

平成 21 年 5 月 21 日現在

研究種目：若手研究 (A)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18686070
 研究課題名（和文） 翼の剛性制御と境界層制御機能を有するスマート翼振動方式
 水中推進器の研究開発
 研究課題名（英文） Study on the oscillating smart wing for underwater propulsion
 with the stiffness and the boundary layer controlling
 研究代表者
 和田 大志 (WADA TAISHI)
 横浜国立大学・大学院工学研究院・准教授
 研究者番号：60359700

研究成果の概要:振動翼の推進性能を測定しうる2次元PIV装置付小型回流水槽装置を開発し、水中振動翼周囲の流場観察を定量的に行い、振動翼の性能と振動翼の振動数や振幅や流場等の関連性についての基礎データを得た。形状記憶合金の薄膜を用いて表面にディンプルを形成しディンプルの形状や傾き等をレイノルズ数に応じて能動的に制御させることにより、摩擦抵抗あるいは剥離に対し推進時の流速に応じて最適な表面凹凸形状を得られるような翼を開発し、スマート翼振動方式の水中推進器の研究開発を行った。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	2,400,000	720,000	3,120,000
2007年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2008年度	1,900,000	570,000	2,470,000
年度			
年度			
総計	6,200,000	1,860,000	8,060,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学・船舶海洋工学

キーワード：アクチュエータ、インテリジェント材料、ヒレ推進、知能構造、知能材料、PIV、バイオメカニズム

1. 研究開始当初の背景

米国や日本などでは、生物の構造からヒントを得ようとする bio-inspired の考え方にに基づき、空間における可動な構造物（飛行機など）を如何にしてインテリジェント化するか大きな研究の流れの1つとなっている。米国 NASA では巨費を投じ、変幻自在に形状が変化し翼表面の境界層制御も行えるスマート翼を有する次世代自律型飛行機 Morphing の開発を行っている。一方、水中スマート翼の研究は世界でもまだ行われていない。知能材料・知能構造を有しインテリジェント化し

たスマート翼を水中で実現させ、スマート翼振動による水中推進器を実用化させることは世界的にも先駆的な特色ある研究といえる。日本では、エアロ・アクアバイオメカニズム研究会の発足など、バイオエンジニアリングの視点から自律的に行動する水棲生物の多様な運動形態やその運動と推進に関わる生体外部流れと推進原理を解明する研究がなされてきているが、流体力学的視点からの研究が多く、知能材料・知能構造と絡めた研究は新しい視点といえる。

2. 研究の目的

翼表面を形状記憶合金や piezoelectric PZT で振動させることによって、翼表面の境界層制御を行うことができる知能構造の機能を持たせたスマート翼振動方式の水中推進器の研究開発を行う。

3. 研究の方法

(1) 磁気感応型形状記憶合金 FePd は、Fig. 1 のように磁場によって相変態し、可逆なひずみを生むことが、当該研究者のこれまでの研究により分かっている。これをスマート翼に応用するために、磁気感応型形状記憶合金の応力-ひずみ曲線、ひずみ-磁場曲線、磁場-応力ひずみ曲線を用いて解析的に求める（既存の汎用プログラム ANSYS を用いる）。これにより、磁気感応型形状記憶合金アクチュエータ設計方針を決定する。また、磁気感応型形状記憶合金バネを駆動するための専用電磁石の設計を行う。永久磁石は単位質量あたりの磁力が高いが、ON-OFF が不可能である。一方、電磁石は ON-OFF 可であるが、磁力が比較的低い。この両者を組み合わせ高性能で ON-OFF 可能なハイブリッド磁石を得ることが出来る。

