

シチズンサイエンスのためのスマートフォンを利用した赤潮観測体制の構築

代表研究者	片野俊也	東京海洋大学学術研究院・教授
共同研究者	藤井直紀	日本気象協会
共同研究者	吉田毅郎	日本大学理工学部・准教授
共同研究者	川辺みどり	東京海洋大学学術研究院・教授

1 研究の背景と目的

赤潮は、例えば 2021 年 9 月から 10 月にかけて北海道東部において 100 億円近い漁業被害をもたらすなど、現在でも深刻な経済被害をもたらす環境問題である。その解決には、生活排水からの富栄養化の抑止などの対策が必要であることはいまでもない。その一方で、一般市民は、みずからの生活排水にその原因があることを認識していることは多くないようであった。一般の方々に過去に研究代表者が高校生 295 名を対象に「赤潮に関するアンケート調査」をおこなったところ、高校生のほぼ全員が「赤潮」という単語を知っているにもかかわらず、約 8 割が「赤潮を見たことがない」と回答した。従って、一般の方々は赤潮を見てもそう認識していないケースも多いと考えられる(嶋田と片野、2016)。赤潮問題の解決のためには、生活排水を出している一般市民の理解も必要である。2021 年に開始した「国連海洋科学の 10 年」では、「持続可能な開発目標(SDGs)」の「14 ゆたかな海」の実現に向けて、市民を含む多様なステークホルダーが連携して科学的知識を生み出し、利活用を進めるとされている。

赤潮は、沿岸養殖が盛んな各県の水産試験場を中心にモニタリングが実施されているが、予算とマンパワーが限られていることから、必ずしも観測体制は十分とは言えない。とくに、赤潮は、当該海域において発達するだけでなく、発達した赤潮が周辺海域へ広がる事などもあり、広範、高頻度のモニタリングが、赤潮発生・発達メカニズムの理解のためには欠かせない。これまでに申請者は防水の GPS 付きデジタルカメラで撮影した海面画像 RAW データから色相(Hue 値)を取り出し、Hue 値とその時のクロロフィル a 濃度の検量線を作成した。これにより一定レベル以上の植物プランクトン現存量があれば、カメラでクロロフィル a 濃度が推定できるようになった(片野 2019 アグリバイオ)。この手法はスマートフォンにも利用可能であるが、測定値は、天候、海の濁りの影響を受けることがわかったほか、機種ごとに検量線を作成する必要があった。そのため、撮影機種が多様になってしまうシチズンサイエンスのためには実用レベルには届いていない。

そこで、本研究課題では、市民の赤潮に対する理解を深めること、多くの観測データを蓄積し、共有することを目的として、市民科学の手法を用いて赤潮観測体制を構築することを目指した。その際に市民の参画を促すうえで、海洋科学に気軽に参加できる媒介としての情報通信技術ツールの開発は不可欠である。そこで、そのための赤潮観測アプリを開発することとした。

2 研究の内容

2-1 海の色の数値化

海面の色は、青色、茶色、赤色など様々ある。ただし、「赤色」だけだとどのような赤なのかかわからないし、また、同じ色でも色の表現は人によって異なる。したがって、色を数値化し、統一の表現にする必要がある。「色」の数値表現には様々ある。一般的なものとしては RGB 色空間が挙げられる。RGB 色空間は赤・緑・青を軸にして数値化する方法である。この方法では、3 軸(3 次元)での表現となる。3 次元で表現されるので海面の色を形成する要素を多く表現できる反面、多くの教師的データが必要である。本事業はまだデータを集める過程であるので、より簡易に扱える HSV 色空間に変換した。HSV とは色相(Hue)、彩度(Saturation, Chroma)、明度(Value, Brightness)で色を表現する方法であり、「色」自体は H のみの 1 次元であらわすことができる。海水そのものの色は「青系統」であらわされ、植物プランクトンが増えてくると「緑」や「赤」などで表現される。このように 1 次元であらわすことで一次元かつ単純に植物プランクトン量を表すことができる。

