

Title	海岸および港湾整備にかかる水中作業の無人化に関する研究
Author(s)	田中, 敏成
Citation	大阪大学, 2010, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/57454">https://hdl.handle.net/11094/57454</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

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

Osaka University

氏名	田中敏成
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第24089号
学位授与年月日	平成22年3月23日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	海岸および港湾整備にかかる水中作業の無人化に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 加藤 直三 (副査) 教授 長谷川和彦 教授 戸田 保幸 教授 八木 康史(産業科学研究所) 教授 川村 貞夫(立命館大学理工学部)

## 論文内容の要旨

建設作業の多くは、自然環境下における作業であったり、作業対象そのものが自然物であったり、あるいは人工物であっても作業の進展によってそれらが変化してゆくことから、作業現場ではこれらに対応して多岐にわたる複雑な作業が要求される。これは作業条件の設定や作業の規格化が比較的容易な製造業の工場内などとは大きく異なる点であり、建設業が人力に大きく拠らなければならない一因となっている。とりわけ海岸や港湾整備にかかる水中作業では、海域の透明度、入り組んだ構造物、波浪や潮流等による外乱など様々な条件に制約されていまだ機械力の導入自体が限定的であり、潜水士による水中作業に大きく依存しているのが現状である。しかしながら、長時間の潜水作業は肉体への負担が大きいことから、その労働条件は陸上に比べて過酷な面が多い。また、港内では行き交う船舶も少なくないことから危険の察知や回避が必ずしも容易ではない。ひとたび事故が起これば生命に関わる重篤な事態になりかねないことから、水中作業の無人化はこれらの諸問題に対する根本的な解決手段といえる。

本研究では以上の現状を鑑み、海岸および港湾整備において実施される「浸食海岸の陸上部から砕波帯や水中部までの地形を計測する汀線測量作業」と「海象条件の厳しい沖合に設置された海洋浮体構造物GPS波浪計の係留装置の点検作業」を例にとり、これらの作業の無人化手法の研究開発を行った。ここでは、現場の作業条件を考慮して機器の仕様や性能を決定し、検証用の一連のシステムを構築して現地や大型水槽にて実機レベルの作業試験を実施した。同時に、これらの無人化手法の実現に向けた一連の過程を詳細に示すことで、今後実施される同様の取り組みに資することを目的とした。

本論文の第1章では、人力に依存する水中作業の観点から、本研究が行われた背景と目的について簡潔に述べた。第2章では、建設業における労働災害の現状を示すと同時に、海岸や港湾整備における水中作業の現状を示した。特に水中作業の現状については、海岸整備や港湾整備で行われている水中作業を挙げて本研究の位置づけを示すと同時に、いくつかの水中作業事例とそれらの無人化の試みについて紹介した。第3章では、本研究で実施した浸食海岸の汀線測量作業の無人化手法の研究開発について述べた。これは、レベル測量のスタッフマンに代わって、水陸両用型歩行ロボットをプリズマンとして導入する自動汀線測量システムの研究開発である。ここでは、特徴的な水陸両用型歩行ロボットの開発過程について述べ、その実海域試験機による海浜での汀線測量試験の結果を示した。第4章では、本研究で実施した係留装置の点検作業の無人化手法の研究開発について述べた。これは、海象の厳しい沖合の原位置において、GPS波浪計の係留鎖の残存寸法を計測する係留装置点検システムの研究開

発である。ここでは、原位置計測を実現する画像計測機能と、遠隔操作を補助する光学誘導による点検対象物の追尾機能を備えた半自律型水中ビークルについて述べ、その水槽試験機による大型水槽内での一連の模擬作業試験の結果を示した。また、水槽試験および現地調査の結果に基づいた実海域試験機の主な構成と仕様の検討結果を示した。第5章では、本研究における2つの水中作業の無人化手法の取り組みで得られた結果を取りまとめた。

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、国土交通省港湾局が担務する海岸および港湾整備事業における水中作業の事例を示し、安全性や効率性の観点から「① 浸食海岸の汀線測量作業」、「② 海洋浮体構造物の係留装置の点検作業」の二種類の作業についてそれぞれの陸上や船上から機器の遠隔操作による水中作業の無人化手法を提案し検証している。

