

画像解析を用いた海岸利用の安全に関する研究

Study on the Safety of Coastal Use Using Image Analysis

都市人間環境学専攻 島田 良
Civil, Human and Environmental Engineering/Ryo SHIMADA

1. はじめに

わが国の海岸で起こる遊泳中の水難事故は平均294件／年であり、死者行方不明者数は105名である¹⁾。一方、ライフセーバーが活動する約200ヶ所の海水浴場では、毎年約2,000～3,000件のレスキューが発生しており (Fig. 1.1)²⁾、その主要因は離岸流である (Fig. 1.2)³⁾⁴⁾。離岸流とは、岸から沖に向かう流れであり (Fig. 1.3)、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。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ては、その認知が難しいことから、海岸利用者が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離岸流による事故の原因のひとつと考えられる。このような背景から、私は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行ってきた。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⁵⁾と、地形や波浪、潮位等を入力データとした数値解析⁶⁾、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⁷⁾⁸⁾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、定常的といった、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、私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【研究1】、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【研究2】。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【研究3】や、サーファーの利用状況と砕波帯の地形変化【研究4】、海岸防災の観点から波の遡上に関する検討【研究5】など、海岸利用の安全に関する様々な研究を進めた (Fig. 1.4)。

以下にそれぞれの要約を述べる。

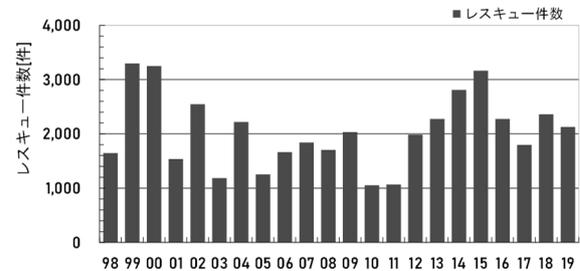


Fig. 1.1 レスキュー件数の推移

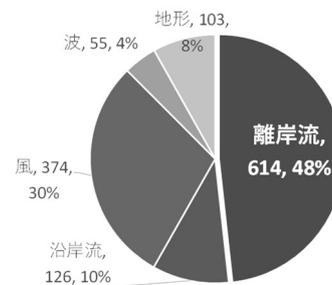


Fig. 1.2 溺水事故の要因



Fig. 1.3 離岸流の例⁵⁾



Fig. 1.4 研究の概念図

2. 離岸流検出のための画像平均化の適切な解析時間の検討 [研究 1]

千葉県御宿中央海水浴場 (Fig. 2.1) で撮影された離岸流発生時の3日間の画像データを対象に、解析時間を変えた画像平均化を行い (Fig. 2.2), 離岸流域と碎波帯の平均画素値を算出して、その差の最大値と変動 (標準偏差) を比較することで適切な解析時間を調べた (Fig. 2.3)。3日間における各解析時間の評価結果をTable 2.1に示す。3日間に共通する解析時間より、突発的に発生する離岸流を検出する場合 (B1) は1, 2, 3, 4分, 定常的な離岸流を検出する場合 (B2) は15, 25, 30, 40, 80分が解析時間として適切であることがわかった。

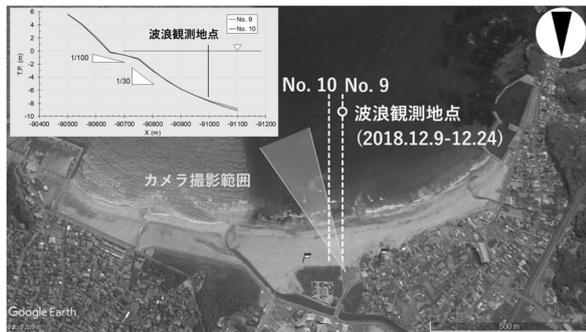


Fig. 2.1 対象海岸における波浪観測地点とカメラ撮影範囲



Fig. 2.2 画像平均化の例 (解析時間25分)

