可変有効長さバネを備えたフィンによる流体内推進機構の開発 —ヒービング・ピッチング運動における推進力特性とフィン周りの流れ場の検討— Development of Propulsion Mechanism in Fluid Using Fin with Variable-Effective-Length Spring —Thrust characteristics and flow field around the fin for heaving and pitching movements—

○正 中林 正隆 (信州大院) 征矢野 寛剛 (信州大)

正 小林 俊一 (信州大) 正 森川 裕久 (信州大)

Masataka NAKABAYASHI, Reiji Kobayashi, Shunichi KOBAYASHI and Hirohisa MORIKAWA
Shinshu University, 3-15-1, Tokida, Ueda, Nagano

1. はじめに

一般に船舶などに多く用いられるスクリュプロペラにかわる流体内推進機構として弾性フィンによる推進機構の開発研究が多く行われている。しかし、推進効率になどに関するフィンの最適な弾性は常に一定ではなく、運動目的などによって異なる。そこで、著者らは有効長さを変化できるバネを備えた弾性フィンを用いることによって、フィンのみかけの剛性を変化できる流体内推進機構を開発し、一様流中における推進速度に相当する流速や推進効率について検討を行ってきた⁽¹⁾。本報では、一様流中におけるヒービング・ピッチング運動中の推進力の変動及び流れの可視化結果について述べる。

2. 実験装置

2.1 可変有効長さバネを備えたフィンの構成 フィンの全体の構成を図1に示す。アルミニウムボックス、PET板、塩化ビニル板で構成している。バネは、板バネと同様の機能をもつポリエチレン(以下 PET と省略)を用いた。これを剛体板で挟み、その挟む長さによって板バネの有効長さ H を変化させることで、フィンのみかけの剛性を変化させることができる。

2.2 ヒービング・ピッチング運動する流体内推進機構 図2に推進機構の構成および制御系と測定系を示している。フィンのピッチング運動とヒービング運動にはそれぞれサーボモータを用い PC からの正弦波の信号によって駆動する。推進機構はリニアブッシュによって台座に支持されており、推進力によってリニア方向へ移動が可能になっている。ここでは推進力の測定のためロードセルを推進機構に固定した。また測

Fig. 1 Fin with variable-effective-length spring

Fig. 2 Control and measurement system

定路の一様流速は平均推進力が 0 となるように変化させ、その流速が推進速度に相当するとして、実験を行なった。流れの可視化には、トレーサ粒子法を用い、流れ場は PIV (Particle Image Velocimetry) 解析を行なった。

3. 実験結果および考察

3.1 一様流中における推進力の変動 図3に一様流中におけるフィンの揺動 1 周期の推進力とピッチング・ヒービングの角度の変動を示す。このとき、有効バネ長さの増加、つまりフィンのみかけの剛性の減少により推進力変動の減少が見られた。これは、みかけの剛性の減少により、フィンの屈曲角度の増加したために、フィンが推進のための流体からの抵抗力を得られなかったためだと考えられる。また、推進速度に相当する流速については、弾性フィンのほうが大きい値を示した。

3.2 一様流中における流れの可視化結果 図4に一様流中における有効バネ長さ $H = 3L/5$ のときの推進力が最大となる位相のフィン周りの流速ベクトルを示す。フィンの後縁方向の速度が増加しており、運動量の増加から推進力が大きく増加していることが予測される。

4. 結言

ヒービング・ピッチング運動をする可変剛性フィンによる流体内推進機構を製作し、推進力の変動とそのときの流れ場について検討を行なった。その結果、みかけの剛性の減少により、推進力の変動量は抑えられ、推進速度に相当する流速は増加すること、また、フィンの後縁への流速の増加が推進力に寄与することがわかった。

参考文献

(1) Nakabayashi, etc., *JBSE*, 4 (1), pp. 82 - 93, 2009.

Fig. 3 Variation of thrust force and oscillating angle in one oscillating angle ($\theta_{h-max}=15\text{deg}$, $\theta_{p-max}=30\text{deg}$, $\phi=90\text{deg}$)

Fig. 4 Flow vector around the fin ($\psi = 130^\circ$, $\theta_{h-max}=15\text{deg}$, $\theta_{p-max}=30\text{deg}$, $\phi=90\text{deg}$)