

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 7 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26381269

研究課題名(和文) 緻密さと忍耐強さを養う技術科教育のためのマイクロメカニズム教材の開発

研究課題名(英文) The Development of Micro-Mechanism Materials of technology education for the Fostorage of Subtlety and Perseverance.

研究代表者

森岡 弘 (Morioka, Hiroshi)

山口大学・教育学部・教授

研究者番号：00249848

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)：筆者らは、これまで中学校の技術科教員のためのスキルアップ教育システムの開発に取り組んできた。その開発の過程において、学習指導要領でも重要とされている、緻密さへのこだわりや忍耐強さなどの育成を達成する一つの有効な方法として、マイクロメカニズムの製作が非常に役立つことがわかった。本研究では、現有のスキルアップ教育システムを発展させて緻密さと忍耐強さを養うマイクロメカニズム教材の開発を行っている。開発された教材は、中学校の技術科の授業において緻密さと忍耐強さのものづくりにおける重要性を生徒に理解してもらうための導入教材として、また生徒を指導する教師のスキルアップ教材として利用することを考えている。

研究成果の概要(英文)：We have been working on the development of teaching systems for technology teachers' skills, which we develop as the systems for the content "B. Technology of energy conversion" and (3) automatic measurements and controls via computer programs of "D. Technology of information processing" in the current junior high school course of study commentary. In the course of its development, production of micro-mechanism is found to be very useful as an educational method to achieve the fostorage of subtlety and perseverance. In this paper we develop micro-mechanism materials using the teaching systems to achieve the fostorage of subtlety and perseverance for technology teachers of a junior high school and students.

研究分野：社会科学

キーワード：教材開発 マイクロメカニズム ロボット

1. 研究開始当初の背景

筆者らが実施した山口県における中学校技術科の学習評価に関する調査研究（2007）によると、山口県における技術科教員を取巻く環境は以下のような状況になっている。全国的にみても、ほぼ同様な傾向であることが予想できる。

（1）**技術科教員の高齢化**：平均年齢 43 才

（2）**他教科との掛け持ち**：掛け持ち率 62%、その内他教科の担当時間が技術科の担当時間以上になる教員が 82%

（3）**技術科教員一人**：技術科を一人の教員が担当している学校が約 82%

（4）**教材開発スキルの低下**：多くの教員が教材会社の提供している教材をそのまま採用しているのが現状である。

また、平成 25 年 4 月における、本校の調査によると、山口県の教員における免許外教員のうち、45%が技術科の免許外教員が占めており、技術科の授業を受け持つ教員中、約 30%が免許外教員であることがわかっている。

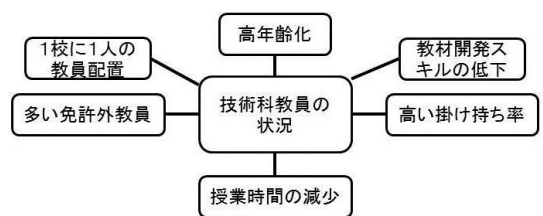


図 1 技術科教員を取り巻く環境

特に、木材加工を主にしたものづくり分野の経験が豊富である技術科教員や他教科をメインに指導する教員にとっては、新学習指導要領において必修化されたエネルギー変換や情報技術をベースにした複合的なものづくり教育の充実に関するスキル不足が顕著である。

今後、山口県の技術科教員の大量退職が予想されることや、上記のような技術科教員を取り巻く背景のもと、本校のような、技術科の教員養成課程を有する教育学部では、卒業と同時に、高度な技術教育に関する知識を有している学生を育てていくことが必須である。

また、全国の教員養成大学も同様の目標を掲げていると思われるが、山口大学教育学部では、附属学校園や公立の連携協力校等を積極的に活用するなど、実践的な能力を育成しつつ、質の高い教員を養成し、山口県における教員養成の拠点機能を果たしていくことを目標として、現場との連携や現場の教員の

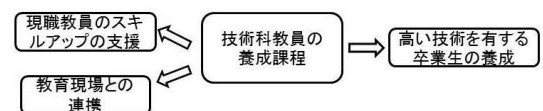


図 2 技術科教員の教員養成の目的

スキルアップへの貢献が重要であることが認識されている。

上記のような背景のもと、これまで、小型ロボットを使用した技術科教員のためのスキルアップ教育システムの開発（引用文献①）を実施してきたが、今後は、これまでの研究に継続性を持たせつつ、より教育現場と連携を重視した、マイクロメカニズムに焦点を絞った教材の開発を実施することにした。

