

弓曳童子の製作

迫田 竜太*

Yumihiki Doji (Bow-Shooting Puppet) making as final project

Ryuta SAKODA

弓曳童子(ゆみひきどうじ)とは江戸時代に製作された「からくり人形」の中でも代表的なものの一つである。その動きは、ゼンマイによる動力のみで矢立てにセットされた4本の矢を次々につかみ、弓につがえ、狙いを定めて的に向かって射るものである。その複雑な動作を行う仕組みを解明し、同じ機能を持つ人形を生産技術科における総合製作実習の課題として製作した。その製作過程において、機械加工の技術向上や機械要素部品の役割等を学生たちに学ばせることができたので報告する。

Keywords: からくり人形, 弓曳童子, 田中久重, Karakuri Puppet

1. はじめに

弓曳童子は、江戸からくりの最高傑作のうちの一つであるとされていたが「田中近江図案」(からくり考案図)に描かれたその実物は長い間発見されていなかった。現在では、1990年代に徳川家と前川家で発見され修復されたものが2体現存している。いずれもからくり儀右衛門こと田中久重の製作である。田中久重とは、当時流行していたからくり人形の新しい仕掛けを考案し、のちに現在の東芝の前身を築いた人物である[1]。

弓曳童子は平成25年に歴史的価値が認められ、日本機械学会の「機械遺産」に認定されている。

我々はこの弓曳童子の写真や動画からその仕組みを解明し、その材質を木材からアルミ合金などの金属に変更し機械加工により製作した(図1)。

1. 頭を傾け、矢に向けて右手を伸ばす。
2. 矢をつかむ。
3. 矢を持ち上げながら頭を上げる。
4. 顔を的に向け弓に矢をつがえる。
5. 弓を引き絞り狙いを定める。
6. 矢を放つ。

2.2 カムの設計と製作

弓曳童子は7枚のカムで各部を動作させている。そのうち1枚は弓を持つ左手をリンク機構により直接動作させる。残りの6枚のカムで6本の腕木(カムフォロア)を変位させ、それに繋がれた10本の糸を引くことで頭・首・右手・指を動作させている。

7枚のカムの形状はタイミングチャート(図2)を作成し設計した。カムの変位量は全て約30mmで、各部の移動量は繫いだ糸の張り具合で調整した。

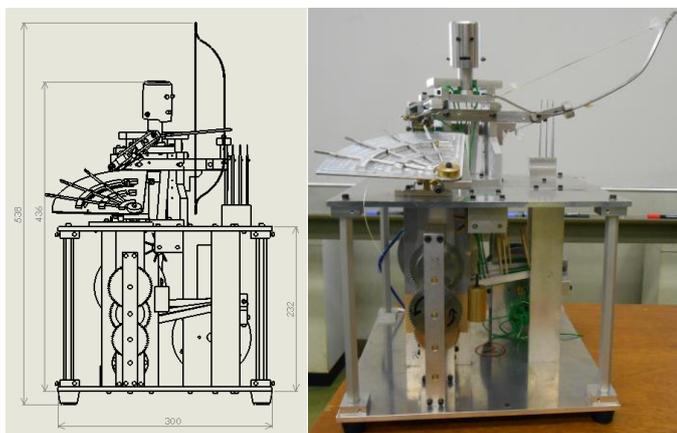


図1 組立図と製作した弓曳童子

動作	矢を取りに行く	矢をつかむ	矢を持ち上げる	弓に矢をかける	弓を引く	矢を放つ
カム⑤					右腕を右	
カム①					首を前、首を右、顔を上	
カム②					指を閉める	
カム⑥					右腕を上	
カム④					右腕を左、首を左、首を前	
カム⑦					左腕を右(戻す) 左腕を左(前方)	
カム③					頭を上、指を開く	

図2 カムのタイミングチャート

2. 製作について

2.1 弓曳童子の動作

今回製作した弓曳童子の動作はオリジナルの人形と同様のものを目標とした。糸を引いて動力であるゼンマイを巻いた後に、ストッパーを外すと次の動作を繰り返し、矢立て扇にセットされた4本の矢を次々に射るものである[2]。

カムの製作については、3Dプリンタにより樹脂で試作を行い動作確認後にモデルを修正し、最終形状はアルミ合金をワイヤーカット放電加工機により加工し組付けた。(図3)(図4)

