

科学技術ものづくり教材の開発と授業実践
(学習ネットワークと生涯学習：
公開シンポジウム「学習ネットワークと生涯学習16
」)

メタデータ	言語: jpn 出版者: 公開日: 2015-05-08 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 松永, 泰弘 メールアドレス: 所属:
URL	https://doi.org/10.14945/00008422

報告 1

科学技術ものづくり教材の開発と授業実践

松永泰弘（静岡大学教育学部教授）

今日は御殿場南高校の1年生の他に、一般の方もいらっしゃると思いますが、高校生に向けての話を中心にさせていただきたいと思います。

私は、教育学部の技術教育講座で研究をしています。中学校のときに技術を学んだと思いますが、その技術を教える教員を養成しています。

本日は、中学校技術で学ぶ教材の開発について話をします。私は機械の担当ですので、動く機械、動く教材を作っています。それから、地域の企業と協力して、産学連携の玩具開発もしています。さらに、実際に開発した教材を使って小中学校で授業を行い、児童・生徒はどういうことを感じるのか、何を学び、どのような力を身に付けるのかといったことを分析します。また、私たちが開発したものが海外の教育現場でどう役に立つか、どうしたら役に立てるかということも研究しています。

■エンジンカー教材の開発

図1は、スターリングエンジンカーという車の模型です。空き缶やCD、注射筒やアルミ板を使っています。これらを折り曲げたり、切ったり、穴をあけたりという作業を行い製作します。温めることによって空気が膨張することで、エンジンが動く仕組みになっています。中学生がエンジンをつくり、動力を生み出すということは、すごく難しいことです。実際の車は、エネルギーの30%ぐらいしか有効に使われていないといえます。残りは摩擦熱などで失われていくのです。ですから、こういう車を走らせるのは、すごく難しいことなのです。



図1 スターリングエンジンカー

図2は、形状記憶合金を使ったエンジンカーです。リング状にした形状記憶合金の下部をお湯に入れるだけで動きます。走って行って、壁にぶつくと今度は逆回転して戻ってきます。

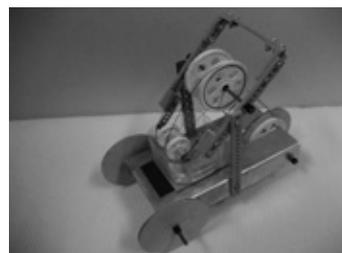


図2 形状記憶合金エンジンカー

図3が形状記憶合金の力と伸びの関係を表したグラフです。実は皆さんも、形状記憶合金を持っていると思います。携帯のアンテナは形状記憶合金を使っています。それから、歯の矯正も形状記憶合金のワイヤーを使っています。他にも、学生服の肩パットに入っていたり、女性の下着（ブラジャー）の下部分に入っていたりします。つまり、体温で元の形状に戻るものに形状記憶合金が使われているのです。パイプ椅子のように、普通は曲げたら曲がったままですが、加熱すると元の形状に戻るのが形状記憶合金の

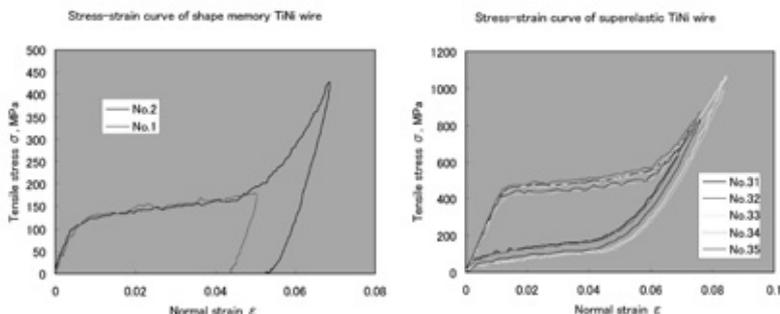


図3 形状記憶合金の力と伸びの関係（左：形状記憶効果、右：超弾性効果）

特別な性質です。特に携帯のアンテナは、普通の温度でも元に戻る性質を持っていて、曲げても手を放すと元に戻ります。スマホのカメラは、焦点を合わせるのに形状記憶合金を使っています。電気を流してジュール熱で温度を上げ、伸縮により焦点を合わせる仕組みになっています。使われていないように見えて、皆さんの周りでは形状記憶合金が結構使われているのです。

