

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 2 日現在

機関番号：52601

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350217

研究課題名(和文) 体験・分析・表現の3段階学習成長プロセスによる主体的思考力を涵養する早期技術者教育

研究課題名(英文) Early technology education to develop a proactive thinking by the three-stage learning growth process of experience, analysis and expression

研究代表者

小坂 敏文 (Kosaka, Toshifumi)

東京工業高等専門学校・その他部局等・教授

研究者番号：60153524

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：高等専門学校において、早期技術者教育を行なっている。技術に対する興味と体験が低下している入学生に対して、技術者共通の知識技能について専門共通教育を行なっている。学生の興味と体験に適合させた実験実習課題を部門ごとに開発した。学生の興味を引き出す体験を通じて、気づきを引き出し、その背景を分析させ、それを言葉で表現し発表させることで定着を図る教育システムを開発した。学生の学習の様子をアンケートで確認し教育システムにフィードバックした。

研究成果の概要(英文)：In higher vocational school called Kosen, we are providing an early technology education. For admission new student whose interest and experience is reduced to the technology, we are arranging a professional common education for engineers with common knowledge and skills. The experimental training themes that were adapted to the students' interest and experience were developed in each department. Through the draw the interest experience, pull out the notice, to analyze the background, and to express in words, we have developed the education system to promote the fixing the knowledge. Checking the questionnaire the state of student learning, We fed back the result to the education system.

研究分野：騒音制御

キーワード：早期技術者教育 主体的学び

1 . 研究開始当初の背景

工業高等専門学校（高専）は、わが国で唯一、15歳の若者を受け入れ早期技術者教育を目指している学校種である。高専においても現在の理科離れの風潮は否めない。高専を目指して入学してくる中学生は、周囲にスマートフォンやゲーム機などが溢れ、苦労しなくても技術の成果を使える状況にあり、自分でハンダ付けをしたりネジをゆるめたり締めたりの経験が乏しくなっている、東京高専では、早期技術者教育で、技術を学ぶ学生の導入部として早期に細分化しない教育すなわち共通の技術素養の教育を目指して、入学後1年後に正式に学科に配属させる制度となっている。さらに、本校の5つの専門学科に対応した、機械工学、電気工学、電子工学、情報工学、物質工学分野での共通導入教育（ものづくり基礎工学 150 時間）を 40 名単位のローテーションで実施し、技術者共通リテラシーを涵養するシステムを採用している。

ここで行われている技術系導入教育「(科目名)ものづくり基礎工学」において、実験・実習・演習を中心とした体験型の教育で、体験経験不足を補い、その後の技術者教育につなげるものとしている。融合・複合的な視野を持つことの意義を示すことで、全分野に対して積極的に取り組ませ、その後の学修の基礎としている。オリエンテーションを重視し、この科目の意義を示しており、学生たちがやらされていると感ずることは少なくなってきたが、受動的取り組みとなりせっかくの実験演習テーマの定着が悪く、その後の興味の拡大、学習意欲の向上にうまくむすびついていないという問題点を抱えるようになっている。また早期に主体的学習の経験をして、技術を学ぶことの面白さを学ばせる必要性も絶えず議論されている。

2 . 研究の目的

学生たちの興味の引き出しおよび持続、学習意欲の向上に向けては、学生たちの主体的学びが必要である。そこで、学生たちの学びを、体験・分析・表現の3つの段階と捉え、一つ一つの過程での学びを意識する大枠の仕組みおよび、具体的な実験演習テーマづくりを前に進める取り組みを行い、学生たちの学びを豊かにすることが研究の目的となる。

3 . 研究の方法

これまでの指導経験を元に、学生たちの体験・分析・表現の世界を広げるために、学科担当者間で議論しながら新しいテーマの提示やこれまでのテーマの改善を行う方法をとる。また、そのテーマでなにを自分たちが学ぶことなのか、重点を取り出そうとして実験演習に取り組む姿勢を支援する仕組み、また学生たちが、目に見える現象からその背景

にあるものを気付けるように分析することを支援する仕組み、更には分析理解したことを自分の言葉で組み直して発表する仕組みを作る。そして最後はこれらの仕組みの有効性をアンケートによって明らかにする。

