

令和 6 年 6 月 3 日現在

機関番号：12701

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K14836

研究課題名（和文）水色リモートセンシングによる沿岸域・湖沼に特化した大気補正及び水質推定手法の提案

研究課題名（英文）Proposal of atmospheric correction and water quality estimation method specialized for coastal areas and lakes using ocean color remote sensing

研究代表者

比嘉 紘士 (Higa, Hiroto)

横浜国立大学・大学院都市イノベーション研究院・准教授

研究者番号：60770708

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、複数の沿岸域・湖沼での現地観測を通じて水域ごとの光学特性を解明し、光学的に複雑な水域に適用可能な海色衛星データの大気補正・水中モデルを構築した。特に、大気補正モデルでは、水中モデルに基づく補正法と線型結合指標による手法を開発し、短波長での精度向上を確認した。さらに、現地観測で取得した光学データを基に既存の固有光学特性（IOPs）推定モデルを検証した上で、非線形最小二乗法による新たなモデルを開発して適用性を確認した。その結果、沿岸域における有効なIOPs推定手法を整理し、また、スペクトル最適化に基づく手法によってハイパースペクトルを用いたIOPs推定の有効性を示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで人工衛星のセンサー開発技術の向上に関わらず、沿岸域や湖沼といった光学的に複雑（水色の変化が複雑）な水域では、大気補正及び水質推定アルゴリズムといったソフト面の開発は遅れており、未だに推定値の不確かさにより実用には程遠い状況であった。本研究において開発した大気補正及び固有光学特性（IOPs）推定モデルは、沿岸域・湖沼において汎用的に適用できることを確認しており、今後、沿岸域・湖沼における衛星データ利用に大きく貢献できる可能性を示しており、例えば、水産資源の管理、水環境の維持管理、炭素循環解明等に資する水質モニタリングに利用できる可能性を示している。

研究成果の概要（英文）：In this study, the optical characteristics of various coastal and lake regions were elucidated through field observations, and atmospheric correction and in-water models applicable to optically complex water bodies for ocean color satellite data were developed. Specifically, for the atmospheric correction model, methods based on in-water models and linear combination indices were developed to improve accuracy in short wavelengths. Furthermore, existing inherent optical properties (IOPs) estimation models were verified using optical data obtained from field observations, and a new model based on nonlinear least squares was developed and its applicability confirmed. As a result, effective IOPs estimation methods for coastal regions were organized, and the effectiveness of IOPs estimation using hyperspectral data through spectral optimization methods was demonstrated.

研究分野：水工学

キーワード：衛星データ 海色リモートセンシング 固有光学特性 沿岸域 大気補正 水中モデル

1. 研究開始当初の背景

島国である我が国にとって持続的な海洋環境の維持・管理は非常に重要なテーマである。内閣総理大臣へ意見を述べる総合海洋政策本部参与会議においても「新たな海洋立国への挑戦」が掲げられ、MDA（海洋状況把握）の取組が重要視されており、特に広大な海洋環境を広範囲に、リアルタイムに瞬時に把握可能である人工衛星の利用が推奨されている。

近年、世界各国において人工衛星の開発・技術の発展は著しく、日本においても宇宙航空研究開発機構（JAXA）により、250 m×250 m の空間解像度で全球を2～3日に1回程度観測可能といった高い時空間分解能を有する気候変動観測衛星（GCOM-C/SGLI）が2017年12月26日に打ち上げられた。GCOM-C/SGLI衛星は、高分解能な特性を活かし、我々の生活環境に近い沿岸域や湖沼への活用に期待が寄せられており、低労力・低コストに実施可能な環境モニタリングの実現、漁場予測、赤潮発生状況把握、IoT（Internet of Things）による水産養殖への利用に関わるデータ取得が目標とされている。しかしながら、人工衛星のセンサー開発技術の向上に関わらず、沿岸域や湖沼といった光学的に複雑（水色の変化が複雑）な水域では、大気補正及び水質推定アルゴリズムといったソフト面の開発は遅れており、未だに推定値の不確実性により実用には程遠い状況である。そこで本研究では、新たに沿岸域・湖沼に特化させた大気補正・水質手法を開発することで、恒常的に利用可能な水環境モニタリング技術の確立を目指す。

