

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 11 日現在

機関番号：15501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2009～2013

課題番号：21530987

研究課題名(和文) 新たな必修領域に対応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

研究課題名(英文) The Development of Teaching Systems for the Improvement of Technology Teachers' Skills in Response to The New Compulsory Subject in The Course of Study for Junior High Schools.

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) 3,200,000円、(間接経費) 960,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、小型ロボットを利用した、新中学校学習指導要領において新たに必修化された、「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)の「プログラムによる計測と制御」に関する技術科教員のためのスキルアップ教育システムの開発および、教育システムを利用して製作した教材について報告している。また、その有効性について、本学教育学部の技術科教員志望の学生向けの授業や免許法認定講習などに導入した教育実践により検証している。開発した教材は小型のロボットを利用しており、新学習指導要領においても指摘されている緻密さへのこだわりや忍耐強さなどの育成に対しても有効であることが確認できた。

研究成果の概要(英文)：In this paper, we report the development of teaching systems for technology teachers' skills, which we develop as the systems for new content "B. Technology of energy conversion" and with regard to (3) automatic measurements and controls via computer programs of "D. Technology of information processing" in the newly revised junior high school course of study commentary.

Furthermore, we verified the educational effect of the proposed education systems through the curriculum of technology class and the course of lectures for qualifying teachers in the education personnel certification act. The proposed systems use a small robot. We confirmed the effectiveness for the fosterage of subtlety and perseverance, which was pointed out in the new junior high school course of study commentary.

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：教科教育

キーワード：教材開発 マイクロメカニズム

1. 研究開始当初の背景

中学校学習指導要領が平成 20 年 3 月に 10 年ぶりに改訂された。この改定された中学校学習指導要領(以下、「新学習指導要領」という。)は平成 21 年度から平成 23 年度までの移行措置の期間を経て平成 24 年度から全面的に実施されることになっていた。

今回の改定では、下図に示したように、技術・家庭科における技術分野(以下、「技術科」という。)では、従来の「A 技術とものづくり」と「B 情報とコンピュータ」との 2 つ分れていた内容が「A 材料と加工に関する技術」、「B エネルギー変換に関する技術」、「C 生物育成に関する技術」、「D 情報に関する技術」の 4 つに分割され再構築されている。

最も大きな変更は、従来の内容 A, B において選択として扱われていたそれぞれの項目(5),(6)の内容の多くが、新学習指導要領では必修項目に組み込まれたことである。

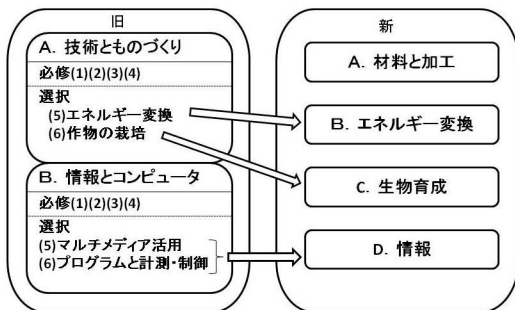


図1 学習指導要領の改訂

さらに、他教科の影響から実質的な授業時間数は減少しており、技術科の学習は、教師の裁量が入り込む余裕がほとんどなく、すべての生徒が同じ内容を広く浅く学習する内容になった。

特に今回の改定で申請者らが注目しているのは、従来選択項目であった「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」が必修化されたことである。

旧学習指導要領下における 10 年間ににおいては、これら 2 つの指導項目を選択項目として指導し、さらにロボコン等と連携させた発展的な学習として展開した教員がいる一方で、全く扱ってこなかった教員も多く存在する。すなわち、新学習指導要領において必修化されたこの 2 つの指導項目に対する教員間の指導スキルがこの 10 年間で大きく開いてしまったのが現状である。

上記のことを考慮して、新学習指導要領における内容 A, B, D が有機的に融合した教員のスキルアップのための技術教育システムを新学習指導要領への移行期間を利用して早急に開発することが望まれていた。なお本教育システムで中心的に利用するモデルは小型ロボットである。

