

平成 30 年 6 月 14 日現在

機関番号：12701

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2014～2017

課題番号：26709034

研究課題名(和文) 遡上帯 - 砕波帯 - 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

研究課題名(英文) Investigation of sediment mixing and cross-shore sediment transport from the swash zone to the offshore side of the surf zone

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) 15,800,000円

研究成果の概要(和文)：遡上域から砕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、茨城県波崎海岸において現地調査を実施した。その結果、バー地形を有する場合、底質は汀線付近からバーまでの領域とバーから沖側の領域において混合していないこと、また、明瞭なバー地形が存在しない地形形状の場合には、バー沖側の細砂が汀線まで輸送されバームの形成に寄与していることが分かった。加えて、底質混合に関しては高波浪イベントについても砕波帯幅を考慮することで砕波波高を用いて概ね評価できることがわかった。さらに、前浜地形変化モデルに関し改良を行い、未知係数を導入することで底質粒径の異なる海岸への適用を可能とした。

研究成果の概要(英文)：The field observations were conducted at Hasaki Coast, Japan to investigate the sediment cross-shore and vertical movements in the area of the swash zone to the offshore end of the surf zone. The analyzed results indicated that when the outer bar was formed the sediment movement in the onshore region and offshore region of the outer-bar moved without the correlation, however, the outer-bar formed by both regions of sediments. In contrast, when the offshore bar was not formed, fine sand located at the offshore side of the bar also contributes to the berm formation. Moreover, the mixing depths were observed from sand cores using fluorescent sand tracers. The spatial distribution of that could estimate by using the wave breaking height considering wave breaking zone. Furthermore, the beach profile change model for the foreshore zone was modified, and the results suggest that the model could be used for different coasts by using parameters related to the sediment diameter of the coasts.

研究分野：海岸工学

キーワード：岸沖底質移動 底質鉛直混合 バー地形 蛍光砂 現地調査 コアサンプリング

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その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る。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る。

2. 研究の目的

海岸侵食に関する問題は各地で頻発し、多くのハード対策が行われてきた。しかし、漂砂が活発となる遡上帯から沖浜帯までの漂砂体系を一体的に解析し、地形形状や底質移動特性を考慮した砂移動メカニズムの解明に関する研究は数少ない。そこで本研究ではこの遡上域から沖浜帯までを研究対象領域とし、現地観測結果に基づいた、プロセスベースの鉛直混合メカニズムの解明と検証、および前浜からバー沖側端までの底質移動の動態解明を行う。さらに、平均汀線位置よりもやや陸側に形成される堆積性地形であるバームの移動動態、また、砕波帯および沖浜帯の底質の相互関係についても明らかにすることを目的とする。

3. 研究の方法

現地調査は、茨城県の波崎海岸に位置する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所有の波崎海洋研究施設 (HORS) にて実施する。HORS は海岸線に垂直に長さ 427 m の観測棧橋を有し、この棧橋沿いにて観測を実施する。

平成 26 年度は、底質の鉛直・岸沖動態に関する現地観測方法 (コアサンプリング、波浪観測、地形形状観測等) を確立し、モニタリングを開始する。また、これら観測データを用いた底質の鉛直再配分、底質移動動態解析方法を確立させると共に、観測データ整理を行い、解析を開始する。加えて、遡上帯には地下水位計を設置しデータの取得を行う。

平成 27 年度以降は、現地観測によって得られたこれらデータに基づき、遡上帯、砕波帯、沖浜帯における底質の鉛直方向再配分メカニズム、および各領域間の岸沖方向変動量とそのメカニズムを明らかにする。さらに、遡上域解析として、バーの移動や地下水位変動がバームの形成侵食に与える影響を定量的に示す。最終的には、これらの解析結果を統合し、遡上帯から沖浜帯までの底質移動動

