

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：14301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2011～2013

課題番号：23656297

研究課題名(和文)統計数理手法を用いた汎用的逆解析システムの開発：性能設計/維持管理への応用

研究課題名(英文)Development of the general-purpose system for inverse analysis based on the statistical mathematics: application to performance-based design and maintenance of soil structures

研究代表者

村上 章 (Murakami, Akira)

京都大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：80157742

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円、(間接経費) 840,000円

研究成果の概要(和文)：統計数理の方法(アンサンブルカルマンフィルタ/粒子フィルタおよびEMアルゴリズム)を援用して、今までにない斬新な逆解析システムを構築した。従来困難であった弾塑性パラメータの同定を欠測や観測誤差がある場合が解決されるばかりか、土構造を始めとする各種構造物の維持管理に必要な空洞などの欠陥同定についても、複数の欠陥を容易に求める可能性を有する。地盤模型実験の観測値を用いた解析を行い、得られるパラメータの精度を検証した。さらに、地盤や土構造物に関する実施工観測や各種構造物の機能診断事例を収集し、時系列解析によって観測誤差の統計的性質を検討したうえで、実問題に対する適用性を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：An innovative strategy for inverse analysis using the nonlinear Kalman filter and the EM algorithm has been developed. Proposed numerical procedure can be applied to the identification of parameters of the elasto-plastic for geomaterials and defect within soil structure and ground deposit. Numerical analyses are applied to experimental and practical problems after examining through the synthetic measurements.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学/地盤工学

キーワード：粒子フィルタ 水～土連成問題 EMアルゴリズム 弾塑性有限要素法 逆解析 データ同化 性能設計
維持管理

1. 研究開始当初の背景

統計数理の方法(アンサンブルカルマンフィルタ/粒子フィルタおよびEMアルゴリズム)を援用して、対象や分野を特に限定せず今までにない斬新な逆解析システムを構築する。これにより、従来困難であった弾塑性パラメータの同定を欠測や観測誤差がある場合が解決されるばかりか、土構造物を始めとする各種構造物の維持管理に必要な空洞などの欠陥同定についても、複数の欠陥を容易に求める可能性を有する。

アンサンブルカルマンフィルタ/粒子フィルタの応用については、大学共同利用機関法人 統計数理研究所・樋口知之副所長のグループがさまざまな適用対象を求めて検討を深めている。ただし、現時点では土木工学・建築学・機械工学など関連分野における工学上の対象は少ない。一方、研究代表者は従来からカルマンフィルタを用いた逆解析を主として地盤工学上の問題に適用する研究を行ってきた(関連課題により平成7年度土木学会論文賞、平成19年度農業農村工学会沢田賞を受賞)。アンサンブルカルマンフィルタや粒子フィルタはカルマンフィルタを発展させたものであり、従来の困難を克服する手段であることを研究代表者は必然的に認識した。これらの手段によれば、従来困難であった種々の逆解析が容易となる。

地盤工学に限らず、工学関連分野において逆解析法は発展を遂げてきたが、ことに観測誤差が存在する場合の主たる方法には解析上の限界があり、適用対象や求めうるパラメータにも限りがあった。また、欠測がある場合の処理については、従来の研究に大きな進展は見られなかった。本研究は、上記の困難を克服する斬新なアイデアを提示するものであり、同時に数値シミュレーションモデルに依存せずプログラムを作成できるため、広範な分野における多くの問題に対して、画期的かつ汎用的な方法となる点で高いチャレンジ性を有する。

2. 研究の目的

統計科学で発展している「アンサンブルカルマンフィルタ/粒子フィルタ」を用いて画期的かつ汎用的な逆解析手法を開発する。さらに、統計数理でいう「EMアルゴリズム」を援用して欠測データの補完も併せて行う。

本手法の開発に成功すれば、数値シミュレーションモデルを問わず、観測を合理的に取り込むことができる。数値シミュレーションと観測値の乖離を埋めるべく、同定すべき対象は初期条件・境界条件・モデル中パラメータのいずれにも対応する。その応用として、従来困難であった地盤・土/コンクリート構造物の弾塑性パラメータの同定があるほか、構造物内部の欠陥同定をも容易とする。さらに、適用対象は工学他

