

音から砕波形態を分類する機械学習モデルの構築に関する一検討

岐阜工業高等専門学校 学生会員 ○ 近藤 和歩
岐阜工業高等専門学校 正会員 菊 雅美

1. 研究の背景と目的

近年、海岸侵食の進行により波浪災害の抑制機能や生態系の保全機能を担っている海浜が失われつつある。海岸の侵食対策を講じるには、地形変化をもたらす波浪特性を把握する必要がある。波浪を直接観測するには、機器を海中に設置する必要があるものの、機器の設置や維持・管理は容易でない。そこで、宮下¹⁾は、現地海岸に設置したネットワークカメラの画像に機械学習を適用し、波浪推定を試みた。その結果、撮影画像から波の打上高を推定可能であることが示唆された。ただし、夜間の推定は困難である。

波の音から波浪を推定できれば、24時間の観測が可能である。鈴木²⁾は音圧に基づく有義波高の推定式を提案した。ただし、推定式の係数を求めるために、波浪を直接観測する必要がある。菊・本杉³⁾は、水理模型実験中の音を収録し、音のスペクトル画像を次元削減・クラスタリングすることで、波浪条件を分類した。しかし、同一波浪条件下でも音が変化するため、波浪条件ではなく、砕波形態に着目する必要性が明らかとなった⁴⁾。

そこで、本研究では、水理模型実験中の音から砕波形態を分類する機械学習モデルの構築を目的とする。

2. 水理模型実験の概要

水理模型実験には、岐阜工業高等専門学校の断面2次元造波水路（長さ25m、幅0.7m、高さ1.0m）を用いた。図-1に示すように、1/7の一様勾配を有する木製の不透過斜面上に礫($d_{50} = 3.4$ mm)を15cm厚で敷きならした。水路上部には、沖に向けてビデオカメラ(Video 1)を設置し、実験中の波の音を収録した。使用するビデオカメラの連続撮影時間は約44min.であり、44min.を超

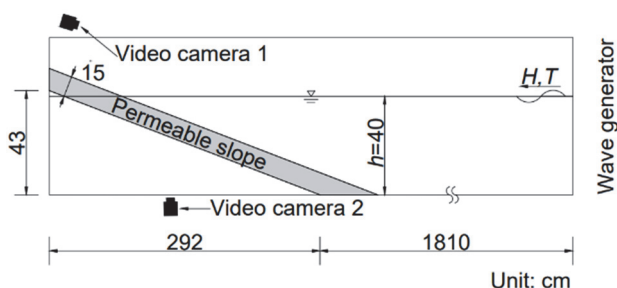


図-1 実験装置の概略

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。また、水路横にもビデオカメラ(Video 2)を1台設置し、砕波の様子を収録した。

波浪条件は表-1に示すように、水深を $h = 40$ cmの一定とし、波高 H と周期 T の異なる規則波を180min.間造波させた。

3. 教師なし分類の概要

(1) 解析用画像の作成

データセットにはスペクトル画像を用いた。撮影動画のサンプリングレートは48000 Hzであるため、10sごとに音を抽出し、最初の 2^{19} 個(=10.922666 s)のデータによってFFT解析を行った。3000 Hz~4000 Hzのバンドパスフィルタを施し、逆FFT解析して波形を再生したところ、礫浜へ周期的に作用する波の音を聞くことができた。そのため、本検討では、3000 Hz~4000 Hzの振幅スペクトルを解析対象とする。

(2) 次元削減とクラスタリング

教師なし分類として、次元削減には、t-SNE⁵⁾とUMAP⁶⁾のほか、PCA⁵⁾にて累積寄与率が99%になる次元数を求めたうえでUMAPを実行するPCA+UMAPを取り上げた。各手法とも、設定するパラメータによって結果は大きく異なる。そのため、事前検討としてパラメータを様々に変化させて次元削減結果を確認した。その後、明確に分類されたパラメータを用いて、DBSCAN⁵⁾によるクラスタリングを実施した。

4. スペクトル画像による音の分類

Case 1の音から作成した全1071枚のFFT画像を対象に、次元削減とクラスタリングを実施した。分類結果を図-2に示す。同図から、すべての手法において2つのクラスに分類された。各クラスの詳細を示した表-2から、スペクトル画像は時間帯に応じて分類されている。ただし、1210sのみ異なる傾向がみられた。

