

4. 部門・センターの研究活動

4.1 総合防災研究部門

4.1.1 部門としての活動概要

①部門の研究対象と方針

本部門は、阪神・淡路大震災における複合的都市災害の経験と、近年の都市構造の発展・拡大の現実を踏まえ、より総合的かつ長期的な視点に立脚した防災科学の研究を行うことを目的に設置された。具体的には、「都市社会安全システムのためのリスクマネジメントの方法論ならびにシステム技術の構築」を部門全体の研究活動の共通目標としている。当部門は以下の5研究分野（内1分野は外国人客員）から構成されている。

災害リスクマネジメント研究分野: 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戦略についてリスク分析的視点から研究を進めることが必要である。本研究分野は、このような視点からリスクマネジメントのための方法論的研究を行う。

防災社会構造研究分野: 都市における災害軽減のために、情報の発信者と受信者間のコミュニケーションの不整合や情報の質に伴うさまざまなリスクを対象として、安全・安心できる都市地域の構築を目指した社会システム技術など都市災害リスクコミュニケーションに関する研究を行う。

都市空間安全制御研究分野: 総合防災における物理的課題と対象として、大地震による都市空間の危険度評価手法の研究とともに、安全性と快適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、都市空間構成要素の信頼性設計法、生活空間防災計画法に関する総合的な「生活の質」向上の研究を行う。

自然・社会環境防災研究分野: 総合防災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）環境変化が防災または減災にどのような影響を与えるかを分析し、環境保全型の防災都市・地域づくりを研究

する。

国際防災共同研究分野(外国人客員): 21世紀の世界の災害を予測・制御するために、多面的な国際共同研究を行う。すなわち、災害科学の先端的研究者との共同研究、社会・文化が異なる諸国の災害機構の解明と災害軽減の技術及び情報の国際運用に関する共同研究、さらに、災害多発国の若手研究者・技術者との災害科学に関する共同研究を行う。

②現在の重点研究課題

各研究分野別の研究課題に加えて、総合防災研究部門では、下記の重点研究課題を研究テーマに掲げて、当該部門全員による総合的研究を鋭意実践している。その概要を示すと以下のようである。災害リスクに対する「都市診断」科学の構築とその応用に関する総合的研究、複合的な災害リスクに対して都市を守るための予防的で総合的な「都市診断」の科学のパースペクティブと、そのための方法論を構築することを目的とする。本研究グループでは、このような目的の下に、都市診断科学の主要な課題として、1. 都市リスクに対する抵抗力(災害リスクマネジメント分野)、2. 都市基盤の診断(防災社会構造分野)、3. 生活空間の安全管理(都市空間安全制御)、4. 環境改善による持続的処法(自然社会環境防災)、を取り上げ、総合的な研究を推進している。

4.1.2 研究分野の活動概要

I. 災害リスクマネジメント研究分野

教授 岡田憲夫、 助教授 多々納裕一

①分野の研究対象と方針

自然災害、環境災害などの災害リスクに対して有効な戦略を打ち立てていくためには、災害マネジメントの戦略についてリスク分析的視点から研究を進めることが必要である。自然・環境等か

らの外力の発生が被害をもたらす災害と顕在化する過程には人間の様々な活動が介在する。これらの外力と活動との相互作用によって被害の程度や災害からの回復の仕方が異なってくる。人間の活動は民間・社会資本の蓄積を介して被害を受ける客体の分布等を規定するとともに、防災のための社会資本の蓄積や制度等の整備、さらには災害文化の醸成等を介してソフト・ハードの社会基盤が形成される。本研究分野では、社会の「安全の質」を規定するという社会基盤整備の側面に着目し、ハード・ソフトの社会基盤の整備を通じた災害リスクマネジメントの方法論を提示することを目指して研究活動を展開している。

②現在の主な研究テーマ

- 1) 災害リスクの分析・評価方法
- 2) 災害による社会・経済的インパクト
- 3) 災害マネジメントの戦略論
- 4) 社会的合意形成過程
- 5) 安全で安心なまちづくりと技術的なコミュニティ形成のためのリスクマネジメントに関する実証論的研究

(1) 災害リスクの分析・評価方法に関する研究

災害が社会的被害を引き起こす過程には人間の活動分布や住宅・産業の空間的集積状況、社会基盤の整備状況、さらにはそれらを間接的に規定する法や制度、文化といった重層的な構造が介在する。そこで、人間活動の分布と災害のリスクとの関連を分析するためにニッチ分析や空間統計分析を用いた方法論の開発を試みている。また、社会基盤の整備と災害リスクの関連性に関しては、道路網の冗長性解析手法を提案している。また、住居の空間分布のリスク解析のために、都市経済学的なアプローチに基づいて災害リスク情報の利用可能性と被害の発生可能性に関する理論的検討を行っている。

(2) 災害による社会・経済的インパクトに関する研究

近年の災害による社会経済的なインパクトは年々増加の一途をたどっている。90年代の平均

値と60年代のそれとを比較すると、災害の発生件数は3.2倍に増加し、総経済損失は8.6倍に、保険金支払額にいたっては16.1倍に達している。このことは、災害に対する対処方法を考える際に、社会経済活動への効果を考慮することが極めて重要であることを示唆している。そこで、当研究室では、ハザードマップの提供による被害軽減の可能性や防災投資の短期・長期効果の計量化および評価方法に関して研究している。

(3) 災害リスクマネジメントの戦略論

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。洪水に備えてダムや堤防を作ったり、建築物や土木構造物の耐震設計を行ったりといった物的なリスクコントロールの他にも、保険、税あるいは情報提供等によって被災危険地域から人口や資産の分散を図るような非物的な手段によるコントロール手段も存在する。また、大規模な災害では被害の発生は避け得ない。このため、災害のリスクを効率的に分担していく仕組みであるリスクファイナンスも極めて重要である。災害リスクマネジメントを実効あるものにしていくためには、これらの施策を有機的に組み合わせることが不可欠となる。そこで、当研究室では、これら災害リスクマネジメントのための施策をいかに組み合わせ、有効な戦略を導くかという政策分析の方法に関して研究を行っている。

(4) 社会的合意形成過程に関する研究

いかに、理想的なマネジメントの方策が立案されようとも、その施策を実現していくためには、その実施に付して社会的な合意を形成していくことが不可欠である。当研究室では、社会的合意が達成されるプロセスを個々の主体が自己の利益の最大化を目指してゲームを行う結果、自発的に協力関係を形成される過程として捕らえる。さらに、分権的・自発的に協力関係が形成されるようなルールに関してゲーム論的な解析を行っている。この過程において情報の非対称性が重要な役割を果たすことに着目し、不完備情報下の交渉

や交渉結果が不変となるような選好の構造に関しても検討を加えている。

(5)安全で安心なまちづくりと技術的なコミュニティ形成のためのリスクマネジメントに関する実証論的研究

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、市民を巻き込んだ技術的なコミュニティ形成のプロセスが不可欠である。そこで当研究室は過疎地域などを対象に、リスク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。

II. 防災社会構造分野

教授 亀田弘行、助手 田中 聡

①分野の研究対象と方針

総合防災における集積化（インテグレーション）とその中心的手段としての防災情報課題を対象として、阪神・淡路大震災における複合的都市災害の分析結果をふまえ、災害現象の時間的把握の中で、多元的な災害対策を備える防災社会構造の姿を描き、その実現への基本プロセスを構築する。特に、物理的課題・社会的課題・防災情報の課題を包含する視点を持つような、「社会の質」を備えた、総合的な防災、体系のあり方を示す。

②現在の主な研究テーマ

- 1) 防災対策の多元的構造の解析と総合化
- 2) 災害過程の体系化
- 3) 防災情報システム論
- 4) 災害からの復旧・復興計画論
- 5) 社会基盤施設の地震時性能規範評価

(1) 防災対策の多元的構造の解析と総合化

防災対策の多元的構造の解析と総合化に関しては、日米共同研究による都市地震災害の軽減のための研究が実施されており、日米両国における都市地震災害の諸問題についての包括的な研究が実施されている。また、アジア・太平洋地域に適した地震・津波災害軽減技術の開発とその体系化に関する研究が実施されており、災害抑止技術の開発、災害危険度評価システムの開発、さらに、

災害の地域特性の評価についての研究が総合的に行われている。

(2) 災害過程の体系化

災害過程の体系化に関しては、震災の記録・資料に基づく防災シソーラスの開発に関する研究をおこなっている。また、阪神・淡路大震災の被災者や災害対応者の対応行動の記録や資料の実証的な分析を通して、災害過程を構成する基本要素の抽出とシステム論的記述に関する研究を通して、災害過程の体系化に関する研究を行っている。さらに同様の方法論を用いて、2001年世界貿易センタービル災害における災害対応過程の調査研究をおこなっており、地震災害以外の災害事象への展開と方法論の一般化を進めている。

(3) 防災情報システム論

防災情報システム論に関しては、阪神・淡路大震災における情報課題を検証するとともに、データベースの構築法や情報技術の問題点の整理を行った。神戸市長田区役所で行った、倒壊家屋の解体撤去に関する活動をもとに、行政における情報システムのあるべき姿として「リスク対応型地域空間情報システム」の構築を提言している。

(4) 災害からの復旧・復興計画論

災害からの復旧・復興計画論に関連しては、兵庫県南部地震による西宮市の都市施設被害の地理情報システム（GIS）データベース化と多重分析を行っている。また、今後の都市防災におけるライフラインの施設ならびに復旧活動のあり方について機能的に対応できるような資料を提供することを目的として、ライフライン復旧過程の時空間分布と都市生活の回復過程のGIS分析を行っている。ここでは特に上水道およびガス施設に着目してGISデータベースを構築し、上水道とガスの復旧過程や相互連携、さらに市民生活に与えた影響について考察している。

(5) 社会基盤施設の地震時性能規範評価

社会基盤施設の地震時性能規範評価については、地震時における道路交通システムの機能性能評価システムの開発が実施されており、道路交通

システムの耐震信頼性を構造損傷と機能被害の両面から検討を行い、評価手法の体系化の研究が行われている。

Ⅲ. 都市空間安全制御研究分野

教授 鈴木祥之、助教授 林 康裕

①分野の研究対象と方針

総合防災における物理的課題を対象として、大地震などによる都市空間の危険度評価手法の研究とともに、安全性と快適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、都市空間構成要素の信頼性設計法、生活空間防災計画法に関する総合的な「生活の質」向上の研究を行う。特に、建築物の耐震安全性向上の重要かつ基本的な課題である建築造物の耐震安全性の評価とそれに基づく合理的な耐震設計法の構築と構造制御理論に基づいた制震構造システムの開発を目的として、また都市住空間の地震危険度を評価し、安全性を確保することを目指して、以下の研究を推進している。

②現在の主な研究テーマ

- 1) 都市住空間の総合防災に関する研究
- 2) 構造物系の信頼性設計法と構造ヘルスマニタリングに関する研究
- 3) 構造物の制震システムに関する理論的・実験的研究
- 4) 生活空間の地震リスクマネジメントに関する研究
- 5) 都市空間の地震被害予測に関する研究
- 6) 木構造の構造力学的構築と耐震性能評価に関する研究

(1) 都市住空間の総合防災に関する研究

建築物と人命の安全性を確保し、地震後の再建を容易にするための社会的システムのあり方を提案することを目的として、1) 都市空間のリスク評価とマネジメント、2) 建築物内部空間のリスク評価、3) 建築物の性能と制度、の3テーマについて研究を行っている。

平成 12 年度研究集会(12S-1)「都市住空間にお

ける地震災害のリスク評価とマネジメント」(研究代表者:鈴木祥之)では、阪神・淡路大震災以後も鳥取県西部地震などを経験し、建築物、特に住宅と人命の安全性を確保し、地震後の再建を容易せしめるための社会的なシステムの重要性が認識されてきていることから、都市域の地震災害について、建築物群、特に住宅を対象に、建物、建物室内および居住者の観点から被害のリスク評価を行うとともに、建物および人命の安全性を確保するための住宅性能保証および検査制度の仕組みとこれらを補完する補償、保険制度の在り方について研究した。

(2) 構造物系の信頼性設計法と構造ヘルスマニタリングに関する研究

地震外乱、構造物系、耐震性の判定規範等に含まれる不規則性や不確定性を考慮して、構造物の地震時の安全性・信頼性を確率として定量化する方法を確立することが基本的に重要であり、履歴構造物の確率論的地震応答解析法および地震時損傷度評価法とそれらを統合化した耐震信頼度解析法を導き出すことを目的とした研究を行っている。

まず、不規則地震外乱を受ける履歴構造物の不規則応答を確率平均法によって定式化する方法などを導き、数値シミュレーションにより、解析法の妥当性を検証した。また、地震外乱や構造物系に含まれる不規則性、不確定性を考慮し得る信頼度解析に基づいて構造物等の耐震設計を行うことが合理的であるとの観点から、不確定構造物系の耐震信頼度解析法と信頼性設計法の開発に関する研究を行った。さらに、地震時の構造物損傷をウェブレット法により検出することを試みに、2階建木造住宅の振動台実験で得られるデータを用いて検証した。

(3) 構造物の制震システムに関する理論的・実験的研究

地震時における建築構造物の安全性のみならず機能性・居住性を保持するには、構造物の地震応答を抑制するアクティブ制震が有効な方策で

あり、都市重要施設・建物や災害弱者用の建物等に適用が望まれる先端技術であり、特に、大地震にも適用し得る制震システムを開発することを目的とした理論的・実験的研究を行っている。

アクティブマスダンパー(AMD)の制御装置の性能限界を考慮した可変ゲイン制御アルゴリズムの開発や形状記憶合金(SMA)の特性を利用した制震システムを開発を行い、実験的に検証した。外部からエネルギー供給が少ないという利点をもつセミアクティブ制震の制御アルゴリズムの理論的研究を行い、制御評価関数に含まれる重み係数の決定法を提案し、制御効率が改善されることを検証した。大地震時には、構造物の応答が非線形領域に至ることから履歴構造物のを対象とした非線形制御について検討を行った。小規模な木造住宅から社寺建築のような大規模な木造建築物の制御には、減衰装置が効果的であり、木造軸組に仕口ダンパーやブレーキダンパーなどを設置して、それらの制御効率を調べ、木造の制震補強法を開発している。

(4)生活空間の地震リスクマネジメントに関する研究

災害のリスクを低減するためには、建築物の所有者や市民が地域や住まいにひそむ危機要因について良く理解し、自らの命や生活を自ら守るべく努力するとともに、行政も地域の危険度や防災対策について分かり易く説明することが大切であるとの観点から、災害発生前の防災対策促進のための建築物の地震リスク表示・コミュニケーションに関する研究と、災害後の被災者への公的支援と生活再建・自立に関する研究を行っている。特に、兵庫県南部地震や鳥取県西部地震の被害調査データを基に、建築物の耐震診断結果に基づいた地震リスク評価や、地域の住環境や住文化や地震後の生活復興困難性なども考慮した地震リスクの評価・表示方法について研究を進めている。

(5)都市空間の地震被害予測に関する研究

都市域の地震被害想定と地震後の早期被害推定を高い精度と信頼性のもとに行うには、都市の

広域的な地震動特性と地域の建物特性を把握するとともに、実被害地震における災害事例を検証し、被害経験を活かしていくことが基本となる。このような観点から、京都市域における地盤および建物の地震応答を広域的に観測するネットワークを構築し、1996年5月から地震応答観測を実施している。本観測システムによる観測記録と京都市における地下構造調査の結果等に基づき、京都盆地における強震動増幅特性に関する基礎的検討を行うとともに、兵庫県南部地震における京都盆地端部における木造住家の被害集中傾向の検証を行っている。また、2000年鳥取県西部地震、2001年インド西部地震、2001年芸予地震の建築物被害調査を実施し、地震動特性と建築物被害の関係等について分析を行い、建築物の地域性を考慮した耐震性能評価法や被害予測手法の開発を進めている。

(6)木構造の構造力学的構築と耐震性能評価に関する研究

阪神・淡路大震災では、木造住宅が甚大な被害を受け、多くの死傷者を出すことに至ったことを契機に、木造住宅の耐震性能を構造力学の観点から見直し、木構造の再構築を計るとともに、木造軸組構法に適した耐震設計法や耐震補強法の構築を目指した研究に取り組んでいる。

まず、土壁、貫等の構造要素を対象として単位立体軸組試験体を用いた耐震性能評価実験、一般的な2階建木造軸組住宅を対象にした一連の実大振動実験を行い、木造軸組の耐震性能評価法に関する研究を行っている。この耐震性能評価法を基に軸組構法の限界耐力計算による新しい設計法へと展開している。また、伝統木造軸組の実大振動実験を実施して、伝統木造建築の構造メカニズムを構造力学的に解明するとともに耐震性能の評価を行った。実在の寺院建築を対象に構造調査、微動計測などの耐震調査を実施して、耐震性能評価と耐震補強計画を行う。

日本建築学会「木構造と木造文化の再構築」特別研究委員会(平成11年度～13年度、代表・鈴木

祥之)の活動として、木構造の構造力学的構築や耐震設計法および補強法の開発など木造住宅の耐震性向上に関する研究を進めるとともに、木造住宅の性能保証に関連する検査制度や保険制度などの社会的な課題にも取り組んでいる。また、平成13年度からは、日本建築学会近畿支部木造部会(部会長・鈴木祥之)としても取り組んでいる。

IV. 自然社会環境防災研究分野

教授 萩原良巳、助手 清水康生

①分野の研究対象と方針

総合防災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)環境変化が防災または減災にどのような影響を与えるかを分析し、環境保全型の防災都市・地域づくりを研究の対象とする。災害を「自然災害」「環境破壊災害」「環境汚染災害」そして「環境文化災害」の4つに分類し、その相互関連を分析するとともに、防災という視点から見て、より好ましい都市・地域づくりを環境の創成を通して実現する(自然科学と社会科学を結合した)計画方法論を体系化することが重要となる。具体的には、「社会の変化」「環境の変化」「災害の発生リスク」「社会計画」を一連の循環過程と認識したシステム論的な研究を行っている。

②現在の主な研究テーマ

- 1) 自然・社会環境の変化過程
- 2) 都市域の総合環境防災計画
- 3) 開発と環境のコンフリクトの分析と合意形成
- 4) 大都市圏の水循環システム計画に関する研究
- 5) 高齢社会における環境防災福祉投資
- 6) 安全なまちづくりのためのリスクコミュニケーション、情報伝達に関する研究

(1) 自然・社会環境の変化過程

地域の自然・社会環境は、災害リスクの危険事情(ハザード)として災害発生時にその被害や影響の大きさを規定する重要な要因である。この自然・社会環境は、都市化等人間活動の影響により時間の経過と共に変化する。それらの変化と災害

との関係を分析することは、地域計画を策定するための基礎的な情報となる。この様な観点から大阪の北摂地域(吹田市・茨木市・高槻市・摂津市)を対象として自然・社会環境の変化過程について研究を行っている。

(2) 都市域の総合環境防災計画

従来、個別的に取り扱われてきた防災・減災問題と環境創成問題を総合的に考慮し、総合環境防災計画として地域計画の中で位置付けることが求められている。そのために、(1)で述べた自然・社会環境の変化過程に関する知見を踏まえ、地域の自然・社会環境の変化をも考慮した総合環境防災計画の計画方法論をシステムズ・アナリシスで構成する研究を行っている。

(3) 開発と環境のコンフリクトの分析と合意形成

河口堰やダム建設など水資源の大規模開発は、開発の計画決定から建設完了までの期間が長期に及ぶ。そして、この間に自然・社会環境が変化し、このことは住民の価値観に変化をもたらす。この結果、当初の計画が完了する時には、その内容が現在の住民の要望とかけ離れてしまうといった事態が生じる。この計画の自己矛盾は、最近よく話題となっている開発派と環境派の間に発生するコンフリクトとして実社会に表出する。このコンフリクトの展開過程を工学的に分析し、合意形成のためのアプローチについて研究を進めている。

(4) 大都市圏の水循環システム計画に関する研究

我が国の都市域の水管理は、河川管理者、水道管理者及び下水道管理者によって別々に行われ、個別の整備率が高いにもかかわらず、震災、環境汚染、渇水など災害が頻発している。個別管理を高めても十分に対応できない問題であり、被害を防止・軽減する有効な対策を講じる計画作成が難しいという構造的な問題を有している。このような従来の枠組みでは捉え切れないリスクを軽減するには、個別的な管理の発想でなく、都市内の水の流れを一体とした水循環システムとして捉えたリスクマネジメントを行うことが必要であ

る。以上の立場から、都市域の水循環システムの再編成に関する研究を行っている。

(5) 高齢社会における環境防災福祉投資

近年、地域のアメニティの違いにより世帯の移住が行われる傾向が見られる。これは、アメニティの地域構造に与える影響が大きくなったことを示している。世帯の属性によりアメニティに対する選好が異なることから、高齢化の地域差が大きな問題となってきた。さらに、今後の地域環境政策を考える上で、地域活性化と災害リスク軽減の要素を併せ持つコミュニティと高齢者の関係についても重要な課題である。環境防災福祉投資にとって重要となる知見を得るために、以上のモデル構築に関する研究と共にモデルを検証・適用するための京都市旧市街区における実証的な研究を進めている。

(6) 安全なまちづくりのためのリスクコミュニケーション、情報伝達に関する研究

阪神・淡路大震災以降、災害時の情報に関する様々な課題が指摘されている。これらは、安全なまちづくりを行うためには必須の課題である。特に、地域に存在するリスクに関する情報を交換し、防災まちづくりを行うためのリスクコミュニケーションと、災害時の情報伝達を円滑に行うための平常時から行政間、行政-住民、住民間の連絡体制の確立は、今後の地域活性化において中核をなす課題である。以上の立場から、時空間地理情報システムを基盤とするリスクコミュニケーションツールの開発と、地域における情報伝達構造のモデル化に関する研究を行っている。

4.2 地震災害研究部門

4.2.1 部門としての活動概要

①部門の研究対象と方針

地震動の生成・伝播特性・地震動の構造物への入力特性、構造物基礎の動特性、構造物ならびに構造物群の地震時挙動の基礎的学理の究明を行うとともに、地震災害の防止・軽減を図るための総合的研究を推進する。以下に示す4研究分野(強震動地震学、耐震基礎、構造物震害、耐震機構)から構成されている。

4.2.2 研究分野の活動概要

I. 強震動学研究分野

教授 入倉孝次郎、助教授 松波孝治

助手 岩田知孝

非常勤講師:宮武 隆(東大・地震研)

研究担当:釜江克宏(京大・原子炉実験所)

①分野の研究対象と方針

災害に強い都市づくりを目指し、都市の地震災害に対する脆弱性を高精度に評価することを目的とした強震動予測の高度化に関する研究を行っている。そのためには地震波の発生源である震源特性の分析に関する研究、地震波の3次元媒質中の伝播に関する研究、それらの分析的研究を統合した形としての高精度な強震動予測手法の確立を目指す。

②現在の主な研究テーマ

震源のモデル化に関する研究、地下構造のモデル化と不均質媒質中の波動伝播に関する研究、及び強震動予測手法の確立に関する研究

震源モデル化に関する研究としては、強震記録に基づく震源の波形インバージョン、強震動予測のための不均質断層運動の特性化、破壊力学理論に基づく動的震源モデル、震源の相似則、震源近傍強震動と断層破壊過程の関係に関する研究をすすめ、地下構造のモデル化と波動伝播に関する

研究では、表層地質の地震動へ及ぼす影響評価のための地震動伝播のモデリング、高精度グリーン関数構築のための地震動シミュレーション、地震動記録に基づく地盤の非線形応答特性に関する研究を、強震動予測手法の確立に関する研究としては、強震動予測レシピの構築、理論的・半経験的方法による強震動シミュレーション手法の開発、過去の地震の強震動評価および強震動と被害の関係を研究テーマとして行っている。

③各研究テーマ名

(1)震源モデルの構築に関する研究(岩田知孝)

高精度の強震動予測のための震源モデルの構築には実際に起きた地震の震源過程を詳細に知ることが必要である。強震記録を用いて2000年鳥取県西部地震や2001年芸予地震の詳細な震源過程を推定した。鳥取県西部地震では破壊開始から約3秒後に主要な破壊がはじまった。このような複雑な震源過程が震源域の強震動分布を支配しているという強震動予測の観点からの重要な視点を与えるとともに、前駆的な群発地震活動や詳細な速度構造モデル等の地球物理学的情報との比較により、この地震の発生に関する重要な知見を与えた。

(2)不均質震源特性の抽出と特性化震源モデルに関する研究(岩田知孝)

実記録から推定された不均質震源特性を強震動予測のための震源モデルの構築に生かすことを目的として、得られた震源モデルからその特徴を推定した。地殻内地震ではすべりの大きな、強震動を生成した領域(アスペリティ)サイズと断層面全体の比は地震規模に依らず一定であること、沈み込むプレート(スラブ)内地震では同規模の地殻内地震に対してアスペリティサイズが小さく、応力降下量が大きいこと、サイズ及び応力降下量には深さ依存性があることを示した。この研究は想定地震の震源モデル構築に大きく貢献

している。

(3) 動的震源モデルと強震動に関する研究

(入倉孝次郎、岩田知孝)

2000年鳥取県西部地震は明瞭な地表地震断層を生じなかった。この事実を主断層の周辺において空間的にクラック(亀裂)が多数生じるモデル設定により、主断層から出される波動エネルギーがクラック面の摩擦に消費されることによって破壊進展を妨げる動的破壊過程による一解釈を行った。地震後に行われた地下構造探査によって明らかとなった地表近くの複雑なフラワー構造はこのようなモデルの妥当性を与えるものである。また、震源インバージョンによって得られたすべりの時空間分布から、地震時の動力学的パラメターの推定を行った。これらの研究成果は地震の破壊に関する新しい知見を与えるとともに、強震動予測のための震源モデル構築の枠組み高度化に大きく寄与している。

(4) 地震波伝播経路特性に関する研究(松波孝治)

地震波伝播経路特性及び地震波の減衰メカニズムの地域性を調べるため、和歌山群発地震記録のSコード波を用いて散乱減衰と吸収減衰を分離・評価し他地域の結果と比較した。当該地域では2Hz以下では散乱減衰が卓越し、一方16Hz以上では吸収減衰が卓越する。散乱減衰と吸収減衰の和としての全減衰は群発地震域の破砕度の高さを反映して他地域と比較して顕著に大きい。強震動予測において重要な地震波伝播経路特性の評価には、地殻構造の減衰特性の地域性の考慮する必要がある。

(5) 近畿における強震動波形ネットワークの構築 (松波孝治)

本プロジェクトの目的は、自治体、公益企業などが整備した計測震度情報ネットワークや強震計ネットワークから強震動波形データを収集し共通データベースとして整備するとともに、自治体等のデータ提供機関ならびに大学等の研究機関が大都市圏の強震動予測研究等に利用できるようにすることである。例えば、モデル化された

地下構造の地震動への影響を実地震記録波形によって検証したり、さらに、自治体等の所有する詳細な地盤情報を活用することにより面的な地震波増幅特性の評価に寄与できることが考えられる。これまでに、大阪府と滋賀県の計測震度情報ネットワークと京都市消防局ネットの波形データを収集・整備した。大阪府は計47点、滋賀県は計50点、京都市は計13点である。今後、京都府、兵庫県、奈良県にも協力を呼びかけ、波形データの収集・整備を行う予定である。データは、公開用データサーバに蓄積されつつある。ウェブ上(<http://www.sms.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp>)で地震リスト、震央マップ、観測点リスト、観測波形、最大加速度分布を見ることができる。

(6) 3次元小スパンアレイの構築と堆積地盤構造推定に関する研究 (岩田知孝)

地震波は堆積盆地構造によって振幅の増大および震動継続時間の長大化が起こる。この地震波の堆積盆地における挙動を追跡するために、鉛直アレイを含む小スパンの3次元地震観測アレイを京都盆地南東部に設置し観測を開始した。地震基盤層まで達するボーリング孔を用いて堆積層内の地震波伝播速度構造調査を行うとともに、堆積層の地震波速度構造推定に用いられるアレイ微動観測法を同地点で行い、推定地下構造モデルの妥当性を示した。アレイデータは現在蓄積中であり、地震波の伝播性状や増幅特性を精度良く評価することに利用できる。

(7) 強震動予測レシピの構築

(入倉孝次郎 釜江克宏)

特定の活断層に起因する強震動予測手法を確立するために、震源及び地下構造モデルの分析に基づいた特性化震源モデルと地震波伝播特性を反映したグリーン関数の構築手法を整理し、誰でも使えるような形での強震動予測手法のマニュアル化(レシピ化)を行っている。これには震源や地下構造モデルの最新の研究成果を取り込むことができるとともに、歴史地震記録や既往の地震記録を合理的に説明することによって手法の検

証と妥当性を評価するとともに、改良を加えている。

II. 耐震基礎研究分野

教授 佐藤忠信、助教授 澤田純男

助手 本田利器

①分野の研究対象と方針

耐震基礎研究分野は、地震時における地盤の挙動と、地盤—構造物系の動的相互作用の解明、振動制御法の開発を行うことにより、限界状態設計法に基づく土木構造物の耐震設計法を確立し、地震災害の軽減を計ることを研究目的としている。主な研究課題を以下に列挙する。

②現在の主な研究テーマ

- 1) 地震動の予測とアイデンティフィケーション
- 2) 地盤震動解析
- 3) 地盤構造物系の動的相互作用
- 4) 構造システムの同定
- 5) ライフライン系の耐震技術
- 6) 地盤構造物の耐震設計法

