

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 14 日現在

機関番号：32644
 研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2009～2011
 課題番号：21360437
 研究課題名（和文） 波浪推進船の性能把握のための基礎研究

研究課題名（英文） Basic study on Wave Devouring Propulsor
 研究代表者
 寺尾 裕（TERAO YUTAKA）
 東海大学・海洋学部・教授
 研究者番号：10138638

研究成果の概要（和文）：

波浪推進装置の性能把握の為に 1.2m の小型自走式波浪推進模型を設計、実海域で波浪のみでの走行に成功し、走行データの取得に成功した。走行の為に、GPS および磁気コンパスによる無人走行システムを構築すると共に、船体運動および翼に働く力を計測するためのデータロガーシステムを構築した。この無人走行及びデータロガーシステムはマイコンベースの制御装置で構築し、小型軽量化を計ると共に、その使用電力の低減を図った。その結果、走行に必要な制御用電力消費が押さえられ、模型甲板に設置する程度のソーラセルの発電量で、電力消費はまかなえる程度と成り、本システムは海洋観測の為に基礎的なプラットフォームとして、波力を用い無限の走行性能を有するものとなることがわかった。

研究成果の概要（英文）：

Small sized Wave Devouring Propulsor system model is newly developed and tested the self-propulsion test in the actual sea and success. Her system consists of the simple navigation system, GPS and magnetic compass, and data logger system to measure hull motion and forces acting on the WDPS. They are light weight and small sized low energy consumption devices based on a one chip micro-computer. Needed navigation power is quite small and may enough to achieve the small area solar sell output on the deck. Her sailing performance is useful for the ocean research platform, because her long endurance performance by the wave power without any another energy supply.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2010 年度	400,000	120,000	520,000
2011 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	5,500,000	1,650,000	7,150,000

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：波浪推進、波漂流力、船体運動低減

1. 研究開始当初の背景

波浪推進の研究において、推進装置の性能把握が必要であり、特に実海域での性能委把が充分になされているとはいえない状況に出

会った。

2. 研究の目的

波浪推進船の実海域での走行性能を把握すること。そのために安全で低コストのシステムを構築し、実海域での走行を行い波浪推進装置の性能を把握することとする。

3. 研究の方法

波浪推進船の実海域試験を行うには、波浪推進船を建造し、その上で実験を行うのではあまりのコストと時間が掛かりすぎる。その為に実海域での走行を、小型の模型船を用いて行う事とし、その為のシステム開発から行い実海域での走行を試み、走行データ取得を目指した。

その為に GPS と電磁コンパスを用いた自走式の計測システムを構築し、走行実験を行った。

4. 研究成果

実海域での波浪推進船の小型自走式模型を用いての自律走行に成功し、走行データの取得に成功した。またこの開発したシステムは、海洋観測のプラットフォームとしての高い性能を有することが確認出来た。

Fig. 1 にその設計の透視図を示す。2 翼式の波浪推進システムを搭載し、カタマラン艇とし、高い復元性と、波向きによらず高い波浪推進性能を発揮させることを計画した。

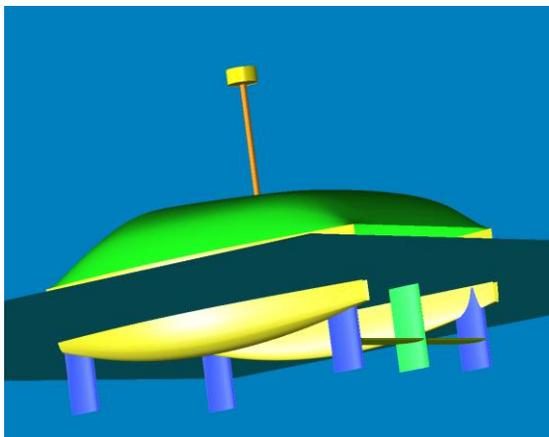


Fig.1 Newly designed WDPs model

また、この設計諸元を Table 1 に示す。

Table 1 Principal dimension

The dry weight	5.2	kgf (50.96N)
Full	7.6	kgf (74.48N)
Length	1.3	m
Breadth	0.98	m
Height	0.70	m

Hydro foil section NACA0012 × 2

Span 0.31,

Chord 0.12m

Depth(designed) 0.15m

波浪推進船に搭載した、各システムと制御装置の配置を Fig. 2 に示す。このシステムはマイコンを用いた航法自動制御装置と各種船体運動および波浪推進装置に働く力を検出する検出部と、マイクロ SD カードを用いたデータロガーから成り、軽量小型かつ省エネのシステムである。

