

機械学習を用いた音解析による波浪条件の分類に関する一検討

岐阜工業高等専門学校 正 会 員 ○ 菊 雅美

岐阜工業高等専門学校 学生会員 本杉 蓮

1. はじめに

近年、海岸侵食が顕著化しており、波浪災害の抑制や生態系の保全として重要な役割を担っている海浜が失われつつある。侵食対策を適切に講じるには、地形変化特性を明らかにする必要がある。菊ら¹⁾は、UAV 測量による定期的な現地観測により、短期的・長期的な礫浜の地形変化特性について検討している。しかし、観測頻度は2か月に1回程度であり、その間に生じる地形変化は検討できていない。また、現地海岸に実際に作用する波浪を観測できておらず、地形変化をもたらす波浪は不明確である。宮下ら²⁾は、現地海岸に設置されたネットワークカメラによって撮影された画像に機械学習を適用し、作用波浪の推定を試みた。その結果、撮影画像から波の打上高を推定できる可能性が示唆された。ただし、画像が不明瞭となる夜間の推定は困難である。これらの課題に対し、波の音から波浪状況や地形変化を推定できれば、24時間の観測が可能となる。

そこで、本研究では、礫浜を対象とした水理模型実験中の音に機械学習を適用し、波浪条件を分類するための設定条件について検討することを目的とした。

2. 水理模型実験の概要

岐阜工業高等専門学校の断面2次元造波水路（長さ25 m、幅0.7 m、高さ1.0 m）を用いて水理実験を行った。図-1に示すように、1/7の1様勾配を有する木製の不透過斜面上に15 cm厚の礫（中央粒径 $d_{50} = 3.4$ mm）

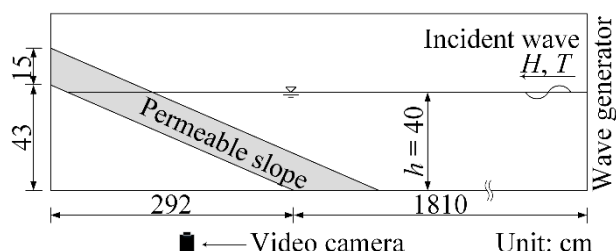


図-1 実験装置の概略図

表-1 波浪条件

Case	Wave height H	Wave period T
1	8.0 cm	2.0 s
2	6.0 cm	1.7 s

を敷きならした。波浪条件は、表-1に示すように、波高 H と周期 T の異なる2種類の規則波とし、180分間作用させた。実験中は、図-1のように、水路側面に設置したビデオカメラによって、時々刻々と変化する波浪状況を録画した。なお、ビデオカメラの連続撮影時間は約50分で、50分を超えると自動的にファイルが分割される仕様となっている。そのため、1回の実験につき、動画ファイルは4個作成された。

3. 機械学習による分類

(1) 次元削減とクラスタリング手法

本研究では、最終的に、波浪条件が未知の音から波浪や地形条件を推定することを目的とするため、scikit-learnによる教師なし学習を用いた。次元削減としてPCA(Principal Component Analysis)とt-SNE(t-Distributed Stochastic Neighbor Embedding)を取り上げ、パラメータの違いが分類結果に及ぼす影響について検討した。また、クラスタリングには、DBSCAN(Density-based spatial clustering of applications with noise)を適用した。

(2) 解析用画像の作成

実験動画の音のサンプリングレートは48000 Hzのため、10.0 sごとに11.0 s間の音データを抽出し、最初の2¹⁹個（=10.922666 s）を使ってFFT解析を行った。

図-2に、計測開始から10分後の音波形から作成したスペクトルを例示する。同図から、ピーク周波数は 10^2 Hz付近にある。そこで、 10^2 Hz～ 10^3 Hzの成分を抽出するバンドパスフィルタを施した。バンドパスフィルタ結果に逆FFT変換を行い、図-3の赤線で示される

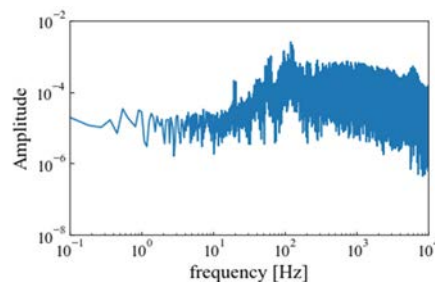


図-2 FFT解析結果（Case 1）

キーワード 礫浜、機械学習、音の分類

連絡先 〒501-0495 岐阜県本巣市上真桑 2236-2 Tel : 058-320-1324 E-mail : kiku@gifu-nct.ac.jp

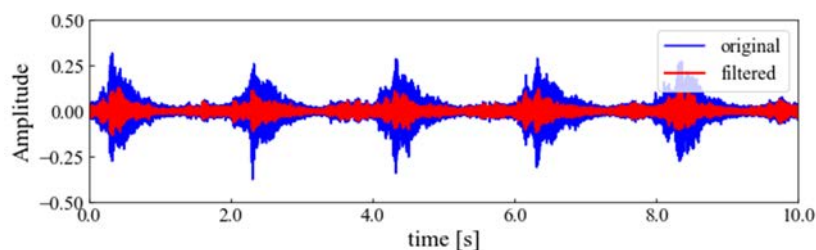


図-3 収録音の波形と逆 FFT 解析により得た波形 (Case 1)

