

# とやまと自然

第45巻夏の号

No.178 2022

とくべつてん  
特別展「英国カラクリ人形」てんじかいせつ展示解説

いちかわ しんじ さかい なおこ  
市川 真史・坂井 奈緒子



「スパゲティを食べる男」 作者：ポール・スプーナー&マット・スミス  
食<sub>のど</sub>べるときの喉の動きが見どころ。食料は無<sub>むげん</sub>限ではないというメッセージが込められている。

とくべつてん  
特別展「英国カラクリ人形」  
てんじかいせつ  
展示解説いちかわ しんじ さかい なおこ  
市川 真史・坂井 奈緒子

## 1. はじめに

からくり人形は、日本では17世紀半ばに茶運び人形の元祖がつくられ、公家や大名などの身分の高い階層の高級な玩具でした。18世紀から19世紀には、庶民にもからくり玩具がよく親しまれました。一方、ヨーロッパでは18世紀から19世紀にオルゴールの技術を応用して、からくり人形が活発に制作されました。西洋のからくり人形はオートマタ (Automata) と呼ばれていますが、本紙では馴染みのある“からくり人形”と呼びます。からくり人形はオルゴールや時計などとともに、日本とヨーロッパとの間で技術と文化の交流がありました。

現代、からくり人形の制作は、イギリス人作家のポール・スプーナー氏と、氏の作品に影響を受けた



図1. 「クマネコ」 作者：ポール・スプーナー & マット・スミス。からくり人形の猫がからくり人形の子猫を操作するという、独特のユーモアある作品。

作家達が牽引しています。それらのからくり人形は、芸術、技術、創造力が合わさった、動く作品です。

令和4年7月16日から9月4日に開催する特別展「英国カラクリ人形<sup>\*</sup>」では、ポール・スプーナー氏のからくり人形をはじめ、イギリス人作家による現代からくり人形を約40点展示します(図1など)。これらのからくり人形は、芸術面においては、表情や動きに滑稽さがあり、タイトルや作品表現には、コミカルで風刺を含むものもあります。子どもはもちろん大人も楽しめ、イギリス文化の一端が感じられます。技術面においては、歯車・カム・リンクなどの部品を組み合わせて動きをつくるからくりの機構を楽しむことができます。すべてのからくり人形は機構が見えるようにつくられており、ボタンを押すと、動く人形と機構の関係を見ることができます。また、機構模型も展示し動かすことができるので、力の伝わり方を楽しみながら学べます。

からくり人形ごとに機構は異なり、仕組みを理解できるとより楽しめるようになります。そこで、本号ではからくり機構を中心に紹介します。

## 2. からくり機構の楽しみ方

ここでは、おすすめの展示見学方法として、ひとつのからくり人形を見る場面を例に、機構面からの楽しみ方を紹介しましょう。

## ◆動かす前に、予想しよう

特別展で展示されているからくり人形は、ボタンを押すと動き始め、作品に込められたユニークな物語を人形たちが演じます。初めて見るからくり人形を前にすると、すぐにボタンを押してみたいくなりますが、そこはちょっと我慢してください。ボタンを押す前に、まずは目の前のからくり人形とからくり機構がどのように動くのか、予想してみましょう。人や動物の体、道具や家具など、どの部分が動くのか。

<sup>\*</sup>特別展タイトルの“カラクリ人形”は、イギリス人作家の作品であり、日本のからくり人形とは趣が異なることから、カタカナで表記しました。

「全部で〇〇カ所動くと思う!」と決めたら、ボタンを押してみましょ。予想通りの動きであれば、大正解!あなたはもうカラクリマスターです。うれしいですね。もし予想外の動きであっても、がぜん、興味がわいてくるでしょう。それでは人形の動きはどのように作られているのか、それを一緒に探ってみましょ。

### ◆始まりの動きを見つけよう

ボタンを押すと、からくりのいろいろなどころが同時に動き始めますが、動力源は一つのモーターです(図2)。モーターが回り始めることで、その力がベルトを介してからくり機構の部品を動かし、人形を個性豊かに動かします。モーターはからくり人形の下の箱の中に隠れて見えないので、代わりに、ベルトがどこにあるか探しましょ。見つけたら、そこがからくり機構の始まりの場所です。