態をモデル化し、底質の再配分や領域間移動も考慮した地形変化モデルの開発する。

4. 研究成果

研究初年度の平成 26 年度は、底質の鉛直・岸沖動態に関する現地観測方法 (コアサンプリング、波浪観測、地形形状観測等) を確立し、モニタリングを開始した。観測では事前に 5 色の蛍光砂を岸沖方向に約 50m ピッチに投入し、その 10 日後に岸沖方向 8 箇所においてコアサンプリングを実施した。コアについては、X 線 CT 撮影、柱状図作成等に加え、深度毎の蛍光砂採取、粒度分析を行った。

各コアから蛍光砂が確認され、遡上帯から砕波帯内外までの範囲における高波浪中の底質の鉛直再配分、底質移動動態解析が可能となった。解析の結果、高波浪時、底質は汀線付近からバーまでの領域とバーから沖側の領域において、それぞれの領域内のみにおいて移動をし、その領域におおよそ留まっていることが分かった。また、トラフ部分においては沿岸流の影響が大きいことが示唆された (図-1)。

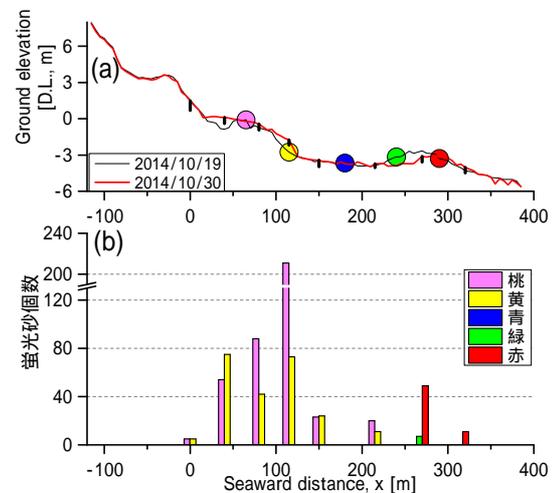


図-1: 2014 年観測における各種データ (a) 地形断面変化, (b) 蛍光砂数。

加えて、バーム変動解析についても併せて実施した。バームに対する地下水位の影響については、数値モデル XBeach を用いて検討を行い、その適用性を示したと共に地下水位制御とバーム侵食の関係を示した。さらに、研究代表者らが開発している前浜地形変化モデルを改良し、その精度の向上を実施した。

研究 2 年目の平成 27 年度は、平成 26 年度に確立した底質の鉛直・岸沖動態に関する現地観測方法を概ね踏襲し、10 月に現地調査を実施した。平成 27 年度については、2 粒径 (粗砂と細砂)、2 色の蛍光砂を用い、岸よりと沖よりの 2 カ所に同色 2 粒径毎に投入した。蛍光砂の投入 12 日後に、岸沖方向計 9 箇所においてコアサンプリング、および表層底質採取を実施した。採取したコアについては、X

線 CT 撮影, 柱状図作成等に加え, 深度毎の蛍光砂採取, 粒度分析を行った。

地形測量結果から, 27 年度については沖合にバー形状が見られず, 26 年度とは大きく異なる地形であった。このような明瞭なバー地形が存在しない場合には, 沖側の細砂についても遡上帯に形成される堆積性地形であるバームの形成に寄与していることがわかった (図-2)。また, 粗砂はバームの形成には寄与せず, 粗砂とは異なる移動形態を示し, 高波浪により一気に移動することが示唆された。

また, 現地での現象をより詳細に把握するため, 室内実験による蛍光砂を用いた移動床実験を行うと共に, 数値モデル XBeach を用いて底質の岸沖・鉛直混合の詳細説明も合わせて実施した。

