

# 防災科研ニュース

## 特集

- ・気候変動に伴う極端気象に強い都市創り
- ・稠密観測による極端気象のメカニズム解明
- ・極端気象の監視・予測システムの開発
- ・極端気象に強い都市創り社会実験

## 行事開催報告

- ・G空間 EXPO「いつ・どこ情報」で暮らしが変わる、未来を創る」
- ・2010年度雪氷防災研究講演会
- ・第8回環境研究シンポジウムでMPレーダについて講演
- ・UJNR 地震調査専門部会第8回合同部会が長岡市で開催

- ・つくば市で第13回日本地震工学シンポジウム
- ・「柏崎国際原子力耐震安全シンポジウム」で講演と出展

## 受賞報告

- ・村上研究員がクリタ水・環境科学研究優秀賞を受賞
- ・若月研究員が日本地形学連合奨励賞を受賞

## 研究最前線

- ・新しい基盤的な火山観測網の整備とデータの流通・公開



## 特集 気候変動に伴う極端気象に強い都市創り

今後の気候変動に伴って局地的大雨（いわゆる「ゲリラ豪雨」）の多発化や巨大台風の発生が懸念されており、これらは都市型災害を甚大化する可能性が高いと言われています。

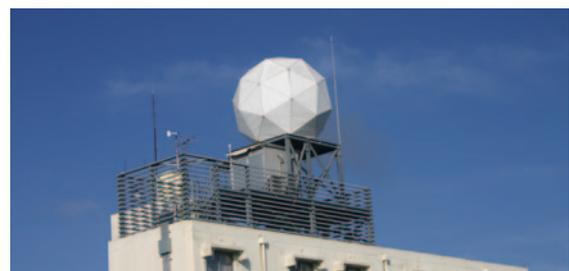
防災科研を中核機関とする研究グループ（総括責任者名：岡田義光理事長、研究代表者：眞木雅之水・土砂防災研究部長）は、2010年度科学技術振興調整費「気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム」の一環として「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」を提案し、2010年度から5年間の課題として採択されました。

本プロジェクトは次の3つのサブ課題から構成されており、今回の特集号では、研究代表者ならびに各サブ課題の研究責任者により、本プロジェクトの概要についてご紹介します。

**課題1：稠密観測による極端気象のメカニズム解明**  
（研究責任者 気象庁気象研究所 気象衛星・観測システム研究部長 石原正仁）

**課題2：極端気象の監視・予測システムの開発**  
（研究責任者 防災科研 水・土砂防災研究部 主任研究員 三隅良平）

**課題3：極端気象に強い都市創り社会実験**  
（研究責任者 東洋大学社会学部 教授 中村功）  
なお、防災科研ニュース2009年春号(No.167)では、「ゲリラ豪雨災害の予測をめざして」という特集号を組んでおります。また、Webページ (<http://www.bosai.go.jp/seika.html>)「主な研究成果」でXバンド・マルチパラメータレーダ（MPレーダ）について観測情報が見られるようにリンク先を紹介しています。関連する情報につきましては、そちらもご参照ください。



防災科研ニュースに掲載された記事につきまして、ご意見・感想を募集しております。①発行号のNo.、②記事名、③投稿者の所属・氏名、④Web掲載の場合の匿名希望の有無、を明記の上、[k-news@bosai.go.jp](mailto:k-news@bosai.go.jp) までメールにてお送り下さい。お送りいただいたご意見・感想は執筆者にフィードバックいたします。また、当所のWebページにて、ご紹介させていただく場合がございます。

# 気候変動に伴う極端気象に強い都市創り

気候変動に対応した新たな社会の創出するための社会システム改革プログラム

水・土砂防災研究部 部長 眞木雅之



## はじめに

科学技術振興調整費（科学技術振興機構 / 文部科学省）により、気候変動に対応した新たな社会を創出するための社会システム改革プログラムがスタートしました。このプログラムでは、温室効果ガスを削減すると同時に、削減だけでは避けられない温暖化の影響に適応するため、気候変動の適応策や緩和策の基礎となる要

素技術を開発し実証実験を通じた社会システムの改革を目指します。ここでは、2010年度に採択された4課題のうち、「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」（代表研究機関：当研究所）の概要と研究成果を紹介します。

## 研究の概要

高度に発達した交通網や通信網を有し、数百万以上の人々が生活する大都市には、台風、

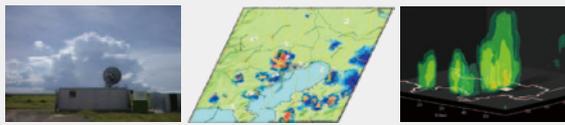
### 隘路①：現状の技術では予測が困難

#### 課題1：稠密観測による極端気象のメカニズム解明

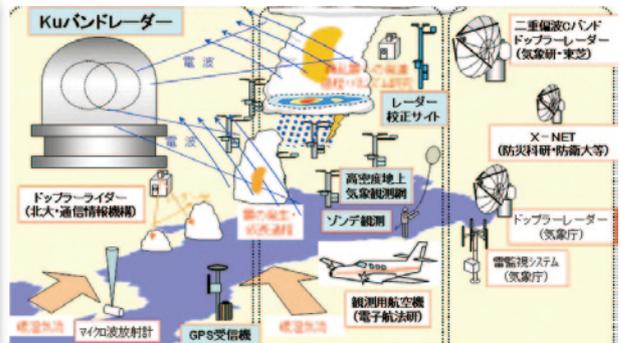
##### 【理学的研究】

—先端的観測システムと気象学研究者による現象解明—

- (1) 新たな観測技術の開発・実用化
- (2) 極端気象の観測解明
- (3) 統計的解析



### 極端気象（ゲリラ豪雨、強風など）



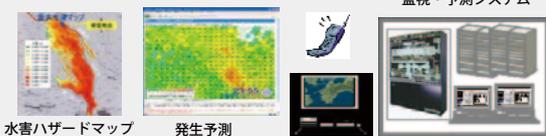
### 隘路②：情報の精度，伝達の的確さ

#### 課題2：極端気象の監視・予測システムの開発

##### 【工学的研究】

—エンドユーザとの双方向のやりとりを通じた開発—

- (1) 極端気象の発生予測手法の開発
- (2) 極端気象の監視・予測システムの開発と運用
- (3) 極端気象のデータベース構築



### 隘路③：プロジェクト終了後の継続性

#### 課題3：極端気象に強い都市創り社会実験

##### 【社会学的研究】

—社会実験を通じたシステムの定着—

- (1) 4つの分野での社会実験
  - ① 救助活動 ② 危機管理 ③ 社会基盤 ④ 生活・教育
- (2) 解析と問題点の抽出，提言



図1 研究プロジェクト「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」の概要

集中豪雨、落雷、突風などの激しい気象擾乱に対する脆弱性が内在しています。今後の気候変動に伴って懸念される局地的大雨（いわゆる「ゲリラ豪雨」）の多発化や巨大台風の発生は都市型災害の被害を甚大化する可能性が高く、局地的大雨・強風などの極端気象の監視・予測技術の確立は急務です。本研究では理学・工学・社会学の研究者で構成される研究チームにより、首都圏に稠密気象観測網を構築して極端気象の発生プロセス、メカニズムを解明し、現象を早期に検知しエンドユーザーに伝達する「極端気象監視・予測システム」を開発し、関係府省・地方公共団体・民間企業・住民との連携のもとで社会実験をおこないます。開発したシステムは他の都市域へも適用できることを示すとともに社会実験から提起される諸問題を議論し、関係府省や自治体への提言としてまとめることにより社会の変革を図ります（図1）。

## 実施体制

参加機関（協力機関を含む）は次の25機関で計90名を越す研究者・自治体防災担当者等が参加しています（図2）。

（独）防災科学技術研究所、気象研究所、東洋大学、国土技術総合政策研究所、（独）情報通信研究機構、（独）電子航法研究所、（財）日本気象協会、（株）東芝、北海道大学、京大防災研究所、大阪大学、中央大学、山梨大学、防衛大学校、日本大学、（財）電力中央研究所、（財）東京都環境科学研究所、長崎大学、東京都江戸川区、東京消防庁、横浜市、藤沢市、JR東日本、JR東海、大林組。