平成 12、13 年度の研究分野構成員の変更はなかった。平成 12、13 年度は、主に、(a) 地震動の位相特性および周波数時間特性、(b) 地盤—構造物系の非線形挙動、(c) 地盤定数の不確定性を考慮した地盤震動解析、(d) トルコ・アダパザルの地盤調査、(e) 構造システムの同定、(f) ヘルスマonitoring 技術、などの研究を重点的に実施した。

「地震動の位相特性および周波数時間特性」では、ウェーブレット変換を用いて、位相スペクトル準拠の地震動をシミュレーションする手法を開発した。地震動の群遅延時間の平均と標準偏差を震源距離とマグニチュードをパラメータとしてモデル化し、これに基づいて振動数軸方向の相関性を有する群遅延時間を発生させ、さらに振動数で積分することにより、位相スペクトルを規定する方法論を展開した。また、地震動の伝播経路における多重散乱をモデル化することにより、位相スペクトルに与える伝播経路特性を解析する方法を開発した。実観測記録に本手法を適用する

ことにより、異方散乱パラメータと Q 値を推定した。さらに、時間周波数特性を規定する任意のウィグナー分布から、これを正規直交ウェーブレットのクロスウィグナー分布を基底とする空間に射影し、それがウェーブレット係数の絶対値との偏角の情報を有することを考慮してウェーブレット係数を算出することにより、時系列信号を合成する手法を提案した。本手法を実地震動波形に適用し、実体波に相当する成分と表面波に相当する成分に分離できることを示した。「地盤—構造物系の非線形挙動」では、地盤の液状化・流動化現象の統一的解析法として、固体から液体そして固体への相変化を考慮できる流・弾塑性構成式を新たに導入した数値解析法を開発した。盛土の遠心模型実験、強制傾斜土槽による振動台実験、大型ケーソン式岸壁および杭基礎構造物に対する解析を実施し、本手法の妥当性と有効性を確認した。「地盤定数の不確定性を考慮した地盤震動解析」では、スペクトル確率有限要素法を不確定性を有する 2 次元および 3 次元波動問題に拡張した。剛性が確率場となっている地盤における波動伝播問題について解析し、剛性の相関距離が変位の分散に影響を与えること、入力波の周波数が減衰に影響を与えることがわかった。「トルコ・アダパザルの地盤調査」では、重力探査および微動探査を実施し、3 次元堆積盆地構造を得た。さらにボーリング調査、スウェーデン式サウンディング、PS 検層を行い、表層地盤特性を明らかにし、アダパザル市街の被害分布が、主に極軟弱なシルト層の層厚によって説明できることを示した。「構造システムの同定」では、ベイズ推定に基づくモンテカルロフィルタとカルマンフィルタおよび遺伝的アルゴリズムを統合することで、高いフィルタリング能力を有する新たなフィルタ理論を構築し、今後の研究課題として以下の項目があげられる。

- 1) 地盤—基礎—構造物系の非線形動的相互作用のモデル化に関する研究
- 2) 地盤—基礎—構造物系の耐震安全性の適切な

配分を考慮した耐震設計法の開発

- 3) 構造物の健全度モニタリングシステムの開発と、既存構造物の補強法の開発
- 4) ライフサイクルコストを考慮した耐震補強戦略や耐震設計法に関する研究
- 5) 耐震設計用地震動の設定法と位相特性のモデル化に関する研究

Ⅲ. 耐震機構研究分野

教授 中島正愛、助教授 吹田啓一郎

①分野の研究対象と方針

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

②現在の主な研究テーマ

- 1) 鋼構造物の完全崩壊挙動の解明
 - 2) 連結振動系の地震時応答特性の解明
 - 3) 強震動を受ける建築構造物の応答予測技術の高度化
 - 4) 耐震接合部の破壊特性の解明
 - 5) 耐震設計における柱梁接合部の保有性能と要求性能の定量化
 - 5) 鋼構造物の耐震性能と施工品質の高度化
- を中心に研究を展開し、以下の成果を得るに至った。

③各研究テーマ名

(1) 鋼構造物の完全崩壊挙動の解明 (中島正愛)

機能保持、損傷制御、安全確保などの多面的な要求に応える建築物を実現するための設計法として性能設計の確立が期待されているなかで、建物の安全性を確保するためには大地震動を受けたときの完全崩壊に至るまでの過程を解明し、また崩壊までの保有性能を定量化しておかねばならない。建物が自重を支えきれなくなる点と定義される完全崩壊限界を明らかにするため、繰返し大変形による梁部材の完全崩壊ならびに軸力と曲げを同時に受けて繰返し大変形する柱の完

全崩壊を模擬する構造実験、鋼構造特有の材料および幾何学的な非線形性、形状変化を考慮した解析を行った。これらの研究から、部材および接合部の破断が発生しない限り大変形域においては微小変形域と異なる新たな抵抗機構が形成されて直ちに完全崩壊に至らず耐震能力を発揮できることを示すとともに、適切な補剛のなされていない梁や過大な軸力を受ける柱がこのような高靱性抵抗機構を発揮せずに容易に完全崩壊へ至る条件を明らかにした。

(2) 連結振動系の地震時応答特性の解明

(中島正愛)

兵庫県南部地震において、都市部密集住宅群の地震に対する脆弱性が露わになり、これら住宅群のリニューアルも含めた耐震改修は地震国日本において愁眉の課題である。その普及を促進できる安価で実効性が高い改修方法の一つとして、住宅群を互いに連結させることにより群全体としての地震応答低減を実現する技術を開発した。連結材として、地震応答により隣接住宅が互いに近づく場合に抵抗する緩衝材、互いに離れる場合に抵抗する連結材を想定し、これらで連結された住宅群の地震応答特性を震動台実験や精緻な数値解析によって解明し、その成果に基づいて制振効果が最も高くなる連結方法を明らかにした。

(3) 強震動を受ける建築構造物の応答予測技術の高度化

(中島正愛)

性能設計の確立と普及のためには地震応答解析の手法によらず短時間で精度よく強震動下における最大応答を予測する技術が必要とされる。そのために非線形高次モード特性をも考慮した応答予測に着目し、多数の実地震記録波を使った応答解析結果を蓄積し、応答値に対して統計的手法を使った分析から、地震応答への寄与が大きいモードを明らかにするとともに、多自由度系の応答予測手法を提示した。

(4) 溶接接合部の破壊特性の解明 (吹田啓一郎)

兵庫県南部地震に見られた溶接接合部の早期破断現象の要因解明のために動的載荷実験を行

い、溶接接合詳細、鋼材の破壊靱性が破壊特性に関与することを明らかにしてきたが、同時に鋼梁部材の塑性化に伴う発熱現象が破壊現象の発生に大きく関与することを示してきた。この点に着目してさらに定量的な情報を得るための動的載荷実験を行い、塑性化する鋼梁の歪挙動と温度の時間・空間変動特性に関する詳細なデータを蓄積し、地震エネルギー吸収能力、鋼部材の残存耐震性能との関係を明らかにする上で基礎となる情報を得た。

(5) 耐震設計における柱梁接合部の保有性能と要求性能の定量化 (吹田啓一郎)

部材の塑性化により耐震性能を確保しようとする曲げモーメント抵抗型骨組の耐震設計において、最大応力発生点である柱梁接合部に要求される曲げ耐力と実際の接合部が保有する耐力値の精度よい定量化手法を確立するために、塑性解析による理論解析および地震時応答を忠実に再現した動的載荷実験を行い、柱梁接合部の性能設計において不可欠となる保有性能の評価手法を確立するとともに、地震時応答挙動から要求性能を定量化するために必要な部材耐荷能力の限界値を提示した。

(6) 鋼構造物の耐震性能と施工品質の高度化 (吹田啓一郎)

鋼構造物の接合部が抱える溶接施工技術に対するロバスト性の問題を解決するひとつの手法として高力ボルト接合を主体とする耐震性能の高い接合技術の実現を目指し、同時に地震時に損傷させる部材を予め指定し、地震後に損傷部を随時取り替えることを可能とする高度化された耐震構造システムを開発する。そのために高力ボルト接合と履歴ダンパーの要素技術を複合した接合法を提案し、その性能を実大載荷実験により明らかにするとともに、設計手法を確立した。

上記研究課題の遂行に関しては、研究担当として京都大学工学部：上谷宏二教授、非常勤講師として熊本大学工学部：小川厚治教授の協力を得た。さらに、米国イリノイ大学、M. A. Aschheim 助

教授、中華人民共和国清華大学、F. Qiu 助教授、中華民国台湾技術科学大学、S. J. Huang 教授らが当研究分野に滞在し、上記課題を中心とした共同研究を実施した。さらに中核機関(COE)特別研究員として、金尾伊織(2000～2001年度)、謝強(2001年度)が上記研究を分担した。

IV. 耐震機構研究分野

教授 田中仁史、助手 諸岡繁洋

①分野の活動内容

(1)内外での地震被害調査

平成 11 年のトルコ・コジャエリ地震、台湾・集集地震(報告書は平成 12 年作成)、平成 13 年のインド西部グジャラート地震の建築・土木構造物の被害調査を行い、その被害原因に関する調査報告を行っている。また、平成 12 年の日本建築学会大会災害部門研究協議会「震害調査の意義と方法 -変遷と将来-」で、「海外諸国の震害調査について」と題し、ニュージーランドと米国の地震被害調査隊の場合について調査隊派遣組織、資金源、調査隊の構成と隊員選出方法、調査目的と方法、被災現地との事前、事後の協力体制などをまとめ、今後の地震被害調査のありかたについて検討を行っている。平成 13 年度には、日本建築学会災害調査マニュアル編集にも協力した。

(2)平成 13 年度から 14 年度にかけて FIB(世界コンクリート協議会)の commission 7: Seismic Design(耐震設計)に所属し、コンクリート構造物の耐震設計について、実情と改善策の提案を行っている。

(3)平成 12 年度から 14 年度にかけて日米耐震セミナーおよびワークショップに参加し、日米の耐震技術交流に協力している。

(4)平成 13 年度および 14 年度には SEEBUS(日本・韓国・台湾の耐震研究セミナー)を日本側幹事として、三国間の耐震技術交流を推進している。

(5)平成 12 年度から 14 年度にかけて鉄筋コンクリート壁構造、フレーム構造要素の実大実験を行うなどして、地震時挙動における寸法効果の評価

を試みている。

(6)平成12年度から14年度にかけて空間構造の動的安定問題に関する解析的研究を行い、それら構造物の耐震性能改善を試みている。

4.2.3 その他の重要な活動

入倉孝次郎：日本学術会議会員、同地球物理学研究連委員長、として日本における学術のあり方、とくに地球科学の学術研究体制について提言のまとめ、国際会議の開催などに貢献する。

入倉孝次郎：文部科学省地震調査研究推進本部地震調査委員会委員、政策委員会委員、同委員会成果を社会に生かす部会委員、同委員会調査観測部会委員としてわが国の地震調査研究のあり方についての方針決定に関与する。

入倉孝次郎：文部科学省地震調査研究推進本部強震動評価部会の部会長、強震動予測分科会の委員長として、地震動予測地図作成の指導を行う。

入倉孝次郎：(社)日本地震学会において「2001年地震火山・世界子供サミット」を2001年7月伊豆大島で開催、トルコ、台湾など最近の地震被災国の子供も含む約150名が参加、地震・火山がどうして起こるか、防災のあり方などについて実践的教育と、子供サミット宣言を採択して地震・火山災害に対する国際的取組みの呼びかけを行った。(社)日本地震学会会長として子供サミットの運営および実行の責任者を務めた。

入倉孝次郎、岩田知孝：(社)日本地震学会強震動委員会において、強震動研究の最先端研究に関する学会特別セッション、シンポジウムの企画、招待講演、強震動予測普及のための講習会企画、講師を積極的に行っている。

松波孝治：日本自然災害学会において学会誌編集委員会及び企画委員会の委員として本研究分野に関係した論文の編集、学会誌の企画・立案を行っている。

岩田知孝：文部科学省地震調査研究推進本部強震動評価部会強震動予測分科会委員として、地震

動予測地図作成に関する助言を行う。

岩田知孝：(社)日本地震学会災害調査委員会において、巨大地震発生時の情報収集と発信を行っている。

岩田知孝：(社)日本地震学会地震展特別委員会において、2003年に開催される国立科学博物館「地震展」の企画立案を行っている。

4.3 地盤災害研究部門

4.3.1 部門としての活動概要

①部門の研究対象と方針

地盤災害研究部門では、平野部における動的現象や人間活動に基づいた各種の地盤災害を防ぐための研究を推進するとともに、山地や都市周辺の傾斜地における降雨・地震・開発に伴う各種の地表変動現象による災害を防止・軽減するための研究を学際的に行っている。

近年、都市域の急速な拡大や気候の変化に伴って地盤災害は多様化し、また、複合的になっている。都市域は、海辺の低平地、丘陵地、山地に拡大しており、地盤災害に関する研究の重要性はますます増してきていると言える。地盤災害は、自然現象としてみただけでも、地盤工学、地質学、地形学、林学など多面的な側面を持っており、多くの場合、これらの分野で別個に行われてきている。しかしながら、これらの見方・考え方を合わせて研究をすすめることが、地盤災害の防止や軽減のためには不可欠である。当部門は、地盤防災解析、地すべりダイナミクス、山地災害環境、傾斜地保全の4分野から構成されており、構成員の専門分野は、地盤工学、地球物理学、地質学、地質工学、水文学、地形学と、地盤災害を学際的に研究する構成になっている。本部門は、これらを融合して学際領域を開拓してきている。災害の原因となる現象(ハザード)のメカニズムの基礎的な解明、それに基づく危険場所予測、危険度評価、災害防止手法の開発、研究結果の社会への反映を研究方針としている。当部門の4分野が連携して進めてきた12-13年度の課題は以下のようにまとめられる。

なお、平成14年度には、4月に地盤防災解析の教授と助手が新たに着任し、また、11月に傾斜地保全の教授が新たに着任し、新たな展開をはかりつつある。

②現在の重点研究課題

(1)地盤防災解析

高度経済成長期以降、産業の効率化、人間生活の都市化にしたがって、沿岸部の埋立展開、沖合人工島の建設によって都市の巨大化が進展してきた。こうした人工地盤は軟弱な砂・粘土地盤上に構築されているため、大きな変状、強度不足による不安定化、地震時の震動増幅、液化化等の地盤災害にさらされることになる。また人間活動に伴って地盤汚染問題が深刻化しており、都市地盤の災害防止と環境浄化を重点的に研究を推進している。平成12、13年度の重点研究課題は以下の通りである。1)地盤環境の保全と廃棄物の環境地盤工学的対策、2)地盤改良工法の開発とその合理的設計方法の確立、3)地震時の地盤軟化機構の解明とその対策、4)数値解析による構造の発達した洪積粘土地盤の長期大変形機構の解明、5)遠心力載荷実験に基づく重力式構造物の地震時動的挙動に関する研究。

(2)山地災害環境

起伏の大きな山地では、長い歴史を反映して地盤の風化、崩壊、土砂の運搬、堆積が繰り返されてきており、それによる人的被害、また、林地や農地の受ける災害には大きなものがある。また、近年では、都市の拡大によって都市自体が山地の中に入り込んでいることも一般的である。これらの災害の危険度を評価するには、崩壊の発生場所と時を的確に予測することが不可欠であり、また、災害の軽減のためには、予測に基づく警報発信が重要である。そのため、次の項目を重点課題としている。1)山体の重力による変形、および大規模崩壊に関する研究、2)岩石の風化メカニズムと速度、および崩壊の免疫性に関する研究、3)土石流などの急速な土石の移動の現地観測とモデル化に関する研究、4)山地の水文環境と地形形成プロセスの研究、6)山地災害の防止・抑制のための土地利用。

(3)地すべりダイナミクス

世界的な人口増大、都市開発の進展により、都市周辺地域における地震時や豪雨時に発生する高速長距離運動地すべり・流動性崩壊による災害が激化している。また、ペルー国マチュピチュのインカの遺跡など、一旦破壊されれば復旧の困難な文化・自然遺産が地すべりによる破壊の危険性にさらされている例が目されるようになってきた。このような世界的な地すべり危険度軽減と文化自然遺産の保護を目的として平成14年に国際斜面災害研究機構(ICL)が設立され、UNESCOとICLの共同事業として国際斜面災害研究計画(IPL)が開始された。地すべりダイナミクス分野ではIPL事務局として、所内及び国内外の斜面災害関連分野と協力しつつ、下記の研究・企画調整課題に取り組んでいる。

1)UNESCO/ICL国際斜面災害研究計画(IPL)事務局としての企画調整及び研究実施、2)高速地すべり・流動性崩壊の運動機構と運動範囲の予測の研究、3)都市開発域における地震/豪雨時の地すべり発生予測と防御の研究、4)ユネスコと防災研究所間の「地すべり危険度軽減と文化・自然遺産の保護」に関する研究協力覚え書きに基づいた国際共同研究、5)可視型リングせん断型地すべり再現試験機の開発、6)地すべり予知のための斜面変動監視システムの開発。

(4)傾斜地保全

高度経済成長期以降、政策的に誘導された大都市への人口集中は、郊外に向かう宅地開発圧力となり、新たな斜面災害のリスクを増大させた。豪雨によって住宅地や道路、ライフラインに近接した斜面が崩壊し、災害となる事例が急増した。特に1978年宮城県沖地震、1993年釧路沖地震、1995年兵庫県南部地震等、都市に被害を与えた地震では、人口密集地に形成された多数の宅地盛土(多くは谷埋め盛土)の大規模な変動(地すべり)や宅地近接斜面の崩壊が発生した。本分野ではこうした災害の防止と傾斜地居住の新たな理念の構築のため、次の様な基礎研究と総合的な傾斜地防災

対策の研究を行っている。1)安定斜面の形成過程の解明および災害危険度の高い区域を予測するための地形発達論的および水文地形学的研究、2)面表層の材料物性を明らかにするための地球物理学的探査法の研究、3)住居地、河川およびライフラインに近接した斜面の力学的安定度の評価のための理論的および実験的調査研究、4)傾斜地災害の地学的ならびに社会的条件と社会的影響をふまえた都市開発法の研究。

4.3.2 研究分野の活動概要

I. 地盤防災解析研究分野

教授 嘉門雅史、助教授 三村 衛

助手 乾 徹

①分野の研究対象

都市地盤、水際線地盤、低平地

②現在の主な研究テーマ

都市開発に伴って生じる地盤変動問題と環境汚染問題を主たる研究テーマとしている。特に沿岸部水際線の軟弱地盤に展開する大規模人工地盤の変形問題、液状化、構造物と地盤の相互作用などについて、模型実験、現場実験、数値解析を通じた総合的な取り組みを行っている。

(1)地盤環境の保全と活用 (嘉門、乾)

地盤環境問題の中でも廃棄物の処理・処分問題、および有害物質による地盤汚染問題は地盤環境の保全と密接に関連し、人間生活への環境災害防止の立場から極めて重要な課題となっている。本分野では、以下に示すように、廃棄物の地盤工学的利用に対する新しい提案を行うとともに、廃棄物利用・処分がもたらす環境影響評価技術および対策技術の開発を通して、地盤環境の保全を図っている。

1. 石炭灰・建設汚泥・砕石粉等の産業廃棄物の地盤材料への有効利用
2. 地盤中における廃棄物材料からの重金属等の溶出特性の把握
3. 廃棄物の有効利用に伴う環境影響評価とその

対策技術の検討

4. 酸性雨の地盤および安定処理土への影響把握
5. 廃棄物埋立地盤の早期跡地利用技術の開発
6. 地盤中における揮発性有機塩素化合物の挙動把握

(2) 地盤改良技術に関する研究 (嘉門、三村、乾)

軟弱地盤の改質や汚染地盤対策をはじめとして、地盤改良工法の地盤防災分野への適用は必須のものとなっている。その中で、科学的安定処理、ジオシンセティックスの地盤改良への適用を主たるテーマとして研究を進めている。

1. 石灰系安定処理土の路床・路盤材への適用技術
2. ジオシンセティック水平排水材による軟弱粘性土補強盛土の構築
3. バイパストレーン工法の開発と地盤工学への適用
4. セメント改良土からのアルカリ溶出特性とその制御
5. セメント固化による重金属汚染土の不溶化処理に関する研究

(3) 廃棄物処分場における遮水工の性能評価と処分場設計 (嘉門、乾)

有害物質、環境影響物質を含む廃棄物の埋立処分にあたっては、浸出水による周辺環境の汚染が懸念されるため、適正な遮水工の整備が不可欠である。本分野では、以下の項目について検討を行い、廃棄物処分場の適正な遮水構造および設計コンセプトの提案を行っている。

1. 処分場底部遮水工に用いる粘土材料、GCL 材料の性能評価
2. 廃棄物処分場カバーシステムの材料評価と水分収支のモデル化
3. 海面埋立処分場の護岸構造の性能評価と適正構造の提案

(4) 軟弱地盤の変形と安定性評価に関する研究 (嘉門、三村)

大都市が展開する沿岸部軟弱地盤の変形と安定性は社会基盤の安定的な供用と効果的な経済活動にとって不可欠である。近年、構造物の大型

化、開発域の大水深化によって従来無視されてきた深部洪積粘土の圧縮が顕在化してきている。本研究では、旧来の土質力学の枠組みでは処理しきれない構造を有する洪積粘土の時間遅れ変形を、現場の計測実績に基づいてモデル化し、数値解析手法を新たに提案することにより、合理的に評価することを目的として研究を進めている。

(5) 砂質地盤の液状化抵抗評価と地盤の流動化に関する研究 (三村)

埋立地盤と自然堆積地盤の液状化抵抗を室内試験、原位置試験に基づいて評価する手法を開発した。また重力式岸壁の地震時動的挙動については遠心力載荷実験に基づくモデル実験による研究を行っている。具体的には、

1. 構造を有する自然堆積砂と再構成砂の動的挙動に関する研究
2. コーン貫入試験による原位置液状化抵抗の評価
3. 遠心力載荷実験による地震時の地盤と構造物の動的相互作用に関する研究

(6) RI コーンによる大規模埋立地盤の品質評価に関する研究 (三村)

1990 年から民間企業との間で開発をてがけてきた RI コーン貫入試験装置を実用化し、国立シンガポール大学との共同研究として、同国政府 Housing Development Board の事業であるチャンギ沖の Tekon 埋立プロジェクトに公式ツールとして導入された。通常のサンプリングでは時間と労働力が追いつかない規模の工事であり、かつ、硬質粘土塊を浚渫して埋立材として転用している特殊地盤であることから、RI コーンの有為性が認められ、現在工事の進捗にしたがって、密度分布と含水比分布を計測することによる埋立地盤の品質評価に用いられている。研究的には、粘土塊、砂の複合地盤の圧密特性、粘土塊の空隙閉塞と遅れ変形のモデル化といった新しいテーマに取り組んでいる。

II. 山地災害環境分野

教授 千木良雅弘、助教授 諏訪 浩
助手 斉藤隆志

当分野では、主に山地で発生する地盤災害およびその素因となる地質・地形過程について、下記の項目を中心に研究を進めている。1) 山体の重力による変形、および大規模崩壊に関する研究、2) 岩石の風化メカニズムと速度、および崩壊の免疫性に関する研究、3) 土石流などの急速な土石の移動の現地観測とモデル化に関する研究、4) 山地の水文環境と地形形成プロセスの研究、5) 突発的地盤災害の地質・地形学的研究 6) 山地災害の防止・抑制のための土地利用に関する研究。当該期間における研究成果は以下の通りである。

(1) 山体の重力による変形、および大規模崩壊に関する研究

大規模崩壊は小規模な崩壊に比べて発生の頻度が少ないが、一旦発生すると甚大な被害を及ぼすことが従来の経験からわかっている。我が国のように地震活動が活発な地域では、その発生場所の予測は緊急の研究課題である。当該年度には、1999年の台湾集集地震の時に発生した大規模崩壊地の地質と地形を詳細に調査し、それらの発生メカニズムを明らかにし、それらの発生場所が地質・地形的に予測可能であったことを明らかにした。

(2) 岩石の風化メカニズムと速度、および崩壊の免疫性に関する研究

地域の長期的防災計画策定、および市町村単位程度の警戒警報発信に資するため、岩石の風化帯構造の特性解明、地下水浸透現象の解明、崩壊の発生と免疫性との関係について研究を進めている。当該年度には、深層風化した花崗岩が急速に再風化し、急激なフロントをもって劣化することを、電気、弾性波速度を媒体として画像として示すことに成功した。また、平成10年度に発生した福島県南部豪雨災害と毎年のように繰り返されるシラス災害とは、同様に火砕流凝灰岩の分布地でおこっているが、それぞれ風化帯構造が異な

り、それを反映して崩壊メカニズムが異なることを示した。

(3) 土石流などの急速な土石の移動の現地観測とモデル化に関する研究

土石流の発生流下に伴う地盤の振動は、これを探知して土石流の警報を発したり、土石流の規模を把握するために利用できるようになってきた。これらの作業を精確に行って土石流による災害を軽減するために、土石流による地盤振動のエネルギーフラックスを評価するべく弾性波発振伝播モデルを考案した。これに長野県焼岳上々堀沢での現地観測で得られた振動のデータや弾性波探査によって得られた地盤定数を用いて、土石流のエネルギー損失に占める弾性波成分を評価することに成功した。

(4) 山地の水文環境と地形形成プロセスの研究

シラス分布域において、風化帯構造の調査とともに、降雨浸透挙動を観測した。その結果、風化帯構造に対応して水分が浸透してゆくことがわかった。すなわち、シラスの場合には、風化帯基底での毛管障害現象によって水が風化帯に滞留し、その結果斜面が不安定になってゆくことが明らかになった。

(5) 突発的地盤災害の地質・地形学的研究

平成12年の神津島地震・豪雨災害の現地調査を行い、崩壊分布を明らかにした。さらに、崩壊地が地質に規制されて発生していること、また、透水性の高い地質を反映して、地震に引き続く豪雨によっては崩壊の発生は少なかったことを見出した。

(6) 山地災害の防止・抑制のための土地利用に関する研究

山地に拡大してゆく都市を山地災害から守るため、都市に近接する不安定斜面の抽出技術として、1998年福島、1999年広島災害地域に、レーザーキャナーを用いた詳細地形解析を適用した。

Ⅲ. 地すべりダイナミクス分野

教授 佐々恭二、助教授 福岡 浩
助手 竹内篤雄

世界的な人口増大、都市開発の進展により、都市周辺地域における地震時や豪雨時に発生する高速長距離運動地すべり・流動性崩壊による災害が激化している。また、ペルー国マチュピチュのインカの遺跡など、一旦破壊されれば復旧の困難な文化・自然遺産が地すべりによる破壊の危険性にさらされている例が目されるようになってきた。地すべりダイナミクス分野では、所内及び国内外の斜面災害関連分野と協力しつつ、平成12、13年度は下記の研究・企画調整課題に取り組んだ。

(1) 国際地対比計画「IGCP-425: 地すべり災害予測と文化遺産」及びユネスコと防災研究所間の研究協力覚え書きに基づいた国際共同研究

(佐々、福岡)

平成10年度よりユネスコの国際地質対比計画に佐々の提案するプロジェクト(IGCP-425)が採択され、これをさらに発展させるものとして、ユネスコと京都大学防災研究所間で「地すべり危険度軽減と文化自然遺産の保護」(MoU)に関する研究協力覚え書きが平成11年12月に交わされた。この一環として、世界各国で実施する31のサブプロジェクトの企画調整を実施すると共に、防災研究所としてペルー・マチュピチュ遺跡の岩盤地すべり危険度評価、中国・西安市の華清池地すべりの高精度観測と対策工の設計、岡山県・備中松山城の岩盤地すべりの観測等を実施している。

(2) 国際斜面災害研究機構(ICL)設立と国際斜面災害研究計画(IPL)の中核としての企画調整・研究実施

(佐々、福岡)

平成14年1月のユネスコ-京都大学シンポジウム「地すべり危険度軽減と文化・自然遺産の保護」において、ユネスコ、世界気象機関、国連食糧農業機関、国際斜面災害事務局、文部科学省を特別後援機関として、国際斜面災害研究機構が設立され、佐々が初代会長に選出された。平成14年11月に

ユネスコ本部で開催されたICLの第1回代表者会議において役員、各委員会委員の選出、初年度予算、22件のIPL Projectsの採択、斜面災害に関する新国際ジャーナル発行(2004年より)が決められた。地すべりダイナミクス分野は、これら一連の世界的な斜面災害研究推進の枠組み作りにおいて、中核的役割を果たしてきた。

(3) 地震/豪雨時の高速長距離土砂流動現象の解明の研究

(佐々、福岡)

地すべりダイナミクス分野では、平成8年以降、高速長距離運動地すべりの発生、運動機構の研究を推進するために研究開発を実施し、1)非排水せん断と過剰間隙水圧の測定、2)220cm/secまでの高速せん断、3)5Hzまでの繰り返し載荷および地震時応力波形の載荷を可能とし、すべり面の状態をあらゆる状況に対応して正確に再現できる「地すべり再現試験機」を実用的なレベルで完成させた。そして、せん断に伴う粒子破碎によりすべり面で過剰間隙水圧が発生して高速運動や流動が発生する原因となる「すべり面液状化」の発生における細粒分の影響についての研究を実施し、細粒分増大に伴う透水係数の低下により自然排水条件においても過剰間隙水圧が発散しにくくなることによりすべり面液状化が維持される機構について明らかにした。この研究をベースに、平成13年度より文部科学省科学技術振興調整費「地震豪雨時の高速長距離土砂流動現象の解明(APERIF)」(研究代表者:佐々恭二)を得て、東大、国土交通省国土地理院、(独法)防災科学技術研究所、(独法)森林総合研究所、および(社)日本地すべり学会とともに災害危険区域予測法の提案に向けた基礎的応用的研究を実施している。APERIFプロジェクトは世界的にも重要な研究課題として認められ、本年11月に国際斜面災害研究計画(IPL)のプロジェクトの一つ(IPL-M101)に採択された。

