

観測ロケットPI用慣性プラットフォームの7自由度動作の初期実験結果

First experimental results of 7DOF motion of an inertial platform for PI Instruments of ISAS sounding rockets

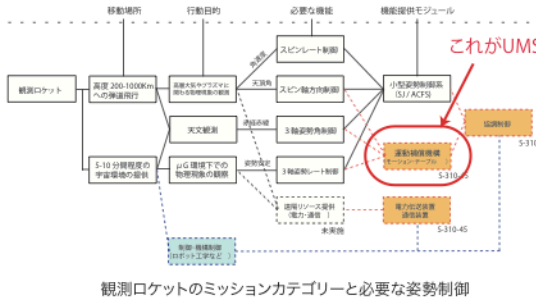
福島洋介 (JAXA)

1. 観測ロケットの姿勢制御要求を満たすための別の方法

観測ロケットの姿勢制御能力が足りないため、実施できない潜在的なミッションがある。

ロケット自体の姿勢制御能力を向上させると大幅なコスト増となり、それによって玉突き的に各種作業量が増加し、ミッション提案から実現までの期間が伸びてしまう。ここでは観測ロケットの良さを生かさない。

そこで、ロケット全体の姿勢制御は従来そのままとして、観測機器「だけ」の姿勢制御能力を考える。この研究では、ロケット上段部にモーションステージを搭載し(Upper Motion Stage:UMS)、ロケットの姿勢制御とUMSとの「協調制御」によって観測機器に対する姿勢制御能力を向上させる方法を検討する。



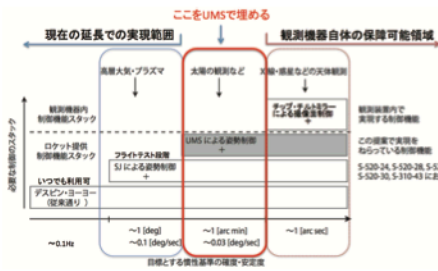
観測ロケットのミッションカテゴリーと必要な姿勢制御

2. モーションステージで「慣性プラットフォーム」を構築する

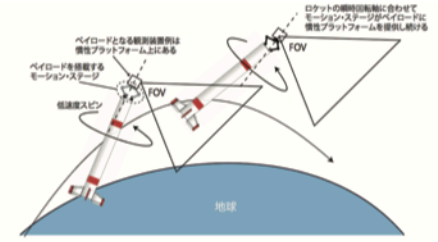
観測ロケットが弾道飛行をしている間、ロケットはスピン軸制御、低速度スピン制御、あるいは角速度ゼロ制御を実施する。

UMSはそれらの制御状況に合わせて、観測機器(UMSのペイロード)に対して「慣性固定」となるよう、あるいは所定の方向に向くような「慣性プラットフォーム」の機能を提供する。

観測ロケット実験の機動性を活かしつつ、利用用途を拡大させることを目的としている。



姿勢制御精度と実現方法の階層図



PI簡素機器(ペイロード)用の慣性プラットフォーム

3. モーションステージの概要と試作機

UMSの機構として、以下の観点からHEXA型パラレルリンクを採用している。

- (1) マルチリンク機構のもつ高精度な指向制御(慣性プラットフォーム実験)特性を利用する
- (2) 宇宙での動作なので直動機構ではなく回転機構を使いたい(スチュワートプラットフォームは使えない)
- (3) フェアリング内に収まること、かつ動作時のワークスペースを確保するため、できれば6自由度としたい
- (4) 打ち上げ時の機械環境に耐えるメカニズム(ロンチロック)の実装に困難がないこと

試作するUMSの動作検証用に、観測ロケットS-310-44号機でサブペイロードとして動作検証した赤外・可視カメラをモーションステージ上に搭載した場合の概要図とその試作機を以下に示す。



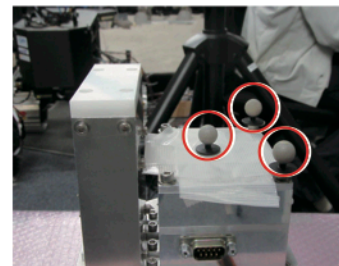
HEXA型パラレルリンク機構の打ち上げ状態(左がCG,中が試作機,右がS-310ロケットでの搭載位置)

