

氏名	佐野 ひかる
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 7287 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	農業および建設分野の Society5.0 実現に向けた UAV 測量技術の研究
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
学位論文内容の要旨	
<p>我が国は少子高齢化による労働者の減少や地方の過疎化、住んでいる地域・年齢などによる労働の制限など様々な社会問題を抱えている。今後先端技術を取り入れた Society 5.0 と言われる社会を構築し、社会問題の解決と経済発展の両立を目指すことが急務となっている。そこで IoT やデジタル技術を使って生産性および働き方改革を改善する DX の取り組みが、あらゆる分野において推進されている。本研究は、農業分野および建設分野に応用する DX 技術としての高精度 UAV 測量技術の開発成果をまとめたものである。農業分野においては、水稻直播栽培への均平化への圃場不陸観測の可視化を目的に、グリーンレーザスキャナを搭載した UAV グリーンレーザ測量技術の開発を実施した。具体的には、UAV グリーンレーザ測量の精度として要求精度の較差± 50 mmを満たす結果を得ることができ、しかも調整点の設置の時間・労働力の省力化を図ると同時に、水面下の形状を標高段彩図として表すことを可能にした。これにより、各時期の不陸の傾向や具体的な標高の数値をピンポイントで把握することができ、これまでの測量では把握することが不可能であった水や稲がある時の地面の圃場の凹凸を高精度に 3 次元でサイバー空間内に再現させることを実現した。これにより、水稻の直播栽培を可能にする圃場のモニタリング技術が構築できることを示し、その効果を実際の圃場にて実証した。さらに本研究では、広範囲を計測した際には、電池の交換作業を頻繁に行うことで計測作業の効率が低下する、あるいは遠方の対象物の計測が困難であるという、マルチコプター型 UAV を使う計測が抱えている課題を解決するため、長時間航行可能な UAV 航行技術の開発に取り組んだものである。具体的には、これまでの動力源であった電池よりエネルギー密度の大きな液体燃料を使うことにより、UAV の航行時間を長くすることを考え、ガソリンを使った発電機で給電しながら自律飛行する UAV 航行技術を開発し、2 時間航行できる UAV によるグリーンレーザを使った 3 次元計測を実現させた。この長時間航行 UAV の利点を活用する応用例として、サンゴ礁の礁縁部の砕波帯に発達する縁脚-縁溝系地形となっている沿岸域の計測の実施例を示した。そこでは尾根部である縁脚と谷生である縁溝の形態は、波浪に対する消波効果を有している。現在、温室効果による海面上昇が沿岸域の生態系の変化を引き起こしており、沿岸に押し寄せる波浪強度が増大するという防災上の問題が生じている。その一方で、日本のサンゴ礁地域の環境変化に伴う実態の変化は、浅海域の水面下を面的に把握する計測手法が開発されていないことより、把握されていない状態であった。そこで本研究で開発した UAV を用いた水中を透過するグリーンレーザ計測を検討したところ、1 度だけガソリンの給油を行った合計 2 回の航行で、全長 2.6km、幅 1km の範囲の計測が実現し、これまで可視化できなかった浅海域の海底地形図の作成が可能になり、沿岸部のサンゴ礁の実態を把握する計測手法を実現させた。このように、対象を精密にデジタル空間上に再現する技術により Society 5.0 の実現に寄与する成果を農業分野および建設分野においてあげることができた。</p>	

論文審査結果の要旨

本論文はUAVを用いた測量技術を農業分野および建設分野に応用するための研究であり、具体的には前者の農業分野においてはスマート農業技術と関連した水稻直播栽培時に適用できるUAV測量技術を、後者の建設分野においては沿岸域の調査に適用できるUAV測量技術を開発した成果をとりまとめたものである。それぞれ濁度の大きな水中下の地形を把握する測量技術および長時間航行を可能にするUAV技術という独創的な技術を構築したことにより、労働人口が減少する中で生産性を向上させるという社会問題の解決と経済発展の両立を目指すSociety 5.0の実現に寄与する成果をあげることができた。具体的な内容は次の通りである。農業分野においては、グリーンレーザスキャナを搭載したUAVレーザ測量技術の開発を実施し、さらにレーザ光が水面と水面下で反射する時間差を利用して、圃場における濁度の大きな水中下の地表面の形状と水深の分布を標高段彩図として表すことを可能にした。さらに実際の圃場を使った実験の結果より、均平化作業後の不陸を高精度に把握することが示され、水稻の直播栽培の実施を支援する圃場のモニタリング技術が構築できることを実証した。また建設分野においては、広範囲の対象物の計測が困難であるというマルチコプター型UAVの課題を解決するため、現状の動力源である電池よりエネルギー密度の大きな液体燃料を使うことにより、ガソリンを使った発電機で給電しながら自律飛行するUAV航行技術を開発した。本論文では、開発した長時間航行できるUAVを使った3次元計測の有用性を示す事例として、サンゴ礁の礁縁部の碎波帯に発達する縁脚-縁溝系地形となっている沿岸域の計測が可能になることを論じた。現在、地球温暖化現象による海面上昇が沿岸域の生態系の変化を引き起こしており、沿岸に押し寄せる波浪強度が増大するという防災上の問題が生じている。その一方で、潜水夫のような熟練測量技術者の不足や浅海域の碎波帯の水面下を面的に把握する計測手法が開発されていないことより、日本のサンゴ礁地域の環境変化に伴う実態の変化が把握されていない状態であった。そこで本研究で開発したUAVにグリーンレーザスキャナを搭載し、沿岸部のサンゴ礁の実態を把握する計測手法を実現させた。このように本論文は、対象を精密にデジタル空間上に再現する技術によりSociety 5.0の実現に寄与する成果をとりまとめたもので、その内容は学術的および工学的に多大な貢献を有するものと評価でき、学位授与にふさわしいと認める。