布、外部クラウドデジタル教材サービスへのリンク、ミニテスト、レポートの提出として Moodle を活用した。豊橋技術科学大学では、学校外における講義ビデオ、小テスト、レポートの提出として運用した。

(2) それぞれの学習活動を可視化するため、学習履歴ログデータを用いて、諸学習活動を可視化できるダッシュボードを開発した。本ダッシュボードを用いて、教員が様々な視点から動的、インタラクティブに全員や個々学生の諸学習活動を可視化できる。また、学習履歴ログデータを用いて、学習特徴を分類するためのクラスタリング評価指標を検討した。

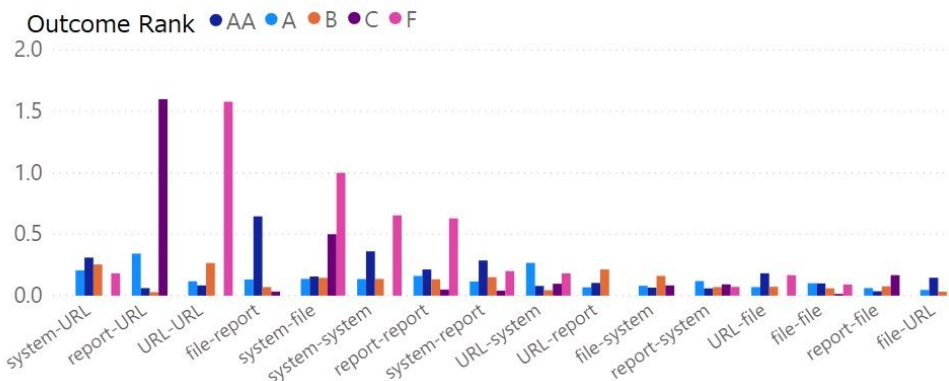
次年度では、Moodle における学習活動の遷移に着目し、様々な機械学習の手法を用いて、期末試験の評価推定モデルを開発した。具体的に、

(1) e-ラーニングログデータから時系列データを抽出し、学習活動をファイルの閲覧、URL の閲覧、レポート、システムの四つのカテゴリに分け、各学習活動間の遷移をファイル ファイル、ファイル レポート、ファイル システム、ファイル URL など16種類の学習活動遷移時間を計算した。

(2) 前処理した学習活動履歴のログデータと期末試験の評価成績と関連付け、諸学習ログデ

ータを特徴量として、回帰木、単純ベイズ、SVM (Support Vector Machine) などの分類器を試した。結果として、3次SVMの精度が一番高く、97.2%であった。従って、3次SVMを分類器として選定し、識別器を作成した。

(3) ホールドアウト法により10%のデータをテストデータとして評価した結果、識別率が一番高いのは評価Bで、98.3%であった。次は、評価Aは97.7%、評価Cは96.3%、評価AAは95.2%で、一番低いのは評価Fの82.6%であった。平均の総合識別率は97.2%であったため、Moodleの学習履歴ログデータを用いて期末試験の成績ランクを推定することができると考えられる。本プログラムを使って、学期の途中で期末試験の成績ランクを推定することが可能になり、効果的に学習評価の支援が可能になる。また、脱落の早期発見に参考データを提供することが可能になる。



図： 各評価の学生の学習活動の遷移時間

表1 混同行列の真陽性率

	AA	A	B	C	F	観測値
AA	95.2%	1.5%	2.2%	<1%	<1%	256
A	<1%	97.7%	2.2%	0%	0%	544
B	<1%	<1%	98.3%	<1%	<1%	622
C	0%	0%	3.7%	96.3%	0%	78
F	0%	13.0%	4.4%	0%	82.6%	19

最終年度では、まず作成した評価推定モデルを用いて、2019年度のMoodleの学習ログデータに応用し、学習活動の成績ランク推定精度を検証した。また、2020年度にコロナの影響で、対面授業からオンデマンド型遠隔授業に切り替え、学習の時間と学習形態が昨年度のブレンド授業と大きく異なり、また所属大学のサーバーの更新により、Moodleの利用ができなくなり、BlackBoardのLMSシステムに切り替えることになった。本年度は、BlackBoardに記録されたサマリーデータを用いて、オンデマンド授業に公開した参考資料、ミニテスト、講義ビデオ、レポートなどの学習資源のアクセス状況を解析・可視化した。以下は詳細

