

研究題目「伝達関数をベースとしたターボポンプのインデューサ部に発生する旋回キャビテーションに起因する軸振動の解析モデルの構築」
名古屋大学 藪井将太

宇宙開発は今日人類にとって未知のフロンティアであり、世界各国とも未知の領域の解明、またさらなる産業分野の発展ため開発を加速させている。宇宙開発において、最も重要な産業製品の一つは探査機、また人工衛星の打ち上げに用いられるロケットである。そのロケット開発に最も重要な指標は打ち上げ成功率である。ロケットの打ち上げ成功率を下げる要因の一つが、ターボポンプのインデューサ部に発生するキャビテーション起因の軸振動である。

本研究では、キャビテーション起因の軸振動を定量的に評価可能な伝達関数ベースでモデリングを提案する。流体系と構造系の連成振動問題は制御工学の観点からフィードバックループの不安定状態と捉えることができ、その度合い感度関数を用いて評価可能である。提案手法の検証のため、JAXAの協力の下、キャビテーション起因の軸振動を表現する伝達関数モデルを構築した。構築したモデルに基づいて軸振動の再現シミュレーションを実施した。本シミュレーションにより得られた軸振動振幅の振幅スペクトルを図1に示す。この軸振動振幅はJAXA実験装置で得られた結果と定量的に一致している。さらに、感度関数の最大ゲインに注目して、キャビテーション数との関係を図2のように示す。キャビテーション数が小さくなるにつれ、感度関数ゲインが大きくなることから分かる。感度関数は外力に対するシステムの感度を示しており、本システムはキャビテーション数0.028以下の稼働は特に危険だと判断できる。

また、様々な状況かでの特性解析に向けて図3に示す実験装置を作製した。図4に示す実験結果からキャビテーション発生に必要な減圧量(93kPa)を達成できており、また回転数4000rpm付近で軸振動が観測できていることが分かる。この装置を用いて提案手法によるキャビテーション起因の軸振動の特性解析を行い、ターボポンプの設計検証に応用できると期待される。

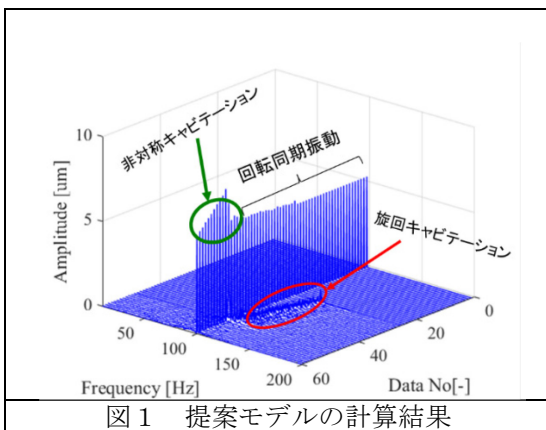


図1 提案モデルの計算結果

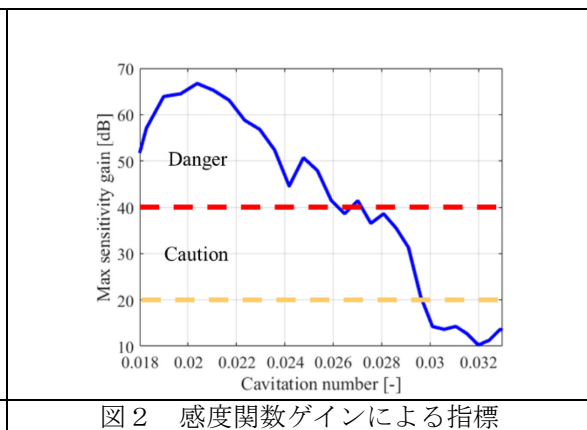


図2 感度関数ゲインによる指標

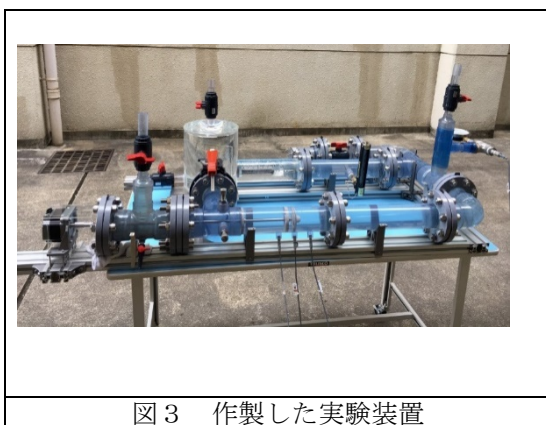


図3 作製した実験装置

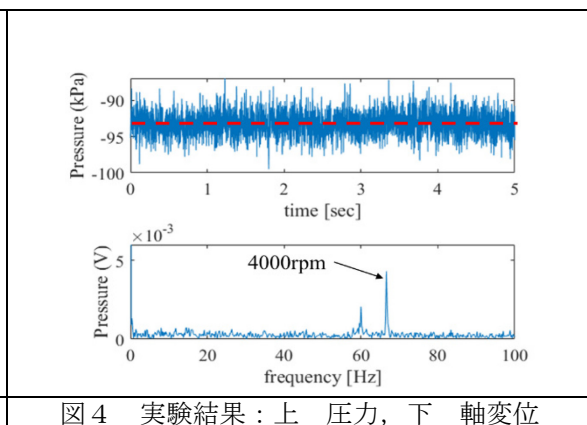


図4 実験結果：上 圧力，下 軸変位