

令和 2 年 7 月 5 日現在

機関番号：23401

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16H03083

研究課題名(和文)ビッグデータ時代における異なる学習履歴データを共通の視点で分析する方法論の構築

研究課題名(英文) Building a methodology for analyzing different learning history data in the era of the big data from a common perspective

研究代表者

山川 修 (YAMAKAWA, Osamu)

福井県立大学・学術教養センター・教授

研究者番号：90230325

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 8,200,000円

研究成果の概要(和文)：学習を分析することによりトップダウン的に、自律的学習者の学習モデルを提案し、いくつかの指標でその妥当性を確認した。このモデルには、内省、信頼、意味の3つの要素が含まれているが、その3つの要素の基礎には、アタッチメント理論で示されているSecure Baseがあるのではないかと仮説を提示している。このモデルを利用することにより、データを分析する上での共通の視点を与えることになる。また、上記のモデルを実証的に検証するため、ウェアラブル・センサーを使って効率よくデータ収集するシステムを構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

学習には様々な側面があるが、学習の大本にあるのがSecure Baseであり、それを育成するために、内省、信頼、意味という3つの要素を入れたモデルを提案したことにより、学習データ解析を共通の視点で行うことができるようになる。また、このモデルでは、学習の本質に関するモデルになっているので、今後の教育を見直す際の指標になると考えられる。

また、上記のモデルを実証するために開発したウェアラブルセンサーのデータ収集システムは、リアルタイムで多数のデータが収集できるので、今後、学習をリアルタイムにモニターする授業への扉を開ける可能性がある。

研究成果の概要(英文)：We proposed a top-down model of learning for autonomous learners by analyzing learning, and We confirmed the validity of the model by some index. This model includes three elements of reflection, trust, and meaning, and the basis for the three elements may be a Secure Base, as indicated by attachment theory. The use of this model provides a common perspective for analyzing the learning data.

In order to empirically validate the above model, We developed a efficient system to collect the data which are produced by wearable sensors.

研究分野：教育工学

キーワード：Learning Analytics 学習モデル Secure Base

1. 研究開始当初の背景

インターネットを通して日々生み出される人々の膨大な活動データを元に、今まで調べることができなかった社会的な活動を可視化する研究が「ビッグデータ」という範疇で盛んになっている。一方、教育の世界でも、情報システムに自動的に蓄積される学習履歴データを分析することにより、教育を改善しようという Learning Analytics (LA) の分野が盛んになっており、さらに、この2つを結びつけた「教育ビッグデータ」という分野も議論され始めている。

しかし、教育活動で生み出される学習履歴データは、一つの授業としては、インターネットの活動データと比べると、データ量が少なく、また、そのデータを生み出している学習者も多様ではない。可視化される学習活動を一般化するためには、データを統合し量を増やし、学習者の多様性を確保する必要があるが、学習履歴データの場合は、文脈依存性が強く、異なった授業のデータを単純に統合することが難しい。そこで、本研究では、学習者と学習のモデルを作り、その視点からデータを可視化することにより、文脈が異なったデータでも統一的に分析できる方法を構築する。

2. 研究の目的

現在、情報システムを利用して教育を行う際、自動的に蓄積される学習履歴データの分析が活発になって来ている。本研究の目的は、異なる授業実践により蓄積された学習履歴データを、統一的な視点で分析するための方法論の構築を行うことである（図1参照）。社会現象に関しては、インターネット等から得られるビッグデータ（大量のデータ）を分析することにより、今まで知り得なかった社会現象のメカニズムが明らかにされて来ている。しかし、教育分野における学習履歴データの場合は、授業の文脈が違くと単純に統合して利用することは難しい。そこで、学習者の構成的および解析的なモデルを構築し、そのモデルを通してデータを可視化することにより、異なる文脈のデータを、統一的な観点から分析しようという点が、本研究の核心である。

