

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 14 日現在

機関番号：33302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2019～2023

課題番号：19K03036

研究課題名(和文) 科学技術社会における行動設計としての科学技術倫理：デザイン思考を用いた教材開発

研究課題名(英文) Science and Engineering Ethics as Design: Ethics Education with the Aid of Design Thinking Methodology

研究代表者

栃内 文彦 (Tochinai, Fumihiko)

金沢工業大学・基礎教育部・教授

研究者番号：50387354

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：科学技術倫理教育には、科学者、技術者を志す学生が科学技術倫理を科学技術の営みの主要素と捉え、それに積極的・能動的に関わろうとする姿勢を涵養できるものであることが求められる。本研究では、そのような姿勢の涵養を可能とする科学技術者倫理教育の実現に必要な条件について実証的に検討し、以下の成果を挙げた：

1) 「倫理」および「デザイン」のイメージに関する質問票調査を通じた、学生の技術者倫理に対する積極的な姿勢の涵養に資する要因の明確化；2) デザイン思考(DT)を導入した技術者倫理教育教材の作成；3) DTを導入した技術者倫理教育に関する成果発表、および、今後の研究課題の着想。

研究成果の学術的意義や社会的意義

社会の科学技術化とグローバル化が急速に進む今日、科学者、技術者に求められる社会的責任は急速に拡大している。それに呼応して、科学技術倫理教育においては、学習者の倫理に対する積極的・能動的姿勢を涵養することが求められるようになってきている。

そのような科学技術倫理教育を実施するうえで有効と思われる手法がデザイン思考(DT)である。

本研究は、DTを用いた教材開発を目指すものであり、科学技術倫理教育を「高度科学技術社会における行動設計に資する教養(liberal arts)教育」として位置づけることに資するものである。

研究成果の概要(英文)：Science and engineering ethics education should promote students to aspire to become scientists and/or engineers who can center ethics on their activities so that they are willing to be actively and proactively involved in ethical issues. In this study, factors necessary for realizing such education were empirically examined.

The results are as follows: 1) The factors that contribute to the cultivation of a positive attitude toward ethics among students were clarified through a questionnaire survey on the image of "ethics" and "design"; 2) Engineering ethics education materials that introduce design thinking (DT) were created; 3) Research outcomes were presented, which brought a new research framework.

研究分野：科学史(日本地質学史)・科学技術倫理

キーワード：技術者倫理 デザイン思考 行動設計としての倫理 教養(リベラルアーツ)としての技術者倫理 グローバル化 工学教育

1. 研究開始当初の背景

高度科学技術社会において、「科学技術が機能しない」ことは人々の安全・安心を損なう事態を即時的にもたらす。今後、社会を支える科学技術の高度化と社会のグローバル化が急速に進展するにつれ、科学者、技術者の社会的責任(高度科学技術社会における「ユーザー」である「公衆(public)」の安全・安心を保証する責任)の程度・範囲はいつそう拡大する。もちろん、公衆の側も安全・安心を受動的に享受するだけでは不十分である。しかし、科学技術に関して、公衆は基本的には受動的な行為者(ステークホルダー)であり、科学者、技術者は、能動的ステークホルダーとしてより大きな社会的責任を負うだろう。以上を前提とすると、科学技術倫理教育は、「高度科学技術社会における行動設計に資する教養(liberal arts)教育」として位置づけられることが望ましい。

従来の科学技術倫理教育は、科学者、技術者はプロフェッショナル(専門職)として社会的責任を負うことを強調している(専門職倫理)。しかし、科学技術の急速な進展に伴い、専門分野内のことでさえ十分に全貌を把握できないことも少なくない。また、社会的責任の所在が分散し、不明確となっている領域もある。このような時代において、科学者、技術者にはこれまで以上に、「倫理」を科学技術の営みの中核に据え(あらゆる判断は倫理的判断であると自覚し)、行動することが求められる。それに対応して、科学技術倫理教育は、科学者、技術者を志す学生および彼/彼女らを導く教員の双方が科学技術倫理を科学技術の営みの主要素と捉え、それに積極的・能動的に関わろうとする姿勢を涵養できるものであることが求められる。しかし、課程横断型倫理教育(EAC: Ethics Across the Curriculum)に代表される科学技術倫理教育の手法は倫理的能力の向上に一定の成果をあげてはいるものの、そのような姿勢の涵養が不十分であるという問題があった。

