

審査の結果の要旨

氏名 小林 理弘

本論文は「画像・映像理解のためのノイズ特性推定とその応用」と題し、カメラで取得した画像や映像のノイズ特性を推定し、有効に利用する枠組みを提案したものであり、全体で7章により構成されている。

第1章「序論」では、本研究の背景として、本研究が着目するノイズの特性とその有効性について触れ、論文で提案する物理ノイズおよび計測誤差の2種類のノイズの特性に着目した応用例の概要について述べている。

第2章は「ノイズ特性の一貫性にもとづく映像の改ざん検出」と題し、映像の真正性評価を目的としたノイズ特性の応用手法についての概要が述べられている。まず、研究の背景として近年のデジタルデータに対する真正性評価の重要性について触れ、続いて本論文が提案する静止シーンおよび動的シーンに対するノイズ特性を手がかりとした改ざん検出手法の概要を述べている。次に電子透かしや改ざん検出といった既存の真正性評価手法を紹介し、提案手法の位置づけと利点を整理している。

第3章「静止シーンの改ざん検出」では、静止シーンを対象とした改ざん検出の手法が提案されている。本研究では改ざんの手がかりとして映像に混入するノイズの特性の一貫性に着目し、ノイズ特性をノイズレベル関数として記述している。静止シーンの仮定のもとでは各画素のノイズ特性が画素値の時間的な平均と分散の関係として記述されることを示し、ノイズレベル関数を推定する手法が提案されている。ここで、改ざん映像では異なるノイズ特性が混在して観測されることから、ノイズレベル関数の推定問題を混合確率分布モデルとして表現し、確率モデルを用いた推論によって改ざんの確率を推定している。実験室環境および屋内外で撮影された映像から作成された改ざん映像に対して検証実験を行い、画素単位で改ざんの確率が推定できることが示されている。

第4章「動的シーンの改ざん検出」では、前章で提案された改ざん検出の手法の動的なシーンへの拡張について述べられている。移動物体を含む動的シーンでは、静止シーンの場合とは異なり各画素の時間的な平均と分散からノイズ特性を求めることができないため、領域的な追跡によってノイズ特性を求める枠組みを提案している。ここで、領域的な分散を計算すると、ノイズによる分散の他に陰影やテクスチャによる分散の成分が混在するため、各成分を分離する処理が追加されている。改ざんの手がかりとしては、分離されたテクスチャの分散と輝度の間にある関係性に着目し、その振舞いから改ざんの度合いを評価している。人工映像および実映像に対して提案手法を適用し、動的シーンにおいてもノイズ特性が改ざんの指標として有効であることが示されている。

第5章は「計測誤差を考慮したアルゴリズムの提案」と題し、計算機科学全般における誤差の取り扱いについて整理している。特に実験の事前処理である校正に混入する誤差がアルゴリズムの推定精度に与える影響について言及し、校正誤差を考慮したアルゴリズムを構築することによって推定精度を向上させることができることを主張している。ここで提案する枠組みの具体的な事例として、照度差ステレオにおける光源方向の校正誤差が復元された形状誤差に与える影響について論じている。照度差ステレオから推定された勾配から3次元形状を復元する既存手法の問題点を指摘し、校正誤差を考慮した形状復元手法の枠組みを提案してい

る.

第6章「光源方向の校正誤差を考慮した照度差ステレオからの形状復元」では、前章で提案された形状復元手法の詳細を述べている。提案手法は、照度差ステレオで事前に校正される光源方向と推定される物体の法線が3次元単位ベクトルであることに着目し、単位ベクトルに対する回轉的な揺らぎを記述するフィッシャー分布によってこれらの値の誤差モデルを構築する手法を提案している。提案手法の妥当性を示すため、光源方向の校正値と照度差ステレオから推定された法線の角度誤差を解析し、それぞれフィッシャー分布で記述されることが示されている。また、フィッシャーノイズモデルにもとづく3次元形状復元の手法を提案し、人工画像および実画像を用いた照度差ステレオに対して提案手法を適用することによって、本研究が提案する校正誤差を考慮したアルゴリズムの有効性が示されている。

第7章「結論」では、研究全体を総括し、論文で提案された手法の貢献をまとめた上で、今後の課題と展望について議論している。

以上これを要するに、本論文では、データに混入するノイズの特性に着目し、その特性を正しくモデル化・推定・応用することにより、ノイズを映像の改ざん検出や照度差ステレオによる形状復元に有効に利用する枠組みを提案するものであり、電子情報学上貢献するところが少なくない。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。