

漁港・港湾埋没対策のための港内海底地形モニタリング手法の開発

Development of a method of bathymetric monitoring for shoaling in a port

豊橋技術科学大学 助教 岡辺 拓巳

研究手法

福田漁港（静岡県磐田市）は二級河川の太田川河口に建設されており（図-1）、10 km 西側に位置する天竜川からもたらされる東向きの沿岸漂砂（図中 Q_{in} ）を妨げている。このため、航路埋没のほか、河口閉塞や東側に位置する浅羽海岸で汀線後退が生じるなど、土砂管理にとって複雑な要因が集中している。この対策として恒久的サンドバイパスシステムが2015年8月より連続的な試験稼働を始めた。もう一つの対象海域は天竜川河口から約 18 km 西に位置する浜名湖今切口である（図-2）。湖内には舞阪漁港があり、シラス漁を主とする小型漁船が幅 200 m の水路を航行する。沿岸漂砂と強い潮流により、引き潮デルタが発達しており、浅場が形成・拡大されて砕波が発生しやすくなるなど、航行に支障が生じて対策が求められてきた。

本研究では、これら両漁港を母港とする小型漁船に、位置・水深・日時を記録するロガーを搭載し、船が操業・航行する際にこれらの情報を記憶媒体に記録する。2016年現在、合計26隻の漁船から情報を収集するシステムとして構築・メンテナンスを継続した。データは定期的に収集作業により回収した。このデータに対して潮位、水温、超音波振動子までのオフセット量といった水深に関連する量を補正して基準面からの値に整理した。また、GNSSアンテナから得られる座標情報は平面直角座標系（第8系）へ変換し、水深情報も含めてデータベースに格納して解析対象に応じて効率よく抽出できるよう整備した。これより、対象とする時空間を用いてDBからデータを抽出し、平均やノイズ除去、kriging内挿とローパスフィルターを用いて 10 m 格子の三次元地形データを生成した。図-1および図-2の等深線図はこの情報より生成されたものである。この地形図の差分により海域の水深変化を求めるが、生成された地形の精度を考慮し、本研究では ± 0.5 m を越える変化量のみ取り扱うこととした。

航路埋没の分析方法に関しては、まず数年スケールで生じた漁港周辺海域の地形変化を把握した。これにより、土砂の堆積傾向が強いエリアを明らかにした。次に、航路などモニタリングすべきポイントにおいて水深の経時変化を抽出した。抽出した水深情報にはノイズが多く含まれることから、

