

Collective Body

3次元形状測定技術を用いたインタラクティブアート

尼岡 利崇* 齋藤 豪† 中嶋 正之‡

* 明星大学 情報学部情報学科 〒191-8506 東京都日野市程久保2-1-1

†‡ 東京工業大学大学院 情報理工学研究科 〒152-8552 東京都目黒区大岡山2-12-1

3次元形状測定により観客の身体形状、動作を実時間で測定しインタラクティブアートのコンテンツとする Collective Body を提案する。本作品は、観客の身体形状から生成した3次元モデルに観客の身体動作によって実時間で特殊視覚効果を与える。これら特殊視覚効果により、人間そのものを表現すべくミクロの視点からの物質世界と生命活動を視覚的に表現し、かつ観客は身体動作によってこれを体験することが可能となった。

Collective Body : Real-time Special Visual Effects System using 3D Scanner Technology

Toshitaka Amaoka* Suguru Saito† Masayuki Nakajima‡

* Meisei University Faculty of Information Science

2-1-1 Hodokubo Hino-city Tokyo 191-8506 Japan

†‡ Graduate School of Information Science & Engineering, Tokyo Institute of Technology

W8 2-12-1 Ookayama Meguro-ku 152-8552 Japan

Abstract – In this paper we present real-time special visual effects system with an automated human body scanner system called “Collective body”. As a person moves within the system, multiple cameras are used to measure 3D features of the human body in real-time to obtain 3D data. Then a 3D visualization is produced with point-based rendering and a particle system. It can also apply special visual effects to the 3D model in response to user's motion. We created an interactive artwork called “Collective Body” for the application of this system. Users can see a 3D model based on the feature of his/her body in from any viewpoint by using a wireless input device.

1. はじめに

実時間3次元形状測定装置と実時間特殊視覚効果システムを利用したインタラクティブアート作品” Collective Body”について提案する。実時間特殊視覚効果システムは、ポイントベースドレンダリングを応用し、視覚最小単位であるポイントそれぞれにパーティクルシステムを実装し、個々のポイントを独立かつ動的に動作させることで、特殊視覚効果を与えている。本システムでは、3次元測定装置によって実時

間で取得したユーザーの身体動作に連動し特殊視覚効果を与えることで、高いインタラクティブ性を実現している。本システムによって、3次元コンピュータグラフィクス（以下CGと略す）を通し、ユーザーの身体形状、動作を基にして生成したポイントの集合体による3次元モデルにより我々の世界をミクロの視点から視覚表現し、特殊視覚効果により生命活動を表現した。

2. 作品コンセプト

本作品では、人間そのものを表現すべくミクロの視点からの物質世界と生命活動に着目し、3次元CGと実時間3次元スキャナ技術を用いインタラクティブアートとして表現した。本作品では、我々が存在している現実世界に於いて、自明だが知覚することや認識することができない現実世界の事象をコンセプトとした。ユーザーの身体形状、身体動作を通して日々絶え間なく行われている生命活動を視覚表現すると共に、身体という物質についてミクロの視点から捉え表現することで、現実世界について再認識することを目的とする。

2.1 ミクロの世界

我々は、現実世界に於ける物質の存在状態に注目した。現実世界に於いて全ての物質は、固体、液体、気体の三態で存在している。我々の肉体も固体、液体の混合物質である。しかしながら肉眼では見ることが出来ないミクロの視点から世界を捉えてみると、我々を含め全ての物質は原子から構成される分子の集合によって形成されている。これら分子は固体物質であっても、常に分子それぞれが運動（分子運動）し、そのそれぞれの分子が集合体として固体を形成している。更に個々の分子に注目すると、そのそれぞれが独自に分子運動しているにもかかわらず、全体として捉えると、鋼鉄のような硬質な物質や、生物であれば全体としての機能や特徴を持った一団、一組織として存在する。我々は、このような現実世界の成り立ちを3次元CGで表現したいと考えた。そこで、前述した分子集合体に近い状態で3次元モデルを生成するため、ポリゴンではなく、ポイントの集合体を用いた。更に、ポイントそれぞれが独立且つ独自に挙動出来るよう、パーティクルシステムを組み入れた。これにより、ユーザーは、自身の身体形状に基づいた3次元CGをミクロの世界の仕組みを通し見ることが出来る。つまり、3次元形状を生成する最小単位であるポイント一つ一つは独立且つ独自の動きをするのだが、全体として見ると3次元モデルの形状を形成する。

