

移動物体追跡と内視鏡形状復元精度の改善手法

Improvement of Tracking of Moving Object and Shape Recovery from Endoscope Image

岩堀祐之¹ 渡邊 岳¹ 津田誠也¹ 福井真二² 春日井邦夫³
Yuji Iwahori Gaku Watanabe Seiya Tsuda Shinji Fukui Kunio Kasugai

中部大学¹
Chubu University

愛知教育大学²
Aichi University of Education

愛知医科大学³
Aichi Medical University

1 概要

プロジェクト 53b 中に行っている研究のうち、本稿では、動画像を対象として Mean Shift 法を用いた移動物体追跡手法ならびに内視鏡画像を対象としてポリープの形状復元を行う際の精度改善を行う手法について必要な理論を述べるとともに実験評価を行い、その結果について考察する。研究した方法はいずれも従来手法に比べて性能改善していることを示している。

2 移動物体検出改善手法

2.1 はじめに

コンピュータビジョンの分野では、撮影された動画像から移動物体を追跡する技術が研究されている。文献 [1] では、パーティクルフィルタ (以下 PF) を用いて 1 台の移動カメラからの映像中の移動物体を追跡する手法を提案している。この手法は、動画像中に存在する全ての物体が異なる粒子群によって追跡されていることを仮定している。そのため、PF によって追跡されていない外観の類似した物体 (以下他物体) が追跡対象の近くに存在する場合、追跡に失敗することがある。本稿では、追跡対象の付近に存在する他物体を検出・追跡することによって他物体を誤って追跡することを防ぎ、高精度に対象物体を追跡することが可能な手法を提案する。

2.2 パーティクルフィルタ

本手法では、PF を用いて移動物体の追跡を行う。PF は時刻 t での観測値を用いて状態量の事後確率分布を多数の粒子により近似することで、 t における状態量を推定する手法である。各時刻において、予測、尤度計算、リサンプリングを行うことにより状態量推定を行う。本手法では、文献 [1] と同じ方法によってこれらの処理を行なっている。文献 [1] の手法では、尤度計算に他物体との距離も利用している。距離は PF の推定結果から求めており、PF によって追跡されていない他物体が存在する場合には追跡に失敗することがある。本手法では、追跡対象の周辺に存在する他物体を検出することによりこの問題を解決する。

2.3 Mean-Shift 法による他物体検出

文献 [1] の手法では、すべての物体が PF により追跡されていると仮定している。そのため、追跡対象と PF によって追跡されていない他物体が交差した場合、追跡に失敗することがある。提案手法では、Mean-Shift 法を用いて他物体の検出を行うことでこの問題を解決する。



図 1 入力画像および追跡結果

まず、状態推定を行った後の追跡対象の上下左右 (画像上) に矩形を配置する。その後、矩形毎に追跡対象の参照用ヒストグラムを用いた Mean-Shift 法による他物体検出を行う。追跡対象の周辺に他物体が存在した場合、矩形は他物体上に移動する。移動した矩形内の重みが閾値以上であれば、その矩形を他物体として検出する。追跡対象の周辺に他物体が存在しない場合、矩形は追跡対象上に移動する。その場合には、追跡対象の周辺に類似物体は存在しないものとする。他物体を検出した場合、PF により追跡する。他物体も追跡対象と同様の方法で追跡を行うが、他物体を追跡するための PF の尤度関数には距離の尤度を使用しないものとする。追跡中の他物体が追跡対象からある程度離れた場合には、追跡対象の追跡に影響を及ぼさないため、他物体の追跡を終了する。

2.4 実験評価

手法の有効性を確認するために実動画を用いた実験を行った。入力画像を図 1 に示す。この動画に対して 25 回追跡処理を行い、追跡成功率を求めたところ、提案手法の追跡成功率は 96% であり、文献 [1] の手法の追跡成功率は 68% であった。この実験から、提案手法の有効性が確認できた。本手法と文献 [1] の手法を適用した結果を 1 に示す。なお、図中の赤枠は追跡対象の推定位置を表し、白枠は他物体のものを表している。文献 [1] の結果は追跡に失敗した場面を載せているが、1 下段に示されているように他物体を追跡対象として追跡してしまうことが多かった。提案手法は追跡対象と他物体の位置関係が得られているため、正確に追跡することができていた。

3 ポリープ形状復元手法

3.1 はじめに

点光源・透視投影のもとで形状復元をする手法の一つとして、Vogel-Breus-Weickert(VBW)モデル [2] が提案されているが、対象物体の正確な大きさが求まらないという問題がある。そこで本稿では、文献 [3] の手法で内視鏡画像を Lambert 化した後に、VBW モデルで形状復元を行い、さらに Neural Network(NN) を用いて傾きを修正することで、ポリープの正確な大きさと形状を求める方法を提案する。

