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

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17分野の合計41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41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　（都市社会工学専攻）

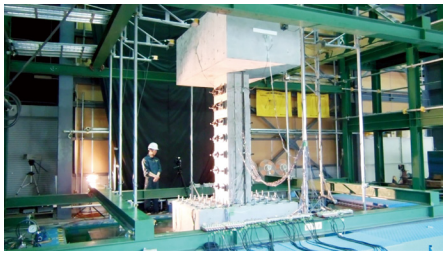
地震ライフライン工学講座　Earthquake and Lifeline Engineering　（都市社会工学専攻）

［宇治キャンパス］

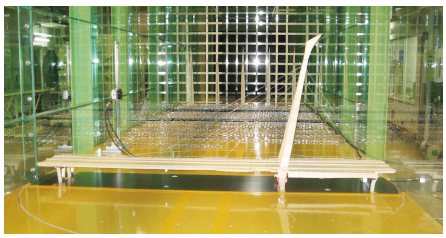
耐震基礎分野　Dynamics of Foundation Structures　（都市社会工学専攻, 協力講座）

都市耐水分野　Urban Flood Control　（都市社会工学専攻, 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
A P P L I E D　M E C H A N I C S

●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．

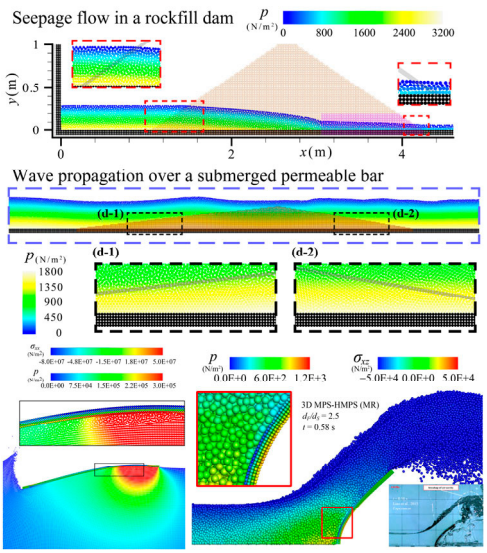
研 究 概 要

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．

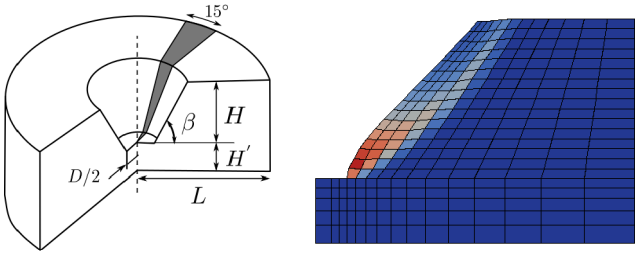
1. より高精度な計算スキーム・アルゴリズムを導入した粒子法による高精度安定解析手法の開発
2. 複数の物理モデルを包括的かつ忠実に再現する，粒子法による混相流モデルの高精度化
3. 弾性体挙動を記述する Cauchy の運動方程式あるいは Hamilton の原理に対応した，粒子法による流体-構造物連成解析手法への展開



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

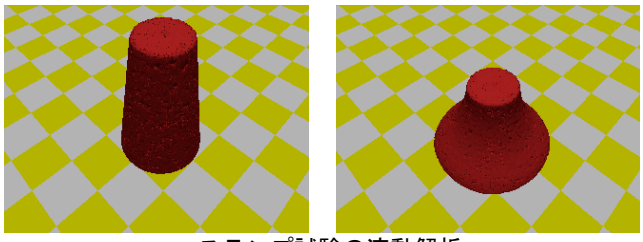
地盤材料や金属材料で，弾性変形に比べて大きな塑性変形が生じる場合，有限要素法に極限定理を組み入れた剛塑性有限要素法を用いて，材料の挙動を数値的に表現することができる．剛塑性有限要素法を実問題に適用すべく，多様な構成式の導入や，高精度化など解法の改良を続けている．



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　　●助教：高谷　哲
● Prof.: Takashi Yamamoto　　● Asst. 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・），つまり SiO_2 の構造欠陥に由来するものと考えられます．

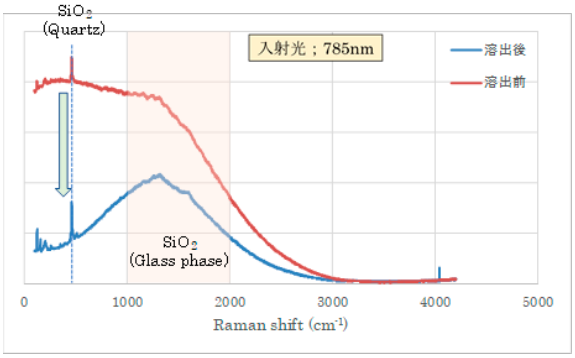


図-1　溶出に伴う骨材のラマンスペクトルの変化

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-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．

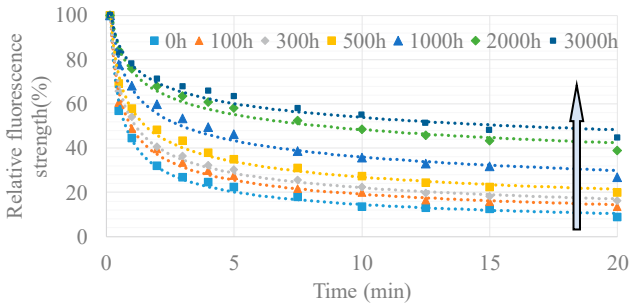


図-2　有機系表面被覆材の劣化に伴う光退色曲線の変化

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：五井良直　●助教：松本理佐
●Prof.: Yasuo Kitane　●Asst. Prof.: Yoshinao Goi　●Asst. Prof.: Risa Matsumoto

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

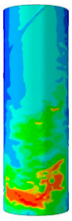
構造物の多様化により、構造物を構成する各構造要素にはさまざまな要求(性能)が課せられることが多くなりました。例えば、組立て製作性、低価格、高強度、高剛性、高耐久性などであります。このような性能を構造物に付与させるために、鉄鋼材料、コンクリート材料では、様々な高機能材料の開発が進められています。さらに、それぞれの材料の持つ本来の特徴的な性能に着目して、お互いの材料の欠点を補い、それぞれの優れた特性を最大限引き出すような複合化「ハイブリッド化」の取り組みも進められています。特に、異種の材料の持つ優れた特性を活かして新しい材料・構造形式を構築しようとしたニーズ指向型の開発として、「ハイブリッド構造」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

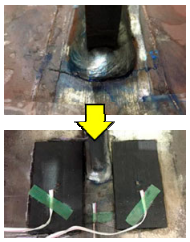

鋼管集成橋脚


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。

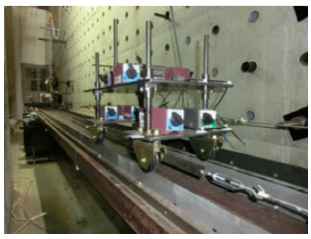

腐食鋼管杭の
曲げ解析結果

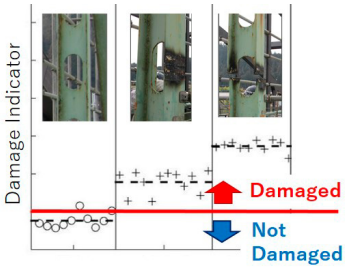

接着補修後の
残存疲労寿命評価


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。特に、鋼構造に関しては、供用期間における劣化要因の一つに腐食・疲労が挙げられます。本研究室では、腐食形態の解析ならびに腐食形態のモデル化、腐食鋼板の有効板厚評価や腐食鋼部材の耐荷力評価、腐食、疲労き裂を考慮した構造変化にも対応できる構造解析手法の開発を目指しています。また、線状のライフライン構造物である高速道路ネットワークを効率よく点検・検査する手法として、交通を遮断することなく健全性評価を行う信号処理技術の開発を進めています。





橋　梁　工　学　分　野
Bridge Engineering

●教授：八木　知己　●准教授：松宮　央登　●助教：野口　恭平
●Prof.: Tomomi Yagi　●Assoc. Prof.: Hisato Matsumiya　●Asst. Prof.: Kyohei Noguchi

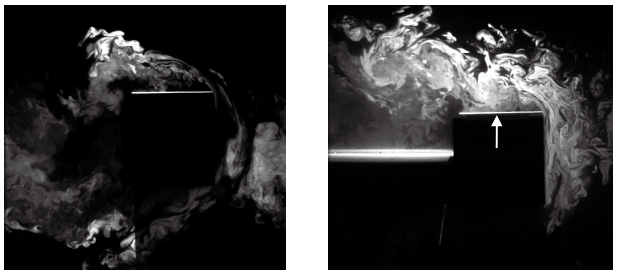
橋梁のエアロダイナミクス　～風と構造の力学を通じて～

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，海塩や雪等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

構造基本断面の空力特性に関する研究

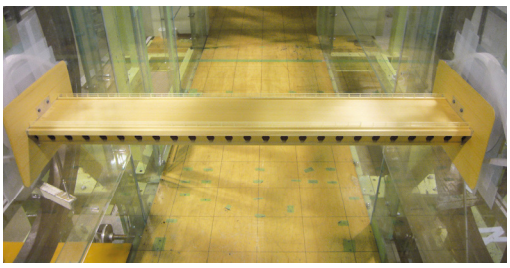
矩形や円柱などの構造基本断面（ブラフボディ）の空力特性を研究することは，実際の構造物の耐風安定性を議論する上で極めて重要です．例えば，物体周りに放出される種々の渦が物体の空力特性に与える影響について検討しています．渦と空力振動（ギャロッピングやねじれフラッターなど）との干渉は，極めて複雑な問題ですが，これら空力振動の発生機構の解明のためにも構造基本断面は重要な研究対象です．



正方形角柱周りの流れ（スプリッタ板の有無）

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

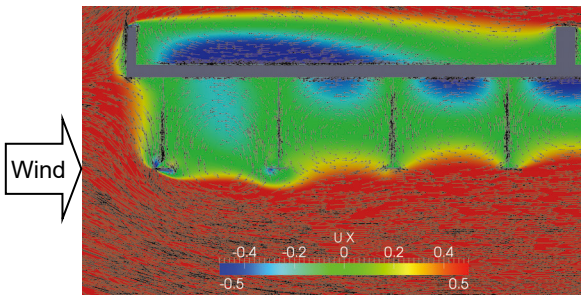
ケーブル構造物の空力振動に関する研究

斜張橋のケーブルは，風と雨の状況下で振動するという現象がよく知られています（通称：レインバイブレーション）．この現象は，ケーブル表面に形成される水路や，傾斜ケーブル背後の軸方向流れ等が複雑に絡み合った現象と考えられています．また，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．本研究室では，様々なケーブル構造物の空力振動メカニズムの解明，対策方法の検討，応答予測の精緻化を行っています．

斜張橋ケーブルの
レインバイブレーション

粒子状物体の飛散および構造物への付着

海から発生する海塩粒子や主に冬季に散布される凍結防止剤は，風に運ばれて橋梁表面に付着することで，鋼材の腐食やコンクリート材の塩害の原因となります．本研究室では，数値流体（CFD）の技術を用いて，コンピュータで橋梁断面周りの空気の流れを計算することで，橋梁に付着する海塩粒子や凍結防止剤の量を部位別に推定し，さらには付着を抑制する手法について研究を行っています．また，落雪による交通障害等を防ぐ目的で，積雪が発生しやすい構造物の部位や付着しやすさについて，実験的・解析的に検討しています．



橋梁断面周りの気流計算結果（カラーは風速の水平成分）

構造ダイナミクス分野
Structural Dynamics

●教授：高橋良和　●助教：植村佳大
●Prof.: Yoshikazu Takahashi　●Assist. Prof.: Keita Uemura

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

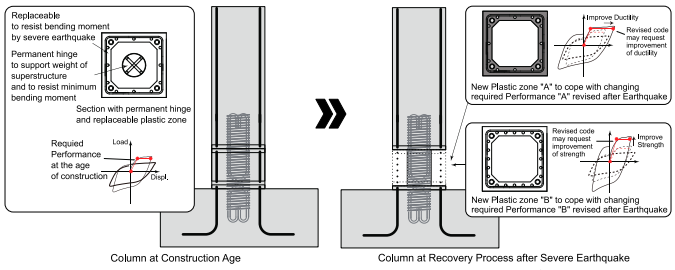
構造設計の基本は鉛直力（重力）を支持することですが，世界有数の地震国である我が国では，鉛直力と同時に水平力（地震力）に対する安全性を保証する必要があります．しかしながら，重力は静的荷重であり，単調な確定的作用であるのに対し，地震力は動的荷重であり，不確定性が非常に高い作用です．当研究室では，橋梁構造物を主な対象として，動的で不確定性が高い地震動に対する構造物の性能向上に向けた研究を行っています．

研究概要

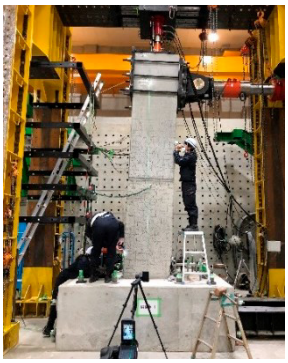
橋梁構造の耐震安全性に関する実験的研究

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，地震動の特性の変化に対して鈍感に振る舞う「鈍構造」や，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」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しています．

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．



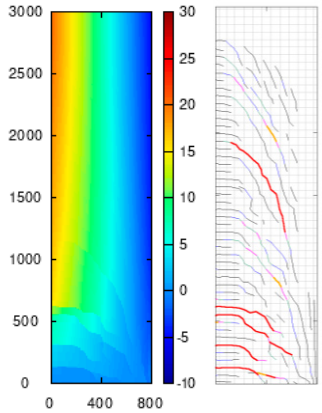
社会の変化に応じて性能を新陳代謝できる「メタボリズム構造」


大型RC柱模型の載荷実験


実大免震支承(φ1200mm)の載荷実験

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．



変位分布図（mm）　ひび割れ図
RC柱の拡張有限要素解析

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初の実大免震試験施設E-isolationにも本研究室が開発した機能が実装されています．


E-isolationへのハイブリッドシミュレーション機能の実装

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　　●講師：張　凱淳
●Assoc. Prof.: Kim, Sunmin　　●Jr. Assoc. Prof.: Chang, Kai-Chun

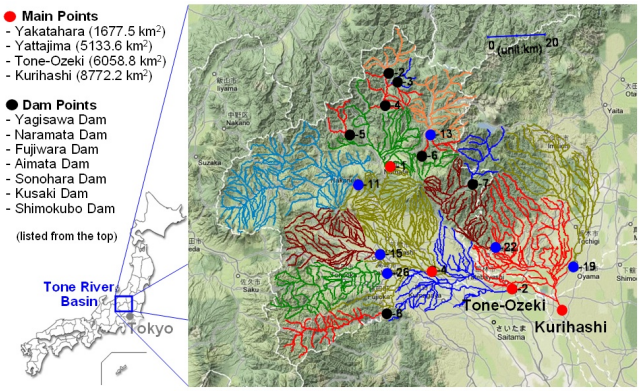
気候変動を考慮した水資源管理，そして交通振動を用いた橋梁のヘルスモニタリング

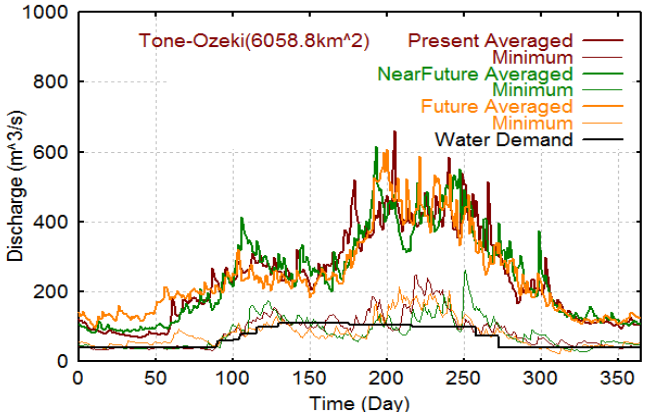
水文と構造の融合研究室である当研究分野では社会基盤施設の設計とマネジメントに関する最先端の研究を行っています。水文分野では将来の気候変動による水資源への影響評価，構造分野では交通振動を用いた橋梁のヘルスモニタリングを主な研究テーマとして研究を進めています。