2.2 生命活動

本作品では、3次元モデルで上記のようなミクロの視点から世界を表現し、さらに特殊視覚効果では生命活動において必要不可欠である、呼吸と新陳代謝を表

現した。生物は、その生命活動に於いて呼吸により酸素を体内に取り込み二酸化炭素と水蒸気を排出することで生命を維持している。更に、新陳代謝により常に不要となった細胞を体外へと排出し、新しい細胞を生成している。このような生命活動を3次元モデルに特殊視覚効果として与えることで表現した。

上記のような現実世界の事象をインタラクティブアート作品のコンテンツとして扱っており、現実世界に近い3次元仮想空間内でこれらを表現するため、3次元スキャナを用い3次元CGで3次元形状を復元し、自由視点によって自身の身体形状、動作の情報に基づき生じる特殊視覚効果を鑑賞可能なインタラクティブアートを制作した。これにより、実3次元空間をインタフェースとして用いることが可能となり、2次元インタフェースに比べ制限が少ない自由な身体動作によってインタラクティブ性を体験できる。つまり、現実世界により近い形での表現が可能となり、本作品コンセプトに適した表現が可能となった。

3. 従来の研究について

3.1 実時間特殊視覚効果システムについて

コンピュータ処理能力の向上に伴い、多くの3次元形状測定技術が研究されているが、多くの研究は一般利用者にとって未だ利用が難しい技術といえる。これは、特殊な計測装置を必要としたり[1][2]、多数のカメラを使用するためカメラ間補正が複雑であるなどの原因が挙げられる。簡便でしかも安価な技術を提案している研究もあるが[3]、それらは実時間3次元形状測定および、実時間での3次元CG生成を目的としていない。

さらに、いくつかの3次元形状測定装置は3次元形状編集機能をも持った方式も存在する。Point Paint[4]はポイントベースドレンダリング[5][6]を用いた3次元形状編集アプリケーションである。これは、インタラクティブな操作によって3次元形状を編集するシステムであるが、3次元形状計測から形状編集までの一連の処理を実時間で行うシステムではない。現在のところ、実時間で3次元形状の測定、さらに取得した3次元形状にはほぼ実時間で特殊視覚効果を与え可視化するシステムは提案されていない。

このような3次元形状測定と同時にレンダリング効果の機能を有する従来システムの現状を踏まえ、インタラクティブアートに関する研究は以下の様になっている。

現在多くの実時間映像を用いたインタラクティブアート作品が発表されているが、それらは2次元情報として映像を処理している[7]。3次元CGと組み合わせた映像表現作品も存在はするが[8][9]、多くは映像情報を2次元情報として処理、表現する作品である。

3次元測定技術を活用し、空間をインタフェースとして利用すると共に3次元身体形状を測定し視覚表現に用いるインタラクティブアートは存在しないと言える。

3.2 Collective Bodyの新規性

本システムには、2つの新規性がある。一点目は、実時間3次元形状測定技術で取得した3次元形状データに、さらに特殊視覚効果を与えうえて、3次元情報をほぼ実時間で可視化するシステムを構築したことにある。従来のインタラクティブアートや3次元CGの研究においてこのようなシステムを扱ったものは存在しない。二点目は、ポイントベースドレンダリングとパーティクルシステムを組み合わせた特殊視覚効果を提案している点である。これにより、視覚最小要素であるポイントは、独立かつ動的に動作する。以後これをパーティクルと呼ぶことにする。本特殊視覚効果により、3次元CGの新しい芸術的表現が実現し、さらにはユーザーの身体動作に連動した視覚効果の実装が可能となった。

4. 本システムの構成

本作品で提案する3次元形状測定システムは3台のIEEE1394ウェブカメラ(Unibrain社製Fire-i 解像度640x480、取込み速度30FPS)とアップルコンピュータ社製PowerMac G5(CPU: Dual PowerPC G5 2.7GHz SDRAM 2GB, GPU: NVIDIA GeForce 6800 Ultra)1台を用いて構築した。図1で示すように、3台のカメラでユーザーを囲むように、正面、側面、頭上に設置した。これら3台のカメラから得られた2次元画像データはIEEE1394ケーブルを通しコンピュータに取り込まれ

