

京丹後市海水浴場における水深データの可視化と 水深変化の特徴分析

武内 奎太^{†1}, 佐藤 洸次郎^{†2}, 新庄 雅斗^{†3}, 岩崎 雅史^{†1}

キーワード：京丹後市, 海水浴場, 水深マップ, 特異値分解, 特徴分析

1. はじめに

京都府は、歴史的な都市として広く知られているが、近年では「もうひとつの京都」事業[1]を通じて、新たな観光資源の発掘と発信に力を入れている。日本海に面した京都府北部に位置する京丹後市では美しい海を活かした観光の活性化が期待されている。京丹後市の豊かな海の魅力を広く発信するためには、市内に 17 箇所もある海水浴場を活用した観光戦略が重要である。しかし、海水浴場それぞれに異なる特色があるため、観光客に対して適切な情報発信を行うことは容易ではなく、各海水浴場の特徴を明確にする必要がある。

本研究では、海水浴場を特徴づける要素の 1 つといえる水深変化に着目して、京丹後市の海水浴場ごとの差異を明らかにするために、水深データを 3D マップとして可視化する方法と水深変化に基づいて海水浴場間の類似度を評価する方法を提案する。本研究の対象とした海水浴場は京丹後市内にある全 17 箇所のうち、蒲井浜、箱石浜、八丁浜、小浜、琴引浜掛津、琴引浜遊、砂方、後ヶ浜、竹野、高嶋、久僧、中浜の 12 箇所であり、これらに対する研究結果を報告する。

2. データ収集と水深 3D マップの作成

本研究では研究対象とした海水浴場に足を運び、水深を測定することで水深データの収集を行った。水深の測定には、測定地点を定めるための 50m 測量ロープと、定められた測定地点において水深の測定を行うための 20m 測量ロープを用いた。50m 測量ロープを駆使して測定地点まで泳いで移動し、20m 測量ロープを垂らして海底までの距離を 50cm 刻みで測ることで水深の測定を行った。

得られた水深データのうち、後ヶ浜の水深データを表 1 に示す。列方向は原点から波打ち際に沿って移動した距離 $x[m]$ を、行方向は波打ち際に対して垂直な沖合方向へ移動した距離 $y[m]$ を対応させている。ここで、原点は沖合方向を向いたときの海水浴場の波打ち際の左端とした。波打ち際の水深 0m に対して、例えば、原点から波打ち際に沿って右に 80m 移動し、沖合方向に 30m 泳いだ地点の水深は

表 1 後ヶ浜海水浴場の水深データ

x \ y	10m	20m	30m	40m	50m
0m	0.5m	1.5m	3.0m	5.0m	5.0m
20m	1.5m	2.5m	3.5m	4.0m	5.0m
40m	1.5m	2.5m	3.0m	3.5m	5.0m
60m	1.5m	3.0m	3.0m	3.5m	4.0m
80m	1.5m	2.5m	3.0m	3.5m	4.0m
100m	1.5m	3.0m	3.5m	4.0m	5.0m
120m	1.5m	3.5m	4.0m	4.5m	5.0m
140m	1.0m	2.5m	3.5m	4.0m	3.5m
160m	2.0m	2.5m	3.5m	4.0m	3.5m
180m	2.0m	3.0m	3.0m	4.0m	3.5m

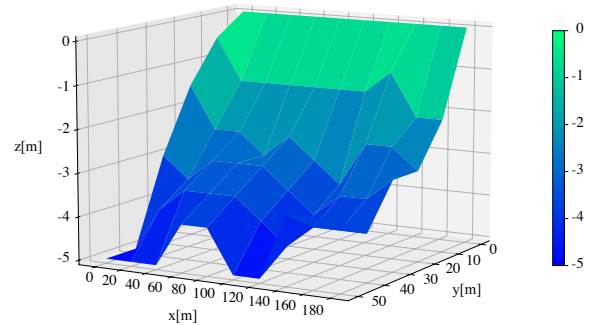


図 1 後ヶ浜海水浴場の水深 3D マップ

3.0m であることが表 1 よりわかる。

水深データにおいて、 x の値 x 軸に、 y の値を y 軸に、水深の値を z 軸に対応させ xyz 直交座標系で描画すると水深 3D マップが得られる。図 1 は表 1 の水深データより、描画した後ヶ浜の水深 3D マップである。水深の浅いところを緑色で、水深の深いところを青色で表している。

本研究で作成した水深 3D マップから、各海水浴場の特徴を視覚的に捉えることができるが、ソナー機能を備えた電子測定機器を活用すれば、水深の測定密度の向上によって、より詳細な水深 3D マップを描画することも可能である。しかし、ソナー機能による水深の測定は、音波

^{†1} 京都府立大学
^{†2} 同志社大学
^{†3} 大阪成蹊大学

の発射方向や反射波の受信角度が波の影響を受けやすく、測定の精度が悪化する可能性がある。測定の精度を確保するには、取得したデータの中から精度の悪いデータを適切に取り除く処理が必要である。

