

# CIVIL ENGINEERING

Kyoto University



京都大学大学院 工学研究科 土木工学系研究室  
京都大学工学部 地球工学科 土木工学・国際コース

# Civil Engineering

土木工学は、人類に関わる自然的環境、社会的環境、  
文化的環境の保全と創成をめざします。



人々が自然と調和した健康で文化的な生活をおくるためには、その活動の場所となる環境が  
保全され、かつ新たな創成が行われることが必要です。その環境とは

1. 人類・生物が生存できる豊かな水、緑、土地などを基盤とする自然環境
2. 社会が発展する、生活基盤を支えるための物質・文明に関わる社会的環境
3. 人々の交流と活動を知的に促し、アイデンティティの基盤となる地域固有の文化、風土に  
関わる文化的環境

を意味します。

土木工学は、以上のような総合的な環境について、その保全と制御を含めた環境創成を目的とする学問です。すなわち、土木工学は、環境の持続可能な発展に関わるインフラストラクチャー及び人間環境系を創造するメインシステムです。

# Graduate School of Civil Engineering

## 大学院土木工学系専攻

京都大学の土木工学教室は、明治30(1897)年の京都大学の創設時に設置され、日本における土木工学の教育・研究機関の先駆けとして、橋梁・都市構造物、都市計画・交通計画、河川・港湾構造物、地盤造成、防災技術などの国土と都市の社会基盤の創造に大きく貢献してきました。

母体学科は、平成8年より大学院専攻に重点化され、加えて学部においては新設された地球工学科土木工学コースに継承されています。平成15年の大学院再改組による社会基盤工学専攻、都市社会工学専攻、都市環境工学専攻の3専攻体制を経て、平成22年4月より社会基盤工学専攻、都市社会工学専攻の2専攻体制に移行しております。また、平成18年10月からは桂キャンパスを拠点として大学院教育・研究活動を行っています。大学院専攻の桂キャン

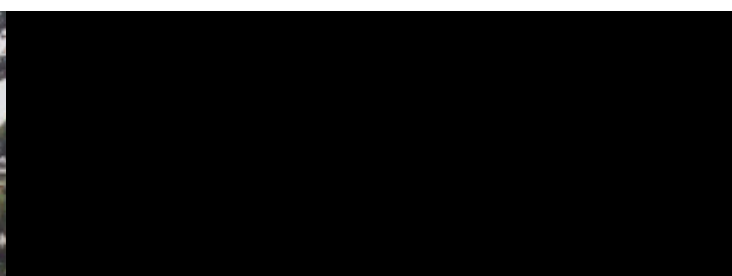


Photo: Showa Sekkei, Osaka, Inc.

ンパス移転に伴い、吉田キャンパスは学部教育拠点としての役割を担うこととなりました。平成23年には、地球工学科に英語にて土木工学コースと同等の内容を教育する国際コースが新たに設置されました。

京都大学の土木工学関連の研究室は、基幹・専任講座24分野と協力講座等18分野の合計42分野から構成されています。構造工学系、水工学系、地盤工学系、計画系の4つの系領域で活動する42分野の研究室が、おもに社会基盤工学専攻、都市社会工学専攻の2専攻に分散して所属し、資源工学系の関連分野やインフラシステムマネジメント研究拠点ユニットなどの学内ユニットと協働する有機的な構成となっています。以下では、構造工学系、水工学系、地盤工学系、計画系の4つの系領域を軸に各分野での研究活動の概要を紹介します。



# Structural Engineering Laboratories

構造工学系研究室

構造物の材料・力学モデル・設計・施工・維持管理に関わる諸問題の研究と新しい構造システムの開発により、安全な社会基盤の整備と新たな空間の有効利用をめざします。

[桂キャンパス]

応用力学講座 **Applied Mechanics** (社会基盤工学専攻)

構造材料学分野 **Structural Materials Engineering** (社会基盤工学専攻)

構造力学分野 **Structural Mechanics** (社会基盤工学専攻)

橋梁工学分野 **Bridge Engineering** (社会基盤工学専攻)

構造ダイナミクス分野 **Structural Dynamics** (社会基盤工学専攻)

国際環境基盤マネジメント分野 **International Management of Civil Infrastructure** (社会基盤工学専攻)

構造物マネジメント工学講座 **Structures Management Engineering** (都市社会学専攻)

地震ライフライン工学講座 **Earthquake and Lifeline Engineering** (都市社会学専攻)

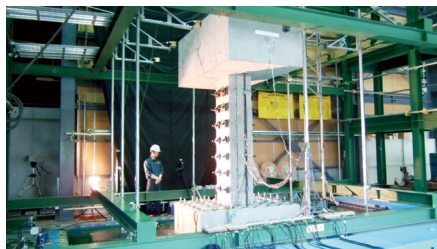
[宇治キャンパス]

耐震基礎分野 **Dynamics of Foundation Structures** (都市社会学専攻, 協力講座)

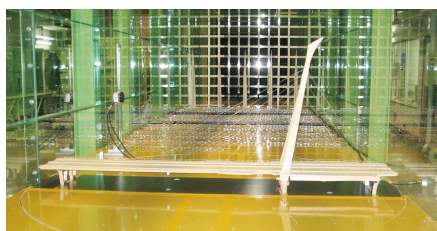
都市耐水分野 **Urban Flood Control** (都市社会学専攻, 協力講座)



開発した鋼管集成橋脚が採用された海老江JCT



振動台実験による新耐震構造の開発



全橋弾性体模型を用いた風洞実験



40年供用された支承の性能確認実験

# 応用力学講座

## APPLIED MECHANICS

●准教授:西藤 潤      ●准教授:カイヤー アバス  
 ●Assoc. Prof.: Jun Saito      ●Assoc. Prof.: Abbas Khayyer

### 力学現象のモデル化と計算機シミュレーション

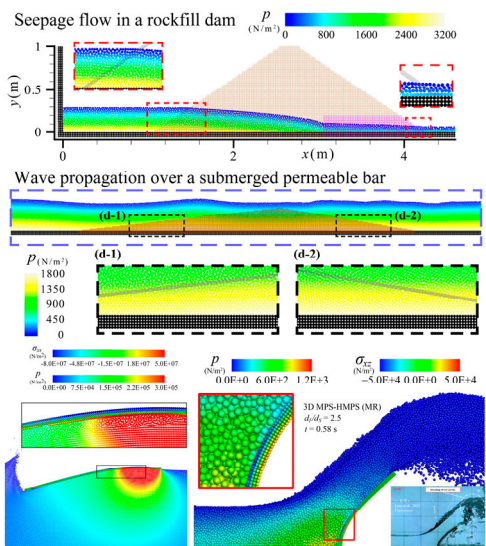
社会基盤整備では計画・設計・施工・管理のすべての段階において、対象構造物の力学的安全性の検討が最重要である。現場観測や室内実験のデータを論理的に説明するための応用力学的研究において、キーポイントは「力学現象の本質のモデル化」であり、それに基づく数値的予測手法を開発する。当講座では、基礎となる力学の理論とその応用について研究すると共に、その研究成果を次世代に継承、発展させることのできる人材育成を目標とする。

### 研究概要

#### 粒子法のマルチフィジックスへの展開

本研究では、海岸・海洋工学分野における激流や混相流、流体-構造物連成など、様々な工学問題への応用を目的とした、粒子法型数値シミュレーションモデルのマルチフィジックスへの展開に取り組んでいる。ラグランジュ型流体解析手法である粒子法は、数値拡散の要因となる移流項や煩雑な計算格子の生成作業を必要とせず、格子法では取り扱いが困難な複雑な水面変動や構造物破壊等の大変形問題を含む複雑移動境界問題の追跡に優れる特質を有する。しかしながら、粒子法は運動量やエネルギーの保存性に関する議論が未だ十分でなく、非物理的な圧力擾乱や数値不安定に関する検討課題を残している。これらの解決には、Navier-Stokes 式に代表される支配方程式（物理モデル）を忠実に再現する離散化手法（数値モデル）の開発が必須である。

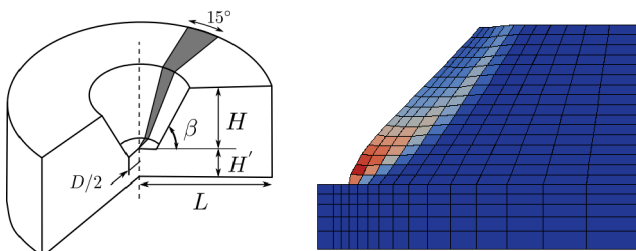
- 現在、主に取り組む研究テーマは以下の通りである。
- より高精度な計算スキーム・アルゴリズムを導入した粒子法による高精度安定解析手法の開発
  - 複数の物理モデルを包括的かつ忠実に再現する、粒子法による混相流モデルの高精度化
  - 弾性体挙動を記述する Cauchy の運動方程式あるいは Hamilton の原理に対応した、粒子法による流体-構造物連成解析手法への展開



Coastal/ocean engineering simulations by particle methods

#### 剛塑性有限要素法を用いた地盤構造物の極限状態に関する研究

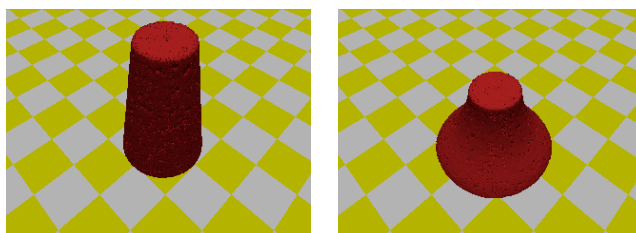
地盤材料や金属材料で、弾性変形に比べて大きな塑性変形が生じる場合、有限要素法に極限定理を組み入れた剛塑性有限要素法を用いて、材料の挙動を数値的に表現することができる。剛塑性有限要素法を実問題に適用すべく、多様な構形式の導入や、高精度化など解法の改良を続けている。



円錐台掘削の斜面安定解析

#### 粒子と格子を用いた流体および構造の数値解析手法の開発

格子上で運動方程式を解き、粒子で移流計算を行う MPM や FLIP などを用いた数値解析手法の開発を行っている。これらは、メッシュベースの手法とメッシュレスの手法の利点を併せ持っており、個体、流体、気体の数値計算が可能な強力な手法である。本研究では、フレッシュコンクリートの流動性解析、地盤の変形を考慮した浸透流解析、流体と構造の連成解析などを行うことを最終的な目的とし、その実現のために、数値計算の高速化、計算精度の向上、境界条件の処理に関する研究を行っている。



スランプ試験の流動解析

## 構 造 材 料 学 分 野

## Structural Materials Engineering

●教授:山本 貴士

●准教授:高谷 哲

● Prof: Takashi Yamamoto

● Assoc. Prof.: Satoshi Takaya

## 丈夫で、美しく、長持ち ～コンクリート構造物～

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、定量的な劣化度の評価や適切な補修を行うのが難しいのが現状です。当研究室では、コンクリート構造物を長期間に渡って維持できるように、劣化のメカニズムや、劣化度の評価手法、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、分子構造から土木構造までの研究を行っています。

## 研究概要

## 劣化メカニズムの解明

経済的かつ効率的にコンクリート構造物の維持管理を行うためには、劣化のメカニズムを明確に把握しておく必要があります。そのため、代表的な劣化形態である鉄筋腐食およびアルカリ骨材反応 (ASR) のメカニズムを解明するために電気化学的測定や様々な化学分析を活用しています。

例えば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、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 (蛍光) が溶出に伴い減少していることが確認されました。この蛍光は、その波長域から Non Bridging ( $-Si-O\cdot$ )、つまり  $SiO_2$  の構造欠陥に由来するものと考えられます。

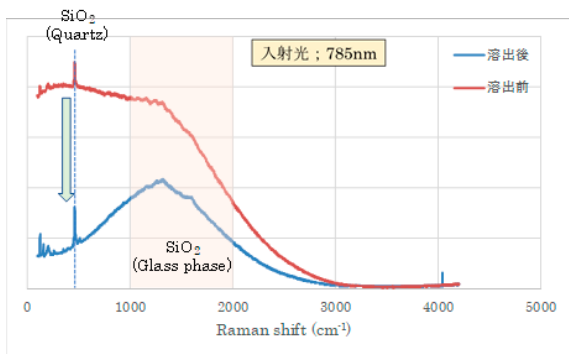


図-1 溶出に伴う骨材のラマンスペクトルの変化

## 定量的な劣化度評価手法の確立

持続可能な発展をめざす社会では、社会基盤構造物の維持管理は必須の事項です。しかし、定量的に劣化度の評価・予測を行うことは難しく、補修・補強の時期を適切に判断することができないのが現状です。そのため、劣化メカニズムに基づく定量的な劣化度評価手法の確立が求められています。

例えば、有機系の表面被覆材は劣化するとラマンスペクトル上での蛍光が大きくなることが確認されています。赤外分光分析および量子化学計算により、この蛍光の増加は、劣化してエステル結合が切れることに起因することが明らかとなり、蛍光を用いて定量的な劣化度評価ができる可能性があることが分かりました。蛍光強度を定量的な指標とするために、光退色曲線を用いて無次元化する手法を提案しています。図

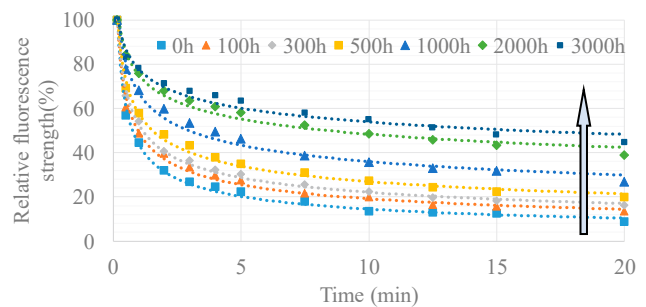


図-2 有機系表面被覆材の劣化に伴う光退色曲線の変化

2は、表面被覆材の劣化に伴う光退色曲線の変化を表しています。図を見ると、劣化するに伴い光退色しにくくなっており、光退色曲線を用いて、定量的に劣化度を評価できる可能性があると考えられます。

## 構造物の耐久性とシナリオデザイン

性能照査型設計法は、供用期間中の荷重や環境などの諸条件に応じて構造物の要求性能を設定し、構造物あるいは構造部材の保有性能が、それぞれの要求性能に対応する限界状態に、ある安全率をもって至らないようにすることを確認する設計法です。耐久性 (性能の時間的な低下に対する抵抗性)、安全性、使用性、復旧性の限界状態に関して種々の検討を行うことで、コンクリート構造物のより高度かつ精緻な設計法の確立を目指します。

図-3は、鉄筋腐食を生じたRCはりの載荷実験の様子とその有限要素解析の結果で、安全性のうちの耐荷性に与える鉄筋腐食の影響を検討し、RC構造の耐久性を明らかにすることで、構造物の生涯シナリオを設計可能にします。



図-3 鉄筋腐食 RC はりの載荷実験および有限要素解析結果

# 構造力学分野

## Structural Mechanics

- 教授：北根安雄
- 助教：松本理佐
- 助教：佐藤顕彦
- Prof.: Yasuo Kitane
- Asst. Prof.: Risa Matsumoto
- Asst. Prof.: Akihiko Sato

### 鋼・複合構造による社会基盤施設の安全・健全度評価

持続可能な生活空間を支える基盤技術として、安心・安全はもとより、環境にやさしい技術の実践が求められています。すなわち、社会基盤施設の社会・経済活動に対する既存機能を維持しつつ、それらの長寿命化をはかるとともに、自然環境への低負荷化を進める必要があります。本研究室では、基盤技術として、鋼、コンクリート、繊維強化プラスチック(FRP)を効果的に組合せた「ハイブリッド構造」をキーワードに各種都市基盤施設の合理的設計法、長寿命化技術、延命化技術、低環境負荷技術の確立を目指しています。また、地震に対する防災技術の構築、経年構造物の健全性評価・余寿命予測、またそのためのセンシング・モニタリングシステムの構築などにも取り組んでいます。

#### 研究概要

##### 各種高機能材料を組み合わせた合理化橋梁構造の開発

構造物の多様化により、構造物を構成する各構造要素にはさまざまな要求(性能)が課せられることが多くなりました。例えば、組立て製作性、低価格、高強度、高剛性、高耐久性などがあります。このような性能を構造物に付与させるために、鉄鋼材料、コンクリート材料では、様々な高機能材料の開発が進められています。さらに、それぞれの材料の持つ本来の特徴的な性能に着目して、お互いの材料の欠点を補い、それぞれの優れた特性を最大限引き出すような複合化「ハイブリッド化」の取り組みも進められています。特に、異種の材料の持つ優れた特性を活かして新しい材料・構造形式を構築しようとしたニーズ指向型の開発として、「ハイブリッド構造」は、様々な要求に対応できる構造と期待されています。



鋼管集成橋脚

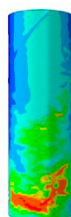


FRP歩道橋

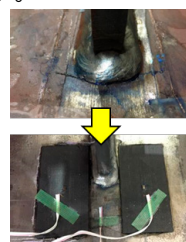
##### 既設鋼構造物の残存耐荷性能評価と補修補強方法

鋼構造物は供用期間が長くなると、腐食や疲労などの経年劣化を生じるため、定期点検で明らかとなった劣化程度をもとに、健全性を評価して、補修補強の要否を判断します。また、地震や火災などを被災した鋼構造物についても、臨時点検を行って、損傷の程度を明らかとし、健全性を評価したうえで、補修補強の要否を判断します。したがって、腐食や損傷が生じた鋼構造物の残存耐荷性能を精度よく評価することは、鋼構造物の安全性を確保する上で非常に重要です。特に、

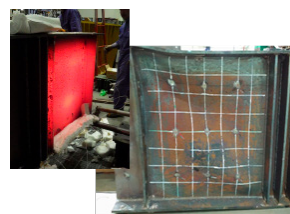
疲労損傷や腐食損傷した鋼構造物および火災を受けた鋼橋の残存性能評価について、これまで実験および解析により、研究を実施しています。補修が必要な鋼構造物については、鋼板当て板工法やCFRP接着工法などの適切な補修設計法の提案を行っています。



腐食鋼管杭の曲げ解析結果



接着補修後の残存疲労寿命評価



火災を模擬した鋼桁の加熱実験と載荷実験後の桁

##### 既設構造物の非破壊点検・検査、常時モニタリング、健全性評価および寿命予測

現在、高度経済成長期に建設された多くの構造物が老朽化し、様々な損傷事例が報告されるにつれ、構造物の維持管理が極めて重要な課題として認識されています。本研究室では、構造物の老朽化や損傷による力学的応答の変化に着目して、解析モデルや実験を通して研究を実施しています。また、力学的応答に基づく構造物の残存性能評価手法の確立を目指して、変位やひずみといった構造物の応答を効率的に計測する手法の開発や、現場実験による実構造物への適用性の検討を行っています。



レーザー光と画像計測を用いた変位計測手法の現場実験

# 橋 梁 工 学 分 野

## Bridge Engineering

- 教授:八木 知己      ●准教授:松宮 央登      ●特定准教授:西野 朋季      ●助教:野口 恭平
- Prof.: T. Yagi      ●Assoc. Prof.: H. Matsumiya      ●PS Assoc. Prof.: T. Nishino      ●Asst. Prof.: K. Noguchi

### 橋梁のエアロダイナミクス ～風と構造の力学を通じて～

強風下における構造物の耐風性というテーマで、橋梁断面やケーブル構造物等を対象に風洞実験や数値流体解析 (CFD) を行い、各種空力振動現象の解明や応答評価、安定化対策の開発を行っています。さらに、台風や竜巻による強風災害や、海塩や雪などの粒子状物体の飛散や構造物への付着といった、風工学と構造工学の両方に関わる防災や維持管理についての研究も行っています。

#### 研究概要

##### 橋梁の空力不安定現象に関する研究

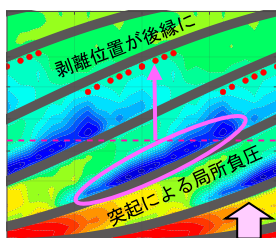
新たな橋梁を設計・建設する際には、橋梁断面の空力安定性をあらかじめ確認しておくことが重要です。例えば旧タコマ橋(米国)は、風の作用によって桁がねじれ振動を生じ、落橋・崩壊に至った事例として有名です。本研究室では様々な形状の橋梁断面を対象に、橋桁に作用する空気力や振幅応答を風洞実験によって計測することで、橋梁断面の空力特性・振動現象の解明ならびにその安定化に取り組んでいます。また、桁側面に開口部を有するような特徴的な橋梁も対象としています。



風洞実験における橋梁断面模型の例

##### ケーブル構造物の空力特性に関する研究

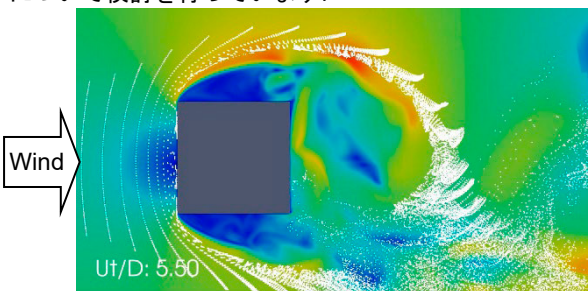
架空送電線では、雪が付着することで、ギャロッピングと呼ばれる空力振動が発生することがあります。斜張橋ケーブルでは、雨と風の状況下で発生するレインバイブレーションと呼ばれる振動現象もあります。複数本のケーブルが並列すると流れの干渉により、ウェイクギャロッピングが発生します。本研究室では、様々なケーブル構造物の空力振動機構の解明、対策方法の検討、応答予測の精緻化を行っています。また、スパイラル状突起を用いた3次元的な流れ場の制御に着目して、抗力を低減できるケーブル開発にも取り組んでいます。



スパイラル状突起間の圧力分布

##### 粒子状物体の飛散および構造物への付着

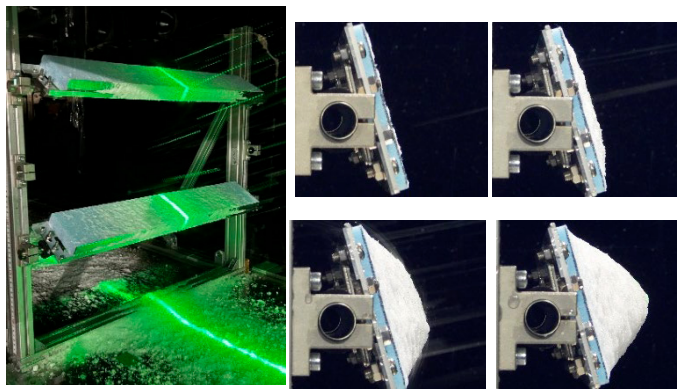
海塩や雪、砂、花粉など、私たちの生活には多くの粒子状物質が関わっています。これら粒子の挙動には風の作用が強く影響しています。本研究室では、数値流体解析 (CFD) の技術を用いて、粒子の大きさなどの諸条件ごとに、円断面や矩形断面、橋梁断面周りの粒子の輸送過程や壁面への衝突機構について検討を行っています。



矩形断面周りの粒子飛散解析 (カラーは風速絶対値)

##### 構造物への着雪現象に関する研究

0°Cを上回る気温で降る「湿雪」は、水分を含むため構造物へ付着しやすく、風に伴って降雪粒子が飛散すると構造物の側面にも着雪が生じます。着雪後に、気温の上昇などに伴い発生する落雪による交通障害などを防ぐ目的で、上記の解析手法を用いて、着雪・積雪が発生しやすい構造物の部位について検討しています。また、粒子の性状や衝突特性に応じた付着のしやすさを評価するために、低温風洞を用いた着雪実験を実施しています。



模擬板への着雪実験(左)と時々刻々の着雪形状の変化(右)

# 構造ダイナミクス分野

## Structural Dynamics

●教授:高橋良和 ●助教:植村佳大 ●特定助教:上田知弥  
 ●Prof.: Yoshikazu Takahashi ●Assist. Prof.: Keita Uemura ●Program-Specific Assist. Prof.: Tomoya Ueda

### より良い社会を実現するための耐震工学・構造ダイナミクス

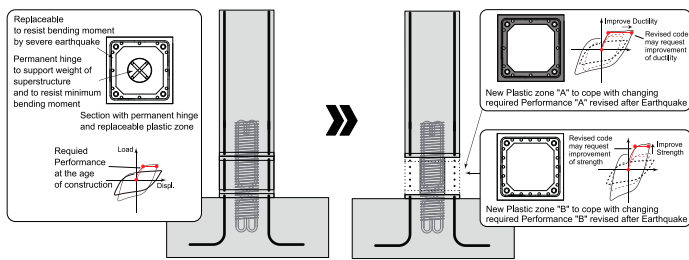
構造設計の基本は鉛直力(重力)を支持することですが,世界有数の地震国である我が国では,鉛直力と同時に水平力(地震力)に対する安全性を保証する必要があります。しかしながら,重力は静的荷重であり,単調な確定的作用であるのに対し,地震力は動的荷重であり,不確定性が非常に高い作用です。当研究室では,橋梁構造物を主な対象として,動的で不確定性が高い地震動に対する構造物の性能向上に向けた研究を行っています。

#### 研究概要

##### 橋梁構造の耐震安全性に関する実験的研究

かつての耐震設計とは,「地震で壊れない構造物」を設計することを意味していました。しかし現在の耐震設計では,大規模な地震に対しては構造物が損傷することを許容するが倒壊は防ぐという設計思想のもと,「大地震でうまく壊れる構造物」を設計しています。そのため,鈍構造やアンボンド芯材補強RC構造(UBRC構造),メタボリズム構造など,新しい概念に基づく耐震構造をダイナミクスの視点で開発を進めています。

