

## 3D プリンタで出力する技術科教材模型作成の試み

中野 里奈[1], 光永 法明[2]

Rina NAKANO [1] and Noriaki Mitsunaga [2]

[1] 神戸市立科学技術高等学校, [2] 大阪教育大学

mitunaga @ cc.osaka-kyoiku.ac.jp

### Abstract

3D プリンタが低価格化し、教育での利用も検討が進められている。本論文では中学校 技術・家庭科 技術分野で利用できる教材模型の3Dモデル4種類の作成を試みたので結果を報告する。

### 1 はじめに

3D プリンタはモデルデータがあれば、機械加工の技術なしに複雑な形状が出力できる。低価格な製品が市販されるようになり、学校教育での活用も試みられている[Sato16]。一方で、出力にかかる時間は機械加工等で作成する場合よりも長くなることが多く、一台で大量の部品を作成するには向かない。したがって、技術科の授業を考えたとき、市場規模が小さいため大量生産が難しいが教材としては有用なものを3Dモデルとして用意し、各中学校の3Dプリンタで模型を出力できれば、有効な活用法の1つになると考える。そこで、本研究では、平歯車、板カム、四節リンク、無段変速機の3Dモデルを作成したので報告する。

### 2 機構モデルを3Dプリンタで出力する意義

中学校技術・家庭科、技術分野の内容 B エネルギー変換の(1)アには「力の伝達の仕組み」すなわち、機構（機械）が含まれる。一般に機構には原動節と従動節があり、それぞれの運動の種類、速度、方向のいずれかあるいはすべてが異なる。機構の理解を助けるために模型は、節同士がどのような拘束運動をするかが見やすく、入力と出力の運動や力を見て触って確かめられるとよい。そのためには、実用的な機械に必要とされるような強度は不要である一方、適当な大きさ、重さであることが求められる。

歯車の形状を分かりやすくするためモジュールが2mmの歯車を模型として用意することを考える。市販のモジュールが2mmのポリアセタール樹脂製の平歯車は歯幅が20mmあり歯数が25のものでも小歯車の扱いでボス付となる[KGK15]。機構の理解のために手で触れる用途であれば、歯幅は5mmで十分でありボスも不要である。一方、生徒の手で操作しやすくしたい。このとき操作部が一体となった歯車の3Dモデルがあれば、3Dプリンタで中空の模型を出力すればよい。この例のような3Dモデルを用意できれば有用であると考えられる。

### 3 3Dモデルの作成

以下での3Dモデルの作成にはAutodesk Inventor Professional 2016を、3Dモデルを出力する3Dプリンタには3D SystemsのCube 2<sup>nd</sup> generationもしくはCube-X trioを用いている。

#### 3.1 平歯車

平歯車は原動節、従動節共に回転運動をするが、回転の向きが逆になる。原動節と従動節の速度比は歯数比で決まり、かみ合わせの位置によらず一定である。また増速するとトルクが減り、減速するとトルクが増す。モジュールが同じ歯車はかみ合い、異なればかみ合わない。一段で減速比を大きくすると歯数比が大きくなり、遠くに運動を伝えようとすると直径が大きくなる。遠くに運動を伝えるために数段の平歯車を用いると効率が悪い。このようなことを理解するには、2段以上の減速/増速ができ、減速比の違う歯車の組み合わせを試せばよい。

そこで、一列に並んだ4つの軸(直径8mm、長さ10mm、軸間距離50mm)を持つ土台(200mm×100mm×15mm)と、モジュール2mmで歯厚5mmの5種類の平歯車(歯数12/ピッチ円直径24mm、歯数17/ピッチ円直径34mm、歯数25/ピッチ円直径50mm、歯数33/ピッチ円直径66mm、歯数38/ピッチ円直径76mm)のモデルを作成した(Figure 1)。平歯車の設計にはInventor Professionalのコンポーネントジェネレータを利用し、各歯車には持ち手となるピンを立てる。

