

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：33302
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2020～2022
課題番号：20K03186
研究課題名（和文）数・理における科目を超えた共創的学修を基盤とする汎用的学修能力の向上効果の研究

研究課題名（英文）Research on the effect of improving general learning ability based on co-creative learning beyond subjects in mathematics and science

研究代表者
谷口 進一（Taniguchi, Shin-ichi）
金沢工業大学・基礎教育部・教授

研究者番号：50440483
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：数・理における汎用能力を向上させるための学習方略を構築するため、ルーブリックによる調査を行った。特に数学や物理学の能力の内、個別科目に固有の特徴を捨象して汎用能力を測り、汎用技能から汎用能力への転移を観察できるAIの授業での調査により、AIの分析過程を可視化し直感的に捉えるための工夫の中で経験した関数の分析や統計的解釈が汎用能力獲得に有効にはたらい結果が汎用技能からの転移を惹起し、新たな発現を促すことが分かった。また、因子分析による潜在因子から考察すると、汎用能力の自己肯定感の高まりには汎用技能と汎用能力の差異について十分理解し、統合的スキルから転移して認識することが効果的であると分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果は、現代の流動的な社会情勢の中で、学生が柔軟に社会に適応し、活躍していくために必要な「汎用能力」の発現に寄与する潜在因子を分析し、その向上を図る学修方略を考察したものであり、大学教育の社会実装化とともに、学生が現代社会で有意義に生きていく力の涵養に資するという意味で社会に貢献するものである。

また、学術的な意味では、多くの先行研究で得られたジェネリックスキルの分析では、ややもすれば重視されなかった汎用技能と汎用能力の違いを考察し、汎用能力に軸足を移して数・理の分野における共創的な教育を通して、その発現と向上に資する学修方略の構築方法を考察した点に重要性があると考えられる。

研究成果の概要（英文）：In order to construct learning strategies for improving general-purpose abilities in mathematics and science, we conducted a survey using rubrics. In particular, among the abilities of mathematics and science, the characteristics unique to each subject are abstracted to measure general-purpose ability, and the AI analysis process is visualized by surveys in AI classes that can observe the transition from generic skills to general-purpose ability. It was found that the analysis and statistical interpretation of the functions experienced in the ingenuity to grasp intuitively worked effectively for the acquisition of general-purpose abilities, which caused the transfer from generic skills and promoted the emergence of new ones. In addition, considering latent factors by factor analysis, we found that it is effective to fully understand the difference between general skills and general skills and transfer from integrative skills to increase self-affirmation of general skills.

研究分野：教育研究

キーワード：汎用能力 共創的学修 数学 科学 汎用技能

1. 研究開始当初の背景

大学入学生における基礎学力パフォーマンススペクトラムの広がり、また学習意欲、志向性の多様化により、教育学の分野において学問的リテラシーをどのようにして身に着けるか、学修力の深化をどのように図るか、また、ジェネリックスキルをいかに涵養するかが広範に研究されてきた。これらは高等教育における質保証の問題とも大きく関係し、研究が促進される一因ともなっていた。しかし、多くの先行研究の成果にもかかわらず、数学・科学教育の分野においては、特に初等・中等教育により築かれた基礎学力の土台が高等教育に大きく影響を及ぼすため、基礎学力パフォーマンススペクトラムの多様化に対応することは容易ではなかった。

他方、社会情勢の流動化に伴い学生が身に着けるべき能力として、ジェネリックスキルを中心としたコンピテンシーをもとに、更に技能から能力へと軸足を移した「汎用能力」の必要性が高まってきた。

2. 研究の目的

我々は、これまで、クリティカルシンキングの活用や、深い学習の研究をとおして、大学生の数・理の学修力の向上・深化を図る研究を行い、数学・理学の分野で一定の成果をあげてきた。これらの成果を発展させ、特に、単なるジェネリックスキルの技能的側面から軸足を汎用性の能力的側面へとうつし、数・理の分野で共創的学修により汎用能力を向上させ、汎用技能から汎用能力へと転移する過程を解明し、汎用能力促進に関係する潜在因子の抽出とその因子構造を解明する。そして、これらをもとに汎用能力向上に資する学習方略の構築を検討することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

(1)2020年度は、当時の社会環境的状况(コロナ感染拡大)により、教授・学習方略の実践には、かなりの制限が生じていた。そこで、学生が遠隔授業(一部、制限下での対面授業も実施)などを受講している状況で、汎用技能・汎用能力に対してどのような認識(比較対照し、差を認識しているかの知見を含む)を持っているか、また、汎用能力の獲得をどの程度実感しているかを予備的に調査した。

