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），さらには，寄附研究部門（防災公共政策），共同研究部門（港湾物流 BCP）と 1 つの外国人客員研究分野（国際防災共同研究）から構成されている．部門全体のミッションは「社会の災害安全性向上のための総合防災に関する方法論の構築」であり，社会の変遷と災害の歴史を踏まえ，災害に強い生活空間，都市，地域，世界をめざし，長期的展望に立って総合防災研究のための方法論を構築することを目的としている．

(2) 現在の重点課題

都市空間安全制御研究分野

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

都市防災計画研究分野

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

防災技術政策研究分野

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

防災社会システム研究分野

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

防災公共政策研究分野

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

港湾物流 BCP 研究分野

1) 物流のレジリエンシーに関する研究
2) 港湾の物流機能継続計画（BCP）作成手法の高度化に関する研究
3) 緊急支援物流（ERL）に関する研究

(3) 研究活動

都市空間安全制御研究分野

「安全・安心なまちづくりのための技術と方法論の開発」をめざし，都市空間の大地震による発災リスクおよびインパクト評価法の研究とともに，安全性と機能性を備えた質的に高度な生活空間を実現するための空間安全制御手法と耐震補強工法に関する研究を行っている．また，拡散波動場理論に基づく地盤構造探査法の研究や住民の安全に直接関係する木造住宅の耐震性能向上に関する研究を実施している．

都市防災計画研究分野

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

防災技術政策研究分野

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

防災社会システム研究分野

安全で安心な社会の形成を目指した総合的施策を合理的に策定・実施するためのマネジメントシステム構築の方法論に関する研究を実施している．具体的には，空間応用一般均衡モデルを用いた地震による経済被害の計量化法の開発や，建設市場における信頼性確保のための制度設計に関する研究，参加型防災計画の支援のための情報システムの構築等を行っている．

防災公共政策研究分野

財団法人国土技術研究センター（以下 JICE）からの寄附により，平成 22 年 5 月 1 日から 5 年間の予定で設立された．この研究分野では特に，国土構造や社会システムの脆弱性を考慮した災害リスクの評価方法，総合的な防災・減災に資する国土政策立案の方法論，並びに社会防災力向上のための公共政策に関する研究を行っている．より具体的には，水関連災害の計画論，大規模火山噴火に備えるための火山噴煙拡散予測精度向上に関する研究実施してき

た．さらに包括的リスクを対象にして，レジリエントな社会創りに資するためのレジリエンス研究も実施してきた．

港湾物流 BCP 研究分野

社団法人日本港湾協会（現公益社団法人），一般財団法人沿岸技術研究センター及び財団法人港湾空港建設技術サービスセンター（現一般財団法人港湾空港総合技術センター）との産官学連携共同研究部門として，平成 24 年 6 月 1 日から 5 年間の予定で設立された．この研究分野は，災害発生時の港湾における物流機能の継続性確保に関する研究を行う．特に，物流のレジリエンシーに関する研究，港湾の物流機能継続計画作成手法の高度化に関する研究及び緊急支援物流に関する研究を行っている．

国際防災共同研究分野

世界各国における災害問題と現象の解明，防災・減災の方策に関する情報交換，技術開発，さらには政策展開など，多面的な国際共同研究を行っている．

平成 23 年度から 25 年度には，以下のような客員教員を招聘した．

平成 23 年度：
Ana Maria Cruz Naranjo（ボルドー大学客員教授）
青地 秀雄（フランス地質調査所プロジェクトリーダー）
平成 24 年度：
Jonas Eliasson（アイスランド大学教授）
Mukand S. Babel（アジア工科大学教授）
Fabrice Cotton（ヨゼフ・フーリエ大学教授）
平成 25 年度：
Thomas Heaton（カリフォルニア工科大学教授）
Jonas Eliasson（アイスランド大学教授）
Oren Lavan（イスラエル工科大学助教授）

(4) その他の活動

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

8.1.2 研究分野の研究内容

Ⅰ．都市空間安全制御

教授　川瀬　博，准教授　松島信一

○ 研究対象と研究概要

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

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

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

主な研究課題は，以下の通りである．

(1) 地震動と建築物被害の予測手法に関する研究

・東北地方太平洋沖地震の観測記録と建築物被害の分析

平成 23（2011 年）年東北地方太平洋沖地震で観測された大加速度記録の生成原因について，震源特性，伝播経路特性，地盤特性などの要因に分解して分析し，解明を行っている．また，この地震では大加速度が観測されたにもかかわらず，建物被害がそれほど顕著ではなかった．平成 7 年（1995 年）兵庫県南部地震の際に構築した被害予測建物群モデルを用いて分析を行い，モデルのチューニングをはかり建物被害予測の精度向上を目指している．

・地震・微動観測に基づく地下構造の推定と強震動予測

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

(2) 建築物の耐震性能評価と設計法に関する研究

・免震構造物の衝突を考慮した構造物の安全性評価

振動台実験と解析に基づき，免震構造物が擁壁に衝突した際の免震構造物の挙動を把握して衝突時にも安全を保てる設計法を開発している．

・実構造物の耐震安全性の検証

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

(3) 建築物のヘルスモニタリングに関する研究

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

(4) 一般木造建築物の耐震性能評価・耐震補強法の開発に関する研究

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

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

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

Ⅱ．都市防災計画

教授　田中哮義
准教授　関口春子

○ 研究対象と研究概要

関東大震災や阪神・淡路大震災では，地震動により広域で構造物やインフラが破壊され，同時多発的に発生した火災により多くの人命が失われた．また，東北地方太平洋沖地震の際には，津波で破壊された構造物・石油タンク・車両が大火災を引き起こし，市街地や産業施設を焼損した．当研究室では，大地震時の同時多発市街地火災という観点で，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っている．

主な研究課題は，以下の通りである．

(1) 物理的市街地火災延焼モデルの開発（田中）

都市域大地震火災による被害の適切な評価，および火災被害軽減対策の効果の適切な評価の上で鍵となる物理的な基盤に立つ市街地火災延焼モデルの予測性能向上を進めた．モデルの高速化により，50～60 万棟の家屋・建築物を有する京都市規模の同時多発地震火災の延焼性状予測を通常の PC を用いて 2～3 時間程度で予測することが可能となった．

(2) 都市火災時住民避難モデルの開発（田中）

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

(3) 文化遺産建築物・伝統的建造物群地区の地震火災リスクの評価（田中）

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

(4) 火災リスクの概念を用いた性能的火災安全設計法の構築（田中）

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

(5) 京阪神圏の通勤者の時空間分布予測手法（田中）

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

(6) 都市域の地震ハザードマップ（関口）

大阪平野や関東平野など都市域を主たるターゲットとして，プレート境界巨大地震や内陸活断層の大地震を想定した地震動予測計算を行い，被害予測に供する為の地震動強さのマッピングを行っている．また，地震動分布を予測するには，想定地震の断層運動モデルと地下の地震波速度構造のモデルを用い

て地震動の数値計算を行うが，地震動の予測の信頼度を向上させるため，これらのモデルの精度及び信頼度の向上のための研究をしている．

断層運動モデル作成手法に関しては，地形・地質学的データに基づいて断層形状と応力場を想定し，その条件下で物理的に起こりうる破壊過程を数値シミュレーションで求めるという方法を開発した．

都市の広がる堆積平野では，堆積平野の形状や地盤の硬さが地震動評価における重要な要素である．大阪平野では上町断層帯に関する重点調査（京都大学防災研究所，京都大学理学研究科，（独）産業技術総合研究所）の一環として，総合的な地下構造調査と盆地地下構造のモデリングを行った．関東平野の中川低地帯では，深さ数十 m 程度までの軟弱地盤の物性や分布形状について，物理探査・地質学的調査・地震観測に基づいて調べた．

Ⅲ．防災技術政策

教授　寶　馨，准教授　山敷庸亮，助教　樋本圭佑

○ 研究対象と研究概要

時空間モデリングやリモートセンシングなどの領域における新技術を考究し，災害事象の監視・予測・軽減に応用する研究を行っている．また，平成 21～25 年度の５年間にわたってグローバル COE プログラム「極端気象と適応社会の生存科学」（拠点リーダー：寶馨）を主導し，２研究所５研究科の協力のもとに理工融合，文理融合の研究と博士課程教育を推進している．平成 25 年度末までに 13 人の博士後期課程学生に修了証を授与した．さらに，平成 23 年度から博士課程教育リーディングプログラム「グローバル生存学大学院連携プログラム」（プログラムコーディネーター：寶馨）を主導し，３研究所，９研究科 25 専攻の協力のもとに５年一貫の博士課程教育を実施し，グローバルリーダー人材の育成に努めている．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．寶は，平成 25 年 10 月には，IHP 東南アジア太平洋地域運営委員会の議長に就任した．また，平成 25 年 8 月より，アジア太平洋水文水資源協会（APHW）の事務局長を務めることとなった．

山敷は SATREPS クロアチア国事業にて人材・技術交流を進めるとともに，福島第一原発事故の影響を受けた河川における放射性物質の移動調査を行い，その調査結果を広く社会に発信した．樋本は，火災の延焼モデルを開発するとともに，京都市域などの木造文化財等を含む歴史的街並を多く有する都市での地震起因の火災リスクを評価している．また，京阪神地域の人口動態を統計的に解析し，南海トラフ発生時の帰宅困難者数の推定を行った．

以下に，研究概要を示す．

(1) 流域水循環のプロセス解明，モデル化，予測に関する研究

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

(2) 極端事象の統計解析と水資源管理政策

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

(3) 3D モデルによる湖水の流動・水質解析

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

度の鉛直分布の再現性を高めた．ヒマラヤの氷河湖イムジャ湖においても本モデルを適用した．

(4) クロアチアにおける洪水・土石流予測とハザードマップ

山岳地域のフラッシュフラッドの特性を把握するため，クロアチアの三つの山岳流域に対して気象水文パラメータ観測用のステーションを設置し基礎データ取得を行い，またこれらの流域に対する洪水・土石流予測のために Hydro-Debris モデルを開発し，宇治川オープンラボラトリーにおける土石流実験と Hydro-Debris モデルの比較を経て，クロアチアの三つの山岳流域に対して Hydro-Debris2D および 3D モデルを適用し流出土砂解析を進め，山岳地域の洪水･土砂災害ハザードマップの準備を行なった．また，クロアチアにおける突発的豪雨災害予知のためにＸバンドレーダーシステムを導入し，運用を開始した．

(5)各国河川に対する流量予測システムの構築

アマゾン川流域を対象に，通常の水文流出モデル TOPMODEL に対して流速の評価法を変化させた改良型 TOPMODEL の両方を用いた流量再現性の比較を行った．改良型のモデルを用いると，表面流量と地下水成分の分離がより適切に再現され，より高い精度での流出解析を実現できることが明らかになった．

(6)改良型全球農業生態ゾーンモデル(iGAEZ)の開発

FAO の全球農業生態ゾーンモデル(GAEZ)を大幅に改良した改良型全球農業生態ゾーンモデル(iGAEZ)を開発し，FAO 統計値を用いて 1990-1999 年の間のモデル計算収量との比較を行った．モデルで予想可能な 8 種類の穀物(小麦，ジャガイモ，キャッサバ，大豆，コメ，サツマイモ，トウモロコシ，インゲンマメ)のそれぞれについて非常に高い再現性を得た． IPCC 第四次評価報告書で挙げられた 5 つの気候モデル出力を用いて 2090-2099 年の収量と 1990-1999 年の収量の比較を行ったところ，現在の主要穀物地帯においてほとんどのシナリオで収量低下がみられるが，カナダや北ヨーロッパ，中国北東部のように現在気候での収量が低い地域において収量増加が予測された．

(7) 火災と文化財保護に関する研究

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

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) 国際重要インフラの災害リスクガバナンス戦略

本研究では，港湾や空港などの国際物流のハブ機能を有する国際重要インフラに着目し，その災害リスクガバナンスに関する研究を実施している．国際物流ネットワークを健全に育成しつつ，適正に管理していくためには国際的なガバナンス体制の構築が急務となっている．国際重要インフラの機能喪失は，ネットワークや市場を介して直接被災していない国や地域の生産性をも低下させ，広域的に被害を波及させるというカスケード効果を持つ．さらに，大規模災害などによる機能喪失が長期に及べば，物流ネットワークそのものが変化し，地域の産業構造や都市構造をも変化させるほどの長期的な影響を引き起こすという特徴を持つ．空間的応用一般均衡アプローチによる港湾の機能停止の国際経済への影響分析，相互依存的な重要インフラの防災投資に関する意思決定のゲーム分析を実施した．

2) 自然災害による産業部門への経済的影響の評価

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

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

3) 時空間処理と自律協調型防災システムの実現

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

○ その他の活動

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

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

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

V. 防災公共政策

（寄附部門：国土技術研究センター）

（平成 23 年度～24 年度）特定教授　安田成夫，特定准教授　梶谷義雄

（平成 25 年度～）特定教授　吉谷純一，特定助教　清水美香

○ 研究対象と研究概要

当研究分野は，地震・水害・火山噴火等の様々な災害を対象に被害軽減に役立つ公共政策の立案・実施方針に関する実践的研究を行うことを目的としている．災害による被害形態は，国土構造や社会基盤の脆弱性だけでなく，国や地域の社会システムの脆弱性にも大きく依存する．これらの要因間の影響を考慮したリスク評価の実施と被害の発生・拡大を防ぐハードとソフト両面の公共政策の立案を行うことが重要となっている．

上記を踏まえて，平成 23～24 年度には，以下の研究を重点的に行った．

- 火山灰噴出量・拡散予測と国際人流・物流分析手法の統合による火山リスク評価モデルの構築
- 東日本大震災後の地域復興計画（特に，釜石市唐丹町の復興，徳島県徳島市の津波避難計画，徳島県美波町の防災計画の見直しへの参画）
- 東日本大震災による経済的影響の評価
- BCP（事業継続計画）と環境負荷低減効果の関連性に関する共同研究，大規模災害後の社会経済活動の回復過程に関する研究

こうした研究を踏まえながら，平成 25 年度からは，以下の研究を重点的に行っている．

(1) 水関連災害分野での低頻度大規模災害及び気候変化に適応する計画論

気候変動適応策も含めた低頻度巨大災害に備える計画論の構築研究を実施している．施設計画は，過去データから推定した超過確率に基づき設計外力を決定し，経済性の分析等から意思決定する．低頻度領域では，確率が不明になること，経済性以外の基準がより重視されること等から，複雑な意思決定が必要となる．また，気候変動予測の大きな不確実性を考慮すると施設計画手法を準用できない．海外のダム付帯施設設計基準の変遷のレビューを参考に，これらの統一的計画論を構築している．

(2) 大規模火山噴火に備えるための火山噴煙拡散予測精度向上に関する研究

火山噴火時の航行安全性の判断に資するため，空中火山灰濃度の原位置観測方法の開発研究を実施している．その方法は，セスナ機で噴煙の中あるいは近辺を飛行しながら粉塵計で濃度計測を行い，計測システムを改善している．大気火山灰濃度が正確に計測されるようになれば，大規模噴火時に，火山灰

拡散を予測する気象モデルの境界条件あるいは同化のためのデータとして活用され，また，レーダやライダー等による火山灰濃度推定手法確立のための基礎情報として活用されることを目指している．

(3) レジリエンス研究

本研究では，包括的リスクを対象にして，レジリエントな社会創りに資するためのレジリエンス研究を推し進め，気候温暖化や都市化や社会経済的変化といったリスクの複合連鎖化といったダイナミックな環境変化を重視し，レジリエントな社会創りのための枠組みや指標づくりに関わる研究を実施している．

これまでにも様々なレジリエンス研究が行われている一方で，「公共政策と災害マネジメント」との観点からレジリエンス研究が実施されているものは数少ない．また「公共政策と災害マネジメント」においてレジリエンスをどのように育て，築き，強化するかという「How to」の視点から具体的な提案が未だ限られているというギャップが見られる．

こうしたギャップを小さくすることに貢献するため，現場と政策を繋ぎ，国内外の現場知と専門知と政策知を繋ぎ，分野横断的，問題解決型アプローチを重視したレジリエンス研究を実施している．特に東北地方やニューヨークの被災地の現場でフィールドワークを行い，また国内のみならず国際的な研究機関（米国 East-West Center，フランス Université Joseph Fourier Institut des Sciences de la Terre (ISTerre)，米国バージニア工科大学等）と知識共有を図りながら実施している．その成果の一部として近く出版本『協働知創造のレジリエンス～隙間をデザイン～』としてまとめられる．

VI. 港湾物流 BCP

（共同研究部門：日本港湾協会，沿岸技術研究センター，港湾空港総合技術センター）

特定教授　小野憲司，特定准教授　赤倉康寛

○ 研究対象と研究概要

当研究分野は，国民生活と経済活動を支える物流の分野において，緊急支援物流，経済復興支援物流の機能継続性向上を目指した物流需要予測や輸送経路分析，政策評価や提言を行うとともに，わが国産業の生産システムやサプライチェーンに潜む災害脆弱性の評価，これらに基づくリスク管理の在り方に係る研究活動を行うことを目的としている．このような災害と物流に関する広範囲にわたる研究を実施するため，平成 24 年度及び 25 年度においては，国土交通省の東北，四国，九州地方整備局や四国運輸局等の行政機関，国土技術政策総合研究所や（独）港湾空港技術研究所等の研究機関，東京・横浜・名古屋・大阪・神戸港の埠頭会社等の民間企業との連携を行っている．

主要な研究テーマは，以下のとおりである．

1) 物流のレジリエンシーに関する研究

本研究は，物流に関する東日本大震災等の教訓のモデル化により，今後の南海トラフ巨大地震や首都直下地震に備えることを目的としている．東日本大震災における生産機能の復旧状態や港湾機能の回復過程を分析し，港湾貨物需要の復旧をモデル化を行った．また，被災して機能停止した港湾を代替する港湾・経路の選択モデルを，代替港湾の能力制約を考慮できるように開発している．また，自動車産業のサプライチェーンのモデル化により，東日本大震災における世界各国での生産停滞を再現し，有効な対応策の検討に繋げるべく取り組んでいる．

2) 港湾の物流機能継続計画（BCP）作成手法の高度化に関する研究

本研究は，大規模災害後に物流機能を継続させるべく各港湾において策定中の港湾 BCP について，より有効なものにすべく策定手法の高度化を図るものである．港湾物流のためのビジネスインパクト分析（BIA）やリスクアセスメント（RA）の手法の開発に取り組んでおり，国内では国際コンテナ戦略港湾への適用を念頭に大阪港を対象とし，海外では，SATREPS チリプロジェクトの一環としてチリ国バルパライソ大学と共同で，チリ国イキケ港を対象として開発を進めている．

3) 緊急支援物流（ERL）に関する研究

東日本大震災の発災後の初期段階において，捜索救助活動のための要員と車両・重機等の機材が長距離フェリーにより効率的に輸送された．これを踏まえ，災害現場への効率的な大量輸送手段としての長距離フェリーの利便性に着目して，その活用方策を検討している．その中では，現在運航中の長距離フェリーと船型及び輸送能力，フェリーによる緊急物資輸送活動に利用可能な耐震強化岸壁を有する港湾の位置や諸元，フェリーと岸壁の着岸可否のマッチングを検討している．わが国の耐震強化岸壁は，一般貨物船を念頭に整備されているものが多く，岸壁延長の不足により長距離フェリーが着岸できるものは限られている．本研究では，南海トラフ地震により陸の孤島と化す可能性のある高知県を対象に，フェリーによる緊急物資輸送活動の数値シミュレーションを開発している．

○ その他の活動

当研究室のキックオフシンポジウムを，平成 25 年1月18日に宇治キャンパスきはだホールにて開催し，189 名の参加があった.

また，和歌山県北部沿岸域での臨海部津波防災意識調査を行い，その成果を報告するワークショップを平成 25 年 10 月に実施した．さらに，大規模津波襲来時における船舶の錨泊挙動の分析を行い，必要な海域の広さの目安を提案した.

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

東日本大震災（2011 年）の発生を受けた想定外の大規模災害対策，次の南海トラフ地震や首都直下地震に対する被害想定の見直しに加え，地球温暖化の進行による極端気象現象の頻発（集中豪雨の多発・激化，豪雪の発生や台風，ハリケーンの強大化など）が加わり，現代社会は激動期を迎えている．特に先進国での近年の急激な社会構造の複雑化･高度化や途上国での急激な都市化や海岸への人口移動は，自然現象の影響をさらに拡大化させ，アメリカ合衆国における平成 22 年のハイチ地震や平成 24 年（2012 年）のハリケーン・サンディなどの巨大な自然災害の発生をもたらしてきた．そこでは，自然災害の性質ばかりでなく，人的要因によって被害が連鎖的に拡大して，社会に未曾有の衝撃を与える構図が見えている．したがって，自然科学と社会科学の学際融合型の継続的共同研究体制が必須であり，それによって初めて総合的な減災システムの構築が可能となる．

(2) 現在の重点課題

当センターの重点的な研究課題は次のとおり，

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

である．

(3) 研究活動

巨大災害研究センターでは，これらの研究をさらに発展させ，3 つの柱，すなわち巨大災害過程 (Information and intelligence)，災害情報システム (Preparedness and Societal Reactions)，災害リスクマネジメント (Disaster Risk Management) を構成して研究の推進を図っている．これらの研究分野において，専任教授 3 名，准教授 3 名，助教 1 名は，本学の工学研究科，情報学研究科にそれぞれ協力講座の形で所属しており，常時，20 名程度の修士･博士課程の大学院生の研究指導を実施している．なお，これ以外に国内客員教授，准教授各 2 名，外国人客員教授 1 名の定員の他，現在，非常勤講師 3 名，学内研究担当教官若干名によって共同研究を実施してきている．

特に特筆すべきは平成 7 年に発生した阪神･淡路大震災に関する調査研究であって，これに関する当センター専任教官による自然･社会科学分野の論文，報告がこれまでに 700 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 年間だけをみても，阪神･淡路大震災の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蓄積を活かして，2011 年東日本大震災からの復興過程に関してセンターをあげての研究を実施中である．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，その成果の一端は平成 25 年の災害対策基本法の一部改正につながっている．また，多くの講演会，シンポジウム，ワークショップの企画･運営さらに招待講演の形で研究成果の社会への還元を図っている．

(4) その他の活動

さらに，当センターで実施している活動は，

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

などである．

8.2.2 研究領域の活動概要

Ⅰ．巨大災害過程研究領域

教授　矢守克也，助教　鈴木進吾

①領域の研究対象

実践的な防災学の構築：

巨大災害に対する総合減災システムの確立と実践的防災学の構築をメインミッションとして，安全・安心な社会を実現するために，巨大災害による被害

を軽減するための研究を社会科学・自然科学を融合して行っている．特に，社会科学（社会心理学を中心として）の立場から，災害情報，防災教育，減災文化のあり方を提案し，真に「実践的な」防災学とは何かを探っている．また，災害に対する都市や社会の脆弱性，防災力，また，異常な自然力の発生とそれに対する社会的反応について定量的ないし定性的に評価する方法を開発している．

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

本研究室では，ワークショップ，ゲーミング，科学教育（アウトリーチ）など，地域社会，学校，地方自治体などにおける地域防災実践や防災教育の具体的で実践的なとりくみを通して，防災・減災に関する implementation science（実践適用科学）を，理論的かつ学術的に確立することを目指している．

持続的な防災教育と減災文化の形成：

災害はしばしば，人びとが防災のための知識・経験を忘れた頃に発生する．また災害は，それがもたらす被害が巨大であるほど，その時代の人びとや社会に伏在している問題を，避けて通ることができない課題として露呈させる．このため，大災害の再来までの平穏期においても，来るべき大災害による被害を軽減するために，また，社会のありようを根本的に問い直し改革するためにも，防災教育やアウトリーチ活動を通じて，減災文化の形成に不断に取り組んでいくことが必要となる．このような社会を実現するために，本領域は，総合的な減災学を確固たる学術的領域として構築し，世の中に浸透させるための研究を行っている．

以上に関する研究・実践の成果は，この 3 年間だけでも，「夢みる防災教育」（晃洋書房），「防災人間科学」（東京大学出版会），「アクションリサーチ : 実践する人間科学」（新曜社）などの単行本（書籍），100 本以上の学術論文, 200 件以上にのぼる多数の新聞記事，テレビ・ラジオ報道などにより，広く社会に発信され，また利活用されている．

②現在の主な研究テーマ

個別具体的な研究課題は，以下の通りである．

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

Ⅱ．災害情報システム研究領域

教授　林　春男, 准教授　牧　紀男（～平成26年2月）

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 の枠組みにもとづいて，1) リスク評価，2) 戦略計画策定, 3) 標準的危機管理システム, 4) 研修訓練, の 4 側面から研究を行っている．具体的な研究テーマは以下の通りである．

1) リスク同定・評価手法 (Multi-hazard Risk Identification and Assessment，2) ハザードマップ (Hazard Map)，3) 参画型戦略計画 (Participatory

Strategic Planning)，4) 危機対応計画策定(Emergency Planning)，5) 災害時の情報処理システム(Disaster Information System)，6) 災害時の組織運営(Incident Management System)，7) 災害対応業務の標準化(Standardization of Emergency Operations), 8) 人材育成システム(Human Resource Development System)，9) 防災に関する啓発・教育(Risk Communication & Education)

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，牧　紀男）

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

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

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

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

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

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

社会現象としての災害を記録する基礎データとして，Web を通して配信される災害や危機事案に関するニュースのデータベース化を行っている．2011 年東日本大震災も含め，主要な災害・危機事案については，解析結果を防災関係者に配信して，災害対応時の状況認識の統一に役立つと評価を得ている．

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

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

Ⅲ．災害リスクマネジメント研究領域

教授　岡田憲夫（～平成24年3月），准教授　横松宗太

①領域の研究対象

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

②現在の主な研究テーマ

1) 総合的な災害リスクマネジメントの戦略論と経済評価に関する研究

災害のリスクマネジメントの方法は，災害リスクの「コントロール」と「ファイナンス」に大別される．これらの災害リスクマネジメントのための施策をいかに組み合わせ，有効な戦略を導くかという政策分析を支援する概念モデル (Vitae System Model, Pagoda Model) の構築やその具体的適用の方法に関して研究を行ってきた．