地震、火山、風水害、雪氷災害などの防災研究に十分な実績と研究体制を有する当研究所が中核機関として全体を統括します。課題1は気象庁気象研究所が責任機関となり、当研究所等

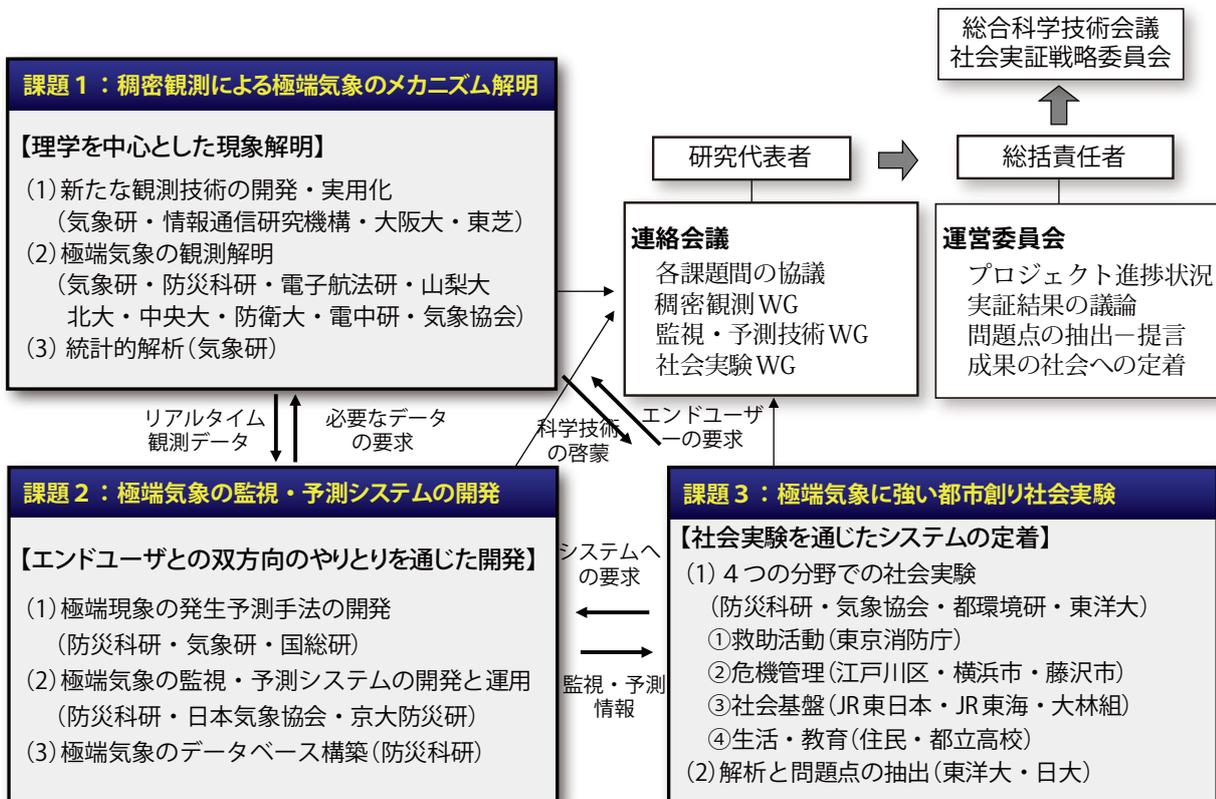


図2 研究プロジェクト「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」の研究体制

の10機関が参画し、極端気象の稠密観測を実施してその実態を解明します。課題2は当研究所が責任機関となり、気象協会等の4機関が参画して「極端気象早期検知・予測システム」を開発します。課題3は東洋大学が責任機関となり、4つの地方自治体及び3社の民間企業において社会実験をおこないます。

プロジェクト全体の円滑な運営を測るために総括責任者の下に運営委員会を設けます。また、各課題間の調整のために研究代表者の下に連絡協議会を設けます。具体的な問題に関しては稠密観測ワーキンググループ、監視・予測ワーキンググループ、社会実験ワーキンググループの中で議論し解決していきます。

## 研究課題

### 課題1：稠密観測による極端気象のメカニズム解明（気象研究所）

首都圏を対象に、最新の観測システムと既存観測システムを結集した稠密気象観測により多数の積乱雲を観測します。それらのデータを用いて、環境場、積乱雲の発生要因、発生・発達・衰弱までのプロセスを理解した上で、データ解析、数値モデル再現実験等により災害をもたらす積乱雲、及び災害をもたらさない積乱雲の発生・発達・衰弱メカニズムを解明するとともに、課題2で使用するデータセットを作成します。

### 課題2：極端気象の監視・予測システムの開発（防災科学技術研究所）

稠密観測から得られるデータをリアルタイムで処理し、極端気象を早期に検出・予測する技術を開発するとともに、極端気象による災害が発生する直前に、市町村内の地区スケールで、緊急に防災情報を伝達する「極端気象早期検知・予測システム」を開発し、社会実験で運用します。また過去に発生した類似の災害を検

索し、事前の防災対策の参考となる情報を提供する極端気象データベースを構築します。

### 課題3：極端気象に強い都市創り社会実験（東洋大学）

極端気象情報の利用者の例として、地方自治体、鉄道、建設現場、学校、個人等を対象に、緊急時において、どのタイミングにどのような情報を必要としているかを調査・分析し、利用者に応じた災害情報の伝達方法を研究します。「極端気象早期検知・予測システム」による社会実験を実施し、極端気象の発生時に、実際に地方自治体、鉄道、建設現場、個人等に早期検知・予測情報を配信し、情報伝達による被害軽減効果を検証します。

## 展望

このプロジェクトの最終目標は、得られた知見や開発したシステムを利用した、極端気象に強い都市創りに向けた様々な取組が開始されることです。このための鍵となる点として、第一にプロジェクト終了後も利用可能な極端気象の観測システムが整備されていること、第二に、観測及び予測情報を配信するための仕組みを構築することが挙げられます。

前者については、気象庁が展開している現業用Cバンドドップラーレーダや国土交通省河川局が2012年から3大都市圏と主要な地方都市で本格運用するXバンドMPレーダネットワークなどの利用が想定されます。後者については、国土交通省、財団法人、民間気象会社、NPOでの運用が想定されますが、どのような体制が最適かについて、社会実験から提起される問題点を、本プロジェクトの運営委員会で議論し、その結果を社会実証戦略委員会（内閣府総合科学技術会議）、関係省庁、地方自治体等への提言としてまとめます。

## 稠密観測による極端気象のメカニズム解明

局地的大雨をもたらす積乱雲の発生・発達メカニズムに迫る

気象庁 気象研究所 気象衛星・観測システム研究部長 石原正仁



### はじめに

世界各国の専門家が連携して地球温暖化の研究や対策を評価している「気候変動に関する政府間パネル：IPCC」の第4次評価報告書(2007)では、「地球温暖化の進展に伴い世界のほとんどの陸域で大雨の頻度が増加し、非常に強い台風の発生数が増加する可能性が高い。」と予測しています。人口が集中する都市域では、人工排熱や緑地の減少によるヒートアイランド現象が地球温暖化と相まって、局地的大雨などの極端気象を増加させると推測されています。気象庁のアメダスによる統計によると、過去30年間の1時間50mm以上の大雨では、最近10年間の頻度がそれ以前の頻度より増加していることがわかっています。

これまで大雨による被害をもたらすとして注目されてきた気象現象は水平規模が数100kmに及ぶ低気圧や梅雨前線、そして台風でした。これらは集中豪雨として長年研究されてきた結果、現在では発生や接近の様子が理論や数値予報によって高い精度で予測できるようになってきました。同時にレーダー・気象衛星・アメダスなど、全国を覆う気象観測網による監視体制も充実しています。

