

粗間隔なカメラアレイで取得した Light Field を利用した 合焦法による奥行き推定の一検討

A Study on Depth From Focus Method Using Light Field Rendering With Sparse Camera Array

西部修明[†]
Naoaki Nishibe

荒井秀一[†]
Shuichi Arai

1. まえがき

3次元画像処理は、画素単位の明度や色の情報と奥行き情報を使用する。それらの取得にはカメラと奥行きセンサを併せて用いる手法が広く用いられている。しかし、それらのセンサは空間サンプリング密度が異なり、またセンサ間の視差により情報の統合時に誤対応が生じる。この対応問題を解決するセンサとして、明度や色の情報と奥行きを同一のセンサで取得可能な Plenoptic Camera[1] が存在する。Plenoptic Camera はカメラ(レンズ)アレイで空間の光線情報である Light Field を取得でき、Light Field Rendering[2] を用いて撮影後に任意の焦点合わせが可能なカメラとしても知られている。この任意焦点画像と合焦法を用いれば、色や明度と奥行きを画素単位で誤対応なく取得可能である。

しかし、マイクロレンズアレイなど密なカメラアレイによる Light Field Rendering では、仮想的な開口が大きく取ることが困難であり、被写界深度が深く合焦法による奥行き推定の分解能が大きい。それに対して粗なカメラアレイでは開口が大きく取れるが、Light Field を十分にサンプリングできず多重像が発生し、合焦法による奥行き推定が困難になる。そこで我々は、粗なカメラアレイで生じる多重像を判別する手法を用いることで、一般的なカメラの粗なアレイで奥行き推定を行う手法を提案する。

2. 従来のカメラアレイと合焦法の問題

密なカメラアレイの開口を大きくすることは、主レンズやマイクロレンズ、撮像素子の大きさから困難である。そこで粗なカメラアレイに注目するが、粗なカメラアレイでは光線のサンプリング周期が大きくなり、合成時にぼけが離散的になり多重像が発生する。合焦法は高周波数成分やエッジを用いるため、多重像が発生すると奥行き推定が困難である。ゆえに Plenoptic Camera では光線を密にサンプリング可能な密なアレイで、被写界深度の浅い近距離においてのみ可能であった。

そこで我々は多重像の特徴を考察し、注目したエッジがシーン中の真のエッジであるか、多重像による疑似のエッジであるかを判別する手法を用いて粗なカメラアレイで合焦法による奥行き推定を提案する。

3. 疑似エッジ判定法

我々は疑似エッジを判定するために、カメラのグループに基づく手法 [3] と、光線探索を用いる手法 [4] の 2

つを提案してきた。前者はエッジベースステレオの考えに基づき、シーン中に実在する真のエッジならば、すべてのカメラからエッジ検出可能であること、疑似エッジならば一部のカメラのみしかエッジ検出されないことに着目している。そこで全体／一部の判定のためにカメラごとにグループを作り、それらから真のエッジらしさの指標を定義した。

光線探索に基づく手法は合焦法の原理に着目している。合焦法による奥行き推定では、焦点を変化させて奥行き推定を行うため、オクルードされている領域の推定は原理上不可能である。ここで疑似エッジの発生する空間を考える。疑似エッジは真のエッジーカメラ間の光線上に現れるため、疑似エッジが真のエッジとオクルードを起こす。そこで同一光線上でオクルードを起こしているエッジを抽出し、真のエッジらしさの高いエッジのみを選択することでエッジの判別を行う。

これらの疑似エッジ判別法を用いて、シーン中のエッジの奥行き推定 [5] を行う。

4. カメラアレイの性能

提案手法を検証するために、我々が製作したカメラアレイを用いて実シーンに対して奥行き推定を行った。使用するカメラアレイは、パンフォーカスのカメラを縦横 5×5 で 42[mm] 間隔で、合計 25 台を図 1 の通り格子状に配置している。