授業における調査内容と対象

調査対象は、K大学の2020年度・初年次生446名であり、後学期期間中(12月第1週)に「数理教育での汎用能力予備調査に関するループリック」を用いて行った。調査対象者の平均年齢は 18.9 ± 0.5 歳(調査時)であった。ループリックは「要素1:ジェネリックスキル:汎用技能への関心度」、「要素2:汎用能力に関する関心度」、「要素3:汎用能力の取得現状」、「要素4:汎用技能と能力の比較」の4つの要素で構成されており、スケールは到達度の低いほうから順に1~4とした。

全学必修科目「AI基礎」での「汎用能力」調査

調査対象は、(1)と同じK大学の2020年度・初年次生のうち、AI基礎受講者の一部442名であり、後学期期間中(12月第3週)に「AI基礎」での汎用能力調査に関するループリック」を用いて行った。調査対象者の平均年齢は 18.9 ± 0.5 歳(調査時)であった。

ループリックは「要素1:AI基礎における汎用技能への関心度」、「要素2:AI基礎における汎用能力に関する関心度」、「要素3:AI基礎での汎用能力の取得現状」の3つの要素で構成されており、スケールは到達度の低いほうから順に1~4とした。

なお、本来、数・理の汎用能力に対する調査を、実技的な要素もかなり含む「AI基礎」の授業に対して行ったのは、次のような理由による。

- i)AI基礎の画像認識(特に授業で用いた数字認識)や、自然言語処理では、単に、AIの技術的側面だけでなく、関数の収束形態、統計的判断など、数理能力が汎用的に必要な要素がふんだんに盛り込まれている。
- ii)AIの操作には汎用技能的側面(データ処理パソコン操作など)から、アウトプットの分析理解による汎用能力の獲得に移行する転移の過程が体験として認識できる効果があると予想された。

(2)2021年度は、学生が当時の遠隔・対面を交えたハイフレックス授業を受講している状況で、汎用技能・汎用能力に対してどのような認識(比較対照し、差を認識しているかの知見を含む)を持っているか、また、汎用能力の獲得状況に関する自己効力感は、どの程度実感的にたかまっているかを調査した。

i)数理教育一般に対する汎用能力の調査

調査対象は、K大学の2021年度・初年次、2年次生511名であり、前学期期間中(7月最終週)bに「数理教育での「汎用能力」への関心・取得調査に関するループリック」を用いて行った。ループリックは「要素1:ジェネリックスキル:汎用技能への関心・取得」、「要素2:汎用能力に関する関心・取得」、「要素3:汎用能力の取得現状」、「要素4:汎用技能と能力の比較」の4つの要素で構成されている。スケールは到達度の低いほうから順に1~4とした。調査対

象科目は数学，物理，化学，確率・統計である。

(3) 2022 年度は、数理の汎用能力を深化させるためには、どのような因子が働いているかを調査するため、質問紙法によるアンケートを行い、探索的因子分析による分析を行った。さらに、探索的因子分析で求めた因子構造が妥当なものかを確認するため、共分散構造分析を用いた検証的因子分析を行い、モデルの妥当性について検討した。

・調査内容と対象

調査対象は、K 大学の 2022 年度・初年次生であり、後学期・期間中(12 月第 1～2 週)に質問紙法を用いて行った。調査対象者の平均年齢は 19.2 ± 0.5 歳(調査時)であった。

質問紙の設定は、まず概念妥当性を確保するために、平山・楠見(2004)¹⁾により構成された包括的な「批判的思考態度尺度」のうち、検証的因子分析において批判的思考態度モデルとして高い適合度が確認された観測変数 18 項目のうち、数理の汎用能力と関連性が高いと思われる「論理的思考への自覚」に関わる 2 項目、「探求心」に関わる 2 項目を選出した。これに汎用能力に関わると考えられる内容の設定を新たに加え、(汎用能力に関する尺度の先行研究は見受けられなかったため、新規項目の設定を行った)32 項目を設定した。評価は、6 件法(1.全く当てはまらない～6.よくあてはまる)を用いた。

