

回転体を使用した立体アニメーション生成メカニズムに関する研究

STUDY ON MECHANISM OF THE THREE-DIMENSIONAL ANIMATION GENERATION USING ROTATING BODIES

小山 明 芸術工学部環境デザイン学科 教授
橋本 英治 芸術工学部まんが表現学科 教授
本橋 秀之 芸術工学部映像表現学科 教授
大内 克哉 基礎教育センター 教授
尹 智博 基礎教育センター 助教
バーンバウム アルフレッド 基礎教育センター 客員教授
スモラフスキ ピョートル 元・芸術工学部映像表現学科 実習助手

Akira KOYAMA Department of Environmental Design, School of Arts and Design, Professor
Eiji HASHIMOTO Department of Manga Media, School of Arts and Design, Professor
Hideyuki MOTOHASHI Department of Image Arts, School of Arts and Design, Professor
Katsuya OUCHI Center for Liberal Arts, Professor
Jibak YOON Center for Liberal Arts, Assistant Professor
Alfred BIRNBAUM Center for Liberal Arts, Visiting Professor
Piotr SMORAWSKI Department of Image Arts, School of Arts and Design, Former Assistant

要旨

ステッピングモーターは、定速回転をおこなうモーターとは異なり、デジタル制御により断続的に回転と停止を繰り返すことを目的として開発された特殊モーターである。研究の結果、モーターの種類、制御プログラムの開発、回転体部分（作品）の軽量化を試みることで、直径150mmの円盤に、25個の合計100gのものを載せても駆動することが可能となった。このメカニズムにより、これまでの古典的なストロボを使用した立体アニメーション技術にあらたな表現の可能性が加わることとなった。もはや暗い部屋は不要であり、明るい環境で目の前で物体が動き出すのである。

研究の成果は神戸市と連携して、メディアイベント「KOBE 078」、「MAKERS BAZAAR」に出展し、発表をおこなった。またオランダ、デザインアカデミー・アイントホーフエンと連携して共同研究をおこない、バート・ヘンゼル氏の来日に合わせてその成果を展示、関連したワークショップを開催した。研究のコアとなるモーターの制御プログラムはWEBおよび印刷物で公開している。

また、2018年5月には国際写真展「KYOTOGRAPHIE KG+」に出展し、作品としての発表をおこなった。

Summary

Unlike a motor that performs constant speed rotation, the stepping motor is a special motor developed for the purpose of repeatedly rotating and stopping intermittently by digital control. As a result of the research, we tried to reduce the weight of the rotating body part by developing the type of motor, the control program, and driving weight even if loading 25 pieces totaling 100 g on a disk of 150 mm in diameter. It has become possible. With this mechanism, the possibility of new expression is added to the three-dimensional animation technology using classical strobe. The dark room is no longer needed, and the object moves in front of you in a bright environment.

The results of the research collaborated with Kobe City and exhibited at the media event "KOBE 078", "MAKERS BAZAAR", and made an presentation. In collaboration with the Design Academy Eindhoven in the Netherlands, he collaborated with the workshop to display the results of Mr. Bart Haensel as he came to Japan and held related workshops. The control program of the motor, which is the core of research, is released on the web and printed matter.

In addition, in May 2018 I participated in the international photo exhibition "KYOTOGRAPHIE KG +" and made a presentation as a work.

1 研究の目的と方法

ステッピングモーターは、定速回転をおこなう通常のモーターとは異なり、デジタル制御により断続的に回転と停止を繰り返すことを目的として開発された特殊モーターである。プリンターのヘッドをこのモーターで正確に動作させることにより、解像度の高い文字やグラフィックスが印刷されることからその精度は非常に高い。

本研究はこの高精度なモーターを使用して、接続した水平な回転盤上に平面アニメーションを生成する映像メカニズムを開発すること、さらにはこの回転盤上に連続する3次元立体を配置し、それによる立体アニメーションを生成するメカニズムを開発することにある。

この方法により、暗い空間においてストロボを使用する現在の立体アニメーションとは根本的に原理の異なる映像生成メカニズムを構築することが可能となる。明るい環境においても太陽のもとでも立体アニメーション像の生成が可能となる。

