

「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 20 年度の研究のねらいと概要：

本プロジェクトの発足以来、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を進めてきた。また、いくつかの新しい要素技術に関しては基礎検討を終了し、より実践的な機能開発およびソフトウェアツールとしての実装を行った。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、本プロジェクトの実証映像制作も行ってきた。平成 20 年度は新しい映像制作技術をプラグインソフトウェアとして実装をさらに進めるとともに、19 年度までの実装開発技術に関してフィールドテストを進める。またこのフィールドバック結果に基づいて性能向上、機能拡張を実現する。さらに、実際のコンテンツ制作を積極的に推進し、本プロジェクトの実証評価を行う。

### ■研究の進捗状況、研究成果：

以下、本プロジェクトの主要成果をサブテーマごとにまとめる。

#### ・ 演出シェーダ：

昨年度開発した 3 DCG の陰影アニメーションに関する新ツール「ロコステイッシュLoCoStySh」の実用化を進めた。

影に関しては、コンポジット直前の 2 次元のキャラクタ画像と、2 次元および 3 次元の背景情報を入力として、影を演出可能なアルゴリズム「影造」をスタンドアロンツールとして実装完了した。

#### ・ トゥーンシミュレータ：

特に鳥の羽や羽毛・群集などの自然現象の表現を対象として研究を進めた。自然現象のディレクタブル表現技術として、群集、鳥の羽、花畑、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、短編作品や商用作品制作を通じて技術検証を行った。なかでも鳥の羽根の表現技術「フェザーシステム」を使用して制作した短編作品『One Pair』は ACM SIGGRAPH コンピュータアニメーションフェスティバル

のコンペ部門等の国際映像祭で評価を得ることができた。

表情合成技術については、表情筋シミュレーションモデルベースの表情演出システムに関連して、AutoDesk Maya のプラグイン化を完了し、「Phy-Ace」として日本顔学会にて発表した。さらに、表情筋配置の自動決定機能、表情筋のカスタマイズ機能を、クリエイタの演出しやすいインタフェースの実装を行い、フィールドテストを実施した結果、多くの改善要求が求められた。現在、実際の映像制作の現場で利用できるレベルの完成度を目指して改良を進めている。

- ・ リューザブルコーパス :

頭髪運動表現に関して物理制御モデルの実現、および現場で利用可能なクリエイタ支援ツールのプロトタイプ化を行った。映像プロダクションとのコラボレーションによって、インタフェースの仕様検討を進めた。

全身動作に関して、モーションキャプチャのアニメ風編集技術「MoCaToon」は、すでに完成の段階にあり、プラグインソフトの実装も完了した。TV シリーズ「のだめカンタービレ巴里編」で指揮者の動作モデリングに使用され放映された。

- ・ ビヘイブシンク :

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を効率化するための基盤技術の開発、本基盤技術を用いた応用技術：デジタルアニメ声優体験システム、リップシンク作成支援 Web サービスの開発、成果映像制作を行った。基盤技術は、国際 CG ジャーナルに採録された。またフェイスシンク技術：表情付き発話アニメーション生成技術に関して基礎検討を行った。

- ・ ワークフロー効率化のための作業工程管理システム :

デジタルアニメーション制作ワークフローの効率化のため、現場担当者から、プロデューサまで利用可能な作業工程管理・データ管理システム「Creator's Desktop」の構築を進めている。

## 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)

#### (a) 表情合成技術 (トゥーンシミュレータ)

表情筋シミュレーションモデルを応用した表情合成技術「Phy-Ace」を開発し、クリエイタが表情を直接演出可能なユーザインタフェースを実現した。特に、任意の3次元キャラクターデータに対して表情筋をインタラクティブに実装し、所望の表情合成が可能な制御モデルを短時間のうちに実現するグラフィカルユーザインタフェースを実装した。具体的にはジェネリックな表情筋モデルを個々のキャラクタに適応するためのスタンドアロンツール、そしてキャラクタの特徴を反映するための個々の表情筋を演出する Autodesk Maya プラグインツールから構成されている[図 1]。この成果は、日本顔学会にて発表した。ツ

