

## 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）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)建築物の耐震信頼度解析法と信頼性設計法
- 2)木造建築物の耐震設計法・耐震補強法の開発

##### 都市防災計画研究分野

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と市街地火災による損害リスク分析、および火災リスク低減のための都市計画手法

##### 防災技術政策研究分野

- 1)社会変動と水循環・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

#### (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危険度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信頼性設計法に関する研究を行っている。また、住民の安全に密接な木造住宅の耐震性能向上と、歴史・文化財建造物の保全と創生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に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変動と水循環・水災害の相互作用を解析し、持続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。

##### 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回行ってきた。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、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。

## 8.1.2 研究分野の研究内容

### 1. 都市空間安全制御

教授 鈴木祥之, 助教授 欠員

#### ○研究対象と研究概要

建築物の耐震安全性向上と災害に強い都市空間・生活空間を目指して、都市空間の大地震による危険度評価と被害推定の研究とともに、建築構造物の耐震安全性を評価する耐震信頼度解析法や合理的な耐震設計法の開発、制震構造システムや構造物の健全度を調べる構造ヘルスマモニタリングに関する研究を行う。また、近年の社会的な要請である木造建築物の耐震性能の評価と向上に関する研究を行い、木造建築物の良さを生かす性能規定型設計法や耐震補強法を開発して、住民の安全・安心を高めるとともに歴史・文化財建造物の保全と創生に役立てる。

##### (1) 都市住空間の総合防災に関する研究

古い木造建築物が集積する歴史的市街地や密集市街地においては、住民の安全確保および歴史的建築物の文化的価値保全の観点から、建築物の耐震性向上が不可欠である。京都市を対象に古い木造建築物の集積状況と構造詳細調査を実施して、建築物の耐震性能や地域のリスク評価を行うとともに耐震改修方法に関する研究を行っている。また、研究集会19K-02「伝統構法木造住宅を地震災害から守るための知恵と技術」(研究代表者:広島国際大学斎藤幸雄)を行い、研究者、大工、設計者、行政、住まい手によって伝統構法木造住宅の耐震性・耐久性と地域の防災計画に関する問題点を明確にし、その解決策について各立場から議論・検討を行った。

##### (2) 構造物の耐震信頼性解析法と構造同定法に関する研究

構造物の耐震設計を合理的に行うには、地震外乱、構造物系に含まれる不規則性や不確定性を考慮して安全性・信頼性を定量的に評価する方法を確立することが重要であり、履歴構造物の確率論的地震応答解析法、地震時損傷度評価法に関する研究とともに、それらを統合化した耐震信頼度解析法に関する研究を行っている。

##### (3) 制震構造システムと構造ヘルスマモニタリングに関する研究

都市機能を司る重要構造物においては、地震後早

期に精度良く損傷を検出するシステムが不可欠となる。また、構造物の経年的な劣化を含めて構造物の健全度を評価することは、構造物の安全性を確保し、都市機能を保全する上で重要となる。強震時における構造物の損傷程度と損傷位置の検出システムと経年的な劣化をモニターする健全度評価システムを構築するため、センシング技術、構造物の非線形地震応答を同定するアルゴリズムならびに損傷の検出・評価アルゴリズムの開発に関する研究を行った。

##### (4) 都市・建築物の地震リスク評価と被害推定に関する研究

大地震に対する都市域の地震危険度を効果的に軽減するためには、リスクを正確に評価し、地震による被害予測を高い精度と信頼性のもとに行うことが重要となる。2007年能登半島地震、2007年新潟県中越沖地震における建築物被害調査を実施し、建築物の被害と構造的特徴の関係等について分析を行い、建築物の地域性を考慮した耐震性能評価や地震リスク評価について研究を行った。また、地震による負傷者の救済に不可欠な病院の地震被害について調査し、医療機能の地震時損傷の推定法を開発した。

##### (5) 木造建築物の耐震設計法・耐震補強法の開発に関する研究

木造建築物には構造安全性を確保できていないものも多いことが指摘されており、木造建築物の耐震性能評価に基づいた設計法・補強法の開発が急務である。現在広く用いられている耐震設計法や診断法は、伝統構法による木造建築物に適していないため、伝統構法木造建築物の構造詳細調査を実施して構造的特徴を把握し、これらの構造的特徴を組み込んだ試験体を用いた大型振動台実験等を実施して、構造メカニズムを解明するとともに、その特質に適合した耐震補強技術の開発を行った。これらの研究の一部は文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」(H14年度～H18年度)の一環として行われ、報告書としてまとめられている。

## II. 都市防災計画

教授 田中哮義

助教授(~H18)赤松純平

### ○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、

- ①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
- ②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
- ③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
- ④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
- ⑤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)物理的火災延焼モデルの開発(田中)

都市火災が頻発していた往時とは大きく変化した現代の市街地状況下で、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を可能にする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開発を進めてきた。これは市街地火災を、市街地を構成する個々の建築物の燃焼の集合として捉え、それらの火災性状および火災建物の他の建築物への影響を数学的に定式化し、コンピューター予測計算モデルとして構築するものである。このモデルは、過去の建物火災実験、仮想的に想定した市街地、および酒田市大火や阪神大震災時の火災性状との比較で検証を行い、また、文化財が多く集積する京都市東山地区を始め、伝建地区や密集市街地での延焼予測と火災損害リスクの評価への利用を図っている。

#### (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住民の避難にとって重大な火災気流の影響を考慮に入れた都市住民避難モデルの開発を目的として、都市街路を避難経路のネットワークとして組み、他方で市街地火災による火災気流の危険度と住民の避難地認知度を考慮した避難予測手法をポテンシャルモデルとして構築した。これに過去の延焼動態図を基に火災気

流による危険度の予測を導入して、市街地火災気流による危険の下での住民避難予測を、過去の酒田市大火、函館大火、および関東大震災における住民避難データ、犠牲者の発生状況との比較・検討を行い、避難モデルの予測精度の確認と改良を行った。

#### (3)トンネル火災時の煙流動性状予測に関する実験的・理論的研究(田中)

地下鉄トンネルや道路トンネルは数 km にも亘る大規模空間であるので、火災時のトンネル内煙流動性状を予測し、避難安全対策を図るためには、実務的な計算時間内に予測結果が得られる煙流動モデルを開発する必要がある。本研究では、建築物内の煙流動予測を目的に開発した多層ゾーン煙流動予測モデルをトンネル空間用に展開し、これを模型トンネルを用いて実施した火災実験結果との比較で検証した。

#### (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、建築物の火災安全設計では、各種火災性状予測法を用いた性能設計が盛んであるが、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設計火源として反映させることにより、建築物に備えられる防災設備の効果をを総合的に考慮できる設計法の開発を進めている。

#### (5)都市域基盤構造のモデル化(赤松純平)

被害地震時の地震動予測に必要な都市域基盤 3 次元構造のモデル化を、脈動(長周期の微動)や重力など、地球物理学的データを用いて行った。脈動観測資料と重力データの併合処理による地盤構造の高精度推定方法を開発し、近年の地震被害の大きかった地域の基盤構造を調べた。この方法を国内のみならず、中国雲南省麗江盆地やトルコ・アダパザル盆地等にも適用し、地震被害が基盤構造に密接に関係していることを示した。また、共同研究で近畿地区の基盤構造を重力測定法により探査した。

### Ⅲ. 防災技術政策

教授 宝 馨, 助教授 立川康人 (平成19年3月まで), 助教 佐山敬洋

#### ○ 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きた。また, 流域水循環に関する広域多次元情報の収集・加工・提供技術を駆使することによって, 社会環境と自然環境の変化に伴う水循環・水災害の変動を予測する研究を行ってきた。これらの研究の一部は, 戦略的創造研究推進事業 (CREST) 「社会変動と水循環の相互作用モデルの構築」(平成13年度~18年度, 研究代表者: 宝 馨)の一貫として進められ, 平成18年11月にその研究成果を報告書に取りまとめた。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, 当該期間の研究成果の概要をまとめる。

#### (1) 流域水循環のプロセス解明とモデル化に関する研究

地形・土地利用・降水などの空間分布情報を入力とし, 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。具体的には, 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, ダム群の流況操作を反映した流出予測を行った。また, 平成16年に甚大な洪水被害が生じた足羽川, 円山川, 由良川における洪水の再現計算を行うことにより, 計画規模を超過するような大規模な洪水現象を分布型流出モデルにより分析した。

#### (2) 洪水のリアルタイム予測とその発信に関する研究

上述の淀川流域モデルを用いて, リアルタイムで河川流量を予測し, その結果をインターネットで試験的に配信するシステムを開発した。このシステムは, 日本気象協会から配信される降水の実況データと予測データを時々刻々入力し, 流域内のすべての河道を対象に河川流量を計算する。同研究は, 国土

交通省建設技術研究助成 (平成17年度, 18年度, 研究代表者: 立川康人) の支援を受けて進められた。また, 「大学発信のリアルタイム減災情報のあり方と役割に関する研究集会」を平成18年度の防災研特別事業の支援を受けて開催し, 同内容について実務者や他大学の研究者とともに幅広い議論を行った。

#### (3) 地球温暖化が洪水と貯水池操作に及ぼす影響の評価

GCM によって予測された将来の降水量と蒸発散量を水文モデルに入力することにより, 気候変動が淀川流域の洪水とダム貯水池管理に及ぼす影響を評価した。流出シミュレーションの結果, 2031年から2050年には中規模の洪水頻度が増加する一方で, 2081年から2100年には低頻度で大規模な洪水の規模がより激化する可能性が示唆された。また桂川流域の日吉ダムでは将来ただし書き操作の回数が増える予測結果となった。同様の研究は, 対象流域を利根川や吉野川に広げ, また最新の GCM 出力を入力することによって, 継続的に進めている。

#### (4) 治水事業と地域計画との連携に関する研究

想定規模以上の洪水災害に対応するために, 治水事業と地域計画との連携について研究を行った。実効性のある対策が現時点で実施できていない背景を理解するために, まず社会的背景や関連する法律の立法経緯と現行法体系を整理した。また, 具体事例の中から治水事業と土地利用政策の連携に係る様々な問題を抽出した。その結果, 治水事業統括のための枠組みの欠如, 国土形成計画における統合的な計画策定の枠組みの欠如, 土地利用計画に治水事業を組み込むインセンティブの欠如の3点が主たる問題であることがわかった。解決への方向性として, 流域協定と洪水時流量の排出権取引の考え方について提案を行った。

#### IV. 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求している。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る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) 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

大規模災害発生時の施設被害の中でも、電力、水道、ガスといった供給系ライフライン施設の被害は地域の住民生活や企業生産に多大な影響を及ぼす。ライフライン途絶などの機能損傷がもたらす二次的被害を軽減するためには、施設そのものの強化やバックアップ機能の強化など効果的な施策を実施していくことが重要であり、そのためには、ライフラインの途絶影響を定量的に評価する必要がある。本研究では、企業生産のライフライン途絶に対する耐性（レジリエンシー）を考慮に入れつつ、包括的な被害計量化手法である応用一般均衡モデルを用いてライフライン途絶による経済被害を計量化した。

##### 2) 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

住宅や土木構造物の耐震性をいかに確保するかは、今後来る大地震に備えるための最も基本的な対策の一つである。しかし、耐震偽装事件に代表されるように、建設業者などの利己的な行動により、十分な耐震性能を有していない住宅や土木構造物が建設される場合も少なくない。一般に、施主(または住宅の

購入者)は業者の工事の質を観察することが難しいため、業者の機会主義的な行動を見抜くことは非常に困難である。また、業者の工事の質を保証すべき建築確認検査機関が怠慢な検査を行えば、業者の怠慢な施工を見抜くことも困難となる。さらに、検査機関による怠慢な検査の可能性は、検査機関の検査機関による怠慢な検査といった、無限の後退問題を引き起こす可能性がある。

本研究では、こうした各主体のインセンティブや責任の問題に着目し、ミクロ経済学や契約理論を用いながら、問題解決の政策的枠組みを提案した。

##### 3) 災害リスクコミュニケーションの活性化に関する研究

災害時の被害を軽減化するためには、自助、共助、公助がバランスよく行われる必要があり、これを実現するためには、担い手である行政と住民の災害に対するコンセンサスの構築が必要となる。災害リスクコミュニケーションは、このコンセンサスの構築を目的とした活動として近年期待が高まっている。

本研究では、防災活動を行う NPO と連携し、地域コミュニティにおいて、災害リスクコミュニケーションの様々なフェーズにおいて行われるイベントを効果的に行うための手法、それを支援する情報システムの開発と評価を行った。

##### ○ 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、防災計画研究小委員会を設置し、その運営に当たってきた。平成 17 年にはワンデーセミナー「域防災力の向上を目指してー災害調査の体系化と災害情報システムー」、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。また、研究活動を通じて得られた成果を取りまとめて、「防災の経済分析」(多々納・高木編著 2005)を刊行した。

## 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

地球温暖化の進行による極端現象の発生は、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の形で顕在化し、また、居住域に近いところでの地震多発などのハザードの変化が加わり、地球激動期を迎えている。それらと呼応する形で、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、アメリカ合衆国における平成17年(2005)ハリケーン・カトリナや平成16年(2004)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。ここでは、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

当センターが実施している重点的な研究課題は次のとおりである。

- 1) 阪神・淡路大震災および新潟県中越、中越沖地震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) 都市地震と都市水害の危機管理
- 6) 適応的マネジメントシステムの開発
- 7) 災害対応シミュレータの開発

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、現在、修士・博士課程の大学院生の研究指導は、それぞれの研究科からの合計17名について実施している。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4名によって共同研究を実施してきている。当センターは発足当時より所内共同研究センターに位置づけられており、毎年、防災研究所年報Aに『防災問題における資料解析研究』として、研究成果を要約したものを刊行しており、平成19年度で34号を数えている。また、昭和57年度より自然災害科学データベース『SAIGAI』の構築と公開は、このセンターと全国5地区の資料センターとの共同作業の中核的な成果である。現在約8万件が登録され、科学研究費公開促進費によって毎年約6千件ずつの増加を図っている。

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20年3月までに600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、2005年ハリケーン・カトリナ災害、2007年能登半島地震、新潟県中越沖地震などでの災害調査を主体的に実施してきた。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。また、2007年新潟県中越沖地震でも柏崎市にGISシステムの導入した改良型罹災証明の発行業務を導入し、洗練化を実現した。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.災害 Memorial Kobe の開催
  - 2.地域防災計画実務者セミナーの実施
  - 3.災害対応研究会の開催
  - 4.東海・東南海・南海地震津波研究会の開催
  - 5.大規模災害対策セミナーの実施
  - 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。なお、平成19年度まで日本自然災害学会の事務局を置き、学会活動を支援してきた。

## 8.2.2 研究領域の活動概要

### I. 巨大災害過程研究領域

教授 河田恵昭, 准教授 矢守克也,  
助教 鈴木進吾

#### ①領域の研究対象

巨大災害の被害を軽減する情報の活用による危機管理をミッションとした研究・教育活動を実施しており、防災情報特論の担当ならびに修士・博士論文の指導を行っている。

複雑・多様化しつつある人間社会を襲うカテゴリーによる被害を極小化し、かつ長期化させないためには、巨大災害に関する情報システムを確立することが必須である。災害前の被害抑止、被害軽減、災害後の緊急対応、復旧・復興など、社会ミティゲーションの各段階での効果的減災策を、巨大災害情報の生成・管理・発信の観点から提案している。

まず、社会の防災力、災害脆弱性、異常外力及び災害リスクの定量的な評価方法を開発してきた。阪神・淡路大震災（1995年）、新潟県中越地震（2004年）、インド洋大津波（2004年）、ハリケーン・カトリナ災害など、近年の巨大災害、ならびに、近い将来発生が懸念される首都直下型地震、東海・東南海・南海地震を対象として、巨大災害の発生過程を明らかにするとともに、被害予測を行う。これに関連して、津波ハザードマップのCG化、自治体・企業の事業継続計画の作成方針の提示、防災教育の制度設計や教材開発、各種ゲーミングツールの開発なども平行して実施してきた。

さらに、高齢化及び東京一極集中などの社会的要因による被害様相変化のシナリオを考慮して、総合的な減災対策を提案する。とくに首都直下地震時に発生する震災廃棄物はおよそ1億トンに達するので、この処理方法に関して、日本プロジェクト産業協議会（JAPIC）に設けられた防災研究会（約40人の委員）との共同研究によって、画期的な処理システムを政府に提案することができた。また、津波防災研究の国内外の拠点として、インド洋大津波災害に関する包括的な調査研究を実施し、その成果はわが国政府の津波防災対策の見直しにつながるなど、国内外から高い評価を得るに至った。同様のことはハリ



ケーン・カトリナ災害の調査結果がわが国の高潮防災対策の見直しにつながり、平成19年度から中央防災会議の大規模水害対策専門調査会の設置に貢献できた。

政府の防災政策の展開において、東海地震防災戦略、東南海・南海地震防災戦略、首都直下地震防災戦略の形で、本研究領域の研究成果が反映されることになった。これらの応用として、危機管理の立場から災害対策本部の設置に伴う意思決定過程の要諦や津波減災策の提案を行ってきている。

特に、東海・東南海・南海地震災害は、広域、複合、長期化という特徴を有していることから、災害時における広域連携の重要性と情報連携の具体的な内容を明示するとともに、地震と風水害などの組み合わせによる複合災害発生の危険性に対していち早く警鐘を鳴らしてきた。また、中山間地域の集落や沿岸市町村単位の孤立で発生する情報過疎と救援過疎の観点から、孤立解消のための政策的研究を実施している。これらの研究アプローチと成果はわが国における防災・減災研究のフロントランナーとしての役割を十分、果たしてきたといえる。

