

循環運動を用いたキネティックアートの制作

13N3031 小林 永生 指導教員 佐藤 康三教授

1. はじめに

キネティックアートとは、動く芸術のことである¹⁾。ヨーロッパを中心に、1950年代後半から60年代にかけて本格的に盛んとなり、科学技術の発達とそれを芸術活動に取り入れようとする流れにより、さらに広まっていた。キネティックアートには、目の錯覚や鑑賞者の視点移動を用いて、動いているかのように見せる平面作品や、実際に物理的な動きを用いたりそれによる変化を持たせたりした立体作品が存在する²⁾。そしてその動きによる変化から、鑑賞者に美しさや不思議さを与える知覚体験をもたらす作品の展示も行われている³⁾。例として伊藤隆道氏は、人間のいる空間にある光と、自然の空間がもつ動きといった、身近に存在するものやその美しさに着目した⁴⁾。そしてその光と動きを、鏡面ステンレスパイプによる造形にモーター駆動を用いて動きを持たせることで、それを表現した(図1)。

本研究では、動物の群れに見られる、同一形状の連鎖的な動きの美しさに着目し、循環運動による形状変化を用いたキネティックアートの制作を行う(図2)。



図1 16本の回転する曲がった棒



図2 イワシの群れ

2. 動きの設計指針

本研究における動きについての設計指針を以下のよう

- 1) 同一形状を有する複数の部品が一定の秩序を保ちながら形状変化を続けることで生み出される、全体としての一つの動きを見せる。
- 2) 複数の同一形状、単純な機構を用いながらも、複雑な動きを感じさせる設計を行う。

3. 制作概要

制作概要を以下に示す。

- 1) 表現手法の検討
- 2) CGアニメーションによる動作イメージの検討
- 3) 回転部動作実験 I
- 4) 回転部動作実験 II
- 5) 回転部試作実験
- 6) 本制作

4. 表現手法の検討

同一形状の単純な形態を有し、かつ一定の秩序を保つ複数の部品に、ある動きを持たせることで、どのように見え感じるか、また複雑かつ不思議な動きを生じさせる表現手法を検討する(図3, 4, 5, 6)。



図3 表現手法検討のためのCGプロトタイプ



図4 表現手法検討のための簡易プロトタイプ1

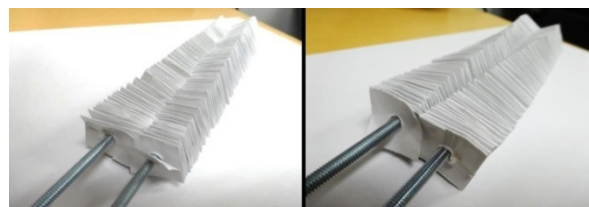


図5 表現手法検討のための簡易プロトタイプ2



図6 表現手法検討のための簡易プロトタイプ3

5. CGアニメーションによる動作イメージの検討

表現手法の検討を行った結果、本研究では図6に示した簡易プロトタイプ3の動きを用いることとする。この動きをもとに、コンピュータグラフィックス(以降CG)による動作イメージの検討を、SolidWorksを用いて行う。回転部品と非回転部品の2種類のモデルを作成し、それらを用いてアセンブリ、さらにアニメーションを作成する(図7)。アニメーション内で回転部品に回転運動を持たせるために、各回転部品にはモーションスタディのモーターを用いて行う。

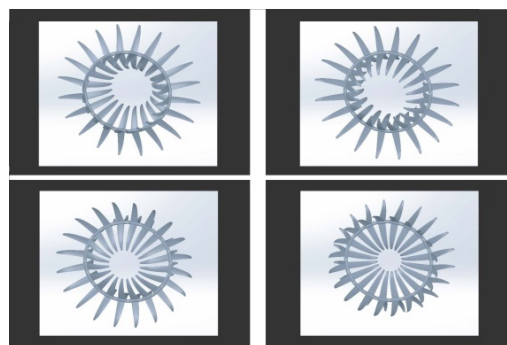


図7 CGアニメーションによる動作イメージ

6. 回転部動作実験 I

6.1 回転部動作実験 I 実験目的

複数の回転部品に回転運動を与え、同じ動きを持たせる。機構部の単純化を図るため、12個の回転部品に対し、回転運動の駆動源となるモーターは1つとする。1つの回転部品にモーターから直接回転運動を与える。そして回転部品内部に伝動構造を持たせることで、隣

