

令和 4 年 6 月 25 日現在

機関番号：12601

研究種目：若手研究

研究期間：2019～2021

課題番号：19K15084

研究課題名（和文）地盤の速度検層技術の高度化及び構造ヘルスマニタリング基礎の構築

研究課題名（英文）Enhanced analysis of elastic wave propagation and development of soil health monitoring system

研究代表者

大坪 正英（OTSUBO, MASAHIDE）

東京大学・生産技術研究所・助教

研究者番号：80804103

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究課題では、土工構造物における性能設計の普及に伴い、需要が高まる速度検層技術に関して、その新たな活用手法を提案することを目的とし、要素・模型試験、並びに数値解析に取り組んだ。速度検層は地盤剛性を推定する目的で実施されるが、本研究成果では、地盤材料の粒度情報の取得、及び地中空洞の非破壊検知技術として応用できる可能性を示した。特に、弾性波シグナルを定期的にモニタリングすることで、せん断ひずみ進展による地盤剛性の低下や、侵食作用による細粒分流出の早期検知に資することができる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、豪雨や地震によるダムや河川堤防の決壊、及び道路の陥没事故が頻発している。老朽化したインフラほど脆弱であるため、適切な維持管理手法の確立が急務である。地盤調査の一つである速度検層の新たな活用手法を検討した結果、弾性波シグナルの分析技術の高度化を図ることで、弾性波速度以外の地盤情報の取得、さらに、地盤の健全度をモニタリングできる新たな技術の創出に繋がる可能性を見出した。本研究では、このような非破壊検査技術を構築する際に必要となる基礎的な知見を示した。

研究成果の概要（英文）：This research aimed at proposing novel methods to utilize the result of wave velocity logging for the growing demand of performance-based design of geotechnical structure. A series of laboratory element tests, model tests, and numerical simulations were conducted. The outcome of the project suggests that the wave measurement data can provide not only soil stiffness, but also soil properties such as particle size distribution and the presence of underground cavities, without distracting the ground. Furthermore, by monitoring changes in wave signals periodically, the non-destructive measurement can be used to detect the soil softening due to the accumulation of shear strain and the loss/suffusion of fine particles from the ground due to seepage flow.

研究分野：地盤工学

キーワード：地盤工学 波動伝播 地盤剛性 室内試験 個別要素法 模型実験 地盤陥没 内部侵食

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

### 1. 研究開始当初の背景

近年の激甚化する豪雨や地震に起因するダムや河川堤防の決壊、及び道路陥没は深刻な社会問題であり、社会インフラの甚大な被害のみならず人々の命を奪う。その他、補強土壁や護岸の裏込め材の吸出し、鉄道線路における陥没、下水管の土砂吸出し問題が顕在化しており抜本的な対策を講じる必要がある。このような問題は老朽化したインフラにおいて頻発しているため、適切な維持管理により未然に防ぐことができると考えられる。

また近年では、道路土工構造物における性能規定に基づいた信頼性設計の普及に伴い、高精度な地盤調査技術の需要が高まっている。例として、鉄道の設計では原位置における速度検層および室内試験における微小ひずみ剛性の評価が必要である。港湾構造物の設計においても原位置あるいは室内試験にて同様の計測が実施されている。さらに、有限要素法や粒子法などの地盤応答解析の高精度化に伴い、土質試験に基づく詳細な地盤パラメータが要求されるため、高水準の室内試験設備の維持、並びに、更なる高度化のニーズが高まっている。

### 2. 研究の目的

速度検層の技術革新に資するための基礎的な室内試験および数値解析に取り組み、計測データの新たな解釈手法の提案を試みる。そして、土工構造物におけるヘルスマonitoring手法を構築する際に必要となる基礎的な知見を得ることを目的とする。これまで開発を進めてきたディスクトランスデューサー(弾性波送受信センサー)を使用することで高品質な弾性波伝播実験を行い、数値解析結果と併せることで理論に基づいた技術開発にあたる。

