

令和 3 年 6 月 22 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H03796

研究課題名(和文) 超巨大台風下の高潮に対する沿岸都市強靱化戦略としての防潮堤の設計革新

研究課題名(英文) Design innovation of breakwaters as a strategy for resilient coastal city against storm surges under super typhoon

研究代表者

後藤 仁志 (Gotoh, Hitoshi)

京都大学・工学研究科・教授

研究者番号：40243068

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,800,000円

研究成果の概要(和文)：超巨大台風下の高潮に対する防潮堤の設計革新のためのシミュレーションツールとして、高精度粒子法に基づく数値波動水槽の開発・改良を行った。具体的には、[1]粒子法の最大の弱点である圧力ノイズの画期的低減を可能とするための高精度粒子法の高精度化、[2]DEM型固液混相流モデルの改良による剛体・流体連成計算の効率化、[3]局所3次元計算のための半陰解法型並列計算コードの開発を実施し、コードの性能を実験を通じて検証した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

レベルII(1000年の1度の確率)の巨大高潮では、同規模の津波と同様に防潮堤の越水は必至である。高潮の越水は海面上昇と強風による高波が重なった過酷な波浪条件となるが、防潮堤の計画・設計に不可欠な動力学的なメカニズムを詳細に取り込める高度な数値波動水槽を開発したことが、本研究の学術的・社会的意義である。また、数値波動水槽の核となる高精度粒子法の計算手法の新規開発の学術的意義も大きい。

研究成果の概要(英文)：A numerical wave flume based on the accurate particle method as a simulation tool for design innovation of seawalls against storm surges under a huge typhoon has been developed and improved. Specifically, [1] advanced accurate particle method to enable efficient reduction of pressure noise, which is the weakest point of particle method, has been developed, and [2] the efficiency of rigid-body/fluid multiphase calculations has been improved by DEM type solid-liquid multiphase flow model. In addition, [3] a semi-implicit parallel code for local three-dimensional calculation has been developed. A performance of developed codes has been verified by experiment.

研究分野：海岸工学，数値流体力学

キーワード：数値波動水槽 粒子法 大規模模型実験 高潮氾濫 超巨大台風

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災の巨大津波の来襲以来、1000年確率の巨大津波(レベルIIの津波)に対して、越流時に粘り強い耐力を有する海岸構造物の必要性が指摘され、津波越流に備えた設計・改修が進められてきた。一方、高潮に関しては、昨今のスーパー台風の発生頻度の急増を考えると、1000年確率の巨大高潮(レベルIIの高潮)への対策は急務と言える。2013年の台風Haiyanによるフィリピンの高潮災害では、日本国内の既存防潮堤の堤高を大幅に上回る6~7mの波高が観測され、さらに巨石が沿岸に打ち上げられるなど、単に波高だけではなく、極値的な高波浪による高速の遡上流の存在を示す報告があり、以前なら「万に一つない異常事態」と考えられていた状況が現実のものとなっている。

高潮の越水は、吸い上げ効果で上昇した海面上を強風による高波が連続的に来襲することにより生じるから、津波と比較すると短周期で流量変動幅の大きい越流状態となる。つまり、津波越流よりもさらに動力的なメカニズムの重要性が増大するので、数値波動水槽に基づく設計法の確立が鍵となる。また、衝撃波力の推定に留まらず、堤体基礎の侵食予測となると、被覆ブロックの移動や地盤変形といったマルチフィジックス計算が必要となるため、数値波動水槽による予測例自体が希有であるが、固液混相流や連続体の構成関係の変化などにも柔軟に対応できる粒子法には、問題解決のキーツールとして注目が集まっている。

本研究の核となる粒子法は、近年学術面の発展が著しい手法であるが、申請者の研究チームには粒子法の高精度化のための計算理論における成果の蓄積があり、それを活用した数値波動水槽の高度化を見通せる状況にある。

2. 研究の目的

実務面での研究目的は先述の通り、超巨大台風下の高潮に対する防潮堤の設計革新のためのシミュレーションツールとして、高精度粒子法に基づく数値波動水槽の開発・改良を行うことである。このための基礎を成す学術としては、粒子法、特に高精度粒子法の計算理論面の研究が不可欠である。

