

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：32641

研究種目：挑戦的研究（開拓）

研究期間：2018～2020

課題番号：18H05334・20K20352

研究課題名（和文）ミュオン粒子を活用した河川堤防及び土木構造物の内部構造可視化技術の開発

研究課題名（英文）Development of Visualization Technology for Internal Structures of River Embankments and Civil Engineering Structures by Muon

研究代表者

山田 正（YAMADA, TADASHI）

中央大学・理工学部・教授

研究者番号：80111665

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 19,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究は河川堤防及び土木構造物の内部構造可視化技術としてミュオン粒子を活用した探査技術の開発を目的として実施したものである。設定した4つの研究課題に取り組み、その成果として、小型且つ短時間で計測可能な可視化技術を確立することができた。今回開発した検出器はノートパソコン程度の小型化に成功し、土被り3m程度までは容易に可視化できる。また、同時計数型のミュオン粒子検出器を用いて河川堤防の可視化実験を実施したところ、約8時間程度で堤防形状を補足できた。また、土槽を用いた浸水状況の可視化実験にも成功したことから、洪水時の堤防内部状況を可視化できる新たな技術として活用することも可能になった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年の極端降水現象により甚大な水災害が繰り返されている。堤防の決壊、土砂崩れ等による被害が毎年のように発生している。しかし、こうした土構造物の内部構造を可視化する技術は発展途上にある。我々は宇宙線ミュオン粒子を活用して内部構造を可視化する技術を確立することを目指した。ミュオン粒子を用いた探査技術は先行研究が複数あるが、いずれも巨大な装置と年単位での時間が必要とされている。我々が開発した探査装置はノートパソコン程度の小型化に成功し、数時間で土槽の内部構造を可視化することができた。これによって、これまで非破壊検査が求められてきたあらゆる土木構造物の内部探査技術として応用できる可能性が見いだせた。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this research was to develop exploration technology by muons in order to visualize the internal structure of levees and civil engineering structures. The research is divided into four topics. As a result, we were able to establish a compact visualization technology which can measure in a short time. The present research has succeeded in downsizing the detector to the size of a laptop and can easily visualize soil cover with thickness up to about 3 m. In addition, when a visualization experiment of the levees was carried out using a simultaneously counting type muon detector, the levee shape could be caught in about 8 hours. Moreover, we also succeeded in visualizing the infiltration situation of a soil tank in an experiment, so it is possible to utilize it as a new technology that can visualize the internal situation of the levee at the time of flood.

研究分野：水文学

キーワード：ミュオン粒子 土木構造物の可視化 防災対策技術の開発 探査技術の開発 検出器の改良

1. 研究開始当初の背景

頻発する極端降水現象により甚大な河川災害が後を絶たない。河川災害は、河川水越流時の急速な堤体浸食による「越流型」、河川水位の上昇が誘発する浸潤現象による「浸透型」に大別される。越流型と浸透型のそれぞれの予防では、河川堤防の形状と堤防の内部状態の空間的な連続把握が重要となるが、現状ではそのどちらも難しい。

河川堤防を始めとする巨大な土木構造物の内部状態の把握に対しては高い需要が以前から認識されている。図-1 は堤防内部の断面を示したものであるが、このように河川堤防は築堤、改築を繰り返しているものが多く、内部構造が複雑である。しかし、この内部構造を把握できなければ弱点箇所を抽出することができない。しかし、現行実施されているボーリングを代表とする調査手法では、こうした需要を満足できず、探査技術と数値解析のいずれもが未確立なのが現状である。

これに対して、近年宇宙線ミュオン粒子を利用した内部探査技術が注目されている。これまで不可能とされていた数十mの探査深度と数十cmの解像度が実現されており、ピラミッドや火山等における内部構造可視化の成功が報告された(図-2)。ピラミッド内部の可視化に際しては原子核乾板をピラミッド内部の通路に敷き詰め、それを通過するミュオン粒子の軌跡を乾板から読み取り抽出・分析する方法が採用されている(図-3)。これは乾板方式と呼ばれるミュオン粒子を活用した探査技術であり、現在主流とされている方法である。しかし、このような乾板を堤防やトンネル、山体の下部に大量に設置することは困難であり、また観測時間も長期間(数カ月から複数年)必要とされる。

