

中学校技術科「情報の技術」を視野に入れた 動力伝達機構教材の検討

小幡周平*・工藤雄司**

(2021年10月22日受理)

Examination of Materials for Teaching Power Transmission Mechanisms
as "Information Technology" in Junior High School Technology Education

Shuhei OBATA and Yuji KUDO

キーワード:動力伝達機構, 中学校技術科, エネルギー変換の技術, 情報の技術

本研究では、多くの機械製品が普及する現代社会において、技術のブラックボックス化が進んでしまっていることを踏まえ、中学校技術科の内容 C エネルギー変換の技術指導において、特に機械に関する題材について、時間の短縮を図ることができ、D 情報の技術を視野に入れた授業展開が期待できる動力伝達教材を改良・開発及びその効果の検証をすることを目的に実施した。

実際の中学校現場において普及している動力伝達教材について教材カタログ等を用いて調査し、選定した教材をモデルに教材の改良を行った。改良した教材を用いて授業実践し、効果の検証を行った結果、動力伝達機構に関する学習、機械に関する興味・関心、D 情報の技術への関心に一定の成果があることが示された。

1. はじめに

現代社会において、技術は日常の至るところに存在し、あらゆる場面において我々の生活を支えている。特に機械製品は、生活に欠かせないものとなっており、今も尚、情報機器を取り入れるなどして変化し続けながら社会の発展に貢献している。社会で利用されている機械は、様々なエネルギーを動力に変換、伝達することによって目的とする仕事をしているが、現在ではその便利さからその仕組みを理解せずとも利用することが容易となり、これまでの技術のブラックボックス化が進んでしまっている。そのため、機械に関する学習の重要性が高まっていると言えよう。

*茨城大学大学院教育学研究科 **茨城大学教育学部技術教室

2017年3月改訂の中学校学習指導要領解説技術・家庭編¹⁾では、技術分野の内容としてA材料と加工の技術、B生物育成の技術、Cエネルギー変換の技術、D情報の技術が明記されている。これらの内容は、単に知識と技能を獲得するだけでなく、生活や社会の中から問題を見出し、課題を設定、解決する活動が求められており、学習者にとって身近な製品などを題材として扱うことが必要となる。尚、現代社会で活用されている多くの技術は、システム化されているため、その実態に対応できるように各内容の学習はそれぞれ単一に終わることなく、相互に関連を図り、系統的な学習展開が行われるようにすることも重要となってくる。

機械に関する学習は、内容Cエネルギー変換の技術で行い、摩擦を利用して動力を伝える機構、かみ合いを利用して動力を伝える機構、目的とする動きに変換して動力を伝える機構といった動力伝達の機構などについての学習が示されている。その際、検討される題材は、内容D情報の技術で検討される題材と類似したものが多く、そのため、機械に関する学習は、動力伝達の機構に関する学習に加え、Cエネルギー変換の技術とD情報の技術の関連についても検討することが必要であろう。

一方、全日本中学校技術・家庭科研究会が公開した平成26年度中学校技術・家庭科に関する第3回全国アンケート調査【技術分野】調査報告書²⁾では、技術分野の3年間の計画に関する課題として、授業時数の不足、授業準備・教材研究時間の不足、施設・設備・教具の不足が大きく示された。また、適切な題材や教材に関しての不足は、大きく示されなかったもののエネルギー変換に関する学習で製作する題材においては、電気が選択されることが多く、機械が選択されることは少ないことが示されている。以上を踏まえると、機械に関する学習をするために、扱いやすい教材の用意、及び技術の他の内容と関連付けのできる教材の改良・開発が必要となると考えられた。

このため、筆者は、機械を通したCエネルギー変換の技術の学習をするための動力伝達教材について調査をし、その成果を基に指導の短縮及びD情報の技術を視野に入れた授業の検討を行うことができる教材の検討を行うとした。

