

インデューサ試験装置

中野 公貴 *

Hiroki Nakano

川崎 聡 **

Satoshi Kawasaki

1. はじめに

ポンプの羽根車にはキャビテーションを生ずることがあり、回転速度が速くなるほどその傾向が強くなる。キャビテーションとは液体中の羽根車における低圧部分が、その液体の飽和蒸気圧よりも低下すると蒸発現象が起こり気泡(キャビティ)が生まれ、圧力が飽和蒸気圧をこえると瞬時に消滅する現象が連続して生ずることをいう。キャビテーションは音と振動を発生し、流体機器の性能低下・振動・騒音・エロージョン(壊食)の原因となり、インデューサなどの羽根を損傷させる。

写真1に試験用インデューサを示す。インデューサとは、ポンプの吸込性能を改善するために主羽根の上流側に付けられる軸流羽根車のことであり、一般産業用ポンプやロケットエンジン用ターボポンプなどに適用されている。H-II Aロケットエンジン用ターボポンプは一般産業用ポンプよりも回転数が高く、液体水素用が42,000rpm、液体酸素用が18,300rpmと非常に高速で駆動される。インデューサにより主羽根車は吸込が良好な状態で運転されるが、インデューサ自体はキャビテーションが発生した厳しい状態で運転される。そのため振動や圧力脈動、不安定現象が発生し易く、

それらの現象解明と対策がターボポンプの設計・製作および使用上の重要なテーマとなっている。

本稿で紹介する「インデューサ試験装置」は、(株)IHI 横浜事業所の水理実験場に設置された試験用ポンプループであり、H-II Aロケットエンジン用ターボポンプのインデューサ開発/改良試験などを実施してきた。試験装置の概要と試験計測方法について、以下に紹介する。

