

## オートマタ教材の開発

メタデータ	言語: ja 出版者: 静岡大学教育学部 公開日: 2013-04-16 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 松永, 泰弘, 中田, 康太郎 メールアドレス: 所属:
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10297/7202">http://hdl.handle.net/10297/7202</a>

# オートマタ教材の開発

技術教育講座 松永泰弘 中田康太郎

## 1. はじめに

平成 24 年度より完全実施となる新学習指導要領<sup>1)</sup>より、技術・家庭科技術分野ではエネルギー変換に関する技術の学習が必修となった。また、技術分野の目標に新たに「評価」という文言を取り入れ、技術を適切に評価できる能力を身につけることを求められるようになった。くわえて、機器の使用方法は理解しているが動作原理は理解できない、いわゆるブラックボックス化の問題が取り上げられている。

そこで、本研究では動力伝達機構を利用したオートマタ教材の製作を取り上げる。教科書等に挙げられる動力伝達機構は、18 世紀頃に開発され、電子制御が主流となった現代も変わらずに使用され続ける技術である。著者らは、オートマタの教材で使用される機構の検討、授業計画を作成するとともに、子どもたちが製作を通じて動力伝達機構を学び、自分が考える動きを追求・試行錯誤することができるオートマタ教材の開発を行った。さらに、動力源としてゼンマイや風力、磁力、重力、熱を用いた教材を提示することで、生徒の選択肢を広げ、自ら設計・試行錯誤するエネルギー変換教材としての有効性を高める。

学生にとっては、これまで開発してきた教材を改良し、これを用いた自ら授業を行い、問題点を検討することで、教材開発能力、教育力、解析力の育成につながる。

## 2. オートマタ

オートマタとは、いわゆる西洋からくり人形であり、18 世紀後半のルネサンス期から 19 世紀の産業革命までを中心に欧米で盛んに製作された娯楽用の玩具である。当時は、時計の技術を応用した精密な金属部品によって動作しており、動力源としてはゼンマイが用いられた(図 1)。現在、オートマタとして作られているものの主流は、当時とは異なり、ほぼすべての部品を木材で製作しており、内部の機構の動作を観察できることも含め、1 つの作品として楽しまれている。



図 1 オートマタ<sup>2)</sup>

### 3. 授業計画

提案する授業計画を表 1 に示す。なお、「② おもちゃの仕組みを調べよう」は、動作伝達機構を利用したおもちゃを分解し、動作原理を調べ、動作伝達機構を体験的に学習する。「③補助教材の製作+my オートマタの構想」は補助教材の製作を通じて、機構に対する理解を深めると共に本教材である my オートマタの構想を練る。その後、「④ my オートマタの製作」において、複数の機構を組み合わせた my オートマタを製作する。

表 1 授業計画

	授業内容	時間数
①	オートマタについて (導入)	1
②	おもちゃの仕組みを調べよう	2
③	補助教材の製作+my オートマタの構想	8
④	my オートマタの製作	12
⑤	製作のまとめ	1
⑥	オートマタ鑑賞会	1

### 4. 補助教材

本研究では、事前に機構を学習するために、補助教材の製作を取り入れることとした。平成 18 年度静岡大学付属静岡中学校での実践事例では、本教材の製作のみを行い、生徒が疑問や悩みを抱いた際には、生徒同士で議論し合う機会「お悩み相談会」を設けた<sup>3)</sup>。本授業計画では、事前に生徒が数種類の補助教材を分担して製作することで、動作伝達機構に関するより専門的な知識の定着を図るとともに、得た知識を互いに助け合いながら my オートマタ (本教材) の製作活動を行う。製作する教材は、カム・歯車・4 節リンク機構のいずれかを用いた補助教材とし、外箱・人形等については設計図を配布し、3 種類の内 1 つを製作する。なお、各補助教材には本教材製作に向けた追求点を設け、必ず生徒が課題点と解決方法を考え、のちに発表することで知識の共有化を行う。

#### 4-1 カムを用いた補助教材

図 2 にカムを用いた補助教材を示す。カムとは特殊な輪郭を持った原動節を回転させることによって、従動節に周期的な運動をさせる伝達機構である。

この教材はカム機構を使用し、用途に応じて変位量を生徒自身が決定し、カム変位線図に基づいてカムを設計する。加えて、従動節が設計通りに正確かつスムーズに動くためにはどのような手立てを打てばいいのかを迫及する。製作の際、カム変位線図と基礎円を事前に記入したワークシートを用いて作図を行う。

カムを正確かつスムーズに動作させるために考えられる追求点は以下の通りとなる。

【追求点】カムがスムーズに動作するためには

- ・糸のこ盤で切り出したカムの形状が緩やかな曲線ではなく、角があると従動節の先が引っかかってスムーズに動作しなくなるので、紙やすりを用いて必ず面取りを行う。
- ・各点を結ぶ際には、なめらかな曲線を描く。

