

論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	石塚 裕己
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（工学） 三木 則尚
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 澤田 達男
		慶應義塾大学専任講師	博士（情報理工学） 尾上 弘晃
		慶應義塾大学准教授	博士（工学） 柿沼 康弘
		慶應義塾大学准教授	博士（工学） 竹村 研治郎
(論文審査の要旨) 学士（工学）、修士（工学）石塚裕己君提出の学位請求論文は、「磁気粘性流体を微小領域に封入した触覚ディスプレイ」と題し、5章から構成されている。 硬さの分布を高解像度に再現できる触覚ディスプレイは、バーチャルリアリティ空間における触感の再現や、遠隔診断および遠隔手術の高精度化への応用が期待できる。高解像度な触覚ディスプレイを実現するためには、硬さを呈示する素子を密にアレイ配置し、かつ各々の素子の硬さを制御することが必要になる。本研究では、磁気粘性（magnetorheological, MR）流体が有する固液相変化という性質に着目している。MR 流体を柔軟なシリコーンゴム材料の中にミリメートルからサブミリメートルのサイズで封入した硬さ呈示素子を、その製作手法とともに新たに開発している。そして、この素子を密に配置することで高解像度に硬さ分布を呈示するこれまでにない触覚ディスプレイを開発し、その特性を明らかにしている。 第1章は序論であり、本研究の背景、目的、ならびにその意義について述べている。 第2章では、MR 流体を用いた触覚ディスプレイを試作し、その特性を評価している。シリコーンゴムの一種であるポリジメチルシロキサン（polydimethylsiloxane, PDMS）膜を指との接触部としたチャンバ内に、MR 流体を封入している。磁場を印加したときの触覚ディスプレイの機械的特性を評価するとともに、使用者への硬さ分布呈示能を評価し、その有用性を明らかにしている。加えて、触覚ディスプレイが呈示する硬さの分布を印加磁場により制御可能なことを明らかにしている。 第3章では、MR 流体のミリメートルからサブミリメートルサイズの微小領域への封入技術について述べている。まず、ミリメートルサイズの球形状 PDMS 構造の製作方法とその内部への MR 流体の封入方法について述べている。PDMS 形状を決定するプロセスパラメータを理論的、実験的に明らかにしている。次に、MR 流体のサブミリメートルサイズの液滴を、未重合の PDMS に浸漬し引き上げることで、MR 流体上に直接 PDMS 膜を形成する手法について述べている。液滴形成時の基板と MR 流体の接触面積、ならびに MR 流体の濃度が PDMS 膜の形状に影響することを明らかにしている。さらに、PDMS より柔軟なシリコーンゴム材料を用いてミリメートルサイズのチャンバを形成し、その内部に MR 流体を満たした後にステンレス板を接合することにより、MR 流体を封入する手法について述べている。本手法を用い、5 mm の解像度を有する触覚ディスプレイを製作している。 第4章では、第3章で示された製作手法を用い製作した、MR 流体をアレイ上に微小領域に封入した触覚ディスプレイの機械的特性を評価している。本触覚ディスプレイは、非磁場下では均一の硬さ分布を呈示し、また外部磁場を印加すると、磁場の分布に沿って硬さ分布が呈示できることを実験的に明らかにし、その有効性を示している。 第5章は結論であり、本研究について得られた結果と今後の展望について述べている。 以上要するに、本研究は硬さ分布を高解像度に呈示する触覚ディスプレイを、MR 流体を微小領域へ封入することにより新規に実現し、実験的にその有効性を示したものであり、マイクロ・ナノ工学分野において工業上、工学上寄与するところが少なくない。よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。			
学識確認結果	学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2（マルチディシプリナリ・デザイン科学専修）科目担当で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。 また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。		

〇〇〇には審査担当者氏名、△△△には専修名を記載する。