

令和 2 年 6 月 15 日現在

機関番号：33801

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01084

研究課題名(和文) プログラミングにおけるコードリーディング学習環境の構築とその効果の実践的調査

研究課題名(英文) Development of a learning environment for code reading in programming education and practical evaluation of its learning effect

研究代表者

山下 浩一 (YAMASHITA, Koichi)

常葉大学・経営学部・准教授

研究者番号：30340110

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)：本研究は、コードリーディング支援システムを導入した授業を継続的に実践することによって、コードリーディング教育とプログラミングの能力向上との間にある相関性を明らかにすることと、授業実践から得られた知見を元に多様な学習者に対してプログラム理解を支援できる学習環境を構築することを目的としている。学習成果として算出された操作系列のグループ構造に対して定量的な分析を適用することは未達となったが、継続した授業実践の取り組みから複数のプログラミング学習支援システムを構築することができた。構築したシステムは実授業に投入されて新たな知見の発見をもたらし、学習支援環境構築についてのPDCAサイクルを形成できた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の中で構築されたプログラミング学習支援システムは、プログラムの挙動を教師の意図に基づいて視覚化することのできるシステムであり、実授業における学習者のコードリーディング学習を支援するものである。コードリーディング学習は、その重要性は認識されながらも継続した実践の報告は少ない。本システムは、視覚化情報を教師が自身の意図に基づいて定義することを特徴としており、学習支援システムを導入したプログラミング教育実践の障壁を軽減するものと考えられる。これによってコードリーディング学習を組み込んだ授業設計が容易となることから、本研究は初学者向けのプログラミング教育に有益な環境を提供できたと考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, we aimed to clarify a correlation between code reading education and development of programming ability by conducting classroom practices with a code reading support system. We also aimed to develop a learning environment that support learners with various background knowledge to understand programs based on a experience of the classroom practices. Although a quantitative analysis for nested group structures of the operation sequences, which were produced by the learners as a learning achievement of code reading, was not achieved, we developed multiple systems supporting programming learnings based on continuous classroom practices. The developed systems were introduced into actual programming classrooms in turn and brought new insight for learners' understandings. Our study integrated improvements of learning support environments and classroom practices into PDCA cycle.

研究分野：知的学習支援システム

キーワード：学習支援システム プログラム視覚化システム プログラミング教育

1. 研究開始当初の背景

近年、スマートフォンの普及に象徴されるように、情報技術はますます社会に浸透しており、プログラムコードの生産性に対する需要は社会的な高まりを見せている。このため多くの高等教育機関において、多様な学生を対象としたプログラミング科目の設置が進められている。しかし現状では、理科系学部でソフトウェア技術者を養成する教育内容がほとんどそのままの形で展開されており、プログラミング教育の一般化は成果を上げているとは言い難い。

こうしたことを背景に、プログラム学習を支援する知的教育支援システムが盛んに構築されている。代表的なものには RoboProf[1]、TRAKLA2[4]、Jeliot3[5]などがある。しかし、学習成果としてのプログラム理解を外化させることについては目立った取り組みが見られない。学習者の理解状況を確認する方法はコーディング課題や変数のトレースといった間接的なものしか存在せず、これらの間接的な活動がコードリーディングの学習成果を正しく反映しているかも明らかでない。

2. 研究の目的

本研究では、学習支援システムの利用によって外化された情報を教師にフィードバックすることで、教師による学習者のプログラム理解の評価を支援する。この取り組みを継続することによって教師の指導の質的向上を図り、学習者のプログラムコード理解を向上させることをねらう。本研究は、学習支援システムをプログラミングの実授業に継続的に導入することによって、コードリーディングに対する教育とプログラミングの能力向上との間にある相関性を明らかにすることを第一の目的とするものである。

