

K-20

3D テクスチャ画像の材質感解析 Material Analysis for 3D texture images

小林 裕一^{†,‡} 大谷 淳[†] 蓼沼 眞[‡]
Yuichi Kobayashi Jun Ohya Makoto Tadenuma

1. まえがき

我々はこれまで、テクスチャ画像を対象に画像特徴量と画像に対する心理的印象との対応付けについて検討してきた[1]。その結果、テクスチャ画像からその材質を予測して材質に対する印象を回答する例が少なくなき、対応付けの精度を向上する上でのボトルネックとなった。そこで我々は、画像から材質感を予測する方法について検討している。

画像の材質感に関しては、主にリアルな CG 画像の生成を目的としたカラーモデルの研究分野で、金属/非金属の分類や[2]、非金属の表面粗さを推定する手法[3]等が提案されている。これらの手法はいずれも 2 色性反射モデルに基づいており、ハイライト成分を含めた広いダイナミックレンジのデータが必要となる。しかし我々が対象とするような通常の撮影画像はダイナミックレンジが狭く、分析に必要な色彩成分が得られないため、色彩属性による解析は困難と考えられる。

一方、テクスチャマッピングの分野では、リアルな CG 画像の生成のため、3D テクスチャが提案されている。これは、素材毎に、様々な光源方向と視線方向から見た場合の画像を計測し、それを CG による画像生成に利用しようとする考え方である。これに則って、最近、約 60 の自然素材テクスチャに対して 205 パターンの光源方向と視線方向の組み合わせで画像を計測したデータが公開されている (CURET) [4]。

そこで我々は、人間がテクスチャの表面構造の違いを視覚的に判断する際に、光源方向と視線方向を様々な角度させたときの見え方の違いを利用していることに着目し、3D テクスチャ画像データを利用した材質感の解析手法について検討を行った。

本稿では、3D テクスチャ画像を利用して空間周波数解析により材質感を解析する簡易な手法を提案する。

2. 材質感解析手法

カラーモデルの研究アプローチに見られるように、物体の材質感の分析には、鏡面反射成分が重要である。

そこで我々は鏡面反射成分に着目して、解析する画像の絞り込みを検討した。正反射成分に鏡面反射成分が強く含まれることから、正反射条件の画像を採用することに決め、その結果、205 枚の画像から正面および反射角が 22.5 度と 45 度の 3 枚の画像に絞り込んだ。

空間周波数の解析には、人間の視覚受容野の応答特性に類似した Gabor 型の Wavelet 変換を適用した[5]。画像の輝度成分に対し Gabor wavelet 変換を適用し、係数の実部成分の絶対値を採用した。水平、垂直および斜め対角の 4 方向について、それぞれ空間周波数帯を画像幅に対して、 $1/2^n$

($n=3, \dots, 7$) の 5 段階に設定してそれぞれ変換係数を求め、1 画素当たりの平均値を求め、これらを要素とする 60 次元ベクトルを構成し、これを本手法のテクスチャ特徴量として定めた。

3. 実験

実験対象として、正反射条件の 3 枚の画像を選び、それぞれ対象の中心を一致させて画像サイズ 256×256 画素のテクスチャ画像を切り出して使用した。このサイズが取れない素材は除外した。図 1 に concrete の各正反射画像を示す。これらの各画像に対し、前節で述べた 5 つの周波数帯域毎に 4 方向の wavelet 変換係数を求めた。図 2 に concrete の処理結果のうち、高周波数帯域($n=7$)と中周波数帯域($n=5$)の wavelet 変換係数の出力画像を示す。ここで、各画素の出力は 4 方向の変換係数値を加算し、0 から 255 の階調値に正規化したものである。

次に、各テクスチャ特徴量ベクトルを全素材に渡って標準化し、それらのユークリッド距離を求め、それを非類似度として画像の近接性を評価した。

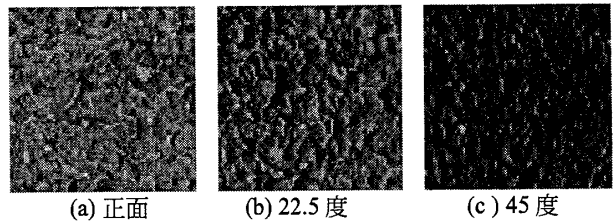


図 1. 正反射画像の例 (concrete)

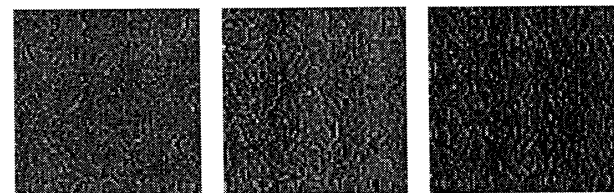
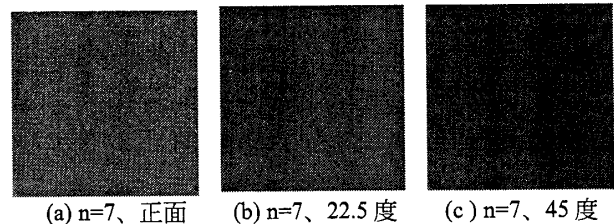


図 2. wavelet 変換係数出力の例 (concrete)

[†] 早稲田大学大学院国際情報通信研究科, Waseda Univ.

