

令和 3 年 6 月 7 日現在

機関番号：13302

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2020

課題番号：19K20431

研究課題名（和文）デジタルファブリケーションによる反射特性の制御法の開発

研究課題名（英文）Development of a method controlling reflectance with digital fabrication

研究代表者

櫻井 快勢（Sakurai, Kaisei）

北陸先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・特別研究員

研究者番号：30729562

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：複数の視点と色を与えられたとき、それらを表示するような、視点依存で模様に変化する構造を開発した。構造は、与えられた視点を分断するような遮蔽の壁を有し、それぞれの壁面に、指定の色に見えるようなテクスチャが与えられる。また、この構造は指定の形状に付与することができ、形状の表面を覆うように施すことで、視点依存で模様に変化するような立体造形が可能となる。実証のために、不透明なフルカラーの部材による3Dプリンティングで、その構造を作成し、この手法が有効であることを確認した。これに関する成果として、1回の学術発表と3件の登録特許が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ものの見え方を自由に変えることは素材の反射特性の制約から極めて難しく、既存の素材で作れない色合いや視点依存の変化を実現するには、新素材の開発が必須であった。それに対して本研究では、適切に構造を作り、その構造に制御されたパターンを着色することで、制約下でも、視点依存で観察される色を変えられることを明らかにした。また、これは計算上だけでなく、実際に3Dプリンタで制作可能であることも示した。今後、素材に制約がある中でも、提案した構造を用いて、衣類や装飾品、内装などで意匠性のある製品の開発が可能になる。

研究成果の概要（英文）：This project developed a structure that shows color patterns or textures in specified viewing directions. The structure has walls that separate the given viewpoints, and each wall has a texture that appears to be a specified color.

The structure also is applied to a given shape. By covering the surface of the shape, we can create objects in which the patterns change depending on the viewpoint. For demonstration purposes, we fabricated the structure by 3D printing with opaque full-color components and confirmed the effectiveness of this method. As a result, one academic presentation and three registered patents were obtained.

研究分野：コンピュータグラフィックス

キーワード：ファブリケーション プリンティング テクスチャ 最適化

1. 研究開始当初の背景

3Dプリンタや切削機を用いて所望の造形物を個人で制作するデジタルファブリケーションが普及しつつある中、物体表面の反射特性を制御する手法はいまだ確立されていない。これを解決することで、一般的に素材に制約がある中でも、視点方向に依存した任意の見た目を作ることが期待できる。

2. 研究の目的

本研究では、任意の反射特性をオブジェクト表面に付与する印刷法を開発する。デジタルファブリケーションの性質上、任意の素材を用いることはできず、使用可能な素材の組み合わせで所望の反射特性を表現することが課題である。この課題に対して、微細な色つきの凹凸形状を物体表面に施すことで解決を試みる。研究代表者は、この微細な色つきの凹凸形状を用いるアプローチで方位角に依存して全く異なる色の反射に成功している。しかし、仰角依存の反射の制御は未解決であるため、この問題に焦点を当てる。本研究の成果により、ホログラフィ装置を用いず、ホログラムと同等の効果を有する印刷面の作成や構造色を持つタマムシのような昆虫の模型の制作が可能になる。

3. 研究の方法

コンピュータグラフィックスは、視点とオブジェクト（形状、それに対応するテクスチャ）を与えると、そのオブジェクトがどのような見た目になるかをシミュレーションすることができる。逆に、シミュレーションの結果を指定の見た目にするようなオブジェクトを作れば、目的は達成できると考える。このオブジェクトを生成する手法を考える。別の言い方では、これは逆問題であるが、極めて自由度が高く、方程式を作って直接的には解けるような問題ではない。そのため、いくつかの制約を加える。ひとつに部材の制約である。透明、半濁、不透明が混ざると非常に扱いにくい問題になるため、不透明部材とする。また、造形不可能な形状では実現できないため、造形可能な形状 (2-manifold) に限定する。色は、sRGB で任意の色を表面に与えられるとするが、反射はランバート反射とする。この問題設計で、これまでは実現できなかったような、異方性反射の挙動を示す構造を作る。

