

H-II A プロジェクト協力

H-II A Project Cooperation

H-II A ロケット上段用エンジン開発支援試験について

Experimental investigation about the dynamic response of the upper stage turbopump of the H2A

角田宇宙センター ロケットエンジン技術センター

Kakuda Space Center

山田 仁、内海政春 河南広紀

Hitoshi Yamada, Masaharu Uchiumi, Kannan Hiroki

宇宙基幹システム本部

Office of Space and Flight Operations

南里秀明、堀 秀輔

Hideaki Nanri, Shuusuke Hori

### Abstract

Tests were conducted to evaluate the dynamic response of the upper stage turbopump of the H2A. Dynamic response parameters were calculated using the experimental results. It was shown that the dynamic response parameters were proper in comparison with another test results.

#### 1. はじめに

H-II A 上段ロケットの安定性を評価するため、LE-5B液酸ターボポンプを使用して角田宇宙センター/ロケットエンジン技術センターの高圧液酸ターボポンプ試験設備を用いて動特性取得試験を実施した。

試験は H2A プロジェクト協力の一環として実施したものである。本報告は動特性試験の実施状況および結果の概要について述べる。

#### 2. 供試体

試験にはLE-5B液酸ターボポンプ(以下LTPと呼ぶ)を用いた。LTP の設計諸元等は参考文献(1)に詳細に示されているのでここでは省略する。

#### 3. 試験設備および試験方法

##### 3.1 試験設備

試験はロケットエンジン技術センターの高圧液酸ターボポンプ試験設備を用いた。

本試験設備はLE-7級の大型ターボポンプの試験設備であるが、スプリットポンプ用の配管系統(配管、流量制御弁、流量計)があるため既存設備を極力利用した。ただし入口配管、出口配管、タービン入口配管などについてはLTPのインターフェイスに合うように新規に製作した。図1に試験装置の外観を示す。

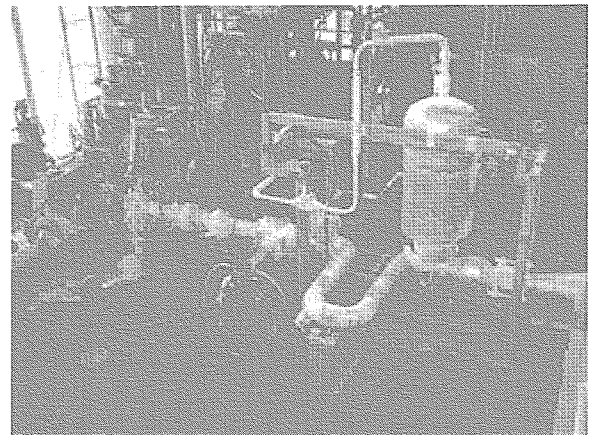


Fig.1 Configurations of the test stand

##### 3.2 試験方法

試験方法はLE-7 液酸ターボポンプ試験とほぼ同様<sup>例</sup>えば(2)等なので詳細は省略する。加振については、LTPの運転状態が安定した後にポンプ入口側配管に取り付けられた加振装置を駆動する。上流側の影響を極力減少させるためにアキュムレータを加振装置の上流側に設置している。1回の試験時間は、ランタンクの容積の制限から約 250~270 秒とした。

試験は液体窒素によるLTP機能確認試験を行い、機能上問題がないことを確認した後に液体酸素による動特性試験を実施した。図2に試験パターンの例を示す。この場合は最初に流量を変化させ、後半は LTP 入口圧

