

報 技 工 重 炎

Vol.2

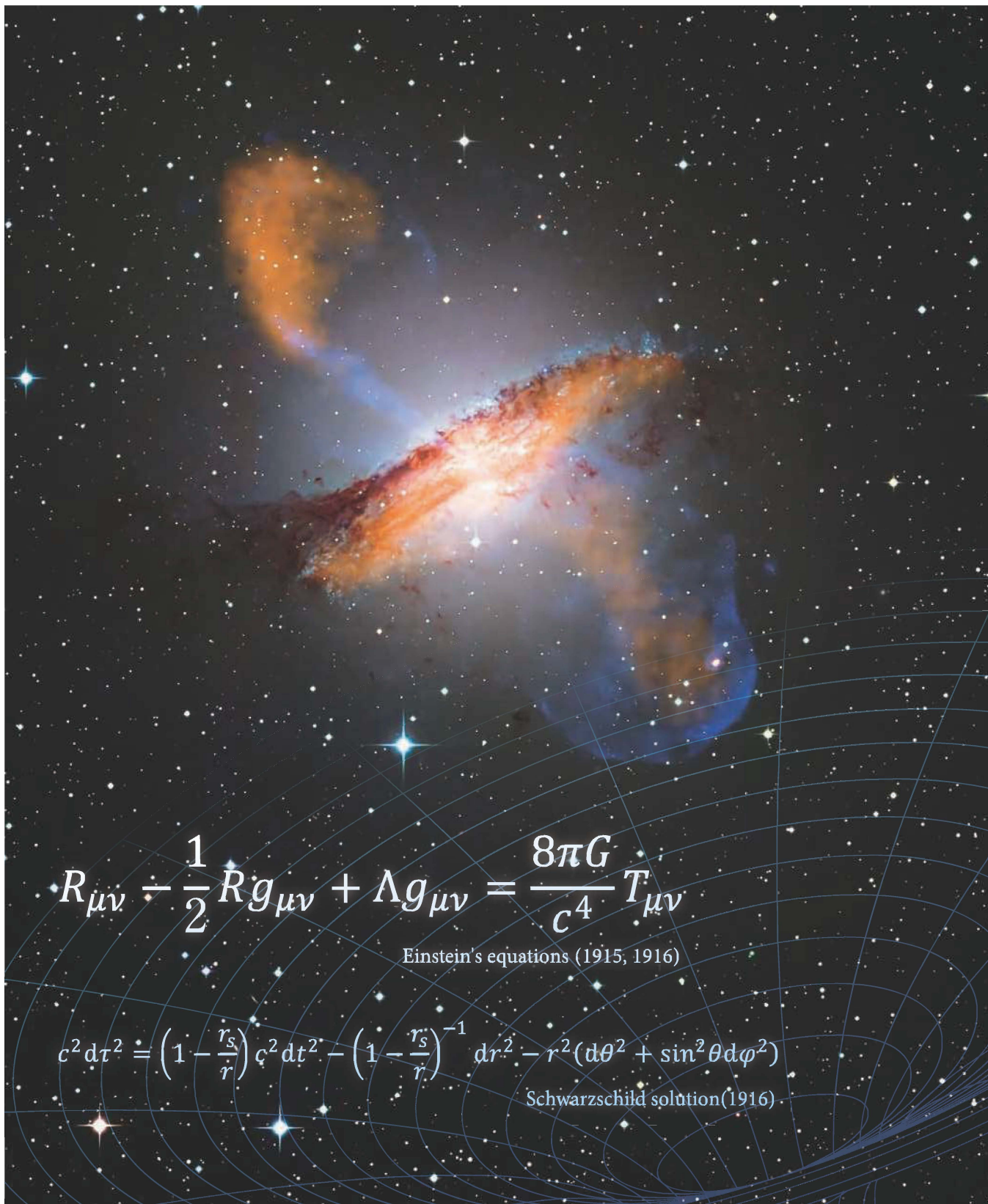
2018

Feature

汎用自律移動船舶
ロボットの紹介

電気刺激を用いた汽水及び
海水生物群の誘導制御の取り組み

電気刺激を用いた水中
生物群の分離制御の取り組み



$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

Einstein's equations (1915, 1916)

$$c^2 dt^2 = \left(1 - \frac{r_s}{r}\right) c^2 dt'^2 - \left(1 - \frac{r_s}{r}\right)^{-1} dr^2 - r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\phi^2)$$

Schwarzschild solution (1916)



炎重工技報

Homura Heavy Industries
Technical Review

Vol.2

2018

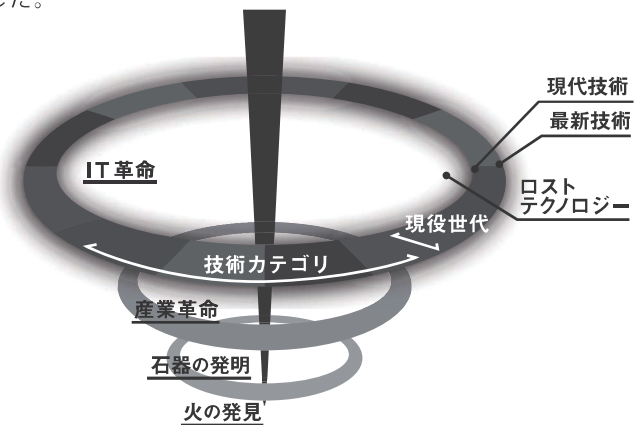
「炎重工技報 Vol.2」発行の挨拶

代表取締役 古澤 洋将

平素は格別のご高配を賜り、厚く御礼を申し上げます。本技術機関誌「炎重工技報 Vol.2 2018」の発行にあたり、挨拶を申し上げます。当社は2016年2月に設立し、現在は創立2周年を迎え、3期目の事業年度に入りました。我が国の起業に関する様々な統計調査によれば、景気動向により変動があるものの、起業後3年目における生存率は約62.7%のようです。当社がこの困難を乗り越えられたことは、ひとえに皆様のご指導・ご支援の賜物であると感じております。

