

## 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	吉田 光輝
論文審査担当者：			
	主査	慶應義塾大学 教授	博士（情報理工学） 尾上 弘晃
	副査	慶應義塾大学 教授	博士（工学） 杉浦 壽彦
		慶應義塾大学 教授	博士（工学） 三木 則尚
		慶應義塾大学 教授	博士（工学） 竹村研治郎
<p>学士（工学）、修士（工学）吉田光輝君提出の学位請求論文は「Untethered micro-robots integrated with stimuli-responsive hydrogel for sensing external environment」（外部環境検知のための非拘束型刺激応答性ハイドロゲルマイクロロボット）と題し、7章から構成されている。</p> <p>非拘束型マイクロロボットは、数マイクロメートルから数ミリメートルの物理的拘束のないロボットである。外部環境を検知することで環境探査や体内治療を行うことが可能なマイクロロボットの実現に向けた研究が盛んに行われている。しかしながら、従来のセンサやアクチュエータ、情報処理機能を微小なシステムに集積統合することは技術的に課題が多く困難である。そこで本研究では、新たなマイクロロボットの構成要素として刺激応答性ゲルに着目し、その外部刺激に応じて膨潤収縮する特性をアクチュエータやセンサとしてマイクロロボットの構成要素に利用することを提案している。外部環境検知に向けた非拘束型刺激応答性ハイドロゲルマイクロロボットとして、環境温度に応じて推進速度を自律的に制御することが可能なマイクロロボット、および温度やエタノール濃度などの外部刺激を可視光領域の色変化として伝達可能なマイクロロボットを実現している。</p> <p>第1章では、研究の背景と目的を述べ、従来の研究を概説している。</p> <p>第2章では、刺激応答性ゲルの架橋原理および膨潤収縮原理について述べている。</p> <p>第3章では、螺旋状マイクロロボットの形状と推進速度の関係について流体力学的な理論により考察し、非対称ゲル化手法を応用してピッチ角の異なる螺旋状マイクロロボットが構築可能であることを示している。その上で、螺旋状マイクロロボットのピッチ角変化によって推進速度が制御可能であることを実験的に明らかにしている。</p> <p>第4章では、有限要素法シミュレーションを用いて螺旋状ゲルの変形について解析している。二層構造の刺激応答性ゲルの変形をシミュレーションと実験により比較し、シミュレーションの妥当性を評価している。この結果をもとに、螺旋状マイクロロボットのデザインを決定している。</p> <p>第5章では、螺旋状マイクロロボットの自律的な推進速度制御について述べている。刺激応答性ゲルをパターンニングした螺旋状マイクロロボットを用いて、外部温度刺激に応じた螺旋形状の変形を達成している。さらに、螺旋形状の変形によるマイクロロボットの加速および減速に成功している。</p> <p>第6章では、周囲環境情報を提示する方法として、コロイド結晶を用いた構造色ハイドロゲルを付与したマイクロロボットについて述べている。コロイド結晶構造色ハイドロゲルにより、温度およびエタノール濃度の変化に応じた色提示に成功し、周囲環境の情報をマイクロロボットによって提示可能であることを示している。</p> <p>第7章では、各章で得られた成果をまとめ、本論文全体の結論を述べている。</p> <p>以上要するに、本論文では環境に応答する自律型ゲルマイクロロボットの構成論を提示するとともに、その機能に関して理論と実験の双方から有効性を実証しており、ロボティクス分野において、工学上、工業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。</p>			
学識確認結果	<p>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。</p>		