また，同時性・巨大性というカタストロフ性をもつ災害リスクや，それを減じる防災投資の経済評価を，リスクを扱う市場を通じて行う方法論を開発している．それらの方法によって導出された防災投資便益は，災害のカタストロフ性に対応したリスクプレミアムの分だけ，従来の期待被害軽減額よりも大きくなることが明らかになった．リスクプレミアムを考慮して防災投資の便益評価手法を高度化することを学会等で主張してきている．

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

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

3) 災害リスク下の経済成長分析

1 国レベルの巨大災害は希少な現象であるため，ある災害の発生から次の災害の発生までにインタバルが存在し，その間に社会経済の状態は変化している．そのような中で，防災対策は何百年確率の規模に備えるべきかが議論される．また，ひとたび発生した災害の復興には長期間を要する．したがって，巨大災害の防災・減災や復興を議論する上で，マクロ経済成長分析の視点は重要である．当研究室ではマクロ経済成長モデルを用いて，長期的な視野の下でのインフラストラクチャの新設や維持管理や，防災投資の戦略について検討している．

また，JICA が主導する「防災の主流化」プロジェクトに参画し，国土技術研究センターやパシフィックコンサルタンツと共同で，開発途上国における防災投資の長期的な経済成長効果を計測するモデルを開発している．そこではとりわけ人的資本の形成への影響に着目している．すなわち災害が子どもの教育を中断することによって経済成長に長期的な負のインパクトをもたらす問題の構造を記述している．そして防災投資の長期的な経済成長効果を定量的に分析するモデルを開発している．

4) 自然科学や工学による災害分析と経済シミュレーションの学際的共同研究

水文学や河川工学による降水や氾濫現象のシミュレーション結果を経済モデルに取り込み，ハザードや災害の物理的インパクトを経済被害のタームで表現する研究に取り組んでいる．この取り組みは水文学や河川工学の専門家との共同研究であり，従来経済モデルに取り込まれてこなかった詳細な災害現象や気象変動のデータや計算結果を，経済モデルを用いて定量的な経済的影響として表現し，さらには防災対策等の効果を定量的に分析する挑戦的なテーマである．

5) 社会ネットワークモデルを用いた地域資産の価値評価に関する研究

地域には，伝統的な祭りやしきたり，産業がつくる文化的景観，インフラなど，貴重な地域資産が存在する．本テーマでは，地域住民のアイデンティティが，地域資産や他の住民との共同的実践の中でどのように形成されるのかを分析している．土木計画学や社会心理学，経済学の知見を用いて，住民が地域文化や資産の維持や発展に主体的に取り組む動機を分析し，それらが適切に継承されるための制度的枠組みについて検討している．神戸市長田区の商店街を対象としたケーススタディも進めている．また，災害救援物資の備蓄戦略の研究にも取り組んでいる．

8.3 地震災害研究部門

8.3.1 部門の活動概要

(1) 部門の研究対象と活動方針

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

(2) 現在の重点課題

強震動研究分野では，発生確率の高いプレート境界巨大地震である東南海・南海地震によって近畿圏をはじめとする人口集中域がどのような地震動に見舞われるかを定量的に予測すること，また，これまでの知見から，西日本地域においては東南海・南海大地震に先行して，活断層に関係した内陸地殻内地震が頻発する可能性があることから，そのような都市直下の地震による強震動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速度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生成の関係解明，特性化震源モデルの高度化，長周期地震動の伝播・増幅特性，大地震時の地すべり地域の危険度評価，表層地盤における地震動伝播・増幅特性などの研究を進めている．

耐震基礎研究分野では，地震動の発生・伝播メカニズムの研究，構造物の耐震性能の研究，次世代耐震化技術の研究などを進めている．

構造物震害研究分野では，構造機能維持および早期復旧を可能にする建築構造システムの構築，中高層建築物の大幅な重量軽減を目的としたプレストレスト集成材床スラブシステムの技術開発，ソケット基礎に関する研究，RC 杭の破壊が構造物応答に及ぼす影響，既存杭が新規杭の鉛直支持力に及ぼす影響等に関する研究，鉄筋コンクリート構造における大津波浮遊物による衝突破壊に関する研究を進めている．

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

(4) その他の活動

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

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

8.3.2 研究分野の研究内容

Ⅰ．強震動

教授・岩田知孝，准教授・松波孝治（平成 25 年 3 月定年退職），助教・浅野公之，非常勤講師：隈元崇（岡山大学大学院自然科学研究科，平成 23～25 年度），研究担当：釜江克宏・上林宏敏・川辺秀憲（原子炉実験所）

(1) 研究対象と研究概要

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

・大地震の震源インバージョン解析に関する研究（浅野公之・岩田知孝）

2011 年東北地方太平洋沖地震の強震動生成過程を調べるため，強震動シミュレーションに基づく震源モデリングを行った．M9 の広い震源域の中で，宮城沖の深い領域に２つ，福島沖に１つ，福島・茨城沖に１つの４つの強震動生成域が推定され，宮城

沖の２つの強震動生成域は一部が重なっている可能性を指摘した．この震源モデルの全体の地震モーメントはMw8.2程度で，測地データや遠地記録等で得られている地震規模Mw9.0に比較し，かなり小さいことがわかった．このような特性がM9クラスの地震の普遍的な特性かどうかについては疑問があるが，震源の多様性を検証するためには重要な研究成果と考えられる．更に，この研究では，強震動生成域が宮城沖及び福島～茨城沖の1930年代のM7クラスの活動域と空間的に重複していることを指摘している．なお，この時求められた震源モデルの特徴は，想定南海地震等の巨大地震の震源モデルに活用されている．

また，本震から約30分後に本震の破壊領域の南側で発生した2011年茨城県沖地震（最大余震）（Mw7.9）及び１ヶ月後に生じた2011年福島県浜通の地震の震源モデルを強震記録や地殻変動データを用いて求めた．

2011年茨城県沖地震は，主破壊が破壊開始点より海側の浅い側に広がっていたこと．また破壊は，海山が沈み込んでいる領域と，太平洋プレートと大陸プレートの間にフィリピン海プレートが挟まっている領域の間に留まっていることから，これらのプレート境界の接触の仕方の違いによって，破壊が抑制された可能性を示した．

2011年福島県浜通の地震は，２枚の平行でも共役でもない断層面が連続して破壊したと考えられて居る．このことを示すために，強震記録を使った波形インバージョンに，２枚目の震源断層の破壊位置と１枚目の破壊開始からの破壊遅れ，及び破壊伝播速度に関するパラメータ研究を行って，波形をより合理的に説明する震源モデルを提案した．

・特性化震源モデルの高度化に関する研究（岩田知孝・浅野公之）

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継続した．様々な観測データに基づく2011年東北地方太平洋沖地震の震源モデルを比較し，広帯域強震動予測のための震源モデル構築に着手した．

・長周期地震動の伝播特性に関する研究（岩田知孝・浅野公之）

2011年東北地方太平洋沖地震時に周期約７秒の大きな応答を示した大阪府舞洲の地震動特性を解明するため，大阪堆積盆地地域の各機関の強震記録等を収集し分析をした．本震時の長周期地震動は大阪湾岸地域が顕著であるが，盆地の場所によって卓越周期やその最大値はバラエティに富んでおり，堆積盆地構造との関係を詳細に見ていく必要を指摘した．また，約30分後の茨城沖地震においても同様の応答値を示していたことを見いだした．これはM8クラスの地震でも十分長周期地震動が発生し，長時間揺れが続くことを示している．

・震度情報に基づく震源モデルの推定に関する研究（岩田知孝）

1891濃尾地震の震源断層モデルを，震度情報と近年発達してきている強震動予測手法を組み合わせて評価した．強震観測網で得られている中規模地震記録を経験的グリーン関数として用いて，内陸地震の強震動予測レシピに従う震源断層のモデル化を行って強震動を見積もり，被害状況等から求められている震度と比較することで震源断層モデルを検証した．この際，面的な評価を進めるため，現地において微動調査を行い，被害地点の地盤増幅特性を見積もった．伏在断層としての存在が指摘されている岐阜―一宮断層がある程度の長さで必要であることと，その位置についての先行研究との違いを指摘した．

・大地震時の地すべり地の危険度評価に関する研究（松波孝治）

2008年岩手・宮城内陸地震時に生じた荒砥沢地すべりをテストサイトとして地震動観測を継続し，この地すべり地域の地震動特性の把握を継続した．

・表層地盤での地震動伝播・増幅特性に関する研究（浅野公之・岩田知孝）

京都盆地南東部の京都大学宇治構内に設置している三次元小スパンアレイ地震観測システムや京都市内のリニアアレイ強震観測網による地震動観測を継続した．３次元アレイの記録を用いて，実体波と表面波を分離する実証的研究を行い，S波到達から予想より早い時間帯に表面波成分が現れることを示した．京都盆地南東縁部を形作る黄檗断層による影響の可能性を示唆している．

・上町断層帯における重点的な調査観測（岩田知孝・浅野公之）

平成22～24年度の3ヶ年計画で上町断層帯に発生する地震の，規模及び活動時期に関する情報の高度化と活動した場合の強震動予測の高度化を目指した調査観測研究を理学研究科，産業技術総合研究所等と研究グループを組織して行った．防災研では，地震予知研究センター橋本学教授，社会防災研究部門関口春子准教授も本調査観測研究グループに参画した．我々の研究グループではこれまで反射法側線がなかった上町断層帯南部での反射法探査の実施と既往研究成果に基づく上町断層帯の震源断層モデルの

構築を行うと共に，新たな情報を加えて，大阪堆積盆地の地下速度構造モデルを改訂し，震源断層モデルと地下速度構造モデルに基づく強震動予測を行った．

・中央構造線断層帯（和泉山脈南縁―金剛山地東縁）における重点的な調査観測（岩田知孝・浅野公之・釜江克宏・上林宏敏・川辺秀憲）

平成25年度から3ヶ年計画での標記断層帯の重点観測を，理学研究科，原子炉実験所の研究者と開始した．防災研究所では，地震予知研究センター橋本学教授，地震防災研究部門吉村令慧准教授，社会防災研究部門関口春子准教授が研究に参画している．平成 25 年度には和歌山市及び岩出市において，断層帯を横切る反射法探査を実施し，本地域の地下構造に関する情報を入手した．地震規模や活動時期に関する情報の高度化と，和歌山県北部地域，大阪府南部地域，奈良県中部地域等の震源域に隣接する領域の地震動特性の把握とモデル化，強震動予測を進めていく．このほかに、日本海側の地震・津波ハザード評価の高度化を目的とした文部科学省委託研究「日本海地震・津波プロジェクト」（委託先：東京大学地震研究所），将来発生する南海トラフ巨大地震へ備える研究を理学・工学・社会学の連携で行う文部科学省委託研究「南海トラフ広域地震防災研究プロジェクト」（委託先：海洋研究開発機構）にも参加している．

(2) その他の活動

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

浅野公之：（社）日本地震学会大会・企画委員会や選挙管理委員会委員として，学会運営の活動に貢献した．

Ⅱ．耐震基礎

教授：澤田純男，准教授：高橋良和，助教：後藤浩之，非常勤講師：鍬田泰子（神戸大，平成 23 年度），北田奈緒子（地域地盤環境研究所，平成 24～25 年度），研究担当：清野純史・五十嵐晃（京都大学工学研究科）

(1) 研究対象と研究概要

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

・地震動の発生・伝播メカニズムの研究

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

地盤震動に関わる基本的な物理量として，新たに Normalized Energy Density（NED）を提案し，その保存性について立証した．NED の保存性によれば，表層地盤による平均的な増幅はインピーダンス比によって一意に定まる．また，東北地方太平洋沖地震により地震動被害の顕著であった宮城県大崎市古川地区において高密度地震観測プロジェクトを展開した．市街地に世界最高クラスの密度で強震計を設置し，表層地盤と地震動との関連性等の研究を進めている．（後藤浩之・澤田純男）

・構造物の耐震性能の研究

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

地盤–基礎–構造物系の地震時における動特性を把握することを目的として，地盤の複雑な動的挙動を実験する遠心場と 1G 場の RC 構造物とを連成させた，遠心場を利用した分散ハイブリッド実験法を開発した． また，海溝型地震を意識した繰り返し荷重下における RC 柱のせん断耐力劣化メカニズムについて実験的研究を行った．（高橋良和・澤田純男）

・次世代耐震化技術の開発研究

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

柱構造に対する提案として，矩形断面の柱を鉛直軸方向に分割し，さらに側方からの拘束力を与えて分割面で摩擦力を発揮させることにより大きな変形性能と減衰を付加する新しい構造について研究を進めた． RC 柱に対する静的載荷実験，および振動台を用いた動的載荷実験を行ってその性能を調べた．（高橋良和・澤田純男）

(2) その他の活動

本分野では台湾国立中央大学，東京工業大学，広島大学，神戸大学，鳥取大学と共同で地震工学学生セミナーを年 2 回開催し，学生の国際交流活動を支援している．

澤田純男：鉄道耐震設計標準に関する委員会幹事長として，実際の耐震基準の制定に貢献している．また，阪神高速道路公団技術審議会委員などを務め耐震設計実務の問題に対して学術上の指導を行った．さらに，土木学会地震工学委員会の副委員長を務めた．

高橋良和：道路橋示方書・耐震設計編を策定する耐震設計小委員会委員及び支承便覧WG主査として，実際の耐震基準の制定に貢献している．また日本学術会議特任連携会員として，我が国の若手アカデミー組織の立ち上げに関わるとともに，土木学会論文集編集委員会幹事長等の活動を行っている．

後藤浩之：関西地震観測研究協議会幹事・地震防災教育 WG 主査として，京阪神における小中高校生を対象とした地震防災教育に関する活動を行っている．

Ⅲ．構造物震害

教授・田中仁史，准教授・田村修次，非常勤講師：長谷川光弘（ケイコン株式会社, 平成 23 年度），宮本裕司（大阪大学、平成 24～25 年度），研究担当：西山峰広(京都大学工学研究科)

(1) 研究対象と研究概要

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

・中高層建築物の大幅な重量軽減を目的としたプレストレスト集成材床スラブシステムの技術開発（田中仁史）：国土交通省の住宅・建築関連先導技術開発助成事業費補助金（平成 21 年度～24 年度）により竹中工務店と共同で行ったものであるが，プレストレス技術を集成材床スラブに導入，軽量化を図り，中高層建築物への応用可能性を示した．本工法は，CO_2 排出の削減にも極めて有効であり，持続可能 (sustainable) 社会構築を目指すものでもある．

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

・鉄筋コンクリート壁の津波浮遊物に対する耐衝撃性の評価と短繊維補強による衝撃性能の改善を目的とした実験研究を行っているが，これは、平成 25～27 年度科学研究費・基盤研究 A により行った。

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

・既存杭が新規杭の鉛直支持力に及ぼす影響（田村修次）：新規杭の表面粗さや残置杭 (2×2) の有無をパラメータにして，遠心場における新規杭の静的鉛直載荷実験を行い，残置杭が新規杭の周面摩擦力と先端荷重に及ぼす影響を検討し，以下の結果を得た．新規杭の表面が粗い場合，残置杭によって，杭頭変位 0.1D で新規杭の周面摩擦力が 18%増加した．こ

れは，砂の正のダイレイタンシーと残置杭の拘束効果によって，杭周辺地盤の拘束圧が増加し，新規杭の周面摩擦力が大きくなったためと考えられる．なお，杭頭変位 0.1D では，残置杭が新規杭の先端荷重に及ぼす影響は小さい．

(2) その他の活動

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

- 日本建築センターRC 構造委員会評価員・認定員
- 日本プレハブ建築協会PC 構造審査委員会委員ならびに性能分化会／構造特別委員会委員
- 日本総合試験所建築構造性能評価委員会委員長
- 日本総合試験所建築技術性能認証委員会委員
- 日本総合試験所評議員・評価員・認定員（議長）
- 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委員
- 日本建築学会基礎構造系震動小委員会委員
- 日本建築学会基礎部材設計例作成 WG 委員
- 日本建築学会代議員
- 日本建築学会杭基礎の耐震設計法小委員会幹事
- 日本建築学会山留めの計画と設計小委員会委員
- 日本建築学会構造用教材改訂編集委員会構造部会地盤・基礎 WG 委員
- 日本建築学会杭基礎構造の応力評価 WG 主査
- 地盤工学会関西支部幹事
- 地盤工学会 IS-Kanazawa2012 技術委員会委員
- 鋼管・鋼矢板技術協会建築基礎技術委員会委員

8.4 地震防災研究部門

8.4.1 部門の活動概要

(1) 部門の研究対象と活動方針

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

(2) 現在の重点課題

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

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

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

(3) 研究活動

地震テクトニクス研究分野では，主に，電磁気学的手法を活用してさまざまな地域での観測研究を実施した．特に，比抵抗構造の研究においては，近畿北部の微小地震活動集中域などでの面的観測の実施、トルコの北アナトリア断層や台湾大屯火山域等の外国での観測研究も推進している．火山周辺においても、箱根火山の群発地震域周辺の稠密可聴域 AMT 観測を実施し 3 次元比抵抗構造を明らかにした他、霧島新燃岳周辺や浅間火山周辺での広帯域 MT 共同観測も行った。また，1995 年兵庫県南部地震の発生後に野島断層南端部分で掘削された 3 本のボアホールを用いた観測施設(野島断層観測室)を使用し，注水試験をはじめとするさまざまの全国共同的な野外実験･観測をもとにした研究や、長野県西部地震震源域周辺の微小地震活動のモニタリングを目指した長基線電位差測定連続観測を実施してきた．加えて、上宝観測所において 3 成分磁場観測を継続しており、主に他地域での電磁気調査における参照磁場としてデータの提供を行っている。

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

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

(4) その他の活動

国内外研究機関との共同研究も積極的に展開し，（独）防災科学技術研究所等と大型耐震構造実験に関する共同研究，米国ミシガン大学およびスタンフォード大学と構造ヘルスモニタリング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・高知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・東京工業大学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，また衛星観測磁場変動データを用いた全球的な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，マスメディアを通した一般国

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

Ⅰ. 耐震機構

教授　中島正愛，准教授　倉田真宏（平成 23～25 年度）

○ 研究の基本理念

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

○ 研究対象と研究概要

(1) 環境負荷低減をめざした構造システム

熱間圧延過程のエネルギー消費を回避することによって CO2 削減に寄与する，リユースを強く意識することによって製造を繰り返さない，耐震補強時の移転等２次費用を低減する等の特徴を持つ,「環境負荷低減」への貢献を意識した鋼構造システムの開発に挑んだ．圧延加工を最小化した高強度鋼板だけを用いて鋼骨組を形成する仕組みや小型軽量鋼部材を利用して接合部を補強する手法を考案した. また梁，柱，柱梁接合部それぞれに対する大規模実験を実施することから，考案した工法の耐震安全性と施工性を検証するとともに，詳細な有限要素法解析によってこれら性能の一般化を図った.

(2) 鋼繊維補強セメントを用いた高強度合成構造

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

(3) 事業継続に資する構造物の健全度判定

建築構造物が大地震を受けたときの健全度（損傷度）を即座に判定することが，事業継続という視点から強く要望される社会情勢を踏まえ，構造物が被った最大変形を目視で推定できる部材や，損傷箇所とその程度を瞬時に把握できるセンシング手法の開発に取り組んだ．前者として，制振装置として使われることが多い履歴型鋼板ダンパーに着目し，鋼板が被る最大変形に応じて鋼板の一部が順次面外に変形する仕掛けを組み込んだ．提案部材の妥当性と適用性を多数の実寸規模実験によって検証し，座屈の範囲を目視で観察することから最大変形が概ね推定できることを明らかにした．後者として，損傷に起因する部材剛性の低下と構造物内の曲げモーメント分布の変化に着目し，その変化を動ひずみセンサ網で捉え損傷を定量化する手法を提案した．低層鋼骨組のテストベットを製作し，随時損傷を加えて振動実験を実施することで，提案手法の妥当性を実証した.

(4) 免震構造の機能保持能力評価と向上技術

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

(5) 人材の育成と成果の公表

上記の研究を，科学研究費補助金を始めとする競争的研究資金によって遂行したが，これら研究に若手研究者（ポスドク）や大学院生を参画させることによって人材の育成にも努めた. 平成 23～25 年度にわたる 3 年間に，日本学術振興会特別研究員 4 名，その他の予算による特定研究員 6 名が研究活動に参画するとともに，7 名の大学院生が博士号を，4 名の大学院生が修士号を取得した. またこの間 29 編の査読付き論文を公表，うち 18 編を SCI ジャーナルに発表することができた.

Ⅱ. 地震テクトニクス

教授　大志万　直人，准教授　吉村　令慧（平成 24 年 10 月 1 日より），助教　吉村　令慧（平成 24 年 9 月 30 日まで), 非常勤講師　山口　覚(平成24年度), 村上 英記　（平成 25 年度）

○ 研究の基本理念

沈み込むプレート境界周辺や内陸部での下部地殻周辺において、地球電磁気学，地震学等の地球物理学的な手法をもちいた不均質構造推定の研究を通して，地震発生場への応力蓄積過程の解明をめざし，長期予測の視点に立った地震発生準備過程の理解を進め、地震発生のポテンシャル評価に寄与することを目的としている．

○ 研究対象と研究概要

地震テクトニクス研究分野では，地殻・マントル上部の不均質性を明らかにするため，主に地球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，面的・稠密な観測を展開し三次元的な構造の推定を行っている．また，1995 年兵庫県南部地震の発生後に野島断層南端部分で掘削された 500m，800m，および 1800m 孔を用いた観測施設（野島断層観測室）を利用し，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．

(1)群発地震発生域および活断層周辺での電気比抵抗構造の不均質性の解明（吉村令慧・大志万直人）

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

(2) 火山周辺での比抵抗構造の研究（吉村令慧）

2011 年に発生した東北地方太平洋沖地震の直後に地震活動が活発化した箱根火山において、カルデラを包括する面的な可聴域 MT 観測を実施し、3 次元比抵抗構造を推定した（東京工業大学、神奈川県温泉地学研究所などとの共同研究)。また、霧島新燃岳周辺や浅間山周辺における広帯域 MT 観測も実施した（東京大学地震研究所などとの共同研究)。

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

東京大学地震研究所をはじめとする全国大学共同で，新潟－神戸歪集中帯を対象とする大規模比抵抗構造調査を継続した．これに併せて，上宝観測所で地磁気 3 成分連続観測を運営している．得られたデータは、主に他地域での電磁場観測の参照磁場として提要している。また，九州地域におけるネットワーク MT 法データの解析を進め，霧島火山などの地下深部の比抵抗構造に関しての研究を進めた．

(4) 断層の回復過程の研究（大志万直人，吉村令慧）

野島断層の回復過程を調べるため，野島 1800m 孔において，平成 24 年度に注水実験を全国大学，研究機関との共同研究として実施した. 注水実験期間中、地表での自然電位変化をモニタリングし、前回までの自然電位分布との対比により、流出口周辺の透水係数の経年変化について検討した。これまでケーシングの継手から注入した水が漏れていたが、平成 24 年度の実験ではパッカーによる漏水防止を行い、本来のねらいであった断層破砕帯への水の注入の実現を目指した。自然電位測定については、高知大学・大阪市立大学などとの共同研究として実施された。

(5) 地電位差の長基線での連続観測の実施（吉村令慧）

1984 年長野県西部地震震源域周辺で、現在に至るまで活発な微小地震活動が確認されている。この地震活動の消長を流動電位の変化としてとらえることを目指して長基線の電位差連続観測を実施・継続している。測定にはNTT の専用電話回線を用いており、安定したデータの取得が実現できている。今後もモニタリングを継続する予定である。

(6)グローバル・インダクションに関する研究（大志万直人，吉村令慧）

衛星観測データを基にした惑星等の全球電磁誘導現象を用いた惑星等の内部電気伝導度構造を推定する手法を開発するための研究の一環として，月周回衛星であるかぐや衛星が観測した磁場データを用い，惑星間空間磁場の磁場変化により励起される電磁誘導現象に関しての研究を推進した．

Ⅲ．地震発生機構

教授　Mori James Jiro，准教授　大見士朗，助教　山田真澄

○ 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

Japan Trench Fast Drilling Project (JFAST) に於いて，2011 年東北地方太平洋沖地震の断層まで海底を掘削した．海底より 800 メートル付近で断層の滑りの大きい場所からコアサンプルの摂取に成功し，温度測定を行った．また，2008 年四川地震の震源断層においても断層温度測定の解析を行った．地震発生中の断層運動に伴う摩擦熱の残量はほとんど未解明であり，大地震の断層上での摩擦に関する基礎的な地震学に関する知見を得ることができる．

(3) 地震の誘発

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

(4) リアルタイム地震情報と地震被害

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

(5) 地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．

(6) 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．

(7) 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) センターの研究対象と活動方針

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

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

(2) 現在の重点課題

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

(3) 研究活動

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

中部から西南日本に展開している 50 点余の微小地震観測点は政府の基盤観測網に組み込まれ, 常時, 地震データを気象庁・大学・防災科学技術研究所などに送信している．これらのデータの処理解析などの運用は地震予知情報研究領域が主に担当している. これまで，これら観測点の維持管理は各観測所を拠点に行われてきたが，近年のデータ伝送技術の進歩等のため，観測所の役割を見直し，研究資源を新たなプロジェクト等に効果的に集中する体制をとった. 具体的には，上宝観測所および宮崎観測所，阿武山観測所は，関連する組織と連携して観測研究基盤施設として運営し，プロジェクト研究や研究成果の社会への還元等に活用することとなった.

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 (2009-2013) は中部地方の根尾谷断層を中心に行われたが，当センターはその中心的な役割を果たし，データセンターとして重要な貢献を行った.

2011 年 2 月のニュージーランド・クライストチャーチ地震に関しては，現地の機関等と共同で余震観測を行い，発生機構の解明と活動の推移把握のためのデータを取得し，精度の高い余震の深さ分布や地下構造を推定した。2011 年の東北地方太平洋沖地震については，全国の大学等と共同で緊急余震観測等を行うとともに，なぜ M9 となったか等についての解析を進めた.