2. 研究の目的

上述の問題(学習者の科学技術倫理に臨む姿勢の問題)は、国内外で既に論じられている。例えば、米国の Society for Ethics Across the Curriculum では、従来の専門職倫理教育には限界があるという立場から「科学技術の倫理」から「科学技術における教養(行動設計に資する liberal arts)としての倫理」への転換の必要性が議論されている。科学技術倫理教育の碩学、イリノイ工科大学のマイケル・デイビスのように「専門職倫理教育においては、その分野によらず、倫理理論を扱わないほうが教育効果に優れる」と指摘する倫理学者もいる。これらの議論や指摘は、学習者や教員が「倫理」に対して受動的・消極的なイメージを有していることを示唆している。

一方、デザイン思考(DT: Design Thinking)の手法を用いたプロジェクト型の工学教育では、参加学生および教員が積極的・能動的に教育プログラムに参加する。加えて、ユーザー中心のアプローチを採るDT手法は、「公衆(ユーザー)の安全」を最優先すべき価値と位置付け、それを実現すべく「自らの行動を設計(デザイン)する」スキル(倫理的スキル)の向上を目指す科学技術倫理教育との親和性が高い。

そこで、本研究では、学習者が積極的・能動的に科学技術倫理に関わろうとする姿勢の涵養を可能とする科学技術倫理教育の実現に必要な条件について実証的に検討し、DT手法を用いた科学技術倫理教材の作成を目指すこととした。

3. 研究の方法

前節で掲げた目的の達成に向けて、本研究開始当初に着想していた研究方法は下記の通りである。

1) 国内外の EAC 型科学技術倫理教育プログラムの調査、学生・教員の積極的姿勢涵養を妨げる要因の明確化:

国内外の研究協力者の勤務校およびその周辺を中心に、EAC 型科学技術倫理プログラムの実施状況を調査する。調査結果を踏まえて、これらの大学の学生・教員を対象として、科学技術倫理教育プログラムへの参加姿勢の積極性に関する質問票調査を実施する。

以上から、科学技術倫理に対する学生・教員の積極的姿勢の涵養を促進するために必要な要件を明確化する。

2) デザイン思考(DT)と科学技術倫理教育の内容との整合性の確認:

DTを用いた教育プログラム「ラーニングエクスプレス」(LeX: Learning Express, シンガポール理工学院が開発した教育プログラム。学問的・文化的背景の異なる多様な学生が各国から集い、DT手法を用いて地域の人々のニーズを把握し、それを実現する方策を人々とともに考案・制作することを通して、ユーザー中心の「ものづくり」や「ことづくり」のしかたを体験的に学ぶ)にファシリテーターとして参加し、DT手法の5段階(共感-定義-創造-プロトタイプ製作-テスト)と、科学者、技術者の倫理的意思決定のためのセブン・ステップ・ガイド(倫理的問題の認識-事実関係の把握-利害関係者と価値の特定-行動案の考案-行動案の倫理的評価-行動の決定-再発防止策の検討)の各ステップの対応状況を参与観察的に検討する。

検討結果を踏まえて、DT手法を用いた教育プログラム(その具体例としてLeX)の科学技術倫理教育の観点からの有効性を検証する。

3) DT手法を用いた科学技術倫理教材の作成、試用、教材としての有意性の検証：

1)、2) から得られた知見を踏まえ、DT手法を導入した科学技術倫理教材を作成し、本研究者の担当する科目(「科学技術者倫理」など)で試用、教材としての有意性の検証とともに改善点などを明らかにする。

ただし、2019年度後半から21年度までに予定していた調査・研究は、新型コロナ禍による制約を受け、特に1)、2)の実施状況は当初計画とは大きく異なることとなった。

