

総合制作実習におけるからくり人形製作の取組み

迫田竜太*

近畿職業能力開発大学校の生産技術科における総合制作実習のテーマとして過去4年間に3種類のからくり人形の製作に取り組んできた。いずれのからくり人形も、複雑な機械仕掛けにより巧みな動作を披露して人々を楽しませるものである。取り組んだ学生にとっては、それまでに学んだ機械設計・機械加工・組立て調整を組合せており、目的の動作を達成したときの充実感を経験させることができる適切な課題であった。そこで、取り組んだからくり人形とその製作過程について報告する。

Keywords : 総合制作実習, からくり人形, 茶運び人形, 弓曳童子, 文字書き人形.

1. 緒言

近畿職業能力開発大学校（以下、当校）の生産技術科の総合制作実習において、2013年～2016年までの4年間で3種類のからくり人形の製作に取り組んだ。いずれも江戸時代に製作された代表的なからくり人形で、動力にぜんまいを用いた機械仕掛けにより精巧な動作で人々を楽しませるものである。これまでに当校が総合制作実習で取り組んだからくり人形を表1に示す。

からくり人形の語源については、「糸を引っ張って動かす」という意味の「からくる」という動詞の連用形の名詞化といわれ、16世紀後半ごろからその用例が確認されている。日本のからくり人形が開花したのは戦国時代に入ってきた西洋技術、とくに機械時計の技術によるところが大きいといわれており、17世紀頃から機械時計に使われていた歯車やカムなどの技術を用いて、人形を動かす装置として応用したからくり人形が作られ始めた。当初は公家や大名、豪商などの高級玩具であったが、祭礼や縁日などの見世物として一般の目に触れると人気を呼ぶようになり日本各地に普及し、職人も現れ非常に精巧なものが作られるようになったのである。しかし、からくり人形の多くは大名や豪商などの個人所有が多かったため破損・紛失や、その価値に気づいた海外のコレクターへの流出など歴史の流れの中で徐々にその数を減らして行ったのである。近年になり幾人かの人形師によりからくり人形が復元され、その精巧さが評価され再び注目を浴びている。

総合制作実習では、インターネットや書籍などの数少ない資料を参考にその構造を調査し、材質を木材から金属に変更して機械加工に適した形状で設計後、各種工作機械により部品加工から組立・調整により江戸時代のからくり人形と同等の動作させることを目的として各種からくり人形を製作した。それぞれのからく

り人形を製作する上で特にポイントとなったのは、その動作を決定付けるカム形状とぜんまいの開放速度を調整し滑らかなからくり人形の動作速度を実現するための速度制御機構の設計と製作であった。

2. 茶運び人形の製作（2013年）

2.1 茶運び人形について 茶運び人形は江戸時代の愛玩品として木製で製作されたものであり、動力源として鯨のひげを材料としたぜんまいが用いられていた。

茶運び人形について井原西鶴（1642-93）は句集「独吟百韻」（1677年刊）の中で「茶を運ぶ人形の車ははたらきて」という句を、さらに小林一茶（1763-1828）が「人形に茶を運ばせて門涼み」という句を残している。しかし、当時のものは現存しておらず、その構造は明らかにされていなかった。昭和40年頃に設計図とも言うべき様々なからくり人形の仕組みを記した「機巧図彙（からくりずい）」（細田半蔵著 1796年（寛政8年））が発見され、茶運び人形もその存在が証明された（図1）。この書物を元に人形師たちにより茶運び人形が復元されたのである。さらに復元された茶運び人形がテレビCM等に登場したことにより注目を浴びたのであった。

