

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 8 月 4 日現在

機関番号：32508

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K12424

研究課題名(和文) 共通教育情報メタデータによる学習ビッグデータの論理的統合と利活用システムの構築

研究課題名(英文) Logical integration of educational big data through common educational metadata and development of its application system

研究代表者

加藤 浩 (KATO, HIROSHI)

放送大学・教養学部・教授

研究者番号：80332146

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では学習履歴/行動データを統合・分析し、教師・生徒に対して教材・指導情報を提供する教育支援システムのプロトタイプを開発した。まず学習履歴に関してSNSをベースとした学習活動収集システムの開発を行った。そして「主体的・対話的で深い学び」の実現のためには、個人の学習過程をその都度詳細に評価し、柔軟に目標を設定し直す変容的形成的評価形式と、認知的徒弟制をベースとした対処方法が適切であると考え、システムの論理設計を行った。具体的にはScratchによるプログラミング教育を対象としたeポートフォリオと自動パフォーマンス評価を中心とした教育支援システムを試作した。

研究成果の概要(英文)：A prototype of educational support system that integrates and analyzes learning history / behavior big data, and provides teaching materials and guidance information to teachers / students was developed. First, in respect to learning history, we developed a learning activity collection system based on SNS. In order to realize "subjective, interactive and deep learning", transformative evaluation, in which individual learning processes is evaluated arbitrarily in detail and to change the goal flexibly, and cognitive apprentice approach for educational treatment were incorporated in the logical design of the system. Specifically, we have developed an e-portfolio for programming education with Scratch and an educational support system centered on automatic performance evaluation.

研究分野：教育工学

キーワード：教育工学 Learning Analytics 教育支援システム パフォーマンス評価 ビッグデータ プログラミング教育 認知的徒弟制 変容的形成的評価

1. 研究開始当初の背景

学習履歴データを記録することは、1970年代にコンピュータでの教育支援が始まった時から可能であったが、その分析・活用は現在においてもなお十分とは言い難い。近年 Google や Amazon などの商用分野でユーザの行動履歴データを活用するビッグデータ技術が急速に発展したことから、教育分野でもデータ主導型の学習と評価が今後の重要な技術であると指摘されており (Horizon Report, 2014)、海外では Learning Analytics and Knowledge (LAK)の研究・実践が急速に進みつつある。

国内においても、総務省の「先導的教育システム実証事業(2014-2016)」では、教育用クラウドプラットフォームの構築の中で、学習履歴の記録と活用は主要な目的の一つとなっており、学習履歴の世界標準として有望な Experience API (xAPI)によるデジタル教材やブラウザからの学習履歴の記録の検証等を行った。

このように、学習履歴データや学習行動データを利用する技術基盤は整いつつあるが、多様な質的データや量的データの学習履歴をもとにした生徒の評価方法や、膨大な学習記録のデータの管理・分析・活用方法は依然として模索が続いている。

2. 研究の目的

現在多くの LAK システムの目標は学習履歴データ/学習行動データを総合的に分析することで、学習の個別適応に資するような教育・指導情報を教師・生徒に提供するシステムを実現することである。そのために本研究では、学習履歴データや学習行動データ等を統合するための教育情報、および、学習者モデル、学習プロセスモデルを中心として指導情報を生成するための学習履歴データや学習行動データの分析方法などを検討し LAK システムのプロトタイプを構築することを目的とした。

3. 研究の方法

学習履歴やその活用に関する関連技術や先行研究を調査することで、汎用的な LAK システムのデザインを行い、システム構築のための基礎技術を確認し、それをもとにプログラミング教育向けに学習者の成果であるプログラム自体をパフォーマンス評価する LAK システムのプロトタイプを構築した。なお、当初システムデザインは実際の教師のニーズ調査も取り入れる予定であったが、一般に LAK システムの認識がまだ十分でないため、明確なニーズが明らかにならなかった。

4. 研究成果

(1) 学習履歴の形式

学習履歴に関して、国際的な標準である xAPI と IMS Caliper の調査を行った。xAPI は自由度が高いが、データの互換性の確保が

難しく Caliper は履歴タイプが規格で決められるため、柔軟な記録に向かないという知見が得られた。また、xAPI については、Moodle を想定して、学習履歴の記述方法、および適用規則の定義であるプロファイルを実際に策定し、個人の多様な学習履歴の記録に向いていることを確認した。ただし、Facebook や Line などの学習履歴を活用するプロトタイプの実成において、xAPI は相互評価など複数人が関連した学習履歴には向いておらず、プロファイル策定のオーバーヘッドも大きいことが明らかになった。

