

平成 30 年 6 月 26 日現在

機関番号：53701

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2014～2017

課題番号：26709035

研究課題名(和文) 砂礫浜海岸の減災・保全対策を検討するための新たな数値波動水路の提案と現地への適用

研究課題名(英文) Proposal and application of new numerical model for disaster mitigation and protection in gravel beach

研究代表者

菊 雅美 (KIKU, Masami)

岐阜工業高等専門学校・その他部局等・講師

研究者番号：50714127

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、礫浜の減災・保全に向けて、水理模型実験・数値計算・現地観測により様々な検討を行った。送風装置付き断面2次元造波水路による水理模型実験により、護岸設計の際には、風の影響を考慮することの重要性を明らかにした。また、風外力を導入した3次元数値波動水槽CADMAS-SURF/3Dの妥当性を一部の条件において確認した。礫浜に設置された消波ブロックは、礫の堆積を促進させる効果があることを示した。現地礫浜海岸の定期的な現地観測により、地形変化をもたらす波浪条件について言及するとともに、礫粒径の空間分布は場所により特性があることを示した。

研究成果の概要(英文)：In this study, hydraulic model experiments, numerical simulations and field observations were carried out for disaster mitigation and protection in gravel beaches. From experimental results using a two-dimensional wind-wave flume, it was found that wind effects on wave overtopping around vertical seawalls increased under low wave overtopping rate conditions. This suggested that it is important to consider the wind effects in designing vertical seawalls. It was revealed that the three-dimensional numerical wave flume including wind external force can compute wave overtopping rates. Wave-dissipation blocks accelerated deposition of gravel. From the field observations in the Shichiri-mihama coast, it was found that high waves propagating from south caused large topographic change. Moreover, image analysis results indicated the characteristics of the spatial-temporal distribution of the medium grain size in the Shichiri-mihama coast.

研究分野：海岸工学

キーワード：水理模型実験 数値波動水槽 越波 礫浜 UAV-SfM/MVS測量 礫粒径 BASEGRAIN

1. 研究開始当初の背景

三重県熊野市から紀宝町にかけて熊野灘に面する七里御浜海岸では、台風の接近・通過時に高波が護岸背後へ越流するなどの越波被害が生じており、2011年には護岸が被災した。今後、台風の強大化が懸念される中、高波による越波対策を講じることは急務である。一方、七里御浜海岸では砂礫浜の侵食が進み、消波ブロックや離岸堤の設置、養浜など様々な対策が施されている。しかし、侵食傾向を抑えるまでには至っておらず、陸上に設置された消波ブロックが埋没するなど、期待されていた効果が得られていないものも見受けられる。前浜侵食による汀線後退は、津波や高波による被災規模を大きくする。したがって、安心・安全で、かつ、美しい沿岸域を守るためには、減災と保全の両面から対応策を考えることが極めて重要である。

七里御浜海岸において越波災害が発生する低気圧の接近・通過時には、護岸周辺に強大な風が吹き寄せる。そのため、越波量を算定する際に風の影響を考慮する必要がある。しかし、Froude 則に基づく水理模型実験において検討された実験風速を現地風速に対応させることは困難であるため、越波量に及ぼす風の影響について護岸設計に適用可能な有益な知見は国内外を含めて未だに得られていない。また、七里御浜の保全のために設置された消波ブロックは、高波によって移動・埋没し、十分にその機能を果たしているとは必ずしもいえない。七里御浜海岸に設置された消波ブロックの機能性を事前に検討することは、礫浜の保全と減災の観点から必要不可欠である。さらに、七里御浜の保全を考えるためには、継続的な地形変化を把握する必要がある。

