

論文の要旨

題目 視点変換アイリスを用いた単眼ステレオ計測の研究
(A Study on Monocular Stereo Measurement using a Viewpoint Switching Iris)

氏名 森上 雄太

距離計測は移動対象の位置測定やモーションキャプチャ、工業計測など、様々な産業分野で利用されている。代表的な距離計測システムとして2台以上の撮像系を用いるステレオシステムがある。ステレオシステムに関する研究は立体鏡の発明などから始まり、立体視や処理アルゴリズム、ロボットビジョンなど、様々な分野で研究されてきた。近年では、処理アルゴリズムの高速化や、距離や姿勢などの計測、アプリケーションの開発などの研究が行われている。

一般的なステレオシステムでは複数の撮像系から異なる視点画像を取得するため、視点数に応じたカメラが必要となる。また、カメラの数が3台以上の超多眼ステレオでは視点数の精度の向上が見込めるため、様々な応用研究が行われているが、カメラ間での位置関係が重要であり、キャリブレーションを行う必要がある。また、それぞれのカメラで正確に同期をとらなければならず、システムが大規模であるという欠点がある。なお、近距離の計測対象を撮影する場合は、カメラヘッド本体の物理的な制限により複数台のカメラを連続して並べることが困難となる。

このような問題の解消のため、モーションステレオのような単眼で三次元計測を行う手法が多く提案されている。モーションステレオでは複数の視点画像を得るためにカメラを増やすのではなく、カメラを移動させて撮影することで時間的に複数の視点画像を取得する手法である。しかし、従来の単眼での三次元計測では複数の視点を取得するためにカメラを移動させる時間などの問題から計測対象は静止物体に限定され、動物体の三次元計測は困難であった。

一方で、撮像システムにおけるアイリス（絞り）は、レンズユニットを構成する部品の一つであり、小さな孔が開いているだけの簡単な構造である。アイリスは、孔を開放すると撮影画像は明るくなり、孔を絞ると撮影画像が暗くなるといった、開閉することで光量を調節できることが知られているが、その形状や位置、光学特性などによって画像の明るさ以外にも焦点ぼけ、視点、色特性などの様々な光学的変化を与えることが可能なデバイスとして捉えることができる。また、その特性を活かして、アイリスに着目した単眼ステレオ計測も多く提案されているが、モーションステレオと同様に、異なった時刻で得た複数の画像に基づいて計測を行うため、移動対象の三次元計測は困難であった。

前述のとおり、単眼により三次元計測を行う手法は多く提案されており、様々な場面で活用されている。しかし、これらの単眼ステレオ計測の研究では、異なる時刻で得た複数の画像に基づいた三次元計測を行うため、運動する計測対象に対する計測精度に大きく影響を与える同期ずれが発生する問題がある。そのため、これまで開発された単眼ステレオシステムの多くでは、静止した対象や環境に対する三次元計測に適用範囲が限定されているが、同期ずれを限りなく小さく抑えることで運動する計測対象の三次元計測が可能になると考えられる。

このような背景を踏まえ、本論文では、高速な視点切替を可能とする機構として、アイリス孔

を少し移動させただけで視点が変化するアイリスに着目した。また、複数の視点画像の撮像タイミングのずれを限りなく小さく抑えるため、アイリス位置を機械的に高速切替する視点変換アイリスの概念を提案し、高速度カメラと組み合わせることで従来では計測が難しかった移動対象の三次元計測を行うことを目的とする。また、提案する手法に基づいた単眼ステレオシステムを実際に構築し、移動対象等の三次元計測を行うことで視点変換アイリスを用いた単眼ステレオシステムの有効性を検証する。さらに、開発した単眼ステレオ計測システムを応用し、実時間で単眼ステレオ計測を行うシステムの開発や、計測誤差をさらに小さくするための4ピンホール視点変換アイリスの開発及びアルゴリズムの改良を行うことで提案する手法の有効性を検証する。以下に本論文の構成について述べる。

第2章では、視点変換アイリスの概念を説明し、対応したカメラモデルを構築する。また、実際に視点変換アイリスを用いた単眼ステレオシステムを製作し、いくつかの実験により開発したシステムの有効性を検証する。

第3章では、開発した視点変換アイリスと高速ビジョンを組み合わせ、実時間処理を可能とする特徴点ベースのマッチングアルゴリズム等について述べる。また、実際にアルゴリズムの一部を高速実時間視覚処理プラットフォーム H³ VisionのFPGAに実装することで実時間単眼ステレオシステムを構築し、いくつかの実験により開発したシステムの有効性を検証する。

第4章では、単眼ステレオ計測では避けることのできない計測誤差の問題について、視点変換アイリスの特徴を活かした視点から解決策を探し、4ピンホール視点変換アイリスを提案する。また、計測アルゴリズムに4ピンホール視点変換アイリスに対応したフレーム選択アルゴリズムを取り入れることで、4ピンホール視点変換アイリスを用いた単眼ステレオシステムを構築し、いくつかの実験により提案手法の有効性を検証する。

最後に、第5章では全体の総括を行い、今後の予定等を述べる。