個別具体的な研究課題は、以下の通りである。

- 1) 巨大災害に伴う人的・物的被害の定量的評価
- 2) 首都直下地震や東海・東南海・南海地震災害など広域・複合災害の減災対策の策定
- 3) 巨大災害に関する災害情報とコミュニケーションの検討
- 4) 大規模な事件・事故に関する危機管理
- 5) 阪神・淡路大震災や新潟県中越地震など、近年の巨大災害過程の分析
- 6) 防災教育のためのツールと手法開発
- 7) 複合災害のメカニズムと減災

## II. 災害情報システム研究領域

教授 林 春男, 准教授 牧 紀男

### ① 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で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)

### ② 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)

2004年新潟県中越地震、2007年の能登半島地震、新潟県中越沖地震における被災自治体の災害対応活動の支援を通して、災害対応本部会議での状況認識の統一、罹災証明の発給、被災者台帳による一元的な生活再建を可能にする危機対応体制の確立とそれを支える情報処理システムを構築した。これらの活動に対して ESRI 社から 2005 年度と 2008 年度の Special Achievement Award in GIS が送られている。

- 2) ワークショップを活用した防災戦略計画策定手

### 法の研究 (牧 紀男)

フィリッピンのマニラ首都圏のマリキナ市、奈良県、京都府、奈良県橿原市などの計画策定の指導を通して、実効性のある地震防災戦略を構築するために、ステイクホルダーの積極的な参画による全庁的な戦略計画手法の開発を行った。それをもとに他のハザードに関する戦略計画の策定や復興計画策定にも適用するとともに、この手法により計画の有効性を確認している。

### 3) 事業継続の観点から実践的な危機対応マニュアルの作成とその継続的な手法の開発 (林 春男)

大阪市水道局や神戸市危機管理室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。関連記事の収集、キーワードの抽出、それをもっとも強く反映する記事の選択を自動的に行うシステムを開発した。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。

## Ⅲ. 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

### ①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。

自然・環境等からの外力の発生が被害をもたらし、災害として顕在化する過程には人間の様々な活動が介在する。また、外力と人間活動との相互作用によ

り被害の程度や災害からの回復の仕方が異なってくると考えられる。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) 災害リスクの分析・評価方法に関する研究

災害が社会的被害を引き起こす過程には人間の活動分布や住宅・産業の空間的集積状況、社会基盤の整備状況、さらにはそれらを間接的に規定する法や制度、文化といった重層的な構造が介在する。そこで人間活動の分布と災害のリスクとの関連を分析するためにニッチ分析や空間統計分析を用いた方法論の開発を試みている。また、社会基盤の整備と災害リスクの関連性に関しては、道路網の冗長性解析手法を提案している。さらには地域社会の災害に対する取組みに対するしなやかさ(resiliency)の評価モデルに関する研究なども行っている。

##### (2) 災害による社会・経済的インパクトに関する研究

近年の災害による社会経済的なインパクトは年々増加の一途をたどっている。90年代の平均値と60年代のそれとを比較すると、災害の発生件数は3.2倍に増加し、総経済損失は8.6倍に、保険金支払額にいたっては16.1倍に達している。このことは、災害に対する対処方法を考える際に、社会経済活動への効果を考慮する事が極めて重要であることを示唆している。そこで、当研究室では、ハザードマップの提供による被害軽減の可能性や防災投資の短期・長期効果の計量化および評価方法に関して研究している。また、大規模災害のもたらす間接的インパクトに関する経済評価モデルの開発に関する研究を実施している。

##### (3) 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の方法に関して研究を行っている。また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にアダプティブマネジメントの方法論開発に関する研究も行っている。

(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関しても検討を加えている。

(5) 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。そこで当研究室は過疎地域などを対象に、都市・地域の安全・安心の質に関わる多面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。

(6) 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

国際的な災害援助政策のためのリスクガバナンスのメカニズムや国際的な重要社会基盤のリスクガバナンスの方法論に関する研究を行っている。

## 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、迫るプレート境界巨大地震に先行して、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り、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、動力的震源モデル、特性化震

源モデルの高度化、地震被害と地盤構造・地震動特性の関係、長周期地震動の伝播特性、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、最近の内外の地震被害調査を実施するとともに、耐震設計用の入力地震動を設定、地盤の非線形震動特性の解明する研究、構造物の震動制御のための新たなデバイスや構造の開発に関する研究などを推進している。

構造物震害研究分野では、鉄筋コンクリート構造物の地盤との地震時連成挙動の解明と耐震設計手法の改善および基礎基礎根入れ部に作用する土圧と側面摩擦力の評価ならびに既存杭が新規建物の杭に及ぼす影響に関する研究を行なっている。

#### (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。

さらに *fib* (fédération internationale du béton : 国際コンクリート学会)耐震委員会 (Seismic Commission 7) のタスクグループ 7.5 (高強度材料を用いた建築物の耐震設計) と 7.6 (各国の主な耐震設計基準の比較) のコンビーナーの役割を果たすと同時に、事務局を防災研内に設置、その運営にあたっている。

また、本部門の教員が核となり研究集会を平成18年度、19年度に開催し、日本全体での理学コミュニティと土木工学・建築学コミュニティの融合を模索している。

### 8.3.2 研究分野の研究内容

#### I. 強震動

教授・岩田知孝, 准教授・松波孝治, 助教・浅野公之(平成19年4月着任), 非常勤講師: 福山英一( (独) 防災科学技術研究所) (平成18~19年度), 研究担当: 釜江克宏・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)

強震記録等を用いた波形インバージョンによって, 大地震の詳細な震源破壊過程を推定した(震源インバージョン解析). 2004年新潟県中越地震, 2005年福岡県西方沖地震, 2007年能登半島地震を研究対象とした. 詳細かつ信頼性の高い震源破壊過程を得るために, 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行う手続きを提案した. これを実際の地震の解析に適用し, その有効性を確認した. また, 震源インバージョンの広帯域化を目指した手法開発を進めた.

・不均質震源特性と広帯域強震動生成に関する研究(岩田知孝・浅野公之)

断層破壊過程の不均質性が, 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, 不均質性と震源近傍強震動の関係についての研究を行っている. 2005年福岡県西方沖地震の強震動シミュレーションを実施し, 強震動生成領域とアスペリティがよく対応していることを示した. 2005年宮城県沖地震の広帯域強震動シミュレーションでは, 2つの強震動生成領域からなる震源モデルが同定された. この領域は強震記録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, 1978年宮城県沖地震の強震動生成領域とは重なっていない可能性を示した. また, アスペリティと強震動生成領域の空間的な関係を考察し, 海溝型プレート境界地震の強震動予測のための震源断層モデルのプロトタイプを提案した.

・動的震源モデルと強震動に関する研究(岩田知孝)

断層の破壊現象の物理を解明するために, 運動学的な手法に基づいて推定された断層破壊過程から, 断層面上での応力降下量, 破壊相対強度, 臨界すべり距離, 破壊エネルギーの震源パラメータの推定を行い, 動力学的断層破壊モデルの構築と解釈を行った. 臨界すべり距離が最終すべり量に比例する結果を得た.

・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. アスペリティモデルにもとづく特性化震源モデルの構築に加え, スラブ内地震の特性化震源モデル構築のための各種震源パラメータを求め, スラブ内地震の平均像としての震源パラメータ間のスケーリング関係を調べた. スラブ内地震においても, 既往研究の内陸地殻内地震やプレート境界地震と同様に, 地震規模に依存したスケーリング関係が成り立っているが, その断層面積やアスペリティ総面積は, 内陸地殻内地震や海溝型地震よりも小さく, 平均すべり量は内陸地殻内地震とプレート境界地震の中間程度であることを見出した. 長大活断層で発生する地震の特性化震源モデル構築手法についても, 活断層研究の成果と融合させながら, 開発を進めている.

・地震被害と地盤構造・地震動特性に関する研究(松波孝治)

2007年能登半島地震( $M_j$  6.9)の際に甚大な被害を受けた輪島市門前町道下地区において, 反射法地震探査・ボーリングによる地盤構造調査, 余震観測による地震動特性評価, 及び衛星「だいち」PALSARデータの干渉解析(InSAR)から得られる地盤変動分布等を総合して建物被害の原因を検討した.

特に建物倒壊等の被害が顕著であった道下地区八ヶ川旧河道沿いでは地表面から4m付近まで $V_s$ が90m/s前後の層が確認でき, 地下水位は地表面から1~2mであることがわかった. 更にInSAR解析からは面的に顕著な地盤変動を確認でき,  $V_s=90\text{m/s}$ 層は液状化発生層と考えられる.

余震観測から得られた被害地域の地盤卓越周期は0.7秒であった。この卓越周期は地盤の非線形化により長周期化して1秒程度になると共に、木造家屋も大振動による損傷のため固有周期が1秒前後に延びたと考えられる。このように、周期1秒程度の共振状態の発生は、液状化による地盤変状と共に、甚大な建物被害の大きな要因の一つと考えられる。

・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・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、京阪神大都市圏の位置する大阪・京都などの堆積盆地において、長周期地震動が卓越することが予想される。想定東南海地震の震源域付近で生じた、2004年紀伊半島南東沖地震では、大阪湾岸で長周期地震動が卓越した記録が多数観測されている。このような観測長周期地震動特性を、盆地構造を含む地殻速度構造モデルに基づく波形シミュレーションにより検証し、速度構造モデルの高度化を進めている。

・表層地盤での地震動伝播・増幅特性に関する研究(岩田知孝・浅野公之)

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で蓄積された地震記録を用い、鉛直アレイ解析によって実体波と表面波の分離を行った。その結果、1-2Hz帯ではS波到着直後は主として実体波だがS波到着2秒後以降の地震動は主として表面波によって構成されている。水平アレイ記録のセンブルンス解析によって、表面波の到来方向の時間変化を見出した。鉛直アレイ記録を用い、大加速度時の非線形地震動増幅特性に関する研究も進めた。また、2007年能登半島地震で極大地震動が観測された穴水町において高密度な微動観測を行い、この地域の周波数1Hz付近の地震動の増幅に大きく寄与しているPeat層の空間的な広がり把握した。

## (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幹事として、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長として災害調査情報の各種連絡等を行った。土木学会・日本建築学会合同連絡会巨大地震対応委員会地震動部会副主査として、巨大地震時の地震被害軽減のための地震動評価を行っている。

松波孝治：「関西地震防災研究会」を主宰している。本研究会は「関西の地震活動と都市・地域の安全性」を主要な課題として、大学及び企業の研究者、大学院生、自治体の防災実務者、民間の建築設計従事者、防災ボランティア活動者、市会議員等々の多様な分野からの参加を得ている。

## II. 耐震基礎

教授：澤田純男，准教授（助教授）：高橋良和（平成18年度～），助教（助手）：本田利器（～平成17年度），後藤浩之（平成18年度～），非常勤講師：香川敬生（鳥取大，平成18～19年度），研究担当：家村浩和・清野純史（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。

・円筒型タンクの地震時スロッシング現象の抑制機構に関する研究（澤田純男）

円筒型タンク内にスリットを持つ遮閉板を設置することにより、地震時のスロッシングを抑制する手法を開発した。模型実験及び数値解析を実施することにより、遮閉板によるスロッシング抑制メカニズムを検討し、最も効果的なスリット配置を提案した。

・摩擦杭基礎構造物の地震時応答に関する研究（澤田純男）

杭基礎をもつ鉄道高架橋を有限要素法によりモデル化し、杭の周辺摩擦力で構造物を支持する摩擦杭

基礎と先端支持杭基礎について地震応答解析を行い、摩擦杭基礎の有する免震効果について検討した。その結果、摩擦杭では支持杭に比べて地震時に長周期化および高減衰化することにより、免震効果が得られることが確認された。

・摩擦減衰特性を持つ弾性耐震柱の開発 (澤田純男)

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た。さらに数値シミュレーションを行い、実験の妥当性を検討した。

・液状化地盤に入力する地震動が上下動に与える影響の研究 (澤田純男)

強震時における水平動と上下動の相互作用の影響を調べるため、飽和・不飽和地盤モデルについて3次元有効応力応答解析を行った。その結果、不飽和地盤モデルでは、上下動の影響により有効平均主応力が変化し、上下動成分がダイレタンシーの効果を介して水平動成分に現れていることが分かった。また、兵庫県南部地震時のポートアイランド鉛直アレイ記録を用いて動的シミュレーションを行った結果、この相互作用の影響が観測記録に現れていることが確認された。

・時間周波数特性を考慮した地震動の類似性評価法の研究 (澤田純男, 本田利器)

時系列信号の時間周波数解析で用いられるウェーブレット変換やウィグナー分布を用いることで、時間周波数特性に基づく地震動の類似性評価法を提案した。さらに、不確実性を与えた構造物に地震動を入力させた時の非線形応答値を、情報理論で用いられる相互情報量や Kullback-Leibler 距離によって取り扱うことで、構造物に与える影響に基づいた地震動の類似性評価法を提案した。

・動力学震源モデルを用いた震源インバージョン手法の開発 (澤田純男, 後藤浩之)

現在広く実施されている震源インバージョン手法は運動学に基づいて断層の滑り分布を推定する手法であり、未知変数が多いために時空間上で平滑化フィルタを施した滑り分布が用いられる。一方で、動

力学的な破壊を考慮した震源モデルでは、その支配パラメタが時間に依存しないため、高解像度な震源像が得られる可能性があり、比較的短周期成分を含む入力地震動の構成に有用な情報を与えると考えられる。

しかし、この動力学震源モデルに基づく震源インバージョン手法は、一般に膨大な計算時間を要する。これに対して降伏表面力に代えて破壊開始時刻を推定変数に用いることにより、問題の鋭敏性を除去した高速なインバージョン解析手法を開発した。

・滑り摩擦支承のモデル化に関する研究 (高橋良和)

滑り支承における面圧、速度依存性を考慮した摩擦係数変動の数値モデルに、温度依存性の項を加えることで、新しいモデルの提案を行った。過去の研究では、支承の吸収エネルギー量と摩擦係数の関係を直接フィッティングしたモデルが提案されているが、その吸収エネルギー量を元に熱伝導方程式を数値的に解くことで摩擦面の温度を算定し、摩擦面の温度と摩擦係数の関係を調べることでモデルに物理的な背景を持たせた。この温度依存性を数値モデルに組み込み、震動台実験再現解析を実施し、滑り変位が大きい場合には精度よく実験結果を再現できることを確認した。

・UBRC 構造の動的特性に関する研究 (高橋良和)

UBRC 供試体に対して純ねじり載荷試験を行い、ねじりモーメントの変化と、主筋および帯筋のひずみ分布を対応付け、ねじり挙動に関する基礎的なデータを収集した。また UBRC 構造のねじり耐力限界状態として、RC 構造と同様、主筋と帯筋が降伏した状態を考える。この時点では芯材は降伏していない。またこの耐力はコンクリート標準示方書のねじり耐力算定式を適用することができることを示した。

・橋梁システムの日米間分散ハイブリッド実験に関する研究 (高橋良和)

耐震実験を柔軟にモデル化することができる OpenFresco を開発し、米国カリフォルニア大学バークレー校と京都大学を結んだ分散ハイブリッド実験を実施した。両大学の実験施設を利用し、かつ数値解析部には OpenSees によるファイバーモデルを適用することにより、部材挙動の理解度に応じた適切

なモデルを選択して解析を行うことが可能となった。偏心 RC 橋脚，単柱 RC 橋脚，単柱鋼橋脚を有する橋梁システムの地震応答を分散ハイブリッド実験により検討し，ねじりや破断などの強非線形挙動を含む地震応答を評価することが可能となった。

・自発的な断層破壊の数値解析手法の高精度化に関する研究（後藤浩之）

地震時に断層が破壊する現象をモデル化して数値解析を行う場合，断層面を跨ぐ変位の不連続性や断層近傍の応力値の精度などに問題がある。境界積分方程式法は変位の不連続性などを表現することが可能であるが，対象とする媒質が単純である場合に限られる。有限要素法の場合は一般の複雑な媒質を対象とできるが，震源近傍の応力値の精度が悪い。そこで，境界積分方程式法と有限要素法の利点を組み合わせた新しい解析手法 (BIEM-FEM) を開発した。

また，境界積分方程式法の離散化に Galerkin 法を適用した Galerkin 境界積分方程式法 (GaBIEM) による断層破壊解析手法を開発して，高次の形状関数を導入した高精度な解析を実現した。

#### (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：土木学会地震工学委員会耐震基準小委員会委員長を務め，土木構造物の次世代の耐震設計法についての議論を主導している。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，京都府地震被害想定調査委員会地震動予測部会長，大阪府自然災害防災対策検討委員会ハザード評価部会長および大阪府・大阪市構造物耐震検討委員会委員長として，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：土木学会構造工学委員会シビルエンジニアによる構造計画の考え方に関する小委員会委員長を務め，土木構造分野における構造計画手法を整理し，大学や企業の初級技術者を対象とした構造計画手法の導入を進めた。その成果を土木構造物共通の示方書へ反映すべく，構造工学委員会重点領域土

木構造物標準示方書策定委員会委員として活動している。また土木学会論文集編集委員会部門 A 小委員会幹事，土木学会地震工学委員会造物と構造要素の耐震性検証のための実験技術の体系化に関する研究小委員会幹事長，日本地震工学学会事業企画委員会委員等の活動を行っている。

### III. 構造物震害

教授・田中仁史，准教授・田村修次，非常勤講師：新井洋，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

・国際耐震設計基準の比較評価と改善(田中仁史)