また、学習支援システムを導入した実践授業から学習者のプログラム理解の様子を観察し、得られた知見に基づいてシステムを拡張・改良する。本研究では特に、プログラミング教育におけるコードリーディング学習に注目しているが、コードリーディング学習はその重要性は認識されながらも継続した授業実践の報告が少ない。本研究は、継続した授業実践を通して学習者の学習の様子を観察し、学習者にどのような支援が必要かについての知見を蓄積し、優れた視覚化情報を提供できるコードリーディング支援システムを構築することを第二の目的とする。

これらの研究目的を達成することによって、多様な学習者に対して高品質なプログラミング教育を展開できるような学習環境を構築することが本研究の目標である。

3. 研究の方法

我々はこれまで、LEPA (Learning Environment for Programs and Algorithms) と呼ばれるプログラミング学習支援環境を構築し[3]、実授業への導入を重ねてきた[2]。LEPA は大まかに、プログラムコード、プログラムの処理対象(対象世界)、対象世界に対する具体的操作の系列(操作系列)の3つの世界を視覚化することでコードリーディング学習を支援する。LEPA が提供する学習支援環境の概観を図1に示す。3つの世界がそれぞれ図の(A),(B),(C)に再現されている。操作系列(C)は自然言語で表現した具体的操作の系列でアルゴリズムのふるまいを表現したものであり、学習者のアルゴリズム理解を外化したものと考えられる。既存の学習支援システムはプログラムコードと対象世界との対応関係を視覚化するが、LEPA はこれに加えて操作系列による対象世界の変化と、操作系列とプログラムコードの対応関係をも視覚化する。

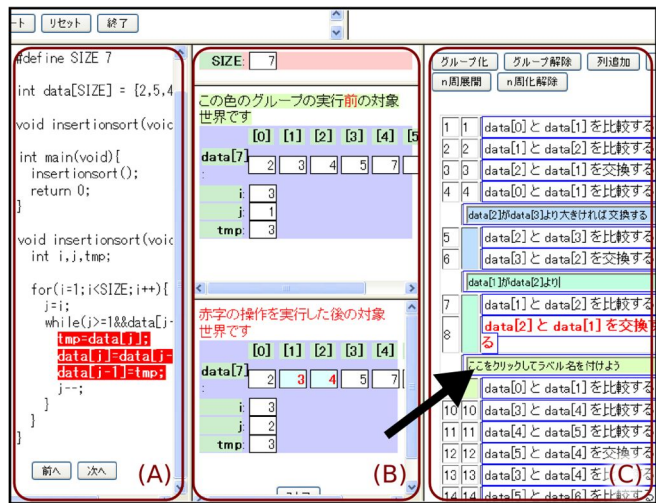


図 1 LEPA が生成する学習支援環境

LEPA による学習は、視覚化系列の観察・確認によって得られた知見を、操作系列のグループ

化・ラベル付けによって外化することを基礎とする。すなわち、学習者は一定の役割を持つ操作群を(C)で見出したらそれらをグループ化するように操作し、生成されたラベル入力欄にグループの役割を入力する(図1矢印部)。これらの活動によって得られる操作系列のグループ構造は、理想的にはグループ化を重ねることによってプログラムコードの記述構造に近づいていく。このプロセスの中で、学習者は、プログラムコードで表現された制御構造の解釈に至る。

LEPAを導入したこれまでの授業実践からは、LEPAを利用した教育について大きく2つの知見が得られている。本研究の着想に至ったのは、このうち「操作系列のグループ化・ラベル付けによって学習者の理解度が視覚化され、教師に有用な情報を提供できる」という知見が得られたことによる。LEPAのグループ化機能は、プログラムコードの各ブロックの抽象化を促進し、学習者の理解を外化させる有望な手段と考えられる。