分野を問わないため、波及効果はきわめて大きい。

3. 研究の方法

アンサンブルカルマンフィルタ/粒子フィルタを水～土連成弾塑性有限要素シミュレーションモデルと連携させるシステムを開発・実施し、パラメータが既知である模擬観測値に対する解析を行うことで、アンサンブルカルマンフィルタ/粒子フィルタが地盤工学上の問題に対して如何に機能するかを検討する。対象を地盤に限ることなく、機械・建築などの関連分野にも適用される一般的な弾塑性有限要素シミュレーションモデルとの連携も検討する。

2年度目以降において、地盤模型実験の観測値を用いた解析を行い、得られるパラメータの精度を検証するほか、欠測がある場合の対処としてEMアルゴリズムを用いる。さらに、地盤や土構造物に関する施工観測や各種構造物の機能診断事例を収集し、時系列解析によって観測誤差の統計的性質を検討したうえで、実問題に対するアンサンブルカルマンフィルタ/粒子フィルタやEMアルゴリズムの適用性を明らかにする。

4. 研究成果

粒子フィルタと水～土連成有限要素法との組合せにより、土の弾塑性構成式のパラメータ同定を可能とした。室内実験計測値や実挙動観測値を用いて、その適用性を検証した(研究業績①および②)。さらに、構成式そのものの同定(モデル同定)と、構成式中のパラメータ同定を同時に行う方法を案出し実挙動観測値を用いて、従来は困難とされた側方変形を逆解析に取り入れ、沈下とともにその再現性を明らかにした(研究業績③)。

さらに、粒子フィルタでは用いる観測値が欠けている場合にパラメータの同定精度が劣る、パラメータ同定に大きく影響する観測ノイズの分散値 R_t を適切に決定する方法が確立されていないといった問題がある。そこで、EMアルゴリズムと粒子フィルタとを組み合わせることで、不完全な観測データに基づいて分散共分散行列 R_t を最尤推定する手法を提案した。

研究代表者・分担者は研究業績④により、平成24年度地盤工学会論文賞を受賞した。また、粒子フィルタを用いた弾塑性構成式のパラメータ同定の主題で、ドイツ・ルール大学ボーフム校 Tamara Nestorovic 教授のグループと共同研究を遂行し、京都大学農学研究科との部局間学術交流協定も締結した。このように、本研究課題による国内外のインパクトは大きい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 28 件)

珠玖隆行, 西村伸一, 村上 章, 藤澤和謙: 土構造物の信頼性設計における粒子フィルタの適用, 水土の知, 第 79 巻, 第 5 号, pp.345-348, 2011, 査読有
藤澤和謙, 村上 章, 西村伸一: 越流によるため池の堤体侵食に関する安定化数値解析, 水土の知, 第 79 巻, 第 8 号, pp.611-614, 2011, 査読有
珠玖隆行, 西村伸一, 村上 章, 西村有希, 藤澤和謙: データ同化に基づいた信頼性解析法による土構造物の性能照査, 地盤工学ジャーナル, 第 6 巻, 第 3 号, pp.415-426, 2011, 査読有,
<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jgs/-char/ja/>
福元 豊, 阪口 秀, 村上 章: 地盤材料の破壊基準を表現するためのシンプルな個別要素モデル, 土木学会論文集, 第 67 巻, 第 1 号, pp.105-112, 2011, 査読有,
<http://www.jsce.or.jp/library/open/files/open01.shtml>
西村伸一, 高山裕太, 鈴木 誠, 村上 章, 藤澤和謙: 堤体盛土における N 値空間分布の推定, 土木学会論文集, 第 67 巻, 第 2 号, pp.252-263, 2011, 査読有,
<http://www.jsce.or.jp/library/open/files/open01.shtml>
藤澤和謙, 村上 章, 西村伸一: 砂・粘土混合材料の侵食速度測定と室内越流破堤実験, 農業農村工学会論文集, 第 273 号, pp.45-55, 2011, 査読有,
<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jssidre/-char/ja/>
西村伸一, 清水英良: 条件付シミュレーションによる液状化対策工の信頼性設計, 農業農村工学会論文集, 第 275 号, pp.329-337, 2011, 査読有,
<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jssidre/-char/ja/>
A. Murakami, S. Nishimura, M. Suzuki, M. Mori, T. Kurata and T. Fujimura: Determination of the partial factors for the verification of the bearing capacity of shallow foundations under open channels, Georisk, Vol.5, No.3-4, pp.186-194, 2011, 査読有
T. Shibata and A. Murakami: A stabilization procedure for soil-water coupled problems using the Element-Free Galerkin Method, Computers and Geotechnics, Vol.38, pp.585-597, 2011, 査読有
A.K.M. Adham, A. Kobayashi and A. Murakami: Effect of climatic change on groundwater quality around the subsurface dam, Int. J. Geomate, Vol.1, No.1, pp.25-31, 2011, 査読有