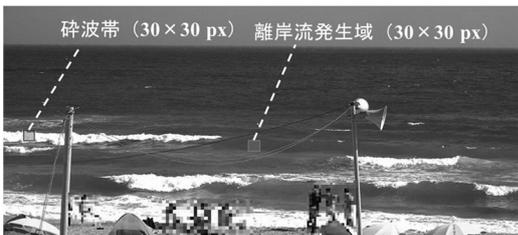


Fig. 2.3 画素値の平均を求めめる碎波帯と離岸流発生域の設定

Table 2.1 各対象日時における各解析時間の評価

月日		8月8日	8月9日	8月31日
波浪	$H_{1/3}(m)$	0.6	0.7	0.5
条件	$T_{1/3}(s)$	6.9	6.6	7.4
評価結果	B1	1, 2, 3, 4, 5	1, 2, 3, 4, 5	1, 2, 3, 4
と		10, 15, 20,	10, 15, 20,	15, 20, 25,
解析時間	B2	25, 30, 40,	25, 30, 40,	30, 40, 50,
[分]		50, 60, 80,	50, 60, 80,	80, 100
		100	100	

3. 画像解析を用いた離岸流発生有無の自動判別手法の検討 [研究 2]

福井県若狭和田海岸 (Fig. 3.1) を対象として、海岸に設置した web カメラによる撮影画像を平均化し、離岸流域と碎波帯に設定した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た (Fig. 3.2)。経験豊富なライフセーバー3名による離岸流の発生有無との判断と、本手法により判別した離岸流の発生有無を比較した結果 (Fig. 3.3), 検証データによる解析では正解率99.4%, 2021年4月18日~24日の撮影画像を用いて行った汎用性の検証では正解率56.9%であり、波高0.5~1.6mでは、正解率は84%であった (Fig. 3.4)。よって本手法は、波高0.5~1.6mの条件では一定の精度で離岸流発生を判別できると考えられた。

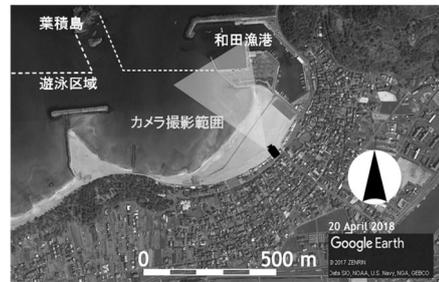


Fig. 3.1 対象海岸とカメラ撮影範囲



Fig. 3.2 画素値の平均を求めめる碎波帯と離岸流発生域の設定

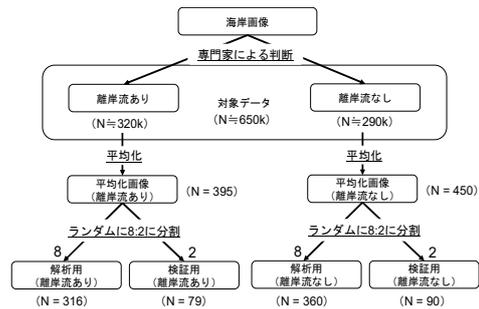


Fig. 3.3 対象データの概要

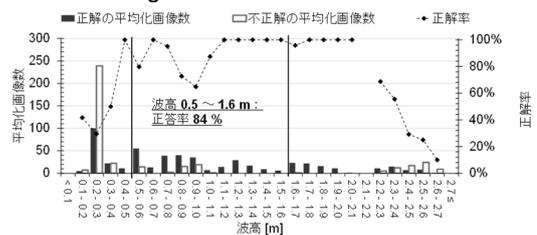


Fig. 3.4 波高による離岸流検知の正解率の推移

4. AIを用いたCovid-19危機下における海岸利用状況の変化に関する研究 [研究3]

海水浴場の定点カメラによる撮影画像 (Fig. 4.1) から、AIを用いて人の密の状態を定量的に調べる方法を開発し (Fig. 4.2), 2019年とCovid-19危機下であった2020年の夏季の海岸利用状況の変化を調べた。その結果、2020年は平日に利用者が多く、利用者数のピークの時間帯が日中の13時から14時にずれていた。その一方で、人の密集は週末に発生しやすい状況にあり、利用者の多い時間帯に対応して発生していた。また利用者の多さにかかわらず、3人組以上のグループによる利用が多く長時間あった際は、密の範囲や割合ともに高かった。人の密集が発生する場所は、海岸の利用状況に強く影響されており、対象海岸のモニュメント周辺において、常に密の状態にあることが確認された (Fig. 4.3)。