さて、人類の社会文化的進化（Sociocultural evolution）を眺めれば、最もインパクトのあった出来事は、火の発見とその利用だったように思います。初期の人類にとって、火は照明となり、暖房となり、そして調理の発明へと繋がりました。野生から徐々に決別した人類は、様々な発明と共に文化を発展させ、今日の複雑な社会が作られてきました。このような事象に着目した米国人の発明家Ray Kurzweilは、1999年に人類の発明の速度や問題解決能力が指数関数的に向上するという、収穫加速の法則（The Law of Accelerating Returns）を提唱しました。

しかし、1人の人間あるいは1つの時代に維持できる知識と技術には、限界があるように思います。収穫加速の法則を三次元的に表現し、ビッグバンのモデル（膨張宇宙論）に重ねれば、火の発見をきっかけとした膨張科学論としてイメージを描くことができます。ここで現代の時間軸から眺めれば、科学分野や技術カテゴリを円に、現役世代の厚さを層とした環状体として表現できます。また優れた技術であっても、その時代の形式知や暗黙知が後世へ継承されなければ、ロストテクノロジーとして失われてきたことも事実です。



ところで、先進諸国のように高度に発達した社会（都市）では、ありとあらゆる労務が自動化され、あるいは代替サービスとして提供され、家庭の中までもビジネス化されてきました。現代の科学技術や社会生活というのは、そこで生きる人々が関与しなくなることによって、これまで人々が持っていた自然や科学に対する知識がどんどん覆い隠され、全く見えにくくなっているのではないのでしょうか。例えば、IHキッチンのある家庭で育った子供は、火の扱い方が分からないということもあるようです。インターネットの普及により、それまでの時代と比べて容易に情報が手に入りになりましたが、その一方で、きちんと体系化された知と呼べる情報（書籍等）は駆逐されつつあり、簡単に結果が得られる情報が増えては来ているように思います。今世紀にこの傾向がより一層進行し、社会の行き過ぎた最適化が現実となったとき、暗黙知を有し新たな知を生み出せる真の知識階級とそうでない階級の差は、もしかしたら中世の貴族と平民以上の差になるのではないかと危惧をしています。

当社では、自然環境を対象にしたシステムを開発することで、我が国の高齢化によって失われつつある膨大な知恵と知識を形式知へ変換し、新しい事業の創造と次世代への継承に取り組んでいます。炎重工技報 Vol.2 2018 は、汎用自律移動船舶ロボット、生体群制御の海水適用及び分離制御の技術について、それぞれご紹介いたします。ぜひ御高覧頂き、忌憚のないご意見をお寄せ頂ければ幸甚の至りに存じます。より一層の御支援・御鞭撻を賜りますようお願い申し上げます、挨拶といたします。

目次

巻頭言

- P2** 「炎重工技報 Vol.2」発行の挨拶

技術報告

- P4** 汎用自律移動船舶ロボットの紹介
- P12** 電気刺激を用いた汽水及び
海水生物群の誘導制御の取り組み
- P14** 電気刺激を用いた水中
生物群の分離制御の取り組み

その他

- P16** 執筆者紹介
- P17** 会社概要

汎用自律移動船舶ロボットの紹介

古澤 洋将*1 阿部 房雄*2

Multi-purpose autonomous unmanned maritime vessel

Yosuke Furusawa*1, Fusao Abe*2

Abstract - This paper presents the outline of the Marine Drone (UMV : Unmanned Maritime Vessel) and philosophy of development. All components, including the microprocessor, autonomous software, remote control software, self-diagnosis system and actuators, were specially designed, and many robust technologies were adopted. In addition, explain of japan law for seaside and ships. A detailed account is given regarding the systems and devices developed to meet such requirements, along with the specifications.

Keywords: robot, autonomous, unmanned maritime vessel

1. まえがき

我が国は、四方を海に囲まれた海洋国家であり、排他的経済水域（EEZ : Exclusive Economic Zone）は広大で、島の数も6,852もある[1]。外国との往来手段は限られ、飛行機または船舶しか存在しない。そのため、我が国における船舶は、人々の往来、輸送手段、漁業、及び海上警備等の様々な場面で用いられる重要な手段である[2]。

船舶の自律移動（自動操船）に目を向ければ、タンカーやコンテナ船など大型商船の分野において、既に実用化されている[3]。これは周囲に何もなく、かつ座礁の恐れのない海域において、目的地に向かうよう自動操船（保針）を行うことで実現されている。また、自動船舶識別装置（AIS : Automatic Identification System）[4][5]やレーダー[6][7]などと連動し、衝突の可能性を検知した場合などは、人間が介入して回避する。完全に無人化した自動運航船ではないものの、遠隔地の港間を往来する商船や、遠洋で作業する漁船においては、船員の労働時間の短縮が可能である。

近年では、ロールス・ロイス社が、従来の自律移動に加えて船舶の状態を遠隔から監視でき、無人の船舶管理システムの実現を目指した大型船向け自立型航行システム（AAWA : Advanced Autonomous Waterborne Applications）のプロジェクトを進めている[7]。我が国でも、日本郵船株式会社、株式会社商船三井、及び川崎汽船株式会社などで、自律移動及びそれらを統合した船舶管理システムを実現するための研究開発が進められている[9]。さらに、自立型海上輸送システムについても、コンソーシアムによる共同研究が行われている[10]。

小型～中型船舶においては、古野電気株式会社がプレジャーボートでの利用を想定した自律移動システム（NAVpilotシリーズ）を開発している[11]。これは、目的地への操船に加え、スポーツフィッシングでの

