

公益財団法人 セコム科学技術振興財団
研究成果報告書

研究課題名

次世代画像入力システムを実現する高速パンチルト・リフォーカスカメラの研究

Developments of High-Speed Pan-Tilt and Refocus Camera
for Next-Generation Image Capture System

研究期間

平成28年10月 ～ 令和3年5月

報告年月

平成3年6月

研究代表者

東京農工大学大学院 工学研究院学部 教授
高木 康博

Institute of Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology
Yasuhiro Takaki

概 要

現代の国民生活の安全確保のためには、カメラの存在は欠かせない。最近では、人工知能による画像認識能力の飛躍的な向上に伴い、カメラの重要性は一段と増している。最近のカメラの発展には目覚ましく、高解像度化や高フレームレート化が進んでいる。しかし、カメラの視線移動（パンチルト）には従来と変わらず機械的機構が使われるため、対象物の高速移動に追尾できない。焦点合わせにも機械的機構が使われているため、高速なピント合わせが難しい。本研究では、これらの問題点を解決するために高速パンチルト・リフォーカスカメラを提案し、実証実験によりその有効性を確認し、応用について検討した。

高速パンチルト・リフォーカスカメラは、マイクロレンズアレイで構成されるパンチルト部と、計算機による焦点合わせ（リフォーカス処理）を行うリフォーカス部で構成される。パンチルト部を2枚のマイクロレンズアレイで構成し、マイクロレンズアレイを互いに平行にシフトすることで光軸の方向を偏向させ、パンチルトを実現する。マイクロレンズをレンズピッチ程度シフトすることで最大パンチルト角が得ることができ、マイクロレンズアレイのレンズピッチを100 μm 程度としてシフトにピエゾ素子を用いることで高速なパンチルトが実現できる。第1のレンズアレイで得られる画像の一部を開口アレイで切り取り、第2のレンズアレイで拡大結像することでイメージセンサ上に要素画像群を結像する。要素画像群から視差画像群を合成して、さらに視差画像群を合成することで計算によるピント合わせが行える。このリフォーカス処理は並列性が高い処理であるので、本研究ではGPUを用いて計算による高速なピント合わせを実現する。

提案法の有効性を検証するために、実験システムを構築した。そのために、レンズピッチ103.5 μm で大きさ15.0 mm \times 11.0 mmのマイクロレンズアレイを設計し試作した。解像度が4,096 \times 3,000のイメージセンサと、最大変位量が100 μm のピエゾ素子を用いて実験システムを作製した。これにより、最大パンチルト角25 $^\circ$ で周波数1 kHzのパンチルト動作を実現した。リフォーカス処理のためにマルチGPUシステムを構築して、2台のGPUを用いて3.8 msの処理時間を実現した。以上の実験により、提案する高速パンチルト・リフォーカスカメラの有効性を示した。

つぎに、リフォーカス画像にボケが生じる問題の解決に取り組んだ。従来法では、レンズアレイの収差が視差画像に歪みを生じ、歪んだ視差画像を合成するためリフォーカス画像にボケが生じていた。そこで、中間の視差画像を生成せずに、要素画像からリフォーカス画像を直接生成するアルゴリズムを開発した。これにより、画像ボケを低減することができた。また、視差画像を生成しないため、処理時間の短縮とメモリ量の削減が可能になった。

高速パンチルト・リフォーカスカメラの応用として、パンチルト機能を活用した高解像度化撮影技術と、リフォーカス機能を活用した3Dディスプレイのための画像入力システムを開発した。

最後に、将来の展望として、高速パンチルト・リフォーカスカメラの性能向上とその応用について議論した。