

中学校技術・家庭科における機械式振子時計製作の授業実践

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 静岡大学教育学部 公開日: 2012-03-26 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 松永, 泰弘, 竹内, 太一, 大脇, 一宏 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00006493

中学校技術・家庭科における機械式振子時計製作の授業実践

Evaluation and Improvements of a Wooden Mechanical Pendulum Clock as an Energy Conversion
Teaching Material for technology and home economics classes in Junior High School

松永泰弘 竹内太一* 大脇一宏**
Yasuhiro MATSUNAGA, Taichi TAKEUCHI, Kazuhiro OOWAKI

（平成23年10月6日受理）

This paper deals with the evaluation and improvement of a wooden mechanical pendulum clock as an energy conversion teaching material for technology and home economics classes in junior high school.

In our former paper, we clarified the problems on making the clock and improved it. The concrete improvement is as follows: the ankle nail is designed according to the formal equation, as a result, it's divided into standstill aspect and a shock aspect, and the escapement is interspaced between the tooth interval of the escape wheel and the ankle nail, and then, the clock frame is improved to reduce the torsion between anchor and escape wheel shafts.

Junior high school students made the improved pendulum clocks in technology and home economics classes. We evaluated the improved pendulum clock about the dimensional precision and workable rate of the finished product. The clock was performed further improvement to solve the problems that became clear.

1. 緒言

「中学校学習指導要領 技術・家庭科」¹⁾ の技術分野では、必修が「A 技術とものづくり」と「B 情報とコンピュータ」の2領域から「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」の新しい4領域に変更された。そのため、限られた時間の中で多くのことを学ぶことが求められている。

さらに、「第3期科学技術基本計画」²⁾において、ものづくりを担う人材を養成・確保するために、幼い頃からものづくりの面白さに馴染み、創造的な教育を行い、こども自らが知的好奇心や探究心を持って、科学技術に親しみ、目的意識を持ちながるものづくり、観察、実験、体験学習を行うことにより、ものづくりの能力、科学的に調べる能力、科学的なものの見方や考え方、科学技術の基本原理を体得できるようにすることが強調されている。

本実践では、技術教育にとどまらず、理科の振子の運動や運動の規則性、力学的エネルギーの分野まで、教科を越えて合科的に学ぶことができるエネルギー教材として、木製機械式振子

技術教育講座

*大学院教育学研究科（現在 富山県中学校教員）

**総合科学専攻（現在 静岡県中学校教員）

時計を取り上げ、中学校において授業実践を行い、アンケートや生徒の製作物から製作難易度や学習効果など教育的価値の検討を行う。また、授業実践で明らかとなった問題点について考察し、時計の改良を行う。

2. 木製機械式振子時計

2.1 木製機械式振子時計の構造

時計は動力装置、伝達装置（輪列）、脱進機、調速機、指示装置、ゼンマイ巻および針回装置、付随装置の7つの要素から成っている。この教材は、これら7つの要素のうち、時を刻むのに必要な、動力装置、脱進機と調速機の3要素を取り出したものである。

時計はおもりの位置エネルギーを用い、振子で時を刻み、脱進機（アンクルとガンギ車）により小刻みにエネルギーを利用することで、振子が揺れ続ける。図1、2に木製機械式振子時計の構造、また、表1、2に材料および工作機械・道具を示す。

表1 材料

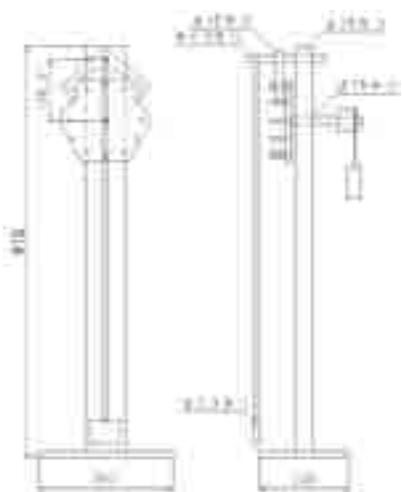


図1 木製機械式振子時計の組み立て図

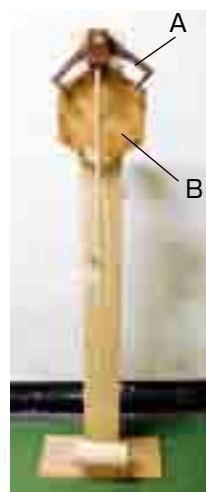


図2 木製機械式振子時計

(A : アンクル、B : ガンギ車)