図2. スイッチを押すと、中のモーターが動き、ベルトを回す。作品は「アヌビスのフィットネスクラブ」。

### ◆動く部品の二つの立場、動かす「駆動側」と動かされる「従動側」

ベルトが巻きかけられている部品の中心からは、からくり機構の内側に向かって棒が伸びています。

ベルトが回ると、最初にこの棒が回転します。回転する力を伝えるこの棒を「シャフト」と呼びます(図3)。シャフトには、歯車などの部品が取り付けられています。歯車にはもう一つの歯車が組み合わされており、その中心にも別のシャフトがあります。ベルトの回る動きが歯車を通して次のシャフトを回すことで、力が伝わっていきます。「回す側」のシャフトについている歯車を「駆動歯車」と呼び、これに組み合わされた「回される側」の歯車を「従動歯車」と呼びます。このように、力は「駆動側」から「従動側」へ伝わっていきます。

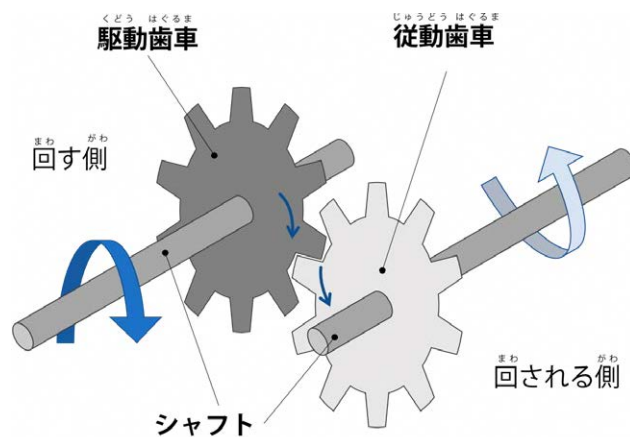


図3. 駆動歯車と従動歯車。

### ◆動きの分岐点を見つけよう

力を伝えるシャフトには普通、2個の歯車がついており、力を受けた従動歯車が回転し、同じシャフトに取り付けられているもう一つの歯車が駆動歯車となって、第三のシャフトに取り付けられた従動歯車を回すことで、力を次に伝えていきます(図4)。図5のように、第二のシャフトに3個目の歯車が取

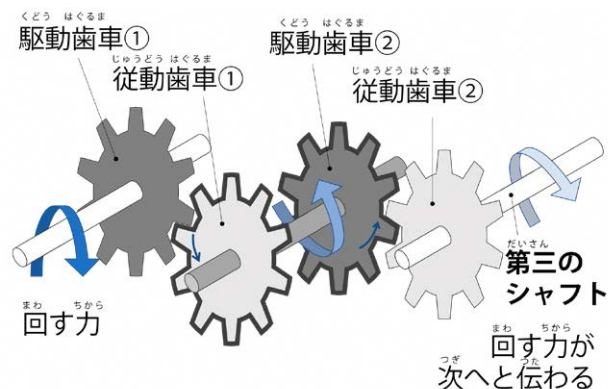


図4. 歯車を通して次のシャフトに力が伝わる。

り付けられていて、これも駆動歯車として第四のシャフトに取り付けられた従動歯車を回すように作られている場合があります。すると、第二のシャフトの力が、第三と第四という二つのシャフトに分けて伝えられることとなります。動きの分岐です。これにより、からくり人形が同時に二つの動きをすることができるようになります。

