

濃度傾斜光投影による高精細表面形状計測

村上 広樹[†] 織田 英理^{††} 岡田 至弘^{†††}龍谷大学理工学部情報メディア学科^{†††} 龍谷大学理工学研究科情報メディア学専攻^{††}

1 はじめに

三次元画像計測法の代表的なものに視差ステレオ法[1], 照度差ステレオ法[2], アクティブステレオ法[3]などがある. 本研究ではその中の視差ステレオ法について, 傾斜光を用いる新しい手法を提案する. 視差ステレオ法は対応点問題の精度に結果が大きく左右される手法である. しかし対象の表面が濃淡変化の乏しいものであった場合に, 注目点の周囲の画素の輝度情報を手がかりにするブロックマッチング手法ではその解決が困難になる. 本研究では傾斜光を対象物に投影することで濃淡変化の乏しい領域においても正確に対応点を求められる手法を提案する.

2 濃度傾斜光を用いた形状計測

対応点問題をウィンドウ内のテクスチャパターンの照合によって求める場合, そもそもテクスチャが濃淡変化の乏しい領域ではその作業は極めて困難なものになる. このことを解決するために濃度傾斜光を照射してある特定のテクスチャを対象の表面に投影し, 対応点を求めるのに有効な濃淡変化を付加させる.

図 1 に提案する手法の流れを示す. まず対象に傾斜光を投影し, その様子をステレオカメラで撮影する. 投影する傾斜光の位置をずらしつつ複数のステレオペアを撮影する. 次に撮影したステレオペア群についてそれぞれ全画素の対応点を SSD (Sum of Squared Differences) によって求める. ある観測点について複数の対応点候補がある中で, 周囲の濃淡変化が強かつ SSD を低く抑えているものを最適なものとして採用する. 全ての観測点について処理したものをまとめ, 一つの奥行き画像として出力する.

以下では投影する傾斜光についてと複数候補のある対応点の中から最も適した候補を選択する手法について述べる.

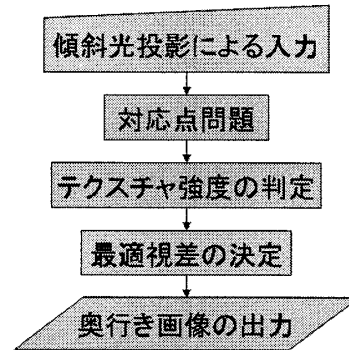


図 1 提案手法のアルゴリズムフロー

2.1 傾斜光の投影

テクスチャには対応点を求める上で有利なものとはそうでないものがあり, エピポーラ線方向に変化がある事が有利なものとなる. さらにその変化の間隔は探索ウィンドウの幅よりも狭いことが望ましい. それより広いとウィンドウ内でテクスチャの変化を捉えきれず効果が期待できない. 繰り返しの構造を持たせることを考える場合, テクスチャの一回の繰り返しの幅が探索範囲より狭いと探索中に類似したテクスチャが複数回現れてくることになる. 以上より本稿では図 2 に示すような傾斜光の投影によって理想とするテクスチャの付加を目指す.

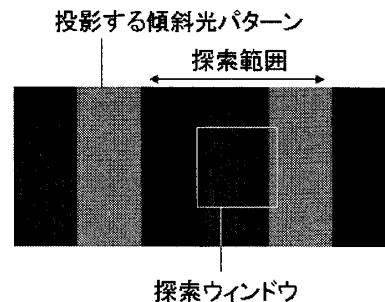


図 2 理想的な傾斜光パターンの略図

2.2 複数の対応点候補から適した対応点の選択

どの対応点候補が最良であるかをはかるにあたり, 手がかりとして考えられるのがステレオペア間で対応点を求める際に用いた SSD や SAD などのコスト評価関数である. しかし濃淡変化の乏しい部分では精度にかかわらず低い値しか

Highly Accurate Surface Shape Measurement by Density Inclination Light

[†]Hiroki Murakami and ^{†††}Okada Yoshihiro: Department of Media Informatics, Faculty of Science and Technology, Ryukoku University

^{††}Oda Eri: Division of Media Informatics, Graduate School of Science and Technology, Ryukoku University

出力しないため、対応点の信頼度として用いる事は難しい。本研究では周囲のテクスチャの濃淡変化の強弱をはかる値を導入し、テクスチャの濃淡変化が強く、かつコスト評価関数の値が低いものを精度の良い結果として採用する。すなわち、

$$value = texture / ssd$$

を最大とするような対応点の結果である。ここで *texture* はテクスチャの濃淡変化の大きさを表す値で *ssd* はコスト評価関数 SSD の結果である。図 3 に従来手法の結果の中で精度の高い値のみが *value* によって抽出されている様子を示す。