本稿は、検討した教材を用いて授業実践を行い、効果についての調査とその結果について取りまとめたものである。

2. 機構教材と機構に関する知識等の調査及び教材の選定

2.1 機構教材に関する調査

2.1.1 調査概要及び調査目的

中学校技術科におけるD情報の技術を視野に入れることができる動力伝達教材の検討の前段階の調査として、現在普及している教材について調査を行った、またそれらの特徴をまとめ、後に行う質問紙調査の結果と共に適切な授業の計画・立案ができるような機構教材のモデル選定資料として活用していくことを目的とした。

中学校技術科向けの教材カタログ等を調査すると共にそれらを用いた授業実践報告なども調査し、それぞれの特徴や課題をまとめた。

2.1.2 調査のまとめ

調査の結果以下のような教材が普及していることが分かった。

(1) ロボット型ブロック教材

(LEGO 社: 教育版レゴマインドストームなど) …図1

ブロックを組み合わせるだけでなく、付属するモータ等アクチュエータを利用することで動力伝達の学習に活用することができる。しかし、高額なことに加え、計測・制御を学ぶことに適した教材であり、エネルギー変換の技術に関する授業実践の例は少ない。



図1 レゴマインドストーム EV3

(2) ロボット製作型教材

(山崎教育システム社: 自在パワーピースユニットなど) …図2

製作型の教材となっており、試行錯誤しながら学びを深めることが可能である。しかし、製作に時間がかかってしまったり、一定の機構に特化していたりするものもあるため、利用には工夫が必要となる。

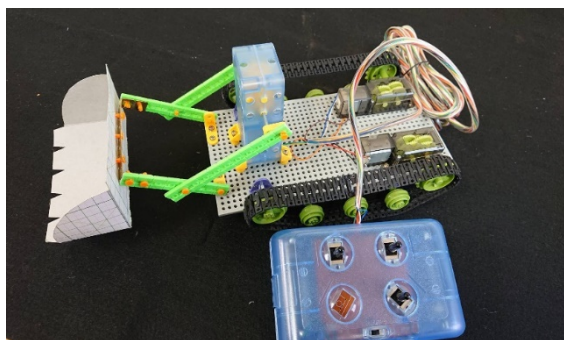


図1 自在パワーピースユニット

(3) ブロック型動力伝達教材

(東京学芸大学子ども未来研究所: TECH 未来など) …図3

部品組み合わせるブロック型教材となっており、試行錯誤が容易になっている。また IoT を題材とした報告³⁾もある。しかし、ギヤやプーリを中心として題材を扱っているものが多く、他の機構への学習効果は多く示されていない。



図2 TECH 未来

2.2 機械に関する質問紙調査の実施と結果

2.2.1 調査概要及び調査目的

某大学教育学部技術選修1年次生20名を対象に機械に関する質問紙調査を行った。その結果をD情報の技術を視野に入れた学習に活用できる教材の検討に向けた資料として活用していくことを目的とした。

2.2.2 調査項目及び結果

質問紙調査は全5問で以下の表1に示す項目で実施した。

表1 質問紙調査の質問項目

問題番号	質問項目
問1	身の回り生活で利用する機械への関心及び知識
問2	かみ合いを利用して動力を伝える機構に関する認知度及び知識
問3	摩擦を利用して動力を伝える機構に関する認知度及び知識
問4	運動を変化させて動力を伝える機構に関する認知度及び知識
問5	中学校の技術科の授業での経験及び製作した作品

調査対象者は、動力伝達の機構に関する既存知識、特に目的とする動きに変換して動力を伝える機構に関するものは少ないことが分かった。このことから、本調査対象である学生は目的とする動きに変換して動力を伝える機構を主とした動力伝達の機構に関する授業実践を行うことで、その後の変位を調査する対象とすることができると推察した。

2.3 機構教材モデルの選定

調査でまとめられた結果を踏まえるとともに、技術科の授業を検討するにあたって、実際の教育現場に利用可能であるかといった観点から、①教科書への記載の有無、②価格、③教材として利用した実践報告、④D情報の技術との関連の期待に着目し、表2にまとめた。尚、本基準として取り扱った教科書^{4),5),6)}は平成20年に改訂された中学校学習指導要領に準拠したものである。

