

## 歯車と動力

紙で茶運び人形を作ろうと思いついたときまず頭に浮かんだのは、以前 からくり人形に興味を持ったとき集めた何冊かの本でした。中でも「からくり」立川昭二著という本には、「機巧図彙」そのものが掲載されており、基本寸法はそれから割り出せばよいと思いました。早速屋根裏のダンボール箱の中から黄ばんでしまった本を引っ張り出してきました。本を見ると基本構成はほぼ思っていたとおりでしたが、いくつかの解決すべき問題があることもわかってきました。それは第一に歯車の作り方、第二に動力源、第三に调速機とは、という三つが主な問題でした。

第一の歯車をどう作るかという問題では、まずは歯形をどうするかということでした。機巧図彙では、三角歯になっているのですが、現在ではそのような歯形は使われていないわけで、以前作ったペーパーモデルの時計でも台形歯型でした。台形歯型も見た目はよいのですが、実際作るにはかなりめんどくさく、ドラフターで歯車の展開図を描くことを考えると製作の単純な三角歯でまずは作ってみることにしました。次は歯数なのですが、機巧図彙には歯数比56:8または60:8とあるのですが、これも製作上360°に対して割り切れる60とすることにしました。56に比べれば多少走行距離が長くなりますが特に問題はないだろうと考えました。今度は歯車の大きさなのですが、歯車径と歯数より決まるモジュールにより歯高なども決まることはなんとなく覚えていたのですが、関係式などは忘れており、再び屋根裏のダンボール箱の中から大学の教科書を探すこととなりました。紙で作ったとき作れる大きさということから、モジュールを2、歯車中心径を120mm、歯高4.5mmとし作ってみました。大小二つの歯車を仮フレームに回転するように取り付けましたがうまく回りません。軸間距離もいろいろ変えてみたのですがやはり回りません。「からくり」の本の中でも機巧図彙通り再現して動いたとのことなので、その通りやってみたつもりだったのですが、どうも紙で作り易くするためにモジュールを大きくしたためのようなのでした。つまりモジュールを大きくすると歯車の最小歯数も大きくなるのです。今までいろいろな装置を作る際歯車なども何気なく使っていたのですが、モジュールを決めるときは、歯車の強度を考慮するぐらいで、実際に歯車として使えるための最小歯数があることなどは忘れていたのです。ここ20年近く機械設計の仕事をしてきて歯車の最小歯数の何たるかを初めて実感しました。小歯車の歯数を多くすればよいのですが、これを変えると走行距離



が短くなります。しかし動かないのでは意味はなく、なるべく少なくということから、歯数を8から9に変更して作ってみました。それを組み込んで回してみると何とか回るようになりました。しかし大歯車が一部ハス歯状になってしまっているところでは、少し回転が渋くなってしまいます。大歯車を正確に作り直せばよいことは解っているのですが、なにせ手書きで作っているわけで、作り直しても必ずうまくいくという保証はないのです。何とか小歯車に対応できないかと考え、歯車の歯幅を狭くすることを思いつきました。歯車のかみ合う面積をなるべく小さくして、ハス歯状の影響をなるべく少なくするという苦肉の策ですがやってみるしかありません。歯幅を8mmから4mmにして再度作り直し、組み込んで回してみると、かなりスムーズに回るようになり歯車の部分はこれでやれそうな目途が立ちました。

第二の動力源という問題は、機巧図彙では鯨のヒゲをゼンマイとして使っており、天然の材料という意味では最適なのですが、ヒステリックなほどの鯨保護のご時世ではとんでもない話で、手に入れることはおろかそんな話をしたとたん非難ごうごうでしょう。金属のゼンマイというのもありますが、紙とでは強度的にアンバランスですし、イメージも合いません。金属では目指している 朽ちていく機械になりません。荷そこで思いついたのが子供の頃から模型飛行機などでよく使っていたヒモ状のゴムでした。これならば天然の素材ですし、紙とのイメージもよく合います。しかしも軽飛行機のようにゴムをねじって使うのでは、回転軸方向にゴムを長く設置しなくてはならず、人形の側面に大きく飛び出してしまう。それではゴムの伸縮を利用してと考えながら、ゼンマイをイメージしてみました。ゼンマイは、回転軸を中心に渦巻状に設置されており、一端が中心の回転軸に、他端が外側のゼンマイ箱に固定されています。そして回転軸を巻くと渦巻きが絞り込まれるように変形し、それが開放される力で軸を回転させます。そこで回転軸を中心にヒモゴムを放射状に配置し外周と固定すれば、回転軸を巻くとヒモゴムが軸に巻きつきながら伸ばされ、その戻る力を利用すれば軸を回転させられます。また各ヒモゴムを対称に配置すれば、ゴムが軸を引っ張る力は相殺されて軸はスムーズに回るはず。そこまで考えて後は作ってみるしかないということで早速作ってみました。基本的には機能したのですが、ゼンマイ箱のようにしてゴムを配置したのでは、ゴムが短すぎて十分に引き伸ばすことができず回転が足りません。ゴムの長さを十分確保するためにゼンマイ箱をやめるしがなく、ということで結局は、回転軸に対して上下方向に二組のゴムを 動力を確保するために各々複数本設置することにしました。できるとゼンマイ箱は何だったのだろうという結果になってしまいましたが、急がば回れということで無理やり納得したのでした。

写真；茶運び紙人形の歯車および動力部の写真です。