

小型ロボットを用いた技術科教員のためのスキルアップ教材の開発

森岡 弘・岡村 吉永・酒井 藍*・松村 悠子**

The Development of Teaching Materials Using a Small Robot for
the Improvement of Technology Teachers' Skills

MORIOKA Hiroshi, OKAMURA Yoshihisa, SAKAI Ai*, MATUMURA Yuko**

(Received January 10, 2012)

キーワード：小型ロボット、新学習指導要領、エネルギー変換、緻密さ

はじめに

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る。

今回の改定において、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。技術・家庭科としての授業時数はこれまでと同じであることから、各内容に割り当てることができる授業時間数は減少している。その結果としてAからDの4つの内容を、すべての生徒に対して、従来に比べて広く浅く学習させなければならなくなった。

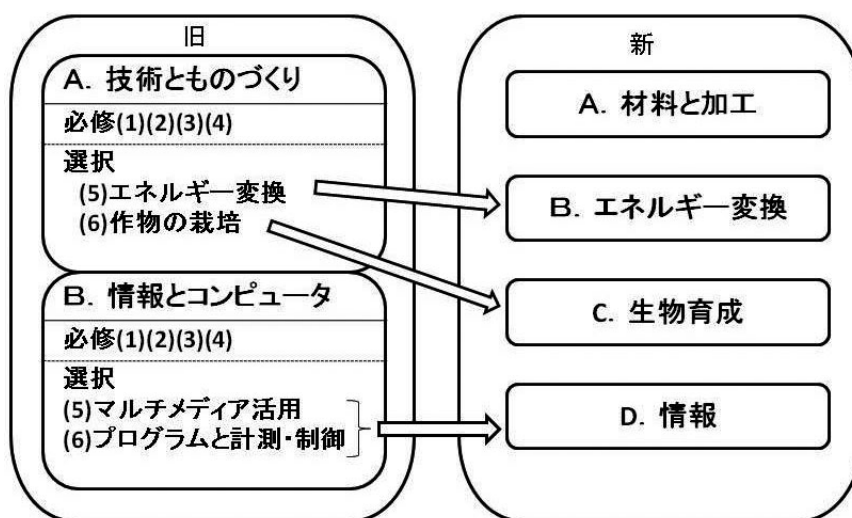


図1 学習指導要領の改訂

特に今回の改定で筆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。

*山口大学大学院教育学研究科 **神奈川県寒川町旭小学校

現行の指導要領下における10年間においては、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。

移行期間における中学校技術科の教育現場では、特にエネルギー変換についての教材に対する関心が高く、多くの教材の研究や開発が行われている。その内容は研究大会などの研究授業を通して紹介されている。

上記のことを考慮して、本論文では小型ロボットを中心とした、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教材の開発とその有効性について検討している。そして、開発した小型ロボットを導入した本学の学部授業における授業実践の成果を報告する。

1. 小型ロボットを利用した技術科教員のスキルアップ教材

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、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、ものづくりと情報技術をベースにしたものづくり教育の教材として、精密工学会主催の国際マイクロメカニズムコンテストへの参加を想定した小型ロボットを開発してきた。そして、ロボットコンテスト参加型の実践的なものづくり教育を実施してきた。

本コンテストを対象とした主な理由は二つある。一つは、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点にある。もう一つは、ロボットが小型（無線部門：20mm×20mm×30mm、有線部門：15mm×15mm×20mm）で競技フィールドも小さいため、比較的低予算での製作が可能であり、持ち運びも容易なことである。