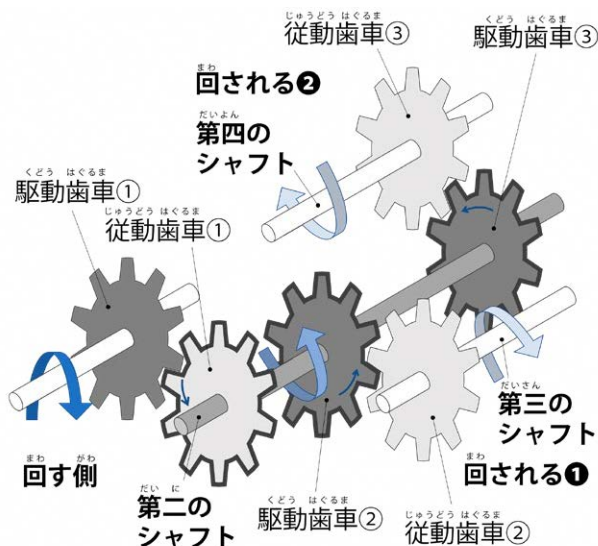


図5. 一つのシャフトに二つの駆動歯車があると、力が二つのシャフトに伝わる。

シャフトに3個目の歯車を取り付ける代わりに、図6のように、一つの駆動歯車に、二つの従動歯車が組み合わされている場合もあります。この方法でも、力を二つに分けて伝えることができます。

からくり人形が二つ以上の動きをしていれば、分岐があるはずですが、どこで動きが分かれていくのか、分岐点を見つけ出しましょう。



図6. 一つの駆動歯車に二つの従動歯車が組み合わされ、力が二つの歯車に伝わる。

## ◆動きを変える機構を見つけよう

### ①動く速さを変える

歯車は、多くは円盤の形をしており、周りに凹凸が付いています。二つの歯車の凹凸をかみ合わせ、一方の歯車を回すと、もう一方の歯車も回され、動きが伝わっていきます。

その凹凸を歯車の「歯」といいます。この歯の数の組み合わせで、伝わる回転の速度を早くしたり遅くしたりできます。例えば、駆動側の歯車は周りに10の歯を持ち、従動側が5だと、駆動側が1周する間に、従動側は2周します(図7a)。