4. 研究成果

(1)2020 年度における調査結果のヒストグラム、各要素の平均を図 1～4 に示す。

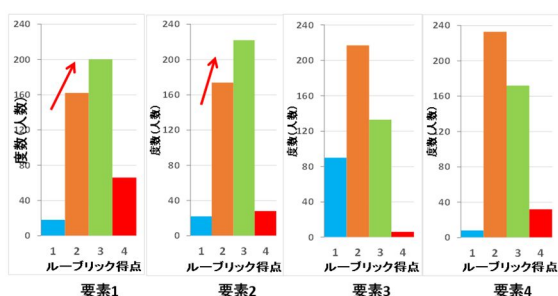


図 1 数理科目におけるルーブリックによる調査の自己評価のヒストグラム

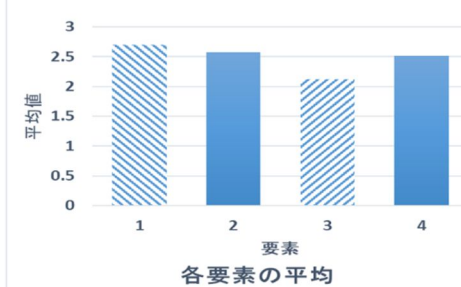


図 2 数・理科目におけるルーブリックによる自己評価得点の各要素における平均値(順次尺度のため概略の目安)

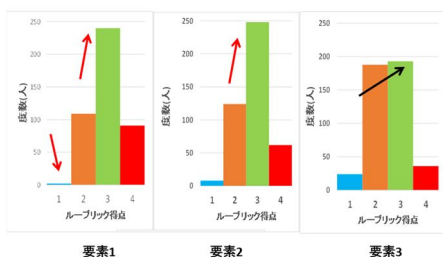


図 3 AI 基礎におけるルーブリックによる調査の

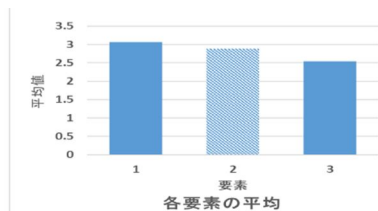


図 4 AI 基礎におけるルーブリックによる自己評価得点の各要素における平均値

AI 基礎の授業における汎用技能、汎用能力に関する関心は、高く表れた。また、汎用能力の獲得状況に関する自己効力感も強く表れた。良い点に注目すると、AI 基礎のなかでも重視した AI の分析過程を可視化し、直感的に捉えるための工夫の中で経験した、関数の分析や統計的解釈が能力獲得に有効にはたらいた結果が発現したものと考えられる。しかし、数理科目におけるルーブリックの調査からもわかる通り、学生は、現時点では、「汎用技能」と「汎用能力」の内容や差異を十分理解しておらず、実技的な側面の達成感から、汎用能力の獲得を誤解し、自己効力感が上昇した可能性も十分に考えられる。

数理における汎用的学修能力を向上させるためには、まず、汎用技能と汎用能力の内容と差異について理解を十分向上させる方略の構築が必要となる。その際、留意すべき点として、両者の境界が不明瞭な点が多く、また、技能から能力への転移、また、その逆の転換も起きうることで、したがって、汎用技能の習得も必要であり、軸足をどちらに据えるかの違いであることが重要である。そして、AI 基礎の授業調査結果からも判明した通り、一教科のみで汎用能力を向上させることを考えるのではなく、数理のなかの多科目の効果を利用すること。さらに、数理のカテゴリーを超えた、カテゴリーとファンクター的な教授・学習方略の構築・実施が重要である。

(2) 2021 年度における調査結果のヒストグラム、各要素の平均を図 5～9 に示す。

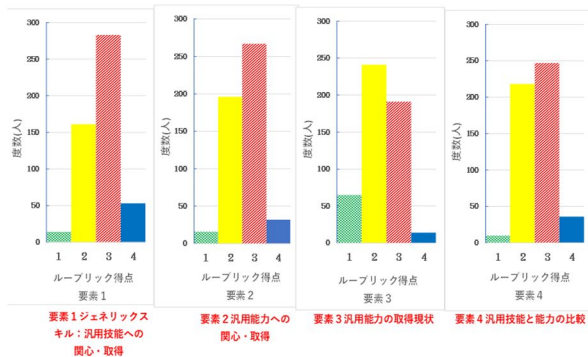


図5 数理科目におけるループリックによる調査の自己評定のヒストグラム

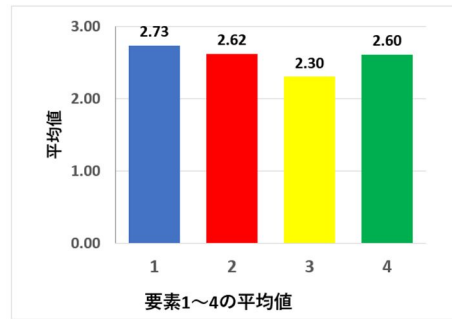


図6 数・理科目におけるループリックによる自己評定得点の各要素における平均値 (順次尺度のため概略の目安)

