

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	揺動グローサ車輪と干渉駆動関節を有するヘビ型ロボットの機構と制御の研究
Title(English)	
著者(和文)	古村博隆
Author(English)	Hiroataka Komura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10468号, 授与年月日:2017年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:遠藤 玄,鈴森 康一,松永 三郎,塚越 秀行,菅原 雄介
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10468号, Conferred date:2017/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第 号			学位申請者氏名		古村 博隆	
論文審査 審査員		氏 名	職 名		氏 名	職 名	
	主査	遠藤 玄	准教授	審査員	菅原 雄介	准教授	
	審査員	鈴森 康一	教授				
		松永 三郎	教授				
		塚越 秀行	准教授				

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「揺動グロース車輪と干渉駆動関節を有するヘビ型ロボットの機構と制御の研究」と題し、以下の6章よりなる。

第1章「序論」では、災害現場でのロボットによる探査・作業における技術的課題と、それらの課題を解決するためのヘビ型ロボットに関する従来の研究開発について概観し、高い移動性能とマニピュレーション性能を併せ持つヘビ型ロボットを実現するための課題と本論文の目的を述べている。すなわち、狭隘地への進入や大規模段差踏破のためには、従来のクローラや歩行などの移動機構に比して、能動車輪を能動関節により直鎖状に連結したヘビ型が有効であるが、階段などの屋内構造物に適応し得るだけの不整地踏破技術は未だ確立されていないと述べている。また、冗長自由度を有する体幹を用いた移動マニピュレーション（移動を伴う作業）を実現する汎用的手法も確立されていないと述べている。これらの課題を解決するために、ヘビ型ロボットの新たな機構と体幹による移動マニピュレーション法を提案し、数値シミュレーションおよび試作機を用いた実験により、その有効性を示すことが本論文の目的であると述べている。

第2章「揺動グロース車輪の提案と試作」では、段差踏破性に優れる新たな車輪機構を提案し、数値シミュレーションと試作機を用いた実験により、その有効性を明らかにしている。すなわち、回転駆動される車輪の円周上にバネ性を持たせた複数の受動回転関節を等配置し、その各関節に扇形グロースを連結する新たな機構の構成法を提案している。数値シミュレーションにより得られた最適な設計パラメータに基づき車輪の試作を行い、これを装備した四輪駆動車両による段差踏破の実験結果から、提案する車輪は標準的な車輪の3.4倍の高さに相当する、最大で車輪直径の70%の高さまでの段差を踏破可能であることを明らかにしている。

第3章「揺動グロース車輪と干渉駆動関節を有するヘビ型ロボットの開発」では、高い不整地踏破性能と移動マニピュレーションを実現するために、揺動グロース車輪と干渉駆動関節を有するヘビ型ロボットの機構を提案し、試作機によりその有効性を明らかにしている。まず、大径かつ幅広の揺動グロース車輪を、ヨー軸・ピッチ軸周りに屈曲する能動関節で直鎖状に連結する機構を提案している。次に、体幹の端部を持ち上げて高い段差を踏破するためには関節駆動機構に大きな出力重量比が必要であることを指摘し、これをパラレルリンク機構による干渉駆動関節で実現する機構の構成法を提案している。そして、体幹自由度を用いたマニピュレーションを実現するため、先頭節に付加する出力重量比の高い3自由度の手首機構と1自由度の把持機構の構成法を提案している。開発した試作機を用いた実験により、高さ600mmの段差の踏破、500mm四方の通気ダクト模擬環境の通過、斜度55度の階段踏破が可能であることを明らかにし、試作機が高い不整地踏破性能を有していることを明らかにしている。

第4章「旋回性能の向上」では第3章で構成した試作機の旋回半径を最小化する手法を提案し、数値シミュレーションおよび試作機を用いた実験により、その有効性を明らかにしている。すなわち、従来法では体幹ヨー軸関節のみを用いて旋回するのに対し、体幹ヨー軸関節とピッチ軸関節を同時に屈曲させることで、より小さな旋回半径を実現する手法を提案している。数値シミュレーションおよび試作機を用いた実験により、従来法に比して提案手法が旋回半径をおよそ25%縮小できることを明らかにしている。

第5章「ヘビ型ロボットによる移動マニピュレーション」では、冗長な体幹を用いて移動マニピュレーションを実現する汎用的な逆運動学解法を提案し、数値シミュレーションおよび試作機を用いた実験により、その有効性を明らかにしている。すなわち、従来の冗長マニピュレーション手法はロボットの自由度配置に依存し、移動を伴う作業が困難であるのに対し、ヘビ型ロボットの推進制御に有効な連続曲線モデルを拡張し、手先位置姿勢の制御に適用することで、従来の課題を解決する逆運動学解法を提案している。試作機を用いた移動マニピュレーション実験により、バルブハンドル回転作業、ドア開け作業、ドア通過移動が提案手法を用いて実現可能であることを明らかにしている。

第6章「結論と今後の課題」では、本研究で得られた結果を総括し、今後の課題について述べている。

以上を要するに本論文は、高い不整地踏破性能と移動マニピュレーションを実現するために、揺動グロース車輪と干渉駆動関節を有するヘビ型ロボットの機構と制御法を提案し、数値シミュレーションおよび試作機を用いた実験により、これらの有効性を明らかにしたものであり、工学上、工業上貢献するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があるものと認められる。（1990 字）