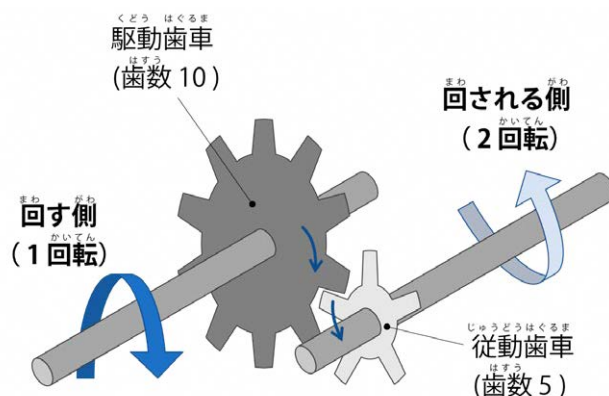


図7a. 1周の動きが2周分として伝わる。

逆に従動側の歯車の歯が20あると、駆動側が1周したとき、従動側は半分しか回りません(図7b)。駆動側が2周してやっと、従動側は1周します。

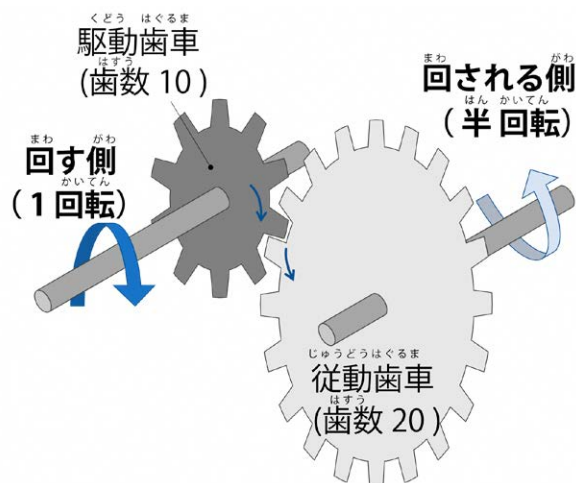


図7b. 1周の動きが半周分として伝わる。

ちなみに、歯車の歯には、いろいろな形があります。歯は凸凹に切り込まれていることもあれば、山形の場合もあります。円盤の縁に、等間隔で丸棒

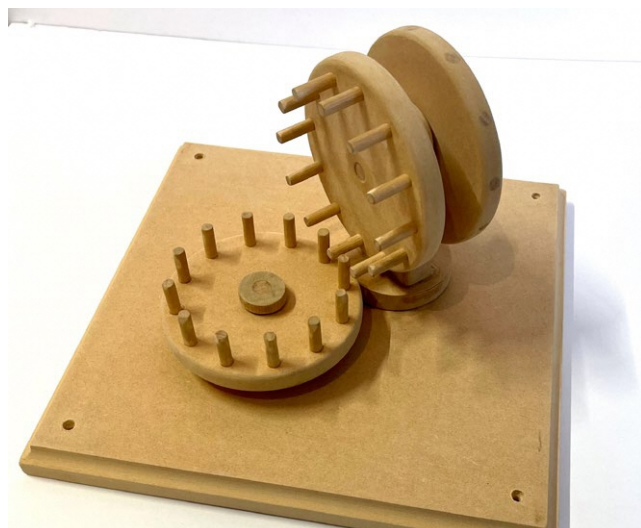


図 8. ピン歯車.

が埋め込まれたピン歯車もあります (図 8)。

なお、工業分野では、歯車同士が少しずれていても正しく噛み合い滑らかに動き、加工が簡単で安価に製作できるインボリュート歯形が、最もよく使われています。円筒に巻き付けた糸をゆるみなく引きほどいていったときに、糸の先端が描く軌跡であるインボリュート曲線を利用した形状です (図 9)。

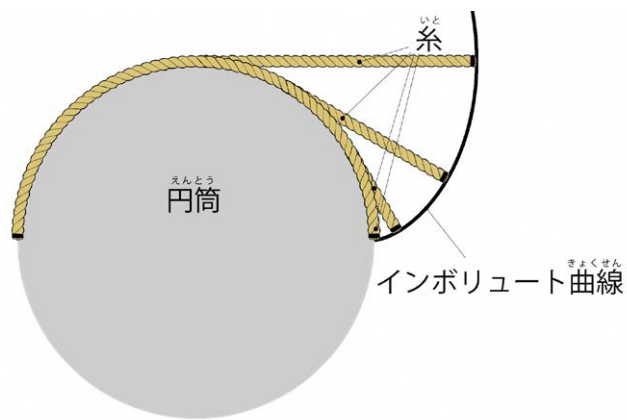


図 9a. インボリュート曲線.

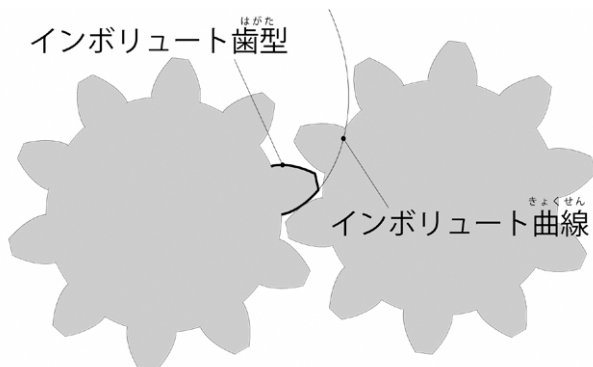


図 9b. インボリュート歯車.

## ②動きを少し止める

歯車の形を工夫すると、動き続けるだけでなく一時停止して、また動き出す、といった間欠運動を作ることができます。

例えば「かけば歯車」は、円周上にならぶ歯車の一部をなくすことで、動きを伝わらなくさせて、間欠運動をさせることができます (図 10)。また、「ゼネバストップ」は特徴的な形をしており、図 11 の例では、ハンドルを一周させるごとに十字形の歯車が 4 分の 1 だけ回っては止まります。古い映画の投影機や時計のゼンマイ巻きなどに利用されています。



図 10. かけば歯車.



図 11. ゼネバストップ.

