



●特集● 図形はこうすれば易しい

オルダム継手とエアコン

●西山 豊 (大阪)

1 オルダム継手

「図形はこうすれば易しい」という特集であるが、「興味を持てる図形はやさしい」と置き換えて原稿を書きたい。というのは、すべて学問は努力をしいるもので決してやさしいものではないが、知りたいという欲求が強ければ強いほど図形をやさしく学べるからだ。

何か面白い教材がないかと京大総合博物館を見学しているとき、オルダム継手(つぎて, Oldham's coupling)という機械の模型に目がとまった。これは、19世紀から20世紀にかけて近代化のためドイツから輸入した機械のモデルで、オルダムは考案者の名前のようにである。手で触ることができ、私はその奇妙で不思議な動きのとりになってしまった。

ここに、わずかにずれた平行な2本の軸がある。左の軸の回転を右の軸に回転を正確に伝えるためにはどうすればいいのだろうか。素人考えでは、歯車を3個用いることが浮かぶ。歯車の歯数が同じものを2個、それに回転の向きをかえるための1個の合計3個で可能だ。しかし、軸間の距離があまりにも小さいので、そうとう小さい歯車が必要でこれは現実的ではない。ベルトをかけるという方法も考えられるが、ベルトは伸び縮みするし、すり減ったりするし回転が正確には伝わらない。

オルダム継手の構造を森田鈞の文献をもとに模写したものが図1である⁽¹⁾。3つの円盤 a, b, c からなり、 a または c に回転を与えると、 b は a と c に対してすべりながら回転する。この機構のことを回り両スライダ機構といい、 b のことを「二重すべり子」と呼んでいる。 a と c は円盤の直径に沿ってみぞが切っており、 b は図1(2)に示すように両面にそれぞれ直角をなす突起が出ていて、これが

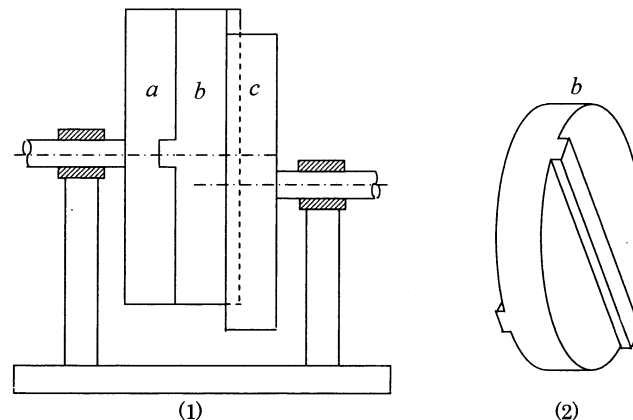


図1 回り両スライダ機構

a と c のみぞに入るようになっている。 a がある角度回転すると、 b も c も同じ角度回転するので、 a と c の角速度は等しくなる。

3つの円盤を図2のようにモデル化してみた。円盤 a の座標 $P(x, y)$ は O_1 を中心にして半径 r の等速円運動をしている。円盤 c の座標 $Q(x, y)$ は中心が d 離れた O_2 を中心にして半径 r の等速円運動をしている。円盤 a に垂直に切ったみぞが θ 回転したとき、円盤 c に水平に切ったみぞが θ 回転するようになる。2つのみぞは互いに直交の関係になっており、 θ に関係なく直交性は保たれている。2つのみぞの交点が円盤 b の中心 O_3 となる。中心 O_3 の軌跡は中心 $(\frac{d}{2}, 0)$ 、半径 $\frac{d}{2}$ の円周となる。

θ が 0 から 2π まで変化するとき、3つの円盤がどのように動くかを説明しよう。左右の円盤 a と c は中心が固定されているので単純な円運動をするが、真ん中の円盤 b は中心が常にずれるので複雑な動きとなる。軌道は円軌道でも楕円軌道でもない。

二重すべり子と呼ばれる円盤 b は、円盤 a と円盤 c の間をいったりきたりしながら回転し、ずれた2つの軸の回転を面白いほどうまく伝えている。中学生の図形の時間なら、この模型を見せるだけで十分だろう。円盤 a と円盤 c のみぞ