また,橋梁支承は橋桁の境界条件であるため,橋梁設計で想定した性能を発揮するためには,支承が設計通りに性能を発揮することが基本です。しかしながら,橋梁支承は上部・下部構造接続部に設置されるため,常時の供用により劣化し,上部構造の損傷を誘発する事例が数多く報告されています。また,1995年兵庫県南部地震以降,橋梁の建設,耐震補強において,積層ゴム系の免震支承が積極的に採用されるようになりました。一方,2011年東北地方太平洋沖地震や2016年熊本地震では,積層ゴム系支承の破断を伴う被害が確認されています。現在の橋梁耐震では支承部が耐震性能の要となることが多く,橋梁支承構造の性能評価や開発を進めています。



社会の変化に応じて性能を新陳代謝できる「メタボリズム構造」



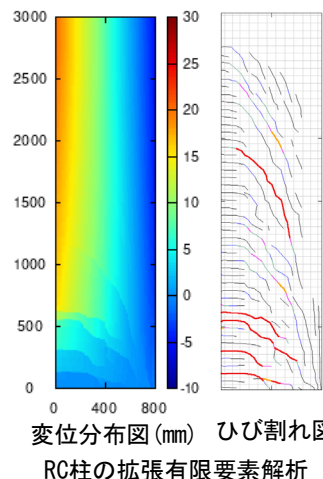
大型RC柱模型の荷重実験



実物免震支承(φ1200)の荷重実験

##### 橋梁構造の耐震安全性に関する解析的研究

コンクリート構造の地震応答を解析的に評価する際,コンクリートに発生するひび割れの進展や,ひび割れ発生に伴う構造物の変形性状の変化を適切に表現する必要があります。本研究室では,対象構造物の変形の不連続性を再現可能である拡張有限要素法(X-FEM)を用いた構造解析プログラムを開発しており,コンクリート構造の地震応答ならびにひび割れ進展の再現を行っています。



##### 大規模構造システムの動的応答把握のためのハイブリッド地震応答実験手法の開発

社会基盤構造物は規模が大きく,実規模の構造全体の試験を行うことには数多くの困難が伴います。そうした中,大規模システムの動的応答把握に有効な手法として,モデル化が困難な複数の構造要素を取り出して載荷実験を行い,その他の部分については同時に数値シミュレーションを行う「ハイブリッドシミュレーション」が挙げられます。本研究室では,ハイブリッドシミュレーションを地理的に分散した施設間で実施可能とする,マルチスケールハイブリッド地震応答システム(OpenFresco)の開発を行っています。また,実時間性を確保しながらハイブリッドシミュレーションを行う手法(リアルタイムハイブリッドシミュレーション)に関する技術開発も実施しており,2023年に建設された日本最大の実大免震試験施設E-アイソレーションにも本研究室が開発した機能が実装されています。



E-アイソレーションへのハイブリッド実験機能の実装

# 国際環境基盤マネジメント分野

## International Management of Civil Infrastructure

●准教授: 金 善玟

●准教授: 張 凱淳

●Assoc. Prof.: Kim, Sunmin

●Assoc. Prof.: Chang, Kai-Chun

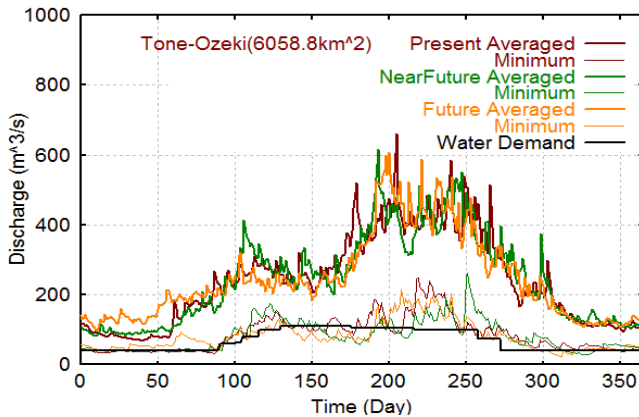
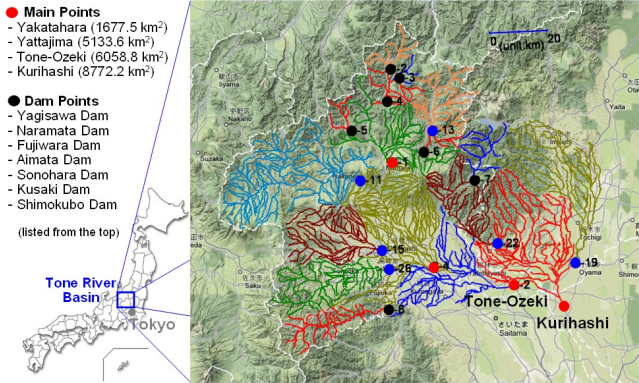
### 気候変動を考慮した水資源管理, そして 交通振動を用いた橋梁のヘルスマonitoring

水文と構造の融合研究室である当研究分野では社会基盤施設の設計とマネジメントに関する最先端の研究を行っています。水文分野では将来の気候変動による水資源への影響評価, 構造分野では交通振動を用いた橋梁のヘルスマonitoringを主な研究テーマとして研究を進めています。

#### 研究概要

##### 将来の気候変動を考慮した 流域の水資源管理手法を開発・提案

気候変動予測モデル (GCM) の出力を利用して, 将来の降水パターンの変化や重要流域での水資源変化などを調べることで, 現在および将来の発生可能な問題を把握し, 提案可能な解決手法を開発しています。

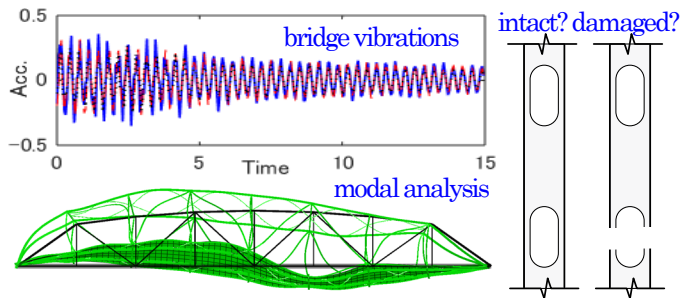


##### 気象レーダー情報を用いた 短時間降雨予測および実時間洪水予測

実時間で得られる気象レーダー情報を用いた降水の短時間予測および流出モデルによる河川流量の予測を行っています。

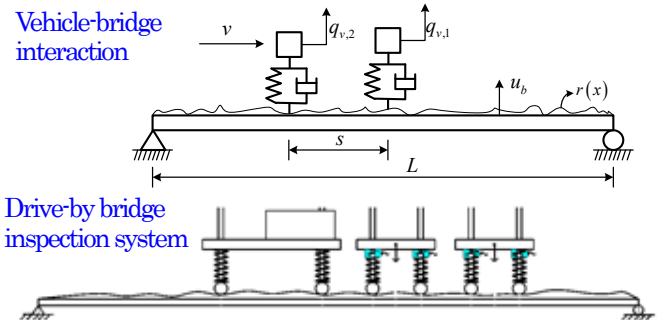
##### 交通振動を用いた橋梁モード解析と損傷検知

橋梁損傷検知は, 橋梁高齢化の問題に直面する今日において重要な研究課題となっています。本研究では, 日常の交通振動を用いて, 中小スパン橋梁での潜在的な損傷を検知することに着目しています。モードパラメータ, 時系列係数, スペクトル関数など様々な効果的な損傷指標を広く検討しています。



##### 車両—橋梁連成系とその活用

車両—橋梁連成系とは, 橋梁構造と走行車両が相互に作用する挙動であり, 橋梁工学, 耐震設計, ヘルスマonitoringなど広範な分野において検討されています。本研究では, その力学的解釈に基づき, 橋梁動的解析, 移動点検システムなど様々な革新的技術の適用に着目しています。



# 構造物マネジメント工学講座

## Structures Management Engineering

●教授(兼任): 北根 安雄

●Professor (Concurrent): KITANE, Yasuo

### 構造物マネジメントの新しい可能性の開拓

持続可能な社会生活を実現するためには、都市基盤構造物の機能を維持して長寿命化を図り、さらに環境への負荷低減を図ることが必要です。本講座では、鋼やコンクリート等の従来型材料に加え、高機能な先端材料を効果的に組合せて、都市基盤構造物の合理的設計法、長寿命化技術、戦略的維持管理技術、低環境負荷技術を確立することを目指しています。

### 研究概要

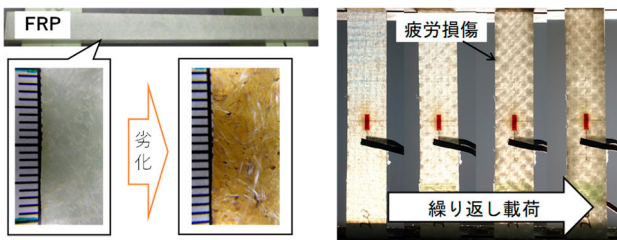
#### 構造物に用いる材料の力学的性能評価, 環境負荷低減や耐久性の評価

従来の構造材料に加え、高機能な各種先端材料の力学的挙動の解明や耐久性の評価ならびに環境負荷低減効果の評価を行っています。



環境負荷の小さい  
ジオポリマーコンクリートの性能を評価する

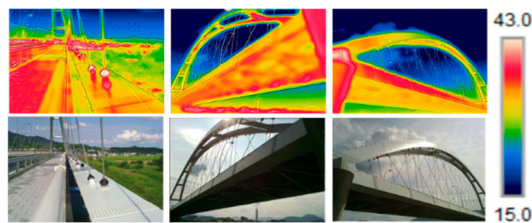
耐候性鋼の長期的な性能を調べる



繊維強化プラスチック (FRP) の経年劣化・疲労損傷を評価し力学的挙動に与える影響を明らかにする

#### 既存構造物の検査手法および劣化予測手法の開発

既存の都市基盤構造物の劣化状況を把握する手法や、劣化の進行状態を予測するシステムを開発しています。



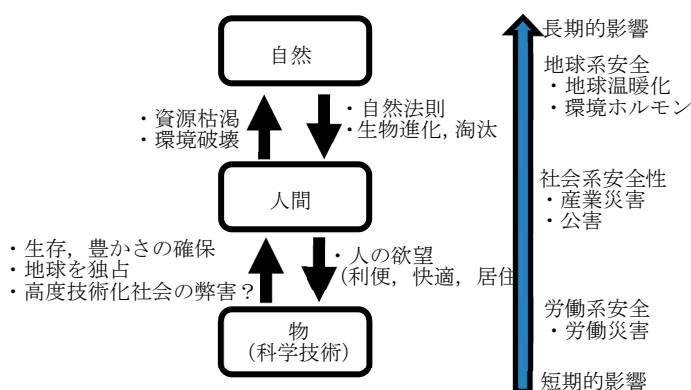
赤外線カメラを用いて構造物の劣化を診断する



変位計や加速度計から振動特性を収集し構造物の健康状態をチェックする

#### 社会基盤施設の戦略的維持管理と法『構造』工学

都市基盤構造物群を効率よく維持管理するために、ハード技術の開発のみならず、維持管理戦略の立案などのソフト技術の活用も求められます。また、技術レベルの飛躍的高度化により、複雑化する技術災害の原因究明ならびに先端技術の活用における技術者の行動規範の在り方が課題となっております。本研究室では、これらの課題解決に向けて活動します。



# 地震ライフライン工学講座

## Earthquake and Lifeline Engineering

●教授:古川 愛子

●助教:才田 大聖

●Prof.: Aiko Furukawa

●Assist. Prof.: Taisei Saida

### モニタリング・数値解析・実験で挑む、構造物の地震被害最小化

当研究室では、地震による構造物の被害最小化を目指し、振動モニタリング・数値解析・実験を組み合わせた研究を行っています。ライフラインや橋梁、歴史的建造物などの多様な社会基盤構造物を対象に、振動特性の把握や地震時挙動の再現を通して、地震時における構造物の安全性評価と有効な耐震性向上策の提案を行っています。また、国内外の地震で被災した構造物の調査・数値解析を通して、地震被災メカニズム分析し、被害の原因解明と今後の対策の検討・提案を行っています。さらに、振動特性から構造物の健全度を評価する構造ヘルスマニタリング手法に関する研究も進めており、維持管理に役立つ実務的な技術の開発にも取り組んでいます。

#### 研究概要

##### ライフラインの地震時安全性向上のための研究

道路、鉄道、上下水道、ガス、電気、通信などのライフライン施設が地震時にも機能を維持するための技術開発は、安全・安心な社会の実現に不可欠です。本研究室では、ライフライン施設の地震時安全性向上に貢献することを目的として、新しい構造形式の有効性検証など、主に数値解析を通じた研究に取り組んでいます。

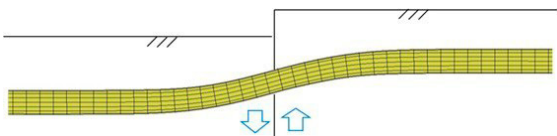


図1 断層を跨ぐ埋設管の数値解析

##### 振動計測に基づくケーブル系橋梁の維持管理手法の開発

斜張橋をはじめとするケーブル系橋梁は、ケーブルの張力によって荷重を支える構造をしています。そのため、維持管理においては、各ケーブルの張力が適切な範囲に保たれていることを確認する必要があります。また近年、ケーブルの損傷も問題となっており、張力の評価に加えて損傷の有無を把握することも重要です。本研究室では、ケーブル系橋梁の維持管理の高度化・効率化に貢献することを目的し、様々なタイプのケーブル系橋梁を対象とした張力推定手法や損傷検出手法の開発に取り組んでいます。



図2 斜張橋

##### 地震から歴史的建造物を守るための研究

歴史的建造物を地震から守り、後世に継承していくため、地震時の安全性評価や被災メカニズムの解明に取り組んでいます。文化財建造物の復旧では「原形復旧」が原則とされますが、構造的な弱点が被災要因となっている場合には同様の被害が繰り返される可能性があります。そのため、文化財としての価値を損なわない耐震対策についても検討しています。

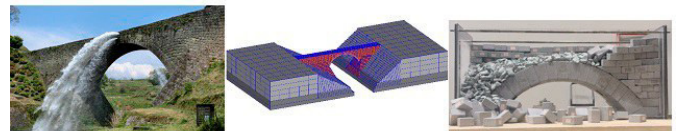


図3 石造アーチ橋と数値解析モデル、振動台実験結果の一例

##### 深層学習を用いた地震応答予測に関する研究

近年、センシング技術の発達により、構造物の地震時挙動に関する観測データが蓄積されつつあります。これらのデータを用いて構造物の地震時挙動を予測できれば、耐震補強等に役立てることができます。本研究では、主に橋梁を対象として、深層学習による観測データに基づく地震応答予測モデルの構築に取り組んでいます。応答を予測するだけでなく、地震動や応答の周波数特性に着目し、予測に寄与した特徴を可視化することで、精度と解釈性を両立した手法の開発に取り組んでいます。

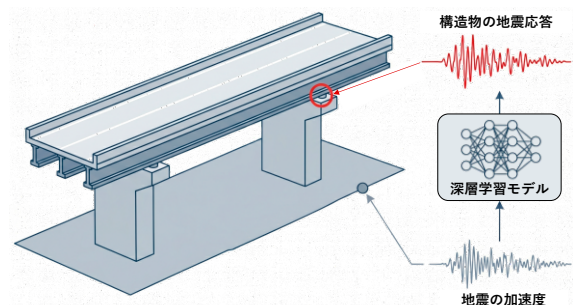


図4 深層学習を用いた構造物の地震時応答の予測

# 耐震基礎分野 Dynamics of Foundation Structure

●教授：後藤 浩之

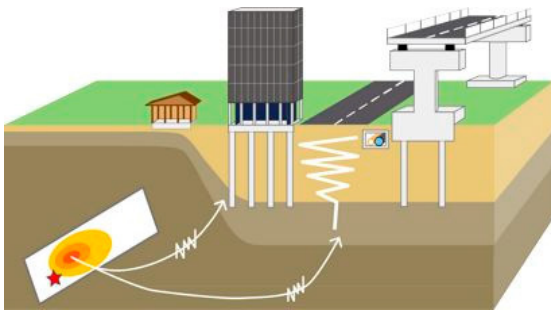
●Prof.: Hiroyuki Goto

## 地震災害学理の追及と災害軽減に向けた次世代技術の開発

地震災害による被害を軽減するためには、地震災害がどのようなメカニズムで生じるのかを理解した上で、最先端技術を活用しながら合理的な対策を講じることが必要です。本研究室では、地震災害における学理の追及を目指した基礎的な研究を行うとともに、地震災害の軽減に向けた次世代技術の開発研究を行っています。

### 研究概要

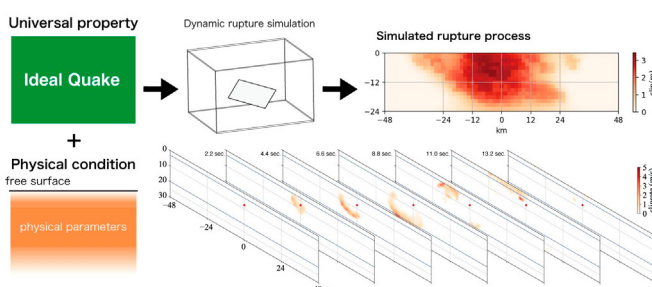
#### 地震災害事象におけるメカニズムの解明



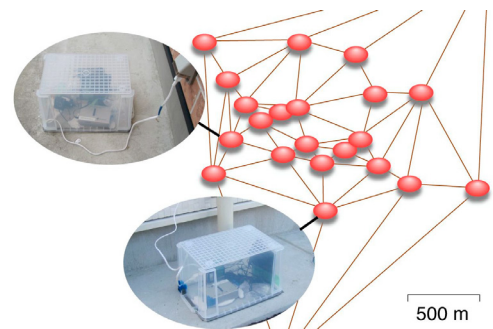
地震による災害は、構造物の崩壊による直接的な人的被害をはじめ、道路・鉄道・港湾等の被害による応急対応の阻害やサプライチェーンの途絶、広域的な水道・電気・ガス等のライフラインの被害による持続的生活の困難さ、社会全体での経済活動の停滞など、多くの事象が同時に生じます。これら事象のメカニズムを理解するためには、どのような揺れが都市を襲い、そして構造物や施設に作用したかを十分に理解し、構造物、施設、そして町の状況が想定され得るものだったのかを把握する必要があります。

私たちの研究室では、このような地震災害における多様な事象について、そのメカニズムを研究しています。地震学で対象とするような地震の発生機構から、多種多様な構造物・施設の破壊性状に至るまでの広い領域をカバーするため、地震学、応用力学、地盤力学、構造力学など幅広い分野の知見に基づいた横断的研究が特徴です。

一例として下図は、地震が発生する過程を仮想的に数値シミュレーションにより生成したものです。自然地震の特徴と矛盾しないよう生成される新しい方法論によるもので、これらの理論を発展させて新しい地震ハザード評価手法の構築を目指しています。



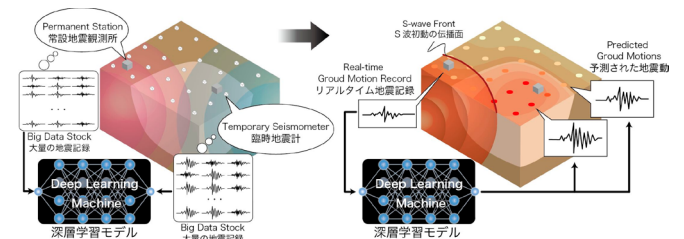
#### 災害軽減に向けた次世代技術の開発研究



現代社会では機械学習（AI）や高度センシング技術等の新しい技術が台頭し、生活のさまざまな場面で活用されつつあります。これらの技術を地震災害の軽減に活用し、地震に強い新しい都市のあり方を創造するため、次世代技術の開発研究を進めています。

私たちが対象とする地震工学分野では、地震の揺れを記録したデータや、地震の揺れを受けて壊れる様子を実験したデータ、常時から地震時までのモニタリングデータのように、時間軸に沿って変化するような大量の時系列データを扱います。大量のデータから重要な情報を取り出して適切にモデルをつくり、様々な用途に展開していくことが求められますが、全ての情報をデータから十分に取り出すことはできているのでしょうか？私たちの研究室では深層学習を取り入れた方法によって、地震工学における時系列データの予測問題を研究しています。

一例として下図は、緊急地震速報を高度化することを目指して、深層学習によって地震記録からリアルタイムに地震の揺れを予測する方法の概念を示したものです。



# 都市耐水分野 Urban Flood Control

●教授: 五十嵐 晃      ●准教授: 米山 望  
●Prof.: Akira Igarashi      ●Assoc. Prof.: Nozomu Yoneyama

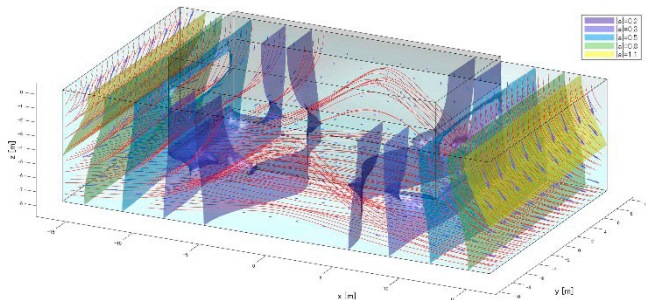
## 地震・津波・水害に伴う複合的都市災害の予測・解明・低減技術

沿岸域・河川流域の低地帯に発展した都市部に地震・津波・水害等の災害が襲来した場合、これまでに経験した事がないスケールでの複合的な都市災害や都市特有の二次災害が発生する危険性が指摘されています。当研究室では、高度化・多層化した都市域での様々な災害事象に対する安全性・性能の評価と工学的な対策技術の確立を目的として、流体・構造連成を伴う動的作用・現象の評価、災害時の極端事象に対する構造物の設計法、および都市施設の災害に対する性能評価と維持管理に関する研究を行っています。

### 研究概要

#### 浮体式免震システムの動的特性と性能評価

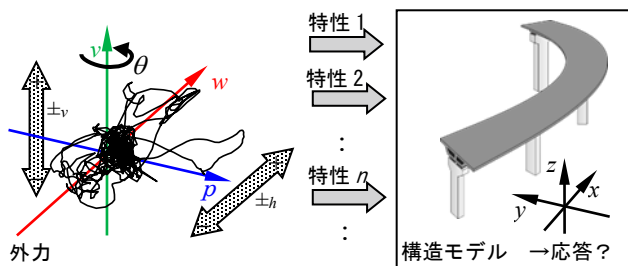
浮体式免震システムは、3次元免震の経済的な実現の必要度が高い重要施設の地震対策としての適用が現在検討されています。実用に際しての安全性や管理上の理由から、陸地に人工的に造成されたプールに浮体構造を収容した免震システムを想定した動的特性および免震効果への影響の評価手法と適用性に関する研究を行っています。



浮体式免震システムの特性評価

#### 極端事象に対する構造物の設計法

地震・津波に際してインフラ構造物に2次元/3次元動的な外力が作用した場合、そうした作用の可能な全ての多次元時空間的な方向・時間変動特性が、構造物の非線形動的応答に与える変動は、単純化された有限回の数値解析では全てを評価することが困難です。外力作用と構造物の非線形応答特性の双方の方向相関性を考慮した応答評価と、それを用いた構造物の性能評価手法を研究しています。



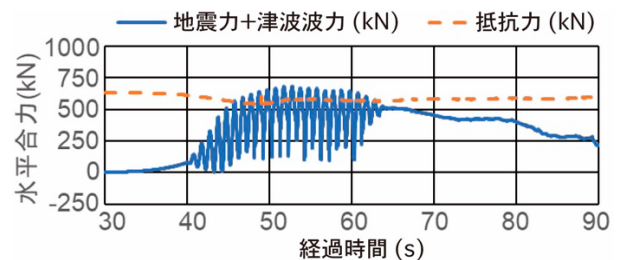
時空間的な方向特性変動に対する応答変動の評価

#### 巨大津波の被害低減に関する研究

東日本大震災以降、巨大津波の発生に伴う被害の予測とその低減方策の検討が急務となっています。現在、津波発生に伴う様々な被害を対象にその低減対策について主に三次元数値解析を用いて検討しています。

##### (地震と津波の重畳現象の解析)

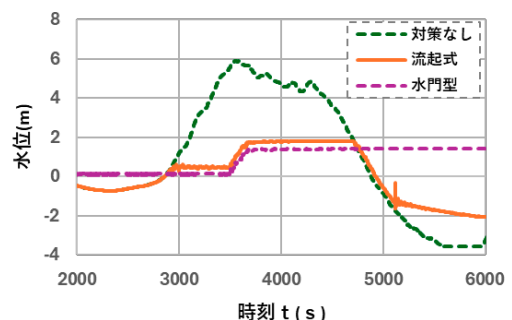
地震と津波が同時に作用する現象を予測評価する研究を行っています。下図では防波堤に作用する水平方向合力の時刻歴を示しており、42秒から64秒まで津波波力と地震力が同時作用し、その間は抵抗力を超えることがわかります。



防波堤に作用する水平方向合力の時刻歴

##### (流起式可動防波堤の有効性に関する研究)

津波災害発生後の重要な交通インフラとなる港湾を津波から守るため、通常時は海底に沈み、津波発生時にその流れにより起立する流起式可動防波堤の研究を行い、その有効性や現地設置時の課題解決に取り組んでいます。



流起式可動防波堤の津波低減効果

# Hydraulics and Hydrology

## River, Coastal, and Water Resources Engineering Laboratories

水工学系研究室

河川流域、海岸・沿岸域の安全で豊かな環境を創出するための総合的なデザイン手法の研究と実践をめざします。

[桂キャンパス]

応用力学講座 **Applied Mechanics** (社会基盤工学専攻) 6ページ参照

水理環境ダイナミクス分野 **Environmental Hydrodynamics** (社会基盤工学専攻)

水文・水資源学分野 **Hydrology and Water Resources Research** (社会基盤工学専攻)

沿岸都市設計学分野 **Urban Coast Design** (社会基盤工学専攻)

河川流域マネジメント工学講座 **River System Engineering and Management** (都市社会工学専攻)

[宇治キャンパス]

砂防工学分野 **Erosion and Sediment Runoff Control Engineering** (社会基盤工学専攻, 協力講座)