海水は、植物プランクトンだけでなくほかの物質が含まれていても色が変わることがある。そのような複数の条件を表現できる方法として、CIE 表色系や $L^*u^*v^*$ 表色系を使い「色度図」上であらわす（2次元座標）で示す方法もあるが、これらはこの事業でデータを収集したのちに解析する予定である。また、海面の色は「空」にも影響することから、将来的には「海面」と「空」の両方を撮影してデータを蓄積し、より高度な解析を行う予定である。

2-2 カメラの違いによる海の色の確認

スマートフォンには様々な会社のセンサーが搭載されており、色の違いがあることが予想された。そのため、複数のカメラを使い、今回の解析に必要な色の違いがあるかどうかについて検討した。これらは同じ色においても違いはあるものの、「アプリでの色補正をしない」という条件下では、大きな差はみられなかった。

2-3 解析プログラム

画像の色解析には、様々なオープンライブラリが存在する。このライブラリを使って色の解析を行うプログラムを開発した。Python を利用する場合、代表的なライブラリに OpenCV や Colour などが存在する。今回はより汎用的な OpenCV を利用した。撮影された画像から最頻値（もっとも頻繁に使われている色）を抽出し、RGB 値を読み取ったのち、HSV に変換した。変換した H 値を用い、別途研究で得られた関係式により植物プランクトン量を算出した。なお、今回、WEB アプリ化するにあたり、Javascript で構成される OpenCV を最終的に採用した。

2-4 データ収集とその表示システムの概要

今回のシステムを概観すると次のとおりである。

利用者はスマートフォンを使って、WEB アプリケーション（WEB ページ）にアクセスし、海面（または空）の画像を撮影し、それをスマートフォン内のメモリに保存する。保存された画像に対し、解析をかけ、色情報を数値化（HSV 色空間）する。このうち H 値を使い、植物プランクトン量（クロロフィル値）を概算し、WEB アプリケーションに表示する。

また、利用者が許せば、画像、位置情報、撮影時間をサーバに提供し、それらの情報をサーバで保有する。保有されたデータは WEB アプリケーションで表示できるようにする。

2-5 クラウドサービスを使ったシステム構築の検討

色の解析を行うために OpenCV を用い、また言語には Python を用いるシステムについて試行した。この方法で作業を行うためには汎用の WEB サーバでは対応していないため、仮想化サーバまたはコンテナ方式でのサーバをもったクラウドサービスを検討する必要がある。このようなクラウドには Microsoft の Azure、Amazon の AWS、Google の GCP が代表的なサービスであるが、今回は Azure を利用した。

Azure にコンテナを作成し、Python、OpenCV を組み込んだ。また、WEB アプリケーションの作成にはオープンソースである Flask を使用した。データベースは別途 Azure 内に MySQL を立ち上げ、画像保存のストレージを設けた。

このスペックで運用に耐えうるか検討した。しかし、この方法では経費が掛かることが明らかになったため、クラウドベースでの開発は断念した。

2-6 汎用 WEB サービスを使ったシステムの導入

後述するが、クラウドサービスでは大規模になりすぎたため、汎用 WEB サービス（ロリポップ）についても検討した。OpenCV は Javascript でも動作する OpenCV.JS がリリースされているのでこのシステムを検討した。解析のプログラムは Javascript で作成し、GUI（インターフェース部分）は HTML 言語を使って作成した。画像保存は WEB サーバ内に、データベースは汎用 WEB サービスに付属している MySQL を用いた。