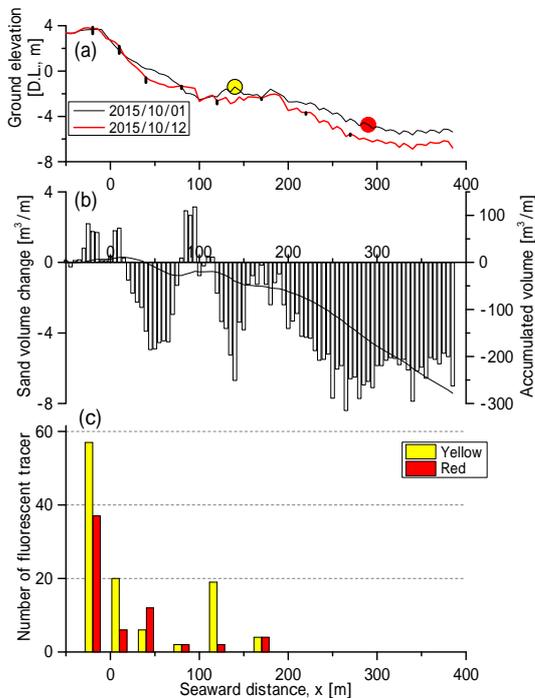


図-2 : 2015 年観測における各種データ (a) 地形断面変化, (b) 土量変化量, (c) 蛍光砂数。アウターバーを有しない地形形状の場合は, 遡上帯まで沖の砂が運ばれていることがわかる。

研究 3 年目の平成 28 年度は, 平成 27 年度までに確立した底質の鉛直・岸沖動態に関する現地観測方法を概ね踏襲し, 現地調査を実施した。ただし, 観測時期をこれまでの高波浪時ではなく, 堆積性波浪時の 5 月に実施した。観測時, アウターバーを有する地形形状であった。蛍光砂は初年度と同様に 5 色を用い, 岸沖方向概ね 50m ごとに海底面に投入した。蛍光砂の投入 12 日目, および 20 日目に, 岸沖方向計 9 箇所においてコアサンプリング, および表層底質採取を実施した。採取したコアについては, X 線 CT 撮影, スキャナー撮影

に加え, 深度毎の蛍光砂採取, 粒度分析を行った。

解析の結果, 碎波帯内の底質は, 碎波による移流拡散により広範囲にまで移動していたが, インナーバーの発達においては, 主に碎波帯内の底質により形成されていることがわかった。沖側への拡散はトラフ部沖側端 (アウターバー岸側) が端部となっており, それよりも沖側へはほとんど移動していなかった。アウターバーより沖側に投入した蛍光砂は掃流漂砂により徐々に岸向きに移動し, アウターバーの形成に寄与していたが, この位置よりも岸側ではほとんど取得されなかった (図-3)。また, 静穏時の波浪場においても沿岸流速に伴う沿岸漂砂の影響は無視できないことが示唆された。

加えて, 現地での現象をより詳細に把握するため, 室内実験による蛍光砂を用いた移動床実験を行うと共に, 数値モデル XBeach を用いて底質の岸沖・鉛直混合の詳細説明も合わせて実施した。

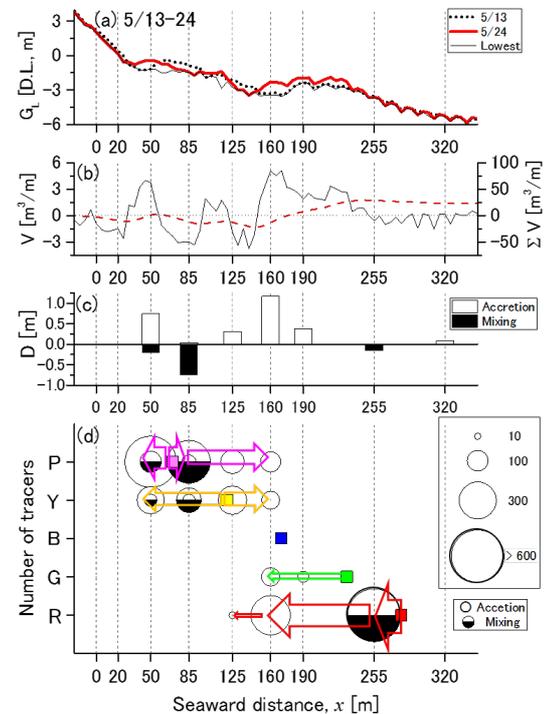


図-3 : 2016 年観測前半における各種データ (a) 地形断面変化, (b) 土量変化量, (c) 各地点の堆積層厚および混合層厚, (d) 堆積・混合層厚にて取得された蛍光砂数。蛍光砂の動きから, $x=175\text{m}$ 付近に形成されたアウターバーは, 汀線付近, および沖側の両領域の底質で構成されていることがわかる。