(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，講演会のほか新聞などマスメディアの協力を得て定期的に情報を発信し，社会に効果的に伝達するよう努めている. 現在起こっている地震活動や観測記録などの情報をホームページ上でほぼリアルタイムで公開している. 特に，2012 年からは，地元のボランティアによる阿武山サポーターの活動により，オープン・ラボや見

学会等を頻繁に開催して，Outreach 活動を強化している．

以下の方々に客員教授を依頼した．

平成 22-24 年度 岩森　光（東京工業大学理学研究科）．平成 25-26 年度　木下　正高 (海洋研究開発機構)

三浦　勉，澤田麻沙代技術職員は，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　西村卓也（平成 25 年 4 月採用）　助教　福島洋（平成 26 年 1 月辞職）

研究対象と研究概要

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

① 南海トラフ巨大地震の発生の準備過程（橋本学・西村卓也・福島洋）

次の海溝型巨大地震の切迫性が高まっているとされる南海トラフ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 GNSS 受信機を設置し，連続観測を行っている．西村は，これらのデータと国土地理院及び海上保安庁の GNSS 連続観測網のデータを合わせ自動解析処理するシステムを構築し，日々の座標変化を求め，Web にて公開している．さらに西村は，この結果を用いて，西南日本下の短期的スロースリップを自動検出するシステムを開発し，従来から指摘されていた南海トラフの深部だけでなく九州から沖縄にかけての琉球海溝沿いにも短期的スロースリップが多数発生していることを初めて検出するとともに，多様な活動の存在を明らかにした．また，西村は理学研究科宮崎准教授らとともに八重山諸島のスローイベント検出のための GNSS 観測研究，上宝観測所高田助教らとともに中部地方及び山陰地域での GNSS 観測研究も行っている．

② 衛星測地による世界のプレート境界地震等の研究（橋本学・福島洋）

橋本・福島が中心となり，平成 17 年度より本格的に人工衛星搭載合成開口レーダー (SAR) を用いた地殻変動研究を立ち上げ，主に ALOS（だいち）衛星の PALSAR データを用い，日本および世界各地で起きた地震火山等による地殻変動の解析をおこない，地殻変動の検出と断層モデルの推定を行っている．2006 年の「だいち」打ち上げから，全国の SAR 研究者のコンソーシアム PIXEL の主要なメンバーとして共同研究を行っている．さらに，2008 年から宇宙航空開発研究機構による「陸域観測技術衛星の防災利用実証実験」地震 WG に参画し，世界の大地震発生時には緊急解析を行い，その結果を公表して来た． 2010 年（平成 22 年）1 月 12 日のハイチ地震などの注目すべき地震に伴う地殻変動を検出し，その断層モデルを呈示した（Hashimoto et al., Nature Geoscience, vol.4, p.235, 2011）．

2011 年（平成 23 年）3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震に際しても緊急解析を実施し，本震および4月11日のいわきの地震の地震時地殻変動を明らかにした．福島は高田助教と協力し，東北地方太平洋沖地震後の東北地方の火山が沈降したことを明らかにし，そのメカニズムを提示した（Takada and Fukushima, Nature Geoscience, vol.6, 637-641, 2013）．さらに，福島は J-FAST プロジェクトにおいて，Stanford 大学との共同研究を実施した．この中で，明治以降の三角・三辺測量のデータから太平洋プレートの運動方向に平行なひずみ速度を計算し，GPS で得られる近年のひずみ速度と有意な差がないことを示した．

なお，福島は，一連の InSAR による火山性地殻変動の研究（研究題目「InSAR を用いた火山変動検出と数値モデリングによるマグマ移動メカニズムの研究」）の業績が認められ，2011 年度日本火山学会研究奨励賞を受賞した．

プレート間の応力蓄積様式を明らかにするために，プレートの沈み込みに伴う変形の検出のために SAR データを用いる干渉 SAR 時系列解析の手法開発を進めている．四国や宮崎地域の ALOS/PALSAR データに適用し，GNSS による変位で系統的な誤差を補正することにより，沈み込みによる平均的な地殻変動を面的に捉えることができた．また，同様の手法を京阪神地域等に適用し，現地の地盤沈下の様相と活断層の分布との関係を示した．

内陸地震研究領域

教授　飯尾能久，准教授　深畑幸俊

研究対象と研究概要

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．

主な研究テーマと成果の概要は下記のとおりである．

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う仮説を提案していた．山陰地方の地震帯における満点地震計を用いた稠密観測データの解析により，島根県東部において詳細な応力場を求め，深部のゆっくりすべりを支持する結果を得た．さらに，断層の下部地殻内の延長部のゆっくりすべりを重視して，近畿地方中北部の地殻変動に関する有限要素モデルを構築し，大阪湾の大規模な沈降と周辺の小規模な隆起等の長期的な地殻変動を再現した．

② 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)

ひずみ集中帯合同観測による跡津川断層周辺および能登半島地震の震源域における震源分布，応力場や地殻構造などの解析結果を総合して，下部地殻内の不均質構造の断層の走向方向における連続性が，内陸地震の発生や地殻変動に大きな役割を果たしていることを示した．下部地殻内の「やわらかい」領域が走向方向に連続せずある領域に限定される場合は，深部の地震すべりは「やわらかい」領域の直上に限定され，地震が起こった場合にひとまわり小さな地震になる可能性を示した．また，地殻変動について，「やわらかい」領域の拡がりが限定される場合は，歪み速度が小さくなるのに対して，それが断層走向方向に連続する場合は歪み集中帯となることを議論した．

実際に，近年発生した内陸地震はお椀型の余震の深さ分布を示すものが多く，「やわらかい」領域が断層の中央部直下に限定されることで説明されていた．一方，兵庫県南部地震だけはお椀型の余震分布を示しておらず，「やわらかい」領域が断層走向方向に連続している可能性があった．2013 年の淡路島の地震は，兵庫県南部地震の余震域の南端付近の深部で発生したが，上記のような「やわらかい」領域の空間分布で説明可能である．

③ 上部地殻における非弾性変形の解明(飯尾能久)

山陰地方の地震帯における稠密観測データの解析から，2000 年鳥取県西部地震や周辺の M6 クラスの断層の両端において，非弾性変形を示唆する低速度異常を見出した．兵庫県南部地震と新潟県中越地震は，ともに新潟-神戸歪み集中帯で発生したが，新潟県中越地震がお椀型の余震分布を示すのに対して，兵庫県南部地震はそうではない．これまではその差異を，新潟県中越地震の余震域の中央部直下の下部地殻がよりやわらかいことで説明していたが，余震域の両端の深部で，地震前に非弾性変形による応力緩和が起こっていることによっても説明可能であることを示した．

④ インバージョン解析手法の開発（深畑幸俊）

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

(i) Back-projection 解析との関係の解明

2004 年スマトラ大地震以降，Back-projection（BP）を用いた震源過程のイメージングが大いに流行している．しかし，得られたイメージが物理的に何に相当しているのか，さらには従来のインバージョン解析とどのような関係になっているのか分かっていなかった．そこで，Hybrid-Back-projection 法を橋渡しとして，これらの問題の解明に成功した．その結果，BP は，通常のインバージョン解析と同様に断層滑りの時間発展を求めることを意図していること，しかし地震波（P 波）がδ関数の時にはうまくいくが，その仮定が満たされないときには，ダンピング付き最小二乗解でダンピングパラメタを極めて大きくした場合の解に相当することなどが明らかとなった．つまり，BP はグリーン関数が不要，計算が非常に軽いなど preliminary な解析には向いているが，地震の破壊過程の詳細を明らかにすることは不可能であることが理論的に明確にされた．

(ii) インバージョン解析手法の高度化

モデル誤差として，グリーン関数の誤差を明示的に取り入れたインバージョン解析手法を開発した．これにより非負の条件を課さずにもっともらしい滑りの時空間発展分布を得ることが可能となった．このことは，震源過程を求める地震波形インバージョン解析において，明らかなバイアスがかかっていない解がようやっと求められるようになったことを意味する．またモデル誤差の考え方は W-phase によるモーメントテンソル解の推定の研究に取り入れられ，系統誤差によるバイアスの排除などに成功した．これにより，巨大地震のマグニチュードを地震発生後より迅速に求めることが可能となった．複数種類の

データを同時にインバージョン解析する際に，データ間の重みが常に問題となる．そこで，ABIC（Akaike's Bayesian Information Criterion, 赤池のベイズ情報量規準）最小の規準で最適な重みを求めることによりこの問題が解決できることを示した論文を出版した．

⑤ 2011 年東北地方太平洋沖地震の解析（深畑幸俊・飯尾能久）

グリーン関数の誤差を明示的に取り入れたインバージョン解析手法を適用することにより同地震の破壊過程を推定した．その結果を基に，東北地方太平洋沖地震（東北沖地震）はプレート境界に溜められていた弾性歪みをほとんど全て解放してしまうという，極めて特異な地震だったことを提唱した．このような特異な地震が起こった背景として，事前の地震活動による応力集中が効いていたと考えられること，地震時には Thermal pressurization が重要な役割を果たしていたと考えられることを示すと共に，これらの効果のため，海溝型巨大地震の発生間隔が擬周期的になることを論じた．

東北沖地震では海溝付近で大きな滑りが生じていたことが確実視されているが，モーメント解放で見ると海溝付近よりもむしろ震源周辺の方が大きかったことを地震の応力テンソルインバージョンを基に明らかにした．また，短周期の GPS データの解析から，同地震の最初の大きなモーメント解放が地震発生から約 20 秒後に震源の西方約 35km で開始したこと，それ以前は陸上での変位が観測できないほど小規模な地震であったことなどを明らかにした．

地震予知情報研究領域

教授　西上欽也　准教授　竹内文朗（平成 24 年 3 月まで），伊藤喜宏（平成 25 年 9 月から）　助教　寺石眞弘，加納靖之

研究対象と研究概要

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

① 地震・地殻変動観測データの収集およびデータベース構築

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

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

② 地震波形データ収録・処理システムの効率化

当センターでは，各観測点と観測所あるいは宇治センター間は NTT の常時接続回線（フレッツ ISDN・ADSL・光等）を使用してデータ伝送し，また，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 JGN-X/SINET4 および京都デジタル疏水ネットワーク等の高速バックボーン回線を利用して，全国大学のリアルタイム地震データ流通システムを構築している．各観測所・観測点から伝送されるデータの処理・解析の一元化を進めるとともに，地震活動等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等を進めた．観測点の機能向上および観測所の常駐職員数の減少への対応のため，現地収録容量の増加，無停電電源装置や電源の遠隔監視機器の導入などの対策を進めた．また，濃尾合同観測による波形データについても，オンラインで検索・利用できるシステムを構築した．これらにより，データベースへのアクセス・利用を効率的・安定的に行えるようになった．

③ 地殻変動連続観測とデータの一元化および流通

地殻変動連続観測について，宇治のセンターに一元化し，連続観測データの集中処理・モニタリングを実施している．これまでに開発した保守の容易なセンサーとデータ収録装置を各観測室に設置し，センサーとデータ収録方式の統一化を図った．また，過去の観測データも含めて一元的に収集，保管し，種々の地殻変動イベントの検出，解析等の研究を進めている．また，上記の地震観測と同じデータ流通ネットワーク（JDXnet）を利用した全国大学間での流通にも参加している．

④ 散乱波のインバージョン解析による地殻不均質構造の推定

地震波形データベースを用いた研究として，近地地震のコーダ波（散乱波）のインバージョン解析を

行い，地殻・最上部マントルにおける地震波散乱強度の三次元空間分布を推定した．山崎断層帯周辺においては，稠密臨時観測網のデータも合わせて，断層帯の浅部に沿う散乱構造，特に断層間で相対的に散乱が強いことなどの構造特性を明らかにした．また近畿地方中央部における解析では，丹波山地周辺の活発な微小地震活動域の直下，下部地殻内に強い散乱領域が存在することを見いだし，散乱構造の経年的な変化と地震活動の消長との関係を調べている．

⑤ 海底観測記録のデータベースの構築

日本およびニュージーランドで実施された海底圧力観測記録のデータベース化の準備を行った．具体的には，Linux を OS とするデータ収録サーバを準備し，HTML を用いた観測記録閲覧用システムの構築を行なった．データベースには，日本周辺およびニュージーランドで実施された自己浮上式の海底観測システムにより得られた海底地震計および圧力計の記録が含まれる予定である．今後はこれらのデータベースを用いて，観測記録に含まれる地震波形やスロースリップに伴う地殻変動の効率的な抽出に向けたシステムの開発を目指す．

地殻活動研究領域

教授　澁谷拓郎，准教授　遠田晋次(平成 24 年 9 月 30 日転出)，助教　徐　培亮，高田陽一郎（上宝）

研究対象と研究概要

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

① 紀伊半島下に沈み込むフィリピン海プレート周辺の構造の研究（澁谷拓郎）

澁谷らは，紀伊半島において，スラブ傾斜方向に 4 本とそれに直交する方向に 2 本の稠密リニアアレイ観測を 2004 年 3 月から行ってきた. 観測された遠地地震の波形データを用いたレシーバ関数解析により，紀伊半島の下に沈み込むフィリピン海プレートの形状とその周辺の地震波速度構造を推定した．三重県尾鷲市から京都府京丹後市に至る測線における深さ断面でのレシーバ関数イメージでは，南東から北西下がりに沈み込んでいるフィリピン海スラブが明瞭にイメージされた．海洋地殻は低速度層であるが，低速度異常の度合は，深さ 30～40km の深部低周波微動発生域までは強く，それ以深では弱まっていくことが分かった．さらに，深部低周波微動発生域からマントルウェッジが広範囲に低速度になっていることも分かった.

速度構造モデルに，レシーバ関数解析により推定した大陸モホ面，海洋地殻上面および海洋モホ面の 3 次元的形状を組み込み，さらに，定常観測点に加えて，稠密リニアアレイを構成する臨時観測点の読み取り値も使用して, 紀伊半島下の深さ 60 km までの地震波速度の 3 次元速度構造をトモグラフィ解析により求めた. 沈み込むスラブの深さ 30～40 km あたりの深部低周波イベント発生域周辺は，低速度異常かつ高 Vp/Vs であることがわかった.

海洋地殻の含水鉱物が，深部低周波微動発生域付近で脱水分解し，放出された流体は低周波微動を引き起こしつつマントルウェッジに流入し，そこでカンラン岩と結びついて地震波速度の小さい蛇紋岩を形成すると考えると，レシーバ関数解析やトモグラフィ解析から得られた速度構造を説明することができる．上記のような速度構造の情報は，南海トラフ巨大地震の発生や強震動の予測にとって非常に重要である.

② 東北地方太平洋沖地震における誘発地震の研究（遠田晋次）

東北地方太平洋沖地震に伴い，秋田県南部，長野県北部，福島県・茨城県県境付近，首都圏直下，銚子付近, 飛騨山脈などで地震活動が著しく上昇した. 遠田らは，このような誘発地震活動を理解するために，本震による静的クーロン応力 (ΔCFS) の変化との相関を調べ，約 7 割の地域で ΔCFS と地震活動度変化に関して正の相関が見られることを明らかにした．ΔCFS 負が卓越する東北地方内陸でも，点々と顕著な地震活発化域があり，横ずれ断層型，正断層型など，本震以前には少なかったメカニズム解を持つ地震が多発していた．モデル計算と地質構造との対応から，これらの地震は断層構造・地殻応力不均質に起因することがわかった．特に，福島県・茨城県県境付近では，震災後に正断層型の群発地震活動が観測された. そのうち, 遠田らは 4 月 11 日にいわき市で発生した M7.0 の地震を調査し，推定活断層とされていた湯ノ岳断層と井戸沢断層に沿ってそれぞれ 15km にわたり地表地震断層をマッピングした. その後, 井戸沢断層沿いでトレンチ掘削調査を行い, 14, 000–17, 000 年前に同様の断層運動が発生していたことを見出した．遠田らは，以上の成果の一部を原著論文として国際誌（EPS, GRL）に発表した.

③ M7 前後の内陸地殻内地震と活断層：2008 年岩手宮城内陸地震の調査（遠田晋次）

近年，主要活断層以外で M7 前後の内陸被害地震

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

④ 地殻変動データの解析手法の理論的研究（徐培亮）

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

GPS 地震学の分野では，中国・武漢大学の全地球航法衛星システム研究センターと共同研究を行い，GPS 精密単独即位により地震波形を mm レベルの精度で計る手法を開発した．加速度型地震計のデータから速度と変位を求める際の誤差評価について研究を行ない，誤差評価のための新しい式を導いた．また，地殻内応力場とその不均質性を自動的に検出するために，新しい非線形インバージョン手法と sign-constrained 最小二乗法を開発した.

⑤ 合成開口レーダーを用いた地殻活動の研究(高田陽一郎)

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

東北地方太平洋沖地震に伴い日本列島に広域的な地殻変動が引き起こされた．高田らは，この誘発性地殻活動を理解するために，ALOS/PALSAR のデータを用いて InSAR 解析を行い, 地震に伴う地表変位の調査を行った．その結果，長野県北部，富士山，福島県・茨城県県境付近において，顕著な地表変位を面的に検出した．また，東北地方の幾つかの火山（吾妻，蔵王，栗駒山周辺，秋田駒ヶ岳周辺，那須など）が局所的に沈降していることを検出した．沈降量は最大約 15cm, 概ね数 cm 程度である．吾妻山近傍の GEONET の GPS データから広域トレンドを除去したところ，InSAR と調和的な局所的沈降を得た．吾妻山での地震時応力変化を計算した結果，地表付近で約 1. 4MPa の東西引張応力変化が引き起こされたことが分かった．現在，他の火山についても調査を続けている．火山性地殻変動については国際誌（Nature Geoscience）に発表した.

⑥ 地震データベースを用いた地震発生予測に関する情報の抽出（澁谷拓郎）

澁谷は, 高感度テレメータ観測開始以降の 30 年間の当センターの鳥取，阿武山，北陸の 3 観測所，気象庁および一元化震源データを統合処理することにより震源の再決定を行った．得られた高精度の震源データを用いて，山崎断層周辺域，琵琶湖西岸域，有馬高槻構造線周辺域の地震活動を精査した．その結果，活断層近傍にいくつかの地震低活動域を見出した．さらに，b 値の水平分布をマッピングし，断層近傍の低 b 地域を検出した．これらの情報は，強震動の発生源であるアスペリティの位置や破壊開始点の推定に有用であると考えられる.

リアルタイム総合観測

准教授　片尾　浩，助教　山﨑健一

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 23～25 年度の主な研究は以下の通りである.

①淡路島中部 M6.3 の余震観測：平成 25 年 4 月 13 日淡路島中部で M6.3 の地震が発生し, 近畿地方では

1995年の阪神淡路大震災以来となる震度6を記録した．本震発生当日の午後，オフライン臨時地震観測点4点を震源域直上に設置し，余震観測を開始した．また，他大学による臨時観測点およびテレメータ定常観測点のデータも統合し，余震の震源決定ならびに発震機構の解析を行った．余震は全体に東西圧縮場で発生しているが，本震震央の南東側で主圧縮軸が回転していることを見出した．

②新燃岳2011年噴火に伴うひずみ変動観測：霧島連山新燃岳の北西約18キロの伊佐観測室において，伸縮計・水管傾斜計によるひずみ観測を継続している．新燃岳の2011年噴火の際には，噴火過程に伴う明瞭なひずみ変化が記録され，火山予知連絡会の資料としても提出された．また，観測記録の精査により，噴火の開始に数時間先行するひずみ変化が含まれていることが確認された．

③日向灘の地震発生とひずみ変動の関連：宮崎観測所において約 40 年間横穴式地殻変動観測を継続している．同観測所近傍の日向灘では約 20 年間隔でM7 クラスの逆断層地震が発生しているが，前回1996 年日向灘地震の発生前には同観測点においてひずみ速度の変化が記録されている．同様のひずみ速度変化が次回の地震発生時にも再現されるのかを注視するとともに，過去のデータの再解析を進めている．

④新燃岳周辺における比抵抗変化の観測：国内の複数の研究機関とともに，霧島連山周辺の電気比抵抗構造を明らかにするための電磁気観測に加わった．データ解析によって，新燃岳近傍の観測点において見かけ比抵抗の時間変化を示唆する結果が得られている．

⑤ 近畿地方北部における稠密地震観測：2008 年末以降，文科省受託研究『ひずみ集中帯における重点的調査観測』ならびに『地震・火山噴火予知のための観測研究計画』の課題「近畿地方北部における地殻活動異常と地震先行現象の関係の解明」の一環として，近畿地方北部においてオフライン臨時点 80 点以上を設置し稠密地震観測を継続中である．

⑥近畿地方北部における発震機構解および応力場の研究：上記稠密地震観測のデータを用いて近畿地方北部の発震機構解および応力場について解析した．観測網内においては M0.5 程度の極微小地震であっても発震機構を精密に求めることができることを示した．同地域を1辺5kmに分割した小領域について応力テンソルインバージョンを行い，丹波山地から琵琶湖西岸地域にかけての応力場の空間変化を詳しく求めた．

⑦近畿地方北部３次元地震波速度構造：上記稠密地震観測のデータを用いて近畿地方北部の３次元地震波速度構造を高解像度で求めた．微小地震発生層の下半部にあたる深さ 9〜15km で顕著な低速度であることが示され，地殻内流体の分布との関係が示唆された．また深さ3kmの地殻浅部においても帯状の顕著な低速度帯が存在することが示された．

⑧濃尾地域の発震機構および応力場：2009年から濃尾地震震源域周辺で行われていた大学合同観測のデータを用いて，発震機構および応力場の研究を継続している．同地域は東西圧縮の地域応力場の下にあるが，濃尾地震断層の直近では応力場の主軸方向に変化があることが見出された．

⑨東北地方太平洋地震合同余震観測：2011年3月の東北地方太平洋地震の発生後，『地震・火山噴火予知のための観測研究計画』の課題「超巨大プレート境界地震による内陸域の応力変化及び応力集中メカニズムの解明」の一環として，全国の大学と合同で臨時地震観測を行っている．本センターでは平成 23 年4月に秋田県内陸部に３点のオフライン観測点を設け，以後年２回のデータ回収とメンテナンスを継続している．データは東北大学に送付し，東北地方太平洋沖地震によって誘発された内陸地殻内の地震活動の解析に利用されている．

地球計測研究領域

准教授　宮澤　理稔（平成23年4月から），助教　森井　亙

研究対象と研究対象

地震に伴う地学的現象を理解するための新たな解析手法の開発と実記録への適用，及び観測手法の開発を行っている．これらを通じて地震発生場の理解や地震の発生に至る準備過程の解明を目指している．最近の研究活動概要は以下の通りである．

①地震波の通過によって引き起こされる地震や微動の誘発現象の研究（宮澤理稔）

2011 年東北地方太平洋沖地震により発生した地震波が，日本各地で地震や微動を誘発しながら伝播して行く現象を発見した．この現象は主に表面波の通過に伴う動的トリガリングによると考えられ，この解析により地震がどのようなきっかけで発生するのかという物理過程を調べた．その結果，遠方における動的応力変化が，本震近傍で余震を誘発するような静的応力変化に比べて小さな値であっても，地震を誘発しうることが分かった．日本列島全体につ

いて調べた研究結果は国際誌 GRL, EPS に，また温泉地学研究所と共同で行った箱根火山での誘発地震に関する研究結果については国際誌 EPSL に掲載された.

また地震や微動の誘発をめぐる一連の研究に対して宮澤は, 平成 25 年度科学技術分野の文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞した.

②ノイズ解析手法を応用した地震断層の地下構造調査（宮澤理稔）

山崎断層帯のセグメントの一つである安富断層（兵庫県）を貫く地下坑道内に地震計を複数台設置し，坑道直上を断層に沿って走る中国自動車道からの交通ノイズを連続的に観測した．このノイズを地震波干渉法により解析することで，観測点間を伝わる地震波を抽出し，断層の地下構造調査の可能性を調べた.

③レーザー歪計の開発と運用実験（森井亙）

従来の固体基準尺式歪計には，短周期地震動に対する応答性・長期間にわたる感度特性の安定性・分解能の上限等に問題があり，これらの弱点を克服するために，量子標準と 100 メートル長の高真空光路を備えたレーザー歪計の運用実験を東京大学の宇宙線研究所及び地震研究所と共同で行っている．固体基準尺式歪計では困難であった，近地有感地震の波形と歪ステップの記録や，10-11 未満の地球自由振動の記録に成功している．現在は，更に高感度の 1500 メートル光路長のレーザー歪計の設置を準備中である.

地球物性研究領域

客員教授　平成 22-24 年度 岩森　光 (東京工業大学理学研究科)．平成 25-26 年度　木下　正高 (海洋研究開発機構)

研究対象と研究概要

地球内部物性研究領域は，地殻・マントルを構成する物質の性質や挙動を調べ，地震発生場周辺の特徴を解明し，海溝沿いおよび内陸での地震発生にいたる準備過程の解明の高度化を計ることを目的として，国内から客員教授を招いている．学生および教職員向けの地球内部物性に関連する講義を行うとともに，研究等に関して個別に議論を行った．平成 23 年度および 24 年度には西南日本の地質とダイナミクスに関する講義や巡検を行った. 平成 25 年度には, 南海トラフにおける断層掘削プロジェクトに関する講義等を行った.

