

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 5 月 29 日現在

機関番号：15401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K14041

研究課題名(和文) 自立飛行UAVを利用した閉鎖性水域の非接触塩分測定システムの開発

研究課題名(英文) Development of a remote salinity measurement system for closed waters using autonomous flight UAV

研究代表者

作野 裕司 (SAKUNO, YUJI)

広島大学・工学研究院・准教授

研究者番号：20332801

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、「低空から自動で波長分解能のよいデータを取得できる、自立飛行UAVに分光放射計を搭載することにより、閉鎖性水域の非接触塩分測定システムを開発すること」が目的である。この目的を達成するために、閉鎖性水域の東郷池をテストサイトとして、2年間で、9時期の分光反射率/水質データセットを現場で採取した。そのデータセットを利用して、東郷池における反射率比とCDOM(塩分と負の相関がある)の関係を調べた。その結果、非接触塩分推定に最適な波長の分光反射率比が見つかった。

研究成果の概要(英文)：The objective of this research is to develop a remotely salinity measurement system for closed waters by mounting a spectral radiometer on autonomous flight UAV that can acquire data with good wavelength resolution automatically from low airspace. In order to achieve this objective, the spectral reflectance / water quality data set at nine times was collected on site at Lake Togo in a closed watershed as a test site for two years. Using that data set, the relationship between reflectance ratio and CDOM (negatively correlated with salinity) in Lake Togo was studied. As a result, spectral reflectance ratio of wavelength optimum for remotely salinity estimation was found.

研究分野：リモートセンシング工学

キーワード：リモートセンシング 塩分 UAV

1. 研究開始当初の背景

- (1)世界的に問題となっている閉鎖性水域における植物プランクトンや大型水生植物の大量発生をの要因として、塩分は非常に重要なパラメータであることが分かってきた。
- (2)リモートセンシングの分野では、CDOM (Colored Dissolved Organic Matter、有色懸濁物質) を介した高解像度塩分推定手法の確立が急務となっている。
- (3) UAV (ドローン) の活用が活発化してきている。

2. 研究の目的

本研究では、低空から自動で波長分解能のよいデータを取得できる、自立飛行 UAV に分光放射計を搭載することにより、閉鎖性水域の非接触塩分測定システムを開発することが目的である。本研究で最も困難かつ重要な箇所は、複雑な水中物質構成である閉鎖水域において、いかに安定した塩分推定ができるかという点である。

3. 研究の方法

(1)テストサイトである鳥取県の東郷池の埴見川河口部の図1のような測点において、分光放射計 (MS720、EKO 社) を使って、分光反射率 R_{rs} と CDOM・塩分のデータセットが収集された。塩分が異なる箇所を取得するために、調査船で海水が湖に流入する地点から徐々に遠ざかる形で、調査を行った。CDOM の測定には持ち帰った表層水のサンプルを吸光度法で測定した。このような現地調査は、2年間行い、計9時期72データセットが得られた (表1)。

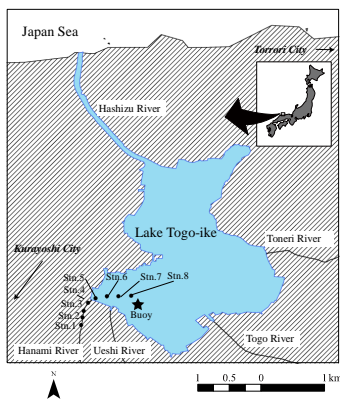


図1 調査地域

(2) UAV による検証実験は、2015年9月11日の10時~11時の間、図2に示すように、東郷池の流入河川の1つである埴見側河口で行われた。使用した UAV の機種は6ロータ、ペイロード4.4kg、航続時間15分の性能を持つ「Boomerang」である。UAV に取り付けられた分光放射計は、MS720で、15秒に1回測定の間隔タイマーモードに設定した。UAV は自立飛行モードに設定し、飛行高度は約15mで、あらかじめ決