2. 研究の目的

本研究では、以下の4つ(i)～(iv)の目的を設定する。

- (i) 光学的特徴が大きく異なる沿岸域・湖沼において現地観測を行い、光学特性及び水質濃度を測定し、各水域における光学的特徴を解明する。
- (ii) (i)の測定結果に基づき放射伝達モデルを構築することで、様々な物質濃度における水中の光反射率を計算し、その計算結果に基づいて大気補正計算のエアロゾル反射率推定のための水中モデル及び水質推定モデル（Chl-a, CDOM, デトリタスの濃度）を構築する。
- (iii) (ii)で開発した水中モデル及び水質推定モデルを衛星データに適用し、沿岸域・湖沼に特化した大気補正計算及び水質推定を実施し、これらの計算結果を(i)で得た船舶での現地観測データ及び自律放射計システムで連続的に得られる水中の光反射率及びエアロゾルの光学的厚さの実測値と比較することで精度検証を実施する。

3. 研究の方法

(1) 水域ごとの光学特性解明のための現地観測

本研究では、東京湾、有明海、霞ヶ浦を対象として継続的な船舶観測を実施することで光学・水質の実測値の取得し、大気補正・水中モデル開発及びの検証を行った。さらに、東京湾の湾奥部にはサンフォトメーターを設置し、連続的な大気・水中の光学データの取得できた。これによって、GCOM-C/SGLIの人工衛星とのマッチアップデータ（各物質の光吸収係数、後方散乱係数等の光学実測値及び植物プランクトンの色素、浮遊懸濁物質等の水質濃度の実測値）を取得し、これらの結果を使用して大気補正・水中モデルの検証を実施した。

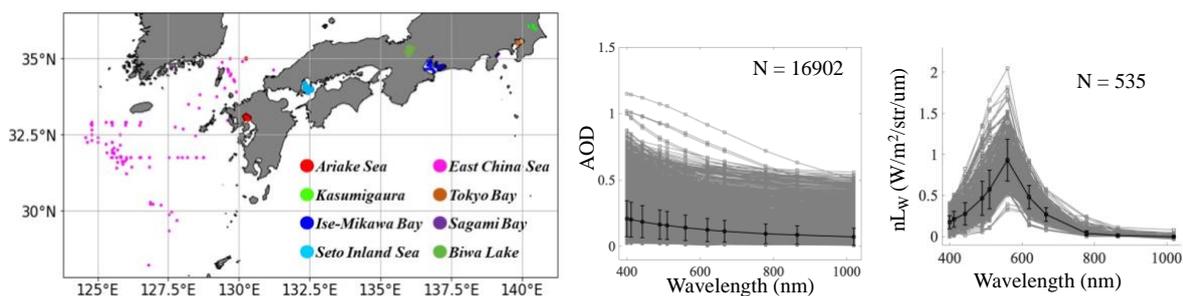


図-1 本研究における観測地点（左図）及び東京湾 AERONET-OC により連続測定したエアロゾル光学的厚さと水中分光反射率（右図）

(2) 大気補正・水中モデルの構築

(2-1) 水中モデルに基づく大気補正誤差の補正法の提案

大気補正モデルについては、本研究では水中モデルに基づくエアロゾル反射率の推定誤差の補正モデル及び、光学実測値に基づいた線形結合指標を用いて大気補正を行うアルゴリズムを開発した。水中モデルに基づいた手法では、大気を直接推定せず、水中の生物光学モデルによる固有光学特性の最適化を行い、大気補正を実行する手法である。水中モデルでは、図-2の右図に示す方法により、生物光学モデルによって固有光学特性を推定し、水中分光反射率を最適化することにより、大気補正により生じた誤差を軽減することが可能である。

