

Title	勾配法を用いたオプティカルフロー高速検出ハードウェアの構築
Author(s)	戸田, 吉伸
Citation	
Issue Date	2004-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1809
Rights	
Description	Supervisor:堀口 進, 情報科学研究科, 修士

勾配法を用いたオプティカルフロー高速検出 ハードウェアシステムの構築 1

戸田 吉伸 (210062)

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

2003 年 2 月 13 日

キーワード: jaist-j-master-abstract.sty, title, author, eauthor, school, date.

1 はじめに

近年，撮像素子や画像センサ技術の進歩により，高解像度かつ高フレームレートな動画像をリアルタイムに処理する要求が高まっている．例えば，動画像中の移動物体の検出や，奥行き情報に基づく 3 次元位置の認識等が挙げられるが，これらの処理はロボットの視覚認識システム等で重要なものであり，高精度で高速な処理が求められている．画像処理においてフレームレートの高い動画像を用いることは，連続するフレーム間の動きが小さくなるという利点があり，物体追跡などにおいて有効性が示されている．

時間的に連続する画像フレームから画像中の移動物体を解析する手法として，画像上の画素ごとにおける動きベクトルを求めるオプティカルフロー推定法が広く使用されている．オプティカルフロー推定法は，動画像中の見かけの速度ベクトル場として知られており，非常に詳細な動きの情報を提供できるので，移動物体の抽出，動きをもとにした領域分割，3 次元動的な動き・構造の解析など，ダイナミックシーン解析における様々な問題に利用されている．しかし，その反面，計算量が非常に膨大であるため，リアルタイムで処理を行うためにはハードウェアによる高速化が必要である．特に小さな動きや動いている対象物の形状まで検出を可能にするためには，密度の高いオプティカルフロー生成が高速で行えるシステムが重要になってくる．

これまでも，オプティカルフローの専用処理ハードウェアがいくつか開発されている．256PE からなる一次元アレイで探索範囲を制限しながらマッチングを行うことにより，マッチング法を高速化するハードウェアが開発されている．しかし，テンプレートマッチングでブロックの対応付けを行うこの方法では，拡大・縮小・回転などの複雑な運動に対して弱い．信頼性の高いフローベクトルを計算できる手法である，空間的局所最適化法については，パイプラインイメージプロセッサを用いて，高速に処理するハードウェア

アについて研究されている．しかし， 252×316 pixels の画像を処理するのに 47.8ms 必要で，高精細な画像を高速に処理しているとはいえない．

本研究では，最も信頼性の高いフローベクトルを計算できる手法である，空間的局所最適化法を高速に計算するハードウェアシステムを設計・構築する．具体的には，空間的局所最適化法で行う局所領域内の重み付き局所和の計算を，列毎の和に分解することで効率の良い計算結果の再利用を可能にする方法を提案し，オプティカルフローの演算がパイプライン的に処理できることを示す．そして，その方法に基づいたハードウェア回路を設計し，このハードウェアの有効性について検証する．

2 オプティカルフローとは

動画像からの速度検出に関する研究は 1970 年ころより取り組まれている．その多くは動画像中の濃淡パターンの対応付けの考えをもとに，速度場を計算する手法が一般的である．こうした対応付けの考えに基づき，動画像より検出される見かけの速度場を，狭い意味のオプティカルフローと呼ぶ．従来より提案されている手法は，ブロックマッチング法と勾配法に大別される．連続するパターンの陽な対応付けを実行し，得られる変位ベクトルからオプティカルフローを決定する手法をマッチング法と呼ぶ．

一方，パターンの特徴を表す画像関数 (濃淡分布) $f(x, y, t)$ が，運動に際し不変に保たれるとの仮定 ($f(x, y, t) = f(x + \delta x, y + \delta y, t + \delta t)$) より，ある点 (x, y) におけるオプティカルフローの速度と，動画像の濃淡分布の空間勾配，及び時間勾配とを関係づける式 (拘束条件) をもとにした解析手法を，勾配法と呼ぶ．また，勾配法で，ある画素 (x, y) の速度ベクトルを決定するには，動画像より得られるオプティカルフロー拘束条件の他に，もう一つ以上の高速条件式が必要となる．これは，付加する拘束条件によって 2 つの手法に大別される．一つは，オプティカルフローの空間的变化を最小にする条件を加えた空間的大域最適化法であり，もう一つは，同一物体の濃淡パターン上の局所領域では，オプティカルフローは一定であると仮定した空間的帯域最適化法である．比較研究において，空間的局所最適化法が最も良好な結果を納めている．よって，本研究ではこの手法を採用する．

3 列和計算結果再利用法

オプティカルフローを空間的局所最適化法を用いて計算する場合，フローを求める点を中心とした任意の大きさの局所領域を設定し，領域中の全ての点における偏微分を求め，それらを乗算する．そして得られた値に局所領域内の相対座標に基づく重みをかけ，総和 (重み付き局所和) をとる．局所領域からは 5 種類の重み付き局所和が得られ，これを空間的局所最適化法の式に代入して，フローを計算する．

この計算の中で最も時間のかかる部分は，重み付き局所和を全ての画素において行うところである．この処理を高速化するために，重なり合う局所領域間で計算結果の一部を再

利用する．そこで，まず二次元ガウス関数である重みを，一次元ガウス関数に分解することで，重みの計算を行と列とで別々に行う．そうすることで，重み付き局所和が行数分の重み付き列和に分解され， y 軸方向のずれがなく重なり合う局所領域間で，一部の重み付き列和を共有することが可能となる．

4 まとめ