力を変化させて加振試験を行うものである。

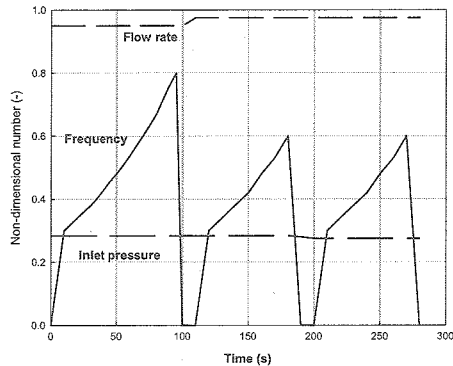


Fig. 2 Test pattern

#### 4. 試験結果

##### 4.1 動特性パラメータの同定

動特性パラメータの同定には、LTP 入口および出口部の流量変動の測定が必要であるため周波数応答が高いタービン流量計および超音波流量計を設置した。しかし出口タービン流量計のゲインが少ないこと、ならびに超音波流量計では加振に伴うノイズの増大により十分なデータが取得できなかった。このためポンプ入口、出口の変動圧を利用して間接的に動特性パラメータを同定する方法を採用した。

パラメータの同定方法の概略は以下の通りである。

LTP 試験から得られる入口変動圧および出口変動圧の伝達関数を FFT 解析より求める。

試験設備システムのレジスタンスを試験で求め、イナータンスは設備形状より定める。試験設備システムについて圧力変動、流量変動を含む運動方程式をモデル化し、伝達関数を理論的<sup>(3)</sup>に定める。この伝達関数は動特性パラメータの関数となっているために、試験値と理論値の伝達関数が一致するようにパラメータを定める。このようにしてダイナミックゲイン、マスフローゲインファクター、キャビテーションコンプライアンスなどが定まる。

##### 4.2 試験結果の概要

図3に LTP 動特性試験で得られた入口と出口変動圧の伝達関数のゲインと位相の1例を示す。横軸は無次元周波数、縦軸は伝達関数のゲインと位相である。試験で得られたゲインは無次元周波数が0.33程度で一度増加し、その後低下するが0.4から0.45に向けて増加す

る。また位相についてはほぼ0 rad.であるが無次元周波数の増加につれて増加する傾向にある。

理論より定まる伝達関数を図3のゲインと位相について丸印(●)で示す。この場合、試験値と理論値はほぼ一致しているので理論値を定める際に仮定した動特性パラメータは正しいものと評価した。

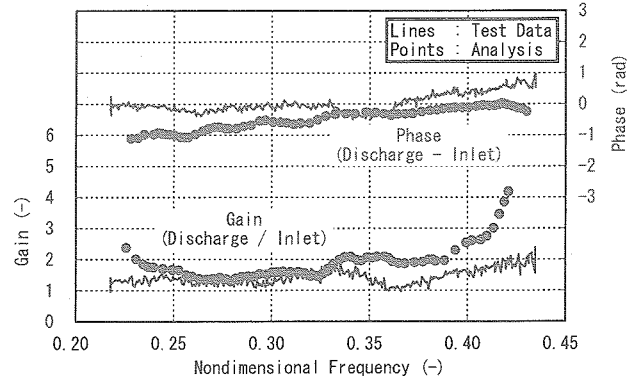


Fig. 3 Comparison of the dynamic response between test results and analytical results

#### 5. 結論

LE-5B液酸ターボポンプを使用して角田宇宙センター/ロケットエンジン技術センターの高圧液酸ターボポンプ試験設備を用いて動特性取得試験を実施した。ターボポンプ入口圧力および流量などの変化が動特性パラメータに与える影響を評価し、動特性パラメータを同定した。

なお本試験を行うにあたりロケットエンジン技術センター開発ユニットおよび技術研究ユニットターボポンプセクションの全面的な協力を得た。

#### 6. 参考文献

- (1) 青木 宏, LE-5B エンジンターボポンプ、ターボ機械、第29巻3号、2001
- (2) H.Yamada et al., Rotor vibrations of turbopump due to cavitating flows in inducer, FEDSM99-7214, 1999 ASME/JSME Engineering Summer Meeting
- (3) T. Shimura, Geometry Effect in the Dynamic Response of the Cavitating LE-7 Liquid Oxygen Pump, Journal of Propulsion and Power, Vol. 11, No.2, 1995