以下は学生が解析をしたものです。皆さんは数学や物理を学んでいると思います。技術科に入ると数学や理科は必要なくて、ものをつくってだけいけばいいのかというところではなくて、こういう解析も行います。ですから、数学・物理が得意な人は、ぜひ技術科に来てもらいたいと思います。

$$T_{\text{org}} = M(T_H) - M(T_L) = \frac{1}{2} \frac{(E_1 - E_2)}{R_1} \left(\frac{d}{2}\right)^4 \left[\frac{\pi}{2} - \left[\sin^{-1} \frac{d_0}{d} - \frac{d_0}{d} \sqrt{1 - \left(\frac{d_0}{d}\right)^2} \left\{ 1 - 2 \left(\frac{d_0}{d}\right)^2 \right\} \right] \right]$$

$$- \frac{4}{3} (\sigma_0 - E_2 \varepsilon_0) \left(\frac{d}{2}\right)^2 \left\{ 1 - \left(\frac{d_0}{d}\right)^2 \right\}^{\frac{3}{2}}$$

エンジンカーの開発・改良では、企業の開発と同じようなことを研究してもらいます。4気筒エンジンから2気筒エンジンに改良しながら排気量を2倍にして同等の出力を確保しています。材料が減り、教材費を抑えることができます。4気筒のエンジンは直立型で前にも後ろにも進みますが、始動の動力が必要となります(図4)。一方、2気筒のエンジンは斜めにすることによって、始動のための動力を必要としないのですが、必ず一方向にしか進まないというエンジンになっています(図5)。

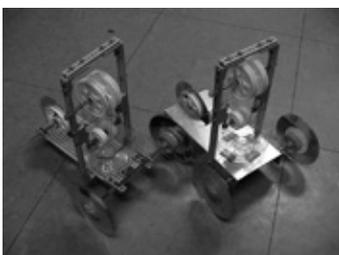


図4 直立型4気筒エンジン

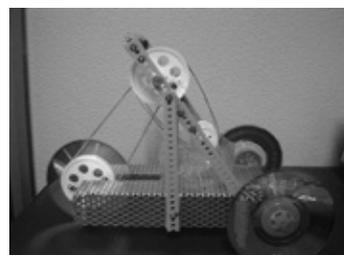


図5 傾斜型2気筒エンジン



図6 藤枝市立青島中学校での授業の様子(左: 模型製作、右: 発表)

図6は、藤枝市立青島中学校で形状記憶合金エンジンカー製作の授業実践を行ったときの様子です。研究室の4年生の学生が、授業計画・授業案を考え、道具と材料の段取りを行います。形状記憶合金が元の形状に戻ると、生徒たちから「うおー」とか「すごい」といった歓声があがります。エンジンが動く様子を観察し、動く仕組みを考え話し合って発表します。



図7 静岡市立清水三保第二小学校での授業の様子(左: 実験、右: 製作したエンジン)

図7は、静岡市立清水三保第二小学校での授業の様子で、小学生が形状記憶合金エンジンをつくります。お湯に浸けると回り、離すと止まっ

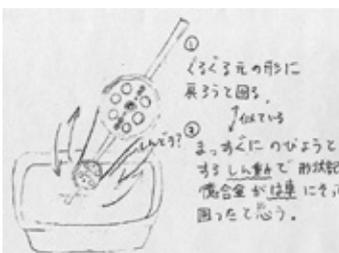


図8 静岡市立清水小島小学校での授業(左: 動作原理の探求、右: 児童の短歌)

