

令和 3 年 6 月 18 日現在

機関番号：15401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K06577

研究課題名(和文) 適合格子細分化によるシームレス津波・高潮氾濫モデルの開発

研究課題名(英文) Development of seamless tsunami and storm surge inundation model using adaptive mesh refinement

研究代表者

李 漢洙 (Lee, Han Soo)

広島大学・先進理工系科学研究科(国)・准教授

研究者番号：10535082

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：津波・高潮などの長波数値計算では、空間解像度の異なる複数の領域に対して同時進行的に計算するネスティング手法が一般的である。しかし、この手法は数値誤差、計算不安定性とともに、大きな計算負荷と計算時間を要する欠点がある。適合格子細分化は、高い空間分解能を必要とする場所だけの格子を細分化するので、計算精度を向上しつつ計算効率を上げ、計算時間を大幅に短縮できる。本研究では、適合格子細分化を用い、津波・高潮の災害外力発生部から陸上遡上および沿岸・河川下流部における複雑地形や詳細構造物を考慮した氾濫まで一括で計算できる、シームレス氾濫モデルを開発し、津波・高潮数値計算における高精度化・高効率化を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

津波・高潮モデルは物理過程の解明のための高解像度化・高精度化と迅速な予報のための効率化が要求される。しかし、計算結果における精度と計算に要する負荷・効率の両面からの必要に応じることが出来る代案はまだないと言える。本研究では、適合格子細分化を用い、災害外力発生部から沿岸・河川下流部の詳細地形や構造物を考慮した越流や氾濫まで一つの計算領域で計算可能なシームレス氾濫モデルを開発し、ネスティング手法の対案として提案した。また、適合格子細分化による河川の氾濫や洪水においてリアルタイム予測も現実的である。さらに、計算環境が十分に整っていない途上国の防災・減災における重要なツールとして貢献できる。

研究成果の概要(英文)：In numerical modelling for long-waves such as tsunamis and storm surges, a nesting method that simultaneously calculates multiple regions with different spatial resolutions is common. However, this method has the drawbacks of requiring a large calculation load and calculation time, as well as numerical error and numerical instability. Adaptive mesh refinement subdivides the grid only in places that require high spatial resolution, so it is possible to improve calculation accuracy, improve calculation efficiency, and significantly reduce calculation time. In this study, a seamless inundation model that can collectively calculate from the disaster external force generation part of tsunami / storm surge to the inundation considering complex topography and detailed structures in the land run-up and coastal / river downstream part is developed by using adaptive grid refinement to improve the accuracy and efficiency of tsunami and storm surge numerical modellings.

研究分野：水工学，海岸工学

キーワード：seamless model adaptive mesh refinement tsunami storm surge AMR

1. 研究開始当初の背景

沿岸部での津波や高潮の被害を想定する場合や河川の氾濫や洪水などの防災を考える際には、数値シミュレーションが有効な手段である。津波や高潮の外力である断層や台風が数百キロのスケールを持つのに対し、沿岸部の影響評価に必要とされる最終的な空間スケールは数百～数メートルと 104～105 オーダーのスケール差がある。また、局所的な変形が大きいため空間解像度に解の精度が大きく依存する。このような津波・高潮などの長波数値計算では、水深が浅くなるにつれて複雑になる現象を精度よく再現するため、海洋部から沿岸部にかけて空間格子を細かくする必要がある。その計算手法は、空間解像度の異なる複数の領域に対して同時進行的に計算し、各領域の境界上で水位・流速などの変数を線形補間により受け渡すネスティング手法が一般的である。

このネスティング手法は格子の粗い大領域から格子の細かい小領域へ伝播する場合は有効であるが、逆に小領域で発生した反射波や散乱波が大領域へ通過する場合、短波長成分が開境界上で反射し、小領域内にトラップされることで、数値誤差および計算不安定性の原因となる。また、この手法は、ターゲット地域に向かって空間解像度を上げて計算するため、ターゲット地域に含まれないが高解像度の計算が後から必要になった地域については解像度が確保できないことや、大きな水位変化が生じる前であっても、事前に指定した空間解像度に時間積分が拘束されるため、大きな計算負荷と計算時間を要する。また、高潮については、台風などに追従した高解像度領域を取ることが難しいことなどが問題点として挙げられる。上述した津波・高潮数値計算の問題点を解決する 1 つの数値的手法として、計算空間上の物理量の空間解像度を時々刻々と局所的に変化させることで、動的に格子の最適化を行う適合格子細分化 (Adaptive Mesh Refinement) 法がある。適合格子細分化は、動的なメッシュ分割スキームを用いることで、高い空間分解能を必要とする場所だけの格子を細分化するので、上記の数値的な問題点を解決可能であり、また適切な数値スキームを考慮することにより、計算精度を向上しつつ計算効率を上げ、計算時間を大幅に短縮できる。適合格子細分化は 1989 年 Berger and Colella により提案され、その後、天体物理学をはじめ計算流体力学分野で利用されてきた。しかし、高潮・津波計算における適用やその効率性に関する検証研究例は殆どない。

