OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	ハンドアイシステムにおける視覚系と運動系の融合
Author(s)	満田, 隆
Citation	大阪大学, 1998, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3144055
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

氏名	満田 隆（みつだ たかし）
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記番号	第 13941 号
学位授与年月日	平成10年3月25日
学位授与の要件	学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻
学位論文名	ハンドアイシステムにおける視覚系と運動系の融合
論文審査委員	（主査） 教授 宮崎 文夫 （副査） 教授 新井 健生　教授 田中 正夫

論文内容の要旨

未知あるいは動的な環境の中で作業を行う知能ロボットにとって，視覚は必要不可欠なものである。視覚情報を用いてロボットを制御しようとするとき，一般的には視覚によって環境を観る手法（ロボットビジョン・視覚系）と環境モデルの中でロボットを動かす手法（ロボティクス・運動系）に分けて考えられる。すなわち“見てから動く”という考え方である。しかし，視覚情報を用いてロボットを高速に動作させる場合，すなわち，“見ながら動く”動作を行う場合には，視覚系と運動系の相互関係がロボットの“ふるまい”に影響を与えるため，視覚系と運動系をハードウエア，ソフトウエアの両面から適切に融合することが重要である。

本論文ではカメラを備えたロボットマニピュレータ（ハンドアイシステム）の制御において，カメラ配置とマニピュレータの運動学的構造が視覚情報を用いたフィードバック制御動作にどのような影響を及ぼすかを考察する。そして，人間の眼と腕に似せた構造のハンドアイシステムにおいては，視覚情報とマニピュレータ間のマッピングが単純化され，計算量の少ない単純な構成式のフィードバック制御が可能となること，さらにこのフィードバック制御はパラメータ誤差や時間遅れなどの外乱要因に対してロバストであることを示す。また，視覚フィードバック制御に用いるカメラの画像情報の特徴量検出法として，粗いオプティカルフローの検出法を提案する。本手法を用いると，平面上の物体の並進量と回転量を少ない計算量で大雑把に計測することができるので，画像解像度を変化させながら段階的に位置決めを行う視覚フィードバック制御に適用すると，高速かつ高精度な位置決めが行えることを示す。これは，視覚系単独で用いる場合には非力な手法が，運動系と組み合わせて用いると大変優れた手法と成りうることを示している。

論文審査の結果の要旨

未知あるいは動的な環境の中でロボットが素早く反応するには，視覚系と運動系の密な融合が不可欠である。本論文は，これらの2つの系を適切に融合する方法について，ハードウエアとソフトウエアの両面から考察したものである。

まず，ステレオ画像とロボットの関節角度のマッピングに注目し，人間の眼と腕の配置に似せた構造を持つハンドアイシステムでは，視空間座標系と関節座標系のマッピングが線形時不変近似できることを見出している。この性質

は，人間固有の身体構造を視覚と運動の融合の観点から解釈し得ることを示唆するものである。本論文では，さらにこの性質をビジュアルサーボの問題に適用し，計算量が少なくカメラとロボットのキャリブレーション誤差に対してロバストなサーボ系を実現している。また，ビジュアルサーボの軌道安定性の指標として「ヤコビ行列の時不変安定性」を提案し，この指標に基づいて設計したハンドアイシステムの構造が人間の身体構造に極めて似通っていること，この構造の下でビジュアルサーボの軌道が広範囲にわたって安定することを示している。

一方，従来のビジュアルサーボの研究ではほとんど考慮されなかった画像特徴の検出法についても考察し，粗いオプティカルフローを用いたビジュアルサーボを提案している。オプティカルフローは精度を上げるために多くの計算量が必要であり，従来リアルタイム制御には適さないと思われていたが，計算量の少ない粗い計算処理によるオプティカルフローをビジュアルサーボに適用することにより，極めて高精度の位置決めが可能となることを明らかにしている。

以上のように，「視覚と運動の融合」について極めてユニークな視点から考察し，新しい知見と応用性に富む手法を提案した本論文は，ロボティクスのみならず運動生理学の研究にも大きく貢献するものであり，博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。