## ③回転運動を往復運動に変える

人形の動きを見ると、回転運動だけでなく、上下や左右などの往復運動もしています。こうした動きは、カムやリンクを使うと作ることができます。

カムとは、回転するシャフトに取り付けられた卵形

やだ円などの形をした円盤状の部品で、その側面に接して動けるように棒などが取り付けられています(図12、13)。カムが回転することで、棒が往復運動をします。この場合、カムが駆動側、棒が従動側です。

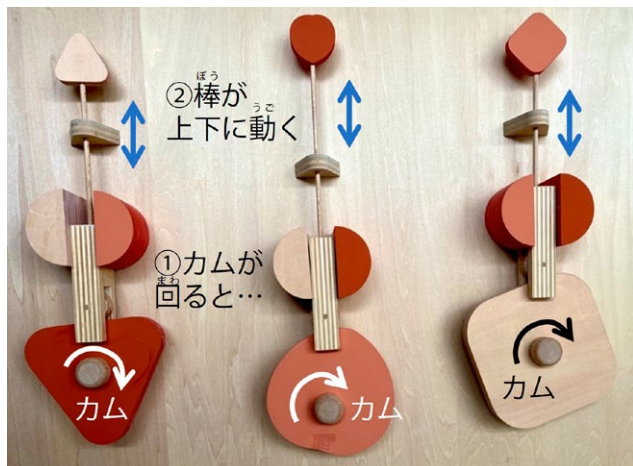


図12. カム 三角や卵形や四角の板(カム)が回転すると、上面に接している棒が上下に動く。

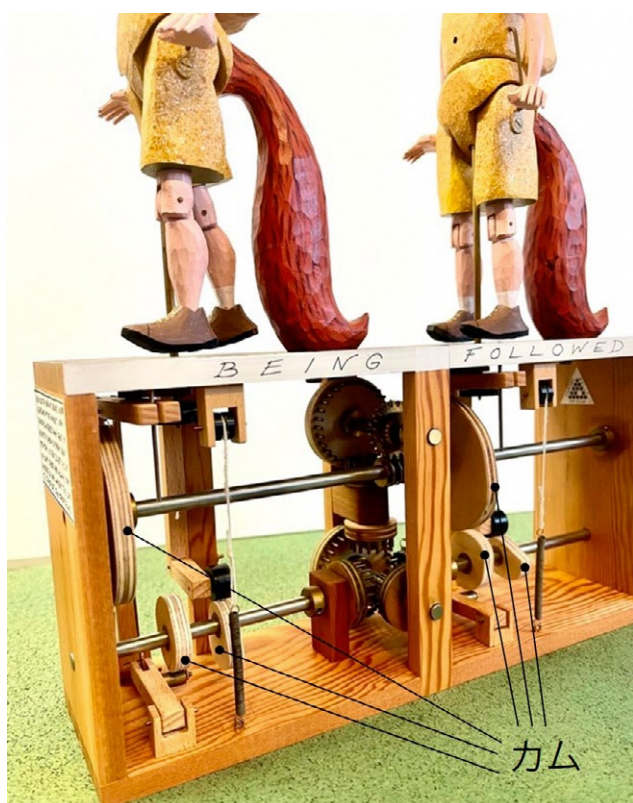


図13. カムが使われている様子(作品は「キツネのハイキング」).

リンクとは、両端が他の部品に接続された棒や、中心と外周部が接続された円板など、力や動きを伝えるための部品のことを指し、接続された部分が関

節のように自由に動きます。このリンクを複数組み合わせることで、回転運動を往復運動に変えたり、往復運動を異なる長さや角度の往復運動に変えることができます。このようなものをリンク機構といいます(図14、15)。

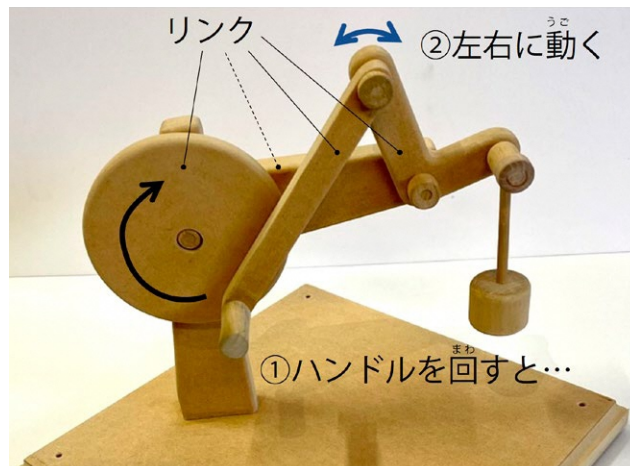


図14. リンク機構(回転運動を往復運動に変える) 4つのリンクで構成されている。



図15. リンク機構が使われている様子(作品は「アヌビスのフィットネス・クラブ」).