名 称	用 途	寸 法 [mm]	個 数
2×4木材 (ホワイトウッド)	フレーム	38×89×900	1
パイン集成材	底板	200×300×15	1
シナ合板	ガンギ車	180×180×9	1
ローズウッド無垢材	アンクル	170×150×15	1
ヒノキ丸棒φ15	アンクル真、ガンギ真	200	2
ヒノキ丸棒φ8	振竿	800	1
ヒバ丸棒φ40	糸巻き	50	1
ステンレスパイプφ6	ガンギ歯	30	12
アマゾンジャラ木材	振玉	60×40×60	1
ペットボトル (500ml)	錘		1
その他 コーススレッド セロハンテープ 麻紐、小ネジ、爪楊枝			適量

表2 工作機械・道具

糸鋸盤	ボール盤	インパクトドライバー	胴付鋸	玄翁
差し金	錐	紙やすり	スプレー糊	

2.2 製作手順

木製機械式振子時計の製作手順を以下に示す。組み立て、調整以外は順不同である。

- ① ガンギ車の切り出し、組み立て
- ② 脱進機の切り出しと仕上げ
- ③ 脱進機の調整
- ④ フレーム製作
- ⑤ 振子の製作
- ⑥ 部品の組み立て
- ⑦ 全体の調整

3. 授業実践

授業実践は一般公立校で実施した。また、授業は技術・理科の免許を取得（予定）している2名の学生が行い、中学校教員が補助に入って実施した。

3.1 授業実践の概要

授業実践の概要を以下に示す。

[実践校] 静岡市立清水第五中学校

[日 時] 2010年4月23日～9月9日（計20時間）

[学 年] 2年生 男子27名 女子9名 計36名

[授 業] 選択技術

2人1組で班を作り、時計を製作する。また、表3に授業計画（前半10時間）を示す。歯車を製作し、時計を長時間稼動させるための発展的内容を行った（後半10時間）が、以下では省略する。

表3 授業計画

時間	A班12人	B班12人	C班12人
1	オリエンテーション・アンケート・フレームの野書		
2	アンクルの切り出し	ガンギ車の製作	フレームの加工
3	フレームの加工	アンクルの切り出し	ガンギ車の製作
4	ガンギ車の製作	フレームの加工	アンクルの切り出し
5	組み立て作業		
6	「時計の歴史」についての座学		
7	平歯車の製作	ピン歯車の製作	
8	ピン歯車の製作		平歯車の製作
9	フレームの組み立て		
10	調整作業		

3.2 授業実践

授業実践の様子を図3に示す。今回の実践授業では2人1組となり、計18台の木製機械式振子時計を製作した。初めて使用する道具（糸鋸盤、ボール盤、インパクトドライバー）を用いた作業では、授業者や他の生徒の様子を見ながら作業し始め、使いやすいように調節するなど、慣れとともに積極的に道具と関わる姿が見られた。特にインパクトドライバーの使用では木ねじを回すトルクの大きさに驚いていた。組み立て後の微調整には多くの時間を要し、苦労していたが、最終的には全体の約8割の14台がスムーズに稼働した。生徒たちは積極的に授業に参加し、自ら考え、工夫し、製作する様子が見られた。



図4 生徒たちの様子

3.3 アンケート

実践の前後でアンケートを実施した。

アンケートは、生徒が木製機械式振子時計を製作することによって、「エネルギー変換に関する技術」の内容の「(1) ア エネルギーの変換方法や力の伝達の仕組みを知ること」を学ぶことができたか、また小学校5年生の理科で学習した振子の周期について身をもって学習できているか、を問う内容を取り入れた。また、アンケートの一部に文部科学省国立教育政策研究所が行った中学校3年生対象の特定の課題に関する調査（技術・家庭）³⁾と同じ内容を実施することで、生徒の技術に関する知識を調べ、全国調査の結果と比較した。

図5、表4に全国調査から抽出した問題と実践前後の正答率と全国調査結果との比較を示す。

(1) の問題では、全国平均正答率が49.7%に対して、今回の実践前後で47.2%、65.7%となった。学年の違いがあっても、実践前の値は全国調査の値とほぼ同じ値であったといえる。また、実践後は全国調査の値を15%強上回る結果となった。これは、教材に木材をほぼ100%使用し、のこぎり使用機会が多かったことによる正答率の上昇と考えられる。

