

コーシー開口のフォーカルスタックからの 光線空間の完全再構成

中央大学 理工学部
久保田 彰

1. はじめに

フォーカルスタックとは撮像面を移動させながら撮像した画像の集合ことである。各画像は異なる奥行きに焦点が合っている。撮像するカメラの開口によって、各画像に生じるぼけの形状（点広がり関数）が決まる。例えば、開口が円であれば、点広がり関数は円柱状の関数となる。点広がり関数は、奥行きに応じて各画像の領域ごとに拡大・縮小され、ぼけの程度が変化する。

本稿では、撮像されたフォーカルスタックから、視点を変化させた画像（その画像の集合は光線空間¹⁾と呼ばれる）を再構成するための手法²⁾を紹介する。再構成する画像は、すべての領域で焦点が合っている完全合焦画像である。つまり、再構成する画像は、ピンホールの位置を変化させて撮像した画像に相当する。

図1に示すように、本手法では、フォーカルスタックの各画像を空間フィルタに通し、足し合わせることで異なる視点の画像を再構成する。空間フィルタは線形かつ空間不変であり、画素の位置によらず同一の積和演算が適用されるため、奥行きマップの推定が行われない。すなわち、本手法は被写体に依存しない。一般に、視点を変えた画像を再構成するためには、被写体の奥行きマップの推定が必要であるが、本手法ではフィルタリングだけで視点を変えた画像を再構成する。

これは非常に困難であることは容易に想像される。実際、フォーカルスタックから光線空間を再構成する問題は不良設定な逆問題であるため一般に一意的な解が得られない。しかし、フォーカルスタックを撮像するときのカメラの開口を適切に設計すれば、この再構成問題を良設定問題に変えることができる。その最適な開口の一つがコーシー関数の開口（以下、コーシー開口）である。コーシー開口で撮像されたフォーカルスタックからは、理論上、完全に誤差がない画像の再構成（完全再構成）が可能となる。ただし、被写体が次の条件を満足しているとする：(1) ランバート反射である。(2) オクルージョンがない。これらはやや非現実的な制約であるが、被写体がこれらの条件を満足していれば、完全再構成が可能となる。

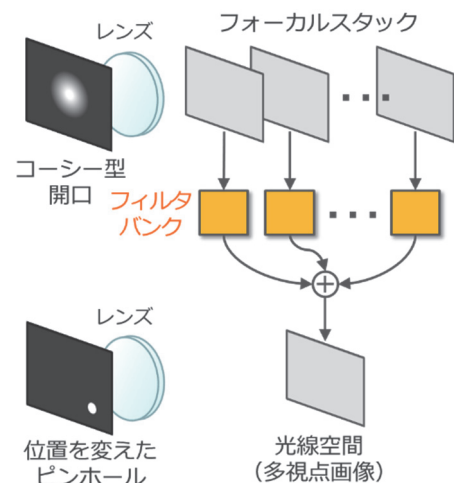


図1 フォーカルスタックからの光線空間のフィルタリングによる再構成

2. 問題設定と目的

2-1 光線空間とフォーカルスタックの関係

光線空間とフォーカルスタックとの間の関係式を示す。

stz 世界座標系を考える。 st 平面（開口平面と呼ぶ）上の任意の視点 (s, t) におけるピンホールカメラ