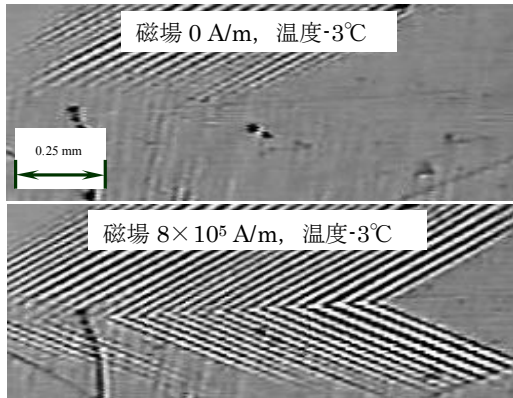


Fig. 1. FePd 合金における磁場付与によるマルテンサイト変態と形状記憶効果を示す光学顕微鏡写真。

(2) 形状記憶合金の薄膜を用いて表面にディンプルを形成しディンプルの形状や傾き等をレイノルズ数に応じて能動的に制御させることにより、摩擦抵抗あるいは剥離に対し推進時の流速に応じて最適な表面凹凸形状を得られるような翼を開発する。

4. 研究成果

(1) 水中振動翼周囲の流場観察を定量的に行い、振動翼の性能と振動翼の振動数や振幅や流場等の関連性についてのデータを得るために、振動翼の推進性能を測定しうる 2 次元 PIV 装置付小型回流水槽装置を製作した。Fig. 2 が PIV 装置の模式図であり、Fig. 3 が、パソコンによるデジタル制御により翼をピ

ッチングならびにヒービング運動させる装置の模式図である。これに 3 軸センサーを取り付けてあり、翼に加わる揚力や抗力等を測定できる。

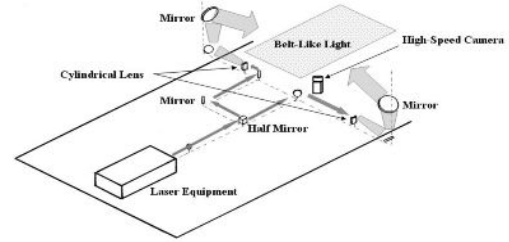


Fig. 2. 翼周囲流場測定用 PIV 装置

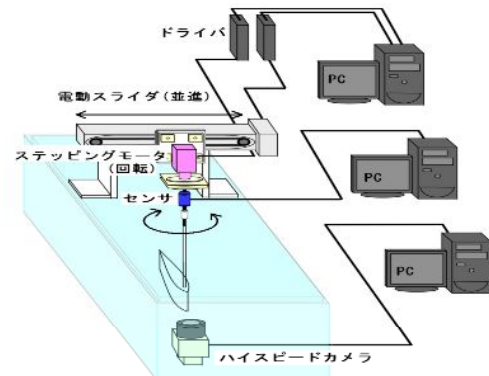


Fig. 3. 翼運動制御装置

(2) NACA0020 水中翼ならびにその表面にディンプルが存在する水中翼を製作した。

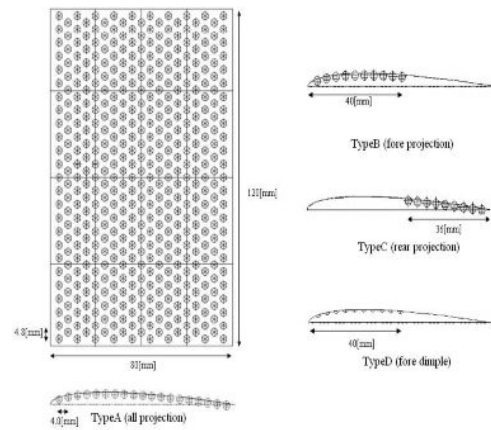


Fig. 4. 製作した 4 種の水中翼

Fig. 4 に示したように、ディンプルのない翼を Normal、上面全面に凸ディンプルが存在する翼を TypeA、翼上面の前半面に凸ディンプルが存在する翼を TypeB、翼上面の後半面に凸ディンプルが存在する翼を TypeC、翼上面の全半面に凹ディンプルが存在する翼を TypeD とする。

