

平成 28 年 6 月 7 日現在

機関番号：12605

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25540042

研究課題名(和文) 特異な方向依存反射特性をもつ表面微細形状の創生理論

研究課題名(英文) Theory of Microfacet Structures with Specific Anisotropic Reflection Features

研究代表者

齋藤 隆文 (SAITO, TAKAFUMI)

東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：60293007

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、特異な方向依存性反射特性をもつ表面の微細形状を生成するための、形状創成理論の構築と、実物作成による効果の検証を目的としたものである。切削加工ならびに積層造形によって作成可能な表面微細形状について、4方向の視点あるいは光源に対して反射をほぼ独立に制御する方法を提案し、シミュレーションおよび実体作成により効果を検証した。また、関連研究として、形状とその見え方について様々な観点から追究し、錆による見え方の変化、大気の影響による見え方の変化、形状・陰影・ハイライトの非写実的表現、見栄えの評価など、数多くの成果が得られた。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to construct a theory of microfacet structures with specific anisotropic reflection features, and to verify the effect by manufacturing real objects. We examined various microfacet structures which can be manufactured by NC milling machines or 3D printers, and proposed and verified several patterns of microfacet structures that can independently control reflection strength for up to four view or light source directions. As related researches, we examined relations between shape and appearance, and developed several new methods on appearance variation by rust, appearance change by atmosphere, non-photorealistic presentation of shapes / shades / highlights, and evaluation of appearances.

研究分野：画像情報工学

キーワード：形状処理 コンピュータグラフィックス

1. 研究開始当初の背景

3次元CG(コンピュータグラフィックス)で写実的な画像生成を行う上で重要な要因の一つに、物体表面の反射特性があげられる。反射特性は、物体の素材や色のほか、表面の幾何的微小構造に依存する。そのため、表面の微小構造が与えられれば反射特性を表す関数(BRDF)を求めることができ、それをもとに任意の照明環境下での陰影が計算できる。

これに対して、逆問題を考えることができる。すなわち〔視点・照明環境〕と〔陰影の見え方〕の組み合わせが複数与えられたとき、それを満たす表面微小形状を求めるものである。しかし、これを一般性のある課題として取り組んだ研究例は未だ見当たらない。

一方、CG技術を単なる画像生成のみならず、実際の物体形状製作に応用する例が近年増えつつある。その一つに、光の当て方を変えることで、同一面が2通りの異なる画像に見えるような表面形状の作成方法が提案されている。これは、特定の見え方を満たすような表面微小形状を求めるものであり、関連研究の一つとして挙げられる。これをより一般化させることにより、これまでにない斬新な応用が期待できる。

2. 研究の目的

本研究では、特異な方向依存反射特性をもつ表面の微小形状を生成するための、形状創生理論の構築を目的とする。特に、研究期間内に以下の項目の達成を目指す。

- 微小形状パターンに基づく反射特性における、方向ごとの制御独立性に関する理論的解明
- 各種の加工法(切削、積層造形など)で実現できる微小形状集合の構築
- 特定の方向依存反射特性をもつ微小形状モデルの生成と、実物製作による検証
- 各種応用を踏まえた適用実験と有効性の検証

3. 研究の方法

本研究では、研究代表者・分担者のそれぞれの研究室の大学院生を研究分担者として加え、以下の体制で実施した。

- 斎藤隆文研究室(東京農工大学)
- 研究全般、特に理論の構築、適用実験
- 高橋時市郎研究室(東京電機大学)
- 主として応用の開拓

本研究では、CGの逆問題を理論的に解くことと、効果的な実物を製作し各分野に応用することの、2つの軸がある。これらを双方向

に連携して進める。いくつかの具体例を対象として、試行錯誤による実験と、理論解析とを繰り返すとともに、各種応用を踏まえた適用実験と有効性の検証を行うこととした。

4. 研究成果

本研究の成果について、本来の目的である表面微小形状による反射特性制御と、形状とその見え方に関連した種々の研究とに分けて述べる。

(1) 微小表面形状による反射特性制御

微小形状の作成方法として、切削加工によるものと、積層造形によるものとを検討した。さらに、縞状の微小形状を重ねてモアレを生じさせる方法も考案した。

切削加工による微小形状

以前に提案した、視線方向ごとに反射特性を独立に制御できる微小形状について、その特性を解析した。4つの視線方向について制御する場合、隣接する視線方向の特性の影響を受けるため、それを軽減する補正方法を考案した。ただし、影響を軽減した場合、制御可能な明暗コントラストが低減し、これらはトレードオフの関係にあることが判明した。

積層造形による微小形状

積層造形での作成を前提に、4つの光源方向ごと、もしくは4つの視線方向ごとに、反射特性を独立に制御できる、新しい微小形状を提案した。シミュレーションにより特性を確認するとともに、3Dプリンタを用いて実体作成を試みた。一応の効果は確認できたが、シミュレーションどおりの実体を作成することは、素材の選択や3Dプリンタの各種パラメータ設定の点で課題が多く、十分に小さな形状パターンでの作成は困難であることが判明した。