T. Shuku, A. Murakami, S. Nishimura, K. Fujisawa and K. Nakamura: Parameter identification for Cam-clay model in partial loading model tests using the particle filter, Soils and Foundations, Vol.52, No.2, pp.279-298, 2012, 査読有
藤澤和謙, 村上 章, 西村伸一, 珠玖隆行: 土の侵食速度を用いた堤体の越流破堤解析, 土木学会論文集 A2 分冊(応用力学)特集号, 第 68 巻, 第 2 号, pp.1_317-326, 2012, 査読有,
https://www.jstage.jst.go.jp/pub/html/AY01S470_ja.html
新村隼人, 片岡資晴, 村上 章, 大野進太郎, 藤澤和謙: 粒子フィルタによる土の弾塑性モデル/パラメータ同定, 土木学会論文集 A2 分冊(応用力学)特集号, 第 68 巻, 第 2 号, pp.1_115-126, 2012, 査読有,
https://www.jstage.jst.go.jp/pub/html/AY01S470_ja.html
西村伸一, 珠玖隆行, 西村友希, 藤澤和謙, 村上 章: 粒子フィルタを用いた軟弱地盤の残留沈下予測, 土木学会論文集 A2 分冊(応用力学)特集号, 第 68 巻, 第 2 号, pp.1_103-114, 2012, 査読有,
https://www.jstage.jst.go.jp/pub/html/AY01S470_ja.html
珠玖隆行, 西村伸一, 藤澤和謙: データ同化による地盤構造物内の劣化箇所同定に関する基礎的研究, 土木学会論文集 A2 分冊(応用力学)特集号, 第 68 巻, 第 2 号, pp.1_89-1_101, 2012, 査読有,
https://www.jstage.jst.go.jp/pub/html/AY01S470_ja.html
藤澤和謙, 西村伸一, 中谷亜友美, 村上 章: 上向き浸透流による浸透破壊時の砂粒子の移動速度, 農業農村工学会論文集, 第 281 号, pp.35-42, 2012, 査読有,
<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jssidre/-char/ja/>
M.-J. Jiang and A. Murakami: Distinct element method analyses of idealized bonded-granule cut slope, Granular Matter, Vol.14, No.3, pp.393-410, 2012, 査読有
若林 孝, 村上 章, 珠玖隆行: データ同化による近接施工のリスク評価, 農業農村工学会論文集, 第 281 号, pp.51-61, 2012, 査読有,
<https://www.jstage.jst.go.jp/browse/jssidre/-char/ja/>
西村伸一, 藤澤和謙, 森井顕二, 長尾遥奈: ため池の維持管理と改修効果の評価, 地盤工学会誌, Vol.60, No.1, pp.28-31, 2012, 査読有,
http://ci.nii.ac.jp/vol_issue/nels/AA12312210_ja.html
Y. Fukumoto, H. Sakaguchi and A.

