

3次元形状データにおける色段差を利用した特徴抽出法の提案

柳澤希美^{†,1)} 高田雅美[†] 城和貴[†]

本論文では色段差による凹凸を形状特徴として抽出する手法を提案する。この凹凸は計測表面上において反射率が大きく異なるような境界で発生する。反射率は色の違いが原因であるため、色段差と呼ばれる。色段差は2D画像において輪郭エッジが検出される位置と同一である。色段差による凹凸と2D画像における輪郭エッジを位置合わせすることで、正確なテクスチャマッピングが可能となることが期待できる。3Dスキャナ VIVID910での計測により得られたポリゴンメッシュモデルに対し、本手法を適用し、色段差による凹凸を抽出することで本手法の有用性の確認を行う。

A feature extraction method using color bounds for 3D geometric data

Nozomi Yanagisawa^{†,1)} Masami Takata[†] Kazuki Joe[†]

In this paper, we propose a feature extraction method using color bound in order to find concavo-convex shape. The concavo-convex shape is constructed to border lines, of which reflectance rates are widely difference in a surface of a measurement 3D model. Since each color has a difference reflectance rate, the border lines are called as color bounds. A position of a color bound in a 3D model becomes equal to the edge position related to the color bound in a 2D picture. Therefore, through the position of the color bound is combined with the edge position, texture mapping can be performed exactly. To evaluate the proposed method, we adopt to 3D models, which are obtained by VIVID910.

1. はじめに

近年、文化財の保護活動の一環として、文化財デジタルアーカイブが盛んに行われている[1]。文化財デジタルアーカイブとは、文化財に関する情報を画像や動画などのデジタルデータとして保存し、活用する試みである。実存する文化財では、風化や他者が介入することによる劣化により、経年劣化による情報の減少や欠損が懸念される。一方、デジタルデータでは、一般のユーザに可視化情報として文化財情報を提供することが可能であり、可視化された情報に対して何らかの操作をしても劣化する心配はない。つまり、デジタル化された瞬間の文化財の状態を維持することができる。そのため、文化財の修繕の際に役立たせることが期待される。また、文化財のデジタルデータを可視化することで、細部を拡大することによって詳細な部分を確認することや、視点位置を変更することによって様々な角度から様々な高さの場所を閲覧することが可能となる。

文化財をデジタルデータとして保存する際、実存に近い状態でデジタル化されるべきである。巻物や書物ならば写真画像としてデジタル化することによって、大部分の文化財情報を保持することができる。一方、寺院や古美術などでは、正確な形状データを得るためには、平面的な写真画像を用いるよりも、3D形状をデジタル化すべきである。そのために、実存する文化財の形状情報を3Dスキャナで取得し、3Dモデルとして保存する方法が考えられる。3Dモ

デルに対する色情報の付加は、テクスチャマッピングによって行われることが一般的である。よりリアルな質感を表現するために、マッピングされるテクスチャとして写真画像が用いられる。3Dスキャナによっては、形状計測と同時に写真画像を取得することができる。このような3Dスキャナでは、形状計測と同一光軸上から画像を取得するため、容易にテクスチャマッピングが可能となる。ただし、3Dスキャナでは、写真画像を取得するために、形状計測のためのCCDを用いる。そのため、写真画像の最大解像度が、形状計測の最大取得可能頂点数と同じとなるため、粗くなる。解像度の粗い写真画像を拡大する場合、可視化領域を滑らかに表示するためのフィルタリングの影響を受けて、ぼやけた状態になる。そのため、文化財の形状計測と同時に取得される写真画像をテクスチャとして利用するよりも、高解像度を持つデジタルカメラから取得する方が望ましい。形状計測と写真画像の取得が別々に行われる場合、マッピングを自動的に行うことは困難であり、また、熟練した技術が必要である。そのため、長い時間が必要となり、文化財のデジタル化におけるボトルネックとなる。

マッピングを自動的に行うための手法として、リフレクタンス画像を利用することが考えられる[2]。リフレクタンス画像とは、形状計測時に受光したレーザ反射光の強度を表したものであり、形状データと同一の位置情報を保持する。レーザ反射光は計測対象物の色の違いによって強度が変化するため、リフレクタンス画像では、色の境界部分が強調される。つまり、リフレクタンス画像の色の境界情報と写真画像から得られる2D濃淡画像の輪郭エッジの位置

