

機械学習による海底画像の自動分類

山田隆基 (University of Southampton)

1. 機械学習の応用可能性

Autonomous Underwater Vehicle (AUV) により、海底調査において大量の可視画像を収集することが可能となった（例として1潜航あたり数万枚、1プロジェクトあたり数十万枚）。一方、これらを有効に活用するためには、調査目的に応じた専門家による解析が必要であり、収集された画像の全てを解析するためには長い時間を要する。近年進展の著しい深層学習に代表される機械学習技術は、海底画像の解析の自動化のために効果的であると考えられるが、最も応用の進んでいる「教師あり学習」は、訓練データとして大量の画像とそれらに写っているものの名前（正解ラベル）を必要とする。海底調査では目的に応じて認識したい対象が異なり、また、同じ対象でも撮影条件

（カメラの種類、水質、距離）によっては見え方が異なるため、統一的な訓練データを整備することは困難である。そのため、訓練データを調査ごとに手動で作成する必要が生じ、この作業自体に大変な労力を要する。この問題は他の応用領域においても機械学習技術の導入の障壁となっているため、大量の正解ラベルを必要としない「教師なし学習」や「半教師あり学習」についても研究が進んでいる。また、画像と正解ラベル以外のメタデータも訓練データとして用いることで、学習の精度を向上することも試みられている。海底画像についても、同様の取り組みにより、低労力による自動分類が可能となると考えられる。

2. 位置情報に基づく教師なし学習

AUV によって取得される画像には、多くの場合位置情報がメタデータとして付属する。また、海底調査の対象である堆積物や生息地分布は、一枚のカメラ画像に収まる範囲より大きな範囲に分布することが多いため、近い範囲内で取得された画像は似ている場合が多い。本研究グループは、この知見に基づき、正解ラベルなしで位置情報のみから海底画像の自動分類を行う、位置情報誘導型オートエンコーダを開発した [1]。この自動分類手法を、ハイドレート・リッジ（米国オレゴン沖、水深約 800m）で取得した約 12,000 枚の画像に適用した例を図 1, 2 に示す。図 1 はこの画像群をつなぎ合わせて生成した 2 次元地図であり、図 2 はこの画像群から提案手法により完全に自動で（正解ラベルなしで）生成した、代表的なパターンの空間分布図である。この海域に存在するバクテリアル・マット（緑）、海底ケーブル（赤）、堆積岩（紫）等が自動的に抽出、分類さ

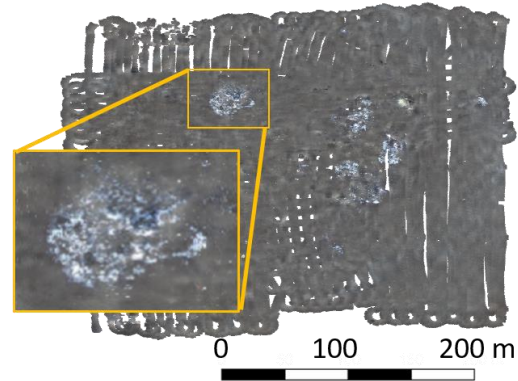


図 1 海底画像群から生成した 2 次元地図

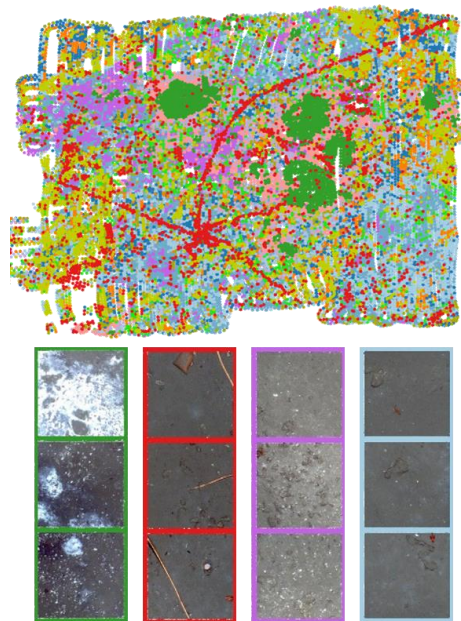


図 2 教師なし学習による自動分類

れていることが確認できる。

この他の応用例として、任意に選んだ画像に対し、それに似た画像を検索することが可能である。図 3 はそれぞれ、カニ、海底ケーブル、海底観測装置が写った画像を検索対象としたときに、それぞれに対して類似画像として検索された 5 枚の画像と、全画像の類似度の空間分布図である。自動分類と比較し、詳細な対象を設定することが可能であり、特定の種類の生物や堆積物の空間分布を推定するために有用であると考えている。また、提案手法は教師なし学習であるため、様々な海域の画像群に対して容易に適用可能である [2]。