利用を想定したシステムである。例えば、目的地周辺をスポーツフィッシングに適した動きで旋回、ジグザグ航行、及びスパイラル航行するモードが搭載されている[12]。他にもマロール株式会社[13]など、国内外のメーカーが参入してきている。

全長10m未満の小型船舶においては、ASV Global社のC-Workerシリーズ[14]のような海洋調査などに使われる特殊な船舶でのみ自律移動が導入されている。しかし、我が国では小型船舶が約38万台登録されており、用途は漁業、レジャー、及び警備と幅広い。そのような分野では、自立移動船舶ロボットの導入余地は大きいと考えられる[15]。

本稿では、汎用自律移動コントローラ[16]を用いた自律移動船舶ロボットの概略、及び開発中の船舶（以下、船舶ロボットと呼ぶ）を紹介（図1）し、自律移動の具体例を示す。また、船舶ロボットと我が国の関連法令を示し、実用化にあたっての課題を示す。将来は、船舶ロボットによる内水面（養殖池）での自動給餌、海上での漁業支援、及び自動警備等の実現を目指していく。



図1 開発中の船舶ロボット

*1: 炎重工株式会社 研究開発部

*2: 元国土交通省 運輸安全委員会 首席船舶事故調査官

*1: R&D Dept, Homura Heavy Industries Corporation.

*2: Former Chief Investigator of shipwreck, Japan Transport Safety Board, Ministry of Land - Infrastructure - Transport and Tourism.

2. 汎用自律移動船舶ロボット

2.1 開発の狙い

沿岸漁業に目を向けると、有史以前から行われている魚介類の採捕という用途以外にも、様々な場面で船舶（漁船）が使われている。例えば、養殖における給餌、収穫、輸送、防鳥、及び警備などである。沿岸漁業で使用されている漁船の大きさは、3m以下の和船（ミニボート）から数トン程度のものが最も多い[17][18]。

当社の船舶ロボットは、汎用自律移動コントローラをベースに作られており、装軌（クローラ）の代わりに船外機（Outboard motor）を2台用いて、船体の制御を行う。主に、前述した全長10m以下の小型船舶のカテゴリをターゲットに、新造船だけでなく既存の漁船に対しても、遠隔操作及び自律移動の機能を付加することを狙っている。本稿では、汎用自律移動コントローラを船舶向けに改良したものを、船舶コントローラと呼ぶ。

2.2 コントローラ構成

船舶コントローラは、ECU（Electronic Control Unit）系を中心に、発電機系、緊急停止系、センサ系、通信系、アクチュエータ系、及びインターフェース系のモジュールに分けられる。これらは独自にバス接続され、ECUと各モジュール間で通信が行われる（図2）。一部、汎用自律移動コントローラと異なり、船舶特有の、投錨（Anchor motor）、排水ポンプ（Drainage pump）及び法定灯火の制御が加わっている。

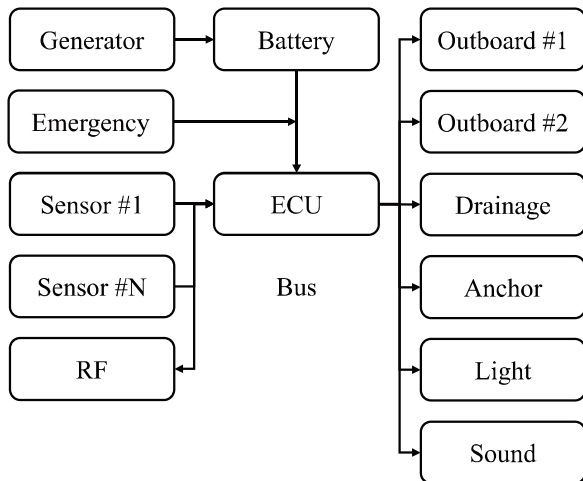


図2 システム概要

(1) ECU系

ECU系は、内部に2つのプロセッサを持ち、リアルタイム性が求められる低レイヤの制御と、移動経路の計算など高レイヤの制御をそれぞれ分担して行う。

(2) センサ系

センサ系は、電圧・電流・温度センサ、モーションセンサ、及びGNSS（Global Navigation Satellite System）などを用いて、車両、環境、及び位置情報を取得する役割を持つ。一部のセンサは、ECUの外部に配置される。本稿では、人工衛星を用いた位置情報のシステム（GNSS）を総称してGPSと呼ぶ。

(3) 通信系

通信系は、外部と通信をするためのアンテナを含んだ通信システムである。標準では、WiFi及びRC受信機が搭載され、AISを拡張することもできる。

(4) インターフェース系

インターフェース系は、ユーザに対するランプ、及び警報装置である。全周灯などの法定灯火設備も、インターフェース系に含まれる。

(5) 緊急停止系

緊急停止系は、物理的な緊急停止スイッチの押下、及び通信系のモニタリングによるOR条件によって作動する。緊急停止が作動すると、直ちに船外機が停止する。

(6) 船外機系

船外機系は、船舶の後部に船外機が2機取り付けられ、2つの船外機が独立して推力を生成することにより、船舶の動きを制御する。

(7) 排水系

排水系は、船舶の浮力及び復元力を維持するため、船底に溜まった水を検出して船外へ排出する。

(8) 投錨系

投錨系は、船舶が水流（海流）及び風に流されるのを防ぐため、停船するときには錨を水底へ降ろし、再び移動するときには錨を上げる機能である。

(9) 発電機系

発電機系は、船体に据え付けられ、バッテリーと共にシステムへ電源を供給する。発電機を用いて船外機（電動）を使用していることから、シリーズハイブリッド（直列方式）に該当する。発電機の動作時間は、主に燃料タンクの容量によって定まる。