防災水工学分野 **Hydroscience and Hydraulic Engineering** (社会基盤工学専攻, 協力講座)

水文気象工学分野 **Hydrometeorological Disasters Engineering** (社会基盤工学専攻, 協力講座)

海岸防災工学分野 **Coastal Disaster Prevention Engineering** (社会基盤工学専攻, 協力講座)

防災技術政策分野 **Innovative Disaster Prevention Technology and Policy Research** (社会基盤工学専攻, 協力講座)

水際地盤学分野 **Waterfront and Marine Geohazards** (社会基盤工学専攻, 協力講座)

地域水環境システム分野 **Regional Water Environment Systems** (都市社会工学専攻, 協力講座)

水文循環工学分野 **Water Resources Engineering** (都市社会工学専攻, 協力講座)

自然・社会環境防災計画学分野 **Socio and Eco Environment Risk Management** (都市社会工学専攻, 協力講座)



# 水理環境ダイナミクス分野

## Environmental Hydrodynamics

●教授: 原田 英治  
●Prof.: Eiji Harada

●准教授: 音田 慎一郎  
●Assoc. Prof.: Shinichiro Onda

●助教: 田崎 拓海  
●Asst. Prof.: Takumi Tazaki

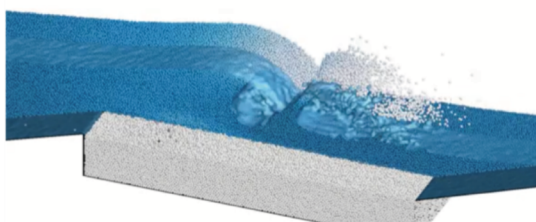
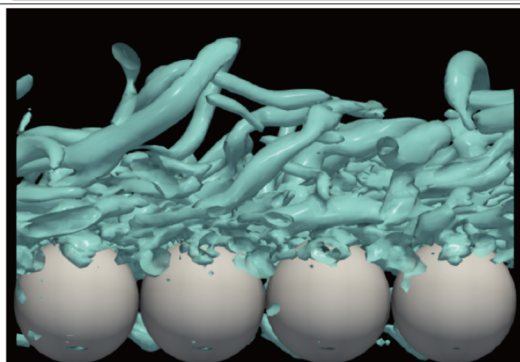
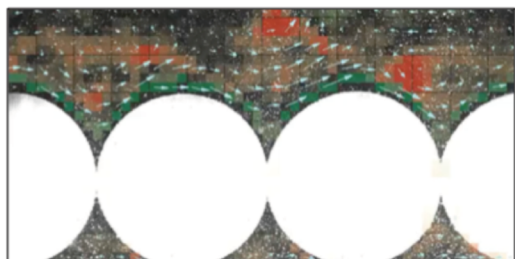
### 土砂水理学と混相乱流計測による移動床ダイナミクスの探究

流砂・漂砂現象における土砂輸送機構の検討には、混相乱流・砂粒子運動・移動床境界形状に関するシステムの理解が重要です。水理環境ダイナミクス分野では、混相乱流計測および粒状体モデルを用いた混相流シミュレーションの双方から移動床界面の流動機構の把握に向けた研究を実施しています。また、粒子流のアナロジーから、粒状体モデルを用いた群集流動予測に関する基礎研究も展開しています(詳細は <http://particle.kuciv.kyoto-u.ac.jp/> を参照ください)。

#### 研究概要

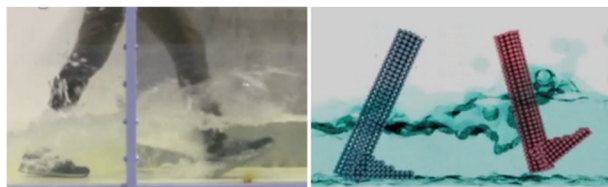
##### 数値流砂水理学 - 混相流・粒状体に基づく移動床水理学の新しい展開 -

河川・海岸の底面を構成する砂粒子は、周囲の流れ場から強く影響を受けて運動し、移動床表層では粒子配置や間隙率の変化を伴った固液混相乱流場が形成されています。移動床の構成単位である粒子スケールから移動床の流動機構を検討するため、当分野では、粒状体モデルを用いて個々の砂粒子運動を追跡、また、同スケール程度の解像度から流れ場を評価する立場の数値シミュレーションと水理実験を実施しています。下図は、[上段] PIVによる堆積層表層乱流境界層の計測、[中段]格子法による乱流境界層の数値シミュレーション、[下段]粒子法による碎破帯漂砂の数値シミュレーション。



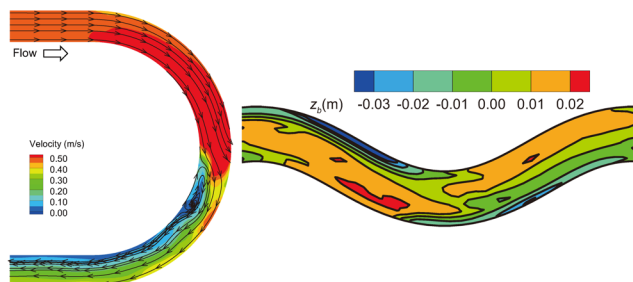
##### 粒子モデルによる群集避難の計算科学 - 災害時避難計画策定支援ツール -

増加傾向にある近年の集中豪雨は、都市部の地下空間の浸水被害リスクを高めており、設備や避難体制などの被害軽減対策の充実が求められています。浸水域での避難過程の予測には、ドライベッドとは異なり、水流中の避難者に作用する流体力の評価が重要です。下図は、[左]水中歩行実験画像と[右]膝下の姿勢を考慮した歩行モデルと高精度粒子法による流体計算のカップリングの一例です。



##### 河川流と河床・河道変動の数値シミュレーション法の開発とその応用

河川の治水計画、河道計画を検討する際、洪水時の水位や河道湾曲部・河川構造物周辺の洗掘深の予測、安定河道の設計が必要であり、水の流れと河床・河道変動の予測法に関する研究は水工学における主要な研究課題であります。当分野では、川の中の流れと地形変化に関して、模型実験による現象の把握と数値シミュレーション法の開発・高精度化と実際的な応用について取り組んでいます。左図は湾曲水路における横越流時の流線、右図は蛇行水路内の地形変化に関するシミュレーション結果です。



# 水 文 ・ 水 資 源 学 分 野

## Hydrology and Water Resources Research

●教授: 立川 康人

●助教: ティヌンバン アウリア

●助教: 普神 素良

●Prof.: Yasuto Tachikawa

●Asst. Prof.: Aulia Tinumbang

●Asst. Prof.: Sora Fugami

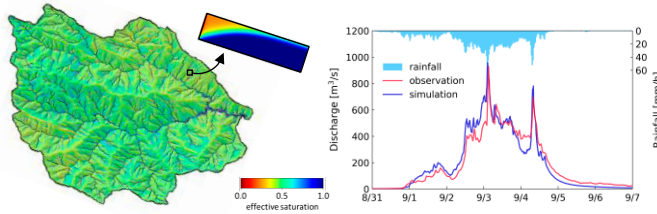
### 水の循環を科学的に理解し、人と水のより良い関係を構築する

わたしたちの生活は、水とともにあります。必要かつ安全な水の確保、大雨時の洪水災害対策、快適な水辺環境の整備など、わたしたちは様々な形で水と水問題に関わっています。こうした背景から、本研究室では、流域スケールから地球規模のスケールで生じる水の流動・循環と、それに関連する熱・物質移動系を科学的・体系的に解明し、これらの現象を計算機上で再現・予測するシミュレーションモデルを開発しています。開発したモデルを利用して、水の循環に関する現象と人間社会システムとの接点で発生する様々な問題に取り組むことで、人と水のより良い関係を築くことを目指します。

#### 研究概要

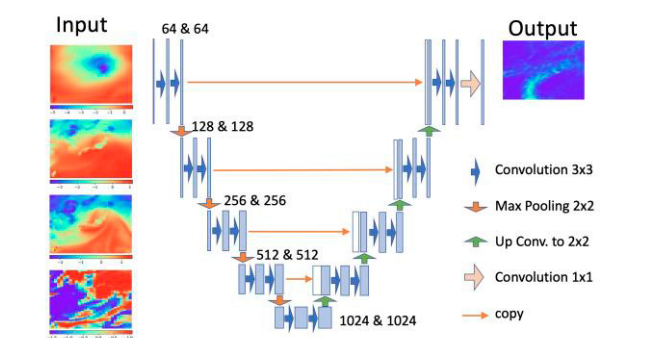
##### 物理法則に基づく降雨流出現象のモデル化

山地域に降った雨は、おもに土壌中や地表面上を流れ、河道へ流出します。このような降雨流出過程を、物理法則に基づいて精緻に、かつ、実用的な計算量で解析するシミュレーションモデルを開発しています。図は、(左) 開発したモデルで計算された斜面内部の土壌水分状態と、斜面の集まりとして表現される流域全体の土壌水分分布、(右) 観測流量とモデルによる計算流量の比較です。山地斜面における雨水流動現象を物理的にモデル化することで、洪水時の河川流量について良好な再現性が得られています。



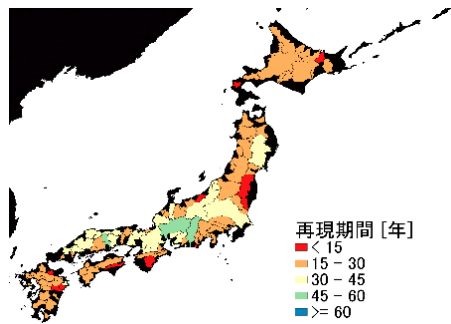
##### 機械学習による降水のダウンスケーリング

流域単位の気候変動評価を行うためには大気循環モデル(GCM)出力の解像度を向上させるダウンスケーリング手法が必要です。最近では、畳み込みニューラルネットワーク(CNN)などの深層学習アルゴリズムがダウンスケーリングの精度と効率を高める方法として注目されています。図に示すU-Netアルゴリズムを用いて低解像度のGCM出力を高解像度の降水データに変換することが可能であり、ダウンスケールされた降水データは気候変動評価に有効活用されます。



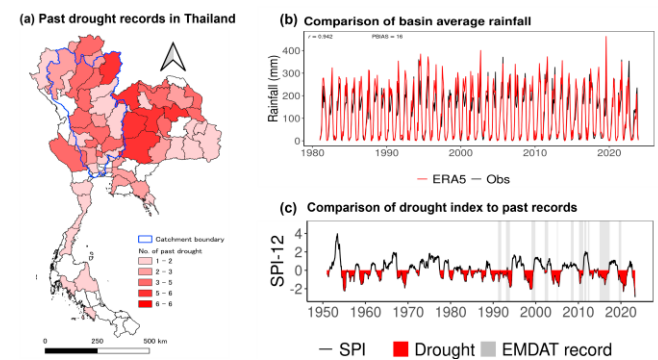
##### 気候変動による洪水や水資源への影響評価

気候変動は我々の生活に大きな影響を及ぼします。気温の上昇だけでなく大雨の頻度と強度が増大することがわかっています。この図は、大雨の変化によって洪水の発生頻度と強度がどのように変化するかを分析した結果を示しています。日本全国の一級河川109水系を対象として、現在の河川整備の目標である100年や200年に一度発生する河川流量が、今世紀末には50年より短い期間で発生する可能性があることがわかりました。



##### 干ばつメカニズムの解明と気候変動が干ばつに及ぼす影響の分析

干ばつは世界中で頻繁に発生しているが、その予測は非常に困難です。本研究では、災害、大気再解析、気候出力データセットを用いて、干ばつのメカニズムを解明し、社会経済活動を阻害するような閾値を特定し、干ばつリスクの将来変化を予測します。以下は、EMDAT災害データベースとERA5再解析データを用いたタイ国における干ばつ評価の事例です。



# 沿岸都市設計学分野

## Urban Coast Design

●教授:後藤 仁志  
●Prof.: Hitoshi Gotoh

●准教授:五十里 洋行  
●Assoc. Prof.: Hiroyuki Ikari

### 粒子法によるシミュレーション工学の多元的展開

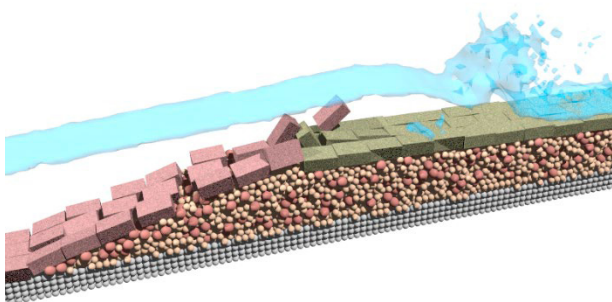
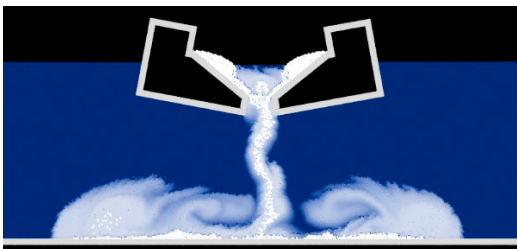
沿岸都市設計学分野では、人間を取り巻く自然・社会における諸問題(津波・高潮・局地集中豪雨の際の氾濫流から都市における群集行動まで)を多数粒子系の粒子間相互作用を伴う力学系としてモデル化し、計算力学の最先端技術である粒子系シミュレーションを軸とした社会基盤工学の基礎学理の深化を目指しております(詳細は <http://particle.kuciv.kyoto-u.ac.jp/>を参照下さい)。

#### 研究概要

##### 粒子法による自由表面流の計算力学 - 砕波・激流のシミュレーション -

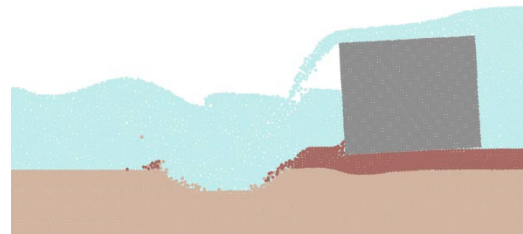
粒子法は、相互作用しながら移動する粒子を計算点として機能させる Lagrange 的な方法であることから、計算格子上の固定計算点を用いる Euler 的な方法では困難な水塊の分裂や再合体を伴う複雑な水面の挙動を比較的容易に追跡することが可能です。当分野では、海岸の砕波帯や河川急流部等の violent flow の解析を目的として、粒子法の基礎理論から実務応用まで幅広い研究を行っています。

当分野では、波力、越波量等の海岸構造物の設計情報の効率的な収集のため、3次元波浪場のシミュレーションツールとして、粒子法に基づく数値波動水槽を開発しており、100万オーダーの粒子の追跡を可能とする並列計算(クラスターPCおよびGPU)、流体・弾塑性体ハイブリッド解析などの先端の技術開発を行っています。下図は巻き波砕波および高波による潜堤の被災(Post Processing 付)の計算例です。さらに、標準型粒子法の欠点である運動量保存の不完全性と圧力擾乱の問題を改善するために、当分野が提案した高精度粒子法(CISPH-HS法, CMPS-HS法など)は流体関連の諸分野で広く認知されており、有力国際学術誌のダウンロードランキングで上位ランクを多数獲得しています。



##### 海岸構造物の耐波設計のための シミュレーションツールの開発

近年、大型の台風や大規模地震の発生が危惧される中で、沿岸域の海岸構造物においては極値的波浪・津波が作用することが想定されます。そのような状況下では、構造物・地盤の破壊・変形も発生する可能性が非常に高く、したがって、構造物の設計においてはこれらを考慮しなくてはなりません。当分野では、粒子法が物体の大変形を扱うのに適した手法であることを生かし、流体-構造物-地盤の三者の変形・相互作用を考慮したシミュレーションツールの開発を行っています。



##### 粒子モデルによる群集行動の計算科学 - 防災都市計画の支援ツール -

当分野では、現実の群集行動の素過程である個人行動を直接扱うマルチエージェントシミュレーションを個別要素法型のモデルを基礎に開発しています。津波の来襲時の群集避難のシミュレーションは避難計画策定の有力なツールです。さらに、都市内歩行空間のシミュレーションには、市街地の数値設計への貢献が期待されています。下図は京都市四条通歩道拡幅を想定した歩行者交通の計算例です。



# 河川流域マネジメント工学講座

## River System Engineering and Management

●教授：市川 温

●Prof.: Yutaka Ichikawa

### 都市と流域における人と自然の共生及び発展に向けて

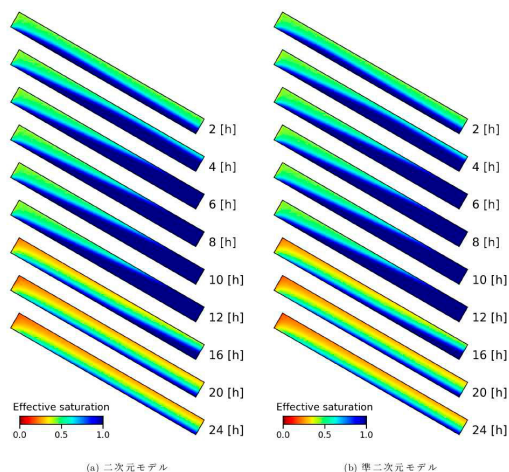
流域と都市における諸問題を解決するには、環境変化の現状と要因を分析したうえで、社会・経済活動と自然力・自然環境が織りなす複雑な相互関係を考える必要があります。当講座では、河川流域内の水動態の分析と予測を基礎として、水問題の防止・軽減を目的とした河川と流域の適切なマネジメントとその実現方策について考究し、ひとと水が調和した暮らしやすい社会を支えることに貢献します。

#### 研究概要

##### 詳細な雨水流動数値モデルの開発と流域スケールへの展開

我が国の河川流域は一般に、上流が急峻な山地部で、下流の比較的平坦な領域に都市が広がっています。そのため、山地域からの降雨流出を的確に予測することが都市の水防災を考えるうえで重要となります。山地域からの流出には、地形、地質、土壌特性などの要因が影響します。これらを詳細に考慮した数値モデルを開発するとともに、その計算結果を分析することで、降雨流出過程の本質をとらえつつ、流域スケールに適用可能な、簡潔なモデルを開発しています。

左下は、山地斜面表土層中の雨水流動を鉛直二次元の詳細なモデルで計算した結果（有効飽和度）です。この計算結果に基づいて、簡略化したモデル（準二次元モデル）を開発しました。右下は、準二次元モデルで求めた有効飽和度です。二次元モデルの計算結果とよく一致しています。



##### 環境トレーサーを用いた流域水動態の分析とモデリング

降雨流出現象は水文学における中心的な研究課題の一つです。長い歴史を持つ降雨流出の研究ですが、現象そのものについて、まだよくわかっていないところがあります。たとえば、雨が降って流れ出てきた水が、いましがた降った雨の水なのか、それとも何か月あるいは何年も前に降った雨の水な

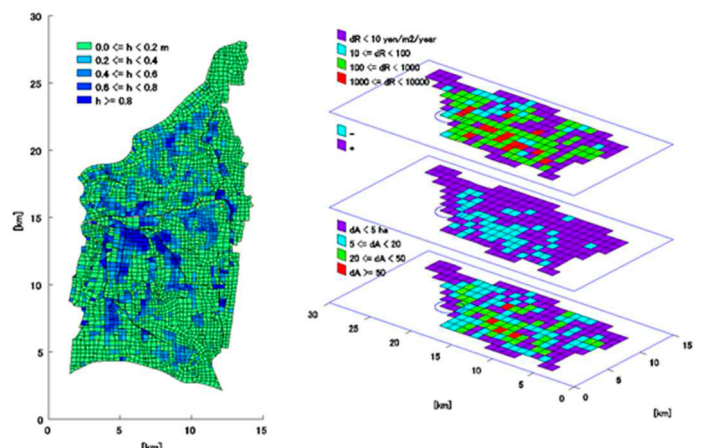
のかは、よくわからないのです。本研究では、水に含まれる物質をトレーサーとして、流域に降った雨がどのような経路をたどってどれくらいの時間をかけて流れ出てくるのかを分析し、その結果に基づいて、流域内の水の動きをより確からしくモデリングすることを試みています。

##### 水問題解決のための河川と流域の適切なマネジメントの探求

洪水・渇水などのさまざまな水問題は、人間社会と水循環の交わる所で生じます。水の恩恵を受けつつ、できるだけ水に伴う問題を防止・軽減するためには、水循環とうまく折り合いをつけながら人間社会を営む必要があります。

たとえば、流域の水災害リスクを定量化し、ハザードマップのような形で公開することは、住民が自ら水災害を回避する行動につながります。左下の図は、洪水氾濫計算によって推定された最大浸水深です。このような水災害リスク評価は重要な研究テーマの一つです。

また、頻繁に浸水被害が発生するような地域では、土地利用や建物に関する規制を設けることで、被害を軽減できる可能性があります。その一方で、規制にはマイナスの効果も伴います。このような管理的対策の利害得失を分析し、適切な方法を探求したいと考えています。右下の図は、水災害リスクの高い地域で土地利用規制を実施したとして、住民世帯の立地状況がどのように変化するか、また地代がどのように変化するか推定したものです。このような結果から、水災害防止軽減を目的とした土地利用規制の妥当性を分析しています。



# 砂防工学分野

## Erosion and Sediment Runoff Control Engineering

●教授： 中谷加奈      ●准教授： 山野井一輝      ●准教授： 高山翔揮  
 ●Prof.: Kana Nakatani      ●Assoc. Prof.: Kazuki Yamanoi      ●Assoc. Prof.: Shoki Takayama

### 火山流域を含む流砂系の土砂移動メカニズム解明と土砂災害防止に関する研究

砂防工学は、安全と環境の両面で健全な流域を創造するための技術開発に向けた学問で、土砂水理学、水文学、地形学、地質学、生態学など幅広い分野を包含しています。本研究室は、土砂移動メカニズムの解明と土砂災害の防止・軽減を目指して、山から海までの流砂系や火山流域の土砂の侵食・堆積や流出の把握や制御に関するテーマや、健全な流域の土砂環境を維持するための技術開発に関連した研究を進めています。

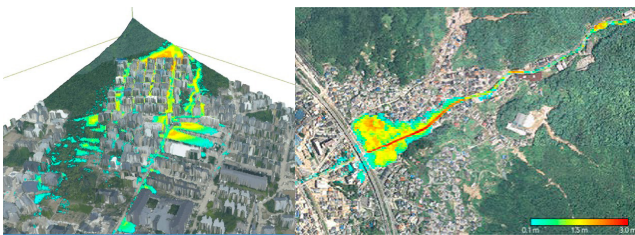
#### 研究概要

##### 土砂災害の防止・軽減に関する研究

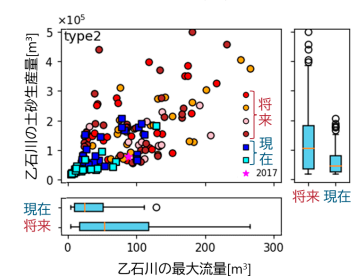
斜面崩壊や土石流による土砂災害の防止と軽減は、社会的に重要な課題です。そこで、土砂災害の発生機構、予測手法、ハザードマップの高度化などについて検討しています。山間部からは土砂だけでなく流木も流出することで橋が閉塞して被害をもたらすこともあります。危険な橋や流木の条件を実験や解析から明らかにすることや、気候変動を考慮した土砂災害の特徴を考慮した対策の検討も重要なテーマであり、研究を進めています。

山間部で崩壊や土石流により発生した土砂が、長時間、長距離にわたって下流へ流出して、河道を埋塞して溢れることにより被害が発生する土砂・洪水氾濫が近年問題になっています。現象把握のための調査、観測、シミュレーションによる検討を進めています。

下図は住宅地での土石流シミュレーション（左）、下流側の土砂・洪水氾濫のシミュレーション（右）の堆積過程を示したものです。



また、数値シミュレーションを用いて斜面崩壊による土砂生産と降雨の流出を複合的に予測することで、土砂災害の規模や形態を予測する研究も行っています。下図は、気候変動の影響評価をターゲットに、現在気候下と将来気候下の降雨イベントを用いて土砂生産量と最大流量を予測した結果を示しています。現在気候にはない規模の洪水や土砂生産量を伴う災害の発生が予測されています。



##### 流砂系の土砂動態に関する研究

山地流域で土砂が生産され、河川を通り海へ流出する過程（流砂系）は良好な流域環境を維持する本質的な要素です。土砂管理を行う際に、山地から河口までの土砂動態を詳細に把握し、将来の土砂環境予測を精度よく行うことが必要です。そこで、土砂生産や土砂流出プロセスについて、現地観測、実験および数値解析による解明を試みています。土砂生産や流出を制御するための新工法や、河床変動解析モデルなど、土砂管理のための新しいツールの開発も行っています。

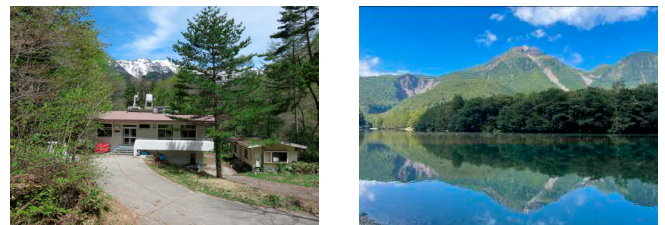
下図は穂高砂防観測所において、足洗谷観測水路で掃流砂を観測するためのハイドロフォンを用いた現地実験（左、中央）や流砂観測を実施している（右）様子です。



##### 火山流域における土砂災害に関する研究

火山流域では多様で大規模な土砂災害が発生する可能性があるため、火山流域に適した災害対策が求められます。火山噴火時には火砕流や溶岩流が発生するだけでなく、火山噴出物が積雪を急速に融かすことで、融雪型火山泥流と呼ばれる大規模な泥流が発生する恐れもあります。また、火山灰が山腹を覆うと地中への降雨の浸透が妨げられ、土石流の頻発化を引き起こすことがあります。

