「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

（早稲田大学理工学部応用物理学科　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

日本におけるアニメコンテンツ産業において、作品制作に関わるコスト削減および制作時間短縮など生産効率向上のため、アニメータを支援する要素技術の研究・開発を行なっている。これらの研究開発を通じて、作品制作を行うための新しいワークフローの確立と、これを支援するオーサリングツールの開発を最終目標としている。

特に現実世界とは異なる2次元アニメ独特の世界を、3次元アニメーションの世界で再現できることを目標とし、現実世界の単純なシミュレーションに留まらず、作者の感性をも直感的にフィードバックできる機能を重視している。これは、「ディレクタブル（演出可能な）」というキーワードで表現されるように、あくまで3次元CGに基づく自動計算を基本としながら、後で作者の感性を加えることが可能であり、しかも空間的、時間的に違和感を生じないアニメ作品の制作が可能となる。

本研究は4つのサブテーマから構成されている。1)作者の感性を反映して思うままに光や影をコントロールすることができる演出シェーダの開発。2)手描きではほとんど不可能な、煙、炎、水、頭髪の動きなどを物理シミュレーションに基づいてアニメ調に高速変換するトゥーンシミュレータの開発、3) 台詞や音声、音楽に合わせてキャラクタの唇、頭部、身体の動きを自動制御するビヘイブシンクの研究、そして4) 過去の作品やデータベースからキャラクタの動作や表情を再現するリユーザブルコーパスの研究である。

これらの機能を統合し、アニメータにとって使い勝手のよいユーザインタフェースを備えた統合型のオーサリングツールを開発し、実証映像によってその意義を検証する。また制作現場とのコラボレーションを実現し、ツールの機能をさらに高めてゆく。

2. 研究実施内容

(a)演出シェーダについて

3次元 CG を用いるアニメの陰影表現について、特に、演出意図をより直接的に表現するために、3次元シーンの中に落ちる一般の影および陰影部分の擬似的変形を可能とする新しいアルゴリズムを検討した。

この成果として、手続き型のハイライトモデルをマウスドラッグベースの直感的方法で制御する方式をNPAR2006（非写実的な CG 手法に関する世界唯一の国際シンポジウム）で論文発表した（図1参照）。

図１　手続き型ハイライトモデル：
マウスドラッグ操作のみでハイライトの形や位置を編集できる

また、物体の落とす影の位置、大きさ、形状を、光源の移動や物体自体の変形を伴わずに、直感的に演出可能な影の制御方式に関して WSCG2007（欧州におけるコンピュータグラフィックス等の国際会議）にて論文を発表した（図2参照）。

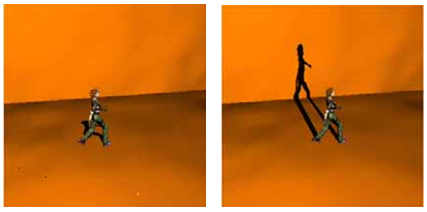

図２　影の編集ツール
左)元の影　右)演出後

さらにハイライトシェーダに関しては、プロトタイプを構築し Maya Plug-in として劇場版『ポケットモンスター』の映画等における制作現場での評価と活用を推進した。陰影部分についても、ドラッグ操作で光源位置を変更できる手法を NPAR2006 の論文で提案した。さらに陰影の微妙な変形表現を絵筆型のインタフェースを用いて対話的に編集できる方式も基礎検討した。

(b)トゥーンシミュレータについて

H17 年度後半より新規テーマとして、手描き画像の学習モデル構築とそのツール化を開始した（本テーマは、計画書では (b)演出シェーダの欄に記した）。

図3　手描き線画の学習モデルの適用例

H18 年度は、線画ベースのものについて、EUROGRAPHICS 2006（Computer Graphics Forum Vol.25 No.3 に所収）にて論文発表した。図3にその例を示す。入力として得られた5点の線画（同図左）から、出力としてこれらの入力画像に、似ているが異なる線画像（同図右）を生成出来ている。