(10) その他

本システムから独立して、ドライブレコーダが取り付けられる。システムが通電されると、船舶の動作状態を撮影し続ける。また、WiFiを通して映像を電送する機能を持つ。

下記に、船舶コントローラの外観（図 3）及び仕様概要（表 1）を示す。



図 3 船舶コントローラ全景

表 1 船舶コントローラ仕様概要

項目	仕様
品番	RBBA2000B
基本制御 OS	F-OS/PIC32MZ 5.0-RELEASE
	CPU 415 MIPS
	RAM 512 KB
	ROM 2048 KB
拡張制御 OS	Linux
	ARM 1.2 GHz (Quad-core)
	RAM 1 GB
	eMMC 4 GB
基本機能	船外機出力
	排水ポンプ出力
	投錨モータ出力
	RC プロポ入力
	3 軸加速度センサ
	3 軸ジャイロセンサ
	地磁気センサ
	GPS (GNSS)
	電圧・電流・温度センサ
	浸水センサ
	灯火、警報出力
電源出力	
拡張機能	WiFi 2.4 GHz
	AIS (CH87B, CH88B)
	USB 2.0
	GPIO, A/D, I2C
操作 I/F	RC プロポ
安全機能	非常停止スイッチ
	近接距離センサ
	ドライブレコーダ

動作環境	-20 ~ 40 °C
	防沫形 (IPX4 級)
電源入力	DC 9 ~ 28 V
	30 W

2.4 自律移動の例

下表に、開発中の船舶ロボットの仕様を示す。以降、開発中の船舶ロボットについて述べるが、船舶コントローラと船体は独立した構成であり、ユーザは用途に合わせて自由に船体を選定することができる。

(1) 拡張性

船舶ロボットでは、燃料タンク 25L を使用時に、最大 100kg まで積載することができる。また、バッテリー、発電機、燃料タンク及び制御システム等が占有するスペースは約 50% であり、それ以外の部分については、機能を拡張するために使用することができる。

(2) 連続動作時間

船舶ロボットは、バッテリー及び発電機を用いたシリーズハイブリッドを構成している。動作時間は、主に発電機の燃料タンクの容量で決まり、最大で約 120 時間の運用を行うことができる。また、開発中の船舶ロボットを用いた無負荷連続運転の試験の様子を、図 4 に示す。



図 4 発電機の無負荷連続運転の試験の様子

表 2 船舶ロボットの主要諸元

項目	仕様
品番	RBBA0002A
全長	2.5 m
全幅	1.3 m
全高	0.7 m
最大積載量	約 100 kg (燃料タンク 25L 時)
進行方向	前進・後進・左右旋回
船外機	電動 500W × 2 機
	総出力 1kW (1.35 馬力)

最高速度	4 knot (7.4 km/h)
法定灯火	全周灯 (白色)
	右舷灯 (緑色)
	左舷灯 (赤色)
発電機	無鉛ガソリンエンジン
	DC 12V, 1kW
燃料タンク	25L ~ 100L
燃料	混合ガソリン 50:1
バッテリー	12 V, 108 Ah, Deep-cycle
最大動作時間	約 120 時間 (燃料タンク 100L 時)

2.4 自律移動

船舶コントローラは、GPS による位置情報を元に、予め指定された経路情報に沿って自律移動 (Waypoint Navigation) を行う。航空機の用語に習い、計器航行とも呼ぶ。ECU 内部に経路情報を複数持つことができ、外部 (操作インターフェース) からの指示で経路を切り替えることができる。図 5 に、閉鎖された淡水湖における船舶ロボットの自律移動の例を示す。

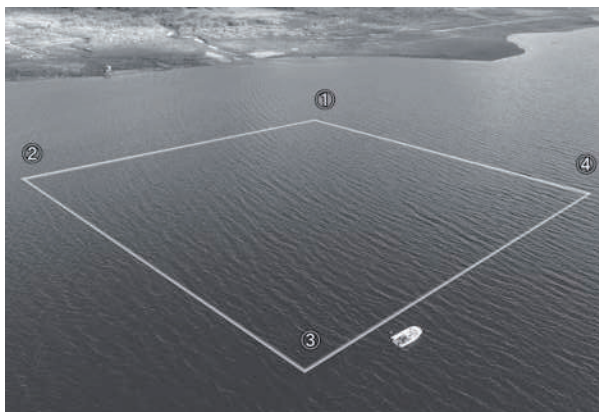


図 5 航行ルートの例

船舶コントローラは、汎用自律移動コントローラと同じく、ECU の外部に GPS アンテナを接続し、自律移動制御を行っている。図 6 は、船舶ロボットのモデルを表し、 v は船舶の航行速度、 ω は船舶の回転角速度、 ω_L は左船外機の推力、 ω_R は右船外機の推力、 T は船体幅を示す。重心位置の表記は、拡張機能を搭載しない場合であり、船舶コントローラに近い後部中央に位置する。自律移動のアルゴリズムは、汎用自律移動コントローラとほぼ同等で、図 4 の①～④のように座標リストの順序に従って目的地へ移動していく [16]。

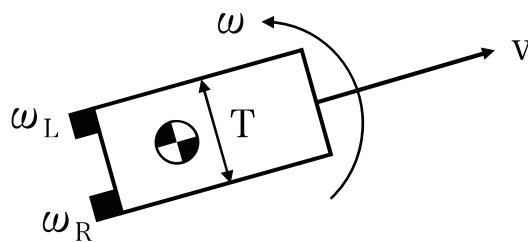


図 6 船舶ロボットのモデル

2.5 自己位置と制御の実際

GPS の位置情報には、様々な誤差が含まれている [19][20]。自己位置をより正確に算出するには、振動子変動、電離層遅延、対流圏遅延など様々な補正式に加え、GPS ごとに較正する必要がある [21][22][23][24]。