加えて, 平成 28 年度に関しては, 投入後 1 時間後から 144 時間後までに計 7 回, 岸沖方向 10 m 毎にグリースを付着させた木片を棧橋より海底面まで降下させ表層底質の採取を行った。解析の結果, 碎波帯内の底質は, 1 時間以内に汀線よりやや沖側からバー岸側端まで拡散することがわかった。また, この

領域にて確認された蛍光砂分布重心の移動は、概ね碎波点位置の変動と一致した。一方、バーよりも沖側の領域での蛍光砂分布重心の移動は、沖波エネルギーフラックスと相関が見られ、低波浪時にはあまり拡散せず、やや高い波浪時に岸向きに移動することがわかった。

研究最終年となる平成 29 年度も、平成 28 年度までに確立した底質の鉛直・岸沖動態に関する現地観測方法を概ね踏襲した現地調査を実施した。ただし、蛍光砂の投入量をこれまでの 2 倍となる 1 カ所 500 kg とし、底質の岸沖方向に加え、底質の鉛直混合についても評価できるよう調整を行った。観測は 5 月に実施し、蛍光砂は汀線近傍、トラフ領域、アウターバー沖側の計 3 カ所に投入した。蛍光砂投入の 12 日後、岸沖方向計 10 地点においてコアサンプリング、および表層底質採取を実施した。採取したコアについては、X 線 CT 撮影、スキャナー撮影に加え、深度毎の蛍光砂採取、粒度分析を行った。

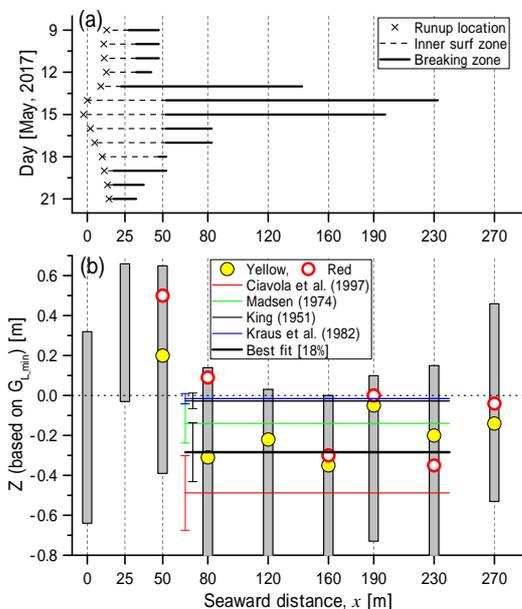


図-4：(a)推定碎波帯位置の時系列変化，および蛍光砂投入地点，(b)観測期間最低地盤高を基準とした各色蛍光砂最深混合位置，および既存提案式による混合深．灰色鉛直棒は底質コア長．碎波波高の 18% が最も良い対応となっていることがわかる。

観測データ解析の結果、底質移動に関しては、これまでに実施してきた観測のアウターバー地形を有しない際の挙動と類似しており、バー沖側の底質においてもバーム位置まで輸送されていた。また、碎波帯内、および汀線近傍に投入した蛍光砂は戻り流れによりバー沖側まで輸送されていた。底質混合については、高波浪イベントにおいても観測期間中の最低地盤からの深度に関しては碎波波高の約 18% で評価できることがわかった。

