

第8回天気予報研究会の報告

第8回天気予報研究会は、2011年2月25日(金)13時30分から17時30分まで、気象庁講堂で開催され、約90人が参加した。古川委員長による開会の挨拶の後、平松、海老原、別所の司会の下で、2つの特別講演と5題の講演があった。以下に講演要旨を記述する。

(天気予報研究連絡会)

天気予報研究連絡会：

海老原 智(気象庁予報部)、登内道彦((財)気象業務支援センター)、平松信行((財)日本気象協会)、古川武彦(委員長、気象コンパス)、別所康太郎(気象庁観測部)、吉野勝美(全日本空輸株式会社)。

()は当時の所属を表す。

【特別講演】

極端気象に強い都市創り

一局地的豪雨の監視とナウキャストは可能かー

真木雅之(防災科学技術研究所)

本研究では、都市域で浸水被害を引き起こす局地的豪雨(いわゆるゲリラ豪雨)について、マルチパラメータレーダによる最近の研究成果やメカニズム解明と予測に向けてスタートした研究プロジェクトについて紹介する。

(1) 背景:ゲリラ豪雨と都市型水害

高度に発達した交通網や通信網が整備され、数百万の人が生活する大都市には、局地的豪雨や強風などの極端気象に対する脆弱性が内在している。アスファルト舗装の道路や密集したコンクリート建物は地中への雨水の浸透を低下させるため、局地的豪雨があると雨水が一気に下水道や中小河川へ流れ込む。排水処理機能がこれに追いつかない場合には雨水が下水道や中小河川からあふれ出し、道路や低地の冠水、繁華街や地下街での浸水による被害が発生する。これがいわゆる都市型水害である。都市型水害の大きな特徴は極めて

短時間の間に浸水被害が生じることである。例えば、2008年7月28日の兵庫県神戸市都賀川の鉄砲水による被害では14時30分から30分の間に都賀川流域で局所的に多量の雨が降り、10分間で1.3mの水位が上昇した。これにより、河川親水施設や遊歩道で遊んでいた多数の市民・学童が流され、うち5名が水死した。2008年8月5日の東京都豊島区雑司が谷の豪雨では、降り始めから20分の間に100mm/hに達するような猛烈な雨が降った。これにより下水道内の水位が急上昇し作業をしていた5名が流されて水死した。当時、マスメディアはゲリラ豪雨と呼び、連日のようにその被害を報道した。このため、ゲリラ豪雨は2008年度の「現代用語の基礎知識選」の新語・流行語大賞のトップ10にも選ばれるなど社会的にも大きく着目された。