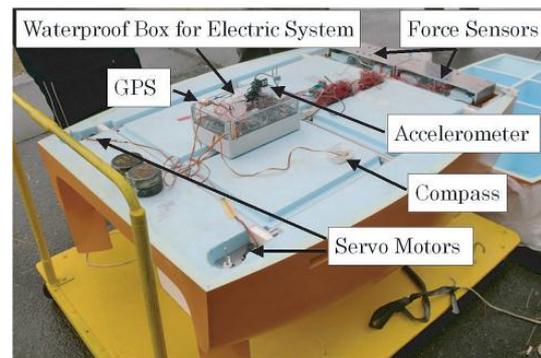


Fig.2 Equipped sensors and control system

Fig. 3 に計測システムの構成図を示す。計測システムはマイクロコントローラユニット、三軸加速度計、力センサ、角度センサ、マイクロ SD カードスロット、バッテリーからなる。マイクロコントローラは Atmega328 (16MHz) を使用し、リアルタイムで得られるセンサ情報を管理する役割を担う。三軸加速度は波浪中の船体運動を計測し、2 枚の可動翼のベースに取り付けた力センサは、翼に加わる力とモーメントを計測する。角度センサは 2 枚の翼の振動角を計測する。これらのセンサ値は 10 ビット AD コンバータを通してマイクロコントローラユニットに取り込まれ、マイクロ SD カードに記録される。これらの電力源には NiMH バッテリ (7.2V, 5200mA) を 2 本利用している。

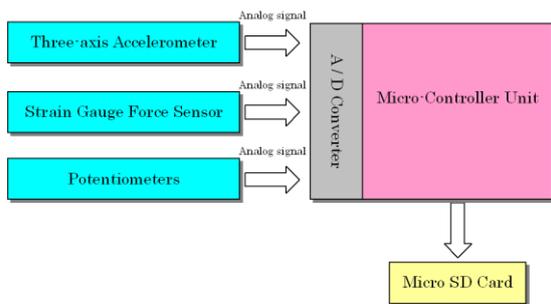


Fig.3 Measurement system

また波浪推進船の自律制御には、マイクロコントローラユニットとGPSセンサと傾斜補償付きの方位計を用いる。GPSと方位計から得られる現在位置と船首角から目標位置へと向かうよう波浪推進船に取り付けられた2つの舵を制御する仕組みになっている。舵の制御アクチュエータとしてはラジコンサーボモータを用いている。

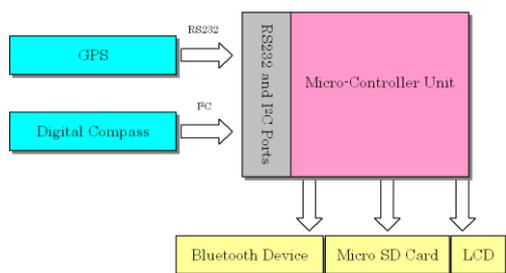


Fig.4 Autonomous navigation system

自律航行アルゴリズムのフローチャートをFig.5に示す。

- ① 目標航路上にいくつかの位置座標（ウェイポイント）を置き、マイクロコントローラユニットに記憶させる。
- ② GPSと方位計から得られる現在位置と船首角情報をもとに、目標ウェイポイントまでの距離、方向を算術する。
- ③ 算術した情報をもとに舵を制御し、船の進行方向を調節する。
- ④ 船の現在位置と目標ウェイポイントとの差が一定の誤差範囲内に入っていなければ

ば目標ウェイポイントは切り替わらない。一方、一定の誤差範囲内になれば、現在の目標ウェイポイントから航路上の次の目標ウェイポイントに切り替わる。

- ⑤ 上記の②～④までの流れを最後のウェイポイントに到達するまで繰り返す。

航路データはマイクロSDカードに保存されるだけでなく、Bluetoothデバイスを通して無線で陸上基地にデータがリアルタイムに転送される。

制御システムも計測システムとは別にNiMHバッテリー（7.2V, 5200mA）を2本利用している。制御システムと計測システムを合わせた重量は2.4kgと、今回の波浪推進船に搭載できるよう小型・軽量となっている。

舵を調節するサーボモータの制御には以下のPDフィードバック制御を用いた。

$$\alpha_i = K_p \Delta\theta - K_v \dot{\theta} \quad i=1,2$$

ここで α_i は船の左右に取り付けられた舵を制御する2つのサーボモータ角、 K_p および K_v は比例ゲインと速度ゲイン（ $K_p=38.0$, $K_v=0.0120$ ）、 $\Delta\theta$ は船首角誤差、 $\dot{\theta}$ は船首角である。

