

令和 3 年 8 月 4 日現在

機関番号：26402

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01539

研究課題名(和文) 海浜地形・底質の多軸的科学分析に基づく新しい海岸侵食対策としての養浜技術の革新

研究課題名(英文) Innovation of beach nourishment technology for erosion control based on multi-aspect analyses of beach topography and sediments

研究代表者

佐藤 慎司 (SATO, Shinji)

高知工科大学・システム工学群・教授

研究者番号：90170753

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,200,000円

研究成果の概要(和文)：砂礫海岸のトレンチ調査を実施し、侵食されにくい海浜の構造を考究した。宮崎海岸、高知海岸仁淀川流砂系、高知海岸物部川流砂系の3か所で調査を実施した。これらにより、海岸の侵食が、台風などの影響を受けて長期的に進行することが明らかになるとともに、海岸保全施設である離岸堤による土砂の捕捉が来襲波の波向きの影響を受けた地形変化を繰り返しながら20年以上継続すること、深さ約1m程度の深部には埋没カスプを含んだ礫層が卓越することなどが明らかとなった。来襲波浪エネルギーの大きい時期には標高2m程度の礫層上部まで侵食されるが、礫層の完全な侵食までには至らないなど、侵食に強い海浜の三次元構造が明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海岸地形変化の研究は、地形測量や底質の分析などに基づくものが多いが、これらは、地形表面の特性を分析するもので、海浜の内部構造を解明することはできない。本研究では、海浜のトレンチ調査を実施し、砂礫海岸の侵食耐性を科学的に検証することができた。砂礫海岸における離岸堤背後の海浜形成が10年以上の長期にわたって継続すること、形成された海浜の深部には礫の集積が見られることが明らかとなった。離岸堤などの海岸保全施設の建設による海浜安定には、波浪の制御だけでなく、建設後に形成される海浜内部への礫の集積も大きな役割を果たしていることが明らかとなり、今後の養浜工の最適設計に活用できる資料を取得することができた。

研究成果の概要(英文)：Beach trench surveys were conducted on sand gravel beaches in Miyazaki and Kochi Coast. The survey in Kochi Coast was conducted on a beach protected by detached breakwaters. Alongshore and cross-shore trenches were excavated with a total length of 150m. The trench faces were recorded by a RTK-UAV and compared with topography data. A clear boundary between sand and gravel layers was observed at a level of 2m above sea level. The bottom gravel layers were considered to be developed by swash waves at the construction of detached breakwaters. The beach was found to be eroded by several high waves in last 15 years. The erosion level, however, was found to be up to the level of sand-gravel boundary, which implied that the sand gravel beach protected by detached breakwaters was resistant to erosion owing to the presence of buried gravel layers.

研究分野：海岸工学

キーワード：海岸過程 海岸侵食 海岸保全施設の設計 養浜

様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

世界的に激化する海岸侵食が局所的・対症的な対策に終始し、抜本的な解決に至らない一つの理由は、数十年スケールの長期的な海浜形成機構を理解する科学的な分析手法が確立されていないためである。本研究では、海浜形成機構を理解する基礎情報である地形と底質に焦点を当て、学術的な課題設定を、「海浜地形や底質を科学的に分析する手法を確立し、それを多軸的に活用して抜本的な海岸侵食対策技術を提案すること」とした。課題解決のために、申請者らが独自に開発を進めてきたルミネッセンス計測技術とトレンチ調査技術を重層的に組み合わせることにより、長期的かつ広域的な海浜過程を客観的に解明する手法を構築する。これを混合砂礫海浜変形モデルと合わせ用いることにより、海浜の耐波侵食性能を評価するとともに混合砂礫を用いた高効率養浜技術を提案し、革新的な海岸侵食対策技術を創造する。

2. 研究の目的

漂砂・流砂の機構解明は、波・流れの外力と土砂移動量との関連を中心に主としてマイクロ・メソスケールで展開されてきた。これに応じて海岸侵食対策も、侵食後に構造物を設置する事後的・局所的な対応が優先されがちであったが、近年、土砂管理型の対策として、土砂を人工的に補給する養浜の施工事例が増加している。養浜では、施工前後の海浜形成過程を理解し、長期的に安定な海浜を形成することが重要であるが、数十年スケールにおける海浜の長期形成機構に関する知見は十分には蓄積されていない。

