

「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」

平成 16 年度採択研究代表者

森島 繁生

早稲田大学理工学術院応用物理学科・教授

コンテンツ制作の高能率化のための要素技術研究

1. 研究実施の概要

■平成 19 年度の研究のねらいと概要:

映像制作の効率化や表現力向上に寄与するさまざまな技術群の開発とプロジェクト発足以来の開発技術について性能向上を行う。また、より実践的な機能開発と実用的なツールとしての実装も継続する。さらに、これらのツールを実際のコンテンツ制作に応用し、本プロジェクトの研究成果の実証の意味も含めた映像制作を推進する。

■研究の進捗状況、研究成果:以下、本プロジェクトのサブテーマごとにまとめる

- **演出シェーダ**:特にシェード、シャドウの演出に焦点をあて、作者の感性が反映できる 3 次元 CG 技術を開発した。まず、3 DCG の陰影アニメーションに関する新方式が、世界最大の CG 国際学会 SIGGRAPH2007 に論文採択された。さらに、この技術によるソフトウェアツール「ロコステイッシュLoCoStySh」が、第 22 回デジタルコンテンツグランプリ (2007) 技術賞を受賞し、産学両面から高い評価を受けた。一方、影の表現技術に関しては、第 3 回デジタルコンテンツシンポジウム(2007)で最優秀論文 (船井賞) に選出された。
- **トゥーンシミュレータ**:特に頭髮運動、表情筋収縮による表情合成、鳥の羽や羽毛・群集などの自然現象の表現を対象として研究を進めた。頭髮運動の表現と演出方法、表情筋モデルに基づく表情合成手法と表情筋の編集手法は、Maya プラグインとしてツール化を進めている。自然現象のディレクタブル表現技術として、群集、煙、布、鳥の羽あるいはより一般的な羽毛の表現に関する基本システムを開発した。
- **リユーザブルコーパス**:データベースの効率的な利用を目的として、モーションキャプチャのアニメ風編集技術に関して検討を行った。モーションキャプチャした人物の動作をアニメ調に変換する技術「MoCaToon」について、SIGGRAPH2007 の Sketch で成果を発表した。

- **ビヘイブシンク**: 音声に同期した高精度のリップシンク技術開発とアニメ向けのリップモーション合成技術を開発した。キャラクタの発話アニメーションの制作支援を目標に、(1)リアルキャラクタ向けリップシンク技術「AniFace-MoCap」、(2)カートゥーンアニメ向けリップシンク技術「AniFace-Toon」の開発を継続している。「AniFace-Toon」技術を適用し、昨年度制作した短編CG映画『Iron Wand Princess - short version』は、EUROGRAPHICS 2007にて the Animation Theatre Program Committee Awardを受賞した。
- 映像製作の現場サイドに密接な技術としてワークフロー効率化のための作業工程管理システム「Creator's Desktop」の構築に着手している。

2. 研究実施内容

(文中にある参照番号は 4. (1)に対応する)

(1)CaPlus グループ(早稲田大学 理工学術院 応用物理学科)

●影の演出 (演出シェーダ)

影は物体が平面に接地している状況の表現に欠かせない要素である。また影自体に感情などの意味を持たせることもアニメの世界では時々行われる。影はあくまで付属品ではなく、それ自体重要な役割を担う表現要素である。しかし、影の表現に多くの制作時間をかけられないのが現実である。

そこでアニメ制作のワークフローに着目し、ユーザの意図する演出効果をもたせた影を、キャラクターレイヤのみの情報から単純に生成することのできるプロトタイプツール「影造」を構築した(図1)。必要とする入力情報は一般的なアニメ制作会社で用いられている透明度付きのキャラクターの動画像のみである。

この動画像を読み込み、ユーザがいくつかのパラメータを微調整するだけで、短時間で手描きアニメ風の影レイヤの動画像を生成することができる。3次元モデルは一切必要とせず、コンポジット直前映像に対してアフターエフェクト的に影レイヤを自動挿入することが可能である。

影を表現する要素は、影を生成する位置、影の大きさ、影の方向、そして影の形である。これらは、専用に用意された GUI により簡単なマウスの操作で指示することができる。影生成のアルゴリズムは極めてシンプルであるが、手描きアニメに要求される機能は網羅的に実装されている。たとえば影の単純化もパラメータによって制御される。足元の影は比較的くっきりと出し、頭部に向かうほどボケの量を増やすという表現も可能である。入力とは2次元の画像情報だが、影生成の処理自