- Murakami: The role of rolling friction in granular packing, Granular Matter, Vol.15, pp.175-182, 2013, 査読有
- 21 A. Murakami, T. Shuku, S. Nishimura, K. Fujisawa and K. Nakamura: Data assimilation using the particle filter for identifying the elasto-plastic material properties of geomaterials, Int. J. Numer. Anal. Methods Geomechanics, Vol.37, pp.1642-1669, 2013, 査読有
- 22 K. Fujisawa, A. Murakami, S. Nishimura and T. Shuku: Relation between seepage force and velocity of sand particles during sand boiling, Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA, Vol.43, No.2, pp.8-16, 2013, 査読有
- 23 Y. Miyanaga, A. Kobayashi and A. Murakami: 1-G model test with digital image analysis for seismic behavior of earth dam, Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA, Vol.44, No.2, pp.27-34, 2013, 査読有
- 24 S. Nishimura, T. Shuku and K. Fujisawa: Prediction of multi-dimensional deformation behavior based on the observed values, International Journal of Geomechanics, 10.1061/(ASCE)GM.1943-5622.0000334, 2013, 査読有
- 25 T. Shuku, S. Nishimura, K. Fujisawa and A. Murakami: A new sampling algorithm in particle filter for geotechnical analysis, Geotechnical Engineering Journal of the SEAGS & AGSSEA, Vol.44, No.3, pp.32-39, 2013, 査読有
- 26 藤澤和謙, 有本慎一, 村上章: Darcy-Brinkman 式を用いた非圧縮性流れと Darcy 流の同時解析手法, 農業農村工学会論文集, 第 287 号 pp.35-44 2013, 査読有
- 27 若林 孝, 珠玖隆行, 村上章, 田口清隆: 小規模工事を対象にした残留沈下対策の意思決定, 農業農村工学会論文集, 第 288 号, pp.1-13, 2013, 査読有
- 28 西村伸一, 珠玖隆行, 山田典弘, 柴田俊文: 模型実験結果に基づく長期沈下予測法の検証, 応用力学論文集, 第 16 巻, pp.1_29-1_38, 2013, 査読有, https://www.jstage.jst.go.jp/pub/html/AY01S470_ja.html

[学会発表](計 46 件)

S. Nishimura, T. Shuku and K. Fujisawa: Prediction of multidimensional consolidation behavior based on the observed values, The 13th International Conference of

the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics, 2011 年 5 月 9 日, Melbourne Convention and Exhibition M. Kataoka, A. Murakami, S. Ohno, K. Fujisawa and A. Iizuka: Data assimilation of Cam-clay type models with the particle filter, The 13th International conference of the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics, 2011 年 5 月 11 日, Melbourne Convention and Exhibition K. Fujisawa, S. Nishimura and A. Murakami: Numerical simulation of dynamic seepage flow - Porous media interaction by finite volume method, The 13th International conference of the International Association for Computer Methods and Advances in Geomechanics, 2011 年 5 月 10 日, Melbourne Convention and Exhibition A. Murakami, S. Nishimura, K. Fujisawa, T. Shuku and K. Nakamura: Data assimilation in geotechnical analysis using the particle filter, The 14th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2011 年 5 月 23 日, 香港理工大学 K. Fujisawa, S. Nishimura and A. Murakami: Numerical analyses of surface and internal erosion of soil structures, The 14th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2011 年 5 月 26 日, 香港理工大学 K. Fujisawa and A. Murakami: Simultaneous modeling of seepage erosion and deformation of soils, The 14th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2011 年 5 月 23 日, 香港理工大学 S. Nishimura: Risk evaluation and reliability-based design of earth-fill dams, The 14th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2011 年 5 月 26 日, 香港理工大学 S. Nishimura and M. Suzuki: Spatial distributions of strength of a river dike based on synthesis of sounding tests and surface wave method, The 14th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2011 年 5 月 26 日, 香港理工大学 藤澤和謙, 西村伸一, 村上章, 佐藤太一: 越流による堤体侵食の安定化解析,