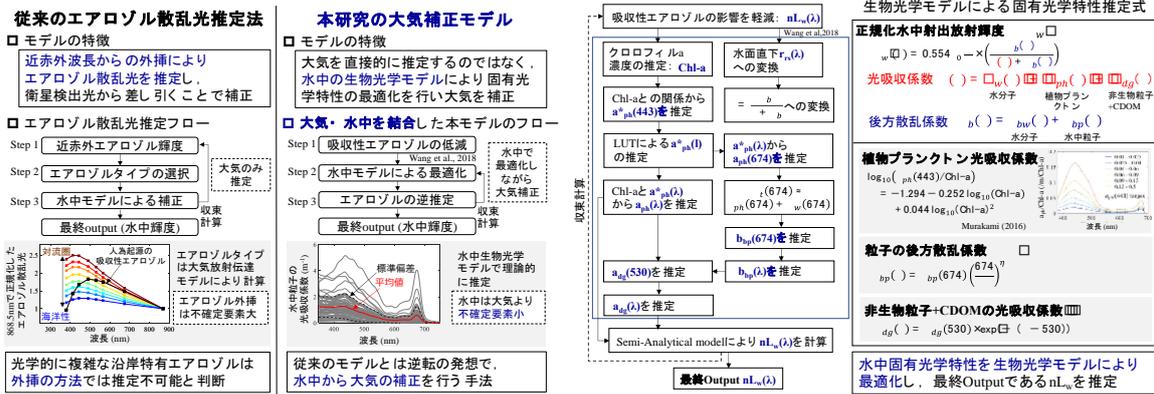


図-2 従来モデルと本研究の大気補正方法との違い (右図) と補正方法のフロー図

(2-2)線型結合指標に基づく大気補正モデルの提案

現状の大気補正アルゴリズムでは吸収性エアロゾルの反射率スペクトルの推定が困難である問題に対し、エアロゾルの種類や量に依存しないLCI(Linear Combination Index)に基づいたアルゴリズムを利用した手法を検討した。図-3に示すように気体分子の散乱と海面の効果を除いた、レイリー補正済み反射率 ρ_{rc} (エアロゾル反射率と海水射出反射率)を使用し、エアロゾルの散乱・吸収を明示的に推定せず、線形結合により実質大気の影響を差し引く簡潔で迅速な手法になっている。また、本手法は、エアロゾルタイプや量に依存しないため、既存のモデルでは必要なLUTが推定に必要な特徴がある。

Linear Combination Index (LCI)に基づく大気補正

各波長 λ におけるレイリー補正済み反射率 R_c (海面と気体分子の散乱を除去)に関して

$$R_c(\lambda) = R'(\lambda) + t_a(\lambda)R_w(\lambda)$$

Aerosol reflectance R_w : Water-leaving reflectance
 t_a : Aerosol transmittance

ここで、LCIを以下のように定める

$$LCI = \sum_i a_i R_c(\lambda_i) = \sum_i a_i R'(\lambda_i) + \sum_i a_i t_a R_w(\lambda_i)$$

このとき、大気の影響を除去できる係数 a_i を求める
 $R'(\lambda_i) = \sum_j b_j \lambda_i^{m_j}$ として表すとき、次の式を満たす a_i を求めればよい

$$\sum_i a_i \lambda_i^{m_j} = 0$$

- ① SGLIデータの大気補正処理から、レイリー補正済み反射率を推定
- ② 波長を2 - 8個選択し、それぞれに対して指数 n_i の組を-4~4の整数から選択し、衛星から推定した ρ_c を用い、上記設定パラメータから算出した係数 a_i の値からLCIを算出
- ③ 1~4次の多項式に近似したときLCIの値でAERONET-OCの観測値を最適に表現できるパラメータ設定を探索、得られたLCIを使用し、大気補正を行う

図-3 線型結合指標 (LCI) における大気補正方法

(2-3) 水中モデルの検証と構築

水中モデルについては、汎用性が低い経験式に基づくモデルや、教師データに依存する機械学習を除いた半解析的手法を検討した。既往の固有光学特性推定モデルを文献調査し、線形行列反転、ルックアップテーブル、段階的解析、スペクトル最適化といった手法の特徴が異なる5つの手法を選定した。さらに、汎用性の高い水中モデルの作成に向けて、図-4のように非線形最小二乗法であるレーベンバーグ・マルカート法に基づき、水塊の光学特性の特徴を調整可能な固有光学特性推定手法を構築した。さらに、水中モデルの精度検証については、(1)で取得した光学・水質実測値を用いて検証した。

