

スマートフォン上での DFF 法による距離推定のための合焦点検出手法

Focusing Detection Method for Distance Estimation by DFF Method on Smartphones

船橋優佑¹
Yusuke Funabashi

小林亜樹¹
Aki Kobayashi

工学院大学情報学部情報通信工学科¹

Department of Information and Communications Engineering, Faculty of Informatics, Kogakuin University

1 はじめに

単眼カメラから距離推定を行う手法として、多焦点画像列を用いる Depth From Focus 法が知られている。DFF 法は多焦点画像列中の合焦点のフォーカス位置から距離を推定する手法である。そのため、合焦点を正確に検出することが重要となる。また、距離推定を行う際にボケによる誤推定が問題である [1]。ボケモデルを用いた距離推定法が提案されている [2] が、実際のデータにおいて、カメラの光学的な特性等によりモデルに従わないボケ分布となる部分が存在する。そこで、本論文では多焦点画像列自体に含まれるボケ情報を用いて、光学系の違いを吸収することを目指した合焦点検出手法を提案する。

2 提案手法

2.1 準備

多焦点画像列 (focal stack) は、通常画像の空間座標軸 xy と焦点位置座標軸 d による 3 次元であり、DFF はこの上で任意の (x, y) 座標に対する合焦点 d を求める問題である。本研究では、 xy 平面内でのエッジ検出を行ったエッジ画像列 $E(x, y, d)$ を処理対象としている。

2.2 テンプレートマッチングによる合焦点検出

エッジ画像列 $E(x, y, d)$ において、ある y における $x-d$ 平面では、図 1 に示すようにエッジが合焦点から d 軸の双方向へ三角形型の広がりを持つ。一般に、 $x-d$ 平面のエッジ部における合焦点の周囲は砂時計型のエッジ分布となる。この特徴から、テンプレートマッチングを用いて $x-d$ 平面上における図 2 に示したようなテンプレートとの類似度を算出する。テンプレートとの比較関数には、NCC(Normalized Cross-Correlation) を使い、画像サイズ $w \times h$ のテンプレート画像 $T(x, d)$ 、画像サイズ $W \times H$ の探索対象画像 $I(x, d)$ に対して式 (1) に示したような類似度画像 $R(x, d)$ を生成する。

$$R(x, d) = \frac{\sum_{x,d} (T(x, d)I(x + d', y + d'))}{\sqrt{\sum_{x,d} T(x, d)^2 \sum_{x,d} I(x + x', d + d')^2}} \quad (1)$$

ただし、 $x' = 0, \dots, w-1$, $d' = 0, \dots, h-1$ とし、 $R(x, d)$ は $(W - w + 1) \times (H - h + 1)$ の画像となる。 $R(x, d)$ は 0 以上 1 以下の値を持ち、値が 1 に近いほど類似度が高い。生成された $R(x, d)$ の各 x 座標について、 d 軸方向へ類似度の最大値をとることで、 (x, y) 座標に対する合焦点集合を検出する。

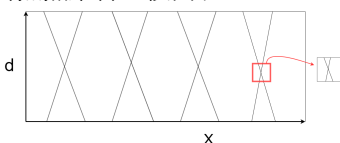


図 1 $x-d$ 平面



図 2 テンプレート

3 実験

3.1 実験条件

テンプレートマッチングによる合焦点検出手法の正確性を検証するため、一例としてある $x-d$ 平面に対し実験を行った。多焦点画像列には画像全体がカメラから同一の位置 ($d = 68$) にある図 3 の 100 枚、探索対象画像にはエッジ画像列の $y = 1300$ における $x-d$ 平面画像 (図 5)、テンプレート画像には、 $x-d$ 平面から切り出したテンプレート A, B, C の 3 種類 (図 4) を用いた。既存手法を、各 x 座標について d 軸方向に見たときにエッジ強度が最大となる d を合焦点とする手法 [3] とした。また、合焦点である $d = 68$ に対し ± 4 を誤差範囲として類似度の最大値が $64 \leq d \leq 72$ にある個数を n 、 $x-d$ 平面の横幅を $w = 3728$ として正解率 p を式 (2) で求めた。

$$p = \frac{n}{w} \quad (2)$$

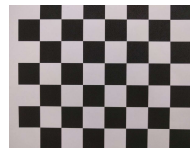


図 3 実験用画像列

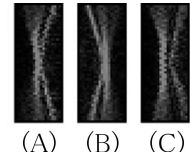


図 4 使用したテンプレート

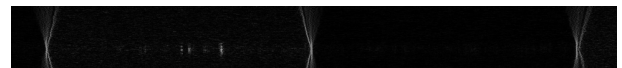


図 5 $y = 1300$ における xd 平面の一部抜粋

3.2 実験結果

結果を表 1 に示した。どのテンプレートを使用した場合でも、既存手法より高い正解率となった。

表 1 合焦点の正解率

	Proposed			Conventional
Template	A	B	C	Simple max
Accuracy	0.299	0.313	0.488	0.188

4 おわりに

撮影画像を処理したテンプレートによる合焦点検出が効果的に作用できることを確認した。今後は、テンプレートの自動抽出などに取り組んでいく。

参考文献

- [1] Jacobs, D.E., Baek, J., Levoy, M.: "Focal stack compositing for depth of field control," Stanford Computer Graphics Laboratory Technical Report 1, 2012.
- [2] 浅田尚紀, 藤原久永, 松山隆司, "多重フォーカス画像を用いたエッジ検出と距離計測", 電子情報通信学会論文誌 D, vol. 77, no. 6, pp.1048-1058, 1994.
- [3] 北野 和彦, 小林 亜樹: スマートフォンカメラによる距離推定手法の改善と評価, 情報処理 CDS, 2019-CDS-24(33), pp.1-8, 2019.