また、船舶ロボットが航行する環境は、風のない穏やかな水面であるとは限らず、川が流れ込む湖のような強い水流、または船体を超えるような大波が存在する場合もある [25]。船舶コントローラは、船体の仕様及び船外機の出力を超えた航行は難しいため、開発中のモデルでは、前述のような環境において遠隔操作及び自律移動共に使用することができない。

2.6 EMC と規格

電気用品安全法等に従い、我が国で電気を用いた機器の製造・販売等の事業を行う場合は、電磁両立性 (EMC: Electromagnetic compatibility) を満たす必要がある。表 3 及び表 4 に、船舶及び船舶に搭載される電子機器 (無線機等) の EMC に関する規格¹を示す。

これらのうち、船舶コントローラは、主に表 3 の規格で定められる試験方法及び基準が適用される。また、開発中の船舶ロボットを用いた予備試験の様子を、図 7 及び図 8 に示す。



図 7 EMI 予備試験の様子 (1)

¹ 2015 年現在

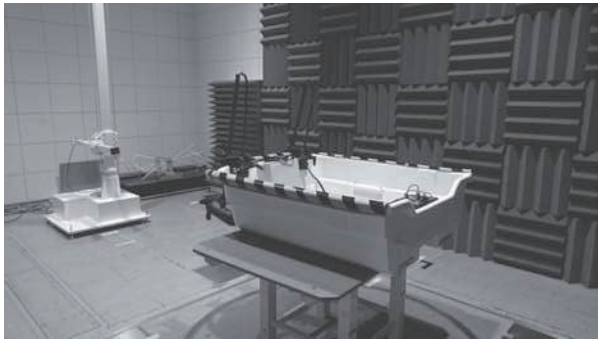


図8 EMI予備試験の様子(2)

表3 船用電気設備に関する国際規格

規格番号	規格名称
IEC 60533	船用電気電子設備のEMC
IEC 61000-4-2	静電気放電イミュニティ
IEC 61000-4-3	RF放射電磁界イミュニティ
IEC 61000-4-4	ファーストトランジェント・バーストイミュニティ
IEC 61000-4-5	低速トランジェント・サージイミュニティ
IEC 61000-4-6	RF伝導妨害イミュニティ
IEC 61000-4-11	電圧ディップ、短期遮断、電圧変動、イミュニティ
CISPR 16	無線妨害測定装置・測定方法

表4 船用航海及び無線装置に関する国際規格

規格番号	規格名称
IEC 62388	RADAR/ARPA
IEC 61108	衛星航法機器
IEC 60945	船用航海および無線通信機器とシステム
IEC 61162	デジタルインターフェース
IEC 61174	電子海図 (ECDIS)
IEC 61097	GMDSS
IEC 61209	総合ブリッジシステム (IBS)
IEC 61924	総合航行システム (INS)
IEC 61996	航海記録装置 (VDR)
IEC 62238	国際VHF機器 (DSC)
IEC 62288	航海情報表示
IEC 62320	Non-SOLAS 船舶AIS
IEC 62287	AIS
CISPR 22	情報技術装置のエミッション
CISPR 24	情報技術装置のイミュニティ

3. 船舶と法令

3.1 はじめに

航海術が確立してから、船舶は世界中の国へ移動できる乗り物になった[26]。次第に定期航路が開拓されて人々の往来や物流が盛んになった。その一方で、船舶同士の衝突事故が増加したことから[27]、世界中に共通するルールが生まれた[28]。現代では、国際機関や多国間で結ばれる条約をはじめ、複雑な法体系へと進化している(図9)。

そこで、我が国が定めている船舶等に関する条約及び法律、並びに船舶の使用環境を定めた河川・海上等に関する法律を表5に示す。特に開発中の船舶ロボットを例に、我が国において船舶ロボットそのものが満たすべき法令(仕様に対する法令等)、制御する際に満たすべき法令(制御に対する法令等)、及び船舶ロボットを使用する際に満たすべき法令(使用に対する法令等)の3つを取り上げ、その概要を述べる。

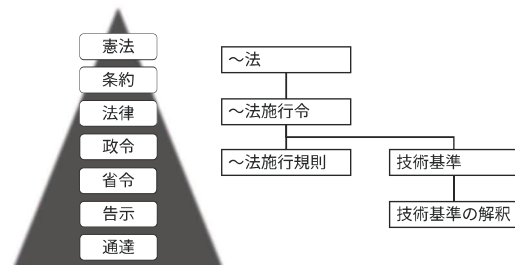


図9 我が国の法体系

表5 我が国の船舶等に関する主たる現行法令[29]

管轄	名称
内閣府	排他的経済水域及び大陸棚の保全及び利用の促進のための低潮線の保全及び拠点施設の整備等に関する法律
	水循環基本法
	海洋基本法
	海賊行為の処罰及び海賊行為への対処に関する法律
外務省	公海に関する条約
	国連公海漁協定
	国際海上交通簡易化条約
	国際海事機関条約
	国際満載吃水線条約
	海上における人命の安全のための国際条約
	海上人命安全条約
	海上航行船舶所有者の責任制限条約
	海洋法に関する国際連合条約
	海洋航行の安全に対する不法な行為の防止に関する条約
	海港の国際制度に関する条約
	海難に於ける救援救助についての規程の統一に関する条約
	船舶のトン数の測度に関する国際条約

