

# 分散カルマンフィルタによる 物体運動の復元

5M-3

堀内 一仁, 金子 俊一, 本多 庸悟

東京農工大学工学部

1. はじめに 本研究の目的は、ステレオ撮像した動画画像列から、特徴の隠れや出現が頻繁に生じる物体の3次元運動を復元する手法について検討することである。一般に物体の運動を観測した定常時系列画像において、特徴照合によって運動復元する手法では、特徴の隠れや出現などが復元結果に大きな影響を及ぼすことがある。そこで本研究では、個々の特徴の組合せにより構成される「分散カルマンフィルタ」を提案し、隠れや出現などに対処する手法を示す。また、新たに出現した特徴に対して、本手法を適用する場合の基礎実験の結果について報告する。

2. 処理の流れ 図1に時刻 n における処理の流れを示す。特徴抽出には Interest Operator[1]を利用する。また両眼視奥行き計算により3次元位置を求め、対応付けにより3次元移動ベクトルを生成する。本研究では、特に次の処理に重点をおく。

2.1 継続評価値の更新 時刻 n-1 における点  $i = (X_i^{n-1}, Y_i^{n-1}, Z_i^{n-1})$  の時刻 n での予測点  $(pX_i^{n-1}, pY_i^{n-1}, pZ_i^{n-1})$  及び特徴量  $f_i^{n-1}$  が時刻 n における点 j に対応付けられると、特徴の照合の度合いを示す照合評価値が式 (1), (2) により計算される ( $\alpha$  は調整パラメータである)。

$$m_j^n = \frac{1}{1 + \left\{ \alpha d_{i,j}^n + (1-\alpha) |f_i^{n-1} - f_j^n| \right\}} \quad (1)$$

$$d_{i,j}^n = \sqrt{(pX_i^{n-1} - X_j^n)^2 + (pY_i^{n-1} - Y_j^n)^2 + (pZ_i^{n-1} - Z_j^n)^2} \quad (2)$$

また現時刻までの特徴の継続性を示す継続評価値を照合評価値の増分を足し込んで更新する。さらに

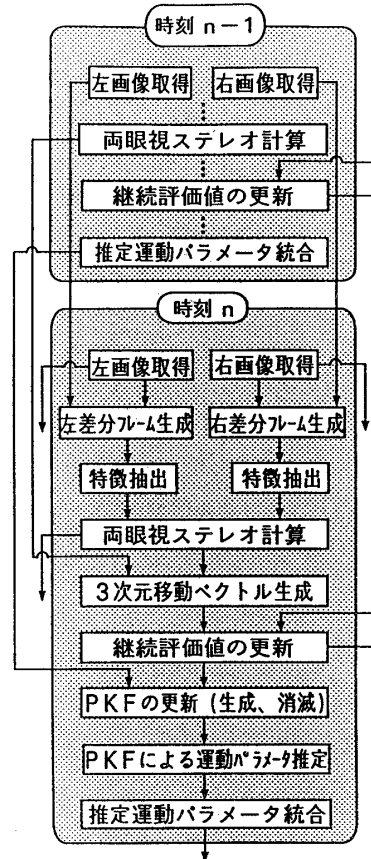


図1 処理の流れ

継続していた特徴が隠れた場合には、増分値を負にすることにより、特徴の再出現を考慮した継続的な対応付けを可能にする[2][3]。これらは隠れや出現の頻繁な特徴の安定性を定量的に示すことができる。

2.2 カルマンフィルタの更新 時刻 n-1 までの推定運動パラメータ情報や継続評価値を利用して、特徴の組合せによるカルマンフィルタの更新を行う。個々のカルマンフィルタ（これをプリミティブカルマンフィルタ：以下PKFと略記する）については、ある1点を要素とするPKFの数を、PKFの「多重度」と定義し、特徴の重複定義を認めることとする。これによりPKFの初期設定数を制御することができ、1点につき多重度数分の個数の推定値が得られる。

またPKFの構成は、2次元画像上での近傍探索により生成される。これによって生成されたPKFと対応点の速度ベクトルを図2(実画像)に示す。

本手法では各特徴が多重度の個数分のPKFに属しており、局所性を持つので、部分的な隠れが生じていても、現存する特徴のPKFで運動復元が可能となる。また出現点についても、PKFによってそれが同一物体上の特徴かどうか逐次検定することが可能となる。