て、浸けるとまた回ります。形状記憶合金自体が元に戻る面白さ、不思議さを持ち、さらに、エンジンにしたときになぜ動くのかという不思議さがある。子どもたちがその動く原理をすべて分かるわけではないのですが、考える、不思議さを追究することが、すごく大事です。自分の頭で考えて、今は正確にはわからないけれども、高校・大学に進学する中で小学生の時に製作したエンジンの理解が深まっていく。そこまでこの不思議さを取っておいてもらいたい。この不思議さを持っていく。授業中に湧きでた感情から学習意欲が自然と高まっていく。このような勉強方法、教育方法をとっています。

図8は、静岡市立清水小島小学校での実践で、図工・理科の授業で行ったものづくりが、職員室、学校全体、他の授業にも波及した例です。教師が国語の授業で取り上げ、短歌を作ったり、感想を書く授業を行いました。

■受動歩行模型

図9は歩行模型です。小学校で授業を行いました。小刀は危険だというイメージがあると思うのですが、子どもたちが模型の足の裏を小刀で削ります。子ども一人一人、削り方が違うので、歩き方も異なります。洗濯ばさみの位置を変えることにより歩いたり歩かなかったり、歩行速度が変わったりします。てこの原理の応用学習教材です。

前後、左右に揺れる模型は針金2本だけでつくられています。片側の足に乗ったときにはもう一方の足が浮いて、前に踏み出す仕組みになっています。赤ちゃんのよちよち歩きに似た歩き方です。バランスを取るためのおもりが付いていて、ペットボトルは人間の体に見えるように取り付けました。

下は運動を解析するための微分方程式です。微分方程式といっても皆さんはまだ習っていないかもしれませんが、変化があるものはすべて微分で表すことができます。時間によって、社会は変化していくし、物も変化して動いています。いろいろなものが変化していく、時間的な変化があったならば、それはすべて微分で表すことができるのです。微分方程式で表したら、その方程式を解きます。

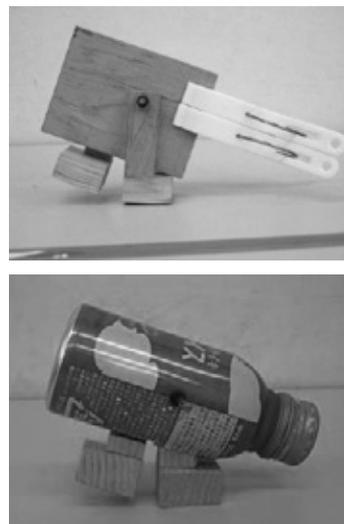


図9 受動歩行模型

$$I_0 \ddot{\theta} = -mg \left[\frac{R-h}{\cos \phi} \sin(\theta + \phi + \varphi) - R \sin \phi \right]$$

皆さんは技術で製図を習ったと思いますが、コンピューターで製図して、それをシミュレーション上で動かします(図10)。摩擦係数、斜面の角度を設定し、おもりの位置、足裏の半径をどうしたら歩行するのか。シミュレーションしながら実際の模型の歩行と比較します(図11)。

シミュレーションをすることによって、いろいろなことが見えてくることがあります(図12)。どこでぶつかって、どこで滑るか。どこでエネルギーが変化しているか。シミュレーションによって、そういった目では見えないようなことが見えてくるのです。そして、実際とは違うのだけれども、似たような性質を、きちんと明らかにしてくれるのです。

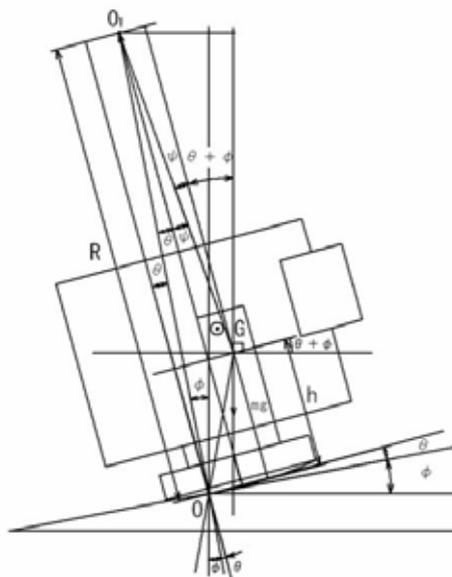


図10 歩行模型の運動解析

図13は、イースター島の写真です。イースター島にはモアイが歩いたという伝説があるのを知っていますか。小学校の国語の教科書にモアイが歩く話が載っていたり、中学校道徳の参考書でも取り上げられています。その伝説を再現するために、実際にイースター島に行ってきました。

