

衣類ハンドリングのための可変形状モデルを核とした全体戦略

喜多泰代 金広文男 植芝俊夫 喜多伸之 (産業技術総合研究所)

1. はじめに

少子高齢化社会が進むにつれて、日常生活でも役に立つロボットへの要望が強まっている。このためには、衣類など柔らかい対象物も的確に扱えることが望まれ、こうした背景のもと、衣類の自動ハンドリングを目標とする研究も活発に行われている [1][2][3][4][5]。我々のグループも衣類ハンドリングは持ち替え作業の繰り返しで行われることに着目し、持ち替え時の衣類の状態をその可変形状モデルを用いて推定する方法を提案してきている [6][7]。今回、この衣類状態推定技術を中心として、「机に適当に置かれた衣類を畳む」というような現実的なタスクを遂行するための全体戦略を整理したので報告する。

2. 全体戦略

衣類を取り扱う際には、把持すべき位置を局所的に捉えるだけでは十分でない。端的な例として、タオルをコーナを持って広げる場合に個々のコーナを局所的に見つけて持ち上げるだけでは、タオルが捻れてしまうことが起る。基本的に常に全体形状を把握した上で、把持すべき部位の詳細な3次元情報を獲得することが重要である。我々は、この考えに基き、対象衣類の可変形状モデルで、その形状変化を常に把握しながらタスク達成のための持ち替え動作を連続して行う戦略を提案する。図1は、机上に任意形状で置かれた衣類を定型形状に折り畳むタスクを例としてこの戦略を示したものである。現段階では、対象衣類に関しては、衣類種別(トレーナ、ズボンなど)や大まかなサイズ(身幅、袖の長さなど)が既知であると仮定し、前身頃と後ろ身頃が離れず、厚みのない面状モデルでその変形を近似できると仮定する。

一旦、対象衣類の状態を計算機内部の可変形状モデルを用いて表現できれば、その後の処理は、その状態情報を基に望ましい形状変化を誘導するアクションを算出し、その変化を予測しながら能動的に進めることができる。すなわち、未知の状態からの最初の認識が重要であり、この認識処理を中心に以下の3段階に分ける。

I. 認識支援

衣類の形状や観測方向によって、その状態推定の難易度は大きく異なる。縁で把持するなどの認識支援アクションによって起こり得る形状を限定したり、良い観測方向に持ち込むことにより、安定した認識を支援する [8]。

II. 状態認識

限定した状況下で取りえる形状を予めシミュレーションで得た代表的な形状群(モデル形状)で表し、ステレオカメラで取得された3次元点群(観測形状)とこれらと比較することによって、現状

を最も近い代表形状を持つ状態に分類する。このモデル形状を観測形状により近付くように変形することで詳しい状態を把握する [6]。

III. タスク遂行

現在の状態から導出したタスク遂行アクションを加えると同時に、計算機内部でその起こり得る形状を予測しながら衣類の状態の遷移を追跡し、最終的に目的状態を達成する。

3. 実装実験

HRP-2[9]と三眼ステレオシステム [10] からなるブラットホームを用いて上記戦略に沿った手法を実装し、「机に任意形状に置かれたトレーナを畳む」タスクを想定した実験を行った。

ここでの認識支援は机上からの持ち上げと、縁での把持である(図2)。机上からの持ち上げに関しては、観測3次元データの法線方向を考慮し、できるだけ衣類表面に垂直な方向に挟むことにより(図2(b)(c))、表面上をハンドのグリップが滑って把みそこなうことを回避できる。縁の把持に関しては、把持に向うハンド(図2の例では、右手)に最も近い衣類領域の端を把持しているが(図2(e)(f))、ごくまれにこれが衣類の縁とならないことがある。こうした状況を避け、確実に縁把持を実現するためには、把持しているハンド(左手)で衣類を回転して、異なる方向からの観測情報を用いることが有効と思われる。また、常に可能とは限らないため、現在、導入してはいないが、近いところではなく、最下点を持つことにより、取りえる形状をさらに限定することも可能である。

