

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	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
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)	論文要旨
Type(English)	Summary

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻:	機械宇宙システム	専攻
Department of		
学生氏名:	古村 博隆	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野):	博士 (工学)
Academic Degree Requested	Doctor of
指導教員 (主):	遠藤 玄
Academic Advisor(main)	
指導教員 (副):	鈴森 康一
Academic Advisor(sub)	

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

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た。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た。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た。

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た。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た。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た。

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た。まず、大径かつ幅広い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た。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た。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た。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た。

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た。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た。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た。

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た。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た。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た。

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た。

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る。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)
Doctoral Program

論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻：	機械宇宙システム	専攻
Department of		
学生氏名：	古村 博隆	
Student's Name		

申請学位 (専攻分野)：	博士	(工学)
Academic Degree Requested	Doctor of	
指導教員 (主)：	遠藤 玄	
Academic Advisor(main)		
指導教員 (副)：	鈴木 康一	
Academic Advisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

In this paper, the author focused on snake-like robots with active wheels and active joints, because of their higher mobility in narrow space and higher step climbing ability than other mobile mechanisms like continuous truck or legged mechanism, and research target is to achieve mobility in rough terrain, narrow spaces, stairs, large steps, and capability of mobile manipulation by snake-like robots.

At first, “swing-grouser wheel” mechanism which has high step climbing ability was proposed, and confirmed that prototype 4 wheel vehicle with this wheel mechanism succeeded to get over higher step than 0.7 times of its wheel radius.

A snake-like robot using this wheel mechanism was also proposed, and a prototype was developed. In this snake-like robot, coupled drive composed by parallel link mechanism was installed for high weight par power ratio in order to achieve manipulation by lifting part of trunk. By some experiments, it was confirmed that the prototype is able to go over rough terrain by rubbles, narrow terrain like air duct, a 600 mm step, and 55 degree stair.

Further, turning method of snake-like robot that minimizes necessary turning space was also proposed. Effectiveness of this method was confirmed by numerical simulation and experiment with the prototype.

Finally, a control method of snake-like robot which achieves mobile manipulation by snake-like robot was proposed. This method was based on continuous curve model. In this method, a solution of inverse kinematics problem of redundant manipulators, and moving method like serpentine motions are included, and they are combined to one continuous curve model. By experiments with this method applied for the prototype of snake-like robot, it was succeeded to rotate a bulb handle, and open and go through a door.

As summary, mobility in rough terrain, narrow spaces, stairs, large steps, and capability of mobile manipulation were achieved by the prototype of snake-like robot developed in this paper.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).