2.2 茶運び人形の動作について 茶運び人形は「機巧

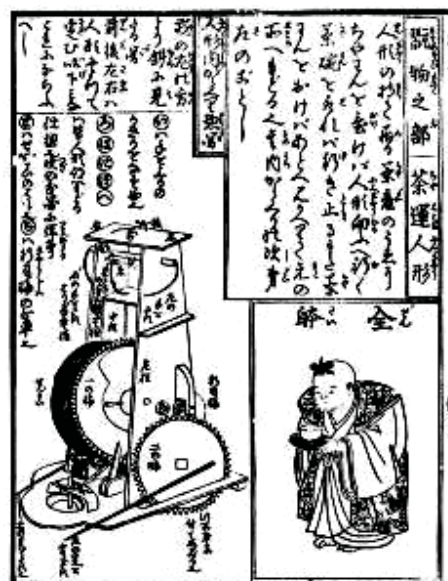


図1 機巧図彙（寛政8年 細田半蔵著）

表1 総合制作実習で製作したからくり人形

課題年度	からくり人形名	作者
2013年	茶運び人形	不明
2014年	弓曳童子	田中久重
2015年～2016年	文字書き人形	田中久重

*1 生産技術科（現 東海職業能力開発大学校）

図彙」の中で「人形の持つ居る茶台のうゑにちゃわんをおけば 人形向ふへゆく 茶碗を取れば行き止る また 茶わんをおけば あとへ見かへりて 元の所へもどる也」と説明されており総合制作実習でも同様の動作を目標とした(図2).

2.3 カムについて 茶運び人形の直進・旋回動作は茶会での主人と客との距離をもとにしている(図3).

これらの動作タイミングは「行戻り」という名称のカム形状で決定される。「一の輪」がぜんまいにより1回転することで茶運び人形は1サイクルの動作をする。その間「行戻り」が「楯取り爪」に当たらないときは直進し、その距離は約1500mmである。「行戻り」で「楯取り爪」を押している間は前輪である「魁車」が右に



図2 茶運び人形の動作

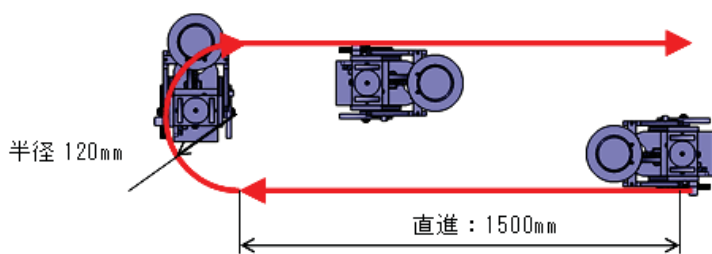


図3 茶運び人形の直進と旋回

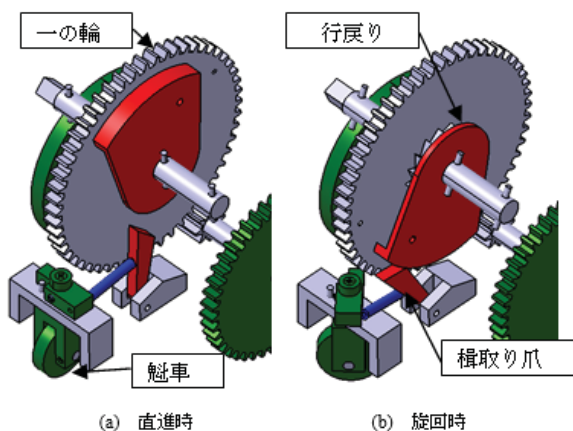


図4 旋回の機構

曲がり旋回をするのである(図4).

2.4 速度制御機構について 茶運び人形の動力源はぜんまいである。速度制御機構がないと巻かれたぜんまいが一気に開放され、茶運び人形は暴走してしまう。そこで、機械式のゼンマイ時計やオルゴールで一定のリズムを刻むために用いる振り子の働きをする天符機構を用いている。「二の輪」(駆動タイヤの役割の歯車)により「行司輪」(ピンが奇数本付いた円盤)が回転し、「天符」の軸に取り付けられた上下2枚の板が順次弾かれ揺動運動することでゼンマイの開放速度を制限している。速度の調整は「天符」のおもりの長さや重さを変更することで行われる(図5).

製作した速度制御機構には、二点の問題が残った。一点目の問題は、「天符」を弾く上下2枚の板の軸への取り付け方法にろう付けを選択したことである。2枚の板の取り付け角度が広すぎた場合は、板が適切に弾かれず、逆に狭すぎた場合は、強く当たりすぎて引っ掛りねらい通りの速度制御ができなくなってしまう。そのような場合は、ろう付けをやり直す必要があり、調整作業にかなりの時間を費やした。二点目の問題は、天符の板が激しく磨耗することで徐々に制御スピードが変わってしまい部品交換が頻繁になることである。その後磨耗しても位置をずらして使用できる形状に変更したが、その度に繊細な調整作業が必要になるために根本的な解決には至っていなかったのである(図6).