(2) 学習指導の方略

LAK 技術に向けた学習形態とその学習指導方略について調査した。その結果、従来の教育支援システムでは、真正な学習場面で、個々の学習者の学習状況をきめ細やかに把握することが難しく、LAK 技術がその改善に活用可能であると考えた。そこで“主体的で深い学習”を実現するための学習指導の方略として、従来の学習目標からトップダウンで学習内容を設計する手法ではなく、ひとりひとり異なる学習目標と学習展開を前提に、ある時点におけるそれまでの個人の学習過程を評価して、次にどのような働きかけが有効かを推定する、変容的形成的評価(図 1 参照)が適していると判断した。

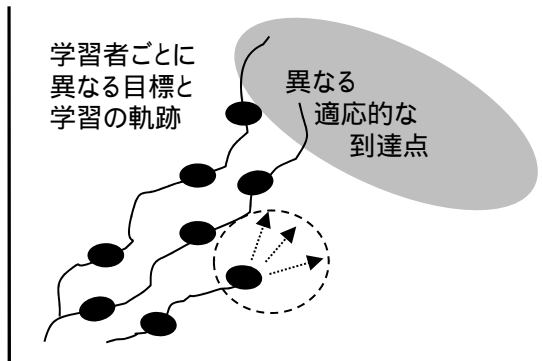


図 1 変容的形成的評価

また、具体的な指導の方法では認知的徒弟制の学習段階に対応した働きかけ(表 1 参照)が有効であると判断した。

(3) 学習に関するモデル

システムが柔軟に個別適応した学習支援を行うには、個々の学習内容、学習者の特性や学習状態を詳細に分析・把握することが必要であり、システム内に、これらの情報を表象するモデルの構築が必要である。このため、既存の LAK に関する研究や実践システムをレビューし、どのようなモデルが想定されるかまとめた(表 2 参照)。

(4) システムの論理設計

以上のようなレビューをもとに個別適応に対応した LAK システムの論理設計を行い、図 2 に示すシステム構成案と以下のような要求定義をまとめた。

表1 認知的徒弟制

段階	働きかけ
モデリング	指導者が明確に作業を見せて、学習者がそれを概念化することを支援する。
コーチング	学習者の実践に対して、指導者はフィードバックやヒントを与える。
スキャフォールディング	学習者が独り立ちできるよう、指導者は部分的に支援する。
リフレクション	学習者が行った実践を内省することを促す。
アーティキュレーション	学習者が知識や問題解決方法を明確に表現することを促す。
エクスポレーション	学習者が実践する、いろいろな場面を提供する。

表2 LAKシステム内の学習に関するモデル

モデル	内容
知識モデル	学習者の、特定のスキルや概念や手続き型知識や高次の思考スキルの獲得体系
行動モデル	学習行動のパターン(個々の学習行動が何を意味するか)
経験モデル	学習者の学習経験に対する満足および学習に対する動機付け
プロフィールモデル	個々の学習者の特性および学習者を分類するためのパターン情報
ドメインモデル	トピック(教材)のモジュール分割情報およびモジュールの系列化情報
コンポーネントモデル	学習者に対応した、教材モジュールやその組み合わせの有効性に関する情報
トレンドモデル	時間の経過による学習者の変化および予測に関する情報

・学習と評価の一体環境

学習者のすべての活動を記録するため、システムは学習ツールとして、その中だけで学習が進むことが望ましい。また変容的形成的評価を実現するため、評価自体が学習の中に組み込まれる必要がある。

・次の目標を見つける介入

学習者が主体的に学習できるよう、システムや教師の介入として、学習者自身が個々に適した次の目標を見つけられるような環境を提供することが必要である。

・探索的かつサイクリックなモデルの構成

知識モデル、行動モデル、ドメインモデル、プロフィールやトレンドモデル等の複数の学習モデルを、システムが大量の学習履歴データから帰納的に構成していき、新しいデータの発生・追加により再構成していく仕組みが必要である。