この理論の実用化に際して最も困難な問題は、モーターによって駆動される円盤の質量である。当然のことながら、本研究におけるステッピングモーターは「急加速」と「急停止」を繰り返すことにより視覚に残像を作り出すので、本来的に円盤の重量が作り出す慣性モーメントを嫌う。円盤およびその上部の荷重(25個の物体)はより軽いほどアニメーションはより正確に動作する。また同じ重量でも円盤の直径や荷重配置も大きな影響を与える。

橋本英治が論文「Phenakistoscope とそのテクノロジー」(神戸芸術工科大学紀要『芸術工学 2015』)の執筆時に最初の実験をおこなったとき、円盤は直径100mm、1gの重量をもつ薄い紙製のもので、アニメーションは平面のものでしかなかった(図1~3)。本研究はそこから始め、モーターの種類、制御プログラムの開発、回転体部分(作品)の軽量化を試みることで、現在は直径150mmの円盤に、25個の合計100gのものを載せても駆動することが可能となっている。このメカニズムにより、これまでの古典的なストロボを使用した立体アニメーション技術に新たな表現の可能性が加わることとなった。もはや暗い部屋は不要であり、明るいところで目の前で物体が動き出す。

あらゆるステッピングモーターは1ステップ何度というそれぞれ独自の規格を有している。多くのものは1ステップで1.8度回転する。つまり200ステップ進むことで1回転することになる。このモーターを使用した場合、8ス

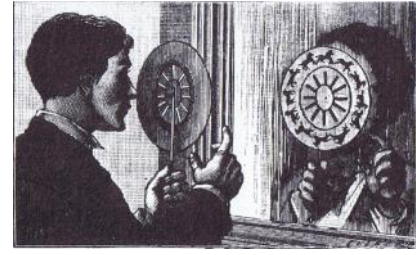


図1)、2) 鏡を使ったフェナキストスコープ(上)と鏡を使わないゾートロープ(下)と呼ばれる映像装置。スリットが通過する短い瞬間に正面の図が見え、残像となり連続的な映像を構成する。

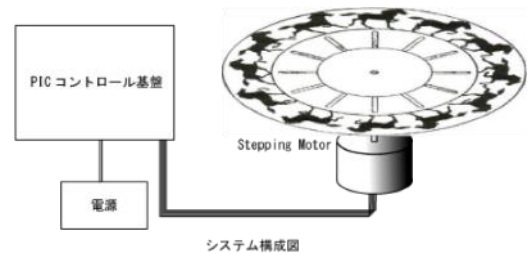


図3) 回転盤・ステッピングモーター・制御基盤の関係を示す図。制御は軽い円盤の場合、Arduinoという簡易な制御基盤でも行うことができる。概念的には矩形波のように瞬時に加速し瞬時に停止するが、現実の世界では質量が伴うため、制御プログラムの開発には度重なる試行が必要とされる。



図4)、5) 既成の木製クリップを使用した作品「クリップダンス」(上、小林清美)とレーザーカッターで回転木馬の動きを切り出して制作した作品「メリーゴーランド」(下、竹綱沙祐果)。

テップ連続の「回転」と「静止」を繰り返すと1回転で25コマのアニメーションが可能となる。現在は、世界初の実用化を目指して「直径300mm、300g」の開発実験を続けており、これも達成されている(図4、5)。

研究グループは一方で、古典的なストロボを使用した立体アニメーションの新たな展開を目指した研究を進めている。すなわち、技術の普遍化である。現在 Arduino などの超小型で安価な自律型コンピュータ基盤と軽量な LED を使用することにより、ストロボ効果を使った立体アニメーションのキットはコンパクトかつ安価に提供することが可能となっている。問題はモーターである。こちらのモーターはステッピングモーターとは全く逆に、完全な定速で回転が与えられないと立体像は揺らぐ。そこで現在研究を進めているのはレコードプレーヤーを使用した立体アニメーションのシステムである。レコードは完全な定速で回転しないと音が歪むためそれを載せるレコードプレーヤーは定速で回転する装置として世界中に確立されている。モーターは非常に強力であり300g程度のものは余裕をもって回すことが可能である。すなわち、ここでレコード盤と同じサイズ、直径300mm、重量300gの規格が、少し先の未来には想定されることになる。ステッピングモーターを使用した立体アニメーションの技術とレコードプレーヤーを使用した立体アニメーションの技術は今後、お互いに様々な情報を共有しながら展開していくことになる。

