

固定した Android 端末上のカメラによる距離画像生成

北野 和彦†

小林 亜樹‡

† 工学院大学工学部情報通信工学科 ‡ 工学院大学情報学部情報通信工学科

1 はじめに

三次元画像の需要が増加し、距離推定手法としてステレオカメラ、超音波センサ、SfM、2色のカラー開口フィルタを用いる手法 [1] や対象物の周囲を周回して撮影する手法 [2] などが提案されているが、一般的に普及しているスマートフォンのカメラを固定した状態での方法はあまり知られていない。

そこで本研究では、一般的に普及している Android 端末上のカメラを固定した状態で使用して、距離画像を作成する手法を提案し、実機を用いて確認した。

2 提案手法

2.1 概要

異なるフォーカス位置での画像のコントラスト変化を利用した場合、イメージセンサからコントラストが最も高い位置を合焦位置であると判断するコントラスト AF と原理的に同様である。これを応用してフォーカス位置を変化させた、多数の撮影画像を得る。

これらの画像は RGB 画像であるため YUV 変換を行い、Y 成分を取り出し輝度画像化を行い、エッジ抽出オペレータの1つである Sobel オペレータにより、エッジ強度画像を得る。最大強度となるフォーカス位置をその点の距離値とする。

2.2 各画素におけるエッジ強度の比較

画素毎に異なるフォーカス位置に従いエッジ強度が変化する。図1はある画素における101フォーカス位置の推移である。この例では相対フォーカス位置 = 50 付近でピントが合っており、エッジ強度が最大となっている。この原理を用いてエッジ画像の座標 x, y 、フォーカス位置 $d = \{0, 1, 2, \dots, 100\}$ における輝度値を $e(x, y, d)$ 、座標 x, y における物体までの距離を $s(x, y)$ として (1) 式により距離推定を行う。

$$\forall x, \forall y \quad s(x, y) = \min_d \{ \arg \max e(x, y, d) \} \quad (1)$$

エッジ強度最大となるフォーカス位置が複数あるときは最も無限遠寄りの値である。

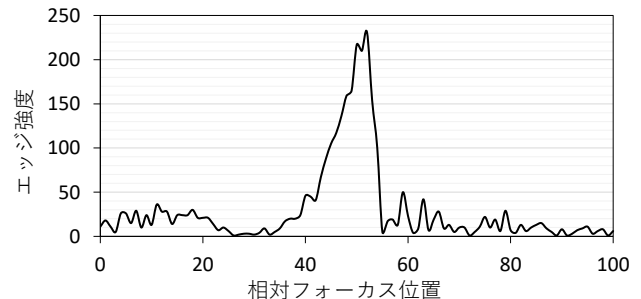


図1: フォーカス位置とエッジ強度の関係例

3 実験

Android 7.0 で稼働する Nexus 5X を用いて実験を行った。Android Camera2 API から実装されたマニュアルフォーカス API を利用して、無限遠から最近接までを101段階 (0.0f~10.0f) の相対的なフォーカス位置として分割を行い、これを変更しながら2秒ごとに自動撮影できるアプリを作成して取得した。

撮影はカメラから約15cmと約30cmの距離に黒と白の縞模様が印刷された紙を置いて行い、その画像をもとに処理を行った。

4 実験結果

図2, 3は相対フォーカス位置1.5fと7.5fでの撮影画像であり、7.5fのときは右側の紙に対してピントが合っており、1.5fのときは左側の紙にピントが合っている状態である。この2枚の画像からエッジ抽出を行い、得られたエッジ強度画像が図4, 5である。1.5fと7.5fでのエッジ強度を比較するとピントが合っている紙にはエッジの線が細いが値は高くなっており、ボケている紙はエッジの線が太くボケているように見え値も低くなっている。



図2: 撮影画像 (1.5f)

図3: 撮影画像 (7.5f)

すべての画像に対して処理を行い、推定された距離 $s(x, y)$ に基づいて色分けして作成した距離画像が図6である。

Depth Image Generation using a Fixed Camera on an Android Mobile Device

†Kazuhiko Kitano ‡Aki Kobayashi

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

‡Department of Information and Communications Engineering, Faculty of Infomatics, Kogakuin University

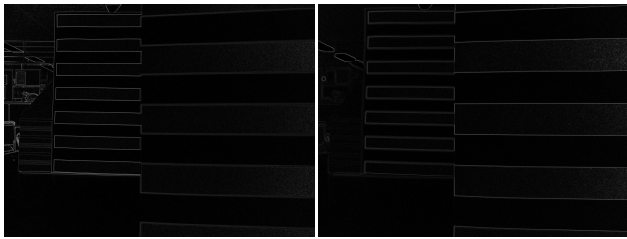


図 4: エッジ強度画像 (1.5f) 図 5: エッジ強度画像 (7.5f)

