

令和 2 年 5 月 19 日現在

機関番号：12701

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2016～2019

課題番号：15KK0202

研究課題名（和文）遡上帯 - 碎波帯 - 沖浜帯における底質の鉛直再配分および岸沖移動動態メカニズムの解明（国際共同研究強化）

研究課題名（英文）Sediment cross-shore movement and vertical mixing in and out of the surf zone (Fostering Joint International Research)

研究代表者

鈴木 崇之 (Suzuki, Takayuki)

横浜国立大学・大学院都市イノベーション研究院・准教授

研究者番号：90397084

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 10,800,000円

渡航期間：12ヶ月

研究成果の概要（和文）：遡上域から碎波帯内外にかけての底質移動，および鉛直混合動態を明らかにすることを目的とし，現地海岸，および室内実験にて蛍光砂の投入とコア採取を実施した．現地調査の結果，沿岸砂州の有無により底質の岸沖方向移動動態が大きく変化し，沿岸砂州を有する場合には，この砂州を挟んで互いの領域の底質が交わらず，一方，沿岸砂州を有しない場合は，移動が制限されることなく沖側の底質も汀線近傍まで運ばれていた．さらに，海浜侵食は砂層内の底質粒径特性の影響も受けていることが分かった．また，室内実験より，鉛直混合の空間分布を把握したと共に，底質粒径の関係性についても明らかにした．

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の主題は，社会的要請の強い砂浜海浜の保存施策の短期的・長期的動態機構を科学的，客観的に示すことであり，現地観測結果ならびに室内実験結果に基づいた，前浜からバー沖側端までの底質移動の動態解明と鉛直混合メカニズムの解明と検証を実施した．これまでの研究では，遡上域，碎波帯，バー形成領域と区分されそれぞれの領域に着目し研究がなされてきたが，ここではこの3領域を一带としてとらえ，それぞれの相互作用や鉛直再配分効果などに着目した動態解明を実施することに本研究の特色があり，この成果は今後，広く海浜マネジメント技術の革新に資するものであると考える．

研究成果の概要（英文）：The sediment cross-shore and vertical movements in the area of the swash zone to the offshore end of the surf zone were investigated using the fluorescent sand in the field experiments and the laboratory experiments. From the observed data of the field experiments, we found that the fluorescent sand that installed in the swash zone and surf zone were drifted toward the trough area. Therefore, it can be considered that the sand movements are separated onshore side and offshore side of the bar, and if the bar does not exist, sand at the offshore side of the bar could move toward the nearshore. However, the fluorescent sand installed at the offshore was not moved to the nearshore. Moreover, we found that the sediment properties have a direct influence on the change of the bed profile. For the mixing depth analysis, based on the laboratory experiments, the spatial distribution of mixing depth was measured and found the correlation between mixing depth and sediment diameter.

研究分野：海岸工学

キーワード：底質移動 鉛直混合 沿岸流 戻り流れ 漂砂

様式 F - 19 - 2

1. 研究開始当初の背景

これまで、海岸工学の分野では数多くの室内実験や現地観測が実施され、短期変動のみならず長期的な地形変化の把握、およびこれらの変動予測のために多くの地形変化モデルが提案されてきた。しかし、本研究で対象とするバーの移動や遡上帯に形成されるバームの形成侵食については、現在においても精度良く長期変動を評価できるモデルは存在していない。また、バー移動は多くの海岸において確認されているものの、移動の際の底質再配分メカニズムについては未解明のままであった。加えて、このバーの位置と汀線位置やバーム形成侵食の変動には関連性があることが指摘はされているものの、バーを形成する土量や位置が汀線位置やバームに対してどの程度影響するのかについてはよくわかっていないのが現状であった。

2. 研究の目的

現地対象海岸、および室内実験水路にて蛍光砂を用いた調査、実験を実施し、底質コアサンプル解析による粒径鉛直プロファイル、蛍光砂の混合位置、また、波浪データ等から得られる情報を総合し、底質の鉛直混合を波浪、地形形状との関係を定量的に評価することにより、底質再配分の物理機構の解明を行う。さらに、遡上域からバー沖側までの領域における底質の岸沖・鉛直方向動態について検討を行う。特に、バーの岸沖方向位置やその規模が岸沖方向の底質移動、および鉛直再配分に対してどのような影響を与えるかを定量的に明らかにする。また、現地観測データによって得られた流速データを用い、潮位が沿岸流速に及ぼす影響、および沿岸流速のモデル化も試みた。