第1章では本研究が行われた背景と目的について簡単に述べている。第2章では海岸および港湾整備における水中作業の現状について、作業事例を挙げて、それらの陸上や船上から機器の遠隔操作による水中作業の無人化に向けた現状の課題を述べている。第3章では海岸整備にかかる水中作業の無人化手法の開発に関して、「① 浸食海岸の汀線測量作業」を事例として、人間に代わって海浜の干出部から水中部までの連続的な測量作業を実現することを目的として、スタッフマンに代わって水陸両用型歩行ロボットを測量時のプリズマンとして利用する自動汀線測量システムを提案し、実海域試験機を構築して海浜で測量試験を実施している。主要部品の防水モジュール化および海浜の地盤支持力を考慮した足部接地圧の設計により水陸両用型歩行ロボットを実現している。この研究によって、測線の計画から海浜の横断測量の実施、断面図やコンター図の作成までの一連の作業を現地海岸で実施し、提案手法の妥当性を示し、汀線測量システムとして、必要十分な測量精度を確認している。第4章では港湾整備にかかる水中作業の無人化手法の開発に関して、「② 海洋浮体構造物の係留装置の点検作業」を事例として、海洋浮体構造物としてGPS波浪計を取り上げ、これを陸揚げすることなく水中部無人でその係留索の点検作業を実現することを目的として、画像計測機能と観測画像の横振れ低減のための光学誘導による点検対象物の自動追尾機能を有する有索の半自律型水中ビークルを用いた海洋浮体構造物の係留装置点検システムを提案し、水槽試験機を構築して大型水槽内で係留鎖の残存寸法を計測する模擬作業試験を実施している。半自律型水中ビークル上では自律制御と気中からの遠隔操作を複合した操作インタフェースを実現し、波による外乱環境下における点検対象物の捕捉と追尾にかかる煩雑な操作の軽減を図っている。また水槽試験や現地調査の結果から、作業条件や実海域試験機の主要な構成と仕様を設定している。特に、その前進速力については、運用を想定する海域の各流速値の出現頻度を加味して適切に設定している。第5章は結論として、研究の総括をするとともに、今後の応用展開を展望している。

従来からの防波堤や空港などの新規施設の整備に加えて、高度経済成長期に整備された多くの施設が耐用年数に近づいている現在、アセットマネジメントの観点から既設の水中施設に対する膨大な点検・診断、維持・補修作業の発生が予想される。これらの作業の増加に伴い作業内容は一層多岐にわたることとなるが、これらを安全かつ効率的に実施することがこれまで以上に求められることとなる。これは作業条件の設定や作業の規格化が比較的容易な製造業の工場内などとは大きく異なる点であり、建設業が人力に大きく拠らなければならない一因となっている。とりわけ海岸や港湾整備事業にかかる水中作業では、海域の透明度、錯綜する構造物、波浪や潮流等による外乱など様々な条件に制約されて、いまだ機械力の導入自体が限定的であり、潜水士による水中作業に大きく依存しているのが現状である。しかしながら、長時間の潜水作業は肉体への負担や生命の危険性が大きいことから、その労働条件は陸上に比べて過酷な面が多い。また、港内では行き交う船舶も少なくないことから危険の察知や回避が必ずしも容易ではない。陸上や船上から機器の遠隔操作による水中作業の無人化はこれらの安全性や効率性の問題に対する必要不可欠な手段といえる。本論文は、海岸整備および港湾整備にかかる問題を解決するため、水中作業の無人化手法を提案し、水槽試験や運用試験を通してそれらの有効性を検証している。その内容の重要な部分は以下の通りである。

(1) 「浸食海岸の汀線測量作業」における無人化手法では、防水モジュール構造を採用した水陸両用型歩行ロボットと自動追尾尾トータルステーションで構成される自動汀線測量システムを提案し、現地試験から提案手法の妥当性を検証し、汀線測量システムとして、必要十分な測量精度を有することを明らかにしている。

(2) 「海洋浮体構造物の係留装置の点検作業」における無人化手法では、画像計測機能、光学誘導機能、および遠隔操作と自律制御を複合した操作系を有する係留装置点検システムを提案し、水槽試験から波による外乱環境下においても点検対象物の自動追尾機能を実現し、その観測画像の横振れ量の低減を図れることを明らかにしている。

以上のように、本論文は、想定する現場の作業条件を考慮して要求される装置の仕様や性能を決定して、それらをもとに陸上や船上からの機器の遠隔操作による水中作業の無人化システムを構築したのちに、実作業を想定する現地や大型水槽にて実機レベルの作業試験を実施して提案手法の妥当性を検証するまでの提案手法の実現過程の検証を行っている。システムに見られる独創的な各種工夫と、結論に見られる新しい成果は、今後実施される同様な海岸および港湾整備事業における陸上や船上からの機器の遠隔操作による水中作業の無人化に対する取り組みに資するところが大きく、海洋技術の発展に貢献するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。