4 . 研究成果

(1) 実験演習テーマの新規作成および改善研究方法において学科ごとに、実験演習テーマの新規作成および改善に取り組むとなっている。各学科の取り組みを次に示す。

機械工学科では、4つのテーマを実施している。

第1はCAD/CAMによるキーホルダー製作で、CAMソフトにより、マシニングセンターに送るデータを作成し、素材をマシニングセンターにセットして、加工する実習である。第2は鋳造による表札製作実習で、発泡性スチレンボードに半田ごてでデザインを描き、砂の中に埋めて鋳型を作り、融解したアルミニウムを鋳込んで、冷却後取り出し、仕上げる。第3は旋盤による四輪車模型の四輪の製作で、旋盤の使用法を安全教育も含め、加工技術体験をさせている。第4は仕上げ作業による四輪車模型の本体の車軸穴加工と車軸・車輪のねじ切り作業を体験する。そしてコンテストを行なった。

体験：5～6人の班に分けて実施した。班毎にミーティングをして調整すべき項目の打ち合わせをさせ、限られた時間内でいかに最高の調整ができるかを班の中で議論させた。打ち合わせの結果を念頭に各自が調整し、コンテストに参加した。

分析：クラス全員の結果より班別に班員の結果と班毎の平均値とクラス全体の平均値を参考にしながら、到達距離の長短の原因について議論させた。その際、司会、タイムキーパー、書記、PC担当、発表者の役割を全員に分担した。

表現：班毎の考え方や発表方法の違いを認識させた。

ピアレビューによる相互評価：班毎の独自のアプローチや発表方法等の自分の班以外の良いと思われる班に投票させ、得票数の最高の班を表彰した。

学生 186 名からアンケートの回答を得た。

問1：班別討議ではお互いに有益な議論ができたか？「一人で考えるより有益だった」が最も多く、「とても有益だった」と合わせると、90%に達した。

問2：コンテストの反省する行為について。「したほうが良い。」が過半数の56%に達して最高で、「とても大事」を含めると、82%に達した。

問3：コンテストの反省点等を発表する行為について。したほうが良い。」がちょうど50%に達して最高で、「とても大事」を含めると、79%に達した。

電気工学科では、「ハンダづけによる電子工作」「PIC マイコンを用いた電子工作」「太陽電池の特性測定」の3テーマを開講し、テストとマイコンボードの作製を主として学生に電気電子の基礎技術を習得してもらう。

「ハンダづけによる電子工作」では、テスト及びマイコンボードを製作することで、ハンダづけを体験し、テストの評価を通して電気計測技術を学ぶ。学生にキットを購入してもらい、完成後、各自のマイコンボードとして愛着が持てるようにした。2週に渡り、ハンダづけによる電子工作に取り組む。1週目で、アナログテストのハンダづけ実習に取り組む。作成したテストの評価として、すべてのレンジについて測定精度の確認を行い、テストを利用した電圧・電流・抵抗の測定手法、目盛の読み方、有効数字について学ぶ。2週目の実験では、LEDの点灯回路実験とマイコンボードの組立てを行う。3種類の直並列回路を作製し、回路を流れる電流を求め、回路ごとの明るさの違い、電流の違いについて考察してもらう。電圧と合成抵抗を測定し、オームの法則から電流を計算してもらう。本実験を通して、学生にオームの法則と抵抗の直並列回路の知識に関して理解を深めてもらう。LEDの点灯実験後、ハンダづけにより、マイコンボードを組み立てる。マイコンボードはLEDの点灯をマイコンで制御するもので、全学生同一の回路である。マイコンボード作製後、マイコンに動作確認用のプログラムを書きこみ、すべてのLEDが点灯するか、動作確認を行う。

「PIC マイコンを用いた電子工作」では、「ハンダづけによる電子工作」で作製したマイコンボードにプログラムを書きこむ作業を主に行い、学生はプログラミングの基礎について学ぶ。なお、マイコンボードは全学生共通だが、プログラムにより各学生独自の点灯パターンをマイコンボードを作製することができる。実習は2週で行い、1週目はマイコンの扱い方の習得、2週目はマイコンボードへのプログラムの書き込みを行う。プログラム作成・動作チェック・プログラムの修正のループを繰り返すことで、ものづくりにおけるトライ&エラーを学ぶ。

「太陽電池の特性測定」では、太陽電池の原理と特徴について理解するとともに、テストを利用した電圧・電流の測定手法、データの整理方法として表とグラフの作成方法について学ぶ。特性測定としては、太陽電池の基礎的特性の評価と太陽電池を利用したモータ回転実験を行う。実験で使用した太陽電池は、単結晶シリコンとアモルファスシリコンで、各々の特性の違いについて実験を通して学ぶ。

