

氏名	大 畑 智 海		
学位の種類	博 士 (工学)		
学位記番号	生工博甲第59号		
学位授与の日付	平成19年3月23日		
学位授与の条件	学位規則第4条第1項該当		
学位論文題目	沿岸域における観測を目的とした小型水中ロボットシステムの開発に関する研究		
論文審査委員	主 査	教 授	粟 生 修 司
		”	石 川 眞 澄
		”	永 松 正 博
		”	林 初 男
		”	山 川 烈

### 学 位 論 文 内 容 の 要 旨

海洋は、未発見の種や遺伝子、レアメタル等の資源の宝庫であること、地球物理学解明への糸口として期待されている。日本近海においても、マンガン団塊や熱水鉱床などの鉱物資源、海底油田やメタンハイドレートなどのエネルギー資源の発見が相次いでいる。しかしながら、海洋開発や科学的調査等、人類に大きな利益をもたらすが、直接人類が接近するには危険な環境であるため、ロボットに代表されるような無人機械の開発が期待されている。1990年代に入ってから沿岸域におけるアーキアの発見にみられるように、沿岸域から深海に至るまで未知のフロンティアである。

水中ロボットのミッションにおいて、潜航深度が大きければ、システム規模が大きくなってしまふ。このような水中調査システムは、専用のクレーンが搭載された支援母船、多くの技術者が必要であるなど調査の内容に関わらず大規模なシステムが必要となる。以上のようなシステムは、大洋で調査、観測する場合には必要であるが、沿岸域での観測ではロボット自身が小型であれば、陸上から近いという意味でこのような専用の支援母船は必要としない。従って沿岸域を対象とした作業を行うロボットシステムは規模を小さくすることができる。次に日本においてこのようなシステムがどのような場面で活用可能であるか考えてみる。日本は、島国であり昔から漁業の盛んな国であった。リアス式海岸などの地形を利用した防波堤や消波ブロックなど多くの構造物が建設されている。防波堤は、漁港としてだけではなく、自然災害から国土を守る重要な役割を担っている。これらは、昔から漁港周辺に漁村を形成し、生活してきた漁師により管理、維持がなされてきた。一方で、近年漁港などでは、過疎化が進み、漁業人口が減少している。それに伴って今後は、防波堤などの管理が不十分な地域が発生するのは必定である。沿岸域をしてみると、さんご礁の白色化現象、オニヒトデの大量発生などそれほど大水深ではないが広範囲におよぶ調査、観測が必要となってきた。これらの調査に大規模なシステムを適応することは、効率性を考えると望ましいものではない。そこで本研究では、沿岸域での作業を行うシステムの開発を考えている。またこのシステムは、沿岸域のさまざまな作業に対応でき、輸送が簡易である必要がある。沿岸域での作業としては、防波堤などの水中構造物の観測、さんご礁の観測などの広範囲におよぶ作業が考えられる。従って本研究で考えるシステムは、水中構造物の詳細な調査等は、ROV(Remotely Operated Vehicle)で行い、広範囲の調査等は AUV で行う、というようなロボットシステムで実現することである。さらには、調査以外にも潜水士の監視、および補助等まで可能なシステムの実現を目指す。

本論文の第1章では、以上のような研究背景について述べるとともに近年、行われている水中ロボットの開発状況についてのサーベイを紹介している。本研究の目的は、前述した社会的なニーズに対応することおよび水中ロボットの小規模化、モジュール構造により水中ロボットの形体を変化させるなど、現在までにはない技術への挑戦を行うことであり、水中ロボット分野におけるロボット技術の新たな形態の提案である。

第2章では、新たに開発した水中ロボットシステムの要素技術について述べる。具体的には、開発した遠隔操縦型水中ロボット“AquaBox I”、自律型水中ロボット“AquaBox II”、“AquaBox III”について述べる。これらのロボットは、第1章で設定したコンセプトを満たす設計仕様としている。開発したロボットは、アルミニウムの耐圧容器を採用し、最大水深50[m]までとなっており、実海域での運用を想定した設計となっている。また各パーツは、モジュール化され、ロボットをフレーム構造とすることで、ミッションに応じてロボットの形体を簡易に組み替えることが可能となっている。それぞれのロボットは、パーツを最適化することによりシステムの小型化に成功し、システムの規模を大人二人で運用できる程度とすることを可能としている。

