

形状情報と色情報を併用した顔三次元データからの特徴部位の抽出 Face Feature Extraction in 3D Range Data with Shape and Color

丸亀 敦†
Atsushi MARUGAME

坂本 静生†
Shizuo SAKAMOTO

1. まえがき

顔画像は、認証システムやテレビ電話のための有用な情報として用いられている。顔のなかでも、口、目、鼻の特徴部位は特に重要な情報であり、顔全体の情報がなくともこれらが得られれば認識や伝達が十分に可能な場合も多い。そのため、顔画像からこれらの特徴部位を抽出する研究は長期に渡り様々な機関で行われてきた。従来手法の多くは、抽出の手掛かりに色、輝度情報を用いている。例えば、口唇部は、他の部位に比べ相対的に赤いので、YIQ や HSV 等の表色系を用いる抽出方法[1]が提案されている。目に関しては、人種などの制約があれば瞳の色は限られるので、これも色を用いられることが多い。しかしながら、色による抽出は、照明等の撮影時の環境、老若男女のような個人差に影響されやすく、安定した抽出は難しい。目の抽出では、東洋人の場合瞳が黒い人が多いために、眉毛や黒子等が誤抽出されることもある。さらに、鼻の抽出に関しては、周囲と色の差がほとんどないので、色を手掛かりにした抽出は大変困難である。

近年では、Cyberware のような頭部の三次元情報を取得する機器も現れている。三次元形状情報は、色、輝度情報と比べ、照明変動等の撮影時の環境にロバストであること、トポロジカルな形状においては、個人差があまり反映されないという特徴を持つ。ここでいうトポロジカルな形状とは、曲率等の微分幾何学的な情報であり、口唇の形状は各個人で異なっているが、曲率の最大最小、正負の反転が起こる部分は共通する。しかし、微分幾何学的な情報は、ノイズに非常に弱く、生体を計測したレンジデータはノイズを含みやすいため、顔の部位抽出のような局所での利用ではなく顔全体での認識[2]等の冗長なデータを用いた全体での利用にしか用いられてこなかった。

筆者らのグループでは、高速で高精度高密度計測可能なレンジファインダを開発した[3]。このレンジファインダは、三次元形状情報と色情報を同時に取得することが可能である。そこで、本論文では、このレンジファインダで得た三次元形状と色情報を併用した口、目、鼻の抽出方法を提案する。顔の部位は、色・輝度としての特徴が強い部位と、形状としての特徴が強い部位があるので、両情報が利用できると安定した抽出が可能になる。上記のレンジファインダは高速計測が可能であるため、取得データは計測中の移動によって生じるぶれノイズを含みにくく、統計的ノイズさえ削減できれば、顔の部位抽出のような場合でも、トポロジカルな情報が有効に利用できる。

本報告では、次章で口唇、鼻、目の順で抽出方法の詳細を述べ、3章でレンジデータによる実験、4章で考察と今後の課題をまとめる。

2. 特徴部位の抽出

2.1 口唇部の抽出

以下での議論の前提条件として閉口正面顔の3D顔レンジデータが取得されているとする。また、図1のように、顔正面がXY平面となるようにXYZワールド座標系が、色情報と三次元座標を2次元空間で保存するuv円筒座標が設定されているとする。

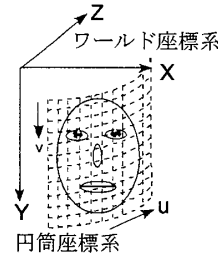


図1：座標系

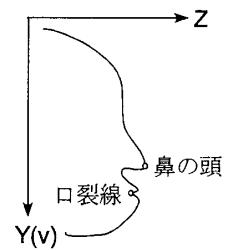


図2：顔断面図

抽出の第1ステップとして、鼻の頭を見つける。この点は、特に正確である必要はなく、上記の座標系ならZ座標最小点で代用できる。次にこの点を通る鉛直方向の断面(図2)を考える。この断面では、口裂線は、鼻の頭下の2番目の極小点になる。実際の取得データには、高周波成分のノイズのため上記以外にも極点が数多く存在する。顔が持つトポロジカル形状は、ノイズと比べると低周波成分に存在する。そこで、フーリエ変換を行い、低周波成分のみを残して逆変換すれば、ノイズによる極点を消し去り、口裂線上の点を見つけることができる。

口裂線上の1点を見つけると、この点を手掛かりに左右に口裂線を探索する。この処理は、隣接する探索済みの点の上下近傍のみに平均値フィルタをかけ、その近傍中の点に対して、1次元平均曲率

$$H = \frac{f''}{(1+(f')^2)^{3/2}} \quad (1)$$

を計算し、最大になる点を口裂線とみなす。口裂線上の点は、その上下近傍では平均曲率が相対的に高くなるので、この方法は有効である。口裂線の左右端は、色、輝度情報を用いて見つける。口裂線と肌との境界では、輝度や色成分の赤が大きく変化するため、先に見つけた口裂線上の最大輝度(赤)変化点を左右境界とする。

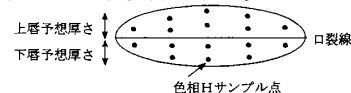


図3：口唇部抽出時の色相範囲探索用サンプル点配置

口唇領域は、色情報をHSV形式で用いて見つける。図3のように口裂線からの上下に一定の幅を設定し、サンプル点を配置する。このサンプル点の色相Hの平均と標準偏差を計算し、設定幅内でその平均と標準偏差により指定された範囲内に色相Hがある点のみを、口唇領域とする。口裂線を手掛かりとしたこのような方法をとることで、照明条件や個人差の影響を受けにくくなる。