そのため、活火山・焼岳の麓に位置する穂高砂防観測所を活用して、火山流域における土砂動態の観測研究を進めるとともに、融雪型火山泥流や降灰後の土石流に関する予測法の開発にも取り組んでいます。



# 防 災 水 工 学 分 野

## Hydroscience and Hydraulic Engineering

●教授: 川池 健司    ●助教: 小柴 孝太  
●Prof.: Kenji Kawaike    ●Assis. Prof.: Takahiro Koshiba

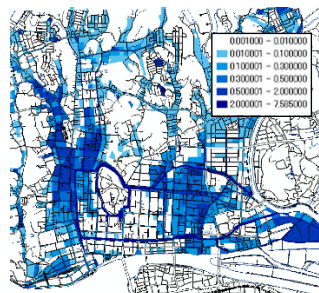
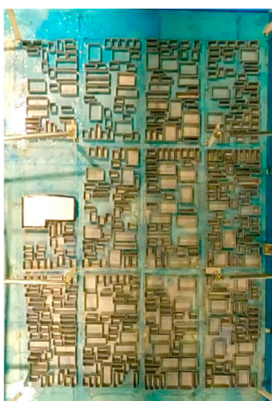
### 水災害・土砂災害の水理に実験、観測、数値解析からアプローチ

河川による災害の防止、または望ましい河川環境の整備のためには、その水理現象を理解することが重要です。われわれの研究室では、その理解のために、実験、観測、数値シミュレーションとあらゆる面から水理現象にアプローチしています。とくに、広大な施設を生かした大規模な水路による実験が、われわれの研究室の特色です。

#### 研究概要

##### 河川災害・土砂災害の発生機構と被害の防止・軽減策に関する研究

われわれの研究室では、豪雨時の浸水災害、土砂災害の防止・軽減を目指して、災害時の氾濫現象の数値予測モデルの開発を進めています。そのような数値シミュレーションが可能になれば、例えばどこが豪雨災害に対してより危険度が高いのかを把握したり、気候変動によって雨の降り方が激しくなった際の浸水リスクを把握したり、治水施設を設置した場合の被害軽減効果を評価したり、避難計画を立てたりする際に役立つ情報が得られます。そのモデル開発のためには、モデルが実際の氾濫現象を適切に再現できているのかをつねに検証する必要があるため、水理実験を行いその水深や流速や土砂堆積厚などを測定したり、実際の災害現場で痕跡水位の計測を行うなどデータ取得を行ったりして、計算結果との比較を行っています。このようにしてより高精度な数値モデルの開発を目指し、災害現象の理解に努めています。



建物の影響を考慮した都市氾濫現象の実験（左）及び松江市を対象とした浸水深のシミュレーション結果（上）

##### 堤防等の河川防災施設の強度評価法と維持管理手法の開発に関する研究

近年、国内外で河川の堤防決壊による水害が多発しており全国の堤防安全度を高める取り組みが緊急課題として挙げられています。われわれの研究室では、堤防模型を作成して越流破堤をさせ、堤防決壊のメカニズムを研究しています。ま

た、この実験結果を基にして、数値シミュレーションによる堤防決壊現象の再現も試みています。

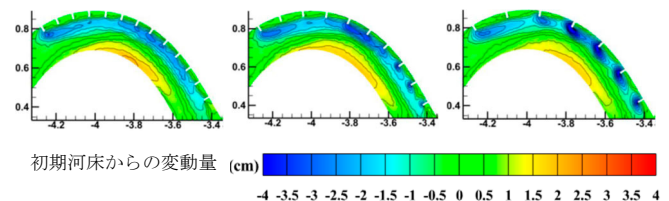
また、国内外では河道閉塞（いわゆる“天然ダム”）とその決壊による被害も問題になっており、堤防決壊と同様にしてそのメカニズム解明にも取り組んでいます。



1次元水路による堤防横断面の破堤実験（左）と河川の流下方向を考慮した2次元氾濫台での破堤実験（右）

##### 自然と調和し、生態環境に配慮した河川設計法に関する研究

われわれが日常接する河川は、ほとんどの場合、河道の中をおだやかに水が流れています。そんな河川を流域住民の親水空間として整備する取り組みが、各地でなされています。一例として、河川の流れる方向にほぼ垂直に“水制”と呼ばれる構造物を設置して、河岸に砂州を形成させる試みがありますが、どのような水制を設置すればどのような砂州が形成されるのか、技術的にまだよくわかっていません。そこで、水路を用いた実験と数値シミュレーションの両方を用いて、水制による砂州形成の効果について研究しています。



湾曲水路における異なる水制の設置間隔による河床変動量の数値解析結果の比較  
水制長の3倍（左）、水制長の4倍（中）、水制長の6倍（右）

# 水 文 気 象 工 学 分 野

## Hydrometeorological Disasters Engineering

●教授: 山口弘誠 ●助教: 仲ゆかり  
●Prof.: Kosei YAMAGUCHI ●Asst. Prof.: Yukari NAKA

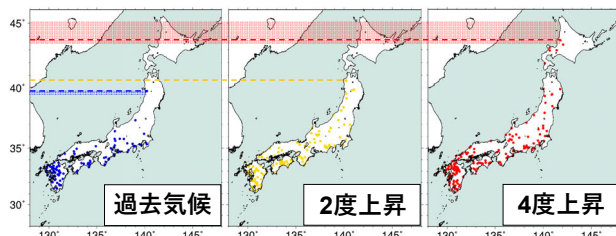
### 天・地・人を繋ぐ水の文(あや)を解きほぐし、豪雨防災に取り組む

リモートセンシングを用いた豪雨の予測から地球温暖化に伴う豪雨特性の将来変化や地球規模での異常降雨の解析に至る様々なスケールの降雨現象から流域で発生する洪水の制御など、都市および地域レベルの水文気象現象を対象とした調査研究を進め、さらに洪水災害や水利用と関わる人間の生活場に関する考究を行なっています。

#### 研究概要

##### 地球温暖化による豪雨特性の将来変化

全球気候モデルや領域気候モデルを用いた地球温暖化時の豪雨シミュレーションを解析し、我が国の21世紀末における梅雨豪雨とゲリラ豪雨の生起頻度や雨量が増大することを明らかにしてきました。さらに独自に積乱雲群の高解像度計算を行い、その増大するメカニズムの解明を進めています。異常降雨の出現特性を明らかにして人間社会への影響予測を進めるだけでなく、後悔しないための適応策を国土交通省と議論し考究しています。



気候モデルシミュレーションによる梅雨豪雨の発生場所

##### 豪雨の生成・発達を捉える先端フィールド観測

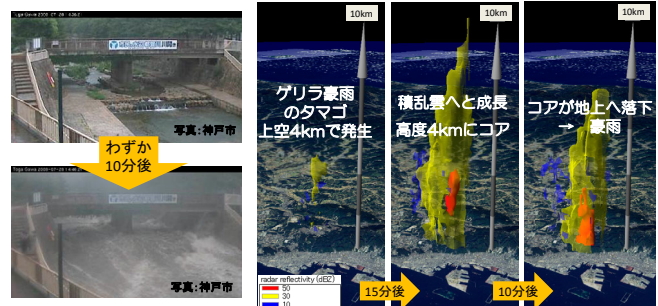
最新実験用レーダー群による降雨・雲・水蒸気・気流等を測るマルチセンサーを京阪神および沖縄に集結させた大規模フィールド実験を行い、積乱雲の生成過程と発達過程を連続的に高時空間解像度で捉えることで、積乱雲に内在する気流の渦管構造と積乱雲発達の因果関係を明らかにしています。雨雲の中にビデオカメラを飛ばすことで霰や氷晶などの粒子を捉え、降水粒子情報の防災利用研究開発にも取り組んでいます。



京阪神に展開しているマルチセンサー網

##### レーダーを用いたリアルタイム豪雨予測

最新の気象レーダーを用いて、ゲリラ豪雨・集中豪雨・台風といった様々なスケールの豪雨予測手法を開発しています。“ゲリラ豪雨のタマゴ”を早期に探知し予測する手法は国土交通省で現業手法として活用されています。また、沖縄や神戸にて大規模なフィールド観測を行い、豪雨の生成・発達のメカニズム解明を進めるとともに、観測情報を大気数値モデルへデータ同化することで、豪雨予測精度の向上を目指した研究を進めています。

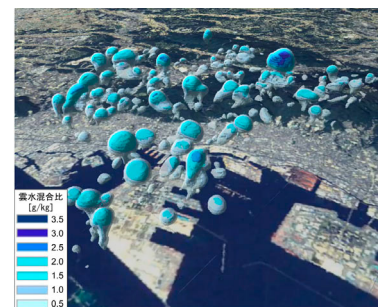


都賀川水難事故

六甲山で発生したゲリラ豪雨のレーダー解析

##### 豪雨の種を捉える都市気象 LES シミュレーション

特に都市部において頻発しているゲリラ豪雨は、その生成過程においてヒートアイランド効果の寄与が指摘されています。都市の建物の形や熱環境によって熱や水蒸気が上空へ運ばれ(“豪雨の種”)、豪雨のタマゴを経て積乱雲へと成長する様子を、LES (Large Eddy Simulation) という乱流を詳細に解く独自の都市気象モデルを開発し、メカニズム解明を進めています。将来、ゲリラ豪雨の予測精度の向上や、何を現業監視すべきかに役立ってます。



60m 解像度の積雲群シミュレーション

# 海岸防災工学分野 Coastal Disaster Prevention Engineering

●教授:森 信人 ●准教授:志村 智也 ●准教授:馬場 康之(白浜海象観測所)  
●助教:宮下 卓也 ●助教:今井 優樹(白浜海象観測所)  
●Prof.: Nobuhito Mori ●Assoc. Prof.: Tomoya Shimura ●Assoc. Prof.: Yasuyuki Baba  
●Assis. Prof.: Takuya Miyashita ●Assis. Prof.: Yuki Imai

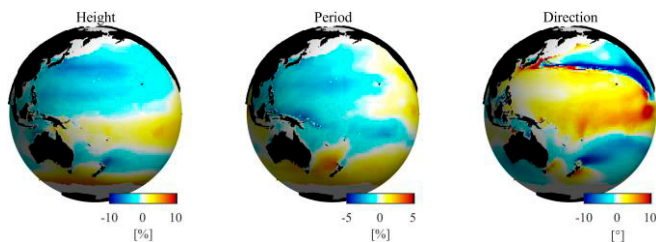
## 高波・高潮・津波災害の防止と軽減 —沿岸災害のメカニズム解明と長期評価に向けて—

現在懸念されている気候変動の影響は、これまでの経験を超えた風水災害もたらす可能性が予想され、理学・工学の垣根を越えた学際的な研究を進める必要に迫られています。また 2011 年東北地方太平洋沖地震津波は、東日本の沿岸部に壊滅的な打撃を与え、西日本では南海・東南海地震の発生が予想されています。このような状況のもとで、我が国の沿岸部における市民の安全な生活を保障するためには、沿岸部における高波、高潮、津波についての災害形態のメカニズム解明とその長期評価が重要な課題となっています。当分野では、これら沿岸災害の 100～1000 年スケールの評価を行い、我が国の国土保全の将来像について、科学的側面から提言を行っています。

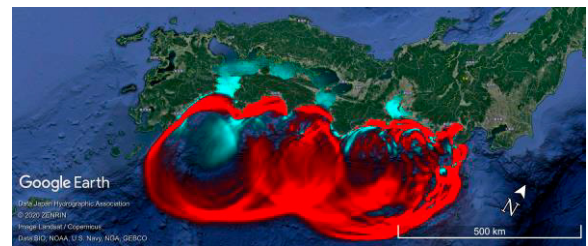
### 研究概要

#### 気候変動に伴う沿岸災害の長期評価

温室効果ガスによる気候の長期変化の影響は、気温上昇や海面上昇だけでなく地球環境に様々な影響を与えます。将来の暖かい気候条件は、大気中の水蒸気量を増やし熱帯低気圧の強度や発生頻度にも影響を与えることが予測されています。当分野では、気候学および工学的な観点から温暖化に伴う海面上昇、台風、波浪および高潮の長期変化とその沿岸災害への影響を調べ、その結果を気候変動に対する適応策に反映できるように研究を進めています。



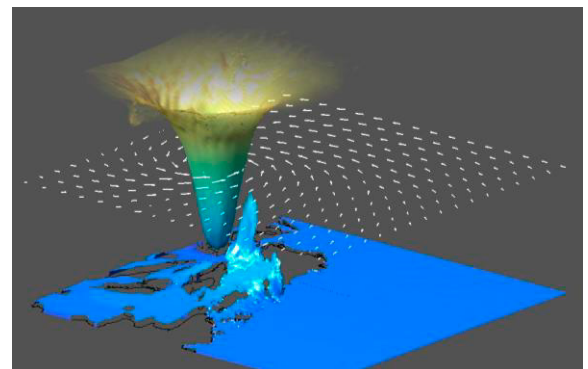
地球温暖化に伴う波浪統計量(波高・周期・波向)の将来変化



南海トラフ巨大地震を想定した津波のシミュレーション

#### 高波・高潮・津波の数値計算モデルの開発

高潮は台風などによる気圧低下による吸い上げと、強風に伴う吹き寄せで生じる流れによって発生する異常な海面上昇であり、高波は海面が風から受けるエネルギーによって発生し、両者は相互作用する物理過程です。このため、両者を同時に考慮する必要があります。また、津波と高潮は類似した支配方程式で記述できるため、統一的に扱うことができます。沿岸部における災害を軽減するためには、起こりうる最大規模やその発生確率を評価することが必要です。当分野では、高潮、波浪および津波について、これらを可能とする数値計算モデルの開発を行っています。



台風・高潮・波浪統合モデルによるシミュレーションの例

#### 海溝型巨大地震津波の長期評価

2011年東北地方太平洋沖地震津波は、東日本の沿岸部に壊滅的な打撃を与えました。現在、南海トラフ沿いでの巨大地震とそれに伴う津波の発生が危惧されていますが、将来発生する地震の規模や発生位置を事前に把握することは、現在の知見では困難な状況にあります。

当分野では、数百年から数千年に1度の頻度でしか発生しない巨大地震津波に対しても有効な減災対策を講じるため技術開発を行っています。巨大地震津波の確率評価モデルの開発、地震発生過程の不確実性を考慮した沿岸部の市街地を対象とした津波被害・リスク評価を行っています。

# 防災技術政策分野

## Innovative Disaster Prevention Technology and Policy Research

- 教授: 佐山 敬洋 ●准教授: 田中智大
- 講師: フローランス ラウルナ ●助教: エヴァ ヤマモト ●助教: 山本 浩大
- Prof. Takahiro Sayama ●Assoc. Prof.: Tomohiro Tanaka
- Junior Assoc. Prof. Florence Lahournat ●Assist. Prof.: Eva Yamamoto ●Assist. Prof.: Kodai Yamamoto

### 極端気象と社会・環境変化による災害を防止・軽減する技術政策

地球温暖化に伴って豪雨災害が激化、頻発化しています。また、社会や環境の変化に伴って災害リスクの構造は常に変化しています。災害を防止・軽減するためには、災害事象のメカニズムを探求すること、その監視・予測精度を向上させること、リスクマネジメント・危機管理政策などの技術政策を総合的に展開することが大切です。防災技術政策分野では、(1)洪水現象の解明とモデリングに関する基礎研究、(2)水災害の予知・予測に関する技術開発研究、(3)社会変動・気候変動を踏まえた水災害リスクの評価と軽減に関する応用研究を三本柱として研究を進めています。

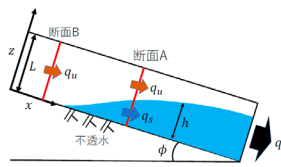
#### 研究概要

##### 極端気象に伴う水災害の現象解明と防止軽減

降雨流出と洪水氾濫を一体的に解析するRRIモデルの開発と応用に関する研究を進めています。国内では150mの解像度RRIモデルを日本全国に適用し、中小河川を含む洪水を予測する新技術を開発しています。洪水予測モデルの開発で基礎となるのは降雨流出過程を中心とした水文学の探求です。斜面に降った豪雨が、いつ、どのような経路を通過して、どのように流出するか、流域の土壌や地質は降雨流出にどのように影響を及ぼすのかを現地調査と数理解析で解明します。

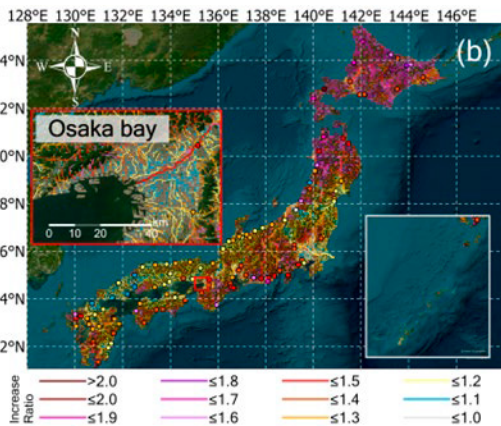


森林斜面の現地調査の様子



斜面の水の流れのモデル化

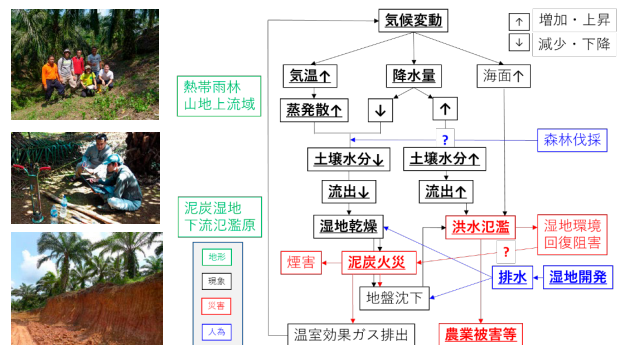
全国版RRIモデルの主な応用は、リアルタイムの洪水予測と気候変動の影響評価です。従来に比べて予測時間が長く、中小河川も含めて細密で、かつ河川の水位だけでなく浸水深や洪水被害までを予測する技術開発に取り組んでいます。また、洪水ハザードに加えて、濁水や高潮・波浪なども統合的に取り扱うマルチハザードの気候変動影響評価の研究を進めます。



100年に1回の洪水の将来変化

##### 世界各国の河川流域を対象にした社会変化と気候変化による風水害リスクへの影響評価

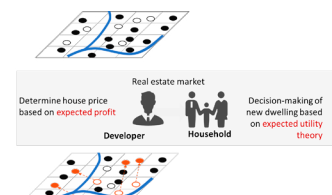
現地調査や観測・実験、そのモデル化を通じて国内外の河川流域の社会変化や自然環境変化と水災害への影響を分析します。得られた知見に基づいて対象地域に適した水災害軽減や水資源管理の技術政策を提案します。インドネシア・スマトラ島では熱帯泥炭地における洪水と火災の複合災害に関する研究を進めています。



ブラジルを対象としたフィールド調査では、水災害による貧困層の災害復興のプロセスを文化人類学の観点から調査研究しています。国内では、世帯単位の立地選択行動をシミュレーションすることで、立地誘導等による土地利用政策や人口減少による洪水被害の規模や形態の変化を分析します。



ブラジルの土砂災害地域を対象とした文化人類学の調査研究



京都盆地の立地選択のモデル化と洪水暴露人口のシミュレーション

# 水際地盤学分野 Waterfront and Marine Geohazards

●教授: 山上路生

●Prof.: Michio Sanjou

●助教: 松本知将

●Asst. Prof.: Kazumasa Matsumoto

## 水際空間の環境防災に貢献する水理乱流ダイナミクス

人口、資産、社会資本が集中するとともに豊かな生態系が存立している内湾、河口・沿岸域などの多くは、水と地盤が接する水際低平地です。水際はイベントによる環境外力の作用により、災害が発生しやすい場所でもあります。そのため、本研究室では水際域における流体—堆積物系の複合災害過程の予測を可能とし、環境と調和したリスク軽減の方策を考究するために、複雑流体アプローチと地形環境アプローチの緊密な融合研究を推進しています。

### 研究概要

#### 風が流れや波に及ぼす影響と物質輸送特性

風は河川流の流れの加減速に大きく影響します。また海域では風波の生成に寄与します。これらは空気と水の複雑なマルチフェイズ現象です。また流木や浮遊土砂、マイクロプラスチックの分布予測の上でも風の影響は無視できません。一方でこのような研究は世界的にも途上段階です。本研究では、世界でも稀な風洞水路（気流と水流を同時制御可能）を用いて最先端の研究を展開しています（図1）。

#### 植生開水路の乱流現象と土砂輸送メカニズム

河川における水災害リスクの低減と多様な水域環境の保全を両立するためには、河道内植生が流れ場・土砂輸送に及ぼす影響を適切に評価することが重要です。図-2のように水路実験において粒子画像流速計測法による詳細な流速計測を実施し、植生群落や礫河床近傍における乱流場の三次元構造の解明に取り組んでいます。また、乱流中における土砂粒子の輸送メカニズムにも着目し、現象解明に基づいた樹林化河道における土砂輸送の評価手法の高度化を目指しています。

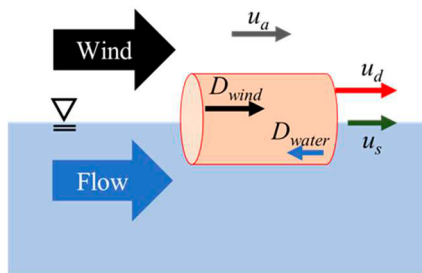


図-1 浮遊物体に作用する風と水流の抗力モデル

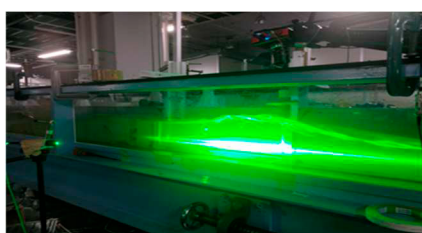


図-2 レーザーシートによる植生流れの可視化と画像解析

#### 砕波によるガス輸送とブルーカーボン

沿岸域に設置される潜堤による砕波は、大気中の酸素や二酸化炭素ガスの水中への輸送を促進すると考えられます。さらに藻場造成によってそれらを海中に閉じ込めると大気中の脱CO2につながります。ブルーカーボンを扱う、気候変動と沿岸防災への貢献を目指しています。特に砕波に伴う乱流生成との関係や水面下のガス輸送機構を研究しています（図3）。本研究では造波水槽による基礎実験とフィールド観測より、これらの解明を進めるとともに、民間企業との共同研究によって、ブルーカーボン事業に最適かつ効果的な沿岸構造物のデザインを考えます。

#### 砂浜—護岸系のダイナミクスと環境防災

日本の海岸線は慢性的に海岸浸食を受けています（図4）。小さな波や流れでも大きく影響を受ける砂浜を防護するためには、海浜変形・海岸浸食の問題を正しく理解する必要があります。本テーマでは、乱流力学に基づく現象メカニズムの解明と護岸ブロックなどの海岸構造物への影響の評価を研究します。また、大渦波浪観測所の観測データを用いて、実フィールドへの応用にも取り組みます。

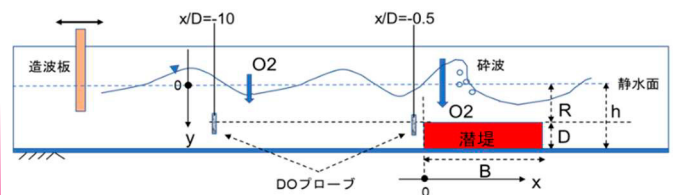


図-3 潜堤砕波によるガス輸送実験



図-4 侵食が進む大渦海岸（上越市）

# 地域水環境システム計画分野 Regional Water Environment Systems Laboratory

●教授： 田中賢治      ●准教授： 萬 和明  
●Prof.: Kenji Tanaka   ●Assoc. Prof.: Kazuaki Yorozu

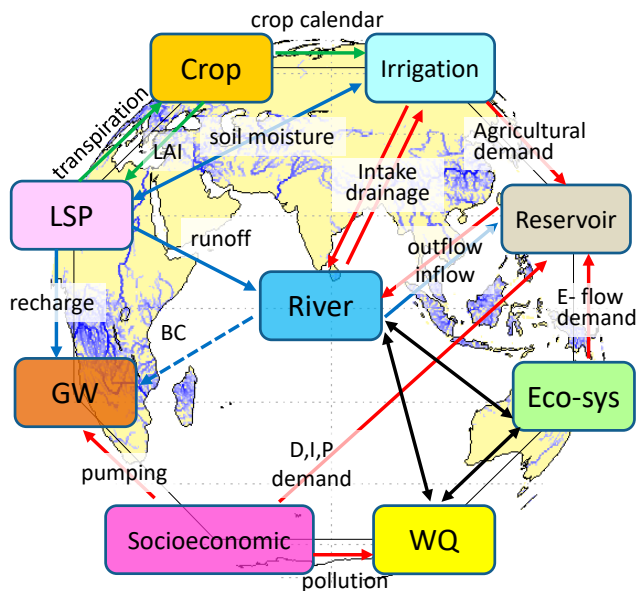
## 持続可能な開発のための統合的水資源管理

水は人類にとって最も貴重な天然資源の一つですが、時間的にも空間的にも偏在しています。人類は自然の水文循環システムを改変し、増加する水需要を満たしながら、これまで発展を遂げてきました。過去の経験を踏まえ、社会経済的な変動や気候変動下における持続可能な発展を促進する統合的水資源管理の概念を展開します。

### 研究概要

#### 統合水資源管理モデルの開発

分布型流出モデル、陸面過程モデル、地下水モデル、水質モデル、土砂輸送モデル、食物連鎖モデル、作物生育モデル、貯水池操作モデル、社会経済モデル等から構成される「統合水資源管理モデル」を開発しています。本モデルの全体図を図1に示しています。物理的水循環モデルをベースに、いわゆる自然の水循環を記述するだけでなく、貯水池による洪水流量の調節、各セクターからの水需要の推定、その需要を満足する貯水池からの放流といった人工系の水循環も合わせて記述でき、社会経済モデルにより社会構造の変化を取り入れれば社会条件と自然条件の双方を考慮した総合的な水資源管理が可能になります。