・複数レベルでの個別適応化

従来の教育支援システムで行われている複数経路や学習時間での単純な個別適応化ではなく、知識モデル、行動モデル、ドメ

インモデル、トレンドモデル等で個別適応化することにより、個々の学習者の能力、ニーズにあった学習を支援することが必要である。

・多様な質的評価

パフォーマンス評価を中心に、自己評価や相互評価などの質的評価結果を総合的に利用する必要がある。

・教師や学習者に対する視覚的情報提供
学習状態や学習介入の情報はグラフなどの視覚的情報として教師や学習者に提供できることが必要である。

(5) 学習履歴分析の実装方法の確認

商用分野のビッグデータの分析には主に機械学習が使用されているが、学習履歴の分析にも適応できるか、実際の e-learning 場面のログデータをもとに確認を行った。

具体的には e-learning で情報処理コースを学習する約200名の社会人のデータをもとに、日々の学習画面数を学習行動の指標として、ドロップアウト者を推測できるかという分析を行った。機械学習の手法としては、代表的なロジスティック回帰分析、決定木、サポートベクターマシン、およびニューラルネットワークを用いて、決定木以外で7割を超えてドロップアウトを推定できることが明らかになった。特に、多様な学習履歴データからの推測にニューラルネットワークの手法が有効であった。

(6) 経験モデルの確認

表2に示した各モデルの中で、認知的領域に関するものは比較的研究も多く行われているが、情緒的領域である経験モデルには明らかにされていないことが多い、そのため、経験モデルの構築方法について調査研究を行った。

表3 経験モデルのカテゴリー

カテゴリー名	品質名
学習者項目	
関心の変化	意図
意欲の変化	
目的意識の変化	オープンネス
効果の実感	信頼感
学習環境項目	
授業関連	即時性
先生関連	
目的との関連性	関連性
存在感の変化	プレゼンス
他の授業の影響	教育環境構成要因
時間帯による影響	
周囲から受ける影響	
周囲から受ける影響	自己環境構成要因