ールの評価を実際に進めていくうち、より個々のキャラクターの個性を強調するための、物理モデルのカスタマイズ方法について検討が必要であることがわかった。



図1 表情筋モデルと Maya プラグイン

顔のおおまかな特徴点を与えることで表情筋の配置が自動的に行われ、その後に個々の配置を自由に演出できる表情筋のカスタマイズ機能が付加された

©2003 松本零士/プラネット・銀河鉄道管理局 ©2006 早稲田大学

### (b) 頭髪演出ツールの開発 (トゥーンシミュレータ)

頭髪運動を制御するための物理ベースシミュレーションモデルを実装し、ポストフィルタリングにより、アニメ風の頭髪運動表現を実現可能な Hair Motion Director を開発した[図2]。風になびく頭髪運動や頭部の動きに同期して発生する頭髪の運動を忠実に演出表現することを目的とし、必要な機能やユーザインタフェースに関して仕様を固め、実際のテレビ放映用商用映像制作の現場で、その採用が検討された。しかし、最終段階で監督の意向で見送られ、手描きアニメを凌駕するには至らなかった。

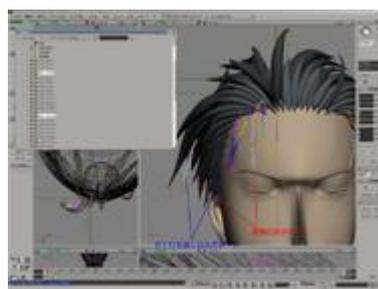


図2 頭髪演出の様子

頭髪モデル化と運動制御について実装した。運動の前後で頭髪形状が元にもどるなどの機能を取り入れた

©二ノ宮知子・講談社/のためカンターピレ2 製作委員会

### (c) 影演出ツール開発 (演出シェーダ)

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。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[図3]。この「影造」に関しては、NPAR2008 にてポスター発表した。また Adobe AfterEffects のプラグイン化のための検討を進め、ほとんどの機能がオリジナルの基本機能の組み合わせによって実現可能なことが明らかとなった。インタフェースデザインの洗



図3 影造による影の演出の例

キャラクターレイヤおよび背景を別に読み込み(左)、影の演出を行った結果(右)。影の方向や形状など様々な属性を編集できる

©2007 ハウステンボス/夢の友社/市川森一

練、フィールドテストのフィードバックによる性能向上と機能拡張が今後の課題として残された。

#### (d) キャラクタモーション演出ツールの開発 (リユーズブルコーパス)

全身のモーションキャプチャデータからポストフィルタリング処理により、アニメ特有の動作合成を実現する技術「MoCaToon」に関して性能評価を実施した。低次元化されたモーションカーブの特徴点抽出に基づく、キー姿勢の取捨選択によりアニメ特有の動作を生成する方法論はほぼ完成段階にある。さらにキャプチャしたモーションに対して、クリエイターの演出を自由付加することが可能なインタフェースデザインについては仕様は決定した。「MoCaToon」はテレビアニメ作品である「のだめカンタービレ巴里編」において、指揮者の主人公の動作シーン作成で実際に制作に採用され[図4]、コンテンツ制作効率の向上の目的で映像制作現場において機能することが示された。



図4 『のだめカンタービレ巴里編』の1シーン

指揮者の動きをモーションキャプチャし、MoCaToon を施すことでアニメらしい動きに変換が行われる。商用映像制作においても技術の有効性が示された

©二ノ宮知子・講談社/のだめカンタービレ2 製作委員会

### (e) 統合ツール実現のための検討

キャラクターアニメーション生成に関連して、様々な要素技術を生かし統一的に演出可能な統合ツールに関して検討を行った。特に個々の要素技術間での相関は少なく、またスタンドアロンツールとして統合するという形式でなく、業界で標準的なソフトウェア (Autodesk Maya 等) を共通プラットフォームとして、個々の技術をそのプラグインとして実装することにより、1つのソフトウェアとして統合する方針が有効であるという結論に達した。よって今後は、新開発された要素技術から逐次、最適なプラットフォームの選択およびプラグイン化を実施してゆく。