プログラミング教育は一般に、コーディングを中心とした演習形式の授業で展開される。我々はLEPAを導入することによって、プログラミング教育にコードリーディング演習を取り入れた授業を実践する。学習者はLEPAの利用を通じて、操作系列のグループ化とそのラベルを学習成果として産出する。教師は演習中の机間巡視において外化されたグループ構造やラベルを確認し、学習者の理解の様子を把握する。そこに誤解があれば、教師は個別指導による指導を行うことができる。誤解に全体的な傾向があれば、クラス全体への補足説明を行うこともできる。本研究では、この実践を実授業の一部として継続することによって、プログラム理解がもたらす学習効果を明らかにする。学習効果の測定には、従来のコーディング課題に基づく評価に加え、LEPAによる学習成果物であるグループラベルも利用する。学習者ごとに得られたグループラベルを収集し、いくつかの評価観点に基づいてそれを評価し、学習者の産出したグループ構造やグループラベルが授業期間内にどのように変化するか分析する。また、この活動から得られた知見を精査し、学習支援環境の改善について検討する。

4. 研究成果

(1) 本研究に着手するまでに我々が構築してきたコードリーディング支援システム LEPA を実際の授業に導入し、学習者のコードリーディングの様子を観察・記録した。同一の学習者の産出したグループ構造やグループラベルが授業期間内に变化した様子を図2に示す。この活動からは、コードリーディング学習の成果を学習者が外化したものである操作系列のグループ構造は、授業回が早期の場合には単調であったり誤りが含まれていたりしたのに対し、授業回が末期の場合には詳細な構造が作成されるようになることが明らかになった。この結果は、学習者のコードリーディング能力と操作系列のグループ構造の精密さに正の相関があることを示唆している。しかしその一方、グループ構造を適切に作成することができなかつたり、グループラベルを産出することができなかつたりする例も散見され、LEPAが提供する視覚化情報だけではプログラムの理解に到達できない学習者は少なくないことが示唆された。特に対象世界の描画を教師の意図に基づいて充実させ、学習者のプログラム理解の支援を強化することが必要と判断された。そこで本研究では、対象世界の視覚化に関する研究を進展させて、その成果をLEPAに取り込むことを目標として以降の研究を推進した。

| | | |
|--------|---|-----------------|
| 1 | 1 | nに50を代入する |
| 2 | 2 | iに0を代入する |
| 二進数に変換 | | |
| 3 | | arrにn%2(0)を代入する |
| 4 | | nにn/2(12)を代入する |
| 5 | | iに1を足す |
| 6 | | arrにn%2(1)を代入する |
| 7 | | nにn/2(6)を代入する |
| 8 | | iに1を足す |
| 9 | | arrにn%2(0)を代入する |
| 10 | | nにn/2(3)を代入する |
| 11 | | iに1を足す |
| 12 | | arrにn%2(0)を代入する |
| 13 | | nにn/2(1)を代入する |
| 14 | | iに1を足す |
| 15 | | arrにn%2(1)を代入する |
| 16 | | nにn/2(0)を代入する |
| 17 | | iに1を足す |

| | |
|-----|---------|
| 一段目 | |
| | 空白を4つ出す |
| | 空白を出力する |
| | 空白を出力する |
| | 空白を出力する |
| | 空白を出力する |
| | *を一つ出す |
| | *を出力する |
| 6 | \nを出力する |
| 二段目 | |
| | 空白を3つ出す |
| | 空白を出力する |
| | 空白を出力する |
| | 空白を出力する |
| | *を3つ出す |
| | *を出力する |
| | *を出力する |

図2 グループ構造とグループラベルの変化(左が授業早期, 右が授業末期)

(2) 本研究で構築するコードリーディング支援システムは、コードリーディングの対象となるプログラム、プログラムの処理対象となる論理的データ構造(対象世界)、プログラムコードが