り合う回転部品へ回転運動を伝達させ、さらにその隣の部品へと連鎖して伝達し、1つの駆動する回転運動からリング状に並ぶ12個の回転部品を同時に回転させることを目的とする。

6.2 回転部動作実験Ⅰ 実験内容

円柱形状に4つの細い貫通穴が開いた回転部品と、30°湾曲した円筒形状の非回転部品をそれぞれ12個ずつ作成し、リング状となるように繋ぐ。また、回転部品を内部で繋げ伝動させるために、4本のナイロン線をそれぞれ貫通穴に通し、回転部品同士を繋ぐ(図8, 9)。そして、非回転部品を固定した状態で、1つの回転部品に円柱軸方向に回転運動を与える。

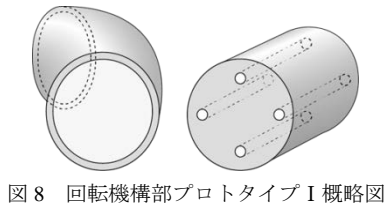


図8 回転機構部プロトタイプⅠ概略図

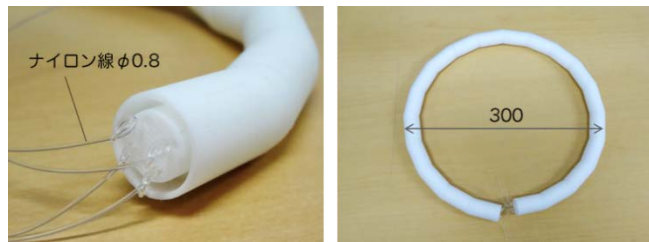


図9 回転機構部プロトタイプⅠ

6.3 回転部動作実験Ⅰ 実験結果

回転運動を与えた回転部品の向かい側の最も遠い場所に位置する回転部品を回転させることはできなかった。さらに、両隣の回転部品に同じ回転をさせることもできず、明らかに回転の減衰が見てとれた。力を与えた時の様子を観察すると、原因と考えられる2つの問題点が見られた。リング状の内径側に位置していたナイロン線が内径分の長さを有しておらず、さらにナイロン線が伸縮性に優れていないために外径側に移動することを阻んでいた。また、非回転部品の内部で、回転の減衰の原因と考えられる4本のナイロン線のねじれが生じていることが確認された。

7. 回転部動作実験Ⅱ

7.1 回転部動作実験Ⅱ 実験目的

回転部動作実験Ⅰの結果を踏まえ、減衰の少ない伝動を行うために、回転部品内部に歯車により伝動させる機構を用いる。回転部動作実験Ⅰと同様に、回転部品内部に伝動構造を持たせることで、隣り合う回転部品へ回転運動を伝達させ、さらにその隣の部品へと連鎖して伝達し、1つの駆動する回転運動から隣接する複数の回転部品を同時に回転させることを目的とする。

7.2 回転部動作実験Ⅱ 実験内容

回転部品間の伝動にはラックギヤを用いる。また回転部品は、円柱軸方向に動くラックギヤを受ける内側の部品と、円柱軸を中心に回転する円筒形の外側の部品の2種類を作成し用いる。内側の部品内部には、ラックギヤを受ける平歯車とその回転方向を90°変換するための平歯車を、それぞれ軸を用いて配置する。外側の部品は、円筒の一部に内歯を有し、内歯歯車として、内側の部品の開口部からわずかに出た平歯車と噛み合い伝動することが可能な設計とする(図10)。これら2種類の部品を1ユニットとし、複数のユニットに1本のラックギヤを通し、ラックギヤを回転部品の円柱軸方向と水平に動かす。尚、設計した寸法での制作を行

うため、平歯車、内歯歯車、ラックギヤには、厚さ2mmの亚克力板をUNIVERSAL LASER SYSTEMS社のレーザー加工機VLS3.50により切断したものをを用いる(図11)。また、摩擦軽減のため、各歯車にはグリスを使用する。

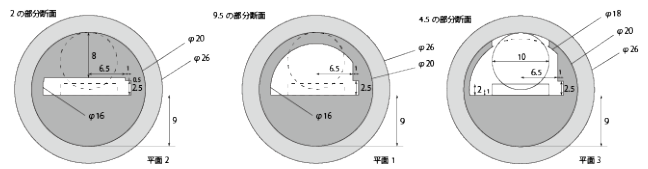
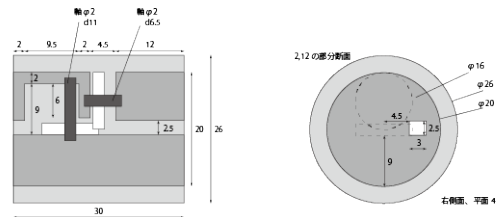


