

## Depth from Zooming by The Unified Camera Model

小田 愛 馬場雅志 浅田尚紀

Ai Oda Masashi Baba Naoki Asada

広島市立大学 情報科学部 知能情報システム工学科

Dept. of Intelligent Systems, Hiroshima City University

## 1 はじめに

従来の Depth from Zoom では、ピンホールカメラモデルを用いた視点移動による距離推定を行っていた [1, 2]. 本論文では、フォーカスや絞りの変化にともなう画像のぼけ変化から距離を求める Depth from Focus/Iris と同様に、ズーム変化によるぼけ変化から距離計測が可能であることを示し、実画像を用いた実験結果について述べる。ぼけ現象の解析には、ズーム、フォーカス、絞りの効果を統一的に記述できる統合カメラモデル [3] を用いる。

## 2 統合カメラモデルに基づくぼけ解析

レンズから距離  $s$  にある非合焦点の画像上でのぼけ幅  $b$  は、統合カメラモデルを用いて

$$b = \frac{w^2}{B} \left| \frac{1}{s} - \frac{1}{U} \right| \quad (1)$$

と表すことができる。ただし、 $U$  はフォーカスによって決まる合焦距離、 $w$  はズームとフォーカスによって決まる有効焦点距離 (レンズから撮像面までの距離)、 $B$  は有効 F ナンバー (有効開口径  $d$  と  $w$  の比  $w/d$ ) を表す。この式から、有効 F ナンバー  $B$  が一定となるズーム、フォーカス、アイリスの範囲では、画像上のぼけ幅はズームとフォーカスによって変化するパラメータ  $w$  の 2 乗に比例することが分かる。

(1) 式から、画像上のぼけ幅が  $b$  の物体 (点) までの距離  $s$  は次式で与えられることが分かる。

$$s = \frac{w^2 U}{w^2 \pm bUB} \quad \left( \begin{array}{l} \pm \text{ for } s < U \\ \pm \text{ for } s > U \end{array} \right) \quad (2)$$

この式は、ズーム、フォーカス、絞りの設定によって決まるいくつかのレンズパラメータが既知であれば、ぼけ幅から距離が求められることを示している。

## 3 ぼけ画像からの距離計測

実験には CCD カメラ XC-007 (SONY) とズームレンズ J16×9.5B4RAS (CANON) を使用し、キャリブレーションによって統合カメラモデルの各種パラメータを決定した [4].

レンズから 1.25m の距離に直線エッジを置き、アイリス値 35、フォーカス値 15 ~ 50、ズーム値 50 ~ 75 の画像を撮影した。各フォーカス値における有効焦点距離  $w$  の 2 乗とぼけ幅  $b$  の関係を図 1 に示す。ズーム変化によるぼけ幅  $b$  が  $w^2$  に比例するという (1) 式を確認することができた。

(2) 式を用いて距離を求めた結果を図 2 に実線で示し、図 1 のぼけ幅変化の傾きから求めた距離を破線で示す。全てのズーム値の画像から求めた平均距離は 1197mm (標準偏差 59)、ズーム値 75 の画像から求めた平均距離は 1213mm (標準偏差 54)、傾きから求めた平均距離は 1198mm (標準偏差 42) で

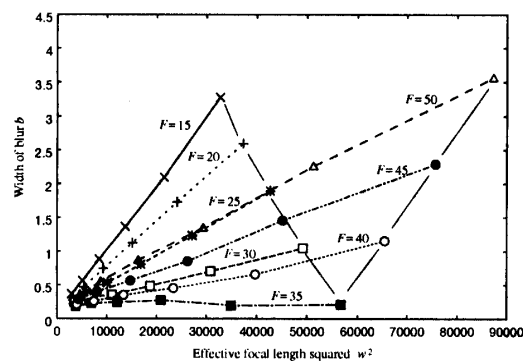


図 1: 有効焦点距離とぼけ幅の関係

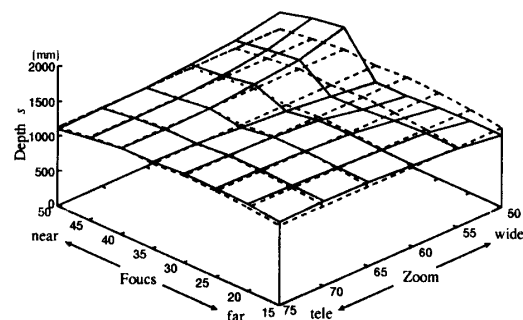


図 2: ズーム変化とフォーカス変化からの距離計測結果

あった。これらの結果から、(1) ズームを望遠側に設定するほど解像度が高く距離精度が向上する、(2) 複数枚のぼけ画像を統合することによって安定した距離計測が可能である、(3) ズーム変化によるぼけ画像からの距離計測はフォーカス変化による距離計測とほぼ同等の性能が得られる、ことが分かった。

## 4 まとめ

統合カメラモデルを用いてズーム変化によるぼけ画像から距離計測が行えることを示し、実験的に検証した。

## 参考文献

- [1] J. Ma, et al.: "Depth from zooming", J. Opt. Soc. Am. A, Vol.7, No.10, pp.1883-1890, 1990.
- [2] J.M. Lavest, et al.: "Three-dimensional reconstruction by zooming", IEEE RA, Vol.9, No.2, pp.196-207, 1993.
- [3] 馬場雅志 他: "Calibrated Computer Graphics のためのズーム・フォーカス・アイリス統合カメラモデル", 画像の認識・理解シンポジウム, Vol.II, pp.47-52, 1998.
- [4] 浜田長格 他: "ズーム・フォーカス・アイリス統合カメラモデルのキャリブレーション", 電気・情報関連学会中国支部連合大会, p.417, 1999.