

## 先人に学ぶ

～ちょっと大きいからくり人形の製作～

高知県立高知東工業高等学校 自動車工作部 植田 時久・藤岡 周平  
岡部 伸城・松本 直樹  
指導教員 黒岩 晃一

### 1. はじめに

創立50周年を迎え、その節目の年に何か残せないかと模索していたときに、全国産業教育フェアへの生徒作品出展の話が舞い込んできた。本校の所在地、高知県南国市は、世界に誇れる機械工学原書『機巧図彙』の著者、細川半蔵頼直の生誕の地である。ふるさとの先人は、通称「からくり半蔵」と呼ばれ、半蔵の作った鼠からくりは、相手の作った猫のからくりを食い殺したという逸話もある技術者である。そこで、先人に習い「からくり人形」の製作を行うこととした。

今回製作した人形は有名な「茶運び人形」を模したものである。現代のような加工技術のない時代に製作された「からくり」と呼ばれる仕掛けを、机上だけでなく実際に触れることで、その凄さや工夫の素晴らしさを学ぶことができるものとなった。



図1 茶運び人形

### 2. 機巧図彙

機巧の設計書『機巧図彙』は、半蔵の没年の1796年に出版された。首巻・上巻・下巻の3冊からなり、首巻には柱時計、櫓時計、枕時計、尺時計の4種の和時計の設計製作法が、上下巻には、茶運び人形、段返り人形、品玉人形など

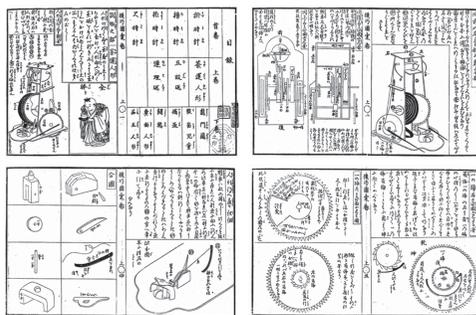


図2 機巧図彙 上巻一～六(飢餓部 茶運び人形)

9種類のからくり人形の製作法が、豊富な設計図とともに詳述されている。重力、磁力、弾力を巧みに利用した機巧の詳細が、製作上の注意を付して記載されているのである。中でも秀逸なのは『茶運び人形』である。主人が人形の手盆に湯呑を置くと、人形は首を振りながら客人の前まで歩く。客人がお茶を取ると止まり、湯呑を戻すと、くると反転。再び主人の元へ帰るとい仕掛け。まさに現代のロボットである。

### 3. 製作

#### (1) 技を知る

先人の技を知るためにただ作るのではなく、誰もが「からくり」の仕掛けや仕組みが理解できるように、大きさは実物の約3倍で設計をおこない、あらゆる角度から内部構造が見えるように板材を削り抜く工夫を随所に施したものとする。

そのため、現在の技術を使って加工する半

面、金属材料はぜんまい用のバネ鋼しか使用せず、全て木材を加工し、組立にも釘やネジを一切使用せず製作を行った。

## (2) 構造を知る

『機巧図彙』に書かれている内容が難解で理解するには相当時間がかかると判断し、以前理工学科の先生が製作したというアルミ製茶運び人形を分解し、各部の構造や仕組みを理解することとした。

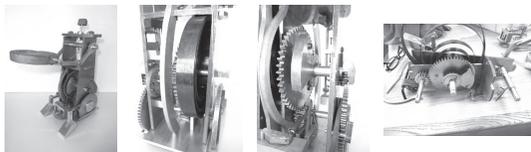


図3 参考にしたアルミ製茶運び人形

## (3) 細工

設計には、「NASUKA」CAD-CAMソフトを使って一点一点図面製作を行い、レーザー加工



図4 加工部品一覧

機と汎用旋盤を使用して各部のパーツを製作した。部品点数は300点ほどである。

## (4) 仕掛け

### ①首振り

人形の頭部は、図5のように左足の付け根のカムとリンクが紐を介して繋がっており、左足が前後する動きに合わせて首を前後に振る仕組みになっている。しかし、頭部の重さで首の座りが悪かったので、考えた末、図6のように中央部が少し湾曲するように竹庇護を2本取り付けることにした。これにより、首が安定して振

