

トップガンジャーナル



Journal of TopGun

令和元年 10 月 17 日 第 55 号

「お湯で動く SMA エンジンをつくろう！」

令和元年 7 月 6 日（土）10：00～12：30、トップガン/浜松ダヴィンチキッズプロジェクトの课外講座「お湯で動く SMA エンジンをつくろう！」が静岡大学教育学部附属浜松中学校西館 2F 授業研究室で行われました。受講者は、静岡県西部地区から小学校 6 年生 2 名、中学校 1 年生 13 名、2 年生 11 名、3 年生 2 名の 17 校より計 28 名でした。また中学校理科教員 2 名、技術科教員 1 名も参観されました。講師の先生は、静岡大学教育学部教授 兼任 静岡大学教育学部附属特別支援学校校長 松永 泰弘先生 並びに、同 研究室大学院生 古田このみさん、安達美佑さんです。

今回の参加校 静岡大学附属浜松小学校/豊岡小学校/静岡大学附属浜松中学校/
湖西市新居中学校/湖西市岡崎中学校/積志中学校/県立西高中等部/三方原中学校/
北浜東部中学校/入野中学校/湖東中/江西中学校/曳馬中学校/浜名中学校/（順不同）

講座の概要

形状記憶合金（Shape Memory Alloy : SMA）は、様々な形状を記憶させることができ、固有の設定温度で形状を回復する機能性材料です。まずは、その不思議さを体験してもらいたいです！さらに、エンジンが回転する不思議さが加わります。エンジンが動く仕組みの探究は、みなさんの将来の「研究」に続いていくことになるでしょう。みなさんとの探究が、たのしみです。

今回、使用する材料 **SMA** はチタン **Ti** とニッケル **Ni** の合金です。

活動レポート

今回の講座では、動く模型と言った技術の教材を開発している松永研究室の、松永先生が、形状記憶合金を使ったエンジンの作り方、仕組みを教えてくださいました。

まず最初に、松永研究室で行われている研究についてお話しをしてくださりました。

松永研究室では、てこの原理を使った受動歩行模型や、機械式振り子時計、カム機構を使ったオートマタ（からくり模型）、空気の膨張・収



縮の力を使って動くスターリングエンジンカーなど電気やモーターを使わないで動く模型の教材を開発しているそうです。

後半では、6人1チーム、5テーブルに分かれ、本題のSMAエンジンについて教えていただきました。

SMAとはShape Memory Alloyの略で形状記憶合金のことです。形状記憶合金とは、元の形状を記憶している合金のことで、今回はチタン(Ti)とニッケル(Ni)の合金(Ti : Ni ≒ 1 : 1)を使用しました。形状記憶合金のある一定の温度になると記憶している形に戻ろうとする性質を活かし、スマートフォン用カメラのオートフォーカスに用いるアクチュエータは、形状記憶合金に通電して加熱することでレンズを上下させて、被写体に焦点を合わせるという仕組みによって構成部品の数やサイズを削減しているそうです。

その形状記憶合金を使って松永先生が小学校理科用として開発した形状記憶合金エンジンを製作しました。(写真1)

〈材料〉

形状記憶合金(Ti, Ni)のワイヤー 270mm
タミヤのプリーセット(2人で1セット)
釘 2本 細い針金 木の棒



写真1

〈作り方〉

- 1) 木の棒の下から15mmと下から85mmの部分に正確に印をつける。
- 2) 木の棒に釘を軽く打ち込んで、位置決めをする。
- 3) プリー大・中、黒い部品1.9wと1.9s(2個)取り外す。
- 4) (写真2)を参照
- 5) 形状記憶合金の端と端を重ねて針金で細かく巻きつけて結ぶ。つなぎ目10mm。(写真3)

- 6) 2つのプリーに形状記憶合金を取り付ける(図1)

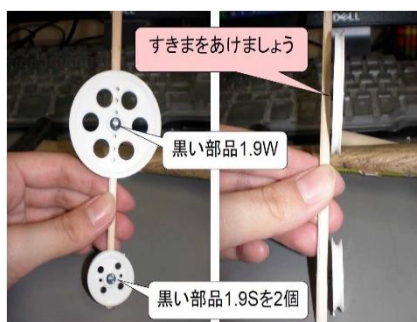


写真2

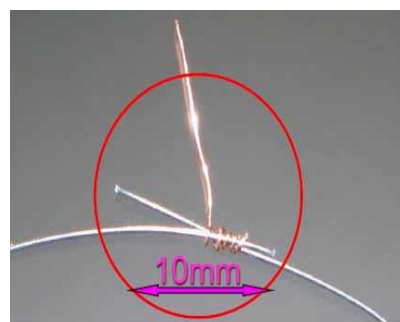
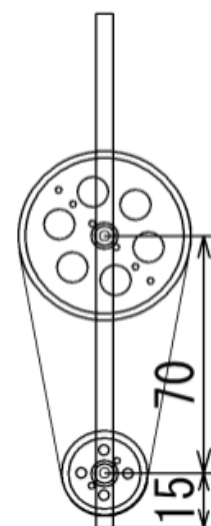


