1Q-07

DFFにおけるHough変換を用いた像倍率変化率の推定

北野　和彦†　　小林　亜樹‡

†工学院大学大学院工学研究科電気・電子工学専攻 ‡工学院大学情報学部情報通信工学科

1　はじめに

フォーカス位置変化に伴う像倍率変化は，距離推定手法の一つであるDFF法を適用するにあたって障害となる．そのため，DFF法に関する研究は像倍率変化の少ないテレセントリック光学レンズが用いられてきた．これに対して，像倍率変化を補償することで一般の光学系でも活用しようとする研究もあり，SURFの対応点を用いる手法[2]といった例がある．本稿では，スマートフォンカメラで撮影した撮影画像内の直線上におけるエッジ強度のフォーカス位置推移による変化画像を用意し，その上で検出した直線の傾きから変化率を推定する手法を提案する．像倍率変化の補償度合いなどについて効果を検証する．

2　提案手法

2.1　概要

像倍率変化を補償するための像倍率変化率を推定する手法を提案する．カメラのフォーカス制御に用いるパラメータをフォーカス位置 d として，異なる d で撮影した撮影画像列をマルチフォーカス画像としたとき，そのマルチフォーカス画像をエッジ抽出オペレータを用いて作成したエッジ画像列を入力画像とする．エッジ画像列では，d に応じたエッジ位置の変化が直線近似できるものとし，エッジの変化を表現したエッジの変化画像を作成し，Hough変換を用いて得られるパラメータから像倍率変化率の推定を行う．その像倍率変化率を用いたスケーリングをエッジ画像列に適用する．既存手法を用いて距離値の推定を行う．

2.2　入力画像列の生成

フォーカス位置 $d = [0.0, 10.0]$ までを N 段階に分割して同一シーンで N 枚撮影を行う．このマルチフォーカス画像は，x 軸，y 軸，d 軸の3次元画像で表現される．マルチフォーカス画像を xy 平面においてエッジ抽出オペレータを用いてエッジ画像列を作成する．

2.3　エッジの変化画像と像倍率変化率推定

エッジの変化画像を作成するにあたって，エッジを測定する平面を設定する（図1）．xy 平面上で画像の中心から周辺に向かう線分上であり，この線分と d 軸とで張られた平面を測定平面とする．線分長はエッジ画像の短辺長の半分である．この平面で展開されたエッジ強度分布をエッジの変化画像とする．エッジの変化画像は，縦軸が線分の長さ r であり，横軸が d である．このとき，エッジの変化画像は，その後の処理の精度を考慮してアスペクト比が1:1に近くなるようにスケーリング処理をしている．

Hough変換は，2値化画像である必要があるため，多値画像であるエッジの変化画像では，適当な2値化閾値 th_b で2値化する．Hough変換で得られるパラメータ θ を用いて直線の傾きは，$1/\tan(\theta)$ であり，拡大した d 方向の拡大率 α を考慮すると，変化率 $\Delta f(d)$ は

$$\Delta f(d) = \frac{\alpha}{\tan(\theta)} \tag{1}$$

と示せる．このとき，変化率 $\Delta f(d)$ は画面中心からの距離 r に比例して増加するため，

$$\Delta f(d)_N = \frac{\Delta f(d)}{r} \tag{2}$$

と(2)式に示すように正規化した $\Delta f(d)_N$ を用いる．

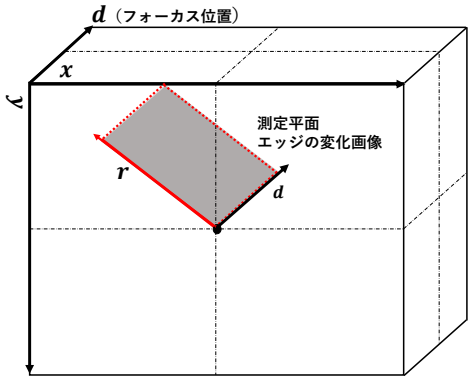

図1: エッジの測定平面およびエッジの変化画像

Hough変換は一般的に直線とみなすために必要な最小閾値を投票数閾値 th_v とすると，th_v によって検出される直線の本数 n が異なる．このように複数の直線が検出された場合は，算術平均をとることにより像倍率変化率Rとする．また，本稿では，複数の測定平面に対して同閾値でHough変換を行い，各直線の変化率 $\Delta f(d)_N$ すべての算術平均をとる．

Image Magnification Shift Estimation using Hough Transform for DFF
†Kazuhiko Kitano　‡Aki Kobayashi
†Electrical Engineering and Electronics, Kogakuin University Graduate School
‡Department of Information and Communications Engineering, Faculty of Infomatics, Kogakuin University

