

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 12 日現在

機関番号：16102

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2020～2023

課題番号：20K03230

研究課題名（和文）次世代科学・技術者の才能育成プログラムの実証的評価に関する研究

研究課題名（英文）Study on practical evaluation of the ability raising program for the future scientists and engineers.

研究代表者

早藤 幸隆（HAYAFUJI, YUKITAKA）

鳴門教育大学・大学院学校教育研究科・教授

研究者番号：40325303

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,000,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は、問いの資質能力を重視した幅広い科学技術分野の専門研究の探究活動を取入れた二段階で構成されるプログラムを開発し、選抜した理数・技術(情報)領域に一定水準以上の意欲と才能を有する中学生（小学5,6年生を含む）を対象に、自ら考え、手を動かし、広い視野から探究し、成果を伝えるコミュニケーション能力を育み、次世代の科学・技術者の育成につながる個に応じた体系的な才能育成プログラムとして実施した。目標水準に準ずるルーブリックを定めた受講生評価シートを用いて、才能育成プログラムにおける受講生評価を検証した結果、受講生の総合判定のロジックは、妥当性を有するものと実証的に評価された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は、学校、教育委員会、地域の関係機関と連携して、幅広い科学技術分野の専門研究の探究活動を取入れた二段階で構成される才能育成プログラムを開発した。選抜した理数・技術(情報)領域に一定水準以上の意欲と才能を有する中学生（小学5,6年生を含む）を対象に、次世代の科学・技術者の育成につながる個に応じた体系的な才能育成プログラムとして実施した。才能育成プログラムにおける受講生評価を検証した結果、受講生の総合判定のロジックは、統計的に妥当性を有するものと実証的に評価された。産学官民の連携による育成環境を活かして、科学技術系人材の育成が継続的に推進可能な汎用性を有する才能育成システムを構築した。

研究成果の概要（英文）：In this study, a two-stage program was developed that incorporates inquiry activities from specialized research in a wide range of science and technology fields, emphasizing the qualities and abilities of inquiry. This program was implemented as a systematic talent development program tailored to individuals, targeting middle school students (including fifth and sixth graders) who demonstrate a certain level of motivation and talent in the fields of science, mathematics, and technology (information). It aimed to cultivate the next generation of scientists and engineers by fostering the ability to think independently, engaged in hands-on activities, explored from a broad perspective, and developed communication skills to convey their findings. Using an evaluation sheet with a rubric aligned with target standards, the evaluation of students in the talent development program was verified. The results empirically demonstrated that the logic of the overall evaluation of students was valid.

研究分野：科学教育

キーワード：才能育成プログラム 資質・能力の伸長 探究活動

1. 研究開始当初の背景

これまでの研究の取組みとして、学習者の“知的好奇心を深め科学・技術的な思考力や科学技術力を育てる教育”の視点から、理数・技術科における教育力を備えた教師教育、小・中学校の接続はもとより高等学校までの系統性と構造化を目指し、教育現場における「教える教育」から「学ぶ教育」への転換を図り、“探る・究める・発見する”「問いの」資質能力を重視したモデル科学実験教材の開発と実践的検証を推進し、地域の科学・技術教育実践環境の構築に貢献しつつあるが、教育現場における実践的な継続性の点で、残念ながら目標は十分に達成されておらず、更なる研究を推進している。特に、理数・技術領域に強い意欲と高い才能を有する児童・生徒に、その能力に応じたプログラムを体系的・継続的に提供するためには、安定した運用が可能となる環境作りが必要である。指導者となる人材育成も含めて、関係機関が連携し、高い才能を有する児童・生徒の能力を見出し、伸ばさせるための取組みを地域全体で支える仕組みの構築と開発した科学・技術実験教材を効果的に教育現場で継続的に活用できる環境を構築することが求められている。

2. 研究の目的

徳島県内の高等教育機関と共に、教育委員会と協同しながら、科学・技術分野の関連機関や地域の教育機関と連携して、理数・技術(情報)領域に意欲と才能を有する小学校5・6年生及び中学生を対象に、問いの資質能力(“探る・究める・発見する”)を重視した幅広い科学技術分野の専門研究における探究活動を取入れた才能育成プログラムを実施することで、自ら考え、手を動かし、広い視野から探究し、成果を伝えるコミュニケーション能力を育み次世代の科学・技術者となるジュニアドクターの発掘・養成につながる才能育成プログラムの実証的評価を目的とした。また、人材・組織も含め限られた地域の教育資源を効率良く活用し、地域社会全体で理数・技術領域に意欲と才能を持つ児童・生徒に対して、個に応じた体系的な才能育成プログラムを継続的に実施するシステムの構築を目的とした。