#### ④ 往復運動を制御する

ノコギリの刃のようなギザギザした歯をもつ歯車に、歯止めのツメを押し当てて、歯車が一方にしか回らないようにしたものをラチェット機構といいます(図16a)。身近なところでは、ネジを一方に回すドライバーや、自転車の後輪の車軸内部に使われています。歯止めのツメを押し上げた時は、逆方向に動かすこともできます。

上記と逆に、歯車ではなく歯止めのツメを動かす

場合を考えると、左方向に動かした時はツメが歯をお押すので歯車が回り(図16b)、逆に右方向に動かした時はツメがはね上がり歯を乗り越えるため回りません(図16c)。つまり歯止めのツメを左右に往復させると、歯車は左回りに休み休み動くこととなります。このように、往復運動を一方向の間欠回転運動に変えることもできます。

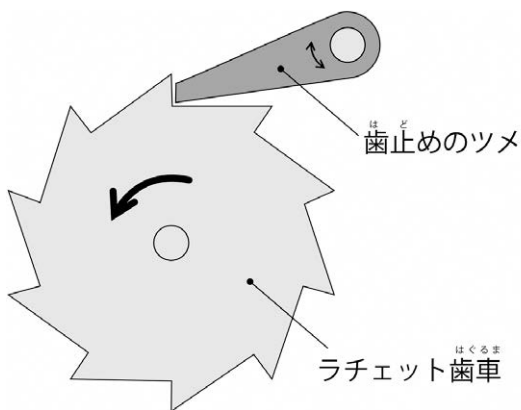


図16a. ラチェット機構。

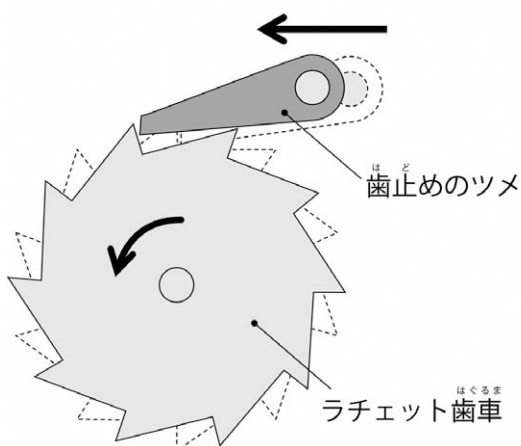


図16b. 歯止めのツメを左に動かす。

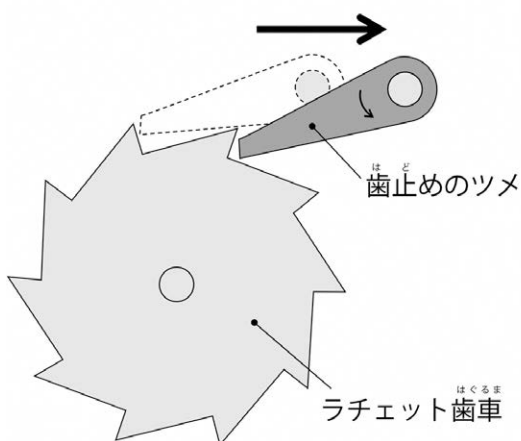


図16c. 歯止めのツメを右に動かす。

からくり人形は、これらの機構が組み合わさって、箱の上で人形がユニークな動きをします。

### 3. 主な作品紹介

ポール・スプナー氏とマット・スミス氏の合作3点を紹介します。作品にはメッセージが込められており、練られた表現や高い芸術性が感じられます。なお、紹介文は、作品を所有し特別展の企画協力をしている株式会社 MOLEN による解説文を引用し、一部変更したものです。