(2) の問題では、全国平均正答率が38.2%に対して、今回の実践前後で25.0%、11.0%となった。全国調査の値と比べて低く、さらに実践後に正答率は低下した。これは、多くの生徒が慎重に切断するために、のこぎりの引きこみ角を小さくしていたためと考えられる。仕組みを生

かして道具を使用することを意識させるなど、指導の改善が必要である。

Q あなたさんは、この工具を用いて材料を切断したいと考えています。次の各問に答えなさい。

(1) のこぎりの刃がアとイのどちらの方に向いていているときに、材料をより多く切断できますか。次の1から3の中からもっとも適切なものを一つ選び、その番号を解答用紙に書きなさい。



1 アの方がより多く切断できる
2 イの方がより多く切断できる
3 アとイはどちらも同じである

(2) 厚くて硬い板を切断するため、のこぎりをAの角度で動かしたとき、のこぎりと材料の抵抗が大きくて、動かしにくくなってしまいました。このような場合に、小さな力で切断するにはどのようにすればよいか。次の1から4の中からもっとも適切なものを一つ選び、その番号を解答用紙に書きなさい。



1 Aの角度を大きくしてのこぎりを動かす
2 Aの角度を小さくしてのこぎりを動かす
3 Aの角度は変えずに、ゆっくりのこぎりを動かす
4 Aの角度は変えずに、はやくのこぎりを動かす

図5 全国調査から抽出した問題³⁾

表4 実践前後と全国平均の正解率比較³⁾

	(1) の正解率	(2) の正解率
実践前	47.2%	25.0%
実践後	65.7%	11.0%
全国平均	49.7%	38.2%

本教材に対する生徒の興味や関心を調べるために、授業の最初に「木製機械式振子時計を見た第一印象」について質問した。生徒の回答の一部を図6に示す。生徒は「時計は電池とモーターで動く」という固定概念を持っており、おもりの位置エネルギーを利用して動作する単純な仕組みの時計に新鮮さと感動を受けていたことがわかる。

また、「カチッカチッという音がおもしろい」「振子の意味があるのか気になる」「ペットボトルの水の量によって、速さが変わるとと思った」という回答があった。これらの回答から、生徒が各部品の役割などを考えている様子が読み取れる。「タイマーとして使えそう」「最高で何分くらいまで時間をのばせるのだろう」などの解答からは、本教材をどのように発展させていくか、製作品に対しての目的意識などが読み取れた。上記以外にも、「早く作ってみたい」というような製作に対する意欲が見られた。

次に、「今回、製作する（製作した）時計の動く仕組みについて説明してください」という質問に対して、実践後の生徒の回答を図7に示す。実践前は、「説明できない」「わからない」、無回答が多く見られたが、実践後には各々の部品の役割や力の伝達について説明できるようになった。これは各授業の終了時にワークシートを用いて振り返りの時間を取っていたため、名前や役割の定着が図られていたのだと考える。

