

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)	論文要旨
Type(English)	Summary

(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): 博士 (工学)
学籍番号: Student ID Number			指導教員(主): 藤田 政之
学生氏名: Student's Name	伊吹 竜也		指導教員(副):
			Academic Advisor(sub)

要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters)

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、およびビジュアルモーショントラッキング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を適用することにより、リーダー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、リーダー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、リーダー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、リーダーのボディ並進速度も推定する新たな制御を提案している。つぎに、リーダー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。

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2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 2 copies of 800 Words (English).

(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)
学籍番号 : Student ID Number			指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	藤田 政之	
学生氏名 : Student's Name	伊吹 竜也		指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)		

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words)

This dissertation investigates visual feedback attitude/pose synchronization on the Special Euclidean group for a group of rigid bodies equipped with vision sensors. The objective of attitude synchronization is to lead orientations of all the bodies with the same linear velocity to a common value. Therefore, all the bodies move in the same direction when attitude synchronization is achieved. On the other hand, the goal of pose synchronization is to drive orientations and virtual positions to common values.

We first introduce a notion of visual robotic networks to be controlled throughout this work. Visual robotic networks consist of multiple rigid bodies with kinematic models, visibility structures representing visual information flows between bodies, and measured output extracted by vision sensors. After defining visual feedback attitude/pose synchronization as the goals of this work, we propose visual feedback attitude/pose synchronization laws consisting of vision-based observers to estimate relative poses of visible bodies and relative pose information-based synchronization schemes. Here, passivity of the kinematic models plays a central role for the design of the present estimation/control mechanisms.

We next give convergence and performance analysis for the present control laws. It is first shown via Lyapunov methods that the present laws achieve attitude/pose synchronization under leader-following type visibility structures. Then, for the leader moving independently, we analyze the tracking performance of the network by employing the theory of input-to-state stability and input-to-output stability. Here, we regard the individual velocity of the leader as an external disturbance and evaluate the total estimation and control errors in the network.

We also give some further developments on visual feedback attitude/pose synchronization in regard to (i) linear velocity observers for visual feedback attitude synchronization, (ii) ring-type visibility structures which does not require the existence of a leader, (iii) extension from velocity laws to force/torque laws by integrating Newton-Euler equations as rigid body dynamics, and (iv) collision avoidance and visibility maintenance. The effectiveness and validity of the present estimation/control schemes are demonstrated through 3D simulation and experiments on a planar testbed.

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 2 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 2 copies of 800 Words (English).