本研究では次の三つの具体的な技術構築のための基礎的な検討を行った： 地盤材料降伏過程の評価、 道路陥没危険度評価、 細粒分流出の検知。

### 3. 研究の方法

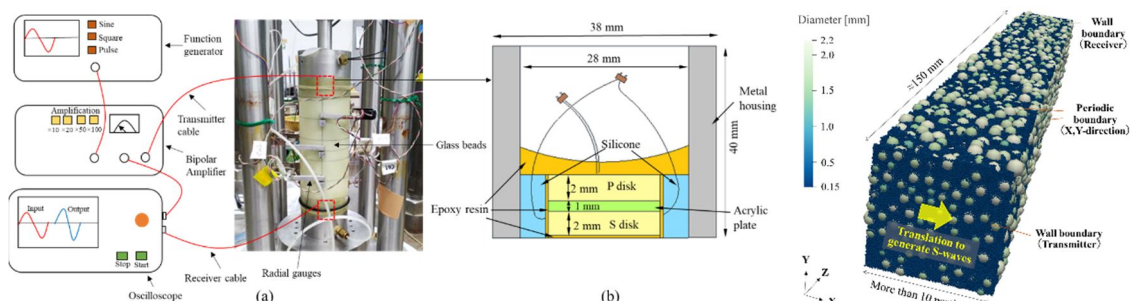
本研究は基礎研究と位置づけ、主に室内要素試験により地盤材料の挙動の理解を試みた。しかし、要素試験では不均質な地盤状態や地中空洞を有する地盤挙動を理解することは難しいため、室内模型実験も取り入れた。さらに、室内要素および模型試験を個別要素法 (DEM) 数値解析でシミュレートすることで、実験で観測された現象に対して、粒子スケールでのメカニズム解明にあたった。

**地盤材料**：粒子の形状・平均粒径、粒度分布の異なる様々な地盤材料を使用した。ただし、粘土のような材料は検討に含まず、主に砂質土を対象とした。また、DEM 解析との比較を可能とするため、球形ガラスビーズを使用した。同じガラスビーズの材質で形状が扁平なもの、あるいは粒子の表面粗度が異なる材料も用いた。

**室内要素試験**：図1(左)に要素試験の模式図を示す。中型三軸試験装置のトップキャップとペダスタルの内部に圧電素子を内蔵するディスクトランスデューサーを取り付けることで、供試体端部から弾性波を発生させ、もう片側の端部で弾性波を受信した。三軸圧縮試験を行いながら、その過程における弾性波シグナルの変化を記録し分析した。

**模型実験**：破損した埋設管からの漏水を模擬し、模型底面の開閉式スリットから土砂を流出させ、開閉式スリットの上部に地中空洞を生成した。地中空洞を発生させる前後の弾性波伝播特性を比較した。

**DEM 数値解析**：オープンソースの DEM 解析コードの一つである LAMMPS を使用した。実験で使用した材料の一粒一粒を模擬した解析手法であり、粒状体としての全体挙動および個々の粒子スケールの挙動を定量的に検討することが可能である。要素試験と模型実験の状況を再現した解析を行い(図1右)、実験との比較、並びにマイクロメカニクスの観点からの考察を行った。