2. 研究の目的

本研究では、以下の3つを研究の目的とする。(1)風が越波量に及ぼす影響を明らかにするため、送風装置付き断面2次元造波水路を用いた水理模型実験を行う。また、単相流モデルである3次元数値波動水槽 CADMAS-SURF/3D (以下、CS/3D) に風外力を導入し、水理模型実験の再現計算から提案した計算手法の妥当性について明らかにする。そして、風が越波に及ぼす影響を数値計算と水理模型実験の両面から検討する。(2)七里御浜海岸に設置された消波ブロックが礫浜の地形変化に及ぼす影響について、水理模型実験により検討する。消波ブロックにより地形は3次元的に変化するため、時々刻々と変化する地形を面的に観測するための観測手法を構築する。(3) UAV を用いた現地観測を定期的を実施し、観測間の DEM (数値標高モデル) の差分から、七里御浜海岸の地形変化特性を明らかにする。さらに、UAV 画像の特性を生かし、礫粒径の時空間変化について検討を行う。

3. 研究の方法

3.1. 直立護岸周辺の風が越波流量に及ぼす影響

3.1.1. 水理模型実験

水理模型実験は、岐阜工業高等専門学校の送風装置付き断面2次元造波水路(長さ25m, 幅0.7m, 高さ1.0m)を用いて行った。造波板の中立位置を $x=0\text{ m}$ とし、 $x=17.75\text{ m}$ の位置に高さ0.495mの直立護岸を設置した。また、合田¹⁾の越波流量算定図に基づいて実験を行うため、護岸前面に1/10勾配(長さ3.3m, 高さ0.33m)の斜面を設置した。護岸背後には遮水升を設け、その内部に越波水塊を集水するための越波升を設置した。そして、護岸上部に設けたアクリル製の導水板(幅0.23m)により、越波した水塊を越波升に導水した。越波升下部にはロードセルを設置し、越波量の時系列変化を計測した。本実験では、水深を $h=0.4\text{ m}$ の一定とし、波形勾配 H/L が0.036となるように、波高 H および周期 T を変化させ、規則波および不規則波を入社させた。また、相対天端高 h_c/H が1.0, 1.2, 1.5となるように、護岸天端高 h_c も変化させた。風速 U は、0~5 m/s に変化させた。送風装置の送風口は、 $x=16.5\text{ m}$ の地点に設置し、護岸前面のみに風を作用させるようにした。

3.1.2. CS/3D への風外力の導入

川崎・菊²⁾が提案した風外力を3次元に拡張し、CS/3D に導入した。具体的には、風応力によって生じる流速をモデル化し、数値計算における自由表面に流速として付加した。また、打ち上がった水滴の水平方向の運動が風の作用を受けた加速度運動となるように、従来のCS/3D に導入されている TimerDoor 法を改良した。

3.2. 礫浜に設置された消波ブロックが地形変化に及ぼす影響

岐阜工業高等専門学校の断面2次元造波水路(長さ25.0m, 幅0.7m, 高さ1.0m)を用いて水理模型実験を行った。模型の縮尺は1/25とし、造波板から18.10m離れた地点に不透過斜面を設置した。不透過斜面の表層に15cm厚の礫($d_{50}=3.4\text{ mm}$)を敷き並べた。消波ブロックは、12t型のテトラポッドを実験模型の縮尺に合わせて1/25にスケールダウンしたものを使用し、汀線付近に設置した。入射波は、ピストン型造波装置を用いて発生させ、水深 $h=0.4\text{ m}$ 一定の下、波高 H (4.0, 6.0, 8.0 cm) と周期 T (1.5, 1.7, 2.0s) を様々なに変化させた規則波を作用させた。

水理模型実験にて時々刻々と変化する地形を面的に計測するため、複数の画像から、3Dモデルを再構成する SfM/MVS 技術を適用した。汀線近傍をオーバーラップ率80%以上で同時に撮影するため、500万画素のUSBカメラを8台用いた。1台の Raspberry Pi 3 に2台の USB カメラを接続し、4台の Raspberry Pi 3