図10 回転機構部プロトタイプⅡ模式図

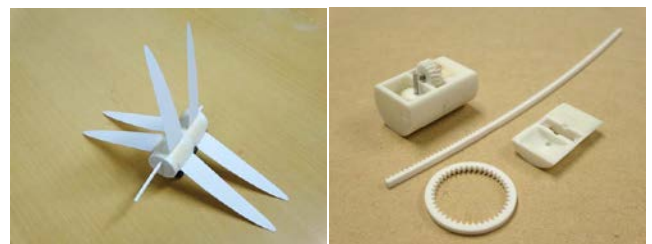


図11 回転機構部プロトタイプⅡ

7.3 回転部動作実験Ⅱ 実験結果

ラックギヤを水平に動かすと、回転部品の外側が回転することが確認された。一方で、グリスを使用することで摩擦抵抗を減らすことはできたものの、歯車の噛み合いが悪く、大きな力を加えないと動かないことも多く見られた。また、ラックギヤは素材が亚克力であり柔軟性に乏しいため、少し力を加えると折れてしまい、リング状として用いるには向かないと判断した。

8. 回転部試作実験

8.1 回転部試作実験 実験目的

回転部動作実験ⅠⅡの結果を踏まえ、回転部品内部に伝動構造を持たせることで、隣り合う回転部品、さらにはその隣の部品へと回転運動を正確に伝達させ、1つの駆動する回転運動からリング状に並ぶ12個の回転部品を同時に等しく回転させることを目的とする。

8.2 回転部試作実験 実験内容

駆動源となるモーターの回転運動を非回転部品内に配置されたクラウンギヤへシャフトを介して直接伝達させる。またこのクラウンギヤは、非回転部品内で回転部品と固定されている平歯車を噛み合わせる。このようにすることで、回転部品から離れた位置にあるモーターから伝動させることを可能にする。また、12個の回転部品への伝動にはラダーチェーンとスプロケットを用いる。スプロケットをモーターとクラウンギヤを繋ぐシャフトに固定し、12個のスプロケットにリング状にしたラダーチェーンを噛み合わせることで、1つの駆動するシャフトから他の11個のシャフト、さらには11個の回転部品へ伝動させることを可能にする。駆動源となるモーター部には、DCモーターを有する田宮模型社(以降タミヤとする)のシングルギヤボックス(4速タイプ)を使用する。また、伝動の正確さを高めるために、歯車とラダーチェーン、スプロケットは、タミ

ヤから発売されているものを使用する。以上の部品をもとにプロトタイプを作成し、モーターを駆動させ動きを確認する(図 12, 13)。



図 12 回転部試作実験プロトタイプ制作の様子

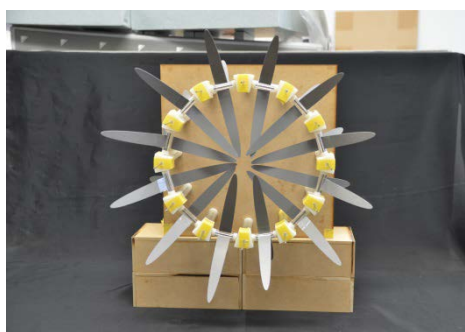


図 13 回転部試作実験の様子

8.3 回転部試作実験 実験結果

12 個の回転部品すべてに問題なく伝動することが確認された。また、伝動時に生じる回転の減衰も確認されなかった。

9. 本制作

9.1 制作手順

- 1) 回転部品の制作
- 2) 稼動部の制作
- 3) 土台の制作
- 4) 組み立て

9.2 回転部品の制作

回転部品は、中密度繊維板(以下 MDF とする)を Roland DG 社の MDX-650A(以下切削機とする)で削り出して作成する。まず、SolidWorks を用いて作成した 3D モデルデータを切削機に入力し削り出す。次に、側面中心位置に回転軸を取り付けるための貫通穴をあける。穴あけ加工には、ボール盤を使用する。スプレー塗料で塗装を済ませた後、貫通穴にステンレスシャフトを挿入し、その一端にタミヤの平歯車(G-22)を取り付ける。同様にして、この回転部品を合計 12 個作成する(図 14)。



