

## CONTENTS

### 研究最前線

▷都市や交通、自然環境の問題を広い時空間から捉える

社会基盤工学専攻 空間情報学講座

▷地盤の力学・水理学的挙動の解明と土構造物の維持管理

都市社会工学専攻

ジオフロントシステム工学分野

▷ミクロな世界から読み解く材料のマクロな特性

社会基盤工学専攻 構造工学講座

構造材料学分野

### スタッフ紹介

交通マネジメント工学講座 交通情報工学分野

教授 山田 忠史

構造工学講座 橋梁工学分野

助教 野口 恭平

### 院生の広場

院生紹介

：修士課程 2 年

Ruben Vargas

：博士課程 2 年

佐藤 真也

：修士課程 1 年

稲葉 良也

### 東西南北

授賞

新聞掲載、TV 出演等

人事異動

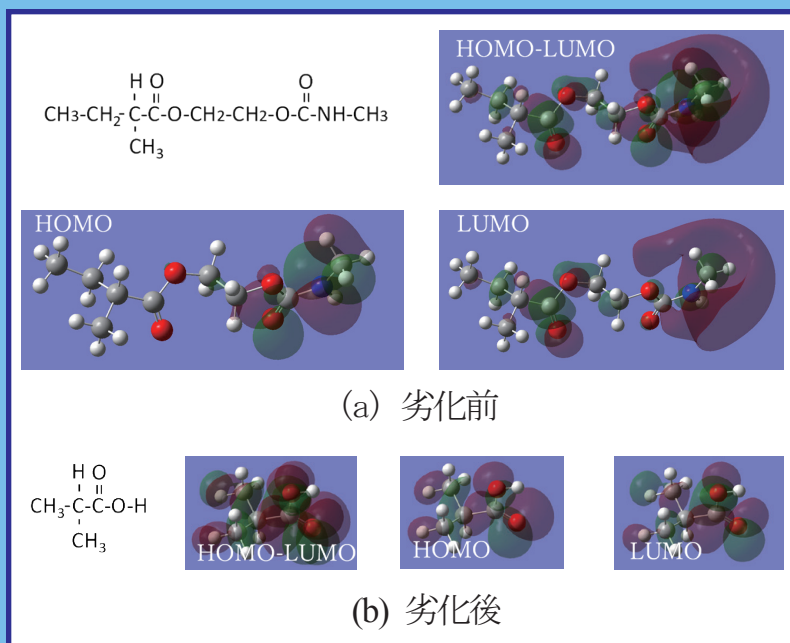
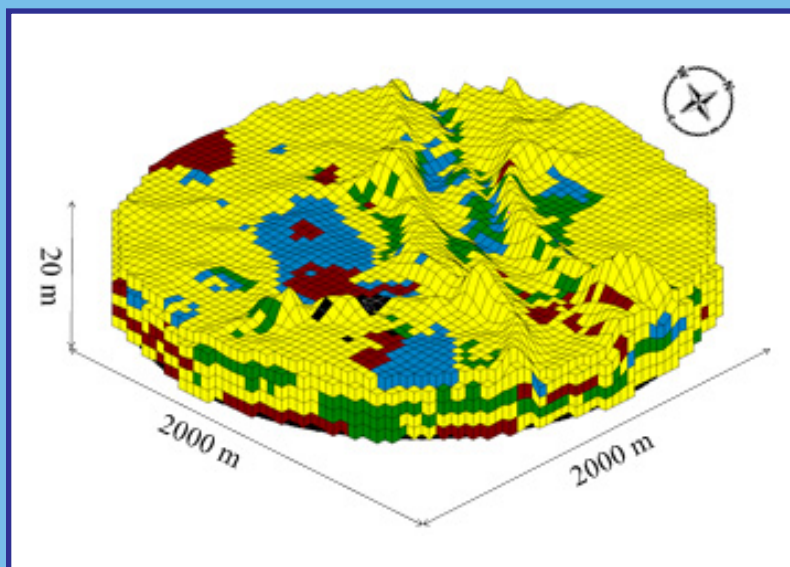
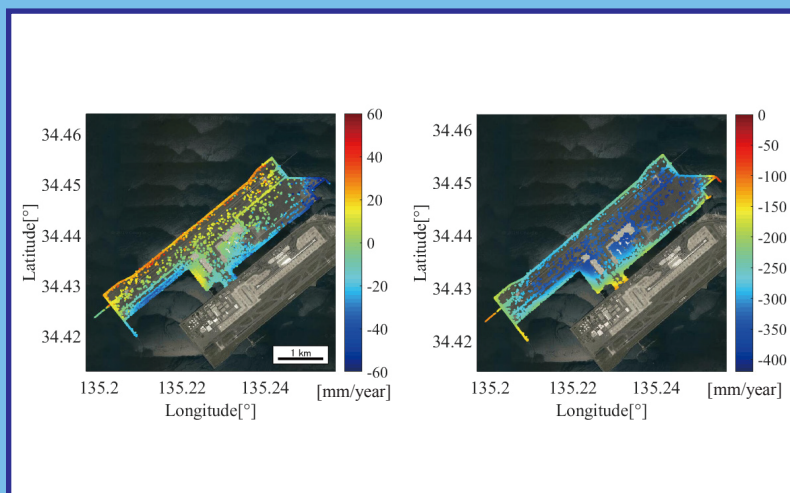
大学院入試情報

専攻カレンダー

図上：衛星 SAR 画像を用いた関西国際空港 2 期島の変動速度分布図。左：東西方向、右：鉛直方向 (P2 宇野研)

図中：三次元地盤 grid モデル (P4 三村研)

図下：アクリルウレタン樹脂の電子軌道 (P7 山本研)



## 研究最前線

都市や交通、自然環境の問題を  
広い時空間から捉える

空間情報学講座では、衛星リモートセンシング、3次元写真測量、レーザー測量、地理情報システムなどの「空間情報技術」を用いて、国土・都市・環境の現況と変化を観測・解析することにより、災害対策、環境保全、まちづくり等に貢献することを目指しています。ここでは当研究室で行っている最新の研究について紹介します。

## 1. 衛星リモートセンシングによる災害監視と国土管理

インフラの老朽化が社会的に深刻となる中、効率的なインフラの維持管理技術の一つとして、衛星リモートセンシングによる早期異常検出技術が注目されています。合成開口レーダ (SAR) 衛星が同じ地点に周回してくるたびに地表からの散乱波を記録すると長期間の時系列データが得られます。散乱波の位相は地盤変動に対して鋭敏なので、このような時系列データから原理的には mm 単位で長期の変動観測が可能です。ただし実際は、大気によるマイクロ波伝播遅延や衛星軌道データ誤差などの誤差要因があり、多数の観測データを用いて補正する必要があります。

そのような補正の問題に加えて、通常の SAR 解析技術では、衛星と地上を結ぶ視線方向の一次元の変動しか分からないという重大な問題が存在します。当研究室では、南極から北極へ向かう上昇軌道の衛星画像から得られる変動、北極から南極へ向かう下降軌道の衛星画像から得られる変動、及び離散的な GPS データからの変動を組み合わせ、地盤やインフラの3次元変動を検知する技術に取り組んできました。

図 1(a) は、レーダ衛星である ALOS2-PALSAR2 を用いて、関西国際空港の2期島の地盤沈下速度を検出したものです。空間解像度 3 m で、2014 年から 2018 年に取得された上昇軌道画像を 13 枚、下降軌道画像を 17 枚使用しました。現地測量との結果の比較による root mean square error (RMSE) は東西成分、南北成分、鉛直成分に関して、それぞれ 7 mm/year、14 mm/year、16 mm/year と良好でした。関西国際空港の水平変動に関しては、古土井・小林 (土木学会論文集 C, 2009) が一期島と二期島ともにそれぞれの島の中心に向かって水平変動をしていることを報告しています。本研究で推定された水平方向の変動は、島中心へと移動する水平変動を示しており、この報告と定性的に一致しています。そのため、提案