#### ◆スパゲティを食べる男(表紙写真)

スパゲティが英国に流行り始めた頃、英国人はそれをうまく食べることが苦手でしたが、ひときわ威厳を重んじる英国人としては、美しい所作でスパゲティを食べる必要がありました。その際、「スパゲティを食べる練習中に服を汚してはなりませんので、お風呂で食べることを考えた」というストーリーです。また、環境問題にも目を向けており、飽食もテーマにしています。それは蛇口からスパゲティ・ソースとパスタが無尽蔵に出てくる様子に見て取ることができます。現実には食料が無尽蔵にあるはずがありません。飽食が当たり前になった現代のライフスタイルへの警告を発しています。

男が、スパゲティを食べるときの喉の動きが見所



図17. 「スパゲティを食べる男」。

です。機構は、ピン歯車を多用しているほか、変形カムを使っています。

#### ◆仮面の下は誰？

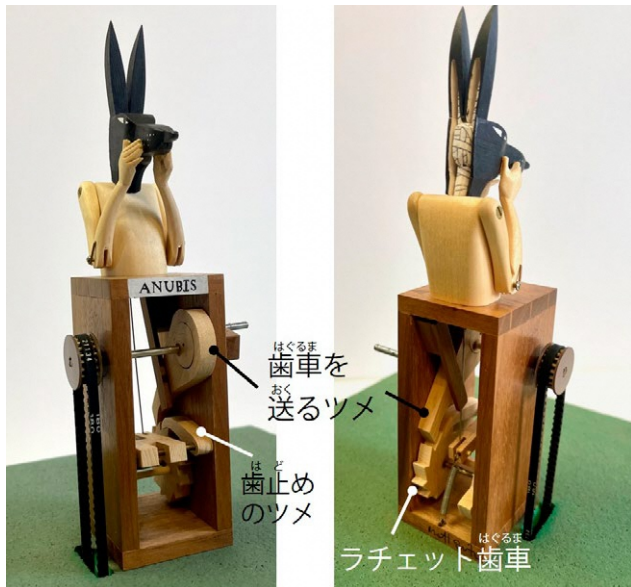


図 18. 「仮面の下は誰？」

古代エジプトで冥界の神とされ、犬のような頭をもつアヌビス。からくりを動かすと、仮面をはずしてミイラの頭を現します。古代エジプトでは、死者をミイラにする時にアヌビスの仮面をかぶって作業をしたとされています。この作品では「仮面を取ると作業者もミイラだった」つまり、ミイラ作りがミイラになったという話です。

アヌビスは、ラチェット機構によって間欠的にゆっくり仮面を脱いでいきますが、一定のところまで脱ぐと、カムによって一気に元の位置まで仮面が戻るという仕組みになっています。時間差で動きの早さに変化が現れる点が見どころです。

#### ◆傷ついたミルク

床にこぼしてしまったミルクをネコが夢中になってペロペロと舐めますが、次の瞬間、目を回してひっくり返ります。ネコの内部に仕組まれた糸の張りがゆるむことで唐突に倒れる仕掛けです。その後、ゆっくりと起き上がり、またミルクをペロペロなめ始めます。

作品は環境問題を風刺しています。環境の毒素を雌牛が取り込めば、雌牛の出す乳には毒が含ま

れます。ミルクを飲んだネコは、その毒でひっくり返ることになったという話です。

機構は、動作方向を一方に制限するために用いられるラチェットが使われています。向かって右側には“歯止め”の役割のツメ、左側には“歯車を送る”役割のツメがあります。



図 19. 「傷ついたミルク」。

#### ◆面白い動きを見つけて楽しむ

展示されているすべてのからくり人形について、動きを解析するのは大変です。頭が疲れてきたら、今度はなにも考えず、まずは動かしてみてください。そして、面白いと思った動きがあれば、人形の動きからモーターの回転までを逆にたどっていくのも面白いでしょう。自分の気に入った動きがどの部品の動きで作られているのか見つけたら、それがあなたのお気に入りのからくり部品です。同様の部品が他の作品でも使われているか、探してみる楽しみ方もあります。

こうしてすべての作品を見終える頃には、もうあなたは、からくり通です。