#### 3.2 板カム

板カムを用いると回転運動や直線運動からカムの形状に応じた運動を作ることができる。ここでは4種類の形状の板カムのモデルを用意した(Figure 2、カム厚さ5mm、ロッドは5mm×5mm×70mm、ケースの大きさは70mm×100mm×26mm)。カムには図の見えない側に軸が一体で出ている。カムについた軸を回転させると上にあるロッドが上下運動する。C2のカムは逆転を防止し、C3は原動節が1回転するとき2回の往復運動をする。C4はインボリュートハートカムで、カムの軸が等速回転するときロッドは等速往復運動をする。

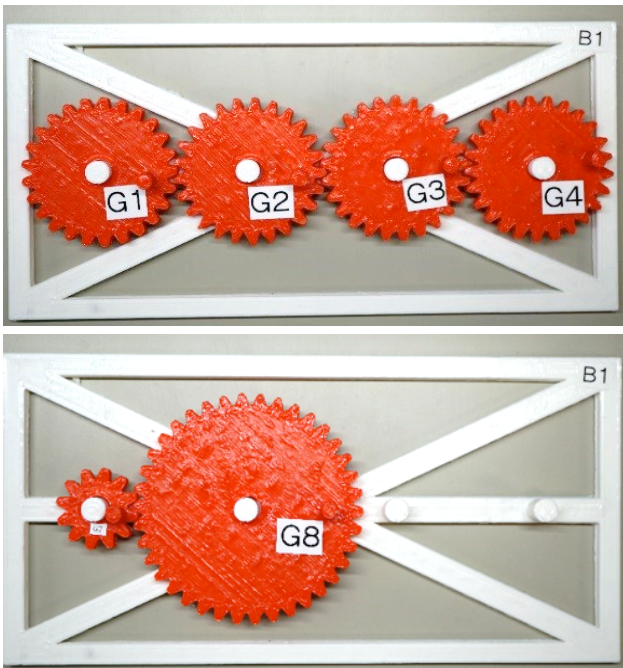


Figure 1 3D model of spur gears (above: four 25 teeth gears, below: 12 teeth and 38 teeth spur gears)

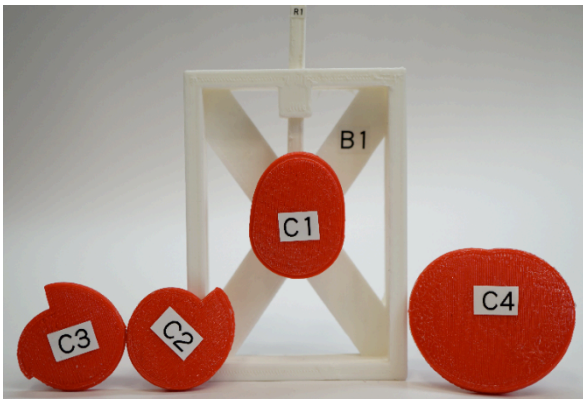


Figure 2 3D model of flat cam mechanism

### 3.3 四節リンク機構

四節リンク機構は閉路を持つリンク機構としては最も単純な機構である。同じ機構でも固定するリンク、原動節（リンク）、従動節を変えることで様々な運動を実現できる。作成した四節リンク機構のモデルを Figure 3 に示す。各リンクにはピン、穴があり、その距離は 90mm, 130mm, 130mm, 150mm である。

### 3.4 無段変速機

最近の自動車には無段変速機(CVT)を採用したものが多く、そこで無段変速機の原理（自動車に採用されているものとは異なる）のわかる 3D モデルを作成した (Figure 4, ケース 150mm×90mm×75mm, 軸間距離 120mm)。二つのプーリー（軸と一体、直径 20mm から 50mm）があり、その間にベルト（輪ゴム）

