JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	質感データの階層的詳細度の表現手法
Author(s)	宮田，一乗
Citation	科学研究費補助金研究成果報告書: 1-5
Issue Date	2011-06-13
Type	Research Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/9810
Rights	
Description	基盤研究（C），研究期間：2008～2010，課題番号：20500087，研究者番号：00308355，研究分野：コンピュータグラフィックス，科研費の分科・細目：情報学 メディア情報学・データベース

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

様式 C-19

科学研究費補助金研究成果報告書

平成２３年６月１３日現在

機関番号：１３３０２
研究種目：基盤研究（Ｃ）
研究期間：2008 ～ 2010
課題番号：20500087
研究課題名（和文）　質感データの階層的詳細度の表現手法

研究課題名（英文）　A representation method for material data considering LoD

研究代表者
宮田　一乘（MIYATA　KAZUNORI）
北陸先端科学技術大学院大学・知識科学教育研究センター・教授
研究者番号：00308355

研究成果の概要（和文）：詳細度レベルによる物体表面の質感変化を分析し，人間の視覚特性を考慮した物体表面の凹凸形状に対する視認性のよいリアルタイム表現を行った．その結果，物体表面の凹凸付けに対する様々な手法を，物体表面の詳細度に応じて切り替えて適用することで，1～2 割程度の速度の向上を確認した．また，物体表面の陰影付けに際し凹み部分の遮蔽による陰影付けを行うことで，凹凸状態の視認性が良好になる手法を提案した．

研究成果の概要（英文）：We have analyzed change in visual impression depending on Level-of-detail(LoD) of an object’s surface, and developed a real-time representation method for material data to increase noticeability of surface bumpiness considering human visual features. As a result, the method adapts LoD to object surface details and changes rendering technique corresponding LoD, and improves performance around 10-20%. We also added realism to surface dents or grooves without deforming surface geometry, and achieved better perception of the three dimensional surface shape.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合　計
2008 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009 年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総　計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：コンピュータグラフィックス
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：CG，質感表現，詳細度

１．研究開始当初の背景

(1) 一般に，CG での質感表現には，素材の写真を表面に張り込むテクスチャマッピングや，反射率などの物体の見た目を左右する光学属性のパラメータをマニュアル調整することで行う．一方，素材の質感を忠実に表現するために，素材の反射特性を測定し，その結果を用いて表現する手法も数多く報告されている．

(2) 研究代表者は，素材の質感を表現する研究を進めてきた．その過程において，質感表現に詳細度の概念を取り入れ，そのデータ表現に階層性を持たせる着想に至った．すなわち，表現する物体がクローズアップされる近景では，メソ構造を表現した質感データが必要であるが，視点から遠くに位置する物体には，そこまでの詳細なデータは不要であり，何らかの近似をしたマクロな質感データで表現すれば十分であると考

えられる．ただし，この近似は，単なる間引きではなく，オリジナルの材質から受ける印象を保持する必要がある．

(3) 現在の技術では，質感データには詳細度の概念はほとんど取り入れられておらず，効率的な質感表現が実現しているとは言い難い．本研究では，質感表現の各データの長所を活かした手法を目指した．

２．研究の目的

(1) 詳細度レベルによる質感変化の分析

肉眼で識別不可能なミクロレベルでの物体表面の形状が，メソ構造の質感，さらにマクロレベルでの質感にどのように影響しているかを分析する．

(2) 質感データモデルの構築と表現

(1)の分析結果をもとに，多重解像度の質感データモデルを構築する．すなわち，ミクロレベルの物体表面の微小面をモデル化し，そのモデルを階層的に扱ったメソ構造およびマクロレベルの多重解像度の質感データモデルを構築する．並行して，質感データの効率的なリアルタイム表現に関する研究開発も進める．

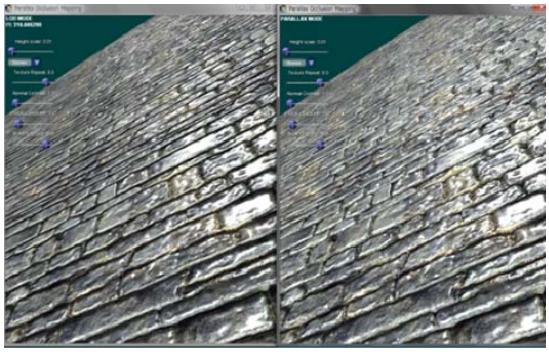
(3) 質感データの合成

本研究の応用として，質感データの合成を試みる．すなわち，メソ構造レベルで複数の素材が混在するような物体（例えば，メタリック塗装や沈金など）に対する，プロシージャルな質感データの合成法を研究開発する．