る。3台のカメラはディジーチェーン(カメラ同士を直列に接続)によって、コンピュータのIEEE1394インタフェースの1入力から3画面分のデータを取り込んでいる。本システムにおいて、3次元形状測定システムの被写体はユーザーに設定した。従ってカメラ位置が、被写体の全身を撮影できるように、それぞれ2.0m離れた位置に設置した。

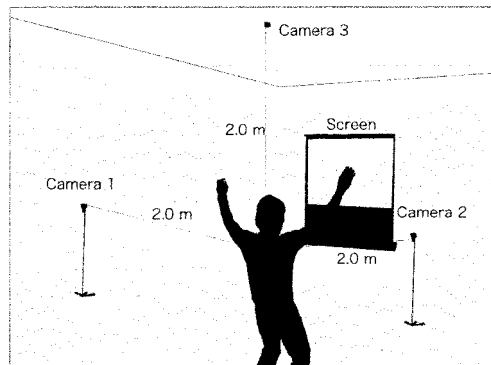


図1 設置図

4.1 3次元形状復元法

3次元形状測定システムには、シルエットモデリング法を使用した。ここで被写体の形状を検出するため、3台のCCDカメラから得られた3画像全てから、背景データを取り除いた。これは、それぞれのカメラにおいて被写体が存在しない背景画像からの差分処理によって行った。

図2に、本作品の三次元形状復元方法を示す。背景除去処理後の画像から、図2が示すように、ポイントが120x120x120に整列した3次元点集合体を仮想空間内に想定した。この集合体に対し、1ポイントずつ、上部(頭上カメラ)、側面(側面カメラ)、前方(正面カメラ)がその投影位置に被写体のピクセルデータを保持するか確認する。もし、3画像すべてピクセル情報を保持していた場合、そのポイントは被写体の三次元データとしてポイントをレンダリングする。この処理を想定した点集合内の全ポイントに対し行うことで、被写体の三次元形状を復元することができる。また、背景除去処理により発生したノイズは、3画像全て同一箇所に発生することはほぼ無いため、3次元データ復元処理の際、除去される結果となった。しかしながら、暗所や背景色が暗い設置場所では、カメラのゲイ

ン値を上げる必要があるなど、電氣的ノイズが発生しやすい状況となる。そのような環境に設置する際には、前述のようなノイズ除去では十分でない。そこで、ノイズは離散的に発生することから、映像データの各ピクセルに於ける周辺ピクセルをチェックし、周辺データが存在しない孤立したデータはノイズと見なし除去した。

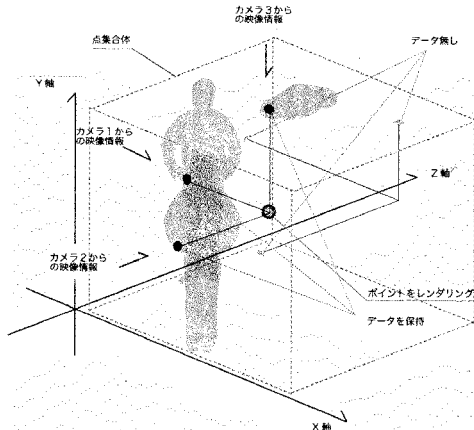


図2 3次元形状復元処理図

4.2 特殊視覚効果システム

本作品に於いて、自明であるが日々知覚、認識されない現実世界の仕組みを表現するために特殊視覚効果を用いた。3次元モデル最小単位であるポイントにパーティクルシステムを用い特殊視覚効果を与えたことで、分子運動等ミクロの視点からの物質世界と生命活動である呼吸と新陳代謝を視覚表現とインタラクティブ性によって表現した。Gravityでは、新陳代謝を、Vaporでは呼吸をそれぞれ表現した。

特殊視覚効果は、ユーザーの動きによってほぼ実時間で処理、レンダリングされる。システムではユーザーの身体動作を検出し、古いパーティクル、即ち過去においてユーザーの身体形状の一部であったが、ユーザーの動きによって必要ではなくなったパーティクルは、アニメーションモードと呼ばれる状態に入る。本来これらのパーティクルはすぐに消滅すればよいが、本作品では、アニメーションモードで、パーティクルを独立かつ動的に動作させることにより、従来にない、芸術的な特殊視覚効果を実現することが出来た。