[†] 奈良女子大学
Nara Women's University, Nara 630-8506, Japan
1) yanagisawa-nozomi0842@ics.nara-wu.ac.jp

合わせを行うことによって、リフレクタンス画像と写真画像をマッピングすることができる。リフレクタンス画像には、形状データと同一の位置情報が保持されているため、形状データに対してテクスチャマッピングを行うことが可能となる。ただし、任意の 3D スキャナが、リフレクタンス画像を作成するわけではない。

そこで、本研究では、形状データと写真画像のみを用いたテクスチャマッピング手法を開発する。3D スキャナによる計測では、色味が急激に変化する個所において、色段差と呼ばれる凹凸が生じる。この凹凸を正確に把握することができれば、リフレクタンス画像と同等の輪郭エッジ情報を得ることができる。つまり、形状データにおける色段差による凹凸と写真画像の輪郭エッジの位置合わせを行うことで、正確なテクスチャマッピングが行えると考えられる。文化財に用いられている描画では、色の違いによる表現の変化がよく利用されている。そのため、文化財デジタルデータに対してテクスチャマッピングをする際に、色段差を活用することは適している。本稿では、形状データにおける色段差による凹凸を形状特徴として抽出する手法を提案する。

2 章では、色段差が生じる原因について説明する。3 章において、色段差による形状特徴を抽出するための手法を提案する。4 章では、提案手法の有効性を確認するために、2つの物体に対して適用する。

2. 色段差

非接触の 3D スキャナは、計測にレーザ光を用いる。これにより、対象を傷つけることなく計測が行える。しかし、計測された形状データには、本来は存在しないはずの凹凸が含まれることがある。この原因の 1 つが色段差と呼ばれる急激な色味の変化である。

多くの非接触 3D スキャナでは、照射したレーザ光の受光には CCD を用いる。CCD における距離情報の取得には、照射個所から受光個所までの距離、照射角度や受光角度などが用いられることが多い[3]。これらの情報を得るためには、照射から受光までの時間経過が重要な手がかりとなる。照射時刻は、容易に取得することができる。一方、受光時刻を得るためには、スキャン対象地点から反射された光のうち、最も強い光を確認する必要がある。なぜならば、光の特性として、反射前と比べ、反射光は、エネルギーが減少する。エネルギーの減少量には、スキャン対象地点の反射率が関係している。反射率は、スキャン対象地点の色彩や素材によって異なる。また、若干の光は、反射する際、拡散する。ただし、拡散光は反射光に比べて弱い。CCD では、反射光のみならず拡散光も受光する。そのため、あるスキャン対象地点に対する受光時間は長くなる。この受光時間の中から正確に反射光を受光した時刻を得るためには、最も強い光が確認された時刻とするべきである。



計測対象物 3D モデル
図 1 3D スキャナによって得られる色段差

計測対象物の表面の色が単調な場合、反射率に変化は生じないため、照射時刻と受光時刻の差が、等しくなる。そのため、凹凸のない面として表現可能である。一方、計測対象物の表面に、反射率が大きく異なるような色の境界がある場合、境界に極めて近い地点に該当する画素においてレーザ反射光を受光したと判断される時刻にずれが生じる。これは、本来検出したい時点における光の強度よりも、近傍画素の計測時に受光した光の強度の方が強いために、本来用いるべき時刻ではない時刻が距離の測定に用いられてしまうためである。このずれが予期せぬ凹凸の原因となっている。つまり、色の異なる境界部分のみ形状データに凹凸が含まれ、その他の部分は平らな曲面で表される。

色段差は、材質が同一である表面に模様、文字などが存在する場合に生じる。また、計測対象物の表面がなだらかな形状の場合に確認しやすい凹凸となる。図 1 は、紙パックを 3D スキャナでデータ化したものを可視化した結果である。図 1 では、紙パックの背景色は白色で文字色はこげ茶色であるため、色のコントラストが大きい。そのため、文字部分と背景との境界で、色段差が発生し形状データに凹凸として保存されている。