2. 研究の目的

本研究では、光半導体技術を導入することで装置の小型化と検出時間の短縮を実現し、世界初となるミュオン粒子を活用した新たな土木構造物の内部構造可視化技術を開発する。この探査技術を用いて実河川の堤防の計測を行い、堤防の形状と内部構造の空間的な連続把握が可能となることを実証した。

3. 研究の方法

本研究では、分担者の専門性と経験が発揮されるように4つの研究課題を設定して取り組んだ。本申請では、特に河川堤防の内部状態把握とその情報に基づいた新しい危機管理を考案するため、水文学、河川水理学、地盤工学を専門とする研究者に加え、ミュオン粒子の特性に詳しい量子力学を専門とする研究者、ミュオン粒子を用いた内部探査を専門とする研究者、検出器製作の協力者からなる幅広い構成で実施した。

- 【研究課題①】ミュオン粒子による検出器の計測対象の検討
- 【研究課題②】既存の同時計数型検出器による試験計測
- 【研究課題③】光半導体型のミュオン粒子検出器の設計と試作
- 【研究課題④】土木構造物の内部構造可視化技術の確立

4. 研究成果

- 【研究課題①】ミュオン粒子による検出器の計測対象の検討
水文学と地盤工学の土木工学研究者と宇宙線を専門とする物理学者が定期的に会合をもつこ

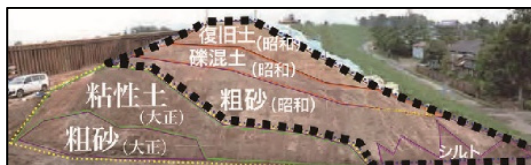


図-1 鳴瀬川の堤防開削断面(堤体内部は合計5種類の異なる土質から構成。点線が大正年間、太点線が昭和中期に築造されている。)

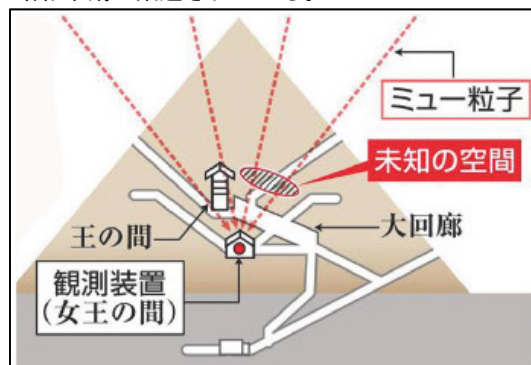


図-2 ミュオンによるピラミッドの内部探査による巨大空間の発見(2017年11月2日産経ニュースから引用:本研究分担研究者による成果)



図-3 ピラミッド内部探査時のミュオン検出方法(原子核乾板をピラミッドの通路に大量に設置し、乾板を通過したミュオン粒子の軌跡を計測する:本研究分担者による成果¹⁾)

