

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Passivity-based Visual Feedback Pose Synchronization in Three Dimensions
著者(和文)	伊吹竜也
Author(English)	Tatsuya Ibuki
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9286号, 授与年月日:2013年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:藤田 政之,三平 満司,中村 春夫,山浦 弘,井村 順一
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9286号, Conferred date:2013/9/25, 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		伊吹 竜也		
			氏名	職名			
論文審査 審査員	主査		藤田 政之	教授	井村 順一	教授	
	審査員		三平 満司	教授			
				中村 春夫	教授		
				山浦 弘	教授		

### 論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は「Passivity-based Visual Feedback Pose Synchronization in Three Dimensions (受動性に基づく3次元視覚フィードバック型位置・姿勢協調制御に関する研究)」と題し、英文全6章から構成されている。

第1章「Introduction」では、本研究の背景についてまとめ、その動機と目的について述べている。複数の剛体ロボットから成るネットワークに対して、位置・姿勢協調制御を視覚情報により実現することを目的とした研究が進んでいるが、制御系の安定性に対する十分な議論がされていないことを指摘している。また、視覚情報に基づく協調制御では、多くの研究が2次元平面上の問題を取り扱っていることを論じている。そこで本研究では、3次元視覚フィードバック型位置・姿勢協調制御の提案、および制御理論的なアプローチに基づく安定性の保証を目的とすることを述べている。

第2章「Problem Settings and Foundations」では、本研究の問題設定を与えている。まず、制御対象として、剛体の運動を表す運動学モデル、剛体間の情報交換構造を表す可視構造、および視覚による観測出力から成るビジュアルロボティックネットワークを提案している。つぎに、本論文の制御目的として、視覚フィードバックによる姿勢同期および位置・姿勢同期を定義している。さらに、制御則の提案および安定性解析において本論文を通じて重要な役割を果たす剛体運動モデルの受動性の概念を導入している。最後に、本論文の基盤となる先行研究として、各剛体の観測出力に制限を課さない3次元位置・姿勢同期制御則、およびビジュアルモーションオブザーバと呼ばれる視覚情報から可視剛体との3次元相対位置・姿勢を推定する非線形オブザーバを紹介している。

第3章「Visual Feedback 3D Attitude Synchronization」では、視覚フィードバックによる姿勢同期問題を考察している。まず、剛体の運動学モデルの受動性に基づく姿勢同期制御則を提案している。本問題では、各剛体の観測出力が2次元情報に限定されているため、提案制御則は視覚情報から3次元相対位置・姿勢を推定する非線形オブザーバを内包している。つぎに、提案したオブザーバ併合型の制御則を適用することにより、リーダ追尾型の可視構造を有するビジュアルロボティックネットワークが姿勢同期を達成することをリアプノフの安定定理を用いて示している。また、リーダが独立して任意の回転運動を行う状況に対して、入出力安定性の概念を導入してネットワークの追従性能解析を行うことで、提案制御則におけるゲイン設定の指標を与えている。最後に、シミュレーションおよび実験によって制御則の有効性を示している。

第4章「Visual Feedback 3D Pose Synchronization」では、第3章で考察した姿勢同期に加えて、位置の協調も考慮した視覚フィードバックによる位置・姿勢同期問題を考察している。ここでは、剛体の視覚モデルとして、これまで対象としていたピンホールカメラモデルよりも広い視野を保証するパノラマ型カメラモデルを扱っている。また、本問題の特徴として、剛体間の相対運動モデルにおいて位置に関する運動学モデルが姿勢とのカップリング項を有していることを指摘している。これに対して、本問題では適切なポテンシャル関数を導入した相対運動モデルの受動性を用いることで、カップリング項を回避できることを示している。具体的な流れは第3章と同様であり、制御則の提案、収束性・性能解析を行い、シミュレーションおよび実験によって制御則の有効性を示している。

第5章「Further Developments on Visual Feedback Attitude/Pose Synchronization」では、視覚フィードバックによる位置・姿勢同期問題の諸問題について考察している。まず、姿勢同期制御則において各剛体が共通のボディ並進速度を用いていることに着目し、リーダの並進速度のモデルをオブザーバに内包することにより、リーダのボディ並進速度も推定する新たな制御則を提案している。つぎに、リーダの存在を仮定しない環状型可視構造を有するビジュアルロボティックネットワークに対して、姿勢同期を達成する新たな制御則を提案している。また、より複雑な可視構造に対する収束性解析の問題点を具体的に述べている。さらに、各剛体の動的モデルとしてNewton-Euler方程式を導入することにより、位置・姿勢同期を達成する力・トルク制御則を提案している。最後に、観測出力の取得に視覚を用いていることに着目し、視野を考慮した可視性維持問題および剛体間の衝突回避問題を考察している。

第6章「Conclusions」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、視覚を有する複数の剛体から成るビジュアルロボティックネットワークに対して、視覚によるオブザーバを内包した受動性に基づく位置・姿勢同期制御則を提案し、理論、シミュレーション、および実験によってその有用性を示したもので、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。