



Title	Design and Development of an Autonomous Robotic Platform for Detecting, Monitoring and Tracking of Oil Spill on the Sea Surface
Author(s)	Rathour, Swarn Singh
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/59602">https://doi.org/10.18910/59602</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

## Abstract of Thesis

Name ( RATHOUR SWARN SINGH )	
Title	Design and Development of an Autonomous Robotic Platform for Detecting, Monitoring and Tracking of Oil Spill on the Sea Surface (海面の流出油の検出、モニタリング、追跡を行う自律型浮遊式ロボットの設計と開発)
<p><b>Abstract of Thesis</b></p> <p>In this study, development of an autonomous robotic platform for oil spill tracking on the sea surface has been carried out. The research can be broadly classified into three parts:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clustering based decision algorithm.</li> <li>• Weather based Guidance and control algorithm.</li> <li>• Experimental results           <ol style="list-style-type: none"> <li>1. To characterize the drift behavior of the robot</li> <li>2. To validate the control and decision algorithm.</li> </ol> </li> </ul> <p>After the 2010 Deepwater Horizon accident, environmental regulations shifted to a more goal-oriented approach that required risk management plans for controlling site-specific risks. With the aim of aiding mitigation efforts, in mapping and simulating the transport of the discharged hydrocarbon this paper proposes an autonomous surface vehicle (ASV) equipped with an laser fluorescence oil detecting sensor, propelled by wind and water currents for the long-term monitoring of spilled oil on the ocean surface. The main objective of our tracking and predicting system is to allow an ASV to automatically follow a drifting oil slick and to continuously return positioning and hydrographic data to the operation base. An ASV equipped with an oil detection sensor can get closer to the oil–water interface to detect oil with greater accuracy and can continuously track the spilled oil. Such a technology, coupled with satellite and other forms of data, would facilitate the coordination of recovery operations because the data collected would better inform oil-drifting simulations, thus making it possible to predict precisely where the oil spill will travel. ASVs have the advantage of being able to track oil slicks during night when aerial surveillance of the sea surface and oil spill is impossible, thus providing a mechanism for the continuous and accurate geolocating of oil slicks.</p> <p>The thesis is composed of 9 chapters:</p> <p>Chapter 1 introduces the context of the backgrounds of the research. Firstly, it explains the impact of oil spills on the marine ecosystem and briefs the main problem to plan a mitigation plan. Secondly, it gives a brief overview of the ocean surface oil spill monitoring solutions and their drawbacks. Thirdly, the objective and overview of this thesis are described sequentially. Finally, the main contributions of the work are summarized.</p> <p>Chapter 2 delineates the design of a new ASV, SOTAB-II, including embedded system, actuators, sensors used in SOTAB-II. It also gives an overview of the software architecture designed for operating and autonomous control of SOTAB-II.</p> <p>Chapter 3, describes the prediction and derivation of the hydrodynamic parameter of the SOTAB-II hull used for model parameter identification and controller design, for the development of non-linear steering and maneuvering model of SOTAB-II.</p> <p>Chapter 4, deals with the water current sensor and the oil sensor calibration. It delineates the experimental setup for calibrating the oil sensor and the water current sensor.</p> <p>Chapter 5, delineates the decision algorithm for oil spill monitoring. A generalized clustering algorithm is introduced to deduce target heading for the ASV. Further for guidance and control of the ASV, a Gaussian based cluster filtering approach is proposed. The cluster filtering algorithm can easily be modified to filter out newborn slicks due to weathering and breaking-up of oil slicks. This could be exploited to encircle the oil spill using multiple SOTAB-II, thus providing real-time oil slick spread data.</p>	

Chapter 6, briefs the weather routing algorithm for navigation of SOTAB-II taking note of physical constraints of SOTAB-II. The use of wind and water current for propulsion of the SOTAB-II poses a significant limitation, as the vessels lose its propulsive force from the environment as it enter “no-go-zones” (i.e., in the direction from which the wind is coming). To deal with such situation, the physical constraints of the SOTAB-II have been taken in account to allow for the computation of feasible maneuvering headings for sailing to avoid sailing upwind (i.e., in the direction from which the wind is coming).