(3) これらの 4 種類の翼の揚抗比を調べたと

ころ (Re=20000)、Fig.5 が得られた。

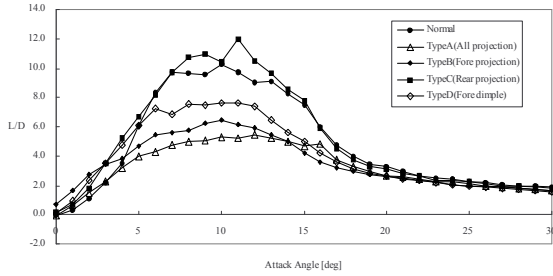


Fig. 5. 4種の翼の揚抗比

これより、TypeC が失速しにくいことが分かる。PIV による流れ場計測によって、境界層流れが剥離しにくいことも確認された。

(4) ディンプルは形状記憶合金薄膜により作製し、Fig.6 のように、凹凸を出現させたり全体を平らにしたりすることが出来る。例えば、迎角が小さいときにはディンプルを消し、大きいときには翼上面の後半部にディンプルを出現させることにより、常時性能の高いスマート水中翼となる。

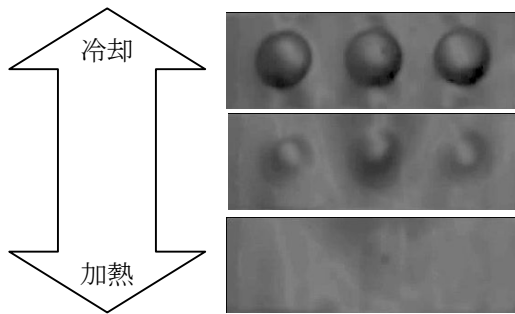


Fig. 6. 翼表面ディンプルの形成消滅

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

- ① Kei Shingu and Taishi Wada, "Preliminary study for controlling hydrodynamic performance of hydrofoils owing to the uneven surface structure with hemispherical asperity", TEAM2008, Istanbul, Turkey, Oct. 6-9 (2008) pp. 474-478, 査読無。

[学会発表] (計3件)

- ① 和田 大志、“形状記憶合金を使った新しい接合法について”、第108造船設計部会、追浜、9月18日、2008年。
- ② 和田 大志、“知能材料を用いたヒレ型水中推進アクチュエータ開発のための基礎実験”、日本機械学会、第14回機械材料・材料加工技術講演会 (M&P 2006)、講演番号126、千葉、11月25日、2006年。

- ③ Taishi Wada, “Application of Ferro magnetic- and Thermoelastic- Shape Memory Alloy in Japan and USA”, W15I Invited, International Workshop on “New Frontiers of Smart Materials and Structural Systems”, Materials & Processing Division of JSME, Chiba University, Nov. 26 (2006)、招待講演。

[図書] (計1件)

- ① “未来型アクチュエータ材料・デバイス”, シーエムシー出版, 共著, 和田大志担当: 第6章-2, pp. 196-203, 2006年12月

[産業財産権]

○出願状況 (計1件)

名称: Design of ferromagnetic shape memory alloy composites and actuators incorporating such materials

発明者: Minoru Taya, Taishi Wada, Masahiro Kusaka, Hsiu-hung Chen

権利者: 同上

種類: United States Patent

番号: USA7104056 B2

出願年月日: Sep. 12, 2006

国内外の別: 国外(米国)

○取得状況 (計1件)

名称: Design of ferromagnetic shape memory alloy composites and actuators incorporating such materials

発明者: Minoru Taya, Taishi Wada, Masahiro Kusaka, Hsiu-hung Chen

権利者: 同上

種類: United States Patent

番号: USA7104056 B2

出願年月日: Sep. 12, 2006

国内外の別: 国外(米国)

[その他]

次世代金属複合材料研究開発協会・革新アクチュエータ調査委員会・調査報告書 (計2件)

- ① 和田 大志、“システム技術開発調査研究19-R-7: 航空機等輸送系機械システム用革新的アクチュエータシステムに関する調査研究報告書”、次世代金属・複合材料研究開発協会、平成19年度調査報告書、pp12-15、2008年3月
- ② 和田 大志、“システム技術開発調査研究18-R-8: 航空機等輸送系機械システム用革新的アクチュエータシステムに関する調査研究報告書”、次世代金属・複合材料研究開発協会、平成18年度調査報告書、pp8、pp20-21、2007年3月

6. 研究組織

(1) 研究代表者

和田 大志 (WADA TAISHI)
横浜国立大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号：60359700

(2) 研究分担者

(3) 連携研究者