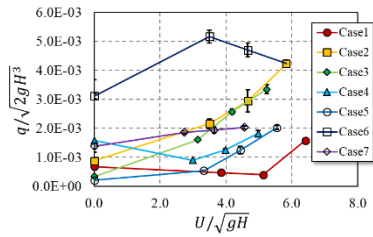


図-1 規則波での風速と越波流量の関係

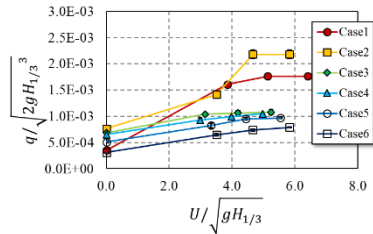


図-2 不規則波での風速と越波流量の関係

で同時に 1 分間隔のインターバル撮影が行えるようにスクリプトによって制御した。

3.3. 七里御浜海岸の地形変化特性

3.3.1. 礫浜の時間的変化

七里御浜の現地観測には、UAV として DJI 社の Phantom 2 vision+ および Phantom 4 を使用した。観測は、2015 年 5 月～2018 年 3 月までの期間において定期的に全 19 回実施した。各観測では、UAV によって対地高度 20～30 m により鉛直下向きに海岸を撮影し、3D モデリングソフトウェア Agisoft PhotoScan を用いて現地海岸の 3D モデルを作成するとともに、DEM およびオルソモザイク画像を出力した。さらに、QGIS を用いて観測間の DEM の差分抽出や任意測線の断面図を作成した。また、現地海岸の波浪状況の把握には、全国港湾海洋波浪情報網 NOWPHAS の尾鷲沖の波浪情報をを用いた。

3.3.2. 礫粒径の時空間変化

本研究では、画像から礫粒径を判定する方法として、画像解析ソフト BASEGRAIN⁴⁾ を適用した。BASEGRAIN による算定結果の精度を検証するため、2016 年 8 月 5 日に空撮を行った。選定した地点において 0.6 m 四方の枠を作成し、枠が映り込むように、対地高度 5～20 m (1 m 刻み) で UAV にて空撮した。また、各地点において枠内の表面の礫を採取し、ふるい分け試験を行った。

さらに、2016 年 11 月 26 日および 2017 年 1 月 5 日に護岸からの対地高度 8 m で空撮を行い、解析により得られたオルソモザイク画像に BASEGRAIN を適用して礫粒径を算定し、QGIS にて礫粒径の空間分布を作成した。

4. 研究成果

4.1. 風が越波量に及ぼす影響

図-1 に、規則波実験における無次元風速 U/\sqrt{gH} と無次元越波流量 $q/\sqrt{2gH^3}$ の関係を示す。同図から、規則波作用下において、無次

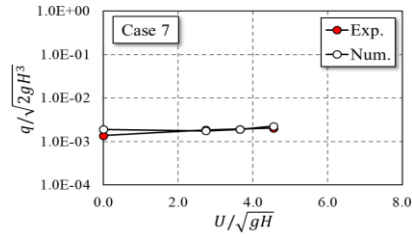


図-3 規則波での実験値と計算値の比較

元風速が大きくなれば無次元越波量も大きくなるとはいえないことがわかった。また、無風時の無次元越波流量 = 10^{-3} 近傍に境界があり、境界値以下になるような波浪条件では、風による無次元越波流量への影響が大きくなることが明らかとなった。

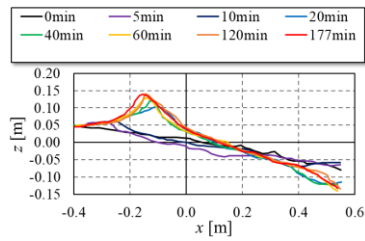
不規則波実験における無次元風速と無次元越波流量の関係を図-2 に示す。不規則波作用下においても、無次元風速の増加に伴って無次元越波流量も単純に増加するとはせず、無次元風速が大きくなると、無次元越波流量は一定値に漸近する可能性が示唆される。また、不規則波作用下においても、規則波作用下と同様に、無風時の無次元越波流量が小さいほど、風による無次元越波流量への影響は大きくなるといえる。護岸の設計においては、許容越波流量に基づいて天端高が設定される。すなわち、無風時の無次元越波流量が小さい条件を前提に検討が行われることになる。そのため、護岸設計の際に風の影響を考慮することは重要である。

図-3 に、規則波実験における CS/3D の再現計算を示す。同図より、無風時の越波流量の再現性が高く、風の影響が小さい波浪条件において、風外力を導入した CS/3D の再現性が確認された。