表2 教材選定基準

	ロボット型教材	ブロック型教材	ロボット製作型教材
教科書への記載	一部あり	なし	あり
価格	△	◎	◎
実践報告	△	◎	○
情報との関連	◎	○	○

教科書への記載は、表の通りになっている。ロボット型教材に関しては、「C エネルギー変換の技術」に該当するページではなく、D情報の技術のページに載っていた。価格に関しては、それぞれの正規代理店またはホームページサイトによるとロボット型教材 (EV3) が65,000円、ブロック

型教材 (TECH 未来) が 3,500 円, ロボット製作型教材 (自在パワーピースユニット) が 3,800 円となっている。授業実践の報告は, 調査しきれていないものもあるため正確ではないが, 一資料として選定の要素とする。D 情報の技術との関連に関しては, ロボットを題材にしていたり, IoT など情報要素を題材としていたりする実践の報告があるか否かを基準にしている。

上記の選定の基準や調査対象者が目的とする動きに変換して動力を伝える機構に関して知識が少なかったことなどから本研究では, ロボット製作型教材である山崎教育システム社の自在パワーピースユニットを機構教材のモデルに選定した。

3. 機構教材の改良

3.1 機構教材モデルについて

本教材は, 自在ギヤボックスの製作によって歯車などのかみ合いを利用して動力を伝達する機構について学ぶことや, 走行部のホイールとベルトで摩擦を利用して動力を伝達する機構について学ぶこと, 仕事部の動作を構想する際に, リンクの仕組みを活用していく過程で目的とする動きに変換して動力を伝える機構であるリンク機構について理解を深めたりすることができるものとなっている。本教材の製作には大幅な時間が取られるため効率化するための工夫が必要となる。また, リモコンによって制御されるロボットであるため, 「情報」とのつながりを意識させるための工夫も必要となる。

3.2 教材の改良

3.2.1 部品の改良

教材モデルの製作に時間がかかる要因として, ねじによる固定をした後に組み立て直しをする際に, またドライバーを使用して外さなければならない手間や, はんだ付けをした後に, ギヤボックスを組み替えようとすると一度分解しなければならないといったことが挙げられる。そこで, はんだ付けをしない方法でつけ外しができる方法に着目し, 製作時間の削減を目指した。

教材モデルは, モータとリモコンボックスの線の先端部分にはんだ付けが必要となる。そこで, はんだ付けの代わりにコネクタに使う圧着端子であるコンタクトピンを取り付けることとした。DC モータ側にメスピンを (図 4), リモコンボックス側にはオスピンを取り付けた (図 5)。

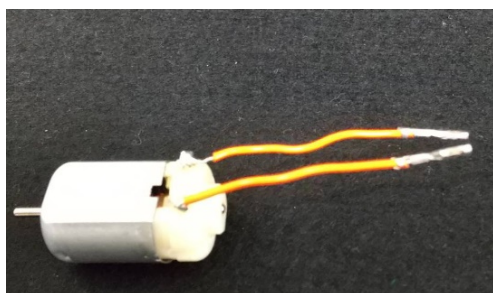


図 4 メスピンを取り付けた DC モータ

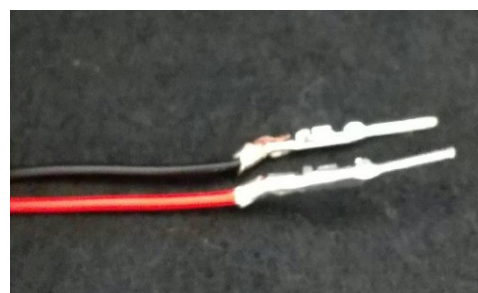


図 5 オスピンを付けたリモコン線先端部

3.2.2 D情報の技術を見通した工夫

Cエネルギー変換の技術を学習していく中で、D情報の技術に関連したものに触れる機会を作ることができれば、Cエネルギー変換の技術の学習を損なうことなく、D情報の技術への関心を高めることができると考えた。そこで、教材に「Cエネルギー変換の技術」の学習を補う機器としてマイコンボードを取り付けることとした。尚、入手のしやすさやインターネットさえつなげることができれば、プログラムのインストールに専用のソフトやアプリケーションを必要としないといったことからmicro:bitを取り付けた。取り付けには、シールタイプの面ファスナーを用いた。

