

Development of Automata Teaching Materials Using Metal Wires on Mechanism Parts

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2022-03-15 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 松永, 泰弘, 河本, 昌範 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00028700

機構部分に針金を使用したオートマタ教材の開発

松永 泰弘 河本 昌範

(静岡大学教育学部) (静岡大学大学院教育学研究科)

Development of Automata Teaching Materials

Using Metal Wires on Mechanism Parts

Yasuhiro MATSUNAGA Masanori KAWAMOTO

Abstract

In this study, we have developed automata teaching materials that enable students to learn the mechanism of power transmission by creating their own mechanism with metal wires. This teaching material allows students to produce not only the mechanism and operation parts but also all parts including the base parts. In order to secure enough time for the design and production of the mechanism while the students make the base parts, a simple assembling type structure that inserts a round bar into the timber is used on the base parts. By using wires for the mechanical parts, it becomes possible to create various mechanisms such as cams and cranks. In order to make teaching materials that allow students to learn about “mechanisms” and “moving mechanisms”, we developed some types of mechanisms that can be made with the wires, examine jigs and production methods. Furthermore, we practiced lessons for university students using this teaching material, analyzed worksheets during class and questionnaires after class, and clarified the educational value of this teaching material.

キーワード：オートマタ，針金，機構，動くおもちゃ

1. 緒言

中学校学習指導要領解説技術・家庭編¹⁾には、「動力伝達の機構として、摩擦を利用して動力を伝える機構や歯車などのかみ合いを利用して動力を伝える機構、カム機構などの目的とする動きに変換して動力を伝える機構について知ることができるようにする」とあり、様々な機構を幅広く取り扱うことが求められている。しかし、中学校技術分野の教科書²⁾では、材料を加工して機構（機械要素）をつくる、また、機構を工夫して動きを創る教材は数少ない。

また、現行の小学校学習指導要領解説図画工作編³⁾では、第3学年以降の「A表現」において、「仕掛けや動く仕組みを工夫すること」を取り扱うことが挙げられている。2008年告示の小学校学習指導要領解説図画工作編⁴⁾においては、「小学校図画工作科が中学校技術・家庭科の技術分野と関連する教科であることに配慮する必要がある」とあり、図画工作科と技術分野につながりを持たせることが明記された。

小学校図画工作科の教科書⁵⁾では、授業題材「くるくる回して」の内容として、「針金を曲げる位置や揺れ棒の関係をよく考えて動く仕組みを学習する」ことが求められている。しかし、図画工作の授業で使用されている教材は、動作部分の美術的観点に重点が置かれたり、針金で製作する機構が制限されていたりするため、「動く仕組み」や「機構」などの技術分野で取り扱う内容に重点が置かれていないという課題がある。

そこで、動力伝達の機構を学習し、児童生徒の創造性を育むことができるオートマタ教材を取り上げる。

これまでに、様々なエネルギーを使用したオートマタ教材やカム機構を学習可能なオートマタ教材が開発されたが、歯車やカム機構、リンク機構を材料から加工・製作し、機構を創りだすことは困難を伴う。

本研究では、機構部分に針金を使用することで、機構部分の製作や改良を容易にし、様々な動力伝達の機構を学習するオートマタ教材の開発を行う。また、大学生を対象とした実践を行い、教材の教育的価値を明らかにする。本論文では、人形については芸術性を考慮し「制作」を、また、土台や機構については精密さが要求される「製作」を使用し、区別する。

2. オートマタ教材

オートマタとは、12～19世紀にかけてヨーロッパでつくられた機械仕掛けの人形を始めとする自動からくり人形のこと、人間以外にも鳥や他の動物をモチーフとしたものがある。現在では、プログラム制御で動くロボットと対比し、人が手で回して動く機構、制作者の思いを楽しむ木製のからくり人形が主流となっている。また、オートマタは動力伝達の機構を学習し、児童生徒の創造性を育むことができる教材として研究が進められている。

松永・中田⁶⁾は、様々なエネルギーを学習するための提示用教材として、風力・磁力・位置エネルギー・熱エネルギーを動力源としたオートマタ教材を開発した。松永・浜辺ら^{7),8)}は、カムの取り付け位置の移動を可能にした角棒回転軸を使用したオートマタ教材を開発した。小学生および大学教育学部学生対象の実践