学習経験に関する質問紙を作成し、大学生にアンケート調査を実施し、その結果、表3に示すカテゴリーを抽出することができた。

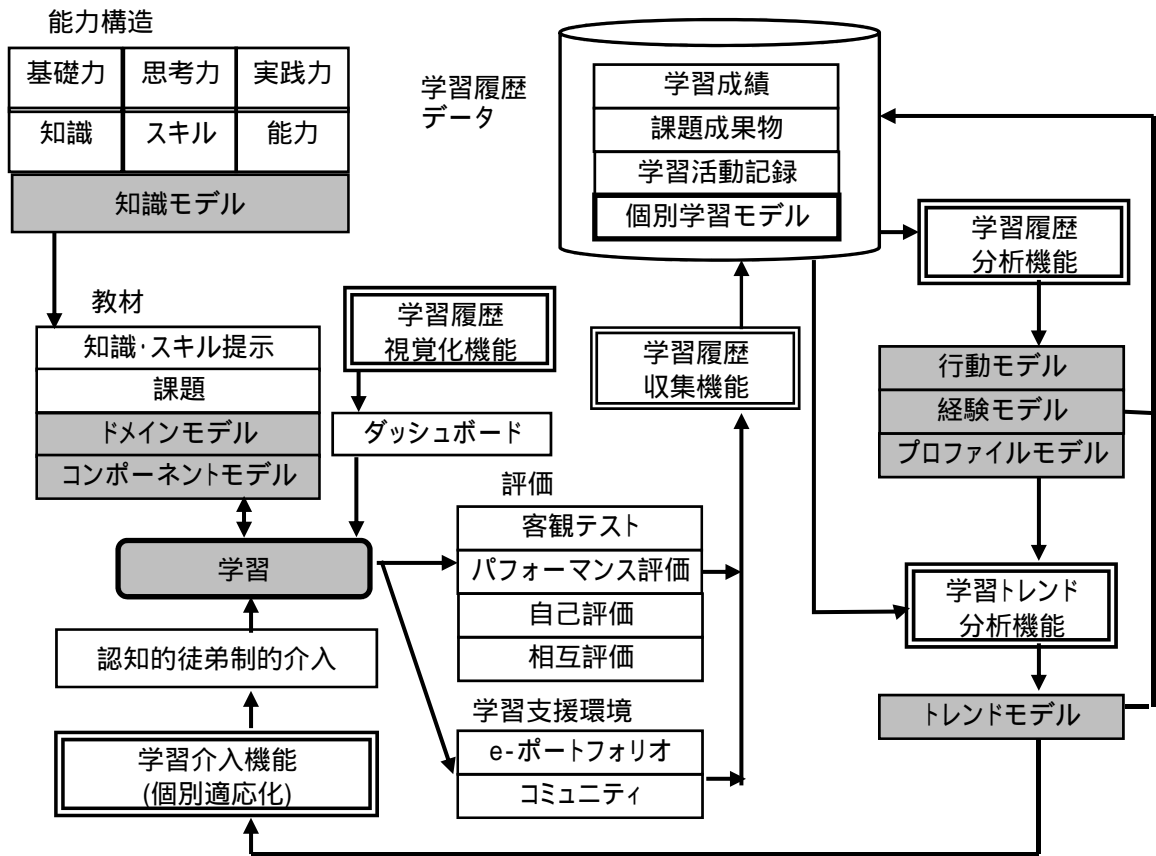


図 2 個別適応化に対応した LAK システムの論理設計(概要)

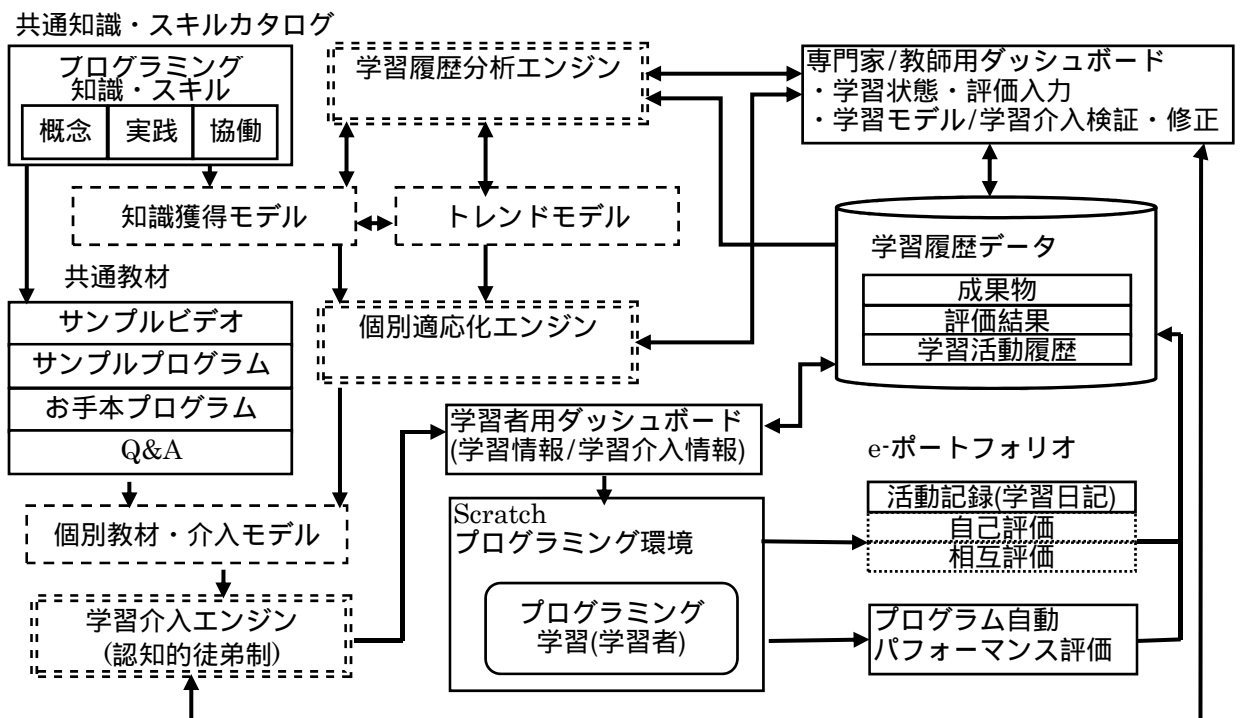


図 3 プログラミング教育用の個別適応化に対応したプロトタイプシステムの設計(概要)