4. 研究成果

以上を踏まえ、本研究の成果は以下の3つにまとめられる。

1) 「倫理」および「デザイン」のイメージに関する質問票調査を通じた、学生の技術者倫理に対する積極的な姿勢の涵養に資する要因の明確化：

前節末で述べた事情により、研究方法の1)については、調査の範囲を縮小して実施することとした。具体的には、研究代表者が関わった勤務校で実施された国際プログラム、および、研究代表者が勤務校で担当した「科学技術者倫理」に参加・受講した学生のみを対象に、彼/彼女らが「倫理」および「デザイン」に対して持っているイメージに関する質問票調査を行った(金沢工業大学「人を対象とする研究倫理審査」を受審、承認済。承認番号：2101007)。

この調査は、2021年度前学期および後学期に研究代表者が勤務校で担当した「科学技術者倫理」8クラスの第1回授業(2021年4月12~16日、9月24~28日)に出席した学生(対象学生数392名、有効回答282名)を対象に、Google Formを用いて実施した。設問は以下の通りである：

- ・**質問 1-1-1**：あなたが「倫理」という用語を見たり聞いたりした時に抱くイメージは、前向き(ポジティブ)なものでしょうか、後ろ向き(ネガティブ)なものでしょうか。
1(とても前向き)から4(とても後ろ向き)の4段階から、あなたが抱いたイメージに最も近い段階を回答してください。
- ・**質問 1-1-2**：それはどのようなイメージでしょうか、具体的に述べてください。
- ・**質問 1-2-1**：あなたが「デザイン」という用語を見たり聞いたりした時に抱くイメージは、前向き(ポジティブ)なものでしょうか、後ろ向き(ネガティブ)なものでしょうか。
1(とても前向き)から4(とても後ろ向き)の4段階から、あなたが抱いたイメージに最も近い段階を回答してください。
- ・**質問 1-2-2**：それはどのようなイメージでしょうか、具体的に述べてください。
- ・**質問 2-1-1**：「倫理」の定義には色々ありますが、デザインシンキングにおける「デザイン」の概念を用いた「自分の行動を設計(デザイン)すること」という定義があります。今回の活動に参加して感じたことを踏まえて、このように定義される「倫理」に対するあなたのイメージは、質問 1-1-1 で答えた(その時に抱いた)イメージから、どのように変化しましたか。
1(より前向きな方向に変化した)から4(より後ろ向きな方向に変化した)の4段階から、あなたのイメージの変化に最も近い段階を回答してください。
- ・**質問 2-1-2**：そのようにイメージが変化したのはなぜでしょうか。
よろしければ、理由をお聞かせください。
- ・**質問 2-2-1**：本科目では、倫理についての上述の定義を採用して、科学技術者倫理を「科学者/技術者として、自分の作り出すモノやコトのユーザーの安全を最優先できるように自分の行動を設計(デザイン)すること」と捉え、そのための手法などを身に付けることを科目の目的としています。今回の活動に参加して感じたことを踏まえて、この科目を履修してみたいという気持ちに変化はありますか。
1(より積極的に受講してみたくなった)から4(受講したいという気持ちが更に低くなった)の4段階から、あなたの気持ちの変化に最も近い段階を回答してください。
- ・**質問 2-2-2**：そのように気持ちに変化したのはなぜでしょうか。
よろしければ、理由をお聞かせください。

表 1 「倫理」「デザイン」に対するイメージ(質問 1-1-1、1-2-1)と、その変化の傾向(質問 2-1-1、2-2-1)

質問	平均	σ
1-1-1 「倫理」という用語を見聞きした時に抱くイメージ	2.30	0.69
1-2-1 「デザイン」という用語を見聞きした時に抱くイメージ	1.54	0.61
2-1-1 「倫理=行動のデザイン」という定義を受けて、「倫理」に対するイメージの変化	1.95	0.63
2-2-1 「倫理=行動のデザイン」という定義を受けて、「科学技術者倫理」への受講姿勢の変化	1.92	0.57