3. 研究の方法

現地海岸、および実験水路において、汀線付近、バー周辺、およびバー沖側など複数の地点に異なる色の蛍光砂を投入し、一定時間経過後にコアサンプルを取得することにより地形変化後の岸沖・鉛直底質移動を推定し、解析・検討する。この方法により、地形変化を底質挙動そのものから判断することができる。つまり、底質を用いてラグランジュ的に解析・検討し、また、地形変化に伴う鉛直方向の混合（混合深度、混合強度等）についても検討が可能となる。加えて、沿岸流速解析では、現地調査によって得られたデータを用い、潮位変動によって変化する水深と沿岸流速の関係を検討したと共に、水深、波浪エネルギー、岸沖方向位置をパラメータとする沿岸流速の空間分布モデルの開発を行った。

4. 研究成果

ここで、主な研究成果について示す。

(1) 底質の岸沖移動に及ぼす沿岸砂州の影響

多くの砂浜海岸には、汀線から 200 m 程度沖側に小高い凸状の地形、沿岸砂州が形成される (Fig. 1)。この沿岸砂州は1年から数年を周期として岸沖方向に移動することが知られており、時期によっては砂州が存在しない地形形状にもなりえる。沿岸域は陸側から遡上帯、碎波帯、沖浜帯の各領域に区分されているが沿岸砂州の有無により底質の岸沖方向移動動態が大きく変化することが考えられ、それを明らかにすることを目的とした観測を行った。

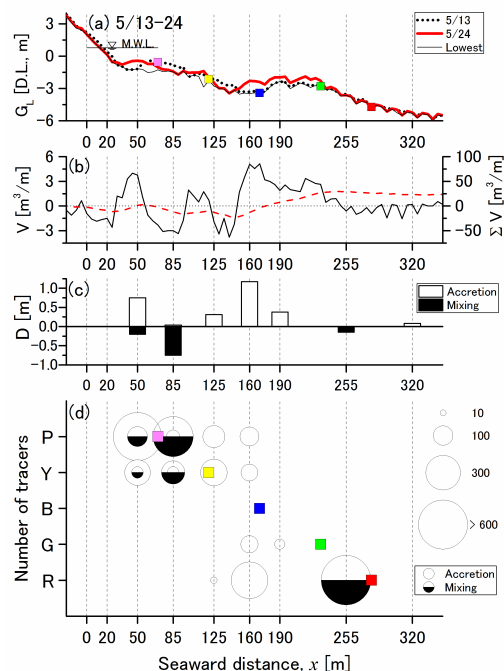


Figure 1. Sediment dynamics during Period 1 (May 13-24): (a) beach profile change and lowest seabed level, (b) sediment volume difference during experiment, (c) accretion thickness and mixing depth, and (d) spatial distribution of number of fluorescent sand tracers in accretion and mixing layers.

茨城県波崎海岸において、2016年5月13日に異なる5か所の岸沖方向位置に異なる色の蛍光砂を投入し (Fig. 1a), 12日後の24日に底質コアを採取し、底質移動動態解析を行った。採取した各コアに含まれていた各色の蛍光砂数を Fig. 1d に示す。観測時、 $x = 200$ m あたりに沿岸砂州が形成されており、この砂州を挟んで底質の移動が制限され、この砂州を挟んで互いの領域の底質が交わることはないことがわかった (Fig. 1), 一方、沿岸砂州を有しない地形形状で実施した観測では、沖側に投入した蛍光砂は、移動が制限されることなく汀線近傍まで運ばれることがわかった。

(2) 沿岸流速の潮位による影響の検討

2016年5月13日から2016年6月2日まで波崎海岸にて観測した沿岸流速の超過確率について検討を行った。観測を行った期間の波浪エネルギーが小さい期間 (Level C) のデータを用い、満潮、および干潮時に区分した沿岸流速の超過確率の空間分布を Fig. 2 に示す。図面、(a), (b), (c) は異なる流速を閾値としており、それぞれ $|v| > 0.1$ m/s ($|v|/v_{rms} = 0.63$), (b) $|v| > 0.25$ m/s ($|v|/v_{rms} = 1.57$), and (c) $|v| > 0.35$ m/s ($|v|/v_{rms} = 2.20$) である。(d) は観測地形断面である。

