

令和 2 年 6 月 10 日現在

機関番号：12612

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H01992

研究課題名(和文) Web調べ学習スキル向上を目的とした適応的マイクロワールド

研究課題名(英文) Adaptive Microworld for Developing Skill in Investigative Learning on the Web

研究代表者

柏原 昭博 (KASHIHARA, Akihiro)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：10243263

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：Webにおいて調べ学習を遂行するスキルの向上を適応的に支援することを意図したWebマイクロワールドを開発した。特に、LOD(Linked Open Data)技術を基盤として、学習者の調べ学習プロセスを診断し、その結果に基づいて学習空間(学習課題や学習リソース)を制御するメカニズムを開発した。また、学ぶべき課題の推薦による適応的ガイド、およびWeb調べ学習のための演習問題を生成する方法を開発した。評価実験の結果、LODに基づく学習プロセス診断の妥当性、診断に基づく学習空間の制御および適応的ガイドの有効性、および演習問題の有効性を確認し、Web調べ学習スキル向上が可能であることを実証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現代の知識社会を生き抜く上で、Webを活用して調べ学習するスキルは極めて重要であり、初等中等教育からその指導が試みられているが、Webの特徴を活かした学び方を指南することは希である。本研究成果である適応的Webマイクロワールドでは、Web調べ学習での学び方をデザインし、その習得をシステムティックに支援することができる。また、オープンエンドかつ非構造的な学習空間での主体的な学習プロセスに対する適応的支援は、当該分野における挑戦的な研究課題となっており、本WebマイクロワールドはWeb空間での学習の主体性維持と学習者適応を両立する点で学術的意義があり、独創性の高い研究成果といえる。

研究成果の概要(英文)：The main issue addressed in this work was how to develop skills in investigative learning on the Web. Our approach to this issue is to develop an adaptive Web microworld that could properly enhance self-directed investigation process on the Web. In particular, we developed novel methods for diagnosing Web-based investigative learning process by means of LOD (Linked Open Data) and for controlling questions and learning resources to be presented to learners. In addition, we designed adaptive guides for presenting sub-questions to be investigated according to learners' skill, and exercise problem generation for skill improvement. The results of the case studies suggest the validity and usability of LOD-based diagnosis, the effectiveness of adaptive guides and exercise question generation. We finally ascertained that the adaptive Web microworld could improve Web-based investigative learning skill.

研究分野：知識工学

キーワード：教育工学 Webマイクロワールド 適応的支援 調べ学習 Linked Open Data

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

Web調べ学習とは、学習課題に関連した情報（Webページ）を単に検索することではなく、PBL（Problem-Based Learning）として位置づけられる学びであり、課題解決を通して課題の理解を深めることが肝要となる。特に、学習向けに構造化されていないWeb空間を学習者自ら探究しながら、課題に関連する項目や項目間の関係を網羅的に学び、その中から課題の構成要素としてさらに探究すべき部分課題を見出して課題を構造化することが重要となる。Web調べ学習スキルの向上には、こうした課題構造化を含めた学び方の習得が必須である。一方、初等教育から高等教育の場ではWeb調べ学習の指導が行われているが、学び方の習得は学習者に委ねられている場合がほとんどである。関連研究でも、調べた内容の整理を助長する支援はあるが、学び方の習得や学習スキル向上に着目した研究例は見当たらない。

こうした現状のもと、Web調べ学習における学び方の習得支援を推進してきた。ここでは、学び方を表現するモデルを構築し、モデル通りに学習プロセスの遂行を可能とする認知ツールを開発した。また、実空間としてのWebを対象に認知ツールを用いて学ぶことは学習者の負荷が大きいことから、利用可能なWebリソース群だけを制限した実験的な学習空間を提供するWebマイクロワールドを提案した。そして、認知ツールの有効性を実証し、学習課題の構造化が調べ学習の鍵となるプロセスとの知見を得た。一方、Webマイクロワールドを提供するだけでは、課題構造化をより良く遂行できるように支援することは難しいという問題を確認している。こうした問題を踏まえて、課題構造化の熟達を図り、Web調べ学習スキルを向上させるためにはこれまでの学び方習得支援をさらに発展させて、Webマイクロワールドを適応的に制御する方法を確立する必要がある。