データベースには、画像のディレクトリ、画像名、記録日時、位置（緯度・経度）を記録するようにした。

収集したデータは地図上に表示できるようにし、地図には Openstreet を使った。

2-7 スマートフォンによる海面の撮影画像から、色情報を取り出し、クロロフィル a 濃度を推定する関係式作成とホームページの公開

a) ホームページの開設とウェブアプリの実装

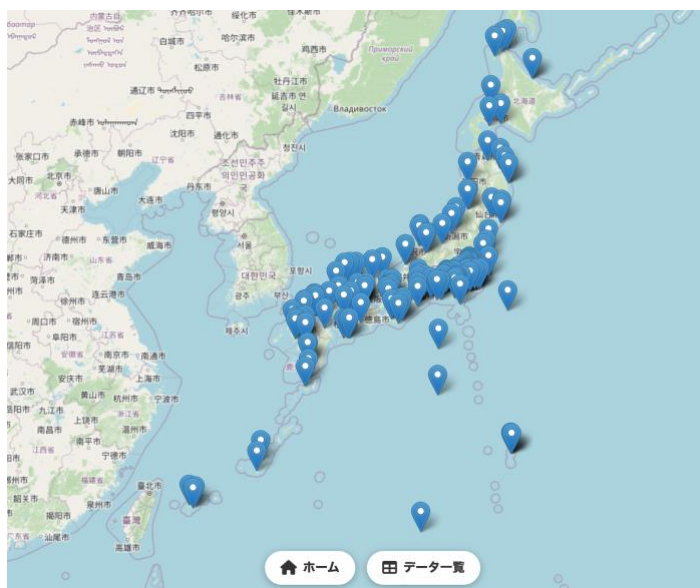
本プロジェクトを[Wanted: Red]と名付けて、ホームページを開設した。ホームページには、プロジェクトの概要、海面の撮影画像からクロロフィル a 濃度を推定する WEB アプリ（前述）のリンクを掲載した。このアプリは、これまでに蓄積したデータセットを用いて画像から取り出した Hue 値と海面クロロフィル a 濃度の関係式を作成した。このアプリを通じて、ユーザーが、スマートフォンで撮影した海面画像をアップロードすると、リアルタイムでクロロフィル a 濃度を返すことが出来る様にした。同時に、この時の撮影画像をウェブ上のサーバーに蓄積出来るようにした。ホームページは、将来的な海外への展開を考えて、英語、韓国語、中国語、トルコ語版も作成した（下は、トップページのスクリーンショット）。



リンク：<https://sites.google.com/view/wanted-red/ホーム>

ウェブアプリ：https://wanted-red.heavy.jp/wanted_app/public/

現在までに、北海道から沖縄までの日本沿岸域、そのほか、アメリカ、カナダ、マレーシアを含む 550 以上のデータが蓄積、公開されている（下はウェブアプリのスクリーンショット）。



b) データポリシー・プライバシーポリシーの策定

一般の方から得られた画像データ（ファイル）のウェブでの公開に当たって、以下の通り、データポリシー、プライバシーポリシーを定め、ウェブ上に示した。

———ここから———

データポリシーおよびプライバシーポリシー

第1条（基本方針）

本プロジェクト（Wanted: Red）は、取得したデータを教育・研究等の非営利目的に限り公開および提供するものとする。提供されるデータには、個人を特定できる情報が含まれないよう最大限の配慮を行うものとする。また、データ提供状況の把握は、プロジェクトの維持および運営に不可欠であるため、必要な規定を以下に定める。

第2条（個人情報の取扱い）

1. 収集および利用

本プロジェクトは、ユーザーより提供された画像データ、撮影日時、撮影場所に関する情報のみを収集し、教育・研究目的に限り利用する。その他の目的に使用しないものとする。

2. 保存

収集した個人情報は、適切な管理措置を講じたうえで安全に保存し、漏洩、改ざん、紛失等の防止に努める。

3. 削除

ユーザーが個人情報の削除を希望する場合は、下記第7条に定める窓口に連絡することにより、合理的な期間内にこれに対応する。

4. 同意の取得

ユーザーは、画像データのアップロードおよび撮影日時・場所情報の入力を行った時点で、本ポリシーおよびデータ利用に同意したものとみなす。

第3条（ユーザーから提供されるデータ）

ユーザーが提供する画像データおよび関連情報は、個人を特定できない形に加工・処理したうえで、教育・研究目的に利用するものとする。人物、車両ナンバー、住居等、個人識別につながる情報が含まれる場合には、適切な処理を施す。

第4条（管理者によるデータ提供）

収集された調査データは、教育・研究目的で利用できるものとする。ただし、機器故障等により情報提供が中断される場合、または異常データが表示される場合があることを、利用者はあらかじめ了承するものとする。