技術科は、理系科目の中に位置づけられるが、理科や数学のような基本的な学習内容に大幅な変化がない教科とは異なり、テクノロジーの進展に学習内容が影響を受ける。ここ数年間で、モーターなどのアクチュエータ、センサー等が小型化され、10 年前には想像することができなかった二足歩行ロボットのような高度なロボットが家庭内において製作できるようになった。さらに、マイコン技術の進展は、アマチュアでも努力すれば高度なシステムを構築できるようになり、生産量の少ない個人的な製造をサポートするベンチャー企業も多くなってきている。

これらの最新のテクノロジーをうまく利用することができれば、削減された授業時間内で学習内容を効率的に学習することができる複合教材の開発の可能性が開けてきた。

2. 研究の目的

現行の学習指導要領で新たに必修領域となった「B エネルギー変換に関する技術」と「D 情報に関する技術」における項目(3)：「プログラムによる計測と制御」に対して、技術科教員のためのスキルアップ教育システムの開発に取り組んできた。

その開発の過程において、学習指導要領でも重要とされている、緻密さやへのこだわりや忍耐強さなどの育成を達成する一つの有効な教材として、マイクロメカニズムの製作が非常に役立つことがわかった。

本研究では、現有の技術科教員のスキルアップ教育システムを発展させて、中学校の生徒や、生徒を指導する教師のための緻密さと忍耐強さを養うマイクロメカニズム教材の開発を行うことを目的とする。

3. 研究の方法

これまでの研究で整備している“技術科教員のためのスキルアップ教員システム”を継続的に利用することにより、緻密さと忍耐強さを養うために有効と考えられるマイクロメカニズム教材の開発を検討した。

中学校技術分野の学習指導要領では、ものづくりなどの実践的・体験的な活動が緻密さと忍耐強さを育成するのに適していると記述されている。これまで、主に教員のスキルアップ用に開発してきた小型ロボットに加えて、中学生を対象とした教材として機構モデルを新たに加えた。

開発した教材は持ち運びが容易なことから、教育の現場において、実物を紹介したり、

実際に製作したりできることが大きな特徴である。本校教育学部の附属中学校および周辺の公立中学校と連携して、マイクロメカニズム教材を現場の教員のための講習会において利用する。

(1) 平成 26 年度

これまで、開発してきた小型のロボットをベースにして、対象とするマイクロメカニズムを小型のロボットから、小型の機構モデルにも広げる。設計には、既存の技術科教員のためのスキルアップ教育システムをフルに活用する。

図 3 にスキルアップ教育システムを利用したマイクロメカニズムの開発環境を示す。設計は、これまでも小型ロボットの設計で実績のある 3D CAD を利用する。3D CAD を利用した設計の利点は、設計段階で対象物の製作可能性を視覚的に把握できることにある。また、機構モデルなどの動きは 3D CAD のシミュレーション機能を使用すると、実際にモデルを製作する前に視覚的に再現できる。

3D CAD による設計や教材の説明は、現職の教員を対象とした、更新講習や認定講習において、もっとも現場の先生方が興味を示された内容であった。本研究においても最大限利用する。

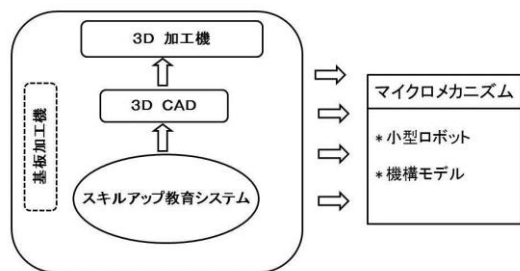


図 3 教材開発の環境

設計した小型ロボットおよび機構モデルは 3D 加工機を使用して製作することを基本とする。特に、機構モデルの教材化のためには、現有の 3D 加工機では、加工面が狭く、部品の大量(10 個程度)製作に向かないため、より加工面の広い機種であるオリジナルマインド社製の KitMill300 を購入して使用する。