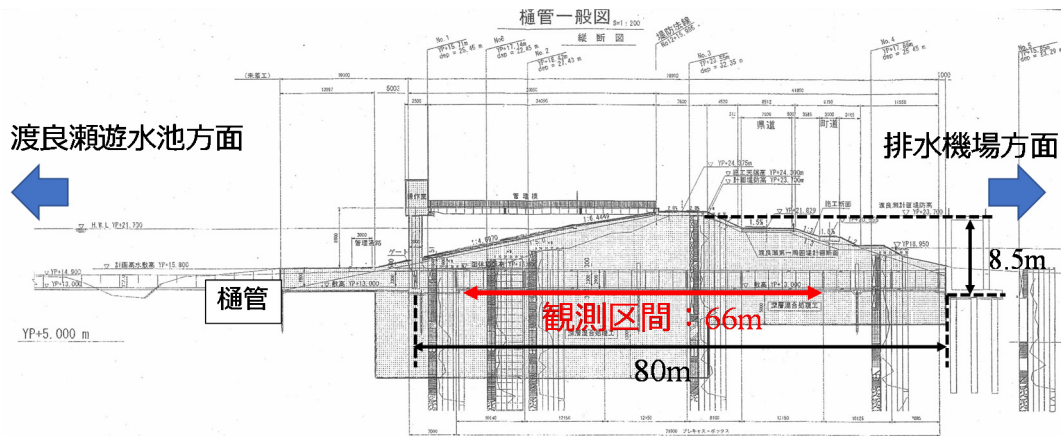


図-4 観測対象とした河川堤防（渡良瀬川遊水池から谷戸川第一排水機場に至る約80mの土堤防を観測対象として選定）

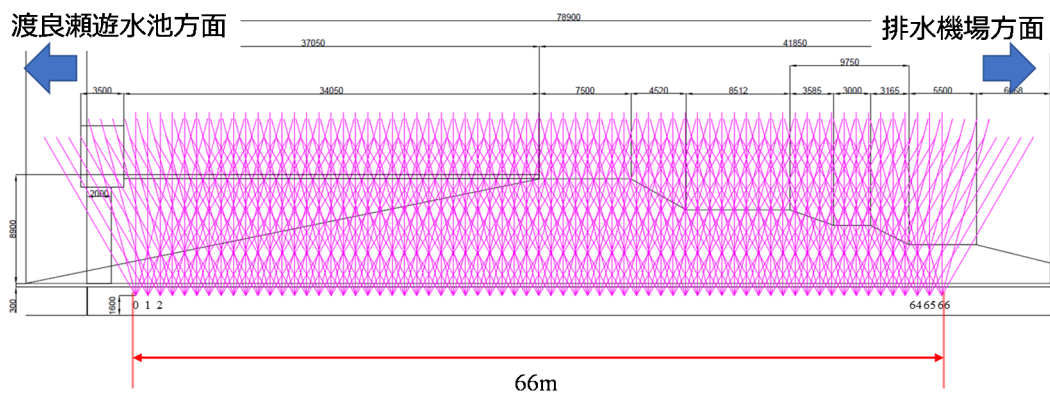


図-5 観測に必要な測点数の算出（使用した検出器には検出器1台に対して副検出器が5台設置されていることから1つの測点について5つの角度でミュオン粒子を捕捉できるものである）

とで、ミュオン粒子検出器により初めて実態の把握が見込める物理現象にどのようなものがあるかを多角的に議論した。まず提起されたのは河川堤防の浸水状況を可視化できるかということである。これが可能になれば、河川堤防内のパイピング現象を可視化することができ、堤防決壊のメカニズム把握と、長期的には洪水時の堤防破堤予測につなげることも可能になる。ただし、ミュオン粒子を的確に捕捉するためには捕捉率を考慮して検出器を配置する必要があり、堤防観測のためには堤防下部を通る桶門、桶管内部に配置することが望ましく、そこを移動させながら堤防形状及び内部構造を可視化できないかと考えた。

観測対象としたのは、渡良瀬遊水池と谷田川第一排水機場とをつなぐ谷田川第一排水桶管上部の堤防である（図-4）。桶管の全長は約80mあり、高さ2.3m×幅2.3mの正方形の桶管である。観測は出水期を避けた冬期（2020年1～2月）に実施した。観測に使用したのは、同時計数型マルチ検出器であり、1台に5つの副検出器が設置されていることから、1測点につき5方向からのミュオン粒子を捕捉することができる。これを考慮して、桶管内部の全長66mを1mずつ移動させながら観測することとした（図-5）。1測点当たりの計測時間は、偶数測点は8時間、奇数測点は15時間とした。この計測時間の違いは、観測員の日中の移動に際する利便性を考慮してのことである（午前8時と午後4時に検出器を移動させるため）。

【研究課題②】既存の同時計数型検出器による試験計測

図-6に試験計測の結果を示す。これは各観測点において観測した1時間当たりのミュオン粒子の計測数から経験式（湊の式）を用いて面密度を算出し、その移動平均をとったものである（副検出器のうち天頂角のみの計測数を使用）。その結果、堤防形状を概ね捉えられることがわかった。また、堤防内部を可視化するために、1m格子に分割したトモグラフィ解析を行った結果が図-7である。桶門の天井部分を示すコンクリート（解析値 $1.81\text{g}/\text{cm}^3$ ）が約30cmの厚さで明確に見えており、堤防内部の面密度は $1.56\sim 1.60\text{g}/\text{cm}^3$ となっていることから大きな空洞等がない均一な土体であることがわかった。

