

## 8. 部門・センターの研究活動



## 8.1 社会防災研究部門

### 8.1.1 部門の活動概要

#### (1) 部門の研究対象と活動方針

社会防災研究部門は、4つの専任研究分野（都市空間安全制御、都市防災計画、防災技術政策、防災社会システム）、寄附研究部門（防災公共政策）と1つの外国人客員研究分野（国際防災共同研究）から構成されている。部門全体のミッションは「社会の災害安全性向上のための総合防災に関する方法論の構築」であり、社会の変遷と災害の歴史を踏まえ、災害に強い生活空間、都市、地域、世界をめざし、長期的展望に立って総合防災研究のための方法論を構築することを目的としている。

#### (2) 現在の重点課題

##### 都市空間安全制御研究分野

- 1) 強震動予測のための地盤構造探査法の開発
- 2) 建築物の耐震性能評価法と被害率予測
- 3) 木造建築物の耐震補強法の開発

##### 都市防災計画研究分野

- 1) 都市大地震時の同時多発市街地火災の延焼予測手法の開発
- 2) 市街地火災による損害リスク分析
- 3) 火災リスク低減のための都市計画手法
- 4) 不均質震源を考慮した強震動予測手法の開発

##### 防災技術政策研究分野

- 1) 社会・環境変動と水循環・水災害の相互作用解析及び政策展開
- 2) 持続可能社会実現のための国際防災研究戦略

##### 防災社会システム研究分野

- 1) ライフラインの機能損傷が及ぼす経済被害の計量化に関する研究
- 2) 統合型災害リスクコミュニケーション支援システム (iFricSS) の開発

##### 防災公共政策研究分野

- 1) 国土構造や社会システムの脆弱性を考慮した災害リスクの評価方法
- 2) 総合的な防災・減災、社会防災力向上に資する公共政策立案の方法論

#### (3) 研究活動

##### 都市空間安全制御研究分野

「安全・安心なまちづくりのための技術と方法論の開発」をめざし、都市空間の大地震による発災リスクおよびインパクト評価法の研究とともに、安全

性と機能性を備えた質的に高度な生活空間を実現するための空間安全制御手法と耐震補強工法に関する研究を行っている。また、拡散波動場理論に基づく地盤構造探査法の研究や住民の安全に直接関係する木造住宅の耐震性能向上に関する研究を実施している。

##### 都市防災計画研究分野

都市防災計画のための地震危険度評価法の開発や都市に潜在する災害危険の評価および被害軽減対策に関する研究を推進している。

##### 防災技術政策研究分野

時空間モデリング、計算機集約型分析、リモートセンシングなどの領域における新技術を考究し、災害事象の監視・予測精度向上、リスクマネジメント・危機管理政策のための応用を目指した研究を行っている。また、地球規模から流域規模の社会・環境変動と水循環・水災害の相互作用を解析し、持続可能・生存可能な社会実現のための政策展開、国際防災戦略に関する研究も実施している。

##### 防災社会システム研究分野

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る。具体的には、空間応用一般均衡モデルを用いた地震による経済被害の計量化法の開発や、建設市場における信頼性確保のための制度設計に関する研究、参加型防災計画の支援のための情報システムの構築等を行っている。

##### 防災公共政策研究分野

財団法人国土技術研究センター（以下 JICE）からの寄附により、平成 22 年 5 月 1 日から 5 年間の予定で設立された。この研究分野は、地震や洪水等の自然災害対策について公共政策の効果を分析・評価し、効率的で持続可能な防災対策の立案および実施の方策について研究を行う。特に、国土構造や社会システムの脆弱性を考慮した災害リスクの評価方法、総合的な防災・減災に資する国土政策立案の方法論、並びに社会防災力向上のための公共政策に関する研究を行っている。

##### 国際防災共同研究分野

世界の災害を予測・制御するために、多面的な国際共同研究を行っている。

#### (4) その他の活動

研究者相互の情報共有を進め、部門会議を月1回行っている。また、年1回合宿を行い、学生を含む部門全員が参加して、研究発表・討議を行う機会を継続的に持ってきた。さらに、2001年以来、オーストリア国際応用システム分析研究所と共同して「総合防災に関する国際会議」を、2002年以来、国際斜面災害研究機構 (ICL) 及び国連教育科学文化機関 (UNESCO) と UNITWIN 研究計画を、2005 年以来「防災計画研究発表会」を毎年開催してきており、国内外に研究成果を発信してきている。2011 年(平成 21 年)には、総合防災国際学会を設立した。

### 8.1.2 研究分野の研究内容

#### ・都市空間安全制御

教授 川瀬 博, 准教授 松島信一

##### 研究対象と研究概要

阪神・淡路大震災や東日本大震災などの、地震による大災害は建築構造物の耐震安全性や都市における地震災害のリスク管理に関する研究の重要性を示している。当研究分野では、建築物と都市の地震災害管理に関する研究を総合的に行い、安全・安心な都市、まちづくりを目指した理論・実験・調査・観測による様々な研究を行っている。

まず、都市空間の地震リスク評価の観点から大地震が発生した際の地震動を精度良く予測する手法や実存する建築物の被害を予測する手法の開発に関する研究を行っている。また、実建築物の耐震安全性を評価する耐震性能評価法や合理的な耐震設計法の開発、建築物の健全度を調べるヘルスマonitoringの研究を行っている。さらに、近年の社会的な要請を踏まえ、保有設備を活用して、一般建築物、免震建築物等の微動観測と実大・模型建物の振動台実験を行い、その耐震性能の定量化手法を開発している。

これらの研究をもとに、建築物の集合体としての都市空間全体の耐震安全性を調べる都市リスク診断に関する研究を行い、より安全な都市空間を構築することを目指している。

主な研究課題は、以下の通りである。

#### (1) 地震動と建築物被害の予測手法に関する研究

・東北地方太平洋沖地震の観測記録と建築物被害の分析

平成 23(2011 年)年東北地方太平洋沖地震で観測された大加速度記録の生成原因について、震源特性、伝播経路特性、地盤特性などの要因に分解して分析し、解明を行っている。また、この地震では大加速

度が観測されたにもかかわらず、建物被害がそれほど顕著ではなかった。平成 7 年(1995 年)兵庫県南部地震の際に構築した被害予測建物群モデルを用いて分析を行い、モデルのチューニングをはかり建物被害予測の精度向上を目指している。

・地震・微動観測に基づく地下構造の推定と強震動予測

地震観測記録や常時微動観測記録を分析し、地盤構造の詳細な特性を精度良く把握する新しい手法を開発した。その手法の実用化に向けて、日本や海外における多くの地域で観測を行い、手法の確からしさの検証を行っている。この手法を用いて地盤構造を精度良く把握し、将来の大地震による地震動を高い精度で予測する。

#### (2) 建築物の耐震性能評価と設計法に関する研究

・免震構造物の衝突を考慮した構造物の安全性評価  
振動台実験と解析に基づき、免震構造物が擁壁に衝突した際の免震構造物の挙動を把握して衝突時にも安全を保てる設計法を開発している。

・実構造物の耐震安全性の検証

実構造物の常時微動観測記録や地震測記録から構造物の振動特性を把握し、将来発生が予測される地震による揺れに対する耐震安全性を向上させるための方法について提案・検証している。

#### (3) 建築物のヘルスマonitoringに関する研究

常時微動観測記録から実構造物が持っている耐震性能を評価できる方法を開発している。常時微動観測記録を用いることにより、耐震性能の変化を常時モニタリングすることが可能となり、実用的なヘルスマonitoringが可能となる。

#### (4) 一般木造建築物の耐震性能評価・耐震補強法の開発に関する研究

ローコストで効率的な新しい耐震補強法を開発し、振動台実験および応答解析により、その耐震安全性を評価している。また、実建物にこの新しい耐震補強を施した場合に、補強前と補強後に常時微動観測を実施してその補強効果を測り、その有効性について検証している。

#### (5) 都市空間の大地震による発災インパクト評価と都市リスク診断に関する研究

地震時リスクは原因となる地震ハザードと被害を受ける建築物の耐震性および棟数分布の時間的変化の影響を受ける。このため、地震時リスクの時間的挙動を考慮して、特定地域における被害発生リスクとそれによる発災インパクトを評価することにより、現行の耐震設計で用いられている地震動レベルを最適化する方法について検討を行っている。

## ・都市防災計画

教授 田中哮義

准教授 関口春子

### 研究対象と研究概要

都市に潜在する災害危険の評価および被害軽減対策に関する研究を行う。特に、

都市大地震時の同時多発市街地火災延焼予測手法の開発、火災損害リスク分析、および火災リスク低減のための都市計画手法

都市大地震火災時の住民避難における危険分析、避難性状予測および避難安全計画

歴史・文化都市の都市環境・景観の保存・創生と調和する都市防災計画手法

都市内の諸空間に於ける火災性状の予測手法ならびに火災時の煙制御・避難安全計画手法

地域防災計画のための地震危険度評価法開発に関する研究を行う。

#### (1) 物理的市街地火災延焼モデルの開発 (田中)

都市域大地震火災による被害の適切な評価、および火災被害軽減対策の効果の適切な評価の上で鍵となる物理的な基盤に立つ市街地火災延焼モデルの予測性能向上を進めた。当モデルの高速化を図ったことにより、50~60万棟の家屋・建築物を有する京都市規模の同時多発地震火災の延焼性状予測を通常のPCを用いて2~3時間程度で予測することを可能となった。また、一般の利用の便宜向上を図るため、延焼モデルの入出力をGISインターフェースを用いて行えるGUIの開発を進めた。

#### (2) 都市火災時住民避難モデルの開発 (田中)

大地震時などの市街地同時多発火災時の火災気流の影響を考慮に入れた都市住民避難モデルをポテンシャル概念に基づいて開発し、約130万人の避難が行われたと言われる関東大震災における住民避難の全体像を再現予測した。また、京都市周辺の各断層起源の地震発生の際の同時火災延焼と、その下での住民避難性状を予測することにより、京都市の地震火災延焼リスクと住民避難リスクの評価を行った。

#### (3) 文化遺産建築物・伝統的建造物群地区の地震火災リスクの評価 (田中)

開発した物理基盤の市街地火災延焼モデルとGISインターフェースを用いて、文化遺産建築物および伝統的建造物群地区の地震火災による焼失リスクを、周辺の市街地を含めた地区に対して延焼予測を行うことにより評価した。

#### (4) 火災リスクの概念を用いた性能的火災安全設計法の構築 (田中)

現在の建築物の性能的火災安全設計では、火災リ

スクの観点が欠けているため、アンバランスな設計となるものも少なくない。本研究では、火災リスクの概念を避難安全検証における設計火源として反映させることにより、建築空間の避難設計や備えられる防災設備の効果を合理的に評価できる避難安全検証の方法論を開発した。

#### (5) 京阪神圏の通勤者の時空分布予測手法 (田中)

地震など災害時の被害状況は発災時における人の分布状況により大きく影響される。そこで国勢調査など一般に入手可能なデータを用いて、京阪神圏における通勤者の移動に伴う人口の空間分布を予測する手法を開発した。

#### (6) 都市域の地震ハザードマップ (関口)

都市域を主たるターゲットとして、想定大地震による地震動予測計算を行い、地震動強さのマッピングを行った。対象地震・地域は、関東平野における相模トラフの大地震(関東地震)の予測や大正関東地震の再現、大阪堆積盆地における周辺活断層や南海・東南海地震の予測等である。

地震動分布を予測するには、想定大地震の断層破壊プロセスのシナリオを作成し、地下構造モデルを用いて大規模な地震動の数値計算を行う。断層破壊プロセスのシナリオの想定や、地震動の数値計算においては、地震学・地震工学の幅広い研究成果を考慮し、これを取り入れるための手法の開発も必要となるが、(独)産業技術総合研究所と共同で、断層破壊プロセスのシナリオ作成手法についての開発を行った。また、都市の広がる堆積平野の地震動評価の高度化のためには、堆積平野の形状や地盤の硬さの精度向上が必要であるため、大阪平野で上町断層帯に関する重点調査(京都大学防災研究所、京都大学理学研究科、(独)産業技術総合研究所)の一環として、総合的な地下構造調査・モデリングを行った。

## ・防災技術政策

教授 寶 馨, 准教授 山敷庸亮, 助教 樋本圭佑

### 研究対象と研究概要

時空間モデリングやリモートセンシングなどの領域における新技術を考究し、災害事象の監視・予測・軽減に応用する研究を行っている。また、グローバルCOEプログラム「極端気象と適応社会の生存科学」(拠点リーダー: 寶馨)を主導し、理工融合、文理融合の研究と博士課程教育を推進している。さらに、アジア太平洋地域における水文・水資源研究の我が国の国際的リーダーシップを確保し、今後の防災研究に繋がる広範な人的ネットワークを構築するために、ユネスコ国際水文計画(IHP)の活動を継続的に

リードしてきた。以下に、研究概要を示す。

(1) 流域水循環のプロセス解明，モデル化，予測に関する研究

地形・土地利用・降水などの空間分布情報を入力し，流域内部の様々な地点で水移動を再現・予測する分布型流出モデルの開発を継続的に進めてきた。淀川流域全域を対象とした広域分布型流出モデルを開発し，洪水氾濫リスクの解析と予測に関する研究を行っている。滋賀県の日野川，姉川，兵庫県の佐用川，インドネシアのチタルム川，ブラジルのアマゾン川も対象としている。

(2) 極端事象の統計解析と水資源管理政策

豪雨・洪水の年最大値などの極値データを収集し，その確率分布，頻度解析などを行っている。特に，近年，統計年数が100年を超える標本（データセット）が多数の地点で収集可能になってきたことから，従来のような確率分布を当てはめるパラメトリックな手法ではなく，観測データを直接使う経験分布によるノンパラメトリックな手法により確率水量を推定し，その推定精度をブートストラップ法で明らかにした。この手法を気候変動問題に適用する方法も提案している。可能最大降水量，可能最大洪水などの推定法を提案し，上記の頻度解析手法と組み合わせ，水資源管理の計画や政策への応用を取り扱っている。

(3) 3Dモデルによる琵琶湖における湖水流動・水質解析

琵琶湖における将来の水温・水質変化を予測するために，三次元流動水質解析モデル Biwa-3D を改良し，琵琶湖の現在気候および将来気候での水温場やクロロフィル a，溶存酸素濃度を含む水質予測にモデル適用を行なった。空間解像度は，温度場・水質項目全てにおいて水平方向 500m および 250m，鉛直方向 2m とし，気象条件として現在気候においては AMeDAS 観測値，温暖化シグナルを用いた将来気候実験には MRI-GCM20 で予測される気温にバイアス補正を用いている。将来の琵琶湖においては水温成層が現在より 5m 以上厚くなり，また冬期における溶存酸素濃度の低下が指摘された。

(4) クロアチアにおける洪水・土石流予測とハザードマップ

山岳地域のフラッシュフラッドの特性を把握するため，クロアチアの三つの山岳流域に対して気象水文パラメータ観測用のステーションを設置し基礎データ取得を行い，またこれらの流域に対する洪水・土石流予測のために Hydro-Debris モデルを開発し，宇治川オープンラボラトリーにおける土石流実験と

Hydro-Debris モデルの比較を経て，クロアチアの三つの山岳流域に対して Hydro-Debris3D モデルを適用し流出土砂解析を進め，ハザードマップの準備を行なった。

(5) 火災と文化財保護に関する研究

木造密集市街地で発生する大規模火災の延焼性状を，従来とは一線を画する物理的な知見に基づき定式化した数値シミュレーションモデルを開発した。また，同モデルを用いたモンテカルロシミュレーションを行うことで，各種防災対策の効果を定量的に評価するための手続きを整備した。こうした成果をもとに，歴史都市・京都の木造密集市街地に立地する複数の文化財建造物について，地震火災によって焼失するリスクを評価すると同時に，有効な防災対策のあり方について検討を加えた。このほかにも，重要伝統的建造物群保存地区に指定される与謝野町加悦地区，世界文化遺産に指定される韓国河回村など，いくつかの歴史的町並みの防災計画の立案を行った。

### 防災社会システム

教授 多々納裕一，准教授 畑山満則

#### 研究対象と研究概要

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た。この際，情報・組織論的なアプローチと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索している。また，この防災システムを支える情報処理基盤となりうる時空間データベースに関してコンピュータ処理と社会環境への適用の両面からの検討を行い，情報化社会における新たなインフラと考えられる空間情報を用いた独創性の高い防災情報理論の確立を目指している。

主要な研究テーマは以下である。

1) 国際重要インフラの災害リスクガバナンス戦略

本研究では，港湾や空港などの国際物流のハブ機能を有する国際重要インフラに着目し，その災害リスクガバナンスに関する研究を実施している。国際物流ネットワークを健全に育成しつつ，適正に管理していくためには国際的なガバナンス体制の構築が急務となっている。国際重要インフラの機能喪失は，ネットワークや市場を介して直接被災していない国

や地域の生産性をも低下させ、広域的に被害を波及させるといふカスケード効果を持つ。さらに、大規模災害などによる機能喪失が長期に及べば、物流ネットワークそのものが変化し、地域の産業構造や都市構造をも変化させるほどの長期的な影響を引き起こすという特徴を持つ。空間的応用一般均衡アプローチによる港湾の機能停止の国際経済への影響分析、相互依存的な重要インフラの防災投資に関する意思決定のゲーム分析を実施した。

2) 自然災害による産業部門への経済的影響の評価  
産業部門においては、災害時に早期の復旧を実現し被害を最小限に食い止めることが重要である。そのためには、事前の防災投資に加えて、事後の復旧対応とそれを事前に取り決めておく事業継続計画(BCP)を準備し、レジリエンシーを高めることが必要である。災害後の復旧過程で生じる産業部門の被害を評価することは、その被害を軽減化するための代替案の費用便益分析を行う上で不可欠な計画情報となる。

本研究では、災害時の産業部門の復旧過程に着目し、その過程の中で生じる被害の総額を評価する方法論を示した。

3) 時空間処理と自律協調型防災システムの実現  
本研究は、阪神淡路大震災を契機に提案した被災時にも確実な動作を実現するための「リスク対応型地域管理情報システム」の概念と、その実現のために継続的に開発してきた時空間情報処理をさらに拡張し、地域の生活に安心感を持ち、我が身の安全を実感できるようにするための情報システムを実現することを目的としている。対象地域において、安全安心と地域活性化に関するニーズ分析を行い、時空間情報基盤技術、自律分散型情報連携技術、リスク対応型自治体システム構築技術、広域モニタリングと環境計測技術の開発した。さらに、安心安全情報システムの定着化プロセスについて考察を行った。

#### その他の活動

土木学会、情報処理学会、GIS学会等の領域において、総合防災の進展に不可欠な研究啓蒙活動や共同研究を展開してきた。例えば、土木学会土木計画学研究委員会の中に、地域防災システム研究小委員会を設置し、その運営に当たってきた。これと連動し、平成18年からは防災計画研究発表会を定期的に開催している。

平成13年より行われている総合的な災害リスクマネジメントに関する国際フォーラム(Forum on Integrated Disaster Risk Management)の運営においても中心的な役割を担い、これを母体とした国際総合

防災学会(IDRiM Society)の設立にも貢献した。

GCOE-HSE(アジアメガシティにおける人間安全保障工学)プログラムにおいて災害リスク管理に関する研究領域を形成し、インドムンバイを拠点とした研究を推進した。

## V. 防災公共政策

### (寄附部門：国土技術研究センター)

特定教授 安田成夫、特定准教授 梶谷義雄

#### 研究対象と研究概要

当研究分野は、地震・水害・火山噴火等の様々な災害を対象に被害軽減に役立つ公共政策の立案・実施方針に関する実践的研究を行うことを目的としている。災害による被害形態は、国土構造や社会基盤の脆弱性だけでなく、国や地域の社会システムの脆弱性にも大きく依存する。これらの要因間の影響を考慮したリスク評価の実施と被害の発生・拡大を防ぐハードとソフト両面の公共政策の立案を行うことが重要となっている。これに関連して、平成22年度は、防災研究所内の研究資源と連携し、国土政策にかかわる最新の公共政策ニーズを反映した総合的な防災・減災に関する研究、設計された政策の社会実装を目指した実践適応科学に資する以下の主要研究テーマに取り組んだ。

1) 国土構造や社会システムの脆弱性を反映した災害リスクの評価方法に関する研究

国際経済と密接な関係が構築されている我が国において、国際物流におけるトラブルが我が国の社会経済に及ぼす影響を看過することは出来ない。マラッカ・シンガポール海峡は、東アジアにとって国際物流の大動脈であり、我が国の経済にとって生命線となっている。それらが大規模な自然災害あるいは事故災害に見舞われた場合のアジア地域における社会経済影響について研究を実施した。平成22年11月の「Workshop on Risk Governance of the Maritime Global Critical Infrastructure」を巨大災害研究センターならびにスイスに本部をおく International Risk Governance Council と共催した。その後、東アジアに位置する日本・中国・韓国との regional cluster meeting、さらにはこれら三国とマレーシア、シンガポールによる regional cluster meeting の開催に向け、相互の情報共有を目指したネットワーク作りに取り組んだ。

2) 総合的な防災・減災に資する公共政策立案の方法論に関する研究

平成22年4月にアイスランドで噴火した火山の火山灰が、欧州の航空業界に及ぼした影響はかなり深

刻な問題であり、人の移動が阻害されただけではなく、火山灰による運航規制に伴い経済的被害が生じた。我が国は火山地帯に位置しており、国内のみならず国外周辺の大規模な火山噴火が予想される。一方で、火山灰に対する航空への影響に関する検討は未整理である。平成 22 年 10 月に、アイスランドの火山噴火による社会経済的影響を調査するとともに、平成 22 年 11 月にアイスランドを始め、英国、独国のそれぞれの分野の専門家を招聘してのミニセミナー「International Mini-Seminar on Icelandic Volcanic Eruption and Impacts on Aviation Systems: Hazard, Socio-Economic Impact, and Global Risk Governance」を開催した。今後、桜島をフィールドとした、大規模噴火による経済的影響に係る共同の研究会等を設立する。

### 3) 社会防災力向上のための公共政策に関する研究

本研究は地域コミュニティの再生、地域全体の業務継続計画をキーワードとしている。宇治市内と久御山町に広がる工業団地の地元企業と研究者、行政がパートナーシップを組んで、京都フェニックス・パーク地域企業防災 DCP モデル開発研究会が立ち上がった。防災公共政策分野もこの研究会に参画し、先進事例を共同で学ぶとともに、当該企業の BCP 作りと、それを企業団地等の地域レベルに格上げした DCP モデルを開発するために協働的な実践的研究を試行し、さらにその研究成果を社会へ還元するための活動を行った。

#### その他の活動

上記研究活動以外にも、研究企画推進室に委員として参画している。公共政策を立案するうえで防災研究所内の各研究分野の連携は効率性の観点においても重要であり、防災公共政策分野として研究企画推進室への関わりは、研究の推進にとって大いに期待される。また、当研究分野のキックオフミーティングとして、防災公共政策シンポジウムを 11 月 30 日に黄檗ホールで開催し、防災に関わる官民の関係者を交えた議論を行った。

## 8.2 巨大災害研究センター

### 8.2.1 センターの活動概要

#### (1) センターの研究対象と活動方針

東日本大震災（2011年）の発生に伴う危機的状況の継続に、地球温暖化の進行による極端気象現象の頻発（集中豪雨の多発・激化、豪雪の発生や台風、ハリケーンの強大化など）が加わり、現代社会は激動期を迎えている。特に先進国での近年の急激な社会構造の複雑化・高度化や途上国での急激な都市化や海岸への人口移動は、自然現象の影響をさらに拡大化させ、アメリカ合衆国における平成17年（2005年）のハリケーン・カトリーナや、平成16年（2004年）のインド洋大津波などの巨大な自然災害の発生をもたらしてきた。そこでは、自然災害の性質ばかりでなく、人的要因によって被害が連鎖的に拡大して社会に未曾有の衝撃を与える構図が見えている。したがって、自然科学と社会科学の学際融合型の継続的共同研究体制が必須であり、それによって初めて総合的な減災システムの構築が可能となる。

#### (2) 現在の重点課題

当センターの重点的な研究課題は次のとおり、

- 1) 阪神・淡路大震災など大災害の復興課程の追跡調査と被災者の生活再建
- 2) 東海・東南海・南海地震と津波災害を視野に入れた広域巨大災害の被害評価と減災策
- 3) 首都直下地震の減災策
- 4) 適応的災害マネジメントシステムの開発
- 5) 災害リスクの経済評価研究
- 6) 防災教育や災害リスクコミュニケーション
- 7) 防災研究のアウトリーチ
- 8) 参加型地域防災に関する実践研究
- 9) 東日本大震災に関する研究である。

#### (3) 研究活動

巨大災害研究センターでは、これらの研究をさらに発展させ、3つの柱、すなわち巨大災害過程（Information and intelligence）、災害情報システム（Preparedness and Societal Reactions）、災害リスクマネジメント（Disaster Risk Management）を構成して研究の推進を図っている。これらの研究分野において、専任教授3名、准教授2-3名、助教1名は、本学の工学研究科、理学研究科、情報学研究科にそれぞれ協力講座の形で所属しており、常時、20名程度の修

士・博士課程の大学院生の研究指導を実施している。なお、これ以外に国内客員教授、准教授各2名、外国人客員教授1名の定員の他、現在、非常勤講師3名、学内研究担当教官若干名によって共同研究を実施してきている。

特に特筆すべきは平成7年に発生した阪神・淡路大震災に関する調査研究であって、これに関する当センター専任教官による自然・社会科学分野の論文、報告が平成22年3月までに650編以上発表され、招待講演は延べ数百回に達している。

さらに、過去3年間だけでも、2008年中国四川大地震、2008年岩手・宮城内陸地震などでの災害調査を主体的に実施してきた（2011年東日本大震災についても、センターをあげての研究を実施中である）。とくに阪神・淡路大震災では、発生直後の緊急対応期から復旧・復興期の全過程について組織的研究に取り組んできた。この間、当センター所員は、政府の関係機関はもとより被災あるいは近隣自治体の地域防災計画策定委員会などに積極的に委員長・委員として参加し、また、多くの講演会、シンポジウム、ワークショップの企画・運営さらに招待講演の形で研究成果の社会への還元を図っている。

#### (4) その他の活動

さらに、当センターで実施している活動は、

1. 地域防災計画実務者セミナーの実施
2. 国際防災総合学会の実施
3. 災害対応研究会の開催
4. 国際重要インフラに関する国際学会の実施
5. 比較防災学ワークショップの実施
6. 「災害を観る」ワークショップの隔年実施
7. 巨大災害研究セミナーの開催（隔月）などである。

### 8.2.2 研究領域の活動概要

#### ・ 巨大災害過程研究領域

教授 河田恵昭(～平成20年), 矢守克也  
(平成21年～), 准教授 矢守克也(～平成  
20年), 助教 鈴木進吾

領域の研究対象

実践的な防災学の構築:

巨大災害に対する総合減災システムの確立と実践  
的防災学の構築をメインミッションとして, 安全・  
安心な社会を実現するために, 巨大災害による被害  
を軽減するための研究を社会科学・自然科学を融合  
して行っている。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, 減災  
文化のあり方を提案し, 真に「実践的な」防災学と  
は何かを探っている。また, 災害に対する都市や社  
会の脆弱性, 防災力, また, 異常な自然力の発生と  
それに対する社会的反応について定量的ないし定性  
的に評価する方法を開発している。

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  
十分である。代わって, 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・技術も含まれる  
- 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学術的視線  
(「防災人間科学」)を, 防災学はもつ必要がある。

本研究室では, ワークショップ, ゲーミング, 科  
学教育(アウトリーチ)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  
体的で実践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)を, 理  
論的かつ学術的に確立することを目指している。

持続的な防災教育と減災文化の形成:

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する。また災害は, 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る。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, 防災教育やアウト  
リーチ活動を通じて, 減災文化の形成に不断に取り  
組んでいくことが必要となる。このような社会を実  
現するために, 本領域は, 総合的な減災学を確固た  
る学術的領域として構築し, 世の中に浸透させるた  
めの研究を行っている。

以上に関する研究・実践の成果は, この3年間だ  
けでも, 「夢みる防災教育」(晃洋書房), 「防災人間  
科学」(東京大学出版会), 「アクションリサーチ: 実  
践する人間科学」(新曜社)などの単行本(書籍),  
50本以上の学術論文, 100件以上にのぼる多数の新  
聞記事, テレビ・ラジオ報道などにより, 広く社会  
に発信され, また利活用されている。

現在の主な研究テーマ

個別具体的な研究課題は, 以下の通りである。

- 1) 突発災害調査と被災地に対する支援活動をベ  
ースにした実践的被災地研究, 災害復興研究(四川  
大地震, 東日本大震災など)
- 2) ゲーミング技法を中心とした参加型の防災教  
育・訓練技法の開発研究(防災ゲーム「クロスロ  
ード」の開発と実践的運用, 評価など)
- 3) マスメディアを中心とする災害リスクコミュニ  
ケーションに関する研究
- 4) 内陸地震観測に関する「満点計画」と連動した防  
災教育とアウトリーチに関する研究
- 5) ナラティブ研究, アクションリサーチ, 社会構成  
主義など, 最新の社会心理学と防災研究との融合  
研究
- 6) 防災教育・減災教育に資する教材, ツール, カリ  
キュラム, 手法開発に関する研究
- 7) 地域住民, 行政(自治体), 専門家, マスメディ  
アなど多様な関係者の一体的協働に基づく防災  
実践に関する実践的研究とネットワーク形成。

## ・ 災害情報システム研究領域

教授 林 春男, 准教授 牧 紀男  
領域の研究対象

社会現象としての災害の学理の究明と効果的な災  
害対応・危機対応の実現を目指した現場でのデー  
タ収集を重視した実証的な研究を行っている。災害  
対応・危機対応を情報処理過程としてとらえ, 災害  
によって創られた新しい現実への個人や社会レベ  
ルの適応を検討している。

