

令和 4 年 6 月 23 日現在

機関番号：12102

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02244

研究課題名(和文) 高頻度・高分解能海岸地形データの生成と漂砂フラックス推定システムの開発

研究課題名(英文) Development of an estimation system of high resolution and frequency coastal depth map and longshore sediment flux

研究代表者

武若 聡 (Takewaka, Satoshi)

筑波大学・システム情報系・教授

研究者番号：80202167

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,000,000円

研究成果の概要(和文)：土砂管理を流域から海域まで連続的に考えて行くことを念頭に、高頻度の海岸地形データ生成、沿岸域の漂砂フラックス推定に関連する研究を茨城沿岸と静岡沿岸にて行なった：(1) 衛星データによる高頻度汀線データセットの作成、(2) 汀線データセットと漁船測深データを組み合わせた高頻度・高分解能海岸地形データセットの作成、(3) 汀線変動の分析による沿岸漂砂フラックス推定、(4) Xバンドレーダ観測による河口域の出水時の河川流推定。

研究成果の学術的意義や社会的意義

土砂管理を流域から海域まで連続的に考えて行くことは河川・海岸工学分野におけるコンセンサスとなっている。これの実現には、高頻度・高分解能の海岸地形データを蓄積すること、これに基づく漂砂フラックスの評価が必要であり、関連する成果を本研究で示した。特に、様々な分解能とカバレッジの地形データを融合させて高頻度・高分解能の海岸地形データを生成する手法、河口のレーダ観測により出水時の流速分布を推定する手法などが漂砂系内の土砂フラックスの時空間分布を把握するための基本的なツールとなり、さらなる研究展開を支えるデータ生成に資することを示した。

研究成果の概要(英文)：In order to achieve sediment management from the watershed to the sea continuously, studies related to the generation of high frequency coastal topographic data and the estimation of coastal sediment flux were conducted along the Ibaraki and Shizuoka coasts: (1) the generation of high-frequency shoreline data sets using satellite data, (2) the generation of high frequency and high resolution coastal topographic data sets combining shoreline data sets and fishing boat bathymetry data, (3) the estimation of coastal sediment fluxes by analyzing shoreline variation, and (4) the estimation of coastal sediment fluxes in estuarine areas using X-band radar observations. (3) Estimating coastal sediment flux by analysis of shoreline variation, and (4) Estimating river flow during outflow in estuaries by X-band radar observations.

研究分野：海岸工学

キーワード：海岸地形 沿岸漂砂 リモートセンシング 漂砂フラックスの推定

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

土砂管理を流域から海域まで連続的に考えて行くことは河川・海岸工学分野におけるコンセンサスとなっている。これの実現には、高頻度・高分解能の海岸地形データを蓄積すること、これに基づく漂砂フラックスの評価が必要である。本研究で提示する方法論は、様々な分解能とカバレッジの地形データを融合させて高頻度・高分解能の海岸地形データを生成し、これに基づき海域の侵食を含む地形変動を、単に現存の量(ストック)として捉えるのではなく、移動量(フラックス)として説明するものである。この両者により、海域における高度な土砂管理を実現するための基本的なツールが提供される。具体的には、漂砂系内の土砂フラックスの時空間分布が常に把握され、例えば、侵食域が拡大する前の土砂補給、侵食域発生後の回復の有無の診断等を目指すことが可能になる。

### 2. 研究の目的

以上の研究背景の下「高頻度・高分解能の海岸地形データ生成」と「漂砂フラックス推定システムの試作」を行った。以下が具体的な研究項目である：

- 1) 衛星データによる高頻度汀線データセットの作成(静岡沿岸)
- 2) 汀線データセットと漁船測深データを組み合わせた高頻度・高分解能海岸地形データセットの作成(遠州灘)
- 3) 汀線変動の分析による沿岸漂砂フラックス推定(鹿島灘)
- 4) Xバンドレーダ観測による河口域の出水時の河川流推定(天竜川)

### 3. 研究の方法

- 1) 衛星データによる高頻度汀線データセットの作成(静岡沿岸)

