

八郎湖の水質状況推定を目的としたNNによる リモートセンシングデータの擬似的な分解能向上法

松井 解 白井 光 景山 陽一 横山 洋之

秋田大学

1. 背景・目的

リモートセンシング技術は、地球規模のデータを周期的に観測できるため、水質モニタリングに活用されている^[1]。しかしながら、広域の情報を取得できる衛星データは分解能が数 m から数十 m であることに起因し、局所的な水質データと対応付けることが困難である^[2]。したがって、衛星データにおける 1 画素に包含される情報を複数の画素に分解する手法に関して検討を行う必要がある。

本研究グループではこれまでに、高精度な水質状況推定を目的としたリモートセンシングデータの分解能を擬似的に向上させる手法に関して検討を行っている^[3]。具体的には、詳細な水面情報を取得可能な Unmanned Aerial Vehicle により取得されたデータ(以下, UAV データ)を対象とし、ニューラルネットワーク(以下, NN)を用いた擬似的な分解能向上手法に関して検討を行っている。本稿では、NN における中間層の次元数や層数などのハイパーパラメータの最適化を行い、提案手法の水質状況推定への適用について検討を加えた。

2. 対象地域および使用データ

本研究では、秋田県北西部に位置する八郎湖を対象として検討を行った。また、2018年9月20日に Phantom 4 Pro V2.0 により取得されたデータを検討に用いた。データ取得地点を図 1 に示す。なお、UAV データは可視域(青, 緑, 赤)で取得され、約 6cm の分解能を有する。さらに、水質分布図を作成するため、秋田県生活環境部 環境管理課 八郎湖環境対策室より提供された水質データ(取得日: 2018年9月19日, Suspended Solids)を検討に用いた(図 1 に示す水質データも同様である)。

3. 解析手法

3.1. 学習データの作成

本研究では、UAV データに粗視化処理を施して分解能を低下させたデータを低分解能データとして用いた。なお、粗視化処理に用いたフィルタサイズは 10×10 (分解能約 60cm)である。粗視化処理後、マスク処理を施し水域を抽出した。その後、UAV データを上部および下部に分割し、NN における学習データとして用いた。なお、上部を訓練データとし、下部をテストデータとした。

3.2. 提案手法

提案手法の流れを図 2 に示す。低分解能データにおける着目画素とその周辺画素を入力したとき、Pseudo improvement resolution method of remote sensing data using NN for estimating water quality conditions in Lake Hachiroko, Japan
Kai Matsui, Yoichi Kageyama, Hiroshi Yokoyama
Akita University

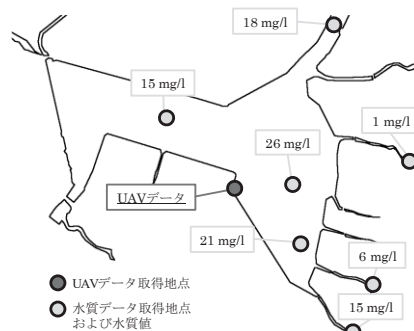


図 1 データ取得地点(UAV データ, 水質データ)

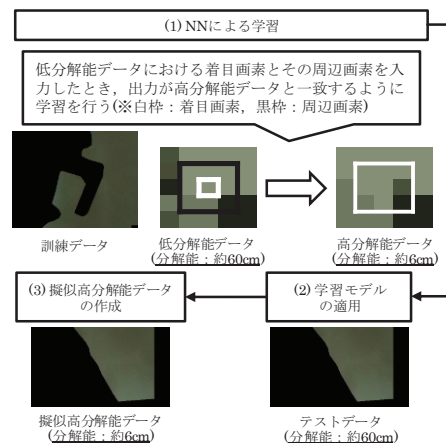


図 2 提案手法の流れ

出力が高分解能データ(分解能約 6cm)と一致するように学習した。その後、学習モデルをテストデータに適用し、擬似高分解能データを作成した。なお、ネットワークにおける入力層および出力層は、それぞれ 27 次元および 300 次元である。

3.3. ハイパーパラメータの最適化

NN では、各層の次元やバッチサイズなどのハイパーパラメータを適切に設定することで、高品質のモデルが作成可能である^[4]。本研究では、グリッドサーチ^[4]、ランダムサーチ^[4]、ならびにベイズ最適化^[4]を逐次的に用いてハイパーパラメータを選定した。検討に用いたハイパーパラメータを以下に示す。

- 中間層の次元数 : { 2 ~ 1000 }
- バッチサイズ : { 32, 64, 128, 256, 512 }
- 活性化関数 :
 - (1) 入力層 - 中間層, 中間層 - 中間層 : { ReLU, sigmoid, linear, tanh }
 - (2) 中間層 - 出力 : { ReLU, sigmoid, linear, tanh }
- 最適化法 : { SGD, RMSProp, AdaGrad, Adam }

なお、モデル評価のため MSE^[4]を算出した。前述したパラメータの中で、最も MSE の値の小さいパラメータの組み合わせを用いて、擬似高分解能データを作成した。