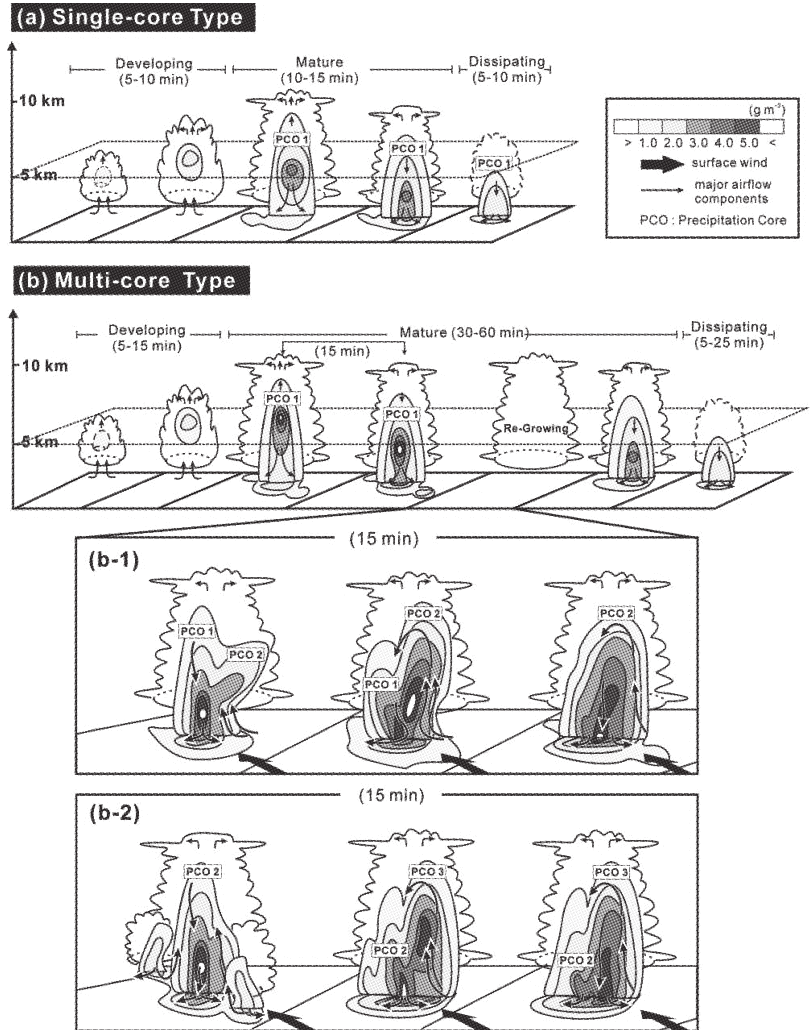
(2) ゲリラ豪雨の早期検知

一般に、降水予測は用いる手法とリードタイムの違いにより次の三種類に分類することができるであろう。第1は気象レーダから得られた降水の3次元分布情報に基づく5分先までの降水予測で、ここでは早期検知と呼ぶことにする。第2はいわゆる降水ナウキャストで、外挿法に基づく5分から1時間先までの予報である。第3は降水短時間予報で、外挿法による予報と数値予報を組み合わせた1時間から6時間先までの予報である。これらの呼び方は国によって異なる。第2と第3の定義は気象庁の定義に従っている。

早期検知は上空の降水の形成・発達・衰弱を検知することで地上の降水を予測する方法である。降水は上空で形成・発達し、いずれ地上に到達するであろうという前提に基づいている。上空での降水の形成・発達の指標としてエコー頂高度(あるいは雲頂高度)、鉛直積算雨水量(VIL)、降水コアの形成などが考えられる。エコー頂高度は対流性降水雲の活動度の指標としてよく知られている。鉛直積算雨水量(Vertically Integrated Liquid Water Content: VIL)は雨水量を鉛直方向に積算した量である。在来型レーダの場合、雨水量は反射強度から推定される(例えばGreene

and Clark 1972). よく知られているように、この関係は雨滴粒径分布の変動や氷粒子の混在の影響を受けるため、推定されたVILには大きな誤差が伴う。例えば、雹が混在する場合には大きな反射強度が観測され、その結果、雨水量が過大評価される。この点を利用して雹の検出にVILが利用されている(例えば、Amburn and Wolf 1997; Edwards and Thompson 1998)。従来のVILの推定手法が被る問題点を克服するためにHirano and Maki (2010)はXバンド偏波レーダの比偏波間位相差を用いたVILの推定手法を提案した。Hirano and Maki (2010)はその推定手法を雑司が谷豪雨の事例(Kato and Maki 2009)に適用し、VILが地上の降雨の5分から10分先行して増加することを見いだした。この結果はVILを用いた降水の早期検知が可能であることを示唆するものである。Boudevillain *et al.* (2006)はRadVILと名付けた、超短時間降雨予報モデルを提案し実際のレーダ観測データにより精度検証をおこなった。5つの事例への適用結果から、RadVILは超短時間予報に有効であると述べている。

降水コアは雨水量の3次元的な分布から求められる情報である。ここでは降水コアを「大気中で雨水量が局所的に集中している領域」と定義する。地上の降水は上空の降水分布により決まるので、降水コアの高度、特徴、時間変化などを把握することができれば地上のゲリラ豪雨の早期検知が可能になるはずである。Kim *et al.* (2012)は、2008年8月5日の東京都豊島



第1図 2008年8月5日雑司が谷で発生した局地的大雨の発生機構を説明する模式図。(a)シングルコアタイプの積乱雲。(b)マルチコアタイプの積乱雲 (Kim *et al.* 2012より)。

区雑司が谷での豪雨事例について偏波間位相差から計算した5分毎の雨水量の3次元分布を解析した。それによれば、高度4~5kmに形成された降水コアが次々に地上に落下して地上に降水をもたらしていた。上空の降水コアの形成は地上の降雨の強まりよりも約15分前であった(第1図参照)。このことは、降水コアを検出することで降水の早期検知が可能であることを示すものである。中北ほか(2011)は2008年の神戸市都賀川の豪雨を解析し、地上の豪雨の前にゲリラ豪雨の卵が上空に形成されていたことを報告している。