4. 学習案の検討, 及び教材効果の調査

4.1 学習案の検討

改良した教材に関する調査を行うことを踏まえ、学習案を検討した。実際に教材を用いて動力伝達機構製品（ロボット）を構想・製作する場面を想定し、問題解決学習の時間の2時間を授業場面に設定した。

4.2 授業の実践

授業実践は、某大学教育学部技術選修の1年次生（8名）を対象に行った。エネルギー変換の技術を利用し、学校環境を整備する課題を解決することを目的にロボットを構想し、製作する活動を展開していく場面を設定した（図6）。授業計画では、前時までの動力伝達に関する授業でギヤやリンクなどを扱っていることとし、その流れを踏まえて、授業で使用するベースモデルを授業の前段階で作成しておき、授業に活用することとした。また、授業において利用する仕事部のギヤボックスも歯車等の部品を組み合わせておき、ギヤ比の選択をしない際にはすぐに製作に移ることができるようにした。また、課題の場면을具体的に捉えることができるように実際に課題の場면을モデル化し、製作物を動かすことのできる簡単なジオラマを図7のように用意した。



図6 授業実践の際の様子



図7 授業実践の際のジオラマ

4.3 教材効果の調査

4.3.1 調査方法の立案

改良した教材を用いた授業実践の効果を調査するために、授業の前後に確認テスト及び授業前、授業後アンケートを立案し実施した。また、授業用のワークシートを作成し、動力伝達の機構を利用したロボットをどのように構想したかわかるようにした。

4.3.2 立案した確認テスト及びアンケート

(1) 確認テスト

授業前後で動力伝達の機構に関する簡単な問題1～5を解いてもらい、調査対象者の理解の変化を把握できるようにする(表3)。

表3 確認テストの問題項目

問題番号	問題項目
1	歯車の知識に関する簡単な問題
2	ベルトとプーリに関する簡単な問題
3	リンク機構の名称を問う問題
4	リンク機構に関する簡単な問題
5	両てこ機構の名称を問う問題

(2) 授業前アンケート

調査対象者の①機構への関心、②自動制御されている機械への関心、③機械に関するものづくりの経験、を調査し授業後アンケートと共に教材効果の調査の資料とする(表4)。

表4 授業前アンケートの質問項目

質問番号	質問項目
①	機構への関心に関する問い
②	自動制御されている機械への関心に関する問い
③	機械に関するものづくりの経験の有無

(3) 授業後アンケート

①動力伝達の学習において感じた難しさ、②機械や情報への関心度の変化、③授業の効果、④教材の評価、⑤全体の感想等、を問う質問を設定し、授業後に実施する(表5)。

表5 授業後アンケートの質問項目

質問番号	質問項目
① (1)～(5)	動力伝達の学習において感じた難しさに関する問い
② (6)～(10)	機械や情報への関心度の変化に関する問い

③	(11)	授業の効果に関する問い
④	(12) ~ (15)	教材の評価に関する問い
⑤	(16)	全体の感想等

5. 結果及び考察

5.1 ワークシートの記述と製作品について

実際に製作されたロボットを下に示す。製作されたロボットやワークシートの結果から、全ての対象者がショベル型の仕事部を用いて、救い上げる動作をするような機構を構想していたことが分かった。また、工夫したこととして、リンクの長さや固定の位置といった記述があり、目的とする動きを得るために試行錯誤していた様子がうかがえた。加えて、改善点として、タイヤのギヤ比や強さに言及している記述がみられた。今回の授業では、ギヤの組み換えをするのに十分な時間を確保することができなかったが、製作の過程でギヤ比による動力伝達の違いに気づき、考えを深めることができた結果であると考えられる。