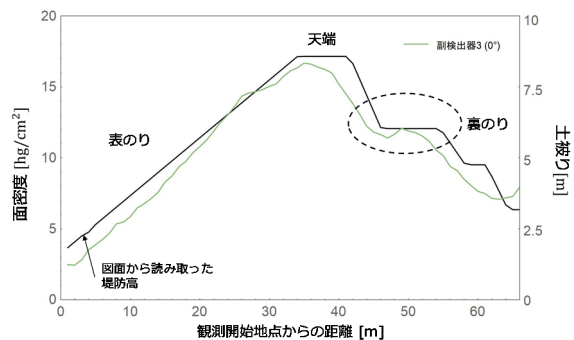


図-6 面密度の移動平均値（堤防形状を捉えられている）

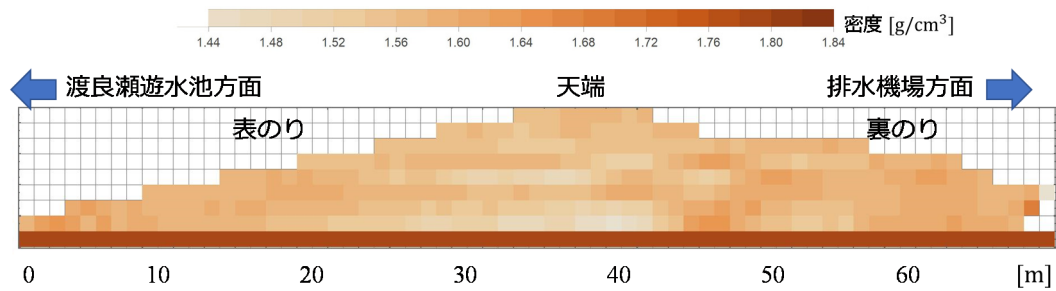


図-7 トモグラフィ解析の結果（使用した検出器には検出器1台に対して副検出器が5台設置されていることから1つの測点について5つの角度でミュオン粒子を捕捉できるものである）

【研究課題③】光半導体型のミュオン粒子検出器の設計と試作

一般的なミュオン粒子の検出器は大型のものが多く、使用場所が制限されている現状がある。今後、多様な土木構造物の内部構造可視化技術として確立するためには小型化することが必須要件となる。本研究では、シンチレーションファイバと光半導体を用いることで、ノートパソコン程度（W30cm×D40cm×H15cm）の検出器を設計し、試作に成功した（図-8）。この性能を評価するため、土槽を用いた検証実験を行った。検証実験は半径60cm、高さ70cmの土槽内部に均一に砂を敷き詰め、土槽下部に試作した検出器を設置してミュオン粒子の計測数を観測した（図-9）。また土体の中での水の移動を可視化できるか判別するため、土槽半分まで注水した半飽和状態と乾燥状態の比較検証を行った。計測期間は経験式による推定値をもとにそれぞれ2週間とした。



図-8 試作した半導体小型検出器（ノートパソコン程度の検出器開発に成功した）

計測の結果を図-10に示す。乾燥状態の面密度は約1.18hg/cm²であり、半飽和状態の面密度は約1.34hg/cm²であったことから、乾燥状態と半飽和状態が判別できていると言える。

土槽状態	乾燥時	半飽和時 (半分の高さまで注水した状態)
	面密度：1.18 [hg/cm ²]	面密度：1.34 [hg/cm ²]

図-9 土槽実験の内容（乾燥状態と半飽和状態で2週間ずつ計測）

【研究課題④】土木構造物の内部構造可視化技術の確立

以上の研究結果から、堤防内部を1m四方の格子状で可視化するためには1箇所当たり約8時間の計測で検出できる。また、乾燥と半飽和の状態を把握するためには小型計測器で2週間程度観測すれば数値が安定することがわかった。

