

移動カメラ画像からの実時間移動体抽出の DSPによる実装の検討

松岡 隆志 荒木 昭一 山澤 一誠 竹村 治雄 横矢 直和

奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1 はじめに

移動カメラ画像からの移動体抽出は自律移動ロボットや自動車の自動運転などを実現するにあたり非常に重要な技術である。しかし、カメラが移動する場合、背景に見かけの動きが生じるため、移動体抽出は困難となる。この問題を解決する有効な手法としてこれまで、フレーム間での背景の動きをアフィン変換等で近似できると仮定し、推定された変換パラメータを用いて背景の動きを除去する手法がいくつか提案されている [1][2]。この移動体抽出の研究では実時間で動作するために処理の高速化が重要な課題の1つとなっている。

処理の高速化を行なうには、分散処理やアルゴリズムの単純化、高速化などが考えられる。分散処理を行なう方法としてマルチプロセッサを用いる方法があるが、その中でも画像など大量のデータを処理する上で有効な方法として複数の DSP を用いる方法がある。本研究では移動カメラ画像からの実時間での移動体抽出を目的とした画像処理用 DSP ボードを用いたシステムの実装について報告する。本手法では複数の DSP を用いて並列およびパイプライン処理を実現し、さらに処理を DSP ボードに実装するためアルゴリズムの簡略化を行った。

2 移動体の抽出法

本研究では

(1) 背景の動きは画像上で支配的な動きである

(2) 背景の動きはアフィン変換で近似できる

と仮定する。まず、勾配法によりオプティカルフローを算出し (Step 1)、背景の動きパラメータ (アフィン変換のパラメータ) を推定する (Step 2)。次に、フレーム間で背景の位置合わせを行ない、差分により移動体を抽出する (Step 3)。以下でそれぞれのステップについて具体的に述べる。

An Implementation of Realtime Extraction of a Moving Object from a Moving Camera on DSP Boards
Takashi Matsuoka, Shoichi Araki, Kazumasa Yamazawa, Haruo Takemura and Naokazu Yokoya
Nara Institute of Science and Technology (NAIST)
8916-5 Takayama-cho, Ikoma, Nara 630-01, Japan.

Step 1 オプティカルフローの計算

オプティカルフローの計算には勾配法 [3] を用いることとした。勾配法とは連続するフレーム間で物体の輝度 $I(x, y)$ が変化しないという仮定から導かれる拘束式

$$I_x u + I_y v + I_t = 0 \quad (1)$$

を用いてオプティカルフロー (u, v) の計算を行う方法である。ここで I_x, I_y, I_t はそれぞれ水平、垂直、時間方向の輝度勾配である。この方法の場合、未知数が u, v の2つであるのに対し、方程式が1つしか成立しないため、このままでは解を求めることができない。これを解決する手法として入力画像に2種類のフィルタリングを行ない、得られた画像それぞれについて拘束式を立ててオプティカルフローを計算する手法 [4] があるが、本研究では、処理の高速化のためカラー画像を用いて RGB それぞれについて式 (1) を立て、最小2乗法を用いてオプティカルフローを算出する。

Step 2 動きパラメータの推定

次に、得られたオプティカルフローから背景の動きパラメータを推定する。本研究では背景の動きをアフィン変換で近似する。アフィン変換は

$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} \\ a_{21} & a_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \end{pmatrix} \quad (2)$$

で表される変換であり、 $a_{11}, a_{12}, a_{21}, a_{22}$ は回転および拡大縮小のパラメータ、 b_1, b_2 は平行移動のパラメータである。本研究では変換前の点 (x, y) と変換後の点 (X, Y) の差がオプティカルフロー (u, v) であるとみなし、処理の高速化のため、画像上の16点で式 (2) を立てることとする。また、動きパラメータはロバスト統計の1種である LMedS 推定を用いて推定する。LMedS 推定とは観測されたデータ (ここでは新しいフレームでの点の座標) と推定されたデータ (ここでは前のフレームでの点の座標を式 (2) によって変換した座標) との間の差を対象となるデータ (ここでは選択した16点のデータ) それぞれに対

