

マイクロ波レーダーを用いた荒川の河口砂州の変形過程の把握

新潟大学 工学部工学科

新潟大学大学院 自然科学研究科

新潟大学災害・復興科学研究所

学生会員 ○大川原 大智

学生会員 大原 由暉

正会員 安田 浩保

1 はじめに

日本海側の河口砂州は、一般に夏季は川からの出水により開口し、冬季は日本海特有の海からの季節風による波浪により再生を繰り返すとされている。河口砂州は、洪水の流下を阻害し、水位上昇を起こす可能性が高い。このため、治水の観点からは、河口砂州の掘削などの管理が必要である。一方で、河口砂州は、複雑な流速場を生み出し、多様な生態系の形成などの豊かな自然環境の産出に寄与する。つまり、短期的に河口砂州を除去することは最善策とは言えず、治水と環境を両立できる対策が理想である。しかし、現状では、河口砂州の発達と消失の物理機構が未解明である。このため、治水と環境を両立する河口砂州の高度な管理はできない。その物理機構の理解を深化させられれば、合理的な掘削の方法などを発案できる可能性は十分にある。

荒川（新潟県）の河口部の砂州においても発達と消失を繰り返す循環的な機構が存在すると考えられている。荒川では、2022年8月に規模の大きな出水があり、河口砂州が消失した。その後、その再生が確認されている。河口砂州の物理機構の理解を深める方法の一つとして、河口砂州の形状変化の過程の連続的な実測が挙げられる。河口砂州の過程の把握にあたっては、数 km² の広範囲を天候などの外的影響を受けずに連続して観測できることが要求される。その方法の一つが CCTV（Closed Circuit Television）による観測であるが、夜間や悪天候下ではその把握は困難となる。著者らの研究グループでは、地上マイクロ波レーダーを用いることにより、可視光に依存することなく昼夜を問わずに比較的細密に河川などを連続した観測できることを実証¹⁾している。マイクロ波により河口砂州の詳細な変形過程を観測した例は少ないが、高川らはマイクロ波レーダーを用いて台風の高波浪による天竜川河口の変形²⁾を報告している。しかし、台風と比べて持続する時間が桁違いに長い日本海側の冬季の波浪が河口砂州の物理機構にどのような影響を及ぼすかは不明である。

本研究では、昼夜連続した観測が可能な地上マイクロ波レーダーを用いて、荒川河口砂州の平面形状の変化を把握し、日本海側における冬季の波浪の影響について調べる。

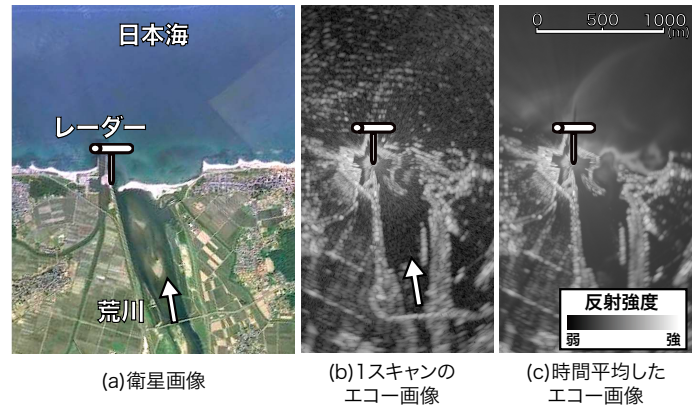


図-1: 荒川河口部の衛星画像とエコー画像

2 マイクロ波レーダーによる荒川河口砂州観測

2.1 観測概要

マイクロ波レーダーは、レーダーにより発射されたマイクロ波の反射強度を観測する。液体は反射強度が弱く、固体は反射強度が強いことから、平面的に得られる反射強度を輝度と対応させて画像表示（以下、エコー画像）することでその識別が可能である。図-1 (a) は荒川河口部の衛星画像、(b) は1スキャンのデータのエコー画像である。海域における反射強度は波峰で強く生じることが知られており、波浪場の把握も可能である。半径数 km の広範囲を数秒間隔で観測可能で、可視光を用いないため悪天候下でも昼夜連続した観測が可能なることから、地上マイクロ波レーダーを河口砂州の消失に伴い荒川河口部に設置し、その変形過程を観測し続けている。

2.2 時間平均画像を用いた河口砂州形状の把握

1スキャンのデータをエコー画像にすると、波浪場や雨や雪に代表されるノイズを含んだ状態であるため河口砂州の形状を詳細に把握することは困難である。特に、懸念される高波浪下では、激しい波浪場の影響から砂州と波浪の識別が困難である。そこで、数秒間隔で蓄積される反射強度に対して、時間平均をとることでノイズの縮減を行う方法が提案されている³⁾。図-1 (c) は時間平均したエコー画像である。この処理により、波浪現象を視覚的に除外することができ、反射強度が常に強い箇所は特に強調され、河口砂州の形状がより鮮明に識別できることが確認できる。

また、右岸側の河口砂州開口部と砂州の輪郭線に沿って強い反射強度が残ることが確認できる。開口部の強い反射強度は、塩水と淡水の混合する汽水域、もしくは海水面と河川水面の異なる2つの水面の接続により発生する水面波の可能性もある。また、砂州の輪郭線に沿った強い反射強度は、波の浅水変形による砕波帯域である可能性が考えられるがその真偽は不明である。この点は、今後の重要な研究課題の一つである。