Copyright ©2018 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

2.4 パラメータ

本稿における，2 値化閾値 th_b および投票数閾値 th_v の設定は，一対の任意の値とする．

2.5 距離値推定

像倍率変化率 R を用いて，エッジ画像列に対して各フォーカス位置 d にスケーリングを行う．距離値推定は，エッジ強度比較手法 [1] と同様である．

3 実験

提案手法による像倍率変化の影響を抑制する効果がどの程度であるかを推定された距離画像を比較することで確認することを目的とする．

撮影には，Nexus 5X を用いる．フォーカス位置 $d = [0.0, 10.0]$，ステップ幅は 0.1 として 101 枚撮影した．スマートフォンではマルチフォーカス画像の撮影のみを行い，画像処理は PC で行う．エッジの変化を測定する領域は，画面 xy 平面の中心から 4 隅に向かう対角線上の線分と d 軸とで張られた平面とした (図 2)．Hough 変換に用いる 2 つの閾値はそれぞれ，2 値化閾値 $th_b = 80$，投票数閾値 $th_v = 290$ とした．

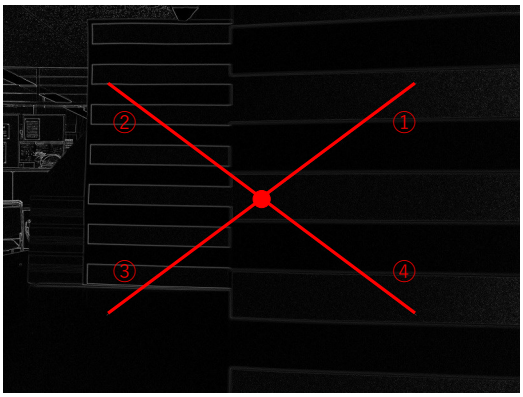

図 2: エッジの測定平面の設定

4 結果と考察

ここでは，例として線分①および線分②の測定平面におけるエッジの変化画像をそれぞれ図 3, 4 に示す．図 3 では，図 2 上で線分①が横切る高エッジ領域は，2 か所であり，エッジの推移も 2 か所確認できる．図 4 では，6 か所であり，エッジの推移も 6 か所確認できる．

Hough 変換から得られた直線の本数 n は，4 測定平面合計で 41 本であった．これらからそれぞれの変化率 $\Delta f(d)_N$ を (2) 式から算出する．各変化率 $\Delta f(d)_N$ で算術平均をとり，像倍率変化率 $R = 5.37 \times 10^{-4}$ であった．スケーリング前のエッジ画像列から作成した距離画像を図 5，スケーリング後のエッジ画像列から作成した距離画像を図 6 に示す．スケーリング前後の距離画像

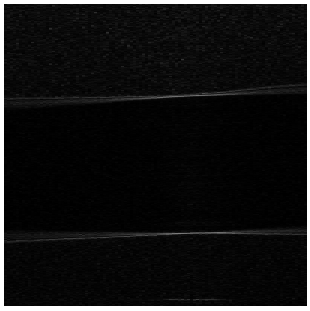

図 3: 線分①における
エッジの変化画像

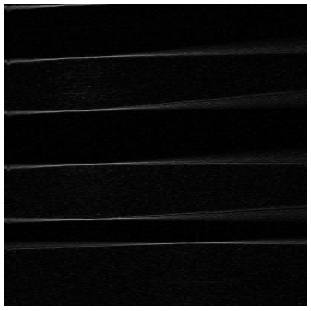

図 4: 線分②における
エッジの変化画像

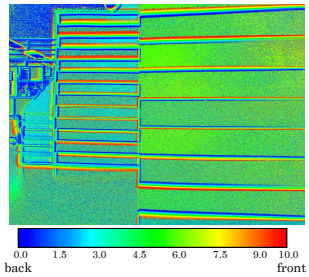

図 5: 距離画像
（スケーリング前）

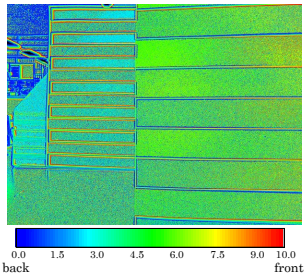

図 6: 距離画像
（スケーリング後）

を比較すると，実際の遠近とは位置関係が異なる距離値が推定されている割合が減少していることが確認できる．そのため，本手法による像倍率変化率推定の有効性は明らかである．

5 おわりに

本稿では，エッジ画像列によるエッジの変化画像を作成し，Hough 変換を行うことで像倍率変化率を推定した．それによりスケーリング前の距離画像と比較し，実際の遠近とは位置関係が異なる距離値が推定されている割合が低減していることが確認できた．しかし，閾値の設定によって，大きく推定値が変わることが想定できるため，今後は閾値の自動設定および定量的評価を目指す．

参考文献

[1] Kitano, Kazuhiko and Kobayashi, Aki, “Implementation of DFF Using a Smartphone Camera,” Consumer Electronics (GCCE), 2017 IEEE 6th Global Conference on, pp. 532–534, 2017.

[2] R. Senthilnathan, P. Subhasree, R. Sivaramakrishnan, and P. Karthikeyan, “Estimation of sparse depth based on an inspiration from SFF,” 2016 International Conference on Recent Trends in Information Technology (ICRTIT), pp. 1–6, 2016.

Copyright ©2018 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.