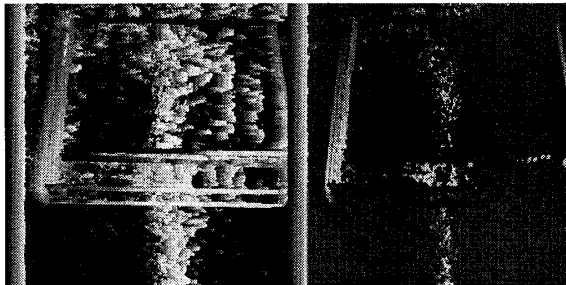
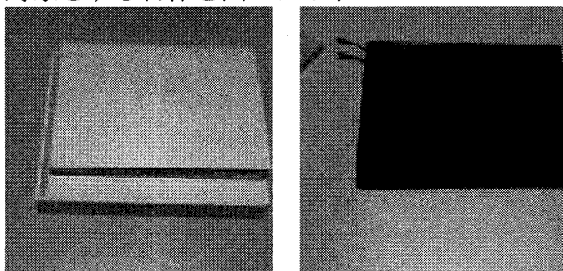


図 3 奥行き画像 (右) と *value* による抽出 (左)

3 濃度傾斜光投影による実験

暗室内において上方から点光源による投影を行う。照明と対象の間にスリットを挟み、カメラのエピポーラ線方向に変化する傾斜光を投影する。ステレオカメラは基線長が 77mm で 1/2.3 型の CCD を持つステレオカメラを使用する。このカメラは一定の輻輳角を持っているため、事前にマーカーを用いて補正を行っておく。実験の対象とする物体を図 4 に示す。

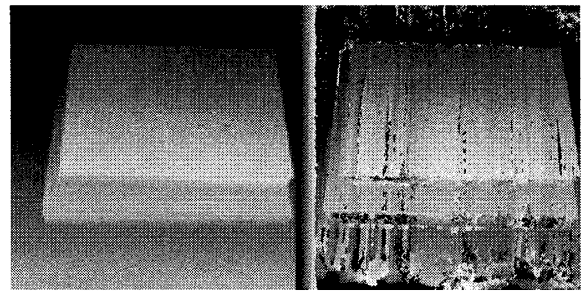


(a) 対象 1 (b) 対象 2

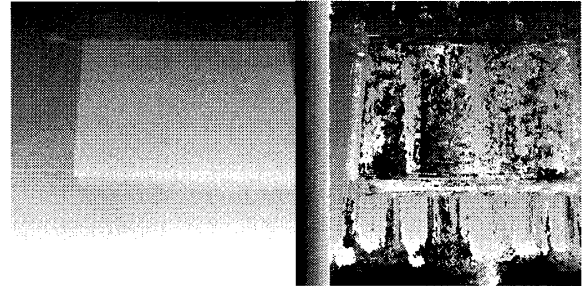
図 4 実験対象

3.1 実験結果

図 5 に奥行き画像 (真値, 右) と提案手法を適用した結果 (左) を示す。対象 1 は濃度変化の乏しいテクスチャを持つ物体であり、対象 2 は暗い色調のテクスチャを持つ物体である。また表 1 で正解画像との対象物の領域内での一致度について、提案手法を用いたものとそうでないものの二つを載せる。



(a) 対象 1



(b) 対象 2

図 5 正解画像 (左) と実験結果 (右)

表 1 真値との一致度

	従来手法	提案手法
対象 1	17%	82%
対象 2	21%	39%

4 おわりに

本稿では濃淡変化の乏しいテクスチャを持つ物体に対し、傾斜光を投影することで視差ステレオ法における対応点問題の解決を促し、奥行き画像の精度を向上させる手法を提案した。実験により、濃淡変化の乏しいテクスチャを持つ物体においても精度を落とすことなく奥行きが求められていることを示した。一方で色調の暗い物体については傾斜光の投影の影響があまり無く、提案手法による改善は見られなかった。

参考文献

- [1] M. Okutomi, et al, "A Multiple-Baseline Stereo", IEEE TRANSACTIONS ON PATTERN ANALYSIS AND MACHINE INTELLIGENCE, Vol, 15, pp353-362, 1993.
- [2] 濱田 浩気, 他, "照度差ステレオと影を利用した奥行きエッジが存在する物体の形状計測手法", 2007 年電子情報通信学会総合大会, p138, 2007.
- [3] 牧野 弘典, 他, "アクティブステレオ距離画像センサの簡易キャリブレーション手法の提案", 第 19 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, pp1279-1280, 2001.