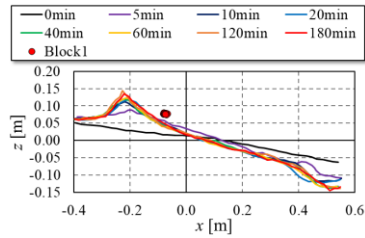
4.2. 礫浜の地形変化に及ぼす消波ブロックの影響

図-4 に、礫浜上にブロックを設置していない Case 1 と造波板側に 2 本の脚を向けた 1 個の消波ブロックを造波水路中央に設置した Case 2 における断面地形の時間的変化を示す。同図から、造波開始 3 時間後の最終地形に大きな差異は認められない。しかし、地形が平衡状態に達するまでの過程は大きく異なっていることがわかる。また、同図(b)より、消波ブロックの位置に大きな変化はないことから、礫浜上に設置した消波ブロックは沈下しておらず、礫によって埋没していることが判明した。造波開始 3 時間後の礫浜斜面の DEM 画像を図-5 に示す。同図(a)より、Case 1 では、沿岸方向に一樣にバームが形成されていることがわかる。一方、同図(b)から、Case 2 では、消波ブロック背後での礫の堆積が抑制され、さらに、ブロックを避けるように左右にバームが形成されている。

以上の結果より、消波ブロックの有無や配置は、礫浜地形が平衡状態に達するまでの堆積形態と、堆積地形に影響を及ぼすことを明らかにした。実現象では、時々刻々と入射波

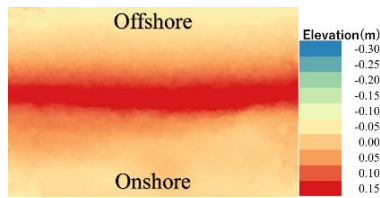


(a) Case 1 (ブロックなし)

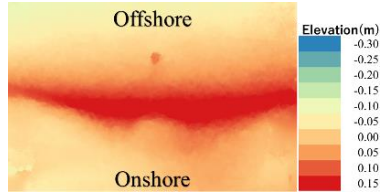


(b) Case 2 (造波板に対して脚2本)

図-4 断面の時間的变化



(a) Case 1 (ブロックなし)



(b) Case 3 (造波板に対して脚2本)

図-5 礫浜斜面のDEM画像

が変化する。同一の波浪が作用した際、礫浜上に設置された消波ブロックは、礫の堆積を促進する効果があるといえる。また、消波ブロックによって沿岸方向の礫の堆積状況は様ではなくするため、消波ブロックによる礫の堆積を量的に検討する上で、本研究で構築した3次元計測システムは有用であることを示した。

4.3. 七里御浜海岸の地形変化特性

4.3.1. 礫浜の地形変化にもたらす波浪条件

図-6に、2017年8月10日から2017年11月12日の間に生じた標高差 (DEMの差分) を示す。同図から、 $X = -248000$ m 付近の広い範囲で3 m近い標高の減少がみられる。一方、最北部 ($X = -247900 \sim -247800$ m) では、汀線付近の標高が大きく増加している。また、 $X = -248100$ m 以南においては、北部のような大きな標高差は生じていないものの、護岸前面まで地形変化がみられる。

図-6中に図示した任意測線における断面図を図-7に示す。各図において、護岸を $x = 0$ m としている。同図より、Line 02では、1月から7月の間に標高7 mの範囲が $x = 20$ m から $x = 42$ m まで延伸している。これは現地海岸