[‡] (株) 国際電気通信基礎技術研究所, ATR

4. 結果と考察

図3に本提案手法によるテクスチャ特徴量ベクトルの各要素の値を、各方向別に周波数帯域毎にプロットしたものの例 (concrete, linen) を示す。ここで、水平方向は光の入射方向に平行である。したがって、垂直方向の出力は、光の入射方向に垂直な面の起伏を反映し、その強度は面の起伏の大きさに比例する。一方、水平方向の出力は光の入射方向に平行な起伏を反映するため、その出力の強さはおおまかには面の素材の有する反射強度に依存する。図3のconcreteの例では、水平方向の出力の変化に比べ、垂直、斜め方向の出力の増大が著しく、垂直および斜め方向の起伏が大きいことを示唆している。linenでは、細かな水平、垂直方向の出力成分が強いことから細かな格子構造を、また粗い出力成分が低いことから、大きな起伏が少ないことを示唆している。

本提案手法によるテクスチャ特徴量に基づいて画像の近接行列 (相関) を求めた。結果の一例を表1に示す。corduroyとvelvet, plasterとconcrete, linenとcotton等のように材質の類似した画像同士の相関が高くなっているのがわかる。本提案手法では、視線方向の変化による陰影変化から表面構造の起伏の大小を、また鏡面反射成分の強さの差異から、おおまかな材質の反射の強さを反映することができる。

5. まとめと今後の課題

3D テクスチャ画像データベース (CURET) を利用して、素材画像の材質感を解析した。正反射条件の3枚の画像に対し、Gabor Wavelet変換を適用し、周波数帯域毎の変換係数の強度分布をテクスチャ特徴量として定めた。この特徴量間の距離から画像の類似度を評価した結果、本手法のテクスチャ特徴が表面構造に基づいた材質の分類に有効であることを確認した。しかし、毛皮に代表される「弾力感」のように表面構造だけでは判断が難しい材質感もある。今後は、心理的印象や色属性の解析などを併用した総合的解析により、より精度の高い材質感解析手法を検討するとともに、2D 画像への適用方法を検討していく予定である。

謝辞

本研究は通信・放送機構の研究委託「超高速知能ネットワーク社会に向けた新しいインタラクション・メディアの研究開発」により実施したものである。

参考文献

[1] Y.Kobayashi,T.Kato: "The STIR system - Subjective Texture Image Retrieval," IEEE ICME2001, P284 ,2001
 [2] 橋本 理、加藤博一、森脇耕介、佐藤宏介、井口征士：“カラー画像を用いた材質感の判別と相互反射の検出”、電子情報通信学会論文誌 DII, Vol.J74-DII, No.6, pp.727-735, 1991.
 [3] 田中法博、富永昌治：“3次元反射モデルの解析と推定”、情報処理学会論文誌、Vol.41,No.SIG10,pp.1-11,2000
 [4] <http://www.cs.columbia.edu/CAVE/curet/>
 [5] B.S.Manjunath, W.Y.Ma, "Texture Features for Browsing and Retrieval of Image Data," IEEE Trans.on Pattern Analysis And Machine Intelligence, Vol.18, No.8, pp.837-842, 1996.

表1. 材質間の近接行列の例

	velvet	plaster	corduroy	cotton	concrete	linen
velvet	1	-	-	-	-	-
plaster	-0.05	1	-	-	-	-
corduroy	0.82	0.21	1	-	-	-
cotton	0.76	0.03	0.8	1	-	-
concrete	-0.04	0.93	0.17	-0.03	1	-
linen	0.73	0.06	0.76	0.91	-0.07	1

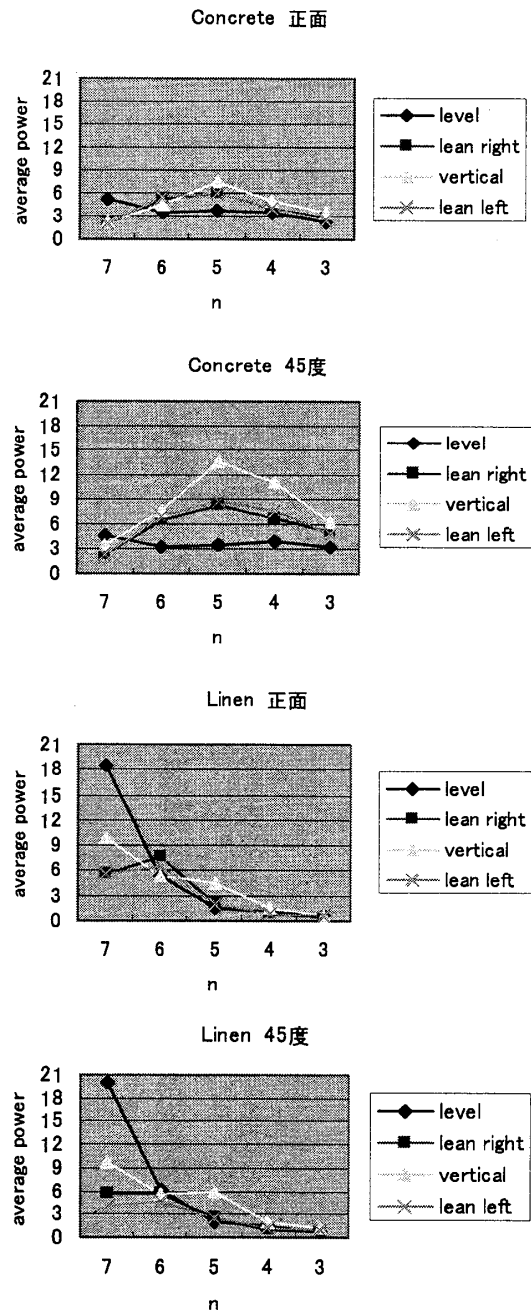


図3. 方向別平均出力プロット (concrete, linen)