

可変形状モデルによる衣類予測形状修正

喜多泰代 植芝俊夫 (産業技術総合研究所)

Correction of 3D shape prediction of clothes using a deformable model

*Yasuyo KITA Toshio Ueshiba (AIST)

Abstract— Aiming at automatic clothes handling, we have proposed a model-driven method to estimate clothes shape by analyzing observed visual information of clothes based on its possible 3D shapes predicted by simulation of clothes physical deformation. However, because of wide variation in clothes deformation, predecited shapes are not always the same as the corresponding actual shapes. In this paper, we propose a method to correct a predicted 3D shape of clothes by gradually attracting it to observed 3D data. Some preliminary experiments using actual observed data have shown a good potential of the proposed method.

Key Words: robot vision, clothes handling, deformable model, non-rigid object recognition

1. はじめに

近年、ロボットがより一般的な環境で活躍することが期待されており、このためには、柔らかい対象物も的確に扱えることが望まれる。我々は、衣類の自動ハンドリングの実現を目標に、空中に把持した衣類の状態を認識し、ハンドリングに必要な情報を自動抽出する研究を行っている。自在に変形し、複雑な自己遮蔽を起こす衣類の状態を一方向の視覚情報からボトムアップに決定するのは難しく、あらかじめ予測した対象衣類の候補形状を元に観測 2 次元画像 [1] や観測距離画像 [2] をモデル駆動型に解析する戦略を提案している。前報 [2] では、対象衣類の物理的な変形のシミュレーションにより予測した形状が、衣類の形状変化の様々なバリエーションのために、シミュレーションと同じ条件で観測されたデータと必ずしも一致せず認識正解率を低下させる問題があった。今回、観測 3 次元情報を元に予測形状を変形することにより、形状予測精度の粗さを補う試みを行ったので、その手法と実画像を用いた実験結果を報告する。

2. 提案手法

2.1 原理

先に述べたように、起こりえる対象衣類の形状を予測し、形状候補と観測データとの整合度を比較するが、現実的には、少ない候補数ですべての可能性をカバーできることが望まれる。ハンドリング処理の自動化がターゲットであるため、例えば、衣類は必ず縁で把持する、把持した位置の対象面の法線が視線方向に一致するように把持する、など能動的なアクションを活用した状況の制限はこのために有用である。ただし、現実的には、そのような条件の下でもバリエーションが存在する。例えば、図 1a、図 2a は、同じ衣類を同じ位置で把持した観測画像、及び、リアルタイム 3 眼ステレオビジョンシステム [3] で算出された 3 次元データ例であるが、把持状態までの微妙な過程の違いにより形状が異なる。このため、把持位置を与えて対象の物理的変形をシミュレーションして得た予測形状 (図 1(d)、図 2(d) の左端) とは、図 1(b)、図 2(b) にその重ね合

わせを示すように必ずしも近い状態ではない。

そこで、観測情報からのフィードバックをもとに、予測形状を修正し、より実際の形状に近づけることを考える。具体的には、観測データがモデルを引き寄せせるようなアナロジーを用いて、モデルを変形する。

このとき重要なことは、モデル上の各点を多数存在する観測データ点のどれに引き付けるかである。非剛体、特に柔軟物体の場合、剛体と異なり、変形の自由度が高く、形状を決定するために多くの点对応関係が必要となる。このため、観測データに一致させる目的の柔軟モデルの変形は、変化がごく微小であるという前提 [4] や場所を特定するようなテクスチャが存在するという前提 [5] を用い、複数の点对応を決定している。

しかし、我々の課題においては、前述の前提はあらかじめ精度の良い形状予測を要求し、また、後述の前提は対象物に制限を加える。一方で、自動ハンドリング応用の局面においては、把持点に関する位置や法線方向の正確な値は既知であると仮定できる。そこで、確実な部分から順にモデルと観測データとの対応付を行い、徐々に張り合わせるように変形して行くこととする。

2.2 手順

対象モデルを図 1(d) に示すように三角パッチとその頂点で表し、対応が得られた部分とその近傍のパッチを示す「張り合わせパッチリスト」を用いて実装する。このリスト上のパッチの各々について、その法線方向に観測データが存在するか調べ、見つければ、パッチ重心位置がその観測データ点の方向へ移動するように力を加える。最初に、観測データの把持位置にモデル把持位置と法線方向が一致するようにモデルを重ねて置き、把持位置のパッチを「張り合わせパッチリスト」に加える。リスト上のパッチ重心が観測データにほぼ重なった時 (十分に近付いたとき) その隣接パッチを新たにリストに加えるという処理を繰り返す。