実験内容をものづくりが主のテーマに設定することで、学生が主体的に考えて実験を行うことがわかった。

電子工学科においては5テーマを実施して

いる。(1)直流回路の性質、(2)光エレクトロニクス入門、(3)電磁力、(4)電波と通信のしくみ、(5)増幅のしくみ、である。これらのテーマ中で「電磁力」のテーマについて焦点をあて、次のような方針で学生の主体的な思考力の育成を試みた。2,3名を1グループとして単極モータの製作に取り組むことにした。製作手順書はなく、ビデオ映像により製作例の回転風景を見せた後、実験教材を配布する。グループごとに話し合いながら現象を理解し、製作に取り組み、さらに周囲の学生との話し合いから改良点を見出す。製作物の完成後、製作した状況を思い返し、レポートとして製作手順書を学生自身が書き、話し合った点と工夫した点を文章でまとめることとした。

授業はスライドで進め、初めに磁石上に電池を配置し、コイルを乗せた単極モータの回転の様子をビデオ映像で見せることで電流の向き、磁界の向きなどを考えさせ、電極位置やコイル形状をグループ毎に話し合わせる。話し合うポイントとして構造、形状、原理などを指示するだけで、あとは学生の話し合いに任せた。話し合いが進まない班のために、グループ間での話し合いを促し、解決策へ向かうよう呼びかけた。

グループ毎に製作に取り組みせ、なかなかコイルを回転させられない失敗経験を積ませる。その後、グループ同士の話し合いや、成功したグループの工夫点を聞くことで、自分たちの失敗経験と他者の成功体験から学び、全グループが自分たちなりに工夫点を見つけ、全グループがコイルを回転させられる、という見通しで進めた。しかし、実際にはグループ間の話し合いは進まなかった。そこで、成功したグループの作品をクラス全員が見られるようにカメラで映し、当該グループの学生に工夫点を話してもらった。その結果、互いに発表し合い工夫点を情報共有することでヒントを得て、自分たちの製作物を完成させたグループも少なくなかった。

学生たちは話し合いながら共同作業を進めるのは不慣れであるが、人前で発表することも苦手意識が高く、予定通り進まない場面があった。しかし、「回った!」という歓声が聞こえると、次々と改善策に取り組む姿が見られた。一方で、何度も試行錯誤しているうちにどうしたらよいか分からなくなった学生たちもいるため、教員や技術職員が声掛けし、手を貸して学生と一緒に試行錯誤する場面もあった。学生同士に任せる場面と、放っておけない場面とを見極めて工夫点やどこに問題がありそうかを学生と一緒に悩み、解決策を見出す「寄り添い型」の指導が学生のやる気を引き出す重要な要素であることを示唆している。

レポートとして手順書の記述を課したところ、再現実験が難しいと思われる記述が多かったが、学生自身が初めて記述したことに意義があり、自分たちの実施した実験を思い返し、他者へ伝えるために表現を選び、文章

として再構築する過程で理解が深まる。学生同士で話し合った内容や工夫点をまとめるのに比べると、製作手順を他者に伝わるようにまとめ直して記述するのは学生にとって非常に難しい作業だったと思われるレポートが多かった。

学生アンケート調査を行ったところ、「電磁力」に興味・関心が持てた学生が23%、「電磁力」が難しいと感じた学生は35%であった。興味・関心が持てた学生の割合は他のテーマとほぼ同等の評価である一方、難しいと感じた学生の割合は最も多かった。しかし自由記述欄には満足感が高い様子を記述している学生もいた。この結果は、達成感を感じ興味が湧いた学生がいる一方、手順書もないままに自分たちで考えて製作物を完成させる難しさを率直に回答した結果と捉えることができる。興味・関心の高いテーマと難しかったテーマの割合における過去との比較においては、平成23年当時に比べ、興味・関心の高いテーマとして「電磁力」が微増していた。一方、難しかったテーマとしても「電磁力」が微増しており、一般的な手順書のある実験に比べて、取り組みにくいテーマであったことを率直に示していると思われる。

情報工学科における実験演習テーマは次の3つである。各テーマの終了時にはプリント提出が有り、プログラム動作などを予想した内容やプログラムなどを報告することになっている。