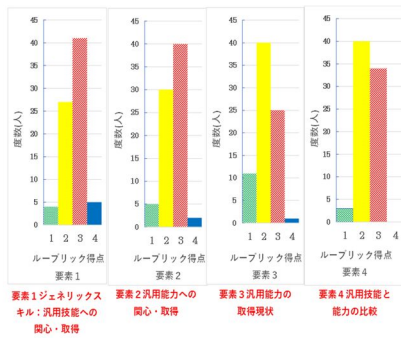


図7 AI基礎におけるループリックによる調査の自己評定のヒストグラム (グループ)

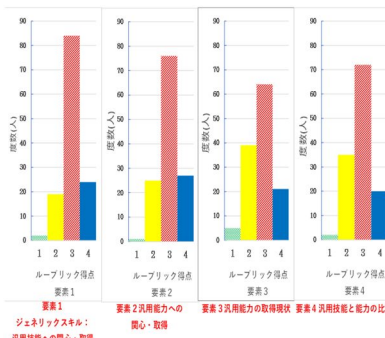


図8 AI基礎におけるループリックによる調査の自己評定のヒストグラム

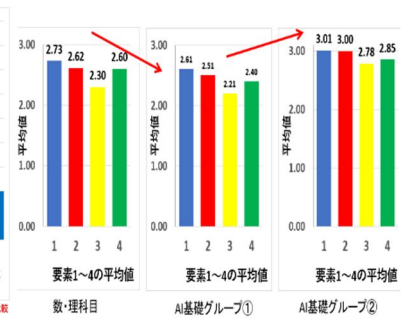


図9 数・理科目, AI基礎グループ, におけるループリックによる自己評定得点の各要素における平均値の比較

2021年度の数理の汎用能力に関するループリックでの調査結果から、次のようなことが考えられる。図5,6から、まず、ヒストグラムから見て昨年度の調査結果と同様、要素1,2など汎用技能、汎用能力に対する関心はかなりあると思われる。(しかし、格段に高いというわけではない)次に要素3,4の状況からみて、汎用能力獲得の自己効力感は、あまり高くはない。また、相関係数による分析から汎用技能と汎用能力の比較が十分になされていない学生は、獲得効力感が低くなった可能性が高い。教授・学習方略では汎用能力獲得の前提条件として、汎用技能：ジェネリックスキルと汎用能力の内容や差異について十分理解できるような説明・解説を授業の中に挿入していく必要があることは昨年度の調査結果と同断であるが、現状ハイフレックス授業では十分な手法を確立できていない。

また、図7,8,9から、AI基礎の授業における汎用技能、汎用能力に関する関心は、グループにおいて高く表れた。また、汎用技能と能力の比較に対する自己評価が高く、汎用能力の獲得状況に関する自己効力感も強く表れた。両者の相関も有意に強いことが判明した。他方、グループでは自己効力感が低く、一般の数・理科目と比較しても自己効力感が低く現れた。AI基礎のなかでも重視したAIの分析過程を可視化し、直感的に捉えるための工夫の中で経験した、関数の分析や統計的解釈が汎用能力獲得に有効にはたらいた結果が汎用技能からの転移を惹起し、新たな発見を促したと考えることができる。数・理科目, AI基礎グループ, におけるループリックの調査結果、相関係数の値から、学生が、「汎用技能」と「汎用能力」の内容や差異を十分理解して授業に臨む場合、汎用能力の獲得に対する自己効力感が上昇する可能性が示唆される。

(3)2022年度は汎用能力に関わる潜在因子の抽出を行った。因子分析の方法は次のとおりである。

調査対象約850名の結果の内、不備の無い有効回答798名のデータに関して、各設問項目(観測変数)のヒストグラムを尖度と歪度を考慮し観察したところ、すべてが概ね正規分布で近似可能な形状を呈していた。また、天井効果、フロア効果を確認したところ、該当する項目は認められなかったため、全体として分布の著しい偏りのない項目群が構成されたと判断した。