第5条（利用条件）

1. 提供されたデータの第三者への再配布および公開中の画像データの無断転載を禁止する。

2. データを基に作成された二次成果物（論文、報告書等）を公開・配布する場合、事前に管理者に連絡しなければならない。

3. 本プロジェクトへのリンクを設定する場合も、事前に管理者に連絡しなければならない。

4. 収集データを営利目的で利用することを禁止する。

5. データ利用による研究成果の発表に際しては、本プロジェクトからのデータ提供に

よる旨を謝辞に明記し、当該成果物を管理者に提出するものとする。

第6条（免責事項）

管理者は、提供するデータの完全性、正確性について一切保証しない。また、データ利用に起因または関連して発生した損害、損失、苦情、または第三者との紛争について、一切の責任を負わない。

第7条（個人情報に関する問い合わせ窓口）

個人情報に関する問い合わせ、苦情、削除依頼等は、以下の窓口に連絡すること。

Wanted: Red プロジェクト管理者

東京海洋大学 海洋環境科学部門 片野 俊也

〒108-8477 東京都港区港南 4-5-7

電話：03-5463-0524

電子メール：tkatan0@kaiyodai.ac.jp

———ここまで———

c) 市民に配布するリーフレットの作成

市民イベントでは、プロジェクトホームページのQRコードやプロジェクトの背景や目標を分かり易く整理したリーフレットが必要となるため、プロジェクトを紹介する3つ折りのリーフレットを作成し印刷した（下参照）。そのほか、赤潮について一般向けに解説した資料も作成・印刷した。これらは後述するイベントにて配布を行った。



パンフレット外側



パンフレット内側

2-8 イベント・学会活動によって本プロジェクトの周知を図るとともに市民の参画を増やし、データを収集、システムのバージョンアップを実施

- 佐賀大学美術館佐賀大学美術館開館 10 周年特別記念展トークシリーズ「地域・歴史・芸術～私たちは何をどう保存するのか？」第 8 回「佐賀の地域資源とミュージアム」、2023 年 9 月 2 日、佐賀大学美術館が市民とミュージアム（美術館・博物館）の考えるトークシリーズに参画した。担当したシリーズは自然と市民との関係、そのなかでのミュージアムの役割であり、その過程で「市民の科学」の一例として本プロジェクトを紹介した。当イベントでアプリを使用することはなかったが、スライドと配布資料によってプレゼンを行い、参加者とディスカッションをした。
- 日本プランクトン学会、2023 年 9 月 1-3 日、北海道函館市
日本プランクトン学会にてポスター発表を行い、プロジェクトを紹介するとともに協力者を募った。北海道道立総合研究機構ならびに、愛媛大学の教員らとは情報交換を行い、今後の活動実施の可能性について打診した。
- 豊かな海を未来へ～海に学び、海に遊ぶ～in クレセントビーチ、2023 年 9 月 10 日、広島県福山市
広島県福山市のライオンズクラブが実施した海洋環境を考えるイベントに参画した、参加者は一般市民と地元高校生であった。瀬戸内海の環境と生物資源について簡単な話題を提供するとともに、「市民の科学」啓発として本プロジェクトで開発中の WEB アプリについて紹介をした。また、会場がビーチであったため、数名には実際にアプリを使ってもらい、使い勝手についてコメントをいただいた。
- 東京湾大感謝祭、「第 23 回東京湾シンポジウム」、2023 年 10 月 13 日、神奈川県横浜市
市民向けのシンポジウムにおいてポスター発表を行い、東京湾で活動を行っている NPO 法人や企業の方と交流した。その結果、千葉県浦安市の市民団体が海岸ゴミ拾い活動に際して、海面画像の取得をしてくれるとの反応を得た。2024 年 4 月以降のイベントにて Wanted: Red の活動について説明しに行く予定である。この会合を機に、東京湾の赤潮定期調査を行っている東京都環境局水環境課が、2024 年度の調査時にスマホでの海面画像の撮影をしてくれた。2025 年度も継続している。
- 国際学会 International Conference on Harmful Algae: ICHA2023、2023 年 11 月 5-11 日、広島県広島市

本プロジェクトについて発表し協力者を海外に募った。その結果、マレーシア・マラヤ大学の教員、韓国、海洋科学技術院 KIOST の研究員から前向きにプロジェクトに協力して頂ける反応があったため、今後海外への展開を目指していく。マレーシアからは画像の投稿が得られた。