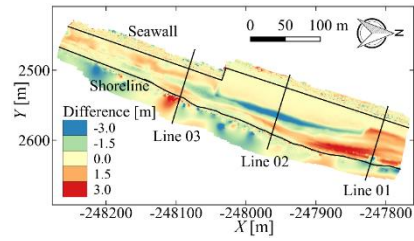


図-6 2017年8月10日と11月12日の標高差

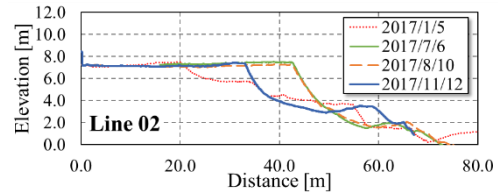


図-7 任意測線における断面標高の経時的変化

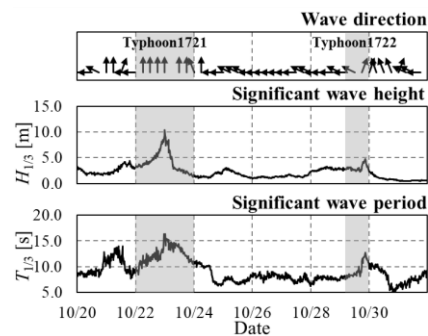


図-8 台風1721号と台風1722号の接近時における尾鷲沖の波浪状況

において養浜が行われたためである。しかし、8月と11月を比較すると、養浜の範囲が $x = 33$ m まで大きく後退しており、さらに、 $x = 50 \sim 60$ m において堆積が確認できるなど、この期間中に大きな地形変化が生じたと判断できる。8月から11月の間には台風1721号および台風1722号が来襲した。したがって、これらの台風は、現地海岸に著しい地形変化をもたらしたと判断できる。

全国港湾海洋波浪情報網NOWPHASの尾鷲沖の波浪情報に基づく、台風1721号と台風1722号が接近した期間の波浪状況を図-8に示す。同図より、台風1721号の接近時に $H_{1/3} = 10.44$ m の有義波高が観測されている。さらに、有義波周期 $T_{1/3}$ も大きいことから、うねりを伴った非常に大きい高波が生じていたといえる。また、台風1721号の接近時にはSSW～S方向の波が卓越している。このような波浪状況が北上する強い流れを発生させたとも推測される。

4.3.2. 礫粒径の時空間変化

ふるい分け試験と画像解析による粒径加積曲線の比較を図-9に示す。同図から、対地高度が高くなるほど、探索できる粒子の数は減少し、中央粒径は大きくなり、粒径加積曲線は粗粒径側に移動する傾向があることがわかる。対地高度が低い5～7 mではふるい分け試験の結果を概ね再現できている。したがって、