申請者の研究チームでは、粒子法の自由表面流解析への導入を先駆的に進めてきた。半陰解法型粒子法の開発初期から、固液混相流計算を実施し、粒子法に基づくLESに必要なSPS(Sub-Particle-Scale)乱流モデルを世界で初めて提唱した。また、粒子法の最大の弱点である圧力ノイズの画期的低減を可能とする高精度粒子法の開発に注力してきた。高精度粒子法の一層の高度化は、本研究の学術(計算科学)上の目的でもある。

3. 研究の方法

数値波動水槽に関しては、(1)高精度粒子法の高度化、(2)DEM型固液混相流モデルの改良による剛体・流体連成計算および固液混相流計算、(3)半陰解法型並列計算コードの開発、(4)固定壁等の境界条件の効率的記述法の開発に関して同時並行的に取り組んだ。

(1)高精度粒子法の高度化は、粒子法の最大の弱点である圧力ノイズの画期的低減を可能とする技術として注目されており、粒子法の計算手法研究の中心的な課題でもある。昨今、海外でも研究が活発化しつつあるFSI(流体構造連成)解析も含めて、高精度粒子法の手法開発に注力した。(2)DEM型固液混相流モデルの改良による剛体・流体連成計算および固液混相流計算に関しては、これまで開発してきた高精度粒子法を組み込んで固液混相流解析コードを改良し、剛体・流体連成問題や固液混相流計算に適用した。特に、移動床水理の計算力学について、これまでは直接計算が困難であった課題に積極的にDEM-MSP法を適用した。(3)半陰解法型並列計算コードの開発に関しては、先述のFSIと関連して、計算安定化のための半陰解法スキームを導入したコードの改良を行った。

大型水理実験に関しては、超高潮位時の極値的越波を対象とした水理実験を実施して、数値波動水槽の検証のための基礎データを収集するとともに、一連の計測結果をフィードバックすることで、京都大学と港湾空港技術研究所で共同開発中の数値波動水槽PARISPHEREの改良を行い、上記の(4)固定壁等の境界条件の効率的記述法の開発に繋げた。

4. 研究成果

(1)高精度粒子法の高度化に関しては、(1)- 質量保存保証型SPH法透水層モデルの開発、(1)- 密度比が大きい混相流と密度不連続面の計算安定化のためのOPS(Optimized Particle Shifting)法の開発、(1)- MLS(Moving Least Square)による応力補正を導入した弾塑性粒子法の提案、(1)- 圧力ノイズ低減のための背景格子の導入、(1)- 弾塑性体固相モデルによる固液混相流解析の高度化の成果を得た。さらに、流体構造連成問題に関しては、(1)- 弾塑性体・非圧縮性流体の相互作用記述のための空間解像度可変粒子法の開発、(1)- Hamiltonian SPH法による流体弾塑性体連成解析の提案、(1)- SPH法とISPH法をカップリングした流体弾塑性体連成解析の提案を行った。これらはいずれも、全文審査論文として公表している(国際学術誌7編、和文全文審査学術誌1編)。図-1に高精度粒子法の高度化に関する成果の一例を示す。図は、水

柱崩壊による流れが弾性板に衝突し、弾性板が撓るように変形しつつ、流れが飛沫を上げて越流する瞬間を表示したものである (p : 流体の圧力, s : 弾性板の応力)。弾性板の計算点密度を高くするために流体と弾性板で空間解像度を変えて、SPH 法と ISPH 法をカップリングした結果、ノイズの少ない高精度の計算が可能となった ((1)- の成果)。