(2) 平成 27 年度

現在、全国の教員養成大学で望まれているのは、附属学校園や公立の連携協力校等を積極的に活用した実践的な能力を有する質の高い教員を養成することである。

本研究で対象としているマイクロメカニズムの利点は小型で軽量であるため、持ち運びが容易である。そのため、教材を紹介するための 3D CAD を搭載したノート PC とマイクロメカニズム教材を附属中学校等に持ち込み、教材の紹介や製作実践を行うことが可能である。

小型ロボットは、教員のスキルアップ用教材として利用することを念頭に開発し、機構モデルは中学校の生徒を対象とした、技術の教材として開発した。

平成 27 年度の後半には、附属中学校等に出向き、附属中学校の教員と連携して、附属中学周辺の公立中学教員のための、マイクロメカニズム設計製作の研修会を開催した。

その中で、教員のスキルアップのための教材としてだけでなく、実際の教育現場での教材としての導入の可能性を検討した。

これまで、小型ロボットの製作を、現場の教員を対象とした、更新講習や免許状認定講習において実施してきた。また、本校の技術の機械分野の実習授業で 3 年間にわたり導入してきた際のアンケート調査から、中学生が小型ロボットを授業で製作するのは相当難しいと思われる。そのため、小型のロボットについては、最先端の技術を利用して製作されていることを紹介し、技術に関する興味関心を引き出す導入教育の教材として利用することを検討した。

機構モデルについては、学習指導要領で必修化されたエネルギー変換の教材として、実際に中学校の技術科の教材として導入することを検討した。

(3) 平成 28 年度

平成 27 年度の実績をもとに、研修に参加した現職教員の意見をフィードバックして、教材の改良を行った。

平成 28 年度前期に再度、附属中学校または周辺の公立中学校に出向き、附属中学校の教員と連携して、中学教員のための、3D CAD によるマイクロメカニズムの設計製作に関する研修会を開催した。

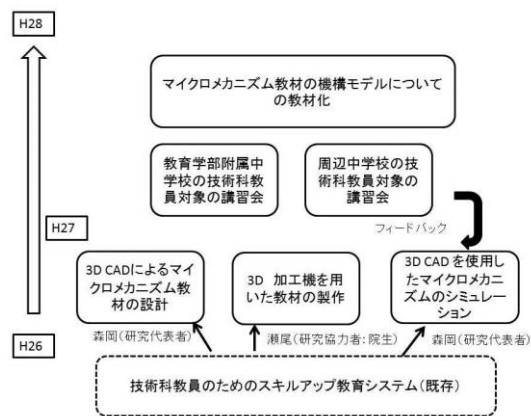


図 4 研究のロードマップ

4. 研究成果

本研究の成果は大きくわけて次の 3 つである。

(1) 開発環境の整備

教材開発環境の整備として新たに、3D CAD、3D 加工機などを導入した。3D CAD は、現在保有している 3D CAD である Solidworks が Windows 7 までの OS にしか対応していなかつ

たため、購入時に Windows8 および次期バージョンまでの OS に対応可能なものを購入した。Solidworks の選択理由は教育現場での利用実績が多かったからである。ソフト開発用 PC として、平成 27 年度と平成 28 年度に 5 台ずつ購入した。それぞれの年度において、附属中学校と周辺公立校の教員を対象としたマイクロメカニズムの研修会において必要な、3D CAD である Solidworks の動作を保証する教材説明用として利用した。

また 3D 加工機は機構モデルの教材化のため、加工面の広い、オリジナルマインド社製の KitMill RD300 を導入した。

導入した 3D CAD による設計例を図 5 に示す。また導入した 3D 加工機を図 6 に示す。

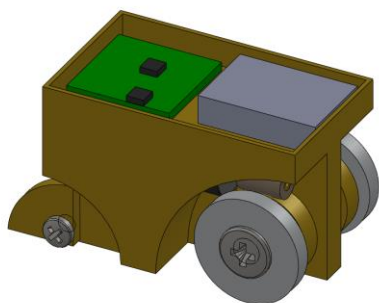


図 5 3D CAD による設計例

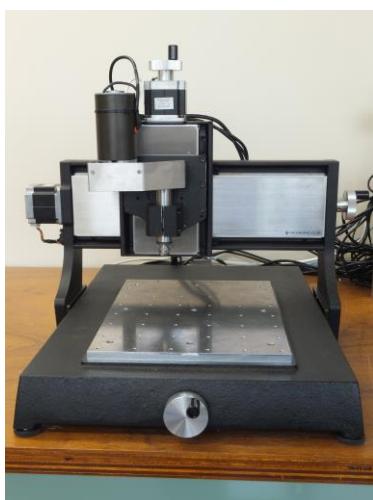


図 6 3D 加工機

(2) 小型ロボットおよび機構モデルの開発

開発したマイクロメカニズム教材は小型ロボットおよび小型の機構モデルである。これらの開発教材は「B エネルギー変換に関する技術」の教材として使用できる。さらに機構モデルについては、「D 情報に関する技術」の項目(3)「プログラムによる計測と制御」の教材としても利用できるよう無線通信による制御を導入した。

