

人工皮膚センサによる凸/平面識別

正木 俊明[†] 安藤 潤人[†] 竹囲 年延[‡] 望山 洋[†] 藤本 英雄[§][†]筑波大学 [‡]弘前大学 [§]名古屋工業大学

1 はじめに

近年、少子高齢化に伴う労働人口の減少により、ものづくり現場における効率化が求められている。自動車の車体表面の凹凸検出は、熟練工の触覚による手作業に頼っているが、この作業の習熟には慣れや経験といった要素が大きく、体系化されたものではない。そのため、検出の自動化や若い技術者訓練のための体系化が求められる。本研究の目的は凹凸の情報を数値化し、機械学習による識別を行うことである。

田中らは、反射光の画像センシングにより、凹凸や車体の傷を検出する方法を提案した[1]。申らは、FeCoSiBアモルファス薄膜のひずみに対する透磁率と高周波インピーダンスの変化を調べることで、超高感度固体ひずみセンサの性質を持つことを解明した[2]。画像処理による光学的な手法では水滴や油滴を欠陥として誤って検出してしまうことや、大きく曲がった面では測定ができないなどの問題点がある。また、ものづくり現場では、金属か非金属かなどといった素材によらず、ひずみを検出できるデバイスが求められる。

触覚を入力とした凹凸検出デバイスを開発することができれば、見ただけではわからないノイズに惑わされることなく、センサの出力を基準として不良品を識別できると考えられる。しかし、触覚のセンシングといっても、得られる情報にはさまざまな種類があり、規格化がなされていないのが現状である。

本研究では、ゴム製人工皮膚層による触覚センサのデータをもとに凸/平面を識別するシステムを提案する。

2 提案システム

本研究では機械学習ライブラリ TensorFlow を用いて平面と凸面の識別を行う。触覚をセンシングするデ

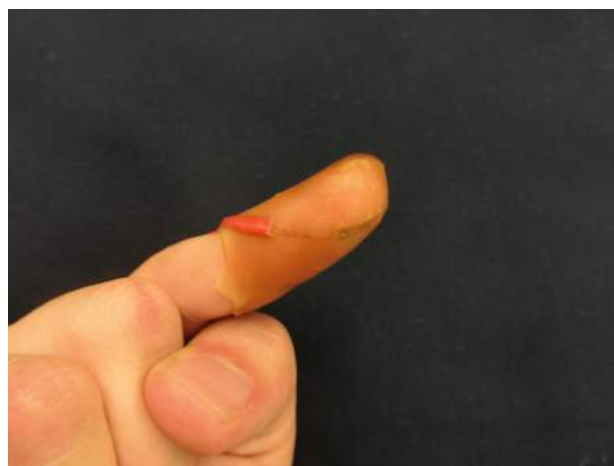


Fig. 1 Rubber Artificial Skin Layer Strain Gauge Sand

バイスとしては、ゴム製人工皮膚層ひずみゲージサンドを用いる (Fig. 1)。

このデバイスはひずみゲージとゴム層からなる単純な構造である。ゴム層の中にひずみゲージが埋め込まれており皮膚の変形に応じてひずみゲージから信号が出力される。指を覆うゴム層は、使用者の指に合った形に成形できる。したがって、皮膚とゴム層の間にはほとんど隙間が無い。隙間を無くす事で皮膚の変形とゴム層の変形はほぼ等しいと考えられる。ひずみゲージはゴム層の変形を測定しているが、その変形を皮膚の変形として見ることができる[3]。でっぱった面や凹んだ面を触った際、指の皮膚は変形し、その変形はひずみゲージからの信号出力により、電圧変化となって現れる。一方、平らな面を触った時には、一定の圧力で動かしている限り、指の皮膚はほとんど変形しないので、ひずみゲージの信号はほとんど変化しない。

システムへの入力には、これを電圧に変換する前の12bitの0~4095の数値を用いた。

システムの概要を Fig. 2 に示す。ひずみゲージサンドから得られたデータを入力として、ソフトマックス関数により、凸面か平面かの確率を出力して多項分類を行う。一般的にニューラルネットワークは、入力

Discrimination between Convex and Plane by Strain-gauge-embedded Rubber Artificial Skin Sensor

Toshiaki MASAKI[†], Mitsuhiro ANDO[†], Toshinobu TAKEI[‡], Hiromi MOCHIYAMA[†], and Hideo Fujimoto[§]