(2)DEM 型固液混相流モデルの改良による剛体・流体連成計算および固液混相流計算に関しては、DEM 型固液混相流モデルの改良に関する成果として、(2)- 土運船による投下土砂の堆積形状予測、(2)- 防波堤の津波越波越流洗掘のための粒子法堆積モデルの開発、(2)- 防波堤マウンド越流洗掘過程の数値予測、(2)- 海岸堤防裏法肩被覆ブロック離脱過程の3次元計算、(2)- 粒子群の突入による水面波発生解析、(2)- 護岸裏法被覆ブロック孔部からのフィルター材の吸出しの再現計算がある。これらもいずれも、全文審査論文として公表している (国際学術誌 1 編, 和文全文審査学術誌 5 編)。また、移動床水理の計算力学については、(2)- DEM-MPS 法によるシートフロー漂砂過程の計算力学、(2)- DEM-MPS 法による砕波帯漂砂過程の3次元計算、(2)- DEM-MPS 法による山地溪流の流砂過程のシミュレーション、(2)- DEM-MPS 法による振動流下の砂漣床の計算力学、(2)- DEM-MPS 法による振動流下の鉛直分級機構の計算力学に関して、水理実験を通じて把握できる移動床の特性が DEM-MPS 法で良好に再現されることを確認し、水理実験では計測が困難な物理量をシミュレーションから得て、移動床機構の計算力学的な検討を深めた。これらもいずれも、全文審査論文として公表している (国際学術誌 6 編, 和文全文審査学術誌 1 編)。また、水面にできた油膜挙動に関しても液液混相モデルを用いてシミュレーションした (国際学術誌 1 編)。図-2 にケーソン防波堤を越流する津波によるマウンドと基礎地盤の洗掘およびそれとともなうケーソンの倒壊の過程のシミュレーション結果を示す。地盤を弾塑性モデルで扱って地盤内応力分布を予測できるモデルを採用しているが、この計算の安定化と高精度化には MLS を導入している ((1)- および (2)- の成果)。