FIB(世界コンクリート協議会)の Commission7:Seismic Design(耐震設計)に参加，コンクリート構造物の耐震設計について，世界の実情調査と耐震規準改善の提案を行っている。また，ISO/TC71(国際標準化機構，コンクリート技術専門委員会)では，耐震設計に関する小委員会 SC4 と SC5 において世界規準の策定に貢献してきている。

・鉄筋コンクリート造建物の杭基礎との地震時連成挙動の解明と耐震設計手法の改善(田中仁史)

鉄筋コンクリート造連層耐震壁と杭基礎の要素の地震時水平加力実験を行い，基礎スラブを含む基礎梁への杭頭曲げモーメント及び水平せん断力等の応力伝達経路及び伝達機構の解明を行った。

大都市大震災軽減プロジェクトにおいては，以上の実地盤と基礎構造物の相互作用小委員会験結果および FEM 応力解析結果から，耐震壁浮き上がり挙動を再現する振動台実験に用いる動的試験デバイスの開発を行い，その力学的特性評価を行った。また，耐震壁の偏在開口の影響について，FEM およびストラット&タイモデルにより実験結果の検証を行った。

・建築基礎の根入れ効果と土圧・側面摩擦力の評価(田村修次)

基礎部に作用する土圧合力・側面摩擦力が，杭頭水平力を増大させる側または減少させる側に作用する条件を，動的遠心実験で明らかにするとともに，低剛性・高じん性の杭では，基礎の根入れ効果で液状化地盤における杭応力を軽減できることを示した。また，2方向ロードセルを用いることで，土圧の理



論計算の重要なパラメーターである壁面摩擦力を評価するとともに、側面摩擦力が側面土圧によって大きく変化することを示した。

・既存杭が新規杭の水平抵抗・鉛直支持力に及ぼす影響(田村修次)

建築物を建て替える際、杭が地中に残置されるケースがある。この既存杭は新規建築物に用いられる新規杭の鉛直支持力および水平抵抗に影響を及ぼす可能性がある。しかし、地中に残置された既存杭が新規杭に及ぼす影響について、十分な検討がなされていない。そこで、本研究では遠心載荷装置を用いて新規杭の静的鉛直載荷実験および水平載荷試験を行い、既存杭が新規杭の沈下性状および水平抵抗に及ぼす影響を明らかにした。

## (2)その他の活動

田中仁史：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

- ・ fib(国際コンクリート工学会)耐震委員会 (Commission7) 委員
- ・ fib(国際コンクリート工学会)耐震委員会 Commission7-TG7.6 委員長
- ・ ISO・TC71(国際標準化機構，コンクリート技術専門委員会委員長、日本代表)
- ・ 日本建築学会 RC 構造運営委員会幹事
- ・ 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 構造評定委員会 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 性能分委会/構造特別委員会委員
- ・ 日本総合試験所 超高層・免震構造建築物構造性能評価委員会 評価員・認定員 (副議長)
- ・ 日本建築防災協会・構造審査委員会委員
- ・ 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

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
- ・ 日本建築学会構造工学論文編集小委員会幹事
- ・ 日本建築学会基礎構造系振動小委員会委員

- ・ 日本建築学会災害委員会委員
- ・ 地盤工学会「Soil and Foundation」編集委員
- ・ 日本地震工学会事業企画委員会委員

## 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、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

まざまの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。また、地殻・マントル上部の不均質性を明らかにするため、地震学的手法と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。

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日本国内で記録された地震波形を用いた解析を行い、地震発生の物理について研究を行った。また国内で発生したの内陸地震の場合、地震現象を詳細に把握するため、更に強振動評価や地震早期警報に役立てるためにその余震観測及び現地被害調査も行った。国外の地震については津波被害調査も行った。

耐震機構研究分野では、南海トラフの巨大地震時にその被害が懸念される超高層建物に対して、構造被害と家具什器等の非構造被害の様相を、特殊な振動台実験法の開発を通じて明らかにした。また機能性を向上させる仕組みとして、残留変形最小化建築工法、鋼繊維材料を用いた接合システム、木材と鋼を併用した制振部材等を提案した。

#### (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

### 1. 耐震機構

教授 中島正愛, 准教授 吹田啓一郎 (平成 17-18 年度) 准教授 日高桃子 (平成 19 年度)

#### ○ 研究の基本理念

本研究分野では, 建築構造物の地震に対する安全を確保することを命題に, 建築構造物の地震時応答特性, 崩壊特性などを理論的・実験的に解明するとともに, より高度な構造物耐震設計法・施工法の確立に関わる研究を実施している。

#### ○ 研究対象と研究概要

##### (1) 構造物の長周期地震応答再現手法の開発

実大構造物の地震応答再現実験が可能な振動台を用いても, 長周期地震に対する応答の再現実験は振動台システムに過大な性能(油量や大きさ)を要求するために難しい。コンクリート塊と免震ゴムで構成されるダンパーシステムと数値解析フィードバック手法を適用した手法を提案し, 21 階建て初期超高層鋼構造建物の下層 3 層部分の長周期地震動に対する応答実験に適用した。再現地震応答と再現目標地震応答との比較から, この手法の精度を確認した。

##### (2) 長周期建物の耐震性能評価

建築構造物は設計用スペクトルに応じて設計される。現行の設計用スペクトルは長周期域では減少する性質をもっているが, 近年観測される地震波や近未来の発生が予想されている海溝型地震はそれより遙かに大きなスペクトルを超高層建物の固有周期帯でもち, 特に 1980 年代に建設された初期の超高層建物の長周期地震に対する耐震性能が懸念される。最大変形が生じる初期超高層建物の下層部分の実大試験体を用いて振動台実験を行い, 長周期波に対する耐震性能を検証した。現行の設計用地震動と同レベルの大きさの長周期地震に対する耐震性能は十分であるが, 設計用地震波の 2 倍の大きさの長周期波に対しては, 接合部が破断し, 修復が必要となることを明らかにした。

##### (3) 残留変形制御型構造の開発

建築構造物の耐震性能に対する新しい尺度として残留変形を組上にあげ, 大地震下でどの程度の残留変形が起ころうか, どの程度までの残留変形であれば継続使用性や補修性において許容できるかを,

一連の解析と被害調査資料の分析から検討した。また, 残留変形の最小化をはかるために, セルフセンタリング柱脚と称する, PC 鋼棒と履歴ダンパーから構成される柱脚形式を提案した。PC 鋼棒, 履歴ダンパー, 鉛直軸力を主たる変数とした一連の実験から, この形式を実現するための設計情報を獲得した。さらに, 皿ばねと鉄骨柱からなる建物全体に適用するばねシステムを提案し, その設計法と実現可能性を実験で明らかにした。

##### (4) 特種塗料を適用したヘルスマonitoring手法の開発

地震被災後の建物の損傷度を知るためのヘルスマonitoringに, 下地の鋼板の塑性化によって剥落する特殊配合塗料を塗布したスリット入り鋼板を用いる手法を提案した。ここでは塗料の剥落部分から, 被った最大変形を簡便に予測することを基本にしている。有限要素解析を用いたスリット入り鋼板解析から, 鋼板の塑性化を次第に進展させてゆくのに最適なスリット寸法を突き止めるとともに, 降伏時に塗料の剥落を確実にするための塗料最適調査を, 一連の塗料付き試験片に対する引張試験によって調査した。

##### (5) 鋼繊維補強セメント系材料の鋼構造物への適用手法の開発

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)は, 高強度コンクリートでは実現不可能な高靱性と大きな引張強度を期待することが可能な新素材である。SFRCCを, 鋼構造の露出柱脚周囲のスラブにおよび柱梁接合部周囲のシアコネクタへの適用を提案し, その有効性を一連の構造実験によって検証した。

##### (6) 木鋼合成制振ダンパーの開発

木質材料のもつ軽さと大きな弾性変形能力に着目し, 合板を面外補剛に適用した薄鋼板間柱型ダンパーシステムを提案し, 一連の実験からその実現可能性とダンパーとしての有効性を示した。

上記研究課題の遂行に関しては, 非常勤講師として名古屋大学大学院環境学研究科: 福和伸夫教授(17~8年度) 東京理科大学工学部: 北村春幸教授(19年度)の協力を得た。

## II. 地震テクトニクス

教授 大志万 直人, 准教授 西上 欽也, 助教 吉村 令慧, 非常勤講師 孫 文科 (平成 18 年度, 平成 19 年度)

### ○ 研究の基本理念

平成 17 年 4 月の防災研究所改組に伴い, 地震学, 地球電磁気学等の地球物理学的な手法をもちいた地殻の不均質構造の研究を通して, 地震発生場の研究を行い, 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設立された。

### ○ 研究対象と研究概要

(1) 断層の回復過程の研究(大志万直人, 西上欽也ほか)

野島断層の回復過程を調べるため, 野島 1800m 孔において, 第 5 回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。800m 孔における地下水位変化および歪の変動から推定した岩盤の透水係数, 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。また, 車籠埔断層 (台湾) で実施された注水実験の成果との比較検討なども行われた。

(2) 散乱波トモグラフィーによる地殻不均質構造の推定(西上欽也ほか)

コーダ波エンベロープ解析により, 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。解析を行った地域は, 跡津川断層系および近畿地方中央部である。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) に強い散乱領域が存在すること推定された。

(3) 断層トラップ波を用いた断層破碎帯構造の推定(西上欽也ほか)

野島断層の(富)に設置された 1800m 孔内地震計および平林に設置された 720m 孔内地震計(産総研)のデータから断層トラップ波を検出し, その波形モデリングにより野島断層の破碎帯構造が走向方向に変化することを示した。

(4) 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, 134 度経度線に沿う南北測線 (長さ約 400 km) において 17 点で日本海から四国南端にかけての大規模比抵抗構造を推定するための観測を実施した。この観測では海底電位差磁力計等を用いた海域での観測も実施した (海域の観測点は 7 点)。

(5) 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 1999 年イズミット地震断層周, 辺花折断層・琵琶湖西岸断層周辺, 跡津川断層周辺, 2007 年能登半島地震震源域周辺, および, 糸魚川-静岡構造線断層帯において広帯域 MT 観測を実施して, 精密比抵抗構造を推定した。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。

さらに, 紀伊半島の低周波微動発生帯周辺でも広帯域 MT 観測を実施し, 低周波微動発生域周辺で, 顕著な低比抵抗体が推定され, 地殻流体の存在を強く示唆する結果が得られた。

これらの観測は全国の大学等との共同研究として実施された。

(6) 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)

平成 17~19 年度に, 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, 長野県西部地震震源断層の北東端周辺ならびに, 御嶽山頂上部において自然電位観測を実施したが, これによって得られた電位異常分布の時間変化をモニタリングするために, 長基線電場観測を継続している。

(7) 全磁力連続観測の実施(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継続した。

### Ⅲ. 地震発生機構

教授 Mori James Jiro, 准教授 渡辺邦彦 (H17-18年度), 大見士朗 (H19年度), 助教 宮澤理稔

#### ○ 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

台湾台湾車龍埔断層を深さ 1.1km で貫くボアホールで、断層温度の測定を行っている。この断層は1999年集集地震で5-10mもの大きな変位の食い違いを生じた。地震発生中の断層運動に伴う摩擦熱の残量を測定する初めての試みであり、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ている。

#### (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。早期警報への応用として、P波到達後数秒の間に地震波形記録を解析し、都市部における強振動をより正確に警報する新しいアルゴリズムをテストしている。また最近発生した国内の内陸地震について被害調査を行い、このシステムが地震損失をどれだけ軽減するに役立つかを評価している。

#### (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形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

地震発生および地震発生場に関する研究を進め、地震予知手法の高度化をはかることを目的として、7研究領域(客員1)と8観測所が有機的に連携して研究を進めている。この研究は、科学技術・学術審議会測地学分科会の建議「地震予知のための新たな観測研究計画(第2次)の推進について」(2003)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。

活動の焦点を明確にするために、次のような3本柱を立てている。

[1] 南海トラフにおける巨大地震の予知研究:発生時期がせまる南海地震に対しては前駆的すべりから破壊発生過程にいたるまでのプロセスをイメージングし、各ステージの検出に向けた新しい観測手法の確立をめざす。

[2] 内陸地震の予知研究:大都市大震災軽減化特別プロジェクト(2002-2006)で得られた地下構造調査の成果や国内外で発生した地震の研究成果などをもとに、地震活動の活発化と静穏化の解明、断層の破壊過程の詳細なイメージングを行う。

[3] 研究成果の社会への効果的普及(Outreach)と教育:[1]と[2]の研究成果をもとに、地震防災研究部門とも連携し、地震災害軽減のための方法を確立する。また、研究成果に基づいた教育、新聞・テレビ・ラジオ・各種講演会を通じて研究成果の効果的な除法伝達と普及に努める。

#### (2)現在の重点課題

「地震予知のための新たな観測研究(第2次)」の5カ年計画(2004-2008年)では、当センターからは、「次の南海地震の発生予測の高度化」「次の南海地震に向けた応力蓄積過程の解明」「スロースリップ・イベントのマッピング」「西南日本内陸における歪・応力蓄積様式の解明」「内陸歪み集中帯の構造

とダイナミクス」「断層における注水実験及び応力変化の時間変化」「半制御実験による震源核形成過程の解明」「断層面上の不均一な応力・強度分布の解明」「強震動予測に関する研究」「西南日本の低周波イベントの発生環境と特性の研究」「キネマチックGPSによる時間～日周期の変動の検出方法の開発」の11研究課題が予算措置され、研究を推進している。

なお、2009年からは、「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年計画に移行する予定である。

#### (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、宮境)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。これら観測点の維持管理は各観測所を拠点に行われ、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担当している。特に観測所はそれぞれの地域において観測研究拠点としても機能し、全国の大学などが実施する臨時の合同観測の現地本部としての重要な機能を果たしている。

2002-2006年の5年間に実施された大都市大震災軽減化特別プロジェクトでは、近畿の深部数10kmまで沈み込んでいるフィリピン海プレートの形状を明らかにすることが出来た。近畿中央部の都市圏における強震動予測の精度を上げるために重要な情報を供給するとともに、丹波山地で起きている微小地震活動の静穏化・活発化の原因解明に寄与した。

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(2005-2008)は中部地方の歪集中帯の中央部に位置する跡津川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、上宝

観測所は、共同利用施設として重要な貢献を行った。

2004年9月紀伊半島南東沖地震(M7.4)、同年10月新潟県中越地震(M6.8)、同年12月のスマトラ沖地震(M9.0)、2005年福岡県西方沖地震(M7.0)、2007年能登半島地震(M6.9)、2007年中越沖地震(M6.8)、2008年岩手・宮城内陸地震(M7.0)などでは、余震観測を含む調査研究を行った。そのほか台湾、トルコ、フィリピンで発生した地震の断層調査、電磁気観測、地震観測、などの研究活動を行った。

#### (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。

#### (5) その他

以下の方々に非常勤講師を依頼した。

平成17年度 鷲谷威(名古屋大学理学研究科准教授)

平成18-19年度 西沢修(産業総合研究所) 平松良浩(金沢大学准教授)。

細善信技術職員と中尾節郎技術職員は、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

### 海溝型地震研究領域

教授 橋本学 准教授 澁谷拓郎 助教 福島洋、  
許斐直(徳島観測所)、産学連携研究員 小林知勝  
(平成16年6月～平成18年10月)、21世紀COE  
研究員 佐藤一敏(平成17年4月～平成19年3  
月)

研究対象と研究対象

#### 1) 領域の研究対象

世界地図を見ると地震が発生する場所は限られている。地震はどこにでも起こるわけではなく、特別な条件が成り立つ所のみ起こる、“珍しい”現象と言える。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。南海

地震はその代表であり、近年の地震科学の進歩によりその発生確率の評価がされるまでになった。この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、歪・傾斜観測等により、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進め、歪エネルギー評価手法の開発を目指す。

#### 2) 現在の主な研究テーマ

①日本列島の変動とプレート運動

②南海トラフ巨大地震の発生の準備過程

③衛星測地による世界のプレート境界地震等の研究

④新しい観測手法の開発研究

#### 3) 各研究テーマ名

①日本列島の変動とプレート運動(橋本・小林)

国土地理院 GEONET の観測データを用いて、東海～近畿地方の地殻変動と、地震活動度の時間変化を調べた。その結果、2000年半ばから東海地方で発生したスロースリップにより、岐阜県から滋賀県にいたる地域で歪速度の減少と地震活動度の低下が生じたことを明らかにした。

②南海トラフ巨大地震の発生の準備過程(澁谷・橋本・小林)

海溝型巨大地震発生の切迫性が極めて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を高精度化を目標に、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。

大大特プロジェクトの近畿圏地殻構造調査において、2004年から2006年まで、新宮市と京丹後市を結ぶ測線上で稠密アレイ観測を行い、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。2007年からは測線を南西方向と北東方向にずらし、串本町と田尻町を結ぶ測線と尾鷲市と桜井市を結ぶ測線において同様の観測研究を行っている。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テルウェッジ

は広範囲に低速度異常を示す、等の特徴が明らかになってきた。[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ものと解釈できる。

上記の構造調査で得られたプレート境界面をモデル化し、GEONET データをインバージョンすることにより、プレート間固着率を推定した。その結果、四国および東海地方の沖合には強い固着領域が認められるのに対し、昭和の2つの大地震の震源域境界にあたる紀伊半島先端部付近では固着率が約24%と小さく、顕著な地域性が存在することを示した。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。

#### ③衛星測地による世界のプレート境界地震等の研究 (橋本・福島)

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た。まず、自動的に高精度な結果が得られるためのアルゴリズムを構築し、解析の効率性を図った。平成 18 年 1 月および 19 年 1 月に、海外の著名 SAR 研究者を交えた研究集会を開催し、世界の研究動向を探るとともに、防災研の周辺研究者への普及を図った。主に ALOS (だいち) 衛星の PALSAR データを用い、日本 (能登半島地震等) 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、前記研究集会等で発表するとともに、解析に係る情報交換を行った。