3. 色段差を用いた形状特徴抽出手法

3.1 概要

3D スキャナによって得られた形状データに含まれる色段差では、色彩が大きく異なる。一方、写真画像において、色彩が異なる部分は、エッジ検出によって輪郭として取得することができる。これらは、同一の個所に対する情報であるため、マッピングの位置合わせとして利用可能である。そのためには、形状データに含まれる凹凸の中から、色段差に関するものだけを抽出する必要がある。そこで、本章では、色段差による凹凸を形状的特徴として抽出する手法を提案する。

凹凸の度合いが小さいものは、色段差ではなく、スキャンした物体の形状であるものとみなせる。形状データに含まれる凹凸のうち、明らかに線をなさない孤立点は、色段差によるものではなく、3D スキャナでの測定時に生じるノイズによるものであると考えられる。また、線で表される凹凸のうち、大きさが十分でないもの同様である。そのため、これらの凹凸を除外することによって、色段差による凹凸を構成する頂点を検出することが可能となる。

3D スキャナは、計測した頂点群をポリゴンメッシュとして出力する機能を持つものが多い。そこで、本研究では、ポリゴンメッシュを利用する。以下に、ポリゴンメッシュを構成する全頂点から、色段差による凹凸を構成している頂点を検出する手順を示す。

1. 前処理
2. 各頂点の凹凸度を算出
3. 凹凸度が閾値 α 以下の頂点を除外
4. 孤立点の除去
5. 凹凸タイプ別にラベリング処理
6. 大きさが閾値 β 以下のラベル領域を除外
7. 形状による凹凸領域の除外

以上の手順に従い、最終的に凹凸が存在すると判定された頂点を、色段差による凹凸を構成する頂点として検出する。

3.2 前処理

多くの 3D スキャナは、計測により得られる頂点群を、近傍の頂点を用いて自動的にメッシュ化する。このとき、頂点間の距離が一定以上離れてしまったものは近傍頂点としてみなされないものとする。

色段差による形状特徴抽出手法では、三角形ポリゴンによるポリゴンメッシュを対象とする。しかしながら、使用する 3D スキャナによってはポリゴンメッシュが四角形で与えられる場合がある。そのような場合においては、前処理として三角形ポリゴンに分割する作業を行う。

四角形ポリゴンを構成していた頂点同士は隣接頂点として扱う。このため、各頂点が互いに辺を成すように三角形ポリゴンの設定を行う。つまり、四角形ポリゴンを単純に 2 等分するのではなく、それぞれ対角に位置する頂点間に新たな辺を張る。これにより、すべてのポリゴンが三角形で表現可能となる。ただし、元の形状データと比較して、辺の数が増え、結果として面の数が増えるため、データ量が増加する。

3.3 凹凸度の算出

提案手法では、形状データから凹凸を抽出する必要がある。そのためには、ある頂点が隣接する頂点に対してどのように凹凸しているか数値化する必要がある。そこで、手順 2 では、各頂点の凹凸度を算出する。凹凸度は、注目頂点の頂点法線と、隣接頂点のラプラシアンを用いて計算を行う[4]。

頂点法線は、頂点の向きを表す単位ベクトルで表す。これは、一般的に、頂点を共有する三角形の面法線の和を規格化することで求められる。

本研究では、注目頂点が頂点法線の方向に凸であることを、上に凸の状態であるとする。逆に注目頂点が頂点法線の逆方向に凸であることを、下に凸の状態であるとする。ラプラシアンを用いることによって、注目頂点から隣接頂点へのベクトルの平均を得ることができる。注目頂点 p 、

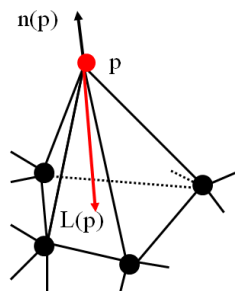


図 2 注目頂点におけるラプラシアンの概念図

隣接頂点を q 、隣接頂点数を m に対する、ラプラシアン $L(p)$ は以下の式で求められる。

$$L(p) = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (q_i - p)$$

注目頂点 p とラプラシアンの関係を図 2 に示す。図 2 では注目頂点は隣接頂点に比べて、上に凸の状態にある。このとき、ラプラシアンは頂点法線の逆方向に伸びている。また、注目頂点が隣接頂点に比べて、下に凸の状態にある場合、ラプラシアンは頂点法線と同方向に伸びる。

