

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 4 年 6 月 28 日現在

機関番号：24402

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02252

研究課題名(和文) 間隙のコネクティビティが流動のアップスケール効果に及ぼす影響の解明

研究課題名(英文) Influence of Pore Connectivity on Upscaling Effects of Porous Media Flow

研究代表者

重松 孝昌 (Shigematsu, Takaaki)

大阪市立大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：80206086

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,400,000円

研究成果の概要(和文)：これまで評価が困難であった低ポロシティ多孔質体においては、構成要素のアスペクト比によって透水試験の結果に顕著な影響を及ぼし、空隙形状およびその連結性が透水現象に影響を及ぼすことが明らかになった。また、このような現象をより定量的に評価するために Immersed Boundary Method の境界条件モジュールを新たに組み込み、水理実験結果と比較してその妥当性の検証を行った。高ポロシティ多孔質体においては、マイクロ流路を用いて微粒子懸濁液の移動特性に関する実験を行い、空隙の粗密構造によって微粒子の拡がりが増進・抑制されることを明らかにし、流体力学的拡散を確率的に表現できる可能性を見出した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

内部に多くの空隙を含む多孔質は、利便性・快適性・安全性等の観点から極めて有用な物体であることはよく知られている。その性能・機能は多孔質体を通過する流体の運動と密接な関係があるにも関わらず、それに関する十分な知見はこれまで得られていない。本研究では、多孔質体を空隙体積の小さな低ポロシティ多孔質体と空隙の大きな高ポロシティ多孔質体に分類し、それぞれに対して、実験または数値計算を通して、空隙形状あるいは多孔質体を構成する要素の形状が流体の透過特性に及ぼす影響を検討し、これまで経験的な知見を定量的に評価するに至った。また、更なる検討に必要な数値モデルを開発・拡張を行った。

研究成果の概要(英文)：It is found through a series of experiments for low-porosity porous media that the aspect ratio of the constituents of the porous media has a significant influence on the permeability test results and that the pore shape and its connectivity affect the hydraulic phenomena, which have been difficult to evaluate so far. In order to evaluate such phenomena more quantitatively, the boundary condition module of the Immersed Boundary Method was newly incorporated and validated by comparing the results with those of hydraulic experiments. In the case of high-porosity porous media, experiments on the migration characteristics of particulate suspensions using microfluidic channels revealed that the spreading of particulates is enhanced or inhibited by the coarse and dense structure of the pores, and that hydrodynamic diffusion can be expressed in a probabilistic manner.

研究分野：海岸工学

キーワード：多孔質体ネットワーク Stokes流れ 透水試験 画像計測 流体力学的拡散 Immersed Boundary Method 空間ネット

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

植生や消波工による流体エネルギーの減衰，礫間接触浄化による物質の捕捉，舗装道路の透水性や保水，繊維フィルターによる流れの制御や物質の捕捉など，多孔質体空間を流れる流体運動は自然界の至る所に散見されるだけでなく，工学上，極めて有用である．一般的には，多孔質体そのものに作用する流体力や通過流速・流量などの巨視的な流動特性は，間隙率，有効径，表面積などに代表される体積平均量の関数として表現されることが多い．例えば，Darcy は低速浸透流に対し速度に比例する粘性抵抗を，Forchheimer は高速浸透流に対して速度の二乗に比例する慣性抵抗を導入した．このような多孔質体通過流の巨視的モデルはその後も多く提案されているが，いずれもこの二つの抵抗則の概念を踏襲したものである．

しかし，近年の研究によれば，流下方向に間隙が連続する流路においては，非常に強いせん断流が生じて乱れの生成源となっていることや，流れの非定常性が大きくなると既往の巨視的経験則には必ずしも従わない場合があることなどが，画像計測結果から明らかにされている．また，体積平均特性値で表現された Reynolds 数がほぼ同一の条件でも，局所的な間隙構造の変化により巨視的な圧力勾配や作用流体力が顕著に変化し得ること，その影響は多孔質体における間隙構造の変化する場所にも依存することが，数値計算結果より明らかにされている．これらはいずれも微視的流動が巨視的流動に影響を及ぼすアップスケーリング効果を示唆しており，注目すべき特性である．また，例えば，多孔質体内部で粒径や間隙率などの体積平均特性が大きく変化する領域や多孔質体への流入域・流出域における流動に対して巨視的モデルを適用することは本質的には困難である．このことは，巨視的モデルが，荒天時に先端の部材から崩壊を始める消波ブロック堤の安全性の検討や，短時間豪雨時の透水性舗装の排水機能評価における課題を解決するための有用な手段とはなり得ないことを示唆している．