(3) 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

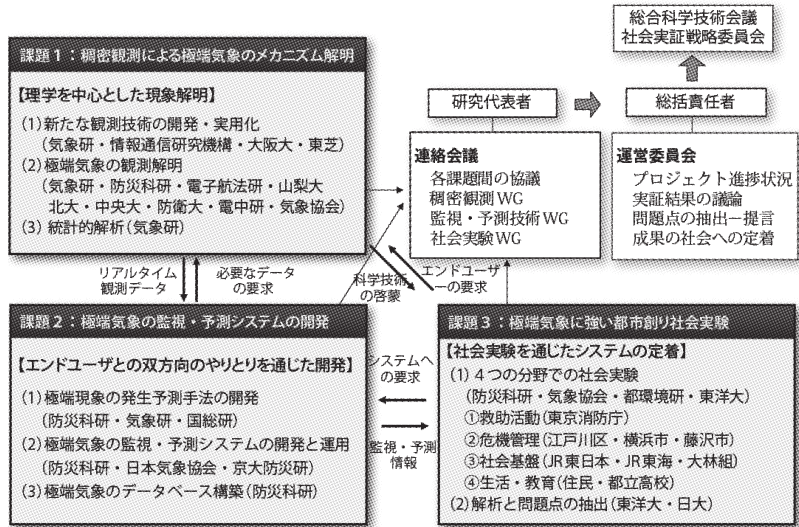
現象解明～予測～防災まで、ゲリラ豪雨を総合的に捉えようとする研究プロジェクトが100名を越える研究者・防災担当者の参加のもと2010年7月から開始された。「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」で、科学技術戦略推進費(科学技術振興機構/文部科学省)の研究プログラム「気候変動に対応した新たな社会の創出に向けた社会システムの改革プログラム」に採択された研究プロジェクトである。

☆ 使命

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う。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、関係府省や地方公共団体への提言としてまとめることにより社会の変革を図る。

☆ 研究テーマと研究体制

このプロジェクトは3つの研究テーマ「稠密観測による極端気象のメカニズム解明(テーマ1)」、「極端気象の早期検知・予測システムの開発(テーマ2)」、「極端気象に強い都市創り社会実験(テーマ3)」から構成される(第2図参照)。プロジェクトには計25を超える研究機関、大学、地方公共団体、民間企業と100人を超える研究者・実務者が参加している。研究テーマ1, 2, 3の責任機関はそれぞれ気象研究所(以降、気象研)、防災科学技術研究所(以降、防災科研)、東洋大学で、防災科研が代表機関として全体をとりまとめる。各機関および参加者の間の連携をはかるために、運営委員会、連絡協議会、ワーキング



第2図 科学技術戦略推進費研究「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り(2010～2014年度)」の研究項目と研究体制。

グループを設けて定期的に議論するほか、ホームページを通じての情報共有や研究会を開催している。

☆ 稠密観測による極端気象のメカニズム解明

ゲリラ豪雨などの極端気象を予測し極端気象に強い都市を実現するにあたっての隘路の一つに、極端気象自体の実態がよくわかっていないことがあげられる。この研究テーマでは、40名を超す気象学研究者が参加し、12の参画研究機関が所有する最先端の研究用観測機器と国交省の既存の観測機器による稠密観測を実施して極端気象の実態を明らかにする。参加研究機関は気象研、X-NET レーダグループ(防災科研、中央大学、防衛大学校、山梨大学、電力中央研究所、気象協会)、(株)東芝、国土技術政策総合研究所、情報通信研究機構、電子航法研究所、北海道大学、大阪大学である。

☆ 極端気象の早期検知・予測システムの開発

極端気象に強い都市創りにあたっての隘路の一つに、狭い範囲で急速に発達する極端現象に対して、時間的に詳細な情報を的確なタイミングで伝達する技術が未開発であることがあげられる。この研究課題では、防災機関や国民が準備対応をおこなうに十分な精度と余裕時間を持つ極端気象監視・予測システムを開発することを目標としている。研究体制は、防災科研、気象協会、気象研、国総研、京大防災研が手法を開発し、社会実験機関である東京消防庁、東京都江戸

