

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	人間オペレータと視覚フィードバックを取り入れたロボティックネットワークの協調制御における確率性能解析
Title(English)	
著者(和文)	山内淳矢
Author(English)	Junya Yamauchi
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10791号, 授与年月日:2018年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:藤田 政之,畑中 健志,三平 満司,山北 昌毅,早川 朋久
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10791号, Conferred date:2018/3/26, 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	山内 淳矢	
論文審査 審査員		氏名		職名	氏名	職名
	主査	藤田 政之		教授	早川 朋久	准教授
	審査員	畑中 健志		准教授		
		三平 満司		教授		
山北 昌毅			准教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「人間オペレータと視覚フィードバックを取り入れたロボティックネットワークの協調制御における確率性能解析」と題し、全7章から構成されている。

第1章「序論」では、本研究の背景についてまとめ、動機と目的について述べている。まず、ロボティックネットワークの応用先として期待される分野を紹介している。つづいて、意思決定者としての人間オペレータと、周辺環境のセンシングのための視覚センサを取り入れることの意義を示している。最後に、本研究が目的としている協調制御における確率性能解析の重要性について述べている。

第2章「問題設定と確率システム」では、本論文での問題設定と、確率システムの安定性に関する概念を導入している。まず、3次元空間内を並進運動するロボットの運動学モデルにおいて、確率外乱が加わった際の確率微分方程式表現を紹介している。つぎに、3次元並進運動に加えて3次元回転運動も考慮する剛体運動に対して、確率外乱が加わる場合を考察している。このとき、回転運動に関する確率微分方程式の解が、確率1で3次元回転群SO(3)であり続けることを示している。さらに、本論文で用いる確率システムの安定性に関する概念と確率性能について述べている。

第3章「人間-ロボティックネットワークの協調制御における確率性能解析」では、人間-ロボティックネットワークの協調制御における確率性能を解析している。まず、確率外乱が加わらない状況下で、人間オペレータの目標位置にロボット群を同期させる協調制御則を提案している。つづいて、確率外乱を受けるとき、協調制御則の確率性能を実用確率入力状態安定性に基づいて議論している。さらに、確率外乱が加わるとき人間オペレータに力強受動性を仮定し、人間オペレータと通信可能なロボットの平均位置と目標位置との偏差のL2ノルムを評価している。最後に、性能解析の妥当性をシミュレーションにより検証している。

第4章「通信遅れを考慮した人間-ロボティックネットワーク協調制御の確率性能解析」では、ロボット間に通信遅れが存在する人間-ロボティックネットワークの協調制御における確率性能を解析している。まず、確率外乱が加わらないとき、各ロボット間の通信路にスキュアリング変換を導入し、安定な相互作用を可能とする協調制御則を提案している。つづいて、確率外乱が加わるとき、人間オペレータに力強受動性を仮定し、通信可能なロボットの平均位置と目標位置との偏差のL2ノルムを評価している。最後に、性能解析の妥当性をシミュレーションにより検証している。

第5章「視覚フィードバック制御の確率性能解析」では、対象の剛体運動に確率外乱が加わる状況のもと、視覚情報によるロボットの追従制御における確率性能を解析している。まず、視覚情報のみから対象剛体の3次元運動を推定する視覚運動オブザーバを導入している。このとき、確率的な推定性能をノイズ状態安定性と二乗平均終局有界性を用いて論じている。つづいて、視覚運動オブザーバが推定した対象運動から、対象剛体にロボットを追従させる視覚フィードバック制御について考察している。そして、追従性能を実用確率入力状態安定性により議論している。さらに、対象剛体の確率的なボディ速度に対して、推定・制御偏差のL2ノルムを評価している。最後に、性能解析の妥当性をシミュレーションにより検証している。

第6章「視覚フィードバック協調制御の確率性能解析」では、視覚フィードバックに基づくリーダー追従型協調制御の確率性能を解析している。具体的には、リーダーとなる剛体が確率的な運動をする際の姿勢同期問題および位置姿勢同期問題について考察している。まず姿勢同期問題では、ロボット群がリーダーのボディ並進速度の期待値を得られる場合の追従性能を解析している。この際、ノイズ状態安定性を用いて追従性能の議論をしている。また、リーダーの確率的なボディ速度に対して、推定・制御偏差のL2ノルムを評価している。つづいて、位置姿勢同期問題では、姿勢同期に加えて位置同期も考慮した際の確率性能を、実用確率入力状態安定性により論じている。姿勢同期問題と同様にして、リーダーの確率的なボディ速度に対して、推定・制御偏差のL2ノルムを評価している。最後に、性能解析の妥当性をシミュレーションにより検証している。

第7章「結論」では、本論文の研究成果についてまとめ、今後の研究の方向性について述べている。

以上を要するに、本論文は、確率外乱を受けるロボットにより構成されるロボティックネットワークの協調制御に、人間オペレータと視覚フィードバックを取り入れた際の確率性能を理論的に解析し、シミュレーションによりその有効性を示したもので、工学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。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容