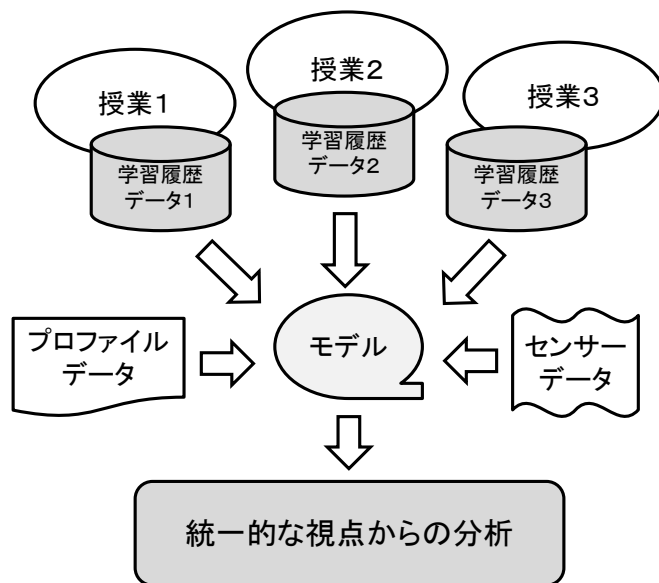


図1 本研究の概要

■何をどこまで明らかにするか。

◎学習者の学習スタイルを明らかにする

学習モデルを構築する上で学習スタイルの類型化が重要となる。その理由は、学習者は全て同じように学んでいるわけではなく、授業の中のある学習活動（たとえばオンライン試験を受けるといったこと）の要求に対して異なった反応をする。この反応はある程度類型化し、いくつかのグループに分けることができる。しかし現在までの研究では、この類型化は、同一の授業の中で行われており、文脈が違う授業の中で共通の類型化が行われている例はない。そこで、本研究では、文脈（授業内容、受講学生層）が近い授業から始めて、文脈が遠い授業においても、共通となる学習スタイルの類型化が、何に着目すれば可能になるかを明らかにする。また、学習スタイルの類型化を行う際、より精度をあげるため、客観的な学習履歴データだけでなく、主観的な学習者の心理的な指標や教学 IR から得られるプロフィールデータ、および、ウェアラブル・センサーからの体の動きのデータ等も考慮する。

◎学習スタイルごとに学習がどのように行われているかを明らかにする

文脈が違う授業の中で、共通の学習スタイルの類型化が可能になれば、次の段階として、学習スタイルごとに、どのように学んでいるかという学習モデルを、アルゴリズムを使った構成的モデル、および、微分方程式を使った力学系モデルで構築する。教育工学分野でモデルを作る場合、統計的な共分散構造分析が一般的であるが、構成的モデルや力学系モデルが、共分散構造分析よりも有利な点は、時間的な変化がモデルに組み込み、動的なモデリングが可能になる点である。ここで構築したモデルの妥当性は、学習履歴データ等を使い検証を行う。

◎適切な学習モデルをつくることにより、異なった文脈の授業を同じ視点から分析できることを明らかにする

異なった文脈の授業を、同一の学習モデルを使って解釈することが可能になれば、文脈が異なる学習履歴データでも統一的に分析できる方法論を構築するという、本研究の目的は達成されたことになる。このことが可能になれば、教育ビッグデータ分野で、データレベルで統合を行うことが難しい場合でも、モデルレベルで統合された視点を提供することにより、多くのデータを共通の視点から利用し、学習の状況を精度良く把握することができるようになる。このことは、日々膨大に生成され、しかし現在はほとんど利用されていない教育情報システム上の学習履歴データを活かす道を提供することになるとともに、教育・学習研究において、文脈を越えた学習に対する研究方法論を提供することになる。

### 3. 研究の方法

当初の研究の方法としては、学習データからボトムアップに調べていき、その結果文脈が異なったデータでも統一的に見ることができる「適切な学習モデル」を構築するとしていたが、ボトムアップに調べていき、それを統一するためには、かなり多様な状況をカバーする必要があり、それは難しいことがわかった。そのため、途中で方針を転換し、まずトップダウン的に様々な学習の中で共通する「適切な学習モデル」を仮定し、それを学習データを使って検証することにより、仮定した学習モデルが適切であるかどうかを確かめる、という方法をとることとした。

実際に実施したトップダウンの方法は、以下のとおり。

#### ◎平成 28 年 (2016 年) 度

##### (1) プロファイル等を加味した学習スタイルの類型化に向けたデータ収集

ウェアラブル・センサー (3 軸加速度センサー) を学生につけてもらい、そのセンサーが感知した体の動きから、アクティブ・ラーニング時の、学生が属しているコミュニティを判断するという研究を行った。