汀線後退が日本各地で懸念されており、低コストで高頻度に海岸モニタリングを行うことが求められている。測量では高頻度にデータ収集を行うことが困難であることより、本研究ではオープン衛星画像を用い、広域の汀線位置を高頻度に読み取ることが検討された。

(オープン衛星画像) インターネットを通じて無料で取得できる衛星データをオープン衛星画像とする。本研究では Landsat-5, -7, -8 および Sentinel-2 の衛星データを取得し、その中でも分解能が最も高いパンクロマティック画像を使用した。空間分解能は 10-30 m (Landsat-5 : 30 m, Landsat-7, -8 : 15 m, Sentinel-2 : 10 m), 時間分解能は 10-16 日 (Landsat-5, -7, -8 : 16 日, Sentinel-2 : 10 日) である。2010 年-2019 年の 10 年間に観測された計 78 シーンの可視データを用いて解析を行った。

(対象地域) 静岡県遠州灘海岸の天竜川河口部より東に 20 km の範囲を対象とした。天竜川河口部より約 10 km 東に位置する福田漁港では沿岸漂砂が防波堤によって遮断され、漁港西側での土砂の堆積、漁港東側の浅羽海岸での海岸侵食が顕在化している。これを緩和するため、ジェットポンプ式サンドバイパスシステムが当該地域に日本で初めて導入され、2014 年 3 月より運用が開始されている。

(汀線位置の抽出方法) 汀線位置の抽出には Arc GIS の最尤法分類を用い、10 m 間隔で海浜と海面の境界を判別した。汀線位置の読取結果は平面直角座標系第 8 系 (JGD2011) を用いて整理した。また、福田漁港より 30 km 東に位置する御前崎の潮位データをもとに、T.P (東京湾平均海面) 0 m の高さに汀線位置を合わせて潮位補正を行った。

(結果) 図-1 に汀線読取り結果の平均値、最大値および最小値、全期間にわたる汀線変化を直線回帰して求めた変化率、汀線の変動強度の沿岸分布を示す。離岸堤、突堤等の構造物がある場所では汀線位置が不連続に分布している。汀線変化率は特に  $Y=-60,500$  m に位置する離岸堤の背後および  $Y=-55,000$  m ~  $-58,000$  m の漁港近傍で大きな堆積があったことを示している。また、漁港東側一帯において負の値(堆積)を示すことから、サンドバイパスシステムが汀線維持に寄与している可能性が示唆された。離岸堤設置区間での変動強度が付近と比較して小さくなっており、特徴物を捉えていることがわかる。バイパスの吐出口が位置する  $Y=-53,000$  m における汀線位置の変化と静岡県が実施した測量結果を比較した。この地点では 10 年間で汀線位置がやや前進しており、経年的に堆積する傾向が見られた。また、測量と読取り結果の差はおおよそ衛星の分解能(20m程度)に収まっていることより、汀線位置の読取り結果の妥当性を有していると示唆される。以上より、オープン衛星画像により汀線位置、変化傾向等の基本的な情報を取得できることが示された。

(主要な成果) オープン衛星画像を用いて広域の汀線位置を高頻度に読み取り、そのパフォーマンスを検討した。その結果、汀線分布、経年的な変動トレンド等を把握できることが示された。