(4) 地すべり予知のための斜面変動監視システムの開発

(佐々、福岡、竹内)

昭和47年より佐々らは徳島県・善徳地すべり

地で大規模結晶片岩地すべりの長期連続観測による移動機構の研究を実施している。山頂から祖谷川にいたる全長1.5kmに及ぶ長スパン伸縮計、全長約600m(115台)の三次元せん断変位計の他、RTKを含むGPS観測、孔内傾斜計、水位等の観測を連続して実施している。平成12、13年度は特に三次元せん断変位計による約10年間の記録を伸縮計等の観測記録と比較、解析し、移動ブロック境界は地表に明確に現れないが、基岩形状が長期の土層変化形状に影響を及ぼしていること、寡雨期にもクリープが継続する結晶片岩地すべりに特有の斜面変動の特性を明らかにした。福岡らは、RTK-GPSを用いた斜面定期健康診断構想を提案し、5分間程度の短時間で精密GPS測量を行うための自動制御三脚の開発と産学連携による研究活動を実施した。竹内らは、半乾燥地域に於ける地すべりの移動機構解明のため、イラン・土砂保持および流域管理研究センターと共同で1m深地温調査を行い、半乾燥地域にもかかわらず、多数の流動地下水脈があることがわかった。また、イランでの大規模地すべりにおける長距離土砂流動が生じた原因は、このような土層内の地下水を含む土層への移動土塊の急速載荷に起因した過剰間隙水圧の上昇であるためであると推定した。

IV. 傾斜地保全研究分野

教授 奥西一夫(平成14年3月退官)

Roy C. Sidle(平成14年11月着任)

助教授 釜井俊孝

高度経済成長期以降、政策的に誘導された大都市への人口集中は、郊外に向かう宅地開発圧力となり、新たな斜面災害のリスクを増大させた。豪雨によって住宅地や道路、ライフラインに近接した斜面が崩壊し、災害となる事例が急増した。特に1978年宮城県沖地震、1993年釧路沖地震、1995年兵庫県南部地震等、都市に被害を与えた地震では、人口密集地に形成された多数の宅地盛土(多くは谷埋め盛土)の大規模な変動(地すべり)や

宅地近接斜面の崩壊が発生した。本分野ではこうした災害の防止と傾斜地居住の新たな理念の構築のため、次の様な基礎研究と総合的な傾斜地防災対策の研究を行っている。

(1) 安定斜面の形成過程の解明および災害危険度の高い区域を予測するための地形発達論的および水文地形学的研究(奥西一夫、Roy C. Sidle)

岩石風化や地表浸食は、徐々に斜面を力学的に不安定にしている。こうした不安定化プロセスを理論的に扱うため、特に水文地形学に立った地形発達論的研究を行っている。奥西が中心となって研究を推進してきたが、2002年11月からはRoy C. Sidleがこれを引き継ぎ、水文地形学分野の発展を図る予定である。

(2) 面表層の材料物性を明らかにするための地球物理学的探査法の研究(奥西一夫、Roy C. Sidle)

斜面災害調査設備を六甲山麓住吉川上流部に設置し、1995年兵庫県南部地震によって亀裂が入り劣化した斜面の観測を行っている。土壌水分とストレインプローブによる内部変形の観測結果から、不飽和帯における水分移動と不安定化の関係について新たな知見が得られつつある。

(3) 住居地、河川およびライフラインに近接した斜面の力学的安定度の評価のための理論的および実験的調査研究(釜井俊孝)

宇治川水理実験施設の水中振動台を使用し、1/50~1/100スケールの斜面モデル実験を行っている。これまで多くの被災事例調査によって谷埋め盛土タイプの場合、変動の有無は住宅地形成以前の谷の三次元形状に強く支配されることがわかっている。モデル実験の結果はこうした統計的事実を裏付けるとともに、変動メカニズムに関する理論的根拠を与えることが期待される。

(4) 傾斜地災害の地学的ならびに社会的条件と社会的影響をふまえた都市開発法の研究

(釜井俊孝)

1978年宮城県沖地震、1993年釧路沖地震、1995年兵庫県南部地震等の被災事例を解析し、宅地盛土の変動が発生した要因を明らかにするととも

に変動予測式を作成した。これを首都圏南部の自由が丘から新横浜地域に適用し、都市域の宅地盛土型地すべりを対象とした危険度予測図(ハザードマップ)の作成を初めて試み、公表を目指している。

4.3.3. その他重要な活動

(学会活動)

嘉門雅史:地盤工学会、第16回国際地盤工学会議
実行委員会事務局長、平成12年～

佐々恭二:斜面災害研究推進会議 会長 1998年～

佐々恭二:国際地質学連合(IUGS)、地すべり作業
部会・高速地すべり運動予測委員会、委員長、
平成4-12年

佐々恭二:国際地盤工学会(ISSMGE)、アジア地域
技術委員会(ATC-9:文化遺産の地すべり災害か
らの保全)、委員長、平成11年～13年

千木良雅弘:日本応用地質学会、技術者教育委員
会委員長、12.4.1-14.3.31

(集会開催)

佐々恭二:国際地盤工学会地すべり技術委員会
(TC-11)主催会議“Conference on Transition
from Slide to Flow、” 実行委員長、編集委員
長、講演、平成12年8月25-26日、トルコ・
トラブゾン市

嘉門雅史:第4回地盤改良シンポジウム、組織委
員長、平成12年11月、大阪

嘉門雅史:4th Kansai International Geotech-
nical Forum、組織委員長(共同)、平成12年5
月、京都

佐々恭二:国際シンポジウム「斜面災害危険度軽
減と文化・自然遺産の保護」、実行委員長、平成
13年1月、東京。

(社会的活動)

嘉門雅史:技術審議会委員、委員、阪神高速道路
公団、平成10年～

嘉門雅史:大阪市土壌汚染対策専門委員会、委
員、大阪市、環境保険局、平成11年～13年

嘉門雅史:大阪市環境影響評価専門委員会、委
員、大阪市、平成12年～14年

嘉門雅史:PCB含有底質処分地技術検討会、委員、
大阪市、港湾局、平成12年～

佐々恭二:道路防災ドクター、ドクター、建設省
近畿地方建設局、平成7年～

千木良雅弘:島根大学総合理工学部地球資源環境
学科プログラム審査、審査員、日本技術者教育
認定機構、13.11.8-14.5.31

4.4 水災害研究部門

4.4.1 部門としての活動概要

①部門の研究対象と方針

土石流、洪水、津波、高潮、高波など、土砂と水に係る災害の現象解明と予知・予測、およびこれらの災害の防止・軽減を図る方策の科学的基礎を樹立することを目的として、土砂流出災害分野、洪水災害分野、都市耐水分野および海岸・海域災害分野の4研究分野が有機的な連携のもとに、研究を進めている。

戦後の混乱期から昭和30年代の中頃までは、大型台風が相次いで上陸し、大規模・激甚な洪水氾濫災害や高潮災害が発生した。このような災害を防御する対策についての研究が進められ、また、行政的な対応も図られ、大規模な災害は着実に減少してきている。しかし、大都市とその周辺部での都市化が進む中で、山麓部の急傾斜地や低平な湿潤地帯が市街化され、土石流災害や都市の内水災害が頻発してきた。現在では、わが国の水災害による死者の大半は土石流などの土砂災害によっており、経済的損失の大半は都市の浸水被害によっている。

洪水や高潮、土砂の氾濫を構造物によって完全に防御し、被災を全く許容しないという方針堅持は、外力規模や施設の耐力等の不確実性が明らかになるにしたがって、実際上非常に困難になってきている。つまり、氾濫する場合もありうるという氾濫を許容することを前提にして、その被害を最小限に抑えるという方策が注目されるようになってきている。都市の発展と拡大に伴って、氾濫災害を都市域内だけの対策で防御することが難しくなっており、流域としての対策が重要となっている。さらには、地下街その他の危険地域や危険物が錯綜する中で氾濫災害の規模を的確に予測し、避難等のソフト対策を含めた耐水都市の確立が必要となる。さらに、地球温暖化の影響で猛台風の来襲や集中豪雨の頻発が心配され

ているとともに、海面上昇による防潮堤等の防護施設の機能低下が懸念されており、来るべき大津波や大高潮に対して安全性を確保することが重要な課題となっている。そのため、将来における地球環境の変化が水災害にどのような影響をもたらすのか、地球規模的な情報の収集とデータベース化が必要となる。

流域における砂防設備や洪水調節ダムが次第に充実し、利水ダムも方々で設けられるにしたがって、河川流下土砂が減少し、ダム下流部における河床低下や供給土砂の減少による海岸侵食が顕在化してきている。激甚な災害を防ぐための施設が、緩慢ではあるが災害を助長する方向に作用する場合もあり、また、流域や沿岸の環境にも悪影響を与えるようになってきている。そのため、災害防護施設の機能や流域と沿岸の環境に配慮して、山間部から海岸までの土砂の一元管理が望まれるようになってきている。

②現在の重点研究課題

水災害研究部門では、洪水氾濫や土砂氾濫、津波・高潮・高波などによる被害の予知・予測や対策の開発、都市耐水システム等の研究を各研究分野で集中的に進めるのはもちろんであるが、各分野が得意とする研究を統合する課題を選定し、プロジェクト研究を活発に推進することにしていく。このような課題としては、河川流域および沿岸海域を含めた広い範囲での土砂輸送の均衡を保持し、環境保全や利水との調整を図りながら災害からの安全性を確保する方策の開発であり、低頻度であるが巨大な災害となる高潮と洪水が重畳したときの氾濫流の挙動と災害予測の研究がある。このようなプロジェクト研究をより活発に推進するためには、当該研究分野の尾研究者だけでなく、多研究機関の研究者にも適宜参加を呼びかけることにしている。

平成10、11年度には、淀川および大阪湾とい

った大規模で、かつ、大都市を抱えている地域に大規模な台風が来襲した場合を想定し、それによって引き起こされる土砂流出や洪水流出、高潮、高波氾濫を総合的に予測する流域一貫した総合型水象シミュレーションモデルの開発を推進した。また、リモートセンシングによる事前予測との結合、予・警報、避難システム、ハザードマップの作成などのソフト的施設への応用についても研究を進めた。この課題は、従来の山間部や平野部、河口・沿岸海域といったそれぞれの領域で個別になされる対応では根本的な解決には至らないとの認識の下に、流域全体を視野に入れた水防災に取り組んだ研究である。

平成11年には、水防災シンポジウムを防災研究所で開催し、上記の課題に関してこれまでの研究をレビューし、額内外からの研究者から多くの示唆を得た。さらに、平成12年度には「21世紀の水防災を考える」と題した研究集会を開催し、ベネズエラの未曾有の土砂災害や典型的都市水害となった東海豪雨災害、伊勢湾台風以来なかった高潮による直接の人命災害の教訓を含めて、今後の研究課題について、学内外の100名に達する研究者とともに有意義な討論を展開した。

平成11年の台風18号によって八代海に発生した高潮で12名の生命が失われるとともに、周防灘では満潮と高潮が重なって甚大な高潮・高波災害が発生したが、現在の推算技術ではその高潮や高波を十分な精度で再現できないことが明らかになった。そこで、平成12～14年度の3ヶ年にわたって独立法人港湾空港技術研究所と共同で「高潮・高波推算技術の高度化と防災に関する基礎研究」（公募型研究）を実施している。そこでは、より精度の高い高潮と高波の推算技術を確立するとともに、防護施設の整備水準の経済性を評価するとともに、ハザードマップなどソフト対策による防災技術を提案することになっている。

近年、集中豪雨による河川の氾濫で地下空間の浸水や水没事故が急増しており、福岡市や新宿区で2名水死し、また、福岡市や名古屋市では地下

鉄が浸水で不通になっている。そこで、総合課題「都市複合空間水害の総合減災システムの開発」（科学振興調整費）の中で「洪水氾濫災害の危険度評価」に関する研究を平成13～15年度の3ヶ年わたって実施しているところである。そこでは、京都市内の市街地と地下街や地下鉄の模型を用いて水理実験を実施し、地下への氾濫水の流入機構に関してその特性を明らかにするとともに、数値シミュレーションの妥当性についても検討している。

以上のような総合的な水防災研究を推進するためには、その研究基盤として、地球規模での環境の変化や災害の変動に関して土砂・災害資料のデータベース化とその共有化を推進することが非常に重要となる。

4.4.2 研究分野の活動概要

I. 土砂流出災害研究分野

教授 高橋 保、助教授 中川 一（平成13年9月30日まで）、助手 里深好文

流域における土砂の生産過程と輸送・堆積過程に関わる諸現象を、素過程の力学的機構の解明とそれらが組合わさったシステムとしての現象発現のシミュレーションを主体として、カタストロフィックな土砂災害、および、自然的・人工的原因による流域内土砂配分の不均衡による諸障害の予測と防止・軽減のための方策を打ち立てることを目的として研究を行っている。

本研究分野の研究課題を列挙すれば以下のようである。

- 1) 豪雨に伴う斜面の表面侵食・崩壊と土石流の定量的予測
- 2) 土石流、土石なだれ、火砕流、雪崩といった土砂の集合運動の力学
- 3) 洪水流出に伴う土砂流出および河道変動の予測
- 4) 貯水池堆砂予測と自然環境に配慮した排砂法の開発

5) 流砂系の総合土砂管理の立場に基づく山地
溪流の制御

6) 土砂氾濫災害の予測と軽減

平成 12・13 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) 豪雨に伴う斜面の表面侵食・崩壊と土石流の 定量的予測

高瀬ダム流域の不動沢・濁沢に存在する崩壊裸地斜面において長期間にわたる侵食実態の観測がなされたデータに基づき、冬季の凍結融解の繰り返しによって直接河道へ供給される土砂量と、新たに定義した過剰降雨強度に比例して供給される土砂量に分けて、定量的に評価する手法を考案した。さらに、このようにして崩壊裸地直下の河床に堆積した土砂が洪水流出に伴って土石流として流下する量をセディメントグラフの形で予測する手法を与えた。

(2) 土石流、土石なだれ、火砕流、雪崩といった 土砂の集合運動の力学

土石流、土石なだれ、火砕流および雪崩について、粒子流の観点から共通点、相違点を明らかにし、それぞれの力学機構を統一的な立場で体系化した。本体系によれば、土石流は慣性型と粘性型に大別されるが、慣性型土石流に関して、石礫型、乱流型および掃流状集合流動を統一的に取り扱う理論を完成した。これは流域の土砂流出過程の数値シミュレーションに有効に使用されるものである。土石なだれの高流動性に関して従来多くの理論が提示されてきたが、新たに崩壊土塊下部の飽和層の液状化による理論を示し、土塊運動を実験で検証するとともに数値シミュレーション法を考案した。

(3) 洪水流出に伴う土砂流出および河道変動の 予測

一般的な流域での土砂供給と土砂輸送の実態に応じて、降雨の時間分布に従って土砂流出が予測できるモデルを構築した。この手法を高瀬ダム流域、ベネズエラのカムリグランド流域などに適用し、妥当性が検証された。本モデルは基本的に

は一次元のキネマティックウェーブ法であるが、河道幅が広く流路が網状を呈する場合には二次元の網状流路変動モデルを接続することが可能であり、貯水池へ流入する場合のようにキネマティックウェーブ法が不都合な場合には、ダイナミックウェーブ法と接続することも可能である。なお、粒度分布が広範囲に及ぶことが河床変動に与える影響や堆積層中の粒径分布を予測する方法に関する研究も行った。

(4) 貯水池堆砂予測と自然環境に配慮した排砂法の 開発

堆砂デルタ先端部での滑りの発生とそれによる堆砂層内の粒度分布の変化を考慮した貯水池堆砂モデルを開発した。また、排砂に関しては、従来小規模貯水池を対象にフラッシング法やバイパス法が実用されている例があるが、中規模から大規模にわたる貯水池では適切な排砂法が開発されていない。そこで、新たに、貯水池内に副ダムを設けて、その上流に堆砂させ、洪水後に貯水池の水を逆流させることによって排砂する方法を考案した。実験と数値シミュレーションによる検討の結果、この方法はある程度有望であることが判明したが、詳細な適用条件等については今後の課題となっている。

(5) 流砂系の総合土砂管理の立場に基づく山地 溪流の制御

「流す砂防」の観点から、透過型の砂防ダムが目ざされていることに鑑み、とくに格子型の砂防ダムを取り上げて研究した。従来、格子型砂防ダムの機能に関しては、定量的な評価ができなかったが、格子の閉塞確率が格子間隔と粒径の比、粒子濃度および流速に規定されることを見出し、格子ダム上下流のセディメントグラフ変化が予測できるようになった。これにより、土石流流下に伴う粒径選別効果、流下中の土石流規模変化を考慮して、流域内のどの地点に、どのような格子間隔とダム高さを持つダムを構築すれば所期の目的が達成できるかが定量的に検討できることになった。

(6) 土砂氾濫災害の予測と軽減

土砂流出モデルと非構造格子による土砂氾濫モデルを結びつけて、流域の降雨を与えるだけで、土砂氾濫の時間的推移、氾濫範囲と堆積厚さ分布が求められることとなった。この方法はベネズエラのカムリグランデ川の土砂氾濫に適用して、実際現象がうまく再現できることによって検証された。さらに、カムリグランデ川扇状地を対象として、砂防ダムと流路工の組み合わせによる災害復興を想定し、どのような高さの砂防ダムとどのような深さと幅を持った流路の組み合わせによれば、今回と同様規模の土砂流出現象に対しても安全になるかが、数値シミュレーションを使えば評価できることを実証した。

II. 洪水災害研究分野

教授 寶 馨、助教授 立川康人

助手 牛山素行 (平成 13 年 12 月まで)

洪水災害の発生要因と発生機構を究明し、その予測手法および洪水災害の防止軽減を図る方策を得ることを目標として研究・教育を行っている。

現在の主な研究テーマは、

- 1) 洪水流出発生機構の解明とモデル化に関する研究
- 2) 水のリアルタイム予測と制御に関する研究
- 3) 大陸河川流域の水循環に関する研究
- 4) 極値水文現象の確率統計解析と治水計画論に関する研究
- 5) 洪水のモニタリング・予測・制御のためのリモートセンシング情報、地理情報システム、ハイドロインフォマティクスに関する研究である。

(1) 洪水流出発生機構の解明とモデル化に関する研究 (寶、立川)

合理的な河川計画を立てるためには、河川流域の多数の対象地点での河川流量を的確に再現・予測することが重要となる。そのための数値予測モデルが流出モデルである。本研究では、流出モデルの再現・予測精度を向上させるために、地形・土地利用・降水などの空間分布情報を入力とし、

流域内部の様々な地点での水移動を再現・予測する分布型流出モデルの開発を継続して行なっている。その一環として平成 12 年 8 月下旬に発生した東海豪雨に関して、流出モデルによる洪水流出量の推定を行うとともに、氾濫水位の再現計算を行なった。また、分布型システムを実用化する際に問題となるモデルパラメタおよび降雨の時空間スケールについてモンテカルロ実験による感度分析を行った。

(2) 水のリアルタイム予測と制御に関する研究 (寶、立川)

土工施設の管理や避難体制を取る上で、実時間での降雨・流出予測情報は非常に有効な情報となる。本研究室ではこれまで、時々刻々の水文観測情報を取り込みつつ数時間先の河川流量・水位を予測する実時間流出予測法を開発してきている。特に、平成 12、13 年度においては、レーダー雨量を用いた実時間降雨予測の不確かさを提供するための手法の開発、およびそれと分布型流出予測モデルとを組み合わせた実時間流量予測システムを構築する手法について考察した。

(3) 大陸河川流域の水循環に関する研究 (寶、立川)

将来の水資源の変動や異常気象による水災害の発生を地球規模で予測するためには、気象予測モデルと連係した地上での水循環を代表するモデルが必須となる。このようなモデルを開発するために、気象現象の時空間スケールと地上での水理・水文現象の時空間スケールとの違いを考慮したマクロスケール水文モデルの構成手法を検討してきた。平成 12、13 年度においては、GAME プロジェクトの研究対象流域である中国淮河流域 (140,000 km²) を対象とするマクロ水文モデルを用いて、再現流量に及ぼす forcing data の時間空間分解能と流域面積との関連を分析した。

(4) 極値水文現象の確率統計解析と治水計画論に関する研究 (寶、立川)

豪雨や洪水の極値(ある一定樹期間における最大値、例えば年最大値)が土工計画や土工設計に

において用いられる。

すなわち、極値データの頻度解析により確率水文学量(T年確率洪水)が推定され、それに基づいて治水計画や施設設計が立案される。本研究室ではこれまで、当該極値水文学量に対して用いられるべき確率分布(経験分布や理論分布)及びそれに対して最適な母数推定法を明らかにするとともに、極値データへの適合度、確率水文学量の推定誤差を客観的に評価する手法を提案してきた。平成 12、13 年度においては、年最大値ではなく、非毎年最大値の系列(年間第2位や3位でもその他の年の最大値を上回る場合はそれを採用する)を用いる方法や、可能最大降水量や可能最大洪水を導入した両側有限の確率分布の利用、また、小標本(データ数が少ない場合)の取り扱いについても検討した。また、計画降雨の空間分布を模擬的に発生する手法として、ランダムカスケードモデルの適用を試みた。

(5)洪水のモニタリング・予測・制御のためのリモートセンシング情報、地理情報システム、ハイドロインフォマティクスに関する研究(寶、牛山)

洪水災害や流域水循環などの河川・水文に関わるデータは種々多様である。これらのデータを研究・実務で有効利用するために、河川・水文に関わるデータを管理するための手法を検討している。また、1999年広島豪雨、2000年東海豪雨などの豪雨災害に関する情報を Web 上で迅速に整理・公開するとともに、その利用特性についての検証を行った。さらに、Internet や i モードなどを活用して、降水量観測データなど豪雨災害時の警戒避難の基礎資料となるデータをより使いやすく伝達するためのシステム開発を行い、伝達されたデータがどのように活用されているかを調査・分析した。

Ⅲ. 都市耐水研究分野

教授 井上和也、助教授 戸田圭一

わが国では、東京や大阪のように、沿岸域に巨大都市が発達している。このような沿岸域は河川

河口部の沖積地でもあるため、これらの都市は、陸性の洪水、内水、あるいは海性の高潮、津波、波浪などによる水災害を受けやすい宿命を負っている。とくに、都市が高度にまた多層に発達した今日、水災害による潜在的被害は著しく増大しており、それが顕在化した福岡水害(1999年)や東海水害(2000年)の事例でも明らかのように、災害の巨大化、長期化、連鎖化が憂慮されている。

そこで、本研究分野では、まず豪雨、洪水、高潮、あるいはそれらが重なった場合の水災害の発生機構を、過去の事例や現在の都市特性を考慮して明らかにすることに努めている。また、埋立や都市化の進行による境界・環境条件の変化が水災害に与える影響のシミュレーション解析研究、さらに都市の水災害の防止・軽減のための技術や対策をハードおよびソフトの両面から立案し評価する方法の研究を進めている。平成 12 年度および 13 年度の研究成果は、著書 2 編(分担執筆)、学術論文 27 編(うち査読付き 21 編)、総説 2 編にまとめられている。主な研究内容は以下のとおりである。

(1)豪雨、洪水、高潮などによる氾濫予測の研究

豪雨による氾濫予測に関して、都市域近郊の山地領域からの流出解析モデル、都市内中小河川からなる河川網モデル、市街地の氾濫解析モデル、および下水道モデルを統合し、降雨という外力に対して、洪水ならびにその氾濫の時間的変化の応答が得られる「豪雨氾濫解析モデル」を提案している。このモデルを京都市内の中心域、および寝屋川流域に適用し、豪雨時の氾濫プロセスを詳細に表現することが可能なこと、得られた計算結果は過去の氾濫実績とおおむね一致することを確かめている。

さらにこのモデルを発展させて、山地からの雨水流出とあわせて土砂流出も考慮した氾濫解析法も提案している。このモデルを用いて神戸市域の洪水・土砂氾濫特性を解析した結果では、土砂を考慮した場合では、土砂を考慮しない場合に比べて浸水深、氾濫規模が増大する結果が得られ、

土砂生産の盛んな河川流域の都市では、土砂の影響を考慮した氾濫解析の必要性を確認している。

(2) 都市特性を考慮した氾濫水理の研究

高度に発達した都市域での氾濫水理解析を、上記1)と連携して研究している。

まず、都市域での氾濫水の挙動の研究では、都市域内に存在する道路や建造物が氾濫水に及ぼす影響を考慮し、道路と建造物を別々の格子に属性分けできる計算格子を適用することを考え、主要な道路に沿って座標軸をとった一般曲線座標系を適用した氾濫解析法の代替として、領域を任意形状の格子に分割できる非構造格子を適用した氾濫解析法、市街地の道路網をネットワーク化して道路網には1次元解析法を適用する氾濫解析法(街路ネットワーク法)を新たに展開している。非構造格子を適用した氾濫解析法は、利根川の破堤を想定した埼玉県および東京都東部の氾濫解析、寝屋川流域の氾濫解析、神戸市域の洪水・土砂氾濫解析に、街路ネットワーク法は大阪市港区の高潮氾濫解析、京都市域の豪雨氾濫解析にそれぞれ適用している。

解析的研究とならんで、街路形成が比較的規則的な京都市の中心部を対象にした1/100の物理モデルを作成し、氾濫水の街路沿いの伝播、分岐、合流、あるいは街路ブロック内への浸入、さらに次項に関する地下空間への浸水量などについて、水理実験的研究を進めている。

(3) 地下空間の浸水に関する研究

新しい都市水害として注目されている地下空間内への氾濫浸水について、対象事例として大阪市の堂島地下街、梅田地下街および京都市の御池地下街をとりあげて研究を行っている。堂島地下街を対象とした解析では、洪水・高潮氾濫による浸水を想定し、デカルト座標系の2次元平面流れの解析手法を地下空間に適用している。また淀川左岸の破堤を想定した梅田地下街の解析では、地下街を複数の平面で構成される場としてとらえ、各平面において街路ネットワーク法を適用するとともに、浸水が天井に達することも考慮して、

開水路・管路共存状態を扱えるモデル化を図っている。さらに、京都市・御池地下街に関しては、近くを流れる鴨川の越流氾濫による浸水を想定した上で、地下街形状が比較的単純なことを考慮してディフージョンウェイブ・モデルによる解析を行うとともに、1/30の模型を製作し水理実験によって浸水とその伝播過程を検討している。

これらの解析および実験結果から、いずれの地下空間においても、比較的短時間のうちに相当の浸水が生じる危険性、条件によっては急激な水位上昇が現れる箇所のあることが明らかにされ、地下空間の氾濫浸水に対する危険性をあらためて強調する結果となっている。また、地下への入り口における浸水防止策や排水用ポンプについて、その効果なども検討している。

(4) 水災害の防御システムの研究

直接的な防御策の一つとして、都市の大深度地下空間を有効利用する地下河川の水理的な設計法を研究している。これまで、地表河川あるいは下水道からの取水流入地点の立坑形状について、螺旋案内条をもつ渦流式立坑や立坑下方に狭窄部を有する形状が、高落差の流水の減勢と空気混入量の抑止に関して効果的であることなどを明らかにしている。

間接的な防御策としては住民の避難行動を取りあげ、氾濫解析と結合した避難シミュレーション・モデルを開発してきた。住民の避難行動を、複数個存在する避難場所から特定の避難場所を最短経路として選択する問題、あるいは、あらかじめ指定された避難場所への移動問題として捉えてモデル化した。得られたモデルを、淀川の洪水氾濫からの避難、大阪市域の高潮氾濫からの避難に適用するとともに、避難所配置、避難情報の時期、住民の危機意識などによって避難の成否がどのように変わるかを解析し、安全な避難にとって何が重要な因子であるかを求めようとしている。

IV. 海岸・海域災害研究分野

教授 高山知司、助教授 間瀬 肇
助手 吉岡 洋

周囲を海で囲まれているわが国は、津波や高潮、高波によって多くの人命と貴重な財産が奪われるという苦い経験を何回もしてきている。特に、敗戦で荒廃した国土に高潮や津波による災害が多発し、災害から国土を護ることが当時におけるわが国の最重要課題であった。そのため、沿岸部における高潮や津波の挙動を予知・予測するための研究が精力的に行われるとともに、災害防御の観点から背の高い防潮堤が海岸線に沿って建設されてきた。このような防護施設の整備もあって災害は急激に減少してきたが、従来のような高い防潮堤の建設に対する不満も生じてきた。高い防潮堤は市民の憩いの場である海岸へのアクセスを阻害するものとして映り、稀にしか起きない災害に役立つものから日々の生活にも役立つ災害防護施設の要請が高まってきている。また、防災施設であっても、投資効果の高さが追及されるようになってきている。

このような社会状況の変化に対応しながら研究を進めている。平成 12 および 13 年度の研究成果は、著書 2 編(共著)、学術論文 50 編(そのうち審査付 37 編)にまとめられている。主な研究内容は以下の通りである。

(1) 陸上部における津波の特性と構造物に作用する津波力に関する研究 (高山、間瀬)

