

令和 2 年 6 月 26 日現在

機関番号：82626

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2018～2019

課題番号：18H06489・19K21552

研究課題名（和文）視触覚情報によるin-hand物体の姿勢推定技術の研究

研究課題名（英文）in-hand's object states estimation by a visual-tactile sensor in a robotic gripper

研究代表者

堂前 幸康（Domae, Yukiyasu）

国立研究開発法人産業技術総合研究所・情報・人間工学領域・研究グループ長

研究者番号：50825578

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 800,000円

研究成果の概要（和文）：視触覚センサを試作し、ResNet50をベースとした深層学習アルゴリズムにより、ばら積みされたねじをロボットがつかんだ際、何本のネジを、どのような姿勢でつかんでいるかを認識する方法を実現した。様々な姿勢で掴んだねじの視触覚画像200枚に対して、識別実験をしたところ、96.8%の識別率を実現した。従来の触覚センサでは難しかった、把持中の物体の複雑な状態を推定することに成功した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

視覚に基づく触覚センサは、現在のロボティクス研究におけるトレンドである。本研究は、産業現場に実在するような扱いにくい対象物に対して、何本、どのような姿勢でつかんでいるかを推定するという難易度の高い問題を扱い、画像200枚規模のデータベースに対して、識別率96.8%という性能を示すことができた。学術的には従来難しいとされてきた把持中の物体姿勢と数を同時に認識できる事例を初めて示したことに価値がある。またその難しい問題は、産業応用を想定した実用的なものである。トレンドである視触覚センサが、ロボットの応用範囲を広げる可能性が高い技術であることを示した点は社会的に重要である。

研究成果の概要（英文）：We made a visual-tactile sensor and applied the sensor to a problem to classify states of grasping screws. We proposed an algorithm based on ResNet50 for classifying the states; the number and the poses of the grasping screws. The classification rate became 96.8% by using 200 images captured by the visual-tactile sensor. We realized in-hand's object state recognition which was hard to be realized by traditional tactile sensors.

研究分野：ロボティクス

キーワード：視触覚 in-hand 姿勢推定 把持数推定

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

深層学習技術の発達に伴い、ロボットは様々な商品や物体をピッキングできるようになった。「掴んで置く」という操作は得意になったが、掴んだものの姿勢を直したり、組み付けたり、整列させたりするためには、人間であれば触覚のような情報が必要となる。カメラをベースとした手法で視触覚を実現することは、深層学習と非常に相性の良いコンピュータビジョンの知見を活用できるため、従来の触覚センサではできなかった把持中の物体の状態推定が実現する可能性がある。

2. 研究の目的

視触覚センサによる把持中の物体姿勢の推定手法を構築し、ロボットによる組立作業などにおける作業効率を高めることを目的とする。把持中の物体の側面形状をリアルタイムで取得できるセンサをロボットハンドに搭載することで、ピッキング後の搬送中に部品姿勢を推定することを目標に、センサ・アルゴリズムの提案と精度評価を実施する。

3. 研究の方法

近年の機械学習技術の発達とロボットへの応用展開事例の増加に伴い、ロボット作業中の情報をいかに取得するかが重要な課題となってきた。本研究では、視触覚情報を取得できるセンサ系をロボットハンド上に構築する。ロボットハンドが物体を把持中の状態（ここでは in-hand と呼ぶ）中に、物体の姿勢情報を推定することで、止まることのないスムーズなロボット作業の実現を目指す。

2018年度は、予算採択が決定した下期後半より本研究を開始し、視触覚センサの実験系の構築と、姿勢推定に適したアルゴリズムの調査を進めた。実験系としては、3Dプリンタにより印刷したジグと、ビジョンセンサ、透明ゲルを組み合わせ、ロボットハンドの指先に搭載可能な接触型の視覚センサを試作した。これを開閉型の2指のロボットハンドに搭載し、ロボットハンドが物体を把持した際に、物体の接触表面の形状画像を取得できる環境を構築した。次に、姿勢推定に適した認識アルゴリズムの調査を進めた。Convolutional Neural Network (CNN)により形状画像から距離画像を推定する手法、物体の3次元モデルと物体の形状データを照合する3次元点群照手法、物体の形状情報から物体に外接するプリミティブ形状を推定する手法に辿りをつけ、実装と評価を進めることとした。

2019年度は、試作した視触覚センサの実験系を利用して、複数の日用品の把持中の状態データを取得するとともに、CNNに基づく状態推定、3次元情報に基づく姿勢推定を実現し、商品形状に対する汎用性の評価を進める。

4. 研究成果

視触覚センサのプロトタイプを構築し、深層学習に基づく認識アルゴリズムを実装し、実用的な応用検証を進めた。具体的には、バラ積みされた状態のねじをロボットが取り出した際に、何本のねじをどのような方向で握っているのかの推定を実現した。

視触覚センサには柔らかい天然ゴムのシートを貼り付けたカメラ付きグリッパを試作し、握ったネジを、天然ゴムを通してカメラで観測できる構成とした(図1)。ResNet50をベースとした状態識別アルゴリズム(図2)により、200枚規模の観測画像データベースに対して識別を実施したところ、ネジの姿勢・本数を96.8%の正解率で認識することに成功し、産業応用の可能性を確認することができた。研究チームにて国内学術講演会で本成果を発表したところ、優秀講演賞を受賞した(計測自動制御学会SI部門)。