川区、東京都立高校、横浜市、藤沢市、JR 東日本、JR 東海、大林組の協力を得てシステムの試験および定着・発展をはかる。

☆ 極端気象に強い都市創り社会実験

「気候変動に適応した新たな社会の創出に向けた技術開発の方向性（総合科学技術会議，平成22年1月）」において指摘されているように，開発する技術は実社会に実装され継続的に利用されるものでなければならない。この研究課題では，東洋大学と防災科研が主体となり，関連省庁，地方自治体，民間企業，一般住民の連携のもと，開発した極端気象監視・予測システムの社会実装に向けた社会実験を実施する。社会実験の結果は極端現象に強い都市創りについての提言としてまとめる。研究体制は，東洋大学，防災科研，日本大学，成城大学，社会実験対象機関である。

☆ 鍵となる新たな観測技術

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手法が，極端気象に強い都市創りに向けた様々な取り組みに利用されることである。このための鍵となるのは，プロジェクト終了後に利用可能な観測基盤が整備されていることである。利用可能な観測基盤という観点から次の2つの技術に期待したい。その第1は，国土交通省河川局が3大都市圏（関東，中部，関西）と主要な8つの地方都市で試験運用を開始したXバンドマルチパラメータレーダネットワークである。この観測網からは，250mの空間分解能を持った高精度の雨量情報が1分毎に提供される。第2の技術は2014年と2016年に気象庁が打ち上げを予定している気象衛星ひまわり8号と9号である。この衛星は高頻度観測が可能で従来の30分毎の観測が2.5分毎になるため，積乱雲の初期の発達を捕らえると期待される。優れた情報が社会で有効に利用されるためには，配信のための計算機や高速・大容量の通信回線の整備に加えて，社会制度の規制緩和が必要になるかも知れない。2012年から実施される社会実験では技術的な問題点のみならずソフト面での様々な問題点を抽出し解決していくことが重要である。

(4) 最後に

本講演では，現在，予測が難しいとされている局地的豪雨（ゲリラ豪雨）についての最近の研究成果と2010年にスタートした戦略推進費研究プロジェクト「気候変動に伴う極端気象に強い都市創り」を紹介した。今後，プロジェクトで進めているキャンペーン観

測，事例解析，予測研究からゲリラ豪雨の実態や発生する環境場が解明され，神出鬼没で予測できないゲリラ豪雨のイメージが払拭されることを期待したい。

参考文献

- Amburn, S. A. and P. L. Wolf, 1997: VIL density as a hail indicator. *Wea. Forecasting*, 12, 473-478.
- Boudevillain, B., H. Andrieu and N. Chaumerliac, 2006: Evaluation of RadVil, a radar-based very short-term rainfall forecasting model. *J. Hydrometeor.*, 7, 178-189.
- Edwards, R. and R. L. Thompson, 1998: Nationwide comparisons of hail size with WSR-88D vertically integrated liquid water and derived thermodynamic sounding data. *Wea. Forecasting*, 13, 277-285.
- Greene, D. R. and R. A. Clark, 1972: Vertically integrated liquid water-A new analysis tool. *Mon. Wea. Rev.*, 100, 548-552.
- Hirano, K. and M. Maki, 2010: Method of VIL calculation for X-band polarimetric radar and potential of VIL for nowcasting of localized severe rainfall-Case study of the Zoshigaya downpour, 5 August 2008-. *SOLA*, 6, 89-92.
- 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.
- Kim, D.-S., M. Maki, S. Shimizu, M. Jang, and D. I. Lee, 2012: Precipitation cores in a multi-cellular storm over Zoshigaya, Japan, on 5 August 2008 as observed by two X-band polarization radars. *J. Meteor. Soc. Japan* (submitted).
- 中北英一，山口弘誠，山邊洋之，2011：レーダー情報を用いたゲリラ豪雨の卵の解析。京都大学防災研究所年報，(52B)，547-562。

【特別講演】

市町村を対象にした警報・注意報について

高橋賢一（気象庁予報部予報課）

気象庁で発表する防災気象情報のうち，最も良く知られているのが警報・注意報であるが，この警報・注意報が避難勧告等の防災対応の判断や住民の自主的な避難行動をよりきめ細かく支援するものとなるよう，これまで都道府県内を幾つかに分けた地域を対象に発表していたものを，2010年5月27日から原則市町村を発表対象とすることとし，発表する地域数は375から1777（2010年5月27日現在）へと大幅に増加した。