を行い、オートマタ教材の教育的価値を明らかにした。松永・池端⁹⁾は、オルゴールのゼンマイを動力とするオートマタ教材を開発し、オルゴールに用いられている歯車機構の学習を含めた教材として提示した。宮村・加賀江¹⁰⁾はペーパークラフト立体模型のカム機構・クランク機構を用いた中学生対象の実践を行い、生徒たちは決められた機構と決められた動きに合わせた人形の制作を行った。

また、教育現場での普及を目的に、全国規模でのオートマタ作品コンテスト^{11),12)}が開催された(図1)。勝敗を決めるロボットコンテストとは異なり、見る者を魅了し驚き楽しんでもらうために作品をつくることで、つくることのおもしろさを体験し、発想力や創造力の育成すること、オートマタ作家による審査や作家との交流で、自分の作品とオートマタ作家の作品を比較し、アイデアの大切さを学び、創作意欲を高めることを目的として実施された。



(a) 第1回表面 (b) 第2回表面 (c) 裏面共通
図1 オートマタ作品コンテストチラシ¹¹⁾

3. オートマタものづくり教材の開発

自ら機構部分を製作することで動力伝達の機構を学習することができるオートマタ教材を開発する。開発する教材の特徴を土台・機構・動作部分の3つに分け、以下に示す。

3-1 土台部分

開発した教材の土台部分の寸法を図2に示す。土台部分には、共通部分として角材(断面40×30mm)と丸棒φ10mmを使用する。土台を簡易な組み立て式にすることで、こども自身が土台の製作をしつつ、機構の設計・製作の時間を十分に確保する。製作の簡易化に

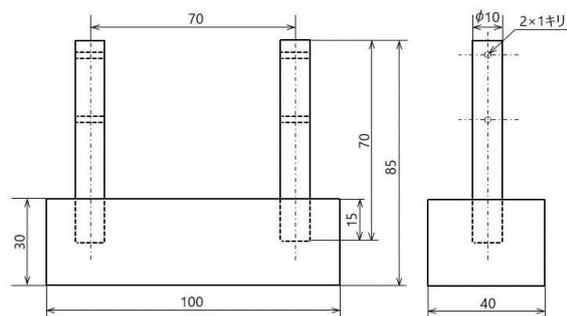
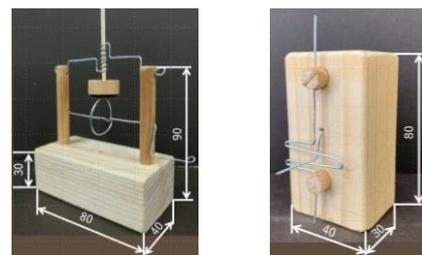


図2 土台部分の寸法(JW-CAD)

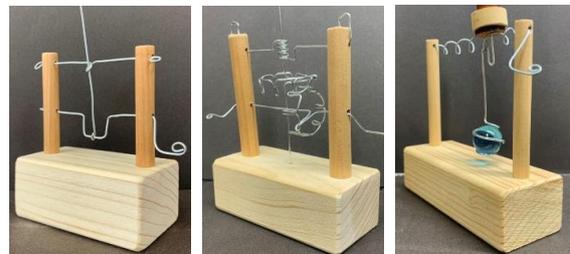
より、小学生でも土台を製作することができ、こども自身が角材や丸棒の切断や穴あけを行うなど、のこぎりやボール盤等の工作機械の使用体験を含む活動を行うことが可能となる。

3-2 機構部分

開発した模型の機構を図3に示す。こども自身が機構の設計・製作を行うために、加工が容易なスチール製の針金φ0.9mmを使用する。針金を使用することで機構製作の中では、目的の動きを得るために機構の種類や位置、形状の改良を行う過程が含まれる。機構の改良を行う中で、機構の種類や形状による動きの変化など動作伝達の機構についての学びを深めることが期待できる。



(a) カム機構(円板カム) (b) カム機構(正面カム)