社会基盤工学専攻 空間情報学講座

教授 宇野 伸宏

准教授 須崎 純一

助教 木村 優介

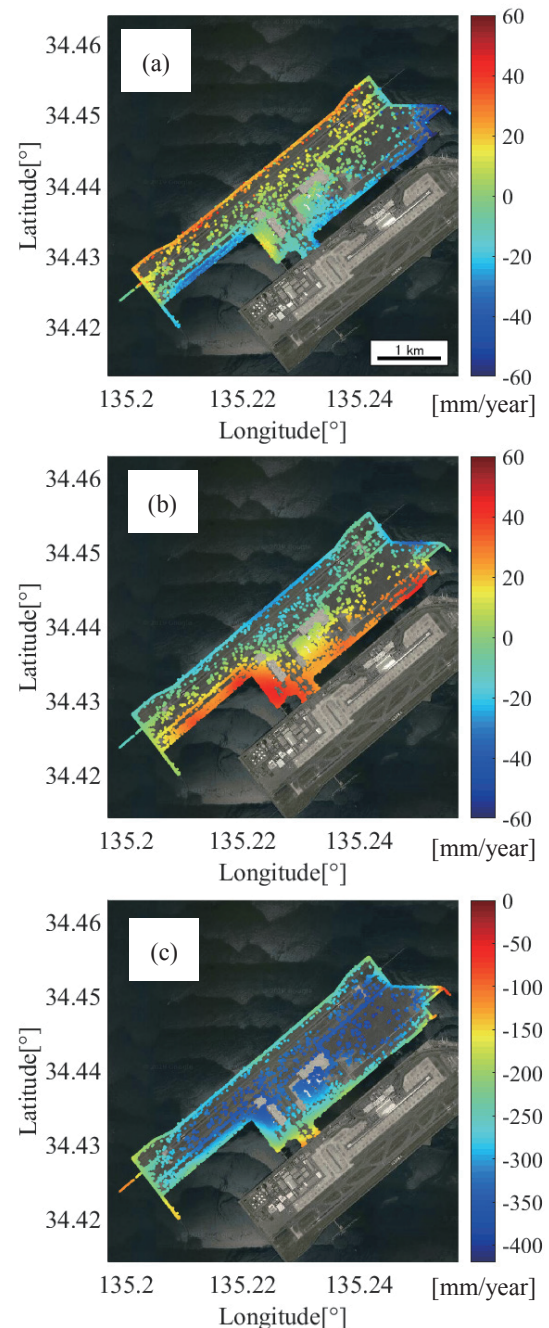


図 1 衛星 SAR 画像を用いた関西国際空港 2 期島の変動速度分布図。(a) 東西方向、(b) 南北方向、(c) 鉛直方向の地盤変動速度分布図

手法の結果は定性的に妥当であるといえます。今回は 50 点の GPS データを解析用に用いましたが、より少ない点数でも有効な推定が実現できること、また他の陸域で国土地理院が運用している 10 ~ 20 km 間隔の電子基準点データを用いても同様に有効な推



定が可能であることを確認しています。今後は種々の土木インフラへの本手法の適用を計画しています。

## 2. 京都市における観光客の時空間流動分析

京都市の年間約5,500万人といわれる観光客は、1日当たり平均に換算すると約14万人ですが、これは京都市の人口の1割に相当します。観光需要は季節変動の大きさが一般に知られていますが、この点も考慮すると都市活動における観光客の影響を窺い知ることができます。一方、京都の活性化、魅力度の向上の意味では観光も重要な産業と考えられます。観光地としての価値を維持向上しつつ、市民生活に対する負の影響の抑制が重要であり、観光需要マネジメントの実効性増進が必要です。そのため、観光客の周遊行動の時空間上での把握が必要となりますが、存外、その行動特性は明らかにされていません。現在、本研究室でも清水寺、祇園界限（以下、清水エリアと称する）の観光客の集中に着目して、観光需要の時間的分散の可能性を模索しています。

観光客の流動の把握手法として、移動体観測の一つであるWi-Fiパケットセンサに着目しています。これはWi-Fi機能を有するスマートフォン等が発するProbe Requestと呼ばれる管理パケットを捕捉するセンサであり、複数箇所に設置したセンサが観測したAMAC (Anonymous MAC) アドレス情報を統合することにより、匿名化した上で同一機器の移動を把握できます。2018年度秋から冬にかけて、観光流動把握を目的とした交通流動推定システムの研究開発チーム（国土交通省新道路技術会議・研究代表者：宇野）、国土交通省近畿地方整備局による京都エリア観光渋滞対策実験協議会、西日本旅客鉄道株式会社の3主体が京都市内の主要観光施設および鉄道駅等計39台のセンサを設置し、京都市全域における観光流動を計測しました。この時のデータを相互に活用して清水エリアの訪問者を中心に、行動を分析しています。なお清水エリアの訪問履歴があるデータのみで300万サンプルを超えており、いわゆるビッグデータとみなされます。

Wi-Fiパケットセンサでは地域住民や就業者、Wi-Fi機能を有する固定機器等の情報も計測されるため、観光地センサでの観測数、観測時刻等の観測対象の行動特性に着目し、捕捉日数別に非階層クラスタ分析を実施して、観光客と推定されるデータを抽出しました。その上で、清水エリアを訪れた観光客を対象とし、表1に示す $t_1$ から $t_4$ および $T_b$ 、 $T_s$ 、 $T_a$ を変数とした非階層クラスタ分析を実施し、清水エリア訪問前後の時間消費に着目して分類しました。

表1よりクラスタAでは清水エリア訪問後 ( $T_a$ )、クラスタFでは清水エリア訪問前 ( $T_b$ )の時間帯には、平均的に5~6時間の京都市内での時間消費があり、複数観光地を訪れている可能性が示唆されます。ここでは、クラスタA及びFを対象に、cSPADEアルゴリズムを利用したパターンマイニングにより、

表1 清水エリアの訪問前後の時間を考慮したクラスタ分析

cluster	清水エリア訪問前消費時間	清水エリア滞在時間	清水エリア訪問後消費時間	初回センサ観測時刻	清水エリア初回センサ観測時刻	清水エリア最終センサ観測時刻	最終センサ観測時刻	サンプルサイズと構成比
	$T_b$ [min]	$T_s$ [min]	$T_a$ [min]	$t_1$ [hour]	$t_2$ [hour]	$t_3$ [hour]	$t_4$ [hour]	
A	46.31	63.55	355.56	9.89	10.81	11.88	18.03	44,554 12.5%
B	65.51	55.85	74.35	14.60	15.92	16.84	18.22	58,819 16.5%
C	76.02	61.26	55.57	11.63	13.17	14.20	15.28	98,052 27.5%
D	45.71	236.94	90.98	10.43	11.35	15.32	16.98	22,337 6.3%
E	23.81	71.86	96.92	9.39	9.91	11.11	13.00	76,993 21.6%
F	302.49	51.85	72.89	10.16	15.53	16.39	17.74	56,162 15.7%

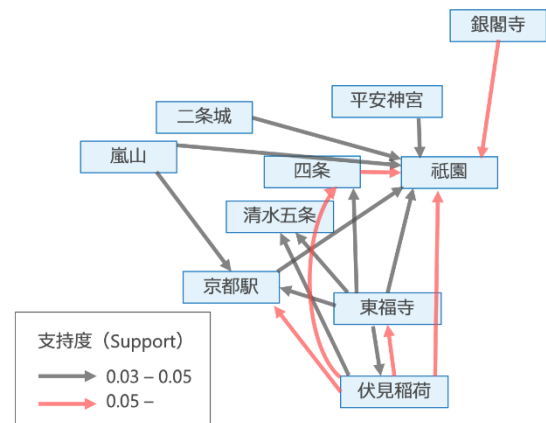


図2 支持度上位パターン (クラスタF・清水エリア訪問前)