その変更のきっかけとなったのは、2004年（平成16年）の風水害である。平成16年7月新潟・福島豪雨及び平成16年7月福井豪雨と、観測史上最多となる10個の台風の上陸などで、多くの災害が発生し、この年の風水害による死者及び行方不明者は200名を超えた。これらの災害においては、自治体による避難勧告等の判断や伝達について、①適切なタイミングと対象地域への発令、②住民への迅速・確実な伝達、③避難勧告等を受けた住民の避難行動、が課題として挙げられた。これらの課題に対処するためには、自治体の避難勧告等や住民の避難行動等の防災に関する判断を的確に支援することが出来るように、避難勧告等の判断基準に適合した基準で、気象官署及び河川管理者が警報等の情報を発表することが必要とされた。この指摘を受ける形で、気象庁では防災機関の防災対応の各段階に適合した警報・注意報などの防災気象情報を発表するために、情報の改善を検討し、市町村を対象とした警報・注意報の発表を実施することとなった。この時に市町村の防災対応について、どの防災気象情報を適合させるかということについて整理したものを第3図に示す。

この様に実施することが決まった市町村を対象とした警報・注意報であるが、その内容は単純に発表・解

除を示すだけでなく、以下に挙げる要素から成っている（第4図参照）。

- ①注意警戒文
府県予報区内をまとめて特に重要な事項を簡潔な文章で記述する。
- ②対象地域
警報・注意報を発表する地域を具体的な市町村名等で記述する。
- ③警報・注意報の種類
各対象地域ごとに警報・注意報の種類を記述する。また大雨警報については、特に警戒を要する災害が判るように、“大雨警報（土砂災害）”、“大雨警報（浸水害）”のように警報名と警戒を要する災害の種類を併記して記述する。
- ④警戒期間・注意期間
各対象地域、各警報・注意報ごとに、警戒及び注意が必要な期間を記述する。
- ⑤現象のピークの時間帯
特に現象のピークが予想できる場合は、期間中のピークの時間帯を記述する。
- ⑥特記事項
大雨警報・注意報において、大雨に伴う浸水害や土砂災害に対する警戒や注意の呼びかけを明記して記

災害種類 防災対応	大雨による 土砂災害	大雨による 浸水害 (内水による浸水害)	洪水害 (外水による浸水災害)		高潮害 (高潮による 浸水害)
避難勧告	土砂災害 警戒情報 市町村ごと			はん濫 警戒情報 指定河川ごと	高潮警報 市町村ごと
避難準備情報 (要援護者避難)	大雨警報 (土砂災害) 市町村ごと	大雨警報 (浸水害) 市町村ごと	洪水警報 市町村ごと	はん濫 注意情報 指定河川ごと	
防災体制の 立ち上げ (避難行動を要しない 程度の災害)	大雨注意報 市町村ごと	大雨注意報 市町村ごと	洪水注意報 市町村ごと		高潮注意報 市町村ごと

※ 大雨警報については、特に警戒すべき事項を「大雨警報（土砂災害）」、「大雨警報（浸水害）」、「大雨警報（土砂災害、浸水害）」のように、括弧書きで表記します（平成22年5月27日から）。

※ 高潮の場合は、台風の接近に伴い風雨が強まり避難が困難になる場合が多いことから、避難準備情報の基準を満たした時点で避難勧告を検討するイメージです。

※ 市町村が避難判断の具体的な基準を策定する場合は、上表を参考にしつつ、地元気象台等からどのような情報が、どのような時に出され、どのような意味を持つのかを十分確認するとともに、市町村の災害特性も踏まえて検討してください。