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。



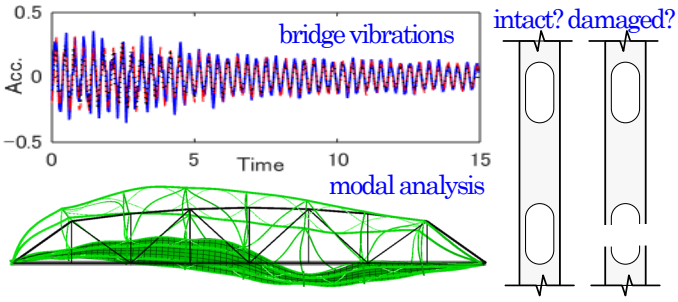


気象レーダー情報を用いた短時間降雨予測および実時間洪水予測

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。

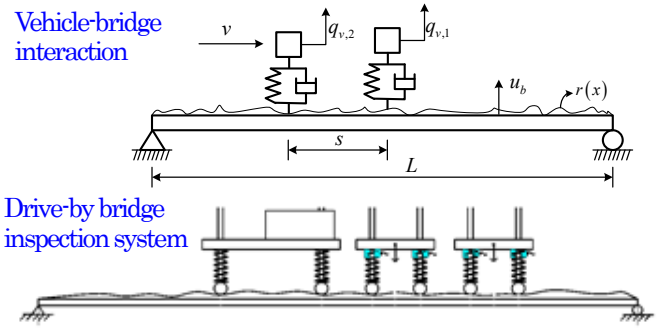
交通振動を用いた橋梁モード解析と損傷検知

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，ヘルスモニタリング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： 杉浦 邦征 ●准教授：安 琳

●Professor (Concurrent): SUGIURA, Kunitomo ●Assoc. Prof.: AN, Lin

構造物マネジメントの新しい可能性の開拓

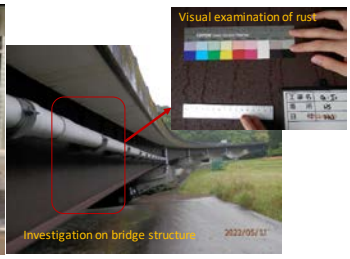
持続可能な社会生活を実現するためには，都市基盤構造物の機能を維持して長寿命化を図り，さらに環境への負荷低減を図ることが必要です．本講座では，鋼やコンクリート等の従来型材料に加え，高機能な先端材料を効果的に組合せて，都市基盤構造物の合理的設計法，長寿命化技術，戦略的維持管理技術，低環境負荷技術を確立することを目指しています．

研 究 概 要

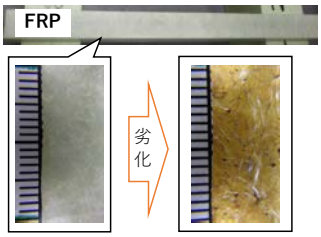
構造物に用いる材料の力学的性能評価，環境負荷低減や耐久性の評価

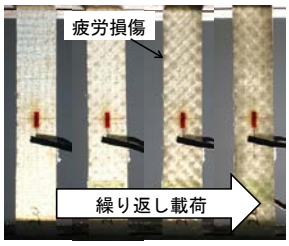
従来の構造材料に加え，高機能な各種先端材料の力学的挙動の解明や耐久性の評価ならびに環境負荷低減効果の評価を行っています．

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



塗装を必要としない耐候性
鋼の長期的な性能を調べる

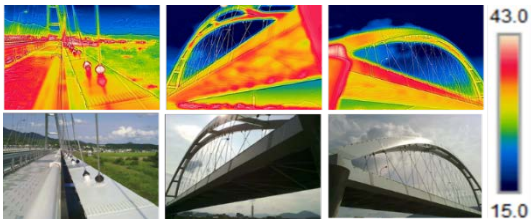




繊維強化プラスチック（FRP）の経年劣化・疲労損傷を評価し
力学的挙動に与える影響を明らかにする

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．

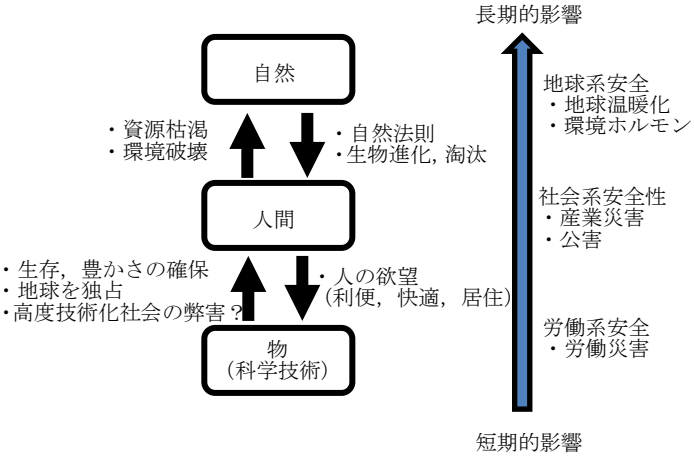


赤外線カメラを用いて構造物の劣化を診断する

変位計測や加速度計測からたわみ振動特性を把握し
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

●准教授：古川　愛子
●Assoc. Prof.: Aiko Furukawa

都市における地震災害の軽減と地震リスクマネジメント

地震は，ライフラインをはじめとした様々な社会基盤に様々な被害をもたらします．社会基盤は，個々が単独で機能する場合は少なく，そのほとんどが相互に連携し合い，システムとして機能しています．したがって，システムの一部が深刻なダメージを受けただけでも，都市の機能が大きく損なわれる可能性があります．当研究室では，断層近傍での強震動予測から人的・物的被害発生のメカニズムの解明，強震動と津波の複合作用，そして地震リスクマネジメントに至るまで，日常生活に欠くことのできないインフラに対する効果的な地震防災対策を実現するための研究を行っています．また，地震災害に限らず，広く自然・人為災害一般を対象とした防災・減災に関する研究や，国内外で発生した災害調査活動にも積極的に取り組んでいます．

研 究 概 要

常時微動観測による地盤構造の推定

地震被害は，マグニチュードで示される地震そのものの規模だけでなく，震源から工学的基盤面に至る伝播経路特性や，工学的基盤面から地表面に至る堆積層の増幅特性に大きく影響されます．このうち堆積層の増幅特性は，堆積層の構造や地質などの条件によって左右されるので，表層の地盤構造を知っておくことは，地震防災を考える上で極めて重要です．その手法として，近年では常時微動観測が用いられています．地盤は風や波浪などの自然現象や，交通機関や工場の機械などの人工的な震動により常にわずかに揺れており，この時空間的に恒常な，ほぼあらゆる地点で観測が可能な微動は，地盤調査の有用な手段の一つになりつつあります．本研究室では，地震後に常時微動観測を行い，地盤震動特性が地震被害に与えた影響を分析するなどしています．

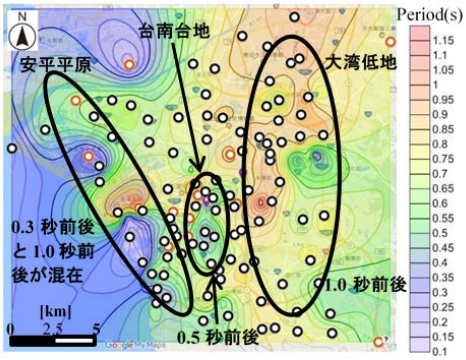


図1 常時微動観測に基づく台南市の表層地盤の卓越周期分布

地震時における組積造構造物の破壊挙動のシミュレーション技術の開発

自然災害による世界の死者の約6割は地震により亡くなっており，地震による犠牲者の大多数が耐震性の低い組積造の倒壊によって亡くなっています．現在でも，世界の約6割もの人口が組積造に住んでおり，地震の度に多くの組積造が壊れ，多くの尊い命が失われています．以上のことから，自然災害による死者を軽減するには，地震による組積造の崩壊を防ぐことが重要であると考えられます．そこで，構造物の破壊挙動を3次元で再現できる新しい解析手法を開発し，組積造の崩壊メカニズムの解明と，構造崩壊による人的被害の発生メカニズムの解明を試みています．また，安価な材料を用いた補強案について検討を行っています．

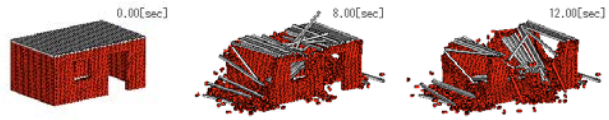


図2　組積造構造物の破壊挙動解析結果の一例

ケーブル系橋梁の維持管理のための振動計測に基づくケーブル張力推定手法の開発

斜張橋をはじめとするケーブル構造物は，ケーブルの張力で荷重を支える構造をしています．ケーブルそれぞれに耐荷重があるため，維持管理では各ケーブルの張力が耐荷重を上回っていないことを確認する必要があります．実務では，ケーブルの固有振動数より張力を推定する高次振動法が広く用いられています．しかし高次振動法は，ダンパー付きケーブルや，ニールセンローゼ橋の交差したケーブルには直接用いることができません．そこで，ケーブル系橋梁の維持管理の効率化に貢献できるよう，ダンパー付きケーブルや交差ケーブルに適用可能な張力推定手法の開発に取り組んでいます．

図 3　ケーブル系橋梁である斜張橋の CG 画像

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．

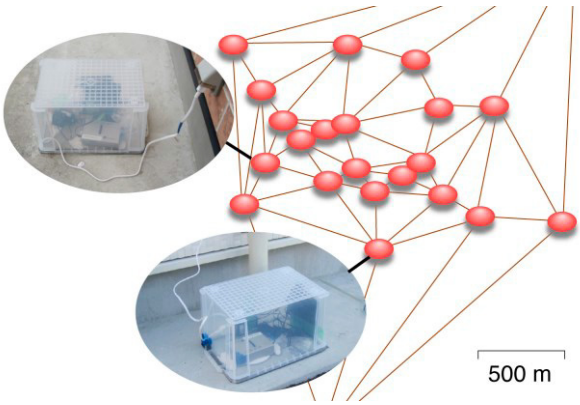
研 究 概 要

地震災害における事象の解明

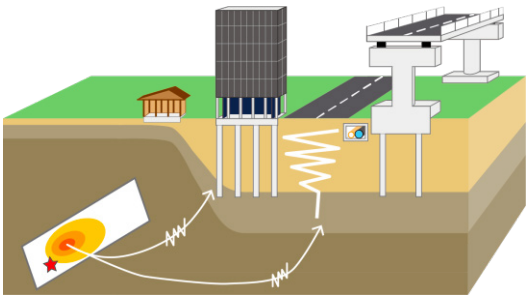
地震による災害は，構造物の崩壊による直接的な人的被害をはじめ，道路・鉄道・港湾等の被害による応急対応の阻害やサプライチェーンの途絶，広域的な水道・電気・ガス等のライフラインの被害による持続的生活の困難さ，社会全体での経済活動の停滞など，多くの事象が同時に生じます．これら事象のメカニズムを理解するためには，どのような揺れが都市を襲い，そして構造物や施設に作用したかを十分に理解し，構造物，施設，そして町の状況が想定され得るものだったのかを把握する必要があります．

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，宮城県大崎市古川地区に展開した世界最高密度の地震計ネットワークの概念図です．空間的な揺れの違いを実測することで地域の揺れやすさに関する新しい理解が得られました．これらの理論を発展させた新しい地震ハザード評価手法の構築を目指しています．



宮城県大崎市に展開した高密度地震観測ネットワーク



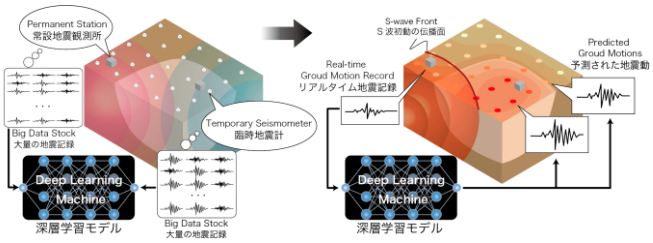
地震工学分野における研究対象の概念図

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

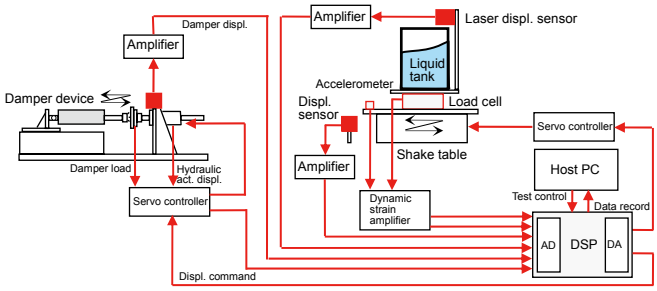
地震・津波・水害に伴う複合的都市災害の予測・解明・低減技術

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、こう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、構造物・流体あるいは両者が関わる複雑な連成力学現象の解析、実験的評価、都市基盤施設の設計や維持管理技術に関する研究を行っています。

研究概要

実時間ハイブリッドシミュレーションによる連成システムの動的応答評価手法の開発

振動台や動的加振装置を用いた動的載荷実験と数値シミュレーション計算を、実現象に対応した時間軸で結合する実時間ハイブリッドシミュレーションと呼ばれる動的実験－解析統合手法を用いて、構造・流体・デバイスなど様々な要素が関連する複雑な連成力学現象の解析・実験的評価や、信頼性の高い防災対策の性能検証を行う研究を行っています。

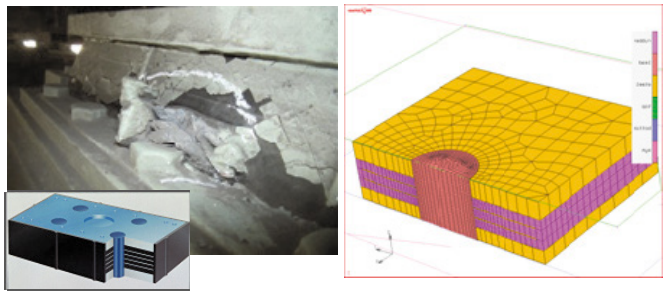


流体－構造－デバイス系のハイブリッドシミュレーション実験システム

ゴム支承の経年劣化損傷と維持管理方策の検討

長期間供用された社会基盤施設構造物では、経年劣化による性能の低下対策や維持管理が重要な課題となっています。

道路橋に使用されているゴム支承の経年劣化損傷に着目し、損傷が支承機能および性能に与える影響の解明および今後のゴム支承の維持管理方法の確立のため、実験的・数値解析的な検討を行っています。



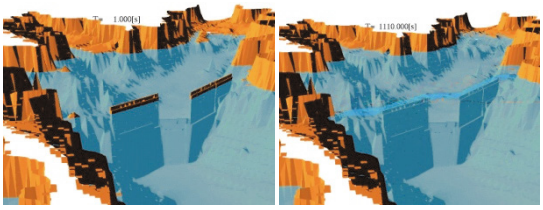
鉛プラグ入りゴム支承の経年劣化損傷と性能検証評価

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、津波防御施設の有効性に関する検討や橋梁に作用する津波波力に関する研究のほか，都市部大河川を遡上する津波に伴って発生する被害に関する研究を行っています。

（津波防御施設の有効性に関する検討）

釜石湾口に設置された津波防御施設を対象にその有効性を三次元数値解析で評価する研究を行なっています。

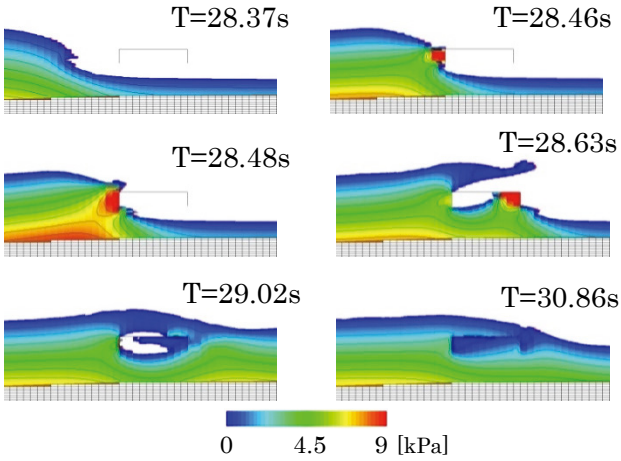


(a) 津波来襲前　　(b) 津波越流時

釜石湾における津波挙動解析例

（橋梁に作用する津波波力に関する研究）

津波災害発生後の重要な交通インフラとなる橋梁を津波から守るため，橋梁に作用する津波波力を予測・評価する研究を行い，津波に強い橋梁について検討しています。



橋梁に作用する津波の水面形状と圧力分布の変化

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）

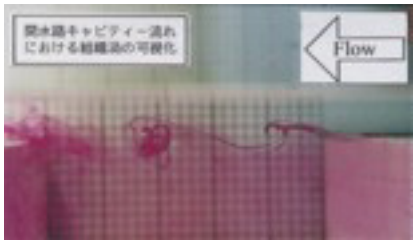
防災技術政策分野　Innovative Disaster Prevention Technology and Policy Research　（社会基盤工学専攻, 協力講座）