研究成果として、ロボットハンドの手先につけた視触覚センサで、従来の触覚センサなどでは難しかった、複数の同一部品の姿勢・数を含む状態識別(図3)が可能となることを確認できた。これにより産業応用の可能性を示すことができたことから、試作センサ系の完成度を高め、様々な形状物体への応用、データベースの生成などを進めていく。

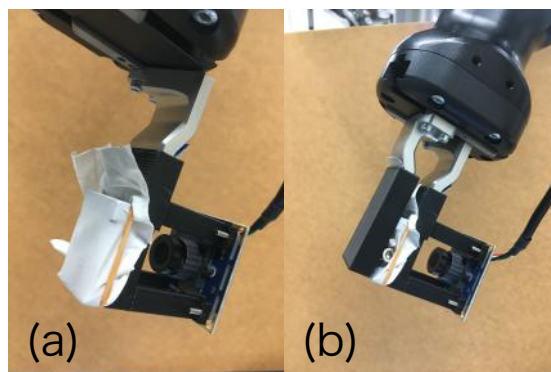


図1. 試作した視触覚センサ.

(a) ロボットハンドを開いた状態、(b)閉じた状態

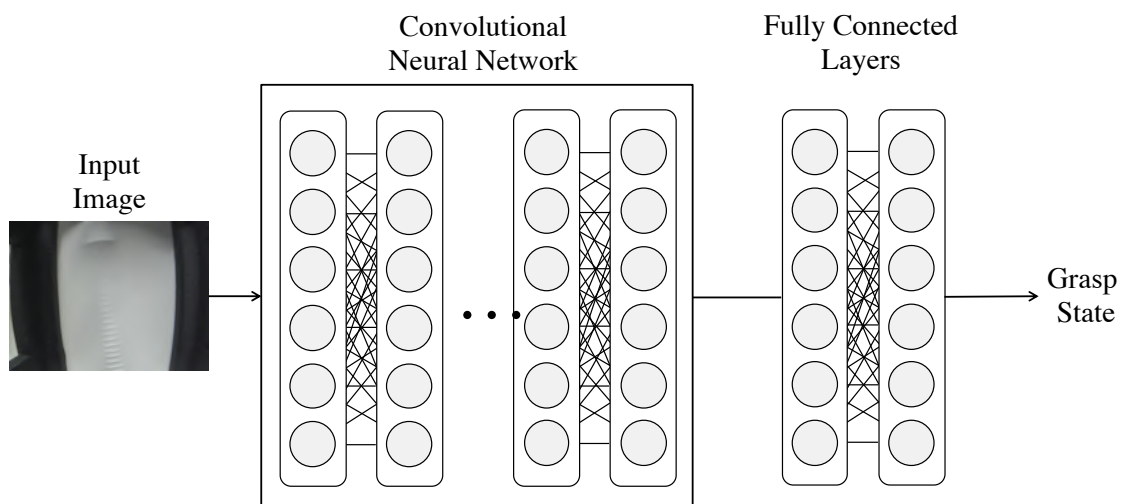


図2. ネジの把持状態を推定するネットワークモデル

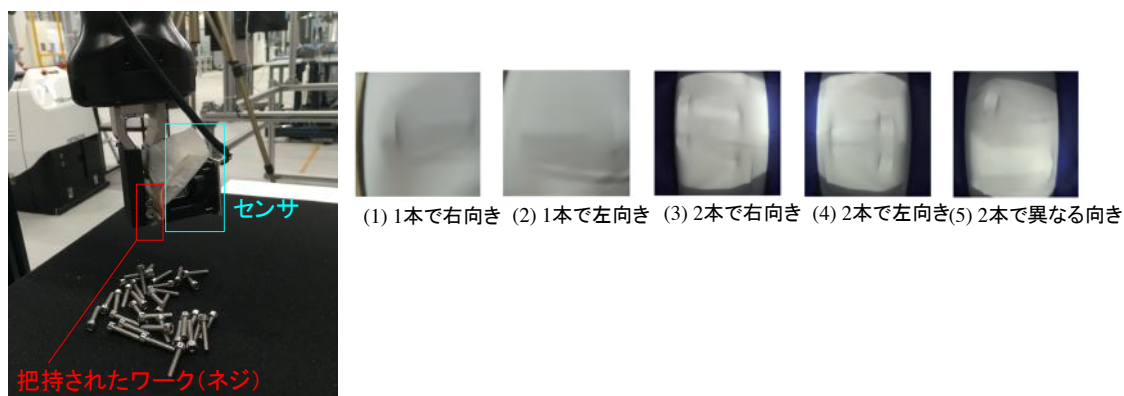


図3. ばら積みされたネジの把持. (1)-(5)把持状態を視触覚センサで観測した例

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 花井亮, 高瀬竜一, 堂前幸康, 植芝俊夫
2. 発表標題 視触覚によるネジの把持姿勢推定
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihiko Katsuta, Yukiyasu Domae, Ryo Hanai and Ryuichi Takase
2. 発表標題 視触覚センサ応用のための透過・不透過素材の特性を利用した物体姿勢推定
3. 学会等名 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

受賞: S12017優秀講演賞、公益社団法人計測自動制御学会、花井亮, 高瀬竜一, 堂前幸康, 植芝俊夫
--

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
---------------------------	-----------------------	----