複数エリアを周遊する観光客の行動特性分析を実施しました。適用結果の一例として、図2にクラスタFの清水エリア訪問前時間帯における支持度上位の代表的な移動パターンを示します。支持度とは全AMACアドレスのうち当該パターンを含む割合を示したものであり、この値が大きいと代表的なパターンであるといえます。この図より、複数エリアを訪問する観光客は祇園エリアを経由して清水エリアを訪れる傾向があることが読み取れます。クラスタFでは初回観測が京都駅の割合が40%程度と高いですが、京都駅から清水エリアに直接向かわず伏見稲荷・東福寺や嵐山方面を訪問した後、清水エリアに向かう可能性が高いです。この様に、Wi-Fiパケットセンサの活用により、観光流動パターンが把握でき、また、観光行動の時間変動、季節変動なども容易に観測できます。

なお本調査は調査目的、データ利用方法、データ取得を望まない場合の対応方法等を記したプライバシーポリシーを定め、公表した上で実施していることを付記します。

## 3. ウォーカビリティの概念に基づく歩行空間整備の評価

都市の賑わいや健康的な暮らしといった観点から、都市内の歩行空間の一層の充実が都市政策上重要な課題となっています。都市内の歩きやすさを客観的にかつ面的に把握できるウォーカビリティ (Walkability) とその評価指標の一つであるWalkability Index (WI)に着目し、地理情報システム (GIS) を用いて、歩行活動量に対応する環境要因

を分析することで、今後の歩行空間の整備を効果的に進める方法の構築を目指しています。

図3は、WIの構成要素の一つである土地利用の混合度（居住地周辺における住宅や商業施設などの用途の混合度合い）について、ある歩行空間の整備前後の変化を示したものです。歩行空間の整備によって道路ネットワークが変化し、一定時間内に到達できるエリアが広がることでWIが変化すること、歩行活動量の変化がWIを用いたモデルによって説明しうることが示されました。

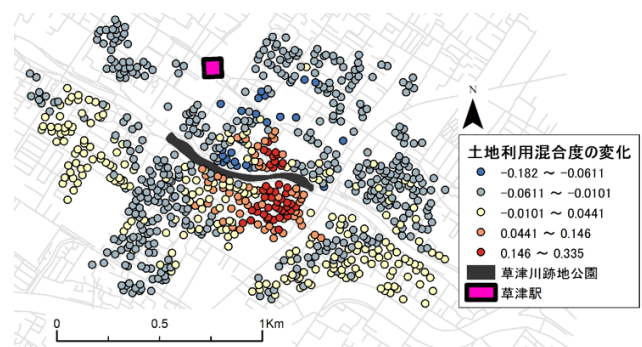


図3 滋賀県・草津川跡地公園整備前後の土地利用混合度の変化

## 地盤の力学・水理学的挙動の解明と土構造物の維持管理

都市社会工学専攻 ジオフロントシステム工学分野

教授 三村 衛

准教授 肥後 陽介

助教 澤田 茉伊

地盤は、土粒子と水と空気からできています。地盤は一種類ではありません。いつ堆積したのか、どのような大きさの土粒子から成るのか、どれくらいの水や空気を含むのか、は場所ごとに、深さごとに異なります。そして、これらの違いは、地盤の強さ、硬さ、水の透しやすさといった工学的な特性に大きく影響します。降雨や地震といった外力を受ける堤防などの土構造物を安全に維持管理するためには、地盤の工学的特性を正確に把握し、変形や水の流れを予測する必要があります。

以下、本研究室で最近取り組んでいる主な研究課題を紹介します。

### 1. 堤防・基礎地盤統合データベースによる流域の三次元地盤モデルの構築と浸透問題への適用

近年、激しい集中豪雨によって河川水位が上昇し、越流や侵食、浸透によって堤体が破損したり、堤内地が浸水被害に遭遇するという災害が多発しています。関西地区では関西圏地盤情報ネットワーク (KG-NET) という協議会を立ち上げて、国や地方自治体といった発注機関が保有しているボーリングデータを一元的にデジタル化して地盤情報データベースを構築、管理して研究目的に活用できるような仕組みを構築しています。一方で河川堤防については国の直轄管理となっていて、データベースには含まれていなかったため、国土交通省近畿地方整備局の協力を得て、淀川水系の木津川をパイロットケースとして堤体のボーリングデータを提供いただき、既往の地盤情報データベースに統合する形で一元的に活用できる環境を整えました。図1は木津川中流域約2km四方の領域に登録されているボーリングデータの分布です。また別途実施したコアサンプリング試料を用いて細かい土質区分ごとに室内土質試験を行い、砂質土の細分類化と透水係数を求め、ボーリングデータから読み取った層境界と土質試験

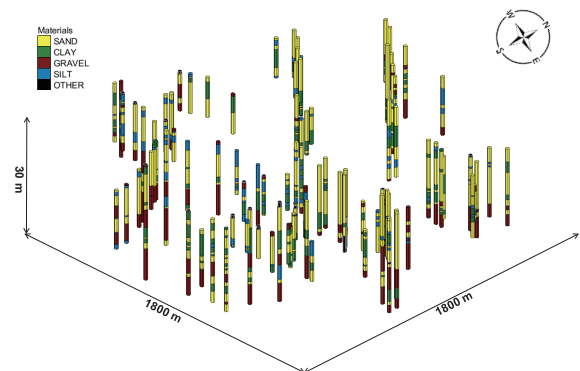


図1 検討対象エリアのボーリングデータの分布

から求めた物性の類似性を基に、図2のような三次元 grid モデルを作成します。この段階で各メッシュには新当流解析に必要な透水係数などの土質定数が付与されており、実測値から境界条件と、河川水位と地下水位を与えることによって領域全体の水の流れを算定することができます。

このようにして、水頭値を計算した結果が図3のようになります。この図は表層の砂礫層の状態を表したもので、河道に沿って高い値をとりながら周辺の堤内地における地下水位の高さを得ることができます。同様の結果が深度方向に異なる地層毎に求められており、深さ方向、水平方向に水頭値の勾配をみることによって、堤内地における漏水や噴砂・噴泥の発生につながる危険個所の同定を行うことができます。

直接見ることができない地下の地盤構造をいかにして可視化するかは、地盤に関わる諸問題を解くにあたって非常に重要な要素ですが、ボーリングデータは点情報で、データ間の空白域の補間と推定が必要です。対象とする地点の地形と堆積環境を制約条件として限られたボーリングデータから三次元地盤モデルを推定する研究はまだ課題も多く、実現象による検証を繰り返しながら進めていく必要があります。



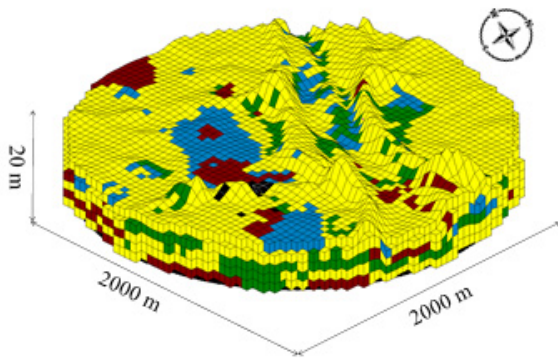


図2 三次元地盤gridモデル

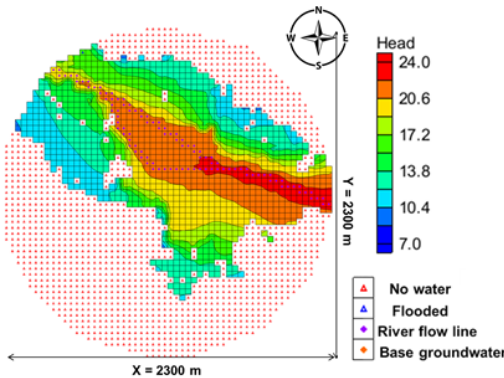


図3 解析結果 (表層地盤)