そこで全体の32項目について、主因子法による探索的因子分析を行った。潜在因子数は、固有値の減衰状態を表わすスクリープロット及び解釈可能性をもとに判断し、5因子(要旨より修正)とした。次に因子負荷量の基準を0.35以上としてプロマックス回転を行い得られた因子負荷量のパターン行列から最終的な5つの潜在因子(F1~F5)を決定した。因子負荷量が0.35に満たない8項目は削除し、24項目からなる設問(観測変数)で因子構成を行った。

因子分析の結果を示すパターン行列を因子名(F1~F5)と因子の内部整合性を評価する係数とともに、表1に示す。また、この因子構造が妥当なものかどうかを確認するため、共分散構造分析による検証的因子分析を行った。その結果を図10に示す。

表 1 因子分析結果を表すパターン行列

観測変数	F1	F2	F3	F4	F5
Q10	0.795	0.155	-0.183	-0.107	-0.061
Q13	0.719	-0.079	0.089	0.057	0.021
Q12	0.685	0.035	0.027	0.052	-0.067
Q29	0.655	0.021	-0.097	0.201	0.078
Q9	0.635	-0.073	0.070	0.028	0.007
Q16	0.636	-0.075	0.232	-0.016	0.053
Q24	0.624	-0.051	-0.073	0.224	0.042
Q11	0.617	0.028	0.210	-0.144	-0.096
Q31(-)	0.454	-0.053	-0.019	-0.173	0.375
Q31	0.444	0.135	0.221	-0.046	-0.087
Q5	0.081	0.711	-0.034	-0.044	0.016
Q26	-0.003	0.670	0.068	-0.012	-0.001
Q1	-0.047	0.696	0.120	0.027	0.076
Q32	-0.191	0.641	0.107	0.067	-0.028
Q3	0.215	0.549	-0.209	0.043	-0.022
Q18	0.090	-0.032	0.637	0.065	-0.004
Q17	0.123	0.038	0.549	0.007	0.005
Q15	0.080	0.074	0.541	-0.014	0.042
Q21	-0.007	0.070	-0.008	0.649	0.102
Q20	0.088	-0.040	0.087	0.509	-0.047
Q23	0.057	0.032	-0.015	0.417	-0.163
Q6(-)	-0.044	0.044	0.067	0.118	0.716
Q2(-)	0.013	-0.037	0.002	-0.032	0.597
Q19(-)	-0.103	0.081	-0.068	-0.138	0.378

F1: 能力の汎用性の必要性の自覚
α=0.884

α係数の値が低い、観測変数が少なく境界値である0.5を切っていないので、内部整合性に問題はないと考える。

F2: 論理的・俯瞰的思考の自覚
α=0.786

F3: 多様な考え方への関心
α=0.708

F4: 能力展開の要求
α=0.574

F5: 能力偏向への警戒
α=0.548

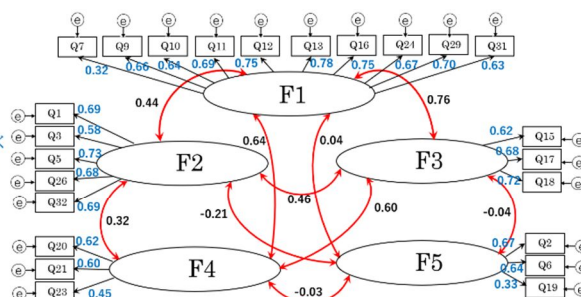


図 10 共分散構造分析による検証的因子分析のパス図(簡単のため各誤差関数の番号は省略した)

適合度指標をみると、GFI 0.901 で当てはまりは良く、AGFI 0.877 はやや低く、CFI 0.883 は理想とされる 0.95 以上から見るとかなり低い。RMSEA 0.063 は 0.1 を超えてはいないものの、0.05 以下ではなく、当てはまりが極めて良いとも言えないグレーゾーンである。原因は F1 に属する観測変数が、多くなりすぎたためであると考えられる。ここで 4 つの指標を総合的に判断すると、GFI がよく、RMSEA も 0.05 以下ではないものの、かなり小さい値であるので、モデルは許容可能な範囲に属すると判断した。

許容可能な因子構造が定まったので、これを尺度としてとらえ、今回の調査における尺度評定平均値を算出した。(図 11)6 件法であることを考慮すると、F2(論理的・俯瞰的思考の自覚)がやや低い。論理的思考や俯瞰的思考は重要性を認識していても、これを、初年次で自身が獲得していると肯定的にとらえるのは難しいと考えられる。他の因子は比較的肯定的である。