統合水資源管理モデルの全体図。

山岳域から沿岸域までの流域一環とした解析、湿潤域から乾燥域まで様々な気候帯での解析、地域規模から全球規模まで様々なスケールでの解析、貧観測流域での解析を可能とすべく、世界の様々な機関で整備公開されている各種地理情報、統計情報、衛星観測情報、地上観測情報、気象モデル出力情報を統合します。現在の水循環システムの信頼性診断、水資源管理支援、将来気候変動下での洪水リスク、渇水リスク、生態系リスクの評価並びにリスク低減策の検討等への応用を目指します。

### 現在取り組んでいる研究課題

#### ● 雪氷水文過程の理解

氷河は下流域に水を供給する天然の給水塔として機能し、冬には水を貯蔵し、夏には雪氷融解水として徐々に放出しています。地球温暖化により水源の氷河が消失しつつあります。氷河上で気象観測を実施して、雪氷水文過程の理解を深め、氷河がいつまでもつのか、融解水量がいつ頃から減少するのかを予測するためのモデルの開発に取り組んでいます。

#### ● 水資源への気候変動影響

地球温暖化により降水量やその時空間分布が変化し、冬季の降雪が降雨に変わる可能性があります。これにより、例えば、河川流量の流況が大きく変化する可能性があります。将来の社会経済シナリオや気候シナリオを踏まえた水需要の変化を考慮しつつ、我が国および世界の主要河川において将来利用可能な水資源量の評価に取り組んでいます。

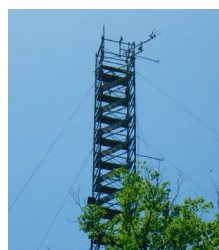
#### ● 地下水管理

地下水資源の枯渇が世界各所で問題となっています。陸面過程モデルに涵養過程、地下水取水過程を組み込み、地下水貯留量変化を追跡するモデルを開発しています。地下水涵養量を踏まえた持続可能な水資源管理を実現するための土地利用や地下水取水のあり方を検討しています。

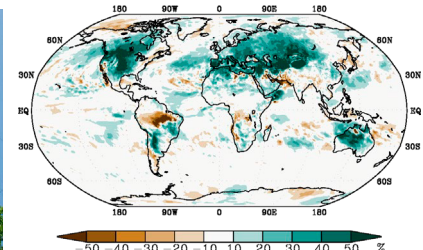
#### ● 地域から地球規模での水循環の理解と予測

水資源管理の基本となる、陸域における自然状態での水循環を理解するために、現地観測を実施しています。左下図は森林内に設置した観測タワーの写真です。降水量、蒸発散量、放射量、二酸化炭素濃度などの、水・熱・物質輸送を観測しています。

現地観測で得られた知見に基づいて、人間活動による水資源の利用とそれに伴う農業生産活動までを対象とした数値モデルを開発し、ローカルからグローバルまでの数値シミュレーションを実施し、水循環の理解と予測に取り組んでいます。右下図は人間活動のひとつとしての農地灌漑が、夏季の降水量にどの程度影響しているかを地球規模で示した図です。



森林内の観測タワー。



夏季降水量に対する農地灌漑の影響。

# 水 文 循 環 工 学 分 野

## Water Resources Engineering

●教授：堀 智晴                      ●助教：山田 真史  
●Prof.: Tomoharu HORI            ●Asst. Prof.: Masafumi YAMADA

### 地球上の水循環と人間活動との相互作用

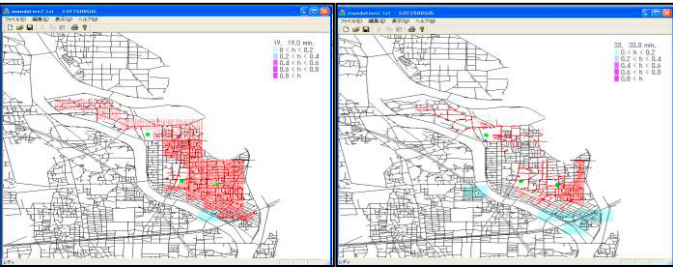
人間の社会・経済活動と地球規模水動態との相互作用を分析し、水資源問題の解決に資することを目的として、経済-社会活動を組み込んだ地球水資源ダイナミクスモデルの開発、地球規模気象・水文情報を利用した水資源管理システムの開発、水災害軽減のための地域対応のモデル化と計画手法の確立等の研究を行っています。

#### 研究概要

##### 住民意識と詳細な地物情報を組み込んだ 水害避難行動モデル

温暖化の進行に伴って現在までに整備された防災施設の能力を超える水災害の発生が懸念されており、水防災においては、水工施設による対応と並んで、地域社会や住民による災害対応が壊滅的な被害を防止するために重要となってきています。また、地球規模で見ると、地形的・経済的あるいは環境的要因から、大規模な施設対応が困難な場合もあり、社会による災害対応を中心に地域防災を考えざるを得ない地域も多々あります。

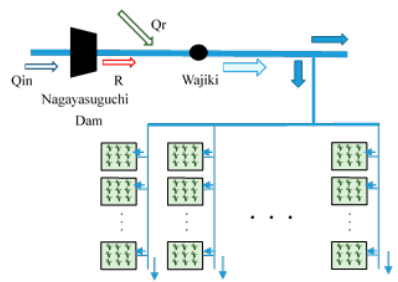
そこで、主として洪水を対象とし、発生地域の住民の情報伝達や避難を含む災害対応行動をコンピュータ上でシミュレーションするモデル化を進めています。こうしたコンピュータモデルを駆使することにより、水災害に対する防災社会システムが、災害時にどのように機能するか、現状に問題点がないかを様々な条件下で分析できるようになります。



詳細な街路ネットワークを組み込んだ水害避難モデル

##### 数値作物成長モデルの開発と ダムによる灌漑補給操作の高度化

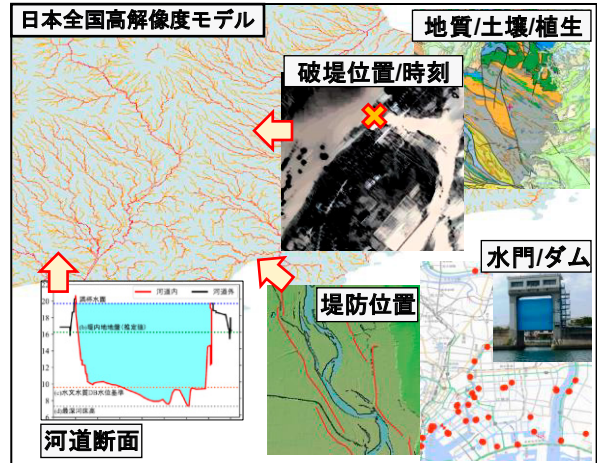
水資源が最も大量に必要とされる活動が食糧生産です。しかし、農業用水使用の実態や、気候変化の影響など不明なことも多く残されています。そこで、気象や土壌水の条件から日々の作物の成長をコンピュータ上でシミュレーションするモデルを開発し、様々な条件下で収量を最大にできるような土地と水資源の最適配分を求める手法について検討しています。また、数値作物モデルから得られる灌漑必要水量の情報を用いて、ダム貯水池からの水補給を高度化する操作手法の開発を進めています。



ダムによる農業用水供給モデル

##### 治水・利水の便益とリスクを同時に考慮できる 広域高解像度 統合水動態モデルの開発

近年の大規模な豪雨・洪水災害の特徴のひとつは、被害が単一の流域に留まらず複数の流域・地域に跨り、大河川から中小河川に至るまでの様々なスケールの河川で氾濫被害が同時多発的に発生することです。このような広域災害に対処するためには、同様に広域の河道網を網羅的にカバーする洪水氾濫モデルの構築が重要です。また、今後気候変動の影響が顕在化するにあたり、治水に加えて利水の側面でも流域整備戦略の最適化が必要となってきます。そこで、日本全域を対象とし、広域で治水・利水の便益とリスクを同時に考慮できる統合水動態モデルの開発を推進しています。堤防・水門などの治水インフラや利水ダム・水路網などの利水インフラを悉皆導入することにより、精度・再現性の向上を目指します。



日本全国高解像度・統合水動態モデルの開発



# Geotechnical Engineering Laboratories

地盤工学系研究室

理論と実際の調和に立脚した地盤挙動の解明と  
その応用技術の開発および地盤環境の保全と防災に向けて  
さらなる発展をめざします。

[桂キャンパス]

地盤力学分野 **Geomechanics** (社会基盤工学専攻)

社会基盤創造工学分野 **Infrastructure Innovation Engineering** (社会基盤工学専攻)

土木施工システム工学分野 **Construction Engineering and Management** (都市社会学専攻)

ジオフロントシステム工学分野 **Geofront System Engineering** (都市社会学専攻)

国際都市開発分野 **International Urban Development** (都市社会学専攻)

[宇治キャンパス]

地盤防災工学分野 **Geotechnics for Hazard Mitigation** (社会基盤工学専攻, 協力講座)

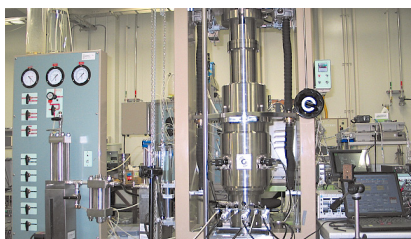
[吉田キャンパス]

社会基盤親和技術論分野 **Environmental Infrastructure Engineering** (都市社会学専攻, 協力講座)

計算科学講座 **Computational Science** (社会基盤工学専攻, 学術情報メディアセンター)



Photo by Kansai International Airport  
Land Development Co., Ltd.



# 地盤力学分野

## Geomechanics

●教授: 肥後 陽介      ●准教授: 橋本 涼太      ●特定助教: LU Zirui  
 ●Prof.: Yosuke HIGO      ●Assoc. Prof.: Ryota HASHIMOTO      ●PS Asst. Prof.: Zirui LU

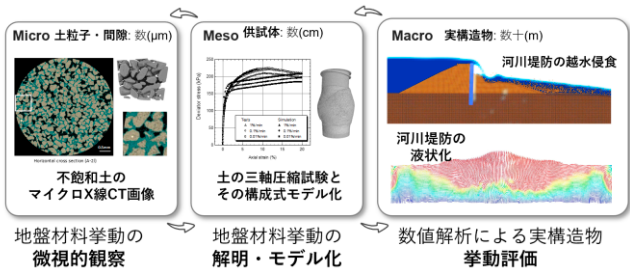
### 社会基盤構造物を根幹で支える地盤の力学挙動の解明

社会基盤構造物を緑の下で支えているのは地盤です。安全な社会基盤を構築するためには、多種多様な地盤材料の力学特性、地震・降雨による地盤材料の変形・破壊メカニズム、および様々な構造物を対象とする地盤と構造物の相互作用を解明することが重要です。本研究室では、これらの課題に対して実験と数値解析を用いて研究を行い、安全な社会基盤の構築に資する合理的な設計手法、新技術の開発を進めています。

#### 研究概要

##### 地盤材料のマルチスケール力学挙動の解明

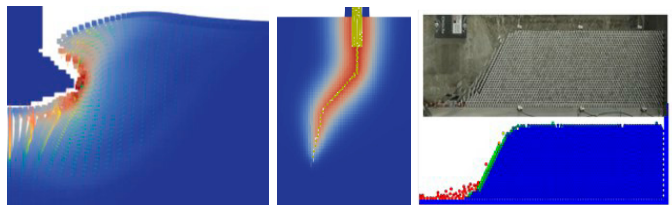
地盤材料は、土、水、空気やその他の物質から成る多相系の混合材料で、その力学挙動は各相間の相互作用に依存する複雑な材料です。したがって、種々の地盤挙動を正確に解釈し表現するためには土粒子レベルのミクロなスケールでの変化に着目する必要があります。しかし、現在の地盤工学では、実際に対象とする地盤と土構造物とのスケールの差が著しく大きいため、地盤は土粒子の集合を平均化した連続体とみなして取り扱われています。そこで、X線マイクロCT技術を活用してミクロな観点から地盤材料の各相の構造変化を明らかにし、マクロな地盤材料の変形性能および強度特性との関係を研究しています。さらに、地盤材料の変形・破壊挙動を精緻に表現可能な構成モデルと予測シミュレーション法を開発し、自然地盤および道路・堤防といった土構造物の挙動を解析し、建設時や降雨や地震などの災害時の安定性の評価を行っています。



##### 地盤の力学シミュレーション技術の開発

地盤の力学的な現象のメカニズムを理解し、より安全な社会インフラの設計法や防災に役立つ実用的な技術を提案していく上で、数値解析は有力なツールの一つです。本研究室では、地盤・流体・構造物の相互作用をはじめ、岩盤の破壊力学、岩盤斜面の地震時挙動といった様々な問題を対象としたシミュレーション技術を開発しています。例えば、洋上風力開発に伴う海底地盤の大変形解析技術 (MPM: Material Point Method) と水圧破碎メカニズムを岩盤透水性を考慮して解明する手法 (PD: Peridynamics) を開発している他、不連続性岩盤の動的解析手法の一つである不連続変形法 (DDA:

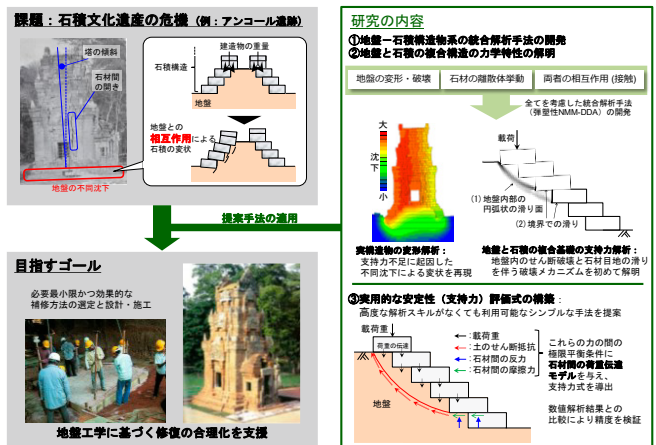
Discontinuous Deformation Analysis) を対象として、解析精度や安定性を向上する改良アルゴリズムを提案し、地盤・岩盤の力学挙動の予測手法の確立を目指しています。



スパッドカン貫入 (MPM), 透水岩盤の水圧破碎 (PD), 岩盤斜面模型の振動解析 (DDA)

##### 地盤工学に基づく石積文化財の保全

本研究室で開発を進める数値解析技術を応用して、文化財である石積建造物の不安定化メカニズムの解明、ならびに安定性評価手法の開発を進めています。その対象の一つがカンボジアの世界遺産、アンコール遺跡です。同遺跡には基礎地盤の沈下によって崩落の危機に瀕するものが多く存在します。これに対し、地盤と石材からなる複合構造物の変形・破壊を連続体と不連続体の力学的相互作用問題として捉え、①地盤-石積構造物系の統合的な力学解析手法の開発から、それを用いた②地盤と石積の複合構造の力学特性の解明と③実用的な安定性 (支持力) 評価式の構築に至る一連の研究を進めています。



アンコール遺跡 (カンボジア) を対象とした安定性評価手法の開発とその応用

# 社会基盤創造工学分野

## Infrastructure Innovation Engineering

教授: 金 哲佑

Professor: Chul-Woo Kim

### 社会基盤施設をスマートにマネジメントする。

本研究室では、社会基盤施設のマネジメントに関わる研究を行っています。橋梁の振動現象から橋梁の健康に関する情報を同定し構造物の健全性を迅速に評価できる技術の開発や、センサ情報を含め利用可能な情報の融合によって構造物の状態の検知・予測できるスマートモニタリングの開発を行っています。

#### 研究概要

##### 橋梁ヘルスマニタリング

社会基盤施設の重要な部分を占めている橋梁の維持管理は喫緊の課題であり、その解決のためにはこれまでとは異なるパラダイムが必要となります。そこで、走行車両を移動センサとして利用する橋梁異常診断手法、構造物の状態まで解析するスマート無線センサシステムの開発、画像処理、多変量統計理論による異常情報の抽出、仮想区間での橋梁管理に関わるデジタルツインなど、新しいヘルスマニタリング手法の開発を行っています。

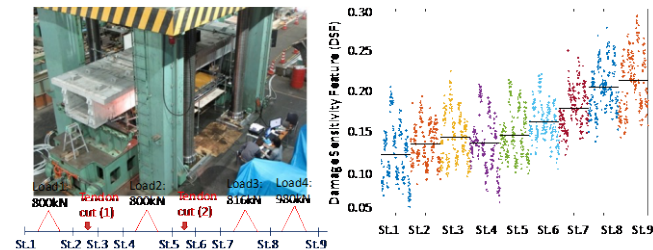


図1. 橋の損傷実験(左)/部分空間情報による損傷検知(右)

##### 移動車両橋梁点検システム

大量の中小スパン橋梁の維持管理は喫緊の課題であり、その解決のためにはこれまでとは異なるパラダイムが必要となります。そこで、走行車両を移動センサとして利用する、点検車両が移動しながら橋梁異常診断や路面状態を同定する手法の開発を行っています。

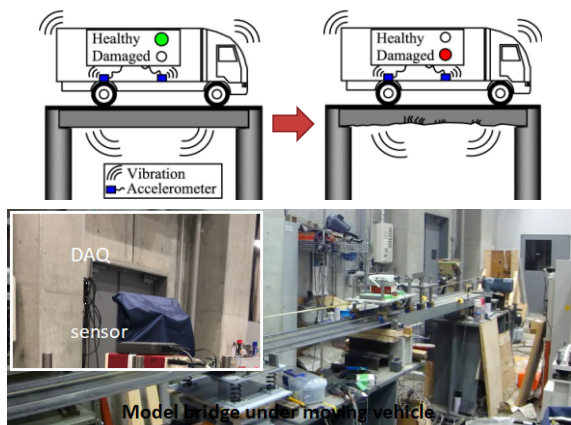


図2. 走行車両を移動センサとするスマート点検車両

##### 社会基盤施設の長期モニタリング

長期にわたる構造ヘルスマニタリングでは、対象とする特徴量の季節変動によるばらつきが生じます。このようなばらつきによって損傷の影響が不明確になり、損傷を検出できないことが予想されます。外部因子による変動に対処するための研究を行なっています。図4は、深層学習による季節変動を予測した結果を示しています。その他、エッジコンピューティングによる遠隔長期洗堀モニタリングシステムの開発も行なっています。

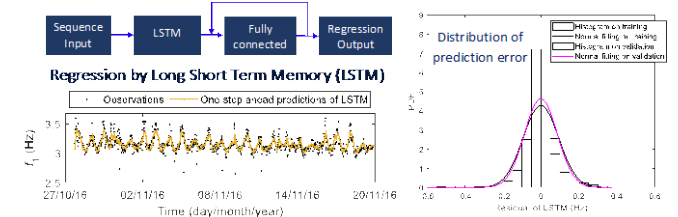


図4. 深層学習による季節変動の予測と予測誤差分布

##### 車両橋梁連成系シミュレーションの高度化 交通振動評価・対策/車両载荷高架橋の地震応答特性

道路橋や鉄道橋の車両走行に伴う振動の周辺への影響を検討するため、橋梁交通振動の三次元シミュレーションおよび現地走行実験を行いその現象を解明し、振動影響軽減対策を提案しています。図3は、2主桁橋の低周波騒音の伝播シミュレーション結果を示しています。このような解析的アプローチは、振動使用性を考慮した橋梁設計に有効に適用できます。その他、車両载荷による高架橋の地震応答は未解明な点が多く、関連研究も行なっています。

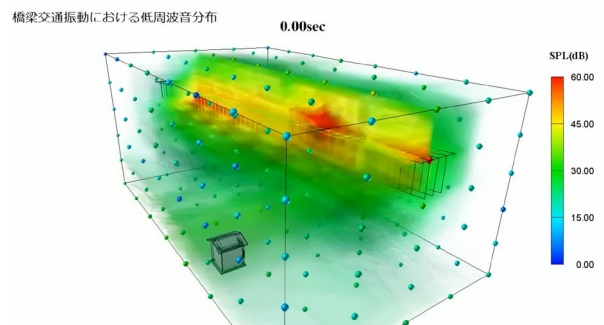


図3. 高架橋の騒音伝播シミュレーション(2主桁橋)

# 土木施工システム工学分野

## Construction Engineering and Management

●教授:岸田 潔

●准教授:澤村 康生

●准教授:ZHANG Yuxin

●Prof.: Kiyoshi KISHIDA

●Assoc. Prof.: Yasuo SAWAMURA

●Assoc. Prof.: Yuxin ZHANG

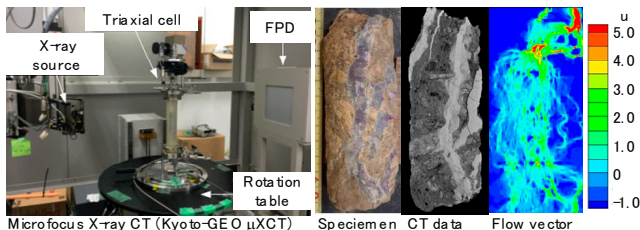
### カーボンニュートラル社会の実現に寄与するインフラストラクチャーの創造

大都市圏では過密する地表空間の環境保全の観点から、地下空間を利用した鉄道や道路などのインフラ整備が行われています。また、カーボンニュートラル社会の実現やエネルギー生成後の副産物の地下貯留固定といった現代社会が抱える問題の解決に地下空間は大きく役に立つものです。このような地盤・岩盤構造物の創出のため、地表から地下深部に至るまでの地盤・岩盤および地下水の特性(力学的・水理学的)に関する研究、トンネル・空洞掘削、斜面安定に関する研究を行います。

#### 研究概要

##### 不連続性岩盤の力学的・水理学的挙動 地盤材料モデルの構築

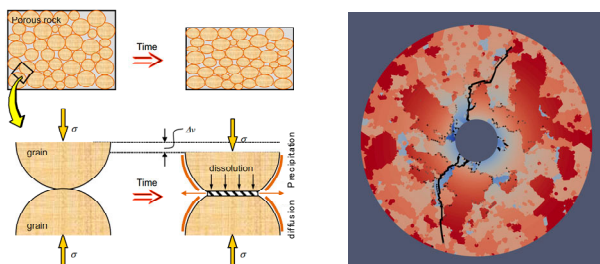
トンネルの掘削問題、大型構造物岩盤基礎の安定問題を検討する場合、岩盤の力学的・水理学的挙動を支配するのは、岩盤不連続面の力学的・水理学的挙動です。岩盤の単一不連続面の力学的・水理学的挙動を実験的に検討し、そのモデル化を目指します。また、単一不連続面や三軸せん断過程で現れるせん断帯の繰返し挙動の実験的検討を行い、岩石材料の構造劣化とヒーリングの検討を行っています。



X線CTを利用した地下岩盤の不連続面分析

##### エネルギー生成後の副産物処理に 関する先端的アプローチ

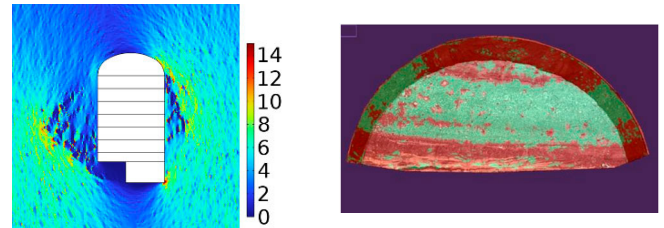
エネルギー生成後の副産物(高レベル放射性廃棄物、二酸化炭素)を安全にかつ安定的に地下貯留・固定するには、地盤・岩盤力学、水理学、熱力学、地球化学等、複合的な分野の知見の統合が必要です。不連続面を含む岩盤の力学・水理学的特性の解明を目的に、熱・水理学・力学・化学(THMC)連成を考慮に入れたモデルの構築およびその数値シミュレータ(iPSACC)の構築を目指します。



THMCの概念と水圧破碎による解析例

##### 機械学習と数値解析を統合した トンネル・地下空洞の設計・施工・維持管理

数値解析を通じて、地下空洞や大深度トンネル掘削時における岩盤の安定問題を検討します。実現場の地表面形状や施工ステップを考慮した地下空洞の掘削シミュレーションを行います。また、大深度トンネル掘削時に得られるトンネル切羽の観察データを機械学習により統合的に評価することで、未掘削断面の内空変位予測モデルの構築を目指します。

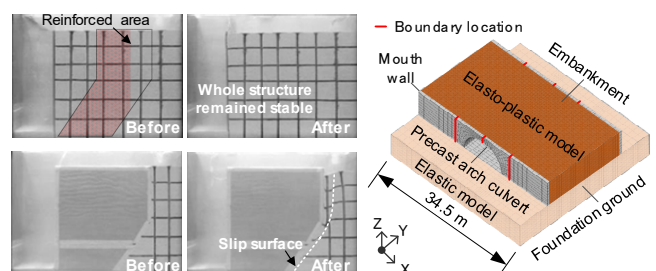


損傷理論を用いた地下空洞掘削解析

機械学習によるトンネル切羽の岩種判定

##### 盛土構造物の耐震性の把握 —補強土壁・プレキャスト製カルバート

盛土構造物における省力化を背景に、補強土壁や組み立て式の埋戻し式トンネルであるプレキャスト製カルバートが道路構造物に積極的に採用されています。このような種々の盛土構造物に対して、未解明な部分が多い地震時挙動の解明を目的に遠心模型実験や数値解析を行っています。それらの結果から、地震時の限界状態の把握、地震時要求性能の明確化を目指します。



