

作品論文

# 浮世絵の3次元CGアニメーション化の試み

角 康之<sup>1,a)</sup> 名生 圭佑<sup>1,†1</sup> 松村 耕平<sup>1,†2,b)</sup>

受付日 2014年1月15日, 採録日 2014年5月26日

**概要:** 本稿では, 2次元の絵画作品をコンピュータグラフィクスによって3次元アニメーション化する試みを紹介する. 対象とする絵画作品として浮世絵, 具体的には歌川国芳の「みかけハこゝろがとんだいゝ人だ」を題材にする. この作品は, 一見すると1人の男性を描いたように見えるが, よく見ると10数名の男性が寄り集まって大きな大人物を表現しているだまし絵になっている. 本研究では, この作品を複数人物の登場する3次元CGアニメーションにする. そうすることで, 特定の視点から描かれた浮世絵作品を異なる視点から見てみたり, 作品として残された瞬間の前後の物語を想像したり, また, 登場人物の1人の視点に乗り移ってみたり, という参加型の鑑賞が可能になると考えられる. 本稿では, 登場人物のCGモデルの作成, モーションキャプチャシステムを用いたモーションの取得, 複数モデルが登場するアニメーションの時空間編集などの一連の作品制作のプロセスを説明する. そして, 作成されたCG作品のバリエーションとして, 作品鑑賞のための視点変化や重力シミュレーションの導入, 登場人物のキャラクター変更などの例を紹介する.

**キーワード:** 浮世絵, コンピュータグラフィクス, モーションキャプチャシステム

## Animating Ukiyo-e Painting by 3D CG

YASUYUKI SUMI<sup>1,a)</sup> KEISUKE MYOU<sup>1,†1</sup> KOHEI MATSUMURA<sup>1,†2,b)</sup>

Received: January 15, 2014, Accepted: May 26, 2014

**Abstract:** This paper presents a novel way of art appreciation by transforming 2D painting into 3D computer graphics. We chose a famous Ukiyo-e work titled “many people are assembled to create one good person” drawn by Kuniyoshi Utagawa in the Edo period. The painting provides an illusion that it seems a one man but shows many (over ten) persons assembled to create the one person. We attempted to create 3D CG animation that shows the many persons being assembled into the one big person. Our aim is to provide a novel ways to appreciate the Ukiyo-e work by viewing the scene from various viewpoints and creating a story behind the assembling of many people. The paper describes processes of CG production, i.e., CG modeling of characters, motion capturing, spatio-temporal editing of animation. We also show several variation of CG works such as gravity simulation and replacement of characters.

**Keywords:** Ukiyo-e, computer graphics, motion capture system

### 1. はじめに

本研究では, 浮世絵の新しい鑑賞体験を可能にするために, 作品の空間構造のコンピュータグラフィクス (CG) による3次元化を試みる. 具体的には, 歌川国芳のだまし絵として有名な「みかけハこゝろがとんだいゝ人だ」(図1)を題材にする.

この作品は, 遠目に見ると1人の男性に見えるが, よく見ると10数人の人が組体操のように重なり合っている.

<sup>1</sup> 公立はこだて未来大学  
Future University Hakodate, Hakodate, Hokkaido 041-8655, Japan

<sup>†1</sup> 現在, レッドフォックス株式会社  
Presently with redfox, Inc.

<sup>†2</sup> 現在, 立命館大学  
Presently with Ritsumeikan University

a) sumi@acm.org

b) matsumur@acm.org



図 1 歌川国芳作「みかけハこはるがとんだい、人だ」

Fig. 1 “Many people are assembled to create one good person” by Kuniyoshi Utagawa.

そこで、実際に複数人の人が組み合わさっていく様子を映像化したいと考えた。CG で再構成することにより、1つの視点から描かれた浮世絵作品を異なる視点から見られるようになり、さらに、登場人物の動きも想像しながら新しい作品解釈を可視化できると考えた。具体的には、以下のような参加型の鑑賞が可能になると考える。

- 鑑賞者がインタラクティブに様々な角度から見ることを可能にする。国芳の作品は、特定の1点（距離・角度）から見ることにより、大きな男の人が浮かび上がる。別の視点から見ることで登場人物たちの組み合わせの滑稽さや、不自然さを楽しむことができるであろう。
- 複数の人が登場し、次々に組み合わさって大きな人物を作り上げていく、あるいは、そこからくずれていく過程をアニメーションとして可視化する。そうすることで、作品として描かれた瞬間だけでなく、作品の背景にありうるであろう「物語」を創造することが可能になる。
- 特定の登場人物の視点に乗り移ることができるようにする。そうすることで、第三者的な視点での鑑賞から、作品の内部で疑似的な体験をすることが可能になると考えられる。

本稿では、上記を実現するために、登場人物のCGモデルの作成、モーショキャプチャシステムを用いたモーションの取得、複数モデルが登場するアニメーションの時空間編集などの一連の作品制作のプロセスを説明する。そして、作成されたCG作品のバリエーションとして、作品鑑賞のための視点変化や重力シミュレーションの導入、登場人物のキャラクター変更などの例を紹介する。