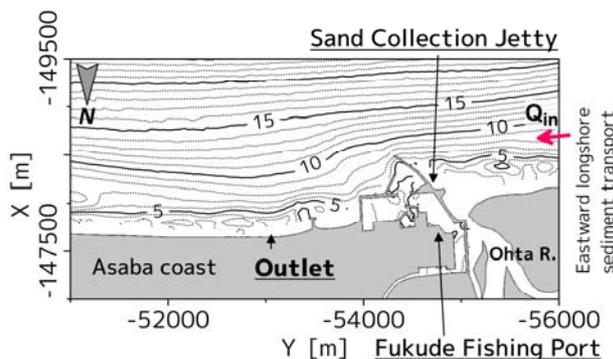


図-1 福田漁港と浅羽海岸の海底地形図

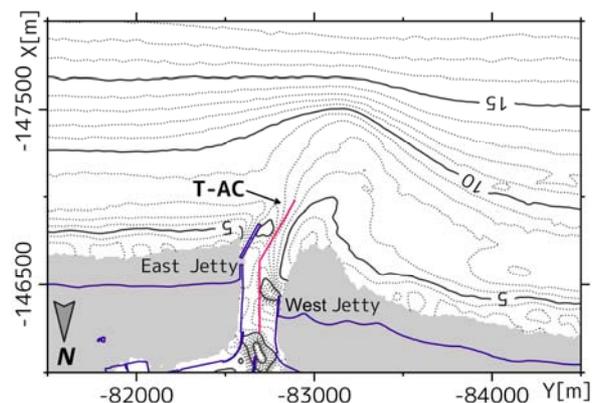


図-2 浜名湖今切口周辺の海底地形

平滑化を用いて水深変化のトレンドを明らかにした。また、回帰分析によって堆積スピードを定量的に把握することで、漁港の水深管理に有用な情報を求めた。また、この堆積速度の港内での空間的な分布も求め、どの場所で注視が必用であるかを検討した。水深の時間変化に対して、変化点抽出手法を用いて水深変化の特徴を分析した。これは情報通信の異常・攻撃の検知に用いられるもので、時系列の確率モデルにARモデルを用い、この忘却学習を経て時系列の変化がスコアリングされる。浜名湖今切口については、航路となる水路の断面解析を実施した。水路に沿った測線を設定し、2~4週間毎に水深を求め、これを時系列に変換して水深変化の特徴を明らかにした。

調査によって得られた新しい知見

図-3は2013~2016年にかけて生じた福田漁港内および港口部周辺の地形変化を示している。漁港西側の沿岸から防波堤先端にかけての水深 6~8 m の領域で 2 m 以上の堆積が生じていた。また、港口部の航路では水深の減少がみられた。図-4は浜名湖今切口における水深変化を示したものである。水路内でも比較的大きな水深変化が生じている。また、以前より導流堤東端沖では浅場の碎波によって航行が困難になることがあったが、沖合侵食の進行によりアウターバーが消失していることを把握できた。

図-5は福田漁港の湾口 (A2地点)、航路 (A1)、最奥 (C1) での水深の経時変化を示したものである。図中の実線は、漁船から得られる水深の時系列を平滑化したもの (A1, A2) と回帰直線 (C1) を示している。A2では2014~2015年にかけて約 2 m 浅くなっており、特に2015年6月頃から急激な

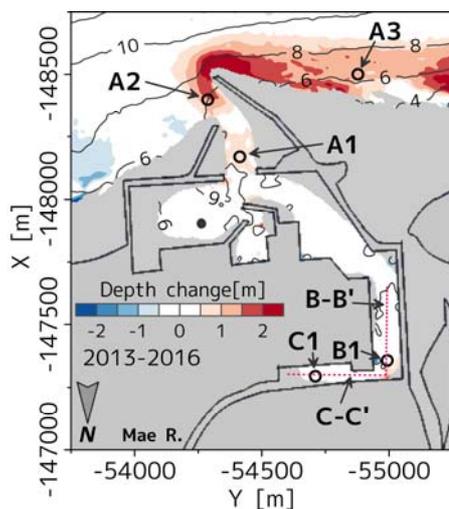


図-3 福田漁港内の地形変化 (2013~2016年)

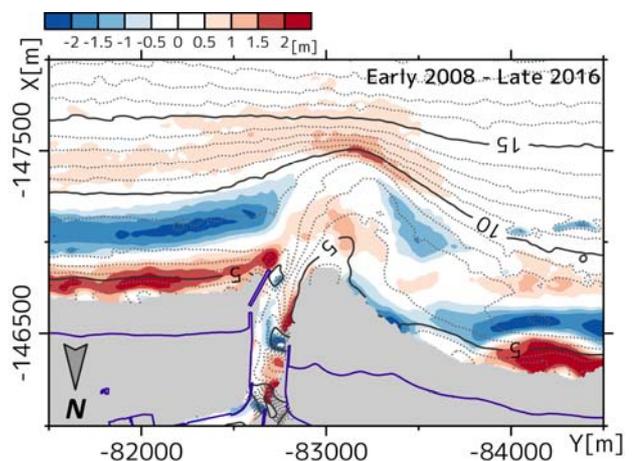


図-4 浜名湖の地形変化 (2008~2016年)

