

Focus 02

数学で豊かな映像表現を創る

マンガ、アニメ、コンピューターゲームは、クールジャパンの代表として世界から注目を集めている。しかし、ハリウッドなども豊富な資金と最先端のCG(コンピューター・グラフィクス)技術を投入して超大作を制作しており、日本の地位は決して安泰とはいえない。エンターテインメントは、人の表情や動き、自然の姿をいかに魅力的に表現するかが勝負になる。数学を使って豊かな映像表現を生み出し、しかも制作者が使いやすいツールをつくることで、日本のお家芸であるアニメやゲームがさらなる進化を遂げようとしている。

電機メーカーの研究者からの転身

アニメと電機メーカーの研究者。この不思議な出会いをとりもったのが、数学である。

大学院で複素関数論を専攻した研究代表者の安生健一さん(株式会社オー・エル・エム・デジタル R&Dスーパーバイザー)は、1982年に株式会社日立製作所の日立研究所に入った。画像処理の研究を続けていたある日、広報誌の新年号表紙として太陽表面に吹き上がるフレア(炎)をCGで描くよう頼まれたのが、CGの研究開発に関わるきっかけだった。

「その後もフラクタル関数でCGをつくりましたが、自然物を再現する難しさを痛感しました。一方、当時のCGでリアルな人を表すことは至難の技で、特に髪の毛が風にびくという表現は難しいといわれていました。そこで実際のイメージに近い1本の髪の毛をつくり、それを数万本束ね、簡易シミュレーションによ

て動きや光と影の関係を高速計算することで再現しました」と振り返る。

1992年頃から、人の頭髪や動作のリアルなCG表現手法を国内外に発表すると、映像関係者に注目され、映画・テレビ業界とのつながりが増えた。国内番組のオープニングや、リアルタイムCGと舞台の融合など、放送局とのコラボレーションを手がけた。さらにハリウッド映画『スポーン』の群集シーンのCGなどにも協力した。

さまざまなCG映像制作に関わるうちに、制作者や演出家の意図に応えるCG映像をつくり

たいと考え、1999年に現在の会社に移った。

「アニメでは、現実にはありえない超人的な動きや視覚効果を狙ったデフォルメが求められます。人の喜怒哀楽やふるまいはもちろん、炎や雲などを描くことも難しい。これらがうまく表現できないと、逆に違和感を持たれてしまいます」。

映像表現の課題を数学的に解き明かす

問題解決と魅力ある映像づくりには高度な数学が必要だと考えた安生さんは、CG研究



1980年代に、フラクタル関数を使って制作した自然景観のCG



安生 健一 (あんじょう けんいち)

株式会社オー・エル・エム・デジタル R&Dスーパーバイザー

1982年、九州大学大学院理学研究科博士課程中退。博士(工学)。株式会社日立製作所で17年間コンピューター・グラフィクスの研究・開発・製品化に従事しながら、国内テレビ番組やハリウッド映画などのビジュアルエフェクトを担当。1999年慶應義塾大学特別招へい教授を経て、2000年より株式会社オー・エル・エム・デジタルで映像制作技術の研究・開発、実用化推進と作品制作のテクニカルディレクションなどを行う。10年よりCREST研究代表者。

者と数学者が協力し合うことで映像表現の課題を数学的に解き明かそうと、落合啓之教授(九州大学マス・フォア・インダストリ研究所)、土橋宜典教授(北海道大学大学院情報科学研究科)、岡部誠助教(電気通信大学大学院情報理工学研究科)に呼びかけた。

安生さんと岡部さんの映像数学グループがアニメーション技術と数学モデル、CG技術と数学理論間のインターフェースを担当し、落合さんを始め数学モデルグループが表現技術のための数学開拓とモデル構築、土橋さん

たちCGグループが自然現象の演出に数学モデルを導入するシミュレーションシステムの構築を担当し、2010年の秋から「デジタル映像表現」のための数学領域の構築をめざして研究が進められてきた。