また、H18 年度後半から、フル 3DCG 映像作品を制作支援する技術開発も開始した。ひとつはフル 3DCG 制作にて業界の最高水準レンダラーとして定評のある RenderMan を用いて、鳥の羽や羽毛等、既存市販ソフトでは実現し得ない自然表現を達成する技術群とワークフローを開発した。さらに、プロデューサ、ディレクター、クリエータ間の情報共有、進捗管理、データ管理の枠組みとなるネットワーク上の情報共有システムの開発を開始した。

弾性体として表現できるキャラクタの動きと経路とを独立に制御する新手法については、昨年度は映像制作現場と連携して実験映像を作り、評価を行った。その結果、本手法をツール化する際に必要な GUI 及び追加機能の洗い出しを行った。今年度はさらに、拘束条件を満たす複数の弾性物体キャラクタを同時に扱える機能を追加し基礎実験を行った。来年度はこれの論文化とツール化を開始する。

また、煙や水の流れなど、流れの場として表現できる自然現象の非写実的表現ツール構築のためのアルゴリズムの検討と基礎実験を行った。

表情合成に関しては、表情筋モデルを用いた物理シミュレーションによる合成方法をアニメキャラクタに応用した。特にここでは表情筋のカスタマイズ機能を新規に付加することによって、個々の表情筋の配置位置やバネの強度を作者が簡単なマウス操作で変更できたり、新たな表情筋を任意の皮膚に追加できる機能を実現することによって、表情のバリエーションを増やしたり、誇張表現が可能になるなど、表情演出の機能が強化された。

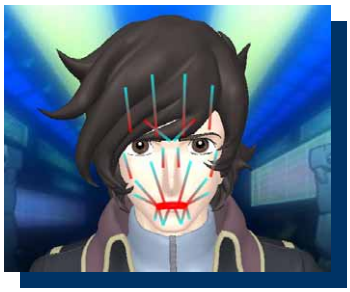

図４　表情筋モデル
表情筋のカスタマイズ機能が付加された
©2003 松本零士/プラネット・銀河鉄道管理局
©2006 早稲田大学

(c)ビヘイブシンクについて

リップシンク技術（AniFace）実現のため、1）実際のCG 発話アニメーション制作の作業フローに合う、ブレンドシェープを用いた、カートゥーンキャラクタ発話アニメーション生成技術（AniFace-Toon）、2）モーションキャプチャで予め収録した発話コーパスを用いた、高精度・高精細 CG キャラクタ発話アニメーション生成技術（AniFace-MoCap）の研究開発を行った。AniFace-Toon では日本語・英語版に対応し、カートゥーンキャラクタに合う自然なアニメーションの生成を実現することができた。また AniFace-Toon 用評価映像「Iron wand princess - short version」の製作を行った（図5参照）。AniFace-MoCap では新たな口形状アニメーションの軌跡の生成法を提案し、アニメーション生成の精度を向上することができた。

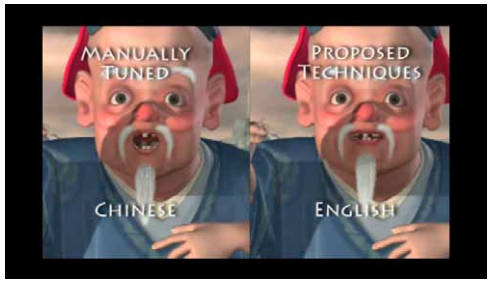

図５　リップシンク評価映像
「Iron wand princess - short version」
© 2006 Shanghai Benson Animation & Total Planning Office & Shanghai Jizhi Business Consulting

(d)リユーザブルコーパスについて

MRIで計測した人体の高精細な骨格モデルから、オリジナルに忠実にキャラクタの動作を再現する技術開発を行った。MRIで得た骨格および皮膚のデータに基づき、標準骨格モデルを整合して個人のモデルを得る（図6）。さらに仮想マーカを皮膚モデル表面に配置して、モーションキャプチャ結果を骨格の動きに反映させる。これにより演者の意図に忠実な動作再現が可能となり、また従来多くの時間を必要としたポスト処理が不要となった。また前腕部の回転の表現や、腕の皮膚のすべりの表現が可能となり、演者の動きが、キャラクタの動きとして忠実に再合成するこ