2. 研究の目的

技術科教員の高齢化：平均年齢 43 才、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%、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%、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。

上述の環境下において、特にものづくり分野の経験が豊富な高齢化した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、新学習指導要領が意図するエネルギー変換や情報技術をベースにしたものづくり教育などに関するスキル不足が深刻な状況にある。

幸いにして、この分野に関する技術開発は 10 年間で大きく進み、PIC と呼ばれるマイクロコントローラは十分教育レベルで使用できる程度に安価になり、さらに通信チップも小型化した。また、最近のロボットブームにより、ロボット製作に関する部品も低価格化しており入手も容易になってきている。

本研究の目的は、このような環境を利用した新学習指導要領が意図するエネルギー変換や情報技術をベースにした、ものづくり教育などに関するスキルアップに貢献する教育システムの開発である。

3. 研究の方法

(1) スキルアップ教育システム

山口大学教育学部技術教育選修の機械研究室(以下、「機械研究室」という。)では、ロボットに代表される複雑な機械システムを設計するスキルを身につけるため、技術科の教員のためのスキルアップ教育システムを構築した。

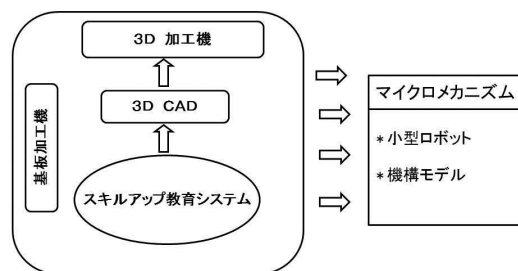


図2 スキルアップ教育システム

設計には 3 次元 CAD ソフトウェアである SolidWorks を使用している。多数ある 3 次元 CAD の中から SolidWorks を選択した理由は、教育現場への導入を考慮した多くの事例が利用できるためである。また、精密な加工を行うために、CNC フライス盤を導入している。上記の CAD と連携させることで、複雑な形状、あるいは精密な加工が必要な部品を効率的に加工できる。さらに、CNC 化されている基板加工機を導入することにより、ロボット等を制御するための電子基板の小型化も実現可能となっている。

業務用の CNC 加工機は、コントローラやソ

ソフトウェアを含むと大変高価なものとなる。しかし最近では、大学の研究室単位や個人ユーザが購入可能な組立キット型の CNC 加工機が存在している。機械研究室でも、プロクソン社のフライス盤を CNC 化したオリジナルマインド社製の 3D 加工機を導入した。また基板加工機も同社の KitMill CIP100 を使用している。

機械研究室では、これらのスキルアップ教育システムである開発環境を授業や研究室における教材の開発に使用するのみではなく、教員免許状更新講習、免許法認定講習や小中学生向けの職場体験などの社会貢献にも利用した。

(2) 小型ロボットの利用

新学習指導要領で必修化された内容に関する技術科教員のスキルアップ教材として、機械研究室で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（以下、「国際 MM コンテスト」という。）への参加を想定した小型ロボットを開発してきた。

本コンテストを対象とした主な理由は、小型のロボット製作を通して、製作者が、ものづくりと制御技術に関する技能を同時に向上させることができるのではないかと考えたからである。

平成 19 年度から平成 22 年度までに、機械研究室では 5 台の小型ロボットを製作し、同コンテストにエントリーおよび参加してきた。小型ロボットを製作するには、自己の加工技術や機械研究室で保有している工作機械の性能を考慮した設計能力、さらに、精密なけがき作業や工作技術が必要となる。これまでのロボコン参加の経験を通して、小型ロボットの開発は技術科教員としてのス