農林水産省	船舶衝突についての規程の統一に関する条約
	船舶防汚方法規制条約
	通過の自由に関する条約
	領海及び接続水域に関する条約
	内水面漁業の振興に関する法律
	外国人漁業の規制に関する法律
	持続的養殖生産確保法
	排他的経済水域における漁業等に関する主権的権利の行使等に関する法律
	水産基本法
	水産資源保護法
	沿岸漁場整備開発法
	海洋水産資源開発促進法
	海洋生物資源の保存及び管理に関する法律
	漁業法
	漁港漁場整備法
	漁船法
	遊漁船業の適性化に関する法律
国土交通省	内航海運業法
	小型船舶の登録等に関する法律
	小型船造船業法
	水先法
	水路業務法
	水難救護法
	海上交通安全法
	海上衝突予防法
	海上運送法
	海洋汚染等及び海上災害の防止に関する法律
	海賊多発海域における日本船舶の警備に関する特別措置法
	港則法
	航路標識法
	船舶のトン数の測度に関する法律
	船舶安全法
	船舶油濁損害賠償保障法
	船舶法
造船法	
運輸安全委員会設置法	
領海等における外国船舶の航行に関する法律	
防衛省	重要影響事態等において実施する船舶検査活動に関する法律

3.2 仕様に対する法令等

船舶ロボットが満たすべき仕様は、一般にミニボートと呼ばれるカテゴリに属し、主に国土交通省が定める法律、及び外郭団体等が定める基準に詳細な要件が記載されている[30][31][32][33][34][35]。下表に、船舶ロボットに対する要求仕様の概要を示す。

表 6 船体に対する要求仕様の概要 [32][33][34][35]

項目	要求仕様
全長	3m 未満
全幅	0.9m 以上
乾舷 ²	0.23m 以上
船外機	1.5kW 未満 操縦者が船外へ転落したとき、自動停止すること
船外機重量	20 kg 以下
最大積載量	150 kg (75kg×定員2名) 以下
電源	24V 未満
直進性	十分に加速された状態で直進を行い、船首の上下運動(縦揺れ)及び左右運動(横揺れ)が増幅されないこと
旋回性	定常直進状態から、0.5 秒程度で左右それぞれ 90 度の旋回操作を行い、船舶の制御が失われず、横滑り・外傾斜が発生しないこと。また、浸水しないこと。
後進性	直進中に後進操作を行い、異常なく後進すること。また、浸水しないこと。
復原性	船体が水平となるよう 185kg の錘を搭載したとき、乾舷が0.05m 以上あること
不沈性	船体が水平となるよう 185kg の錘を搭載し、かつ海水を船内外と同一水面まで入れたとき、海水中に 18 時間以上浮かぶこと
灯火	7 knot 未満 全周灯 (白色) 7 knot 以上 全周灯 (白色) 右舷灯 (緑色) 左舷灯 (赤色)
旗	水面から 3m 以上の位置に、白旗を掲げることが望ましい
艀装	係船装置 パドルまたはオール (流出を防ぐ構造とすること) 直径 1.5cm 以上、及び全長 30m 以上のロープ 錨 航海用レーダー反射器 音響信号機器
標示	製造者の名称及び製造番号 最大搭載人員 最大許容馬力 生産国名 使用者向け注意事項

² 舷端から水面までの垂直距離

3.3 使用に対する法令等

下表に、船舶ロボットを使用する水域、気象・環境に対する要求仕様（法令）、及び船舶ロボットの性能から使用が制限される条件について示す。特に気象条件については、沿岸域情報提供システム（MICS：Maritime Information and Communication System）[38]などを確認し、水域の利用については、当該水域の管理者（漁協等）に問い合わせ、船舶ロボットを使用する前にユーザが確認する必要がある[36][37]。

表7 使用に対する要求仕様の概要 [33][34]

項目	要求仕様
航行区域	平水区域 湖、川及び港内の区域並びに法令に定められた51カ所の区域
	沿海区域 最強速力で2時間以内に往復でき、かつ沖合3海里以内であること
	その他 私有地の池等
航行時間	昼 特になし
	夜 法定灯火を使用すること
気温	特になし。ただし、流氷なきこと
湿度	特になし
気圧	特になし
波浪	0.5 m 以下。ただし、浸水しないこと
風速	4.0 m/s 以下
海流・潮流	2 knot 以下（船外機の出力による）
海水濃度	特になし

3.4 今後の課題

この船舶ロボットは、レーダーを装備しておらず、現状としては他の船舶や防波堤等の建造物が干渉することのない限られた水域での使用を想定している。今後、これらの機器を搭載して船舶コントローラに反映させることにより、海上衝突予防法及び港則法等に規定されている航法に沿った制御が可能となり、より広範囲な水域での利用が見込まれる。下表に、必要とされる制御に関する要求仕様を示す。

表8 制御に対する要求使用の概要 [30][31][33][39]

項目	要求仕様
追い越し	追い越し船は、追い越される船舶を確実に追い越し、かつ十分に遠ざかるまでその船舶を避けること

行会い	互いに他の動力船の左舷側を通過することができるように、それぞれ進路を右に転ずること
横切り	2隻の動力船が互いに進路を横切り、衝突の恐れがあるときは、他の動力線を見守る側の動力船は、当該他の動力船を避けること
障害物の航行	障害物を右に見る場合、船舶は障害物に寄りながら旋回（小回り）すること
	障害物を左に見る場合、船舶は障害物から離れて旋回（大回り）すること
優先領域	湾港の出入り口では、出船する船を優先すること
停泊・停留 禁止領域	多数の船舶が行き来する航路では停泊及び停留しないこと
進入禁止領域	定置網、養殖用生け簀、及びその他の保護区に進入しないこと

4. おわりに

本稿では、汎用自律移動コントローラをベースとした船舶コントローラと、船舶ロボットについて紹介を行った。これは、小型船舶の市場に新しい波紋を巻き起こすべく、意欲的な商品として設計されたものである。将来は、船舶ロボットによる内水面（養殖池）での自動給餌、海上での漁業支援、及び自動警備等の実現を目指していく。

謝辞

本研究の一部は、平成29年度筑波大学産学連携会筑波大学発ベンチャー助成金事業によった。

参考文献

- [1] 総務省統計局：第67回日本統計年鑑平成30年；(2018).
- [2] 国土交通省海事局：海事レポート2017；(2017).
- [3] 横河電子機器株式会社：オートパイロットシリーズ；
<https://www.yokogawa.com/jp-ydk/mr/marine/pilot/>
- [4] International Telecommunication Union: Technical characteristics for an automatic identification system using time-division multiple access in the VHF maritime mobile band; Recommendation ITU-R M.1371-4, (2010).
<http://www.allaboutais.com/downloads/AIS%20standards%20documentation/itu-m.1371-4-201004.pdf>
- [5] Marine Traffic;
<https://www.marinetraffic.com/>
- [6] 山田多津人：船舶の監視システム；電子情報処理学会「知識ベース」11群-2編-2章，pp.15-18, (2011).

