

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	腹足類の運動に着目した進行波で推進するシート形移動体の機構と制御
Title(English)	Mechanism and Control of Sheet-type Mobile Robots Propelled by Traveling Waves Focused on the Movement of Gastropods
著者(和文)	渡辺将広
Author(English)	Masahiro Watanabe
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10792号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:塚越 秀行,鈴森 康一,蜂屋 弘之,山北 昌毅,遠藤 玄
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10792号, Conferred date:2018/3/26, 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	
		氏名		職名	渡辺 将広
論文審査 審査員	主査	塚越 秀行		准教授	遠藤 玄
	審査員	鈴森 康一		教授	
		蜂屋 弘之		教授	
		山北 昌毅		准教授	

論文審査の要旨 (2000 字程度)

<p>本論文は「腹足類の運動に着目した進行波で推進するシート形移動体の機構と制御」と題し、全7章から構成されている。</p> <p>第1章「序論」では、本研究の背景と意義、目的を述べている。まず、腹足類がシート状の腹足に Pedal waves と呼ばれる筋収縮の進行波を生成しながら移動する現象に着目し、このような現象を工学的に再現する手段を確立することで、移動ロボットの適用領域を拡張できることを指摘している。なかでも、i)粘液と進行波との相互作用で壁面や天井面へ吸着したまま推進する手段、および ii)進行波を生成する薄型柔軟なシート構造で狭隙空間を移動する手段は、移動ロボットの機動性を高める有用な移動方法となり得ること、一方でこれらを工学的に再現するうえで設計上の知見が十分に得られていなかったこと、さらに生物学的にも未解明な現象が残されていたこと、などを述べている。以上を踏まえて本論文の目的は、上記課題の解決を図るとともに、進行波で推進するシート形移動体を具現化するための機構と制御を検討し、その有効性を検証することであると述べている。</p> <p>第2章「粘液吸着式進行運動の原理」では、代表的な腹足類としてカタツムリに着目したうえで、その吸着に関する未解明な現象を究明し、粘液と進行波との融合により壁面や天井面を吸着移動するための条件を明らかにしている。まず、カタツムリの吸着移動特性に関してこれまで不明確だった性質を調査したうえで、粘液と進行波との融合により実現される吸着移動の原理を明らかにしている。次に、壁面や天井面で吸着移動するための力学モデルを導出したうえで、人工粘液の特性、腹足裏部の摩擦の異方性、腹足を構成する Waves・Interwaves・Rim の面積比、などの重要な設計条件を示している。</p> <p>第3章「剛体移動体による粘液吸着式進行運動の検証」では、前章で示した設計条件をもとに粘液吸着式壁面移動ロボットを設計し、その有効性を検証した結果を述べている。まず、移動ロボットの構成として粘液の吸着効果を評価しやすい剛体構造に着目し、縦波成分のみを生じる縦波型と横波に縦波が混在した波形を生じる準横波型との2種類に大別し、各々の進行波で推進する移動体の動作原理や設計方法を述べている。次に、試作機を用いて比較実験を行った結果、粘液による吸着移動には縦波型、推進速度を向上させる移動には準横波型が各々適すること、壁面と天井の吸着移動では環境に応じて求められる人工粘液の特性が異なることを述べている。</p> <p>第4章「進行波の運動解析」では、推進速度を高めやすい準横波型進行波に着目し、柔軟シート形移動体の推進原理を運動学の観点から検討している。まず、従来使用されてきた進行波の運動の表記を本研究の移動体にそのまま適用すると、問題が生じることを指摘している。そこで、その解決のために幾何学的関係を考慮した推進速度の新たな導出方法を示し、進行波表面の軌道の算出方法を提案し、これらの妥当性を実験により検証している。そして、準横波型進行波の推進速度は、厚さ、振幅、波長、時間をパラメータとする一般化した式で表せることを確認している。</p> <p>第5章「柔軟シート形進行波生成アクチュエータ」では、準横波型進行波による優れた速度特性と構造の柔軟性との両立を図った空気圧柔軟アクチュエータの設計方法を提案している。まず、構造の柔軟性を保ちつつ進行波を生成できる薄型シートの駆動構造を提案している。次に、当該アクチュエータが生成し得る波形パターンの組み合わせを数学的に導き、そのうち3種類の有用な波形パターンに着目し、これらの相違を実験により検証している。さらに、狭隙環境内での推進実験や物体の搬送実験の結果をもとに、目的や用途に応じた適切な波形を選択してアクチュエータを設計する必要性を述べている。</p> <p>第6章「ペイロード向上のための方策」では、ペイロードの向上を目指したシート形進行波生成アクチュエータを提案し、その有効性を検証している。まず、ペイロードが増しても波形を維持する構造として、チューブ断面の変形を利用して進行波を生成する空気圧柔軟アクチュエータを提案している。次に、推進速度、ペイロード、牽引力などの諸特性を明らかにし、提案手法がペイロードに加えて推進速度も向上できることを示している。さらに、2層のシートを波の進行方向が直行するように積層すると、x-yの2方向に推進可能なことを実験により確認している。最後に、自然界の腹足類と本研究で提案した複数のシート形移動体に関して吸着移動特性や推進速度特性を比較し、進行波で推進するシート形移動体の限界と可能性を考察している。</p> <p>第7章「結論」では、結論として本研究で得られた進行波で推進するシート形移動体の機構と制御に関する知見を総括し、残された課題と今後の展望について論じている。</p> <p>以上を要するに、本論文は、腹足類の運動に着目した進行波で推進するシート形移動体の機構と制御を提案し、その有効性を実験的に検証するとともに、壁面・天井での吸着移動特性や狭隙空間での移動性能の向上を図るうえで、提案手法の有用性が高いことを示しており、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を有すると認められる。</p>