3. 研究の方法

(1) 受講生の募集と一次選抜

理数・技術(情報)領域に一定水準以上の意欲と才能が見込まれる小学校5・6年生及び中学生を広く集めるため、教育委員会、小中学校理数・技術科教員、地域の教育機関との連携を重視し、児童・生徒の意欲・能力の発掘に努めた。一次選抜では、受講申込書における書類審査に加えて、個人面接を実施し、評価基準を定めて定量的評価を行った。また、定量的評価に加えて、伸長力のある児童・生徒の資質・能力も考慮に入れるため、面接の評価結果を踏まえて、企画委員会委員の合議により、総合的選抜を行った。

(2) 見出した意欲・能力を伸ばさせる個に応じた才能育成プログラムの企画・構成

本プログラムは、大学と教育委員会が協同しながら、地域の学校・大学教員、科学・技術分野の関連機関及び専門家と連携して、問いの資質能力(“探る・究める・発見する”)を重視した幅広い科学技術分野の専門研究の探究活動を取入れた二段階で構成される才能育成プログラムを実施した。

第一段階教育プログラムでは、科学・技術者としての研究基礎要素に重点を置いた知的好奇心、社会的独創性、社会的内省性、基礎学力、対話力の5つの資質・能力の育成を目指した。

第一段階教育プログラム(研究基礎コース(一斉指導): 共通科目(10回)の研究基礎講義(1回: 90分×2とテスト50分)と専門科目(10回)の研究基礎実験・実習・演習(1回: 180分とテスト50分)は、県内の高等教育機関の教員が主として担当し、幅広い分野をカバーした。

(3) 二次選抜と第二段階教育プログラム

研究基礎コースにおける評価及び個人面接を実施し、評価基準を定めて定量的評価を行った。企画委員会における合議を経て、ジュニアドクター発掘・養成講座運営委員会により、二次選抜者を決定した。二次選抜者は、研究基礎コースの専門科目担当教員を中心に受け入れ、第二段階教育プログラムにおいて、希望する研究分野の指導教員と面接および研究室マッチングを実施した。第二段階教育プログラムにおけるテーマの設定と方法は、受講生の興味・関心の高い課題を重視すると共に、実施期間内に実現可能性があり、社会的・学問的に意義があるテーマを研究室マッチングにおいて受講生と面接し、決定した。指導内容は、原則として研究指導教員の専門領域に従い、実証的な研究を奨励した。また、指導方法は、デ



ディスカッションを通してやる気を引出すと共に、児童・生徒の思考段階を導出しながら、主体性の確保に努めた。尚、二次選抜者以外は、「サイエンスクラブ in 徳島」がフォローアップし、修了後も長期的な支援体制の基に追跡調査を継続した。

(4) 児童・生徒の資質・能力の伸長における実証的評価

評価システムによる個々の児童・生徒の評価と学習科目の活動の定義などを入力し、学習成果の到達度を可視化するポートフォリオシステムを構築した。到達度のグラフをレーダーチャートで可視化し、各受講生にフィードバックした。児童・生徒は、自身の到達度グラフを確認し、自己評価を行い、担当教員がコメントをつけた後に返却した。このポートフォリオシステムをスパイラルに展開し、受講生の「気づき 努力 自信 意欲」を引き出し、資質・能力の向上に努めると共に、資質・能力の伸長を統計分析により実証的評価へと繋げ、本研究の成果の実証を目指した。

4. 研究成果

(1) 受講生の選抜の成果

教育委員会、小中学校の理数科教員、地域の関係機関・団体の協力の下、効果的な募集・選抜方法を計画・実施し、第1期受講生35名、第2期受講生40名、第3期受講生46名を選抜した。

(2) 才能育成プログラムの構築

第一段階教育プログラムの開設講座（令和2～4年度の実施内容）

第一段階教育プログラムは、受講生が幅広い自然科学に関する知識を身につけ、自分にあった自然科学の分野・領域を見つける事が出来る共通科目（化学・地学・物理学・生物学・生命科学・数学（算数）・情報学・運動生理学・生理学の基礎：10回）及び専門科目（化学領域・地学領域・生物学領域・基礎生物学領域・生命科学領域・技術学領域・基礎科学領域・数学（算数）領域・情報学領域・医学領域：10回）を実施した。

第二段階教育プログラム（研究応用コース）の開設講座（令和3～5年度の実施内容）

ジュニアドクター発掘・養成講座運営委員会による審議により、第1期受講生13名、第2期受講生17名、第3期受講生18名を第二段階教育プログラムの選抜者とし、研究応用コースとして実施した。以下に研究課題を示す。