ただし、アウターバー頂部に関しては、混合厚はほぼゼロであった。また、碎波帯沖側の混合については、砂連の波高に依存していることが推察された(図-4)。

前浜地形変化モデルに関しては、初年度より検討を重ねてきた。当初、波崎海岸(底質中央粒径 0.2mm)のみにて適用可能であった前浜地形変化モデルの一般化に向けた検討として、底質粒径の異なる遠州灘小島海岸(底質中央粒径 0.35mm)での適用を試みた。波の遡上高さ推定の際、底質粒径の違いに起因する海底勾配の違いを考慮する未知係数を導入し、計算結果として求められる地盤高変化、汀線位置等の精度について検討を行ったと共に、未知係数の決定に対する考察も行った。加えて、さらに粒径の粗い、神奈川県西湘海岸(平均中央粒径 0.8mm, 前浜勾配 1/10)にも適用を行った。

検討の結果、底質粒径を変数として決定させる未知係数の導入により、粒径が異なる海岸においても本モデルが適用可能であることを示した(図-5)。

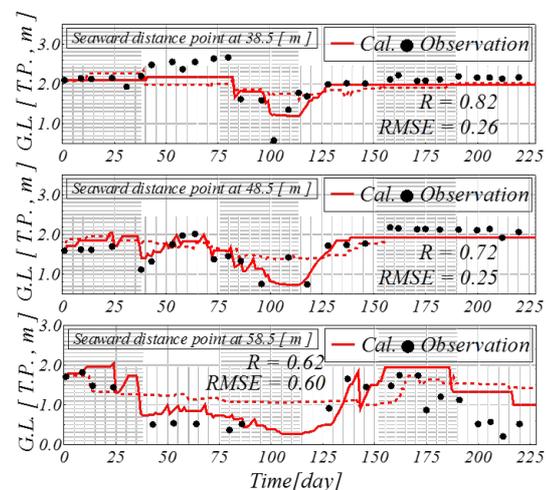


図-5：愛知県小島海岸(中央粒径 0.35mm, 前浜勾配 1/12)への適用した遡上帯各地点での地盤高変化(岸沖方向位置は沖向きが正)。破線は改良前のモデル，実線は改良後モデル。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 13 件)

三通田脩人, 鈴木崇之, 比嘉紘士, 海底勾配の違いを考慮した前浜地形変化モデルの適用検証, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 全文査読あり, 73 巻 2 号 2017, I_577-I_582. https://doi.org/10.2208/kaigan.73.I_577

鈴木崇之, 伊波友生, 崎濱秀平, 比嘉紘士, 中村由行, 柳嶋慎一, 蛍光砂を用いた堆積性波浪時における底質移動動態に関する一考察, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 全文査読あり, 73 巻 2 号, 2017, I_667-I_672. https://doi.org/10.2208/kaigan.73.I_667

Takayuki Suzuki, Yu Inami, Masayuki

Banno and Yoshiaki Kuriyama, OBSERVATIONS OF SEDIMENT PARTICLE MOVEMENTS DURING A STORM, Coastal Dynamics, 要旨査読あり, 2017, 1017-1027.

Thamali Gunaratna, Takeshi Kurosaki and Takayuki Suzuki, A STUDY OF SEDIMENT MIXING IN SURF AND SWASH ZONES UNDER ACCRETIONAL AND EROSIONAL WAVE CONDITIONS, Coastal Dynamics, 要旨査読あり, 2017, 1007-1016.

鈴木崇之, 川越あすみ, 柳嶋慎一, 比嘉紘士, 蛍光砂を用いた表層底質の移動特性解析の試み, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 全文査読あり, 73 巻 2 号, 2017, I_594-I_599. https://doi.org/10.2208/jscejoe.73.l_594

伊波友生, 鈴木崇之, 伴野雅之, 比嘉紘士, 中村由行, 柳嶋慎一, 二粒径の蛍光砂を用いた高波浪イベント時における底質移動動態に関する一考察, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 全文査読あり, 72 巻 2 号, 2016, I_667-I_672.