モデルの変形は以下のように算出する。各頂点には、形状を保存しようとする内力として、

- 1) 隣接する頂点からそれとの間隔を保つような力、
- 2) 一つの隣接頂点を介して接続する頂点からそれと

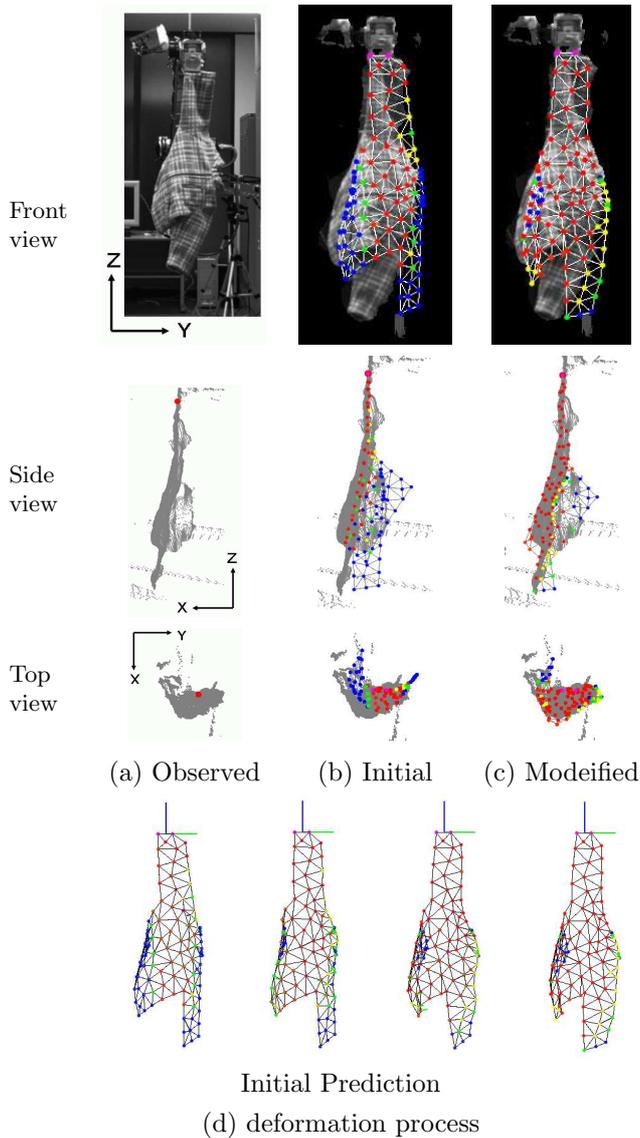


Fig.1 Modification 1

の間隔を保つような力

を加える。1)、2)はそれぞれモデルの伸縮性、曲げ剛性に対応する。

また、外力として、

- 1) すべての頂点に重力
- 2) 前述の張り合わせパッチリスト上にあるパッチを構成する頂点に、パッチ重心位置を、その法線方向に探索した観測データへ引き付ける力の $1/3$ の力を加える。

上記の力に基づく頂点の3次元座標 $x(y,z)$ の移動を、 $A_t x_{t+1} + f_{x,t} = -\gamma (x_{t+1} - x_t)$ の方程式 (y,z も同様) を用いて逐次近似的に算出することにより、変形形状を得る。ただし、ここで、 x_t は時刻 t におけるすべての頂点の x 座標を並べたベクトルを表し、 A_t 、 $f_{x,t}$ は、それぞれ、形状保存力から算出される正方行列、外力から算出されるベクトル、 γ は逐次近似のステップ幅を決定する係数である。

