

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 28 日現在

機関番号：37102

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700105

研究課題名（和文） 手続記述法による古典的装飾文様の CG 表現に関する研究

研究課題名（英文） A Study on Computer Generated Traditional Ornaments by using Procedural Approach

研究代表者

高山 穰 (TAKAYAMA JO)

九州産業大学・芸術学部・講師

研究者番号：50571907

研究成果の概要（和文）：コンピュータグラフィックスにおける手続記述法を応用した装飾文様生成アルゴリズムの構築のため、使用する技法であるメタボールの融合特性に関する基礎調査を行った。さらにメタボールより得られたテクスチャーをディスプレイメントマッピングによる立体形状へ変換することも試み、建築装飾等への応用性について検討を行った。さらに立体形状データの書き出しも試み、デジタルファブ리케이션分野などへの応用性を想定したデータ生成を試みた。

研究成果の概要（英文）：

For the purpose of developing an algorithm for generating ornate patterns procedurally, foundational investigation about merging forms of metaballs, a method mainly used in this project, was conducted. Further, to make a deliberation on application of the algorithm for the field of architectural decoration, converting a generated metaball pattern to a 3-D object by using displacement mapping was attempted. Besides, on the basis of assumption that the algorithm will be applied for the field of digital fabrication, a data generation of a 3-D model was also attempted.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：グラフィックス

1. 研究開始当初の背景

コンピュータ・グラフィックス（以下 CG）によるイメージ生成技法のひとつとして、手続記述法による形状・動作の生成がある。これは、主に自然物をはじめとした表現の対象物にみられる生成規則を抽出し、その規則を

数式やプログラミング言語でアルゴリズム（算法）化し、最終的なイメージを得るものである。それにより、少ないデータ量で複雑な出力結果が得られることから、人間の手作業で定義することが難しい複雑な自然物・自然現象の表現に多用される。例えば樹木の形

状の座標値を全て手作業で入力するのは大変であるが、枝分かれの角度や比率をアルゴリズム化することで、単純な規則から複雑なデータを得ることができる。

本研究で着目したこのような手続型 CG は欧米ではプロシージャルアニメーション (Procedural Animation) とも呼ばれており、今日ではハリウッド映画を始め、ゲーム等のエンターテインメント分野で盛んに利用されている。手続記述法による表現の対象は、当初は主に樹木や岩肌といった比較的生成規則を抽出しやすい自然物が主体であったが、近年では我々の身の回りにあるあらゆる自然物・現象の手続的表現が可能となっている。さらには、映画やテレビゲーム等のデジタル映像コンテンツ分野の需要に応じ、ここ数年では都市景観など人工物を手続的に生成させる例もあり、あらゆる諸相の手続化が求められている現状が伺える。

このように、手作業で定義することが難しい形状・動作を手続的に表現する技法を開発することは、特に映像コンテンツ分野にとって効率性・作品性の向上への貢献度が高く、当該分野における制作過程に有益であると考えられる。そこで、本研究では西洋の建築装飾などに見られる装飾文様に着目し、装飾様式の手続化を試みることにした。手続的な装飾文様の先行研究は、黎明期の CG におけるタイリングパターンの研究例や、二次元の写本装飾に限定した研究例などがある。また、三次元においては装飾「的」な図案を生成する研究はなされているものの、実在する様式に準じてはおらず、あくまでも複雑で抽象的なパターンを出力するに留まっている。本研究ではこれらを踏まえ、実在する様式に準じた図案を出力するアルゴリズムの開発を行うことにした。その際、特に三次元的な建築装飾等に着目し、建築シミュレーション等への応用性の高いアルゴリズムの開発を想定することとした。

研究代表者はかねてより、主に審美的なアート分野への応用を想定した造形アルゴリズムの開発を行っている。特にメタボール (濃度球) という、CG において滑らかな形状を表現するための技法に着目しており、「逐次閾値判定法」という独自のメタボール描画アルゴリズムを開発し、その新規性と独自性が国内外で産業財産権 (特許権) として認められている [The U.S. Patent number: 7605811 (米国) および特許第 4585298 号 (国内)]。本アルゴリズムは極めて装飾「的」な立体的図案を生成するアルゴリズムとして、審美的なアート面でも多数の評価を得ており今後のさらなる発展が期待できる。そこで、本アルゴリズムを改良し、実在する装飾様式への本アルゴリズムの応用を試みることにした。