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

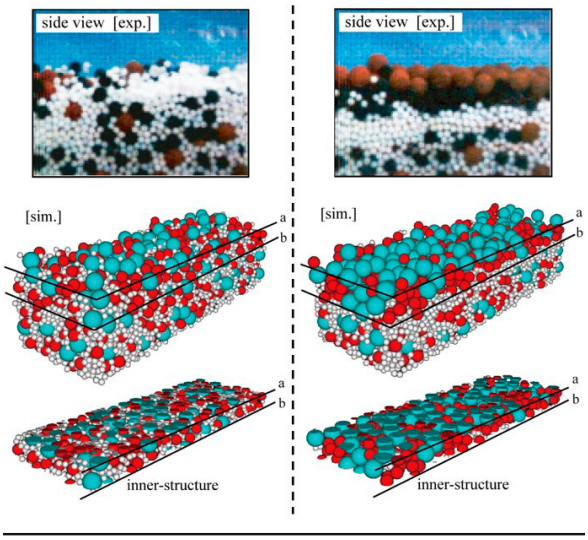
粒子・流体解析と混相乱流計測による移動床ダイナミクスの探究

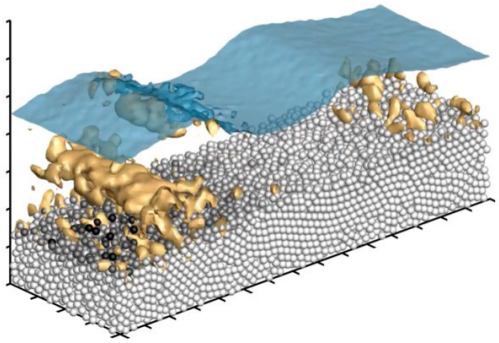
流砂・漂砂現象における土砂輸送機構の検討には，混相乱流・砂粒子運動・移動床境界形状に関するシステムの理解が重要です．水理環境ダイナミクス分野では，混相乱流計測および粒状体モデルを用いた混相流シミュレーションの双方から移動床界面の流動機構の把握に向けた研究を実施しています．また，粒子流のアナロジーから，粒状体モデルを用いた群集流動予測に関する基礎研究も展開しています．

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 －

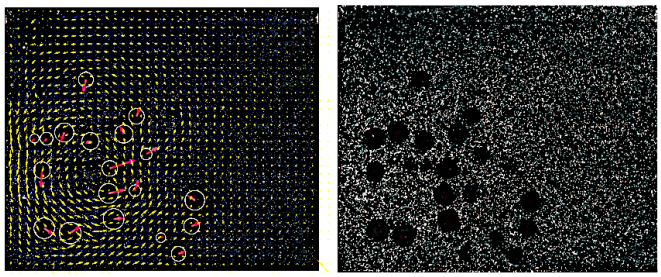
河川・海岸の底面を構成する砂粒子は，周囲の流れ場から強く影響を受けて運動し，移動床表層では粒子配置や間隙率の変化を伴った固液混相乱流場が形成されています．移動床の構成単位である粒子スケールから移動床の流動機構を検討するため，当分野では，粒状体モデルを用いて個々の砂粒子運動を追跡，また，同スケール程度の解像度から流れ場を評価する立場の数値シミュレーションを実施しています．下図は，粒状体モデルによる数値移動床シミュレーション結果の一例です：[上段]振動流条件下での分級過程，[下段]共振条件下での移動床表層の渦構造．





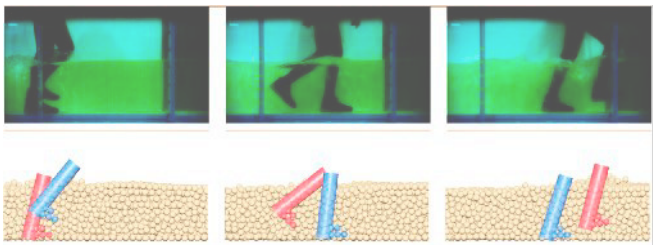
混相乱流の PIV 計測 － インデックスマッチングによる混相計測 －

移動床における固液混相乱流輸送の理解には，移動床近傍の乱流場の理解が必要です。PIV による混相乱流計測では，レーザーシート光を移動床内部に透過させる必要があります．下図は，インデックスマッチングによるビーズ群の水中沈降過程の計測結果の一例ですが，移動床シミュレーションにおける混相乱流モデルの開発に向けた基礎データとして，活用が見込まれます．



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，[上段]水中歩行実験画像と[下段]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．



水　文　・　水　資　源　学　分　野
Hydrology and Water Resources Research

●教授：立川　康人　　●助教：田中　智大　　●助教：TINUMBANG Aulia
●Prof.: Yasuto Tachikawa　　●Assist. Prof.: Tomohiro Tanaka　　●Assist. Prof.: Aulia Tinumbang

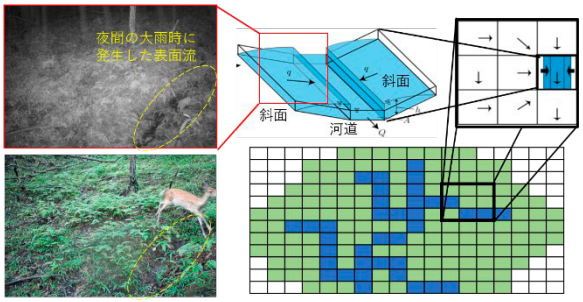
水の循環を科学的に理解し、人と水のより良い関係を構築する

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

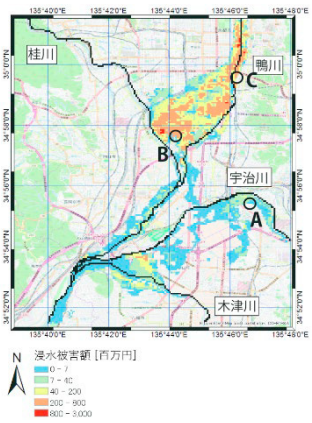
水循環とそれに関連する物理現象の解明

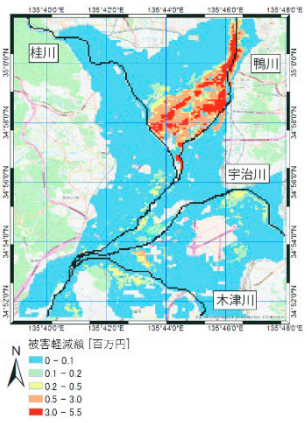
流域の治水計画や水資源・水環境管理保全策を立案するためには、さまざまな条件での流域の水循環システムを予測・評価することが必要です。そこで、現地観測をもとに水循環とそれに関連する物理現象を計算機上で再現するシミュレーションモデルを開発しています。



地域の総合的洪水リスク管理へ向けて

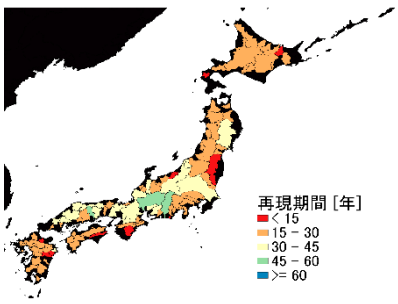
豪雨の発生確率をもとに様々なパターンの豪雨に対して洪水・氾濫シミュレーションを行い、さらに被害推定式を組み合わせて地先（場所ごと）の洪水リスクを評価しています。下左図は、京都盆地を対象に、500年に一度発生する洪水被害額を評価した例です。評価結果をもとに、河川整備に加え、例えば、都市政策を含めた総合的な洪水リスク管理策の効果の定量化に取り組んでいます。下右図は、１ｍのかさ上げを実施したときの年間の被害軽減額の推定結果です。





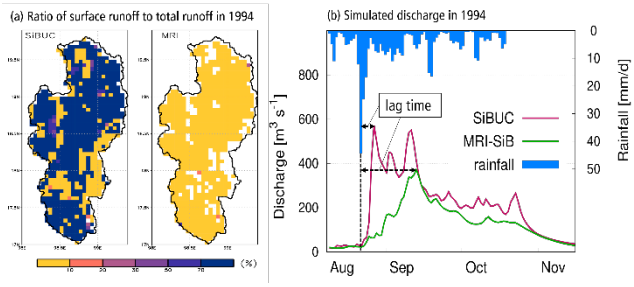
気候変動による洪水や水資源への影響評価

今世紀末の気候条件下では、気温の上昇に加えて大雨の頻度が増えるなど雨の降り方が変化すると指摘されています。気候変動による水災害の発生や水資源の変化は私たちの生活と安全に強く関連しています。そこで、気候変動が将来の洪水や水資源へどのような影響を与えるかを分析し、それに適応するための研究に取り組んでいます。右の図は、日本の全一級河川を対象に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何年に一度の洪水になるかを予測した図です。



水資源評価のための陸面過程のモデル化

将来の水資源の変化を予測するため、人間の活動を考慮することができる高度な陸面モデル（Land Surface Model：LSM）を開発しています。LSM は気象モデルの下部境界条件として気象機関でも開発されていますが、両者は独立していました。そこで、水文過程のモデリングにおける理解を深め、モデルの予測精度を高めるために、陸面モデルの相互比較実験を実施しています。下図は、タイのチャオプラヤ川上流域を対象に、（左）表面流出割合の違いと（右）下流の河川流量に着目して気象研究所が開発した LSM（MRI-SiB）と我々の LSM（SiBUC）を比較した結果です。



沿　岸　都　市　設　計　学　分　野
Urban Coast Design

●教授:後藤　仁志　●助教:五十里　洋行　●助教:清水　裕真
●Prof.: Hitoshi Gotoh　●Asst. Prof.: Hiroyuki Ikari　●Asst. Prof.: Yuma Shimizu

粒子法によるシミュレーション工学の多元的展開

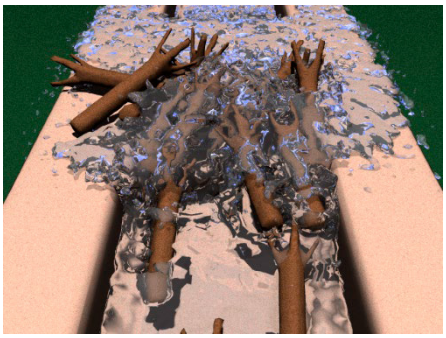
沿岸都市設計学分野では，人間を取り巻く自然・社会における諸問題（津波・高潮・局地集中豪雨の際の氾濫流から都市における群集行動まで）を多数粒子系の粒子間相互作用を伴う力学系としてモデル化し，計算力学の最先端技術である粒子系シミュレーションを軸とした社会基盤工学の基礎学理の深化を目指しております（詳細は http://particle.kuciv.kyoto-u.ac.jp/を参照下さい）.

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的技術開発を行っています．下図は巻き波砕波および流木による渓流桁橋の氾濫（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．

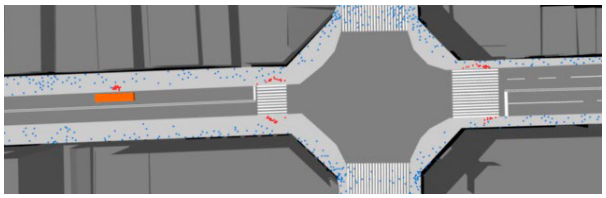


数値流砂水理学 - 移動床現象への混相流・粒状体力学の導入 -

河川・海岸の流れは，底面境界が土砂で構成された移動床流れであり，河川・海岸の水理現象の理解には，移動床の水理学が不可欠です．当分野では，この種の問題に計算力学的視点からアプローチするために，混相流（固相・土砂と液相・水流の混在した流れ）と粒状体（砂粒の集合体）の力学を基礎とした数理モデルの開発とそれに基づく流砂・漂砂現象のシミュレーションを行っています．

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

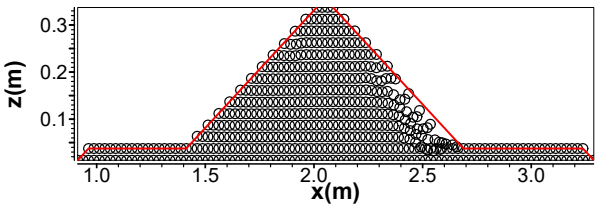
都市と流域における人と自然の共生及び発展に向けて

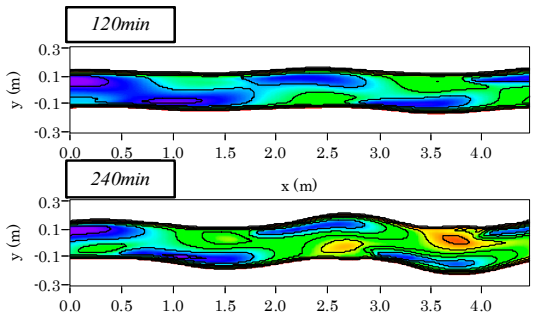
流域と都市における諸問題を解決するには、環境変化の現状と要因分析のもと、社会・経済活動と自然力・自然環境が織りなす複雑な相互関係を常に射程におきながら、人と自然にやさしい持続可能な都市システムを構築していく必要があります。当講座では、流域・都市における人と自然の持続可能な発展を支える基礎として、河川の水の流れと地形変化に関する現象の理解・数値シミュレーション法の開発、流域水動態の分析とモデリングに関する研究を行うとともに、これらの技術を河川と流域のマネジメントに活用する研究を行っています。

研究概要

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

治水計画、河道計画を策定する際、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、河川の水の流れと河床・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。当講座では、河川流と河川地形変化に関して、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。下の写真は河床に生じる小規模河床波の形成メカニズムを考察するため、模型実験を行った時のものであり、反砂堆の形成が見られます。真ん中の図は、浸透破壊に関するシミュレーション結果を示しており、赤い実線は初期の堤体形状です。堤体の変形を粒子の移動で表現しており、浸透に伴って裏法尻が変形している様子が再現されています。また、下の図は砂地に溝を掘り、水を流した後の地形変化であり、砂州の発達と河岸侵食による流路の蛇行が確認できます。

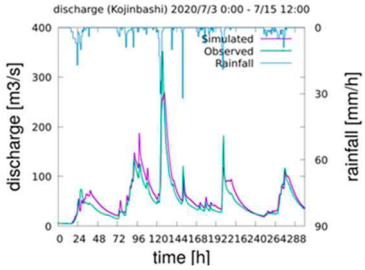




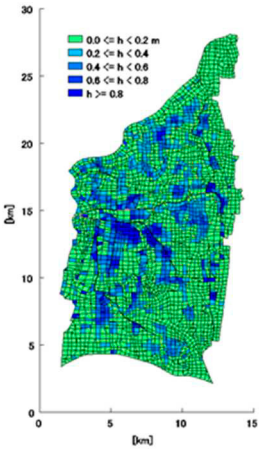
流域水動態の分析・モデリングとその応用

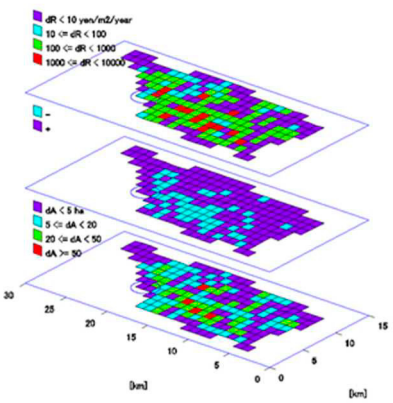
流域に降った雨水は様々な経路を通じて流動しています。都市域に降った雨のように短時間で流れ出てくる水もあれば、地下水のように非常に長い年月をかけて流動する水もあります。流域内の多様な水の動きを分析し理解すること、その結果に基づいて、流域水動態を予測するための数理モデルを開発することは、水問題の防止軽減策を考える基礎となります。

流域の水の動きには、地形、地質、地表の状態など、様々な要因が影響します。これらの情報を取り込んだ計算機モデルを開発しています。右図は、京都市の鴨川の流量をモデルで再現したもの（紫線）です。観測流量（緑線）と比較的よく一致しています。



また、このようなモデルなどを使って、水問題を防止・軽減するための方法を検討しています。左下の図は、大阪府の寝屋川流域を対象に洪水氾濫計算を行って得られた、40 年確率の降雨に対する最大浸水深です。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：　宮田秀介
●Prof.: Kana Nakatani　　●Assoc. Prof.: Shusuke Miyata

流域の健全な土砂環境を創造するための総合研究

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、「防災」と「環境」という 2 つのキーワードのもとで、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。

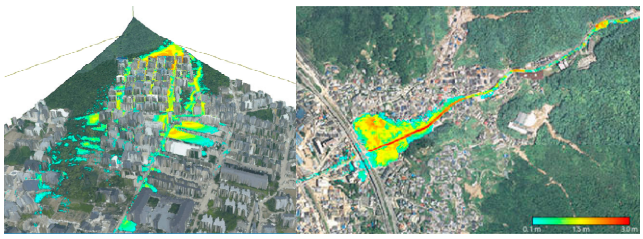
研 究 概 要

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。



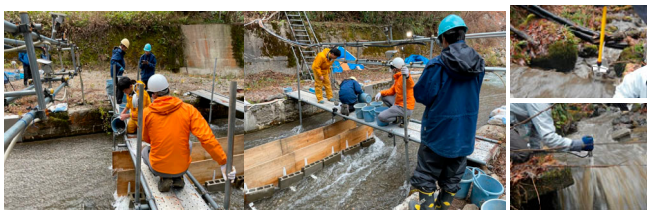
土石流は甚大な被害をもたらす現象で、数値シミュレーションによる予測も実用化されています。しかし、土石流の挙動や流動メカニズムは完全に解明されているわけではありません。殊に細粒土砂を多く含む土石流では、流動性が高くなることが知られています。