開発した小型のロボットおよび機構モデルは精密工学会主催の国際マイクロメカニズムコンテストに平成 26 年度～平成 28 年度にわたり合計 5 台を出展した。いずれのマイ

クロメカニズムも事前審査を追加し、本選に進むことができた。また 2 台は技術賞を受賞した。

① 小型ロボットの開発

平成 26 年度に開発した小型ロボットは、本研究により構築した開発環境を利用した初期のロボットであるが、3D 加工機の性能を十分に活かしたものではなかった。ここでは、平成 27、28 年度に開発した小型ロボットについて説明する。それぞれのロボットを 27 年度型、28 年度型と呼ぶ。

小型ロボットの設計は、サイズ 20×20×30mm 以内、重量 45gf 以下という無線相撲部門のコンテスト規定のもとで行った。対象ロボットの構想段階では紙面上で大まかな構造や機構を検討し、本格的な設計段階においては 3 次元 CAD である SolidWorks を用いた。

27 年度型は、高さを抑えつつ重量を相撲マイクロメカニズム部門（無線部門）での規定に可能な限り近づけた。小型ロボットの上部には赤外線受信機とバッテリーが収まるようなポケットを設けた。図 5 に示した形状モデルのように加工に曲面加工を含み、また各部のサイズの余裕を加工の可能性を含めて極限まで少なくしたため、緻密な設計と忍耐強い加工が必要であった。

27 年度型、28 年度型のどちらも駆動機構は $\phi 6 \times 8\text{mm}$ のコアレスモータを動力源として、これにウォームを取り付け、ウォームホイール（平歯車）に直結された車輪を駆動する方式である。

27 年度型小型ロボットと 28 年度型小型ロボットでは、主にタイヤユニット部の構成に違いがある。車軸について、27 年度型では、ボディと車軸を別々に製作し、ボディの車軸用穴に車軸を通す構造であったが、28 年度型では、車軸をボディから直接削り出すことによりボディと車軸を一体化する構造にした。このような構造にすることにより、車軸のぶれをなくすことができ、歯車と歯車の確実な動力伝達を実現することができた。図 7 に 28 年度型小型ロボットのボディを示す。



図 7 車軸を削り出したボディ

また、28 年度型では、駆動部の製作も大きく変更させた。ウォームホイールとタイヤの固定に関しては、27 年度型では、ウォームホイールとタイヤを固定させたタイヤユニット軸を車軸に通していたが、28 年度型では、

タイヤユニット軸を使用せず、車軸にウォームホイールとタイヤを直接配置するようにした。ウォームホイールとタイヤは段付き箇所を接着剤で接合させるようにし、車軸にねじを切り、ねじ止めすることで脱輪を防ぐようにしている。

さらにタイヤは設置面積を大きくし、3D加工機による削りだし方式にした。またタイヤとウォームとの適切な距離を保ち、かつ接着面を大きくするため、タイヤについても段付き加工を行った。

従来の加工法では、円柱型の加工は旋盤を用いる方法が一般的であったが、3D加工機の導入により、円柱型の車軸を真ちゅうのボディから直接削り出したり、タイヤを真ちゅうのフラットバーから削り出したりする加工を実現することができた。また、タイヤのグリップ向上のため市販の小型ラジコン用のパーツを使用していたが、さらなるグリップ向上のため、シリコン製のチューブを使用するように設計している。図8に完成したロボットの写真を示す。

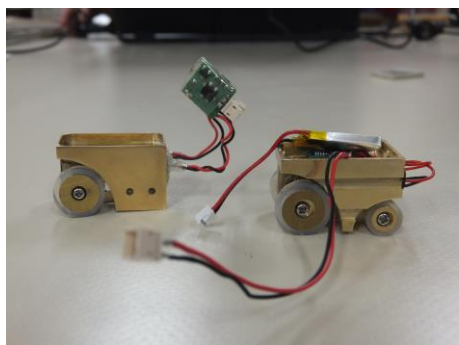


図8 完成したロボット (28年度型)