【追求点】カムが正確に動作するためには

- ・変位線図どおりに従動説を正確に動かすためには、従動節の先を面取りして滑らかな球状にする

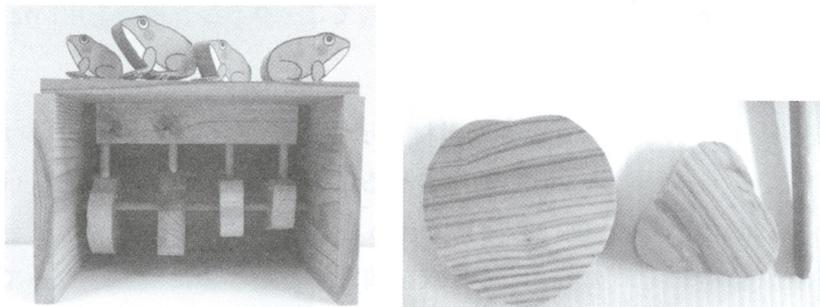


図2 カムを用いた補助教材

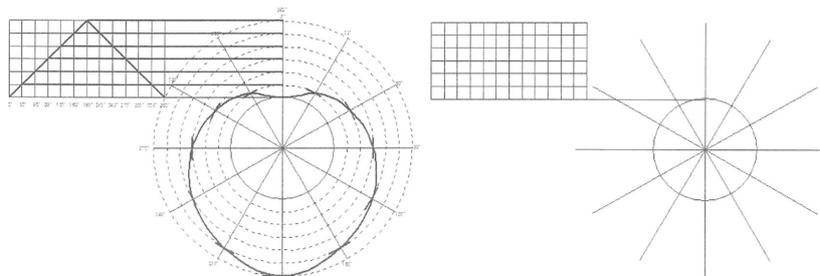


図3 カム変位線図

#### 4-2 歯車を用いた補助教材

図4に歯車を用いた補助教材を示す。この教材は生徒が歯車の設計方法を理解し、自ら歯車を設計・動作させることができる。加えて歯数の違いによる速度伝達比について理解できることを目的とする。なお、今回はピンを用いたかさ歯車を使用する。

本教材では全員同じ歯数で設計を行い、歯車の設計方法について理解した後、もう1つの歯車は各自設計する。生徒が2つの歯車が滑らかに動く位置関係について考える。

【生徒の追求】傘歯車を動作させるためには

- ・2つの歯車の2軸が一直線上にあること。
- ・ピンを用いた傘歯車の位置関係については、ピン接触時に片方のピンの歯先が、もう片方のピンのピッチ円より内側に入ると不具合が発生し動作しなくなる。よって、接触時には歯先とピッチ円の高さが一致している状態が最適である。

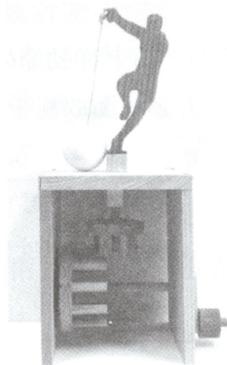
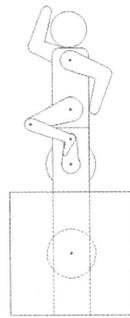


図4 かさ歯車を用いた補助教材



(a) 製作物



(b) 組み立て図(JW-CAD)

図5 てこ・クランク機構を用いた補助教材

#### 4-3 4節リンク機構を用いた補助教材

図5に4節リンク機構を使用した補助教材を示す。この教材は、生徒自身が各リンクの長さを決定し、てこ・クランク機構を動作させること、生徒自身が設計を通じて、てこ・クランク機構を設計する際の法則性を発見できることを目標とする。

4節リンク機構は、それぞれの動作は、公式を満たすことによって成り立っている。てこ・クランク機構は最短リンクの隣（両隣どちらでも可）のリンクを固定し、最短リンクをクランクとすることで動作する。なお、上の条件を満たし、最短リンクを固定している場合には両クランク機構、最短リンクと対面するリンクをなくした場合、往復スライダ・クランク機構となる。

設計の際、まずは生徒に上死点・下死点について生徒に説明する。その後、田宮模型のユニバーサルプレート、ユニバーサルアーム等を用いて、各リンクの長さを変化させ、てこ・クランク機構として動作する長さの条件を確かめる。

#### 【生徒の追求】てこ・クランク機構の設計

- ・ 三角形の性質、上死点、下死点から、条件を定式化することができる
- ・ クランクを最短リンクとする

### 5. 動力源を追求する提示用教材と本教材

本教材は前述したようにエネルギー変換教材としての役割を担っている。そこで、動力源としてゼンマイや風力、磁力（図6、7）を用いたり、本研究室で製作した重力を利用した木製機械式時計に組み込んだり（図8）、温度差による形状記憶合金の形状回復力を利用する（図9）ことなどによって、エネルギー変換教材としての有効性がより高まると考える。なお、動力源については本教材製作の際に生徒が自由に選択できるようにする。