上宝観測所

観測所長　准教授　大見士朗　助教　高田陽一郎（平成 22 年 6 月～）　技術職員　濱田勇輝 (平成 23 年 4 月～)　協力教員　教授　飯尾能久, 助教　森井亙, 助教　加納靖之, 助教　山田真澄

研究対象と研究概要

地震予知研究推進のための観測・研究を実施している．主な研究テーマは，地殻変動連続観測，GPS 観測による地殻歪，傾斜変化と地震発生の関連，地震観測による地震活動調査および，全磁力の観測による地磁気変化であり，それぞれに対応する連続観測，臨時観測等が実施され，結果は地震予知連絡会などに報告されると共に，内外の研究に提供されている．平成 16 年度から平成 20 年度までの地震予知事業計画における歪み集中帯における地震，GPS および電気比抵抗の全国的な共同観測では，観測の基地としての役割を果たした．また，焼岳火山の観測では，神通砂防事務所の観測点におけるデータを統合処理している．さらに，焼岳火山という共通の研究対象をもつ穂高砂防観測所との連携を深めるために, 観測所機能の強化も図られた. 平成 22 (2010) 年 6 月には，観測所に常駐する教員 1 名（助教）が着任し，研究活動を開始したほか，宇治地区勤務の教員の観測所滞在を容易にするために，関係各位には宿泊室の整備等にもご尽力いただき，平成 22 (2010) 年 12 月現在, 4 名の教職員が滞在できる環境が整っている．また，奥飛騨サイエンスツアーのコースになるなどアウトリーチも観測所を利用して実施している．前述のように，平成 20 年度から，専任職員は現地勤務の 1 名の再雇用職員のみであったが，平成 22 年 6 月に現地勤務の助教が配置されたほか，平成 23 年 4 月には技術職員 1 名が配置された.

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．焼岳火山については，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．このような観点から，国交省神通川水系砂防事務所による焼岳の地震計のデータを観測所に分岐・収録・解析しているほか，平成 22 年度からは焼岳・上高地を中心とする中部山岳国立公園地域で 7 点の臨時地震観測を実施中で，詳細な地殻活動を明らかにしつつある．

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．

⑤地震予知・火山噴火予知研究の推進に資するプロジェクトの実施

観測所は全国の大学による合同観測のための基地としても重要な役割を果たしており，平成 16 年(2004) から平成 20 年 (2008) まで行われた跡津川断層歪み集中帯の合同観測では主要な役割を担った．これに引き続く，平成 21 年度からの地震予知・火山噴火予知研究計画においては，地震予知と火山噴火予知の統合がひとつの重要なテーマとなった．上宝観測所の研究対象地域には，焼岳等の火山と跡津川断層等の活断層の双方が位置していることから，このような研究テーマに最適であり，本計画では，「飛騨山脈における地殻流体の動きの解明」と銘打ったプロジェクトが進められ，飛騨山脈とその周辺において，「地殻流体」をキーワードに，歪集中帯の活断層と活火山の関係を解明する観測研究が実施された．

北陸観測所

観測所長　教授　西上欽也　協力教員　准教授　竹内文朗（平成 23 年度まで），宮澤理稔（平成 24 年度から）

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，研究テーマとしては，①約 35 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，④北陸地方に根ざした活動・情報発信などを行っている．各研究テーマの概要は以下のとおりである．

① 北陸地方の微小地震活動と地震テクトニクス

テレメータ観測データにもとづく，約 35 年余りの長期間におよぶ微小地震の活動特性を調べている．福井地震断層から温見断層，根尾谷断層系につながる活発な地震活動域，琵琶湖北部の柳ヶ瀬断層，湖北山地断層帯等に沿った活動域，白山等の火山直下の活動，および観測所（鯖江市）を中心とする半径約 10km の明瞭な地震空白域等，この地域の微小地震活動特性を明らかにした．北陸地方全体の長期的な地震活動度は1995年兵庫県南部地震の1年あまり前からの活動低下と地震後の活動の活発化を示す．また，これらの地震観測データにもとづいて北陸地域の地殻構造，地震のメカニズム解等についても調べている．

② 福井地震断層の深部構造と地震発生過程

福井地震（1948 年，M7.1）の震源断層とその周辺

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

③ 坑道内における地殻活動緒特性の計測

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

④ 北陸地方に根ざした活動・交流・情報発信

北陸・中部地方の複数大学や高専と年 2 回の北陸地震研究会を開催してきた．また，地元の小学校で地震についての特別授業を行うとともに，小・中・高等学校や防災関係機関および一般からの観測所施設見学の依頼に対応している．鯖江市の行政連絡協議会にも出席して地震活動の情報提供や解説なども行っている．

逢坂山観測所

観測所長　教授　飯尾能久，担当教員　助教　森井　亙，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．

① 地殻変動データの全国流通に関連したシステム構築（森井）

歪計の記録には 10^{-6} 程度の年周変化があり，歪場の経年変化を抽出するのが難しかった．しかし，主要な年周変化は山体の軸線に対するせん断歪であることが分かり，歪記録を山体の軸線並びに軸線に直行する方向の歪とせん断歪に分離することにより，年周変化の影響を―20~―30ｄB に低減することが可能になった．これにより，2003 年以降近畿地方で生じている歪場の 10^{-7} 程度の周期的な変化を逢坂山でも確認できるようになった．

阿武山観測所

観測所長　教授　飯尾能久　技術職員　米田　格（平成 22 年 4 月着任）　協力教員　教授　矢守克也（兼任），准教授　片尾　浩，深畑幸俊

研究対象と研究概要

近畿北部，特に丹波山地の活発な微小地震活動と地殻変動の精密な観測を行っている．全国的な地震基盤観測には 10 衛星点の地震データが寄与している．当観測所地下観測室(坑道内)では高精度地殻変動連続観測と地震観測が行われている．また防災科学技術研究所の広帯域地震観測点にもなっている．2008 年頃より，万点規模の稠密地震観測を可能とする次世代型稠密地震観測システム（満点システム）を開発し（京都大学，株式会社近計システム等の共同研究），国内外の余震観測等で運用している（満点計画）．「満点計画」は，これまでとは桁違いに観測点数を増やそうとする試み全般や，その背景にある哲学や思想のことを指しており，次世代型稠密地震観測と言い換えることが出来る．阿武山観測所はそのための基地として位置づけられ活用されている．

① 活断層集中域における地震発生メカニズムの解明(飯尾能久・片尾　浩・澁谷拓郎)

近畿地方は全国的に見ても活断層が集中している地域であるが，琵琶湖西岸域の活断層集中域における地震発生メカニズムを解明するために，文科省受託研究『ひずみ集中帯における重点的調査観測』により，2008 年より 2012 年まで，満点地震計によるオフライン稠密多点地震観測を行った．得られたデータ等を用いたレシーバ関数解析および自然地震を用いた反射法解析等により，琵琶湖西岸地域における地殻構造の詳細な推定を行い，下記のような重要な成果を得た．反射法解析により S 波の反射面の詳細な空間分布を推定した．レシーバ関数解析によりモホ面の形状を精度良く推定し，上記の S 波の反射面の分布範囲の東端付近に，モホ面の段差がある可能性を見出した．それまでの解析により，南北に近い走向を持ち西に向かって沈み込むフィリピン海プレートの形状が明瞭に捉えられていたが，段差が推定された位置は，プレートの上面深さが 60km 程度の位置であった．これらの知見を総合して，琵琶湖西岸いきにおける地震発生機構を次のように推定した．ほぼ南北の走向を持って沈み込むフィリピン海プレートから脱水した水は，下部地殻に達し S 波の反射面を形成した．S 波の反射面の東端付近の下部地殻内に，南北走向の逆断層運動が生じ，その逆断層のゆっくりすべりにより，地震発生域に応力集中を引き起こした．

② 満点計画防災教育プログラム(矢守克也・飯尾能久・片尾　浩)

防災のための知識や技術の高度化に伴って,近年,防災といえば専門家が担うもので，非専門家はそれに従っていればよいとの考えが拡大してきた．こうした考え方のもとでは，専門家が非専門家に指導・伝達することが中心となるが，これが両者の間の障壁を高め，専門家依存や情報待ちといった問題を引き起こす恐れがあった．非専門家が，防災を，自分たちも専門家と共に担う活動だと実感する形式の防災教育が重要とであり，専門家（大学）が行う最先端の稠密地震観測活動，満点計画と，小学生を対象とした初歩的な防災教育という両極を連携させる取り組みを開始した．満点システムの設置場所の提供とメンテナンスを通じて，非専門家（小学生）が最先端の防災研究へ参加することで，満点計画本体の推進と理想的な防災教育の両方が実現可能となると期待される．

屯鶴峯観測所

観測所長　教授　飯尾能久，担当教員　助教　森井　亙，技術職員　藤田安良（平成 24 年 3 月退職）

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，従来よりも基準尺が短かく設置が容易な新たな歪み計の開発を行った．また，稠密地震観測網の展開に参画した．

① 簡易型伸縮計の開発（加納靖之）

スロー地震などを観測目標とした地殻変動のアレイ観測を実現するために，簡易型伸縮計の開発を行っている．開発の初期段階においては，屯鶴峯観測点の観測坑道を利用して機器の感度等の試験を実施した.その後,紀伊半島中部において観測を開始し,いくつかのスローイベントを検出している.

徳島観測所

観測所長　准教授　片尾　浩，技術職員　近藤和男（平成 25 年 3 月退職)，協力教員　教授　西上欽也，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：徳島観測所では石井，上那賀，池田，塩江の 4 箇所の高感度地震観測点を維持・管理している．これらのデータはテレメータにより宇治の微小地震観測システム SATARN に取り込まれて一括処理される他，国の基盤観測網の一翼として気象庁の一元化処理等に利用されている．

② 石井観測室の整備:現地勤務職員の定年退職により平成２５年４月以降は常駐職員が居なくなることに対応し，平成２４年度中に観測所建物内のデータ伝送および処理装置を隣接する観測坑道内に移設し,通信線や電源線なども経路変更し観測坑道単独でも石井観測室として従来の観測が継続可能なように整備した.

この他，防災科学技術研究所への協力として，上那賀，塩江での速度型地震計による強震観測および石井本所での STS-1 による長周期地震観測が行われている.

鳥取観測所

観測所長　教授　澁谷拓郎，協力教員　准教授　吉村令慧

研究対象と研究概要

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

① 山陰地方の地震活動に関する総合調査（澁谷ほか)

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

2009 年度から鳥取県西部～島根県東部の地域において稠密地震観測（満点観測）を開始した.現在,50 か所に臨時地震観測点を展開している.メカニズム解の大量決定による応力場の推定，地震波走時トモグラフィによる 3 次元不均質構造の推定およびそれらと地震活動の関係を理解し，内陸地震の発生予測に寄与するのが目的である.

② 山崎断層の挙動の観測･解析（澁谷ほか)

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

テレメータ観測の始まった1976年から2007年までの30年間に蓄積された鳥取観測所, 阿武山観測所, 気象庁, 防災科学技術研究所の観測点のデータをマージし, 連結震源決定法により震源再決定を行った. 山崎断層近傍における地震分布とb値の不均質性を明らかにした. これらは, 断層のカップリングや応力集中の状態と関係していると考えられ, 強震動予測にも活用できると考えられる. また, 2004年度から2013年度まで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, 観測の強化を図った. このうち古法華観測点は, 2014年1月に整備を行い, 定常点に格上げした.

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

宮崎観測所

観測所長 教授 大志万直人（平成24年度まで), 教授 澁谷拓郎（平成25年度から), 担当教員 助教 寺石眞弘, 助教 山﨑健一, 技術職員 小松信太郎, 協力教員 教授 大志万直人（平成25年度から), 助教 森井亙

研究対象と研究概要

宮崎観測所は, 主に日向灘地域の地震活動と地殻変動の関係を研究する目的で1974年度に宮崎地殻変動観測所として設立された. 現在では, 南海地震のような海溝型地震に関する研究の拠点観測所として位置づけられている. 具体的に実施している定常的観測は, 横穴式観測坑の伸縮計・傾斜計による地殻変動連続観測, 宮崎平野でのGPS稠密観測（平成25年で終了), および高感度地震観測である. 日向灘では同一地域に約20年間隔でM7クラスの地震が発生し, 隣接地域ではスロースリップの発生が見られるが, こういった日向灘周辺での地震発生と地殻変動の関連を明らかにすることなどが現在の観測研究の主要な目的である. また,「地震及び火山噴火予のための観測研究計画（平成21－25年度)」および「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画」（平成26－30年度）によるプロジェクト研究にも参加している. 最近の研究活動の概要は以下のとおりである.

① 宮崎周辺の地殻変動と地震活動の関連(寺石眞弘, 山﨑健一, 小松信太郎)

宮崎観測所の庁舎に隣接して敷設された延べ約260mの観測坑道では, 昭和49年度の観測所設立以来, 伸縮計および水管傾斜計による地殻変動連続観測, ならびに地震観測を継続している. これまでに, ひずみ速度の変化が数回生じていることが記録されており, これは地震発生数の増減とも対応しているようである. ひずみ速度変化のひとつは, 平成8年に日向灘で連続して発生した2個の地震(M6.9, M6.7) に約1年先行しており, 地震発生と長期地殻変動の関連を示唆している可能性がある. また, 記録されたひずみ速度の変化は, 日向灘の地震活動度とも対応していることが確認されている.

② 新燃岳の噴火に伴うひずみ変動の観測(寺石眞弘, 山﨑健一, 小松信太郎)

霧島連山新燃岳の北西約18キロの伊佐観測室において, 伸縮計・水管傾斜計によるひずみ観測を継続している. 新燃岳の2011年噴火の際には, 噴火過程に伴う明瞭なひずみ変化が記録され, 火山予知連絡会の資料としても提出された. また, 観測記録の精査により, 噴火の開始に数時間先行するひずみ変化が含まれていることが確認された.

③ 南九州における稠密地震観測 (澁谷拓郎, 寺石眞弘, 小松信太郎, 山﨑健一)

地震観測として, 当初は各地殻変動観測坑道内に独自に地震計を設置して連続観測を実施していた. 平成7年以降は全国基盤観測点による観測網が充実してきたために常設観測点は整理縮小し, 現在は宮崎観測所および宿毛観測点のみで継続している. この2観測点での波形データは準基盤観測点として全国配信している. 一方, 平成22年度以降, 南九州の地下構造を明らかにすることを目的として臨時地震観測を順次実施している. 臨時点で収録された地震波形記録を基盤観測点で得られた記録と合わせて解析することにより, 沈み込むフィリピン海プレートの形状やその周辺地域の地震波速度構造が推定されつつある.

④ 日向灘における短期スロースリップイベントの検出（山﨑健一, 寺石眞弘, 小松信太郎)

日向灘では, GNSS時系列解析の結果にもとづき,

短期スロースリップイベントが発生していることが指摘されている．既知の短期スロースリップイベントの詳細な時定数などを明らかにし，さらに GNSS 観測網構築以前のイベントを検出するすることを目指して，伸縮計記録の精査を進めている．そのために必要な，伸縮計記録に対する気象擾乱の影響の除去法に関しても，あわせて検討をすすめている．

⑤ 九州・四国西部における地球電磁気観測（山﨑健一，小松信太郎）

他大学および学内他部局と共同で，九州から四国西部地域にかけての地下電気伝導度構造を推定するための臨時および定常地球電磁気観測を実施している．臨時観測に関しては，これまでに，2011 年に噴火した新燃岳において，火道に対応すると考えられる構造が推定され，また，噴火以降に浅部比抵抗に時間変化が生じたことが示唆された，などの成果が得られている．定常観測点での連続観測記録に関しては，今後，他地域での地球電磁気観測記録解析時の参照点としての役割を果たすことも期待できる．

⑥ 観測計器の開発・製作（小松信太郎，山﨑健一，寺石眞弘）

観測に必要な計器および周辺機材の開発・制作を進めている．坑道内地殻変動観測で用いられる計器類は，多くの場合標準化がなされておらず，相互利用に支障があるため，センサー部・電気変換部等を標準化するための開発・製作作業を進めている．また，坑道内の伸縮計記録に大きな影響を与える温度の時間変化およびその空間分布を明らかにすることを目指して，安価な温度計アレイ配置システムの開発も進めている．地球電磁気観測用の機材としては，非磁性磁力計固定具を開発した，これは海外でも利用された．

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への積極的参加を推奨している．なお, 当センターの研究活動及び運営方針については, 年 1 回開催する火山活動研究センター運営協議会で意見や助言を受けることとしている．

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

(2) 現在の重点課題

① 火山爆発機構と直前予測に関する研究
② 火山活動の中長期予測に関する研究
③ マグマ供給系に関する研究
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 火山活動の評価手法の開発と火山防災情報に関する研究

(3) 研究活動

上記の研究課題は地震及び火山噴火予知のための観測研究計画や防災研究所の共同利用に係る共同研究, SATREPS に基づくインドネシアとの国際共同研究により推進されてきた．2006 年 6 月に 58 年ぶりに再開し，2009 年以降爆発回数が急増している桜島東山腹の昭和火口の噴火に対しては地震・地盤変動・火山ガス・噴出物の分析・火山体構造変化など総合的な観測を強化し統合的な研究を行った. 年々，マグマ供給量が増加していることが捉えられ，供給量の増加期には火山ガス放出量，火山灰付着成分と岩石組成に変化がみられるなど，多項目観測の解析結果が互いに連動した変化を見せた．直前予測については桜島では噴火の直前にひずみ変化量が増加することが捕捉され，ひずみ変化量は後続する噴火に伴う火山灰放出量と比例関係にあることが示された. 同様の結果は，諏訪之瀬島やスメル火山の傾斜変化と後続する爆発の規模についても得られている．インドネシアの火山については直前予測と中・長期予測の研究を行い，それらに基づいて火山活動評価手法開発を行い，提言としてまとめた.

(4) その他の活動

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

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

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桜島火山防災連絡会の活動に当センター教員も学識経験者，関係観測研究機関として積極的に関わっている.

大隅河川国道事務所が桜島にあらたに設置した観測坑道における機器設置と防災研究所所有の観測坑道のデータと併合した噴火予知精度の向上に関する

研究を受託し，砂防従事者の安全確保の活動に参画するとともに火山活動評価のために，観測データを自治体，気象庁，火山噴火予知連絡会に提出している．

また，島弧火山の噴火機構に関する比較研究として，平成5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いるが，平成25年にSATREPS の研究課題に提案課題が採択されたことから共同研究の協定を再締結した．従前より，グントール，メラピ，スメ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が，共同研究の協定を再締結により，対象火山をケルート，ガルングン火山に拡大するとともに，火山噴出物による土石流や大気中の火山灰の拡散にも注目し，災害発生のメカニズムやその軽減策にも研究対象を広げた．

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（平成23年3月退職），井口正人（平成24年4月～）

准教授　井口正人（～平成23年3月），中道治久（平成25年4月～）

助教　味喜大介，山本圭吾，為栗　健

非常勤講師　寅丸敦志（平成23年度），中村美千彦（平成24～25年度）

○ 研究対象と研究概要

① 研究対象

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

② 研究概要

(1) 火山爆発機構と直前予測に関する研究

目的・方法：火山爆発の発生に至るまでの過程を解明し，直前予測を行うことを目的として，2009年以降，爆発が多発する桜島において地震観測，ひずみ・傾斜変動観測を継続した．

成果概要：桜島の昭和火口において多発するブルカノ式噴火では，先行する地盤の隆起・膨張と噴火に伴う地盤の沈降・収縮が検出されるが，南岳爆発に伴う地盤変動の圧力源の深さ（4 ㎞）に比べると浅い（1 ㎞）ことが示された．大多数の噴火では浅い圧力源の膨張と収縮が繰り返されるが，規模の大きい噴火では，深い圧力源も同期して膨張・収縮することが分かった．地盤変動レートは多くの場合，減速から停滞に移行し，直前には小規模な収縮に転換する．これは，桜島南岳，諏訪之瀬島，スメル火山の観測によって得られた爆発モデルと整合的である．また，地盤変動の停滞期にはBH型と呼ばれる4-5Hzにピークを持つ地震が多発し，地震活動が加速度的に増加した後，噴火が発生する．地盤の膨張→その停滞と同期する地震活動の活発化という一連の前駆過程が明らかとなった．

(2) 桜島のマグマ供給系および火山活動評価に関する研究

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

成果概要：これまで半世紀にわたり実施してきた水準測量・傾斜計等による地殻変動観測から，桜島の北方姶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，南岳直下 4km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．桜島島内の稠密GPS観測と傾斜計による観測により，桜島の山体の膨張期の圧力源の位置は北岳の下，深さ5㎞付近にあることが分かった．また，昭和火口噴火に伴う地盤変動は，南岳下4㎞の圧力源と昭和火口下1㎞の圧力源が連動して膨張・収縮していることから，桜島へのマグマ供給系は，姶良カルデラ下の主マグマ溜り，北岳下のマグマ溜り，それから派生した南岳下のマグマ溜り，南岳下のマグマ溜りから山頂に向かう火道，さらにその主火道から昭和火口に分岐した細い火道（分岐点もしくはそれより浅部に浅い圧力源が存在）からなることが推定できた．

1970年代から80年代の南岳噴火活動の活発期にはマグマ溜まりの収縮に対応する地盤変動が観測されていた．2006年に再開した昭和火口の噴火活動は2009年以降，爆発回数が急激に増加しているが，姶良カルデラ周辺の地盤は依然として膨張を続けており，カルデラ下ではマグマの蓄積が継続していることが分かった．今後10年程度で100年前の大正噴火で地盤沈下が起こる以前のレベルに戻る見通しが立てられた．

GPS 等の地盤変動観測によって，2009 年と 2011年には桜島へのマグマ貫入率の増大が検出できた．2009年貫入期に先行して，温泉ガス中の水素および二酸化炭素濃度の増加が，また，貫入期には火山灰に付着する水溶性成分の組成が高温マグマの上昇を示唆し，火山灰の組成がより高温の玄武岩質マグマの関与を伺わせるなど，多項目の観測結果が連動し

て変化した．2011 年マグマ貫入期以降は，噴火に伴う地盤変動量や噴煙高度の増加，二酸化硫黄放出率など，噴火規模の増加がみられる．これは，マグマの貫入率の増加により火道が拡大したものと推定される．現在のマグマ供給率は最近百年間の平均的マグマ供給速度年間 1000 万m^3を下回っており，姶良カルデラ下へのマグマの蓄積量の増加からみて近い将来大規模噴火発生の可能性が極めて高いものの，桜島の直下への多量のマグマの移動は認められないことから当面は爆発回数が増えても小規模な噴火に留まるであろうとの総合評価を得た．

(3) 火山体の構造

目的・方法：反射法地震探査を 1 年毎に繰り返し桜島東部から北部の浅部構造の変化を調査した．また，2013 年に前回の 2008 年探査から 5 年ぶりに姶良カルデラの構造解明のための屈折法探査を実施した．

成果概要：繰り返し反射法探査により，桜島北部で地下構造の変化を検出した．2009 年から 2010 年の調査で北岳の北山麓の深さ 5 ㎞付近に地下構造の変化を検出できた．この場所は北岳下のマグマ溜りの上面に対応する可能性がある．また，この時期は，2009 年のマグマの貫入率が増加した時期であり，増加したマグマ量により地下構造が変化したものと考えられる．また，2008 年と 2013 年の人工地震探査によって励起された地震波を比較したところ，南岳下を通過した地震波が変化したことが明らかとなった．

(4) 桜島および薩南諸島諸火山の活動史に関する研究

目的・方法：過去の噴火活動史を明らかにするために，外部の研究者と協力して，観測井ボーリングコアや地表の噴出物の古地磁気測定や放射年代測定，化学組成分析などを行った．

成果概要：古地磁気測定により，桜島南西部の年代未詳の溶岩の噴出年代が 10 世紀であることが明らかとなった．古地磁気測定により明らかとなった南岳溶岩の噴出年代とその噴出量から，古期南岳よりも新期南岳の活動の方が，噴出率が大きく，最近 1000 年間にその傾向が顕著であることが分かった．

(5) 火山活動の評価手法の開発と火山防災情報に関する研究

目的・方法：爆発に伴う地盤変動量と連続的噴火に伴う火山性微動のエネルギーを観測された火山灰量と比較した．

成果概要：爆発に伴うひずみ変化量から圧力源の体積変化量および連続的噴火に伴う火山性微動の 2-3Hz の周波数帯域のパワースペクトルの線形結合から火山灰放出重量を見積もる手法を開発した．この手法は 1 か月ごとのデータについて 2009 年から 2013 年の期間について検証され，誤差は 10%程度となり，地盤変動単独，あるいは火山性微動単独から見積もる手法に比べ，大きく改良された．これを用いれば，リアルタイムで火山灰放出量を見積もることが可能となり，火山灰拡散シミュレーション手法にその量を導入することにより，浮遊火山灰濃度と降下火山灰量の即時的予測のための基礎手法が開発された．

8.7 地盤災害研究部門

8.7.1 部門の活動概要

(1) 部門の研究対象と活動方針

地盤災害に関連する基礎学理に根ざし，地盤災害の予測と軽減を目指した研究を展開し，さらに，学際領域を分野横断的に開拓して行く．液状化，地盤沈下，斜面崩壊，地すべり，土壌侵食，建設工事等に伴う斜面や基礎地盤の変形等について，地盤工学，地質学，地球物理学，地形学，水文学等の考え方と手法を用いて研究する．水際低平地に広がる都市域の災害脆弱性診断，地盤・土構造物の性能向上技術に関する研究，平野から丘陵地にかけての開発に伴う人ー地盤環境ー物質循環の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，先進的な理工融合型横断基礎課題研究と防災研究所内で連携した学際領域研究を進める．

(2) 現在の重点課題

地盤防災解析研究分野

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

山地災害環境研究分野

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

傾斜地保全研究分野

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

(3) 研究活動

上記にあげた個別的研究要素を進めるとともに 2011 年の東北地方太平洋沖地震，長野県北部地震，さらに同年 9 月に発生した台風 12 号による紀伊半島豪雨土砂災害，2013 年伊豆大島での台風 26 号による土砂災害，2014 年広島豪雨土砂災害などについて，地盤グループでの合同調査を含め，災害発生に関する多面的な検討を進めた．研究成果は逐次国内外学術会議や学術誌などに発表している．

(4) その他の活動

研究者相互の情報共有を進め，地盤災害への多面的取り組みを発展させるべく，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，適宜グループ内で情報を交換し共有してきた．また，国，自治体，学会，その他協議会などと連携し，研

究成果を現実に直面している諸問題の解決策に盛り込むことで，国土の社会基盤整備や防災対策に貢献している．これらの対外的活動については，別途社会貢献のところで列挙したとおりである．

