

3Dプリンタを用いた中学校技術科向け教材の開発

北村 一浩

技術教育講座

Development of the Teaching Materials for Junior High School Technology Using 3D Printer

Kazuhiro KITAMURA

Department of Technology Education, Aichi University of Education, Kariya 448-8542, Japan

1. 緒 言

3Dプリンタは複雑な形状を簡単に作成できる機械であること等から、特に熱溶解積層（FDM）方式と呼ばれる、プリンタヘッドが動き繊維状のABS樹脂をエクストルーダから押し出しながら積層する方式の3Dプリンタは、安価で購入が可能であり様々な分野で活用されている。このようなプリンタは、本学附属名古屋中学校に導入が決まるなど、全国の大学の教育学部の附属中学校への導入が始まっている¹⁾。そのため3Dプリンタは、近い将来中学校に普及する可能性が高く、3Dプリンタを用いた教材の開発の必要性が高まっている。

以上のような中学校での3Dプリンタ導入初期と言える現状において、本論文では、中学校技術科向けの3Dプリンタで作製するエネルギー変換教材を提案することを目的としている。具体的に提案する教材は、3Dプリンタで作製した樹脂と形状記憶合金バネの組み合わせたものである。形状記憶合金は、加熱すると元の形状に戻る「形状記憶効果」を持つ機能材料である。これまで、我々の研究室を中心に、形状記憶効果を用いた様々な教材が提案されている。形状記憶合金はあたためると元の形状に戻るため、熱エネルギーを運動エネルギーに変換するエネルギー変換材料として利用可能である。本合金を用いれば、中学校・技術科の「エネルギー変換分野」の教材として応用が可能である。また、現場の教員に形状記憶合金を身近なものとすることで、現在医療機器などの分野で応用分野を急速に拡大している形状記憶合金について、子供達に学習させることができる。

2. 3Dプリンタの概要

教材の造形には技術教育講座・北村研究室所有の「ダヴィンチ1.0」(XYZプリンティングジャパン製)を用いた。3Dプリンタのフィラメントは、XYZプリンティングジャパン製のオフホワイト色のABS樹脂を用いた。また1層あたりの積層間隔は0.2mmである。図1に3Dプリンタの概要を示す。



図1. 3Dプリンタの概要

3. 示差走査熱量（DSC）測定を用いた形状記憶合金バネの変態温度の測定

今回使用する形状記憶合金バネについて、あたためると元の戻る温度（逆変態温度）及び冷やすと柔らかくなる温度（変態温度）を調べるためにDSC測定を

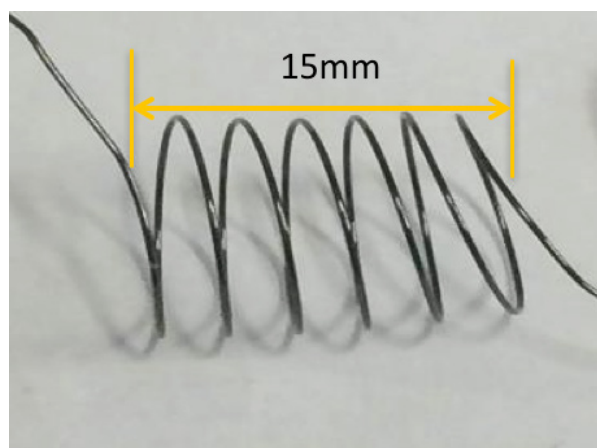


図2. 教材に用いた形状記憶合金バネ

行った。DSC測定には島津製作所製の「DSC-60」を用い、余分な所に熱が逃げないように標準物質であるアルミナと、試料をそれぞれアルミニウムのセルに入れ、窒素雰囲気下で昇温率 $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ として測定を行った。形状記憶合金バネは、 450°C -20分間電気炉で形状記憶処理後水中に急冷することで行った。教材に用いた形状記憶合金バネを図2に示す。バネの全長は15mm、バネの巻き数は6回、ワイヤ直径は0.3mm、バネの外径は12mm、バネのピッチは2.7mm、合金組成はTi-50.0at%Niである。