全体的な傾向として、干潮時の超過確率 (青) は全データ (黒), または満潮時データ (赤) よりも大きいことがわかる。干潮時データの空間分布は、沿岸での超過確率が低く、トラフバー領域の近くで超過確率が高かった。全データと干潮時データの超過確率の比率 (PE_{low} / PE_{Full}) は、沿岸の場所がバーに近づくにつれて ($x_L / x_B = 1$) 増加した。 $x = 160$ m と 190 m での平均比率は、それぞれ 1.6 と 2.7 であった。よって、沿岸流のモニタリング等を行う際には、潮汐の高さを考慮する必要があると言える。

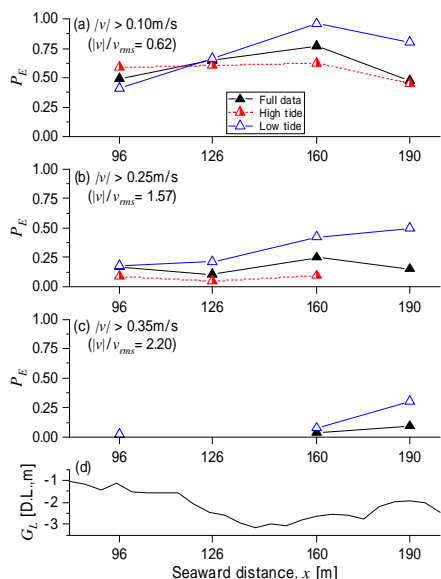


Figure 2. Spatial distributions of exceedance probability for full, high-tide, and low-tide data of wave energy flux level C: (a) $|v| > 0.1$ m/s ($|v|/v_{rms} = 0.63$), (b) $|v| > 0.25$ m/s ($|v|/v_{rms} = 1.57$), and (c) $|v| > 0.35$ m/s ($|v|/v_{rms} = 2.20$), respectively. The panel (d) is the average beach profile.

(3) 沿岸流速のモデル化

2016年5月13日から2016年6月2日までの20日間観測を行った沿岸流データを用いて沿岸流のモデル化を行った。モデル構築に用いた期間 (灰色期間) を含めた全期間にモデルを適用した結果を Fig. 3 に示す。図には、モデル化の際の最適関数 (赤線) と簡易関数 (青線) を示している。図中の破線は対象海岸における底質の移動限界速度 (0.243 m/s) である。

図より、モデルは予測期間中の観測値を過大に予測する傾向があるが、 $x = 96$ m および 126 m では観測された結果とよく一致している。沿岸流速が小さい期間では過大評価される傾向があるが、流速の周期的な変動はうまく再現ができています。計算された最適関数と簡易関数での適合率を比較すると、沖側になるほど (x が大きいほど) 2つの曲線の差は小さくなった。最適関数での曲線は $x = 160$ m まで良好な再現性を示し、簡易関数曲線よりもよい結果を示した。

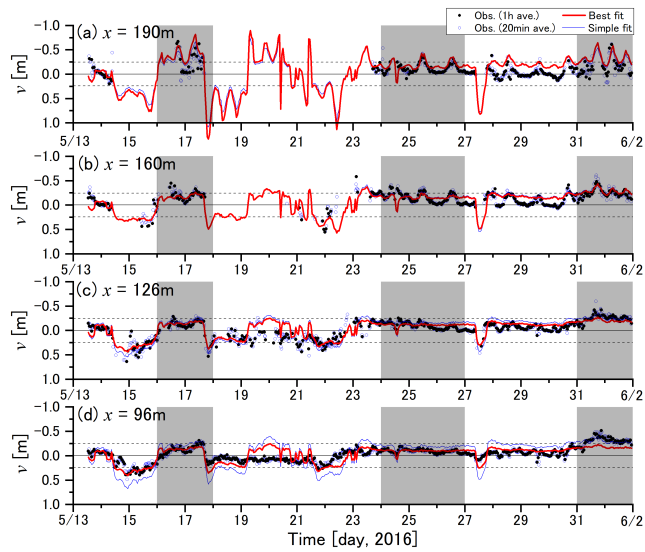


Figure 3. Observed (symbols: solid for every one hour averaged, open for every 20 min) and calculated (curves: thick red for the best fit and thin blue for the simple fit) longshore current velocities from the offshore to onshore position, (a) $x = 190$ m, (b) $x = 160$ m, (c) $x = 126$ m, and (d) $x = 96$ m. The masked areas are the training durations, and the dashed lines indicate the critical longshore current at the middle of the water depth for the bottom sediment movement, $v_{cr} = 0.24$ m/s.

