

令和 5 年 6 月 9 日現在

機関番号：33401

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2022

課題番号：16K01138

研究課題名（和文）GUIベースからCUIベースへ円滑移行を狙うプログラミング教程とその検証法の開発

研究課題名（英文）Development of a tutorial and its verification method on programming education for smooth transition from GUI based to CUI based

研究代表者

恐神 正博（Osogami, Masahiro）

福井工業大学・経営情報学部・教授

研究者番号：70298389

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）：慢性的なICT技術者不足によりICT人材の育成が叫ばれている。このため我々はこれまでに、初学者のGUI環境による実機ロボットを用いたプログラミング学習の効果を明らかにしてきたが、本研究課題では、特に組込みシステムに関わる人材育成には欠かすことのできない、継続的なプログラミング学習、特にCUI環境におけるプログラミング学習へのGUI環境からのスムーズな移行教育法の確立を目指してきた。その結果、CUI環境のみの学習に比べ、CUIの前にGUI環境で学習を行った方が、理解度が深まることを明らかにするとともに、その移行時期についても明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ICTの人材育成において、初学者に対しGUI環境を用いた実機ロボットの制御を行わせるプログラミング学習法の効果は従来より確認されてきたが、さらに踏み込んだ継続的なプログラミング学習において、GUI環境からCUI環境への移行教育の手法確立も必要とされてきている。

本課題の研究では、CUI環境のみでのプログラミング学習に比べ、GUI環境での学習の後にCUI環境での学習を行う方が、学習者の理解度が深まることを明らかにするとともに、その移行時期についても調査を行い、一通りGUI環境での学習を終えた後にCUI環境に移行する方法が、その他の方法よりも有効であることを明らかにしている。

研究成果の概要（英文）：Due to the chronic shortage of ICT engineers, there is a call for the development of ICT talent. For this reason, we have previously demonstrated the effectiveness of using actual robots in a GUI programming environment for beginners. In this research project, we aimed to establish an education method for smooth transition from a GUI to a CUI environment for continuous programming learning. This is particularly important for personnel development, especially in the field of embedded systems.

The results revealed that learning in a GUI environment before being introduced to a CUI environment deepened the level of understanding compared to learning in a CUI environment only. Additionally, we have also been able to clarify the transition timing for going from a GUI to CUI programming environment.

研究分野：教育工学

キーワード：プログラミング教育 初等教育システム GUI CUI 継続的な学習

1 . 研究開始当初の背景

(1) 今日の情報化社会を支える Information and Communication Technology (ICT) 基盤は、発展の一途をたどっており、我々が生活する上で ICT は必要不可欠なものとなっている。しかしながら、内閣府の年次経済財政報告 (平成 25 年 7 月) によれば、我が国の ICT 関連産業の GDP (付加価値生産) に占める割合は、平成 7 年から平成 22 年に向けて 6% 程度から 11% 弱へとおおむね倍増しているにもかかわらず、ICT 関連産業における雇用者数は 7% 弱で推移し続け、ICT 技術者の慢性的な雇用不足が生じているなど、我が国に限らず世界的に見ても ICT 技術者の慢性的な不足が生じている現状がある [1] .

(2) 我が国において、平成 26 年 6 月に閣議決定された世界最先端 IT 国家創造宣言 (平成 27 年 6 月に改訂) に、「初等・中等教育段階におけるプログラミングに関する教育の充実に努め、IT に対する興味を育むとともに、IT を活用して多様化する課題に創造的に取り組む力を育成することが重要」ということが示された [2] . このため、ICT への興味・関心を高めるようなプログラミング体験イベントや教室が各方面で行われている一方で、テキスト入力によるプログラム開発、課題設定とその解決能力の育成等、次の教育段階である継続的な学習への参加については課題があり、工夫が必要であるとの報告も、総務省が平成 27 年 6 月に出した「プログラミング人材育成の在り方に関する調査研究」において報告されている [3] .