※ 局地的大雨等の場合は、「大雨災害における避難のあり方等検討会報告書」（平成22年3月）の提言も踏まえた防災対応を検討してください。

第3図 防災気象情報と市町村の防災対応の整理。

平成××年×月××日×時×分 福岡管区気象台発表	<ul style="list-style-type: none"> ・注意警戒が必要な事項 ・発表中の警報・注意報の種別。 ・大雨警報には、特に警戒すべき事項を括弧で記述 ・土砂災害や浸水に関する注意警戒。 ・警報発表の可能性を記述。 ・現象毎に、注意警戒期間、ピーク時間、予想最大値を記述。 ・災害に結び付くおそれのある現象を記述。
福岡県の注意警戒事項	
福岡、北九州地方では、24日夜遅くまで浸水や河川の増水に、25日昼前まで土砂災害に警戒して下さい。	
北九州市【発表】大雨(土砂災害、浸水害)、洪水警報 強風注意報【継続】雷注意報	
特記事項 土砂災害警戒 浸水警戒 24日夜遅くまでに暴風警報に切り替える可能性がある	
土砂災害 警戒期間 25日昼前まで 注意期間 25日夕方にかけて 以後も続く 浸水 警戒期間 24日夜遅くまで 注意期間 25日朝まで 1時間最大雨量 80ミリ 洪水 警戒期間 24日夜遅くまで 注意期間 25日夕方にかけて 以後も続く 風 警戒期間 24日夜遅くから25日明け方まで 注意期間 25日昼前まで 北東の風 ピークは25日未明 霧 最大風速 20メートル 雷 注意期間 25日朝まで	
付加事項 はん濫 竜巻	

第4図 警報・注意報の内容。

述する。また、注意報において、今後現象が激しくなり警報の発表の可能性がある場合には、その時間帯を示して警報へ切り替える可能性を述べることもある。

⑦気象要素とその量的予測値

各対象地域、各警報・注意報ごとに、発表の根拠となった降水量や風速などの量的予測値を記述する。なお、雷など量的予測値が記述されない種類もある。

⑧付加事項

各対象地域、各警報・注意報ごとに、警報・注意報に関連して留意すべき現象の特徴を付加事項として記述する。例えば雷注意報が発表される場合は、状況に応じて突風あるいは竜巻、ひょうといった付加事項が加わる。

この様な内容の市町村を対象にした警報・注意報を始めるにあたっては、幾つかの課題があった。一つは発表基準に関する問題である。気象庁では、過去の気象現象と災害の関係を分析し基準を決めているが、それまでは広域における情報発表に用いてきた基準しか持っていなかった。このため、各市町村を対象に警報・注意報を発表する場合でも最適な基準となるように気象と災害の関係をさらに分析し、全市町村の基準の見直しを2008年に一斉に実施した。この分析においては、過去の大雨や洪水災害事例における気象状況に

ついて、それまで降水量を中心に分析していたのを見直し、災害の危険性を示す指標として降水量を基に開発された土壌雨量指数や流域雨量指数といった指数値も事例ごとに調査し、それらの指数値も使って、災害をより適切に捉えるような発表基準とした。

また、発表地域数の増加に伴い、警報・注意報に含まれる情報量は格段に多くなり、それをどの様に伝えるのかという点も問題だった。特に、広い地域の状況を不特定多数に伝えるテレビ・ラジオなどのマスメディアは、警報・注意報が発表されている市町村ごとの内容を短時間で伝達するには限界があった。また、広域を管轄する防災機関などにとっては、多数の市町村の状況が一目で分かるような資料を必要とし、一方で多くの住民にとっては自己の生活する地域がどの警報・注意報の対象になっているか否かが求められるなど、利用者のニーズは様々であり、警報・注意報には、この伝達の制約と多様なニーズを踏まえた上で活用しやすい形式であることが求められた。この問題に対して検討した結果、コンピュータにおける自動処理を前提にXML (Extensible Markup Language) と呼ばれる形式を採用した。XMLを利用することで、各利用者のニーズにあった加工を施すことで様々な使い方に合った形で利用することが可能となり、この伝達の問題について多少は緩和できたと考えている。同時に県内の一覧表など汎用的な使い方については、

XML と並行して情報を配信することになった。

市町村を対象とした警報・注意報は、気象庁内だけではなく情報を伝達する機関や情報を利用する自治体など関係機関の多くの方々尽力・協力を得て、地道な準備を経た後に2010年5月から運用を開始した。警報などを始めとする防災気象情報は、気象学の知見を活かして災害をもたらすような現象を予測して迅速に社会に還元することで、国民の生命・財産を守る役割を果たしている。社会のニーズの変化と共に進化していかねば旧態依然の情報として省みられなくなるであろう。今回の市町村を対象とする警報・注意報の発表開始は、小さな一歩ではあるが防災気象情報の改善を示す重要な一歩であると思う。県や市町村などの自治体からは、市町村名が明示的になり判りやすくなった、自分の事と感ずるようになったと評価を頂いている一方で、局地的な大雨の時など警報が出て大したことが起こらずに、今まで以上に“外れた”といった印象が強くなっているという意見も頂いている。この様に、残されている課題もまだまだ多い。この一歩を活かすためにも、今後も引き続き情報の改善に努めていきたい。