8.7.2 研究分野の研究内容

Ⅰ．地盤防災解析

教授 井合進，准教授 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．また、液状化地盤中の杭の先端支持力に関する遠心模型実験なども行い、地震時の地盤・構造物系の被害程度の予測精度向上に寄与している。

② 地震時の地盤軟化機構の解明とその対策 （井合，飛田）

2011 年に発生した東北地方太平洋沖地震では，東京湾沿岸の埋立地において多くの住宅が傾くなど，深刻な液状化被害が発生した．また，東北太平洋沿岸の港湾施設では，岸壁や護岸などの社会基盤施設にも液状化や津波による被害が生じ，その後の救援活動が遅れる原因にもなったとされる．今回の地震は，加速度振幅は大きくないものの，振動が長時間継続するという特徴を持っている．また、想定を上回る津波が来襲し、これまでの設計では考慮されてこなかった破壊メカニズムにより防波堤が被災した可能性がある．本研究室では，このような長時間地震動と津波による地盤・構造物系の応答および破壊メカニズムを調べるため，遠心模型実験を行うとともに，多重せん断機構に基づく砂の力学モデルを有限要素法に組み込んだ数値解析プログラム FLIP を開発，活用してきた．同プログラムは，各種社会基盤施設の被害解析および被害程度予測に力を発揮している．また、釜石湾口防波堤が被災した原因について、遠心力場での津波発生装置を用いた実験を行い、マウンドへの浸透流に起因する支持力低下が主たる原因であることを明らかにしている．

③ 地震時の地盤･構造物系の変形予測と合理的設計方法の確立 （井合，飛田）

大地震時には，土木構造物，特に軟弱地盤や液状化する可能性の高い地盤上に建設される港湾施設などの水際線構造物は甚大な被害を受ける．既往の被害調査から，施設の被災状況を地盤のすべり土塊と仮定する方法で説明することは困難であり，むしろ連続体として扱うべきであることが明らかとなってきた．また入力地震動と地盤・構造物の動的相互作用の問題を解明することにより，合理的な設計法を確立することができるものと考えられる．そのため特に構造物の変形予測手法を構築することを目的に，遠心力載荷装置を用いた再現実験，有効応力に基づく非線形有限要素法，土の室内試験，現地調査などの研究を行っている．

④ 都市地盤の長期変形予測手法の開発 （井合）

都市基盤としての水際線平野は軟弱であり，その変形と安定性は社会基盤の安定的な供用と効率的な経済活動にとって不可欠である．本研究では，粘性土の長期変形予測に加え，長期変形後に来襲する地震時の変形破壊挙動を予測できる力学モデルとして，ひずみ空間多重せん断モデルに基づく粘性土の新たな構成式を提案した．これにより，粘性土地盤上の盛土の建設による長期変形を解析し，さらに，その後の地震時の変形破壊挙動を解析し，本研究で提案した解析手法は，粘性土の長期変形予測と地震時の変形破壊挙動の予測に，基本的な適用性を有することが明らかとなった．

⑤ 歴史的地盤構造物の評価と保全 （三村）

歴史的地盤構造物の保全にあたり，史跡としての本体の保全とともに，内部の石室などの埋葬空間の環境管理を合わせて行う必要がある．そのために、墳

丘の力学的安定性，保水・透水特性の把握，温湿度環境に大きく影響する土の熱的特性の評価が必要となる．また修復・復元にあたっては，歴史的地盤構造物としての真正性の保持が大前提となり，近代土木工法適用に強い制約を課すことになる．既往の研究成果に基づき，考古学と保存科学，地盤工学が求める性能を融合させる枠組みを構築する研究を進め，いくつかの現場における実証研究を通じて，歴史的地盤構造物の保全スキームを提案した．また，従来考慮されてこなかった耐震性の向上の必要性を高松塚古墳の動的解析に基づいて検証した．

Ⅱ．山地災害環境

教授千木良雅弘，准教授松四雄騎，助教斉藤隆志

① 山体の重力による変形，および深層崩壊に関する研究（千木良）

大規模な地すべりや崩壊の前段階としての岩石の風化や重力による斜面の変形とそれが急激な動きに移り変わる現象を解明してきた．特に航空レーザー計測による詳細地形解析，さらに，綿密な地質踏査と高品質ボーリングコアを用いた構造解析によって，大規模崩壊の発生過程を地表面の変形と地下の岩盤の変形の面から明らかにした．上記の研究の一環として，2009 年の台湾小林村の深層崩壊と 2011 年台風 12 号による紀伊山地の深層崩壊について，地質構造と地形を調査し，その発生メカニズムと前兆地形を明らかにした．これらの崩壊は社会的にも大きな注目を浴び，深層崩壊の語が社会的にも定着する契機となったものである．これらの崩壊について，発生場の予測を可能とする見通しを得た．また，これらの研究成果を 20 回に近い一般向け講演と著書によって情報発信した．

② 変動帯における地形発達と斜面崩壊の発生場に関する研究（千木良，松四）

湿潤変動帯の代表とも言える日本と台湾の山岳地において，重力による斜面過程と流水による河川過程とをリンクして，地形発達史を編み，斜面崩壊の発生場を明らかにした．特に，日本の西南日本の外帯および台湾南部と北部の山地で，高標高部に古い残存地形があり，それを新しく河川が下刻し，谷中谷を作っていることを明らかにした．そして，谷中谷の側壁斜面ー特に流れ盤斜面ーにおいて，斜面の変形が進み，地すべりや崩壊が集中して発生していることを明らかにした．この知見は山地を広い範囲で危険度分類する考え方の基礎となりうる．上記の地形発達史に，宇宙線生成核種を用いた地表面露出年代法による絶対年代を導入し，速度論的考察を可能にしつつある．

③ 岩石の風化メカニズム，風化帯構造および崩壊に関する研究（千木良）

岩石の風化は，崩壊発生の基本的な素因となるため，様々な岩石の風化について研究を進めている．2011 年の台風 12 号による降雨は，和歌山県南部で多数の斜面崩壊を発生したが，その災害が甚大になった一つの理由が，球状風化によって形成された花崗斑岩の球状大岩塊に起因することを明らかにした．また，この球状風化について，野外調査および採取試料の物理，鉱物，化学分析によって，そのメカニズムを明らかにし，その現象の一般性について検討した．

地震時に発生する降下火砕物の崩壊性地すべりについて，その原因が火山灰土等の風化による脆弱化にあることを明らかにした．特に，2011 年東北地方太平洋沖地震によって発生した福島県南部から栃木県北部の崩壊，2009 年パダン地震（インドネシア）による崩壊を対象として，それらの発生危険性を火山灰層序学と地形発達的分析によって評価可能であることを示した．

④ 表層崩壊発生場の予測（松四，千木良，斎藤）

表層崩壊発生場を予測するための物理モデルの作成にあたって，常に大きな問題となっていた表層崩壊予備物質の厚さを推定し，それに基づく斜面安定の概略評価方法を構築した．琵琶湖周辺に分布する花崗岩山地を対象に，現地調査および GIS ソフトウェア上での解析を行い，土層の厚さが地形面の曲率と高い相関関係にあることを示した．さらに，宇宙線生成核種を用いて土層の形成速度関数の決定を行い，これを用いて，谷頭凹地への土層の集積過程を GIS 上で計算できるようにした．これにより崩壊による土層の除去および，風化と土壌匍行による土層の回復過程を含めて，表層崩壊の繰り返しによる斜

面の発達過程をモデル化し，小流域内での表層崩壊発生場を確率論的に論じることが可能となった．また，テフラの堆積地で発生する表層崩壊について，伊豆大島において現地での表層構造調査および水文観測を行い，水理的・力学的性質の異なる火山砕屑物あるいは二次堆積物が，斜面に準平行な成層構造を形成していることが決定的に重要であることを示した．さらに火山の噴火史を考慮して，斜面における表層崩壊予備物質の分布を計算し，表層崩壊発生場を推定する手法を考案した．

⑤ 長期的土砂生産速度の評価（松四）

山地流域からの長期的な土砂生産速度を高空間解像度で知ることができれば，適切な土砂災害対策や流砂管理を行ううえで有用な情報となる．こうした観点から，渓流堆砂に含まれる宇宙線生成核種の分析によって，千年スケールでの流域からの土砂生産速度を定量化する研究を行っている．これまでに北上山地，山形朝日山地，阿武隈山地，北・中央アルプス，周琵琶湖地域，六甲山地，山陽地方，屋久島等の花崗岩山地において試料を採取し，分析を進めてきた．現在までに得られた流域斜面の削剥速度は，10^2-10^4 mm/kyr の値を示し，GIS 上で求めた流域斜面の平均傾斜角と非線型な対応もつことがわかった．すなわち，流域平均傾斜が約 30 度以上になると，急激に土砂生産量が増大する傾向があることが見出され，土砂生産における斜面崩壊現象の寄与率が地形に依存して変化していることが示唆された．得られた値の一部は，数十年スケールでのダム堆砂データと比較し，渓流堆砂中の宇宙線生成核種を分析すれば，人工構造物への土砂流入量がある程度予測できることを示した.⑥ ダイナミック地形学の開拓（松四）

山地における土砂災害を，地形形成過程の一部として捉えることで，大局的な見地からのハザードゾーニングが可能となる．これまでに山地における河川の下刻および流域の侵食について，隆起―侵食の平衡と，平衡の破れの考え方を基にモデリングを試みている．このような枠組みは，従来の静的な地形観ではなく，山地の地形を動的に捉え，その地形変化過程の中に山地災害の要因となる土砂移動現象を位置づけようとするものである．こうしたアプローチによって，山地災害の発生環境について，包括的な理解を進めることができる．例えば，地形性降雨ならびに大規模なマスムーブメントの偏在性を，GIS を駆使した現地形の分析から復元した地形の発達史と関連付けて解釈したり，形成年代不明であったマスムーブメントの痕跡地形について，地表面露出年代法を適用して万年スケールでの時間情報を付与し，地形発達における気候変動の影響を考察したりするなど，これまでにない手法によって空間と時間の連結を試みている．これは外的・内的営力の時間変化が，空間的に伝播して地形を形成するというダイナミックな地形観を打ち立て，それに基づいて土砂災害につながる現象を予測するという，山地災害環境学の新たなパラダイムを作ろうとする試みでもある．

Ⅲ．傾斜地保全

教授 松浦純生，准教授 寺嶋智巳

① 温暖化に伴う極端な気象現象が山地の土砂災害発生危険度に及ぼす影響 （松浦）

積雪地帯では、温暖化の進行によって降水の量や強度，分布などが変化し，その結果，崩壊や地すべりなどの土砂災害の種類や規模，発生危険度なども大きな影響を受けると考えられる．このため、中北部日本の日本海側に位置する山間地で、ライシメータを用いた地表面到達水量（MR）の観測を長期間にわたり実施した。その結果、年最大時 MR は無積雪期に降雨によってもたらされることが多いのに対し、年最大日 MR は大部分が積雪期間の融雪期に出現し、降雨や強風といった気象現象時に発生することが明らかとなった。また、観測時間単位を長くとるほど MR の最大値は無積雪期間から積雪期間にシフトする傾向が見られ、約 70 時間単位では、ほとんどが積雪期のしかも融雪期に最大値を記録することがわかった。したがって、地すべりなどの発生危険度を評価する場合、年間を通した MR の強度とタイミングを把握しないと、発生危険度を低く見積もるか、あるいは見過ごしてしまう可能性があることを明らかにした．

② 積雪層の物理的･力学的特性が斜面変動に及ぼす影響 （松浦）

2011 年に発生した長野県北部地震では、長野県や新潟県の丘陵地帯で崩壊や地すべりなどの斜面災害が発生した。しかし、本地域周辺で発生した過去の同程度の地震と比較すると、崩壊や地すべりの発生件数は約 1/20 以下と少なかった。地震が深い積雪に覆われた冬期間に発生したことから、積雪の効果が考えられる。このため、積雪層が持つ物理的・力学的性質が斜面の安定性に及ぼす影響について、現地調査などを実施するとともに、安定計算を行い検討した。その結果、15kN/m^{2}に及ぶ積雪荷重が有効応力の増加に寄与したことを明らかにした。しかし、安全率の上昇は数%にとどまったことから、地すべり地に分布する積雪層のせん断抵抗力なども寄与したと推定される。

③ リアルタイム斜面モニタリング技術の開発と表層崩壊の予測 （寺嶋，松浦）

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

液相と固相が複雑に入り交じる陸域環境下では，その相境界面で「電気浸透，電気泳動，流動電位，沈降電位」の界面動電現象が生じる．このうち「流動電位」とは，水圧差（水理ポテンシャル差）により水の流動が生じ，正電荷が運搬されて電位が発生する現象である．地盤内において，この電位は自然電位として出現することになる．すなわち，自然電位を計測すると地下水の動態把握が可能になるという意味になる．降雨時の斜面崩壊は地下水流による地盤の破壊・移動現象である．そのため，破壊をもたらす環境変動のモニタリングに対しても，電位現象の把握が有効になる可能性がある，現在取り組んでいる自然電位計測法は，その使用に際して地形的制約が少なく，電源等の大がかりな施設も必要ない．斜面水文環境の把握に関して実績・知見の集積がある水文学・地盤工学的な手法と電磁気学的手法を連携・融合させることで，より実用的なレベルでのリアルタイム斜面水文環境モニタリング手法の確立と，斜面監視による土砂災害環境の把握を目指している．

④ 流域物質循環に及ぼす腐植物質の役割と重要性（寺嶋）

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

これら渓流水中の化合物は，pH や酸化還元電位等の周囲の水環境の変化により，配位子と金属元素との結合状態が変化して，金属イオンの濃度が変動する．したがって，流域での物質循環の解明，生物の代謝に関わる必須元素としての存在比，降雨の浸透に伴う岩盤の風化などといった地球化学的プロセスの解明においては，錯体化合物のような自由イオン以外の物質の動態を考慮することが重要である．

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) 天然ダムの形成機構と決壊危険度調査 ; 4) 山地斜面地震動予測と災害軽減; 5)人間活動と斜面災害関係史の解明と災害予測 ; 6) 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 ; 7) 地球規模での斜面災害の監視警戒システムの開発 ; 8) 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 ; 9) 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．特に近年大規模地すべりにより形成される天然ダムによる二次災害も多発している．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注目されるようになってきた．斜面災害研究センターでは所内及び国内外の斜面災害関連分野と協力しつつ，平成 23，24，25 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

センターには地すべり研究に一番適切した，世界的にみてもユニークな地すべり再現試験機があるため，世界各地の大学や研究機関および民間団体による実験施設の見学やセンターへの訪問が多く，国内外の地すべり研究や災害軽減に貢献している．

また，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．特に，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 25 年に ISI 社の Impact Factor 2.814 を与えられ，国際的に高い評価を得ている．センター職員は編集，事務局作業を発刊以来，実質的に担ってきた．ICL は，現在も当センターの一部（UNITWIN 本部棟）を継続的かつ独占的に使用している．

8.8.2 研究領域の研究内容

A. 地すべりダイナミクス研究領域

教授　釜井俊孝，准教授 福岡浩(平成 26 年 4 月，新潟大学教授に転出)，助教：土井一生（平成 25 年 7 月着任）

○ 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．平成 25 年度からは，土井一生助教が着任し，斜面地震学の発展を図っていくことが期待されている．

① 地すべりの発生・運動機構の解明

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 23～25 年度に実施した主要な研究は(1) 岩石のせん断破砕と巨大地すべり・地震断層すべりの運動機構についての研究，(2) すべり面粘土の繰り返しせん断挙動と地震時地すべりの変動現象に関する研究，(3) 異なる地下水環境下におけるすべり面粘土のせん断挙動と地すべりの変動機構についての研究，(4)降雨による地すべり崩土のせん断挙動と高速運動機構に関する研究，(5) メタンハイドレート胚胎層における長距離地すべり発生メカニズムに関する研究，(6) 三次クリープの速度～加速度関係のパラメータについてを実施し，それぞれ重要な知見を得た．

②都市域における斜面災害危険度評価手法の研究

谷埋め盛土型地すべりの予測手法の高度化を図るため，平成 20～21 年度に組織的な研究を実施した．平成 23 年の東日本大震災の発生を受け，直ちに仙台市，福島市等の斜面について被害調査を実施し，被害実態の把握をいち早く公表すると共に，現地に地震動，地表傾斜，地中傾斜，間隙水圧の観測施設を設置し，平成 24 年 9 月まで，高時間分解能による地すべり斜面の総合観測を実施した．わが国では初めての事例である．その結果，地震動，間隙水圧，地すべり変動の三者の関係が，明らかになった．それらを要約すると，斜面における余効現象の発見，地震応答に及ぼす地すべり構造の影響の解明，過剰間隙水圧と地表速度の関係の検討，地すべりの全体変動に先立つ局所破壊の発見である．地すべりの地中における地震応答の観測例は，きわめて少なく，地震による地すべりの発生過程には未解明な点が多く残されている．したがって，今回の様な精密な動的観測は，強震時における地すべりの挙動を知る上で，基礎的な知見を提供し，ダイナミック地すべり現象学の構築に資する試みとして重要である．これらの成果は，多くのマスコミで紹介された．平成 25 年度には，東京都南部においても同様な観測施設を設置し，高時間分解能の観測を開始した．

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 23～25 年度は，防賀川（木津川支流）等の南山城地域の天井川地形とその発達過程を調査し，埋もれた都市構造と地盤災害の関係，人為的な環境変化と地盤災害の関係を明らかにした．また，白川上流域の鼠川支流遺跡と周囲に分布する斜面堆積物の年代測定を行い，多くが歴史時代の堆積物である事を明らかにした．これらの成果をもとに，平成 24 年 3 月には，「地震で沈んだ湖底の村ー琵琶湖湖底遺跡を科学するー」を出版して成果のとりまとめと普及を図った．

④広域の斜面災害危険度評価手法の研究

平成 25 年 10 月 16 日の未明に発生した，東京都大島町元町地区の土砂災害は死者 18 名，行方不明（現在捜索中）35 名，家屋の被害 200 戸以上という甚大な被害をもたらした．この時点では，単一の土砂災害として，戦後最大の人的被害であった．この土砂災害をもたらした斜面崩壊は，14 世紀にカルデラ外側に形成された割れ目噴火の火口列西側斜面に沿って分布していた．この付近には厚さ 1.5m程度のスコリア質火山灰が堆積していたと考えられ，崩壊の発生源となった．同様な地質構造は，他の火山島や火山（例えば富士山）周辺にも存在する．したがって，広域の災害予知のためには，火山の噴火史に基づく崩壊発生原因の調査が必要であることが示された．

B. 地すべり計測研究領域

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)阿津江地すべりにおける稠密地震観測および斜面変動計測，(3) 善徳地すべりにおける観測システムの維持管理，(4) 四国で発生したほかの地すべりの物性計測を実施し，(5) 国内の他の地域での地すべり地（新潟県，富山県，京都府，宮崎県，熊本県，奈良県，和歌山県など）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，中国レス地域・四川地震被災地域，イタリア国バイオントダム）での地すべり調査・観測も実施した．平成 22 年度からは，南海地震に対応するため，高知県大渡ダム森山地すべりに広帯域強震計と満点計画地震計を設置し，地震動が地すべり活動に及ぼす影響について新たな観測を開始した．

共同研究は，東京大学，九州大学，新潟大学，広島大学，千葉大学，富山県立大学，徳島大学，愛媛大学，高知大学，香川大学，（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，イタリア，ニュージーランド，ドイツ，ルーマニア，スロバキア，ロシア，ナイジェリア，エチオピア，イラン，インドネシア，中国，台湾等の研究者，学生と現地調査，実習，共同研究を実施した．

末峯准教授は同支部主催で秋に実施している現地討論会の企画，運営も行っている．また， 地域への貢献としては，地域住民向け国土交通省四国山地砂防工事事務所広報誌「しこくさぼう」に「末峯博士の地すべり講座」を 6 年にわたり 59 回連載した．同所管内で突発的に発生した地すべりの緊急調査の実施，対策工設計・施工の相談を受けている．また，同事務所が平成 10 年より毎年 8 月・9 月に実施している大学 3，4 年生向けのキャンプ砂防の現場での指導を担当している．徳島県から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・施工の相談を受けている．それと最近では，大きな動きを示している地すべりがあり，担当の部署がまたがっているので，それの調整のための助言等を行っている．また四国砂防協会からの招待講演も毎年行っている．また，平成 18 年以降継続して，国交省四国整備局等の地すべり対策検討委員会の委員，四国営林局の地すべり対策検討委員会委員を委託され，治山事業についての討論や効果判定を行っている．それと退職間近や退職した地すべりに関係した職員のための講習等も行っている．

王助教は各タイプの地すべりに対する現地観測を実施するとともに，近年日本国内外で地震や異常気象時に発生した地すべりに対して，現地調査，観測および室内土質実験を行い，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，地震豪雨時に発生する地すべりの危険度評価と被害軽減化対策に関する研究を行っている．特に，H23 年 8 月の台風 12 号による深層崩壊で形成された幾つかの大規模天然ダム，H16 年の新潟県中越地震時に形成された東竹沢天然ダム，および富山県内の溜め池堤体に対して，中心メンバーとして，他大学および政府機関と連携し，詳細な物理探査を実施して，異なる誘因および形成機構を有する天然ダム堤体の内部構造を調べている．また，中国上海交通大学や蘭州大学，米国地質調査局およびニュージーランド地質・核科学研究所などと協力し，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，米国西海岸沿いの地すべりおよびニュージーランドクライストチャーチ地域の地すべりなど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，イタリアやロシア，韓国，インドネシア，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少な大きさから地球全体に至る様々な空間スケールのものが存在する．時間スケールも，竜巻のように激烈で時間の短いものや，ブロッキング現象のように一ヶ月以上の長期にわたって持続して広い地域に異常天候をもたらすものなど様々である．これらの現象は，人間活動とも複雑に絡み合いながら，時にはすさまじい破壊力で人々の安全を脅かしてきた．近年では，人間活動の飛躍的増大とともに大気・水環境も大きく変貌し，地域規模から地球規模まで数多くの環境問題が生じている．

６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．また，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行っている．さらに，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６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，社会変動に伴って変化する自然災害，水資源，生態系・生物多様性に対する影響を最小限に抑える適応策などを提案するためのリスク予測や評価を実現することを目指して，文部科学省「21 世紀気候変動予測革新プログラム（平成 19～23 年度）」に引き続き，文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム（平成 24～28 年度），領域テーマD課題対応型の精密な影響評価」において，研究部門が一丸となって進めている．

本研究部門が推進する研究テーマは以下の２つに大別できる．１つ目は「自然災害に関する気候変動リスク」で，土木研究所等と協力し，日本の気象災害のなかで最も深刻な被害をもたらす台風を柱に，梅雨なども含め，その頻度，規模，それに伴う雨量，暴風，高潮，高波，土砂崩れなどの事象について，最悪の場合も含めた予測を目指している．２つ目は「水資源に関する気候変動リスク」で，東京大学生産技術研究所と協力し，地球温暖化によって気候が変化した際の日本列島の主な河川における水の流れや供給の変化，稲作などへの影響，ダムなどの治水の必要性などの予測・評価を目指している．アジアをはじめ，世界の主な河川についても，同様の予測・評価を進めている．

(3) 研究活動

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循環や予測可能性に及ぼす影響
3) アンサンブル全球大気データ同化システムの開発
4) 大気中における二酸化炭素(CO2)の収支の研究
5) 放射性物質の長距離輸送シミュレーションにおける誤差の研究
6) 熱帯気象・台風に関する研究
7) 強風災害や集中豪雨などのメソ異常気象研究
8) 静止気象衛星による気象災害監視の研究
9) 温暖化環境下での気象災害研究
10) 大気境界層とその乱流構造
11) アフリカ半乾燥地域の気象災害と気象環境
12) 福島第一原子力発電所に関わる環境放射能の研究
13) 強風災害の調査と強風被害発生機構の解明
14) 強風によって生じる飛来物による外装材の耐衝撃性能の試験・評価方法の開発
15) 竜巻中の飛散物の挙動と衝撃力の解明
16) 強風災害低減のための耐風設計方法の開発
17) 快適な風環境の創生と風力エネルギーの有効利用
18) 強風災害の防止・低減および被害予測とリスク評価
19) 温暖化シナリオ下における沿岸災害の長期的変化予測
20) 気象・沿岸災害のリアルタイム予測技術開発
21) 海岸･港湾構造物の変状特性と新しい耐波設計法の確立

22) 高波・高潮予測モデルの開発
23) 津波影響評価および予測法の開発とリアルタイム防御施設の開発
24) ゲリラ豪雨の早期発見と危険予知手法の開発
25) 都市豪雨の基礎観測実験とスケールに応じた豪雨・流出予測
26) 21 世紀気候変動による災害環境変動評価
27) 大気－地表－地下を通した水系一環の水・物質の流出機構の解明とその制御
28) 気象水文リスク情報の高度化に関する研究
29) 高度化された気象水文リスク情報の利活用に関する研究
30) 気象水文リスク情報の発信方策に関する研究

(4) その他の活動

当部門では，「気候変動リスク情報創生プログラム」に関連して，東京大学大気海洋研究所，気象庁気象研究所，東京大学生産技術研究所，東北大学大学院環境科学研究科，名古屋大学地球水循環研究センター，北海道大学大学院地球環境科学研究院等と，所内では，流域災害研究センター，水資源環境研究センター，工学研究科の研究者らと連携して研究を進めている．

8.9.2 研究分野の研究内容

Ⅰ．災害気候研究分野

教授　向川均，
准教授　榎本剛（平成 23 年 6 月 1 日～），
助教　井口敬雄

○ 研究対象と研究概要

人間活動の影響に伴う地球温暖化によって，集中豪雨，熱波や干ばつなど，経済・社会に甚大な影響を及ぼす異常気象が近年頻発する傾向にあるため，異常気象の発現メカニズムや，その予測可能性，さらに，気候システムの維持や変動のメカニズムについて詳細に検討することが必要である．このため，災害気候研究分野では，大気組成，海洋・大気循環変動による異常気象の発現メカニズムと予測可能性，，気候変動の実態とメカニズムの解明を目標に研究を進めている．平成 23～25 年度に実施した研究の概要を以下に示す．

