

均等色特徴と PFH 特徴量に基づく統合記述子を用いた 3次元部分検索

木澤 栄一[†] 森本正志[‡]
愛知工業大学^{†‡}

1 はじめに

近年, 画像をクエリとした画像検索サービスが出現している. これらのサービスの多くは画像内の特徴量を用いて検索を行っている. このような画像検索のメリットとして, 名称不明な被写体の検索や類似物の検索に有効であることが挙げられるが, その一方で撮影条件による被写体の見かけの変化に弱い. そのため, 様々な撮影条件における被写体画像群を予めデータベースとして準備する必要がある.

一方, Kinect などのレンジセンサや 3D スキャナが普及し始め, 3次元データのデータベース構築や身近な端末によるレンジデータ計測が容易になりつつある. 3次元データを用いた検索を行えば, 見かけの問題を解決できる可能性があると言える. これまでにもレンジセンサデータから 3次元データを検索する手法が研究されている [1][2]. また, 形状だけでなく色も用いることで検索性能を向上させる試みも行われている [3][4]. 本研究では色特徴として均等色を用い, 形状の PFH 特徴を組み合わせて物体を検索する手法の検討を行った.

2 3次元部分検索処理の流れ

本研究における 3次元部分検索処理の流れを図 1 に示す.

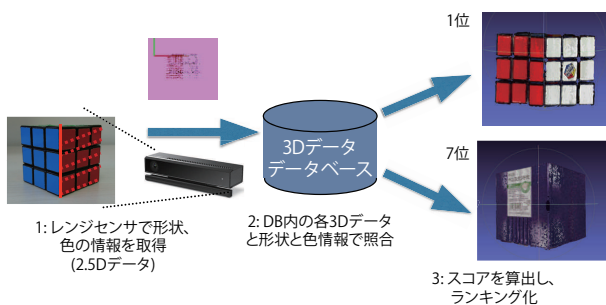


図 1: 3次元部分検索処理の流れ

まず入力クエリとして検索対象のレンジセンサデータを取得する. このデータは, レンジセンサから見える対象の部分形状のみ (以下, 2.5D データ) である.

次にデータベース内の各 3次元データと照合を行う. データベース内の 3次元データは, 3D スキャナを用いた全方向測定形状 (以下, 3D データ) とする. 本処理では 2.5D データと 3D データ間の部分照合を行う. 既存研究 [1] のように 3D データを分割することで性能向上を図る手法があるが, 画像検索と同じく準備コストが増加するため, 本研究

では行わない. 照合は形状及び色を用いて実施することで, 類似形状で色が異なる対象を識別可能とする.

各 3D データに対する照合度合いを算出し, スコアとする. スコアの小さい順にランキングを作成し, 入力された 2.5D データの検索結果として出力する.

3 形状・色統合記述子

3.1 統合記述子の作成

前章で述べた検索処理は, 2.5D データ及び 3D データから形状及び色特徴の統合記述子を作成し照合することで実施する. 統合記述子作成のイメージを図 2 に示す.

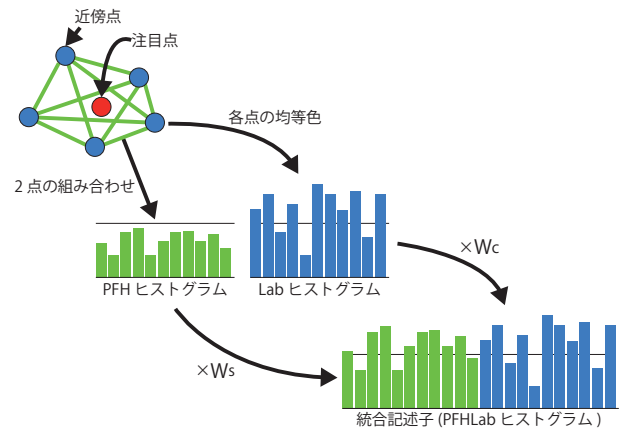


図 2: 統合記述子作成のイメージ

まず物体の点群を取得する. 形状に関しては, 点群処理ライブラリである PCL(Point Cloud Library) 内の PFH(Point Feature Histogram) 関数を用いて特徴量を求める. 具体的には, まず注目点を決定し近傍点を K 個得る. 続いて近傍点内で 2点ずつの組み合わせを作成し, 2点間の距離やそれぞれの法線を算出し, 特徴量とする. この処理を繰り返し, 注目点周辺に関する形状情報のヒストグラムを作成する.

一方, 色情報についても同様に注目点を決定し, K 個の近傍点を取得する. それぞれの近傍点の色情報を取得して, 注目点周辺の色情報に関するヒストグラムを作成する. この時色空間は, 色の類似性を数値化できる均等色である Lab 色空間を用いる.