災害や危機が発生すると, 人々は新しい現実にお  
ける振るまい方を学び, 自分の位置付けを受け入れ  
られる過程が必要になる。災害対応・危機対応とは,  
個人, 社会が新たな現実をどのように認識し, 対応  
していくのかという情報処理過程としてとらえられ  
る。本研究分野では災害による人々の苦しみの軽減  
を目標として, ISO/TC233 による Incident  
Preparedness and Operational Continuity Management  
の枠組みにもとづいて, 1) リスク評価, 2) 戦略計  
画策定, 3) 標準的危機管理システム, 4) 研修訓練,

の4側面から研究を行っている。具体的な研究テーマは以下の通りである。

- 1) リスク同定・評価手法 (Multi-hazard Risk Identification and Assessment)
- 2) ハザードマップ (Hazard Map)
- 3) 参画型戦略計画 (Participatory Strategic Planning)
- 4) 危機対応計画策定 (Emergency Planning)
- 5) 災害時の情報処理システム (Disaster Information System)
- 6) 災害時の組織運営 (Incident Management System)
- 7) 災害対応業務の標準化 (Standardization of Emergency Operations)
- 8) 人材育成システム (Human Resource Development System)
- 9) 防災に関する啓発・教育 (Risk Communication & Education)

現在の主な研究テーマ：

- 1) 地理空間情報を用いた効果的な災害対応の実現に関する研究 (林 春男, 牧 紀男)

2011年東日本大震災の災害対応において、発災直後に内閣府にEMT(緊急地図作成チーム)を立ち上げ、電子地図作成を行い、作成した地図をインターネット上に公開した。また、同様の活動を岩手県庁災害対策本部においても実施し、地図作成に加え、災害対応の全体像の把握を可能とするマトリックス図の作成を実施し、こういった活動は効果的な災害対応を実施する上での鍵となる「状況認識の統一」を行う上で有用であったという評価を得ている。

- 2) 効果的な生活再建支援を実施するための被災者台帳システムの構築に関する研究 (林 春男)

災害復興の鍵となる個々の被災者の生活再建支援を効果的に実施するための被災者台帳システムの実証研究を、東京都を事例として実施した。また、本システムは岩手県においても、東日本大震災の被災者支援のために実際に利用され、被災者支援のため有効に機能している。

- 3) 事業継続の観点に基づく実践的な危機対応マニュアルの開発・運用に関する研究 (林 春男)

大阪市水道局、橿原市、NEXCO 西日本との共同研究等を通して、プロジェクトマネジメントの枠組みに従って、実践的な危機対応マニュアルの作成を支援する業務分析・記述ツールを開発した。さらに、その成果をISO基準に従ってマニュアルとしてまとめる手法の開発と、その品質の継続的な改善のための訓練法を開発した。

- 4) 災害・危機事案に関するデジタル・ニュースデータベースの構築と活用手法の研究 (林 春男)

社会現象としての災害を記録する基礎データとして、Webを通して配信される災害や危機事案に関するニュースのデータベース化を行っている。2011年

東日本大震災も含め、主要な災害・危機事案については、解析結果を防災関係者に配信して、災害対応時の状況認識の統一に役立つと評価を得ている。

- 5) 将来を見据えた防災・復興計画策定のための地域類型手法の開発に関する研究 (牧 紀男)

日本における人口減少社会の到来を見据え、将来人口を考慮した地域類型策定手法の開発を行った。本手法を用いて、近い将来発生が予測される東海・東南海・南海地震、首都直下地震の被災想定地域の将来人口を考慮した地域類型を行い、防災・復興計画策定の基礎情報の構築を行った。

## ・ 災害リスクマネジメント研究領域

教授 岡田憲夫, 准教授 横松宗太

領域の研究対象

- 1) 分野の研究対象と方針

自然災害、環境災害などの災害リスクに対して有効な戦略を打ち立てていくためには、災害マネジメントの方法論の構築とその実践的適用の研究を進めることが必要である。災害リスクマネジメント研究領域では、災害が起こる前の対応(施設整備、災害保険・基金、災害への社会の備えと防災力の向上など)を特に重視するが、併せて災害が起こった場合の危機管理や災害からの復旧・復興過程の戦略についても総合的な観点から研究を行っている。

- 2) 研究概要

- (1) 総合的な災害リスクマネジメントの戦略論に関する研究

災害のリスクマネジメントの方法は、災害リスクの「コントロール」と「ファイナンス」に大別される。これらの災害リスクマネジメントのための施策をいかに組み合わせ、有効な戦略を導くかという政策分析を支援する概念モデル (Vital System Model, Pagoda Model) の構築やその具体的適用の方法に関して研究を行っている。長期的な時間軸の下で、持続的に複合的な災害に取り組んでいくためのアダプティブマネジメントの方法論の開発に関する研究もしている。

- (2) 安全で安心なまちづくりのための参加型リスクマネジメントに関する実証的研究

地域や都市、コミュニティの安全・安心の質を総合的に高めていくためには、市民を巻き込んだ参加型のリスクマネジメントが不可欠である。そこで当研究室では近隣コミュニティなどを対象に、都市・地域の安全・安心の質に関わる多元的なリスクのマネジメントに関する多面的かつ実証的な研究を行っている。

### (3) カタストロフ性を考慮した防災投資の便益評価の方法の開発

伝統的に防災投資の経済便益は期待被害軽減額によって評価されてきた。しかしその方法は災害リスクが有する同時性・巨大性というカタストロフリスクの特性を十分に評価できないという限界がある。本研究ではカタストロフリスクに対応した災害保険市場を定式化し、その市場において防災投資の便益を評価するという新しい方法を提案する。それによって、防災投資によるカタストロフ性の軽減効果を計測することができると同時に、防災投資に代表されるリスクコントロール手法と、災害保険に代表されるリスクファイナンス手法を組み合わせた総合的なリスク管理体系を評価することが可能となる。また、被災家計の住宅再建資金の調達に借入制約が課されている状況において保険や政府補償がもつ流動性供与の価値や、防災投資が不可逆的な住環境の喪失リスクを軽減する価値についても導出している。

### (4) 社会的合意形成過程に関する研究

いかに、理想的なマネジメントの方策が立案されようとも、その施策を実現していくためには、その実施に対して社会的な合意を形成していくことが不

可欠である。当研究室では、社会的合意が達成されるプロセスを個々の主体が自己の利益の最大化を目指してゲームを行う結果、自発的に協力関係を形成される過程として捕らえる。さらに、分権的・自発的に協力関係が形成されるようなルールに関してゲーム論的な解析を行っている。この過程において情報の非対称性が重要な役割を果たすことに着目し、不完備情報化の交渉や交渉結果が不変となるような選好の構造についても検討を加えている。また四面会議システム技法などを開発・適用し、参加型意思決定の方法論の構築も行っている。

### (5) 国際的災害リスクガバナンスの方法論と理論モデルを用いた政策論に関する研究

国際的な社会基盤であるマラッカ海峡などが大災害・事故に遭遇するリスクなどを考慮して、アジアを中心にした国際港湾・海運施設などのネットワークを国際的な重要社会基盤とみなしたリスクガバナンスの方法論に関する研究を行っている。また国際的な災害援助政策のためのリスクガバナンスのメカニズムの制度設計に資する経済学的モデル研究も行っている。

## 8.3 地震災害研究部門

### 8.3.1 部門の活動概要

#### (1) 部門の研究対象と活動方針

地震災害研究部門は、地震の発生 地震波の伝播 強震動の生成 地盤・構造物基礎の動特性 構造物の地震時応答 耐震設計・施工という、地震災害・防災に関わる主要研究課題に対して、理学および工学的アプローチを融合することによって科学的かつ総合的研究を推進する。その目的の為、本部門は、以下の3研究分野（強震動，耐震基礎，構造物震害）で構成されている。

#### (2) 現在の重点課題

強震動研究分野では、発生確率の高いプレート境界巨大地震である東南海・南海地震によって近畿圏をはじめとする人口集中域がどのような地震動に見舞われるかを定量的に予測すること、また、これまでの知見から、西日本地域においては東南海・南海大地震に先行して、活断層に関係した内陸地殻内地震が頻発する可能性があることから、そのような都市直下の地震による強震動特性を精度よく予測することを重点課題としている。

耐震基礎研究分野では、強震動の特性を把握し耐震設計用の入力地震動を設定、地盤と構造物の非線形震動特性の解明および新たな耐震・制震構造の研究に重点をおいている。

構造物震害研究分野では、表層地盤や地盤 - 構造物連成の影響による地震動増減幅特性の定量化を通じて、建物、都市基盤諸施設に作用する入力地震動とその地震応答特性を適確に把握した上で、安全性、損傷性、機能性等の多段階性能要求に応えうる耐震設計・施工法を構築するとともに、実効力の高い既存都市施設の脆弱性診断法やその再生技術を開発することに重点をおいている。

#### (3) 研究活動

強震動研究分野では、強震動の予測をするための震源モデル及び地下構造モデルを高精度化するため、大地震の震源過程の解析、不均質震源特性と広帯域強震動の関係解明、特性化震源モデルの高度化、長周期地震動の伝播特性、大地震時の地すべり地域の危険度評価、表層地盤における地震動伝播・増幅特性などの研究を進めている。

耐震基礎研究分野では、地震動の発生・伝播メカニズムの研究、構造物の耐震性能の研究、次世代耐

震化技術の研究などを進めている。

構造物震害研究分野では、構造機能維持および早期復旧を可能にする建築構造システムの構築、中高層建築物の大幅な重量軽減を目的としたプレストレスト集成材床スラブシステムの技術開発、ソケット基礎に関する研究、RC杭の破壊が構造物応答に及ぼす影響、既存杭が新規杭の鉛直支持力に及ぼす影響等に関する研究を進めている。

また部門においては、部門内外の研究者とともに国内外の被害地震の調査等を行っている。

#### (4) その他の活動

地震災害軽減や、地震現象の理解に関する社会への啓蒙活動を、国・地方自治体等の地震調査研究や地震被害想定に関する委員会、関連学会での各種委員会、講習会等を通じて行っている。

また、本部門の教員が核となって、地震災害研究に関する理学、土木工学、建築学の研究コミュニティの連携を図るため、平成18年度から毎年行っている研究集会を継続した。被害地震に関する調査研究報告、最新の研究について、特に若手研究者に話題提供をしてもらって、情報共有を図っている。

## 8.3.2 研究分野の研究内容

### ・強震動

教授・岩田知孝，准教授・松波孝治，助教・浅野公之，非常勤講師：福山英一（防災科学技術研究所，平成 20 年度），干場充之（気象研究所，平成 21～22 年度），研究担当：釜江克宏・上林宏敏・川辺秀憲（原子炉実験所）

#### (1) 研究対象と研究概要

災害に強い都市づくりをめざして，都市の地震災害に対する脆弱性を定量的に評価することを目的とした強震動予測の高精度化に関する研究を進めている．

・大地震の震源インバージョン解析に関する研究（浅野公之）

強震記録を用いた運動学的な震源インバージョン解析によって，大地震の詳細な震源破壊過程を推定した．2008 年岩手・宮城内陸地震を主な研究対象とした．小地震記録のフォワードモデリングによる観測点個別の一次元速度構造モデルを推定し，そのモデルによって計算されたグリーン関数を用いることで断層破壊過程推定の高精度化を進めるとともに，震源断層の三次元形状をすべり分布と同時推定する新しい震源インバージョン解析手法を開発した．

・不均質震源特性と広帯域強震動生成に関する研究（浅野公之・岩田知孝）

断層破壊過程の不均質性は断層近傍の強震動特性を支配している．このため，不均質震源特性の抽出と，不均質性と広帯域強震動の関係についての研究を行っている．1982 年及び 2008 年茨城県沖地震を対象に，経験的グリーン関数法を用いた広帯域強震動シミュレーションを行い，それぞれ 1 つの強震動生成領域からなる震源モデルが同定された．この領域は長周期地震波形を使った波形インバージョンによるすべりの大きい領域に対応しているが，1982 年と 2008 年の強震動生成領域は応力降下量や破壊様式が異なり，空間的にも重なっていない可能性を示した．スラブ内地震である 2009 年駿河湾地震の震源モデル化では，震源が相対的に浅いために従来のスラブ内地震に比べ応力降下量が小さいことを明らかにした．

これまでに実施した内陸地殻内地震の震源インバージョン結果を整理し，アスペリティの応力降下量とアスペリティ深さに相関があることを見出し，強震動予測においてアスペリティの応力降下量を設定するための経験式を提案した．

・特性化震源モデルの高度化に関する研究（岩田知孝・浅野公之・釜江克宏）

既往の地震の震源モデルの分析から，将来発生する地震の強震動予測において震源近傍域の強震動特性を表現するため，震源断層モデル化手法の高度化を進めた．内陸地殻内地震のスケーリング則を調べ，応力降下量の大小は応力蓄積速度の大小といった地震発生環境とは第 1 義的には関係していないことを示した．

スラブ内地震の強震動予測のための特性化震源モデル構築方法のプロトタイプを提案し，その震源モデルの妥当性の検証を継続した．長大活断層帯において複数のセグメントが活動する地震に対して，活断層研究の成果を組み合わせ，強震動予測のための特性化震源モデル構築手法を提案した．

・長周期地震動の伝播特性に関する研究（岩田知孝・浅野公之・上林宏敏・川辺秀憲）

今後の発生確率の高い東南海地震・南海地震などのプレート境界巨大地震時に，長周期地震動が卓越する大阪堆積盆地における長周期地震動特性の分析を行った．大阪堆積盆地の速度構造モデルを直接観測地震波形のモデル化を通じて検証改良するため，波形インバージョン手法を開発し適用した．既往のモデルの改良を進めることができた．今後，地震記録の拡充を踏まえてモデルの高度化と長周期地震動予測の高度化を進めていくことができる．

また，西日本において，長周期地震動が卓越する可能性のある大規模堆積盆地として大分平野（盆地）を抽出し，想定南海地震時の長周期地震動シミュレーションを行った．破壊様式の違いによって震動の特徴が変わることや，昭和南海地震のような紀伊半島沖から破壊がはじまって西に破壊が進む場合には，大きな長周期地震動に襲われる可能性を指摘した．

長周期地震動に資する全国版地殻・地盤速度構造モデルが構築されてきたている．この速度構造モデルの妥当性検証のため，地震波干渉法を用いた観測点間グリーン関数の構築と速度構造モデル検証法についての研究を開始した．

・大地震時の地すべり地の危険度評価に関する研究（松波孝治）

大地震時の強震動により誘発される地すべりや誘発された地すべり地の危険度評価をすすめるため，2008 年岩手・宮城内陸地震時に生じた荒砥沢地すべりをテストサイトとして余震観測を行った．地すべり斜面上の速度計による観測では，余震の S 波主要動部分で地盤のステップ状の傾斜と上下運動による周期数百秒の長周期震動に対応すると考えられる記録が得られることがあった．傾斜は本震により誘発した山塊（約 500m×600m）の乗り上げ運動の方向と

は逆方向の動きであった。また、この地点での地震動増幅特性は移動山塊の共振による顕著なピークを1Hz 付近に有していた。本震時に移動した山塊は別の山塊にぶつかり乗り上げるようにして停止したが、余震により共振し、時に強い揺れの場合には傾斜、上下運動を起こしながら更に安定な状態へと向かっていることがわかった。

・表層地盤での地震動伝播・増幅特性に関する研究(浅野公之・岩田知孝)

京都盆地南東部の京都大学宇治構内に設置している三次元小スパンアレイ地震観測システムや京都市内のリニアアレイ強震観測網による地震動観測を継続した。また、2008年岩手・宮城内陸地震において重力加速度の約4倍もの大きな鉛直動が観測されたサイトを対象に、本震前後の表層地盤モデルを同定し、極大地震動がもたらした非線形化に伴う地震波速度低下をS波速度のみならずP波速度についても示した。

・上町断層帯における重点的な調査観測(岩田知孝・浅野公之)

平成22年度より3カ年計画で上町断層帯に発生する地震の、規模及び活動時期に関する情報の高度化と活動した場合の強震動予測の高度化を目指した調査観測研究を理学研究科、産業技術総合研究所等と研究グループを組織して行っている。既存情報に基づいて、これまで反射法測線がなかった上町断層帯南部での反射法探査と盆地内速度構造モデルの高度化を目指した地震記録の収集、連続微動観測等を行っている。

## (2) その他の活動

岩田知孝：文部科学省地震調査研究推進本部地震調査委員会分科会委員として、強震動予測地図作製に関して助言を行っている。京都府、大阪府等の地震被害想定委員会委員として、各地域の地震被害想定と減災に関する助言を行っている。また、(社)日本地震学会強震動委員会委員長として、強震動研究の最先端の研究成果討論の場としての学会特別セッション、シンポジウムの企画、強震動予測手法の普及のための講習会企画、講師を積極的に行っている。同学会災害調査委員会委員として災害調査情報発信と関連学会との報告会企画等を行った。

松波孝治：1909年姉川地震から100年目の平成21年8月に長浜市で地震防災シンポジウム(参加者約250名)を開催した。2000年鳥取県西部地震から10年目の平成22年9月に被災地日野町で「安心して暮らせる地域づくりを旨として」をテーマとしたシンポジウム(参加者160名)を開催した。

浅野公之：(社)日本地震学会大会・企画委員会委員として、この分野の最先端の学術研究発表の場である秋季大会の企画運営等の活動に関わった。

## ・耐震基礎

教授：澤田純男，准教授：高橋良和，助教：後藤浩之，非常勤講師：香川敬生(鳥取大，平成20年度)，鎌田泰子(神戸大，平成21～22年度)研究担当：清野純史・五十嵐晃(京都大学工学研究科)

### (1) 研究対象と研究概要

都市基盤施設の地震災害現象を解明しそれを軽減するために、強震動の特性を把握し耐震設計用の入力地震動を設定する研究、地盤の非線形振動特性や構造物基礎の震動特性を解明するための研究、次世代耐震化技術に関する研究、ライフラインの耐震性を向上するための研究などを推進している。

・地震動の発生・伝播メカニズムの研究

構造物に作用する地震動は、地震が発生してから地中を波が伝播して表層の地盤を揺らすまで長いプロセスを経たものである。このプロセスの間に様々な影響を受けるために、地震動は地震の特徴や伝播する地殻構造・地盤構造によって異なる特徴を持ち、この特徴が構造物の被害に影響を与える。本分野では、力学的な観点から地震の発生メカニズムや地震動の伝播メカニズムについて研究している。

地表断層が生じる地震と地表断層を生じない地震とで発生する地震波の周波数特性が異なることについて、動力学的な観点からその生成メカニズムを分析した。

・構造物の耐震性能の研究

地震の揺れに対して土木構造物がどのように応答するのか、またどのような揺れに耐えることができるのかなどを把握するためには、コンクリートなど構造物を形作る基本的な材料の力学的な挙動や、柱や梁などの部材の動きについて分析すること、橋梁など構造物全体が構成するシステムの応答を知ることなど、小さな視点から大きな視点まで様々なスケールで構造物の動的特性を把握する必要がある。本分野では、実験や数値解析を利用して構造物の耐震性能の解明に取り組んでいる。

防災科学技術研究所兵庫耐震研究センターの三次元震動台(E-defense)での実験では16体の縮小RC橋脚を一斉に動的加振することで一様な入力を保証し、RC橋脚の材料や製作誤差に起因する動的応答のばらつきを直接評価することに成功した。また、実際に使用した部材のばらつきを直接測定し、それを用いた解析の動的応答のばらつきと実験のばらつきと

を比較して、そのばらつきの要因について検討している。

・次世代耐震化技術の開発研究

阪神・淡路大震災をはじめとする近年の地震災害の教訓を受けて、構造物に要求される耐震性能のレベルは増加を続けている。従来の耐震化手法に基づいて対策を考えると、部材の断面を増やす、高強度の材料を使用するなど建設コストが増加する傾向にある。本分野では、今までにない新しい機構を研究・開発して、安価で高性能な耐震対策の実現を目指して研究を進めている。

柱構造に対する提案として、矩形断面の柱を鉛直軸方向に分割し、さらに側方からの拘束力を与えて分割面で摩擦力を発揮させることにより大きな変形性能と減衰を付加する新しい構造を開発した。まず、模型実験によって様々な摩擦部材や拘束力による性能の違いを検討し、その後 RC 柱に対して静的載荷実験を行ってその性能を調べた。

(2) その他の活動

本分野では台湾中央大学と東京工業大学と共同で学生セミナーを毎年2回開催し、学生の国際交流活動を支援している。

澤田純男：鉄道耐震設計標準に関する委員会幹事長および水道施設耐震工法指針・解説改訂特別調査委員会委員として、実際の耐震基準の制定に貢献している。また、堺市地震災害想定部会の部会長として、被害想定のための地震動予測を指導した。さらに阪神高速道路公団技術審議会委員などを努めた。

高橋良和：道路橋示方書・耐震設計編 RC 構造 WG 主査として、実際の耐震基準の制定に貢献している。また日本学術会議連携会員として、我が国の若手アカデミー組織の立ち上げに関わるとともに、土木学会論文集編集委員会幹事長等の活動を行っている。

・構造物震害

教授・田中仁史，准教授・田村修次，非常勤講師：長谷川光弘，研究担当：河野進(京都大学工学研究科)

(1) 研究対象と研究概要

・構造機能維持および超早期復旧を可能にする建築構造システムの構築(田中仁史)：鉄筋コンクリート構造物のひび割れ制御，ひび割れ補修を含む鉄筋コンクリートフレーム，耐震壁の地震時挙動特に変形性能に関する実験的研究を行い FEM 解析との整合性などの検証を行った。なお，本研究は，科学研究費・基盤研究(A)一般(平成21年度～24年度)により行った。

・中高層建築物の大幅な重量軽減を目的としたプレストレスト集成材床スラブシステムの技術開発(田中仁史)：国土交通省の住宅・建築関連先導技術開発助成事業費補助金(平成21年度～24年度)により竹中工務店と共同で行ったものであるが，プレストレスト技術を集成材床スラブに導入，軽量化を図り，中高層建築物への応用可能性を示した。本工法は，CO<sub>2</sub>排出の削減にも極めて有効であり，持続可能(sustainable)社会構築を目指すものでもある。

・ソケット基礎に関する研究(田中仁史)：東日本大震災被災地の早期復旧，津波避難ビルの早期建設に有効な工法としての開発研究である。ソケット基礎工法自身は，坂静雄博士によって昭和39年に日本に紹介されているが，日本では定着せず，主にヨーロッパで活用されてきた。本研究では，特にプレキャストコンクリート柱と基礎梁の接合部の地震時応力状態を究明し，柱引き抜き防止策，横拘束筋などの有効な配筋法を提案する。

・RC 杭の破壊が構造物応答に及ぼす影響(田村修次)：大型せん断土槽を用いた RC 杭の破壊実験における本震(310cm/s<sup>2</sup>)および前震・余震(30cm/s<sup>2</sup>)を想定した加振について，杭基礎の破壊が上部構造物の挙動に及ぼす影響を検討し，以下の結果を得た。本震において，杭頭の曲げ破壊によって直ちに上部構造物が大変形・沈下する可能性は低い。さらに杭頭以外の箇所が破壊し，杭に2ヒンジが形成されると，上部構造物は大きく左右に変位するものの，一方向への大変位に必ずしも至らない。地盤変位のシフトや繰り返し載荷等によって杭体の破壊が進行すると，上部構造物は一方向に大きく変位し沈下する。また，余震における構造物モデルの鉛直加速度は，前震に比べて振幅が大きくなりかつ長周期化した。

・既存杭が新規杭の鉛直支持力に及ぼす影響(田村修次)：新規杭の表面粗さや残置杭(2×2)の有無をパラメーターにして，遠心場における新規杭の静的鉛直載荷実験を行い，残置杭が新規杭の周面摩擦力と先端荷重に及ぼす影響を検討し，以下の結果を得た。新規杭の表面が粗い場合，残置杭によって，杭頭変位0.1Dで新規杭の周面摩擦力が18%増加した。これは，砂の正のダイレイタンシーと残置杭の拘束効果によって，杭周辺地盤の拘束圧が増加し，新規杭の周面摩擦力が大きくなったためと考えられる。なお，杭頭変位0.1Dでは，残置杭が新規杭の先端荷重に及ぼす影響は小さい。

(2) その他の活動

田中仁史：以下に列挙する委員会に委員等として参加，研究成果の社会還元を図った。

- ・ 第三回持続可能な社会を目指す建設材料技術に関する国際会議 (SCMT 13) 副委員長
- ・ 日本コンクリート工学会近畿支部長
- ・ 日本コンクリート工学協会協会賞選考委員
- ・ 日本建築センターRC 構造委員会評価員・認定員
- ・ 日本プレハブ建築協会PC 構造審査委員会委員ならびに性能分化合会 / 構造特別委員会委員
- ・ 日本総合試験所建築構造性能評価委員会評価員・認定員 (議長)
- ・ 日本総合試験所建築技術性能認証委員会委員
- ・ 京都府生コンクリート品質監査会議副議長
- ・ 京都府建築物耐震診断改修判定委員会副議長
- ・ 日本建築学会PC 構造運営委員会ソケット基礎研究 WG 主査

田村修次：以下に列挙する委員会委員長，委員として，研究成果の社会還元を図った。

- ・ 日本建築学会構造工学論文編集委員会委員
- ・ 日本建築学会基礎構造運営委員会幹事
- ・ 日本建築学会地盤と基礎構造物の相互作用小委員会主査
- ・ 日本建築学会基礎構造系震動小委員会委員
- ・ 日本建築学会災害本委員会委員
- ・ 日本建築学会常議員
- ・ 日本建築学会杭基礎の耐震設計法小委員会幹事
- ・ 日本建築学会山留めの計画と設計小委員会委員
- ・ 日本建築学会技術報告集委員会委員
- ・ 日本建築学会杭基礎構造の応力評価 WG 主査
- ・ 地盤工学会関西支部幹事
- ・ 地盤工学会 IS-Kanazawa2012 技術委員会委員

## 8.4 地震防災研究部門

### 8.4.1 部門の活動概要

#### (1) 部門の研究対象と活動方針

本部門は、地震発生ポテンシャルの長期予測と地震災害の長期予防法の構築を命題とし、地震テクトニクス、地震発生機構、耐震機構の三研究分野から構成されている。地震災害の長期的予防を念頭に、地球物理学的な各種手法を用いて、地殻構造がもつ不均質性、地殻内で歪が蓄積してゆく過程、活断層構造を考慮した地震発生過程等、地震発生ポテンシャルの長期予測に関する基礎研究を進展させるとともに、長期予測の高度化をはかる。一方で、これら長期予測研究を受けて、地震発生時にも人命保全と生活の質を確保し、また物的被害を最小限にとどめるための建設技術の洗練を、既存建物の地震時脆弱性評価法、耐震改修技術、安全性・機能性新材料や構法開発を基軸として推進する。

#### (2) 現在の重点課題

地震テクトニクス研究分野では、沈み込むプレート境界周辺や内陸部での下部地殻周辺の構造の不均質性を明らかにすることにより、地震発生場への応力蓄積過程の解明をめざした研究を推進している。

地震発生機構研究分野では、地震の発生メカニズムの解明と、地震発生の要因となる応力の蓄積とその解放過程を明らかにするために、地球物理学的記録と手法を用いた定量的な研究を推進している。加えて、地震防災に直接貢献できる地震に対する強振動評価にも研究を展開している。

耐震機構研究分野では、グローバル化、高機能化等に代表される近年の社会変化に適合する建築構造物とその耐震設計に着目し、安全性はもとより、機能性、事業継続性、快適性の確保するための構造的要件の同定と、これら性能を向上させるための構造システムの開発に取り組んでいる。

#### (3) 研究活動

地震テクトニクス研究分野では、主に、電磁気学的手法を活用してさまざまな地域での観測研究を実施した。特に、比抵抗構造の研究においては、山陰地域等においては、陸域だけではなく、海域での観測も実施したほか、トルコの北アナトリア断層等の、外国での観測研究も推進している。また、1995年兵庫県南部地震の発生後に野島断層南端部分で掘削された3本のポアホールを用いた観測施設（野島断層

観測室）を使用し、注水試験をはじめとするさまざまな全国共同的な野外実験・観測をもとにした研究も実施してきた。

地震発生機構研究分野では、近年国内外で発生した被害地震について、地震波、地殻の歪み変形、及び他の地球物理学記録を解析することで、地震震源の物理的メカニズムを調査している。特に地震発生のメカニズムの解明と応力の蓄積・解放の定量的評価を行うために、地震のスケール則、応力レベル、動的破壊過程に注目し、様々な規模の地震について地震発生のエネルギー収支を明らかにしている。

耐震機構研究分野では、長周期地震動や鉛直地震動に対する免震構造物の機能保持能力を実大規模の振動台実験から検討し、家具什器等の被害を抑止するため新たな床免震技術を開発した。また大地震を受けた建物の健全度（損傷度）を即座に判定するために、建物が被った最大変形を記憶できる制振装置の開発に取り組んだ。

#### (4) その他の活動

国内外研究機関との共同研究も積極的に展開し、（独）防災科学技術研究所等と大型耐震構造実験に関する共同研究、米国太平洋地震工学研究センターと高機能構造システムに関する共同研究、東京大学地震研究所・名古屋大学等との断層注水実験に関する共同研究、トルコ・ボアジチ大学カンディリ観測所等との北アナトリア断層周辺の不均質構造に関する共同研究、（独）海洋研究開発機構等との日本海底電磁気観測を基にした電気伝導度構造に関する共同研究、などを実施している。

さらに、国・地方自治体等や関連学会における各委員会への参画や協力を通じて、地震現象や地震災害に関する啓発活動や、地震災害軽減のための普及活動に従事するほか、マスメディアを通じた一般国民への成果還元にも努めている。

## 8.4.2 研究分野の研究内容

### ・耐震機構

教授 中島正愛, 准教授 日高桃子 (平成 20~21 年度)

#### 研究の基本理念

本研究分野では, 主として建築構造物を対象に, その耐震性能を理論と実験の両面から明らかにするとともに, より高度な耐震設計法の確立をめざすことを研究の命題としている. 特にこの3年間では, グローバル化や高機能化等に代表される近年の社会変化に適合する建築構造物とその耐震設計のあるべき姿という視点から, 人命保護を謳う安全性はもとより, 機能性, 事業継続性, 快適性を確保するための構造的要件の同定と, これら性能を向上させるための構造システムの開発に取り組んでいる.