注目頂点 p の凹凸度 $C(p)$ は、頂点法線 $n(p)$ と、ラプラシアン $L(p)$ を用いて、以下の式で表す。

$$C(p) = -n(p) \cdot L(p)$$

これは頂点法線とラプラシアンを反転させたベクトルとの内積である。 $C(p) > 0$ である場合、 p は上に凸、 $C(p) < 0$ である場合 p は下に凸であると言える。また、 $C(p)$ の絶対値が大きいほど、凹凸の度合いが大きい。 $C(p) = 0$ である場合、 p は隣接頂点に対して凹凸の無い頂点、つまり平坦な状態である。

3.4 凹凸度が閾値以下の頂点を除外

スキャナに対して前後する曲面を持つ物体から得られる頂点からは、凹凸度が求められる。しかしながら、これは色段差によるものではないため、除外する必要がある。なぜならば、曲面による凹凸を保持したまま境界抽出を行うと、必要とする色段差による境界情報が埋もれてしまい、マッピングできなくなってしまう。そこで、曲面に関係する頂点を除外する必要がある。

曲面に対する凹凸は、色段差に比べると、滑らかである。つまり、凹凸度は小さい。物体の曲面をスキャンする場合、曲面に含まれる頂点は凹凸の度合いが小さい。そこで、手順 3 では、凹凸度の絶対値が閾値 α より小さい頂点を、凹凸の無い頂点とする。

閾値 α として、すべての頂点の凹凸度の絶対値の平均値を用いる。頂点の凹凸度の絶対値と比較することにより、色段差に関係がない頂点を除外することができる。

3.5 孤立点の除外

文化財において、色段差からなる凹凸は、文字や模様な

どの輪郭である場合が多い。そのため、色段差に含まれる注目頂点については、隣接頂点の中に1点以上同じ方向に凸の頂点が存在すると考えられる。逆に、隣接頂点の中に注目頂点と同じ方向に凸である頂点が存在しない場合、色段差とは関係ない孤立点と見なすことができる。この孤立点は、スキャンする際に生じるノイズが原因であることが多い。

孤立点を除去するために、手順4では、隣接する頂点の凹凸度と注目する頂点の凹凸度を比較する。その結果、色段差に関係がないと考えられる凹凸を持つ頂点を除外することができる。

3.6 ラベリング処理

提案手法の目的は、テクスチャマッピングの際に、写真などのテクスチャ画像と3Dモデルの位置合わせを自動的に行うことである。連続する凹凸で表される色段差のすべてを対象としてテクスチャ画像のエッジ画像と比較する場合、処理時間が長くなる。そのため、色段差のうち、テクスチャ画像のエッジ画像と一致させやすい連続部分を選択すべきである。

手順5では、同じ方向に凸であり、連続している頂点についてラベリング処理を行う。ラベリングは2D画像処理において用いられている手法である[5]。主に領域抽出や、ノイズ除去に活用されている。ラベリングを行うことにより、凹凸のタイプ別に、連続している部分を抽出することができる。

本提案では、同じ方向に凸である連続頂点に対して共通のラベル番号を設定することによって、ラベル領域を検出する。ラベル番号としては、1以上の整数を割り当てる。手順5の詳細は、以下の通りである。

5(1). 初期設定

- すべての頂点のラベル番号を-1に設定
- 変数lastlabel = 1

5(2). 凹凸のない頂点のラベルを0に変更

5(3). ラベル番号-1の頂点を注目頂点として選択

5(4). 隣接頂点のラベル番号を確認

- すべて-1もしくは0の場合
 - a) 注目頂点のラベル番号をlastlabelに変更
 - b) lastlabel = lastlabel + 1
- 1以上の隣接頂点かつ注目頂点と同じ方向に凸の場合
 - a) 注目頂点のラベル番号に隣接頂点のラベル番号を代入
- 1以上の隣接頂点かつ注目頂点と違う方向に凸の場合
 - a) 注目頂点のラベル番号をlastlabelに変更
 - b) lastlabel = lastlabel + 1

