

茶運紙人形をつくる

設計

はじめに

今回茶運紙人形を再度作るにあたり全体を設計する上で、

- ・全てを紙で作ることを前提とする。(回転軸の竹ヒゴ、動力のゴムを除く)
- ・主な寸法および原理は「機巧図彙」基本とする。
- ・一体目で、製作や調整が難しかった点を改善する。

という3項目を基本方針として設計をすすめました。

また各部の設計に当たっては、下記の項目ごとに「機巧図彙」にある基本構成や考え方の解説と、紙で作るうえでの工夫や改良点、一体目の製作で得たノウハウをどのように取り込んでいるかということを説明してみます。しかし言葉で説明できることは限られています。説明が足りない点につきましては、図面や部品の展開図の中からは読み取ってください。そこにこそ全てのことが書かれています。

1. 機構部

1) 走行経路

茶運び人形は、湯飲みを主人から客の手元に運び、空になった湯飲みを持ち帰るといった動作を行います。その時走行経路は、図のようなトラック状の長円の経路となります。茶運び人形では、主歯車が2回転することによりこのトラックを一周する構成になっており、主歯車一回転では一直線部と半円分を走行することになります。この時の走行距離は主歯車と走行輪軸の小歯車の歯数比が8 : 56なので、走行輪の径が90mmなので、

$$90 \times \pi \times 8 / 56 = 1979 \text{ (mm)}$$

操舵輪を操舵するカム角度は75°なので半円部の周長は

$$1979 \times 75^\circ / 360^\circ = 412 \text{ (mm)}$$

走行経路の回転半径をRとすると

$$2 \times R \times \pi / 2 = 412 \quad \text{よって } R = 131 \text{ (mm)}$$

また直線部は

$$1979 - 412 = 1567 \text{ (mm)}$$

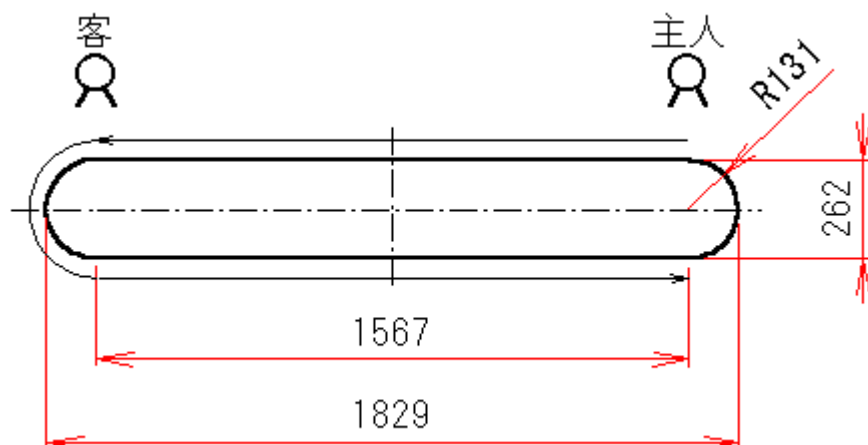
よって

といった経路を走行することになります。基本的には今回もこれと同等の経路となるように考えています。

再スタート；湯飲みを載せる

ストップ；湯飲みを取る

スタート；湯飲みを載せる



2) 歯車

機巧図彙によると大小歯車の歯数比は、8 : 56または8 : 60となっています。一体目の製作では、歯車の展開図を手書きすることから、360°を割り切れる数として8 : 60の歯数比を選び、歯車の作り易い大きさを考慮してモジュール $m = 2$ で、歯車中心径 $R = m \times Z = 2 \times 60 = 120$ (mm) (Z ; 歯数)としました。しかし最少歯数の関係で、小歯車の歯数を9にせざるを得ず、後に車輪径を100に変更することになってしまいました。今回は、簡易CADを使い展開図をプリントアウトできるので、設計の自由度が向上しています。そこで歯数比を8 : 56に保ち、小歯車の歯数を12としてかみ合いを滑らかにしたいと思います。

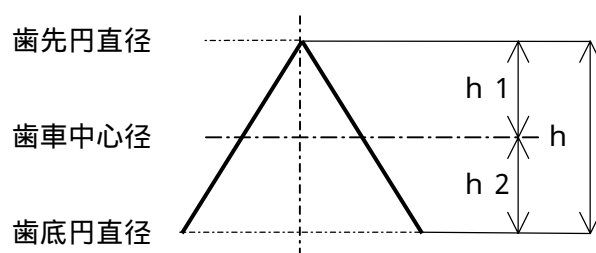
よって主歯車の歯数は $12 \times 56 / 8 = 84$ となります。

