ロボットハンドに適した超小型距離画像センサ

○岩崎一也(中央大) 寺林賢司(静岡大) 梅田和昇(中央大)

1. 序論

ロボットハンドが物体の把持動作を行う場合,対 象物体の三次元形状を計測する必要がある.このた めには距離画像センサが有用であると考えられる. しかし,ロボットハンドと物体を計測するセンサが 離れた位置にある場合,把持前にオクルージョン (隠蔽)が生じてしまう問題がある.確実な物体把 持を行うために,オクルージョンに対してロバスト な計測が可能なセンサが求められる.長谷川ら[1] は,ネット状近接覚センサをロボットハンドの指先 に搭載することでこの問題に対応しているが,物体 把持に至るまでにロボットハンドと対象物体との 大域的な位置合わせが必要である.

そこで、距離画像センサをロボットハンドの手先 に搭載することを考える.このためには、計測対象 に対して近距離計測が可能な小型のセンサが必要 となる.湯浅らはヒューマノイドの手先に搭載され たレーザレンジファインダによる高密度な三次元 計測を実現している[2].しかし、手首を回転させて 計測を行うため、一度に広範囲の計測を行うことが できない.また、パルステック工業製の三次元スキ ャナTDS-A[3]は近距離で高精細な三次元モデルを 作成することができるが、リアルタイムでの計測が 難しい.

我々は、マルチスリット光を照射するレーザプロ ジェクタとCMOSカメラを組み合わせた超小型距離 画像センサを構築した[4].しかし、処理時間が遅く、 また、カメラ画像の画質の悪さから計測精度が不十 分である.

本論文では、デジタルのCMOSカメラを用い、投 影したレーザプロジェクタの取得画像を最適化す ることで、超小型距離画像センサの処理時間の向上, 高精度化を実現する.実験により、構築したセンサ による近距離での移動物体計測が可能であること を示す.

2. 超小型距離画像センサの構築

2.1 センサの原理

図1に構築する超小型距離画像センサのイメージ 図を示す.センサは小型のレーザプロジェクタと小 型の CMOS カメラから構成される. CMOS カメラ によって取得したスリット光像の座標値を求め,三 角測量の原理から距離を算出する.ここで,隣接す るスリット光間で対応点問題が生じるため,レーザ プロジェクタを CMOS カメラに対して回転させる ことで計測レンジを拡大する[4].



2.2 構成部品

本研究では波長 690[nm]のレーザプロジェクタ MINI-715L (Coherent),有効画素数 752×480[pixel]の CMOS カメラ ARTCAM-022MINI-BW (ARTRAY)を 使用する.レーザプロジェクタは従来センサと同じ であるが,ゲインの設定ができず,画質が良くない ため,CMOS カメラを変更している.CMOS カメラ には焦点距離 3.6[mm]のレンズを用いる.また,外乱 光の影響を減らすため,SC-68 フィルタ (FUJIFILM) を用いる.

2.3 ハード構成

図 2 に構築した超小型距離画像センサを示す. 寸 法は縦 17[mm], 横 34[mm], 奥行 52[mm]であり, 重 量は約 40[g]である. 従来センサ[3]は縦 15 [mm], 横 30[mm], 奥行 47[mm], 約 30[g]であったので, やや 大型化している. また, カメラとレーザプロジェク タとの基線長は従来センサより 3[mm]長く, 13[mm] とした.

2.4 センサのキャリブレーション

キャリブレーションの手順として、まず計測点の 移動領域を設定し、無限遠の結像位置およびセンサ の内部パラメータを求める.得られた内部パラメー タの値を用いて、三角測量により距離を算出する[4]. 取得画像における各スリット間の幅は約75[pixel]で あり、近距離側に40[pixel]、遠距離側に35[pixel]の 計測点の移動領域を設定した.その結果、最小計測



正面図俯瞰図図 2 超小型距離画像センサ(重さ:約40[g])



図3 計測範囲

距離は100[mm],最大計測距離は300[mm]となる.