#### 研究対象と研究概要

##### (1) 環境負荷低減をめざした構造システム

熱間圧延過程のエネルギー消費を回避することによってCO<sub>2</sub>削減に寄与する, リユースを強く意識することによって製造を繰り返さない等の特徴を持つ, 「環境負荷低減」への貢献を意識した鋼構造システムの開発に挑んだ. 圧延加工を最小化した高強度鋼板だけを用いることとし, 鋼板を超高強度ボルトで接合した部材(梁, 柱, 柱梁接合部, 柱脚)を組み合わせることで鋼骨組を形成する仕組みを考案した. また梁, 柱, 柱梁接合部それぞれに対する大規模実験を実施することから, 考案した工法の耐震安全性と施工性を検証するとともに, 詳細な有限要素法解析によってこれら性能の一般化を図った.

##### (2) 鋼繊維補強セメントを用いた高強度合成構造

極めて混入率の高い鋼繊維で補強したセメント系材料(SFRCC)と高強度鋼部材を組み合わせることによって, 合成構造の強度, 特に接合部における強度を飛躍的に向上させる構造形式を提案した. 鋼梁に溶接した鋼製スタッドを SFRCC で構成される床スラブに配することによって, 鋼梁とスラブを緊結する方法を採用し, それを使った柱梁接合部に対する一連の構造実験から 提案方法の妥当性を検証した. また鋼製スタッドの配置(ゲージやピッチ)と SFRCC の強度を変数とした多数の押し抜き試験を実施することから, スタッド配置が強度に及ぼす影響を検討し, スタッドを密に配することによる強度の低下(群効果)に対する定量情報を獲得した.

##### (3) 事業継続に資する構造物の健全度判定

建築構造物が大地震を受けたときの健全度(損傷度)を即座に判定することが, 事業継続という視点から強く要望される社会情勢を踏まえ, 構造物が被

った最大変形を目視で推定できる部材の開発に取り組んだ. 制振装置として使われることが多い履歴型鋼板ダンパーに着目し, 鋼板の縦方向に多数のスリットを設けることから座屈補剛を不要とするダンパー性能を付与し, さらに鋼板が被る最大変形に応じてスリットに囲まれる部分を順次座屈させる仕掛けを組み込んだ. 提案部材の妥当性と適用性を, スリットの間隔や配置, 変形履歴, 鋼板の特性等を変数とした多数の実寸規模実験によって検証し, 座屈の範囲を目視で観察することから最大変形が概ね推定できることを明らかにした.

##### (4) 免震構造の機能保持能力評価と向上技術

機能保持能力向上の切り札とされる免震構造を対象に, 特に機能保持能力の確保という観点から免震構造の有効性を, 実大規模の振動台実験から検討した. その結果, 長周期地震動による水平振動の共振, 鉛直地震動による鉛直振動の共振が, 免震構造内に設置された家具什器類の被害に直結することを明らかにした. またこれら被害を抑止するための手段として, MR ダンパーを用いたセミアクティブシステムを組み込んだ床免震を想定し, それに適した制御アルゴリズムを構築するとともに, その適性を一連の振動台実験や数値解析から検討した.

##### (5) 人材の育成と成果の公表

上記の研究を, 科学研究費補助金を始めとする競争的研究資金によって遂行したが, これら研究に若手研究者(ポスドク)や大学院生を参画させることによって人材の育成にも努めた. 平成 20~22 年度にわたる3年間に, 日本学術振興会特別研究員3名, その他の予算による特定研究員2名が研究活動に参画するとともに, 8名の大学院生が博士号を, 10名の大学院生が修士号を取得した. またこの間25編の査読付き論文を公表, うち8編をSCIジャーナルに発表することができた.

### ・地震テクトニクス

教授 大志万 直人, 准教授 宮澤理稔(平成 21 年2月1日~3月31日), 助教 吉村 令慧, 非常勤講師 後藤忠徳(平成 20 年度), 笠谷貴史(平成 21~22 年度), 機関研究員 山崎健一(平成 20 年10月~22 年2月)

#### 研究の基本理念

地球電磁気学, 地震学等の地球物理学的な手法をもちいた沈み込むプレート境界周辺や内陸部での下部地殻周辺の不均質構造の研究を通して, 地震発生場への応力蓄積過程の解明をめざした研究を行い, 長期予測の視点に立った地震発生準備過程の研究を

推進し地震防災に寄与することを目的としている。

#### 研究対象と研究概要

地震テクトニクス研究分野では、地殻・マントル上部の不均質性を明らかにするため、電磁気学的手法を活用してさまざまな地域での観測研究を実施した。特に、比抵抗構造の研究においては、陸域だけではなく、海域での観測も実施した。また、1995年兵庫県南部地震の発生後に野島断層南端部分で掘削された500m、800m、および1800m孔を用いた観測施設（野島断層観測室）を使用し、注水試験をはじめとするさまざまな全国共同的な野外実験・観測をもとにした研究も実施してきた。

(1) 山陰地域での地殻深部比抵抗構造の研究（大志万直人・吉村令慧ほか）

山陰地域で見出された地殻下部の低比抵抗領域の北限およびその下限を確認するため、平成20年度～平成21年度に、2本の測線に沿った電磁気観測を鳥取大学、(独)海洋研究開発機構、富山大学、神戸大学等と共同して実施した。1) 鳥取県と兵庫県の県境付近沖の海域（経度134.3°Eに沿った測線）を含む測線と、2) 隠岐諸島周辺海域（経度133.4°Eに沿った測線）の日本海を含む測線である。これらの測線に沿って、海域では海底磁力電位差計（OBEM）、および海底地電位差計（OBE）を用いた観測を、また、陸域においては広帯域MT観測、ULF-MT観測装置を用いた長周期MT観測を併用した観測を実施した。

(2) 震源域および活断層周辺での電気比抵抗構造の不均質性の把握（吉村令慧・大志万直人）

トルコ北アナトリア断層西部域の内1999年イズミット地震断層周辺地域及びその延長部、花折・琵琶湖西岸断層周辺において広帯域MT観測を実施し精密比抵抗構造を推定した。また、すでに取得していた2007年能登半島地震震源域周辺での観測データをもとに、更に比抵抗構造に関して検討を行った。その結果、それぞれ下部地殻周辺に低比抵抗領域が見出されるなど、地震発生域周辺の特徴的な地殻不均質性を抽出することができた。また、長野県西部地震震源域周辺で稠密AMT観測を実施し、3次元的な比抵抗構造を求めた。これらの観測の内、トルコでの観測研究は、トルコ・ボアジチ大学カンディリ観測所、東京工業大学、(独)海洋研究開発機構との共同研究として実施された。

(3) ネットワークMT法による広域比抵抗構造の研究（吉村令慧・大志万直人）

東京大学地震研究所をはじめとする全国大学共同で、新潟・神戸歪集中帯を対象とする大規模比抵抗

構造調査を継続した。これに併せて、上宝観測所で地磁気3成分連続観測を実施した。また、九州地域におけるネットワークMT法データの解析を進め、霧島火山などの地下深部の比抵抗構造に関する研究を進めた。さらに、長野県西部地震震源層の北東端周辺で、SPサーベイによって明らかになった電位異常分布の時間変化をモニタリングするための長基線電場観測を継続した。

(4) 断層の回復過程の研究（大志万直人、吉村令慧）

野島断層の回復過程を調べるため、野島1800m孔において、平成20年度に注水実験を全国大学、研究機関との共同研究として実施した。地表での流動電位変化から推定した透水性パラメータの時間変化により、野島断層の回復過程が2003年頃に一段落したことが推定された。

(5) 全磁力連続観測の実施（山崎健一、大志万直人、吉村令慧）

日本全国的全磁力連続観測データをもとに、標準地磁気経年変化モデルについての基礎的検討を行なってきたが、地磁気データ取得のため、全磁力連続観測を継続した。また、地殻活動に伴う局所的な地磁気変化検出のため、伊豆半島伊東周辺での地磁気全磁力の連続観測も平成21年3月まで継続した。

#### 地震発生機構

教授 Mori James Jiro, 准教授 大見士朗, 助教 宮澤理穂（平成21年1月まで）

#### 研究対象と研究概要

地震発生の物理過程を研究している。地震の震源過程を理解することは、地震による被害を評価することと、地震予知に向けた研究とに貢献することになる。地震波、地殻の歪み変形、及び他の地球物理学記録を解析することで、地震震源の物理的メカニズムを調査している。特に地震発生のメカニズムの解明と応力の蓄積・解放の定量的評価を行うために、地震のスケール則、応力レベル、動的破壊過程に注目し、様々な規模の地震について地震発生のエネルギー収支を明らかにしている。更に地震防災を強化する観点から、強震動評価に役立つ活断層構造と震源特性の関係の解明も目指している。

(1) 断層のモニタリング

兵庫県の山崎断層帯は、政府特別機関である地震調査研究推進本部・地震調査委員会の指定する主要98断層帯に含まれており、将来大きな災害をもたらす地震発生の可能性が高い。そのため微小地震の現在の活動レベルを研究するために、地震学的及び測地学的観測を行うための観測点を管理している。ま

たハイドロフォンを用いて極微小地震をとらえ、水井戸の圧力と温度を測定するために、新しい地球物理学的観測点を設置している。

#### (2) 断層温度測定

1999年集集地震の震源である台湾車籠埔断層を深さ1.1kmで貫くボアホールで、断層温度の測定を行っている。また、2008年ブン川地震の震源断層においても断層温度測定を行った。地震発生中の断層運動に伴う摩擦熱の残量はほとんど未解明であり、大地震の断層上での摩擦に関する基礎的な地震学に関する知見を得ることができる。

#### (3) 地震の誘発

遠くで発生した大地震の地震波の通過に伴う微小地震の誘発を研究している。特に南海トラフで発生する低周波地震が誘発地震として観測されている。これらの研究は地震を発生させるメカニズム、特に地震誘発作用における流体の役割をより良く理解するに役立ち、東南海・南海地震等の巨大地震を発生させるプレートの沈み込み帯における物理の一端を解明することができる。

#### (4) リアルタイム地震情報と地震被害

大地震の情報を素早く供給できる技術的システムについて研究している。緊急地震速報システムの高度利用に向けて、正確で高速なアルゴリズムを開発し、緊急地震速報を利用してリアルタイムで地震被害を推定することを目標としている。これまでに発信された緊急地震速報の解析を行う傍ら、断層の有限性を考慮した大地震に対する緊急地震速報システムの開発、都市直下で発生する地震に対する緊急地震速報システムの開発、緊急地震速報を利用した構造物の即時地震被害予測手法の開発等を行っている。

#### (5) 地殻構造のモニタリング

地震計で記録されたデータの大半を占めるノイズデータを利用し、地殻構造の時空間的モニタリングを行っている。これまでの成果として2007年能登半島地震や同年新潟県中越沖地震に伴う震源域とその周辺の地殻構造の変化を検出することができている。その他、極めて精度良く地下の物理パラメータを決定することに成功している。

#### (6) 地震ハザードマップの検証

地震調査委員会が作成している、日本列島の地震に伴う揺れを予測した地震ハザードマップについて、過去500年間にわたり記録された歴史震度を評価するアプローチで、その妥当性を検証している。

#### (7) 地震の動的破壊過程

国外で発生した地震について、国内の地震アレイの短周期地震波発信記録を用いた手法で、その破壊過程を

調査している。長周期の記録による結果と比較することで、地震の動的破壊の特徴をより明確にする。

#### (8) 余震再決定と津波解析による地震断層面の決定

近年内陸で発生した地震地震について、その断層面は単純な一枚の面で表されず、複雑な形状をしていることが分かってきている。地震の波形相関を利用した余震の再決定や、津波の記録を用いた地殻変動解析を通じて地震断層面を決定し、内陸地震の活断層の特徴を調べている。

## 8.5 地震予知研究センター

### 8.5.1 センターの活動概要

#### (1) 部門の研究対象と活動方針

地震予知に関する基礎研究を行うとともに、学内外の研究者との共同研究を推進し、地震発生の原因と機構を解明し、最終的に地震予知手法を確立し、地震災害の軽減のための基礎的な方法の確立を目的として、7 研究領域(客員1)と8 観測所の構成により研究を進めている。地震・火山研究グループを構成する部門・センター、特に、地震防災研究部門と密接に連携して共同研究を進めている。この研究は、科学技術・学術審議会測地学分科会の建議「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について」(2008)と、京都大学中期計画の中の「地震や火山噴火の予知研究等、全国的な連携が不可欠な分野については、全国共同研究並びに学内共同研究を推進する」に対応する。

今世紀半ばには、南海トラフ沿いのプレート間巨大地震の発生確率がピークに達するとされている。それに向けて、内陸被害地震も増えると予想される。このような地震による被害の軽減を目指して、南海トラフ沿いの巨大地震の予知研究、内陸地震の予知研究、および研究成果の社会への効果的な普及・教育を当センターの3本柱として強力に進めている。

#### (2) 現在の重点課題

「地震及び火山噴火予知のための観測研究計画の推進について」(2008年建議)に基づく5年計画(2009-2013年度)では、当センターからは、「地震発生頻度のリアルタイム予測」「歴史地震記録の電子化」「日本列島の地殻構造データベースのプロトタイプの構築」「南海トラフにおける巨大地震発生の予測高度化を目指した複合的モニタリング手法の開発」「日向灘の地震活動と南九州の火山活動の相互作用と応力伝搬・物質移動過程のモデル化」「飛騨山脈における地殻流体の動きの解明」「注水実験による内陸地震の震源断層の微細構造と回復過程の研究」「断層面および断層周辺の不均質性に基づく断層への応力集中過程の解明」「近畿地方北部における地殻活動異常と地震先行現象の関係の解明」「地震波干渉法による構造変化の検出手法の開発」「岩石摩擦の物理的素過程に関する実験的研究」の11研究課題が予算措置され、研究を推進している。詳しくは、3.2のプロジェクト研究の章を参照されたい。

#### (3) 研究活動

7 研究領域(海溝型地震、内陸地震、地殻活動、地震予知情報、地球計測、リアルタイム総合観測、地球内部)と8 観測所(上宝、北陸、阿武山、逢坂山、屯鶴峯、鳥取、徳島、宮崎)を中心に、地震防災研究部門、地震災害部研究部門とも有機的に連携しながら、上記の重点課題を推進している。

中部から西南日本に展開している50点余の微小地震観測点は政府の基盤観測網に組み込まれ、常時、地震データを気象庁・大学・防災科学技術研究所などに送信している。これらのデータの処理解析などの運用は地震予知情報研究領域が主に担当している。これまで、これら観測点の維持管理は各観測所を拠点に行われてきたが、近年、データ伝送技術の進歩等により、観測所の役割が変化しているため、次期の中期計画の間に、観測所の整理統合を行い、研究資源を新たなプロジェクト等に効果的に集中する体制をとる予定である。具体的には、上宝観測所および宮崎観測所、阿武山観測所は、関連する組織と連携して観測研究基盤施設(仮称)として運営し、プロジェクト研究や研究成果の社会への還元等に活用する予定である。

地震・測地・電磁気など全国の大学をメンバーとする合同観測(2009-2013)は中部地方の根尾谷断層を中心に行われているが、当センターはその中心的な役割を果たし、データセンターとして重要な貢献を行っている。

2011年2月のニュージーランド・クライストチャーチ地震に関しては、現地の機関等と共同で余震観測を行い、発生機構の解明と今後の活動の推移把握のためのデータを取得している。2011年の東北地方太平洋沖地震については、全国の大学等と共同で緊急余震観測等を行った。

#### (4) その他の活動

Outreach(情報の効果的伝達)を積極的に進めている。研究成果を社会に還元するため、講演会のほか新聞・テレビ・ラジオなどマスメディアの協力を得て定期的に情報を発信し、社会に効果的に伝達するよう努めている。現在起こっている地震活動や観測記録などの情報をホームページ上でほぼリアルタイムで公開している。特に、平成20年度からは、巨大災害研究センター矢守克也教授が阿武山観測所に併

任となり、定期的にオープン・ラボや見学会を開催して、Outreach 活動を強化している。

#### (5) その他

以下の方々に客員教授を依頼した。

平成 20-21 年度 日置幸介(北海道大学理学研究科)

平成 22 年度 岩森 光(東京工業大学理学研究科)。

細 善信, 三浦 勉, 澤田麻沙代, 西村和浩, 多田光宏, 坂 靖範技術職員は, センター全体の研究と観測の補助を行った。

## 8.5.2 研究領域の研究内容

### (1) 海溝型地震研究領域

(2) 教授 橋本学 准教授 澁谷拓郎(平成 22 年 5 月地殻活動研究領域教授に昇任)

助教 福島洋, 許斐直(徳島観測所, 平成 21 年 3 月退職)

### (3) 研究対象と研究概要

地震はどこにでも起こるわけではなく、特にマグニチュード 8 を越える大地震は海のプレートが沈み込む海溝に沿って起きる。この代表である南海地震等の発生予測の高度化に向け、世界の沈み込み帯を対象に地震観測、衛星測地観測等の観測を基盤に据え、プレート境界の大地震震源域における歪蓄積過程のモデル化を目標に、以下の研究を推進している。

南海トラフ巨大地震の発生の準備過程(澁谷拓郎・橋本学・福島洋)

海溝型巨大地震発生の切迫性が高い東南海および南海地域において、次の地震の震源断層面の推定の高精度化を目標に、澁谷が中心となって南海トラフから沈み込むフィリピン海プレートの形状とその周辺の地下構造に関する研究を行った 2006 年(平成 18 年)までの大都市圏大震災軽減化特別プロジェクトなどの調査で得られた地震波データにレシーバ関数解析という手法を用いて、測線断面における地震波速度不連続面のイメージングを行った。また、紀伊半島内に複数の測線を新設し、観測データを充実させた。

この結果、紀伊半島下に沈み込むフィリピン海プレートとその周辺の構造について、

[1] フィリピン海プレートの上面は従来考えられていた深さより数 km 浅い。

[2] フィリピン海プレートの海洋地殻は、低周波地震が発生している深さ 30~40km までは顕著な低速度異常を示す。

[3] 低周波地震発生域から陸側のマントルウェッジは広範囲に低速度異常を示す、

等の特徴を明らかにした。さらに、[2]と[3]から、海洋地殻から脱水した「水」がマントルウェッジを蛇紋岩化しているとする解釈を提出した。なお澁谷は、本研究と同様の手法を用いた共著論文で 2008 年度日本地震学会論文賞を受賞した。

橋本は、この地域の変動をより詳細に捉えるため、潮岬・白浜および十津川村に GPS 受信機を設置し、連続観測を行っている。

衛星測地による世界のプレート境界地震等の研究(橋本学・福島洋)

2004 年(平成 16 年)12 月に発生したスマトラ地震の余効変動を捉えるために、橋本はタイ王国チュロンコン大等と協力し、同国内の 5 ヶ所で GPS 連続観測を実施し、2008 年(平成 20 年)半ばまでに地震時変位を超える大きな余効変動を捉えた。

橋本・福島が中心となり、平成 17 年度より本格的に人工衛星搭載合成開口レーダー(SAR)を用いた地殻変動研究を立ち上げ、主に ALOS(だいち)衛星の PALSAR データを用い、日本および世界各地で起きた地震火山等による地殻変動の解析をおこない、地殻変動の検出と断層モデルの推定を行っている。

2006 年の「だいち」打ち上げから、全国の SAR 研究者のコンソーシアム PIXEL の主要なメンバーとして共同研究を行っている。さらに、2008 年から宇宙航空開発研究機構による「陸域観測技術衛星の防災利用実証実験」地震 WG に参画し、世界の大地震発生時には緊急解析を行い、その結果を公表して来た。その中でも、2008 年(平成 20 年)5 月 12 日の中国・汶川地震、同年 6 月 14 日の岩手・宮城内陸地震、2010 年(平成 22 年)1 月 12 日のハイチ地震、同年 2 月 27 日のチリ・マウレ地震、同年 4 月 4 日のメキシコ・バハカリフォルニアの地震などの注目すべき地震に伴う地殻変動を検出し、その断層モデルを呈示した。2011 年(平成 23 年)3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に際しても緊急解析を実施し、地震時地殻変動を明らかにした。また、プレート間の応力蓄積様式を明らかにするために、プレートの沈み込みに伴う変形の検出のために SAR データを用いる干渉 SAR 時系列解析の手法開発を進めている。この手法をインドネシア・スマラン地域に適用し、現地の地盤沈下の様相を明らかにした。

新しい観測手法の開発研究(橋本学)

大地震の前駆的な変動や余震に伴う地殻変動等を検出することを目的として、高サンプリング GPS データにキネマティック解析手法を適用した。2010 年バハ・カリフォルニアの地震時の 1Hz GPS データから得られた地震波形から、震源過程を推定することも

可能となった。この研究で、理学研究科修士課程の中村悠希（指導教員橋本）が、第114回日本測地学会学生優秀発表賞を受賞した。

(1) 内陸地震研究領域

(2) 教授 飯尾能久, 准教授 深畑幸俊, 助教 大谷文夫 (平成22年3月まで)

(3) 研究対象と研究概要

1) 領域の研究対象

南海トラフ沿いで発生する海溝型巨大地震の前に、西南日本内陸で地震活動が活発化することが知られている。これらの内陸地震による被害を軽減するために、現在まだよく分かっていない内陸地震の発生過程を解明し、新たな発生予測手法を開発する研究を進めている。

2) 現在の主な研究テーマ

下部地殻の不均質構造による内陸断層への応力集中過程の解明

新潟 神戸ひずみ集中帯のダイナミクスと地震発生メカニズムの解明

上部地殻における非弾性変形の解明

インバージョン解析手法の開発

3) 各研究テーマ名

下部地殻の不均質構造による内陸断層への応力集中過程の解明 (飯尾能久)

内陸地震の発生過程に関して、沈み込む海洋プレートとの相互作用に起因して内陸プレートに加わる応力の下で、内陸地震の断層の下部地殻内の延長部がゆっくりすべり、直上の断層に応力集中が起こるといふ仮説を提案し、鳥取県西部地震や長野県西部地震の震源域における稠密観測のデータの解析により、断層近傍の最大圧縮応力の方向の局所的な回転を見出していたが、有限要素法によるモデリングにより、上記の仮説が観測データをよく説明することを明らかにした。

新潟 神戸ひずみ集中帯のダイナミクスと地震発生メカニズムの解明 (飯尾能久)

全国合同地震観測グループにより、新潟 神戸ひずみ集中帯に属する跡津川断層近傍で横ずれ型の応力場の異常が見出されたが、有限要素法によるモデリングにより、断層の下部地殻への延長部におけるゆっくりすべりにより、応力場の異常を説明出来ることを示した。

新潟県中越地震の余震分布の高精度の解析により、断層の中央部直下の下部地殻にのみ、周囲よりもさらに強度の小さい領域が存在すること、および強度の小さい領域の拡がり地震の大きさを規定する可

能性を示した。

上部地殻における非弾性変形の解明(飯尾能久)

長野県西部地域における詳細な応力逆解析および地震波トモグラフィ等により、低速度異常域で応力緩和が発生し周辺に応力集中を起こしている可能性を指摘した。

インバージョン解析手法の開発 (深畑幸俊)

下部地殻の弱化によって応力集中が起こり地震の発生に至るといふ謂わばフォワードのアプローチと並んで、実際の観測データの解析から地震破壊の実態がどのようなものであったのかを明らかにすることもまた重要である。以下のように、世界最先端のインバージョン解析手法の開発を進めている。

(i) 測地インバージョン

内陸地震では断層面の位置が不確定なために、その滑り分布を求めるインバージョン解析が非線形になってしまうという問題があった。これまで通常は、平面矩形断層上の一様滑りを仮定した上でまず断層面の位置を決定し、その後線形のインバージョン解析を行い滑り分布を求めるという二段階の方法が採られてきた。しかし、一様滑りの仮定で得られた断層面が最適である保証はない上、方法としても大変煩雑である。そこで、断層が一枚の平面で表せる場合には実は非線形性が弱いことに着目し、例えば傾斜角など断層面の位置を決めるパラメータをスムージングパラメータと同様に超パラメータとみなして ABIC (Akaike's Bayesian Information Criterion, 赤池のベイズ情報量規準) 最小の規準で最適値を求めることにより、簡明かつ合理的に断層面の位置と滑り分布が推定できることを示した。加えて干渉 SAR (合成開口レーダー) データは、近接したデータが類似の誤差を含むことに着目し、誤差の相関(データ共分散)をインバージョン解析に取り入れ、解がデータのサンプリング間隔に依存してしまう問題を解決した。

(ii) 地震波形インバージョン

地震波形データも、サンプリング間隔を短くすると近接データ間で類似の誤差の寄与が大きくなるために適切なインバージョン解析が行えないという問題があった。SAR データの場合には、誤差源としては観測誤差を考えるのが妥当であったが、波形データではその寄与は小さいと考えられた。そこで、世界でおそらく初めて地震波形データにおけるモデル誤差の重要性に着目し、インバージョン解析の定式化を行った。モデル誤差源としては、まずは理論的に取り扱いが簡単な離散化誤差を、次いでグリーン関数の誤差(これが中心的寄与をなすと考えられる)を取り上げ、それぞれ実際の観測データに適用し有

効性を示した（筑波大八木勇治氏との共同研究）。

(1) 地震予知情報研究領域

(2) 教授 西上欽也

准教授 竹内文朗

助教 寺石真弘・加納靖之

(3) 研究対象と研究概要

地震、地殻変動、および関連する地球科学観測データを収集し、大容量データを効率的に処理・流通・蓄積するシステムの開発を行い、データベースの構築を行う。それらに基づいて、地震発生の理解と予測に有効となる、地震発生場や地殻活動パラメータの情報を抽出する解析手法の開発、各パラメータの時間変動の検出と評価手法の研究等を行っている。また、地下構造調査、活断層調査など地震予知のための基礎的な調査研究を他の研究領域とも協同して推進している。実施した主な研究活動の概要は以下のとおりである。

地震・地殻変動観測データの収集およびデータベース構築

当センターの 8 観測所とその地震・地殻変動観測点で構成される観測網を維持するとともに、宇治のセンターにおいてデータを集中処理して、データベースを構築し、当センターの各研究領域および各種プロジェクトにおける観測研究の基礎データとしている。地震データについては、他大学や気象庁、防災科学技術研究所等との間でデータ流通・交換を行い、全国的な各種研究における効率向上をはかっている。

観測およびデータ処理システムの維持については、防災研究所技術室からの長期・継続的な技術支援を得て実施している。

地震波形データ収録システムの再構築とオンライン検索システムの構築

全国大学のリアルタイム地震データ流通システムが、衛星通信回線から地上高速回線利用に移行されたことに伴い、当センターにおいてもデータ収集システムの再構築を行った。具体的には、各観測点と観測所あるいは宇治センター間は NTT の安価な常時接続回線（フレッツ ISDN や B フレッツ等）を使用してデータ伝送し、センターと他大学、気象庁、防災科学技術研究所等の他機関との間は JGN2plus/SINET3 等の高速バックボーン回線を利用してデータ流通を行っている。合わせて、各観測所からの地震データの処理・解析の一元化をさらに進めて、地震活動に関するデータ処理の効率化と統合処理による震源決定の高精度化を進めた。また、センターお

よび各観測所でデジタル化された地震波形データ、および一部の合同観測による波形データについて、オンラインで検索・利用できるシステムを構築した。これにより、データベースへのアクセス・利用をきわめて効率的に行えるようになった。

地殻変動連続データの全国流通システムの構築

地殻変動連続観測データについても、上記の地震観測と同じデータ流通ネットワーク (IDXnet) を利用して全国の大学間で流通させることとなった。これに対応して、当センターでも連続観測点についてリアルタイム・データ取得のための測定機器や通信回線の整備を順次行っており、2011 年度より本格的なデータ流通を開始している。

地殻変動連続観測データの一元化データベースの構築

地殻変動データの一元化を推進した。各観測室の最新データを逐次、収集整理し、過去に蓄積されたデータについても整理統合し、任意の期間のデータを即時参照できるようにした。このデータベース化により、近畿地方の広い範囲において 2003 年初頭より、1995 年兵庫県南部地震に先行した歪変化と同様の、異常な歪変動が発生し継続していることが確認された。これは同時期に始まった丹波山地周辺域での微小地震活動静穏化とも連動するもので、常時モニターと検討を継続している。なお、地殻変動データの一元化に関連して、各観測室のセンサーとデータ収録方式の統一化を図り、保守の容易なセンサーとデータ収録装置の開発を行った。

散乱波のインバージョン解析による地殻不均質構造の推定

地震波形データベースを用いて、近地地震のコーダ波（散乱波）のインバージョン解析を行い、地殻・最上部マントルにおける地震波散乱強度の三次元空間分布を推定した。近畿地方中央部における解析では、丹波山地周辺の活発な微小地震活動域の直下（深さ 20～30km の下部地殻内）に強い散乱領域が存在することを見いだした。この散乱領域は地殻内流体の分布を示すと考えられ、散乱構造の経年的な変化と地震活動の消長との関係を調べている。その他、近畿圏の活断層帯や、山崎断層帯、跡津川断層帯等についても同様の散乱解析を行い、断層帯深部における不均質構造の推定を行った。

(1) 地殻活動研究領域

(2) 教授 澁谷拓郎(平成 22 年 5 月から)、准教授 遠田晋次(平成 21 年 4 月から)、助教 徐 培亮、高田陽一郎(上室)(平成 22 年 6 月から)、教授 川崎

一朗（平成22年3月31日退職）

### (3) 研究対象と研究概要

地殻活動研究領域は、地震活動や地殻変動などの地殻・マントルに発現する諸現象とプレート境界地震や内陸地震の発生との関連性について究明し、さらにその成果に基づき地震発生予測手法の高精度化を図ることを目標に掲げている。最近の研究活動の概要は以下のとおりである。

