

くりこみ法を用いたオプティカルフローの推定と それを利用した腕の動きの追跡*

6L-2

宇都木 修一†

中央大学大学院理工学研究科‡

鈴木 寿§

中央大学理工学部¶

1 はじめに

手話認識において、動きの認識は欠かすことのできない要素の一つである。また、その際に注目すべき動きは、腕の動き、指の動き、表情の変化である。本研究では腕の動きの認識に注目し、オプティカルフローを用いた正確な腕の動きの認識を目的とする。

本研究における腕の動きの追跡の大まかな手順は、次の通りである。動画像中の人物の腕を抽出し、抽出した腕領域を小領域に分割する。次に、各々の小領域においてはオプティカルフローは一定であるとしてオプティカルフローを推定する。推定したオプティカルフローから腕の動きの角速度を求めて、腕の動きの追跡をおこなう。

また、オプティカルフローの算出にくりこみ法 [1] を使用し、実験を通して実際面においてもくりこみ法が有用であることを示す。

2 オプティカルフロー

2.1 オプティカルフローの拘束方程式

オプティカルフローは次の拘束式を用いて計算する:

$$E_x u + E_y v + E_t = 0. \quad (1)$$

ここで、 E_x 、 E_y 、 E_t は画像の輝度値のそれぞれ x 方向、 y 方向、時間方向への偏微分であり、 u と v はオプティカルフローの x 成分と y 成分である。ただし、この拘束式からだけではオプティカルフローを一意に決定することはできない。これに対し、オプティカルフローは画像全体にわたって滑らかに変

化する (大局一様性) という仮定を用いてオプティカルフローを求める方法や、画像の小領域ではオプティカルフローは一定である (局所一様性) という仮定を用いる方法がある。本研究では腕の動きを追跡するという目的から、局所一様性の仮定を用いる。

2.2 局所一様性とくりこみ法

定められた小領域においてはオプティカルフローは一定であるとする。その際に、それぞれのピクセルにおいて得られる微分値に誤差が含まれるとして、その誤差による影響が最小となるようにオプティカルフローを推定する。まず、勾配ベクトルを $\nabla E_\alpha = (E_{x\alpha}, E_{y\alpha}, E_{t\alpha})^t$ 、オプティカルフローを $\mathbf{u}_\alpha = (u_\alpha, v_\alpha, 1)^t$ で表す。 α は小領域に含まれるピクセルに対する通し番号である。また、誤差は平均 0、共分散行列 $V_{e\alpha}$ の正規分布に従うと仮定する。以上を踏まえて次の最小化問題を解くことによって、オプティカルフローを推定する:

$$M = \sum_{\alpha=1}^n W_\alpha \nabla E_\alpha \nabla E_\alpha^t \rightarrow \min, \quad (2)$$

$$W_\alpha = \frac{1}{\langle \mathbf{u}_\alpha, V_{e\alpha} \mathbf{u}_\alpha \rangle}. \quad (3)$$

ただし、 $\langle \cdot, \cdot \rangle$ はスカラー積を表す。(2) を解くためには $V_{e\alpha}$ の値を知る必要があるが、本研究では $V_{e\alpha}$ の要素間の比を事前の計測によって求めて、くりこみ法を用いることによって \mathbf{u}_α の値を推定する [2][3]。この際、推定された \mathbf{u}_α の信頼性も求めることができる [1]。

3 特徴抽出と領域分割

動画像は背景が白一色で、人物は最初のフレームにおいて右腕を水平に伸ばしている状態であるとする。この動画像の最初のフレームに対して以下の処理をおこなうことによって体の特徴点を抽出する。

*Optical Flow Estimation Using Renormalization and Application to Tracking of Arm Motion

†Shuichi Utsugi

‡Graduate School of Science and Engineering, Chuo University, E-mail: utsugi@suzuki-lab.ise.chuo-u.ac.jp

