

## 「プログラムによる計測・制御」と 「力の伝達の仕組み」を融合した複合教材の研究<sup>†</sup>

笠野 安雄\*・山菅 和良\*\*・糀谷 隆雄\*\*・渡邊 渉\*\*\*・針谷 安男\*\*\*  
岩舟町立岩舟中学校\*  
宇都宮大学大学院教育学研究科\*\*  
宇都宮大学教育学部\*\*\*

新しい学習指導要領が告示され、技術・家庭科の技術分野では、選択項目であった内容が必修化されすべての内容を共通に履修させることとなった。その中、教育現場では効率的・横断的に学習を進めるための授業計画の再編が急務となっている。また、「知識と技術の確実な定着を図るとともに、生活とかかわらせて具体的な題材を工夫すること」が重要視された。このことから、さまざまな問題点を自ら解決していく実践的な態度を育てる必要があり、指導内容を断片的に教えるよりもさまざまな事柄を融合したものにすることが望ましい。

本研究では、身のまわりの機器に使用されているコンピュータの役割と力の伝達の仕組みを効果的に学習することができ、更に発展的な学習が可能な自律型ロボットを用いた複合教材の検討を行い、これから必修化になる「プログラムによる計測・制御」と「力の伝達の仕組み」を融合させた授業計画を立案した。そして、その授業計画を基に授業実践を行い、それらの教材や学習内容が有効であることを明らかにした。

キーワード:複合教材, プログラムによる計測・制御, 力の伝達の仕組み, 自律型ロボット, 技術科教育

### 1. はじめに

新しい学習指導要領<sup>①</sup>が告示され、平成24年度から完全実施となる。技術・家庭科の技術分野では、今までの「A 技術とものづくり」・「B 情報とコンピュータ」の2構成から、選択項目であった「A(5) エネルギーの変換を利用した製作品の設計・製作」・「A(6)作物の栽培」・「B(5)コンピュータを利用したマルチメディアの活用」・「B(6)プログラムと計測・制御」が必修化され、「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構成となり、すべての内容を共通に履修させることとなった。現行の「B(2)コンピュータの基本的な構成と機能及び操作」と「B(3)コンピュータの利用

の一部を小学校での既習内容にすることにより時間的な削減はないとされている。しかし、教育現場における実情を考えると、すべて必修化された指導内容を網羅しながら効率的・横断的に学習を進めるための授業計画の再編が急務となっている。

また、中学校学習指導要領解説技術・家庭編<sup>②</sup>の中で、「知識と技術の確実な定着を図るとともに、生活とかかわらせて具体的な題材を工夫すること」が重要視され、「進んで生活を工夫し創造する能力と実践的な態度を育てる」ことが技術・家庭科の最終目的であると述べている。このことから、いろいろな社会的事象と複雑に絡み合う我々の生活の中で、さまざまな問題点を自ら解決していく実践的な態度を育てる必要性がある。ゆえに、指導内容を断片的に教えるよりもさまざまな事柄を融合したものにすることで、応用・活用する能力が身につくと考えられる。しかしながら、融合した学習内容に関する先行研究<sup>③</sup>は少ない。

そこで本研究では、身のまわりの機器に使用されているコンピュータの役割と力の伝達の仕組みを効果的に学習することができ、更に発展的な学習が可

<sup>†</sup> Yasuo KASANO\*, Kazuyoshi YAMASUGA\*\*, Takao KOUJIYA\*\*, Syou WATANABE\*\*\* and Yasuo HARIGAYA\*\*\*: The Study of Compound Teaching Material that Unites “Measurement and Control by Program” and “Mechanism of Transmission of Power”.