その一方で、晴れた空のもとで突然発生する積乱雲は10km四方程度のごく狭い地域に強い雨をもたらす、ときには竜巻・ダウンバーストなど激しい突風を起こします。交通網や通信網

が高度に発達した現代の都市では、ひとたびこうした極端(シビア)な大気現象「極端気象」が発生すると、地下街、道路、工事現場などでは降った雨が狭い箇所一気に流れ込むなどして大きな被害が発生することが多くなっています。

2008年8月5日の首都圏では朝からあちこちで積乱雲が発生していました。都心南部で発生した積乱雲はゆっくりと北上し、豊島区雑司が谷を通過しました。このとき1時間に約60mmの非常に強い雨が降り、下水道の工事現場で5名の関係者が亡くなりました。また、同年7月28日には兵庫県中部に大規模な雨域がありましたが、ここから南に10kmほど離れた神戸市に突然積乱雲が発生しました。この積乱雲がもたらした雨は都賀川の水位をわずか10分の間に1.3mも増加させ、公園となっている川のほとりや遊歩道で遊んでいた子供を含む5名の方が流されて亡くなりました。さらに2009年8月19日の沖縄県那覇市では、ひとつの積乱雲が通過したことによって市内のガープ川が急増水し、4名の工事関係者が亡くなりました。

気象庁では天気図や数値予報から大雨の発生が想定されると、まず大雨注意報を発表します。次にアメダスやレーダーなどによる監視のもと、大雨による重大な災害の発生が予測されると大雨警報が発表されます。また河川が増水し重大な災害が発生するおそれがあると予想したときには洪水警報を発表し、さらに指定された河川では国土交通省や都道府県と共同で洪水予報を

発表しています。

低気圧、前線、台風などにもなう大雨では、多くの場合発生の数時間前にはこうした警報を発表することができます。しかし、突然発生する積乱雲がもたらす大雨（気象庁ではこれを「局地的大雨」と呼んでいます）については、十分な時間的余裕を持って大雨警報を発表することは現時点では困難です。その理由は積乱雲が発生・発達し大雨がもたらされるまでの詳細なプロセスやメカニズムが解明されておらず、それに対応する監視・予測技術が開発されていないことです。「局地的大雨」のことをマスコミ等では「ゲリラ豪雨」と呼ぶことがありますが、この言葉は予期せず発生し被害を与えるこうした極端気象の性格から名付けられたものと思われま

す。前節の眞木部長による解説のとおり、科学技術振興調整費による「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」の課題1では、こうした局地的大雨をもたらすような比較的小規模な積乱雲を対象として、最新の気象観測技術と既存の研究・現業観測網を連携させた高い空間・時間分解能の「稠密観測網」による観測と解析、さらに数値実験を組み合わせて、主に局地的大雨をもたらす積乱雲のそのメカニズム解明を進めていきます。

## 積乱雲のメカニズム研究の課題

本格的な積乱雲の研究は1940年代中頃に米国で行われた“Thunder Storm Project (雷雨プロジェクト)”に始まるとされています。その後、米国では大型の竜巻“トルネード”の被害を軽減するため積乱雲の研究が大きく進みました。わが国でも同時期に関東平野で「雷雨特別観測」が行われました。

関東平野は全国で最も多く積乱雲が発達する

地方です。地元位置する気象研究所や防災科研では、関東地方に発生する積乱雲がひとつの研究テーマとなってきました。1990年代後半には国内の多数の研究機関・大学が参加して「つくば域降雨実験」が実施されました（吉崎ほか、1999）。こうした研究により積乱雲について多くのことが理解されるようになりましたが、局地的大雨に対処するためには不明な点が多く残されており、研究や調査が必要です。

積乱雲のメカニズムを解明すると一口にいても、たくさんのプロセスに対応する研究が必要です。本研究では次のような課題を設定しています。

- 積乱雲を発生させる大気環境場
- 都市域における大気境界層と積乱雲発生の関係
- 積雲が発生する過程とメカニズム
- 積雲が積乱雲に進化する過程とメカニズム
- 積乱雲が成長する過程における内部の降水粒子や気流の分布
- 積乱雲の下で大雨が発生し終焉する過程
- 積乱雲の移動の過程や分裂や合併により積乱雲が長続きする過程とメカニズム
- 積乱雲やそれにもなう大雨の統計解析
- 積乱雲の観測に必要な技術開発

次節では、まず首都圏で発生する積乱雲の実態を紹介します。次に、本プロジェクトの主題である首都圏稠密観測を中心にすえて、これらの研究について解説します。

## 首都圏の積乱雲

関東地方に発生する積乱雲には大きく分けて2つのタイプがあります（小倉ほか、2002）。ひとつは、群馬県・栃木県・埼玉県・東京都の山地で発生するタイプで、そのうちのいくつかは南または東に移動して首都圏に達します。もうひ

とつははじめから首都圏に発生するタイプです。

先にお話した豊島区雑司が谷の大雨は後者のタイプの積乱雲によるものです。この日、東京都とその周辺域では179個の積乱雲が発生していました。図1は179個の積乱雲の大きさと寿命の分布です。大きさで見ると、平均値は20km<sup>2</sup>（直径5kmの円に相当）で、最大でも80km<sup>2</sup>（直径10kmの円に相当）でした。レーダーの画面上に積乱雲が出現し消え去るまでの時間を寿命とすると、積乱雲の総数の2/3は60分以下で、全体の86%が80分以下でした。すなわち積乱雲の寿命は1時間そこそこということになります。

レーダー画面に積乱雲が出現して地上で雨が降り始めてから雨のピークを迎えるまでの時間を調べると、それは10～20分でした。すなわち、レーダーによって積乱雲の動向を監視しながら地上で大雨が発生することを予測しようとすると、われわれに与えられる時間は10～20分であると言い換えられます。大気環境が異なると積乱雲の振舞いも異なってくるので、この日の事例だけで結論づけはできませんが、局地

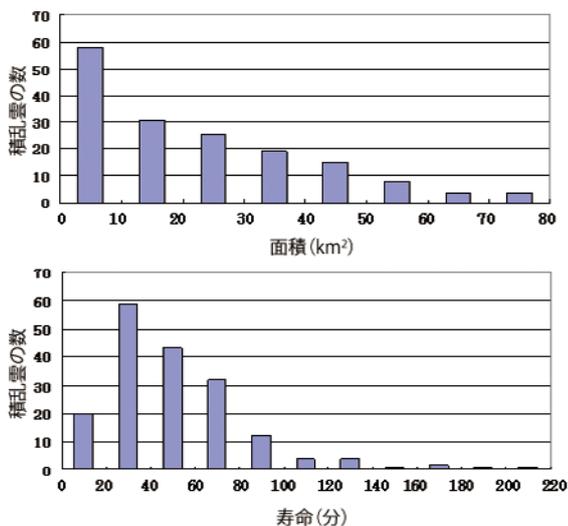


図1 2008年8月5日に首都圏で発生した179個の積乱雲の面積(上)と寿命(下)の頻度分布。

的大雨の監視や予測には大きな時間的ハードルが設けられているといえます。

## 首都圏稠密観測

さて本題の首都圏稠密観測網に話を進めましょう。図2は現在準備中の首都圏稠密観測網のイメージ図です。観測機器の配置などは実際と多少異なりますが、観測網の概要を見渡すことができます。全体は今回のプロジェクトのために実施する研究観測網、既存の研究観測網、気象庁などの現業観測網の3つに分類されます。その1 今回のプロジェクトのために導入される観測システムは次のとおりです。