既往の研究でしばしば用いられている間隙の評価は，間隙率の小さな(低ポロシティ)多孔質体中に形成される比較的狭い流路(疎な流路空間)が想定されている．しかし，例えば粘性力が支配的な低 Reynolds 数流れでは，流れの長距離性の観点から，高ポロシティ多孔質体中に形成される広い流路(密な流路空間)においても固体表面の形状が流れに及ぼす影響は少なくないと予想される．すなわち，多孔質体を通過する流れは，間隙のコネクティビティだけでなく流れのスケール(レイノルズ数)にも依存し，これらの相乗作用としてアップスケーリング効果が発現するものと考えられる．たとえば，透水性試験では，供試体を大きくすると浸透流の迂回路が増加するため，浸透性能が変化するであろうことが推測される．

このように，微視的な間隙構造は，浸透性能や流体抵抗，物質輸送などの巨視的な流動特性に影響を及ぼしていること(アップスケーリング効果)は明らかであり，これまでの体積平均量による巨視的流動特性値の評価には適用限界がある．この適用限界を明確にし，微視的な間隙構造が巨視的流動特性に及ぼす影響を明らかにするためには，間隙構造の定量的な評価が不可欠である．

2. 研究の目的

本研究では，(1)形態測定的アプローチを新たに導入して多孔質体間隙のコネクティビティを定量的に評価し，(2)微視的・巨視的両面の視点から実測と数値解析を行って流動特性を解明したうえで(3)アップスケーリング効果の発現メカニズムの検討を行うことを目的とする

形態測定学では，物体の微細な幾何形状を調和関数を用いて表現し，物体形状の類似性を解析されており，理学・農学の分野においては生物形態と環境場や遺伝情報との関連などが分析され

ている)。このような形態測定学的アプローチを多孔質体の間隙形状解析に適用すれば、間隙のコネクティビティを評価することが可能となり、従来の体積平均量による流路特性値の表現とは一線を画した分析が可能になると期待される。

なお、本研究では、支配的流体力として慣性力の影響が顕著になり始める 1000 程度以下の low & moderate な Reynolds 数領域を対象とし、間隙率が顕著に異なる場合を比較することによって支配的な流体力がアップスケーリング効果に及ぼす影響についても明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 低ポロシティ多孔質体に関する研究

作成した低ポロシティ多孔質体の間隙構造を X 線 CT を用いて可視化するとともに、透水実験を実施して、多孔質体構成要素のアスペクト比と透水試験の結果について検討を行った。また、管水路中に 3D プリンターを用いて作成した多孔質体構成要素である球および楕円体を単一で設置してその周辺の流況を PTV 法を用いて計測するとともに、楕円体で構成される多孔質他模型を設置して、通過流れの流況を同様の手法で計測した。これによって多孔質体通過流れによって誘起される乱れの相違について検討した。

さらに、多孔質体通過することによる乱れの生成・発達機構を詳細に検討するための数値計算手法 Immersed Boundary Method の拡張性について検討した。

(2) 低ポロシティ多孔質体内の流動特性の検討

低ポロシティ多孔質体間隙における流動特性は、繊維を同一径の球形粒子によりモデル化し、Ewald の格子和を用いて周期境界条件を適用し、さまざまな体積率条件下で流体の透過性について検討した。このとき、繊維の屈曲角度や屈曲間長を変えて数値実験を行い、ポロノイ分割を利用した空隙ネットワーク解析を行って空隙構造と多孔質体透過率との関係について検討した。

また、繊維層を模したマイクロ流路を作成し、低レイノルズ数条件下で微粒子を含む懸濁液を通過させて、低ポロシティ多孔質体による微粒子の拡がり挙動の評価を行った。

4. 研究成果

(1) 低ポロシティ多孔質体流れ

低ポロシティ多孔質体の一例としてポーラスな建設材料を対象とし、建設材料に使用する粒子形状が流体の流下挙動に及ぼす影響について検討した。透水性舗装に代表されるような建設最良としての低ポロシティ多孔質体においては、規格化された材料を使用して、その空隙特性を空隙量のみで表す手法として確立されている。間隙形状が流路に及ぼす影響は大きく、粒子の形状は流下時間の制御に役立つと考えられるものの、間隙形状と流下メカニズムとの関係を詳細に検討した研究は少ない。そこで、まず、実験室で作製したアスペクト比 2.0~2.8 の碎石を用いた空隙率 20% のアスファルト試験板で上面からの透水試験を実施した。その後、切り出した円柱で定水位透水試験と X 線 CT を用いた粒子の配置計測を行った。その結果、より扁平な碎石を用いた試験供試体では、透水量が多く、初期透過時間は短くなった。X 線 CT により撮影された画像より、扁平な碎石が水平に配列されるため、透水時に広がりが生じたと考えられた。

