

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)	サチン SACHIN	授与番号 甲 1624 号
学位の種類	博士 (工学)	授与年月日 2022 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]	
博士論文の題名	Analytical Modeling of Pneumatic Soft Grippers Based on Finite-Strain Membrane and Beam Theories (有限ひずみ膜理論と梁理論に基づく空気圧ソフトグリッパの解析的モデリング)	
審査委員	(主査) 平井 慎一 (立命館大学工学部教授)	小西 聡 (立命館大学工学部教授)
	和田 浩史 (立命館大学工学部教授)	
論文内容の要旨	<p>本論文は、有限ひずみ膜理論と梁理論に基づいて、空気圧で駆動されるソフトグリッパの解析モデルを構築した。空気圧で駆動されるソフトグリッパは、膜を構成要素としており、ソフトグリッパの挙動を評価するためには、膜の変形挙動をモデリングすることが必要になる。膜は、厚み方向の寸法が面方向の寸法より小さく、有限要素解析は計算に時間を要する。学位申請者は、二種類のソフトグリッパ、すなわち平面シェルグリッパと Pneu-net アクチュエータを対象として、変形を計算する解析モデルを提案した。本論文は、緒言と背景、平面シェルグリッパの解析モデル、Pneu-net アクチュエータの解析モデル、数値解の計算法と実験的検証、結言から構成される。</p> <p>まず、平面シェルグリッパの解析モデルを構築した。平面シェルグリッパは、空気圧で膨張する膜から成る、また、平面シェルグリッパが対象物を把持するときには、グリッパの膜が対象物の面と接触し、変形する。学位申請者は、有限ひずみ膜理論を適用することにより、自由状態における膜の変形、平面と接触している膜の変形形状、円筒形状の対象物と接触している膜の変形形状に関する微分方程式を導いた。微分方程式を数値的に解くことにより、平面シェルグリッパの変形形状を求める。計算結果を実験的に検証するとともに、計算結果を基に平面シェルグリッパによる対象物の把持を評価した。次に、Pneu-net アクチュエータの解析モデルを構築した。Pneu-net アクチュエータは、空気圧で膨張する複数のチャンバーと柔軟なカバーから構成され、空気圧を印加すると曲げ変形を生じる。学位申請者は、個々のチャンバーの変形に有限ひずみ膜理論を適用し、さらにカバーの変形に有限ひずみ梁理論を適用した。自由状態における Pneu-net アクチュエータの変形、Pneu-net アクチュエータの先端が対象物に接触している状態における変形に対して、Pneu-net アクチュエータの変形形状に関する微分方程式を導いた。計算結果を実験的に検証するとともに、3本の Pneu-net アクチュエータから成るソフトグリッパによる把持を評価した。</p>	

<p style="writing-mode: vertical-rl; text-orientation: upright;">論文審査の結果の要旨</p>	<p>本論文は、有限ひずみ膜理論と梁理論に基づいて、空気圧で駆動されるソフトグリッパの解析モデルを構築した。膜はソフトグリッパの基本的な要素の一つであり、ソフトグリッパの挙動を評価するためには、膜の変形挙動を計算する必要がある。学位申請者は、有限ひずみ膜理論を基礎として、ソフトグリッパを構成する膜の変形を計算する手法を提案した。提案した手法においては、膜の変形を表す微分方程式を導くとともに、膜の境界条件を定式化し、得られた微分方程式を数値的に解くことにより、膜の変形を計算することができる。</p> <p>特に本論文では、二種類のソフトグリッパ、すなわち平面シェルグリッパと Pneu-net アクチュエータを対象として、変形を計算する解析モデルを提案するとともに、様々な状態におけるソフトグリッパの変形を計算し、ソフトグリッパによる対象物の把持を評価した。対象物の把持は、ソフトグリッパと対象物との接触を伴う。したがって、ソフトグリッパによる把持を評価するためには、ソフトグリッパと対象物との接触を定式化する必要がある。学位申請者は、平面シェルグリッパと平面、平面シェルグリッパと円筒面との接触を定式化し、平面シェルグリッパによる対象物の把持を評価した。さらに、Pneu-net アクチュエータの先端が対象物に接触している状態を定式化し、複数の Pneu-net アクチュエータから成るソフトグリッパによる把持を評価した。有限ひずみ膜理論に基づき、把持対象物と接触しているソフトグリッパの変形を計算するという本手法は、計算時間が短く、グリッパの基本構造のみから計算できるという特徴を有している。</p> <p>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。口頭試問においては、計算結果と実験結果との差異の原因、局所的な力の釣り合いと変形形状との関連、接触面積の影響、動標構との関連に関する質問があり、学位申請者は適切に返答した。</p> <p>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7月28日(木)10時00分～11時00分、びわこ・くさつキャンパスのイーストウイングの機械システム系第2演習室において、学位申請者および主査、副査は対面形式、その他の聴講者は対面とビデオ会議システム(Zoom)によるオンライン形式で行われた。各審査委員より、計算結果と実験結果との差異の原因は何か、局所的な力の釣り合いが変形形状とどのように関連するか、接触面積が変形形状にどのように影響を与えるか、ロッド理論で用いられる動標構とどのような関連があるか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、本学大学院理工学研究科機械システム専攻博士課程後期課程の在学期間中における学会発表などの様々な研究活動、また公聴会の質疑応答を通して博士学位に相応しい能力を有することを確認した。</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(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>