##### (2) 学習のモデル化の準備

複数の大学の協働で実施している地域の問題解決型授業 (アクティブ・ラーニング) のキーコンセプトを割り出し、学習に必要なものとして、「問いを立てる」という行為と「(信頼の) 関係性を創る」という行為が重要であることを突き止めた。そして、この 2 つのコンセプトを軸に、学習のモデル化を検討した。

#### ◎平成 29 年 (2017 年) 度

##### (1) 学習モデルの構築

「問いを立てる」と「(信頼の) 関係性を創る」ことを盛り込んだモデルを構築した。ただ、この時点で、それぞれの要素で、どのような対応をするかの類型化ができておらず、学習スタイルの類型化が完成していなかった。

##### (2) ウェアラブル・センサーと質問紙を組み合わせた学習スタイルの類型化

精度の良いウェアラブル・センサーを購入し、先行研究の手法に従いデータを分析し、質問紙で測定した学習者の内部状態 (情動知能と首尾一貫間隔) をリアルタイムに推定することを試みた。ただ、両者には弱い相関しか認められず、ウェアラブル・センサーで質問紙から測定した指標を推定できたとはいえない。しかし、分析手法を検討する中で、より精度が高い手法も見つかり、手法の改良を試みて、ウェアラブル・センサーを使い、学習スタイルの精密化を達成する方向で検討した。

##### (3) 数学の枠組みを使ったモデルの検討 (研究会の開催)

当初は数学の枠組みとして、構成的モデル、または力学系モデルを考えていたが、関係性を表現するのに、圏論という枠組みがあることを見つけ、圏論によるモデル化が可能かどうか、2 回の研究会を開催した。

#### ◎平成 30 年 (2018 年) 度

##### (1) 構築した学習モデルの精緻化

文脈が違ってデータも統一的に見るために現在までに、情動知能 (内省的知能、対人的知能) を含んだ学習者の内的モデルに必要な要素 (内省、信頼、意味) と機能 (Growth Mindset、心理的安全性) を明らかにしてきた。

このうち、内省、信頼と情動知能との関わりに関して、問を立てる (内省を高めることにつながる) ことと、信頼関係を創ることに焦点をあてたアクティブ・ラーニング型授業により、情動知能が高まることを確認した。

##### (3) 学習モデルに関するシンポジウムの開催

上記の学習モデルに関して、「対話」により、内省、信頼、意味の 3 つの学習が促進されるのではないかというリサーチ・クエスチョンをたて、対話の専門家を講師に招き、対話に関するシンポジウムを開催した。全国から 50 名程度の研究者があつまり、活発な議論が交わされた。

#### ◎令和元年 (2019 年) 度

##### (1) 学習モデルを検証するためのウェアラブル・センサーシステムの構築

昨年までは、このモデルを実証するため、質問紙と3軸加速度センサーで測定するという方法をとっていたが、当該年度は、より客観的な指標を構築するため、3軸加速度センサー（身体の動き）だけでなく、心拍の時間変化により「信頼」や「安心」が測定できないかということに取り組んだ。具体的には、3軸加速度センサーと心拍計を組み込んだスマートウォッチを受講生に装着してもらい、そこからのデータを一括して取得するシステムの構築を行った。従来のスマートウォッチにもこれらのセンサーは組み込まれているが、データを取り出すためには、ひとつずつスマホとペアリングをしなければならず、かなり大変であったが、当該システムでは、一括でデータが取り出せるので、教室における授業の分析がかなり容易になった。

(2) 学習モデル精緻化のためのシンポジウムの開催

学習モデルの中に「内省」という視点がある。教育では内省というと、思考の内省に注意が向けられることが多いが、身体の内省が、自律的学習者に大きく関係しているのではないかという視点から、昨年の内容を発展させ、「対話と身体性」というテーマでシンポジウムを開催した。また、身体性を体感してもらうため、実習にも十分な時間をとったプログラムとした。国内から30名程度が参加し、対話と身体性に関して深く探究した。

(3) 圏論による数学的モデル化の検討

この年度も継続的に圏論の研究会を実施し、関係性の観点から、学習のモデル化ができないか検討を行った。その成果として、日本教育工学会で、圏論における学習のモデル化に関する発表を行った。