\* Iwafune Junior High School, Iwafune Town

\*\* Graduate School of Education, Utsunomiya University

\*\*\* Faculty of Education, Utsunomiya University

能な教材の検討を行い、これから必修化になる「プログラムによる計測・制御」と「力の伝達の仕組み」を融合させた授業計画を立案する。また、その授業計画を基に授業実践を行い、それらの教材や学習内容を検証することを目的とする。

## 2. 授業計画

### 2. 1 教材の選定

古平ら<sup>(4)</sup>が提案しているものを参考にし、「プログラムによる計測・制御」と「力の伝達の仕組み」を融合した学習に使用する教材として必要な事項を以下に示す。

- ・ 情報処理の手順を理解し、目的や条件に応じたプログラム作成ができる。
- ・ コンピュータを用いた計測・制御の基本的な仕組みを知ることができる。
- ・ センサなどの計測・制御システムがあり、身のまわりの機器とコンピュータやプログラムとの関連を実感しながら学習できる。
- ・ さまざまなエネルギー変換方法や力の伝達の仕組みを知ることができる。
- ・ 目的や条件に応じて、製作品の機能と構造を工夫することができる。

これらの事項の中でプログラムによる計測・制御学習が可能な教材として自律型ロボット教材があり、多くの教育機関等<sup>(5)-(8)</sup>で使用されている。また、エネルギー変換方法や力の伝達の仕組みについての学習を融合することも想定すると、高橋ら<sup>(9)</sup>の研究において学習効果が確認されているレゴマインドストームが最も適していると考えた。付属のブロックを組み合わせることでさまざまな機構を考慮した形状のものが製作でき、何度でも組み立て・分解が可能である。レゴマインドストーム RCX は、平成 21 年末に新規の販売および部品供給サービスを終了<sup>(10)</sup>しているため、その後継機であるレゴマインドストーム NXT(図 1)を本教材として採用することにした。

さらに、プログラミングツールとして、GUI 型(Graphical User Interface)と CUI 型(Character User Interface)の両方が使用でき、2 種類のツールを使用することで多様なプログラム学習が可能である。本教材における 2 種類のプログラミングツールの画面を図 2 (GUI 型の NXT ソフトウェア)、図 3 (CUI 型の BricxCC) に示す。

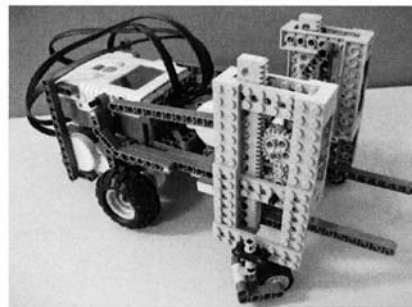


図 1 レゴマインドストーム NXT (本教材)

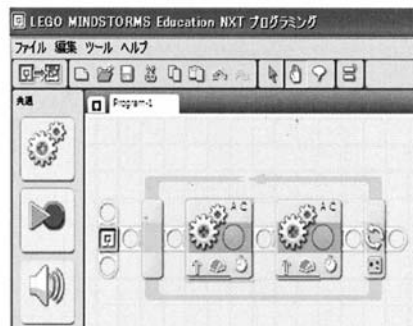


図 2 NXT ソフトウェア プログラミング画面

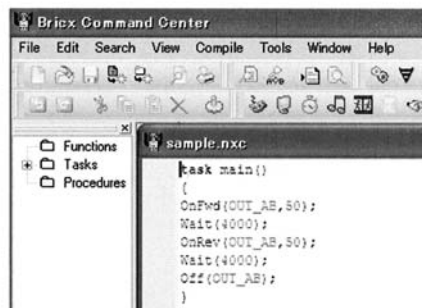


図 3 BricxCC プログラミング画面

### 2. 2 学習方法

融合した授業を行う際、それぞれの内容のねらいを達成できるような学習方法でなければならない。そこで、プログラム転送をするための本体を含んだ車輪付きのロボット(以下、本体部)と力の伝達の仕組みを学ぶための部分(以下、機構部)に分けて学習し、それらを融合することで最終課題のロボット製作を行うこととする。

