

# 審査結果の要旨

論文題目「剛性可変機構を有する多関節グリップングハンドに関する研究」

学位申請者 玉本 拓巳

本論文は、将来的に災害現場で運用することを想定したロボットハンドの開発および評価を行ったものである。災害現場などで運用するロボットが備えるハンドでは、障害物との接触や不整地走行による振動などに対しても安定した把持が求められるため、多点接触という特徴を持ち、それらに適した包み込み把持を主目的とするハンドが注目されている。ロボットハンドによる包み込み把持の分野では、ワイヤとプーリを用いたテンドンシステムにより動作する多関節グリップングハンドが、物体形状になじむ把持を達成できることや、劣駆動で動作するなどの利点を持つことから、長年に亘り主流なシステムとなっている。しかし、関節間のトルクと変位が相互作用することから、姿勢の不安定さを本質的に孕むことや、ピンチングを想定していないためにアプローチ姿勢が制限されるといった問題があり、利点である多関節構造を最大限に活かすことができないでいた。

本研究は、従来提案されてきた多関節グリップングハンドの利点を継承しつつ、それらが持つ問題を解決するハンドを開発することを目的とし、機構提案および評価を行っている。

本論文は5章で構成されており、第1章では、多関節グリップングハンドにおける従来研究の利点および課題、本研究の目的について示している。また、本研究で開発するハンドが満たすべき要件について定義しており、従来研究の課題を踏まえ、関節剛性の制御を可能とすること、力覚システムを有すること、ピンチングを可能とすること、などを含んでいる。そして、それらが関節間の力および変位の相互作用をもたない機構を導入することで達成できることを説明している。

第2章は、前章で定めた、開発するハンドが満たすべき要件に沿った機構提案を行っている。角度制御と剛性制御の2つの入力に対応するために導入した、差動歯車機構の動作および関節機構としての利用法、それを多関節の劣駆動機構へと応用する連鎖駆動システムについて説明している。その中で、関節剛性を制御するVSM (Variable Stiffness Mechanism)、ピンチングを補助する指先の拡張機構なども説明している。これら本論文で提案された機構は、新規性に富んでおり、かつ制御のしやすさ並びに本質的安全性の観点から高く評価できるものである。

第3章は、実際の測定が困難である接触力や、関節剛性の作業目的に対応した最適設定の検討ために導入された動力学シミュレーションの手法および基礎動作に関するシミュレーション結果について報告している。各運動要素の運動方程式の導出と、差動歯車機構を連結して構成されるシステムのモデル化、物体との接触をシミュレートする手法と解析手順、さらに柔軟物体を多点把持することを想定し、把持力並びに物体の変形を解析する手法などが示された。

第4章では、製作した実機および制御系について述べると共に、実験と動力学シミュレーションによる評価を行っている。その中で、非常に単純な制御で包み込み把持、さらにはピンチングから引き寄せて包み込み把持へと移行する一連の動作を達成できることが示された。また重力の作用下や弾性物体の把持に対して、関節をそれぞれ高剛性、低剛性にする必要があることが示されており、関節剛性を作業状況に応じて調節できるVSMの有効性が示された。さらに、差動歯車機構を利用した力覚システムについても評価しており、接触部にセンサ類を用いずに把持状況を把握できることが示された。これらの結果は、従来研究において困難な課題として挙げた動作を達成しており、多関節グリップングハンド機構の新たな基本形として評価されるべきものであり、この分野においてブレークスルーをもたらしたと判断できる。

第5章は結論であり、本研究の成果の総括および、実用化に向けた今後の課題について述べている。

以上の内容から、本研究で提案された多関節グリップングハンドは、災害現場などの極限環境下において有効であることが示唆され、これらのフィールドで、これまで実用面で多くの課題を有していた多関節グリップングハンドを使用するための道筋を示し、この分野の発展に貢献できるものと期待される。

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断された。

したがって、申請者 玉本 拓巳は東海大学博士（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	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	工学博士	小金澤 鋼一	工学部教授（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
委員	博士（工学）	稲葉 毅	情報理工学部教授