この模型は紙でできています。平地では、足の部分にロープを結び、引いたり緩めたりして揺らしてやると、胴体が浮き上がって前へ出ます。これを繰り返しながら平地を運んだのではないかと思います。モアイの伝説をこういう仕組みで明らかにしたというものです。千葉の会社員、長井さんがこういう説を唱え、それが「日立 世界・ふしぎ発見」というテレビ番組で取り上げられて、長井さんと行って写真・ビデオを撮ってきました。

大きなものを運ぶときには、てこの原理を応用するのが一番理にかなった方法です。小さな力を使って大きなものを動かすことができるのが、てこの原理です。

図14は四足の歩行模型です。この模型が足の裏が平らでも歩くのは、足の部分を斜めに付けているからです。図15の模型は紙でできています。足が着くことによって紙が変形して、浮くと元の形状に戻ります。非常にゆっくり動いています。図14の模型は足が振り出されて歩くので、すたすたと歩くのですが、紙の模型は変形してたわんだ量が一步となり、ゆっくり歩きます。

先ほど、足が斜めに付いていると言ったのですが、足のある角度で斜めに取り付けられるように穴をあけるのは、すごく難しいのです。そこで、中学生でも精度よく穴をあけられるように、治具と呼ばれる補助具を開発します(図16)。どうしたら子どもたちにとって適度な難易度で工作をすることができるか。難しすぎず、易しすぎない。そういった工作をしてもらうために、このようなものを開発しています。

図17の模型は、企業と連携して商品開発したトコロボです。図18は、今歩いた模型の足の裏を調べたものです。見て気付くと思うのですが、人間の足の裏と全く同じ使われ方をしています。足の裏の周辺部分しか使われていないのです。かかとから着いて、肩を揺ら

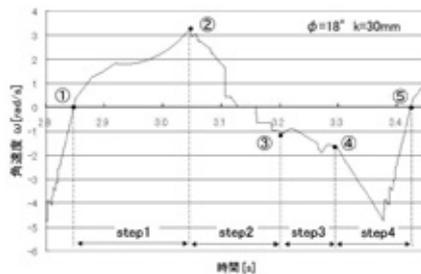


図11 歩行模型の角速度の時間変化

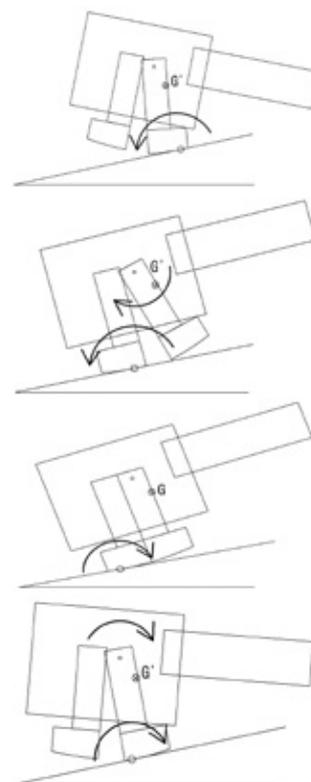


図12 step1~4における模型の重心と回転中心



図13 イースター島のモアイ像と模型



図14 四足歩行模型

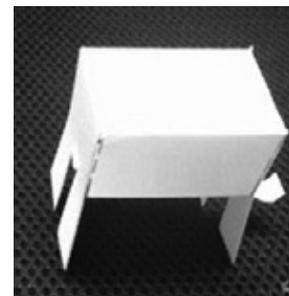


図15 四足歩行模型(紙製)