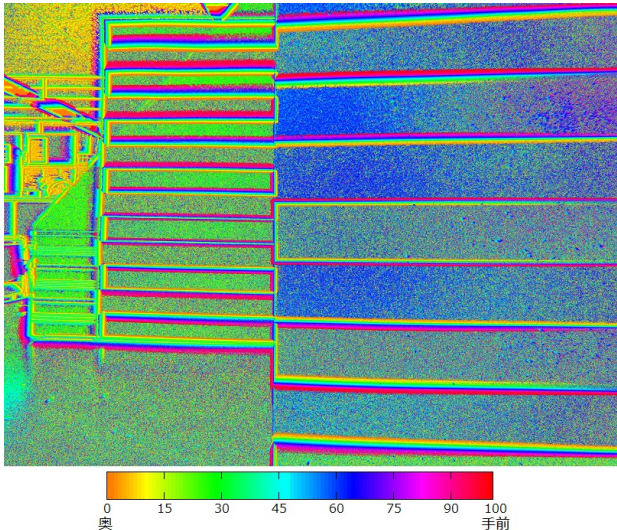


図 6: 距離画像

右側の紙, その左の奥の紙, さらに左の背景の3か所で色の変化が確認できる. 3か所に対して左から黄, 緑, 青となっており, 推定した距離 $s(x, y)$ に基いた配色であることが確認できる.

5 考察

縞模様の境目に手前位置を指す赤紫色が見えるのは画角変化の影響で抽出されたエッジのずれにより生じるものであると考えられる.

図7は0.0fと10.0fの写真を重ねみ0.5で合成した画像であり, 合成画像に見られるずれ幅が本研究で利用した端末の最大の画角ずれである.

図6と比較すると画角のずれ幅と距離画像のエッジの太さがほぼ同等であるため画角補正により, 改善できると考えられる.

画角変化等を考慮すると, 画素位置とフォーカス位置の3次元のエッジ強度のピークにより, 距離推定を行う方法が考えられる. このことを原理的に確認するため, エッジ強度 $e(x, y, d)$ を閾値127でフィルターをかけ, それ未満の値では距離情報を持たないものとし, 特に強度の大きい値のみを利用して距離推定した結果を図8に示す.

近接距離を示す赤紫色の画素などが見られず, おおむね実際の距離と言える推定値が得られている. 推定精度の測定や, より一般化した画角変化等への対応アルゴリズムについて取り組んでいく予定である.

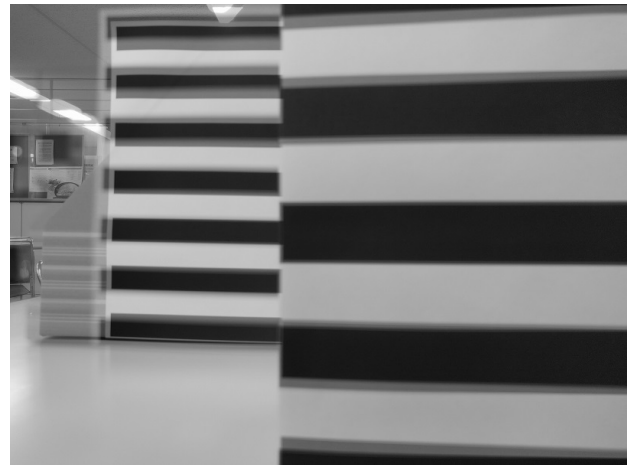


図 7: 0.0f と 10.0f の合成画像

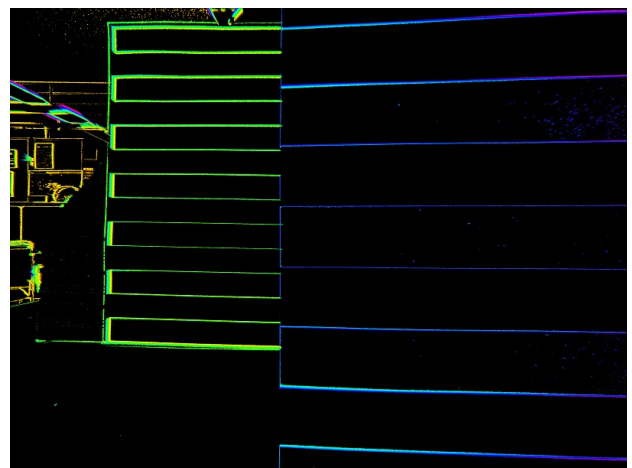


図 8: 閾値フィルタ処理後の画像

6 おわりに

フォーカス変化によって生じる通常画像のコントラスト差を利用して, 一般に普及した Android 端末上のカメラを固定した状態で距離画像を取得できることを確認した.

今後は, 画角変化を補正するアルゴリズムの検討を行う.

参考文献

- [1] 東芝 研究開発センター: 研究開発ライブラリ 単眼カメラで撮影した1枚の画像からカラー画像と距離画像を同時に取得できる撮像技術を開発 https://www.toshiba.co.jp/rdc/detail/1606_01.htm
- [2] Peter Ondrůška, Pushmeet Kohli and Shahram Izadi, "MobileFusion: Real-Time Volumetric Surface Reconstruction and Dense Tracking on Mobile Phones", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol.21, No.11, pp.1251-1258, Nov 2015.