

高速度ビデオカメラ撮影と プロペラ変動圧力の同期計測

1.はじめに

商船が実船装備するプロペラでは、作動状態においてキャビテーションが発生している。しかしながら、通常、プロペラはキャビテーションを考慮して設計されるため、実際に悪影響が出る事は滅多にない。一方、プロペラ効率を向上させるような設計をしようとすると、キャビテーションが大きくなるという関係があるため、多少キャビテーションが大きくても悪影響が出ないような高効率プロペラを模索しているというのが、商船用プロペラ設計の最前線である(例えば、文献1)等)。

つまり、高効率プロペラは高い効率と引き換えにキャビテーションが多少大きくなるような設計をせざるを得ないが、そのキャビテーションが船体、舵、プロペラに対して悪影響を及ぼさなければ、問題ないという事である(近年、海棲生物への悪影響を心配する声が上がリ、研究が始まっているが、ここでは紙幅が限られているので省略する)。プロペラキャビテーションの悪影響は、2種類あり、1つはキャビテーションエロージョンによるプロペラ損壊であり、もう1つはキャビテーションによるプロペラ変動圧力の増加(に伴う、船尾振動の増加)である。

キャビテーションエロージョンについては、SRC News No.87

号で紹介した高速度ビデオ撮影により、キャビテーションの発生から消滅までを詳細に観察する事で、悪影響の有無を大体判断する事が可能になっている。一方、キャビテーション現象は発生から消滅まで時系列的に進捗しているが、変動圧力の評価は周波数領域で行われており、一定の傾向は得られても直接的な関係を把握する事は難しいのが現状である。

今回、当センターが導入した高速度ビデオカメラ撮影とプロペラ変動圧力の同期計測システムは、キャビテーション現象の動画と変動圧力の時系列を同期計測して、可視化する事を可能にするものである。つまり、キャビテーションの発生から消滅までの現象と変動圧力の時系列変化の直接的な関係を把握する事が可能となり、新しい観点、評価軸によるプロペラ設計が期待できる。以下、本システムの詳細について解説する。

2.同期計測システムについて

本システムは、横河電機社製のXviewerEYE(Xビューワ)を利用して開発したものである。Xビューワは通常のPCにインストールするソフトウェアであり、①同ソフトをインストールしたPC、②フォト

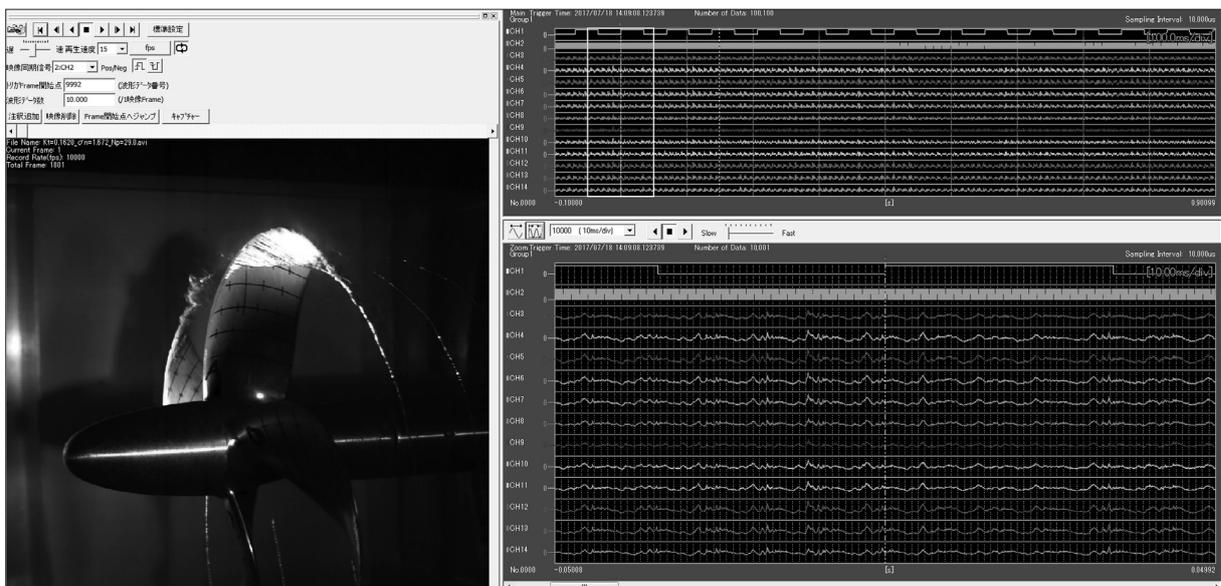


図-1 XviewerEYEインターフェース

ロン社の高速度ビデオカメラ、③横河電機の波形測定器とを相互に接続する事で、動画と波形データの同期計測が可能となる。導入した②高速度ビデオカメラと③波形測定器のスペックは次のとおりである。①のPCは通常の汎用PCであるので、記載を省く。