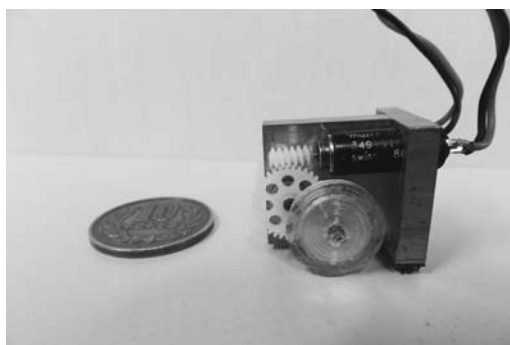
平成19年度から平成22年度までに、機械研究室では5台の小型ロボットを製作し同コンテストにエントリーおよび参加してきた（平成22年度は東日本大震災のため大会が中止）。小型ロボットを製作するには、自己の加工技術や機械研究室で保有している工作機械の性能を考慮した設計能力、さらに、精密な、けがき作業や工作技術が必要となる。これまでのロボコン参加の経験を通して、小型ロボットの開発は技術科教員としてのスキルアップに十分対応できることがわかった。図2に、機械研究室から国際MMコンテストに参加したロボットの例を示す。



(a) H19年度 無線相撲部門



(b) H20年度 有線相撲部門



(c) H22年度 無線相撲部門



(d) H22年度 自慢のマイクロメカニズム部門

図2 国際マイクロメカニズムコンテスト参加ロボット

表1 部品リスト

番号	品名	規格・材料	個数	工程他
①	モーター受け	ヒノキ角材	2	切断、穴あけ
②	モーター	φ4コアレスモータ	2	既製品 (インドアプレーン)
③	真鍮パイプ	φ2-φ1	2	面取り、穴広げ加工
④	ウォーム	m=0.5 ウォームギヤ	2	既製品 (ヤマザキ)
⑤	ウォームホイール	セット	2	
⑥	ウォームホイール軸	φ2-φ1、真鍮	2	穴広げ加工
⑦	ピアノ線	φ1	1	切断、面取り
⑧	タイヤ	φ15 プーリ	2	既製品 (ヤマザキ)
⑨	ボディ	真鍮フラットバー 20×30×8t	1	切断、穴あけ
⑩	寸切	ステンレスM3	1	既製品
⑪	ナット	M3	2	既製品

木材製の①モーター受けは、⑨ボディに⑩寸切（ねじの棒）と⑪ナットにより固定されており、ボディの回りを回転できるようになっている。これによりモーター受けに挿入する駆動系一式（②モーター+③真鍮パイプ+④ウォーム）と⑤ウォームホイールの接触の具合を調整することができる。

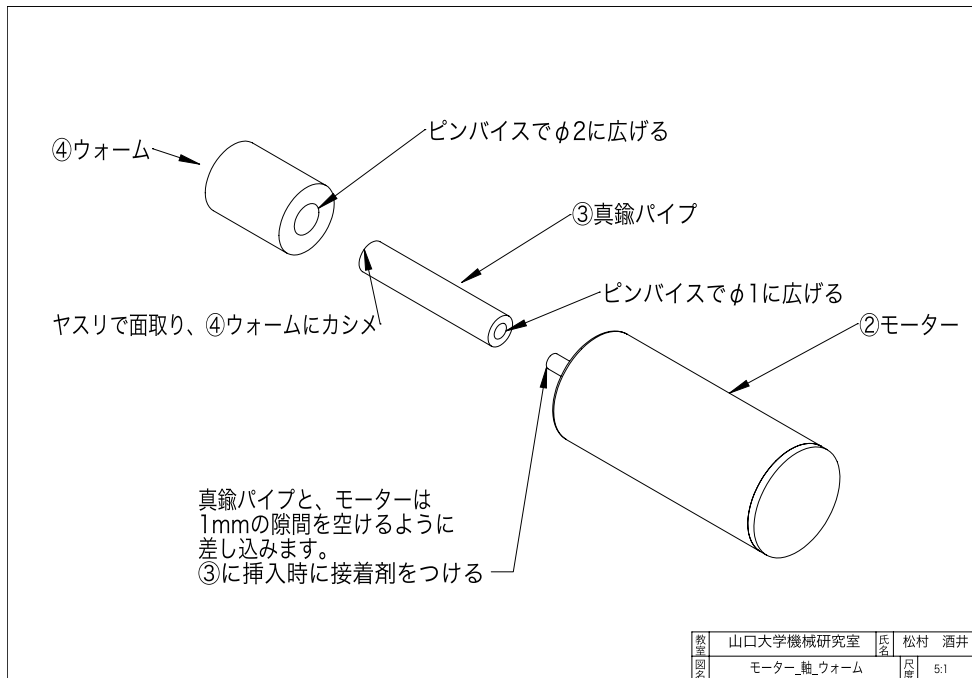
実際の組立においては、それぞれの部品の接合方法やその状態が重要となる。間違いを起こす可能性の高い組立については、その要領をわかりやすく記述するために、SolidWorksの機能を使用して図4のような図面を作成した。