<引用文献>

- Suzuki, T., Inami, Y., Yanagishima, S., Sakihama, S., & Cox, D. T. (2019). Sediment particle movements observed using tracers under accretive wave conditions in the nearshore zone. *Coastal Engineering Journal*, 61(4), 472-485.
- Suzuki, T., & Cox, D. T. (2019). Statistical Analysis of Longshore Currents on a Barred Beach. *Journal of Coastal Research*, 35(6), 1215-1224.
- Suzuki, T., Sakihama, S., & Cox, D. T. (2020). Effect of tidal range on longshore current variation with respect to cross-shore location of a barred beach. *Coastal Engineering Journal*, 1-19.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 鈴木崇之	4. 巻 33(1)
2. 論文標題 蛍光砂を用いた沿岸域底質移動動態の把握	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 混相流	6. 最初と最後の頁 20-27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3811/jjmf.2019.T003	査読の有無 無
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 Thamali Gunaratna, Takayuki Suzuki, Shinichi Yanagishima	4. 巻 407
2. 論文標題 Cross-shore grain size and sorting patterns for the bed profile variation at a dissipative beach: Hasaki Coast, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Marine Geology	6. 最初と最後の頁 111-120
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.margeo.2018.10.008	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 鈴木 崇之, 田島 貴一, 比嘉 紘士, 中村 由行, 柳嶋 慎一	4. 巻 74(2)
2. 論文標題 蛍光砂を用いた岸沖底質移動および表層底質混合厚に関する現地観測	5. 発行年 2018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_763-I_768
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.I_763	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 Takayuki Suzuki, Yu Inami, Shinichi Yanagishima, Shuhei Sakihama, Daniel Cox	4. 巻 1(36)
2. 論文標題 OBSERVATIONS OF SEDIMENT PARTICLE MOVEMENTS UNDER ACCRETIVE WAVE CONDITIONS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Coastal Engineering Proceedings	6. 最初と最後の頁 68
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9753/icce.v36.sediment.68	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 該当する

1. 著者名 Thamali GUNARATNA, Saki AKIMOTO and Takayuki SUZUKI	4. 巻 74(2)
2. 論文標題 Laboratory experiments of sediment mixing and the effect of bottom eddies	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集 B3 (海洋開発)	6. 最初と最後の頁 1_737-1_742
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.74.1_737	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 -

[学会発表] 計3件(うち招待講演 0件/うち国際学会 1件)

1. 発表者名 田島 貴一
2. 発表標題 蛍光砂を用いた岸沖底質移動および表層底質混合厚に関する現地観測
3. 学会等名 土木学会 海岸工学講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 GUNARATNA Thamali
2. 発表標題 LABORATORY EXPERIMENTS OF SEDIMENT MIXING AND THE EFFECT OF BOTTOM EDDIES
3. 学会等名 土木学会 海洋開発シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Takayuki Suzuki
2. 発表標題 OBSERVATIONS OF SEDIMENT PARTICLE MOVEMENTS UNDER ACCRETIVE WAVE CONDITIONS
3. 学会等名 the 36th International Conference on Coastal Engineering (ICCE 2018) (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

個人ホームページ
<http://www.cvg.ynu.ac.jp/G2/mem/suzuki/top.html>
研究者総覧
https://er-web.ynu.ac.jp/html/SUZUKI_Takayuki/ja.html?k=%E9%88%B4%E6%9C%A8%E5%B4%87%E4%B9%8B
研究者総覧
http://er-web.jmk.ynu.ac.jp/html/SUZUKI_Takayuki/ja.html
横浜国立大学研究者総覧
http://er-web.jmk.ynu.ac.jp/html/SUZUKI_Takayuki/ja.html

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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	コックス ダニエル (Cox Daniel)	オレゴン州立大学・Civil and Const. Eng.・Professor	