プレート間の応力蓄積様式を明らかにするためには、プレートの沈み込みに伴う変形を詳細に検出する必要があるが、この目的に SAR データを用いるための干渉 SAR 時系列解析の手法開発に着手した。

2004 年 12 月に発生したスマトラアンダマン地震の余効変動を捉えるために、タイ・チュラロンコン大学と協力し、同国内の 5 ヶ所で GPS 連続観測を実施し、2007 年末までに地震時変位を超える大きな余効変動を捉えている。

なお、GPS 連続観測としては、名古屋大学との共同研究として跡津川断層周辺で連続観測を、北海道大学・富山大学・金沢大学と共同で 2007 年能登半島地震の余効変動観測を実施し、それぞれ変動を検出

している。

#### ④新しい観測手法の開発研究 (橋本・佐藤)

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。適切なフィルタリングを施すことにより、水平成分について 1cm 程度の誤差で変動を検出できるようになった。

### 内陸地震研究領域

教授 梅田康宏 (平成 18 年 3 月まで)、飯尾能久 (平成 18 年 4 月から)、准教授 飯尾能久 (平成 18 年 3 月まで)、助教 大谷文夫

#### 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

①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

②近畿地方中部における地震活動と地殻ひずみ速度の異常の原因の解明

③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

④上部地殻における非弾性変形の解明

⑤内陸地震の断層の深部構造、破壊開始点・アスペリティの位置の推定手法の開発

##### 3) 各研究テーマ名

①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た。これにより、プレート境界地震の発生間隔を越えて、内陸地震の断層の応力を増加させることが可能となった。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、上記の仮説を支持する、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た。

②近畿地方中部における地震活動と地殻ひずみ速度の異常の原因の解明 (大谷文夫)

丹波山地を中心とする近畿地方中北部で、微小地震発生の静穏化と同期して現れたひずみ速度変化を坑道内ひずみ観測やGPS観測から解析した結果、地殻変動の主ひずみ解と地震の発震機構解が調和的であることが明らかになった。ひずみ速度変化の空間的スケールが大きいことから、地表近くの擾乱を反映しているのではなく、その変化の原因は地震発生域にあるものと推定され、起震応力の消長が確認されたと考えられる。今後、ひずみ速度変化がこの地域のみで見られる原因を解明することが、内陸地震の発生場の理解につながるものと考えられる。

③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・大谷文夫)

新潟-神戸ひずみ集中帯の直下の下部地殻は、沈み込むプレートから脱水した水により弱くなるという仮説を提案した。新潟-神戸ひずみ集中帯に属する、跡津川断層周辺において全国合同地震観測を行ったが、そのデータを地震波トモグラフィーにより、直下の下部地殻に低速度異常が見つかった。低速度異常は水の存在を示唆しており、上記の仮説を支持している。

GEONET データの高精度な解析から中越地震や中越沖地震の前のひずみ速度異常を検出し、地震発生に到るプロセスの一端をとらえた。

④上部地殻における非弾性変形の解明(飯尾能久)

日本の内陸においては、活断層の近傍などで非弾性的な変形が進行していると考えられている。断層近傍で非弾性変形によりひずみが解放されても、近傍で大地震が発生する可能性を要素シミュレーションにより再現し、活褶曲帯に近接して発生した、新潟県中越地震や新潟県中越沖地震の理解を進めた。

⑤内陸地震の断層の深部構造、破壊開始点・アスペリティの位置の推定手法の開発 (飯尾能久)

鳥取県西部地震の稠密地震観測データを解析し、破壊開始点近傍で断層の強度が小さいことを見出した。長野県西部地震の稠密地震観測データから、断

層面近傍でメカニズム解が周囲と異なることを見出した。これらの知見は、断層の深部構造や破壊開始点の推定手法の開発につながるものと期待される。

## 地震予知情報研究

教授 伊藤 潔, 准教授 竹内文朗, 助教 大見士朗 (平成19年5月まで), 寺石眞弘

研究対象と研究概要

地震予知に関する種々の観測データを収集し、効率よく処理解析するシステムの開発、地震予知に有意となり得る情報の検出と前兆現象として判定する手法の開発、蓄積された波形データベースのオンライン化および解析手法の開発、および新たな調査による地殻活動データの収集を、他の研究領域とも協同して行う。次のようなテーマの研究を実施した。

①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

全国大学の地震データ流通システムが、これまでの衛星通信システムから地上高速回線ネットワークを利用したリアルタイム地震波形データ交換システムに移行されつつあり、当センターのデータ収集システムも関係する観測所を含めて再構築を行った。具体的には、個別観測点と観測所や宇治のセンターとの間は主にNTTのFlets-ISDN/Flets-ADSL/B-Flets等の安価な常時接続回線を使用したプライベートネットワークを使用してデータを伝送し、宇治のセンターと、他大学、気象庁、防災科学技術研究所等の他機関との間はJGN2/SINET3等の高速バックボーン回線の上に構築したVPNを利用してデータ流通を図った。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。

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を中心として、一部、合同観測の波形データも加えて、オンラインで検索できるシステムの構築を始めた。これにより今後、地震データベースの効率的な解析研究がさらに進むことが期待される。

②地殻変動連続観測データの一元化

地殻変動データの一元化をより強化した。各観測室の最新データを逐次収集整理することは勿論、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、1995年兵庫県南部地震に先行して1989年後半から地震発生の直前まで、近畿地方の広い範囲で顕著な歪変化が生じていたことが明らかになった。また、兵庫県南部地震に先行して生じた歪変化に類似した異常変動が2003年初頭から現在に至るまで継続しているが、これについて常時モニターと検討が行われている。

### ③地震データベースを用いた地震予知に関する情報の抽出

地震データベースを用いて、西南日本における地震発生層の深さ分布、地殻熱流量、活断層および内陸大地震発生との関連について詳細に調べた。また、臨時観測データと合わせた解析により、中部地方から近畿地方北部の地震活動を詳細に解析した。特に、跡津川断層と歪み集中帯の関連を地震活動と構造の面から調査した。これらのデータおよび解析結果は内陸地震発生過程の解明の基礎として研究者に広く提供された。

### ④地殻変動データ収録装置の開発

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った。このために、メーカーと協力して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。

### ⑤地殻変動観測点毎のデータの評価

一元化された地殻変動連続観測データを使用して、当センターが観測を行っている18の観測点毎にデータの質の評価（潮汐に対する応答、降雨と外気温変化による擾乱の程度）を行った。この結果は、データから異常変化のシグナルを抽出する際の基準として使用される。

### ⑥地下構造調査とデータの収集解析

大大特において、制御震源を用いた近畿地方の深部構造調査を実施した。その結果を定常観測網データとも合わせて解析し、フィリピン海プレートの形状、深さおよび内部構造を明らかにした。また、近畿北部に無地震性のプレートの存在を示し、地殻中下部の地震波反射面の構造と地殻上部における地震

発生層との関連の研究を行った。さらに、過去の制御震源による構造調査のデータを統合解析し、近畿地方における地殻・上部マントルの速度構造、反射面の構造を求め、過去の大地震との関連を示した。

## 地殻活動研究領域

教授 川崎一朗、准教授 松村一男 助教 尾上謙介 徐培亮

### 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、地下深部の人間の目に触れないところで多様な時空間スケールの非地震性の事件が生じている。地震の準備過程である震源核もその一つである。様々な観測研究、実験研究、解析研究を通してこのような現象を見出し、それらを総合的に検討して現象の物理的意味を理解することが第1の目標である。その基礎の上に、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行くことが地殻活動研究領域の第2の目標である。

主な研究テーマの概要は以下のとおりである。

### ①地殻変動観測および簡易ひずみ計の開発（尾上）

1965年に始まる地震予知計画に基づいて、大地震発生直前の地殻変動の前兆現象を検出することを目的として、地殻変動連続観測の観測施設が設立され観測が行われてきた。しかし多大な被害をもたらした兵庫県南部地震(1995/1/17 M7.3)の震源域と考えられる領域での地殻変動観測で異常と認められる前兆変化は検出できなかった。とはいえ、一方では、地震発生が予測される領域およびその周辺で低周波数微動やサイレント地震が検出され地震発生の準備過程の地殻変動が議論されるようになってきており、地殻変動連続観測の重要性が増していると考えられる。

気象影響を受けない大きな山体内における地殻変動観測を目指して、2005年度に既設のトンネル内で簡便に地殻変動が実施できるような簡易ひずみ計を開発した。2006年度に三成分に拡張して逢坂山観測所内で既設のひずみ計と比較観測を行った結果、ほぼ同等な記録が得られたので、2007年度に約200m

の山高の紀伊半島ヒンジライン近くのトンネル内に設置し観測を開始した。比較的気象の影響は小さく、良好な記録が得られ多くの低周波数地震などが観測されている。

#### ②地震データベースを用いた地震予知に関する情報の抽出 (松村)

大地震前後の地震活動の時空間変化を定量的にとらえ、大地震発生の予知情報としての有為性の検討をめざして、地震データベースをもとに中国地方～近畿地方について兵庫県南部地震前後の地震活動の時系列と空間分布、 $b$ 値の時間変化、等について調べた。また、西南日本における地震発生層の深さ分布、地殻熱流量、活断層および内陸大地震発生との関連についても詳細に調べた。

#### ③地殻変動データの解析手法の理論的研究(徐)

今までに、国土地理院に蓄積されている百年の測地データを有効に解析の為に新しい解析方法を提出した。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  $\text{sign-constrained}$  最小二乗法を開発した。

地球表面の70%は海面下であるので精密海底地殻変動観測は地球ダイナミクスの研究にとって重要な技術である。我々は、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。海域の地殻変動観測の研究は今後10～20年における測地学の最重要の一つのテーマであるので、今後は、この理論を積極的に応用していく。

#### ④サイレント地震の研究(川崎)

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ださい。地震予知に向けての中期目標として、GPSデータおよび地殻変動連続観測記録を用い、サイレント地震を出来るだけ多く見出し、すべり域をマッピングして行く解析的研究を推進した。

サイレント地震ではないが、2004年9月5日起こった紀伊半島遙か沖の双子地震(Mw7.2, Mw7.4)の解析を徹底的に行い、南海トラフよりも南側で起こった共役断層のスラブ内地震であることを明確にした。

### リアルタイム総合観測

准教授 片尾 浩, 助教 中村佳重郎

#### 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動し、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17～19年度の主な研究は以下の通り、

①福岡県西方沖地震合同余震観測：平成17年3月の福岡県西方沖地震発生直後に、九州大学を中心とする大学合同観測の一環として、博多湾に浮かぶ相の島の小学校に衛星テレメータ観測点を設置した。震源域は博多湾内の海底であり、離島における観測は、余震観測に大きく貢献し、平成20年時点でも継続観測中である。(片尾浩)

②中越地震余震観測：平成16年10月の中越地震発生直後から、震源域直上に3点の衛星テレメータ観測点を設置し観測を継続した。データは気象庁にもリアルタイムで配信し、地震監視業務、余震活動予測や震源精度向上に寄与した。(片尾浩)

③歪み集中帯合同観測：跡津川断層を中心とした地域において、全国の大学の合同で微小地震、GPS、電磁気構造などの総合的な地球物理観測が行われた。本センターは、微小地震観測では全体で70点あまり展開した稠密観測網のうち、衛星回線等を用いたテレメータ点6点に加え、データを現地蓄積するオフライン観測点10点を担当した。また、本計画の立案段階では、他大学が担当する観測点の場所選定にも貢献した。観測期間は5年間で、平成20年度に観測終了し、次期の合同観測を濃尾地域で開始する予定である。GPS、電磁気構造探査においても合同観測

に参加した。(片尾浩)

④跡津川断層地殻構造探査:平成17年夏に跡津川断層の走向に沿った測線で、人工地震を用いた地殻構造探査が行われた。本研究も全国の大学の合同観測であり、本センターは土から有峰湖に至る区間の40点あまりの観測点を担当した。これまで、断層に並行する測線配置は例が無く、断層走向方向の構造変化を示す結果が得られた。(片尾浩)

⑤北摂・丹波山地地殻構造探査:平成18年秋に大大特計画の一環として、近畿地方北部を東西に貫く測線で大規模構造探査が実施された。その際京都市北部等で行われた人工地震発破を、北摂・丹波山地に独自に観測測線を展開し観測した。

測線は亀岡市から箕面市に至る南北方向で、かねてから存在を知られていた丹波山地直下の深部S波反射面を、P波で捉えることに成功した。(片尾浩)

⑥紀伊半島東部地殻構造探査:平成18年秋に紀伊半島東部を南南東-北北西に縦断する測線で、人工地震7発を用いた地殻構造探査が全国の大学の合同で行われた。本センターは伊賀盆地周辺区間を担当し120点の観測点を展開した。本研究は、これまでの研究における紀伊半島中央部を縦断する測線に平行する測線で行われ、紀伊半島下に沈み込むフィリピン海プレートの形状、地殻およびマントルウェッジの構造をより詳細かつ立体的に捉えることを目的としている。(片尾浩)

⑦能登半島地震合同余震観測:平成19年3月に発生した。その直後から余震観測、GPSによる余効変動観測のため観測班が出勤し、各々全国の大学による合同観測の一環として貢献した。電磁気構造探査においても合同観測が行われた。(片尾浩)

⑧中越沖地震合同余震観測:平成19年7月に中越沖地震の発生に伴い、全国大学合同観測が組織され、その一環として5点のオフライン観測点を、十日町周辺地域に設置した。(片尾浩)

⑨歪み集中帯地殻構造探査:平成19年秋に中部地方を南南東-北北西に縦断する測線で、人工地震を用いた地殻構造探査が行われた。測線の中央には跡津川断層があり、それを挟んで長大な測線を設けることにより、断層の深部構造ならびに、断層を境にした南北での地殻構造の差異などを精密に知ることを

目的としている。本研究も全国の大学の合同観測であり、本センターは能登半島中部の区間に120点の観測点を展開した。(片尾浩)

⑩重力観測:静岡県御前崎、紀伊半島における重力の繰り返し観測を実施し、約25年間に及ぶ重力の時間変化の調査を実施した。御前崎においては地殻の上下変動に伴う重力変化を詳細に調べた。紀伊半島においては等重力点を利用した重力観測を実施して、プレートの沈み込みに伴う重力変化を検出するための基礎研究を実施した。(中村佳重郎)

## 地球計測研究領域

准教授 柳谷 俊, 助教 森井 互

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なのである。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とおりである・

### ①地殻の精密比抵抗測定(柳谷 俊)

地震の応力ビルドアップにともなう前兆現象となりうる物理量に地殻の比抵抗があるが、現在の技術は上記仮説の有効性を検証できるほどの精度がない。この欠点を克服するため、過去に実績のある「山崎メーター」をシステムの雛型とするデジタル比抵抗連続測定システムを開発した。ノイズ・リダクションを受け持つ位相検波部にデジタル・ロックイン・アンプを導入し、アナログ回路の完全に差動化とあ

いまって、比抵抗の絶対値を5桁で連続的に測定できるようなハードウェアを製作した。新たに開発した測定法により、室内の岩石試料を用いた予備実験の後、野外での比抵抗の絶対値と相対値な変化のモニタリングが行われ、その実用化のめどがたった段階まで研究が進んでいる。

②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)

茂住断層を横切る観測坑道内の湧水しているボアホールを遮蔽することにより間隙水圧井戸をしあげ、間隙水圧の高速サンプリングし、その大気圧・地球潮汐・地震波に対する応答を間隙弾性理論に準拠して解析した。特に、地震波の伝播によって作りだされる間隙水圧の変動が、STS地震計のラディアル成分の速度波形とびたり一致することをはじめて発見した。これは、線形間隙弾性理論が地震波帯域まで適用できることをしめしている。地震波の粒子速度から岩盤の応力が計算できるので、岩盤マトリックスと水がどのような比率で応力を分け合って担うかを表す Skempton 定数のフィールド値をきめることができた。

③断層のニア・フィールドにおけるボアホール＋ハイドロフォン使ったAE観測(柳谷 俊)。

断層近傍で発生するであろう AE の時系列は、現場の岩盤の応力が上昇または下降の状況のどちらにあるかを把握できる可能性観測パラメーターであるが、実際の観測例はない。従来型の AE センサーがフィールド測定には適していないことがその理由だと考え、従来のセンサーに代えてハイドロフォンを使った観測を山崎断層サイトで開始した。この結果を解析して、山崎断層が微視的に見ても完全に固着しているのか、微視的に見ればアクティブであるのか早急に結論をだしたい。

④岩石の破壊にともなう電磁波放射(発光を含む)の観測とそのメカニズムの解明(柳谷 俊)

すでに柳谷・等は、岩石破壊に伴う発光現象をデジタル1眼レフ・カメラを用いて撮影することにはじめて成功し、得られたイメージを光学的、電磁気学的、鉱物学的な観点から解析して、そのメカニズムを第一義的には石英の圧電に起因する放電でこ

とを予測している。この予測を確認するために、石英の圧電を作業仮説として、さまざまな岩石の破壊やすべりのプロセスで放射される電磁波(電界2成分+磁界成分)も較正されたアンテナ・検出器を製作して、発光とともに同時に観測し、電磁波放射のメカニズム(発光もふくむ)を確定し、岩石破壊時の電磁波放射伝搬の詳細を明らかにする。

⑤地殻変動連続観測に適したデータ収録装置の開発(森井 互)