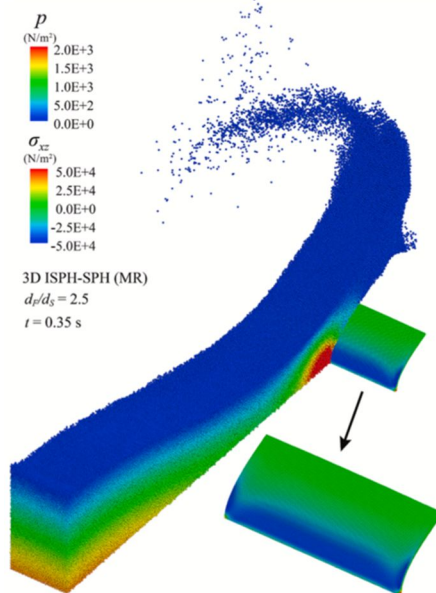


図-1 水柱崩壊流と弾性板

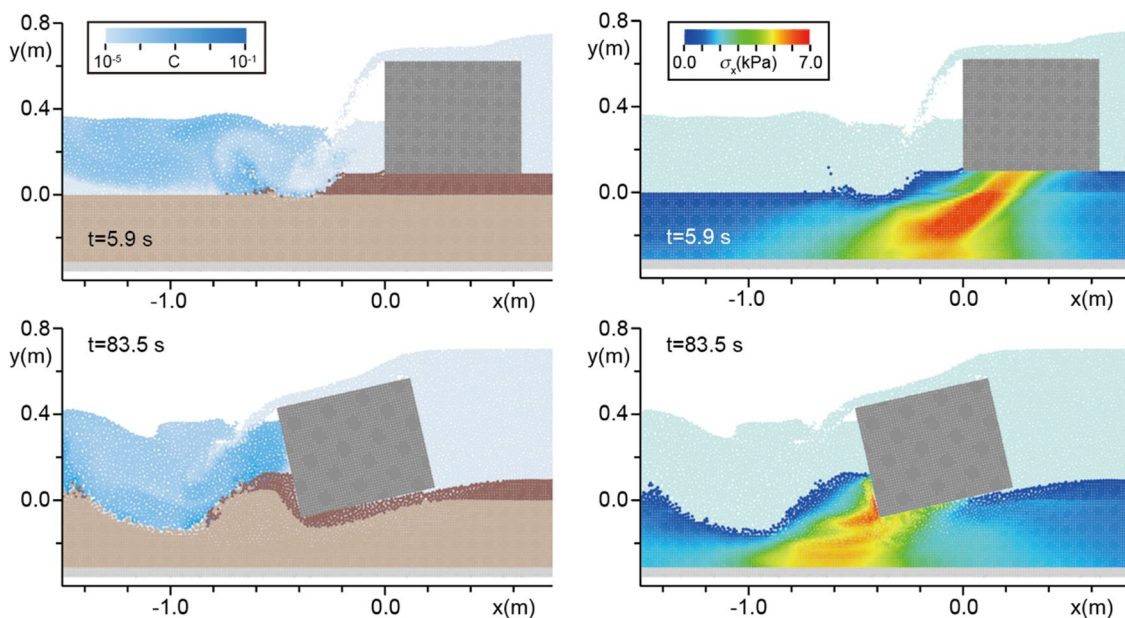


図-2 ケーソン防波堤の津波越流と洗掘・マウンド崩壊

(3)半陰解法型並列計算コードの開発に関しては、弾性体計算の安定化のために、(3)- 陰的弾性構造解析手法の開発と流体構造連成計算 (和文全文審査学術誌 1 編) を実施した。(4)固定壁等の境界条件の効率的記述法の開発に関しては、京都大学と港湾空港技術研究所で共同開発中の数値波動水槽 PARISPHERE を用いて、(4)- 防波堤堤頭部における巨大津波流れの3次元計算を実施し、(4)- 防波堤の水塊落水位置調整機構、(4)- 設計値を超える潮位・高波作用時の護岸における越波越流に関する大型造波水槽を用いた水理実験により収集したデータも活用して、(4)- 粒子法数値波動水槽のための新しい造波境界 Wavy Interface を提案し、数値波動水槽 PARISPHERE の改良を進めた (国際学術誌 2 編, 和文全文審査学術誌 4 編)。図-3 示すように、

大略成層すべき圧力分布に標準粒子法では大きな非物理的ノイズが発生しているが、京都大学と港湾空港技術研究所において共同開発している数値波動水槽 PARISPHERE では、標準粒子法で見られる非物理的圧力ノイズは見られない。このように PARISPHERE を用いると、既存の粒子法と比較して、圧力のノイズが格段に少ない安定したシミュレーションを実行できる。