実現する対象世界への操作の系列(操作系列)の三つの視覚化領域からなる。学習者はプログラムコードの各ステートメントの実行によって対象世界に生じる変化の様子を観察し、そこから得られた知見を元に操作系列をグループ構造にまとめる作業を通じてコードリーディング学習を行う。これまでの実践では、対象世界の視覚化方針が教師の意図に沿わない事例が散見されており、こうした場合に対象世界の観察から得られる知見が不十分と思われる学習者が見られていた。本研究ではこうした問題に対処すべく、対象世界の描画に教師の意図を反映できるシステムである TEDViT を構築し、ソフトウェア技術者を対象とした授業に導入して TEDViT を評価した。アンケート調査に基づいて学習効果を分析したところ、学習者がアルゴリズムの理解を深めていることが示唆された。

(3) 我々は LEPA が視覚化する三つの領域のうち、プログラムの処理対象となる論理的データ構造の領域(対象世界)に着目した。(1)の授業実践から、対象世界の観察を通じて得られる知見が不十分な学習者が少なくないことが分かっている。こうした学習者は LEPA のストア機能を利用せず、コードブロックの実行前後の対象世界の変化を観察していない。本研究では教師が見比べるべき場面をあらかじめ指定して学習者に与えることのできるシステムを構築し、システムの学習効果を評価した。プレテストとポストテストに基づく学習効果の評価、システムの操作ログの分析、アンケート調査による学習者の主観評価からは、本システムを利用した見比べ学習に一定の学習効果があることと、本システムによる見比べ学習が円滑に実践できることが示唆された。

(4) 我々はまた、LEPA における対象世界の表現範囲を広げることを試みた。プログラミング初学者が理解に躓く代表的な学習対象に、再帰的な関数の利用がある。LEPA に含まれるプログラム実行過程の解析器はこれまで再帰関数には対応していなかったため、本研究では解析器を再帰関数に対応できるよう拡張した。また、対象世界の描画方法について検討し、再帰関数の理解を支援する学習支援システムを構築した。我々は 8 名の被験者を対象とした小規模な対照実験を通じて、システムの学習効果を評価した。プレテストとポストテストに基づいて、実験群と統制群の双方の得点の伸びを分析したところ、統制群に比べて実験群は高い得点の伸びを示しており、本システムの有効性が示唆された。アンケート調査の結果からは、主に再帰的な関数呼び出しを含むプログラムの挙動の視覚化において、関数呼び出しを木構造状に視覚化することが有効であること、関数内部の挙動を一部ブラックボックス化することが有効であること、関数の呼び出し元に処理の流れが戻っていく流れである *passive flow* を視覚化することが有効であることなど、対象世界上の描画に関する有益な知見を得ることができた。

(5) 本研究ではコードリーディング学習とコーディング能力との相関関係についても評価・考察の対象としているため、プログラミング演習中に学習者のプログラムを自動収集するシステムを構築した。システムを試験運用する中で、収集したプログラムを分析することでコーディング時の学習者の躓きが自動的に検出できる可能性に着目した。我々は収集したプログラムを分析することによって複数の躓き検出のためのヒューリスティクスを生成し、それに基づいた複数の検出規則を用いて学習者の躓きを検出するシステムを構築した。検出した躓きを時系列に整理して学習者に見せることで、学習者の振り返り学習を支援する評価実験を行い、振り返り学習の成果物として学習者に産出させた振り返りメモとアンケート調査の結果からシステムの有効性を評価した。その結果、本システムが振り返り学習に対して一定の有効性を持つことが示唆された。

(6) 我々は学習者のコーディング演習の際に、コードリーディング支援システムから得られる視覚化情報と同じものを提供することが有益な情報となると考えており、この考察に基づいて学習者自身が作成したプログラムの挙動を視覚化するシステムを構築した。本システムは、対象世界を教師の意図に基づいて視覚化するシステムである TEDViT をベースとし、学習者プログラムの挙動の視覚化に教師の意図を反映させるものである。我々は本システムを用いてコーディング課題に取り組みさせるという形態で実践授業を実施し、システムの有用性と頑健性を評価した。アンケート調査の結果からは、学習者が本システムによる視覚化情報を課題解答の手がかりとして有効に活用していることが示唆された。また、演習中の学習者プログラムを収集して本システムによる視覚化を確認したところ、ほぼすべての学習者プログラムに対して頑健に視覚化情報を提供できていることが明らかになった。