4. モーションステージ動作の3次元計測

OptiTrack社の3次元計測装置を用いてUMSに装着したマーカー3点のリアルタイム位置計測を実施した。

- ・位置測定は4msec毎(250Hz)で実施
- ・UMS位置は3点の幾何学中心の軌跡で代表
- ・UMS姿勢は3点のデータから計算で求める

動作パターンは並進2方向、回転2方向とした。(今回はステージのスピン回転は実施しない)



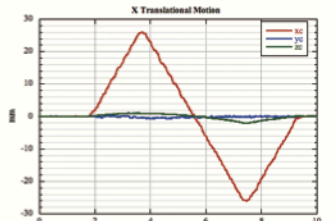
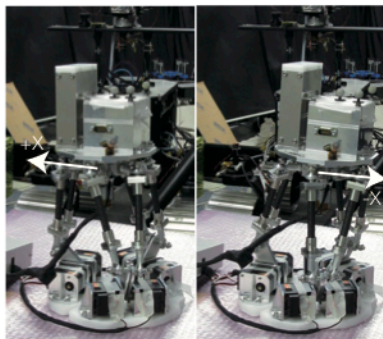
UMSのサブペイロード部にマーカーを3個設置



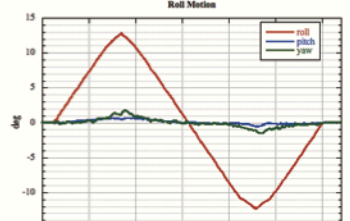
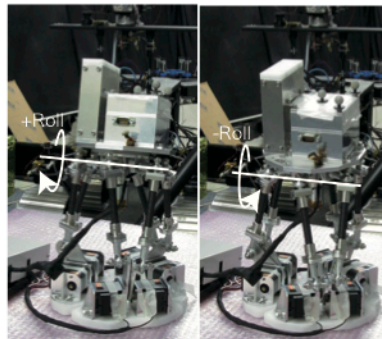
3次元計測中の様子(右上が測定カメラ)

5. 試作機の動作計測結果

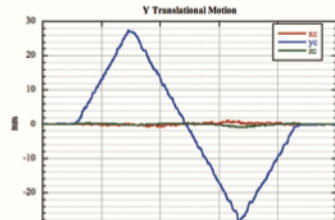
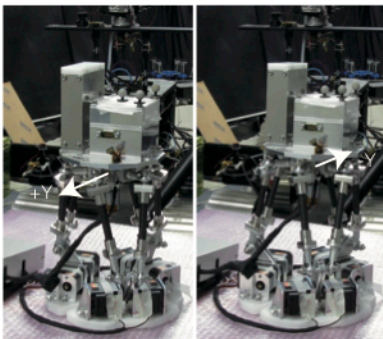
リンク長などのパラメータをCAD数値で代用した最初の測定。回転では誤差が大きいですが、試作機のパラメータを精密測定し、ソフトウェアを洗練すれば目的の精度まで向上できると予想



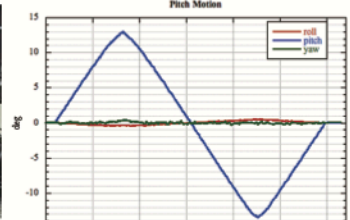
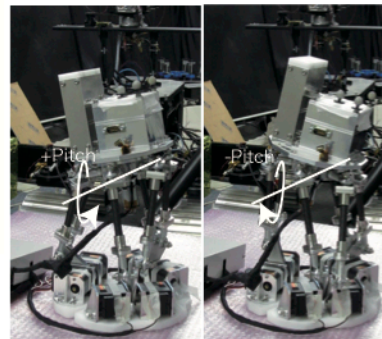
X方向並進運動結果: 誤差1mm以下 X軸上に ± 25 mmの往復運動を行ったときの3点マーカー重心の移動軌跡(最大変位で誤差が発生してしまう)



ロール軸(X)回転運動結果: 誤差2deg以下 ロール軸上に ± 13 degの回転を行ったときのサブペイロードの姿勢軌跡(最大変位で誤差が大きく発生してしまう)



Y方向並進運動結果: 誤差1mm以下 Y軸上に ± 25 mmの往復運動を行ったときの3点マーカー重心の移動軌跡(最大変位で誤差が発生してしまう)



ピッチ軸(Y)回転運動結果: 誤差0.5deg以下 ピッチ軸上に ± 13 degの回転を行ったときのサブペイロードの姿勢軌跡