そこで、土石流の流動性に影響する細粒土砂の含有率を現地で観測し、挙動の解明とモデル改良を目指した研究を行っています。写真は矢印が観測施設で、土石流の内部の情報を得るための計測の様子（右、出水時）を示しています。

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ための本質的な要素です。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望まれます。そこで、土砂生産および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、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。



流砂系の健全な土砂流出に関する研究

山間部から発生し、下流まで流出する土砂や流木を、全て構造物で制御することは困難です。被害を出すことなく「無害化」して、巨礫や流木は砂防堰堤で制御する、細かい土砂は濃度や粒径、流砂量をコントロールしてバイパス水路や流路・道路を通じて安全に流出させる、土砂の一部は公園やグランド等を遊砂地として活用して堆積させるなど、土地利用を考慮した対策が今後必要になると考えます。

調査、観測、シミュレーションを活用して、砂防分野だけでなく河川やダム等の連携分野と協力することで、安全な街づくりを提案することを目指しています。

防　災　水　工　学　分　野
Hydroscience and Hydraulic Engineering

●教授：川池 健司　●准教授：竹林 洋史　●助教：山野井 一輝
●助教：小柴 孝太
●Prof.: Kenji Kawaike　●Assoc. Prof.: Hiroshi Takebayashi　●Assis. Prof.: Kazuki Yamanoi
●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

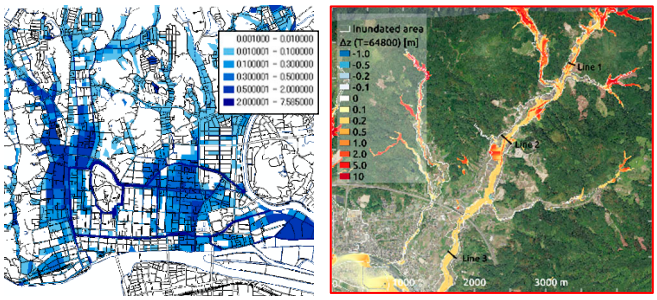
河川による災害の防止、または望ましい河川環境の整備のためには、その水理現象を理解することが重要です。われわれの研究室では、その理解のために、実験、観測、数値シミュレーションとあらゆる面から水理現象にアプローチしています。とくに、広大な施設を生かした大規模な水路による実験が、われわれの研究室の特色です。

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、災害時の水理現象を把握するために、観測によって各種のデータ取得を試みています。また、災害現場で調査を行うことによるデータ取得も行っています。これらのデータを活用した数値シミュレーションを行って、河川災害や土砂災害などの現象を再現することができれば、再発防止のための治水施設の効果を評価したり、避難計画を立てたりする際に役立つ情報が得られます。そのため、水害時の氾濫現象を再現するためのより高精度な数値モデルの構築についても研究しています。

また、豪雨時に斜面崩壊などで土砂が生産されると、これが川に流入して河床や河道周辺の地形が変化し、洪水の危険性を変化させます。このような現象をターゲットとした数値シミュレーション手法の開発と、これを用いた災害予測・危険性評価に関する研究をしています。

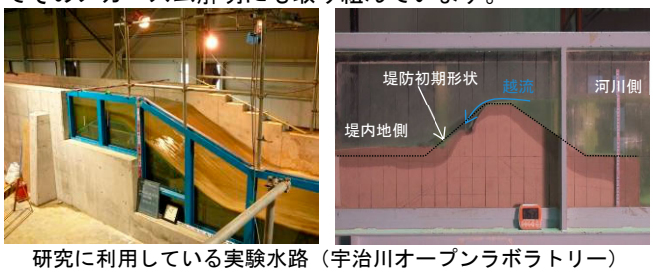


松江市を対象とした浸水深のシミュレーション結果（左）及び福岡県朝倉市を対象とした地形変化のシミュレーション結果（右）

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

近年の日本では、中小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。

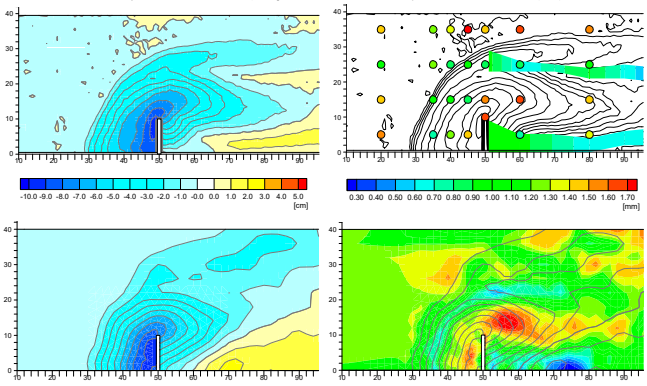
また、国内外では河道閉塞（いわゆる“天然ダム”）とその決壊による被害も問題になっており、堤防決壊と同様にしてそのメカニズム解明にも取り組んでいます。



研究に利用している実験水路（宇治川オープンラボラトリー）

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。



混合砂を用いた水制周辺の地形変動（左）及び河床材料の粒度変化（右）に関する実験結果（上）及びシミュレーション結果（下）

水　文　気　象　工　学　分　野
Hydrometeorological Disasters Engineering

●教授：中北英一　●准教授：山口弘誠　●助教：仲ゆかり
●Prof.: Eiichi NAKAKITA　●Assoc. Prof.: Kosei YAMAGUCHI　●Asst. Prof.: Yukari NAKA

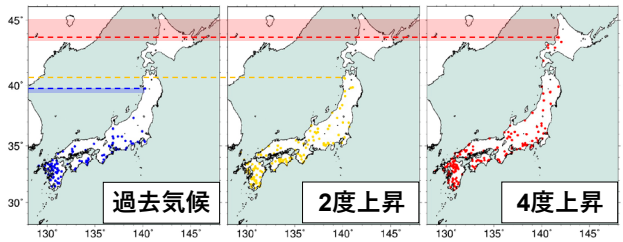
天・地・人を繋ぐ水の文（あや）を解きほぐし、豪雨防災に取り組む

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

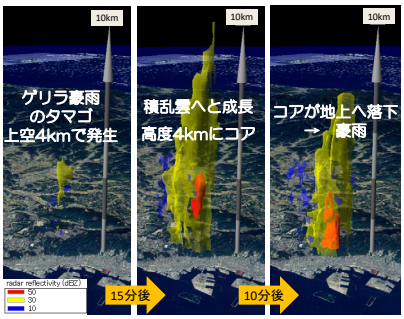
最新実験用レーダー群による降雨・雲・水蒸気・気流等を測るマルチセンサーを京阪神および沖縄に集結させた大規模フィールド実験を行い、積乱雲の生成過程と発達過程を連続的に高時空間解像度で捉えることで、積乱雲に内在する気流の渦管構造と積乱雲発達の因果関係を明らかにしています。雨雲の中にビデオカメラを飛ばすことで霰や氷晶などの粒子を捉え、降水粒子情報の防災利用研究開発にも取り組んでいます。

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。

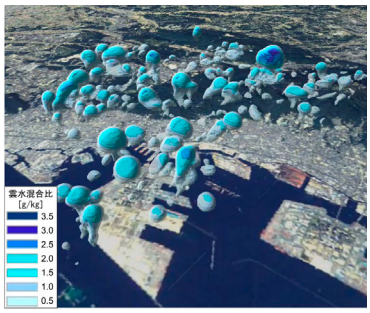
都賀川水難事故



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　●助教：宮下　卓也
●Prof.: Nobuhito Mori　●Assoc. Prof.: Tomoya Shimura　●Assis. Prof.: Takuya Miyashita

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―

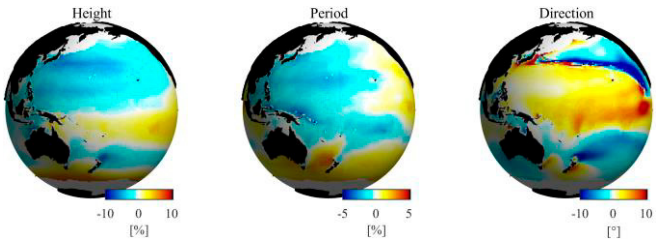
現在懸念されている気候変動の影響は、これまでの経験を超えた風水災害もたらす可能性が予想され、理学・工学の垣根を越えた学際的な研究を進める必要に迫られています。また 2011 年東北地方太平洋沖地震津波は、東日本の沿岸部に壊滅的な打撃を与え、西日本では南海・東南海地震の発生が予想されています。このような状況のもとで、我が国の沿岸部における市民の安全な生活を保障するためには、沿岸部における高波、高潮、津波についての災害形態のメカニズム解明とその長期評価が重要な課題となっています。当分野では、これら沿岸災害の 100～1000 年スケールの評価を行い、我が国の国土保全の将来像について、科学的側面から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

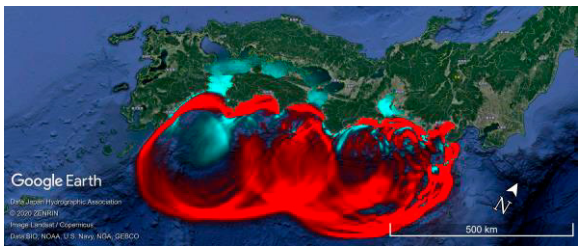


地球温暖化に伴う波浪統計量（波高・周期・波向）の将来変化

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。

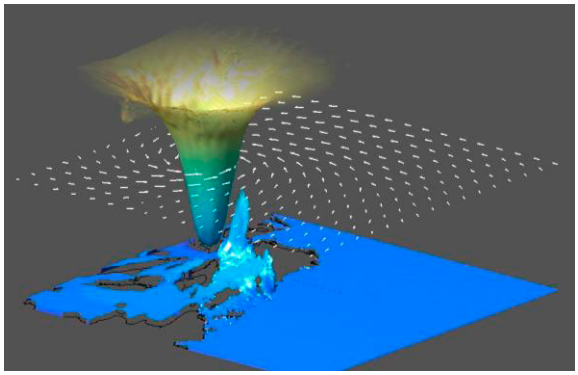


南海トラフ巨大地震を想定した津波のシミュレーション

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、両者は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

防　災　技　術　政　策　分　野

Innovative Disaster Prevention Technology and Policy Research

●教授：佐山　敬洋　●講師：フローランス　ラウルナ　●助教：エヴァ　ヤマモト
●Assoc. Prof: Takahiro Sayama　●Junior Assoc. Prof: Florence Lahournat　●Assist. Prof.: Eva 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。

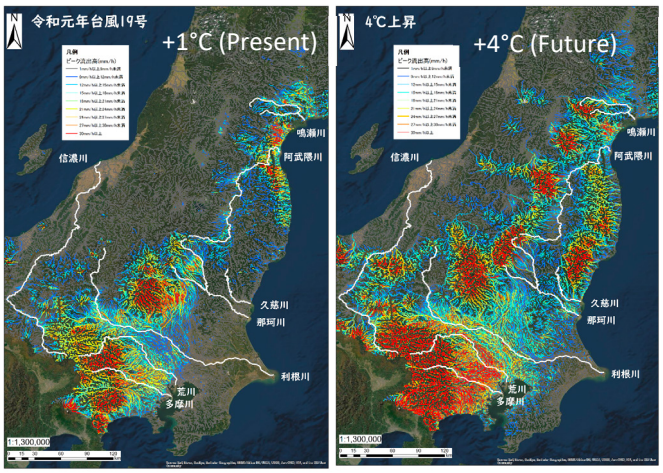
研究概要

極端気象に伴う水災害の現象解明と防止軽減

世界各地で生起する極大なサイクロン（台風、ハリケーン）や豪雨、それにともなう洪水・土砂などの水災害について、その発生機構を解明し、頻度・強度を解析し、災害の防止・軽減・予測のための技術や政策を研究します。また、長期にわたる少雨がもたらす渇水災害など、水資源に関する災害も取り扱います。

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。また、同モデルを150ｍの解像度で日本全国に適用し、国内全ての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って、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。

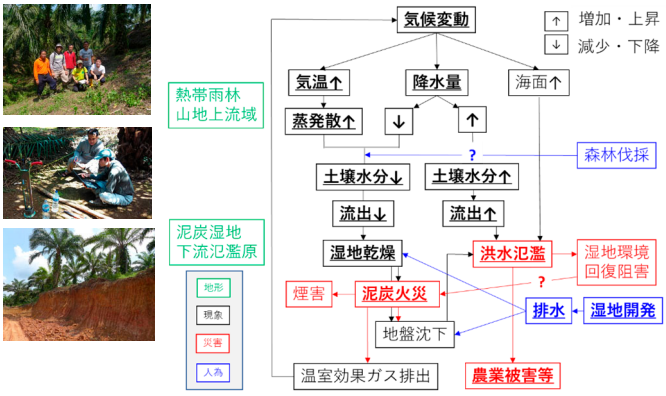
全国版RRIモデルの主な応用は、リアルタイムの洪水予測と気候変動の影響評価です。従来に比べて予測時間が長く、中小河川も含めて細密で、かつ河川の水位だけでなく浸水深や洪水被害までを予測する技術開発に取り組んでいます。また、洪水ハザードに加えて、渇水や高潮・波浪なども統合的に取り扱うマルチハザードの気候変動影響評価の研究を進めます。



2019年東日本台風の擬似温暖化実験：河川流量の変化予測

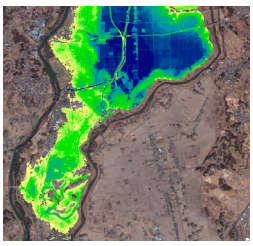
東南アジアの河川流域を対象にした社会変動・気候変動の研究

国内外の流域を研究フィールドとし、現地調査や観測・実験を通じて対象地域の社会・自然環境の特徴を分析します。また、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する研究を進ます。特に、インドネシア・スマトラ島を対象にしたフィールド調査を継続し、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。また、ユネスコ国際水文学計画（IHP）に参加し、国際共同研究も推進しています。



熱帯地方を対象にした洪水・火災の複合災害に関する研究

情報通信技術(ICT)の防災活用を想定したリアルタイム浸水予測



分布型降雨流出モデルや、降雨流出氾濫モデルなど最新の水理・水文モデリング技術を開発・駆使して、洪水のリアルタイム予測に関する研究を進めています。情報通信技術（ICT）の防災活用が期待される中、ソーシャルメディアなども利用しながら被災状況を把握し、リアルタイムで浸水を予測するための技術開発を目指しています（図は平成27年9月関東・東北豪雨災害による洪水氾濫を対象にした解析）。

水　際　地　盤　学　分　野
Waterfront and Marine Geohazards

●教授：山上路生　准教授：馬場 康之（白浜海象観測所）　●特定助教：張 哲維　●助教：今井 優樹（白浜海象観測所）
●Prof.: Michio Sanjou　●Assoc. Prof.: Yasuyuki Baba　●Assist. Prof.: Che-Wei Chang　●Assist. Prof.: Yuki Imai

水際空間の環境防災に貢献する複雑地質流体系のダイナミクス

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．水際域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

河海領域における災害学理の追求とフィールド観測技術の開発

山間地から沿岸海域への土砂輸送の連続性を重視する水系一貫の総合土砂管理においては，河川・沿岸一体の防災水理の専門学識が必要です．当研究室では、河海領域における水・土砂災害の学理を追求するとともに、安全・安心な防災社会の実現と減災技術の地域実装への貢献を目指します．河口の堆積土砂は、河川の閉塞リスクを伴う一方で、塩水侵入の防止や砂浜海岸の維持に重要な役割を担います．このような水際地盤の力学機構の解明をメイントピックと掲げ、乱流水理学に基づく河川と沿岸域の融合研究を進めています．
沿岸水理現象は、流れと波が相互に作用する大変複雑な自然現象です．また土砂の輸送は、乱流の生成と密接します．そこで、実験水理学をベースに河海の乱流輸送メカニズムの解明に取り組んでいます（図-1）．

さらに、ロボットボートやドローン型フロート等の新しい水域観測システム、次世代の水防災技術の開発にも取り組んでいます．防災水理の実装に向けて、産官学の連携研究を行っています（図-2）．

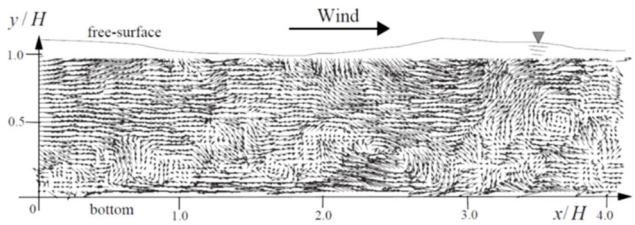


図-1 モデル実験で捉えた沿岸波の乱流構造


図-2 水域の流速・土砂堆積を自動計測するロボットボート

海洋・波浪結合モデル構築と海象観測データを用いた沿岸域の高解像度海洋流動解析

沿岸部では，波浪や流れ（沿岸外力）が砂浜の形状や防波堤の設計外力を決め，水温・塩分の分布構造（環境場）が生態系に大きな影響を与えます．このような沿岸外力および環境場の推定には，海面での熱収支，波浪による流れ・混合が重要で，特に海洋・波浪相互作用を考慮した沖から岸近傍までのスケール差を考慮したシームレスな数値モデルが必要となります．