## 2. 土の挙動のモデル化～マイクロからマクロへ～

地盤材料は、土粒子相、水相、および空気相で構成される多相混合体であり、これらの3つの相の相互作用と微視的な構造変化は、地盤材料の変形、破壊、地下水の浸透などの巨視的な挙動の解釈とモデリングの鍵となっています。一方で、実際の堤防や盛土といった土構造物は、そのスケールが最小構成単位である土粒子や間隙スケールに比べてはるかに大きいことが通常です。そのため、前述の微視的な構造変化は、現象を解釈するために考察されてはきたものの直接モデル化することは困難であるとされ、その代わりにマクロな連続体として構成式などによってモデル化されてきました。しかしながら、近年はX線マイクロComputed Tomography (CT) とその画像解析技術などの発達により、土の微視的構造を定量的に評価することが可能となってきたことから、

微視的なデータに基づいたマクロな挙動のモデル化も不可能ではなくなってきました。そこで、「マイクロからマクロまでの地盤挙動のモデル化」を目的として、次の研究トピックに取り組んでいます (図4)。

- 1) X線マイクロCTによる、地盤材料の微視的および巨視的挙動のリンクの解明
- 2) 地盤挙動の予測・評価のためのマルチスケールおよびマルチフェーズ連成解析法の開発

最新の取り組みとして、マイクロCTで可視化した不飽和土のマイクロな液架橋構造がマクロな応力-ひずみ関係に与える影響をモデル化と、そのマイクロメカニクスモデル (MMモデル) への適用例を紹介します。間隙が部分的に飽和された不飽和土の土粒子接触点には、水が液架橋となって存在し、その影響で強度が増加することが知られています。液架橋の圧力は、大気圧よりも低く負であり、サクションと呼ばれ、サクションによるマクロな強度増加を表現する連続体モデルは、比較的複雑で初学者には「わかりにくい」モデルとなりがちでした。本研究では、マイクロCTによる分析で、液架橋の配向性は土粒子接触の配向性と同様であること、さらに、マクロな強度増加は液架橋が存在する土粒子接触点の割合に依存することを明らかにしました。これらの単純な物理をMMモデルに適用し、不飽和土が飽和土よりも高い強度を示すことを表現しました (図5)。

MMモデルなどの微視的挙動に基づくモデル化で、土のマクロな挙動を精度よく表現するには課題が多いため、従来からの連続体としてのモデル化の研究も実施しています。しかし、土の挙動を単純な物理で解釈・表現することは、長期的には地盤工学にかかわる多くの人の現象理解を深め、地盤材料挙動の「わかりにくさ」を解消していくことになると考え、この取り組みを続けていきます。

## 3. 地盤工学に基づく遺跡の保全

日本は古墳等の土でできた文化遺産が豊富です。昨年、百舌鳥古市古墳群が世界遺産に登録され、国際的にもその価値が認められてきています。しかし、多くの遺跡が地震や降雨などの自然災害で損傷を受けており、次世代への保存が課題になっていま

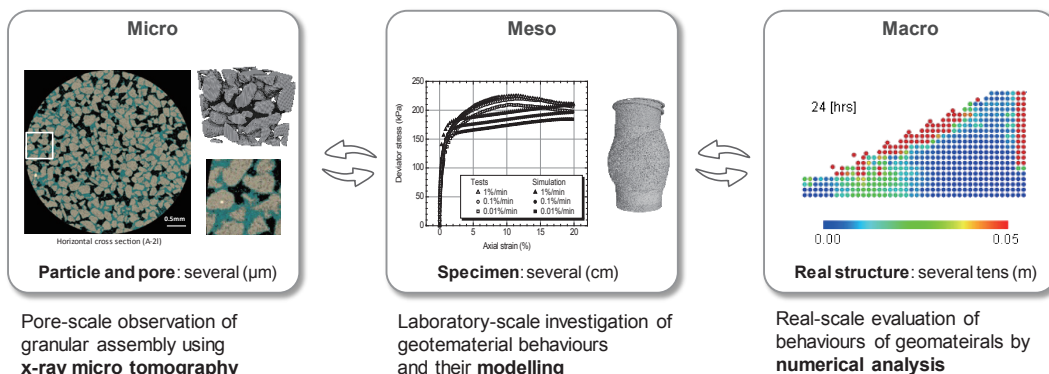


図4 Micro～Meso～Macroスケールでの土の挙動の観察とモデル化 (Micro: X線CTによる間隙スケール; Meso: 実験室で実施される「要素」スケール; Macro: 土構造物の実物大スケール)

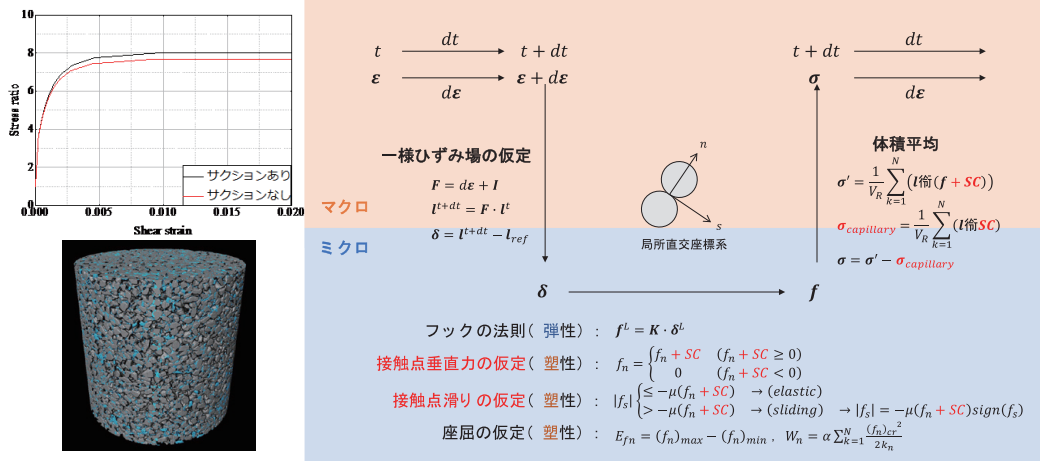


図5 マイクロメカニクスモデルによるマイクロな液架橋のマクロ応答への寄与効果のモデル化

す。本研究室では、地盤工学に軸足を置き、損傷のメカニズムを明らかにし、効果的な保全方法を構築することを目的に、研究に取り組んでいます。

最近では、熊本地震により複数の古墳が被災しました。古墳は、互いに接着されていない石材で構成された石室を、人力で締め固めた盛土が覆った構造物で、耐震性は期待できません。墳丘表面の亀裂や、石室石材の落下が生じ、構造物の安定性が著しく損なわれたため、内部の被災状況の把握さえ困難な状況でした。こうした状況を改善するため、本研究室では、古墳の地震時の挙動を遠心模型実験と数値シミュレーションで調査し、予防的対策の提案を目指しています。加振後の墳丘模型は、実際と類似した破壊モードを示し、墳丘の亀裂は、主に引張破壊に起因していることがわかりました(図6(a))。また、古墳が造られる地山が傾斜している場合は、墳丘内に作用する慣性力の分布に起因した引張力が生じるため、墳丘表面から石室に至る広範囲な亀裂が発生することがわかりました。しかし、こうした変状は、石室石材の変位を抑制することで、大幅に改善されます(図6(b))。将来に備えて可逆的であり、文化財としての価値を損なわない具体的な方法の開発と、その効果の検証が次なる課題です。

