

安生 健一

株式会社オー・エル・エム・デジタル  
ビジュアルエフェクト/R&D スーパーバイザー

## デジタル映像数学の構築と表現技術の革新

### § 1. 研究実施体制

#### (1)「映像数学」グループ

- ① 研究代表者： 安生 健一（㈱オー・エル・エム・デジタル  
ビジュアルエフェクト/R&D スーパーバイザー）

#### ② 研究項目

本グループでは、一昨年来のブレンドシェープによる人間の表情アニメーションの研究にもとづき、表情アニメーションに関する数理モデルの提案や将来にわたる未解決問題について検討・整理した[1].

また、CG アニメーションにおける全身の動きや変形の制御手法の従来からの検討結果、および新機能を加えることで、昨年提案したケージベース手法の評価と改良を進めた [2]. これら[1][2] については特に数学モデルグループとの連携成果も多い.

流体の動画像情報からのモデル生成の研究 [3]は、従来から基礎検討をすすめてきたが、さらに CG グループと連携し、映像制作現場での活用のための実用化技術も付加し、技術検証を行った.

[1] ブレンドシェープに関する数理モデルの構築

[2] 人間の表情や動きのアニメーションを作成するための技術開発とその応用

[3] 流体画像情報からの2次元ないし3次元モデルの生成と編集

#### (2)「数学モデル」グループ

- ① 主たる共同研究者： 落合 啓之（九州大学マス・フォア・インダストリ研究所 教授）

#### ② 研究項目

デジタル映像技術(CG)の制作現場での演出にもとづく映像作りや経験の蓄積を、モデル

化・理論化する。併せて、モデル化された数学的構造の解析による体系化を行う。具体的には、映像数学グループとCGグループが今年度提起する課題をもとに、以下を行う。

- [1] CGアニメーションのための離散モデルの研究
- [2] 流体の演出表現の数学モデルの導入と検証
- [3] デジタル映像としての最適な離散化の研究

(3) 「CG」グループ

①主たる共同研究者：土橋 宜典（北海道大学大学院情報科学研究科 准教授）

②研究項目

前年度に引き続き、データベースを用いた演出表現手法の考案と実装を進める。主に以下の5つの項目について研究を進めた。

- [1] ラプラシアン固有関数の利用に関する研究：ラプラシアン固有関数を用いた流体の多様な演出表現に関する研究を行う
- [2] 流体速度場の変形に関する研究：流体解析により得られた速度場に対し、非圧縮性を保ったまま変形することで多様かつ自然な流れを低コストで生成する研究
- [3] 輝度計算における演出表現に関する研究：流体映像を作成する際の陰影計算における演出表現手法に関する研究を行う。
- [4] 実写を利用した演出表現に関する研究：実写映像とシミュレーションを組み合わせた流体の演出表現に関する研究
- [5] 流体と剛体・変形物体との相互作用に関する研究：流体と物体との相互作用における演出表現に関する研究。

## § 2. 研究実施の概要

人間や、水・炎・煙などの流体は、CGの表現対象の中で、もっとも重要かつ多くの難問を内包する対象です。本プロジェクトは、人間やキャラクター、および流体の3次元コンピュータグラフィックス(3DCG)表現に関するさまざまな問題解決に努めてきました。特にこれらの対象の「動き」(表情、動作、流体の速度場等々)を如何に記述し、作成者の意図を容易に反映できるか、が中心的な課題です。

今年度もこの課題に挑戦すべく、具体的な技術開発とそれを実現する数理について研究しました。その成果は、主として著名な国際会議・論文誌にて発表しました。例えば、国際シンポジウム MEIS2014 (Symposium: Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis 2014) を一昨年に引き続き開催し、約80名の参加を得ました(図1(1)参照)。このシンポジウムでは、本プロジェクトの成果報告とともに、産学を問わず国内外の著名な研究者や若手研究者が集い、産業応用から理論面まで、CGに関する闊達な議論が展開されました。H27年9月にMEIS2015を開催することも決定しました。