本研究では，これらのメカニズムを数値モデル間のインターフェースである海面表層で物理量交換を定式化し適切にパラメタライズしたり，ネスティング手法を用いた空間高解像度化をすることで数値モデル開発を行います．得られたモデルを用いて，再現計算を実施し観測データ（田辺中島高潮観測塔）との比較によるバリデーション（精度検証）を行ったり，将来予測計算による沿岸域の物理環境場について気候変動の影響評価を行っています．

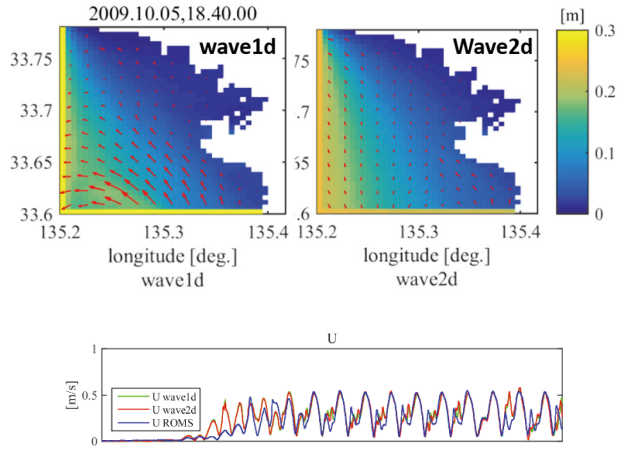


図-3 波浪（コンター），流速（ベクトル），左：海洋モデル，右：海洋・波浪結合モデル，下図：時系列：流速（海洋モデル，準結合モデル，結合モデル）

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　●特定准教授： 峠 嘉哉
●Prof.： Kenji Tanaka　●Assoc. Prof.： Kazuaki Yorozu　●PS Assoc. Prof.： Yoshiya Touge

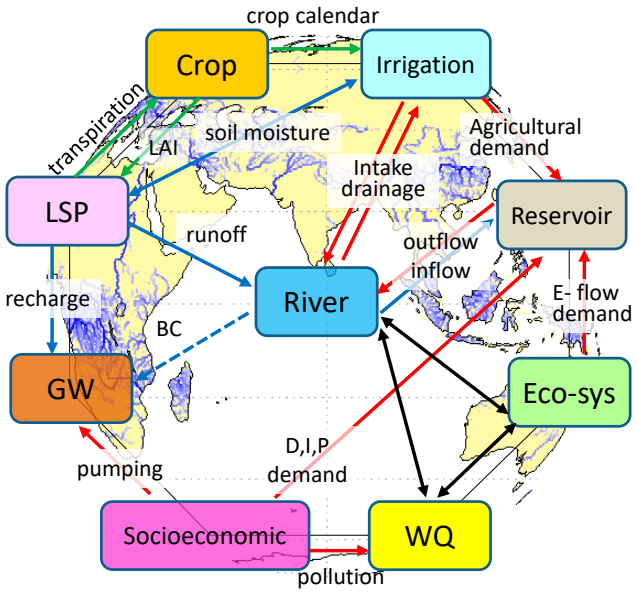
持続可能な開発のための統合的水資源管理

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下図に示しています。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はなく、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。



図：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主な研究課題

● 雪氷水文過程の理解

氷河は下流地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。下の写真のように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。

写真：キルギスの氷河上での気象観測。

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

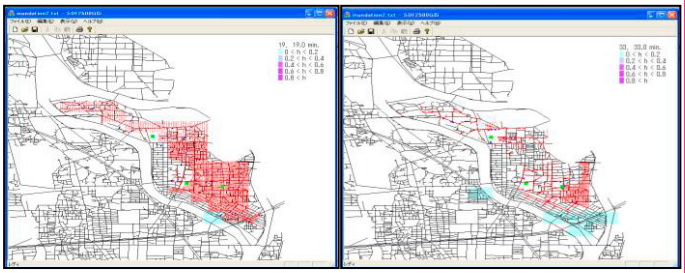
人間の社会・経済活動と地球規模水動態との相互作用を分析し、水資源問題の解決に資することを目的として、経済-社会活動を組み込んだ地球水資源ダイナミクスモデルの開発、地球規模気象・水文情報を利用した水資源管理システムの開発、水災害軽減のための地域対応のモデル化と計画手法の確立等の研究を行っています。

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くあります。

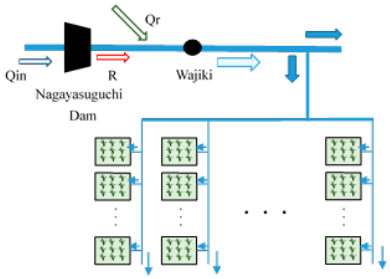
そこで、主として洪水を対象とし、発生地域の住民の情報伝達や避難を含む災害対応行動をコンピュータ上でシミュレーションするモデル化を進めています。こうしたコンピュータモデルを駆使することにより、水災害に対する防災社会システムが、災害時にどのように機能するか、現状に問題点がないかを様々な条件下で分析できるようになります。



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

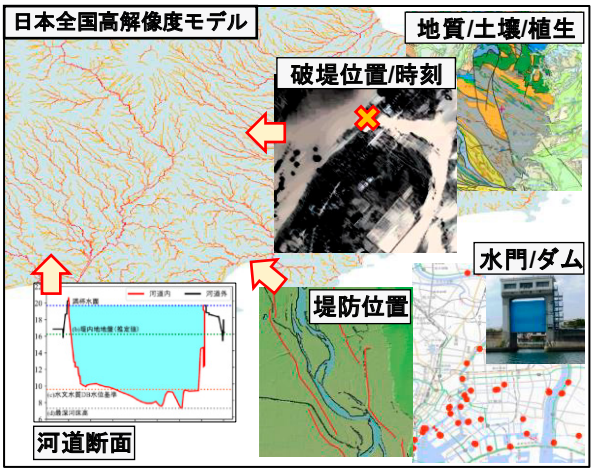
水資源が最も大量に必要とされる活動が食糧生産です。しかし、農業用水使用の実態や、気候変化の影響など不明なことも多く残されています。そこで、気象や土壌水の条件から日々の作物の成長をコンピュータ上でシミュレーションするモデルを開発し、様々な条件下で収量を最大にできるような土地と水資源の最適配分を求める手法について検討しています。また、数値作物モデルから得られる灌漑必要水量の情報を用いて、ダム貯水池からの水補給を高度化する操作手法の開発を進めています。



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

自然・社会環境防災計画学分野

Socio and Eco Environmental Risk Management

●教授：角　哲也　●准教授：小林草平　●准教授：カントウシュ サメ･アハメド
●Prof.: Tetsuya Sumi　●Assoc. Prof.: Sohei Kobayashi　●Assoc. Prof.: Sameh Ahmed Kantoush

水資源システムのリスクマネジメントと統合的流域管理の実現を目指して

水資源システムにおける減災と環境的課題を同時に解決する環境減災学の確立のために、水域の生態系サービスの持続的享受を目的として，治水・利水・環境のバランスのとれた統合的流域管理手法に関する研究を行っています。具体的には、１)水資源開発ダムのアセットマネジメント手法と貯水池土砂管理技術の開発、２）生息場の形成と維持のための河床地形管理手法の開発、３）水辺環境に水資源利用と生態系の持続的な相互作用を再生するための研究、４)ナイル川流域やメコン川流域のような国際河川における水資源管理問題などの研究課題を追究しています。

研 究 概 要

水資源開発ダムのアセットマネジメント手法と貯水池土砂管理技術の開発

水資源の持続的管理や流砂系の総合土砂管理を実現するためには、貯水池の堆砂対策が鍵となります。黒部川の連携排砂や旭ダム・美和ダムの排砂バイパス等を支援する技術として、1)貯水池土砂管理手法の適用性検討、2)ダム排砂時の土砂移動予測、3)洪水時に流入する細粒土砂の流動制御手法の検討、4)堆積土砂のリサイクル技術や土砂資源マネジメントなどに関する研究を数値解析および現地観測手法により進めています。さらに、貯水ダムにライフサイクル管理アプローチを導入し、堆砂対策を軸としたアセットマネジメントによって、ダム施設の長寿命化を図るための研究を進めています。

黒部川連携排砂（出し平ダム）

図-1 日本における貯水池土砂管理手法の類型

生息場地形を介した生態系-土砂水理連携モデルの開発と河床地形管理手法の確立

河川の生態系機能を保全・再生するためには，生息場の地形を管理する視点が不可欠です。そこで，本分野では，1)生物多様性や物質循環などの生態系機能を発揮するために必要な生息場条件について研究、2)河床地形から生態機能を予測してポテンシャルマップを作成する研究、3)生息場構造の形成維持に働く土砂水理条件を解明する研究を行なっています。これらに基づいて、4) 人為的改変による河川生態系への影響を生息場の動態から評価・予測手法や５）好適な河川環境を維持するための河床地形管理手法などの提案をしています。

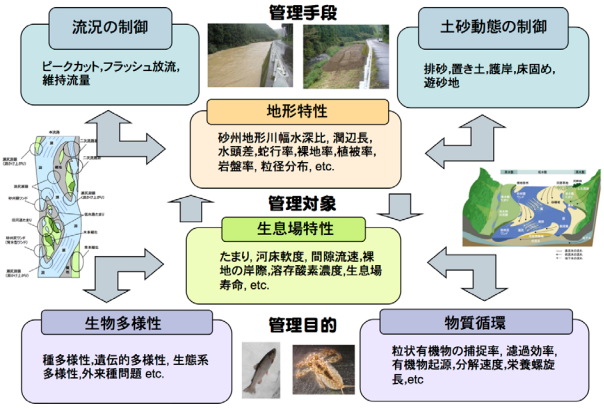


図-2 河床地形管手法確立のための研究課題

水辺環境に水資源利用と生態系の持続的相互作用を再生するための研究

我々人類は古来より自然生産物利用を通して環境を改変しつつ生活してきました。人の水資源利用様式が、地域の生態系を変化させ、その制約条件の下で新たな生活様式が産み出されます。したがって、真に持続可能な社会を実現するには、人の生活様式や資源利用様式と地域生態系の構造や機能との関係から存続の仕組みを追究する必要があります。本分野では、内外の河川流域において，堰やダムによる水資源開発や氾濫原利用などによる人為的改変と水域生態系との相互作用を研究し，減災や環境に資する総合土砂管理手法や発電システムの開発などを行っています。

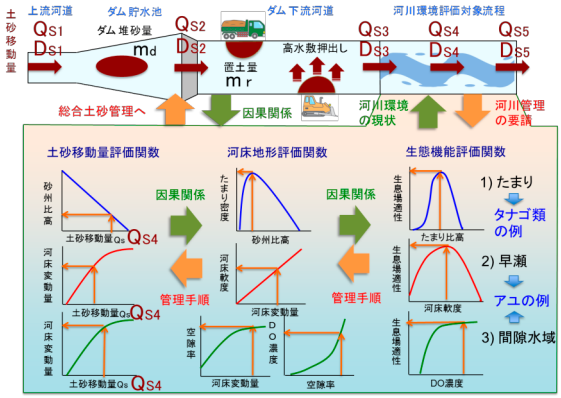


図-3 河床地形管理を目指した総合土砂管理のイメージ図

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　（都市社会工学専攻）

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

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

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

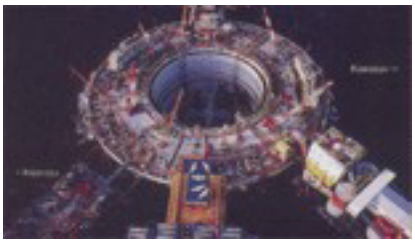
［宇治キャンパス］

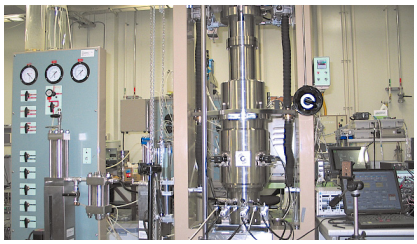
地盤防災工学分野　Geotechnics for Hazard Mitigation　（社会基盤工学専攻, 協力講座）

［吉田キャンパス］

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

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





地　盤　力　学　分　野
Geomechanics

●准教授：橋本　涼太　　●助教：木戸　隆之祐
●Assoc. Prof.: Ryota HASHIMOTO　　●Asst. Prof.: Ryunosuke KIDO

社会基盤構造物を根幹で支える地盤の力学挙動の解明

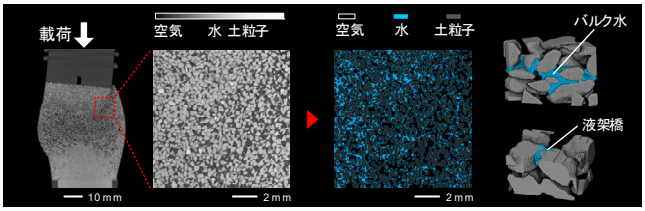
社会基盤構造物を縁の下で支えているのは地盤です．安全な社会基盤を構築するためには，多種多様な地盤材料の力学特性，地震・降雨による地盤材料の変形・破壊メカニズム，および様々な構造物を対象とする地盤と構造物の相互作用を解明することが重要です．本研究室では，これらの課題に対して実験と数値解析を用いて研究を行い，安全な社会基盤の構築に資する合理的な設計手法，新技術の開発を進めています．

研 究 概 要

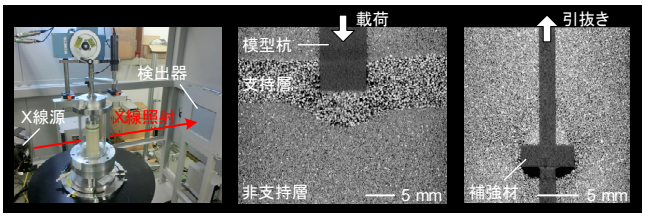
地盤材料のマルチスケール力学挙動の解明

地盤は土粒子・水・空気から成るため，そのマクロな力学挙動を理解するためには，土粒子スケールのミクロな挙動を把握することが重要です．本研究室では，X線マイクロCT装置とCT画像解析を利用し，砂質土の破壊メカニズムの解明や間隙流体の微視的特性の評価を行っています．

また，補強材の引抜き特性や杭の支持力メカニズムを調べるための模型実験にX線CTを適用し，地盤と構造物の相互作用をミクロな視点から調べ，マクロな力学挙動との関係について解明を行っています．



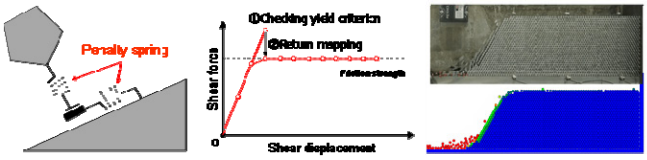
せん断変形時の供試体全体の変形　　せん断帯を含む領域の局所画像　　土粒子・水・空気のセグメンテーション画像　　異なる存在形態の間隙水



X線CT装置を用いた杭の載荷試験の様子　　薄層に支持された杭の載荷試験時における地盤の密度変化　　補強材模型の引抜き試験時における地盤の密度変化

地盤の力学シミュレーション技術の開発

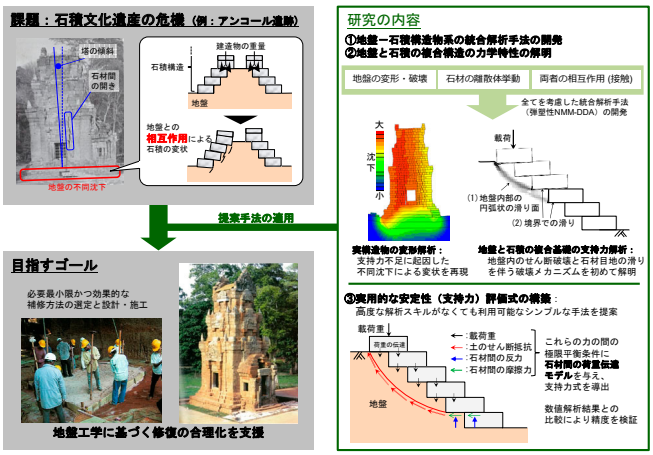
地盤の力学的な現象のメカニズムを理解し，より安全な社会インフラの設計法や防災に役立つ実用的な技術を提案していく上で，数値解析は有力なツールの一つです．本研究室では，地盤と構造物の相互作用をはじめとして，地盤と流体の相互作用，岩盤斜面の地震時挙動といった様々な問題を対象としたシミュレーション技術を開発しています．例えば，不連続性岩盤の動的解析手法の一つである不連続変形法（DDA: Discontinuous Deformation Analysis）を対象として，解析精度や安定性を向上する改良アルゴリズムを提案し，不連続性岩盤斜面の地震時応答の予測手法の確立を目指しています．また，地盤を対象としてMaterial Point Methodによる大変形解析技術の高度化にも取り組んでいます．



摩擦構成則の陰的更新法を導入した不連続変形法による岩盤斜面模型の振動解析

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不連続体の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わ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