● サイエンスアゴラ 2023、2023 年 11 月 18・19 日、東京（右は、サイエンスアゴラの報告）

東京テレコムセンタービルにおいて開催されたサイエンスアゴラ 2023 に参加し、本プロジェクトの説明と開発したアプリの体験をしてもらった。この活動において、後述する不適切な画像のアップロード問題が浮き彫りになった。計 200 名以上の方に体験して貰ったところ、何人の方からは、画像をアップロードする「ご褒美」があると活動にもっと協力して頂けるのでは無いかとの指摘を頂いた。このイベントにおいて、株式会社リバネス、市民団体（浦安水辺の会）、東京都環境局を行っている民間調査会社に協力頂けることになったほか、今後科学技術振興機構（JST）のポータルサイトに載せていただけることになった。

企画番号 325

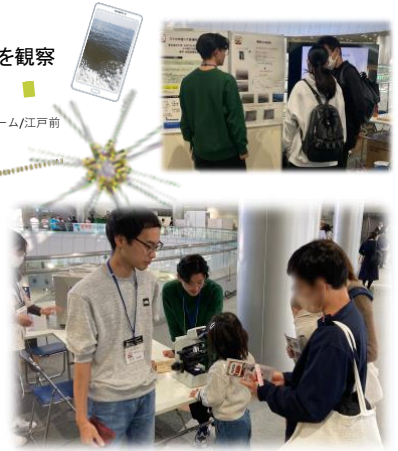


スマホを使って赤潮を観察してみよう！

東京海洋大学 WANTED-RED プロジェクトチーム/江戸前 ESD 協議会/産学・地域連携推進機構

スマホを使った、クロロフィル量を測定するアプリについて紹介して、疑似体験していただくとともに、生きた植物プランクトンを顕微鏡などで観察してもらいました。2日間で200名以上の方々に来場いただき、アプリの使用感についてお聞きすることが出来たほか、赤潮の問題について意見交換できました。

一般の方々の方々の赤潮のイメージをお聞きすることが出来て、勉強になりました。今後、いただいたご意見や感想を元に、アプリとウェブページを改善していきます。



● 日本プランクトン学会・ベントス学会合同大会、2024 年 9 月 13- 16 日、島根

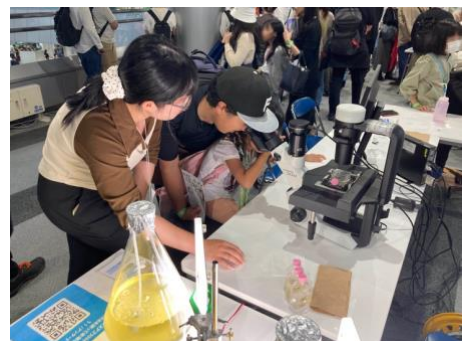
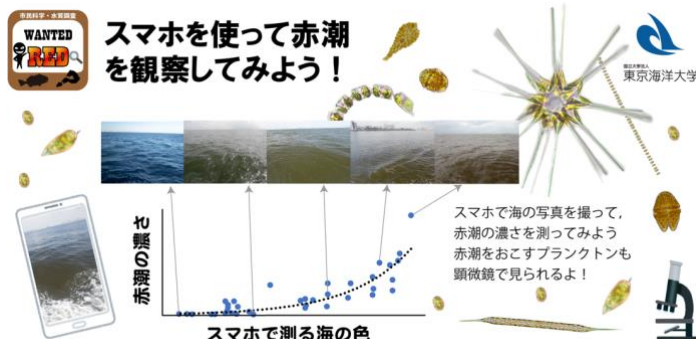
「スマートフォンを利用した赤潮の市民科学：Wanted Red」と題して講演を行った。佐賀県有明水産振興センターの方から前向きに協力いただけるコメントを頂いた。今後の協力関係について議論した。

● 沿岸海洋シンポジウム「沿岸海域における陸水から水・物質流入に関する新たな展開」、2024 年 9 月 17 日、東京都港区（招待講演）

沿岸海洋学会シンポジウムにおいて、「スマホを使った市民との赤潮共同観測」と題して講演を行った。九州大学の先生が関心を持って頂いた、今後、情報交換を進めていき、機会があれば活動を九州の沿岸域でも展開していく。

