Basic Study on Moving Body in Narrow Passage Considering Nonlinearity of Actuator

学 ○山野 彰夫 (阪府大) 正 新谷 篤彦 (阪府大)
正 伊藤 智博 (阪府大) 正 中川 智皓 (阪府大)

Akio YAMANO, Osaka Prefecture University, 1-1, Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai, Osaka
Atsuhiko SHINTANI, Osaka Prefecture University
Tomohiro ITO, Osaka Prefecture University
Chihiro NAKAGAWA, Osaka Prefecture University

1 緒 言

人間が立ち入ることの困難な流体で満たされた細管内の調査において、無人機の投入は有効な手段である。このような空間での推進において、流体力を用いた推進が有効であると考えられる。このような推進方法に関して、魚のような鰭を用いた推進機構は静寂性や推進効率の面で優れていると言われている⁽¹⁾。そこで今回は形状記憶合金(Shape memory alloy: SMA)アクチュエータを用いた小型化・軽量化が容易な推進機構のモデル化・評価を行うこととした。

2 解析モデルの構築

2.1 推進体の製作と駆動方法

今回製作した推進体のプロトタイプをFig. 1に示す。駆動方法においては、柔軟な周波数変更を達成する試みとして自励駆動法⁽²⁾を用いることとし、これを行うにあたってSMA アクチュエータの相変化に伴う抵抗値の変化を観測し移動平均をとった上でフィードバックに用いることとした。これより、移動平均のデータ数を逐次変更させることで系全体の固有振動数が変化し、発振周波数を柔軟に調整できることが期待される。

尾部の構成は SMA アクチュエータの内蔵された駆動部と柔軟な鰭を備えた受動部で構成し、推進効率の向上に努める。

2.2 解析モデルの構築

最適化を行う場合などでは数理解析的なモデルの構築が有効である。しかし魚のような推進機構の研究において、流路壁面の効果までを考慮したものはほとんど見られない。そこで本研究では、類似した解析条件での流動励起振動の解析モデル⁽³⁾を参考とすることにする。

Fig. 2のような推進体の支配方程式は、不連続断面の梁モデルとして次のように表せる。

$$\begin{aligned} \rho_m(X)A(X)\frac{\partial^2 H(X,T)}{\partial T^2} + \frac{\partial^2}{\partial X^2} \left\{ \eta I(X) \frac{\partial^3 H(X,T)}{\partial T \partial X^2} \right\} \\ + \frac{\partial^2}{\partial X^2} \left\{ EI(X) \frac{\partial^2 H(X,T)}{\partial X^2} \right\} = B(X) \left[\Delta P \right](X,T) + \frac{\partial^2 M(X,T)}{\partial X^2}. \end{aligned} \quad (1)$$

ここで T は時刻, X は長手方向の座標, ρ_m は推進体密度, A は断面積, η は減衰定数, E はヤング率, I は断面二次モーメント, H は振幅変位, B は幅, ΔP は摂動流体圧, M はアクチュエータの発生モーメント, $[\bullet]$ は推進体上での物理量のジャンプ, $\langle \bullet \rangle$ は推進体の Z 軸方向での平均値を表す。

2.3 アクチュエータシステムの同定

SMA アクチュエータはヒステリシス特性を有する。そこ

で、実験結果からアクチュエータ内部温度とアクチュエータ・シリコン複合体の発生モーメントの関係を調べ、これより非線形特性を Preisach モデルによりモデル化した。この結果をFig. 3に示す。ただし、実線が計測データであり破線が Genetic Programming (GP)により同定したモデルによる結果である。

3 実験結果

Fig. 1の実験装置において、移動平均のデータ数を変化させながら空気中で発振させた時の末端部の振幅変位の計測結果をFig. 4に示す。これより、移動平均のデータ数を逐次変更させることで柔軟に発振周波数を変更できることを確認した。

4 結言

構築した解析モデルを元に、自励駆動による推進体の評価を行い推進体の製作を行った。製作した推進体は発振周波数を柔軟に変更可能であることを確認した。

Fig. 1. Prototype of the moving body

Fig. 2. Analytical model of the moving body

Fig. 3. Identified hysteretic characteristic of SMA

Fig. 4. Time history of displacement at the fin

参考文献

- (1) Zhenlong Wang *et al.*, "A micro-robot fish with embedded SMA wire actuated flexible biomimetic fin", *Sensors and Actuators A* 144, (2008), pp. 354-360.
- (2) Guntis Kulikovskis *et al.*, "Robotic Fish Tail Motion Excitation by Adaptive Control", *Scientific Journal of Riga Technical University*, Vol. 33, (2010), pp. 15-20.
- (3) Olivier Doaré *et al.*, "Flutter of an elastic plate in a channel flow: confinement and finite-size effects. Journal of Fluids and Structures", *Journal of Fluids and Structures*, (2010), pp. 1-23.