

審査結果の要旨

論文題目「Design and Development of Novel Wire-driven Continuum Robot Arm with Passive Sliding Disc Mechanism: Kinematic Analyses and Experiments」

(受動スライドディスク機構を有するワイヤ駆動型連続体ロボットアームの設計および開発：運動学解析および実験)

学位申請者 YESHMUKHAMETOV AZAMAT

本論文は、象の鼻や軟体動物にヒントを得た柔軟な連続体ロボットアームの開発に関する研究である。申請者が取り組む連続体ロボットアームの独創的な特徴は2点ある。1つ目はアームを構成するセグメントの構造にある。本機で採用するワイヤ駆動方式では、各ワイヤの変位量および使用する多数のコイルバネの変形量の関係からバックリングやワイヤ脱落の問題が頻出するが、本研究ではセグメントの背骨部分にアームの湾曲に影響を与えない軸方向への直動変位を可能にすることで、アーム全体でより均等かつ自然な湾曲形状の創出に貢献している。これについては、直動変位を許す場合と許さない場合について、運動学的なシミュレーション解析による比較検証を行い、提案手法の有効性を確認している。2つ目の特徴は、ワイヤ張力調整機構の導入にある。開発された連続体ロボットアームは4個のモータでワイヤの緩急を調整しアーム形状を制御しているが、ワイヤの緩みや脱落が発生しロボットの保守性を著しく低下させる原因となる。その問題を解決する手段として、本論文では2通りのワイヤ張力調整機構（受動的手法と能動的手法）を提案し、いずれの有効性も実験により確認された。また本論文の後半では、開発した連続体ロボットアームを用いて、可搬重量の検証実験を行うと共に農作業（トマトの摘み取り作業）での検証実験も行い、当該ロボットアームの有用性を証明した。

本研究は、連続体ロボットアームの有効性および実用性を実証した報告であり、将来的に農業を始め様々な分野での応用が期待されるなど、博士論文に十分値するものと考えられる。

本論文に対して、各審査委員から次のような質疑がなされた。

- 1) ロボットの自然周波数および動的周波数など、ワイヤの張力変化がロボットの振動に与える影響
- 2) 農作業への応用と本研究の目的との整合性に関する検討
- 3) 運動学的解析におけるばねの曲げ等の非線形性に関する考慮
- 4) ロボットの製作コストに関する検討

- 5) 張力調整機構におけるワイヤ張力と線形ポテンシオメータの関係性
- 6) 論文に使用する用語の統一性
- 7) 過去の関連研究との対比における当該ロボットの優位性の提示方法

これらの質問に対して申請者は、自身の研究における様々な実験結果や解析を通じて得られた知見と文献的考察を駆使して真摯かつ丁寧な回答を行った。また、質疑応答を通じて、ロボット工学全般の知識だけでなく、機構学、制御工学など関連工学領域に関する幅広い知識と考察力が備わっていることも伺え、今後の研究の発展に大きな期待が寄せられた。

以上の結果、本論文は学位論文として十分な内容を有するものと審査委員全員の一致で判定された。したがって、申請者 YESHMUKHAMETOV AZAMAT は東海大学博士（工学）の学位を授与されるに値すると判断した。

論文審査委員

主査	工学博士	小金澤 剛一	工学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	博士(工学)	奥山 淳	工学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	博士(工学)	加藤 英晃	工学部講師	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	P h . D	山本 佳男	工学部教授	(総合理工学研究科総合理工学専攻)
委員	博士(工学)	甲斐 義弘	工学部教授	