

令和 2 年 7 月 1 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17H00846

研究課題名(和文)一斉遠心実験・数値解析による社会基盤施設の地震時挙動予測手法の高精度化

研究課題名(英文) Collaborative research: Validation of centrifuge and numerical modeling for dynamic behavior of civil infrastructure under earthquakes

研究代表者

飛田 哲男 (Tobita, Tetsuo)

関西大学・環境都市工学部・准教授

研究者番号：00346058

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 27,300,000円

研究成果の概要(和文)：遠心実験と数値解析手法について、国内外の複数の研究機関が一斉に実験と解析を行うことで、両手法による災害予測精度を評価し、更なる精度向上を図ることを目的とした。実験及び解析対象は傾斜飽和砂地盤と自立式矢板護岸である。加振による応答加速度、過剰間隙水圧、地盤変形等について、地盤の相対密度と入力加速度レベルとの相関を調べた。相対密度と入力加速度レベルは、実験機関ごとに指定された値で実験を行った。国際的な11の実験機関が共同で一斉実験を行った結果、より広い範囲の相対密度と入力加速度レベルにおいて、機関ごとの地盤変形量等の実験結果が全体の傾向と調和的であることが確認でき、モデル実験の妥当性が示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、液状化地盤に対する動的遠心モデル実験の妥当性が、複数の国際的学術機関の連携により示されたことにある。実験結果は、インターネット上のデータベースに保存されており、誰でも閲覧できるため、将来、同様の実験または解析を行う際の指標として用いることができる。また、申請者らが提案するの拡張型相似則について、国際的かつ大規模な検証実験が行われ、その妥当性と適用限界を示すことができた。拡張型相似則は、大規模な実構造物を縮小モデルで表現する際の理論的解決策を与える方法であり、今後増加すると見込まれる大規模構造物に対する遠心モデル実験において利用される機会が増えるものと思われる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to evaluate the disaster prediction accuracy of both centrifugal experiments and numerical methods by simultaneously conducting experiments and analyses by multiple research institutes in Japan and overseas for, and to further improve accuracy. The target of the experiment and numerical analysis was the saturated sand ground under dynamic excitations. The correlation between the relative density of the ground and the input acceleration level was investigated for response acceleration, excess pore water pressure, and ground deformation. As a result of joint simultaneous experiments conducted by 11 international experimental institutions, it was found that the experimental results such as the amount of ground deformation for each institute are in harmony with the overall tendency in a wider range of relative density and input acceleration level. The validity of the model experiment was confirmed.

研究分野：地盤地震工学

キーワード：遠心モデル実験 一斉試験 液状化 飽和砂地盤 地震 地盤災害 国際共同研究

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本研究が開始された2017年以前より、小規模ながら遠心模型実験と数値解析に関する国際共同研究が進められてきていた。2014年には、Liquefaction Experiment and Analysis Project (LEAP)-Kyoto 国際ワークショップで、液状化地盤の側方流動に関する一斉実験・一斉解析の結果が報告された。参加機関は、実験3機関(日本3)、解析4機関(内日本3、米国1)と小規模であった(Tobita et al, 2014)。2015年には、LEAP-US 国際ワークショップが開催され、実験6機関、解析5機関とやや規模が大きくなったが、実験は予備実験的な位置づけで行われた側方流動現象のみであった(Kutter, Tobita et al. 2016, Tobita et al. 2016)。2016年には、米国NSFによる研究費が認められ、その後4年間にわたる研究の本格的なスタートを切ることとなった。

こうした流れの中で、2017年より本研究が開始され、一斉実験・一斉解析による両手法の高度化を目的とする国際共同研究のプロセスに、我が国の研究者が積極的に参加することができた。また、我が国で提案された拡張型相似則について、国際的な研究機関が検証を行うことで同相似則の認知度を高めることができた意義は大きい。

### 2. 研究の目的

本研究は、地震による地盤災害等を高い精度で再現できる遠心実験と数値解析手法について、国内外の複数の研究機関が一斉に実験と解析を行うことで、両手法による災害予測精度を評価し、更なる精度向上を図ることを目的とする。上記一斉実験・解析について、応募者らがこれまで先導してきた国際共同研究の枠組みを活用する点で、非常に特色のある研究であるといえる。

### 3. 研究の方法

(1) 一斉実験の参加研究機関は、カリフォルニア大学 Davis 校, Rensselaer Polytechnic Institute (RPI), (以上、米国), Cambridge 大学 (英国), Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR) (フランス), 浙江大学 (中国), 韓国科学技術院(KAIST) (韓国), 国立中央大学 (台湾), 愛媛大学, 京都大学, 関西大学, 東京工業大学の11機関である。一斉解析の参加機関は、University of British Columbia (カナダ), カリフォルニア大学 San Diego 校, George Washington 大学 (米国), 精華大学 (中国), 京都大学の5機関である。

(2) 実験・解析対象としたのは傾斜角5度の飽和砂地盤(2017年度, 2018年度)(図1)と矢板式護岸(2019年度)である。傾斜飽和砂地盤については、加振による応答加速度, 過剰間隙水圧, 地盤変形等について、地盤の相対密度と入力加速度レベルとの相関を調べた。相対密度と入力加速度レベルは、実験機関ごとに指定した値で実験を行うが、実験の初期条件(相対密度)と入力条件(入力加速度レベル)を機関ごとに統一した条件とはせず、ある程度幅を持たせた条件を設定し、広い範囲の相対密度と入力加速度レベルにおいて、各機関の変形量等の実験結果が全体の傾向と調和的であることを確認することとした。