5.2 確認テスト、アンケート調査の結果

5.2.1 アンケート調査の結果

はじめに、動力伝達の学習において感じた難しさに関する問いの結果を表6に示す。

アンケートによるとすべての調査対象者が動力伝達の学習で難しさを感じていた。具体的にどのようところに難しさを感じていたかを見ると、かみ合いを利用して動力を伝える機構や摩擦を利用して動力を伝達する機構では、速度伝達比や運動の伝達をイメージすることが挙げられた。運動を変換して動力を伝達する機構では、固定の位置や長さによって運動が変化することや運動をイメージすることに難しさを感じていた。つまり、目的とする動きに変換して動力を伝達する機構それぞれの運動をイメージすることに困難さがあったといえる。

表 6 難しさを感じた機構

動力伝達の機構	難しさを感じた人の割合 (%)
かみ合いを利用して動力を伝達する機構	37.5
摩擦を利用して動力を伝達する機構	37.5
目的とする動きに変換して動力を伝達する機構	87.5

次に、授業実践に機械や情報への関心度の変化に関する問いの結果をまとめる。授業実践における機械に関する関心度の変化は、図8のようになった。

高まった、やや高まったと回答した人の中で、かみ合いを利用して動力を伝達する機構と目的とする動きに変換して動力を伝達する機構は、すべての対象者が高まったかやや高まったという回答をしていた。摩擦を利用して動力を伝達する機構に関しては、機械への関心が高まった者の中から

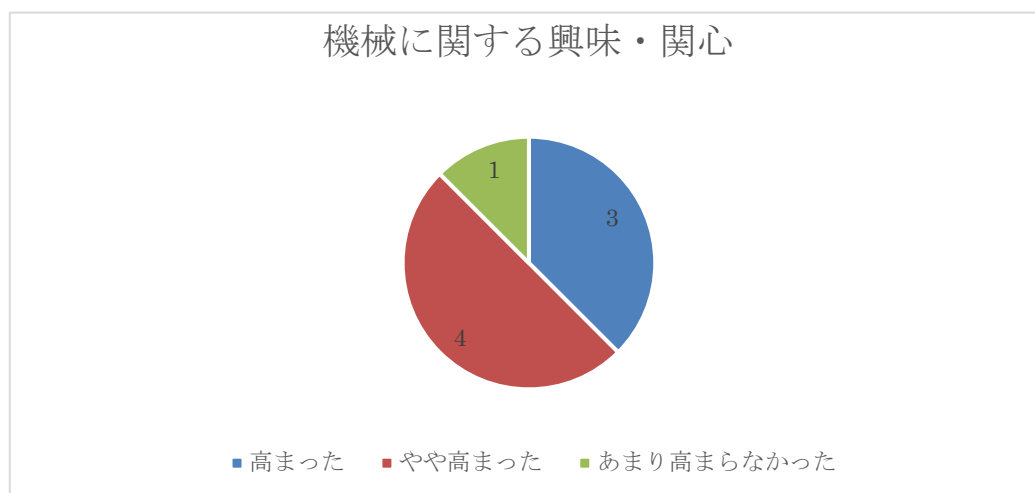


図 8 機械に関する関心度の変化

も 1 名があまり高まらなかったと答え、1 名がやや高まったと回答していた。加えて、コンピュータに制御への興味・関心が高まったかを問う質問には、1 名の対象者が高まったと回答し、5 名の対象者がやや高まったと回答した。また、改良した教材を用いた今回の授業には、動力を伝達の機構といった機械の仕組みに関する関心を高めることができる教材であると考えられる。また、コンピュータによる制御についての関心も多くの対象者が高まったと回答しており、情報への関心にも効果があることがうかがえた。