橋梁ヘルスモニタリング

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状情報の抽出，仮想区間での橋梁管理に関わるデジタルツインなど、新しいヘルスモニタリング手法の開発を行っています。

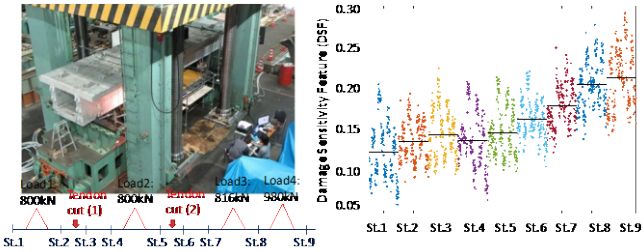


図１．橋の損傷実験（左）/部分空間情報による損傷検知（右）

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。

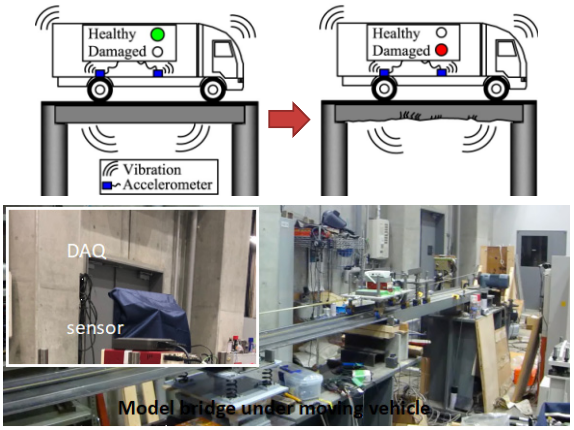


図2．走行車両を移動センサとするスマート点検車両

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モニタリングでは、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。

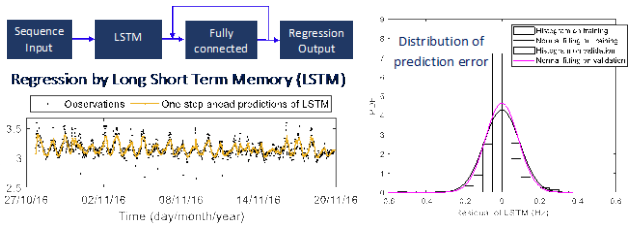


図４．深層学習による季節変動の予測と予測誤差分布

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／車両載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，車両載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。

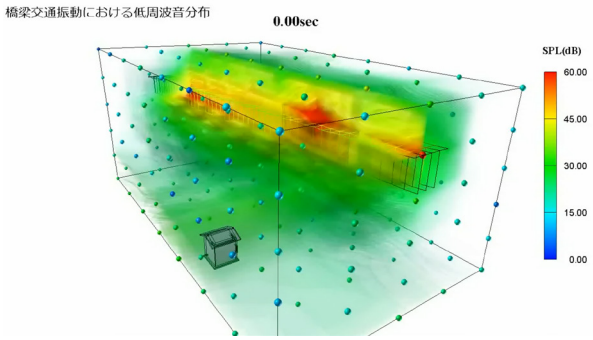


図３．高架橋の騒音伝播シミュレーション（2 主桁橋）

土 木 施 工 シ ス テ ム 分 野

Construction Engineering and Management

●教授：肥後　陽介
●Prof.: Yosuke Higo
●准教授：ピパットポンサー　ティラポン
●Assoc. Prof.: Thirapong Pipatpongsa

社会インフラの創造・保全・維持管理を志向した地盤工学研究

道路・鉄道・空港や河川堤防といった土木構造物の多くは，盛土や切土によって造成された地盤構造物です。また，地盤は橋や建築物を支持する基礎としての役割も有しています。このような，社会インフラとしての地盤を創造・保全・維持管理していくため，地盤挙動を把握・予測する技術開発などの基礎的研究から，社会インフラ施工時の地盤の安定性や災害時の地盤構造物の粘り強さの評価などの応用研究を行っています。

研 究 概 要

地盤材料挙動の把握とモデル化 ーミクロからマクロまでー

地盤材料は、土粒子相、水相、空気相からなる多相混合体です。そのため、三相の相互作用や微視的（ミクロ）な構造変化は、変形や破壊、地下水の浸透といった地盤材料の巨視的（マクロ）な挙動を解釈し、モデル化するための鍵となります。そこで、ミクロな相間相互作用と構造変化に根差したマクロな地盤挙動のモデル化を目的として、

- X 線マイクロ CT による、地盤材料のミクロとマクロ挙動の関係性の解明
- 地盤挙動の予測・評価のためのマルチスケール・マルチフェーズ解析手法の開発

に取り組んでいます。開発したモデルや解析手法は、インフラ施工時の地盤挙動や河川堤防や道路盛土などの降雨／地震時挙動の評価など、様々な地盤工学的問題に応用しています。

合理的・経済的な土構造物の設計・施工・維持管理

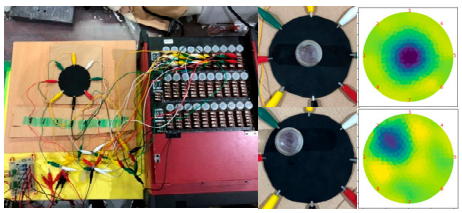
巨大地震や豪雨による大規模洪水に対して，壊滅的被害を回避する「ロバスト性（粘り強さ）」を有することが，土木構造物の要求性能の一つとして認識されるようになりました。河川堤防を対象として，地震時・洪水時の予測解析手法の代替モデルを用いたロバスト性の評価手法を開発しています。

自然災害に対する土構造物の安定性評価

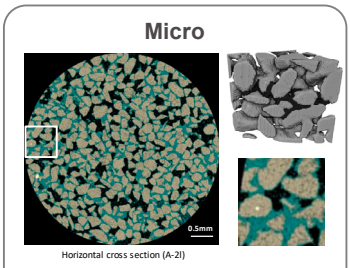
地震による堤防破壊のメカニズムを把握するために，堤防が圧密沈下した際の堤防下部の応力にアーチ効果が働き，拘束応力が減少することに着目しています。そして，液状化への抵抗力がどのように低下するのかを検討するために，極限解析および盛土模型実験を行っています。

地盤センシング技術のイノベーション

地盤の変状は，クラックや沈下として表面に現れますが，その変状の要因は地盤内部の状態変化にあります。しかし，表面とは異なり地盤内部は直接的な観察や測定が困難です。そこで，地盤内部の三次元的な応力状態の測定技術開発など，地盤センシング技術のイノベーションに取り組んでいます。



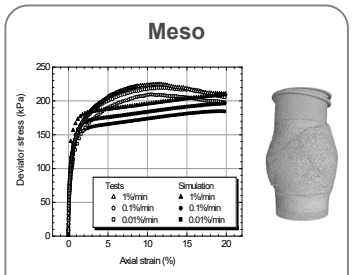
導電性ゴムの電気抵抗トモグラフィー



土粒子・間隙: 数(μm)

不飽和土の土相・水相・気相の微視的観察

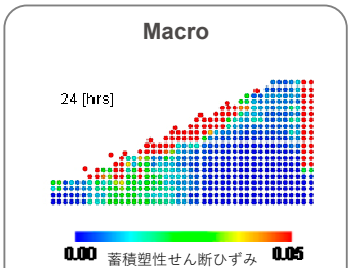
土粒子・間隙スケールでの X線マイクロCTを用いた 地盤材料の挙動観察



実験供試体: 数(cm)

三軸圧縮試験と構成式によるモデル化

実験供試体スケールでの 地盤材料の挙動解明と そのモデル化



実構造物: 数十(m)

粒子法による浸透破壊シミュレーション

実構造物スケールでの 数値解析による 地盤材料の挙動評価

ジオフロントシステム工学分野
Geofront System Engineering

●教授: 安原 英明　●准教授: 岩井 裕正　●助教: 宮崎 祐輔
●Prof.: Hideaki Yasuhara　●Assoc. Prof.: Hiromasa Iwai　●Asst. Prof.: Yuusuke MIYAZAKI

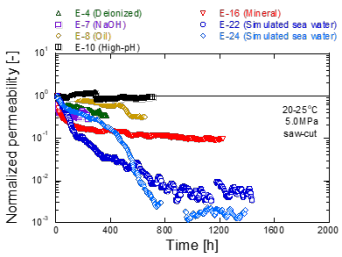
ジオフロント環境に配慮した地下空間の創造・保全・維持管理

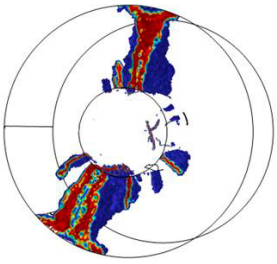
都市空間や地表の環境保全・有効利用のため、三次元的な視点から新しい空間として地下空間(ジオフロント)の利用が注目されています。環境に配慮した地下空間の創造・保全・維持管理のために、地表から地下深部に至るまでの地盤・岩盤および地下水の特性(力学的、水理学的)を解明する研究を行います。

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、地熱発電など地下空間の利用には、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、それらの再現解析から地下岩盤の力学・透水特性変化を計算できるモデルを開発しています。

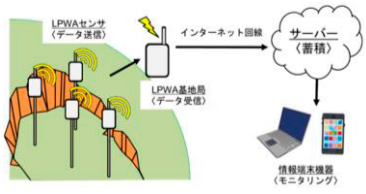


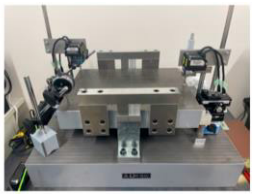


連続透水試験，水圧破砕実験のき裂進展解析

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斜面モニタリング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の情報を収集します。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、土砂災害が発生した際には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の開発およびモニタリングシステムの開発を行っています。

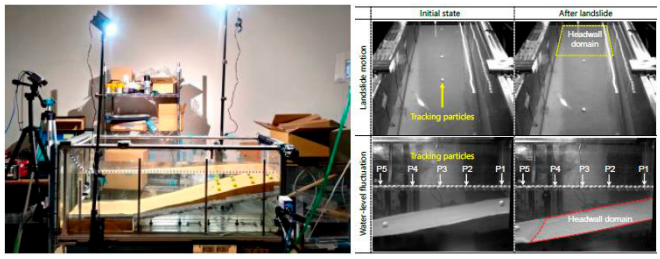




LPWA を用いた斜面モニタリングの概要と室内実験

海底地すべり—津波励起現象のメカニズムの解明

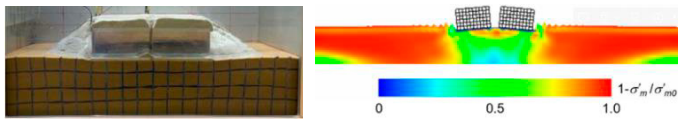
地震によって陸上だけでなく海底斜面においても地すべりが発生する可能性があります。海底地すべりの発生により想定外の津波が励起され、地震動から予測される規模よりも大きな津波が沿岸域を襲うことが考えられます。本研究分野では、地盤と流体（水）の相互作用に着目し、海底地すべりの発生～斜面滑動過程～停止に至るまでの一連の地すべり運動と、励起される津波特性との関係について模型実験・理論解析等を通じて検討を行っています。



海底地すべり運動と津波励起現象に関する研究

地中構造物の「地震時追随性」に関する基礎的研究

日本国内の過去の地震において、地中構造物が供用性を喪失する事例が多数報告されています。本研究室では、特にアンダーパスとして用いられる埋戻し式トンネルについて研究を行っています．いずれの被害も基礎地盤における地質的、地形的特徴が重要な要因と考えられています。本研究ではどのような地質的、地形的特徴がアンダーパスの供用性を損なうか（≒「地震時追随性」を失うか）、という問いを明らかにする研究を模型実験と数値解析を通じて行っています。



液状化地盤上における目開き現象とその再現解析

都市基盤システム工学講座
Urban Management Systems

●教授:岸田　潔　●准教授:澤村　康生　●特定助教:三好　貴子
●Prof.: Kiyoshi KISHIDA　●Assoc. Prof.: Yasuo SAWAMURA　●PS Asst. Prof.: Takako MIYOSHI

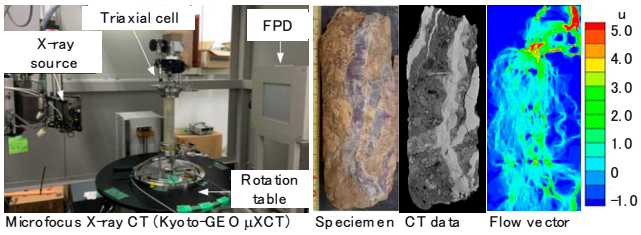
持続的社会の発展に寄与するインフラストラクチャーの創造

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，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。このような地下空間の創出のため，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，安心・安全な道路ネットワークの構築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

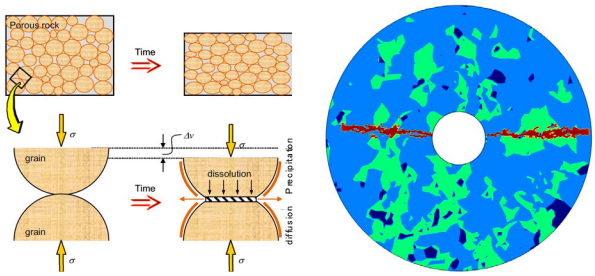
トンネルの掘削問題，大型構造物岩盤基礎の安定問題を検討する場合，岩盤の力学的・水理学的挙動を支配するのは，岩盤不連続面の力学的・水理学的挙動です．岩盤の単一不連続面の力学的・水理学的挙動を実験的に検討し，そのモデル化を目指します．また，単一不連続面や三軸せん断過程で現れるせん断帯の繰返し挙動の実験的検討を行い，岩石材料の構造劣化とヒーリングの検討を行っています．



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．

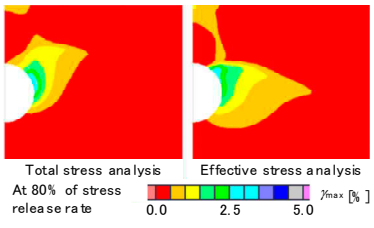


THMC の概念と水圧破砕による解析例

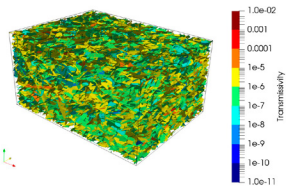
水圧破砕の解析

トンネル・地下空洞・斜面安定の設計・施工・維持管理

数値解析や模型実験を通じて，小土被りトンネルにおける補助工法導入の妥当性，大深度トンネルにおける湧水の対策方法を検討しています．また，不連続面を含む岩盤の改良を目的として，グラウチングの検討を行っています．単一不連続面およびフラクチャーネットワークにグラウト材が浸透，充填されていくメカニズムを数値解析により詳細に紐解くことで，グラウチングの数値シミュレータの開発を目指します．



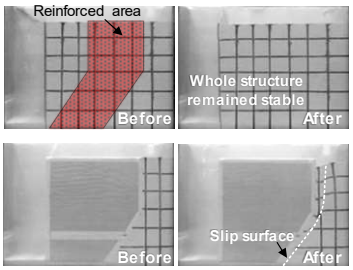
土水連成解析による掘削挙動評価



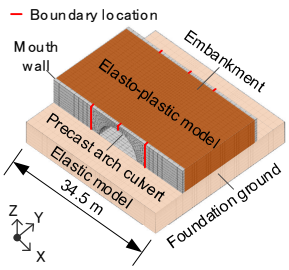
フラクチャーネットワークモデルを用いた検討

盛土構造物の耐震性の把握 ー補強土壁・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

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ミクロ/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。

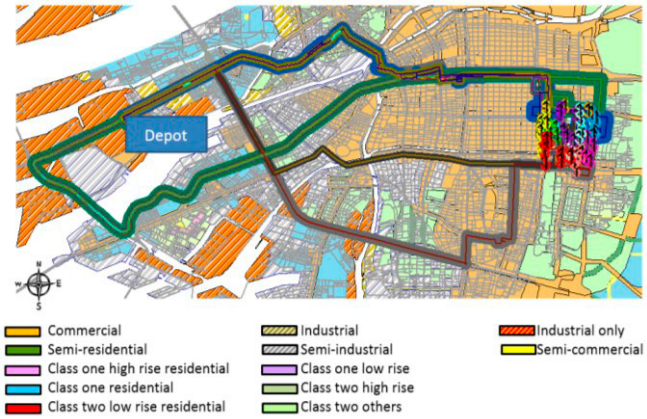


Fig. 1: 配送ルートと土地利用

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的な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、岩石の破砕挙動（図-2）や、粒状体の破砕評価（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。

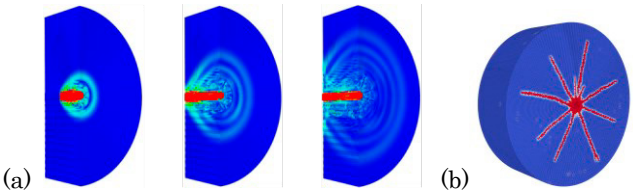


Fig. 2: 発破による岩石の破壊挙動のモデル化：(a) 応力波の伝播　(b) 破壊パターン

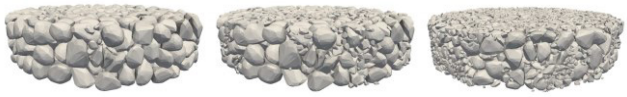


Fig. 3: 粒状材料の断片化挙動のモデル化

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、遠心力載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組んでいます。