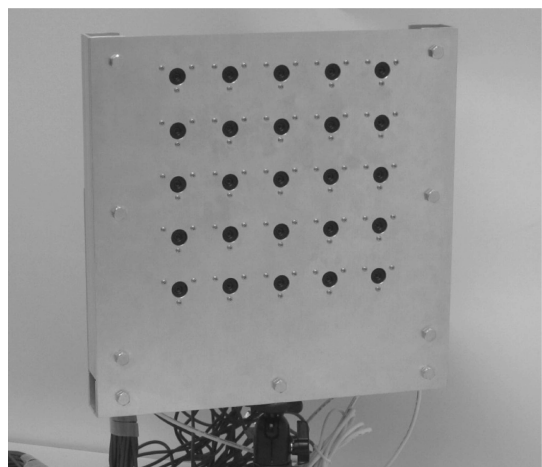


図 1: 製作したカメラアレイ

まず、カメラアレイの被写界深度を図 2 に示す。

[†]東京都市大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Tokyo City University Graduate Division

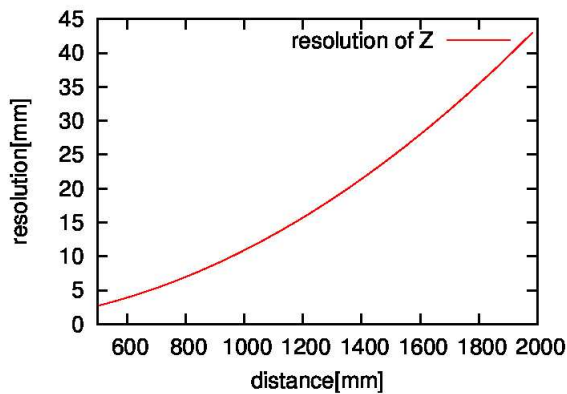


図 2: 製作したカメラアレイの被写界深度

カメラから 600[mm] に焦点を合わせたときの被写界深度は 4[mm], 焦点 1000[mm] では被写界深度 10[mm] と物理的に実現困難なほどの浅い被写界深度を実現している. このカメラアレイの仮想的な開口を被写界深度から求めると 169[mm], 格子状に配置したカメラの内接円の直径は 168[mm] であり, アレイのサイズが仮想的な開口として合成できている.

次に, どれだけの精度で奥行き推定可能かを確認するために, 図 3 に示すような実シーンの奥行きを推定を行った.

シーンの中央の本はカメラアレイの前方 800[mm] に位置し, 左右は奥行きを前後 15[mm] ずらして配置している. 図 3(a) を対象シーンとして, シーン中のエッジの奥行き推定を行った結果が図 3(b) である. この奥行き推定結果から, 中央の本がある奥行きのみを切り出した結果を図 3(c) に示す.

5. 結論

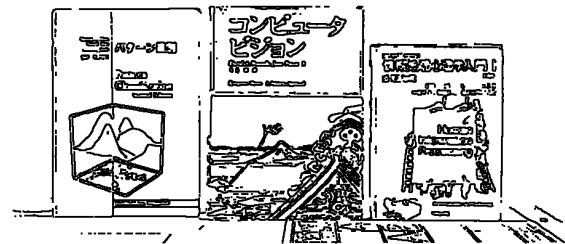
本稿は 3 次元画像処理のために, 誤対応なく色や輝度, 奥行きを画素ごとに得られる Light Field Rendering と合焦法に着目し奥行き推定を行った. 粗なアレイを用いることによってカメラから離れた物体の奥行き推定が可能となった. 今後はこの情報より 3 次元領域の推定, 構造の復元を試みる.

参考文献

- [1] R. Ng, M. Levoy, M. Bredif, G. Duval, M. Horowitz and P. Hanrahan, "Light Field Photography with a Hand-held Plenoptic Camera", Stanford Tech Report CTSR 2005-02, April 2005.
- [2] M. Levoy and P. Hanrahan, "Light Field Rendering", Proc. ACM SIGGRAPH '96, pp.31-42, 1996.
- [3] 深澤貴彦, 荒井秀一, "Light Field Rendering 法を用いた 3 次元エッジ抽出についての一検討", 電子情報通信学会総合大会 D-11 p.26, 2012.



(a) 対象シーン



(b) 奥行き推定結果



(c) 中央の本の奥行きのみを表示

図 3: 提案手法による奥行き推定結果

- [4] 西部修明, 荒井秀一, "カメラアレイ合成画像の光線探索を用いた 3 次元エッジ抽出についての一検討", 電子情報通信学会総合大会 D-12 p.134, 2013.
- [5] 松本忠利, 荒井秀一, 延澤志保 "エッジ部における奥行き推定のための三次元エッジトラッキング法の一検討", 電子情報通信学会総合大会 D-12 p.204, 2010.