https://doi.org/10.2208/kaigan.72.l_667

鈴木崇之, 伊波友生, 中村由行, 伴野雅之, 蛍光砂を用いた高波浪イベント時における底質移動動態に関する一考察, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 全文査読あり, 71 巻 2 号, 2015, I_679-I_684.

https://doi.org/10.2208/kaigan.71.l_679

Nadeem Ahmad, Takayuki Suzuki, Masayuki Banno, Analyses of shoreline retreat by peak storms using Hasaki Coast Japan data, Procedia Engineering, 116 巻, 全文査読あり, 2015, 575-582. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.328>

栗原圭梧, 鈴木崇之, 中村由行, 粒径を考慮した前浜地形変化モデル開発の試み, 日本沿岸域学会研究討論会講演概要集, 査読なし, 2015, CD-R.

Takayuki Suzuki, Yutaka Mochizuki, Jun Sasaki, ANNUAL MODEL OF SWASH ZONE BEACH PROFILE CHANGE FOCUSING ON BERM FORMATION AND EROSION, Coastal Sediments, 要旨査読あり, 2015, CD-R.

Takayuki Suzuki, Taku Hosoya, Jun Sasaki, ESTIMATING WAVE HEIGHT USING THE DIFFERENCE IN PERCENTILE COASTAL SOUND LEVEL, Coastal Engineering, 全文査読あり, 99 巻, 2015, 73-81. <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2015.02.010>

鈴木崇之, 望月豊, バームの形成侵食に着目した前浜地形変化モデルの一般化, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 全文査読あり, 70 巻 2 号, 2014, I_561-I_565. https://doi.org/10.2208/kaigan.70.l_561

井上孝太, 鈴木崇之, 地下水位変動が及ぼすバーム侵食への影響, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 全文査読あり, 70 巻 2 号, 2014, I_556-I_560.

https://doi.org/10.2208/kaigan.70.l_556

〔学会発表〕(計 12 件)

三通田脩人 (鈴木崇之), 海底勾配の違いを考慮した前浜地形変化モデルの適用検証, 海岸工学講演会, 2017

伊波友生 (鈴木崇之), 蛍光砂を用いた堆積性波浪時における底質移動動態に関する一考察, 海岸工学講演会, 2017

Takayuki Suzuki, OBSERVATIONS OF SEDIMENT PARTICLE MOVEMENTS DURING A STORM, Coastal Dynamics, 2017

Thamali Gunaratna (Takayuki Suzuki), A STUDY OF SEDIMENT MIXING IN SURF AND SWASH ZONES UNDER ACCRETIONAL AND EROSIONAL WAVE CONDITIONS, Coastal Dynamics, 2017.

川越あすみ (鈴木崇之), 蛍光砂を用いた表層底質の移動特性解析の試み, 海洋開発シンポジウム, 2017.

伊波友生 (鈴木崇之), 二粒径の蛍光砂を用いた高波浪イベント時における底質移動動態に関する一考察, 海岸工学講演会, 2016.

伊波友生 (鈴木崇之), 蛍光砂を用いた高波浪イベント時における底質移動動態に関する一考察, 海岸工学講演会, 2015.

Takayuki Suzuki, Analyses of shoreline retreat by peak storms using Hasaki Coast Japan data, Asian Pacific Coasts, 2015.

栗原圭梧 (鈴木崇之), 粒径を考慮した前浜地形変化モデル開発の試み, 日本沿岸域学会研究討論会, 2015.

Takayuki Suzuki, ANNUAL MODEL OF SWASH ZONE BEACH PROFILE CHANGE FOCUSING ON BERM FORMATION AND EROSION, Coastal Sediments, 2015.

鈴木崇之, バームの形成侵食に着目した前浜地形変化モデルの一般化, 海岸工学講演会, 2014.

井上孝太 (鈴木崇之), 地下水位変動が及ぼすバーム侵食への影響, 海岸工学講演会, 2014.

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.cvg.ynu.ac.jp/G2/>

http://er-web.jmk.ynu.ac.jp/html/SUZUKI_Takayuki/ja.html

6. 研究組織

(1) 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