2 メディアイベントにおける技術の公開

神戸市からの依頼により、以下のメディアイベントに参加、技術の公開を目的とした展示を行った。

A) 「KOBE 078」: KIITO (デザイン・クリエイティブセンター神戸、2017年5月、図6~14)

B) 「MAKERS BAZAAR OSAKA」: ATC (アジア太平洋トレードセンター、2017年7月、図15~22)

会場では技術情報を公開するため、制御プログラムを記載したパンフレットを制作し、配布した。

強力なモーターを使用して150mmの円盤に25コマの連続する立体物を配置したものと、軽量円盤の表面に連続する画像をレーザーカッターで描いた平面的なものとの2種類、計10作品の展示を行った。可搬性と展示空間のインスタレーションの自由度を考慮し、展示装置はすべて三脚を使用した。作品は本橋秀之の原画をもとに制作した。



図6)、7) 「KOBE 078」は音楽・映像・テクノロジーの総合イベント(左)。市内各所の会場で同時開催される。右は配布したパンフレット。「KINO CYCLES」は本研究のプロジェクト名。



図8)、9) KIITO 会場入り口(左)及び内部風景。情報関連機器メーカー、情報関連の研究機関・教育機関のブースが並ぶ(右)。



図10)~13) 4m×4mの面積のブースに合計10点の作品の展示をおこなった(上)。訪問者は情報関連技術者が多い(下)。

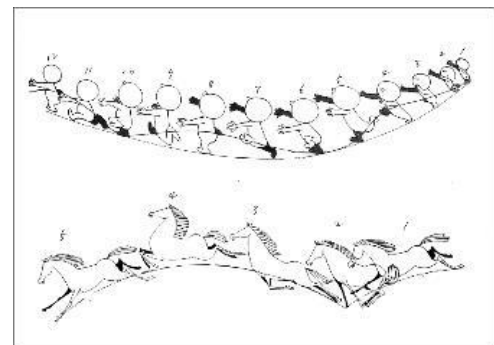


図14) 本橋秀之によるメリーゴーランドの原画。回転盤のアニメーションはループになるため、最初のコマと最後のコマは連続している必要がある。



図 15)~17) アジア太平洋トレードセンターで開催された MAKERS BAZAAR (上) にはエンジニアから理系の小学生まで幅広い来訪者があった。明るい場所で動く立体アニメーションは世界初の試み(下)。



図 18)~20) メカニズムの解説をおこなう竹綱(左)と小林(右)。「メリーゴーランド」は木馬が上下するだけではなく、マイブリッジの馬と同様に脚の細かな動きまでもが再現されている。下は子供達に解説をおこなう八尾氏(神戸市)。



