

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	外れ値環境下におけるロバスト推定および制御に関する研究
Title(English)	A Study of Robust Estimation and Control under Outliers
著者(和文)	金田泰昌
Author(English)	Yasuaki Kaneda
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9452号, 授与年月日:2014年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:山北 昌毅,三平 満司,大山 真司,倉林 大輔,早川 朋久
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9452号, Conferred date:2014/3/26, 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

(博士課程)

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	金田 泰昌	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	山北昌毅	准教授	早川朋久	准教授
	審査員	三平満司	教授		
		大山真司	准教授		
倉林大輔		准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「A Study of Robust Estimation and Control under Outliers」(外れ値環境下におけるロバスト推定および制御に関する研究)と題し、全7章より成っている。

第1章「Introduction」では、本論文で扱う外れ値の定義を述べ、外れ値が状態推定性能や制御性能を劣化させることを述べている。このようなシステムの代表例とし、レーダ追尾システム、ビジュアルフィードバックシステム、無線センサネットワークシステム、ネットワーク制御系などを挙げている。その上で本論文の目的を、制御システムにおいて外れ値に対する問題を解決するために、 l_1 正則化を用いたRobust Kalman Filter (RKF)の効率的なアルゴリズムを提案し、その考え方をSelf-Tuning Controller (STC)に応用し、更に非線形システムに拡張することであると述べている。

第2章「Preliminaries」では本論文で必要となる定義を述べている。更に、外れ値の有効な推定手法の一つである l_1 正則化を用いたRKFについて、構造が簡易なため実装が容易であり、他のRKFに比べて推定の時間遅れが少ないという利点があることを述べている。しかし、アプリケーション毎に正則化パラメータを試行錯誤的に設計しなければならない欠点を有していることを指摘している。

第3章「Design Method of Robust Kalman Filter via l_1 Regression Based on Statistics and Its Application」では、 l_1 正則化を用いたRKFのパラメータ設計手法を提案している。提案しているパラメータ決定法は l_1 最小化問題の主双対問題から導出され、ガウスノイズの共分散行列より自動的に決定されることを示している。また、物理的な意味が明確であるため、試行錯誤設計に比べ設計の妥当性が得られると述べている。さらに、提案設計手法を用いた際に、RKFのイノベーションの共分散行列が、外れ値が存在しない場合のKFの共分散行列で抑えられることを示し、RKFの性能が外れ値の存在しない場合のKFの性能に漸近することを示している。

第4章「Fast Algorithm of Robust Kalman Filter via l_1 Regression by a Closed Form Solution」では、3章で提案した手法では l_1 最小化問題を解く必要があり、何らかの数値的な繰り返し計算を必要とすることを述べている。そのため、実装する計算時間が長くなり、場合によっては性能が劣化する問題があることを指摘している。その上で、RKFの最適解の上下界を閉経式で導出し、それを解の近似解とする手法を提案し、高速計算が可能であることを示している。

第5章「Robust Self-Tuning Controller under Outliers」では、3章の手法をSTCに応用することで、Robust STC (RSTC)を提案している。従来のSTCのパラメータ更新則に l_1 正則化項を付加することで、外れ値を陽に推定し、推定された外れ値を制御則から差し引くことでRSTCを構築する手法を提案している。また、RSTCは非線形制御則のため、一般的に分離定理は成り立たず、外れ値の推定精度を議論するだけでなく、制御系全体の安定性を保証する必要があることを述べ、RSTCの性能は外れ値が存在しない場合のSTCの性能と同程度となることを解析的に示している。

第6章「Robust Nonlinear State Estimation and Design Method of Its Parameters」では、 l_1 正則化を用いたRKFを非線形システムに拡張している。提案手法では、Unscented KF (UKF)に l_1 正則化を適用することでRobust UKF (RUKF)を構成し、RUKFのパラメータ設計手法について提案している。更に、提案するRUKFはUKFと l_1 最適化問題をベースとしているため、パーティクルフィルタや混合ガウスフィルタに比べて計算コストが小さくなり、リアルタイム計算に適していることを示している。

第7章「Conclusions」では研究の総括を述べ、今後の課題について述べている。

以上を要するに、本論文は、システムの観測値に外れ値が存在する場合の推定法と制御手法を提案し、その有効性を示したもので、工学上・工業上寄与するところ大である。よって本論文は、博士(工学)論文として十分価値あるものと認められる。