5(5). ラベル番号が-1の頂点がないならば、終了

5(6). 手順5(3)に戻る

ラベル番号は1から順に割り当てられる。そこで、次のラベル番号を把握するために、変数lastlabelを用いる。手順5(2)において、凹凸のない頂点とは、 $C(p) = 0$ 、手順3および4で除外した頂点のことを意味する。

3.7 大きさが閾値以下のラベル領域の除去

ラベル領域を構成する頂点の数をラベル領域の大きさとする。手順4により、孤立点からなるラベル領域は存在しない。そのため、すべてのラベル領域の大きさは、少なくとも2以上となる。検出したい凹凸の領域に対して、あまりにも小さいラベル領域はテクスチャマッピングの位置合わせとして利用することが困難である。そのため、閾値 β を設定する。閾値 β 以下の大きさのラベル領域については、ラベル番号を0とすることによって、手順4の孤立点除去と同様に、除去する。

閾値 β の決定方法は、以下の通りである。

6(1). $\beta = 2$

6(2). 大きさ β のラベル数 l_m と大きさ $\beta + 1$ のラベル数 l_n の比較

- $\gamma l_m < l_n$ の場合
 - a) 閾値 β を決定して終了
- その他の場合
 - a) $\beta = \beta + 1$
 - b) もっとも大きいラベル領域の大きさよりも β が大きい場合、閾値 $\beta = 2$ として終了
 - c) 手順6(2)に戻る

手順4によって孤立点除去が行われているため、変数 β の初期値は2となる。変数 γ は1以上の有理数とする。ラベル領域の大きさが小さい場合でも、その領域サイズを持つラベルの数が非常に多い場合、ノイズとして扱うのではなく、色段差に関するラベル領域とみなすべきである。たとえば、物体に描かれている模様に対して小さい文字で文章が書かれている場合、小さい領域のラベル数が増加する。このラベル領域を除去した場合、テクスチャマッピングの位置合わせに利用可能なラベル情報が十分ではなくなる可能性がある。ゆえに、手順6(2)で用いる変数 γ には、適切な値を設定する必要がある。

3.8 物体の形状による凹凸の除去

本提案手法では、色段差による領域のみを検出することを目的としている。そのため、物体の形状に由来する凹凸情報を除去する必要がある。

色段差による凹凸は、色の境界で隣接する色の影響をお互いに受けることによって生じる。そのため、色段差に関するラベル領域では、下に凸のラベル領域と上に凸のラベル領域が隣接する。そこで、手順7では、隣接するラベル領域の凸の向きが同じ場合、ラベル番号を0として除去する。

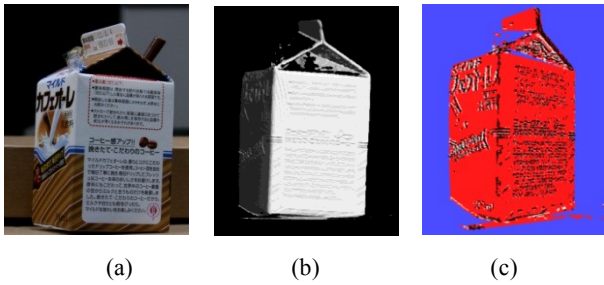


図 3 カフェオレ紙パックの形状特徴抽出

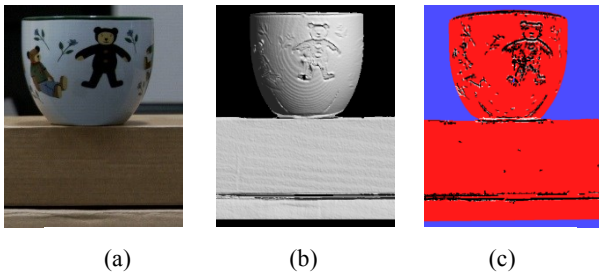


図 4 マグカップの形状特徴抽出

より正確に色段差に関係する領域のみを検出するためには、隣接するラベル領域の境界頂点数を比較する必要がある。しかしながら、多くの 3D スキャナでは、一定方向からレーザを照射するため、必ずしも色段差に関する情報が取得されるとは限らない。そのため、本研究では、あるラベル領域に対して、逆方向に凸のラベル領域との境界の頂点数がすべて一致しない場合でも、色段差として残す。