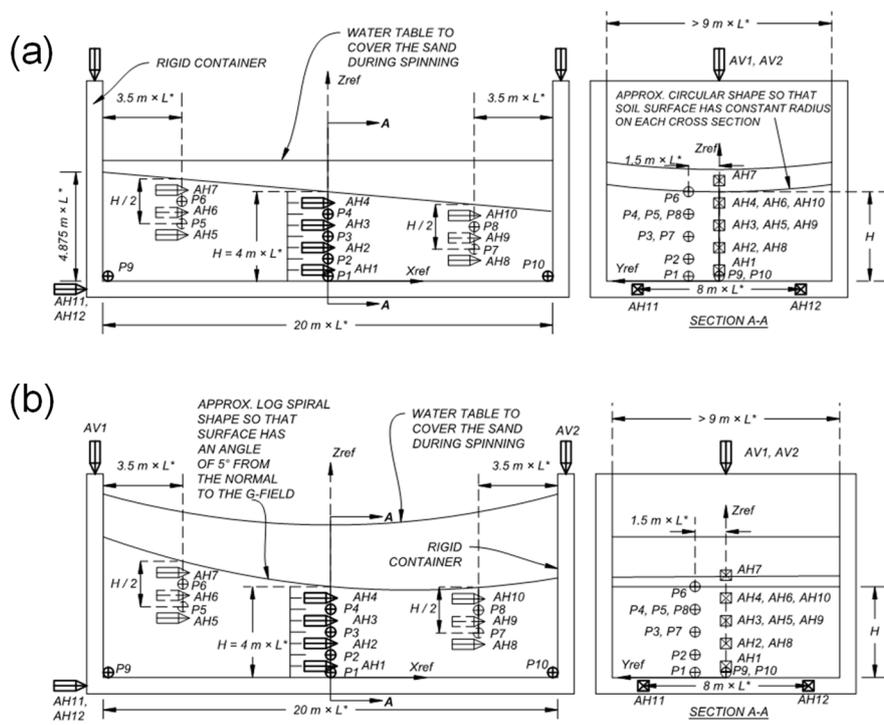


図1 本研究で対象とした模型断面：(a)アーム回転面に対し加振方向が垂直の装置を持つ機関が採用した模型断面、(b)同平行の装置の機関が採用した模型断面。

(3) 本研究では、国際共同研究としての拡張型相似則(Generalized Scaling Law: GSL)の検証を行った。近年、地盤地震工学の分野では、数値解析法の発展と共にその妥当性を検討するため、大規模な地盤・構造物系に対する模型実験の必要性が高まっている。このため、2018年度の遠心模型実験では、2017年度と同じ模型地盤に対し、Iai, et al. (2005)が提案する、遠心場での地盤・構造物系の動的模型実験における拡張型相似則を適用し、同相似則の検証を行った。検証方法は相似係数の異なる二つの実験を行い、実物スケールで実験結果を比較するものとする。

遠心力場における拡張型相似側 (Iai, et al. 2005) とは、以下に示すように「1G 場模型実験における相似則」(縮尺:  $1/\mu$ ) と「遠心場模型実験における相似則」(縮尺:  $1/\eta$ ) とを複合した2段階の相似則である ( $G$  は重力加速度)。

- ・第1段階: 原型(実物大模型) 諸元から仮想 1G 場模型(中間縮尺模型) 諸元を、1G 場の相似則(Iai 1989)を用いて決定する(原型の寸法/仮想模型の寸法= $\mu$ )。

- ・第2段階: 遠心力場で実施する模型諸元を、仮想 1G 場模型諸元から、通常の遠心力場の相似則を用いて決定する(仮想模型の寸法/模型の寸法= $\eta$ )。

同相似則の最大の利点は、遠心場における模型縮尺をこれまでの  $1/\eta$  から  $1/(\mu\eta)$  に大きくすることができることであり、これにより長大構造物に対する模型実験が可能となる。反面、模型が小さいため、模型の製作と計測方法に高い精度が要求される。

#### 4. 研究成果

##### (1) 初期相対密度と入力加速度レベル

地盤の初期相対密度と入力加速度レベルの設定は、図 2 に示すように相対密度 40% から 90%、加速度振幅 0.1g から 0.4g の範囲とした。2018 年度の一斉実験では、Model A を従来からの相似則による模型とし、Model B を拡張型相似則による模型とした。

図 3 は、機関ごとに設定した初期相対密度が、Model A と B とでどの程度異なるかを示すものであるが、いずれの機関においても両モデル間で大きな乖離はなく、実験結果の比較を行う上で問題ないことが確認できる。この初期相対密度については、今回新たに開発したミニチュアコーン貫入試験機を、全機関で統一して用いたため機関ごとの地盤強度のばらつきを高い精度で評価することが可能となった。このような取り組みは世界初であり、この試験装置は今後標準化されるものと予想される。

##### (2) 入力加速度、応答加速度の比較

図 4(a) と (b) は、それぞれ Model A と B の入力加速度および模型地盤中央部

(図 1) の地中加速度時刻歴をまとめたものである。機関ごとに初期相対密度と入力加速度レベルを変化させ 1 から 3 ケースの実験を行った。同図より、初期相対密度が小さい、または入力加速度レベルが大きい場合には、地盤の液状化に伴う振幅の減衰とスパイク状の波形が観察できる。図 5 は、機関ごとに整理した Model A と B の入力加速度のピークの値を比較したものである。同図(a)は、図 4 に示す入力加速度のピーク値を読み取ったもの、同図(b)はノイズとして混入する高振動数の影響を取り除いたものである。同図(b)より、すべての機関において Model A と B とで同程度の入力加速度であったことがわかり、拡張型相似則の検証を行う上での大前提が担保された。このような成果を得る事ができたのは、参加各機関の実験担当者による毎月 1 度のオンライン会議での議論、技術交流を図ったためであると推察される。

同図(b)より、すべての機関において Model A と B とで同程度の入力加速度であったことがわかり、拡張型相似則の検証を行う上での大前提が担保された。このような成果を得る事ができたのは、参加各機関の実験担当者による毎月 1 度のオンライン会議での議論、技術交流を図ったためであると推察される。