補強領域に着目した遠心実験

三次元 FEM 解析による検討

# ジオフロントシステム工学分野

## Geofront System Engineering

●教授：安原 英明

Prof.: Hideaki Yasuhara

●准教授：岩井 裕正

Assoc. Prof.: Hiromasa Iwai

●助教：ザルファ マウリダ イサニ

Asst. Prof.: Zalfa Maulida Ihsani

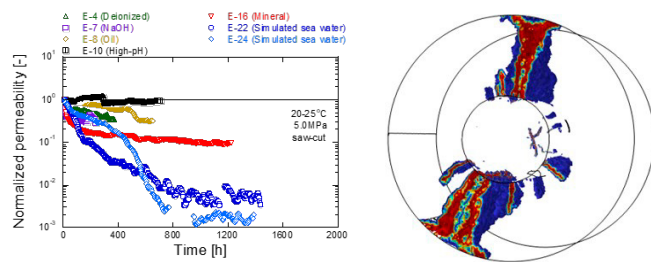
### ジオフロント環境に配慮した地下空間の創造・保全・維持管理

都市空間や地表の環境保全・有効利用のため、三次元的な視点から新しい空間として地下空間(ジオフロント)の利用が注目されています。環境に配慮した地下空間の創造・保全・維持管理のために、地表から地下深部に至るまでの地盤・岩盤および地下水の特性(力学的, 水理学的)を解明する研究を行います。

#### 研究概要

##### 連成場における地下岩盤の力学・水理学挙動のモデル化に関する研究

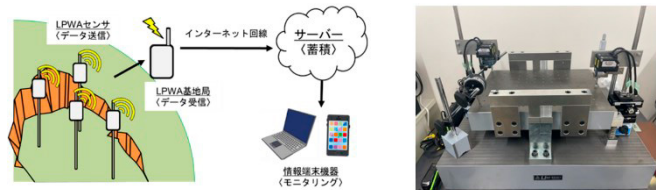
岩盤を対象とした熱・水理・力学・化学連成現象のモデル化を行っています。放射性廃棄物の地層処分, Carbon Capture and Storage (CCS), 燃料地下備蓄, 地熱発電などの地下空間利用には, 地下岩盤の特性を十分に理解し, 長期的な安全性を確保することが不可欠です。本研究では, 透水試験や水圧破砕実験などの室内実験と, それらの再現解析を通じて, 地下岩盤の力学・透水特性の変化を評価・予測できるモデルを開発しています。また, AIを活用したモデリングにより, 岩盤内で生じる複雑な連成現象の予測精度向上にも取り組んでいます。



連続透水試験, 水圧破砕実験のき裂進展解析

##### 無線ネットワークを用いた斜面災害観測システムの開発

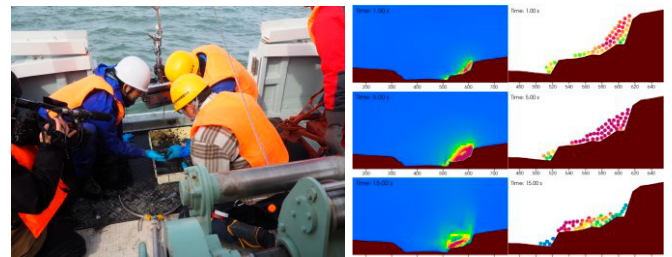
土砂災害予防のための斜面モニタリングとして, LPWA (Low Power Wide Area) と呼ばれる無線通信技術を用いた手法が注目されています。LPWA による斜面モニタリングでは, センサーを斜面に設置し, 変位や変形に関する情報を収集します。収集された情報はクラウド上で処理され, リアルタイムで表示されるため, 土砂災害発生時の迅速な対応が可能です。本研究では, 実斜面に適用可能な各種センサー, AI を活用した予測モデル, およびモニタリングシステムの開発を行っています。



LPWA を用いた斜面モニタリングの概要と室内実験

##### 海底地すべり津波励起現象のメカニズムの解明

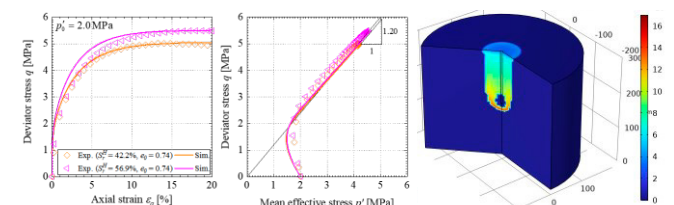
地震によって陸上だけでなく海底斜面においても地すべりが発生する可能性があります。海底地すべりの発生により想定外の津波が励起され, 地震動から予測される規模よりも大きな津波が沿岸域を襲うことが考えられます。本研究分野では, 地盤と流体(水)の相互作用に着目し, 海底地すべりの発生～斜面滑動過程～停止に至るまでの一連の地すべり運動と, 励起される津波特性との関係について模型実験・理論解析等を通じて検討を行っています。



海底地盤調査の様子(左)および海底地すべり数値シミュレーション(右)

##### CO<sub>2</sub> ハイドレート含有地盤の強度変形特性の把握と生成挙動のモデル化に関する研究

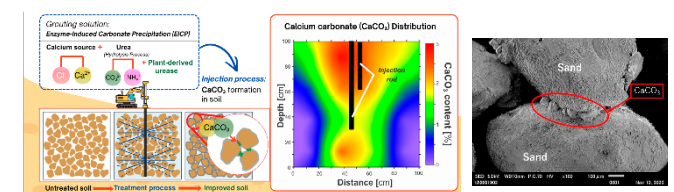
大気放出される CO<sub>2</sub> の正味量をマイナスにするネガティブエミッション技術の一つとして大きな期待を寄せられているのが“CO<sub>2</sub> ハイドレート海底地盤貯留”です。CO<sub>2</sub> ハイドレートが海底地盤内でどのように貯留されるか明らかにすることは, 高効率な貯留を達成するために重要な検討事項となります。本研究では, CO<sub>2</sub> ハイドレート含有地盤の生成形態や力学特性を力学試験に基づいて明らかにし, 海底地盤の強度変形特性を表現することが可能な構成式の開発を行っています。



左図: CO<sub>2</sub> ハイドレートの三軸圧縮試験結果と構成式の比較  
右図: 深海底地盤内で CO<sub>2</sub> ハイドレート生成挙動

##### 持続可能な地盤改良技術の開発

地盤改良は, インフラ構造物や防災に利用される地盤の強度および安定性を向上させるために重要である。本研究では, 力学的性能, 環境負荷, および実用性を考慮した持続可能な地盤改良技術の開発に取り組んでいる。本研究は, より安全で環境にやさしい地盤改良手法の発展に貢献することを目的としている。



炭酸カルシウム析出に基づく地盤改良技術

# 国際都市開発分野

## International Urban Development

●准教授 : Ali Gul QURESHI

●准教授 : Fan ZHU

●Assoc. Prof.: Ali Gul QURESHI

●Assoc. Prof.: Fan ZHU

### 学際的視点に立つ国際都市開発問題の研究

様々なシステムとサブシステム間の複雑な相互関係を考えると、現代都市はいわば生命体と考えることができます。そのため、現代都市マネジメントには、還元主義的解決法ではなく学際的知識と全体的方法論が求められます。本研究室では、計画・立案と数値モデルの観点から、都市開発に関わる問題に重点的に取り組んでいます。また、国際環境基盤マネジメント分野と密に協力し、構造工学と水資源工学に関する概念も取り入れています。

#### 都市ロジスティクスシステムとヒューマニタリアンロジスティクス

交通とロジスティクスのネットワークは、どの国でも経済の要となっています。これらは都市の持続性や住みやすさに多大な影響を与えています。効率的な都市ロジスティクスの計画は、政策決定やマネジメント、オペレーションズ・リサーチ、環境などの多岐に渡る分野において研究機会を広げてくれます。本研究室で主に取り組んでいる問題に、工場の立地や配送ルートといった戦略・戦術的なロジスティクスの最適化問題があげられます。こういった問題においては、様々な変動（例えば土地の利用を考慮して（図1））をモデリングした研究や、正確で経験則的な最適化手法の開発に関する研究を行っています。ロジスティクス政策評価のために、より包括的な枠組みにおけるこのような方法論とマルチエージェントシステムやマイクロ/マクロ交通シミュレーションとの統合も研究しています。また、研究室ではヒューマニタリアンロジスティクスの研究も行い、研究分野を広げています。

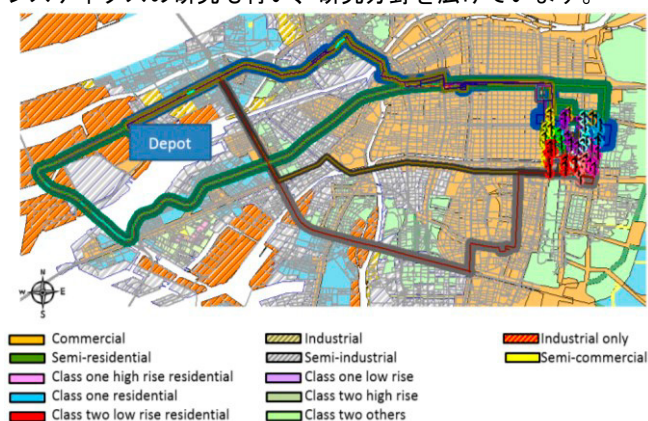


Fig. 1: 配送ルートと土地利用

#### 地盤材料のモデル化

地盤材料は本質的にマルチスケールであり、その挙動は多様なスケールにおいて離散的にも連続的にもなります。材料の

挙動は、力学的、熱的、水理的、および化学的な負荷の複合的な影響を受けることがあります。地盤材料挙動のモデル化と予測には、マルチスケールおよびマルチフィジクスのアプローチの適用が必要不可欠です。当研究室では、材料の破壊現象について力学的観点からアプローチし、地盤材料の挙動を高度な計算技術でモデル化する手法を開発しています。

ここで、地球物理学に深く関連する、石油開発や二酸化炭素の地中貯留技術、採鉱、岩石掘削などの分野では、岩石の破碎挙動（図-2）や、粒状体の破碎評価（図-3）が必要とされています。当研究室は、こうした分野の学術的研究の発展と実務的な新規技術開発に貢献できる、次世代の計算ツールキットの構築を目指しています。また数値モデリングにおける高性能計算技術の適用にも取り組んでおり、学際的共同研究および実務実装を目指した研究活動を推進しています。

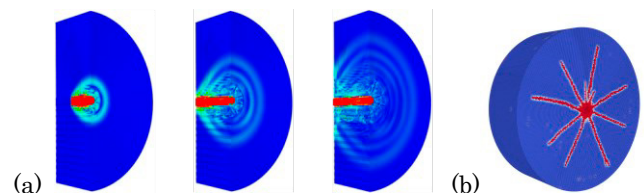


Fig. 2: 発破による岩石の破壊挙動のモデル化: (a) 応力波の伝播 (b) 破壊パターン



Fig. 3: 粒状材料の断片化挙動のモデル化

#### 学際的視点

都市ロジスティクスシステムやヒューマニタリアンロジスティクス、地盤環境工学に直接関連する研究を扱うことに加え、国際都市開発分野は国際環境基盤マネジメント分野と緊密に協力し、構造工学や水資源工学に関するコンセプトを組み込んでいます。このように学際的視点に立ち国際都市開発問題の研究を行っています。

# 地盤防災工学分野 Geotechnics for Hazard Mitigation

●教授： 渦岡 良介      ●准教授： 上田 恭平  
●Prof.: Ryosuke Uzuoka      ●Assoc. Prof.: Kyohei Ueda

## 都市域の地盤災害学理の構築と防災性能向上への展開

水際低平地を中心として高度の発展を遂げ、急速に周辺丘陵地へと拡大する都市域では、地震時液状化、宅地造成地盤崩壊、人工・自然斜面崩壊など、地盤災害の危険性が増しています。これらの地盤災害に対する都市域の脆弱性診断技術と危険度評価技術の高度化、地盤基礎 構造物の性能向上技術の開発が急務となっています。

当研究室では、このような防災工学上の課題に対して、有効応力解析に基づく非線形動的解析による脆弱性診断と性能評価、遠心力载荷装置を用いた地盤災害の再現模型実験など、あらゆる角度から取り組んでいます。

### 研究概要

#### 地震・津波・降雨による複合災害における地盤・構造物系の被災メカニズムの解明

2011年東北地方太平洋沖地震では、東北沿岸を襲った津波により湾口津波防波堤、海岸堤防、河川堤防などの構造物が壊滅的な被害を受けた。また、東京湾岸の埋立地では余震による液状化が発生した。2016年熊本地震では、震度7を二度観測するなど大きな地震動が比較的短い時間に複数回作用することで地盤・構造物の被害を大きくした可能性がある。また、地震で損傷を受けた斜面はその後の豪雨で多数崩壊している。以上のように、本震と余震、地震と津波、地震と降雨のような外力が比較的短時間の間に複数回作用することで地盤・構造物系の被災はより深刻なものとなる可能性がある。

本講座では、このような複合災害における地盤・構造物系の被災メカニズムを明らかにすることを目的として、遠心模型実験(図-1)や有効応力解析を用いて、地震が作用した後に地盤・構造物系が有している残留性能を評価している。

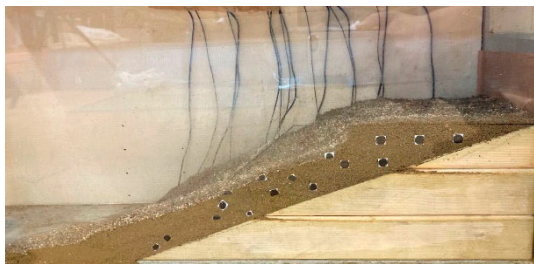


図-1 遠心模型実験における地震後の降雨による斜面の変状

#### 現場観測と遠心模型実験に基づくダブルデータ駆動型リアルタイム地盤災害予測

斜面災害の予測において解析手法は整備されているものの入力する地盤情報の不確実性が課題となっている。本講座では遠心模型実験から得られる実験データおよび現場で日常的に得られる観測データに対する二つの統計情報の組合せ(ダブルデータ駆動型と呼ぶ)によって、ダブルデータ駆動型のリアルタイム豪雨地盤災害予測手法を構築している。斜面の地下水浸透および降雨浸透に伴う変形を再現した遠心模型実験や現場観測データを対象としてデータ同化を実施し、豪雨時の事前予測やリアルタイム予測を目指している。

#### 地震時の多様な地盤軟化機構の解明とその対策

近年の地震時の地盤被害における新たな問題に対処するため、固有(もしくは初期構造)異方性を有する地盤、粘性土地盤、難透水性層を有する多層地盤、地下水位が浅い不飽和地盤等を対象に、地震動下で顕在化する多様な地盤軟化機構の解明とその有効な対策を目指し、遠心模型実験や数値解析を用いた研究を行っている。

このうち、堆積環境等に起因する固有異方性(図-2)が液状化等の地震時の地盤挙動に及ぼす影響については、未だ不明な点が多い。そこで固有異方性を有する模型地盤を作製し遠心場で振動実験を行うとともに、固有異方性を数値解析において考慮するために土の構成モデルを改良し、その妥当性検証を行っている。

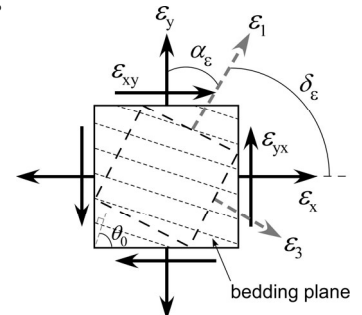


図-2 堆積面角度の異なる多方向せん断

#### 液状化に関する国際研究プロジェクト(LEAP)

地盤・構造物系の液状化被害を対象に、従来の個別・単独プロジェクトの限界を打破し、結果の普遍性・客観性を確保することで予測精度の向上を目指す国際プロジェクトがLEAP(Liquefaction Experiments and Analysis Projects)である。これまで緩傾斜地盤や自立式矢板護岸の地震時挙動を対象に、米国・英国・中国・韓国・台湾等の研究機関(図-3)とともに、ばらつきの定量化や予測精度に及ぼす要因分析のため、遠心力载荷装置を用いた一斉実験と種々の構成モデルを用いた一斉解析を実施している。

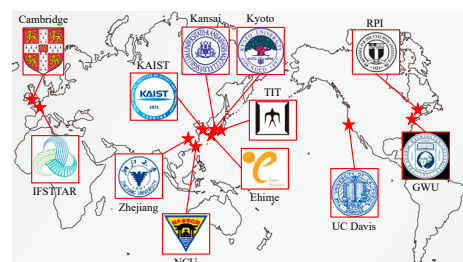


図-3 LEAP-Asia-2019の一斉実験参加機関

# 社会基盤親和技術論分野

## Environmental Infrastructure Engineering

●教授:勝見 武

●准教授:高井 敦史

●助教:加藤 智大

●Prof.: Takeshi Katsumi

●Assoc. Prof.: Atsushi Takai

●Assist. Prof.: Tomohiro Kato

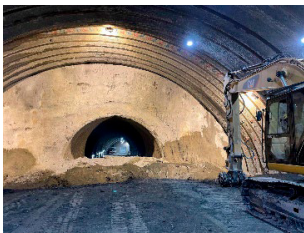
### 人と地盤環境の共生を礎とした社会基盤の創造

地盤・水文環境は生命・社会の基盤として不可欠な存在であり、人間活動との調和を図りながら持続可能な形で活用する必要があります。本分野では、人間活動や自然災害に伴い排出される廃棄物を地盤材料に再生する技術、汚染された地盤・水文環境を修復する技術、環境負荷の小さい社会基盤整備技術の開発を通して、地球環境と共生し経済・社会システムの変化に対応しうる社会基盤の創造を図ります。

#### 研究概要

##### 地球環境に配慮した社会技術の確立に向けて —建設リサイクルとカーボンニュートラルへの貢献—

社会基盤の整備に伴って大量に発生する掘削土の再資源化が求められています。日本にはヒ素や鉛などの重金属等を低濃度で含む地層が広範に存在しており、環境基準値をわずかに超えて重金属等が溶出することは珍しくありません。そのため、トンネル掘削で生じた土の有効利用を進めるためには、掘削土から溶出する重金属等の挙動を科学的に把握した上で合理的な対策につなげていくことが有効です。また、製鉄の過程で生じる鉄鋼スラグや廃棄物処理に由来する焼却灰など、産業活動に伴って様々な副産物が生じており、それらの循環利用の推進も重要です。本分野では、建設副産物を地盤材料として社会基盤整備に用いた場合の環境安全性評価や、低環境負荷のインフラ整備手法を提案することで循環型社会への貢献を図り、新しい社会基盤整備のあり方を研究しています。

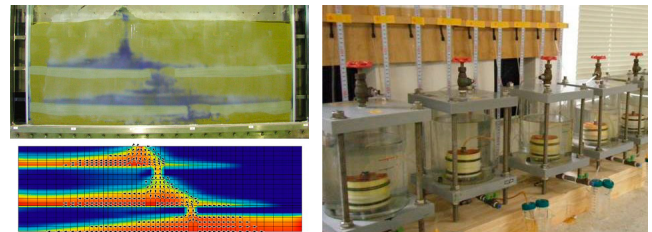


##### 大地の環境をまもり・つかう

##### —「やりすぎない」土壌・地下水汚染対策—

土壌・地下水汚染が確認された際に、当該サイトの土を掘削して清浄土に置き換える措置ではなく、難透水性の粘土で汚染を封じ込める遮水工法や、原位置で汚染を浄化する技術の信頼性を向上できれば、土の処分量を低減しつつ社会コストにも配慮した汚染対策の実現につながります。本分野では、低環境負荷の地盤汚染対策工の実現に向けて、室内実験や数値解析を用いて地盤中での化学物質の挙動予測と対策手法を

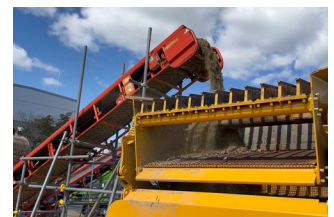
検討しています。最近では、顕在化しつつある有機フッ素化合物（PFAS）の地盤中での移行特性も研究しています。



##### 災害復興と環境保全の調和

##### —災害廃棄物の処理と再生土の有効利用—

地震や津波、集中豪雨等の巨大災害が各地で多発しており、発生した災害廃棄物処理の合理化が求められています。中でも、津波や豪雨では災害廃棄物に相当量の土砂が含まれることから、再生土の利用が復興に有効となります。災害廃棄物にはプラスチックや木くずなど様々な廃棄物が混ざっていますが、木くずを含む再生土を地盤材料として利用すると、有機物の経時的な生分解によって地盤内に空隙が生じて地盤としての安定性が損なわれる可能性があるため、きれいな再生土を速くつくることのできる処理方法の確立が求められます。本分野では、室内実験と実大規模のふるい選別試験によって、土と廃棄物の組成や分別条件が処理効率に及ぼす影響を評価しています。今後発生が予想される地震や火山噴火などの巨大災害に備え、発災後の迅速な体制の確立と復興に貢献できるように、法的・技術的な側面から研究に取り組んでいます。



# 計 算 科 学 講 座

## COMPUTATIONAL SCIENCE

●教授: 菊本 統 ●助教: アリ ウスマン  
●Prof.: Mamoru KIKUMOTO ●Prof.: Usman ALI

### 材料のモデル開発と大規模高速計算による実問題の予測

土木工学にまつわる問題の多くは、単一の物理現象ではなく、固体や液体、気体の力学現象、物質や熱の移動、化学変化といった複数の物理・化学現象が同時に起こるマルチフィジックス問題です。これに対して当講座では、材料の性質を記述するモデルの開発から、個々の現象を司る支配方程式の導出、コンピュータを用いた数値計算への実装、実問題を解く高精度・大規模なシミュレーションまで幅広く取り組んでいます。

#### 研究概要

##### 地盤材料の力学・水理特性のモデルの開発

地盤は固体・液体・気体の三相からなる混合系であり、複雑かつ独特な挙動を示す興味深い材料です。当講座では、こうした地盤材料の応答をより正確に予測するため、既存の地盤力学の限界を乗り越える理論の開発を目指しています。私たちの研究の根幹には、「ある現象を説明するために、必要以上に多くの仮定を設けるべきではない（オッカムの剃刀）」という哲学があります。この考え方に基づき、できる限り少ない単純化された仮定のもとで、地盤材料の力学的・水理学的挙動を合理的に記述できるモデルの開発に取り組んでいます。

##### 粒状体のミクロ-マクロ応答の研究

合理的なモデルの実現には、地盤が多数の粒子からなる粒状体であるという本質的な視点が欠かせません。粒子間のミクロな相互作用が、集合体としてのマクロな応答をどのように決定するか理解することが重要です。当講座では、高精度な室内実験と粒状体解析技術を組み合わせて、粒子レベルの挙動とマクロな応答との関係性の解明を試みています。

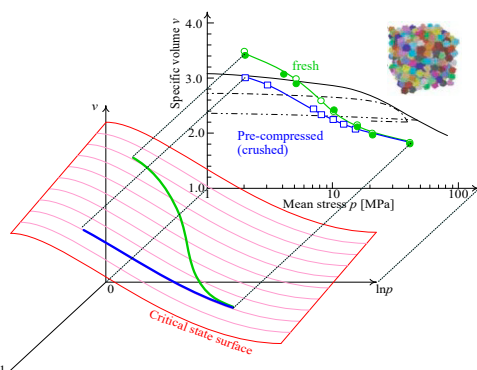


図-1 粒度特性の刻々の変化を巧みに記述した3次元の限界状態面

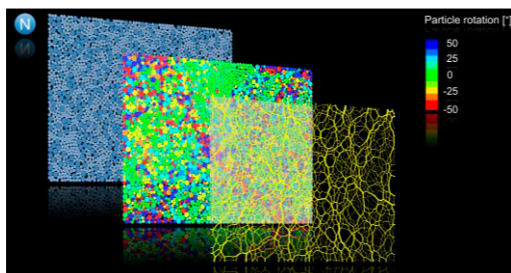


図-2 粒状体のミクロ-マクロ挙動のシミュレーション

##### 経験的工学から合理的理論への転換

従来、経験的にしか説明されてこなかった地盤の現象を、理論的に説明することで、予測可能な知識体系として再構築することを目指しています。具体的には、トンネルや盛土、切土などの土構造物を対象として、室内試験、現地調査、モデル開発、数値シミュレーションを統合的に行い、脆弱な地盤材料の風化過程を予測する技術の開発や土構造物の長期的な安定性の予測に取り組んでいます。

##### 地盤環境問題や学際的研究への貢献

当講座では、油や重金属による土壌汚染の過程を高精度に予測するために、基礎的な物理モデルの構築から数値解析技術の開発まで一貫して行ってきました。また、文化財の劣化現象の解明や維持管理技術の高度化に資するため、他分野の研究者とも連携して学際的な課題にも取り組んでいます。

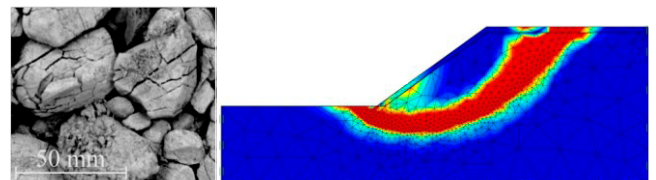


図-3 脆弱岩の風化と土構造物の不安定化のシミュレーション

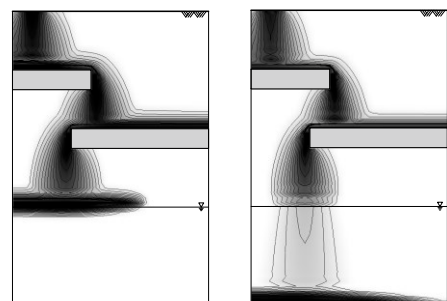


図-4 油-水-空気浸透解析による土壌汚染のシミュレーション

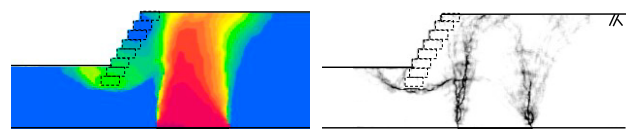


図-5 都市トンネルと石積構造物の力学的相互作用に関する実験

# Planning Laboratories

計画系研究室

豊かな環境創成を導くための総合的なプランニング手法の開発と  
持続発展を促す環境デザイン・管理の実践をめざします。

[桂キャンパス]

