自動撮影カメラワークの検証と撮影カメラ制御の補正法

A camera-work evaluation method for automatic shooting and its adjustment

新 康孝
ATARASHI Yasutaka
京都大学工学部情報学科
Dept. of Information Science, Faculty of Engineering, Kyoto University

亀田 能成
KAMEDA Yoshinari
美濃 導彦
MINOH Michihiko
京都大学総合情報メディアセンター
Center for Information and Multimedia Studies, Kyoto University

1 はじめに

パン ・チルト ・ズーム可能なカメラによる自動撮影時には、対象の 3 次元情報を用いて所定のカメラワークが達成されるよう制御を行うが、対象の位置測定やカメラ制御に含まれるノイズなど複数の段階における要因によりそのカメラワークが必ずしも実現されているとは限らない。

自動撮影の結果は画像の系列として出力されるため、その検証は画像情報によって行うことが妥当である。カメラワークは画面構成として与えられるため、その検証のためには前景領域と背景領域の分離が必要であり、特に「流し撮り」のような動的な制御を伴うカメラワークに対しては画像上の動き情報から得られる各領域の速度が重要となる。

そこで本稿では、オプティカルフローを用いて所定のカメラワークが達成されているかを検証し、それを利用して撮影カメラの制御を補正する手法を提案する。

本研究では、前景 ・背景の各領域内ではほぼ同一の動きが発生するとすれば、それを分類することにより各領域を分離することが可能であることに注目する。

2 カメラワーク

本稿では、単一のパン ・チルト ・ズーム可能なカメラによって、多くとも一つの移動対象が撮影されている場合を考える。ここで、撮影対象と実現するべきカメラワークは与えられているとする。撮影対象の運動については未知である。

与えられるカメラワークは画面構成として、画面上での

- 撮影対象の大きさ、もしくはその拡大 ・縮小率
- 撮影対象の位置、もしくは速度
- 背景の速度

によって定義される。本稿で想定するカメラワークでは、単純に撮影対象の位置や大きさを固定するカメラワークのみでなく、撮影対象の位置や大きさを一定の割合で変化させるカメラワークも含める。さらに、位置と大きさが同時に変化するカメラワークも含む。

従って、フローによって動き情報を求める際には、大きさ変動と位置変動の両方を求める必要がある。

3 フローによる映像からの情報抽出

オプティカルフローの推定方法には大きく分けて勾配法、ブロックマッチング法の 2 種類が存在するが、本稿では比較的安定したフローが得られるブロックマッチング法を用いることとする。

3.1 フローのモデル

カメラモデルにピンホールカメラモデルを用い、パン ・チルトの回転中心がレンズ中心と一致すると仮定する。レンズ中心を原点、光軸視線方向を Z 軸正の方向に取る。画像平面は $Z = f \quad (f > 0)$ とする。すなわち f が焦点距離である。カメラ運動の並進成分を (T_x, T_y, T_z)、各軸中心の回転成分を $(\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z)$ とした時、3 次元上での座標が (X, Y, Z)、画像平面上での座標が (x, y) となる点でのフロー (u, v) は以下の式で与えられる。

$$\begin{aligned} u &= \left(-\frac{f}{Z}T_x + \frac{x}{Z}T_z\right) \\ &+ \left(\frac{xy}{f}\Omega_x - f\left(1 + \frac{x^2}{f^2}\right)\Omega_y + y\Omega_z\right) + \frac{x}{f}\dot{f} \quad (1) \\ v &= \left(-\frac{f}{Z}T_y + \frac{y}{Z}T_z\right) \\ &+ \left(f\left(1 + \frac{y^2}{f^2}\right)\Omega_x - \frac{xy}{f}\Omega_y - x\Omega_z\right) + \frac{y}{f}\dot{f} \quad (2) \end{aligned}$$

カメラは光軸を中心とする回転を行わないと考えるので $\Omega_z = 0$ とする。x, y の 2 次成分を無視すると、結局

$$u = P + Kx, \quad v = T + Ky \qquad (3)$$

となる。ただし、P は $-\frac{\dot{f}}{Z}T_x - f\Omega_y$ となるカメラのパンおよび水平方向移動、T は $-\frac{\dot{f}}{Z}T_y + f\Omega_x$ となるカメラのチルトおよび垂直方向移動、K は $\frac{\dot{f}}{f} + \frac{T_z}{Z}$ となる拡大 ・縮小によって決定される成分である。

すなわち、P, T は位置変動を、K は大きさ変動を表す。

3.2 位置変動、大きさ変動の抽出

式 (3) より、得られたフローを x-u 平面、y-v 平面にプロットすると背景と前景に対応するフローはそれぞれ同一直線上に乗ると期待できる。u 切片、v 切片から位置変動が、傾きから大きさ変動が得られる。

