

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	多重チューブ推進機構の変形・動作モデルの構築と多機能化
Title(English)	
著者(和文)	竹島啓純
Author(English)	Hirozumi Takeshima
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11122号, 授与年月日:2019年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小俣 透,鈴森 康一,吉田 和弘,遠藤 玄,石田 忠,高山 俊男
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第11122号, Conferred date:2019/3/26, 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		竹島 啓純	
		氏名	職名		氏名	職名
論文審査 審査員	主査	小俣透	教授	審査員	石田忠	准教授
	審査員	鈴木康一	教授		高山俊男	特定准教授
		吉田和弘	教授			
		遠藤玄	准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「多重チューブ推進機構の変形・動作モデルの構築と多機能化」と題し、全5章から構成されている。

第1章「序論」では、本論文の研究背景と研究目的を述べている。すなわち、社会基盤の一つである配管の健全性を維持するためには定期的な検査が必要であるが、効率的にこれを行うためには機械による自動化が望ましく、なかでも簡素な機構で多機能な管内推進装置が必要であることを指摘している。続いて、従来の管内推進装置について概観し、空気圧で伸縮可能な柔軟なチューブを複数本編んで接着し、各チューブを選択的に加減圧することで動作する、多重チューブ推進機構の優位性について述べている。一方で現状では、適用する配管にあわせて多重チューブ推進機構を試行錯誤的に設計していること、従来の多重チューブ推進機構は軸周りの姿勢制御や、分岐管での進行方向を選択する機能を持たなかったことを指摘している。そこで本研究の目的は、多重チューブ推進機構の変形・動作モデルを構築し、これを用いた系統的な設計手法を確立するとともに、チューブを編むことで構成される単純な構造でありながら、前後進に加えて回転動作、分岐管での進路選択が可能な多機能な多重チューブ推進機構を提案し、試作機を用いた実験によりその有効性を示すことであると述べている。

第2章「らせん型多重チューブ推進機構の変形と摩擦力のモデル化」では、3本のチューブを中心軸となる糸の周りにらせん状に巻いた構造を有する多重チューブ推進機構について、変形と摩擦力のモデル化を行い、これを用いて与えられた配管寸法に適する機構の設計手法を提案し、その有用性を試作装置による実験により明らかにしている。すなわち、加圧により膨張したチューブと機構の中心軸の描く曲線との関係を幾何学的に論じ、チューブの膨張が機構の曲率にのみ影響を与え、振率に影響しないことを明らかにし、このことから、らせん型多重チューブ推進機構の変形後の外接円直径に最大値が存在することを示している。続いて、らせん型多重チューブ推進機構と配管との間に発生する摩擦力を変形モデルより導出し、機構全体の発生する摩擦力は、機構の長さが増えるほど増加し、十分長い場合、管内壁の摩擦係数に依らずある上限値に収束することを示している。これらの変形と摩擦力のモデルについて、試作装置による実験によりその妥当性を確認している。さらに、このモデルを利用して、押出成型による安価で連続的な機構の製造方法を提案し、試作した装置(全長2m, 外径6mm)を用いた内径28mmの管内推進実験の結果、屈曲部や垂直部を有する配管を最大速度8mm/sで移動できることを確認し、提案する

モデルの有用性を明らかにしている。

第3章「編みチューブ式索状機構の変形・動作のモデル化」では、加圧により膨張するチューブだけでなく、加圧により軸方向に収縮する空気圧人工筋も含めたチューブ状のアクチュエータを任意の編み方で編んだ索状機構に適用できる変形・動作モデルを提案し、編み方とその加圧方法から変形形状と速度を予測する手法を提案し、実験によりその妥当性を明らかにしている。まず、先行研究では動作中の変形形状が既知として扱われていた、索状機構の中心軸をらせん状および正弦曲線状に変形させて行う2種類の索状機構の動作についてモデル化し、先行研究の理論を包括していることを示している。続いて、チューブ状のアクチュエータを任意の編み方で編んだ機構について、同時に加圧した複数のチューブをそれらの断面の図心を通る1本の仮想チューブへの加圧に近似する手法を示し、これを空気圧人工筋を円筒状に編んで内部に通した軸を駆動する組紐式アクチュエータに適用し、変形や動作の予測を行ったところ、実験結果と一致することを示している。以上のことから、編みチューブ式索状機構一般に適用できる変形・動作モデルが妥当であると述べている。

第4章「多重チューブ推進機構の多機能化」では、新たに多機能な管内推進装置として六つ編み型多重チューブ推進機構を提案し、実験によりその有用性を示している。まず、配管検査を目的とした管内推進機構に求められる機能を整理し、前後進、回転動作、分岐管での進行方向の選択ができることが必要であると指摘している。続いて、その機能を実現する六つ編み型多重チューブ推進機構を提案し、第3章で提案した変形・動作モデルを適用することで、前後進と回転を独立に制御できることを示している。さらに、分岐管で進行方向を選択するためのチューブの加圧順序を導出し、これらを実現するための機構の設計条件を示している。試作した機構は外径8 mm、全長120 mm程度で、内径14 mmから21 mmまでの配管で推進可能であり、変形・動作モデルによる予測どおりに前後進と回転を制御できることや、分岐管での進路選択が実現できることを確認している。

第5章「結論と今後の課題」では、本研究で得られた成果を総括し、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は多重チューブ推進機構の変形・動作モデルを構築し、らせん型多重チューブ推進機構の設計手法と工業的な製造方法を提案し、さらに単純な構造のまま多機能で実用的な管内推進装置を実現するために、六つ編み型多重チューブ推進機構とその制御方法を提案し、試作と実験によりこれらの有効性を示したものであり、工学上ならびに工業上寄与するところが大きい。よって、我々は、本論文を博士（工学）の学位論文として十分価値があるものと認める。