4. 形状記憶合金を用いたエネルギー変換教材の概要

形状記憶合金は、あたためると元の形状に戻る機能材料であり、中学校・技術科の教科書にも「材料の加工法」の章、「材料の基本的な性質を調べよう」の節の中に紹介されている材料である。一方、形状記憶合金は、熱エネルギーを直接、運動エネルギーに変換する「エネルギー変換材料」であることから、学習指導

要領の「エネルギー変換」領域の教材として適していると考えた。本研究では、シーソー型エネルギー変換教材を提案する。本教材は、3Dプリンタで作製した梯子の両端に形状記憶合金バネを配置することで可動するシーソーである。

バネの近くに電極がセットされていて、パチンコ玉が移動し電極に触れることにより、形状記憶合金に電流が流れる。通电により形状記憶合金バネ自身が発熱し、発生した熱によりバネが収縮する。バネの収縮により、梯子が傾き、パチンコ玉が溝のもう一旦の電極まで転がる。パチンコ玉が電極に触れると、先ほどと反対側の形状記憶合金バネに電流が流れ、バネが収縮する。バネの収縮によりまた梯子が傾き、パチンコ玉が反対側に転がる。パチンコ玉が転がることにより、梯子が交互に傾く動作が繰り返される。本教材により、電気エネルギーを運動エネルギーに変換するエネルギー変換の学習が行える。図3と図4に梯子部と支柱の部分の寸法を示す。また、図5にエネルギー変換教材の形状記憶合金バネの配置と電気配線の概要を示す。

5. 結果及び考察

DSC測定による形状記憶合金バネの変態・逆変態温度の測定結果を図6に示す。図6中の記号の定義は、 M_s はマルテンサイト変態開始温度、 M^* は変態時のピーク温度、 M_f はマルテンサイト変態終了温度である。また、 A_s は逆変態開始温度、 A^* は逆変態時のピーク温度、 A_f は逆変態終了温度である。また、 A_s はR相・M相逆変態開始温度、 A^* は、R相・M相逆変態ピーク温度、 A_f はR相・M相逆変態終了時温度である。ピーク温度は、変態・逆変態が最も進行している時の温度を示している。DSC測定を行った結果、今回使用した形状記憶合金バネは、図6より変態温度、逆変態温度ともに、室温以上の温度である 32°C よりも高いことが