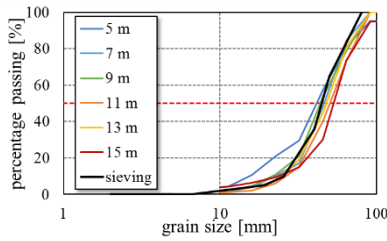


図-9 粒径加積曲線の精度検証

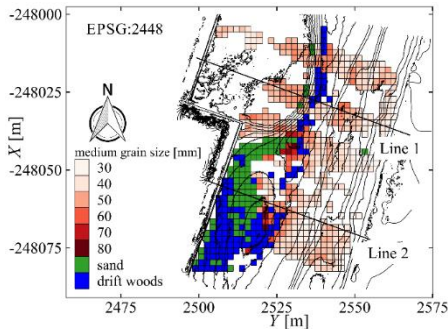


図-10 中央粒径の空間分布

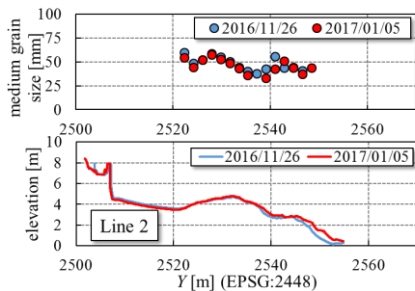


図-11 中央粒径の空間分布

対地高度 7 m 程度に相当する解像度であれば、ふるい分け試験と同等の粒径加積曲線を算定できると判断できる。

2017年1月5日のオルソ画像から求めた礫の中央粒径 d_{50} の空間分布を図-10に示す。同図から、現地海岸の特性として、養浜が行われていない $X = -248038$ m 以南では、護岸前に砂地が広がっていることがわかる。また、この領域では、漂流物の分布から、高波浪時に波が護岸前面にまで到達していると推察される。一方、養浜が行われた $X = -248038$ m 以北では、養浜の影響で急勾配となっている場所に漂流物が留まっていることがわかる。また、礫の中央粒径 d_{50} の空間分布に着目すると、場所によって差がみられ、汀線付近は中央粒径が小さい。また、漂流物背後の礫粒径は粗いことが確認できる。さらに、等高線が密になっている箇所では、他と比べて比較的礫の粒径は小さいといえる。図-10から抽出した Line 1 と Line 2 の 2 つの測線における海浜地形および礫の中央粒径の断面変化を図-11に示す。同図から、対象測線では観測間で堆積が生じていることがわかる。このうち、Line 2 では、 $Y = 2450$ m 付近において堆積が生じており、中央粒径 d_{50} が若干増加する傾向が認められる。また、 $Y = 2432$ m 付近と 2455 m 付近にあるバームに着目すると、それらの頂点より若

干護岸側の位置において、観測間の堆積に関係なく、中央粒径 d_{50} が極大になっていることがわかる。

以上から、UAV による空撮画像から礫粒径を算定する方法として BASEGRAIN が有用であること、礫粒径の空間分布は場所により特性があることを示した。

参考文献：

- 1) 合田良実, 岸良安治, 神山 豊(1975): 不規則波による防波護岸の越波流量に関する実験的研究, 港湾技術研究所報告, 第4巻, 14, pp. 3-44.
- 2) 川崎浩司, 菊 雅美(2011): 風外力を考慮した護岸越波解析のための数値波動水路の提案, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 67, No. 2, pp. I 58-I 63.
- 3) BASEGRAIN (オンライン): <http://www.basement.ethz.ch/services/Tools/basegrain>, 2016年12月7日参照.

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 7 件)

- ① 趙 容桓, 小林泰輔, 菊 雅美, 中村友昭, 水谷法美(2018): 体積変化量に着目した七里御浜井田海岸の海浜変形特性に関する研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 査読有, Vol. 74, 印刷中 (掲載決定).
- ② 渡邊博之, 趙 容桓, 菊 雅美, 中村友昭, 水谷法美(2017): 画像解析を用いた七里御浜井田海岸における海浜地形の変化特性に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 査読有, Vol. 73, No. 2, pp. I 673-I 678, https://doi.org/10.2208/kaigan.73.I_673.
- ③ 菊 雅美, 中村友昭, 水谷法美(2017): UAV による七里御浜海岸の空撮画像を用いた礫粒形の算定に関する研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 査読有, Vol. 73, No. 2, I 588-I 593, http://doi.org/10.2208/jscejoe.73.I_588.
- ④ 渡邊博之, 小林泰輔, 菊 雅美, 中村友昭, 水谷法美(2016): UAV とネットワークカメラを用いた七里御浜井田海岸における海浜変形に関する研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 査読有, Vol. 72, No. 2, pp. I 790-I 795, 2016年8月, http://doi.org/10.2208/jscejoe.72.I_790.
- ⑤ Vu Thi Lan Huong, 菊 雅美, 西浦洋平, 中村友昭, 水谷法美(2015): 七里御浜井田海岸の海浜地形変化機構に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 査読有, Vol. 71, No. 2, pp. I 697-I 702, 2015年11月10日, http://doi.org/10.2208/kaigan.71.I_697.
- ⑥ Thi Lan Huong VU, Masami KIKU, Norimi MIZUTANI (2015): STUDY ON SHORELINE AND BEACH PROFILE CHA

NGES IN GRAVEL BEACH BASED ON FIELD OBSERVATION, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Series B 3 (Ocean Engineering), JSCE, 査読有, Vol. 71, No. 2, pp. I_299-I_304, 2015年9月4日, http://doi.org/10.2208/jscejoe.71.I_299.

- ⑦ 菊 雅美, 中村友昭, 川崎浩司, 水谷法美(2014): 3次元数値波動水槽 CADMAS-SURF/3D への移動物体計算手法の導入, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), 査読有, Vol. 70, No. 1 pp. 33-43, 2014年9月19日, <http://doi.org/10.2208/jscejoe.70.33>.