研 究 概 要

大地震時の地盤・構造物系の被災程度予測

1995年1月17日に発生した兵庫県南部地震は多くの犠牲者を出すとともに、各種ライフラインや橋梁、高架道路、岸壁、護岸などの社会基盤施設にも壊滅的な被害をもたらした。その中で、埋立地の岸壁や護岸あるいは河川堤防などの地盤・構造物系は、基礎地盤の液状化により大きな残留変位を生じ、多数の施設がその機能を失った。この事態を受け、大地震による地盤・構造物系の被害程度推定を精度よく行うことに対する社会的な要請が高まった。

また、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、長継続時間地震動および津波により甚大な被害がもたらされた。被災地域では、広域的な液状化被害が発生し、ライフライン施設等に深刻な被害が生じた。また、地震動による地盤変形と津波の複合的要因により、海岸線に位置する各種構造物に重大な被害が発生した。その復旧には長時間を要し、復旧費用は膨大なものになっている。近い将来発生が予測される南海トラフ巨大地震においても同様の被害が発生するものと予測されており、人的被害のみならず、ライフライン施設、港湾構造物等に代表される重要な社会インフラの被害程度を高い精度で予測する手法の開発が求められている。

本講座では、このような地盤災害分野の課題を解決するため、飽和地盤の液状化現象や不飽和土の力学挙動といった複雑な地盤挙動を表現できる土の構成モデルを提案するとともに、これらのモデルを組み込んだ有効応力解析析プログラムを開発し、各種社会基盤施設の被害解析および被害程度予測に力を発揮している。

大地震時における地盤・構造物系の挙動に関する遠心模型実験

近年、急速な都市化によりこれまで以上に水際線に近い地域の開発が進んでいることや、谷部に客土した谷埋め盛土などによる宅地造成が進められてきたことなどから、盛土構造物が大地震時に崩壊する事例が数多く報告されるようになってきた（例えば、2003年新潟県中越地震、2007年能登半島地震など）。また、海岸堤や河川堤防が被害を受けると浸水や洪水などの2次的な災害が引き起こされる可能性も高い。土構造物の崩壊現象は、強い非線形性を伴う大変形問題であり、その変形メカニズムを単純化して扱う擬似静的手法による設計には自ずと限界がある。

本講座では、盛土に代表される土構造物や杭基礎等を有する地盤・構造物系を対象に、詳細に非線形現象を再現することのできる有効応力解析法の適用性を、遠心模型実験結果と比較することにより検証している（図-1）。

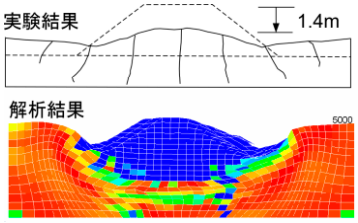


図-1 残留変形量の比較

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3月11日に発生した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4月14日に発生した熊本地震では、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6月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-2）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。

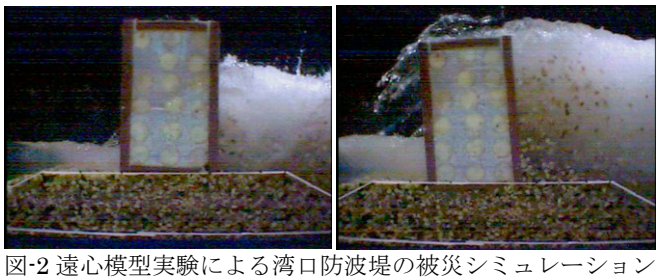


図-2 遠心模型実験による湾口防波堤の被災シミュレーション

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。

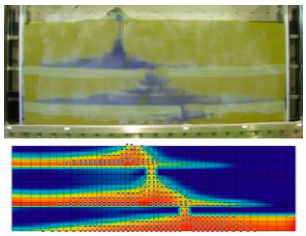
研 究 概 要

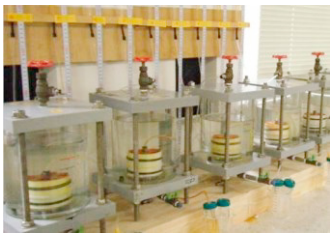
廃棄物の安全な処分
―廃棄物処分場の建設から跡地利用まで―

日々の暮らしや産業活動において，資源の再使用・再利用を図りながら廃棄物の排出を抑制し，廃棄物となったものについても循環資源としてリサイクルをすることが資源循環型社会の確立には必要です。しかし，技術やコスト面で資源化が困難な廃棄物については，廃棄物処分場に埋立処分し，可能な限り土地資源として利用することが妥当なソリューションといえます。本分野では，処分場を建設するための建設材料と構造の評価，建設・維持管理手法の開発，処分場内部における有害物質の動態，跡地利用に伴う環境リスクの評価・管理手法の体系化といった研究を現場試験や室内試験により行い，廃棄物処分場の建設から跡地利用までの一連のプロセスを解明することで地盤環境の保全を図ります。

地盤・水文環境を守る
―土壌・地下水汚染の浄化・リスク評価―

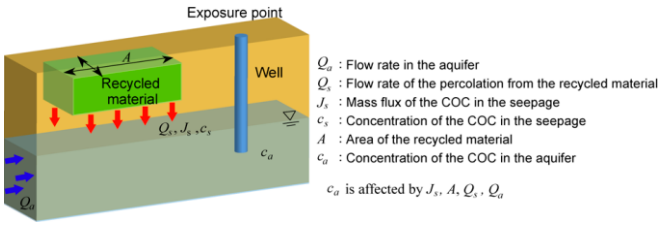
日本にはヒ素や鉛などの重金属を低濃度に含む地層が広範に存在していますが，建設工事に際して環境負荷を低減しつつ適切に対応するためには，地盤中における汚染物質の動態の把握，対策工法のメカニズムと信頼性の評価が重要となります。本分野では，室内実験や数値解析を通して，地盤中での重金属，有機フッ素化合物等（PFASs）の挙動評価と効果的な対策手法の検討を行っています。さらに，社会経済学の知識も活用しつつ汚染サイトの環境影響，対策工の実施効果を定量的に評価し，リスクコミュニケーションや社会実装への貢献を図っています。





地球環境問題への貢献
―循環型社会の確立，気候変動への対応―

「持続可能な発展」に向けて社会経済システムの転換が求められる現在，資源の循環利用の推進，既存施設維持管理型の社会基盤整備への転換を図りながら，都市・地域の活性を持続させることが社会基盤整備の重要な課題になっています。さらに，地球温暖化に起因する気候変動は様々な地盤災害の原因となり人間生活の安全を脅かします。本分野では，自然災害や産業活動から発生する廃棄物由来の資源を社会基盤整備に利用した場合の環境安全性の評価，環境負荷の小さい基礎構造物の建設・維持管理技術の提案などを通して，循環型社会の確立に貢献しつつ，気候変動による影響をも考慮した新しい社会基盤整備のあり方と適用技術を研究しています。



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　（都市社会工学専攻）

都市地域計画分野　Urban and Regional Planning　（都市社会工学専攻）

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

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

[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　（都市社会工学専攻, 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　●准教授：大庭　哲治　●助教：石井　順恵
●Prof.: Junichi Susaki　●Assoc. Prof.: Tetsuharu Oba　●Asst. Prof.: Yoshie Ishii

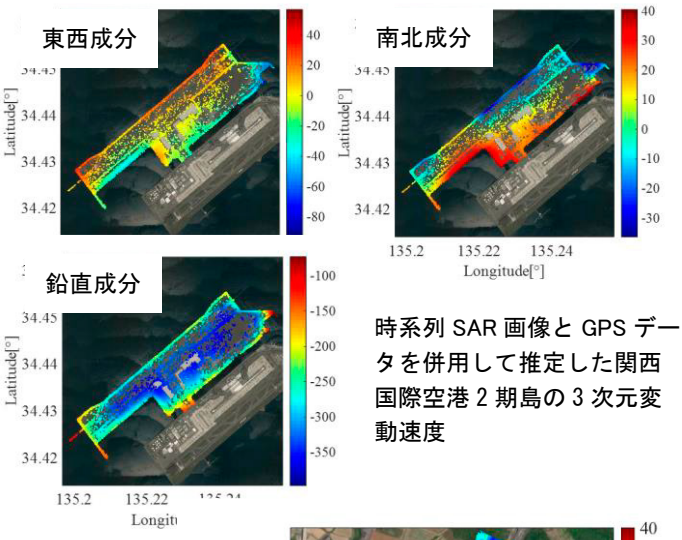
都市や自然環境の問題を広い時空間から捉える

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、都市計画等に貢献することを目指しています。

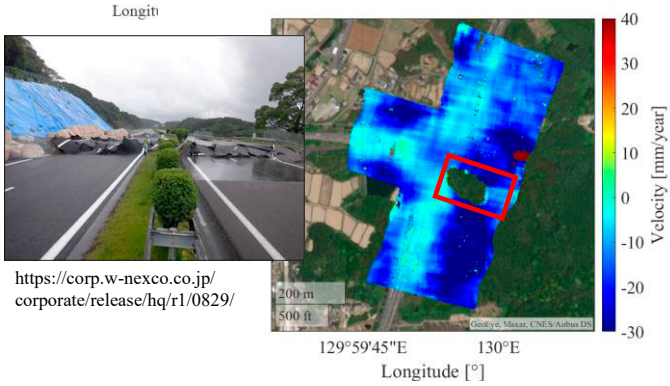
研 究 概 要

衛星リモートセンシングによる広域環境変化の解析・評価

地球観測衛星を用いることにより、広域の地表面の状態を定期的に観測できます。本研究では、衛星搭載センサ、主にマイクロ波を使用した合成開口レーダ（SAR）を用いて、人間活動、気候変動、災害等による、都市・自然環境、地形・地殻の変化を検出する方法を開発しています。



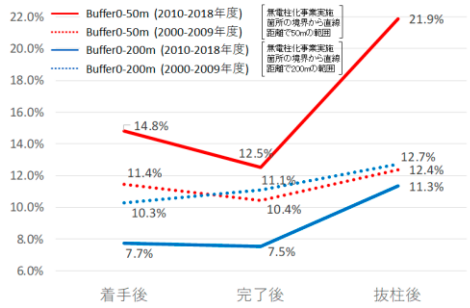
時系列 SAR 画像と GPS データを併用して推定した関西国際空港 2 期島の 3 次元変動速度



2019 年 8 月に地滑りが発生した長崎自動車道武雄ジャンクション周辺の鉛直方向の地盤変動速度。赤枠が地滑り発生地域。2017 年から 2018 年豪雨後までの画像を使用した解析結果で、2018 年の豪雨後から既に大きな変動が発生していることを示しています（変動が大きいと干渉処理の対象外となり、解析できない穴になります）

地理空間情報を活用した政策マネジメントのための都市・地域解析

地理空間情報を活用した都市・地域解析を通じて、都市・地域の現状や問題の把握に留まらず、エビデンスに基づいた都市・地域政策の立案やマネジメントのあり方についても検討しています。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解明し、今後の無電柱化整備のあり方について検討しています。

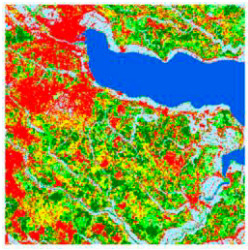


無電柱化事業の着手・完了・抜柱時点を考慮した
2 期間・2 処置群での無電柱化による地価上昇率の比較

土地被覆分類の精度向上に関する研究

衛星画像から作成される土地被覆分類図は、気候変動の影響評価、災害状況の把握など様々な応用が期待されている一方で、作成の過程で不確実性を伴い、結果として十分な精度でないことがあります。そのような土地被覆分類図の高精度化を目指して、集合論に基づく新しい特徴を持った分類手法の開発や地図精度を評価するための検証データの質の保証方法に関する研究を行っています。

衛星画像（Landsat 8）



提案手法により作成した
茨城県県南の土地被覆分類図

景　観　設　計　学　分　野
Urban and Landscape Design

●教授:川﨑　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、風土・景観領域、地理的領域の概念を含んだ、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、景域と調和する都市インフラ施設、公共空間の景観計画・デザインの目標像、方法論を探り、実践的な提案を目指します。

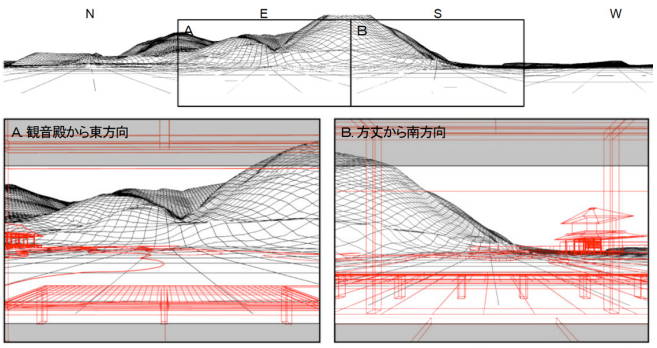
研究概要

公共空間と都市インフラ施設の景観設計・シビックデザイン

道と公園広場、水辺とウォーターフロント等の公共空間のシビックデザイン、および高速道路、ターミナル施設などの都市インフラ施設の景観設計を対象として、設計イメージの導出と秩序ある空間構成の創出方法、行動予測と空間の適正規模、表現シミュレーションと図面化の技法、設計案の予測評価手法、色彩・テクスチュア分析等の設計方法論に関する研究を行う。これらの研究を踏まえ、人と環境に調和して、文化的活動を誘発する空間と施設の実践的な設計提案をめざす。

景域環境の構造・形成プロセスの分析と景観計画

持続的に良質な風景を有する景域には、自然環境の利用と風景創造に関する幾多の尽力の成果や技術の知恵が隠されている。豊かな環境や文化を形成してきた川や疏水の水みちと、丘陵地、山辺における優れた景域環境を対象として、GIS・CGシステムの援用による地形・敷地解析、眺望特性の分析、デザイン調査を行い、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求する。



３次元地形情報を用いた京都の景勝地の景観解析

文化的環境、風土の分析と都市地域デザイン

河川・港湾・運河・駅・公園・橋梁等に関わる近代化遺産や古来の名所・景勝地について、都市に持続されてきた風景の文化的価値、景観的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求する。また、インフラと都市形成の関係、歴史的環境の保全と創造などの観点から、都市形成の歴史を明らかにすることにより、都市計画の長期的な方向性を示唆する羅針盤となる資料の蓄積を行う。

人間力を高める安寧の都市の構築

災害・医療・コミュニティ・環境等に関する地域的重要課題に対し、人間力の回復、豊かなアメニティと自然との共生をテーマに、「人」「社会」「環境」の安寧による、日本型の健康都市づくりを研究する。景観・環境・空間の認知・認識プロセスと環境デザインの方法論、社会的「場」の形成（コミュニティ、参加・協働）の理論・方法論に関して、景観を軸に、交通・都市計画、医療・福祉、社会・人文科学等との融合型研究と地域政策への実践的統合を視野に研究を行う。

「近江八幡市まち・ひと・しごと創生総合戦略」図
（下図は当分野において作成）

計画マネジメント論分野
Planning and Management Systems

●教授：大西　正光　　●助教：小谷　仁務
●Prof.: Masamitsu Onishi　●Assist. Prof.: Hitomu Kotani

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ら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。

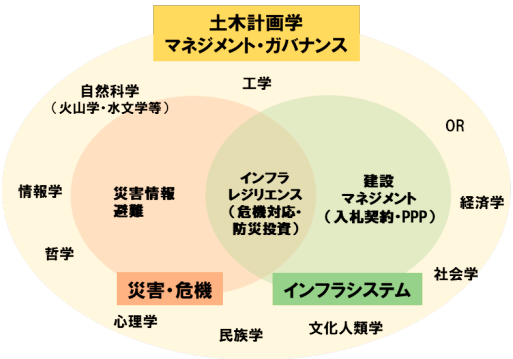
研究概要

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

インフラストラクチャー（以下、「インフラ」）が提供するサービスの多くは、公共的ですが、それを建設し維持管理運営を行う過程では公的機関のみならず、さまざまな民間企業も関わっています。そうしたさまざまな官民組織の関係性の中で、おのおのの関係者がしっかり責任を果たしながら、ライフサイクル全体を通じて期待通りの機能を発揮されるための社会的な仕組みをどのように担保すればよいのでしょうか？こうした社会の仕組みは、法律や契約、行政的なルール、さらには従来から存在するさまざまなビジネス慣習によって形作られています。本研究室では、インフラを支えるための望ましい社会的仕組みについて研究を行っています。

具体的には、Public Private Partnership（PPP）と呼ばれるような民間企業がより大きな裁量をもっ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。また、金融機関や国際開発機関とも連携しながら、インフラ資金の調達に関する研究も行っています。