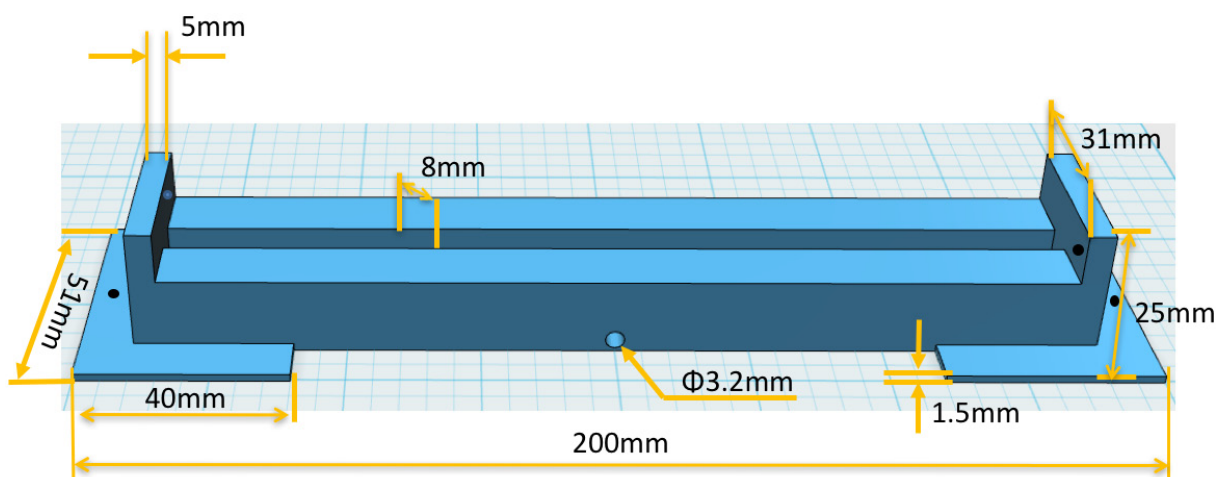


図3. 教材の梯子部分の寸法

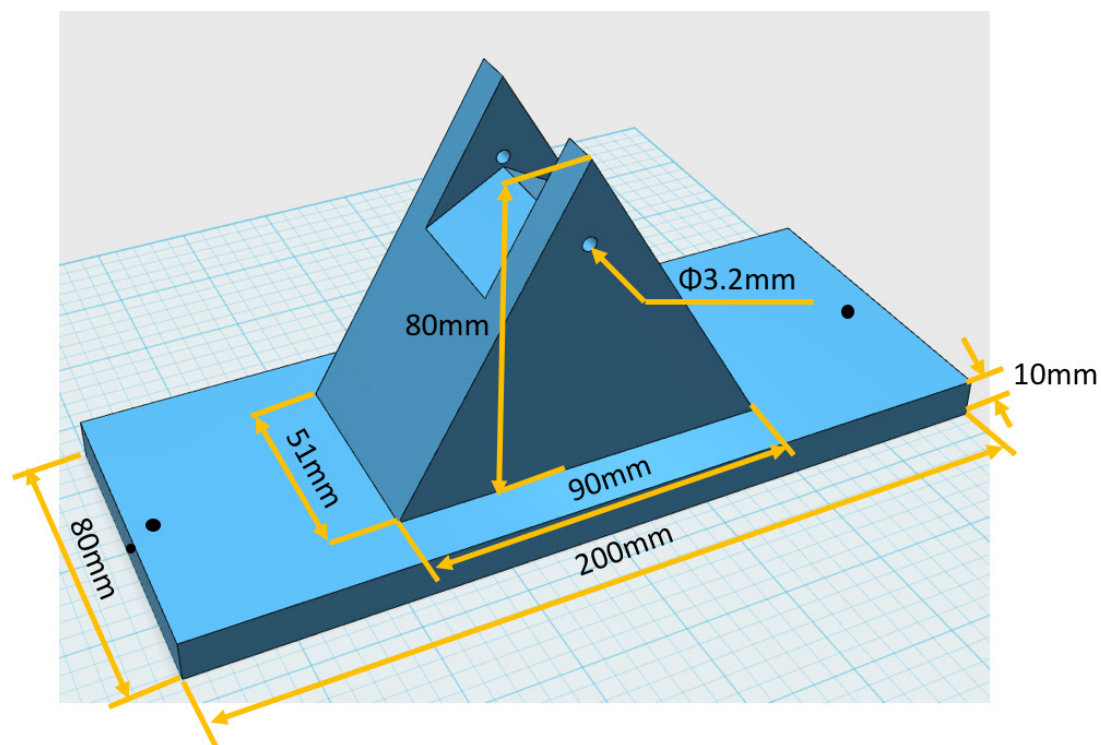


図4. 教材の土台部分の寸法

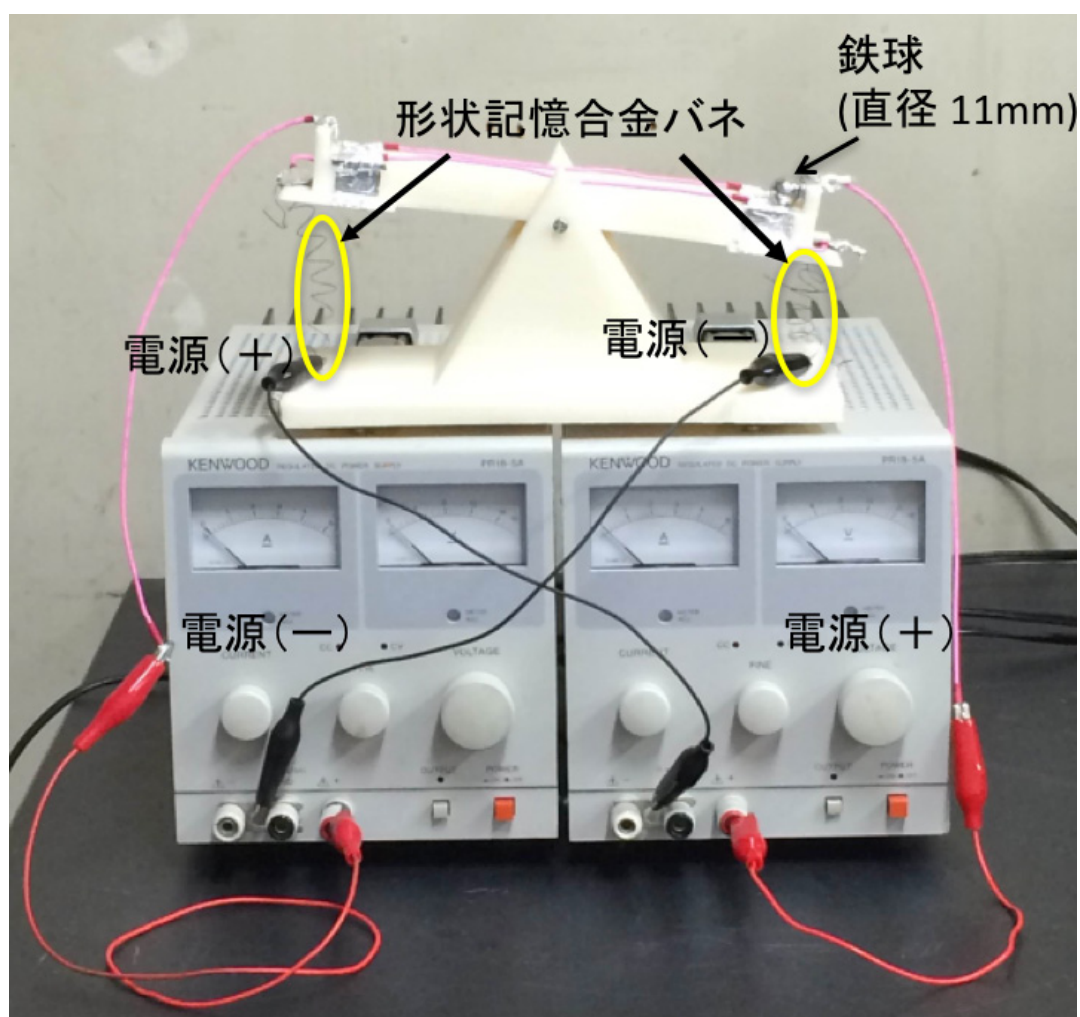


図5. シーソー型エネルギー変換教材の概要

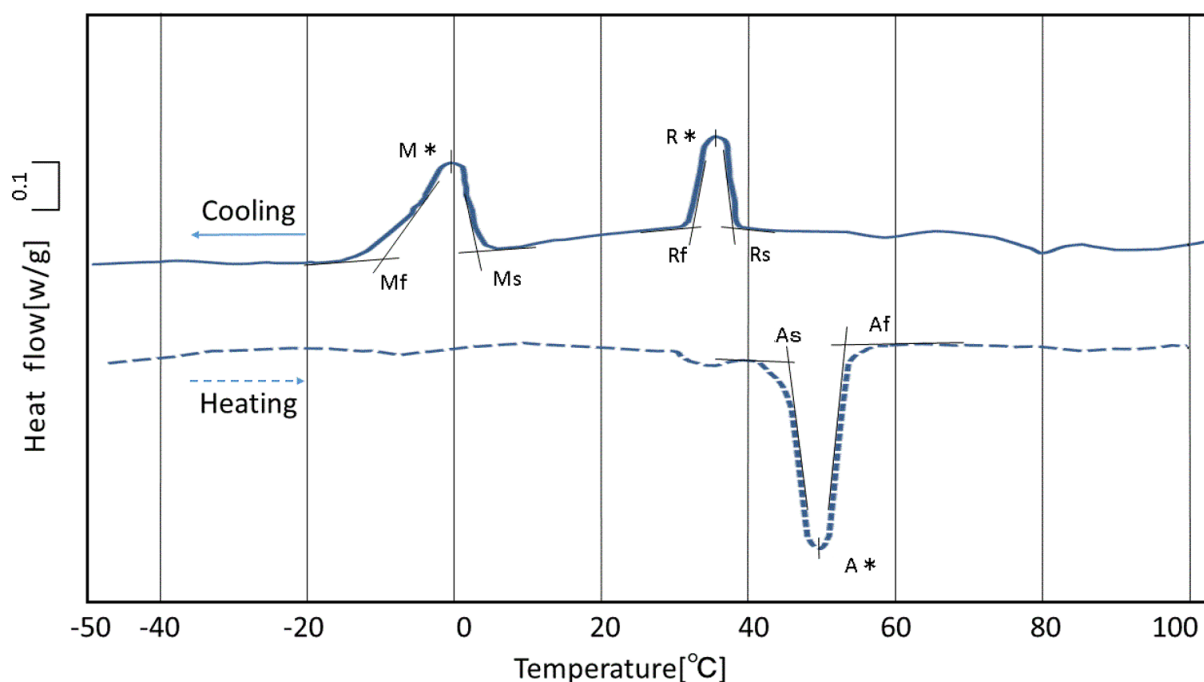


図6. DSC測定結果