4 件法による設問への回答の平均は、前ページの表 1 のようになった。この結果から、以下のことが結論される（自由記述の設問への回答からの考察を含む）：

- ・（質問 1-1-1、1-2-1 より）「倫理」という用語を見聞きした際に抱くイメージは、「デザイン」に対するイメージと比べて、より後ろ向き（ネガティブ）である（「倫理」の平均 2.30、「デザイン」の平均 1.54）。対応する自由記述の設問への回答も、「倫理」については（質問 1-1-2）「哲学的で難しい」「堅苦しいような印象」「不祥事などで使われる」などの記述が見られるのに対し、「デザイン」については（質問 1-2-2）「新しいものを作り出す」「物を分かりやすくするイメージ」「明るいイメージ」などの記述が見られた。
- ・（質問 2-1-1、2-2-1 より）実践としての倫理が「行動の設計（デザイン）」という気づきを得ることで、「倫理」に対するイメージ、および、倫理に関することを学ぶ姿勢が、より前向きになる（質問 2-1-1、質問 2-2-1 の平均 1.95、1.92）。自由記述の回答も、倫理のイメージの変化については（質問 2-1-2）「倫理に基づいて自分の行動を考えられるから」「ルールを守ったりすることに積極的な感じがしたから」、学習姿勢の変化については（質問 2-2-2）「社会に出た際に必要な技能であると感じたから」「自分の将来に役立ちそうだと考えたため」などの記述が見られた。

以上の結論は、第 2 節で紹介したマイケル・デイビスの指摘を実証的に裏付けるものであり、さらに、技術者倫理教育のより効果的な実践に資する示唆を含んでいる。すなわち：

- ・（「技術者倫理学」ではない、倫理的スキルを養うための実践的科目としての「技術者倫理」においては）「行動の設計（デザイン）としての倫理」の観点を強調することで、学習者がより前向きに積極的に技術者倫理（の学習）に取り組むことを促すことができる。
- ・「倫理」に対するイメージは学習者の先入観であることから、「行動の設計（デザイン）としての倫理」の観点の提示は、授業内で可能な限り早い段階で行うことが望ましい。

2) デザイン思考 (DT) を導入した技術者倫理教育教材の作成：

研究方法の 2)、3) については、新型コロナ禍により参加を予定していたラーニングエクスペリエンス (LeX) が 2020 年度から 22 年度にかけて中止されたことにより、(特に 2) に関して) 大幅に研究を縮小することを余儀なくされた。

代替措置として、研究代表者も参加して、2016 年 9 月にベトナム ホーチミン市で実施された LeX プログラム（本研究課題の着想のきっかけを得たプログラムでもある）における DT 手法の 5 段階（共感-定義-創造-プロトタイプ製作-テスト）に基づく活動を、倫理的意思決定のためのセブン・ステップ・ガイド（倫理的問題の認識-事実関係の把握-利害関係者と価値の特定-行動案の考案-行動案の倫理的評価-行動の決定-再発防止策の検討）の各ステップに照らし合わせて詳細に検討した。さらに、2023 年 11 月にシンガポール理工学院 (LeX プログラムの開発・運用校) が主催した DT 手法を用いた教育活動におけるファシリテーション法に関する研修プログラムに参加し、教育を行う側の視点からの考察を行った。

DT 手法の 5 段階とセブン・ステップ・ガイド（以下、7-Step）の各ステップが対応していることは、これまでに明らかになっていたが、本研究において改めて詳細に検討した結果、新たに以下の知見が得られた：

- ・DT 手法の共感、定義の段階において「ペルソナ」（極めて具体的な設定を伴う仮想ユーザー）を作成することが、7-Step における利害関係者と価値の特定において、「公衆」（エンドユーザー）とその安全に関する考察が（抽象的ではなく）具体的に行なわれる場合に対応している。
- ・DT では「ペルソナ」が作成されるため、半ば必然的に、エンドユーザー（ペルソナ）にとって重要な価値（安全など）を考慮した解決案が導かれる。（DT とは対照的に、7-Step では、エンドユーザーの把握が十分になされないことがあり、その場合は、エンドユーザーを十分に考慮に入れない行動案が案出されがちになる。）

1)、2) で得られた示唆、知見を踏まえて、研究代表者が担当している「科学技術者倫理」のための教材を作成することとした。ただし、同科目は複数教員が担当する 3 年次必修科目であり、課題の多少や成績評価基準の変更を伴うような変更はできないため、既存の課題や教材の改訂に留めることとした。

具体的には以下の通りである：

- i. 技術者倫理のメタ・レベルの考察として、技術者倫理に関する科目を（「必修だから履修する」ではなく）履修する積極的な理由の考察を、初回から第 2 回にかけての授業で実施するグループ討論の内容に追加した（図 1）。

