

ノーマルフローを用いた手の動きの認識

2E-1

リム・ジットケン†

工藤 博章†

山村 毅†

大西 昇†

†名古屋大学大学院工学研究科情報工学専攻

†愛知県立大学情報科学部

1 はじめに

運動の認識は人間の持つ優れた機能の一つであり、これにより様々な複雑な運動、例えば踊りや体操選手の動作などを認識できる。この認識能力の工学的な実現は興味深い課題の一つであり、マンマシンインターフェイス、スポーツでの解析、セキュリティなどへの応用が考えられる。本研究では、関節物体である手の動きを対象にして、動作の認識問題を扱う。

物体の動きには、必ずそれを特徴づける要素が含まれている。動作を解析・認識するには、このような特徴要素を抽出することが必要となる。本研究では、物体の運動パラメータ、すなわち物体の並進速度と回転速度を特徴要素とする。画像から得られるノーマルフローを用いて、線形連立方程式を解くことで、運動パラメータを推定する。次いで、求めたパラメータ値を利用して、動作の認識を行なう。

2 運動パラメータの推定

2.1 イメージングモデル

我々は、単一の固定カメラから撮った濃淡画像系列を扱う。また、対象物体が剛体運動をしているものと見なす。

カメラ中心を原点として、3次元空間にカメラ座標系 $O-XYZ$ を設定する。対象物体はカメラ座標系の Z 軸に垂直な xy 平面に中心投影されるものとする（図1）。この投影面を $Z = f$ (f : 焦点距離) とすれば、 (X, Y, Z) と (x, y) との関連は次式で与えられる。

$$x = \frac{fX}{Z}, \quad y = \frac{fY}{Z} \quad (1)$$

物体の点 $P(X, Y, Z)$ の3次元速度ベクトル $\vec{V}_p(V_x, V_y,$

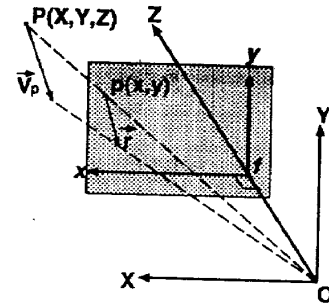


図1: 中心投影モデル

V_z) と投影点の速度ベクトル $\vec{r}(u, v)$ との関連は、式(1)を時間微分することによって得られる。

$$u = \frac{fV_x - xV_z}{Z}, \quad v = \frac{fV_y - yV_z}{Z} \quad (2)$$

2.2 推定手法

点 P の3次元速度が並進速度成分 $\vec{T}(U, V, W)$ と回転速度成分 $\vec{\Omega}(A, B, C)$ の合成として表現できる。

$$\vec{V}_p = \vec{T} + \vec{\Omega} \times P \quad (3)$$

従って、 $\vec{r}(u, v)$ もまた次のように表すことができる。

$$\begin{aligned} u &= f \frac{U}{Z} - x \frac{W}{Z} - \frac{xy}{f} A + \left(\frac{x^2}{f} + f\right) B - yC \\ v &= f \frac{V}{Z} - y \frac{W}{Z} - \left(\frac{y^2}{f} + f\right) A + \frac{xy}{f} B + xC \end{aligned} \quad (4)$$

一方、画像上の点 (x, y) の時刻 t における輝度を $I(x, y; t)$ 、空間勾配を (I_x, I_y) 、時間変化率を I_t とすると、物体の各点の輝度が時間的に変化しないという仮定で、移動ベクトルは近似的に次式に拘束されることが知られている [1]。

$$I_x \cdot u + I_y \cdot v + I_t = 0 \quad (5)$$

式(5)により、移動ベクトル \vec{r} の空間勾配方向の成分、すなわちノーマルフローの拘束が得られる。そこで、式(4)と式(5)を関連づければ、次式が得られる。

Recognizing Hand Motion using Normal Flow
Lim Jit Kean†, Kudo Hiroaki†, Yamamura Tsuyoshi†,
Ohnishi Noboru†
†Nagoya University
†Aichi Prefectural University



図 2: 平滑化した入力画像. サイズは 160×120 (左から: フレーム 2,4,6,8,10,12).