##### (3) 残留変形量

図 6 は、機関ごとに整理した模型地盤表面のマーカーから読み取った側方流動変位量である。同図には、Model A および B の結果を合わせて示す。これより、変位量が 250mm を超える場合に

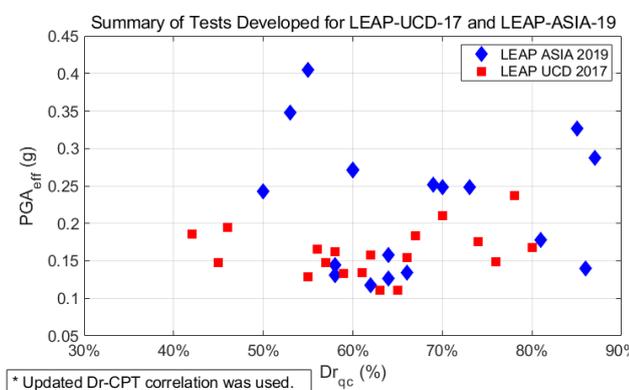


図 2 本研究が対象とする初期条件: 相対密度  $Dr_{dc}$  と入力加速度レベル  $PGA_{eff}$ .

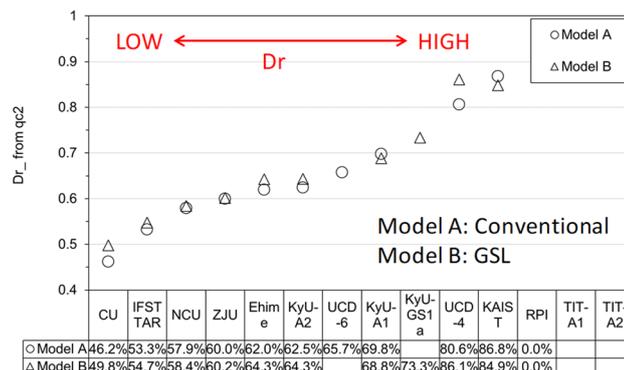


図 3 機関ごとの Model A と B の初期相対密度のばらつき。

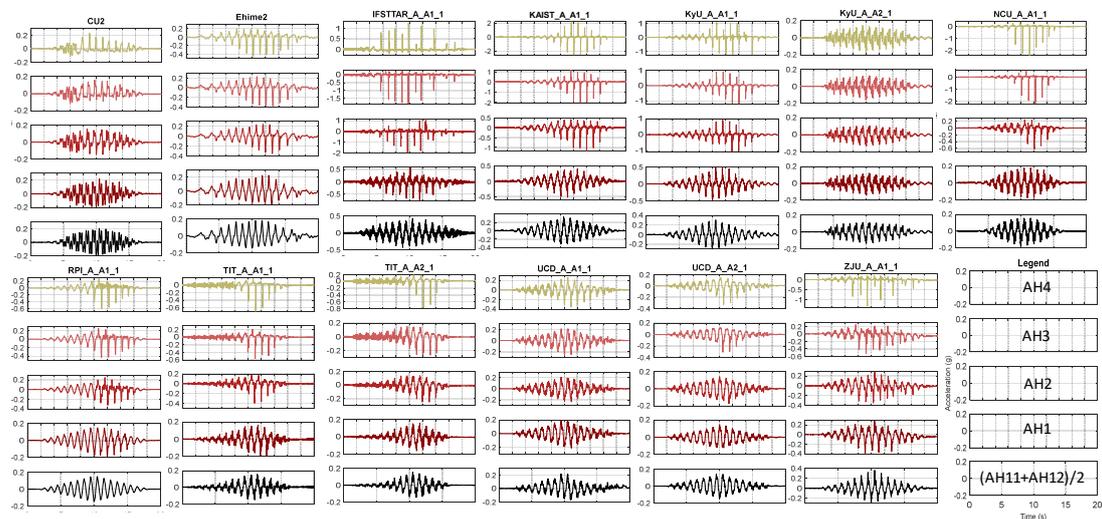
は Model A よりも Model B の変位量の方が大きくなる傾向にあることがわかる。拡張型相似則では、変位の相似係数が、通常の遠心場の相似係数よりも大きくなること知られていることから、Model B の変位量が過大評価となっている可能性が高い。このことから拡張型相似則の適用限界を示す成果が得られた。

(4) 初期相対密度－入力加速度レベル－残留変形量の関係

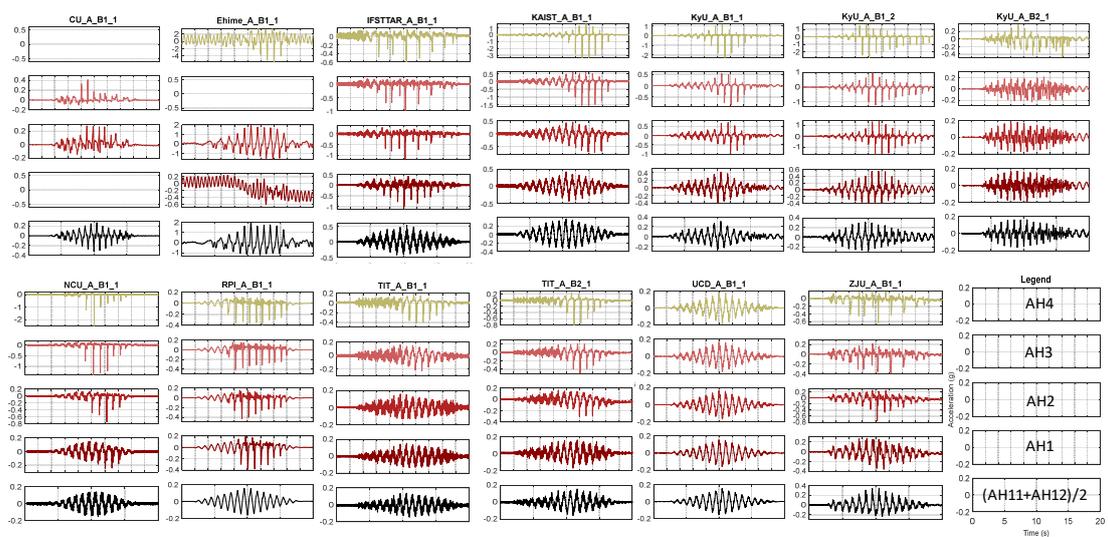
2018 年度には、2017 年度の成果として求めた「初期相対密度－入力加速度レベル－残留変形量の関係」を更新する成果が得られた。更新後の上記関係を図 7 に示す。同図は、3 つの物理パラメータの相関を示す曲面となっている。これは、今回行った遠心模型実験の妥当性を示すものであり、各機関で独立に実施した実験で得られた変形量が全体の傾向と調和的であることを確認するものである。この成果は、今後新たに遠心模型実験を始める学生、研究者が参照できるものであり、遠心模型実験技術の向上につながるものである。また、数値解析手法の妥当性検証のためにも活用が期待される。本研究で実施した、国際的かつ大規模な一斉模型実験、数値解析については、国際共著の査読論文として取りまとめているが、出版されればこの研究分野のマイルストーン的な研究成果となるものと期待される。