● サイエンスアゴラ 2024、2024 年 10 月 25、26 日、東京

東京テレコムセンタービルにおいて開催されたサイエンスアゴラ 2024 に参加し、本プロジェクトの説明と開発したアプリの体験をしてもらった。およそ 300 名の方に体験いただいた。



図：当日の様子など

● 福山ロータリークラブ講演会 2025 年 3 月 2 日、広島

福山ロータリークラブは地域の漁業協同組合や高校（クラブ活動）と協働して、瀬戸内海の保全を目指して様々な活動を行っている。その成果報告会にて瀬戸内海の環境や生物に関する講演を行った。その際、市民の科学についての話題に触れ、本プロジェクトについて紹介した。また、本事業で開発したアプリケーションについても紹介し、この使用を依頼した。

3 今後の課題

3-1 不適切な画像のアップロード

サイエンスアゴラにおいて、市民にアプリを体験して貰ったところ、自分の服などを撮影してその画像をアップロードしてみる人などが見られた。本アプリは、色をもとにクロロフィル a 濃度を推定するため、様々な色を試してみたいようであった。ウェブ上に、海面以外の撮影画像が蓄積される恐れがあるため、海面画像アップロードする以外に、試しに測定するためのアプリもウェブ上に掲載して、海面画像以外のアップロードを防ぐ仕組みが必要と考えられた。また、海面以外の画像を判別してデータとして採用しないように海面とそれ以外の画像を識別する必要がある。この画像の分類において機械学習などの手法が適用できるか基礎的な検討を行った。近年では大規模言語モデルが発展しており画像も扱うことができるため、簡易的な画像の識別において大規模言語モデルを活用することは有効と言える。

3-2 調査参加のインセンティブ

このプロジェクトは、多くの市民参加が不可欠である。本来、このようなプロジェクトに市民が参加した場合、市民の生活に直結するような情報が得られるなら参加者が広がるはずである（例えば、ウェザーニューズ社の天気画像など）。しかし、本プロジェクトが収集したい「植物プランクトン情報」が直接生活に関わることはないため、市民がこのプロジェクトの意義を理解して楽しめるような工夫が必要だとは考えている。プロジェクト自体が市民の厚意によるため、「起爆剤」としての仕掛け、すなわち市民が画像を沢山アップロードしたくなるような動機付けの必要性があることがわかった。本プロジェクト期間中には、シールを作成し、イベントで配布した。

3-3 市民への成果還元

これまでに 550 件以上の画像がアップロードされている。画像投稿していただいた方々に対してこれによって得られた知見をフィードバックしていくことは、本事業の継続性にも関わる問題である。そこで、得られたデータを解析するなどして、その結果をホームページ上に公開していくことを考えている。

3-4 事業の継続性

この Web システムの運用維持には、一定の経費がかかる。その運転資金の獲得は継続性に直接関わる。2025 年度については、東京海洋大学学内予算を措置頂いた。今後も積極的に外部資金を獲得してこのシステムの運用を維持し、発展させていきたい。

【参考文献】

嶋田祐大、片野俊也 これから「赤潮」の話をしよう、

<https://www2.kaiyodai.ac.jp/~tkatan0/img/e-book20160330.pdf> (2016) 査読なし 一般向け電子書籍

片野俊也、デジタルカメラを活用した赤潮分布調査、アグリバイオ 3(7):30 (2019)査読なし

〈発 表 資 料〉

題 名	掲載誌・学会名等	発表年月
市民参加型赤潮調査 Wanted: Red	日本プランクトン学会	2023 年 9 月 1-3 日
Citizen science of red tide monitoring using smartphone	International Conference on Harmful Algae: ICHA2023	2023 年 11 月 5-11 日
スマートフォンを利用した赤潮の市民科学: Wanted Red	日本プランクトン学会・ベントス学会合同大会	2024 年 9 月 13- 16 日
スマホを使った市民との赤潮共同観測	日本沿岸海洋研究会	2024 年 9 月 17 日