

氏名	照屋 市朗
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第 7289 号
学位授与の日付	2025年 3月 25日
学位授与の要件	環境生命科学研究科 環境科学専攻 (学位規則第4条第1項該当)
学位論文の題目	港湾における ICT 施工のためのモニタリング手法の研究
論文審査委員	准教授 吉田 圭介 准教授 木本 和志 教授 西山 哲
<b>学位論文内容の要旨</b>	
<p>水島港は国際バルク戦略港湾に指定され、大型船航行の航路を確保する浚渫工事が必須であるが、環境問題から新たな浚渫土処分場の建設は困難で、圧密促進による減容化工事によって土砂処分場の延命化を図ることで浚渫工事が継続されているのが実態である。今後水深-14mを見据えた航路整備計画が求められおり、既存の土砂処分場の残余量の把握は喫緊の課題である。浚渫から土砂処分場までの一連の施工を効率的に実施するためには、省人化を図りながら生産性を向上させる施工工程の ICT 化を進め、さらに土砂処分場の水深データから算出される残余量を適切に管理することが必要であるが、水島港では、1400m×400mという広大な処分場に対して、水位計や多大な人的労力を必要とするレッド測量に頼っているため、面的かつ正確に水深を把握することは難しく、おおよそのデータで管理しているのが現状である。航路整備が本格的に進み始めると、浚渫土を捨てながら、リアルタイムに残余量の把握が必要となるため、迅速に簡便な計測方法の確立が必要となる。このような背景を鑑み、本研究では、浚渫および浚渫土砂処分場におけるより効果的な施工モニタリング手法として、ASV (Autonomous Surface Vehicle) 計測技術および UAV グリーンレーザ計測技術の活用を検討した。ASV に関しては、これまでの有人船を使った測深データの不確かさを考慮して、統計的に尤もらしい測深データを自動的に選択する CUBE (Combined Uncertainty and Bathymetric Estimator) アルゴリズムを適用するに当たって、ノードやキャプチャー距離といった解析パラメータの設定が ASV でも適用できることを実証した。また解析の原理通り、有人船によって取得されたマルチビーム測深データを手動によって解析する従来の手法と比較して深い水深値が算出される傾向になるが、その相違は要求される精度の範囲内にあることを明らかにし、さらに有人船を用いて手動で解析する場合と比較し、ノイズ除去の自動化を含めて、ASV と CUBE アルゴリズムによるデータ処理を組み合わせることの効果をコストの観点より定量的に示した。またマルチビーム測深による膨大な容量のデータ処理として、水路測量の結果を更新してヒートマップに表現する自動アルゴリズムを検討した。本研究では、点群間の距離が大きくなる浚渫前後の状態に対して、その変化量を可視化できるアルゴリズムを考察し、その効果を実現場のデータを用いて示すことができた。このように ASV を用いることによる浚渫工事のモニタリングの作業の効率化を実現するためのデータ処理法を具体化することができた。さらに UAV 計測に関して、グリーンレーザを照射するスキャナを搭載した UAV を使った減容化施工のモニタリング技術の実用化を試みた。具体的には、UAV の自己測位に PPK 方式の後処理キネマチック法を導入し、調整点を設置することなく、深を測量するのに適する±50 mmの精度での測量が実施できること、またレーザ発散角と測深能力の関係を考察し、濁度の大きな土砂処分場ではレーザ発散角を大きくする方が測深能力の向上には効果的であることを示した。これらにより、ASV と CUBE 処理および UAV を一連の浚渫工程のモニタリング手法として導入することによるコスト削減を具体的に示すことができ、また費用面においても本研究成果による測深技術が有効な計測手法であることを実証し、港湾工事の ICT 化を実現するモニタリング手法の構築を実現させた。</p>	

## 論文審査結果の要旨

本研究は、浚渫から土砂処分場までの一連の施工を効率的に実施するために、ASV (Autonomous Surface Vehicle) 計測およびUAVグリーンレーザ計測技術の活用を検討した結果を取りまとめたものであり、港湾工事のモニタリングを実現させるための本計測技術の構築を試みた成果は独創的なものであり、今後の港湾におけるICT施工を推進させるものと評価できる。研究の具体的な内容は次の通り。水島港は国際バルク戦略港湾に指定され、大型船航行の航路を確保する浚渫工事が必須であるが、環境問題から新たな浚渫土処分場の建設は困難で、圧密促進による減容化工事によって土砂処分場の延命化を図ることで浚渫工事が継続されているのが実態である。今後水深-14mを見据えた航路整備計画が求められおり、既存の土砂処分場の残余量の把握は喫緊の課題である。浚渫から土砂処分場までの一連の施工を効率的に実施し、土砂処分場の水深データから算出される残余量を適切に管理することが必要であるが、これまでの人的労力に頼る計測手法では、面的かつ正確に水深を把握することは難しく、航路整備が本格的に進み始めると、浚渫土を捨てながら、リアルタイムに残余量の把握が必要となるため、迅速に簡便な計測方法の確立が必要となる。このような背景を鑑み、本研究では、浚渫および浚渫土砂処分場におけるより効果的な施工モニタリング手法として、ASV計測技術およびUAVグリーンレーザ計測技術の活用を検討した。ASVに関しては、これまでの有人船を使った測深データの不確かさを考慮して、統計的に尤もらしい測深データを自動的に選択するCUBE (Combined Uncertainty and Bathymetric Estimator) アルゴリズムを適用するに当たって、ノードやキャプチャー距離といった解析パラメータの設定がASVでも適用できることを実証した。また解析の原理通り、有人船によって取得されたマルチビーム測深データを手動によって解析する従来の手法と比較して深い水深値が算出される傾向になるが、その相違は要求される精度の範囲内にあることを明らかにし、さらに有人船を用いて手動で解析する場合と比較し、ノイズ除去の自動化を含めて、ASVとCUBEアルゴリズムによるデータ処理を組み合わせることの効果をコストの観点より定量的に示した。さらにUAV計測に関して、グリーンレーザを照射するスキャナを搭載したUAV を使った減容化施工のモニタリング技術の実用化を試みた。具体的には、UAVの自己測位にPPK方式の後処理キネマチック法を導入し、調整点を設置することなく、深を測量するのに適する±50mmの精度での測量が実施できること、またレーザ発散角と測深能力の関係を考察し、濁度の大きな土砂処分場ではレーザ発散角を大きくする方が測深能力の向上には効果的であることを示した。これらにより、ASVとCUBE処理およびUAVを一連の浚渫工程のモニタリング手法として導入することによるコスト削減を具体的に示すことができ、学術的にも工学的にも本分野の技術の進歩に貢献する成果をあげたと認められ、学位を授与するに値すると評価した。