図 14 回転部品制作の様子

9.3 稼動部の制作

試作実験の結果を踏まえ、稼動部の制作を行う。尚、稼動部は回転運動を持たせるため、円形形状とする。

稼動部の土台部品とその前面板は、垂直な穴あけを行うために、回転部品の制作と同様に、それぞれ MDF とアクリル板を切削機で削り出して作成する。また、回転部品を支えるとともに内部に配置するギヤで回転方向を変換させる役目を持つ部品と、シャフトの受けとなる部品は、作成した 3D モデルデータを 3D プリンターに入力し、作成する。使用する 3D プリンターは、MICROBOARDS Technology 社の AFINIA H480、使用素材は ABS とし、以下の制作でも同様のものを使用する。さらに、回転部品と土台部品との距離を設ける役割を果たす円筒部品は、アクリルパイプをバンドソーで長さ 120mm に切断して作成する。土台部品を除く部品は上記の方法でそれぞれ 12 個作成する。作成したこれらの部品と直径 2mm のステンレスシャフト、タミヤのクラウンギヤ(G-13)を組み立て、稼動部の表面を完成させる。次に、土台部品の裏側の機構部を作成する。伝動部は試作実験と同様に、タミヤのラダーチェーンとスプロケット、3mm シャフト、異形インラインカラー(2mm 3mm)を使用する。回転部品の駆動には、タミヤのシングルギヤボックス(4 速タイプ)を使用するが、稼動部全体の重心を中心位置から偏らせないために 2 つを使用することとし、土台部品の対称位置に取り付ける。ギヤボックス内のモーターを制御する制御部は、稼動部の軽量化を図るために制作物の土台部分に配置し、そこからリング状に切断した銅板で作成した導電部により稼動部のモーターへと通電させる(図 15)。また、稼動部の回転軸となる 3mm シャフトとクランクアームを中心位置に取り付け、稼動部を完成させる。

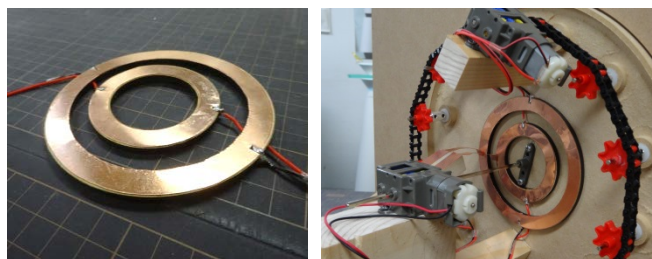


図 15 導電部制作の様子

9.4 土台の制作

稼動部を支え、かつそれを回転させるモーターをはじめとした制御部を有する土台の制作を行う。土台は、切断した 30mm 角の檜材で組んだフレームに MDF とアクリル板を取り付け、作成する。また、回転する稼動部を支えるとともに摩擦を減らすために、ポリ戸車を使用し、稼動部に接するように直下の位置に配置する(図 16)。さらに制御部には、本制作物の動きに変化を与えるとともに鑑賞者とのインタラクションを持たせるために、Arduino Uno、超音波距離センサー(HC-SR04)、モータードライバー(TA7291P)、電池ボックス(単 3 乾電池を含む)、タミヤのシングルギヤボックス(4 速タイプ)を使用する(図 17)。以上で作成した部品は、土台に固定し組み立てる(図 18)。



図 16 ポリ戸車の取り付け

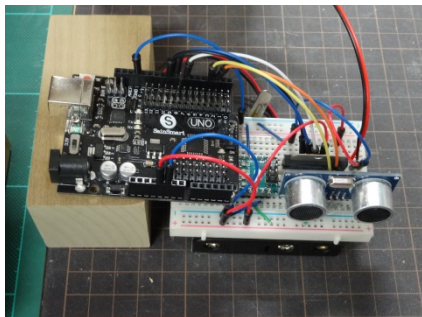


図 17 制御部制作の様子



図 18 本制作の様子

10. 作品概要

回転部品制作、稼動部の制作、土台の制作、組み立ての過程をもとに制作を行う。以下に本キネティックアート完成作品写真と正面から見た動作イメージを示す(図 19, 20, 21)。本制作物は、動きによる造形変化をする作品であるため、実機以外に動画を制作した。