## 2. これまでの試みと本研究の意義

我々は、チームラボ<sup>\*1</sup>が制作したNHK番組「美の壺」のオープニングビデオ<sup>\*2</sup>に大きな刺激を受けた。そのビデオでは、「美の壺」という文字が3次元空間上に描かれていく様子、そして、本来は2次元平面に描かれたであろう「書」が3次元の様々な視点から見られることによる意外性を演出している。我々が本研究で試みたのは、国芳の作品についても同様の演出、つまり、あえて異なる視点から見始めて、視点を移動しながら最終的に作品視点に移動することで、作品鑑賞体験としての驚きを演出することである。

福田美蘭は、著名な絵画（マネの「草上の昼食」など）の中の人物の視点に乗り移った一連の作品を発表している。西洋絵画は、遠近法などを利用して初めから3次元構造を意識した構図で描かれることが多いので、出来上がった作品における構造的意外性による驚きは少ない。しかし、浮世絵は正確な3次元構造を再現した描かれ方をしていないため、それをあえて3次元化し、疑似的にその作品空間の中に入れるようになると、力学構造の破たんや絵画的なトリックなどの新たな発見を促すと期待される。

浮世絵の構図の面白さに注目した既存研究として、久保らの試み [1] がある。透視図法に従わない浮世絵ならではの構図を、風景写真や西洋絵画に適用することで、鑑賞者の注目対象の自由度を高めている。また、大和田ら [2] は、エッシャーのだまし絵のような、実世界では存在不可能と思われる物体を、視点移動によるトリックによってCG空間内に表現する手法を提案している。これらの試みは、浮世絵やだまし絵を3次元CG空間内に可視化することで、鑑賞者に意外性を提供するという点で、大変興味深い。我々の試みは、同様の問題意識の上に、絵画作品中の登場人物たちの動作アニメーションを加えて、作品に物語性を加えることが特徴である。

国芳の同一作品を題材としたオマージュ作品はいくつか存在する。たとえば、テレビ番組の朝日放送「探偵ナイトスクープ」やNHK「新日本美術館」では実際の複数人物で同作品の再現を試みた。しかし、そこでは物理的な制約から、平面（床）に寝ころびながら疑似的な「大人物」の可視化をするにとどまっている。また、クレイアニメーションによって同作品を再現する試みもみられる<sup>\*3</sup>。しかし、インタラクティブな鑑賞を可能にしたものは見当たらない。

我々は、国芳の作品をCG空間に再現することにより、リアルかつインタラクティブな鑑賞を可能にしたい。いったんコンピュータ内に作品世界が実現されれば、登場人物を変更したり、疑似的にその中の1人として参加するなど、様々な作品の楽しみ方が可能になるであろう。

\*1 <http://www.team-lab.com/>

\*2 <http://vimeo.com/3969673>

\*3 たとえば <http://youtu.be/RrM7biUHH4o>

本研究では、組体操に参加する複数の登場人物の動作アニメーションを実現するために、モーションキャプチャシステムを利用する。一方、CGアニメーションのキャラクター動作のリアリティを高めるためにモーションキャプチャシステムを利用することは一般的な方法である。これまでも、舞踊などの無形文化財のデジタルアーカイブ [3]、ダンスの新しい振付動作の創出への利用 [4] などがなされてきた。しかし従来の試みの多くは、1人もしくは多くても2, 3人程度のモデルのキャプチャを行うものである一方で、本研究では20体程度の複数モデルの組体操をCG化する必要がある。そこには、1人ずつの動作をキャプチャし、それらを後で編集する難しさがある。

### 3. 浮世絵の3次元アニメーション化の流れ

本研究では20体程度の複数モデルの組体操のプロセスをアニメーション化する。複数人の登場人物の動作やポーズはCGモデルで実現する。登場人物の動作やポーズは光学式モーションキャプチャシステムで取得する。しかし、光学式モーションキャプチャシステムでは、カメラの陰に隠れてしまった部位の動作を記録できなくなってしまうため、体の接触性が高い複数人物の動作を同時にキャプチャすることは困難である。また、今回モチーフとする国芳の作品では、力学的に実現が困難と思われる組体操を行っているため、そもそも現実の複数人が組体操をすることはきわめて難しい。

そこで、1人1人の動作やポーズを別々にキャプチャし、それらをコンピュータ内で合成することとする。その後、コンピュータ内で、それらの時間的・空間的な関係を疑似的につなぎ合わせる。しかし、他の登場人物がいないところで1人だけで動作を演ずると、時間的・空間的なずれがどうしても生じてしまうため、それらをコンピュータ内で編集し直す工夫が必要となる。

具体的には、以下のような流れで「みかけハコハるがとんだい、人だ」の3次元アニメーション化を試みた。本稿では、以下、この流れで各作業の内容を説明する。

- (1) 紙粘土による試作：組体操に必要な登場人物の人数や組み方の検討を行う。
- (2) 各登場人物のCGモデル作成：各登場人物の体格や特徴に合わせたCGモデルを作成する。
- (3) 各登場人物のモーションの取得：各登場人物の歩行や組体操に関わるモーションデータを作成する。
- (4) 各モデルへのモーションの割り当て：各CGモデルに上記のモーションデータを貼り付ける。
- (5) 複数登場人物モデルの動作の時空間編集：複数の登場人物の登場のタイミングや体の組み合わせを編集し、作品全体の台本を作成する。
- (6) 映像のレンダリング：視点変化や照明条件をシミュレーションしながら組体操の過程ビデオを作成する。



図2 粘土による試作

Fig. 2 Prototyping with clay.