本研究では、堆積性の海浜と侵食が進み養浜が実施されている海浜をそれぞれ選定し、波打ち際から海岸堤防付近まで、海岸線に垂直な断面における深さ約2mのトレンチ調査を実施した。調査対象海岸は、宮崎海岸、高知海岸であり、長期的な深浅測量データが整備されている海岸から選定した。トレンチ断面を数十年間の地形測量データと重ね合わせるにより、砂礫の堆積構造と高波浪イベントによる堆積・侵食過程の関係を明らかにするとともに高波浪イベントにより大きく変動する砂礫海浜の時空間的な変動機構を解明することを目的とした。

3. 研究の方法

2018年度には宮崎海岸、2019年度と2020年度には高知海岸において、海浜トレンチ調査を実施した。宮崎海岸の調査はNomura et al.(2018)に公表されており、海浜断面地形の特性と粒径構造の関係などが解明された。2019年度の調査は、高知海岸仁淀川流砂系の3地点で実施され、佐藤ら(2020)に詳述されているように、沿岸漂砂の卓越方向と海浜地形変動との関係が解明されている。

2020年度の調査は、2020年12月1日、12月2日に38号離岸堤背後の海浜で実施した。2020年12月1日に離岸堤中央部より東側、12月2日には西側を掘削した(図-1、図-2参照)。いずれも西端から沿岸方向(E11度N方向)に掘り始め、進捗時間を見ながら途中で岸沖方向の掘削と結合し、L字形のトレンチとした。トレンチの深さと幅は約2mであり、沿岸方向長さは、東トレンチが60m、西トレンチが67mである。岸沖方向部分の長さは、東トレンチ10m、西トレンチ20mである。

トレンチ面は堆積層面を清掃したうえで、RTK-UAVにより撮影記録した。画像の重複率が70%程度となるような密

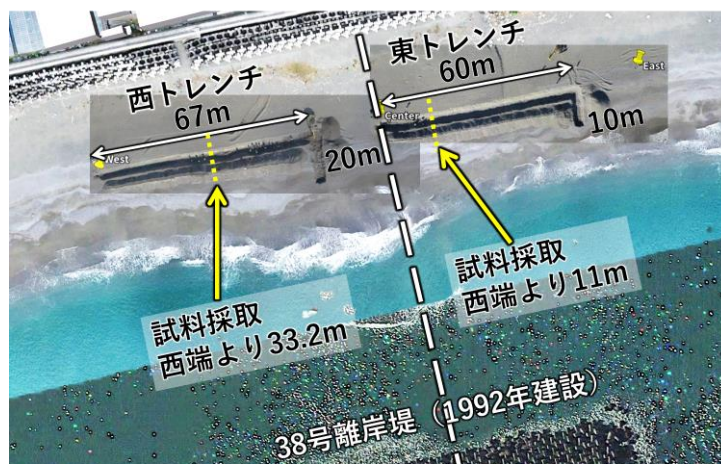


図-1 トレンチ調査の概要 (2020年度, 高知海岸)



図-2 海浜トレンチの掘削状況

度で撮影し、東トレンチは約 2,000 枚、西トレンチは約 600 枚の接写画像を取得した。上空から撮影した画像を加え、SfM/MVS 解析によりトレンチ面の DEM/オルソ画像（解像度約 1mm）を作成した。解析には Agisoft 社の metashape pro を用いた。さらに、沿岸方向トレンチの両側面で、試料採取地点を 1 か所選定し、鉛直方向の数か所で試料を採取した。

4. 研究成果

(1) 海浜トレンチ調査と海浜形成機構

地形変化の大きかった観測データから海浜過程に影響した 2020 年 9 月 10 日、10 月 4 日、10 月 15 日、11 月 30 日を抜粋し、1m メッシュ地形測量データと合わせ、トレンチ断面の海浜地形経年変化を分析した。また、最も新しい地形である 11/30 から順に、古い地形と標高を比較することにより、層序図を作成した。