次に授業の効果に関する問いについての結果についてまとめる。

結果としては、5 名の対象者がかみ合いを利用して動力を伝達する機構と目的とする動きに変換して動力を伝達する機構の学習に効果があると思うと回答があった。また、残りの 3 名はそれぞれ、2 名がかみ合いを利用して動力を伝える機構に、1 名が目的とする動きに変換して動力を伝達する機構に効果があると回答していた。今回の調査では、不透明な点が多くなってしまったが、摩擦を利用して動力を伝達する機構への学習効果は、現段階では期待できないことが分かった。「D 情報の技術」への効果も学習効果としては、現れないことが予想される。

最後に教材の評価に関する問いと全体の感想の結果をまとめる。本教材を用いた難易度については半数以上の対象者が難しいかやや難しいと感じてしまっていた。教材の難しかったところ、悪かったところには、「接触不良、不具合、パーツが付けやすい分ずれやすい、運動をイメージすること、長さの工夫が難しかった」といった自由記述が得られた。しかし、「機構を考えるのが楽しかった、実際に使ってみるのが楽しかった」といった感想なども得ることができた。

5.2.2 確認テストの結果及び授業前後での成績の変化

図 9 に示した通り、表 3 の問 1 と 2、歯車とベルトとプーリに関する問題は、すべての対象者が正答しており、授業前後での変化を確認することができなかった。これは、問題の難易度が低すぎたことに原因があったと考えられる。また、その後の会話で、授業実践日近くに歯車に関する講義を大学で受講していたことが分かった。大学での学習経験が影響したことも考えられるので、今後確認テスト内容を再検討し改めて、調査を行う必要がある。表 3 の問 3 と 4、リンク機構の名称とリンク機構に関する簡単な問題は、正答率が上昇した。これは、授業実践において仕事部の製作を

リンク機構で構想，製作したことの影響が関係していると考えられる。しかし，表3の問5，リンク機構の一つである両てこ機構を問う問題に関しては正答率が下がってしまった。これは，本授業においてリンク機構の各機構の名称について深く言及しなかったため，機構の名称を混同して認識してしまったためであると考えられる。

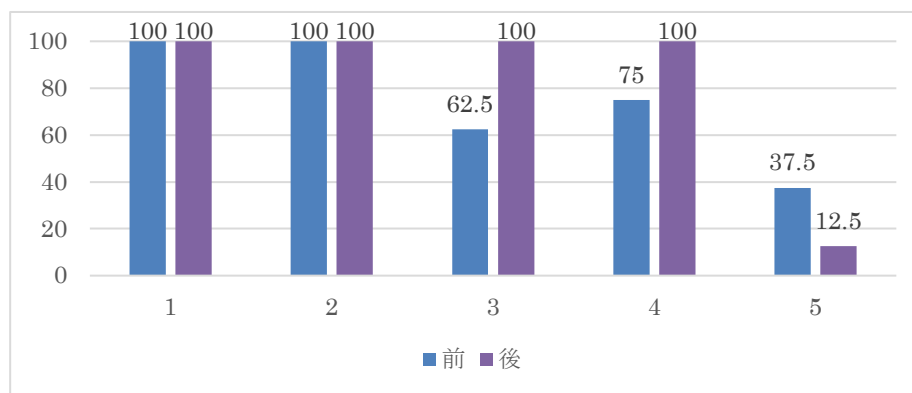


図9 確認テスト問題ごとの正答率変化

5.2.3 まとめ

今回の授業において，受講者の動力伝達の機構について理解することに難しさを感じていたものの，図10に示した通り，授業前後で調査対象者のほぼ全員の正答率が上がっており，機械の仕組みへの興味・関心を高めることはできるとわかった。また，「D 情報の技術」への興味・関心も半数以上の対象者が高まっているといったように感じていたため，その学習への効果も期待できると考えられる。教材は接触不良を起こしたり，運動をイメージすることが難しかったりするものであったものの，試行錯誤することで楽しみながら学ぶことができるものということが分かった。今後は，接触不良を減らし，動作を安定させるとともに固定の方法などを改善して，試行錯誤をしやすいものにし，時間短縮が見込める教材のさらなる改良・開発をする必要があると考えられる。