３．研究の方法

(1) 詳細度レベルによる物体表面の質感変化を分析した．はじめに，素材の表面形状が一価関数のハイトフィールド（高さ情報を保持する２次元の配列データ）として扱えるものであると仮定し，レーザ変位測定器を用いて表面の凹凸情報を計測した．レーザ変位測定器による測定が困難である金属性素材の場合には，光学顕微鏡で表面の画像を取得し，その陰影画像から凹凸情報を推定した． つづいて，物体表面に対する視点の距離に応じて，物体表面の法線の向きの統計的な値は変化するものと仮定し，この法線の向きの統計量の変化と距離の依存関係，および見えの関連性の分析をすすめた．

(2) 人間の視覚特性を考慮した質感表現を行うことでCGの質感表現に対する処理の効率化を試みた．具体的には，リアルタイムでの物体表面の凹凸付け手法として用いられているパララックスオクルージョンマッピングとバンプマッピング，テクスチャマッピング手法の 3 手法を，表現する物体表面の詳細度に応じて切り替えて適用した．質感表現に詳細度の概念を取り入れるため，前提となる質感表現に関する視覚特性の分析を予備実験として行った．



(a) 手法の切り替えモード　　(b) 固定表示

図 1 評価システムの表示画面

この実験では，図 1 に示すように視点からの距離をキーに凹凸表現手法の切り替えをしたものと固定したものとを並列で表示し，被験者は二つの画像が同じ画像に見えるか否かを評価する．この実験から，CG における画像の提示においても凹凸を感じるか感じないかの要素に，空間周波数の変化が関与していることを確認した．つづいて，CG 画像の質感表現の手法を同一シーン内で切り替えた際，切り替えなかった CG 画像との違いが認識されるのは，どのような条件であるかを調べるための評価実験を行った．実験では表面の凹凸と模様の周期について様々な条件の下で行った．この評価実験の結果を基に，視覚に応じた質感表現の手法の切り替えを判定する関数を定義した．

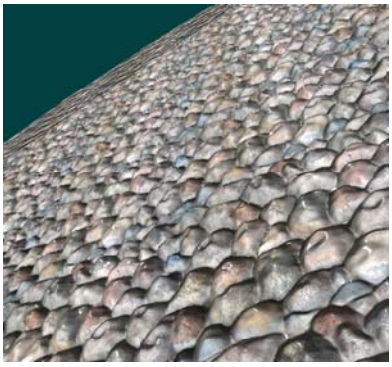
(3) 物体表面の凹凸形状に対する視認性のよいリアルタイム表現を試みた．通常の CG 制作では，表面の凹凸をハイトフィールド(高さ情報)のデータとして与え，バンプマッピング処理をすることなどで素材の質感表現を行う．一方，凹凸が特徴的なシボ素材を観察すると，凹んだ部分が遮蔽により影になるために暗くなっているように見えるが，この現象は単なるバンプマッピング処理では表現は困難である．そこで，アンビエントオクルージョンをシボ素材表面の陰影付けに適用し，表現の対象となる幾何形状を操作することなく，凹み部分の遮蔽による陰影付けを行う手法を提案した．これにより，凹み部分の視認性が良好なバンプマッピングを施すことが可能になり，物体表面の質感表現を向上させることが確認できた．また，遮蔽処理の範囲を変更することで，表現物体の詳細度を考慮した計算時間の効率化も提案した．

(4) 質感データの合成法として，漆の光学属性ならびに金箔の光学属性と表面の皺形状を計測し，プロシージャルな手法で加飾を施したビジュアルシミュレーションを提案した．また，物体の変形に伴う表面への皺発生のモデルを構築し，主として皮革素材に特有の微細凹凸による質感表現を向上させた．これにより，形状に所望の皺付けを表現対象の詳細度に合わせてプロシージャルに付与することが可能となった．

４．研究成果

(1) 物体表面に付加する凹凸模様の周期と凹凸量を変化させた各画像について，主観評価を行った．

(a) 屋根



(b) 小石

図 2 表示例

① 凹凸量が一定以上に増加しても，認識には影響がなくなることを確認した．一方で，凹凸量が低い質感データでは，比較的近い距離のみ計算負荷の高い POM で表現すれば十分であることが確認できた．