以上の背景のもと、本研究の目的は、適合格子細分化を用い、津波・高潮数値計算においては高解像度化・高精度化及び高効率化を行い、シームレス氾濫モデルを開発するものであった。

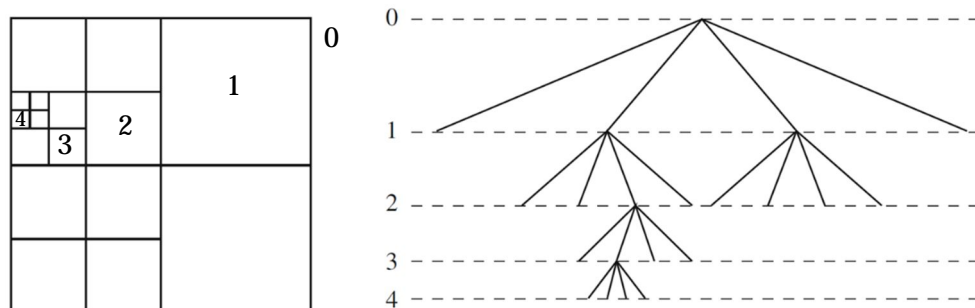


Fig. 1 細分化された格子(左)とその四分木型データ構造(右)

2. 研究の目的

津波・高潮などの長波数値計算では、水深が浅くなるにつれて複雑になる現象を精度よく再現するため、空間解像度の異なる複数の領域に対して同時進行的に計算するネスティング手法が一般的である。しかし、この手法は反射波や散乱波による数値誤差および計算不安定性の問題とともに、大きな計算負荷と計算時間を要する欠点がある。適合格子細分化は、高い空間分解能を必要とする場所だけの格子を細分化するので、計算精度を向上しつつ計算効率を上げ、計算時間を大幅に短縮できる。本研究では、適合格子細分化を用い、津波・高潮の災害外力発生部から陸上遡上および沿岸・河川下流部における複雑地形や詳細構造物を考慮した氾濫計算まで一括で計算できる、シームレス氾濫モデルを開発し、津波・高潮数値計算における高精度化・高効率化を目指す。

3. 研究の方法

本研究では、研究目標である適合格子細分化によるシームレス津波・高潮氾濫モデル開発のため、次のように三つのフェーズで実施した。フェーズ 1: 沿岸・河川下流部における津波変化特性計算、フェーズ 2: 適合格子細分化による高潮計算、フェーズ 3: 適合格子細分化による氾濫計算の順に数値実験、を実施した。津波伝播特性計算においては、円錐形の島における津波遡

上数値実験，津波の河川遡上および越流数値実験を実施した．高潮計算においては，2013 年台風 30 号 Haiyan による高潮計算を実施した．氾濫計算については，市街地氾濫流の水利実験に対し再現計算を行った．さらに，各フェーズにおいては，1)数値実験と 2)まとめという二つの構成で分けて実施することで，目標達成のために年フェーズごとの研究成果を当該年度に着実に研究論文にまとめて実施した．各フェーズにおける具体的な研究方法と実施内容を以下に示す．

フェーズ 1：「沿岸・河川下流部における津波変化特性計算」では，以下の数値実験を行った．
円錐形の島における津波遡上数値実験

津波のような長波が島を襲うと捕捉現象により波高が増幅する場合がある．そこで，島の有限な大きさと斜面による屈折の効果を考慮した円錐形の島による長波の伝播および遡上変化特性を調べる研究が津波モデルテストとして行われている．本実験では円錐形島のベンチマークテストになっている Briggs ら(1995)による水槽実験データを用い，適合格子細分化による数値実験結果と比較・検討した．

津波の河川遡上および越流数値実験

2011 東北大地震の際，津波の河川遡上により河川管理施設などに大きな被害をもたらした．そのなか，宮城県阿武隈川の河口域では海岸からの津波氾濫よりも阿武隈川を遡上してきた津波が河川堤防を越流し氾濫を起こしたため，沿岸部より内陸の方が先に被害を受けた事例がある．このような阿武隈川の事例に対し，沿岸域とつながる河川下流部の詳細地形データを作成後，津波の河川遡上および越流の計算を行った．さらに，現地観測データと比較検討することで，適合格子細分化法の適用性および効率性を検討した．