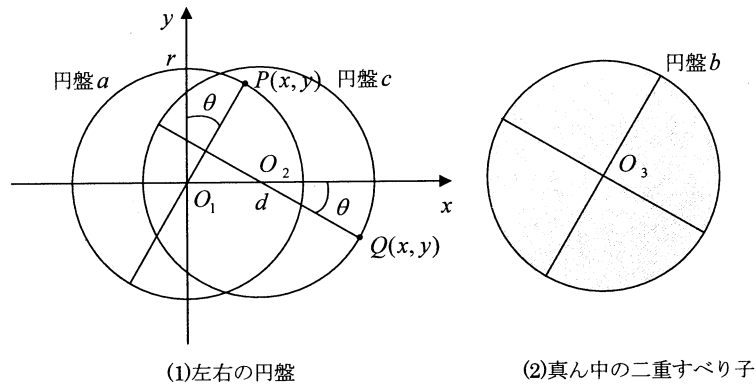


図2 オルダム継手の座標系

がたえず直角を保っていることを見せて興味を持たせ、また、なぜそうなのかを考えさせるとよい教材になるだろう。

2 コンプレッサーに応用

オルダム継手の動きを理論上で確認はできたが、ほんとうにうまく動くのだろうか。私は模型が作ってみたいとなった。最初はボール紙で作ったがうまくいかなかったので木で作ってみた(図3)。約2000円のマテリアル費で作れた。みぞを切ったり突起を作ったりの凹凸の部分は精度が要求されるので、お店の人にカットしてもらった。博物館で見たオルダム継手は金属製だが、木製でもその機能を再現するには十分であった。

この記事『数学セミナー』で紹介したところ何人かの読者から手紙をいただいた。その中のひとりから「オルダム継手が面白いところに使われている」ということを教えていただいた。それはエアコンの中のコンプレッサーに使われているというのだ。

エアコンの冷房の原理は、気体をまず圧縮し、それを膨張させることによって熱を奪うということであり、エアコンにはどうしてもコンプレッサー(圧縮機)が必要である。そのコンプレッサーは最初はピストン方式であったが、ルーローの三角形を応用したロータリー方式へと技術が進み、そして現在、さらに改良が

進みスクロール方式というのがあるらしい。スクロール方式は、オルダム継手そのものではないが、「二重すべり子」が使われている。スクロール方式のエアコンは振動や騒音が少なく、カーエアコンにも使用されている。

このように素晴らしい図形のアイデアに私たちはなぜ気づかなかったのか。それはコンプレッサーの内部が精密なもので、しっかり鋳物で固められていて内部を見ることができないからだ。スクロールは固定スクロール(灰色)と可動スクロール(黒色)からなり、可動スクロールは固定スクロールのまわりを擦り寄りながら回転する(図4)。周辺部から入ってきた気体は可動スクロールが約3回転するあいだに中心部に圧縮されて出される。

図形に興味を持たせるためには、このコンプレッサーの模型を見せるだけで十分ではないだろうか。何事もまず興味から入る。興味の度合いが強ければ強いほど、その謎を知りたい欲求は増してくるものである。

私はオルダム継手のリンク機構にびっくり、この機構がエアコンに使われていることを知ってびっくり、ということ二度びっくりした。これらの模型はインターネットのホームページを検索すると動画で見ることができる。

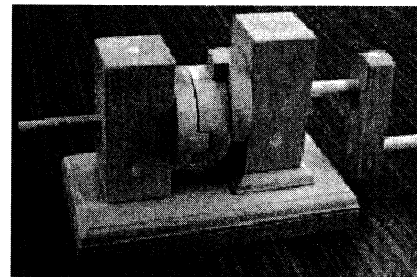


図3 自作したオルダム継手

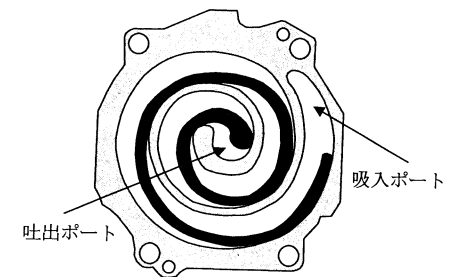


図4 コンプレッサー(スクロール方式)

(参考文献)

- (1) 森田鈞『機構学』実教出版、1974年、p158-p159
- (2) 齋藤二郎『機構学のアプローチ』大河出版、1976年、p146-p147
- (3) 西山豊「博物館で見たオルダム継手」『数学セミナー』2004年2月

(大阪経済大学)