Osaka University Knowledge Archive

Title	浮遊型宇宙ロボットによる物体捕捉のための計測と制御
Author(s)	升谷, 保博
Citation	大阪大学, 1995, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.11501/3105001
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

【 42 】

氏　　名	升　谷　保　博（ます　たに　やす　ひろ）
博士の専攻分野の名称	博　士（工学）
学位記番号	第　12046　号
学位授与年月日	平成7年6月29日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	浮遊型宇宙ロボットによる物体捕捉のための計測と制御
論文審査委員	(主査) 教授 宮崎 文夫 (副査) 教授 吉川 孝雄　教授 辻本 吉信

論文内容の要旨

宇宙では地上と異なり，ロボットがその作業対象とともに無重力空間に浮遊して互いに自由な状態で作業を行う形態が一般的である。本論文では，これを“浮遊型宇宙ロボット”と呼び，その基本的な作業である“物体捕捉”を実行するために必要な計測や制御の手法を提案する。

まず，ロボットの作業対象である剛体が浮遊状態で回転しており，その幾何学的パラメータも慣性パラメータも未知な場合について，運動の様子を撮影した画像の時系列のみからその運動の動力学的な特性を推定し，それに基づいて姿勢を予測する手法を提案する。すなわち，画像より得られた角速度ベクトルの時系列を入力とし，オイラーの運動方程式の解を記述するために必要な動力学パラメータと参照座標を推定する。この手法の性能は，実際の画像処理における量子化や差分近似の影響を考慮した計算機シミュレーションによって評価される。

次に，ロボットの動作に伴う反力でそのベースの位置や姿勢が変動することに着目し，浮遊型宇宙ロボットの手先の位置決め問題について考察する。具体的には，ロボットを運動量と角運動量が保存される剛体多体系としてモデル化し，その運動学や動力学の汎用的な導出手順を明らかにした後，一般化ヤコビ行列を用いた転置ヤコビ行列制御を提案する。これは，ベース上のセンサで観測された手先の偏差を関節のアクチュエータへ直接フィードバックする方法であり，目標状態の漸近安定性をリヤプノフ法により示す。さらに，一般化ヤコビ行列の代わりに地上用のヤコビ行列を用いる妥当性や，回転変換を用いた特性の改善などについて議論する。

最後に，浮遊型宇宙ロボットを人間が遠隔操作する場合を想定し，ベースの変動によるカメラの視野の変化が操作性に及ぼす影響を調べるために，計算機によるシミュレータを作成し，指令値の補正方法の点から考察した結果を述べる。

論文審査の結果の要旨

本論文は，宇宙活動の様々な質および量的拡大と転換を可能にする新しい宇宙インフラストラクチャとして“浮遊型

宇宙ロボット”をとり上げ，その基本的な作業である物体捕捉を実行するための計測や制御の手法に関する研究をまとめたものであり，主な成果を要約すると次の通りである。

(1) 浮遊状態で回転している作業対象である剛体の幾何学的パラメータや慣性パラメータが未知な場合について，運動の様子を撮影した画像の時系列のみからその運動の動力学的な特性を推定し，将来の運動状態を予測する手法を提案している。

(2) 上記手法の性能を，実際の画像処理における量子化や差分近似の影響を考慮したシミュレーションによって評価し，その実用的価値を確認している。

(3) 浮遊型宇宙ロボットを運動量と角運動量が保存される剛体多体系としてモデル化し，その運動学や動力学の汎用的な導出手順を明かにしている。

(4) ロボットの動作に伴う反力でそのベース位置や姿勢が変動する浮遊型宇宙ロボット固有の手先位置決め問題に対して，一般化ヤコビ行列を用いた転置ヤコビ行列制御を提案している。これは，ベース上のセンサで観測された手先偏差を関節のアクチュエータへ直接フィードバックする現状の技術に即した方法であり，その安定性も厳密に証明している。

(5) 宇宙用計算機の演算能力を考慮し，一般化ヤコビ行列の代わりに地上用のヤコビ行列を用いて転置ヤコビ行列制御を行うことも可能であることを示している。また，回転変換を用いた制御性能の改善方法も与えている。

(6) 浮遊型宇宙ロボットを遠隔操作する場合を想定し，ベースの変動によるカメラ視野の変化が操作性に及ぼす影響について，シミュレータにより指令値の補正方法の点から考察し，設計指針を明らかにしている。

以上のように，浮遊型宇宙ロボットの実現にむけて総合的に取り組んだ本論文は，将来の宇宙ロボット技術に大きく貢献するものであり，工学博士の学位論文として価値あるものと認める。