2. インデューサ試験装置概要

図1と写真2にインデューサ試験装置を示す。本試験装置は密閉回流式のタンネルであり、直流

ヨーメータによる内部流れ計測

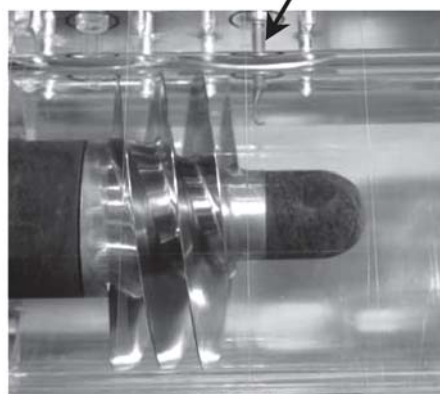


写真1 試験用インデューサ

* 計測事業部 試験エンジニアリング部

** 株式会社 I H I 技術開発本部 総合開発センター 船舶海洋機器開発部 主査

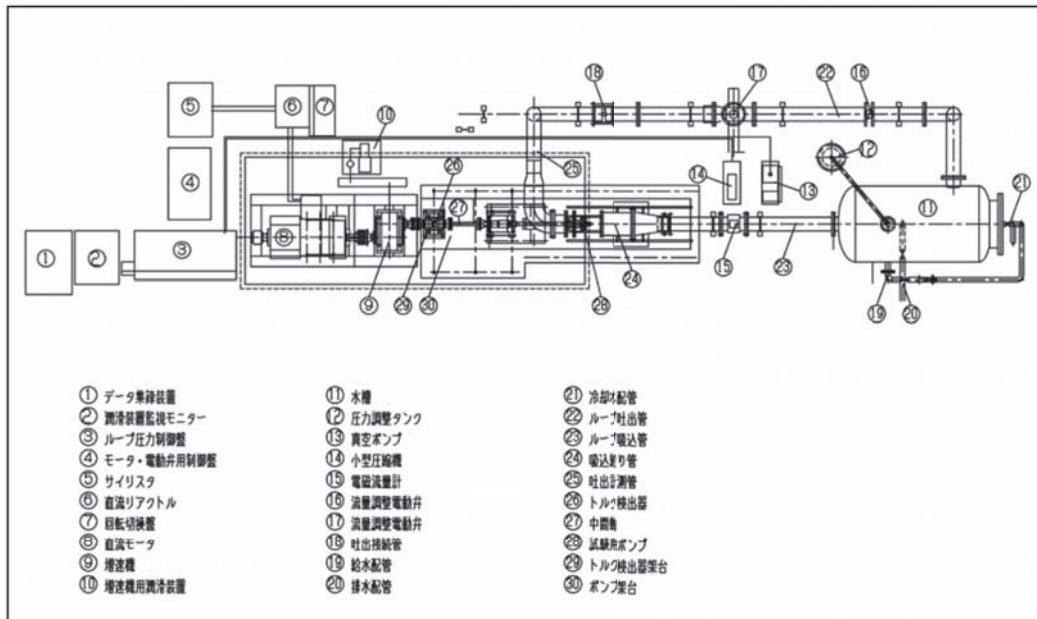


図1 インデューサ試験装置



写真2 インデューサ試験装置

モータで供試体であるインデューサを駆動させることによって、ループ内の水を循環させる。循環する水の流量調整は、インデューサ下流側にある2箇所電動弁で行い、試験ループ内の圧力調整は、調圧タンクを介した真空ポンプとコンプレッサによって行うことが可能である。表1に主な仕様を示す。

表1 インデューサ試験装置の主な仕様

方式	密閉回流式
駆動モータ	直流モータ、動力 75 kW、 回転数 500 ~ 6450 rpm(増速機付)
増速機	増速比 2.15
最大流量	4 m ³ /min
貯水タンク容量	1 m ³

3. インデューサ試験

3.1 インデューサとキャビテーション

はじめに述べたように、インデューサはキャビテーションが生じている状態で運転されることが多く、キャビテーション特有の事象が発生しやすい。

写真3に試験用の3枚翼インデューサのキャビテーション発生状況を示す。写真に示すようにキャビテーションの発生状態が非対称になり、ある部分では長いキャビテーションが発生しているが、別の場所ではほとんどキャビテーションが発生していない (Asymmetric Cavitation)。このキャビテーションの非対称性によりインデューサに掛

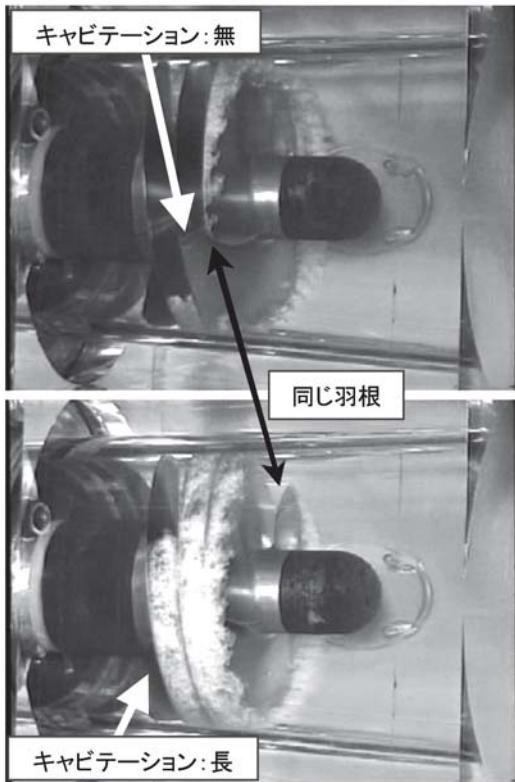


写真3 非対称なキャビテーション発生状況

かる力も非対称になるため、軸振動が発生する。このようなインデューサに特徴的に見られるキャビテーション現象の調査とメカニズム解明のため、以下に示すような試験計測を実施している。