(7) 我々は対象世界の視覚化方法を応用し、ポイントを学習するための学習支援システムを構築し、実授業に投入してシステムの学習効果を評価した。本システムは、コードリーディングの成果として得られるプログラム理解を確認するために、ポイント演算に関する確認テストを自動生成し、対象世界上の描画オブジェクトを選択することによってそのテストに解答することができるものであった。確認テストは学習者の解答の正誤に応じて段階的に詳細化され、誤答の続く学習者には正解と説明文を自動的に提示することで学習者の理解を支援する。プレテストとポストテストに基づく評価結果からは本システムが一定の学習効果を持つことが示唆された。

(8) LEPA における対象世界の視覚化情報を充実させるために構築した TEDViT は、教師の説明意図に基づいてプログラムの挙動を視覚化する。TEDViT は教師が自身で描画ルールを記述することによってプログラムの挙動の視覚化を定義できるのが特徴の一つだが、動的データ構造を伴うプログラムについては描画ルールの記述が著しく高コストで、視覚化定義が現実的でなかった。そこで我々は TEDViT の描画ルールの記述方式を拡張し、より抽象的な方法でメモリ上の特定のデータを参照する機能や、描画オブジェクトの描画位置を指定できる機能を実装した。連結リストの視覚化を題材に評価実験を行ったところ、我々のシステムではルール記述にかかる時間を大幅に短縮できることが明らかになった。

(9) また、プログラムの挙動の視覚化の幅を広げるべく、TEDViT のオブジェクト指向言語への対応にも取り組んだ。Java のようなオブジェクト指向言語を対象とする際、TEDViT の生成する視覚化には、クラスのフィールドやメソッドの表現ができない、継承の概念が表現できない、ポリモーフィズムの概念が表現できない、などの問題がある。そこで我々は TEDViT が標準的に描画していたメモリ空間の視覚化情報の代わりに、クラス図とオブジェクト図を元にした「オブジェクト指向概念モデル」を視覚化する機能を構築した。我々はこの機能を実装して TEDViT を拡張し、その効果を評価した。17 名の学生に本拡張システムを利用してもらい、その学習効果をアンケート調査によって評価したところ、8 割以上の被験者から理解の向上が回答された。