められた6測点(約120m間隔)上を約3分間ホバリングさせることにより、水面の分光放射を測定した。

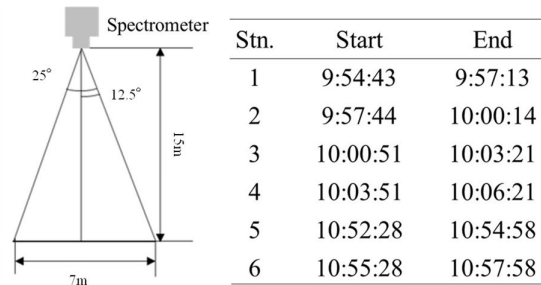


図2 UAV による検証実験の概要と観測時刻

表1 収集されたデータセットの概要

No.	Date	CDOM (m^{-1})	N*
Calibration data			
1	Apr.6, 2016	0.33 - 0.58	8
2	May 1916	0.33 - 0.72	8
3	Jul. 21, 2016	0.56 - 0.92	8
4	Oct.25, 2016	0.48 - 0.66	8
5	Feb. 3., 2017	0.27 - 0.38	8
Validation data			
1	Apr.18, 2016	0.29 - 0.54	8
2	Jun. 2, 2016	0.50 - 1.21	8
3	Aug.30, 2016	0.61 - 1.22	8
4	Dec.19, 2016	0.33 - 0.45	8
UAV / in-situ data set			
1	Sep.11, 2015	0.45 - 1.10	6

4. 研究成果

(1)すべてのデータセットによる CDOM と反射率比の相関解析は、現在も解析を継続中だが、データの半数を使った主な研究成果をここで示す。図3~図5はそれぞれ、CDOM、Chl-a、SS と反射率比 (1nm ごとの組み合わせ) の相関係数と最も相関係数が高かった波長の組み合わせの反射率比と3水質との関係を示した図である。これより、CDOM は、409nm と 678nm、Chl-a は 684nm と 692nm、SS は 443nm と 710nm の比がそれぞれ最適な相関であり、それぞれ大きく異なる2波長比で CDOM、Chl-a、SS が精度よく測定できることがわかる。このことは、既往の論文で発表されている国内外の水域での成果と非常によく一致しており、少なくとも塩分と密接な関係にある CDOM は他の水質パラメータと混在することなく、非接触で推定できるこ

とがわかる。

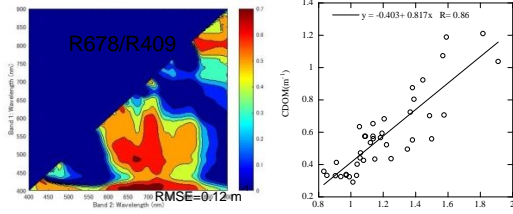


図3 CDOM と反射率比との相関係数(左)と、相関係数が最も高かった場合(409nm と 678nm)の反射率比と CDOM の関係

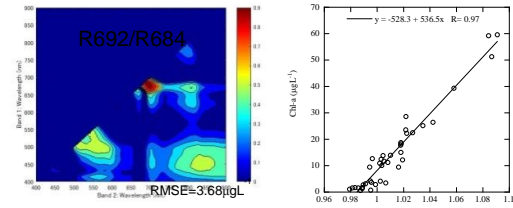


図4 Chl-a と反射率比との相関係数(左)と、相関係数が最も高かった場合(684nm と 692nm)の反射率比と Chl-a の関係

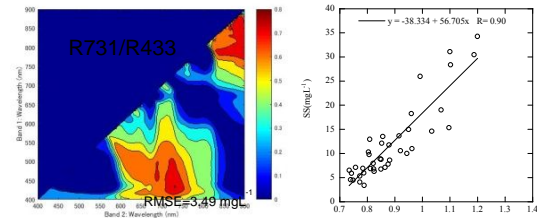


図5 SS と反射率比との相関係数(左)と、相関係数が最も高かった場合(443nm と 701nm)の反射率比と SS の関係

(2) UAV による検証結果として、まず水面直上の分光反射率と、UAV 高度から観測した分光反射率の特性を図 6 に示す。相対的には 400nm ~ 710nm の範囲では船上と UAV の分光反射率特性はほぼ同様の波形が計測できている。700nm 以上の長波長側において、両者の波形が大きく異なっている測点があるのは、水面反射光の影響や観測視野の違いなどが考えられた。

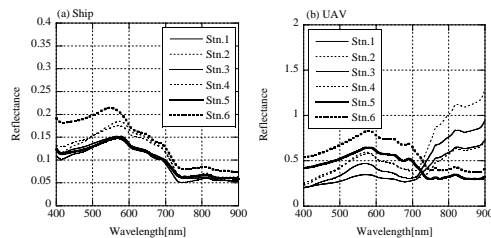


図6 船上と UAV の分光反射率の違い

図7は図3(右)の409nm と 678nm の反射率比からの CDOM 推定式を使って、推定された CDOM と実測 CDOM との関係を示す。これより、概ね UAV から推定された CDOM は実測 CDOM と一致しており、UAV からの CDOM 推定の可能性が高いことが示された。