損傷を予防することと同時に、被災した場合の維持管理も重要です。地震や降雨で亀裂や崩壊が生じた遺跡は、損傷の拡大を防ぐため、ビニールシートで保護するのが一般的です。しかし、文化財の修復には慎重な議論が必要なため、応急的な保護が数年にわたる場合も珍しくなく、シートによって降雨が遮断された遺跡は乾燥して脆くなり、修復が一層難しくなっています。本研究室では、被災後の維持管理方法を改善するため、土の乾燥過程の力学特性を研究しています。土は乾燥すると収縮しますが、構造物や含水状態が異なる土との境界では、収縮が妨げられ、内部に引張応力が発現し、やがて引張強度に達すると亀裂が生じます。この亀裂の発生過程を理解するため、土の内部応力を測定する方法を考案しました(図7)。乾燥過程の強度・変形を予測し、

被災後の遺跡の水分制御と力学的安定性の維持に役立つことが目標です。

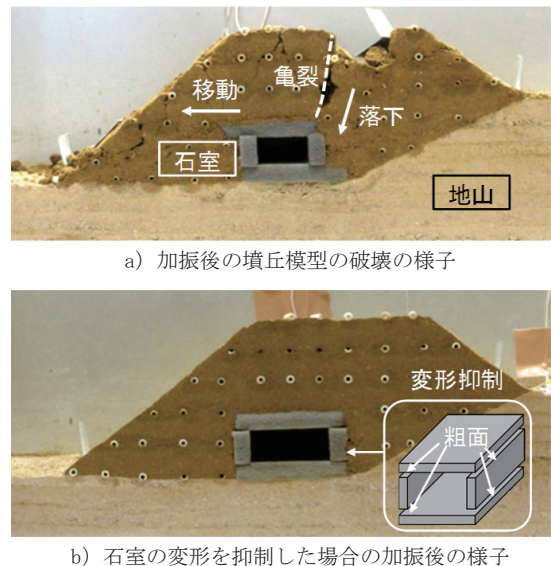


図6 1/50の墳丘断面模型を用いた遠心模型実験

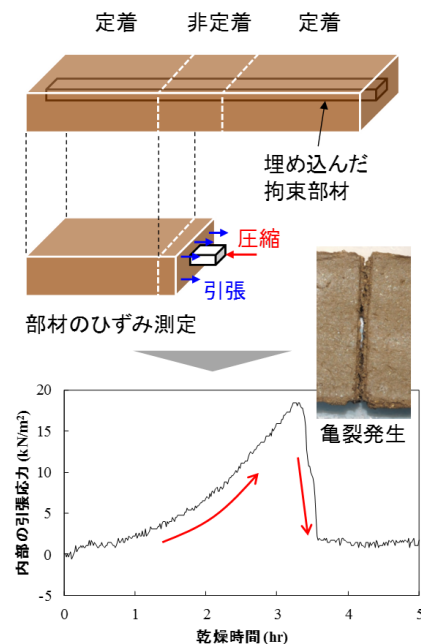


図7 土の乾燥亀裂過程の内部応力の測定



# ミクロな世界から読み解く材料の マクロな特性

社会基盤工学専攻 構造工学講座 構造材料学分野  
 教授 山本 貴士  
 助教 高谷 哲

近年、高度経済成長期に大量に整備された社会インフラの老朽化が社会問題のひとつとなっています。しかし、劣化のメカニズムには不明な点も多く、適切に補修や劣化度の評価を行うのが難しいのが現状となっています。当分野では、コンクリート構造物を長期に渡って維持できるように、劣化のメカニズムや、劣化度の診断手法、劣化後の構造物の性能評価、補修材料の効果やメカニズムについて研究を行っています。

## (1) 鉄筋腐食のメカニズムと保護性さびの発見

コンクリート中の pH は 12～13 と高く、鉄筋は腐食しにくい状態となっています。これは黒さび(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)がアルカリ環境下で安定なためです。しかし塩化物イオンが浸入したり、コンクリートの炭酸化により pH が低下したりすると、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> の安定性が損なわれ、赤さび(γ-FeOOH)に変化しやすくなることで、腐食しやすくなります。コンクリート中の鉄筋が腐食すると、さびの体積が元の鉄の体積よりも 2～3 倍大きいので、コンクリート内部で膨張圧が発生し、ひび割れが生じます。さらに腐食が進行すると、剥落や構造耐力の低下につながるため、鉄筋腐食を抑制することは重要な課題のひとつとなっています。腐食は主に乾湿の繰返しにより進行することが分かってきています。このメカニズムは図 1 のように説明することができます。湿潤環境では酸素が少ないため、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> が生成しますが、ここで生成する Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> は結晶性の悪い不安定なさびです。そのため乾燥環境になると酸素が供給され、さび表面の一部が γ-FeOOH に変化します。再び湿潤環境となったとき、γ-FeOOH は溶解して Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> に戻ります。この反応は還元反応のため、対の酸化反応として鉄の溶解が起こります。これを繰返すことで腐食が進行し、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> の層状さびが形成します。ところが、最近の研究により、乾湿繰返しによる腐食の進行過程で、非常に緻密な保護性さびが形成することがある、ということが分かってきました。図 2 に示す保護性さびの電子顕微鏡画像を見ると、外層には粗いさび層が残っているものの、鉄素地に近い内層に欠陥の無い非常に緻密なさび層が確認できます。様々な化学分析の結果、この保護性さびは緻密な Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> であることが明らかになっています。例えば、図 3 に示す元素分析結果から、さびの内層と外層では酸素濃度、鉄濃度に大きな差がないことが分かります。現在は、保護性さびの形成メカニズムを解明するために、保護性さびの発見された軍艦島において、腐食環境調査を行っています。保護性さびの形成メカニズムが解明できれば、将来的には、さび層の改質などにより、鉄筋腐食の進行を抑制することができるようになるかと考えています。

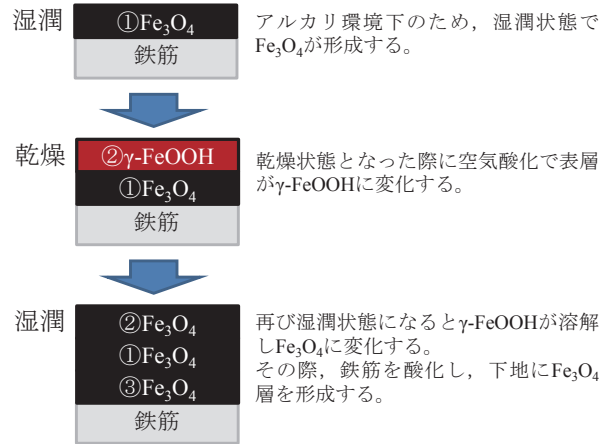


図 1 乾湿繰返しによる腐食進行メカニズム

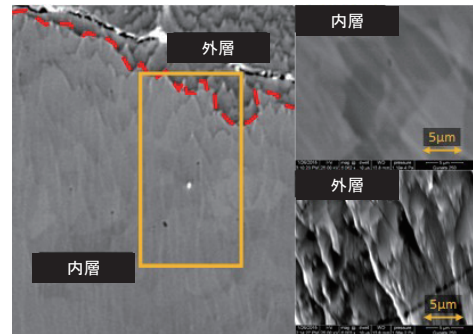


図 2 保護性さびの電子顕微鏡画像

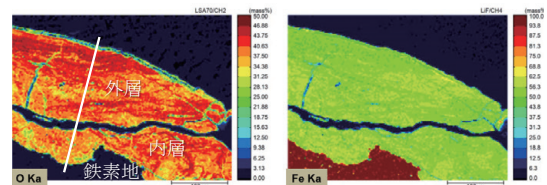


図 3 保護性さびの元素分析結果

## (2) 骨材の ASR 反応性評価

アルカリシリカ反応 (ASR) とは、コンクリートに用いられる骨材に含まれるシリカ成分 (SiO<sub>2</sub>) とアルカリ成分 (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, OH<sup>-</sup>) が反応してコンクリートの異常膨張を引き起こす劣化現象です。ASR が発生すると、コンクリートにひび割れが生じることで耐久性が低下するだけでなく、鉄筋が破断する可能性があることも報告されています。ASR を防ぐためには、反応性の高い骨材を用いないことが重要となりますが、ASR のメカニズムには不明な点も多く、骨材の多様性を考えると、完全に抑制することは難しいのが現状です。骨材の反応性を確認するために、NaOH 水溶液中で様々な骨材の溶出試験を行い、溶出試験前後での構造の違いをラマン分光分析により検討した結果、図 4 に示すようにラマンスペクトル上に見られた左肩上がりのバックグラウンドが溶出に伴い減少していることが確

