T2R2 東京科学大学 リサーチリポジトリ
Science Tokyo Research Repository

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

Powered by T2R2 (Science Tokyo Research Repository)

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	機械制御システム　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士　（　工学　） Doctor of
学生氏名： Student's Name	山内　淳矢	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	藤田　政之
		指導教員（副）： Academic Supervisor (sub)	畑中　健志

要旨（和文 2000 字程度）
Thesis Summary（approx.2000 Japanese Characters ）

本論文では，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いて，ロボットの運動に確率外乱が加わる際の確率性能について考察する．各章の概要は以下の通りである．

第 1 章「序章」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する．つづいて，協調制御に意思決定者としての人間オペレータと，周辺環境の情報取得のために視覚センサを取り入れることの意義を示す．最後に，本研究が目的とする協調制御における確率性能解析の重要性を述べる．

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する．まず，3 次元空間内を並進運動するロボットにおいて，確率外乱が加わった際の確率微分方程式表現を紹介する．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する．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す．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，人間オペレータと確率外乱を受けるロボットから構成される人間-ロボティックネットワークの協調制御における確率的な性能を解析する．まず，確率外乱が加わらない状況下で，人間オペレータが所望する位置にロボティックネットワークを同期させる協調制御則を提案する．つづいて，確率外乱を受けるロボット群が人間オペレータから速度指令を受ける場合において，協調制御則の確率的な性能を実用確率入力状態安定性に基づいて議論する．さらに，人間オペレータの意思決定過程に入力強受動性を仮定する．このとき確率外乱に対して，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 ノルムが有限となることを示す．また，通信可能なロボットの台数と人間の受動性インデックスにより性能を評価できることを明らかにする．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する．

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，ロボット間の通信遅れを考慮した上で，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する．まず，確率外乱が加わらないとき，各ロボット間の通信路を受動化するスキャッタリング変換を導入することで，通信遅れに依らず人間とロボット群の安定な相互作用を可能とする協調制御則を提案する．つづいて，人間オペレータの意思決定過程に入力強受動性を仮定する．このとき確率外乱に対して，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 ノルムが有限となることを示す．また，通信可能なロボットの台数と人間オペレータの受動性インデックスにより確率性能を評価できることを示す．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する．

第 5 章「視覚フィードバック制御の確率性能解析」では，視覚情報に基づいた制御における確率性能を解析する．本章では剛体運動に確率外乱が加わる状況を考える．まず，視覚情報のみから対象剛体の 3 次元剛体運動を推定する視覚運動オブザーバを導入する．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解析する．つづいて，視覚センサを搭載しているロボットに適用した視覚運動オブザーバに基づいて，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する．そして，確率的な追従性能を実用確率入力状態安定性とノイズ状態安定性，二乗平均終局有界性を用いて解析する．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 ノルムが有限となることを示す．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する．

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尾型協調制御の確率性能を解析する．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，視覚フィードバック協調制御による姿勢同期問題および位置姿勢同期問題について考察する．まず姿勢同期問題では，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する．この際，ノイズ状態安定性を用いて追従性能の議論をする．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 ノルムが有限となることを明らかにする．つづいて，位置姿勢同期問題を扱う．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議論する．そして，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 ノルムが有限となることを示す．最後に，シミュレーションにより解析手法の妥当性を検証する．

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る．

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).
注意：論文要旨は、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で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

（博士課程）
Doctoral Program

論 文 要 旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	機械制御システム　　専攻	申請学位（専攻分野）： Academic Degree Requested	博士 Doctor of　（　工学　）
学生氏名： Student's Name	山内　淳矢	指導教員（主）： Academic Supervisor(main)	藤田　政之
		指導教員（副）： Academic Supervisor(sub)	畑中　健志

要旨（英文 300 語程度）
Thesis Summary（approx.300 English Words ）

This dissertation investigates stochastic performance on cooperative control of robotic network with human operator and visual feedback. The robotic networks interacting with human operator and tracking target rigid body motion based on visual information are considered, respectively. In both cases, the performances are analyzed under stochastic disturbances in robot motions.

First, we analyze the stochastic performance on cooperative control of human-robotic network. We propose a cooperative control law, which synchronizes all robots to human desired position without stochastic disturbances. Then, we prove that the error system consisting of relative distance between neighboring robots is practically stochastic input-to-state stable. Next, passivity of robotic network is shown when there are no stochastic disturbances. Furthermore, we analyze the stochastic performance by L2 norm when the human operator is assumed input strictly passive.

Second, communication delays between each robot are considered. We apply scattering transformation to inter-robot communication channels. Furthermore, it is shown passivity of robotic network is recovered without stochastic disturbances. Then, we propose a cooperative control law, which synchronizes all robots to human desired position under communication delay without stochastic disturbances. Finally, we analyze the stochastic performance by L2 norm when the human operator is assumed input strictly passive.

Third, the stochastic performance on visual feedback control is considered. Estimation problem for the stochastic target rigid body motion based on visual information is discussed. Then, visual feedback control is considered based on the estimation. The stochastic performance is analyzed by noise-to-state stability, ultimately boundedness in mean square and L2 robustness.

Lastly, we analyze tracking performance of robotic network connected by visual feedback control to a stochastic motion leader. For an attitude synchronization problem, practically stochastic input-to-state stability and L2 robustness are employed for stochastic performance analysis. Furthermore, the same notions are used to analyze the performance on a pose synchronization problem.

備考 ： 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。
Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、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で作成してください。
Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).