

画像内の人間領域の抽出

Human Region Extraction from a Image

OWei HongBin*, 梶川伸哉**, 猪岡光*

OWei HongBin*, Shinya Kajikawa**, Hikaru Inooka*

*東北大学, **宮城高専

*Tohoku University, **Miyagi National College of Technology

キーワード: 人間領域(human region)、曲率(curvature)、画像(image)、
領域分割(image segmentation)、輪郭(contour)

連絡先: 〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 01 東北大学大学院情報科学研究科
知能制御システム学研究室 Wei HongBin, Tel:(022)217-7021,Fax:(022)217-7019,
E-mail:wei@control.is.tohoku.ac.jp

1. 緒言

画像内から人物像を抽出することは画像検索や監視システム,さらには人間と共存するロボットの環境認識能力にとって極めて重要なものである。これまで人物検出に関しては顔や頭部を検出対象として肌や頭髪等のカラー情報の利用,或いは目や口などの器官の位置,形状に関する情報を利用したものがある[1]。しかし,色情報の利用は照明条件や個人差に影響されその抽出色の設定が難しい。また,目や口などの抽出は顔の向きによりその利用が制限される。

一方で,任意物体の領域抽出として輪郭線勾配や輝度値勾配を評価対象として物体形状に合わせて変形させる(動的輪郭モデル)方法が提案されているが,これはユーザーが予め初期輪郭設定する必要がある[2]。

これらに対し,本研究では人間形状に関する基本的な知識を利用し,初期設定を必要としな

い人物領域の抽出法を試みる。日常生活のある学校やオフィスには,机や本棚,テレビといった多くの人工物が存在し,我々はそれらに囲まれて生活していると言える。これらの幾何学的形状は直線を基調として構成されている場合が多く,逆に,人間の輪郭は滑らかな曲線形状を有する場合が多い。

本手法は,この知識を利用し輪郭形状から人間と人間以外の物の判別を行い,次に人間以外のものを画像内から排除していくことにより,結果的に人間の存在する可能性の高い領域を浮かび上がらせるものである。

2. 人物像抽出手法の手順

本手法は人工物の輪郭は直線を基調としており,一方,人物は滑らかな輪郭を有するという概念を基にしている。また,処理の流れは画像中に存在する人間らしくない領域(直線部分)を逐次排除していくことを基本とし

ている。以下に提案する人物抽出法の手順を示す。

[Step.1] K-平均アルゴリズムにより、対象とする画像内を小領域に分割する。

[Step.2] 分割された領域に対してラベル付け処理を行い、孤立領域の生成を行う。同時に、一定面積以下の小領域を周辺の領域へ併合させる。

[Step.3] 各領域の形状を輪郭の曲率ベクトルで表現する。

[Step.4] 曲率ベクトル列から輪郭の直線部、曲線部の比率を計算し、人工物単独領域、人物-人工物融合領域、人物単独領域の判別を行う。

[Step.5] 人工物単独領域を排除する。

[Step.6] 画像内に存在するものが人物単独領域のみなら[Step.8]へ。

[Step.7] 人物-人工物融合領域の場合、人工物領域を分離除去し、閉領域を生成する。

[Step.8] 欠け領域の埋め込み処理。

以下に各ステップの詳細を示す。

3. 領域分割および領域の形状表現

まず、人物抽出処理の前段階として行う領域分割、領域形状の表現法について述べる。

3.1 領域分割処理 [Step.1, 2]

まず、[Step.1]、[Step.2]における領域分割法について説明する。初期分割に用いたK-平均アルゴリズムは領域変更と領域属性評価値の計算を交互に繰り返す手法である。画像内の各点をいずれかの領域に属させるわけであるが、今回は各点と各領域の距離、およびRGBで表される色の差の5次元を評価パラメータとして属性領域の決定を行った。また、初期の分割設定は図1に示すように画像を矩形に均等分割させて行った。

次に、K-平均アルゴリズムによる初期分割が行われた場合、位置的に分離した複数の領域が同一領域と判断されている場合があるため、ラベリング処理により、すべての領域を単独孤立領域とする領域再設定を行う。同時に、小領域の併合処理も行う。領域の併合は、対象となる領域に最も多く接する他領域へ併合させる。

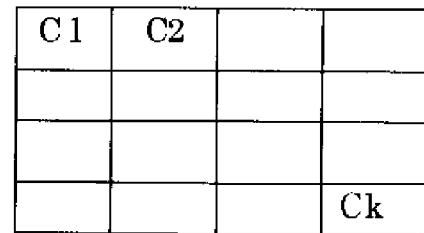


図1. 初期領域

3.2 領域輪郭の追跡と形状表現 [Step.3]

