

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 (姓、名)	ヨネダ タイジュ 米田 大樹		授与番号 甲 1579 号
学位の種類	博士 (理学)	授与年月日	2022 年 3 月 31 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]		
博士論文の題名	効果的な展開・収納を実現する「折り」「切り」構造のデザインとメカニクス		
審査委員	(主査) 和田 浩史 (立命館大学理工学部教授)	清水 寧 (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)	斉藤 一哉 (九州大学芸術工学研究院講師)	
論文内容の要旨	<p>本論文では、折り紙や切り紙ベースの展開型構造に注目し、具体的なモデルに対してその基本的な作動メカニズムを明らかにした研究結果について報告している。とくに、特定の機能を持つ2つの構造に注目し、精密な物理計測実験と有限要素法にもとづく数値シミュレーションを組み合わせ、その物理学的特性を詳細に明らかにしている。</p> <p>論文前半では、回転と並進の運動をカップリングさせる「紙ばね」という、身近で子どもにも人気のある折り紙ベースのおもちゃに焦点を当てた。2本の紙が互いの変形を制約し合うインターロッキング構造によって、薄いシートが幾何学的な変形制約を受け、展開時に局所的な曲げと面内圧縮を余儀なくされたことで、構造の剛性が強化されることを示した。</p> <p>論文の後半では、平面シートから三次元構造を形成する、折り紙と切り紙が融合した RES (Rotational Erection System) という設計手法を取り上げている。RES では、折り紙と切り紙を組み合わせることで、折り紙が持たない、横方向の系のサイズを維持したまま縦方向に立体化できる機能と、切り紙には実現が難しい多重安定性、を同時に実現することが可能である。詳細な物理実験と数値解析を組み合わせ、薄膜の持つ弾性がスナップスルー変形で立体化することを可能にし、RES の双安定性の起源であることを解明した。さらに、立ち上がった状態の RES は、その独特なセルフロックの機構によって剛性を発揮し、強い耐荷重の機能を有することも指摘した。</p> <p>以上のように、本論文では、折り紙および切り紙の発想にもとづくうすい構造体において、シンプルなデザインを持つ二つの具体例に注目し、その物理的特性を細部にわたり、また十分に定量的に明らかにした。これらの結果は、実用的要求に応えるより複雑な構造を発想するさいの概念的な基盤となり、将来的に折り紙・切り紙ベースの構造による機能をプログラムできるようなデザインを可能にするという点で重要である。</p>		

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">論文審査の結果の要旨</p>	<p>論文の特徴：この十数年の間に、薄い構造の展開収納に関する研究は物理学において活発な研究分野となった。なかでも、昆虫の翅や植物の花弁など、厚みと材質を有する薄いシート構造の剛性や変形についての理解が飛躍的に進展してきた。「薄い構造に望ましい機能性を持たせるための最小のデザインとは何か」という問いに対し、幾何学と力学にもとづいた普遍的な枠組みを構築することが、この分野の大きな学問的目標である。このような学問的背景をふまえつつ、本論文は他の研究が取り上げていないユニークな二つの構造に注目し、それらの詳細な解析をつうじて、少し違った視点から先述の大きな学問的目標に貢献している。また、正確な物理模型の作成、その力学的性質の計測、有限要素解析による数値シミュレーション、弾性力学にもとづく理論解析、という独立した手法を総合的に組み合わせることで説得力のある結論を引き出すというスタイルは、研究の方法論として特筆すべき点である。</p> <p>論文の評価：本論文の審査に先立ち、公聴会を開催した。公聴会では学位申請者による論文要旨の説明の後、審査委員による口頭試問を行った。研究成果のプレゼンは秀逸であり、専門外の一般聴衆にも自身の研究の面白さをうまく伝えることに成功していた。質疑応答では、座屈の基礎理論についてやや理解の曖昧さを感じる部分が見受けられたものの、概ね適切な応答を行うことができ、全体として自身の研究と関連分野に対する理解度の深さを印象付けた。以上の通り、公聴会での口頭試問結果および論文審査を踏まえ、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、2022年2月3日（木）13時30分～15時30分、びわこ・くさつキャンパスのラルカディア R308 教室において行われた。なお、学位申請者および主査、副査のみ対面、その他の聴講者はビデオ会議システム(Zoom)によるオンライン参加とした。各審査委員および公聴会参加者より、折りと切りのパターンを決める角度パラメータが立体構造の力学特性にどのような影響を及ぼすか、折り線を入れる際のーフカットの制御方法とその影響、弾性薄膜の持つスケール普遍性の意味、RES が示すセルフロック機構のデザインパラメータ依存性、座屈による形態変化における多重安定性の起源、などの本質的かつ重要な質問がなされたが、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ことを確認した。</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（理学 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>