弾性波伝播試験 (室内要素試験) <sup>[1]</sup>

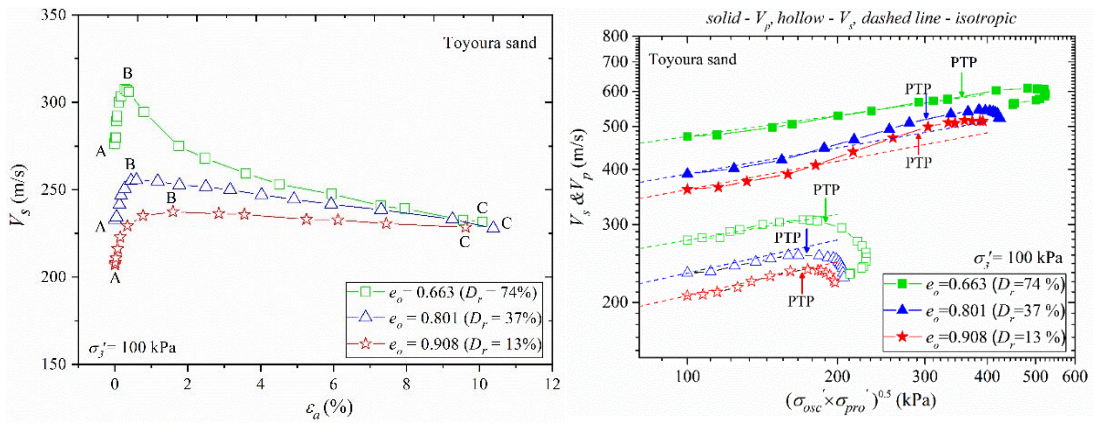
個別要素法 (DEM) 数値解析 <sup>[2]</sup>

図1 研究手法の一例

#### 4. 研究成果

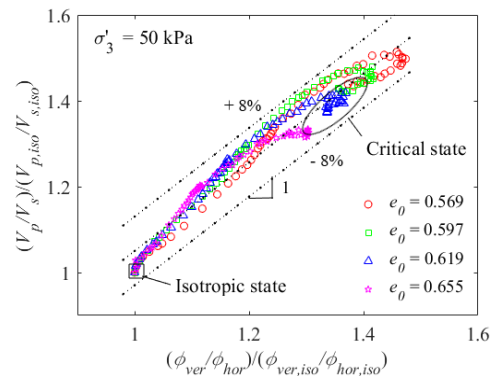
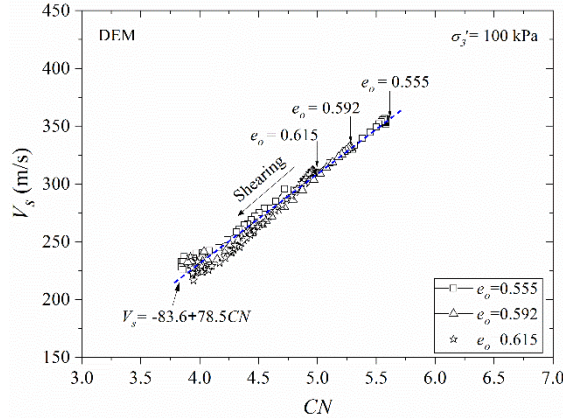
地盤材料降伏過程の評価：三軸圧縮（せん断）载荷を受ける供試体に対する载荷軸方向の弾性波計測を行った結果、载荷応力の増加に伴い圧縮（P-）波速度（ $V_p$ ）は増大する結果を得た。一方、せん断（S-）波速度（ $V_s$ ）は微小ひずみレベルにおける増加の後、軸ひずみが 0.5%-1%を超えると逓減する結果を得た（図 2a）。この遷移点付近において材料が降伏したと考えられる。次に弾性波速度と応力状態の関係を図 2(b)に示す。 $V_p$ の方は降伏域に達した後も応力状態と良い相関があるのに対して、 $V_s$ の方は顕著に低減していることが確認される。これらの傾向は実験に用いたすべての材料に共通する挙動であったため、砂質土に共通した特徴であると考えられる。

$V_p$ と $V_s$ の変化の違いのメカニズムを解明するために、DEM 解析を用いて同様のモニタリングを行った結果、 $V_s$ は粒子間の平均接触点数（配位数,  $CN$ ）と密接な関係にあり、材料の降伏に伴い配位数が低下し、同時に、 $V_s$ も低減することが明らかとなった（図 2c）。さらに、 $V_p$ と $V_s$ の値の比は、地盤内部の骨格構造の偏りを表す指標（ファブリックテンソル）と強い相関があることを示唆する結果を得た（図 2d）。すなわち、 $V_p$ と $V_s$ を計測することで、地盤骨格構造の変化について、モニタリングできる可能性を示した。