3 2023年1月の河口砂州の変形

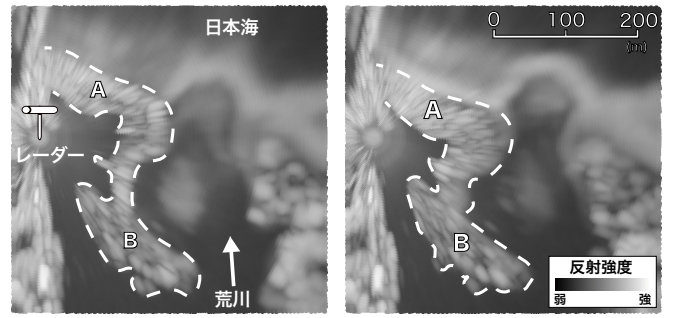
3.1 変形時刻の特定

冬季風浪が予想される2023年1月を対象に、河口砂州の変形を追跡した。数秒間隔で保存された1ヶ月間の観測データを時間平均したエコー画像で確認したところ、1月20日から21日に大きな変形を確認した。変形の前後のエコー画像を図-2に示す。海側の砂州を砂州A、川側の砂州を砂州Bとすると、変形後は砂州Aの平面的な拡大を確認できる。この間のより詳細な時系列変化を確認すると、変形時に2つの砂州を繋ぐ部分の水没とその範囲までの波の遡上を確認した。その間の潮位グラフを図-3(a)に示す。潮位は荒川河口より北に45kmの国土地理院鼠ヶ関験潮場のデータである。20日9時から21日9時の24時間は潮位の上昇が確認でき、エコー画像による変形を確認した時刻と一致する。つまり、この24時間以内に潮位の上昇と波の影響から河口砂州は大きく変形したことが推察される。

3.2 変形の要因特定

一般に断片的な情報に基づき河口砂州は冬季の季節風による波浪によって変化すると考えられている。本節では、変形時の風速・海面気圧・有義波高・有義周期を図-3(b)~(e)に示す。風速・海面気圧は新潟地方気象台のデータ、有義波高・有義周期は全国港湾海洋波浪情報網の新潟沖のデータである。ここでは、河口砂州の大きな変形を確認した1月20日9時から21日9時までを期間1、その対比として23日0時から24日0時までを期間2とした図を作成した。

両期間とも、風速10m/s以上、海面気圧は低気圧を観測しており、その結果、有義波高と有義周期の上昇も確認でき、高波浪であったことが推察される。しかし、紙面の都合上省略するが、期間2は期間1と比べてエコー画像からは河口砂州の大きな変形は確認できなかった。両期間の違いは、上げ潮と下げ潮である。期間1が潮位が上昇し満潮に向かう上げ潮、期間2は潮位が減少し干潮に向かう下げ潮である。このことから2023年1月の河口砂州の大きな形状変化は満潮と高波浪の重畳が要因であると推察される。



(a) 2023年1月20日9時 (潮位: 13.2cm) (b) 2023年1月22日8時 (潮位: 13.8cm)

図-2: 形状変化前後の時間平均したエコー画像

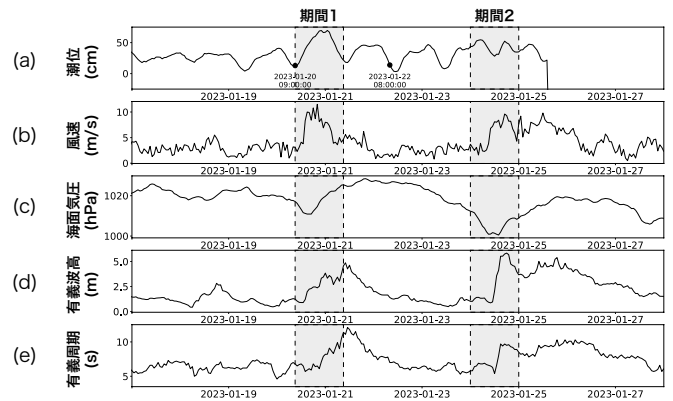


図-3: 2023年1月潮位・風速・海面気圧・有義波高・有義周期

4 終わりに

本研究では、荒川における河口砂州の平面形状の変化を地上マイクロ波レーダーを用いて試みた。まず、レーダーにより数秒間隔で観測された反射強度を時間平均することで河口砂州の平面形状の把握が可能であることを示した。次に、この手法を用い、2023年1月の荒川における河口砂州の変形を観測し把握した。また、冬季の日本海に特有の季節風による波浪に加え、満潮の重なりが河口砂州の大きな変形の要因であることを示した。

今後は、レーダーより得られる波浪場から水面下の海底形状を推定することで土砂輸送を定量的に把握し、河口砂州の変形機構を解明を試みる。

参考文献

- 1) 大原由暉, 茂木大知, 早坂圭司, 村松正吾, 安田浩保, 地上マイクロ波レーダーのエコーデータ処理による洪水流量の推定, 河川技術論文集, 第29巻, 2023年6月
- 2) 高川智博, 齊藤正一郎, 上山聡, 田島芳満, 武若聡, 佐藤慎司, 台風0918号時の高波浪による天竜川河口砂州周辺の土砂移動実態の解明, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.66, No.1, pp.601-605, 2010
- 3) 武若聡, 後藤勇, 西村仁嗣, Xバンドレーダを用いた前浜地形の観測, 海岸工学論文集, 第50巻, pp.546-550, 2003