

論文内容の要旨

博士論文題目

A Soft Robotic Skin with Integrated Optical Sensing and Jamming Mechanism
(光学センシングとジャミング機構を統合したソフトロボットスキン)

氏名

佐久間 達也

(論文内容の要旨)

ロボットへ人の手のように万能な物体操作能力を実現するためには、触覚センシングと把持性能の向上が不可欠である。本研究では、触覚センシングと把持能力を向上させるために、視覚に基づくセンシングとジャミング機構を組み合わせた新しいソフトロボットスキンを提案する。屈折率を調整した透明ビーズと透明オイルを組み込むことで、提案ソフトロボットスキンはビジョンベース手法による高空間分解能の触覚センシングを実現する。さらに、充填された透明ビーズのジャミング転移現象を利用することで、皮膚の硬さ制御による把持を実現する。

提案手法の実用性を確立するために、提案するソフトロボットスキンを利用した1) グリッパー、2) 指先デバイス、3) 柔軟治具をそれぞれ開発した。はじめに、皮膚の変形を感知し、粒状ジャミングによって物体を把持できるボール型グリッパーを開発した。このグリッパーは物体へボール部を押し付けるだけで、ジャミング機構による把持が可能であり、なおかつその際のボール部の変形をセンシングすることが可能である。次に、ボール型グリッパーの半分以下の大きさである小型指先デバイスを開発した。この指先デバイスによって、平行グリッパはセンシングに基づく脆弱物体把持と、ジャミング機構による重量物把持の両方を実現することができる。最後に、ボール型グリッパーの倍の大きさを持つ柔軟治具を開発し、物体固定と正確な物体姿勢推定が可能であることを確認した。

これらの結果より、提案ソフトロボットスキンは、様々なサイズのロボットアプリケーションに対して触覚センシングと把持能力を向上させることが可能であり、把持のための基本構造として活用可能であることが示された。

氏名	佐久間 達也
----	--------

(論文審査結果の要旨)

本論文は、触覚センシングと把持能力の向上を目的として、視覚に基づくセンシングとジャミング機構を組み合わせた新しいソフトロボットスキンを提案している。提案するロボットスキンの核は、屈折率を調整した透明ビーズと透明オイルを組み込むことで、提案ソフトロボットスキンはビジョンベース手法による高空間分解能の触覚センシングを実現したことにある。さらに、充填された透明ビーズのジャミング転移現象を利用することにより、皮膚の硬さを能動的に制御して物体の把持も可能とした。

提案したソフトロボットスキンの有用性や実用性を実証するため、ロボットスキンを採用した次の3つのシステムとした：1) グリッパー、2) 指先デバイス、3) 柔軟治具。まず、皮膚の変形を感知し、粒状ジャミングによって物体を把持できるボール型グリッパーを開発した。このグリッパは物体へボール部を押し付けるだけで、ジャミング機構による把持が可能であり、なおかつその際のボール部の変形をセンシングすることができる。次に、ボール型グリッパーの半分以下の大きさである小型指先デバイスを開発した。この指先デバイスによって、平行グリッパはセンシングに基づく脆弱物体把持と、ジャミング機構による重量物把持の両方を実現することができる。最後に、ボール型グリッパーの倍の大きさを持つ柔軟治具を開発し、物体固定と正確な物体姿勢推定が可能であることも実証した。

公聴会では、提案したロボットスキンの設計に関する内容や体系、適用範囲、限界について審査委員から質問・コメントが寄せられた。最終審査の際には、これらの指摘事項に対する修正内容について詳細な説明が行われた。特に、論文全体の構成や導入部、議論の展開が精緻化されたことで、本論文の貢献や関連する研究との関りが明確化された。

本論文は、ロボットへ人の手のように万能な物体操作能力を実現するためには、触覚センシングと把持性能の向上が不可欠である、との思想に基づき、視覚に基づくセンシングとジャミング機構を組み合わせた、独創的なソフトロボットスキンを提案した。さらに、その有用性・実用性を実証するためにスケール・形態の異なる3種類のロボットシステムを開発し、様々な把持・認識能力

に関する実験検証を行っていることも高く評価できる。これらの成果に鑑み、その新規性および有用性の観点から一定の学術的意義が持つものと考えられる。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。