して計算し、計算結果のメディアンが最小となるようなパラメータを推定パラメータとみなすという手法である。

Step 3 移動体の抽出

移動体の抽出は、求めた動きパラメータを用いて前のフレームの画像をアフィン変換した画像と、現在の画像の差分を求めることで行う。

3 実験

3.1 システム構成

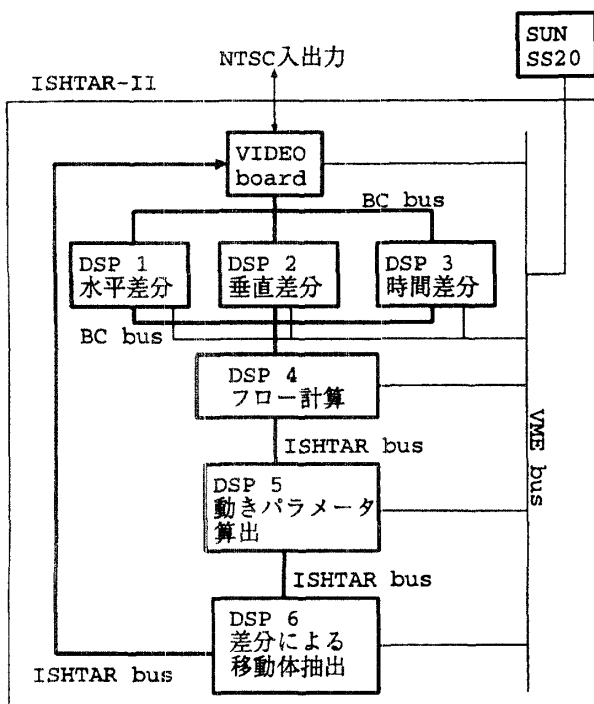


図 1: システム構成図

実装に用いたシステム構成を図 1 に示す。DSP ボードには 1 個の DSP(TMS320C40 50MHz) および 256Kword(1word=32bit) の画像用メモリが 2 枚、256Kword のプログラムメモリが 1 枚搭載されている。また、ビデオボードには NTSC の入力を 1 秒 30 フレームで取り込み、各ボードへ RGB 形式で出力する機能および、DSP ボードから入力された画像を NTSC へ変換し、ビデオ出力する機能がある。

3.2 実装

ビデオボードにおいて秒 7 フレームで NTSC から RGB 各 8 ビットのデジタル画像へ変換された 320×240 画素の画像を DSP ボード 1~3 へ送り、それぞれの DSP ボードで水平、垂直、時間差分を各画素の RGB それぞれについて計算する。計算結果は

すべて DSP ボード 4 へ送り、各画素についてオプティカルフローを計算する。これを DSP ボード 5 へ送り、ここで予め選択した 16 点から 3 点を選ぶ組合せの全てについてアフィン変換パラメータを算出し、LMedS 推定を用いて画像間で支配的な背景の見かけの動きパラメータを推定する。最後に推定された背景の動きパラメータを DSP ボード 6 へ送り、前のフレームの画像にこの動きパラメータを用いて式 (2) により推定した画像と実際に得られた現在のフレームの画像の差分を取り移動体を抽出する。

3.3 結果

図 2 に本システムによる移動体抽出結果を示す。図 2(a) に示すように中央の人物が画面左から右へ移動しており、カメラがパンしつつ人物を追いかけているような画像に対して本システムで移動体を抽出した結果が図 2(b) である。若干のノイズが見られるが中央の人物がほぼ抽出されていることがわかる。



図 2(a) : 入力画像

図 2(b) : 抽出結果

4 おわりに

本報告では移動カメラ画像から移動体を実時間で抽出する手法を検討し、その DSP への実装について述べた。実際に秒 7 フレームで抽出できることを実画像を用いた実験により確認した。

今後はさらなる高速化と高精度化が課題であると考えられる。さらに、移動体の輪郭を Snakes を用いて抽出し、追跡を行う予定である。

なお、本研究の一部は文部省科研費補助金 (No.922 1219) による。

参考文献

- [1] 寺久保, 横矢, 岩佐, 竹村: “2 段階アフィン変換を利用した移動カメラ画像からの動物体の抽出”, 信学技報, PRU95-181, 1995.
- [2] 朝岡, 横矢, 竹村, 山澤: “ロバスト統計を用いた背景位置合わせに基づく移動カメラ画像からの移動物体抽出”, 信学技報, PRMU96-145, 1996.
- [3] B.K.P. Horn and B. Schunck: “Determining optical flow”, *Artificial Intelligence*, Vol.17, pp.185-203, 1981.
- [4] S. Yamamoto, Y. Mae, Y. Shirai and J. Miura: “Real-time Multiple Object Tracking Based on Optical Flows”, *Proc. Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp.2328-2333, 1995.