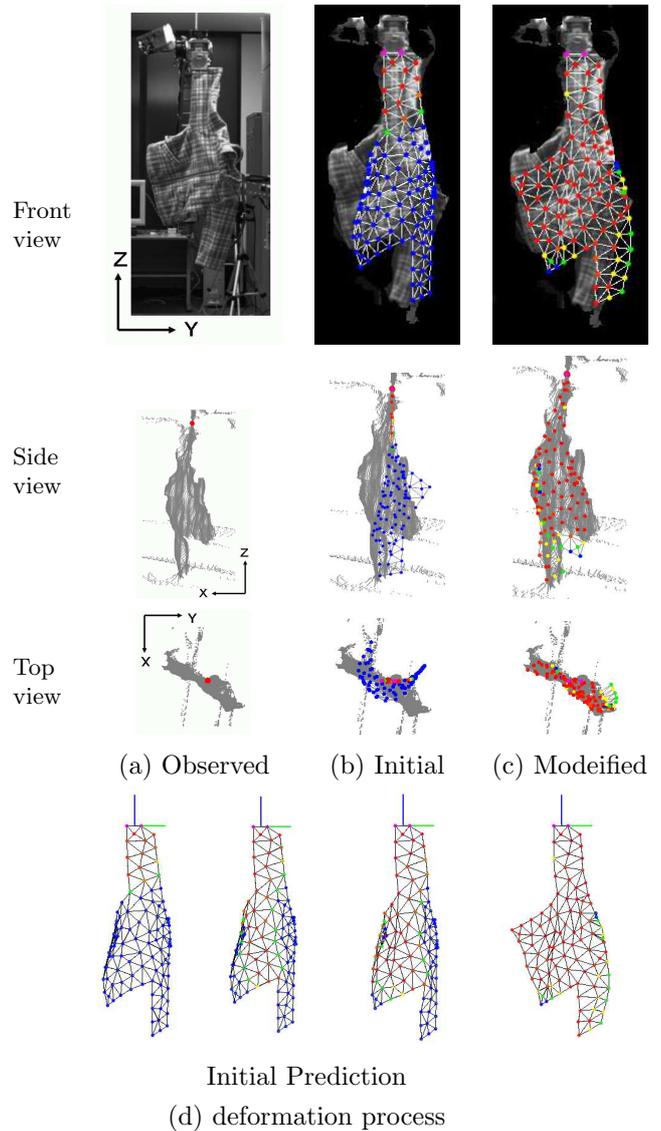


Fig.2 Modification 2

3. 実験

3.1 形状バリエーションの吸収

上述のアルゴリズムを、実際に観測された3次元データに適用した。その際、用いた主なパラメータは、モデルの伸縮性・曲げ剛性を表す2パラメータ、重力・観測データへの引力の強さを表す2パラメータ、パッチが観測データに重なったと判定するしきい値パラメータの5つで、すべての実験で同じ値を用いた。変形処理終了条件は、モデル変形の収束を監視することで行えるが、現段階では、十分な繰り返し回数を与えている。

図1と図2にそれぞれ、(a) 観測データ、(b) 初期のモデル形状、(c) 修正後のモデル形状、(d) 修正過程におけるモデルの変形の様子を示す。モデル上の頂点の色は、青頂点以外が張り合わせパッチリスト上の頂点で赤色度が強いほど観測データに近いことを示す。図1の例では、カメラ手前側への凸の折れを予測した初期形状と観測データが比較的一致している例であるが、提案手法適用後はより正しく観測データに一致していることがわかる。図2の例では、折れが予測したほど生じず、身ごろ部分が張った状態でバランスしたため、そ