観測坑道は宇治地区から遠隔の地にある場合が多く、収録装置に障害が発生した場合でも、即時的に対応することが困難な場合が多い。そこで、収録装置本体とデータ回収用データターミナル/モデムがハングアップした際に自動復旧する機能を備え、また、電話回線の長期不通時にもデータが失われることの無い様に大容量記憶装置を内蔵した、データ収録装置を開発した。

⑥データ収録方式の高精度化(森井 互)

地殻変動連続観測においては、観測坑道内に設置した測定装置の出力信号を延長数百メートルのケーブルでアナログ伝送して記録する場合が多い。このような方式では、伝送系路上で雑音を拾い込み、データの質が低下することが生じやすい。この問題を解決するために、測定装置直近に高分解能A/D変換器を配置し、そのデジタル出力を、光ケーブルを解して伝送するシステムを開発した。

## 地球物性研究領域

客員教授 伊藤久男(産業技術総合研究所, 平成17年度), 佐竹健治(産業技術総合研究所, 平成18年4月から平成19年12月まで, 東京大学地震研究所, 平成20年1月から)

### 研究対象と研究概要

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いる。

平成17年度(2005)は、特に地震によってできた断層面の物性に関する研究を進めた。1999年に台湾で

発生した集集地震(Mw7.6)の車籠埔断層を貫通する2本のボーリングを行い、ボアホールに沿って温度計測を行った。その結果、地震時の摩擦によって発生する熱が作り出す温度異常を発見した。当初の予想に比べて小さかったが、自然の大地震において初めて見いだされた摩擦発熱の証拠であった。

平成18年度(2006)と平成19年度(2006)は、2004年スマトラ地震の津波の発生メカニズムの検討を行うと共に、日本近辺の超巨大地震発生の可能性や、津波地震発生の可能性を検討した。

### 上宝観測所

観測所長 教授 伊藤 潔, 技術職員 和田博夫,  
和田安男(平成19年度より再雇用職員)  
協力教員 教授 川崎一朗, 教授 飯尾能久,  
准教授 大見士朗, 助教 森井互

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ている。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、また、奥飛騨サイエンスツア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。平成20年度から、専任職員は現地勤務の2名の再雇用職員のみになるので、今後の運営形態について、センター全体として検討されている。

①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。

②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。

③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るが、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おり、このような研究テーマに最適である。これらの観点からも、観測点の充実等、焼岳火山の地殻活動の研究の高度化をはかりつつある。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。

④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、北淡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(JGRF)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。

## 北陸観測所

観測所長 准教授 西上欽也、技術職員 平野憲雄  
(平成19年度より再雇用)、協力教員 准教授  
竹内文朗、教授 伊藤 潔

### 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、①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、②福井地震断層の深部構造と地震発生過程、③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。

①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(竹内、西上、平野)

1976年以降のテレメータ観測データにもとづき、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、および本所(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。

②福井地震断層の深部構造と地震発生過程(西上、竹内)

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。

③坑道内における地殻活動特性の計測(竹内、西上、平野)

観測所に隣接する観測坑道は、総延長560mの格子状であり、広帯域(STS)地震計、地電位計、ラドン測定器、等による連続観測が行われ、北陸地域の地殻・上部マントル構造の推定、地殻活動特性の調査等に幅広く利用されている。2005年10月、坑道内にあらたに伸縮計を設置して観測を開始した。坑道を利用した新しい観測機器の開発、学外研究者との共同研究も行われている。

## 逢坂山観測所

観測所長 教授 川崎一朗、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  
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。また、新たな観測システムの開発を行った。

①地下水位と歪の関係に関する研究1(森井互)

逢坂山観測所では、地下水位と歪の観測値に明瞭な相関が見られることが既に明らかにされている。

これまで、水位変化に伴う歪値の変動は、周辺の水圧変化に伴う観測坑道の変形を反映しているものと推測されていた。しかし、潮汐記録に基づいて量的に検討した結果、坑道の変形分も含まれていることは確かであるが、その量は10%程度であり、主たる原因は坑道を含む山体全体の変形であるらしいことが分かった。

#### ②地下水位と歪の関係に関する研究2（森井互）

通常は周辺域の降水量が地下水位を支配していることが既に分かっているが、比較的広域な歪場の状態が変化するには降水量とは無関係に地下水位が大きく変動することが分かった。2003年初頭・2006年中頃・2008年初頭には、逢坂山を含む近畿地方の地殻変動観測所（阿武山・天ヶ瀬・屯鶴峯・逢坂山）で同時期に歪レートの顕著な変化が生じたが、その際最も早期に大きな変動を示したのは地下水位であった。このことから、水位観測は歪場の状態変化の始まりを検知するために有効であると考えられる。もしも、大規模地震の前に震源域周辺で歪場の状態が変化するのであれば、水位観測は地震予知に有効な手段であると考えている。

#### ③光伝送式観測システムの開発（森井互）

逢坂山観測所に設置されている歪計は $10^{-11}$ の分解能を有しているが、これまでは計器のアナログ出力を記録装置のある観測棟まで約400メートル信号ケーブルを介して伝送していた。このため伝送系路上で雑音を拾いこみ、計測器の高分解能を十分に生かしきれいでなかった。この問題を解決するために、歪計直近に高分解能A/D変換器を設置し、そのデジタル情報を光ケーブルを介して観測棟まで伝送する方式を開発・作成した。

### 阿武山観測所

観測所長 教授 飯尾能久、技術職員 浅田照行、協力教員 教授 梅田康弘（H18.3月まで）、助教科 中村佳重郎、准教授 片尾 浩、大見士朗

#### 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。

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。

#### ①兵庫県南部地震はなぜ起こったのか？(飯尾能久)

阪神・淡路大震災を引き起こした兵庫県南部地震の発生予測が可能だったかどうかは、極めて重要な問題であるが十分な検討が行われていなかった。一番大きな問題は、約400年前に発生した1596年慶長伏見の大地震が、少なくとも神戸側においては、兵庫県南部地震と同じ六甲断層帯を破壊したと考えられることである。つまり、兵庫県南部地震は、約400年という短い再来間隔で発生したことになり、活断層調査前から推定されている平均活動間隔よりずっと短いのである。我々は、西南日本における主要な活断層の活動の相互作用に着目し下記のような仮説を提案した。四国の中央構造線の活動により、六甲-淡路断層帯にはひずみエネルギーが十分蓄積していない(満期に達していない)のに1596年にすべりが発生した。そのため、すべり残しが生じ、短い再来間隔で兵庫県南部地震が発生した。

#### ②兵庫県南部地震前の地殻歪み異常(飯尾能久)

兵庫県南部地震前の地殻歪み異常について、この地域の下部地殻内に存在する水平な断層(デタッチメント)上のゆっくりすべりにより、南北方向の伸張歪が生じ、兵庫県南部地震がトリガーされた可能性が指摘されていたが、定量的に問題があった。有馬-高槻断層帯の近傍の上部地殻に非弾性変形を導入することで、南北方向の伸張歪を定量的に説明することが可能となった。

#### ③地震活動の活発化と静穏化(片尾 浩)

1995年兵庫県南部地震を契機として丹波山地の活動は、それ以前の数倍活発化した。その後も高い活動レベルを長期にわたって維持しており、一般に見られる余震活動や誘発活動とは大きく異なる様相を見せている。1995年以降の高い活動も、短期的に



は安定したレートを保っていたが、2003年初頭にその活動レートが突然低下し現在に至っている。同様の丹波山地の活動低下は、1995年兵庫県南部地震の前2年間にも見られた。今のところ今回の活動変化が、新たな内陸大地震の前兆なのか、単に活発化した活動の終息していく一過程を見ているのか不明であるが、注意深く活動推移を見守っている。

#### ③中規模地震に先行する地震活動の静穏化(片尾 浩)

丹波山地では、M4～5クラスの中規模地震が年に数回発生する。平成17-19年度においても、その中の幾つかに、本震の発生に先行して、周辺の微小地震活動が静穏化する例が見られた。

#### ④微小地震の発震機構(片尾 浩)

微小地震の発震機構の解析は、地震発生層における応力状態を知る上で重要な研究である。兵庫県南部地震前後の期間における丹波山地の微小地震の発震機構を多数求め、小さく分割した区域ごとに応力テンソルインバージョン法などを用いて応力場の時間的・空間的变化を調べた。その結果、丹波山地の微小地震発生域全体としては、ほぼ東西方向の圧縮場にあるという特徴に変化は無かったが、兵庫県南部地震震源域に隣接する丹波山地南西部の一角では、同地震の影響を受けた応力変化が見られることを明らかにした。

#### ⑤近畿北部にもプレートが(梅田康弘・伊藤 潔)

大都市圏大震災軽減化特別プロジェクトの一環として実施された近畿圏大深度弾性波探査により、近畿北部の深さ60km付近にフィリピン海プレート的一部分が沈み込んでいること、その上部の最上部マントルに低速度域が存在すること、新潟・神戸歪集中帯に属する近畿中央部の下部地殻に低速度で反射強度が強い不均質構造が存在することなどを見出した。これらの解析結果は、フィリピン海プレートからの脱水により丹波山地の地震活動が引き起こされていることを強く示唆するものである。

#### ⑥地殻変動連続観測(中村佳重郎・浅田照行)

阿武山観測所で観測している水平ひずみの3成分すべてのひずみ速度が2003年初め頃から変化し、最近まで続いている。このように、同時に全成分のひずみ変化速度に変化が認められる変動は、1972年

の観測開始以来、これ以外に1980年と1994年の2回出現している。なお、1994年の変化の時期は宇治市にある天ヶ瀬観測所におけるひずみ傾向の変化の時期と機を一にしている。

### 鳥取観測所

観測所長 准教授 渡辺邦彦(～平成18年度)、准教授 澁谷拓郎(平成19年度～)、協力教員 助教 吉村令慧、宮澤理稔

#### 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、現在の主なテーマは

①山陰地方の地震活動に関する総合調査

②山崎断層の挙動の観測・解析

③山陰地域の地殻深部比抵抗構造の解明

である。各研究テーマの研究概要を以下に示す

①山陰地方の地震活動に関する総合調査(澁谷ほか)

平成12年(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。

②山崎断層の挙動の観測・解析(渡辺・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。平成12年(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昭和51年(1976年)から平成19年(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、平成16年(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。

山崎断層の周辺や山陰地方では、直前現象の観測と解析を目指して、地下水の観測も開始実施している。

### ③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。平成 12 年(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。地震活動と総合して、フィリピン海プレートの先端位置の解明にも努めている。

## 屯鶴峯観測所

観測所長 教授 橋本 学, 担当教員 助教 尾上 謙介, 技術員 藤田安良, 協力教官 教授 川崎 一郎, 助教 大谷文夫, 森井 互

### 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。

### ①地殻変動(尾上謙介・大谷文夫・森井 互)

屯鶴峯観測所は地殻活動総合観測線の一翼を担っている。過去 40 年以上の観測データはひずみ履歴として貴重なものとなっている。平成 15 年(2003)に始まったと考えられる近畿地方北部における地殻活動異常が当観測所においても確認され、その後も継続

している。数ヶ月周期の変動が重畳しているとも考えられ、他観測所との相関も認められる。長期変動には紀伊半島の潮位変動との相関が見られ、プレート運動との関連が示唆された。中央構造線周辺では  $0.1 \mu$  ストレイン/年程度のひずみ蓄積が見られる。

### ②地下水観測(尾上謙介)

屯鶴峯観測所で観測される地下水位と地殻変動とは密接に関連しており、地下水位の動向と地殻変動の関連が明らかになりつつある。

### ③印南町など、紀伊半島・四国南部における井戸の水位観測 (尾上謙介・藤田安良)

過去 3 年以上の井戸水位観測から地下水位と海水位変化は密接に関連していることが判明し、プレスリップによる地下水位の増幅を説明する梅田モデルが検証されたが、これらのデータは次期南海地震の発生前に起きることが予想される水位低下を将来、検討・検証するのに重要なデータである。次の地震発生まで連続観測を維持するのは大学の体制として無理なので、現時点での水位絶対値を将来復元可能なように、全井戸において最寄水準点に対して取り付け水準測量を実施し、その成果を印刷物にして関係機関ならびに関係自治体で保存する方針をたて、水準測量を行った。平成 20 年度(2009)に取りまとめ出版の予定である。

### ④簡易ひずみ計の開発 (尾上謙介・森井 互)

短スパン伸縮計に拡大装置を取り付けリング状の枠に取り付けることで、設置が容易で場所的な制約も小さい 3 成分ひずみ計を開発した。逢坂山坑道内などでの比較観測を経て、田辺市中辺路において実地観測に入った。ノイズ対策などの改良をすすめている。

### ⑤簡易ひずみ計によるひずみ地震動・微動の検出(尾上謙介・大谷文夫・森井 互)

中辺路観測点は南海地震前に予想される地殻変動の空間分布においてヒンジラインと呼ばれる地域にある重要な地点であり、現在でも長周期微動が移動する現象などが観測されている地域の近傍にあたる。そのため、ひずみ地震信号として旧来のひずみ連続観測よりも高周波の観測をおこなっているが、これまで海洋波起源と考えられるひずみ微動などが検出されている。また内外、いくつかの地震時のひずみ

地震記象も記録されている。

### 徳島観測所

観測所長 教授 橋本学, 担当教員 助教 許斐直,  
技術職員 近藤和男, 協力教員 准教授 渋谷拓  
郎

#### 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。

①四国東部の微小地震活動の推移とP波初動による  
発震機構の決定(許斐直, 松村一男, 近藤和男, 太  
田貴郎(大阪管区气象台))

1998年から2005年まで8年間の一元化震源につ  
いて地震の規模と発生頻度の関係(いわゆるゲーテ  
ンベルグ・リヒターの式)を調べ四国東部の地震活  
動の水準についての現状認識を試みた(許斐・他,  
2006)。南海道地震によって四国東部に誘発された浅  
発地震活動が余震的に減衰して80年代の後半には  
ほぼ定常状態に落ち着いたと見られてから、微小地  
震活動はほぼ定常的に発生しているが、この間1999  
年半ばから2002年の初めにかけてM4クラスの地震  
が数個続いてやや活発な印象があった。しかし統計  
的には目立った変化とは言えない。又、2004年半ば  
から2005年にかけて徳島県北東部(石井観測点周  
辺)のM2以上の規模の地震が減って、やや強い地  
震の発生の懸念があった(許斐・他, 2006)が、そ  
の後は平常の状態に回復している。

この間、マントル内の地震はほぼ定常的に発生し、  
浅発地震に比べると規模の大きいものの割合が多い。

これとは別に2002年から2006年までのM2.5以  
上の地震についてルーチン処理のWINデータをも  
とに、必要な場合は押し引きのデータを修正又は追  
加(気象庁の計測震度計も参照)してメカニズムを  
求めた(許斐直, 未発表)。P軸, T軸が東西, 南北  
より45度以上ずれるものを除いて70個から80個の  
数値について平均すると浅い地震ではP軸が東西よ  
り時計回りに2.4度, T軸は-1度, また深い地震で  
はP軸が-1.7度, T軸が1.4度の値が得られており従  
来からのほぼ東西, 南北で直交する主圧力軸, 主張  
力軸の考えは変わらない。地域別・深さ別に詳細な

議論が必要である。

②中央構造線の活動性についての調査・研究(許斐  
直)

地質学・地形学に基づく中央構造線の第四紀に於  
ける運動像を巡っては70年代から80年代にかけて  
縦ずれ説と横ずれの激しい論争があった。第二次地  
震予知計画で徳島地震観測所が設立された当時は、  
四国東部の中央構造線が地形学的に最も右横ずれの  
量が大きく且つ有史以来大地震が確認されていない  
事から内陸の巨大地震発生の可能性が指摘されてい  
た。その後トレンチ調査から400年前にイベントが  
あったとされたが、歴史地震との対応については確た  
るものが無い。

徳島観測所での長年の微小地震観測からは地震現  
象が構造線の活動性を窺わせるような事実は認めら  
れていないし、起震応力場の様子からは構造線を右  
横ずれさせる様な状況にあるとは考えられない。中  
央構造線の右横ずれ運動説はプレート・テクトニク  
スの考えと結び付いて強い支持を受けているが、地  
震予知の側からは400年前に大地震があって当分は  
心配ないのかあるいはそれははっきりしておらず大  
地震の可能性があるのか、場合によっては南海地震  
と連動して中央構造線が動き大地震を起すのではな  
いかなどの一般の疑問に対し答えるべきであろう。

その様な問題意識のもとに地の利を生かし、徳島  
の中央構造線に関する地質学や地形学あるいは歴史  
学の資料を集めて問題を総合的に捉える努力をして  
きた。又トレンチ調査からの推論の問題点について  
資料的批判を行なった(許斐直, 防災研年報に投稿  
中)。