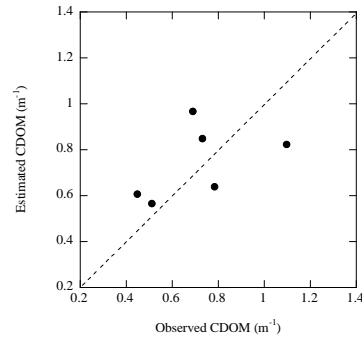


図7 UAV による CDOM 推定値と実測 CDOM の関係

ここまでの結果から、非接触で CDOM を上空から観測できることが検証されたので、原理的には、CDOM と塩分の関係式が分かれば、CDOM を介した塩分推定ができる。図8は、実測の CDOM と塩分の関係を表している。しかし、既往の研究のように、必ずしも CDOM は塩分と高い負の相関が得られていない ($R=0.35$)。これについては、流出する汽水湖本体の塩分が一定と仮定できないなどの理由が考えられた。今後その点を考慮した CDOM からの塩分推定について、研究を深める必要がある。

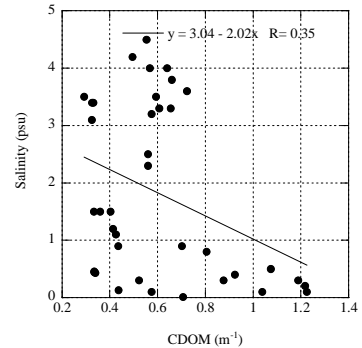


図8 実測の CDOM と塩分の関係

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計3件)

Wang, Z., Kawamura, K., Sakuno, Y., Fan, X., Gong, Z., and Lim, L., Retrieval of chlorophyll-a and total suspended solids using Iterative Stepwise Elimination Partial Least Squares (ISE-PLS) regression based on field hyperspectral measurements in Irrigation Ponds in Higashihiroshima, Japan. Remote Sensing, 査読有, 9(3), 2017, pp264-278

<http://www.mdpi.com/2072-4292/9/3/26>

作野裕司, 前田晃宏, 宮本康, 森明寛, 岡本将揮, 畠山恵介, 九鬼貴弘, 汽水湖東郷池における非接触クロロフィル推

定手法の検証、土木学会論文集 B3 (海洋開発) 査読有, 72(2) 2016, I_964-I_969
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscejo/72/2/72_I_964/article/-char/ja/
前田晃宏, 宮本康, 森明寛, 岡本将揮、九鬼貴弘, 作野裕司, UAVを利用した汽水湖沼の実用的な赤潮観測の事例, 日本リモートセンシング学会誌, 査読無し, 36(2), 2016, pp126-130
https://www.jstage.jst.go.jp/article/rssj/36/2/36_126/pdf

種類: 特許
番号: 特願 2017-44054
出願年月日: 2017年3月8日
国内外の別: 国内

6. 研究組織
(1) 研究代表者
作野 裕司 (SAKUNO YUJI)
広島大学・大学院工学研究院・准教授
研究者番号: 20332801

〔学会発表〕(計5件)

作野裕司, Landsat-8 データによる宍道湖水草の自動マッピングシステムの開発, JpGU2016 (日本地球惑星科学連合大会 2016年大会), 2016年5月23日, 千葉県千葉市

作野裕司, 加藤光, 前田晃宏, 宮本康, 森明寛, 岡本将揮, 携帯型分光計搭載 UAV を用いた東郷池の非接触クロロフィル測定実験-2015年9月-, 日本リモートセンシング学会第60回学術講演会, 2016年5月12日, 千葉県習志野市

作野裕司, 國井秀伸, 衛星データとラジコンヘリを使った宍道湖の広域水草分布推定, 汽水域研究会例会, 2016年1月9日, 島根県松江市

Sakuno, Y. and Kunii, H., Lake surface salinity estimation using Landsat-8 data in the brackish Lake Shinji, ACRS2015 (The 36th Asian Conference on Remote Sensing) 19-23 Oct. 2015, Manila, Philippines

作野裕司, 國井秀伸, リモートセンシングによる宍道湖の塩分分布推定の可能性, 汽水域研究会 2015年(第7回)東北大会, 2015年10月3日, 宮城県仙台市

Sakuno, Y. and Kunii, H., Chlorophyll-a estimation in Lake Shinji from Lake Shinji from Landsat-8 OLI data using Linear Combination Index (LCI) algorithm, IGARSS2015 (International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2015), 26-31 July 2015, Milan Italy

作野裕司, Landsat-8 データを利用した湖沼の富栄養化指標モニタリング手法開発, JpGU2015 (日本地球惑星科学連合大会 2015年大会), 2015年5月24日, 千葉県千葉市

〔産業財産権〕

出願状況 (計1件)

名称: 水質検査システム及び水質検査方法
発明者: 小野修司、作野裕司
権利者: フジフィルム株式会社、国立大学法人広島大学