注: 点線内の機能については未実装

(7)プロトタイプシステムの設計と構築

前述した論理設計と要求仕様をもとに、具体的なプログラム教育用のシステムの設計を行った(図3参照)。中核になる機能は次のものである。

・学習履歴分析エンジン

学習履歴から、個々の学習者の特性(プロフィール)、現在までの学習行動パターンと学習の流れ(トレンド)を分析する。

・個別最適化エンジン

学習行動パターンと知識・スキル獲得状況から、次に学習者が目標を見出すために適切な教材や介入方法を推測する。

・学習介入エンジン

個々の学習者の現在の学習状態から、その時点で最適な教材提示などの学習介入方法を決定する。

・指導者/学習者用ダッシュボード

利用者とシステムのインターフェースであり、学習活動の入力と指導(学習介入)情報の出力を行う。

現在は、上記エンジンやモデルの構築のもととなる学習履歴の収集を目的としたプロトタイプを構築し、2016年8月に“コード忍者の里”としてインターネット上に公開済みである(図3参照)。現行システムでは個別適応化エンジンはまだ未実装であるが、各種教材、自動パフォーマンス評価、簡易ダッシュボードを備えているため、指導者が、学習者のプログラム能力などを簡易フィルター指定で、簡単に把握できるものである。また、学習者もリフレクションの資料として過去の自分のプログラムの評価結果を見ることができる。



図3 コード忍者の里 初期画面

(8)今後検討すべき課題等

今後、プロトタイプシステムにおいては、より多くの学習履歴を収集し分析し、それをもとに各モデルの構築と適切な個別適応化に対応する指導情報が提示できるように、システムを拡張していく必要がある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 4 件)

牟田由貴子 加藤浩 科学技術低関与層に届くサイエンスコミュニケーションの実践報告：参加者を伝達者にするワークショップ・デザインの提案 科学教育研究 査読有 41(1) 2017 pp.23-35

杉山いおり 渡辺雄貴 加藤浩 西原明法 企業内 e ラーニングにおける社会人の最終学習状態推定 日本教育工学会論文誌 査読有 40(Suppl.) 2017 pp.23-35

太田剛 森本容介 加藤浩 諸外国のプログラミング教育を含む情報教育カリキュラムに関する調査：英国、オーストラリア、米国を中心として 日本教育工学会論文誌 査読有 40(3) 2016 pp.197-208

松田岳土 教学 IR 担当者はどのような指標を扱うか 京都大学高等教育研究 22 査読無 2016 pp.119-126

〔学会発表〕(計 21 件)

森本容介 古川雅子 山地一禎 Moodle を対象とした xAPI のプロフィールの策定 情報処理学会 教育学習支援情報システム(CLE)第 21 回研究発表会 2017年3月22日 京都大学吉田キャンパス(京都府・京都市)

松田岳土 渡辺雄貴 重田勝介 近藤伸彦 加藤浩 科目選択支援に SDLRS を用いるシステム開発のための基礎研究 日本教育工学会 2016年度第 5 回研究会 2017年3月4日信州大学(長野県・長野市)

川本弥希 渡辺雄貴 日高一義 高等教育における学習者のラーニングエクスペリエンスの形成に影響を与える要因 日本教育工学会 2016年度第 5 回研究会 2017年3月4日信州大学(長野県・長野市)

太田剛 森本容介 加藤浩 変容的形成的評価をベースとした LAK システムのデザインの検討 教育システム情報学 2016 年度第 5 回研究会 2017年1月7日 愛媛大学(愛媛県・松山市)

太田剛 森本容介 加藤浩 自動機能分析とプログラム概念自動評価機能を持つ Scratch 用プログラミング学習支援クロスルームシステムの開発 日本教育工学会 第 32 回全国大会 2016年9月17-19日 大阪大学(大阪府・豊中市)

榎本直輝 渡辺雄貴 伊藤稔 中学校数学科におけるリフレクションシートから分類したタイプ別の学習支援方法の一考察 日本教育工学会第 32 回全国大会 2016年9月17-19日 大阪大学(大阪府・豊中市)

Go Ota Yosuke Morimoto Hiroshi Kato Ninja Code Village for Scratch: Function Samples/ Function Analyser and Automatic Assessment of Computational Thinking Concepts IEEE Symposium on Visual Languages and Human-Centric 2016年9月4-8日 Cambridge(UK)

太田剛 森本容介 加藤浩 プログラム機能

の自動分析機能とプログラム概念の自動評価機能を持つ Scratch 用プログラミング学習支援システムの開発 情報処理学会情報教育シンポジウム(SSS2016) 2016年08月22-24日 グリーンピア大沼(北海道・茅部郡)

