

学 位 論 文 題 名

補完的投票による

ロバストオプティカルフロー推定法とその応用

学位論文内容の要旨

近年、オプティカルフローを推定するために多くの計算手法が提案されている。大きく分けて微分法と相関法の二つがある。微分法は推定精度が高いが、ノイズに敏感である。それに対して、相関法はノイズに敏感ではないが、遮蔽などの不良条件に対して、推定結果の精度や安定性が期待できない場合がある。また一般に計算コストが高くハードウェアで実現することは容易ではない。

本研究の具体的な応用対象の一つは海水中生物などを観測するための遠隔探査機 (ROV) を用いた定点観測及び視野固定のための視覚追従制御の実現である。深海中に起こる水流による攪乱や、マリンスノウに代表される不良条件が多く存在し、上記機能の実現は容易ではないと考えられる。従って、視覚フィードバックにより ROV を制御することで安定的に ROV の視野を固定することを実現することを考える。

本研究では、このような画像品質が低い映像からオプティカルフローをロバストに推定する手法を提案する。提案手法では、方向符号照合法により 2 枚の画像間の類似度分布を算出する際に、テンプレートを複数のブロックに分割し、各々の類似度分布から全てのピーク (極大値) を検出し、類似度が高い順に並べたピークリストを作成する。このうち、上位のピークをオプティカルフローとなり得る候補ベクトルとして正投票に利用し、下位あるランクのピーク値以下となるオプティカルフローが存在する可能性が低い領域を抑制領域として負投票に利用する。正投票はオプティカルフローの真値を強調するとともに、負投票はノイズを抑制する。補完的な投票結果 (正・負投票) によりオプティカルフローの真値を推定する。一方、ノイズを最小に抑え、かつ真値を強調して、生成した投票結果の分布および票の数によりオプティカルフローの信頼度も同時に推定する。

投票コストの削減について、対応した高速化手法も提案した。高速化手法には、以上に述べた負投票の戦略を改善し、「領域」投票ではなく「点」投票にした。結果として、オプティカルフローを推定する能力を保ったまま、計算効率を大幅に向上したという効果を得た。

提案手法が実映像に対するオプティカルフロー推定の応用において、そのロバスト性を持つということを実験的に明らかにした。

学位論文審査の要旨

主 査 教 授 金 子 俊 一

副 査 教 授 小 野 里 雅 彦

副 査 准教授 田 中 孝 之

学 位 論 文 題 名

補完的投票による

ロバストオプティカルフロー推定法とその応用

本研究は,ROV などのいわゆるロボットビークルを視覚誘導制御するための基礎技術として,観測カメラから実時間で入力される観測画像時系列にもとづいて背景オプティカルフロー (以下,OF) をロバストに推定する独自手法を提案するものである.

背景 OF はロボットビジョンなど様々な分野で応用されているが,それを推定するため,多くの計算手法が提案されている.しかしながら推定精度やノイズに対する敏感性などがその応用分野を制限している.

本研究で提案されているロバスト推定技術の具体的な応用対象の一つは,海水中生物などを観測するための遠隔探査機 (ROV) を用いた定点観測及び視野固定のための視覚追従制御の実現である.深海中に起こる水流による攪乱や,マリンスノウに代表される不良条件が多く存在し,上記機能の実現は容易ではないと考えられる.従って,視覚フィードバックにより ROV を制御することで安定な視野固定を実現することが考えられている.

提案手法は次の段階により構成される.

- (1) 明度変化や遮へい (マリンスノーなどへの対処) に対してロバストであることが既に確認されている方向符号照合法を用いてブロック照合を行う.
- (2) 複数の近傍ブロック内の OF ベクトル値 (向きと大きさ) は類似する,という前提に基づいて,OF の候補値に対して正スコアを付けて投票する.これを正投票と呼ぶ.
- (3) 一方,各ブロック内の低類似度領域を選択的に負スコアを付けて,同一の投票空間に投票する.これを負投票と呼ぶ.
- (4) 上記の (2) および (3) を統合して,補完的投票と呼んで独自に提案している.
- (5) 有効な正投票数および負投票範囲を合理的に決定するための SN 比を独自に提案している.
- (6) 合理的投票パターン (投票空間におけるスコアプロファイル) を有効投票数,スコア分散などを用いて独自に評価する信頼度を提案している.
- (7) 上記 (5) および (6) を含む提案手法の有効性を確認するために,多くの実画像データを用いた実験を行い,着実な評価を行っている.

提案手法は小さく計算コストを必要とされるが、その計算コストを2桁低減するために、正投票スコアを持つ投票位置のみにおいて負投票を行うという単純ではあるが強力なアイデアに基づいて、有効な計算コスト低減手法を提案した。これにより、ほとんどの実験において大幅な高速処理を実現した。

以上要するに、著者は低品質の動画像時系列に基づくロバスト背景オプティカルフロー推定のための独自手法を提案し、多くの実画像データを用いてその有効性を実証的に示した。本研究の成果は、ロボットの新分野の発展に寄与するところ大なるものがある。よって、著者は北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。