空間情報学講座 **Geoinformatics** (社会基盤工学専攻)

景観設計学分野 **Urban and Landscape Design** (社会基盤工学専攻)

計画マネジメント論分野 **Planning and Management Systems** (都市社会学専攻)

都市地域計划分野 **Urban and Regional Planning** (都市社会学専攻)

都市基盤システム工学講座 **Urban Management Systems** (都市社会学専攻)

交通情報工学分野 **Intelligent Transport Systems** (都市社会学専攻)

交通行動システム分野 **Travel Behavior Analysis** (都市社会学専攻)

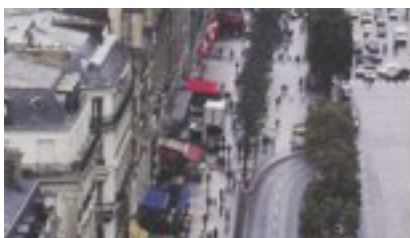
[宇治キャンパス]

災害リスクマネジメント研究分野 **Disaster Risk Management** (都市社会学専攻, 協力講座)

総合防災情報システム分野 **Integrated Disaster Management Systems** (情報学研究科)

巨大災害情報システム分野 **Integrated Disaster Reduction Systems** (情報学研究科)

危機管理情報システム分野 **Crisis Information Management Systems** (情報学研究科)



# 空間情報学講座

## Geoinformatics

●教授: 須崎 純一                      ●助教: 石井 順恵  
 ●Prof.: Junichi Susaki              ●Asst. Prof.: Yoshie Ishii

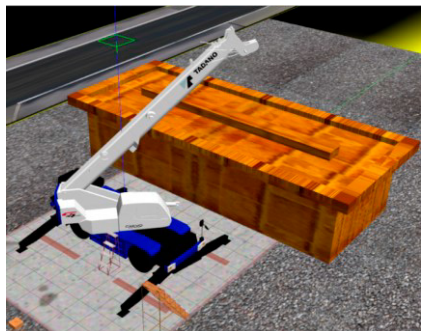
### 都市や自然環境の問題を広い時空間から捉える

衛星リモートセンシング、3次元写真測量、レーザ測量、地理情報システム、携帯電話や SNS の位置特定などの「空間情報技術」を用いて、国土・都市・環境・人の動き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、都市計画等にご貢献することを目指しています。

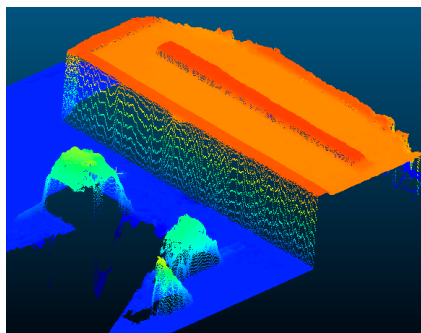
### 研究概要

#### 動画像からのクレーン周辺の三次元地図の高速生成と移動体検出

建設現場の効率性、安全性向上のために、クレーン先端に取り付けた単眼カメラで撮影された動画像（実画像、シミュレーション画像）から、三次元地図を高速で生成する技術、及び人や車両、フック等の移動体を検出する技術を開発しています。



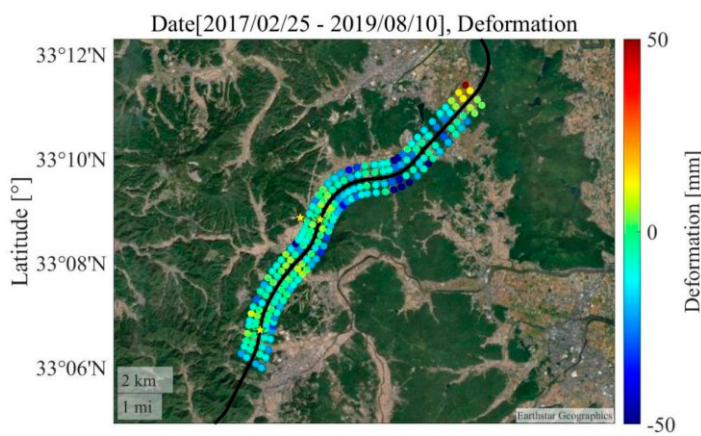
建設現場を再現したシミュレータの様子。クレーンのブーム先端に鉛直下向きにカメラを設置しています。



上記のシミュレータで取得された動画像から復元した建設現場の三次元地図。地物の大きさは 10 cm 未満の精度を達成しています。

#### 時系列衛星 SAR 画像を用いた地盤・土木インフラ等の変動解析

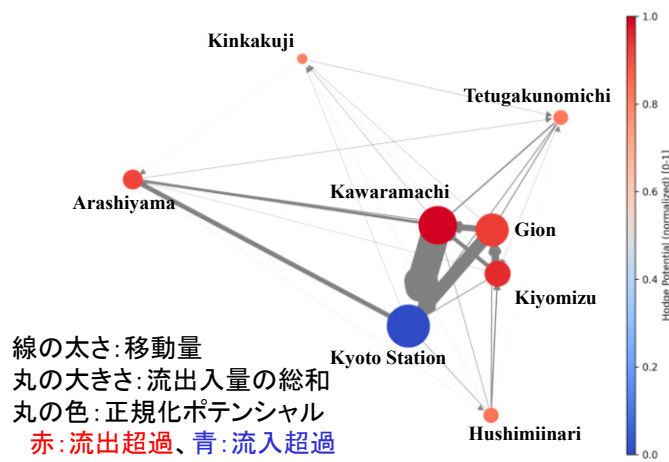
衛星搭載型のマイクロ波レーダである合成開口レーダ (Synthetic Aperture Radar: SAR) で取得された複数時期のデータから、地盤や土木インフラを含む人工構造物地の変動を推定できます。しかし、これらの解析で推定されるのは衛星視線 (Line of Sight: LOS) 方向の一次元変動のみであり、土木インフラマネジメントに活用するには不十分です。当研究室では、極軌道衛星の上昇軌道 (南→北)、下降軌道 (北→南) の衛星画像に加えて、国土地理院が運用している電子基準点の座標データも加えて、三次元変動を推定する手法を開発しています。



衛星 SAR 画像解析による高速道路周辺の鉛直変動量の分布図。2019 年 8 月 28 日に高速道路周辺で土砂災害が発生し、高速道路路面も変状が発生しました。解析結果の青色で示される箇所はより沈下量大きいことを示しています。

#### 人流データを用いた観光都市内の観光地間の空間構造解析

多数の観光客が集中するオーバーツーリズムの問題に対して、携帯電話などの位置データを集計して得られた人流データを用いた解析手法を検討しています。一例として、観光都市内を複数の主要なエリアに分割し、エリア間での移動の特徴や空間的な構造の解析を行って定量的な関係性を明らかにしようとしています。



線の太さ: 移動量  
 丸の大きさ: 流入量の総和  
 丸の色: 正規化ポテンシャル  
 赤: 流出超過、青: 流入超過

# 景 観 設 計 学 分 野

## Urban and Landscape Design

●教授:川崎 雅史      ●准教授:山口 敬太      ●助教:谷川 陸  
●Prof.: Masashi Kawasaki      ●Assoc. Prof.: Keita Yamaguchi      ●Asst. Prof.: Riku Tanigawa

### 景域環境の創造と公共空間の景観デザイン

景域とは、様々な景観を体験する場所を含む風土的・地理的領域、景観領域の概念で、自然から文化に至る広い環境を指します。その空間的、時間的構造と変容を地形・景観解析、デザインサーベイ、歴史的分析などに基づいて把握し、景域環境と調和する都市インフラ施設や人間活動の創出、公共空間の創造、マネジメントの方法論に関する実践的な提案を目指します。

#### 研究概要

##### 公共空間と都市基盤施設のデザイン

道路や公園広場、河川や運河等の水辺空間や土木構造物、橋梁やターミナル施設などの都市施設を対象として、人と環境に調和して文化的活動を誘発する美しい公共空間の創造、設計を行う知見を得るため、国内外の先進事例のデザインの手法・プロセス、制度等に関する研究を進める。また、実践的な設計提案を通じて、景観設計における設計の明確な目標像を描き、実現性を高めるための理論的、経験的な方法論を探究する。具体的には、設計イメージの導出と空間構成の創出方法、行動予測と空間の適正規模、設計目標の表現・予測評価手法、設計プロセスやマネジメント、色彩・テクスチャ分析等の設計方法論に関する研究を行う。

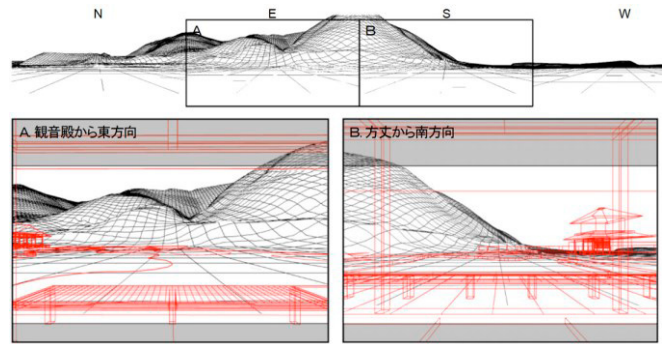


大阪・中之島空間再編の整備前（左）と景観検討図（右）

##### 景域環境の構造・形成プロセスの分析と景観計画

景域は固有の気候風土や自然地理的条件のもと、多様な社会が形成され、制度が多層に組み合わされた結果として成立している。長期的な視点で都市や景観の形成メカニズムを分析し、水辺や山辺における優れた景域環境を対象として、GISや3DCGシミュレーションを活用した地形や眺望、景観分析、景観の規制誘導の影響を検証し、規範となるデザインの技法を明らかにして、景域創造と持続的なマネジメントのあり方を探究する。

近代化遺産や古来の名所・景勝地について、風景の文化的価値、景観価値を歴史資料や文学・メディアの分析によって発見し、それらの鑑賞のあり方と活動の可能性を検討し、都市デザイン、都市再生計画、観光計画などへの目標像と手法を探究する。



3次元地形情報を用いた京都の景勝地の景観解析

##### 地域づくり・地域共創の実践研究

低未利用の公有地や公共施設、空き家等、地域の自然資源や歴史資源などの様々な地域資源を、地域づくりに活用する方法について研究を行う。また、道路や公園等の既存インフラや公共空間の機能の転換、公民連携の事業デザイン等を通じた都市・地域空間の再編の方法を探究する。

公共空間・公共施設を活用・管理する担い手に着目した、持続的・効率的な資源管理の仕組みの構築についての実践的研究を行う。フィールド学習やデザイン提案を通じて、地域戦略の立案や、都市拠点やインフラ施設の景観整備の新たな計画手法を模索するとともに、参加型の地域の空間マネジメント手法の技術開発と実践理論の構築を行う。



地域資源を活用したアクションプログラムの例

# 計画マネジメント論分野

## Planning and Management Systems

●教授：大西 正光

●准教授：中尾 聡史

●Prof.: Masamitsu Onishi

●Assoc. Prof.: Satoshi Nakao

### 現場に根ざす実践科学としての土木計画学の開拓

土木工学は社会の発展に貢献する使命があります。複雑な社会的問題を紐解きながら、少しずつ望ましい社会へと導くには、さまざまな分野の科学的知識を持つ専門家による社会への働きかけが必要です。そのためには専門家が実践的問題の現場に身を置き、問題の本質を把握する必要があります。本研究室では、われわれの生活を支えるインフラシステムをつくり、支え、うまく使いこなすためのマネジメント技術を実社会と関わりながら研究しています。

#### 研究概要

##### インフラストラクチャーの建設及び維持管理運営のマネジメントに関する研究

本研究室では、人々の生活及び社会経済活動を支える社会基盤、すなわちインフラストラクチャー（以下、「インフラ」）の価値向上、建設、維持管理の効率化、インフラの持続可能性に資する社会の仕組み全般を対象に研究を行っています。インフラが生み出すサービスの多くが公共的性質を有している一方、その建設及び維持管理運営において、公的機関のみならず民間企業も多く関わっています。インフラに関係するさまざまな官民のプレイヤーは、法律や契約、行政的なルール、さまざまなビジネス慣習といった制度によって形作られています。近年では、気候変動問題や少子高齢化、都市部への人口集中等により、インフラサービス供給の安定性が脅かされる状況に直面しています。本研究室では、インフラを巡るさまざまな課題を「制度」という視点から分析し、改善方策を実践的に検討しています。

具体的には、Public Private Partnership (PPP) と呼ばれる1つの民間企業が建設だけではなく設計から、運営維持管理までのインフラのライフサイクル全体を通じてインフラサービスを提供するような仕組みの望ましい適用方法とプロジェクトの制度や契約について研究を行っています。PPPはわが国のみならず世界的に普及しており、インフラの建設資金が民間金融機関から調達されることから、金融機関や国際開発機関とも連携しながら研究を行っています。

また、気候変動によって災害リスクが増大している一方で、災害後のインフラ復旧を担う建設業の担い手の数は年々減少しています。このままでは、災害後の復旧が進まないために、災害が地域経済にとって致命的なリスクとなることも考えられます。災害後も力強く地域が復興するための持続可能な社会の仕組みについて、実際の地域と関わり合いながら、模索を続けています。

さらには、海運や航空交通といったモノやヒトの動きを分析し、それを支える港湾や空港の諸計画や危機管理を含むマネジメントの諸問題や、海上交通及び航空交通に支えられる離島の振興の方策についても研究を行っています。

以上、本研究室ではインフラはハード施設ですが、それを使う人々、それを支える人々の諸活動及びそれを支える多様な制度について、経済学、心理学、社会学等の社会科学の知見を援用しつつ、マネジメント方策を追求していきます。

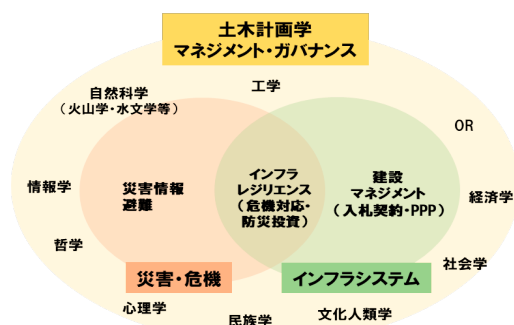
##### 災害リスクに対する地域に根差した危機対応マネジメント

しばしば「事前防災」という言葉が使われるように、災害による被害を最小限に食い止めるためには、それがいざ生じた時に効果的な対応ができるためのインフラを事前に備えておくとともに、対応を実行できるための計画や訓練、社会的関係性を災害が起こる前に築いておくことが重要となります。本研究室では、地域に生きる人びとの知恵や経験といった民俗的な事象にも着目しながら、住民とともに考えるボトムアップの取り組みを行っています。

具体的には、鹿児島・桜島を対象として、大規模火山噴火が切迫した段階において、大規模な広域避難が実行できるような仕組みづくりを行うために、火山学、交通工学、心理学、社会学、情報学等のさまざまな専門家が住民と一緒に伴走しながら、一步一步、取り組むべき課題とその解決方策について一緒に検討を進めています。地域住民の語りや土地との関係性に目を向け、人々の暮らしや地域コミュニティの文脈に根差したプロセスを重視しています。

また、桜島において大規模火山噴火が発生すれば、火山灰が関東・東北まで拡散するため、国内外に大変大きな影響が出ると予想されます。特に、大規模火山噴火が切迫した段階では、航空機を降灰が予想されるエリア外へと移動させるための広域的なオペレーションが必要となり、国全体レベルでの調整が必要となるため、航空交通の災害危機対応についても研究を行っています。

さらに、地震や洪水、大雪等の異常事象の発生時において、通行止めなどの道路運用に関する意思決定をできるだけ迅速に行うため、民間会社が提供するリアルタイムの交通データを活用するための研究にも取り組んでいます。



本研究室の研究課題の見取り図

# 都市地域計画分野

## Urban and Regional Planning

●教授：宇野伸宏

●准教授：松中亮治

●助教：西垣友貴

●Prof.: Nobuhiro Uno

●Assoc. Prof.: Ryoji Matsunaka

●Assist. Prof.: Tomoki Nishigaki

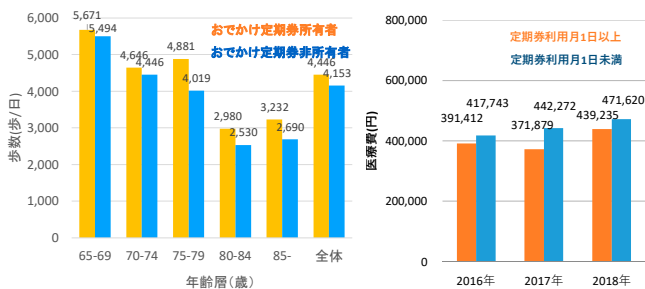
### 都市の魅力と活力の創生に向けての実証研究

都市は、人々の生活や就業あるいは遊び・安らぎの場として様々な役割を果たしている一方で、環境・エネルギー、交通、景観、土地利用などの面で多くの課題も抱えています。当分野では、都市の魅力を高め活力を生み出していくため、これらの課題解決に向けての理論的枠組みを構築するとともに、実際の都市においてその理論を活かしていくための実証研究を行っています。都市を観察し、都市を解析し、そしてそれらの成果を現実の社会で活かしていくことを目指しています。

#### 公共交通利用促進施策の健康への影響

近年、まちづくりにおける公共交通の役割として、健康増進効果が注目されています。そこで、携帯端末機を高齢者に配布し歩数やGPSログを収集するとともに、医療費データと併せて分析し、公共交通の運賃割引効果の検証を行っています。

下図（左）は、おでかけ定期券の所有者と非所有者の1日平均歩数を年齢層別に比較したもので、定期券の所有者のほうが、1日平均歩数は多いことがわかります。下図（右）は、定期券利用頻度と医療費の関係を示したものです。定期券の利用頻度が月に1日以上の高齢者の医療費は1日未満の人の医療費と比べて低いことがわかります。

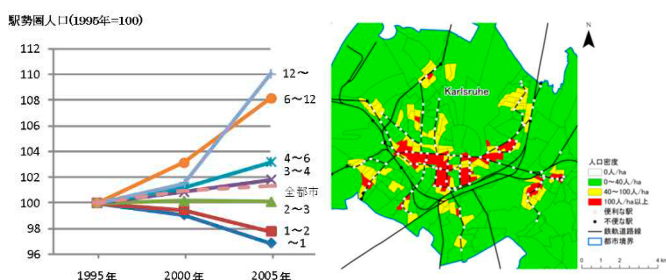


#### 鉄道の運行頻度と都市構造の国際比較

コンパクトな都市を目指す上で、利便性の高い公共交通を整備することが重要と考えられ、鉄道の利便性の周辺の人口変化への影響の実証分析を行っています。

下図（左）は日本の地方都市の鉄道駅に関して運行頻度別に駅勢圏人口の変化を示したものです。毎時3本以上の頻度の駅の駅勢圏では人口が増加し、それ以下の駅で人口が減少しており、鉄道には駅周辺に人を集積させる効果が期待できる一方で、運行頻度が小さいとその効果はみられません。

英・仏・独の地方都市圏についても同様の分析をしています。下図（右）は、ドイツの駅と人口分布を示したもので、鉄軌道駅の周辺に人口集積している状況がわかります。



#### ドライビングシミュレータによる運転挙動実験

様々な道路・交通条件の中で安全に被験者の行動を観測できるドライビングシミュレータによる運転挙動の分析は、事故や渋滞の原因の理解や解決策を検討する上で有用です。これまでの主な研究テーマとしては、都市高速道路における合流支援情報提供時の行動分析、地震発生時の行動規範認知の車両速度への影響分析等があります。今後も、自動運転車と手動運転車の混在環境下での運転挙動分析を中心に研究を行っていきます。

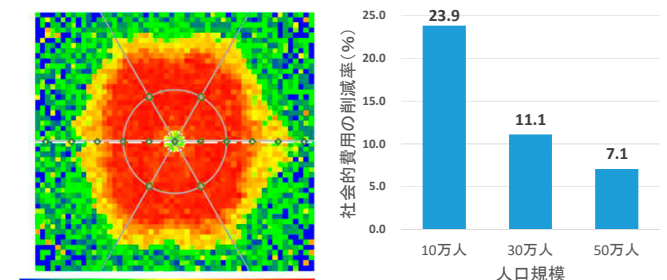
【6軸モーションを装備したドライビングシミュレータ】



#### 共有型自動運転車両(SAV)の普及による社会的便益の評価

自動運転技術の普及に伴い、交通のみならず都市構造への影響も想定されます。そこで、都市内交通シミュレーションを用いて、SAV（自動運転によるタクシーサービス）の普及により生じる都市全体の社会的便益の評価を行っています。

仮定の都市を対象に1日の交通をシミュレートすると、自家用車移動が全て SAV 利用に転換した場合、1日に都市全体でおよそ 24.6 百万円の便益が生じ、車両台数は 84%削減、駐車場面積は 71%削減されると試算されました。下図（左）は都市各地点での必要駐車容量の削減率を示しており、下図（右）は人口規模を変えた場合の試算結果です。



## 都市基盤システム工学講座

## Urban Management Systems

●教授:大庭 哲治

●助教:鎌田 佑太郎

●Prof.: Tetsuharu Oba

●Asst. Prof.: Yutaro Kamada

## 持続可能で強靱な未来の都市・国土づくりに貢献する

現代および未来の社会経済活動を支えるためには、都市や国土、インフラを堅牢なシステムとして高め、効率的かつ効果的にマネジメントすることが不可欠です。当研究室では、持続可能で強靱な未来の都市・国土づくりを実現するために、都市情報を活用した実証研究や現場での実践研究を通じて、計画論、政策論、方法論を考究しています。

## 研究概要

## 包摂的な都市・国土計画と社会基盤整備による現代都市課題への対応に関する研究

持続可能で包摂的な都市・国土の将来像を描き、より良い都市基盤づくりに貢献することを目的に、都市・国土計画や社会基盤整備に関する、計画論、政策・制度論、インフラ整備論の実証的研究を進めています。

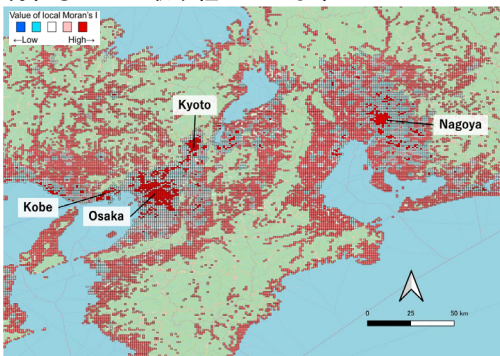
国土・広域計画では、地域間の連携や広域的な交通ネットワークの整備を通じて、一極集中の是正と持続可能で均衡ある国土形成を目指しています。都市計画・まちづくりでは、モータリゼーションの進展や都市スプロールの影響、低未利用地の再生など、現代都市が直面する課題に対し、柔軟で計画的な都市空間の再構築を模索しています。また、交通計画では、誰もがアクセス可能で、効率的かつ環境に配慮した交通システムと安全快適なモビリティの実現を追求しています。

## 都市再生・保全による

## 持続可能な都市社会の構築に資する研究

地域の魅力を再発見・再構築し、イノベーションや新たな価値を創出することで、都市社会の持続可能性向上を目指す、都市再生・保全に関する研究を行っています。具体的には、地方創生や都市マネジメントの視点から、中心市街地や駅周辺の複合空間の再生を図る都市・地域再生、土地の合理的利用と都市機能の更新を目指す都市再開発、京都に代表される歴史都市の文化財・風土の継承と活用を重視した歴史的環境の保全など、多様な視点からアプローチしています。

一例として、都市における企業の研究開発によるイノベーション創出に着目し、国内特許出願件数を代理指標としてその空間分布を分析し、社会基盤整備や都市開発との関係を実証的に解明することに取り組んでいます。

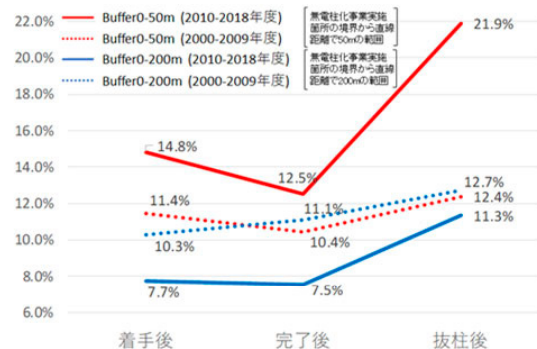


国内特許出願件数の空間的自己相関の分析結果（2010年代）

## 強靱な都市・国土の形成に向けた実証的研究とデジタル都市基盤の利活用

都市や国土のレジリエンス向上には、社会・経済基盤の整備に加え、社会的つながりや環境保全も含む包括的アプローチが必要であり、関係者の協力と科学的根拠に基づく政策・情報発信が重要です。そこで、自然災害や社会的変動に対応する都市・国土のための計画論（物理的・社会的・経済的強靱性）をテーマに、実証的な研究を進めています。

一例として、京都市の無電柱化整備を対象に、京都市と連携して構築した電線類地中化実績に関する地理空間情報（GISデータ）を用いて、周辺地価への因果的影響を実証的に解明し、今後の無電柱化整備のあり方を検討しています。



無電柱化事業の着手・完了・抜柱時点を考慮した2期間・2処置群での無電柱化による地価上昇率の比較

また、デジタル都市基盤の利活用を通じて、情報収集・解析・可視化の技術開発や応用など、スマートな都市づくりやインフラ管理に資する方法論も併せて研究を進めています。



国土交通省「PLATEAU」を利用した京都市 3D 都市モデル（左）と静岡県「VIRTUAL SHIZUOKA」が提供する点群データを利用した道路空間（右）の表示例

# 交通情報工学分野

## Intelligent Transport Systems

●教授:山田 忠史

●助教:田中 皓介

●Prof.: Tadashi YAMADA

●Assist. Prof.: Kosuke TANAKA

### 交通や物流システムの知能化と最適化

交通や物流に関連する情報技術や解析技術を活用して、交通流の解析、交通やサプライチェーンのネットワーク設計、交通管理制御手法や交通運用手法の提案や評価、交通や物流に関する行動分析などを行うことにより、都市や地域の交通・物流問題の解決を目指しています。