人の表情・動き、流体を映像化する

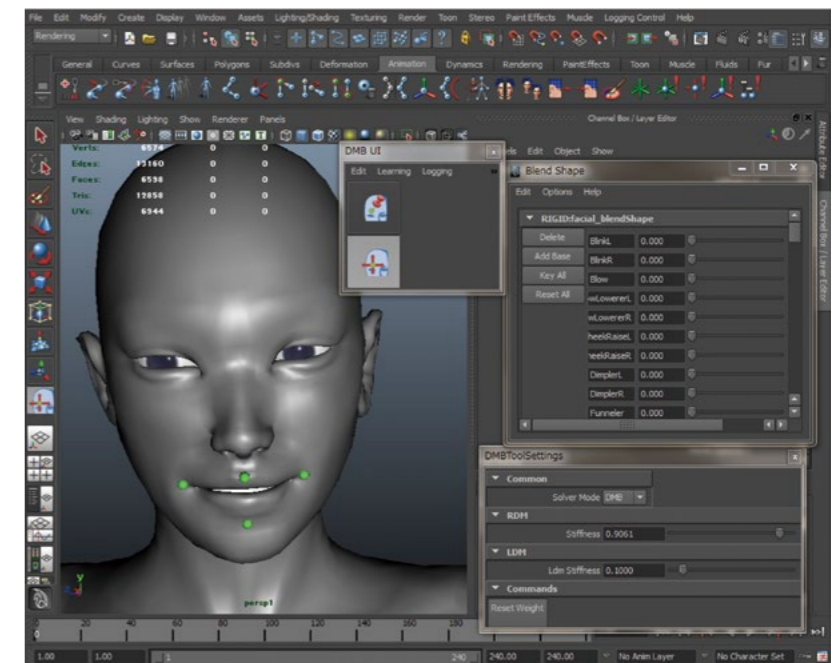
研究では、「人の表情と動きの表現」「流体の表現」に的を絞り、制作者の意図を直接指示できる新しい数理モデルを構築した。具体的には、映像生成に関する諸パラメーターを

推定するために、表現論や各種関数捕間法、微分幾何といった数学を活用したアルゴリズムを開発することによって、表現を洗練してきたことが特色である。

人の表情の表現では、「笑顔」ひとつをとってもさまざまで、方程式を使うだけでは再現できない。これまでは顔の各部を動かすための多数の数値パラメーターを手動で調整するという煩雑な方法がとられていた。開発した「顔モデルの編集ツール」では、3次元の顔の形状モデルを「笑ってい

