

## 複数シェーダ適用のためのポリゴンの接続情報を考慮した 精密なマスク画像の作成

石川 麻龍† 中本 啓子‡ 小池 崇文†

† 法政大学情報科学部 ‡ 法政大学大学院情報科学研究科

### 1. はじめに

3D モデリングの手法の一つであるフォトグラメトリ (PGM) は、物体を複数視点から撮影した画像を入力とし、形状が正確な 3D モデルを出力する技術である。現在、PGM の商用サービスやソフトウェアは、Capturing Reality 社などが提供している [1]。しかし、PGM は、材質ごとの反射特性を考慮していない。一方で、Ward らは異方性物体の反射特性を測定し、モデル化する手法を提案しており [2]、専用装置を用いて時間をかければ、反射特性を測定する事はできる。

写実的なレンダリングのために必要な 3D データを生成するには、これらの技術を融合させ、自動的に適切なシェーダを割り当て、反射特性を設定する事が求められる。しかし、PGM で低コストに 3D モデリングする場合、適切なシェーダを割り当てるために、物体の反射特性を測定する事はコストが高いため、手動で適切なシェーダの適用する事を想定する。

本研究では、反射特性の異なる領域は、白色光を当てた時、反射光の色が大きく異なっていると仮定する。従って、多少の鏡面反射や異方性反射が発生しても、物体の各領域の、反射光の色の系統が大きく変化しないものを被写体とする。そのうえで、PGM によって作成したテクスチャを均等色空間でクラスタリングし、誤検出領域を修正して、クラスタリングの誤りを減らす。

### 2. 提案手法

本研究では、まず、前処理として、 $L^*a^*b^*$ 色空間で k-means 法を用いて、PGM によって作成したテクスチャをクラスタリングする。次に、各画素にクラスタリング結果をラベリングしたマスク画像 (前処理クラスタリング画像) を作成する。また、そのテクスチャが貼られている 3D モデルの、ある面 a, b に対して、メッシュ上とテクスチャ上における接続関係を、四つのパターンに分類する。次に、前処理クラスタリング画像に対し、後処理として、各パターンで生じる誤検出領域を修正した、「後処理クラスタリング画像」を作成する。

そのため、ユーザは初めに、クラスタリング数とテクスチャを入力する。以降、各手順について説明する。

#### 2.1. 前処理クラスタリング画像の作成

本手法で用いる k-means 法は、ユーザが指定した数 (k) に応じて、色同士の距離の近さによって、画像の色

情報を k 個のグループに分類する。入力には、PGM によって作成したテクスチャを使用する。この時、入力するテクスチャに、被写体にかかった影が映っていると、正確な色を取得できず、誤ったクラスタリングがされてしまう。そのため、 $L^*a^*b^*$ 色空間において、明度を表す L\*成分を除いて k-means 法を用いることで、明度に依存せずにクラスタリングし、前処理クラスタリング画像を作成する。

作成した前処理クラスタリング画像の例として、図 1 左列に撮影対象、中央列に PGM によって作成したテクスチャを貼ったメッシュ、右列にそのテクスチャから作成した前処理クラスタリング画像を貼ったメッシュを示す。PGM によって 3D モデリングしたうえで、前処理が適用されている事がわかる。



図 1. 撮影対象 (左列)、PGM によって作成したテクスチャを貼ったメッシュ (中央列)、前処理クラスタリング画像を貼ったメッシュ (右列)

#### 2.2. 誤検出領域修正

前処理クラスタリング画像の作成で発生した誤検出領域を修正する。UV 座標をメッシュの各頂点に割り当てた時、メッシュ上とテクスチャ上における各面の接続関係には、図 2 に示す四つのパターンがある。

パターン 1, 2 は、「メッシュ上とテクスチャ上で、面 a, b の接続関係が一致している」場合である。これらに対しては、誤検出領域修正はしない。

パターン 3 は、「メッシュ上では面 a, b が接続しているが、テクスチャ上では接続していない」場合である。この時、面 a, b を同じ領域として検出する事を想定していても、各面の位置がテクスチャ上で離れているため、片方の面が異なる領域に含まれてしまう事がある。そのため、このパターンに該当する面が見つかった場合は、前処理クラスタリング画像上の面 b 内部にあたる画素を、面 a と同じ領域に割り当て直す。

パターン 4 は、「メッシュ上では面 a, b が接続していないが、テクスチャ上では接続している」場合である。この時、面 a, b を異なる領域として検出する事を想定していても、テクスチャ上では面 a, b が接続して

Generating Precise Mask Images Based on the Connectivity Information of Polygons for Applying Different Shaders

† Mario ISHIKAWA and Takafumi KOIKE

† Faculty of Computer and Information Sciences, Hosei University, Tokyo, Koganei-shi, 3-7-2 Kajino-cho

‡ Keiko NAKAMOTO

‡ Graduate School of Computer and Information Sciences, Hosei University, Tokyo, Koganei-shi, 3-7-2 Kajino-cho

いるため、片方の面がもう片方の領域に含まれてしまうことがある。そのため、このパターンに該当する面が見つかった場合は、前処理クラスタリング画像上の面 b 内部にあたる画素を、メッシュ上で面 b が接続している面と同じ領域に割り当て直す。