すなわち、慢性的な ICT 技術者不足に対するプログラミング教育において、初学者レベルから次のステップへと移るため、継続的なプログラミング学習が必要であり、GUI ベースでのプログラミング教育から CUI ベースでのプログラミング教育へのスムーズな移行教育の必要性が社会的に求められている。

2 . 研究の目的

(1) プログラミング教育における、初学者向けの導入教育として、GUI 環境および実機ロボットを用いた体験授業や、または、それらの授業コンテンツ、およびその教程の開発事例は、先行研究において多数報告されてきている。(S. Kanemune, et al., Journal of IPSJ, 2013 ; T. Yamanishi, et al., Computer Applications in Engineering Education, 2013) .

我々も、本課題の先行研究として、初学者向けの導入教育に、文法を特に意識することなくプログラミングが行える Scratch と呼ばれるマサチューセッツ工科大学で開発された GUI ベースの開発環境に着目し、その環境を用いて作成したプログラムを利用して、複数種類の実機ロボットを選択的に制御できる教材を開発してきた。また、その教材を用いた体験授業を行い、そこで行われたアンケートの解析結果から、開発した教材が、プログラミング初学者に対し、一定の教育効果を上げることを確認してきた。しかし、この授業は 1 回の授業として実施していたため、あくまで初学者に ICT に関する興味・関心を高めるまでに留まっていた。しかしながら、前述したとおり、本格的なプログラミングを習得するためには、CUI ベースのプログラミング学習が不可欠である。にもかかわらず、文字入力 (CUI ベース) によるプログラミングに慣く学習者は、少なくない。そこで、開発してきた教材の一部である、Scratch で作成したプログラムから C++ 言語による実機ロボット制御プログラムへと変換するソフトウェアを、CUI ベースによるプログラミング教育に利用することを試みることにした。

(2) GUI 環境である Scratch で視覚的に作成したプログラムが、C++ 言語の文法ではどのように表記されるのかを見せることで、テキストベースのプログラムに慣れさせたり、逆に、テキストベースで書かれたプログラムを、Scratch のブロックで作成させたりすることで、テキストベースで書かれたプログラムのアルゴリズムを視覚化する鍛錬を積ませることが可能になるのではないかという仮説を立て、その検証を行うこととし、そこで、GUI ベースの開発環境である Scratch を緩衝材的に利用した CUI ベースプログラミング教程を開発する。また、作成したプログラミング教程の効果を評価するためのアンケート項目にも着目し、誘発的な質問事項は避け、心理尺度に基づく解析が可能なアンケート項目の考案により、汎用的なアンケート手法の確立を図ることを研究目的とした。

3 . 研究の方法

(1) Scratch からロボット制御を簡単に行えるように開発した教材の機能を利用し、Scratch で作成したロボット制御プログラムを、C++ 言語によるロボット制御プログラムに変換させ、Scratch の制御ブロックと C++ 言語の制御構文の対比が可能となる教材を作成する。(図 1 参照) 次に、作成した教材を利用した授業モデル (シラバス) を作成し、大学 1 年生に対し、プログラミングの入門的な授業を実施する。その際、心理測定尺度に基づく授業評価アンケートを行い、授業評価、及び、学習を進めて行く中で、どの段階で学習者の理解度・動機が失われやすいかを判定するためのデータを取得する。この中で、Plan (教程の策定とアンケートの作成)、Do (試行授業及びアンケートの実施)、Check (アンケートデータの解析による教程の評価)、Action (解析

