

6M-10

内視鏡画像からのオプティカルフローを利用した視覚支援システム

奥山 加奈子[†] 澁澤 貴裕[‡] 水野 一徳^{††} 福井 幸男^{††} 西原 清一^{††}

筑波大学 情報学類[†] 理工学研究科[‡] システム情報工学研究科^{††}

1. はじめに

近年、腹腔・副鼻腔・関節等の手術や脳神経外科領域の手術では、身体への影響を最小限に抑える手術を重視する方向になっており、その一つに内視鏡を用いた手術がある。内視鏡手術は脳神経に限らず殆どの部位に適用でき、侵襲が小さく、人体の内深部における視野の確保に加え、術中時間の短縮が可能である。また、術後の痛みが少ないなど患者への肉体的負担の面を考えてみても発展、普及が期待されている。

しかしながら、内視鏡手術は術中の視野が狭く、術者に高度な技術を要求するという欠点がある。このため、十分な視野情報等を提供する高機能内視鏡など、術者が安全・確実に実施できる高操作性・高精細表示機能を有する手術器具に加え、手術の安全性の向上を図る手術安全支援システムおよび患者の術前・術中の精密な情報を統合した正確な手術計画の立案・実施を支援するシステムの開発が求められている。

本稿では、内視鏡を用いた手術において、より安全な手技操作を可能とする視覚支援システムを開発する事を目的とし、2次元撮像画像から内視鏡の3次元空間上での移動量を求め、その移動量をもとに内視鏡から局部までの距離比を求め、その情報を提示するシステムの開発を行った。

2. 処理の流れ

本手法での処理の流れを図1に示す。本手法では動画像中の連続する2枚の画像を入力とする。初めに入力画像をグレースケール画像に変換し、領域による変形ブロックマッチングを用いて画像間での対応点の移動量(オプティカルフロー)を抽出し、最小2乗法を用いて内視鏡の空間上での移動量を算出する。次に内視鏡の移動量とオプティカルフローを用いて運動からの構造復元を行い、内視鏡から局部までの距離比を求める。最後に、内視鏡から画面上の局部までの距離比をカラー分布にて内視鏡画像に重ねて出力する。

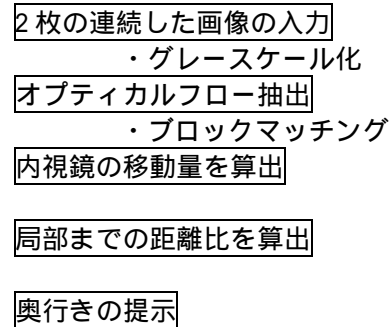


図1. 処理の概略

3. システムの構成

3.1 グレースケール変換

明度パターン変化からオプティカルフローを求めるため、連続した二枚の入力画像のRGB値を明度値(グレースケール値)に変換する処理を施す。

3.2 オプティカルフロー抽出

オプティカルフローは画像上で観測される各点の移動速度であるベクトルの事であり、画面上での動体の追跡や、撮影範囲内への侵入物の検知に用いられている。オプティカルフローを求める手法は、主に2つの画像での対応点の明度が変化しないことを拘束条件とする勾配法[1]とブロックマッチング法がある。本システムではブロックマッチング法[2]を用いる。

ブロックマッチング法は移動前画像の任意の点に対する移動後画像中での対応点を、ブロック間の明度勾配のパターンマッチングに基づいて決定する手法である。今回はブロックマッチングの前処理として、境界線を検出し、境界線に沿った形のブロックマッチングを行うことで他領域を含まない変形ブロックマッチング法を行っている。

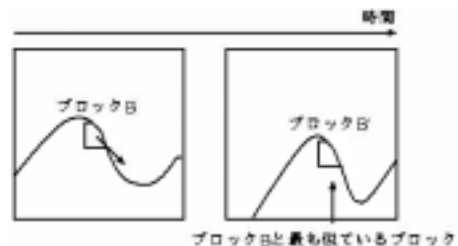


図2 変形ブロックマッチング

Visual assisted system by shape from Optical Flow algorithm using Endoscope Images
 Kanako Okuyama, Takahiro Shibusawa, Kazunori Mizuno, Yukio Fukui, Seichi Nishihara, University of Tsukuba

また、境界線のオプティカルフローは検出した境界線画像でブロックマッチングを行う。その後、抽出したオプティカルフローは周囲と比較して極端な値や方向の場合に周囲のオプティカルフローの平均をとり、補正を行う。