### 4. 紙粘土での予備検討

紙粘土による試作(図2)を通して、組体操に必要な登場人物の人数や組み方の検討を行った。物理モデルによって浮世絵作品の実現を試みて、以下のことが分かった。

- 登場人物各人の体格に大きな違いがあることが確認された。
- 登場人物同士が体のどの部位で支え合っているかが確認され、場所によっては力学的にかなり無理のある組み方をしていることが分かった。
- 組体操として支え合うには、浮世絵作品では見えていない背景の人物が必要となることに気づいた。具体的には、浮世絵から読み取れる登場人物10人に加えて、裏に隠れている黒子が10人必要であると判断した。

これ以降、コンピュータの中でのCG作成作業の過程においても、何度もこの粘土モデルに立ち返って作業を見直す必要があり、紙粘土を利用した予備検討は重要であった。

### 5. 3次元CGモデルの作成

CGアニメーションを制作するための準備として、各登場人物の体格や特徴に合わせたCGモデルを作成した。前述したとおり、20人の登場人物を準備する必要があると考えた。2次元の浮世絵からは容易には読み取れないのだが、いざ粘土で物理モデルを試作してみると、各登場人物の体格は大小様々であり、また、痩せ身で手足の長い人物もいれば、でっぷりとした人物もいることが確認できた。そこで、なるべくそれらの体型や特徴を活かしたモデルを作ることを試みた。

具体的には、DAZ 3D Inc.\*4のDAZ Hexagon 2.5を利用し、登場人物のCGモデルを作成した(図3)。このツールでは、老若男女のいくつかのサンプルが提供されているので、標準的な大人の男性モデルを基にして、個別の体型変形を試みた。

\*4 <http://www.daz3d.com/>



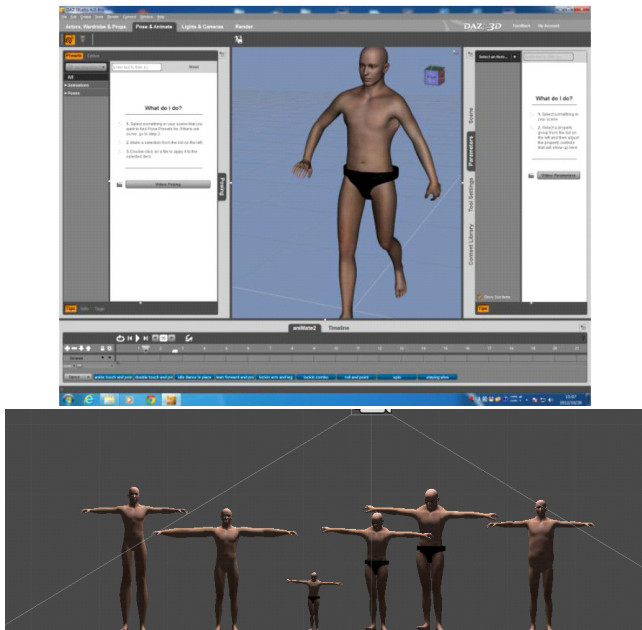


図 3 登場人物の CG モデリング  
Fig. 3 CG modeling of characters.

また、このツール上でふんどしやちょんまげといった身体以外のパーツを作成し、それを装着させることとした。体型にしても、それらのパーツにしても、細かい調整や形状変化のリアリティは満足いくものではなかったが、今回はミクロ的なリアリティよりもマクロ的な構成編集の作業に注力することとした。

## 6. モーションの取得

各登場人物の歩行や組体操に関わる動作のモーションデータを作成した。モーションキャプチャには、光学式モーションキャプチャシステム (NaturalPoint 社の OptiTrack) を利用した。光学式モーションキャプチャシステムでは、カメラの陰に隠れてしまった部位の動作を記録できなくなってしまうため、体の接触性が高い複数人物の動作を同時にキャプチャすることは困難である。また、今回モチーフとする国芳の作品では、力学的に実現が困難と思われる組体操を行っているため、そもそも現実の複数人が組体操をすることはきわめて難しい。

そこで、1人1人の動作やポーズを別々にキャプチャし、それらをコンピュータ内で合成することとした。また、動作をなるべく流用性の高い単位で、たとえば、歩行、よじのぼり、寝ころび、座りといった動作単位でデータベース化することで、後のアニメーション編集の柔軟性を高めることとした。

図 4 は、モーションキャプチャシステムを利用して身体動作を取得している様子である。この例では、16個のカメラで囲まれた空間の中で、20数個のタグを付けた黒いタイツを着た演者が他人の上によじ登る動作を記録している。

3メートル程度の歩行や、1メートル程度の高さの移動

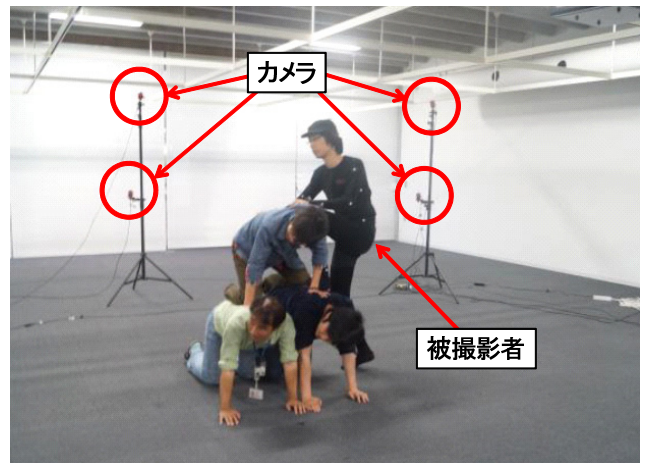


図 4 モーションキャプチャシステムによる身体動作取得  
Fig. 4 Motion capturing of individual characters.