結果を反映させた、教程及び教材システムの改善)の PDCA サイクルを回しつつ、教程と教材の洗練を進める。

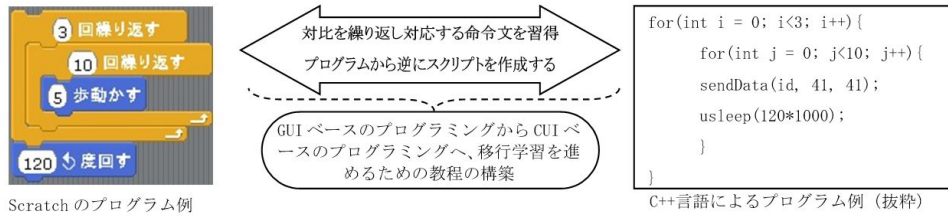


図1 Scratchの制御ブロックとC++言語の制御構文の対比の例

(2)データの取得は、数年間継続的に行う。取得したデータの解析結果から、躓きやすいポイントを抽出し、随時教程の洗練を進めるが、併せて、数年間継続的に行うデータの取得において、GUIベースでの学習からCUIベースでの学習に移行する時期を変えつつデータの取得を行う(例えば、半期ごと、各週ごと、毎時ごと等)。また一方で、GUIベースでの授業の単元と、CUIベースでの授業の単元をあらかじめ対比させておき、どの単元で理解度が高く(あるいは低くなるか)の比較を行うことで、どの単元において、CUIベースでの学習に対する、事前のGUIベースでの学習が、高い効果をもたらすかについての比較検討を行うことができるとともに、GUIベースからCUIベースへの移行時期についても、どのタイミングで行うのが適切であるかについての検討を行う。

4. 研究成果

(1)GUIベースとCUIベースとの単元の比較については、表1に示すような単元ごとの対比を行った。例えば、表1の単元1のprint文の場合、GUIベースでは、図2(a)のようなネコに「Hello!」と喋らせるブロックの使い方を学ばせ、対するCUIベースでは、図2(b)のように、「Hello!」の表示を行うプログラムの作成方法を学ばせるような対比である。また、CUIベースの授業の後に、授業における理解度調査を行った。

表1 GUIベースとCUIベースとの単元の比較

番号	単元	Scratch(GUIベース)	C言語(CUIベース)
1	print文	「言う」ブロックの使い方	printf文の使い方
2	変換仕様	「連結」ブロックの使い方	Printf文内での変換仕様の使い方
3	変数	「変数」の扱い方	「変数」の扱い方
4	キーボードからの入力	「聞いて待つ」ブロックの使い方	scanf文の使い方
5	オペレータ演算子	「演算」ブロックの使い方	演算子を用いた計算方法
6	条件分岐(if)	「もし~ならば」ブロックの使い方	if文の使い方
7	条件分岐(if-else)	「もし~ならば、でなければ」ブロックの使い方	if-else文の使い方
8	反復	「繰り返し」ブロックの使い方	for,while文の使い方
9	入れ子処理	「繰り返し」ブロックの中での「繰り返し」ブロックの使い方	for,while文のネスト処理

調査の初年度(2016年)は、GUIベースの事前学習の効果を確認(比較)するため、CUIベースの内容のみを行った。2年目(2017年)は、前期にGUIベースの授業、後期にCUIベースの授業を実施した。(これは、GUIを使った授業を一通り終えてから、CUIを使った授業へ切り替えた場合となる。)3年目(2018年)は、GUIベースの授業とCUIベースの授業を毎週交互に対応した内容で実施した。最後の4年目(2019年)は、毎回の授業を、前半と後半の2つに分けて実施し、その前半でGUIベースの授業を、後半で前半に対応するCUIを使った授業を実施した。