次に、碎石の扁平度合い(アスペクト比)がアスファルト混合物の見かけの流れやすさに及ぼす影響について基礎的な検討を行った。その結果、コア供試体のアスペクト比が小さいほど水頭差の増加による透水係数の減少が大きいこと、板状供試体で透水性能を試験するとアスペクト比が大きいほど水平方向に広がり透過時間が短くなること等を見出した。すなわち、間隙の構造

が透水試験に及ぼす影響が有意であることが明らかになった。

このような低ポロシティ多孔質体間隙の流動を計測するには多大な労力を要する。このような課題への対応として、数値計算手法 Immersed Boundary Method を多孔質体間隙流動の解析に適用した。従来、この種の検討では、2次元計算や球体を対象とした研究が主であったが、本研究では回転楕円体を対象とした。まず、3Dプリンターを用いて回転楕円体の模型を制作し、これを管路内に固定してその近傍の流況を PTV 画像流速計速報によって計測し、その計測結果と計算結果を比較することによって、数値計算手法の妥当性を検証した。さらに、楕円体のアスペクト比によって抗力が変化することを確認した。

そのうえで、楕円体で構成される多孔質体構成部材のアスペクト比や内部構造の不均一性が、多孔質体通過流れの圧力降下量に大きな影響を及ぼすことを明らかにし、これまで経験的に指摘されていたアップスケール効果を数値計算によって定量的に評価可能であることを示した。

Immersed Boundary Method は、多孔質体の構成部材の境界条件を精緻に考慮することができる故に、空間スケールの大きな現象の計算には不向きである。これに対する対策のひとつとして周期境界条件モジュールの導入を行い、無限に広がる多孔質体を模した計算や管路などの実験条件に即した計算を行って実験結果との比較が行えるように改善をはかった。同時に、水面変動を比較的容易に計算できる改善も図った。これらの改善によって、自然界や工学分野でさまざまな境界条件の下で利用されている多孔質体通過流れに対する検討が可能となり、その性能評価を定量的に検討することが可能になった。

(2)高ポロシティ多孔質体流れ

繊維層を用いた濾過プロセスや、生体内における繊維状物質中の移動現象においては、繊維層中の流体運動が重要な指標のひとつとなる。そこで、まず、低レイノルズ数条件で繊維層中の流体透過特性について調べた。粒子で模擬した繊維層中の流体透過率を Stokesian dynamics 法により算出した結果、ポロシティが等しくても、繊維形状が直線状の場合よりも屈曲している場合の方が、透過率が低いことが明らかになった。すなわち、ポロシティという指標だけでは多孔質体通過流れの特性を表すことができず、間隙の構造が重要であることが再認識された。さらに、ポロノイ分割を利用して繊維層内の空隙構造・コネクティビティを評価した。ポロシティだけでなく空隙のコネクティビティを考慮した動水半径を求め、透過率との関係を明らかになった。

次に、繊維層を複数の円柱でモデル化したマイクロ流路を作成し、低レイノルズ数条件下における多孔質体中の微粒子懸濁液の移動特性を実験的に検討するとともに、数値計算によっても検討した。実験では、円柱の配置が異なる数種類の流路内に微粒子懸濁液を流し、微粒子の拡がり挙動への影響を評価した。数値解析では、疎密構造をもつ粒子層中を透過する微粒子の挙動を求め、疎密部分の体積率の差によって微粒子の拡がりや促進または抑制されることを明らかにした。

これらの検討の後に、粗密構造をもつ粒子層および繊維層中を透過する微粒子の流体力学的拡散挙動を数値解析により検討した。層内に不均一に分布した空隙内での微粒子の流体力学的拡散挙動について、パーコレーションや異常拡散の考え方を取り入れて表現することを検討した。具体的には、一連の本研究によって得られた流体力学的相互作用を考慮した微粒子の拡がり挙動の結果を、確率を用いた方法で再現できないか試みた。不均一な空隙分布の影響を明らかにするには至らなかったが、流体力学的拡散を確率的に表現できる可能性を見出すに至った。