(a)せん断波速度 ( $V_s$ ) と軸ひずみ ( $\epsilon_a$ ) の関係<sup>[3]</sup>

(b)弾性波速度と応力状態の関係<sup>[3]</sup>



(c)  $V_s$  と平均配位数 ( $CN$ ) の関係<sup>[1]</sup>

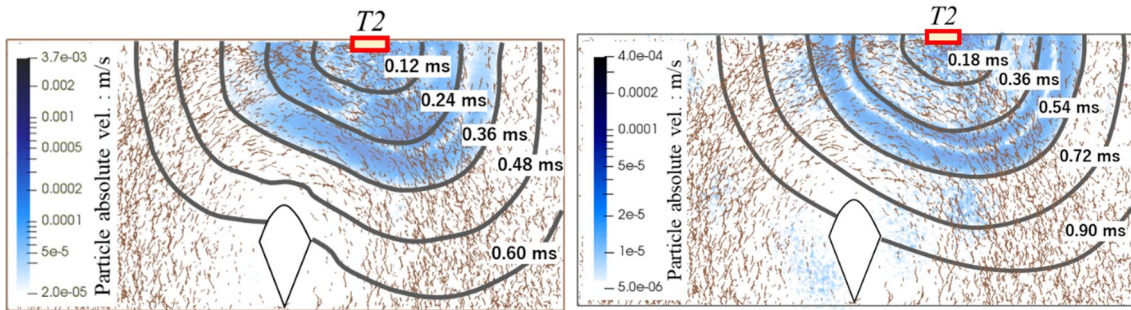
(d) 弾性波速度比と内部構造の変化の関係<sup>[4]</sup>

図 2 三軸圧縮を受ける地盤材料に対する弾性波伝播試験結果の例

道路陥没危険度評価：地中空洞を有する模型地盤を作製し、地表面から地中に伝播する弾性波の計測を行ったところ、空洞近傍における弾性波速度の低下、及び高周波成分の減衰が確認された。同じ大きさの土粒子を用いて、模型実験の再現解析を行った結果、P-波は地盤内に形成されたアーチに沿って伝播するのに対し、S-波は地盤のゆるみに伴い減速することが明らかとなった（図 3）。なお、ここで使用した DEM 解析には土粒子間の表面張力による付着力を考慮したモデルを実装しており、地盤内のサクシヨンの影響も加味している。

また、本研究ではダウンホール、クロスホールのような PS 検層を模擬した波動解析、並びに表面波探査の解析も実施した。弾性波が地中空洞近傍に入射する際に、地盤表面に向かう反射波と空洞まわりを回折する波に分離する様子を観測できた。表面波探査においては、この反射波の成分を地盤表面で受信することができれば地中空洞の検知技術の開発につながると考えられる。

なお、模型地盤スケールの解析では膨大な数の土粒子をモデル化するため、スーパーコンピュータを用いた大規模並列解析を行った。実地盤スケールで同様の解析をする場合は、計算コストが大きな課題となるため、効率の良い波動解析手法の研究が必要となる。



(a) 圧縮(P-)波の伝播<sup>[5]</sup> (b) せん断(S-)波の伝播<sup>[5]</sup>  
 図3 地中空洞周りの弾性波伝播の様子 (T2 領域を起振)

**細粒分流出の検知**：細粒分含有率を変化させたギャップグレード材料を用いた基礎的な実験を行った。土粒子の形状や大きさにもよるが、細粒分含有率が25%~40%の間で $v_s$ および周波数特性が大きく変化した<sup>[6]</sup>。本研究では、地盤材料内を透過できる最大の周波数の存在に着目し、地盤材料に対する「ローパス周波数( $f_{lp}$ )」を新たに定義した<sup>[6]</sup>。弾性波の伝播経路に細粒分が多く存在する場合、 $f_{lp}$ の値は顕著に大きくなるため<sup>[2]</sup>、細粒分の地盤骨格構造への寄与率を反映するパラメータとなり得ることを示した。

要素試験同様にギャップグレード材料を用いたDEM解析の結果を図4に示す。材料の密度にもよるが、細粒分含有率( $F_s$ )が25%~40%の間で細粒分の応力分担率が急増することが確認され、同時に、 $f_{lp}$ の値も顕著に増加することが確認された。このことにより、弾性波計測データを分析する際に、弾性波速度に加えてローパス周波数( $f_{lp}$ )を定量化することで、細粒分が地盤の骨格構造に寄与しているかどうかの判断材料となり、細粒分が流出した際には弾性波シグナルに変化が起こることが予測される。

また、骨材と細粒分の粒径比が増加するほど、ローパス周波数( $f_{lp}$ )の変化はより鮮明となる実験結果を得た。この理由について、粒状体を伝播する波の分散関係に基づく理論的な説明手法を提案した<sup>[7]</sup>。