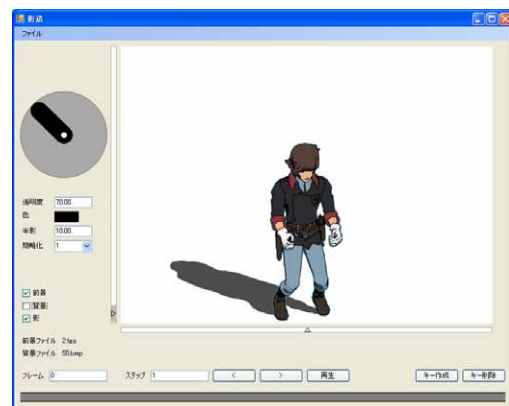


図1 影の編集ツール「影造」

影の位置、大きさ、方向、単純化を自在に制御可能

©2003 松本零士/プラネット・銀河鉄道管理局

©2006 早稲田大学

体は3次元 CG 手法で実現しているため、キャラクタレイヤは2次元で背景レイヤが3次元で作成された場合でも、違和感なく自動的に影を落とすことができる。さらにキーフレームごとに影の演出を行えば、演出効果を補間したキーフレームアニメーションを実現することも可能である。

本手法は、映像情報メディア学会誌に採録[原著論文(2):“直感的に影を演出可能な編集ツール”]されたほか、2008 春季大会(NICOGRAPH Spring Festival in TAF) 審査員特別賞受賞した。

●表情合成方式に関する研究（ビヘイブシンの基盤技術）

CGキャラクタの表情アニメーション制作に頻繁に使用されるジオメトリベースの手法では、高品質の表情アニメーションの作成には、膨大な手間が必要となる。そこで、クリエイターのもつ鋭い感性をダイレクトに反映させ、正確かつ多彩な表情アニメーションを短時間で作成可能な表情演出ツール「Phy-Ace^{フェイス}」を提案した(図2)。

「Phy-Ace^{フェイス}」は、表情筋の物理特性を仮想的なバネでモデル化し、CGキャラクタに表情筋を配置することによって、表情筋の収縮パラメータの操作のみで簡単かつ自由自在にキャラクタに表情を付加することのできるシステムである。表情筋の配置はユーザの簡単な操作で実現でき、その特性をカスタマイズすることも可能である。表情合成は各表情筋毎に収縮する力をユーザ自身が与えると、表情がインタラクティブに変形して即座に画面で確認できる。またバネの過渡特性を利用してよりダイナミックに表情アニメーションを実現することも可能である。

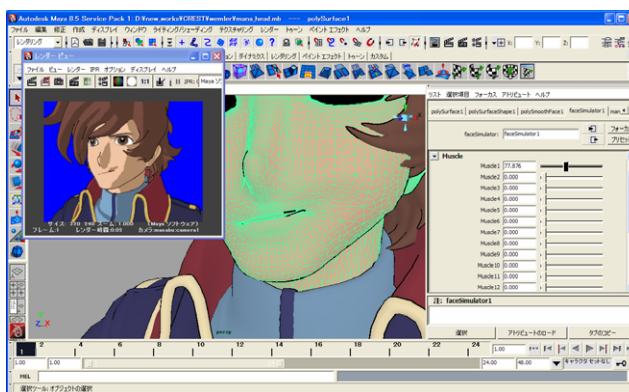


図2 表情筋演出ツール「Phy-Ace」

表情筋操作により簡単に表情を編集可能、Maya プラグイン

©2003 松本零士/プラネット・銀河鉄道管理局

©2006 早稲田大学

まず、作成したキャラクタの3次元ワイヤフレームモデルを入力する。特徴点をマウス操作によって指示すると、標準的な表情筋の配置が自動的に計算され、キャラクタのワイヤフレームモデルに表情筋バネモデルが挿入される。各表情筋に対応したスライダ操作によって、バネに加えられる力をユーザが指示すると即座に表情が変形する。この操作をインタラクティブに繰り返すことによって、作者の演出したい表情に近づけることができる。さらに、細かい表現を付加するために、新たな表情筋を随時付加したり、既存の表情筋の位置や特性をカスタマイズしたりする機能も付加されていて、より作者の意図する表情の表現にダイレクトに応えることが可能である。なお、このツールはMayaのプラグインとして実装しており、Mayaの機能と共存することも可能である。

