

論文の内容の要旨

画像解析を用いた海岸利用の安全に関する検討 理工学研究科都市人間環境学専攻 島田良

わが国の海岸に於ける水難事故に於いて、毎年 2,000~3,000 件のレスキューが発生しており、その主要因は「離岸流」とされている。離岸流とは、岸から沖に向かう流れであり、その流速は最大 2 m/s で競泳選手でも流れに逆らって泳ぐことは難しい流れになる。また、波の強弱によって断続的、突発的に発生する離岸流に対し、海岸利用者がその認知を確かにするには難しく、離岸流の発生を知らずにそのエリアに入ってしまうことが溺死・溺水の原因のひとつと考えられている。このような背景から「海岸利用の安全」をテーマとして、主に離岸流に関する研究を深めてきた。その離岸流を調査・解析する主な手法としては、海に染料を投入し空撮画像によって流れを可視化する染料調査と、地形や波浪、潮位を入力データとした数値解析、海岸を望む定点カメラによって撮影された複数枚の画像を平均化し、画像の濃淡から離岸流を可視化する画像平均化解析がある。これらの手法の課題として、染料調査は連続した調査あるいは長期間の観測が難しいこと、数値解析は詳細な地形データが必要であり、また計算の再現性、短期的かつ長期的な地形変化に対応した長期間の予測計算結果が難しいこと、画像平均化解析では、断続的、突発的に発生する離岸流と、定常的に発生している離岸流など、異なる発生特性の離岸流に対する解析手法が確立されておらず、さらに長期間の解析には膨大な時間がかかることがあげられる。これらの課題に対し、島田氏の研究では、離岸流の発生特性を考慮した画像平均化手法について検討し、さらに長期的に離岸流の発生を調査可能な新たな手法を提案した。また、画像解析の応用として、Covid-19 による社会情勢の変化による海岸利用者の変化や、サーファーの利用状況と砕波帯の地形変化、海岸防災の観点から波の遡上に関する検討など、海岸利用の安全に関する様々な研究を進めた。研究論文は序章から結論までの 7 章で構成され、第 1 章では、我が国の水難事故の状況や溺水事故の要因について述べ、海岸の安全に関する現状の課題と本研究の目的を示している。第 2 章では、海岸に設置した web カメラによる撮影画像を用いて、離岸流の発生有無を離岸流域と砕波帯の平均画素値の差から判断する手法を提案し、さらに異なる発生特性の離岸流に対する平均化の解析時間を検討し、突発的に発生する離岸流を検出する場合は 1, 2, 3, 4 分、定常的な離岸流を検出する場合は 15, 25, 30, 40, 80 分が解析時間として適切であることを示した。第 3 章では、離岸流域と砕波帯に設定した 2 箇所の平均画素値の差から非定常的な離岸流の発生を自動的に検出する手法を検討し、正確性検証データに対して正解率 99.4 %、汎用性検証データに対して正解率 56.9 %で、特に波高が 0.5 ~1.5 m の条件では一定の精度で離岸流発生を判別できる手法を提案した。第 4 章では、海水浴場の定点カメラによる撮影画像から、AI を用いて人の密の状態を定量的に調べる方法を提案し、2019 年と Covid-19 感染危機下であった 2020 年の夏季の海岸利用状況の違いを調べた。2020 年は平日利用者が多いが、人の密集は週末に発生しやすく、海岸のモニュメント周辺に多くみられるなど、Covid-19 感染危機下でも人の密集は発生しており、確実な感染防止対策には繋がっていなかったと考えられた。第 5 章では、海岸に設置した web カメラによる 49,551 枚の撮影画像に AI の物体検知アルゴリズムを適用してサーファーの利用状況をデータ化することで、長期間にわたる砕波点や海底地形をモニタリングする手法を提案した。第 6 章では、神奈川県茅ヶ崎海岸において台風来襲による高波浪作用を含む長期間の波の遡上高を連続的に解析する手法を提案した。解析結果と従来の計算手法で求めた波の遡上高には決定係数 0.63 程度の相関があり、波高の値が大きくなるほど遡上高も高くなる傾向にあり、提案した手法は一定の有用性があると考えられた。以上のように、①海岸利用の安全に関して一時的・定常的なタイプ別の離岸流を自動的に検出できる手法の提案、②人の海浜利用の定量化、③サーファーの利用状況からの砕波帯の地形変化の検討、さらには④波の遡上の連続的・長期的な調査方法の提案など、いずれも画像解析を用いた新規性、有用性の高い研究を行った。

論文審査結果の要旨

画像解析を用いた海岸利用の安全に関する検討 理工学研究科 都市人間環境学専攻 島田 良

本論文は、海岸の定点カメラを用いて、離岸流の解析手法の検討、Covid-19 環境下における海岸利用者の変化、サーファーの利用と砕波帯の変化、波の遡上に関する検討など画像解析を用いて海岸利用における安全に関する検討をした新規性、有用性の高い研究である。

研究論文は序章から結論までの 7 章で構成され、第 1 章では、我が国の水難事故の状況や溺水事故の要因について述べ、海岸の安全に関する現状の課題と本研究の目的を示している。第 2 章では、海岸に設置した web カメラによる撮影画像を用いて、離岸流の発生有無を離岸流域と砕波帯の平均画素値の差から判断する手法を提案し、さらに異なる発生特性の離岸流に対する平均化の解析時間を検討し、突発的に発生する離岸流を検出する場合は 1, 2, 3, 4 分、定常的な離岸流を検出する場合は 15, 25, 30, 40, 80 分が解析時間として適切であることを示した。第 3 章では、離岸流域と砕波帯に設定した 2 箇所平均画素値の差から非定常的な離岸流の発生を自動的に検出する手法を検討し、正確性検証データに対して正解率 99.4%、汎用性検証データに対して正解率 56.9% で、特に波高が 0.5 ~ 1.6 m の条件では一定の精度で離岸流発生を判別できる手法を提案した。第 4 章では、海水浴場の定点カメラによる撮影画像から、AI を用いて人の密の状態を定量的に調べる方法を提案し、2019 年と Covid-19 感染危機下であった 2020 年の夏季の海岸利用状況の違いを調べた。2020 年は平日利用者が多いが、人の密集は週末に発生しやすく、海岸のモニュメント周辺に多くみられるなど、Covid-19 感染危機下でも人の密集は発生しており、確実な感染防止対策には繋がっていなかったと考えられた。第 5 章では、海岸に設置した web カメラによる 49,551 枚の撮影画像に AI の物体検知アルゴリズムを適用してサーファーの利用状況をデータ化することで、長期間にわたる砕波点や海底地形をモニタリングする手法を提案した。第 6 章では、神奈川県茅ヶ崎海岸において 2020 年 1 月 29 日~2021 年 10 月 31 日、2022 年 3 月 18 日~12 月 31 日の 7 時~17 時の時間帯に撮影された画像データを用いて、台風来襲による高波浪作用を含む長期間の波の遡上高を連続的に解析する手法を提案した。解析結果と従来の計算手法で求めた波の遡上高には決定係数 0.63 程度の相関があり、波高の値が大きくなるほど遡上高も高くなる傾向にあり、提案した手法は一定の有用性があると考えられた。

以上のように、①海岸利用の安全に関して一時的・定常的なタイプ別の離岸流を自動的に検知できる手法を確立し、②人の海浜利用の定量化、③サーファーの利用状況からの砕波帯の地形変化の検討、さらには④波の遡上の連続的・長期的な調査方法の提案など、いずれも画像解析を用いた新規性、有用性の高い研究であることから博士の学位に相応しい内容と判断した。