(5) 仮想 1G 場の相似係数が 1 未満の場合の応答

2018 年度に行った拡張型相似則の検証実験では、装置の制約から仮想 1G 場の相似係数を 1 未満として実験を行った機関があった。仮想 1G 場の相似係数が 1 未満であることは、すなわち、遠心模型実験のターゲットが、実物スケールよりも大きいことを示している。



(a) Model A



(b) Model B

図 4 本研究で得られた地盤模型中央部の加速度時刻歴：(a) Model A, (b) Model B.

このことは理論上問題ないものの、実験結果の妥当性については前例がなく不明であった。今回、RPI と Cambridge 大学が本ケースの実験を行い検討したところ、仮想 1G 場の相似係数が 2 程度であれば妥当な結果が得られることがわかった。これにより、拡張型相似則の適用範囲が格段に広がり、従来装置の制約から困難であった大規模な実物に対する模型実験が可能となる。ただし、仮想 1G 場の相似係数が 2 よりも大きい場合については検証が必要であり今後の課題である。

(6) 2019 年度において、自立式矢板護岸に対する一斉実験はすでに完了しており、2020 年 5 月に成果報告会を米国ニューヨークで開催予定であったが、新型コロナウイルス感染症の影響により延期となったため、现阶段では研究成果の取りまとめができていない状況である。

