

パターン投影と二眼視を統合した リアルタイム高精細ステレオ

吉川友樹[†] 斉藤友彦[†] 鷲見和彦[†]

青山学院大学大学院理工学部理工学研究科[†]

1. 背景と目的

近年様々な三次元計測システムが提案・実用化されている。三次元計測の目標は図1のような三次元シーンが与えられた時、図2のような距離を輝度として表現される距離の分布（形状）を得ることである[1]。ただし、図2のスタンドのように、細い形状を正確に計測することは非常に難しい為、精密な形状を得る方法として多重パターン投影法があるが、何回もパターンを投影するので遅いのが欠点である[2]。

ワンショットで形状を得る方法としては、二眼ステレオ法、ワンショットパターン投影法があるが、それぞれ模様のない曲面や細い形状を復元できないという欠点があった。そこで、細い形状には特徴が多く存在することに着目し、特徴がある部分を二眼ステレオ法、それ以外の部分をワンショットパターン投影法で補うことによって、細い物体を含む精細な三次元形状をワンショットで検出する手法を提案する。

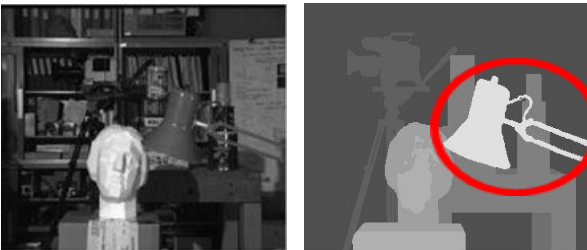


図1. 三次元シーン

図2. 距離画像

2. 従来法

2.1 二眼ステレオ法

ステレオの基本原理は三角測量である。2台のカメラを用いて物体を撮影し、一方の画像上のある点が示す物体と位置に相当する点をもう一つの画像から見つけ（対応点探索）、対応点の座標から奥行きを求める。図3に本研究で用いた三角測量の例を示す。ただし、二眼ステレオ法

は探索の際に対応点の無い部分は計測されない。

2.2 ワンショットパターン投影法

ワンショットパターン投影法とは、プロジェクタなどからある特定のパターンを投影したものをカメラで撮影し、画像から投影パターンを探索・対応付けして奥行きを求める。図3の例ではパターンの間隔より狭い形状は計測されない[3]。

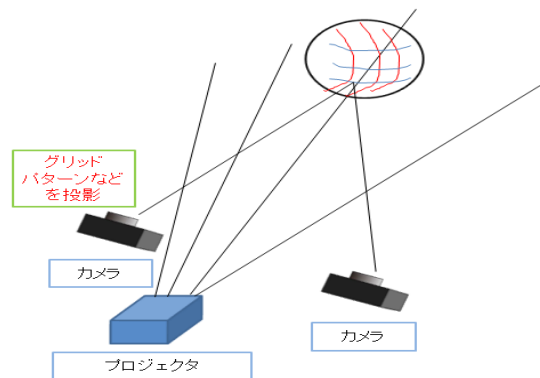


図3. ワンショットパターン投影法と三角測量の例

3. 二方式を統合するアルゴリズムの提案

特徴点の対応付けが上手くできる点は二眼ステレオ法、その他の部分をワンショット投影法で補うことを考える。特徴抽出時や探索時に「特徴が無い」「対応点が無い」ならば、二眼ステレオ法は失敗したと考え、ワンショット投影法の結果を優先し、逆に成功しており、二つの手法の結果が矛盾していれば、二眼ステレオ法の結果を優先すればよい。この考えを手順化すると以下ようになる（図4）。

Step 1. バックマッチングを用いた二眼ステレオ法による距離画像 D_B の位置情報を M とする。ただし M は D_B が信頼できるとき 1 それ以外 0 とする。 M の信頼度は元の点に一致すれば対応が正確で信頼できると判断する。

Step 2. 距離画像 D_B とワンショットパターン投影ステレオによる距離マップ D_p のキャリブレ

High detailed stereo to combine 1-shot pattern projection and stereo vision

[†]Yuki Yoshikawa, [†]Tomohiko Saito, [†]Kazuhiko Sumi

[†]Aoyama Gakuin University

ーションを行い, $D_B \rightarrow D_P$ への変換関数 $D_P = T(D_B)$ を求める.