モアレを利用した反射特性制御

画像上に特殊な微小縞状のパターンを重ねることで、視点の動きに応じて画像上を濃淡パターンが任意の方向に動くような、新しいモアレの利用方法を考案した。

(2) 形状とその見え方に関連した研究成果

本研究課題に関連して、形状とその見え方について様々な観点から追究し、数多くの成果が得られた。

錆による見え方の変化

金属が錆びることにより、表面の微小形状や反射特性が変化する。それによる見え方の変化について、モデル化を行い、画像生成手法を提案した。

大気の影響による見え方の変化

大気中の温度差により、地平線近くの太陽

が歪んで見える現象について、新たな画像生成手法を提案した。また、固定カメラで撮影した長時間の景観画像から、霞などの大気の影響を抽出する手法について検討し、新たな知見を得た。

2次元微細構造配置による各種表現
点描画を用いて、視点距離に応じて異なるものが見えるような、ハイブリッド画像の作成手法を提案した。

形状・陰影・ハイライトの非写実的表現
アニメの描画では、形状・陰影・ハイライトなどを簡略化した非写実的表現が用いられる。3D形状モデルや3次元的な動きを2Dアニメで表現する際の諸問題について、いくつかの手法を提案した。

見栄えの評価
画像の見栄えを定量的に評価する技術に関して検討した。具体的には、超広角画像提示における歪みの評価、医薬品（錠剤）パッケージの類似性評価、景観画像の良さ悪しの評価、文字の見やすさの評価などを対象として研究を行い、新たな知見を得た。

可視化への応用
形状と見栄えに関する種々の研究から得られた知見を、情報可視化手法に応用した。具体的対象として、文献参照情報、株価情報などの可視化手法を提案した。

(3) まとめ
上記に示したように、本来の目的である特異な方向依存反射特性をもつ表面微細形状生成に関しては、いくつかの成果は得られたものの、当初予想していなかった困難が判明し、より一般的な理論の構築には至らなかった。今後は、異なるアプローチによる進展を目指したい。
一方、形状とその見え方に係わる関連研究については、数多くの成果が得られた。

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 2件)

斎藤隆文, ノンフォトリアリスティック・レンダリング, 日本印刷学会誌, Vol. 51, No. 4, pp. 262-267 (2014) (査読無).

斎藤隆文, CG分野における3Dプリンティング関連の研究動向, 日本画像学会誌, Vol. 53, No. 2, pp. 142-146 (2014) (査読無).

[学会発表](計 3 1件)

長岡航太, 斎藤隆文, モアレによるアニ

メーション生成, 情報処理学会 第78回全国大会, 慶應義塾大学 (神奈川県横浜市) (2016/03/12).

Junichi Sugita, Tokiichiro Takahashi, A Method to Generate Hybrid Pointillistic Images, ACM SIGGRAPH Asia 2015 (Poster), 神戸国際会議場 (兵庫県神戸市) (2015/11/02-05).

Katsuhisa Kanazawa, Ryoma Tanabe, Tomoaki Moriya, Tokiichiro Takahashi, Rust-Aging Simulation Considering Object's Geometries, ACM SIGGRAPH 2015 (Poster), Los Angeles (USA) (2015/08/09-13).

Takafumi Saito, Modeling and Manufacturing Relief Surfaces with Specific Reflection Features, NICOGRAPH International 2015 (招待講演), 東京都市大学 (東京都世田谷区) (2015/06/13).

泉 貴大, 斎藤隆文, エッジ勾配総和比を用いた文字の視認性の定量的評価, 画像関連学会連合会 第1回秋季合同大会, 京都工芸繊維大学 (京都府京都市) (2014/11/21).

Shunsuke Yazaki, Matsubuchi Kenta, Takafumi Saito, Global Deformation of Wide Angle Images for Distortion Reduction of Building Shapes, 4th Int'l Workshop on Image Electronics and Visual Computing (IEVC 2014), Samui (Thailand) (2014/10/09).

Kana Ogi, Toshihiro Komma, Takafumi Saito, Anime-Style Conversion of Background Scene Images, 4th Int'l Workshop on Image Electronics and Visual Computing (IEVC 2014), Samui (Thailand) (2014/10/09).

Eri Sato, Takafumi Saito, Modeling and Manufacturing Relief Surfaces with Specific Reflection Features - Independent Reflection Control for Four Lighting Directions -, 4th Int'l Workshop on Image Electronics and Visual Computing (IEVC 2014), Samui (Thailand) (2014/10/08).

Ryohei Tanaka, Yuki Morimoto, Tokiichiro Takahashi, Parametric Stylized Highlight for Character Animation Based on 3D Scene Data, ACM SIGGRAPH 2014 (Poster), Vancouver (Canada) (2014/08/10-14).

佐藤恵理, 斎藤隆文, 光源方向により異

なる4つの模様が現れるレリーフの作成, 情報処理学会 第76回全国大会, 東京電機大学 (東京都足立区) (2014/03/11).

佐々木大輔, 斎藤隆文, 異なる4視点で任意の濃淡パターンが現れるレリーフの作成, 情報処理学会 第76回全国大会, 東京電機大学 (東京都足立区) (2014/03/11).

Katsuhisa Kanazawa, Yuma Sakato, Tokiichiro Takahashi, Pencil tracing mirage: principle and its evaluation, SIGGRAPH 2013 (Talk, Poster), Anaheim (USA) (2013/07/21-25).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

斎藤 隆文 (SAITO TAKAFUMI)
東京農工大学・大学院工学研究院・教授
研究者番号: 60293007

(2) 研究分担者

高橋 時市郎 (TAKAHASHI TOKIICHIRO)
東京電機大学・未来科学部・教授
研究者番号: 50366390

(3) 連携研究者

なし