本体部では、プログラム作成課題をクリアしていくことでプログラムの基礎(順序処理型・条件くり返し型・条件分岐型)を学ぶ。機構部では、さまざまな機構の働きを理解した上で、目的の動きを実現するためにレゴブロックを組み合わせて体験的に学

ぶ。そして、プログラムを組み込む本体部と仕事を行うための機構部を融合した「自動運搬ロボットの製作」をする。これにより、自らが得た基礎的・基本的な知識と技能を活用しながら「進んで生活を工夫し創造する能力と実践的な態度を育てること」ができると考えた。

### 3. 授業実践

#### 3. 1 実践概要

本実践は、宇都宮大学教育学部技術教育専攻平成21年度技術学実験実習IVにおいて、受講生7名を対象に、6単位時間（1単位時間：50分）で行った。「プログラムによる計測・制御」と「力の伝達の仕組み」を融合させた授業内容及び、本教材が複合教材として有効であるかを検証する目的で実施した。その授業展開を表1に示す。

表1 授業実践計画案と内容

時数	内容
1	計測・制御とは
2	プログラムとは（サンプルプログラム）
3	簡単なプログラム課題作成：GUI型
4	力の伝達の仕組みについて
5～6	「自動運搬ロボット」の製作

#### 3. 2 授業展開

##### 3. 2. 1 計測・制御とは？(1時間目)

1時間目は、計測・制御の基本を学習するためにワークシートを用いて進行した。コンピュータが使われている身近な機器を挙げ、それがどのように使用されているのかを人間と比較することで、センサやプログラム、アクチュエータなどの計測・制御システムについての基礎的概念の定着を図った。ワークシートの一部を図4に示す。

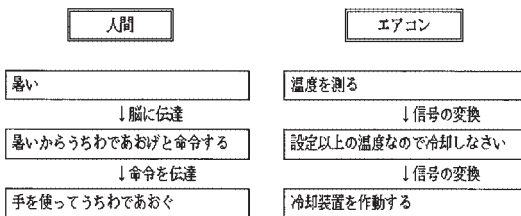


図4 人間とエアコンの比較例

この学習において、自分の生活の中から計測・制御システムについて考えることで、普段何気なく使

っている機器を見直す良い機会となり、これからの学習への意識づけになった。

##### 3. 2. 2 プログラムとは？(2時間目)

プログラムの基本を学習するために、1時間目同様ワークシートを用いて進行した。プログラムのはたらきを確認した後、作成するための手順を考える方法であるフローチャート（順序処理型・条件くり返し型・条件分岐型）について説明した。その際、仕事の流れを図式化することで、整理して考えをまとめることができ、他の人にも共通理解が図れる技術的なコミュニケーションツールであることを強調した。また、今回使用するプログラミングツールである「NXT ソフトウェア」の基本的な使い方を説明し、3つの基本型のサンプルプログラムを作成した。プログラムによる動作の確認を、図5に示す本体部に転送しなから進めていった。本体部には、前方との距離を確認できる超音波センサ1つ、ライントレースができるように光センサ1つ、合計2つのセンサを装備した。また、ワークシートに掲載した「NXT ソフトウェア」の操作説明画面を図6、サンプルプログラムの一部を図7に示す。