2. 研究の目的

本研究の主な目的は古典的な建築物などに多く見られる装飾文様の生成規則を数理的に表現し、それを少ないデータ量で手続的に再現する造形アルゴリズムへ応用できる技術の開発を行うことである。

3. 研究の方法

研究方法の概要は次の通りとなる。まず基礎研究として、実在する古典的装飾文様における数理的規則の抽出について検討を行った。さらにそれらをアルゴリズム化するために、使用する技法であるメタボールの形態的特性の把握を試みた。これらの基礎研究を踏まえ、装飾文様から抽出された数理的規則を効率的に立体形状として表現するアルゴリズムの開発を試みた。また、得られたアルゴリズムの応用性を確認するため、近年普及の進んでいる 3D プリンティング技術を応用した実体物や、審美的な造形作品への応用性について検討を行った。これらの具体的な内容は以下の通りとなる。

(1) 古典的装飾文様についての調査

古典的な装飾文様、特に建築装飾に見られる浮き彫り表現に着目し、それらの数理的規則の抽出を行い、その上で、どのような様式がメタボール技法との融和性が高いか比較検討を行った。結果としては、当初の予想通りゴシック建築に見られる羽目板等の装飾様式が、同様式がメタボールとの親和性が高いと判断した。そこで主に文献調査を通じて、装飾様式の数理的規則の解明を進め、円弧の組み合わせから派生する曲線で規則的に表現される例が多いことが判明した。また、参考として装飾サンプルを三次元デジタイザによってデータ化し、コンピュータ上での計測作業も試みた。

(2) メタボールの形態的特性に関する調査

メタボールは一般的に形状のコントロールが難しいとされ、通常は建築物などの人工物の表現には用いられることは少ない。しかしながら、正確な融合形状の制御は、本技法をより多方面へと応用する上で有益であると考えられる。特に研究代表者がかねてより提案している「逐次閾値判定」は、従来の有機的形狀を表現するためのメタボールとは異なり、偶発的に複雑度の高い (曲線要素の多い) 形状を出力することができる。そのため、装飾表現への応用性が極めて高いと予測できることから、これらの形態的特性の把握を基礎研究として試みた。具体的には、メタボール間の距離や濃度値等の条件を様々に変化させた画像を多数出力し、それらの形状同士の融合状態や、曲率を計測していく作業を行った。

(3) 装飾面描画のためのアルゴリズム実装
 ここまでの結果に基づき、目的とする曲線を立体的に表現するアルゴリズムの実装を行った。同時に、現時点では計算量が膨大で、描画に長時間がかかる表現の効率化を目指し、高速レンダリングの実現が可能なアルゴリズム開発も試みた。

(4) 立体形状の出力への対応

上記(3)で得られた造形アルゴリズムは最終的に、建築シミュレーション等への応用を想定している。そこで浮き彫り調のレンダリング面を三次元の建築モデル等に応用し、その有効性を検証する。特に近年ではデジタルファブリケーション技術に応用し、コンピュータモデルからの実体物作成に関する研究も盛んになっていることから、本研究課題でも3Dプリンティング技術等に応用し、シミュレーションのみならず、装飾そのものを実体物として手続的に生成することへの展開を試みた。具体的には単なる陰影としてのレリーフ面を出力するのではなく、メタボール文様の立体データとしてSTL形式での出力を行った。

4. 研究成果

前述した研究方法を実施した結果について以下に報告する。

実際にゴシック様式等に見られる羽目板装飾などの実例を調査した結果、同様式におけるほとんどの装飾は円弧の組み合わせと、そこから派生する曲線のみで構成される場合が多いことが判明した。しかし完全な数理的規則の解明には今後もさらなる研究継続が必要となる。

メタボールの濃度分布特性については様々な濃度分布形状(図1)の組み合わせを、濃度の強さや偏心(濃度の中心の偏り)具合などを変えながら、どのような曲線が生じるかを測定していった。結果として、断片的に実在する装飾様式に近い曲線が出力されることが判明した。