[†]University of Tsukuba

[‡]Hirosaki University

[§]Nagoya Institute of Technology

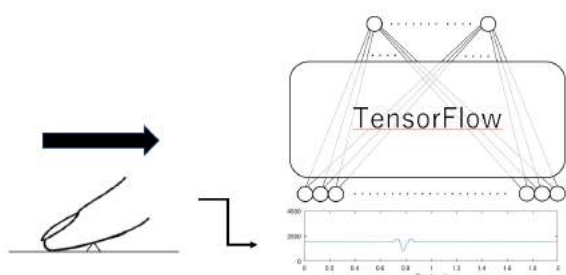


Fig. 2 Proposed System

層、隠れ層、出力層という3種類のパーツが組み合わされて構成された構造を持ち、隠れ層を増やしていくことでディープニューラルネットワーク (DNN) となっていく。本研究では、触覚センサによるディープラーニングの有効性を検証するため、その根本となる多項分類器を用いて凸/平面の識別を行った。そのため、より細かい変化を分類するために DNN にしていく際には、Fig. 2 のような入力層と出力層だけではなく、それらの間に、隠れ層を追加していくことになる。

3 実験

3.1 動作実験

20代の男性被験者1人が100×30mmの金属プレートを2秒間かけてなぞった。触るプレートは2種類の凸面と平面の合計3種類を用意した。人工皮膚層に貼られたひずみゲージは、指全体をカバーすることはできないため、識別対象である凸部をひずみゲージが通過しないことのないように凸面のサンプルの金属プレートには一様にガウシアンカーブのような傾斜を加工によって作成した。凸面の最大の高さは40μmと60μmの2種類を用意した。平面は、金属プレートの加工が施されていない面を用いた。

サンプリングタイムは1[msec]とした。これを凸面と平面でそれぞれ5回行い、オリジナルのデータ15個とした。その後、凸面をなぞった際の変位の最大値の10%程度のノイズを各データに加え、データを150個に増やした。これらをオリジナルと合わせて165個のデータとし、トレーニング用84個、テスト用81個に分け、トレーニング用のデータで学習させた後、テスト用データで正答率を算出した。

3.2 結果

テスト用81個のデータを5000ステップ学習させた際の正答率の推移を示す(Fig. 3)。4500ステップを超

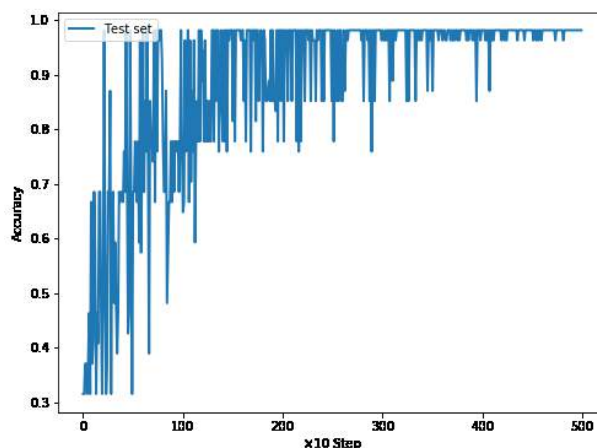


Fig. 3 Accuracy in Each Learning Step

えたあたりから、正答率は95%以上で安定していることがわかる。このことから、平面と高さ40μm以上の凸面を高い精度で識別できることや、凸面同士の20μm程度の高さの違いを識別できる可能性が示唆される。

4 まとめ

本研究ではゴム製人工皮膚層ひずみゲージサンドを用いて凸/平面を識別する手法を提案した。データの識別には多項分類器を用いた。実験の結果、平面、凸面(40μmと60μm)の形状の違いを95%を超える精度で識別した。今後はどこまで小さな凸面を識別できるのか、また凹面も識別するかについても調べていくことが求められる。その際には、単純な多項分類器だけでは、識別することが困難なことが考えられ、隠れ層を増やしていくことでDNNにしていくことが必要であると考えられる。

参考文献

- [1] 田中一基 他: 塗装表面検査の自動化技術, 日本機械学会論文集 (C編), 60巻, 577号, 1996
- [2] 申光鎬 他: FeCoSiB アモルファス薄膜を用いた高感度歪センサ, 日本応用磁気学会誌, 23巻 4-2号 p. 1425-1428, 1999
- [3] 望山洋, 林秀俊, 蕭凱文, 竹田年延, 篠塚英, 小川清: ゴム製人工皮膚層メカトロサンド, 第32回日本ロボット学会学術講演会, RSJ2014AC3B2-01(1/3), 2014