§Hisashi Suzuki

¶Department of Information and System Engineering, Chuo University

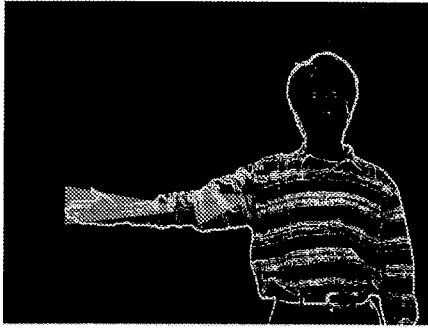


図 1. 領域分割の結果

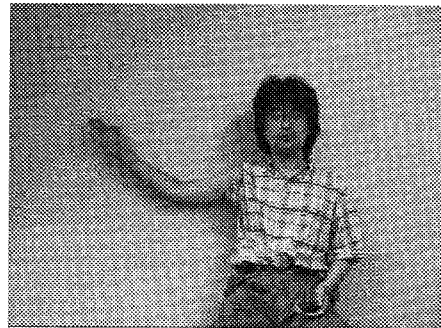


図 2. 使用した動画像

- 動画像の最初のフレームに対して、Sobel フィルタをかけてエッジ抽出をおこなう。
- 抽出されたエッジ上にある点のうち、画面上で最も上にある点を頭頂点とし、この点を通る垂直な線が体の中心を表す線であるとする。
- 画面上で最も左にある点を右手中指を表す点とする。体の中心を表す線と右手中指の間を 1:3 に分ける点を肩を表す点とする。
- 肩と右手中指の間（腕の長さ）を 1:2 に分ける点を肘を表す点とする。
- 前腕（肘と手の間）と後腕（肩と肘の間）をそれぞれ三角形で表す。
- それぞれの三角形を縦に分割する。

分割した結果が、図 1 である。

4 角速度の算出

分割された各々の小領域における角速度の大きさを以下の式で求める：

$$\|\theta_i\| = \frac{\|\mathbf{u}_i\|}{l_i} \quad (4)$$

θ_i , \mathbf{u}_i , l_i はそれぞれ小領域 i における角速度、オプティカルフロー、回転の中心（前腕部分なら肘、後腕部分なら肩）からの距離である。また、回転の向きはオプティカルフローと、回転の中心から小領域へと向かうベクトルでなす外積の値の正負によって決定する。次に、それぞれの小領域で得られた角速度の平均を求め、全体の角速度とする。ただし、平均を求める際は、得られたオプティカルフローの信頼性が低い領域を計算から除外する。

5 腕の動きの追跡

白一色の背景の前で、右腕を水平に伸ばした状態から、肘を固定し、前腕部分のみを回転させた動画像に対し、腕の動きの追跡をおこなう（図 2）。オプティカルフローの算出において、微分値の誤差の共分散行列の各要素間の比を全てのピクセルにおいて $\sigma_x^2 : \sigma_y^2 : \sigma_t^2 = 1 : 1 : 8$ とした。この値は事前の計測により決定した。また、信頼性の値が 1 よりも大きい値をとる小領域の角速度は全体の角速度を算出する際に除外した。以上を定めた後、腕の動きの追跡をおこなったところ、一回転の間におよそ腕の幅半分程度の誤差が出ることがわかった。

6 おわりに

人物の腕部分を抽出し、抽出された腕部分における回転の角速度を、くりこみ法を用いてオプティカルフローを算出することによって求めた。今回述べた方法では、一回転の間におよそ腕の幅半分程度の誤差で追跡をおこなえることがわかった。今後は、より正確な動きの追跡、前腕と後腕を別々に同時に動かした場合の追跡をおこなえるようにする必要がある。

参考文献

- [1] 金谷 健一, “コンピュータビジョンのためのくりこみ法,” 情報処理学会論文誌, vol. 35, no. 2, pp. 201-209, Feb. 1994.
- [2] 金谷 健一, 空間データの数理, 朝倉書店, 1995.
- [3] 太田 直哉, 金谷 健一, “くりこみ法とそれを用いたオプティカルフローの解析,” 情報処理学会研究報告, 95-CV-94-4, May 1995.