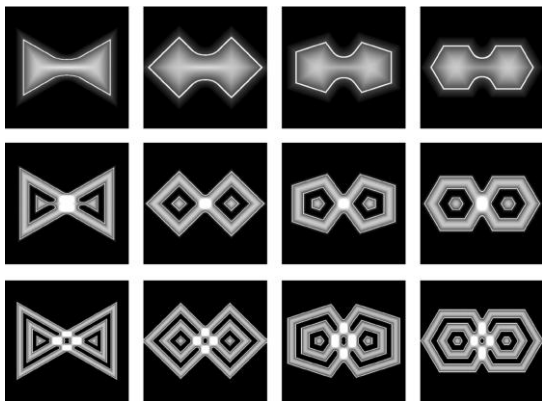


図1 各種濃度分布形状による融合例

別の課題として、本研究課題で取り上げた装飾様式における曲線の重なりにおいては、お互いが相貫する状態が多くみられるが、研究代表者がかねてより提案している逐次的な描画手順を用いた場合には曲線要素は重なってしまう。これを解決するため、閾値判定手順の組み換えを行った(図2)。

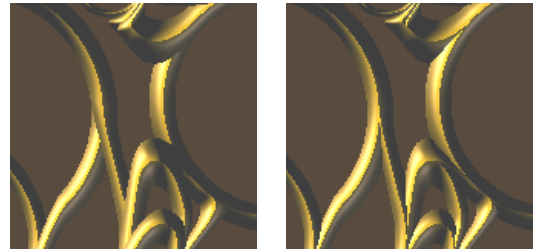


図2 旧来技法(左)と本研究課題の新技法(右)による描画結果の違い

また、本研究で扱うアルゴリズムは、最終的に建築装飾等への応用を目指していることから、単なるマッピング画像(バンプマッピング、ノーマルマッピング)等による擬似的な陰影表現ではなく、ディスプレイースメントマッピングを用いた形状変形が必要である。そのことから、メタボールによる文様面を実際の凹凸へと変換し、三次元的にレンダリングすることを試みた。これについて、視線と物体表面の交点については近似的に求めているものの、個々のメタボールにバウンディングボリュームを適用するなどして実用的なレンダリング時間に抑えた(図3)。



図3 ディスプレースメントマッピング

さらに、本研究課題では最終的に実際の建築装飾等への応用を想定し、デジタルファブリケーション分野への応用を想定したデータ出力の可能性について検討を行い、実際に3Dプリンタに適した形式であるSTL形式による立体形状データの出力などを行った(図4)。

今後の展望として、目的とする装飾様式のより正確な数理的規則の解明と、メタボールのより正確な融合特性把握が必要となる。ま

た、本研究を通じてデジタルファブリケーション分野への応用に本研究課題が極めて適していることが判明したため、当該分野へ適したデータ出力について検討することも有益と考える。具体的には、Gコードをはじめとした各種 3D プリンタの制御言語へ直接形状データを書き出すことで、より精細な形状表現が実現可能と考えられ、それにより精緻な装飾表現への応用性が高まると予測される。

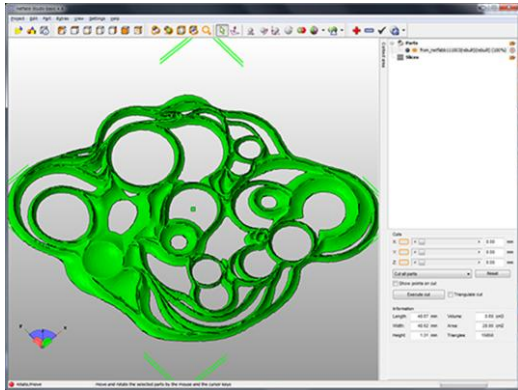


図 4 STL 形式での書き出し例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Joe Takayama, Procedural Generation of Ornate Medallions by using Metaballs, International Journal of ADADA, 査読有, Vol.14, 2011, pp.25-35

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高山 穰 (TAKAYAMA JO)

九州産業大学・芸術学部・講師

研究者番号：50571907