図4(a)は、駆動系の細かな工作の手順が記載されている。製品の規格では③真鍮パイプは外径φ2、内径φ1であるが、ホビー用の製品でもあるため、加工誤差があり、②モーターの軸が入らない。このため、ピンバイスを使用して穴径を少しずつひろげる作業が必要になる。また④ウォームに③真鍮パイプを挿入する際も、挿入する側の③真鍮パイプは面取りをしておかないと、うまく④ウォームにカシメることはできない。

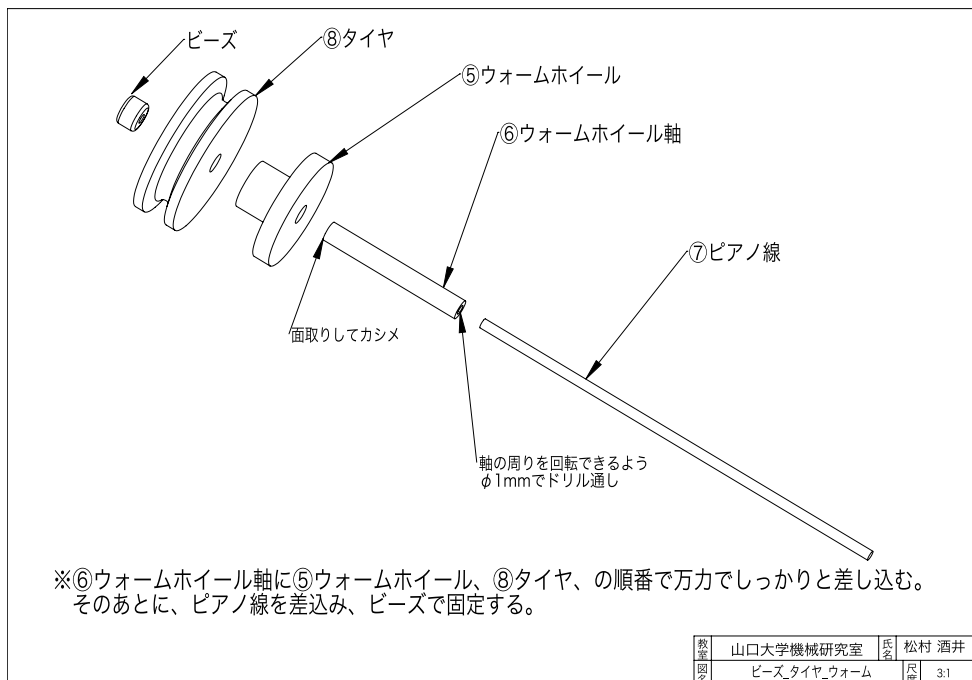
また、図4(b)には車輪系の細かな工作手順を示している。⑧タイヤと⑤ウォームホイールと⑥ウォームホイール軸が一体となって車輪系を構成している。直径1mmの⑦ピアノ線を車軸として、そのまわりを車輪系がスムーズに回転できるように、⑥ウォームホイール軸の内径をピンバイスでなめらかに仕上げしておく必要がある。

④ウォーム、⑤ウォームホイール、⑧タイヤは、入手が容易であることから、中学校の教育現場において多用されているヤマザキ製のロボコン用パーツを使用している。

駆動系や車輪系では、それぞれの部品が組合わさって一つの役割を持つ部品になる。そのため、図中に記載した注意事項の意味をよく考えながら、加工や組立てを行わないと、最終的に目的を達成しない部品になってしまう場合がある。特に、本教材のように製作対象が小型になると、一つ一つの作業に、新学習指導要領の目標の一つでもある「緻密さと忍耐強さ」が要求される。