## (2) ViPlus グループ (株式会社オー・エル・エム・デジタル)

### (a) 演出シェーダについて

アニメの光と影を直感的インタフェースで制御できる演出シェーダの研究テーマのうち、ハイライト、陰影部分に関しては 2007 年度までに完了している。陰影アニメーションの演出を可能にするツール「<sup>ロコスティッシュ</sup>LoCoStySh」は、世界的アーティストとして知られる村上隆氏の作品『kaikaikiki “Planting the Seeds”』(2008)のカット制作などに使用された。

演出シェーダ関連テーマとして検討課題となっている、輪郭線等のライン制御の問題は引き続き研究を進めており、映像制作現場ツールとしての実用化と論文化を推進中である。

### (b) 鳥の羽根や羽毛などの表現ツール『フェザーシステム』(トゥーンシミュレータ)

自然現象のディレクタブル表現技術として、鳥の羽あるいはより一般的な羽毛等の微細構造をもつ自然物体の表現については、RenderMan を利用した基本システム「フェザーシステム」を開発してきた。本ツールの実証を兼ねて、短編作品『One Pair』を制作した[図5]。本作品には劇場版ポケットモンスターの監督としても知られる湯山邦彦氏に監督・脚本として参画いただき、本格的なプロダクションワークでの検証を行った。『One Pair』は、ACM SIGGRAPH 2008 コンピュータアニメーションフェスティバル(米・LA)のコンペティション部門に採択され、さらには第13回イ・カステリ・アニメティ国際アニメーション映画祭(伊・ローマ)、フューチャーフィルムフェスティバル 2009(伊・ボローニャ)でも上映された。

さらに今年度は、自然物のダイナミックな動き表現までを扱える、より一般的なモデリングおよびアニメーションツールを開発した。具体的には、ビル群などの景観表現、風になびく木々や草、花畑の表現等を従来にない高速性と使いやすさで実現した。またその際の表示対象に応じたワークフローも考案した。本ツールは、劇場版ポケットモンスター『ダイヤモンド&パール ギラティナと氷空の花束シェイミ』において花畑のシーン制作に使用され[図6]、技術とワークフローの有効性を検証することができた。



図5 短編作品『One Pair』の1シーン

「フェザーシステム」により自然な鳥の羽根の質感を表現している

©2008 OLM, Inc. All rights reserved.



図6 劇場版ポケットモンスター

『ダイヤモンド&パール ギラティナと氷空の花束シェイミ』の花畑シーン

花畑で花が風になびいて自然に揺らぐ様子を表現している

© Nintendo・CREATURES・GAMEFREAK・TV TOKYO・SHO-PRO・JR KIKAKU

© Pokémon © 2008 ピカチュウプロジェクト



図7 劇場版ポケットモンスター

『ダイヤモンド&パール ギラティナと氷空の花束シェイミ』予告編の群集シーン

約 11000 匹のポケモンの群れが草原を駆け抜けていく

© Nintendo・CREATURES・GAMEFREAK・TV TOKYO・SHO-PRO・JR KIKAKU

© Pokémon © 2008 ピカチュウプロジェクト

### (c) 群集シーン制作ツール「MAZE」の実用化（トゥーンシミュレータ）

昨年度まで開発を進めてきた群集シーン制作ツール「MAZE」は、劇場版ポケットモンスター『ダイヤモンド&パール ギラティナと氷空の花束シェイミ』予告編において、ポケモンの群集が草原を駆け抜けるシーンの制作に使用され、実用性が検証された[図7]。さらに Maya プラグイン化と機能拡充を進めた。

### (d) 弾性物体のディレクタブルアニメーション技術（トゥーンシミュレータ）

物理シミュレーションと作者の演出意図に基づくキーフレーム制御を両立させた弾性体アニメーション技術についてはすでに SCA05 にて論文発表した。今年度はその技術的枠組みを拡張し、点拘束条件を付加することで、多様なアニメーションに対応できるようにした。本手法は、The Journal of Computer Animation and Virtual World に論文採択された[原著論文 2: "Directable Animation of Elastic Bodies with Point- Constraints"] [図8]。