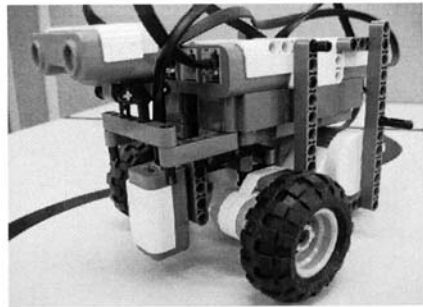


図5 本体部

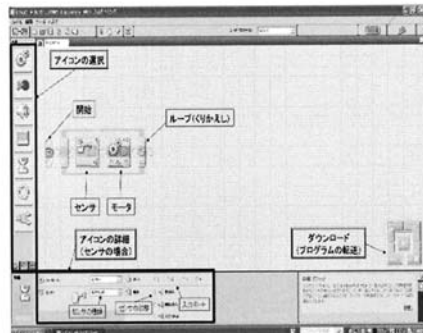


図6 NXTソフトウェアの操作説明画面

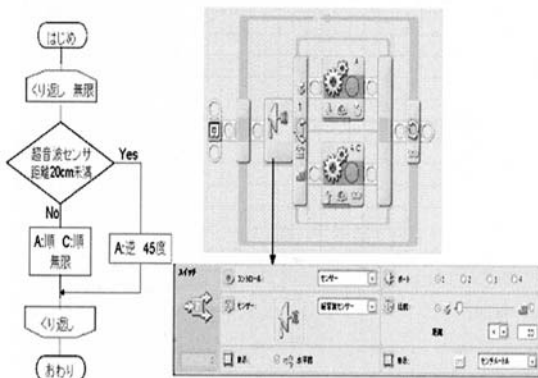


図7 サンプルプログラム (条件分岐型)

大学生ということもあり、Pascal や FORTRAN などを使用したプログラミング学習は既習内容であったため、フローチャートに使われている記号や名称の確認、サンプルプログラムの作成についてはスムーズに進行した。中学生を対象とした場合は、ていねいな説明とフローチャートの書き方練習などの時間を十分にとり、プログラムの基本を習得させる必要がある。

### 3. 2. 3 簡単なプログラム課題作成(3時間目)

本時の簡単なプログラム課題作成 (GUI 型) では、作成したプログラムの保存の方法など、手順や注意事項を確認した後、フローチャートを書きながら目的にあったプログラムを作成した。作成したプログラムを本体に転送して動かすことで、プログラムの内容を検証しながら課題を順番に行っていくこととした。課題は、順序処理型・条件くり返し型・条件分岐型の3つの基本型に対し、それぞれ2つずつの合計6つを設定した。実際に提示した課題を表2に示す。

表2 プログラム課題

番号	課題
1	その場を時計回りで10秒間回転する。
2	スタート地点から2秒間前進する。 その後、スタート地点まで戻す。 (戻し方は自由)
3	蛇行しながら前進し続ける。
4	正方形の軌道を描いて、スタート地点で停止する。
5	常に前進し、壁に近づいたら右方向に回避する。 ※超音波センサを使用
6	黒色のトラックを左回りで走り続ける。 (ライントレース) ※光センサを使用

できるだけ多くの課題を解決することで、プログラムの基本型を理解できるよう6つの課題を設定したが、想定していたよりも多く時間がかかってしまった。その主な原因として、以下のことが考えられる。

- 課題6の光センサを用いたライントレースがうまくいかず、コースをはずしてしまう様子が多く見られた。
- 3つの基本型に対し、2つずつの合計6つの課題が多かった。
- 前のプログラム課題との関連性が乏しく、新たに考え直さなければならぬ課題内容になっていた。

一つ目の問題点に関しては、光センサの照度設定を事前に確認しておかなかったことが主な原因であると判明し、教師側の初歩的な準備不足であった。その日の天候や教室環境に左右される設定に関しては、授業前の準備を徹底することで解決できる。残り二つの問題点に関しては、最終課題である「自動運搬ロボット」の製作へのアプローチとなるように内容を再度考え直し、中学校での実践のためにプログラム課題を一部修正する必要がある。

### 3. 2. 4 力の伝達の仕組み(4時間目)

本時は、力の伝達の仕組みについての学習ということで、さまざまなところで使用されている動力伝達機構についての基本を知ることから進めた。かみ合いを利用した歯車(ギヤ)や摩擦を利用したベルトとプーリ、目的とする動きに変換して動力を伝えるリンク・カム機構などについてワークシートを用いながら授業を展開した。そして、そこで学んだ機構を利用して、「レゴブロック」を組み合わせることで「すくう」や「はさむ」などの動きを実現させた。このことにより、学んだ知識の定着化と最終課題への意識づけを図った。多くのアイデアや工夫が生み出せるように、たくさんの選択肢を用意した。そのワークシートの一部を図8、演示用として使用した教材を図9に示す。