3.4. 提案手法の評価

3.4.1. PSNR

提案手法により作成された擬似高分解能データの評価するため、PSNR^[5]を算出した。PSNR とは、画像における劣化度の尺度であり、値が大きいほど画像の劣化が少ないことを示す。本稿では、高分解能データを対象とし、擬似高分解能データの PSNR を算出した。また、提案手法の有用性を評価するため、比較手法として画像補間法である Bilinear 法^[6]および Bicubic 法^[6]を用いて拡大処理を施し、得られた画像における PSNR を算出した。

3.4.2. 重み付き kappa 係数

提案手法の水質状況推定への有用性を評価するため、水質汚濁状況の把握に有用である Fuzzy c-means 法^[7]を用いた。Fuzzy c-means 法による分類を行った後、高分解能データにおける分類結果との一致度を算出した。なお、分類する水質レベルの範囲は、対象地域の水質データに基づき決定した。また、一致度の算出には重み付き kappa 係数^[8]を用いた。kappa 係数は、その値が 0.800 以上であれば一致度が高く、信頼性が担保できるとされている。

4. 解析結果および考察

4.1. ハイパーパラメータの選定結果

選定したハイパーパラメータを以下に示す。

- 中間層の次元数：987
- バッチサイズ：32
- 活性化関数：
入力層—中間層，中間層—中間層：ReLU
中間層—出力層：linear
- 最適化法：Adam

上記パラメータの MSE は 1.092E-4 であり、選定するパラメータ候補の中で最も小さい値であった。

4.2. 疑似高分解能データにおける PSNR

4.1 節で示すパラメータを用いて作成された擬似高分解能データ、および比較手法により作成したデータにおける PSNR を表 1 にまとめる。提案手法における PSNR は、中間層を 3 層とした場合、1 層および 2 層の場合と比較して、大きい値を示した。また、画像補間法による結果と比較して、PSNR は大きい値を示した。したがって、提案手法は 3 層のネットワークを用いることで、劣化が少ない画像が作成可能であることがわかる。しかしながら、疑似高分解能データを目視で確認したところ、輝度情報が良好に復元されていないことを確認した。そこで、単バンドデータを対象とした解析を行った。

単バンドデータを対象とし、提案手法(中間層 3 層)および比較手法により得られた PSNR を表 2 にまとめる。提案手法における可視域(緑)の PSNR は、画像補間法と比較して、大きい値を示した。

表 1 PSNR (単位 : dB)

手法	PSNR(RGB)	
提案手法	1 層	34.784
	2 層	35.175
	3 層	35.359
bilinear 法	33.606	
bicubic 法	33.289	

表 2 単バンドデータにおける PSNR (単位 : dB)

手法	PSNR		
	可視域(青)	可視域(緑)	可視域(赤)
提案手法 (中間層 3 層)	26.736	35.792	26.177
bilinear 法	34.650	33.100	33.743
bicubic 法	34.219	33.793	33.417

一方、可視域(青)および可視域(赤)において、提案手法における PSNR は、画像補間法と比較して、小さい値を示した。

以上の結果は、提案手法は UAV データの可視域(緑)を対象とした 60cm から 6cm への分解能向上において、画像補間法と比較し、劣化の少ない画像が作成可能であることを示唆している。

4.3. 水質状況推定への適用

提案手法(中間層 3 層)により作成された擬似高分解能データ、および比較手法により作成されたデータにおける可視域(緑)を対象とした分類結果と、高分解能データにおける可視域(緑)を対象とした分類結果の重み付き kappa 係数を算出した。提案手法を用いて作成した分類結果における kappa 係数は 0.910 であり、一致度が高いことを示した。一方、bilinear 法および bicubic 法を用いて作成した分類結果における kappa 係数は、それぞれ 0.901 および 0.893 であり、提案手法を用いて作成した分類結果の kappa 係数より低い値を示した。以上の結果は、提案手法は高精度な水質状況推定に有用であることを示唆している。

5. 謝辞

本研究に使用した水質データを提供くださった秋田県生活環境部 環境管理課八郎湖環境対策室関係者各位に深くお礼申し上げます。

参考文献

- [1] K. Matsui, Y. Kageyama, and H. Yokoyama: Analysis of Water Quality of Lake Hachiroko Using Fuzzy C-Means, *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics*, Vol. 23, No. 3, pp. 456-464 (2019)
- [2] K. Ehmann, C. Kelleher, and L. E. Condon: Monitoring turbidity from above: Deploying small unoccupied aerial vehicles to image in-stream turbidity, *Hydrological Processes*, Vol. 33, No. 6, pp. 1013-1021 (2019)
- [3] 松井解, 白井光, 景山陽一, 横山洋之: 八郎湖の水質状況推定を目的とした UAV データによる擬似的な分解能向上, 第 62 回自動制御連合講演会, 1J4-03 (2019)
- [4] I. Goodfellow, Y. Bengio, and A. Courville(著), 岩澤有祐, 鈴木雅大, 中山浩太郎, 松尾豊(監訳): *深層学習*, 株式会社ドワンゴ (2018)
- [5] 高木幹雄, 下田陽久(監修): *新編 画像解析ハンドブック*, 東京大学出版 (2004)
- [6] R.G. Congalton, R.G. Odervald, and R. A. Mead, "Assessing Landsat classification accuracy using discrete multivariate analysis statistical techniques," *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 49, No. 12, pp. 1671-1678 (1983)