(c) クランク機構 (d) 歯車機構 (e) 摩擦伝動機構

図3 機構部分の基本形

3-3 動作部分

制作した模型を図4、図5に示す。動作部分には、紙や木材を使用する。紙は他の材料と比べて、柔らかく変形するため、動作部分の細かな調節を行わずに、模型を動かすことが可能であり、制作の難度を下げることが可能である。また、動作部分に木材を使用すると、ボール盤等の工作機械の使用体験を含む製作活動を行うことも可能である。こどもの発達段階に応じて、材料を選択することが期待される。



図4 動作部分に紙を使用した模型(左:熊猫、右:鳥)

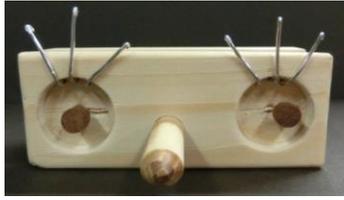


図5 動作部分に木材を使用した模型（顔）

4. カム機構を使用したオートマタ

4-1 カム機構

カム機構とは、特殊な輪郭を持った原動節を回転、揺動または往復運動させることにより、これに接している従動節に周期的な運動をさせるものである。カムは容易に複雑な運動が得られるので、内燃機関の弁機構や旋盤のならい装置、自動機器など身近なものに広く用いられている。従動節の中心線とカムの回転軸が交わるように取り付けることでハンドルの回転に合わせて模型が上下に動き、また、中心線と回転軸をねじれの状態に取り付けることで上下に動きながら回転する摩擦車として動作させることが可能である。また、カムの形や大きさを変えたり、ストッパーを取り付けたりすることで様々な回転を表現することができ、児童生徒の思いを表現し、設計しやすい機構である。

円板カムを使用したカム機構を例に、模型の動き、カムに作用するトルクを考える。

図6にカム機構の幾何学的座標を示す。円板カムの中心を O 、回転中心を O' 、偏心量を e とする。偏心カムの基礎円半径は $(r - e)$ となり、従動節とカムの接点 P の変位量 δ_f は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \delta_f &= (r - e \cos \theta) - (r - e) \\ &= e(1 - \cos \theta) \end{aligned} \quad (1)$$

カムを回転させるのに必要なトルク T は

$$\begin{aligned} T &\geq mg \cdot e \sin \theta - F(r - e \cos \theta) \\ &= mg(e \sin \theta + \mu(r - e \cos \theta)) \end{aligned} \quad (2)$$

となる。ただし、 mg は従動節の重力、 F はフォロワー（カムと接する従動節の下部）とカムの摩擦力、 μ は動摩擦係数である。

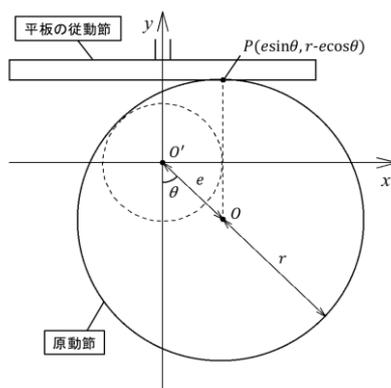
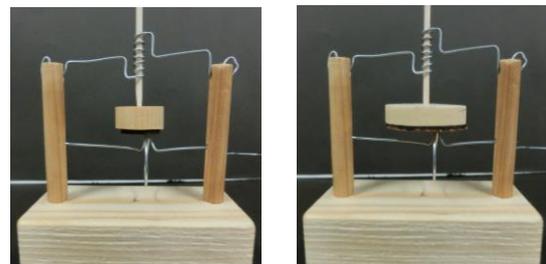


図6 従動節に平板を用いた場合の幾何学的座標

児童生徒は自分の思った通りに模型を動かすために、式の内容を理解し、カムの半径や軸の位置を変更して試行錯誤する。そして、完成した作品を動かし観察する中で、模型の動きからカム機構の原理を学ぶ。