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

長期間の全球再解析データや気象庁一ヶ月アンサンブル予報データの解析や，大気大循環モデルを用いた予報実験を実施することにより，近年に生じた異常気象に関連する次の研究課題について解析を行った．(a)21 世紀以降の東アジア域における寒冬発生頻度増加要因の分析，(b) 2010 年夏にロシアに観測史上最大規模の熱波をもたらしたブロッキング高気圧の形成メカニズムと予測可能性に関する解析．

一方，東京大学大気海洋研究所等，全国の研究機関と協力して，平成 15 年度より「異常気象と長期変動」研究集会をほぼ毎年開催している．この研究集会には，延べ 700 名以上の研究者や大学院生が参加しており，日本における異常気象研究に関する研究コミュニティーの発展と若手研究者の育成に大きく寄与している．

また，本研究分野は，気象庁と日本気象学会との共同研究である「気象庁データを利用した気象に関する研究」や，気象庁異常気象分析検討会にも積極的に関与している．

2) 成層圏循環変動が対流圏循環や予測可能性に及ぼす影響

平成 25 年度に締結した本研究分野と気象研究所との共同研究「成層圏対流圏結合の力学的化学的予測可能性の研究」などを通じ，以下のような研究課題について精力的に解析を行っている．(a)冬季成層圏循環の予測可能性変動特性，(b)成層圏突然昇温の予測可能性と，対流圏循環への影響，(c)成層圏での惑星規模波の反射現象の原因と，その予測可能性，及び対流圏循環への影響．このような解析から，惑星規模波が成層圏で反射し対流圏に下方伝播すると，北太平洋でブロッキングの形成を促し，東アジア域に異常気象を引き起こすことが明らかになった．また，これまでの研究業績が評価され，向川は，平成 25 年度日本気象学会賞を受賞した．

3) アンサンブル全球大気データ同化システムの開発

数値予報実験の初期値改良のため，地球シミュレータ用大気海洋結合モデルを用いたアンサンブル同化システムを開発した．このシステムを用いた全球大気データの2008年から6年間分のデータセットを作成した．このデータセットを参照実験として，北極域のゾンデ観測の効果を見積り，北極域のみならず，北半球中緯度まで影響が及ぶことを明らかにした．急速に発達する温帯低気圧の予測可能性について調べた研究では，低気圧の成因により予報誤差の分布に差異があることを明らかにした．また，データ同化システムに用いられるモデルを改良するため，トレーサーの移流スキームを開発した．

4) 大気中における二酸化炭素(CO_2)の収支の研究

気候の変動により大気中のCO_2濃度に大きな影響を及ぼすことが懸念されている北半球高緯度の陸上

生態系からの CO_2 フラックスについて，大気輸送モデルを用いた逆解析結果や，化石燃料の燃焼や火災を起源とする CO_2 フラックスデータを用いて，フラックス量およびその長期トレンドの推定を行った．

5) 放射性物質の長距離輸送シミュレーションにおける誤差の研究

東日本大震災に関する緊急調査として，原子力発電所事故により放出された放射性物質の全球規模の拡散について大気輸送モデルを用いたシミュレーションを行い，輸送モデルで使用する再解析データに起因する誤差の評価を行った．調査結果は英文報告書集に収録され，出版された．

Ⅱ．暴風雨・気象環境

教授　石川裕彦，准教授　竹見哲也
助教　堀口光章，
特任助教　Subhajyoti Samaddar（H 24, 25）
（学内研究担当）理学研究科教授　余田成男
　　生存圏研究所准教授　橋口浩之
（非常勤講師）飯塚悟（H23），山田広幸（H24, 25）
（非常勤研究員）岡田靖子(H24, 25)

○ 研究対象と研究概要

気象災害の原因となる台風・豪雨・暴風など異常気象の構造とその発生・発達の物理機構を解明することを目的として，衛星データ解析・気象データ解析・数値モデリングなどの手法を用いた研究を進めている．また，異常気象の背景となるアジアモンスーンの変動，我が国の大気環境を決めている東アジア域の大気質，気象災害が発現する大気境界層も研究対象としている. 平成 23－25 年度に実施した研究の概要を以下に示す．期間中の完全査読付論文発表数は 17 編である．

1) 熱帯気象・台風に関する研究

数値気象モデルを用いた数値実験・数値シミュレーションによる解析を進めている．熱帯低気圧の発生や発達の物理機構の解明，熱帯低気圧の発達における海面熱輸送の効果の解明といった大気物理学的な基礎研究を進めた．また，北西太平洋での台風の発生と総観気象場や季節内振動との関係，インド洋での熱帯低気圧の発生に及ぼす季節内振動との関係をデータ解析により研究を進めた．さらに，マッデン・ジュリアン振動のメカニズム解明を目的とした国際研究計画 CINDY/DYNAMO に参画し，海洋研究開発機構・海洋地球研究船「みらい」のインド洋上での観測航海に参加し，熱帯海上での大気変動と積雲群の観測や数値モデル研究を進めた．

2) 強風災害や集中豪雨などのメソ異常気象研究

台風や冬季の爆弾低気圧による局地的な強風・暴風の発生機構をデータ解析や数値モデルにより研究を進めた．都市域のような複雑地表面で生じる突風予測のための新しい乱流計算手法を開発し，台風による東京都心部での突風の数値モデル研究を進めた．

局地豪雨や集中豪雨の実態と発生機構に関する研究も進めた．東京圏・名古屋圏・京阪神といった都市圏で発生する夏期の局地降水の実態と発生環境条件，梅雨期の豪雨の発生環境条件，全国規模での暖候期の降水系の出現特性をデータ解析で解明した．多様な大気条件で発生する降水系の組織化のメカニズムを解明する数値モデルによる研究を進めた．

3) 静止気象衛星による気象災害監視の研究

中国静止気象衛星「風雲 2E 号」データ「ひまわり 7 号」のデータアーカイブを継続した．これら衛生を用いた気象災害監視研究や雲粒径分布算出アルゴリズム開発研究を行った．

4) 温暖化環境下での気象災害研究

平成 19～23 年度の間実施された文部科学省「21 世紀気候変動予測革新プログラム」, 及びこれに引き続き平成 24 年度に開始された「気候変動リスク情報創生プログラム」, 科学研究費「ＩＰＣＣ温暖化予測数値情報による極端気象現象と災害発現特性の研究（～H23）」，国土交通省河川砂防技術研究開発制度(～H23)等により地球温暖化が進んだときの気象災害の研究を進めた．温暖化時に台風によりもたらされる被害を推定する目的で，台風の経路アンサンブル手法と局地気象モデル(WRF)を用いた擬似温暖化実験を組み合わせて，台風による気象外力を推定した．この結果を応用して，他分野と協力して台風に伴う洪水や高潮被害を推定した．また，温暖化実験データを用いて，梅雨期の極端降水の将来変化と大気場の変化を調べた．

5) 大気境界層とその乱流構造

中立に近い大気境界層での組織的乱流構造の研究をとりまとめ論文発表した．また，大都市での境界層や乱流構造を高精度数値モデルにより解析し，複雑粗度面上での境界層に関する研究を進めた．

6) アフリカ半乾燥地域の気象災害と気象環境

半乾燥地域は, 干ばつと洪水の両方に脆弱である．GCOE-ARS の海外プロジェクトとして, サブサヘルのニジェールを対象に気象観測を実施した（H23-25）．また SATREPS（地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム）に参加し，ガーナ国北部での気象災害監視と水資源有効利用に関する研究を進めている（H23～）．総合地球環境学研究所が実施

する砂漠化に関するプロジェクトに参加し，ナミビアでの観測を H24 より進めた．

7)福島第一原子力発電所に関わる環境放射能の研究

医学研究科環境衛生学のグループと共同して，防災研究所の共同利用研究経費及び環境省環境研究総合推進費により，福島原発近隣における里山生態系を含めた除染効果の評価と住民の中期曝露評価に関する研究を実施した．また，福島第一原子力発電所周辺の複雑地形を考慮した気流計算を実施した．これらの成果は，学会誌論文及び Springer 社から発刊された学術書で公表された．原子力研究開発機構と共同で，現実の気象条件で建物周りの微細規模の気流･拡散計算を可能とする数値モデル開発も進めた．

Ⅲ．耐風構造

教授　丸山　敬，准教授　西嶋一欽

○ 研究対象と研究概要

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

1) 強風災害の調査と強風被害発生機構の解明

強風によって生じる強風被害の低減方法のためには，強風時にどのような被害が生じたかを把握することは極めて重要である．本研究分野では，平成 24 年5月6日に北関東で発生した竜巻の調査に参加し，これら一連の竜巻は，わが国最大級の突風被害をもたらし，全壊棟数の多さだけでなく，5 階建 RC 造集合住宅の全層被害やコンクリート基礎とともに横転した木造住宅，さらには，構造工学に基づいて建設された工業団地オフィス建物の被害など，平成以降の竜巻の中でも特異な被害状況を残していることなど，被害の実態を明らかにした．また，発生した竜巻と同程度の風速と大きさ，移動速度をもつ竜巻状の渦を数値的に発生させて，被害発生時の強風場の性状を明らかにした．また，平成 25 年 11 月にフィリピン中部を襲った台風 Yolanda による強風被害調査を行い，被害が顕著であった学校建築や多くの被害が集中したノンエンジニアド住宅の被害の実態および被害を拡大させる耐風構造的な弱点を明らかにした．

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

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

3) 竜巻中の飛散物の挙動と衝撃力の解明

日本における強風災害としては台風に起因するものが大半であるが，竜巻による被害も少なくない．竜巻による被害の範囲は台風に比べるとはるかに狭いが，強い竜巻の場合は発生する風速が秒速 100m 近くにも達し，通常の木造家屋などはバラバラに破壊される．そのため，竜巻中の気流性状，および竜巻接近時の建物周りの非定常流れ場と建物に加わる風圧力を明らかにすることは破壊性状を理解するうえで非常に有益であり，そのために竜巻状の回転流中に置かれた建物周りの非定常流れ場の数値解析を行った．さらに，破壊された種々の破片が飛散物となって風下側の建物を破壊するという被害の連鎖が竜巻による被害の特徴であり，飛散物の持つ衝撃力を知ることは竜巻による被害予測や防備にとって重要な情報となる．そこで，竜巻による飛散物のもつ衝撃力を推定するために，ラージエディシミュレーションを用いて竜巻状の渦を数値的に生成し，渦の形状，風速，半径，移動速度の異なる種々の条件を作り出し，種々の空力特性をもった単純化された物体を放出して飛散運動を計算し，飛散物の飛散性状を求めた．

4) 強風災害低減のための耐風設計方法の開発

強風被害を低減するためには，強風に強い構造物を実現する方法を開発することが必要である．このためには，強風時に建物に作用する風力とそれによ

る建物の応答を正確に調べる必要がある．現在の耐風設計では，強風時に建物に作用する風力を，風洞実験によって評価している．本分野では，低層，高層建物から風車に至るまで，多くの構造物の風洞実験を行い構造物の耐風安全性能を評価するとともに，これまで蓄積された風速の観測値や，自然風中の各種の大型構造模型による風圧測定結果と比較した．また，最近，急速に普及が進んでいる超高層免震建物について，ねじりフラッタなどの空力不安定振動が生じないかも風洞実験で検討した．

5)快適な風環境の創生と風力エネルギーの有効利用

建物周りにおける快適な風環境を創り出し，風力や太陽光などの自然エネルギーを活用するための，風況予測手法の開発を行った．具体的には，都市域において自動車群・歩行者群等のような様々な形状・密度の一様物体群が風環境に与える影響を予測するためのモデルの開発を行い，実験値や観測値との比較を行って，モデルパラメータの最適化を行った．また，複雑地形上に配置された風力発電施設周辺の風況の予測手法を開発し，風車やタワーの耐風設計用の風荷重の評価，発電施設の安全運転制御への応用を進めた．

6) 強風災害の防止・低減および被害予測とリスク評価

台風などが襲来したときにどのような強風が生じるか，それによってどれくらいの被害を蒙るかを予測することは災害の防止・低減のために重要である．これらに関して，観測や計算により得られた強風場の情報をもとに，風速と建物被害率との関係を精度よく求める手法の開発や，確率台風モデルを用いた強風場の統計的評価，強風による種々の被害リスクの評価手法の開発と高精度化を進めた．これらの成果の応用として，文部科学省「21 世紀気候変動予測革新プログラム（平成 19～23 年度）」のグループ III 極端現象予測「流域圏を総合した災害環境変動評価」に引き続き，文部科学省「気候変動リスク情報創生プログラム（平成 24～28 年度），領域テーマ D課題対応型の精密な影響評価」に参加し，課題 i：自然災害に関する気候変動リスク情報の創出，a：気候変動に伴う気象災害リスクの評価，に参加し，強風被害リスクモデルの開発を行い，21 世紀末の温暖化時の日本における台風による風速の変化と強風被害リスクの評価を行った．また，「建設技術研究開発助成制度（平成20～23年度政策課題解決型公募），災害気象・水象のリアルタイム予測技術開発と仮想風速計，仮想雨量計および仮想波高計の構築」では，地球温暖化による極端気象現象の変化を数値予測情報をもとに求め，台風による建物の強風被害の変化を全国の市町村ごとに求める手法の開発を行った．「京都大学防災研究所共同研究・一般共同研究 22G-05（平成 22～23 年度），台風接近時の強風被害予測技術と防災・減災のための準備手順の開発」では，台風接近時の強風被害予測技術と防災・減災のための準備手順について，台風による強風や高潮・高波など極端気象状況を数時間から数日先まで予測し，強風被害状況を判定する技術を開発した．「京都大学防災研究所減災社会プロジェクト一般公募研究（平成 24 年度），熊本県宇城市における地域参加型の災害情報コミュニケーションモジュールの開発」では，熊本県宇城市において災害時の情報共有を目指し，携帯電話やスマートホンを用いた市域住民参加型の情報コミュニケーションモジュールを開発した．「京都大学防災研究所減災社会プロジェクト一般公募研究（平成 25 年度），熊本県宇城市における地域ハザードマップの作成と人材養成プログラムの開発」では，熊本県宇城市において，“地域ハザードマップ”，“防災マニュアルおよび住民向けのパンフレット”の試作を行い，それらを使った人材養成のためのカリキュラムの開発を宇城市と共同で行った．

その他，社会との連携に関しては，雑誌，機関誌などでの成果発表（5 件）．講演会，講習会，フォーラムなどでの発表（8 件），教材，インターネット用の教材用映像など（4 件）．マスコミなどから聴取，協力，研究成果の提供などの要望に応え，テレビ，ラジオ，新聞などマスコミへの情報提供（7 件）など，研究成果の社会還元に努めた．

Ⅳ．沿岸災害

教授　間瀬　肇，准教授　森　信人，助教　安田誠宏

○ 研究対象と研究概要

周囲を海で囲まれているわが国は，津波や高潮，高波によって多くの人命と貴重な財産が奪われるという苦い経験を幾度もしてきている．こうした沿岸災害の防止・軽減を図るため，「高波，高潮，津波災害の防止と軽減―高度な沿岸災害予測法の開発と減災に向けて―」をミッションとして，研究・教育活動を行っており，海岸工学の観点から21世紀半ばの国土保全の将来像について提言を行うことを目標としている．地球温暖化による海岸災害や津波減災は世界共通の問題であり，得られた研究成果が世界各国で利用されることを目指している．具体的に行っている研究テーマは，以下のようである．

1) 温暖化シナリオ下における沿岸災害の長期的変化予測

予想される気候変動のシナリオの下では，地球規模の気候の変化や大気および海面の温度分布の大規模な変動が予想されている．沿岸部では，海面上昇，波浪，高潮が現在と異なる振る舞いをすることが予想され，今後どのような変化をするのかの予測が必要とされている．当研究分野では，これまでの研究成果を生かし，波浪と高潮の規模が今世紀末までにどのように変化していくのか，またこれらに伴う沿岸災害が長期的にどのように変化していくのかの予測を行っている．

2) 気象・沿岸災害のリアルタイム予測技術開発

気象・水象災害の防災・減災には，長期的なトレンドの予測以外に，数時間後から数日先の状況の情報から，災害の回避や避難を行うための短期的な対策も重要である．そこで，メソスケールの気象予測モデル，波浪モデルを援用し，これまで難しかった強風・暴波浪のリアルタイム予測技術開発を行っている．このシステムを用いて，実際に起こった船の遭難時に直ちに気象・海象情報を解析し，ホームページに情報提供している．当研究分野の解析結果は，幾つかの海難審判の資料として採用された．また，甚大な波浪災害が生じた場合には高波情報を即座に関係機関に提供し，その後の災害現地調査に貢献している．

3) 海岸･港湾構造物の変状特性と新しい耐波設計法の確立

近年，設計の合理化を図るため，海岸・港湾構造物にも性能設計の概念が導入されつつある．そこで，海岸・港湾構造物の変状特性を調査するとともに，信頼性設計や最適設計といった新しい概念に基づいて構造物を設計する手法を研究している．また，設計過程で現れる不確定要素による値のばらつきに配慮し，ライフサイクルコストを考慮した最適設計法，構造物の性能を規定することによる性能設計法の確立を目指した研究を行っている．実際に，安定性の優れた消波ブロックを企業と共同で開発して国内や海外で使われている．

4) 高波・高潮予測モデルの開発

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

5) 津波影響評価および予測法の開発とリアルタイム防御施設の開発

東北地方太平洋沖地震津波が多くの人命を奪い，海岸施設に損害を与えた．こうした津波災害を防止・軽減するために，事前津波想定手法，リアルタイムで来襲津波を正確に予測する手法の開発，市街地スケールの津波変形予測手法，ねばり強く抵抗できる海岸施設の開発，リアルタイムに防波堤口，水門，胸壁を閉鎖できるゲートの開発研究を行っている．

以上の研究成果を広く社会に役立つようにするため，平成7年より毎年の研究論文を海岸工学論文集録としてまとめ，全国の大学および研究機関の関連研究者に150部を配布している．

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) ゲリラ豪雨の早期発見と危険予知手法の開発

2008年7月兵庫県都賀川と同年8月の東京都雑司ヶ谷における水難事故はいずれも単独の積乱雲による豪雨によってもたらされ，突然発生し，急速に発達して，人命をも奪う可能性のある災害という意味からゲリラ豪雨災害と呼ばれ，5分，10分というわずかな時間先予測の重要性を愕然と認識させられた

ものであった．気象レーダーの立体観測情報から地上降雨に先行して上空で発生するゲリラ豪雨のタマゴを早期に探知し，さらにドップラー風速から渦度を算出し発達する積乱雲は必ず高い渦度をもっていることを明らかにし，実践段階の有益な手法として国土交通省での半実用化へと導いた．さらには，タマゴ生成時である積乱雲の初期段階においての渦構造を明らかにするという新しい基礎研究の道が開けた．加えて，レーダー降雨情報から瞬時に都市河川水位を予測するというこれまた実践的手法を開発した．これらは，平成 23~25 年度の国土交通省河川砂防技術研究開発制度「ゲリラ豪雨予測手法の開発と豪雨・流出・氾濫を一体とした都市スケールにおける流域災害予測手法の開発」ならびに平成 22~26 年度の期間で実施している科学研究費基盤研究（S）「最新型偏波レーダーとビデオゾンデの同期集中観測と水災害軽減に向けた総合的基礎研究」をベースに実施した．

2) 都市豪雨の基礎観測実験とスケールに応じた豪雨・流出予測

1)と同様，平成 22~26 年度の期間で実施している科学研究費基盤研究（S）「最新型偏波レーダーとビデオゾンデの同期集中観測と水災害軽減に向けた総合的基礎研究」をベースに実施した．積乱雲の発生過程・発達過程を明らかにするために，ビデオゾンデと偏波レーダーの同期観測を沖縄で継続実施するだけでなく，加えて，偏波レーダー・雲レーダー・ドップラーライダー・GPS などのマルチセンサーを用いた大規模フィールド基礎観測を京阪神域で開始した．観測結果を利用して，偏波レーダーによる氷粒子混合比推定とそのアンサンブルカルマンフィルタ同化による豪雨予測手法，および，強雨時の雨滴粒径分布推定手法をそれぞれ開発した．さらに，ヒートアイランドが要因となって発生する豪雨の起源のメカニズム解明を目的とした都市気象 Large Eddy Simulation モデル開発に着手した．また，台風による豪雨予測に関しては，地形性降雨と予測誤差のアンサンブル情報活用による豪雨予測手法の開発，および，メソスケール高解像度降水アンサンブル予測情報から有意義なメンバーの抽出による洪水予測手法の高度化を実施した．

3) 21 世紀気候変動による災害環境変動評価

平成 19~23 年度の間実施された文部科学省「21 世紀気候変動予測革新プログラム」, 及びこれに引き続き平成 24 年度に開始された「気候変動リスク情報創生プログラム」をベースに，部門共同で実施している課題であり．本分野では主に世界の降雨特性の現気候, 近未来, 世紀末での変動を明らかにすべく，気象研究所による気候予測情報を用いた解析を実施している．様々な空間スケール，日～月という時間スケールにおいて極値としての異常降雨の出現特性解析を行うとともに，どの空間スケールでなら将来への変化を統計的に有意に語れるかの基礎研究も実施した．一方，国内において，将来梅雨期の集中豪雨発生頻度が特に西日本～東北地方で統計的に有意に増加することを明らかにするとともに，GCM のアンサンブル出力情報を用い確率情報の創生を行った．

4) 大気－地表－地下を通した水系一環の水・物質の流出機構の解明とその制御

京都盆地水系を対象として流域における水・物質循環を水系一環としてとらえるために，平面二次元飽和地下水モデルにより地下水流動解析を行い，流動と水質の時空間特性を水系全体において比較的良好に再現することを示した．

また，都市域の雨水貯留施設の実時間制御の実証的研究を進め，負荷削減のための初期貯留水をレーダー降雨予測に基づき豪雨発生が予測される場合には緊急排水を実施する施設操作によって，最新型 X-band レーダー情報に基づく実降雨と移流モデルによる予測降雨を用いた検討を行い，レーダー予測の空間的不確実性を考慮した活用方策の評価を行い，浸水リスクを増加させることなく確実に緊急排水が実施できるルールについての検討を進めている．

さらに，中央アジア域を対象として，流域界発や気候変動影響を考慮した陸域水循環モデルの構築を進めている．構築したモデルは，陸面過程モデル SiBUC による流域全体の水熱収支解析を主体として，分布型流出モデル，受水域の水位変動モデル，灌漑モデルを組み合わせたものであり，気候変動影響予測や水資源開発とともに，人為的な灌漑活動が水循環に及ぼす影響を定量的に評価することができる．

Ⅵ．気象水文リスク情報 （日本気象協会）研究分野

特定准教授　井上実，特定助教　本間基寛，
特定助教　山口弘誠

○ 研究対象と研究概要

本研究分野は，平成 25 年 10 月 1 日付けで一般財団法人日本気象協会と京都大学防災研究所が寄附研究部門として設置したものである．大学における気象・水文現象の観測や予測技術に関する研究成果を一般社会に対して的確に発信するとともに，一般社

会とコミュニケーションを取りながら研究成果の具体的な活用方策を提示することを目的とする．以下の研究テーマを掲げて活動を開始した．

1) 気象水文リスク情報の高度化に関する研究

近年，集中豪雨や竜巻のような極端現象による被害がしばしば発生している．このような現象は局地的で，かつ短時間のうちに発生するものであり，より細かな時空間スケールで現象を捉える必要がある．そこで，時空間的により細密な観測が行える最新の気象レーダネットワークの活用や微細な乱流構造を捉えることができる数値シミュレーション手法を開発し，極端現象の早期探知に資する気象水文リスク情報の高度化を目指す．

2) 高度化された気象水文リスク情報の利活用に関する研究

現在，災害時の防災対応を支援する目的で様々な気象水文リスク情報が開発され，提供されている．しかしながら，情報の高度化や氾濫により利用者に十分に伝わっていない，または活用されていないことが懸念される．そこで，アンサンブル予測や非定常現象の予測結果が持つ不確定リスクを考慮した情報の利活用を検討し，専門知識を有しない者にも的確に伝わるような新たな気象水文リスク情報の創出を目指す．

3) 気象水文リスク情報の発信方策に関する研究

気象水文リスク情報の利用者は，内容の理解とともに当事者意識を持つことが防災行動をとる上で重要と考えられる．そこで，情報の発信者と利用者間のニーズのギャップを埋め，利用者の行動に直結する情報の発信方法に関する検討を行う．また，社会実験を通して自主的な防災行動を誘発する表現方法を検討し，一般市民の防災対応能力向上に資する気象水文リスク情報の発信方策の提言を目指す．

8.10 流域災害研究センター

8.10.1 センターの活動概要

(1) センターの研究対象と活動方針

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

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

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

(2) 現在の重点課題

短時間局所的豪雨や総降雨量の極めて大きい豪雨により，都市河川で突発的な出水，都市域での内水氾濫，破堤氾濫，土砂災害などが発生しており，このような気候変動に伴う災害現象の変化とその対策が研究面での重要課題である．海外においても異常豪雨の発生による大災害が発生しており，この問題は世界共通の重要課題と考えている．また，巨大津波や高潮の河川遡上・氾濫や火山噴火とその後の出水に伴う土砂流出現象の解明やこれらの現象による人的・物的被害の防止・軽減に資する研究も重点課題と位置付けている．

研究以外では，宇治川オープンラボラトリーで開催するオープンキャンパス等での災害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，SSH 等での高大連携事業などが重点課題として挙げられる．

(3) 研究活動

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

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

平成 25 年度からインドネシアを対象とした「火山噴出物の放出に伴う土砂災害軽減に関する研究」と,バングラデシュ国を対象とした「高潮・洪水被害の防止軽減技術の研究開発」の２つの SATREPS（地球規模課題対応国際科学技術プログラム）が受託研究としてスタートし，センターの多くのメンバーがこれに参画して研究活動を行っている．

(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，宇治川オープンラボラトリーではオープンキャンパス時の災害体験学習を実施している，同様の取組は，消防・警察，地域の自治会などにも行い，積極的に社会貢献を図っている．他の隔地観測所でも京大ウィークスの期間に，施設を利活用した同様の体験学習を実施している．また，学部・大学院の教育プログラム，SPP や SSH などの高校の教育プログラム,小中学校の教育プログラムにおいても，センターの施設の利活用が図られており，多大の貢献をしてい

る．さらに，外国人留学生の受入，JICA 研修への協力，外国人研修員の指導を行うなど，国際貢献も積極的に行い，中期目標・中期計画に沿った教育活動，国際貢献，社会貢献を果たしている．

8.10.2 研究領域の研究内容

Ⅰ．流砂災害

教授　藤田正治，准教授　竹林洋史，助教　宮田秀介

○ 研究対象と研究概要

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

本研究領域の主な研究課題は以下のようである．

(1)　大規模土砂災害のメカニズムと対策
(2)　山地河川流域の土砂動態の解明
(3)　フラッシュフラッドの発生機構の解明
(4)　生態系における流砂現象の役割の解明
(5)　高度かつ多目的な河床変動モデルの開発

平成 23 年から 25 年度における各研究課題の研究内容を要約すると以下のようである．

(1) 大規模土砂災害のメカニズムと対策

深層崩壊が多発するような大規模土砂災害に対する的確な警戒避難システムを構築するためには，がけ崩れや小土石流，浸水などの小規模なハザードから始まって，大規模な土石流，深層崩壊，天然ダムの形成と決壊などの大規模ハザードに至る過程を詳細に知ることが重要である．極端な降雨現象の発生頻度が増加することが予測されているなか，総降雨量の極めて大きい豪雨が今後増加すれば，このような複合的土砂災害の問題は大変重要になる. そこで，2009 年の台湾小林村での土砂災害や 2011 年の紀伊半島大水害などの現地調査を行って，台風時に発生した大小さまざまなハザードの発生過程，それらの避難行動への影響などについて検討し，複合的土砂災害の発生特性を明らかにした．さらに，効果的な警戒避難システムのためには，連続して発生するハザードの予測を行い，避難のタイミング，避難場所の情報を提供することが重要であると考え，そのようなシステムに役立つ複合土砂ハザードシミュレーションモデルの開発を行っている．

(2) 山地河川流域の土砂動態の解明

平成 22 年度までに, 風化花崗岩裸地から凍結融解作用によって生産される土砂量を求めるモデルを開発したが，その後，頁岩，砂岩，流紋岩などの地質にも適用できるようにモデルの汎用性を高めた．また，生産土砂は河道に供給され流送されるが，前述の土砂生産モデルと土砂輸送堆積モデルを結合させて，山地河川流域の土砂動態を解析する手法を開発した. 土砂生産のタイミングと量を考慮することで, 山地河川特有の流量と流砂量の関係，土砂流出の季節変動などが説明でき，山地河川の流砂現象を説明することができた.