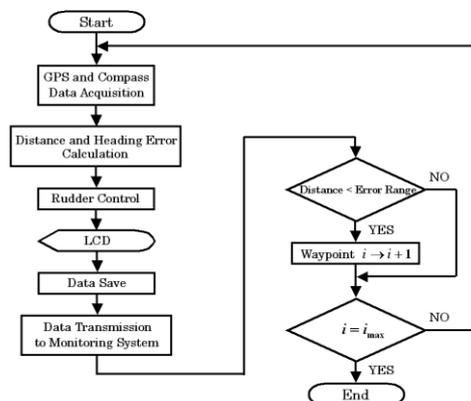


Fig.5 Control algorithm

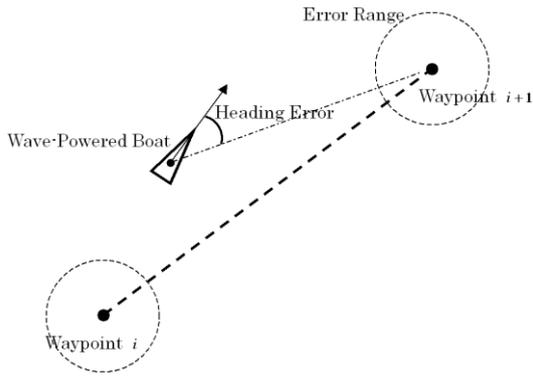


Fig.6 Schematic view of course and waypoint

このような計測・制御システムが完成し、折り戸湾内で波浪推進模型船の実海域試験を行う事が出来た。Fig.7に2艇の走行状況を示す。このような走行から、走行軌跡が得られ、それをFig.8に示す。



Fig.7 Two WDPS models test run in Orido bay.

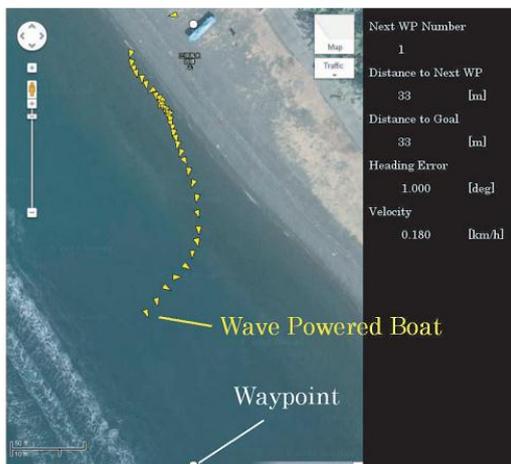


Fig.8 Running trajectory

また波浪中の翼運動について計測したデータをFig.9に示す。

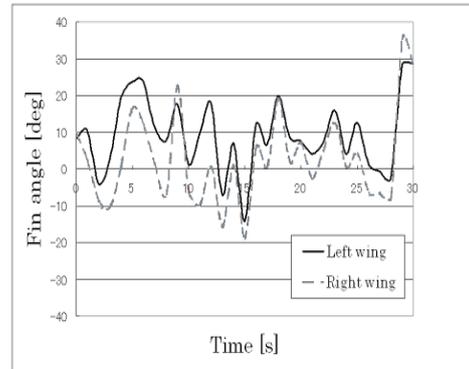


Fig.9 Obtained hydrofoil motion data

このように波浪さえあれば無限に走行可能となる、波浪推進小型模型を完成させ、実海域での走行が出来る事が分かった。この新たなシステムは、我が国独自の形式のものであり、海洋観測のための新たな観測 Platform として使用することが可能であり、今後多くの海洋観測分野での適用が期待される。

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)

[学会発表] (計1件)

N. Sakagami, Y.Terao

Development of a measurement and autonomous control system for wave-powered boats, Oceans2012, March, 12, Yeosu, Korea.

[その他]

ホームページ等

<http://www.u-tokai.ac.jp/TKDCMS/News/Detail.aspx?code=shimizu&id=5154>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

寺尾 裕 (TERAO YUTAKA)
東海大学・海洋学部・教授
研究者番号：10138638

(2) 研究分担者

砂原 俊之 (SUNAHARA SHUNJI)
東海大学・海洋学部・准教授
研究者番号：40276788

坂上 憲光 (SAKAGAMI NORIMITSU)
東海大学・海洋学部・准教授
研究者番号：20373102