

自然物・自然現象の コンピュータグラフィックスによる表現法に関する研究

村岡 一信
東北工業大学

1. 研究の背景・目的

近年、コンピュータグラフィックス（CG）による映像は、映画の特撮やマルチメディア映像コンテンツ、フライトシミュレータなどの操縦シミュレータ、都市計画や観光開発などの景観アセスメントなど、さまざまな分野に用いられている。しかしながら、CG技術は人工建造物の表現を中心に開発・発展してきたため、複雑な形や動きの自然物・自然現象の表現には必ずしも向いているとはいえない。最近、映画等で海の波や雲、竜巻などの自然現象のCGによる映像も多くなっているが、わずか数秒の映像に数ヶ月を要しているのが現実である。このため本研究では、既存のCG技術では効率的に制作することが困難な、自然物・現象のCGを効率的に表現する手法の開発を目的としている。

2. 研究の意義

既存のCGソフトウェアによって複雑な形状を持つ自然物・現象を表現しようとする時、CGクリエイタに過大な負担がかかり、製作期間の長期化や費用の増大を招いている。本研究は、少ないパラメータで複雑な形と動きを持つ自然物や自然現象を効率的、かつ自動的に生成する手法を開発するものであり、CG映像の制作期間の短縮や労力の低減だけでなく、コンピュータゲームや操縦シミュレータ等の映像表現力の向上に貢献することが期待できる。また、福祉分野のための癒しのツールとしての応用や、芸術分野の新しい表現ツールとしての可能性が期待できるものである。

3. 自然物・現象のコンピュータグラフィックスによる表現法

自然物・現象の形や動きは多様で複雑、かつ不規則なものが多い。このため、本研究では、対象の形状や動きの特徴から、形状の生成メカニズムや動作のメカニズムを仮定し、CG専用のモデルを構築することによって効率的に手法開発を行っている。

3. 1 樹木の表現法

天空光を考慮した枝の向日性と枯死、仮想の植物ホルモンのバランス計算による剪定や枝折れ後の生長の活性化、および、根の影響を考慮した樹木の成長モデルを開発¹⁾し、葉の表現法として植物色素と日射量のモデルを開発した²⁾。これらにより、自然な枝振りをもつ樹形とその季節変化（新緑、深緑、紅葉等）を自動的に表現することができる（図1）。

また、地形の特徴を考慮した樹木の植生の自動生成法³⁾を開発し、樹木のモデルとの組み合わせにより森林の季節感を表現することができる(図2)。

3. 2 鳥や昆虫等の飛翔生物の表現法

鳥や蝶などの飛翔生物は翼や翅を羽ばたかせることにより推進力を得ている。本研究では、羽ばたきによる力の計算法として空気力学に基づく計算量の少ない手法を開発した⁴⁾。これにより自然な印象を受ける蝶や蜻蛉、鳥の飛翔のリアルタイム実行が可能である(図3)。

3. 3 山岳や岩場の表現法

山岳や岩場の形状生成法として、その形成過程を考慮した手法を開発した⁵⁾。山岳地形の生成では水による浸食の計算に粒子モデルを用い、土砂の流出計算にセルオートマトンを用いた。これにより日本の山に多い尾根や谷が明確な山岳形状を自動生成することができる。また、岩場の形状生成では節理をモデル化し、岩石塊の崩落をシミュレーションすることで形状を自動生成することができる(図4)。

3. 4 炎や煙の表現法

炎や煙の表現法として、渦場と呼ぶ仮想の気流の場と、粒子の行動モデルを組み合わせた手法を開発した⁶⁾。これにより炎や煙のリアルな形や動きを表現することができる(図5)。

3. 5 流れの表現法

流れの表現法として、流体を仮想的な流体塊の集合で表し、流体塊の相互作用を考慮した粒子モデルを開発した⁷⁾。本手法では緩やかな流れから水滴が飛散する激しい流れまでを統一的に表現できる(図6)。

3. 6 天候現象の表現法

雪現象の表現法として、渦場と雪粒子の行動モデルによる手法を開発した⁸⁾。本手法では降雪中の雪の降るまいや新雪による積雪形状、および融雪による積雪形状の変化を自動的に表現することができる(図7)。

雲の表現法として仮想の雲粒子に基づく手法を開発した⁹⁾。本手法では上昇気流と水蒸気の凝結を計算することで積雲型の雲形状を自動生成することができる(図8)。

稲妻の形の生成法として、雲の帯電による電界を考慮した手法を開発した¹⁰⁾。本手法では、与えられた雲の電荷分布から、さまざまな形の稲妻を自動生成することができる(図9)。