太田剛 森本容介 加藤浩 コード忍者の里 for Scratch: プログラム機能サンプル集・自動機能分析とプログラム概念自動評価 日本情報科教育学会 第9回全国大会 2016年06月25-26日 刈谷市産業振興センター(愛知県・刈谷市)

Takeshi Matsuda Yuki Watanabe Katsusuke Shigeta Hiroshi Kato Providing What Students Need to Know: A Student Dashboard System Association for Institutional Research Annual Forum 2016 2016年5月31日-6月3日 New Orleans(U.S.A)

森本容介 xAPI の規格と適用例 国立情報学研究所 学術情報基盤オープンフォーラム 2016 2016年5月26日 学術総合センター(東京都・千代田区)

松田岳士 教学IR担当者はどのような指標を扱うのか 第22回大学教育研究フォーラム 2016年3月17-18日 京都大学(京都府・京都市)

Iori Sugiyama Yuki Watanabe Hiroshi Kato Akinori Nishihara Time-of-Day Analysis of Learning Actions in Workplace E-Learning 10th International Technology, Education and Development 2016年3月7-9日 Valencia(Spain)

太田剛 森本容介 加藤浩 初中等教育のプログラミング教育支援システムのデザインの検討 日本教育工学会 2015年度第5回研究会 2016年3月5日 香川大学(香川県・高松市)

森本容介 古川雅子 山地一禎 Moodle 上での活動を Experience API で表現する手法の検討 教育システム情報学会 2015年度第5回研究会 2016年01月30日 関西大学(大阪府・吹田市)

太田剛 森本容介 加藤浩 SNS とハッシュタグを中核にした学習支援システムの基本仕様と試作 教育システム情報学会 2015年度第4回研究会 2015年11月21日 岩手県立大学(岩手県・滝沢市)

Masanori Yamada Yoshiko Goda Takeshi Matsuda Hiroshi Kato Hiroyuki Miyagawa The Relationship among Self-regulated Learning, Procrastination, and Learning Behaviors in Blended Learning Environment IADIS Proceedings of the 12th Cognition and Exploratory Learning 2015年10月24日 Maynooth(Ireland)

Iori Sugiyama Yuki Watanabe Hiroshi Kato Akinori Nishihara Learning Actions Analysis of Working Adults in Workplace

e-Learning World Conference on E-Learning in 2015 2015年10月19-22日 Hawaii(U.S.A.)

杉山いおり 渡辺雄貴 西原明法 企業内 e-Learningにおけるコース要素と学習ログ数の相関分析 日本教育工学会 第31回全国大会 2015年09月21-23日 電気通信大学(東京都・調布市)

太田剛 森本容介 加藤浩 Facebook の会話を中核とした学習管理・支援システムの試作 日本教育工学会 第31回全国大会 2015年9月21-23日 電気通信大学(東京都・調布市)

② 太田剛 森本容介 加藤浩 トピックを分類単位とする情報教育のカリキュラム構造の考察 日本情報科教育学会 第8回全国大会 2015年06月27日 山口大学(山口県・山口市)

[図書](計3件)

松田岳士 森雅生 姉川恭子 相生芳晴 玉川大学出版部 大学IRスタンダード指標集 教育質保証から財務まで 2017 296頁

加藤浩 望月俊男 ミネルヴァ書房 協調学習とCSCL 2016 207頁

加藤浩 北大路書房 "コンピュータに支援された協調学習" in 学習科学ハンドブック(第2版) 2016 259頁

[その他]

コード忍者の里 for Scratch.
<http://tk2-249-34225.vs.sakura.ne.jp/ncv4s/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

加藤 浩 (KATO, Hiroshi)
放送大学・教養学部・教授
研究者番号: 80332146

(2) 研究分担者

松田 岳士 (MATSUDA, Takeshi)
首都大学東京・大学教育センター・教授
研究者番号: 90406835

渡辺 雄貴 (WATANABE, Yuki)
東京工業大学・教育革新センター・准教授
研究者番号: 50570090

森本 容介 (MORIMOTO, Yosuke)
放送大学・教養学部・准教授
研究者番号: 00435702

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

太田 剛 (OTA, Go)
放送大学・文化科学研究科