●頭髪の物理シミュレーションモデル（トゥーンシミュレータ）

風になびく頭髪や、身体動作に伴う頭髪の運動を、モーションキャプチャによりモデリングする手法を開発した(図3)。頭髪の房に間隔をあけて反射テープを筒状に巻きつけることで、マルチボディセグメントに置換した頭髪運動を獲得でき、さらに各セグメントの回転角速度を計算することによって、風により生じる頭部周りの外力場を推定することが可能となる。さらにこの外力場に置かれた任意の頭髪モデルにキャプチャした外力場による運動をリターゲットすることが可能となった。



図3 演出可能な頭髪アニメーション
(左)演出前、(右)演出後

運動場自体に演出を加えて頭髪運動を編集

さらに特定のキーフレームに着目して、運動に演出を施すことも可能である。マウスを用いて着目する頭髪房を指定し、所望の位置に房を移動したり変形することによって、この変形された房に関わる新たな外力場が計算され、頭髪全体にこの影響が及ぶことで、シミュレーションとしても違和感のない、アニメータの意図した頭髪運動が実現可能である。

●統合型オーサリングツール構築

評価段階の要素技術として、表情筋シミュレーションツール、頭髪運動の演出ツール、影の演出ツールに関して、プラグイン化を進めている段階である。

なお、影の演出技術「影造」、表情演出ツール「Phy-Ace^{フェイス}」、モーションキャプチャデータのアニメ風演出フィルタ「MoCaToon」(平成 18 年度成果)は、「東京国際アニメフェア 2008 (2008/3)」に、実機でのデモンストレーションとして出展した。また、頭髪運動演出技術「Hair Motion Director」もパネル出展を行った。

(2) ViPlus グループ(株式会社オー・エル・エム・デジタル)

●陰影の演出ー「LoCoStySh (ロコスティッシュ)」(演出シェーダ)

3次元モデルの陰影領域(Shaded area)をリアルタイムに編集制御できる“局所制御可能なトゥーンシェーダ”技術を開発した。

3次元のカメラとライトを通常の方法で制御しつつ、陰影の細部を作者がレタッチしてアニメーションをつくるという新しいアニメーション作成方式である。

陰影をペイントブラシで直接モデルに描き込み修正できる直観的なインタフェースを実現している。

また、キーフレームによる陰影補間で作者が編集する手間を軽減している。

本手法は、ACM SIGGRAPH 2007 において論文採択された[原著論文(1):“Locally Controllable Stylized Shading”] (図4)。また、Maya プラグインソフト「LoCoStySh」^{ロコスティッシュ}として構築し、映像制作現場で実用化を推進し商用作品制作にも使用された。なお、「LoCoStySh」^{ロコスティッシュ}は、第22回デジタルコンテンツグランプリ(2007)において技術賞を受賞。「東京国際アニメフェア 2008(2008/3)」に出展し、デモンストレーションを行った。

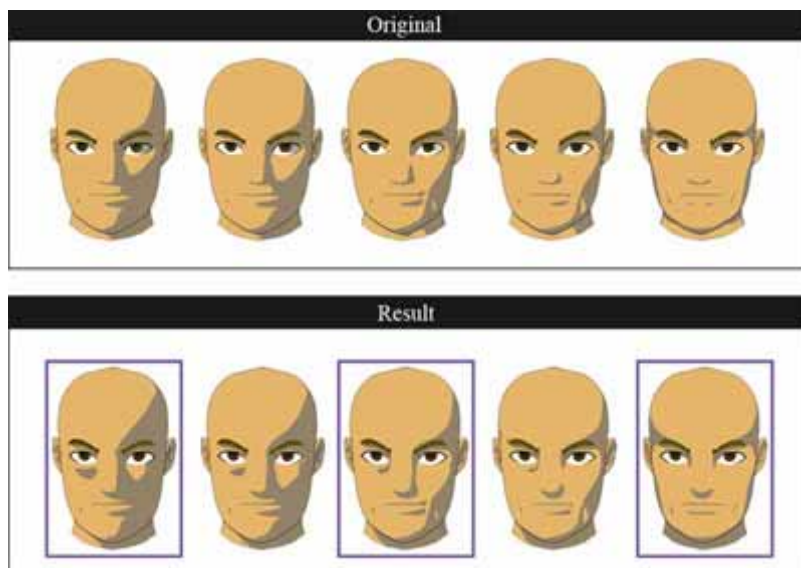


図4 LoCoStySh(ロコスティッシュ)を用いた例
オリジナルの陰影アニメーション(上)、編集後の陰影アニメーション(下)
3つの青枠は編集したキーフレームを表し、残り2つは補間されている