降雨の表現手法では雨を雨線で表現する手法、雨による波紋をセルオートマトンで表現する手法、雨粒のサイズと密度を考慮した、けぶりの表現法を開発した(図10)。

3. 7 微細な表面構造を持つ自然物体の表現法

微細な表面構造を持つ自然物体を定義し画像生成するための汎用的な手法として、異方性3次元テクスチャ法を開発した¹¹⁾。本手法ではコケや雪などの微小で微細な構造を持つ物体から遠方に見える樹木などの表現を統一的に扱うことができる。図11に本手法による雪片と積雪の画像生成例を示す。

4. 研究成果の実用化

本研究による成果は、盛岡市のソフトウェアハウスとの共同研究によって積極的に実用技術として発展させている。樹木の生長モデルについては、パソコン上で育成するバーチャル盆栽や、庭の樹木の経年変化を表現するソフトウェアとして商品化されている。

異方性3次元テクスチャ法と山岳地形の生成法については、自然景観を表現するためのソフトウェアに、山岳のモデラおよび遠景の樹林を描画するための手法として組み込まれ、商品化されている。飛翔生物のモデルは、パソコン上でCGで表現された鳥を観察・鑑賞するためのソフトウェアとして現在商品化に向けて開発中である。



(a)枝の枯死，剪定を考慮したモデル (b)紅葉の表現 (c)根を考慮したモデル

図1 樹木のモデル

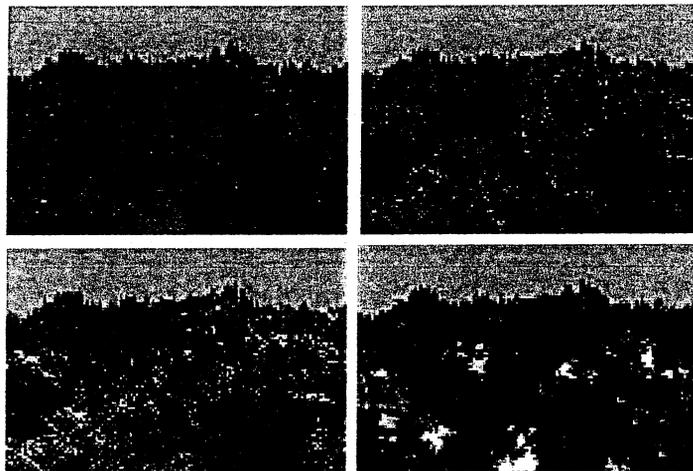


図2 森林の季節感の表現

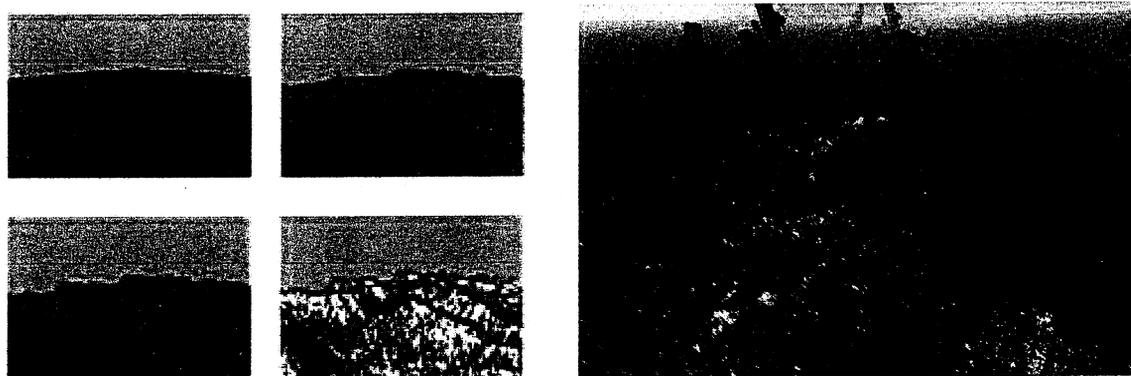


(a) 蝶

(b) 蜻蛉

(c) 鳥

図3 飛翔生物のモデル



(a) 山岳地形の自動生成

(b) 岩場形状の自動生成

図4 形成過程を考慮した山岳や岩場の定義法

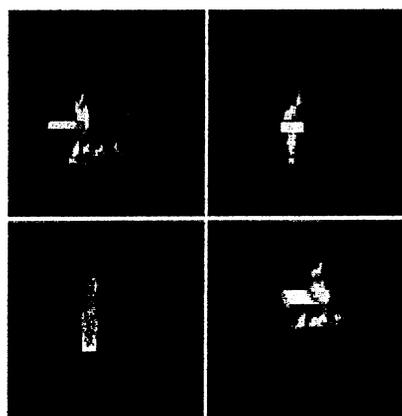
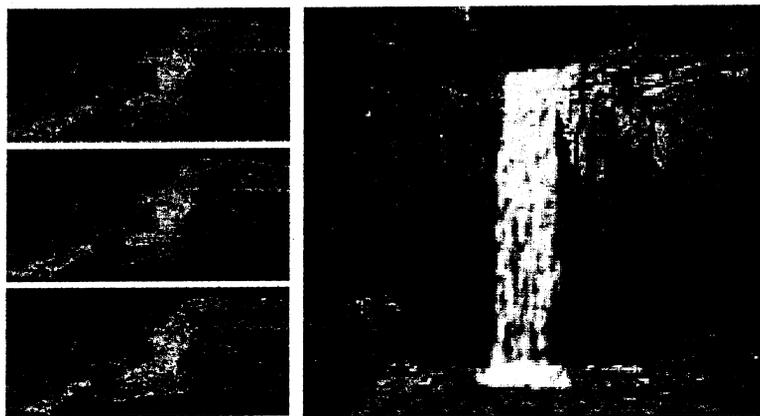