トレーナを畳む場合、

- 1) 衣類の身頃を肩もしくは裾のコーナの4隅のうち隣り合う2隅を把持して広げ、
 - 2) 机上に戻し、両袖を順番に折り、最後に身頃を裾のラインが肩のラインに重なるように折り畳む、
- ことで実行される。前半の1)の処理は洗濯物を干す、人に着せるなど多様なタスクに共通で、2)は、衣類の種類ごとに定まった動作となる。図3に、状態認識からタスク遂行の前半、衣類を広げる処理までの例を示す。図3(a)の観測画像をIIの手法 [6] で処理した結果、図3(b)に示すように縁線26で把持されていると推定され("State 26")、衣類可変形状モデルが示すような形状情報が得られた。ただし、衣類の状態は把持されている位置ごとに分類し、"State 1," "State 2,"...のように呼ぶこととする。

この結果に基き、肩と裾コーナの4つの把持候補位置の中で、現在把持している位置、縁線26に近く、把持動作を行う左手側に存在する縁線37が次に把持すべき位置として自動選択される。この把持動作を実現するための左ハンドの位置と姿勢は、縁線37に対応す

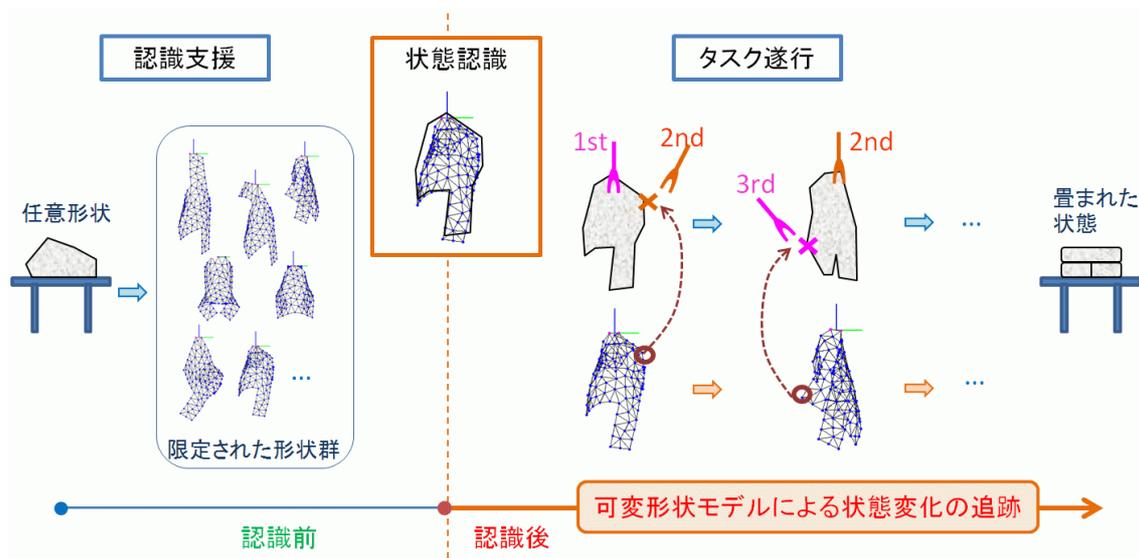


図1 衣類変形モデルを核とした全体戦略

るモデルの三角パッチの位置と法線方向に基いて、図3(c)中、L1近傍の、赤、緑、青の三軸が示すように自動算出される。具体的には、ハンドを青軸に沿って近付け、三軸の原点の位置で緑軸の方向に指を閉じる。

図3(d),(e)はそれぞれこの結果に従い、左手が衣類を把持した時、及び、その後で、右手を放した時の観測画像である。この時、緑線37で把持していることを自身で知っているの、“State 37”の代表形状を把持位置に置き、観測された3次元データにより一致するように変形して、図3(f)のように詳細形状情報を得る。先と同様に、次に右ハンドで把持すべき緑線24の3次元情報から、その取るべき位置、姿勢を図3(f)のR1近傍の赤、緑、青の三軸が示すように自動算出する。この情報に従い、最終的に、図3(h)のように肩と裾で広げられた。

本戦略の実現においては、持ち替える際に、垂れている袖を身頃に対して同じサイドに保ったままハンドを放すなど、想定する形状に誘導することが処理の効率、頑健性を高める。