(a) モーター+真鍮パイプ+ウォームの駆動系の組立方



(b) タイヤ+ウォームホイール+ウォームホイール軸の車輪系の組立方

図4 部品の組立方法

3. 応用機械の講義への導入

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一種もしくは二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。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、受講生にそれらの内容を修得させるために、より総合的な講義および実習を提供する必要が生じてきた。そこで、平成23年度からは、2章で概要を示した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することにした。そして、必修化されたエネルギー変換や計測・制御の内容を修得するための教材としての有効性を実践的に検証することにした。

3-1 講義概要

応用機械の授業の概要を表2に示す。第1, 2週で講義概要やロボットコンテストの教育効果などについて説明した。さらに必修化されたエネルギー変換に関する内容については、歯車による動力伝達のしくみや、速度伝達比などを解説した。第3週には、機械研究室で開発した小型ロボットの実物および設計図を掲示して、その製作方法について詳細に説明した。ここで掲示した小型ロボットをプロトタイプロボットとして、次週以降の設計のベースとするように指示した。

第4週以降は、受講者それぞれが小型ロボットの設計に入る。設計が完了した受講生は設計図の検図を授業担当者から受ける。検図に合格した受講生は、安全教育テストを受け、そのテストに合格したものから順次製作に着手できるようにした。

第6週以降の製作段階では、それぞれの工程で使用する工具の説明を適時行いながら、小型ロボットを設計図に従い製作していく。第14、15週で小型ロボットの調整や評価を行った。

表2 応用機械の授業概要

週	内容	使用工具・教材
1	授業の概要説明、安全教育、ロボコンの教育効果	
2	エネルギー変換（動力伝達）の仕組み	機構モデル
3	小型ロボットの説明	小型ロボット、設計図
4	小型ロボットの設計	
5	小型ロボットの設計、安全教育テスト	
6	小型ロボットの設計・製作	
7	小型ロボットの製作（ボール盤、ピンバイスによるパイプの穴あけ）	ボール盤、ピンバイス
8	小型ロボットの製作（スライド丸のこによるボディの切り出し）	スライド丸のこ
9	小型ロボットの製作（ハイトゲージによるけがき）	ハイトゲージ
10	タイヤ受けとタイヤの製作	
11	コントローラの組立（既製品）	
12	小型ロボットの製作（コントローラとロボットの接続）	はんだごて
13	小型ロボットの製作	
14	小型ロボットの調整	
15	小型ロボットの評価（小型ロボットの機能テストおよび相撲競技）	

3-2 製作

小型ロボットの製作過程で使用する工作機械・器具としては、通常の工作でもひんばんに使用するボール盤、スライド丸のこ、やすりなどがある。その他、対象が小型であるため、手作業で微調整しながら穴あけ作業を行うために必要となるピンバイスや、正確なけがき作業を行うためにハイトゲージなどを使用する。

また、部品の接合のために接着剤を使用する場合などがあり、これまで技術科の授業では、あまり経験したことのない、工具の使用や作業が必要となる。これらの製作工程は、新学習指導要領の技術分野の目標にある「緻密さへのこだわりや忍耐強さなどの育成」の達成に合致すると考えている。

本授業のH23年度における受講者は7名であった。小型ロボットは各自1台ずつ製作した。図5の左に完成した全ての小型ロボットを示す。図5の右には、これまでの応用機械の授業で製作したロボットと今回製作した小型ロボットの大きさを比較するため、それらを並べたようすを示す。図5から本授業で設計製作した小型ロボットはこれまでのロボットに比べて非常に小さくなっているのがわかる。一辺の長さは十分の一程度である。