また歯車中心径 R は前回より少し小さくして100mm前後にしたいので

モジュール $m = 1.25$ とし $R = m \cdot Z = 1.25 \times 84 = 105$ (mm)とします。

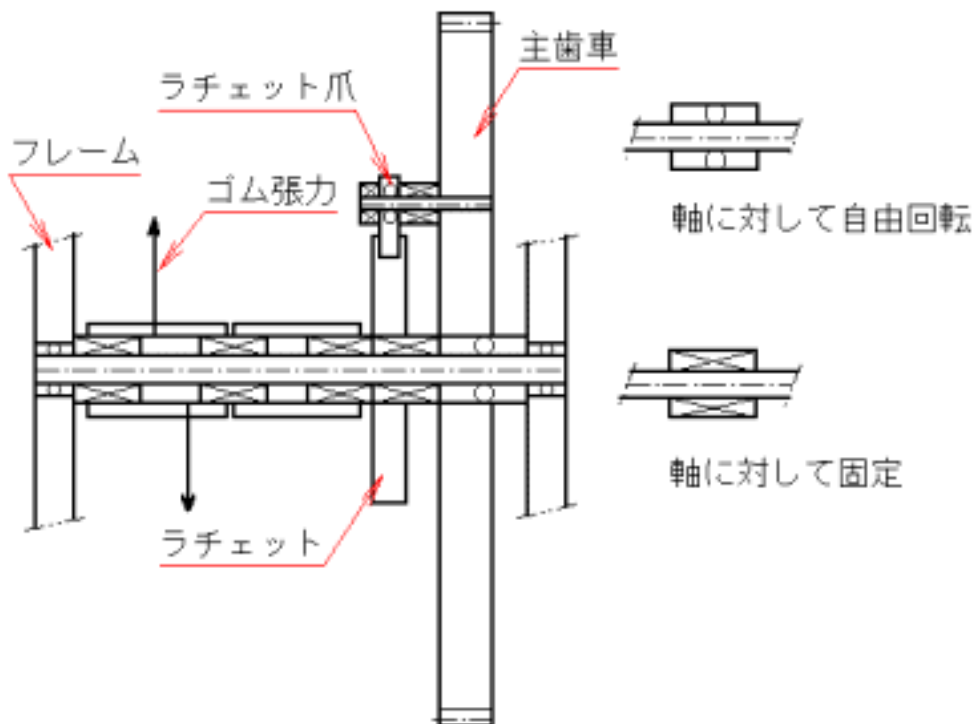
この時歯車の歯先高さ h_1 および歯底高さ h_2 は $h_1 = m \times 1$, $h_2 = m \times 1.25$ より $h_1 = 1.25 \times 1 = 1.25$ (mm), $h_2 = 1.25 \times 1.25 = 1.56$ (mm)となり全歯高 h は $h = h_1 + h_2 = 1.25 + 1.56 = 2.81$ (mm)でなんとか紙で作れる大きさになりそうです。

また小歯車の歯車中心径 R は $R = m \cdot Z = 1.25 \times 12 = 15$ (mm)



ここで用いた歯車のモジュールや歯型との関係式は一般にインボリュート歯車に関する関係式ですが三角歯でも同様と考えて使っています。このあたりのことをもっと詳しくお知りになりたい方は、機械設計関連の本（大学の教科書になるようなもの）をご参考にしてください。