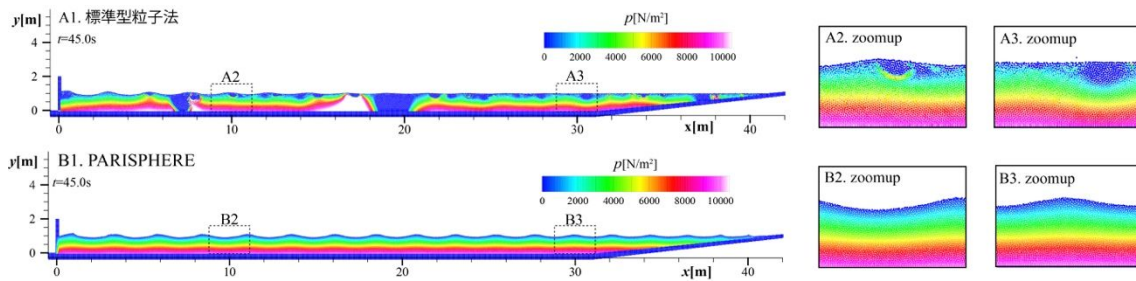


図-3 高精度粒子法を用いた数値波動水槽 PARISPHERE

(4)当初実施予定であった技術普及活動に関しては、一部の実務者に依頼して、改良した数値波動水槽 PARISPHERE を試行的に利用してもらう活動は行ってはいるが、実務者を公募した大規模なワークショップは、コロナウィルス感染症の流行により実施できなかった。技術普及活動に関しては、本研究で開発・改良した高精度粒子法を組み入れた PARISPHERE の改良を継続して、オンライン講習会などの可能性も模索しつつ、努力を続けたい。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計29件（うち査読付論文 29件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Wang Lizhu, Khayyer Abbas, Gotoh Hitoshi, Jiang Qin, Zhang Changkuan	4. 巻 86
2. 論文標題 Enhancement of pressure calculation in projection-based particle methods by incorporation of background mesh scheme	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Ocean Research	6. 最初と最後の頁 320 ~ 339
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apor.2019.01.017	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 該当する
1. 著者名 清水 裕真, Abbas KHAYYER, 後藤 仁志	4. 巻 75
2. 論文標題 陰的弾性構造解析手法を用いた完全 Lagrange 型流体-構造連成解析に関する基礎	5. 発行年 2019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_799 ~ I_804
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.I_799	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 五十里洋行, 後藤仁志, 小林祐司, 藤原聖史	4. 巻 75
2. 論文標題 三次元高精度粒子法による海岸堤防裏法肩被覆ブロック離脱過程の数値解析	5. 発行年 2019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_853 ~ I_858
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.I_853	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 Harada Eiji, Gotoh Hitoshi, Ikari Hiroyuki, Khayyer Abbas	4. 巻 129
2. 論文標題 Numerical simulation for sediment transport using MPS-DEM coupling model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advances in Water Resources	6. 最初と最後の頁 354 ~ 364
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.advwatres.2017.08.007	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 Harada E., Ikari H., Shimizu Y., Gotoh H.	4. 巻 APAC 2019
2. 論文標題 Numerical Simulation for Sediment Transport in Sheetflow Regime Using DEM-MPS	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proc. International Conference on Asian and Pacific Coasts	6. 最初と最後の頁 463 ~ 470
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_64	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 池内正俊・細山田得三・鈴木高二朗・鶴田修己	4. 巻 75
2. 論文標題 防波堤被覆工の被害軽減を図る水塊落水位置調整機構の提案と応用	5. 発行年 2019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_901 ~ I_906
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.I_901	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 岡田清宏・鈴木高二朗・鶴田修己	4. 巻 75
2. 論文標題 設計値を超える潮位・高波作用時の護岸における越波越流とマウンド透過波に関する研究	5. 発行年 2019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_745 ~ I_750
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.I_745	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 Abbas Khayyer, Hitoshi Gotoh, Yuma Shimizu, Kohji Gotoh, Hosein Falahaty, Songdong Shao	4. 巻 140
2. 論文標題 Development of a projection-based SPH method for numerical wave flume with porous media of variable porosity	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Coastal Engineering	6. 最初と最後の頁 1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.coastaleng.2018.05.003	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 該当する