(3) フラッシュフラッドの発生機構の解明

山地流域での急激な出水現象（フラッシュフラッド）について，観測と数値シミュレーションの両面から検討している．フラッシュフラッドの事故を未然に防ぐためにはその発生機構を明確にし，予測手法を構築する必要がある. そこで, 流域の地形特性, 植生特性，さらには降雨分布特性などに着目して研究を進めている．研究対象とした北アルプスの双六川流域では上流域がハイマツで覆われており，斜面に土壌がほとんどない．このため土壌に貯留される雨の量が少なく，急な出水が発生する原因となっていることが示された．最近，レーダー雨量観測技術が向上しており，降雨分布が高解像度・高精度で計測できるようになっている．レーダー雨量観測と連動したフラッシュフラッド予測システムの開発に向けた基礎研究が行われている．

(4)　生態系における流砂現象の役割の解明

水生生物の生息場の評価方法の確立は，環境を視点においた土砂管理において重要なツールとなる．様々な河床形態のうちイタリアのタリアメント川の網状流路に存在する生息場に注目して，河床変動計算による生息場の動態解析を行った．とくに砂州上の水溜りの形成機構，維持機構，消滅機構などについて明らかにした．

(5) 高度かつ多目的な河床変動モデルの開発

河床変動計算モデルは主には河道計画のために開発されてきたが，高度かつ多目的な河床変動計算法の開発を行っている．すなわち，2 次元河床変動計算の精度の向上だけでなく，河川環境も含めた広い目的のために使用できるように，河床変動モデルの高度化・多目的化を図っている．例えば，砂州の動態の計算は行えるようになってきたが，そこに地下水の解析を含めることで，伏流水の動態，水溜りの消長なども解析でき，生物の物理環境に対する新たな情報を提供することができた．陸域の地下水を考慮した河床変動モデル，粘着性材料と非粘着性材料

の互層の河床における流砂メカニズムと河床変動モデルについても検討している．

Ⅱ．都市耐水

教授　戸田圭一（平成 24 年 10 月 30 日まで），五十嵐 晃 (平成 25 年 10 月 1 日から)，准教授　米山 望

○ 研究対象と研究概要

本研究領域では，特に沿岸域・河川流域の低地帯に発展した都市域での地震・津波・水害など多様な災害事象に対する安全性・性能の評価と工学的な対策技術の確立を目的として，都市水害の防止・軽減を図る方策の提言，構造物・流体あるいは両者が関わる複雑な連成力学現象の解析，実験的評価，都市基盤施設の設計や維持管理技術に関する研究を行っている．

主要な研究内容は以下のとおりである．なお, (1) (2) は，流域災害研究センターの他の領域，ならびに関西大学環境都市工学部との共同研究である．

(1) 地下空間の浸水とその対策に関する研究

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

(2) クルマ社会の水害脆弱性とその対応策の研究

地下駐車場や道路・鉄道の高架下のアンダーパスでの車の水没事故を想定して，水槽の横に実物大の車を設置した模型による体験型避難実験を進めている．車内が浸水していないという条件の下で，開閉式，スライド式のどちらのドアのタイプでも，地上からおよそ 80cm の水深時に成人男性が車から脱出するのが困難となる，という知見を得ている．

また，都市域での洪水氾濫時に，どの程度の流れの状態で車が流され始めるか，またその後，どのような漂流速度で流されるかを明らかにするために，車模型を用いた水理実験を実施している．車の漂流限界実験から得られた抗力係数をもとに実物に換算した危険判読図を作成すると，流れ場の流速が 2m/s を超えると車が漂流しだす危険が生じることが明らかとなった．この結果を，過去に実施した京都市域での氾濫解析結果に適用したところ，車が漂流する危険な箇所が見出された．また模型実験より，いったん車が漂流しだすと，漂流速度は流れ場の平均流速の 60－70%程度になることも明らかとなった．

(3) 巨大津波発生時の都市域における複合災害に関する研究

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

本研究領域では，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の挙動を精度よく予測するため数値解析モデルを開発している．このモデルを遡上津波に押されて移動する陸上設置物を対象とした水理実験に適用して，設置物の移動速度を適切に再現できることを確認している．

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

(4) 極端事象に対する構造設計法

地震・津波等の災害時における構造物の安全性を確保する上で，こうした極端事象時の外力に対する構造設計法が重要となる．中でも，構造設計法において従来 1 方向に単純化されている地震外力の 2 方向性を考慮した入力設定法，不確定性の高い外力に対する構造物の性能評価のための漸増動的解析 (IDA) の適用法など，より合理性の高い方法論の開発と検討を行っている．またこれらは動的な現象であることから，構造物の特性としての多次元的・動的な応答特性のモデル化についても併せて検討している．

(5) 都市施設の災害に対する経年劣化性能の評価と維持管理

長期間供用された社会基盤施設構造物では，経年劣化による性能の低下対策や維持管理が重要な課題となる．例えばゴム支承は特に道路橋の地震防災を考慮した設計の観点から広く用いられているが，その経年劣化損傷の問題が近年注目されている．天然

ゴム支承や鉛プラグ入りゴム支承の経年劣化損傷に着目し，損傷のメカニズムと損傷予測，支承機能および性能に与える影響の解明および今後のゴム支承の維持管理方法の確立のため，実際に供用された支承を対象とした載荷実験や材料試験による経年性能劣化の検証，有限要素法等の数値解析を援用した劣化予測手法の開発検討を行っている．

Ⅲ．河川防災システム

教授　中川一，准教授　川池健司，助教　馬場康之（平成23年4月30日まで），助教　張　浩

○ 研究対象と研究概要

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

主な研究課題には，以下のようなものがある．

(1) 氾濫水理解析法に関する研究

地上の氾濫場と下水道等の排水システムの間の排水流量および噴出流量は，内水氾濫の発生規模を決定付ける重要な要素である．そこで，模型実験により内水氾濫を発生させ，地上の氾濫水位や下水道管渠のピエゾ水頭を同時に測定することによって，内水氾濫解析モデルにおける両者の結合モデルを検証し，より再現性の高いモデルへの改良を試みている．さらに，側溝，マンホール，雨水排水管，地下貯留施設等を有する，より現実性の高い雨水排水システムの模型を構築し，水理模型実験を行うとともにこれらのシステムを考慮した数値解析モデルの開発も行っている

(2) 河川・砂防構造物の水理機能に関する研究

近年，望ましい生活環境への要望がますます高まっていることを受けて，下記のような河川構造物による河床地形への影響に関するさまざまな研究を行っている．①複数の砂防ダムがある場での土石流の流動モデルを開発し，数値解析と室内実験を通してモデルの妥当性を検証した．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，透過型，不透過型，およびバンダル型水制に関する室内実験，および3次元数値解析モデルの開発を行い，数値解析モデルによって実験時の流れと地形変化を十分な精度で予測することができた．③水制の配置による水制周辺の地形や流れの多様性の創成に関して，水理模型実験と3次元流れと河床変動の数値解析を行い，得られた流れと河床の多様性に関する新たな評価方法を開発した．④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ヤーとなる．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ョンによる堤体粒子の結合が影響していると考えられるため，これを考慮した不飽和堤体の侵食モデルを開発し，水理模型実験によりその適用性を検討するとともにモデルの改良を行っている．

(4) 天然ダムの決壊・斜面崩壊に関する研究

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

豪雨に伴う斜面崩壊の中でも，多段階のすべりによる進行性の破壊に着目した研究を行っている．これは，ある弱部斜面が不安定になって局部的に滑ることにより，その上部斜面が支えを失って次々に崩壊が斜面上部に伝播していくものである．このような現象の再現実験を宇治川オープンラボラトリーにある斜面崩壊発生装置および人工降雨装置を用いて行い，実験結果を再現し得る数値解析モデルの開発を行った．なお，本研究課題は韓国の忠南国立大学校国際水資源研究所との共同で実施したものである．

(5) 洪水氾濫被害の防止軽減技術の研究開発

本研究課題は平成25年度から開始しているSATREPSの分担課題であり，バングラデシュ国における水害脆弱性の現状および温暖化による海面上昇の影響の大きさに鑑み，洪水氾濫被害の防止・軽減対策

の研究開発を実施し，その成果の社会への実装を試みるとともに，同国の研究協力機関等と協働して，水害脆弱性の分析と被災後のしなやかな回復力を実現する新たなアプローチを開発提案するものである．大河川での洪水氾濫，フラッシュフラッド，都市水害を対象とし，ハザードマップの作成と公表を地元のNGOや住民等と協働で行う予定である．

(6) 災害調査

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

Ⅳ．沿岸域土砂環境

教授　平石哲也，助教　東良慶

○ 研究対象と研究概要

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，海岸侵食等による沿岸災害のリスクが高い．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，その土地のなりたちと推移を精度高く観察し，かつ予測・適用できる学術体系が非常に重要である．本研究領域では，地形環境アプローチと海岸工学的アプローチの緊密な融合のもとに，以下のような研究課題を推進し，国際レベルの研究を目指している．

②研究テーマ

(1) 偶発海象外力に対するカウンターウェイトブロック等の減災工法の開発

(2) 津波による海岸侵食と構造物基礎の洗掘メカニズムの解明と対策法の提案

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

(4)効率的で高精度な河川堤防モニタリング技術の開発

③研究テーマの概要

(1) 偶発海象外力に対するカウンターウェイトブロック等の減災工法の開発

海岸堤防や沖合の防波堤はおおよそ50年に1回来襲する波浪を設計外力として建設されている．最近は構造物の老朽化とともに，温暖化や地球活動の活性化に伴い設計値を超える偶発波浪荷重にさらされる危険性が高い．そこで，既存防波堤背後に容易に設置できるカウンターウェイトブロック等の対策が重要である．研究では実験及び数値解析によりカウンターウェイトブロックの適用性を検証している．2011 年東北太平洋沖地震津波による沖合防波堤の滑落や洗掘による倒壊の事例に関して，想定を超えるレベル2津波に対する粘り強い防波堤の提案が急務となった．カウンターウェイトブロックは対策法の一環となり，八戸港で実際に使用されている（24年度）．

(2) 津波による海岸侵食と構造物基礎の洗掘メカニズムの解明と対策法の提案

我が国では従来から 1983 年の日本海中部地震津波のように，津波によって多くの海岸構造物が流出あるいは破壊された．破壊メカニズムの中では基礎地盤の洗掘による支持力崩壊の状況が注目されており，基礎地盤の安定性を高める必要がある．そこで，パワーユニット等の柔軟性にとんだ膜式洗掘防止工やマイコマ基礎等の流体力軽減式基礎の開発が重要で，実験や現地実証試験を実施している．25 年度にはパワーユニットの現地製造組立試験を行い，また長期耐久性試験，1/50 模型による耐波安定性実験を行い論文にまとめた．

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

大潟波浪観測所を拠点として，地下水の長期トレンドを観測し，外海の高潮や高波が海岸砂丘にもたらす長期的な影響を調査している．また，国際共同研究としてインドネシア西スマトラ州のパダン海岸で地下水の変動を観測し，今後の地球温暖化による海面上昇が沿岸域の地下水環境に及ぼす影響を推定している．観測は23年度から25年度まで実施し，陸域での降水の涵養が海岸地下水環境に強く影響していることを確認した．25年度には新潟県寺泊野積海岸においても地下水の長期連続観測を実施し，淡水地下水の海域への流出量を算定した．

沿岸域の低平地では，津波や高潮・高波による侵食災害だけでなく，内水氾濫や津波遡上による沿岸帯水層の塩水化も深刻な問題である．そこで，上記の研究以外にも，地方自治体と協力して，水門等の防潮施設のオペレーションシステム，可動式津波防護システムなどの新しいハードとソフトを融合した総合減災システムの研究にも取り組んでいる．さらにフランス国ストラスブルグ大学とは人的な交流を通じて，津波堆積物に関する国際共同研究を実施している．

(4)効率的で高精度な河川堤防モニタリング技術の開発

水害の頻発，激甚化ならびに近年の自治体の財政

状況から河川管理の効率化ならびに高度化が求められている．そこで，車両搭載型レーザスキャナを用いた河川堤防モニタリング技術の開発を行った（岡山大学，日本工業大学，（株）パスコとの共同研究（H24，H25 年度河川砂防技術研究開発助成））．

Ⅴ．流域圏観測

准教授　林泰一，堤大三，馬場康之（平成 23 年 5 月 1 日から），助教　水谷英朗（平成 24 年 11 月 1 日から）

○ 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．

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

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

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

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

白浜海象観測所（馬場康之，水谷英朗）では，沿岸域･河川を対象として以下の研究を実施している．

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

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

(3) 河口・沿岸域の地形の形成・変形過程：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．

(4) 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．

(5) 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・輸送過程について総合的な観測研究を展開している．（潮岬風力実験所との共同研究）

穂高砂防観測所（堤大三）は，土砂環境を対象として，以下の研究を進めている．

(1) 土砂生産と流出：凍結・融解や降雨による土砂生産とその流出に及ぼす役割に関する現地観測・調査と土砂生産・流出の予測モデルの構築を進めている．

(2) 河道，河床変動：観測調査に基づき土砂流出における河床形態の役割を評価した土砂流出予測モデルの開発を行っている．さらに，土砂流出による河床変動の予測モデルに関して検討を行っている．

(3) 土砂流出の河川環境への影響評価：土砂生産・流出が河川環境に与える影響を評価するため，土砂生産・堆積形態および生態の観測・調査を実施し，影響評価モデルを構築している．

(4) 山地の降雨・流出特性：山地降雨の時空間的な特性を解明するため，高密度な地上雨量観測を行なっている．船舶レーダーを用いた雨雲観測とあわせ，山岳微地形と降雨特性との関係の検討を行っている．

(5) 融雪型火山泥流：基礎的な実験を通して，発生機構の解明を進めると同時に，泥流流下モデルの開発を行い，泥流氾濫予測手法の確立を実施している．

大潟波浪観測所では，以下の研究を進めている．

(1) 日本海沿岸域の冬期の強風と暴浪の相乗による海岸波浪および漂砂の特性を明らかにするために，専用観測桟橋を活用して研究を進めてきた．2008 年には桟橋を撤去したが，引き続き，地下水観測やカスプ地形内の粒度分布解析で海岸砂丘の特性解明に努めている．

(2) 大潟海岸においては砂浜の侵食が顕在化し，広域海浜変形のマネジメントに関する研究を重要な課題として取り上げ，その取り組みの基盤として，砂浜―海岸砂丘―潟湖システムの地形変化を高解像度かつ体系的にとらえるフィールド観測研究を推進している．また，新潟西海岸を含めた広域の土砂生産及び土砂移動現象の解明を目指している．

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

8.11 水資源環境研究センター

8.11.1 センターの活動概要

(1)センターの研究対象と活動方針

水資源環境研究センターは，水資源問題に関わる自然・社会現象を理解する目的で，1978 年に設立された．本センターを構成する 3 つの専任研究領域と一つの寄附研究領域は，互いに連携をとりながら，ジオ・ソシオ・エコシステムの統合としての水資源を保全・開発するためのマネジメントシステムについて研究を進めている．具体的には，水資源環境の評価・予測のため，気圏―水圏―地圏を連続体として扱い，流域規模から地球規模までの水循環，物質循環を科学的，定量的にモデル化することを試みている．それらに基づいて，気候変動，地球温暖化，都市化，東日本大震災のような大規模災害などがもたらす水資源の社会的・生態的リスクを評価し，水資源の持続可能性・健全性・健康性の探究を行っている．さらに，ナイル川やアラル海，ベトナム紅河流域などを対象とした研究プロジェクトを通じて具体的な問題解決に貢献することを目指している．

また, UNESCO-IHP 研修コースを隔年で開催するとともに, GCOE-ARS やグローバル生存学大学院連携プログラムなどのプログラムに参画している．

(2)現在の重点課題

現在の重点課題は以下 3 テーマに体系付けられる．

1) 山地から沿岸域までの流域シミュレーションモデルの開発： 水量，水質，生態系，環境ホルモンなどの諸要素を同時に計算できる多層メッシュ型流出モデルである長期的環境評価プログラム (HydroBEAM) による流域評価手順の提案
2) 生態系を考慮した総合流域管理とリスクマネジメント： 種々の GCM，RCM 出力のダウンスケール結果を入力とし，分布型水文モデル，陸面過程モデル，貯水池操作モデルを用いた数値シミュレーション結果から，水資源リスク評価及び適応策を検討
3) 水資源マネジメントと法制度： 水管理に関する法制度の国際間比較研究および氾濫被害軽減や損失の回復・復興のための社会的枠組みとしての洪水リスクマネジメントを検討

また，こうした課題を総合する形で，気候変動が水資源環境に及ぼす影響を定量的に評価し，その適応策を探ることに取り組んでいる．

(3)研究活動

個別研究としては，種々の予測情報を活用したダム貯水池の洪水調整つ操作や利水操作手法，農作物の最適作付け管理モデルの構築，水害避難行動のシミュレーション分析，豪雨の時空間分布と洪水リスク評価，アラル海の経年的縮小の再現，多国間の水資源開発コンフリクト，世界の水資源量の将来変化推計，わが国の降水量の変動状況解析，2013 年台風 18 号による淀川流域の雨量・流量資料の確率評価，ダム貯水池堆砂のアセットマネジメント，流水型ダムの機能高度化，地球温暖化による水力エネルギーへの影響評価手法，地球温暖化とダム堆砂の複合影響による水資源リスク評価，河川環境のための河床地形管理手法や河道内流木管理手法，深泥池の生物多様性保全のための生態管理，流域圏統合モデルによる生態系影響評価，ナイル川下流域の水資源環境計画，気候変動ダウンスケーリングデータベース構築，流域圏災害環境変動予測モデルの高度化，流域圏（河川・沿岸）統合モデルの開発，気候変動予測情報の提供方策，Hydro-BEAM 実行支援ツールなどに関する研究を進めている．

(4)その他の活動

国際プロジェクトとして，UNESCO-IHP 研修コースを隔年で開催しており，平成 23 年 12 月には ”Introduction to River Basin Environment Assessment under Climate Change”をテーマとし，平成 25 年 12 月には Ecohydrology for River Basin Management under Climate Change”をテーマとした 2 週間の研修コースをそれぞれ主催している．また，GCOE-ARS の一貫として，エジプト「ナイルデルタの統合水資源管理の高度化に向けた JE-HydroNet の構築」および GCOE-HSE の一貫として，ベトナム「紅河流域の統合水資源管理」を進めている．

さらに，国際会議の運営にも積極的に参画し，ICWRER, APHW, Flood Defence, MAHASRI, ICOLD, ISRS などの実行委員会に参加している．また， 水文・水資源学会，土木学会，国際水圏工学会，国際水文科学会，国際水資源学会，応用生態工学会，ダム工学会に理事や委員として参加し，研究者コミュニティの維持・発展に貢献している．. また，学術行政との連携としては，国土交通省および地方整備局委員会委員, 水資源機構外部評価委員, 流域委員会, 府県など地方自治体の設置する審議会や委員会の委

員を務めている.

8.11.2 研究領域の研究内容

Ⅰ．地球水動態

教授　堀　智晴
助教　野原大督

○ 研究対象と研究概要

(1) 確率予測情報の模擬発生機構を用いた利水操作における確率予測情報の利用性分析法の開発

確率的特性を考慮して模擬発生させた流況系列と確率予測情報を用いたモンテカルロシミュレーションにより，ダム貯水池の利水操作を対象とした確率流況予測情報の利用性分析を行う手法を開発した．確率予測情報の予測確率分布と誤差の確率分布には正規確率分布を採用し，流況の真値の気候学的分散と予測確率分布の平均的な誤差との比と，同じく予測確率分布の分散との比の二つのパラメータを導入し，これらに値を変化させることによって，任意の誤差と裾野の広さを持つ予測確率分布を模擬発生する手順を構築した．吉野川流域早明浦ダムを対象とした分析の結果，利水操作時においては平水時・豊水時にはより分離性の高い確率流況予測情報が好まれること，低水時には逆に分離性よりも正確性の方が重視される傾向にあることが示唆された.

(2) 中長期アンサンブル降水予報を考慮したダム利水操作に関する研究

現業中長期アンサンブル気象予報のダム利水操作への導入を促進することを目的として，気象庁週間アンサンブル予報と 1 か月アンサンブル予報を考慮したダム利水操作手法の開発を行った．向こう 8 日間の降水予測については週間アンサンブル予報値を，それ以降の33 日先までの予測については1か月アンサンブル予報値 を考慮した. 得られたアンサンブル降水予測から分布型流出モデル Hydro-BEAM を用いて 33 日先までの河川流量のアンサンブル予測値を算出した．さらに，確率 DP を用いて，得られた流量予測値を考慮しながらダムによる利水放流戦略の最適化を行い，得られた放流戦略に従った操作を実施するものとした．吉野川流域早明浦ダムの利水操作を対象に開発手法を適用したところ，アンサンブル予報を考慮しない場合と比較して，提案手法による利水操作の方が，渇水被害を低減することができるとの結果を得た.

(3) 予測情報を利用したダム事前放流操作の影響分析モデルの開発

水文予測情報を考慮した多目的ダムによる事前放流操作が治水および利水操作に与える効果や影響について分析するモンテカルロシミュレーションモデルを開発した．任意の誤差を有した降雨・流出予測を模擬発生する機構を開発し，当該機構によって模擬発生された水文予測情報を考慮したダム事前放流操作のシミュレーションを多数回行った結果を評価することによって，予測情報の不確実性がダム操作に与える影響を統計的に分析できるようにした．さらに，現業のダム流入量予測情報の精度解析を行った上で，得られた予測精度パラメータを使った流入量予測の模擬発生を行い，それを用いたダム事前放流操作の影響分析と，効果的な事前放流操作手法の検討を実施した.

(4) 水資源を考慮した最適作物生産管理モデル

世界の水利用の70%が食糧生産に費やされていると言われており，食糧生産は水資源管理の上でも特に重要な課題である．そこで，日々の気象条件から農業作物が生育していく過程をコンピュータ上で模擬しつつ，例えば，どのような作物を組み合わせて生産すると水不足や低温といった気象・水文ストレスの影響を受けにくい生産ができるかといったことを分析するモデルの構築を進めている.

具体的には，FAO が開発した日単位での作物生育シミュレーションモデル AquaCrop をベースとする作物成長モデルをコーディングし，北海道士別市を対象とし，大豆，ばれいしょ，秋まき小麦，てん菜の成長と収穫を模擬する数値モデルを構築した．次いで，与えられた生産性指標を最大化する作付けパターンを GA を用いて探索する最適作物生産管理モデルを開発し，同エリアに適用し，生育条件の変化と各作物のストレス耐性の差異が最適な作物選択に与える影響や，作付け戦略の変更による作物選択の意思決定の変化，水管理と組み合わせることによる影響など，最適作物生産管理モデルの応答特性について検証した.

(5) 自動車の行動特性を考慮した避難行動モデル

水害時の避難行動において，自動車交通の果たす役割や被災状況を分析するため，当領域が従来開発を進めてきた水害避難ミクロモデルに，自動車の行動をシミュレートする機能を新たに追加した．具体的には，自動車の走行シーンを定常走行時，減速停止時，加速発進時の 3 分類に単純化し，さらに自動車の相対位置で区別した上で，自由走行モード，追従モード，減速停止モードの 3 つのシンプルなモードで表現することで追従タイプの自動車交通シミュレーションモデルを構築し，計算負荷を低減しつつ広域なエリアでも自動車の挙動を再現することを可能にした.