図 19 キネティックアート完成作品写真

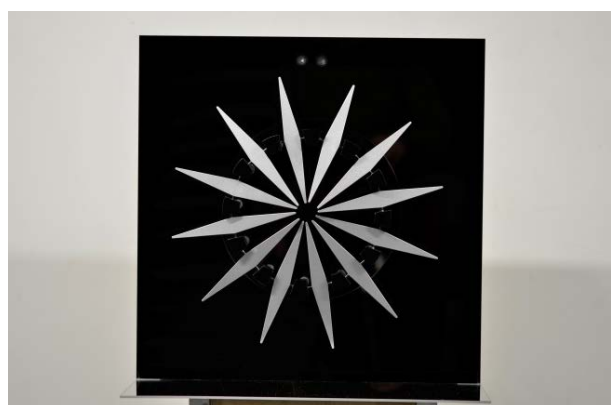


図 20 キネティックアート完成作品写真 正面図

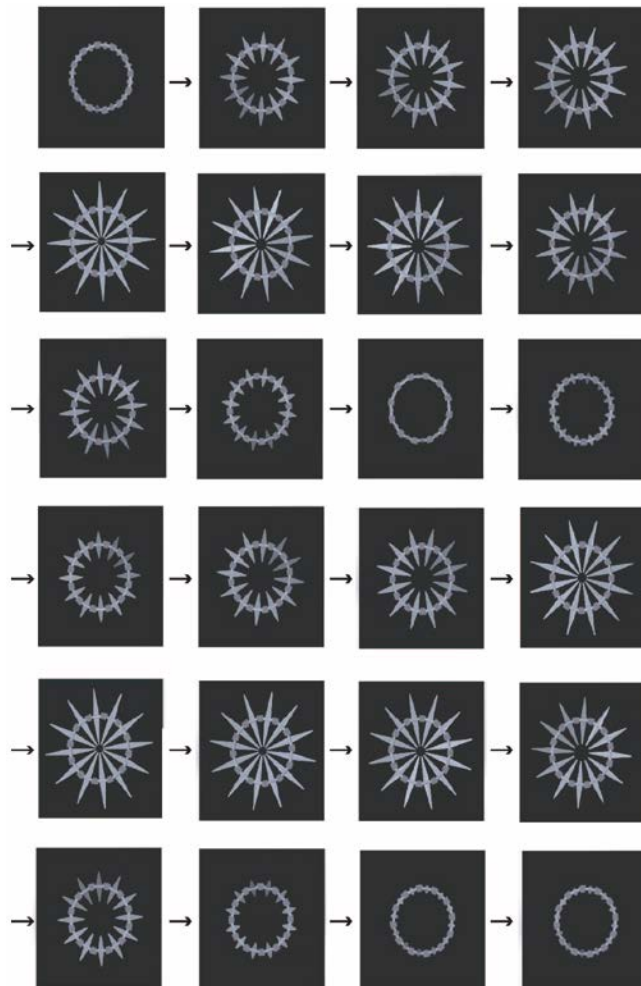


図 21 キネティックアートの動作イメージ

11. おわりに

本研究では、身近に存在するものの美しさの中から、動物の群れの動きなどに見られる創発的な動きの美しさに着目し、循環運動を用いたキネティックアートを制作した。本制作物の動きを見た人々が美しさと思議さを感じ、連続した動きの美しさに改めて気付くとともに、身近に存在する様々なものの美しさを発見するきっかけとなり、それを表現した制作が行われていくことを期待する。

参考文献

- 1) 2階展示室 動く、光る、目がまわる！キネティック・アート, 埼玉県立近代美術館, http://www.pref.spec.ed.jp/momas/?page_id=316, (参照 2016-12-19).
- 2) 不思議な動き キネティック・アート展 ～動く・光る・目の錯覚～, 東郷青児記念損保ジャパン日本興亜美術館, <http://www.sjnk-museum.org/program/past/1486.htm>, (参照 2016-12-19).
- 3) 不思議な動き キネティック・アート展 ～動く・光る・目の錯覚～ 出品リスト, 東郷青児記念損保ジャパン日本興亜美術館, http://www.sjnk-museum.org/wp/wp-content/uploads/2014/07/p076_list.pdf, (参照 2016-12-19).
- 4) 常設作品紹介 伊藤隆道「16本の回転する曲がった棒」, 彫刻の森美術館, <http://www.hakone-oam.or.jp/permanent/?id=12>, (参照 2016-12-19).