

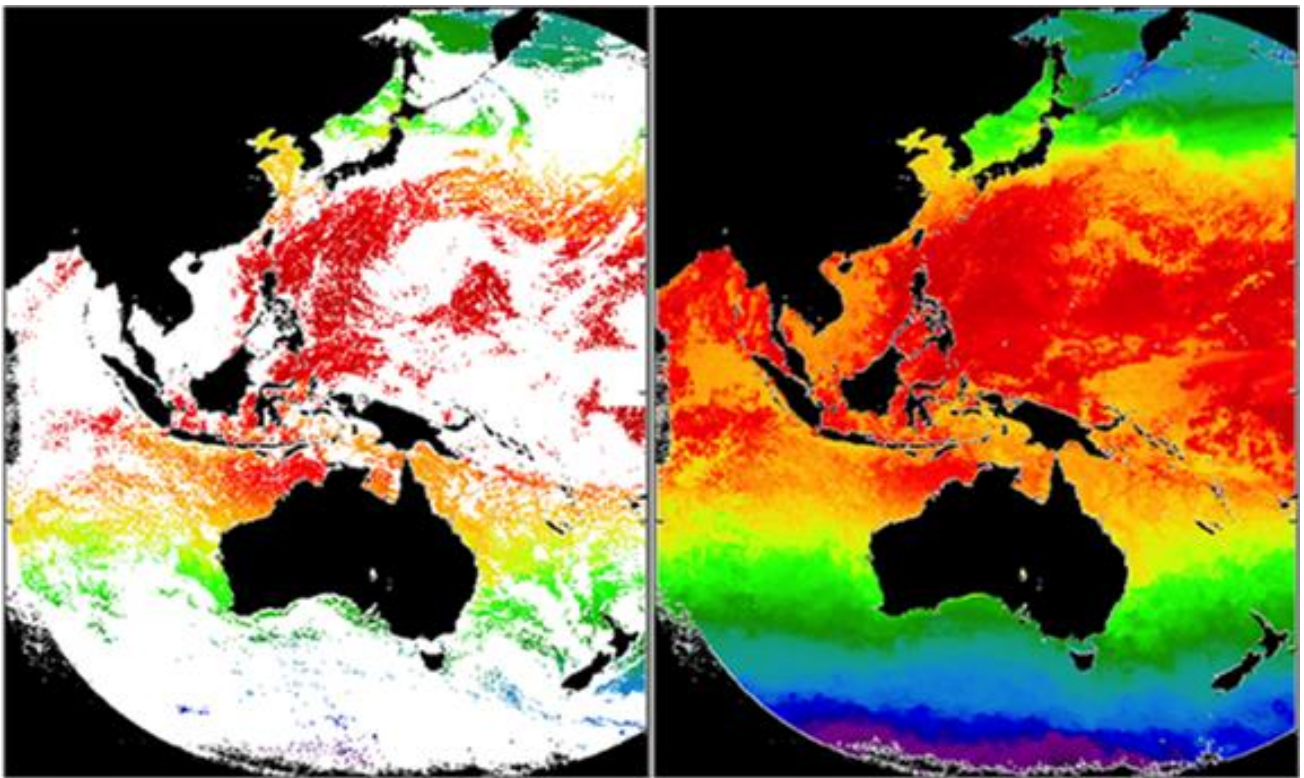
深層学習を用いて欠損のある海水温画像を修復する技術を開発

—深層学習技術の衛星データへの応用—

概要

京都大学学術情報メディアセンター 飯山将晃准教授、笠原秀一 同特定講師、京都大学大学院情報学研究科 柴田哲希 大学院生（研究当時）らの研究グループは、人工衛星が観測した欠損のある海水温画像を、深層学習を用いて修復する技術を開発しました。この技術を用いることで、従来利用されてきたスーパーコンピュータを用いたデータ同化による手法では長い時間がかかっていた修復を、より高速に実行できるようになるため、産業における利用がこれまでより容易となります。海水温データは海洋天気予報の基礎データとして利用されている他、水産業における漁場決定などにも幅広く利用されており、この技術による波及効果が期待されます。

本研究成果の一部は、2018年8月20日から24日に北京で開催された「パターン認識の国際会議「ICPR 2018」にて、「Restoration of Sea Surface Temperature Satellite Images Using a Partially Occluded Training Set」のタイトルで発表されました。