### 2. 研究の目的

本研究では、学習者に応じてWeb調べ学習における課題構造化スキルの向上を図る空間として、適応的Webマイクロワールドを開発することを目的とした。まず、これまでの研究成果を基盤として、非構造的なWeb空間からの課題構造化に必要なタスクを詳細に分析してモデルを構築し、モデル通りに課題構造化タスクの遂行を可能とするために認知ツールを整備した。その上で、下図に示すように、適応的Webマイクロワールドの基盤技術として(a) Webマイクロワールドの制御メカニズム、(b) 適応的ガイド、(c) 演習メカニズム、の開発を目指した。

#### (1) Webマイクロワールド制御メカニズムの開発

Webマイクロワールドを適応的に制御する3つのメカニズムを開発する。

学習課題構造生成・診断メカニズム：WebサービスであるLOD（Linked Open Data）技術を活用して、ある学習課題に関連する項目を自動抽出することで部分課題を見出すメカニズムを開発する。本メカニズムは、学習者が遂行した課題構造化の妥当性を診断する場合にも利用する。

学習課題の設定制御：学習者が遂行する課題構造化に必要なタスクを段階的に制御するために、学習者に応じて提示する課題（初期課題とその部分課題）を変更するメカニズムを開発する。提示に用いる部分課題は、のメカニズムで生成する。

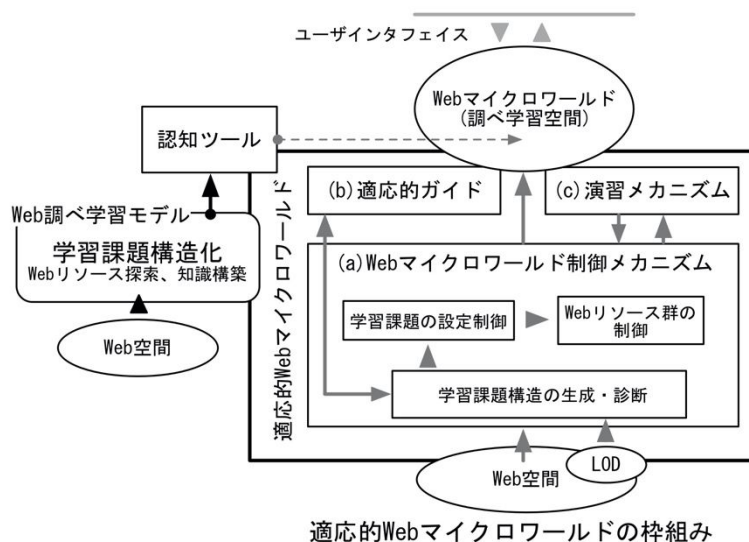
Webリソース群の制御：具体的な学習課題ごとにWebから多種多様なWebリソースを数多く収集しておき、で設定された提示課題と学習者のスキルレベルに応じて、利用可能なリソース群を決めるメカニズムを開発する。

#### (2) 適応的ガイドの開発

Webマイクロワールドにおいて、学習者が認知ツールを用いて遂行する調べ学習に対して、課題構造化プロセスや行き詰まりを診断し、部分課題の推薦や、行き詰まりの解消を実現するガイドメカニズムを開発する。

