

三軸触覚センサ板ユニットを用いた棒状物体の種別と把持方向推定

○松本 廣一郎, 山崎 公俊 (信州大学)

Identification and Pose Estimation of a Stick-like Object by a Tactile Sensor Unit

○Koichiro MATSUMOTO and Kimitoshi YAMAZAKI (Shinshu University)

Abstract: This paper describes a tactile sensor unit to be embedded in a palm of a robot hand, and a method to estimate the pose of a stick-like object grasped by the hand. The tactile sensor unit, which consists of a plastic plate with four legs connected with a three-axis tactile sensor on every bottom, is used to measure pressure and shear forces from a grasped object. A fundamental experiment using a cylinder shows that the grasped direction was accurately estimated with over 90% success rate. On other hand, an object identification task was achieved with 78% success rate in the experiments using a dozen of stick-like objects. Finally, we found that the success rate was over 80% in some palm areas by experiments to estimate both object type and grasped angle.

1. 緒言

近年, 生活支援ロボットの需要が高まっている. そのようなロボットは, 人のために作られた道具を扱い, 人に有益な作業をおこなえることが望ましい. 本研究では, 日常的に使われる道具のうち, 棒状や紐状の細長い物体に着目する. 例えば食器, 文房具, 掃除用具, 包装用具などがあり, これらに関連した作業には, 自動化が望まれるものも多いと考えられる.

道具操作の自動化のためには, 操作対象を認識できることが必要になる. 例えば, 所望の操作対象を手に行き届いているのか, その持ち方は正しいか, などがある. もしホウキなどの大型の道具を対象とするのであれば, 視覚による観測が有効である[1]. 一方で, 小型の物体の場合は, 把持をおこなうと物体のほとんどが手の中に隠れてしまうため, 視覚情報のみから頑健な状態認識をおこなうことが困難である. この場合は, 触覚の利用が有効であると考えられる.

本研究の目的は, 生活支援ロボットのハンドに搭載すべき触覚機能の実現である. 本稿では特に, 小型の棒状物体を対象として, 把持物の種別と把持方向の推定に焦点を当てる. ロボットハンドで物体を握り込んだとき, この2種類の情報を得ることを目指す.

触覚情報を取得するセンサとしては, これまで分布型触覚センサが多く用いられてきた. このセンサは, センサ面に物体が触れた時の接触領域と, そこでの接触力を知る事ができるセンサである. 分布型触覚センサを用いた把持対象の認識では, 園田[2]らによる研究がある. そこでは, 接触センサとデータグローブを用いて人間の把持情報をロボットに教示した. また, 毛利[3]らはロボットハンドに分布型触覚センサを装着し, 未知形状物体を把持する研究を行った. ここで用いられているような分布型触覚センサは一般に高価である

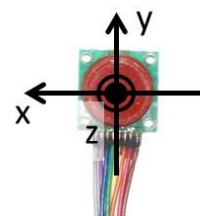


Fig.1 Tactile Sensor TTSI-OD10-C10

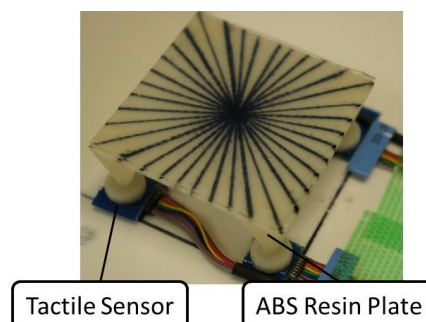


Fig.2 Tactile Sensor Plate

ため, より安価な分布型触覚センサが求められている. そのため, 本研究では比較的安価な三軸触覚センサを利用したセンサユニットを製作し, そのユニットに適した識別手法を構築することとした.