地震学・地球物理学の方法による中央構造線の実  
像にせまる多面的な観測研究が求められている。

### 宮崎観測所

観測所長 教授 大志万直人, 担当教員 助教 寺  
石眞弘, 技術職員 園田保美, 協力教官 教授 伊  
藤 潔, 助教 大谷文夫

#### 研究対象と研究概要

日向灘地域の地震活動と地殻変動との関係を研究  
している。九州南東部に配置された衛星観測点にお

いて、主に横坑式の観測坑道による歪・傾斜の連続観測を行い、平行して光波測量やGPSによる広域地殻変動の観測を実施している。

①日向灘地殻活動総合観測線による地殻変動連続観測（寺石眞弘，大谷文夫，園田保美，大志万直人）

1984年度から宮崎観測所を中心に宿毛，榎峰，高城，串間，伊佐，大隅の7点よりなる日向灘地殻活動総合観測線を順次配置して，長期間の地域の歪蓄積過程を明らかにし，地震発生に関係する異常変動検出のbackgroundともなる経年変動や季節変動について明らかにするため，日向灘を中心に九州東・南部地域の地震活動と地殻変動の総合的観測研究を実施してきた。その間，テレメータ装置の老朽化が進んだため，平成17年よりISDNデジタル公衆回線網を利用したインテリジェントロガー群による間歇的データ転送方式への転換を行ない，地殻変動データの収録を行なっている。同時に，これまで地殻変動データとの相関を見るため独自で設置していた地震観測網を整理してきたが，宮崎観測所および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。日向灘地域の地震活動は北部・中部・南部にブロック分けされ，それぞれの地域で塊となって分布している。1996年の2つのM6.9,M6.7の地震後，余震活動自体は急速に減少し，それでも活動域周辺及び日向灘全域の活動は地震発生前の1.5倍の発生率で活性化していたが，2003年頃から活動はさらに低調になり，その後も日向灘全体での地震活動は低調なままである。この様なデータの蓄積により地震活動の推移と宮崎観測所における，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。また記録の再解析により，四国南西部に位置する宿毛観測点の歪記録には，豊後水道付近で発生するスローイベント(1997年及び2003年)に関連すると見られる異常変動も検出されている。

②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，園田保美，大志万直人）

宮崎観測所周辺と延岡市周辺の最長20kmの長距離光波測量基線網を設け，1981年以来定期的に改測を行い，連続観測データによる変動と調和的な広域変動を得ている。さらに，平成16年より光波測量網と平行して宮崎観測所周辺にGPS連続観測網を

設置し，総合観測線による地殻変動連続観測と広域地殻変動との整合性の研究を開始し，平成17～19年度もこの観測研究を継続した。

③観測計器の開発（園田保美，寺石眞弘，大谷文夫，大志万直人）

観測状況に応じセンサー部・電気変換部等，バージョンアップ的に修正を試み，より正確なデータ採取に努める一方，坑道内での高感度連続観測だけでなく，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)の開発を継続して実施した。これまでに開発された観測計器は，火山活動研究センターに協力して，インドネシア，グントール火山及び口永良部島の山頂部に設置され，地盤変形の連続観測に使用された。

## 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（活火山の集中総合観測等）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、必要に応じてまた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

- ① 火山爆発機構に関する研究
- ② 火山活動の中長期予測に関する研究
- ③ 島弧火山の噴火機構の比較研究
- ④ 火山体の構造に関する研究
- ⑤ 火山活動史に関する研究
- ⑥ 火山噴火予知計画に基づく全国共同研究（集中総合観測及び火山体構造探査）
- ⑦ 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

南九州の火山では、地震やGPS等の火山活動を把握するための基本的観測を継続するとともに、火山

の活動度に応じたテーマの実験観測を行ってきた。2006年6月に58年ぶりに再開した桜島東山腹の昭和火口の噴火に際しては地震・地盤変動・火山ガス・噴出物の分析など総合的な観測を強化し2007年に実施した集中総合観測（火山噴火予知計画）の結果とあわせて桜島のマグマの供給系の研究と火山活動の評価を行った。また、桜島の浅部の地磁気学的構造についての調査を行い、溶岩流や熱水の分布とあわせて考察した。最後の水蒸気爆発から28年が経過し、1999年以降、繰り返し火山活動が高まっている口永良部島では、防災研究推進特別事業で「口永良部島の水蒸気爆発発生とその後の推移の予測のための実践的研究」を行い、口永良部島火山における火山活動の活発化を的確に把握するとともにその理由を浅部熱水系の活発化と火山ガスの放出による浅部エネルギーの解放と考えた。噴火活動が繰り返される諏訪之瀬島では、火口近傍での地震、火山ガス、映像、空気振動等の観測に基づく噴火機構に関する研究を行った。

#### (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（3.2.7節参照）。

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、鹿児島地方気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係っている。

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、当初の目的である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。

## 8.6.2 研究領域の研究内容

### I. 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、為栗 健

非常勤講師 篠原宏志（平成17・18年度）、野上健治（平成19年度）

21世紀COE非常勤研究員

横尾亮彦（平成17・18年度）

大久保綾子（平成17・18年度）

日本学術振興会特別研究員

横尾亮彦（平成19年度）

### ○ 研究対象と研究概要

#### ① 研究対象

研究対象としている主な火山は、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メラピ山、スメル山等である。

#### ② 研究概要

##### （1）火山爆発機構の研究

目的・方法：火山爆発の力学的発生過程を明らかにする目的で、桜島、諏訪之瀬島、スメル火山などで広帯域地震計の多点観測、傾斜変動観測、映像・空気振動による表面現象の多項目観測をした。

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・収縮が観測されたが、どの火山でも噴火発生1秒から1分の直前に地盤の隆起・膨張が沈降・収縮に転ずることがわかった。マグマの貫入・火山ガスの蓄積による圧力増加が火道上部のふたの強度を超えた時に緩やかな減圧が発生するものと解釈され、その減圧が過飽和状態のマグマの急激な発泡を励起させれば、爆発地震が押しの初動が引き起こされることが説明できる。また、空気振動と地震波の同時解析から爆発地震の初動の約1秒後に起こる火道上端のふたの膨張・破壊過程が推定された。

##### （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：火山活動の評価・長期的予測を目的に、桜島において地震、地盤変動などの連続観測を継続している。また、平成19年には第10回桜島火山の集中総合観測を実施した。

成果 桜島・始良カルデラ周辺に展開した精密地震

観測網の長期間の地震データ解析および 1974 年から 2007 年まで 10 回実施された集中総合観測により得られた成果である。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ていたが、両者を結び付けるマグマの通路に関する知見がえられなかった。最近約 10 年間のマグマ蓄積・地盤の隆起に対応して始良カルデラ・桜島の周囲で発生した火山性地震について、その震源分布、発震機構、火山活動との関係を検討し、2つのマグマ溜まりを結び付けるダイク（マグマの通路）が存在を明らかにした。他方、2007 年に実施した集中総合観測により、地下深部からのマグマ上昇率は数年の間隔で変動するものの平均的には年間 1000 万 m<sup>3</sup>、最近 10 年間の蓄積は 1 億 m<sup>3</sup> に達し、近い将来大規模噴火発生の可能性が極めて高いものの、桜島の直下へのマグマの移動は認められないことから当面の数年間は小規模な噴火に留まるであろうとの総合評価を得た。

（3）口永良部島火山の浅部熱水系の活動評価に関する研究

目的・方法：地震活動、地盤変動、火山ガス、地磁気、重力などの多項目観測を実施し、1999 年以降、繰り返し、火山活動が高まっている口永良部島の火山活動の評価と予測を行った。特に 2006 年 9 月から開始した地震活動の活発化を研究対象とした。平成 18 年度防災研究推進特別事業「口永良部島の水蒸気爆発発生とその後の推移の予測のための実践的研究」

成果概要：口永良部島で繰り返し発生する地震活動の活発化に連動して山頂火口周辺の地盤の膨張が観測された。これと同期して火口浅部への熱水上昇を示唆する地磁気変化が観測された。熱水上昇を示唆する噴気温度の上昇や地熱異常域の拡大も同時に観測された。火山性地震の震源域や地盤変動を引き起こした圧力源、および熱消磁域は火口から数百メートル以下の深さにあり熱的および力学的エネルギーは浅部に集中した。2006 年 9 月からの活発化は 12 月になって終息し、このイベントに直結する噴火は

発生しなかったが、その理由として火山ガス放出による火山体内部圧の圧力緩和があげられる。10-11 月に活発な噴気活動が目視され、12 月には 40ton/日の SO<sub>2</sub> が観測された。11 月に地震活動はピークに達したが、この時期に破碎域が拡大し、その間隙から火山ガスが放出されたものと解釈される。11 月には地盤の膨張速度も低下した。

（4）電磁気学的手法による火山体浅部の構造把握目的・方法：空中磁気測量および AMT 電磁気探査により桜島および始良カルデラ内の磁化強度の分布および比抵抗構造を調査した。

成果概要：空中磁気測量では溶岩流の分布に対応した磁化の強い領域が南岳の南側、北岳の北西側に検出された。二次元の磁化構造解析では、第 1 層及び第 3 層で磁化が強く、第 2 層で弱くなる傾向がみられ、第 3 層はカルデラ縁から中心部に向かうにつれ上端深度が深くなる傾向を示した。第 1 層は新島周辺で厚く、高帯磁の貫入岩体の存在を示唆するが、北岳・南岳直下では消失し、第 2 層目の弱磁化層がせりあがっており、南岳直下が高温である可能性が示された。一方、AMT 探査では山麓の浅部比抵抗構造は、表層溶岩に対応する高比抵抗層、その下の（海）水を含む低比抵抗層で表現できることが示された。第 1 層の高比抵抗層は、桜島西側～北西側で厚く、東側～南東側で薄い。鍋山周辺の地下で高比抵抗層が厚く分布している。また、鍋山の南西側やや深部では、基盤の盛り上がりに対応する可能性のあるやや高比抵抗体が見つかった。

（5）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：火山活動の中・長期的予測のためには、それぞれの火山の過去の活動史、噴火発生年代や噴火様式を明らかにすることが重要である。本センターでは、このような見地から、外部の研究者とも協力して、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、化学組成分析などに基づく火山活動史の研究を進めている。

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。

## 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軽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、さらに、DEMのGIS解析、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

わが国及び周辺アジア諸国では、社会・経済構造の変化を反映した土地利用の流動化が、土砂災害および洪水災害の重大な要因となっている。近年の無秩序な開発、特に、丘陵地における植生の改変や道路の建設は、水文地形過程に大きな影響を及ぼし、地すべりの発生要因となっている。研究は、フィールドワークを基本とし、探査(高精度表面波探査、比抵抗マッピング)、簡易動的コーン貫入試験、現地計測(地震、間隙水圧、水文)、室内試験、モデリング等の手法を駆使して行っている。これにより、都市及び周辺地域に分布する傾斜地の安全性評価手法の開発と合理的な対策工法の提案を目指している。

#### (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、2004年の新潟県中越地震による地盤災害の継続調査、2007年の能登半島地震、新潟県中越沖地震、2005年宮崎豪雨、2006年岡谷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て、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きた。

#### (4)その他の活動

研究者相互の情報共有を進め、地盤災害の多面的見方を発展させるべく、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、適宜グループの研究発表を行い、情報を共有してきた。また、研究成果を国、自治体、学会、その他協議会などと連携して、現実に直面している諸問題の解決に盛り込み、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

### I. 地盤防災解析

教授 井合進, 准教 三村衛, 助教 飛田哲男

#### ① 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.

#### ② 地震時の地盤軟化機構の解明とその対策 (井合, 飛田)

1995年に発生した兵庫県南部地震は多くの犠牲者を出すとともに, 各種ライフラインや橋梁, 高架道路, 岸壁, 護岸などの社会基盤施設にも壊滅的な被害をもたらした. その中で, 埋立地の岸壁や護岸あるいは河川堤防などの地盤・構造物系は, 基礎地盤の液状化により大きな残留変位が生じて, 多数の施設がその機能を失った. この事態を受け, 大地震による地盤・構造物系の被害程度推定を精度よく行うことに対する社会的な要請が高まった. このような地盤災害分野の課題を解決するため, 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 を開発し, 各種社会基盤施設の被害解析および被害程度予測に力を発揮している.

#### ③ 地震時の地盤・構造物系の变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をすべり土塊と仮定

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变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.

#### ④ 都市地盤の長期变形予測手法の開発(三村)

都市基盤としての水際線平野は軟弱であり, その变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变形を解析し, 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.

#### ⑤ 歴史的な地盤構造物の評価と保全

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. また国宝壁画を良い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.

## II. 山地災害環境

教授 千木良雅弘 准教授 諏訪浩 助教 斉藤隆志

### ① 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)

山体は重力的に不安定な場におかれると，長時間かけて徐々に変形すること，そして場合によってはこの変形が崩壊に至るため，このような現象が崩壊の発生場所予測に極めて重要であることを明らかにしてきた。たとえば，2005年パキスタン北部地震においては，重力によって変形した斜面に崩壊が数多く発生した。

さらに，2004年新潟県中越地震や2005年パキスタン北部地震によって発生した大規模な崩壊の多くは，かつて発生した地すべりが再度脚部を切断されて不安定になっていた斜面で発生したことを明らかにし，これらの特徴が地震時の崩壊の発生場の予測に有効であることを示した。

2005年の宮崎県豪雨災害時には従来ほとんど注目されていなかった斜面で大規模な崩壊が発生したが，これらの詳細な調査を行った結果，地質の履歴の中で形成された傾斜変換線付近で発生したこと，また，発生前にこれらの斜面はわずかに変形していたことが明らかになり，これらの発生場を長期的な地形変化過程の上で理解して予測する研究を進めている。

### ② 岩石の風化メカニズム，風化帯構造および崩壊の免疫性に関する研究(千木良)

表層崩壊は主に風化岩石の崩壊であることから，岩石に特有の風化帯構造の解明と，風化帯内の降雨浸透挙動，さらに，それに基づいて崩壊の免疫性について検討している。ある地域が同様の降雨を受けると，風化帯構造の違いによって全く異なる崩壊応答を示すことを，花崗岩地域，浅海での堆積物，砂岩泥岩互層地域などにおいて示してきた。そのために，航空レーザー測量技術を活用し，樹林に覆われた過去の崩壊地も含めて長期的な崩壊発生の評価を行っている。2005年新潟県中越地震では，事前の降雨が崩壊の発生を大きく規制していたこと，また，一方，2000年神津島近海地震では，透水性の良い地層の場合には地震前あるいは後に強い降雨があっても影響が小さいことを明らかにした。

### ③ 急速な土石移動現象の調査観測と災害防止に関する研究(諏訪)

強雨や長雨で崩壊が起き，土石流や岩屑なだれとなって斜面を流れ下り，麓の集落に甚大な被害を与えている。発災後の調査で土砂移動のメカニズムを復元する研究に加え，土石流頻発溪流で観測を行っている。その結果，崩壊の規模が大きいほど，同一の谷筋ではそれまでに同様の規模・タイプの崩壊を起こしていることが多いこと，また，前兆現象がより明瞭に現れることを明らかにした。崩壊に先立つこれらの現象を前兆と認識して避難につなぐことが重要であることを指摘するべく，例えば，2006年12月に開催された米国地球物理学連合大会では，同年にフィリピン・レイテ島で起きた地すべり災害の調査結果をもとに，この災害をテーマとする分科会を開催して，減災に向けた方策について検討を深めた。我が国でも1953年の豪雨で和歌山県下有田川流域で未曾有の崩壊災害が起きているが，諏訪らは現地調査に加え，収集資料の分析，被災者に対する聞き取りをすすめて，災害の背景，実態，教訓をとりまとめて書籍として2006年に出版した。また，東ジャワのスメル火山や長野県焼岳では現地観測を行って，土石流の発生から氾濫に至る過程を詳しく分析し，流下過程で規模や流動特性を大きく変化させることがあることを明らかにした。

### ④ 山地災害のハザードマップ作成手法の研究(千木良，諏訪，斉藤)

山地災害のハザードレベルをスケールに応じて評価する手法を検討した。防災研究所特定共同研究17P-01「降雨による崩壊危険度広域評価－崩壊実績と地質・地形に基づいて－」では，表層崩壊のように小規模なものでは，地盤の多様性のために決定論的な発生場所予測に限界があること，また，広域的危険度評価が必要であることを示した。

さらに，大規模な崩壊についても，ピンポイントで発生場を予測する研究とともに，より大きな領域での地形発達を考慮して発生場を評価する手法を研究している。

### Ⅲ. 傾斜地保全

教授 SIDLE, Roy C., 准教授 釜井俊孝

#### ① 都市周辺の傾斜地における地すべり予測, ハザードマップの作成 (釜井)

兵庫県南部地震直後の被災地を詳細な踏査結果に基づき、西宮市東部から神戸市西部にかけての斜面災害分布図を作成した。この調査結果とその他の地震災害事例に基づき、谷埋め盛土型地すべりの地震時災害危険度予測手法を提案し、具体的な成果として東京・横浜地域のハザードマップを作成した。これらの成果は、平成18年の宅造法改正を推進する契機となった。

#### ② 土壌における選択流の重要性(SIDLE)

フィールド調査・実験・モデリングにより、土壌における選択流の重要性を評価した。当初は、土壌における汚染物質の移動に関連して鉛直方向の選択流の評価を行った。また、斜面に平行に流れる選択流と、洪水の発生や斜面安定性に対する影響の可能性も検討した。その際、蛍光塗料を用いた新しい手法は、選択的透水経路の位置の特定だけでなく、トレーサー濃度を定量的に示すこととなった。また、リチャーズの方程式と移流・拡散方程式を組合わせて開発したモデルにより、森林土壌における選択流の一般的な分布様式を正確に見積もった。この結果はそのようなシステムが自己組織的挙動を示すという従来の研究を指示することとなった。これらの結果は、土壌中の選択的透水経路の複雑な挙動をシミュレーションするためには、浸透理論や細胞自動モデルの利用をさらに検討する必要性を示した。

#### ③ アジアの発展途上国の流域における土砂や水の流出に関する土地利用の変化・道路等の影響評価(SIDLE)

タイ北部・スマトラ・インド南部の西ガーツ・半島マレーシア、中国雲南省において、土地利用の変化・道路建設やその利用が、土砂移動や流域流出水量にどのような影響を与えるか評価を行った。タイ北部と半島マレーシアでは、未舗装道路やゾウの作業道等からの地表面侵食が高い割合を示した。このような場所が物理的に近くの水路につながってい