Step 3. 別途求めたワンショット投影による奥行き画像 D_P との間で, 次の演算を行い統合後の奥行き画像 D_I を求める.

$$D_I = D_P(1 - T(M)) + T(D_B M) \quad \dots (3)$$

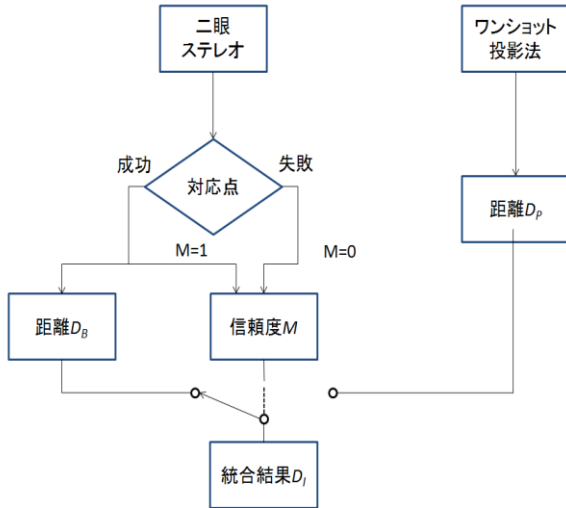


図 4. 二方式を統合するアルゴリズム

4. 実験と考察

このアイデアを試すために, ワンショットパターン投影法を用いたゲーム用三次元センサ (Microsoft 社 kinect) に, Logitech 社 QCam 9000 を二個追加した実験装置を作成し, 上記の手順で距離画像を生成した. 更に, 図 2 のスタンドのような状況を模擬する為に, 壁の前に線上の形状を張った箱を用意した (図 5). 具体的には 10mm, 7mm, 5mm, 3mm, 1mm の紐を用意する, これは幅 5, 4, 3, 2, 1 画素分に相当する. 図 6 が二眼ステレオ法によって得られた距離画像, 図 7 がワンショットパターン投影法によって得られた距離画像, 図 8 が統合した結果である.



図 5. カラー画像

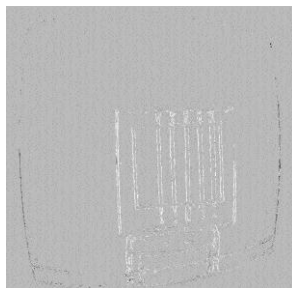


図 6. 二眼ステレオ法



図 7. ワンショットパターン投影法

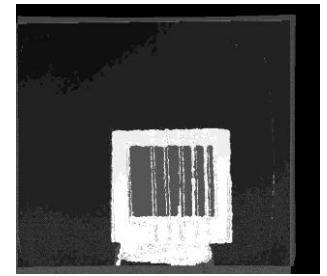
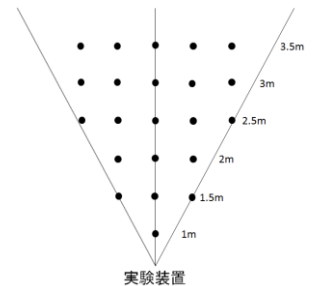


図 8. 統合結果

4. 2. 評価実験

実験装置から図 9 示す位置でそれぞれ 1~3.5m まで 0.5m 刻みの距離を計測し誤差を評価する. 高さ 450mm, 幅 500mm の対象物を測定して距離や位置によって誤差がどのように出てくるかを検証する. 表 1 が実験結果, 表 2 が縦軸に方式, 横軸をヒモの長さとした時の結果である.



実験装置

図 9. 測定位置

表 1. 実験結果

平均誤差	分散	標準偏差
24.1647	416.1429	20.39958

表 2. 検出結果

	10mm	7mm	5mm	3mm	1mm
ワンショット	○	○	×	×	×
統合	○	○	○	○	○

6. 結論と今後の展望

二つの三次元計測法を統合して, ワンショット投影法では検出できなかった幅 4 画素から 1 画素に相当する 7mm から 1mm までの細い形状を検出でき, 高精細な距離画像を得られることが確認できた. また, 奥行きも 3cm 以内という精度に至った. 今後の課題は, 高速性を実証するためリアルタイム計測の実装を行うことである.

参考文献

[1]. Stereo-Middlebury Computer Vision
<http://vision.middlebury.edu/stereo/>
 [2]. 佐藤宏介: 三次元計測の最新動向
<http://www.viri.osakac.ac.jp/symposium02/sato2.pdf>
 [3]. 川崎洋, 佐川立昌, 古川亮: 動物体のアクティブ 3 次元計測, Vol. 2011-CVM-177No. 30, pp. 1-11, 2011