#### 研究概要

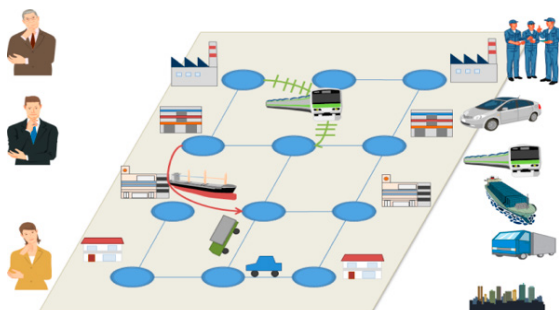
##### 交通やサプライチェーンのネットワーク設計

旅客や貨物は、交通ネットワーク上を移動します。それゆえ、交通ネットワークの最適設計は、都市や地域の交通問題の緩和・解決に有用です。

例えば、物流の観点から交通ネットワークを最適設計する場合、貨物交通の発生・集中・分布には、物資の発生・集中・分布、すなわち、物流需要が深く関係すること、さらには、物流需要が、サプライチェーンネットワーク上での製品や原材料の生産・取引・消費から派生することを考慮しなければなりません。

そのための一手法として、下図のようなネットワークを対象として、サプライチェーンネットワーク上での製品の生産量・取引量・価格・輸送量と、交通ネットワーク上の旅客と貨物の交通量を同時に算出する数理モデルの開発に取り組んでいます。製品の生産・取引・消費の担い手である製造業者・卸売業者・小売業者・消費者、製品の輸送の担い手である物流業者、および、交通ネットワーク上の旅客の意思決定や行動を記述し、交通ネットワーク上での旅客交通と貨物交通の相互作用を内包します。このような手法は、交通ネットワークとサプライチェーンネットワークの双方を考慮したスーパーネットワークモデリングと呼ばれます。

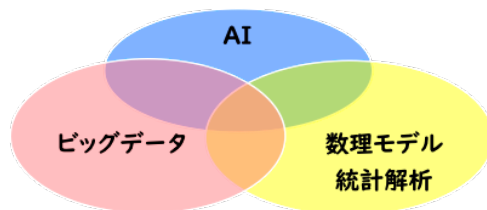
また、最適化においては、大規模問題に適用可能なAI指向の方法論の開発にも努めています。



##### 交通流や物資流動の解析

データは、交通ネットワーク上の旅客や貨物の移動をモデル化することにも役立ちます。一方で、理論モデルは、交通ネットワークの効率性について、一般的な知見を明らかにすることに役立ちます。データドリブンのモデルや理論モデル

を上手に活用すれば、例えば、交通や物流のサービスレベルの改善効果を明らかにすることに繋がります。最近では、カーシェアリングや共同配送などの交通形態が登場するとともに、自動運転のようなネットワーク上の交通流に影響を及ぼす技術的進歩に注目が集まっています。これらのことを考慮して、様々な交通機関を対象として、交通ネットワーク上の旅客や貨物の移動をモデル化することに取り組んでいます。



##### 交通行動の多面的な影響の分析

交通は、人やモノが行き交う物理的現象であり、その最適化、効率化は豊かな社会の実現に不可欠です。一方で、単なる物理現象に留まるものでもありません。交通の活性化により経済活動が活性化することはもちろんのこと、下図のように交通行動そのものが地域経済に影響を及ぼします。

また、例えば全国チェーン店に訪れるのか地元商店を使うのかによっても経済的な影響は異なり、そうした人々の行動の違いは都市や社会の形成にも影響を及ぼします。

さらに、移動中の人や景色との触れ合いは人々の心理にも影響を及ぼし、まちへの愛着や人格の形成に影響することも考えられます。

このように、単なる効率化だけの範囲にとどまらず、交通が及ぼす影響を多面的に分析することで、より善い交通・都市・社会とは何かを研究します。



# 交通行動システム分野

## Travel Behavior Analysis

●教授:藤井 聡 ●准教授:Jan-Dirk Schmöcker ●准教授:川端 祐一郎 ●助教:小幡 敏也

### 「都市・交通・国家」の課題解決に向けた実践的社会科学

社会科学 (social science) という学問は、もともとは近代化の過程で生じた様々な社会的課題に対峙するための「総合的」で「実践的」な知的活動でした。しかし近代の幕開けから 200 年以上が経過した現在、社会科学の「専門分化」が進んだ結果として、それらの知見を実際の問題解決に応用することが難しくなる傾向にあります。現実の社会問題は、それぞれが総合的な現象として存在しており、研究者の都合に合わせて「分化」してくれるわけではないためです。当研究室はこうした現状に鑑み、都市や地域、交通や国土計画をめぐる具体的な問題への対処法を考える上で、「社会や人間は総合的存在である」という理解を踏まえつつ、実践的な社会科学研究を推進しています。

#### 研究概要

#### 都市・交通における「社会的ジレンマ」の解決策に関する実践的社会科学的研究

環境汚染、景観の劣化、交通渋滞、観光地の混雑など社会問題の多くは、「楽をしたい」「好きなことがしたい」という個人の利益が社会全体の利益と衝突する「社会的ジレンマ」によって引き起こされます。また、交通ネットワークや都市の構造に非効率な部分が残っていたり、新しい技術や制度の導入が遅れていたという問題もあります。当研究室では、その背景にある社会的・心理的メカニズムや運用上の課題を把握し、より健全な都市と交通のあり方を模索する研究を行っています。具体的には、社会心理学の知見に基づく態度・行動変容手法の確立、クラウドソーシングデータを用いた交通・観光需要のモデリング、シェアードモビリティやマイクロモビリティの活用方法の提案などに取り組みしており、方法論としては、統計データの解析や数理モデリングだけでなく、フィールドワークや事例研究、制度分析など、多様な手法を用いて総合的にアプローチしています。



『社会的ジレンマの処方箋』(藤井, 2003)



住民主導モビリティ・マネジメントの事例研究

問題の解決を促し得るか否か、そして政治への無関心、ポリティカル・コレクトネスの過剰な追及、陰謀論の安易な受容などの具体的な問題の背後でどのような心理的メカニズムが働いているのかについて、実証的なデータを用いた基礎的な分析に取り組んでいます。



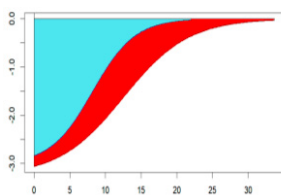
歴史ある「まちづくり」に必要な地域社会の「活力」の研究



『大衆社会の処方箋』(藤井・羽鳥, 2014)

#### 「ナショナル・レジリエンス」の強化に向けたマクロ経済政策及び国土計画論

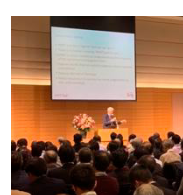
都市や地域社会において豊かな文化的生活を営むことができるかどうかは、一国全体が十分な経済成長力や危機への対処能力を持っているかどうかによって大きく左右されます。とりわけ現代においては、大規模な自然災害、金融危機、地政学的な緊張、少子高齢化などに備えて「ナショナル・レジリエンス」(国家規模の危機に対する強靭性)を確保することが喫緊の課題となっています。そのために当研究室では、防災を中心とする「国土強靭化」、成長力を高めるためのマクロ経済政策、国土の均衡を取り戻すための「東京一極集中」緩和策、「国土計画」と「防衛計画」の一体運用等について研究を進めています。また重要な研究成果については、国・自治体への提言や、一般のジャーナリズムや公開シンポジウムを通じた紹介にも積極的に取り組んでいます。



大規模震災の経済被害及び復興プロセスの推定



表現者クライテリオン「思想としての防災」特集



国会議員会館での経済シンポジウム

#### 市民社会の維持発展に必要な「精神」に関する社会心理学研究

都市や地域、さらには国家や世界の問題を解決する上で、現実社会で生きている人々の「健全な精神的資質」が必要とされることは少なくありません。いくら法制度を整え、資金を集め、新しい技術を開発しても、それらを運用する「人間」に道徳性や倫理性、問題解決を目指す活力、冷静なバランス感覚などがある程度備わっていないならば、望ましい結果は得られないためです。しかしもちろん、「よき精神」「よき態度」「よき感覚」がどんなものであるかは簡単には定義できず、それらを獲得する方法も単純ではありません。そこで当研究室では、たとえば地域に対する愛着や宗教的情操が社会

# 災害リスクマネジメント研究分野 Disaster Risk Management

●准教授：松田 曜子  
●Assoc. Prof.: Yoko MATSUDA

## 災害にも強いまちづくりに関する多様な主体のコミュニケーション

当研究室では、人々が暮らしやすく、災害に「も」強いまちづくりのために、市民、専門家、政策立案者、NPO など多様な主体が交わす「対話」に関心をもって研究しています。その一部は土木計画学の領域に、また一部は災害リスクコミュニケーションと呼ばれる専門領域に位置づけられます。フィールド調査や現場経験を重視した研究手法をとりつつ、国際的な研究環境にも価値を置いています。

### 研究概要

#### 人間の相互依存性を前提とした 防災まちづくり・避難に関する研究

人間の防災行動の本質は、個人の主体的な意志のみに基づくものではなく、他者への気遣いや相互依存、応答の中でのケアとしての性質を帯びるものです。しかしながら、近年の防災施策はそのことを軽視し「自立した理性的個人」が標準的な構成員であることを前提として発展してきました。

当研究室では、「人間は誰しも脆弱で、他者への依存を必要とする存在である」という想定の下で考えられる避難施策やまちづくりの研究を行います。

例えば、専門家と住民の間で垂直的関係を築くのではなく、両者の対話のなかで、水害リスクに関する情報を専門家がわかりやすく提供する一方、専門家側も住民が避難を決めるプロセスについて丁寧に学び、自らの省察に生かす水害地域学習の取り組みは、社会的相互学習の過程と考えられます。

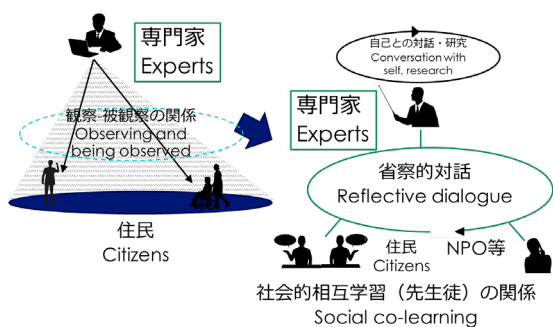


図1. 社会的相互学習の概念

#### 防災・復興における地域知の活用・知識マネジメント

防災や復興のまちづくりのみならず、あらゆる公共空間の維持、発展には、専門知のみならず、地域に根づく地域知 (Local knowledge) の活用が不可欠です。しかし、地域知は、暗黙知として存在していたり、人々がその存在や価値に気づいていなかったりして、意図的な活用には課題があります。

他方、災害からの復旧や生活再建には、過去の経験から蓄積されてきた専門知も欠かせないものです。しかしこちらも、災害を「めったに経験することがない」多くの人々に対して、

わかりやすい手段で伝える方法を検討する必要があります。

当研究室では、防災におけるこのような地域知や専門知が、社会における実践において真に活用しうる知の伝え方のデザイン、住民の関わり方の方策等について検討しています。

近年の研究成果として、水害被災者の生活再建に必要な専門知を、「被災者の目線から」再編成することで、リスクコミュニケーションの新たなツールが開発される事例(図2)や、SNSで住民どうしが避難を促す会話を見ることが、公式の避難情報と同等以上に、人々の避難意思を高めることを実証した研究(図3)などがあります。

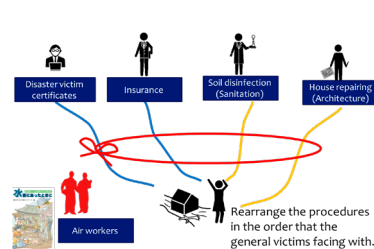


図2. 専門知の再編成によるリスクコミュニケーションツールの作成

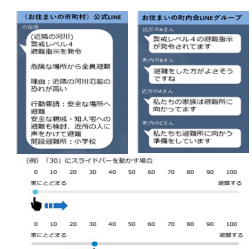
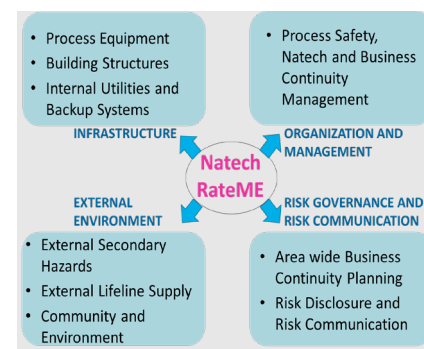


図3. 避難意思の調査

#### Natech リスクに対するレジリエンスの向上

Natech (自然災害由来の工業) 事故の潜在的な重大さを仮定し、事業継続や地域のレジリエンスの強化を行うとともに、リスク低減目標に向けた改善をシステムティックに評価する方法が必要です。本研究では、リスクを評価・管理し住民を



を守り、事業継続性を確保することで地域の回復力を高める、包括的なNatechリスクマネジメントの枠組みを提案します。

図4. 広域的Natechリスクマネジメントの枠組み

# 総合防災情報システム分野 Integrated Disaster Management Systems

●教授: 多々納 裕一      ●准教授: シュホジヤティ サマダール      ●准教授: 藤見 俊夫  
●Prof.: Hirokazu TATANO      ●Assoc. Prof.: Subhajyoti SAMADDAR      ●Assoc. Prof.: Toshio FUJIMI

## 安全で安心な社会の実現のための総合防災マネジメント

安全で安心な社会の形成を目指した総合的施策を合理的に策定・実施するためのマネジメントシステム構築の方法論に関する研究を実施しています。この際、計画論的・経済学的なアプローチを駆使し、社会・経済システムと災害過程との相互作用の解明、リスクコミュニケーションの促進のための方法論構築、参加型防災計画の支援のための情報システムの構築を通じて、災害に強い社会を実現するための防災システムを探求します。

### 研究概要

#### 自然災害の経済的インパクトの計量化

大規模災害に対する社会のレジリエンスを高めるためには、災害に対する「抵抗力」や「復元力」を改善するための総合的災害リスク管理方策を効果的に導入していくことが必要です。このためには、これらの施策に対応して災害発生後から復旧・復興に至る災害の全過程を通じて経済にもたらされた被害の変化を統合的に評価し、効果的な代替案を設計・評価するための方法論の開発が求められています。本研究室では、これまで、被害の二重計算や計算漏れが系統的に生じないような統合的な被害評価方法に関して研究を推進するとともに、経済被害計量化のための方法論を整備してきました。

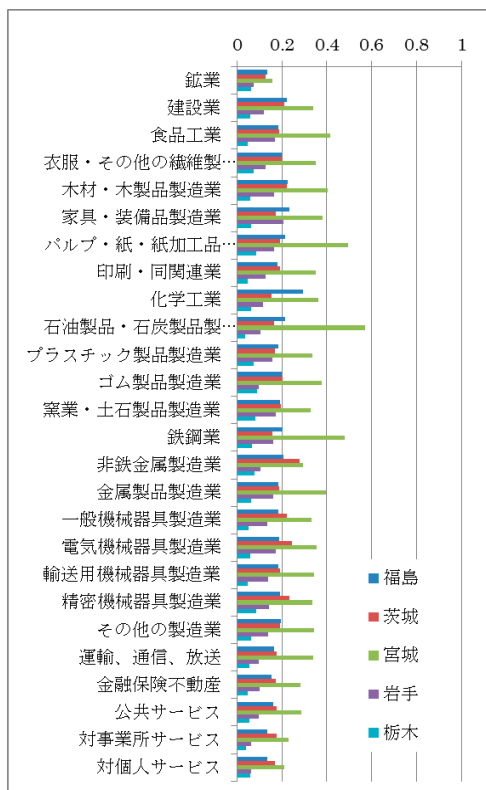


図-1 東日本大震災に伴う各産業の生産能力の低下状況の推計値(災害直後): 沿岸域に立地する産業の被害が特に宮城県で顕著である。

本研究では、サプライチェーンの寸断、復興需要に伴う消費行動の変化など、東日本大震災で明らかになった問題点を取り込み、実態調査結果などの現実的な入力条件のもとで、被害を統合的に評価しうる経済分析モデルを構築する方法を構築することを目指しています。

#### 不確実性下における災害リスク軽減政策の経済評価手法の構築

災害リスクの予測には知識やデータ不足のために不確実性が伴います。我々は、災害リスク予測の不確実性下において、減災政策によるリスク軽減の便益を経済評価する手法の構築を行っています。その一連の研究の一つとして、不確実性のある状況を平均予測と最悪予測の幅として被験者に提示し、そうした状況のもとでの仮想的な保険の購入選択データを用いて、不確実性下の意思決定モデルを推定する手法を構築しています。

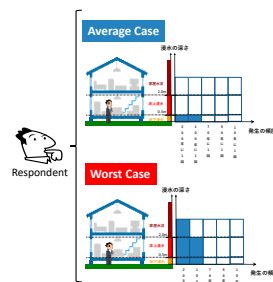


図-2 平均予測と最悪予測を提示して仮想的保険の購入選

#### リスクコミュニケーションや住民主体の災害リスク管理計画の促進

災害リスク管理や災害対応計画への住民や住民組織の参加は、災害に対してレジリエント(強靱な)社会を作り上げるための礎と考えられています。しかし、実際には、多くの国や地域で、地域社会はこの種の計画から置き去りにされ、災害に対する社会的備えは充分なものとはなっていません。より望ましいリスクコミュニケーションとリスクガバナンスを地域社会で実現していくためには、この点に関する改善が必要です。以上のような問題意識のもとで、(i) 個々の世帯における災害に対する備えとリスクコミュニケーション (ii) 災害リスクガバナンスにおける住民参加の評価、のような研究を展開しています。



図-3 インドムンバイのスラムにおける洪水リスク管理のための住民主導の行動計画策定の様子

# 巨大災害情報システム分野 Integrated Disaster Reduction Systems

●教授:矢守 克也 ●准教授:中野 元太 ●助教:Sandra Vaiciulyte  
●Prof.: Katsuya Yamori ●Assoc. Prof.: Genta Nakano ●Assist. Prof.: Sandra Vaiciulyte

## 総合減災システム論の確立と実践的防災学の構築

安全・安心な社会の実現に向けて、巨大災害による被害の軽減に資する研究を社会科学・自然科学を融合して行います。特に、社会科学(社会心理学を中心として)の立場から、災害情報、防災教育、災害文化のあり方を提案し、真に「実践的な」防災学とは何かを探ります。また、減災社会実現のために、ハード施策(防災施設整備等)とソフト施策(避難計画等)の双方を同時に考慮した減災戦略及び計画立案のためのシステム分析を行います。

### 研究概要

#### 実践的防災学の構築

社会現象としての災害の学理と被害低減を目指した実践的防災学の構築を図るためには、単に、現場における実用的な研究を志向しているだけでは不十分です。そうではなく、防災学が社会の中に産み落とした知識・技術—その中には、防災に関する自然科学的な研究が生産した知識・技術はもちろん、防災に関する人間・社会科学的研究(防災心理学や災害社会学など)が生産した知識・技術も含まれます—を前提として、自然災害へと立ち向かう社会における自分自身の立場を再帰的に眼差す視線を、防災学はもつ必要があります。

本研究室では、ワークショップ、ゲーミング、科学教育など、地域社会、学校、地方自治体などにおける地域防災実践や防災教育の具体的なとりくみを通して、防災・減災に関するimplementation science(実践適用科学)の確立にとりくんでいます。



#### 持続的な防災教育と災害文化の形成

巨大災害をひき起こす異常な自然現象の発生は低頻度であり、災害はしばしば、人びとが防災のための知識・経験を忘れた頃に発生します。そして災害は、それがもたらす被害が巨大であるほど、その時代の人びとや社会に伏在している問題を、避けて通ることができない課題として露呈させます。

このため、大災害の再来までの平穏期においても、来るべき大災害による被害を軽減するために、また、社会のありようを根本的に問い直し改革するためにも、防災教育や災害文化の形成に不断に取り組んでいくことが必要となります。このような社会を実現するために、私たちは、総合的な減災学を学問として構築し、世の中に浸透させるための研究を行っています。

#### 広域・複合巨大災害の想定と減災戦略

近い将来の発生が確実視される南海トラフ地震、首都直下地震、桜島の大規模噴火などの被害とその影響は広範囲に波及します。また、高齢化社会の進展、都市への人口・資産・機能の一極集中、交通システムや社会構造の高度化・ネットワーク化などによって、災害に対する都市や社会の脆弱性は変化し、被害の発生の仕方も多様化します。

広域災害時の市町村の大量被災に立ち向かい、この災害を迎え撃つ広域連携のあり方とはなにか、様々な情報やネットワークをどう利活用するのか等の問題に取り組んでいます。また、複数の自然現象が同時あるいは時空間で近接して発生した場合、相乗効果によって被害が拡大する複合災害となるおそれがあります。コンピュータ上で災害をシミュレートすることによって起こりうる状態を定量的に予測し、巨大災害へと至る可能性のあるシナリオを明らかにし、危機管理の立場から最悪の事態における被害を軽減する方法を検討しています。



# 危機管理情報システム分野 Crisis Information Management Systems

●教授： 畑山 満則      ●准教授： 廣井 慧  
●Prof.: Michinori Hatayama      ●Assoc. Prof.: Kei Hiroi

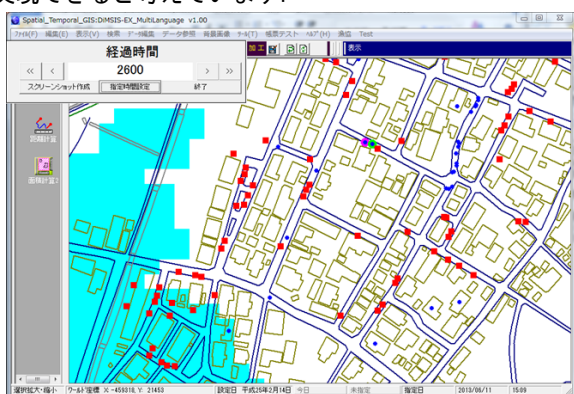
## ICT を用いた新しい防災を目指して

時空間情報を効率的に処理できる地理情報システムを核とし、総合防災システム、総合減災システムを確立するために求められる情報システムに関する基礎研究を行うとともに、行政・民間企業・地域防災を担うコミュニティ・災害支援ボランティア組織などを対象に、多種の自然災害における災害対応を想定した情報システムの構築方法論と評価手法を構築することを目指しています。研究対象とする情報システムは、核となる地理空間情報の収集・管理・運用を内包しているものとし、情報収集への ICT やロボット技術の適用、災害対応過程で必要となる地理空間情報のモデル化、システム運用のための体制作りについても研究課題として取り扱っています。

### 研究概要

#### 平常時/災害時を連続的に扱うことができる 地理情報システムに関する研究

災害発生前、発生時、および発生後の社会の対応を情報処理過程としてとらえ、効果的な被害軽減、災害対応、復旧・復興を実現するためには、地理空間情報を中心に据えたデータベースが必須であり、静的な情報だけでなく、人や車などの移動体、現実には存在しない並行世界に存在する情報をも取り扱う必要があります。これらの地物は一つの時間断面を取り出したスナップショットで取り扱うだけでなく、災害対応過程という連続空間の中に位置づけて取り扱うことが求められます。被災地域の環境変化の速度に合わせて時間要素の解像度を自在にコントロールし、平常時（災害前）からの変化を追っていくことで災害対応過程をデザインすることを目指しています。これにより効果的な被害の軽減、復旧・復興が実現できると考えています。



時空間地理情報システム上に構築した  
南海トラフ巨大地震時の津波避難シミュレーション

#### 効果的な災害対応を実現するための 情報システム開発手法に関する研究

東日本大震災では、地震・津波により2万人近くの死者、行方不明者、さらに福島第1原発事故も伴いピーク時には45万人以上の避難者がでました。阪神・淡路大震災以降、ICTの進化

により災害対応の高度化が期待されていますが、その期待には十分に答えられていません。

本研究では、急激な進化を遂げる情報システムの先端的な技術を積極的に利用することで初めて可能になる新しい災害対策手法について実務面からの意見も踏まえて検討しています。災害時に被災地域で生活する人々の安心の確保につながる避難、安否確認、被災状況確認、支援物資配送、廃棄物処理を、情報共有と人流・物流の相互連関の問題と捉え、必要な技術や分析手法を提案するとともに、一連の対応過程において適応的に運用する手法を提案することを目指しています。

#### 実社会と親和性のある新たな災害時データ 解析手法/データ連携基盤の研究

AI、ビッグデータ、IoTという言葉があらゆる場面で聞かれるようになり、情報技術やシステムは私たちの生活に欠かせないものになっています。しかし、こうした便利な技術も災害発災時、発生後には平常時のような効果を発揮しません。発災時には収集できるデータが限られており、本来のパフォーマンスを発揮できないことが原因のひとつです。本研究では、最新のITを使って、発災時でも安定的なデータ収集が可能なシステムや、限りあるデータから精緻な被害把握、予測を行うための解析手法を開発しています。また、実社会とITの発展の親和性がある優れた情報技術を研究開発することも本研究の目標のひとつです。高度な情報技術であっても実際に利用できるシステムや技術であることが重要です。災害時の制限の多い環境でも高速な計算処理を可能にするシステムアーキテクチャや、多様なシステムやシミュレーションのデータ連携を実現するネットワークプロトコルやサイバーフィジカルシステムなどの研究開発と社会展開を図っています。



水害発生時の  
シミュレーション  
データ連携結果

# CIVIL ENGINEERING

Kyoto University



2026年6月発行

京都大学大学院工学研究科土木工学系研究室  
京都大学工学部地球工学科土木工学・国際コース  
<https://www.s-ge.t.kyoto-u.ac.jp/civ/ja/>