### (e) 表情アニメーションのためのキャプチャーポイント抽出の研究 （トゥーンシミュレータ）

顔の表情アニメーションを作る際に、モーションキャプチャを利用することも多い。ここで問題となるのは、どこにマーカー(測定位置)を置けば良いか、ということである。これに答えるための手法として、前年度は顔の頂点同士の影響領域を見出すための尺度を導入したが、今回は、顔の各頂点の動き(X)と、感情表現や口の動き(Y)との結合エントロピーI (X, Y) を導入して、その相関を定量的に測るという試みをし、その結果は SIGGRAPH08 の Talk セッションで発表した[図9]。心理学的な根拠との整合性の確認は今後の課題である。

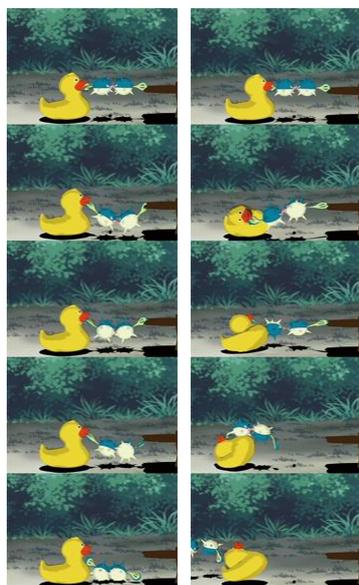


図8 ディレクタブルアニメーション結果  
（左）初期アニメーション。（右）サカナは点拘束でアヒルとつながっているため、本手法によりアヒルのキーフレームポーズのみを指定することで全体アニメーションができる



図9 エントロピー尺度による重要点の抽出  
左図は、マーカー点(X)といくつかの感情(Y)との相関。目の周りに重要な点が多い。右図は、マーカー点(X)と口の動き(Y)との相関。この場合等も目の近傍が重要と分かる

### (f) 静止画像からの流体アニメーション作成ツールの研究

写真であれ、絵画であれ、小川の流れ、煙や炎等、流体として扱える自然現象の静止画像情報からアニメーションを作成したい、というニーズはテレビや映画の映像制作で良く知られている。そこで我々は、静止画像と流体のリファレンスの動画サンプルとを入力して入力静止画像に表された流体のアニメーションを生成するシステムを開発した[図 10]。

まずビデオから、流れのおおまかな特徴を表す成分と、詳細のランダムな動きとに分解し、静止画の流体の流れの方向に合わせて、これらの情報をアレンジする GUI とを構築した。基本的なユーザテストを終え Journal 論文を果たし EUROGRAPHICS 2009 で発表することとなった。[原著論文 1 : "Animating Pictures of Fluid using Video Examples"]

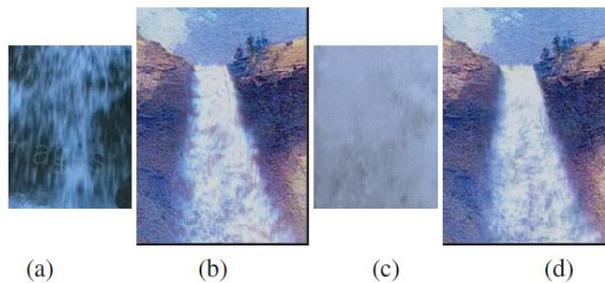


図10 本手法による流体アニメーションのバリエーション  
(a) と (c) は入力として用いられるサンプルムービーからのショット(b) と (d) は本手法によってできるアニメーション結果。(b) と (d) は同じ静止画像から作られたアニメーションである。与えられた静止画像に対して、どのような流体のサンプルムービーを選べばよいか今後の課題

### (g) アニメーション基礎理論の構築：モーフィングの幾何学的アプローチ

モーフィングはアニメーションを作る上で最も一般的なものの1つである。主要テーマのひとつは「位相的には同じだが、幾何学的に異なる2つの図形の compatible triangulation 構築」であるが、これについては、フランス INRIA との共同研究として推進している。今年度は第1段階として、2次元のモーフィングや形状補間のための新しい剛体補間手法を提案し、International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering (NPAR 2008)で論文発表した[図 11]。

さらに、内部領域同士の写像(Inter-shape Mapping)に関する検討を進め、PG 2008 (The 16th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications) で構想をポスター発