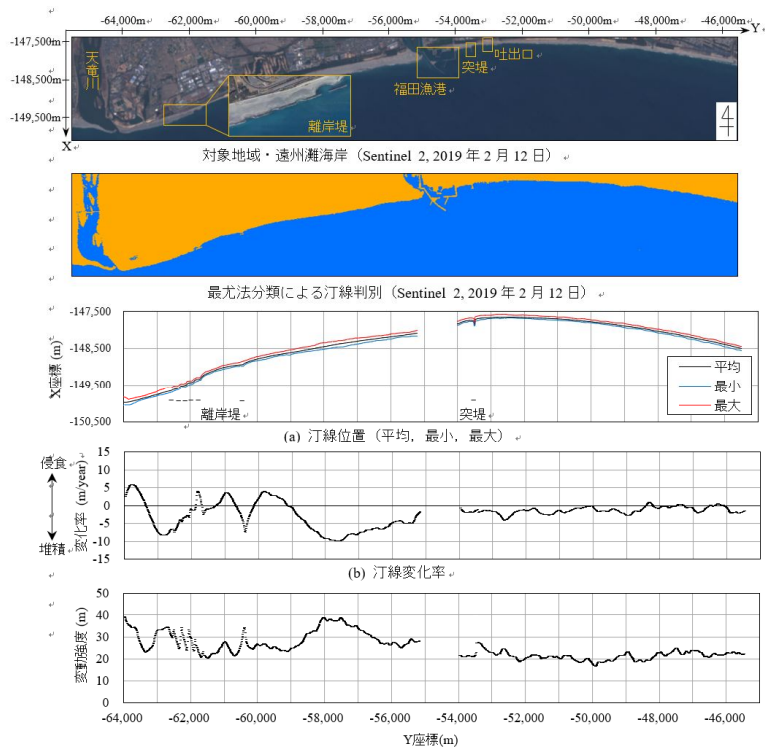


図-1 (c) 汀線変動強度

図-1

## 2) 汀線データセットと漁船測深データを組み合わせた高頻度・高分解能海岸地形データセットの作成（遠州灘）

海岸地形を知る方法として実績があるのは測量（深浅，汀線，航空写真等）であるが，近年の公共事業費削減に伴い，その頻度，範囲を維持することが難しくなっている．本研究では公的な測量と併用する，あるいは，代替することを念頭においた海岸地形モニタリング手法（＝「漁船ビッグデータ（BD）・水深」＋「オープン衛星・汀線データ」）について検討する．本手法により調べた遠州灘の砂浜海岸（浅羽海岸～今切口，沿岸距離約 34 km）の最近の変化を示し，その確からしさ，活用の範囲等について議論する．

〔手法の概要〕〔水深：漁船 BD〕 遠州灘で操業する複数の漁船の位置・時間情報と魚群探知機より得られる水深情報を整理した（2016-2020 年）．各年を複数期間に区切り，期間中の平均的な海底地形を表すデータセットを作成した．漁船は浅い領域で操業しないため，汀線からおおよそ水深 3 m までの水深情報の取得機会は小さい．

〔汀線：オープン衛星〕 インターネットより無料で取得できる可視衛星（Sentinel-2，空間分解能 10 m）を使用した．波浪が小さいと判読された近赤外シーンより汀線位置を読み取った（2016-2021 年）．

〔水深と汀線データの結合〕 漁船 BD には水深 0 - 3 m のデータがほとんど含まれないため，この領域を汀線データにより補間する．汀線データと漁船ビッグデータは取得時期が異なるので，まず，汀線データを漁船 BD の作成期間に合わせて平均化した．続いて，漁船 BD と汀線位置間の水深分布を直線近似により求めた．この手順で作成した海岸地形を図-2 に示す．

〔精度の検証〕〔汀線〕 衛星より求めた汀線位置と測量結果を比較したところ，衛星データより定めた汀線位置は海岸線の概形を捉えているが，衛星データが海側にシフトしていた．測定が同一日でないこと，砕波による影響がある．衛星シーン照合したところ，水際位置を砕波帯の海側エッジにあると判定していた場合があった．次に定点の汀線位置の時間変化を比較した．衛星汀線データにはバラツキがある．これは衛星データ解析の際の不確実性と汀線位置が日々変動していることによる．測量による汀線位置は概ねこのバラツキの範囲内に収まっており，衛星データから汀線変化を追跡できる．

〔断面形状〕 漁船 BD と衛星データ汀線から作成した水深データと深浅測量結果を比較した．4 m 以深の地形と水深変化は良好に捉えていること，バー地形の消滅が捉えられていること，直線近似補間による地形の勾配は測量結果とほぼ等しく，岸沖方向には 20 m 程度のずれで収まっていることなどを確認した．

〔平面地形〕 福田漁港周辺の水深変化を調べた．堆積/侵食域の分布はおおむね一致している．一方，土砂収支を算定したところ，変化トレンドは捉えていたが，大きさに不一致があった．