フェーズ 2：「適合格子細分化による高潮計算」では，以下の数値実験を行った．

2013 年台風 30 号 Haiyan による高潮計算

高潮計算の対象として，フィリピンに甚大な被害をもたらした 2013 年台風 30 号 Haiyan を選択した．台風 30 号は，最発達時に最低中心気圧 895hPa，最大瞬間風速 90m/s と，北西太平洋における 30 年間に記録されている上陸した中で最も強い台風であった．さらに，土木学会・フィリピン土木学会合同調査グループによる痕跡調査データが公開されている．本実験では 2013 年 Haiyan による高潮災害について，気象モデル WRF による気象場の再現とネスティング手法による高潮計算を行った．さらに，非線形長波方程式に風の影響のための海面せん断応力項と気圧低下による水位上昇項を付加し，適合格子細分化を用いた高潮計算を行うことで，その精度検証や先行研究からのネスティング手法による結果と比較することで効率性を検討した．

フェーズ 3：「適合格子細分化による氾濫計算の順に数値実験」では，以下の数値実験を行った．

複雑地形と詳細な構造物を考慮した氾濫計算

氾濫計算では，連携研究者が行ってきた河川下流部における破堤時の河道の洪水流と市街地氾濫流の水利実験を対象とした．連携研究者は高解像度の構造格子を利用して氾濫流の再現数値計算を実施してきた．本実験では，以上の水利実験からの計測値および再現計算結果と適合格子細分化を利用した本実験の計算結果を精査し，氾濫計算における効率性と有効性の検討を行った．

4．研究成果

津波・高潮モデルは物理過程の解明のための高解像度化・高精度化と迅速な予報のための効率化が要求される．そのため，高潮モデルの場合，台風による気象場の詳細な再現および高潮・高波の計算のための大気・波浪・海洋結合モデルから迅速な予報および工学的応用のための経験的モデルおよび平面 2 次元モデルまで利用されている．津波モデルの場合は，津波伝播における非線形および分散性まで考慮する非静水圧モデルから平面 2 次元モデルまで様々である．しかし，計算結果における精度と計算に要する負荷・効率の両面からの必要に応じることが出来る代案はまだないと言える．本研究では，津波・高潮の外力発生部から沿岸・河川下流部の詳細地形や構造物を考慮した越流や氾濫まで一つの計算領域で計算可能なシームレス氾濫モデルを開発し，様々な数値実験と検証を行うことで，ネスティング手法の対案として提案した．

気象庁は 1999 年 4 月 1 日より，従来のマグニチュードや震源位置等を基にした経験的津波予測から，数値計算法を利用した量的津波予測を開始した．しかし，量的津波予測は数値計算結果を基に発表されるが，これはリアルタイムの計算ではなく，予め数値計算結果をデータベース化しておき，発生した地震に最も近いケースをデータベースから抽出する方式である．本研究により適切な数値スキームを考慮することで，適合格子細分化による津波・高潮のリアルタイム・シミュレーションと予測も現実的であることを証明した．

集中降雨等によって引き起こされる河川の氾濫や洪水においても，詳細地形や構造物を考慮した再現だけではなく，実現象よりも早いスピードで予測することが求められている．ここで，本研究により提案された適合格子細分化を用いたシームレス計算手法は，コンピューティングリソースが十分ではないアジア沿岸途上国における沿岸防災および対応策における重要なツールとして貢献できる．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 8件 / うちオープンアクセス 8件）