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 5件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 三宅亮人, 重松孝昌, 中條壯大	4. 巻 36
2. 論文標題 気液界面を貫通する複数振動円柱周りの流動特性に関する数値計算	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 混相流	6. 最初と最後の頁 247-254
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 山村雄司, 重松孝昌, 中條壯大	4. 巻 36
2. 論文標題 一方向流中に設置した単一および複数楕円体の後流域特性に関する実験的研究	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 混相流	6. 最初と最後の頁 229-236
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 大友涼子, 出口裕仁, 原田周作	4. 巻 36
2. 論文標題 高ポロシティを有する繊維層および粒子層中の空隙ネットワークと流体透過特性の解析 ポロノイ分割を利用した空隙構造と動水半径の評価	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 混相流	6. 最初と最後の頁 266-273
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 麓 隆行, 裏 泰樹, Stephen A. Hall	4. 巻 76
2. 論文標題 X線CTによる圧縮応力下のコンクリート内部の3次元ひずみ分布計測向上のための基礎研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集A2 (応用力学)	6. 最初と最後の頁 I_337 - I_346
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejam.76.2_i_337	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 麓隆行, 川本幸宏, 村田隆男, 高田良章	4. 巻 20
2. 論文標題 X線CT法を用いた凍結融解作用によるモルタル内部の体積変化に関する基礎検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 コンクリート構造物の補修,補強,アップグレード論文報告集	6. 最初と最後の頁 303 - 308
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 久末 信幸, 竹原 幸生	4. 巻 76
2. 論文標題 水平取水設備における水平管の吸込流速と渦発生に関する実験的検討	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1(水工学)	6. 最初と最後の頁 I_931-I_936
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 S. Abe, T. Takagi, S. Torisawa, K. Abe, H. Habe, N. Iguchi, K. Takehara, S. Masuma, H. Yagi, T. Yamaguchi, S. Asaumi	4. 巻 93
2. 論文標題 Development of fish spatio-temporal identifying technology using SegNet in aquaculture net cages	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Aquacultural Engineering 93 (2021)	6. 最初と最後の頁 102146_1-_14
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 中條 壮大, 小塚 泉, 重松 孝昌	4. 巻 76
2. 論文標題 没水した多孔質体周辺および内部の流動とせん断速度に波周期の変化が及ぼす影響	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_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.76.2_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 山村 雄司, 重松 孝昌, 中條 壮大	4. 巻 76
2. 論文標題 楕円体の設置姿勢がその近傍の流況特性に及ぼす影響に関する実験的研究	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 pp. I_751-I_756
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_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 麓隆行	4. 巻 41
2. 論文標題 圧縮応力下のコンクリート供試体のX線CT画像への各種3次元画像計測法の適用性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 コンクリート工学年次論文集	6. 最初と最後の頁 53-58
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 麓隆行	4. 巻 19
2. 論文標題 X線CT法によるペースト供試体内部の水分逸散による体積変化分布に関する基礎研究	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 コンクリート構造物の補修・補強・アップグレード論文報告集	6. 最初と最後の頁 407-412
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 久末信幸, 竹原幸生	4. 巻 75
2. 論文標題 鉛直取水設備における取水管の吸込流速と 渦発生に関する実験的検討	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1	6. 最初と最後の頁 I_787-I_792
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejhe.75.2_I_787	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 高野保英, 沖中知雄, 竹原幸生, 中野人志, 下ノ村和弘, 林直樹, 三井鷹, 江藤剛治	4. 巻 39(9)
2. 論文標題 1億枚/秒のマルチフレーミングセンサによる飛翔する光の撮影	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 可視化情報学会論文集	6. 最初と最後の頁 35 - 40
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3154/tvsj.39.35	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 Takeharu Goji Etoh, Tomoo Okinaka, Yasuhide Takano, Kohsei Takehara, Hitoshi Nakano, Kazuhiro, Shimonomura, Taeko Ando, Nguyen Ngo, Yoshinari Kamakura, Son Dao Vu Truong, Array, Edoardo Charbon, Array, Piet De Moor, Paul Goetschalckx, Luc Haspeslagh	4. 巻 19(10)
2. 論文標題 Light-In-Flight Imaging by a Silicon Image Sensor: Toward the Theoretical Highest Frame Rate	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Sensors	6. 最初と最後の頁 2247
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 渡辺 友哉, 中條 壮大, 重松 孝昌	4. 巻 75(2)
2. 論文標題 構成部材のアスペクト比が多孔質体通過流れに及ぼす影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学海論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_943 - I_948
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.I_943	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16件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件)