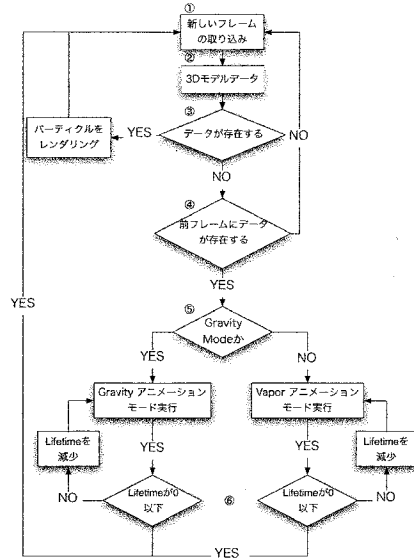


図3 特殊視覚効果の処理手続き

図3に特殊視覚効果の処理手続きを示し、6段階の処理過程に分けて説明する。尚以下記述する6段階は図3内の数字に対応する。

- ①システムが3台のカメラから現在の画像データを取得する。
- ②第4章 4.1 で述べた手法により3次元モデルデータを生成する。
- ③図2の3次元形状復元処理に於いて、3次元形状のデータが存在するかどうかを確認し、存在する場合には、3次元身体形状の一部としてパーティクルを生成し、存在しない場合には、現在より1フレーム前の3次元モデルデータを参照する。
- ④現在の3次元データにデータが存在しないが、前フレームにデータが存在する場合、古いパーティクルとしてアニメーションモードによってパーティクルを生成する。前フレームにデータが存在しない場合には、パーティクルの描画は行われない。
- ⑤現在の特殊視覚効果モードを確認し、Gravity、Vaporのどちらのアニメーションモードで実行するか確認する。
- ⑥アニメーションモードに入ったパーティクルは、パーティクルが存在可能な一定時間、3次元形状復元処理から独立し独自のアニメーションプロセスで挙動の

後、徐々に画面上から消えていく。画面上から消滅したパーティクルは再び3次元形状復元処理に組み込まれる。

3次元CGは、仮想空間内をゆっくりと回転している。本作品に於いて2種類の特殊視覚効果、Gravity, Vaporが存在し、360度の回転ごとに特殊視覚効果を自動的に切り替えるシステムになっている。

・Gravity(重力)

第2章作品コンセプトに於いて述べた、生命活動の一つである新陳代謝を表現した。各のパーティクルを細胞等、排出物のメタファーとし、ユーザーの動作により必要なくなったパーティクルを3次元モデル外へ排出し、新たにパーティクルを生成する。



図4 Gravityスクリーンショット

図4で示すようにGravityは、仮想世界に重力概念を与えることで制作した。パーティクルがGravityモードに入ると、古いパーティクルは3Dモデルの足下、つまり仮想空間の地面に相当する水平面上へ落下し、ボールのように数回バウンドを繰り返し、最終的には停止しゆっくりと消えていく。このモードでは、パーティクルは弾むボールのように見える効果を付与した。また、Gravityアニメーション表現を実現するため、重力計算方法を用い実装した。重力加速度、および3次元モデルに対し水平面方向(以後X, Z軸とする)の初速度は、それぞれのパーティクルが生成された際、乱数を与えられる仕組みになっており、視覚効果を高めている。

・Vapor(蒸発)

Vaporでは、第2章作品コンセプトに於いて述べた生命活動の一つである呼吸を表現した。我々は、人間の呼吸によって体外に排出される二酸化炭素や水蒸気等を3次元モデル外に排出され仮想空間内を上昇、拡散していくパーティクルによって表現した。

Vaporでは、図5で示すように水蒸気、気体拡散の動きを表現した。パーティクルがVaporモードに入ると、煙のように上空に立ち上がり消えていくという幻想的な効果を付与することができた。



図5 Vaporスクリーンショット

5. インタラクションの構成

本システムには、2つのインタフェースが存在する。一つは3台のカメラである。言い換えると3台のカメラで撮影されている3次元空間がインタフェースと言える。ユーザーは3次元形状測定システムによって測定、復元された3次元モデルを鑑賞し、3次元モデルの動き、特殊視覚効果と身体を用いて相互作用する。もう一つはワイヤレスマウス(Gyration社製G0 2.4GHz Optical Air Mouse)である。観客が本作品内に入る際、作品の側に置いてあるワイヤレスマウスを持ち作品を体験する。ユーザーは3次元空間内の視点をこのマウスによって自由に変更することができる。このマウスによりパン、3次元モデルからの視点距離を変更できる。ユーザーがマウスボタンを押しながら腕を上げ下げすることでパンが変化する。例えば、腕を上げると3次元CGを俯瞰する視点に移動する。下げると逆に徐々に視点が垂直方向に下がり、3次元CGを見上げる視点となる。左右の動きでは、3次元C