3) 主軸



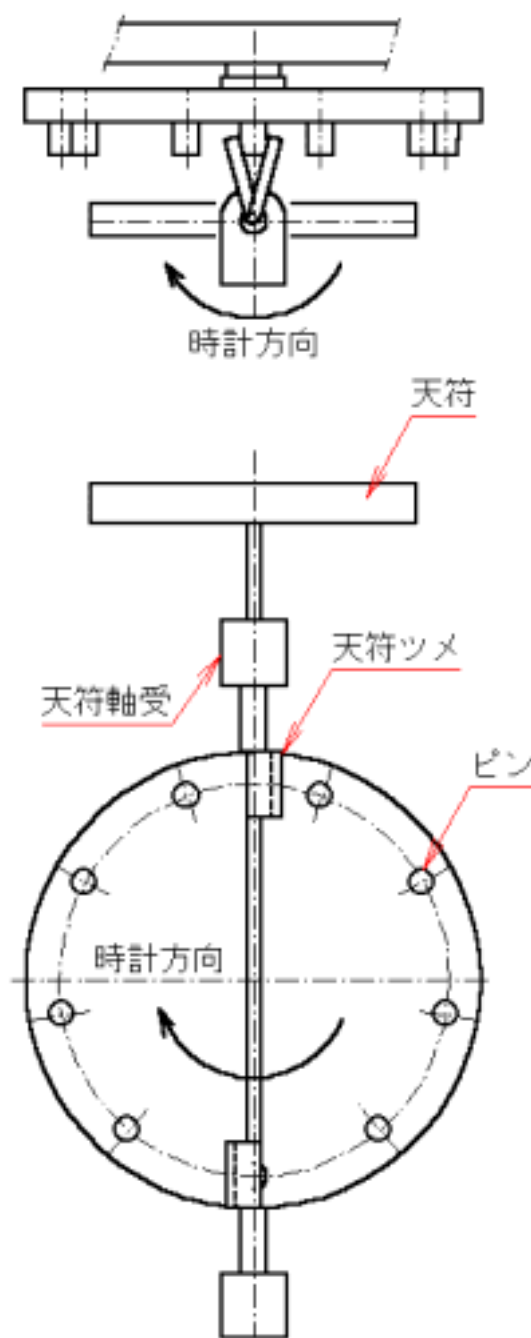
主軸の構成は図のようになっており、動力のゴムを主軸に巻き取り、それが開放される力で歯車が回され茶運び人形が走行します。ただし主歯車は主軸に対して自由に回転できるように取り付けられており、主軸のラチェットを介して一方向にのみ主軸と同時に回転する構造となっています。これにより主軸にゴムを巻きつけるときは、歯車に対し主軸は空回りし自由にゴムが巻き取られ、ゴムにより主軸が反対方向に回されると、ラチェットにより主軸と同方向に歯車が回り、駆動輪に回転を伝えることとなります。このラチェットを使った一方向のみ回転を伝える機構は、回転中のバランスを崩すので、カムクラッチ（MPMのMiniなどで使用している）に変更しようかとも考えたのですが、ねじを巻くときの音がそれらしい雰囲気をかもし出すのでそのままにすることにしました。

4) 调速機

调速機とはその名の通り、ガンギ車と天符でスピードを调速一定にして保つ機構な

のですが、一体目の製作時は図からだけではその動きがなかなか理解できず、苦労したところでした。その動きは、図においてガンギ車が時計方向に回ると、天符の上のツメがガンギ車のピンに引っかかり天符が上から見て時計方向に回されます。そして上のツメが外れると、天符の下ツメがガンギ車の他のピンに引っかかり、天符は反転して反時計方向に回されます。このとき天符の慣性力によりガンギ車の回転が抑えられ、これを繰り返すことによりガンギ車は一定速で回されることになり、茶運び人形の走行スピードが一定に保たれます。

ガンギ車のピン数は上下において天符のツメと引っかかったり外れたり関係の関係を繰り返すために、13本となっています。しかし前回は紙で作るという前提より、かかり外れが十分できる距離や大きさを確保するためにピンの数を9本とし、各部の大きさをトライ&エラーで決めてうまくいったので、今回もそれを踏襲しました。また调速機の回転の取り込みに関しては、機巧図彙では片方の走行輪を歯車としそこから回転を導入しているのですが、前回同様なるべく走行に影響を与えないように、走行輪は左右で同じものとし、回転は主歯車から直接取り出す構造に変更しています。なおこの構造は、機巧図彙以降の新しいからくり人形に多く採用されている構造です。



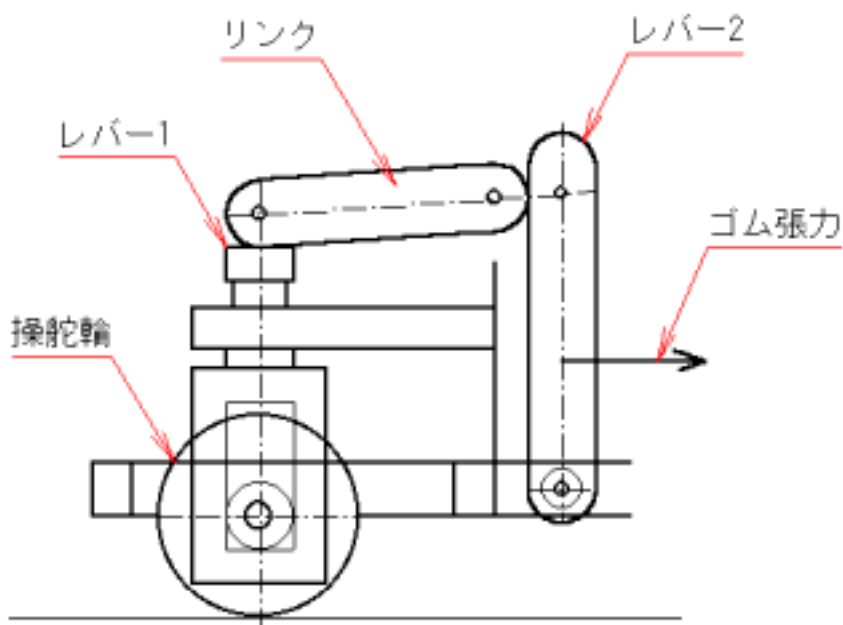
5) 腕部 (Go・Stopスイッチ)