津波が陸上部に遡上してくると、底面摩擦の影響で段波状になって進行し、構造物に巨大な衝撃波力を作用させる。このような津波の変形を的確に把握し、作用津波力を精度よく算定することは、津波を防御する防潮堤の設計にとって非常に重要となる。そこで、VOF 法を用いた数値シミュレーション手法を発展させ、津波の変形と衝撃的な津波力算定手法を開発した。そして、水理模型実験を実施して数値シミュレーション法の妥当性を検証している。今後は、平面的な地形変化の影響が導入できるように数値シミュレーション法

の発展を図っている。

(2) 多方向不規則波浪の変形計算法に関する研究 (間瀬、高山)

実際の海の波は、波高や周期、波向が異なる数多くの成分波が重なり合った多方向不規則波である。設計波を海底地形による波の変形を算定するに当っては、波を多方向不規則波として取り扱うことが重要となる。海の波を多方向不規則波として波浪変形計算を行う手法としてエネルギー平衡方程式法がある。この方法では波の屈折と浅水変形、砕波変形が考慮できるが、波の回折現象は考慮できなかった。そこで、回折現象を擬似的に導入する項を付加して、エネルギー平衡方程式法を改良する手法を提案した。さらに、成分波間の非線形干渉や流れによる波の変形が考慮できる定常的な変形計算法を提案して、その妥当性を検証しているところである。このように波浪変形計算法の計算精度を向上させることによって安全度の高い構造物の設計や港湾の水域計画に反映できるようにしている。

(3) 海岸・港湾構造物の被災特性と確率設計法に関する研究 (高山、間瀬)

海岸・港湾構造物の被災は、海岸工学技術の進んだ現在であっても、毎年数多くの地域で発生している。構造物の被災については、国土交通省でとりまとめられており、その被災の実態と修復状況が把握できる。そこで、これらの資料を用いて過去 5 年間の護岸と堤防の被災特性を調べ、被災の形態を明らかにした。その結果、洗掘による被災が全体の 50% を占めることが明らかになり、このような洗掘特性を水理模型実験で再現した。さらに、防波堤の被災についても調べ、防波堤は滑動以外のマウンドの変形や転倒などの破壊モードも約 30% の割合で生じることがわかった。このことから、防波堤の確率設計を行うためには滑動破壊以外の破壊モードに対する検討も必要であることがわかった。そこで、全ての破壊モードを考慮した防波堤の確率設計に向けた検討を行っている。

(4) 高潮と高波の推算精度の向上に関する研究

(高山、間瀬、吉岡)

高潮の計算法はほぼ確立されたと考えられていたが、9918号台風による周防灘における高潮と高波の推算において既往の推算法では十分な精度で再現することができないことが判明した。この原因としては、台風中心付近のスーパーグラデエントな状態における風の推算が既往の台風モデルでは再現できないためだと考えられる。そこで、周囲陸上部の地形を考慮した風の推算法の改良を行っているところである。波浪推算法は、計算機の高速化に伴って急激な進歩をしてきた。波浪の成分波をそれぞれが独立であると考えて推算していた第1世代モデルから現在では成分波間の非線形干渉までを考慮した第3世代モデルまで発展してきている。これらの推算モデルを用いて、計算精度の判定を行っている。

(5) 港湾における海水交換特性と底質の巻き上がり特性に関する研究

(高山、吉岡)

閉鎖性港湾においては外海との海水交換が防波堤で阻害されているために、水質の悪化が大きな問題となっている。そのために、不透過な防波堤ではなく、透過式防波堤を設置して海水交換を促進しようとする試みがなされている。しかしながら、透過式防波堤をどの位置に設置するのが最も効果的かそれを評価する手法がないのが現状である。そこで、オイラー・ラグランジェ法を用いた計算を行い、そこから交換特性を明らかにする手法を提案した。また、内湾内の微細底質が潮流や波浪の作用で巻き上がる特性を把握することは、干潟の維持と開発にとって非常に重要である。そこで、超音波流速計である ADCP を底面に向けて反射強度を測定することによって巻き上がった底質の鉛直方向濃度分布が測定できる可能性があることから、この方法による現地観測を実施した。そして、現地観測データを用いて、底質の巻き上がり条件や鉛直濃度分布の解析を行っているところである。

4.5 大気災害研究部門

4.5.1 部門としての活動概要

①部門の研究対象と方針

構造物周りの流れから地球規模の大気大循環に至る様々なスケールの大気現象と気候変動と、それらに起因する台風・竜巻・集中豪雨などの大きな災害をもたらす現象や大気組成の変化などの影響を研究対象として、その発現機構の解明及び予測を理学・工学の両面から進め、大気災害の軽減・防止に資することを目指している。

長期間にわたる観測によって得られたデータ及び特定の現象解明のための集中観測によって得られたデータに加えて風洞実験などによるデータを有機的に活用するとともに、気候モデル、大気海洋結合モデル、大気大循環モデル、大気メソスケールモデル、海洋波浪モデル、陸面水文モデル及び強風被害モデルなどの数値実験などを通して、長期の気候変動と大気災害予測方法の高度化を目指す。

②現在の重点研究課題

- 1) 台風、異常発達低気圧とこれにともなうメソ擾乱の構造の解明、及びこれにともなう災害の予測に関する研究
- 2) 異常気象・異常天候の発現に大きな影響を与える大気循環の変動（「ブロッキング現象」）の発現過程・機構の解明
- 3) 市街地における強風予測及び強風被害発生機構の解明と災害予測手法の開発

4.5.2 研究分野の活動概要

I. 災害気候研究分野

教授 岩嶋樹也、助教授 田中正昭

助手 寺尾 徹

(学内研究担当) 理学研究科教授 木田秀次、

助教授 里村雄彦

(非常勤講師) 福山薫 (H12)、寺尾徹 (H13)

産業革命以後の人間活動の爆発的な進展は、気

象や気候に影響を及ぼし、それが種々の大気災害を引き起こし、さらに経済・社会に大きな影響を与えるほどになっている。21世紀には、そのような影響が全地球的になることが懸念されている。将来の気候の変動・変化によって生ずることが予想される災害に対処するためには、これまでに生じた異常気象の発現機構や気候システムの維持・変動の機構をあらゆる角度から検討することが不可欠である。

災害気候研究分野では、異常気象とその発現過程、気候変動原因とその機構を解明することを目指して、次のような研究課題に取り組んできた：

- 1) 大気組成の変化とその気候及び災害への影響
- 2) 大気大循環の変動による長雨・旱天・異常高温などの異常気象の発生
- 3) 大規模な大気と陸面・海面の相互作用とその気候への影響
- 4) 東アジアモンスーンの消長とその異常
- 5) 地域的・局地的大気循環の解明と霧などによる災害

平成 12、13 年度には、以下の研究を進めた。

対流圏大気微量成分の変化やその気候への影響に関連する以下の課題について基礎的研究を進めた。オゾン・水蒸気・二酸化炭素などの「大気微量成分が地表付近の気温に与える影響について熱収支モデルを用いた研究」や、温室効果気体として重要な大気中二酸化炭素濃度の長期変動を明らかにするために重要な地球上の植生との炭素交換などの相互作用の研究を行った（「グローバル輸送モデルと植生モデル結合について」、「陸上生態系モデルを用いた大気-植生間の炭素交換の研究」）。また重要な環境問題の酸性雨に関して、その主要原因物質である対流圏硫黄化合物の季節変化を明らかにするために「3 次元化学輸

送モデルを用いた汚染大気における硫黄循環の研究」や「3次元化学輸送モデルを用いた硫酸濃度に対するアンモニアの影響について」の研究を進めてきた。また、二酸化炭素に劣らず重要な温室効果気体である大気メタンについて観測的・解析的研究を進めてきた。これは、人間活動が集中し拡大の一途にあり、特有の発生・消滅源が存在する都市や、その周辺域における大気メタンの実態・動態の解明を目指したものである。海上を含む都市域周辺の大気微量成分(バックグラウンド)濃度分布を明らかにするために、独自の観測によるデータや既存の観測網を活用して「都市域とその周辺における大気微量成分濃度とその変動(Ⅱ)、(Ⅲ)」の研究を進め、同時に、防災研究所一般共同研究12G-3「都市域及びその周辺のバックグラウンド大気微量成分の動態解明」を実施した。さらに、海底大陸斜面にあり、次世代エネルギー源として注目されている不安定物質のメタンハイドレートについての予備調査研究を進めた(防災研究所一般共同研究13H-4「メタンハイドレートの地球環境に及ぼす影響に関する予備的調査研究」)。

温室効果気体増加に伴う地球上の降水量・蒸発量など全球的水収支の研究は将来の異常気象発現の予測にも関連する重要課題であり、「大気中二酸化炭素濃度漸増モデル実験における全球的水収支と降水量極値に関する解析」を行った。

大気循環の変動に関しては、下記の課題について研究を進めた:1)南半球 zonal flow vacillation における極向き遷移過程、2)環状モードの赤道向き遷移過程、3)エルニーニョ・南方振動に関連する熱帯対流圏温度場の季節規模持続性、4)熱帯対流圏の持続性に関する数十年規模変動、5)北太平洋十年規模変動の微細構造を伴う中緯度海面水温偏差。

熱帯域における特徴的気象現象に関連して、以下の研究を行った:1)数値モデルとレーダーから見たタイの降水日変化、2)積雲対流による物質の鉛直輸送。

局地気象については、前年度に続き「三次盆地における霧の集中観測(第2報)」を実施した:防災研究所一般共同研究12G16「盆地における局地循環と霧発生との関連」。また複数の都市域が近接する「京阪地域での局地循環による熱・水蒸気輸送」や「複数の都市で発達する局地循環によるエネルギー輸送」を明らかにするための観測や数値実験的研究を進めた。

Ⅱ. 暴風雨災害研究分野

教授 植田洋匡、助教授 石川裕彦
助手 堀口光章

本研究分野は耐風構造研究分野、災害気候研究分野とともに大気災害研究部門を構成している。この大部門では、自然災害の一つとして重要な大気災害の研究と、人間活動による大気環境変動とそれに伴って生じる大気災害の研究を2つの柱として実施しており、本分野は、リージョナルからメソ、都市スケールの現象を対象としている。すなわち、台風、集中豪雨などによる異常気象現象の構造、発生・発達機構と、乱流、大気大循環など様々なスケールの大気運動間の相互作用の研究を一つの柱にし、地球温暖化、酸性雨などの大気環境変動の研究をもう一つの柱にしている。それらに伴って生じる大気災害を防止、軽減することを目的として、次の課題について研究を行っている。

研究課題とその内容は以下の通りである。

(1) 様々なスケールの大気運動とそれらの力学的相互作用—乱流、渦運動

乱流、渦運動、非線形波動を対象に、それらの不安定、発達、成層、回転の効果を中心課題とし、これらの基礎研究を通して「環境流体力学」の構築を目指している。特に、乱流構造と輸送機構に関しては、それらに及ぼす密度成層効果を含めて体系的な研究を実施し、成層の極限状態にも対応できる成層乱流理論の構築を行ってきた。

(2) 大気陸面相互作用とアジアモンスーンのエネルギー・水循環

1996年度から5ヶ年計画で、国際共同研究特

別事業「アジアモンスーンエネルギー水循環観測研究計画(GAME)」とこれに引き続く CEOP プロジェクトに参加し、モンスーンアジアでのエネルギー水循環の観測研究を実施している。GAME-Tibet では、プロジェクトリーダーを務め、チベット高原上数地点で地空相互作用の観測を実施し、アジアモンスーンに及ぼす影響、さらに地球規模での熱、水循環に占める役割を明らかにしてきた。GAME-tropics では、降雨の日変化を調べ、東南アジア内での地域特性、早朝豪雨の発生地帯の存在を明らかにしてきた。CEOP の一環として実施している Camp-Tibet では、新たな観測点を展開し、地表面フラックスの連続観測を開始した。また、人工衛星データを用いた地表面フラックス算出も並行して実施し、NOAA データを用いた GAME-Tibet 期間の地表面フラックスの算出、GMS データを用いた高原全体の地表面温度の算出等を行った。

(3) メソ異常気象現象の構造とその発生・発達機構

メソ異常気象として、集中豪雨、台風を重点的に取り上げ、雲物理、降水現象に含まれる力学素過程、気象システムのエネルギー論の基礎研究を行ってきた。

台風の力学的メカニズムに関しては、数値モデルと気象衛星、レーダーなどのデータ解析をもとに、台風 9807 号の事例について、台風後面での強風発生機構を明らかにした。また、台風の温低化過程に関する研究を開始した。さらに、台風眼の非対称構造の成因に関する理論的研究を進めた。

台風に伴う竜巻に関しては、数値モデルで再現した台風循環の解析から台風循環内の特定の場所で竜巻発生指標となる物理量が極大となることを明らかにし、その予測可能性に関する展望を得た。

集中豪雨研究として、近年の事例について気象データ、数値モデルを用いた事例解析を進め、豪雨の維持・発達機構として乾燥貫入による蒸発冷

却と冷氣外出流の強化機構を提唱し、その予測可能性を検証している。また、異常発達する温帯低気圧の発達メカニズムの研究も数値モデルを用いて行っている。

(4) 大気境界層の乱流組織構造、雲物理・降水過程

最新の遠隔計測として、境界層レーダー、RASS、ドップラーソーダ、MU レーダー、降雨レーダー、レーザーレーダーを用い、これに人工衛星データとして静止気象衛星「ひまわり」、TRIMM、GPS 積算水蒸気測定法などのデータを組み合わせた対流圏気象観測システムの構築を宙空電波科学研究センターと協力して行ってきた。これを用いた観測として、大気境界層の乱流組織構造と雲物理・降水現象、対流圏中、上層の乱流拡散機構の研究を実施してきた。また、数値モデルを用いた Large Eddy Simulation による乱流組織構造の再現研究も行っている。

(5) リージョナル、メソスケールの大気環境変動

酸性雨、光化学オゾン、エアロゾル汚染を対象に、これらの輸送、拡散、反応、変質、沈着の素過程の基礎研究を実施し、対流圏大気質の輸送、反応、沈着数値モデルを完成させた。これを用いて、大気汚染、環境酸性化と地球温暖化の研究を実施してきた。対象領域として、都市、メソスケールから東アジア（リージョナルスケール）を扱ってきた。

大型プロジェクト研究として、「Model Intercomparison Study in Asia」(MICS-Asia プロジェクト、IIASA-環境省支援)、「アジアでの酸性雨数値モデル研究プロジェクト」(RAINS-Asia プロジェクト、世界銀行支援)の研究代表として計画を推進してきた。また、「Project on Longrange Transboundary Transport of Air Pollutants in Northeast Asia、大気汚染長距離越境輸送研究プロジェクト」(日中韓 LTP プロジェクト、韓国環境省支援)や文科省の「アジア大気エアロゾル特性研究計画(ACE-Asia)」や科研費特定領域「対流圏化学のグローバルダイナミクス」などの研究に参加している。これらにより、

東アジアでの対流圏オゾン、酸性雨の特性、特にこれらの歴史的推移と将来、黄砂飛散とそれによる酸性雨の中和および三宅島火山噴火に伴うエアロゾル環境変化などを明らかにしてきた。

Ⅲ. 耐風構造研究分野

教授 河井宏允 助教授 丸山 敬
助手 荒木時彦

①分野の研究対象

本研究分野は暴風雨研究分野、災害気候研究分野とともに大気災害研究部門を構成している。大気災害研究部門では、自然災害の一つとして重要な大気災害の研究と、人間活動による大気環境変動とそれに伴って生じる大気災害の研究を2つの柱として、理学・工学の両面から研究を実施している。本分野は、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災害発生機構の解明と、市街地における強風災害の危険度予測を含めた強風災害低減のための研究を行っている。

②現在の主な研究テーマ

- 1) 市街地における気流性状の解明
- 2) 強風災害調査方法の開発と災害調査
- 3) 強風災害発生メカニズムの研究
- 4) 強風災害低減のための耐風設計方法の開発
- 5) 市街地における強風災害ハザードマップの作成
- 6) 強風下における市街地火災の研究などである。

③各研究テーマ名

(1) 市街地上空の気流性状に関する研究

建物の耐風設計や風環境予測を行うために、市街地のような複雑な粗面上における気流性状を数値計算により予測する手法を開発し、実市街地における建物の形状データを用いて、上空のシミュレーションを行った。計算結果は、ドップラーソナーによる観測結果と比較され、計算手法の精度、適用限界等が検討された。また、計算結果により、風速分布や乱れの状態等、市街地上空の気流性状が検討した。

(2) 自然風中の低層建物に加わる非定常風圧力に関する研究

建物、とくに低層建物の強風災害防止を目的として大阪湾の舞州において模型を用いた野外観測を行い、地面付近の自然風の性状に関して低層建物に加わる非定常空気力と接近流の気流性状との関係を明らかにした。

(3) 屋根葺き材等の強風による飛散メカニズムの解明とその防止方法の研究

強風災害の80パーセント以上は、瓦の飛散を含めた屋根部分の災害である。瓦などの屋根葺き材は、建築基準法など従来の風荷重基準等で想定されている風力の発生メカニズムとは異なったメカニズムで大きな風力が発生し飛散することが、本分野で長年にわたって行われてきた災害調査などから明らかになっている。本研究では、潮岬風力実験所に設置した観測小屋の屋根瓦の表裏に作用する風力を実測し、瓦の飛散に結びつく大きな風力がどのような原因によって生じるのを明らかにし、飛散風速を予測するとともに、飛散防止方法を検討している。

(4) 自然風中における高層建築物の壁面に作用する非定常風圧力に関する研究

高層建築物の構造設計においては、地震荷重とともに風荷重が非常に重要な荷重となる。特に、窓ガラス等の外装材の設計において風荷重は特に重要で、しばしば強風時に窓ガラスなどが破壊するなどの災害が生じる。これらの強風災害は、通常、局部負圧と呼ばれる非常に大きな風圧力の発生に伴って生じる。従来の耐風設計においては、この負圧の大きさや性状は、風洞実験結果に基づいて定められてきたが、自然風中では時には風洞実験では決して見られないような大きな負圧が発生することが、この負圧は実際の強風災害に大きく関係するのではないかと見られている。本研究では、潮岬風力実験所に設置した、高さ8mの高層建築物模型の壁面に作用する180点の風圧変動を同時測定し、局部負圧の発生を含めた風圧変動の性状を研究している。

(5) 屋上パネルに作用する風力と飛散防止策の研究

環境負荷を減らすため、都市内の建物の屋上を緑化することが積極的に進められている。既存の建物の屋上緑化には、構造的な制約から軽い緑化パネルが使われる。これらの緑化パネルの強風による飛散防止策を検討するため、実物や模型を用いた飛散実験を含めた基本的な実験を風洞において行い、緑化パネルの配置や飛散防止方法などを検討している。

(6) 市街地における強風災害予測に関する研究

台風などが襲来したときの市街地における強風災害を予測するため、メソスケールからマイクロスケールに及ぶ数値計算を実施している。市街地における建物種別などのデータベースと組み合わせ、より正確な強風災害ハザードマップを作成するための準備を進めている。

(7) 強風下の高温熱流の実験的研究

市街地上に発達した接地境界層内における火災源を含む高温熱気流場の性状を明らかにするため、風洞実験による計測システムを構築した。それにより、火災源下流の速度・温度変動や、地表面・建物表面の温度分布を測定し、対応する高温熱気流場の数値計算を行うための乱流モデル等の検証用データが得られた。また、市街地火災予測のための計算手法・建物火災モデル等の検討も行っている。

(8) 強風災害調査

平成13年の6月から7月にかけて発生した3件の強風被害に関して、現地調査や役所、消防署等からの資料に基づいて被害概要をまとめ、建物被害と気象状況の比較を行った。また、強風被害調査の実施方法に関するマニュアル制作の検討を行い、素案を制作した。

(9) 建物のモニタリングと強風災害

既存建物が強風に伴ってどのように劣化するかを検討することは非常に重要である。地震と違い強風は頻度が高く疲労などの影響が生じやすい。特に、高層建築物やタワーなどの風の影響を

受けやすい構造物においては、強風に伴う長年の応力変動の結果、疲労破壊を招く例も少なくない。本研究では、このような繰り返し応力による疲労破壊を含めた劣化状態を、どのようにしてモニタリングによって把握し防止するかを、理論構築を含めた確率論的解析方法によって解明している。

4.6 災害観測実験センター

4.6.1 センターとしての活動概要

①研究対象と方針

自然災害を防止し、自然と調和した豊かな社会を築くためには、自然災害の発生メカニズムを解明し、災害過程を予測し、対策を行うことが必要である。そのためには、地域に密着した災害要因監視機能、観測、モニタリング、および高い精度の災害発生予測モデルが必須で、これを可能にするためには、災害発生のプロセス研究、観測システム、シミュレーションの3つの機能が一体となった研究開発が必要である。さらに、予測された災害ポテンシャルに対して適切な対策を講じるためには、行政、地域の住民の参加を得て、地球環境問題に配慮した、地域連携型の防災計画とそれを推進するための学問的、科学的根拠が必要となる。

災害観測実験センターでは、上述の背景に鑑み、災害水象・気象海象・土砂環境・地震動観測実験の4研究領域が連携し、宇治川水理実験所(宇治川オープンラボラトリー)、潮岬風力実験所、白浜海象観測所、大潟波浪観測所、穂高砂防観測所、徳島地すべり観測所の6附属施設の特色ある機能を活用して、気圏、水圏、地圏の災害に関わる自然現象の観測とモデリング及びシミュレーションに関する融合研究を行ってきた。それとともに、社会における環境共生型防災対策の重要性に鑑み、毎年、複数の専門家を非常勤講師として招聘し、学際的共同研究を積極的に行ってきた。

特に、地域環境シミュレータの開発研究への足掛りとして、「田辺湾における赤潮発生予測の研究(科学研究費地域連携推進研究費)」を実施した。さらに、「山地斜面、河川系、湖沼、海洋を通じた物質輸送」に関する一連の研究を全国公募方式の防災研究所共同研究の一環として実施してきた。

②現在の重点研究課題

- ・水域環境変動の総合観測および地域環境防災シミュレータの開発に関する研究
- ・強風、高潮、波浪災害の防止・軽減に関する総合研究
- ・河口・沿岸域の土砂環境統合解析プラットフォームの開発に関する研究

4.6.2 研究領域の活動概要

I. 災害水象観測実験領域

教授 今本博健(平成13年3月退官)

教授 中川 一(平成13年10月水災害研究部門
土砂流出災害研究分野助教授より)

助教授 石垣泰輔、助手 上野鉄男、武藤裕則、
馬場康之

非常勤講師 名合宏之(平成12年度)、大年邦雄
(平成12~13年度)、綾 史郎(平成13年度)

研究担当 藤原建紀(平成12~13年度)

牛島 省(平成13年度)

①領域の研究対象

豪雨による洪水・土砂災害、台風による高潮災害、および地震による津波災害などのいわゆる水災害の発生機構及び被害の防止・軽減方法について、観測・水理模型実験・数値実験の手法を用いた研究を行っている。水理学および水工学に係わる現象に関する基礎的な研究、および防災施設の自然環境や生態系との調和を目指した応用的な研究を進めている。この領域では宇治川オープンラボラトリー(宇治川水理実験所)において種々の水路、平面水槽を用いて種々の流れに関する基礎実験を行うとともに、宇治川を対象として実際の河川の流れや物質移動の観測を行っている。また、現象をより深く理解し、そのモデル化を図って現象の再現および予測を行うため、水理現象に関する数値モデルの開発も行っている。

②現在の主な研究テーマ

- 1) 洪水流の特性および河道変動特性に関する研究
- 2) 湾域、河口および沿岸域の水理現象に関する研究
- 3) 水理現象に関する模型実験法および数値シミュレーション手法に関する研究
- 4) 水理構造物の防災機能に関する研究
- 5) 水理環境保全工の機能に関する研究

③各研究テーマ名

(1) 洪水流の3次元構造とその作用

流れの構造は境界形状により異なるため、直線長方形断面水路、直線台形断面水路、直線複断面水路、複断面蛇行水路を対象に、流れの構造を検討する方法として、速度計測、水位計測、流況の可視化を、流れの作用を検討する方法として、壁面せん断力分布の計測、圧力分布の計測、河床形状の計測、可視化法を用いている。得られた流速分布、2次流の分布、渦構造や2次流の可視化結果などから、固定床における直線水路および複断面蛇行水路における流れの三次元構造、流れの構造と壁面せん断力分布との関係、流れと河床形状との関係などについて多くの知見が得られている。現在、洪水時の流れの構造およびその作用と護岸・堤防災害との関係、および環境と調和した河道計画の基礎資料を得るため、環境保全工が設置された場合、高水敷上に樹木やワンドなどがある場合など、より複雑な境界条件での洪水時の流れとその作用について検討を行っている。

(2) 氾濫水理と遊水の水理

最近、土地利用も考慮して河川の特성에応じた流域対策を検討し、霞堤や遊水地による洪水の氾濫も考えるという治水方式が提案された。このような氾濫を伴う場合の治水対策を具体化するためには現地調査による洪水の実態の把握と実験的検討が重要である。このため、1998年8月に発生した余笹川の超過洪水による災害の実態を調査し、典型的な水理現象を見つけ出して、実験的に検討する研究が進められている。さらに霞堤

や水害防備林によって洪水を遊水させる治水方式がとられている桂川(亀岡)や由良川(福知山周辺)を対象として、洪水時の水理の調査、洪水時の流況観測、これらの結果に基づく洪水遊水時の水理の実験的検討を行って洪水氾濫・遊水の水理現象を明らかにするとともに、これらの伝統的な水害対策の効果についても検討しようとしている。これらの研究によって、氾濫を伴う洪水に対しても、トータルの被害が小さく、総合的な安全性が高まるような治水対策の具体化へと繋がることが期待される。

(3) 土砂移動現象に関する観測実験

流砂の時空間的な不均衡から様々な土砂災害が発生する。山地域では豪雨、火山活動、地震が誘因となって土石流、火砕流泥流、斜面崩壊といった急激な土砂の生産と移動が生じ、一方で砂防ダムや貯水池の堆砂、河岸侵食、橋脚周りの局所洗掘などの比較的緩慢な土砂移動現象も生じて災害を惹起する。これらの土砂移動現象が発生する機構を観測と実験で明らかにするとともに、現象のモデル化を図り、数値シミュレーションによる土砂移動現象の予測および土砂災害防止のための有効な対策方法などについても研究している。宇治川オープンラボラトリー内の大型水路(幅7.5m、長さ243m、深さ1.5m)を用いた舟運のための航路維持に関する移動床水理模型実験(幾何縮尺1/70、粒径0.6mm、比重1.37の石炭粉を使用)では、現況の河床形態の再現性を確かめた上で、水制による航路維持の可能性について検討している。また、土砂災害に関して、砂防施設配置の効果を検討するために、溪流における土砂流出予測法および土砂流出制御法や扇状地上での土砂氾濫・堆積に関する数値シミュレーション法についても研究を行っている。

(4) 沿岸域における流動の解析

沿岸域は人間活動と密接に関連する水域であり、常に高い関心を集めている。この水域における流動は風波密度、さらには地球自転の効果など数多くの要因の影響が、大気・海底・陸岸・海洋の

4つの境界に囲まれた領域に作用する結果、非常に複雑な様相を呈する。本研究領域では、沿岸環境の保全、海岸災害の防止・軽減の観点から、実験的、数値解析的研究、または現地観測手法を用いて、沿岸域の流動場に関する研究を行っている。例えば、宇治川オープンラボラトリー内にある大規模水理模型（大阪湾水理模型：水平縮尺 1/5000、鉛直縮尺 1/500）を用いた可視化実験では、大阪湾内の潮流および明石海峡から流入する水塊の挙動に関する実験結果は、観測衛星、現地観測結果等より、その妥当性が確かめられた。また、豪雨による斜面崩壊あるいは河岸侵食で大量に流木が生産され、これが河道を流下して湾域に流出し、船舶の航行、魚介類の養殖、港湾機能等に多大の被害を発生させるという、いわゆる流木災害についても研究を行っている。例えば、流木の挙動に関し、風域場を考慮した潮流場のオイラー的解析法と流木群のラグランジュ的挙動解析法とをカップリングした数値シミュレーション手法を開発している。本手法を実際の場に適用し、流木群の挙動がうまく再現されることを確認している。

(5) 河川環境の保全に関する研究

水域環境を保全または改善し良好な状態で次代に受け渡すことは、水理学分野における今日的な課題であり、地球環境問題とも関連させてその取り組みが要請されていることは世界的な趨勢である。実際の川作りの現場においては、その哲学は従来の単純化・簡素化から複雑化・多様化へと既に大きく踏み出しており、そのような観点からの河道設計・改修の例も数多く見受けられるが、治水面からは環境面におけるこれらの配慮が負の効用となることも少なくない。にもかかわらず、そのような河道の水理特性に関しては、形状の複雑さ・多様さゆえ十分な検討がなされておらず、不明であることが多い。ここでの検討対象は広汎であるが、本研究領域では水割群を取り上げ、その流速低減効果と土砂捕捉機能について実験および観測的に検討することでワンドの形成過程

の解明とその抵抗特性の評価を手始めとして、望ましい水辺空間の創造とその保全を支える水理学的なバックボーンの構築を目指している。

(6) 洪水・土砂災害に関する調査研究

21世紀を迎えた今日においても、豪雨・高潮・津波等による洪水・土砂災害は国内・海外を問わず各地で毎年のように発生しており、大規模な被害をもたらすものも少なくない。特に近年の水害の特徴であるインパクトの先鋭化・巨大化や被害の長期化・拡大化は地球規模の異常気象との関連で語られることも多く、その防御法の確立については、豊富な水害克服経験を有するわが国の国際協力がもっとも期待される分野の1つでもある。本研究グループでは、洪水・土砂災害の発生機構の解明と被害の実態把握および被災原因の究明を目的として災害被災地の現地調査を行うとともに、被害予測の精度向上と的確な防災施策策定のための補助ツールの開発を念頭に洪水・土砂災害を対象とした数値シミュレーション法に関する研究が行われている。ここ数年の主要な調査例としては、98年新潟、同年福島・栃木・茨城、2000年愛知（東海水害）などの国内水害の他、98年中国、99年ベネズエラ、2000年カンボジア・ベトナム、2001年台湾など海外調査も積極的に行っている。