紀伊半島下に沈み込むフィリピン海プレート周辺の構造の研究（澁谷拓郎）

澁谷らは、紀伊半島において、スラブ傾斜方向に4本とそれに直交する方向に2本の稠密リニアレイ観測を2004年3月から行ってきた観測された遠地地震の波形データを用いたレシーバ関数解析により、紀伊半島の下に沈み込むフィリピン海プレートの形状とその周辺の地震波速度構造を推定した。三重県尾鷲市から京都府京丹後市に至る測線における深さ断面でのレシーバ関数イメージでは、南東から北西下がり沈み込んでいるフィリピン海スラブが明瞭にイメージされた。海洋地殻は低速度層であるが、低速度異常の割合は、深さ30~40kmの深部低周波微動発生域までは強く、それ以深では弱まっていくことが分かった。さらに、深部低周波微動発生域からマントルウェッジが広範囲に低速度になっていることも分かった。海洋地殻の含水鉱物が、深部低周波微動発生域付近で脱水分解し、放出された流体は低周波微動を引き起こしつつマントルウェッジに流入し、そこでカンラン岩と結びついて地震波速度の小さい蛇紋岩を形成すると考えると、レシーバ関数イメージから得られた速度構造を説明することができる。また、紀伊半島の東部と中西部でスラブ形状やマントルウェッジの低速度域の広がり方に違いがあることが分かった。上記のような速度構造の情報には、南海トラフ巨大地震の発生や強震動の予測にとって非常に重要である。

なお、澁谷は、本研究と同様の手法を用いた共著論文で、2008年度の日本地震学会論文賞を受賞した。

東北地方太平洋沖地震における誘発地震の研究（遠田晋次）

東北地方太平洋沖地震に伴い、秋田県南部、長野県北部、福島県・茨城県県境付近、首都圏直下、銚子付近、飛騨山脈などで地震活動が著しく上昇した。遠田らは、このような誘発地震活動を理解するために、本震による静的クーロン応力( $\Delta CFS$ )の変化との相関を調べ、約7割の地域で $\Delta CFS$ と地震活動度変化に関して正の相関が見られることを明らかにした。 $\Delta CFS$ 負が卓越する東北地方内陸でも、点々と

顕著な地震活発化域があり、横ずれ断層型、正断層型など、本震以前には少なかったメカニズム解を持つ地震が多発していた。モデル計算と地質構造との対応から、これらの地震は断層構造・地殻応力不均質に起因することがわかった。特に、福島県・茨城県県境付近では、震災後に正断層型の群発地震活動が観測された。そのうち、遠田らは4月11日にいわき市で発生したM7.0の地震を調査し、推定活断層とされていた湯ノ岳断層と井戸沢断層に沿ってそれぞれ15kmにわたり地表地震断層をマッピングした。その後、井戸沢断層沿いでトレンチ掘削調査を行い、14,000-17,000年前に同様の断層運動が発生していたことを見出した。遠田らは、以上の成果の一部を原著論文として国際誌(EPS, GRL)に発表した。

M7前後の内陸地殻内地震と活断層：2008年岩手宮城内陸地震の調査（遠田晋次）

近年、主要活断層以外でM7前後の内陸被害地震が続発しており、伏在断層、短い活断層、活動度の低い断層など（以下、マイナー活断層）の地震評価の重要性が指摘されている。遠田は、産総研と共同で、2008年岩手宮城内陸地震の地震断層、および同断層帯の古地震調査を実施した。複数地点での踏査、ボーリング、トレンチ掘削調査の結果、同断層帯は1万年以上の間隔で活動するC級活断層に分類されることがわかった。また、地点ごとに履歴が異なり、一部で2008年よりも顕著に大きな2m以上の地震時上下変位が検出された。マイナー活断層の地震ポテンシャル評価にあたっては、主要活断層に適用している固有地震モデルは適切ではない。断層データに加え、広域テクトニクス、地震活動、測地データなども取り入れた新たなM7地殻内地震評価モデルを開発中である。

なお、遠田は、活断層研究の共著論文で、2010年度日本活断層学会論文賞を受賞した。

地殻変動データの解析手法の理論的研究（徐培亮）

徐は、国土地理院に蓄積されている100年間の測地データを有効に解析するための新しい手法を開発した。また、海面上のGPSと海底の固定点を結ぶ音響測位に基づく新しい差分手法を開発した。この方法では、水平成分・上下成分ともに高い精度での測位が可能である。東北地方太平洋沖地震の発生を受け、精密海底地殻変動観測とその解析の重要性が再認識された。

GPS地震学の分野では、中国・武漢大学の全地球航法衛星システム研究センターと共同研究を行い、GPS精密単独即位により地震波形をmmレベルの精

度で計る手法を開発した。加速度型地震計のデータから速度と変位を求める際の誤差評価について研究を行ない、誤差評価のための新しい式を導いた。また、地殻内応力場とその不均質性を自動的に検出するために、新しい非線形インバージョン手法と sign-constrained 最小二乗法を開発した。

合成開口レーダーを用いた地殻活動の研究 高田陽一郎)

高田らは人工衛星「だいち」(ALOS)に搭載された合成開口レーダーPALSAR の画像を用いて干渉 SAR(InSAR)解析を行い、2008 年岩手宮城内陸地震の余効変動シグナルを検出した。余効変動は地震時破壊域の内部と縁辺の双方で検出された。特にシグナルが明瞭であった場所は震源東方の国見山東麓、地震時変動が大きかった栗駒山東麓、そして栗駒山北方の雨田森であった。得られた余効変動を、ピクセルオフセット解析から求めた地震時の 3 次元変位場と比較した結果、栗駒山東麓の余効変動の鉛直成分は地震時と逆向き(沈降)であり、国見山東麓の変位は地震時変位と調和的であった。これら 2 つのシグナルを説明する簡単な断層モデルを提示し、測地学会誌に発表した。

東北地方太平洋沖地震に伴い日本列島に広域的な地殻変動が引き起こされた。高田らは、この誘発性地震活動を理解するために、ALOS/PALSAR のデータを用いて InSAR 解析を行い、地震に伴う地表変位の調査を行った。その結果、長野県北部、富士山、福島県・茨城県県境付近において、顕著な地表変位を面的に検出した。また、東北地方の幾つかの火山(吾妻、蔵王、栗駒山周辺、秋田駒ヶ岳周辺、那須など)が局所的に沈降していることを検出した。沈降量は最大約 15cm、概ね数 cm 程度である。吾妻山近傍の GEONET の GPS データから広域トレンドを除去したところ、InSAR と調和的な局所的沈降を得た。吾妻山での地震時応力変化を計算した結果、地表付近で約 1.4MPa の東西引張応力変化が引き起こされたことが分かった。現在、他の火山についても調査を続けている。火山性地殻変動については国際誌に投稿準備中である。

地震データベースを用いた地震発生予測に関する情報の抽出(澁谷拓郎)

澁谷は、高感度テレメータ観測開始以降の 30 年間の当センターの鳥取、阿武山、北陸の 3 観測所、気象庁および一元化震源データを統合処理することにより震源の再決定を行った。得られた高精度の震源データを用いて、山崎断層周辺域、琵琶湖西岸域、有馬高槻構造線周辺域の地震活動を精査した。その

結果、活断層近傍にいくつかの地震低活動域を見出した。さらに、b 値の水平分布をマッピングし、断層近傍の低 b 地域を検出した。これらの情報は、強震動の発生源であるアスペリティの位置や破壊開始点の推定に有用であると考えられる。

サイレント地震の研究(川崎一郎)

日本列島周辺で発見された限りでは、サイレント地震は深さ 30km 前後の、「固着域と定常すべり域の遷移帯」に発生し、空間的には巨大地震のアスペリティと空間的に棲分けている。現実の震源核の成長をコントロールしているのはプレート境界面の摩擦強度の不均質分布である。地震アスペリティとサイレント地震の空間分布は摩擦強度の分布を教えてくれる。川崎は、GPS データおよび地殻変動連続観測記録を用い、サイレント地震をできるだけ多く見出し、すべり域をマッピングして行く解析的研究を推進した。

(1) リアルタイム総合観測

(2) 准教授 片尾 浩, 助教 山崎健一(平成 22 年 6 月から)

(3) 研究対象と研究概要

本研究領域では、大地震発生地や、定常観測網で異常が認められた地域などに機動的に出勤し、効率的かつ多種目の臨時観測を行う。構造探査、特定地域を対象とした臨時観測を、他大学との連携の上で実施する。これらの機動的な臨時観測により、定常観測網では得ることができない高精度高解像度の観測・解析を行う。

平成 20~22 年度の主な研究は以下の通りである。

岩手宮城内陸地震合同余震観測:平成 20 年 6 月の岩手宮城内陸地震発生直後に、東北大学を中心とする大学合同観測の一環として、岩手県中部に 5 点の臨時観測点を設置した。約 3 ヶ月間オフライン観測を継続し、8 月末に撤収した。全参加機関のデータが集約され、同震源域の地震活動、地殻構造、発震機構等が詳しく調べられた。

中越地震余震観測:2004 年の新潟県中越地震直後から観測を行っていた衛星テレメータ観測点 3 点のうち 2 点を、2008 年 8 月に撤収した。のこり 1 点は、定常観測点から離れた旧山古志村地域にあり、同地震の余震域をカバーする上で重要であり、現在も観測継続中である。

近畿地方北部における稠密地震観測:2008 年末以降、文科省受託研究『ひずみ集中帯における重点的調査観測』ならびに『地震・火山噴火予知のための観測研究計画』の課題「近畿地方北部における地

殻活動異常と地震先行現象の関係の解明」の一環として、近畿地方北部においてオフライン稠密多点地震観測を継続中である。(詳しくは「阿武山観測所」の項を参照のこと)

近畿地方北部における発震機構解および応力場の研究：既存の定常観測点のデータを用いて近畿地方北部の発震機構解および応力場について解析した。同地域を細かく小領域に分割し、応力テンソルインバージョンを行い、丹波山地から琵琶湖西岸地域にかけての応力場の空間変化を求めた。その結果、逆断層的な応力場にある琵琶湖西岸に対して、丹波山地は横ずれもしくは中間型の応力パターンを示し、その境界は花折断層の西方約 10km あたりにあることがわかった。

濃尾地域の発震機構および応力場：2009 年から濃尾地震震源域周辺で行われている大学合同観測のデータを用いて、発震機構および応力場の研究を行っている。同地域は横ずれ型の活断層が発達しているが、周辺の微小地震は逆断層型の応力場を示していることがわかった。

東北地方太平洋地震緊急余震観測：2011 年 3 月の東北地方太平洋地震の発生直後、全国の大学と合同の余震観測の一環として、岩手県一関市に衛星テレメータ観測点を設置した。気象庁をはじめとする定常観測網が停電等により機能を失っている状況下において急遽展開されたもので、本震直後の地震活動把握に貢献した。

(1) 地球計測研究領域

(2) 准教授 柳谷 俊, 助教 森井 互

(3) 研究対象と研究対象

地震は人間社会に甚大な被害を及ぼす目に見える現象であるが、地震と地震の間にも、地下深部で多様な時空間スケールの地震を準備するような事象が生じているというのが、地震サイクルに対する現在の共通認識である。地球計測研究領域第一の目標は、様々な観測研究、実験研究、解析研究を通して、このような準備過程の候補となる物理学的現象を見出し、それらを総合的に検討して現象の真の物理的意味を理解することである。これらの知見をもとに、どのような観測量を測定したらよいかを明らかにし、現実の地震の発生予測につなげてゆくことが第二の目標である。このための具体的な手法として、ボアホールや観測坑道を活用した新しい観測手法や計測技術の開発に焦点をあてている。特に、野島断層、跡津川・茂住断層、山崎断層の活断層周辺でのボアホールを活用した観測を精力的におこなっている。

各々の研究概要は以下の通りである。

ボアホール間隙水圧井戸の大気圧・地球潮汐・地震波に対する応答 間隙弾性理論に準拠した解析(柳谷 俊)

ひずみ・応力・間隙水圧の関連は明らかにして地殻変動連続モニタリングの精度向上を図るために、神岡鉱山や野島断層のボアホール井戸において、間隙水圧測定を行い、神岡鉱山の坑内サイトのボアホール井戸での高精度間隙水圧の観測データを解析し、大気圧応答・地球潮汐・地震波応答の時間変化を調べた。地殻ひずみをモニターするときには、岩盤の間隙水圧も同時にモニターして、ひずみと間隙水圧の相互作用を間隙弾性論的なフレームワークで解釈しなければ、地殻の(応力)状況を正確にモニターできないことが改めて示唆された。

神岡鉱山の坑道のボアホールにて間隙水圧の連続観測を行い、その大気圧応答、地震波応答、理論地球潮汐に対する応答を測定した。その結果、間隙水圧が理論どおり体積ひずみに比例することを確認した。そしてこれらの結果から Skempton 係数の値を 0.8 と決定した。この値は Lockner らが実験室で決めた値とよく一致している。2004 年の Sumatra-Andaman Island 地震のスペクトルにおいては、間隙水圧が地球の自由振動(スフェロイダル・モードだけ)に反応することを世界で最初に確かめた。特筆すべきは、間隙水圧の応答はより低周波側までフラットであり、STS-1 地震計の特性を凌駕している点である。また、間隙水圧の周波数応答の違いは、それぞれのボアホール井戸が接続する帯水層の透水性の違いによって説明可能である。

ボアホールに設置可能なたて成分伸縮計の開発(柳谷 俊)

ボアホールに設置可能なたて成分伸縮計(ボアホール底面から 3 メートルの溶融石英菅を地表まで立ち上げ、上端と地表間の変位を石井式拡大エレメントで拡大して測定しひずみに換算する)をあらたに開発し、名古屋大学瑞浪観測所の壕内に設置した(名古屋大学、東濃地震科学研究所との共同研究)。たてひずみの測定は、地殻変動を観測するグループの長年の課題であった。この方式のたて伸縮計が地震動を正確にとらえる可能性があること、岩盤のたてひずみを正確に測定するためのあらたなツールになることを強く示唆している。

(1) 地球物性研究領域

(2) 客員教授 日置幸介(北海道大学理学研究科)

平成 20 年 4 月～22 年 3 月、岩森 光(東京工業大学)

理学研究科),平成22年4月~.

### (3) 研究対象と研究概要

地球内部物性研究領域は,地殻・マントルを構成する物質の性質や挙動を調べ,地震発生場周辺の特徴を解明し,海溝沿いおよび内陸での地震発生にいたる準備過程の解明の高度化を計ることを目的として,国内から客員教授を招いている.学生および教職員向けの地球内部物性に関連する講義を行うとともに,研究等に関して個別に議論を行った.平成20年度および21年度には地殻変動に関する講義,平成22年度には,物質科学的な視点に立ってマントル対流に関する講義を行った.

#### (1) 上宝観測所

(2) 観測所長 准教授 大見士朗,

助教 高田陽一郎(平成22年6月~)

技術職員 和田博夫(再雇用職員)

協力教員 教授 川崎一朗(平成22年3月まで),

教授 飯尾能久,助教 森井互,助教 加納靖之

(3) 研究対象と研究概要:地震予知研究推進のための観測・研究を実施している.主な研究テーマは,地殻変動連続観測,GPS観測による地殻歪,傾斜変化と地震発生の関連,地震観測による地震活動調査および,全磁力の観測による地磁気変化であり,それぞれに対応する連続観測 臨時観測等が実施され,結果は地震予知連絡会などに報告されると共に,内外の研究に提供されている.平成16年度から平成20年度までの地震予知事業計画における歪み集中帯における地震,GPSおよび電気比抵抗の全国的な共同観測では 観測の基地としての役割を果たした.また,焼岳火山の観測では,神通砂防事務所の観測点におけるデータを統合処理している.さらに,焼岳火山という共通の研究対象をもつ穂高砂防観測所との連携を深めるために,観測所機能の強化も図られた.平成22(2010)年6月には,観測所に常駐する教員1名(助教)が着任し,研究活動を開始したほか,宇治地区勤務の教員の観測所滞在を容易にするために,関係各位には宿泊室の整備等にもご尽力いただき,平成22(2010)年12月現在,4名の教職員が滞在できる環境が整っている.また,奥飛騨サイエンスツアーのコースになるなどアウトリーチも観測所を利用して実施している.前述のように,平成20年度から 専任職員は現地勤務の1名の再雇用職員のみであったが,平成22年6月の現地勤務の助教が配置された.

地殻変動連続観測による地殻歪 傾斜変化と地震発生の関連.

当観測所は第1次地震予知計画に基づき,1965(昭和40)年に上宝地殻変動観測所として設立された.それ以来,蔵柱観測坑において,歪計,傾斜計,水位計による観測が継続されている.これらは温度,気圧,降雨などの影響を受けるので,同時に気象要素の観測も実施されている.また,地殻変動総合観測線として,宮川,西天生,宝立,立山などの観測点でも連続観測が実施されている.さらに,GPS観測が実施されるようになり,連続観測が実施され,跡津川断層を横切る稠密GPS観測網のデータ収録も行われている.この観測によって,跡津川断層を境として,変位ベクトルの向きが変わる結果が得られ,新潟-神戸歪み集中帯の一部の詳細な解析,活断層の運動の解明のために,有用なデータが蓄積されている.

地震観測による地震活動調査.

当観測所では微小地震の観測も開始され,1976年にはテレメータによる短周期高感度観測網が設置された.当初3点で開始された観測網は,徐々に観測網が拡充され,1996年には9点になった.さらに,周辺観測網とのデータの交換が行われ,衛星通信利用の観測網の設置によって,2002年度からは地震予知推進本部が建設したHi-netの観測データも収録するようにし,現在では約100観測点,300チャンネルのデータを取得・解析している.

最近ではこの多数の観測点による観測網によって,跡津川断層を始め,中部地方北部の地震活動が詳細に解析され,応力場なども解明されつつある.跡津川断層では,さらに稠密な臨時観測網が設置され,地震分布,特に深さの分布が精度良く求められ,クリープ運動との関連が議論されている.また,低周波地震,S波のスプリティング,Q値の時間変化,b値の統計的解析などの研究も実施されている.さらに,広帯域地震計も設置されており,この記録の波形も利用され,低周波地震等の研究が行われている.

焼岳火山の地殻活動の研究

飛騨山脈脊梁に位置する焼岳火山は,1962年の噴火を最後に表面活動は静穏な状態が続いているが,深部低周波地震活動が見られることや,時折浅部の群発地震活動が見られる等,次の噴火活動への準備過程にあることが推察される.また,平成21年度からの地震予知・火山噴火予知研究計画においては,地震予知と火山噴火予知の統合がひとつの重要なテーマとなっており,上宝観測所の対象地域には,焼岳等の火山と跡津川断層等の活断層の双方が位置していることから,このような研究テーマに最適である.本計画では,「飛騨山脈における地殻流体の動き

の解明」と銘打ったプロジェクトが進行しており、観測点の充実等、焼岳火山の地殻活動の研究の高度化を図っている。平成 22 年からは焼岳・上高地を中心とする中部山岳国立公園地域で 7 点の臨時観測を実施中で詳細な地殻活動を明らかにしつつある。さらに、本観測所の地元の防災対策への協力という意味からも、必要に応じて観測結果を地元自治体等に供給する等の協力を行っている。

全磁力連続観測による地磁気変化の研究。プロトン磁力計を用いた地磁気全磁力の連続観測を、西天生、宝立の 2 観測点で実施している。これらの観測点はノイズが少ない地点を選んで設置されており、全磁力観測の良好な観測点となっており、長期間データを提供している。この全磁力値データは、地震予知研究センターの鳥取、鯖江、天瀬、峰山、北沢町で観測されている全磁力連続観測のデータと合わせて、日本全体の地磁気標準変化モデル(IGRF)の作成のための基礎データとして地球電磁気研究者に活用されている。

#### (1) 北陸観測所

(2) 観測所長 教授 西上欽也

技術職員 平野憲雄(再雇用)

協力教員 教授 川崎一郎(平成 21 年度まで)  
准教授 竹内文朗

#### (3) 研究対象と研究概要

北陸地方の微小地震活動、地殻活動、および活断層を含む地殻構造の特性を主な研究対象とし、研究テーマとして、約 30 年間にわたる北陸地方の微小地震活動と地震テクトニクス、福井地震断層の深部構造と地震発生過程、坑道内における地殻活動特性の計測などを行っている。各研究テーマの概要は以下のとおりである。

北陸地方の微小地震活動と地震テクトニクス

テレメータ観測データにもとづく約 30 年余りの長期間におよぶ微小地震の活動特性を調べている。福井地震断層から温見断層、根尾谷断層系につながる活発な地震活動域、琵琶湖北部の柳ヶ瀬断層、湖北山地断層帯等に沿った活動域、白山等の火山直下の活動、および観測所(鯖江市)を中心とする半径約 10km の明瞭な地震空白域等、この地域の微小地震活動特性を明らかにした。北陸地方全体の長期的な地震活動度は 1995 年兵庫県南部地震の 1 年あまり前からの活動低下と地震後の活動の活発化を示す。また、これらの地震観測データにもとづいて北陸地域の地殻構造、地震のメカニズム解等についても調べている。

#### 福井地震断層の深部構造と地震発生過程

福井地震(1948 年, M7.1)の震源断層とその周辺における活発な微小地震の発生特性は本観測所の重要な研究課題である。これまでに蓄積された微小地震データベース、特に波形データを用いて、精密な震源分布、応力降下量の空間分布、小地震(M4-5 クラス)の震源パラメータの推定、断層周辺の地震波散乱強度の三次元分布、等を調べてきた。散乱波の解析からは、福井地震断層に沿った強い散乱体の分布、鯖江周辺の地震空白域と散乱の弱い領域との対応等を明らかにした。

#### 坑道内における地殻活動緒特性の計測

観測坑内において、地震・地殻変動の観測の他、地電位計、ラドン測定器、等による連続観測も行われ、北陸地域の地殻・上部マントル構造の推定、地殻活動の緒特性の調査等に幅広く利用されてきた。2005 年 10 月には、坑道内にあらたに伸縮計(長さ約 7m)を設置して観測を開始した。三次元相対変位計など、観測坑を利用した新しい観測機器の開発を、学内外研究者との共同研究により行ってきた。

#### 北陸地方に根ざした活動・交流・情報発信

北陸・中部地方の複数大学や高専と年 2 回の北陸地震研究会を開催してきた(これまで通算 55 回)。また、地元の小学校で特別授業を行うとともに、小中学校、高校や防災関係機関からの観測所施設見学の依頼に対応している。2008 年 6 月には、福井地震 60 周年シンポジウムを、福井県や福井市、坂井市と共に開催し、地元住民への防災知識の普及や観測所による研究成果の解説等を行った。

#### (1) 逢坂山観測所

(2) 観測所長 教授 川崎一郎(平成 22 年 3 月 31 日退職)、教授 飯尾能久(平成 22 年 4 月～)、

担当教員 助教 森井 互、

協力教員 准教授 片尾浩、

助教 加納靖之

#### (3) 研究対象と研究概要

観測所坑道内において地殻変動と地下水位の高精度連続観測を行い、近畿北部における地震活動と当観測所での歪変化・水位変化の関係を研究している。

地殻変動データの全国流通に関連したシステム構築(森井)

地殻変動データの全国流通に資するために、逢坂山観測所のデータを準リアルタイムで流通用ファイル(WIN 形式)に変換し、宇治の地震予知研究センターへ送信するシステムを構築した。

東北地方太平洋沖地震に関連した各種信号の記録

東北地方太平洋沖地震に際して、歪ステップ・波動場による主歪方向の時間変化・再帰表面波・地球自由振動、等の信号を記録した。波動場による主歪方向の時間変化は震源断層の破壊の進行状況を推定する一助になると考えられる。

### (1) 阿武山観測所

#### (2) 観測所長 教授 飯尾能久

技術職員 浅田照行(平成22年3月退職),米田格(平成22年4月着任)

協力教員 教授 矢守克也(兼任,平成22年12月より),准教授 片尾 浩,深畑幸俊(平成20年4月着任)

#### (3) 研究対象と研究概要

近畿北部,特に丹波山地の活発な微小地震活動と地殻変動の精密な観測を行っている。全国的な地震基盤観測には10衛星点の地震データが寄与している。当観測所地下観測室(坑道内)では高精度地殻変動連続観測と地震観測が行われている。また防災科学技術研究所の広帯域地震観測点にもなっている。

2008年頃より,万点規模の稠密地震観測を可能とする次世代型稠密地震観測システム(満点システム)を開発し(京都大学,株式会社近計システム等の共同研究),国内外の余震観測等で運用している(満点計画)。「満点計画」は,具体的な研究プロジェクトに対応するものではなく,これまでとは桁違いに観測点数を増やそうとする試み全般や,その背景にある哲学や思想のことを指している。「満点計画」は,次世代型稠密地震観測と言い換えることができる。阿武山観測所はそのための基地として位置づけられ,計器の整備やチェック等に活用されている。

近畿地方北部における地殻活動異常と地震先行現象の関心の解明(片尾 浩・飯尾能久)

1995年兵庫県南部地震以降活発だった丹波山地の微小地震活動が2003年初め頃から静穏化に転じた時期を同じくして地殻変動にも変化が見られた。このような変化は近くの他の観測所でも見られ,近畿北部全体の地殻活動の変化としてとらえられている。これらの変化の原因を明らかにするために,『地震・火山噴火予知のための観測研究計画』の課題「近畿地方北部における地殻活動異常と地震先行現象の関心の解明」において,2009年より近畿地方北部においてオフライン稠密多点地震観測を継続中である。これまで不可能だったM0.5程度の微小地震まで精度良くメカニズム解を決定することが可能となり,詳細な応力場の時空間変化や断層の深部構造の解明が始まっている。

活断層集中域における地震発生メカニズムの解明(飯尾能久・片尾 浩・澁谷拓郎)

近畿地方は全国的に見ても活断層が集中している地域であるが,琵琶湖西岸域の活断層集中域における地震発生メカニズムを解明するために,文科省受託研究『ひずみ集中帯における重点的調査観測』において,2008年よりオフライン稠密多点地震観測を継続中である。

レーバ関数解析および自然地震を用いた反射法解析等により,琵琶湖西岸域における地殻構造の詳細な推定を行い,活断層集中域において,モホ面が複雑な形状を示している可能性を見出した。また,琵琶湖西岸域においては,沈み込むフィリピン海プレートの詳細な形状や位置はよく分かっていなかったが,上記のレーバ関数解析により,南北に近い走向を持ち西に向かって沈み込むプレート形状が明瞭に捉えられた。

これまでに得られた知見を総合して,地震発生機構を次のように推定した。ほぼ南北の走向を持って沈み込むフィリピン海プレートの特定の深度から脱水した水は,カーテン状の通路によりモホ面下に達する。モホ面に南北の線状で達した水は下部地殻を弱化して逆断層を生じる。その逆断層すべりにより,地震発生域に逆断層の地震を引き起こす。

### (1) 鳥取観測所

(2) 観測所長 准教授 澁谷拓郎,協力教員 助教 吉村令慧

#### (3) 研究対象と研究概要

中国地方東部~近畿地方西部の地殻活動の観測・解析を研究対象としている。対象地域内に8点の定常地震観測点を維持し,波形データをオンラインで一元化データネットワークに送信している。最近の研究活動の概要は以下のとおりである。

山陰地方の地震活動に関する総合調査(澁谷ほか)

2000年鳥取県西部地震での稠密余震観測および定常観測のデータを用いた解析を継続して行い,求められた精密な余震分布と震源域の不均質構造に基づき,本震に10年余り先行して発生した数個のM5級地震活動や本震の破壊過程や余震分布が,震源域の不均質構造と関係していることを明らかにした。

2009年度から鳥取県西部~島根県東部の地域において稠密地震観測(満点観測)を開始した。現在,50か所に臨時地震観測点を展開している。メカニズム解の大量決定による応力場の推定,地震波走時トモグラフィーによる3次元不均質構造の推定および

それらと地震活動の関係を理解し、内陸地震の発生予測に寄与するのが目的である。

#### 山崎断層の挙動の観測・解析（澁谷ほか）

安富坑道内で伸縮・傾斜の観測を継続実施している。2000年5月から、約20km西北の山崎町大沢地区に設置された防災科技研の広帯域地震観測施設坑道内で、伸縮計3方向4成分の観測を実施している。同じ山崎断層系にあって、断層帯域内と強固な岩盤の変動を比較する目的である。

テレメータ観測の始まった1976年から2007年までの30年間に蓄積された鳥取観測所、阿武山観測所、気象庁、防災科学技術研究所の観測点のデータをマージし、連結震源決定法により震源再決定を行った。山崎断層近傍における地震分布とb値の不均質性を明らかにした。これらは、断層のカップリングや応力集中の状態と関係していると考えられ、強震動予測にも活用できると考えられる。また、2004年度から山崎断層南東部にオンラインの臨時地震観測点を増設して、観測の強化を図っている。

#### 山陰地域の地殻深部比抵抗構造の解明（吉村ほか）

地殻の比抵抗構造は、地殻内流体（水）の分布を把握するために重要な情報をもたらす。2000年度以来現在まで、鳥取県西部地震震源域周辺、兵庫県北部、大山周辺域、山陰～瀬戸内測線等での比抵抗構造調査のための広帯域MT観測を継続実施している。その結果、地震発生領域がある地殻の下部には低比抵抗領域が存在し、そうでない場合には低比抵抗領域が存在していないことがわかった。そして、大山など火山では地殻浅部に低比抵抗領域が存在していることも判明した。地震発生領域下部の低比抵抗体の深部延長をイメージすることに加えて、フィリピン海プレート北限との関連性を議論するために、2006年～2009年に陸域での長周期MT観測と鳥取県沖での海底電磁気観測を実施した。

#### (1) 屯鶴峯観測所

(2) 観測所長 教授 橋本 学（平成21年3月まで）、教授 飯尾能久（平成21年4月～）、担当教員 助教 尾上謙介（平成20年3月退職）  
技術職員 藤田安良  
協力教員 助教 大谷文夫（平成22年3月退職）、  
助教 森井互

#### (3) 研究対象と研究概要

観測所坑道内において地殻変動の高精度連続観測を行い、近畿中部における地震活動と当観測所での歪変化の関係を研究している。

これら定常観測に加え、地下水位と間隙水圧の試

験的観測、新たな歪み計の開発を行った。また中央構造線の変動を検出するための光波測量や南海地震の予知に向けた地下水調査など野外調査も行っている。また、アレイ観測を目指した簡易歪計の開発も行い、紀伊半島中部にて試験観測を続行している。

東北地方太平洋沖地震に関連した各種信号の記録東北地方太平洋沖地震に際して、歪ステップ・波動場による主歪方向の時間変化・再帰表面波・地球自由振動、等の信号を記録した。波動場による主歪方向の時間変化は震源断層の破壊の進行状況を推定する一助になると考えられる。

#### (1) 徳島観測所

(2) 観測所長 教授 橋本学、准教授 片尾 浩  
担当教員 助教 許斐直（平成21年3月退職）  
技術職員 近藤和男  
協力教員 教授 西上欽也、渋谷拓郎

#### (3) 研究対象と研究概要

四国東部の地震活動とテクトニクスを研究対象としている。主な研究テーマは以下の通りである。

四国東部の微小地震活動：徳島観測所では石井、上那賀、池田、塩江の4箇所の高感度地震観測点を維持・管理している。これらのデータはテレメータにより宇治の微小地震観測システムSATARNに取り込まれて一括処理される他、国の基盤観測網の一翼として気象庁の一元化处理等に利用されている。また、横坑内のノイズの少ない環境であることから、広帯域地震観測、強震動観測等の機器も設置されている。

#### 中央構造線の活動性についての調査・研究：

地震調査委員会は中央構造線（MTL）についてのいわゆる「活断層評価」で四国全域の断層が三つの部分に分かれて16世紀のほぼ同時期に活動したと認定した。濃尾地震の地震動分布から推定すると、阿波で起こった大地震はこの地域の社会を根底から揺るがすと同時に畿内においても程度の差こそあれ被害を生じさせるような地震となるはずである。現在の史料地震学の到達点からその存在が知られていないのは不思議である。そこでMTLでの「地変」が初めて歴史地震との関連で考えられた岡田による上喜来トレンチの解釈と石橋による「鳴門隆起説」を詳しく検討した。その結果いずれの場合もMTLの活動、前者では父尾断層、後者では鳴門断層の活動を認定することはできなかった。（許斐直）

#### (1) 宮崎観測所

(2) 観測所長 教授 大志万直人、担当教員 助教 寺

石眞弘, 助教 山崎健一(平成 22 年 5 月着任), 技術職員 園田保美(平成 23 年 3 月退職) 技術職員 小松信太郎(平成 22 年 4 月着任), 協力教官 助教 大谷文夫(平成 22 年 3 月退職) 助教 森井 互

### (3) 研究対象と研究概要

宮崎観測所は, 主に日向灘地域の地震活動と地殻変動の関係の研究を目的で 1974 年度に宮崎地殻変動観測所として設立され, 現在では, 南海地震のような海溝型地震に関する研究の拠点観測所として位置づけられている. 具体的実施している定常的観測は, 横穴式観測坑の伸縮計・傾斜計による地殻変動連続観測, 宮崎平野での GPS 稠密観測, さらに, 高感度地震観測である. これらの観測を継続しながら, 南海トラフから日向灘一帯の地震活動, 地殻活動の解析を行っている. 日向灘では同一地域に約 20 年間隔で M7 クラスの地震が発生し, 隣接地域ではスロースリップの発生が見られるが, こういった日向灘周辺での地震発生の特性を解明するための観測研究を推進している. また, 「地震及び火山噴火予のための観測研究計画(平成 21-25 年度)」によるプロジェクト研究が, 火山活動研究センターや理学研究科附属火山研究センター(阿蘇)と共同してスタートしており, 宮崎観測所の拠点としての役割が増している.