得られた領域の形状を輪郭線の曲率変化ベクトルとして表現する。輪郭線上のある点 $P_i(x_i, y_i)$ ($i=1, 2, \dots, n$) における曲率 θ_i は、 P_i から輪郭線上でL画素だけ離れた二つの画素を P_{i-L} 、 P_{i+L} とするとき、ベクトルとベクトル $\overline{P_i P_{i+L}}$ のなす角として定義される。

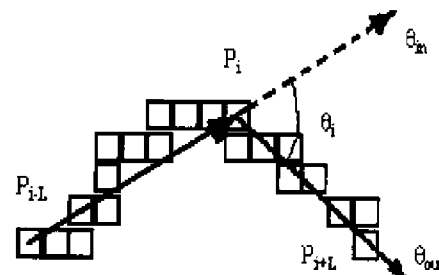


図2. 点 P_i の曲率の定義

今回はLを15とする。曲率 θ_i は次式より求める。

$$\theta_{in} = \arctan\left(\frac{y_i - y_{i-15}}{x_i - x_{i-15}}\right) \quad \theta_{out} = \arctan\left(\frac{y_{i+15} - y_i}{x_{i+15} - x_i}\right)$$

$$\theta_i = \theta_{in} - \theta_{out}$$

以上の処理を行った後に、以降に示す人間領域の抽出処理を行う。

3.3 曲率ベクトルデータによる領域の分類 [Step.4]

まず、本論文では人間の輪郭は滑らかな曲線で表現され、一方、人工物は直線および鋭いコ

一ナーで構成されるという仮定を利用している。この仮定を元にした以下の評価指標により領域の分類を行う。

まず、前節で示した輪郭の曲率計算により図3に示すような輪郭線の表現ができたとする。この図の中で曲率が0の部分(直線部分)とそれ以外の部分(曲線部分)の長さをそれぞれ L_i および L'_j とし、次式に示すような両者の比 I を評価の指標とする。

$$I = \sum L_i / \sum L'_j \quad (0 \leq I)$$

その大きさにより次のような領域の分類を行う。

- [Case.1] $I > I_{th}$ の時 人工物領域
- [Case.2] $I < I_{th}$ の時 人物+人工物領域
- [Case.3] $I = 0$ の時 人物領域

ここで、 I_{th} はしきい値である。上記の分類結果を受けて人物領域抽出処理を行う。まず、[Case.1]の場合は、人工物領域と考えられることからその領域を抽出対象から除外する。また、[Case.3]に該当する領域が唯一検出された場合は、人物である可能性の高い領域の抽出ができたと判断し、抽出処理を終了する。

しかしながら実際の画像においては[Case.2]の場合が多く、その領域から人物の部分のみを抽出する必要がある。次にその抽出手順について説明する。

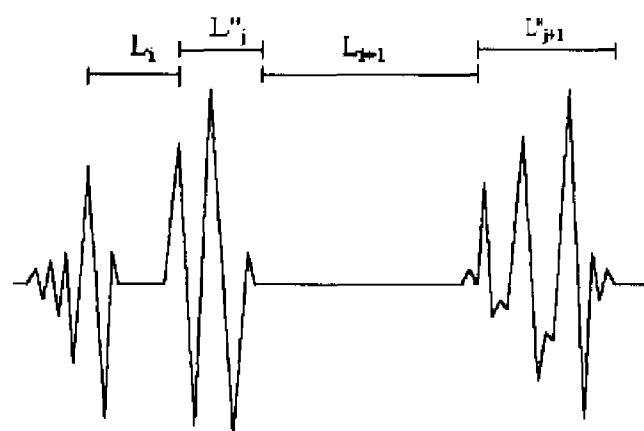


図3 輪郭線の曲率変化

3.4 人物-人工物融合領域からの人間領域の分離[Step.7]

曲率データを基に人工物領域の排除は行われ、その結果、画像内には多くの場合、人物-人工物融合領域が残ると考えられる。ここで人物-人工物の分離を行う。基本的な処理は輪郭からの直線部分の排除と排除されることによって生じた輪郭線端点の連結である。

まず、直線部分を抽出し排除する。次に直線部分の排除により生じた輪郭線の端点の最適な組み合わせを考慮しそれらを連結する。端点の組み合わせに関しては、以下のような手順で行う。

- ① 図4に示すように連結対象となる近接する偶数個の端点(C1,C2,C3,C4)を取り上げる。
- ② すべての組み合わせに対して、端点間の距離 d_{ij} と接続方向 θ_i を計算する。
- ③ 接続距離とその滑らかさを最小とする組み合わせを選択する。

