

ロボットハンド把持制御のための光学式接触近接複合センシングデバイスの開発

[1] 組織

代表者：下ノ村 和弘

(立命館大学理工学部)

対応者：香川 景一郎

(静岡大学電子工学研究所)

分担者：

中島 弘登(立命館大学大学院理工学研究科)

中野 俊(立命館大学理工学部)

[2] 研究経過 (以下10.5ポイント)

ロボットハンドを用いた物体把持において、その対象物の位置や形状が未知である場合、複数の異なる種類のセンサ情報に基づいて把持動作の計画・制御が行われる。すなわち、把持前には、視覚センサや近接センサ情報によって、ロボットを対象物近傍まで接近させ、どのように把持するかを決定する。把持後には、触覚センサの情報に基づいて把持状態を検知しながら操作を行う。しかし、これらのセンサは一般的には独立したデバイスであるため、空間分解能や座標系が異なり、データの直接比較が困難である。また近接センサや触覚センサの空間分解能はあまり高くないため、検出できる対象物には大きな制限がある。そこで本研究では、対象物の検出と近接センシング、および接触センシングを一つのデバイスで同時に行い、かつ高い空間分解能で把持対象物のセンシングを可能とする光学式の接触近接複合センシングデバイスを開発することを目的とする。

提案している接触近接複合センシングデバイスの原理を図1に示す。接触の検出は、光導波板として知られる原理に基づいている。側面からアクリル板内に赤外線LEDを照射すると、アクリル板と空気の境界面で全反射が起こり、赤外光がアクリル板内に閉じ込められる。ここで、物体Bのようにアクリル板に接触している部分では赤外光が散乱して板外に出て行く。このとき、アクリル板を挟んで反対側に設置したカメラにより、対象物側の可視光画像と赤外光画像をそれぞれ取得する。可視光画像では、アクリル板を通して、物体Aと物体Bが見える。ここでマルチカメラを用いて、視点の異なる可視光

画像を2枚以上取得し、視差計算により接触前の物体Aまでの距離を求めることで、近接情報を取得する。また赤外光画像では、対象物のアクリル板への接触による散乱光のみ見えるため、接触情報を得ることができる。

本プロジェクトでは、コンパクトなマルチカメラを実現するキーデバイスとなる複眼カメラを、接触近接複合センシングデバイス向けに小型化、高機能化した。これを用いて製作した複合センサの評価を行った。

以下、研究打ち合わせの実施状況を記す。

(1) 2013年9月17日

静岡大学電子工学研究所において、接触近接センサ用小型複眼カメラについて打ち合わせを行った。

(2) 2013年11月15日

静岡大学浜松キャンパス佐鳴会館において開催された、映像情報メディア学会情報センシング研究会において本共同研究プロジェクトの成果に関する発表を行うとともに、今後の研究について打ち合わせを行った。

[3] 成果 (以下10.5ポイント)

(3-1) 研究成果

図2に本プロジェクトで開発した接触近接複合センシングデバイス向け小型複眼カメラを示す。

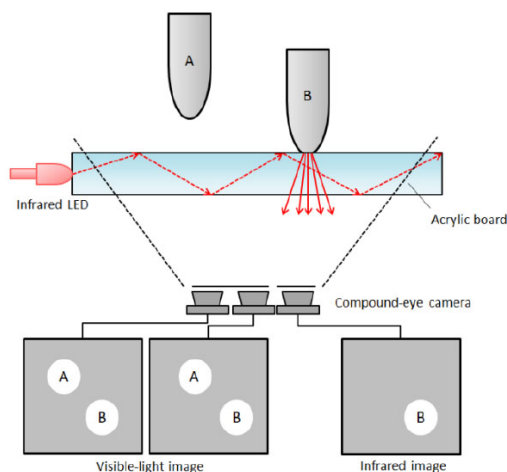


図1 接触近接複合センサの原理。

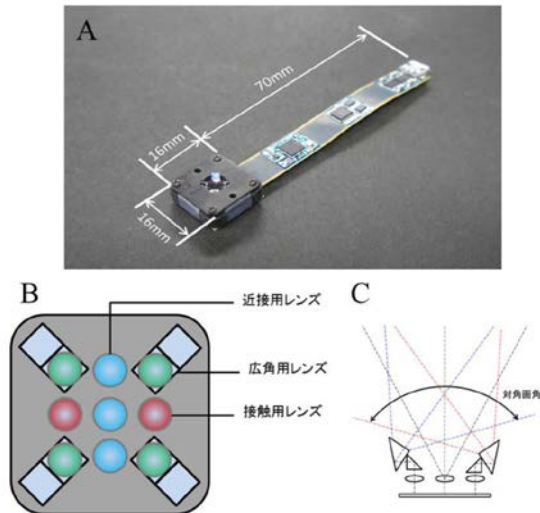


図2 製作した小型複眼カメラ.