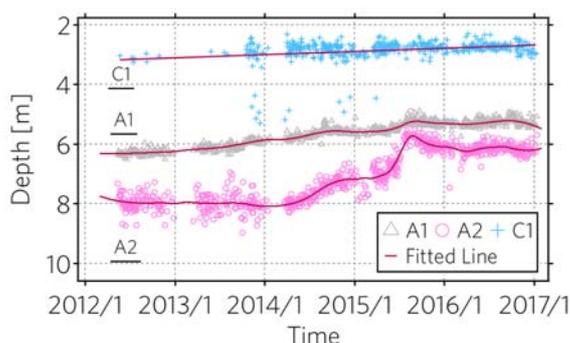


図-5 福田漁港内の水深の経時変化

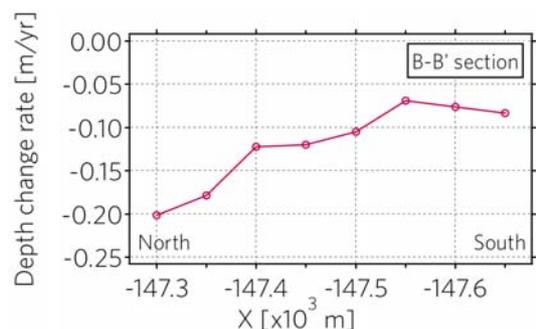


図-6 航路縦断測線での堆積速度の空間分布

堆積が生じている。一方、港内のA1地点では、堆積の時間的な特徴がA2と異なり、水深の減少速度は経時的におよそ一定である。C1では 0.10 m/yr の速度で堆積が進んでいる。漁港最奥の流入河川から粒径の細かいシルト・粘土が流れ込むことが指摘されており、この土砂の堆積を捉えたものと考えられる。奥部での地形変化は、対象期間においては線形的であり、高波浪や降雨の影響はごく小さいものと考えられる。図-6は港奥部（図-3中のB-B' 測線）での水深変化速度の空間分布を示したものである。負の速度は堆積を意味する。航路の角部に向かって堆積速度は 0.20 m/yr と早くなることがわかった。このことから、港湾奥部ではこの角部を重点的にモニタリングしつつ、把握できた堆積速度に応じて浚渫工事を準備する必要がある。

図-7はA2での水深の時系列の急激な変わり目（変化点）の度合いを示したものである。得られた変化点（図中の矢印）のうち、台風に起因するものは2回（T1326, T1411）のみであり、その他（S1～S6）は静穏時に検知された。これらは水深変化の傾向が侵食または堆積へ切り替わった時点であり、港口部では必ずしも高波浪前後で水深変化が生じているわけではないことが示唆された。

図-8は浜名湖今切口の水路に設定した測線T-ACの断面の経時変化を着色して描画したものである。これより水路内では主に3つの水深変化の特徴があることがわかった。台風によって水路奥部（北