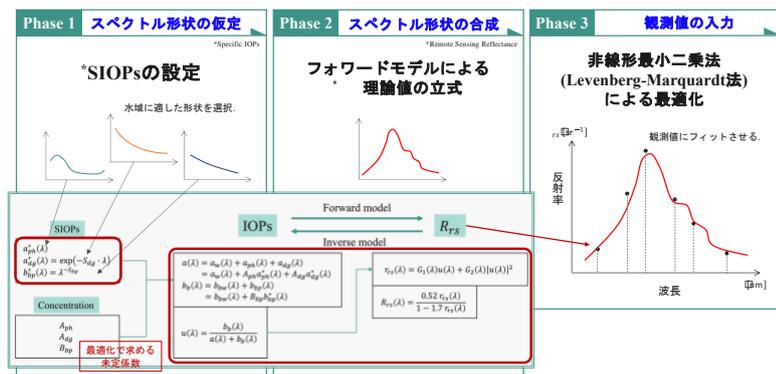


図-4 固有光学特性推定アルゴリズムの構築

4. 研究成果

(1) 水域ごとの光学特性解明ための現地観測

現地観測結果による光学特性解明の結果に関する一例として、光学的に複雑な閉鎖性内湾域である東京湾と有明海を対象に、AERONET-OCで測定した大気・水中の光学実測データを用いてその光学的特徴を把握した結果について説明する。東京湾ではAERONET-OCによる水中分光

反射率の実測値と同観測地点の Chl-a センサー値に基づき、短波長の水中分光反射率が Chl-a の増加に伴う光吸収の影響により明確な低下の傾向が確認された。また、東京湾と有明海における AERONET-OC の大気・水中の実測データと SGLI の 412 nm の水中分光反射率推定値の時系列結果により、SGLI で水中文反反射率が負値に推定される誤差の要因が、吸収性エアロゾルの影響である可能性が示唆された。しかし、全ての時期において水中分光反射率の推定値が負値となる要因を単一散乱アルベドのみだけでは説明できないことが確認された。さらに、図-5 に示すように東京湾、有明海の水中分光反射率と AERONET-OC による取得された全球の水中分光反射率実測値と比較し、さらに IOPs 推定に基づいて相対的な光学的特徴を考察した。その結果、水中分光反射率の負の推定値が出やすい水域では、水中分光反射率が短波長で低い特徴があることが示され、さら光吸収が相対的に高い水域であることがわかった。これは、大気補正処理において、エアロゾルによる吸収の影響を受けることで元々低い水中分光反射率から過剰にエアロゾル反射率を補正してしまうことで、水中分光反射率の負値発生率を増加させている可能性が示唆された。

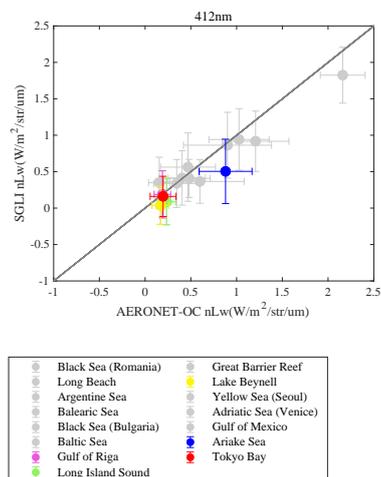


図-5 AERONET-OC と SGLI の水中分光反射率との関係。左図は各サンプル同士の比較であり、右図は水域ごとの平均値と標準偏差を示す。色で塗りつぶされている水域は、nLw の負値が発生し易い5つの水域であり、グレーのサークルはそれ以外の10水域の結果。

(2) 水中・大気補正モデルの構築と精度検証

(2-1) 水中モデルに基づく大気補正誤差の補正法の提案

ハワイ沖、有明海、東京湾を対象として図-2 で示した手法による水中分光反射率の推定値と実測値との関係を確認した。本手法によりは、SGLI 衛星データの全波長で RMSE と Bias が大きく改善し、光学的特徴が異なるこれら3海域に対して網羅的に高精度な推定が可能となることが確認できた。特に短波長である412nmの推定精度の向上は著しく、従来の大気補正モデルで高頻度に生じていた物理的にあり得ない負の値の発生を改善することができた。

