JAIST Repository
https://dspace.jaist.ac.jp/

Title	マニピュレータの動特性を考慮した視覚サーボに関する研究
Author(s)	置田，宏幸
Citation	
Issue Date	1997-03
Type	Thesis or Dissertation
Text version	author
URL	http://hdl.handle.net/10119/1047
Rights	
Description	Supervisor:藤田 政之，情報科学研究科，修士

JAIST
JAPAN
ADVANCED INSTITUTE OF
SCIENCE AND TECHNOLOGY

Japan Advanced Institute of Science and Technology

マニピュレータの動特性を考慮した視覚サーボに関する研究

置田 宏幸

北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科

1997 年 2 月 14 日

キーワード： 視覚サーボ, マニピュレータ, 動特性, 実験.

本研究では、産業用マニピュレータをもちい、動特性を考慮した視覚サーボシステムを構築した。また、転置ヤコビアンを用いた重力補償つき PD 制御則を実装し、この制御則の有用性を検証した。

ロボットと視覚の研究の中に、リアルタイムでのマニピュレータ制御と視覚処理をおこなう視覚サーボ問題があり、近年盛んに研究されている。視覚サーボシステムはループ内にマニピュレータを含むため、その動特性を無視できない。動特性を考慮した視覚フィードバック制御が考えられているが、実際のマニピュレータをもちいて検証した例は少なく、実用するには検証が不十分であると思われる。したがって、実際にマニピュレータをもちいた検証をおこなう意義は大きく、そのためには視覚サーボシステムを構築する必要がある。

マニピュレータの制御構造の点から見た場合、ダイナミック·ルックアンド ムーブシステムとダイレクトビジュアルサーボがあり、後者は、マニピュレータの動特性を直接補償できる利点がある。また、動特性の補償方法には、逆動力学法とリアプノフベース法が存在する。リアプノフベース法は、マニピュレータの性質をうまく利用し、逆動力学に対し厳密な動特性成分の導出を必要としない利点を持つ。さらに、外界センサであるカメラの設置方法として固定カメラ方式があるが、キャリブレーションに手間がかかることや、マニピュレータ作業範囲の制限が生ずる等の問題がある。これに対してアイ·イン·ハンド方式は、固定カメラ方式に比べマニピュレータの作業範囲の限定は緩和され、キャリブレーションが容易となる。

そこで本研究では、カメラの設置方法としてアイ·イン·ハンド方式を採用し、特徴ベース法、ダイレクトビジュアルサーボ、リアプノフベース法をもちいた視覚サーボシステムの構築をおこなう。また、構成した視覚サーボシステムをもちいて転置ヤコビアンをもちいて重力補償つき PD 制御則の有効性を検証する。

Copyright © 1997 by Hiroyuki Okita

本研究で構築した視覚サーボシステムの概略と構成について述べる。マニピュレータは 6 自由度産業用マニピュレータをもちい、動作を 2 つの関節のみに限定し平面 2 自由度マニピュレータとして利用する。各関節の入力はトルク指令となっており、関節角の情報はコントローラに出力される。マニピュレータの手先効果器にはカメラが設置されており、カメラからイメージプロセッサに画像情報を出力する。イメージプロセッサにはモーションキャプチャーシステムが使用されており、カメラからの画像情報に含まれる対象物の重心位置を算出しコントローラに出力する。コントローラには DSP システムをもちいており、あらかじめホストコンピュータから与えられた制御則に従って、マニピュレータの関節角情報とイメージプロセッサからの画像情報を処理し、カメラを取り付けたマニピュレータを動作させるための関節トルク指令を計算する。ホストコンピュータには IBM-PC/AT 互換器を使用し DSP システムに制御則を与える役目をもつ。この制御則はホストコンピュータ上で C 言語をもちいて開発する。

視覚サーボ問題を以下のように考える。画像面上の対象物像の位置を$\boldsymbol{\xi}$、対象物像の速度を$\dot{\boldsymbol{\xi}}$、目標位置を$\boldsymbol{\xi}_d(\boldsymbol{\xi}_d = 0)$ マニピュレータの関節角を$\boldsymbol{q}$としたとき、時間 $t \to \infty$ で $\boldsymbol{\xi} \to \boldsymbol{\xi}_d, \dot{\boldsymbol{\xi}} \to 0$ を達成することである。ただし、本研究では次の仮定を置く。

- 対象物は静止している。つまりマニピュレータは対象に対しある相対位置で定置制御をおこなう。
- $\boldsymbol{\xi}_d$を達成させるマニピュレータの関節角は存在する。
- $\boldsymbol{J}$が任意の$\boldsymbol{q}, \boldsymbol{\xi}$に対し、フルランクである。この仮定は他の特徴ベース視覚サーボの研究において、すべてにもちいられている自然な仮定である。

この視覚サーボ問題の解として転置ヤコビアンをもちいた重力補償つき PD 制御視覚サーボシステムに実装し、実験をおこなうことによりその制御則の有効性を検証した。

実験は、カメラ前方に設置した目標物に対して位置合わせを行なう。マニピュレータが初期姿勢をとっているとき目標物はカメラから見て中心から右水平方向に設置しており、この状態から視覚サーボを行なわせる。実験データとして、時間軸に沿った画像面上での目標位置とサーボ対象の位置とのエラーを測定し MATLAB をもちいて解析する。実験の結果、エラーは 0 に向かって収束した。これにより、制御則の漸近安定性が実験的に示された。

結論として本研究では、

- 産業用マニピュレータとＤＳＰシステム、カメラ、イメージプロセッサをもちいて視覚サーボの実験環境を構築した。
- 提案されている転置ヤコビアンをもちいた重力補償付ＰＤ制御則を実装し、有効性を検証した。
  - 検証をおこなった結果、視覚サーボシステムの漸近安定性が証明された。これにより、転置ヤコビアンをもちいた重力補償付ＰＤ制御則は視覚サーボ問題の実装可能な解としての有効性が証明された。