キルアップに十分対応できることがわかった。

国際 MM コンテスト対応のロボットを製作するためには、一般的に入手が難しく、また高価な部品の使用が必要となる場合がある。例えば、エネルギー変換における動力伝達の主要パーツである歯車については、モジュールが 0.3 の歯車類を使用している。しかし、中学校での使用を考慮すると、モジュールが 0.5 の歯車の方が低価格でかつ入手も用意である。

操作方法については有線と無線の 2 つのタイプがある。ロボット本体における有線と無線の違いは、電池の置き場所と受信機の有無のみで、設計上大きな差異はない。しかし計測と制御の学習教材としては、無線タイプを用いる方が効果的である。一方、価格的な面を考慮すると、送信機能を持つコントローラとロボット側に受信機と小型の電池（リチウムイオン電池）が必要になることから無線タイプの方がかなり高価になる。

以上のことを考慮して、技術科教員のスキルアップ教材としてだけではなく、技術科の授業で導入することも想定した図 3 に示した小型ロボットを再設計した。

4. 研究成果

開発したスキルアップ教育システムおよび、教育システムを利用して開発した教材（小型ロボット）の有効性は、本学の学部授業における授業実践や、現職の教員を対象とした認定講習、更新講習などの講座を通した 2 周回の P D C A サイクルにより検証した。

検証された結果、教育システムの改善および教材の開発を卒業研究により検討した。

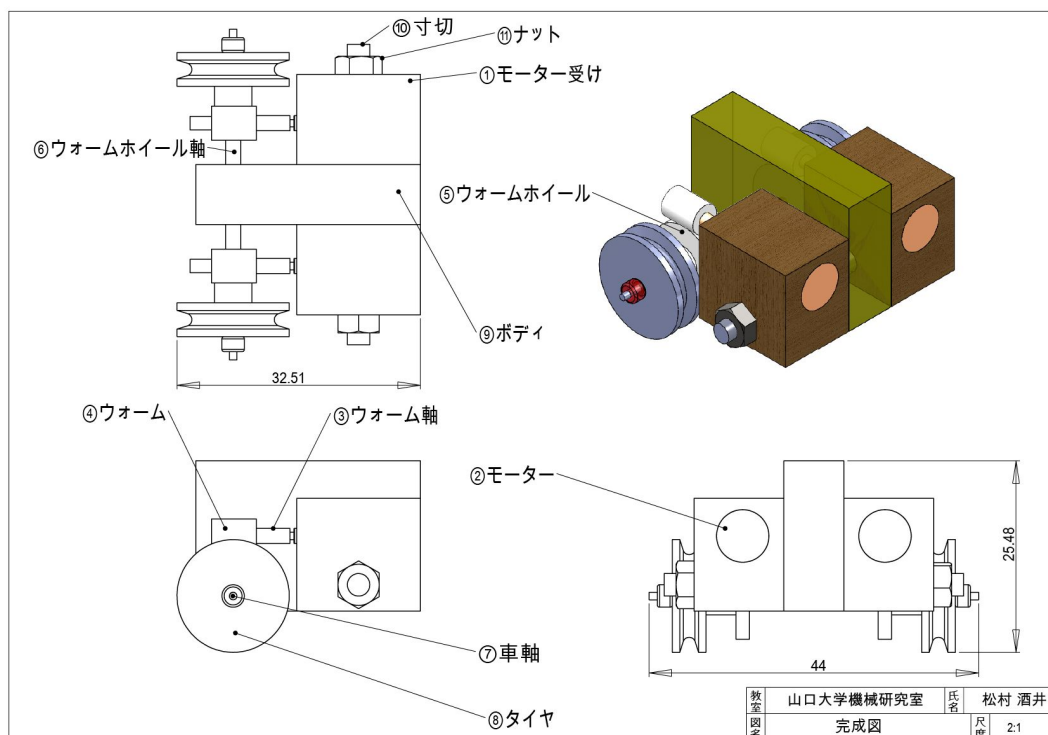


図 3 小型ロボットの組立図

(1)授業実践

山口大学教育学部の技術教育選修に所属する学生は、卒業までに中学校における技術の教員免許の1種もしくは2種の免許を取得するために必要な単位を修得しなければならない。その関係で機械領域については、実習を含む科目を2単位以上取得する必要がある。本学部ではその科目に相当する授業が応用機械である。

