

## 審査の結果の要旨

氏名 野田 堅太郎

本論文は「直立ピエゾ抵抗カンチレバーを用いた皮膚状触覚センサに関する研究」と題し、6章から構成される。本論文では、物体表面の凹凸周期をもとに物体が識別できる皮膚状触覚センサを実現している。提案する皮膚状触覚センサは、硬さが異なる弾性体を積層しており、弾性率の高い表面部に指紋状の凸構造が形成されている。この構造により物体表面をなぞった場合、物体表面の凹凸と指紋型構造がひっかかることでせん断変形が生じる。この変形を計測するために、皮膚状触覚センサには、その時間変化を計測する機能が備わっている。

第1章「序論」では、研究の背景と目的、論文の構成について述べている。

第2章「皮膚状触覚センサの設計および製作」では、ヒトの皮膚構造の特徴に関して論じている。ヒトの指は剛性が異なる3層の積層構造であり、最も剛性が高い表面部に指紋が存在する。そこで、親指の指紋を型取り、その3次元形状を計測することで皮膚状触覚センサのモデルを作成している。また、ヒトの指先の弾性率を計測し、これをもとに皮膚状触覚センサに使用する弾性体の剛性を決定している。

第3章「直立カンチレバーを用いたせん断力センサ」では、皮膚状構造を形成する弾性体のせん断変形を計測する構造として、直立形状のピエゾ抵抗カンチレバーを弾性体中に埋め込んだものを提案し、せん断力に対する応答特性を計測している。直立カンチレバーはヒンジ部にピエゾ抵抗層をもち、弾性体のせん断方向への変形に習うことによって、弾性体に加えられたせん断力を計測できる。表面に磁性体層をもつカンチレバーに磁場を与えることによって、磁性体が磁束に向くことを利用して直立形状を作成している。

第4章「液体フィルタ構造によるせん断力変化の計測」では、摩擦の影響を受けることなくなぞり時に生じる微小な凹凸との接触を計測することが可能な構造として、粘性をもつ流体中に直立カンチレバーを配置した構造を提案している。せん断力の時間変化によって液中に流れが生じた際にカンチレバーが変形するため、カンチレバーの抵抗値変化を計測することで、せん断力の時間変化を計測することができる。この構造では、カンチレバーの剛性と流体の粘性の関係によって計測できる周波数の下限が決まる。本論文では、動粘度が  $37\text{mm}^2/\text{s}$  のシリコンオイルを用いることで、摩擦の影響を受けずに物体表面の凹凸構造を計測する構造を実現している。

第5章「なぞり動作に対する皮膚状構造の影響」では、皮膚状触覚センサ表面の指紋型構造がなぞりに対する出力に与える影響を検証し、表面構造の有効性に関して論じている。第2章の設計をもとに、高い弾性率を持った表面部材と柔らかな内部層を組み合わせた皮膚状構造を作成し、内部層に直立カンチレバーを配置している。このセンサを用いて物体表面をなぞり、その抵抗値変化のパワースペクトルを算出したところ、センサ表面に指紋型構造を有する場合に、表面が平坦な場合に比べて50倍程度の大きな信号が現れることを確認している。この皮膚状構造中に微小液槽を配置し、その内部に直立カンチレバーを埋め込んだ構造を用いることで、凹凸の高さの最小値  $1\mu\text{m}$ 、ピッチ  $100\mu\text{m}$  の段差を計測することが可能である。なぞりに対する抵抗値変化のパワースペクトルを算出することで、木や金属の表面に存在するざらつきの違いを識別することが可能となることを示している。こうした結果より、本論文が提案する皮膚状触覚センサ構造が物体の識別を行う上で有効であることが示されている。

第6章「結論」では、本研究によって得られた成果とその結論を述べ、考察を加えている。

以上要するに、本論文では物体表面をなぞることで、そのざらつきを計測することが可能な皮膚状触覚センサを提案し、その有効性を実験により検証している。このような触覚センサはロボットハンドなどによって物体操作を行う上で非常に重要なセンサであり、今後ロボットが実環境で動作する際に必須のデバイスである。この点から本論文は、知能機械情報学の発展に貢献したものである。

よって本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。