層序図を詳細にみると、2005 年、2006 年以後の堆積・侵食状況が確認できるが、西トレンチと東トレンチで層序が大きく異なることがわかる。先述の波向きによる地形変化に対する影響の違いが、層序にも反映されているものと推定される。

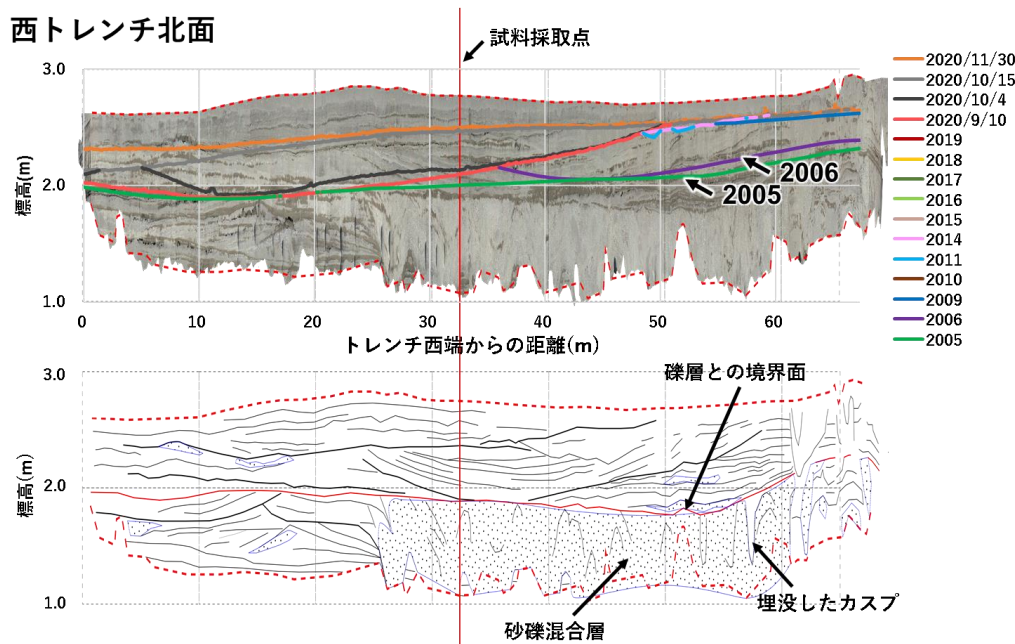


図-3 トレンチ面オルソ画像と層序図の重ね合わせ（2020 年度、高知海岸西トレンチ北面）

図-3 は、西トレンチ北面のオルソ画像と、高解像度オルソ画像から読み取った層序線を示したものである。両図と合わせ見ると、2005 年の地形と標高がほぼ同じ高さに明瞭な砂礫層境界がみられることや、下部の礫層には複数の褶曲構造がみられることがわかる。2005 年・2006 年に形成された境界面は、諏訪ら(2010)や佐藤ら(2020)が指摘したように、2005 年、2006 年は波浪エネルギーが大きく、大規模な海岸侵食があったことと対応していると考えられる。また、掘削断面の試料採取を行い、ふるい分け分析により中央粒径を算出した。上部には砂層が多く、下部には褶曲した礫層が確認できる。両面ともに先述の境界面付近で粒径が急激に変化していることから、下部の礫層を侵食する形で境界面が形成されたものと推定できる。離岸堤建設時にはトレンチ位置は汀線付近に位置していたことから、下部にみられた褶曲構造はカスプ地形が離岸堤建設による急激な堆砂により埋没したものであると推定される。