応用機械では、従来から機械分野の総合的な内容を学ぶために簡単なロボットの設計と製作を授業内容としてきた。しかしながら、新学習指導要領でエネルギー変換や計測・制御が必修化されたことから、受講生に、より総合的な講義および実習を提供する必要性が生じてきた。そこで、平成23～25年度の3年間にわたり、本研究を通して技術科教員のためのスキルアップ教材として開発した小型ロボットを応用機械の授業に導入した。



図4 完成した小型ロボット

本授業の受講者は両年度とも少数ではあるが、授業評価も含めて簡単なアンケート調査を行った。評価は、そう思う、ややそう思う、どちらともいえない、あまりそう思わない、そう思わない、の5件法で5～1で点数化した。質問項目は「(1)初回の授業で実施したエネルギー変換(歯車による動力伝達)についての授業により、歯車による動力伝達のしくみが理解できましたか」、「(2)小型ロボットの製作を通してエネルギー変換(歯車による動力伝達)を理解できましたか」、「(3)小型ロボットの製作は技術科教員のスキルアップの教材として適していると思いますか」であり、その調査の結果を表3に示す。授業前と授業後でエネルギー変換に関する理解が向上しているのがわかる。

平成25年度の授業実践では、これまでより、高度な機構を有するロボットが複数台製作された。減速機の効果を確認するために、2段の減速を行ったロボット、料理の泡立て器の機構(ウォーム+ウォーホイール)を駆動系に利用したものが製作された。

これらのロボットの製作には、3D CADと3D加工機を利用した。これにより、3D加工機を利用した小型ロボットの製作過程を教

員養成課程における「プログラムによる計測と制御」の学習カリキュラムに利用できるようになった。

表1 授業後の調査結果

H23～H25年度

質問項目	5	4	3	2	1	平均
(1)	6	14	2	1	0	4.0
(2)	9	12	2	0	0	4.3
(3)	12	9	2	0	0	4.4

(2)認定講習

平成24年度に免許法認定講習の機械工学(実習を含む)が山口大学で開講された、実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った。受講者数は19名であった。日程を表2に示す。講習における実習教材として、開発した小型ロボットを使用した。

2日目は、小型ロボットの製作実習を行い、最後に自由記入方式にアンケート調査を実施した。以下にその一部を示す。

表2 認定講習の日程

日程	1コマ	2コマ	昼食	3コマ	4コマ
1日目	講義	講義		講義	講義
2日目	実習	実習		実習	実習・レポート

(小型化に関する意見)

小型ロボットの作製において、歯車の軸間の距離や減速比、トルク比の比較ができ、とてもわかりやすく思いました。

物を小型化するだけでこんなに難易度が上がるとは思いませんでした。普段自分が行っている実習とは全く違いました。

(手作業や緻密さ及び忍耐強さに関する意見)

ピンバイスという工具を初めて使用した。ピンバイスを使いウォームギヤなどの穴を広げる作業は大変であった。

こういった手作業は、新鮮で工業技術の向上がはかれたと思います。

手作業を正確に行うことの大切さ、緻密な作業を行った時の製品の完成度の違いについて、生徒に話したいと考えています。

ピンバイスを使い、このような作業でここまでできるんだということは大変勉強になりました。

今回の実習では、木材加工とは違い、精密に作るという点が違いました。

今回の実技の内容はとても緻密さと忍耐強さが必要な内容で、これを中学校の技術で

学ぶことができれば、とても有意義な授業になると思います。

(学習指導要領や3次元CADに関する意見)
学習指導要領を加味した内容で、多分全体的に体験できたと思います。

3次元CADの画像による説明は、現物よりわかりやすいものがプロジェクターに映しだされて、とてもはやく理解ができたと思います。

ソリッドワークスも初めて拝見させてもらい3次元CADに興味がわきました。

(問題点)