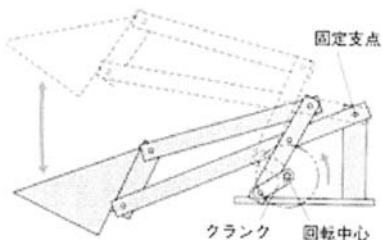
エネルギー変換に関する学習は現行の指導要領において選択項目であったために、今回の実践に参加した大学生は全員、中学生時代に動力伝達機構についての授業を受けていなかった。しかし、幼少期にレゴを使って遊んだ経験があり、違和感なく作業を



進めることができた。楽しそうにブロックを組み合わせ、目的の動きを実現させようとしている様子が見られ、中学生を対象とした授業においても同様の反応が見られるだろうという期待を感じることができた。

⑤ 「すくう」動き

◎ リンク機構を利用して



⑥ 「はさむ」動き

◎ 歯車 (平歯車) を利用して

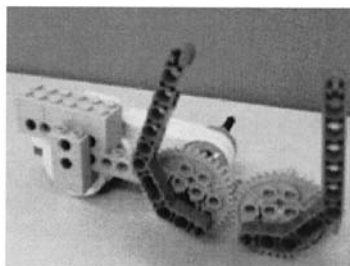


図8 ワークシートの一部

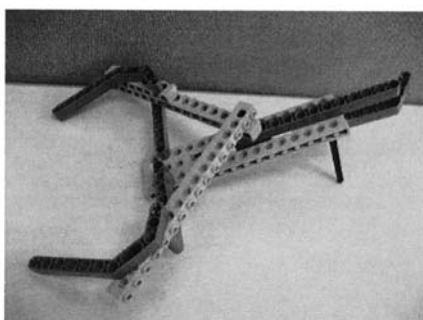


図9 往復スライダークランク機構を利用した演示用教材

3. 2. 5 「自動運搬ロボット」の製作(5~6時間目)

5~6時間目は、今までの学習を融合させた最終課題、「自動運搬ロボット」の製作を行った。2~3人のグループを作り、チームとして協力しながら作業を進めることとした。ロボット本体はプログラム学

習で使ったものを用い、機構の部分だけを自分たちで考えて製作し本体にセットする。その際、本体部のセンサの種類や位置などの変更はしないということで制限を設け、一定の条件の下でロボット製作を行う形をとった。このことにより、時間の大幅な節約につながると同時に、プログラムと機構の両面からの純粋な工夫が期待できると考えた。また、「スタート地点から黒色のラインをたどりながら前に進み、前方の荷物を持ち上げる。向きをかえてからスタート地点まで戻り、その荷物を壁ぎわに置くこと。より早くミッションを達成したものに『スーパーステムエンジニア』の称号を与える。」という課題を提示し、より短い時間でゴールするための課題を設定することで、早くに達成したチームへの二次的なプログラムの工夫が期待でき、遅いチームとの作業進捗の差が埋められると考えた。この課題に使用したコースを図10に示す。

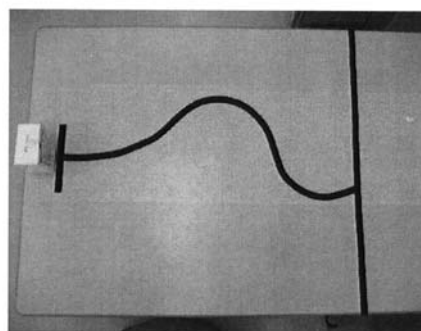


図10 「自動運搬ロボット」用コース

荷物を持ち上げる機構部分では、てこクランク機構を利用したものやベルトとプーリを利用したもの、歯車のかみ合いを利用して挟むものなどさまざまな工夫が見られた。プログラムに関しても、これまでに学習したことを生かしながら、チームごとに進めていた。作り上げたロボットを何度もコースで走らせながら、機構(ブロックの追加・変更)やプログラムを修正する姿が見られ、本研究における教材や学習内容が、問題解決学習の充実を十分図れるものであることを実感した。時間の関係で、ゴールに到達することができなかったこともあり、てこクランク機構を利用した自動運搬ロボットを実演して見せ、最後のまとめとした。大学生が製作したロボットとプログラムを図11、実演用として使用した教材ロボットとプログラムを図12に示す。