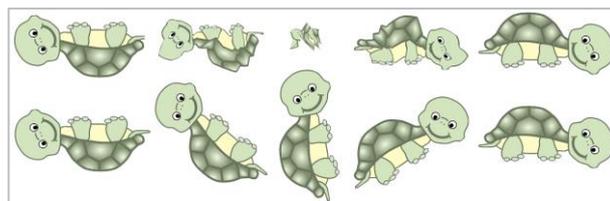


図11 2次元のモーフィングや形状補間のための新しい剛体補間手法  
180度以上の回転等、大幅に回転させる際に従来は破綻するという問題があった(上)が、これを解決した(下)

表した。本手法をモーフィングを 2D アニメに適用する新しいアルゴリズムを論文としてまとめ、IEEE TVCG 誌に採択された。

#### (h) 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」

デジタル映像作品制作のワークフローを踏まえたプロダクション情報共有 (CDVis: Creator's desktop: Visualization) と情報管理 (CDVis-Asset) を目的とする、作業工程管理システムの構築を ATR と共同して開発を行っている。「東京国際アニメフェア 2008 (2008/3)」に展示した試作: CDVis に関して、主にインタフェース・データベース部分の改良を行った。CDVis-Asset に関して、Maya シーンデータをデザイナーが効率的に管理できる Maya ツールの開発を行った。開発したツールは、現場担当者から、プロデューサレベルに対し、デモンストレーション・テストを実施し、実用性の検証と機能拡充に努めている。

### (3) eXPlus グループ (株式会社国際電気通信基礎技術研究所)

#### (a) リップシンク作成支援技術「AniFace-Toon」

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。リップシンク制作作業を支援するための技術「AniFace-Toon」に関して昨年度より引き続き研究開発を進めた。主に現場デザイナーによるフィールドテスト結果をもとに Maya プラグインインタフェースの改良を行った[図 12]。本手法は、The Journal of Computer Animation and Virtual World に論文採択された[原著論文 3: “Efficient Lip-synch Tool for 3D Cartoon Animation”]。



図 12 AniFace-Toon  
AniFace-Toon for Maya ウィンドウ

#### (b) リップシンク応用展開(1) 「iFACe: デジタルアニメ声優体験システム」

リップシンク作成支援技術の応用化例の一つとして、声優経験のない参加者が、プロの声優のアフレコした発話アニメーションに近いリップシンク精度で、デジタルアニメキャラクターの発話と同期したアニメーションを体験できる、インタラクティブ発話合成システム iFACe を提案した。プロトタイプシステムは昨年度構築を終え、本年度はインタフェースの改良、システム評価を実施した。本技術は、情報処理学会論文誌に採択された[原著論文 5: “iFACe: デジタルアニメ声優体験システム”]。また本システムのデモンストレーション[図 13]を ATR/NICT オープンハウス 2008 ([http://www.atr.jp/html/expo/index\\_j.html](http://www.atr.jp/html/expo/index_j.html)) にて 2008



図 13 iFACe: デジタルアニメ  
声優体験システム  
ATR/NICT オープンハウス 2008 デモ風景

年 11 月 6 日から 8 日まで実施した。

### (c) リップシンク応用展開(2)「リップシンク作成支援 Web サービス」

Maya 利用者以外の方にも幅広くリップシンク技術の利用できるよう考慮し、AniFace-Toon の基盤技術をクラウドコンピューティングとして利用可能な Web サービス構築を進めている。現在、プロトタイプシステム[図 14]の構築を終え、本年度末にフィールドテストを実施する。テスト結果をもとに最終年度、システム改良を進め本サービスの実施を目標とする。



図 14 リップシンク作成支援 Web サービス 分析結果出力画面(開発中)

### (d) リップシンク応用展開(3)「実証映像作品」

リップシンク技術の実証映像作品として、『Parallel World Bus Tour 2008(仮)』[図 15]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。本年度末に制作を完了し、次年度本作品を、各国際映像コンペティションへ投稿予定である。



図 15 実証映像作品『Parallel World Bus Tour 2008(仮題)』のプレビューカット  
©TPO, Benson, SJBC and ATR