[学会発表] (計 15 件)

- ① 国本直樹, 菊 雅美, 大内誠直(2018): 消波ブロックによる礫浜地形の堆積形態に関する実験的検討, 土木学会第73回年次学術講演会講演概要集, 印刷中, 北海道大学 (北海道札幌市), 2018年8月発表予定.
- ② 国本直樹, 菊 雅美(2018): 水理模型実験における礫浜地形の3次元計測に関する一考察, 平成29年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-057, pp. 177-178, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2018年3月2日発表.
- ③ 小林泰輔, 金 信雄, 菊 雅美, 趙 容桓, 中村友昭, 水谷法美(2018): 七里御浜井田海岸の波浪打上げ高による海浜変形に関する一考察, 平成29年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-060, pp. 183-184, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2018年3月2日発表.
- ④ 荒深光左, 菊 雅美, 中村友昭, 水谷法美(2018): 台風がもたらした礫浜の地形変化に関する一考察, 平成29年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-061, pp. 185-186, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2018年3月2日発表.
- ⑤ 矢島幹大, 菊 雅美, 中村友昭, 水谷法美(2018): UAVによる空撮画像から算定した礫浜の中央粒径の変化に関する一考察, 平成29年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-062, pp. 187-188, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2018年3月2日発表.
- ⑥ 大内誠直, 菊 雅美(2018): 礫浜に設置した消波ブロックの機能性に関する一考察, 平成29年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-065, pp. 193-194, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2018年3月2日発表.
- ⑦ 東 陽平, 菊 雅美(2018): 規則波作用下における直立護岸周辺の越波流量に及ぼす風速の影響に関する一考察, 平成29年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-070, pp. 203-204, 名古屋大学 (愛知県名古屋市), 2018年3月2日発表.
- ⑧ 渡邊博之, 小林泰輔, 菊 雅美, 中村友

昭, 水谷法美(2017): 現地調査に基づく七里御浜井田海岸の海浜変形に関する一考察, 平成28年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-038, pp. 155-156, 金沢大学 (石川県金沢市), 2017年3月3日発表.

- ⑨ 服部聖也, 菊 雅美(2017): 風外力を導入した3次元数値波動水槽 CADMAS-SURF/3D の妥当性の検証に関する一考察, 平成28年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-055, pp. 189-190, 金沢大学 (石川県金沢市), 2017年3月3日発表.
- ⑩ 菊 雅美, 中村友昭, 水谷法美(2017): UAVによる空撮画像から礫の粒径分布を算定する手法に関する一考察, 平成28年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-059, pp. 197-198, 金沢大学 (石川県金沢市), 2017年3月3日発表.
- ⑪ 岩川恭志朗, 菊 雅美(2017): 規則波作用下における直立護岸周辺の越波流量に及ぼす風の影響に関する一考察, 平成28年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-063, pp. 205-206, 金沢大学 (石川県金沢市), 2017年3月3日発表.
- ⑫ 菊 雅美, 中村友昭(2016): 風外力と体積力型埋め込み境界法を導入した数値波動水槽 CADMAS-SURF/3Dによる海域を漂流する物体の挙動解析, 土木学会第71回年次学術講演会講演概要集, II-189, pp. 377-378, 東北大学 (宮城県仙台市), 2016年9月8日発表.
- ⑬ 渡邊博之, 菊 雅美, 中村友昭, 小林泰輔, 水谷法美(2016): UAVを用いた七里御浜井田海岸の海浜変形測量に関する一考察, 平成27年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-008, pp. 95-96, 豊田工業高等専門学校 (愛知県豊田市), 2016年3月4日発表.
- ⑭ 奥村晃至, 菊 雅美(2016): 直立護岸の無次元越波流量に及ぼす風の影響に関する一考察, 平成27年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-020, pp. 119-120, 豊田工業高等専門学校 (愛知県豊田市), 2016年3月4日発表.
- ⑮ 服部聖也, 菊 雅美(2016): 風外力を考慮可能な3次元数値波動水槽 CADMAS-SURF/3Dの開発に向けた一検討, 平成27年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, II-024, pp. 127-128, 豊田工業高等専門学校 (愛知県豊田市), 2016年3月4日発表.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菊 雅美 (KIKU, Masami)

岐阜工業高等専門学校・環境都市工学科・講師

研究者番号: 50714127