茶運び人形の製作を通して、これら2つの問題を把握したおかげで、後に製作した弓曳童子と文字書き人形では、板の材質を真鍮から炭素鋼 S50C に変更して磨耗量を減らし、取り付け方法をろう付けからねじ式に変更することで調整作業の時間を大幅に短縮することが出来たのである。

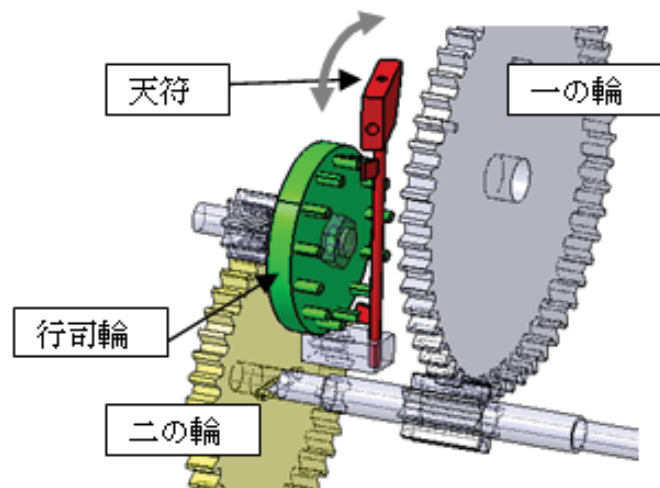


図5 速度制御機構



図6 磨耗した天符板(左)と改良後の天符板(右)

2.5 追加した機能について 完成テストを実施した結果、茶運び人形について指導員側から一つの注文をつけた。それは、茶を運ぶ直進距離は 1500mm の範囲内では調整できるのだが、客が茶碗を取るタイミングが分らずに旋回を始めてしまうことがあり、その対応策を考え改良することを課したのである。学生たちは、カムを 1 枚追加することで旋回の前に一時停止をする機構を考案し、指導員からの注文に応えたのである (図 7)。

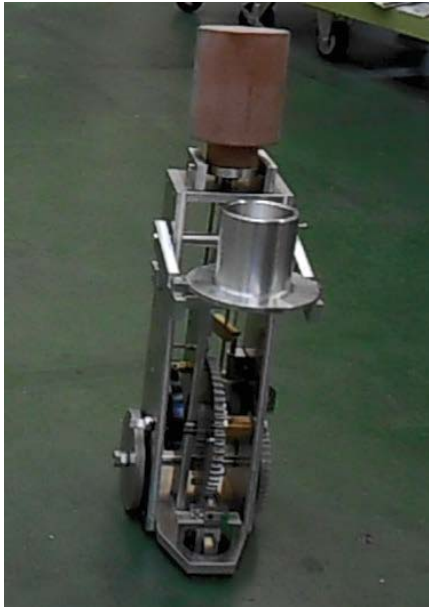


図 7 製作した茶運び人形



図 9 修復された弓曳童子 (トヨタコレクション) [2]

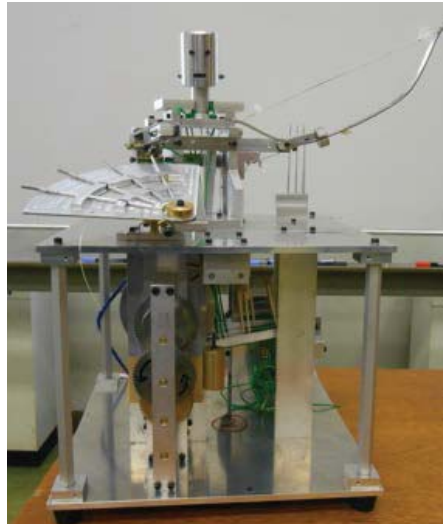


図 10 製作した弓曳童子

3. 弓曳童子の製作 (2014 年)