地殻変動連続観測及び地震観測(寺石眞弘, 大谷文夫, 山崎健一, 園田保美, 小松信太郎)

地殻変動観測を開始以来使用していたテレメータ装置の老朽化が進み, 平成 17 年より ISDN デジタル公衆回線網を利用したロガー群による間歇的データ転送方式への転換を行なった. 同時に, 基盤観測点による地震観測網が充実してきたため, 独自に設置していた地震観測点を整理し, 現在は宮崎観測所と宿毛観測点での地震波形データを準基盤観測点として全国配信している. これまでの観測から, 日向灘全域の地震活動の推移と宮崎における歪経年変動率の変化が調和的であることが明らかにされている. また, 四国南西部に位置する宿毛の歪記録には, 豊後水道付近で発生するスローイベント(1997 年と 2003 年, および 2009-2010 年)に関連すると見られる異常変動も検出されている. また, 平成 23 年 1 月 26 日に霧島火山群の新燃岳において本格的な噴火活動が始まり, 霧島新燃岳から北西約 18km に位置する伊佐観測点では, 昭和 62 年以降坑道内に水管傾斜計やスーパーインバール棒伸縮計が設置され精度の良い安定した地殻変動連続観測が継続されてきたが, この噴火に際して, 伊佐観測点の伸縮計によ

り新燃岳での噴火に伴う明瞭な変化が観測された.

測地測量に基づく広域地殻変動の検出(大谷文夫, 寺石眞弘, 山崎健一, 園田保美)

最長 20km の長距離光波測量基線網を設け, 1981 年以来 2008 年まで, 定期的な改測で広域地殻変動を検出することにより, 連続観測データによる変動が広域変動の代表値とみなせることを確認してきた.

観測計器の開発・製作(園田保美, 小松信太郎, 寺石眞弘, 大谷文夫)

坑道内地殻変動観測のためのセンサー部・電気変換部等を標準化するための開発・製作作業を当観測所内で実施し, 各観測点での交換作業を行った. また, 屋外での観測に実用的な感度を有する地殻変動観測計器(野外トレンチ観測用ハーフフィールド水管傾斜計)の開発も実施した.

19 世紀末のドイツ製 Rebur-Paschwitz 型水平振子傾斜計の復元(園田保美, 大谷文夫)

地震防災研究部門の J. J. Mori 教授とちょうど来日中の L. Rivera 氏(ストラスブール大)により, 上賀茂観測所敷地内の瓦礫の下から約 70 年ぶりに Rebur-Paschwitz 型傾斜計が発見されたが, 水平振子部が欠損していた. 水平振子部の構造の推定と復元工作を行い, 現在, 京都大学総合博物館に収蔵・展示されている.

## 8.6 火山活動研究センター

### 8.6.1 センターの活動概要

#### (1) センターの研究対象と活動方針

火山活動研究センターは全国レベルでの火山学及び火山災害に関する野外研究拠点として位置づけていて、わが国で最も活動的な桜島および薩南諸島の火山を主な研究対象としている。火山現象を理解するための観測研究には、地球物理学的手法のほか、物質化学の分野（地球化学、地質学、岩石学等）の研究者の協力も必要であることから、他大学や他研究機関との連携協力を図りながら研究活動を行うこととしている。

当センターでは、各々の研究者がその専門性を活かすとともに、複数の観測研究手法を習得し、多岐にわたる火山の研究手法の意義と成果を理解して、新たな研究を展開することが期待されている。具体的には、専門分野の外部の研究者との共同研究を推進すること、特定の対象火山における他分野の研究者との共同観測への積極的参加を推奨している。なお、当センターの研究活動及び運営方針については、年1回開催する火山活動研究センター運営協議会で意見や助言を受けることとしている。

また、活火山の観測研究においては、活火山を抱える自治体・住民の協力が不可欠であることから、観測データや研究成果、及び活動評価結果を、必要性と外部からの要請に応じて提供することとしている。

#### (2) 現在の重点課題

火山爆発機構と直前予測に関する研究

火山活動の中長期予測に関する研究

マグマ供給系に関する研究

火山体の構造に関する研究

火山活動史に関する研究

火山活動の評価手法の開発と火山防災情報に関する研究

#### (3) 研究活動

上記の研究課題は第7次火山噴火予知計画と後続する地震及び火山噴火予知のための観測研究計画や防災研究所の共同利用に係る共同研究、SATREPSに基づくインドネシアとの国際共同研究により推進されてきた。2006年6月に58年ぶりに再開し、2009年以降爆発回数が急増している桜島東山腹の昭和火口の噴火に対しては地震・地盤変動・火山ガス・噴

出物の分析・火山体構造変化など総合的な観測を強化し統合的な研究を行った。年々、マグマ供給量が増加していることが捉えられ、供給量の増加期には火山ガス放出量、火山灰付着成分と岩石組成に変化がみられるなど、多項目観測の解析結果が互いに連動した変化を見せた。2008年には火山体人工地震探査（第7次火山噴火予知計画）を行い、始良カルデラと桜島の構造を明らかにし、2007年に実施した集中総合観測の結果を解釈した。直前予測については桜島では噴火の直前にひずみ変化量が増加することが捕捉され、ひずみ変化量は後続する噴火に伴う火山灰放出量と比例関係にあることが示された。同様の結果は、諏訪之瀬島やスメル火山の傾斜変化と後続する爆発の規模についても得られている。インドネシアの火山については直前予測と中・長期予測の研究を行い、それらに基づいて火山活動評価手法開発を行い、提言としてまとめた。

#### (4) その他の活動

桜島及び薩南諸島に観測施設を有し、観測データ、岩石や噴出物試料、写真・映像、研究試料等の蓄積があるため、研究者、自治体、教育、出版、報道機関等からの施設および資料等の利用および提供依頼が多い（3.1.7参照）。

火山活動の評価に関する資料等は、火山噴火予知連絡会および関係自治体に定期的に報告・配布している。また、桜島および南西諸島で異常発現の際には、鹿児島県、気象台、第十管区海上保安本部と連携して調査に当たっている。

桜島のハザードマップ改訂、危機管理の方策及び火山防災情報の共有化等、火山防災に関する検討が、国土交通省、鹿児島県、関係自治体を中心に平成15年度に開始された。火山活動が活発化した際には、鹿児島県の桜島爆発対策連絡会議等において、活動の評価と見通しを示すとともに、立ち入り規制や安全対策などについて助言してきた。内閣府等を事務局とする「火山情報等に対応した火山防災対策検討委員会」が平成19年度年に取りまとめた「噴火時等の避難に係る火山防災体制の指針」において火山防災体制のあるべき姿のモデルとして示された桜島での鹿児島県、鹿児島市、大隅河川国道事務所、鹿児島地方气象台及び火山活動研究センターをコアとする活動に当センター教員も学識経験者、関係観測研究機関として積極的に関わっている。

大隅河川国道事務所が桜島にあらたに設置した観測坑道における機器設置と防災研究所所有の観測坑道のデータと併合した噴火予知精度の向上に関する研究を受託し、砂防従事者の安全確保の活動に参画するとともに火山活動評価のために、観測データを自治体、気象庁、火山噴火予知連絡会に提出している。

また、島弧火山の噴火機構に関する比較研究として、1993年からインドネシアの火山及び地質災害軽減局との共同研究を継続しており、2006年には共同研究の協定を再締結した。本協定に基づいてスメル、グントール火山などで観測や調査を行うとともに、インドネシアからの留学生や研修生を積極的に受け入れ、研究活動レベルの向上、観測技術指導、火山活動の評価に関する助言を行っている。2010年メラピ火山の噴火に際してはインドネシア政府の要請にもとづいて国際緊急援助隊として派遣され、活動評価と観測体制整備の提言を行った。

## 8.6.2 研究領域の研究内容

### ・火山噴火予知

教授 石原和弘, 准教授 井口正人

助教 味喜大介, 山本圭吾, 神田 径 (平成 22 年 1 月転出), 為栗 健

非常勤講師 野上健治 (平成 20~21 年度), 寅丸敦志 (平成 22 年度)

日本学術振興会特別研究員

横尾亮彦 (平成 20~21 年度)

#### 研究対象と研究概要

##### 研究対象

主な火山は、桜島、薩摩硫黄島、口永良部島、諏訪之瀬島、およびインドネシアのグントール、メラピ、スメル、シナブン山等である。

##### 研究概要

#### (1) 火山爆発機構と直前予測に関する研究

目的・方法：火山爆発の発生に至るまでの過程を解明し、直前予測を行うことを目的として、桜島、諏訪之瀬島、スメル火山などで地震観測、ひずみ・傾斜変動観測を行った。

成果概要：桜島、諏訪之瀬島、スメル火山のいずれでも爆発に先行する地盤の隆起・膨張と噴火に伴う地盤の沈降・収縮を検出することに成功した。いずれの火山でも噴火に先行する地盤変動量は、噴火の規模（桜島では火山灰放出量、諏訪之瀬島、スメルでは爆発地震の最大振幅）と正の相関があり、先行地盤変動量から規模の予測ができる。また、マグマ

性噴火では傾斜変化量は加速するが、ガス突出イベントでは変化速度は一定であり、地盤変動と噴火の様式の間に関連性を見つけることが出来た。

#### (2) 桜島のマグマ供給系および火山活動評価に関する研究

目的・方法：噴火に先行するマグマの蓄積・上昇過程の解明と火山活動の評価・長期的予測を目的に、桜島において地震、地盤変動、火山ガス、噴出物の解析などの多項目観測を継続している。

成果概要：これまで半世紀にわたり実施してきた水準測量・傾斜計等による地殻変動観測から、桜島の北方始良カルデラの地下約 10km に深部から上昇したマグマを蓄積する主マグマ溜まりがあり、桜島直下数 km に噴火活動に直接かかわるマグマ溜まりが存在すると推定され、噴火活動の活発期にはマグマ溜まりの収縮に対応する地盤変動が観測されていた。2006年に再開した昭和火口の噴火活動は2009年以降、爆発回数が急激に増加しているが、始良カルデラ周辺の地盤は依然として膨張を続けており、カルデラ下ではマグマの蓄積が継続していることが分かった。一方、桜島火山のひずみ観測からは桜島の山体はおよそ1年周期で膨張と収縮を繰り返している。火山体の膨張ひずみ速度大きい時期には二酸化硫黄放出率および温泉ガス中の二酸化炭素濃度の増大が観測され、火山灰に付着する水溶性成分の組成が高温マグマの上昇を示唆し、火山灰の組成がより高温の玄武岩質マグマの関与を伺わせるなど、多項目の観測結果が連動し、統合的なマグマ貫入の繰り返しを示した。マグマの供給速度が大きい時期には噴火活動も活動的となり、マグマ貫入に伴う蓄積と放出が同時に起こっているという開口型の火道系におけるマグマ貫入の実態が明らかになった。現在のマグマ供給率は最近百年間の平均的マグマ供給速度年間1000万 $m^3$ を下回っており、始良カルデラ下へのマグマの蓄積量の増加からみて近い将来大規模噴火発生の可能性が極めて高いものの、桜島の直下への多量のマグマの移動は認められないことから当面は爆発回数が増えても小規模な噴火に留まるであろうとの総合評価を得た。

#### (3) 火山体の構造

目的・方法：人工地震探査により桜島の浅部構造および始良カルデラの基盤構造を調査した。また、南九州において発生している地震を用いて3次元トモグラフィ解析を行った。

成果概要：始良カルデラ周辺、特に大隅半島側では高速度であり、カルデラ内部は低速度である。また、低速度層はカルデラの中央部に近いほど厚くなり、

カルデラの基盤は中央部に向かって深くなっていることが分かった。桜島浅部については古い山体である北岳の下が、高速度であり、高速度層は山頂付近に向かって盛り上がっている他の火山と類似した特徴が示された。火山性地震の震源分布や発震機構から始良カルデラから開口割れ目的なマグマの供給路が推定される北東部は低速度域となった。この北東部の領域では繰り返し反射法探査により、人工地震の波形の変化が捉えられた。

(4) 桜島および薩南諸島諸火山の活動史に関する研究  
目的・方法：過去の噴火活動史を明らかにするために、外部の研究者と協力して、観測井ボーリングコアや地表の噴出物の古地磁気測定や放射年代測定、化学組成分析などを行った。

成果概要：桜島で年代未詳の溶岩の一部についてその噴出年代を明らかにした。また、桜島火山では、2万5千年以降のマグマ化学組成の変遷の概要が明らかになりつつある。

(5) 火山活動の評価手法の開発と火山防災情報に関する研究

目的・方法：インドネシアの火山において連続観測と調査を行うことにより、火山活動評価手法を開発し、提言としてまとめた。

成果概要：スメル火山では噴火規模と様式に依存する傾斜変化が捉えられたことから、直前予測のための観測として孔中式傾斜計などの高精度観測の必要性を示した。地震活動域が火山周辺の広域に広がるグントール火山では広域観測による周辺地震活動とテクトニクス把握の重要性を示した。2007年に火口湖から溶岩ドームが出現したケルート火山では長期的マグマ噴出率からみた2007年噴火の噴出量の不足と噴火後の地震活動の高さからこれまでの噴火間隔よりも短い噴火の再来を予測した。

## 8.7 地盤災害研究部門

### 8.7.1 部門の活動概要

#### (1) 部門の研究対象と活動方針

地盤災害に関連する基礎学理に根ざし、地盤災害の予測と軽減を目指した研究を展開し、さらに、学際領域を分野横断的に開拓して行く。液状化、地盤沈下、斜面崩壊、地すべり、土壌侵食、建設工事等に伴う斜面や基礎地盤の変形等について、地盤工学、地質学、地球物理学、地形学、水文学等の考え方と手法を用いて研究する。水際低平地に広がる都市域の災害脆弱性診断、地盤・土構造物の性能向上技術に関する研究、平野から丘陵地にかけての開拓や開発に伴う人-地盤環境相互作用に関連する災害の研究、さらに山地での風化や崩壊等に起因する災害の研究を行う。それぞれについて、多様な地盤災害現象の発生と挙動の研究、地盤災害ハザードマップの作成手法と災害軽減手法の開発を主要課題として掲げ、さらに、先進的理工融合横断基礎課題研究と防災研究所内で連携した学際領域研究を進める。

#### (2) 現在の重点課題

##### 地盤防災解析研究分野

人間活動が集中する平野部や盆地といったいわゆる低平地における各種の地盤災害に焦点を当て、軟弱地盤の変形解析と対策工法の開発等による都市脆弱性に起因する地盤災害の防止と低減のための研究を行うとともに、地震時における水際低平地に展開する都市域の地盤・構造物系の耐震性向上のための研究を推進している。これらの研究成果に基づいて対象とする地盤災害に対する合理的な対策工を提案し、さらには設計法に結びつけることにより、都市が集中する水際線低平地における地盤災害を低減することを目指している。

##### 山地災害環境研究分野

山地災害の発生ポテンシャルを評価するために、これらのプロセス、例えば岩石の風化、重力による山体の変形、崩壊、侵食、運搬、堆積について研究を進めている。研究は、野外での地質・地形調査研究に最大の重点を置き、また、航空レーザー計測から得られる詳細 DEM の GIS 解析、宇宙線生成核種を用いた年代測定、降雨浸透計測、室内での鉱物や地下水の化学分析などにより、山地災害を長期的地質現象として位置付けた研究を行うとともに、短期間の力学的現象として位置付けた研究を進めている。

##### 傾斜地保全研究分野

傾斜地の保全には、水圏・地圏・気圏及び生物圏を含め、相互に作用する地球表面に関する理解が必要である。例えば、豪雨による洪水等の水流出や地すべり、表層・深層崩壊、土石流の発生、地表面侵食、化学物質の移動などは下流域への影響も含めて検討しなければならない。すなわち、傾斜地で発生する物質移動は、その発生域ばかりではなく、流域全体での影響を理解するというセンスが重要となる。鍵となるのは『水文地形学』という学問で、地形あるいは様々な物質と水文学的なプロセスの相互作用、あるいは、表層付近の水の流れと地形変化プロセスの時間的・空間的な相互作用を扱う分野である。本研究分野では、傾斜地におけるこのような研究課題について、様々な学問分野を連携・融合することで、基礎的研究とともに問題解決型の研究を進めている。

#### (3) 研究活動

上記にあげた個別的研究要素を進めるとともに、2008年の岩手・宮城内陸地震、2011年の東北地方太平洋沖地震、長野県北部地震、さらに同年9月に発生した台風12号による紀伊半島豪雨災害などについて、地盤グループでの合同調査を含め、災害発生に関する多面的な検討を進めた。研究成果は逐次国内外学術会議や学術誌などに発表している。

#### (4) その他の活動

研究者相互の情報共有を進め、地盤災害への多面的取り組みを進展させるべく、斜面災害研究センターとともに地盤研究グループの会議を月1回行い、適宜グループ内で情報を交換し共有してきた。また、国、自治体、学会、その他協議会などと連携し、研究成果を現実に直面している諸問題の解決策に盛り込むことで、国土の社会基盤整備や防災対策に貢献している。これらの対外的活動については、別途社会貢献のところで列挙したとおりである。

## 8.7.2 研究分野の研究内容

### ・地盤防災解析

教授 井合進, 准教授 三村衛, 助教 飛田哲男

遠心力載荷装置を用いた地盤・構造物系の  
相互作用 (井合, 飛田)

静的な水平力を受ける群杭基礎の挙動に関してはこれまでに多くの研究がなされているが, 大地震時の飽和砂地盤における群杭基礎の挙動については未だ研究途上にある。杭基礎の被害要因としては, 上部構造物に作用する過大な慣性力によって基礎が大きく変位する場合と杭体に地盤から想定した以上の水平荷重が作用した場合の2つが考えられる。このことは杭基礎の耐震設計においては, 上部構造物の慣性力だけでなく, 地盤の慣性力をも考慮する必要があることを示唆している。この点について, 防災研究所現有の遠心力載荷装置による模型実験を通して, 原位置における上部工の慣性力と, 地盤の振動による杭-土-杭間の相互作用を観察し, それらの位相差に着目した研究を行っている。

地震時の地盤軟化機構の解明とその対策

(井合, 飛田)

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震では, 東京湾沿岸の埋立地において多くの住宅が傾くなど, 深刻な液状化被害が発生した。また, 東北太平洋沿岸の港湾施設では, 岸壁や護岸などの社会基盤施設にも被害が生じ, その後の救援活動が遅れる原因にもなったとされる。今回の地震は, 加速度振幅は大きくないものの, 振動が長時間継続するという特徴を持っている。本研究室では, このような長時間地震動による地盤・構造物系の応答および破壊メカニズムを調べるため, 遠心模型実験を行うとともに, 多重せん断機構に基づく砂の力学モデルを有限要素法に組み込んだ数値解析プログラム FLIP を開発, 活用してきた。同プログラムは, 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。

地震時の地盤・構造物系の変形予測と合理的  
設計方法の確立 (井合, 飛田)

大地震時には, 土木構造物, 特に軟弱地盤や液状化する可能性の高い地盤上に建設される港湾施設などの水際線構造物は甚大な被害を受ける。既往の被害調査から, 施設の被災状況を地盤のすべり土塊と仮定する方法で説明することは困難であり, むしろ連続体として扱うべきであることが明らかとなってきた。また入力地震動と地盤・構造物の動的相互作用の問題を解明することにより, 合理的な設計法を確立することができるものと考えられる。そのため特に構造物の変形予測手法を構築することを目的に,

遠心力載荷装置を用いた再現実験, 有効応力に基づく非線形有限要素法, 土の室内試験, 現地調査などの研究を行っている。

都市地盤の長期変形予測手法の開発 (三村)

都市基盤としての水際線平野は軟弱であり, その変形と安定性は社会基盤の安定的な供用と効率的な経済活動にとって不可欠である。本研究では, 更新統粘土の有する構造効果によって生じる, 特異な挙動を表現できる合理的圧縮モデルを構築し, これを弾粘塑性有限要素法に組み込んだ新しい枠組みを提案した。これにより, 大阪港埋立地, 関西国際空港埋立地, 釜山新港周辺の大規模造成地における軟弱地盤の長期変形を解析し, それぞれの地点で実施されている詳細な現場計測結果と比較することによってその妥当性を検証した。その結果, 本研究で提案した解析手法は, 過剰間隙水圧の消散遅れ減少, 更新統粘土層の大圧縮, ドレーン改良地盤の圧密促進現象が精度良く表現できることが明らかとなった。

歴史的な地盤構造物の評価と保全 (三村)

本研究は, 1972年に奈良県・明日香村において発見された高松塚古墳の人工盛土地盤としての特性を評価するとともに, 内部石室の修復に伴う墳丘改変に必要なとされる地盤工学的諸問題を, 室内土質試験, 模型実験, 原位置試験, 岩石試験などに基づいて多角的に解明することを目的としている。現在, 古墳内部にある国宝壁は, カビや微生物の繁殖, 石材の風化による漆喰面の劣化によって危機に瀕している。これに対する緊急・恒久保存対策を立てるにあたり, 地盤工学的な知見が必要とされており, そのための各種研究を遂行している。また国宝壁画を良好な状態に保持しながら, 来るべき東南海・南海地震による古墳の損傷を防止するための対策を策定している。

### ・山地災害環境

教授 千木良雅弘, 准教授 松四雄騎, 助教 斉藤隆志  
山体の重力による変形, および大規模崩壊に関する研究 (千木良)

大規模な地すべりや崩壊の前段階としての岩石の風化や重力による斜面の変形とそれが急激な動きに移り変わる現象を解明してきた。特に近年実用化された航空レーザー計測による詳細地形解析, さらに, 高品質ボーリングコアを用いた構造解析によって, 大規模崩壊の発生過程を地表面の変形と地下の岩盤の変形の面から明らかにした。

上記の研究の一環として, 2009年の台湾小林村の深層崩壊と2011年台風12号による紀伊山地の深層崩壊について, 地質構造と地形を調査し, その発生

メカニズムと前兆地形を明らかにした。これらの崩壊は社会的にも大きな注目を浴び、深層崩壊の語が社会的にも定着する契機となったものである。これらの崩壊について、発生場の予測を可能とする見通しを得た。

変動帯における地形発達と斜面崩壊の発生場に関する研究（千木良，松四）

湿潤変動帯の代表とも言える日本と台湾の山岳地において、重力による斜面過程と流水による河川過程とをリンクして、地形発達史を編み、斜面崩壊の発生場を明らかにした。特に、日本の西南日本の外帯および台湾南部と北部の山地で、高標高部に古い残存地形があり、それを新しく河川が下刻し、谷中谷を作っていることを明らかにした。そして、谷中谷の側壁斜面 - 特に流れ盤斜面 - において、斜面の変形が進み、地すべりや崩壊が集中して発生していることを明らかにした。この知見は山地を広い範囲で危険度分類する考え方の基礎となりうる。

上記の地形発達史に、宇宙線生成核種を用いた地表面露出年代法による絶対年代を導入し、速度論的考察を可能にしている。

岩石の風化メカニズム，風化帯構造および崩壊・侵食に関する研究（千木良，松四，斎藤）

急速に風化する岩石は悪地地形を形成し、また、風化土層は崩壊・侵食され、環境の悪化や土砂災害を引き起こすことから、風化および侵食のメカニズムについて研究を進めた。

急速に風化する岩石の一つの典型として台湾の南部に分布する更新世 - 鮮新世の泥岩を対象に、2年間にわたって侵食と風化に伴う物質移動の観測を続け、岩石の風化・侵食速度が年間約 10cm にものぼることを初めて定量的に明らかにした。また、その風化と侵食において、塩分の移動・集積・希釈が重要な役割をしていることを明らかにした。

表層崩壊発生場の予測（松四，千木良，斎藤）

表層崩壊発生場を予測するための物理モデルの作成にあたって、常に大きな問題となっていた土層の厚さと、樹木根系によるせん断強度の補強効果の空間分布とを、航測レーザー計測データから推定し、それに基づく斜面安定の概略評価方法を構築した。

琵琶湖周辺に分布する花崗岩山地を対象に、現地調査および GIS ソフトウェア上での解析を行い、土層の厚さが地形面の曲率から推定可能であること、また、根系によるせん断強度の空間分布も樹冠抽出を手掛かりとして推定可能であることを示した。

長期的土砂生産速度の評価（松四）

山地流域からの長期的な土砂生産速度を高空間解像

度で知ることができれば、適切な土砂災害対策や流砂管理を行ううえで有用な情報となる。こうした観点から、溪流堆砂に含まれる宇宙線生成核種の分析によって、流域の長期的な土砂生産速度を定量化する研究を行っている。これまでに阿武隈山地，北アルプス，周琵琶湖地域，六甲山地等の花崗岩山地において試料を採取し、分析を進めている。現在までに得られた流域斜面の崩壊速度は、 $10^2$ - $10^4$  mm/kyr の値を示し、流域ごとに大きな差異を示すことがわかった。

ダイナミック地形学の開拓（松四）

山地における土砂災害を、地形形成過程の一部として捉えることで、大局的な見地からのハザードゾーニングが可能となる。これまでに山地における河川の下刻および流域の侵食について、隆起・侵食の平衡と、平衡の破れの考え方を基にモデリングを試みている。このような枠組みは、従来の静的な地形観ではなく、山地の地形を動的に捉え、その地形変化過程の中に山地災害の要因となる土砂移動現象を位置づけようとするものである。こうしたアプローチによって、山地災害の発生環境について、包括的な理解を進めることができる。

## ・傾斜地保全

教授 松浦純生，准教授 寺嶋智巳

温暖化に伴う極端な気象現象が山地の土砂災害発生危険度に及ぼす影響（松浦）

温暖化の進行によって降水の量や強度、分布などが変化し、その結果、崩壊や地すべりなどの土砂災害の種類や規模、発生危険度なども大きな影響を受けると考えられる。降雨の場合は、直接、地表面に到達することから土砂災害に対する影響予測は比較的容易となる。一方、降雪の場合は降水が地表面に積雪層として貯留され、タイミングと強度を変えながら地表面に流出することや、積雪層と斜面地盤の相互作用があるため、土砂災害の発生機構そのものに多数の未解明な点が残されている。このため、積雪地帯における土砂災害の変動予測は降雨と比較して難しく、今後の大きな課題となっている。このため、本研究課題では現地での気象、地下水、斜面変動などの観測や室内実験、数値実験などを行い、降雨を誘因とした土砂災害の影響予測はもちろんのこと、積雪地帯における土砂災害の発生機構の解明にも取り組む。さらに、温暖化に伴う寒冬・多雪および暖冬・少雪などの極端な気象現象が、積雪地帯の土砂災害の種類や規模、発生危険度に与える影響についての研究に着手する。