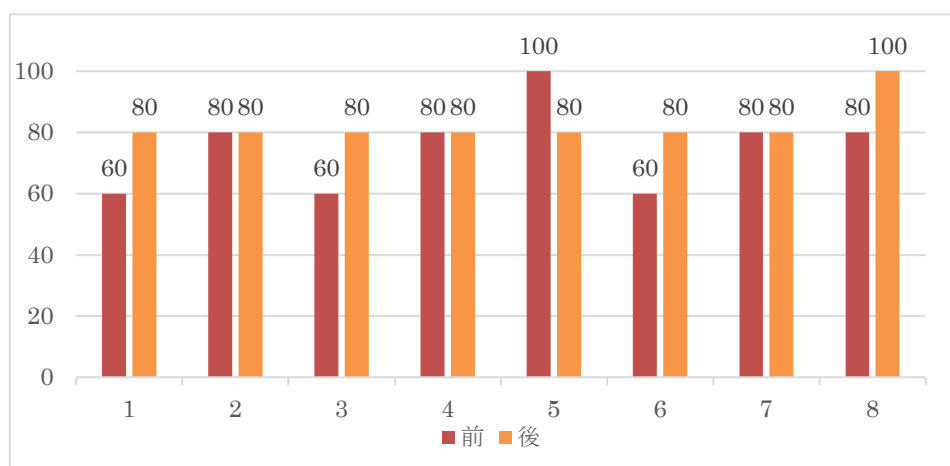


図10 調査対象者ごとの正答率の変化

5.3 情報の技術への展開

本研究で製作した教材は、モータドライバを用いることにより、micro:bit で制御することもできるように改良してきた。実際の社会に普及している機械と本研究で改良した教材を比べる活動を行う中で、改良した教材もマイコンによって制御することができることを提示用教材として用意することで、「D 情報の技術」まで見通した学習も展開できると考えられる（図 11）。

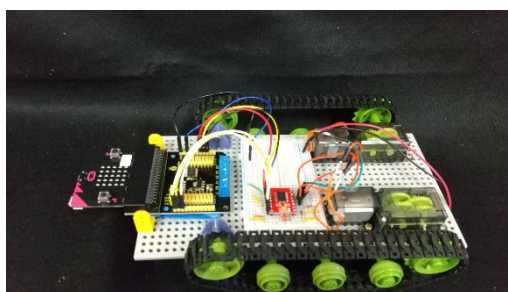


図 11 モータドライバを取り入れた教材

6. おわりに

本稿では、教材に関する調査、機械に関する質問紙調査、教材の改良及び授業実践による調査を行いそれらについてまとめた。これらのことから、動力伝達機構に関する学習に一定の成果を残しつつ、機械に関する興味・関心を高め、D 情報の技術への関心も高めることが期待できる教材であると検討することができた。今後は、さらなる教材の開発・改良を進め、時間短縮に貢献しつつ C エネルギー変換の技術の内容の学びを深めながら、D 情報の技術の内容の学習に関する学習計画についても検討していく所存である。

注

- 1) 文部科学省『中学校学習指導要領解説 技術・家庭編』（開隆堂，2017）。
- 2) 全日本中学校技術・家庭科研究会「第 3 回 平成 26 年度 中学校技術・家庭科に関する全国アンケート報告【技術分野】」（<http://www.ajgika.ne.jp/doc/tmp2016datasheet.pdf> 2021 年 9 月 15 日 12 時 30 分閲覧）。
- 3) 川路智治，谷田親彦，竹野英敏「技術科における IoT を活用した製品モデルを設計・製作する授業の開発」『日本産業技術教育学会誌』，第 61 巻第 1 号，（2019），17-25。
- 4) 安東茂樹ほか 71 名『技術・家庭 技術分野』（開隆堂，2016）。
- 5) 田口浩継ほか 64 名『新編 新しい技術・家庭 技術分野未来を創る Technology』（東京書籍，2016）。
- 6) 佐竹隆顕ほか 10 名：『新技術家庭 技術分野』（教育図書，2016）。