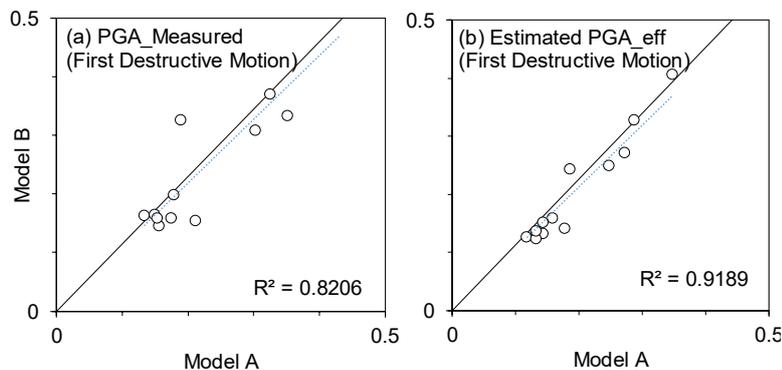


図 5 Model A および Model B の入力加速度レベル比較：(a) 無補正值、(b)高振動数を除去した補正值。

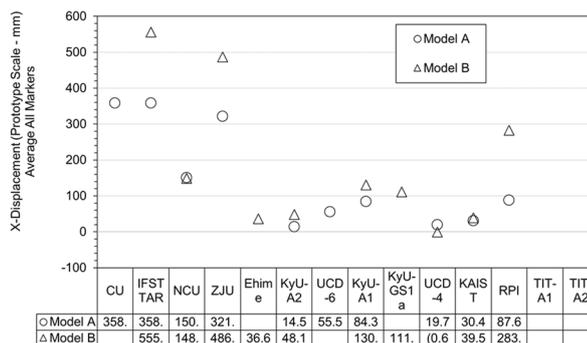


図 6 機関ごとの Model A と B の地表面残留変位比較

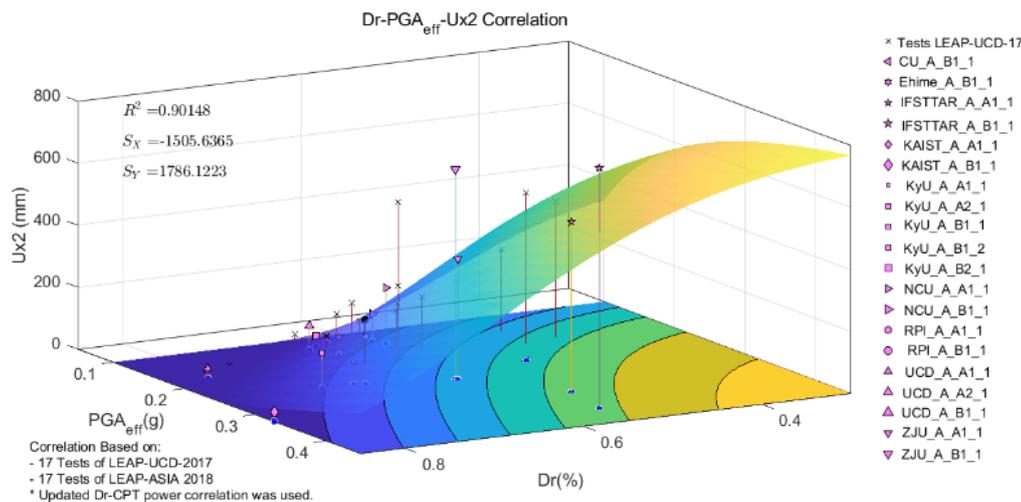


図 7 初期相対密度－入力加速度レベル－残留変形量の関係

<引用文献>

- 1) Kutter, B. L., Carey, T. J., Hashimoto, T., Zeghal, M., Abdoun, T., Kokkali, P., Madabhushi, G., Haigh, S. K., d'Arezzo, F. B., Madabhushi, S., Hung, W.-Y., Lee, C.J., Cheng, H.-C., Iai, S., Tobita, T., Ashino, T., Ren J., Zhou, Y.G., Chen, Y.-M., Sun, Z.-B., Manzari, M., T. (2018): LEAP-GWU-2015 experiment specifications, results, and comparisons, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 113, pp. 616-628, <http://dx.doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.05.018>.
- 2) Tobita, T., Ashino, T., Ren, J. and Iai, S. (2018): Kyoto University LEAP-GWU-2015 tests and the importance of curving the ground surface in centrifuge modelling, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 113, pp. 650-662, <http://dx.doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.10.012>.
- 3) Iai, S., Tobita, T. and Nakahara, T. (2005): Generalized scaling relations for dynamic centrifuge tests, Geotechnique, 55(5), 355-362.

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計40件（うち査読付論文 28件 / うち国際共著 25件 / うちオープンアクセス 18件）

1. 著者名 Kutter, B. L., Carey, T. J., Hashimoto, T., Zeghal, M., Abdoun, T., Kokkali, P., Madabhushi, G., Haigh, S. K., d'Arezzo, F. B., Madabhushi, S., Hung, W.-Y., Lee, C.J., Cheng, H.-C., Iai, S., Tobita, T., Ashino, T., Ren J., Zhou, Y.G., Chen, Y.-M., Sun, Z.-B., Manzari, M., T.	4. 巻 113
2. 論文標題 LEAP-GWU-2015 experiment specifications, results, and comparisons	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soil Dynamics and Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 616-628
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.05.018">http://dx.doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.05.018</a> .	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 Manzari, M.T., Ghoraiyby, M. Kutter, B.L., Zeghal, M., Abdoun, T., Arduino, P., Armstrong, R.J., Beaty, M., Carey, T., Chen, Y.M., Ghofrani, A. Gutierrez, D., Goswami, N., Haigh, S. K., Hung, W.-Y., Iai, S., Kokkali, P., Lee, C.-J., Madabhushi, G., Mejia, L., Sharp, M., Tobita, T., Ueda, K., Zhou, Y.-G., Ziotopoulou, K.	4. 巻 113
2. 論文標題 Liquefaction experiment and analysis projects (LEAP): Summary of observations from the planning phase	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soil Dynamics and Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 714-743
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.05.015">http://dx.doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.05.015</a>	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 Zeghal, M., Goswamia, N., Kutter, B. L., Manzari, M. T., Abdoun, T., Arduino, P., Armstrong, R., Beaty, M., Cheng, Y.-M., Ghofrani, A., Haigh, S. K., Hung, W.-Y., Iai, S., Kokkali, P., Lee, C.-J., Madabhushi, G., Tobita, T., Ueda, K., Zhou, Y.-G., Ziotopoulou, K.	4. 巻 113
2. 論文標題 Stress-strain response of the LEAP-2015 centrifuge tests and numerical predictions	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soil Dynamics and Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 804-818
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.10.014">https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.10.014</a>	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 Tobita, T., Ashino, T., Ren, J. and Iai, S.	4. 巻 113
2. 論文標題 Kyoto University LEAP-GWU-2015 tests and the importance of curving the ground surface in centrifuge modelling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soil Dynamics and Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 650-662
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.10.012">http://dx.doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.10.012</a>	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 Sahraeian, S. M. S., Takemura, J., Seki, S.	4. 巻 104
2. 論文標題 An Investigation about Seismic Behavior of Piled Raft Foundation for Oil Storage Tanks using Centrifuge Modelling	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soil Dynamics and Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 210-227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.10.010">https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2017.10.010</a>	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 Ueda K. and Iai S.	4. 巻 113
2. 論文標題 Numerical Predictions for Centrifuge Model Tests of a Liquefiable Sloping Ground Using a Strain Space Multiple Mechanism Model Based on the Finite Strain Theory	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soil Dynamics and Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 771-792
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.soildyn.2016.11.015">http://dx.doi.org/10.1016/j.soildyn.2016.11.015</a>	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 Okamura, M., Nelson, F. and Watanabe, S.	4. 巻 124
2. 論文標題 Pre-shaking effects on volumetric strain and cyclic strength of sand and comparison to unsaturated soils	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Soil Dynamics and Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 307-316
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.04.046">https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2018.04.046</a>	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 Koji Ichii and Takeko Mikami	4. 巻 58(3)
2. 論文標題 Cyclic threshold shear strain in pore water pressure generation in clay in situ samples	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soils and Foundations	6. 最初と最後の頁 756-765
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.sandf.2018.01.005">https://doi.org/10.1016/j.sandf.2018.01.005</a>	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 森鼻 章治, 高橋 英紀, 森川 嘉之, 高野 大樹, 斎藤 智志, 鈴木 亮彦, 竹内 秀克, 一井 康二	4. 巻 74(2)
2. 論文標題 地盤改良によるK値増大を考慮した岸壁構造物の動的遠心模型実験	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 I_844-I_849
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Koji Ichii, Kazuaki Uemura, Naoki Orai, Junichi Hyodo	4. 巻 -
2. 論文標題 Numerical Simulation Trial by Cocktail Glass Model in FLIP ROSE for LEAP-UCD-2017	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Model Tests and Numerical Simulations of Liquefaction and Lateral Spreading LEAP-UCD-2017, Springer	6. 最初と最後の頁 611-627
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-22818-7_31	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 該当する