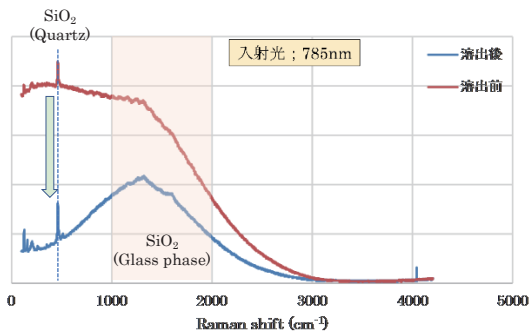


図4 溶出試験前後での骨材のラマンスペクトルの変化

認められました。このバックグラウンドは蛍光であることが確認されており、その波長域から Non Bridging (–Si–O·)、つまり SiO<sub>2</sub> の構造欠陥に由来するものと考えられます。蛍光が大きく現れる骨材の方が溶出しやすい傾向が見られたことから、ラマンスペクトル上の蛍光に着目することで骨材の ASR 反応性を評価できる可能性があると考えています。ただし、溶出のしやすさには構造欠陥だけでなく、SiO<sub>2</sub> の含有量や骨材に含まれる微量元素の影響もあると考えられることから、今後さらなる検討を行っていく予定です。

### (3) 有機系被覆材の劣化度評価

鉄筋腐食や ASR など、コンクリート構造物の劣化の多くに水が関与しています。コンクリート構造物への水の浸入を防ぐために用いられるのが、有機系の表面被覆材です。しかし、表面被覆材自体の劣化メカニズムに対する知見はまだ少なく、耐候性や劣化度をメカニズムベースで定量的に評価できないのが現状です。有機系材料の劣化の主要因は紫外線と水であるため、アクリルウレタン樹脂にキセノン光を照射（120 分間の照射ごとに 18 分間水を噴霧）して劣化させ、ラマン分光分析により分析した結果を図 5 に示します。図を見ると、いずれのケースも明確なピークは確認できず、劣化に伴い 1750cm<sup>-1</sup> 付近を中心とする山状のピークが大きくなっています。この山状のピークは蛍光であることが分かっており、劣化に伴いピークの中心が若干左に移動していることから、劣化することにより蛍光の原因物質が変化していると考えられます。赤外分光分析により化学構造の変化を確認したところ、エステル結合が切れて、-COOH が大きくなっていることが分かりました。蛍光の強度は、電子遷移のしやすさに大きく影響されます。電子遷移とは、照射された光を吸収して基底状態から励起状態に遷移する現象で、基底状態における最高被占軌道 (HOMO) と励起状態における最低空位軌道 (LUMO) のエネルギーギャップにより決まると考えられます。そのため、蛍光が大きくなったことが、劣化に伴う構造の変化によるものかどうかを確認するために、量子化学計算 (分子軌道法) を行い、電子軌道の変化について検討を行いました。その結果を図 6 に示します。図を見ると、劣化前に比べて劣化後の方が HOMO-LUMO の軌道の重なりが大きくなっており、劣化後の方が電子遷移す

る確率が高いことが分かります。蛍光強度が大きくなる原因が、劣化に伴う構造の変化であることが明らかになったため、蛍光を用いて定量的な劣化度の評価が可能であることが分かりました。ラマンスペクトルの強度を直接定量評価に用いることはできないため、光退色現象を利用し光退色曲線で評価を行いました。その結果、図 7 に示すように、アクリルウレタン樹脂は劣化するにつれて光退色しにくくなることが分かりました。したがって、実際の構造物に用いられる表面被覆材もあらかじめ光退色曲線が得られていれば、光退色の速さを見ることで劣化度を定量的に評価できる可能性があると考えられます。ただし、実際に用いられている樹脂には様々な種類があり、それらの樹脂についても同様の評価ができるかについては今後さらに検討する必要があります。

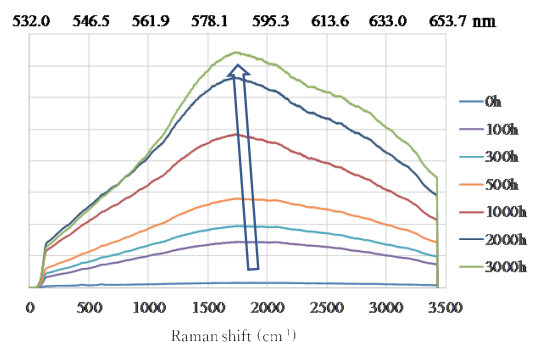


図5 劣化に伴うアクリルウレタン樹脂のラマンスペクトルの変化

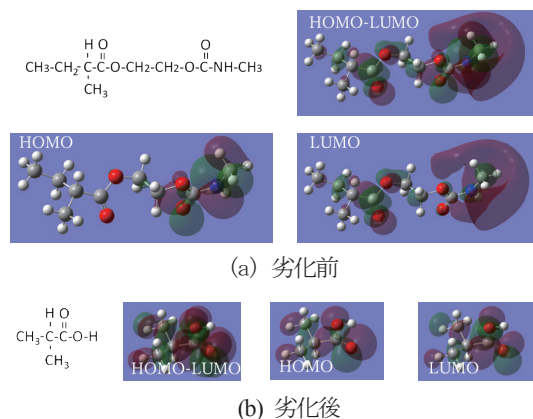


図6 アクリルウレタン樹脂の電子軌道

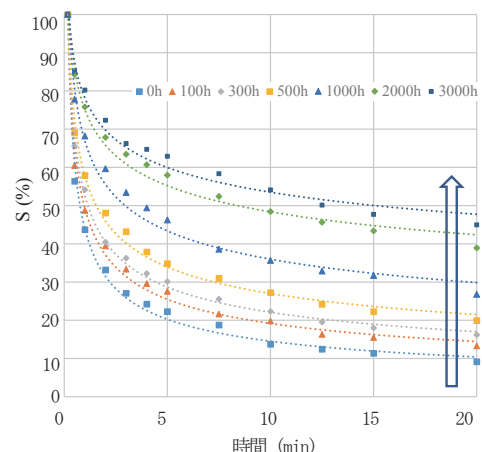


図7 光退色曲線



## スタッフ紹介

### 山田 忠史 (やまだ ただし) 都市社会工学専攻 交通マネジメント工学講座 交通情報工学分野 教授



山田忠史先生は、交通計画やロジスティクスを専門分野とされており、数理的解析から実際の交通計画まで、幅広く研究に尽力されています。国際学術雑誌や国際会議の編集委員を務められる一方で、京都市の四条通歩道拡幅事業を主導されるなど、学内外を問わず広範に活躍されています。また、学内では、文系の経

営管理大学院と併任されており、ご健康が心配になるほどに、毎日とても忙しそうにされています。普段の研究ゼミや懇親会では、個々の学生の趣味や興味に合わせた話で、場を盛り上げていただくだけでなく、先生のご経験に基づいて、世相や人生観についての熱いお話をされることも多々あります。それらを含めて、常に学生に対して愛情深く接していただいていることを、大変光栄に思っております。研究ゼミなどを通じて、山田先生からの確なご指導をいただけることは、私たちにとって大変貴重なものです。これからも変わらぬご指導を、どうぞよろしくお願い致します。(修士課程1年 西田 壮汰)