写真3



これをもとにエンジンを作り、各自最適なプーリーの組み合わせと最適な軸間距離を探究しました。

松永研究室では、形状記憶合金の長さとお最適な車軸間距離の関係の近似式を実験結果から求めたそうです。 $y=2.1x+114.2$ [y:リング状の合金の長さ(mm), x:車軸間距離(mm)] だそうです。

さらに形状記憶合金エンジンの回転する原理について考えました。また、考察した内容について発表もしました。

リング状のワイヤーを2つのプーリー間に取り付け、下プーリーの下部をお湯で加熱する。お湯に浸かったワイヤーは直線状態に戻ろうとし、力が生じます。温度分布の違いにより、プーリーの左右に作用する力のバランスがくずれるため、冷えている方からあたたまっている方へトルクが発生して、回転が継続されるといったものです。すなわち、お湯と室温の温度差による熱エネルギーがエネルギー源だということです。

(図 2)

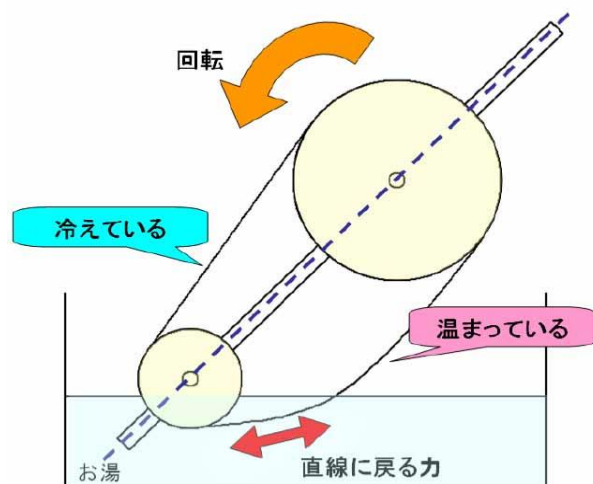


図 2

<活動のようす>





形状記憶合金エンジンが動作する仕組みについて分かったことを発表するようす

解説

今回のテーマは機能性材料である形状記憶合金を用いたエンジンでした。

構造は単純なのですが、形状を回復する原理、エンジンとして動く原理などの内容は奥が深く、大学工学部においても研究テーマとして取り組まない限り関わることができない内容だと思います。

今回用いた TiNi 形状記憶合金について、温度変化による原子構造の変化を、示差走査熱量計を用いて測定しました（図 1）。加熱時に熱を吸収して、52～56℃の範囲でマルテンサイト相からオーステナイト相へ変態（構造が変化）し、冷却時には発熱を伴って、53～50℃の範囲でオーステナイト相からマルテンサイト相へ変態することがわかります。形状回復は、マルテンサイト相からオーステナイト相への変態時に起こります。

また、TiNi 形状記憶合金ワイヤーの引張試験を行い、力とのびの関係を図 2 に示します。最初に弾性変形が起こり、その後、力があまり増加しない状態で変形が進行することがわかります。この力とのびの関係は、引張試験時の環境温度に依存します。室温で変形させたときとお湯で温めてから変形させようとしたときの違いは、講義中の実験によって実感していることと思います。

図 3 はワイヤーがお湯につかっている時間とトルク（回転の作用）の関係を示しています。ゆっくり回っているときには大きなトルクを生じ、回転を速くする方向に作用します。回転が速くなるとトルクは小さくなり、回転は遅くなります。回転数とトルク・出力には特別な関係が成り立ちます。

発生したトルク・出力を機械の動力源に使用するために開発したのが、図 4 に示す教材用形状記憶合金エンジンカーです。このエンジンカーは、エンジン性能を上げるために、プーリーの軸間距離や形状記憶合金の長さ、湯に浸ける角度など、探究できる箇所を数多く含んだ教材になっています。世界中の教育の現場での利用が広がっていくことを期待しています。