得られた形状情報と色情報それぞれのヒストグラムを組み合わせて統合記述子 (PFHLab ヒストグラム) を作成する. この時, PFH と Lab のヒストグラムが照合に同等に寄与できるように重み付け (W_s, W_c) を行う. 形状情報と色情報のヒストグラムを並べる方法は PCL 内でも PFHRGB や ShotColor として実装されているが, 本研究ではその照合寄与度合いを合わせて検討する.

Unified descriptors from uniform color histograms and point feature histograms for 3D partial object retrieval

[†]Eiichi Kizawa, Aichi Institute of Technology

[‡]Masashi Morimoto, Aichi Institute of Technology

3.2 統合記述子による照合

各 3D データから得られる各注目点ごとの統合記述子は, その対象物体の ID とともに Kd-tree 法を用いて格納する. 入力された 2.5D データから得られる各注目点ごとの統合記述子を用い Kd-tree における最近傍点探索 (NN) により各 ID ごとの最近傍点を求める. 本研究では, 最近傍点の距離を算出する. 各注目点に対しこの処理を繰り返し, 各 ID ごとの平均距離を取得する.

3.3 ランキングの作成

2.5D データと各 3D データの照合度合いを算出する方法としては, 照合された隣近傍距離のしきい値処理により照合点数を数える方法も考えられるが, 本研究では 3.2 節で求めた平均距離を用いる. 平均距離が短い順に 3D データのランキングを作成して, 検索結果とする.

4 実験

4.1 実験方法

評価実験として被写体 30 個を用意した. 被写体のサンプルを図 3 に示す.



図 3: 被写体のサンプル

本研究では 3D データを NextEngine 社の NextEngine 3D Scanner を用いて, 2.5D データに関しては Kinect V2 を用いて作成している. 被写体の 3D データは 30 個, また 2.5D データを被写体の前後左右の四方向から撮影し, 合計 120 個作成した. 2.5D データの背景セグメンテーションは手動で行なった.

実験では, 従来手法である PFH のみを使用した場合 (従来手法 1), PFHRGB を使用した場合 (従来手法 2), また比較手法として Lab のみを使用した場合 (比較手法), そして提案手法である PFHLab の 4 通りで比較実験を行う. なお, 本実験では $W_s=W_c=1$ と設定した.

出力はランキングとして得られるため, 評価指標として平均逆順位 (MRR) を使用する. 平均逆順位を求める式は以下の通りである.

$$MRR = \frac{1}{|N|} \sum_{i=1}^{|N|} \frac{1}{rank_i}$$

ここで N は 2.5D データの総数, i は 2.5D データの番号, $rank_i$ は 2.5D データ i が何位であるかを表す.

4.2 結果と考察

実験結果を表 1 に示す. PFH のみを使用した従来手法 1 との比較から, 形状情報のみを使用するよりも, 色情報も加えて用いた方が精度が向上することがわかる. また従来手法 2 との比較の結果から, 色空間としては RGB 色空間よりも Lab 色空間のほうが適していることがわかった. しかしながら Lab のみの場合と提案手法の平均逆順位の値が同じになってしまった. これは本実験の重み設定では形状情報よりも色情報に強く依存してしまうからであると考えられる. また, 形状情報のみを用いた場合, 形状がより複雑なものが上位に来ることがほとんどであった. これは, 形状が複雑なものの方が様々なパターンの PFH を得られているため多くの物体と一致してしまうのではないかと考えられる.

表 1: 実験結果

	形状	色	MRR
従来手法 1	PFH	-	0.16
従来手法 2	PFH	RGB	0.30
比較手法	-	Lab	0.42
提案手法	PFH	Lab	0.42

5 終わりに

本研究では形状に関する情報と色情報のヒストグラムを組み合わせた統合記述子を用いて 3 次元データを検索する手法の検討を行った.

今後の課題として, ヒストグラム作成時のパラメータ設定や手法, 及び重み付けの最適決定方法を検討する必要がある. またデータベース内の 3D データを増やし, 様々な形状や色パターンに対する性能評価をする必要がある.

参考文献

- [1] 小林祐輝, 青野雅樹, “多視点レンダリングによる点群からの部分抽出法とそれを用いた 3D 部分検索”, 第 14 回 情報学ワークショップ 2016(WiNF2016), 2016.
- [2] 大淵竜太郎, “3 次元形状の検索”, 第 7 回 マルチメディア検索の最先端, 映像情報メディア学会誌 7 月号, pp. 93-98, 2010.
- [3] 木澤栄一, 森本正志, “Kinect を利用した 2.5 次元点群による 3 次元データの検索の研究”, 電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, M1-5, 2015.
- [4] 秋月秀一, 橋本学, “RGB-D 整合性と物理的整合性評価に基づく 3 次元多品種物品の識別と姿勢認識”, ビジョン技術の実利用ワークショップ (ViEW), OS2-H4(IS1-18), pp. 78-81, 2015.