図5 炎の表現法



(a) 溪流

(b) 滝

図6 流れの表現法



(a) 小屋の積雪



(b) 灯籠の積雪



(c) 樹木の積雪

図7 雪の表現法

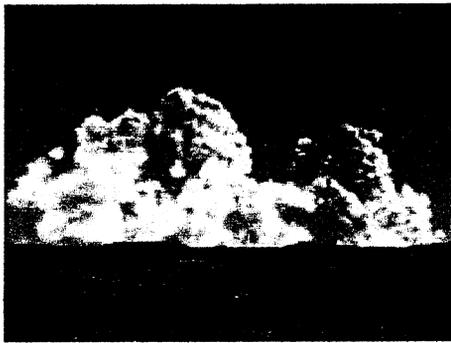


図8 雲の表現法

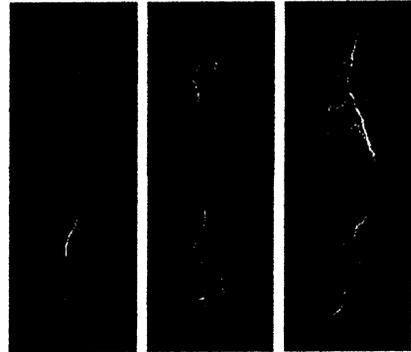


図9 稲妻の表現法



雨量少 ←

→ 雨量多

図10 降雨の表現法

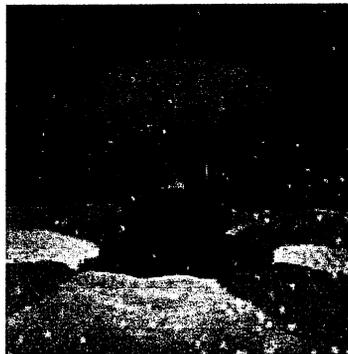


図11 異方性3次元テクスチャによる雪の表現

参考文献

- 1) N.Chiba, S.Ohkawa, K.Muraoka and M.Miura, Visual Simulation of Botanical Trees Based on Virtual Heliotropism and Dormancy Break, The Journal of Visualization and Computer Animation, Vol.5, No.1, pp.3-15(1994)
- 2) N.Chiba, K.Ohshida, K.Muraoka and N.Saito, Visual Simulation of Leaf Arrangement and Autumn Colours, The Journal of Visualization and Computer Animation, Vol.7, pp.79-93(1996)
- 3) 村岡, 千葉, 高橋, 齊藤: 季節変化に基づく山岳景観画像生成法の検討, 画像電子学会誌, Vol. 22, No. 5, pp. 466-474(1993)
- 4) 安斎, 村岡, 千葉, 齊藤: 翅のはばたきによる力を考慮した蝶の飛翔モデル, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 3, pp. 658-667(2000)
- 5) N.Chiba, K.Muraoka, K.Fujita: An Erosion Model Based on Velocity Fields for the Visual Simulation of Mountain Scenery, The Journal of Visualization and Computer Animation, Vol.9, pp.185-194(1998)
- 6) 村岡, 千葉, 高橋, 三浦: 渦場と粒子による煙や炎の2次元CGシミュレーション, 電子情報通信学会論文誌, D-II, Vol. J76-D-II, No. 8, pp. 1735-1745(1993)
- 7) N.Chiba, S.Sanakanishi, K.Yokoyama, I.Ootawara, K.Muraoka: Visual Simulation of Water Currents Using a Particle-based Behavioural Model, The Journal of Visualization and Computer Animation, Vol.6, pp.155-171(1995)
- 8) 村岡, 千葉: 融雪のビジュアルシミュレーション, 画像電子学会誌, Vol. 27. No. 4, pp. 327-337(1998)
- 9) 菊地, 村岡, 千葉: 積雲型の雲のビジュアルシミュレーション, 画像電子学会誌, Vol. 28, No2, pp. 140-151(1999)
- 10) ソラバラム, 藤本, 千葉, 村岡: 電界を考慮した稲妻のCGモデル, 画像電子学会誌, Vol. 32, No. 1, pp. 64-70(2003)
- 11) 村岡, 千葉: 異方性3次元テクスチャ法, 画像電子学会誌, Vol. 28, No. 2, pp. 131-139(1999)