② 機構モデルの開発

機構モデルの製作を行うにあたり、3D CADを使用して機構モデルの構想と部品の設計を行った。機構モデルの構想では可能な限りマイクロ化を図った。マイクロ化により、部品のコストダウンを見込め、コンパクトで持ち運びが容易で、製作物にインパクトをもたせることができると考えた。

部品の材料にはアクリルと真ちゅうを使用するようにした。部品にアクリルを使用することで、内部の構造の可視化を図ることができ、動力伝達の仕組みを生徒にわかりやすく説明することができる。

本研究では、歯車やモータなどを「アクリルボックス」の中に固定し、動力伝達を行っている。アクリルボックスは、上板、底板、側板から構成されている。高さについては3D加工機の取り付け可能な材料の高さ(52mm)を考慮して設計した。

歯車の設計では、設計前に切削実験を行い、加工方法や加工精度、実用可能なモジュールと歯数について分析を行った。また、本研究では動力伝達に歯車を使用しているが、ベル

トとプーリによる動力伝達の検討も事前に行った。その結果、機構モデルのマイクロ化を図る上では2軸間の距離やベルトとプーリによる伝達ロスなどを考えた場合に歯車を用いた動力伝達のほうが有効であると思われた。そのため、本研究では歯車を使用することにした。歯車の製作についても3D加工機を使用している。図9に歯車加工の様子を示す。加工面が広いいため複数の部材を同時に切り出すことができた。

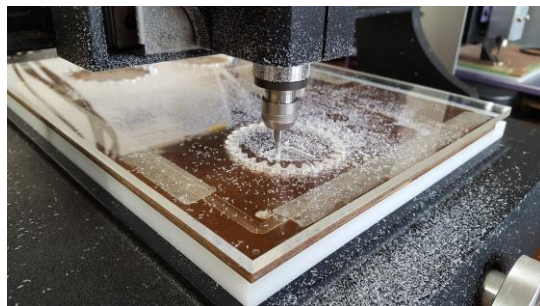


図9 3D加工機による歯車加工のようす

3D CADであるSolidWorksを用いて設計作業を行うことで、製作物の完成イメージを設計段階で描きやすくなる。また、「回転」ツール等を用いることで、設計した製作物をあらゆる角度から見ることができ、設計段階での見落としを減らし、より効率的な製作を見込むことができる。設計は、歯車と歯車の中心間距離や部品を固定する穴の位置などに注意し、製作可能であるか十分に考慮しながら進めた。図10に機構モデルの完成図を示した。

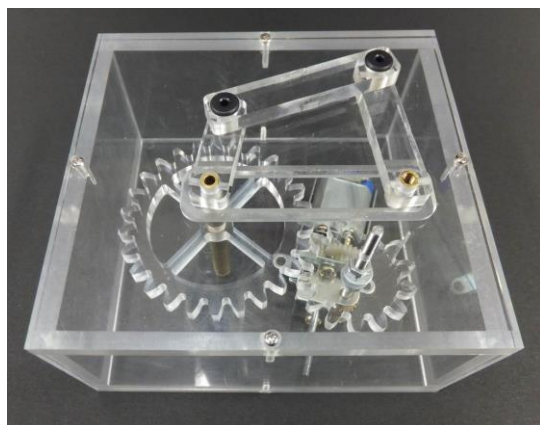


図10 機構モデル

本機構モデルは、さまざまな機械要素を組み合わせたものであるため、中学校技術・家庭科の技術分野の内容Bエネルギー変換に関する技術についての学習を深めることができると考えている。

しかし、中学校技術・家庭科の授業時数は非常に少なく、時間が限られている。上記の内容で機構について学習することは可能であるが、簡易的に電池をモータに接続して機

構モデルを動作させるだけでは、限られた授業時数に対して、インパクトに欠ける内容である。そこで、技術分野の内容D情報に関する技術の内容と関連させるために機構モデルの無線通信制御を行うことにした。機構モデルの無線通信制御には、(株)モノワイヤレスの「TWE - Lite DIP」という無線マイコンを使用した。