開発したモデルを用いて，滋賀県東浅井郡長浜市の一部（旧虎姫町）のエリアで避難行動シミュレーションを行った．その結果，自動車の走行を不可能にするほどではない浸水下では，通常交通量は避難行動の成否に大きな影響を与えうることが分かった．一方，大規模な浸水下では，避難の成否においては交通量の大小よりも浸水深の影響が支配的であり，避難開始が遅れた場合には，極めて危険な状況になることがわかった．被害を低減する為には，少しでも早く避難を開始する必要があるが，逆にそうした状況下では通常交通量の影響が大きいため，通行規制や誘導などの具体的な避難計画を策定する際に本研究で示したようなシミュレーション分析が重要になる．

(6) 降雨の時空間スケールを考慮した洪水リスク評価

降雨の時空間スケールと降雨強度の関係（DAD 関係）が，流域内のさまざまな地点のリスク評価に及ぼす影響を考察することを試みた．

まず，時空間分解能の高いレーダー・アメダス解析雨量データを用いて，対象とする石川流域における降雨の DAD 関係を求めた．次にその関係と地上雨量データから算出した確率降雨を結合させることで，DAD 関係を保持した確率規模別のモデル降雨を作成する手法を提案した．作成したモデル降雨を用いて分布型流出モデル Hydro-BEAM により流出解析を行うことで，DAD 関係を考慮した洪水リスクの評価を行った．

その結果，流域内の河道上の様々な地点についてみると，その地点の集水面積に対応する空間スケールの雨が降ったときにピーク流量が最大となる傾向がみられた．すなわち流域面積を空間スケールと考える計画降雨では洪水リスクを過小評価すると言える．また，集水面積が小さくなるほどその差が大きくなることから，支川流域について考える場合は，特に降雨の時空間スケールを考慮することが重要であるということが示された．

Ⅱ．地域水環境システム

教授　小尻利治（～H23.11）田中茂信（H25.8～）
准教授　田中賢治
助教　浜口俊雄

○ 研究対象と研究概要

分布型流出モデル，陸面過程モデル，地下水モデル，水質モデル，土砂輸送モデル，食物連鎖モデル，作物生育モデル，貯水池操作モデル，社会経済モデル等から構成される「統合水資源管理モデル」を開発している．本モデルは物理的水循環モデルをベースに，貯水池による洪水流量の調節，各セクターからの水需要の推定，その需要を満足する貯水池からの放流といった人工系の水循環も合わせて記述でき，社会経済モデルにより社会構造の変化を取り入れれば社会条件と自然条件の双方を考慮した総合的な水資源管理が可能になる．現在の水循環システムの信頼性診断，水資源管理支援，将来気候変動下での洪水リスク，渇水リスク，生態系リスクの評価並びにリスク低減策の検討等への応用を目指している．

(1)　集水域の灌漑地拡大の影響を考慮した水・熱収支解析によるアラル海の経年的縮小の再現

アラル海流域では，ソ連期から始まる大規模な灌漑計画の結果として，アラル海の縮小に象徴される深刻な水不足が発生した．本研究では，アラル海流域の水循環を表現する物理モデルの構築を目指し，その一環として陸面過程モデル SiBUC を用いた流域の水資源量・水需要量の推定と，その結果を用いたアラル海縮小の再現を行った．その際には，灌漑地の拡大やアラル海の縮小に伴う大規模な土地被覆の変化を考慮するとともに，他流域と比較して低いことが知られている灌漑効率を正確に推定するため，損失の内容に応じて適用効率・運搬効率に分類し別々に推定を行うなど，過去の灌漑計画に伴う流域全体の水収支の経年変化を再現した．次に，この流域全体の水収支からアラル海への流入量を計算し，地形データに基づいてアラル海の縮小の再現を行った．アラル海面積などの統計データを用いた検証の結果，非常に精度良くアラル海面積・水量の経年変化を再現できていることが示された．

(2)　ナイル川全流域における多国間水資源開発コンフリクトに関する研究

本研究では，国際河川流域国間の水資源開発コンフリクトの解決を目的とした水文モデルとコンフリクト解析の統合手法を提案する．空間解像度 20km の MRI-AGCM と CMIP3 による 21 世紀末予測気候値を大気境界条件とし，農業開発シナリオを設定の下，陸面過程モデル SiBUC と分布型流出モデル Hydro-BEAM による陸域水循環モデルをナイル川全流域に適用する．実行可能領域内で定性的選好順序間の事象を正しく取り入れていくには，段階的にオプションを組込んでいけばよい．本研究ではこの組込みを陸域水循環モデルを用いたシナリオ分析の自然な拡張として実行する方法を提案する．モデル出力値をベースにコンフリクト解析を行う際，大量の発生事象が生じる．そこで起こりうる状況を網羅的に視覚化する手法も提案する．さらに複数均衡解に

対し，共通解の抽出，解の絞込み等の分析を重点的に行った結果，20 年渇水をナイル川全流域の計画渇水とする場合，各流域国に対して推奨される農業開発度の上限値は 40%であることを得た．

(3)　気候変動が日本の水資源に与える影響推計

稲成長・水文陸面・灌漑・河道流下・ダム操作の 5 つのモジュールから成る水資源モデルを提案し，日本全域に適用し検証する．提案する水資源モデルは，従来の水文・水資源分野で扱われてきた水循環の解析に加えて，稲成長や収穫量を解析可能である．観測値を基本とした気象強制力データを用いて，10 年間（1994-2003 年）の河川流量・米生産量・水ストレス解析を行い，モデルの妥当性が検証された．次に，日本全域水資源モデルと超高解像度 GCM（MRI-AGCM3.1S）出力データを用いて，気候変動が日本の水資源に与える影響を推計した．多雪地域では流況が大きく変わり，12 月から 3 月にかけての流量増加や，融雪時期である 4 月から 5 月の流量低下が予測された．東北地方の日本海側では世紀末に水ストレスが強化される流域が多く見られ，世紀末には融雪早期化により多量な水を要する代かきが困難になる可能性が示唆された．世紀末では水資源量増加にも関わらず水ストレスが強化される流域が多く，水資源量の増加が水ストレス緩和に帰結しない事を示した．温暖化が米収穫量に与える影響を推計した結果，北日本・東日本・中日本では温暖化が進むにつれ収量が増加するが，西日本では逆に減少する傾向が見られた．適応策として移植日の変化を検討したところ，北日本・西日本では移植遅延化により収量増加が見込めることを示したが，移植遅延化は北日本の日本海側で水ストレスを増加させる側面を持つことに注意しなければならない．

(4) 世界の水資源量の将来変化推計

本研究では全球陸域水循環モデルを用いて将来の気候変動と社会経済変動が世界の水資源量に及ぼす影響を推計することを目的としている．水循環計算は陸面過程モデル(SiBUC)と河道流下モデル(Kinematic-wave)で実施される．農業用水及びその将来変化は SiBUC の灌漑モデルで物理的に算定される．生活用水，生活用水及びその将来変化はグリッド人口データ(GPW)，経済成長シナリオ(EPOC)，将来人口推計(UNDP)，現在の水使用量(AQUASTAT)等から推計される．河道流下計算において貯水池操作モデルと取水モデルが考慮されている．超高解像度全球気候モデル (MRI-AGCM3.2S)から現在(1979-2003) 及び将来(2075-2099)の気候条件が提供される．月単位の取水需要超過量を積算することにより，世界の主要な河川流域において水逼迫度を評価した結果，水需要量の増加量と水資源量の増加量がほぼつり合い，水逼迫度の変化がない地域（ナイル河等)，水需要量の減少量よりも水資源量の減少量が大きいために水逼迫度が深刻化する流域（米国西部)，水需要量の増加よりも水資源量の増加量が大きいために水逼迫度が緩和される地域（南アジア等）などが示された．

(5) 平面地下水モデルの広域一般化展開とエジプト・ナイルデルタ地下水解析への応用ならびに将来揚水の持続可能性の検討

既往の平面地下水モデルに関しては，流域の限られた地域に対して適用するように考案されたモデルであり，流域スケールで検討する場合は低水時に不飽和帯しか存在していないことの多い山岳地帯に対してのモデリングを確立する必要がある．ここでは，地下水貯留域と非貯留域に分け，非貯留域も従来理論をベースに導出したモデルで表現し，かつ貯留域・非貯留域の境界は移動境界で表現できるようにした．さらに貯留域の任意位置で地下水が不圧・被圧どちらでも対応できるモデルを構築した．ただし，解析領域スケールが大きいために或る程度以上の粗い解像度を扱う地下水解析の場合は，地下水頭の時空間変動が積分的に平滑化されるため，揚水の影響がトレンドでのみ検討可能となることも判明した．

これらをベースにエジプト・ナイルデルタの地下水解析を試みた．ナイルデルタでは帯水層が地質学的に稀な特性が見受けられ，基岩傾斜が沿岸部で急勾配となっていて深部に塩水侵入しやすく，帯水層内部にレンズ状の不透層が大小あちこちに点在し，帯水層上部には難透水性の薄くて隙があちこちに開いた粘土層が被さるように広がっている．この状況で粗い解像度の平面地下水解析を行った．ナイル川とその灌漑運河の河床から浸潤した水が地下水を涵養し，それが地下水頭変動をもたらしているとわかった．アスワンハイダム建造前と建造後のナイルデルタの地下水変動をシミュレーションした．さらには同デルタの生活用水はほとんど地下水揚水に依存していることから，2100 年時の地下水揚水が持続可能であるかについて，GCM 出力を利用した熱水収支シミュレーション結果を基に検討した．その推定では年 1 ギガトンの揚水量増加を求められることが予測され，地下水シミュレーションにより現状のままの揚水方法で揚水すると一部の地域で持続できなくなることが推定された．そこで 4 つの揚水井群

に分け，井戸理論を基にした重み付け式を使って群毎に揚水量を決めてコントロールするシミュレーションを行ったところ，現揚水量の 1.4 倍まで揚水しながら持続可能であるという結果を得た. 以上から，揚水量をうまく調整すれば 100 年先でも持続可能な地下水利用が可能であると示せた.

(6) 我が国の降水量の変動状況解析

気候変動により，我が国の降水量がどのように変動してきたかについて明らかにすることを目的とする. 19 世紀から蓄積されている気象官署の日降水量を収集し，変動状況を解析した. 多くの気象官署では年降水量が減少し年最大日降水量が増加する傾向にあるが有意水準 5%で有意なものは少ない. 熊本は，年降水量及び年最大日降水量ともに有意に増加している. 一方，全国平均の年降水量や年最大日降水量は有意に増加していることがわかった.

(7) 2013 年台風 18 号による淀川流域の雨量・流量資料の確率評価

台風 18 号による桂川及び淀川本川の記録的な降雨，氾濫を踏まえ，それらの確率評価を行った. 桂川上流に位置する日吉ダム流域の 2 日雨量は 1952 年以降の記録を更新した. 淀川の基準点及び主要地点における洪水到達時間内降雨量は 1953 年の記録を超え，既往最大にほぼ匹敵または記録更新した. 経年的に年最大値が減少傾向の中で今回豪雨が発生した. 年最大値での確率評価では下位のデータが外挿範囲における GEV の確率水文量を大きくする影響があることがわかった. これが流量資料で起こることは総雨量・総流出高の関係から説明できることも示した.

Ⅲ. 社会・生態環境

教授　角　哲也
准教授　竹門康弘

○ 研究対象と研究概要

水資源における中長期的な環境的課題に取り組むために，自然的（ジオ・エコ）・社会的（ソシオ）環境変化が，水資源システムにどのような影響を与えるかを分析し，リスクマネジメントの観点から研究を行っている. また，水域の生態系サービスの持続的享受を目的とする，治水・利水・環境のバランスのとれた統合的流域管理手法に関する研究を行っている. 具体的には，1) 水資源開発ダムのアセットマネジメント手法と貯水池土砂管理技術の開発, 2) 生息場構造を介した生態系−土砂水理連携モデルの開発, 3) 水辺環境の利用と生態系の相互作用の解明などをテーマに以下のような研究成果を挙げた.

(1) ダム貯水池堆砂のアセットマネジメント

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

(2) 貯水池土砂管理技術とモニタリング手法開発

貯水池上流における濁度流出把握，貯水池内における流れ場と土砂移動把握のための画像解析による LSPIV，下流河道の砂礫移動追跡のための IC タグを用いた RFID 技術，さらには排砂バイパス操作を支援する濁度流出予測手法など，土砂管理を効果的に進めるためのモニタリング技術の開発を行った.

(3) 流水型ダムの機能高度化検討

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

(4) 地球温暖化による水力エネルギーへの影響評価手法の検討

地球温暖化に伴いダム流入量が変化し，ダムを利用した水力発電システムへ影響が及ぶ可能性が想定されている. そこで，冬季の降雪に依存する只見川流域，夏期の台風に依存する新宮川について，約 20km 格子の超高解像度 GCM 出力を用いて現在気候と 21 世紀末の将来気候の変化の予測を行い, 適切なダム操作による適応策の可能性を検討した.

(5) 地球温暖化とダム堆砂の複合影響による水資源リスク評価

水資源の持続評価のために，地球温暖化に伴うダム流入量の変化とダム堆砂の進行に伴う貯水容量の減少の両者の影響が懸念される. そこで，過去に大規模堆砂対策が実施された木曽川水系牧尾ダムを対象に，これらの複合影響による水資源供給および水力発電の両面への影響について検討を行った.

(6) 河川環境のための河床地形管理手法開発

河川環境保全のための河床地形の評価基準の開発と目標とする河床地形を形成・維持するために必要な土砂供給条件を明らかにする研究を行った. 木津川のタナゴ類や二枚貝類の生息に好適なたまりやワンドが，比高分布のなだらかな砂州に多く存在することを明らかにし，木津川流域を対象に，ダム流域の土砂生産・流出量，ダム長寿命化のための必要土砂排出量，土砂供給量に応じた砂州地形変化と生態

機能予測の各課題を追究し，総合化による河床地形管理の考え方を提案した.

(7) 天竜川下流域の河床地形管理手法開発

上流ダム群による砂礫供給遮断と濁水長期化の影響によって劣化した河川環境を改善するために，資源量が減少しているアユに着目し，繁殖の決め手となる好適な産卵床の地形環境条件を評価し，土砂供給条件による生息場改善効果の予測手法を提案した. また，現地の河道内に設置したインターバルカメラを用いて，洪水履歴と砂州および瀬の変動を経時的に記録し，生息場の寿命について考察を行うとともに，2 次元河床変動計算を用いて，好適な河床環境を形成させるための検討を行った.

(8) 河川環境のための河道内流木管理手法開発

河道内における流木の動態と，流木周りに形成されるたまりの生態機能の関係について，イタリアのタリアメント川を対象にインターバルカメラを用いた流木動態の解析と底生生物を対象とする現地調査を行い，ハビタット形成を考慮した流木管理について検討を行った.

(9) 深泥池の生物多様性保全のための生態系管理

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

(10) 流域圏（河川・沿岸）統合モデルによる生態系影響評価

地球温暖化による生態系への影響評価を進めるための基礎として，淀川～大阪湾における天然アユの遡上を対象に，秋季の仔魚の降下～春季の稚魚の遡上までの一連の動態と河川の水量および大阪湾の水温環境の関係を既存データをもとに検討した.

(11) ナイル川下流域の水資源環境計画

アスワンハイダムに滞留する土砂と栄養塩等の物質が，ナイル川下流域ならびにナイルデルタ域の水資源利用，水域環境，水産資源に与える影響を評価し，その対策を進めるための共同研究体制 (JE-HYDRONET) を構築した．また，この研究ネットワークを活用して，地球温暖化に伴うナイルデルタの地下水資源への影響評価について検討を行った.

Ⅳ．水文環境システム
（寄附部門：日本気象協会）

Ⅳ．水文環境システム

（寄附部門：日本気象協会）

特定教授　鈴木　靖

特定准教授　佐藤嘉展

特定助教　道広有理

特定助教　本間基寛

○ 研究対象と研究概要

観測・予測実務に携わる一般財団日本気象協会からの寄附により，平成 21 年 10 月に設置された，平成 25 年 9 月で研究活動を終了した. 現業としての気象・水文観測や予測と大学での研究成果との連携・融合を意図しながら，水文循環に関連する環境問題および災害について，気候変動や社会変動がもたらすリスク要因を考慮し，そのメカニズムや適応策をシステム論的に考察することを目的として研究活動を遂行した.

(1) 気候変動ダウンスケーリングデータベース構築に関する研究

IPCC の温暖化影響予測に用いられた気候モデル GCM の出力は，数値気象モデルの知識や大量のデータの扱い，特殊なデータ形式への対応など，その解析には専門知識を必要としている．一方，農林水産業等の産業界や一般の方々の温暖化への関心が高まっており，専門知識を持たない方へいかにして温暖化情報をより身近に利用してもらうかが課題となっている．本研究では，そのギャップを埋めて利用しやすい温暖化情報を提供することを目的とした. IPCC AR4 に用いられた CMIP3 マルチ気候モデルの出力の現在気候再現結果，複数の排出シナリオに対する将来予測について，気温・降水量などの気象要素をわが国で標準的な国土数値情報の 1 次メッシュ（約 80km メッシュ）に内挿し，その変化率および変化幅をデータベース化した．研究室の HP を通じて図表を公開し，水文関係や損保関係などの利用がある.

(2) 流域圏災害環境変動予測モデルの高度化に関する研究

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

しが必要なことがわかった.

(3) 流域圏（河川・沿岸）統合モデルの開発に関する研究

防災的な側面と総合的な環境管理の両面から，河川源流域から沿岸部までの流域圏の水と物質循環を統合的に評価するツールとして，流域圏（河川・沿岸）統合モデルを開発することを目的とした．木曽三川流域から伊勢湾へ流出する河川水による伊勢湾の水文環境への影響評価を検討するため，伊勢湾を対象としたモデルを構築した．伊勢湾水温の現在気候再現実験と将来気候予測実験を行い，大気・海洋・河川の各気候変化外力が湾内海面水温の将来予測に及ぼす影響についての感度分析を行った．このモデルによる将来の海面水温予測結果にもとづき，木曽三川と伊勢湾の水温の将来変化がアユの遡上時期や遡上数に及ぼす影響についても検討を行い，統合モデルの環境影響評価への活用例を提示した.

(4) 気候変動予測情報の提供方策に関する研究

一般市民を対象としたインターネットアンケート調査を行い，一般利用者の気候変動に対するイメージを把握するとともに，気候変動対策の必要性を認識するための情報提供方策について検討を行った．現在の気候変化を感じている人ほど，将来には更なる気候変化が生じると考えており，気候変化予測情報だけではなく既に生じている気候変化についても認識してもらう必要性が示された．適応策の必要性を理解してもらうためには，現在は発生していないが将来の発生が予測されるような気候変化やその影響について説明していくことが重要であることが示された.

(5) Hydro-BEAM 実行支援ツールの開発

高度な専門知識を持たない実務者でも容易にパラメータ設定や計算の実行，結果の表示・閲覧ができるようにすることを目的として，「Hydro-BEAM 実行支援ツール」を開発した．このツールでは，日本全国の 1 級河川 108 水系を対象とした流域のモデル化，気象データの作成，流出計算のパラメータ設定を画面上で容易に行えるようなユーザ・インターフェースを実装している．計算実行後の気象データや流出予測の分布図及び時系列グラフを作成し，表示する機能も有している．また，気候モデルのマルチモデルアンサンブル解析を行い，将来の気候変化や流出予測の不確実性評価を行うこともできる.

8.12 技術室

8.12.1 技術室の組織

技術室は，それまで防災研究所の部門やセンターなどに所属していたすべての技術職員を組織化し，平成 8 年度に発足した．発足当時の技術職員の定数は 33 名だった．その後の定数削減によって，平成 25 年度の技術職員の定数は 23 名に減り，同年度末時点で現員 17 名，再雇用職員 2 名の計 19 名（定数換算 18 名）が在籍している．

新規採用者は，平成 23 年度が 1 名（濱田勇輝），平成 24 年度が 1 名（川﨑慎吾），平成 25 年度が 2 名（関健次郎，中川潤）となっている．

退職者は，平成 23 年度から平成 25 年度の 3 年間で 0 名であるが，この間に再雇用期間が満了となった者が 10 名いる．平成 23 年度末に 3 名（藤田安良，細善信，和田博夫），平成 24 年度末に 7 名（市川信夫，近藤和男，志田正雄，清水博樹，高山鐵朗，中尾節郎，藤木繁男）である．

わずかな期間に，10 名ものベテラン技術職員の籍が抜けたことになり，急速に世代交代が進んだ．残念ながら，技術室が保有していた技術のうち，十分に継承しきれなかった技術もある．これを今後，いかに補っていくかが，技術室の大きな課題になっている．なお，平成 23 年 1 月以降，高橋秀典が技術室長に就いている．

技術職員の世代交代が進んでいることもあり，平成 22 年 4 月に技術室を改組した．それまでの 4 班 8 掛体制を見直し，改組後は，企画情報技術グループ，機器開発技術グループ，機器運転技術グループ，観測技術グループの 4 グループ体制になった．

各技術グループにはそれぞれグループ長，副グループ長，主任を配置する体制を構築した．それぞれの技術職員はいずれかのグループに所属しているものの，所属する技術グループの枠にとらわれることなく，広範囲な技術支援を実施する体制を構築している．

平成 25 年度に技術職員を配置した隔地観測所や実験所は，上宝観測所，宮崎観測所，阿武山観測所，桜島火山観測所，穂高砂防観測所，白浜海象観測所，宇治川オープンラボラトリーとなっている．

8.12.2 技術室の活動

(1) 技術支援活動

技術職員の主たる業務である技術支援は，主に支援期間の長短によって，長期支援，短期支援の 2 つに大別できる．

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

隔地観測所に配置した技術職員が継続的に実施している技術支援も，この長期支援に含まれる．各種の観測などをはじめとして，施設の維持管理や公用車の保守点検まで，技術支援の内容は広範囲にわたっている．

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

技術支援については，原則として支援を希望する教員などから，まず技術支援依頼票を事前に技術室に提出していただき，技術室が技術支援を実施する技術職員を決め，その技術職員が支援依頼を要請した教員の指導のもとで，技術支援を実施するという形をとっている．従来は紙ベースで技術支援依頼票を受け付けていたが，平成 22 年度途中からは技術室ホームページ上からウエブ入力できる仕組みを導入した．

技術支援依頼票の提出実績は，以下の通り．平成 23 年度は短期支援依頼が 46 件，長期支援依頼が 17 件の合計 63 件．平成 24 年度は短期支援依頼が 38 件，長期支援依頼が 19 件の合計 57 件．平成 25 年度は短期支援依頼が 30 件，長期支援依頼が 16 件の合計 46 件．技術職員数の減少の影響もあり，依頼件数はやや減少傾向にある．

(2) 委員会活動

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

平成 23 年度末時点で技術職員が委員として参加した委員会は，技術専門委員会，対外広報委員会，行事推進専門委員会，自己点検・評価委員会，情報セキュリティ委員会，情報基盤整備専門委員会，厚

生委員会，安全衛生委員会.

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

また，安全衛生委員会には平成 25 年度末時点で，所内の衛生管理者として 2 名の委員を出し，防災研究所の安全衛生巡視，安全衛生活動の普及などで不可欠な役割を果たしている．さらに，防災研究所を代表し，宇治事業場衛生管理者会議や宇治事業場衛生委員会にもメンバーを送っている.

法人化以降，大学にも労働安全衛生管理者を置くことが法律で義務付けられたことに対応し，技術室として第一種衛生管理者の資格取得に努めてきたたた. 平成 25 年度末時点で, 技術職員のうち 16 名（再雇用者含む）が第一種衛生管理者の有資格者となっている.

(3) その他の活動

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

宇治キャンパス公開の際には，宇治地区だけでなく，宇治川オープンラボラトリーにも多くの技術職員を派遣し，開催に協力している.

技術職員は各種の学会などに参加し，知識の習得に努めているほか，技術支援で得た成果を技術職員向けの研究会などで発表してきた．各年度の主な発表実績は以下の通りである.

平成 23 年度は，2011 年度日本建築学会大会，平成 23 年度水文・水資源学会総会・研究発表会，平成 23 年度第 2 回極端気象現象とその影響評価に関する研究集会，平成 23 年度第 19 回地球環境シンポジウム，平成 23 年度東京大学地震研究所職員研修会，平成 23 年度京都大学防災研究所研究発表講演会など.

平成 24 年度は，日本地球惑星科学連合 2012 年大会, 平成 24 年度機器･分析技術研究会大分大会, 2012 年度日本建築学会大会, 第 20 回地球環境シンポジウム，平成 24 年度東京大学地震研究所職員研修会，平成 24 年度京都大学防災研究所研究発表講演会, 平成 24 年度愛媛大学総合技術研究会，河川環境のための河床地形管理手法に関する技術開発（木津川プロジェクト）研究報告会，平成 24 年度データ流通ワークショップ.

平成 25 年度は，2013 年度日本建築学会大会，平成 25 年度東京大学地震研究所職員研修会，平成 25 年度京都大学防災研究所研究発表講演会，平成 25 年度九州地区総合技術研究会 in 長崎大学，平成 25 年度データ流通ワークショップ.

前述の学会などのほか，さまざまな講習会や研修にも参加し，各種の資格取得や技能の習得に励んでいる．工作機械関連の様々な講習，玉掛け講習，床上操作クレーン運転技能講習, フォークリフト講習，パソコン研修，CAD 講習など，非常に多岐にわたっている.

さらに，京都大学総合技術部が主催する各種の研修に参加しているほか，毎年，所内の教員の協力を得ながら技術室も独自に研修を実施している．平成 25 年度は，UNIX の基礎を学んだほか，宇治川オープンラボラトリーで，新しい津波実験装置についての解説を教員から受けるなど，2 日間の日程で実施した.