〔主要な成果〕 最近 5 年間の遠州灘を対象に，漁船 BD ・水深データと衛星画像・汀線位置を合わせた海岸地形データセットを作成した．その結果，汀線位置は衛星の観測分解能程度の確からしさで把握できること，海浜断面性状（例えば，バー・トラフの存在）の消長を追跡できることなどを示した．一方で従来の公的な測量と併用/代用することに向けては本手法が不確実性のあるデータであることに留意し，誤差を含むデータの活用についての検討が必要である．



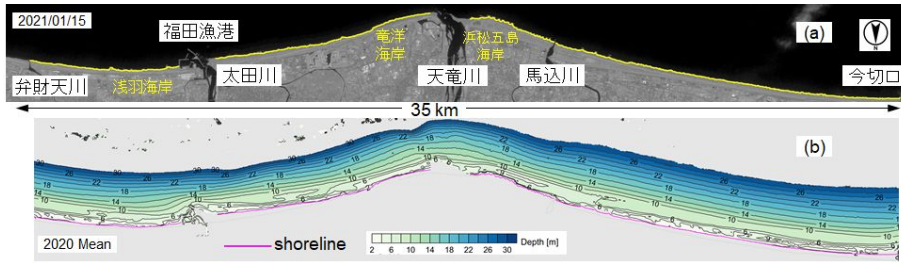


図-2

3) 汀線変動の分析による沿岸漂砂フラックス推定 (鹿島灘)

汀線変動は岸沖と沿岸方向の漂砂により生じ、後者が長期的な汀線の動向を支配すると理解されている。ここでは、一つの漂砂系とみなせる鹿島灘南部 (鹿島港～利根川, 図-1(a)) において、衛星画像より汀線データセットを作成し、沿岸漂砂量の時空間分布を推定した。EOF (経験的固有関数) 解析により、汀線変動を岸沖と沿岸方向の土砂移動に因ると考えられる成分に分離し、後者に対して土砂の連続性に基づき沿岸漂砂量の時空間分布を求めた。

(汀線データセット) 衛星観測結果 (可視・SAR データ, 2006-2016年, 45 シーン) より水際位置を読み取り、潮汐補正を行った上で汀線位置  $y(x, t)$  を 10 m 毎に定めた。シーンの取得間隔の平均は約 85 日で、汀線変動の季節的な変化を追跡することが可能である。平均汀線位置 ( $y dx$ ) の経時変化を調べたところ、明確なトレンドは見られず、対象域の海浜は大局的には安定していると考えられる。汀線の変化率の分布は、対象域の両端で汀線位置が前進傾向、中央部で後退傾向にあることを示している。

(EOF による汀線変動の分析) 汀線位置  $y(x, t)$  より各位置の時間平均値を差し引いた上で EOF 解析を行った。その結果、第 1 モード (寄与率 56%), 第 2-6 モード (計 25%) が得られた。【第 1 モード】時間関数は平均汀線位置の経年変化との相関が高かった。また、空間関数は全て正值で、汀線変動強度 (未表示) の沿岸分布と相関が高かった。これらより、第 1 モードは全域的に生じる全体的な汀線の前進後退を代表しており、これは主に岸沖方向の土砂移動によるものと考えた。【第 2-6 モード】第 2 モードの時間関数は観測期間を通じて減じる傾向にあるが、これに加えて秋季・冬季にいくつかの大きな変動 (2007, 2008, 2011) があつた。空間関数は、汀線位置の変化率の沿岸分布との相関が高かった。類似の考察が第 3 モード以降に対しても行うことが可能であり、第 2-6 モードは対象域内で生じる局所的な汀線の前進後退を代表しており、これらは沿岸方向の土砂移動によりもたらされたと考えた。