Fig. 4.1 対象海岸とカメラ撮影範囲

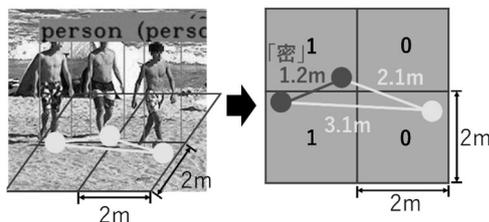


Fig. 4.2 AIによる人の検知と「密」の定義

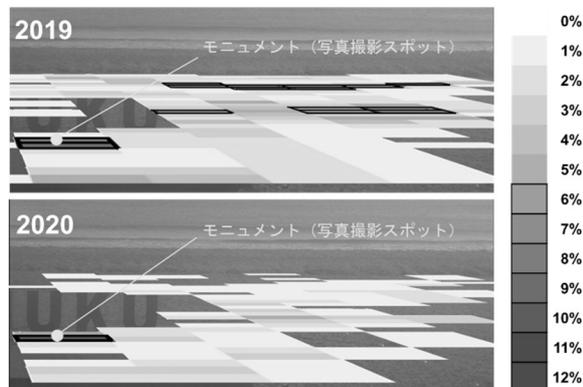


Fig. 4.3 期間中の cam02 の「密」発生割合の平面分布 (日平均、図太枠は「密」の発生が6%以上であったグリッド)

5. AIを用いたサーファーの利用状況のデータ化と砕波点や海底地形の変化に関する考察 [研究4]

両端を岬に囲まれたポケットビーチである神奈川県鎌倉市由比ガ浜海岸 (Fig. 5.1) を対象に、海岸に取り付けられているwebカメラが撮影した49,551枚の画像にAI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 (Fig. 5.2)。解析結果より、砕波点をバー頂部とすれば、バー頂部は解析期間中におよそ15m東側に移動したことが考えられた (Fig. 5.3)。また波高の増大とともに砕波帯は約100m沖方向へ移動し、さらに30m東方向に移動した。撮影範囲の東側はポケットビーチの中央付近であり滑川の流入地点になるため、中央付近では浅瀬が広がっていたと考えられた。



Fig. 5.1 対象海岸とカメラ撮影範囲



Fig. 5.2 AIによる人の検知と「密」の定義

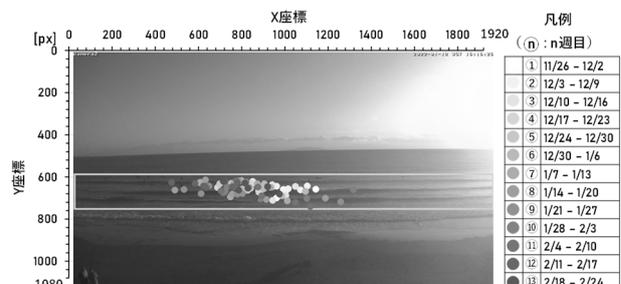


Fig. 5.3 期間全体の1週間ごとの重心の推移 (1日平均)

6. 画像解析による波の遡上高の観測方法と茅ヶ崎海岸への適用 [研究5]

神奈川県茅ヶ崎海岸 (Fig. 6.1) で2020年1月29日~12月31日, 2021年1月1日~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期間中の波の遡上高の解析 (Fig. 6.2) を行うとともに, 改良仮想勾配法による算出結果との違いや, 対象海岸における波の遡上高と波浪, 潮位の関係について調べた. 結果, 画像解析と改良仮想勾配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, 画像解析による遡上高の方が約1.7倍大きい数値となった. 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, 潮位が期間中の平均より高い場合は, その傾向がより強いことが確認された (Fig. 6.3) .

