

# 科学技術教育へのフロー理論の活用

## — ロボットコンテストに出場する学生の指導 —

床井 良徳<sup>\*1</sup>、田中 昭雄<sup>\*1</sup>

### Application of Flow Theory to Science and Engineering Education

#### — Instructing Students Participating in Robot Contest —

Yoshinori TOKOI, Akio TANAKA

This paper contains a report on the examination of science and engineering education based on flow theory. We confirmed that the flow theory is effective for teaching students who participate in robot contests. Additionally, we evaluated the students' fundamental skills of a working adult by using objective indicators.

KEYWORDS : KOSEN ROBOCON、ROBOCON Project、Flow Theory、Science and Engineering Education、Fundamental Skills of a Working Adult

### 1. まえがき

現在、学生が能動的に学習に取り組むように工夫されたアクティブラーニング等の教育が行われています。しかしながら、学生の成績の伸び悩みやモチベーションが上がらず、成績や実践力が向上していない悩ましい状況です。この要因を探った所、現在の我が国の若者の創造力に対する価値観が欧米と比較し約 1/2 と非常に低い状況にあるという調査結果があり、創造的な活動や創造力の欠如が要因の一つではないかと考えました。そのような時に、世界チャンピオンに輝いた学生<sup>1)</sup>の行動や心情が、偶然にも読んでいた「フロー体験 喜びの現象学」に書かれていたフロー体験「自己啓発の連鎖による自己に

よるスキル向上」が、まさにそれと合致しました。

フロー理論とは、アメリカの心理学者ミハイ・チクセントミハイ博士がポジティブ心理学より提唱した理論

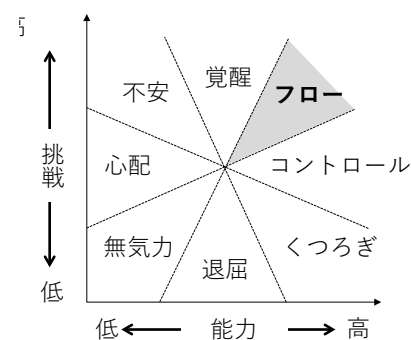


図1 フロー八分図

\*1 電気電子創造工学科(Dept. of Innovative Electrical and Electronic Engineering)、E-mail: tokoi@oyama-ct.ac.jp

であり、そのモデルを図 1 に示します。<sup>2)</sup> フロー状態とは、横軸に示される能力と縦軸に示される挑戦のバランスが良く、ともに高い状態であり、人は高い集中力を持って状況を統制し、楽しさや満足感を通して自尊心の高まりなど「集中し没頭する幸せな時間」つまり、挑戦するために必要な努力が無意識にできる状態であり、熟達や学習を加速すると言われています。<sup>2)</sup> つまり心理的エネルギーの 100%近くがその活動に使われ、自らの能力を最大限に発揮し、自己の能力の増進とともに、より複雑なものへと取り組む力が向上し、この繰り返しにより、自己成長して行く状態であり、言い換えれば自己啓発が連鎖し促進されている状態だと考えられます。そこで本研究では、創造的技術者の育成において、教育指導上の心理学的なアプローチがどれほど有用なのか？有用性を証明するための評価指標はどのようなものかという学術的な問いが芽生えました。

現在、我が国の動向として、Society5.0 の実現や社会人基礎力の向上が教育の現場にも求められています。<sup>3)</sup> これまでのフロー理論に関する研究動向として、Society5.0 の実現や実践的・創造的技術者の育成のための教育である STEAM 教育に、フロー理論という観点を取り入れた教育手法(教育指導)は皆無に等しい状況です。本研究ではフロー理論にチームワークという新たな概念を加えることで、現実的な技術者の教育、学生指導が行えると考えました。また Shaperos 氏の著書<sup>4)</sup>より、技術者の能力は、知識・関連事象との連動・問題解決であり、成果が「成果＝モチベーション×能力×環境要因」であると提唱していることから、本研究では、モチベーション＝挑戦、能力＝能力、環境要因(連携)＝チームワークに相当すると考え、成果を「挑戦×能力×チームワーク＝成果」と定義しました。

本研究では、図 2 に示すように、「挑戦×能力×チームワーク」マネジメント教育を提案し、教育手法の確立を目指しています。高い能力、高い挑戦、高いチームワーク、この 3 拍子が揃う事で、最高のパフォーマンス状態であり、最大の成果が得られると考えています。裏を返すと、個人的に能力が高くて、チームワークが低い事で、良い成果を収められない事を示しています。