- 第16回計算工学講演会, 2011年5月26日, 東京大学
- 藤澤和謙, 西村伸一, 村上 章, 佐藤太一: 越流による堤体侵食の安定化数値解析, 第 46 回地盤工学研究発表会, 2011年7月5日, 神戸国際会議場
- 片岡資晴, 村上 章, 大野進太郎, 藤澤和謙, 中村和幸: 粒子フィルタによる弾塑性モデルのデータ同化, 第 46 回地盤工学研究発表会, 2011年7月6日, 神戸国際会議場
- 西村伸一, 三輪稔朗, 藤澤和謙: ひずみ速度依存性挙動を考慮した圧密パラメータの同定, 第 46 回地盤工学研究発表会, 2011年7月6日, 神戸国際会議場
- 長尾遥奈, 西村伸一, 藤澤和謙: 降雨統計モデルに基づいたため池の越流確率の算定と信頼性設計, 平成 23 年度農業農村工学会大会講演会, 2011年9月7日, 九州大学
- 西村友希, 西村伸一, 珠玖隆行, 藤澤和謙: 軟弱地盤の残留沈下予測と信頼性解析, 平成 23 年度農業農村工学会大会講演会, 2011年9月7日, 九州大学
- 片岡資晴, 新村隼人, 村上 章, 大野進太郎, 藤澤和謙: データ同化による弾塑性モデル/パラメータの同定, 平成 23 年度農業農村工学会大会講演会, 2011年9月7日, 九州大学
- 藤澤和謙, 中谷亜友美, 西村伸一, 村上章: 浸透力による土粒子の移動/輸送速度の実験的把握, 平成23年度農業農村工学会大会講演会, 2011年9月8日, 九州大学
- 福田啓五, 藤澤和謙, 西村伸一: 浸透流の動的挙動に関する数値解析, 平成 23 年度農業農村工学会大会講演会, 2011年9月8日, 九州大学
- K. Fujisawa, A. Murakami, S. Nishimura and T. Shuku: Numerical analysis of embankment erosion caused by overflow using shallow water equations, The 6th International Conference on Scour and Erosion, 2012年8月30日, Arts Metiers-Paris Tech engineer school
- K. Fujisawa, A. Murakami, S. Nishimura and T. Shuku: Numerical simulation of embankment breaching due to overflow based on erosion rate of soils, New Frontiers in Computational Geotechnics, 2012年5月22日, 高山グリーンホテル
- K. Fujisawa: Comparison of numerical simulation and experimental observation of embankment breaching caused by overflow, The 7th Asian Young Geotechnical Engineers Conference, 2012年9月12日, 徳島大学
- 21 S. Nishimura, K. Fujisawa and H. Nagao: Risk evaluation and reliability based design of earth-fill dams for overflow due to heavy rains, International Symposium on Sustainable Geosynthetics and Green Technology for Climate Change (SGCC), 2012年6月20日, Centara Grand Hotel Ladprao
- 22 長尾遥奈, 西村伸一, 高木拓人, 藤澤和謙, 珠玖隆行: 豪雨時の越流破堤に対するため池堤体の信頼性設計, 日本材料学会第 61 期学術講演会, 2012年5月27日, 岡山大学
- 23 藤澤和謙, 西村伸一, 珠玖隆行, 村上章: 越水を受ける堤体の侵食過程に関する 3 次元数値シミュレーション, 第 47 回地盤工学研究発表会, 2012年7月14日, 八戸工業大学
- 24 川並俊輔, 藤澤和謙, 村上 章: Navier-Stokes 方程式に基づく浸透と流体(層流)の同時解析手法の開発, 第 47 回地盤工学研究発表会, 2012年7月16日, 八戸工業大学
- 25 辻村康佑, 藤澤和謙, 村上 章: CWENO スキームを用いた流動化する土質材料の数値シミュレーション, 第 47 回地盤工学研究発表会, 2012年7月16日, 八戸工業大学
- 26 珠玖隆行, 西村伸一, 藤澤和謙, 久保祐太郎: 応答曲面法による斜面の簡易安定解析, 第 47 回地盤工学研究発表会, 2012年7月14日, 八戸工業大学
- 27 西村伸一, 本山一平, 藤澤和謙, 珠玖隆行: 分割型圧密試験による長期残留沈下予測モデルの開発, 第 47 回地盤工学研究発表会, 2012年7月16日, 八戸工業大学
- 28 西村伸一, 長尾遥奈, 藤澤和謙, 珠玖隆行: 降雨および堤体物性値の不確定性を考慮した洪水解析, 平成 24 年度土木学会全国大会, 2012年9月6日, 名古屋大学
- 29 藤澤和謙, 西村伸一, 珠玖隆行, 村上章: 越水によって集中的に生じる堤体侵食の数値解析, 平成 24 年度農業農村工学会大会講演会, 2012年9月20日, 北海道大学
- 30 辻村康佑, 藤澤和謙, 村上 章: CWENO スキームを用いた土質材料の浸透破壊シミュレーション, 平成 24 年度農業農村工学会大会講演会, 2012年9月20日, 北海道大学
- 31 川並俊輔, 藤澤和謙, 村上 章: Navier-Stokes 方程式に基づく浸透流及び層流の同時解析手法の開発, 平成 24 年度農業農村工学会大会講演会, 2012年9月20日, 北海道大学
- 32 珠玖隆行, 西村伸一, 藤澤和謙: MPS 法による斜面災害の予測に関する基礎的研究, 平成 24 年度農業農村工学会大会講演会, 2012年9月20日, 北海道大学
- 33 長尾遥奈, 西村伸一, 高木拓人, 藤澤和謙, 珠玖隆行: 降雨の確率特性と地盤物