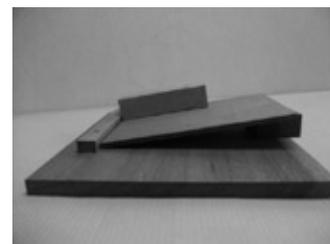


図16 治具



図17 トコロボ

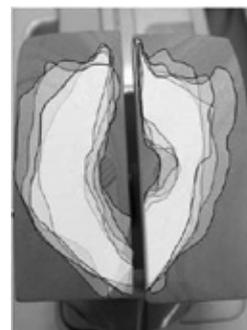


図18 模型足裏の接地面

して周辺の部分を接地しながら前足の爪先の方に重心が移っていく。内側中央付近に土踏まずのようなものが形成されています。

図19も小学校での授業の様子です。私たちが目指したのは、理科と図工が融合した授業です。授業の中で、必ず理科の内容や数学の内容が入ったもの

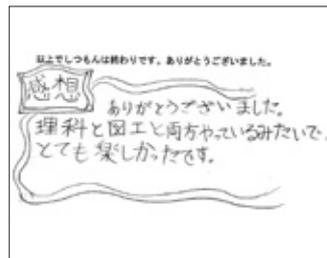


図19 製作の様子(左)と児童の感想(右)

づくり、設計という考え方を入れるようにしています。どのようなパーツをつくればうまくいくのか、なぜ動くのかと考えながらつくるようにしているわけです。

■モンゴルやブラジルでの授業実践

図20はモンゴルの町の風景です。朝青龍などの出身国で、首都はウランバートルです。ゴビ砂漠の地方に行って授業を行いました。道も標識も何もない砂漠でした。目的地へ行くのに、GPS片手に道を聞きながら車を走らせました。トイレは穴を掘ってそこへ板を渡してあるような状態です。皆さんは日本で水洗トイレを使っていますが、ここへ行ったら驚くかもしれません。

図21は実践の様子です。この日はちょうど卒業式でした。モンゴル語でアンケートを取って、子どもたちはどういうふう感じたか、何を学んだかを調べました。

図22はブラジルでの授業の様子です。静岡は日本でも在日ブラジル人が人口比で一番多い県です。在日ブラジル人の子どもたちを対象にした授業支援も行います。当然ですが、日本語とポルトガル語が飛び交い、身振り手振りで意思の疎通を行う授業となります。



図20 モンゴルゴビ砂漠の町



図21 モンゴルの授業風景



図22 ブラジルでの授業風景

■二足歩行ロボット

図23は坂道を歩く模型を発展させ、コンピューター上で作成したプログラムを無線で送信し歩行させるロボットです。「こんにちは」とお辞儀してから、四つのモーターを制御して歩行します。図24は、中学校で授業を行い、中学生がロボットとプログラムをつくりました。歩行を追究しつつ、先ほどの坂道を歩く模型からコンピューターで制御するロボットに近付けています。

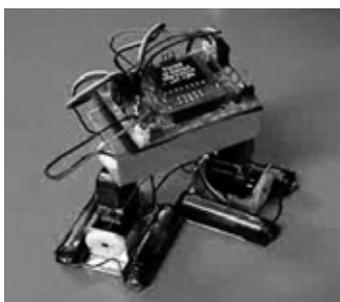


図23 無線で操作するロボット

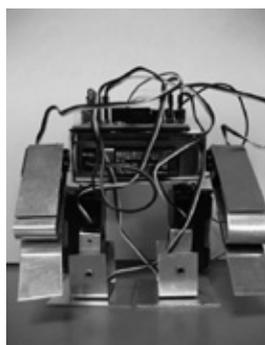


図24 中学生が製作したロボット(左)とプログラム(右)

```

S6
0-40,3-20
0-40,2-40,3-20
0-10
0+0,3+0
0+50,1+30,3+50
1+50
0+0,3+20
1+0
3+0
END
    
```