3.3 最小2乗法による運動からの構造復元

ある点の空間上の座標 $r = (X, Y, Z)$

それを平面状へ投影した点 $p(x, y)$

カメラの並進成分速度ベクトル $t = (U, V, W)$

カメラの回転成分速度ベクトル $\omega = (A, B, C)$

とすると、オプティカルフロー $(\Delta x, \Delta y) = (u, v)$ は

$$u = u_t + u_r, \quad v = v_t + v_r$$

$$u_t = \frac{-U + xW}{Z}, \quad v_t = \frac{-V + yW}{Z}$$

$$u_r = Axy - B(x^2 + 1) + Cy, \quad v_r = A(y^2 + 1) - Bxy - Cx$$

と表す事ができる。実際に計算されるフローには誤差があるので、画面上の全てのフローに対して $\alpha = -U + xW$, $\beta = -V + yW$ とおき、またオプティカルフローのみからでは絶対距離は求められないため $U^2 + V^2 + W^2 = 1$ という条件を与え、

$$\iint ((u - u_t) - (v - v_r))^2 dx dy + (U^2 + V^2 + W^2 - 1)$$

を考え、この式を最小とする (U, V, W) (A, B, C) を求める。

また、 $Z = \frac{2 + 2}{(u - u_t)^2 + (v - v_r)^2}$ と表せる。

以上により、内視鏡の運動とオプティカルフローから、内視鏡から各点までの距離を算出する[3]。

3.4 奥行き提示

求めた距離比を内視鏡画像に重ね、カラー分布で提示する。

4. 実行例と考察

システムの実行例を図4、図5、図6に示す。図4は0.1秒間隔の2枚の画像である。図5は抽出したオプティカルフローの補正前と後を左右の画像に重ね合わせて表示したものである。図6がカラー分布で奥行き距離比を提示したものである。左下のハイライト部分および中央部分などにオプティカルフローのばらつきが見られ、奥行き提示ができていない。

5. まとめと今後の課題

本稿では、内視鏡の安全な操作を可能とする視覚支援システムを開発する事を目的とし、内視鏡の撮像画像からオプティカルフローによって内視鏡の移動量および内視鏡から局部までの距離比を

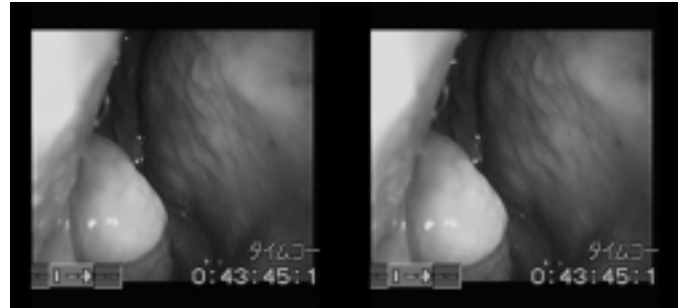


図4 入力画像

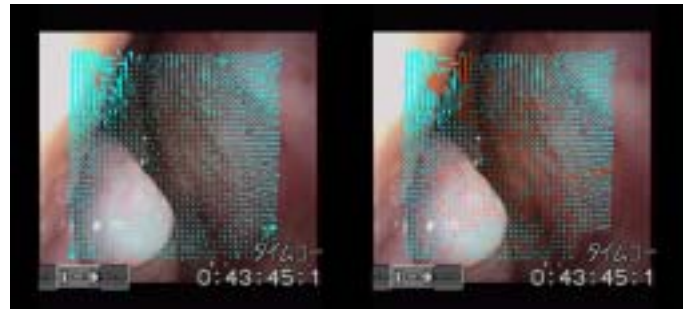


図5 オプティカルフロー出力画像

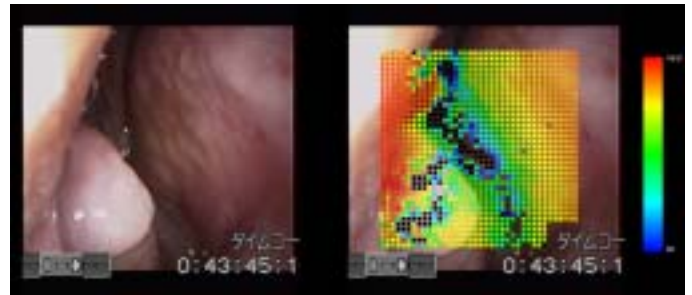


図6 奥行きカラー提示画像

求める手法について述べた。しかし、内視鏡手術では照明や影の影響が強く、ハイライト部分などのオプティカルフロー処理の改善が必要である。また、本研究では距離は相対値でしか算出できていないため、絶対的な値を算出するための検討が必要である。

謝辞

(独)産業技術総合研究所：山下樹里氏にデータ取得に関して協力いただいたことを感謝する。

参考文献

- [1] Berthold K.P Horn and Brian G.Schunck, "Determining Optical Flow", Artificial Intelligence, 17:185-203, 1981
- [2] J.Little and A.Verri "Analysis of Optical flow", IEEE 1989 Workshop on Visual Motion, 173-180, March 1989
- [3] NTT ヒューマンインタフェース研究所、プロジェクト RVT(訳)：ロボットビジョン-機械は世界をどう見るか-、朝倉書店、東京都、1993年