② 凹凸の周期が高い場合には，バンプマッピングやテクスチャマッピングなどの計算コストの低い手法でも十分に表現できることを確認した．これは形状が細かくなることで表面の凹凸感を子細に認識することができなくなり，その結果として手法の違いを認識できなくなる範囲が広がったと考えられる．

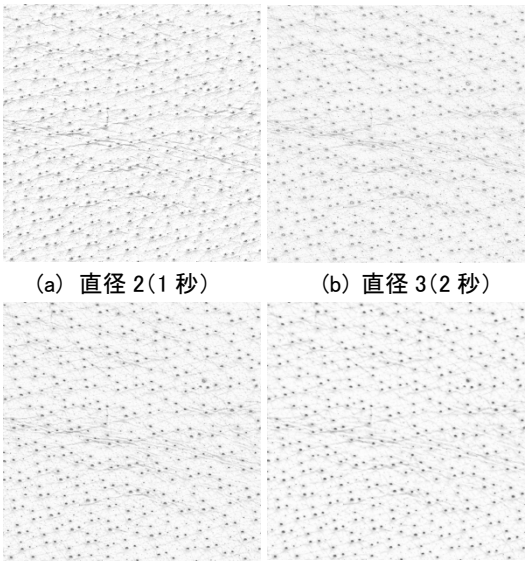
図 2(a)の例では凹凸の起伏が小さいので，手法の切り替えはさほど目立たない．一方，図 2(b)のような凹凸の起伏が大きい素材の場合には，パララックスオクルージョンマッピングとバンプマッピングの切り替えの閾値を低く設定しないと，この例のように切り替えが目立つことを確認した．

③物体表面の詳細度に応じて凹凸表現の手法を切り替えて適用することで，フレームレート換算で1～2割程度の速度の向上を確認した．

(2) 物体表面の凹凸情報として与えられるハイトフィールドのデータに対して，点 P_0 の近傍 R 内の各点 P_i と P_0 との位置関係を調べ，近傍 R の遮蔽率を求める．これを遮蔽マップとしてシェーディング時の明暗を求める際に用いた．

① 図 3 に示すように，遮蔽マップを考慮することで，凹凸の視認性が向上することを確認した．

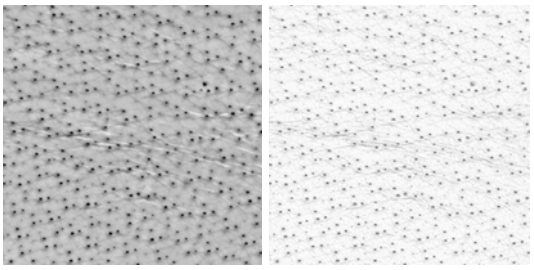
② 近傍探索の範囲を変化させて遮蔽マップを生成した例を図 4 に示す．この例では，直径 2（単位はハイトデータの画素）の場合に生成した遮蔽マップのコントラストが強く感じられるが，これは，近傍内の点数が少ないために計算が粗くなることの影響と考えられる．一方，直径 3 以上では結果に大きな差異は見られないが，直径が大きくなるにつれて平滑化される傾向が見られる．一方，計算時間は直径の 2 乗に比例していることから，遮蔽処理の LoD 制御をする場合に，詳細度に応じて探索範囲を変更し，計算の効率化を図ることが可能である．



(a) 直径 2(1 秒)　(b) 直径 3(2 秒)

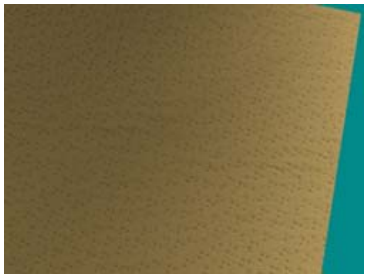
(c) 直径 5(4 秒)　(d) 直径 10(16 秒)