(7) 湾域・河口および沿岸域の水理現象

（中川 一、馬場康之、藤原建紀）

沿岸域は、大気・海底・陸岸・海洋の4つの境界に囲まれた水域であり、風・波・密度、さらには地球自転の効果など数多くの要因の影響により、流動は非常に複雑な様相を呈する。本研究領域では、沿岸環境の保全、海岸災害の防止・軽減の観点から、実験的、数値解析的研究、または現地観測手法を用いて、沿岸域の流動場に関する研究を行っている。大規模水理模型を用いた実験による湾内の潮流場、および数値シミュレーションによる流動場、物質移動に関する検討が実施され、また現場海域における現地観測により、沿岸域に置いて支配的な流動とその要因に関する解析が行われ

ている。

II. 土砂環境観測実験領域

教授 関口秀雄 助教授 澤田豊明

助教授 末峯 章、助手 小西利文

①領域の研究対象

地すべり、山崩れ、土石流、土砂流出などの種々の土砂災害や、山地荒廃および環境劣化を引き起こしている土砂移動現象について研究を行っている。すなわち、水際における未固結堆積地盤の液状化、流動変形及び粒子移動問題を対象として流体一流状体地盤系ダイナミクスを駆使した研究を行っている。さらに、丘陵・山地域における斜面土層の風化・浸食などによる不安定土砂の生成過程と滑動・流動などの移動過程の連続観測、並びに各々の過程における各層の特性に関する現地観測を穂高砂防観測所と徳島地すべり観測所で実施し、これらの現象の特性と原因の解明に努めている。特に、穂高砂防観測所では活火山焼岳を源流とする足洗谷において土砂の生産流出過程、河道特性の変化ならびに土砂流出の制御調節構造物の機能などに重点をおいた観測を実施している。徳島地すべり観測所では、その立地条件を活かして、構造線沿いの破碎帯地すべりの連続観測および地すべり規模の推定に関する実験などを行っている。

②現在の主な研究テーマ

- 1) 不安定土砂の生産と流出に関する観測研究
- 2) 河道、河床変動の観測研究
- 3) 山体変形、土圧変動の計測と山体解体過程の研究
- 4) 地すべり地における地下水と土塊移動の観測研究
- 5) 水際地盤の液状化、流動変形及び粒子移動過程
- 6) 河口・沿岸域における土砂環境変動の予測

③各研究テーマ名

(1) 水際地盤の液状化、流動変形及び粒子移動過程 (関口秀雄)

厳しい波浪負荷のもとにおける砂質地盤の進行性液状化過程を整合的に予測し得る弾塑性連成解析コードを有限要素法に基いて開発し、その適用性を実験結果に基いて検証した。

(2) 河口・沿岸域における土砂環境変動の予測 (関口秀雄)

液状化土塊の水中重力流れと再堆積過程の記述を可能とするために、流体力学アプローチと土質力学アプローチを融合した解析コードの開発を進め、dam break 問題等のベンチマーク問題に照らして定式化の妥当性を確かめた。現在、解析コードの実問題への適用を行なっている段階である。

◎穂高砂防観測所 (澤田豊明)

(1) 山岳流域の降雨特性に関する研究

高度や斜面方向による降雨特性を明らかにするために、試験流域(6.5 km²)の約10地点に雨量計を設置して観測研究を実施してきている。その結果、降雨の特性が時間的にも空間的にも局所的な現象に支配されていることが明らかとなっている。このような降雨特性をリアルタイムで把握し、防災・減災に役立てるために船舶レーダーを利用した雨雲観測を遂行中である。

(2) 降雨流出機構と水質に関する研究

土砂移動現象に深く関与している融雪および降雨流出の機構を明らかにするために、試験ダムにおける流量、水質観測を継続して実施している。電気伝導度は連続観測、採水による化学分析は一週間毎に約20地点で実施され、季節および降雨規模による流出の違いを明らかにしている。

(3) 土砂生産に関する研究

土砂災害の要因となる土砂生産の実態を解明するために、約10箇所の試験観測裸地斜面において、降雨および凍結・融解による土砂生産の特性を調査している。調査は一週間ごとに行われ、試験斜面において生産された土砂量や粒径など

が分析されて土砂生産の特性が季節的に変動することや降雨強度および凍結・融解に支配されていることが明らかとなっている。

その他、ヒル谷試験流域の源流にあって、この試験流域の主な土砂生産源である裸地斜面において、TV カメラによる土砂生産の実態の観測が行われ、下流における土砂流出現象との関係が明らかにされている。

(4) 出水と土砂生産・流出のプロセスに関する研究

ヒル谷試験流域や足洗谷試験流域において、出水と土砂生産・流出のプロセスが河床形態に支配されていることに着目し、出水と河床形態の特性を明らかにするとともに、その流出プロセスにおける河床形態の役割を解明している。

(5) 土石流に関する研究

足洗谷試験流域の源流に発生する土石流の観測によって、その発生機構、流下・堆積機構に関する実態を明らかにするとともに、土石流の危険降雨量と流域特性の関係を明らかにしている。また、土石流の制御を目的とした砂防構造物の構造とその機能について多くの知見を得ている。

(6) 土砂流出と溪流環境に関する研究

貯水ダムの容量を確保するための排砂や砂防ダムの機能回復のための排砂などの実施が重要な課題となっており、これらの排砂が溪流環境に与える影響を明らかにするために、ヒル谷試験ダムの排砂による観測・調査を実施している。この研究によって水棲生物のハビタットへの影響評価とその対策に関して多くの成果が得られている。

(7) 土砂流出観測手法などに関する研究

山地溪流において、土砂流出の実態を明らかにするためには、そのための計測手法の開発が望まれている。試験流域を利用して、流砂量測定装置の開発、流砂の自動採集装置の開発、および土石流発生検知装置などの開発を行い、実用化された技術を提案している。

◎徳島地すべり観測所 (末峯 章、小西利史)

(1) 地すべり移動機構の研究

徳島県下のモデル試験地で、伸縮計、傾斜計、パイプ歪み計、地下水位計の計器を設置して、どのような降雨条件の時どのような地すべり活動をするかと言うことを解明するために観測を行っている。その結果かなり多量の降雨時に地すべり活動が起こることも有るが、クリープ的な動きをする地すべり活動が存在することが分かってきた。また年変化をする動きも存在することが分かってきた。

(2) 地形改変による地すべりの動き等に関する研究

地すべり地内で道路工事が行われることが時々発生する。この時地すべりの動きがどのように変化するかについての研究事例はほとんどない。本研究の観測を行ってきている地すべり地内で道路工事が行われたことが数回あった。この観測事例から色々なことが明らかになりつつ有る。

(3) 地すべり地における土圧観測による研究

地すべり地における土圧観測はほとんど行われていない。地すべり活動が引き起こされる時、地すべり斜面の主動土圧地域と、受動土圧地域の確定や、その変化の様相を調べるための観測を行っている。それから色々なことが判明しつつ有る。

(4) 写真測量による変位観測の研究

岩盤斜面の崩壊予測手法の確立は急いで確立する手法である。岩盤が崩壊しそうな時に、岩盤にのって観測することは非常に危険であることは容易に想像される。このような時にデジタルカメラで写真測量を、違った時期に行って、変位の様子が調査できるかどうかについて研究を行っている。

(5) 崩壊現場における地下水の流動状況に関する研究

結晶片岩地域における多量の降雨時に崩壊が起こることがよく有る。この崩壊を引き起こす地下水がどこからきているかについての研究事例は多くない。我々はこの地下水の流動状況を把握

するために、種々の方法を用いて観測を行い、色々な観測結果を得つつ有る。

(6)排水量の時間変化等に対する研究

地すべり地内で対策工として排水ボーリングや集水井が施行される。これらがどのように変化するかについての観測はほとんど行われてきていない。この排水量を観測することによって、利用可能な量や、道路工事による影響についての知識が得られ、地元や土木工事事務所に提案等を行っている。

Ⅲ. 気象海象観測実験領域

助教授 山下隆男、助教授 林 泰一

助手 芹澤重厚 助手 加藤 茂

①領域の研究対象

気象・海象に関する防災及び環境保全の研究を進展させるため、白浜海象観測所、潮岬風力実験所(和歌山県)、大潟波浪観測所(新潟県)の3観測実験施設が共同して、気象・海象災害外力、強風災害、沿岸海域環境に関して以下のような研究を重点的に行っている。台風の気象学的な3次元構造、台風時及び冬季季節風時の日本海の海上風特性およびそれによる高波浪、広域海浜流、高潮の発生・発達機構の解明と予測に関する研究。海浜保全、沿岸域の環境要因と生態系の変動予測に関する研究。構造物の強風災害。コレラなどの伝染病発生と気象/気候現象に関する生気象学的研究

②現在の主な研究テーマ

- 1) 台風の構造及び高潮のダイナミクスと数値予知
- 2) 大気-波浪-海水循環系の3次元解析システム
- 3) 大気境界層における強風の観測
- 4) 大気-陸面相互作用(エネルギー交換機構)
- 5) 構造物の強風災害
- 6) 広域海浜流・漂砂循環系と海浜地形変化予測
- 7) 沿岸域環境防災のためのモニタリング手法

③各研究テーマ名

(1) 台風の構造及び高潮のダイナミクスと数値予知 (山下隆男、林 泰一)

目的：高潮・高波の発生発達機構を動力学的に解明するため、その発生原因である台風の気象学的構造と海水流動の海洋学的解析を行い、これらの結果を数値予知技術に還元する。

方法：メソ気象モデル(MM5)による台風の気象学的な再現と、観測データによる検証、モデルの改良。この台風再現結果による海洋波浪および海水流動の数値計算と、観測データによる検証。並列計算機システムによる各数値モデルを連結系の構築。

成果概要：Pentium プロセッサー20CPU による並列計算機システムを構築した。これにより、並列計算用の気象モデル(MM5)、波浪推算モデル(WAM)および海洋モデル(POM)を連結系とした計算するシステムの実行と、観測データによる計算結果の検証を行っている。現在、MM5 および POM の並列計算化は完了した。これを用いて、有明海の潮汐計算を実施し、PACON2002 で研究成果を発表した。

(2) 大気-波浪-海水循環系の3次元解析システム (山下隆男、芹澤重厚、加藤 茂)

目的：大気・海面相互作用に関する基礎的研究を行う。

方法：大気・海洋間の運動量、熱、物質交換に関する理論を進展させるとともに、格子ボルツマン法(LBM:Lattice Boltzmann Method)による大気・海面過程に関する数値解析と田辺・中島高潮観測塔(防災研究所)における観測データを用いて、風波の発達・減衰機構、風波の粗度要素、白波砕波による風波のエネルギー散逸量、および熱・水蒸気・CO₂の界面交換過程に関する基礎的な研究を行う。

成果概要：大気・海洋間の運動量、熱、物質の交換のために、次のような点に関する研究を推進している。i) wave-induced stress のような、風波により発生する比較的大規模な大気乱流による形状抵抗と wavelets による空力学的粗度特性

を波齢および大気安定度との関数で系統的に表現できるモデル、理論を検討中である。ii) 海面境界近傍における波動および大気の運動の運動学的・熱学的解析研究のため、2相流問題を対象としたLBMを作成したが、現在は密度差1:20程度が限界である。これを実流体の1:800まで拡張することを試みている。iii) breaker stressの定義による白波砕波減衰と表層流への運動量変換モデルを作成した。

(3) 大気境界層における強風の観測 (林 泰一)

目的: 大気境界層における強風の発生や空間的な構造について観測の立場から研究する。

方法: 潮岬風力実験所やMU観測所(信楽)において、3次元超音波風速計、ドプラソナー、境界層レーダーを利用して、地上から約1kmまでの大気境界層全層にわたる風速3成分の連続的な観測を実施してきた。

成果概要: 大気接地層における突風前線を見出した。この突風前線は数10mの狭い範囲で風速場に収束が見られ、この突風前線に引き続いて強風域が数kmにわたって分布していることが解明された。この地上の強風は大気境界層上部から吹き降りてくる過程が明らかになった。さらに、大気境界層全層に広がる重力波の存在を観測することに成功した。

(4) 大気-陸面相互作用 (林 泰一)

目的: 大気と陸面の間でのエネルギー、水交換過程について長期連続的に観測し、その特性を明らかにする。

方法: Asia Flux Net (AFN)の観測拠点として認定されている潮岬風力実験所において、3次元超音波風速計、赤外線湿度変動計などの乱流計測機器を用いて、大気接地層中の運動量、顕熱、潜熱の乱流輸送量を長期にわたって観測している。

成果概要: 顕熱や潜熱の乱流輸送量を推定し、大気接地層中の水・エネルギー交換過程について、水収支、熱収支の立場からその妥当性を検証した。その結果、水・熱収支は短期間ではあまり精度良く成立するものではないことが判明した。また、

強制復元法モデルを応用して、地表面温度を行い、精度の良い推定方法を確立した。

(5) 建造物の強風災害 (林 泰一)

目的: 台風、竜巻やダウンバーストなどに伴う強風に対する建造物の応答を調査研究する。

方法: 潮岬風力実験所において、斜張橋の支持ケーブルや建築構造物模型の強風時の応答を現地観測するとともに、風洞実験を実施した。

成果概要: 降雨によって、ケーブル断面の変形が発生するため、強風にタイするケーブルの応答過程が変わることを定量的に評価した。角柱模型まわりの風圧分布の風向や風速による分布形状の変化を解明した。さらに、屋根瓦の飛散過程についても新たな知見を得た。また、台風や竜巻、ダウンバーストの発生現場で被害資料および気象資料の収集を行い、災害を引き起こしたメソ気象現象の解明と被害の実態について調査した。

(6) 広域海浜流・漂砂循環系と海浜地形変化予測 (山下隆男、加藤 茂)

目的: 冬季季節風による沿岸海域での流れを広域海浜流と定義し、それによる物質輸送、特に漂砂に着目して、広域漂砂とそれによる海浜地形変化の予測方法を確立し、広域の漂砂災害を防止・軽減する。

方法: 大潟波浪観測所を核とした広域海浜流・漂砂観測を行い、観測結果に基づいた流れ、漂砂、海浜変形の数値予測モデルを構築する。これにより、広域漂砂を考慮した冬季日本海沿岸の侵食海岸の海岸保全対策を確立する。

成果概要: 1999年に広域海浜流観測を実施した。このデータに基づいて長期海浜変形モデルとして広域海浜流、特に沖向き流れの影響を考慮したn-ラインモデルを構築している。一方、3次元広域海浜流モデル(構築済み)を基盤とした短期的海浜変形予測モデルの構築と、観測栈橋での観測データによるモデルの検証を行っている。

(7) 沿岸域環境防災のためのモニタリング手法 (芹澤重厚、山下隆男)

目的: 田辺湾を研究サイトとして、沿岸海域での

生態系モニタリング手法の構築と、高潮、津波等の災害外力による生態系へのインパクト、生態系共生型防災対策に関する研究を行う。

方法: 田辺湾湾口にある田辺中島高潮観測塔および田辺湾内にある近畿大学水産研究所の環境モニタリングテレメトリーとを用いて、植物プランクトン細胞数の変動を予測するモデルを構築する。高潮、津波監視システムを構築し、大阪湾、紀伊水道の高潮、津波モニタリングとそれらが生態系へ与えるインパクトの観測研究を行う。

成果概要: 田辺湾における環境モニタリングテレメトリーを用いたニューラルネットワークによる赤潮発生予測法を開発し、実務レベルでの運用を始めた。高潮、津波現象を高精度で観測するための監視システムを構築している。来るべき南海地震津波防災、および高潮防災における環境共生型対策の在り方を検討している。

IV. 地震動観測実験領域

①領域の研究対象

強震動観測、地震波による地盤調査、大型構造物—地盤系の地震応答、水際施設の耐震特性の実験研究を目的としているが、現在、定員は付いていない。設立後は災害水象、土砂環境、気象海象の3研究領域が地震災害研究部門、地盤災害研究部門と共同して、以下のようなテーマで研究を行っている。

②現在の主な研究テーマ

- 1) 土構造物の地震時塑性変形と耐震補強メカニズム
- 2) 津波の伝播、陸上遡上の数値シミュレーション
- 3) 地震時の河川施設の治水機能

③各研究テーマ

所内関連領域との連携のもとに、水中振動台を活用した耐水施設の耐震性能に関する実験的研究、及び水際空間の防災に直結した津波の陸上遡上や地震時の河川施設の治水機能に関する数値シミュレーション研究を行っている。特筆される研究成果は以下のとおりである。

(1)水際土構造物の耐震性能評価に関する研究

高地震活動域における堤防や防波堤などの防災土構造物の耐震性能評価の高度化に資するために、粒状土の現実的な繰返し塑性を考慮した動的有限要素解析コードを開発するとともに、その解析機能を拡張し、地盤域と外部水域の動的相互作用の評価も可能とした。これにより、震動による防波堤基礎地盤の塑性沈下の累積過程、ならびに水底地盤の液状化にともなう水・土境界面の動水圧増幅過程が明らかとなった。

(2)谷埋宅地盛土の動特性に関する研究

兵庫県南部地震における宅地盛土の被害実態の分析をうけて、谷地形に実施された盛土地盤の動特性を水中振動台を用いて系統的に調べた。その結果、谷の横断形状ならびに盛土内の地下水存在様式が造成盛土の耐震性能に深く関わる事が明らかになった。

4.6.3 その他の重要な活動

学会活動: 平成 12~14 年度: 土木学会

Coastal Engineering Journal 編集委員

社会貢献: 平成 13 年度: 大潟波浪観測所

韓国 MBC テレビ取材協力

(韓国海岸の保全に関する取材)

集会開催:

平成 12~14 年度:

第 20~22 回大潟町講演会「大潟海岸に学ぶ」

(新潟県中頸城郡大潟町町民会館)

平成 12~14 年度:

白浜海象観測所研究講演会

(和歌山県西牟婁郡白浜町公民館)

4.7 地震予知研究センター

4.7.1 センターとしての活動概要

①研究対象と方針

南海トラフ及び内陸地震の予知研究を行うと共に、研究成果の社会への効果的普及(Outreach)・教育を推進する。

②現在の重点研究課題

- 1)内陸地震発生場の解明、例えば鳥取県西部地震の発生域における地殻不均質構造を自然地震・人工地震・電磁気などの方法による解明。
- 2)大都市圏大震災軽減化特別プロジェクトのサブテーマである大深度構造探査及び断層モデル等の構築に関する研究
- 3)想定南海地震の予測の高度化に関する研究

4.7.2 研究領域の活動概要

I. 地震テクトニクス研究領域

教授 橋本学(平成13年5月1日助教授より)

助手 吉井弘治(平成13年10月1日～)

①領域の研究対象

世界地図を見ると地震が発生する場所は限られている。地震はどこにでも起こるわけではなく、特別な条件が成り立つ所にのみ起こる、“珍しい”現象と言える。地震は、どのような場所、どのような条件のもとで起こるのか、地球の内部構造やダイナミクスと関連づけて研究するのが、地震テクトニクス領域の研究目標である。したがって、地球内部の構造から地殻変動およびこれらの理論・モデル・観測・解析手法の開発にいたるまで、地震に関連するテーマはすべてが本領域に関連するものである。

②現在の主な研究テーマ

- 1)日本列島の変動とプレート運動
- 2)南海トラフ巨大地震の発生の準備過程
- 3)内陸活断層の変動パターンの研究

③各研究テーマ名

(1)日本列島の変動とプレート運動(橋本学)

日本列島はプレート境界に取り囲まれている。この境界は海洋プレートが大陸プレートに沈み込む境界である。駿河湾から東海、四国沖、九州沖ではフィリピン海プレートが沈み込む。このうちでも、南海トラフと呼ばれる沈み込み帯は、巨大地震を引き起こすことが知られている。また、これらプレート運動による応力により、内陸部に歪が蓄積し、内陸地震発生の遠因となっていると考えられている。したがって、日本列島全域の変動とこれを取り巻くプレートの運動の解明は、地震予知あるいは地震発生危険度評価にとって不可の課題である。このため、全国の大学の地震観測網、気象庁、科学技術庁強震ネット等の地震観測データ、国土地理院のGPS連続観測データ等の公開データ、さらには独自の観測データに基づき、日本列島とその周辺で発生する地震のメカニズム、日本列島のブロック構造とその運動の推定、及び、これらとプレート運動との関連、などに関する研究を行い、日本列島における歪の集中帯とその歪速度を推定した。さらに、この間発生した鳥取県西部地震については、緊急GPS観測を実施し、その余効変動を観測した。観測結果から余効変動は震源断層の地殻浅部延長部でのすべりにより生じていることを明らかにした。また、平成と明治の芸予地震について、地殻変動データから断層モデルを推定した。

(2)南海トラフ巨大地震の発生の準備過程

(橋本学)

南海トラフにおいて、最近では1944年東南海地震、1946年南海地震と歴史的に数多くの地震が発生している。次の南海トラフ沿いの地震の予知のために、この巨大地震へ至る準備過程を観測およびシミュレーションを通して理解する必要がある。一方、プレート境界のカップリング状態

と内陸の地震の発生が関連を持つことは歴史資料から知られており、巨大地震による内陸の応力の変化から内陸地震の発生との関連を追跡することも重要である。このため、国土地理院により配備された GPS 連続観測網の公開データ等を使用して、南海トラフのプレート境界断層におけるプレート間カップリング及びその時間的な変化の推定、さらにこれらの結果に基づいた応力の時間変化のシミュレーション、等の研究を行い、特にその空間変化を明らかにした。また、推定されたカップリングの状態から内陸の応力変化を見積もり、多様な地震活動が生じることを示した。さらに詳細なカップリングの状況を調べるため、平成 12 年度に紀伊半島ヒンジラインを南北に横切る GPS トラバース測線を 2 本設け、観測を繰り返している。1 年間の観測で、プレート運動に伴うと考えられる変位を検出している。今後もこれを繰り返し、精度を挙げることにより詳細なカップリングの状態を明らかにしていく。

(3) 内陸活断層の変動パターンの研究(橋本 学)

内陸活断層は内陸地震の震源域となるため、この運動様式を明らかにすることが重要である。すなわち、活断層がどの程度固着して歪を蓄積しているのか、固着している領域はどのあたり、特に深さ方向、を知る必要がある。このため、高密度の GPS 観測により内陸活断層周辺の変動様式を明らかにする観測を、中央構造線及び山崎断層で行っている。固着領域の深さは、断層に直交する方向の変位の分布により推定することが可能である。そこで、全国の研究者との共同研究により、上記の活断層を直交して横切るように GPS 観測点を配置して、繰り返し観測することにより変位の分布を明らかにする試みを実施している。中央構造線では、北に傾き下がる固着面の存在が推定されている。山崎断層についても、同様に北に傾斜する断層延長部が推定されるまでデータが蓄積してきたが、すべり速度が遅いため解像度が低く、今後も継続し、長期のデータを蓄積していく。

なお、吉井弘治は平成 12 年度南極越冬隊員と

して、昭和基地にて地震観測、重力観測等に従事している。

II. 地震発生機構研究領域

教授 川崎一郎、助教授 柳谷 俊

①領域の研究対象

地震は人間社会に甚大な被害を及ぼす目に見える現象であるが、地震と地震の間にも、地下深部の人間の目に触れないところで多様な時空間スケールの事件が生じている。地震の準備過程である震源核もその一つである。様々な観測研究、実験研究、解析研究を通してこのような現象を見出し、それらを総合的に検討して現象の物理的意味を理解することが第 1 の目標である。その基礎の上に、どのような観測量を測定したらよいかを明らかにし、現実の地震の発生予測につなげて行くことが地震発生機構領域の第 2 目標である。

②現在の主な研究テーマ

- 1) サイレント地震の研究
- 2) 断層面の固着状態解明の実験的研究(柳谷)
- 3) 間隙水圧および地殻の比抵抗測定(柳谷)

③各研究テーマ名

(1) サイレント地震の研究 (川崎一郎)

1990 年代に入って、日本列島周辺で、10 個弱のサイレント地震が発見された。発見された限りでは、サイレント地震は深さ 30 km 前後の、「固着域と定常すべり域の遷移帯」に発生し、空間的には巨大地震のアスペリティと空間的に棲分けている。予知に向けての問題点は次の通りである。サイレント地震は震源核と同じ性質を持つ物理現象と見なせるのか？それはどのような条件の時に巨大地震に成長するのか？観測データから地震発生時刻を予測することが出来るか？

一つのエンドメンバーとして、プレート境界面が限りなく均質とすると、ひとたび震源核が生じると、震源核は単調に加速・成長するということになる。他方のエンドメンバーは自己組織化された臨界現象であろう。この中間で起こる現実の震源核の成長をコントロールしているのはプレー

ト境界面の摩擦強度の不均質分布である。地震アスペリティとサイレント地震の空間分布は摩擦強度の分布を教えてくれる。地震予知に向けての中期目標として、GPS データおよび地殻変動連続観測記録を用い、サイレント地震を出来るだけ多く見出し、すべり域をマッピングして行く解析的研究を推進している。

(2) 断層面の固着状態解明の実験的研究

(柳谷 俊)

断層面の固着状態の不均質と不安定すべり発生の関係を解明するために、接触面を透過する弾性波を用いた実験から岩石接触面の固着状態を解明する研究を行なっている。

(3) 間隙水圧および地殻の精密比抵抗測定

(柳谷 俊)

地震の前兆現象の一つと考えられている地殻の比抵抗の変化の有効性を検証するため、精密比抵抗測定のための装置の開発が行われた。これにより、室内の岩石試料を用いた予備実験の後、野外での比抵抗の絶対値と相対値な変化を従来より2桁以上分解能を向上したテストが行われ、その実用化に向けての研究を行こなっている。

Ⅲ. 地殻変動研究領域

助手 重富國弘 大谷文夫 吉村令慧 土居 光

① 領域の研究対象

地震に関連した地殻変動の観測研究

② 現在の主な研究テーマ

1) 地震前・地震時・地震後の地殻変動に関する研究

2) 地殻変動観測データの総合化に関する研究

③ 各研究テーマ名

(1) 南海地震に先行した地下水位の研究

(梅田康弘、重富國弘)

目的：想定南海地震の予測の高度化

方法：昭和南海地震など過去の巨大地震前に変化した地域の地下水調査

成果概要：昭和南海地震以前の巨大地震の前にも太平洋沿岸の地下水位が低下していたことが判

明した。

(2) 地下水位変化と地震発生の関連の研究

(重富國宏)

目的：地下水位変化と地震活動・発生との関連を明らかにする。

方法：逢坂山観測所の観測坑道内に掘削した地下水観測井において、地下水位の連続観測を実施し、歪変化及び地震活動・発生との関連をしらべる。

成果概要：2001年8月25日に発生した京都市北部の地震(M=5.1、震央距離25km)の約10日前から、地球潮汐のM2分潮の位相に顕著な変化が見られたことを解析的に明らかにした。

(3) 高歪速度帯における歪観測

(大谷文夫、重富國宏、中村佳重郎)

目的：淡路島-新潟に伸びる高歪速度帯上の歪蓄積状況の詳細を明らかにするとともに、近隣地域の地震活動との関連を調べる。

方法：花折断層南部に稠密GPS観測網を設定、繰り返し観測により歪変化を求める。

成果概要：琵琶湖西岸断層帯も含む、該当地域の歪蓄積状況が明らかになりつつある

(4) 測地観測と横坑内地殻変動観測データの総合

(大谷文夫)

目的：時間特性において対照的な2方法データの統合で地殻変動観測データの精度の向上を図る。

方法：横坑連続観測の近傍あるいは同坑道内で光波測量を実施し、両データの総合解釈を行う。

成果概要：宮崎平野や天ヶ瀬観測室内の観測で、両データの調和性が確認され、coseismicな歪も観測された。

(5) 高歪速度帯における歪観測

(大谷文夫、重富國宏、中村佳重郎)

技官 細 善信)

目的：淡路島-新潟に伸びる高歪速度帯上の歪蓄積状況の詳細を明らかにするとともに、近隣地域の地震活動との関連を調べる。

方法：花折断層南部に稠密GPS観測網を設定、繰り返し観測により歪変化を求める。

成果概要：琵琶湖西岸断層帯も含む、該当地域の

歪蓄積状況が明らかになりつつある。

(6) 地殻変動連続観測データベースの構築

(大谷文夫、森井 互)

目的: 地殻変動連続観測データベースの構築とデータ収集システムとの結合により、準リアルタイム的なデータモニターを可能にすると共に、過去データの利用を推進する。

方法: 電話線によるデータ収集システムとワークステーションシステムを結合して、データ表示、編集、格納などをシステム化する。

成果概要: Web形式のモニター、X-Windowsシステムによる編集などが可能となり、過去データの媒体変換も進めている。

(7) 島弧周辺における電気伝導度構造モデリング

(吉村令慧ほか)

目的: ネットワーク MT 法による前弧から背弧にかけての大規模電気伝導度構造の面的モデリング

方法: 電磁誘導現象の数値シミュレーションコードの開発を行い、三次元構造が観測データに与える影響を評価し、ネットワーク MT 観測による長基線電場データを用いて、地殻・上部マントルの面的電気伝導度構造の推定を行う。