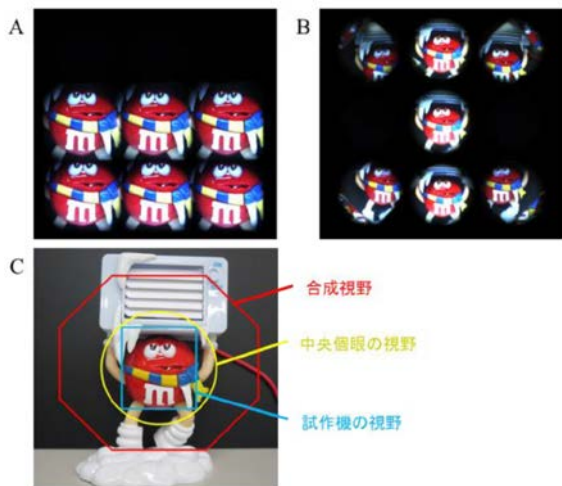


図3 小型複眼カメラの出力画像. A 従来の複眼カメラ, B 本プロジェクトで製作した複眼カメラ, C 視野の比較.

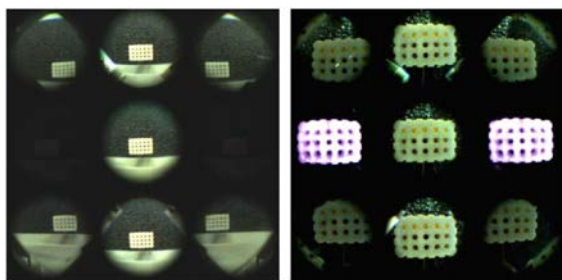


図4 接触近接複合センサの出力.

16[mm]×16[mm]のカメラヘッドに、9つの個眼を持っている(図2A). 中央1列の3つの個眼は可視光域の画像を取得し、ステレオ視の原理で対象物までの距離を計測することで近接センサとして用いられる. 真ん中の行の左右2つの個眼は赤外帯域の画像を取得し、後述のように光導波板を介して接触検出に用いられる. 四隅の4つの個眼は、それぞれ2つのプリズムを用いて視野を拡大しており(図2C),

これらの画像を合成することで画角およそ80°の広視野画像が得られる. これは、把持対象物を探索するために用いることができる.

図3に製作した小型複眼カメラの出力画像(図3B)を示す. 比較のために、従来使用していた複眼カメラの画像をAに示す. 四隅の画像を合成することで、Cに示すように広い視野を実現できた.

この小型複眼カメラを用いて、接触近接複合センシングデバイスを製作した. 厚さ25[mm]、重さ38[g]となり、本プロジェクト以前に試作したセンサに比べてそれぞれ72%、52%へと小型化、軽量化できた. 図4に、製作した複合センサの出力を示す. ゴム製のブロックを対象物として、複合センサの亚克力板表面に向かって近付け、接触させた. 図4左は接触前の出力画像である. 中央列の可視光画像から対象物が確認できる. 図4右は接触後の出力画像である. 真ん中の行の左右2つの赤外画像において、接触部分が検出できていることが分かる. 実験を通して、本プロジェクトにおいて製作した接触近接複合センシングデバイスにより、ロボットハンド把持制御のために必要な情報が取得可能であることが確認できた.

(3-2) 波及効果と発展性など

本プロジェクトで開発したセンサは、対象物探索から把持開始位置の決定、把持状態の把握までを、一枚の画像の処理に基づいて行えるため、把持戦略および把持制御の高度化に寄与できる. 今後、従来取扱いが困難であった柔軟で変形する対象物の把持に応用する予定である. また、イメージセンサを高速化することで、把持中の初期滑りの検出など、より豊富な情報を取得できる可能性がある. さらに、接触や近接センシングの空間分解能が従来のセンサに比べて飛躍的に向上するため、光学系の工夫により微小な対象物のマニピュレーション技術の開発につながることも期待できる.

[4] 成果資料 (以下10.5ポイント)

(1) 中島弘登, 香川景一郎, 下ノ村和弘, "複眼カメラを用いたロボットハンド制御用複合センサ," 映像情報メディア学会情報センシング研究会, 静岡, 2013.11.

(2) K. Shimonomura, H. Nakashima, "A combined tactile and proximity sensing employing a compound-eye camera," IEEE SENSORS 2013, Baltimore, MD, USA, 2013.11.

(3) 中島弘登, 下ノ村和弘, "接触近接複合センシングによるロボットハンドの把持制御," 計測自動制御学会第14回SI部門講演会(SI2013), 神戸, 2013.12.

出張報告

氏 名：下ノ村和弘

所 属：立命館大学理工学部

期 間：2013年9月17日

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