第1のテーマはコンピュータグラフィックスである。座標を指示して四角形を描く命令を行うと、3次元空間上に四角形を描くことが出来、座標値を変化させると四角形が変化するので、自分の操作がコンピュータの画面で見えるため参加感を得ることができる。また、繰り返し動作をfor文やwhile文で実現し、判断分岐処理をif文で実現することで、自分がある操作をしたらなにが起こるかを分析して予測する作業を行うことになる。

第2のテーマはマイクロコンピュータのプログラミングを通じて、コンピュータが外界の状態をとり込んだり外界に働きかけたりすることができることを学ぶ。ただし外界とのインターフェイス部分は関数で隠しているため、学生たちは命令を並べるだけで簡単なプログラミングを体験できる。LEDのON-OFF命令でLEDが周期的に点滅を繰り返し、待ち時間値を変化させることで、LEDの点滅周期を自在に操ることができることに気づかせる。またADコンバータで電池電圧の取り込み表示すること、光学式距離センサの電圧出力をADコンバータで取り込むと、対象物と光学式距離センサとの距離を割り

出すことができる体験をする。さらにDCモータのPWM制御では、正負指令値を与えればモータの回転方向・回転速度をコントロールできることを経験する。

第3のテーマは音の波形をコンピュータで取り込み、波形解析を行なっている。このテーマでは、身近な音を用いて波形の周期性、周波数、スペクトルの概念を体験的に習得すると共に、デジタル信号処理の一端に触れることを目的としている。実験に用いる音は、学生各自の母音と合成した正弦波である。母音に対しては、波形の観測と周期の測定を行う。波形として観測することの少ない音声を用いることによって、興味の喚起を図っている。正弦波では、周期の測定のほか、周波数の異なる三つの正弦波で和音を構成し、そのスペクトルを観測させる。これにより、周波数領域の解析によってより深く音の性質を知ることができることを体験させている。

課題への学生の取り組みに主体性を要求しているため、毎回行なっている学生アンケートにおいて、よい評価を得られている。

物質工学科では、主体的な思考力を涵養するために、学生たちに実験前に結果を予想させる2つの実験教材と、工夫して性能を競わせる1つの実験教材を開発および実施した。

開発した教材の一つは「活性炭の量と水の浄化の程度の関係」である。このテーマは活性炭の量と水の浄化の相関について学生達に体験させるものである。学生一人一人には実験開始前に、活性炭の量と水の浄化の程度についておおまかに予想のグラフを作成させた。活性炭への吸着は、時間(5分)と攪拌速度を班ごとに統一させ、種々の活性炭量で水の浄化実験を行わせた。浄化度は分光光度計により浄化前後の透過率の変化を測定することにより評価した。本科研費により購入したタブレットに班ごとに透過率を入力することによりグラフ化させた。実験後に各自の予想と実験結果を対比させ、考察をさせた。

第二のテーマは、「酸塩基滴定曲線」である。塩酸を水酸化ナトリウムで滴定する際の滴下量とpHの関係を調べるオーソドックスなテーマであるが、大部分のクラスで化学Iの授業で習う前に実験を行った。まず、実験開始前に、どのような曲線が描けるか各自予想を行った。その際、水酸化ナトリウム水溶液の滴下量が0 mLと、当量点(10 mL)並びに、20 mLの3点について学生とともに計算によってpHを算出してから滴定曲線のカーブを予想させるようにした。実際の実験では、3種類の塩酸濃度を分担して実験させ、科研費により購入したタブレットに結果を入力することによりグラフ化した。

工夫して性能を競わせる実験テーマとして、「簡易型アルカリ燃料電池の作製」を実施した。1グループ2~3名のグループ毎に燃料電池を作製することとした。実施手順は次の通りである。まず、燃料電池の原理を説明し、燃料電池の性能をグループ毎に競争する旨を告げた。次に、燃料電池の性能を決める部分についてのヒントを出し、どのようにすれば性能が向上するか考えさせた。実際の燃料電池の作製手順を以下に示す。まず、ステンレスメッシュをアルカリ洗浄した後、塩酸による15分のエッチングを行った。その間にゴムに任意の形状のガス流路をデザインさせ、加工させた。その後、パラジウム-塩酸水溶液中で5分間電解メッキをし、オリジナルの組み立てキットを用いて燃料電池を組み立てた後、市販の燃料電池評価キットを用いて室温にて電池性能を評価させた。なお、再利用できる部材を除くと、燃料電池1個あたりおよそ100円程度の製作コストであった。電池性能の評価後に、申告用紙に、各グループがデザインしたガス流路の形状、メッキ後のステンレスメッシュの状態、最大出力、コメント等を記入して最大出力が高い順に実験室に掲示するとともにインターネットにも掲示した。