- Kuバンドレーダー：大阪大学で最近開発された波長2cmの小型気象レーダーです。これまでの気象レーダーでは常識であった5～10分間の時間分解能（3次元走査の場合）と100m程度の距離分解能を、このレーダーは一挙に1～2分と10mに短縮しました。さらにドップラー速度測定や二重偏波などのマルチパラメータ（MP）機能により降水粒子の大きさの推定ができます。探知範囲が20km程度と狭いことが短所ですが、急激に変化する積乱雲の内部構造を知るには最適なレーダーです。
- 航空機観測：電子航法研究所が保有するビーチクラフト B99が観測に参加します。機動性と高速性を生かして、わが国ではこれまで測定されたことのない積乱雲が発生する直前や発生後の積乱雲周辺の気温、湿度、風などの大気状態を測定します。
- ドップラーライダー：大気中に浮遊するエアロゾルを媒体として地上付近の気流やエアロゾルの分布を測定します。北海道大学低温科学研究所が目黒区に、情報通信研究機構が小金井市でドップラーライダーの観測を行いま

す。羽田空港で運用されている気象庁の現業ドップラーライダーを加え3台が連携することにより、東京湾から多摩地区東部にかけてのドップラーライダー回廊ができあがります。これにより積乱雲の発生に先立って東京湾から都心部に進入して来る海風前線や積乱雲が作り出すガストフロントなどレーダーが不得手とする観測対象を可視化することができるかと期待されます。

- 大気境界層観測：防衛大学校、気象研究所そして情報通信研究機構が協力して、大気のゆらぎを測定するシンチロメータやラジオゾンデなど使って大気境界層における熱の鉛直輸送量を測定します。大気境界層とは地上から高度1km程度までの地表の影響を強く受けた気層で、地表から大気へ熱や水蒸気を輸送し、積乱雲の発生環境を整える領域です。都市域では人口廃熱やビルなどにより周辺の田園地域とは異なった大気境界層が形成され、積乱雲の発生に影響を与えていると推測されています。
- 高密度地上観測網：気温・湿度・気圧・風・雨滴粒径分布を測定する12地点からなる観測網を大雨の発生が多いとされている都区西部に展開します。気象研究所などの山形県庄内平野における実績をもとに、各地点の間隔を3kmとし、気象庁のアメダスの17kmにくらべるとたいへん高い空間密度の観測が実現します。これにより積乱雲の発生前後の地上付近の気象状況が精密に測定されます。
- GPS受信網：GPS衛星から発射される信号が大気中の水蒸気によって真空中より遅くなることを利用して大気中の水蒸気の量を測定し

ます。気象庁は全国約1200地点の国土地理院のGPS受信網GEONETのデータを日々の数値予報の初期値解析に利用しています。首都圏稠密観測ではGEONETのデータを強化するためGPS受信機を水蒸気の流入口である東京湾岸や区内に5台設置します。東京湾上の『海ほたる』にも1台を設置する予定です。これらにより積乱雲の発生に必要な水蒸気の量を詳細に測定します。

その2 関東地方では既存の研究観測網が充実しています。

- その代表格はX-NETです。防災科研が中心となり、防衛大学校、中央大学、山梨大学、気象協会、電力中央研究所が参加して首都圏を覆うように7台の波長3cmのXバンドレーダーが運用されています。このうちのいくつかはマルチパラメータ機能により、電波が雨滴の中を通過する際に電波の位相が遅れることを利用して雨量計に匹敵する精度の雨量測定を行っています（Kato and Maki, 2009）。マルチドップラー機能により雨域内の風向風速のリアルタイム測定も可能です。
- 気象研究所のMPレーダーは、波長5cmのC

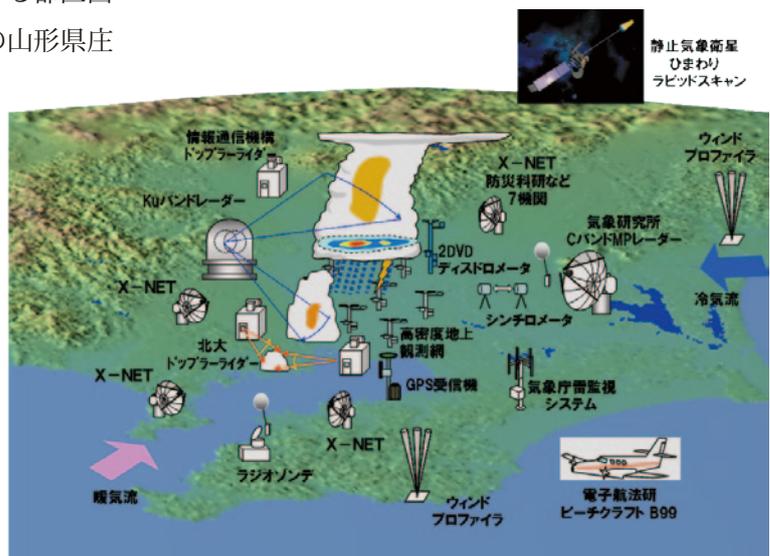


図2 首都圏稠密観測網のイメージ図。観測機器の数や配置は実際とは異なります。

バンド気象レーダーとしては世界に先駆けて送信機に固体素子を採用し、今後の気象レーダーの進路を占うものです。製造会社の(株)東芝も参加して固体素子特有の技術的課題を検討するとともに、高密度地上観測網と連動してMP機能を生かして積乱雲内の降水粒子の判別、雨滴粒径分布の測定を行います。また、柏・成田空港・羽田空港の気象庁現業レーダーやX-NETのレーダーとの連携で、積乱雲内の詳細な気流分布などの解析が可能となります。

**その3** 気象庁などの高層気象観測、レーダー、地上気象観測などの現業データも有効に利用する予定です。中でも静止気象衛星ひまわりの『ラピッドスキャン』が注目されます。ひまわりは通常日本を含む南北半球の雲画像を30分間隔で撮影し地上に送ってきます。ラピッドスキャンでは、日本周辺に限りますが5分程度の間隔で雲画像を撮影します。まだ試験観測の段階ですが、本プロジェクトではこのデータが利用できる予定です。これにより今までにだれも見ることがない積雲が発生し積乱雲に発展する様子が克明に観察されるはずで

## 研究の流れ

実際の稠密観測網による観測とその後の研究の流れをシナリオ風に考えてみます。このプロジェクトのため、気象研究所では夏の期間中の毎日、1kmメッシュの特別に細かい数値モデルによる予報実験を行います。これによって翌日首都圏に積乱雲が発生することが予想されると、観測用航空機が待機に入ります。

当日午前中には、観測用航空機が関東南部を周回して上空の気象観測を行います。各機関の研究者はリアルタイムに送られてくる観測データをディスプレイ上で監視します。時間の経過

とともに、ドップラーライダー群は海風前線が東京湾から都内に進入するようすを捉えるでしょう。大気境界層の観測では熱の鉛直輸送量の増大が認められるかもしれません。ひまわりラピッドスキャンが積雲の発生を認めると、Kuバンドレーダーは積雲の中の雲粒が集まって降水粒子に変化する過程を捉えるはずで

す。積雲が垂直方向に伸びて積乱雲に変化すると、X-NETや現業レーダーがその発達過程を追跡します。積乱雲の中で大雨が形成される過程を見るため、研究者の手で操作される気象研究所のCバンドMPLレーダーが特に積乱雲内部の降水粒子の鉛直分布の変化を追跡します。その後、積乱雲の発達、大雨の開始、積乱雲の分裂や併合、そしてその終焉までを各観測システムが追跡します。観測で得られたデータは気象研究所のサーバにアーカイブされ、必要な品質管理を施した後に研究者間で利用に供されます。データ解析による事例解析、格子間隔が500mなどの高分解能数値モデルを使ったデータ同化による再現実験、統計的解析等が行われ、積乱雲の発生・発達のメカニズムと局地的大雨の発生過程が解明されていくことになります。

こうして得られた研究成果は、本研究プロジェクト課題2「極端気象の監視・予測システムの開発」のための科学的根拠や基礎材料を提供することになります。

## 参考文献

- ・小倉義光、奥山和彦、田口晶彦、2002：SAFIRで観測した夏期の関東地方における雷雲と大気環境。I：雷雨活動の概要と雷雨発生のメカニズム。天気、49、541-553。
- ・Kato, A. and M. Maki, 2009; Localized heavy rainfall near Zoshigaya, Tokyo, Japan on 5 August 2008 Observed by X-band polarimetric Radar — preliminary analysis —. SOLA, 5, 89-92.
- ・吉崎正憲、中村 一、中村建治(編)、1999：つくば域降雨実験。気象研究ノート、193、288pp。

