

## 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 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2010～2011

課題番号：22656197

研究課題名（和文） 大河を自動航行し淡水棲小型歯クジラと水質を連続計測するロボット観測船の研究開発

研究課題名（英文） Development of an Autonomous Surface Vehicle to measure the river environment where the small toothed whale inhabits

研究代表者

浦 環 (URA Tamaki)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：60111564

研究成果の概要（和文）：

近年の人間活動の加速により河川環境は世界的に悪化、棲息する生物が絶滅の危機に瀕する事態が生じている。特に河川の生態系上位に位置するカワイルカ類は危機的状況にある。カワイルカは河川環境保全の指標と言え、その棲息状況観測と水域の環境計測は河川環境保全のために早急に行われる必要がある。しかし、カワイルカの棲息する河川や湖沼は長く広いため、広範囲の観測は難しく夜間の調査も困難である。イルカの棲息頭数を確認し、かつ棲息環境を計測することで、今後の保護活動に資する必要がある。そこで、幅狭する河川の広範囲を GPS と姿勢制御センサにより位置制御して自動航走できる小型「ロボット観測船」を開発した。浅い河川に対応するために、ロボット船の艇体は、コンパクトで軽量でありながら過酷な河川環境に耐えうるものを建造した。400km 程度の蛇行し船舶の輻輳する河川を自動航行するための推進制御システムを持つ。なお、観測を実施する河川では往来するボートや流木などさまざまな障害物が浮遊しかつ動いている。このため、画像/ソナーを用いた障害物回避システムを開発し、画像/ソナーにより障害物回避しながら、GPS と電子コンパスを搭載して位置制御しながら安全な航路を認識して自動航行できる自動制御システムを開発した。さらに PC を用いてロボットの自動制御を行うシステムを開発し、障害物回避システムを自動制御システムに組み込み統合することで、「ロボット観測船」のための自動障害物回避機能を伴う自動航行システムを開発、システムを「ロボット観測船」の自動制御システムに組み込み統合することで、ロボット観測船のための自動障害物回避機能を伴う自動航行システムを開発して、テストベッドロボットに移植し水槽試験および実海域試験により、その機能の有効性を示した。なお、ロボット船に搭載する環境センサについては、CT および小型水質センサによるインドのガンジス河やインドネシア・ボルネオ島のマハカム河の定点での長期間にわたる連続計測試験を実施、その成果をもとに、ロボット船への組み込みを検討する。次に、「ロボット観測船」に搭載可能な自イルカのセンサス用小型 4 素子ハイドロフォンアレイを開発した。ハイドロフォンアレイは、イルカの高周波クリック音を録音し、イルカの方位を自動的に計測し記録する。開発したアレイにより、インドのガンジス河およびインドネシア・ボルネオ島のマハカム河に棲息するカワイルカのセンサスを実施し、機能の検証を行った。

研究成果の概要（英文）：

For measurement of endangered small cetacean that inhabits in Asian rivers and their habitat environment such as water quality, a prototype robot boat is developed. Positioning system using GPS and compass and obstacle avoidance system for the robot navigation is installed. Tank tests and sea trial using the robot boat were carried out. Small array system for dolphin census is also developed and tested in the river system such as Ganges river and Mahakam river.

交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2010年度 | 2,800,000 | 0       | 2,800,000 |
| 2011年度 | 500,000   | 150,000 | 650,000   |

|    |           |         |           |
|----|-----------|---------|-----------|
| 年度 |           |         |           |
| 年度 |           |         |           |
| 年度 |           |         |           |
| 総計 | 3,300,000 | 150,000 | 3,450,000 |

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：自動船、ソーラーボート、音響計測、テレメトリシステム、音響計測、カワイルカ、河川環境

#### 1. 研究開始当初の背景

近年、人間活動の加速により河川環境が悪化、特に河川の生態系上位に位置するカワイルカ類は危機的状況にある。カワイルカの棲息状況観測と水域の環境計測は河川環境保全のため早急に行われる必要がある。