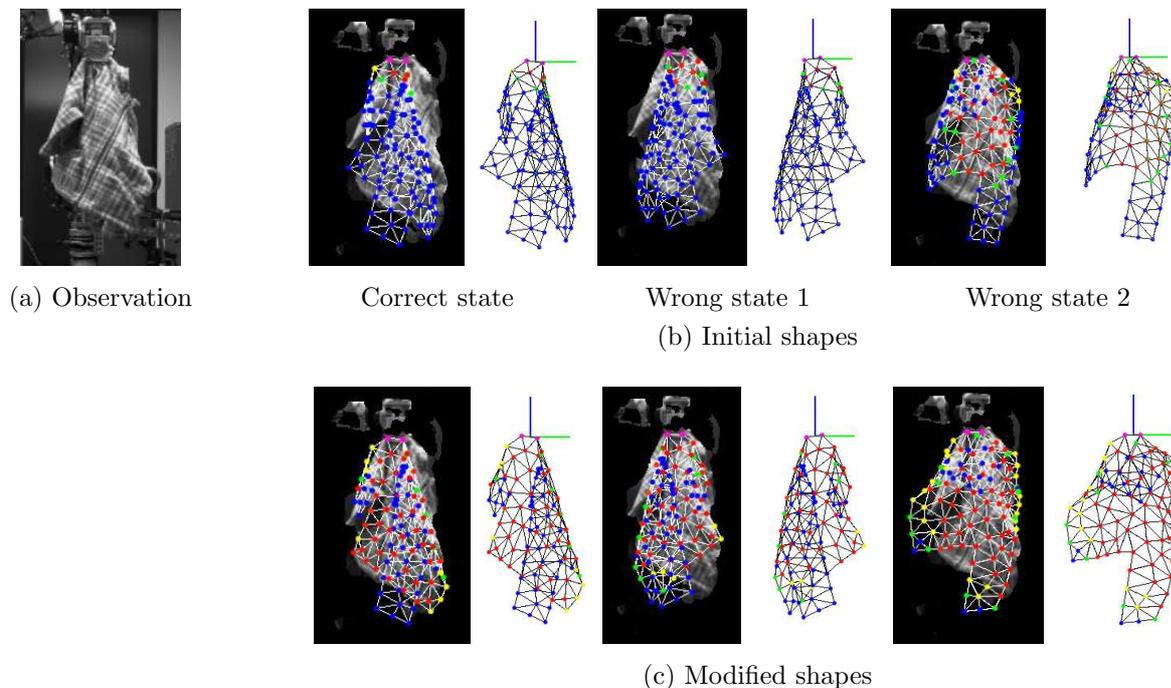


Fig.3 Modification results of different predicted shapes

の影響で垂直軸回りにねじれが生じ、予測形状と大きく異なる。しかし、図 2(d)の赤い頂点の伝搬に見られるように、対応が確実な把持部分から順に修正され、最終的には大きく変形して実形状に近づいている。

3.2 状態推定に対する有用性

対象衣類がどの位置で把持されているかが未知の状況で、複数の予測形状候補との整合性を元に、その状態を推定するが、先の報告 [2] では、特定の紛らわしい形状で誤認識が多かったことが確認されている。図 3(a)は、もっとも誤認識が多かった肩が把持された状態である。図 3(b)は正解と間違えやすい形状候補を重ねた状態で、左から、正しい把持位置の予測形状、反対側の肩を把持した予測形状、身ごろ脇を把持した予測形状である。2次元的な見え方の重なり度にはあまり差が無く、3次元的な距離の近さまで考慮すると、観測データと近い赤頂点数からわかるように正解でない予測形状の方が近い。

これらの予測形状をそれぞれ初期形状として、提案手法で修正をかけると、それぞれ図 3(c)のようになる。正解の左端の予測形状では、正しく修正がされている。正解でない場合でも、把持点に隣接するパッチから張り合わされていくが、目視では正解例がもっとも自然に観測データをカバーしており、整合性判定法の工夫により正解率の向上が期待される。

4. まとめ

物理的シミュレーションを用いて予測した対象衣類形状を、観測データを元に変形させることにより、より正しく衣類形状を推定する手法を提案した。衣類自動ハンドリングの課題において、把持点における衣類の位置や面の向きを能動的に定めることができることを利用し、確実な位置から順次張り合わせるように予測形状モデルを観測データに一致させていくことによ

り、安定した形状補正が行える見通しが得られた。こうして、より精度良く形状を推定することにより、

- 1) 複数の候補形状から正しい形状を選出する際の頑健性が高まる、
 - 2) 推定後、ハンドリング動作に必要な情報を算出する際の精度が向上する、
- 等の利点が考えられる。今後、より多数のデータを用いて検証を得るための実験を行い、ヒューマノイドを用いた作業に活用していく予定である。

謝辞

本研究は、科研費 (19300066) の助成を受けたものである。本研究に関する討論を行っているメンバー、喜多伸之氏、Neo Ee Sian 氏、及び、データ入力などを行った松川徹氏に感謝する。

参考文献

- [1] Y. Kita, F. Saito and N. Kita: "A deformable model driven visual method for handling clothes", In *Proc. of International Conference on Robotics and Automation*, pp.3889-3895, 2004.
- [2] 松川 徹, 喜多 泰代: "距離画像を入力とするハンドリングのためのモデル駆動型衣類状態推定", In 第 25 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1N32, 2007.
- [3] T. Ueshiba: "An Efficient Implementation Technique of Bidirectional Matching for Real-time Trinocular Stereo Vision", In *Proc. of 18th International Conference on Pattern Recognition*, pp.1076-1079, 2006.
- [4] M. Yamamoto, P. Boulanger and et al.: "Direct estimation of deformable motion parameters from range image sequence", In *Proc. of 3rd International Conference on Computer Vision*, pp. 460-464, 1990.
- [5] J. Pilet, V. Lepetit and P. Fua: "Fast Non-rigid surface detection, registration and realistic augmentation", *International Journal of Computer Vision*, Vol 76, No. 2, pp. 109-122, 2008.