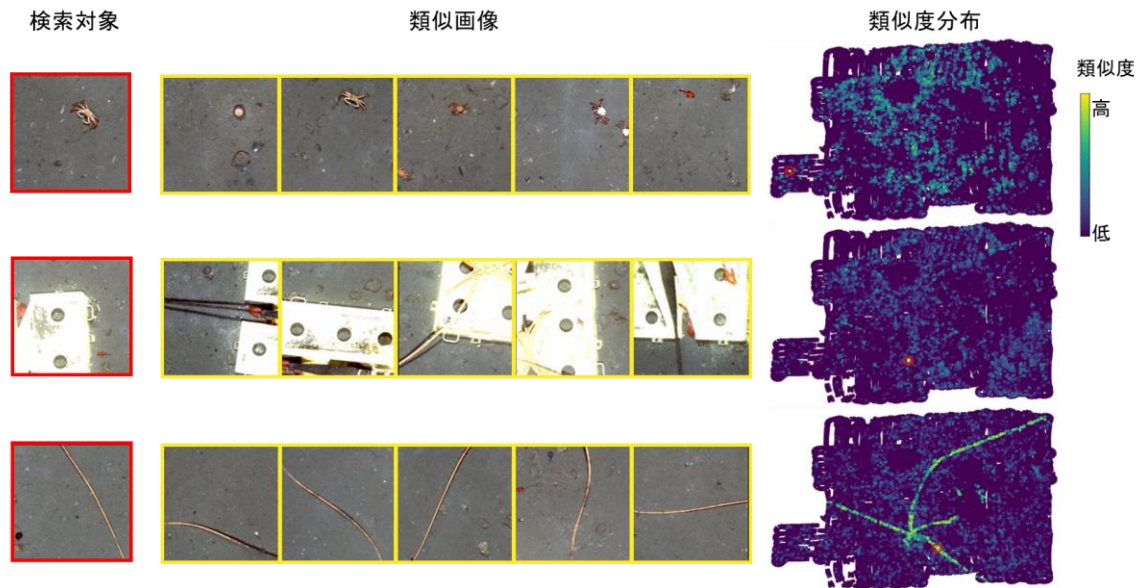


図3 画像検索

参考文献

3. 海底画像データの共有

一般的に機械学習技術はビッグデータを利用することで高精度化が期待されるため、実用化のためには訓練データを大量に集める方法についても検討される必要がある。本研究グループは、SQUIDLE+ [3] という海底画像専用のレポジトリにより、収集した画像を正解ラベルとともに公開、共有している。SQUIDLE+は単なるレポジトリではなく、画像分類や画像セグメンテーション(領域分割)に必要な正解ラベルを複数人で分担して行える機能等を備えたウェブプラットフォームであり、国内外の多くの研究機関により利用されている。図4にSQUIDLE+のインターフェース例を示す。このようなプラットフォームを活用し、生物学、地質学、工学等の分野を超えた専門家の知見を融合し、より効果的な海底画像分析手法の開発を目指している。

- [1] Yamada, Takaki, Adam Prügel - Bennett, and Blair Thornton. "Learning features from georeferenced seafloor imagery with location guided autoencoders." *Journal of Field Robotics* 38.1 (2021): 52-67.
- [2] Huveene, V., and B. Thornton. "2020 RRS Discovery Cruise DY108 - 109, 6 Sept-2 Oct 2019. CLASS-Climate - linked Atlantic System Science Darwin Mounds Marine Protected Area habitat monitoring, BioCAM - first equipment trials. BLT - Recipes: pilot study." (2020).
- [3] SQUIDLE+, <https://soi.squidle.org/>

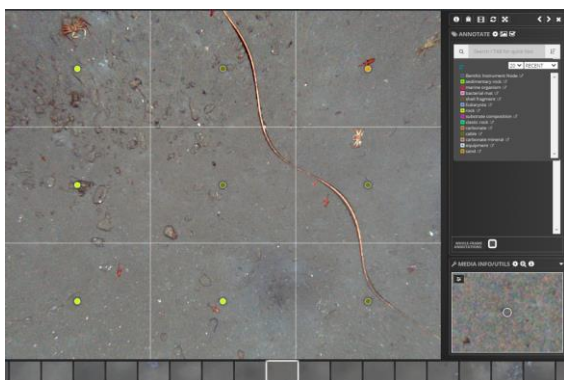


図4 SQUIDLE+による正解ラベルの付与