(2) 侵食耐性の高い海浜形成に向けた養浜技術の革新

本研究では、宮崎海岸（2018 年度）、高知海岸仁淀川流砂系（2019 年度）、高知海岸物部川流砂系（2020 年度）の 3 海岸で海浜トレンチ調査を実施し、侵食耐性の強い海浜の内部構造を解明するとともに、効率的な養浜工について考究した。最初の 2 年間の調査は、岸沖方向にトレンチを掘削し、砂礫侵食面と高波や海岸侵食との関係を解明した。2018 年度宮崎海岸の調査では、海浜断面地形の特性と粒径構造の関係などが解明された (Nomura et al., 2018)。2019 年度の調査は、高知海岸仁淀川流砂系の 3 地点で実施され、沿岸漂砂の卓越方向と海浜地形変動との関係が解明されている (佐藤ら, 2020)。最終年度となる 2020 年度の調査では、海岸保全施設として離岸堤が建設された高知海岸南国工区において、岸沖・沿岸両方向のトレンチ調査を実施した。さらに、RTK-UAV を用いて調査期間を挟む約 4 か月間の海浜地形を調査するとともに、1m メッシュの地形測量データを分析し、以下の結論を得た。

(1) 離岸堤建設時には、トレンチ掘削位置がほぼ汀線であったことが確認された。汀線付近には礫が多く見られることから、建設時には、トレンチ掘削地点には礫が集積していたものと

考えられる。

(2) 離岸堤背後の海浜は、徐々に堆積傾向にある。離岸堤建設から 20 年以上経過しても堆積は継続している。

(3) 高波浪の来襲により海浜は侵食される。近年では、来襲波浪エネルギーが大きかった 2005 年、2006 年頃に大きく侵食されている。しかしながら、離岸堤背後の侵食は、標高約 2m まででとどまっており、砂浜消失には至っていない。

(4) トレンチ調査では、上部には砂層が多く、下部には褶曲した礫層が確認された。両者の境界は、標高約 2m であった。下部の礫層は、離岸堤建設当時に集積したものであり、礫層に見られた複数の褶曲構造はカスプ地形が埋没したものと推定された。

(5) 地形データから推定される層序面とトレンチ掘削で確認した層序面を重ね合わせることにより、砂層と礫層の境界は、2005 年から 2006 年にかけて形成された侵食面であると推定できた。

以上より、砂礫海岸における離岸堤背後の海浜形成が 10 年以上の長期にわたって継続すること、形成された海浜の深部には礫の集積が見られることが明らかとなった。離岸堤による海浜安定には、波浪の制御だけでなく、礫の集積も大きな役割を果たしているものと推察される。これらの海浜地形・底質の多軸的科学分析に基づく調査研究により、侵食されにくい養浜工として、砂礫混合材料が活用できることや、海浜底部に礫材を配置することで侵食耐性が向上することなどが明らかとなり、養浜技術の革新に向けた方向性を実証的に考究することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Ryota Nomura, Shinji Sato and Kenji Noguchi	4. 巻 10
2. 論文標題 Mechanism of beach deformation elucidated by bathymetry survey and beach trench survey on Miyazaki Coast	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 10th International Conference on Asian and Pacific Coasts	6. 最初と最後の頁 353, 360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-0291-0_50	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 K. Noguchi, Y. Suwa, F. Kato and S. Sato	4. 巻 10
2. 論文標題 Trench survey technique for sand-gravel mixed beach with application at Hamamatsu-Shinohara beach	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 10th International Conference on Asian and Pacific Coasts	6. 最初と最後の頁 427, 434
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-0291-0_59	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 R. Shibata, S. Sato, K. Noguchi, F. Kato and R. Kondo	4. 巻 10
2. 論文標題 Spatial and temporal spectra of swash motions estimated by multiple synchronized UAVs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 10th International Conference on Asian and Pacific Coasts	6. 最初と最後の頁 971, 977
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-0291-0_133	査読の有無 無
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1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 佐藤慎司・野口賢二・山中悠資・与那嶺瑞輝
2. 発表標題 海浜トレンチ調査による砂礫海岸形成機構の解明
3. 学会等名 海岸工学講演会、土木学会
4. 発表年 2020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	田島 芳満 (Tajima Yoshimitsu) (20420242)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授 (12601)	
研究 分担者	山中 悠資 (Yamanaka Yusuke) (60815108)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・助教 (12601)	
研究 分担者	下園 武範 (Shimozono Takenori) (70452042)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・准教授 (12601)	

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
---------	---------