

## 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	栞原 央明
論文審査担当者：			
	主査	慶應義塾大学教授	博士（工学） 村上 俊之
	副査	慶應義塾大学教授	工学博士 大森 浩充
		慶應義塾大学准教授	博士（工学） 矢向 高弘
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 竹村 研治郎
		慶應義塾大学名誉教授	工学博士 大西 公平
<p>学士（工学）、修士（工学）栞原 央明 君提出の学位請求論文は「Advanced Robotic Inspection Technology Based on Force Information Processing」（力情報処理に基づいた高度なロボット検査技術）と題し、7章から構成されている。近年、社会インフラ設備の老朽化に伴う点検・補修などの予防保全技術の確立が課題となっている。特に、人のアクセスが難しい検査対象において、「検査位置へのアクセス機能」、「周辺環境への適応機能」、「点検機能」の実現が重要となる。こうした機能の実現において移動環境および検査対象間の力情報が共通して関わっており、力情報の応用がロボット点検技術の高度化に有効であることは明白である。そこで本研究では、ロボット点検技術の高度化に向けて、力情報の抽出・応用について新たな手法ならびに適用指針を提案し、その有効性をクローラ型移動ロボットにより実証している。</p> <p>第1章では、本研究の目的を述べ、研究の位置付けおよび論文構成を概説している。</p> <p>第2章では、本研究の基礎制御アルゴリズムとして活用している外乱オブザーバによるロボスタ制御および外乱オブザーバを応用した反作用力の推定手法について概説している。</p> <p>第3章では、点検ロボットが走行中に路面から受ける滑りの影響を考慮した速度推定にあたって、駆動軸への外乱力情報を用いた機械学習手法を提案している。提案手法の有用性については、クローラ型移動ロボットによる実験により確認している。また、路面環境の違いによる速度推定への影響を実験的に明確化し、実用上重要な機械学習の適用方針を示しつつ、斜面走行時でも重力補償を併用することで速度推定性能が維持できることを実証している。</p> <p>第4章では、点検ロボットの旋回性能の向上を目的として瞬時に仮想設定された旋回中心に基づく駆動力分配手法を提案している。まずは第3章で示した速度推定法によって得られた推定速度から駆動力を同定するオブザーバを設計し、駆動力制御に基づく運動制御系の構築法を確立している。同時に、クローラ型移動ロボットにおいて、並進方向の滑りが抑制できることを示している。その上で、瞬時に仮想設定された旋回中心に基づく駆動力分配方法により滑らかな旋回動作の実現手法を構築している。また、移動ロボット全般の課題である非ホロノミック拘束下での運動性向上のため、駆動力分配に加え非ホロノミック拘束を含む等価外乱補償を併用した仮想旋回速度制御系を構築し、実機実験により提案手法の有用性を示している。</p> <p>第5章では、狭隘空間内で姿勢を保持するための点検ロボット機構として、力制御アクチュエータと受動機構を用いた押付力制御機構を提案し、その制御手法を確立している。提案手法の有用性は、タービン発電機の回転子・固定子間を点検するロボットに実装した押付力制御機構による実証実験の評価により検証している。</p> <p>第6章では、力情報に基づく点検ロボットによる構造物内部診断を目的として、打撃力制御と反作用力推定を1つの機構で実現する打振検査デバイスを開発し、打振検査デバイスの入出力特性と構造物内部状態の関係を明確化している。また、打振検査デバイスの入出力特性から推定されるモデルパラメータによる環境状態の劣化診断手法を提案し、提案手法による診断の妥当性を、シミュレーションおよび実験により示している。</p> <p>第7章では、結論を述べ、得られた成果の重要な貢献と今後の展望について総括している。</p> <p>以上要するに、本研究では点検ロボットにおける路面環境の滑りを考慮した駆動力制御ならびに力制御に基づいた環境状態の診断手法を提案し、クローラ型移動ロボットによる実機実験によりその有用性を実証したものである。これらの研究は力制御に基づいた点検ロボットシステムの実応用を含め、メカトロニクス、モーションコントロールの分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。</p> <p>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（システム統合工学専修）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。</p> <p>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>		