## 極端気象の監視・予測システムの開発

豪雨・突風情報を伝達する

水・土砂防災研究部 主任研究員 三隅良平



### 突然の浸水で危機一髪

2010年7月5日夜、東京都北区堀船に住むAさんは、作業場に行っているアパート1階の様子を見に行きました。折からの大雨で作業場に水が入るのではないかと心配したのです。サンダル履きの軽装で様子を確認していたところ、突然の浸水がAさんを襲いました。アパートを囲むコンクリートの壁に水圧で穴が空き、そこからすごい勢いで水が入ってきたのです。同時にアパート周辺の狭い路地からも水が入り込み、水位はあっという間に腰の高さになりました。激しい水流でAさんは流されそうになりましたが、近くの電柱に必死にしがみついて何とか難を逃れました。しかし胸ポケットに入れていた携帯電話が流され、手足には傷を負い、また高額な作業場の機械がすべて駄目になってしまいました。



写真1 平成22年7月5日豪雨による被害の例。氾濫した水の圧力によってブロック塀やドアが倒されています。

この災害は石神井川の氾濫で生じたものですが、近年、このように突発的な豪雨被害が数多く報告されるようになってきました。都市域では地面がアスファルトで固められているため、降雨が早い時間で河川に流入することや、狭い範囲に人口や財産が集中していることが被害を起り易くしていると考えられます。

### 局地豪雨を捉える

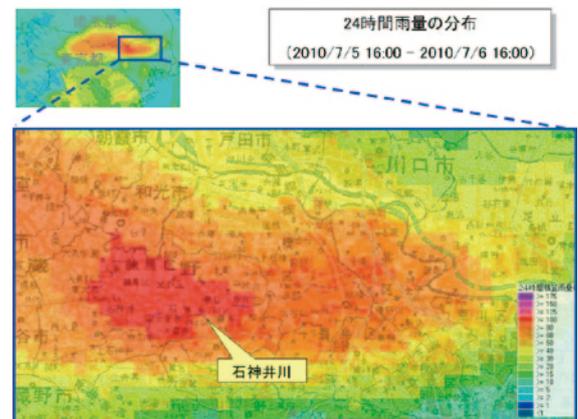


図1 防災科学技術研究所のMPレーダが捉えた2010年7月5日の大雨

「ゲリラ豪雨」の名称で報道されることもある局地豪雨は、その時間・空間スケールが小さいため、これまではしばしば気象観測網で捉えきれない場合があります。しかし近年、新しい気象レーダ技術により、局地豪雨を捉えることが可能になってきています。その1つが、防災科研の開発したXバンドマルチパラメータレーダ（MPレーダ）です。図1はMPレーダ

による2010年7月5日の大雨による東京周辺の雨量分布を示しています。雨量は石神井川に沿って大きな値を示しており、このことが石神井川の氾濫を引き起こす原因になったと考えられています。XバンドMPレーダは、国土交通省によって都市圏を中心に観測網が整備されつつあり、首都圏のみならず様々な場所での局地豪雨を、より確実に捉えられるようになりつつあります。

## 情報を伝える

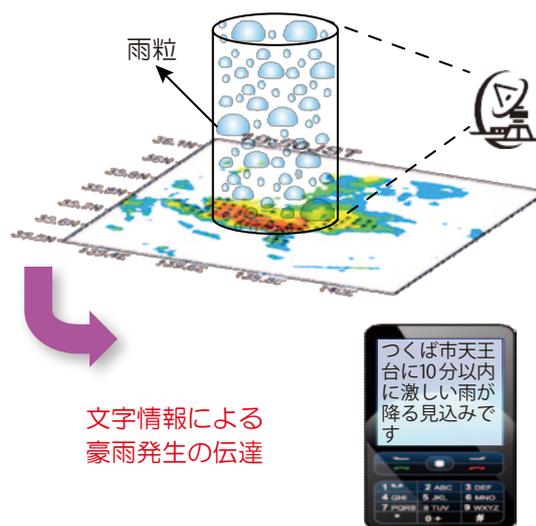
このように局地豪雨はある程度観測可能になってきました。しかしまだ大きな問題が残っています。それは防災情報の伝達です。せっかく局地豪雨の発生を観測できても、速やかに防災担当者や一般の方々に情報が伝達されなければ被害は軽減されません。「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」の課題2では、局地豪雨や突風など極端気象を観測した場合、速やかに情報を伝達する「極端気象早期検知・予測システム」を開発することを目標にしています。このシステムの開発にあたっては、地方自治体、消防、鉄道、建設会社等の防災担当者にも参加していただき、各分野において「どのタイミングで「どのような」防災情報を必要としているかを明らかにしながら、システム開発を進めていくことにしています。以下、「極端気象早期検知・予測システム」に必要な技術開発を紹介していきます。

## 緊急「豪雨」情報を作成する

地震の分野では「緊急地震速報」が大きな成果を上げています。緊急地震速報は地震発生のほんの十数秒から数十秒前の情報伝達ですが、それでも命や財産を守るための様々な行動をとることが可能です。同じことは豪雨につい

ても言えます。局所的な豪雨は突然発生し、雨の降り始めから20分程度で甚大な被害を生じさせます。豪雨発生のため5分～10分前であっても、精度の高い予測情報を伝達することができれば、被害を軽減させることができると考えられます。本課題では、豪雨発生を早期に検知するため、地上のみならず上空の雨を監視し、予測情報に活用することを計画しています。図2に示すように、レーダは仰角を変えることによって上空の雨の強さを測ることができます。雨粒が落下する速さは毎秒9メートル程度ですから、高度4000メートルで豪雨が検知できれば、地上に雨が達する約7分前に豪雨発生を検知できることになります。情報の受信者が緊急的な避難行動をとれるようにこの情報を文字情報などに変換し、携帯電話等でいち早く現場に伝えるシステムの構築を目指しています。

さらに数十分～1時間先の予測を対象とする降水・強風ナウキャスト技術の向上や、観測データを数値予報に取り込む同化技術の高度化なども計画されています。



文字情報による  
豪雨発生の伝達

図2 緊急「豪雨」情報のイメージ

## 河川警報装置を高度化する

2008年7月28日午後、神戸市を流れる都賀川を突然の鉄砲水が襲い、親水施設（河川に入って遊べる施設）にいた子供を含む5人が水死するという痛ましい災害がありました。親水施設は神戸市だけではなくいろいろな市町村の河川に設置されており、各市町村では突発的な豪雨に備えてその災害対策が急務です。



写真2 いたち川（横浜市）に設置されている警報装置

本課題では横浜市道路局河川部の協力を得て、親水施設に設置されている警報装置の高度化を目指しています。具体的な計画として、MPレーダをはじめとする稠密気象観測により正確な雨量を取得し、それに基づいて流域に降る雨量や水位の変動を予測することにより、警報装置の空振りや見逃しを改善していきます。都賀川で起こった悲劇が二度と起こらぬよう、政府機関、独立行政法人、民間企業、自治体の防災担当者が協力してシステムの高度化を目指します。

## 水防活動・防災行政のための情報を提供する

水害発生前の警戒や発災直後の対応など、地方自治体による水防活動や防災行政は、豪雨被害の軽減に重要な役割を担っています。特に災害発生直後には、防災担当者は災害の規模や状況を的確に判断し、迅速かつ効率的な対応をすることが重要です。本課題では東京消防庁、江戸川区、藤沢市の協力により、稠密気象観測による監視・予測情報をリアルタイムで防災担当者に提供し、水防活動や防災行政を効率的かつ的確に実施するためのシステム開発を進めています。システムの開発にあたっては防災担当者の意見を聞きながら、より実効性の高い情報提供を目指しています。



