

ホール素子を用いた柔軟指内蔵力覚センサ

Damith Suresh Chathuranga (立命館大学) ○平井 慎一 (立命館大学)

1. はじめに

機械部品の組み立てには、力覚が必要である。また、複雑な形状の部品を把持するためには、指先が柔軟で、様々な表面形状に従うことが可能であることが必要である。したがって、力覚を有する柔軟な指先が望まれる。著者らは、ホール素子と永久磁石を用いた力覚センサを開発し、その力覚センサを組み込んだ柔軟な指先を構築している[1]。本稿では、センサの実験的な評価について報告する。

2. ホール素子を用いた力覚センサ

柔軟な指先に組み込むことを前提として、ホール素子を用いた力覚センサを採用する。図1に示すように、柔軟指に4個の磁石を埋め込む。個々の磁石の周りに3個のホール素子センサを空間3軸方向に配置する。柔軟指に力が作用すると、柔軟指が変形する。その変形により磁石とホール素子の相対位置が変化すると、ホール素子の出力が変化する。したがって、ホール素子の出力から、柔軟指に作用する力を計算することができる。

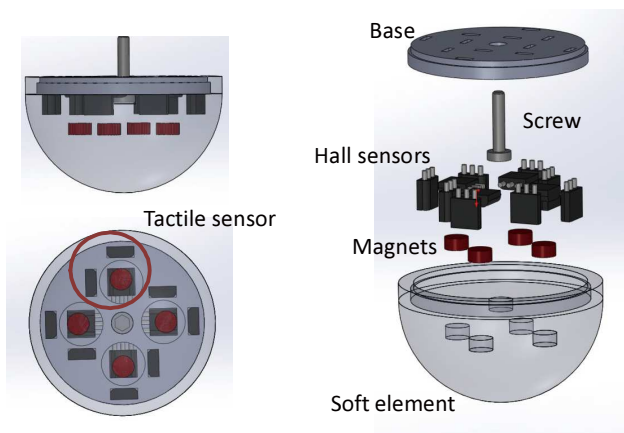
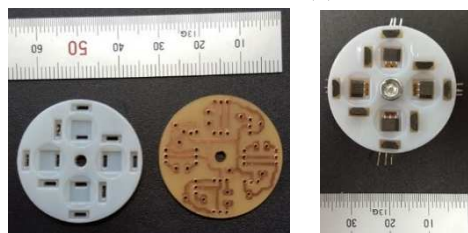


図1 ホール素子を用いた力覚センサの構造

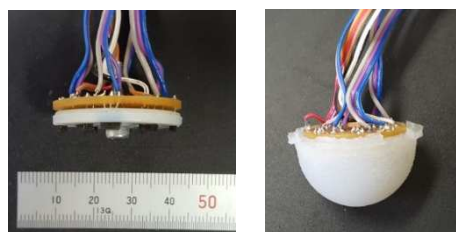
図2にセンサを埋め込んだ指先の試作過程を示す。図2(a)に示す鋳型にシリコンゴムを流し込み、硬化させる。硬化後に鋳型から4個の半球から成る部材を外す。図2(b)に示すように、この部材の裏側にある4個の凹部に磁石を接着剤で固定し、さらにその上にシリコンゴムを注ぎ、硬化させる。また、図2(c)に示すセンサ用基板と回路基板を作る。図2(d)に示すように、センサ用基板の上にホール素子を固定する。図2(e)に示すように、センサ用基板と回路基板を重ね合わせ、配線を行う。図2(f)に示すように、半球状の指先を取り付けて、センサを埋め込んだ指先が完成する。



(a) 4個の半球の鋳造の鋳型 (b) 磁石を固定する穴



(c) センサ用基板と回路基板 (d) ホール素子の固定



(e) 回路の取り付け (f) 指先の取り付け

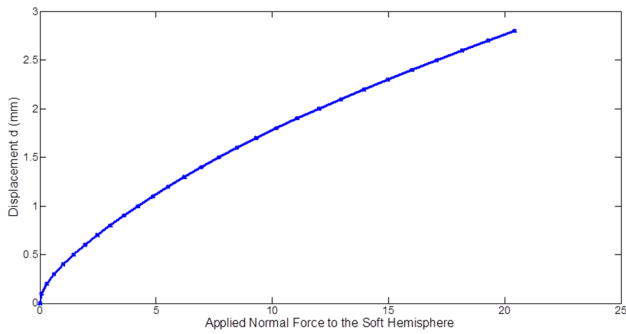
図2 センサを埋め込んだ指先の製作過程

3. センサの性能

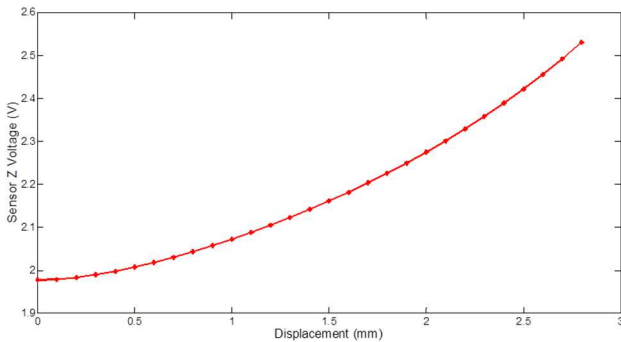
センサの特性を実験的に調べた。指先を垂直軸に沿って変形させ、そのときの垂直荷重とセンサ出力を計測する。垂直荷重と変位の関係を図3(a)に示す。変位とセンサの出力電圧の関係を図3(b)に示す。これらの関係を用いると、センサの出力電圧から垂直荷重を計算することができる。

