

審査の結果の要旨

氏名 境野 英朋

本論文は、「実環境センシングのための局所的な画像特徴に基づいたフロー推定法と画像予測法に関する研究」と題し、高精度な実環境画像センシングを実現するために、局所的な画像特徴に基づいたフロー推定法と画像予測法を提案している。論文は全8章から成っている。

第1章は、序論であり、実環境センシング、特に、カメラ画像などに基づいた画像センシングにおいて重要とされている観測する対象の動き特徴を推定・解析するフロー推定法と、次の時刻以降の画像を生成する画像予測法に対する課題を整理し、具体的な研究の目的について明らかにしている。従来研究では屋内環境や人工物が多く扱われてきているが、特に、流体状の自然現象の扱いは稀である。また、対象の大局的な画像特徴によるモデルが多く、環境外乱や対象の変形自由度が高い場合は精度が低下することが課題である。そこで本論文では、高精度な実環境センシングを実現するために、局所的な画像特徴に基づいたフロー推定法と画像予測法を提案することを目的としている。

第2章では、フロー推定法の中の勾配法における Horn&Schunck (HS)法に着目し、フローの滑らかさの拘束条件に対する重み係数に関して局所的な画像特徴に基づいた最適化法について提案している。従来法では画像全体で一つの重み係数が経験的に設定されてきたが、提案手法ではフーリエ変換に基づいたテクスチャ解析法に着目し、正弦波画像に基づいた局所的な最適化法を提案している。実験において、提案手法による局所的な画像特徴に応じた複数の重み係数を用いることでフロー推定精度が2倍近く向上することを示している。

第3章では、環境外乱や対象間で見え隠れがある場合において、輝度変動モデルとフローの局所的な平行性の拘束条件と、外れ値の影響を抑制するロバスト推定法に基づいた目的関数を提案している。実験では降雪により見え隠れが生じている交通シーンを用い、大局的な画像特徴に基づいた従来法では得られなかった走行車両のフローが明瞭に得られることを示している。

第4章では、局所的に変形自由度の高い画像に応じたフロー推定を実現するために、物理的な表現として波生成理論から導かれる波物理モデルに基づいた目的関数を提案している。実験では局所的な表面形状やテクスチャの変化が著しい水面画像を扱い、大局的な画像特徴に基づいた従来法では得られなかった急激に変化するフローが提案手法により得られることを示している。

第5章では、変形自由度のある実画像を時空間的に外挿して画像をリアルに生成・予測するために、物理モデルに基づいた画像予測関数を勾配法の基本拘束式より導出している。また、フローの変化の違いに応じた予測モデルを提案している。さらに、画質と数値解法との関係を解析を行い、画質の劣化を2倍近く抑制できるCIP法の効果を示している。実験では従来からのメッシュモデルで困難であった流体状の物理的な移動と変形に関する表現が提案手法により高められることを示している。

第6章では、時系列画像からの局所的な画像特徴に基づいた短時間先の画像予測について述べている。これまでは時系列画像の学習、画像圧縮を介した大局的な画像特徴を用いていたため画質の低下が生じていたが、提案手法では画像圧縮せずに画像間から局所的なフローを推定し、さらにフローと輝度をもつ画像予測関数により画像の予測精度を4倍近く改善できることを示している。

第7章は、時系列画像からの局所的な画像特徴に基づいた長時間先の画像予測について述べている。気象レーダ画像の長時間予測問題を扱い、従来法が一定画像領域ごとに線形外挿していたのに対して、提案手法では局所的な輝度とフローの双方を時空間的に予測変化させることで、予測精度が30%以上向上することを示している。

第8章は結論であり、本論文で得られた成果についてまとめている。

以上、本論文では、高精度な実環境画像センシングを実現することを目的とし、局所的な画像特徴に基づいたフロー推定法と画像予測法を提案している。まず、フロー推定法では、重み係数の最適化法、見え隠れのある画像や急峻な流れがある画像からフローを推定するための新しい目的関数を創出している。次いで、画像予測法では、実画像からリアルな画像予測できる新しい画像予測関数を導出している。特に、長時間予測では気象予報システムとして商用化を実現し、数多くのユーザの生活に役立つ予報が配信されるようになっている。

本論文の成果は、実環境画像に対するフロー推定法と画像予測法の有用性と有効性を示すものであり、画像センシングの基盤技術の構築に貢献すると同時に、扱いづらいとされてきた実環境画像に基づいた多くの工学的な応用に寄与するものである。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。