Chapter 7 and 8 discuss the experimental outcomes of the decision making and control algorithm designed for guidance and navigation of SOTAB-II for tracking of simulated oil slick. Chapter 7 describes the pond experimental results. Chapter 8 describes the sea experiment. Three set of experiments were carried out, firstly free drifting experiments were performed to characterize the drifting behavior of the SOTAB-II with respect to wind and water current. Subsequent velocity control experiments were conducted on SOTAB-II to prove the effectiveness of sail and rudder in controlling the speed of SOTAB-II within the desired range and controlling the heading direction within the desired limits. Finally, experiment were carried out to validate the control algorithm designed for keeping SOTAB-II with the largest cluster of simulated oil spill, and the effectiveness of the control algorithm in bringing back SOTAB-II within the simulated oil spill in case if it loses the track of oil spill.

Finally, in chapter 9 we summarize the main conclusions as well as the future works based on the previous chapters are presented sequentially.

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( CHOYEKH Mahdi )		
	(職)	氏 名
論文審査担当者	主 査	准教授 鈴木 博 善
	副 査	教 授 戸田 保 幸
	副 査	教 授 長谷川 和 彦

## 論文審査の結果の要旨

海底の油やガスの生産施設の事故により流出した油やガスは、海洋環境や人間生活に多大な被害をもたらす。このような深海から放出される油やガスによる被害を防ぐには、海底生産施設からの油やガスの流出の早期発見や定期的なモニタリングが有効である。このモニタリングシステムを用いれば、化学物質の検出や海洋データの収集による対象海域の迅速な点検ができ、油やガスの挙動シミュレーションの精度向上につながる。海底生産施設まわりで化学物質の検出や海洋データの収集を行い、重油やガスのプルームの追跡を行うSOTAB-Iと呼ばれる自律型水中ロボットを開発している。

新しいタイプの自律型水中ロボットの開発には、二つの観点からの技術的評価が必要である。一つは、ロボットの誘導制御性能であり、もう一つは、データ取得性能である。この論文は、それらを議論するため、ロボットのソフトウェアの開発、ロボットの航法、ロボットの誘導制御、海洋物理と溶解物質に関する海水調査に焦点を絞っている。

この論文は6章から成り立っている。

第1章は、本論文の背景を述べている。最初に、油流出とガス噴出の環境と海洋生物への影響を説明し、その被害を抑えることを目指したSOTABプロジェクトの役割を述べている。そして本論文の目的と概要を順次、述べている。最後に、本研究の主な役割を要約している。

第2章は、水中ロボットSOTAB-Iのハードウェアとソフトウェアの概要を述べている。最初に、SOTAB-Iの概要とその一般的な特性を述べている。次に、SOTAB-Iのソフトウェアの構成とそのアルゴリズムを説明している。特に、母船側とロボット側の両方に開発されたグラフィカル・ユーザ・インターフェースの設計について、述べている。最後に、水中ロボットが水中にいる場合、ユーザと水中ロボットとの間の通信を確かなものにするために開発した水中音響通信プロトコルについて、説明している。

第3章は、SOTAB-Iの航法を扱っている。航法で用いるセンサーの主な特性を述べ、その性能を評価している。次に、SOTAB-Iの航法の領域を定義し、それぞれの領域に用いるセンサーや水中ロボットの追跡方法を列挙している。最後に、センサーデータの融合に使われるカルマンフィルターの予測とフィルター特性を述べている。

第4章は、水中ロボットの誘導制御を議論している。最初に、誘導制御の構成、運用モード、領域、制御プログラムの優先順位の定義をしている。次に、深度制御と高度制御のアルゴリズムと翼制御の効果を議論している。水中ロボットの運用中に、ソフトまたはハードに欠陥があれば、海底への危険な接近につながるため、そのような欠陥にからず、優先的に海底との衝突回避を行うアルゴリズムを示している。最後に、水中ロボットの異なる条件下でのバッテリーの電力消費を算定するために、水中ロボットの各部分の電力消費について調査している。

第5章は、海洋物理と溶存物質に関する海洋計測の結果を示している。最初に、海洋計測のセンサーの特性や海洋物理と溶存物質に関するデータ処理について述べている。次に、浅海域ではアメリカのメキシコ湾、深海域では富山湾での海洋実験について述べている。

最後に、第6章は、主な結果をまとめ、今後の課題を示している。

以上のように、本論文は、海底生産施設からの油やガスの流出の早期発見や定期的なモニタリングを行う自律型水中ロボットについて、水中ロボットの運用と調査の観点から、海洋実験による検証を通して、そのソフトウェア、航法、誘導制御に関する開発研究や、水中ロボットを用いた溶存化学物質の検出や海洋データの収集に関する研究を行い、提案したロボットの有用性を示している。このように、本論文はこれまでの水中ロボットの研究に対して新しい知見を与えており、深海からの油やガスの流出による海洋汚染の防止にも貢献するものと評価される。

よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。