実験結果を予想させたり、競争原理を導入したりすることにより、学生達は主体的に考え、積極的に実験を楽しむことがわかった。

(2) 共通して取り組んだ、提示方法

実験演習テーマは先に述べたとおりであるが、提示方法を次のように改善した。実験実習に取り組む前に、そのテーマで重要な事は何かを考えながら取り組むように指示し、終了時に要点を自分の言葉で次のようにまとめる作業を課した。

Q1 今日のテーマ内容で大事だと思った要点を3つ挙げよう。

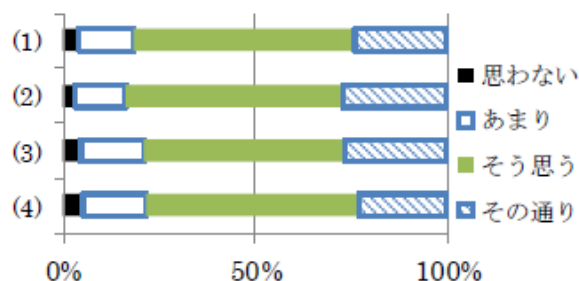
Q2 上記3つの項目が大事だと思った理由をそれぞれ書いてみよう。

(3) 発表会

学年の終わりに発表会を企画した。すべての学生たちは2名で5~10分程度の時間を割り当てられ、1年間に行なったテーマで一番印象に残ったことについてプレゼンテーションを行なった。十分な議論ができていないこと、発表テーマが発表し易い内容にかたよるといったこと見えてきた。最終発表会の前に学科単位でミニ議論・ミニ発表を行なったが、学生たちが恥ずかしがって自分の意見を話しきれていないなど今後の課題も見つかっている。

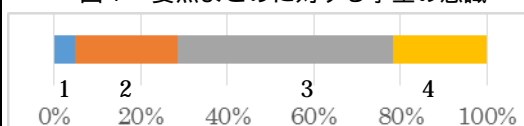
(4) アンケートによる検証

毎回、本日の重要なポイントを纏めて提出する作業を学生に課したが、そのことに関する学生の評価は図1に示す通り、ポジティブな



- (1) 要点は何かを考えながら授業に取り組んだ
- (2) 当日の内容が整理された
- (3) 要点をまとめる作業は有意義だ
- (4) 要点をまとめる作業は学生を主体的に参加させる

図1 要点まとめに対する学生の意識



1. 深まらなかった
2. 少しは深まった
3. 理解が深まった
4. 理解が深まり知識につながった

図2 準備・発表を通してテーマの理解が深まったかの意識

評価であった。また、年度末に実施した発表会について理解を深めることにつながったかという調査についても図2に示す通り、良好であった。

(5) まとめ

学生たちの学びを、体験・分析・表現の3つの段階と捉え、一つ一つの過程での学びを意識する大枠の仕組みおよび、具体的な実験演習テーマづくりを前に進める取り組みを学科ごとに創造的に展開し。手法を開発した。この手法は学生たちからも好評であった。学生たちの能力が今後どのように開発されてゆくのかは、単一科目内だけの手法開発だけでは未解決の部分が多いが、今回の教育研究を通じて、手法は見えてきている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3件)

小坂 敏文, 大塚 友彦, 清水 昭博, 木村 知彦, 新國 広幸, 一戸 隆久, 西村 亮, 城石 英伸, 藤野 宏, 羽鳥 広範, 雑賀 章浩, 新田 武父, 体験・分析・表現の3段階学習成長プロセスによる主体的思考力を涵養する早期技術者教育, 東京工業高等専門学校研究報告書, 査読なし, 第45号 pp.109-112, 2014年3月

一戸 隆久, 大塚 友彦, 加藤 格, 新田 武父, 専門基礎実験における学生の主体的な学びの実践例, 東京工業高等専門学校研究報告書, 査読なし, 第47号 pp.40-43, 2016年3月