成果概要: グローバルスケールの電磁誘導解析シミュレータの開発を行った。また、その解の評価検討を行い、十分な精度に達していることを確認した。現在、セミグローバルスケールのシミュレーションに対応可能なように、シミュレータの高度化への取り組みを開始した。

IV. 地震活動研究領域

教授 James J. Mori、助教授 渡辺邦彦

① 領域の研究対象

大規模地震から中・小・微小・極微小地震までの発生メカニズムの解明や活動度の評価を行う。プレート境界の構造と活動、活断層や地震発生層の性質と挙動等を総合的に観測・解析し、地震発生に至る応力蓄積・開放の過程を研究する。これらをもとに、地震発生機構の解明と発生の予測を目

指すとともに、得られた知見の社会への還元を図る。来るべき内陸地震をも視野に入れた総合観測研究を行う。

② 現在の主な研究テーマ

- 1) 広域的な地震活動の把握
- 2) 直下型大規模地震の中期的発生予測の研究
- 3) 統計的手法による地震発生危険度評価と発生予測の研究

③ 各研究テーマ名

(1) 大規模地震の発生メカニズムの解析と震源断層の破壊過程の研究 (James J. Mori)

大規模地震の震源過程を解析し、その発生機構を解明する。将来の大地震発生予測や強震動予測に重要である。地球内部構造の解明にも不可欠である。

平成 11 年度には台湾大地震が発生した。これに関する強震動記録の解析から、震源断層での破壊過程の解析を実施した。現地調査も実施して被害状況や断層運動の精査を行い、強震動記録の解析から地震活動の全容の解明に努めた。これらは直下型地震の強震動生成過程の解明に重要な示唆を与えた。

(2) 広域地震活動度の量的評価と応力の蓄積・開放過程の解明 (James J. Mori、渡辺邦彦)

日本全域の地震活動度を時間的かつ空間的に把握することから、地震発生に関わる応力の蓄積と開放の過程を量的に評価することを目指す。これは、将来の地震発生の中期的・短期的予測に繋がる。

震源ファイルをもとに地震活動度密度という量を定義し、GIS を活用して全国の地震活動度を量的に評価する。特に活断層の空間分布や活動履歴と地震活動度を比較して、活断層活動サイクルと応力の蓄積過程の関連を推察し、地震発生の長・中期予測に資する。

現在までの解析の結果、東北から関東の活断層に関わる地震活動度は中部から近畿のそれより低いという地域特性が見出され、プレート運動と内陸地震の関連機構の違いが推察された。これら

の解析のために、地震データベースの構築も進めている。

(3) 内陸活断層の総合観測と地震発生予測の研究 (渡辺邦彦ほか)

活断層において地震、地殻変動、電磁気、地下水、重力等の総合観測を実施して、地殻ブロック運動論にもとづく内陸地震の発生予測の研究を行う。

特に山崎断層域において、高感度地震観測に加えて坑道における地殻変動、GPS、電磁気、地下水、重力探査等の総合観測・解析を行い、内陸地震の発生予測を研究している。

2000年5月からは、山崎町大沢の坑道において伸縮計観測を開始し、安富坑道との比較を行っている。

山崎断層帯では兵庫県南部地震や鳥取県西部地震に関する特徴的な挙動が観測され、地殻歪が集中するゾーンとして地震活動に敏感な領域とする従来の考えを指示する情報が蓄積されつつある。そのメカニズムの解明が課題である。

(4) 研究成果の社会への還元(out reach)

(渡辺邦彦, James J. Mori ほか)

地震予知は現実には未だ困難である。そのような状況であるからこそ、地震活動の現状や知り得る限りの情報を広く公開して理解してもらうことが地震防災に有効である。

そのために平常時から地震活動状況や各種情報をホームページに掲載するほか、講演会活動、自治体や社会諸団体との共同研究会、新聞への地震活動解説の連載などに努めている。これは地震予知研究センター全体として取り組んでいる課題でもある。

V. 地震予知計測研究領域

教授 大志万 直人 (平成13年3月地震予知計測研究領域助教授より)

助教授 西上 欽也 (平成13年10月巨大災害研究センター助教授より)

助手 徐 培亮

①領域の研究対象

当研究領域は、設立当初から、地震の短期予知を目指して、前兆現象発現機構の解明や計測技術の向上を目的としてきた。最近は特に、地震断層や活断層周辺およびその直下深部での精密な構造の把握と断層破碎帯のさまざまな特性に関する観測・研究を重点的に行ってきた。そのためには地震学的手法にとどまらず測地学的手法、地球電磁気学的手法、地球化学的手法と幅広いアプローチの研究を行ってきた。

特に当研究領域では、1995年兵庫県南部地震の発生後に淡路島の野島断層の南端部分で掘削された500m、800m、および1700m孔を用いた観測施設(野島断層観測室)を使用し、注水試験をはじめとするさまざまな全国共同的な野外実験・観測をもとにした研究を実施している。

②現在の主な研究テーマ

当研究領域の平成12年度と13年度の主な研究課題を列挙すれば以下のようなものがある。

- 1) 断層の回復過程の研究
- 2) 地殻流体の検出に関する基礎的観測研究
- 3) 地殻活動に伴う局所的な地磁気変化の検出とその発現機構に関する研究
- 4) 観測データの解析・評価に関する理論的基礎研究

③各研究テーマ

(1) 断層の回復過程の研究

(大志万直人、西上欽也ほか)

断層の回復過程を調べるため、野島断層の1700m孔からの第2回注水実験を全国共同研究として2000年1~3月の期間に実施した。800m孔からの湧水量の変化から推定された岩盤の透水性の時間変化や、地表での流動電位観測から推定した透水性に関するパラメータの時間変化から断層が回復していることが推定された。また、注水実験期間中と、実験終了後も観測を継続した、高精度のボアホール地震波形を用いた注水誘発地震の発生過程の推定を行った。また、高感度比抵抗変化計を用いた注水実験に伴う比抵抗変化の

観測では、注水に伴う比抵抗の増加を検出し、これは注水に伴う応力変化により説明できることが示された。

(2) 断層トラップ波を用いた断層破碎帯構造の精密把握 (西上欽也ほか)

野島断層、茂住・祐延断層、および鳥取県西部地震の震源断層において断層トラップ波を検出し、断層破碎帯構造の推定を行うと共に、跡津川断層のクリープ/固着セグメントの地震学的特性の解明を目指した観測研究を開始した。

(3) トルコ北アナトリア断層西部域での断層構造の調査 (大志万直人、西上欽也ほか)

平成 12~13 年度も東京工業大学、ボアジチ大学などと共同して、トルコ・北アナトリア断層西部域において調査研究を継続した。広帯域 MT 法による断層帯およびその周辺の深部比抵抗構造調査を、1999 年イズミット地震の地震断層に関してイズミットの西側部分では 2 観測線に沿って、また、イズミット地震の地震断層のさらに西側延長部の地域内でも 2 観測線に沿って実施した。また、イズミット地震の地震断層の東側地域で断層トラップ波の観測を行い断層は妻帯構造の推定を行った。

(4) 山陰地域での地殻深部比抵抗構造探査

(大志万直人ほか)

地殻の比抵抗構造は、地震の発生に重要な役割を果たすと考えられている地殻内流体(水)の分布を把握するために重要な情報をもたらす。平成 12 年度と 13 年度は、鳥取県西部地震震源域周辺、兵庫県北部、大山周辺での比抵抗構造調査のための広帯域 MT 観測を鳥取大学などと共同で実施した。鳥取県西部地震震源域周辺での比抵抗構造調査では、TM モードの見掛け比抵抗と位相情報を元にした 2 次元構造解析の結果から、本震含む余震発生域直下の比較的深部に低抵抗領域が存在している事が明らかになった。2000 年鳥取県西部地震合同稠密余震観測による余震分布や、1989、1990、1997 年の群発的活動の震源分布を、求められた比抵抗構造と比較すると、1989、1990、1997

年の群発的活動は主に高比抵抗領域で発生しており、西部地震の余震の震源は低比抵抗領域と高比抵抗領域の境界付近から高比抵抗領域側に位置している事が明らかになった。

これまでに行われた比抵抗構造調査の結果と合わせて、山陰地域では、上部に地震発生領域を持つ地殻下部と、地震発生域(現時点で微小地震活動が見られない領域)を持たない地殻下部とでは大きな違いのある事が分かってきた。地震発生領域がある場合、その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。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。

(5) 全磁力連続観測の実施 (大志万直人ほか)

日本全国の全磁力連続観測データをもとに、日本全体をカバーする標準地磁気経年変化モデル(JGRF モデル)の作成についての基礎的検討を継続した。また、このモデルの基礎となるデータ取得のため、北淡町、鳥取、宇治、峰山、鯖江、天生、宝立で全磁力連続観測を継続した。また、地殻活動に伴う局所的な地磁気変化検出のため、伊東市周辺での地磁気全磁力の連続観測を継続した。

(6) ネットワーク MT 法による広域比抵抗分布

マッピング (大志万直人ほか)

東京大学地震研究所、神戸大学、高知大学、鳥取大学と共同で NTT メタリック線を利用した長基線電場観測を、島根県、広島県、紀伊半島内で順次実施した。また、このような観測データをもとにした比抵抗構造モデル解析にも応用できる、グローバル・インダクション・シミュレータの開発を行い、その評価検討も行った。

(7) 観測データの解析・評価に関する理論的基礎研究 (徐 培亮)

衛星重力データを用い、逆問題の理論・重力場・理論測地学に関する一般的な数学モデルの研究を行った。また、日本での百年間の測地学的データを用いて、地殻変動の解析を行った。誤差が大きいことや scaling と rotation の問題もあり、関東地方に限定した解析をおこなった。また、地

球科学で用いられるテンソルは観測データから決定されるが、そのようなテンソルはstochasticな性質を持つ。そこで、random tensor に関しての研究を行った。この研究の応用としては、地震のdynamical simulationの際の断層stochastic modelに応用できる。さらに、精密衛星測位(GPS)に関する統計学的研究を行った。GPS精密測地のためにはGPS integer ambiguityを正しく決定しなければならないが、このために新しいモデルをたてて研究を行った。

VI. 地震予知情報研究領域

教授 古澤 保、助教授 松村一男
助手 森井 互

①領域の研究対象

地震予知に関するさまざまな項目の観測データを効率よく解析処理するシステムの開発と、地震予知に有意となり得る情報の検出と前兆現象として判定する方法の開発、さらに、得られた情報を地震防災に役立つように関係諸機関に迅速に伝達するシステムの研究

②現在の主な研究テーマ

- 1) 各種データの集録・処理システムの開発に関する研究
- 2) 地殻変動・地震活動の観測データの変数時系列解析による地殻歪場の時空間変化に関する研究
- 3) 前兆現象の事例の収集と地震予知情報のデータベースの構築
- 4) 連続データからの異常変化の抽出と評価に関する研究

③各研究テーマ名

(1) 地震波形記録と一次処理データとしての震源情報のデータベース化とその効率的検索システムの構築 (松村一男)

地震データの伝送方法が従来の電話線利用の有線テレメータ方式から衛星通信利用のシステムに切り替えられ、それに伴う集録システムの大規模な変更とそれに適合するデータ処理システム

の構築を行った。関係する観測所及び総合処理室との密接な協力の下に、従来各観測所別に独自に行っていた地震データの解析処理を一元化することにより地震活動に関するデータ処理の効率化と統合処理による震源決定の高精度化を実現することができた。

長期間にわたる地震の研究には、最近のデジタル記録だけでなく、長期間観測されてきたアナログ地震波形記録も有用である。平成10年度より、上宝観測所の地震波形記録を用いてアナログ地震波形を高速でAD変換し、そのファイルから、個々の地震を取り出すソフトを開発し、WINフォーマットのデータベースを作成した。平成14年度からは、法理区観測所および鳥取観測所の地震波形記録のデジタル化を開始した。

微小地震統合ファイル(THANKS)の追加は平成12年のデータまでで終了し、平成14年度からは各観測所で作成されてきた地震検出データの、統合処理を始めた。

(2) 地殻変動連続観測データの一元的データベースの構築と統合処理 (古澤 保、森井 互)

これまで各観測所での個別のデータ解析による降雨・気圧等の影響を明らかにして観測点固有の擾乱を除去した局所的な地殻歪変動の把握に留まっていたのを、一元的データベースを構築して統合処理を行うよう改良した。

森井は、気圧変化による観測坑道内気温の変化について、気圧—温度変換特性を明らかにし、気圧計記録を用いた坑内気温の変化による伸縮計記録のより高精度の補正方法を開発した。

30分間隔のデータベース化されている伸縮計連続記録を用いて、天ヶ瀬観測室、日向灘総合観測線各観測点の地球潮汐歪の解析を行い、理論潮汐と比較した。

(3) 定常連続観測からの予知情報の抽出

(古澤 保、松村一男)

大地震前後の地震活動の時空間変化を量的に捉え、大地震発生の予知情報としての有為性を検討するための試みとして、微小地震統合ファイル

をもとに中国地方東部一近畿地方西部地域について兵庫県南部地震前後の地震活動の時系列と空間分布に基き、 b 値の時間変化の地域の地殻応力変化に対する量としての可能性、発生した大地震によるせん断応力の増加量と摩擦応力の増加量との差 Δ CFFの有効性を検討し、ある程度までの有効性を示した。また、山陰地方の地震活動の時間空間的変動の特徴について調べ、その中で、地震のマグニチュード別頻度分布曲線の変動が、少し大きめの地震の活動に関連があることを指摘した。

1966年10月と12月に日向灘で45日の間隔で連続して発生したM6.6の地震を含む期間について、日向灘地殻活動総合観測線で得られたデータの長期変動の解析では、震源に最も近い宮崎観測所の伸縮歪に1995年4月頃から1976年の観測開始以来の経年変化と異なる変動が現れており、観測線各観測点の記録について相関解析を行った結果、この変動が日向灘から九州内陸部へ向かって、東から西へ90-140 km/年の速度で伝播していることが示された。現在の観測網による前兆現象の検出可能性の検討は地震予知研究の大きな課題でもあり、本研究領域の重要課題として推進する必要がある。

(4) データ収録システムとスペクトル解析の新方法の開発 (森井 互)

天ヶ瀬観測室の観測機器の性能(動帯域・最小分解能・周波数応答特性)に対応できるよう、従来のテレメータによる収録システムに替わる計算機制御方式の新データ収録システムを開発した。

特定の周波数成分の信号強度の時間的変動を検出する方法として、計算機上でAM受信機のエミュレートを行う手法を開発した。この方法では、信号強度の時間変化は狭帯域フィルターとPLL回路に相当する信号処理により推定される。フーリエ変換、MEMと比較した結果、ラインスペクトルの強度変化に対しより良い時間分解能を持つことが分かった。

この方法を天ヶ瀬観測室の伸縮計の1年間の連続記録に適用して解析した結果、地球の常時自由振動の日周変化を検出することが出来た。

VII. 総合処理解析研究領域

助教授 竹内文朗、助手 大見士朗

① 領域の研究対象

地震などのデータを、処理、解析するのが目的である。現在は、「衛星通信で受ける全国の大学、気象庁、その他からの on-line データを受信し、解析する」ことを主にしている。ただし実際上、地震波形はおおむね短周期地震計でとらえたものを主な対象にしている。得られる地震は微小地震がほとんどである。

このような定常観測に加え、兵庫県南部地震、鳥取県西部地震の様な大地震が発生すると、当センターでは複数人が多彩な目的で余震観測を行う。これらのデータの収録や個人的共同研究も盛んである。定常観測結果と合わせて利用する事は双方に有益である。

通常の浅い地震は、0 km - 高々20 kmに起きているが、やや深く離れたところにも時々地震が発生することが解ってきている。この地震波形は低周波であり、水の存在等が論議され、興味深い。当センターの観測点でもみられ研究が進んでいる。

地震は人工的にも発生する。爆発物を地中に埋め発破をかけることもそれである。この方法は、震源位置がメートル単位で分かるため、観測値から非常に正確な地下構造が推定される。この様な観測にも寄与している。

② 現在の主な研究テーマ

- 1) 微小地震ネットワークデータの処理システム構築と解析
- 2) 大地震関係のデータ収集と解析
- 3) 深部低周波地震の解析
- 4) その他

③各研究テーマ名

(1) 微小地震ネットワークデータの処理システム構築と解析 (大見士朗、竹内文朗ほか)

防災研究所に属する鳥取(鳥取市)、阿武山(大阪府)、徳島(徳島県名西群)、北陸(福井県鯖江市)、上宝(岐阜県上宝村)の観測所はそれぞれの地方に数点~10点前後の3成分短周期地震計を備え、常時連続波形データを衛星に送信している。この様にして送信された全国の大学からの波形データは、群馬県の中継局にて気象庁データと合わせて、宇治、観測所に送られる。こうして1年あたり2~3万個の地震波形が収録され、その読み取りデータが残される。これにより、震源位置が計算され、波形の特性から様々な解析が行われている。(SATARN, Seismic wave Automatic Triggering And Recording Network)

上記観測所はそれぞれ古くから観測を始めている。阿武山観測所は1930年代に大阪府高槻市に設立され、世界のネットの一員として観測を行った。また、上宝は岐阜県に位置し、1960年代に近傍の跡津川断層などを主に地殻変動と地震の研究を目的に建てられた。いずれにせよ、5観測所は1970年代以後、テレメータ方式に変わり、地震計設置場所から生の波形が観測所へ送信されるようになった。更にこれらのデータがオンラインで宇治にも集められ、更に人工衛星が使用され、気象庁データとも合わせて利用できるようになったのは1997年後半である。現在では、求まった震源データや、生の波形データそのものを、大学関係者はもちろん、外部者も場合により利用出来る。

地震の発生場所(震源)は、最近では computer で自動的に求めることも出来る。しかしより精度良く決定するには人力が欠かせない。地震波形を人力で読みとり、取り込む。個数も多く時間を要す。こうして2000年10月の鳥取県西部地震の余震では数千個の地震が読みとられ全体像が浮かび上がった。読み取りに臨時的にも多数が協力した例である。結果は本震の解析結果と照らし合わ

せると、より良く全体像が理解された。

(2) 大きい地震のデータ収集と解析

(大見士朗、竹内文朗ほか)

上記の鳥取県西部地震(気象庁マグニチュード7.3)が2000年10月6日に発生した。当センターでは、ここで十年來起こる中規模地震を常時観測に加え、必要時に臨時的にも観測していた。今回は防災科学技術センターや気象庁の観測網も充実してきており、データ収集が進んだ。又、兵庫県北部のマグニチュード5.6の地震でも臨時観測データの集中を行った。この様にセンター内外のメンバーとの臨時観測が大幅に進んできた。

(3) 深部低周波地震の解析 (大見士朗)

リアルタイムで処理される広域の地震波形情報、および長期間にわたり蓄積された地震波形データベースを用いた解析により、従来見いだされていなかった新しい地震活動特性が見つげられることがある。これは、総合処理解析により目指すところであり、そのような研究の例として、通常の地殻内地震より深部(深さ30-35km付近)に発生する低周波数の地震活動が見いだされた。現在、その発生メカニズムの解明が進められている。

(4) その他

山崎断層の重力探査で断層周辺の高ブーゲー異常などが示されて来た。(竹内文朗ほか)

VIII. リアルタイム地殻活動解析研究領域

助教授 片尾 浩、助手 中村佳重郎

①領域の研究対象

定常観測網で必要と認められた地域や、大地震発生地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。

②現在の主な研究テーマ

(1) 鳥取県西部地震緊急余震観測 (片尾 浩)

2000年の鳥取県西部地震は定常観測網の希薄な地域で発生した。そのため精密な余震分布を求めるためには余震域勅上に臨時観測点を設けることが急務となった。本震翌日の10月7日に現地入りし5点の観測点を設けて緊急余震観測を

実施した。主たる余震活動が地殻の浅い部分に集中していることなど、定常観測網だけでは観測できない余震活動の特徴を示した。

(2) 鳥取県西部地震合同稠密余震観測 (片尾 浩)

鳥取県西部地震の1週間後から、全国の大学の共同で稠密余震観測を行った。オフラインながらも57点の臨時観測点を展開し、精密な余震分布およびその発震機構を求め、トモグラフィによる地殻構造の解析を行った。

(3) 兵庫県北部群発地震臨時観測 (片尾 浩)

鳥取県西部地震の3ヶ月後の2001年1月に兵庫県北部でM5.4の地震が発生し、それに続いて群発的に多くのM4級の地震が複雑な分布を示しながら発生した。震源域はどの機関の定常観測点からも20km以上離れており、精密な震源決定が困難な場所であった。1月末に積雪をついて、震源域直上にあたる温泉町霧滝地区に衛星テレメータを設置し、地震予知研究センターの微小地震観測網SATARNにデータ送信を開始した。その結果同活動の精密な震源分布とくに深さ精度の向上に成功した。

(4) 西南日本大学合同地震観測 (片尾 浩)

2002年春より、鳥取県西部から香川県にかけて中国山地を横断する形で、また同時に鳥取県中部から島根県中部にいたる山陰海岸沿いに臨時のテレメータ観測点40点を設置し実施している。これは、全国の地震関係の大学が合同で行っているもので、地震予知研究センターはそのリーダーシップをとっている。これまでの大学合同観測と異なり、国の基盤観測網が整備済みの地域での初めての観測となる。そのため従来のようなただ単に密度の高い観測網を構築することではなく、測線状の配置をとることで構造探査的な要素を盛り込んである。また、中国地方の地震活動が他地域に比べ低調であることも本観測の特徴と言えるが、ソースとなる自然地震の発生が最も期待できる鳥取県西部地震の余震域を2つの測線の交点としている。本観測は約2年間の予定で継続中で、主なデータ解析も地震予知研究センターが担

当する予定である。主な研究テーマとしては、非震性のフィリピン海プレートの形状や、深部構造や反射面・散乱帯、対照的な地震活動を呈する各地域の地殻構造の比較などが挙げられる。

(5) 重力探査 (中村佳重郎)

御前崎、紀伊半島、四国東部において重力の時間変化の観測を定期的実施している。

(6) その他

鳥取県西部地震直後にはGPS臨時観測網を展開し、余効変動の観測に成功した。また、定期的高密度のキャンペーン観測を、中央構造線、花折断層周辺、紀伊半島などで実施している。

その他、紀伊半島、四国地方などで温泉水・地下水の観測を行っている。

IX. 上宝観測所 助教授 伊藤 潔

①分野の研究対象

地殻変動、地震活動、全磁力変化など

②現在の主な研究テーマ

- 1) 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
- 2) 地震観測による地震活動調査
- 3) 全磁力の観測による地磁気変化

③各研究テーマ

(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 (伊藤 潔、和田安男)

当観測所は第1次地震予知計画に基づき、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、蔵柱観測壕において、歪計、傾斜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。これらの観測はその後、総合観測線として拡張され、宮川、西天生、宝立、立山および須坂などの観測点でも連続観測が実施されている。地震に関連する地面の微小な変化を観測するのが目的であり、有感地震の前後の変化を地震予知連絡会に報告し、地震発生との関連を探っている。近年ではGPS観測が実施されるようになり、当観測所も早くからGPS観測点の一つ

として、連続観測が実施され、当該地域の観測網の基地となっている。また、跡津川断層を横切る稠密 GPS 観測網のデータ収録地にもなっている。平成 10 年から GPS 観測点をキャンペーン観測から順次連続観測点に変えて、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を得ている。この地域は新潟―神戸歪み集中帯の一部をなしており、活断層の運動の解明のためにも、有用なデータが蓄積されている。また、跡津川断層では光波測量による調査も実施されているが、この結果ではクリープ運動を示す変位は検出されていない。

(2) 地震観測による地震活動調査

(伊藤 潔、和田博夫)

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、平成 14 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 100 点に近い観測点のデータを取得・解析している。初期の観測網で、跡津川断層沿いには地震が集中して発生していること、飛騨山脈には多数の小地震が発生すること、その間に地震活動が非常に低い地域があることなどが分かった。最近では多数の観測点による観測網によって、1998 年飛騨群発地震が詳細に解析され、応力場なども解明されつつある。さらに稠密な臨時観測網によって跡津川断層の地震分布、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。長期間のデータでは低周波地震、S 波のスプリティング、Q 地の時間変化、統計的解析などの研究も実施されている。さらに、広帯域地震計および強震計も設置されており、この記録の波形も利用されている。

(3) 全磁力連続観測による地磁気変化の研究

(大志万直人、伊藤 潔、和田安男)

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。

X. 北陸観測所

助教授 竹内文朗、西上欽也、技官 平野憲雄
岡本拓夫(福井工業高等専門学校)

①分野の研究対象

北陸地方の微小地震活動、地震のメカニズム解析

②現在の主な研究テーマ

地震の精密位置決定

③各研究テーマ名

北陸地方の微小地震活動観測(竹内・西上・平野)
地震のメカニズム解析(岡本・西上・竹内)

目的: 当観測所は現在無人であるが、各人の協力により有人時と同様、3 県にまたがる 7 観測点からのリアルタイム・地震波を受信し、更に衛星テレメーター方式で他大学、気象庁データと合わせて利用されている。このため 7 観測点の維持は大変ではあるが、昭和 51 年から既に 26 年にわたり、ほぼ同一観測点からのデータを蓄積し、処理装置も年々整って来た。また、平成 9 年からは気象庁一元化データとして大学・気象庁の両データが合わさり、より精度の高い震源が得られている。これらを用いて、当地の地震発生場所解明、最近のデータから各地での地震群の発生場所の動きと深さ分布、段層との位置関係、等が調査対象である。

方法: 観測所に設置された計算機を防災研宇治と接続し、データの収集を計りつつ、両地で解析す

る。波形データの再読み取り、震源の再決定、メカニズム決定が必要である。必要に応じ、現地調査、臨時観測なども考える。兵庫県南部地震前から地震活動が低下していたが、それから6-7年たつ今、当地としてはやや大きめの地震が比較的多く発生している。地震発生数に立ち返り調べたい。

成果概要：

小林直城, 平野憲雄, 河野芳輝, 竹内文朗, 重力異常による福井平野の3次元基盤構造の推定-福井地震およびその周辺の活断層との関係 地震 2, 54, 1-8, 2001.

Nishigami, K., Seismological investigation of deep structure of active faults using scattered waves and trapped waves, Seismogenic Process Monitoring, Ed. by Ogasawara, H., T. Yanagidani, and M. Ando, Rotterdam, Balkema, 245-256, 2002.

岡本拓夫, 前澤廣道, 渡辺邦彦, 長尾年恭, 田中保士 京福越前線臨時電車による漏洩電流の研究、福井工専紀要、35、pp.95-100, 2001.

Takuo OKAMOTO, Attenuation Structure around the Focal Fault -The 1984 Western Nagano Prefecture Earthquake-, 福井高専紀要, 34. pp.85-91, 1998.