(沿岸漂砂量の推定) ここではワンラインモデルの考え方を適用し、第 2 モード以降の汀線変動  $y_m(x, t)$  ( $m=2-6$ ) をもたらしたと考えられる全沿岸漂砂量  $Q_m(x, t)$  を汀線位置の時間変化と沿岸漂砂フラックスの収束・発散の関係を表す連続式  $y_m / t \sim - Q_m / x$  を積分することにより求めた。積分をする際、領域の北端 (鹿島港) で  $Q_m=0$  とした。第 2-6 モードを重ね合わせた沿岸漂砂量  $Q = \sum Q_m$  の時空間分布を調べたところ (図-3), 正方向 (南向), 負方向 (北向) の沿岸漂砂が季節的に繰り返して発生していること、また、沿岸漂砂が全域的に同一方向を向く期間と異なる方向が混在する時期があること等が読み取れた。各時刻の  $Q$  を空間平均した  $Q_1(t) = \int Q dx$  を求めた。空間平均した沿岸漂砂は主に冬季は南向, 夏季は北向となることが多く、これはこの海域の波浪場の特徴 (冬季に北方から, 夏季に南方からの波浪が卓越) と整合する。次に各沿岸位置の  $Q$  を時間平均した  $Q_2(x) = \int Q dt$  を求めた。

これは、対象域の両端で汀線位置が前進傾向、中央部で後退傾向にあることと整合する結果となった。

(推定結果と波浪場の関係)  $Q$  の推定結果の妥当性を調べるために、波浪場の再解析結果 (2006-2012年) と比較した。沿岸方向エネルギーフラックスを代表する量 ( $E_x = H^2 T \sin^2 \theta$ ;  $H$ : 波高,  $T$ : 周期,  $\theta$ : 波向) の空間平均値の経時変化を求めたところ、季節的に変動する沿岸漂砂を一定の程度で説明できることを確認した。

(主要な成果) 鹿島灘南

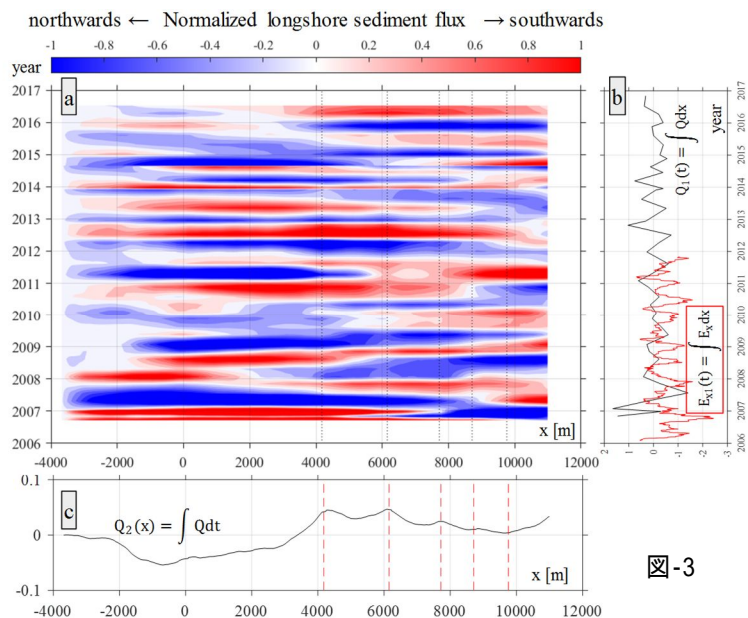


図-3

部の汀線データセットを作成し、EOFにより汀線変動を岸沖と沿岸方向の土砂移動による変動に分離した。ワンラインモデルの考え方を援用し、汀線の時間変化を積分することにより沿岸漂砂量の時空間分布を推定した。これと波浪場の再解析結果で得られた沿岸方向エネルギーフラックスの分布を比較したところ、おおむね整合する結果が得られた。

#### 4) Xバンドレーダ観測による河口域の出水時の河川流推定(天竜川)

リモートセンシングの一種であるXバンドレーダにより取得したエコー画像を解析することにより、出水時の河口付近の表面流速分布を推定することの妥当性を議論した。

(Xバンドレーダ観測) 天竜川河口右岸の下水道処理施設の屋上Xバンドレーダを設置し、出水中のエコー(=レーダ波の反射強度)分布を画像形式で収集した。図-4にエコー画像の一例を対象域衛星画像と共に示す。水面はレーダ信号を吸収するため暗く、陸地・河川上漂流物などからは反射が強く高輝度部として映る。エコー画像は2秒毎に記録し、これを連続的に再生すると、河川表面にある漂流物が下流方向に移動する状況を判読できる。エコー画像は、2010年7月(最大流量:4,800 m<sup>3</sup>/s)と2020年7月(6,900 m<sup>3</sup>/s)の出水時に取得した。