●群集シーン制作ツール「MAZE」の開発(トゥーンシミュレータ)

多数のCGキャラクターからなる群集シーンは、映画やテレビ番組において近年特に多用されるようになった。市販ツールでは高価でかつハリウッド映画のような大規模な予算と期間を必要とするものしかなかった。そこで我々は、短期間でも高品質な群集シーンを手軽に作成出来るツール「MAZE」の開発に着手した。Mayaのスクリプトツールとプラグインで構成されるこのツールの特徴は、(1) 行動科学にもとづくシンプルなアルゴリズムで、AI等の知識も必要とせず、入力パラメータが直感的で扱いやすいこと、(2) 時間空間的な局所編集が可能なこと、および(3) 主役となるキャラクターを別扱いで制御可能であること、にある。一部はNHKとの共同開発に基づいている。現在はこれを具体的な作品に適用し、実用性の検証と機能拡充に努めている。

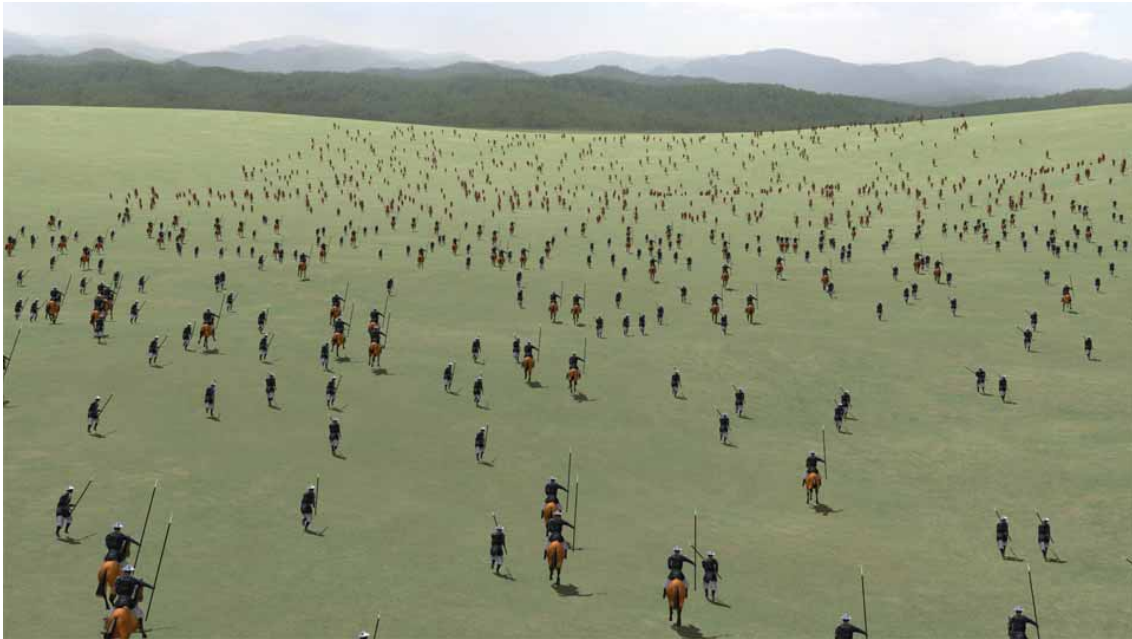


図5 群集作成ツール「MAZE」を用いて実験的に制作した合戦シーン

©NHK

複数の異なるキャラクタの初期配置と、基本動作、さらにイベントを指定してアニメーションが作成できる

●煙のセルアニメ調表現とその編集方法(トゥーンシミュレータ)

雲や爆発のアニメ表現を 3DCG の手法で効率化する手法を検討した。この方式のプロトタイプシステムは、インタラクティブな編集機能と、パーティクル制御によるセルアニメ調のレンダリング画像が高速に生成可能であることを確認した。図6に生成例を示す。しかし実用化のためには、より本格的な流体のシミュレーション方式の組み込みや、そのように高度化した場合の GPU 活用のリアルタイムレンダリング方式について、今後も検討することとした。