表-1 波浪条件

Case	H [cm]	T [s]
1	8.0	2.0
2	4.0	1.5
3	6.0	1.7

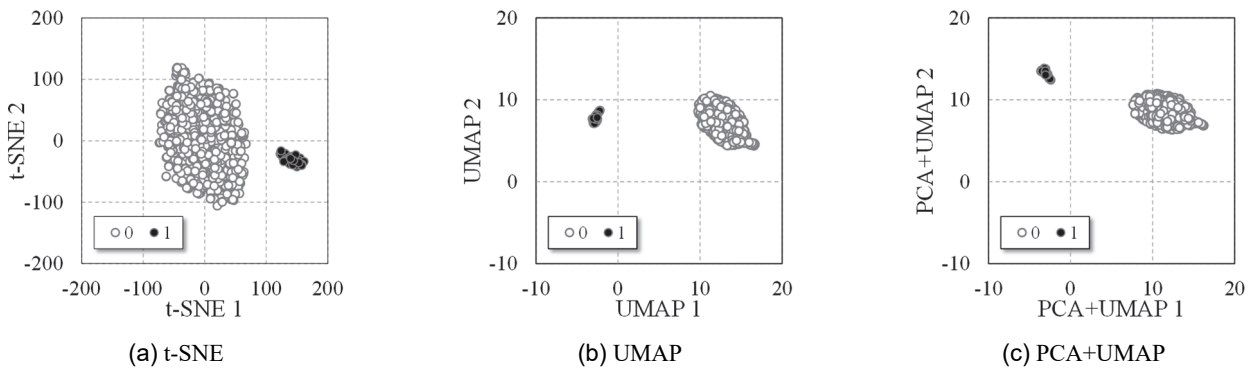
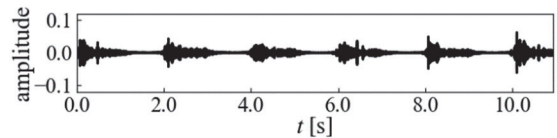


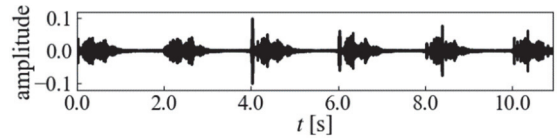
図-2 DBSCANによる分類結果

表-2 分類結果

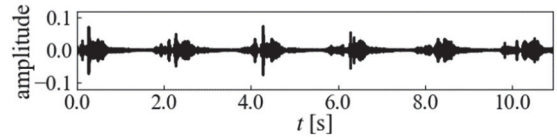
	Class 0	Class 1
t-SNE	0 s ~ 630 s, 1210 s 1270 s ~ 10700 s	640 s ~ 1200 s 1230 s ~ 1260 s
UMAP	0 s ~ 630 s, 1210 s 1270 s ~ 10700 s	640 s ~ 1200 s 1230 s ~ 1260 s
PCA+UMAP	0 s ~ 630 s, 1210 s 1270 s ~ 10700 s	640 s ~ 1200 s 1230 s ~ 1260 s



(a) $t = 100.00 \text{ s} \sim 110.93 \text{ s}$



(b) $t = 700.00 \text{ s} \sim 710.93 \text{ s}$



(c) $t = 1300.00 \text{ s} \sim 1310.93 \text{ s}$

図-3 音の時間波形



(a) $t = 101.30 \text{ s}$



(b) $t = 701.20 \text{ s}$



(c) $t = 1201.19 \text{ s}$

写真-1 砕波形態

Video 2により撮影された砕波の様子を写真-1に例示する。造波開始直後は巻き波砕波が生じ、次第に、同写真(a)に示すように、巻き寄せ波砕波が生じていた。さらに、時間経過とともに、同写真(b)のような砕け寄せ波砕波に変化していった。その後は、同写真(c)のように、再び巻き寄せ波砕波が生じていた。図-3に、3000 Hz ~ 4000 Hzの成分の音の時間波形を示す。同図に示すように、時間帯によって波形は異なっており、機

械はこのような音の違いを認識していると考えられる。しかし、同じClass 0に分類された波でも、時間帯によって砕波の程度や音の時間波形が大きく異なるため、Class 0中でさらなる分類が必要であると考えられる。

5. おわりに

今後は、波浪条件を様々に変化させた水理模型実験を継続して行う。ひとつの波浪条件に対して、スペクトル画像の周波数や解析対象時間を変え、機械の分類性能を比較・検討する。そして、機械の着目点について検討し、音と砕波形態の関連性を明らかにする。

参考文献: 1) 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 (海岸開発), Vol. 75, No. 2, pp. I_677-I_682, 2019. 2) 鈴木崇之, 細谷 拓, 佐々木淳: 波崎海岸における海岸環境音の時間率騒音レベル差を用いた波高の推定, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 69, No. 1, pp. 1-8, 2013. 3) 菊 雅美, 本杉 蓮: 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, 令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会, II-97, 2021. 4) 菊 雅美, 本杉 蓮: 音から地形の状況を分類する機械学習モデルの構築に関する一検討, 令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会, II-190, 2022. 5) scikit-learn: <https://scikit-learn.org/stable/index.html>, accessed 2022-11-6. 6) UMAP: <https://umap-learn.readthedocs.io/en/latest/>, accessed 2022-11-15.