

機械学習を用いた海底地形図の超解像

○日高弥子・松岡大祐・桑谷立・金子純二・笠谷貴史・木戸ゆかり・
石川洋一（海洋研究開発機構）、木川栄一（海洋研究開発機構、いであ株式会社）

高解像度の海底地形図を低解像度の計測データから推定しようとする画像超解像は、船舶の運航のみならず、海底地質や海底資源、海洋生態系や物質循環を把握する上でも必要不可欠な技術である。これらの技術は、複数回の計測によって得られたデータに対するマルチフレーム再構成型の超解像と、1回の計測によるシングルフレームのデータに対する事例型（辞書型）の超解像に分けることができる。近年では、複数回の計測を行う必要がない辞書型の超解像技術が、情報技術の進展とともに注目を集めている。辞書型の超解像では、高解像度画像を構成する基底成分（特徴量）を組み合わせることで、低解像度画像から高解像度画像への射影変換を実現する。このとき、先験的な知識やデータからの学習によって獲得される特徴量は、海底地形図の超解像に活用されるのみならず海底地形科学的にも重要な情報であり、防災・環境・生物・資源等、各種研究分野への応用が期待できる。海洋研究開発機構では、情報技術または統計数理技術を活用した海底地形図の超解像を通じて、各種研究分野への発展を見据え、研究プログラム「数理海底地形科学」を2019年より行っている。本発表では、画像のスパース性を用いて少数の特徴量で超解像を実現するスパースコーディングと、多層化されたニューラルネットワークを用いた膨大な特徴量で超解像を実現するディープラーニングの、2種類のアプローチを用いた研究について報告する。

使用データは、両アプローチともに、「みらい」、「なつしま」、「よこすか」において複数回行われたマルチビーム測深器（MBES）の観測によって取得された中部沖縄トラフの海底地形データである。計測データを基に構成された50mメッシュの画像を高解像度画像、同領域の100mメッシュの画像を低解像度画像とし、2倍の超解像およびその精度評価を行った。

画像認識に特化したディープラーニング手法である畳み込みニューラルネットワーク（CNN）は、画像中の文字や物体の認識に優れ、画像と同様に空間情報をもつ海底地形図の超解像においても活用事例が報告されている（Sonogashira et al., 2020等）。一方で、CNNは新しいアーキテクチャが次々に提案されており、海底地形図の超解像に適したアーキテクチャがどのようなものか、比較検証を行う必要がある。本研究では、代表的な5種類の超解像モデルとして、基本的なCNNアーキテクチャをベースとしたSRCNN（Dong et al., 2014）、FSRCNN（Dong et al., 2016）およびESPCN（Shi et al., 2016）、画像生成モデルを応用したSRGAN（Ledig et al., 2017）およびESRGAN（Wang et al., 2018）について実装を行った。図2に、各モデルによる超解像結果を示す。いずれの手法においても、単純なBicubicによる超解像を上回る精度を得ることが確認されたが、各手法間では評価指標（RMSE、PSNR、DSSIM）や海域によってばらつきが見られた。

一方のアプローチであるスパースコーディングとは、「辞書」とも呼ばれる多数の冗長な特徴量セットの中から、データを説明する本質的な少数の特徴量を利用することにより、高精度な画像復元やパターン認識などを実現する機械学習手法のことである。自然画像の超解像に関しても、高解像度画像の学習により準備した高解像度特徴量で構成される辞書を用いることで、対象とする低解像度画像の超解像を実現するScSRがYang et al.（2008）によって提案されている（図2）。ディープラーニング

を用いた超解像アプローチと比較して推定精度は落ちることが予想されるが、海底微地形に対応するような科学的に解釈可能性のある特徴量が抽出できることが期待されている。現在は、数値計算により人工的に作成した仮想地形データセットを用いた解析手法の検証とともに、実データ解析を実施している段階である。

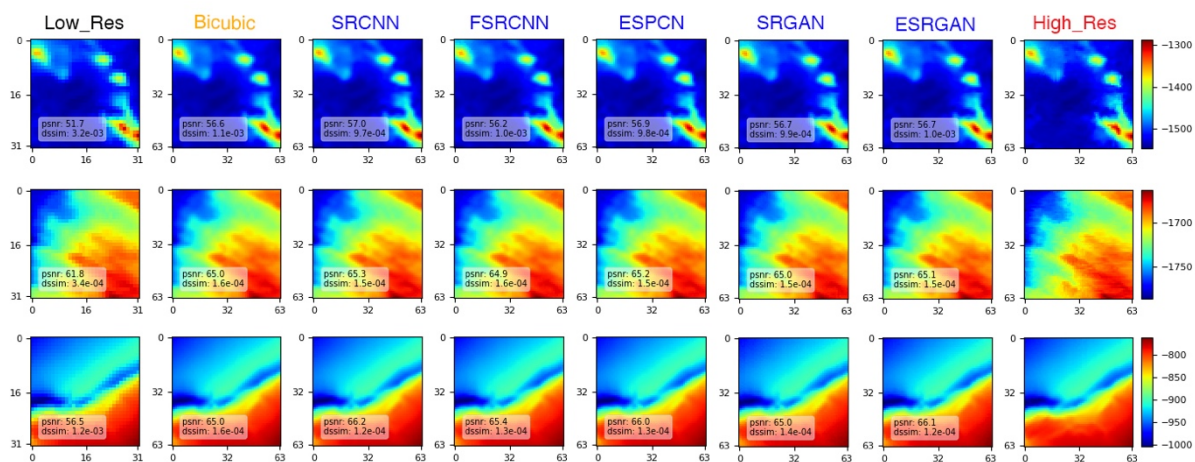


図1 深層畳み込みニューラルネットワークを用いた海底地形図の超解像例

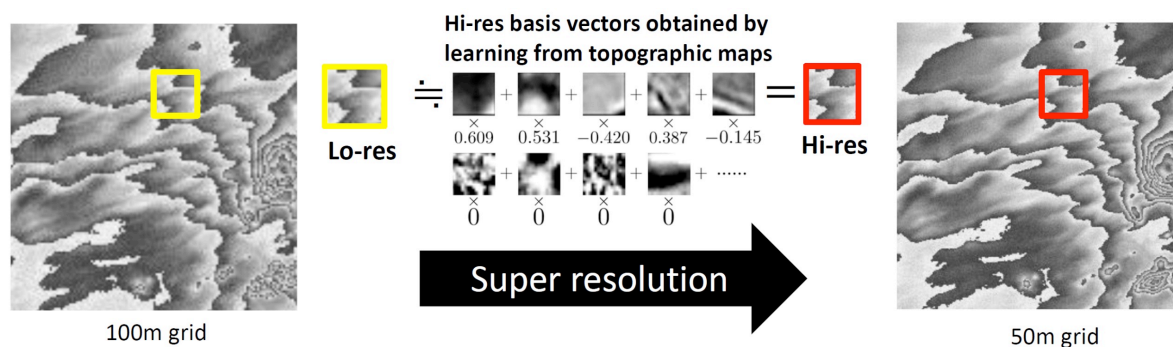


図2 スパースコーディングを用いた海底地形図超解像のイメージ