

P-3

マルチアパーチャカメラを用いた 低 S/N 画像からの高精細画像の復元

[1] 組織

代表者：小室 孝

(埼玉大学理工学研究科)

対応者：香川 景一郎

(静岡大学電子工学研究所)

分担者：

久下沼 国之 (埼玉大学理工学研究科)

張 博 (静岡大学創造科学技術大学院)

[2] 研究経過

暗闇などの非常に暗い環境の中で映像を鮮明に撮影することができれば、防犯監視や交通システム、生物の観察などに利用可能である。本プロジェクトでは、研究代表者がこれまで研究を行ってきた低 S/N 画像からの画像復元技術を、静岡大学で開発された高感度・低ノイズ CMOS イメージセンサを用いたマルチアパーチャカメラに適用することで、暗い環境の中でも鮮明な映像の撮影を可能にすることを目的とする。

本プロジェクトは、本年度が初年度であった。そこでまず、問題の定式化を行い、アルゴリズムの構築を行った。人工的に生成した画像を用いて画像復元を行ない、原理確認と性能評価を行ったのち、静岡大学から提供されたマルチアパーチャカメラで撮影した画像に対して適用した。

本研究を進める上で、マルチアパーチャカメラの仕様や撮影条件について確認する必要があり、またプロジェクトの進め方や最終的に目指す目標について、静岡大学と埼玉大学で意識合わせをする必要があった。そこで、本年度は三回の研究打ち合わせを行い(うち1回を静岡大学にて開催)、意見交換や情報共有を行った。

[3] 成果

(3-1) 研究成果

本年度は、以下に示す研究成果を得た。

まず第1に、低 S/N の画像から高精細の画像を復元するために必要となるデプスマップ推定の確率モデルを用いた定式化を行った。画像処理においてよく用いられる MRF(Markov Random Field)モデル

をベースにして定式化を行うことで、後の推定において効率的なアルゴリズムを利用することが可能となる。

以下に具体的な定式化の結果を示す。

マルチアパーチャ画像を I 、視差マップを d とすると、 d の推定値は以下の式で表される。 p, q は画像上の一画素、 N は二点の組が近傍にあることを示す。

$$\hat{d} = \arg \max_d P(d|I) = \arg \max_d P(I|d)P(d)$$

$$P(d) = \prod_{(p,q) \in N} \psi(d_p, d_q)$$

$$P(I|d) = \prod_i \prod_p \phi(d_p, I_p)$$

ここで、 ψ, ϕ はそれぞれデプス画像の持つ性質とイメージセンサに発生するノイズによりモデル化されるが、今回は以下の式を用いることとした。

$$\psi(d_p, d_q) = \exp(-\alpha |d_p - d_q|)$$

$$\phi(d_p, I_p) = \exp(-\beta |I_0(p) - I_i(p_i)|)$$

第2に、上記により定式化した問題を解くためのアルゴリズムを構築した。MRF モデルにおける最大事後確率推定問題を解く効率的な手法として、Graph Cut (GC) と Belief Propagation (BP) がよく知られているが、GC は解ける問題のクラスに制約があるため、今回はさまざまなモデルに対して解が得られるように、BP を採用した。

以下に人工的に生成した画像を用いてデプスマップ推定を行った結果を示す。図1、2は人工画像を作成するために用いた原画像と視差マップである。図3は作成したマルチアパーチャ画像である。 $\sigma=40$ のガウシアンノイズを付加している。