図 4 近傍探索の範囲による差異

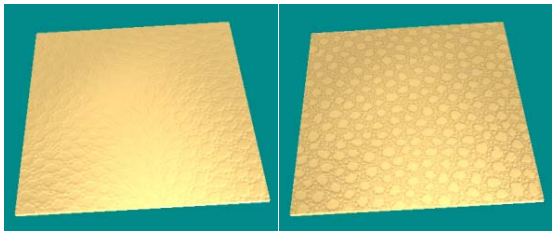


(a) ハイトフィールド　(b) 遮蔽マップ

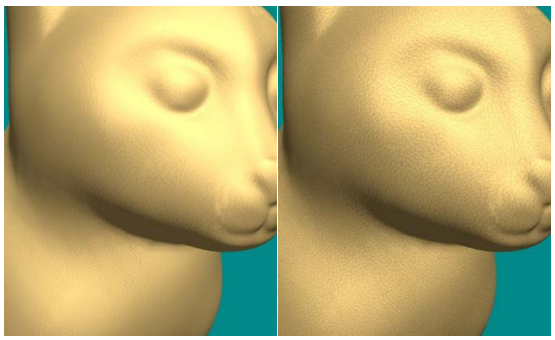
(c) 遮蔽処理無



(d) 遮蔽処理有



(e-1) 遮蔽処理無　(e-2) 遮蔽処理有

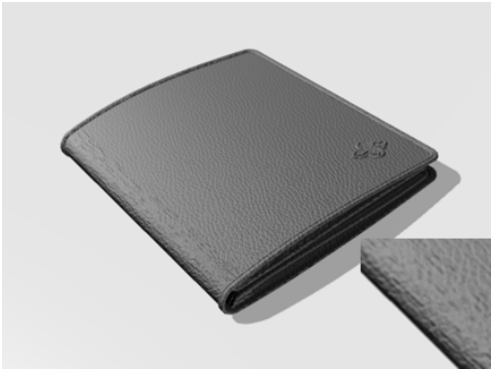


(f-1) 遮蔽処理無　(f-2) 遮蔽処理有

図 3 遮蔽処理の例

(3) 質感データの合成法として，漆ならびに金箔の光学属性と表面の皺形状を計測し，図 5(a)に示すようにプロシージャルな手法で加飾を施す手法を提案した．また，指定された入力形状から主曲率を算出し，最大曲率と最小曲率にそれぞれの閾値を設定することで，皺を付加する領域を検出し，動径基底関数を用いてシワの形状を生成する手法を提案した（図 5(b)）．これにより，形状に所望の皺付けを表現対象の詳細度に合わせてプロシージャルに付与することが可能となった．

(a) 漆器の加飾の例



(b) 皺の自動付与の例（右下は一部拡大図）

図 5 プロシージャルな質感データの付与

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 3 件）

1. 宮田一乘，櫻井快勢，“物体表面の微細形状の陰影付け手法”，電子情報通信学会技術研究報告，Vol. 110, No.456, 171-176, 2011, 査読なし
2. 堤孝宏，宮田一乘，“詳細度を考慮した CG の凹凸質感表現”， 画像電子学会・第 250 回研究会講演予稿，119-124, 2010, 査読なし
3. Kazunori Miyata, Kaisei Sakurai, Toshihiro Tomoi, Hiroshi Tashimo, Koji Imao, Yoshiyuki Sakaguchi, “A Visual Simulation for Gold Leaf and Japanese Lacquerware”, ACM SIGGPARH ASIA 2008, Sketch, Visual Simulation #2, 1-1, 2008, 査読有

〔学会発表〕(計 6 件)

1. 宮田一乗, 櫻井快勢, “物体表面の微細形状の陰影付け手法”, 電子情報通信学会マルチメディア・仮想環境基礎研究会, 2011.3.8, 長崎
2. 櫻井快勢, 宮田一乗, Folding on Bent Surfaces,画像電子学会ビジュアルコンピューティングワークショップ, 2010.11.27, 静岡
3. 宮田一乗, 櫻井快勢,”詳細度を考慮したシボ表面の陰影付け”, 画像電子学会ビジュアルコンピューティングワークショップ, 2010.11.26, 静岡
4. 堤孝宏, 宮田一乗, “詳細度を考慮した CG の凹凸質感表現”, 画像電子学会研究会, 2010.3.24, 熊本
5. 堤孝宏, 宮田一乗, “詳細度を考慮したコンピュータグラフィクスの質感表現に関する視覚特性の分析”, 画像電子学会ビジュアルコンピューティングワークショップ, 2009.11.14, 石川
6. Kazunori Miyata, Kaisei Sakurai, Toshihiro Tomoi, Hiroshi Tashimo, Koji Imao, Yoshiyuki Sakaguchi, “A Visual Simulation for Gold Leaf and Japanese Lacquerware”, ACM SIGGPARH ASIA, 2008.12.13, シンガポール.

〔その他〕

６．研究組織

(1)研究代表者

宮田 一乗 (MIYATA KAZUNORI)

北陸先端科学技術大学院大学・知識科学教育研究センター・教授

研究者番号：00308355