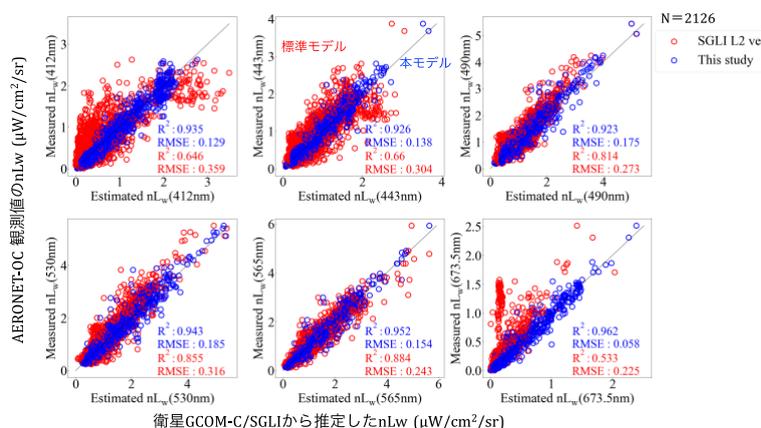


図-6 世界各地 30 地点の AERONET-OC 観測値との検証結果

(2-2) 線型結合指標に基づく大気補正モデルの提案

図-3 に示した LCI に基づく手法によって大気補正を実施した結果を図-6 に示す。赤が SGLI の標準大気補正モデルであり、青は本研究で開発した LCI に基づく手法である。結果から分かる通り、全波長で SGLI 標準モデルに比べ、正確に水中分光反射率が推定できていることが分かる。特にエアロゾル反射率の推定誤差が大きい可視短波長での推定結果が大きく向上していることが確認できた。

図-7 に、SGLI 標準モデルと LCI 手法による東京湾と有明海の分光反射率の結果を示す。特に大気補正誤差による負値が発生し

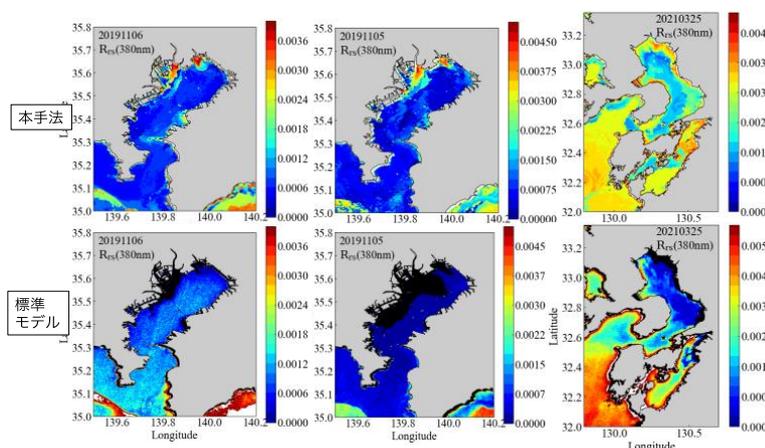


図-7 東京湾と有明海に SGLI 標準大気補正モデルと LCI 大気補正モデルを適用した結果の一例

やすい 380 nm を示している。結果に着目すると標準モデルにて、高濁度域に見られる非物理的な推定値が解消されたことが確認できた。

(2-3) 水中モデルの検証と構築

(1) の現地観測で取得した光学実測値を用いて、既往の固有光学特性の推定精度を検証した結果を図-8 に示す。水域毎に固有光学特性を推定し、各水域に対して RMSE が最小のアルゴリズムを判定した。アルゴリズムの手法との関係性を確認すると、IOPs のスペクトル形状の仮定に固定値を使用する GIOP や GSM のアルゴリズムは、適用範囲が限られているものの、海中物質の変動が小さい特定の水域に対して有効に推定が可能であることが分かった。一方で拘束条件を固定値ではなく IOPs のスペクトル形状を経験的に推定する QAA は、東京湾、有明海、伊勢・三河湾等のような光学的に複雑な水域において固有光学特性の幅広いダイナミックレンジに対して汎用的に適用可能であることが確認できた。

次に、図-4 で示す非線形最小二乗法による固有光学特性推定モデルを開発し、複数沿岸域において取得した実測値を使用し、推定モデルの適用性を確認した。その結果、固有光学特性が大きく変動する沿岸域では、水域ごとに水質濃度あたりの固有光学特性 (SIOP) の拘束条件を、実測に基づき調節しても IOPs 推定の精度は改善せず、水域ごとに一定の SIOPs を用いる方法には限界があることが確かめられた。IOPs 設定の変更がスペクトル最適化アルゴリズムの推定結果に与える影響については、効果的な SIOPs の条件について整理し確認する必要があり、今後の課題として残されている。また、生物光学モデルにおける後方散乱係数のスペクトル形状の冪乗関数の妥当性に関しては、その影響は局所的であることが確認できた。