(1) 推定された成績ランクと実際の2019年度の成績評価結果を比較した結果、AA、AとBの学生が80%以上の精度で推測できた。Cの学生は69%で推測できた。一番低いのはFの学生、56%であった。F以外に推定モデルで成績を予測できると考えられる。

(2) BlackBoardに記録されたサマリーの結果として、いつでもどこでも受講できるオンデマンド型遠隔授業でも授業日(月曜日)に受講が集中し、他の曜日に分散していることが分かった。受講時間に関して、学期の序盤は授業時間(4限)に受講が集中している傾向が見られるが、終盤の受講時間は深夜などまちまちになる。授業時間(4限)以外に、10時、22時の受講が多く見られ、学生の学習スタイルが明らかになった。

#### 4. 研究成果

本研究は、オンライン学習のプロセスに着目し、学習履歴ビッグデータを活用し、データの構造抽出、学習活動のモデル化手法の開発、及び諸学習活動の可視化を支援するe-ラーニングAIアナリストシステムの開発を目的として、以下の成果を得ることができた。

(1) e-ラーニングにおける諸学習活動の収集ができた。本学だけでは、60人×2クラス×28回(春秋学期)×3年間の膨大な学習履歴データを収集した。本研究では、期末試験の予測モデル構築に諸学習履歴データを活用したが、今後も継続的に諸学習活動解析に収集したデータを活用する予定である。

(2) 諸学習活動を可視化できるダッシュボードを開発した。LMSに提供された既存の可視化機

能は不十分のため、開発した可視化ダッシュボードにより、教員が様々な視点から動的、インタラクティブに全員や個々学生の諸学習活動を可視化できた。

(3) 様々な学習活動を分類できた。eラーニングの場合、時系列に様々な学習活動をファイルの閲覧、URLの閲覧、レポート、システムの四つのカテゴリに分け、各学習活動間の遷移をファイル ファイル、ファイル レポート、ファイル システム、ファイル URL など16種類の学習活動遷移時間を計算した。この分類した学習活動を用いて、成績の予測モデルの構築が可能になった。

(4) 諸機械学習分類器を試し、最適な予測モデルを構築した。評価Aは97.7%、評価Cは96.3%、評価AAは95.2%で、一番低いのは評価Fの82.6%であった。平均の総合識別率は97.2%であったため、Moodleの学習履歴ログデータを用いて期末試験の成績ランクを推定することができると思われる。

(5) 個々の学生に応じた支援が可能になる。eラーニングの一つの課題として、多くの会えない受講生と対峙する教員の支援手法問題である。本予測モデルを用いて、学期の学習途中でも、今までの学習活動を用いて期末試験の成績ランクを推定することが可能になり、効果的に学習評価の支援が可能になる。また、脱落の早期発見に参考データを提供することが可能になる。

本研究では当初予期しなかった点に関して、2018と2019年度は主に対面授業とeラーニングを組み合わせたブレンド授業における諸学習活動を解析した。しかし、2020年度にコロナの影響で、対面授業からオンデマンド型遠隔授業に切り替え、学習の時間と学習形態が昨年度のブレンド授業と大きく異なり、また所属大学のサーバーの更新により、Moodleの利用ができなくなり、BlackBoardというLMSシステムに切り替えることになった。Moodleは一般教員でもコースの詳細アクセスログをダウンロードでき、各コンテンツへの個々の学生の詳細アクセスログを閲覧・解析できることに対して、Blackboardのアクセスログデータがシステム管理者しかダウンロードできず、一般教員はまとめられたサマリーしかダウンロードできない。また、Blackboardは各コンテンツへの全員分のアクセス曜日と時間帯をサマリーとしてしか表示できない。最終年度では、本研究はBlackBoardにまとめられた各コンテンツのサマリー結果に基づき、学生の諸学習状況を分析した。いつでもどこでも受講できるオンデマンド型遠隔授業でも、序盤では、授業日に受講が集中し、授業時間に受講が集中している傾向が見られるが、終盤の受講時間はまちまちになる。学生の学習スタイルが明らかになった。その他、学生の遠隔学習の履歴だけではなく、教員の立場で遠隔授業のTipに関するデータベースもまとめ構築した。継続的に遠隔授業における教員への支援方法を研究する予定である。