#### 4. 研究成果

研究成果は以下の通り。

(1) データ分析を統一的に俯瞰できる学習モデルの提案

いくつかの学習を分析することによりトップダウン的に、自律的学習者の学習モデルを提案し、いくつかの指標でその妥当性を確認した。提案したモデルは図2のとおり。これは、自律的学習者という内発的動機づけから学習を楽しむような学生を育てるために必要な要素を示している。それが、内省、信頼、意味の3つの要素である。さらに、その3つの要素の基礎には、アタッチメント理論を提唱した John Bowlby が提案している Secure Base（安全基地）があるのではないかというモデルである。

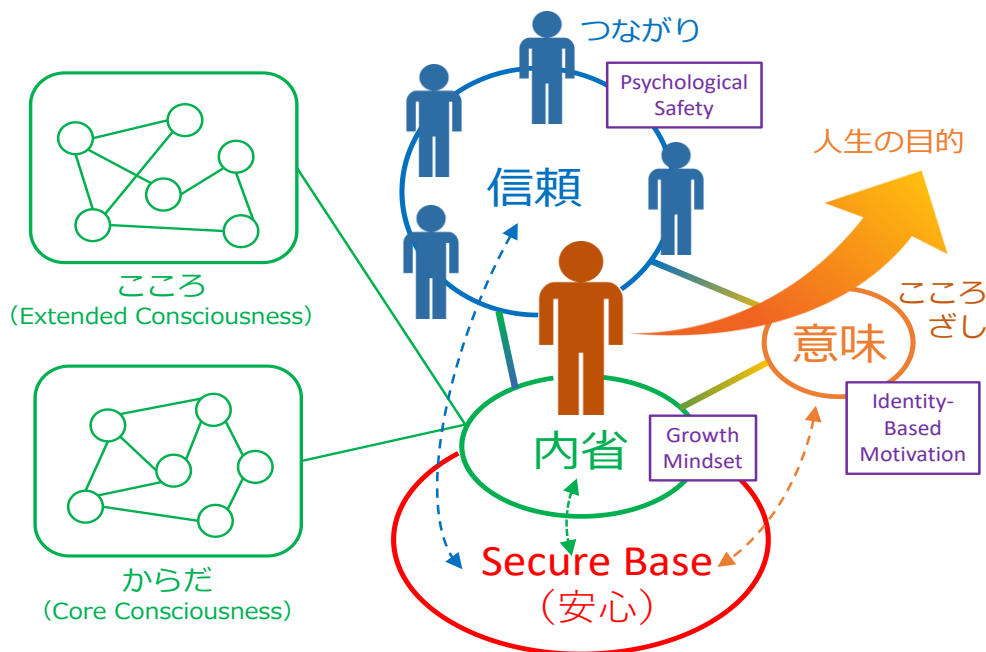


図2 提案した学習のモデル

アタッチメント理論では、幼少期の養育者との適切な関係から Secure Base が創られ、そこをベースに外界に挑戦することができ。また Secure Base は、成人してからの人間関係に影響するとされる。その点から、人との信頼関係が Secure Base を創り、Secure Base が信頼に影響することは理解しやすい。このモデルは、Secure Base と影響を及ぼしあう要素を拡張し、内省と（人生の）意味も、それにあたりと考えた。このことにより、自律的学習者を育成するための方法が多様になる。もちろん、この3つの要素はかかわりあっているもので、どれか一つだけ取り出すことはあまり意味がないが、どこを中心に学習を進めるか、さらには、データの分析をするにあたり

ってどこに着目したら良いかの視点を提供する。

「信頼」と Secure Base の関係は前述したとおりだが、それが形成されることにより、Psychological Safety (心理的安全性) が得られる、というのが図 2 の示すところである。心理的安全性は、チームのパフォーマンスを向上するために第一に必要な要素ということが Google の研究等で指摘されている。このことは、パフォーマンスだけでなく、学習に関しても当てはまると考えている。

次に「意味」に関して、ここでは「意味」とは、人生の意味やこころざしを指している。意味があると Secure Base が形成されるというのはちょっとわかりにくい。George Kohlrieser らは、セキュアベースリーダーシップという考え方を提唱し、その中で、目的や目標が Secure Base になりうると提案している。また、人生の意味やこころざしを意識することは、自分のアイデンティティを意識することにつながるが、それが長期的な動機づけ (Identity Based Motivation) につながるという研究もある。そのため、自律的学習者の要素の一つとして「意味」を採用した。