3.1 弓曳童子について 弓曳童子は、「田中近江図案 (からくり考案図)」(図 8) に「人々の目をおどろかす事なり」という言葉と共に描かれ、1820 年代に製作された江戸からくりの最高傑作の一つとされていたが、やはり他のからくり人形と同様にその実物は長い間発見されていなかった。

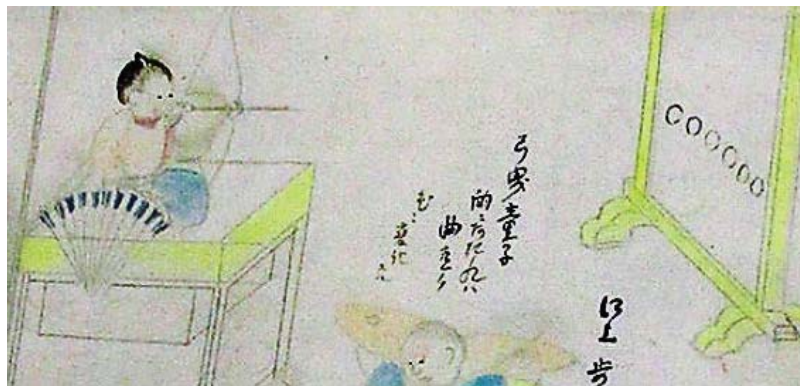


図 8 田中近江図案(からくり考案図) [1]

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トヨタ産業技術記念館と久留米文化財収蔵館に所蔵されている (図 9)。いずれの作品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次々に考案し、のちに現在の東芝の前身を築いた人物である。

また、弓曳童子は平成 26 年に歴史的価値が認められ、日本機械学会の「機械遺産」に認定されたのである。機械遺産は平成 26 年までで 69 件が認定されており弓曳童子は 61 番目の認定である。

なお、図 10 に総合制作実習で製作した弓曳童子を示す。

3.2 弓曳童子の動作について 製作した弓曳童子はオリジナルと同様に扇にセットした 4 本の矢を次々に的に向かって放つ動作を目標とした (図 11)。オリジナルでは 1 本目の矢に細工をしてわざと的をはずし、2 本目以降は本来の矢を用いることであたかも人形が狙いを調整して的中させるような演出がなされている。

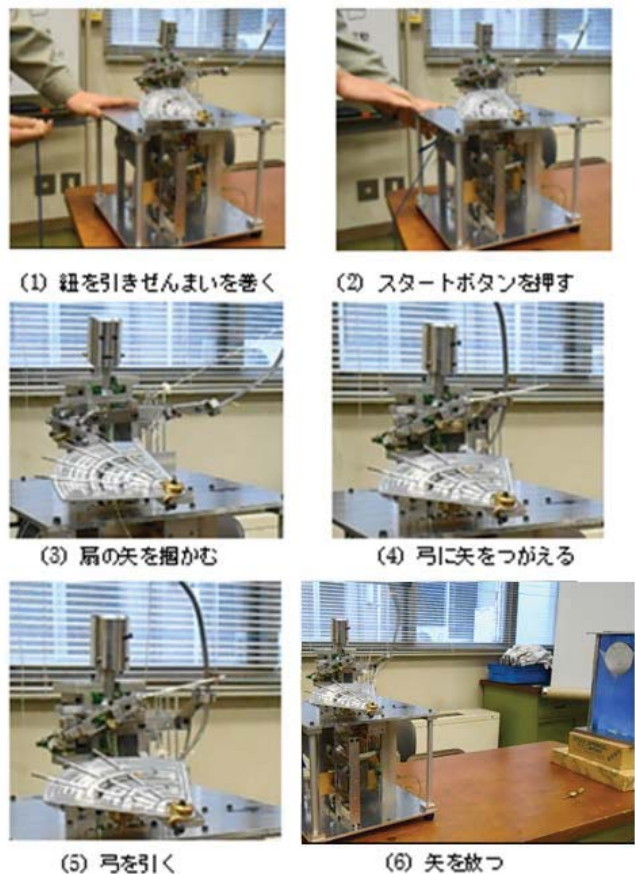


図 11 弓曳童子の動作

3.3 カムについて 弓曳童子は前年度に製作した茶運び人形と比較し、かなり複雑な動作が要求される。そのため茶運び人形では1枚のカムであったのに対し弓曳童子は7枚を用いている。そのうち1枚のカムは弓を持つ左手を直接動作させ、残り6枚のカムで6本の腕木(カムフォロア)を変位させ、繋がれた10本の糸により頭・首・右手・指を動作させているのである。7枚のカムの形状はタイミングチャートにより設計し、3Dプリンタで試作後に機械加工によりアルミ合金で製作した(図12)。