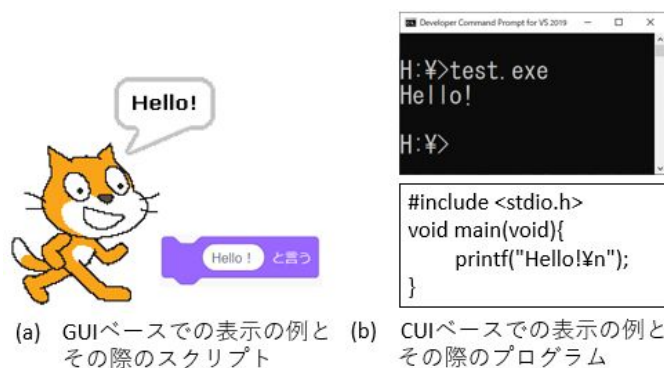


図1 GUIベースとCUIベースの対比の例

また、CUI ベースでの授業の際、理解度を 4 から 1 までの 4 段階の整数値で回答させた。表 2 に示しているのは、初年度に実施した事前の GUI ベースでの学習を行わず、いきなり CUI ベースでの学習を行った場合の表 1 に示した番号に対応する單元ごとの理解度と、各個人ごとに、す

表2 1年目(2016年)におけるCUIベースでの各授業での理解度(Cのみ)

番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
理解度の平均値	*3.400	*2.629	3.256	3.265	*2.811	*3.378	2.943	3.290	*2.719
全体の平均値(3.079)との差	*0.321	*-0.451	0.177	0.185	*-0.269	*0.299	-0.137	0.211	*-0.361
標本数(学生数)	35	35	39	34	37	37	35	31	32
p 値(t-test)	0.029	0.006	0.219	0.278	0.032	0.045	0.262	0.188	0.020

*: $p < 0.05$

べての回の理解度の平均値と各回ごとの理解度の値について、Student の t-検定および Welch の t-検定により差の検定を行った結果である。ここで、*を付した有意差が得られた値を見ると、番号 1,6 は全体の平均がプラスに、番号 2,5,9 ではマイナスにそれぞれ変化しており、差がマイナスとなった内容(2:変換仕様, 5:演算子, 9:入れ子)について、CUI ベースでのプログラミング学習における躓きやすいポイントと推察されることが分かった。

(2) プログラミング学習において、躓きやすいポイントが分かったが、いきなり CUI ベースで学習を行うのではなく、GUI ベースでの学習を経て、プログラムの考え方等がある程理解してから CUI ベースでの学習を行った場合、理解度がどのように変わるかについて、2 年目から 4 年目にかけて調査を行った。その結果が表 3~5 に示したものである。なお、これらの結果については、正規性検定から、データが正規分布であることが棄却されたため、Student の t-検定および Welch の t-検定ではなく、マン・ホイットニーの U-検定での結果を表 3~5 に示している。また、表 2 と同様に有意差が得られた値について左上に*を付している。

表 3~5 において、表 2 から得た躓きやすいポイントである番号の 2 のそれぞれの値に注目すると、表 3 および表 5 において、表 2 では負であった値から正の値に転じている。これは事前の GUI ベースでの学習がその後の CUI ベースでの学習に対し、効果があったことを示している。表 4 の場合は負の値のままであったが、2/3 の割合いで、事前の GUI ベースの学習効果があった

表3 2年目(2017年)におけるCUIベースでの各授業での理解度(半期ごと、ScratchとC)

番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
理解度の平均値の差	*0.039	*0.142	*-0.067	*-0.231	*0.035	*-0.162	*0.084	*-0.007	*0.104
標本数(学生数)	28	24	12	22	25	22	29	30	32

*: $p < 0.05$

表4 3年目(2018年)におけるCUIベースでの各授業での理解度(隔週で、ScratchとC)

番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
理解度の平均値の差	*-0.013	*-0.139	N/A	N/A	*0.098	*0.106	*0.064	*-0.101	*0.292
標本数(学生数)	21	25	0	0	27	28	26	23	28

*: $p < 0.05$

表5 4年目(2019年)におけるCUIベースでの各授業での理解度(毎時、ScratchとC)

番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
理解度の平均値の差	*-0.058	*0.095	*0.127	N/A	N/A	*0.147	N/A	*-0.280	N/A
標本数(学生数)	26	25	25	0	0	22	0	19	0