以上の研究成果を関連国内の教育工学会、CIEC、国際会議 Smart Education and e-Learningにて発表した。

本研究では、学習履歴ビッグデータを活用し、データの構造抽出、学習活動の予測モデル化手法の開発、及び諸学習活動の可視化の研究を行った。本研究の成果は、教育現場において汎用性が高く、学生へ支援や教育評価の改善が期待できる。今後は、様々なLMSにおける学習履歴データの収集、予測アルゴリズムの改善を行い、広い範囲で学習活動の検証実験を進めていく。さらに、予測モデルのパッケージ化を行い、教育現場での普及に貢献していく。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 11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 Kai LI	4. 巻 144
2. 論文標題 Visualization of Learning Activities in Classroom Blended with e-Learning System	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Smart Education and e-Learning	6. 最初と最後の頁 139-148
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-13-8260-4_13	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 Ikumi Horie, Matsuda Yoshitatsu	4. 巻 2018
2. 論文標題 Improvement of Interactive Learning Support System with Adaptive Vocabulary Lists	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Computational Science & Computational Intelligence	6. 最初と最後の頁 590-595
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/CSCI46756.2018.00119	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 Kenji Kashiwabara, Ikumi Horie, Kazunori Yamaguchi	4. 巻 173
2. 論文標題 Higher-Order Rank Functions on Directed Graphs	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Fundamenta Informaticae	6. 最初と最後の頁 1-31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3233/FI-2020-1913	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 李 凱	4. 巻 105
2. 論文標題 主体的学習を支援する履修登録インターフェースの提案・開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 獨協経済	6. 最初と最後の頁 27-31
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 李 凱	4. 巻 11
2. 論文標題 eラーニングの学習履歴ログデータを用いた試験成績ランクの推定手法の作成	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 CIEC春季カンファレンス論文集	6. 最初と最後の頁 87-91
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 李凱	4. 巻 第102号
2. 論文標題 視線追跡コントロールインターフェースによる360度キャンパスプロモーションビデオの開発	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 獨協経済	6. 最初と最後の頁 61-64
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 李凱	4. 巻 第8号
2. 論文標題 eラーニングの学習履歴を用いた日経パソコンEdu教材の利用状況解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 情報学研究	6. 最初と最後の頁 34-38
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 李凱	4. 巻 Vol.10
2. 論文標題 360度VR動画を用いた避難経路訓練アプリの開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 CIEC(コンピューター利用教育学会)	6. 最初と最後の頁 31-34
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 -

〔学会発表〕 計13件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 李 凱, 立田ルミ, 鈴木淳, 今福 啓, 堀江郁美
2. 発表標題 日経パソコンEdu と情報環境の変化との関連性に関する研究
3. 学会等名 PC conference 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李 凱
2. 発表標題 Moodle の学習履歴データを用いた評価推定モデルの作成
3. 学会等名 日本教育工学会2020年春季全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 林一雅
2. 発表標題 高等教育における学習空間のデザインの変遷
3. 学会等名 日本教育工学会研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 李 凱
2. 発表標題 ヒートマップによる360度VR体験学習の評価手法の開発
3. 学会等名 第34回JSET全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 立田ルミ、李 凱、鈴木淳、堀江郁美、黄海湘
2. 発表標題 日経パソコンEduと情報環境
3. 学会等名 2018 PC Conference
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazumasa Hayashi, Zhongen Wu, Toshio Mochizuki, Yuhei Yamauchi
2. 発表標題 Effectiveness of Crescent Shape Tables for Future Learning Spaces to Foster Students' Performance in Collaborative Learning
3. 学会等名 American Educational Research Association(AERA) 2018 Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 林一雅, 吳重恩, 望月俊男, 山内祐平
2. 発表標題 協調学習における学生のパフォーマンス向上のための座席レイアウトの有効性
3. 学会等名 日本教育工学会研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

個人研究紹介 <a href="https://sites.google.com/view/limedialab/research">https://sites.google.com/view/limedialab/research</a>
---



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	堀江 郁美  (Horie Ikumi)  (50398731)	獨協大学・経済学部・教授    (32406)	
研究分担者	林 一雅  (Hayashi Kazumasa)  (90422815)	国士舘大学・法学部・准教授    (32616)	
研究分担者	熊崎 忠  (Kumazaki Tadashi)  (90531541)	豊橋技術科学大学・先端農業・バイオリサーチセンター・特任助教    (13904)	

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