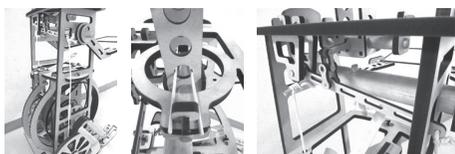


図5 首振作動接続部 図6 竹庇護 図7 首振りリンク部

動するようになった。また首が前後に傾くことによりリンクがねじられるので、図7のようにリンクの形状を工夫して上下、左右、前後の三次元に動かし、より自然な動きができるように工作部オリジナルの細工を行った。

### ②作動と停止

盆に湯飲みが載っていない状態は図8左図のように腕は少し上方へ引上げられた状態になっている。湯飲みを置くとその重みで図8右図のように腕は水平まで下りる。そして、この動きに連動して腕軸と紐を介して取り付けられて錘(図9)が上下する。

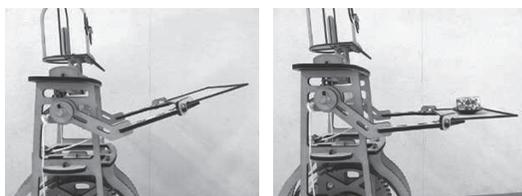


図8 湯飲みの有無による腕の状態

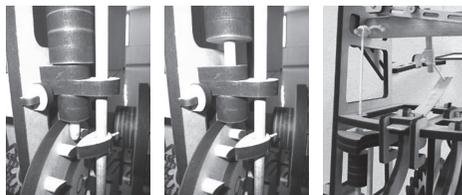


図9 腕軸と錘の連結部及びリターン用竹製のものさし

これにより、錘に取り付けられているピンが调速歯車の爪から外れたり、当たったりすることで歯車を回転させたり、止めたりと人形に動きを与えるスイッチの役目を担っている部分である。また、湯飲みを持ち上げたとき腕が元に戻る仕組みは、腕軸と中板に取り付けられたバネ(図9右端)と接続してあるため、バネ材には本来鯨の髭が用いられているが現在は入手困難なため、今回は弾性のある竹製の「ものさし」を代用して製作を行った。

### ③作動速度の調整

调速歯車の歯は、図10のように円盤にピンを差し込んだ形状になっている。ピンには軸の上下に取り付けられた羽板のどちらか一方が常

に当たっている。

上下の羽板は歯車の回転に併せ左右に触れることで片側がピンから押し出され、もう片方がピンを止める

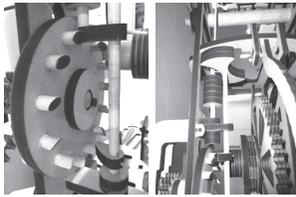


図10 调速歯車と揺動錘

ように往復運動をする。この動きにより歯車は一気に回らず一定のリズムを打ちながらゆっくりと回転を進める。すなわち、ぜんまいが一気に解けないように制御しているのである。

#### ④動力源（ぜんまい）

人形の動力は、「ぜんまい」である。当時は鯨の髭で作られていたが、現在入手困難なため、今回の製作ではぜんまい部分是不本意ながら0.7mm厚のパネ鋼を図11のように巻取り車に巻き付けて製作した。軸の先端には図12のようにピンを打ち込み、巻取り用ハンドルを取り付けるようになっている。

#### ⑤一の輪（大歯車）と二の輪（小歯車）

一の輪はぜんまい動力を駆動軸へ伝える歯車である。歯車にはラチェット歯車を取り付けら

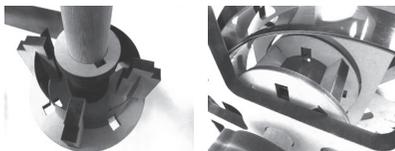


図11 巻取り車とパネ鋼



図12 巻取り軸とハンドル

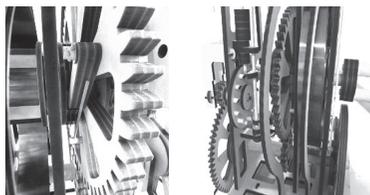


図13 大歯車とラチェット爪部

れており、一方向しか回転しないようになっている。ラチェットの爪は常にラチェット歯車に噛み込むように竹庇護の弾性を利用して取り付けた。また、一の輪と二の輪の歯数比と駆動輪の直径により予め前進距離を決めることができる。

#### ⑥前進と内輪差

駆動歯車は、回転力を畳に確実に伝えるため、歯車の形状をしており畳の上で滑りにくい工夫がされている。もう片方の駆動輪はUターンして戻る時の内輪差を持たすため、あえて歯を付けず滑らせるようになっている。しかし今回製作した人形は、自重があり学校の床ではうまく滑ってくれなかったため、駆動輪を軸に固定せずフリーの状態を取付けて内輪差を作っている。