3.2 試験計測

本試験装置では、主にインデューサの揚程や効率を計測する一般性能試験やキャビテーション発生状況下での性能を計測するキャビテーション性能試験を行うが、その他にキャビテーションの可視化試験（写真3）および、内部流れ計測なども実施している。その計測や解析事例について代表的なものを示す。

インデューサの不安定現象を調べるために、キャビテーション性能試験において、インデューサケーシング部の変動圧力を計測する。吸込側圧

力を徐々に下げていき、キャビテーションの発生状況と変化を調べる。この変動圧力をFFT解析した結果を図2に示す。試験の途中で回転数の1.2倍の圧力変動が発生しており、これが旋回キャビテーション（Rotating Cavitation）と呼ばれる不安定現象である。

キャビテーションの可視化を行う場合、インデューサ周りのライナおよびケーシングをアクリルで製作し、高速回転しているインデューサに発生するキャビテーションの状況をモニタする。この時、ストロボフラッシュを回転周波数に同期させることにより、インデューサが静止したかのような状態で、周りに発生するキャビテーションの変化を見ることが出来、不安定現象の発生メカニズムの解明などに役立てることが出来る。

インデューサ周りの流れを調べるために、5孔ヨーメータを用いた内部流れ計測を実施している（写真4）。トラバース装置によりヨーメータを半径方向にトラバースし、流れの分布を計測することが出来る。5孔ヨーメータは写真5に示すコブラ型を用いており、ヨー方向とピッチ方向の流れが計測可能である。これにより各箇所における流れ角・流速分布・圧力分布データを得ることが出来る。

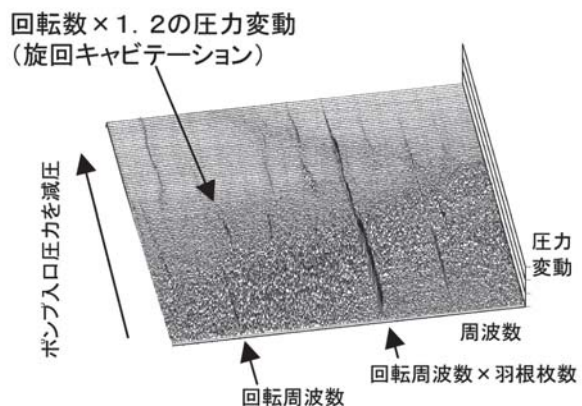


図2 試験用インデューサ圧力変動のウォーターフォールマップ

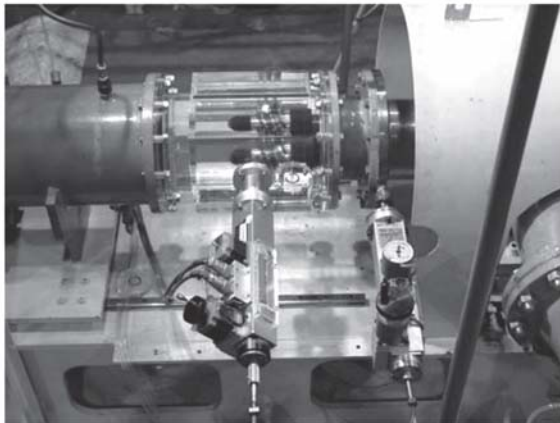


写真4 5孔ヨーメータによる内部流れ計測



写真5 5孔ヨーメータ先端

4. おわりに

この数年、試験や解析によりインデューサのキャビテーション不安定現象のメカニズムは徐々に解明されつつある。しかし、不明な点もまだ多く残されており、引き続き研究開発が進められるものと考えられる。そうした研究開発の目的が達成できるよう計測技術の向上を図っていきたい。



計測事業部
試験エンジニアリング部

中野 公貴

TEL. 045-759-2281
FAX. 045-751-0357



株式会社 I H I 技術開発本部
総合開発センター
船舶海洋機器開発部 主査

川崎 聡

TEL. 045-759-2828
FAX. 045-759-2073