Gから視点までの距離を変更する機能を与えてある。これにより、観客は動的視点を手に入れ、自身の身体動作によって発生する様々な変化を、自由視点によって鑑賞可能である。

6. 考察と今後の課題

3次元形状測定装置と実時間特殊視覚効果システムを組み合わせた身体性を持って体験するインタラクティブアートを制作した。その結果、今までのインタラクティブアートには無かった、3次元CG表現が可能となり、現実空間に近い形でのインタラクションを美的な特殊視覚効果と共に観客に提供することが可能となった。特に、今までの2次元CGでは困難であった身体の捻り動作等を3次元スキャナによって検出し3次元CGにて表現することが可能となった。さらに、自明だが知覚することや認識することができない事象を、3次元CG表現によって得られた自由視点によって、仮想空間内の自身の身体を俯瞰する、つまり客観的視点を作品内に取り込むことが出来たと考えられる。これにより、自身の身体で体験しているにもかかわらず、客観的視点から鑑賞する、つまり主観と客観の二つの観点から本作品に関与することが可能となった。これにより本作品に於いて3次元CGで表現されている事象をより多角的観点から捉え、より深い関与を与えることが可能となったと考える。

この作品を通し、2次元コンピュータビジョン技術が主流のメディアアート・インタラクティブアート分野に於いて、今後3次元のコンピュータビジョン技術を用いた作品が多数発表されることが期待される。

今後の課題として、本システムを更に様々な分野へ応用するためには、複数人が同時に使用可能にすることが考えられる。本システム的设计上、現在1人のユーザーしか一度に使用できない。これを同時に複数人が本作品を体験できるようにすることで、複数人の身体動作と空間的位置関係による関係性を特殊視覚効果によって表現でき新たなインタラクティブ性を実現することが出来る。さらに、複数の3次元モデルを同時に表示させることで、公共空間での協力型インタフェースとして使用することも可能となる。この点を改良することで、インタラクティブアートのインストー

ションという作品形態の枠を超え、舞踊やパフォーマンス等、他分野とのコラボレーションや公共スペースでのユーザーインタフェースとしての使用が可能となり、本研究の応用分野が広がると考えられる。

参考文献

- [1] Cohen, I., Medioni, G. and Gu, H. : Inference of 3D Human Body Posture from Multiple Cameras for Vision-Based User Interface. IEEE International Workshop on Analysis and Modeling of Faces and Gestures, in conjunction with ICCV'03 (2003).
- [2] Miyasaka, T., Kuroda, K., Hirose, M., et al. : Reconstruction of Realistic 3D Surface Model and 3D Animation from Range Images Obtained by Real Time 3D Measurement System. Proceeding of 15th International Conference on Pattern Recognition (ICPR2000), Vol 4, pp. 594-598, September (2000).
- [3] Yilmaz, U., Mülâyim, A.Y. and Atalay, V. : An Image-Based Inexpensive 3D Scanner. International Journal of Image and Graphics 03, no. 02, pp.235-263 (2003).
- [4] Zwicker, M., Pauly, M., Knoll, O., et al. : Pointshop 3D: An Interactive System for Point-Based Surface Editing. ACM SIGGRAPH 2002 (2002).
- [5] Adams, B., Wicke, M., Dutré, P., et al. : Interactive 3D Painting on Point-Sampled Objects. Eurographics Symposium on Point-Based Graphics 2004, Zurich, Switzerland, June 2-4 (2004).
- [6] Alexa, M., Behr, J., Cohen-Or, D., et al. : Point Set Surfaces, Proceedings of the conference on Visualization '01, pp.21 - 28 (2001).
- [7] Utterback, C. and Achituv, R. : Text Rain (1999) <http://www.camilleutterback.com/textrain.html>
- [8] Amaoka, T. : +1D and NeoCubism, ACM SIGGRAPH2003 Emerging Technologies (Conference DVDに収録) (2003).
- [9] Shiffman, D. : Reaction, ACM SIGGRAPH2004 Emerging Technologies (Conference DVDに収録) (2004).