- [7] 公益社団法人日本海難防止協会：北極海航路ハンドブック上巻；pp.109-118, (2000).
- [8] Rolls Royce: The Rolls-Royce led Advanced Autonomous Waterborne Applications Initiative; (2016).
<http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/ship-intel/aawa-whitepaper-210616.pdf>
- [9] 国土交通省 海事局：自動運航船に関する現状等；(2017).
<http://www.mlit.go.jp/common/001215815.pdf>
- [10] 一般財団法人日本船舶技術研究協会：自律型海上輸送システム研究委員会の発足；(2017).
<https://www.jstra.jp/html/post-210.html>
- [11] 古野電気株式会社：NAVipilot-711C; (2014).
http://www.furuno.com/files/Brochure/10/upload/NAVipilot711C_J.pdf
- [12] 古野電気株式会社：航行ルート生成装置、自動操舵システム及び航行ルート生成方法；特開 2016-080432, 特許庁, (2016).
- [13] マロール株式会社：オートパイロットシリーズ；
http://www.marol.co.jp/_src/5194/apz-20083j835e838d830mc0930a1.pdf
- [14] ASV Global: C-Worker 多用途 自動航行無人ボート；
<https://www.asvglobal.com/products/>
- [15] 日本小型船舶検査機構：平成 28 年度末における登録船（都道府県別・長さ別）；(2016).
http://www.jci.go.jp/jci/pdf/toukei/year_touroku_h2806.pdf
- [16] 古澤洋将, et al: 汎用自律移動コントローラの紹介；炎重工技報 Vol.1, pp.4-9, (2017).
- [17] 水産庁資源管理部管理課：漁船統計表 総合報告 第 69 号；(2017).
- [18] 池田良稲：船の科学；講談社, (2007).
- [19] 坂井文泰：GPS 技術入門；東京電機大学出版局, (2003).
- [20] 坂井文泰：GPS のための実用プログラミング；東京電機大学出版局, (2007).
- [21] Hofmann-Wellenhof, et al: GPS 理論と応用；シュプリンガー・フェアラーク東京, (2005).
- [22] Klobuchar, J: Ionospheric Effects on GPS; Global Positioning System: Theory and Applications, vol.1, pp.485-515, (1996).
- [23] Spilker, J.J.Jr.: Tropospheric Effects on GPS; Global Positioning System: Theory and Applications, vol.1, pp.517-546, (1996).
- [24] 内藤勲夫, et al: GPS 気象学；気象研究ノート, 日本気象学会, No.192, (1998).
- [25] 川崎豊彦：最新船舶の基本と仕組み；秀和システム, (2017).
- [26] H.-C. フライエスレーベン, et al: 航海術の歴史；岩波書店, (1983).
- [27] Wikipedia: 海難事故の一覧；
<https://ja.wikipedia.org/wiki/海難事故の一覧>
- [28] 国土交通省海事局：船舶六法；成山堂書店, (2018).
- [29] 電子政府の総合窓口 - 所管の法令・告示・通達等
<http://www.e-gov.go.jp/link/ordinance.html>
- [30] 国土交通省海事局：ミニボートに乗る前に知っておきたい安全知識と準備；
http://www.mlit.go.jp/maritime/senpaku/miniboat/miniboat_final_pdf_0127.pdf
- [31] 社団法人日本舟艇工業会：ミニボートの基礎知識；
<http://www.marine-jbia.or.jp/miniboat-basic-knowlege.pdf>
- [32] 一般社団法人日本マリン事業協会：ミニボート技術指針（リジッドボード）；
<http://boating-japan.jp/what/mini/pdf/guideline-rigid.pdf>
- [33] 国土交通省：海上衝突予防法施行規則；
- [34] 国土交通省：船舶安全法施行規則；
- [35] 国土交通省：小型船舶安全規則；
- [36] 日本小型船舶検査機構：超小型舟艇等の安全性に関する調査研究報告書；(2010).
http://www.jci.go.jp/jci/pdf/chousa/h22_miniboat.pdf
- [37] 海上保安庁：ミニボートを安全・快適に楽しむために；
<http://www.kaiho.mlit.go.jp/04kanku/nagoya/miniboat/miniboat.pdf>
- [38] 海上保安庁：海の安全情報；
<https://www6.kaiho.mlit.go.jp>
- [39] 国土交通省：港則法；

電気刺激を用いた汽水及び 海水生物群の誘導制御の取り組み

古澤 洋将 *1 林 兼芳 *2

Efforts towards Research of brackish and sea water' s guide by Electric Fish-Cluster Control

Yosuke Furusawa*1, Kaneyoshi Hayashi*2

Abstract - Focusing on bio-electro signals, we efforts towards research of brackish and sea water environments that guide of fish-cluster by electric systems. We developed new electrode and control algorithm.