真ちゅうパイプなどをカッターで切断するのは抵抗を感じた。

少し準備されすぎて、機械加工についてももう少し体験してみたかった。

寸切をペンチで切断するのは大変であった。ポルトクリッパーがあれば助かった。

認定講習の受講者の多くが、対象物が小型化することにより、加工の難易度が上がることや、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。また、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、3次元CADを使用した図面や工作方法の掲示についても肯定的な意見が多数あり、3次元CADについての関心の高さが示されていた。

時間的に余裕があった受講生は、限られた時間内でロボットにさまざまな変更を加えていた。図5には、本来の2輪から4輪へ変更を加えた小型ロボットの例を示す。

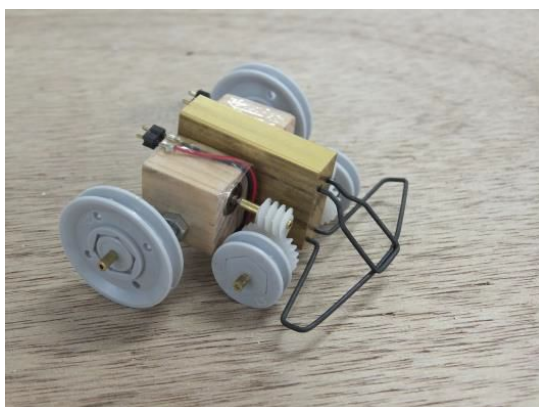


図5 認定講習の受講者の製作ロボット

今回の認定講習の参加者数は19名であり、1人の講師が担当する実習系の講習としては人数が多い方だと思われる。しかし、製作対象が小型であるため、通常の教室で作業用の板を配布して実習を行うことができた。

実習内容については、多くの受講生から肯定的な意見を聞くことができた。

以上のことから、認定講習会においても開発した小型ロボットの实習教材としての有

効性が確認できた。

(3)卒業研究

卒業研究では、これまでの評価からのフィードバックを考慮して、技術科教員のためのスキルアップ教材として、より複雑な機構を有するロボット「ダストスイーパー(おそうじロボット)」を開発した。

本ロボットの駆動系は2段減速となっており、ゴミ収集部は、平成25年度授業実践で製作されたロボットの駆動部の機構である1つの駆動軸によって2軸を回転させるウォームギヤを利用した機構を取り入れている。

設計製作は本研究で使用した教育システム(図2)を使用している。

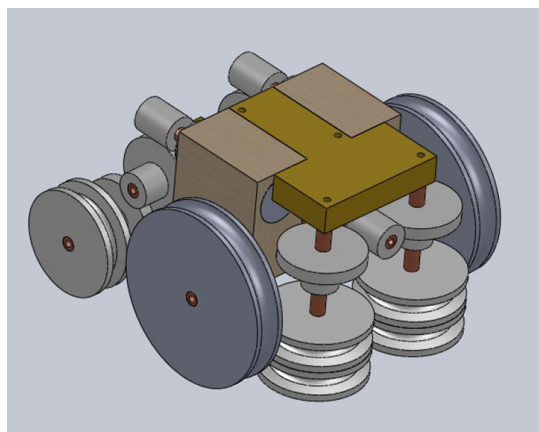


図6 国際MMコンテスト参加ロボット(組立図)

