

2P-2

テクスチャを用いた
雲状対象物の動的表現

大島 登志一* 板橋 秀一**

筑波大学 *大学院博士課程工学研究科 **電子・情報工学系

1. はじめに

コンピュータ・グラフィックス(以下、CG)による自然対象物の表現についての研究は、よりリアルなCG映像を制作するためのみならず、それ自体非常に興味深い領域であり、すでに多くの研究が報告されている¹⁾。本研究では、自然対象物の中でも特に、雲・煙・炎・星雲などに代表される種類の自然対象物(以下、雲状対象物)の「流れ」の動的表現を行うための一手法の開発を行なっている。本手法は、モデルの理論的妥当性や写実性よりはデザインの柔軟性とコストの低さを重視して、アニメーションの制作を目的とするものである。雲状対象物の中でも炎は動的表現が特に難しい対象であり、炎の表現についての研究はいくつかあるものの、焚き火のような燃えさかる炎をリアルに表現できる技法は、概して、まだ確立されてはいない現状にある。このような炎を表現することが本研究の目標のひとつとなっている。

本稿では、「モーション・テクスチャ」の概念を提案し、モーション・テクスチャをデザインすることによって雲状対象物の流れを表現する「2次元テクスチャ法」について述べる。また、本手法による炎の動的表現の例を示す。

2. モーション・テクスチャ

写実的な3次元CG映像を制作する際、物体表面上に見られる種々のディテールを比較的低いコストで描写することのできる効果的な手法として、テクスチャ・マッピングが頻繁に使用される。色をはじめ、凹凸・反射・屈折・透過・影などあらゆる応用が考えられ、基本的な技法として普及している。また、2次元であったテクスチャは3次元のソリッド・テクスチャに拡張され、大理石などの石材や木材など3次元の素材から削り出された物体の質感をリアルに表現できるようになった。本稿で提案する「モーション・テクスチャ(motion texture)」は、これらのテクスチャを時間軸方向に拡張するものである。「n次元のモーション・テクスチャ」というとき、各時刻においてn次元空間のテクスチャであることを意味する。このモーション・テクスチャを用いることによって、3次元情景モデルそのものには手を加えることなく、映像に効果的に動きを付加することができる。

3. 2次元テクスチャ法

「2次元テクスチャ法」は、高度に複雑な視覚的実体である炎などの雲状対象物を2次元モーション・テクスチャによって表現することにより、低いコストでより複雑なアニメーションを制作しようとするものである。対象物を表現するモーション・テクスチャのデザインは、素材として選択した2次元テクスチャに対して、画像変換処理を適用し適宜加工することによって行なう。これら全ての処理は、関数の形式で扱う。本手法で構成するモーション・テクスチャの基本的な形式は、2次元の単位空間における座標ベクトルおよび任意に設定した時間スケールでの時刻を入力すると濃度値を返す関数(以下、モーション・テクスチャ関数)である。モーション・テクスチャ関数の出力である濃度値は、このテクスチャの用途によって、任意にベクトルなどに変換する。典型的な例として、色彩画像を得るために、これを色ベクトルに変換することがあげられる。

雲状対象物の流れを表現するために、雲状対象物の視覚的特徴を図1に示すように、(1)「微細構造」、(2)「大局的形状」、(3)「歪み・揺らぎ」、(4)「流れ」の4つの要素に分け、それぞれの要素を表現するための操作および関数を表1に示すように対応させる。すなわち、雲状対象物の視覚的微細構造の素材であるテクスチャを変形(歪み変換)・シフト(流れ変換)することによって歪み・揺らぎ・流れを表し、局所的な濃度変換(成形処理)を施すことによって、全体的な形状を決定する。成形処理は、テクスチャと、対象物の大局的形状に寄与する2種類のパターンとを合成することによって行う。モーション・テクスチャ関数は、「基本操作関数」を組み合わせることによって構成する。基本操作関数としては、表1に示した6種類の関数を使用する。4種類に分類した視覚的特徴のそれぞれを受け持つ関数と、補助的操作のために2種類の関数がある。「濃度変換関数」は、映像全体の濃淡の調子を変える。また、「濃度値混合関数」は、複数の濃度値分布パターンをひとつにまとめる。

これらの基本操作関数は、ひとつ以上の「要素関数」から構成される。要素関数は、座標ベクトルを出力するものと、濃度値を出力するものとに分けることができ、これらをそれぞれ「座標ベクトル関数」および「濃度値関数」として区別する。

3.1 歪み変換と流れ変換

モーション・テクスチャ関数の内部では、処理の段階に応じて、(1)主座標系、(2)歪み座標系、(3)流れ座標系の3段階の階層的な座標系を扱う。「主座標系」とは、モーション・テクスチャ関数に引数として与えられる座標ベクトルが属する座標系であり、対象物の形状を記述するための基準となる座標系である。「歪み座標系」とは、対象物の形状とその動き・歪み・揺らぎを表現するための、主座標系上で歪められた座標系である。「流れ座標系」とは、対象物の微細構造の流れを表現するための座標系である。歪み座標系上で固定されているテクスチャの参照領域が流れ座標系に対して相対的に移動することによってテクスチャがシフトされ、流れが表現される。この3つの座標系の間、「歪み変換」および「流れ変換」の2種類の座標変換を考える。「歪み変換」は、主座標系から歪み座標系へ、あるいは、歪み座標系から歪み座標系への座標変換として定義される。「流れ変換」は、歪み座標系から流れ座標系への座標変換として定義される。