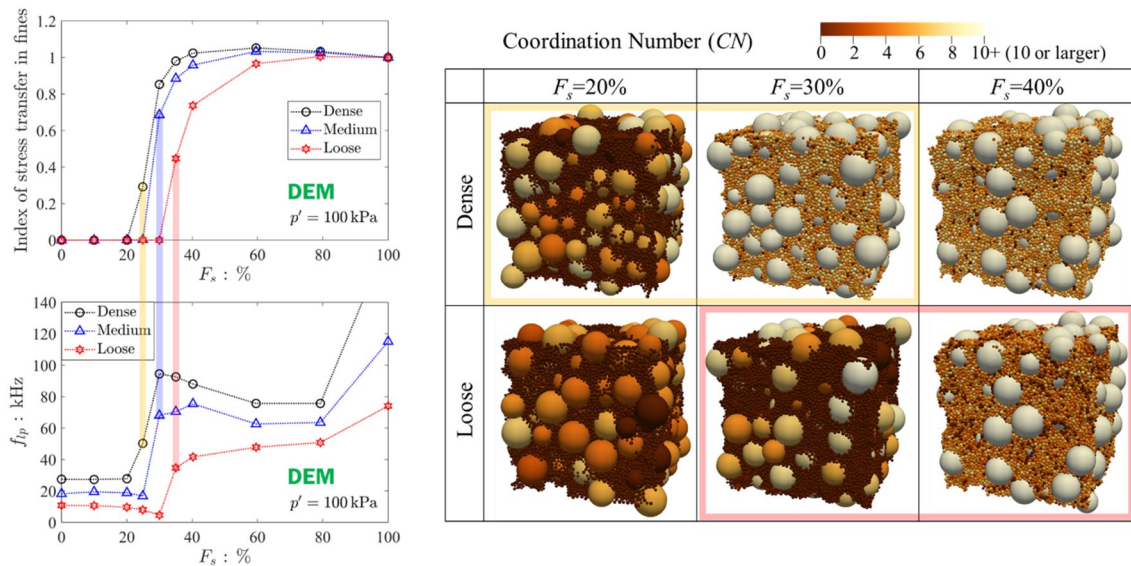


図4 細粒分の応力分担率の変化とローパス周波数( $f_{lp}$ )の変化の関係 (文献[2]に加筆)

上記のように、本研究を通して、弾性波計測データを高度に活用することで、地盤材料の降伏過程をモニタリングできること、陥没危険度の評価に関する新たな手法の構築に資すること、細粒分の流出の検知技術に応用できる可能性があることを示した。

しかしながら、本研究は室内試験や数値解析における検討に限定されることに課題が残る。実際の地盤では不均質性、材料分離などを避けることができないため、本研究で得た知見が現場計測にも適用できるかどうか、今後一層の研究が必要である。

< 引用文献 >

- [1] T.T. Dutta, M. Otsubo, R. Kuwano, C. O'Sullivan (2020) Evolution of shear wave velocity during triaxial compression, *Soils and Foundations* 60(6) 1357-1370.
- [2] M. Otsubo, A. Ghaemi, Y. Li, R. Kuwano, T.T. Dutta (2022) Relating dynamic properties of gap-graded soils to the stress transmission in soil fabric, *Proceedings of the 7th International Young Geotechnical Engineers Conference* 177-182.
- [3] T.T. Dutta, M. Otsubo, R. Kuwano (2021) Effect of shearing history on stress wave velocities of sands observed in triaxial compression tests, *Soils and Foundations* 61(2) 541-548.
- [4] Y. Li, M. Otsubo, R. Kuwano (2021) DEM analysis on the stress wave response of spherical particle assemblies under triaxial compression, *Computers and Geotechnics* 133 104043.
- [5] Y. Nakata, U. Ali, M. Otsubo, R. Kuwano (2022) Influence of soil arching and loosening around a subsurface cavity on wave propagation, *Proceedings of the 20th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering* 1343-1347.
- [6] T.T. Dutta, M. Otsubo, R. Kuwano (2021) Stress wave transmission and frequency-domain responses of gap-graded cohesionless soils, *Soils and Foundations* 61(3) 857-873.
- [7] Y. Li, M. Otsubo, A. Ghaemi, T.T. Dutta, R. Kuwano (2022) Transition of gap-graded soil fabric – shear wave measurements and dispersion relation, *Soils and Foundations* 62(1) 101092