本研究で開発した非線形最小二乗法による固有光学特性推定モデルを用いて、将来的に期待されるハイパースペクトルセンサーの有効性を確認した結果を図-9 に示す。その結果、ハイパースペクトルの情報に基づき可視域から近赤外域までの水中分光反射率の情報を 10 nm 間隔でインプットしスペクトル最適化を適用したところ、全光吸収係数と後方散乱係数の推定精度が飛躍的に向上し、その有効性が示された。その一方で、植物プランクトンの光吸収係数の推定精度は大きな改善が見られなかったため今後の課題となった。

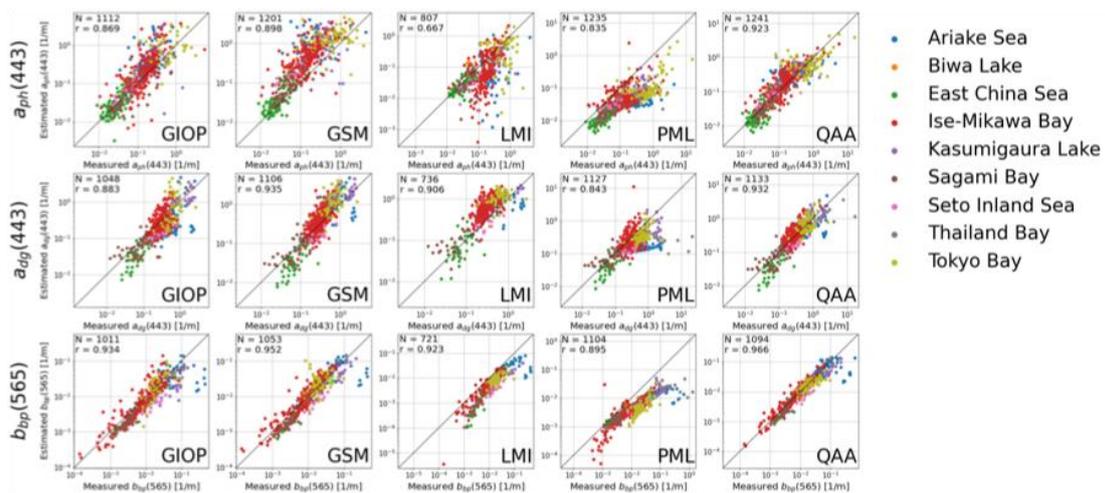


図-8 複数の沿岸域・湖沼における 5 種類の固有光学特性推定モデルの検証結果

ハイパースペクトルデータを入力した場合の推定結果.