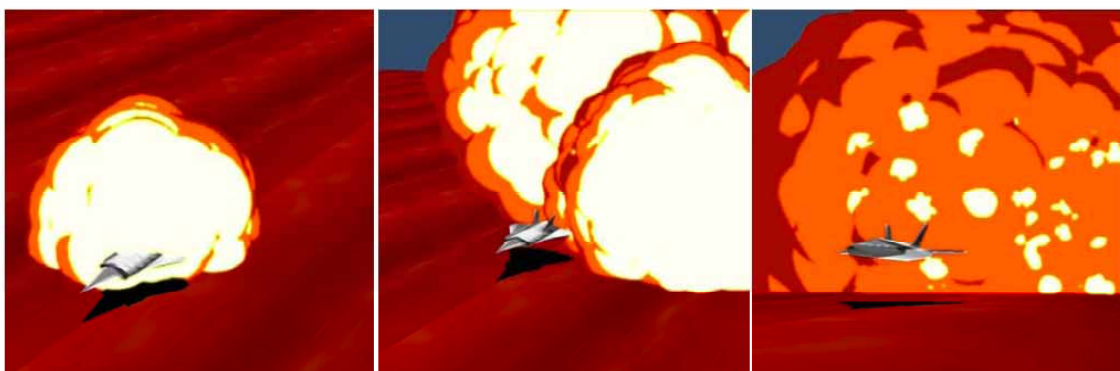


図6 爆発のアニメーション生成例（左から、初期爆発、複数の爆発、爆発の最終段階）

いずれもリアルタイムアニメーションとして生成されたもの

●布のアニメーションの演出手法の検討(トゥーンシミュレータ)

物理シミュレーションで布の動きを再現すると、セルアニメには馴染まない違和感が出る。これを回避するため、物理シミュレーションで得た動きの特徴をいくつか事前にそろえ、それらの重ね合せで所望の布の動きを演出する方法を検討した。この動きの特徴抽出には、独立成分解析(ICA Independent Component Analysis)を用いた。現在のところ、簡単な実験では良好な結果も得られたが、所望の演出を「うまい」重ね合せとして表現する一般的な手法とするには至っておらず、引き続き検討する。

●フル 3DCG 映像における羽毛のディレクタブル表現(トゥーンシミュレータ)

トゥーンシミュレータが取り扱うべき範囲は、3DCG の昨今の応用の多様さから鑑みて、いわゆる手描きアニメ的な表現のみに限定する必要はない。むしろフォトリアルな表現に近づけるスタイルについても、自然現象の新しい表現手法を開拓すべきである。我々は、その第一歩として、頭髮や羽毛の写実的な表現を高速に達成する手法について検討した。なぜなら、頭髮や羽毛については、市販のソフトウェアも存在するが、映像制作現場で必要となる処理速度や表現の多様性には十分応えていないからである。さらに鳥の羽の表現に関する実用的市販ソフトは存在せず、ハリウッドの大手プロダクションの自社ソフトウェア程度しか知られていない。

我々は高品質アニメーション表現を目標とするため、市販のソフトウェアのうち、ソフトウェア開発に関して柔軟でかつ実績のある Pixar 社の RenderMan を用いることとした。RenderMan のシェーダとして羽毛表現、モーションプラー等様々な物理的リアリティを有する要素表現群を開発した。図7にその適用例を示す。この図には、ややデフォルメされたキャラクタを用いることにより、フォトリアリティを追究するのではなく、新しいアニメーション表現を指向する意図が込められている。本格的な実用性は、更に映像制作を続けることで、今後も検討する。



図7 開発した RenderMan シェーダによる羽毛の表現

デフォルメされたキャラクタのアニメーションカットからのスチル。モーションプラーも組み合わせて使用している

●表情アニメーションのための影響領域判定尺度の研究(トゥーンシミュレータ)

顔の表情アニメーションを作る一般的な手法として、重み付き線形和表現がある。これは顔に配置された任意の点の時間的変化を、例えばモーションキャプチャ等による測定点の重み付き線形和で表すというものである。この重みは、人間が手作業で調整することもあり、面倒な作業となる。そこで、ある点の動きが、他のどの点に影響するかを調べるための影響領域尺度(influence measure)を考案した。