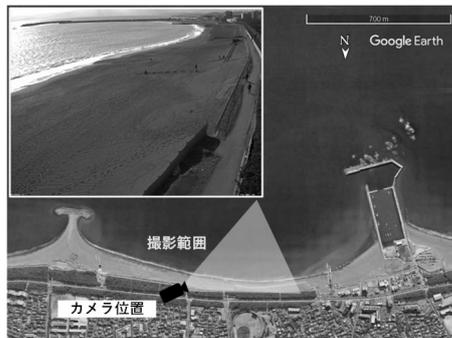


Fig. 6.1 対象海岸とカメラ撮影範囲

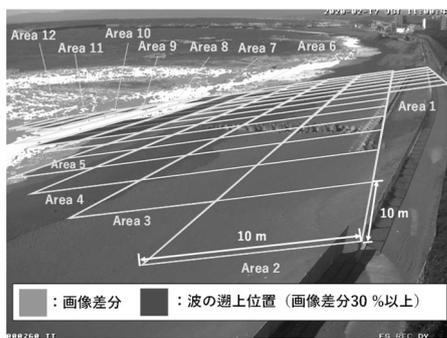


Fig. 6.2 画像解析を用いた波の遡上高の算出

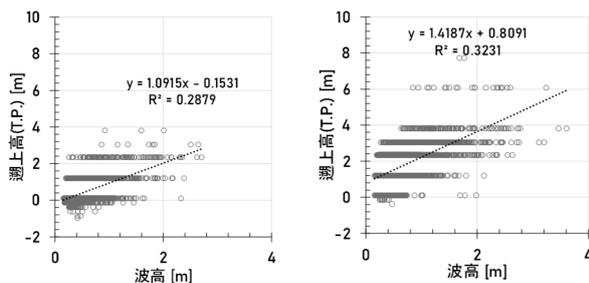


Fig. 6.3 平均潮位以下/以上における波の遡上高と波高の関係 (左: 平均潮位以下, 右: 平均潮位以上)

7. 結論

本研究では, 画像解析を用いた海岸利用の安全に関する検討として, 第2章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 [研究1], 第3章では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 [研究2]. 第4章では Covid-19 による社会情勢の変化による海岸利用者の変化について調べ [研究3], 第5章ではサーファーの利用状況と砕波帯の地形変化について調べた [研究4]. 第6章では海岸防災の観点から波の遡上に関する検討を行った [研究5]. 結果, 画像解析を用いて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, 人の利用の定量化やサーファーの利用状況からの砕波帯の地形変化の検討, 波の遡上の連続的・長期的な調査方法の提案などの成果を得た.

参考文献

- 1) 警察庁: 平成21年~令和元年における水難の概況
- 2) 公益財団法人日本ライフセービング協会: ANNUAL REPORT 2009~2019.
- 3) Toshinori Ishikawa, Tsutomu Komine, Shinichi Aoki and Takumi Okabe: Characteristics of Rip Current Drowning on the Shores of Japan, Journal of Coastal Research, Special Issue No. 72, pp. 44-49, 2014.
- 4) 石川仁憲, 風間隆宏, 中川儀英, 青木伸一, 田中秀治, 小峯力, 中川昭: 海水浴場における海岸利用者の安全性に関するリスク評価手法の提案, 土木学会論文B3 (海洋開発), Vol. 72, No.2, I_826-I831, 2016.
- 5) Surf Life Saving NSW: Rip Currents, <https://www.surflifesaving.com.au/beach-safety/rip-currents/>, (参照 2023-12-13) .
- 6) 宇多高明, 大谷靖郎, 永沼慎吾, 菊池正悟, 大木康弘, 中村明日人: 鹿島灘沿岸における GPS フロートと染料による海浜流の観測, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 75, No. 2, p. I_181-I_186, 2019.
- 7) 石川仁憲, 佐藤嘉亮, 島田良, 小峯力: AI による離岸流検知機能の検証, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 75, No.2, p. I_175-I_180, 2019.
- 8) Lippmann, T. C. and R. A. Holman: Quantification of Sand Bar Morphology: A Video Technique Based on Wave Dissipation, JGR, Vol. 94, pp. 995-1011, 1989.
- 9) 宇多高明, 石川仁憲, 三波俊郎, 湖内真帆, 青島元次, 進藤豊, 和田昌明: 定点カメラ画像の判読と幾何補正法による養浜効果の定量的測定, 海洋開発論文集, Vol.66, No.1, pp. 591-595, 2010.