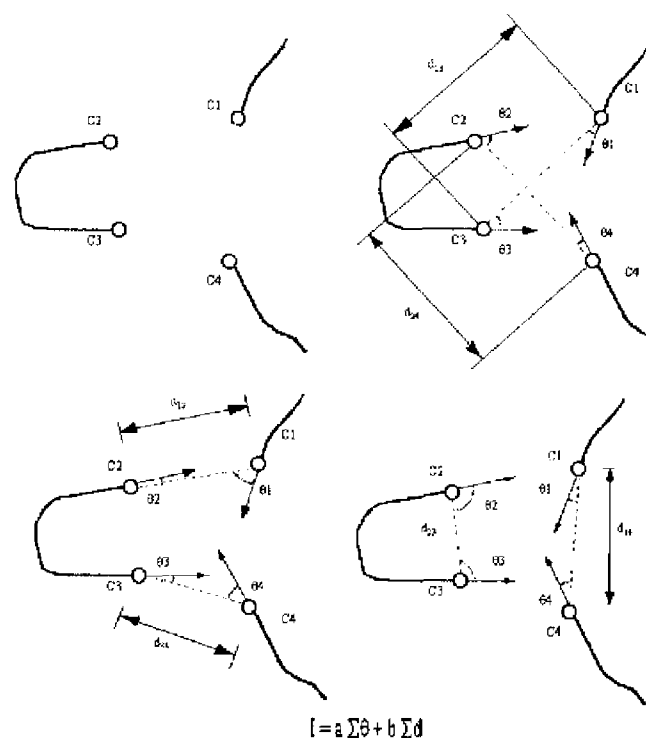


図4 直線部分端点の連結

3.5 欠け領域の埋め込み処理 [Step.8]

前節の処理により、与えられた輪郭から人工物と思われる領域の除去が行われる。しかしな

がら、初期領域分割において、背景との明確な分離が困難であったために生じる部分的な欠けや突起が残存している可能性がある。最後にこの欠けや突起部分の修復処理を行う。

ここまでの処理で得られている画像において、これらの欠け、突起部分は複雑な曲率を有し、その中に鋭い頂点が存在するものと考えられる。よってここでは、曲率の大きい点の排除を行うことにより、それらの領域のスムージング処理を行い、欠け、突起部分の修復を行う。その手順は以下の通りである。

- ① 設定値以上の曲率を持つ頂点集合Aを抽出。
- ② 抽出された各頂点に対して、ある距離範囲を設け、その中で集合Aに属する頂点があった場合は、最も遠いものと連結させる。存在しなかった場合は、隣の頂点と連結させる。
- ③ 以上の処理をすべての頂点が設定値以下になるまで行う。

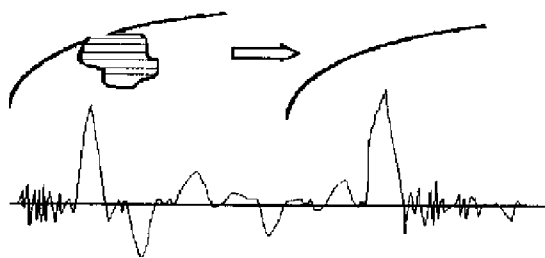


図5 欠け部分の埋め込み

4. 人物像抽出実験と考察

4.1 実験方法と結果

実験は図6, 7に示す二枚の画像を用いて行った。元画像は512x512, RGB各8ビット階調であるが、今回は処理の軽減のためRGBを各3ビットに減色処理したものをを用いた。

K-平均アルゴリズムによる初期分割数の設定は経験的に2として行った。これは、今回の手法が不要部分を削除するという流れであるため、できるだけ大きな領域を得るためである。

また、ラベル付け後の小領域の統合は総画素数 $512 \times 512 = 262144$ の約0.3%以下の面積領域に対して行った。それぞれの結果は図8, 9に示す通りである。

また、3.3節の矩形度評価指数Iにより、人工物と認識された領域を排除したものが図10である。今回、指標のしきい値Ithは0.7とした。図11は、直線部分の除去を行った結果である。また、図12は曲率の大きな点を排除し、得られた最終結果である。

今回は、排除する曲率のしきい値を2段階で設定し、1回目は曲率100、2回目は65以上とした。

4.2 考察

まず、図8のK-平均アルゴリズムによる初期分割において人物の顔領域が背景と同一領域に分割されてしまっている。今回は減色処理を行った画像を用いているため、この領域の分割が困難になったものと考えられる。

次に、図10の結果から矩形度評価指標を用いて人工物領域の排除が確実にに行えていることがわかる。また、図11は人工物-人物の融合領域から直線部分を排除した結果である。背景に存在していた本や机を構成している直線部分が排除されていることがわかる。しかし、腕を体の側面に伸ばし、なおかつその腕の輪郭が直線として認識されてしまった場合などでは、図11左図のように腕を切り落としてしまう可能性が考えられる。