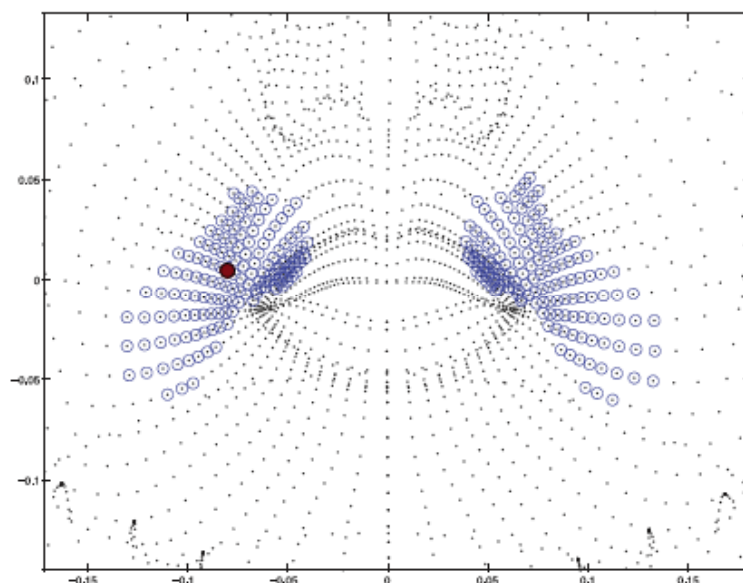


図8 ●で指示された点の影響範囲

0.75以上の相関係数を持つ点を示した。唇の両側に影響範囲が広がっているのが判る

図8では、唇の上のやや大きめの丸 (●)で指示された点、他の領域にどう影響しているかを示している。口の動きに関するデータの時間変化を追跡して得られた結果のため、当該点の近傍のみならず、唇の両側にその影響範囲があることがわかる。この影響領域尺度を応用し、従来の手作業による重み付けの手間を減らせるものと期待している。

●ワークフロー効率化のための作業工程管理システムー「Creator's Desktop」

デジタル映像作品作りのワークフローを踏まえた情報共有と情報管理を目的とする、作業工程管理システム(仮称: Creator's Desktop)の構築にeXPlusチームと共同で着手した。現場担当者から、プロデューサレベルまで、担当職務に必要な充分な情報を無駄無く迅速に共有できる方式を、試作を繰り返しながら進めることとする。Creator's Desktopは「東京国際アニメフェア 2008 (2008/3)」にてプロトタイプシステムを展示しデモンストレーションを行った。

(3) eXPlus グループ(株式会社国際電気通信基礎技術研究所)

●アニメ調リップシンク作成支援技術:「AniFace-Toon」

リップシンク技術の一つである、アニメ調リップシンク作成支援技術の研究開発を行った。デジタルアニメ制作において、プレスコ音声からブレンドシェープによるリップシンクアニメーション制作作業は、膨大な時間と労力を費やす作業である。その理由として、1) 多様な口の動きに対して、破綻しないターゲットシェープ(基本形状)の設計、2) キャラクタの個性に合った、口形状に対応したキーフレーム配置作業、を行うためである。これらのリップシンクアニメーション制作に関する作業を軽減化するために提案した支援技術「AniFace-Toon」は、1) 音声認識技術を応用した音声の聞き取り作業の省力化、2) 少ない口形状から音声に対応したさまざまな口形状を作成、3) 口の動きの簡単化、強調、平滑化などシンプルな様式化機能を提供する。また、形状の変形速度に応じてキーフレームを間引くことで動きを簡単化する機能や、“リミテッド感”を演出するためにフレームレートに応じてキーフレームを再配置する機能を実装した。図9に「AniFace-Toon」の概要を示す。