本稿では、アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト(通称:高専ロボコン)に出場する本校学生、すなわちロボコンプロジェクトに参画する学生に対してフロー理論に基づいた心理学の観点から指導を行った結果に関して報告します。

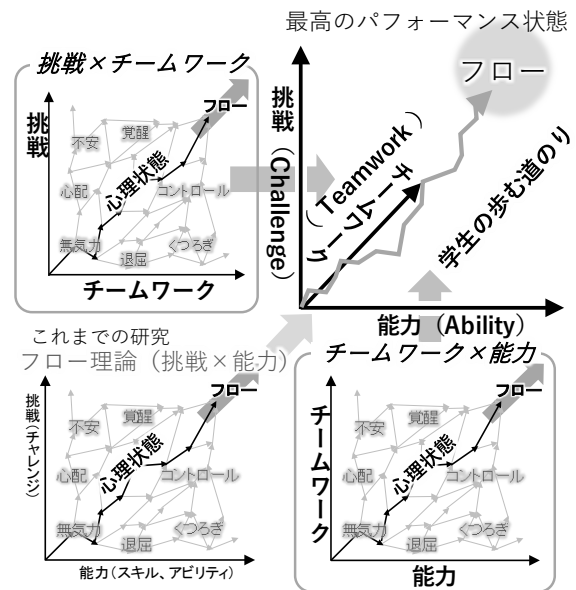


図 2 「挑戦×能力×チームワーク」マネジメント教育の概要

## 2. 高専ロボコンに参画する学生

### 2. 1 高専ロボコン

アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト(通称:高専ロボコン)は、1988年に第1回大会が開催され、2021年で34回目を迎えます。既成概念にとらわれず「自らの頭で考え、自らの手でロボットを作る」ことの面白さを体験し、発想する事の大切さ、物作りの素晴らしさを共有する全国規模の教育イベントです。<sup>5)</sup> 明確な解のない課題(問題)をチームで解決していく学生の技術者としての資質や能力を伸ばす STEAM 教育の良い題材だと考えています。

本校では、高専ロボコンに出場するロボットを製作するために年度毎にロボコンプロジェクトを立ち上げています。

### 2. 2 ロボコンプロジェクト

毎年4月中旬に、その年度のロボコンプロジェクトに参画したい学生を募る説明会を実施しています。例年、主に機械工学科と電気電子創工学科の20名~30名の学生が参画しています。またリポーターも多く、毎年参画する学生も多くなります。4月下旬に、その年の競技課題が発表され、6月中旬の校内審査にて2チームが選ばれ、10月上旬に開催される地区大会に向け、具体的にロボット製作活動が始まり

ます。活動時間として、平時の放課後と土曜日、1 年間で総時間 1000 時間程度の活動を行っています。ロボコンプロジェクト内では、①3D-CAD によるロボットの設計を行う設計班、②部品を製作する製作班、④ロボットを動かすための電気回路やプログラミングを行う回路班に分かれ、最良のロボットを作るために専門性に特化したスキルを磨いています。同時に、汎用的な技能として、全員が簡単な部品作りが行えるようにしています。上級生が下級生に加工方法などのモノづくりの基本を教えながら、ロボットを製作しています。表 1 にロボット作りに必要な専門的な能力の一例を示します。図 3 に普段の加工の様子などを示します。図 4 に教員から学生にアドバイスをしている様子を示します。

表 1 ロボット作りに必要な専門的な能力

罫書き針などを使用部材に罫書く
コンタマシンを使って部材を切断
カッターを使つての加工
ボール盤で穴を空ける
端面のやすり掛け
フライス盤を用いた端面加工
フライス盤を用いた穴あけ加工
旋盤を用いた軸加工
電気回路の作製



図 3 ロボコンプロジェクトでの加工の様子

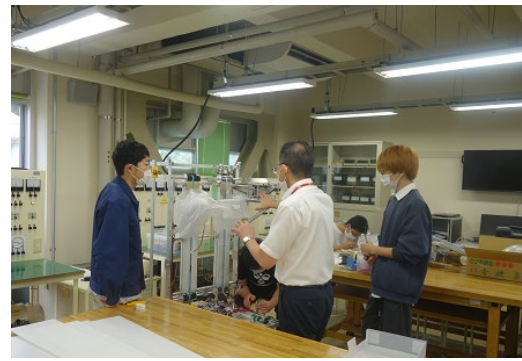


図 4 教員による学生指導の様子

ロボット作りにおいては、専門的な能力も大切ですが、コミュニケーションやチームワークなどの社会人基礎力を持っている事が大前提となります。コミュニケーションに関しては、普段ロボット作りにおいて学生-学生間のコミュニケーションが最も重要となりますが、適切なアドバイスを受けるための学生-教員間のコミュニケーションも重要となります。