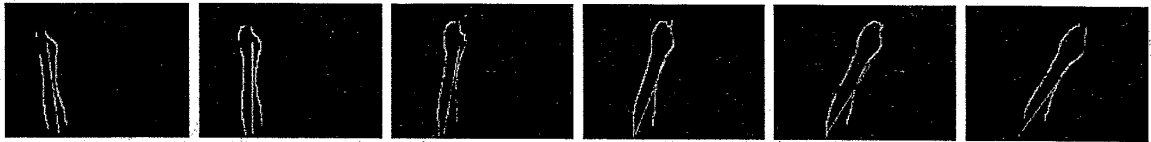


図 3: 抽出された手の輪郭 (左から: フレーム 2,4,6,8,10,12).
直線は求めたパラメータから推定した手の主軸を示す.

$$I_x \frac{fU}{Z} + I_y \frac{fV}{Z} - (xI_x + yI_y) \frac{W}{Z} + (xI_y - yI_x)C$$

$$+ (I_x(\frac{x^2}{f} + f) + \frac{xy}{f}I_y)B - (I_y(\frac{y^2}{f} + f) + \frac{xy}{f}I_x)A = -I_t \quad (6)$$

ここで, $(\frac{U}{Z}, \frac{V}{Z}, \frac{W}{Z}, A, B, C)$ が未知のパラメータで, 上式は未知パラメータの線形式となっている.

パラメータ推定には, まず, 画像から空間勾配 (I_x, I_y) を, さらに, 次フレームとの時間差分 I_t を算出する. これらの論理和をとって, しきい値処理した後, 動作している手の輪郭を抽出する. 抽出された手領域に, 1つの関節を持ったスティックモデルを適合させて, 手領域を表現する. これによって, 手を上腕と下腕に分けて処理することができる.

抽出された手領域の輪郭各点において, 式 (6) を用いて, 線形連立方程式を設定し, それを解くことによって, 運動パラメータを求める. 線形であることにより容易に算出できる. 実画像に適用した例を示す. 図 2 は入力画像, 図 3 は抽出された手の領域, 図 4 は推定された運動パラメータ値である.

3 動作認識

動作の認識を行なうために, あらかじめシステムにいくつかの動作の標準パターンを保存しておく. 推定した運動パラメータの変化パターン \vec{x} を標準パターン \vec{s}_i とマッチングして, 認識を行う. これは \vec{x} と各 \vec{s}_i との距離 d_i を最小化する i を求める問題に帰着する. マッチングには, 動的計画法を用いる.

4 おわりに

画像から得られるノーマルフローを用いることによって, 物体の運動パラメータ推定を線形方程式を解くことで容易に求めることを示した. 認識率の向上には, 運動パラメータ推定の精度を向上させることが必要であり, 今後取り組む課題である.

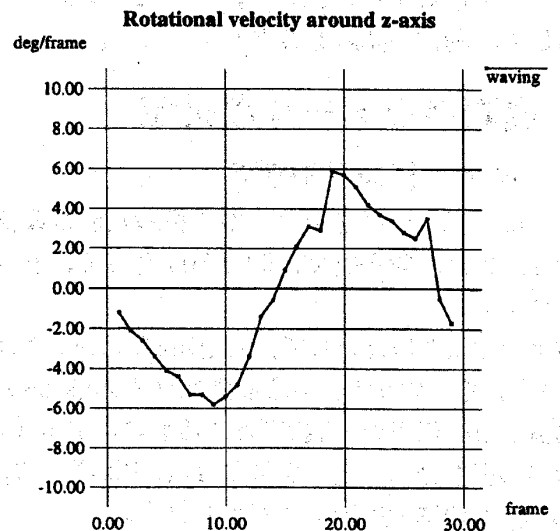


図 4: 推定した Z 軸まわりの回転速度

参考文献

- [1] A. Verri, T. Poggio, "Against Quantitative Optical Flow", *Proc. ICCV*, pp.171-180, June 1987.
- [2] 出口 光一郎, "動画像の扱い", *情報処理*, Vol.37, No.8, pp.759-767, August 1996.
- [3] Z. Duric, J.A. Fayman, E. Rivlin, "Function From Motion", *IEEE Trans. PAMI*, Vol.18, No.6, pp.579-591, June 1996.