

マツオ タクヤ

氏 名	松尾 琢也
学 位 の 種 類	博士 (工学)
学 位 記 番 号	博第1045号
学位授与の日付	平成28年3月23日
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当 課程博士
学 位 論 文 題 目	ジョイントフィルタによる高効率な奥行き推定に関する研究 (A Study on Efficient Depth Map Estimation by Using Joint Filtering)

論文審査委員	主 査	教授	石橋 豊
		教授	松尾 啓志
		准教授	布目 敏郎
		教授	藤井 俊彰
			(名古屋大学)

論文内容の要旨

近年、様々な映像アプリケーションでは奥行き情報（デプスマップ）の活用が期待されている。デプスマップを取得する方法としては、2視点画像を用いたステレオマッチングがあり、数多く手法が研究されている。ステレオマッチングは、コスト計算、コスト集約、最適化と視差計算、精度改善という4ステップからなる。コスト計算では2視点画像の画素毎の対応関係からマッチングコストを計算し、コスト集約ではフィルタ等でマッチングコストを集めることでノイズへの頑健性を高めてマッチングを安定させ、最適化と視差計算ではモデルに当てはめたマッチングコストを最適化してデプスマップを求め、精度改善では求めたデプスマップの外れ値やノイズを除去して高精度化する。従来では、マルコフ確率場などでモデル化し、その最適化問題を解く手法や、近年では、原画像の物体輪郭を考慮するジョイントフィルタをコスト集約に用いた手法が高精度なデプスマップを取得する手法として多く提案されてきた。しかしながら、これらの手法は、最適化問題の解析時間、取り得るすべての奥行き値のコストにフィルタ処理する処理時間が大きい。実利用を考慮すると、デプスマップの精度と同時に、処理時間も重要になる。

そこで本論文では、高精度なデプスマップを高速に取得することを目的に、ステレオマッチングに対して様々なアプローチを検討する。本論文は以下の各章から構成される。

第1章では、本研究に至った背景を示し、本論文の議論の前提となるステレオマッチングとジョイントフィルタについて技術概要を説明する。そして、本論文の目的を示す。

第2章では、高速に動作する精度改善に着目する。ここでは、高速化のために最適化を行わないブロックマッチングによって奥行き推定を行うことを想定するため、ノイズが多く、奥行き値境界も不正確なデプスマップが取得される。そこで、近年コスト集約に用いられるジョイントバイラテラルフィルタをベースに、ノイズの拡散を抑制しつつ、奥行き値境界をぼけなしに補正する三つの手法を提案する。それらは、信頼度を用いたジョイントトリラテラルフィルタ、ノイズ抑制と境界補正を行う重み付きジョイントバイラテラルフィルタとぼけ抑制を行うジョイントニアレストフィルタ、原理的にぼけが発生しないコストボリュームフィルタリングに重み付きジョイントバイラテラルフィルタを用いる手法である。いずれの手法も、従来の精度改善手法に比べて大幅に改善精度が向上し、最適化手法の中でも高速なSGMよりもさらに高速に動作する。これらの提案手法によって高精度かつ高速な精度改善を実現可能となった。

第3章では、精度改善のプロセスを生かした新しいステレオマッチングのフレームワークを提案する。ジョイントフィルタによるコスト集約を用いれば、輪郭を維持した高精度なデプスマップを取得可能であるが、コスト集約では取り得るすべての奥行き値を示すコスト空間に対してフィルタ処理する必要がある、その処理時間は大きい。そこで提案手法では、高速な精度改善において重み付きジョイントバイラテラルフィルタによる奥行き値境界の補正を行い、その結果をコスト集約にフィードバックする。また、フィードバック後のコスト集約はボックスフィルタという軽量のフィルタを用いる。提案手法は、繰り返すことで、境界精度は単純な精度改善よりも向上し、さらに、精度改善では難しい大きな誤りの除去を可能にした。加えて最SGMといった最適化よりも少ない処理時間で、より高精度なデプスマップを取得可能な手法となった。