問1: グループで話しあってみよう

■今学期に本科目を履修することにしたのは何故か、その理由(積極的理由)を考えてみよう

■さらに、本科目に限らず、専門に直接関わらないような諸科目を受講する(受講しなければならない)のは何故か、その理由を考えてみよう



図 1 グループ討論の指示（初回授業の提示資料の一部）

ii. 7-Step を解説する授業内容と補助資料、グループ討論として実施する 7-Step を用いた事例分析(当事者としての行動設計)の演習で、エンドユーザーをそのペルソナの作成を通して具体的に把握することを明示するようにした(図2)。

3) DT を導入した技術者倫理教育に関する成果発表、および、今後の研究課題の着想：

1) の調査に際しては、本調査に先立って予備的な調査を 2021 年 3 月に行っており、その結果(本調査と同様の結果)と考察を論文にまとめ、中間報告として、国内の学会誌に投稿・採択された(2021 年度)。内容に興味を抱いた国内外の研究者との意見交換を行い、CDIO フレームワークからの検討の必要性、ポジティブ教育・ウェルビーイング教育への展開の可能性などについて、意見交換を行った。

2023 年度には、英国レスター大学から研究者を招聘して「企業倫理と技術者倫理統合の必要性：国連グローバル・コンパクトと持続可能な開発目標の視点から」をテーマに、科学技術倫理セミナーを開催した。グローバル化が急速に進む社会において技術者個人が意思決定をする際に求められる視座に関して、技術者個人のミクロな視座と社会全体を俯瞰するマクロな視座の融合が必要となること、そこで重要になるのが組織レベルからの考察であり、(ミクロ・レベルの)技術者倫理と(組織レベル、すなわちメゾ・レベルの)企業倫理の統合が求められることが指摘され、そのような「融合」「統合」に DT のアプローチが有効である可能性が示された。

さらに、2023 年度には、成果発表として、国内外で開催された国際学会で発表を行った。参加者との意見交換から、「日本の」モノづくり、「日本の」科学技術の考察や、技術者倫理を「リベラルアーツ」として捉えることの意味・意義について有益な知見が得られた。また、それらの知見も取り入れて、放送大学科目「共生のための技術者倫理(24)」の教材作成に協力した(ゲスト講師として、第4回、第9回を、主任講師(法政大学 金光秀和教授)と共に担当)。

これらの活動から、新たな研究課題の着想が得られた。一つは、初年次教育の中で(すなわち、大学での学びの最初期の段階から)技術者を志向した学びの動機づけを促す技術者倫理教育を実現することであり、そのようなプログラムの開発に向けた実証的研究を行うことになった(基盤研究(C)[課題番号:JP24K06219])。