タスク遂行アクションの2)も実験で確認しているが本論では割愛する。

4. まとめ

対象衣類の変形の物理的シミュレーションが可能な可変形状モデルを中心とした、衣類自動ハンドリングのトータルな戦略を示した。また、様々なタスク共通の基盤技術となる、衣類を広げる処理の実装実験に関して述べた。

比較的形状が複雑なトレーナを例として実験を行ったが、今後は、異なる種類でも実証を行っていきたい。また、現在、種別や大まかなサイズが既知である状況を想定して研究を進めてきているが、実用性を高めるためには、この仮定を緩める必要がある。このためには、種類ごとにパラメトリックな共通モデルを用意し、観測情報から、まず、種類を判定し、その共通モデル

から対象としている衣類の個別モデルを自動インスタンス化することが有効であり、今後の研究課題の一つである。

謝辞

本研究は、科研費(22240019)の助成を受けたものである。本研究をサポートしていただいている横井一仁ヒューマノイド研究グループ長、河井良浩前タスクビジョン研究グループ長、原田研介タスクビジョン研究グループ長に感謝する。

参考文献

- [1] 大澤 文明, 関 啓明, 神谷 好承: “ロボットによる洗濯物の後片付け作業—衣類の展開と分類—”, 精密工学会誌, Vol.70, No.12, pp.1316-1321, 1998.
- [2] 柴田 瑞穂, 太田 剛士, 平井 慎一: “摘み滑り動作を利用した布地の展開動作”, 日本ロボット学会誌, Vol.27, No.9, pp.1029-1036, 2009.
- [3] 大矢良輔, 長濱虎太郎, 山崎公俊, 稲葉雅幸: “衣類着脱支援のための布内部領域の動的変化を用いた状態マッチング”, In 第12回 SICEシステムインテグレーション部門講演会講演概要集, 2N2-4, 2011.
- [4] S. Miller, M. Fritz, T. Darrell and P. Abbeel: “Parameterized Shape Models for Clothing”, In *Proc. of IEEE Int'l Conf. on Robotics and Automation (ICRA '11)*, pp. 4861-4868, 2011.
- [5] A. Ramisa, G. Alenya, F. Moreno-Noguer and C. Torras: “Using depth and appearance features for informed robot grasping of highly wrinkled clothes”, In *Proc. of International Conference on Robots and Systems*, pp. 1703-1708, 2012.
- [6] 喜多泰代, 植芝俊夫, NEO Ee Sian, 喜多伸之: “可変形状モデルを用いた衣類特定部位把持手法”, In 第27回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 1A2-02, 2009.
- [7] 喜多泰代, 植芝俊夫, 喜多伸之, NEO Ee Sian: “アクションを活用する衣類ハンドリングのための視覚認識”, In 第28回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3I1-02, 2010.