リアルタイム斜面モニタリング技術の開発と表

#### 層崩壊の予測（寺嶋，松浦）

近年，気候変動により高強度の降雨の発生が世界的に増加している．それに伴い，洪水・土砂災害等による環境や社会生活の破壊を回避するための自然災害防止システムを早急に整備することが切望され始めている．たとえば，2011年9月に生じた紀伊半島豪雨では，紀伊山地内の広範囲で深層崩壊と土石流が多発し多くの人命が失われたことで，市町村長，住民等から避難指示・勧告の発令に関する客観的な基準の作成が強く要求された．すなわち，土砂災害の「発生場」の予測とともに，その「発生時刻」を正確に予測するための防災・減災システムを早急に構築することが強く要望されている．

近年，「岩石・土層の破碎」「地下水流の変動」「地盤の抵抗変化」などの地下環境の変動は，地盤破壊に伴う電磁気現象の発生原因になると指摘されており，これを地震発生の予測に利用しようという試みも開始されている．降雨時の斜面崩壊も同様に地下水流による地盤の破壊・移動現象であるため，破壊をもたらす環境変動のモニタリングに対しても，電磁気現象の把握が有効になる可能性がある，現在取り組んでいる自然電位計測法は，その使用に際して地形的制約が少なく，電源等の大がかりな施設も必要ない．斜面水文環境の把握に関して実績・知見の集積がある水文学・地盤工学的な手法と電磁気学的手法を連携・融合させることで，より実用的なレベルでのリアルタイム斜面水文環境モニタリング手法の確立と，斜面監視による土砂災害環境の把握を目指している．

#### 流域物質循環に及ぼす腐植物質の役割と重要性（寺嶋）

これまで，Na，Mg，Caなどの主要金属は渓流水中では90%以上がイオン状態で流動していると考えられてきた．そこで，広葉樹林からなる小流域とスギ・ヒノキの針葉樹林からなるの小流域で，渓流水のNa，Mg，Caの流出量を計測したところ，無降雨時では全流出量の10～30%，降雨出水時では40～60%がイオンではなく化合物として流出していることが判明した．この原因は，これら金属元素が粘土鉱物や腐植物質，シュウ酸・酢酸・リン酸・ギ酸・クロロフィルなどと錯体を形成しているためであると考えられるが，化合物の流出量は，無降雨時ではシリカと，降雨出水時ではフルボ酸との相関が高くなっていた．したがって，基底流出時は全流出量の20%前後が粘土鉱物との化合物として，降雨出水時は全流出量の50%前後が腐植物質との錯体として流動している可能性があった．

これら渓流水中の化合物においては，pHや酸化還元電位等の周囲の水環境の変化により，配位子と金属元素との結合状態が変化して水中の金属イオンの濃度が変動する．したがって，流域での物質循環の解明や，降雨の浸透に伴う岩盤の風化などといった地球化学的プロセスの解明においては，錯体化合物のようなイオン以外の物質の動態の考慮が重要であることが判明した．

## 8.8 斜面災害研究センター

### 8.8.1 センターの活動概要

#### (1) センターの研究対象と活動方針

「地すべり研究の歴史とセンターのミッション」

地すべり研究に関係の深い、地すべり等防止法の成立は、昭和 33 年である。昭和 36 年には、宅造法が成立している。一方、当センターの前身である「地すべり研究部門」は、昭和 34 年に設立された。すなわち、昭和 30 年代の高度経済成長に伴う中間山地から都市への人口移動を背景として、出口（中山間地）と入口（都市）の環境を整備する必要があり、それを支える研究体制の確立の一環として、防災研究所に地すべり研究の拠点が設置された。

地すべり部門は平成 8 年の改組で地盤災害研究部門地すべりダイナミクス分野となり、その後、地すべりダイナミクス研究分野と旧災害観測実験研究センターの徳島地すべり観測所を母体として、2 研究領域からなる斜面災害研究センターが平成 15 年（2003）に発足した。設立の目的は、「地すべりによる斜面災害から人命、財産や文化・自然遺産を守るために、地震・豪雨時の地すべり発生運動機構の解明、地球規模での斜面災害の監視システムの開発、地すべりのフィールドにおける現地調査・計測技術の開発及び斜面災害軽減のための教育・能力開発を実施する」ことにある。当センターは、わが国の大学に設置された唯一の斜面災害専門の研究ユニットである。世界的に見てもユニークな組織で、大学における斜面災害研究ユニットとしては、最も古く、かつ最大規模である。

「センターの構成と内容」

当センター（及び、その前身）は、昭和 34 年の設立以降、それぞれの時代の変化に応じて、わが国の斜面災害研究を牽引する役割を与えられ、それを果たしてきた。現在、当センターは、2 研究領域（地すべりダイナミクス研究領域、地すべり計測研究領域）と徳島地すべり観測所、及びセンター内措置として、世界地すべり情報解析研究室（兼任）からなる。

#### (2) 現在の重点課題

当センター設立時のミッションを受けて、具体的な重点課題としては、1) 地球表層における地すべり現象の分布と実態の解明；2) 地すべり

の発生・運動機構の解明；3) 人間活動と斜面災害関係史の解明と災害予測；4) 人口密集地、文化・自然遺産地域等を災害から守るための信頼度の高い地すべり危険度評価と災害危険区域の予測；5) 地球規模での斜面災害の監視警戒システムの開発；6) 地すべりのフィールドにおける現地調査・計測技術の開発；7) 斜面災害軽減のための教育・能力開発の実施である。

#### (3) 研究活動

世界的な人口増大、都市開発の進展により、都市周辺地域における地震時や豪雨時に発生する高速長距離運動地すべり・流動性崩壊による災害が激化している。また、重要な遺跡など、一旦破壊されれば復旧の困難な文化・自然遺産が地すべりによる破壊の危険性にさらされている例が目されるようになってきた。斜面災害研究センターでは所内及び国内外の斜面災害関連分野と協力しつつ、平成 20、21、22 年度は、様々な研究・企画調整課題に取り組んだ。具体的には、各研究分野毎に解説する。

#### (4) その他の活動

地すべりを研究する国際的枠組みとして、国際斜面災害研究機構（International Consortium on Landslides=ICL）が設立されたが、その設立と運営には当センター構成員が深く関与してきた。また、ICL の学術雑誌「Landslides」は平成 16 年より独・Springer Verlag 社で印刷、配本されているが、平成 20 年に ISI 社の Impact Factor 0.986 を与えられ、国際的に高い評価を得ている。センター職員は編集、事務局作業を発刊以来、実質的に担ってきた。ICL は、現在も当センターの一部（UNITWIN 本部棟）を継続して使用している。

## 8.8.2 研究領域の研究内容

### ・地すべりダイナミクス

教授 釜井俊孝, 准教授 福岡 浩, 助教 汪  
発武 (平成 22 年 4 月, 島根大学准教授に転出)

#### 研究対象と研究概要

主に, 地すべりの発生機構の解明と広域の斜面災害危険度評価手法の研究を行う。前者では, 特に, 高速長距離運動地すべりの発生機構, すべりから流動への相転換のメカニズム, 及び発生した地すべり, 斜面崩壊土塊の拡大・運動継続機構と停止条件に関する研究を実施する。後者においては, 都市域における斜面災害危険度評価手法の研究, 遺跡や歴史資料に基づく地すべり災害史の編纂のための研究, 及び文化・自然遺産等の重要施設を含む地域の危険度評価に関する研究を行う。

#### すべりの発生機構の解明

本センターで開発した「地すべり再現試験機」を用いて, 高速長距離運動地すべりの発生, 運動機構の研究を推進している。特に高速運動が発生する過程についての研究を実施しているが, 平成 20~22 年度に実施した主要な研究は(1) 可視型地震時地すべり再現試験機と画像解析による流動からすべりへの相転換過程の研究, (2) メタンハイドレート胚胎層における長距離地すべり発生メカニズムに関する研究, (3) 三次クリープの速度~加速度関係のパラメータについて研究を実施し, それぞれ重要な知見を得た。

#### 都市域における斜面災害危険度評価手法の研究

谷埋め盛土型地すべりの予測手法の高度化を図るため, 平成 20~21 年度に組織的な研究を実施した。平成 20 年度は, 地盤構造の調査, 動的変形性, 透水性に関する実測値を計測し, それを使用した現実の盛土に関する三次元解析を実施した。平成 21 年度は, 谷埋め盛土の地震動・間隙水圧観測結果をとりまとめ, 長周期成分が影響したと考えられる谷埋め盛土被害の解析, 地下水浸透流解析を実施した。これらの研究により, 谷埋め盛土の安定性評価に支配的な複数の要因に関する検討が進展した。

#### 地盤災害考古学的視点からの都市域斜面の長期安定性評価

大都市とその周辺に分布する遺跡における災害の痕跡を調べることにより, 地盤災害における土地と人間の関係史を明らかにする。平成 20~22 年度は, 湖底調査, ポーリング調査による

琵琶湖湖底遺跡の本格的な研究を実施し, 湖底遺跡形成メカニズムの検討を行った。また, 天神川(木津川支流), 天野川等, 南山城地域の天井川地形とその発達過程を調査し, 埋もれた都市構造と地盤災害の関係, 人為的な環境変化と地盤災害の関係を明らかにした。これらの成果をもとに, 「シンポジウム・天井川時代 中近世の災害と考古学」(平成 21 年 12 月 12 日)を主催した。また, 平成 22 年 3 月には, 「長岡宮都図譜」を出版して成果のとりまとめと普及を図った。

#### 広域の斜面災害危険度評価手法の研究

平成 20 年 5 月に発生した汶川地震(四川大地震)に際しては, 地元の大学, 政府機関と連携して現地調査を行った。斜面上の余震観測では, 断層沿いや斜面上部の地震動が大きく増幅されることを確認した。また, 地すべりダム上において高精度表面波探査を初めて実施し, この手法がダム決壊の判定に有用な情報を提供することを見いだした。

平成 20 年 6 月に発生した岩手・宮城内陸地震では, 地すべりや崩壊が多発した。上空から分布を広域に調べるとともに, 地すべり斜面上に余震観測点を設置した。その結果, 地すべり斜面上の地震応答を議論する上で基本的で有用な情報を得た。

平成 21 年 7 月中国・九州北部豪雨(山口豪雨災害)では, 防府市周辺で発生した崩壊の広域的な分布調査, 真尾地区における土石流災害履歴の調査を実施した。その結果, この地域では過去 500 年間に 2 回以上の大規模土砂災害が発生していることが判明した。

平成 21 年静岡沖地震(駿河湾地震)の際に牧ノ原台地周辺で発生した崩壊と天井川の関係について調査した。

平成 22 年 7 月広島豪雨災害の際, 庄原市を中心とした地域で発生した崩壊・土石流を調査し災害の実態把握を行うと共に, 高速リングせん断試験を行って, 崩壊土層の運動プロセスを検討した。

### ・地すべり計測

准教授 末峯 章, 助教 王功輝

#### 研究対象と研究概要

徳島地すべり観測所をフィールドステーションとして, 結晶片岩地すべりの長期移動計測および地下水観測を継続実施する。また, 国内外

で発生する各種のタイプの地すべりの現地調査、力学特性ほか各種要因の計測技術の開発を実施し、地すべりの発生・移動機構を解明するとともに、大学院生、社会人、海外からの研修生等に対して地すべりに関する教育・能力開発を実施する。

(1) 徳島県下に広く分布する結晶片岩地すべりと斜面崩壊、(2) 善徳地すべりにおける観測システムの維持管理、(3) 四国で発生したほかの地すべりの物性計測を実施し、(4) 国内の他の地域での地すべり地（新潟県、岡山県、京都府、宮城県、九州地方、兵庫県、東京都日野市）での調査、物性計測および移動観測、及び海外の地すべり（ペルー国マチュピチュ、中国西安華清池・蘭州黒方台・四川地震被災地域、イタリア国ストロンボリ火山）での地すべり調査・観測も実施した。平成 22 年度からは、南海地震に対応するため、高知県大渡ダム森山地すべりに広帯域強震計と満点計画地震計を設置し、地震動が地すべり活動に及ぼす影響について新たな観測を開始した。

共同研究は、東京大学、新潟大学、九州大学、徳島大学、愛媛大学、高知大学、香川大学、広島大学、(独)森林総合研究所、消防研究所の国内研究機関の他、米国、英国、ルーマニア、スロバキア、ロシア、ナイジェリア、エチオピア、タジキスタン、イラン、インドネシア、中国、台湾等の研究者、学生と現地調査、実習、共同研究を実施した。

末峯准教授は同支部主催で秋に実施している現地討論会の企画、運営も行っている。また地すべり学会理事として地すべり学会の運営に深く関与した。地域への貢献としては、地域住民向け国土交通省四国山地砂防工事事務所広報誌「しこくさぼう」に「末峯博士の地すべり講座」を 6 年にわたり 59 回連載した。同所管内で突発的に発生した地すべりの緊急調査の実施、対策工設計・施工に関する諮問を随時受けている。また、同事務所が平成 10 年より毎年 8 月・9 月に実施している大学 3、4 年生向けのキャンブ砂防の現場での指導を担当している。徳島県には県内の何箇所かの地すべり監視の指導および突発的に発生した地すべりの緊急調査の実施、対策工設計・施工に対する助言を与え、四国砂防協会主催の招待講演を毎年行っている。平成 18 年以降、それまでの国交省四国整備局からの地すべり検討委員会の委員のほかに、四国営林局

から地すべり対策検討委員会の委員を委託され、治山事業についての討論を行っている。

王助教は各タイプの地すべりに対する現地観測を実施するとともに、近年日本国内外で発生した再活動地すべりに対して、現地調査、観測および室内土質実験を行い、再活動地すべりの変形特性、強度特性を調べ、土塊の変動特性と地下水位変化の関係について検討し、大規模再活動地すべりの危険度評価と被害軽減化対策に関する研究を行っている。特に、平成 20 年 5 月に発生した汶川地震（四川大地震）に際しては、調査チームの中心メンバーとして、地元の大学、政府機関との間で連絡調整に当たった。また、中国上海交通大学や米国地質調査局と協力し、地震や豪雨および人間活動などにより発生した中国レス地域の地すべりと米国コロラド州にある巨大アースフローに対して地すべり土塊のせん断特性から地すべりの発生・運動機構を解明しつつである。また、イタリアやインドネシアおよび中国などの国際会議からの招待講演を行い、世界の地すべりに関する教育・能力開発に貢献している。

## 8.9 気象・水象災害研究部門

### 8.9.1 部門の活動概要

#### (1) 部門の研究対象と活動方針

大気や水に関する現象には、人間の周りのごく微小な大きさから地球全体に至る様々な空間スケールのものが存在する。時間スケールも、竜巻のように激烈で時間の短いものや、ブロッキング現象のように一ヶ月以上の長期にわたって持続して広い地域に異常天候をもたらすものなど様々である。これらの現象は、人間活動とも複雑に絡み合いながら、時にはすさまじい破壊力で人々の安全を脅かしてきた。近年では、人間活動の飛躍的増大とともに大気・水環境も大きく変貌し、地域規模から地球規模まで数多くの環境問題が生じている。

5つの研究分野から成る当部門では、大気と水に関する様々な現象の発現機構の解明と予測に関する研究を通じて、大気災害や水災害の軽減と防止のために、また、さまざまな規模の環境問題の解決に資することを目指して研究を進めている。最近では地球温暖化に関連して、地球規模の気候変動や環境変化に伴う大気・水循環の変化予測の研究、水災害環境対策技術の開発に資する研究、極端化・異常気象に起因する降雨・流出・河川氾濫や暴風・高潮・高波災害に関する研究も開始した。

また、近い将来発生が予想される南海・東南海地震による津波災害の防御に係わる研究も進めている。現象の解明や予測手法のみならず、建築物・構造物の設計法など具体的な防御方策の研究までを5分野で連携して進めている。

#### (2) 現在の重点課題

地球規模での気候、水循環、社会変動による環境災害に関する研究を推進するため、文部科学省「21世紀気候変動予測革新プログラム（平成19～23年度）」において、全球・領域気候モデルを専門とする気象庁気象研究所と連携して、流域圏を総合した災害環境変動評価の研究を、また、国土交通省の「建設技術研究開発」においてリアルタイム降雨・強風・波浪予測とその情報伝達といった研究を、研究部門が一丸となって進めている。

#### (3) 研究活動

研究以下の研究対象について、部門で協力体制を敷いている。

- 1) 大気大循環の変動や気候変動・気候変化に伴う

異常気象の発現メカニズムと予測可能性

- 2) 成層圏循環変動が対流圏の大気大規模運動や予測可能性に及ぼす影響
- 3) アンサンブル予報の精度向上を目的とした、新しいアンサンブル予報技術の開発
- 4) 大気微量成分の組成変化とその気候への影響
- 5) 台風に関する研究
- 6) 竜巻などの強風災害とメソ異常気象研究
- 7) 静止気象衛星による気象災害監視の研究
- 8) 大気陸面相互作用とアジアモンスーンのエネルギ-水循環
- 9) 温暖化環境下での気象災害研究
- 10) 大気境界層の乱流組織構造
- 11) 強風災害の調査と強風被害発生機構の解明
- 12) 強風によって生じる飛来物による外装材の耐衝撃性能の試験・評価方法の開発
- 13) 強風災害低減のための耐風設計方法の開発
- 14) 強風災害の防止・低減および被害予測とリスク評価
- 15) 気象・高潮・高波や津波の数値モデルの開発と予測
- 16) 海浜流・海浜変形解析モデルの開発と予測
- 17) 親水ウォーターフロントの防災機能解析
- 18) 海岸・海洋構造物の被災形態や耐波特性解析と性能設計
- 19) 津波のリアルタイム予測手法の開発

#### (4) 他グループ・部門・センターとの連携

「21世紀気候変動予測革新プログラム」では、流域災害研究センター、水資源環境研究センターと連携して研究を進めている。

## 8.9.2 研究分野の研究内容

### ・災害気候研究分野

教授 向川均,

准教授 榎本剛(平成23年6月1日~),

助教 井口敬雄

#### 研究対象と研究概要

人間活動の影響に伴う地球温暖化によって、集中豪雨、熱波や干ばつなど、経済・社会に甚大な影響を及ぼす大気災害が近年増大する傾向にある。このような将来の気候の変動や変化に伴って生ずることが予期される大気災害に対処するためには、これまでに生じた異常気象の発現メカニズムや、その予測可能性、さらに、気候システムの維持や変動のメカニズムをあらゆる観点から詳細に検討することが必要である。

このため災害気候研究分野では、大気組成、海洋・大気循環変動による異常気象の発現メカニズムと予測可能性、気候変動の実態とメカニズムの解明を目標に研究を進めている。平成20~22年度に実施した研究の概要を以下に示す。

#### 1) 大気大循環の変動や気候変動・気候変化に伴う異常気象の発現メカニズムと予測可能性

地球規模あるいは領域規模での大気循環変動の実態を明らかにするため、長期間の全球再解析データや気象庁ヶ月・週間アンサンブル予報データ、さらには長期間ハインドキャスト実験データやメソ数値予報データなどを用いて、以下のような研究課題に取り組んだ。まず、2006年9月に台風13号の接近に伴って延岡で発生した顕著な竜巻事例について解析を行い、竜巻を引き起こす大気環境場の特徴を明らかにし、竜巻発生ポテンシャルの予測可能性を指摘した。次に、地域規模での異常気象の原因となるブロッキングの発生予測に影響を与える力学要因を明らかにするため、過去冬季で発生した顕著なブロッキング事例について詳細な解析を行った。さらに、夏季日本の気候に大きな影響を与えるPJ(Pacific-Japan)パターンの予測可能性についても解析を行った。また、2010年夏にロシアに観測史上最大規模の熱波をもたらしたブロッキング高気圧の形成メカニズムと予測可能性を明らかにするため、気象庁気象研究所と共同して研究を進めている。

一方、東京大学大気海洋研究所等、全国の研究機関と協力して、平成15年度より「異常気象と長期変動」研究集会をほぼ毎年開催している。この研究集会には、延べ500名以上の研究者や大学院生が参加しており、日本における異常気象研究に関する研究

コミュニティの発展と若手研究者の育成に大きく寄与している。

また、異常気象のメカニズムとその予測可能性の解明を目的に、本研究分野は、気象庁と日本気象学会との共同研究である「気象庁データを利用した気象に関する研究」や、気象庁異常気象分析検討会に積極的に関与している。

#### 2) 成層圏循環変動が対流圏の大気大規模運動や予測可能性に及ぼす影響

時空間スケールの大きい成層圏循環変動が対流圏循環に及ぼす影響を明らかにすることができれば、対流圏の中長期予報の精度向上が期待できる。そこで、惑星規模波が成層圏から対流圏に下方伝播して異常気象を引き起こす事例の解析や、成層圏突然昇温現象が北半球環状モードの予測可能性に与える影響について解析を行った。このような解析から、成層圏で東風偏差が卓越する場合、対流圏での最も主要な変動成分である環状モードの予測可能な期間が長くなることが明らかになった。

#### 3) 大気海洋結合モデルを用いたデータ同化手法の開発

数値予報実験の初期値改良のため、地球シミュレータ用大気海洋結合モデルを用いたアンサンブル同化システムを開発した。このシステムを用いた全球大気データの同化実験を実施し、対流圏下層のばらつき、過小評価が改善されることを確認した。

#### 4) 大気中における二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)の収支の研究

陸上生態系モデルによるシミュレーションを行い、気候の変動と植生起源CO<sub>2</sub>フラックスの変動の関係を調べた。また、大気輸送モデルによるシミュレーションの結果を用い、地表面からのCO<sub>2</sub>フラックスの分布とその変動の逆解析を行った。

### ・暴風雨・気象環境

教授 石川裕彦, 准教授 竹見哲也

助教 堀口光章, 特任助教 奥勇一郎(H20, 21, 22)

(学内研究担当) 理学研究科教授 余田成男

生存圏研究所准教授 橋口浩之

(非常勤講師) 富田浩文(H20, 21), 飯塚悟(H22)

(日本学術振興会研究員) 宮本佳明(H21, 22)

#### 研究対象と研究概要

気象災害の原因となる台風・豪雨・暴風など異常気象の構造とその発生・発達物理機構を解明する

ことを目的として、衛星データ解析・気象データ解析・数値モデリングなどの手法を用いた研究を進めている。また、異常気象の背景となるアジアモンスーンの変動、我が国の大気環境を決めている東アジア域の大気質、気象災害が発現する大気境界層も研究対象としている。平成 20 - 22 年度に実施した研究の概要を以下に示す。期間中の完全査読付論文発表数は 20 編である。

#### 1) 熱帯気象・台風に関する研究

数値モデルによるダウンスケールシミュレーションによる解析を進めている。太平洋上での台風の発達に関しては、海洋貯熱量と台風の発達との関連性・波浪抵抗が台風発達に及ぼす影響・海面熱輸送と台風強度との関係といった大気海洋相互作用と台風の発達との関係についての研究、台風が急発達する物理機構に関する研究を進めた。さらに、海洋研究開発機構・海洋地球研究船「みらい」の観測航海に参加し、熱帯での積雲群の観測や数値モデル研究を進めた。

#### 2) 強風災害や集中豪雨などのメソ異常気象研究

宮崎平野で同時多発的に生じた竜巻や 2006 年 11 月の北海道佐呂間町での竜巻について、気象庁の数値予報データを用いたストーム発生環境の研究を行った。また、2005 年に発生した強風による羽越線脱線事故に関連した鉄道・運輸機構基礎研究に参加し、冬季の急発達する低気圧と日本海側での突風現象の発生機構について調べた。

集中豪雨に関しては、2008 年 7 月神戸市や 2009 年 8 月佐用町での局地豪雨の数値モデルによる再現実験、東京都市圏での局地豪雨の発生環境に関するデータ解析、集中豪雨をもたらす線状降水系の構造や強度に及ぼす大気環境条件に関する数値モデルによる基礎研究を進めた。

#### 3) 静止気象衛星による気象災害監視の研究

2005 年より開始した中国静止気象衛星「風雲 2C 号」およびこの後継機である「風雲 2E 号」データの受信アーカイブを継続した。日本の静止気象衛星に関しては、「ひまわり 6 号」とその後継の「ひまわり 7 号」のデータアーカイブを継続した。これらのデータは、Global COE「極端気象と適応社会の生存科学」における広域アジア気象災害監視研究や雲粒径分布算出アルゴリズム開発研究に用いられていた。

#### 4) 大気陸面相互作用とアジアモンスーンのエネルギー水循環

1996 年度より、アジアモンスーン変動にかかわるチベット高原上の大気陸面相互作用に関する研究を進

めてきた一連の研究は、平成 17~21 年度に行った「日中気象災害協力研究センタープロジェクト」をもって終了した。チベット高原上に展開されている観測設備は中国科学院寒区旱区環境和工程研究所に実質的に引き継がれた。

#### 5) 温暖化環境下での気象災害研究

平成 19 年度より開始された文部科学省 21 世紀気候変動予測革新プログラムに参加した。温暖化時に台風によりもたらされる被害を推定する目的で、PV インバージョンを応用して、局地気象モデル(WRF)を用いてさまざまなコースを辿る台風アンサンブルを創出する手法を開発した。この手法を温暖化予測で得られた台風や過去事例に適用し、可能最悪ケースを選び、他分野と協力して台風に伴う洪水や高潮被害推定に応用した。また、東京都市圏での局地豪雨の発生環境場の将来変化について調べた。

#### 6) 大気境界層とその乱流構造

潮岬と信楽で観測したデータと気象観測鉄塔(つくば)で収集されたデータを用いて主に中立に近い大気境界層での組織的乱流構造の出現の様子、それが乱流輸送や乱れに与える影響について解析した。また、大都市での境界層や乱流構造を高精度数値モデルにより解析し、複雑粗度面上での境界層に関する研究を進めた。

#### ・耐風構造

教授 河井宏允, 准教授 丸山 敬

助教 荒木時彦

#### 研究対象と研究概要

本研究分野は、工学的な面から、強風が構造物に与える影響とそれに伴う強風災害発生機構を明らかにするとともに、建築物の耐風設計方法や強風災害の危険度予測など、強風災害低減に寄与する研究を進めている。主な研究テーマは下記の通りである。

#### 1) 強風災害の調査と強風被害発生機構の解明

強風によって生じる強風被害の低減方法のためには、強風時にどのような被害が生じたかを把握することは極めて重要である。本研究分野では、平成 20 年に、死者 1 名、負傷者 9 名の被害を出した福井県敦賀市のイベント用大型テントの飛散事故について現場調査を行うとともに、風洞実験により事故発生時の風速 30m/s のときにテントの浮き上がり荷重が 20 トンを超えることを明らかにし、イベント時に同型のテントを使用する場合の注意・啓蒙に努めた。平成 21 年には、京都府宇治市で起きたダウンバーストによると考えられる突風被害について建物や樹木の被害、さらには、付近のゴルフ場の防風ネットの

コンクリート製支柱の被害について調査を行い、被害の発生機構を明らかにした。

#### 2) 強風によって生じる飛来物による外装材の耐衝撃性能の試験・評価方法の開発

台風、竜巻等の強風被害では、建物に作用する風圧や風力による建物の倒壊、屋根瓦や窓ガラス等の破壊に加えて、飛散物による2次被害が多い。これらの被害に対する防備、すなわち、衝突によって壊れない外装材の開発のためには、外装材の耐衝撃性能の試験・評価方法の開発が急務である。本分野ではISO基準に準ずる試験だけでなく、日本における代表的な飛散物である瓦を発射できるような耐衝撃試験装置を開発し、各種窓ガラスの衝撃試験を行った。これらの成果は“構造物の耐衝撃設計ガイドラインに関するシンポジウム,日本建築学会,2010年”, “安全・安心ガラス設計施工指針,日本建築防災協会,2011年”等のガイドラインや指針,“強風災害の変遷と教訓第2版,日本風工学会,2011年”等の啓蒙書に反映された。

#### 3) 強風災害低減のための耐風設計方法の開発

強風被害を低減するためには、強風に強い構造物を実現する方法を開発することが必要である。このためには、強風時に建物に作用する風力とそれによる建物の応答を正確に調べる必要がある。現在の耐風設計では、強風時に建物に作用する風力を、風洞実験によって評価している。本分野では、低層、高層建物から風車に至るまで、多くの構造物の風洞実験を行い構造物の耐風安全性能を評価するとともに、これまで蓄積された潮岬風力実験所で観測された自然風中の各種の大型構造モデルによる風圧測定結果と比較した。

また、最近、急速に普及が進んでいる超高層免震建物について、ねじりフラッタなどの空力不安定振動が生じないかも風洞実験で検討した。

#### 4) 強風災害の防止・低減および被害予測とリスク評価

台風などが襲来したときにどのような強風が生じるか、それによってどれくらいの被害を蒙るかを予測することは災害の防止・低減のために重要である。これらに関して、観測や計算により得られた強風場の情報をもとに、風速と建物被害率との関係を精度よく求める手法の開発や、確率台風モデルを用いた強風場の統計的評価、強風による種々の被害リスクの評価手法の開発と高精度化を進めた。これらの成果の応用として、文部科学省「21世紀気候変動予測革新プログラム」のグループIII極端現象予測「流域圏を総合した災害環境変動評価」に参加し、地球温暖化による建物強風被害リスクの変化を明らかにし

た。実用面では、建設技術研究開発費補助金の公募課題「災害気象・水象のリアルタイム予測技術開発と仮想風速計、仮想雨量計および仮想波高計の構築」の中で、建物の強風被害を予測する機能を備えた仮想風速計を開発した。そのほか、ウインドファームにおける風車の安全運転制御にも適用され、実機において運用されている。

#### 5) 研究成果のアウトリーチ

社会との連携においては、福井県、大阪市、山口県他の地方自治体などで、講演会を開き（平成20から21年度の間8回）、現場からの要望の聴取、協力体制の構築、研究成果の還元に努めた。