*: $p < 0.05$

ことが確認できる。また、番号 5 の場合にも、表 3 および表 4 において、表 2 では負であった値から正の値に転じている。さらに、番号 9 の場合にも同様に、表 3 および表 4 において、表 2 では負であった値から正の値に転じている。なお、表 3~5 における N/A の表記については、その回のアンケート調査が出来なかったことにより、値が得られなかったことを示している。これらのことから、躓きやすいポイントである番号 5,9 においても事前の GUI ベースでの学習の効果が確認できた。一方で、番号 8 (反復) については、表 2 での値は正の値であったにもかかわらず、表 3~5 ではすべて負の値に転じている。これは、CUI ベースのみでの学習の方が、事前 GUI ベースでの学習を行うよりも理解度が上がることを示している。

これらの結果から、プログラミング学習において、事前の GUI ベースでの学習を行った場合には、特に変換仕様、演算子、入れ子についての理解度が向上することが分かった。ただし、すべての場合に理解度が向上するわけではなく、一部(例えば、反復処理など)については、事前の GUI ベースでの学習を行わず、いきなり CUI ベースでの学習を行った方がいい場合もあることが分かった。

次に、各年度全体の理解度の平均値の差の検定について、マン・ホイットニーの U-検定を用いた結果を表 6 に示す。ここでも、表 2 と同様に有意差が得られた値について左上に*を付して

いる。

この結果から，2016年に実施したCUIベースのみに対し，2017~2019の事前のGUIベースで

表6 各年度ごとの全体の理解度の平均値の差

各年度の理解度の平均値の差	2016	2017	2018	2019
2016年実施の理解度の平均値(3.079) (Cのみ)		*0.327	0.129	*0.357
2017年実施の理解度の平均値(3.406) (Scratch-C 半期ごと)			*-0.198	0.030
2018年実施の理解度の平均値(3.208) (Scratch-C 隔週)				*0.228
2019年実施の理解度の平均値(3.436) (Scratch-C 毎時)				

*: $p < 0.05$

の授業を行った場合の方が，理解度の平均値が高いことが分かる(ただし，有意差があったのは2017年，および，2019年)。また，事前のGUIベースの学習を行う場合も，半期ごとに行った場合の方が，隔週で行った場合に対し，有意に理解度が高いことが確認できる。

以上の結果から，継続的なプログラミング学習において，CUIベースのプログラミングを導入する前に，あらかじめGUIベースのプログラミング教育を行うことで，特定の内容の理解度を高めることができ，また，GUIベースの事前学習を行う場合には，2つのプログラミング環境を同時に扱うよりも，1つずつプログラミング環境を学習した方が良いことが分かった。

< 引用文献 >

- [1] 内閣府，平成25年度年次経済財政報告，第3章 第1節 2013.7.
- [2] 政府CIOポータル，世界最先端IT国家創造宣言，2013.6.
- [3] 総務省，「プログラミング人材育成の在り方に関する調査研究」報告書，2015.6.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 安田貴徳, 小野舞子, 大熊一正	4. 巻 第6号
2. 論文標題 数学教育におけるより良いオンライン試験問題作成の検討 - オンライン試験での理解度をはかる効果的な問題の作成を目指して -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 岡山理科大学教育実践研究	6. 最初と最後の頁 pp.106-116
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 安田貴徳, 小野舞子, 大熊一正, 中川重和, 濱谷義弘	4. 巻 第4号
2. 論文標題 微分積分学におけるオンデマンド型授業の取り組み - よりよいオンライン授業の導入を目指して -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 岡山理科大学教育実践研究	6. 最初と最後の頁 pp.175-183
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 Masahiro Osogami, Kazumasa Ohkuma and Kazutomi Sugihara	4. 巻 8
2. 論文標題 The Effects for Programming Learning Using Actual Robots Control with Scratch	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research	6. 最初と最後の頁 764-770
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18178/ijmerr.8.5.764-770	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 該当する
1. 著者名 恐神正博, 杉浦宏季, 野口雄慶, 吉村喜信, 横谷智久	4. 巻 第49号
2. 論文標題 パソコンを利用した選択反応時間測定システムの試作	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 福井工業大学研究紀要	6. 最初と最後の頁 380-389
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 KAZUMASA OHKUMA, MASAHIRO OSOGAMI, NAOKI SHIORI and KAZUTOMI SUGIHARA	4. 巻 Vol.33, No.2(A)
2. 論文標題 Motivation Effects of Using Actual Robots Controlled by the Scratch Programming Language in Introductory Programming Courses	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 International Journal of Engineering Education	6. 最初と最後の頁 pp. 575-587
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 該当する