入力画像

修復結果

1. 背景

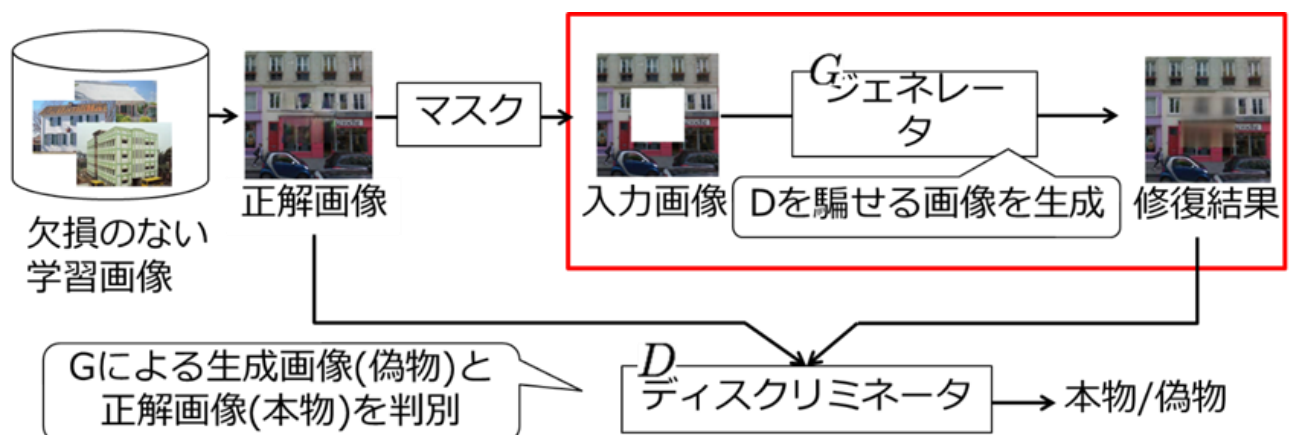
人工衛星が観測した海水温画像データなどで作られる海水温情報は、漁業者が出漁する漁場を決定するときなどに利用されています。しかし、人工衛星が搭載する可視光センサーでは海表面が雲に覆われている場合、海水温度を観測することができません。従来、こうした欠損部分を修復する手法として、観測データと海洋物理学に基づく数値モデルを組み合わせたデータ同化による修復が行われてきました。しかし、この方法による修復は計算コストが大きく、スーパーコンピュータを用いても計算に1日以上かかってしまい、リアルタイム性に欠けるという問題があります。そこで、本研究では欠損部分の海水温度をより高速に修復することを目指しました。

飯山研究室では、国立研究開発法人海洋研究開発機構（JAMSTEC）などの研究機関と連携して、資源保護と経済性とを両立させたサステナブル（持続可能）漁業に向け、漁業活動において取得される海洋気象や水産に関する多様なビッグデータを、パターン解析など人工知能系の技術によって分析して、漁業者や自治体などに提供する技術を開発することを目指しています。この研究テーマは、科学技術振興機構（JST）による戦略的創造研究推進事業（CREST）の研究事業として採択されており、本技術はこの研究事業の一環として開発されました。

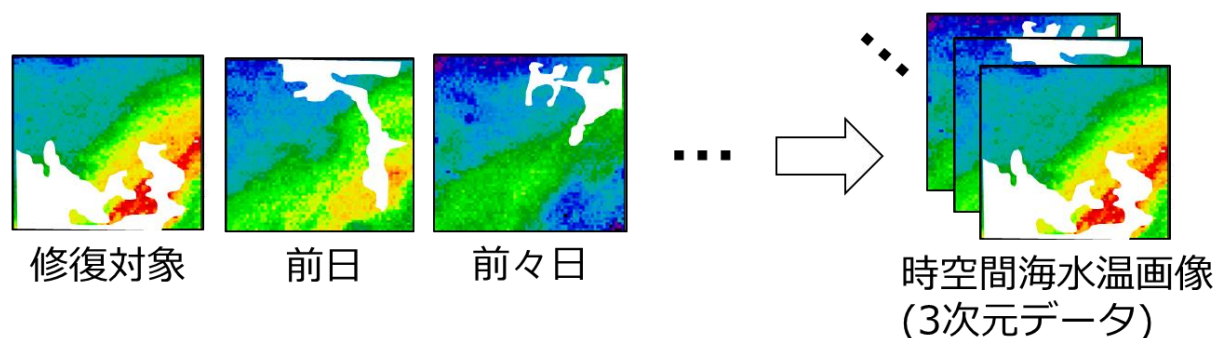
2. 研究手法・成果

本研究では、雲が原因で海面が人工衛星から観測できないエリアの海水温を推定する手法として、デジカメ写真の修復などで用いられている画像インペインティングという技術を利用しています。画像インペインティングは、元来ノイズや傷といった写真の欠損部分を修復するために開発された技術で、近年では大量の学習データに基づく機械学習を用いた学習型インペインティングが提案されています。この技術は、デジカメ写真のような普通の画像を対象に用いられていましたが、本研究ではこれを人工衛星で撮影された気象画像（海水温画像）でも利用できるよう改良しました。