【講演】

1. 竜巻発生確度ナウキャストについて

瀧下洋一（気象庁予報部予報課）

気象庁は、2004年から提供を行っている「降水ナウキャスト」に加え、2010年5月から、雷の激しさや雷の可能性を解析して1時間先まで予報する「雷ナウキャスト」、竜巻などの激しい突風が発生しやすい気象状況を解析して1時間先まで予報する「竜巻発生確度ナウキャスト」の提供を開始した。本研究会では、「竜巻発生確度ナウキャスト」の解析・予測手法などについて紹介した。

竜巻発生確度ナウキャストが対象とするのは、竜巻注意情報と同様に、積乱雲に伴い発生する竜巻やダウンバーストなどによる激しい突風である。これらの現象は、規模が小さく継続時間が短いため、その発生を直接観測したり予測することは困難である。このため、竜巻発生確度ナウキャストでは、気象ドップラーレーダー観測などの資料から「竜巻が今にも発生する（または発生している）」可能性の高さを推定している。

竜巻発生確度ナウキャストは、10分毎に10km格子で解析・予測（10～60分）を行い、竜巻などの激しい

突風が発生する可能性を「発生確度1・2」として、2つの階級で表している。発生確度1及び2には次のような特徴がある。

- ・発生確度2：予測の適中率（現象の発生確率）は、発生確度2の領域で5～10%程度、捕捉率は20～30%程度である。発生確度2となっている県などに竜巻注意情報を発表する。
- ・発生確度1：予測の適中率は、発生確度1以上の領域で1～5%程度と発生確度2の地域よりは低いが、捕捉率は60～70%程度と発生確度2に比べ見逃しが少ない。

発生確度2及び1の分布は、次のように作成している。なお、竜巻発生確度ナウキャストにおける突風の解析・予測技術の概要図を、すでに「天気」2010年10月号の「気象業務の窓」に掲げたので、参照願いたい。

- ①まず、気象ドップラーレーダー観測による「メソサイクロンの自動検出」と、数値予報資料を基にした突風関連指数（大気の状態の不安定度や鉛直シアーの大きさを指数化したもの）と気象レーダー観測を基に計算する「突風危険指数」の2つの指標を用いて、10km格子毎に突風の「総合判定」を行う。総合判定では、時空間的に幅を持たせた上で2つの指標のAND条件（メソサイクロン検出の有無と突風危険指数の閾値以上）を調べ、突風発生の可能性の高い10km格子（突風有り判定格子）を特定する。
- ②次に、突風有り判定格子の周辺40km範囲内で積乱雲が発生すれば突風の可能性が高い領域と仮定して、これを「発生確度2背景」とする。また、メソサイクロンが検出された、もしくは、突風危険指数が閾値以上（OR条件）である10km格子の周辺100km範囲内を「発生確度1背景」とする。
- ③発生確度2背景と気象レーダー観測による降水強度の閾値（20mm/h）以上が重なる10km格子を「発生確度2」と判定する。実際に竜巻などの激しい突風が発生する時には、発達した積乱雲により、降水強度は100mm/h以上になっていることが多いが、既に発達した積乱雲のみに着目していると急に発達する積乱雲から発生する竜巻などの激しい突風を見逃してしまうおそれがある。このため、降水強度の閾値は20mm/hとやや低めに設定している。発生確度1についても同様に、発生確度1背景と降水強度の閾値（20mm/h）以上が重なる10km格子を「発生確度1」と判定する。

④1時間先までの予測では、突風が発生しやすい状態である「発生確度2及び1背景」の領域は、判定時刻から1時間その場所で持続すると仮定し、これに降水強度の移動予測を重ねることで、1時間先までの発生確度2及び1の分布を作成している。

竜巻発生確度ナウキャストは、積乱雲の発達に応じて解析・予測されるものであり、積乱雲の発達する前の段階から発表される各種の気象情報と合わせて、段階的に利用するのが効果的である。

①気象情報や天気予報

低気圧の発達などにより災害が予想される場合は、半日～1日程度前に県などを対象に予告的な気象情報(例えば、大雨と雷及び突風に関する〇〇県気象情報)を発表している。このとき、竜巻などの激しい突風も予想される場合には、「竜巻などの激しい突風に注意」という言葉を用いて注意を呼びかける。