また高専ロボコンでは、明確な解のない課題(問題)をチームで解決していくため、自分達のアイデアを信じて、完成度の高いロボットを作る事を目標にして、学生指導において以下の事を重要視しています。**【最適な解を導き出すために】**

「最適な解を求め続けるために、具体的な目標を立てて、常に考え、実際にやってみて、次を考える。そして、最後まであきらめない。」

**【最良の判断をするために】**

「経験が多ければ多いほど、最良の判断ができ、最適な解が導き出せる。挑戦し続け、様々な経験を積もう。」

**【チームワークを大切に】**

「一人で考えても解決できない事、みんなで考えれば、解決できる可能性が高くなる。時間が大切、皆で助けあって、支え合って、製作効率を上げて、完成度を高くする。そのためには感謝と謝罪ができる人間になろう。」

コンテストで成果を出すためには、チームワーク力が重要であると先で述べましたが、ロボコンプロジェクトにおいてもチームワーク力を向上させるために、教員が学生間に積極的に介入し、実体験を通してチームワーク力を向上させる努力をしています。図 5 にチームワーク力向上のための取組である練習とコート設置時の様子を示します。全員が協力し合うように、個人個人に役割を与え、状況に応じて適切な行動になるように指導しています。



図5 チームワーク力の向上のための取組

### 3. フロー理論に基づく学生指導

#### 3. 1 ロボット製作活動への活用

ロボット製作活動にフロー理論に基づく心理学的なアプローチにより学生指導を行ってきました。具体的には、図1に示すように学生の心の状態を普段の会話を通して常に観察し次のような指導を行いました。不安など過度の心の負担がある場合には挑戦レベルを下げて、能力に合った挑戦レベルに設定し直し、フロー状態を保持しながら、段

階別に能力と挑戦レベルを上げています。くつろいでいる場合、つまり余裕があり過ぎる場合には、能力向上のために、その学生にとって少し難しい課題、つまり少し高い挑戦をさせるようにしています。

フロー理論に基づく指導のポイントは、学生の能力を見極め、その力量に対しての挑戦のレベルが高すぎないか？無謀な事をしようとしていないか？自己の成長に繋がられる適切なレベルの挑戦になるように意図的に挑戦のレベルを調整しています。無謀な挑戦をどうしてもしたいという場合には、本人に力量を自覚させるために期限を設けてやらせていますが、多くの場合、この挑戦は失敗に終わり、現実的な挑戦レベルに落ち着きます。

筆者がこれまでにフロー理論に基づき各種ロボットコンテストに出場する学生の指導を行ってきた2016年～2021年までの記録を表2に示します。2016年と2017年の長岡高専でのロボティクス部での指導から、学生がフロー状態を常に保持している事に気が付き、2018年から具体的にフリー理論を活用して、学生の心理状態からの指導を行いました。2019年からは、小山高専にて田中昭雄教員とともにロボプロジェクトにて学生の指導を行った実績です。<sup>6-11)</sup>

表2から、学生がNHK高専ロボコンにて良い成績を修めており、フロー理論を活用した心理学的アプローチによる指導が有用である事が確認できます。

表2 フロー理論を活用した各種ロボットコンテストに出場する学生指導の実績<sup>6-11)</sup>

年	大会名	カテゴリー	成績
2016	RoboCup 世界大会	Junior Soccer Open	SuperTeam:1位
2017	RoboCup 世界大会	Junior Soccer Open	Individual:1位/20チーム、SuperTeam:1位
	RoboCup Asia-pacific	Junior Soccer Open	SuperTeam:1位(大会がSuperTeamのみ)
	NHK 高専ロボコン	関東甲信越地区大会	18年ぶりの優勝(全20チーム)
		全国大会	8年ぶりの全国大会出場(長岡高専) かつ史上初となる同一校2チーム出場(ベスト4)
2018	RoboCup 世界大会	Junior Soccer Open	Individual:2位/32チーム
	第3回廃炉創造ロボコン		最優秀賞(文部科学大臣賞)/16チーム
2019	NHK 高専ロボコン	関東甲信越地区大会	出場した2チームが優勝と準優勝(全20チーム)
		全国大会	準優勝(全25チーム)
2020	NHK 高専ロボコン	関東甲信越地区大会	優勝、アイデア賞、技術賞
		全国大会	超優秀賞(全28チーム) 本校、初優勝
2021	NHK 高専ロボコン	関東甲信越地区大会	準優勝、デザイン賞
		全国大会	優勝(2年連続)、ロボコン大賞