3.2 モーション・テクスチャ関数の構成

モーション・テクスチャ関数の基本的な構成例を図2(b)に示す。これは、2つの歪み変換関数と各ひとつずつの流れ変換関数・テクスチャ関数・成形処理関数から成る。図2(b)では、実質的に1段にまとめることのできる歪み変換関数を2段に分解したまま記述することによって、2種類の補助的な基本操作関数(濃度変換関数・濃度値混合関数)以外の基本操作関数の可能な接続関係の全てを示した。

4 炎の表現例

図3に「焚き火」を、図4に「ろうそくの火」を2次元テクスチャ法によって表現した例を示す。これらのためのモーション・テクスチャ関数の構成は、図2(b)に示したものと基本的には変わらない。

5 おわりに

モーション・テクスチャによって雲状対象物の流れを表現する2次元テクスチャ法について述べた。炎を表現する幾つかのアニメーションのビデオを実際に制作することによって、その有用性を確認することができた。また、雲状対象物の視覚的特徴を、(1)流れ、(2)歪み・揺らぎ、(3)微細構造、(4)大局的形状の4種類に分類することによって、これまで²⁾より系統的にモーション・テクスチャ関数の構成を記述できるようになった。現在、モーション・テクスチャを情景の中に組み込む場合について実験を行なっている。

参考文献:

1) 「第3回グラフィクスとCAD集中研究集会:自然対象物のモデリングと表現技術」, 情処研報89-CG-40(Aug.1989).

表1 雲状対象物の視覚的特徴と操作および基本操作関数

視覚的特徴	操作	基本操作関数
I 微細構造 II 大局的形状 III 歪み・揺らぎ IV 流れ	テクスチャの供給 成形処理(局所的濃度変換) 歪み変換(座標変換) 流れ変換(座標変換)	テクスチャ関数 成形処理関数 歪み変換関数 流れ変換関数
	濃度階調変換 濃度値の混合	濃度変換関数 濃度値混合関数

図1 雲状対象物の視覚的特徴(例:炎)

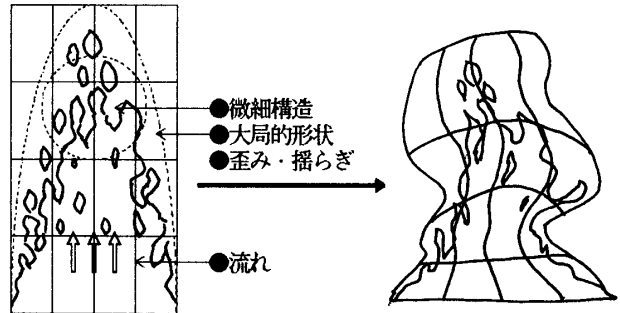


図2 モーション・テクスチャ関数の構成

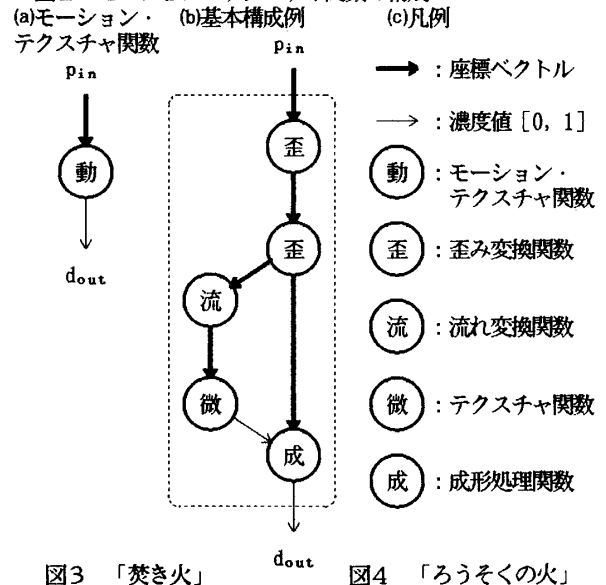


図3 「焚き火」

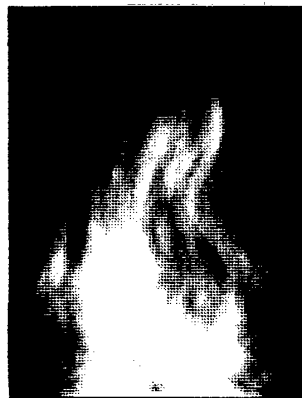
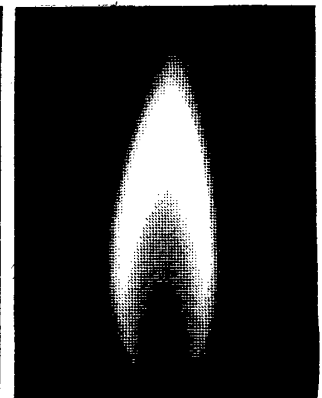


図4 「ろうそくの火」



2) Ohshima, T. and Itahashi, S., "An animation design tool utilizing texture," Proceedings of IEEE MIV-89, pp.337-342, Tokyo, Japan (Apr. 1989).