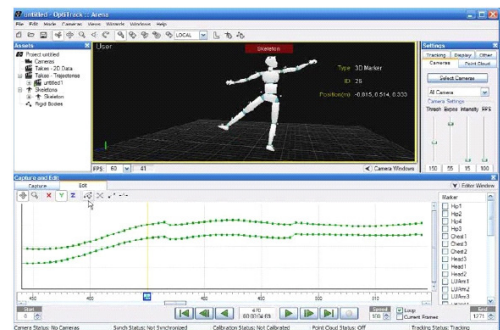


図 5 取得されたモーションデータの後処理  
Fig. 5 Postprocessing of captured motion data.

(よじ登りなど) をキャプチャするには、直径5メートル程度の広さのキャプチャエリアが必要であり、そのためには、直径10メートル強のエリアを確保する必要があった。また、演者は同時には1人ずつであったが、モーションキャプチャシステムのオペレーション担当や、演技を補助するサポーター数名が必要であった。モーションデータの取得には、2回に分けて、1回あたり5、6時間をかける必要があった。

組体操の過程を再現(創造)するために、人や台を使って上下移動やよじ登り運動を演出する工夫をした。演者が身体につけているタグが隠れないように(特に腰のタグが隠れるとキャプチャに失敗してしまうため腰のタグが隠れないように)、腰の部分を開けた複数の箱の上で寝ころびの動作を行うなど、様々な工夫が必要であった。

モーションデータは、取得したままだと各タグの3次元座標の移動データの羅列でしかない。これらを組み合わせ、人間の身体モデルを想定した統合をする必要がある。そこで、OptiTrack 付属の Arena (NaturalPoint 社のフルボデイモーションキャプチャソフトウェア) を使って、モーションデータのスケルトン化を行った(図 5)。

また同時に、ノイズの修正、欠損部分の穴埋めなどを行った。モーションキャプチャ時のノイズの例としては、

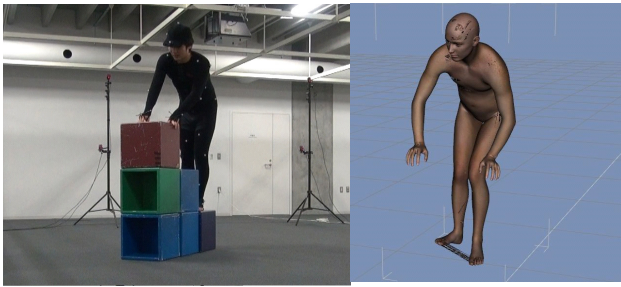


図 6 CG モデルへのモーシヨンの割り当て

Fig. 6 Attachment of motion data to CG characters.

手や足の一部が裏返ってしまう例が多かったので、それらについてはこの作業の中で編集し直した。

作業の結果、歩く、前かがみになる、またぐ、しゃがむ、登る、はいはいする、寝る、座る、かかえるといった 20 種類程度の動作をデータベース化することができた。これらの作業には 1 人週間程度の時間を要した。

## 7. モデルへのモーシヨン割り当て

ここまでで、基本的な CG 人物モデルと、動作アニメーションのための基本データを用意できた。ここでは、各 CG モデルにモーシヨンデータを貼り付ける。

具体的には、DAZ 3D Inc. の DAZ Studio 4 を利用し、登場人物の CG モデルに、モーシヨンキャプチャデータの割り当てを行った。AutoDesk 社<sup>\*5</sup>の MotionBuilder の利用も検討したが、MotionBuilder の場合は身体パーツとモーシヨンデータの割り当てをすべて手動でやらなければならないのに対し、DAZ Studio は半自動でモーシヨンデータを 3D キャラクターモデルに貼り付けてくれる。そのためには、一連の動作単位では動作の細かい変更をするのが難しくなるため、やや柔軟性に欠けるのではあるが、全体の作業効率や、上流作業でモーシヨンデータを構築した OptiTrack との相性から、今回はこのような組み合わせでアニメーション制作を行った。

図 6 は CG モデルへのモーシヨン割り当ての例である。左の写真がモーシヨンデータを取得しているときの様子を撮影したものである。右の CG 画面スナップショットが、モーシヨンデータを割り当てた CG モデルが動作を再現している様子である。

## 8. 複数モデル動作の時空間編集

ここまでは個別のモデルの準備と、それらへのモーシヨンの貼り付け作業について説明してきた。次に、これらの複数の登場人物の登場のタイミングや組体操の空間的關係を編集し、ビデオ作品全体の台本を作成する作業について説明する。