## ・沿岸災害

教授 間瀬 肇, 教授, 准教授 森 信人, 助教 安田誠宏

### 研究対象と研究概要

周囲を海で囲まれているわが国は、津波や高潮、高波によって多くの人命と貴重な財産が奪われるという苦い経験を幾度もしてきた。こうした沿岸災害の防止・軽減を図るため、「地球温暖化シナリオ下における海象予測と沿岸災害の防止・軽減 - 防災と環境保全の両立を目指して -」をミッションとして、研究・教育活動を行っており、海岸工学の観点から 21 世紀半ばの国土保全の将来像について提言を行うことを目標としている。地球温暖化問題は世界共通の問題であり、得られた研究成果が世界各国で利用されることを目指している。具体的に行っている研究テーマは、以下のようである。

### 1) 温暖化シナリオ下における沿岸災害の長期的変化予測

今後予想される気候変動のシナリオの下では、地球規模の気候の変化や大気および海面の温度分布の大規模な変動が予想されている。沿岸部では、海面上昇、波浪、高潮が現在と異なる振る舞いをするのが予想され、今後どのような変化をするのかの予測が必要とされている。当研究分野では、これまでの研究成果を生かし、波浪と高潮の規模が近未来にどのように変化していくのかについて予測を行っている。

### 2) 気象・沿岸災害のリアルタイム予測技術開発

気象・水象災害の防災・減災には、長期的なトレンドの予測以外に、数時間後から数日先の状況の情報から、災害の回避や避難を行うための短期的な対策も重要である。当研究分野では、メソスケールの気象予測モデル、波浪モデルを援用し、これまで難しかった強風・暴波浪のリアルタイム予測技術開発を行っている。また、予測結果を利用者に素早く理解してもらえようような、web 情報の配信システムなどのソフト的な開発も行っている。このシステムを用いて、実際に起こった船の遭難時に直ちに気象・海象情報を解析し、ホームページに情報提供している。当研究分野の解析結果は、幾つかの海難審判の資料として採用された。また、平成 20 年の 2 月に富山県入善町に災害を及ぼした高波情報を即座に関係機関に提供し、その後の災害現地調査に貢献した。

### 3) 海岸・港湾構造物の変状特性と新しい耐波設計法の確立

近年、設計の合理化を図るため、海岸・港湾構造物にも性能設計の概念が導入されつつある。そこで、

海岸・港湾構造物の変状特性を調査するとともに、信頼性設計や最適設計といった新しい概念に基づいて構造物を設計する手法を研究している。また、設計過程で現れる不確定要素による値のばらつきに配慮し、ライフサイクルコストを考慮した最適設計法、構造物の性能を規定することによる性能設計法の確立を目指した研究を行っている。実際に、安定性の優れた消波ブロックを企業と共同で開発し、その安定性公式を提案した。

### 3) 高波・高潮予測モデルの開発

高波は、強風時に海面が風から受けるエネルギーによって発生する波動現象であり、高潮は、台風のような巨大な移動性低気圧による吸い上げと、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る。高潮には強風によって発生した高波が必ず伴い、高潮は異常な水位上昇を、高波は防潮堤に非常に強い力を作用させ、沿岸部に破壊的な力をもたらす。このような高潮・高波の複合災害を防御するためには、事前に起こるべき規模を的確に予測し、避難情報や減災方法を考慮することが必要である。そのため、高潮や波浪の数値予測モデルの開発を行っている。

研究成果は成果を広く社会に役立つようにするため、平成 7 年より毎年の研究論文（口頭発表が中心となる学術講演会の概要集を除く）を海岸工学論文集録としてまとめ、150 部を全国の大学およびその他研究機関の関連研究者に提供している。論文集録には英語論文も含まれており、海外の同じ分野の研究者や、当研究室を訪問した研究者に論文集録を提供している。研究で開発、作成、応用した計算プログラムやデータは公開を原則とし、入手希望の申し出があった場合には提供している。幾つかの成果は、世界的な Surface Water Modeling System のソフトウェア群の 1 つとして、あるいは、ECMWF（ヨーロッパ中期気象予報センター）で利用されている。

## ・水文気象災害研究分野

教授 中北英一, 准教授 城戸由能

### 研究対象と研究概要

流域場と大気場との相互作用ならびに人間活動をベースとした水・熱・物質循環系の動態解析・モデル化と予測ならびに人間・社会と自然との共生を考慮した健全な水・物質循環システムの構築に向けた研究を行っている。

### 1) 気象レーダーを用いた豪雨予測手法の開発

2 種類のアプローチを行なっている。一つは、1 時間程度先までの予測を目指してレーダー画像情報

を移動させる手法で、台風性降雨域の移動や、気象庁現業メソモデルの出力情報から地形性降雨を予測する手法を完成させ、一部はシンガポールで実運用され、韓国でも導入を試みている。また、この手法に地形性降雨を予測する概念的物理手法の開発・発展を続け、これにアンサンブル予測手法も導入した形でほぼ開発を終えた。もう一つは3~6時間先の予測精度向上を目指して、レーダーによる観測強度や風速、そして2)と合わせて偏波観測による降水粒子の混合具合を、変分法やアンサンブルカルマンフィルターを用いてメソ大気モデルによって4次元同化する手法の開発・発展も継続して進めている。

#### 2) 次世代型偏波レーダーの高度利用

我が国の現業気象レーダーの次世代型偏波レーダーへの更新を目指して、沖縄偏波ドップラーレーダーCOBRAとビデオゾンデによる世界初の同期共同観測実験を引き続き実施している。その中、ビデオゾンデの受信システムの大幅な簡略化・低価格化を実現した。また、同観測をベースに降水量識別アルゴリズムの基礎開発を終了した。一方、国土交通省が我が国の都市域に新たに導入したXバンド偏波ドップラーレーダーネットワークを用いたゲリラ豪雨の早期探知とその危険性予測に取り組み、実用化一歩手前まで進めた。加えて、大阪湾ならびにその周辺においてゲリラ豪雨の生起プロセスの観測を実施すべく、研究用Xバンド偏波ドップラーレーダーならびにミリ波レーダー（雲レーダー）による予備観測をスタートさせた。2012年度に本観測を実施すべく、新たな研究用Xバンド偏波ドップラーレーダーならびにライダーの導入を漸次進めている。

#### 3) 降雨・地形則・河道網則・流出関係の一般化

研究のための研究という位置づけで、100万年オーダーの物理過程としての斜面の浸食・風化・隆起過程ならび河道浸食過程と、ランダムな河道網発達過程を数理的に導入して、河川流域地形を模擬的に発生させる手法を開発し、流域争奪に関する基礎研究に利用している。

#### 4) 21世紀気候変動による災害環境変動評価

部門共同で実施している課題であり、本分野では主に世界の降雨特性の現気候、近未来、世紀末での変動を明らかにすべく、気象研究所による気候予測情報を用いた解析を実施している。特に、様々な空間スケール、日~月という時間スケールにおいて極値としての異常降雨の出現特性解析を行うとともに、どの空間スケールでなら将来への変化を統計的に有意に語れるかの基礎研究も実施した。一方では、梅雨期の集中豪雨の生起頻度への影響評価も実施した。

#### 5) 大気・地表・地下を通した水系一環の環境物質の流出機構の解明とその制御

京都盆地水系を対象として流域における水・物質循環を水系一環としてとらえるために、平面二次元飽和地下水モデルにより地下水流動解析を行い、流動と水質の時空間特性を水系全体において比較的良好に再現するとともに、扇状地域において地下水と河川水との間の水収支を明らかにし、河川の水量・水質管理における地下水系の寄与を明らかにした。加えて、気候変動による降水量の変化が京都盆地の地下水環境に及ぼす影響評価を開始し、年間降水量が増加する近未来・21世紀末においても、地下水位の低下や水質悪化が生じる地域が発生する可能性を示した。また、レーダー降雨予測に基づく雨水貯留施設の実時間制御の実証的研究を進め、負荷削減のための初期貯留水をレーダー降雨予測に基づき豪雨発生が予測される場合には緊急排水を実施する施設操作によって、計画降雨規模のモデル豪雨においても浸水防止効果を低減させることなく汚濁負荷削減を実施することが可能であることを示した。さらに、実降雨と移流モデルによる予測降雨を用いた検討を行い、浸水リスクを増加させることなく、雨天時総流出負荷量を削減できることを明らかにするなど、施設への運用に向けた検討を進めている。

## 8.10 流域災害研究センター

### 8.10.1 センターの活動概要

#### (1) センターの研究対象と活動方針

流域災害研究センターは、「流域の視点にたった災害の予測・防止・軽減に関する研究を実験や観測、解析から総合して行う」ことを目的に発足し、流砂災害、都市耐水、河川防災システム、沿岸域土砂環境、流域圏観測の5研究領域からなる組織である。また、本センターは、宇治川オープンラボラトリーおよび穂高砂防観測所、白浜海象観測所、潮岬風力実験所、大潟波浪観測所を有し、水理実験や立地条件を活かした特色のある幅広い観測研究を行っている。これらの施設を利用した実験・観測および数値シミュレーションなどにより、災害現象を総合的に明らかにし、災害の予知・予測、防止、軽減に結びつく先導的な研究を推進している。

研究対象は、山地災害、土砂災害、河川災害、都市氾濫災害、海岸災害、風災害など、流域内で豪雨や地震、台風、強風等によって起こる自然災害全般に及び、物理的な現象解明を通して災害を予測し、軽減するための研究を行っている。最近では、社会科学や生態学の領域にも踏み込んだ学際的研究も行っている。また、山地から沿岸域までの流域を通して水や土砂などの物質輸送過程を解明し、大気水、土砂等の不均衡によって生じる流域・沿岸域で生じる様々な災害過程を究明していることは、本センターの特色の一つである。

多くの実験・観測施設を有する本センターの研究活動の基本方針は、共同利用・共同研究拠点である防災研究所の連携研究推進機能に支える重要な役割を受け持つという認識のもと、実験・観測施設を学内外に広く開放し、学際的な実証研究を推進することである。なお、研究活動の方針は所内外の委員からなる運営協議会で検討され、本センターの運営に反映させている。

#### (2) 現在の重点課題

短時間局所的豪雨や総降雨量の極めて大きい豪雨により、都市河川で突発的な洪水、都市域の氾濫、土砂災害が発生しており、このような気候変動に伴う災害現象の変化とその対策が研究面での重要課題である。海外においても異常豪雨の発生による大災害が発生しており、この問題は世界共通の重要課題と考えている。

研究活動以外では、諸施設を利活用した学内外の

研究者との共同研究の推進、体験学習等による研究成果の社会への還元、JICA等との連携による国際研修の実施、施設を利活用した学部・大学院教育等の実施などが重点課題として挙げられる。

#### (3) 研究活動

各研究領域が掲げる研究課題の遂行に加えて、京都大学グローバルCOEプログラム「アジア・メガシティにおける人間安全保障工学拠点」京都大学グローバルCOEプログラム「極端気象と適応社会の生存科学」にも、本センターの教員が参画し、プログラムの遂行に貢献している。

所内での共同研究や研究会も年間5件程度実施し、科学研究費などの外部資金を財源とした研究やセンターの諸実験観測施設を利活用した民間等との共同研究も精力的に推進している。一方、国際的な活動としては、センター主催あるいは共催の国際シンポジウムの開催、科学研究費（国際学術調査）や科学技術振興機構を財源とした国際共同研究の実施、研究拠点の構築等を積極的に推進してきている。

#### (4) その他の活動

技術室や関連部門・センターの教員と連携し、オープンキャンパス時の災害体験学習を実施している。同様の取組は、消防・警察、地域の自治会などにも行い、積極的に社会貢献を図っている。また、学部・大学院の教育プログラム、SSPやSSHなどの高校の教育プログラム、小中学校の教育プログラムにおいても、センターの施設の利活用が図られており、多大の貢献をしている。さらに、外国人留学生の受入、JICA研修への協力、外国人研修員の指導を行うなど、国際貢献も積極的に行い、中期目標・中期計画に沿った教育活動、国際貢献、社会貢献を果たしている。

## 8.10.2 研究領域の研究内容

### ・流砂災害

教授 藤田正治, 准教授 竹林洋史, 助教 宮田秀介 (平成 22 年 4 月 1 日から)

#### 研究対象と研究概要

山地から海岸までを包含する流砂系における土砂災害の予測, 土砂動態の予測および安全・利用・環境上健全な流砂系構築のための土砂流出制御方法などに係わる諸問題に対して, 現象の素過程の力学的機構の解明とそれらが組み合わさったシステムとしての現象のシミュレーションおよび土砂流出制御技術の開発を主体として研究を行い, 流砂系の総合的土砂管理技術の確立を目指している。

本研究領域の主な研究課題は以下のようである。

- (1) 斜面崩壊の気候変動による影響
- (2) 土砂生産の機構と予測モデルの構築
- (3) 生態系における流砂現象の役割の解明
- (4) 高度な河床変動モデルの開発

平成 20 年から 22 年度における各研究課題の研究内容を要約すると以下のようである。

- (1) 斜面崩壊の気候変動による影響

極端降雨現象の発生頻度が増加するという気候変動の予測結果が示されているが, これに伴って斜面崩壊特性がどのように変化するかは重要な問題である。そこで, 斜面規模および流域規模での斜面崩壊特性に与える降雨条件の影響について検討した。

対象地域は大分県竹田市の斜面と流域であり, 降雨条件として, 過去最大の総降雨量の 2 倍を与え, 降雨波形をいくつかのパターンで変化させた。短時間豪雨の場合と降雨強度は小さいが長雨になる場合を比較すると, 斜面土層内水分量がほぼ一定の時崩壊が発生するが, 崩壊規模は後者の方が大きくなるという大きな違いが見られた。また, 流域内の個々の斜面の崩壊の有無, 規模, タイミングは, 降雨波形によって異なり, 短時間豪雨の場合は比較的小規模の崩壊が多数発生するのに対し, 長雨の場合, 数は少ないが比較的大規模の崩壊が起こることが示された。これらの結果は, 対象地域の斜面特性によることも示されたが, 効果的な警戒避難システムにつながる知見が得られたと考えられる。

- (2) 土砂生産の機構と予測モデルの構築

わが国の日常の土砂管理においては, 凍結融解作用による土砂生産が重要であり, その機構について明らかにし, それに基づいて土砂生産モデルを作成した。凍結融解作用による土砂生産量を求めるためには, まず, 地盤内の温度分布と水分分布を求めることが基本であり, これは熱収支式と浸透流の基礎

式を連立して解析する必要がある。温度分布の算定には地表面温度を与える必要があり, 気温, 日射量, 風速などのデータから算定する手法を提案した。また, 凍結時の浸透流解析は孔隙分布の変化に着目して定式化した。地温分布の算定精度は現地観測結果から検証した。つぎに, 凍結融解によって風化基岩が土砂化するプロセスをモデル化する必要があるが, これについては観測により凍結融解を 10 回繰り返すと土砂になるという経験則を用いることにした。しかし, これは風化花崗岩にあてはまるものであり, 他の岩質では異なる手法が必要である。このような手法の応用例として, 我が国の凍結融解強度マップを作成するとともに, 温暖化によって影響を受ける地域, 標高について検討した。

- (3) 生態系における流砂現象の役割の解明

水生生物の生息場の評価方法の確立は, 環境を視点においた土砂管理において重要なツールとなる。これまで, 生息場構造の土砂水理学的解析とマイクロハビタット構造の現地調査からなる生息場の評価のフレームワークを作成したが, 山地溪流について具体的な手法を開発した。

- (4) 高度な河床変動モデルの開発

河床変動モデルはすでに開発されているといえ, 多くの河川で行われている排砂や置き土によって細砂が河床の空隙を埋めながら通過するような場合や, 河床材料が粘着性材料からなるような場合の河床変動モデルについては未開発である。そこで, 前者については, 河床材料の空隙率が粒度分布の性状と関係することから, 分布形状特性値と空隙率の関係をあらかじめ求めておき, それを空隙率が変化する場合の河床変動の基礎式に導入して, 空隙率の変化も解析できるような河床変動計算モデルを構築した。後者については, 流砂が粘着性材料の侵食に及ぼす影響についてモデル化し, 流砂の伝播特性について検討するとともに, メコン川にそれを適用した。

### ・都市耐水

教授 戸田圭一, 准教授 米山 望

#### 研究対象と研究概要

本研究領域では, 高度化・多層化した都市域での水害のメカニズムを明らかにし, それを予測する方法を開発し, それをもとに, 今日的な課題である都市水害の防止・軽減を図る方策を提言することを研究のテーマとしている。

都市水害に関して, 過去の事例調査や現地調査の実施, 様々なシミュレーション・モデルの開発とそれをういた解析, 水理模型実験による事象の解明,

そしてハード・ソフト両面にわたる防御システムの立案とその評価に関する研究を行っている。主要な研究内容は以下のとおりである。なお、(1)(2)は、流域災害研究センターの他の領域、ならびに関西大学環境都市工学部との共同研究である。

(1) 地下空間の浸水とその対策に関する研究

都市水害の特徴のひとつである、地下空間内の浸水ならびにその対策について継続して研究を実施している。最近では、地下空間スケールの異なる、地下街、小・中規模オフィスビル、地下室での浸水解析を行い、実物大の体験型避難実験から得られた階段部、ドア部での避難限界指標を適用して、浸水時の危険性を、避難の難しさという観点から比較検討し、小規模地下空間の危険性を明らかにしている。さらに、地下入口の止水板や段差（ステップ）の設置効果を、浸水解析をとおして確認している。

(2) クルマ社会の水害脆弱性とその対応策の研究

地下駐車場や道路・鉄道の高架下のアンダーパスでの車の水没事故を想定して、水槽の横に実物大の車を設置したモデルによる体験型避難実験を進めている。車内が浸水していないという条件の下で、開閉式、スライド式のどちらのドアのタイプでも、地上からおよそ 80cm の水深時に成人男性が車から脱出するのが困難となる、という知見を得ている。また、都市域での洪水氾濫時に、どの程度の流れの状態で車が流され始めるか、またその後、どのような漂流速度で流されるかを明らかにするために、車模型を用いた水理実験を実施している。車の漂流限界実験から得られた抗力係数をもとに実物に換算した危険判読図を作成すると、流れ場の流速が 2m/s を超えると車が漂流しだす危険が生じることが明らかとなった。この結果を、過去に実施した都市域での氾濫解析結果に適用したところ、車が漂流する危険な箇所が見出された。また模型実験より、いったん車が漂流しだすと、漂流速度は流れ場の平均流速の 60 - 70%程度になることも明らかとなった。

(3) 巨大津波発生時の都市域における複合災害に関する研究

我が国の大都市の多くは臨海部で発達している。これらの都市では、巨大津波が発生した場合、津波本体の波力による被害だけでなく、それに伴う漂流物被害、人や物品の流出被害、河川遡上に伴う塩水被害などが複合的に発生することが懸念されている。また、津波力を直接低減させる方法として、必要なときに起き上がり津波から沿岸を守る可動式防波堤が提案されている。この防波堤の基本特性などについては今後十分検討しておく必要がある。

本研究分野では、このような津波に伴う複合被害の予測・評価に関する研究を行っている。

そのうち、津波漂流物の被害に対しては、陸上や河川を遡上する津波に伴う漂流物挙動を精度よく予測するため数値解析モデルを開発している。このモデルを遡上津波に押されて移動する陸上設置物を対象とした水理実験に適用して、設置物の移動速度を適切に再現できることを確認している。

また、河川を遡上した津波が河口堰を越流することにより発生する河口堰上流での塩水被害に対し、三次元津波挙動解析結果を活用して河口堰上流での塩分挙動解析を予測評価できる解析コードを構築している。このコードを淀川大堰に適用し、大堰上流に位置する浄水場を対象に津波発生時の取水影響について議論している。

さらに、可動式津波防波堤の基本特性の把握については、まず、可動式防波堤の挙動を予測評価するための数値解析コードを開発し、水理実験と比較してその妥当性を検討した。その上で、1993年北海道南西沖地震津波で大きな被害を受けた奥尻島藻内地区の海岸に可動式防波堤を仮想的に設置して津波シミュレーションを実施した結果、可動式防波堤は、現地に来襲する津波を大幅に低減する可能性があることがわかった。

### ・河川防災システム

教授 中川一、准教授 川池健司、助教 馬場康之（平成 23 年 4 月 30 日まで）、東良慶（平成 21 年 3 月 31 日まで）、張 浩（平成 21 年 4 月 1 日から）

#### 研究対象と研究概要

河川防災システム研究領域では、河川の上流から河口とその周辺の海域までを対象に、河川災害や土砂災害の防止・軽減を目指すとともに、河川生態環境や景観に配慮したよりよい親水空間の創成を目的として、研究に取り組んでいる。このような研究を進めるには、河川を取り巻く水理現象を理解することが必要になる。そのため、宇治川オープンラボラトリーの大規模な水路を用いた模型実験をはじめ、現地での観測や各種災害調査を行うことによって現象を見るとともに、数値解析によって、災害発生機構の分析・解明と、さまざまな想定の下での現象予測を行っている。このように、実験、現地観測・調査、数値解析のあらゆる面から水理現象にアプローチし、それらをバランスよく行うことで、河川災害・土砂災害の防止・軽減や河川環境整備に役立つ方策を研究している。

主な研究課題には、以下のようなものがある。

#### (1) 氾濫水理解析法に関する研究

地上の氾濫場と下水道等の排水システムの間の水流量および噴出流量は、内水氾濫の発生規模を決定付ける重要な要素である。そこで、模型実験により内水氾濫を発生させ、地上の氾濫水位や下水道管渠のピエゾ水頭を同時に測定することによって、内水氾濫解析モデルにおける両者の結合モデルを検証し、より再現性の高いモデルへの改良を試みている。

#### (2) 河川・砂防構造物の水理機能に関する研究

近年、望ましい生活環境への要望がますます高まっていることを受けて、下記のような河川構造物による河床地形への影響に関するさまざまな研究を行っている。流木を伴う土石流の流動モデルおよび格子ダムによる流木・土石流の扞止モデルを開発し、数値解析と室内実験を通してモデルの妥当性を検証した。水制が流れと地形変動に与える影響について検討するため、淀川および Jamuna 川の水制周りの現地データを収集した。また、透過型、不透過型、およびバンダル型水制に関する室内実験、および 3 次元数値解析モデルの開発を行い、数値解析モデルによって実験時の流れと地形変化を十分な精度で予測することができた。河川に建設される堰は、水と土砂の縦断的な連続性を阻害する人工的なバリアーとなる。それによって、生態系や景観には一般的に負の影響を及ぼすことから、さまざまな堰の改変によって、上流側の河床地形が洪水条件下でどのような応答特性を示すのかを検討した。

#### (3) 河川堤防・天然ダムの決壊に関する研究

近年多発している河川堤防の決壊のメカニズムを解明するため、浸透モデルと堤体変形モデルを統合した数値解析モデルを開発し、模型実験結果の再現を試みた。堤体変形においては特にサクシオンによる堤体粒子の結合が影響していると考えられるため、これを考慮した不飽和堤体の侵食モデルを開発し、水理模型実験によりその適用性を検討するとともにモデルの改良を行っている。

類似の現象である天然ダムの決壊は、山地部での深刻な自然災害のうちの一つである。浸透流モデルと斜面安定解析モデル、さらに斜面侵食モデルを統合した数値解析モデルを開発し、模型実験で検証することによって、越流および滑りによるダム決壊のメカニズムの解明と土砂流量ハイドログラフの予測を行っている。

#### (4) 海浜変形に関する研究

冬季季節風の影響を強く受ける日本海側沿岸に位置して海岸侵食が顕著な上越・大潟海岸において、GPS 測深器を用いた平面的な地形計測を行い、海岸

地形の長期変形特性について検討した。その結果、観測期間中、対象域の海浜地形は浅い部分においてわずかに堆積傾向がみられる程度で、弧状砂州とトラフにより特徴づけられる地形が継続的に維持されていることが示された。また、海底底質の採取およびコアサンプル調査から、堆積傾向が確認される範囲では中砂が表層に存在すること、鉛直方向には中砂・粗砂が層状に堆積していることが確認された。

#### (5) 災害調査

日本各地で発生した洪水・土砂災害のみならずバングラデシュ、ネパール、中国、韓国、台湾など、国内外の各種災害調査を行い、災害現象の分析・解明を行った。

### 沿岸域土砂環境

教授 平石哲也, 助教 東良慶

#### 研究対象と研究概要

##### 研究対象

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河口沿岸域や内湾の多くは、臨海低平地である。そのため、洪水流出、高潮、高波そして津波等による氾濫浸水、ならびに河口閉塞、海岸侵食、堆積物重力流等による地形変化災害のリスクが高い。地球温暖化にともなう海面上昇により、その体質の弱さが顕在化するおそれも強い。地域の個性ある景観と調和し、環境に過度な負荷をかけない地域の防災力の向上には、水害地形環境のなりたちと推移を精度高く観察し、かつ予測・適用できる学術体系が非常に重要である。本研究領域では、地形環境アプローチと海岸工学的アプローチの緊密な融合のもとに、以下のような研究課題を推進し、国際レベルの研究成果を挙げている。

##### 研究テーマ

- (1) 偶発海象外力に対するカウンターウェイトブロック等の減災工法の開発
- (2) 津波による海岸侵食と構造物基礎の洗掘メカニズムの解明と対策法の提案
- (3) 河口域の堆積・浸食過程と地下水流動モニタリングに関する研究
- (4) 高潮や高波などのイベント過程を織り込んだ海岸地下水環境の長期トレンド研究

##### 研究テーマの概要

- (1) 偶発海象外力に対するカウンターウェイトブロック等の減災工法の開発

海岸堤防や沖合の防波堤はおおよそ50年に1回来襲する波浪を設計外力として建設されている。最近では構造物の老朽化とともに、温暖化や地球活動の活

性化に伴い設計値を超える偶発波浪荷重にさらされる危険性が高い。そこで、既存防波堤背後に容易に設置できるカウンターウェイトブロック等の対策が重要である。研究では実験及び数値解析によりカウンターウェイトブロックの適用性を検証している。

(2) 津波による海岸浸食と構造物基礎の洗掘メカニズムの解明と対策法の提案

我が国では従来から 1983 年の日本海中部地震津波のように、津波によって多くの海岸構造物が流出あるいは破壊された。破壊メカニズムの中では基礎地盤の洗掘による支持力崩壊の状況が注目されており、基礎地盤の安定性を高める必要がある。そこで、パワーユニット等の柔軟性にとんだ膜式洗掘防止工やマイコマ基礎等の流体力軽減式基礎の開発が重要で、実験や現地実証試験を実施している。

(3) 河口域の堆積・浸食過程と地下水流動モニタリングに関する研究

白浜海象観測所、大潟波浪観測所、潮岬風力所と共同し、広域の土砂流動の一環として河口域における土砂収支に着目した検討を行っている。台風時には紀伊半島などでも土砂流出が生じる。また上流の宇治川圏でも河川水の水位上昇により河川敷の崩落が進んでいる。そこで、地下水位の多点観測から、河川水位上昇がもたらす地盤の流動化現象を明らかにした。また、新潟県内の信濃川水系でも地中探査波を用いて河川敷の特性と安定性を評価している。

(4) 高潮や高波などのイベント過程を織り込んだ海岸地下水環境の長期トレンド研究

大潟波浪観測所を拠点として、地下水の長期トレンドを観測し、外海の高潮や高波が海岸砂丘にもたらす長期の影響を調べている。また、国際共同研究としてインドネシア西スマトラ州のパダン海岸で地下水の変動を観測中で、今後の地球温暖化による海面上昇が砂丘内の地下水動態に及ぼす影響を推定している。

沿岸域の低平地では、津波や高潮・高波による浸水災害だけでなく内水による氾濫や津波の遡上による海岸帯水層の塩水化も深刻な問題である。そこで、上記の研究以外にも、地方自治体と協力して、水門等の防潮施設のオペレーションシステム、可動式津波防護システムなどの新しいハードとソフトを融合した総合減災システムの研究にも取り組んでいる。国の研究機関とはシンポジウムを共同で開催することにより情報交換を進め、相互の観測データを共有し、研究と教育の場に活用する活動を行っている。さらにフランス国ストラスバーク大学とは人的な交流を通じて、津波堆積物に関する国際共同研究を実

施している。

### ・流域圏観測

准教授 林泰一、武藤裕則(平成 22 年 10 月 31 日まで)、堤大三、助教 芹澤重厚(平成 21 年 3 月 31 日まで)、鈴木崇之(平成 21 年 4 月 1 日から平成 22 年 3 月 31 日まで)

#### 研究対象と研究概要

流域圏の大気、河川、土砂、沿岸を対象として、4 つの現地観測実験施設(潮岬風力実験所、白浜海象観測所、穂高砂防観測所、大潟波浪観測所)を中心とした観測的研究を推進している。

潮岬風力実験所(林泰一)では、大気現象を対象として、以下の研究を実施している。

(1) 大気境界層における強風時の乱流特性：野外実験場で、乱流計測機器により連続観測されている気象資料を利用して、台風などの強風の乱流特性、強風の性質、非定常特性について検討している。

(2) 大気・陸面相互作用：大気と陸面の水、エネルギー交換を長短波放射、顕熱、潜熱および二酸化炭素の乱流輸送過程を観測的に解明している。

(3) 強風の構造物に対する影響：構造物に作用する強風の効果を、実大構造物を用いて周辺気流、風圧特性、振動などについて解明を進めている。

白浜海象観測所(武藤裕則、芹澤重厚)では、沿岸域・河川を対象として以下の研究を実施している。

(1) 大気・海洋相互作用の基礎的研究：田辺中島高潮観測塔において連続的に観測している気象・海象データを利用し、大気・海洋間での水、物質輸送など大気・海面過程に関する種々の検討を行っている。

(2) 湾域の流動・水質形成と環境評価：田辺湾を対象とし、そこでの流動と環境形成に及ぼす外洋水(黒潮、紀伊水道)および陸水(会津川)の影響を評価するための観測研究を推進している。

(3) 流域圏水循環・物質輸送過程の観測：紀伊半島を対象として流域の大気・水・土砂・有機物の循環・輸送過程を総合的に観測し、大気・流域・海洋結合モデルの開発と検証を行っている(潮岬風力実験所との共同研究)