4-2 従動節の検討

半径を変えた円板フォロワーの従動節を図7に示す。円板フォロワーの従動節の場合、カムとフォロワーはカムの中心の真上の点 P で接する。しかし、図7(a)のように、平板の従動節の半径が7.5mm、カムの半径が15mmのとき、偏心量 e が平板の従動節の半径よりも大きくなると、点 P で接することができなくなり、従動節がカムの動きを妨げ、原動節が回転できなくなる。そのため、図7(b)のように、平板の従動節の半径を15mmに変更し、上下しながら、回転運動をすることが可能な模型に改良した。



(a) 半径 7.5mm

(b) 半径 15mm

図7 円板フォロワーの従動節

4-3 カムの製作工程

円板カムの製作工程を図8に示す。円板カムの製作では治具に丸棒を使用する。針金を丸棒に沿って変形させ、ラジオペンチを使用して折り曲げて横軸を製作する。横軸として折り曲げる位置は、カムの偏心量 e と従動節のリフト量 δ_{\max} の関係が、式(1)より $\delta_{\max} = 2e$ となることを考慮する。

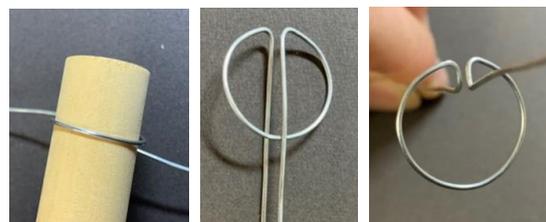


図8 円板カムの製作工程（左：治具に巻付ける、中：偏心量の決定、右：横軸の製作）

4-4 従動節支持部分の検討

小学校高学年や中学生が本教材の製作を行うことを想定すると、針金を曲線に変形させることが困難であるという課題が考えられる。そこで、従動節支持部分の製作を簡易化し、製作の精度を上げるための改良が必要であるため、材料と製作方法の検討を行った。

4-4-1 針金を使用した従動節支持部分

従動節支持部分の製作において、針金を螺旋状に加工する工程の検討を行う。まず、針金を螺旋状に加工する際に、細い丸棒に隙間なく密に巻き付けて、爪楊枝・竹串などを差し込んで、螺旋のピッチを均等な間隔に広げていく製作方法を用いたが、均等なピッチで製作することは困難であることが明らかとなった。改善策として、図9に示すように治具に木ネジ（頭部径(d_k) $\phi 9.0\text{mm}$ 、ねじ呼び径(d) $\phi 4.5\text{mm}$ 、頭部高さ(K) 2.55mm)を使用し、溝に巻き付けて製作した。溝があることにより、巻き付ける位置が明確となり、ピッチ幅が均等な螺旋を容易に製作することが可能となった。こどもが製作する際にも、木ネジを治具に使用することで作業の難度を下げることが可能となる。

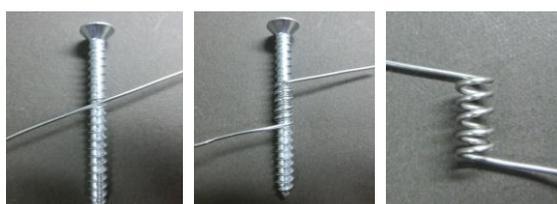


図9 木ネジを使用した治具と製作の様子

4-4-2 木材を使用した従動節支持部分

針金を使用した従動節支持部分の課題として、製作の精度の個人差が考えられる。この課題を解決するために木材を使用した従動節支持部分を図10に示す。平板(40×70×t10)にボール盤で穴あけを行い、従動節支持部分を製作した。土台に使用する天板と底板を重ね、支柱となる丸棒の直径 $\phi 10\text{mm}$ の穴を2つあけ、丸棒をはめ込むことで平行でゆがみのない固定が可能となる。平板にボール盤で穴あけを行うだけで製作できるため、小学生でも容易に製作することが可能である。

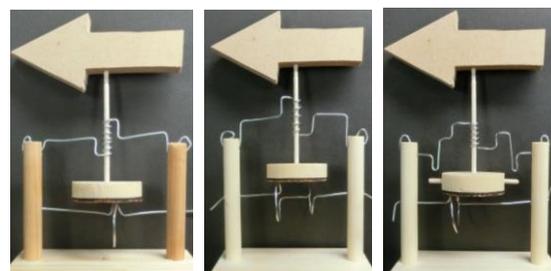


図10 木材を使用した土台(左:天板、右:組立後)