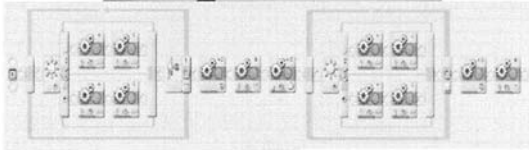
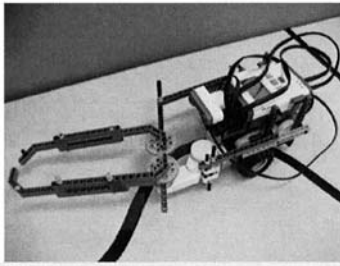


図 11 歯車のかみ合いを利用したロボットとプログラム作品

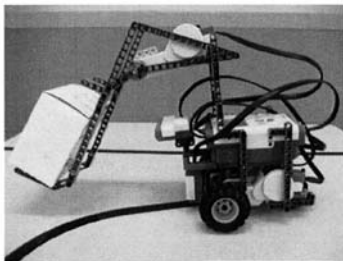


図 12 実演用ロボット教材とプログラム

本授業実践の進行上、4 時間目からの連続した授業となったため、前時で作ったものを改良するような形でスタートした。その結果、チーム内でどのような機構にするか、プログラムの流れはどうか、などという検討があまりされないまま進んでしまった。中学校での授業は 1 時間ごとに区切られることになるので、個人レベルで考えたものをもとに話し合い、機構部の構想やフローチャートを活用したプログラムの構成をチームで共有する時間がとれると考える。また、最初から作業を分担してしまうチームが見られたが、意見をすり合わせてから進めれば、「コンピュータによる計測・制御」と「力の伝達の仕組み」の両方に関わった上で、効率よく作業分担することができる。更に、教師が生徒を評価する際にも、すべての項目を共通して行える。

また、今回の実践における最終課題は一つであったが、難易度の違う課題をいくつか用意しておくなど、生徒の実態を踏まえた段階別の対応策とその工

夫が必要になる。

### 3. 3 考察

授業の開始前と終了後にアンケート調査を行った。項目 1~6 に関しては事前・事後の共通項目として実施し、危険度 5% ( $p < 0.05$ ) で判定した t 検定の解析結果を表 3、回答の平均点を図 13 に示す。また、項目 7~11 に関しては、本研究での仮説を検証するための質問内容 (項目 11 は自由記述式) として表 4、その平均点を図 14 に示す。なお、アンケートの数値は 4 段階とし、数値が高くなるにつれ肯定的意見を示す。

表 3 アンケート項目 (1~6) と t 検定の結果

項目 ※ ( ) 内は事後	p 値	有意差
1 計測・制御システムの構成について理解している (できた)	0.0002	有
2 計測・制御システムの中では、情報がプログラムによって処理されていることを理解している (できた)	0.0177	有
3 情報処理の手順について理解している (できた)	0.0465	有
4 フローチャートを適切に用いてプログラムを作成できる (できた)	1.0000	無
5 以前使用したプログラム言語は使いやすかった (NXT ソフトウェアは使いやすかった)	0.0002	有
6 さまざまな力の伝達の仕組みについて理解している (できた)	0.1723	無

※ 危険度 5% ( $p < 0.05$ )