ヒステリシスを検証した結果を図4に示す。荷重のフルスケール22Nに対して、ヒステリシスは5%以下であることがわかった。

提案するセンサは、図5に示すように、4個のセンシング要素から構成される。センシング要素間のクロストークを評価するために、センシング要素1に垂直荷重を印加し、センシング要素1とセンシング要素2のセンサ出力を計測した。その結果を図6に示す。センシング要素1が変形するとき、要素1の永久磁石とホール素子 x_1, y_1, z_1 との位置関係が変わるので、これらのホール素子の出力が変化する。一方、ホール素子 x_2, y_2, z_2 の出力変化は、クロストークである。図6に示すように、クロストークは0.5%であった。



(a) 垂直荷重と変位の関係



(b) 変位とセンサ出力電圧の関係

図3 指先の変位と荷重, センサ出力との関係

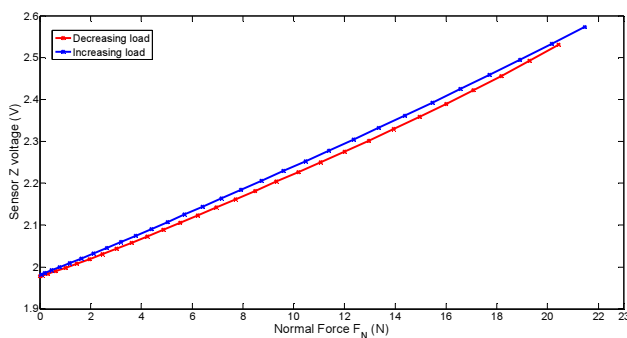


図4 ヒステリシスの検証結果

提案するセンサは、ホール素子と永久磁石を用いており、鉄製の対象物がセンサ出力に影響を与えることが考えられる。そこで、プラスチックの板に指先を押し当てたときのセンサ出力と、厚み 1mm, 5mm, 17mm, 23mm の鉄の板に指先を押し当てたときのセンサ出力を図 7 に示す。プラスチックにおけるセンサ値に対する相対誤差は、約 5%であった。

4. おわりに

本稿では、柔軟指に埋め込み可能な、ホール素子と永久磁石を用いた力覚センサを提案した。簡単な検証試験を通して、センサとして働くことを示した。

現在、図 8 に示すハンドを構築している。今後、このハンドを用いた対象物の把持や組立に関する研究

を進める。また、シミュレーションを通して、ホール素子や永久磁石の配置を設計する予定である。

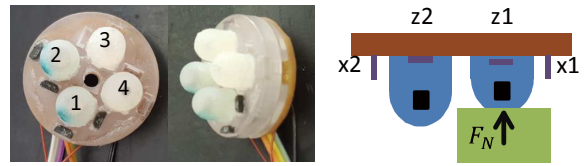


図5 センシング要素の番号

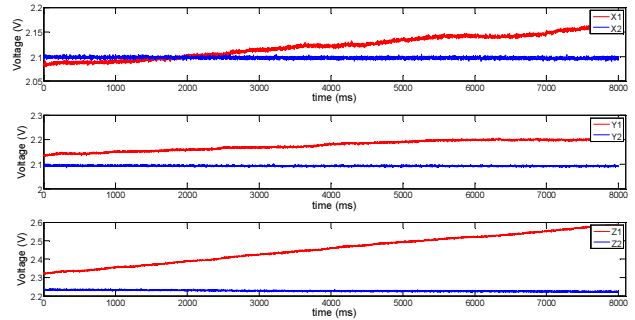


図6 クロストークの検証結果

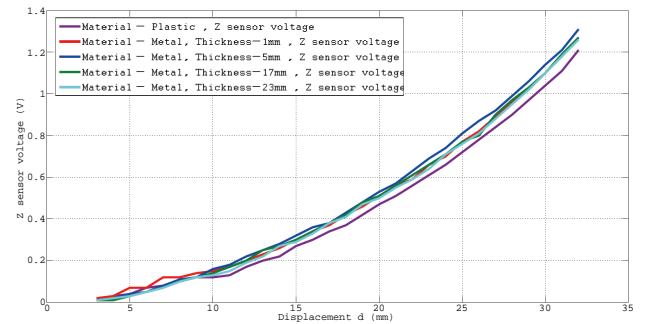


図7 鉄のセンサ出力への影響

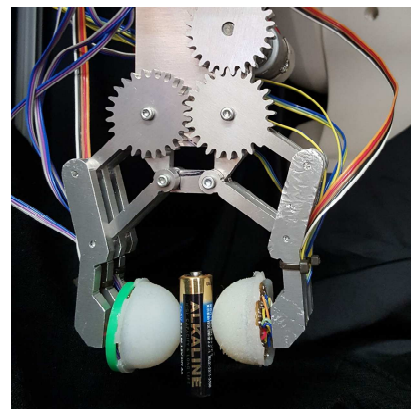


図8 柔軟指から成るハンド

参考文献

[1] Damith Suresh Chaturanga, Zhongkui Wang, Yohan Noh, Thrishantha Nanayakkara, and Shinichi Hirai, Magnetic and Mechanical Modelling of a Soft Three-Axis Force Sensor, IEEE Sensors Journal, Vol.16, 10.1109/JSEN.2016.2550605, 2016.