図12 弓曳童子のカム形状

4. 文字書き人形の製作(2015年~2016年)

4.1 文字書き人形について 文字書き人形は、弓曳童子と同様に江戸時代末期にからくり儀右衛門こと田中久重によって製作され、江戸からくりの最高傑作の一つとされていたが長い間行方不明で「幻の作品」と言われていた。1986年にアメリカで発見され、18年にわたる交渉と巨額の費用を費やし(家2軒分程度と言われている)、2004年に150年ぶりに日本に里帰りしたのである。当初は、動作できる状態ではなく仕組みも書く文字も分らないほど痛んでいたが、人形師の努力と技術により修復がなされ2005年の愛知万博(愛・地球博)で公開され話題となった。その時点では「寿」しか復元されていなかったが、現在では「寿・松・竹・梅」の4文字すべてが復元され、レバーにより切替えられるようになった(図14)。

文字書き人形関係の資料は、茶運び人形や弓曳童子と比べて公開されたものがまだ数少ない。ゆえに総合制作実習で製作するには人形の機構を解明することに時間が掛かることが予想された。そのため製作期間を2年と設定した。1年目は基本構造の製作を2年目に細部の作り込みを行い完成に至った(図15)。また、人形に書かせる文字は3文字とし、1年目は「心・技・体」を2年目は「技・術・力」とした。



図14 修復された文字書き人形(東野氏による)[3]



図15 製作した文字書き人形

4.2 文字書き人形の動作について 製作した文字書き人形は、レバーを切替えて選択した文字を書くことができる(図16)。



(1) せんまいを巻く



(2) スタートボタンを押す



(3) 筆に墨を付ける



(4) 紙板を反転し文字を書く



(5) 目線は筆先を追う



(6) 文字を披露する

図16 文字書き人形の動作

4.3 カムについて 文字書き人形は、1文字書くために3枚のカムを使用している(図17)。3種類の文字を書くためには9枚のカムを切替えて使用する。弓曳童子においても7枚のカムを使用しており動作タイミングの微調整が必要であったが、矢を放つ右腕の動きに必要な精度は通過点間の静的精度のみで途中の軌跡は規制されてなくても矢を放つことは出来たのであった。よって通過点は少なく6点だけの設定でよかったのである。文字書き人形では文字を書く右手の動的精度も必要になり通過点間における途中の軌跡で文字の仕上がりが決定されるため、弓曳童子のカムと比較してかなり複雑形状になりさらに高い精度が要求された(図18)。文字書き人形の通過点は文字により異なるが、「技」で35点、「術」で50点を設定した。文字を書く際にはその点を正確に通過しなければ文字が崩れてしまう。さらに文字の撥ねや止めなどの筆圧は3mmの幅で筆を上下に動かして調整した。