2. センサ板ユニットと実験装置

2.1 三軸触覚センサ

本研究では, 少数の三軸触覚センサを埋め込んだセンサ版ユニットを製作する. 本節では, 使用した三軸触覚センサについて述べる. Fig.1 に示すセンサはタッチエンス株式会社[4]の三軸触覚センサ「ショックチップ」TTSI-OD10-C10である. センサのサイズは10[mm]×10[mm]×2.5[mm]で, 定格荷重はz軸方向圧力40[N],

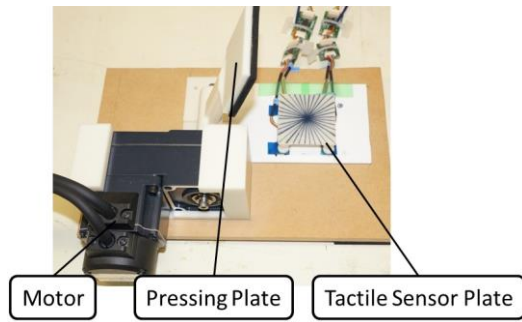


Fig.3 Hold-Down Apparatus

x,y 軸方向せん断力±8[N], 分解能は 0.01[N]である.

2.2 触覚センサ板ユニット

Fig.2 に三軸触覚センサを使用して作成した触覚センサ板ユニットを示す. これは脚付き樹脂板の各脚に 2.1 で述べた三軸触覚センサを装着したものである. 脚付き樹脂板は 50[mm]×50[mm]×1[mm]の正方形 ABS 樹脂板の四隅に 19[mm]の脚をつけたものである. 板平面上には 1[mm]厚のシリコンシートが貼り付けられており, 棒状物体を押し付けた際に物体が滑らないようになっている.

2.3 押さえ付け装置

Fig.3 に示すのは, ロボットハンドでの把持を模した押さえ付け装置である. 2.2 節で述べた触覚センサ板ユニットの上からロボットハンドの指部分に相当する板で物体を押さえ付ける構造になっている. 押さえ付けは, DC モータにより一定値のトルクをかけ続けることでおこなう. モータはツジ電子製のブラシレスモータ TF-M30-24-3500-G15 を使用した. モータのトルクは 0.51[kgf·cm]とした.

3. データと判別手法

センサ板ユニットに棒状物体を押し付けると, 4つ



Fig.4 Selected Objects

の三軸触覚センサから計測データが得られる. それらを用いて, 物体の種類と, センサ板上での物体の向きを識別したい. それぞれの三次元触覚センサからは, x,y,z 軸方向にかかる力の時系列データが出力されるので, これらの出力データを元に識別をおこなう.

本研究では, これを多クラス識別問題と捉え, 識別手法としてランダムフォレスト[5]を用いた. ランダムフォレストは学習データ群からランダムに選択したデータ毎に決定木を作成して分類を行うため, データの汎化誤差に強く, 多クラス分類に適した集団学習の手法である.

本研究では, センサ板上に棒状物体を押し付け, 押し付ける角度を様々に変更した角度データと, 押し付ける物体を様々に変更した物体データを複数回取得し, これらのデータ群をランダムフォレストの学習データ群とした. また, データの事前処理として押さえ付け力の大きさに依存しないように正規化を行った.

4. 実験

4.1 把持方向推定の基礎実験

4.1.1 実験方法

把持物体の方向推定の精度を調べるための基礎実験を行った. 対象物は, 直径 24[mm], 長さ 50[mm]の金属製円柱とした. 学習データ収集では, 円柱をセンサ板上に 0[deg]から 170[deg]まで 10[deg]毎に人手で 2 秒間

Table 1 Result of Angle Recognition Experiment

correct answer	detected answer																	recognition rate		
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	without error	±10 deg error
0	5																		100	100
10		5																	100	100
20			5																100	100
30				4	1														80	100
40					5														100	100
50						1	4												80	100
60								5											100	100
70									5										100	100
80										5									100	100
90											5								100	100
100												5							100	100
110													5						100	100
120														5					100	100
130															5				100	100
140																1	4		80	100
150																	4	1	20	100
160																		5	100	100
170																			5	100
total recognition rate																			92.2222222	100

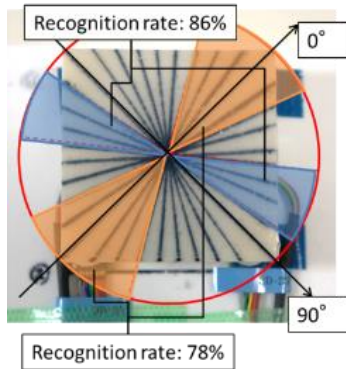


Fig.5 Area of High Recognition Rate

押しえつけ、そのときの力の時系列データを個別に記録した。各方向でのデータ数は30とし、合計540の学習データを用いて、ランダムフォレストによる識別器を構築した。方向推定の実験では、同じ金属棒を任意の方向でセンサ板ユニットに押し付け、そのときに得られたデータを識別器に入力し、識別結果を得た。