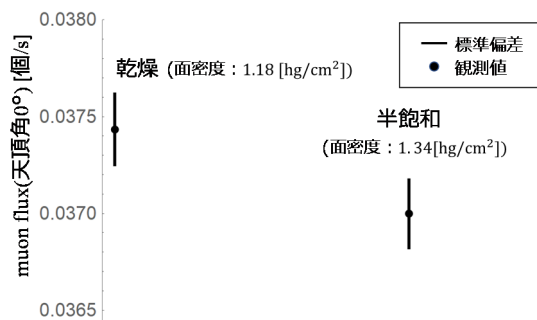


図-10 試作機の検証実験結果（乾燥状態と半飽和状態が判別できている）

本研究において開発した小型検出器は相応の精度をもち、今後の土木構造物の可視化に応用できる可能性を示すことができた。非破壊での計測が期待されているトンネルや橋梁橋脚部等のコンクリート劣化診断等、土木構造物の内部可視化技術として適用できる可能性があると同時に、浸水状況の可視化にも成功したことから、洪水時における堤防及び山体の内部状況把握のための計測器としても応用できる可能性を示した。

出典

1) Kunihiro Morishima, Mitsuaki Kuno, Akira Nishio, Nobuko Kitagawa, Yuta Manabe, Masaki Moto, Fumihiko Takasaki, Hirofumi Fujii, Kotaro Satoh, Hideyo Kodama, Kohei Hayashi, Shigeru Odaka, Sébastien Procureur, David Atti, Simon Bouteille, Denis Calvet, Christopher Filosa, Patrick Magnier, Irakli Mandjavidze, Marc Riallot, Benoit Marini, Pierre Gable, Yoshikatsu Date, Makiko Sugiura, Yasser Elshayeb, Tamer Elnady, Mustapha Ezzy, Emmanuel Guerriero, Vincent Steige, Nicolas Serikoff, Jean-Baptiste Mouret, Bernard Charlès, Hany Helal, Mehdi Tayoubi : Discovery of a big void in Khufu's Pyramid by observation of cosmic-ray muons, Nature 552(7685), pp. 386-390

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 17件）

1. 著者名 安江絵翔, 前田健一, 松田達也, 鈴木悠真	4. 巻 Vol.76
2. 論文標題 高速流体作用下で地盤内に生じる浸透及び過剰間隙水圧が洗掘現象に及ぼす影響	5. 発行年 2020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_301-I_312
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 -
1. 著者名 泉典洋, 前田健一, 岡村未対	4. 巻 Vol.76
2. 論文標題 簡易なモデルを用いた複層状堤防周辺地盤の浸透流解析	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_325-I_330
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 -
1. 著者名 牧洋平, 前田健一, 伊神友裕	4. 巻 Vol.76
2. 論文標題 河川堤防における噴砂とパイピング孔進展に伴う間隙水の圧力伝播と流れの局所化	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_319-I_324
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 -
1. 著者名 安江絵翔, 前田健一, 鈴木悠真, 丹羽俊介	4. 巻 Vol.76
2. 論文標題 砂質地盤内で生じる浸透流が開水路流れの抵抗特性に及ぼす影響	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_1243-I_1248
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 -

1. 著者名 高辻理人, 前田健一, 牧洋平, 伊神友裕, 泉典洋	4. 巻 Vol.26
2. 論文標題 堤内外の基礎地盤特性が河川堤防のパイピング破壊に及ぼす影響と堤防調査方法の提案	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 467-472
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 -

1. 著者名 前田健一, 岡村未対, 石原雅規, 新清晃, 上野俊幸, 西村柁哉, 高辻理人, 品川俊介, 笹岡信吾	4. 巻 25
2. 論文標題 北川で繰返し発生した噴砂による堤内・裏法尻箇所のゆるみ調査	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 535-540
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 -

1. 著者名 岡村未対, 前田健一, 西村柁哉, 高辻理人, 石原雅規, 品川俊介, 今村衛	4. 巻 25
2. 論文標題 北川で繰返し発生した陥没を伴う噴砂の詳細メカニズム調査	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 487-492
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 -

1. 著者名 西村柁哉, 前田健一, 高辻理人, 牧洋平, 泉典洋	4. 巻 25
2. 論文標題 実堤防の調査結果に基づいた河川堤防のパイピング危険度の力学的点検フローの提案	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 499-504
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 -