4-5 提示用教材の開発

本教材を授業実践において使用する際に、各機構の動きや仕組みを学習するための提示用教材の開発を行う。模型制作の導入を行う時に提示することで、機構を用いてどのような動きを表現することができ、この仕組みをどのように活かしていくことができるかを明確にすることが可能となる。

本研究で製作したカム機構の提示用教材を図11に示す。図11において、(a)は上下動と回転を同時に行い、(b)は上下動しながら正転・逆転の回転を繰り返す、(c)は上下動とストッパーによる180度ごとの回転を繰り返す動きとなる。動くものを矢印とすることで向きを強調した提示用教材とした。カムの形や取り付け位置を変えたり、従動節の動きを制御するストッパーを取り付けることで、カム機構が上下運動だけでなく、回転運動を取り入れたさまざまな運動を表現することが可能である。



(a) 上下動と回転 (b) 回転の切替 (c) 上下動と半回転
図11 カム機構を使用した提示用教材

5. クランク機構および歯車機構

5-1 クランク機構

クランク機構とは、特殊な輪郭を持った原動節を回転、揺動または往復運動させることにより、これに接している従動節に周期的な運動をさせるものである。図4右に示す提示用教材では、リンク機構の中のピストン・クランク機構のクランクと接続棒の動きを用いた。ピストン・クランク機構では、往復運動部分、回転運動部分、その中間の運動をする部分で成り立っている。ピストンが往復運動、クランクが回転運動、接続棒が往復と回転の両運動を同時に行う。

クランク機構はラジオペンチで針金を直角に折り曲げて製作する。従動節の位置を固定するために製作したクランク機構のストッパーを図12に示す。針金を折り返して製作するストッパー(図12左)は小学生には難易度が高いため、ストローもしくはゴムチューブ(図12中、右)を使用することで製作を簡易化した。ストローとゴムチューブは軸方向に切れ目を入れ、容易に長さの調節や着脱が可能となる。

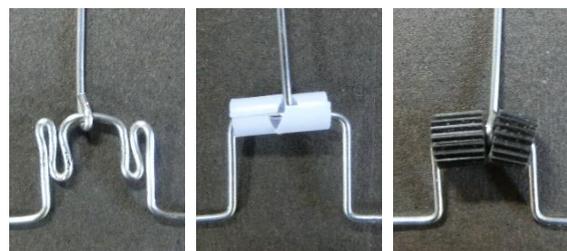


図12 クランクストッパー(左:針金、中:ストロー、右:ゴムチューブ)

5-2 歯車機構

図 3(d)に示すように、提示用教材として歯車機構を用いた教材を製作したが、歯車機構を設計で取り入れ製作するためには、巧緻性と時間が必要となる。歯車製作の希望者が現れた際に、参考となる製作工程の一例を図 13 に示す。針金を治具(図 13 左)に沿って折り曲げ、丸棒に巻き付けて(図 13 中)歯車に整形して完成となる。治具の使用により、ピンの幅が均等になるため、製作の難易度は下げられ、歯車同士が正確にかみ合うことが可能となる。また、歯車がかみ合うためには、歯車のピッチが等しくなければならない。直径 d と歯数 z には、 $d_1/z_1 = d_2/z_2 = m$ の関係が成り立つ。ここで、 m は歯車設計の指標となるモジュールを表す。



図 13 歯車機構の製作工程 (左：製作に使用した治具、中：丸棒への巻き付け、右：ピン歯車に整形)

6. 大学生対象の授業実践

本教材の教育的効果と製作上の課題を明らかにするため、1 年時の講義「機械工学」において歯車・カム・リンク機構を学習した 2 年生の学生を対象に実践を行った。アンケートの分析などから、本教材の学習内容や教育的価値を明らかにする。

6-1 実践の概要

実践の概要を以下に示す。

【日 時】	2020 年度前期 90 分 2 回/15 回、3 時間
【授業者】	大学教員(著者)、大学 4 年生
【対 象】	大学 2 年生 13 名 (技術科 11 名、数学科 2 名)
【授業名】	機械工作実習