1. 発表者名 麓 隆行, Dmitry Ivanov, 北河 悠斗, Stephen A. Hall
2. 発表標題 X線CTとDVCを用いた圧縮応力下における模擬試験体内部に設けた粗骨材粒子周辺のペーストの変形に関する基礎検討
3. 学会等名 応用力学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中野勇樹, 大友涼子
2. 発表標題 疎密のある粒状多孔質体中を移動する微粒子挙動の数値解析
3. 学会等名 日本混相流学会 混相流シンポジウム2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小林雅哉, 大友涼子, 板東潔
2. 発表標題 多孔質体中を流れるマイクロ微粒子の移動特性(多孔質構造が流体力学的拡散に及ぼす影響)
3. 学会等名 日本機械学会 関西支部第96期定時総会講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 久末 信幸, 竹原 幸生
2. 発表標題 水力発電所の水平取水設備における空気吸込渦の発生要因
3. 学会等名 日本流体力学会年会2020
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 中條 壮大, 小塚 泉, 重松 孝昌
2. 発表標題 没水した多孔質体周辺および内部の流動とせん断速度に波周期の変化が及ぼす影響
3. 学会等名 海岸工学講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山村 雄司, 重松 孝昌, 中條 壮大
2. 発表標題 楕円体の設置姿勢がその近傍の流況特性に及ぼす影響に関する実験的研究
3. 学会等名 海岸工学講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yuji Yamamura, Takaaki Shigematsu, Sota Nakajo
2. 発表標題 International Conference on Coastal Engineering
3. 学会等名 Velocity Characteristics in Wake of a Non-sphere Body and in Pore of Porous Media Composed of Non-Spheres
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大友涼子, 出口裕仁
2. 発表標題 繊維層中の流体透過特性および空隙ネットワーク解析
3. 学会等名 混相流シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 麓隆行, 岩月栄治, 中井慶成
2. 発表標題 ASR模擬供試体内部の膨張計測へのX線CT画像を用いた画像相関法の適用性
3. 学会等名 土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高野保英, 麓隆行
2. 発表標題 X線CT装置による土壌の体積含水率測定手法の検討
3. 学会等名 土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 麓隆行, 高木雅斗, 藤田昇悟
2. 発表標題 X線CT法によるペースト供試体内部の水分逸散と体積変化分布に関する基礎検討
3. 学会等名 資源素材学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 麓隆行, 山本康輔, 岩月栄治, 中井慶成
2. 発表標題 X線CT画像と画像相関法を用いたASR模擬供試体内部の膨張計測に関する検討
3. 学会等名 資源素材学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takayuki Fumoto, Stephen Hall
2. 発表標題 Fundamental study on deformation of paste around one aggregate in specimen under compressive stress by x ray CT and DVC
3. 学会等名 The 6th International Conference on Material Modelling (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 6.Takayuki Fumoto, Stephen Hall
2. 発表標題 DEFORMATION OF MORTAR AROUND AN AGGREGATE IN A TRIAL SPECIMEN UNDER COMPRESSIVE STRESS USING X RAY CT AND DVC
3. 学会等名 International Conference on Tomography of Materials & Structures (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 竹原幸生
2. 発表標題 裏面照射マルチ電荷収集ゲートイメージセンサによる光の飛翔の撮影
3. 学会等名 高速度イメージングとフォトニクスに関する総合シンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 渡辺 友哉, 中條 壮大, 重松 孝昌
2. 発表標題 構成部材のアスペクト比が多孔質体通過流れに及ぼす影響
3. 学会等名 海岸工学講演会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

多孔質体を通過する流れに関する研究
http://sauron.urban.eng.osaka-cu.ac.jp/?page_id=744

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	大友 涼子 (Otomo Ryoko) (00726862)	関西大学・システム理工学部・助教 (34416)	
研究分担者	中條 壮大 (Nakajo Sota) (20590871)	大阪市立大学・大学院工学研究科・准教授 (24402)	
研究分担者	麓 隆行 (Fumoto Takayuki) (30315981)	近畿大学・理工学部・教授 (34419)	
研究分担者	竹原 幸生 (Takehara Kosei) (50216933)	近畿大学・理工学部・教授 (34419)	

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