茶運び人形では、腕に取り付けたお盆に湯飲みを載せて腕が上下することを利用し

て鉄製のピンが、ガンギ車に差し込まれGo・Stopを行うようになっています。このお盆に湯飲みを載せることがスイッチになるという発想は、このカラクリを最も人形らしく見せているという意味で大変すばらしいところなのでそれになっています。ただ全てを紙で作るという都合上、鉄製のピンはやめて、腕の上下を軸の回転として取り出し、それにより紙のツメがガンギ車のピンにかかり外れする構造にかえてあります。

6) 操舵部

「・・・つくる」でも書きましたが、操舵輪の構造では一番苦労したところです。まあできてしまえばたいしたことはないわけですが・・・。それはさておき、操舵の構造は次のようになっています。



操舵輪は、図のように上部の回転軸により、自由に回転できるように保持されています。この回転軸に取り付けられたレバー1は、レバー2とリンクにより連結されており、レバー2はゴ

ムにより矢印の方向に常に引っ張られ、ストッパー当たった状態で保持されており、このとき操舵輪は直進方向を向くようになっています。主歯車が回転すると、取り付けられたカムによりレバー2が押されて回転すると、取り付けられたリンクがレバー1を押し、操舵輪は一定角度だけ操舵されます。主歯車が回転するとレバー2がカムから外れると、ゴムの力で前輪は直進状態に戻ります。構造は、機巧図彙と同じですが、各レバーやリンクの具体的寸法は、一体目の人形の試行錯誤の中から求めた数値です。

7) 擬装動作

足の歩くような前後動作は、機巧図彙と同様に、走行輪の回転を利用して、クランク動作として取り出しています。首振り動作は、前回は、機巧図彙と同様に走行輪の

クランク動作を利用して、糸を引いて行っていました。糸を引き回すときの抵抗が意外と大きいこと、糸の張りの調整が難しいことなどから、今回は、ガンギ車の回転を利用してカムとリンクで取り出し、駆動時の負荷を減らすように変えてみました。

8) フレーム

一体目では、「・・・つくる」でお話したように、しばらく置いておく度に、温湿度の変化などにより、動力を含む各部の調整が振り出しに戻ってしまうということを何度か経験しました。そこで今回は、組み立て時に軸間の距離の調整をしやすい構成とし、その後その関係に変化がおきにくいように補強を入れるようにして、組み立て易さと経時変化がおきにくいフレームとなるよう考慮しました。

2. その他

機巧図彙には、頭部や着物についての記述は特に無いようなので、挿絵やほかの現存する からくり人形などを参考に製作しています。

1) 頭、手足

一体目と同様に紙で作るとということと、軽く作るとということから張り子で作る方法としました。張り子というのは張子の虎などで使われている、雌型に和紙を張り重ねて形を作る人形の作り方のひとつです。今回はペーパーモデルとして作る方法も考えてみましたが、紙で自由な曲面を作ることのできる張り子の方法を紹介する意味と、やはり茶運び人形も人形なのだという意味で人形らしい頭を作れる張り子にしました。製作の工程が多くちょっと大変ですが、トライしてみる価値は十分にあると思います。

2) 着物

これもやはり一体目と同様に和紙で作ることにしました。材料としては、なるべく人形の動作の抵抗にならないように、内掛けはなるべく薄い和紙とし、上掛けは厚みのわりに柔軟性のあるちりめんの和紙を使っています。腕の動きをなるべく妨げないという意味でも、上掛けに袖のないこの着物の組み合わせがよいようです。この格好は機巧図彙の人形の挿絵からとったものです。ちなみに内掛けの袖の部分などは、本物の着物とは違いはじめから腕に沿って垂れているように見えるように作ってあります。本物の着物ですとただ四角く作ってあるのですが、紙でそのまま作ると裱のようになってしまうのでこのような形するなど、紙で作る上での工夫もしています。

3. 当り図

次のページには茶運紙人形の当り図を添付しました。もちろん原図は原寸大で描かれており、これから製作中に変更もあると考えられるのでとりあえず手書きです。この当り図を基に展開図を作り、切り抜いて人形を製作することになります。

茶運紙人形当り図