しかし、しかし、カワイルカの棲息する河川や湖沼は長く広いため、長流域観測は難しく夜間の調査も困難だった。イルカの棲息頭数を確認し、かつ棲息環境を計測することで、今後の保護活動に資するための研究が求められる。

#### 2. 研究の目的

本研究では、絶滅が危惧される淡水性小型歯クジラ類（カワイルカ類）の棲息分布を継続的に調査すると同時に、水域の水質等の計測を行うことで環境パラメタの生態系への影響関係を調査し、定量的データを長期的・継続的に集積し分析するために、幅湊する河川の広範囲をGPSと姿勢制御センサにより位置制御して自動航走できる小型「ロボット観測船」テストベッドを開発研究し、カワイルカを環境指標の中心とする河川の効率的な総合的環境計測手法を構築し河川環境保全に益するとともに、「ロボット観測船」という新しい河川・湖沼環境計測ツールを創生する。

#### 3. 研究の方法

無人船に小型音響観測装置およびCTD等の環境計測センサを組み込み、GPSで船の位置を制御しながら、幅湊する河川の広範囲を移動して自動観測できる小型「ロボット観測船」テストベッドを研究開発する。そのため、1) 浅い河川に対応できるコンパクトで軽量かつロバストな船体のテストベッドの設計・製作、2) 上流から下流へ、下流から上流へと往復航行するために、下降する時は流れを利用し舵機を用いて、朔行する時にのみプロペラスタを利用する推進制御システムの開発、3) 観測を実施する河川では往来するボートや流木などさまざまな障害物が浮遊しかつ動いている。このための自動障害物回避システムの開発を行う。開発したシステムを建造したテストベッドロボットに組み込み統合することで、ロボット観測船のための自動障害物回避機能を伴う自動航行システムを開発し、統合システムによる試験を行う。次に、棲息域内の流域

を移動しているカワイルカの棲息数を計測するためには、ロボット船に搭載して、イルカの発するクリック音を探知することができ、SSBL (Super short base line) 装置を開発し、観測を実施することで計測機能を検証する。ロボット船に搭載する環境センサについては、小型水質センサによる河川定点での連続計測試験を実施して、成果をもとに、ロボット船への組み込みを検討する。

#### 4. 研究成果

「ロボット観測船」については、FRPを素材として、コンパクトで軽量でありながら過酷な河川環境に耐えうるロバストな船体を開発するためのテストベッドを製作した。推進制御システムについては、400km程度の蛇行し船舶の輻輳する河川を自動航行するための推進制御システムを開発した。12Vバッテリーによる水槽試験を行い、水槽試験により、艇体全体のバランスと機動力について検証した。5ノット程度の速度で航走できる。障害物回避システムについては、自律型水中ロボット研究における技術基盤を利用したカメラの画像処理を用いたステレオビジョンシステムおよびレーザーによる測位手法による障害物回避システムおよび/前方探査ソナーを用いた障害物回避システムを開発した。両方のシステムを統合して、画像/ソナーにより障害物回避しながら、GPSと電子コンパスを搭載して位置制御しながら安全な航路を認識して自動航行できる自動制御システムを開発した。