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13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 Liu J., Otsubo M., Kawaguchi Y., Kuwano R.	4. 巻 62
2. 論文標題 Anisotropy in small-strain shear modulus of granular materials: Effects of particle properties and experimental conditions	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Soils and Foundations	6. 最初と最後の頁 101105 ~ 101105
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sandf.2021.101105	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 Li Yang, Otsubo Masahide, Kuwano Reiko	4. 巻 142
2. 論文標題 Interpretation of static and dynamic Young's moduli and Poisson's ratio of granular assemblies under shearing	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Computers and Geotechnics	6. 最初と最後の頁 104560 ~ 104560
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.compgeo.2021.104560	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 Li Yang, Otsubo Masahide, Ghaemi Arian, Dutta Troyee Tanu, Kuwano Reiko	4. 巻 62
2. 論文標題 Transition of gap-graded soil fabric ? shear wave measurements and dispersion relation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Soils and Foundations	6. 最初と最後の頁 101092 ~ 101092
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sandf.2021.101092	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 Dutta T.T., Otsubo M., Kuwano R.	4. 巻 61
2. 論文標題 Stress wave transmission and frequency-domain responses of gap-graded cohesionless soils	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Soils and Foundations	6. 最初と最後の頁 857 ~ 873
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sandf.2021.03.003	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 Li Yang, Otsubo Masahide, Kuwano Reiko	4. 巻 133
2. 論文標題 DEM analysis on the stress wave response of spherical particle assemblies under triaxial compression	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Computers and Geotechnics	6. 最初と最後の頁 104043 ~ 104043
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.compgeo.2021.104043	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 Dutta T.T., Otsubo M., Kuwano R.	4. 巻 61
2. 論文標題 Effect of shearing history on stress wave velocities of sands observed in triaxial compression tests	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Soils and Foundations	6. 最初と最後の頁 541 ~ 548
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sandf.2021.02.002	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 Otsubo Masahide, Kuwano Reiko, O'Sullivan Catherine, Shire Thomas	4. 巻 -
2. 論文標題 Using geophysical data to quantify stress transmission in gap-graded granular materials	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Geotechnique	6. 最初と最後の頁 1 ~ 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1680/jgeot.19.p.334	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 Dutta T.T., Otsubo M., Kuwano R., O'Sullivan C.	4. 巻 60
2. 論文標題 Evolution of shear wave velocity during triaxial compression	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Soils and Foundations	6. 最初と最後の頁 1357 ~ 1370
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sandf.2020.07.008	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 Dutta T.T., Otsubo M., Kuwano R., Sato T.	4. 巻 60
2. 論文標題 Estimating multidirectional stiffness of soils using planar piezoelectric transducers in a large triaxial apparatus	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Soils and Foundations	6. 最初と最後の頁 1269 ~ 1286
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.sandf.2020.08.002	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 Otsubo Masahide, Liu Junming, Kawaguchi Yuichiro, Dutta Troyee Tanu, Kuwano Reiko	4. 巻 128
2. 論文標題 Anisotropy of elastic wave velocity influenced by particle shape and fabric anisotropy under K0 condition	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Computers and Geotechnics	6. 最初と最後の頁 103775 ~ 103775
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.compgeo.2020.103775	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 Troyee Tanu Dutta, Masahide Otsubo, Reiko Kuwano, Catherine O'Sullivan	4. 巻 9(4)
2. 論文標題 Stress wave velocity in soils: Apparent grain-size effect and optimum input frequencies	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geotechnique Letters	6. 最初と最後の頁 340-347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1680/jgele.18.00219	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 Masahide Otsubo, Troyee Tanu Dutta, Manushak Durgalian, Reiko Kuwano, Catherine O'Sullivan	4. 巻 92(14006)
2. 論文標題 Particle-scale insight into transitional behaviour of gap-graded materials: small-strain stiffness and frequency response	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 E3S Web of Conferences, 7th International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials (IS-Glasgow 2019)	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) 10.1051/e3sconf/20199214006	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 Troyee Tanu Dutta, Masahide Otsubo, Reiko Kuwano, Takeshi Sato	4. 巻 92(02001)
2. 論文標題 Development of vertical and horizontal disk transducers for wave velocity measurements in a large rectangular specimen	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 E3S Web of Conferences, 7th International Symposium on Deformation Characteristics of Geomaterials (IS-Glasgow 2019)	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) 10.1051/e3sconf/20199202001	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 -