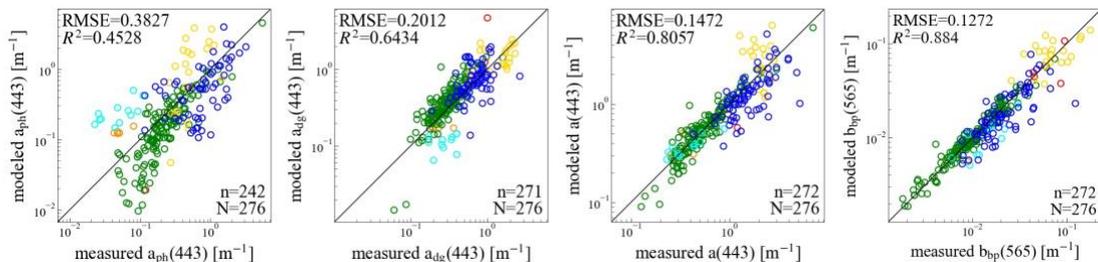


図-9 非線形最小二乗法に基づく固有光学特性推定結果。ハイパースペクトルを入力とした場合の結果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Lehmann, M. K., Gurlin, D., Pahlevan, N., Alikas, K., Anstee, J., Balasubramanian, S. V., ... & Yue, L.	4. 巻 10
2. 論文標題 GLORIA-A globally representative hyperspectral in situ dataset for optical sensing of water quality	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Data	6. 最初と最後の頁 100
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41597-023-02069-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 HIGA Hiroto, FUJITA Kanako, SALEM Salem Ibrahim, SUZUKI Takayuki, NAKAUMURA Yoshiyuki	4. 巻 77
2. 論文標題 SYNTHETIC DATA GENERATION METHOD FOR OCEAN COLOR REMOTE SENSING CONSIDERING COMPLEX OPTICAL PROPERTIES OF COASTAL AREAS	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_391 ~ I_396
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.2208/kaigan.77.2_I_391	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 作野 裕司、斎藤 克弥、石坂 丞二、虎谷 充浩、比嘉 紘士、向井田 明、堀 雅裕、富田 裕之	4. 巻 41
2. 論文標題 海洋可視化のための衛星センサの現状と将来展望	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本リモートセンシング学会誌	6. 最初と最後の頁 181 ~ 188
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.11440/rssj.41.181	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Matsuoka Atsushi, Campbell Janet W., Hooker Stanford B., Steinmetz Francois, Ogata Kazunori, Hirata Takafumi, Higa Hiroto, Kuwahara Victor S., Isada Tomonori, Suzuki Koji, Hirawake Toru, Ishizaka Joji, Murakami Hiroshi	4. 巻 2021
2. 論文標題 Performance of JAXA's SGLI standard ocean color products for oceanic to coastal waters: chlorophyll a concentration and light absorption coefficients of colored dissolved organic matter	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Oceanography	6. 最初と最後の頁 1 ~ 22
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1007/s10872-021-00617-2	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 NAKAYAMA Taiga, HIGA Hiroto, OGATA Kazunori, TORATANI Mitsuhiro	4. 巻 76
2. 論文標題 DEVELOPMENT OF ATMOSPHERIC CORRECTION METHOD FOR COASTAL AREA USING GCOM-C / SGLI	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_1111 ~ I_1116
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.2_I_1111	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 FUJITA Kanako, HIGA Hiroto, NAKAMURA Yoshiyuki, SUZUKI Takayuki	4. 巻 76
2. 論文標題 DEVELOPMENT OF BIO-OPTICAL MODEL BASED ON OPTICAL CLASSIFICATION OF IN-WATER MATTERS AND VERIFICATION OF AN ESTIMATION METHOD FOR INHERENT OPTICAL PROPERTIES IN TOKYO BAY	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_1375 ~ I_1380
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.2_I_1375	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 SAKUNO Yuji, HIGA Hiroto, TORATANI Mitsuhiro, KOBAYASHI Hiroshi	4. 巻 76
2. 論文標題 INITIAL ACCURACY VALIDATION AND DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF HIGH-RESOLUTION SST IN TOKYO BAY BY THE SATELLITE "SHIKISAI"	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_702 ~ I_707
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.76.2_I_702	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Higa Hiroto, Sugahara Shogo, Salem Salem Ibrahim, Nakamura Yoshiyuki, Suzuki Takayuki	4. 巻 235
2. 論文標題 An estimation method for blue tide distribution in Tokyo Bay based on sulfur concentrations using Geostationary Ocean Color Imager (GOCI)	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Estuarine, Coastal and Shelf Science	6. 最初と最後の頁 106615 ~ 106615
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ecss.2020.106615	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計24件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 19件）