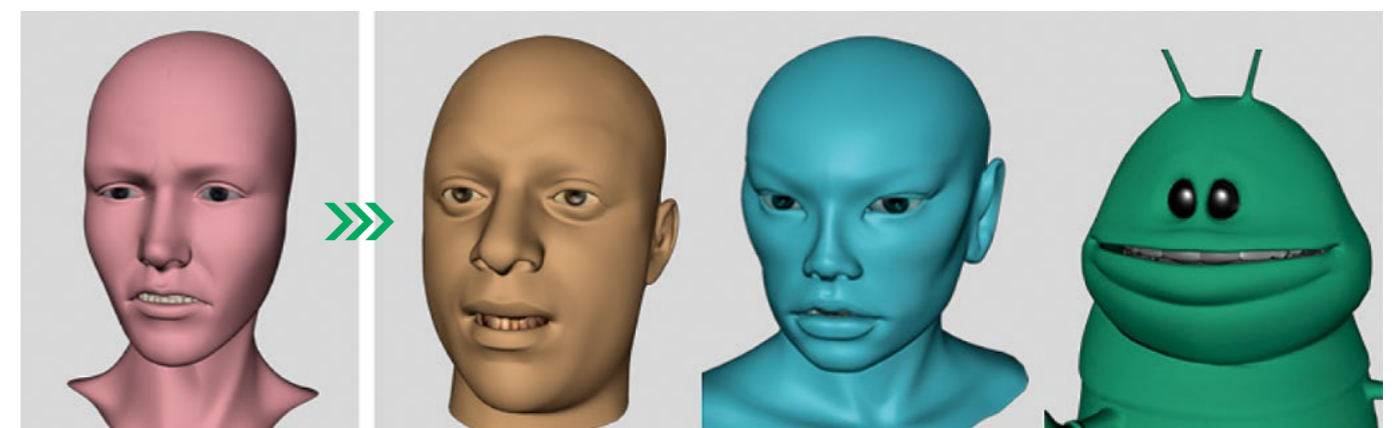


風にびくく髪の毛をCGでリアルに再現(1992年)



顔モデルの編集ツール

リアルで豊かな表情をつくるために、従来は煩雑なスライダー操作が必要だった。直感的な操作に置き換える技術を構築し、大幅な効率向上を実現した。



表情の移植

あるモデルの表情アニメーション(左)を、さまざまなモデルに移植し(右の3点)、かつ編集も可能にする。

る」ように変形したうえで、逆にそこから「笑顔」を生成する口元や頬、眼尻などの数値パラメーターを算出する方法をとっている。また、モーションキャプチャー（身体や顔の要所に発光物やセンサーを取り付けてモデルの動きを捕えてデータ化する技法）で得たデータからも「笑い」に伴う顔の各部の動きをつかむことで、さらに効率よく編集作業が行えるツールに仕上げた。キャラクターの陰影表現でも、数学的計算により3次元モデルに直接ペイントするだけで数値データ化を可能とした。これらの開発により、制作者が簡単に笑顔を生成できるだけでなく、生成した「笑顔」の数値パラメーターを他のキャラクターにも容易に移植（変換・編集）できるようになった。

人の動きの表現でも、モーションキャプチャーで得た数値をコントロールするだけで超人的なジャンプなどのダイナミックな表現

が可能となった。アニメ独特の表現である拳を突き出してクローズアップするシーンも、腕の長さを5メートル以上に設定することで、迫力あるデフォルメ映像が生み出せる。

炎や煙、雲など、さりげない流体の表現も難しい。実写映像を合成するだけでは迫力に乏しく、無理に誇張すればリアリティを失くしてしまう。炎や煙の実写から流体部分を切り出し、輝度や形、色彩・色調、密度（ボリューム）を積分方程式などを使って数値化したうえで、その数値を組み合わせることで自在に流体を生成できるようになった。