(表面流速分布の推定) 各エコー画像に映る河道内の高輝度部分の移動量をPIV解析により計測し、これを河川表面流速と考える。出水時には流速を直接計測していないため、推定の妥当性は、河川流量と河道断面により得られる平均流速、河口付近の水面勾配(河川水位と潮位の差)のそれぞれの経時変化と比較することにより検討した。

(表面流速分布) 推定された表面流速分布を図-4に示す。洪水流が湾曲した河道に沿って流れていること、河道内の砂州を避けて流れていること、河口に向かって縮流されること、流速の最大は4 m/sのオーダーとなることなどが読み取れる。2010年以降に河道内砂州の掘削が行われた(x~750m, y~750m)であり、この掘削を行った領域の流速が大きくなっている。

(表面流速の時間変化) 推定された表面流速と流向、河川流量、水面勾配の経時変化を調べたところ「表面流速は出水ピーク時に大きく、その後、出水の減衰と共に減少した」「水面勾配に応じて流速が変動する」ことなどを確認した。

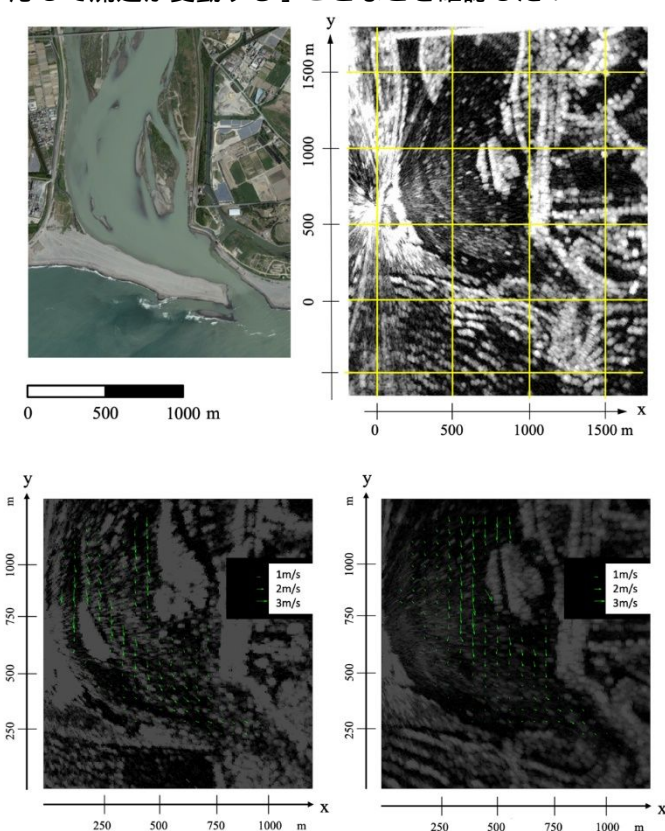


図-4

(表面流速の大きさ) 河川断面の測量結果、最大流量(2010年出水)より平均流速を求めたところ約1.5 m/sを得た。これに対して、同一位置の推定結果の横断平均は約1.0 m/sであった。この差は、レーダ観測では漂流物がない領域の流速値が得られないことにあると考えられる。2020年出水では河口付近(x~1000m, y~400m)の流速が小さく推定されている。これは河口部に深掘れがあったことによると考えている。

(主要な成果) Xバンドレーダの観測で得られたエコー画像をPIVにより解析し、河口付近の出水中の表面流速を推定した。その結果、流速分布には、河道の湾曲に沿って流れが曲がる状況、河道内砂州を避けて流れる状況、河口の河川幅が狭い部分に向かって加速している状況等が捉えられていること、流速は出水中の局所の水位勾配の変動に応じて加減速することを確認した。