機構の知識から動きを創りだす機構製作の過程を学ぶことを目標とする。活動の流れを以下に示す。

【導 入】	提示用教材の紹介 (図 3~5、11)
【制 作】	
①	イメージマップの作成
②	アイデアスケッチを作成し、作品を構想
③	土台部分の製作(のこぎり・ボール盤)
④	機構部分の製作(針金)
⑤	動作部分の制作
⑥	模型の動作確認、完成
【まとめ】	ワークシート (使用した機構・作品に込めた思い)、アンケートにまとめる

3 時間という限られた時間での制作となるため、ま

た、学生が表現したい動きを実現するために、上下運動と回転運動を容易に表現できるカム機構を使用した。

制作は、木材の天板を使用したオートマタ教材(図 10)を用いて、以下の①~⑤の手順で行う。

- ① 好きな生き物やスポーツなどを挙げ、関連するものでイメージマップを作成する。
- ② 制作するオートマタ作品を構想し、アイデアスケッチを作成する。カム機構の動作を確認しアイデアスケッチを行うことで、構想を具現化する。
- ③ 木材を使用して土台部分の製作を行う。学習者が角材や丸棒の切断や穴あけを行うなど、のこぎりやボール盤等の工作機械の使用体験を含む。
- ④ 針金を使用して機構部分の製作を行う。曲線を製作する際には、治具に丸棒を使用して製作を行う。機構の製作の中で、針金の取り付け位置や長さを変えて試行錯誤を繰り返し、改良を行いながら、模型が思い通りに動くようになることで、動く仕組みがわかり、機素の動きの知識や理解が深まる。
- ⑤ 各自の思いにこだわりながら動作部分の制作を行う。動作部分に使用する材料を選択する。
- ⑥ 動作確認を行いながら、最終調整を行う。設計した動きを実現させるために、試行錯誤し、改良を行うことによって、より良い作品を制作していくことが可能となる。また、従動節の支持棒に木材を使用する場合には、ろうを塗るなどによって摩擦を減らす工夫を行う。

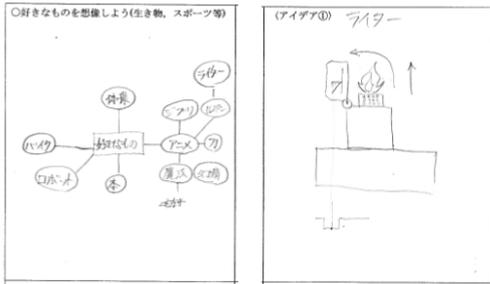
6-2 実践中の活動

学生たちが制作している様子を図 14 に示す。ペンチ、鋼尺など授業者が用意した道具と各自で用意した道具や材料を使用して制作している様子が見られる。

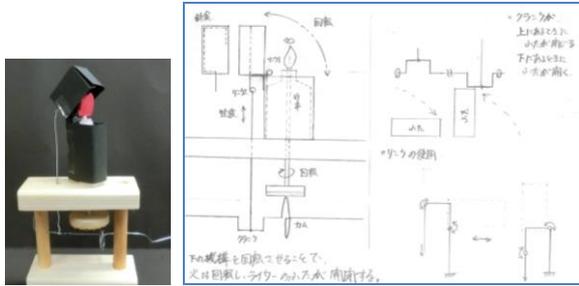
学生が曖昧なイメージから機構と動きを創り上げていく過程として、ワークシートと完成した作品を図 15 に示す。アイデアスケッチ(図 15(b))の段階では、動きとクランク機構を使用することが描かれているだけのイメージ段階がうかがえる。完成図のワークシート(図 15(d))では、自分の思いや自分の意図する動きに合わせた機構の設計図が完成している。部品同士が連動して動く機構を試行錯誤しながら作り上げたことが想像でき、動きや機構の試行錯誤や設計の活動が出現したと言える。