### (e) フェイスシンク技術「表情付き発話アニメーション生成に関する研究」

表情付き発話アニメーション生成のための基礎検討として、実際の人間の顔の動きを対象として表情付き発話動作の収録したデータの分析を行った。具体的には、表情付き発話アニメーションを対象とすることで、実際の顔の動きのデータ(モーションキャプチャデータ)が大容量化・多様化するため、顔面の動き計測のために配置された多数のマーカーについて、そのマーカー間の動きの相関に着目し、少数マーカーの動きから周辺マーカーの動きを線形近似することでより効率的に動きをモデル化するための前処理について検討した。マーカー数と近似誤差にはトレードオフがあり、アプリケーションによって許容できる誤差量も変わるが、対象のモーションキャプチャデータベースにおいて、近似誤差として平均 0.8mm 程度で、マーカー数を 139 点から 20 点に削減できることを確認した[図 16]。

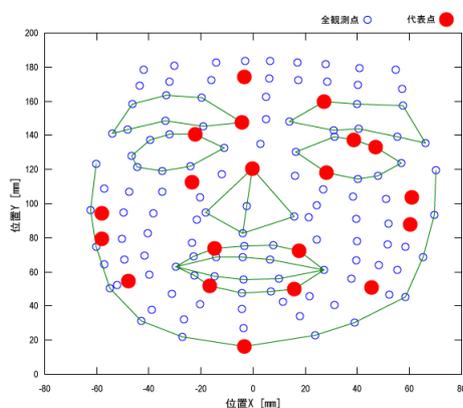


図 16 表情付き発話アニメーション生成に関する研究  
顔上に配置した動作観測点(139点)、および抽出された代表点(20点)

## 3. 研究実施体制

### (1) CaPlus グループ

- ①研究分担グループ長：森島 繁生（早稲田大学、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) 演出可能な頭髪運動モデリング（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 (NPNP) (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
- 5) ワークフロー管理システム開発 (ワークフロー)

### (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 (㈱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) リップシンク応用技術・技術展開(ビヘイブシンク)
- 4) 実証映像制作

## 4. 研究成果の発表等

(1) 論文発表 (原著論文)

1. Makoto Okabe (Max Planck Institut fuer Informatik), Ken Anjyo (OLM Digital, Inc.), Takeo Igarashi (Univ. of Tokyo), Hans-Peter Seidel (Max Planck Institut fuer Informatik), "Animating Pictures of Fluid using Video Examples", Computer Graphics Forum (EUROGRAPHICS 2009 Special Issue), vol.28. No.2, pp.677-686, 2009.4
2. Ryo Kondo (Keio Univ.), Ken Anjyo (OLM Digital, Inc.), "Directable Animation of Elastic Bodies with Point-Constraints", The Journal of Computer Animation and Virtual World, vol.19, Issue Nos. 3-4, pp.165-173, 2008.9
3. Shin-ichi Kawamoto (ATR-SLC), Tatsuo Yotsukura (ATR-SLC), Ken Anjyo (OLM Digital, Inc.), Satoshi Nakamura (ATR-SLC), "Efficient Lip-synch Tool for 3D Cartoon Animation", The Journal of Computer Animation and Virtual Worlds, vol.19, Issue Nos. 3-4, pp.247-257, 2008.9
4. 四倉達夫 (ATR-SLC), 川本真一 (ATR-SLC), 松田繁樹 (ATR-SLC), 中村哲 (ATR-SLC), "iFACe : デジタルアニメ声優体験システム", 情報処理学会論文誌, Vol.49, No.12, pp.3847-3858, 2008.12
5. 森島繁生 (早稲田大), 小特集 今”顔”が面白い ～顔の画像処理とその応用～ "顔表情の CG 合成と感動評価", 映像情報メディア学会誌, Vol.62, No.12, pp.1923(20)-1927(23), 2008.12
6. 森島繁生 (早稲田大),

特集 アンドロイドやエージェントに感じる人の存在感  
"CGキャラクターの存在感",  
日本バーチャルリアリティ学会誌, vol.14, No.1, pp.23-28, 2009.3

(2) 特許出願

平成 20 年度 国内特許出願件数 : 0 件 (CREST 研究期間累積件数 : 10 件)