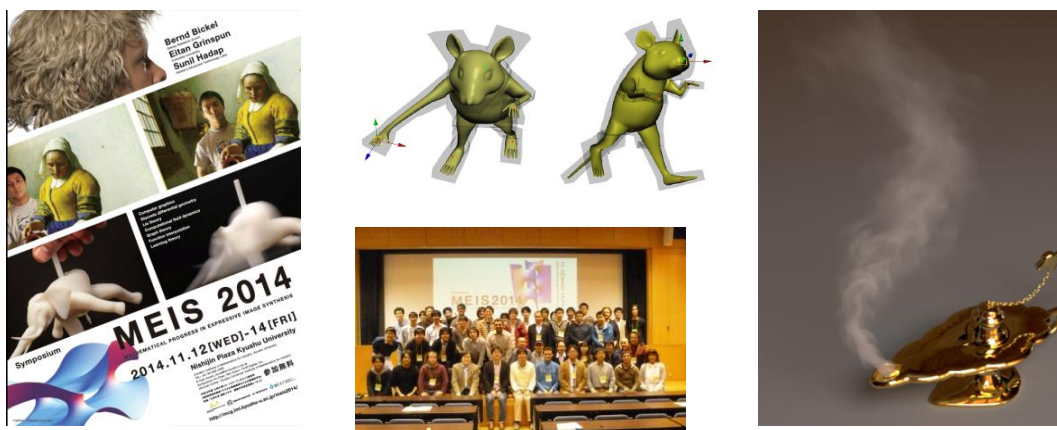


図 1. 本年度の活動内容から

- (1) 国際シンポジウム MEIS2014: (左)シンポジウムポスター (中央下) 参加者集合写真
- (2) 剛体制約のついたケージベース変形: キャラクターの各部を6面体(ケージ)で覆い形状編集をする方法に剛体変形を取り入れることで、多様な変形がリアルタイムで編集できる。
- (3) 流体の流れ場を変形して作るアニメーション: ランプから立ち上る煙を対話的に変形できる。

キャラクターについては、映像数学グループと数学モデルグループとが中心となってリー理論等の応用を試みました。例えば、全身のアニメーション作成ツールとして業界標準のひとつであるケージベースのアプローチに剛体変形の制約を課すことで対話的に形状変形する方法(図1(2)参照)や、メッシュ編集への回転制御を容易にする新手法を開発しました。その一部は上記 MEIS2014 や著書 “Mathematical Basics on Motion and Deformation in Computer Graphics” (安生、落合 2014 Morgan & Claypool, Inc. [a]) の中で公表しました。

形状変形のみならず、補間・内挿・外挿という観点から、より数学的な背景を含むさまざまな手法について、映像数学グループでは、直接操作法に関わる独自手法を含めた技術体系についてまとめ、CG分野で著名な国際会議 EUROGRAPHICS 2014 [b]、SIGGRAPH 2014 [c] で講演し

ました。前者の内容はブレンドシェープに特化したもの、後者はより一般の CG 補間方法についてです。

流体については、CGグループが中心となり、数学的理論の整備を数学モデルグループが行うという形で、流体の色づけや流れ場について対話的に編集できる技術群を作りました。例えば、対話的処理に基づく流れのパターン生成に関して、非圧縮性を保つ流体速度場の編集手法を新たに開発し国内外で発表しました（図 1(3) に適用例）。例えば、“Deformation of 2D Flow Fields Using Stream Functions” [d]が代表的論文です。この研究により、H25 年度に引き続き CG グループの佐藤・土橋等は、山下記念賞(情報処理学会)を受賞しました。

また映像数学グループ・CGグループの共同で、流体動画像データから3次元の流体モデルを構成する手法について前年度来研究してきましたが、その成果を MEIS2014 [e]や国内学会 [f] で発表しました。さらなる改良を加え、今夏開催の著名国際会議にて論文採択が決定しています。

なお、以上並びにそれ以前からの「CG 映像制作のための演出技術の数理モデルに関する研究」に関して、安生・落合・土橋は平成 26 年度文部科学大臣表彰科学技術賞(研究部門)を受賞しました。

●a : “Mathematical Basics of Motion and Deformation in Computer Graphics”, Ken Anjyo, Hiroyuki Ochiai, Synthesis Lectures on Computer Graphics and Animation 6 (3), Morgan & Claypool Publishers, pp. 1-83, 2014/10, (doi:10.2200/S00599ED1V01Y201409CGR017)

●b : J.P. Lewis, Ken Anjyo, Taehyun Rhee, Mengjie Zhang, Fred Pighin, Zhigang Deng, “Practice and theory of blendshape facial models”, EUROGRAPHICS State of the Art Reports, pp. 199-218, 2014, (ISSN: 1017-4656, doi:10.2312/egst.20141042)

●c : “Mathematical basics of motion and deformation in computer graphics”, Hiroyuki Ochiai, Ken Anjyo, ACM SIGGRAPH 2014 Courses, Article 19, 2014/08, (ISBN: 978-1-4503-2962-0 doi:10.1145/2614028.2615386)

●d : Syuhei Sato, Yoshinori Dobashi, Kei Iwasaki, Tsuyoshi Yamamoto, Tomoyuki Nishita, “Deformation of 2D Flow Fields Using Stream Functions”, SIGGRAPH ASIA 2014 Technical briefs, 2014/12

●e : Makoto Okabe, Yoshinori Dobashi, Ken Anjyo, Takatsugu Yamaguchi and Rikio Onai, “Fluid Volume Modeling from Ortho-View Images”, Symposium Mathematical Progress in Expressive Image Synthesis (MEIS) 2014, Fukuoka, Japan, MI Lecture Notes Kyushu university 2014 Vol.58, pp. 112-121, 2014/11

●f : 岡部 誠, 土橋宜典, 山口尊嗣, 安生健一, 尾内理紀夫, “直交視点画像を用いた3次元流体モデリング”, 画像電子学会 Visual Computing/情報処理学会グラフィクスと CAD 研究会 合同シンポジウム, 26, 2014/06 (グラフィクスと CAD 研究会 優秀研究発表賞)