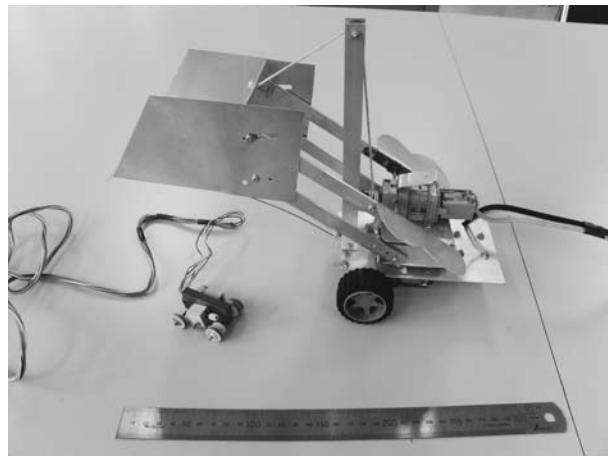


図5 完成した小型ロボット

受講者が製作した7台のロボットのうち4台は車輪をプロトタイプ機の2輪から4輪に設計変更していた。4輪に変更したロボットの中の1例を図6左に示す。また図6右に示したロボットは歯車列の駆動を多段に変更して減速比を増加させていた。歯車列の多段化は設計に工夫が必要であり、かつ加工にも精度が要求されるため、かなり時間が必要であったと思われる。

従来のロボットのサイズでは1mm程度の加工誤差はあまり問題にはならなかったが、小型ロボットの場合は、1mm程度のわずかな加工誤差でもロボットの性能に及ぼす影響が相対的に大きくなる。このため、けがきや加工において、慎重さと技術の向上が必要となる。

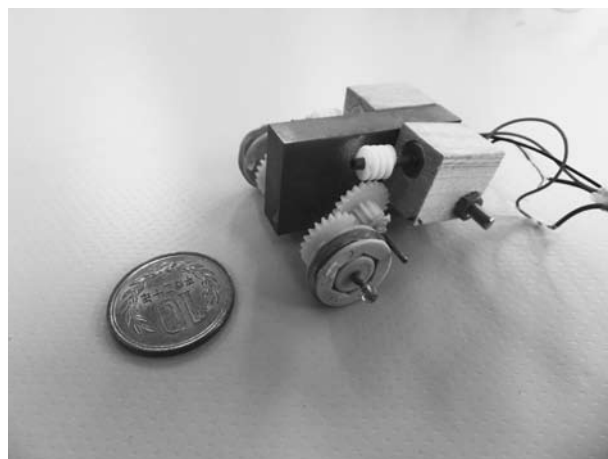
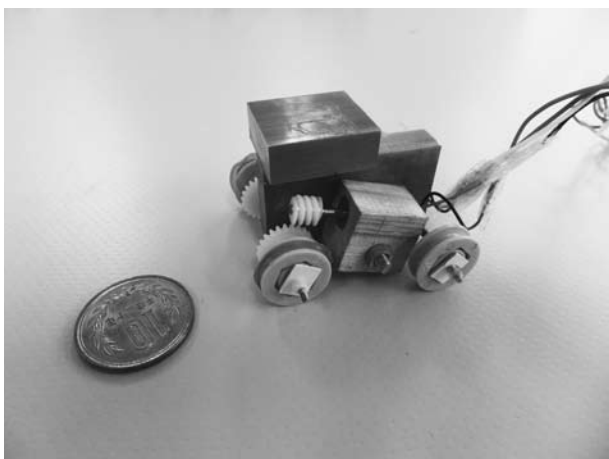


図6 プロトタイプ機から変更を加えたロボットの例

3-3 競技および授業評価

最終週には小型ロボットの前進・後退・左右のターンなどの基本機能を確認するテストを行い、その後、図7に示したような相撲競技を行った。相撲競技はロボット同士が単に押し合う競技であるが、それぞれが設計製作した小型ロボットの基本的な性能が勝敗に強く影響する。設計した通りに正確に高精度で製作された小型ロボットが勝利する場合が多かった。

本授業の受講者は7名と少人数ではあるが、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。また本教材が技術科教員のスキルアップ教材として高い評価を得たことが示されている。