1. 著者名 Junichi Hyodo, Yoshio Shiozaki, Yukio Tamari, Osamu Ozutsumi and Koji Ichii	4. 巻 17(3)
2. 論文標題 Modeling of pile end resistance considering the area of influence around the pile tip	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geomechanics and Engineering, TECHNO Press	6. 最初と最後の頁 287-294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.12989/gae.2019.17.3.287">https://doi.org/10.12989/gae.2019.17.3.287</a>	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 兵頭順一, 一井康二	4. 巻 75(4)
2. 論文標題 締固め砂杭工法による密度増加とK0増加のそれぞれによる改良効果の評価とモデル化	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集C (地圏工学)	6. 最初と最後の頁 443-453
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.2208/jscejge.75.443">https://doi.org/10.2208/jscejge.75.443</a>	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 兵頭順一・森安俊介・宮下健一朗・宇野州彦・小堤治・一井康二	4. 巻 35(1)
2. 論文標題 二次元有効応力解析における杭の周面摩擦力のモデルとパラメータ設定の検討	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 地盤と建設, 公益社団法人地盤工学会中国支部論文報告集	6. 最初と最後の頁 27-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Vargas, R. R., Ueda, K., Uemura, K.	4. 巻 133
2. 論文標題 Influence of the relative density and K0 effects in the cyclic response of Ottawa F-65 Sand- Cyclic Torsional Hollow-Cylinder Shear Tests for LEAP-ASIA-2019	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Soil Dynamics and Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 106-111
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2020.106111">https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2020.106111</a>	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 Sahare, A., Ueda, K., Uzuoka, R.	4. 巻 318
2. 論文標題 Sensitivity and Numerical Analysis Using Strain Space Multiple Mechanism Model for a Liquefiable Sloping Ground	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Geo-Congress 2020: Geotechnical Earthquake Engineering and Special Topics (ASCE Geotechnical Special Publication No. 318)	6. 最初と最後の頁 51-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Ueda, K., Sawada, K., Wada, T., Tobita, T., Iai, S.	4. 巻 59
2. 論文標題 Applicability of the generalized scaling law to a pile-inclined ground system subject to liquefaction-induced lateral spreading	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Soils and Foundations	6. 最初と最後の頁 1260-1279
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.sandf.2019.05.005">https://doi.org/10.1016/j.sandf.2019.05.005</a>	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 上田恭平, 和田冬馬, 渦岡良介	4. 巻 75(4)
2. 論文標題 液状化傾斜地盤の地震時挙動予測の高精度化に向けた遠心模型実験及び有効応力解析	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集A1 (構造・地震工学)	6. 最初と最後の頁 I_494-I_505
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.2208/jscejsee.75.1_494">https://doi.org/10.2208/jscejsee.75.1_494</a>	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 上田恭平, 芦野貴之, 井合進	4. 巻 75(2)
2. 論文標題 圧密履歴を有する粘性土地盤上の盛土の地震時挙動に関する遠心模型実験	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集C (地圏工学)	6. 最初と最後の頁 234-247
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.2208/jscejge.75.234">https://doi.org/10.2208/jscejge.75.234</a>	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 Vargas, T. R. R., Tobita, T., Ueda, K.	4. 巻 -
2. 論文標題 Sensitivity of Lateral Spreading to Dr and PGA in Centrifuge Tests at DPR1 for LEAP	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, June 17-20, Roma, Italy	6. 最初と最後の頁 5489-5497
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Ueda, K., Wada, T., Uzuoka, R.	4. 巻 -
2. 論文標題 Uncertainty quantification of the Seismic Behavior of Liquefiable Sloping Ground	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 7th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, June 17-20, Roma, Italy	6. 最初と最後の頁 5385-5392
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Kutter, B., Carey, T. J., Bonab, M. H., Stone, N., Manzari, M., Zeghal, M., Escoffier, S., Haigh, S. K., Madabhushi, G., Hung, W. Y., Kim, D. S., Kim, S. N., Okamura, M., Tobita, T., Ueda, K. and Zhou, Y. G.	4. 巻 -
2. 論文標題 Chapter 1 LEAP-UCD-2017 V. 1.01 Model Specifications	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Model Tests and Numerical Simulations of Liquefaction and Lateral Spreading, LEAP-UCD-2017, Springer	6. 最初と最後の頁 3-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_1">https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_1</a>	査読の有無 無
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 Kutter, B., Carey, T., Stone, N., Zheng, B. L., Garvas, A., Manzari, M., Zeghal, M., Abdoun, T., Korre, E., Escoffier, S., Haigh, S. K., Madabhushi, G. S., Madabhushi, S. S. C., Hung, W. Y., Liao, T. W., Kim, D. S., Kim, S. N., Ha, J. G., Kim, N. R., Okamura, M., Sjafruddin, A. N., Tobita, T., Ueda, K., et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 LEAP-UCD-2017 Comparison of Centrifuge Test Results	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Model Tests and Numerical Simulations of Liquefaction and Lateral Spreading, LEAP-UCD-2017, Springer	6. 最初と最後の頁 69-103
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_4">https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_4</a>	査読の有無 無
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 Goswami, N., Zeghal, M., Kutter, B., Manzari, M., Abdoun, T., Carey, T., Escoffier, S., Ha, J. G., Haigh, S., Hung, W. Y., Kim, D. S., Kim, S. N., Korre, E., Liao, T. W., Liu, K., Madabhushi, G., Madabhushi, S., Okamura, M., Sjafruddin, A. N., Tobita, T., Ueda, K., Vargas, R. and Zhou, Y. G.	4. 巻 -
2. 論文標題 Difference and Sensitivity Analyses of the LEAP-2017 Experiments	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Model Tests and Numerical Simulations of Liquefaction and Lateral Spreading, LEAP-UCD-2017, Springer	6. 最初と最後の頁 131-156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_7">https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_7</a>	査読の有無 無