図 21)、22) 3D モデリングソフトで作られた連続立体モデル(ピョートル・スモラフスキ、左)とプログラミングで自動生成された立体モデル(尹智博、右)。

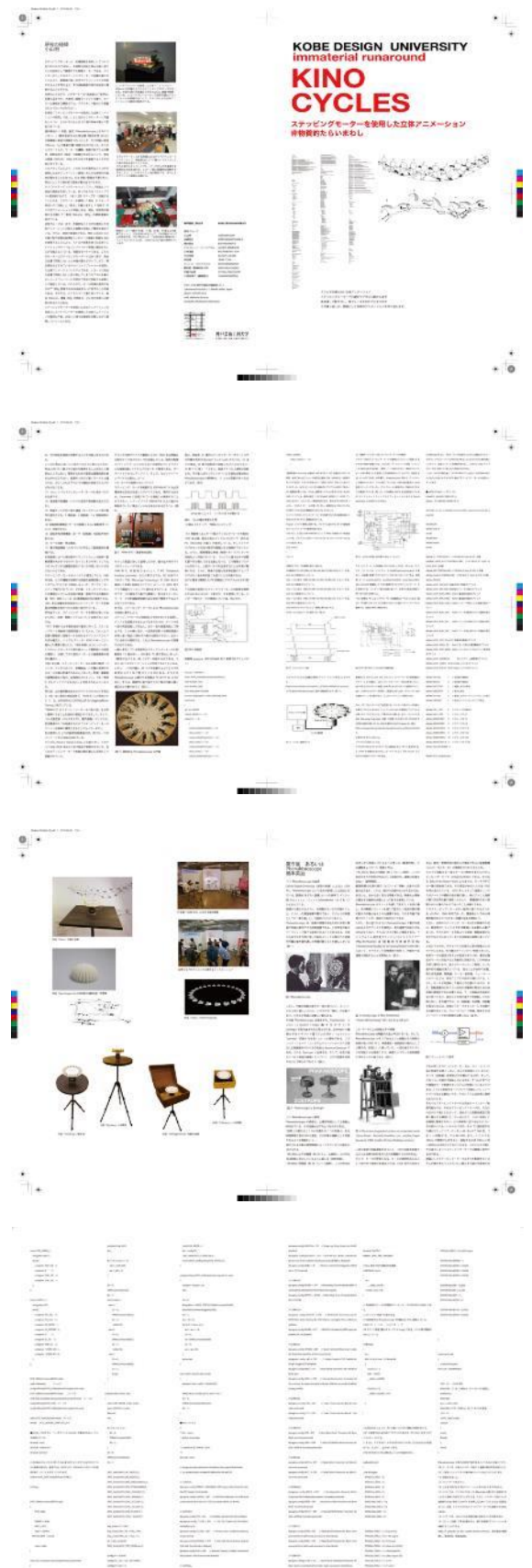


図 23)~26) 解説パンフレット。橋本による技術的な解説テキストとステッピングモーターを制御する全プログラムを掲載。

3 海外大学との共同研究及び教材の開発

本研究は新しい映像の可能性を追求する実験的な装置開発の研究であるが、その研究のコアとなる部分はプログラミングにある。円盤とその上に配置された25個の連続して変化するフィギュアの総重量、配置によるモーメント、それに対応するモーターの加速・減速・停止をどのように制御するかがプログラムのアルゴリズムを構成している。すなわち、この部分に関しては国際的な共通言語であるコンピュータ言語がプラットフォームである故に、国際共同研究が可能となる。本研究ではオランダ、デザインアカデミー・アイントホーフェン (Design Academy Eindhoven) と連携して以下のような共同研究と教材の開発をおこなった。

- A) 本学より「モーター・制御基盤・円盤・英文マニュアル」より構成される開発キットを送付 2017年9月
 - B) オランダ側で教員と数名の学生から構成される研究グループが作品を制作 2017年9月-12月
 - C) オランダ側教員の来日に合わせて、オランダ・日本双方の作品を本学で展示。ヘンゼル (Bart Haensel) 氏の特別講義とワークショップを開催 2018年2月
- これらの過程においては、プログラミングの初心者でも理解が可能なマニュアルの制作、その英語版の制作をおこなった。これはそのままプログラミングの教育にも応用が可能なものである。ワークショップでは、プログラミングで回転盤上に展開する映像の制作をおこない、大内克哉・尹智博がその指導をおこなった (図27~35)。

4 国際展における技術の公開

アルフレッド・バーンバウム の提案により2018年4月から1ヶ月間京都で開催された「KYOTOGRAPHIE KG+」国際写真展において作品の展示をおこなった。旧淳風小学校の教室という比較的広い展示スペースには、これまで小山明と小林清美 (本学非常勤講師) が数年間制作してきた「CINEMA OBSCURA」の映像作品と「KINO CYCLES」の2種類、人間の視覚構造に関わる技術的な作品の展示を行った。「KINO CYCLES」には竹綱沙祐果 (大学院2年) と小林、尹による3つの作品を展示した。会場構成は小林の構成案をもとに小茂田靖子 (ファッションデザイン学科4年) が製作を進め、布を使用したインスタレーションをおこなった。布は黒色の素材を使用し、天井から床までの高さが2mを超える長さのものを制作し、遮光と空間構成の要素とした (図36~41)。