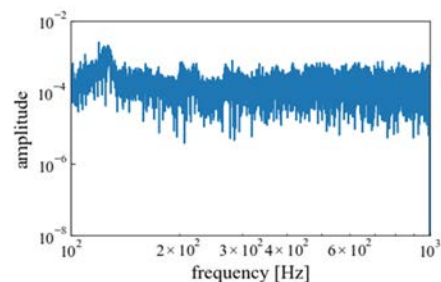


図-4 機械学習に用いた FFT 画像

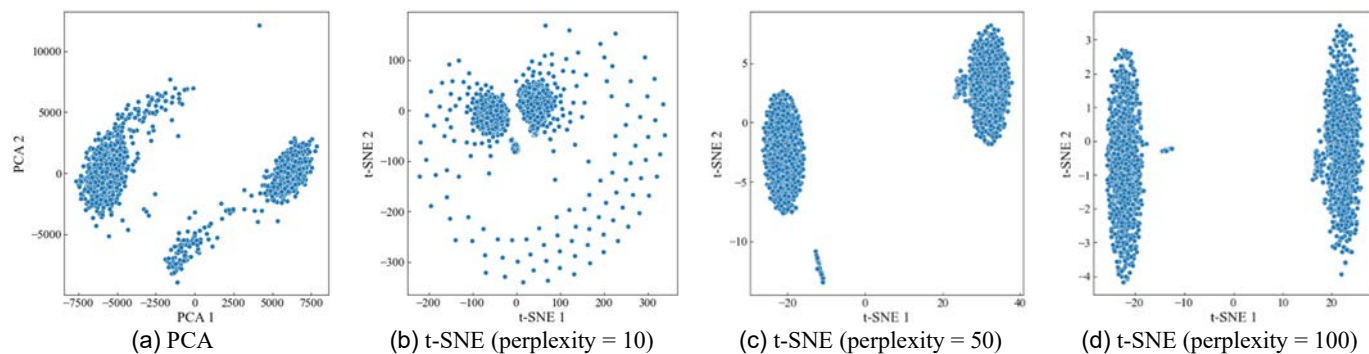


図-5 次元削減結果

波形を再生したところ、磯浜へ周期的に作用する波の音を聞くことができた。このことから、波の音は 10^2 Hz $\sim 10^3$ Hz であるとわかった。

そこで、機械学習には、図-4 に示す 10^2 Hz $\sim 10^3$ Hz のバンドパスフィルタを施した FFT 解析画像を用いた。Case 1 および Case 2 でそれぞれ 1147 枚と 1152 枚の計 2299 枚の画像を作成した。

4. スペクトル画像による波浪条件の分類

全 2299 枚の画像を対象に、次元削減を行った。図-5 に、次元削減の結果を示す。図-5(a)から、PCA では概ね 2 つのグループに分かれていると判断できるものの、明確にはわかれていない。一方、同図(b)~(d)に示す t-SNE では、設定値の 1 つである perplexity の値によって結果が大きく異なっている。perplexity の値が大きくなるほど各プロットの分布範囲は狭くなり、2 つの集団にまとまっていく様子が認められる。perplexity の値の設定にはさらなる検討が必要であるものの、本研究で対象とするデータセットでは、perplexity = 100 としてもよいと判断した。

同図(d)に示す perplexity = 100 の結果に DBSCAN を適用したところ、図-6 のように、2 つのグループに分類された。各グループを構成する画像ファイルを確認したところ、グループ 0 は Case 1 のスペクトル画像 (1147 枚)、グループ 1 は Case 2 のスペクトル画像 (1152 枚) であった。したがって、波浪条件によって異なるスペクトル画像を分類できるとわかった。

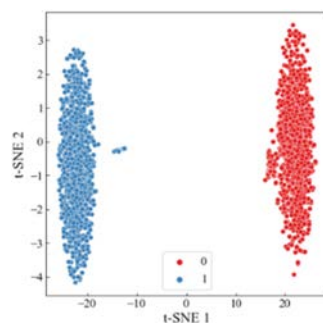


図-6 DBSCAN によるクラスタリング

5. おわりに

本研究では、実験中に収録した音に対し、 10^2 Hz $\sim 10^3$ Hz のバンドパスフィルタを施したスペクトル画像を用いることで、波浪条件の分類が可能であることを示した。ただし、水理模型実験において波浪条件は既知である。今後、この分類結果を活かすためには、音から波浪条件そのものを判別できるようにする必要がある。また、実際の海域は不規則波が作用するため、不規則波作用下における検討も必要である。

謝辞：本研究は、小川財団助成金および JSPS 科研費 21K04282 の助成を受けたことをここに付記し、感謝の意を表する。

参考文献：1) 菊 雅美, 森 勇人, 中村友昭, 水谷法美: UAV-Stm/MVS 測量による磯浜海岸の地形変化計測に関する研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 75, No. 2, pp. I_127-I_132, 2019. 2) 宮下侑莉華, 菊 雅美, 中村友昭, 水谷法美: ディープラーニングを用いた海岸画像と波浪条件の関連性の検討, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 75, No. 2, pp. I_677-I_682, 2019.