

相互相関係数を用いたオプティカルフローによる内視鏡画像の奥行き情報抽出

古木 友子 安藤 竜太 三谷 純 福井 幸男 西原 清一

筑波大学 非数値処理アルゴリズム研究室

1 序論

近年、内視鏡は、手術時の人体への負担が少ないことから医療現場で広く用いられている。内視鏡手術では大掛かりな処置を用いずに内深部の視野を確保できるため、術後の痛みも少なく、手術時間も短縮することが可能である。しかしながら、内視鏡で確保できる視野は狭く、手術時に器官に衝突するといった致命的な事故の危険性があるため、術者には高度な技術が必要とされる。

そのため、より安全な操作を可能とするための視覚支援システムの開発として、内視鏡から得られた2次元画像からオプティカルフローを算出し、その結果を元に3次元形状を復元して、内視鏡から局部までの距離を得る研究が行われてきた[1][2]。だが先行研究では、精度面での向上が課題として残されていた。

本研究では、相互相関係数を用いたブロックマッチングによってオプティカルフローを算出することで、3次元形状復元の精度を向上させる手法を提案する。

2 処理の流れ

ここでは、本研究で扱う内視鏡視覚支援システムの処理の流れについて述べる。図1に概略を示す。

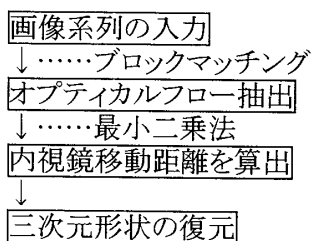


図1. 処理の流れ

内視鏡によって撮影された動画像中の、連続する2画像を入力とする。入力画像に対して、ブロックマッチングを行ってオプティカルフローを抽出し、最小二乗法によって内視鏡の3次元上での移動距離を計算する。その結果を元に3次元形状を復元し、内視鏡から局部までの距離を求める。

この処理の流れの内、本研究ではブロックマッチング部分の改良を行うことによって精度の向上を図る。

3 本研究で扱う手法

3.1 オプティカルフロー

オプティカルフローとは、物体に対しカメラが相対的に動いているときに観測される、画像内の輝度パターンの見かけの動きのことである[3]。オプ

ティカルフロー検出の手法として、勾配法やブロックマッチング法などが提案されている[4]。このうちブロックマッチングは、カメラ移動前の第1画像を複数の矩形ブロックに分けてテンプレート化し、各ブロックについて、カメラ移動後の第2画像中を移動しながら探索することにより、類似度の高い同サイズの矩形領域を検出する手法である[5]。本研究ではオプティカルフローの抽出に、ブロックマッチングを用いる。

3.2 相互相関係数を用いたブロックマッチング

ブロックマッチングを行う上で、二つの画像の類似度を測る代表的な尺度として、残差を用いる手法と相互相関係数を用いる手法がある[6]。

残差法について説明する。残差法では第1画像内にあるテンプレートとなるブロックと探索する第2画像内の注目するブロックとの差分Rを求め、この残差が小さいほど画像間の相関が大きいことになる。テンプレートとなるブロック(N×N)をT(m,n)で表し、注目ブロックをI(m,n)とすると、

$$R = \sum_{j=0}^N \sum_{i=0}^N [T(i, j) - I(i, j)]$$

従来の内視鏡視覚支援システムの研究では、この残差法を用いたブロックマッチングが利用されていた。だが、残差法は計算時間の短縮化を図ることができるが、類似性を低く判定することがある。[7] そのため、本研究ではオプティカルフロー検出の精度を向上させるために、相互相関係数を用いた手法を試みる。

相互相関係数Cは以下のように求めることができる。

$$C = \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N \phi(i, j) \varphi(i, j)}{\sqrt{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N \phi(i, j)^2 \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N \varphi(i, j)^2}}$$

ただし、

$$\phi(i, j) = I(i, j) - \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N I(i, j)}{N^2}$$

$$\varphi(i, j) = T(i, j) - \frac{\sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^N T(i, j)}{N^2}$$

このとき、相互相関係数Cが大きいほど画像間の類似度は大きいことになる。相互相関係数を用いたマッチングでは、加算・減算処理しか行わない残差法よりも計算量が多く[8]、処理時間が長くなるという欠点があるが、速さよりも正確性の方が優先される局部付近での手術では有効であると考えられる。

4 結果

図2、図3に、残差法と相互相関係数による計算結果をそれぞれ示す。



図2. 残差法による結果



図3. 相互相関係数による結果

マッチングで求められたフローの長さが周囲8

近傍の平均の半分以下、または1.5倍以上、または角度に45度以上の差が生じている場合は明らかに間違っているものとして扱い、マッチングによって求められたフローではなく8近傍平均のフローを黄色で表示している。

この結果によると、全体のフローの状態や、黄色で表示された修正が必要となるフローからマッチングの計算方法による違いは見られるものの、視認では明確な精度の向上が確認しづらい。そのため、カメラの移動量や三次元形状が既知のデータを利用するなどして精度を検証する必要性があり、現在これを検討中である。

5 まとめと今後の課題

本稿では、内視鏡手術における安全な操作を可能にするための視覚支援システム開発を目的とし、内視鏡から局部までの距離を求めるために必要なオプティカルフローを算出する手法について述べた。しかし本研究では、求められたフローの表示しか行っていないため、今後、オプティカルフロー算出の精度の検証方法の検討が必要である。

参考文献

- [1] 窪田峰輝, 内視鏡画像でのオプティカルフローによる奥行き情報の抽出, 平成15年度卒業論文, 2003
- [2] 藤田梢, オプティカルフローによる内視鏡画像の奥行き情報検出, 平成16年度卒業研究, 2004
- [3] Berthold K.P Horn and Brian G.Schunck, "Determining Optical Flow", Artificial Intelligence, 17:185-203, 1981
- [5] 高木幹雄, 下田陽久, 新編画像解析ハンドブック, 東京大学出版会, 2004
- [6] 末松良一, 山田宏尚, 画像処理工学, コロナ社, 2000
- [7] 池田光二, 吉田昌司, 中島啓介, 桂晃洋, 依田晴夫, パターンマッチングの高速化手法について, <http://www.geocities.co.jp/Technopolis/1357/iiee/>
- [8] 池田光二, 吉田昌司, 中島啓介, 桂晃洋, 依田晴夫, テンプレートマッチング高速化のための正規化相関演算打切り方法, 電子情報通信学会総合大会講演論文集 情報システム(2),439-440, 1997