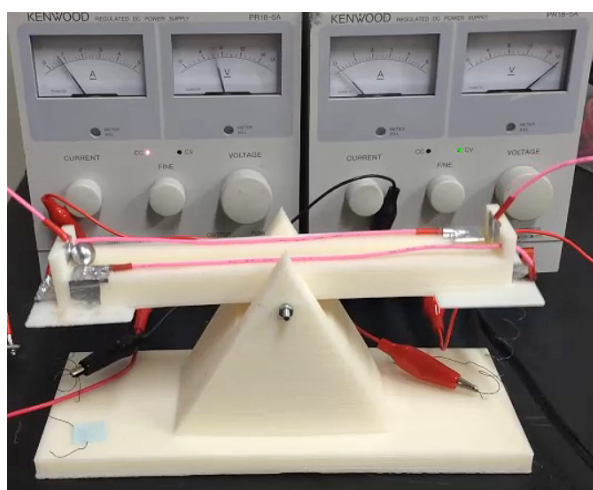


図7. エネルギー変換教材の動作

すくするためリード線等が見えるように製作した。提案した教材は、FDM方式の安価な3Dプリンタと無料のデザインファイル作製ソフトを用い形状記憶合金への通電により梯子が上下する。本研究により、安価で容易にエネルギー変換教材の作製が可能となった。

また作製した教材は、2016年度10年研修において現職教員に提案した所、教師が生徒に示す教材として有用であるとの意見をいただいた。

7. 参考文献

- (1) 佐藤博、山主公彦、教育実践学研究、Vol 57、No. 20(2015)、pp. 13-25

(2016年9月20日受理)

解った。本教材は、電流制御によって電流1Aで動作させると電圧6Vが発生し、電力6Wとなり、約2秒の間隔で動作した。

6. 結論

本研究において、作製した形状記憶合金バネを使用したシーソー型エネルギー変換教材を開発することに成功した。今回のエネルギー変換教材は、「生徒に身近であること」、「視覚的に捉えられる」の2つの観点から、シーソー型を提案した。回路についても分かりや