

博士論文審査の結果の要旨

氏名	LI CHONGCHAO
学位名	博士（工学）
学位番号	甲 第 757 号
論文題目	Development of soft actuators based on plasticized thermoplastic polyurethane and their applications (ポリウレタンの可塑化によるソフトアクチュエータの開発と応用に関する研究)
論文審査委員	主査 大越 豊 倪 慶清 渡邊眞志 市川 結 鈴木大介 邱 建輝 (秋田県立大学) FU SHAOYUN (重慶大学, 中国)

(博士論文審査の結果の要旨)

本学位申請論文は、熱可塑性 TPU を可塑剤 (アジピン酸ジブチル (DBA)) を用いて柔軟化し、ソフトアクチュエータを開発するとともに、そのアクチュエーションメカニズムを調査したものである。本論文は 8 章から構成されている。

第 1 章では、本研究の背景、目的、ソフトアクチュエータの現状などを述べている。

第 2 章では、4 種類の TPU を用いて、DBA 可塑化によるゲル材料を作製し、DBA 含有量、TPU タイプの選択を行い、TPU/DBA ゲルの調製条件を明らかにした。また、作製されたゲルの力学的挙動、誘電特性を明確にした。

第 3 章では、ET タイプの TPU を異なる DBA 含有量にて調整し、開発されたソフトアクチュエータのアクチュエーション挙動を検討した。調整条件の最適化検討から ET-6P は良いアクチュエーション挙動と力学的特性を有していることを明らかにし、広い周波数領域での動作を確認できた。

第 4 章では、ゲルの動作の微小力を測定するため、新しい予測方法を提案した。片持ちはりのたわみ変形曲線からはり先端でのアクチュエーション力を予測し、実験による検証結果と良い一致を示され、提案した微小力測定方法の有効性が確認された。

第 5 章では、電界作用下での TPU ゲルのアクチュエーションのメカニズムをその場観察、インピーダンス測定及び空間電荷測定により明確にした。DBA 分子のアノードへの移動、負電荷の蓄積、可塑剤リッチ層の形成が明らかになった。

第 6 章では、リング型 TPU アクチュエータの開発を試み、その作動原理を調査した。

第 7 章では、本研究内容をまとめて総括している。また今後の展開を述べている

本学位論文は 2 つの学術論文 (掲載済み 2 編) に基づいて作成され、申請者がいずれの論文において第 1 著者である。そのため、学位論文の目安を満たしている。なお、学位論文に投稿中の内容が含まれている。

以上を総合して、本学位論文は、新しいソフトアクチュエータの開発、そのメカニズムの解明に力点を置いてあり、学術的新規性があり、工業応用にも価値がある。よって、審査委員全員一致して博士学位論文に値すると判断した。また、その研究内容は博士 (工学) の学位論文に値するものと判断する。

(公表主要論文名)

1. Chongchao Li, Hong Xia, Juming Yao, Qing-Qing Ni, Electrically induced soft actuators based on thermoplastic polyurethane and their actuation performances including tiny force measurement. *Polymer*, Vol 180, No. July, page 121678 (2019)
2. Chongchao Li, Hong Xia, Qing-Qing Ni, Actuation Characteristics and Mechanism of Electroactive Plasticized Thermoplastic Polyurethane, *Langmuir*, Vol.36, No. 49, page 14933-14941 (2020)