我々は、Unity 社<sup>\*6</sup>の Unity 4 を利用して、複数の登場

<sup>\*5</sup> <http://www.autodesk.com/>

<sup>\*6</sup> <http://unity3d.com/>

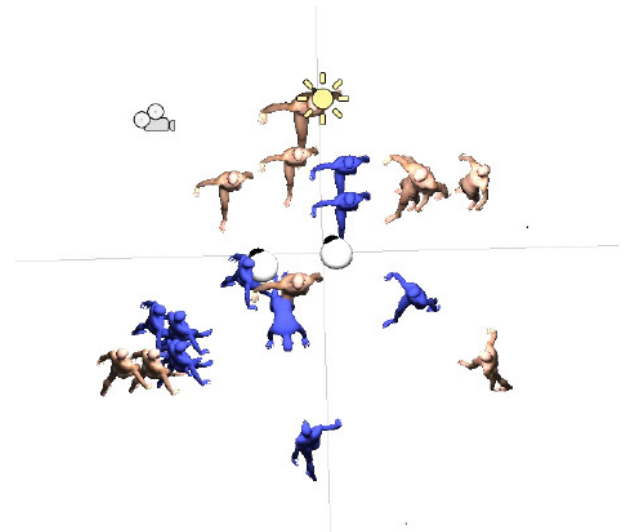


図 7 複数の CG モデルの登場タイミングや位置の調整

Fig. 7 Tempo-spatial editing of characters' behavior.

人物モデルのアニメーション編集を行った。編集の基本的な作業は、複数の行動要素（歩く、しゃがむ、仰向けになるなど）を組み合わせて一連の動作とすることである。

モーシヨンキャプチャによるモーシヨンデータ取得の際には、他の登場人物の存在や動作を意識しながら動作を演じたとはいえ、実際にはそこには存在していないため、どうしても時間的、空間的にずれが生じてしまう。そこで、登場人物同士の登場のタイミングや身体的接触性の辻褄が合うように、動作要素の時間幅の調整や空間的なずれの補正を行う必要があった。具体的には、動作の間引きや間延び、また、場合によっては繰り返しを加えることで、時空間的ずれの解消を試みた。作業を始めてからどうしても足りない、あるいはずれが大きすぎる動作については、モーシヨンキャプチャをやり直した。

Unity を利用して、複数モデルの位置、高さ、時間、モーシヨンを調整し、カメラ視点、照明の編集を行った。図 7 は、複数モデルの登場のタイミングや位置の調整を行い、照明やカメラの位置関係を設定しているときの画面スナップショットである。

複数モデルの動作の時間編集には、図 8 に示したような台本をあらかじめ用意して作業した。

複数人物モデル間の空間的な位置調整は、大まかには手作業で編集を行い、細かい調整はモデル間の衝突判定のための物理シミュレーションを利用した。そのために、モデル同士が互いにめり込み合ったりしないように、各モデルを剛体 (rigid body) として定義した。これらのことは Unity の機能を利用した。

Unity は、リアルタイム 3D アニメーションやゲーム、建築プレゼンテーションといった CG 環境構築のための統合開発環境である。Unity は光源や重力といった実世界での制約が、プログラムで再現できるという利点がある。また、



モデルの担当	0-5秒	6-10秒	11-15秒	16-20秒	21-25秒	26-30秒	31-35秒	36-40秒	41-45秒	46-50秒	51-55秒	56-60秒
口	口の動き	口の動き	口の動き									動作完成
鼻			鼻の動き	鼻の動き	鼻の動き							動作完成
あご		あごの動き										動作完成
みみ		耳の動き	耳の動き	耳の動き	耳の動き							動作完成
右腕			右腕の動き	右腕の動き	右腕の動き	右腕の動き	右腕の動き	右腕の動き	右腕の動き			動作完成
左腕			左腕の動き	左腕の動き	左腕の動き							動作完成
おでこ右					おでこ右の動き	おでこ右の動き	おでこ右の動き	おでこ右の動き	おでこ右の動き			動作完成
おでこ左						おでこ左の動き	おでこ左の動き	おでこ左の動き	おでこ左の動き			動作完成
顔			顔の動き	顔の動き	顔の動き	顔の動き	顔の動き	顔の動き	顔の動き			動作完成
後頭部					後頭部の動き	後頭部の動き	後頭部の動き	後頭部の動き	後頭部の動き			動作完成
見える人A	はい	はい	はい									動作完成
見える人B	はい	はい	はい									動作完成
見える人C	はい	はい	はい									動作完成
見える人D	はい	はい	はい									動作完成
見える人E		立ち膝の動き	立ち膝の動き									動作完成
見える人F	はい	はい	はい	見える動き	はい	はい						動作完成
見える人G	はい	はい	はい	見える動き	はい	はい						動作完成
見える人H	はい	はい	はい	見える動き	はい	はい						動作完成
見える人I			肩向け	肩向け								動作完成
見える人J		はい	はい	見える動き	見える動き	はい	はい					動作完成

図 8 複数モデル動作の台本例

Fig. 8 Example scenario of character behaviors.