銅-亜鉛系ボルタ型電池の電流-電圧特性 - 電解質溶液による違い -、カテコール関連化合物の抗酸化活性評価に関する研究、フラボノイド化合物の二成分共存下における抗酸化活性評価に関する研究、クマリン化合物の蛍光特性に関する研究、インジルピンの還元的カップリング合成、GFP発色団モデル化合物の合成と蛍光特性に関する研究、インジルピン誘導体の選択的合成、ヒドロキシ置換クマリン関連化合物における抗酸化活性、イソインジゴ誘導体の合成に関する研究、4',4''-ジアセチル-*o*-クレゾールフタレインのアルカリ加水分解反応における速度論的解析、アルテミシニン関連化合物の抗マラリア活性評価に関する研究、クロスカップリング反応によるインジルピン誘導体の合成、プラナリアの記憶の研究、プラナリアの再生の研究、ミジンコの生殖方法の研究、さいころの目の出方、2次曲線の焦点の特徴、リモート紙相撲システムの構築など

第二段階教育プログラム（研究応用コース）における研究成果発表会の実施

研究指導教員・メンター学生・運営委員会委員及び保護者の参加による研究成果発表会を実施した。

(3) 受講生の主要な成果と実績

第66回日本学生科学賞 徳島県最優秀賞（知事賞）2件・優秀賞（県教育長賞）1件、2022年日本化学会中国四国支部大会（広島大会）の優秀発表賞第1位、第67回日本学生科学賞中央最終審査（高校の部）内閣総理大臣賞、（中学校の部）環境大臣賞、ISEF（国際学生科学技術フェア）2024の日本代表2件、第67回日本学生科学賞徳島県審査 高校の部最優秀賞（知事賞）1件、中学校の部最優秀賞（知事賞）2件、優秀賞（県教育長賞）1件、徳島県科学技術大賞（こども科学者部門）3年連続受賞、徳島県SSH生徒研究発表会口頭発表の部 優秀発表賞 2件、2023年日本化学会中国四国支部大会（山口大会）の優秀発表賞

(4) 地域の教育連携システムの構築

効果的な実施体制の構築を目指して、教育委員会、大学教員、学校教員及び地域の関係機関や科学者・技術者等の専門家から構成されるジュニアドクター発掘・養成講座運営委員会を設立した。



(5) 才能育成プログラムにおける実証的評価

第一段階教育プログラムにおける受講生の評価は、能力・資質における知的好奇心、社会的独創性、社会的内省性、基礎学力、対話力に対して、目標水準に準ずるルーブリックを定めた受講生評価シートを開発した。また、全受講生に対して、3課題6項目「潜在的能力(集中度・忍耐力、知的好奇心・意欲の高さ、論理的思考力、科学・技術的知識)、専門的能力(科学・技術的思考力・表現力)、創造的能力(科学・技術的直観力の程度)」を評価項目とする受講生の意欲・能力の伸長に関する評価シートを開発すると共に、定量的な評価を継続的に全講座で実施し、受講生の意欲・能力の伸長の度合いを調査した。受講生の評価は、受講開始時(選抜時)・中間時・終了時のタイミングで実施すると共に、受講生評価シートに基づき、評価の下位項目並びに受講生の意欲・能力の評価シート、ポートフォリオ評価(テスト・レポート等)を評価材料として、上位項目の評価に繋げた。また、実施担当者・メンターによる複数の評価体制で評価における妥当性を目指した。第1期～第3期受講生の能力・資質及び意欲・能力の評価は、以下の通りである。

第1期受講生の意欲・能力における評価

評価の タイミング	潜在的能力			専門的能力		創造的能力	全体 平均値
	集中度	論理的思考力	科学的・技術的 知識の程度	科学的・技術的 思考力	科学的・技術的 表現力の程度	科学的・技術的 直観力の程度	
	忍耐力					独創性	
	知的好奇心						
意欲の高さ							
事前評価	3.00	3.00	2.97	3.00	3.09	2.80	2.98
中間評価	3.31	3.20	3.20	3.34	3.29	3.06	3.23
最終評価	3.71	3.46	3.43	3.66	3.54	3.23	3.51