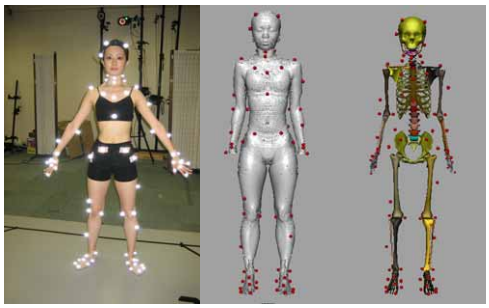

図６　高精細モーションキャプチャ
仮想マーカを皮膚モデルに添付
標準骨格をモデルを MRI データに整合する

とが可能となった。

また、モーションキャプチャデータから単位時間当たりの描画枚数を意図的に減らして制作されるリミテッドアニメーション風のキャラクタの動きを再現するMoCaToon技術を開発した。モーションキャプチャデータをそのまま使用するのではなく、動きの意味を再現する姿勢のみを抜き出すために、姿勢間距離の総和が最大となるような姿勢の系列をキーとして選択する。また、キー姿勢の補間関数はフレーム間隔を考慮して適切なものが選択できる。これにより、モーションキャプチャデータに特有の人間の生の動きから感じられる不気味さが取り除かれ，作者の演出が可能となった。また、編集対象となる姿勢の数を大幅に減らせることから，これまで困難と考えられてきたアニメ制作でのモーションキャプチャデータの利用が実現される。

図７　評価映像『銀河鉄道物語』
MoCaToon と AniFace 技術が投入された
©2003 松本零士/プラネット・銀河鉄道管理局
©2006 早稲田大学

過去に作成された松本零士原作『銀河鉄道物語』を3次元CG技術で制作して，その実用性を検証した（図7）。3次元CGを導入しながらも従来の手描き風2次元アニメの表現スタイルを継承し，制作者の感性や演出意図をより直接的にキャラクタに付加できる新しい制作環境を構築できる見通しを得た。

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

- 研究統括
- 表情モデリングおよび表情合成　（トゥーンシミュレータ）
- アニメ調頭髪の運動制御　（リユーザブルコーパス）
- 高精細骨格モデルによる動作モデリング　（リユーザブルコーパス）
- アニメ調影の表現　（演出シェーダ）
- モーションキャプチャデータのアニメ調変換　（リユーザブルコーパス）

（2）ViPlus グループ（㈱オー・エル・エム・デジタル）

① 研究分担グループ長：安生　健一　（㈱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

- アニメ調陰影表現　（演出シェーダ）
- 手描き画像の学習モデル構築　（トゥーンシミュレータ）
- 自然現象の非写実的表現技術（NPNP）　（トゥーンシミュレータ）

・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）

（3）「ExPlus」グループ

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　音声言語コミュニケーション研究所所長）

② 研究項目

・リップシンクアニメーション技術　　（ビヘイブシンク）

・フェイスシンクアニメーション技術　　（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）

○ Eiji Sugisaki, Yosuke Kazama, Shigeo Morishima, Natsuko Tanaka, Akiko Sato, “Hair Motion Cloning from Cartoon Animation Sequences”, Journal of Computer Animation & Virtual World July 2006, vol.17, pp.491-499, 2006.7

○ 久保尋之，柳澤博昭，前島謙宣，森島繁生，“表情筋制約モデルを用いた少ない制御点の動きからの表情合成”，日本顔学会誌, Vol.6, No.1, pp.61−69, 2006.9

○ William V. Baxter, Ken-ichi Anjyo, “Latent Doodle Space”, In Computer Graphics Forum, volume 25, issue 3. pp.477-485, 2006.9

（2） 特許出願

平成 18年度特許出願：5件（CREST 研究期間累積件数：7件）