

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

岐阜工業高等専門学校 正会員 ○ 菊 雅美
名古屋大学 学生会員 本杉 蓮

1. はじめに

著者ら¹⁾は、礫浜を対象とした水理模型実験を実施している。実験中に生じる音を注意深く聞いていると、様々に変化していることがわかる。そこで、著者ら²⁾は、水理模型実験の様子をビデオカメラにより収録し、動画から音を抽出した。そして、教師なし学習によって波浪条件ごとに音の分類を試みた。その結果、スペクトル画像の次元削減とクラスタリングによって、2つの波浪条件を分類できることを示した。水理模型実験中に生じる音について検討する中で、同一波浪条件下であっても、生じる音は時間とともに変化していることがわかった。移動床を対象としているため、地形変化に伴って、生じる音も変化していると考えられる。そこで、本検討では、同一波浪条件における水理模型実験中に収録した音から、礫浜地形の分類を試みた。

2. 水理模型実験の概要

(1) 実験条件

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 25 m、幅 0.7 m、高さ 1.0 m）を用いた。図-1のように、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 15 cm 厚で敷きならした。波浪条件は、水深 $h = 40$ cm の下、波高 $H = 8$ cm、周期 $T = 2.0$ s の規則波とし、180 min.間作用させた。

水路上部に、沖に向けてビデオカメラを設置し、造波中の様子を収録した。使用したビデオカメラの連続撮影時間は約 44 min.であり、44 min.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

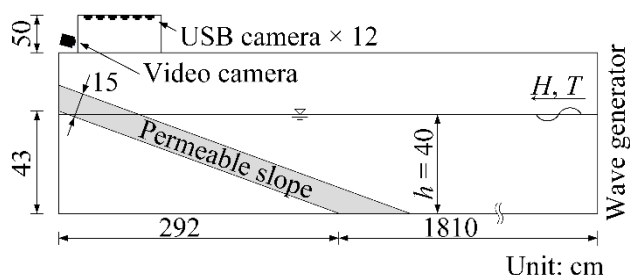


図-1 実験装置

回の実験につき 5 個の動画ファイルが作成された。

(2) 礫浜地形の計測

礫浜地形の計測には、著者ら¹⁾が構築した 3 次元地形計測システムを用いた。礫浜上の水路上部に 12 台の USB カメラを鉛直下向きで設置し、10 s 間隔で撮影した。撮影画像に SfM/MVS (Structure from Motion / Multi View Stereo : 多視点ステレオ写真測量) 技術を適用し、時々刻々と変化する礫浜の DSM (Digital Surface Model : 数値表層モデル) を作成した。さらに、DSM から水路中央の標高を抽出し、断面地形を得た。

3. 機械学習による教師なし分類

(1) データセットの作成

既往の研究結果²⁾を踏まえ、データセットにはスペクトル画像を用いた。撮影動画の音のサンプリングレートは 48000 Hz のため、10 s 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。2000 Hz ~ 5000 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、波が崩れて遡上する音と、波によって浮遊した礫が移動する音を聞き取れた。そこで、対象とする周波数を 2000 Hz ~ 5000 Hz とし、振幅スペクトルのみを描画した。データセットに用いた画像の例を図-2 に示す。本検討では、画像サイズを 100 pix. × 50 pix. とし、実験開始直後と終了直前を取り除いた全 1074 個のデータを用いた。

(2) 次元削減とクラスタリング

次元削減手法には、t-SNE³⁾と UMAP⁴⁾を取り上げた。UMAP のみならず、PCA³⁾にて累積寄与率 99%になる次元数を求めた上で、UMAP の適用も試みた。t-SNE と UMAP のパラメータを様々に変化させ、DBSCAN³⁾によるクラスタリングを行った。

