

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。

フリガナ 氏名	シェン ヤイ SHEN Yayi		授与番号 甲 第 1348 号
学位の種類	博士(工学)	授与年月日	2019年9月25日
学位授与の要件	本学学位規程第18条第1項該当者(学位規則第4条第1項)		
学位論文の題名	Evaluation of Locomotion Performance for a Wheel-Paddle Robot (車輪パドルを有するロボットのための運動性能評価)		
審査委員	(主査) 馬 書根 (立命館大学工学部教授)	平井 慎一 (立命館大学工学部教授)	
	上野 哲 (立命館大学工学部教授)		
論文内容の要旨	<p>本研究の目的は車輪と脚を統合した偏心パドル機構からなるロボットの運動性能を評価することである。</p> <p>本論文は7章から構成されている。第1章で問題の提起、及び研究課題と本論文の構成を述べた。第2章ではまず車輪パドル機構を導入し、車輪パドルモジュールを4つ組み合わせたロボットについて述べた。このロボットにおける防塵防水の設計とその統合的な制御システムについて詳しく説明した。第3章ではハイブリッド移動モードを新たに導入し、ロボットが平坦な床や荒れた草地、岩場や砂利道、さらには砂地のような柔らかい土壌など、様々な地形での移動を可能にしたことについて述べた。実機実験を用いて、荒地地形でのハイブリッド移動モードの移動効率を平地での脚モードの移動効率とほぼ同じでありながら、その移動速度は秒当たり1体長弱に上昇したなど、ハイブリッド移動モードの有用性を検証した。第4章で砂地などの柔らかい環境においてハイブリッド移動モードをロボットに適用した場合におけるロボットの移動性能について述べた。実機実験より、パドルを突き出さずに車輪のみを回転させる移動形態では回転速度が速くなるほどスリップが起りやすくなる一方、パドルを突き出しながら車輪を回転させる移動形態ではスリップ量が減少し移動効率が向上することが判明した。結果として、ロボットの移動性能はその自身の質量と砂の特性により変化することが明らかになった。第5章では水中において単一車輪パドルモジュールが往復パドル運動と回転パドル運動を行う場合の推進性能について述べた。偏心パドル機構における水環境での推進力を求める流体モデルを構築し、各運動モードによって生み出される推進力をシミュレーションと実機実験で導出した。結果より、回転パドル運動モードは大きな推進力を出すことができる一方、往復パドル運動モードは効率的であることが分かった。またパドルシャフトを調整することで両運動は共に直線方向の推進力を生み出すものの、往復パドル運動の場合では負の方向への推進力の発生も確認された。そこで、エネルギー効率を向上するために、人間のクロールを参考したフロントストローク運動という新たな推進方法を提案した。この運動は往復パドル運動と比べ、3倍以上の推進力を生み出すことができ、推進効率も向上していることが確認できた。第6章は全体的に得られた知見をまとめ、車輪パドル機構によるロボットの運動性能を示した。第7章は本研究で得られた結果をまとめ、今後の研究方針も示した。</p>		

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">論文審査の結果の要旨</p>	<p>本論文の貢献は以下の通りである。</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 水陸混在災害現場において搜索・救助活動の支援を効率的に行うために、車輪と脚を統合した車輪パドルモジュールを4つ組み合わせたロボットを開発した。このロボットは防塵防水の設計になっており、環境に対するロバスト性が期待できる。 ● 開発したロボットが様々な地形で移動できるようにハイブリッド移動モードを提案した。このハイブリッド移動モードをロボットに適用し、平坦な床や荒れた草地、岩場や砂利道、さらには砂地のような柔らかい地形といった地上の移動も可能となる。 ● 砂環境などの地形においてハイブリッド移動モードをロボットに適用した場合におけるロボットの移動性能を明確にした。軟弱土ではパドルを突き出す移動形態がロボットの移動効率の向上に貢献し、パドルを突き出した場合が突き出さない場合よりロボットの移動効率が向上している。結果として、ロボットの慣性と砂の特性はスリップ量やパドルの沈下量に影響を与え、ロボットの移動性能に左右することが明らかになった。 ● 偏心パドル機構における水環境での推進力を求める流体モデルを構築し、各運動モードによって生み出される推進力をシミュレーションと実機実験で導出した。回転パドル運動モードは大きな推進力を得ることができる一方、往復パドル運動モードは効率的であることが分かった。 ● 人間のクロールを参考にしたフロントストローク運動という推進方法を提案した。この運動は効率の良い往復パドル運動と比べても、3倍以上の推進力を生み出すことができ、推進効率も向上していることが確認できた。 <p>以上、論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、審査委員会は本論文が本研究科の博士学位論文審査基準を満たしており、博士学位を授与するに相応しい水準に達しているという判断で一致した。</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">試験または学力確認の結果の要旨</p>	<p>本論文の公聴会は、2019年7月19日(金)16時20分～17時10分イーストウイング4階機械システム系第3演習室において行われた。公聴会では、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 SHEN Yayi 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、軟弱地面 (Soft terrain) と硬い地面 (Hard terrain) との定義、水中運動モードにおける評価実験、移動効率の評価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。審査委員会は、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。</p> <p>以上の諸点を総合し、審査委員会は、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。</p>