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 Manzari, M., Ghoraiy, M., Zeghal, M., Kutter, B., Arduino, P., Barrero, A. R., Bilotta, E., Chen, L., Chen, R., Chiaradonna, A., Elgamal, A., Fasano, G., Fukutake, K., Fuentes, W., Ghofrani, A., Ichii, K., Kiriya, T., Lascarro, C., Mercado, V., Montgomery, J., Ozutsumi, O., Qiu, Z., Ueda, K., et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 LEAP-2017 Simulation Exercise: Calibration of Constitutive Models and Simulation of the Element Tests	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Model Tests and Numerical Simulations of Liquefaction and Lateral Spreading, LEAP-UCD-2017, Springer	6. 最初と最後の頁 165-185
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_9">https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_9</a>	査読の有無 無
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 Manzari, M., Ghoraiyby, M., Zeghal, M., Kutter, B., Arduino, P., Barrero, A. R., Bilotta, E., Chen, L., Chen, R., Chiaradonna, A., Elgamal, A., Fasano, G., Fukutake, K., Fuentes, W., Ghofrani, A., Haigh, S., Hung, W. Y., Ichii, K., Kim, D. S., Kiriya, T., Madabhushi, G., Okamura, M., Tobita, T., Ueda, K., et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 LEAP-2017: Comparison of the Type-B Numerical Simulations with Centrifuge Test Results	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Model Tests and Numerical Simulations of Liquefaction and Lateral Spreading, LEAP-UCD-2017, Springer	6. 最初と最後の頁 187-218
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_10">https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_10</a>	査読の有無 無
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 Kutter, B., Manzari, M., Zeghal, M., Arduino, P., Barrero, A., Carey, T., Chen, L., Elgamal, A., Ghofrani, A., Montgomery, J., Ozutsumi, O., Qiu, Z., Taiebat, M., Tobita, T., Travarasrou, T., Tsiaousi, D., Ueda, K., Ugalde, J., Wada, T., Yang, M., Zheng, B., Ziotopoulou, K.	4. 巻 -
2. 論文標題 Chapter 11 Numerical Sensitivity Study Compared to Trend of Experiments for LEAP-UCD-2017	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Model Tests and Numerical Simulations of Liquefaction and Lateral Spreading, LEAP-UCD-2017, Springer	6. 最初と最後の頁 219-236
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_11">https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_11</a>	査読の有無 無
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 Ueda, K. and Wada, T.	4. 巻 -
2. 論文標題 Chapter 28 LEAP-UCD-2017 Type-B Predictions through FLIP at Kyoto University	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Model Tests and Numerical Simulations of Liquefaction and Lateral Spreading, LEAP-UCD-2017, Springer	6. 最初と最後の頁 563-579
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_28">https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_28</a>	査読の有無 無
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 Vargas, R. R., Tobita, T., Ueda, K. and Yatsugi, H.	4. 巻 -
2. 論文標題 Chapter 17 LEAP-UCD-2017 Centrifuge Test at Kyoto University	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Model Tests and Numerical Simulations of Liquefaction and Lateral Spreading, LEAP-UCD-2017, Springer	6. 最初と最後の頁 341-360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_17">https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_17</a>	査読の有無 無
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 Vargas, R. R., Ueda, K., Iai, S.	4. 巻 74(4)
2. 論文標題 Effects of Soil Spatial Variability on Liquefaction Behavior of Horizontally Layered Ground	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of JSCE, Division A1: Structural Engineering/Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 I_16-I_24
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.2208/jscejsee.74.I_16">https://doi.org/10.2208/jscejsee.74.I_16</a>	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 Ueda, K., Iai, S.	4. 巻 113
2. 論文標題 Numerical Predictions for Centrifuge Model Tests of a Liquefiable Sloping Ground Using a Strain Space Multiple Mechanism Model Based on the Finite Strain Theory	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Soil Dynamics and Earthquake Engineering	6. 最初と最後の頁 771-792
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2016.11.015">https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2016.11.015</a>	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 Kutter, B., Carey, T., Zheng, B., Gavras, A., Stone, N., Zeghal, M., Abdoun, T., Korre, E., Manzari, M., Madabhushi, SPG., Haigh, S., Madabhushi, SSC., Okamura, M., Sjaifuddin, AN., Escoffier, S., Kim, DS., Kim, SN., Ha, JG., Tobita, T., Yatsugi, H., Ueda, K., Vargas, RR., Hung, WY., Liao, TW., Zhou, YG., Liu, K.	4. 巻 -
2. 論文標題 Twenty-Four Centrifuge Tests to Quantify Sensitivity of Lateral Spreading to Dr and PGA	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics, V (June 10-13, Austin Texas)	6. 最初と最後の頁 383-393
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Carey, T., Gavras, A., Kutter, B., Haigh, SK., Madabhushi, SPG., Okamura, M., Kim, DS., Ueda, K., Hung, WY., Zhou, YG., Zeghal, M., Manzari, M.	4. 巻 -
2. 論文標題 A new shared miniature cone penetrometer for centrifuge testing	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 9th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics (July 17-20, London)	6. 最初と最後の頁 293-298
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Sawada, K., Ueda, K., Iai, S.	4. 巻 -
2. 論文標題 Applicability of the generalized scaling law to pile-inclined ground system	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 9th International Conference on Physical Modelling in Geotechnics (July 17-20, London)	6. 最初と最後の頁 265-270