* 生産技術科

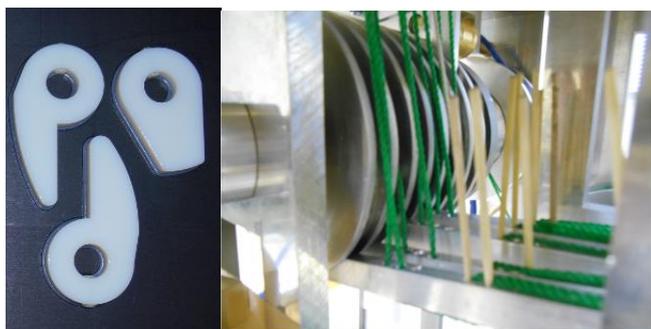


図3 試作カム 図4 組付いたカムと腕木

2.3 サザエ車の製作

動力であるゼンマイは、開放されると徐々にその勢いが弱くなっていく。矢はカム軸が1回転で1本放たれるが、これでは軸の回転トルクが徐々に弱まり1本目と4本目の矢を放つ動作スピードに大きな差が出てしまう。そこで回転トルクを安定させるために直径差をつけたプーリーである「サザエ車」と呼ばれる均力円錐車を設置し、ゼンマイ軸に巻かれた糸によりカム軸をサザエ車で回している[3]。

サザエ車はNC旋盤のテーパ左ねじ切り機能により自作工具を用いて製作した。(図5)(図6)

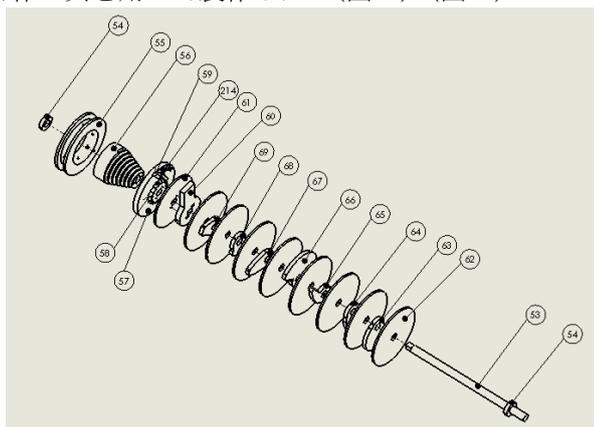


図5 カム軸の分解図



図6 サザエ車

3. 検証と改良について

3.1 各部の改良

弓曳童子の動作検証は、最初はゼンマイを組込まずに調整用に設定した手動ハンドルを回すことにより行った。検証結果は、数えきれないほど多くの不具合が発生し、矢を掴み・弓につがえ・放つという動作がで

きるとは思えないほど酷いものであった。あまりの酷さにグループの学生達は完成不可能ではないかという不安に駆られたが、1つ1つの不具合の原因を追究し、改善案を検討した。そして部品の修正加工や7つのカムのタイミングの調整や各部を操作する糸の張り具合の調整などを繰り返し、なんとか手回しで目的の動作を実現することができた。次に、実際にゼンマイを組込んで検証することとした。

3.2 動作速度の改良

巻かれたゼンマイは一気に開放されてしまう。そのままでは弓曳童子はゆっくりとした動きで弓を射ることができない。その対策として、オリジナルの弓曳童子ではカム軸の先端に歯車を組み合わせた増速機を配置し、増速した軸の先端に取り付けた風車を回す抵抗により速度を抑制している。今回も同様の機構として1:4に増幅したカム軸の先端の風車の回転抵抗での速度抑制を考えていた。しかし、木製の弓曳童子を金属製にしたための重量増による動作抵抗の増大は予想以上で、組込んだゼンマイ(725N・mm/回)では弱すぎて負荷の大きくなる部分の動作の途中で止まってしまった。そこで強化したゼンマイ(1519N・mm/回)を組込む必要があったが、その開放速度を同様の機構では抑制することができずに弓曳童子は暴走してしまった。そこで、H25年度に製作した「茶運び人形」で用いた天符機構を改良し風車に換えて設置することとした(図7)。天符機構とは、和時計などでも使用されている回転運動の速度を調整する仕組みである。この天符機構の追加により弓曳童子はゆっくりとした動きで4本の矢を射ることができるようになった。

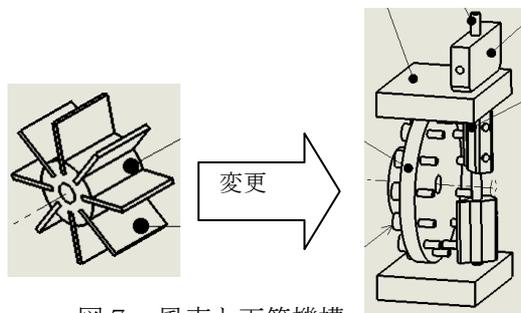


図7 風車と天符機構

4. 終わりに

学生たちには、取り組んだ弓曳童子の製作を通して、設計から加工・組立調整までをグループで相談しながら生産技術科で学んだ技術を活かし目的の製品を完成させる苦労と達成感を体験させることができたと思う。

文献

- [1] 弓曳き童子の再生：峰崎十五
- [2] 東芝未来科学館：発展のしおり 6
http://toshiba-mirai-kagakukan.jp/learn/download/pdf/leaflet_06.pdf
- [3] はらつく工房：弓曳き童子（田中久重作）複製
http://hara-k.art.coocan.jp/2009_0428_yumihiki.htm