第2期受講生の意欲・能力における評価

評価の タイミング	潜在的能力			専門的能力		創造的能力	全体 平均値
	集中度	論理的思考力	科学的・技術的 知識の程度	科学的・技術的 思考力	科学的・技術的 表現力の程度	科学的・技術的 直観力の程度	
	忍耐力					独創性	
	知的好奇心						
意欲の高さ							
事前評価	3.18	3.00	2.90	2.93	2.98	2.88	2.98
中間評価	3.45	3.30	3.33	3.20	3.18	3.23	3.28
最終評価	3.85	3.55	3.65	3.43	3.38	3.48	3.55

第3期受講生の意欲・能力における評価

評価の タイミング	潜在的能力			専門的能力		創造的能力	全体 平均値
	集中度	論理的思考力	科学的・技術的 知識の程度	科学的・技術的 思考力	科学的・技術的 表現力の程度	科学的・技術的 直観力の程度	
	忍耐力					独創性	
	知的好奇心						
意欲の高さ							
事前評価	3.22	2.93	2.98	3.04	2.91	2.93	3.00
中間評価	3.96	3.22	3.29	3.47	3.24	3.11	3.38
最終評価	4.22	3.78	3.98	3.64	3.62	3.31	3.76

第1期受講生の能力・資質の評価

受講生番号	知的好奇心	社会的内省性	基礎学力	対話力	社会的独創性	合計値
1	4	3	3	3	3	16
2	5	4	4	4	3	20
3	4	3	3	3	3	16
4	4	4	4	4	3	19
5	4	4	3	4	3	18
6	4	4	3	4	3	18
7	5	4	4	4	3	20
8	3	3	3	3	3	15
9	5	4	4	3	3	19
10	4	3	3	3	3	16
11	4	4	3	3	3	17
12	5	4	4	4	3	20
13	5	4	4	4	3	20
14	5	4	4	4	3	20
15	5	4	4	3	3	19
16	4	4	3	3	3	17
17	4	4	4	3	3	18
18	4	3	3	3	3	16
19	4	4	3	4	3	18
20	4	3	3	3	3	16
21	4	4	4	3	3	18
22	4	3	3	3	3	16
23	4	3	3	3	3	16
24	4	4	4	4	3	19
25	4	3	3	3	2	16
26	4	4	4	4	3	19
27	4	3	3	3	2	15
28	4	3	3	3	3	16
29	4	3	3	3	3	16
30	4	3	3	3	3	16
31	4	3	3	3	3	16
32	4	3	3	3	3	16
33	4	3	3	3	3	16
34	4	3	3	3	4	17
35	4	3	3	3	3	16

第2期受講生の能力・資質の評価

受講生番号	知的好奇心	社会的内省性	基礎学力	対話力	社会的独創性	合計値
1	3	3	3	3	3	15
2	3	3	3	3	3	15
3	4	4	3	3	4	18
4	4	3	3	4	4	18
5	3	3	3	3	3	15
6	3	3	3	3	3	15
7	4	4	5	4	4	20
8	4	4	3	4	4	19
9	4	3	3	3	3	16
10	3	3	3	3	3	15
11	5	5	5	4	5	24
12	4	4	5	4	4	20
13	4	3	3	3	3	16
14	3	3	3	3	3	15
15	3	3	3	3	3	15
16	4	4	5	4	4	20
17	3	3	3	3	3	15
18	4	4	5	4	4	20
19	3	3	3	3	3	15
20	4	4	5	4	4	20
21	3	3	3	3	3	15
22	3	3	3	3	3	15
23	3	3	3	3	3	15
24	3	3	3	3	3	15
25	4	4	4	4	4	20
26	3	3	3	3	3	15
27	5	4	5	4	4	21
28	3	3	3	3	3	15
29	4	4	5	4	5	21
30	3	3	3	3	3	15
31	4	4	5	4	4	20
32	3	3	3	3	3	15
33	4	4	4	4	4	20
34	3	3	3	3	3	15
35	4	4	5	4	4	20
36	3	3	3	3	3	15
37	3	3	3	3	3	15
38	3	3	3	3	3	15
39	3	3	3	3	3	15
40	4	4	5	4	4	20