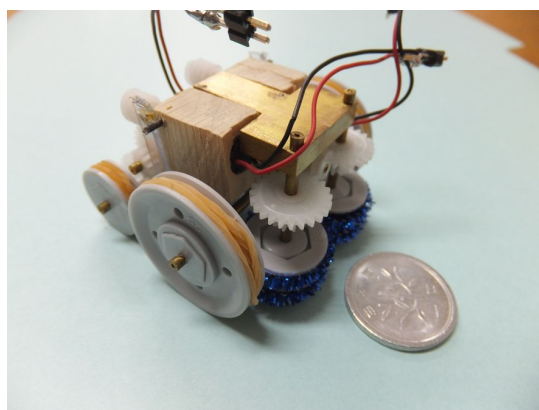


図7 国際MMコンテスト参加ロボット

図6に3次元CADを使用して設計したロボットの組立図を示し、図7に完成図をそれぞれ示す。

ボディ部の加工はCADから生成したCNCプログラム(Gコード)により、3D加工機で加工しており、技術科教員のスキルアップが期待できる。なお、本ロボットは平成25年度の国際MMコンテストの自慢のマイクロメカニズム部門において発表した。

(4)その他

本研究に関わるその他の成果として、バレ

ーボールのスパイク技能測定装置の開発がある。この装置により、スパイクの打ち込み角度および力の方向の計測およびその結果の表示が可能となった(図 8、9)。また、木材加工の工具使用マニュアルを作成した。

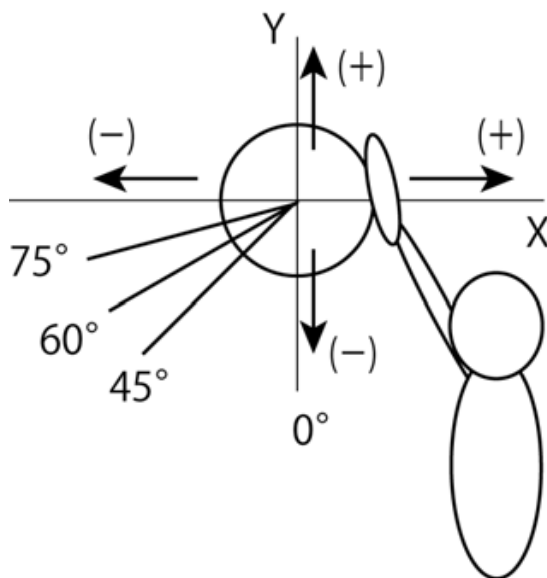


図 8 打ち込み角度および力の方向

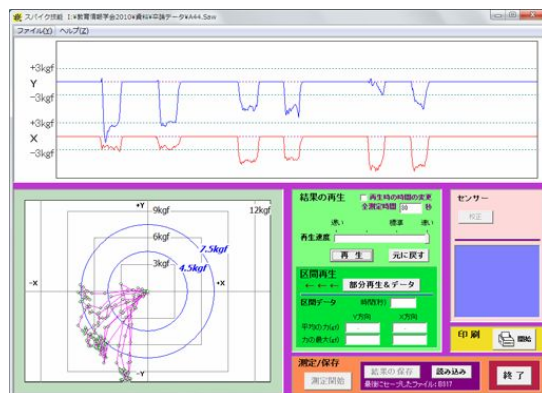


図 9 測定結果の一例

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 5 件)

岡村吉永、瀬尾優治、李源涛、木村加工 領域における工具使用マニュアルの試作、山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要、査読無、第 37 号、2014、83-88

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 号、2013、1-10

森岡弘、岡村吉永、酒井藍、松村悠子、小型ロボットを用いた技術科教員のスキルアップ教材の開発、山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要、査読無、第 33

号、2012、153-162

岡村吉永、森岡弘、船内朋子、測定的手法を用いた技能学習の検討

バレーボールのスパイク動作を対象とした技能情報の測定と学習利用の可能性について、テクノロジー教育、査読有、第 1 巻、2011、1-6

久保田健次郎、森岡弘、岡村吉永、測定的手法を用いた学習装置の開発とその無線化に関する研究、山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要、査読無、第 29 号、2009、81-92

〔その他〕

ホームページ等

<http://web.cc.yamaguchi-u.ac.jp/~morioka/index.html>

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

(2) 研究分担者

岡村 吉永 (OKAMURA YOSHIHISA)

山口大学・教育学部・教授

研究者番号：10204025