1. 著者名 Khattiyavong Chanthepar, Lee Han Soo	4. 巻 11
2. 論文標題 Performance Simulation and Assessment of an Appropriate Wastewater Treatment Technology in a Densely Populated Growing City in a Developing Country: A Case Study in Vientiane, Laos	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 1012 ~ 1012
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w11051012	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 Saputra Muhammad Hadi, Lee Han Soo	4. 巻 11
2. 論文標題 Prediction of Land Use and Land Cover Changes for North Sumatra, Indonesia, Using an Artificial-Neural-Network-Based Cellular Automaton	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 3024 ~ 3024
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su11113024	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 Park Junghyun, Yuk Jin-Hee, Joo WonKyun, Lee Han Soo	4. 巻 91
2. 論文標題 Wave Run-up Modeling with Adaptive Mesh Refinement (AMR) Method in the Busan Marine City during Typhoon Chaba (1618)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Coastal Research	6. 最初と最後の頁 56 ~ 56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2112/SI91-012.1	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 Byambadorj Ariuntuya, Lee Han Soo	4. 巻 11
2. 論文標題 Household Willingness to Pay for Wastewater Treatment and Water Supply System Improvement in a Ger Area in Ulaanbaatar City, Mongolia	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 1856 ~ 1856
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w11091856	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 Gentilucci Matteo, Barbieri Maurizio, Lee Han Soo, Zardi Dino	4. 巻 11
2. 論文標題 Analysis of Rainfall Trends and Extreme Precipitation in the Middle Adriatic Side, Marche Region (Central Italy)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 1948 ~ 1948
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w11091948	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 Cabrera, Lee	4. 巻 11
2. 論文標題 Flood-Prone Area Assessment Using GIS-Based Multi-Criteria Analysis: A Case Study in Davao Oriental, Philippines	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 2203 ~ 2203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w11112203	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 BADRIANA M. R., LEE H.S.	4. 巻 75
2. 論文標題 Statistical Evaluation of Monthly Marine Surface Winds of CMIP6 GCMs in the western North Pacific	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_1219 ~ I_1224
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.I_1219	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 Badriana M. R., Lee H. S.	4. 巻 -
2. 論文標題 Evaluation and Bias Correction of Marine Surface Winds from CMIP5 GCMs for Wave Climate Modelling in the Western North Pacific	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 10th International Conference on Asian and Pacific Coasts, 2019	6. 最初と最後の頁 1229 ~ 1236
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_168	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 Choi Byung Ho, Kim Kyeong Ok, Yuk Jin-Hee, Lee Han Soo	4. 巻 68
2. 論文標題 Simulation of the 1953 storm surge in the North Sea	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Ocean Dynamics	6. 最初と最後の頁 1759 ~ 1777
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10236-018-1223-z	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 Cabrera Jonathan, Lee Han Soo	4. 巻 10
2. 論文標題 Impacts of Climate Change on Flood-Prone Areas in Davao Oriental, Philippines	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Water	6. 最初と最後の頁 893 ~ 893
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/w10070893	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 Lee Han Soo	4. 巻 85
2. 論文標題 Improvement of Decomposing Results of Empirical Mode Decomposition and its Variations for Sea-level Records Analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Coastal Research	6. 最初と最後の頁 526 ~ 530
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2112/S185-106.1	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 Kim Sooyoul, Lee Han Soo	4. 巻 85
2. 論文標題 Combined Approach of Empirical Mode Decomposition and Artificial Neural Network for Sea-level Record Analysis	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Coastal Research	6. 最初と最後の頁 1091 ~ 1095
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2112/S185-219.1	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 Kim Kyeong Ok, Choi Byung Ho, Lee Han Soo, Yuk Jin-Hee	4. 巻 30
2. 論文標題 Regional Realtime Ocean Tide and Storm-surge Simulation for the South China Sea	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Korean Society of Coastal and Ocean Engineers	6. 最初と最後の頁 69 ~ 83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9765/KSCOE.2018.30.2.69	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 Kubota Tetsu, Lee Han Soo, Trihamdani Andhang Rakhmat, Phuong Tran Thi Thu, Tanaka Takahiro, Matsuo Kaoru	4. 巻 32
2. 論文標題 Impacts of land use changes from the Hanoi Master Plan 2030 on urban heat islands: Part 1. Cooling effects of proposed green strategies	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Sustainable Cities and Society	6. 最初と最後の頁 295 ~ 317
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scs.2017.04.001	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 該当する

1. 著者名 Lee Han Soo, Trihamdani Andhang Rakhmat, Kubota Tetsu, Iizuka Satoru, Phuong Tran Thi Thu	4. 巻 31
2. 論文標題 Impacts of land use changes from the Hanoi Master Plan 2030 on urban heat islands: Part 2. Influence of global warming	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Sustainable Cities and Society	6. 最初と最後の頁 95 ~ 108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scs.2017.02.015	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

〔学会発表〕 計16件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 15件)