第3期受講生の能力・資質の評価

受講生番号	知的好奇心	社会的内省性	基礎学力	対話力	社会的独創性	合計値
1	3	3	3	3	3	15
2	3	3	3	3	3	15
3	4	4	5	4	4	20
4	4	4	5	4	4	20
5	4	4	5	4	4	20
6	3	3	3	3	3	15
7	3	3	3	3	3	15
8	3	3	3	3	3	15
9	3	3	3	3	3	15
10	3	3	3	3	3	15
11	3	3	3	3	3	15
12	3	3	3	3	3	15
13	3	3	3	3	3	15
14	3	3	3	3	3	15
15	3	3	3	3	3	15
16	3	3	3	3	3	15
17	3	3	3	3	3	15
18	3	3	3	3	3	15
19	3	3	3	3	3	15
20	3	3	3	3	3	15
21	3	3	3	3	3	15
22	3	3	3	3	3	15
23	3	3	3	3	3	15
24	3	3	3	3	3	15
25	3	3	3	3	3	15
26	3	3	3	3	3	15
27	3	3	3	3	3	15
28	3	3	3	3	3	15
29	3	3	3	3	3	15
30	3	3	3	3	3	15
31	3	3	3	3	3	15
32	3	3	3	3	3	15
33	3	3	3	3	3	15
34	3	3	3	3	3	15
35	3	3	3	3	3	15
36	3	3	3	3	3	15
37	3	3	3	3	3	15
38	3	3	3	3	3	15
39	3	3	3	3	3	15
40	3	3	3	3	3	15

第一段階プログラムにおける意欲・能力に関する評価は、一元配置分散分析において、全ての評価項目で統計的に有意に上昇している事が確認された。また、研究基礎コースの共通科目(講義)から専門科目(実験・実習・演習)に向けて、潜在的能力における集中度・忍耐力、知的好奇心・意欲の高さの評価が次第に上昇している事が確認された。専門的能力の「科学・技術的思考力」の評価も上昇している事が確認された。創造的能力(独創性)においては、専門科目において徐々に評価が上昇している事も確認された。

第一段階プログラムにおける能力・資質に関する評価は、全ての評価項目において、評価が上昇している事が確認されると共に、知的好奇心、基礎学力、対話力、社会的独創性の評価項目が高い評価値を示した。また、受講開始時（事前）・中間時・終了時（最終）における全ての評価項目で一元配置分散分析において統計的に有意に上昇している事が確認された。

第一段階プログラムにおける意欲・能力及び能力・資質に関する評価を基にしながら、受講生の自己評価、研究基礎コース（共通科目・専門科目）における受講生の活動記録等（レポート・自学ノート・実験ノート）を加味し、受講生の総合評価を導き出した。受講生の総合評価におけるレベル6からレベル1の分布を示した。受講生の総合評価（達成水準の総合判定）とレベル別の割合は、当初の目標通りの実績となる事が確認された。受講生評価における能力・資質の伸長度は、レベル5からレベル6に伸長度の高い受講生の分布が確認された。全年度の取組結果と実績において、受講生の評価における総合判定のロジックは、妥当性を有するものと実証的に評価した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2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 2件）

1. 著者名 早藤 幸隆, 金児 正史, 米延 仁志	4. 巻 70
2. 論文標題 国際学生科学技術フェア(ISEF)の紹介と最近の実績	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 化学と教育	6. 最初と最後の頁 54-56
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 -

1. 著者名 早藤幸隆, 猪本大翔, 須賀一翔, 中西勇義, 中原光翼	4. 巻 36
2. 論文標題 茶カテキンの抗酸化活性に関する基礎的研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 鳴門教育大学研究紀要	6. 最初と最後の頁 281-290
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24727/00028987	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 -

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 中西 勇義, 早藤 幸隆
2. 発表標題 水を媒体とした酢酸インドキシルからのインジルピンの選択的合成
3. 学会等名 日本化学会 中国四国支部大会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 金児正史, 早藤幸隆, 後藤顕一, 土田 理
2. 発表標題 化学反応速度を数学と化学の視点から探究する指導の提案: 教科書のデータから化学反応速度を微分方程式としてとらえる学習
3. 学会等名 日本科学教育学会第 45 回年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 竹中 和葉, 早藤 幸隆
2. 発表標題 フラボノイド化合物の抗酸化活性評価に関する研究
3. 学会等名 日本化学会中国四国支部大会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 須賀 優多, 柿内 泰智, 早藤 幸隆
2. 発表標題 貝紫色素の化学合成と染色の仕組みの探究
3. 学会等名 日本理科教育学会 第70回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 早藤 幸隆, 胸組 虎胤, 金児 正史 田村 和之, 曾根 直人, 米澤 義彦
2. 発表標題 小中学生を対象とする科学技術者育成 プログラムにおける資質・能力の実証的評価
3. 学会等名 日本理科教育学会 第70回全国大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 早藤 幸隆, 胸組 虎胤, 金児 正史 田村 和之, 曾根 直人, 米澤 義彦
2. 発表標題 小中学生を対象とする次世代の 科学技術者育成プログラムの実証的評価
3. 学会等名 日本科学教育学会 第44回年会
4. 発表年 2020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
--	---------------------------	-----------------------	----

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