図6 表2で示す各種ロボットコンテストで学生活躍の様子

図6に表2で示す各種ロボットコンテストで学生活躍の様子を示します。学生は、とても満足した表情を浮かべている事から、成長する上で良い経験となったと考えています。

### 3.2 評価指標の検討

これまで「何となく評価」していた「挑戦、能力、チームワーク」を、本研究では、図7に示す思考の6段階に基づいたルーブリック形式の客観的な指標を用いて、見える化(数値化)と評価を試みています。これらの指標を用いる事で、「挑戦×能力×チームワーク=成果」を数値化し、技術者の能力を数値で表現、つまり評価指標として活用できると考えています。

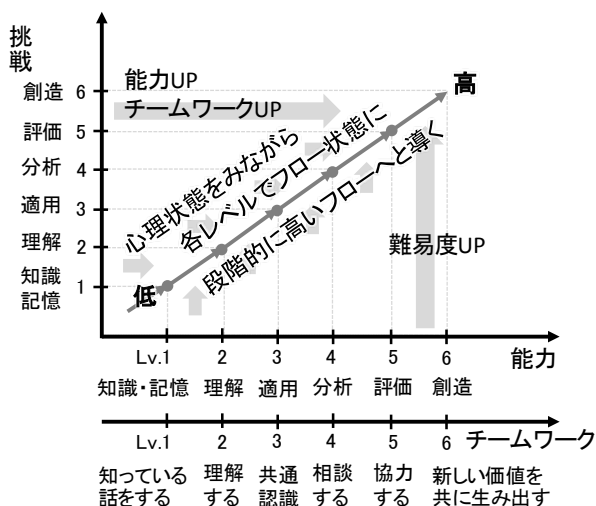


図7 思考の6段階に基づく評価指標

本研究では、手始めに国立高等専門学校機構が策定したモデルコアカリキュラムに記載されている「分野横断的能力」、「分野横断的能力アセスメント指

標」を基に社会人基礎力を評価するルーブリックを独自に作成しました。<sup>12)</sup> 評価内容として、汎用的技能、態度・志向性、総合的な学習経験と創造的思考力の3つの大項目に設定し、24個の評価項目を定め、それぞれの項目のレベルを5段階で設定しました。<sup>12)</sup> 表3に社会人基礎力の評価項目を示します。<sup>12)</sup>

この指標を用いて、自立、協働や創造などの社会人基礎力をグループ形式による学習活動を通して高める課題解決型の授業であるコラボワーク□(令和2年度)・□(令和3年度)の講義にて、約200名の社会人基礎力の評価を行いました。その結果、本研究で用いた評価指標を用いる事で、学生の能力の状態や気質などのデータが得られ、社会人基礎力の向上を数値で表す事ができ、能力の客観的な評価が可能という知見が得られました。<sup>13)</sup>

表3 社会人基礎力の評価項目

1	他者の尊重・配慮	13	役割の認知
2	意見の提示	14	役割の実践
3	人間関係形成	15	自己制御
4	議論への参加・参画	16	計画立案・改善
5	意見の尊重・共有と合意形成	17	役割・責務の認知
6	情報の収集	18	役割・責務の実践
7	情報の分析・評価	19	協力関係の形成
8	情報の活用	20	協働への貢献
9	問題状況の分析	21	チーム・パフォーマンスの向上
10	課題の設定	22	協力関係の維持・向上
11	事象の分析	23	複合的な問題状況の把握・分析
12	論理的説明	24	知識の統合的活用による解決方法の創造

この知見より、ロボコンプロジェクトに参加する学生に対しても、つまりモノづくりの現場においても、考案した評価指標を活用し、「挑戦×能力×チームワーク＝成果」を数値化し技術者の能力を数値で表現する事が十分に可能であると考えています。

図 8 に表 3 の評価項目を用いた 2022 年度のロボコンプロジェクト参加学生、1～5 年生 24 名の社会人基礎力の学生による自己点検の結果を示します。レベルが最も高い学生(全項目平均:4.7)と最も低い学生(全項目平均:2.3)が混在しており、全体の平均で 3.3 でした。