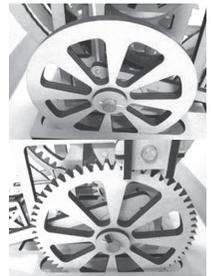


図14 駆動歯輪

#### ⑦方向転換

ぜんまい、一の輪（大歯車）と同じ軸上に取り付けられている扇状のカムが、一の輪の回転に合わせ回転しており、人形が一定の距離を進むと前輪の向きを変える舵取りリンクに扇状の圆弧部が乗り上げるように接触する。そして、カムが行き過ぎるまで前輪が向きを変えたままであり、この間も人形は進み続けるため方向転換が行われる仕掛けとなる。カムが通過後はバネの力で舵取りリンクは元の位置に戻り、人形は再び直進をする。ここで使用したバネも腕部同様竹製の「ものさし」を用いて製作を行った。

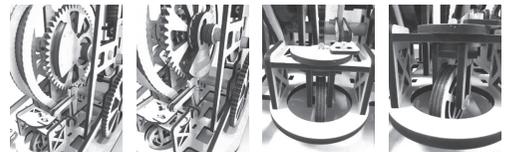


図15 扇状カムと舵取りのようす

#### ⑧摺り足

足の取り付け部分が偏心し、左右180度の位

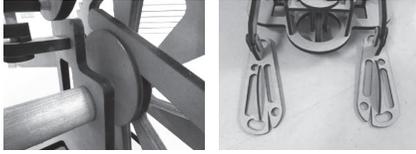


図 16 取付け部(偏心)と足袋をイメージした足



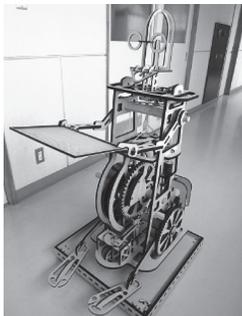
図 17 龍馬仕様のからくり人形と製作した家紋

相になるように取り付けられているので、駆動輪の回転に合わせて左右交互に摺り足をしながら進む。足先は足袋をイメージして製作した。

⑨衣装

完成したからくり人形を全国産業教育フェアに出展するにあたり、全国的な「龍馬伝」ブームであったことから外装を龍馬風にすることでアピール効果を狙った。衣装は、からくり人形に合わせて設え、家紋もCAD-CAMを使ってレーザー加工機で製作した。

(5) 完成品



【諸元】  
 身の丈：1150mm  
 胴回り：1370mm  
 目方：9700g  
 動力：ぜんまい  
 材質：MDF材

4. まとめ

全国舞台での展示にあたり、高知県代表を意識したものづくりをこの半年行ってきた。フェアでは他県の出展者の方から動く姿が見たいという要望があり実演したところ、多くの方から「凄いなあ」「完成度が高い」という声をかけていただき、ほんとうに嬉しかった。

現代のような加工機器や専門技術のない江戸時代において、「からくり人形」はまさに最先端ロボットであったことだろう。今回一つ一つの部品を図面化、そして加工し、組立てることで仕掛けの一つ一つの仕組みや役割を十分に理解することができ、先人の技に脱帽した。

何事もデジタル化している社会の中で、面白さや楽しさを伝えるにはアナログが一番だと実感した。今後のものづくりの可能性はアナログにあるのではないだろうか。

製作した「茶運び型からくり人形」を様々なイベントに出展することで、ものづくりへの興味関心を多くの人に伝えていけるのではないかなと思う。

そして、今後も機会があれば『機巧図彙』のデジタル化を実践してみたいと考えている。

〈参考文献〉

『機巧図彙』

発行者 からくり半蔵研究同志会

『細川半蔵頼直』

発行者 田中 瀧治

346号の内容訂正のおしらせ

p.5左段

アマチュア無線の電波を受信できた学校数を14校に訂正します。対西方向では山口県立宇部工業高校が最も遠方でした。

\*調査結果の修正によるものです。

工業教育資料 通巻第 347 号

(1月号) 定価 210 円 (本体 200 円)

2013 年 1 月 5 日 印刷

2013 年 1 月 10 日 発行

印刷所 株式会社インフォレスト

© 編集発行 実教出版株式会社

代表者 戸塚雄式

〒102 東京都千代田区五番町 5 番地

-8377 電話 03-3238-7777

http://www.jikkyo.co.jp/