図3 水防活動のための情報提供

## 建設現場や鉄道運行の管理に応用する

2008年8月5日、東京都豊島区雑司が谷で局所的な豪雨が発生し、下水道工事をしていただ5名の作業員が水流に流されて死亡する災害

がありました。作業現場は危険が伴うだけでなく、作業の終了から退避行動に移るまである程度の時間を要することも被害を起しやすくしている原因です。このような災害を防ぐためには、十分な先行時間を持ち、かつ正確な気象情報が必要となります。本課題では大林組の協力のもと、建設現場に対して的確かつわかり易い防災情報の提供の仕方を検討していきます。



写真3 建設中の東京スカイツリー

また現在、列車の運行管理は主として鉄道沿線におかれた雨量計や風速計で行われています。その問題点としては雨量計同士のすき間に降る局所的な雨が検知できないことや、遠くからはやい速度で通過する突風前線など監視できないことがあります。本課題ではJR東日本およびJR東海の協力により、稠密気象観測に基づく監視・予測情報の列車運行管理への応用可能性も検討していきます。

## 過去の災害を知る

人は一般に防災情報を得たとしても、そこから起こる被害を想定しない限り、なかなか避難

行動には移れないものです。したがって自分の住んでいる場所の過去の災害履歴を知っておくこと、および自然災害に関する知識を持つておくことは的確な避難行動を起こすために重要です。本課題では過去の台風の経路や規模、被害状況を記録した「台風災害データベース」、土砂災害の起こった場所を記録した「土砂災害データベース」、東京都内での浸水被害を記録した「浸水被害データベース」の構築を進めます。また高等学校に稠密気象観測情報をモニターするためのパソコンを設置し、生徒の皆さんにリアルタイムで気象情報を見ていただきながら災害の知識を高めていただく試みも計画しています。

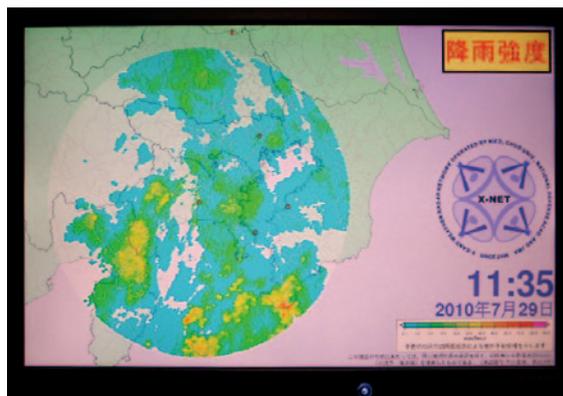


写真4 パソコンを利用したレーダ観測情報提供システム

## さいごに

MPレーダネットワークなど稠密な気象観測網が各地に展開され始め、現在、政府機関や独立行政法人、大学、地方自治体、民間企業等の様々な分野の人がその有効利用に知恵を絞っています。本プロジェクトが成功し、様々な分野での活用例を示すことができれば、同様な取り組みが全国に広がっていき、極端気象による災害が徐々に軽減されていくと考えています。

## 極端気象に強い都市創り社会実験

全体像および生活面の社会実証実験

東洋大学社会学部 教授 中村功



### 全体計画

極端気象に強い都市づくり社会実験では、防災情報のエンドユーザー（地方自治体、消防、鉄道、建設現場、教育、個人生活等）が緊急時において、どのタイミングにどのような情報を必要としているかを明らかにし、ユーザーに応じた災害情報の伝達手法を研究しています。

具体的には、地方自治体としては、藤沢市、江戸川区、横浜市が住民向けの防災体制整備のための実験を担当し、消防面では東京消防庁が浸水救助の支援システムへの応用を担当します。また鉄道では JR 東日本が運行管理システムへの観測データの応用を担当しています。また建設現場としては大林組が工事現場の災害対策への応用を担当し、教育面では東京都環境研究所が、都立高校生を対象にした観測データを使った教育実践を担当しています。

### 生活面の社会実証実験

東洋大学が取り組むのは、このうち個人生活面の社会実験です。5年間の計画としては、①シーズ・情報提供実態把握、②ニーズ調査、③実験準備（提供内容・形式の検討）、④実証実験、⑤評価・まとめを予定しています。

### 2010年度はシーズ調査

本年度はシーズに関する調査を行っています。具体的には、MP レーダ等を使った即時的気象

情報提供システムが、どのような技術的可能性を持っているか、どのような情報を提供できるのか、シーズ面から検証しています。

具体的には緻密観測・気象メカニズム解明部門や予測システム開発部門ヒアリングを行います。またここにおいて、予測システム開発へ開発上の提言もおこなう予定です。

一方、欧米において、即時的気象情報システムがどのように活用されているのか、資料を収集し、分析します。その中でもアメリカにおいては即時的情報伝達が求められる竜巻情報などが発展していると考えられ、また EU においても活用について何らかの先進事例があるのではないかと予想しています。

さらに文献研究、学会発表でどのような即時的気象情報システムがあり、活用されているか、最新の研究をフォローしています。

### 2011年度はニーズ調査

2011年度は5か年計画のうち②のシーズ調査を行う予定です。ここでは、緻密観測・気象メカニズム解明と予測システムのニーズに関する大規模ウェブ調査を行います。

具体的には、約150万人が登録するウェブパネル全員にスクリーニングをかけ、さまざまな社会的事情におかれた人、合計約1万人を抽出し、その対象者に即時的気象情報提供システムにどのような社会的ニーズが存在するかを調査し、整理します。

いまのところ対象者は10-20グループほどの特定集団を考えています。たとえば、気象情報サービス加入者、河川流域住民、水害被害経験者、農業従事者、児童をもつ母親、児童の野外活動を指導する人、登山者、サーファー等々、さまざまな事情を抱えた人々が気象情報にどのようなニーズを持っているかを検討します。

ここで調査対象者に大人数が必要なのは、調査項目には選択肢項目だけでなく自由回答を取り入れ、その中で活用アイデアを探るためです。すなわち、単なる数値の集計ではなく、大量の人数に聞くことによって、我々の思いつきもしない活用シーンが発見されることを期待しているのです。

150万人にスクリーニングの質問をしますと、

だいたい30万人くらいが回答を返してくると予測しています。たとえばそのうち0.1%が河川流域住民なり、サーファーだったとしますと、それぞれ300人の回答が取れることとなります。大規模ウェブ調査ではこのように特殊な人のニーズを知ることができるのです。