3.4 生徒製作品の加工精度

生徒が製作した時計において、アンクル、フレーム、ガンギ車のうち、アンクルとフレームの加工精度に関する検討を行った。

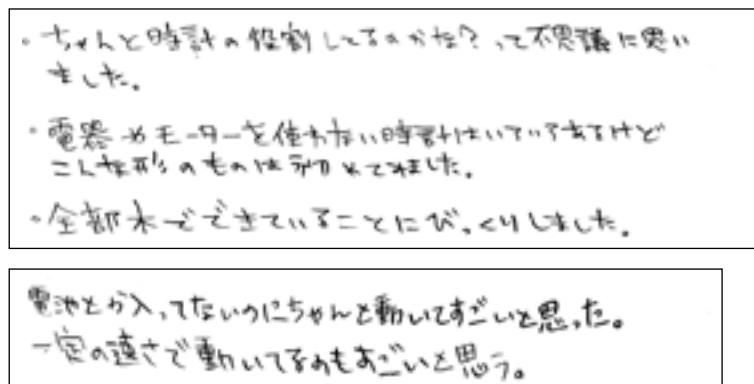


図6 質問「木製機械式振子時計を見た第一印象」に対する生徒の回答

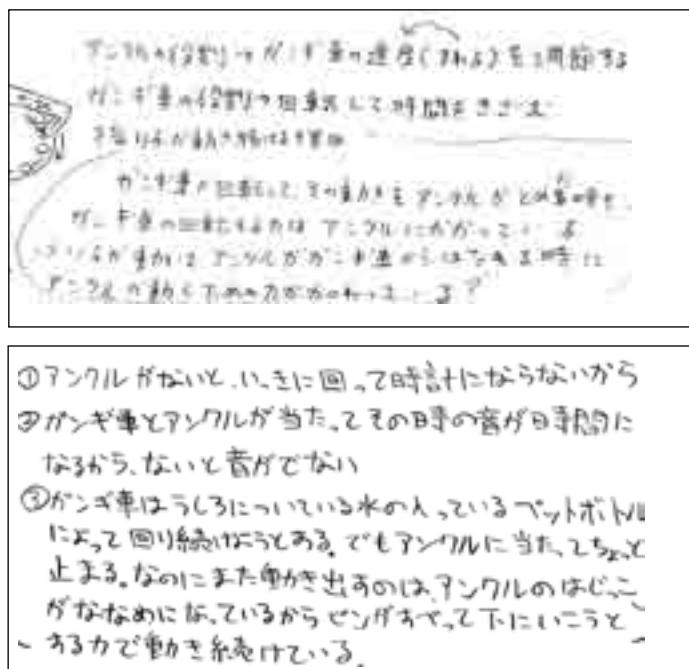


図7 質問「今回、製作した時計の動く仕組みについて説明してください」に
対する生徒の回答

【アンクル】

アンクルの加工精度を、製作物と設計図との差で表し、衝撃面・静止面のずれで定義した（図8）。アンクル爪の加工誤差を図9に示す。大部分が設計図よりも小さく作られており、グラフの第3象限に分布が集中した。削りすぎたアンクルでは静止面にドロップせず衝撃面に直接ドロップしてしまうなど時計の正しい動作はしないものの稼働することがわかった。動作しない時計のアンクルは、設計図よりも大きいものが大部分を占めた。

動作しない時計のアンクル爪の加工誤差に対して、左右の爪が対応するように表5にその値を示す。①は、アンクルが設計図より小さく、ガング車とアンクルのピッチがあわず、左爪で引っ掛かり、止まった。設計図とのずれが大きいのは右爪である。しかし、主な稼働しない原因は左爪の静止面がわずかに設計図より大きいためである。②の加工精度は非常に高い。しかし、右爪の補強部が衝撃面よりもわずかに前に出ているために、引っかかり稼働しなかった。③は、左右とも爪の静止面から衝撃面へ続く部分にひっかかりがあったために稼働しなかった。④は、左爪の衝撃面の角度がなだらかで、また補強部がわずかに大きいため稼働しなかった。

この結果、動作しない原因を以下のようにまとめることができる。

- ・アンクルが小さいと、ピッチ間が狭くなり稼働しない。
- ・補強部が衝撃面より出ていると稼働しない。
- ・アンクルに傷があると稼働しない。
- ・衝撃面の角度が適切な範囲でないと稼働しない。



図8 アンクルの加工誤差の測定

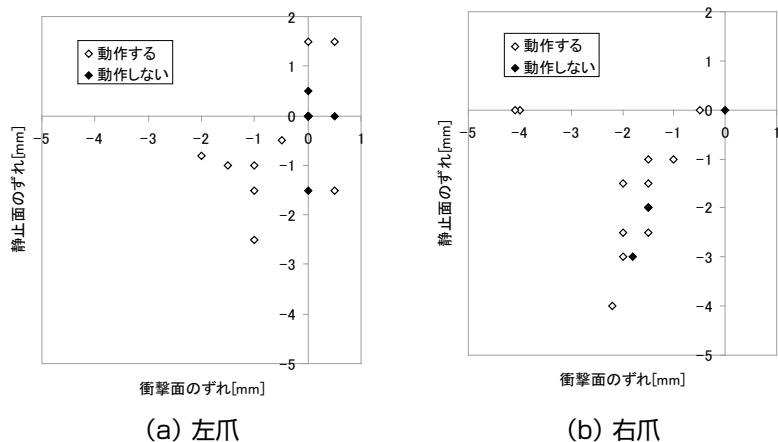


図9 アンクル爪の加工誤差

表5 動作しない時計のアンクル爪の加工誤差

	左爪		右爪	
	衝撃面のずれ	静止面のずれ	衝撃面のずれ	静止面のずれ
①	-1.8	-3.0	0.5	0
②	0	0	0	0.5
③	-1.5	-2.0	0	-1.5
④	-1.5	-2.0	0	0