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Ueda, K., Iai, S.	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of soil spatial variability on liquefaction behavior of horizontally layered ground	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 3rd International Conference on Performance-based Design in Earthquake Geotechnical Engineering	6. 最初と最後の頁 160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Ueda, K., Rodrigo, V. T. R., Iai, S.	4. 巻 -
2. 論文標題 Effects of Spatial Variability of Soil Properties on Liquefaction Behavior of Horizontally Layered Ground	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 Proceedings of the 5th International Conference on Geotechnical Engineering for Disaster Mitigation and Rehabilitation	6. 最初と最後の頁 75-87
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Mitsu Okamura and Asri Nurani Sjafruddin	4. 巻 -
2. 論文標題 LEAP-2017 Centrifuge Test at Ehime University	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Model Tests and Numerical Simulations of Liquefaction and Lateral Spreading, LEAP-UCD-2017, Springer	6. 最初と最後の頁 277-291
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Tobita, T., Ichii, K., Okamura, M., Sjafruddin, A.N., Takemura, J., Hang, L., Ueda, K., Uzuoka, R., Vargas, V.R., Boksmati, J., Fusco, A., Torres-Garcia, S., Haigh, S., Madabhushi, G., Manzari, M., Escoffier, S., Li, Z., Kim, D.S., Manandhar, S., Hung, W.Y., Huang, J.X, Pham, T.N.P., Zeghal, M., Abdoun, T., et al.	4. 巻 -
2. 論文標題 LEAP-ASIA-2019: Validation of centrifuge experiments and generalized scaling law on liquefaction-induced lateral spreading	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering - Proceedings, Taipei, Taiwan	6. 最初と最後の頁 TC104-001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Tobita, T.	4. 巻 -
2. 論文標題 Factors affecting liquefaction-induced settlements with sand boiling	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Earthquake Geotechnical Engineering for Protection and Development of Environment and Constructions (7ICEGE)	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Tobita, T.	4. 巻 -
2. 論文標題 Permeability of sand with a methylcellulose solution	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Physical Modelling in Geotechnics; McNamara et al. (Eds), Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-1-138-34419-8	6. 最初と最後の頁 c35
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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 Tobita T.	4. 巻 -
2. 論文標題 Variation of Permeability of Viscous Fluid During Liquefaction Model Testing	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Model Tests and Numerical Simulations of Liquefaction and Lateral Spreading. Springer	6. 最初と最後の頁 649-652
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) <a href="https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_37">https://doi.org/10.1007/978-3-030-22818-7_37</a>	査読の有無 無
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8件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 一井康二, 兵頭順一
2. 発表標題 有限要素法に関する検証と妥当性確認事例
3. 学会等名 非線形地震応答解析の検証と妥当性確認の方法と事例Workshop, 土木学会地震工学委員会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Vargas, R., Tobita, T., Ueda, K., and Yatsugi, H.
2. 発表標題 Centrifuge Tests at Kyoto University for LEAP Project
3. 学会等名 第53回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Vargas, R., Tobita, T., and Ueda, K.
2. 発表標題 Centrifuge Tests at Kyoto University for LEAP Project, and a Probabilistic Approach to the Sensitivity of Lateral Spreading to Dr and PGA
3. 学会等名 第15回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tetsuo Tobita, Kyohei Ueda, Vargas Ruben and Hikaru Yatsugi
2. 発表標題 LEAP-UCD-2017 Centrifuge Test at Kyoto University
3. 学会等名 LEAP UCD 2017 Workshop (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Vargas, R. R., Tobita, T., Ueda, K.
2. 発表標題 Centrifuge tests at Kyoto University for LEAP project, and a probabilistic approach to the sensitivity of lateral spreading to Dr and PGA
3. 学会等名 第15回日本地震工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Asri Nurani Sjafruddin, Mitsu Okamura
2. 発表標題 Vs measurement in centrifuge test and effects of small pre-shearing on Vs
3. 学会等名 第52回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Mitsu Okamura, Asri Nurani Sjafruddin
2. 発表標題 LEAP-2017 centrifuge test at Ehime University
3. 学会等名 LEAP-DCD-2017 workshop (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Tobita, T., Ichii, K., Okamura, M., Sjafruddin, A.N., Takemura, J., Hang, L., Ueda, K., Uzuoka, R., Vargas, V.R., Boksmati, J., Fusco, A., Torres-Garcia, S., Haigh, S., Madabhushi, G., Manzari, M., Escoffier, S., Li, Z., Kim, D.S., Manandhar, S., Hung, W.Y., Huang, J.X, Pham, T.N.P., Zeghal, M., Abdoun, T., et al.
2. 発表標題 LEAP-ASIA-2019: Validation of centrifuge experiments and generalized scaling law on liquefaction-induced lateral spreading
3. 学会等名 16th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Taipei, Taiwan (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Kutter, Bruce, MANZARI, MAJID, Zeghal, Mourad (Eds.)	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer, Cham	5. 総ページ数 660
3. 書名 Model Tests and Numerical Simulations of Liquefaction and Lateral Spreading	

〔産業財産権〕

〔その他〕

LEAP <a href="http://wps.itc.kansai-u.ac.jp/tobita/2018/11/27/leap/">http://wps.itc.kansai-u.ac.jp/tobita/2018/11/27/leap/</a>
---

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	一井 康二  (Ichii Koji)  (70371771)	関西大学・社会安全学部・教授   (34416)	
研究分担者	上田 恭平  (Ueda Kyohei)  (60649490)	京都大学・防災研究所・助教   (14301)	
研究分担者	渦岡 良介  (Uzuoka Ryosuke)  (40333306)	京都大学・防災研究所・教授   (14301)	

## 6. 研究組織（つづき）

	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	岡村 未対  (Okamura Mitsu)  (50251624)	愛媛大学・理工学研究科（工学系）・教授   (16301)	
研究 分担者	竹村 次朗  (Takemura Jiro)  (40179669)	東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授   (12608)	