1. 著者名 柴原直範, 前田健一, 松田達也	4. 巻 75
2. 論文標題 防波堤基礎の地盤特性を踏まえた津波による支持力破壊モードに関する有限要素解析	5. 発行年 2019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 487-492
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 -

1. 著者名 柴原直範, 前田健一, 松田達也	4. 巻 Vol.75, No.2
2. 論文標題 津波を受ける防波堤の破壊モードと 支持力降伏曲面の適用	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 847-852
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 -

1. 著者名 安江絵翔, 前田健一, 松田達也, 鈴木悠真	4. 巻 Vol.75, No.2
2. 論文標題 定常流下での防波堤マウンド内に発生する浸透流の局所化が洗掘に及ぼす影響	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 709-714
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 -

1. 著者名 小山宏人, 前田健一, 安江絵翔, 鈴木悠真	4. 巻 Vol.75
2. 論文標題 鉛直上向き浸透流を受ける水平飽和砂地盤上の基礎の沈下挙動	5. 発行年 2019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 455-466
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 -

1. 著者名 内藤 直人, 布川 修, 前田健一	4. 巻 Vol.75
2. 論文標題 不飽和土の斜面流下・衝突挙動に関する粘着力を考慮した個別要素法解析	5. 発行年 2019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 433-444
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 -

1. 著者名 ムハマドイザーズハズミービンスハイミ, 山田朋人, 久加朋子, 清水康行, 奥田醇, 星野剛	4. 巻 76
2. 論文標題 2016年北海道豪雨災害を対象としたアンサンブル気象予測を用いた河川水位, 河床変動及び氾濫形態の予測可能性	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B1 (水工学)	6. 最初と最後の頁 435-440
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 -

1. 著者名 Kenichi Maeda, Masaya Nishimura and Masato Takatsuji	4. 巻 9
2. 論文標題 Micro - macro modelling of piping and internal erosion in river levee	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Scour and Erosion IX	6. 最初と最後の頁 353,358
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 -

1. 著者名 西村 征哉, 前田健一, 櫛山総平, 高辻理人, 泉典洋	4. 巻 24
2. 論文標題 河川堤防のパイピング危険度の力学的簡易点検フローと漏水対策型水防工法の効果発揮条件	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 河川技術論文集	6. 最初と最後の頁 613,618
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 -

1. 著者名 鈴木 悠真, 前田 健一, 松田 達也, 高木 健太郎	4. 巻 74
2. 論文標題 水平流れが作用する地盤への浸透現象に伴う過剰間隙水圧の発生要因分析	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 土木学会論文集(B2)	6. 最初と最後の頁 721, 726
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 -

[学会発表] 計46件(うち招待講演 0件/うち国際学会 2件)