1. 著者名 恐神正博, 大熊一正, 杉原一臣	4. 巻 Vol.2 No.2
2. 論文標題 Scratchを用いた実機ロボット制御を伴うプログラミング導入授業の実践	5. 発行年 2016年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌教育とコンピュータ (TCE)	6. 最初と最後の頁 pp. 76-84
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 恐神正博, 大熊一正, クリストファー ピロット
2. 発表標題 プログラミング学習におけるGUIベースからCUIベースへのスムーズな移行教育
3. 学会等名 FIT2023 第22回情報科学技術フォーラム
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Masahiro Osogami
2. 発表標題 Effects of GUI-based Programming Learning before CUI-based Programming Learning: Toward Continuous Learning in Computer Programming
3. 学会等名 International Conference on Information Technology Based Higher Education & Training (ITHET 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 杉原 一臣
2. 発表標題 プログラミング体験授業における実機ロボット導入効果のある受講生集団の特徴抽出の試み
3. 学会等名 日本教育工学会春季全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masahiro Osogami
2. 発表標題 The Effects for Programming Learning using Actual Robots Control with Scratch
3. 学会等名 The 7th International Conference on Knowledge and Education Technology (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiro Osogami
2. 発表標題 A Modified Algorithm and its Program for Obtaining Particular Solutions and Expansion Coefficients in P/T Petri Nets
3. 学会等名 2017 International Symposium on Nonlinear Theory and Its Applications, NOLTA2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 杉原一臣
2. 発表標題 プログラミング体験授業に参加した生徒の分類に基づく実機導入の効果
3. 学会等名 教育工学会研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大熊一正
2. 発表標題 高校生を対象としたプログラミング体験授業において実機ロボット制御を取り入れる効果
3. 学会等名 情報処理学会第80回全国大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masahiro Osogami, Kazumasa Ohkuma, Kazutomi Sugihara
2. 発表標題 Development of Educational Programming Material with Actual Robots Controlled using Scratch
3. 学会等名 International Conference on Advanced in Computer Engineering & Science ICACES2016 (国際学会)
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 徳野淳子, 田中洋一, 杉原一臣, 山川修
2. 発表標題 大学連携で進める学生意識調査の5年間の歩み
3. 学会等名 第5回大学情報・機関調査研究会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 山川修, 杉原一臣, 江崎和子
2. 発表標題 アカデミック・ポートフォリオ作成WSの手法を参考にした社会人向けのライフ・ポートフォリオ講座の設計と実施
3. 学会等名 日本教育工学会第32回全国大会
4. 発表年 2016年

1. 発表者名 Thanchanok Laopromsukon , Akihiro Fujihara , Daisuke Nogiwa , Kazutomi Sugihara
2. 発表標題 Weighted Distance in Directed Networks for Measuring Social Influence
3. 学会等名 日本知能情報ファジィ学会第25回北信越シンポジウム・第21回人間共生システム研究会
4. 発表年 2016年

〔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	大熊 一正 (Ohkuma Kazumasa) (80367507)	岡山理科大学・基盤教育センター・教授 (35302)	
研究分担者	杉原 一臣 (Sugihara Kazutomi) (90367508)	福井工業大学・環境情報学部・教授 (33401)	
研究分担者	荒木 史代 (Araki Fumiyo) (20724008)	福井工業大学・工学部・教授 (33401)	

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
---------	---------