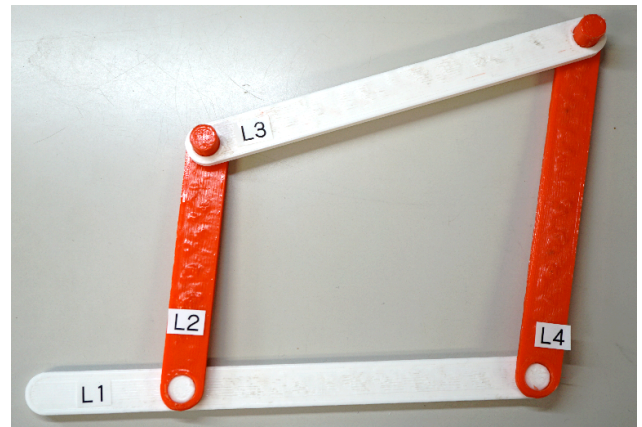


Figure 3 3D model of four bar link mechanism

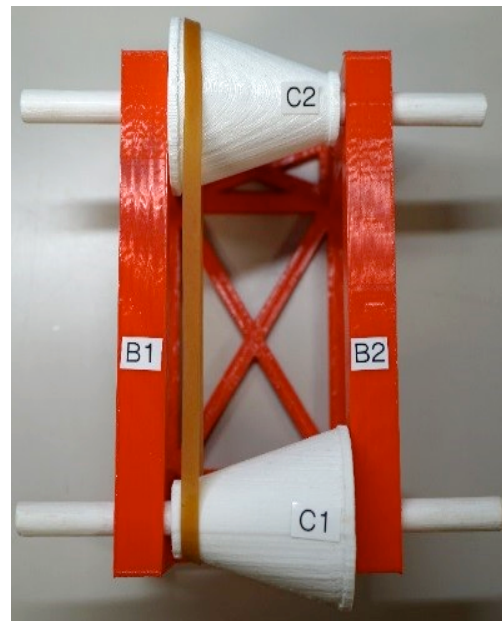


Figure 4 3D model of continuously variable transmission

をかけている。ベルトを軸と直交するように平行移動し減速比を変える。

## 4 3D モデルの作成を試みた結果

出力した各 3D モデルの重さを測ると土台や組み合わせる部品を合わせて、平歯車は 114g, カムは 57g, 四節リンクは 37g, 無段変速機は 174g であった。Cube の材料は約 16 円/g であるので、材料費は四節リンクで約 660 円, 無段変速機で約 3100 円である。安い材料では約 3 円/g のものも市販されており、今後はさらに材料費は安くなる可能性がある。3D モデルが失敗なしに出力できるのであれば費用面では 3D プリント利用に問題はないと思われる。

一方で歯車の土台にある軸と、歯車中央の穴などはめ合いを考慮すべきところには課題が残った。今

回は、利用している 3D プリンタに合わせて 3D モデルの大きさを変更して適当なはめ合いを実現している。したがって 3D モデルがあっても、3D プリンタによっては再現ができない可能性が残る。教材に限らず、3D モデルディスプレイやプリンタのカラーマネジメント（キャリブレーション）のようなシステム構築が必要かもしれない。

ほかに現在の安価な FDM 型 3D プリンタ利用にあたって課題とされる、出力物のはがれ（出力中に造形物が 3D プリンタの出力用の台から外れてしまい、造形が中断し、最悪は 3D プリンタのヘッドなどを壊す）、材料（フィラメント）の吸湿による造形の劣化、室温に依っては造形物が大きく変形するなどのトラブルが起きた。これらのトラブルが起きないような改良も待たれる。

## 5 まとめ

本論文では、3D プリンタの活用方法として、中学校 技術・家庭科 技術分野の教材を出力することを提案し、そのための 3D モデルを試作した。試作した 3D モデルは、平歯車、板カム、四節リンク、無段変速機の 4 種類である。試作の結果、材料費の面では 3D プリンタを利用することに問題はなさそうであるが、はめ合いのある機構については課題が残ることが分かった。

## 参考文献

- [Sato16] 佐藤博, 山主公彦: 3D プリンターとものづくり教育 —コマ製作による教材開発—, 山梨大学教育人間科学部附属教育実践総合センター研究紀要, no.21, pp.43—52 (2016)
- [K GK15] 協育歯車工業株式会社: KG Stock Gears, catalogue no. KG2002, p.214 (2015)