○高速度ビデオカメラ

フォトロン社製 FASTCAM SA5

キャビテーション撮影時の撮影フレーム数：10,000フレーム/秒

○波形測定器

横河電機社製DL-850

測定Ch数：14(圧力センサ12、プロペラ回転信号1、同期信号1)

キャビテーション撮影時の収録点数：10,000点/秒/Ch

ここで、当センターが行った同期計測の例を示す。図-1がXビューワで計測結果を可視化している様子である。左側に撮影された動画、右側に計測された変動圧力の時系列が表示されており、右上は時系列の全体で、右下が時系列を拡大し全Chを表示した状態である。Xビューワ上では、動画を再生しながら、それに対応する変動圧の時系列(換算前の電圧値)が表示されている。図-2～図-4にこれらを拡大したものを示す。時系列上の2点鎖線が動画に対応する時刻である。なお、基準翼の翼端がシャフト中心

の直上に位置した時の翼角度が0°である。

これらの図に基づいて、現象の解釈を簡単に試みる。図-2と図-3ではキャビテーションは大きいですが、十分に発達して安定した状態にあり、そこでの圧力は小さい。そこから急激に圧力が立ち上がり、図-4でピークを迎えている。この時、キャビテーションは翼面から剥がれはじめている状態にある。その後、図-5は、キャビテーションが消失しつつある状態にある。

今回は事例紹介なのでこれ以上の解釈は行わないが、こういった解釈を蓄積し考察を行っていく事で、キャビテーション現象と変動圧力の関係についての理解を深め、プロペラ設計に反映していく事が可能であると考えている。

本計測は、キャビテーション試験の計測項目の一つとして提供しているので、興味がある方は、試験センター企画渉外担当までお気軽にお問合せ下さい。

- 1) 山崎正三郎ほか：限界小翼面積プロペラの研究—第1報
小翼面積プロペラの設計、模型実験と実船実験一、日本船舶海洋工学会論文集 第18号、2013.

(試験センター技術部 新郷 将司)

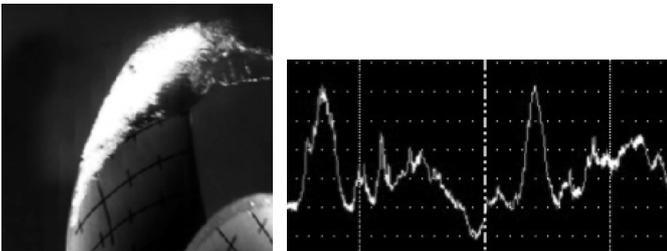


図-2 キャビテーションの様子と時系列(翼角度=40°)

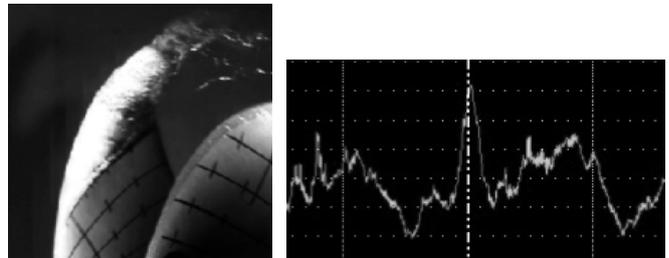


図-4 キャビテーションの様子と時系列(翼角度=60°)

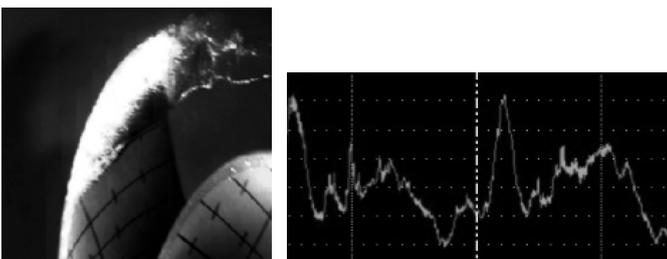


図-3 キャビテーションの様子と時系列(翼角度=50°)

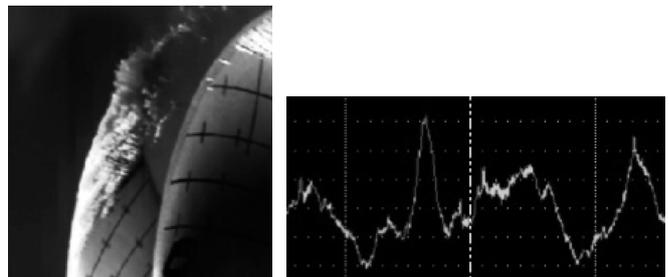


図-5 キャビテーションの様子と時系列(翼角度=80°)