1. 発表者名 Alex Bunodiere, and Han Soo Lee
2. 発表標題 Mitigation techniques to reduce renewable energy curtailment using a novel long-term forecasting method
3. 学会等名 第41回風力エネルギー利用シンポジウム, 日本風力エネルギー学会
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Badriana, M.R., and H.S. Lee
2 . 発表標題 Evaluation and bias correction of marine surface winds from CMIP5 and CMIP6 GCMs for Wave Climate Modeling in the Western North Pacific
3 . 学会等名 The 2nd International Workshop: Waves, Storm Surges & Coastal Hazards, Melbourne, Australia (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 I.A. Guiamel, and H. S. Lee
2 . 発表標題 Watersheds Modeling of Mindanao River Basin in the Philippines using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) for Water Resources Management
3 . 学会等名 The 2019 SWAT Conference, Vienna, Austria (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 I.A. Guiamel, and H. S. Lee
2 . 発表標題 Watersheds modelling of Buayan River Basin in the Philippines using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) for sustainable water resource management
3 . 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 16th Annual meeting (2019), Singapore (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 H.S. Lee, K. Nagahara, and S. Takaishi
2 . 発表標題 Assessment of climate change effects on wind energy resources and power output in the Philippines with CMIP5 dataset
3 . 学会等名 ICEER2019, Aveiro, Portugal (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 I.A. Guiamel, and H. S. Lee
2 . 発表標題 Watersheds modeling of Mindanao Basins in the Philippines using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) for hydropower energy development
3 . 学会等名 Vietnam water Cooperation Initiative (VACI) 2019, Hanoi, Vietnam (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 C. Khatiyavong, and H. S. Lee
2 . 発表標題 Optimized design of wastewater treatment systems in a densely-populated growing city in a developing country: A case study in Vientiane, Laos
3 . 学会等名 Vietnam water Cooperation Initiative (VACI) 2019, Hanoi, Vietnam (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 J. Cabrera, and H. S. Lee
2 . 発表標題 Quantitative Assessment of Climate Change Impacts on Pluvial Flooding in Davao Oriental, Philippines
3 . 学会等名 Vietnam water Cooperation Initiative (VACI) 2019, Hanoi, Vietnam (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Jonathan S. Cabrera, and Han Soo Lee
2 . 発表標題 Flood risk assessment using Gis-based multi-criteria analysis: A case study in Davao Oriental, Philippines
3 . 学会等名 The 21st IAHR-APD congress (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Ariuntuya Byambadorj, and Han Soo Lee
2 . 発表標題 Influence of socio-economic status on wastewater treatment and water supply system improvement in Ulaanbaatar city, Mongolia
3 . 学会等名 The 21st IAHR-APD congress (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 Trihandani, A.R., Sumida, K., Kubota, T., Lee, H. S., and Iizuka, S.
2 . 発表標題 Adaptation measures of the existing residential buildings in Hanoi to counteract the effects of future urban warming
3 . 学会等名 The 34th International Conference on Passive and Low Energy Architecture (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 J. Cabrera, and H. S. Lee
2 . 発表標題 Quantitative Assessment of Climate Change Impacts on Flood Risk in Davao Oriental, Philippines
3 . 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society (AOGS) 15th Annual meeting (2018) (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1 . 発表者名 J. Park, J-H Yuk, and H. S. Lee
2 . 発表標題 Calculation of wave overtopping with Adaptive Mesh Refinement (AMR) method in the Busan Marine City during typhoon Chaba (1618)
3 . 学会等名 EGU2018 (国際学会)
4 . 発表年 2018年

1. 発表者名 Trihandani, A.R., Sumida, K., Kubota, T., Lee, H.S., Iizuka, S.
2. 発表標題 Modification techniques for residential buildings to adapt to future urban warming in growing cities of Southeast Asia: A case study in Hanoi City
3. 学会等名 International Workshop on Wind-Related Disasters and Mitigation (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Lee, H.S.
2. 発表標題 Sea-level records analysis with improved empirical mode decomposition (EMD) and artificial neural network (ANN)
3. 学会等名 International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE) 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Lee, H.S.
2. 発表標題 Tsunami Run-up Modeling with Adaptive Mesh Refinement: Monai Valley Benchmark Test
3. 学会等名 International Offshore and Polar Engineering Conference (ISOPE) 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 Lee, H. S.	4. 発行年 2019年
2. 出版社 Hanrimwon Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea	5. 総ページ数 73-84
3. 書名 Efficacy of adaptive mesh refinement in tsunami propagation and run-up modelling	

1. 著者名 Trihandani, A.R., Lee, H.S., Kubota, T., Iizuka, S., Phuong, T.T.T.	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 529-539
3. 書名 Sustainable Houses and Living in the Hot-Humid Climates of Asia	

1. 著者名 Yamashita, Takao and Lee, Han Soo	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 513-528
3. 書名 Climate Vulnerability in Tropical Asia	

〔産業財産権〕

〔その他〕

沿岸災害・エネルギーシステム科学研究室 https://home.hiroshima-u.ac.jp/leehs/ Coastal Hazards and Energy System Science Lab http://home.hiroshima-u.ac.jp/~leehs/?page_id=14
--

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

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

ニュージーランド	NIWA			
韓国	KIOST	Kangwon National University (KNU)		