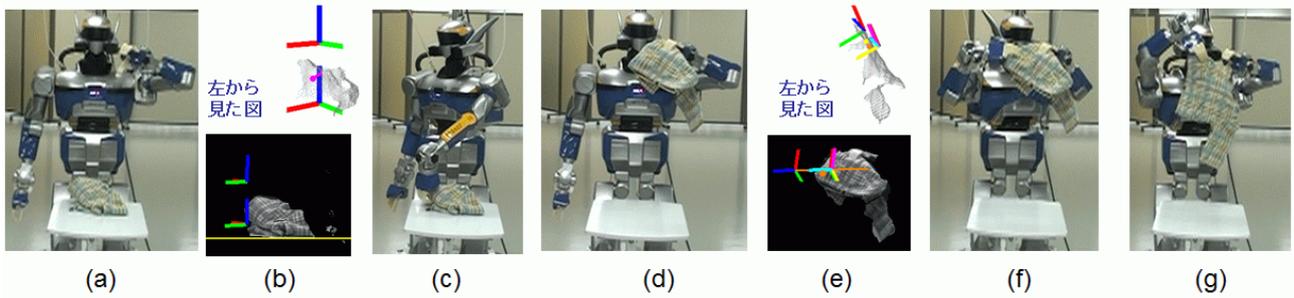


図 2 未知形状から縁把持形状への限定処理例

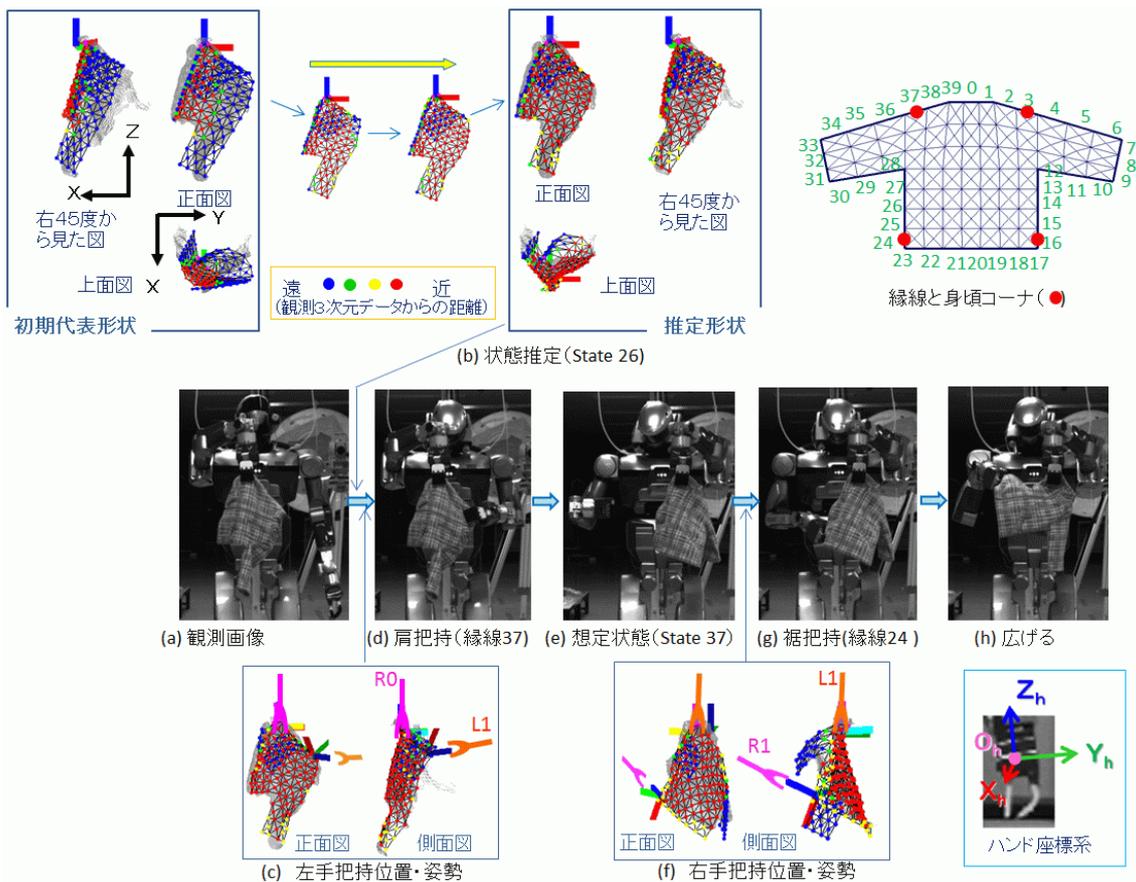


図 3 状態推定から衣類を広げるまでの処理例

- [8] Y. Kita, F. Kanehiro, T. Ueshiba and N. Kita: "Clothes handling based on recognition by strategic observation", In *Proc. of International Conference on Humanoid*, pp.53-58, 2011.
- [9] 五十榎隆勝, 赤地一彦, 平田勝, 金子健二, 梶田秀司, 比留川博久: "ヒューマノイドロボット HRP-2 の開発", *jrsj*, 22(8), pp.1004-1012, 2004.
- [10] 植芝 俊夫, 富田 文明: "リアルタイム 3 眼ステレオビジョンにおける双方向視差探索の効率的な実装", In *画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2006) 論文集*, pp. 1365-1370, 2006.