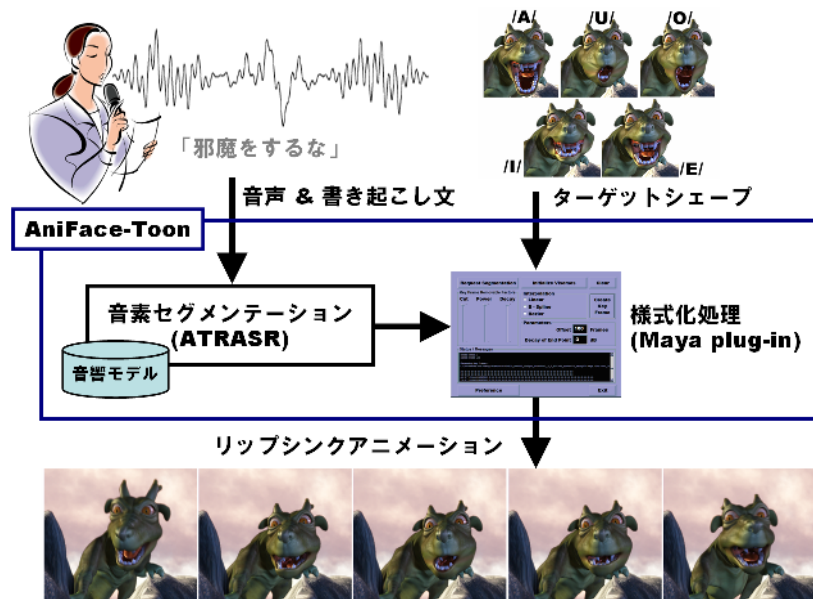


図9 AniFace-Toon の処理概要

●リップシンク応用技術・技術展開

リップシンク技術の実証映像作品として、『Parallel World Bus Tour』の制作を行い、女性キャラクターに対して「AniFace-Toon」を用いて、発話アニメーションの生成を行った(図10)。

「AntFace-Toon」は Autodesk Maya のプラグインとしてデザイナーが利用できるよう整備を行った。現在 CG 制作現場へフィールドテスト・フィードバックを繰り返し、プラグインのユーザインタフェースの向上・機能拡張を進めている。

「東京国際アニメフェア 2008 (2008/3)」に「AniFace-Toon」を出展し、デモンストレーションを行った。



図10 実証映像『Parallel World Bus Tour』

© TPO, Benson, SJBC and ATR

3. 研究実施体制

(1) CaPlus グループ(早稲田大学 理工学部 応用物理学科)

①研究分担グループ長：森島 繁生（早稲田大学理工学術院、教授）

②研究項目

- | | |
|-------------------|--------------|
| 1) 研究統括 | |
| 2) 表情モデリングおよび表情合成 | (トゥーンシミュレータ) |
| 3) 演出可能な頭髮運動モデリング | (トゥーンシミュレータ) |
| 4) 演出可能な影モデリング | (演出シェーダ) |

(2) ViPlus グループ(株式会社オー・エル・エム・デジタル)

① 研究分担グループ長：安生 健一 (株オー・エル・エム・デジタル、テクニカル
ディレクター)

② 研究項目

- | | |
|----------------------------|--------------|
| 1) アニメ調陰影表現 | (演出シェーダ) |
| 2) 自然現象の非写実的表現技術 (N P N P) | (トゥーンシミュレータ) |
| 3) フル3D CG映像作品制作支援技術開発 | (トゥーンシミュレータ) |
| 4) 実証映像制作 | |

(3) eXPlusグループ(株式会社国際電気通信基礎技術研究所)

① 研究分担グループ長：中村 哲 (株国際電気通信基礎技術研究所、所長)

② 研究項目

- | | |
|---------------------|-----------|
| 1) リップシンクアニメーション技術 | (ビヘイブシンク) |
| 2) フェイスシンクアニメーション技術 | (ビヘイブシンク) |
| 3) リップリンク技術展開・映像制作 | (ビヘイブシンク) |

4. 研究成果の発表等

(1) 論文発表(原著論文)

- 1) Hideki Todo (Univ. of Tokyo), Ken-ichi Anjyo (OLM Digital, Inc.) , William Baxter (OLM Digital, Inc.) , Takeo Igarashi (Univ. of Tokyo),
“Locally Controllable Stylized Shading”,
ACM Transactions on Graphics, Volume 26, Issue 3, Article No.17, (ACM SIGGRAPH 2007, San Diego, U.S.A., 2007.7)
- 2) 中嶋 英仁(早稲田大), 杉崎 英嗣(早稲田大), 森島 繁生(早稲田大),
“直感的に影を演出可能な編集ツール”,
映像情報メディア学会誌, Vol.62, No.2, pp.234-239, 2008.2

(2) 特許出願

平成 19 年度 国内特許出願件数:4件(CREST 研究期間累積件数:10 件)