[学会発表] 計34件(うち招待講演 0件/うち国際学会 13件)

1. 発表者名 Yusuke Nakata, Umair Ali, Masahide Otsubo, Reiko Kuwano
2. 発表標題 Influence of soil arching and loosening around a subsurface cavity on wave propagation
3. 学会等名 The 20th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ICMGE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Junming Liu, Masahide Otsubo, Yuichiro Kawaguchi, Reiko Kuwano
2. 発表標題 Effects of particle shape and orientation on anisotropy of granular materials observed in elastic wave velocities
3. 学会等名 The 20th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ICMGE2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masahide Otsubo, Arian Ghaemi, Yang Li, Troyee Tanu Dutta, Reiko Kuwano
2. 発表標題 Relating dynamic properties of gap-graded soils to the stress transmission in soil fabric
3. 学会等名 The 7th International Young Geotechnical Engineers Conference (7iYGEC) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masahide Otsubo, Yusuke Nakata, Umair Ali, Reiko Kuwano
2. 発表標題 Effect of locally loosened soil on wave propagation
3. 学会等名 The 6th International conference on geotechnical and geophysical site characterisation (ISC '6) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大坪正英, Yang Li, Dutta Troyee Tanu, 桑野玲子
2. 発表標題 砂の弾性波伝播特性に及ぼす粒径と粒度の影響
3. 学会等名 土木学会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中田祐輔, 桑野玲子, 大坪正英
2. 発表標題 局所的なゆるみを有する地盤内の弾性波伝播に関する個別要素法解析
3. 学会等名 土木学会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yang Li, 大坪正英, 桑野玲子
2. 発表標題 Stress wave responses of spherical granular assemblies during triaxial compression: a DEM case study
3. 学会等名 土木学会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Junming Liu, 大坪正英, 桑野玲子
2. 発表標題 The influence of particle orientation on the anisotropy of shear wave velocity observed in elongated particles
3. 学会等名 土木学会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Li Yang, 大坪 正英, 桑野 玲子
2. 発表標題 三軸せん断におけるガラスビーズ材料の動的特性に関する表面粗度の影響
3. 学会等名 第56回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Liu Junming, 大坪正英, 桑野玲子
2. 発表標題 粒状体の剛性計測に現れる異方性 - 境界条件の影響
3. 学会等名 第56回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Junming Liu , Masahide Otsubo , Yuichiro Kawaguchi , Reiko Kuwano
2. 発表標題 The anisotropy of shear wave velocity observed for elongated particles
3. 学会等名 土木学会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yang Li, Masahide Otsubo, Reiko Kuwano
2. 発表標題 Effects of particle shape and roughness on mechanical responses of granular materials in triaxial tests
3. 学会等名 土木学会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大坪 正英, Arian Ghaemi, 桑野 玲子
2. 発表標題 ギャップグレード珪砂の弾性波応答特性に関する実験的研究
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中田 祐輔, 桑野 玲子, 大坪 正英
2. 発表標題 地中空洞周りのアーチング及びゆるみの影響を考慮したDEM弾性波伝播解析
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川口勇一郎, 桑野玲子, 大坪正英
2. 発表標題 全方向ディスクトランスデューサー及びロードセルを搭載した立方体土槽の開発
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Junming Liu, 川口 勇一郎, 大坪 正英, 桑野 玲子
2. 発表標題 せん断波速度に現れる粒状体の異方性と粒子形状の関係
3. 学会等名 第55回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Masahide Otsubo, Umair Ali, Reiko Kuwano
2. 発表標題 Micromechanical insight into stability of subsurface cavity
3. 学会等名 18th International Symposium on New Technologies For Urban Safety of Mega Cities in Asia (USMCA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yusuke, Nakata, Reiko, Kuwano, Masahide Otsubo, Umair Ali
2. 発表標題 A fundamental study on dynamic wave propagation in the soil around a cavity
3. 学会等名 18th International Symposium on New Technologies For Urban Safety of Mega Cities in Asia (USMCA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yuichiro Kawaguchi, Masahide Otsubo, Reiko Kuwano
2. 発表標題 Development of cubic soil chamber fitted with multi-directional disk transducers