4. 実験

本実験では、3D スキャナで計測したモデルに対し、提案手法を用いて、色段差による凹凸が発生している部分を検出する。

実験で用いるデータは、ユニカミノルタ社の非接触 3D デジタイザ VIVID910 で計測することによって取得する。撮影する際のレンズには MIDDLE レンズを使用する。計測対象は、図 3 に示されているカフェオレの紙パックと、図 4 に示されている模様入りのマグカップである。VIVID910 で計測を行う場合、取得頂点群から自動的に四角形ポリゴンによるメッシュ構造を構成ため、手順 1 の前処理を適用することによって、三角形ポリゴンメッシュに再構成する作業を行うことになる。

図 3(b)および図 4(b)は、計測結果を 3D モデルで表したものである。図 3(b)および図 3(b)より、白い背景色の部分と比べ、色のコントラストが大きい模様や文字に関する部分では、凹凸が生じていることがわかる。

図 3(c)および図 4(c)は、図 3(b)および図 4(b)の 3D モデルに提案手法を適用した結果である。図 3(c)および図 4(c)の赤色の部分はラベル番号が 0、黒い部分はラベル番号が 1 以

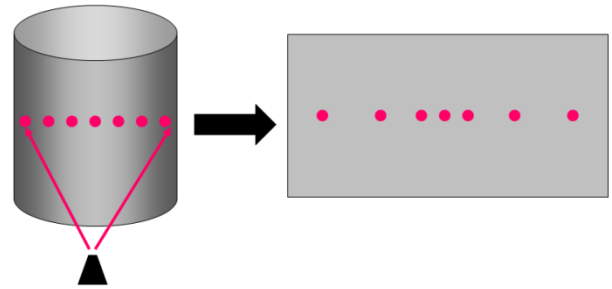


図 5 レーザ光の照射間隔と物体の情報取得間隔の関係

上かつ上に凸、白い部分はラベル番号が 1 以上かつ下に凸の部分を示す。ここで、閾値 β を得るために用いる変数 γ は、 $\gamma = 3$ としている。

以下、3 点に着目して考察を行う。

1 点目として、文字やコントラストが大きく違う模様が印刷されている部分に着目する。カフェオレの紙パックの場合、正面の「カフェオレ」の大きい文字のみならず、側面のカフェオレの説明書き部分の色段差が検出されている。ただし、説明書きの各文字のサイズは非常に小さいため、これらのラベルは、大きさの閾値 β に近い値であると考えられる。また、狭い空間に多くのラベル領域が密集するため、テクスチャマッピングの位置合わせとして利用するためには、多すぎることや、文字と色段差との対応が困難になることが考えられる。そこで、色段差が検出されたすべての説明書きの文字を利用するのではなく、適切にいくつか選択すべきである。

2 点目は、図 3(a)の紙パックの下の部分で、茶、こげ茶、白色のストライプ模様の部分である。この部分は、反射率の変化が大きくない色の組み合わせで構成される模様からの検出となる。図 3(b)より、3D モデルの段階で、色段差による凹凸は、わずかにしか検出されていない。また、手順 3 の閾値 α によって、除去されることによって、ほとんど検出されていない。つまり、反射率が近い色の組み合わせで構成される模様に対して、提案手法で検出することは、困難である。ただし、文化財では色のコントラストが明確な模様が多いため、部分的に色段差が使えなくても大きな問題とはならないものと考えられる。

3 点目は、物体形状が曲線部分の色段差の検出についてである。図 5 は、3D スキャナのレーザ光と計測対象物の計測点との関係を図示したものである。3D スキャナでは、レーザ光を照射することによって、物体の表面との距離を計測している。3D スキャナ内部では、レーザ光の照射口に対して、縦横方向をほぼ等間隔に分割して計測している。しかしながら、計測対象物において、レーザ光の進路に対して垂直に近い面は高密度に計測が行われるが、対象の面がレーザ光の進路に対して平行に近くなるほど、対象物における計測点間の密度は低くなる。たとえば、図 4(a)と図 4(c)