営管理大学院と併任されており、ご健康が心配になるほどに、毎日とても忙しそうにされています。

普段の研究ゼミや懇親会では、個々の学生の趣味や興味に合わせた話で、場を盛り上げていただくだけでなく、先生のご経験に基づいて、世相や人生観についての熱いお話をされることも多々あります。それらを含めて、常に学生に対して愛情深く接していただいていることを、大変光栄に思っております。研究ゼミなどを通じて、山田先生からの確なご指導をいただけることは、私たちにとって大変貴重なものです。これからも変わらぬご指導を、どうぞよろしくお願い致します。(修士課程1年 西田 壮汰)

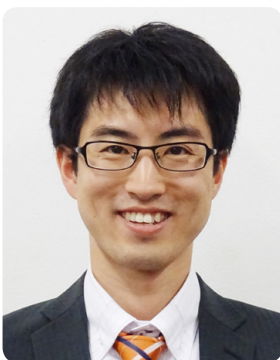
#### [略歴]

1992年3月 京都大学工学部土木工学科 卒業  
1994年3月 京都大学大学院工学研究科修士課程土木工学専攻 修了  
1994年4月 関西大学 助手 (工学部土木工学科)  
2000年4月 関西大学 専任講師 (工学部土木工学科)

2001年4月 広島大学 助教授 (大学院工学研究科社会環境システム専攻)  
2004年9月 京都大学 助教授 (大学院工学研究科都市社会工学専攻)  
2018年3月 現職 (2016年4月から経営管理大学院と併任)

### 野口 恭平 (のぐち きょうへい)

### 社会基盤工学専攻 構造工学講座 橋梁工学分野 助教



野口恭平先生は、京都大学で博士後期課程を修了され、2017年度より社会基盤工学専攻構造工学講座で助教をされています。橋梁の劣化の一因である飛来塩分の橋梁表面への付着量を、風工学的な視点で評価する研究に取り組んでおられます。また、橋梁の空力振動現象解明のための風洞実験や数値流体解析も行っておられます。

自身の研究活動に熱心に取り組んでおられる一方で、学生に対しての研究指導も一人ひとりに対し時

間をかけて下さいます。実験や論文執筆中に学生がフリーズした際でも、共に悩み、学生では思いつかない多くのアイデアや鋭いご指摘で、解決や更なる悩みへ導いて下さります。また、年齢が我々学生と比較的近く、一緒に行きつけの食堂で食事をしたり、野球やテニスで汗を流したりと、親しみやすい存在でもあります。常に学生の研究環境に気をつけていただき、特に今の研究室でよい住環境を享受できるのは先生のおかげであると学生一同強く感じております。

間をかけて下さいます。実験や論文執筆中に学生がフリーズした際でも、共に悩み、学生では思いつかない多くのアイデアや鋭いご指摘で、解決や更なる悩みへ導いて下さります。また、年齢が我々学生と比較的近く、一緒に行きつけの食堂で食事をしたり、野球やテニスで汗を流したりと、親しみやすい存在でもあります。常に学生の研究環境に気をつけていただき、特に今の研究室でよい住環境を享受できるのは先生のおかげであると学生一同強く感じております。

研究に対する熱意、学生指導に対する熱意、娯楽に対する熱意、これら全てを兼ね備えた野口先生の下で研究生活を送ることができ幸せです。今後とも変わらぬご指導をよろしくお願いたします。

(修士課程1年 福島 温樹)

#### [略歴]

2012年3月 京都大学工学部地球工学科 卒業  
2014年3月 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻修士課程 修了  
2016年4月 日本学術振興会特別研究員 DC (2017年3月まで)

2017年3月 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻博士後期課程 修了  
2017年4月 京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 助教

## 院生の広場

### 院生紹介

Ruben R. Vargas (地盤防災解析研究分野・修士課程2年)

According to the international disasters database, only in the last century, the total number of deaths and losses caused by ground motions, exceed 2 million people and 500,000 million dollars, respectively. One of the most catastrophic consequences during an earthquake is the occurrence of Soil Liquefaction, which essentially consists of a large reduction in the shear strength of the ground, causing the soil to behave temporarily as a fluid; leading to the failure of structures and lifelines in a widespread area. This phenomenon has been studied from different perspectives, such as laboratory tests, physical models, site-recognition, and, in the last decades, through the development of numerical models; however, despite the efforts, the results of numerical simulations have still important discrepancies with physical models.

At Uzuoka Laboratory (渦岡研), we are working on an international collaboration project called LEAP (Liquefaction Experiments and Analysis Projects), which seeks to verify, validate and quantify the uncertainty of numerical procedures to increase the accuracy of the prediction of the effects of soil lique-

faction; the unique feature of this project is the development of a large database of reliable physical models, which are verified among ten of the most important geotechnical laboratories in the world. The experience of continually presenting our results and discussing along with world-famous researchers and professors encourages me to continue learning and improving my research; and, at the same time, it allowed me to confirm that, fortunately, I am under the guidance of two of the most talented professors in our field. In that sense, all I have to say to my professors, labmates and all the members of our department is “ありがとうございます”, “Thank you”, and “Gracias”.



佐藤 真也 (地殻環境工学分野・博士課程2年)



私が所属する地殻環境工学分野では、持続可能な社会を実現するため、海底熱水鉱床調査・地熱開発・放射性廃棄物の地層処分などをキーワードとした研究に取り組んでいる。それらのアプローチは、数理地質学・リモートセンシング・地球化学的手法・岩石実験等多岐に渡

る。その中でも、私は Magnetotelluric (MT) 法の地熱域における地下モニタリングへの応用可能性に着目した。MT 法は自然磁場変動を利用した電磁探査法の一つで、地下深部の電気抵抗率構造を可視化できる。一方で、電磁ノ

イズや地磁気変動の空間勾配の影響を強く受ける。それ故、MT 法による地下モニタリングの実現には、電磁ノイズや地磁気変動がもたらす影響への対策が必要である。

これまでに、電磁ノイズの除去手法、地磁気変動の空間勾配評価手法の開発を行った。これらの成果について、地球電磁気・地球惑星圏学会、米国物理探査学会、Electromagnetic Induction Workshop 等で発表した。ここでは、地球電磁気や電磁探査の専門家と、多くの議論を交わし、研究の研磨を行えた。今後は、電磁ノイズや、地磁気変動の影響を除いた条件下で、地下電気抵抗率の時間的変動を導出し、その原因について議論する予定である。本研究の実現により、MT 法による電気抵抗率異常体、特に資源開発の現場では地熱・ガス貯留槽、のモニタリングが期待できる。

稲葉 良也 (河川流域マネジメント工学講座・修士課程1年)

私の所属する河川流域マネジメント工学講座(細田研)では、持続可能な河川流域の構築を目指し総合的な研究を進めています。例えば、河川流の数値解析や堤防の破壊実験といった研究が挙げられます。その中でも、私は河床波の形成とそれに伴う水面変動を予測できるモデルの開発を行っています。急流河川では洪水時、河床面が波打つように激しく変動します(河床波の形成)。すると、それに応じて水面が大きく盛り上がり、橋梁への衝突や堤防の越流の危険性の増大につながります。そこで私は、表面の流れと河床内へ浸透する流れの双方を考慮できるモデルと土砂輸送モデルを組み合わせ、上記の現象を予測できるモデルの構築を行っています。

修士課程に進学してからは本研究での成果を様々な場で

発表する機会を頂きました。その中で特に印象に残っているのが、昨年11月に行われた「ふれあい土木展」での一般の方々へのポスター発表です。本大会では、甚大化する水害に対する市民の方々の関心の高まりを実感するとともに、自らの研究を噛み砕いて伝えることの重要性を痛感しました。また、この経験は自らの研究が社会にどのように生かされ得るかを再考する良い機会となりました。今後も一層、研究・表現活動に真摯に取り組んでいく所存です。





