

## 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	大平 峻
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
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 滑川 徹
		慶應義塾大学教授	博士（工学） 高橋 正樹
		芝浦工業大学教授	博士（工学） 島田 明
<p>学士（デザイン工学）、修士（工学）大平 峻 君提出の学位請求論文は「Robust Model-based Control in Motion Control Systems」（モーションコントロールシステムにおけるロバストなモデルベース制御）と題し、5章から構成されている。近年、人と協調するロボットの実現に対する期待が高まっており、その安全性および安定性の保証において、ロボットと環境の制約条件が導入可能なモデル予測制御に多くの関心が寄せられている。しかしながら、モデル予測制御は、制御対象の数式モデルを利用した予測・制御則となっているため、実環境下でのモデルの不確かさに対するロバスト性は必ずしも充分ではない。そこで、本論文では観測ノイズ除去にも着目しつつ、制約付き制御のロバスト性向上に関する新たな手法を提案し、シミュレーションおよび実験によりその有用性を検証している。</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、ロバスト制御の従来手法として外乱オブザーバについて概説し、外乱オブザーバを併用したモデル予測制御における制御器設計法を提案している。また、外乱オブザーバにより実現可能な加速度制御器に対する制約付き制御器設計手法を明確化し、ノイズ感度と外乱推定性能において従来手法と同様にトレードオフが存在することを確認しつつ、その有用性をシミュレーションならびに3自由度マニピュレータによる実機実験により実証している。</p> <p>第3章では、モデル予測制御による制約付き制御で問題となる外乱に対するロバスト性向上とともに、観測ノイズ感度低減のため、カルマンフィルタを導入した制約付き制御器の新たな設計指針を提案している。また、提案手法の有用性を含め制御系の観測ノイズに対する影響を適切に低減できることをシミュレーションにより検証を行っている。さらに、検証結果から外乱推定の収束性能に関して従来手法と同様に解決すべき問題があることを明らかにしている。</p> <p>第4章では、第3章で明らかとなった問題を考慮し、観測ノイズ除去と外乱推定速度の向上に関するトレードオフを改善する制御器設計指針を明らかにしている。提案手法では、状態推定と観測ノイズ除去性能の両者に関わるパラメータとなる忘却係数を可変ゲインとする適応カルマンフィルタを構成することで、外乱推定に影響を与える観測ノイズを適応的に除去しつつ、状態と外乱の推定速度向上を可能としている。提案手法により、観測ノイズの影響を適応的に除去しつつ状態と外乱をより高速に推定する手法を実現し、シミュレーションによりその有用性を検証している。検証結果より、従来手法である外乱オブザーバと比較し、観測ノイズおよび位置検出センサとしてエンコーダを想定した量子化ノイズを適応的に除去しつつ、状態と外乱の推定精度が向上することを確認している。</p> <p>第5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、本研究では観測ノイズ除去を考慮した制約付き制御のロバスト性向上に関する新たな制御器設計手法を提案し、シミュレーションおよび実機実験によりその有用性を実証したものである。これらの研究はモーションコントロールにおけるロバスト制御手法のさらなる実応用を含め、ロボティクス、メカトロニクス分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。</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）科目担当者で試問を行い、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>		