【フレーム】

フレーム軸孔の加工精度を調べるために、軸孔の間隔、表裏でのずれを測定した結果、軸孔にねじれを生じていることがわかった。これは、ボール盤での孔あけの際にボール盤の作業台の上で水平が取れていなかつたためである。また、軸孔と軸棒のやすり掛けが不十分なため摩擦やひっかかりが見つかった。さらに、軸孔の径が大きすぎたため、振子の重さによってアンクルが下がり、また、ガンギ車がおもりにより上に上がることによってアンクルとガンギ車の間隔が狭くなっていることもわかった。

稼働しなかったものを取り上げ、それらの特徴について考察をおこなった。おもりが自由落下しないものは、フレームや軸棒に原因があり、おもりが自由落下するが、稼働しないものは脱進機に原因があることがわかった。

3.5 実践まとめ

本実践では36人18組で18台の木製機械式振子時計を製作した。結局、歯車を取り付ける前では14台が稼働し、稼働率は約78%であった。動かなかった時計も各パーツに設計図を重ねて修正していくことで、動かすことができた。これらの作業を生徒が行うためには、生徒自身が資料を見て、自分で考える時間を多く確保し、授業者が設計図のOHPシートで製作物をチェックしたのと同じ作業をしながら製作するように改善する必要がある。

組み立て後の調整の際は、生徒自ら解決法を見出し、時計を動かしていたのが印象的であった。また、本教材が完成した後も、「持って帰りたい」、「もっと長く動くようにしたい」「3分測れるものにしたい」「デザインにこだわりたい」など生徒のほうから多くの発言があり、本教材は生徒の興味・関心を引きつけていたといえる。

4. 改良

実践から以下の問題点が明らかとなった。ボール盤に支えを取りつけたが、フレームが長いために作業しにくく、穴あけの際にフレームが傾き、軸穴にねじれを生じた。また、完成した時計が大きく、持ち帰りにくく、家で置く場所に困るという生徒からの意見もあった。そこで、フレームを短くして、ボール盤のテーブルに収まるようにすることで加工し易くし、軸孔のねじれを抑えることが可能となる（図10、11）。また、持ち帰って保管しやすいサイズにし、壁に掛けることも可能にした。

さらに、アンクルが片持はりの状態で支持されていたため、振子の重さによってアンクルが下がっていた。また、ガンギ車が重りの影響により上に上がることによって、アンクルとガンギ車の間隔が狭くなっていた。そこで、アンクル真のみを箱型同様に2枚の板ではさみ、単純

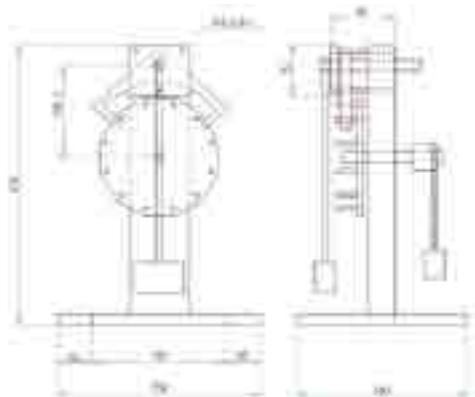


図10 小型壁掛振子時計の組み立て図



図11 小型壁掛振子時計

支持することで摩擦の軽減、およびアンクルの垂れ下がりを防止した。

5. 結言

今回の実践では分野、さらには技術や理科と言った教科を越えて学び多き教材にすることを目的とし、公立中学校において実践を行った。

本研究で示した木製機械式振子時計教材は、生徒たちが理科の分野で学んだことを、実際に技術の授業で製作し体験することで、より知識の定着を促し、教科の枠組みを超えた学習を行うことができる「エネルギー教材」として提示した。

実践では、製作した時計は、全体の約8割が動作し、教材としての可能性を得ることができた。また、製作上の問題点、学習内容の理解における問題点が明らかとなり、時計を改良し、指導における注意点を提示した。

本研究の一部は平成23年度科学技術研究費補助金（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、http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/ (2008) (最終アクセス2011年1月17日)
- 2) 文部科学省「第3期科学技術基本計画」(2006)
- 3) 国立教育政策研究所教育課程研究センター：特定の課題に関する調査（技術・家庭）調査結果 (2009)