第4章では、ステレオマッチングの後段にアップサンプル処理を追加することを提案する。ステレオマッチングの処理時間は、画像サイズと取りうる奥行き値に依存するため、画像をサブサンプルすると処理時間を下げることができる。しかしながら、取得されるデプスマップの解像度も小さくなる。そこで、デプスマップに特化したジョイントフィルタによるアップサンプル手法を提案する。提案手法で、平坦部はなめらかに、奥行き値境界ではぼけが発生しないように、サンプル点の重みを適応的に変化させてアップサンプルすることで、従来手法よりも高精度なアップサンプルが可能となった。加えて、デプスマップをサブサンプルしても提案手法で効率的に復元可能であるため、デプスマップの符号化効率が向上し、伝送等を考慮したときの応用が可能となった。

最後に、第5章では本論文で得られた結論及び今後の課題、展望を述べる。

論文審査結果の要旨

近年、様々なアプリケーションでは奥行き情報（デプスマップ）の活用が期待されており、2視点画像を用いたデプスマップ推定手法（ステレオマッチング）が数多く研究されている。ステレオマッチングは、コスト計算、コスト集約、最適化と視差計算、精度改善の4ステップからなるが、従来研究では、最適化やコスト集約のステップで複雑な処理を行うため、デプスマップを高精度に取得できる一方で、高速な取得は難しかった。そこで本論文では、高精度なデプスマップを高速取得することを目的とし、物体輪郭を維持した平滑化が可能なジョイントフィルタを用いた様々なアプローチを検討している。

第1章では、本研究の背景と議論の前提となる技術要素を説明し、本論文の目的を示している。

第2章では、ステレオマッチングのステップのうち高速動作が可能な精度改善に着目し、低精度なデプスマップを高速に取得し、これを高精度化する改善手法を提案している。そこでは、ノイズの拡散を抑制し、デプスマップの輪郭をぼけなしに原画像の物体輪郭に補正するジョイントフィルタを用いた改善手法を3つ提案している。評価の結果、従来の改善手法に比べて大幅に改善精度が向上し、ノイズが多いデプスマップに対しても効果的なことを示している。また、最適化手法の中でも高速な手法と比較しても、デプスマップの精度は同等以上で、提案手法の方がより高速に動作することを示している。

第3章では、精度改善のプロセスを生かした新しいステレオマッチングのフレームワークを提案しており、従来の4ステップに加えて、精度改善を行ったデプスマップを取りうる奥行き値の尤度に分解するコストボリューム構築と、生成したコストボリュームをコスト計算したマッチングコストと合わせるコストボリュームブレンドというステップを加えたフレームワークになっている。このフレームワークを繰り返し処理することでジョイントフィルタの改善効果をコスト集約以前にフィードバックでき、評価の結果、フィードバックしない改善手法では除去の難しい大きな誤りを含むデプスマップの改善も可能になり、より高精度なデプスマップの取得が可能であることを示している。また、最適化手法の中でも高速な手法と比較しても、より高速に、より高精度なデプスマップの取得が可能であることを示している。

第4章では、低解像度な画像を用いてデプスマップを高速に取得し、デプスマップに特化したアップサンプル手法によって高精度なデプスマップを復元する手法を提案している。提案手法では、奥行き境界ではぼけが発生せず、平坦部では滑らかになるようにサンプル点の重みをジョイントフィルタによって適応的に変化させる手法を提案している。評価の結果、従来の復元手法よりも高精度に復元可能であることが示されている。また、高速取得だけでなく、デプスマップのデータ量を削減する符号化技術としても利用可能なことが示されている。

第5章では、本論文で得られた結論および今後の課題、展望を述べている。

以上、本論文は、ジョイントフィルタを用いた高精度なデプスマップの高速な取得手法を提案しており、その効果が実験により示されている。これらは、デプスマップを用いる様々なアプリケーションの性能向上や適用範囲の拡大に寄与し、この分野の発展に貢献する。よって、本論文は学術上、産業上価値のあるものと考えられ、本学博士（工学）の論文として十分にその価値を有するものと判断する。