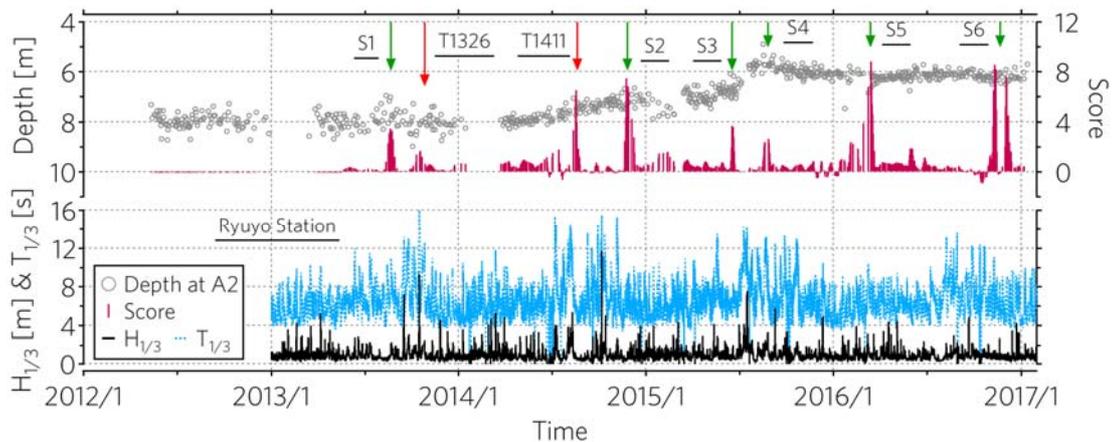


図-7 港口部の水深変化とその変化点検出スコア，竜洋沖での有義波高および有義波周期の経時変化

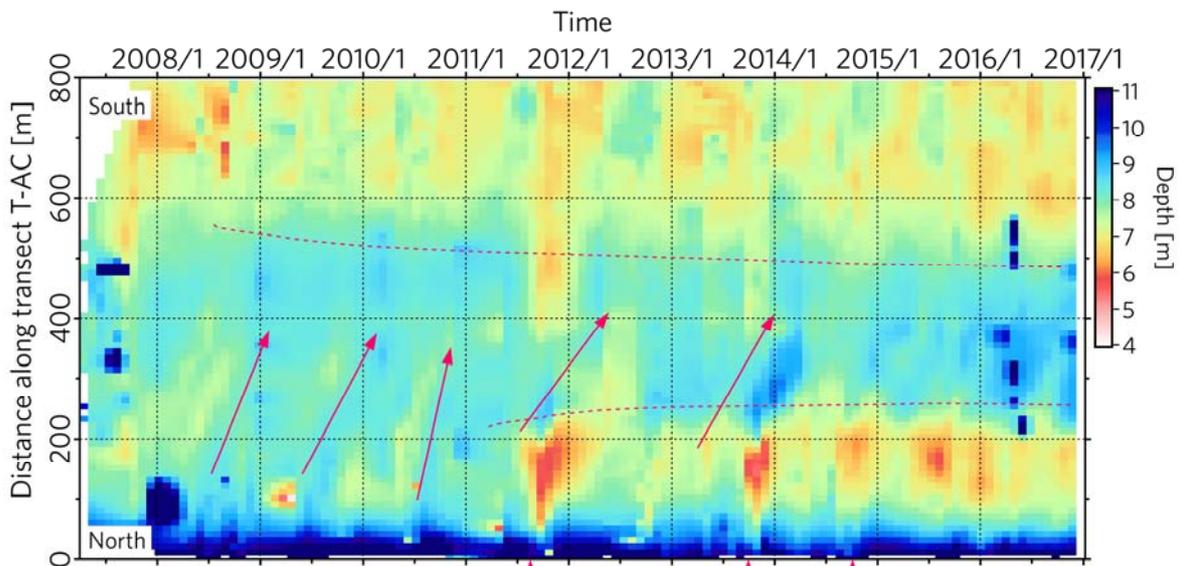


図-8 浜名湖今切口水路内の水深の経時変化（測線T-AC）

側・浜名湖側)に浅場が急激に生じることがわかった。このタイミング(図中最下段の矢印)は台風の来襲に一致しており、高波浪や長周期波による湖向きの土砂輸送によって生じることが推察された。特に2011年は水路全域で浅くなっており、水深変化へのインパクトの強さがわかる。このように生じた浅場(あるいは深場)は、外洋側に向かって徐々に移動していることも明らかになった(図中の斜め矢印)。この移動速度はおよそ 200~300 m/yr であった。このようなパターンが周期的に繰り返されていた。また、長期的には水路の南側と北側で浅場が広がりつつあると同時に、中央部では水深が徐々に深くなっていた(図中点線)。このことから、水路の地形は平坦ではなく、水深変化が大きい地形へと遷移しているものと考えられる。

発表論文

Okabe, T. and Kato, S. (2018 予定): Temporal changes in an ebb-tidal delta bathymetry of Imagire-guchi inlet, Japan, Coastal Engineering Journal, (under review).

岡辺拓巳・加藤 茂 (2017): 漁船ビッグデータを用いた静岡県福田漁港・浅羽海岸の海底地形モニタリング, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol. 73, No. 2, (審査中).

岡辺拓巳 (2017): 漁港の航路埋没モニタリング, マリンITワークショップ2017あきた, 秋田県秋田市にぎわい交流館AU, 2017年3月2日 (口頭発表).