#### (3) 演習メカニズムの開発

課題構造化スキルの段階的向上支援のため、Web調べ学習のための演習問題を生成し、Webマイクロワールドを運用しながら適応的な演習を実施するメカニズムを開発する。



### 3. 研究の方法

以下に示すように、適応的Webマイクロワールドの開発を進めた。

#### (1) Web調べ学習における課題構造化モデルの構築と認知ツールの整備

Web調べ学習では、Webリソース群を探索・ナビゲーションしながら課題解決に資する情報や情報間の関係を見出して学んだ知識を構築することになる。また、課題の理解を深めるため、知識構築を通してさらに探究すべき部分課題を切り出し（分節化タスク）、部分課題ごとにWebリソース探索・ナビゲーション・知識構築を継続する。これを部分課題が見出されなくなるまで繰り返し、課題の構成要素としての部分課題間の関係づけ（構造化タスク）を行う。

本研究では、申請者のこれまでの研究成果を踏まえつつ、学習科学や学習支援研究における学習課題の構造化に関する最新研究を幅広く調査・分析し、調べ学習の特徴を活かした課題構造化モデルを構築する。また、課題のタイプ分けに基づき課題間の関係の特徴付ける属性を分類・整理し、属性を含めた課題構造化のモデル表現を検討する。

次に、これまでに開発したWeb調べ学習支援の認知ツールを基盤に、その操作機能を継承しつつ、分類・整理した属性の提示機能を持ち、提案モデル通りのWeb調べ学習を遂行可能とするようにツールを整備する。

#### (2) Webマイクロワールド制御メカニズムの開発

学習課題構造生成・診断メカニズムの開発：学習課題設定や適応的ガイドにあたり、LOD技術を活用して任意の学習課題に対する部分課題を自動抽出するメカニズムを開発する。LODとは、Webリソース・Webページに含まれる膨大かつ多種多様な関連データ同士をリンクで結び、そのリンク情報を大規模データベース化して共有するWebサービスのことである。まず、Webで利用可能なLODの中から調べ学習支援に適するLODを検討・選定し、LODを用いて学習課題から探究すべき部分課題や課題間の関係を見出し、課題構造を生成・診断する方法を考案する。

学習課題の設定制御：段階的に学習者に課題構造化タスクを遂行させるために、初期課題とその部分課題を含む学習課題提示方法を検討する。その際、段階的に課題構造化タスクを経験させることができるように、課題設定を学習者のスキルレベルに応じて制御するメカニズムを開発する。同時に、認知ツールの操作履歴から学習者の課題構造化スキルレベルを推定する方法も開発する。

Webリソース群の制御：Webマイクロワールドで取り扱う具体的な学習課題を収集・分類する。また、調べ学習に有用なWebリソース群を収集して、学習課題ごとにデータベース化する方法を開発する。特に、学習課題についての意見・主張や資料内容の多様性、および信頼性を重視してリソースの有用性を判断し、学習課題ごとにWebリソースを収集する。その上で、学習課題の設定と学習者のスキルレベルに応じて学習者に提示するWebリソースの数や多様性を制御するメカニズムを開発する。

#### (3) 適応的支援方法の開発

適応的ガイド：(2)- のメカニズムを用いて、学習者が遂行したWeb調べ学習プロセスにおける課題構造（部分課題、課題間の関係）の妥当性や行き詰まりを診断するメカニズムを開発する。また、(2)- で推定可能となる学習者のスキルレベルと課題構造の診断結果に応じて、課題構造化や課題間の関係づけをガイドするメカニズムを開発する。

演習メカニズム：WebマイクロワールドでのWeb調べ学習プロセスにおける課題構造化の困難さ（期待される課題構造化タスク、部分課題の数、課題間の関係の複雑さや多様性、利用可能とするWebリソースの数や多様性など）が徐々に高まるように、段階的に学習者に提供する課題構造・Webリソース群を変化させる演習メカニズムを開発する。