最後に「内省」であるが、「内省」によって自身が世界をみるための眼鏡 (メンタルモデル) を柔軟に変更していくことが重要ではないかと考えている。そして、内省には「こころ」と「からだ」の内省の 2 種類あると考えている。こころの内省は教育分野で普通に考えられているが、からだの内省はあまり考えられていない。しかし、からだの内省は情動の内省とも結びつき、Secure Base を形成する基礎になると考えている。

図 2 のモデルは、質問紙による心理的指標のレベルでは、ある程度妥当性が検証されている。複数の大学から学生が参加する地域の課題解決型授業において、「問いを立てる (内省)」ことと「関係性を創る」ことに焦点を絞った授業を実施することにより、内発的動機づけの面でも、情動知能の面でも、統計的に有意に向上するという結果が得られた。

また、人生の意味を 2 日間かけて、ペアで探究するライフデザイン・ポートフォリオというワークショップを受講した社会人が、SOC (首尾一貫性指標) で測定し、最初と最後に、SOC の下位尺度である「把握可能感」、「処理可能感」、「有意味感」がすべて有意に向上するという結果が得られている。SOC は、自己肯定感とも相関が強いという研究もあり、この結果も「意味」により Secure Base の形成がされるという仮説を支持していると考えられる。

## (2) 学習モデルを実証的に検証できるウェアラブル・センサーのシステムを構築

本研究で注目したのは、身体の動きと心拍変動である。身体の動きは、3 軸加速度センサーで測定し、心拍変動は心拍系で測定した。当初は、加速度センサーのみだったが、最終年度には、心拍計も搭載し、教室等で使うため、30 人程度を同時に測定し、データを一括して管理できるシステムを構築した。システム構成図を図 3 に示す。

受講している学生は、スマートウォッチタイプのセンサーをつけているだけで、身体の動きと心拍数が 25Hz でシステムのデータベース (MySQL) に送られる。ここで、加速度センサーでは、身体の動きの分布が分析でき、日立的ビジネス顕微鏡で実施されているような、ハピネス度の分析が可能になる。また、心拍計のデータからは心拍変動の測定が可能になり、心拍変動の高周波成分 (HF) と低周波成分 (LF) の比は、ストレス度の指標が得られる。ともに、Secure Base と関係している量なので、図 2 で示すところの Secure Base の度合いを、リアルタイムで示すことができるようになる可能性がある。

残念ながら、まだこの分析は始めたばかりなので、結果はでていないが、今後、教育ビッグデータとして、いままでできなかった、ウェアラブル・センサーによるリアルタイム分析への扉を開く可能性がある。