ると、河川への土砂流出に大きく影響すると思われるため、河畔緩衝帯が広ければ土砂流出の多くを抑制する可能性があることが示唆される。斜面の切断により遮断された中間流が道路からの出水にどのように寄与するかは、のり面が基岩の深さに達しているかどうか依存している。スマトラやインドの西ガーツでは、著しい土地利用変化を受けた地域での出水の降雨応答を流域規模で検討した。土地利用のパターンは降雨の多様性以上に出水に対して影響を与えることが明らかとなった。中国雲南省の山岳地域の規模の大きな道路建設は、大規模な地すべり侵食を招き、最初の4年間に非常に高い割合で地表面侵食を引き起こした。道路からの土砂生産の多くはメコン川の源流部に直接運搬された。

#### ③ モデル化を含めた、管理された源流域における水流発生の研究(SIDLE)

三重県で継続中の調査では、様々なスケールの流域で出水過程を評価している。出水は、プロットスケールよりも斜面スケールでは少ないが、スケールの違いは、地表面状態のより良い場所で顕著であった。出水時の現地観測からは、観測されたホートン地表流と思われる水流の一部は、実際に表面近くの腐植層中で生じたものであることがわかった。従って、大小2つのスケールにおける観測は、寿命の短いホートン流に加えて潜在的に腐植層中を流れる水を含んでいたといえる。なぜなら、表面流は観測スケールが大きくなるほど減少するとともに、斜面ではリル侵食が生じていなかったからである。加えて、流出係数は大きな出水の間は地表面の状態によって大きく異ならなかった。従って、管理放棄されたヒノキ林では、特に腐植流が顕著な時にはピーク流出強度の極端な増大や大規模侵食を発生する可能性は大きくないようだ。また、流域規模の水文学的過程のモデル化の試みを行った。フィールドで観測された表面流のパターンをシミュレーションするため、樹冠や地表面状態から見積もられた様々な浸透能や透水係数を流域規模のモデルに組み入れた。これらの経験的な関係を用いてシミュレーションを行いよい結果を得た。

## 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まぐるしく注目のようになってきた。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17、18、19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。

## 8.8.2 研究領域の研究内容

### 1. 地すべりダイナミクス

教授 佐々恭二(平成17, 18年度), 釜井俊孝(平成19年度), 准教授 福岡 浩, 助教 汪発武

#### ○ 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。

#### ①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17～19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)個別要素法を用いた「すべり面液状化」の発生過程についての研究、(3)粘性土の繰り返し載荷試験を通して塑性指数、各種イオンの含有量、pHの変化と繰り返し載荷時の液状化の発生特性の研究、(4)粘性土の摩擦角の速度依存性、(5)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。福岡が代表の「地震豪雨時の高速長距離土砂流動現象の解明」プロジェクトは国際斜面災害研究計画(IPL)の一つ(IPL-M101)として採択された。

#### ②都市域における斜面災害危険度評価手法の研究

都心部の斜面には、過去数十年にわたる開発の結果、様々な年代、様々な様式の人工構造物(盛土、擁壁等)と斜面の自然地盤(地形、地質、地下水等)が渾然と雑じり合った“崖っぷち”が成立している。こうした急斜面の災害については、全体を“崖っぷち”として総合的に捉えることが重要である。平成

19年度は、その実態に関する具体的調査を実施し、それらを基に個々の斜面の実態と安定性を評価した地図「崖っぷちマップ」の作成のための基礎調査を行った。

#### ③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19年度は、琵琶湖湖底遺跡と城陽市山麓の遺跡群を調査し、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。

#### ④広域の斜面災害危険度評価手法の研究

平成16年中越地震により多発した高速長距離運動再活動地すべりを調査し、加速度波形を載荷し高速運動を再現することができた。平成18年フィリピン・ギンサウゴン地すべり発生後、国際合同調査を実施し豪雨のあとに発生した小規模地震の複合作用により発生したことを明らかにした。平成19年中越沖地震により発生した都市域の地すべりを調査しGPSを用いた地震後余効変動について観測した結果、長期にわたり変動が継続するところを見出した。

北陸の白山地域における甚之助谷の巨大地すべりを対象に現地調査、試料採取、長期観測データの解析、崩壊現象の再現実験などの手法を用いて、大規模地すべり発生の前兆現象の把握や、局所高速流動現象の解明、そして災害軽減への提言を行った。平成18年度より中国三峡ダム貯水池地域における地すべりや斜面崩壊を対象に、研究を実施している。特に再活動地すべりに関する高速長距離運動地すべりの発生・運動機構を解明し、地すべりダイナミクスの観点からの研究により災害形成の学理を究明しつつある。また、激しく変動を続けている地すべりを対象に、中国地質調査局、中国科学院及び中国三峡大学の協力を得て、伸縮計、間隙水圧計、傾斜計、孔内パイプひずみゲージ、水位計を含めた観測システムを設置し、長期観測を実施している。観測結果より、大幅水位変動による斜面変動への影響を解明しつつある。

## II. 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。

共同研究は、東京大学、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、運営も行っているが、平成16年度より平成19年度まで(社)日本地すべり学会関西支部長に選ばれた。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回連載中であり、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月に実施している大学3,4年生向けのキャンプ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年からは、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。さらに平成16年11月、四国放送「おはよう徳島」他、突発災害発生時にNHK等で地すべり防災の啓蒙番組に出演し、地域への研究成果の普及もはかっている。

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。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」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、大気・水グループ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ー水循環
- 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) 市街地における気流性状の解明と強風災害ハザードマップの作成
- 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) その他の活動

平成19年3月には「2004年の台風18号による広島県および厳島神社の強風災害を中心に、強風災害の現状と防災対策等に関して」等、地元住民や行政職員を対象とした講演会等により研究成果の社会への発信と還元を図っている。

#### IV. 沿岸災害

教授 間瀬 肇 (平成 19 年 4 月から), 教授 高山 知司 (平成 19 年 3 月まで), 准教授 間瀬 肇 (平成 19 年 3 月まで), 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何回もしてきている. そのため, 沿岸部における高潮や津波の挙動を予知・予測するための研究が精力的に行われ, また, 災害防御の観点から背の高い防潮堤が海岸線に沿って建設され, 海岸災害は急激に減少してきた. しかし, 近年, 背の高い防潮堤の建設に対する不満, 防災施設であっても投資効果の高さが求められるようになっている.

このような状況のもと, 人口が稠密で高度に利用されている沿岸部を自然環境の保全に有効な施設によって防護することを目的とし, 津波や高潮・高波の推算と海岸侵食過程, 海岸・海洋構造物の耐波・耐風性能, 生態や環境の保全技術, 地球規模の気候変動に伴う台風特性の変化や異常潮位・海面上昇が沿岸災害に及ぼす影響について, 以下のような研究を行ってきた.

- 1) 気象・高潮・高波や津波の数値モデルの開発と予測
- 2) 海浜流・海浜変形解析モデルの開発と予測
- 3) 親水ウォーターフロントの防災機能解析
- 4) 海岸・海洋構造物の被災形態や耐波特性解析と性能設計
- 5) 津波のリアルタイム予測手法の開発

主な研究内容は以下の通りである.

##### 1)~2) に関連する研究

実際の海の波は, 波高や周期, 波向が異なる数多くの成分波が重なり合った多方向不規則波である. 海の波を多方向不規則波として波浪変形計算を行う手法としてエネルギー平衡方程式法がある. ここでは, 回折現象を擬似的に導入する方法, および流れの効果を考慮できるソフトウェアを開発した. また, 気象予報モデルや波浪予測モデルを用いた GFS-WRF-SWAN 波浪推算システムを開発し, 波浪予測をできるようにした.

高潮予測モデルに関しては, 大潮汐変動の中で,

高潮による海面上昇を適切に計算しようとする, 波と潮汐, 高潮の相互干渉を考慮する必要がある, 新に高潮推算モデルと波浪推算モデル (SWAN: Simulating WAves Nearshore) を開発した. この計算モデルは海浜流の予測にも用いることができるので, 今後, 海浜変形予測に用いる事ができる.

##### 3)~4) に関連する研究

混成防波堤の確率設計法の確立を目指して, 従来から開発してきた期待滑動量を用いた信頼性設計法の改良を行った. また, 不確定要因を確率論的に取り扱うことができ, 合理的な設計が可能となる信頼性設計法に基づき, 傾斜護岸および直立護岸の許容越波流量を超過する確率の評価を行い, 被災確率に及ぼす不確定外力要因の影響度の検討, 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た.

##### 5) に関連する研究

東南海・南海地震津波のような稀な巨大災害に対しては, ハード対策で 100%の防災を目指すことは極めて困難であり, ソフト対策による減災対策も考える必要がある. その方策の一つとして津波のリアルタイム予測が考えられる. そこで, GPS 波浪計等による沖合における津波観測データを活用して, 地震発生時の津波の初期水位変動量の大きさや波源域の範囲をインバージョン解析によっていち早く予測するとともに, 沿岸に來襲する津波の時系列変動をリアルタイムで予測する方法を検討し, 短時間かつ高精度に予測できるようにし, 用いる観測データの時間, 観測点数および位置の組み合わせなどの必要要件を整理した. また, 観測点に到達する津波高と沿岸へ到達するそれとの関係を, ニューラルネットワークに学習させて予測する方法を検討し, 精度を確認した.

平成 17 から 19 年度の研究成果は, 学術論文 97 編(そのうちアブストラクト審査を含む審査付論文 67 編)にまとめられている.



## V. 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。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次元同化する手法を開発した。

#### 2) 次世代型Cバンド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も目指して、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実施している。その中、同観測をベースに降雨強度推定アルゴリズムの基礎開発を終了し、同化予測手法開発の基礎とすべく降水粒子の識別手法のプロトタイプをも開発した。また、①の同化予測手法と結合もはかっている。

#### 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た。また、多数発生させた模擬流域が主な地形則や河道網則を満たしていることを明らかにした。

#### 4) 世界の降雨特性解析

熱帯降雨観測衛星 TRMM に搭載された降水レーダー(PR)とマイクロ波放射計(TMI)による全球降水情報を用いて、その時間間欠的な観測という不利を克服して、空間スケールに応じた領域平均月降水量

とその推定精度、瞬時地点降雨強度の時間・空間相関長さを全球にわたって推定できる手法を開発した。これらは、観測頻度を考慮した手法であるため、次世代降水観測衛星計画の事前検討にも重要な情報を提供できる手法となっている。

また、過去100年間の世界の雨量計観測情報を用いて、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って温暖化の兆候を確率統計的に解析するとともに、流域特性・文化・生活場をと通した災害としての異常さの考え方を提示した。

#### 5) 世界の土壌水分量・灌漑要求水量の解析

構築した作物の灌漑排水モデル、大気-陸面モデルと、気象情報、ならびに衛星情報による作物成長状況を用いて世界の土壌水分量や灌漑要求水量分布の推定手法を構築した。これにより、降水量や河川流量による判断よりつつこんだ、作物を通しての世界の水受給の逼迫状況を考慮しての水資源のアンバランスが評価できるようになった。

#### 6) 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。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、④、⑤の解析を進展させている。

#### 7) 大気-地表-地下を通じ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、地下水位の年変動や位相などの地下水流動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。また、自動水質計による連続観測データと統計モデルを用いて琵琶湖に流入する有機物・栄養塩類負荷の年間総量を推定する手法を開発した。さらに、大気降下物を含めた非特定負荷源からの汚濁物質流出および河床堆積物からの回帰を含めた水質挙動解析を行い、従来の調査研究に基づく土地利用別面積負荷量原単位による解析が不十分であることを明らかにした。

## 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を含めて行う」ことを目的に、平成17年4月の防災研究所改組にともない発足した新しい研究センターである。宇治川オープンラボラトリおよび4つの現地観測施設（穂高砂防観測所、白浜海象観測所、潮岬風力実験所、大瀧波浪観測所）を有している。本研究センターは、水・地盤系の実験所・観測所から構成されていた旧災害観測実験センターの枠組みを残しているが、改組により、徳島地すべり観測所が斜面災害研究センターに移り、旧水災害研究部門の土砂流出災害分野（現流砂災害）、都市耐水分野が新たに加わっている。

センターの研究活動方針の一つは、山地から沿岸域に至る水・土砂輸送過程を流域一貫の視点からとらえ、大気、水、土砂等の不均衡によって生じる流域・沿岸域での様々な災害過程を、観測、実験、理論およびモデル解析の連携により明らかにするとともに、それら災害の予知・予測、軽減に結びつく先導的な研究を推進することである。

二つ目の方針は、センターの実験・観測施設を共同利用の場として広く開放し、大気・水研究グループとの緊密な連携のもとに、学際的な実証研究を推進することである。あわせて学内外の研究者との共同研究の積極的な展開を図り、全国の大学の共同利用研究所である防災研究所の連携研究推進機能を支える重要な役割を受け持つ。

研究活動方針や予算・人事など、当センターの運営に関わる重要事項については、毎年1～2回開催される、所内外の委員からなるセンター運営協議会で検討し、センター運営に反映させている。

#### (2)現在の重点課題

流域の視点にたった災害の予測・防止・軽減に関する研究テーマについて、各研究領域が掲げる研究課題に加えて、諸施設を利活用した学内外の研究者との共同研究の実施、オープンキャンパス時の体験

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、21世紀COE研究（平成14年度～18年度実施）においては、「山地・河川・海岸系における物質動態に関する研究」を、COE特別研究員を含むセンターの教員が有機的に連携して精力的に実施してきた。また、当センターが中心的な役割を担った共同研究(特定)「光ファイバーネットワークを利用した準リアルタイム水防災技術に関する共同研究」など、共同研究(一般)や研究集会を実施している。さらに、科学研究費、振興調整費等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産官学連携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、CRESTや科学研究費(国際学術調査)を財源とした国際共同研究の実施、外国人共同研究者の受入等、平成16年度からの中期目標・中期計画に沿って、積極的に国際研究活動を推進してきている。

#### (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に災害体験学習を実施したり、消防・警察の災害時の救助訓練に協力したりして、積極的に社会貢献を図っている。また、学部・大学院の教育研究においても、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

### 1. 流砂災害

教授 藤田正治(平成 17 年 12 月 1 日から), 准教授 竹林洋史(平成 20 年 3 月 1 日から), 助教 堤 大三(平成 19 年 3 月 31 日まで)

#### ○ 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。

本研究領域の研究課題は以下のものである。

- (1) 流砂系における斜面崩壊予測の高度化
- (2) 土砂生産の機構と予測
- (3) 生態系における流砂現象の役割の解明
- (4) 河床空隙構造を考慮した河床変動モデル

平成 17 年から 19 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ものである。

#### (1) 流砂系における斜面崩壊予測の高度化

最近の調査研究により, 地下の水みちや基岩形状のような地下情報を取得しモデルに反映することなしに, 予測の高度化は図れない。また, 斜面の下方から順にすべる段階的崩壊が実際に起こっている場合も多く, このような崩壊プロセスの解明も予測の高度化にとって重要である。そこで, 地中の水みちや基岩の谷地形が地下水をある地点に集中させ, 斜面崩壊の危険度を高めることが明らかにされた。また, 崩壊プロセスに及ぼす土質強度の影響を検討し, 粘着力が小さく摩擦で維持されている斜面では, 比較的少ない降水量で短い崩壊が生じ段階的崩壊に至るが, 大きな粘着力で維持されている斜面では, 比較的大きな降水量で長い崩壊が生じ, 流動性の高い 1 回の崩壊が生じることが実験とシミュレーションから明らかにされた。

#### (2) 土砂生産の機構と予測

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, その機構について気候条件や地質条件の異なる 4 つの地点で観測研究

を行った。凍結融解の激しい地域では生産量が多いことや同じ気象条件の箇所でも地質により土砂生産量が違うことが明確になった。また, 気温, 日射量, 風速などのデータから任意の斜面における凍結融解過程を計算する手法を構築し, その妥当性を検証し, 地域による凍結融解現象の頻度の相違, 斜面方向, 斜面勾配による相違などを明らかにした。また, 凍結融解作用によって基岩の風化が進行し, やがて土砂になる過程についても実験的に検討した。

将来予想されている気候変化に伴って, 斜面崩壊形態や土砂生産量がいかに変化するかにについても, いくつかのシナリオのもとにシミュレーションを行い, その特徴を考察した。

#### (3) 生態系における流砂現象の役割の解明

水生生物の棲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。棲息場は土砂の移動堆積プロセスの中で形成されるので, 棲息場評価は土砂水理的に行うことが可能である。しかし, 棲息場の構造は土砂水理的には検討できない小スケールのもも含まれており, その評価も重要である。そこで, 河床変動や河床形態などの土砂水理学の知識と各河床形態に特徴的なマイクロハビタットの構造についての現地調査から, 棲息場の評価を行う方法のフレームワークを作成した。

#### (4) 河床空隙構造を考慮した河床変動モデル

これまで河床変動解析は主に治水や利水に関する問題を対象に行ってきたが, 環境の問題に対しても情報を提供できるようにするために, 河床材料の空隙構造に着目し, 空隙構造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。最近, 多くの河川で行われている排砂や置き土において, 細砂が河床の空隙を埋めながら通過するとき, 空隙率が減少し河床変動はないような場合がある。このような場合の解析がこの提案したモデルにより可能になった。また, 粒子充填シミュレーションモデルの開発しており, これによると空隙のスケールや空隙構造があわせて解析でき, 水生生物の生息場の問題等への応用が期待できる。

## II. 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

本研究分野では、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、それを基に、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用いた解析、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。

#### (1) 地下空間の浸水に関する研究

都市水害の特徴のひとつである、地下空間内の浸水について、これまでに地下街(地下駐車場、地下鉄駅を含む)模型実験および数値シミュレーションにより大規模な地下空間における浸水時の危険性を明らかにしてきた。これに加えて、小規模な地下空間を対象とした研究を進めている。

ビルの地下室を対象とした小規模地下空間模型を製作し、地下に流入した氾濫水の挙動を実験により詳細に検討している。その結果、地下空間内では浸水深の上昇が速いこと(場所によっては数分で1m以上の水深上昇が見られること)、階段での氾濫水の流速が最大で4~5m/sに達すること、それらに伴い、地下浸水時の避難可能な時間的余裕はほとんどないことが明らかとなった。

また、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ている。さらに、地下入口に止水板や段差(ステップ)を設置することの効果、浸水解析をとおして確認している。

#### (2) 豪雨による氾濫被害とその二次被害に関する研究

豪雨による氾濫予測に関して、都市域近郊の山地領域からの流出解析モデル、都市内中小河川からな

る河川網モデル、市街地の氾濫解析モデル、および下水道モデルを統合し、降雨という外力に対して、洪水ならびにその氾濫の時間的変化の応答が得られる「都市水害モデル」をこれまでに提案し、様々な都市流域への適用を進めている。

局所的集中豪雨の増加により頻発している中小河川の洪水被害に対しては、継続時間2時間および3時間の短時間集中豪雨時の中小河川の洪水氾濫危険度を降雨情報から予測する手法を開発している。そして、新潟県の中小河川に適用し、その有用性を議論している。

また、洪水氾濫に伴って都市域で発生が予想される道路交通障害に対して、都市域の氾濫モデルと交通量解析モデルを組み合わせた水害時交通障害予測モデルを開発している。このモデルを京都市域に適用し、外水および内水氾濫発生時の道路交通状況を予測するとともに、道路交通障害の観点から見た水害時の対策について議論している。

#### (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。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、平面二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。

### Ⅲ. 河川防災システム

教授 中川一, 准教授 川池健司 (平成18年4月1日から), 助教 上野鉄男 (平成19年3月31日まで), 武藤裕則 (平成19年1月31日まで), 馬場康之, 東良慶 (平成19年7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

2次元の氾濫解析モデルに基づいて, 河川流モデル, 下水道モデル, 流出解析モデルを統合した都市域の統合型氾濫解析モデルを高度化した. とくに地表面の氾濫水が下水道に排水されるモデルでは, 建物からの排水過程を考慮することによって, 従来モデルとは異なる氾濫解析結果が得られることがわかった.