図4は推定したデプスマップである。左が提案手法を用いて推定したもので、真値にかなり近いものが得られている。

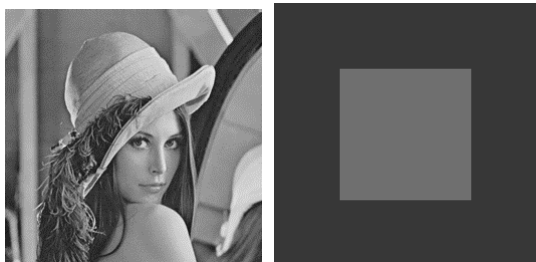


図1 原画像

図2 視差マップ

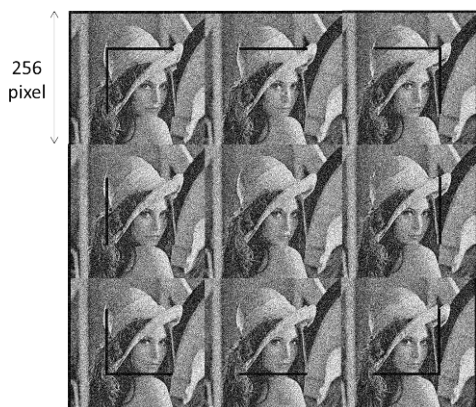


図3 人工的に作成したマルチアパーチャ画像

右はマルチベースラインステレオで一般的に用いられるウィンドウマッチングによる推定結果である。この結果から、提案手法は従来手法よりも高精度にデプスマップを推定できることが示された。

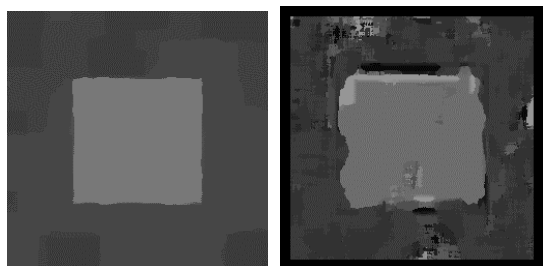


図4 推定したデプスマップ

(左：提案手法、右：ウィンドウマッチング)

さらに、実際のマルチアパーチャカメラで撮影した画像に対しても、デプスマップの推定を行った。図5にマルチアパーチャ画像、図6に推定結果を示す。撮影対象の奥行き差が正しく検出されていることがわかる。

第3に、推定した視差マップに基づく画像合成を行った。人工的に作成した画像では、ほぼ理想的な合成が行えたが、実際のマルチアパーチャカメラで撮影した画像では、合成画像にぶれが生じる結果となった。これは、マルチアパーチャカメラの各カメラの配置が理想的でなく、ずれや傾きが生じている

ことが理由と思われる。現在、各カメラのキャリブレーションを行い、補正を含めた画像合成のアルゴリズムを検討しているところである。

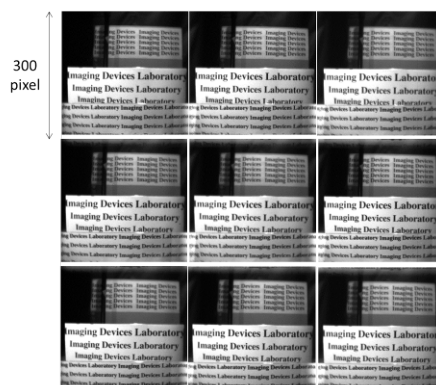


図5 実際のマルチアパーチャ画像

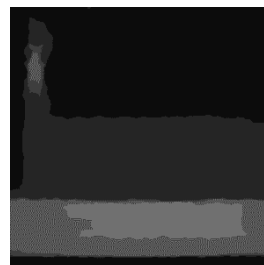


図6 推定した視差マップ

(3-2) 波及効果と発展性など

本プロジェクトにより、マルチアパーチャカメラで撮影した画像に対し、高精度にデプスマップを推定することができることを示すことができた。これにより、高精細な画像合成や三次元センシングなどマルチアパーチャカメラの新しい応用への道を開くことができた。

また、本プロジェクトを通じて高性能 CMOS イメージセンサと画像処理を融合したセンシング技術の新しい領域を開拓することができた。現在、静岡大学と埼玉大学に加え、九州大学、金沢大学の研究者も交えて同分野の発展に向けたワーキンググループを発足し、大型プロジェクトへの発展を見据えて情報交換や議論を行っている。

[4] 成果資料

なし

(映像情報メディア学会情報センシング研究会 (2015年5月) で発表予定)

出張報告

氏名：小室 孝

所属：埼玉大学

期間：2014/8/7～8/8

用務先：静岡大学電子工学研究所

用務内容：研究打ち合わせ

主たる対応者：香川景一郎准教授（静岡大学電子工学研究所）