1. 発表者名 福田竜平, 山田 正, 鈴木 敬一, 草芽 太郎
2. 発表標題 河川堤防の内部構造可視化へ向けたミュ-粒子観測
3. 学会等名 令和二年度土木学会全国大会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安江絵翔, 前田健一, 鈴木悠真, 丹羽俊介
2. 発表標題 急激な水位変動を伴う水平開水路流れが飽和地盤の洗掘に及ぼす影響
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 丹羽俊介, 前田健一, 鈴木悠真, 安江絵翔
2. 発表標題 高速な開水路流れに伴う浸透流が洗掘現象にもたらす影響
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 牧洋平, 前田健一, 高辻理人, 伊神友裕
2. 発表標題 出水履歴の有無を考慮した河川堤防のパイピング進展メカニズム
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 伊神友裕, 前田健一, 高辻理人, 牧洋平
2. 発表標題 堤体下の空洞進展度を考慮した河川堤防のパイピング破壊のメカニズム解明
3. 学会等名 第55回地盤工学研究会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丹羽俊介, 前田健一, 鈴木悠真, 安江絵翔, 渡邊諭, 内藤直人
2. 発表標題 水平流体の作用時に防護工下で生じる地盤内浸透流が洗堀に及ぼす影響
3. 学会等名 第75回土木学会学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 牧洋平, 前田健一, 高辻理人, 伊神友裕
2. 発表標題 堤外側の基礎地盤条件が河川堤防の安全性に及ぼす影響と堤防調査方法の提案
3. 学会等名 第75回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 伊神友裕, 前田健一, 牧洋平, 岡田類
2. 発表標題 河川堤防のパイピング破壊における間隙水圧の消散および浸透流の局所化の影響
3. 学会等名 第32回中部地盤工学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 杉山直優, 前田健一, 峯祐貴, 磯合凌弥, 鈴木健太郎, 今野久志
2. 発表標題 落石防護土堤の性能設計法の確立に向けた重錘衝突実験
3. 学会等名 第32回中部地盤工学シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮崎功太郎, 星野剛, 山田朋人, 橋場雅弘
2. 発表標題 厚真川小流域における崩壊斜面からの流出土砂量の観測
3. 学会等名 土木学会北海道支部令和二年度年次技術研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 福田竜平
2. 発表標題 ミュー粒子を利用した探査技術の河川堤防への適用へ向けた考察
3. 学会等名 第27回地球環境シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 合田明弘
2. 発表標題 透過型砂防堰堤の土石流捕捉性能に関する研究
3. 学会等名 第27回地球環境シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 合田明弘
2. 発表標題 透過型砂防堰堤の巨礫捕捉効果に関する不確実性
3. 学会等名 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Keita SHIMIZU
2. 発表標題 A Report on Basic Experimental Results Related to the Development of Visualization Technology for River Levees Using Cosmetic Ray Muons
3. 学会等名 Smart Water Grid International Conference (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田健一
2. 発表標題 北川で繰返し発生した噴砂による堤内・裏法尻箇所のゆるみ調査
3. 学会等名 土木学会 河川技術に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西村 征哉
2. 発表標題 実堤防の調査結果に基づいた河川堤防のパイピング危険度の力学的点検フローの提案
3. 学会等名 土木学会 河川技術に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡村 未対
2. 発表標題 北川で繰返し発生した陥没を伴う噴砂の詳細メカニズム調査
3. 学会等名 土木学会 河川技術に関するシンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小山 宏人
2. 発表標題 鉛直上向き浸透流を受ける水平飽和砂地盤上の基礎の沈下挙動
3. 学会等名 第22回土木学会応用力学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 西村 征哉
2. 発表標題 矢板によるパイピング抑制効果と噴砂動態の関係
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高辻理人
2. 発表標題 基礎地盤の締固め効果を考慮したパイピング進展メカニズム解明
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 鈴木悠真
2. 発表標題 水平流れが作用する地盤内部への浸透と洗掘の相互作用
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安江絵翔
2. 発表標題 水平流れに起因する浸透流が防波堤マウンド基礎の洗掘に及ぼす影響
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山本定雄
2. 発表標題 透水性基礎地盤中の粒子配列に着目した河川堤防のパイピング進展挙動
3. 学会等名 第54回地盤工学研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 平子ともみ
2. 発表標題 空洞発生及び進展条件と空洞上地盤の耐力に着目した陥没発生の危険度評価
3. 学会等名 第31回中部地盤工学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牧洋平
2. 発表標題 パイピング進展メカニズムと現地調査に基づく河川堤防の簡易な弱部抽出フローの提案
3. 学会等名 第31回中部地盤工学シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高辻理人
2. 発表標題 簡易動的コーン貫入試験による宮崎県北川の被災メカニズム解明
3. 学会等名 第74回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 牧洋平
2. 発表標題 河川堤防の安定性に及ぼす堤内地の行き止まり境界の影響
3. 学会等名 第7回河川堤防技術シンポジウム論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 高辻理人