最後に、曲率の大きい点の排除処理により顔領域の埋め込みが行われ、顔領域の大部分が埋め込まれていることが確認された。しかしながら、忠実な輪郭の再現にはまだ問題を残していると言える。この点に関しては、現在使用していない色の情報を用いて、最終的な輪郭の修正を行うことが考えられる。



図6. Sample.1



図7. Sample.2



図11. 直線部分の排除結果

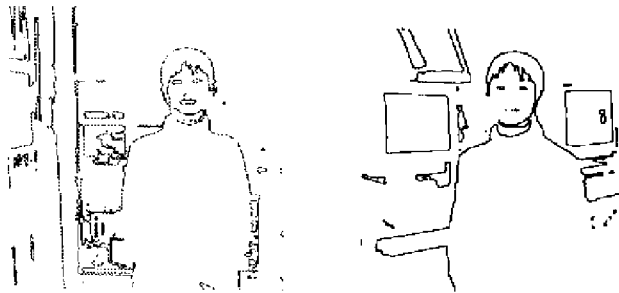


図8. K-平均アルゴリズムによる初期分割画像

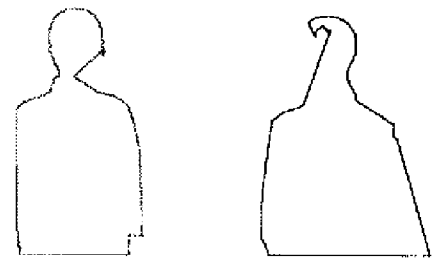


図12. 曲率大点の排除結果

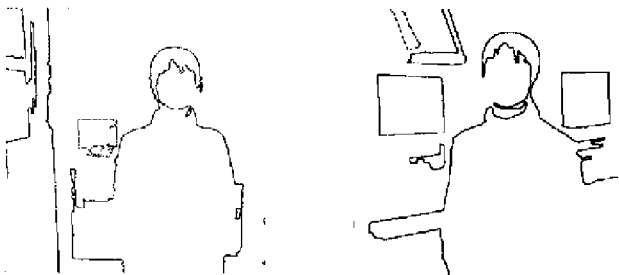


図9. ラベル付けと小領域併合の結果

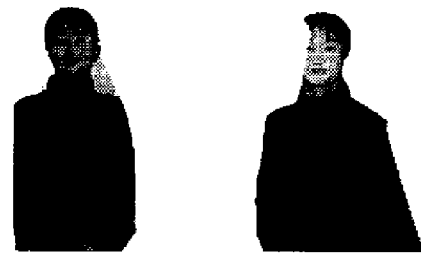


図13. 画像からの抽出結果

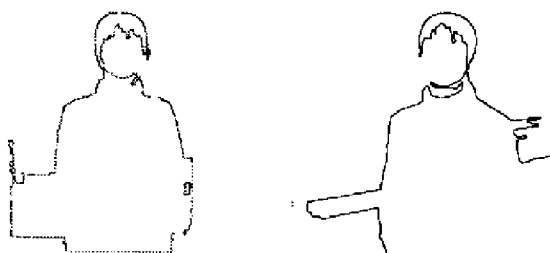


図10. 人工物単独領域排除後の領域

5. 結言

本論文では、人間の形状は滑らかな曲線で構成されるとした一般的な知識を利用し、屋内環境内における人間領域の抽出を行った。基本的な処理の流れは、大まかな領域分割の後に各領域の輪郭曲率データを利用し、人間領域を切り出すというものである。

実験結果から、粗い初期分割と輪郭曲率データからある程度の精度で人間存在領域を抽出できることが確認された。

しかし、画像内の人間の姿勢によっては体のある部位が削り取られる可能性や初期分割における領域欠損の問題を残している。今後は、これらの点の改善策として、領域内の色分布情報を利用し、領域抽出の精度向上を行う予定で

ある。

参考文献

- 1) 佐藤辰雄、三浦喜穂孝、福田陽子、大城英裕、遠藤勉、”部分特徴を用いた顔領域検出と顔画像の認識”、信学技報 pp. 103 - 110、1997 - 07
- 2) 栄藤稔、”動の輪郭モデル Snakes の概観”、MEDICAL IMAGING TECHNOLOGY Vol.12 No.1 January 1994
- 3) 境田慎一、鹿喰善明、”K平均アルゴリズムの初期値依存性を利用した統合処理による画像の領域分割法”、電子情報通信学会論文誌 (D-II)、Vol. J81-D-II、No. 2、pp. 311-322、1998年2月
- 4) 笠尾敦司、”分割K-平均アルゴリズムを用いた大画像の領域分割”、電子情報通信学会論文誌 (D-II)、Vol. J78-D-II、No. 2、pp. 221-228、1995年2月
- 5) 玉木徹、山村毅、”画像中の物体領域の抽出”、電子情報通信学会技術研究報告、Vol. 97、No. 501、1998年1月