#### (2) 河川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. ①数値解析と室内実験を通して, 従来の砂防ダムに比べて, グリッドタイプまたはスリットタイプの砂防ダムのほうが, 土砂の流れを遮断しないのでより環境に調和し, しかも適切に建設されれば洪水時には十分な土砂捕捉機能を有していることがわかった. ②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 川の水利周りの現地データを収集した. また, 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. ③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, 今後はその表現方法について検討していく.

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, 模型実験結果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試みた.

#### (4) 海浜変形に関する研究

等深線モデルを用いた海浜変形に関する検討を行い, 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となっている上越・大潟海岸について, 海上風の影響が地形変化に及ぼす影響について検討した. その結果, 海岸構造物の下手側で発生する地形変化が海上風の影響を考慮した場合に大きく現れる結果が示された. また, 汀線付近の土砂移動が地形変化に及ぼす影響についても検討を行い, 海浜変形モデルに組み込むための簡潔なモデルを示している.

#### (5) 災害調査

九州地区やバングラデシュなど, 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.

#### IV. 沿岸域土砂環境

教授 関口秀雄, 助教 張 浩 (平成 19 年 2 月 1 日から)

##### ○ 研究対象と研究概要

###### ①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復原, 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複雑流体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きた。

###### ②研究テーマ

(1) 埋没水害地形の解読と氾濫原マネジメントへの適用

(2) 高解像度の海浜海底地形変動評価と砂浜海岸マネジメントへの適用

(3) イベント堆積過程の予測およびイベント堆積層の解読

(4) イベント過程を織り込んだ海岸地下水環境の研究

###### ③研究テーマの概要

(1) 埋没水害地形の解読と氾濫原マネジメントへの適用(関口秀雄・張 浩)

流域における人々の生命, 財産を守るうえで河川堤防システムの果たす役割は大きい。しかし, 堤防は地域の土質材料を用いて長年月かけて築造されたものが多く, 高水時の耐水性能が検証されていない事例が少なくない。本研究では, 埋積された旧流路や破堤地形の同定を通じてハザードマップを高度化し, 地域の防災力の増進に繋げることを目指している。

(2) 高解像度の海浜海底地形変動評価と砂浜海岸マネジメントへの適用(関口秀雄)

わが国においては海岸侵食が進行し, 自然の砂浜海岸はきわめて少なくなった。特に, 河川からの堆積物の供給が激減し, 後背砂丘との堆積物循環が海岸堤防や道路等によって分断された結果, ストーム等のイベントによる地形変化の影響が顕在化してきた事例が多い。大瀧海岸はその典型例である。そこで, 三次元サイドスキャンソナー等の導入により, 海底地形変化を高解像度で把握し, 漂砂セルの動態を解明する研究に力を入れている。

(3) イベント堆積過程の予測およびイベント堆積層の解読(関口秀雄・張 浩)

超過洪水により堤防が決壊すると, 堆積物を高濃度で含有する氾濫水が堤内地を流走し, 特徴ある微地形(破堤地形)や洪水堆積物を残すことが多い。このようなイベント堆積物は, 浅海域に津波が侵入した場合には, 津波流動の結果として生成・保存されるケースが少なくない。これらイベント堆積物からイベント発生時の水理条件の読み取りを可能とするため, 複雑流体運動と地形変化のカップリングを考慮できる解析コードの開発を推進している。

(4) イベント過程を織り込んだ海岸地下水環境の研究(関口秀雄)

沿岸域の低平地では, 高波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。本研究では, 著しい海岸侵食に対処するため養浜が行われ, その結果, 不圧帯水層が回復してきた東播海岸に着目し, 地下水環境の動態を連続観測している。その結果, 帯水層への塩水侵入のダイナミクスおよび淡塩水混合のメカニズムに関する新たな知見を得ている。

## V. 流域圏観測

准教授 林泰一、武藤裕則(平成19年2月1日から)、堤大三(平成19年4月1日から) 助教 芹澤重厚

### ○ 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されている気象・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・沿岸域における地形の形成・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。

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)不安定土砂の生産と流出: 凍結・融解・降雨による土砂生産とその土砂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に、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。

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。
  - (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。老朽化した観測栈橋の撤去を視野にいたリモートセンシングに研究の重点をシフトしつつある。
- 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

国内で唯一“水資源”を名前に入れた研究センターとして、水に関する諸問題を科学的かつ学際的に研究することを目的に全国共同利用の場として研究を進めている。特に、専任領域では、

- 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、

を行っている。なお、客員領域では、

- 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・管理方策の提案に取り組んでいる。

#### (2)現在の重点課題

「総合的流域環境評価」と題して、流出モデルに水量だけでなく、水質、生態系、環境ホルモンなどを加味した長期的環境評価手順を提案している。また、個別研究ではあるが、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、2次元氾濫解析を組み込んだ避難シミュレーションのための最適避難経路探索手法の開発、ダム建設が下流生態系へ与える影響評価と、有機物の安定同位体比よりダム湖生産物の生態系影響指標などに取り組み、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」として新たに展開している。

#### (3)研究活動

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、貯水ダムの下流域生態系への影響評価手法の開発し、現地観測と個体群動態モデルに基づく外来生物個体群の抑制手順の開発を行っている。さらに、地先の安全度の向上を目的とした治水計画作成手法と合意形成のための計画条件の明示方法の開発に携わり、ソフト対策を含めた総合的な治水計画に向けての水害時避難シミュレーション、および、避難時の意思決定を考慮した治水計画の策定を提案している。

#### (4)その他の活動

国際誌などでの編集査読活動；J. Hydrological Engineering, J. Hydro-environment Research, Hydrological Processes, Hydrological Research Letters, Limnology, Landscape and Ecological Engineering, Water Resource Research, J. Climate, 土木学会論文集, 水文・水資源学会誌, 応用生態工学, 等の出版に貢献。

国際会議の運営；ICWRER, APHW, Flood Defence, MAHASRI, 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, 国際水工学会, 国際水文科学会, 国際水資源学会で理事や委員として参加。

人事・学位選考：Polytechnical Univ., Indian Institute of Science, Indian Institute of Technology, Asia Institute of Technologyなどで、教授選考や博士学位審査に協力。

学術行政との連携；日本学術振興会科学研究費委員会専門委員, 「水資源機構」の外部評価委員, 流域委員会など, 委員会での貢献。



## 8.11.2 研究領域の研究内容

### I. 地球水動態

教授 池淵周一 (H19年3月まで)

教授 堀 智晴 (H19年4月から)

助手 田中賢治 (H18年3月まで)

助教 野原大督 (H19年4月から)

#### ○ 研究対象と研究概要

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 短時間降雨予測における地表面加熱の重要性

詳細な陸面過程モデルを組み込んだ非静力数値気

象モデルを用いたいくつかの数値実験を通じて、夏季の対流性降雨の発生・発達に対する地表面加熱や土壌水分状態の影響について議論する。現実的な範囲の土壌水分量や人工排熱量の変化により降雨の位置や強度が変化するという結果が得られ、日本の夏季のように豊富な水蒸気が周囲から供給される条件下においては陸面加熱による水蒸気収束の増加が降水の強化につながることを示唆するものである。このことから、陸面過程が軽視されがちな降水短期予報においても、詳細な陸面過程モデルを組み込むことに加え、適切な土壌水分量初期値や人工排熱量分布を与える必要があることを指摘したい。

(5) GSWP-2は世界中からおおよそ20もの陸面過程モデルが参加し、1986年から1995年の10年分について、水収支各項、エネルギー収支各項、各種状態量等のデータセットが全球1度グリッド日単位で作成される。GSWP-2のベースライン実験や感度実験を実施するとともに、SiBUC独自の試みとして、NDVIの時系列解析から全球作物分類図並びに全球農事暦データセットを作成し、全球規模で灌漑を考慮に入れたモデル計算を実施し、灌漑の影響を評価した。これらのデータセットは、気候値ではなく、年々変動を反映した陸面境界条件を提供することになるので、気候変動および年々変動、異常気象のメカニズムおよびそれらに陸面が果たす役割を解明するための基礎的なデータとなる。

(6) 深泥池における水・熱収支に関する研究

航空写真の画像解析により富栄養化の進行に伴う深泥池の植生様式の変化を明らかにした。現地観測により、浮島や抽水植物の植生別の水・熱循環特性を把握するとともに、浮島の存在が水温変動を緩和する効果を有していることが明らかとなった。これは、浮島が1年を通しての浮沈運動に伴って熱容量を変化させる、という性質を有することに起因すると考えられた。また、過去と比較して現在は、池からの蒸発散量が減少している可能性があることが示された。

## II. 地域水環境システム

教授 小尻利治,

准教授 友杉邦雄 (H18年3月まで)

准教授 田中賢治 (H18年4月から)

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) 斐伊川水系を対象とした総合流域管理策定に関する研究

分布型流出モデル Hydro-BEAM を用いて斐伊川全流域の流出シミュレーションを行い、そのシミュレーション結果をもとに、多様な視点からの時空間的な評価体系を提案する。具体的には、流域内の各地点に根付く文化を考慮するために、各メッシュに文化の特性を設定した上で、治水、水供給、文化の3視点から、実流域（斐伊川流域）において総合流域評価を行う。

#### (2) 人工知能手法を利用した実時間分布型洪水予測に関する研究

水文データが不足している流域においては、物理モデルより AI 技術を使用した流出モデルの有効性が高いこと、AI 技術が非線形性の時系列問題に多大の進歩が見られていることは明らかである。本研究では、分布型を考慮した実時間洪水予測手法の開発と AI 手法の洪水予測分野への新たな適用を目的として取り組んだ。すなわち、AI モデルと実時間補正手法(フィルタリング手法)を結合させることで計算精度の向上を図り、分布型流出モデルによる洪水リスク管理を検討した。

#### (3) 気候モデルのバイアス検出と補正

各機関から提供される地域気候モデル(RCM)出力値に含まれるバイアス情報を効率的に検出・補正する手法の開発を行う。水系別あるいは都道府県別と

いった領域単位でモデル評価を行う。バイアス検出では各気象要素の月平均値のみならず頻度分布を算出し、各階級別にモデルバイアスを評価する。バイアス補正では、領域別の月平均値をできるだけ観測値と一致させることに留意しつつ、極値(頻度分布の両側の裾野部)の再現性を高めるべく、各階級別に補正係数を調整するアルゴリズムを考案した。

#### (4) ダム貯水池モデルを組み込んだ流域環境評価モデリング

気候変動による流域の水文環境・生態環境の影響評価が可能なモデリングを示し、淀川流域の過去の再現結果と 100 年先推定結果の比較検討することを目的とする。解析に際しては、GCM 出力値を用い、分布型流出モデルにより流域単位での評価を行った。その際現在と将来との流況の変化を捉えるとともに、簡素化した条件下で水温等を用いた指標から環境面への影響の検討も行った。また、分布型流出モデルにダム貯水効果を導入し、人為的な水移動を考慮した結果、気候変動による河川流況の変化や環境面の変化傾向が見受けられ、河川管理の重要性が増すことが示唆された。

#### (5) 北タイメーワン流域の流出予測精度向上に対する地球観測データの有効性の検討

タイ北部のメーワン流域における現地観測データを用いて、地球観測データが流出予測精度に与える影響を調べる。また、観測データが無い状況に対しては、メソ気象モデル MM5 出力値を用いる。これらのデータを陸面過程モデル SiBUC 及び分布型流出モデル Hydro-BEAM に入力し流出計算を行うことで、地球観測データが流出予測に与える影響を評価した。さらに、観測データが欠測であった状況を仮定し流出計算を行うことで、各サイトの観測の有効性、重要性を調べるとともに、観測が一部欠測した場合の流量予測値の信頼性についても検討を行った。P 8 2 地点の流量予測において、流域平均雨量がわかれば十分であるが、流域平均雨量を正確に捉えるには、GEOSS モニタリングシステムの観測密度でもまだ十分とは言えず、レーダーによる詳細な空間分布情報が不可欠であることが示された。

### Ⅲ. 社会・生態環境

教授 萩原良巳

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、各種災害リスクにどのような影響を与えるかを分析し、環境保全・創生型の都市・地域づくりのための研究をしている。このため、「社会の変化」「環境の変化」「災害の発生リスク」「社会計画」を一連の循環過程と認識したシステム論的展開を試み、社会・生態システムの生活者参加型環境マネジメント、震災リスク軽減のための大都市域水循環マネジメント、社会・水資源リスクのコンフリクトマネジメント、マネジメントに対する環境のインパクトレスポンスの評価などに取り組んでいる。

#### (1) 社会・生態システムの生活者参加型環境マネジメント

鴨川環境に関わる生活者参加型の視点から、鴨川の水辺環境要素の好みを評価した結果、鴨川が好きで関心度が高い割にエコシステムの理解度が低い実態が示された。いっぽう、地元住民の他の生活者では感性認識が異なることから、マネジメントの策定には多基準分析が必要であることが明らかとなった。

#### (2) 震災リスク軽減のための大都市域水循環マネジメント

淀川の水循環システムを、河川、水道、都市活動、下水道の4つの階層からなる水循環圏としてモデル化し、水循環ネットワークの安定と安全を評価指標として震災のリスク評価を行なう地域診断法を構築した。

#### (3) 日本における「環境か開発か」という社会リスクのコンフリクトマネジメント

複数のステークホルダーが関わる水資源開発等の公共事業において「地域住民のプレーヤーをいかに設定するか」という課題に対して、吉野川第十堰問題の事例でコンフリクト分析をすることによって地域住民のプレーヤー抽出を客観的に行なう手法を提案した。

#### (4) 世界における「共有水の悲劇」である水資源コンフリクトマネジメント

ガンジス川ではインドの建設したファラッカ堰からの取水をめぐる下流のバングラデシュとの間で水資源配分のコンフリクトを生じている。本研究では、このコンフリクトを対象として、第3者機関が働きかけをした場合のコンフリクトの改善状態を序数型非協力ゲーム理論によって分析し、改善状態を維持するためには第3機関が継続的に介入し続けることが必要であることを示した。

#### (5) 貧困（環境文化）にあえぐ開発途上国の飲料水と衛生に関するマネジメント

バングラデッシュでは、地下水のヒ素汚染が問題となっている。本研究では、点在する安全な水源を利用することが大きな負担である実態やヒ素汚染を認知しつつも近場の井戸を利用する実態を明らかにした上で、住民が受容可能なヒ素汚染対策のための水利施設整備計画を設計した。

#### (6) マネジメントにおける環境のインパクトレスポンスの評価

鴨川流域の生態系システムの現状を評価するために、河道の地形・景観条件と鳥類、魚類、水生昆虫の分布様式との対応関係を調べた結果、人為インパクトの比較的大きな出町柳付近の流程で最も自然度が高い事実が明らかとなり、湧水の存在が貢献している可能性が示された。

近畿圏の5カ所の貯水ダムについて、下流生態系における河床地形、有機物流下・滞量、付着藻類量・底生動物群集の現地調査をおこない、貯水ダム下流生態系の特性を明らかにした。ついで、有機物の炭素・窒素安定同位体比がダム湖生産物の指標として有効であることを示し、栄養起源としての生態系影響範囲を特定することができた。

また、深泥池の外来種の影響評価ならびに対策のために、個体群動態モデルを用いた順応的管理手法を提案した。これは京都市による保全事業に活用されている。