リファレンスも充実しており、日本語を表示、入力することが可能である。

Unity 以外のツールとして、ほかにも MikuMikuDance<sup>\*7</sup>の利用も検討した。MikuMikuDance もモデルへのモーション割り当てができ、比較的容易に複数のモデルを同時に 3 次元 CG 空間内で動かすことができる。しかし、Unity の方が重力などの力学シミュレーションなどの機能が充実しているため、Unity を利用することとした。

### 9. 映像のレンダリング

鑑賞者自らが視点を動かしたり個別のモデルの動作を編集するようなインタラクティブな鑑賞体験という意味では、前章までに書いた Unity 環境の上で行うことになる。しかしそれだけでは鑑賞体験として敷居が高く、多くの鑑賞者に体験してもらうことが難しい。そこで、20 人の登場人物が順々に現れながら徐々に「大人物」を構成していく様子をビデオ作品として作ることにした。具体的には、Unity を使い、視点変化や照明条件をシミュレーションしながら組体操の過程ビデオを作成した。

ビデオの一例としては、図 8 にあるような台本を基に、約 70 秒のビデオを制作した<sup>\*8</sup>。図 9 は同一視点から見たときの、組体操が徐々に出来上がっていく様子である。

### 10. 新しい鑑賞体験

ここでは、新しい鑑賞体験の可能性を探るために、いくつかの発展的な取り組みを紹介したい。

前述したように、本来の国芳による浮世絵作品の世界をそのまま 3 次元空間に模倣しようとする、「大人物」の顔の裏側の方に大きな空洞があり、力学的に組体操を行うことができない。そこで我々は、正面に見えている登場人物 10 名以外に、裏に黒子となる人物 10 名が必要であると判

<sup>\*7</sup> <http://www.geocities.jp/higuchuu4/>

<sup>\*8</sup> <http://youtu.be/QIUzEELUKwQ>

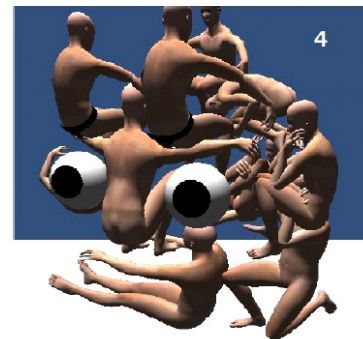
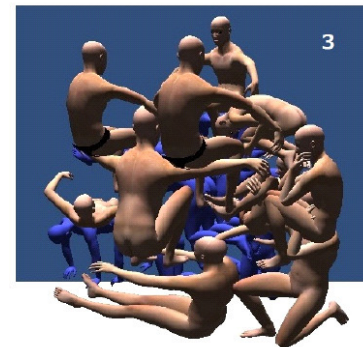
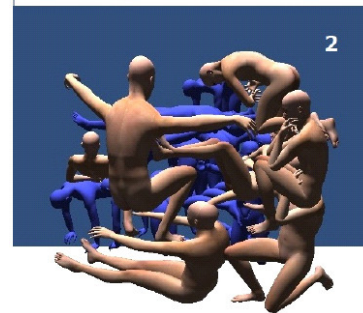


図 9 複数登場人物が組体操をしていく様子

Fig. 9 Assembling scene of many characters.

断した。上記のビデオ作品では黒子 10 名を加えた 20 名が組体操を作っていく過程を映像化した。そして、最後に、黒子はずし、そこで重力シミュレーションを起動すると、組体操が崩壊する様子を映像化した (図 10)。支えがないと組体操が崩れてしまうことは容易に想像がつくことではあるが、あえて映像化してみることで、一連のビデオに滑稽さを加えることができたと考える。また、こういった物理シミュレーションを様々なバリエーションで試すことができることが、3 次元 CG で絵画作品の世界を仮想実現するの意義の 1 つであると考えられる。

次の例は登場人物の疑似体験である。図 11 は、作品中

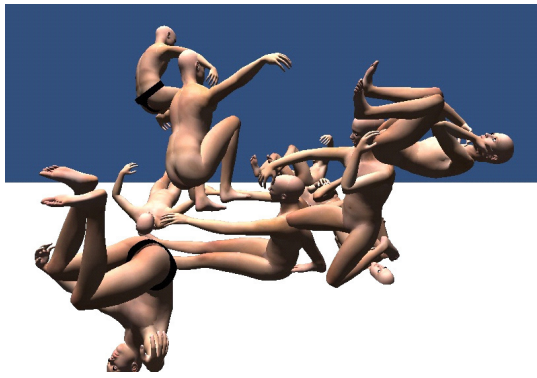


図 10 重力シミュレーションによる組体操の崩壊の様子

Fig. 10 Collapsing scene of assembled people with gravity simulation.

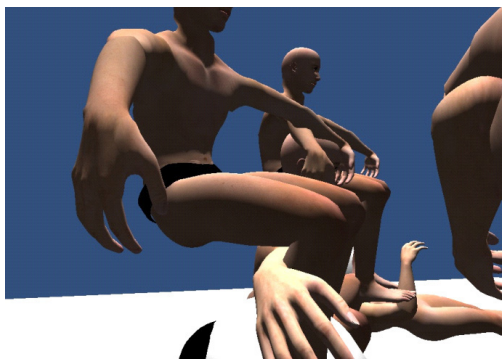


図 11 作品中の登場人物の視点への乗り移り

Fig. 11 First person view of one of characters.