■機械式振り時計とオートマタ（からくり模型）

図25は機械式の振り時計です。この時計は、ダムで利用される位置エネルギーを使い、モーターも電池も使っていません。後ろにおもりが付いていて、おもりの位置エネルギーを動力にして動かしています。振子を揺らしても何もしなければ、必ず止まってしまう。それを止まらないように、お父さんが子どものブランコを押してあげるように、おもりの位置エネルギーという動力を使って動かしています。時計の上部にあるアングルとガンギ車と呼ばれる二つの部品によって、時を刻んでいます。昔の機械式の時計は、こういう基本的な仕組みで動いていました。

図26は、一部を金属にすることで摩擦が軽減でき、動力が少なくて済みます。その余った動力を使って人形を動かしています。からくり時計です。

図27はからくり模型で、オートマタと言います。あたかも人形が風車を回しているように見えますが、実際は風で風車が回り、それで人形が動かされています。

図28も面白くて、ハンドルを回すと、魚がぴちぴちはねます。魚を取り上げてみると「えっ、何にもないじゃないか」と言って子どもも大人もびっくりしますが、下に磁石が付いていて、木枠にはまっている魚の中にも磁石が埋め込まれていて、それでぴちぴち動く仕組みになっています。

オートマタ作家として有名な原田さんは、中学校道徳の参考書で紹介されています。



図25 機械式振り時計 (木製)



図26 機械式振り時計 (一部金属製)



図27 からくり模型(風車)



図28 からくり模型(魚)

■ものづくり授業の開発

私たちは、導入、製作、遊び、まとめという形で、動くおもちゃを題材として取り上げ、小学校ものづくり授業の開発をしています(図29)。授業の評価については、子どもたちの感想を分析するだけでなく、どの場面で何が面白かったかなどのアンケートを取り、ビデオの記録から行動の分析を行います。子どもたちは、ものづくりを何回も繰り返す中で持続力が高まり、集中して工作に取り組むようになっていることが明らかになりました。

また、保護者に対してもアンケートを取った

り、行動分析の結果を先生にも見てもらいながら、いろいろなプログラムを提案しています。例えば、二足歩行をテーマに小学校から連続性のあるプログラムとして図30のような提案をしています。まず小学生には三次元的なやじろべえを作ってもらいます。これで振り子について学ぶのです。支点よりも下に重心があるのが振り子で、安定していて、揺れても元に戻ります。しかし、支点よりも重心が上にあると不安定になります。皆さんも傘やほうきで手のひらにのせてバランスをとって遊んだ経験があると思います。われわれ人間は片足で立つとすぐにふらつき、倒れかかったときに何をするかというと、もう一方の足を

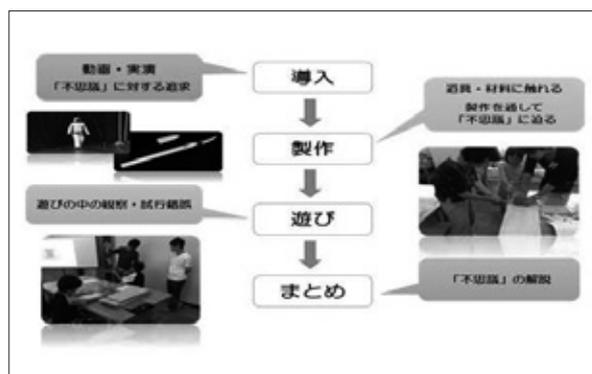


図29 ものづくり授業の開発

出し、重心が移動します。これが人間の歩行になっています。重心と支点の関係、歩行とは何なのか、人間はどうしてこのような形状をしているのかということをお学んでもらうわけです。そういう教育プログラムとして、こういった提案をしています。

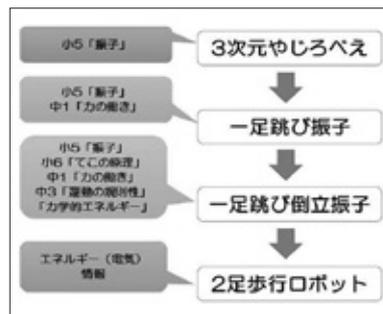


図30 連続性を持たせた授業内容の提案