3. 水深変化の特徴分析

表 1 に示した水深データは、水深の数値データの集合としてだけでなく、データ行列として捉えることもできる。本研究では、水深データに対して、行列分解による特徴量抽出法として知られる特異値分解を適用することで、各海水浴場の水深変化の特徴を定量的に評価した。さらに、この結果をもとに、異なる海水浴場間の類似性を数値的に比較することで、それぞれの関係性を明らかにした。

長方形行列 $A \in \mathbb{R}^{m \times n}$ の特異値分解は、2 つの直交行列 $U \in \mathbb{R}^{m \times m}$, $V \in \mathbb{R}^{n \times n}$ と $(1,1)$ 成分が σ_1 , $(2,2)$ 成分が σ_2 , ..., (n,n) 成分が σ_n , それ以外の成分が 0 となる $\Sigma \in \mathbb{R}^{m \times n}$ を用いて、

$$A = U\Sigma V^T \quad (1)$$

で与えられる。 $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_n$ は A の特異値と呼ばれ、 $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \dots \geq \sigma_n \geq 0$ となるように U と V を組み合わせるのが一般的である。 σ_k に対応する U の k 列目ベクトル \mathbf{u}_k は左特異ベクトル、 V の k 列目ベクトル \mathbf{v}_k は右特異ベクトルと呼ばれる。

本研究では水深データに対して特異値分解を適用し、得られた右特異ベクトルを沖合方向への水深変化の特徴を数値化したものとして扱った。右特異ベクトルに対応する特異値の大きさがその海水浴場における特徴の強さを表しており、最大特異値に対する右特異ベクトル \mathbf{v}_1 に最も主要な特徴が反映されている。以降、 \mathbf{v}_1 を第 1 特徴ベクトルと呼ぶことにする。

海水浴場ごとに得られた第 1 特徴ベクトルの内積を計算すると、その海水浴場間の類似度を求めることができる。内積の値が大きいほど、沖合方向への水深変化の特徴が似ていることを表している。例えば、後ヶ浜と蒲井浜の左側と右側の水深データに対して特異値分解を適用し、得られた第 1 特徴ベクトルをそれぞれ $\mathbf{v}_{N1}, \mathbf{v}_{KL1}, \mathbf{v}_{KR1}$ とすると、後ヶ浜と蒲井浜の左側の類似度は $\mathbf{v}_{N1} \cdot \mathbf{v}_{KL1} \approx 0.974$ 、後ヶ浜と蒲井浜の右側の類似度は $\mathbf{v}_{N1} \cdot \mathbf{v}_{KR1} \approx 0.984$ となる。これは後ヶ浜の水深変化の特徴が蒲井浜の左側よりも右側の方が似ていることを意味している。その事実は各海水浴場の水深 3D マップを回転させることで得られた図 2, 3, 4 から確認できる。図 2 と図 4 から、後ヶ浜と蒲井浜の右側は概ね沖合方向に進むにつれて水深が深くなっていることが読み取れる。一方、図 3 から、蒲井浜の左側は波打ち際から沖合 10m 付近の水深よりも沖合 20m 付近の水深の方が概ね浅いことがわかる。つまり、第 1 特徴ベクトルから計算できる類似度は、水深 3D マップの比較から受ける印象

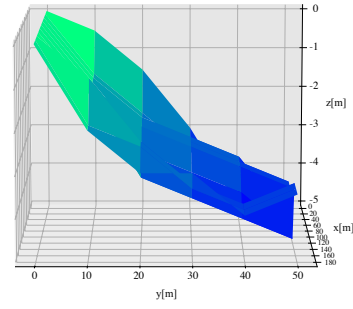


図 2 後ヶ浜における沖合方向の水深変化

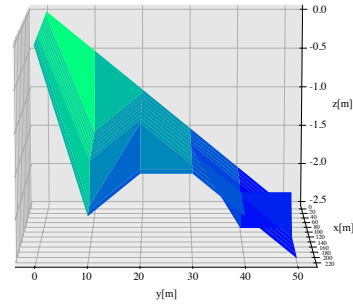


図 3 蒲井浜の左側における沖合方向の水深変化

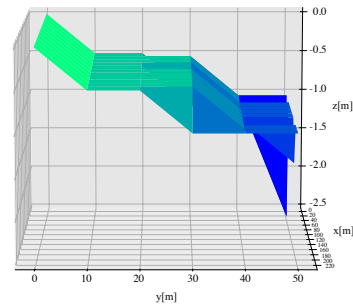


図 4 蒲井浜の右側における沖合方向の水深変化

を数値化したものと解釈できる。

まとめと今後の展望

本研究では、京丹後市にある 12 箇所の海水浴場を対象に収集した水深データを分析することで、各海水浴場の水深変化の特徴を明らかにした。今後は、より高精度な水深 3D マップの描画と詳細な水深変化の特徴分析を進めるため、電子測定機器を活用した水深の測定方法を検討する。電子測定機器で得られた密度の高い水深データを中心に分析することで、既存の手法との比較を通じて、海水浴場の水深変化の定量的な評価手法の確立につなげていきたい。

参考文献

- [1] “京都府基本計画（もうひとつの京都・観光分野）”。
https://www.pref.kyoto.jp/shinsougoukeikaku/documents/20-1_all_mouhitotsu.pdf, (2025 年 1 月 23 日アクセス).