Keywords: brackish water' s guide, sea water' s guide, fish-cluster control

購入者限定

本ページはご購入後の本誌にてお楽しみください。



購入者限定

本ページはご購入後の本誌にてお楽しみください。

電気刺激を用いた水中生物群の 分離制御の取り組み

古澤 洋将 *1 佐々木 義一 *2

Efforts towards Research of separation control by Electric Fish-Cluster Control

Yosuke Furusawa*1, Gichi Sasaki*2

Abstract - Focusing on bio-electro signals, we efforts towards research of separation control technology and system that guides of one of large and/or small fish-cluster.

Keywords: separation control, fish-cluster control

購入者限定

本ページはご購入後の本誌にてお楽しみください。



購入者限定

本ページはご購入後の本誌にてお楽しみください。

執筆者紹介

古澤洋将（ふるさわ ようすけ）

岩手県滝沢村出身、1982年生。大型・大特・牽引自動車運転免許、1級小型船舶操縦士、危険物乙種全種取扱者、第四級アマチュア無線技士などの資格を保有。筑波大学大学院システム情報工学研究科を修了し、CYBERDYNE 株式会社に入社。ロボットスーツHAL福祉用及び医療用の電装系設計に従事。各種認証取得、製品上市を経験する。東日本大震災を機に退職・帰郷し、炎重工株式会社を設立。

阿部房雄（あべ ふさお）

秋田県鹿角市出身、1951年生。東京商船大学商船学部航海科を修了し、船会社に入社してVLCCの船長等を経験した後、2003年旧海難審判庁に入庁し、理事官、審判官、及び運輸安全委員会 首席船舶事故調査官を勤め、2017年退官。

林兼芳（はやし かねよし）

北海道帯広市出身、1941年生。東京農工大学大学院にて有機・無機複合体の電気的性質を研究し、工学博士。ゴム会社に入社後、テレビ部品、自転車タイヤチューブ、ゴム継手の開発に従事。1980年、株式会社サンケイ技研を設立。海外企業の技術指導を行いながら各種ゴム継手、PTFE継手を開発、製造、販売。ゴム配合や継手等、特許を多数取得。

佐々木義一（ささき ぎいち）

岩手県山田町出身、1940年生。漁師。15歳の頃より漁に出て、60年以上のキャリアを持つ。東日本大震災で漁船を失うも、現在は新たな船と共に漁に出る日々。



炎重工株式会社
HOMURA HEAVY INDUSTRIES

会社概要

会社名：炎重工株式会社 (Homura Heavy Industries Corporation.)

代表取締役：古澤 洋将 (Yosuke FURUSAWA)

本社所在地：〒020-0633 岩手県滝沢市穴口 408-10

T E L : 050-7117-5702

F A X : 019-618-7562

M a i l : info@hmrc.co.jp

W e b : <https://www.hmrc.co.jp/>

資本金：3,400万円 (資本準備金を含む)

取引銀行：三菱東京UFJ銀行 本店
岩手銀行 滝沢支店
盛岡信用金庫 本店

設立：2016年2月25日

事業内容：(1) 製品の企画・開発・生産・販売・保守・賃貸・受託・
輸出入・コンサルティング業
(2) 労働者派遣事業法に基づく一般労働者派遣事業、
特定労働者派遣事業
(3) 書籍、記事等の執筆・出版・印刷業
(4) 上記に付帯し、または関連する一切の業務

沿革

2013年01月 屋外ロボットの開発開始

2016年02月 炎重工株式会社を設立

2017年01月 生体群制御付き水槽 アクトリウムを発売

2017年03月 資本金を3,400万円に増資 (資本準備金を含む)

2017年07月 炎重工技報を創刊

2017年10月 船舶ロボットを公開

表紙について

表紙の数式は、1916年に発表されたアインシュタイン方程式と、1916年にシュバルツシルトが発表した方程式の解です。アインシュタイン方程式は、物質及びエネルギーにより、その周囲の時空がどのように歪むのかを示しています。シュバルツシルト解は、アインシュタイン方程式を以下の条件下で解いたものです。

- 1) 球対象
- 2) 静的でかつ時間変化がない
- 3) 真空

これにより、星々の重力下における時間の遅れや、ブラックホールでのシュバルツシルト半径などの導出に用いられます。

1905年に、アインシュタインが特殊相対性理論を提唱するまでは、重力理論はニュートンによって示された万有引力の法則によって説明されていました。万有引力によって示される重力理論の世界では、時間や空間は絶対的な物理上の概念として扱われています。アインシュタイン方程式により、時間や空間が変化しうることが説明されるとともに、今まで概念だったそれらが物理として扱う対象となりました。

普段私たちが生活する空間では、これらの変化は意識することはありませんが、星のような巨大な物質においては有意となります。シュバルツシルト解の拘束条件は、アインシュタイン方程式を星及び宇宙空間に適用したものです。実際に、宇宙空間を高速に移動する人工衛星と地球上の時計ではズレが生じるため、これらの計算式を基に補正を行っています。

本号では、現代の物理学及び工学分野の基礎の一端を築いたアインシュタイン及びシュバルツシルト両名に敬意を表し、また現代のロボティクス・AIなどによる社会・技術革新への期待を込めて表紙のデザインとしました。

炎重工技報

Homura Heavy Industries
Technical Review

Vol.2
2018

2018年06月20日 初版第1刷発行

発行人：古澤洋将

発行所：炎重工株式会社

〒020-0633 岩手県滝沢市穴口408-10

TEL:050-7117-5702

FAX:019-618-7562

Mail:info@hmrc.co.jp

<https://www.hmrc.co.jp/>

デザイン：辻元気（株式会社ホップス）

印刷・製本：川嶋印刷株式会社

- ◆定価は表紙に表示してあります。
- ◆乱丁本・落丁本はお取り替えいたします。

©2018 Homura Heavy Industries Corporation.
Printed in Japan



定価： **4,860円** (税込)

炎重工株式会社

Homura Heavy Industries Corporation.
<https://www.hmrc.co.jp/>