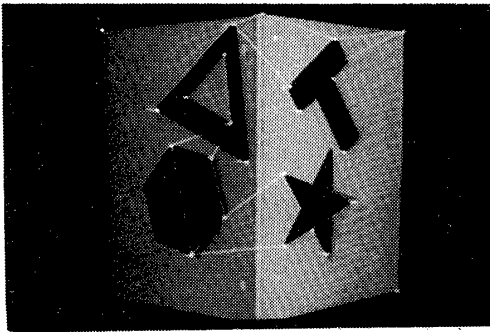


図2 生成されたPKFと速度ベクトル

3. 運動の復元 運動復元には、両眼視奥行き計算で求めた3次元移動ベクトルを利用する。このとき、移動ベクトル $\Delta X_i^n = (X_i^{n+1} - X_i^n, Y_i^{n+1} - Y_i^n, Z_i^{n+1} - Z_i^n)^T$ と運動パラメータ $m = (T_X, T_Y, T_Z, R_X, R_Y, R_Z)^T$ の関係は式(3)のようになる。

$$\Delta X_i^n = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & Z_i^n & -Y_i^n \\ 0 & 1 & 0 & -Z_i^n & 0 & X_i^n \\ 0 & 0 & 1 & Y_i^n & -X_i^n & 0 \end{pmatrix} m \quad (3)$$

この式をカルマンフィルタの観測過程として導入し、3次元移動ベクトルから運動パラメータを推定する。

4. 実験 新たに出現した特徴が現特徴と同一運動をする場合と異なった運動の場合とにおけるPKFの挙動を比較するためのシミュレーション実験を行った。奥行きが700~800mmの特徴点17点をステレオ撮像して量子化誤差を入れ、多重度5(=要素数)のPKFを16個生成した。途中25ステップ目で新たな特徴を入れ、PKFを5個局所的に新規生成した。それぞれの推定値を平均化した運動パラメータの推移を図3、図4に示す。図3は水平方向に5mm/step並進運動し、図4は垂直方向の軸回りに0.02rad/step回転運動した。並進運動に多少の振動が

みられるが、同一運動するPKFとそうでないPKFの差が顕著に現れている。振動は量子化誤差によるものと思われる。

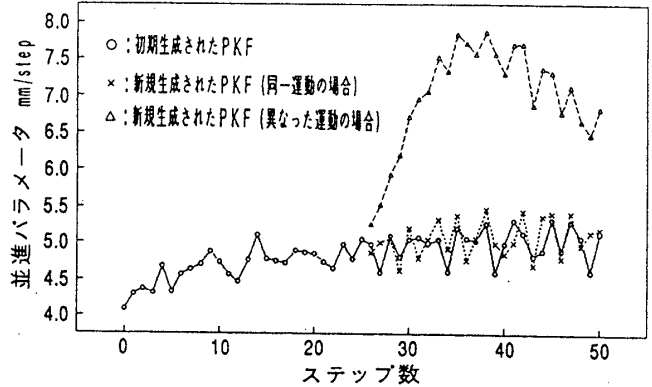


図3 並進運動における運動パラメータの推移

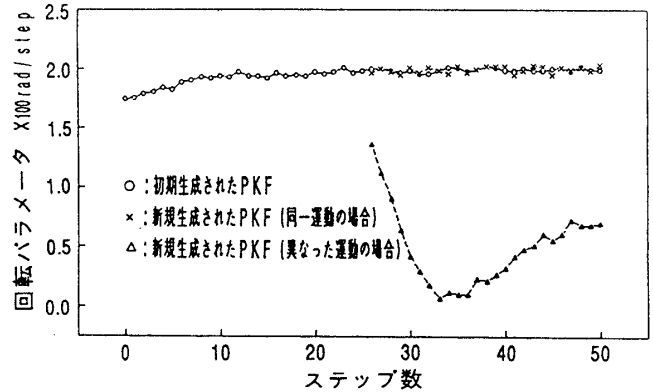


図4 回転運動における運動パラメータの推移

5. まとめ シミュレーション実験により、分散カルマンフィルタが特徴の出現における運動復元に有効であることを示した。今後は隠れが生じる場合について、継続評価値の概念を導入して、実画像を用いた運動復元について検討する。この研究の一部はカシオ科学振興財団の援助によることを記して感謝する。

#### 参考文献

- [1] H.P.Moravec: Visual Mapping by a Robot Rover, Proc. 6th IJCAI, pp.598-600 (1979).
- [2] J.L.Crowley, P.Stelmaszyk, C.Discours: Measuring Image Flow by Tracking Edge-Lines, Proc. Int. Conf. Computer Vision, pp.658-664 (1988).
- [3] 宮鍋, 金子, 本多: 特徴の安定性を利用した剛体の3次元運動の推定. 情報処理学会研究報告 92-CV-80-31, pp.231-238 (1992).