本教材では、補助教材に利用されている機構を利用して製作を行う。なお、自分が製作して気づいた点のみならず、クラスメイトの気がついた点も共有して理解した上で、製作を進めていくことが大切である。

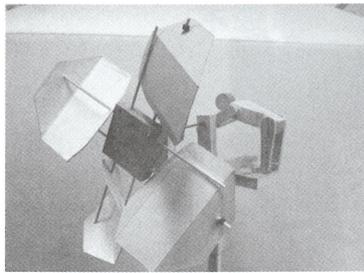


図6 風力を動力源としたオートマタ

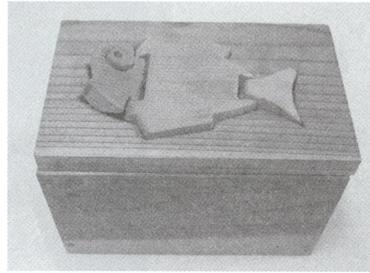


図7 磁力を利用したオートマタ

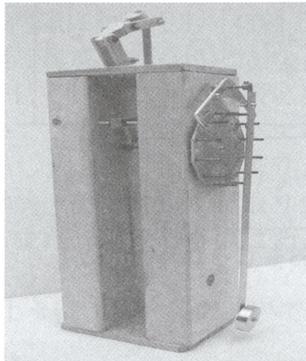


図8 重力を動力源とした  
オートマタ

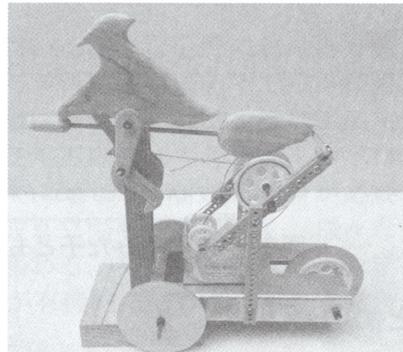


図9 形状記憶合金の形状回復力を  
動力源としたオートマタ

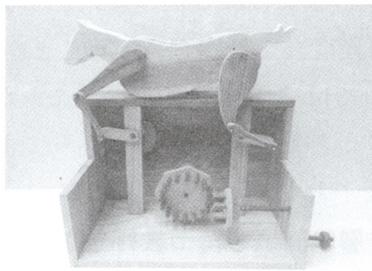


図10 筆者の製作したオートマタ

## 6. 製作した教材に対する子どもたちの反応

2011年10月29日・30日にツインメッセ静岡で開催されたWAZA フェスタのものづくり教室の会場において、製作した教材の展示を行った。小学生以下の子供達であったが、「中の仕組みが面白い」「少し回したのに、人形がたくさん回った(歯車の速度伝達比の気づき)」「カムの形状によって、上の人形の動きが違う」「このおもちゃを作りたい」などの感想が聞かれ、遊びながら内部の機構について学んでいるとともに、創作意欲をかきたてる作品であるということがわかった。



図 11 展示の様子

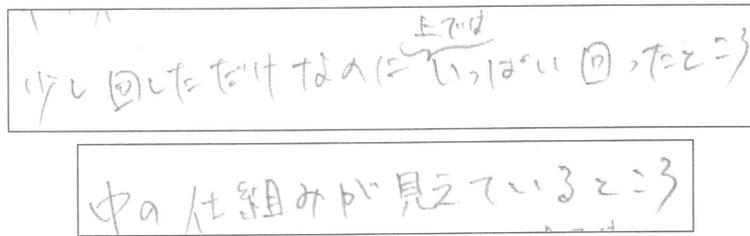


図 12 遊んでみた子どもたちの感想（おもしろかったこと）

## 7. まとめ

本研究では、中学校技術家庭科技術分野の教材としてオートマタを製作する過程において、生徒が学ぶ内容を検討したうえで、必要となる教材の開発を行った。補助教材の開発においては、生徒が自分で設計する箇所を設けることで、体験的に動作伝達機構（カム・歯車・リンク機構）について学べるようにした。また、ピンを用いたかさ歯車の製作を試行錯誤し、実際に実用化できる程度まで精度を高めることができた。開発した 3 つの補助教材については、中学生にとっては“作りながら学ぶことができる作品”であるが、小学生以下の子どもたちにとって“遊びながら学べる作品”であることが、作品の展示を通じて分かった。中学生が「小さな子どもたちに遊んでもらう」というテーマで製作することで、目的が明確となり、より一層の価値を持つ教材となると考える。今後、“作りながら学ぶ”“遊びながら学ぶ”の 2 点を意識して、開発・実践を進めていく必要がある。

本研究の一部は、平成 23 年度科学研究費補助金（課題番号：21500869）の援助による。

## 参考文献

- 1) 文部科学省：中学校学習指導要領解説(2008)
- 2) 開隆堂：技術・家庭（技術分野）(2008)
- 3) 技術・家庭科のまとめ

<http://www.shizuchu.ed.shizuoka.ac.jp/kenkyu/kenkyu/jirei18/gika18.PDF>（参照：2011. 11. 2）