の登場人物の1人の視点に乗り移ったときの視界画像の例である。このことは、福田美蘭らが試みてきたことと似ている。CGの世界では、異なる登場人物の視点に乗り移っていくことが容易であるので、より芸術的に面白い視点を探索的に探すことも可能になると考える。また、今回は視線の乗り移りしか試していないが、疑似体験という意味では、立ち位置の不安定さや上に乗っかってくる他の登場人物の重さを体験するというような新しいエンターテインメントを創出することも面白いと思う。

最後の例は、登場人物キャラクターの変更である。図12に例を示すが、裸の男性人物たちを、猫や女子学生に入れ替えてみた。これ自体はただ滑稽なだけかもしれないが、人間と肢体がかなり異なる猫にモデルを変更してもそれなりに見られる絵ができたことは意外であった。となると、極端なモデル変更、たとえば、自動車のモデルや植物なども身体モデルのマッピングができれば国芳作品の登場キャラクターとすることが可能なのかもしれない。事実、16世紀のイタリアの画家であるアンチンボルトは、複数の植物や果物によって人の顔を表現するだまし絵をいくつも描いている。したがって、意外な組み合わせのモチーフを利用してだまし絵を試作してみたり、国芳やアルチンボルト自身は描かなかった前後の物語に想像を膨らませてアニメー

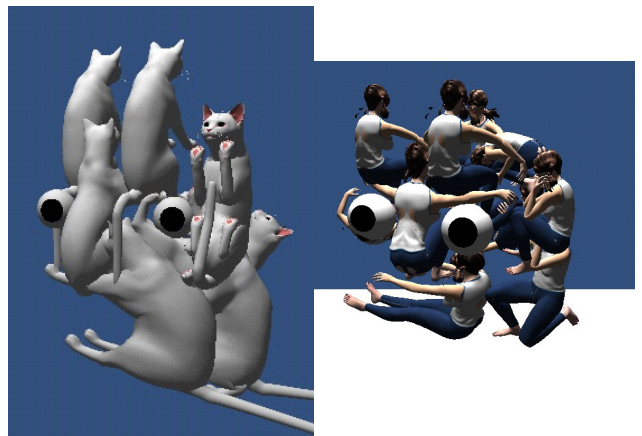


図 12 登場人物のキャラクターモデルの変更

Fig. 12 Replacement of characters.

ションを構成する、というような創造的かつ参加的な鑑賞が可能になるのではないかと考える。

## 11. 鑑賞者の反応の観察

我々が作品制作にこめた意図が鑑賞者に伝わっているかどうかを確認するために、簡易的な鑑賞実験を行った。ここで確認したいのは、たとえば以下に示すように、作品の見どころに対して鑑賞者がどのような反応をするかである。

- 複数の登場人物たちが組体操をしているシーンから、ある視点に定まることで「大人物」が見えた瞬間に、「あー、なるほど」、「そうだったのか」といった気づきや驚きの感情を得ることができるか。
- 重力シミュレーションが起動されて組体操が崩壊するシーンにおいて、おかしみの感情を喚起することができるか。

そこで、大学生7名に協力してもらい、我々の制作したビデオ作品\*9を鑑賞してもらった。そのときの様子を図13に示す。ビデオをスクリーンに投影し、自然に鑑賞できる距離、つまり、頭部を大きく動かさずに視界にビデオ画面がおさまる程度の距離に座ってもらった。鑑賞中は自由に感じたことを言葉に出してもらうことを期待し、また、鑑賞中の表情変化を観察したかったので、あまり環境は統制せずに、周りの人とおしゃべりしながら見てもらった。また、複数のビデオを見てもらい、その中に我々の作品を予告なしに交えるといった工夫を行った。

観察記録として、鑑賞者の表情をとらえる映像と、鑑賞者の音声を記録した。さらに、言葉や表情に現れない無意識の反応を観察するために、視線計測装置(NAC社製EMR-9)を鑑賞者に装着してもらい、鑑賞者の視界映像と、その中での注視点を記録した。

リラックスした状況設定を試みたものの、短時間の鑑賞実験だけだと自然な反応が観察しづらく、顕著な言葉によ

\*9 <http://youtu.be/QIUzEELUKwQ>



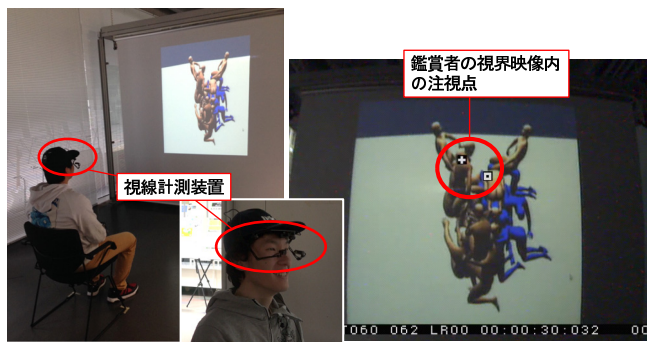


図 13 鑑賞者の反応の観察

Fig. 13 Observing viewer's reaction.

る気づきや驚きの表出は観察できなかった。しかし、組体操が崩壊するシーンについては、思わず笑う鑑賞者が多く、我々が期待した反応を見ることができた。

一方、視線計測データを観察したところ、次々に登場してくる人物の行動を視線で追ったり、大きく身体をのけぞらすなどの特徴的な動作をする人物に視線が誘導されていることが観察された。また興味深いことに、「大人物」が現れる瞬間の前後に、鑑賞者の視線の分散に変化が起きる傾向が見られた。つまり、組体操が完成してから2秒程度、カメラ視点が移動しており、まだ大人物の目玉が入っていない時間帯があるのだが(図9でいえば“3”の状態)、そのときは鑑賞者の視点は定まらず、視線分散が大きい。しかし、目玉が入り大人物の存在が顕在化されると(図9の“4”),ほとんどの鑑賞者の視線は大人物の目(眉間付近)に集中する。人は、無意識のうちに他人の目を見る傾向がある。したがって、上記で観察されたことは、我々の意図どおりに、鑑賞者が大人物の登場を認識していることを示していると考えられる。つまり、組体操ができていく過程では何が起きるのかよく分からずに個別の登場人物の動作に受動的に視線が誘導されるが、大人物の目玉が現れた途端に、マクロ的な構造である大人物の顔に注意が注がれる。

