

氏名	松原 洋一
学位の種類	博士 (工学)
学位記番号	甲 第 705 号
学位授与の日付	平成 31 年 3 月 20 日
学位授与の要件	信州大学学位規程第 5 条第 1 項該当
学位論文題目	ポアソン分布に基づく輝度偏差を用いた合焦評価に関する研究

論文審査委員	主査	教授	田中 清
		教授	エルナン アギレ
		教授	笹森 文仁
		准教授	白井 啓一郎
		准教授	児玉 明 (広島大学)

論 文 内 容 の 要 旨

近年、工業製品の寸法測定に対するニーズが高まっている。平面方向の測定は顕微鏡にカメラを接続するなどした簡便なシステムで測定できるが、奥行き方向の測定は高価な装置を使用しないと出来ないのが現状である。そこで、奥行き測定方法の 1 つである **Depth from Focus 法(DfF 法)** に注目した。カメラを取付けた顕微鏡やデジタルマイクロスコープを使用して、作動距離を変化させることで合焦位置が変化した画像が得られる。このようにして撮影した複数枚の画像から、各画素ごとに、最も焦点の合った画像を計算し、その作動距離から奥行きを推定する方法である。特殊な光学系が不要で簡便に奥行き測定が出来る。

DfF 法 は従来から研究されているが、いくつかの課題がある。1 つは大きな輝度変化を伴うエッジの近くで、奥行き推定を誤る場合があること。もう 1 つは、テクスチャの不明瞭な領域に対して、奥行き推定の精度が低下することである。

これらの問題に対処するため、合焦度合いを示す指標 (合焦評価値) の計算方法に新たな方法を導入した。この計算には、注目画素の画素値とその周辺画素の平均値の変化率を用いる。ただし、一般的な標準偏差や平均偏差などの計算とは異なり、平均値からの差分のかわりに比率を用いる。この計算は、注目画素の輝度値と周辺画素の平均輝度値の間にポアソン分布の関係があることを利用している。

あわせて、平均化する窓半径を複数使い、それらの合焦評価値を、先行研究の手法を用いて合成する。各窓半径から得られる合焦評価値の曲線が鋭いものの重みを大きくして合成する。このことにより、輝度変化の大きなエッジ周辺では窓半径を小さめに、テクスチャの少ない領域では窓半径を大きめにとることが出来、課題の解決が出来る。

この手法と従来法に対して、シミュレーション用の画像と実画像とで奥行き推定の比較実験を行ったところ、提案手法は先行研究の手法を上回る性能が得られた。

しかし、この手法にも課題がある。メモリ使用量の多さと、処理に時間がかかることである。合焦評価値の合成前では、全画像の全画素ごとにすべての窓半径についての合焦評価値を保持する必要がある。このため大量のメモリが必要である。また、演算回数も多くなるため処理時間もかかる。

これらの問題を解決するために、画素ごとに処理を行う手法を考案した。画素ごとに処理を行うことで、膨大な合焦評価値データを保持する必要がなくなる。しかし、従来の処理では、周辺画素の平均化処理が 2 段階で行われるため、画素ごとの処理が出来ない。そ

ここで、画素ごとの処理が出来るように、平均化処理を1度に減らした近似手法を考案した。

この近似により、画素ごとの処理が可能となり、メモリ使用量を約 1/3 に減らすことが出来た。また、CPU や GPU で並列化処理を行うことも可能となり、実際に実装して実行時間を比較した。並列化により処理時間を 1/2~1/10 に短縮できることを確認した。一方、奥行き推定の性能は、画素ごとの処理にする前後でほぼ同じ性能であることが確認出来た。

しかし、画素ごとの処理に近似したことで、テクスチャの少ない領域で若干の性能低下が見られた。そこで、性能向上のために手法を改良した。画素ごとに処理を行う特性を生かすと、画素ごとに窓半径の範囲を小さくしたり、大きくしたりすることが出来る。従来は、合焦評価値の変化に応じて重みを付けて合成していたものを、最良の窓半径の合焦評価値のみを用いる方法に変更した。このことにより、輝度変化の大きなエッジ周辺やテクスチャの少ない領域での復元性能の向上が期待できる。

画像を用いて評価したところ、これらの領域で性能が向上することを確認出来た。また、画像サイズの大きい画像の奥行き推定も、小さい画像サイズの場合とほぼ同じパラメータを用いて、精度良く推定できることが確認出来た。

Depth from Focus 法を用いた三次元測定はデジタルマイクロスコープ等で実用化されているが、大きな平滑化により見た目の精度を上げている印象が見られた。今回の研究で、被写体によらず精度良く奥行き測定ができる可能性が開けたと考える。