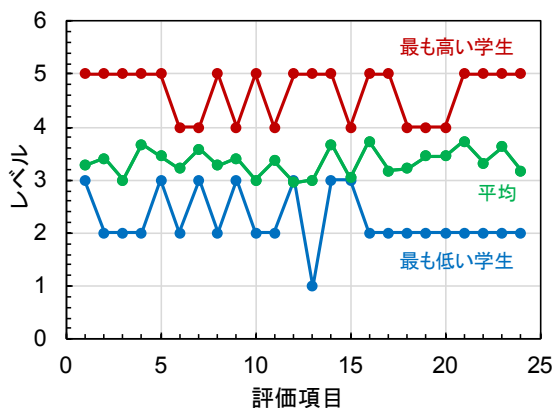


図 8 ロボコンプロジェクト 2022 参加学生の社会人基礎力

図 9 にロボコンプロジェクト 2022 参加学生とコラボワーク□(2年生)・□(3年生)を受講した学生との社会人基礎力の比較を示します。図 9 から分かる通り、コラボワーク□(全項目平均:3.7)の受講後にコラボワーク□(全項目平均:4.1)を引き続き受講する事により、社会人基礎力のレベルが向上しています。一方、ロボコンプロジェクト 2022 に参加した学生は、全項目においてコラボワーク受講者よりも社会人基礎力が低い事が確認されました。この結果より、一般学生よりもロボコンプロジェクト参加学生の社会人基礎力が低いという結果となりました。

実際にロボコンプロジェクト 2022 の参加学生の行動を観察してみると、集団で固まり、声を出してのコミュニケーションが非常に少ない事を確認しました。チームのパフォーマンスが非常に低い状態であり、加工精度の低下、部品の組み立てミスが続いており、大幅に工程が遅れている状況からも、彼らの社会人基礎力が低い事が確認できます。以上の事から、提案した評価指標にてモノづくりに携わる技術者の能力の客観的な評価が可能になると考えています。

ロボコンプロジェクト 2022 参加学生の社会人基礎力の調査結果から、このままの状態が続けば、良い成果が得られず、プロジェクトは失敗に終わる事は容易に予想できます。プロジェクトを成功させ良い成果を出すためにも、学生の心の状態を見ながら、コミュニケーションを円滑にできるように指導していこうと考えています。以上の結果から、チーム全体のパフォーマンスが、学生の社会人基礎力の評価から、ある程度、予想する事が可能であり、早期に適切な指導に繋げる事ができると考えています。

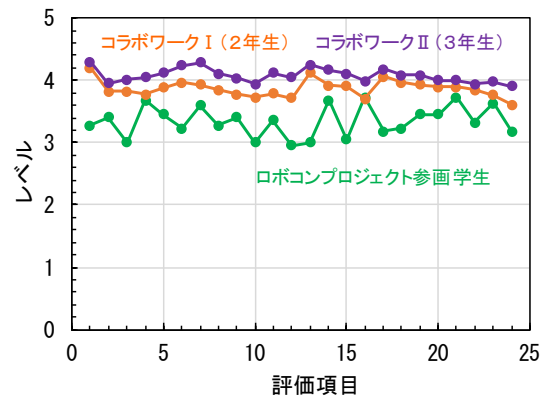


図 9 ロボコンプロジェクト 2022 参加学生コラボワーク I (2 年生)・II (3 年生)を受講した学生との社会人基礎力の比較

### 3. 3 本研究の今後の進展

本研究では、創造的技術者の育成に有用な STEAM 教育に着目しています。この STEAM 教育にフロー理論という心理学的アプローチとチームワークの要素を取り入れた「挑戦×能力×チームワーク」マネジメント教育手法を提案し、技術者の能力における成果を「挑戦×能力×チームワーク＝成果」と定義しています。本教育手法の有用性を検証するために、これまで「何となく評価」されていた「挑戦、能力、チームワーク」を、思考の 6 段階に基づいたルーブリック形式の客観的な指標を用いて、見える化(数値化)と評価を試みており、これらの指標を用いる事で、「挑戦×能力×チームワーク＝成果」を数値化し技術者の能力を数値で表現できると考えています。現状として、客観的な指標で技術者能力の評価が行えるのではないかとこの知見を得る事ができました。今後、チームワーク力や挑戦を客観的な指標で評価を行い、下記の本研究の成果を導きたいと考えています。

