

論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

フリガナ 氏名 (姓, 名)	フジイ ヤスユキ 藤井 康之	授与番号 甲 1692 号
学位の種類	博士(工学)	授与年月日 2023 年 3 月 31 日
学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項該当者[学位規則第 4 条第 1 項]	
博士論文の題名	長期水上環境観測を目指した小型水上自律移動センシングデバイスの移動戦略評価	
審査委員	(主査)李 周浩 (立命館大学情報理工学部教授)	満田 隆 (立命館大学情報理工学部教授)
	山本 寛 (立命館大学情報理工学部教授)	
論文内容の要旨	<p>近年、水圏環境では、水質（水温、溶存酸素量など）や生態系の急速な変化に注目が集まっている。水質や生態系の変化を観測するために、従来は人間が現場に訪れ、水をサンプリングしたり、目視で生物を観測したりする手法がとられていた。しかし、長期的に人間が水上環境で活動することには水難事故にあうリスクが伴うことや時間的、金銭的なコストが高いという問題点があった。そこで本論文では、自律移動センシングデバイスが人間を代替して水上環境を観測することで、安全で容易な長期的かつ連続的な水上環境観測の実現を目指した。</p> <p>本論文では上述した従来手法の問題点を克服するために、自律移動機能に加え、「定点維持が可能な機構」、「小型で管理・運用が容易であること」、「低コストで製造可能であること」を要件としてセンシングデバイスを開発した。この開発コンセプトをもとに定点維持を考慮した全方向移動可能な形状、最大長 0.8m、重量 4.8kg と一人で持ち運べる寸法、製造コスト約 15 万円と安価な構成の従来手法の問題を克服するセンシングデバイスを完成させた。</p> <p>また、長期的かつ連続的に稼働させるため、センシングデバイスの消費電力量に着目し、消費電力量を抑制する移動戦略について研究した。センシングデバイスには水上環境観測のための機能として、定点維持移動と巡回移動が用意された。本論文ではそれぞれの移動に対して、必要なパラメータを定義し、パラメータの異なる複数の移動戦略についてシミュレーションと実環境で比較実験し、それぞれの消費電力量や位置精度について比較した。</p> <p>定点維持戦略については、自己位置推定誤差が消費電力量に大きく影響するため、自己位置推定誤差を考慮して許容誤差範囲を決定したり、できるだけセンシングデバイスを許容誤差範囲の中心に配置したりすることが消費電力量を抑えるために有効であることが明らかになった。効率的な戦略は非効率的な戦略と比較して、消費電力量を約 30% 抑えられることが確認された。</p> <p>巡回移動戦略は観測周期と巡回地点間距離によって構成し、シミュレーション実験と</p>	

	<p>実環境実験によってそれぞれの戦略の性能を検証した。実験の結果、待機時の消費電力量と比較して、巡回時の消費電力量がおおよそ2倍と大きいため、最適な観測周期は巡回地点間距離の長さに影響を受けることが明らかになった。巡回地点間隔が長い場合、移動距離が長くなるため、消費電力量を抑制するためには合計巡回回数を減らす必要があることが確認された。一方、巡回地点間隔が短い場合は1回の巡回に必要な消費電力量が小さくなるため、観測周期の影響を受けづらく、観測解像度を上げるために観測周期を短くすることも可能であることが確認された。</p> <p>最後に本論文で提案した小型水上自律移動センシングデバイスを用いた水圏環境観測をさらに実現に近づけるために必要な今後の課題について列挙し、複数台のセンシングデバイスを用いた広域の水圏環境観測やセンシングデバイスが観測したデータをリアルタイムで閲覧できるシステムが必要であることを述べた。</p>
<p>論文審査の結果の要旨</p>	<p>本論文では、既存の水圏環境観測システムの問題点を克服するような小型水上自律移動センシングデバイスを用いた環境観測法を提案し、その観測方法を実現する小型水上自律移動センシングデバイスが開発された。また、センシングデバイスの長期稼働を目指すための効率的な移動について定点維持の観点と巡回移動の観点からそれぞれの戦略が検討され、実環境とシミュレータ上で消費電力量の評価実験が実施された。</p> <p>定点維持戦略については、許容誤差範囲、アプローチポリシー、移動ポリシーという3つのパラメータを定め、それぞれのパラメータが定点維持時の消費電力量にどのように影響するかが実環境実験とシミュレーション実験によって検証され、最も効率的な定点維持戦略は非効率な戦略と比較して約30%消費電力量を抑えることができた。また、外乱を考慮した定点維持戦略を適用する場合は自己位置推定誤差の影響を考慮して、許容誤差範囲内に適切な一時目標位置を配置する必要があることが示された。これらの結果から本論文は、水上での定点維持ミッションを効率的に遂行できる戦略を明らかにした。</p> <p>巡回移動戦略については戦略パラメータとして観測周期と巡回地点間距離を与え、実環境実験とシミュレータ実験で複数の戦略を比較することで、巡回タスクについて時空間的な観点から考察された。巡回移動戦略では巡回地点間が長い場合は巡回回数が合計の消費電力量に影響を与えるが、巡回地点間距離が短い場合は1回の巡回に必要な消費電力量が大きくなるため、巡回回数の差が合計の消費電力量に影響を与えづらいということが示された。これらの実験結果から本論文は、効率的に巡回移動観測を実現する戦略を示した。</p> <p>公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は本研究科の博士学位論文審査基準を満たしており、博士学位を授与するに相応しいものと審査委員会は一致して判断した。</p>

試験または学力確認の結果の要旨

本論文の審査に関して、2023年2月2日（木曜日）17時から18時にオンライン（Zoom）とびわこ・くさつキャンパスクリエーションコア3階実世界情報コース会議室でのハイブリッド形式で公聴会を開催し、学位申請者による論文要旨の説明後、審査委員は学位申請者に対する口頭試問を行った。審査委員より、スラスト配置とセンシングデバイスの移動、実機の自己位置推定誤差とシミュレータ内の自己位置推定誤差の整合性、定点維持戦略において各戦略がもたらした実験結果などについて質問がなされ、いずれの質問に対しても学位申請者の回答は適切なものであった。主査および副査は、公聴会の質疑応答を通して、学位申請者が十分な学識を有し、博士学位に相応しい能力を有することを確認した。

以上の諸点を総合し、審査委員会は、本学学位規程第18条第1項に基づいて、学位申請者に対し「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することが適当であると判断する。