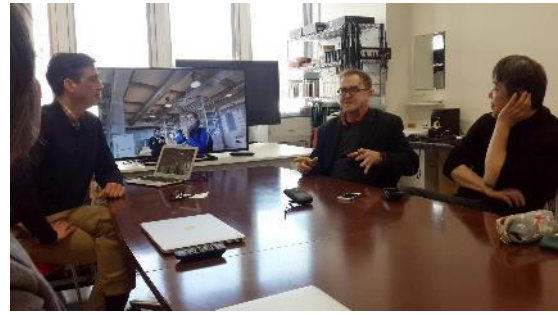


図27) 左からデザインアカデミー・アイントホーフェンのパートナー・ヘンゼル氏、アルフレッド・バーンバウム、小山。オランダ側チームの制作風景をビデオ映像で解説。



図28)、29) 大学ロゴ (左) と今回制作された映像 (右)。

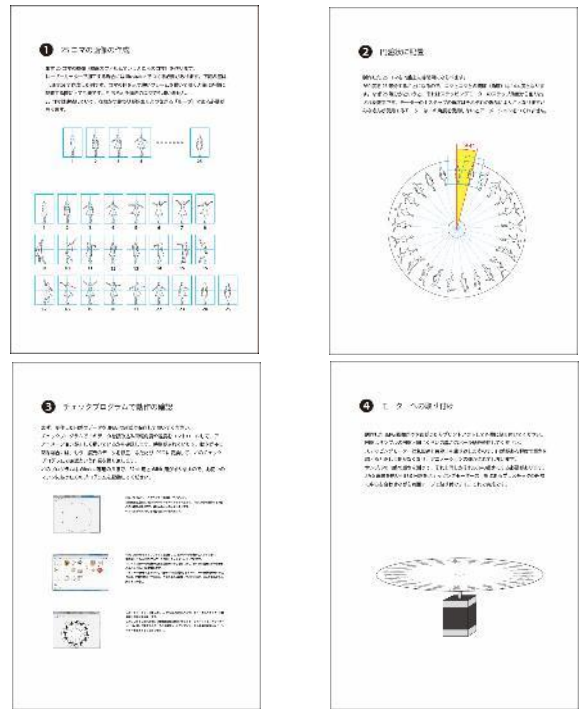


図30)~33) 連続画像の作り方を解説する4ページのマニュアル。この英訳版・ステッピングモーター・制御基盤のセットが神戸からオランダに送られ、そこから共同研究がスタートした。



図34)、35) ワークショップ参加者とギャラリー・エスペース KDU における展示の状態。奥に当日制作したアニメーションがプロジェクションされている。

5 まとめ

本研究は前述のように、橋本（映像理論）の論文で発案されたステッピングモーターを使用した新しい映像装置理論の現実化をおこなう試みである。アナログ空間の中でデジタルな動作をおこなう回転盤が作り出す「映像」のアイデアは、フィルムと同様に「残像」という人間の視覚の構造に結びついた古典的なものであると同時に、一方でそれがデジタルに制御されるという点において革新的であり、これからの映像技術に大きな可能性を与えるものであると考えられる。

また、本研究ではアニメーター、物理学者、建築家、アーティストが参加してこのアイデアの作品化の試みをおこなった。

図版出典：

- 図 1)、2) ジョルジュ・サドゥール、『世界映画全史』1、国書刊行会、1992、p.39、42
- 図 3) 橋本英治、「Phenakistoscope とそのテクノロジー」、『神戸芸術工科大学紀要「芸術工学 2015」』、2015
- 図 4) ~41)、小山明



図 36) KYOTOGRAPHIE KG+は毎年4月から1ヶ月間開催される国際写真展。美術館、町屋、ギャラリー、寺社など様々な会場で展示が行われる。



図 37) 旧淳風小学校の教室に映像作品「CINEMA OBSCURA」と共に展示された3つの「KINO CYCLES」の作品。



図 38) 展示アイデアスケッチ (小林)



図 39)、40) 解説パンフレット (A4、4頁)。「CINEMA OBSCURA」は小山・小林のユニットによるピンホール映像作品。



図 41) インスタレーション設営作業。遮光を目的とした黒い布を床から天井までの高さ分よりさらに2m長く製作し、それによって空間を構成している。布は糊で固め、厚みのある素材感と立体感を作り出している。左より小山、小茂田、小林、大内。