† NEC マルチメディア研究所

2.2 鼻筋の抽出

鼻領域の抽出は、左右の鼻筋の抽出と鼻の下への抽出に分けられる。今回使用したデータでは、鼻の下は正確に計測できていなかったため、本報告では鼻筋の抽出法について述べる。

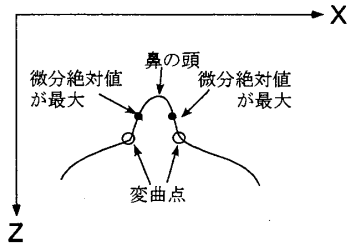


図4：鼻の頭を通る断面

鼻筋は、周囲と色や輝度の差が小さいため、形状情報によって見つける。まず、口唇部の場合と同様に鼻の頭を見つめる。その点を通る水平方向断面(図4)を作ったとき、鼻の頭から左右それぞれで微分絶対値が最大になるところは、鼻の途中であり、そこから左右それぞれで変曲が生ずるところが鼻筋基点になる。そこで XZ 空間で微分をとって、変曲点を探索すれば、鼻筋の基点が見つけれられる。ただし、微分処理はノイズに脆弱なので口唇を抽出するときと同じくフーリエ変換によって高周波成分を除去したデータで処理を行う。

鼻筋全体の抽出は、鼻筋基点から上下方向に同様にして微分値0に近い点を探すことで行う。ただし、探索範囲は前の点(上下方向探索時であれば直下の鼻筋点)のX座標の近傍のみとする。

鼻筋の上下端の決定は、上記の処理で得られた鼻筋候補をフーリエ変換でノイズ除去後、頭頂点から下方に探索し、極小点を見つけ、これを鼻筋の上限とする。フーリエ変換で低周波成分のみを残す(図5)と鼻筋上で目のくぼみ上の隆起部が極小点になる。鼻筋の上限の明確な定義はないが、この位置は感覚的にも妥当と思われる。下限に関しては口裂点の探索時(図2)の鼻の下直下の極小点で決定する。

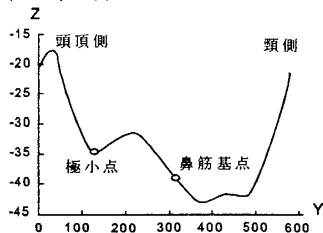


図5：低周波成分のみを残した鼻筋のZ座標

2.3 目の抽出

目の抽出処理は、色情報、東洋人の場合は黒い部分を探すことで行う。顔の中で黒い部分は多くあるが、上記の方法で口唇部と鼻筋がすでに見つかっているときは、探索領域を狭い部分に絞込むことで、安定した結果が期待できる。手順は、

- 鼻筋上限、口唇部の両端、鼻の下点の座標情報から探索領域を絞り込み、その領域で黒い部分を探索して膨張収縮処理で黒目を抽出。
- 鼻筋の位置と黒目から目の領域を再設定。高さは黒目の高さ、幅は黒目中心を中心として鼻筋から黒目中心までの距離の2倍に設定する。

- 再設定領域内で最も左と右の黒い領域を見つけ、目の左右端(目尻、目頭)とする。
- 左右端と黒目上下端を放物線で結ぶ(図6)。輪郭を直接抽出でなく放物線近似する理由は、目の輪郭は、睫毛があるなど形状が複雑で安定した抽出が難しいからである。

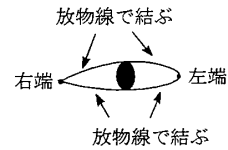


図6：目の輪郭の補間

3. 実験

提案方式の確認のため、58人の顔レンジデータを用いて、実験を行った。図7, 8, 9はその結果の一例であり、目、口唇領域の輪郭と鼻筋が白で表されている。



図7：鼻筋の抽出

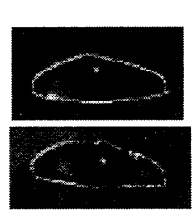


図8：目の抽出

これらの領域の厳密な輪郭は定義されていないが、いずれの領域もそれらしいと思われるところが抽出されている。鼻筋の上限は、図7のように目の少し上になっているが、58人すべてのデータでも同様になっていた。下限も同様であった。目の領域に関しては、ほとんどのデータで図8程度の抽出はされていたが、上目のときのデータで輪郭が下側にずれたものがあった。これは、黒目を基準にし、目の輪郭を放物線近似で抽出しているため起こったものと考えられる。



図9：口唇領域の抽出例

口唇領域に関しては、58人すべてのデータで良好な結果が得られた。図9のように上髭があるデータや薄い唇に対しても良好な結果が得られている。

4. まとめ

三次元顔レンジデータからの形状情報と色情報を手掛かりとした口唇、目、鼻筋抽出法を提案し、実験によりその効果を確認した。これらの部位は個人差が激しく、安定した抽出が困難であったが、トポロジカルな形状情報の利用により安定な抽出結果を得た。今後は、本方式を顔全体の領域分割やモデリングに利用する予定である。

参考文献

- [1] 小林他, 「顔画像からの唇の特徴点抽出法」, 信学会春季全国大会, D-329, 1990.
- [2] H. Tanaka, et.al, "Curvature-based face surface recognition using spherical correlation. Principal directions for curved object recognition", IEEE Int. Conf. on AFGR, pp.372-377, 1998.
- [3] 石山他, 「顔用レンジファインダ」, 信学技法, PRMU99-24, pp.35-42, 1999.