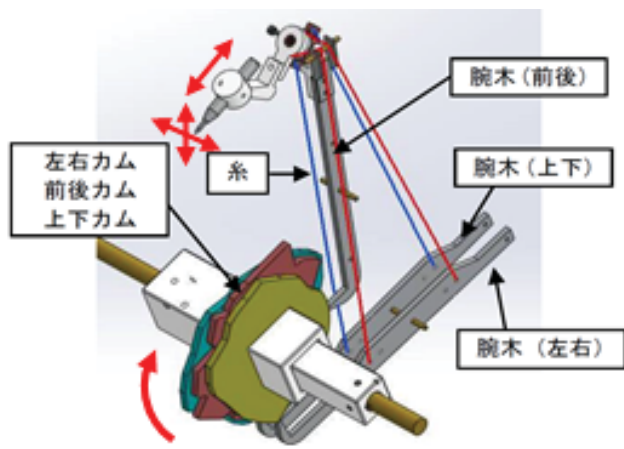


図17 カムの役割

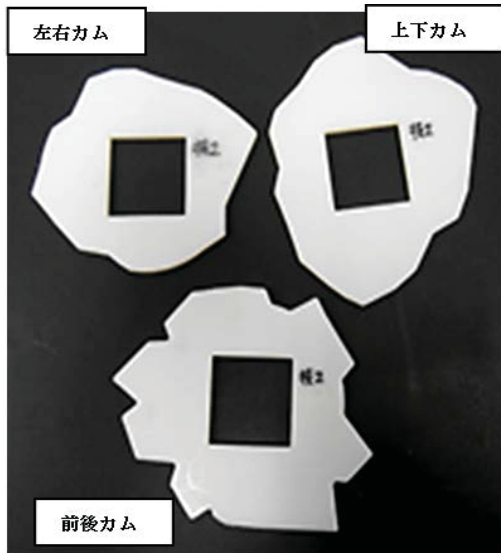


図18 カム形状(技)

1年目(2015年)のカム形状は、計算により決定した。モデルの文字データの構成点におけるカムの変位量を左右カム・上下カム・前後カムの3つのカムにおいて別々に計算で求めたのである。しかし、そのカムを用いて文字を書かせたところ大きく文字が崩れてしまい大幅な修正により多くの時間を費やした。修正方法は、文字データそのものをわざと崩して設定したり、出来上がったカムをヤスリで削ったり肉盛りしたりした(図20)。

文字が大きく崩れた原因は、文字を書く際の左右・上下・前後の筆の動きは人形の構造的に互いに干渉してしまい計算上と実際の動きでずれが発生するため



(イ) 修正前



(ロ) 修正後

図20 1年目の文字

あると考えた(図21)。

そこで2年目(2016年)のカム形状は、CADのアセンブリモデルによる筆先のシミュレーションによりカム形状を決定することとした(図22)。それにより、軌跡のずれを考慮したカムが比較的短時間で作製でき、修正のない文字を書くことが出来た(図23)。

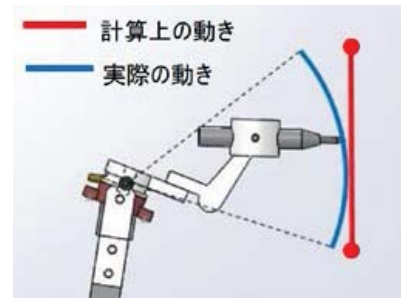


図21 計算と実際の筆の軌跡のずれ

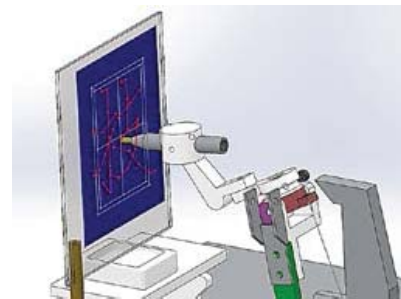


図22 筆先のシミュレーション



図23 2年目の文字

5. 結言

専門課程の卒業制作ともいえる総合制作実習で2013年~2016年までの4年間に3種類のからくり人形の製作を行った。いずれのからくり人形も目的の動作を実現するためには、複雑な機構を理解した機械設計、加工工程まで考慮した機械図面、正確な操作が必要な機械加工、繊細な調整が必要な組立て作業が不可欠であった。そして、最後は不具合部分の問題点を一つずつ解明し解決していく根気が必要となるものであった。それを経験した学生諸君は、充実感と自信をもって専門課程を卒業していったものと思われる。そのようなことからからくり人形の製作は総合制作実習のテーマとしてふさわしいものであったと考えている。また機会があれば、学生たちと新たなからくり人に挑戦できればと思う。

文献

- [1] 東芝未来科学館：田中近江図案
- [2] 日本芸術文化振興会：文楽と座敷からくり—江戸時代に花開いたからくり文化, 2004.11.6, p.6.
- [3] 東海テレビ,DVD：150年ぶりに甦った幻のからくり「文字書き人形」~その修復の軌跡~, 2008

(2017年08月10日提出)