#### (4) 有効性評価実験

適応的Webマイクロワールドの有効性を調査するために、ケーススタディとシステム運用を行う。ケーススタディでは、学習課題構造化プロセスの診断、適応的ガイドおよび段階的な学習課題設定の有効性評価を実施する。ここでは、大学生・大学院生を対象に、WebマイクロワールドにおけるWeb調べ学習を遂行させる実験を行い、認知ツール操作履歴や操作時間を取得し、課題構造化の遂行の変化を分析・調査する。これらのケーススタディを通して、適応的Webマイクロワールドが課題構造化タスク遂行に対して想定通り機能するかどうかを検証する。システム運用では、Web調べ学習の初心者と見なせる大学生・大学院生を対象に演習を行わせ、演習での課題系列に対して課題構造化の遂行変化を分析・調査する。そして、段階的なスキル向上支援が想定通り機能するかを検証する。また、演習後に実空間としてのWebにおいて、Web調べ学習を行わせることでスキル向上の効果を検証する。また、Web調べ学習指導にも着目し、教育現場の教員による試行を実施する。指導する立場から適応的Webマイクロワールドを利用してもらい、指導上の利点や改善点を調査して学習指導への貢献可能性を検証する。

以上の評価結果を踏まえて問題点を抽出し、適応的マイクロワールドの基盤となる制御メカニズムを含めて、適応的ガイド、演習メカニズムの見直し・洗練を行う。

#### (5) 適応的Webマイクロワールドの活用

教育現場での活用を可能にするために、Webマイクロワールドサーバを構築し、Web経由でアクセスすることで適応的Webマイクロワールドにおける調べ学習の演習を実施できるようにする。

#### 4. 研究成果

以下に、主な研究成果とそれらの位置付け、および今後の展望を示す。

(1) Web 調べ学習プロセスを、Web リソース探索、ナビゲーションを伴う知識構築、課題展開の3フェーズに分けて、課題構造化モデルを構築した。また、課題間の関係の特徴付ける属性を分類・整理し、属性提示からモデル通り Web 調べ学習を遂行可能とする認知ツールを開発した。

(2) Web マイクロワールド制御メカニズムとして、Wikipedia Japanese の LOD である DBpedia Japanese を用いて学ぶべき部分課題を抽出するメカニズムを開発した。また、学習者が作成した学習課題構造の妥当性を漸進的に診断するメカニズムを開発した。さらに、学習者の課題構造化レベルに応じて Web リソース群を選択するメカニズムを開発した。

(3) 学習者の学習課題の妥当性および課題構造化プロセスでの行き詰まりを診断した結果に応じて課題構造化をガイドするために、次に学ぶべき部分課題を推薦するメカニズムを開発した。

(4) Web 調べ学習の演習問題として、学習課題について学ぶべき学習項目、および課題とは関連しない項目を LOD から抽出し、それらを部分課題の候補として提示するメカニズムを開発した。また、提示する学習項目を制御することで、演習問題の難しさを変化させる手法を開発した。

(5) 理工学系大学生・大学院生を対象に、認知ツールを用いた Web 調べ学習を遂行させる実験を行い、学習課題構造診断の高精度さ、診断に基づく部分課題候補推薦の妥当性・有効性を確認した。また、演習問題生成メカニズムについても、評価実験の結果、Web 調べ学習初心者にも機能することを確かめた。さらに、教育現場の教員から意見聴取を行い、適応的 Web マイクロワールドの利点や改善点を含めて、Web 調べ学習スキルの向上に十分寄与できることを確認した。

(6) Web 調べ学習の重要性が高まりつつある現状にあって、適応的 Web マイクロワールドを基盤に経験ベースの指導が続く教育現場にシステムティックな指導方法を提供しようとする本研究の試みは、教育的に非常に有意義であると考えられる。

(7) 学習課題によっては、LOD のデータ不足が原因で診断精度が低下するといった問題点を見出し、DBpedia Japanese 以外の LOD を含めた学習課題構造の診断方法を検討した。その結果、診断精度をより向上させる可能性を確認した。一方、LOD がカバーするデータの範囲内であれば、学習課題に精通した人間とほぼ同程度に学習課題構造を診断できることを確認できた。これは、これまで解を定義しがたい Web 空間での適応的支援の可能性を拓くことを意味し、大きな意義のある研究成果といえる。