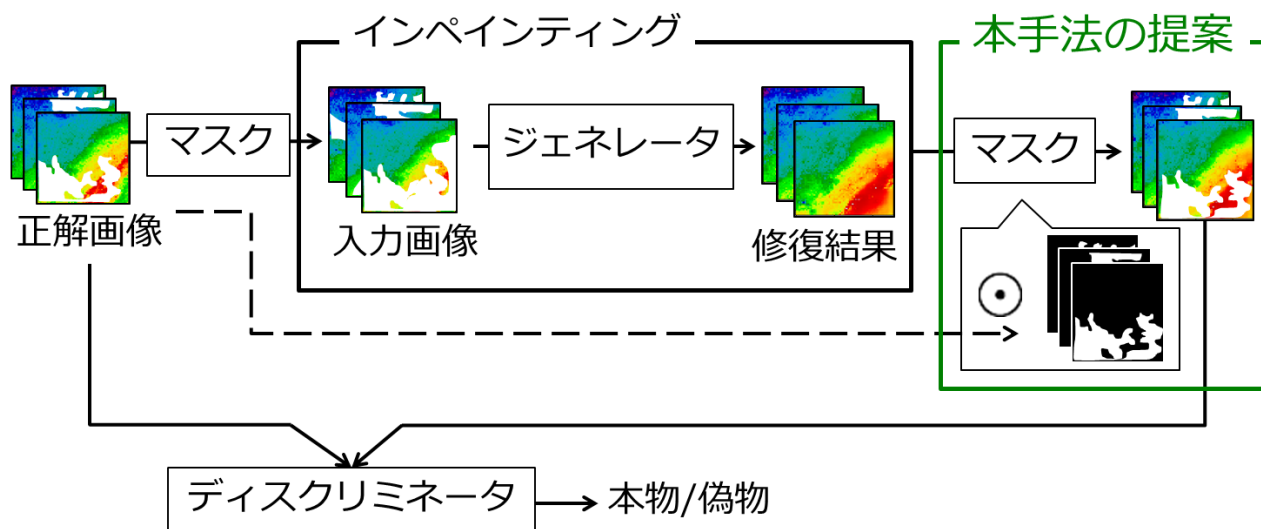
海水温画像には、うずやうねりといった海水の特徴的な動きが海水温分布として映り込んでいます。雲に邪魔されて観測できない箇所にもそのような海水温の特徴があるため、開発する技術ではそのような特徴を上手く復元するような工夫が求められます。従来用いられていた再構築誤差最小化と呼ばれる方法ではどうしても平滑化されてボケた画像に修復されてしまい、こうした特徴が再現できないという問題がありました。そこで本研究では、再構築誤差に敵対的誤差を組み合わせる手法を用いています。この手法では、ディスクリミネータを騙せる画像を生成するジェネレータと、ジェネレータによる生成画像と正解画像を判別することを目指すディスクリミネータが、互いに敵対的に学習を進めます。こうすることで、再構築誤差を用いる手法では大きく平滑化されてしまうという問題を解決しました。（下図）



海水温は空間的に隣同士であればあまり変化しないという性質（スパース）があるので、非欠損部分の情報から欠損部分の情報を推定することができます。また、1日の雲の移動量は1日の海水温度の移動量よりも遥かに大きく、海水温変化の主因である海流に法則性があるため、前日の観測から当日の水温がある程度予測できるという特徴もあります。こうした特徴から、学習データとしては空間方向、時間方向の情報を時空間海水温画像として3次元データにまとめて扱っています。（下図）



学習的インペインティングには欠損のない学習画像が必要となりますが、人工衛星が観測した海水温画像は雲による大きな欠損があることがほとんどで、欠損のない海水温画像を大量に収集するのは困難という問題があります。これに対して、学習データに欠損が多少含まれていたとしても安定して修復が可能な技術を開発しました。



3. 波及効果、今後の予定

海水温データは海洋天気予報の基礎情報として広く利用されている他、水産業における漁場や漁期決定の判断、漁場分布や産卵時期の推定など産業向けにも用いられており、幅広い波及効果が期待できます。また、当研究室が進めている海水温データと漁獲データを組み合わせ、パターン解析を用いて好漁場を推定する技術と組み合わせることで、漁場探索コストを削減することによる漁業の生産性向上にも寄与できます。今後、修復精度の向上と計算速度を改善するとともに、事業化も視野に入れて産業向けの社会実装を進める予定です。なお、本技術は2018年7月末特許を出願しています。

4. 研究プロジェクトについて

本研究は、国立研究開発法人 科学技術振興機構（CREST）PMJCR1681 より資金的支援を受けて実施されました。

飯山将晃准教授のコメント

自然現象の予測に対して人工知能技術がある程度使えることがわかりました。今回開発した技術は海洋天気予報・水産・海運への応用が期待できます。今後は、様々なデータを使いながら精度を上げていきたいと考えています。

<論文タイトルと著者>

タイトル：Restoration of Sea Surface Temperature Satellite Images Using a Partially Occluded Training Set
（部分欠損学習データセットを用いた海水面温度の衛星画像復元）

著 者：Satoki Shibata, Masaaki Iiyama, Atsushi Hashimoto, Michihiko Minoh