<引用文献>

- [1] Daly, C. "RoboProf and an introductory computer programming course," ACM SIGCSE Bulletin 31(3), 1999: 155-158.
- [2] Kogure, S., Okamoto, M., Yamashita, K., Noguchi, Y., Konishi, T., Itoh, Y., "Evaluation of an algorithm and programming learning support environment based on classroom practices," Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education, 2013: 418-424.
- [3] Kogure, S., Okamoto, M., Noguchi, Y., Konishi, T., Itoh, Y., "Programs and algorithm learning environment by visualizing relations among program codes, operations and world model," Proceedings of the 19th International Conference on Computers in Education, 2011: 302-306.
- [4] Malmi, L., Karavirta, V., Korhonen, A., Nikander, J., Seppälä, O., Silvasti, P., "Visual algorithm simulation exercise system with automatic assessment: TRAKLA2," Informatics in Education 3(2), 2004: 267-288.
- [5] Moreno, A., Myller, N., Sutinen, E., Ben-Ari, M., "Visualizing programs with Jeliot3," Proceedings of the Working Conference on Advanced Visual Interfaces (ACM), 2004: 373-376.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 Koichi Yamashita, Yuta Hiramatsu, Satoru Kogure, Yasuhiro Noguchi, Tatsuhiko Konishi, Yukihiro Itoh | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Extending Program Visualization System Based on Teacher's Intent of Instruction to Support Learning Dynamic Data Structures | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 27th International Conference on Computers in Education (ICCE2019) | 6. 最初と最後の頁 354-356 |
| 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 Satoru Kogure, Kento Ogasawara, Koichi Yamashita, Yasuhiro Noguchi, Tatsuhiko Konishi, Yukihiro Itoh | 4. 巻 1 |
| 2. 論文標題 Application of Programming Learning Support System to Object-Oriented Language | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 27th International Conference on Computers in Education (ICCE2019) | 6. 最初と最後の頁 348-350 |
| 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 Koichi Yamashita, Daiki Tezuka, Satoru Kogure, Yasuhiro Noguchi, Tatsuhiko Konishi, Yukihiro Itoh | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 A Learning Support System for Visualizing Behaviors of Students' Programs Based on Teachers' Intents of Instruction | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 26th International Conference on Computers in Education (ICCE2018) | 6. 最初と最後の頁 761-766 |
| 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 Satoru Kogure, Yun Ye, Koichi Yamashita, Yasuhiro Noguchi, Tatsuhiko Konishi, Yukihiro Itoh | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 A Learning Support System for Understanding Pointers in C Language Based on Program Behavior Visualization | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 26th International Conference on Computers in Education (ICCE2018) | 6. 最初と最後の頁 355-357 |
| 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 Daiki IHARA, Satoru KOGURE, Yasuhiro NOGUCHI, Koichi YAMASHITA, Tatsuhiro KONISHI, Yukihiro ITOH | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Algorithm Learning by Comparing Visualized Behavior of Programs | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 25th International Conference on Computers in Education (ICCE2017) | 6. 最初と最後の頁 385-390 |
| 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 Raiya YAMAMOTO, Yasuhiro ANZAI, Satoru KOGURE, Yasuhiro NOGUCHI, Koichi YAMASHITA, Tatsuhiro KONISHI, Yukihiro ITOH | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Learning Environment for Recursive Functions by Visualization of Execution Process | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 25th International Conference on Computers in Education (ICCE2017) | 6. 最初と最後の頁 421-426 |
| 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 Koichi YAMASHITA, Takumi SUGIYAMA, Satoru KOGURE, Yasuhiro NOGUCHI, Tatsuhiro KONISHI, Yukihiro ITOH | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 An Educational Support System Based on Automatic Impasse Detection in Programming Exercises | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 25th International Conference on Computers in Education (ICCE2017) | 6. 最初と最後の頁 288-295 |
| 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 Koichi YAMASHITA, Ryota FUJIOKA, Satoru KOGURE, Yasuhiro NOGUCHI, Tatsuhiro KONISHI, Yukihiro ITOH | 4. 巻 12(17) |
| 2. 論文標題 Classroom practice for understanding pointers using learning support system for visualizing memory image and target domain world | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Research and Practice in Technology Enhanced Learning (RPTEL) | 6. 最初と最後の頁 1-16 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) https://doi.org/10.1186/s41039-017-0058-4 | 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 Koichi YAMASHITA, Ryota FUJIOKA, Satoru KOGURE, Yasuhiro NOGUCHI, Tatsuhiko KONISHI, Yukihiro ITOH | 4. 巻 - |
| 2. 論文標題 Learning Support System for Visualizing Memory Image and Target Domain World and Classroom Practice for Understanding Pointers | 5. 発行年 2016年 |
| 3. 雑誌名 Proceedings of the 24th International Conference on Computers in Education (ICCE2016) | 6. 最初と最後の頁 521-530 |
| 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0件

〔図書〕 計0件

〔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 | 小西 達裕 (KONISHI Tatsuhiko) (30234800) | 静岡大学・情報学部・教授 (13801) | |
| 研究分担者 | 小暮 悟 (KOGURE Satoru) (40359758) | 静岡大学・情報学部・准教授 (13801) | |