(a) $t = 600$ s(b) $t = 3600$ s

図-2 FFT 画像の一例

キーワード 礫浜, 水理模型実験, 地形変化, 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

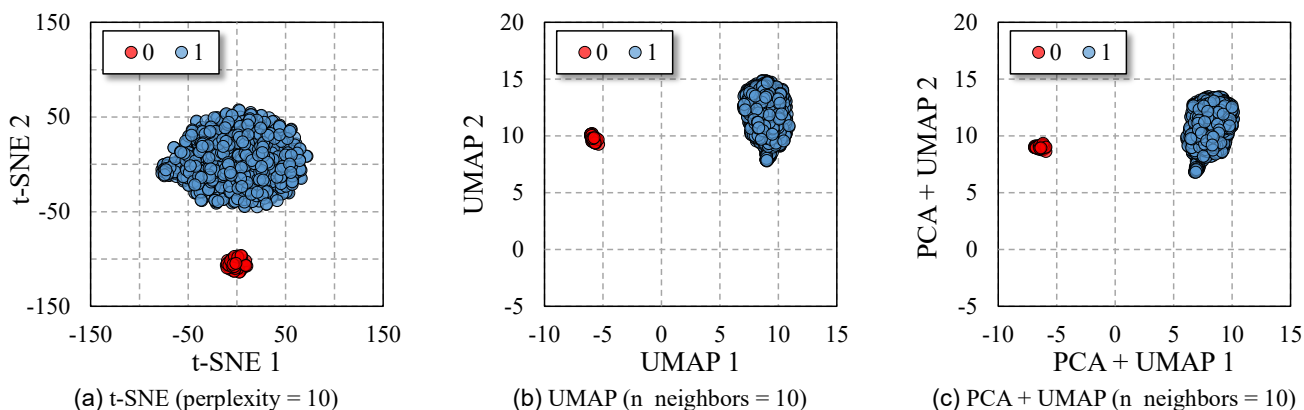


図-3 次元削減とクラスタリングによる結果

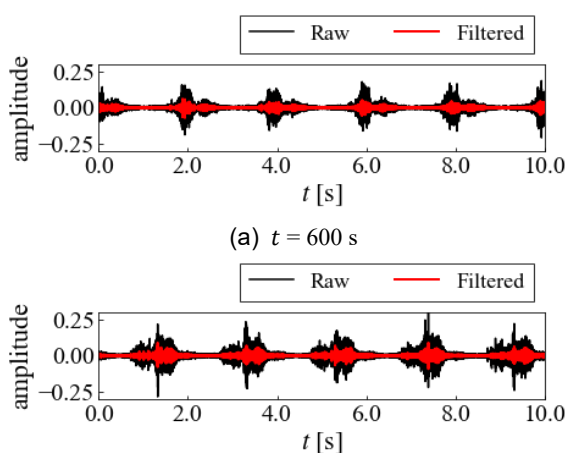


図-4 音の時間波形

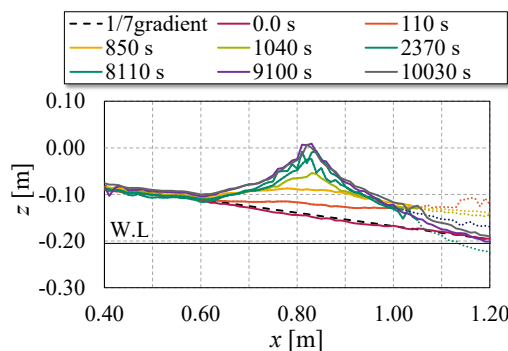


図-5 水路中央における断面の時系列変化

4. スペクトル画像に基づく地形の分類

図-3 に、次元削減とクラスタリング結果の一例を示す。各図から、全ての手法において、1074 個のデータは2つの集団に大きく分類された。各図にて「0」と分類されたデータを確認したところ、全ての手法において、 $t = 60$ s $\sim t = 680$ s までの 63 個のデータであった。すなわち、実験初期のスペクトル画像は、 $t = 680$ s 以降とは異なる特徴を有していると判断できる。人の目では図-2(a)と(b)の判別は困難であるものの、図-4 に例示する音の時間波形のように、 $t = 3600$ s の波形には短周期波成分がみられた。機械はスペクトル画像から、周波数の差異を特徴量として判別できているといえる。

図-5 に、水路中央の礫浜断面の時系列変化を示す。本手法では水面を正しく解析できずノイズとなるため、点線で示した。同図から、 $t = 60$ s $\sim t = 680$ s には、地形変化が生じ続けていた。地形が変化することで、波浪場も変わり、2000 Hz \sim 5000 Hz の範囲で描画したスペクトル画像に差異が生じたと考えられる。一方、同図から、 $t = 680$ s 以降も地形は変化しており、 $t = 8110$ s 以降には概ね平衡化していたと判断できる。そこで、 $t = 680$ s

以降の画像のみで次元削減とクラスタリングを再度実施したものの、平衡化前後の状況を分類できなかった。

図-3(b)と(c)の比較から、両手法に大きな差異はない。PCA により求めた累積寄与率 99%の次元数は 874 であり、PCA を組み合わせることで4126 次元削減できたことになる。データセット数が増加した場合、PCA と UMAP の併用により、計算コストの削減が期待できる。

5. おわりに

本検討では、水理模型実験中に収録した音からスペクトル画像を作成し、次元削減とクラスタリングによって、時々刻々と変化する地形の分類を試みた。その結果、初期の地形変化を分類できることを示した。ただし、その後の地形変化と平衡化後の地形の分類には至らなかった。地形変化に伴って変化する砕波音と礫の移動音が特徴量として明確に表現される周波数についてさらなる検討が必要である。

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。

参考文献：1) 本杉 蓮、菊 雅美：礫浜に設置された消波ブロックが地形変化に与える影響に関する一検討。令和3年度土木学会全国大会第76回年次学術講演会概要集、II-90、2021。2) 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。3) L scikit-learn: User Guide, https://scikit-learn.org/stable/user_guide.html, accessed 2022-4-1。4) L. McInnes, J. Healy, N. Saul and L. Grobbergr: UMAP: Uniform Manifold Approximation and Projection. *J. Open Source Software*, Vol. 3, No. 29, 861, 2018.