

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第8条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	SUN YI (すん い)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第906号
○授与年月日	2013年9月25日
○学位授与の要件	本学学位規程第18条第1項 学位規則第4条第1項
○学位論文の題名	Study on Motion Modes of an Eccentric Paddle Mechanism for Accessing Amphibious Terrains (水陸両環境のための偏心パドル駆動機構の運動形態に関する研究)
○審査委員	(主査) 馬 書根 (立命館大学理工学部教授) 川村 貞夫 (立命館大学理工学部教授) 平井 慎一 (立命館大学理工学部教授)

<論文の内容の要旨>

巨大地震や洪水、津波などの自然災害が発生した場合、倒壊あるいは水没した建物や自動車等の瓦礫に広範囲に渡って埋もれた人間をタイムリーに救援することができなく、多くの命が失われてきた。このように水と陸地の入り混じった環境では、被災者の捜索や救命活動は極めて難しく、救助隊員自身にも危険が伴う。一方で、近年多くのレスキューロボットが開発されているものの、その動作は特定の環境に限定されてしまい、津波や洪水後の水陸混在区域では人間の捜索・救助活動を援助するだけの十分な機能が備わっていない。

そこで本研究では、水中や水陸両生環境で生息する生物の動きを参考に「偏心パドル駆動機構 (イーパドル機構)」を新たに考案し、水中や陸地だけでなく、その両方が混在する環境 (泥地等) においてもロボットが機敏で安定し、且つ多様な動作の実現できるパドル補助運動を提案した。円筒形の車輪の中に収まった複数のパドルの根元の端点と車輪の中心との偏心位置が制御できるこのイーパドル機構は、6種類の運動形態 (車輪走行、車輪-パドル複合運動、脚歩行、レースウォーキング、回転パドル運動、ヒレ推進運動) を自由に切り替えることが可能で、革新的な移動機構である。結果として、イーパドル機構を用いて実現する水陸両用移動ロボットの環境適応性を大きく高めることができる。また、イーパドル機構の単一モジュールを用いて、運動学解析と動力学解析より、その6種類の運動形態の基本動作を明らかにし、試作機を用いて実機検証を行った。提案したイーパドル機構の性能を検証した結果、このイーパドル機構は、これまでの脚歩行式、車輪式、クロ

ーラ式機構では走行不可能であった水陸両生環境においても、その性能を高める新たな車輪として通常の車輪に取って代わる可能性を秘めていることを判明した。

<論文審査の結果の要旨>

本論文の貢献は以下の通りである。

- 1) 陸地や水中のそれぞれの環境だけでなく、その両方が混在する環境（砂地や泥地など）においてもロボットの機敏で安定した走行を可能にし、且つ多様な動作を実現できる偏心パドル駆動機構（イーパドル機構）を提案している。提案したこのイーパドル機構は、円筒形の車輪の中に収まった複数のパドルの根元の端点と車輪の中心との偏心位置を制御することで、6種類の運動形態（車輪走行、車輪－パドル複合運動、脚歩行、レースウォーキング、回転パドル運動、ヒレ推進運動）を実現し、さらにこれらの運動形態を自由に切り替えることが可能である。
- 2) 提案したイーパドル機構の運動学解析を通して、その6種類の運動形態（車輪走行、車輪－パドル複合運動、脚歩行、レースウォーキング、回転パドル運動、ヒレ推進運動）の基本動作を明らかにしている。特に、安定性と移動仕事率が共に高いレースウォーキング歩容について、歩容計画手法を提案し、計算機シミュレーションを用いてその有効性を示している。
- 3) 提案したイーパドル機構の運動形態を検証するために機械モデルを設計し、その制御システムを構築した。試作した実機モデルによる性能実験を行った結果、このイーパドル機構はこれまでの脚歩行式、車輪式、クローラ式機構では走行不可能であった水陸両生環境において、その性能を高める新たな車輪として通常の車輪に取って代わる可能性を十分秘めていることが明らかになった。

本論文の審査に関して、2013年05月01日（水）10時40分～12時10分 イーストウイング5階 機械システム系第1会議室において公聴会を開催し、学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者 SUN YI 氏に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、動力伝達機構による移動速度の影響、実環境での応用を考えた場合の機構設計、移動仕事率の誘導方法などの質問がなされたが、いずれの質問に対しても学

位申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

<試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、学位申請者と本学大学院理工学研究科総合理工学専攻博士課程後期課程在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

学位申請者は、本学学位規程第 18 条第 1 項該当者であり、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい学力を有していると確認した。

以上の諸点を総合し、学位申請者に対し、本学学位規程第 18 条第 1 項に基づいて、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。