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。



本研究室の研究課題の見取り図

災害リスクに対する危機対応マネジメントに関する研究

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。

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、一歩一歩、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。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。

さらには、災害時における、コミュニティの人と人のつながりである社会ネットワークの形成やその働きの分析も行っています。具体的には、減災行動や復興行動の実現に資する情報内容や情報源の他、強固な社会ネットワークを有するコミュニティ（例えばマイノリティコミュニティ）の応急活動、災害時の短期的な助け合いが長期にもたらす社会ネットワークの拡大効果などについて理論的・実証的に研究しています。ハードとソフトなインフラの機能を共に理解し、関連する知見を蓄積することで、災害に対して頑健で、持続的な社会の実現に貢献することを目指しています。

マイノリティコミュニティへのインタビュー調査

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

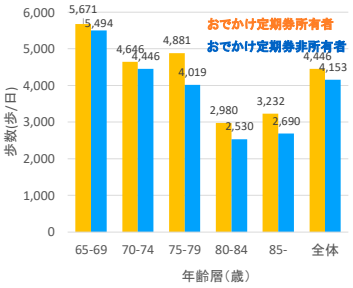
都市の魅力と活力の創生に向けての実証研究

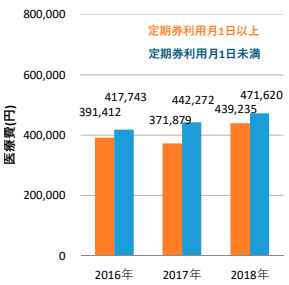
都市は、人々の生活や就業あるいは遊び・安らぎの場として様々な役割を果たしている一方で、環境・エネルギー、交通、景観、土地利用などの面で多くの課題も抱えています。当分野では、都市の魅力を高め活力を生み出していくため、これらの課題解決に向けての理論的枠組みを構築するとともに、実際の都市においてその理論を活かしていくための実証研究を行っています。都市を観察し、都市を解析し、そしてそれらの成果を現実の社会で活かしていくことを目指しています。

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。



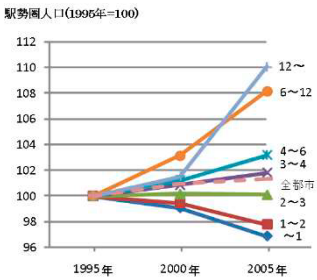


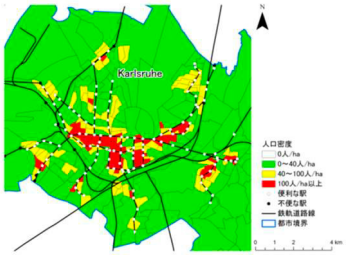
鉄道の運行頻度と都市構造の国際比較

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

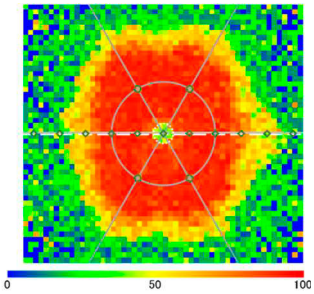
様々な道路・交通条件の中で安全に被験者の行動を観測できるドライビングシミュレータによる運転挙動の分析は、事故や渋滞の原因の理解や解決策を検討する上で有用です。これまでの主な研究テーマとしては、都市高速道路における合流支援情報提供時の行動分析、地震発生時の行動規範認知の車両速度への影響分析等があります。今後も、自動運転車と手動運転車の混在環境下での運転挙動分析を中心に研究を行っていきます。

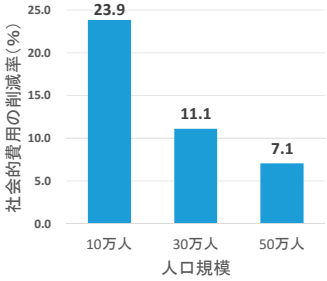
【6軸モーションを装備したドライビングシミュレータ】

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。

仮想の都市を対象に 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場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。





交　通　情　報　工　学　分　野

Intelligent Transport Systems

●教授：山田　忠史　　●准教授：Jan-Dirk　Schmöcker　　●助教：中尾　聡史

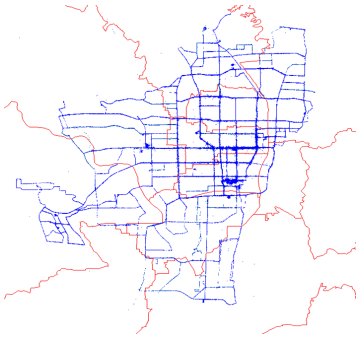
交通や物流システムの知能化と最適化

ITS（Intelligent Transport Systems)をはじめとした，交通や物流に関連する情報技術を活用して，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，自動車利用者・公共交通利用者・観光交通の行動分析などを行うことにより，都市や地域の交通問題の解決を目指しています．

研 究 概 要

ビッグデータを活用した交通行動分析

近年，大量のデータが，交通行動の分析に使用可能となってきています．ICカードデータは，乗客の乗降を明らかにします．ETCデータは，自動車ドライバーに関する情報を提供します．携帯電話のデータは，いつどこにどのくらい人がいるのかを把握するのに役立ちます．バスGPSデータは，バスの位置とサービスの均一性に関する情報が収集できます（左図は，GPSデータに基づいて図示した京都市内のバス路線）．GPSやデジタルタコグラフによって収集されたトラックのデータは，トラックの経路やスケジュールを把握するのに有用です．都市内に設置された様々なセンサーによって収集された情報は，人々の歩行パターンの理解に役立ちます．

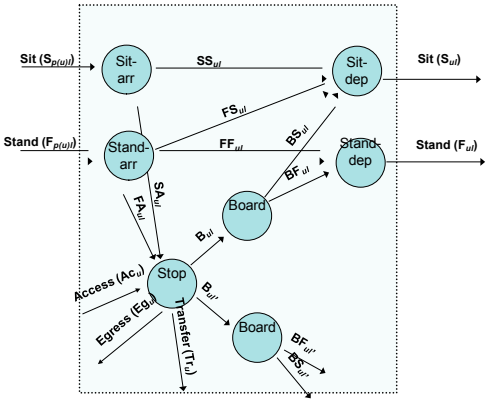


これらのデータを有効利用し，データに基づいて新しい分析手法を開発・適用して，交通行動を分析しています．

公共交通やシェア型交通の交通流解析

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．

左図は，あるバス停において，乗客の行動をモデル化したものです．新たに乗車する乗客の何人かだけが，バス内に空席を見つけることができることを表しています．このモデルをバス交通ネットワーク全体に拡張すれば，例えば，バスのサービス頻度を改善することの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自転車シェアリング，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．



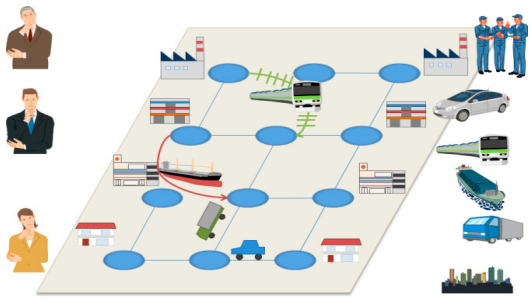
交通やサプライチェーンのネットワーク設計

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 行 動 シ ス テ ム 分 野
Travel Behavior Analysis

●教授：藤井　聡　　●准教授：川端　祐一郎　　●助教：田中　皓介
●Prof.: Satoshi Fujii　　●Associ. Prof.: Yuichiro Kawabata　　●Assist. Prof.: Kosuke Tanaka

「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研究

環境汚染、景観の劣化、交通渋滞、都市の無秩序な開発等の社会問題の多くは、一人一人の「得をしよう、楽をしよう」という自己中心的な意識によって引き起こされます。例えば、皆がクルマに乗って「楽」をしたいと考えることで大量の CO_2 が排出されたり、道路が渋滞したりします。社会心理学では、こうした公益と私益とが対立する状況を「社会的ジレンマ」と呼びます。当研究室では、都市や交通における様々な問題を引き起こす社会的・心理的メカニズムを分析するとともに、その根底にある社会的ジレンマ状況を緩和・解消するための施策を考え、それらを社会に提案していく研究活動を行っています。方法論としては、心理学的調査、統計データ解析、フィールドワークや事例研究、制度分析など、多様な手法を取り入れ、各問題に対し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

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

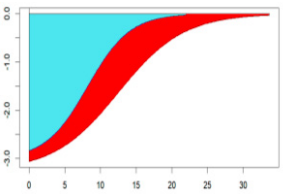
都市や地域、さらには国家や世界の問題を解決する上で、現実に社会で生きている人々の「健全な精神的資質」が必要とされることは少なくありません。いくら法制度を整え、資金を集め、新しい技術を開発しても、それらを運用する「人間」に道徳性や倫理性、問題解決を目指す活力、冷静なバランス感覚などがある程度備わっていなければ、望ましい結果は得られないためです。しかしもちろん、「よき精神」「よき態度」「よき感覚」がどんなものであるかは簡単には定義できず、それらを獲得する方法も単純ではありません。そこで当研究室では、たとえば地域に対する愛着や宗教的情操が社会問題の解決を促し得るか否か、そして政治への無関心、ポリティ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

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

●教授: クルーズ, アナマリア
●Prof.: Ana Maria CRUZ

自然と産業の複合災害の分析：レジリエントな社会の実現に向けて

自然災害が引き金となって産業災害が発生するようなかたちの複合災害は Natech と呼ばれています。当研究室では、このような複合災害の物理的かつ社会経済的インパクトや、それらを軽減するための対策について、工学、経済学、社会学、災害リスクマネジメントなどの学際的な視点から、国際的なコミュニケーションの中で研究をしています。研究室の詳細はウェブサイト（www.natech.dpri.kyoto-u.ac.jp）をご参照ください。

研究概要

Natech リスクに対するレジリエンスの向上

産業施設の設計や建設段階において自然災害ハザードを考慮し安全を保証しようとする努力があるにも関わらず、自然災害はプロセス安全性やリスク評価に組み込まれておらず、結果的に緊急時の計画だけでなく、安全対策においても不十分な想定がなされる状況になっています。Natech 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マ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・管理し住民を守ることや、地域のレジリエンスを向上させることに繋がる事業継続を保証することを目指した広域かつ包括的な Natech リスクマネジメントフレームワークを提案します。

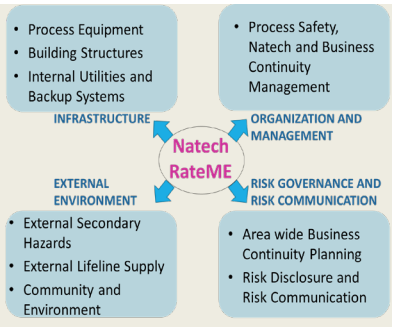


図 1. 広域型 Natech リスクマネジメントフレームワーク

Natech ハザードの動的リスク評価: ドミノ効果の場合

ドミノ効果は化学事故によって引き起こされる 2 次的な事故です。ドミノ効果は Natech をより危険で複雑なものにします。日本には、南海トラフ地震のように、多くの自然の脅威があります。そのため、Natech 事故やドミノ効果の防止のために、Natech リスク評価が必要です。本研究では、ベイジアンネットワークを用いた Natech のドミノ効果の分析手法を用いて事故が拡大する確率を求めます。さらに、2011 年の東日本大震災で発生したコスモ石油の火災事故をケーススタディとして、Natech のドミノ効果分析手法の提案を行なっています。

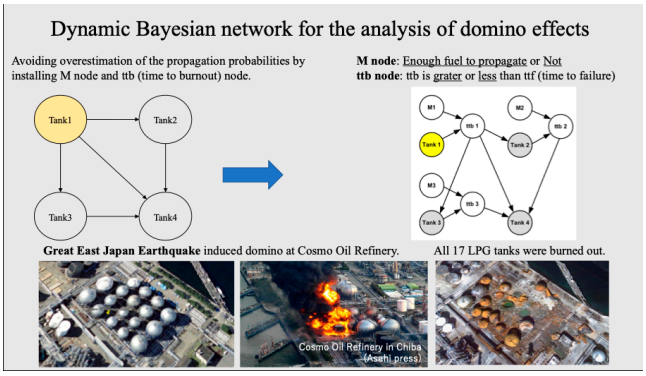


図 2. ドミノ式ベイジアンネットワーク

Natech のリスク情報に対する関心と住民のコミュニケーション行動

日本を含む多くの国では、地方自治体や住民に提供される化学事故の可能性に関する情報は限られています。Natech の脅威がある地域においては、近隣居住区域のリスクはさらに大きくなります。本研究では、問題解決の状況理論（Situational Theory of Problem Solving, STOPS）（Kim & Grunig, 2011）を用い、Natech リスクの情報公開に対するコミュニティの関心の要素を特定し、効果的なリスクコミュニケーションのためのガイドラインの作成を行なっています。図 3 は、STOPS モデルと大阪湾の工業地域近隣住民に対する調査を通して検証された仮説を表しています。

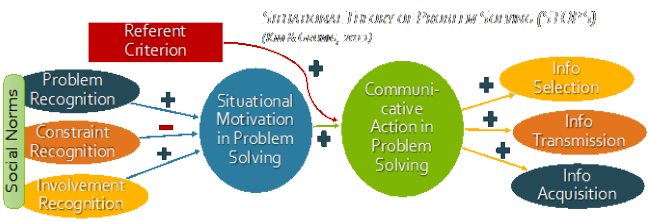


図 3. STOPS モデルの適用例

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：ｼｭﾎﾞｼﾞｬﾊﾃｨ ｻﾏﾀﾞｰﾙ　●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

人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シーを高めるためには，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整合的に評価し，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整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．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，被害を整合的に評価しうる経済分析モデルを構成する方法を構築することを目指しています．

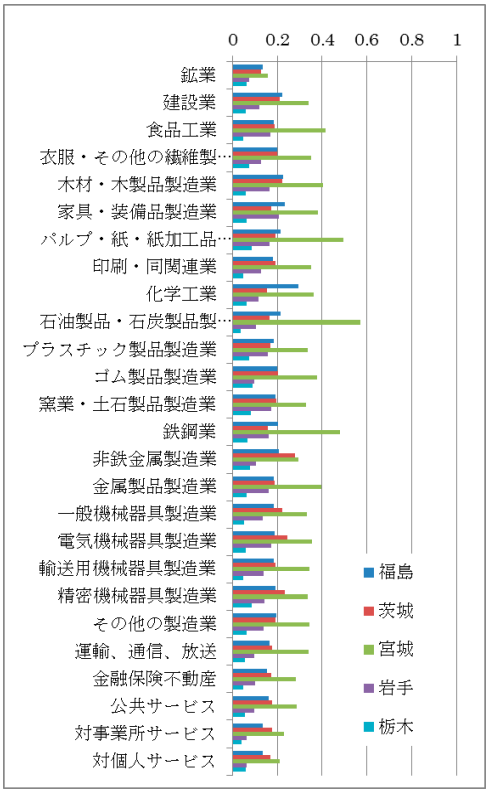


図-1　東日本大震災に伴う各産業の生産能力の低下状況の推計値（災害直後）：沿岸域に立地する産業の被害が特に宮城県で顕著である。

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。

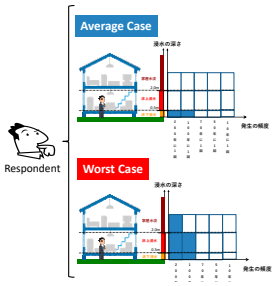


図-2　平均予測と最悪予測を提示して仮想的保険の購入選

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（強靭な）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　　●助教：中野　元太
●Prof.: Katsuya Yamori　　●Assistant Prof.: Genta Nakano

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・社会科学的な研究（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

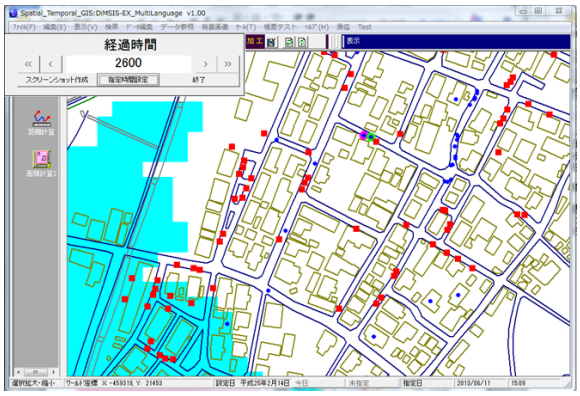
ICT を用いた新しい防災を目指して

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

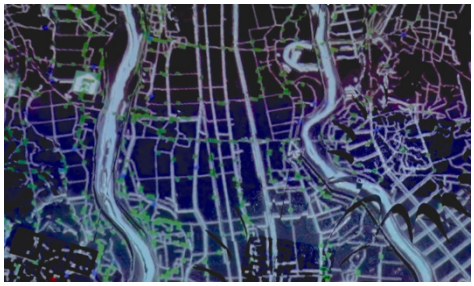
効果的な災害対応を実現するための情報システム開発手法に関する研究

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応えられていません。

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

2023 年 8 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/