第3章では、開発したロボットの基本性能評価について述べている。水中では、流速などの外乱が常にロボットに対して働いている。このような環境化でロボットの姿勢を一定に保つことは、水中ロボットにとっては基本性能といえる。この基本性能を満たすためのコントローラを開発し、性能評価実験を行った。性能評価実験としては、各運動モードに対する制御実験、経路追従実験、超音波距離センサを利用した障害物回避実験である。評価実験の結果、開発したロボットは、姿勢制御、障害物回避など水中ロボットにとって基本的な仕様を満たしていることを確認している。また実海域においてミッションを遂行するための基本的な性能を満たしていることも確認している。

第4章では、開発したロボットを利用しての水中調査およびロボットのアプリケーションについて述べている。まず水中調査の第1段階として、観測装置の開発を行っている。その観測装置の評価を既存の水中ロボットに搭載し、実海域における有効性を評価し、次に開発した観測装置をAquaBox Iに搭載し、岩手県釜石港で水中調査を行っている。また、取得したから画像データからモザイク画像を生成し、調査結果とした。AquaBox II、IIIに関しては、ロボットのアプリケーションについて述べている。

第5章では、本研究の考察および結論について述べる。本研究は、水中ロボットシステムの小規模化、運用の効率化、新たな海洋調査のツール開発を目指した新たな分野への挑戦である。このような研究は、現在のところあまり注目されておらず、ほとんど研究されていない状況である。しかしながら、大規模化、大水深化する港湾構造物の保守作業など、港湾工事の安全性、効率性の向上、地球温暖化による珊瑚礁等の生態系への影響調査、海底に沈む海底遺跡、海底洞窟の調査など海洋考古学、海洋地質学に至るまで社会的ニーズは、増加してきている。これは水中ロボットの技術が向上しているために発生したニーズであり、今後さらに拡大することが予想される。これらの社会的ニーズへの対応のひとつとして本研究が挙げられる。一方、本研究による学術面の利益は、沿岸域での活動を目的とした水中ロボットシステムの開発という現在まであまり研究が行われていない、新たな分野の開拓をおこなった。この背景には、近年のコンピュータ技術の発展により、コンピュータの小型化、高機能化が実現し、それらを安価に手にいれることができるようになったことによるものである。従って、今後さらに活発な研究開発が行われていくことが予想されるものであり、本研究はそれらのパイオニアのひとつである。次に、現在開発され運用されている自律型水中ロボット(AUV)は、様々なミッションを行うことができるシステムとなっている。従って、各々のミッションに対してロボットシステムの冗長な部分が発生することは避けられない。この理由として、水中という環境が関係してくる。それは、AUVを考えた場合、電子機器、電源等は水や圧力から保護された密閉容器に搭載する必要がある。またそれらから出力するコネクタについても耐水圧のコネクタを必要とするなど、一度設計し、製作すると簡単に変更することは困難である。従って、一度開発されたロボットの筐体は変更されることなく様々なミッションを遂行するのである。これは、水中ロボットの役割が簡単な軽作業、主に観測、調査などに限られていたからで、形状は冗長性を持たせたもので許されてきた。しかしながら、水中ロボットの技術も向上し、目的に応じたロボットの必要性が生まれてきた。このニーズに答える方法として、目的に応じたロボットを複数台所有することであるが、コスト面から考えて現実的ではない。そこで本研究では、現在まで行われていなかったロボットの形態を提案している。それは、各パーツをモジュール化してロボットをミッションに応じて組み替えるということである。本研究では、ロボットの形状を組み替えることが可能となるように設計し、ひとつのシステムでROV、AUVに変更できるシステムを有している。このことに関しても現在の水中ロボットでは、研究されておらず、本研究によって新たな研究分野の開拓ができるのではないかと考えている。

本研究が社会的、学術的にどのような利益をもたらすか、今後の展望を含めて述べて結びとしている。

### 学位論文審査の結果の要旨

本論文に関し、調査委員から小型化の困難な理由や、開発した水中ロボットの違い、マイクロロボットへの応用などについて質問がなされたが、いずれも著者から満足（明確）な回答が得られた。また、公聴会においても、多数の出席者があり、種々の質問がなされたが、いずれも著者の説明によって質問者の理解が得られた。

以上により、論文調査及び最終試験の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。