(8) 様々な学習課題を題材として取り上げて、Web マイクロワールドでの Web 調べ学習プロセスの診断結果に応じて適応的に課題構造化プロセスをガイドする推薦メカニズムの洗練を図った。また、課題構造化タスクを踏まえて提示すべき部分課題候補の数、部分課題間の関係の多様性、そして学ぶべき Web リソースの数や多様性を段階的に変化させる演習問題生成メカニズムを開発・洗練した。

(9) Web サーバー経由で適応的 Web マイクロワールドを広く活用できるようにするために、学習者によって作成された課題構造を含む学習課題データベースの構築を進めた。

(10) 理工学系大学生・大学院生を被験者として、短期的ではあるが演習問題による段階的なスキル向上支援の可能性を検証した。その結果、スキル向上に対する有効性を確認した。また、演習後に実空間としての Web における調べ学習が向上する傾向を確認することができた。

(11) Web 調べ学習スキルの向上を図る実験的学習空間として、適応的 Web マイクロワールドを提供し、非構造的な Web 空間における主体的学習プロセスに対する学習者適応を実現したことは、独創的な研究成果といえる。また、知的学習支援研究に対して、非構造的な空間での適応という斬新な視点をもたらし、支援技術開発に新しい方向性を与えたことの意義は大きい。

(12) 今後の展望として、適応的 Web マイクロワールドを教育現場に導入して、Web 調べ学習の実践を行うことで、長期的な観点からの Web 調べ学習スキル向上を評価することが挙げられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 5件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 柏原 昭博	4. 巻 35
2. 論文標題 学習支援システム研究における学びのモデルデザイン	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 人工知能学会誌	6. 最初と最後の頁 201~207
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 無
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 Mitsuhara Hiroyuki, Shishibori Masami, and Kashihara Akihiro	4. 巻 17
2. 論文標題 Comparative Experiments on Mouse-based and Typing-based Copy-and-Paste Methods	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Information and Systems in Education	6. 最初と最後の頁 17 ~ 26
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.12937/ejsise.17.17">https://doi.org/10.12937/ejsise.17.17</a>	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 Hiroyuki Mitsuhara, Masami Shishibori, and Akihiro Kashihara	4. 巻 E101-D
2. 論文標題 Investigative Report Writing Support System for Effective Knowledge Construction from the Web	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEICE Transactions on Information and Systems	6. 最初と最後の頁 874 ~ 883
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） <a href="https://doi.org/10.1587/transinf.2016IIP0023">https://doi.org/10.1587/transinf.2016IIP0023</a>	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53件（うち招待講演 5件／うち国際学会 15件）