(4) 河口・沿岸域の地形の形成・変形過程：各種アーカイブズや音波・音響探査装置を用いて沿岸地形の形成プロセスと水害イベント履歴を把握し、沿岸域の災害リスクおよび環境影響評価を行っている。

(5) 河川の構造と生息場・生態系形成条件の関連分析：生息場の分類と河川地形分類の関連について河川階層概念を念頭に検討し、河川構造物による地形と生態系への影響を予測するモデルの構築を目指し

ている。

穂高砂防観測所（堤大三）は、土砂環境を対象として、以下の研究を進めている。

- (1) 土砂生産と流出：凍結・融解や降雨による土砂生産とその流出に及ぼす役割に関する現地観測・調査と土砂生産・流出の予測モデルの構築を進めている。
- (2) 河道、河床変動：観測調査に基づき土砂流出における河床形態の役割を評価した土砂流出予測モデルの開発を行っている。さらに、土砂流出による河床変動の予測モデルに関して検討を行っている。
- (3) 土砂流出の河川環境への影響評価：土砂生産・流出が河川環境に与える影響を評価するため、土砂生産・堆積形態および生態の観測・調査を実施し、影響評価モデルを構築している。
- (4) 山地の降雨・流出特性：山地降雨の時空間的な特性を解明するため、高密度な地上雨量観測を行っている。船舶レーダーを用いた雨雲観測とあわせ、山岳微地形と降雨特性との関係の検討を行っている。
- (5) 融雪型火山泥流：基礎的な実験を通して、発生機構の解明を進めると同時に、泥流流下モデルの開発を行い、泥流氾濫予測手法の確立を実施している。

大潟波浪観測所では、以下の研究を進めている。

- (1) 日本海沿岸域の冬期の強風と暴浪の相乗による海岸波浪および漂砂の特性を明らかにするために、専用観測栈橋を活用して研究を進めてきた。2008年には栈橋を撤去したが、引き続き、地下水観測やカスプ地形内の粒度分布解析で海岸砂丘の特性解明に努めている。
- (2) 大潟海岸においては砂浜の侵食が顕在化し、広域海浜変形のマネジメントに関する研究を重要な課題として取り上げ、その取り組みの基盤として、砂浜・海岸砂丘・潟湖システムの地形変化を高解像度かつ体系的にとらえるフィールド観測研究を推進している。また、新潟西海岸を含めた広域の土砂生産及び土砂移動現象の解明を目指している。

各観測実験施設では、上記の独自の研究課題を推進するとともに、研究面での連携を図っている。

## 8.11 水資源環境研究センター

### 8.11.1 センターの活動概要

#### (1) センターの研究対象と活動方針

水に関する諸問題を科学的かつ学際的に研究しており、その基本方針は、1) 100年以上の時間スケールで持続可能な水資源管理のあり方の流域スケールでの追究、2) 複数ニーズの統合的管理手法の追究、3) 量と質の両面での水資源の健康性・健全性の追求、である。専任領域では以下の研究を行っている。

- i) 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するとともに、水資源問題の解決に資するための経済・社会活動を組み込んだ全球水資源ダイナミクスモデルの開発、
- ii) 大気と地表水、地下水を含む3次元水循環モデルをベースに、地域開発、水利用、汚染物質排出の影響を考慮しうる複合的環境動態モデルの構築と水環境・水文化と調和の取れた総合流域管理の提案、
- iii) 自然的(ジオ・エコ)・社会的(ソシオ)の環境変化が各種災害リスクに与える影響の分析と環境保全・創生型の都市・地域づくりの提案、  
また、客員領域では以下の研究を行っている。
- iv) 人間・社会と自然との共生を考慮した水資源システムの評価・計画・管理方策の提案

さらに平成21年10月より寄附研究部門「水文環境システム(日本気象協会)研究部門」を設置し、以下の研究を行っている。

- v) 水文環境に関連する環境問題および災害について、気候変動や社会変動がもたらすリスク要因を考慮しつつ、そのメカニズムや適応策をシステム論的に考察

#### (2) 現在の重点課題

現在の重点課題は以下3テーマに体系付けられる。

- 1) 山地から沿岸域までの流域シミュレーションモデルの開発：水量、水質、生態系、環境ホルモンなどの諸要素を同時に計算できる多層メッシュ型流出モデルである長期的環境評価プログラム(HydroBEAM)による流域評価手順の提案
- 2) 生態系を考慮した総合流域管理とリスクマネジメント：種々のGCM、RCM出力のダウンスケール結果を入力とし、分布型水文モデル、陸面過程モデル、貯水池操作モデルを用いた数値シミュレーション結果から、水資源リスク評価及び適応策を検討
- 3) 水資源マネジメントと法制度：水管理に関する

法制度の国際間比較研究および氾濫被害軽減や損失の回復・復興のための社会的枠組みとしての洪水リスクマネジメントを検討

また、国際プロジェクトとして、UNESCO-IHP研修コースを隔年で開催するとともに、GCOE-ARSの一貫として、エジプト「ナイルデルタの統合水資源管理の高度化に向けたJE-HydroNetの構築」およびGCOE-HSEの一貫として、ベトナム「紅河流域の統合水資源管理」を進めている。

#### (3) 研究活動

個別研究としては、長期貯水池最適操作へのアンサンブル降水予報の活用方法に関する検討、氾濫原における安全度評価と減災対策を組み込んだ総合的治水対策システムの最適設計、経路上の混雑と障害物の影響を考慮した水害避難行動モデル、経済・社会活動を組み込んだ地球水ダイナミクスモデル、水資源管理におけるダム長寿命化戦略(アセットマネジメント)貯水池持続的管理のための土砂管理手法の開発、ダム建設が下流生態系へ与える影響評価と改善策としての河川流況および土砂供給による河川地形管理手法の開発、有機物の安定同位体比によるダム湖生産物の生態系影響指標の開発、を進めており、それら統合する形で、「地球温暖化における水資源の総合リスクマネジメント」として展開している。

#### (4) その他の活動

国際会議の運営；ICWRER、APHW、Flood Defence、MAHASRI、ICOLD、ISRSなどの実行委員会に参加。

学会の運営；水文・水資源学会、土木学会、国際水圏工学会、国際水文科学会、国際水資源学会、応用生態工学会、ダム工学会で理事や委員として参加、学術行政との連携；国土交通省および地方整備局委員会委員、水資源機構外部評価委員、流域委員会、府県など地方自治体委員など、委員会での貢献。

## 8.11.2 研究領域の研究内容

### ・地球水動態

教授 堀 智晴

助教 野原大督

#### 研究対象と研究概要

- (1) 長期貯水池最適操作へのアンサンブル降水予報の活用方法に関する基礎的検討

アンサンブル予報と組み合わせた場合の三つの DP モデルの長期利水操作における放流決定過程の違いについて分析を行った。その結果、決定論的 DP と確率 DP 及び SSDP との放流決定過程の相違が確認され、アンサンブル予報を用いる場合にその分布特性を慎重に考慮に入れることが必要であることが確認された。平均値と中央値などの関係といった予報系列の分布特性と予測精度と併せて見ることが、最適化モデルとして決定論的 DP を採用するのか、あるいは確率論的な DP を採用するのかを判断できる可能性を示した。

- (2) 氾濫原における安全度評価と減災対策を組み込んだ総合的治水対策システムの最適設計

氾濫原における減災対策を組み込み、地先の安全度を基準とした治水計画の策定手法を提案した。地先の安全度を表す指標として人的・物的両方の被害を考慮した「被害レベル」の概念を導入し、氾濫流の諸特性から導かれる外力レベルと、地先の被害防止・軽減能力として定義される耐水力レベルとの組み合わせによって被害レベルを算定する枠組みを示すとともに、次いで、計画期間を明示し、投入する資金の効果を直接把握するため、治水計画問題を、財政制約の下での被害レベル最小化問題として解く方法を示した。本研究で示した地先で洪水リスクを評価し、ハード・ソフトの両面から水害に強い街を設計するという考え方は、自治体による河川整備や治水事業の計画策定にとりいれられるつつある。

- (3) 経済・社会活動を組み込んだ地球水ダイナミクスモデル

水資源問題の解決に資することを目的に、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するための、分布型流出解析に基づいたマクロスケール水害発生判定モデルを開発した。まず、DEM データを用いて大陸地表の標高を 60 km 四方の正方形メッシュで表現し、マクロな水移動を計算し、各メッシュを移動する流量の平年比に基づいて災害発生の有無を判定する枠組みを考案した。

- (4) 地球規模気象情報を用いた長期降水予測

全球にわたって整備が進んでいる気圧高度分布情報と海面水温分布情報を利用した長期降水予測手法

について研究を行った。オンラインデータの形式で公開されている月平均気圧高度分布、海面水温分布の特徴から流域の月降水量を予測する重回帰式モデルを作成した。提案予測手法を実流域において適用し、特に 1 ヶ月先、2 ヶ月先の将来降水量の予測については、有用性が確認された。早明浦ダム上流域を対象に提案手法を適用したところ、向こう 1 ヶ月間、1~2 ヶ月先の期間に対しては、平年降水量をそのまま予測値とする場合と比較して予測精度が向上した。このことから、限定的ではあるが、流域降水量予測における地球規模気象情報の利用に、一定の可能性を見ることができた。一方、2~3 ヶ月先の期間に対しては、予測精度が悪く課題と考えられる。この点については、パターン分類手法において、偏差域の中心位置に加えて偏差域の勢力を考慮する等の改善を加えることにより精度が改善される可能性があることが分かった。

- (5) 経路上の混雑と障害物の影響を考慮した水害避難行動モデル

混雑の影響を考慮した避難シミュレーションモデルを二種類開発し、比較した。観測実験に基づいて群衆密度・歩行速度の関係式によって混雑の影響を表わしたモデルは、計算負荷も軽く簡便に用いられるが、混雑が深刻になると Agent がほとんど前進しなくなるなど非現実的な挙動が見られた。Agent の回避行動を詳細に表現するモデルにおいては、計算負荷は比較的高くなるが、混雑が深刻な状況でもより現実的なシミュレーションを可能にした。

また両モデルの開発過程において、道路を二次元的に表現する際に多角形として表現するのではなく、矩形の連続体として表現する道路ネットワークモデルを考案し、計算精度を損なうことなく負荷を下げること成功した。

### ・地域水環境システム

教授 小尻利治

准教授 田中賢治

助教 浜口俊雄

#### 研究対象と研究概要

大気と地表水、地下水を含む 3 次元水循環モデルをベースに地域開発、水利用、汚染物質排出の影響を考慮する水量、水質、生態系から見た複合的環境動態モデルを構築し、水環境・水文化と調和の取れた総合流域管理の概念を提案する。地球温暖化問題に対し、気候モデルのバイアスの検出や補正、都市気象の将来予測、温暖化影響評価のための統計的ダウンスケール、洪水や渇水への影響評価など様々

な研究に取り組んでいる。

(1) 複数評価項目を考慮した河川整備計画の策定方法に関する研究

総合流域管理の策定手順とその実流域での適用の結果を示すことを目的とし、特に、水量、水質、生態系だけでなく、歴史や行事に関する水文化も評価項目として取り込み、地域社会・生活と連携した管理方式を提案するものである。総合流域管理の定式化を行い、流域の水文化特性に応じた形での管理を実現するため、流域のゾーニングや多目的評価のリーダーチャートによる表現など手法の提案を行う。分布型流出モデルを用いた流出解析と流域各地点での現地調査の結果とを合わせ、島根県の斐伊川・神戸川を対象とした総合流域管理の適用事例を示す。

(2) 全球高解像度陸域水循環モデルの開発

超高解像度 GCM と同じ格子系で陸面過程モデル並びに分布型水文モデルの各種パラメータを整備する。標高データは SRTM30 を、流域界情報、集水面積情報は GDBD を使用し、全球河道網データを作成した。衛星観測 NDVI プロダクト SPOT VEGETATION から LAI を推定し、その時系列解析により、生育作物種を判定するとともに、農事暦情報として作物の生育期間と各期の生育段階を推定し、灌漑スキームを運用する。その他の土層厚や空隙率等の土壌パラメータは ECOCLIMAP データベースを活用した。これにより、灌漑による取排水を考慮した陸域水循環シミュレーションが全球にわたり高解像度で実施できるようになった。

(3) 超高解像度 GCM 出力を使った流域環境変化予測評価に関する研究

日本のみならず、ベトナム紅河流域、アラル海集水域、ナイル川流域など世界の様々な流域に対して、過去～現在・近未来(20～30年先)・未来(100年先)の利用可能な水資源量、灌漑必要水量、蒸発散量、河川流況等の変化を予測するため、約 20km 格子の超高解像度 GCM 出力を入力として、陸面過程モデルと分布型流出モデルにより流域環境シミュレーションを行った。その際、統計的・物理的の両面から GCM 出力のダウンスケーリングを検討し、バイアス補正を行った結果を用いて流域シミュレーションを行っている。特に、バイアス補正に用いる係数の空間分布を地球統計学的に求め、分布型のバイアス補正に成功している。

(4) 氾濫・土砂輸送・地下水流を考慮した流域環境評価モデリングに関する研究

既往の流域環境評価モデルを発展させ、土砂輸送過程を組み込んで流出モデルと同じ空間分解能で掃流

砂・浮遊砂移動をモデリングした。また、動水勾配が小さな平地での流出過程に対応した Diffusive wave model を採用した。さらに氾濫時にも平面計算可能な氾濫伝播モデルの開発と、氾濫湛水域だけを特定して湛水深伝播を算定する手法を提案し、シミュレーションに導入した。また基底流出部にあたる地下水流動に対して、時間変化する貯留域を計算領域とした平面モデルを導入し、流動解析した。上記モデルは実流域に適用し、評価精度を検討している。

(5) 衛星観測データを基にしたワジ水文モデリングによるナイル川流域の鉄砲洪水シミュレーション  
乾燥地において、鉄砲洪水は人間生活や生活基盤に最も甚大な被害を及ぼす災害である。しかし降水の地上観測データが乏しいため、準実時間衛星観測プロダクトである GSMaP を GPCC の降水量プロダクトで補正したデータを利用して、エジプト・ナイル川にある複数のワジ流域での鉄砲洪水の予測を試みた。近年発生した4つの鉄砲洪水を再現した結果、短時間で最大ピーク流量に達する鉄砲洪水の顕著な特徴が見て取れる。加えて、流量や降雨の分布結果から、1つのワジ流域から他のワジ流域へ時空間に大きな変動が発生しているのが見える。

・社会・生態環境

教授 角 哲也

准教授 竹門康弘

研究対象と研究概要

水資源における中長期的な環境的課題に取り組むために、自然的(ジオ・エコ)・社会的(ソシオ)環境変化が、水資源システムにどのような影響を与えるかを分析し、リスクマネジメントの観点から研究を行っている。また、水域の生態系サービスの持続的享受を目的とする、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る。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) 生息場構造を介した生態系-土砂水理連携モデルの開発、3) 水辺環境の利用と生態系の相互作用の解明などをテーマに以下のような研究成果を挙げた。

(1) ダム貯水池堆砂のアセットマネジメント

堆砂による貯水機能低下と水資源リスク増大の関係性を全国ダムを対象に検討した。また、流域内に複数ダムが存在する場合の優先度評価、貯水池特性を考慮した土砂バイパス、浚渫、置き土などの堆砂対策手法の選定、さらには複数ダム間で連携・機能補間することによるアセットマネジメント手法について、経済と環境のコスト-ベネフィット、リスク評

価を通じた最適手法を選定するための検討を行った。

(2) 貯水池土砂管理技術とモニタリング手法開発

貯水池上流における濁度流出把握、貯水池内における流れ場と土砂移動把握のための画像解析によるLSPIV、下流河道の砂礫移動追跡のためのICタグを用いたRFID技術など、土砂管理を効果的に進めるためのモニタリング技術の開発を行った。

(3) 流水型ダムの機能高度化検討

治水機能に貢献しつつ、土砂や魚類移動の連続性を確保可能な流水型ダムの採用事例が増加しており、残るバリアである跳水式減勢工を改善するための潜水跳水式減勢工の水理特性に関する検討を行った。

(4) 地球温暖化対策としての貯水池管理手法

地球温暖化や温熱排水等による河川水の水温上昇のために冷水性魚類の生息が困難となる流域において、生存リスクが最も高まる夏期に、貯水池から低水温の放流を行うことの効果の評価した。また、生息可能上限以下の水温の生息場を、淵の機能を考慮して河床に確保する方法について検討し、河川水温に着目した河川管理手法の提案を行った。

(5) 河川環境のための河床地形管理手法開発

河川環境保全のための河床地形の評価基準の開発と目標とする河床地形を形成・維持するために必要な土砂供給条件を明らかにする研究を行った。前者に関して、ダム湖由来のプランクトンの流下距離を指標として、砂州が発達して水際線が複雑な河床ほど粒状有機物の捕捉効率が高まることを明らかにした。また、木津川のタナゴ類や二枚貝類の生息に好適なたまりやワンドが、比高分布のなだらかな砂州に多く存在することを明らかにした。後者に関して、木津川流域を対象に、ダム流域の土砂生産・流出量、ダム長寿命化のための必要土砂排出量、土砂供給量に応じた砂州地形変化と生態機能予測の各課題を追究し、総合化による河床地形管理の考え方を提案した。

(6) 天竜川下流域の河床地形管理手法開発

上流ダム群による砂礫供給遮断と濁水長期化の影響によって劣化した河川環境を改善するために、資源量が減少しているアユに着目し、繁殖の決め手となる好適な産卵床の地形環境条件を評価し、土砂供給条件による生息場改善効果の予測手法を提案した。

(7) 深泥池の生物多様性保全のための生態系管理

深泥池の生物多様性が維持される機構として、浮き島のオオミズゴケとハリミズゴケの群落の消長の重要性や、その存続のために貧栄養で酸性の水質条件の維持が必要であることを示した。

(8) 貯水ダムが水生昆虫個体群の分断に及ぼす影響

名取川流域や紀伊半島のダム貯水池によって分断された河川の上下流域で各種水生昆虫の遺伝的変異を調べ、貯水ダムが個体群の遺伝的多様性に及ぼす影響が、個体群の分散能力に依存することを示した。

(9) ナイル川下流域の水資源環境計画

アスワンハイダムに滞留する土砂と栄養塩等の物質が、ナイル川下流域ならびにナイルデルタ域の水資源利用、水域環境、水産資源に与える影響を評価し、その対策を進めるための共同研究体制(JE-HYDRONET)を構築した。

## ・水文環境システム

### (寄附部門：日本気象協会)

特定教授 鈴木 靖

特定准教授 佐藤嘉展

特定助教 道広有理

#### 研究対象と研究概要

観測・予測実務に携わる一般財団日本気象協会からの寄附により、平成21年10月に設置された。現業としての気象・水文観測や予測と大学での研究成果との連携・融合を意図しながら、水文循環に関連する環境問題および災害について、気候変動や社会変動がもたらすリスク要因を考慮し、そのメカニズムや適応策をシステム論的に考察することを目的としている。具体的には、1) 気候変動や社会変動に関する種々の予測モデルの出力を都市・地域生活圏に対する影響評価に利用するためのダウンスケーリング手法の検討と、それに基づく影響評価のためのデータベース構築に関する研究、2) 気候変動や社会変動が都市・地域生活圏の水文環境災害や農林漁業・エネルギーなどの産業に及ぼす影響を把握するための流域圏統合モデルの構築と、それに基づく新たな適応策の検討に関する研究、3) 気象・水文観測情報や予測情報の水資源・水文環境管理、水災害対応への有効利用に関する研究を進めている。

#### (1) 気候変動ダウンスケーリングデータベース構築に関する研究

IPCCの温暖化影響予測に用いられた気候モデルGCMの出力は、数値気象モデルの知識や大量のデータの扱い、特殊なデータ形式への対応など、その解析には専門知識を必要としている。一方、農林水産業等の産業界や一般の方々の温暖化への関心が高まっており、専門知識を持たない方へいかにして温暖化情報をより身近に利用してもらうかが課題となっている。本研究では、そのギャップを埋めて利用しやすい温暖化情報を提供することを目的とした。IPCC AR4に用いられたCMIP3 マルチ気候モデルの

出力の現在気候再現結果，複数の排出シナリオに対する将来予測について，気温・降水量などの気象要素をわが国で標準的な国土数値情報の1次メッシュ（約80kmメッシュ）に内挿し，その変化率および変化幅をデータベース化した．研究室のHPを通じて図表を公開し，水文関係や損保関係などの利用がある．

#### (2) 流域圏災害環境変動予測モデルの高度化に関する研究

流域環境評価モデル (Hydro-BEAM) を高度化し，河川流量の高精度予測だけでなく，流域圏スケールで生起する様々な水文気象素過程の温暖化影響，災害リスク，生態環境や社会経済変動の影響などを総合的かつ定量的に評価することが可能な「流域災害環境変動予測モデル」を構築し，モデルシミュレーションによる温暖化適応策の検討を行うことを目的とした．我が国の主要河川流域の流出モデルの現在気候再現性を確認し，将来の気温と降水量の気候変化値を現在気候に上乗せすることにより将来の流況変化を調べた．その結果，積雪地域では冬から春にかけての河川流量の将来変化が大きく，現在の河川管理計画のままでは，将来の洪水制御，水資源管理に問題が生じる可能性が高く，河川管理計画の見直しが必要なことがわかった．

#### (3) 流域圏（河川・沿岸）統合モデルの開発に関する研究

防災的な側面と総合的な環境管理の両面から，河川源流域から沿岸部までの流域圏の水と物質循環を統合的に評価するツールとして，流域圏（河川・沿岸）統合モデルを開発することを目的とした．木曾三川流域から伊勢湾へ流出する河川水による伊勢湾の水文環境への影響評価を検討するため，伊勢湾を対象としたモデルを構築した．木曾三川から流出する浮遊土砂や水温について，伊勢湾内の拡散計算について観測データによる検証を行い，再現性を確認した．

#### (4) 気象・水文予測情報の有効利用に関する研究

近年の降雨観測予測技術の進歩や域圏統合モデルによる温暖化影響予測などの研究成果を現場の実践的な運用管理に活かすためには，利用者が求める情報を提供する必要がある．国交省河川局との勉強会の開催，寒地土木研究所の講演会および気象・水文予測情報の実践的活用に関する研究会などでの利用者との情報交換などを通じて，河川やダム管理の現場の問題を議論し，今後の課題を把握した．

## 8.12 技術室

### 8.12.1 技術室の組織

技術室は、それまで防災研究所の各センター・部門に所属していたすべての技術職員を組織化し、平成 8 年度に発足した。発足当時の技術職員の定数は 33 名だった。その後の定数削減によって、平成 22 年度の技術職員は、再雇用職員 12 名を含む 29 名である。

新規採用者は平成 20 年度が 0 名、平成 21 年度は 4 名（市田兎太郎、久保輝広、園田忠臣、坂靖範）、平成 22 年度は 2 名（小松信太郎、高橋秀典）となっている。

これに対して、退職者は平成 20 年度から平成 22 年度の 3 年間で合わせて 12 名に上る。平成 21 年 3 月に 9 名（浅田照行、市川信夫、近藤和男、志田正雄、清水博樹、高山鐵朗、中尾節郎、藤木繁男、藤田安良）、平成 22 年 3 月に 2 名（吉田義則、藤原清司）、平成 23 年 3 月に 1 名（園田保美）が退職し、急速な世代交代が進んでいる。これまで技術室が保有していた技術をいかに継承していくかが、今後の課題として浮び上がってきている。

こうした状況で技術室長の交代も相次いだ。平成 22 年 3 月末まで技術室長を務めた吉田義則の後任者の着任が遅れたため、平成 22 年 4 月～同年 12 月は、技術専門委員会の委員長を務めていた河井宏允教授が技術室長を兼務した。平成 23 年 1 月からは、高橋秀典が技術室長に就いている。

技術職員の世代交代が進んでいることもあり、技術室の組織を変更した。技術室発足以降、企画情報班、機器開発班、機器運転班、観測班の 4 班編成を 8 掛に分けた 4 班 8 掛体制を基本にしてきたが、平成 21 年 2 月に京都大学防災研究所技術室組織規程を制定し、平成 22 年 4 月に改組している。

改組後は、企画情報技術グループ、機器開発技術グループ、機器運転技術グループ、観測技術グループの 4 グループ体制になった。各技術グループにはそれぞれグループ長、副グループ長、主任を配置する体制を構築した。それぞれの技術職員は、いずれかのグループに所属しているが、所属する技術グループにとらわれることなく、広範囲な技術支援を実施する体制である。

平成 22 年度に技術職員を配置した隔地観測所や実験所は、上宝観測所、屯鶴峯観測所、鳥取観測所、宮崎観測所、阿武山観測所、徳島観測所、桜島火山観測所、穂高砂防観測所、白浜海象観測所、宇治川

オープンラボラトリーとなっている。

### 8.12.2 技術室の活動

#### (1) 技術支援活動

技術職員の主たる業務である技術支援は、その内容によって、長期支援、短期支援、隔地観測所（実験所）支援の 3 つに大別することができる。原則として、技術支援を希望する教員などから、まず技術支援依頼票を技術室に提出していただき、技術室が技術支援を実施する技術職員を決め、その技術職員が支援依頼を要請した教員の指導のもとで、技術支援を実施するという形をとっている。

長期支援は、各部門・センターなどで実施している研究や実験など日常的に継続している技術支援を対象とする。長期支援のなかには、1 年間を通した技術支援も含まれる。各部門・センターにおける日常的な観測データの収集・整理・分析やサーバーの保守のほか、強震応答実験室、遠心力载荷装置、境界層風洞実験室などにおける各種実験の支援などが挙げられる。

短期支援は、比較的短期間で終了する技術支援を対象としている。集中観測のサポートや、観測機器の設置などである。

隔地観測所（実験所）支援は、文字通り隔地観測所に配置した技術職員が日々実施している技術支援全般を指す。各種観測などから、施設の維持管理や公用車の保守点検まで、技術支援の内容は広範囲にわたる。

従来は紙ベースで技術支援依頼票を受け付けていたが、平成 22 年度途中からは技術室ホームページ上からウェブ入力できる仕組みを導入した。また、平成 22 年度以降、技術支援依頼の実績を技術室ホームページ上で公開し、随時更新している。

日常的な技術支援業務以外の技術支援依頼票の提出実績は平成 20 年度が合計 39 件、平成 21 年度は短期支援依頼が 28 件、長期支援依頼が 28 件の合計 56 件、平成 22 年度は短期支援依頼が 46 件、長期支援依頼が 31 件、隔地観測所（実験所）支援依頼が 8 件の合計 85 件。なお、平成 20 年度は、短期支援、長期支援などの区分をしていなかった。また、平成 21 年度は、短期隔地観測所（実験所）支援の区分を設けていなかった。

## (2) 委員会活動

技術職員は防災研究所の多くの委員会に委員として関与し、技術支援以外でも、情報ネットワークや労働安全衛生の技術などを生かして、防災研究所の活動に関与している。

平成 22 年度末時点で技術職員が委員として参加した委員会は以下の通り。技術専門委員会、対外広報委員会、行事推進専門委員会、自己点検・評価委員会、情報セキュリティ委員会、ネットワーク専門委員会、LAN 管理運営委員会、厚生委員会、安全衛生委員会。

なかでも、技術専門委員会は、技術室の活動に関して 教員と技術職員が意見交換を交わす場として、重要なものとなっている。

また、安全衛生委員会には平成 22 年度末時点で、3 名の委員を出し、防災研究所の安全衛生巡視、安全衛生活動の普及などで不可欠な役割を果たしている。さらに、防災研究所を代表し、宇治事業場衛生管理者会議や宇治事業場衛生委員会にもメンバーを送っている。

法人化以降、大学にも労働安全衛生管理者を置くことが法律で義務付けられたことに対応し、技術室として第一種衛生管理者の資格取得に努めてきたため、平成 22 年度末時点で、技術職員（再雇用者含む）のうち 16 名が第一種衛生管理者の有資格者となっている。

## (3) その他の活動

技術支援の対象は防災研究所内部にとどまらない。ほかの大学や研究機関との共同研究の技術支援もある。小中学校、高等学校を対象にした活動もある。例えば、高等学校を対象に宇治川オープンラボラトリーが実施する SSH (Super Science High school) にも、毎年技術職員を派遣し、教育の支援にあたっている。小学校への地震計の設置などに協力した例もある。

宇治キャンパス公開では、宇治地区だけでなく、宇治川オープンラボラトリーにも通常配置している技術職員より多くの技術職員を派遣し、開催に協力している。

技術職員は各種の学会などに参加し、知識の習得に努めているほか、技術支援で得た成果を学会などで発表してきた。各年度の発表実績は以下の通り。

平成 20 年度は、日本地球惑星科学連合 2008 年大会、平成 20 年度非定常空気力学研究会・構造物の空気力学研究会、平成 20 年度東京大学地震研究所職員研修会、平成 20 年度京都大学総合技術研究会。

平成 21 年度は、日本地球惑星科学連合 2009 年大会、日本風工学会、海洋開発シンポジウム、日本建築学会 2009 年度大会、日本地震学会 2009 年度秋季大会、日本気象学会 2009 年度秋季大会、機器・分析技術研究会実験・実習技術研究会、水工学講演会。

平成 22 年度は、日本地球惑星科学連合 2010 年大会、日本建築学会 2010 年度大会、平成 22 年度東京大学地震研究所職員研修会、熊本大学総合技術研究会。

前述の学会などのほか、技術支援に必要なさまざまな講習会や研修にも参加し、各種の資格取得や技能の習得に励んでいる。工具切削技術研修、旋盤精密加工技術講習、玉掛け講習、床上操作クレーン運転技能講習、フォークリフト講習、UNIX/LinuxOS 基礎研修、マイコン研修、CAD 講習など、非常に多岐にわたっている。

さらに、京都大学総合技術部が主催する各種の研修に参加しているほか、技術室も独自に研修を実施している。こうした研修の一環で、平成 22 年度は宮崎観測所に技術職員が集合し、各人が技術支援の成果を発表した。