

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study of Water-Jet as Propulsive Source Implemented on Slim, Long-Length Robots
著者(和文)	シルバ・リコ ホセ・アントニオ
Author(English)	Jose Antonio Silva Rico
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10592号, 授与年月日:2017年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:遠藤 玄,鈴森 康一,松永 三郎,吉田 和弘,塚越 秀行
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10592号, Conferred date:2017/6/30, 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

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		SILVA RICO, JOSE ANTONIO	
論文審査 審査員		氏 名		職 名		氏 名	職 名
	主査	遠藤 玄		准教授		塚越 秀行	准教授
	審査員	鈴森 康一		教授	審査員		
		松永 三郎		教授			
		吉田 和弘		教授			

論文審査の要旨（2000 字程度）

本論文は「Study of Water-Jet as Propulsive Source Implemented on Slim, Long-Length Robots（細径長尺ロボットを実現する水噴流推進の研究）」と題し、以下の7章から構成されている。

第1章「Introduction（序論）」では、本論文の研究背景と目的を述べている。すなわち、人が立ち入ることの出来ない狭間で危険かつ無線通信が困難な場所を調査するためには、細径かつ長尺の移動体が有効であり、現在、過酷事故後の福島第一原子力発電所内部の燃料デブリ分布を調査可能な細径長尺ロボットの開発が求められていると述べている。想定される移動経路は、配管から進入し格納容器内部に敷設されているグレーチングの上面およびその間を通過したのち、格納容器底部に滞留する水中を移動するものであり、総延長 20m 以上に達すると述べている。従来のインフラ点検用ロボットとそれに関連する技術を調査した結果、上記経路を移動可能なロボットは未だ実現されていないことを指摘し、細径長尺で十分な推進力を生成可能なロボットの構成法と、所望の推進力を生成する制御法を確立することが本論文の目的であると述べている。

第2章「Proposal of Slim, Long-Length Robots Using Water-Jet（水噴流を用いた細径長尺ロボットの提案）」では、高圧ポンプ、耐圧ホース、ノズルおよび姿勢センサからなる、水噴流により推進する細径長尺ロボットの構成法と、その制御法を提案している。すなわち、基部に設置され高圧水流を生成するポンプ部、細径長尺かつ柔軟な耐圧ホース部、ロボット長軸に対称な3か所から高圧水を後方に噴射し所望の推進力ベクトルを生成するノズル部、さらにノズル近傍に搭載されロボット長軸周りの姿勢を計測するセンサ部の4つの要素からなるロボットの構成法を提案している。そして、操縦者の目標指令と姿勢センサ情報に基づいてノズルの向きまたは噴流量を変化させる制御法を提案している。

第3章「Water-Jet Propulsion Analysis（水噴流推進の解析）」では、水噴流による推力特性を実験により明らかにしている。具体的には、水噴流により得られる推進力は質量流量の二乗に比例するが、その大きさはポンプ出力、管路抵抗などに依存することから、ノズル径、ノズル数、ノズル角度などを変数として推進力を最大化する値を実験により明らかにしている。その結果、試作した実験系においてポンプ圧力 5MPa、質量流量 0.1kg/s、ノズル径 0.8mm、ノズル数 3、ノズル角度 45 度のとき最大 7.2N の推力が得られることを明らかにしている。

第4章「Development of a Prototype Robot（試作機の開発）」では、第2章で提案したロボットの構成法および第3章の結果に基づいて試作機を開発し、これに適用する制御法について詳述している。すなわち、先端部に1つのノズルを有する耐圧ホースを3本束ね、その各々に高圧ポンプを接続した細径長尺ロボット試作機（直径およそ 20mm、全長 40m）を開発している。そして、ノズル近傍に装備した姿勢センサを用いてロボット長軸周りの姿勢を計測し、これに基づき操縦者の目標指令推力ベクトルを座標変換することで、ロボット座標系での3つのノズルの必要噴流量を求め、各々のポンプ回転速度を制御することにより所望の推進力ベクトルが生成可能であることを実験により明らかにしている。

第5章「Evaluation of Performance of the Prototype Robot（試作機の性能評価）」では、開発した試作機の移動性能および先端位置制御性能を実験により明らかにしている。まず地上での評価実験として 7m の間隔で設置された2か所の目標到達地点に対し、目視での操縦によりロボット先端を到達させることが可能であることを明らかにしている。次に噴流を地面に向けて噴射することで先端部を空中に1分以上安定して浮上させることが可能であることを明らかにしている。さらに縦 5m×横 2m×深さ 2m の範囲内で水中および水上に設置された4か所の目標地点に、平均 0.5m/s 程度の速度で到達することが可能であることを明らかにしている。

第6章「In-pipe Locomotion System Using Water-Jet Propulsion（水噴流推進を用いた管内移動システム）」では、水噴流による細径配管内移動システムを提案し、試作機による実験から基礎的諸特性を明らかにしている。すなわち、原子炉圧力容器内部を調査するためには、直径 20～25mm で分岐・屈曲が多数ある配管内を推進することが必要であり途中にはさらに細径のオリフィスも存在する。これらを通過・移動するために、高圧水の噴流により回転・推進し、細孔を掘削拡大可能なドリル部、曲管部において屈曲可能な受動関節部、耐圧ホースと曲管の接触抵抗を低減する中間ノズル部からなるロボットの構成法を提案している。試作機による実験からドリル部の回転駆動特性、受動関節部の摩擦特性、中間ノズル部の推進力特性などを明らかにしている。同時に上記環境の移動を実現するための課題を明らかにしている。

第7章「Conclusions（結論）」では、本研究で得られた結果を総括している。

以上を要するに、本論文は、水噴流を用いて配管内・地上・水中で推進力を生成可能な細径長尺ロボットの構成法と、所望の推進力を生成する制御法を確立したものであり、工学上、工業上、貢献するところが大きい。よって本論文は博士（工学）の学位論文として十分な価値があると認められる。