3.2 VBW モデルによる形状復元

VBW モデルは以下の処理を画像面の座標ごとに行う。まず、入力画像の輝度値と初期値を与える。次に、 x と y 方向の傾きパラメータを隣り合う画素での視点からの奥行き差から求め、最小勾配となる組を選択する。式 (1) から視点からの奥行き Z を算出し、反復を行う。1 回前と Z が変わらなくなったら処理を終了する。ここで、 (x, y) :画像面の座標、 Δt :時間幅、 I :0 から 1 の範囲の正規化輝度値、 f :焦点距離、 (m, n) : x と y 方向の最小勾配、 $Q = f/\sqrt{x^2 + y^2 + f^2}$:透視投影係数である。

$$Z(x, y) = Z(x, y) + \Delta t \exp(-2Z(x, y)) - \Delta t \left(\frac{If^2}{Q} \sqrt{f^2(m(x)^2 + n(y)^2) + (xm(x) + yn(y))^2 + Q^2} \right) \quad (1)$$

3.3 NN を用いた形状復元精度の改善

まず点光源、透視投影のもとで作成した Lambert 球の画像に対し、VBW モデルで球の形状を復元、その結果から各点での x と y 方向の傾きパラメータを得る。得られた傾きパラメータの組を入力、対応する真値の組を NN に与え学習を行う。次に、観測画像を反射係数一様な Lambert 画像に変換した後、VBW モデルでの復元を行う。結果から得られた傾きを NN に入力、般化することで修正した傾きを得る。式 (2) に代入することで各点の奥行き Z を求め、復元精度の向上を図る。

$$Z = \sqrt{\frac{CV(-px - qy + f)}{E(p^2 + q^2 + 1)^{\frac{1}{2}}}} \quad (2)$$

ここで C は反射係数、 $(p, q) = (\partial Z/\partial X, \partial Z/\partial Y)$ 、 E は画像の輝度値、 $V = \frac{f^2}{(x^2 + y^2 + f^2)^{\frac{3}{2}}}$ である。手法の流れを図 2 に示す。



図 2 傾き修正の流れ

3.4 実験

シミュレーションでは半径 5mm、反射係数 25500 の球による学習を行った上で、半径 3mm、反射係数 12750

の球を中心に配置した画像に対して手法を適用した。学習に用いた球を図 3 に、シミュレーション画像を図 4 に、VBW モデルによる復元結果を図 5 に、本手法による復元結果を図 6 に示す。さらに、実際の内視鏡画像を Lambert 化した上で、手法を適用した。Lambert 化画像を図 7 に、本手法による復元結果を図 8 に示す。

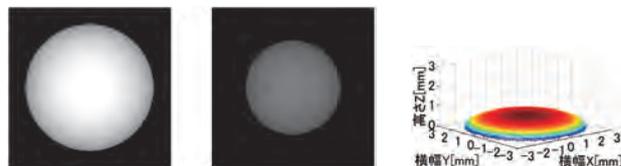


図 3:学習球 図 4:入力画像 1 図 5:[2] の結果

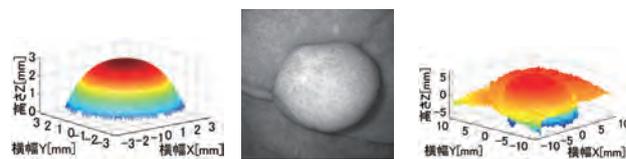


図 6:本手法の結果 1 図 7:入力画像 2 図 8:本手法の結果 2

VBW モデルによる復元結果の高さの平均誤差は 1.8029mm(60.1%)、本手法による復元結果の高さの平均誤差は 0.1402mm(4.7%) であり、復元精度が大幅に向上した。また実画像においても手法の有効性が確認された。

3.5 まとめ

本稿では、Mean-Shift 法を用いて追跡対象付近に存在する他物体を検出することで、対象物体を高精度に追跡する手法を提案した。Mean-Shift 法によって検出された他物体を PF を用いて追跡することにより、対象物体を高精度に追跡することが可能となった。今後はより複雑な状況での他物体検出などが課題である。併せて VBW モデルと NN を用いた形状復元精度の改善方法を提案し、実験により有効性を確認した。こちらは VBW モデル自身の性能改善や反射係数を未知とした場合への拡張が課題である。

謝辞 本研究の一部は科研費助成金基盤研究(C) (#2350 0228) 及び中部大学研究費による。ここに感謝申し上げる。

参考文献

- [1] Gaku Watanabe, Shinji Fukui, Yuji Iwahori *et al.* "Robust Tracking Method based on Particle Filter for Crossing of Targets with Similar Appearances". *SCIS-ISIS 2012*, F1-54-4, pp. 1304-1307, 2012.
- [2] Oliver Vogel, Michael Breuß, Joachim Weickert, "A Direct Numerical Approach to Perspective Shape-from-Shading", *VMV*, pp.91-100, 2007.
- [3] Yuki Shimasaki, Yuji Iwahori *et al.*, "Generating Lambertian Image with Uniform Reflectance for Endoscope Image", *IWAIT2013*, pp.60-65, 2013.