1. 発表者名 Salem, S. I., Higa, H., & Ishizaka, J.
2. 発表標題 Novel Spectral Band-Shifting Techniques for Ocean Color Multi-spectral Sensors using HICO Hyperspectral Reflectance
3. 学会等名 AGU Fall Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hirotto Higa, Ryuya Matsushita, Salem Ibrahim Salem
2. 発表標題 Review of Measurement Method for Light Absorption Coefficients based on the Filter Pad Method
3. 学会等名 The 10th AWOC/19th JKWOC 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Shogo Minamiyama, Hirotto Higa, Ryuya Matsushita
2. 発表標題 Analysis of water quality fluctuation patterns in Tokyo Bay based on spatial information from IOPs
3. 学会等名 The 10th AWOC/19th JKWOC 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kaoru Watanabe, Hirotto Higa, Ryuya Matsushita, Salem Ibrahim Salem
2. 発表標題 Ocean Color Inversion Model Applicable to Various Water Masses for Retrieving Inherent Optical Properties
3. 学会等名 The 10th AWOC/19th JKWOC 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Salem Ibrahim Salem, Hiroto Higa, Joji Ishizaka
2. 発表標題 Novel Spectral Band-Shifting Technique for Ocean Color Multispectral Sensors
3. 学会等名 The 10th AWOC/19th JKWOC 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryuya Matsushita1*, Hiroto Higa, Joji Ishizaka, Victor S. Kuwahara, Salem Ibrahim Salem
2. 発表標題 Evaluation of Semi-Analytical Inversion Algorithms for Inherent Optical Properties by Water Mass Classification from Open Ocean to Highly Turbid Coastal Areas
3. 学会等名 The 10th AWOC/19th JKWOC 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kaoru Takeuchi, Hiroto Higa, Salem Ibrahim Salem
2. 発表標題 A Study on Development of SGLI Atmospheric Correction for Various Water Areas Using Linear Combination Index (LCI) algorithm
3. 学会等名 The 10th AWOC/19th JKWOC 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Sumire Hiramatsu, Hiroto Higa, Kasunori Ogata, Eiichi Haraki
2. 発表標題 Promoting the Utilization of the Marine Information Service for Fisheries
3. 学会等名 The 10th AWOC/19th JKWOC 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Salem, S. I., Higa, H., Ishizaka
2. 発表標題 Spectral Band-Shifting of Multispectral Remote Sensing Reflectance
3. 学会等名 The 9th AWOC /18th KJWOC (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Ideno, R., Higa, H.: Fujita, K
2. 発表標題 Elucidating optical properties of multiple water areas based on backscattering ratio by radiative transfer simulation
3. 学会等名 The 9th AWOC /18th KJWOC (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Muto, M., Higa, H.
2. 発表標題 Analysing Optical Properties for Atmosphere and in-water in Coastal Areas by AERONET-OC
3. 学会等名 The 9th AWOC /18th KJWOC (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Takeuchi, K., Higa, H.
2. 発表標題 A trial of atmospheric correction development for highly turbid coastal areas using GCOM-C/SGLI
3. 学会等名 The 9th AWOC /18th KJWOC (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Matsushita, R., Higa, H., Ishizaka, J. Kuwahara, V. S., Salem, I.S.
2. 発表標題 Validation of the inherent optical property estimation algorithms assuming GCOM-C/SGLI bands for coastal areas
3. 学会等名 The 8th AWOC /17th KJWOC (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Fujita, K., Higa, H., Salem, I, S.
2. 発表標題 Synthetic dataset for optically complex waters and its application of ocean color inversion algorithms validation
3. 学会等名 The 8th AWOC /17th KJWOC (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武藤正剛, 比嘉紘士
2. 発表標題 AERONET-OC を用いた閉鎖性内湾域における大気・水中の光学的特性の解析
3. 学会等名 第56回日本水環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 竹内芳, 比嘉紘士
2. 発表標題 海色リモートセンシングにおける沿岸域の大気補正モデル開発の試み
3. 学会等名 第56回日本水環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 松下流也, 比嘉紘士
2. 発表標題 沿岸域の光学的特徴分類に基づく固有光学特性推定アルゴリズムの検証
3. 学会等名 第56回日本水環境学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Higa, H., Salem, S. I
2. 発表標題 An Improvement of Sigma Correction for Backscattering Coefficient Measurement by Hydroscat-6P in Tokyo Bay
3. 学会等名 The 8th AWOC /17th KJWOC (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Salem, S. I., Higa, H., Ishizaka, J., Oki, K
2. 発表標題 Global -scale Retrieval of Inherent Optical Properties using Machine Learning
3. 学会等名 The 8th AWOC /17th KJWOC (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Matsushita, R., Higa, H., Salem, S. I., Ishizaka, J.
2. 発表標題 Validation of Inherent Optical Properties Algorithms Considering GCOM-C SGLI bands using in situ Dataset
3. 学会等名 The 8th AWOC /17th KJWOC (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Nakayama, T., Higa, H., Mitsuhiro, T
2. 発表標題 A suggestion for SGLI Atmospheric Correction Model by Considering Absorptive Aerosol in Tokyo Bay
3. 学会等名 The 8th AWOC /17th KJWOC (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Fujita, K., Higa, H., Salem, S. I.
2. 発表標題 Development of Ocean Color Datasets for an Optically Complex Coastal Area
3. 学会等名 The 8th AWOC /17th KJWOC (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 藤田夏菜子, 比嘉紘士, サレム イブラヒム サレム
2. 発表標題 京湾における水中物質の構成変化を考慮した海色変化の計算
3. 学会等名 第55回日本水環境学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 比嘉紘士, 中山大雅, 高橋邦明, 村岡秀夫
2. 発表標題 GCOM-C/SGLI検証のための大気・水中の連続光学観測
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------