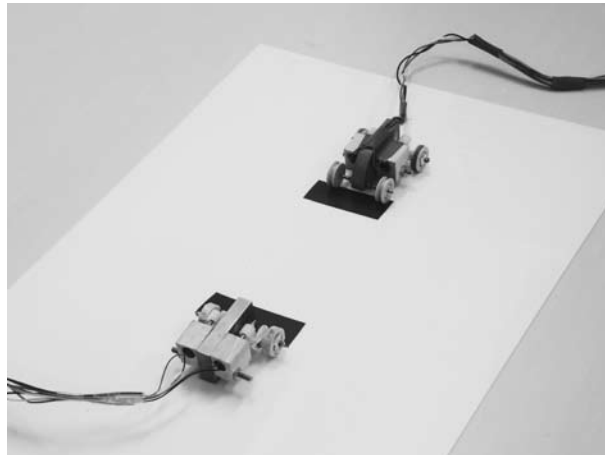


図7 相撲競技のようす

表3 授業後の調査結果

質問項目	5	4	3	2	1	平均
(1)	2	5	0	0	0	4.3
(2)	4	3	0	0	0	4.6
(3)	4	3	0	0	0	4.6

その他、記述式で回答させた各作業に対する意見の例を以下に示す。

質問項目：「各作業についての意見を記入してください」

- ハイトゲージはとてもけがきやすいのですばらしい道具だと思った。
- ボディへの穴あけ作業はとても集中した。最初に位置を調整するのが難しく、時間を要した。
- 真鍮パイプへの穴あけ作業は、難しかったし、時間がかかった。ドリルを2, 3本も折ってしまった。
- 小さいボディに穴をあけることで、集中して取り組むことの大切さが分かりました。

上記のように各作業についての意見では、従来あまり使用していない器具の有効性や細かな作業についての記述が多く、小型ロボット製作に固有な作業についての関心が高かったことがわかった。

最後に本教材を中学校の技術の授業で導入する場合に予測される問題点や利点について記述式で回答させた。その回答結果を以下に示す。

質問項目：「中学校の技術科の授業に導入する場合に予想される問題点や利点について記入してください」
(問題点)

- 細かい作業が多く中学生には難しい。
- 加工に機械を使用するので危険。
- 一般的な工具をあまり使わない。
- 手先の器用さなどにより個人差がでてしまう。

- 道具がそろっているか。
- どの作業に重点をおくか。
- 金工の作業を行うのに時間がかかる。
- けがへの配慮がとても大切である。
- 危険な作業が多い。
- はしゃぐ、騒ぐ、ふざける等をする生徒への安全教育が徹底できるか。
- 工作機械の使用に伴う怪我が想定できる。→どこまで生徒に行わせ、どこから教師が補助するか。
- 難しさ。
- 加工に時間がかかってうまくいかないとモチベーションが下がってしまう可能性がある。
- 設計図をつくる時間を十分にとってしっかりと考えて、加工作業や組立作業の見通しをたてないと、思考活動と作業活動が混ざってしまって十分な活動をすることができないと考えられる。
- 完成までに時間がかかり過ぎる。
- 製作途中で行き詰ってしまう生徒がいるかもしれない。
- 時間とコストをかなり要してしまう。準備にも時間がかかる。
- 遊びに走って、本来の学びの意図からはずれる可能性がある。
- 生徒によって作業の進行度に差が生じる可能性がある。

(利点)

- ロボットを作るということで、生徒は興味関心が高いと思う。
- 完成したときの達成感。
- 自分で工夫できることから、創意の力が育つ。
- エネルギー変換を学びながら相撲を行うことができる楽しさがある。
- 木材や金属など、複数の材料を加工できる。
- 普段使わない機械を使用できる。
- 材料加工とエネルギー変換の複合教材である。
- 作ったロボットでの相撲で、作った後にも楽しみがある。
- 設計→製作→実際に作ったものを動かして競技、という一連の流れがあるためものづくりの楽しさに触れることができる。
- マイクロロボットの製作過程で様々な機械に触れることができる。
- 達成感を味わうことができる。
- マイクロロボットの細かい調整を行うことで、ロボットの動き方が微細なことで変わってしまうことを学べる。
- エネルギー変換というものを自分で作ったもので、しかも自分自身の目で確かめることができる。
- 友達と意見交換する中で、マイクロロボット作りの工夫を見出すことができる。
- 自分の個性を發揮できる。
- エネルギー、機械、金属、木材などあらゆるものにふれることができる教材である。
- ロボットが動くので興味が高まり、つくることのできることを理解できる教材である。
- 作業前に説明を加えることで、中学校3年生くらいであれば、あらゆる工夫を行いオリジナルなものをつくるだろうと予想できる教材である。
- 設計の活動を充実させることで、段階や流れのある作業を円滑に進めることができると考えられる。
- 設計の時間をたくさんとることで思考の時間と作業の時間に区別ができるので混乱しないようにすることができる。