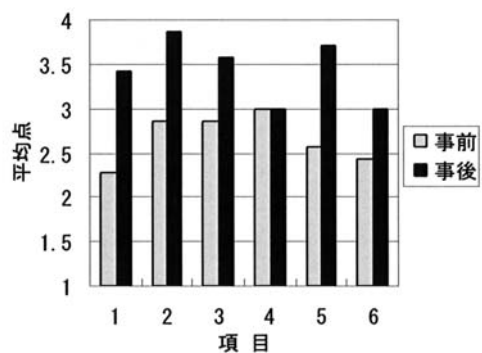


図 13 平均点 (項目 1~6)

表4 アンケート項目(7~11)

項目
7 「レゴブロック」を使用したことで、力の伝達の仕組みについての理解が深まった
8 別々に学習するよりも、融合した方が理解が深まった
9 別々に学習するよりも、融合した方が生活に関連した内容になっている
10 別々に学習するよりも、融合した方が工夫し創造する力が身につく
11 融合した授業を受けてみての感想

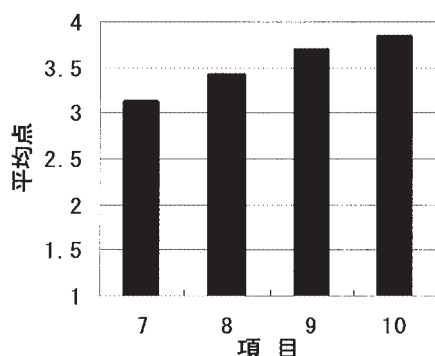


図14 平均点(項目7~10)

表3より、計測・制御システムの構成やプログラム、情報処理の手順に関する理解の項目で有意差が見られた。本教材のプログラミングツール(NXTソフトウェア)の使いやすさの項目でも有意差が見られた。また、図13より項目4(フローチャートの活用)を除くすべての項目で平均値が増加する傾向が確認された。特に項目5の変化が著しいことから、GUI型のプログラミングツールが効果的であったといえる。項目4に関しては、最終課題である「自動運搬ロボット」の製作時にフローチャートを書かせてから作業に入らなかったことが、効果的に活用できなかった原因と考えられる。製作前に構想を書き出し、アイデアをグループ内で共有する時間を確保すれば解決できると考える。

また、図14よりすべての項目で高い平均値を示す結果となった。融合した授業を行うことで、理解が深まり、生活に関連した内容になり、工夫し創造する力が身につくと感じていることから、本研究における目的を十分達成できる結果が得られた。

次に、表4に示したアンケート項目11の自由記述による感想の一部を示す。

- ・自分の好きな方法で課題を解決していく授業形式は、集中して授業に参加できる。
- ・工夫するたびに成功に近づくのでおもしろかった。楽しみながらも機構について学べたのでよかった。
- ・別々に学習するとただの暗記のようになってしまいが、融合した授業になることで、それを応用できると思う。
- ・融合したことで内容がより難しく、でも楽しくなった。ただ、時間もたくさん必要になってくるのだと思った。

以上のことから、「プログラムによる計測・制御」と「力の伝達の仕組み」を融合した授業を行うことで、問題解決的な学習の充実や工夫し創造する能力と実践的な態度の育成が図れることが明らかになった。その反面、教えるべき内容が増えたことで理解度の低下につながらないよう、基礎・基本をしっかり定着させるための十分な時間の確保と授業内容の精選が必要である。

#### 4. 中学生向け授業計画

今回の授業実践は大学生を対象に6時間で行ったが、基礎学力に乏しい中学生の実態と発達段階を考慮して、中学3年生での学習として位置づけた3年間の履修計画案を表5、17時間での授業計画案を表6に示す。

また、今回実践した3時間目「簡単なプログラム課題作成」における問題点について修正を図った。その修正したプログラム課題を表7に示す。このことにより、余計な時間を費やすことなくスムーズに課題を進めることができ、プログラムを作成する時の基礎的な知識や技能についても十分習得できると考える。