4. 研究成果

不透明部材を用いて造形すると、オブジェクトにはある視点から見える部分と見えない部分を作れる。視点依存で見える部分に見せたいパターンを配置し、見えない部分には、別の視点からのパターンが配置されるように設計することで、視点依存の構造が作られる。これは二視点であれば、二視点を分断するような壁のような構造があれば良い。本研究では、さらに拡張し、二視点から、任意の視点数に拡張する手法を提案する。分断するように壁を配置したいため、視点方向を母点とするようなポロノイ図で、壁を構築する。また、壁は無限遠を含むため、造形可能な形状に切り取る。この壁の集合を一つの構造として、この構造を指定のオブジェクト表面に施す。具体的には、表面をサンプリングした点から、母点となる点群を生成し、ポロノイ図を構築した後、そのポロノイ図をオブジェクト型に切り抜く。すると、構造が敷き詰められたオブジェクトが出来上がり、視点ごとに、分断された壁を複数含む凹凸形状になる。この壁のある面は、ある指定の視点にだけ向く領域を含む。つまり、指定の視点へは占有した面を必ず含ませたような構造の集合ができる。これに最小二乗法で狙いの色やパターンになるようにテクスチャを定義することで、視点依存のパターンを見せるオブジェクトを生成できる。結果の一例を図1に示す。このような不透明部材による、視点ごとに異なるパターンを示す構造の開発はこれまでにない。今後、若干現れる、構造のノイズを削除するような処理をし、建造物や標識になりうるフレームワークを構築する。

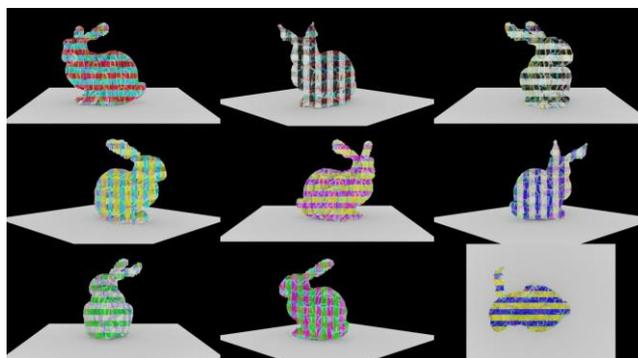


図1 視点依存で異なるパターンを示すオブジェクト

さらに本研究では、副次的な問題にも取り組んだ。一般的な問題である、バリア式やレンズ式の多視点画像を表示する装置において、どのように設計しても各視点ではかの視点で見える部分が入ってしまうことがある。提案の手法でも、壁のふちの部分は、複数の視点から観察される部分となる。このようなオブジェクトの表面上のある場所を複数の視点で

共有する部分は、どのような色を割り当てても、どこかの視点からは狙いの色ではない色が配置される。これは一般的に信号の混線として扱われ、減らす技術が多数研究されてきた。しかし、ここでは、それらが避けられないとしたときに、知覚させないようなパターンの自動編集の手法の開発に取り組んだ。目標のパターンやテクスチャに表面の色を近づけるだけでは、共有部分は中間の色が配置されるため、共有している部分を含めて、他の色と合うように、目標自体を更新することを考える。すなわち、混線を含んでいても、混線による色の差が現れないように、目標の見た目となる画像を編集する。

具体的には、最小二乗法で表面のテクスチャを求めた後、レンダリング画像と目標の見目の画像との差分を、目標にフィードバックし、目標よりレンダリング画像の輝度が高い部分は、小さくし、低い部分は高くする。使える色の範囲は sRGB で 0 から 1 となっているため、これを制約に、フィードバック繰り返すことで、既存の最小二乗法よりも、ゴースティングが小さくなることが確認できた。この考えは、ほかの最適化法では使われてこなかったため、新しい自動的な色編集の規則となる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 櫻井快勢
2. 発表標題 視点依存で色を変える3Dプリント表面構造の提案
3. 学会等名 情報処理学会コンピュータグラフィックスとビジュアル情報学研究会第179回研究発表会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計0件

〔取得〕 計3件

産業財産権の名称 表示媒体、処理装置および処理プログラム	発明者 櫻井快勢	権利者 株式会社ドワンゴ
産業財産権の種類、番号 特許、6854375	取得年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 表示媒体、処理装置および処理プログラム	発明者 櫻井快勢	権利者 株式会社ドワンゴ
産業財産権の種類、番号 特許、6764990	取得年 2020年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 表示媒体、処理装置および処理プログラム	発明者 櫻井快勢	権利者 株式会社ドワンゴ
産業財産権の種類、番号 特許、6659902	取得年 2020年	国内・外国の別 国内

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------