TWE - Lite DIP を使用した無線通信制御では、ボリューム (可変抵抗器) の使用によってモータの回転数を変化させることができるようにした。モータの回転数を変化させることで、歯車の回転数が変化し、リンク機構の揺動運動を変化させることができる。機構モデルの無線通信制御には、TWE - Lite DIP を2つ使い、一方を「親機」、もう一方を「子機」として無線通信を行うようにし、親機の「入力ピン」の状態が、子機の「出力ピン」に出力されるようにした。

(3) マイクロメカニズムの研修会の実施

山口大学教育学部には、附属中学校が2校ある。研究代表者が開発したマイクロメカニズム教材を持って附属学校に出向き、附属学校とその近隣校の技術科を担当する教員に対してマイクロメカニズムに関する研修会を実施した。教材説明用ノート PC にはスキルアップ教育システムの一部である 3D CAD を導入しているため、設計の講習や、機構モデルのシミュレーションを実施した。

平成 27 年度は附属光中学校において、平成 28 年度は附属光中学校の近隣の公立中学校においてマイクロメカニズムの研修会を実施した。それぞれ、本研究で導入した教材説明用のノート PC と開発したマイクロメカニズム教材を持ち込み 3D CAD によるマイクロメカニズム教材の設計法に関する講習会を実施して、中学校の教育現場への導入の可能性などについて検討することができた。

また、平成 27 年度の認定講習の機械工学 (実習を含む) を山口大学で開講した。実習を取り入れた講習を実施しているのは山口大学のみであることから、遠方から受講生の参加があり、参加者数は 15 名であった。認定講習の受講者の多くが、対象物を小型化することにより、加工の難易度が上がることや、

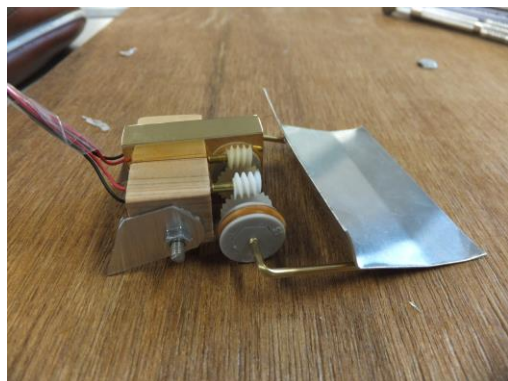


図 11 認定講習受講者の製作ロボット

加工するとき使用する工具が異なることを指摘していた。そのことが、生徒の緻密さや忍耐強さの育成に有効であり、ものづくりに関する技能の向上につながるという意見があった。また、動力伝達のしくみに関する理解が向上することや、3D CAD による説明が有効であったという評価があった。図 11 に実習で製作した小型ロボットの例を示す。

<引用文献>

①森岡弘、岡村吉永、柴田理、瀬尾優治、小型ロボットを使用した技術科教員のためのスキルアップ教育システムの開発、テクノロジー教育、査読有、第3巻、2013、1-10

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

①橋本崇史、森岡弘、3D開発システムを利用した機構モデルの教材化に関する研究、山口大学教育学部附属教育実践センター研究紀要、査読無、第43号、2017、157-166

②橋本崇史、尾川雄大、森岡弘、白濱弘幸、小型ロボットを用いた緻密さと忍耐強さを養うマイクロメカニズム教材の開発、テクノロジー教育、査読有、第6巻、2016、1-7

[学会発表] (計3件)

①橋本崇史、児島正侑、森岡弘、小型ロボットを用いた緻密さと忍耐強さを養うマイクロメカニズム教材の開発(2)ーロボコン参加型の教育実践ー、日本産業技術教育学会第59回全国大会、2016年8月28日、京都教育大学(京都府・京都市)

②橋本崇史、尾川雄大、森岡弘、白濱弘幸、小型ロボットを用いた緻密さと忍耐強さを養うマイクロメカニズム教材の開発、日本産業技術教育学会第58回全国大会、2015年8月23日、愛媛大学(愛媛県・松山市)

③橋本崇史、尾川雄大、森岡弘、白濱弘幸、小型ロボットを用いた緻密さと忍耐強さを養うマイクロメカニズム教材の開発、日本産業技術教育学会中国支部第44回大会、2015年5月30日、島根大学(島根県・松江市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森岡 弘 (MORIOKA HIROSHI)

山口大学・教育学部・教授

研究者番号：00249848