Fig. 1 ロボット船開発モデル

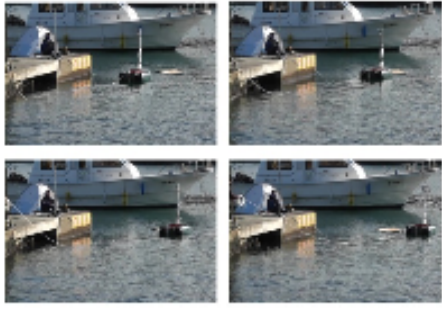


Fig. 2 画像による障害物回避システムの海上試験

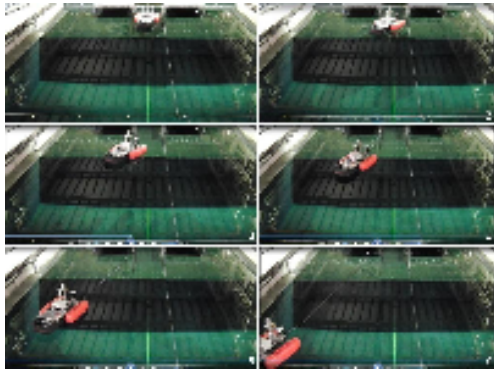


Fig. 3 ソナーによる障害物回避システムの水槽試験

さらに PC を用いてロボットの自動制御を行うシステムを開発し、障害物回避システムを自動制御システムに組み込み統合することで、ロボット観測船のための自動障害物回避機能を伴う自動航行システムを開発し、システムをテストベットロボットに移植。水槽試験および実海域試験によりその機能の有効性を示した。イルカの棲息状況調査のために、イルカが発する高周波帯のクリック音を録音し、イルカの方位情報を取得できる SSBL (Super Short Base Line) 方式による小型 4 素子ハイドロフォンアレイを開発した。アレイは、流れに沿って航走する船から水中に吊り降ろされ、イルカのクリック音を自動的に計測し録音する。自動船への搭載のために、クリック音を計測し、リアルタイムでイルカの方位情報を GUI 上に画面表示することで頭数をカウントできるシステムを開発した。開発したハイドロフォンアレイにより、インド・ガンジス河に棲息するガンジスカワイルカおよびインドネシア・ボルネオ島のマハカム河に棲息するカワゴンドウのセンサスを行い、機能検証を行った。ロボット船に搭載する環境センサについては、なお、ロボット船に搭載する環境センサについては、CT および小型水質センサによるインドのガンジス河やインドネシア・ボルネオ島のマハカム河の定点での長期間にわたる連続計測試験を

実施しており、その成果をもとに、ロボット船への組み込みを検討する。このように本研究においては、ロボット観測船のテストベット開発と観測船に搭載可能なイルカのセンサ用小型ハイドロフォンアレイ開発により、河川に棲息するイルカ類の自動観測への基礎を構築した。

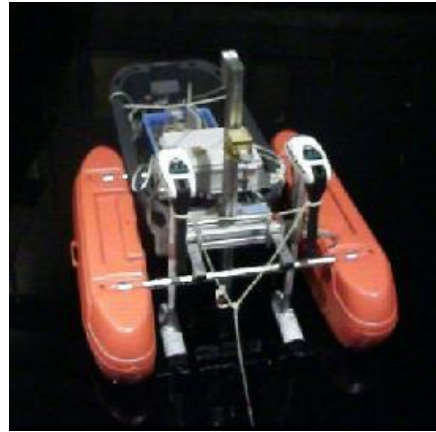


Fig. 4 開発したロボット観測船プロトタイプ

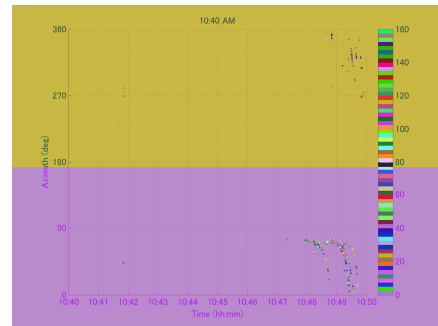


Fig. 5 開発した SSBL システムと計測例

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 0 件)

〔学会発表論文〕 (計 1 件)

小島淳一・杉松治美・浦環・Rajendar Bahl・Sandeep Behera・Vivek Sheel Sagar : ” An integrated observation system with multiple acoustic arrays for underwater behavioral study of the Ganges river dolphins” , Proc. Oceans11 Santander, Santander, Spain, (2011.6.7), CD-Rom

〔図書〕 (計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

特になし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

浦 環 (URA TAMAKI)

東京大学・生産技術研究所・教授

研究者番号：60111564

(2) 研究分担者

杉松 治美 (HARUMI SUGIMATSU)

東京大学・生産技術研究所・特任研究員

研究者番号：90436577

(3) 連携研究者

小島 淳一 (KOJIMA JUNICHI)

(株) KDDI 研究所・プロジェクトリーダー

研究者番号：50416575

金 岡秀 (KIM KANSHU)

東京大学・生産技術研究所・特任助教

研究者番号：30396907