- ①学生のみならず社会人の技術者能力の評価指標として用いる事が可能。
- ②ルーブリック形式の評価のため、主観に捕らわれることなく、客観的に評価することができる。
- ③評価指標が明確に示されているため、自己成長に繋げる事ができる。
- ④本研究で示される指標を参考にしながら、学生が自ら心理状態のコントロールができるようになれば、自己啓発の連鎖が可能となり、教員の労力を減らす事ができる。

#### 4. あとがき

フロー理論に基づいた心理学アプローチにより各種ロボットコンテストに出場する学生の指導を行った結果、コンテストにて優秀な成績、つまり成果を出す事ができました。このことから、フロー理論に基づいた心理学的なアプローチによる学生指導が、コンテストなどで成果を出すために有用であることが確認できました。また本校、ロボコンプロジェクト 2022 に参画する学生の社会人基礎力を客観的な指標で評価を行った所、学生の行動と相関がある事がわかり、そのような学生に対する適切な指導の指針を立てる事が可能であるという知見が得られました。最後に、本研究は、科学研究費助成事業 (21K02958) の支援を受け遂行されました。

#### 参考文献

- 1) 床井良徳, 井山徹郎, 池田富士雄, 宮田真理, 大湊佳宏: ロボカップ 2017 世界制覇への軌跡 - チーム INPUT -, 長岡工業高等専門学校研究紀要, 54 巻, pp.34-48 (2018)
- 2) Mihaly Csikszentmihalyi (原著), 今村 浩明 (翻訳): フロー体験 喜びの現象学, 世界思想社 (1996).
- 3) 平成 30 年版科学技術白書, 文部科省 (2018)
- 4) Albert Shapero, Managing Professional People, Free Press a Division of Macmillan (1985).

- 5) 熊谷和志: ロボットコンテストを通じた技術教育に関する一考察, 高専教育, 第 19 号, p.180 (1996)
- 6) 床井良徳, 井山徹郎, 池田富士雄, 大湊佳宏: ロボカップ 2016 世界大会遠征の報告 - チーム Cat-Pot -, 長岡工業高等専門学校研究紀要, 53 巻 pp.66-72 (2017)
- 7) 池田 富士雄, 床井 良徳, 井山 徹郎, 宮田 真理: ロボカップ 2017 世界一への道, 自動制御連合講演会講演論文集, vol. 60, pp.857-858 (2017)
- 8) 床井良徳, 井山徹郎, 池田富士雄, 宮田真理: 史上初、高専ロボコン全国大会 2 チーム出場〜18 年ぶりの地区大会優勝、8 年ぶりの全国大会〜, 長岡工業高等専門学校研究紀要, 54 巻, pp.49-61 (2018)
- 9) 床井良徳, 田中昭雄, SAM ANN RAHOK, 岡田晃, 伊澤悟, 増山知也, 今泉文伸, 井上一道: 史上 2 校目、高専ロボコン全国大会 2 チーム出場 - 高専ロボコン 2019 地区大会: 同校決勝戦、全国大会: 準優勝 -, 小山工業高等専門学校研究紀要, 第 53 号, pp.10-19 (2020)
- 10) 床井良徳, 田中昭雄, SAM ANN RAHOK, 岡田晃, 伊澤悟, 増山知也, 今泉文伸, 井上一道: 高専ロボコン 2020 でのロボコンプロジェクトの 活動報告 - 高専ロボコン初優勝の軌跡 -, 小山工業高等専門学校研究紀要, 第 54 号, pp.20-29 (2021)
- 11) 矢川大斗, 田中昭雄, 床井良徳, 増山智也: 高専ロボコン 2021 におけるフィギュアスケートパフォーマンスロボットの開発, 公益社団法人日本工学教育協会 2022 年度 工学教育研究講演論文集 pp.252-253 (2022)
- 12) 床井良徳, 加藤岳仁, 平田克己, 課題解決型授業「コロナワーク」の取組事例, 小山工業高等専門学校研究紀要, 要第 54 号, pp.10-19 (2021).
- 13) 床井良徳, 加藤岳仁, 高屋朋彰, 田中昭雄: フロー理論に基づく科学技術教育の検討 - 社会人基礎力に関する評価指標の検証 -, 公益社団法人日本工学教育協会 2022 年度 工学教育研究講演論文集 pp.324-325 (2022)

[受理年月日 2022 年 9 月 16 日]