2.5 構築したセンサの仕様及び従来センサとの比較

本センサの計測範囲を図 3 に示す.本センサの計 測距離は100[mm]~300[mm]であり,従来センサの計 測距離より遠距離側に 100[mm]長くなっている.ま た,フレームレートは 15[fps]である.従来センサは 使用していたコンバータの性能の関係で 6[fps]であ ったのに対し,高速化を実現している.

図4はスリット光像の結像位置の精度比較である. スリット光像の結像位置に対して平面フィッティン グを行い,フィッティング面からの差を誤差として 示す.図4より,従来センサと比較してスリット光 像の結像位置の誤差が小さくなっており,サブピク セル精度でスリット光像の結像位置を計測できてい ることが分かる.図5は実距離画像の精度比較であ る.結像位置の精度比較と同様に当てはめた平面か らの距離を誤差として示す.図5より,ほぼ理論通 り距離の2乗に比例して誤差が大きくなっている[5]. 従来センサと比例係数を比較すると精度が向上して いることが分かる.また,計測距離が100[mm]に近 づくにつれて,スリット光像の結像位置の計測精度 が悪化するため,計測誤差があてはめられた曲線よ り大きくなったと考えられる.





図9 動的環境での計測

3. 物体計測実験

3.1 静的環境での物体計測

構築したセンサを用いて,静止物体の計測実験を 行った.まず,センサを壁から 150[mm]の位置に正 対させ,LAN ケーブル(直径 6[mm]),白色の直方体 (縦 50[mm]×横 25[mm]×奥行き 25[mm])を壁に接 触した状態で計測した.次にセンサを壁から 250[mm]の位置に正対させ,飛行機の模型(縦約 100[mm]×横約 110[mm])を計測した.計測結果をそ れぞれ図 6,7,8 に示す.各図において,(b)の縦 軸は垂直方向の距離,横軸は水平方向の距離を表す. また,(c)は(b)と同じ結果を異なった視点から表 示した図である.図 6,7より,LAN ケーブルのよう な紐状の物体やピンポン球のような球体を計測でき ていることが分かる.また,図8より,飛行機の模



4. 結論

型のような複雑な形状を持つ物体も計測できている.

3.1 動的環境での物体計測

図 9 に示すようにセンサを机に対して仰角約 50[deg],高さ約 135[mm]に設置し,物体をセンサに 向けて移動させた.計測対象物はゼンマイ式の飛行 機の模型であり,300[mm/s]で走行する.連続6フレ ームの計測結果を図 10 に示す.実験結果より,移動 している物体もその形状や大きさを計測できている ことがわかる.以上の結果から,近距離での物体計 測において,静的な環境だけでなく,動的な環境に 対しても計測対象の形状や大きさを計測できること が分かった. 本論文では、マルチスリット光を用いた超小型距離画像センサを構築した.デジタルの CMOS カメラ を用いたことで、投影したレーザプロジェクタの取 得画像を最適化し、超小型距離画像センサの処理時 間の向上、高精度化を実現した.また、移動物体の 計測ができることを実験により示した.

今後の展望として、ロボットハンドへの応用があ げられる.



参考文献

- [1] 長谷川 他:"指先にネット状近接覚センサを装着 したロボットハンド",ロボティクス・メカトロニ クス講演会 2010, 2A2-C22, 2010.
- [2] 湯浅 他: "ヒューマノイドによるレーザーレンジ ファインダを用いた三次元地図作成と障害物回 避", SI2007, 2B3-3, 2007.
- [3] "パルステック工業株式会社のウェブサイト", http://www.pulstec.co.jp/pr/opt/pr_o02.html#01
- [4] 岩崎 他: "マルチスリット光を用いた超小型距離 画像センサの構築",第 29回日本ロボット学会学 術講演会,103-3,2011.
- [5] H.Ishiyama, et al. : "A 100Hz Real-time Sensing System of Textured Range Images", Proc. of 2010 International Symposium on Optomechatronic Technologies, SP-SH-7, 2010.10.