

# メカトロニクス分野における立体型教材の試作

制御技術科 杉原 浩

## 1 はじめに

メカトロニクスとは、メカニクス（機械学）とエレクトロニクス（電子工学）を合成した和製英語である。さらに近年では、情報工学が結びついた技術として確立している。

学生にメカニクスの部分を講義する際、教科書の図のみではイメージが伝えにくく、動画を活用してみたが、やはり見ているだけでは実感が湧かないようだった。

そこで、最近注目されている3Dプリンターを使用して、実際に手に取って自ら動かせる模型教材を作成してみることにした。

## 2 使用機材

3Dプリンターとは、立体物を表す「3DCAD」、 「3DCG」などの設計データを元に、立体造形物を作る機械である。従来のプリンターのように紙などの平面にインクで文字や図を印刷する装置とは異なり、樹脂や粉末状の材料又は紫外線により硬化する液体を積み重ねることにより、縦・横・高さ3つのデータを立体的に出力できる装置である。元々は業務用の機材として導入されたが、最近では、製品説明のプレゼンテーションに用いる模型や試作品作り、展示会に飾る展示物の造形など、幅広い分野で利用されている。

以前購入した3Dプリンターは簡易な構造の組み立て式であったため、動作や精度の面で不安定な部分があり、設計したデータの再現性が悪かった。そこで、新たにXYZプリンティングジャパン社製の「ダヴィンチ 1.0 Pro」を購入した。この製品は、完成品であるため制作精度も調整済みであり、企業がプロトタイプ制作にも活用する高性能なものである。表1に諸元を示す。

表1 3Dプリンターの諸元

積層ピッチ (mm)	0.02 mm~ 0.4 mm	
印刷サイズ (mm)	200 mm× 200 mm × 200 mm	
適 心 材 料	PLA	トウモロコシなどの植物由来のバイオプラスチック
	ABS	石油由来の通常プラスチック
	PETG	ペットボトルなどに使用されるプラスチック

## 3 教材の選定

機械に決められた運動を行わせるためにはアクチュエータなど駆動原の回転運動や直線運動を任意の運動軌跡に変えたり、速度やトルクを変えたりして伝達する必要がある。この様な運動の変換や伝達のためにいくつかの部材の組み合わせた仕組みを機構 (mechanism) という。

本研究では、その機構の中から伝達要素を使用して構成する歯車機構の基本構成例と応用・実用例を、5つの模型教材として取り上げ、作ることにした。

## 4 モデルの作成

### 4.1 平歯車モデル

平歯車は、駆動歯車と被動歯車の回転軸が平行なときに用いる歯車である。

一列に並んだ3つの軸に歯数12と24の2種類の歯車を2個ずつ作成して、3段の歯車列を構成している。中間列は歯数12と24の歯車を固定して一体化させてある。このとき速度伝達比4で回転する様子を観察できる。



図1 平歯車モデル

### 4.2 かさ歯車モデル

かさ歯車は、駆動歯車と被動歯車双方の回転軸が平面上で交差しているときに用いる歯車である。回転軸の交点を頂点とした円錐の、それぞれの円錐面が接触しているような構成となる。

歯数20の同種のかさ歯車を作成して、回転軸が直交するように構成している。速度伝達比は1であるので、駆動歯車と被動歯車の回転速度差については体験できないが、回転軸が並行でない場合の歯車構成例のモデルとしている。



図2 かさ歯車モデル

### 4.3 ウォームギヤモデル

駆動歯車と被動歯車双方の回転軸が交差しているが、平面上で交わることのない立体直交差である場合用い



図3 ウォームギヤモデル

られる歯車である。

ウォームと呼ばれる1条のらせん状の溝を掘った円柱と、その溝に沿うように歯数30のウォームホイールと呼ばれる歯車を作成し、ウォームギヤを構成している。速度伝達比は30となり、前出2例に比べて大きな速度伝達比を得られるのが特徴である。この3つのモデルの動作を比較することで、駆動側と被動側の速度伝達の違いを実感することができる。

#### 4.4 ディファレンシャルギヤモデル

車がカーブを曲がる時、内側と外側の車輪では外側の移動距離が僅かに長くなり、左右の車輪に速度差が生じる。この内側と外側の速度差を吸収し、スムーズに曲るようにするための機構である。



図4 ディファレンシャルギヤモデル

複雑な構造であるため、試作した段階では十分な噛み合いの精度が得られず、回転にムラがあり、本来の回転抵抗による左右の車輪の速度差を実感するには少し難があるので、改良の余地が残っている。

#### 4.5 変速歯車装置モデル

通常はトランスミッションと呼ばれている自動車なじみのある変速機のことである。原動軸からの一定速度の回転を、噛み合う歯車の組を変えることによって、それぞれの速度伝達比で得られる回転速度を駆動軸へ伝える機構となっている。今回作成した各段の歯車の歯数の組み合わせと速度伝達比を表2に示す。

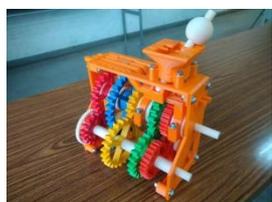


図5 変速歯車装置モデル

表2 変速歯車構成

段	原動軸 歯数	従動軸 歯数	速度伝達比
1速	8	32	4
2速	16	24	1.5
3速	20	20	1
4速	24	16	0.66
後退	25	25	1

※後退段は原動軸と従動軸の間に中間軸を介しているので従動軸の回転が他の段と違い逆転する。

さらに、作成した変速歯車装置は多数の歯車で構成されているため、噛み合う歯車の組を一目で識別できるように、歯車の組ごとに着色してみた。

アクリル絵の具をエアブローで吹き付け塗装し、塗膜の剥離防止のためラッカースプレーを軽く吹き付けている。塗膜によって噛み合いの部分に厚みができるがことを懸念していたが、予想したほど厚くならず動作に支障なく着色できた。

#### 4.6 各モデルの電動化

すべてのモデルの駆動歯車軸にギヤモーターを連動させて、自動回転できることを目指した。作成したモデルの中で、平歯車・かさ歯車・ウォームギヤの基本構成例では駆動歯車軸を手で回しても動作について理解できるが、ディファレンシャルギヤと変速歯車装置については構造も複雑なので、連続回転させた上で観察させたほうが動作や構造の理解が深まると考えたからである。

### 5 総括

今回は、3Dプリンターの導入から、作成準備までに若干時間を要してしまい、各モデルは試作の段階までしか到達できなかった。

3Dプリンターで作成した各パーツは、精度の面でほぼ予想通りであったが、実際に各パーツを組み立てた時の噛み合いでは、表面の粗さが動作に影響を与えることが判明した。また、電動化において一方向の回転しかできないので、スイッチを工夫して正転と逆転の出来るモデルに改良したい。

### 6 参考文献

- (1) 舟橋宏明・岩附信行, メカトロニクス入門, 実教出版
- (2) 3Dプリンター用無料データ掲載サイト,  
<https://www.thingiverse.com/>