2. 発表標題 堤外側の基礎地盤特性が河川堤防の安全性に及ぼす影響
3. 学会等名 第7回河川堤防技術シンポジウム論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 泉典洋
2. 発表標題 複層を有する堤防周辺地盤の浸透現象
3. 学会等名 第7回河川堤防技術シンポジウム論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田健一
2. 発表標題 堤防災害の被災分析
3. 学会等名 地盤工学会・土木学会共催 令和元年台風19号および10月末豪雨災害に関する中間報告会～地盤・土砂災害を中心とした調査報告・被災分析～
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 前田健一
2. 発表標題 千曲川流域河川堤防の被災分析
3. 学会等名 土木学会中部支部・地盤工学会中部支部 土木学会中部支部
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 宮本真希
2. 発表標題 複数の気象要素と画像解析を用いた前線の抽出方法、口頭
3. 学会等名 令和元年度土木学会北海道支部年次技術研究発表会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akihrio Goda, Ichiu Koishi, Daiki Kakinuma, and Tadashi Yamada
2. 発表標題 The effect of grain-size of gravel on debris flow behaviors
3. 学会等名 Smart Water Grid International Conference (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 合田明弘, 小石一字, 柿沼太貴, 山田正
2. 発表標題 土石流中の巨礫に作用する流速が透過型砂防堰堤の巨礫捕捉効果に与える影響
3. 学会等名 第46回土木学会関東支部技術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村 征哉, 前田健一, 櫛山総平, 高辻理人, 泉典洋, 古溝幸永
2. 発表標題 簡易動的コーン貫入試験から見る河川堤防のパイピング進展メカニズム
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 鈴木 悠真, 前田 健一, 高木 健太郎
2. 発表標題 高速流れ作用下の地盤表層の浸透と流動層の可視化
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 高辻理人, 前田健一, 櫛山総平, 西村柁哉, 泉典洋
2. 発表標題 河川堤防のパイピング破壊の力学的考察に基づく漏水対策型工法の効果発揮条件
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 柏木淳, 前田 健一, 森河由紀弘
2. 発表標題 地盤の浸潤挙動に及ぼす植物根と成層条件の影響
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 前田健一, 西村柁哉, 高辻理人
2. 発表標題 マルチなスケールでみた河川堤防のパイピング破壊のダイナミクス
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 河田真弥, 前田健一, 田坂晃一
2. 発表標題 三次元浸透流に着目した管渠周辺地盤における空洞進展メカニズム
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村 征哉, 前田健一, 高辻理人
2. 発表標題 堤内地における行き止まり地盤の位置及び透水係数が河川堤防のパイピング破壊に及ぼす影響
3. 学会等名 第73回土木学会年次学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村 征哉, 前田健一, 高辻理人, 牧洋平, 泉典洋
2. 発表標題 堤内地の不陸及び支川からの流入による浸透流の局所化が河川堤防の安定性に及ぼす影響
3. 学会等名 第6回河川堤防技術シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 高辻理人, 前田健一, 西村 征哉, 牧洋平, 泉典洋
2. 発表標題 異なる堤体材料を用いた透水性基礎地盤を有する河川堤防の浸透破壊進展メカニズム解明
3. 学会等名 第6回河川堤防技術シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 安江絵翔, 前田健一, 鈴木悠真
2. 発表標題 水平流れによる浸透流が防波堤マウンド基礎の洗掘にもたらす影響
3. 学会等名 平成30年度土木学会中部支部年次技術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 牧洋平, 前田健一, 西村柁哉, 高辻理人
2. 発表標題 河川堤防の基礎地盤構造特性と噴砂動態の関係
3. 学会等名 平成30年度土木学会中部支部年次技術研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 河田 真弥, 前田 健一
2. 発表標題 浸透流と空洞の相互作用に着目した地下水上昇時の空洞進展メカニズム
3. 学会等名 第30回 中部地盤工学シンポジウム
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 地盤工学会	4. 発行年 2020年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 200
3. 書名 河川堤防の調査・検討から維持管理まで	

〔産業財産権〕

〔その他〕

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	安田 浩保 (YASUDA HIROYASU) (00399354)	新潟大学・災害・復興科学研究所・准教授 (13101)	
研究分担者	山田 朋人 (YAMADA TOMOHITO) (10554959)	北海道大学・工学研究院・准教授 (10101)	
研究分担者	森島 邦博 (MOSISHIMA KUNIHIRO) (30377915)	名古屋大学・理学研究科・特任助教 (13901)	
研究分担者	平川 大貴 (HIRAKAWA DAIKI) (40372990)	中央大学・理工学部・教授 (32641)	
研究分担者	前田 健一 (MAEDA KENICHI) (50271648)	名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (13903)	

	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	鈴木 啓一 (SUZUKI KEIICHI)	川崎地質株式会社・技術企画部・課長	
連携研究者	河村 成肇 (KAWAMURA NARITOSHI) (60311338)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・特任准教授 (82118)	

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
---------	---------