図 14 学生の制作活動



(a) イメージマップ (b) アイデアスケッチ



(c) 作品 (d) 動きと機構の完成図

図 15 学生のワークシートと作品

6-3 作品の分析

使用されている機構の種類で分類した 13 作品の画像を表 1 に示す。また、機構の種類と運動の両方で分類し、表 2 に示す。第 1 グループでは、カム機構のみの作品が 5 体、カムとリンク機構の作品が 1 体であった。課題として、機構の上下運動や回転運動のみを使用した作品が多く、学生が自分の作りたい動きを表現するために機構を工夫する活動が活発とは言えない状況であった。一方で、動きこそシンプルであるが、ライオンの表情や形、ラーメンの麺一本一本や箸、動くものにこだわる活動が見られた。その点は、オートマ教材の美術的学習内容の側面が現れたものと評価する。第 2 グループでは、動作部分が複数箇所動く作品を制作する制約を設けた。その結果、上下運動のみの作品が 2 体、カム機構を 2 つ使用した作品が 4 体、カム機構にクランクとリンク機構を加えた作品が 1 体となった。図 15 の代表例にもみられるように、学生自身が動作部分を複数箇所連動して動くように機構を工夫する様子が引き出されたことがわかる。

表 1 オートマタ作品と機構による分類

グループ	機構			
	カムのみ		カム リンク	カム・リンク クランク
	1つ	2つ		
1				
2				

表2 オートマタ作品に使用された機構と動きの分類

グループ	機構			機構の運動			作品数
	カム	リンク	クランク	上下	回転	揺動	
1	○			○			3
	○				○		2
	○	○		○		○	1
2	○			○			2
	◎				○		4
	○	○	○	○		◎	1

* ◎：2つ以上の使用、○：使用

6-4 アンケート

授業後にオートマタ制作の目標に関連して実施したアンケート項目を表3に示す。アンケートは、4件法による質問項目1)と自由記述からなり、各グループ6名、計12名の回答を得た。

4件法による質問項目1)に対する各グループの平均値を表4に示す。機構の製作は適度な困難さを含みながらも授業はたのしかったと回答している。グループ1はグループ2と比べ、「授業の内容は楽しかった」「機構の製作は簡単だった」に、より肯定的に回答しているが、他の4つの項目ではより否定的な回答とな

表3 アンケート項目

項目
1) 最も当てはまると思うところに○をつけてください。
① 授業の内容は楽しかった
② 機構の製作は簡単だった
③ 思い通りに機構を動かすことは難しかった
④ 動く仕組みを考えることは難しかった
⑤ ほかの機構についても学んでみたい
⑥ 誰かに作品を見てもらいたい
2) 制作の中で工夫した点とその理由を具体的に教えてください。
3) 難しかった・大変だった点を教えてください。
4) オートマタ制作の感想を書いてください。

※①～⑦は4件法による回答(4：とてもそう思う、3：そう思う、2：あまりそう思わない、1：全くそう思わない)

表4 4件法に対する各グループの平均値(n=12)

グループ	項目					
	①	②	③	④	⑤	⑥
1	3.86	2.86	3.29	3.00	3.00	2.57
2	3.80	2.40	4.00	3.40	3.80	3.60

った。グループ2は「複数箇所動く作品を制作する」という制約を課したグループであり、「機構の製作」「思い通りの動き」「動く仕組み」をグループ1より難しいと評価し、「他の機構を学んでみたい」「作品を見てもらいたい」とより感じている。感想の記述「おもしろさ、楽しさを最大限に発揮するためにも、仕組みについての深い理解が必要だと感じた。もう一度つくりたい。」からも、オートマタの本質である「連動する動き」を創り出す活動が、学びと結びついていることが考えられる。

次に、自由記述の内容を分析する。ここでは、4件法の質問項目1)と関連して、「機構製作の難しさ」と「機構・動く仕組み」の記述を抽出し、記述の中でどのような言葉と結びついて使用されているか、また、どのような内容で記述されているかを分析する。

【機構製作の難しさ】

「機構製作の難しさ」に関する記述は10件見られた。「スムーズに動かすことが難しかった」「回転は比較的簡単にできたが、上下運動のカムがピストンに引っかかり、上手に回らなかった」という記述が見られた。学生が思い通りの動きを表現するために針金で機構を製作する難しさを感じていることがわかる。このような困難さの記述と結びついて、「カムを小さくして、コルクシートを外すことで解決した」「微調整することで上手く回るようになった」とあり、針金で機構を製作することで、課題を解決する活動が引き出されている。