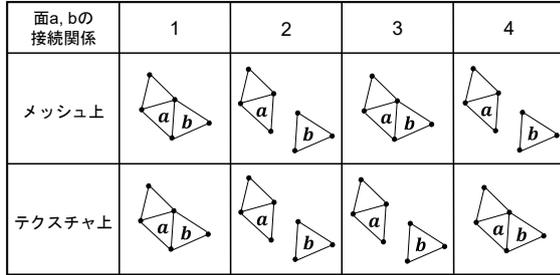


図 2. メッシュ上、テクスチャ上における面 a, b の接続関係

### 3. 実験

実験は、以下の手順でおこなう。

- 1) 被写体を PGM によってモデリングする。
- 2) 出力したテクスチャから、前処理クラスタリング画像を作成する。
- 3) 前処理クラスタリング画像作成時に発生した誤検出領域を手作業で修正し、Ground truth 画像 (GT 画像) を作成する。
- 4) 前処理/後処理クラスタリング画像を GT 画像と比較し、それぞれに対して、色の一致画素数を求める。また、式 (1) を用いて、最大値を 1 とし、誤検出領域修正によって、前処理クラスタリング画像がどの程度 GT 画像に近づいたかを表す「修正率」を求める。この値が 1 であった場合、後処理クラスタリング画像が GT 画像と一致した事を示す。

$$\text{修正率} = \frac{\text{誤検出領域修正された画素数}}{\text{GT 画像作成時に修正した画素数}} \quad (1)$$

図 1 上段に示す人形に対して、実験をおこなった。作成した前処理クラスタリング画像に対して、誤検出領域修正した結果を、図 3 に示す。図 3 内の 2 つの白い枠で拡大している部分を比較すると、白の領域として誤検出されていた部分が修正されている。

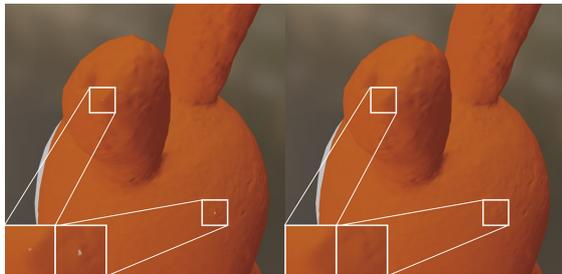


図 3. 前処理クラスタリング画像 (左) と後処理クラスタリング画像 (右)

前処理クラスタリング画像の各領域に対して、GT 画像作成時に修正した画素数 (GT 修正画素数)、誤検

出領域修正された画素数 (後処理修正画素数)、修正率を表 1 に示す。誤検出領域修正によって、緑の一致画素数は変わらなかったが、白と橙の一致画素数が増加した。

表 1. 人形の前処理クラスタリング画像の、各領域に対する GT 修正画素数、後処理修正画素数、修正率

検出領域	GT 修正画素数	後処理修正画素数	修正率
緑	535	0	0.000
白	2094	273	0.130
橙	604	392	0.649

また、同様の実験を、図 1 下段に示すルービックキューブに対してもおこなった。実験結果を表 2 に示す。誤検出領域修正によって、各領域の一致画素数が増加した。

表 2. ルービックキューブのクラスタリング画像の、各領域に対する GT 修正画素数、後処理修正画素数、修正率

検出領域	GT 修正画素数	後処理修正画素数	修正率
緑	44	6	0.136
黒	6070	939	0.155
白	672	137	0.204
紫	282	114	0.404
橙	167	71	0.425
赤	74	50	0.676
黄	141	102	0.723

### 4. 考察

実験結果から、人形の緑の領域以外において、クラスタリングの誤りが修正されていた事がわかった。この事から、領域によっては一致画素数が変わらない場合もあるが、誤検出領域修正によって前処理クラスタリング画像を GT 画像に近づける事ができるといえる。

人形を対象とした実験において、誤検出領域修正前後で緑の領域の一致画素数に変化が見られなかった。この領域の GT 修正画素数は 0 ではないため、GT 画像と前処理クラスタリング画像は一致していなかった。この事から、緑の領域を含むすべての面の接続関係が、メッシュ上とテクスチャ上で一致していたため、緑の領域に対する誤検出領域修正は実行されなかったと考えられる。従って、クラスタリング画像作成時に生じた誤検出領域の内、面の接続関係が、メッシュ上とテクスチャ上で一致しているものは、誤検出領域修正の対象外となり、修正できないといえる。

### 5. 結論

本研究では、3D モデル各面の接続関係を四つのパターンに分類し、誤検出領域を修正した。これにより、クラスタリングの誤りを減らす事ができた。

本手法では、面の接続関係に関与しない誤検出領域までは修正できなかった。そのため、今後は作成したテクスチャを、より正確にクラスタリングする事を目指す必要がある。

### 参考文献

- [1] RealityCapture: Mapping and 3D Modeling Photogrammetry Software <https://www.capturingreality.com> (2022 年 1 月 8 日確認)。
- [2] G. J. Ward, "Measuring and Modeling Anisotropic Reflection," Computer Graphics, pp.265-272, 1992.