興味をもって、もっともっと研究したい人には、そもそもの素材である形状記憶合金や合金について、また、材料の変形やエンジンのトルク・動力について調べてみて

ください。研究者の仲間入りです。皆さんの何人かが、数年後、私と研究で競い合えることを楽しみにしております。

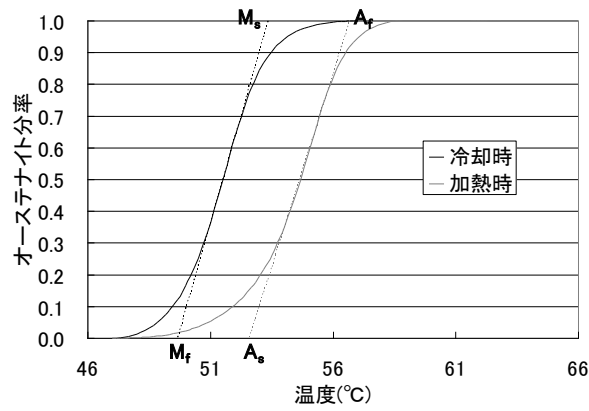


図1 温度変化に伴うオーステナイト分率の変化

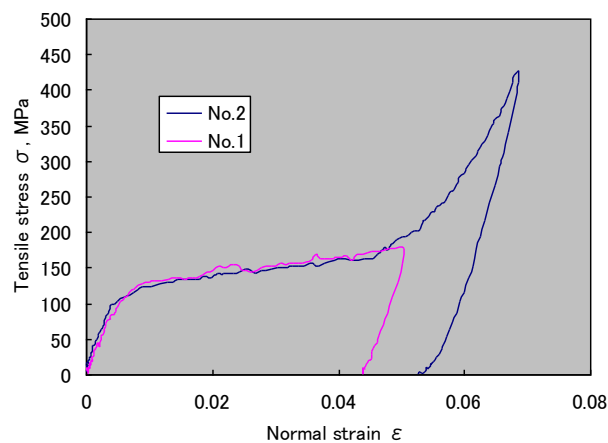


図2 TiNi 形状記憶合金の応力-ひずみ線図（力とのびの関係）

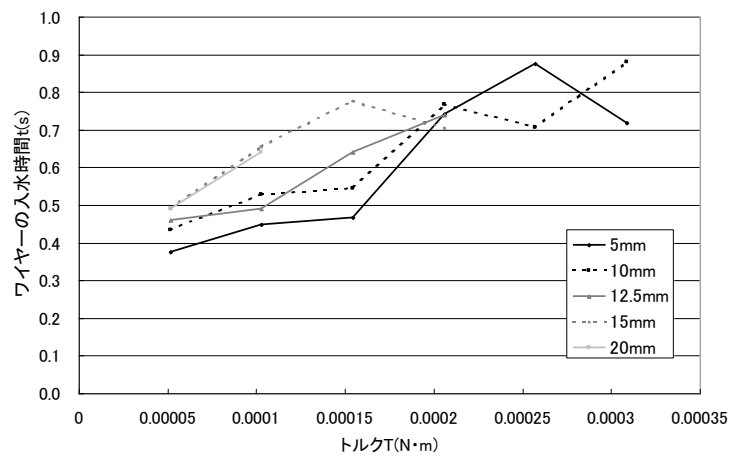


図3 エンジンの入水深さに対するワイヤーの入水時間とトルクの関係

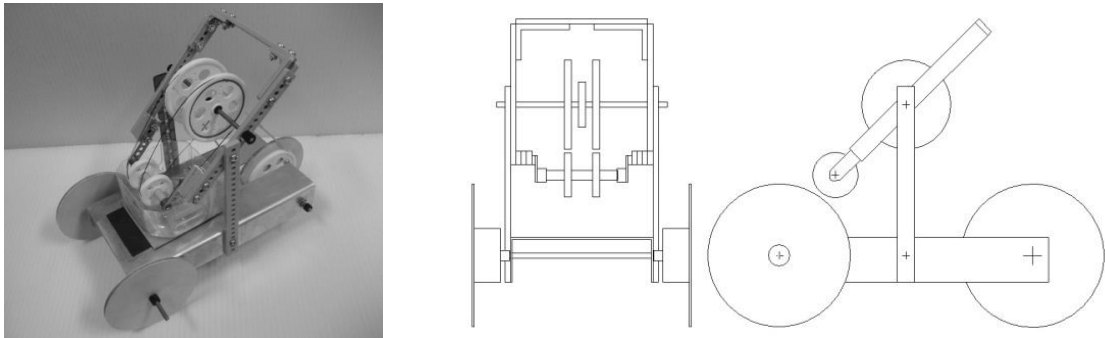


図4 教材用形状記憶合金エンジンカー

(松永泰弘)

編集部子ども記者より

今回の講座では、形状記憶合金を使ったエンジンで、形状記憶合金の新しい使い道を知りました。私は、炊飯器の安全装置に形状記憶合金が使われていることは知っていましたが、エンジンにまで使えるとは思っていませんでした。

そして松永先生は、2種類以上の金属を融合させて性質が大きく変化する合金のように、人間も異なる意見をもつ人どうしが考えることによって新しいことが発見できるとおっしゃっていました。まさにその通りだと思いました。形状記憶合金をエンジンに使うことなど誰が想像できたでしょう。それが現実になったのは、“合金”のような作用があったからだと思います。

形状記憶合金は、これから世の中の発展だけでなく、教訓のようなことで人類に発展をもたらすだろうと私はこの講座を通じて考えました。



トップガンジャーナル子ども記者
中学1年 堀場 幸也