を比較すると、レーザ光とほぼ垂直に位置する熊の模様から色段差は検出されているが、同じ色合いで描かれている側面の熊の模様からはほとんど色段差が検出されていない。特に、図 4(a)の側面の熊の足は、コントラストが明確なため、図 4(b)では凹凸のあるポリゴンとして描かれているが、図 4(c)ではラベル番号が0となり色段差として検出されていない。これは、側面が湾曲することによって、レーザ光の進路に対して平行となっているため、計測点の数が少ないことが原因であると考えられる。提案手法では、凹凸度の高い頂点が隣接していなければ、色段差として検出されない。つまり、色段差は、計測点が密集する場合に生じる可能性が高い。そのため、マグカップのような湾曲した面を持つ物体に提案手法を適用する場合、適用範囲をレーザ光の進路とある程度異なる角度の面だけに絞るべきである。ゆえに、テクスチャマッピングでは、平坦な面と異なり、スキャン可能な面を複数に分割して扱うことが好ましいものと考えられる。

以上より、色段差の大きさに関わらず、提案手法を用いることによって、検出することが可能である。また、ある程度大きく、頂点の密度が高い部分に関しては、意味のある形状特徴と捉えることが可能な領域が検出されているといえる。ゆえに、テクスチャマッピングで利用する場合は、検出されたすべての色段差を用いるのではなく、特徴的なラベル領域を活用すべきである。たとえば、図 4(a)では、カフェオレの題字部分が特徴的に抽出されている。図 4(b)のマグカップについては、熊の模様の輪郭など、特徴的な領域が抽出されていると言える。このような部分を特徴点として指定する事で、より正確なテクスチャマッピングが行われることが期待できる。

5. まとめ

本研究では、色段差が原因で生じる凹凸を形状特徴として検出する手法を提案した。色段差とは、3D スキャナで計測する場合に、計測対象物の表面に描かれた模様などの急激な色味の変化で生じる凹凸のことである。色段差が生じる部分は、2D 画像のエッジ抽出によってえられる輪郭情報と一致する。そのため、テクスチャマッピングでの位置合わせとして利用することが期待される。提案手法では、まず、ポリゴンデータの各頂点の凹凸度を計算する。次に、凹凸が小さい頂点や孤立点を除去する。その後、隣接頂点との凹凸の関係からラベル付けを行い、形状特徴を抽出する。この提案手法の性能を確認するために、3D スキャナ VIVID910 で計測された物体に対して適用した。その結果、色段差による頂点を検出することができた。また、テクスチャマッピングの位置合わせをする際の注意点を見出すこともできた。

今後は、この形状特徴とカラー画像のエッジ情報との対応を確認することによって、テクスチャマッピングを行う

際の位置合わせが必要となる特徴点として利用する方法を開発すべきである。

参考文献

- 1) 総務省:知のデジタルアーカイブ～社会知識の拡充に向けて～
http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/01ryutsu02_02000041.htm
1
- 2) 倉爪亮, 西野恒, Wheeler Mark D, 池内克史:リフレクタンスエッジと濃淡エッジを用いたテクスチャのアライメント, 電子情報通信学会論文誌. D-II, 情報・システム, II-パターン処理 J85-D-II(6), 1038-1046, 2002-06-01
- 3) 阿部芳久, 山口亘, 川野利夫, 向井隆晋:非接触 3 次元デジタイザ RANGE7 のコア技術
http://www.konicaminolta.jp/about/research/technology_report/2009/
- 4) 山之内結子, 森崎和裕, 宮原景泰, 藤吉弘亘, 二宮隆典, 直井聡, 千葉直樹, 佐藤洋一, 斎藤英雄, 後藤直子, 北本朝展, 江尻正員, 堀修, 清水雅夫, 小沢慎治, 奥富正敏:デジタル画像処理, CG-ARTS 協会(2006)
- 5) 谷口慶治, 長谷博行:画像処理工学-応用事例編, 共立出版(2005)