X I . 阿武山観測所

助手 中村佳重郎、技官 浅田照行

①分野の研究対象

連続観測による地殻変動の監視

②現在の主な研究テーマ

地震に関連した現象を検出するための観測およびその検出方法の開発

③各研究テーマ名

(1) 地殻変動連続観測による地殻活動に関連した現象の抽出(中村佳重郎)

(2) 湧水量変化と地殻変動(浅田照行)

目的：外部の影響を出来るだけ避けるために、阿武山観測所の観測坑において、地殻変動を表す歪変化やその影響を受けて変化する湧水量の変化

を伸縮計、傾斜計および湧水量観測計などを用いて観測する。

成果：

1) 北陸-近畿および近畿-山陰地殻活動総合観測線における地殻変動連続観測結果(2001年5月~2002年4月)、地震予知連絡会会報(第68巻)、414-416

2) 地震活動の活発化と静穏化(片尾 浩)

丹波山地の微小地震活動を解析し、M3.5以上の中規模地震には活発な時期と静穏な時期が交互に現れていることが分かった。兵庫県南部地震前の1992~1994年には震源域に隣接する丹波山地の微小地震活動が低かった。一方、兵庫県南部地震直後から丹波山地の活動は活発化し、現在もその傾向が続いている。

3) 中規模地震に先行する静穏化

1987年と1999年の丹波亀岡市付近で起きたM4クラスの地震の前数カ月間、周辺の地震活動が明瞭に静穏化したことが分かった。

4) 月齢と地震活動の相関

兵庫県南部地震直後から活発化した丹波山地の地震活動に、月齢と相関を示す地震数の増減があったことが分かった。兵庫県南部地震による応力変化により、潮汐によるトリガーを受けやすい状態になっていたと推定される。

X II . 鳥取観測所

助教授 大志万直人、助手 澁谷拓郎

助教授 渡辺邦彦

①分野の研究対象

山陰地方の地殻活動の観測・解析

②現在の主なテーマ

1) 鳥取県西部地震に関する総合調査

2) 山崎断層の挙動の観測・解析

3) 山陰地域の地殻深部比抵抗構造の解明

③各研究テーマ

(1) 鳥取県西部地震に関する総合調査

(澁谷拓郎ほか)

平成12年鳥取県西部地震の緊急余震観測を実

施した。引き続いて全国共同による稠密合同観測、断層構造調査等の調査研究が実施されている。

本震に10年余り先行して継続していたM5級地震活動の震源域は、本震の破壊領域と重複しない傾向にあった。本震の震源域の下約30kmには低周波地震が発生していた。これらは内陸地震の発生機構の解明に重要な示唆を与える。

平成13年1月12日に兵庫県北部にM5.4地震が発生した。衛星方式による臨時観測を実施し、震源精度の向上をはかった。

山陰の地震活動は、海岸に直交する個々の活動が海岸に平行に並ぶ傾向が確からしくなった。

(2) 山崎断層の挙動の観測・解析 (渡辺邦彦ほか)

安富坑道内で、伸縮・傾斜の観測を継続実施している。平成12年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成分の観測を開始した。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。

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

(3) 山陰地域の地殻深部比抵抗構造の解明

(大志万直人ほか)

地殻の比抵抗構造は、地殻内流体(水)の分布を把握するために重要な情報をもたらす。平成12年度と13年度は、鳥取県西部地震震源域周辺、兵庫県北部、大山周辺での比抵抗構造調査のための広帯域MT観測を実施した。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。

XIII. 徳島観測所

助教授 松村一男、助手 許斐直

①分野の研究対象

四国東部の地震活動とテクトニクス

②現在の主な研究テーマ

(1) 四国東部および周辺地域の発震機構

松村一男、許斐直、片尾浩、

松波孝治(強振動地震学分野)、

近藤和男(技術室)、

太田貴郎(大阪管区气象台:共同研究)

目的: 南海道地震に至る過程での起震応力の空間分布と変化過程を追跡し次期南海道地震の発生のメカニズムに迫る。

方法: 高感度地震観測点データに加え震度情報にしか利用されていない地震計データのP波初動を集めて解の精密化を図る。

成果概要: 13年度は主にデータ収集の仕組みと解析の方法の確立に努めた。防災研究所年報45号B

XIV. 屯鶴峯観測所

助手 尾上謙介

①分野の研究テーマ

地下水水位ならびに間隙水圧と地殻ひずみの関係についての研究

方法: 屯鶴峯観測所観測坑道内に掘削された坑井の水位および間隙水圧の観測と、既設のひずみ計による地殻ひずみ観測との比較解析。

成果概要: 気圧変動や潮汐変化にともなう水位と地殻ひずみ変化の比較から水位変化と地殻ひずみは密接に関係することが明らかになりつつある。

XV. 宮崎観測所

教授 古澤保、助手 寺石真弘

①分野の研究対象

九州東・南部地域の地震予知の研究

②現在の主な研究テーマ

地殻変動連続観測および地震観測による大地震の準備過程における地殻活動の研究

③各研究テーマ名

(1) 日向灘地殻活動総合観測線による地殻変動連続観測

(寺石真弘、古澤保、大谷文夫、園田保美)

昭和59年から宮崎観測所を中心に宿毛、楨峰、高城、串間、伊佐、大隅の7点よりなる日向灘地

殻活動総合観測線を設置して、日向灘を中心に九州東・南部地域の地震活動と地殻変動を総合的に研究している。データはテレメータにより宮崎観測所に集中して集録している。全成分について1分値を光ディスクに記録し保存している。また、NTTのISDNデジタル公衆回線網を利用して宮崎観測所から宇治市の本所へ1日に1回全成分のデータを転送し、宇治本所での集録を行っている。

長期間の地域の歪蓄積過程を明らかにし、地震発生に関係する異常変動検出のbackgroundともなる経年変動や季節変動について23年間のデータに基づき解析し、各観測点毎の特徴を明らかにした。これにより、平成8年10月19日と12月3日に日向灘で続けて発生したマグニチュード6.6の地震に際して、地震前の異常変動は観測されなかったが、長期変動では震源に最も近い宮崎観測所の経年歪変動率が平成7年9月から非常に大きくなり始め、地震後に一旦収まったが、平成11年以降再び増加していることが明らかになった。

観測線各点の伸縮ひずみデータの相互相関による時間的・空間的相関解析の結果、平成7年の日向灘域での歪場変動が日向灘から九州内陸部に向かって90-140 km/yearの速度で伝播していることが明らかにされた。

(2) 測地測量に基づく広域地殻変動の検出

(大谷文夫、寺石眞弘、園田保美、古澤保)

宮崎観測所周辺と延岡市周辺に最長20 kmの長距離光波測量基線網を設け、昭和56年以来定期的に改測を行い、連続観測データによる変動と調和的な広域変動を得ている。

(3) 日向灘・九州東南部地域の地震活動(古澤保、寺石眞弘、森井互、大谷文夫、園田保美)

日向灘地殻活動総合観測線の各観測点に地震計を設置し、昭和52年以来地震観測を行っている。データは100Hzサンプリングで宮崎観測所にテレメータ伝送され、トリガー方式で集中記録されている。さらに南九州の地震検知能力と震源決定精度を高めるため、桜島火山活動研究センター

と共同でパソコン通信を利用した地震観測網を展開している。

九州南部の地震活動は日向灘に集中していたが、平成9年の鹿児島県北部地域のM6.3の地震以後この地域の活動が現在も続いている。日向灘地域の地震は北部・中部・南部にブロック分けされ、それぞれの地域で塊となって分布している。1996年の2つのM6.6の地震の後、余震活動は急速に減少したが、活動域周辺及び日向灘全域の活動は地震発生前の1.5倍の発生率となって活性化したままである。この地震活動の推移と宮崎観測所の歪経年変動率の変化が時期的に合致することが明らかにされた。

大地震の震源破壊過程と歪変動の関係を調べる目的で観測線各点に強震計を設置し観測を開始している。

(4) 観測計器の開発

(園田保美、古澤保、寺石眞弘、大谷文夫)

坑道内での高感度連続観測だけでなく、屋外での観測に実用的な感度を有する地殻変動観測計器として野外トレンチ観測用ハーフフィールド水管傾斜計の開発を行い、火山活動研究センターに協力して、インドネシア、グントール火山及び口永良部島の山頂部に設置し、地盤変形の連続観測を実施している。現在のところ、1マイクロラジアン以下の変動を十分検出可能な結果を得ており、火山活動の監視等への有効性を示す。

4.7.3 その他の重要な活動

情報の効果的伝達：

日本海新聞に「山陰の地震」を月1回掲載
京都新聞に「京滋地震情報」を月1回掲載
毎日新聞に「南海地震に備える」の一部を執筆
毎日放送ラジオ「ネットワーク 1.17」に週1回
(土曜日)地震概況を解説

4.8 火山活動研究センター

4.8.1 センターとしての研究活動

①研究対象と方針

火山活動研究センターが設置されている南九州は、わが国で最も火山活動の活発な地域である。平成12～13年度中にも、桜島、薩摩硫黄島、諏訪之瀬島で噴火が発生した。当センターは、火山学、火山噴火予知および火山災害軽減に関する全国レベルでのフィールド・ラボラトリーとしての役割を担い、内外の多分野の研究者と共同で、島弧火山活動のダイナミックス、噴火機構および噴火予知の研究を行うことを設置目的としている。単一の研究領域で教員数が限られているが、火山の研究手法は多岐にわたるため、防災研究所共同研究、火山噴火予知計画に基づく全国共同研究等を通して研究の進展を図ることとしている。

到達点：

桜島火山の活動については、前身の桜島火山観測所設置からの42年間の地震および地殻変動に関する観測研究により、噴火に先立つ、長期的、短期的および直前の前駆現象の捕捉手法はほぼ確立した。山頂噴火直前予知については地殻変動データを自動的に評価するシステムが開発され、気象台、日本航空等に提供され、火山活動の監視や航空機の被災回避に活用されている。火山災害軽減に関する研究としては、溶岩流のシミュレーション手法の開発、火山岩塊・レキ等の運動に関する研究があり、火山のハザードマップ作成等に活用されている。

しかし、雲仙普賢岳や三宅島等の活動からわかるように、火山ガス放出や地下の熱水活動など火山活動に関わる物質科学的研究、火山体やマグマ供給系の構造、過去の火山活動の実態などについての理解は不十分で、火山噴火の様式や推移の予測を含めた定量的な噴火予知・噴火災害の予測が可能な段階には至っていない。また、桜島で得られた噴火機構に関する知見や噴火予知手法の普

遍性、有効性や限界を他の火山において検証することが今後の課題である。

研究方針：

当センターでは、各々の研究者がその専門性を伸ばすとともに複数の観測研究手法を習得することを求めている。また、多岐にわたる火山の研究手法の意義と研究成果を理解して、他分野の研究者と共同して新たな研究を展開することを期待している。具体的には、それぞれの専門分野に応じて外部の研究者との共同研究を実施すること、特定の対象火山における他分野の観測調査への積極的参加を推奨している。

同時に、当センターの研究および外部の研究者との共同研究の基礎となる観測研究データを得るための作業、常時観測の保守、データの読み取り・整理、岩石試料の保管整理等についても、教官全員が分担しつつ当たることとしている。特に、桜島および薩南諸島の活火山の活動状況の把握は、研究上のみならず、社会的にも重要であり、地震記録の保守・交換については全員が交代であったり、活動状況について共通認識を持つように努めている。

②現在の重点研究課題

噴火様式や火山活動の推移など、現在の火山噴火予知の諸問題の解決に向けて、以下のような重点課題に取り組んでいる。

- 1) 噴火様式、噴火機構および火山活動評価に関する研究：桜島火山の爆発地震発生過程、口永良部島をテストフィールドとした水蒸気爆発の発生場、インドネシアとの国際共同研究、集中総合観測(全国共同研究)
- 2) 噴火の準備過程に関する研究：桜島・始良カルデラのマグマ蓄積・貫入過程、集中総合観測(全国共同研究)
- 3) 火山体の構造に関する研究：火山体の3次元地震波速度構造の解析、火山体浅部の電磁気学的研究、火山体構造探査(全国共同研究)

4) 長期的な噴火ポテンシャル評価に関する研究：南九州の火山活動史の復元、火山体浅部の電磁気学的研究

4.8.2 研究領域の活動概要

I. 火山噴火予知研究領域

教授 石原和弘 助教授 井口正人

助手 西 潔 (～平成 13 年)、味喜大介、山本圭吾、神田 径、為栗 健 (平成 13 年～)

非常勤講師 宇都浩三 (平成 10～12 年度)

小屋口剛博 (平成 13 年度～)

① 領域の研究対象

平成 12～13 年度に研究対象とした火山は、桜島・始良カルデラ、開聞岳、薩摩硫黄島、口永良部島、諏訪之瀬島、有珠山、岩手山、雲仙岳、グントール山、メラピ山である。

② 現在の主な研究テーマ

(1) 桜島火山の爆発地震発生過程

(為栗 健、井口正人、石原和弘、小屋口剛博)

目的: いわゆるブルカノ式噴火のこれまでの研究で、火口底での爆発(衝撃波の発生、火山弾・火山ガスの突発的噴出)の直前約 1 秒前に火口直下、1～2 km で爆発地震が発生すること、爆発直前には火口浅部にガス溜りが生成していることが推定されている。これらの現象と爆発地震の関係を定量的に明らかにすることにより、火山爆発のメカニズムの理解の進展を目指す。

方法: 桜島の周囲に広帯域地震計を配置して、得られた波形記録を解析して、爆発地震の震源パラメータを決定する。そのパラメータと他の観測データと比較して、爆発地震と爆発現象の関係を明らかにする。

成果概要: 爆発地震の初動の立ち上がりから約 1.5 秒間の振動は実体波であり、それに引き続く長周期の主要動はレーレー波であることを明らかにした。その上で、波形解析により、初動部分は火口の直下 2 km 付近での小さな等方的膨張と引き続く円筒状のより大きな収縮によって励起されていることを明らかにした。一方、主要動

は火口浅部 0.5 km 付近での等方的膨張と水平方向の収縮によって引き起こされ、膨張部の地震モーメントは爆発空振波の振幅と強い相関関係を示すことを確認し、火口浅部に形成されるガス溜りの破裂に対応することを明らかにした。

(2) 水蒸気爆発の発生場 (石原和弘、井口正人、味喜大介、山本圭吾、神田 径、為栗 健)

目的: 雌阿寒岳、鳥海山、草津白根山、焼岳など全国の火山で頻繁に発生する水蒸気爆発については、有珠山、三宅島、桜島などのマグマが関与する噴火と異なり前兆が微弱であるので、その発生機構の理解や発生予測手法の研究はほとんどなされていない。歴史時代繰り返して水蒸気爆発を発生し、近い将来に噴火発生の可能性の高い口永良部島をテストフィールドとして、水蒸気爆発の発生場を解明し、その発生予測手法の開発と発生機構の解明を目指す。

方法: 活動火口を中心に山頂から山腹にかけての地域に地震、地殻変動、地磁気等の観測点を設置するとともに、地熱、磁化構造等の調査を実施して、火山体内部の物理的状態とその変動を評価して、水蒸気爆発のエネルギー蓄積場を推定する。

成果概要: 活動火口の東縁部の地下浅部に磁性の弱い領域があること、その付近の地下 1 km 付近に地殻変動の力源が求まること、更に火山性地震のほとんどは山頂直下の 0.5 km 以浅で発生することが明らかになった。更に、2001 年以降山頂火口の下で熱消磁に起因すると推定される地磁気変化が観測が観測された。以上の結果から、山頂火口の東側の地下 1～2 km 付近に、水蒸気爆発発生に関わるエネルギー蓄積場が存在することが推定される。

(3) 桜島・始良カルデラのマグマ蓄積・貫入過程

(山本圭吾、石原和弘、井口正人、味喜大介)

目的: 活火山のマグマ供給系とマグマ蓄積・貫入過程の解明は、火山学の根本問題であるとともに、噴火の長期予測および噴火規模の予測の観点から火山防災にとっても最重要課題である。これまでの研究により始良カルデラ直下と桜島直下に

マグマ溜りの存在が明らかになっている。マグマ蓄積状況とカルデラから桜島へのマグマ貫入過程を解明することを目的とする。

方法:水準測量、GPS、傾斜計、潮位等の地殻変動観測、噴出物量の調査および重力測定を実施して、地殻変動および重力変化からマグマ蓄積状況および貫入過程を評価する。また、マグマ貫入に伴う微小な重力変化の検出手法を開発する。

成果概要:地殻変動データと噴出物量データの解析から、始良カルデラへのマグマ供給率は、従来考えられていた定常的なものではなく、数年の時間スケールで変動していること、また、1914年の大規模噴火直前のマグマ蓄積レベルの8割程度まで回復していることが明らかになった。また、絶対重力の連続測定データと潮汐データを用いて、重力変化に及ぼす海洋潮汐の影響を厳密に評価する方法を開発して、マグマ貫入等に伴う数 μ galの重力変化を検出することができることを示した。

(4) 火山体の3次元地震波速度構造の解析

(西 潔、山本圭吾、井口正人)

目的:火山体は地震波速度など物性の異なるさまざまな噴出物や貫入岩で構成されていて、噴火様式や噴火発生場所などの予測にとって、また、火山性地震の震源を精密に決定する上で、火山体の3次元速度構造を精密に決める手法の開発が必要である。従来の地震波トモグラフィ手法は、速度異常のコントラストの強い火山地域の構造解析には向かないので新たな手法を開発する。

方法:火山体の地下構造をグリッドに分割し、それぞれに任意の速度パラメータを与え、フェルマーの原理に従った精密な波線を求める方法を開発し、構造探査等で得られた観測値を用いて、逆問題としてグリッドに与えるべき速度パラメータを決定する。この手法を実際の観測データ解析に使用して、火山体の3次元速度構造を求める。

成果概要:上記の方法を開発して、雲仙岳、阿蘇山、霧島山の観測データ解析に使用して、それぞれの火山の3km以浅の3次元速度構造を決定し、

地震波速度異常域が、火山性地震の震源域や地殻変動から推定された浅部マグマ溜りに対応することを明らかにした。また、従来のトモグラフィに比べて、速度構造の分解能が優れていることをシミュレーションと実際のデータで検証した。更に、この手法を用いて、南九州の火山深部構造解析に適用して、活火山およびカルデラ地域の5~20kmにP波低速度域が存在すること、また、深部には沈み込みスラブに対応した高速度が存在することを見出した。

(5) 火山体浅部の電磁気学的研究 (神田 径)

目的:火山体浅部の熱的状态や熱水活動の状況を把握・評価することは、火山の噴火様式、噴火地点の予測にとって重要であるばかりでなく、静穏期の長い火山での噴火発生の可能性、すなわち、噴火ポテンシャル評価にとって重要である。電磁気学的手法を用いて、このような課題の解決に取り組む。

方法:活動様式や活動度の異なる火山で、自然電位測定、大地比抵抗、地温測定等を実施して、火山体内部の熱水活動を評価する。また、空中磁気測量、地磁気観測等を実施して、磁化構造や地磁気変化から地下の熱的状态やその変化を評価する。

成果概要:活発な噴火活動が続いている諏訪之瀬島では、現在の活動火口のみならず、南西方向の尾根に沿って過去の活動火口につらなる地域の地下に現在も活発な熱水活動が存在すること、一方、薩摩硫黄島では、千年以上にわたり火山ガス放出を続けている硫黄岳山頂部の中腹以上にのみ自然電位異常が認められ、浅部まで上昇している高粘性のマグマによって活発な熱水活動が生じていることが判明した。他方、1200年間活動を休止している開聞岳でも、山頂部で自然電位異常が認められ、1200年前に噴出した溶岩による弱い熱水活動が存在することが推定された。口永良部島では、ヘリコプターを使用した低高度での空中磁気測量を実施して、データ解析から活動火口から東山腹にかけての地下浅部に高温度を反

映した磁化の弱い領域が存在することが明らかになった。

(6) 南九州の火山活動史の復元

(味喜大介、石原和弘、宇都浩三)

目的: 近年の雲仙普賢岳や三宅島の事例からわかるように、歴史時代の噴火活動とは様相が大きく異なる噴火が頻繁に発生する。数万年の時間スケールで噴火様式、噴火発生地点の推移等を明らかにして、噴火ポテンシャルの評価など火山噴火予知の高度化に資することを目的とする。

方法: 桜島、始良カルデラ等の南九州の溶岩を採取して、古い年代の試料は K-Ar 法で、数万年より新しい年代の試料は古地磁気学的手法を用いて、年代測定を行い、火山活動の推移を明らかにする。

成果概要: 始良カルデラでは、活動域と溶岩の性質が過去 100 万年の間に変化していることを明らかにした。特に、約 22,000 年のカルデラ形成を伴った巨大噴火の数千年前に、20 km 以上はなれたカルデラ北部と南東部でほぼ同時に性質の類似した溶岩流出活動があったことが明らかになったことは、巨大噴火の発生機構、マグマ溜りの形成時期を考察する上で重要な知見である。桜島では、年代不詳であった 3 つの溶岩流の年代同定を行い、それらが 4 千年以内に流出したものであることが判明した。また、口永良部島は西山麓を広く覆う 3 枚の溶岩流がいずれも 8 世紀に流出したことを明らかにし、同火山では水蒸気爆発のみならず、溶岩流出を含むマグマ噴火発生の可能性もあることを示した。

(7) 島弧火山の噴火機構の比較研究

(井口正人、石原和弘、為栗 健、山本圭吾)

目的: マグマ供給系や噴火機構の研究がもっとも進んでいる桜島火山の経験と成果を踏まえて、他の火山の各種観測データを比較検討し、島弧火山の噴火機構の解明と噴火予知手法の開発・確立を目指す。

方法: 霧島火山帯に属する桜島～諏訪之瀬島にいたる諸火山において地震等の連続観測、インドネ

シアではメラピ山やグントール山等でインドネシア火山調査所との共同観測を実施して、蓄積されたデータや各種の実験的観測データを分析して、噴火機構や噴火の前兆過程の比較研究を実施する。

成果概要: 山頂火口で、継続的に爆発的噴火活動を繰り返す諏訪之瀬島およびスメル山では、活動の高まりに先立ち震源がやや深く高周波振動が卓越する A 型地震が増加し、次に震源の浅い B 型地震が多発・群発するという桜島と同様の経過をたどることが明らかになった。溶岩ドーム崩落による火砕流を頻発するメラピ山では、静穏期から活動期に入る時期には、桜島同様に A 型地震が増加し、次に B 型地震が増加するが、いったん活動期に入ると溶岩の噴出に伴う低周波地震 (MP 型) が頻発し、火砕流発生にいたる。MP 型地震は、桜島で微弱な空振を伴い火口に溶岩が上昇する際に群発する BL 型地震に相当すると考えられ、噴火様式は異なるが、本質的には、類似のプロセスを経て噴火にいたることがわかった。また、同火山で、日・米・インドネシアが共同して実施してきた山頂周辺での傾斜の多点観測により、顕著な火砕流噴火や爆発に数ヶ月先立ち、山頂直下の深部から浅部へ地殻変動の圧力源が上昇する現象が数例とらえられた。また、静穏期の長いグントール山では口永良部島と同様に地震活動等の高まりに対応して、山頂直下約 2 km の領域で圧力増加する現象が地殻変動観測で捉えられた。

(8) 集中総合観測・火山体構造探査

(石原和弘、井口正人、味喜大介、山本圭吾、神田 径、為栗 健: 全国共同研究)

目的: 火山噴火予知計画の全国共同研究事業である。集中総合観測は、火山活動の総合的な把握と活動レベルの評価を主目的としていて、活動時の観測データの評価の基礎資料となる。火山体構造探査は、火山体浅部の 3 次元的地震波速度構造や電気比抵抗構造の解明を目的としている。平成 12、13 年度の対象火山は表に示した通りである。雲仙岳の集中総合観測には、井口助教授が GPS

観測、神田助手が電磁気観測に技術職員および大学院学生を伴って参加した。また、岩手山および有珠山の構造探査には、山本助手が大学院学生を伴って参加した。

年度	集中総合観測	火山体構造探査
平成 12	薩摩硫黄島・ 口永良部島	岩手山
平成 13	雲仙岳	有珠山

当センターが、研究観測計画の立案、実施および研究成果の取りまとめに当たった薩摩硫黄島・口永良部島火山の集中総合観測について概要を述べる。

方法: 全国 11 大学、産業技術総合研究所およびインドネシア火山調査所から 40 人が参加して、鹿児島県、関係町村の協力を得て、地震、地盤変動、地磁気、空中磁気測量、空中熱測定、火山ガス・温泉、地下水、噴出物等の総合的な調査を実施した。

成果概要:

薩摩硫黄島：1996 年頃をピークとする火山灰放出、M2.9 の地震発生を含む硫黄岳の火山活動は順次低下傾向にある。放出された火山灰は新鮮なマグマ物質を含んでいない。また、30 年間の二酸化硫黄放出率は約 500 トン/日、平均的な地震放出エネルギーは 10^{14} erg/year のオーダーであり、1996 年前後で顕著な変動は認められない。また、放出火山灰や火山ガスの組成の分析から、硫黄岳のマグマ活動に顕著な変化はないと結論された。

口永良部島：地震活動、地殻変動、地磁気変化、火山体の磁化構造から、水蒸気爆発のエネルギー蓄積場は、新岳の東斜面の地下 1 km 付近にあることがわかった。また、浅部地震活動、地殻変動および地磁気変化から、浅部で噴火エネルギーの蓄積が進行していることが確認された。また、火山灰や溶岩の調査から、8 世紀に溶岩流出を伴う活動があったこと、古岳でも歴史時代に噴火活動があったことが判明した。

4.8.3 その他重要な活動

学会、社会貢献、集会開催等に関する活動については別項で記載しているので省略する。

現在も噴火活動継続中の 3 火山、桜島、薩摩硫黄島、諏訪之瀬島、また、地震活動や噴気等の異常現象が発現した口永良部島や開聞岳を観測研究対象としてきた当センター(桜島火山観測所)には、火山活動や資料に関する情報提供、解説や緊急調査、学生巡検等の施設見学の依頼が、国内外の報道、国内外の大学、自治体、気象庁、民間等から頻繁にある。

これらの依頼のうち、当センターの施設、装置、機器、岩石試料、ビデオ・写真等資料の利用申請は、平成 12 年度：21 件、平成 13 年度：23 件である。利用者の内訳は、大学・研究機関 31、行政機関 3、教育・出版関係 5、報道 2、民間 3 である(内 14 件が国外)。このほか、桜島及び薩南諸島の火山活動資料および評価結果は、火山噴火予知連絡会及び関係自治体に定期的に報告していて、これら火山の異状発現時には鹿児島地方気象台や関係自治体にデータや評価結果を伝達している。

また、桜島の山頂噴火直前予知システムとそれに関わるリアルタイムデータは、鹿児島地方気象台、国土交通省大隅工事事務所および日本航空鹿児島空港事務所に引き続き提供している。

4.9 水資源研究センター

4.9.1 センターとしての活動概要

①研究対象と方針

地球規模及び都市・地域規模での水資源を取り巻く自然・社会現象とその変化を多角的にとらえ、ジオシステム・ソシオシステム・エコシステムの総体としての水資源の保全と開発のシステムを総合的に研究することを目的としている。とりわけ、スケールの大きい地球規模では陸面・大気の相互作用を含めた広域の水・熱循環の解明をはかるべく、現地観測・モデル化を進めるとともに、流域・都市域のスケールでは健全な水循環をベースにした水資源の有効かつ持続可能な利用が図れる開発・保全システムを構成する。また、水需給の一時的アンバランスから生じる渇水の頻発に対処すべくハード・ソフトを含めた総合的な施策を展開する。加えて、気候変動、人口・食料増加、仮想水の動態を組み入れた国際水資源ダイナミックスモデルの構築を目指している。

これらの研究推進にあつてはセンタースタッフの研究水準のアップとセンター領域間の融合をはかるとともに、センター専任の客員教官との共同研究、大気災害・水災害研究分野との共同研究をはかる。

②現在の重点研究課題

なかでもセンター全体で取り組む重点研究課題(プロジェクト研究)としては以下の4つを掲げている。

- 1) 気候変動に対応した水資源賦存量の評価ならびに流域の水資源管理
- 2) 水量・水質・生態および人間活動の相互作用を包含した水環境の総合的評価手法の開発と流域管理システムの構築
- 3) 中長期・短期降雨予測と水資源システムの実時間操作支援ロボットの開発
- 4) 国際水紛争と水の貿易収支に関わる国際水資源ダイナミックスモデルの構築

4.9.2 研究領域の活動概要

I. 地球規模水文循環研究領域

教授 池淵周一、助教授 竹門康弘

助手 田中賢治

①領域の研究対象

地球規模での水文循環の予測技術の開発、過去から現在にわたる長期的な水文循環の変遷を明らかにし、地球規模における水・熱循環を学際的・総合的に研究する。

②現在の主な研究テーマ

- 1) 渇水計画・管理に関するシステム論的研究
- 2) 広域陸面・大気相互作用観測実験(琵琶湖プロジェクト)
- 3) 領域気象予測モデルにおける陸面水文過程の改善とデータ同化手法の開発
- 4) 降雨予測と情報工学的推論法を結合したダムの実時間管理手法
- 5) 河川生態系における砂洲や河畔植生の機能研究
- 6) ダムや堰管理による流況変動や土砂挙動の変化と生物群集の対応解明

③各研究テーマ

(2) 渇水計画・管理に関するシステム論的研究

(池淵)

地球環境の変化、都市の成長に伴う水需要の逼迫、都市構造の複雑化にともなう渇水の発生の可能性の増大とそれが都市災害化する傾向が強まって来ている。そこで、わが国および諸外国における渇水時の水量・水質管理の方法、渇水被害の計量化の方法、ならびに渇水対応型地域水循環システムの構築法について研究を行なう。

渇水を生起させる素因である気候・水文現象を物理的・確率統計的側面から分析するとともに、渇水災害を防止・軽減するサイドのハード・ソフトの調整・対応策と被害客体の生活者・事業者・企業などの対応の取り方及び被害の実態を明らか

にし、それらの地域別・用途別・時系列的な渇水構造を分析し、総合的な渇水対策を提言している。

(2) 広域陸面・大気相互作用観測実験

(琵琶湖プロジェクト) (田中、池淵)

陸域大気系における蒸発散・降水・融雪・浸透・流出などの水循環の素過程およびその相互作用を明らかにすることは、広く地球規模での環境を議論する上でも、また流域規模での洪水や水資源にかかわる水文環境を的確に把握する上でも重要である。琵琶湖流域における大気、地表、地中、地下(鉛直方向)あるいは湖面、森林、田畑、都市(水平方向)という全体を包含した水・エネルギー・運動量循環系、さらには環境微量有機汚染物質(窒素、リン、SS等)の物質循環系をも視野に入れ、地上観測、衛星観測、数値モデルを組み合わせ総的に解明するために、時間的・空間的広がりを持った新たな観測戦略の議論を通して観測を継続・発展して行くことを目的とする。

琵琶湖プロジェクトはこれまで、平野部における短期集中的な衛星同期観測実験が主なターゲットであった第1ステージ、山地域を含む4つの常設熱収支観測システムを展開し、観測の時間軸を連続的なものにするとともに、流域本来の広がりをもった観測態勢を構築した第2ステージと観測対象を発展させてきた。一方数値モデリングとしては、第2ステージにおいて陸面過程モデル、分布型水文モデル、さらには大気-陸面結合モデルを開発し、水文循環過程における時・空間スケール効果の解明に向けた研究を始めるツールが整備されつつある。

現在進めている第3ステージでは、観測データとモデルのさらなる融合を図る。常設フラックス観測システムによるモニタリングを継続しつつ、オペレーショナル観測情報(衛星データ、レーダーデータ、地上観測データ)も収集し、衛星同期集中観測を実施する。また、衛星・レーダー・地上観測データのデータ同化システムを開発し、メソスケール大気-陸面結合モデルへの応用を図りモデルの予測精度の向上を目指す。一方で、観測デ

ータのみならずモデルによる4次元同化データセットも解析に用いながら、長期観測情報の面代表性の解明等により、20km×20kmスケールに至るまでのスケールの階層構造や水文循環過程のスケール構造のモデル化をはかる。