1. 著者名 Abbas Khayyer, Hitoshi Gotoh, Yuma Shimizu	4. 巻 179
2. 論文標題 A projection-based particle method with optimized particle shifting for multiphase flows with large density ratios and discontinuous density fields	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Computers & Fluids	6. 最初と最後の頁 356-371
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.compfluid.2018.10.018	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 Naoki Tsuruta, Hitoshi Gotoh, Kojiro Suzuki, Hiroyuki Ikari, Kenichiro Shimosako	4. 巻 61
2. 論文標題 Development of PARISPHERE as the particle-based numerical wave flume for coastal engineering problems	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Coast Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 41-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21664250.2018.1560683	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 Abbas Khayyer, Naoki Tsuruta, Yuma Shimizu, Hitoshi Gotoh	4. 巻 82
2. 論文標題 Multi-resolution MPS for incompressible fluid-elastic structure interactions in ocean engineering	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Applied Ocean Research	6. 最初と最後の頁 397-414
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apor.2018.10.020	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 五十里洋行, 後藤仁志, 小林祐司, 小西晃大	4. 巻 74
2. 論文標題 土運船による投下土砂の堆積形状予測に対する高精度固液混相型粒子法の適用性	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 43-48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.1_43	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 五十里洋行, 後藤仁志, 松島良太郎, 丹羽元樹	4. 巻 74
2. 論文標題 MLSによる応力補正を導入した弾塑性粒子法によるケーソン防波堤の津波越流洗掘解析	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 157-162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.l_157	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 鶴田修己, Abbas Khayyer, 後藤仁志, 鈴木高二朗	4. 巻 74
2. 論文標題 高精度粒子法を用いた防波堤の津波越波越流洗掘のための粒子法堆積モデルの開発	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 151-156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.l_151	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 原田 英治, 五十里 洋行, 後藤 仁志, 居村 光孝, 清水 裕真	4. 巻 74
2. 論文標題 DEM-MPS法による碎波帯漂砂過程の3次元計算	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 751-756
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.l_751	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 清水 裕真, 原田 英治, 五十里 洋行, 後藤 仁志, 伊賀修平	4. 巻 74
2. 論文標題 防波堤マウンド越流洗掘過程に関する水理実験及び数値解析	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 349-354
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.74.l_349	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 Eiji Harada, Hiroyuki Ikari, Abbas Khayyer, Hitoshi Gotoh	4. 巻 61
2. 論文標題 Numerical simulation for swash morphodynamics by DEM-MPS coupling model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Coastal Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 2-14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21664250.2018.1554203	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 Eiji Harada, Hiroyuki Ikari, Yuma Shimizu, Abbas Khayyer, Hitoshi Gotoh	4. 巻 144
2. 論文標題 Numerical investigation of the morphological dynamics of a step-and-pool riverbed using DEM-MPS	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Hydraulic Engineering	6. 最初と最後の頁 4017058
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0001392	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 Khayyer Abbas, Shimizu Yuma, Gotoh Hitoshi, Nagashima Ken	4. 巻 94
2. 論文標題 A coupled incompressible SPH-Hamiltonian SPH solver for hydroelastic FSI corresponding to composite structures	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Mathematical Modelling	6. 最初と最後の頁 242 ~ 271
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.apm.2021.01.011	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 Khayyer Abbas, Shimizu Yuma, Gotoh Hitoshi, Hattori Shunsuke	4. 巻 226
2. 論文標題 Multi-resolution ISPH-SPH for accurate and efficient simulation of hydroelastic fluid-structure interactions in ocean engineering	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ocean Engineering	6. 最初と最後の頁 108652 ~ 108652
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.oceaneng.2021.108652	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 Shimizu Yuma, Khayyer Abbas, Gotoh Hitoshi, Nagashima Ken	4. 巻 62
2. 論文標題 An enhanced multiphase ISPH-based method for accurate modeling of oil spill	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Coastal Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 625 ~ 646
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21664250.2020.1815362	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 Harada Eiji, Tazaki Takumi, Gotoh Hitoshi	4. 巻 32
2. 論文標題 Numerical investigation of ripple in oscillating water tank by DEM-MPS coupled solid?liquid two-phase flow model	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Hydro-environment Research	6. 最初と最後の頁 26 ~ 47
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jher.2020.07.001	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 Tazaki Takumi, Harada Eiji, Gotoh Hitoshi	4. 巻 165
2. 論文標題 Vertical sorting process in oscillating water tank using DEM-MPS coupling model	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Coastal Engineering	6. 最初と最後の頁 103765 ~ 103765
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.coastaleng.2020.103765	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 Ikari Hiroyuki, Yamano Takashi, Gotoh Hitoshi	4. 巻 208
2. 論文標題 Multiphase particle method using an elastoplastic solid phase model for the diffusion of dumped sand from a split hopper	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computers & Fluids	6. 最初と最後の頁 104639 ~ 104639
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.compfluid.2020.104639	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 Tsuruta Naoki, Khayyer Abbas, Gotoh Hitoshi, Suzuki Kojiro	4. 巻 165
2. 論文標題 Development of Wavy Interface model for wave generation by the projection-based particle methods	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Coastal Engineering	6. 最初と最後の頁 103861 ~ 103861
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.coastaleng.2021.103861	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 鶴田修己, 後藤仁志, Abbas Khayyer, 鈴木高二朗	4. 巻 76
2. 論文標題 波高のみを境界条件とする新しい造波モデルの粒子法型数値波動水槽への適用	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_7 ~ I_12
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_7	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 久保田博貴, 鶴田修己, 千田優, 朝比翔太, 遠山憲二, 鈴木高二朗	4. 巻 76
2. 論文標題 三次元粒子法型数値波動水槽を用いた防波堤堤頭部における巨大津波流れに関する検討	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_283 ~ I_288
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_283	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 五十里洋行・後藤仁志・樋口優一・長田直樹	4. 巻 76
2. 論文標題 多数粒子群の突入による水面波発生解析における固液間相互作用モデルの検討	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_25 ~ I_30
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_25	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 五十里洋行・後藤仁志・丹羽元樹・藤原聖史	4. 巻 76
2. 論文標題 海岸堤防裏法被覆ブロック孔部からのフィルター材の吸出しに関する数値解析	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_871 ~ I_876
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_871	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0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

研究室ホームページ http://particle.kuciv.kyoto-u.ac.jp
--

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	鈴木 高二朗 (Suzuki Kojiro) (50360764)	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・グループ長 (82627)	
研究分担者	Khayyer Abbas (Khayyer Abbas) (80534263)	京都大学・工学研究科・准教授 (14301)	
研究分担者	鶴田 修己 (Tsuruta Naoki) (30747861)	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)	

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			
中国	河海大学(Hohai University)			
英国	シェフィールド大学			