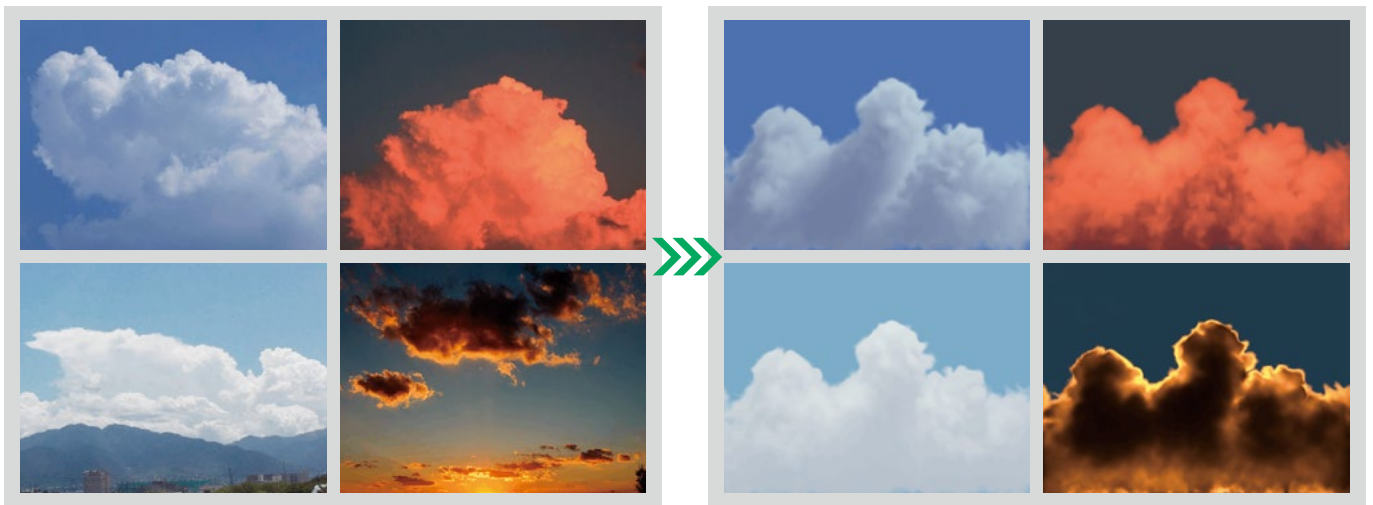
日本のアニメや映像の魅力を高める

映像表現を数学モデルで記述するだけでなく、映像の制作者のためのインターフェースを開発し、現場が使いやすいツールを提供することをテーマにしてきた。「こんな演出を

したい」「このような表現はできないか」とのニーズに対して、数学の力で求めるCG映像を実現し、多くの観客や視聴者の感動を呼ぶことが大きな喜びだという。

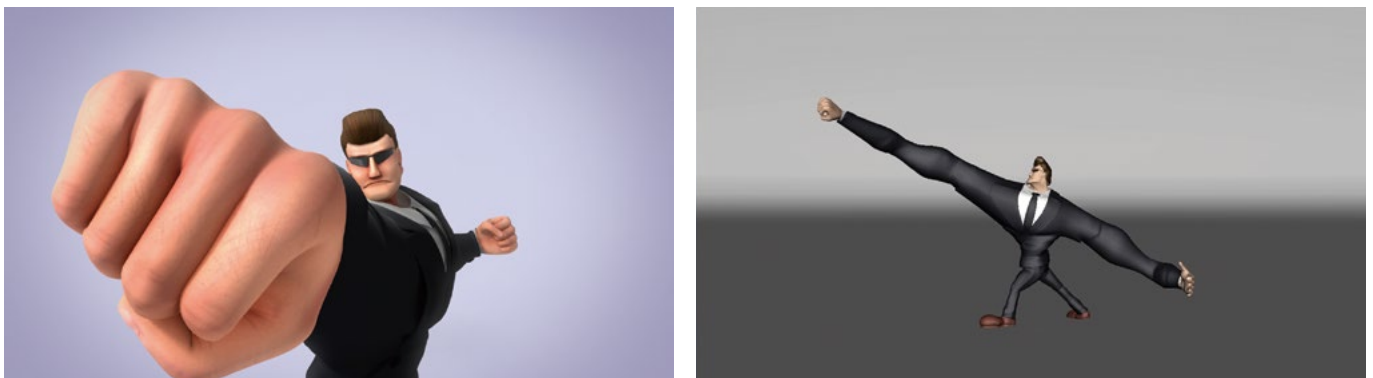
「研究成果は、米国コンピューター協会（ACM）のCG分科会（SIG）が主催する国際会議・展示会SIGGRAPHに発表して大きな反響を得ていますが、今後もデジタル映像数学を発展させ、高精細な映像づくりを進めていきたい」と抱負を語った。

数学を用いる映像表現は大きな可能性を秘めている。使いやすく高度な映像表現ができるツールが普及すれば、独創的な作品づくりにつながり、日本のアニメや映像文化の魅力をいっそう高めることだろう。



雲のCG

実写画像（左）を用いて推定したパラメーターを使って作成されたCGによる雲（右）。実写画像の色と陰影を再現。



デフォルメされたアニメーションの作成

拳のクローズアップの表現（左）では、腕をありえない長さに設定（右）することで迫力ある映像が可能になる。