3. 学会等名 18th International Symposium on New Technologies For Urban Safety of Mega Cities in Asia (USMCA) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahide Otsubo, Junming Liu, Troyee Tanu Duuta, Yuichiro Kawaguchi, Reiko Kuwano
2. 発表標題 Anisotropy of shear wave velocity : Role of grain shape
3. 学会等名 9th Asian Young Geotechnical Engineers Conference ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Umair Ali, Masahide Otsubo, Reiko Kuwano
2. 発表標題 Suction-Tension model for verifying ground cavity formation using discrete element method
3. 学会等名 15th International Conference on Geotechnical Engineering ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Troyee Tanu Dutta, Masahide Otsubo
2. 発表標題 Assessment of elastic wave velocities through granular soils during monotonic loading
3. 学会等名 The 16th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (16ARC) ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Umair Ali, Masahide Otsubo
2. 発表標題 A study on arching mechanism in trapdoor model test and equivalent discrete element simulations
3. 学会等名 The 16th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (16ARC) ( 国際学会 )
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Masahide Otsubo, Troyee Tanu Dutta, Yuichiro Kawaguchi, Reiko Kuwano, Catherine O' Sullivan
2. 発表標題 Discrete element modelling of elastic wave propagation through granular materials for laboratory shear plate tests
3. 学会等名 8th International Conference on Discrete Element Methods (DEM8) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Umair Ali, Masahide Otsubo, Reiko Kuwano
2. 発表標題 Particle-scale analysis of soil arching during underground cavity formation using suction-tension model in DEM
3. 学会等名 8th International Conference on Discrete Element Methods (DEM8) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大坪正英, 川口勇一郎, Troyee Tanu Dutta, 劉俊銘, 桑野玲子
2. 発表標題 個別要素法解析による粒状体地盤材料の弾性波速度異方性に関する基礎的研究
3. 学会等名 土木学会第74回年次学術講演会 (高松)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 川口勇一郎, 大坪正英, Troyee Tanu Dutta, 桑野玲子
2. 発表標題 全方向ディスクトランスデューサーを搭載した立方体土槽の開発
3. 学会等名 土木学会第74回年次学術講演会 (高松)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中田祐輔, 大坪正英, Umair Ali, 桑野玲子
2. 発表標題 地中空洞周りの波動伝播特性に関する個別要素法解析
3. 学会等名 土木学会第74回年次学術講演会(高松)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Troyee Tanu Dutta, 大坪正英, 桑野玲子
2. 発表標題 Effect of median particle size on S-wave velocity and frequency domain responses of granular materials
3. 学会等名 土木学会第74回年次学術講演会(高松)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大坪正英, 桑野玲子, Troyee Tanu Dutta, Manushak Durgalian, Catherine O'Sullivan
2. 発表標題 弾性波周波数解析に基づく細粒分骨格構造寄与度の評価
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会(埼玉)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中田祐輔, 桑野玲子, 大坪正英
2. 発表標題 弾性波伝播特性における地盤内空洞の影響に関する基礎的検討
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会(埼玉)
4. 発表年 2019年



1. 発表者名 川口勇一郎, 桑野玲子, 大坪正英
2. 発表標題 弾性波計測技術の高度化に向けたディスクトランスデューサーの最適形状に関する検討
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会(埼玉)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Troyee Tanu Dutta, 大坪正英, 桑野玲子, Manushak Durgalian, 佐藤剛司
2. 発表標題 A novel test setup for assessing multidirectional small-strain stiffness of a large rectangular specimen using disk transducers
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会(埼玉)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Umair Ali, 大坪正英, 桑野玲子
2. 発表標題 Implementation of suction-tension model for cavity simulations using DEM
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会(埼玉)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

researchmap <a href="https://researchmap.jp/momap">https://researchmap.jp/momap</a> 研究室HP <a href="https://geo.iis.u-tokyo.ac.jp/">https://geo.iis.u-tokyo.ac.jp/</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
研究協力者	桑野 玲子  (Kuwano Reiko)		

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			
英国	Imperial College London	Edinburgh University	Newcastle University	
オーストラリア	Monash University			