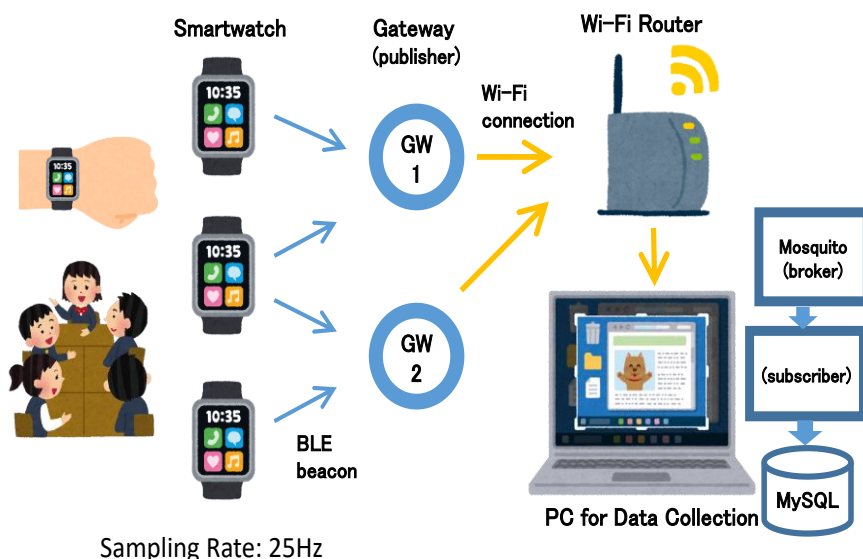


図 3 ウェアラブル・センサー データ収集システム

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 山川修	4. 巻 35
2. 論文標題 自律的学習者に必要な非認知能力をダイアログを通して育成する	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 309-311
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 多川孝央, 田中洋一, 山川修	4. 巻 34
2. 論文標題 加速度計データに基づく協調関係の推測の実験的検討	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 教育システム情報学会誌	6. 最初と最後の頁 98-106
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14件（うち招待講演 3件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 多川孝央, 山川修
2. 発表標題 加速度センサデータによる学習者の行動および特性の推定に関する検討
3. 学会等名 電子情報通信学会SITE研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山川修
2. 発表標題 ダイアログを利用した社会人向け講座によるストレス対処能力の向上
3. 学会等名 日本教育工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山川修
2. 発表標題 人生の意味を探求するための社会人向けライフ・ポートフォリオ講座の設計
3. 学会等名 情報処理学会CLE研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 田中洋一、山川修
2. 発表標題 Project-Based Learningにおいて心理的安全な場をつくる授業設計
3. 学会等名 日本教育工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山川修
2. 発表標題 自律的学習者育成のために必要なダイアログの機能は何か
3. 学会等名 日本教育工学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takahiro Tagawa,, Osamu Yamakawa
2. 発表標題 An Analysis of Characteristics of Learning Community Using Accelerometer Sensor Data with High Sampling Rate
3. 学会等名 AACE Society for Information Technology & Teacher (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山川修
2. 発表標題 教育データのマイクロレベルとマクロレベルを統合する可能性について
3. 学会等名 2017年度第4回CTLT×DCC産学交流フォーラム（早稲田大学）（招待講演）
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山川修，多川孝央
2. 発表標題 加速度センサーを使った学生の情動知能の把握の試み
3. 学会等名 情報処理学会CLE研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山川修，田中洋一，谷内眞之助
2. 発表標題 学習において「問い」と「関係性」が果たす役割
3. 学会等名 教育システム情報学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山川修
2. 発表標題 「問い」と「関係性」を結びつける「対話」に関する一考察
3. 学会等名 日本教育工学会
4. 発表年 2017年



1. 発表者名 山川修, 田中洋一, 谷内眞之助, 長水壽寛, 近藤晶
2. 発表標題 ディープ・アクティブラーニングのための問いと関係性のデザインと実践
3. 学会等名 日本教育工学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山川修, 田中洋一, 谷内眞之助, 長水壽寛, 近藤晶
2. 発表標題 ディープ・アクティブラーニングのための問いと関係性のデザインと実践
3. 学会等名 日本教育工学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山川修
2. 発表標題 大学における学習データ利用の模索 ~Learning Analyticsと教学IRの融合を目指して
3. 学会等名 国立情報学研究所・学術研究フォーラム2016 (招待講演)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山川修
2. 発表標題 Learning Analyticsと教学IRなどの教育ビッグデータの現状と限界, および企業の貢献の可能性 ~福井県学習コミュニティ推進協議会(Fレックス)の事例をもとに~
3. 学会等名 大学ICT推進協議会 教育技術開発部会 第4回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 森本康彦, 永田智子, 小川賀代, 山川 修 編	4. 発行年 2017年
2. 出版社 ミネルヴァ書房	5. 総ページ数 221
3. 書名 教育分野におけるeポートフォリオ (教育工学選書 II)	

〔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	田中 洋一 (Tanaka Yoichi) (20340036)	仁愛女子短期大学・その他部局等・教授 (移行)  (43401)	
研究分担者	井上 仁 (Inoue Hitoshi) (70232551)	群馬大学・数理データ科学教育研究センター・准教授  (12301)	
研究分担者	多川 孝央 (Tagawa Takahiro) (70304764)	九州大学・情報基盤研究開発センター・准教授  (17102)	
研究分担者	徳野 淳子 (Tokuno Junko) (70451987)	福井県立大学・学術教養センター・准教授  (23401)	
研究分担者	安武 公一 (Yasutake Koichi) (80263664)	広島大学・社会科学研究科・准教授  (15401)	

## 6. 研究組織（つづき）

	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	隅谷 孝洋  (Sumiya Takahiro)  (90231381)	広島大学・情報メディア教育研究センター・准教授    (15401)	