国芳のだまし絵の面白さは、大人物が見えるマクロな視点と、複数の人物が見えるミクロな視点の行き来であると考えられる。今回の観察実験から、だまし絵作品のアニメーション化が、そういった鑑賞者の視線誘導に寄与している可能性を確認することができた。今回の観察はまだ予備的な試みにすぎないが、視線計測による作品評価は興味深い将来課題であると考えられる。

## 12. まとめと今後の課題

2次元の絵画作品をコンピュータグラフィクスによって3次元可視化することで、絵画作品の新たな鑑賞方法の可能性を提案した。コンピュータの中に絵画作品の3次元モデルを再構築することで、ストーリーの映像化、物理シミュレーション、視点の乗り移り、キャラクターの変更など、様々な参加型鑑賞が可能になることを示した。

一方、まだ作品としての完成度が低い。その原因の1つは、各登場人物の体型の違いであると考えられる。つまり、国芳作品では身体各部位の肉付きの柔軟性で、「大人物」の全体構造をうまく充填している。しかし、我々が利用したCGモデルは肉付きの柔軟性がないため、空間に余白がたくさん残ってしまう。とはいえ、肉付きの良いCGモデル同士が強く接触したときの肉体の変形をシミュレーションするのは現状では大変困難である。そこで、現状のような標準体型のCGモデルでいったん組体操を実現してから、空白を充填するように体型を膨らませ、という方法で解決することを考えている。具体的には、仮想モデルのふわふわ感をシミュレーションする方法[5]などを参考にして、まわりの他モデルと身体表面が接触し合うところまで徐々に肉付きを膨らましていく、ということが良いのではないかと考えている。

他の発展研究として、行動要素のデータベースを使った組体操シミュレーションを考えている。今回も、モーションデータの再利用性や編集の柔軟性を高めるために、なるべく細かい単位でモーションデータのキャプチャと管理を行うように心がけた。しかしそれでも、いざ複数モデルの動作を時空間編集しようとする細かきずれに対処することが難しかった。一方、人の動作データを細かい原初要素まで分解して、それらの再構成によってロボットやCGエージェントの動作を自動生成しようとする研究が多く行われている(たとえば文献[6],[7],[8])。我々もこれらを参考に、もっと粒度の細かい行動要素データベースを構築し、「大人物」をゴールイメージとして与え、登場人物の人数などの制約を与えると、組体操をシミュレーションするような環境を構築することに興味を持っている。

## 参考文献

- [1] 久保友香, 趙 捷, 宇佐美貴徳, 広田光一: 3DCGによる浮世絵構図法, 第7回情報科学技術フォーラム(FIT2008)(2008).
- [2] 大和田茂, 藤木 淳: アート表現としての不可能物体立体視, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.32, No.14, pp.43-46 (2008).
- [3] 八村広三郎: 舞踊のデジタル化—モーションキャプチャとLabonotationの利用, システム制御情報学会誌「システム/制御/情報」, Vol.46, No.8, pp.490-497 (2002).
- [4] 曾我麻佐子, 海野 敏, 平山素子: モーションアーカイブと3DCGを用いたコンテンポラリーダンスの創作実験, 映像情報メディア学会誌, Vol.66, No.12, pp.J539-J545 (2012).
- [5] Mori, Y. and Igarashi, T.: Plushie: An interactive design system for plush toys, *ACM Trans. Graphics (Proc. SIGGRAPH 2007)*, Vol.23, No.3, 8 pages (2007).
- [6] Mori, T. and Uehara, K.: Extraction of primitive motion and discovery of association rules from motion data, *Proc. 10th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN 2001)*, pp.200-206 (2001).
- [7] Bentivegna, D.C., Ude, A., Atkeson, C.G. and Cheng, G.: Humanoid robot learning and game playing using PC-



based vision, *Proc. 2002 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS'02)*, pp.2449-2454 (2002).

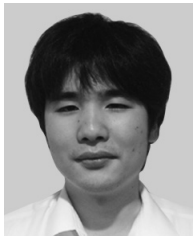
- [8] 稲邑哲也, 中村仁彦, 戸嶋巖樹, 江崎英明: ミメシス理論に基づく見まね学習とシンボル創発の統合モデル, 日本ロボット学会誌, Vol.22, No.2, pp.256-263 (2004).



角 康之 (正会員)

1990年早稲田大学工学部卒業, 1995年東京大学大学院修了後, ATR 主任研究員, 京都大学准教授を経て, 2011年より公立はこだて未来大学教授。博士(工学)。研究の興味は, 知識や体験の共有を促す知的システムや, 人の

インタラクションの理解と支援にかかわるメディア技術。



名生 圭佑

2013年公立はこだて未来大学卒業。現在, レッドフォックス株式会社勤務。



松村 耕平 (正会員)

2010年北陸先端科学技術大学院大学博士後期課程修了。同, 研究員, 公立はこだて未来大学特任研究員を経て, 2014年より立命館大学情報理工学部助教。博士(知識科学)。ヒューマンコンピュータインタラクション, 身体

性認知科学に関する研究に従事。