# 東西南北

## 受賞

今北 啓一 (社会基盤工学専攻 修士課程)	資源・素材学会関西支部 第16回若手研究者・学生のための研究発表会 優秀発表賞 [室内水圧破碎実験において生じる AE の震源パラメータ推定]
西口 正剛 (社会基盤工学専攻 修士課程)	資源・素材学会関西支部 第16回若手研究者・学生のための研究発表会 優秀発表賞 [砂岩におけるカルシウム化合物による空隙充填と透水性への影響]
Wang Jiaqi (社会基盤工学専攻 研究員)	The 15th International Conference on Wind Engineering (ICWE15) The Best Student Paper Award [Aerodynamic instabilities of rectangular cylinder with side openings]
岩崎 理樹 (寒地土木研究所) 井上 卓也 (寒地土木研究所) 音田慎一郎 (都市社会工学専攻 准教授) 矢部 浩規 (寒地土木研究所)	令和元年度土木学会水工学委員会 水工学論文賞 [三次元反砂堆に関する数値計算]
栗田祥太郎 (都市社会工学専攻 修士課程) 稲葉 良也 (都市社会工学専攻 修士課程) 清水 皓一 (都市社会工学専攻 修士課程)	令和元年度ふれあい土木展 第7回研究室対抗関西土木リーグ 優秀賞 [河川における水の流れと地形変化に関する数値シミュレーション技術]
須崎 純一 (社会基盤工学専攻 准教授) 出口 翔理 (阪神高速道路株式会社)	2019年度 土木学会土木情報学論文賞 [欠損に頑健な多時期地上 LiDAR データの精密位置合わせ]
木村 正臣 (東京大学) 田中 智大 (社会基盤工学専攻 助教) 山崎 大 (東京大学)	令和元年度水文・水資源学会論文賞 [地表水流れの数値解析技術に関する分野横断的視点から見た特徴と最前線]
田中 智大 (社会基盤工学専攻 助教) 吉岡 秀和 (島根大学)	The 38th JSST Annual International Conference on Simulation Technology Best Paper Award [Numerical stability analysis of the local inertial equation with semi- and fully implicit friction term treatments: assessment of the maximum allowable time step]
戒谷 大樹 (社会基盤工学専攻 修士課程)	日本材料学会 第19回コンクリート構造物の補修、補強、アップグレードシンポジウム優秀論文賞 [漏洩磁束法を用いたコンクリート中の鋼材腐食量および腐食範囲の推定]
Chenlu Song (都市社会工学専攻 博士課程)	第5回 若手研究者国際岩の力学シンポジウム&革新的未来のための岩盤工学シンポジウム奨励賞 [YSRM2019-The 5th ISRM Young Scholars' Symposium on Rock Mechanics and REIF2019-International Symposium on Rock Engineering for Innovative Future]
佐藤 真也 (都市社会工学専攻 博士課程)	日本地球惑星科学連合2019年大会 学生優秀発表賞 [Reference データが与える地磁気変換関数への影響について]
佐藤 真也 (都市社会工学専攻 博士課程)	物理探査学会第140回学術講演会 優秀発表賞 [MT インピーダンスの回転不変量の時間的変動について]
佐藤 真也 (都市社会工学専攻 博士課程)	地球電磁気・地球惑星圏学会第146回講演会 学生発表賞 (オーロラメダル) [独立性及び複帯域性に基づいた自然電磁場データからのノイズ除去の試み]
大田 優介 (都市社会工学専攻 博士課程)	日本情報地質学会 奨励賞 [複数の室内計測情報の統合による岩石の電気的性質の物理モデル化]
富田 昇平 (都市社会工学専攻 修士課程)	日本情報地質学会 奨励賞 [感度分析による海底熱水系数値シミュレーションの支配パラメータの特定]
石須 慶一 (都市社会工学専攻 博士課程)	資源・素材学会 2019年度若手ポスター発表賞 [地球統計学的制約項を用いた 3 次元海底電磁探査逆解析法に基づく海底熱水鉱床のイメージング]
犬飼 郁也 (都市社会工学専攻 修士課程)	資源・素材学会関西支部 第16回若手研究者・学生のための研究発表会 優秀発表賞 [インドネシア Tampomas 地熱地域における $^{129}\text{I}$ 比と微量元素を用いた地熱流体の起源と滞留時間の推定]
岡本 隆明 (社会基盤工学専攻 助教) 戸田 圭一 (社会基盤工学専攻 教授) 岡 宗佑 (社会基盤工学専攻 修士課程) 當麻 泰史 (社会基盤工学専攻 修士課程)	第25回地下空間シンポジウム 講演奨励賞 [幅の狭い地下通路における浸水時の危険性の評価に関する実験的研究]

## 新聞掲載、TV 出演等

角 哲也 (都市社会工学専攻 教授)	2019年10月19日 TV朝日 報道ステーション 台風19号に関するダム操作について 2019年11月12日 NHK ニュース7 台風19号に関するダム操作について 2019年11月14日 日経新聞朝刊 オピニオン(複眼) 水害の猛威に備えるーダム放流のルール個別にー 2019年11月20日 Wedge 12月号 紙一重で防いだ「首都水没」の舞台裏 2019年11月28日 NHK BS1 国際報道2019 ペトラ遺跡におけるフラッシュフラッド 2019年12月3日 NHK おはよう日本 ペトラ遺跡におけるフラッシュフラッド
小池 克明 (都市社会工学専攻 教授)	2019年10月30日 財経新聞 海底地下の金属資源は「2階建て」構造になっている 2019年11月4日 日経新聞 海底の金属資源地下分布を可視化 2019年11月22日 科学新聞 沖縄沖の海底熱水地域に分布、金属資源の二層構造を可視化
竹林 洋史 (社会基盤工学専攻 准教授)	2019年9月12日 NHK 大阪 芥川で発生した水難事故現場周辺の河川流の特性 2019年10月20日 朝日新聞朝刊など、テレビ出演2回、新聞掲載16回 宮城県丸森町子安で発生した土石流の流動特性と数値シミュレーション

## 人事異動

名前	異動内容	所属
2019年9月30日		
Flores Barron, Giancarlo Augusto	退職	都市社会工学専攻 ジオマネジメント工学講座 国際都市開発分野 准教授
2019年10月1日		
清水 裕真	採用	社会基盤工学専攻 都市基盤設計学講座 沿岸都市設計学分野 助教
2019年10月16日		
柏谷 公希	昇任	都市社会工学専攻 地球資源学講座 地殻環境工学分野 准教授
2020年1月16日		
塚田 和彦	昇任	社会基盤工学専攻 資源工学講座 計測評価工学分野 教授
2020年2月1日		
久保 大樹	採用	都市社会工学専攻 地球資源学講座 地殻環境工学分野 助教
宮下 卓也	採用	社会基盤工学専攻 防災研究所 海岸防災工学分野 助教
2020年3月1日		
山本 貴士	昇任	社会基盤工学専攻 構造工学講座 構造材料学分野 教授

## 大学院入試情報

社会基盤工学専攻と都市社会工学専攻は、「社会基盤・都市社会系」という一つの入試区分として一括募集を行います。工学研究科の入学試験に関するホームページおよび上記二専攻のホームページもご参照ください。

### ■ 2019年度実施 2月期入試情報 (結果)

2020年2月12日(水)・13日(木)に実施されました入試の合格者数は以下の通りです。

修士課程：外国人留学生 11名

博士後期課程：第2次(2020年4月期入学) 13名(うち、一般学力選考9名、社会人特別選考3名、論文草稿選考1名)

## 専攻カレンダー

3月23日	学位授与式
4月8日	前期講義開講
6月18日	創立記念日

## 編集後記

二専攻による本ニュースレターが発行からちょうど10年を迎え、このたび一つの節目となる20号を発行することができました。ひとえに関係各位のご支援、ご協力の賜物と深く感謝しております。引き続き、本ニュースレターをよろしくお申し上げます。

記：松中 亮治