一戸 隆久, 清水 昭博, 新國 広幸, 西

村 亮,城石 英伸,大塚 友彦,小坂 敏文,
専門導入基礎教育における主体的な学び
の涵養,工学教育,査読有り,2016年5月
8日採択決定

[学会発表](計 9件)

西村 亮,小坂 敏文,「ものづくり基礎
工学」への表現する過程の導入 - 情報工学
分野におけるまとめ -,平成26年度工学・
工業教育研究講演会講演論文集,
pp.170-171,2014,2014年8月30日広島
大学,東広島市

一戸 隆久,小坂 敏文,清水 昭博,新
國 広幸,西村 亮,城石 英伸,専門導入
基礎教育における主体的思考力の涵養 -
体験・分析・表現の3段階学修プロセスを
用いて-,平成26年度工学教育研究講演会
講演論文集 pp.424-425,2014年8月30
日広島大学,東広島市

一戸 隆久,大塚 友彦,加藤 格,新田
武父,専門導入基礎教育における主体的思
考力の育成 東京高専電子工学分野,
平成26年度全国高専教育フォーラム教育
研究活動発表概要集 pp.320-321,2014年
8月27日ポスター講演,金沢大学,金沢市

新國 広幸,佐川 正人,松井 義弘,羽
鳥 広範,松岡 敏,小坂 敏文,木村 知彦,
低学年学生実験への電子工作実習の導入,
平成26年度全国高専教育フォーラム教育
研究活動発表概要集 pp.61-62,2014年8
月27日,金沢大学,金沢市

清水 昭博,角田 陽,林 文晴,藤野
宏,鈴木 塔二,降矢 司,中村 源一郎,
大森 茂俊,専門導入基礎教育におけるス
ケッチ,テクニカルイラストレーション,
立体模型製作の一連のものづくり体験の
試み~「今日のテーマのまとめ」を通じた
分析能力の養成~,平成26年度全国高専
教育フォーラム教育研究活動発表概要
集,pp.454-455,2014年8月27日,金沢大
学,金沢市

城石 英伸,伊藤 篤子,中野 雅之,雑賀
章浩,小坂 敏文,高橋 三男,小林 靖和,石
井 宏幸,主体的思考力を涵養する早期技
術者教育のための教材開発(2),2014年電
気化学会秋季大会(1A19),2014/09/27(北
海道大学,札幌市)

城石 英伸,青山 陽子,衣笠 巧,伊藤
篤子,雑賀 章浩,小坂 敏文,主体的思考
力を涵養する早期技術者教育のための教
材開発(1),電気化学会第81回大会(1C23),
2014/03/29,関西大学千里山キャンパス,
吹田市

清水 昭博,小坂 敏文,角田 陽,鈴木 塔
二,藤野 浩,中村 源一郎,専門導入基礎
教育の機械工学分野の四輪車模型到達距
離コンテストにおける体験・分析・表現の
3段階学習プロセスの適用,平成27年度
工学教育講演会講演論文集,福岡市,九州
大学,pp.338-339(2015.9)2015年9月2
日(水)~4日(金)

一戸 隆久,大塚 友彦,加藤 格,新田 武
父,専門基礎実験における主体的思考力を
育む取り組み,第76回応用物理学会秋季
学術講演会講演予稿集 15-a-PA1-30,
p.01-064,名古屋国際会議場,愛知県名古
屋市(2015年9月13-16日)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小坂 敏文 (KOSAKA Toshifumi)
東京工業高等専門学校 情報工学科・教授
研究者番号: 60153524

(2) 研究分担者

木村 知彦 (KIMURA Tomohiko)
東京工業高等専門学校 電気工学科・准教
授
研究者番号: 00446238

城石 英伸 (SHIROISHI Hidenobu)
東京工業高等専門学校 物質工学科・准教
授
研究者番号: 30413751

一戸 隆久 (ICHINOHE Takahisa)
東京工業高等専門学校 電子工学科・准教
授
研究者番号: 40290720

西村 亮 (NISHIMURA Makoto)
東京工業高等専門学校 情報工学科・助教
研究者番号: 80259829

大塚 友彦 (OOTSUKA Tomohiko)
東京工業高等専門学校 電子工学科・教授
研究者番号: 80262278

清水 昭博 (SHIMIZU Akihiro)
東京工業高等専門学校 機械工学科・准教
授
研究者番号: 90149914

新國 広幸 (NIKKUNI Hiroyuki)
東京工業高等専門学校 電気工学科・准教
授
研究者番号: 90547829