(3) 領域気象予測モデルにおける陸面水文過程の改善とデータ同化手法の開発 (田中、池淵)

日本や中国をはじめ、アジアモンスーン地域においては、耕作地の中で水田の占める割合が高い。これまでに開発されてきた領域スケール~全球スケールモデルの陸面過程モデルでは水田を取り扱っておらず、水田地帯の熱収支を正確に再現することができなかった。これは水田用のパラメータを与えるだけでは解決できない問題であり、モデルの構造そのものを改良する必要がある。本研究ではSiBをベースに、日本(琵琶湖、東北)や中国淮河で得られた水田熱収支観測データを利用して、水田の水管理(稲の生育段階に応じた水深の人為的操作)をも考慮した新たな水田スキームを開発した。

陸域表層の水分(表層土壌水分、積雪)が、大気とのエネルギー・水交換過程を通して、気候の形成やその変動、及び異常気象の発生をコントロールしていることが指摘されている。土壌水分量は、地表面の各種フラックスを調整し、地表付近の大気場に大きな影響を与え、さらには降水にまで影響を及ぼすことが様々な研究によって示されている。土壌水分量の変動する時間スケールは非常に長いため、初期値を誤ると長期間にわたり予報精度に影響を及ぼすことになるため、数値予報において、土壌水分量の初期化が非常に重大な課題となっている。

本研究では、Kalmanのフィルタリング予測手法を陸面過程モデル(SiBUC)に応用し、温度と土壌水分が互いに密接な関係を持つことを利用して、陸面モデルの複雑な個々の物理プロセス(温度-フラックス-土壌水分の関係)を直接的に取り込んだ形で、正しく土壌水分量を推定する手法を開発することを目的とする。

近年衛星リモートセンシング技術の発達により、表層土壌水分量を推定するアルゴリズムが開発されつつあるが、植生地において特に重要となる根領域の土壌水分を衛星から計測することは現時点では不可能である。表層土壌水分の影響は地面温度に、根領域の水分ストレスの影響はキャノピー温度にそれぞれ反映されているので、GMSやNOAA等の赤外画像で得られる表面温度の情報を観測ベクトルに利用することにより、表層、根層の土壌水分を同時に推定するシステムを開発した。ただし、地面温度とキャノピー温度を有効に分解する方法については課題として残った。

(4) 降雨予測と情報工学的推論法を結合したダムの実時間管理手法 (池淵、田中)

メソスケールの地形の影響による積雲の生起・発達メカニズムの解明は梅雨期の豪雨の予測に大きくつながる。雲の微物理過程を陽に表現したモデルを用いて数値実験さらには実流域への適用を試み、降雨場・強さの地形による影響を評価するとともに、そこで得られた知見を取得可能な情報と相関させて知識ベースとしてルール化し、定性推論による流出予測、さらにダムの実時間操作手法の開発に結び付けていく。なお、豪雨に関しては治水計画論として重要となってくる可能最大降水量(PMP)についても微物理過程モデルを簡略化した形でシミュレーション手法により展開している。

一方、渇水時のダム操作にあつてはニューラルネットワーク手法により降雨の中・長期予報を出し、ファジィ推論、ニューラルネットワーク駆動型ファジィ推論でダム放流量を決定する方法を展開している。

実時間洪水制御にとって最も重要な情報となる短時間降雨予測手法を開発し、実際の降雨現象にその手法を適用した。まず、洪水制御を支援するために必要な情報を考察し、定性推論によって得られる定性的な降雨と流量の情報は洪水制御にとって最小限必要な情報であることを示した。その上で、定性的な気象モデルによって、人間が

気象学的知識を用いて状況を予測する方法をシミュレートした短時間降雨予測手法を提案した。本手法によって、一般的なメソモデルより小さな降雨分布である流域内の降水分布について、雨域の運動学的外挿手法以上の精度で降雨予測を行うことができる可能性を示した。さらに、予測結果の因果関係を出力すること、予測間違いの原因となった初期情報を変更して予測を自動で行う機能を備えた、単に降雨分布を出力することにとどまらない短時間降雨予測情報提供システムとして、本手法を発展させている。

(5) 河川生態系における砂礫堆や河畔植生の機能研究 (池淵、竹門)

河川生態系において砂礫堆は動植物の生息場所として、また各種物質の滞留や変換の場として機能していると考えられる。そこで、砂礫堆を単位とした河床地形を流程規模で把握し、底生動物群集の分布様式との対応を明らかにするとともに、砂礫堆を産卵場所に利用するモンカゲロウに着目して、産卵適地となる砂礫堆の物理化学的特性を調べることを目的とした。

前者については、まず滋賀県高時川の全流程で測定された河川単位ごとの環境条件データならびに12地点で調べられた底生動物群集データを用いて、摂食機能群別個体数密度と上流、現場、下流環境条件との相関分析を行った結果、造網性ろ過食者にとっては上流の砂礫堆の存在がプラスに影響し、藻類食者にとっては現場ならびに上流域の樹冠による光遮断がマイナスに影響することが示唆された。現在この仮説を検証するために京都府賀茂川において、さらに定量的な調査を実施中である。

後者については、京都府賀茂川の砂礫堆において、モンカゲロウの産卵個体の分布と河床勾配、底質粒度、透水性、河床間隙水の各種水質項目等を測定した結果、モンカゲロウは結果として河床間隙水の流速の速い場所を産卵場所に選択していることが分かった。今後、これらの場所条件が卵のふ化率や若齢幼虫の生存率に与える影響

を野外実験により解明する予定である。

(6) ダムや堰管理による流況変動や土砂挙動の変化と生物群集の対応解明 (竹門)

長良川河口堰に設置された魚道の機能評価をするために、回遊性魚類、ハゼ類、カジカ類、モクズガニ等について、長良川下流域や汽水域における遡上実態を明らかにすることを目的とした。ミニトラップを長良川流域の全6地点に各3~10基設置し、遡上生物の採捕、同定、計測等を行った。

その結果、モクズガニがせせらぎ魚道で高い遡上率を示すことや、上流域で個体数の減少が報告されているハゼ類やカジカ類についても魚道の遡上は行っていることが確認された。また、モクズガニについては、38km地点にまで達する個体も多数捕獲されたものの、ここまで到達するハゼ類は稀であり、カジカ類は捕獲されなかった。また、38km地点のヨシノボリ類は回遊型から淡水域陸封型に置き換わりつつあることが示唆された。これらの結果は、せせらぎ魚道が河口堰による回遊動物遮断の影響軽減に機能しているものの、ハゼ類やカジカ類は広大な湛水域によって回遊が阻まれていることを示している。本研究の成果は、2003年2月の公開シンポジウムで発表され、その後2003年12月に『応用生態工学』に印刷される予定である。

II. 都市・地域水文循環研究領域

教授 岡 太郎、 助教授 城戸由能
助手 浜口俊雄

① 領域の研究対象

都市及びその周辺地域における水収支・水循環、雨水・汚濁物質流出機構に関する基礎研究、水資源の開発・保全・永続的利用、都市水害の防止軽減法に関する研究を行い、都市・地域水文循環システムの基礎から応用までの体系化を目指している。

② 現在の主な研究テーマ

- 1) 都市及び自然丘陵地の水文素過程とそのモデル化
- 2) 都市化に伴う水文循環システムの変化と熱・物質収支
- 3) バングラデシュにおける洪水対策に関する国際共同研究
- 4) 地下水の開発と保全
- 5) 都市の水環境の整備

③ 各研究テーマ

(1) 植物の成長と水消費を考慮した水文素過程 (岡・城戸・浜口)

宇治川水理実験所に設置されているウエイイングライシメータ(重量測定式浸漏計)にトウモロコシ・ブロッコリー・カリフラワーなどを植栽し、植物の生育過程と水・肥料消費・土壌の浄化機能・地下水流出成分の水質変化等について観測研究を開始した。それらの結果より、トウモロコシの場合には、全植物乾燥重量の283~389倍、穀果の1799~3305倍の水が消費されたことが分かった。これらの観測結果は水の貿易収支を議論するための基礎資料として注目される。さらに、イオンアナライザーによる水質測定結果より、表層土に加えられた肥料のイオンが約2ヶ月後に地下水流出成分に混じって検出されるなど興味ある結果が得られている。

(2) 都市・地域における汚濁物質流出機構の解明と水資源への影響予測 (城戸)

水文循環過程に基づいた雨水と汚濁物質の流出機構のモデル化を行い、流域全体における水循環と物質循環を把握して都市化の影響を評価する。琵琶湖水系野洲川流域と鳥取市湖山池流域を対象流域として雨水および汚濁物質の流出に関する調査を継続的に行い、流入水域での物質循環モデルに基づき湖沼水質の変化を予測することで、水道水源や他の用途として利用される湖沼環境の保全・対策を評価した。晴天時に点源負荷として発生する汚濁物質に対して雨天時の非点源汚濁物質の流出は湖沼水質に短時間に集中した

負荷となり、水質影響が大きいことを明らかにしている。

(3) バングラデシュにおける洪水対策に関する国際共同研究 (岡・城戸)

バングラデシュにおける洪水対策のための技術移転と研究者の養成を目的とするプロジェクト(外務省・国際協力事業団)に参加し、同国の研究者・技術者に水文観測・データ処理法及び雨水流出解析法、洪水氾濫解析法に関する技術・研究指導を行っている。また、洪水現象の解明と洪水の利害得失を考慮した洪水対策について共同研究を行っている。さらに、科学研究費の補助を受けて、バングラデシュ及びインドアッサム・トリプラ・メガラヤ地方の気象特性を明確にするとともに洪水災害発生機構および洪水対策法を検討している。特に、この2年間については、バングラデシュ北東部に多数分布している氾濫湖の消長について現地調査と数値解析を行い氾濫湖の挙動と洪水災害との関連性を明らかにした。また、水質調査・住民生活と洪水とのかかわりについて調査を行い人間生活に配慮した洪水水資源・環境対策法を検討している。

(4) 地下水の開発と保全に関する研究 (岡・浜口)

土砂災害・地盤災害・水資源問題と深い係りを持ち、土地利用変化に伴う環境アセスメントの面でも重要な意味を持つ地下水問題に対処するため、昭和43年度より琵琶湖東部の高時-姉川扇状地に試験流域を設定して観測研究を行うとともに、数値シミュレーション法の開発研究を行ってきた。その後、差分法の他に有限要素法の応用手法、地盤沈下地帯での可能揚水量の推定のために準3次元モデルの開発に関する研究を行ってきた。

さらに、沿岸帯水層における塩水侵入は地下水利用を脅かすものとして、その予測防御技術の確立が求められている。高知大学・九州大学・宮崎大学などと共同して、高知県春野町に調査・試験流域を設定し、水文観測を継続するとともに、電気探査・電気伝導度測定・各種水質調査および数値

シミュレーションを行い、塩水侵入の防御技術に関する調査研究を進めている。

また、離島・半島では、地下ダム以外に水資源を確保する旨い手立は見当たらない。地下ダムが設置される事によって発生する地下水位の異常上昇の定量的予測及びその対策法、多孔体中の流況変化に伴う揚水量の減少機構、海水(塩水)侵入地区での塩水排除法について基礎的な検討を行っている。

(5) 水文構造の時空間統計学的把握と地下水の流況管理 (浜口)

地表や地下で見受ける様々な水文現象や水文地盤物性を時空間統計モデルとしてとらえ、その現象の時空間的特性を解明する。その下で、対象領域の地下水の時空間挙動を推定し、地下水資源としての価値・貯留効果・利用可能量を明確にして、本モデルの利用による地下水流況管理の有効性について検討を行っている。具体的には、予備的に現地でデータを収集し、それを基にして以下の手順で研究内容を構築した。地盤統計学のクリギング推定手法を用いて水文構造の空間統計モデルを表現し、さらにそれを時空間統計モデルへと発展させ、同時に水文構造の不確実性を評価する。これらを地下水分野へ特化して適用し、その有用性を検討する。また、物理モデルである準3次元地下水モデルと実際とのズレであるモデル誤差(空間不確定量)を表した地盤統計モデルの両者をベースとした物理・統計複合の地下水モデルを提案し、統計モデルのみの推定と複合モデルでの推定で結果を比較検討する

これらの結果、時空間モデルを全て統計モデルで構築したところ、物理的な要素がないにもかかわらず、有限要素法での計算結果に酷似した地下水位の推定分布結果が得られた。よって、物理モデル解に匹敵する結果を、物理モデル無しに容易に推定する統計モデルを提示することができた。また、同じく複合モデルで構築したところ、物理性を表現しながらも真の地下水位挙動に近い推定結果が得られ、物理モデルの精度を改善する統

計的手法を提示できたと考えている。

(6) 都市の水環境の保全と整備 (岡・城戸)

都市域での環境用水や緊急用水の需要水量の調査を行うとともに、貯留・浸透施設の設置等による水循環および物質循環の解析を行い、雨水および地下水の利用可能性について検討をおこなう。特に、都市域における微量化学物質等の発生・流出機構の解析を行い、都市域の水環境への影響予測を行うとともに、貯留雨水の汚染状況の把握、雨水排除と水質保全の両面から見た都市雨水制御のあり方について検討した。短時間降雨予測に基づいた緊急排水を行うことで浸水防止機能を保ったまま、初期汚濁を積極的に削減するための貯留施設の運用方法を提案した。また、再生利用や発生段階での汚濁物質抑制効果の評価をおこなうための技法についての研究を行っている。

Ⅲ. 地域水利用システム計画研究領域

教授 小尻利治、助教授 友杉邦雄

① 領域の研究対象

地球規模から流域・都市および水利用単位までの水資源システムの計画、管理手順の作成を行う。

② 現在の主な研究テーマ

- 1) 地球水資源ダイナミックスの構築(小尻)
- 2) 流域環境評価手法の開発(小尻)
- 3) 総合流域管理計画の策定(小尻)
- 4) AIによる水資源システム管理支援(小尻)
- 5) 降水パターンの時空間解析手法の開発と渇水リスクの評価(友杉)

③ 各研究テーマ

(1) 地球水資源ダイナミックスの構築 (小尻)

地球上の水循環は気象、水文学的な要素だけでなく、地域的な水利用形態、地域・社会活動にも依存している。すなわち、人口変動、社会活動、農業生産性などの社会的・産業的活動と水文循環の相互作用を組み入れたダイナミックスモデルである。その結果、人間活動や気候変動による水資源分布の推移が推定され、持続可能な社会や健全な水循環系の構築が可能となろう。

(2) 流域環境評価手法の開発 (小尻)

多層メッシュ分布型流出モデルを構築し、流域内の水量、水質、生態系など環境評価を行うものである。空間的には大気、地表、地下の3次元を、時間的には洪水から低水までを対象に、要素としては、水温、汚濁物質、化学物質、濁度などを取り上げ、流域変化、気候変動が及ぼす影響を定量的に把握するものである。Hydro-BEAMと名付けてモデル化している。

(3) 総合流域管理計画の策定 (小尻)

流域には上流、中流、下流域で、それぞれの流出特性、利用特性に応じた管理形態がある。まず、部分流域(単位メッシュ)を洪水、低水、流量変動、水質、植生、親水性、景観、アクセス性、等で評価すると共に、地域特性を入れてその評価を行う。ついで、全メッシュでの評価を統合し流域評価をする。最後に、最適化理論を結合して、低評価地点の改良策を模索するものである。

(4) AIによる水資源システム管理支援 (小尻)

水資源の実時間管理には、データベースからの情報抽出と適切な対処法の提案が必要である。知識ベースの作成にはファジイ理論とパターン分類化手法を適用する。流量への変換には、物理モデルやニューラルネットワークを用いる。予め算定した対策より、ファジイ推論により適切な方法を推薦すると共にその信頼性を表示し、管理者が利用しやすい情報を与える。いわゆる、半自動ロボットの作成である。

(5) 降水パターンの時空間解析手法の開発と渇水リスクの評価 (友杉)

地域水利用システムの計画・管理にとって、様々なスケールの時間的・空間的降水パターンの特性は基本的に重要な情報であり、特に少雨現象のものは渇水リスクの評価の基礎情報となる。

まず、地域気象観測システム(AMeDAS)の降水量データをもとに、渇水災害生起ポテンシャルの1つの指標として、年降水量の平均値と変動係数を用いた全国的評価を行い、経験的事実とおおむね矛盾しないことを確認した。また、少雨の時空間

分布特性を明らかにするため、従来は豪雨の解析に用いられてきた DAD 解析手法を少雨に適用すること、及び地点年降水量間の全国的相関分析を試み、それぞれ時空間スケールの統計的關係について定量的な評価式を得た。

AMeDAS の降水量データは空間密度は比較的高いが、その統計年数は 25 年程度であるので、特定の現象の生起確率の評価にとって十分ではない。一方、気象庁の地上気象観測データは過去 100 年前後にわたるが、その空間密度は AMeDAS の 1/10 に満たない。そこで主要な地上気象観測データ(日本全国 46 地点)を合わせて用いて以下のような解析・検討を行った。

1) 46 地点の地上気象観測データと有効な約 840 地点の AMeDAS データの各地点の 1 ヶ月～1 年のタイムスケールでの積算降水量の相関關係を求め、相関係数と距離の關係を調べた結果、地上気象観測データは半径 50 km 以内で地域代表性を有していることがわかった。そこで、京都、多度津、福岡の 3 地点を対象に、地形や気候特性を考慮して、地域代表性を詳しく調べたところ、地形が降水量の分布に大きく影響していること、季節やタイムスケールにより、降水量の相関や強度の分布が異なることなどがわかった。

2) 46 地点のデータを用いて、30 年移動平均降水量と、30 年移動標準偏差の年時系列を略式のパターン分類法で分類し、異常少雨の起こる可能性の高くなってきている地域を指摘した。

なお、今後は降水量だけでなく、夏季の気温や日照時間など、渇水の原因となるその他の気象要素についても解析の対象とすることを考えている。

4.10 巨大災害研究センター

4.10.1 センターとしての活動概要

①研究対象と方針

近年の急激な社会構造の複雑化・高度化は多様な自然災害の発生をもたらし、巨大災害につながる危険性を大きくしている。そこでは、自然災害の性質ばかりでなく、人為的な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。従って、自然科学と社会科学を融合した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。

平成 8 年度発足した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)、被害抑止システム (Urban Design and Planning) の領域の共同研究を推進してきている。これらの研究分野は複合的であって、専任の教授 3 名、助教授 2 名、助手 2 名は、本学の工学研究科、理学研究科、情報学研究科にそれぞれ所属しており、現在、修士・博士課程の大学院生の研究指導は、それぞれの研究科からの合計 17 名について実施している。なお、これ以外に国内客員教授、助教授各 2 名、外国人客員教授 1 名の定員の他、現在、非常勤講師 3 名、学内研究担当教官 4 名によって共同研究を実施してきている。当センターは発足当時より所内共同研究センターに位置づけられており、毎年、防災研究所年報 A に『防災問題における資料解析研究』として、研究成果を要約したものを刊行しており、平成 13 年度で 28 号を数えている。また、昭和 57 年度より自然災害科学データベース『SUIGAI』の構築と公開は、このセンターと全国 5 地区の資料センターの共同作業の中核的な成果である。現在約 6 万件が登録され、科学研究費公開促進費によって毎年約 6 千件ずつの増加を図っている。

特に特筆すべきは平成 7 年に発生した阪神・淡路大震災に関する調査研究であって、これに関する当センター専任教官による自然・社会科学分野の論文、報告が平成 12 年 9 月までに 500 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 2 年間だけでも、2000 年有珠山噴火災害、三宅島噴火災害、東海豪雨災害、鳥取県西部地震災害、米国世界貿易センタービルテロ災害の災害調査を主体的に実施してきた。とくに阪神・淡路大震災では、発生直後の緊急対応期から復旧・復興期の全過程について、地域防災システム研究センター、そして平成 8 年度新設後の巨大災害研究センターは総力を挙げて組織的研究に取り組んできた。この間、当センター所員は、政府の関係機関はもとより被災あるいは近隣自治体の地域防災計画策定の専門委員会などに積極的に委員長・委員として参加し、また、多くの講演会、シンポジウム、ワークショップの企画・運営さらに招待講演の形で研究成果の社会への還元を図っている。

②現在の重点研究課題

当センターが実施している重点的な研究課題は次のとおりである。

- 1) 阪神・淡路大震災の復興課程の追跡調査と被災者の生活再建
- 2) 東海・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) 環太平洋地域の地震・津波災害ポテンシャルの表示と減災策
- 4) 都市地震と都市水害の危機管理
- 5) 災害情報のデジタル・シティによる表示と解析
- 6) 日米共同研究による比較防災学の構築
- 7) 都市複合空間水害の総合減災システムの開発である。さらに、当センターで所管している事業は、

1. Memorial Conference in Kobe の開催
 2. 地域防災計画実務者セミナーの実施
 3. 災害対応研究会の開催
 4. 東海・東南海・南海地震津波研究会の開催
 5. 大規模災害対策セミナーの実施
 6. 「災害を観る」ワークショップの隔年実施
 7. 巨大災害セミナーの開催(隔月)
- などであり、現在、日本自然災害学会の事務局を置き、学会活動を支援している。

4.10.2 研究領域の活動概要

I. 巨大災害過程研究領域

教授 河田恵昭、助手 高橋智幸

①領域の研究対象

災害による人的・物的被害を軽減するための研究を行う。まず、国・地域・都市の防災力、災害脆弱性、ハザードとしての外力および災害リスクの定量的な評価方法を開発する。そして、巨大災害の発生法則を明らかにするとともに、人的・物的被害予測を実証的に行う。さらに、防災コスト、高齢化および都市化などの要因による被害様相変化のシナリオを考慮して、ハード(被害抑止)とソフト(被害軽減)防災の組み合わせによる防災対策を提案する。これらの応用として、危機管理の立場から自然災害の被害軽減策を見出すとともに、企業立地、経営管理や大規模事故への適用性を高める。つぎの課題がある。

- 1) 巨大災害の復元と被害拡大要因
- 2) 人的・物的被害の定量的評価
- 3) 広域・複合災害の防災対策
- 4) 災害情報とコミュニケーション
- 5) 大災害・事件・事故の危機管理
- 6) 阪神・淡路大震災の教訓と復興

②現在の主な研究テーマ：

(1) 巨大災害・都市災害

(河田恵昭、助手 柄谷友香)

(人と防災未来センター・専任研究員)

阪神・淡路大震災以降、都市災害による人的・

経済的被害の評価方法を構築してきた。これらの手法は政府や自治体で採用され、現在に至っている。また、2001年9月のニューヨークテロ事件に対する調査から、発災直後からの対応は都市災害としての様相を示しており、わが国で今後発生が懸念されている、各種都市災害への対応の教訓となるものと推察され、日米で共同研究を始めている。

(2) 危機管理 (河田恵昭、客員助教授 永田 茂)

この手法は自然災害のみならず、社会災害にも多く適用可能なことがわかってきた。まず、1996年の豊浜トンネル事故調査委員会活動結果から、わが国では行政・地域(企業などを含む)・市民の間のパートナーシップが重要であることを提言し、その結果は、自主防災組織の活動などに広く使われている。有珠山の噴火災害では政府の緊急対策本部と地元自治体との関係について、多くの提言を行い、円滑なマスメディア対応などの成果として報告されている。また、2001年に発生した明石市・大蔵海岸における花火大会歩道橋事故や、同海岸での砂浜陥没事故では、事故原因の究明や再発防止に対して、被害抑止、被害軽減、対応、復旧・復興計画に組織的な取り組みが必要なことを示してきた。また、能勢郡のダイオキシン焼却炉問題や企業防災においても、危機管理の立場から積極的な取り組みが開始されており、当センターはその先導的指導を行ってきている。

(3) 高潮・洪水・津波氾濫とその防災

(河田恵昭、高橋智幸、柄谷友香)

2000年東海豪雨災害に際しては、いち早く現地調査を開始し、都市水害の持つポテンシャルの総合的な評価を行ってきた。中でも、情報の内容、伝達、共有化などに関しては多くの問題点があることを指摘し、その改善策が被災自治体で採用されてきている。これに関して、地下空間の安全性に対する高まりを積極的に仕掛け、またその対策に対して積極的な助言を行うとともに、総合減災システムの提案を行ってきている。東海・東南海・南海地震と津波災害に対しても、数値計算の精度

向上やハザードマップを作る場合の問題点などについて多くの研究と行政の助言を行ってきた。1998年の八代海の高潮災害においても、高潮情報のあり方に関する種々の提言を行ってきた。これに関して伊勢湾台風高潮災害40周年やジェーン台風高潮50周年事業を実施した。

II. 災害情報システム研究領域

教授 林春男、助手 川方裕則

①領域の研究対象

社会現象としての災害の学理究明と効果的な災害対応策の提言

②現在の主な研究テーマ

- 1) 防災 CALS の構築
- 2) 被害推定・想定システム
- 3) 阪神・淡路大震災からの復興過程

③各研究テーマ名

(1) 防災 CALS の構築

災害対応業務のフロー解析 (林 春男、田口尋子)
復興シナリオプランニング (林 春男、田村圭子)
災害エスノグラフィによる災害対応に関する
暗黙知の形式知化 (林 春男、山下未知子)
災害対応のための組織経営支援システムの開発
(林 春男、阿草宗成)

目的: 災害対応の標準化を目指し、コンピュータ支援システムの開発を行う

(2) 被害推定・想定システム

間接被害の定量化 (林 春男、高島正典)
衛星データを用いた被害ポテンシャルの推定
方法の開発 (林 春男、渡邊 学)
DMSP-OLS を用いた広域被害想定法の確立
(林 春男、高島正典)

災害対応シミュレーターの開発 (林 春男)
目的: 衛星データの解析を通して、被害推定システムを開発する

(3) 阪神・淡路大震災からの復興過程

被災者の心のケア・マネジメント・システム
(林 春男、岩佐佑一)
生活再建過程の検討 (林 春男、木村玲欧)
目的: パネル調査を通して、阪神淡路大震災から

の生活復興過程を体系化する

III. 被害抑止システム研究領域

教授 田中哮義、助教授 赤松純平

①領域の研究対象

地震火災被害評価手法の開発、都市防火計画

②現在の主な研究テーマ

地震火災延焼モデル、都市火災時住民避難モデル

③各研究テーマ名

(1) 物理的火災延焼モデルの開発 (田中哮義)

目的: 現代の市街地状況の変化の下での地震火災被害の適切な評価、都市火災対策の効果の適切な評価を可能にする上で鍵となる物理的な基盤に立つ市街地火災延焼モデルを開発する。

方法: 市街地火災を、市街地を構成する個々の建築物の燃焼の集合と捉え、それらの火災性状および火災建物の他の建築物への影響を数学的に定式化し、予測計算のためのコンピューターモデルとして構築する。

成果概要: 建物内の延焼拡大の予測モデルを構築し、過去の火災実験との比較で検証。仮想的に想定した市街地で定性的に妥当な延焼性状が予測されることを確認。今後 GIS との統合に向けた作業が必要。

(2) 都市火災時住民避難モデルの開発 (田中哮義)

目的: 大地震時などの市街地同時多発火災時の住民の避難にとって重大な火災気流の影響を考慮に入れた避難モデルの開発。

方法: 都市街路を避難経路のネットワークとして組み、他方で市街地火災による火災気流の危険度の予測手法を作成し、火災気流による危険の下での住民避難性状の予測モデルを構築する。これを、過去の市街地大火における住民避難、犠牲者の発生状況との比較で検証する。

成果概要: 過去の市街地火災延焼動態図を下に、火災気流による危険度を予測するモデル、および個々の避難者が避難経路ネットワーク上を危険度に反応しながら避難するモデルを作成した。また過去の酒田市大火、函館大火の避難データとの

比較でモデルの予測精度を検討した。今後、火災気流に曝された避難者の生理的危険もモデルを開発して導入する必要がある。

4.10.3 その他重要な活動

阪神・淡路大震災記念

人と防災未来センターの設立と連携

河田は、1999年から具体化された本センターの構想において、設置された人材育成と展示に関する2つの委員会において主導的な役割を果たし、その結果、2002年4月27日に開設することができた。そこでは、防災研究所との連携が大きな課題となっており、それに対して、現在においても、センター長の兼務の形で積極的に指導している。

(1) 名古屋市洪水ハザードマップ作成

政令指定都市で始めて、洪水ハザードマップの作成を行った。その前提となったのは、愛知県水害対策委員会での河田委員長、林委員の活動であって、その延長上で、名古屋市に設けられた標記のハザードマップ委員会を指導し、一級河川の庄内川決壊を想定したハザードマップが8つの区を対象に2002年完成した。これは、従来にない内容となっており、とくに市民の立場からの利用促進が前面に出された画期的なものとなっている。

(2) 阪神・淡路大震災に関係した各種の防災啓発活動と調査の継続

当センターの事業報告にあるように、1995年の同災害以降、当センターは復旧・復興過程についての諸問題の調査研究に積極的に取り組むとともに、多くの成果を世に問うてきた。また、メモリアルカンファレンスイン神戸や実務者セミナーをいち早くしかも継続的に実施するなど、その取り組みは国内外から高い評価を受けている。

(3) 東海地震をはじめとする防災関連の委員会活動

河田は政府に設けられた中央防災会議防災会

議の専門調査会のうち、5つの専門委員、座長代理として、とくに東海・東南海・南海地震に関する防災政策決定に深く関与して、実効的な内容にするべく努力を継続している。また、三重県、愛知県、奈良県、高知県、兵庫県、神戸市、大阪市、京都市の防災関係の委員会活動に委員長あるいは委員として参加し、自治体の防災力向上に寄与してきている。