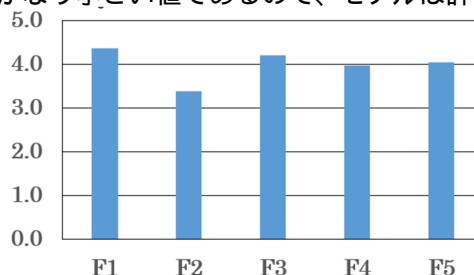


図 11 尺度評定平均

2020 度、2021 度とも AI 基礎の授業における汎用技能、汎用能力に関する関心は、高く表れた。また、汎用技能と能力の比較に対する自己評価が高く、汎用能力の獲得状況に関する自己効力感も強く表れた。両者の相関も有意に強いことが判明した。

・AI 基礎のなかでも重視した AI の分析過程を可視化し、直感的に捉えるための工夫の中で経験した、関数の分析や統計的解釈が汎用能力獲得に有効にはたらいた結果が汎用技能からの転移を惹起し、新たな発見を促したと考えることができる。(これは 2022 度データサイエンス科目でも同様)

・数・理科目、AI 基礎グループにおけるルーブリックの調査結果、相関係数の値から、学生が、「汎用技能」と「汎用能力」の内容や差異を十分理解して授業に臨む場合、汎用能力の獲得に対する自己効力感が上昇する可能性が示唆される。

これらは、今回調査した汎用能力に関する潜在因子の構成と関連性が高い。

これまでのルーブリック調査結果と今回判明した潜在因子の関連性について、更に検討すると、汎用能力の自己肯定感の高まりには汎用技能と汎用能力の差異について十分理解することが前提である。このことは、F1 から F5 における因子の観測変数の内容・構成と整合的である。

すなわち、各因子は、汎用能力の特性と必要性をとらえており、これらが十分自覚されれば、汎用能力の獲得につながる。他方、因子 F2(論理的・俯瞰的思考の自覚)の評定平均値が初年次でやや低いことは、この前提を超えても、能力そのものの獲得の準備態勢にはつながるが、論理的思考や俯瞰的思考など高度な思考能力を涵養しなければ、十分な汎用能力の獲得に至らないことが示唆される。また、これまでのルーブリック調査と今回の潜在因子に係る調査結果を合わせて考えるならば、汎用能力の特性を AI やデータサイエンスなどのような具体的・統合的スキルから転移して、認識することが効果的であると考えられる。

(4)総括

本研究の調査・分析結果を総括すると、汎用能力の効果的な取得には、汎用技能と汎用能力の違いを十分認識して学修をおこなうことが必要であり、そのためには、AI の学習のような数・理の多教科が共創的に学べ、かつ、技能から能力への転移を実習を通して学生が実感できる科目が効果的であることが分かった。この点を考慮し、学修方略の構築を考える必要性がある。

<引用文献>

1) 平山るみ、他「批判的思考態度が結論導出プロセスに及ぼす影響」教育心理学研究,52(2):186-198.(2004)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 谷口進一, 山岡英孝, 西岡圭太, 堀 晴菜
2. 発表標題 共創的学修を基盤とする数理・AI学習の汎用性能力の取得状況について
3. 学会等名 第28回 大学教育研究フォーラム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 谷口進一, 山岡英孝, 西岡圭太, 堀 晴菜
2. 発表標題 共創的学修を基にした汎用性学修力の特徴について
3. 学会等名 第27回 大学教育研究フォーラム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 谷口進一, 山岡英孝, 西岡圭太, 堀 晴菜
2. 発表標題 数理・データサイエンス・AI学習における汎用性能力調査結果の分析
3. 学会等名 第29回 大学教育研究フォーラム
4. 発表年 2023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	山岡 英孝 (Yamaoka Hidetaka) (10443045)	金沢工業大学・基礎教育部・教授 (33302)	

6. 研究組織（つづき）

	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	西岡 圭太 (Nishioka Keita) (10748734)	金沢工業大学・基礎教育部・准教授 (33302)	
研究分担者	木村 竜也 (Kimura Tatsuya) (20410293)	金沢工業大学・基礎教育部・准教授 (33302)	
研究分担者	堀 晴菜 (Hori Haruna) (20838213)	金沢工業大学・基礎教育部・講師 (33302)	
研究分担者	高 香滋 (Taka Kouzi) (90175422)	金沢工業大学・基礎教育部・准教授 (33302)	

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