1. 発表者名 萩原未来，柏原昭博，長谷川忍，太田光一，鷹岡亮
2. 発表標題 Web調べ学習における適応的な部分課題推薦手法の評価
3. 学会等名 教育システム情報学会2019年度第2回研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柏原 昭博
2. 発表標題 学習支援システム研究の核心と拡がり
3. 学会等名 教育システム情報学会第44回全国大会 基調講演（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 齊藤玲，佐藤禎紀，萩原未来，太田光一，柏原昭博
2. 発表標題 Web調べ学習のための演習問題作成手法
3. 学会等名 教育システム情報学会第44回全国大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Rei Saito, Yoshiki Sato, Miki Hagiwara, Koichi Ota, and Akihiro Kashihara
2. 発表標題 Towards Generating Exercise Questions with LOD for Web-based Investigative Learning
3. 学会等名 The 16th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yoshiki Sato, Akihiro Kashihara, Shinobu Hasegawa, Koichi Ota, and Ryo Takaoka
2. 発表標題 Promoting Reflection on Question Decomposition in Web-based Investigative Learning
3. 学会等名 The 27th International Conference on Computers in Education (ICCE2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Miki Hagiwara, Akihiro Kashihara, Shinobu Hasegawa, Koichi Ota, and Ryo Takaoka
2. 発表標題 Adaptive Recommendation for Question Decomposition in Web-based Investigative Learning
3. 学会等名 The 2019 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山内拓磨, 太田光一, 長谷川忍, 柏原昭博
2. 発表標題 Web調べ学習における課題関連度の提案-興味の遷移に対応したLODに基づく指標の算定-
3. 学会等名 教育システム情報学会2019年度第5回研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 柏原昭博, 佐藤禎紀, 萩原未来, 太田光一, 長谷川忍, 鷹岡亮
2. 発表標題 Web調べ学習スキル向上を目的としたマイクロワールドの構築
3. 学会等名 人工知能学会第88回先進的学習科学と工学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 萩原未来, 柏原昭博, 長谷川忍, 太田光一, 鷹岡亮
2. 発表標題 学習者のWeb調べ学習スキルに応じた演習問題生成
3. 学会等名 教育システム情報学会2019年度第6回研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐藤禎紀, 柏原昭博, 長谷川忍, 太田光一, 鷹岡亮
2. 発表標題 DBpedia Japanese を用いた Web 調べ学習における課題展開診断手法
3. 学会等名 教育システム情報学会 第43回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 萩原未来, 柏原昭博, 長谷川忍, 太田光一, 鷹岡亮
2. 発表標題 Web調べ学習における課題展開のための推薦手法
3. 学会等名 教育システム情報学会 第43回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 太田光一, 佐藤禎紀, 柏原昭博, 長谷川忍, 鷹岡亮
2. 発表標題 Web調べ学習における課題展開診断手法の評価
3. 学会等名 教育システム情報学会第3回研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤禎紀, 柏原昭博, 長谷川忍, 太田光一, 鷹岡亮
2. 発表標題 Web調べ学習における課題展開の診断によるリフレクション支援
3. 学会等名 人工知能学会第85回先進的学習科学と工学研究会
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 Yoshiki Sato, Akihiro Kashihara, Shinobu Hasegawa, Koichi Ota, Ryo Takaoka
2. 発表標題 Diagnosis with Linked Open Data for Question Decomposition in Web-based Investigative Learning
3. 学会等名 The International Conference on Smart Learning Environments (ICSLE 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 柏原昭博, 柿沼保宏, 太田光一
2. 発表標題 Web調べ学習のためのマイクロワールドデザイン
3. 学会等名 2017年度人工知能学会全国大会 (第31回)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 太田光一, 柏原昭博, 長谷川忍
2. 発表標題 Webマイクロワールドにおける調べ学習の適応的支援
3. 学会等名 第42回教育システム情報学会全国大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 萩原未来, 柏原昭博, 長谷川忍, 太田光一, 鷹岡亮
2. 発表標題 Web調べ学習における適応的な課題展開支援
3. 学会等名 2017年度教育システム情報学会学生研究発表会(関東地区)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤禎紀, 柏原昭博, 長谷川忍, 太田光一, 鷹岡亮
2. 発表標題 Web調べ学習における主体的学習プロセスの診断手法
3. 学会等名 教育システム情報学会第6回研究会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 柏原昭博, その他(人工知能学会)	4. 発行年 2017年
2. 出版社 共立出版	5. 総ページ数 1600 (180)
3. 書名 人工知能学大事典 (第15章教育支援担当)	

〔産業財産権〕

〔その他〕

電気通信大学大学院情報理工学研究科情報学専攻柏原研究室Publications <a href="https://wlgate.inf.uec.ac.jp/publication/">https://wlgate.inf.uec.ac.jp/publication/</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	鷹岡 亮  (TAKAOKA Ryo)  (10293135)	山口大学・教育学部・教授    (15501)	

## 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	長谷川 忍  (HASEGAWA Shinobu)  (30345665)	北陸先端科学技術大学院大学・情報社会基盤研究センター・ 准教授    (13302)	
研究 協力者	太田 光一  (OTA Koichi)		