通常、直線の当てはめは二乗偏差を最小化することによって行われるが、移動対象が存在した場合、背景に対す

る位置変動 ・大きさ変動を求める際に前景に属するフローが多数のはずれ値となって影響する。また、移動対象が存在しないとしても、フローの測定そのものにノイズ等により大きなはずれ値が存在するため、良好な結果を得ることができない。

従って、ロバストな手法を用いる必要がある。本研究ではロバスト回帰手法の一つであるM推定 (M-estimator) を用いる。すなわち、画像上の点 (x_i,y_i) においてフロー (u_i,v_i) が得られた場合、

$$\sum_i \rho(u_i - P - K_1 x_i) \tag{4}$$

$$\sum_i \rho(v_i - T - K_2 y_i) \tag{5}$$

の各々を最小化すればよいことになる。ここで、K は式 (4),(5) の双方で共通であるため、結局

$$\sum_i \rho(u_i - P - K x_i) + \sum_i \rho(v_i - T - K y_i) \tag{6}$$

を最小化することで、同時に P, T, K を得ることができる。

従って処理の手順としては次のようになる。まず、画像全体から得られるフローに対してロバスト推定を行い一組の P, T, K を得る。次に、得られた P, T, K に対し近似的に式 (3) が成立するフローを除外する。十分な数のフローが残る場合には、再び推定を行うことによってもう一組の P, T, K を得る。二組の P, T, K が得られた場合には、カメラ制御パラメータからいずれが背景の位置変動、大きさ変動に対応するかを判定する。

4 カメラ制御の補正

[1] によると、人間のカメラマンは常に位置を一定に保とうとするのではなく、ある許容範囲を越えた場合のみ修正を行い、また、修正の際には一定速度でカメラ操作を行うのではなく、徐々に加速し、最高速度に達した後、徐々に減速するというカメラ操作を行うとされている。本稿でも [1] の提案に基づく補正を行う。

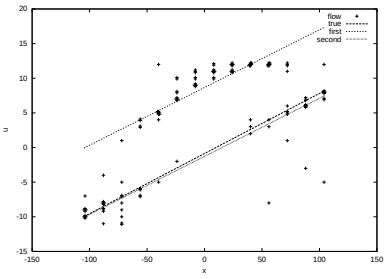
補正を行うカメラ制御パラメータであるパン ・チルト ・ズームの変化がフローに与える影響は式 (1),(2) から計算することが可能である。これを用いて、与えられたカメラワークが達成されている時に得られるべきフローに近づくようパン ・チルト ・ズーム値の補正を行う。

5 実験

フローによる前景、背景の位置変動、大きさ変動の抽出について検証実験を行った。使用した機材は、PentiumII 350MHz の PC 、画像処理ボードとして HITACHI 製 IP5005 である。

図 1(a) は入力として与えた画像系列のうちの 1 枚である。パンとズームを同時に行いながら、撮影対象である人物も水平方向に移動させている。入力画像のサイズは 256x220 画素とした。推定結果をグラフに表したものが図 1(b) である。横軸は画面中心を原点とした場合の x 座標であり、縦軸は水平方向のフロー u である。プロットされた点が得られたフローである。true はパン ・ズームの変化から逆算した背景の位置変動、大きさ変動、first、second は 1 回目、2 回目の推定から得られた位置変動、大きさ変動を用いて引いた直線である。150 点でフローを計測し、平均処理間隔は約 0.2 秒であった。

(a) 入力画像



(b) 推定結果

図 1: 位置変動、大きさ変動の抽出

6 おわりに

本稿では、オプティカルフローを用いた、所定のカメラワークが達成されているかの検証と、それを利用して撮影カメラ制御の補正を行なう手法を提案した。カメラワークには、撮影対象の位置や大きさが一定の割合で変化するカメラワークも含む。

実験ではフローによる前景と背景の動き ・大きさ変動情報の抽出が可能であることを示した。

今後は、補正処理までをシステムに実装し、実際にカメラワークの達成に対して効果があったかを検証する予定である。

参考文献

[1] 加藤大一郎, 石川秋男, 津田貴生, 福島宏, 山田光穂, 阿部一雄, "動いている被写体を撮影時の放送カメラマンの撮影手法分析", NHK 技研 R&D,No.48,pp.34–46 (1998)

[2] W.H.Press,B.P.Flannery,S.A.Teukolsky,W.T.Betterling 著, 丹慶勝市, 奥村晴彦, 佐藤俊郎, 小林誠訳, "Numerical Recipes in C [日本語版]", 技術評論社,pp. 519–525(1993)