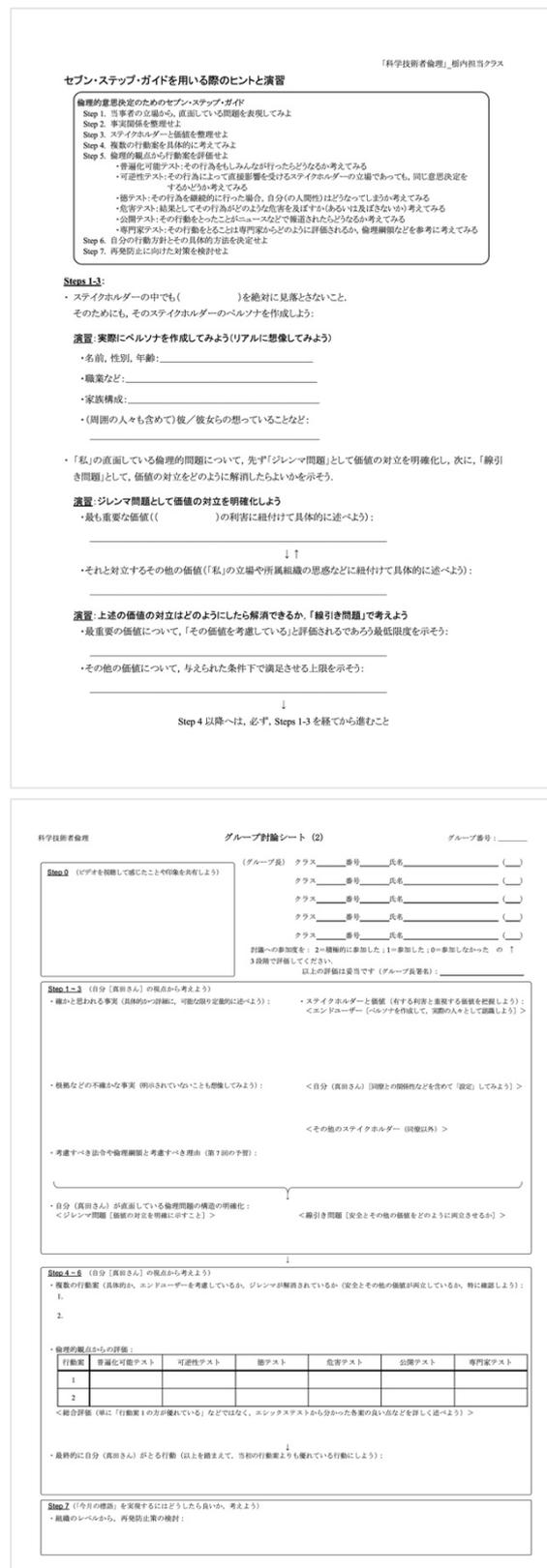


図2 7-Step 解説の補助資料(上)とグループ討論用紙(下)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1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 栃内文彦	4. 巻 69 (5)
2. 論文標題 E-ラーニングシステムを導入した技術者倫理教育：金沢工業大学での10年間の実践	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 工学教育	6. 最初と最後の頁 38-43
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.4307/jsee.69.5_38	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7件（うち招待講演 3件/うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Fumihiko Tochinai
2. 発表標題 Influence of the Local Context on the Adoption of Western Geological Sciences
3. 学会等名 SPT 2023: 23rd Biennial Conference in Tokyo (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Fumihiko Tochinai
2. 発表標題 Science and Engineering Ethics as Liberal Arts in Today's Society
3. 学会等名 World Research and Innovation Convention on Engineering and Technology 2023 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Kenichi Natsume
2. 発表標題 A Picture Book Approach to Developing Learning Materials on Research Ethics
3. 学会等名 5th Asia Pacific Research Integrity Network Meeting 2023 Tokyo (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Fumihiko Tochinai
2. 発表標題 Taking Ethical Approaches to Going Forward to a Net Zero Society
3. 学会等名 Australian Circular Economy Conference (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sarah Junaid, Alison Gwynne-Evans, Helena Kovacs, Johanna Loenggren, Jose Fernando Jimenez Mejia, Kenichi Natsume, Madeline Polmear, Yann Serreau, Corrinne Shaw, Mircea Tobosaru, Diana A Martin
2. 発表標題 What Is the Role of Ethics in Accreditation Documentation from a Global View?
3. 学会等名 European Society for Engineering Education the 50th Annual Conference (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 栃内文彦
2. 発表標題 デザイン思考の枠組みを用いた技術者倫理教育 - 学習者の積極的・能動的学習姿勢の涵養に向けて -
3. 学会等名 日本工学教育協会 2021年度工学教育研究講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 栃内文彦
2. 発表標題 「デザイン思考」を用いたポジティブ教育の可能性：金沢工業大学とマレーシア日本国際工科院における実践の試み
3. 学会等名 日本工学教育協会 2019年度工学教育研究講演会
4. 発表年 2019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	夏目 賢一 (Natsume Kenichi) (70449429)	金沢工業大学・基礎教育部・教授 (33302)	2022年度から研究分担者。

	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 協力者	Wagner - Tsukamoto Sigmund (Wagner-Tsukamoto Sigmund)	レスター大学・准教授	海外研究協力者（英国）
研究 協力者	Balamuralithara Balakrishnan (Balamuralithara Balakrishnan)	スルタン・イドリス教育大学・准教授	海外研究協力者（マレーシア）

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1件

国際研究集会 Science and Engineering Ethics Seminar	開催年 2023年～2023年
--	--------------------

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