【機構・動く仕組み】

「機構・動く仕組み」に関する記述は8件あり、「カムを工夫することで回転の角度やタイミングを変えることができることがわかった」「カムとフォロアの接触位置を中心からずらすことで、回転運動も取り出せるということも学んだ」「カムを針金で上下運動、回転運動、左右に首を振る運動など、様々な動きが再現できる」「針金は、ペンチを使用すると簡単に成形することができ、一度曲げると新たに力を加えない限りその形を保とうとするのでオートマタの機構の製作に適している」という記述が見られた。機構を製作する中で従動節の位置や摩擦を考え、カム機構を使用して上下運動や回転運動に変換できることを学習し、実感を伴って理解したことがわかる。

学生の記述「意図した動きをさせるのが、こんなにも難しいとは思わなかった。しかし、3時間という短時間で、機構を用いた制作を行うことができ、驚いた。今回の制作でものづくりの難しさを実感すると同時に、ものづくりの楽しさも味わうことができた。」は、多くの学生に共通する感想であり、製作しなければ経験できない困難さに出会い、それを試行錯誤や理論に基づいた修正により解決していく過程を経験していることがわかる。

7. 結言

本研究では、機構部分に針金を使用したオートマタ教材を開発し、主にカム機構を使用したオートマタ制作の授業実践を大学生対象に実施し、学生の作品、ワークシート、アンケートを分析し、以下のことを明らかにした。

- ・オートマタ教材は機械や加工の学習内容と美術的学習内容を含み、自分の思いや自分の意図する動きを実現する機構を設計・製作することにより、動力伝達の機構について体験的に学習可能な教材である。
- ・児童生徒の機構の設計・製作の時間を確保するために、丸棒を角材に差し込むだけの簡易な組み立て式の構造とし、容易に平行でゆがみのない土台製作を可能にした。
- ・針金を用いた精密な加工による機構製作を、治具と加工工程の提示により軽減した。
- ・制作した提示用教材を示すことで、意図する動きに対応する機構を考えるうえでの支援となった。
- ・針金を用いることにより、金属の特性を生かし、短時間での加工・製作・修正を可能とし、限られた時間の中でのオートマタを制作することが可能となった。

本研究は、JSPS 科研費 JP21K02924 の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領解説 技術・家庭編（2017）
- 2) 開隆堂：技術・家庭 技術分野（2018）
- 3) 文部科学省：小学校学習指導要領解説 図画工作編（2017）
- 4) 文部科学省：小学校学習指導要領解説 図画工作編（2008）
- 5) 開隆堂：小学校図画工作 5・6 年上 心をつないで（2015）
- 6) 松永泰弘・中田康太郎：中学校技術・家庭科におけるオートマタ教材の開発，静岡大学教育学部研究報告 教科教育学篇，第 44 号，pp.111-118（2013）
- 7) 松永泰弘・浜辺萌香・原田和明：科学・技術・芸術を融合した STEAM 教育における設計教材としてのオートマタの開発，静岡大学教育学部附属教育実践総合センター紀要，No. 25，pp.107-116（2016）
- 8) 松永泰弘・浜辺萌香：工作教室におけるカムを用いたオートマタ教材の実践，第 34 回日本産業教育学会東海支部大会講演論文集，pp.13-16（2016）
- 9) 松永泰弘・池端俊介・村松奨平：オルゴールを用いたオートマタと風力を用いたオートマタ教材の開発，第 35 回日本産業教育学会東海支部大会講演論文集，pp.95-98（2017）
- 10) 宮村輔・加賀江孝信・藤田眞一：からくり模型を用いた機構作図能力の検証，日本産業技術教育学会誌，第 59 巻，第 4 号，pp.307-314（2017）
- 11) 松永泰弘・浜辺萌香・原田和明：オートマタを題材とする補助教材の開発と作品コンテスト，第 33 回日本産業教育学会東海支部大会講演論文集，pp.85-88（2015）
- 12) オートマタ作品コンテスト
<https://www.shizuoka.ac.jp/automata/>（最終アクセス日：2022 年 1 月 17 日）