## 社会実証実験④生活・教育(生活)

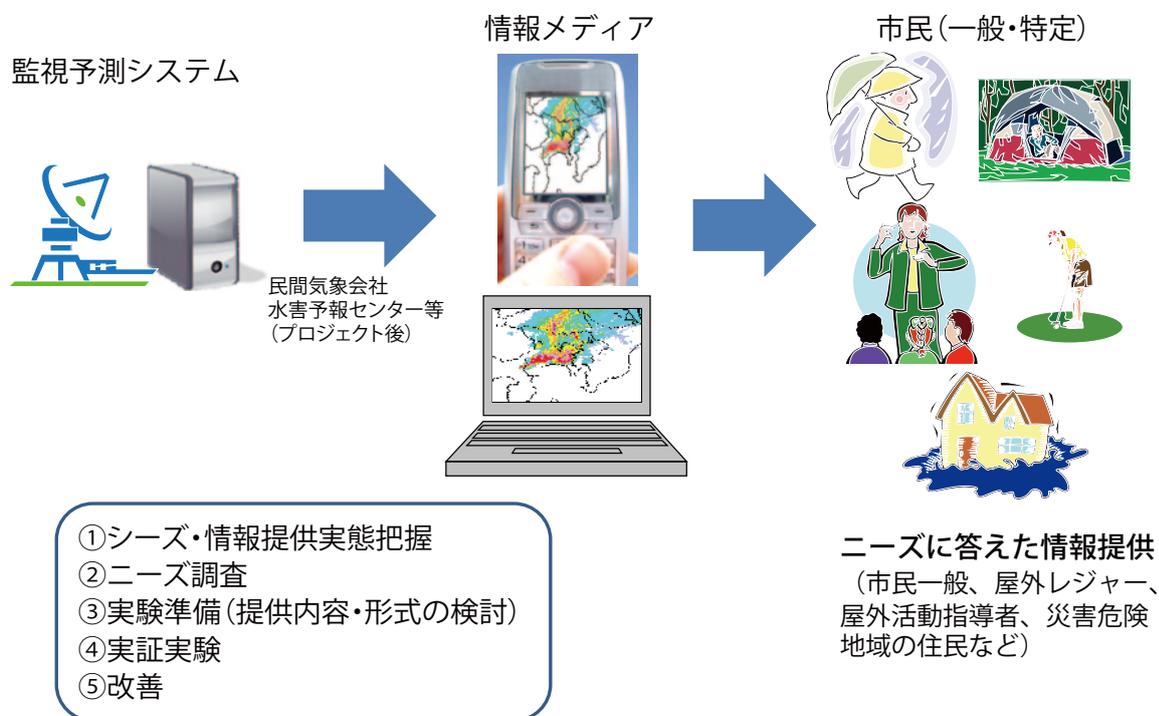


図1 個人の生活面の社会実験

## G空間EXPO「“いつ・どこ情報”で暮らしが変わる、未来を創る」

2010年9月19日から21日までの3日間、産学官連携によるG空間 EXPO 実行委員会の主催で、G空間 EXPO「“いつ・どこ情報”で暮らしが変わる、未来を創る」がパシフィコ横浜で開催されました。防災科研は、“安心安全な生活を「まもる」ゾーン”に出展し、地震動予測値図(J-SHIS)や、統合化地下構造データベースの紹介、地すべり地形分布図など、地理空間情報(G空間)と密接に関係する内容、さらに、個人や地域の防災力を高めるための研究として、浸水センサーやあめリスクナウ(浸水予測地図)、e防災マップづくりと地域発・防災ラジオドラマの紹介、開発中のウェブマッピングシステムおよびソーシャルウェア「eコミウェア」など、G空間と密接に関係する研究成果を紹介しました。

また、20日と21日に、丸2日間をかけて、災害リスク情報プラットフォーム研究プロジェクトリスク研究グループの主催により、次の4つのシンポジウムとワークショップが開催されました。

①～地域の絆をつくる～ e防災マップコンテスト記念シンポジウム(9月20日午前、参加者約70名)

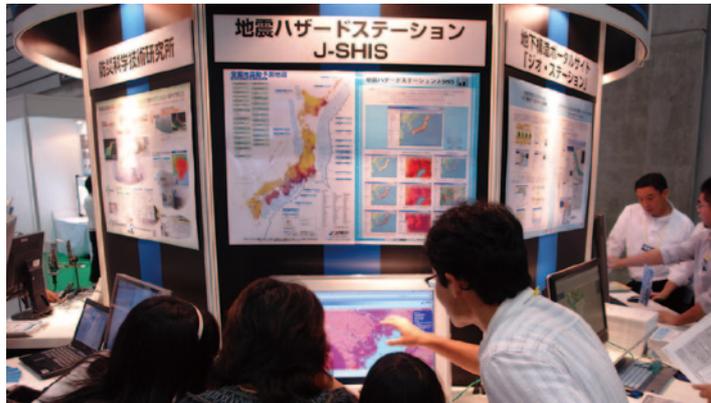
②地域における新しい公共と防災力～相互運用型 WebGIS と地域コミュニティ向けグループウェアの統合システム「eコミウェア」の活用～(9月20日午後、参加者約80名)

③防災マッシュアップコンテスト記念シンポジウム(9月21日午前、参加者約50名)

④新しい情報メディアの展開と地理空間情報の二次利用を考える 二次利用を阻害しているのは何だ? ～防災分野からG空間に向けて～(9月21日午後、参加者約70名)

これらのシンポジウム等の詳細な開催報告につきましては、下記URLをご覧ください

<http://www.bosai-drip.jp/etc/gexpo2010.htm>  
(G空間 EXPO は昨年度までは「地理空間情報フォーラム」として開催されていたものです。)



“安心安全な生活を「まもる」ゾーン”での出展の様子



特設会場で行われた e 防災マップコンテストの表彰式



「二次利用を考える」シンポジウム

## 行事開催報告

### 2010年度雪氷防災研究講演会 雪氷災害予測の最前線 —最近の集中豪雪災害を教訓に—

当研究所は、2010年11月12日(金)に新潟市において、標記講演会を、新潟県、新潟市、(社)日本雪氷学会北信越支部、日本雪工学会上信越支部の後援により開催しました。本講演会は、雪氷災害に関わる話題や最近の研究について紹介するもので、今回が50回目となります。新潟市は今年、吹雪災害や着雪による停電などによって大きな被害を受けており、雪氷災害に対する関心も高く、141名の方に集まって頂きました。

岡田理事長の開会挨拶のあと、新潟県土木部野澤部長からは、防災科研との連携によって雪氷災害を低減するシステム作りを構築しつつあり、今後も発展を望む挨拶がありました。引き続き、新潟大学理学部本田准教授から「北極の変化がもたらす近年の日本の異常気象—今冬の雪はどうなる—」の講演があり、その後、新潟市土木総務課佐藤主査から「昨冬の地吹雪被害と今後の対応」、新潟県妙高砂防事務所、NPO法人ACT太田氏



から「2009-2010シーズンの白馬山麓における雪崩情報発信について」と題し、当研究所で研究開発中の雪崩や吹雪の発生予測システムが活用されていることなども紹介されました。さらに、当研究所から中井総括主任研究員と根本主任研究員が最近の集中豪雪や吹雪災害の解析や予測研究について紹介しました。講演の後、熱心な総合討論が行われ、雪氷対策に携わっている行政の方からは、雪崩や吹雪、道路雪氷など面的な雪氷災害予測が必要で、防災科研にこれまで以上に研究開発を進めてもらいたいという意見も出されました。

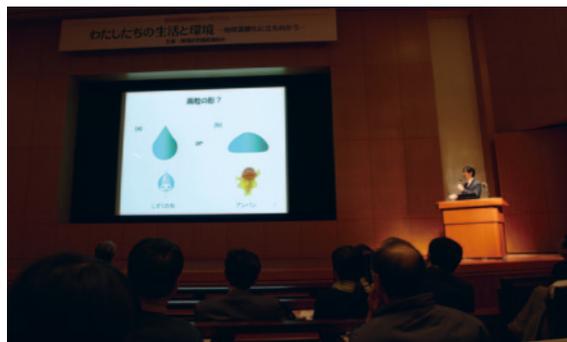
## 行事開催報告

### 第8回環境研究シンポジウムでMPレーダについて講演

2010年11月17日、一橋記念講堂に於いて環境研究機関連絡会の主催により、第8回環境研究シンポジウム「わたしたちの生活と環境～地球温暖化に立ち向かう～」が開催され、5件の講演、88件のポスター発表が行われました。

当研究所からは、水・土砂防災研究部の三隅主任研究員が「気象災害の予測と適応策 ～MPレーダネットワークによる局所的気象災害予測の現状と展望～」というテーマで講演しました（<http://tenbou.nies.go.jp/science/video/>でストーリーミング配信予定）。国土交通省に採用され、現在続々と配備数を増やしているMPレーダをテーマとした講演ということもあり、終了後の質

疑応答のみならず、ポスター会場まで直接質問をしに来る来場者もあり、関心の高さが伺えました。また、当研究所からは、水・土砂防災研究部、防災システム研究センター、雪氷防災研究センターより8枚のポスターを展示しました。



## UJNR 地震調査専門部会第8回合同部会が長岡市で開催

2010年10月20～22日、新潟県長岡市で標記会合が開催されました。UJNR（天然資源の開発利用に関する日米会議）地震調査専門部会は、日米の地震に関する研究成果と観測結果などを持ち寄り、相互交流を通じて地震災害の軽減に資することを目的に、2年ごとに日米交互で開催される会合です（事務局は、日本側は国土地理院、米国側は米国地質調査所）。当研究所は、本部会の前身「地震予知技術専門部会」（1979年第1回開催）以来、主要機関として参加しています。