4.1.2 実験結果

実験結果を Table 1 に示す。表の縦軸は実際に押し付けた角度であり、横軸は識別器が出力した角度である。各セル内の数字は識別の回数を示しており、灰色のセル内の数値は、正しく識別された回数である。約92%の正解率で角度が識別された。また、 $\pm 10[\text{deg}]$ の誤差を認める場合は、識別率は100%であった。

4.2 物体種類と把持方向の同時推定実験

4.2.1 実験方法

日用品から5種類、比較実験用に4種類の物体を選定した。Fig.4に示したように、使用した物体の内訳は、センターポンチ、シャープペン、ボールペン、六角レンチ、単三電池、直径5[mm]の金属円柱、及びこの円柱に外径8[mm]の金属リングを1個~3個等間隔で取り付け付けた棒状物である。3章で述べた実験装置を用いて、これらの物体を10[deg]毎に角度を変えながらセンサ板に押し付け、学習データを収集した。なお、各物体・各方向で、データ取得は3回ずつおこなった。

この学習データから2種類の識別器を生成した。1つは、物体の種類を識別するためのものである。学習データを物体の種類ごとに分け、9クラスの識別器を構築した。もう1つは、データを方向ごとに分けて学習させた18クラスの識別器である。

4.2.2 実験結果

物体の種類については、約78%の識別率で正解が得られ、一定の有用性が確認できた。一方、方向の識別率は40%となり、4.1節の結果よりも大きく低下した。この理由は次のように考えられる。本研究で提案した

センサでは、実験に使用した物体の断面形状の違いや表面の凹凸形状、及び長手方向のテーパの有無などの違いによりセンサ面への当たり方が変わり角度に関する正しいセンサ出力が得られなかったためである。

ただし、所定方向では、高い識別率が得られることもわかった。具体的には、Fig.5に示すように、50[deg]から80[deg]では約86%、0[deg]から10[deg]および150[deg]から170[deg]では78%の識別率が得られ、これらの範囲内では識別手法の有用性を確認できた。本研究ではロボットハンドに搭載するためのセンサを想定しており、その場合、把持される物体の方向は、ある範囲に限定しやすと考えられる。よって、前述のような識別精度の偏りを考慮してセンサの配置角度を決めれば、ロボットハンド用のセンサとして利用できるとの所感を得た。

5. 結言

本稿では、複数の三軸触覚センサを埋め込んだロボットハンド用センサ板ユニットと、それによる把持物体の種別・方向の推定手法について述べた。実験では、9種類の物体の識別率は78%、方向の識別率は40%であった。ただし、ある方向については高い識別率が得られ、ロボットハンド用のセンサとしての可能性を確認できた。

今後の展望として、識別率の向上や、識別対象の増加、ケーブルなどの柔軟物体の識別、ロボットハンドの製作などがある。

参考文献

- [1] 津田敦史, 野沢峻一, 植田亮平, 垣内洋平, 岡田慧, 稲葉雅幸. ヒューマノイドにおける複雑形状物品の双腕物体操作による見かけ認識モデル獲得. ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集. 2P2-J08(1)-2P2-J08(4). 2011.
- [2] 園田展人, K. Bernardin, 小川原光一, 木村浩, 池内克史. 日常動作における把持の認識とロボットによる再現. コンピュータビジョンとイメージメディア. 2003. Vol. 137. pp.61-68.
- [3] 毛利哲也, 川崎清久, 伊藤聡. 人間型ロボットハンドによる握り反射を模擬した未知形状物体の把持. 日本機械学会論文集(C編). 2005, 71巻, 705号, pp.1646-1653.
- [4] 株式会社タッチエンス. “ショッカクチップ™ 概要紹介”. タッチエンス株式会社. <http://www.touchence.jp/chip/index.html>.
- [5] L.Breiman, Random Forests, Machine Learning, 45, 5-32, 2001, pp5-32.