問題点のうち、本教材に固有なものとしては、加工や安全に関するものがほとんどであった。これらの多くは、教師の対応および事前準備で解決可能であると考えられる。

利点としては、エネルギー変換についての理解が実際にロボットを製作することで深められることや、複合教材であること、加工技術が向上すること、教材の楽しさを指摘する意見が多く、教材として導入することに対して多くの肯定的な意見を得ることができた。

おわりに

本研究では、新学習指導要領において必修化された「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)：「プログラムによる計測と制御」についての技術科教員のスキルアップ教材の開発とその有効性の検証を行った。

開発した小型ロボットの技術科教員のスキルアップ教材としての有効性は、本学部の授業である応用機械に導入して、その受講生から確認することができた。また、中学校の技術科の授業に導入する場合の利点や問題点に関する意見から、本教材の今後の改良点についても把握することができた。

開発した小型ロボットの仕様は操縦タイプが有線方式となっている。そのため、「プログラムによる計測と制御」についてのスキルアップ教材としての機能は有していない。しかし、機械研究室では小型ロボットの無線化技術はすでに保有しているため、説明資料として無線タイプの小型ロボットを数台製作して利用することは可能である。

無線化に関しては、ロボット側に搭載する必要がある受信機の小型化が必須であり、すべてを研究室で作成することは生産技術の面においても現状では困難である。また、市販の受信機は高価であるため、授業用の教材として大量に購入して導入することも容易ではない。

しかし、小型ロボットの動作を無線によりコントロールすることは制御技術の学習として大変有効な方法と思われる。今後はこの点について、バーチャル化などを考慮しながら、小型ロボットを利用した「プログラムによる計測と制御」の教材化を検討していく予定である。

最後に本研究の一部は平成23年度科学研究費補助金（基盤研究（C）21530987）の助成を受けたものである。記して謝意を表する。

参考文献

- 文部科学省：中学校学習指導要領解説 技術・家庭編(平成20年9月)，2008.
第48回中国・四国地区中学校技術・家庭科研究大会 山口大会報告書，2010.
第49回 中国・四国地区中学校技術・家庭科研究大会 愛媛大会要録，2011.
田中 光一：P I Cマイコンでつくるインドア・プレーン，C Q出版社，2005.
田中 光一：みんなで作ろうインドア・プレーン，C Q出版社，2006.
精密工学会主催 国際マイクロメカニズム コンテストホームページ，
<http://www.cc.toin.ac.jp/sc/hayashi-lab/new/index.html>
森岡 弘・吉永 和人・谷川 雄一・植野 志都真・久保田 健次郎：「小型ロボットを用いたものづくり学習に関する研究」，山口大学教育学部附属教育実践総合センター研究紀要，21，69-60，2010.
植野志都真・久保田 健次郎・森岡 弘・岡村 吉永：「小型ロボットを用いた技術科教員のスキルアップ教材」，日本産業技術教育学会中国支部第37回大会講演要旨集，11，2008.
植野志都真・久保田 健次郎・森岡 弘・岡村 吉永：「インドア・プレーンを用いたものづくり教材の試作」，日本産業技術教育学会中国支部第37回大会講演要旨集，12，2008.
インドア・プレーンに関するホームページ、<http://indoor-airplane-world.com/>
門脇 重道，高瀬 善康：SolidWorksによる3次元CAD，実教出版，2008.
金沢大学設計教育グループ：3次元CAD・CAE・CAMを活用した創造的な機械設計
-SolidWorksを活用した設計・製作，日刊工業新聞社，2009.