表5 3年間の履修計画案

学年	内容	
1年(35)	ガイダンス A(1)・5	生活に役立つ製品をつくろう A(2)(3)・30
2年(35)	植物を育て、観察記録をまとめ発表しよう C,D(1)(2)・25	電気機器の仕組みを知ろう B(1)(2)・10
3年(17)	プログラムでロボットを動かそう B(1)(2),D(3)	

表6 授業計画案と内容

時数	内容
1	計測・制御とは
2	プログラムとは(フローチャート), サンプルプログラム作成: GUI型
3~4	簡単なプログラム課題作成: GUI型
5~7	簡単なプログラム課題作成: CUI型
8	エネルギーの変換方法について
9	力の伝達の仕組みについて
10~14	「自動運搬ロボット」の製作(本体部・機構部)
15	発表会の準備
16	発表会
17	まとめ

表7 修正したプログラム課題

番号	課題
1	スタート地点から右に2秒間進む。
2	蛇行しながら前進し続ける。
3	黒色のトラックを左回りで走り続ける。 (ライントレース) ※光センサを使用

## 5. まとめ

本研究では、身のまわりの機器に使用されているコンピュータの役割と力の伝達の仕組みを効果的に学習することができ、更に発展的な学習が可能な教材の検討を行い、これから必修化になる「プログラムによる計測・制御」と「力の伝達の仕組み」を融合させた授業計画を立案した。また、その授業計画を基に授業実践を行い、それらの教材や学習内容を検証した。

その結果、GUI型のプログラミングツール「NXTソフトウェア」は使いやすいため学習効果があり、「レゴブロック」を使用した力の伝達の仕組みについての学習においても高い評価が得られた。このことから、今回使用した「レゴマインドストーム NXT」は複合教材として適していることがわかった。

また、今回立案した授業計画で授業実践したところ、融合したことで理解が深まり、生活との関連も図れ、工夫し創造する力が身につくということが明らかになった。更に、問題解決的な学習の充実にもつながり、進んで生活を工夫し創造する能力と実践的な態度の育成に効果があることがわかった。

今後は、一つの単位の中での教えるべき内容が増えたことによる理解度の低下につながらないように指導内容の精選を図りつつ、基礎・基本を定着させるための十分な時間の確保に留意し、中学生を対象とした実践・検証を行う予定である。

## 参考文献

- (1) 文部科学省：中学校学習指導要領，東山書房（2008）
- (2) 文部科学省：中学校学習指導要領解説技術・家庭編，教育図書（2008）
- (3) 紅林秀治，井上修次，江口啓，鎌田敏之，青木浩幸，兼宗進：自律型3モータ制御用ロボット教材の開発，日本産業技術教育学会誌，第51巻1号，pp.7-16（2009）
- (4) 古平真一郎，坂本弘志，針谷安男：自律型ロボット教材を用いた「プログラムによる計測・制御」学習の授業実践に基づく学習効果の検証，日本産業技術教育学会誌，第51巻4号，pp.285-292（2009）
- (5) 柴崎寿，石島隆志，古平真一郎，山菅和良，針谷安男：技術科教育における自律型ロボット教材の開発，宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要，第29号，pp.161-170（2006）
- (6) 飯塚真弘，山菅和良，針谷安男：自律型ロボット教材を用いたプログラムによる計測・制御学習プログラムの開発，宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要，第32号，pp.85-92（2009）
- (7) 山本誠：ネットワーク制御ライントレースロボットの開発と授業実践，日本産業技術教育学会第21回関東支部大会講演論文集，pp.51-52（2009）
- (8) 赤羽根岳，山本利一，佐藤正直：新しい学習指導要領におけるロボットを題材とした指導計画の検討，日本産業技術教育学会第21回関東支部大会講演論文集，pp.53-54（2009）
- (9) 高橋脩太，古平真一郎，坂本弘志，石島隆志，金橋寛明，針谷安男：エネルギー変換学習用動力伝達教材の開発，宇都宮大学教育学部教育実践総合センター紀要，第30号，pp.549-558（2007）
- (10) アフレル：<http://www.afrel.co.jp/>