20日は2004年新潟県中越地震の被災地の断層路頭や深層ボーリング現場等の現地視察が行われ、21、22日にはテクニカルセッションが開かれました。日本側から14機関、米国側から12機関が参加し、今回のテーマ（地震サイクル、間歇的な微動とゆっくりすべり、強震動予測と地震危険度、地震及び津波の早期警

報と迅速な評価、最近の地震）について、55件の発表が行われ終日熱心な討議、情報交換が行われました。当研究所からは大加速度記録に伴うトランポリン現象の発見（防災科研ニュース2009年秋号）などの8件の最新の研究成果を発表しました。最後に地震災害軽減のため両国が今後さらに協力して推進すべき研究分野を取りまとめた決議（Resolution）を採択し、次回は2年後米国での開催を期して終了しました。



参加者の集合写真（国土地理院提供）

## つくば市で第13回日本地震工学シンポジウム

2010年11月17日～20日の日程で、つくば国際会議場にて、12学会の主催（幹事学会は日本地震工学会）により第13回日本地震工学シンポジウムが開催されました。同シンポジウムは、世界地震工学会議（WCEE）が4年ごとに開催されるのに合わせ、その中間年に4年ごとに開催されています。同シンポジウムには、約620件の論文発表、17機関の技術展示があり、活発な学術・技術の交流の場となりました。スペシャルテーマセッションでは、「この10年の地震工学の動向と発展」というテーマが設けられ、藤原防災システム研究センターPDが「全国地震動予測地図の作成とデータ公開システムの開発」について、梶原兵庫耐震工学研究センター副センター長が「E-ディフェ

ンスの活動と今後の展開」について講演しました。なお、17日には、「筑波研究学園都市地震工学ツアー」が開催され、外国人研究者数名を含む約40名の参加者が当研究所を訪問し、強震観測施設、大型耐震実験施設、大型降雨実験施設などを熱心に見学してゆきました。



当研究所の技術展示ブースの様子

青井地震観測データセンター長による強震観測施設（K-NET）の説明（日本地震工学会提供）

## 行事開催報告

# 「柏崎国際原子力耐震安全シンポジウム」で講演と出展

11月24～26日に新潟県柏崎市の新潟工科大学で、(独)原子力安全基盤機構(JNES)と国際原子力機関(IAEA)の主催、新潟工科大学(NIIT)、東京電力(TEPCO)、原子力安全保安院(NISA)の協賛によって「第1回柏崎国際原子力耐震安全シンポジウム 一次世代に向けた耐震技術の革新—」が内外から約500名の参加者を集めて開催されました。

シンポジウムは4つのテーマセッションと2つの



展示ブース「E-ディフェンスによる原子力施設の耐震実験」の様子



地震観測孔掘削のためのボーリングの様子

関連するワークショップ(WS)から構成され、それぞれのテーマごとの連携が重視される運営がなされました。深部地震観測に関するWSにおいては、藤原防災システム研究センタープロジェクトディレクターが、WSコーディネータとしてとりまとめを行い、青井地震観測データセンター長が、防災科研の地震観測網の整備やその成果、経験に関する講演を行いました。新潟工科大においては、強震動の増幅特性を探るために3000m深度の地震観測が計画されており、防災科研の技術協力が期待されています。

また、当研究所は、実大三次元震動破壊実験施設(E-ディフェンス)を用いた7件の実験の成果についてポスター出展を行い、実験映像や動くE-ディフェンス模型とともに紹介しました。原子力関係の耐震実験は長年、多度津の振動台が担ってききましたが、2005年に廃止されてからはその役割をE-ディフェンスが担うこととなり、今回実験実施機関の協力を得ての出展となりました。展示ブースへの来場者は初めて見る実験映像や実験の成果に興味深く見ていました。

## 受賞報告

# 村上研究員がクリタ水・環境科学研究優秀賞を受賞

水・土砂防災研究部の村上研究員がクリタ水・環境科学研究優秀賞を受賞し、8月27日に京王プラザホテルにおいて授賞式が行われました。

(クリタ水・環境科学振興財団 HP <http://www.kwef.or.jp/>)

## 受賞報告

# 若月研究員が日本地形学連合奨励賞を受賞

水・土砂防災研究部の若月強研究員が日本地形学連合奨励賞を受賞し、11月13・14日に埼玉県熊谷市(立正大学熊谷キャンパス)で開

催された地形学連合秋季大会において授賞式が行われました。(日本地形学連合 HP <http://www.soc.nii.ac.jp/jgu/>)

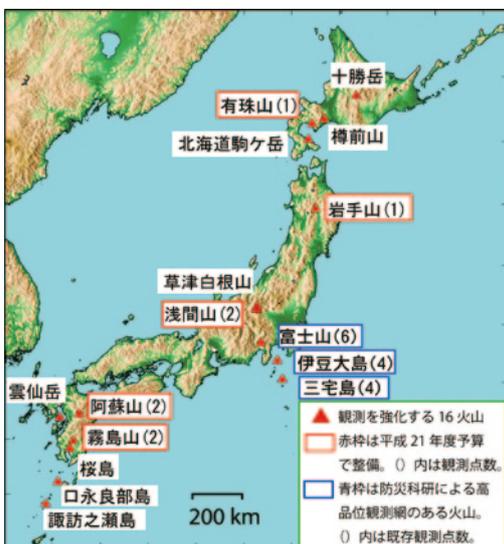
## 新しい基盤的な火山観測網の整備とデータの流通・公開

防災科研では、これまで伊豆大島、三宅島、富士山に孔井式地震傾斜観測装置、広帯域地震計、GPSなどを装備した火山観測施設を整備し、これらの観測機器が地下のマグマの動きを把握するのに有効なことを示してきました(防災科研ニュース、2009年夏号)。一方、科学技術・学術審議会測地学分科会火山部会では、「今後の大学等における火山観測研究の当面の進め方について」(2008年12月)において、大学における火山観測研究を重点化する火山として、阿蘇山など16火山を選択し、防災科研等がこれらの火山に基盤的な観測施設の整備を進める方針を打ち出しました。

これを受け防災科研では、2009年度に有珠山(1箇所)、岩手山(1箇所)、浅間山(2箇所)、阿蘇山(2箇所)、霧島山(2箇所)で火山観測施設の整備に着手しました。各火山ではそれぞれの火山で連続観測を実施している大学や気象庁と連携し、火山噴火予知研究や火山監視に役立つように観測点を効果的に配置しました。新しい観測

施設は山頂火口からほぼ3～7kmの範囲にあります。これらの観測施設は、深さ200mの観測井の孔底に設置された孔井式地震傾斜観測装置、地表付近に設置された広帯域地震計とGPSから構成され、2010年9月までに整備作業は完了し、現在、観測データは常時つくば本所に伝送されています。

観測データを研究や火山監視に役立てるため、地震波や傾斜変動データは防災科研の高感度地震観測網(Hi-net)のシステムを活用し、気象庁や大学等の火山観測関係機関へのリアルタイムでのデータ流通や一般へのデータ公開を今年度中に開始する準備が進んでいます。地震波データは、火山情報WEB(<http://vivaweb2.bosai.go.jp/index.html>、VIVA Ver.2.0)を通じて連続波形画像(1時間)を公開しています。またGPSデータの流通・公開についても検討が進められています。これらの観測データがこれまでより多くの研究者に活用されることにより、研究のすそ野が広がり、火山噴火予知が進展することが期待されます。



火山観測研究を強化する火山



浅間山鬼押出火山観測施設(群馬県吾妻郡長野原町)



地震波画像データ公開のポータルサイト(火山情報WEB)

編集・発行



独立行政法人

防災科学技術研究所

〒305-0006 茨城県つくば市天王台3-1 企画部広報普及課  
TEL.029-863-7783 FAX.029-851-1622  
URL : <http://www.bosai.go.jp/> e-mail : [toiawase@bosai.go.jp](mailto:toiawase@bosai.go.jp)



発行日

2011年1月31日発行 ※防災科研ニュースはホームページでもご覧いただけます。