- 性の不確定性を考慮したため池の破堤と洪水解析,平成 24 年度農業農村工学会大会講演会,2012 年 9 月 19 日,北海道大学
- 34 西村伸一, 大久保樹, 藤澤和謙, 珠玖隆行:改良型フィルタープレス機の開発に向けた模型実験,平成 24 年度農業農村工学会大会講演会,2012 年 9 月 19 日北海道大学
- 35 児谷吉紘, 藤澤和謙, 西村伸一, 珠玖隆行: Navier-Stokes 方程式に基づく流体(層流)と浸透の同時解析,第 67 回農業農村工学会中国四国支部講演会,発表日 2012 年 11 月 1 日,岡山衛生会館
- 36 福田啓五, 藤澤和謙, 西村伸一, 珠玖隆行: CWENO スキームを用いた土質材料における浸透破壊現象の数値シミュレーション,第 67 回農業農村工学会中国四国支部講演会,2012 年 11 月 1 日,岡山衛生会館
- 37 珠玖隆行, 西村伸一, 藤澤和謙: MPS 法による地盤材料の挙動評価,第 67 回農業農村工学会中国四国支部講演会,2012 年 11 月 1 日,岡山衛生会館
- 38 山田典弘, 西村伸一, 藤澤和謙, 珠玖隆行: 局所載荷模型実験における二次圧密挙動の数値解析,第 67 回農業農村工学会中国四国支部講演会 2012 年 11 月 1 日,岡山衛生会館
- 39 長尾遥奈, 西村伸一, 藤澤和謙, 珠玖隆行: 豪雨によるため池の越流破堤と洪水解析,第 67 回農業農村工学会中国四国支部講演会,2012 年 11 月 1 日,岡山衛生会館
- 40 山田典弘, 西村伸一, 珠玖隆行, 藤澤和謙: 局所載荷模型実験結果に基づく二次圧密挙動の予測,第 62 回理論応用力学講演会,2013 年 3 月 8 日,東京工業大学
- 41 珠玖隆行, 西村伸一, 藤澤和謙, 村上章: 遠心模型実験における地盤パラメータの同定,第 62 回理論応用力学講演会,2013 年 3 月 8 日,東京工業大学
- 42 K. Fujisawa and A. Murakami: 3D simulation of overtopping erosion on embankments by shallow-water approximation, The 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2013 年 9 月 2 日, Palais des Congres
- 43 T. Shuku, S. Nishimura, A. Murakami and K. Fujisawa: Data assimilation strategies for parameter identification of elasto-plastic geomaterials and its application to geotechnical practice, The 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2013 年 9 月 2 日, Palais des Congres
- 44 S. Tsurui, A. Murakami and A.

- Kobayashi: Analysis for seismic behavior of earth dam embankments using elasto-plastic models, EIT-JSCE Joint International Symposium on International Human Resource Development for Disaster-Resilient Countries 2013, 2013 年 9 月 12 日, Imperial Queen 's Park Hotel
- 45 S. Nishimura, T. Shuku, H. Nagao and K. Fujisawa: Flood simulation considering probability of heavy rains and uncertainty of soil properties of earth-fill dams, The 4th Int. Symp. Geotechnical Safety and Risk, 2013 年 12 月 4 日, Hong Kong University
- 46 S. Nishimura, T. Shuku and M. Suzuki: Diagnosis of earth-fills and reliability-based design, The 18th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, 2013 年 9 月 2 日, Palais des Congres

〔図書〕(計 件)

なし

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

なし

取得状況(計 件)

なし

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.agrifacility.kais.kyoto-u.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

村上 章 (MURAKAMI AKIRA)

京都大学・大学院農学研究科・教授

研究者番号: 80157742

(2) 研究分担者

西村伸一 (NISHIMURA SHINICHI)

岡山大学・大学院環境生命科学研究所

・教授

研究者番号: 30342546

藤澤和謙 (FUJISAWA KAZUNORI)

京都大学・大学院農学研究科・講師

研究者番号: 30510218

西山竜朗 (NISHIYAMA TATUROU)

愛媛大学・農学部・准教授

研究者番号: 30294440

(3) 連携研究者

中村和幸 (NAKAMURA KAZUYUKI)

明治大学・准教授

研究者番号: 40462171

鈴木 誠 (SUZUKI MAKOTO)

清水建設技術研究所・副所長

研究者番号(90416818)