この成果は、出水時の河川から海に供給される土砂量推定の基本的なデータとなる。

#### 4. 研究成果

土砂管理を流域から海域まで連続的に考えて行くために、高頻度の海岸地形データ生成、沿岸域の漂砂フラックス推定に関連する研究を茨城と静岡沿岸で行なった：(1)衛星データによる高頻度汀線データセットの作成、(2)汀線データセットと漁船測深データを組み合わせた高頻度・高分解能海岸地形データセットの作成、(3)汀線変動の分析による沿岸漂砂フラックス推定、(4)Xバンドレーダ観測による河口域の出水時の河川流推定。様々な分解能とカバレッジの地形データを融合させて高頻度・高分解能の海岸地形データを生成する手法、河口のレーダ観測により出水時の流速分布を推定する手法などが漂砂系内の土砂フラックスの時空間分布を把握するための基本的なツールとなり、さらなる研究展開を支えるデータ生成に資することを示した。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 和田勇樹, 武若聡	4. 巻 27
2. 論文標題 天竜川河口付近における洪水時の表面流速の推定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 25-28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Nguyen Hao Quang, Takewaka Satoshi	4. 巻 13
2. 論文標題 Shoreline Changes along Northern Ibaraki Coast after the Great East Japan Earthquake of 2011	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1399 ~ 1399
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs13071399	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 YUHI Masatoshi, TOKUNAGA Sayako, UMEDA Shinya	4. 巻 77
2. 論文標題 A FUNDAMENTAL STUDY ON THE CHARACTERISTICS OF MIGRATION AND EVOLUTION OF BAR-TROUGH TYPE MORPHOLOGY	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_607 ~ I_612
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.77.2_I_607	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 HASHIGUCHI Kyota, OKABE Takumi, TAKEWAKA Satoshi	4. 巻 77
2. 論文標題 BATHYMETRY MONITORING OF ASABA COAST USING OPEN SATELLITE IMAGERY AND FISHING VESSEL DEPTH DATA	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_1093 ~ I_1098
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.77.2_I_1093	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nguyen Hao Quang, Takewaka Satoshi	4. 巻 13
2. 論文標題 Shoreline Changes along Northern Ibaraki Coast after the Great East Japan Earthquake of 2011	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 1399 ~ 1399
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs13071399	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 武若 聡, 内堀 圭一郎, 海老原 友基, 森 信人	4. 巻 76
2. 論文標題 沿岸漂砂量の時空間分布の推定	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2(海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_451 ~ I_456
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.2_I_451	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 橋口喬太, 武若聡	4. 巻 76
2. 論文標題 オープン衛星画像を用いた 広域の汀線変動モニタリング	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海洋開発)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 和田勇樹
2. 発表標題 天竜川河口付近における洪水時の表面流速の推定
3. 学会等名 土木学会河川技術シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武若聡
2. 発表標題 ヘッドランド間の汀線変動に関する分析
3. 学会等名 土木学会海岸工学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 由比政年
2. 発表標題 砂州地形と岸沖漂砂フラックスの関係が砂州の移動・発達特性に及ぼす影響
3. 学会等名 土木学会海岸工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武若聡
2. 発表標題 オープン衛星画像と漁船ビッグデータによる浅羽海岸の海岸地形モニタリング
3. 学会等名 土木学会海岸工学講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 武若聡
2. 発表標題 沿岸漂砂量の時空間分布の推定
3. 学会等名 土木学会海岸工学講演会
4. 発表年 2020年



1. 発表者名 Nguyen Hao Quang
2. 発表標題 Shoreline changes of a sandy beach with breakwaters after the 2011 Great East Japan Earthquake
3. 学会等名 Coastal Dynamics 2021
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	由比 政年  (Yuhi Masatosi)  (20262553)	金沢大学・地球社会基盤学系・教授   (13301)	
研究分担者	榎田 真也  (Umeda Shinya)  (30313688)	金沢大学・地球社会基盤学系・教授   (13301)	
研究分担者	伴野 雅之  (Banno Masayuki)  (80549204)	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・港湾空港技術研究所・主任研究官   (82627)	
研究分担者	栗山 善昭  (Kuriyama Yoshiaki)  (60344313)	国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・理事長   (82627)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	ゲン クワング  (Nguyen Quang)		
研究協力者	和田 勇樹  (Wada Yuuki)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関