②雷注意報

雷注意報は、積乱雲に伴う激しい現象(落雷・ひょう・急な強雨・突風)に対して数時間前を目処に注意を呼びかける情報であるが、竜巻などの激しい突風が予想される場合には、「竜巻」を明記して特段の注意を呼びかける。雷注意報が発表された段階で、竜巻発生確度ナウキャストの監視を強めるのが効果的である。

③竜巻注意情報・竜巻発生確度ナウキャスト

竜巻発生確度ナウキャストは、10分毎に常時提供される情報である。発生確度2が現れた県などには竜巻注意情報が発表されるので、竜巻注意情報が発表されたら、竜巻発生確度ナウキャストにより竜巻などの激しい突風が発生しやすい地域の詳細や移動を把握し、刻々と変化する状況を監視するのが効果的である。

これらの情報は、気象庁のホームページで提供しており、竜巻発生確度ナウキャストは、レーダー観測や降水ナウキャスト、雷ナウキャストと同じページで、要素を切り替えて表示できるため、激しい突風発生の可能性の監視に有効である。

2. 豪雨や雷雨予測のための試み(降水・雷ナウキャスト利用上の注意事項等)

道本光一郎(防衛中学校)

2009年から10年にかけて、いわゆる「ゲリラ豪雨」的な大雨被害や落雷事故が頻発した。地球環境の変化による温暖化の進行であろうか。従来からの「降水ナウキャスト」に加えて、「雷ナウキャスト」の運用が

2010年5月下旬から開始された。大雨や雷雨の、よりタイムリーな予測情報の見出し、それらの適切な提供、効果的な防災情報としての利用可能性等について幅広く議論したい。実学的な観点からの発表を試み、関係各位(気象学会や気象予報士会会員、防災担当者等)に議論の場を提供したい。

(1)はじめに

近年、気象庁の発表する「竜巻」、「雷(かみなり)」、「大雨」等に関するナウキャスト情報などを利用し、適時適切な警報等を発することにより、各種災害を未然に防止できる態勢が整備されつつある。しかし、情報を発する側とその情報を利用する側との間に、意思疎通がいつも良くできていたとは言い難いのが現状である。ここでは、情報を発信する側と、情報を受ける側との間にある様々なギャップ、それらをどのようにして埋めていく必要があるか等についてひろく議論していきたい。

(2)予測情報(予報など)の提供状況

短期予報から短時間予報、そしてナウキャストと次第に予報する時間帯が短くなる。

すなわち、週間予報は、概ね1週間先まで、短期予報は数日先、そして短時間予報では飛行場傾向予報は1日程度、また多くの現業飛行場予報(FCST)は、半日程度先までの気象予報である。数時間先までの3時間傾向予報などは、飛行場などピンポイントの地点やその周辺域に限り、どのような気象現象が生起し、例えば航空が対象であれば、「視程」、「雲底高度」、「天気現象」等を刻々と予報することが求められる。

一方、予報を用いる運用者の方はどうかというと、航空関係など、目的がはっきりしている部署では、使用者側の意識も高く、また予報の精度やその限界についても自身で判断し、運用に活用している。しかし、一般の自治体や個人のレベルになると、予報や予測情報の解釈に大きな差があるように思う。

(3)事例による検証等

2009年夏の兵庫県伊用町の豪雨災害、2010年夏の岐阜県多治見市他の豪雨災害、同年夏の岡山県日本原駐屯地(陸上自衛隊)の落雷災害などは、いわゆる「ゲリラ豪雨」によるものと思われる。

また、2011年初からの日本列島への寒波襲来による大雪等の被害についても、記憶に新しい事例である。

(4)これからの課題等

2010年の「千葉県大原落雷事故」例などは、雷注意報は発表されていたものの、現地は曇り空、小雨、雷

鳴等もなかったように報じられている。前述の雷ナウキャストの情報も上手く活かされなかったのではと、少々残念である。「落雷から身を守るには」という内容は、気象庁発行の雷ナウキャスト他の普及パンフにもあり、著者が会長（当時）を務めている「日本大気電気学会」が監修をさせて頂いた。それだけでなく、学会員等を広く動員しての全国各地への普及教育活動も継続中である。しかし、学会員等の活動には限界があり、また、地域による受け入れ態勢などの温度差や会員の有無による普及活動そのものの達成の困難さ等が見られるのも事実である。

このあたりの解決策として、日本気象学会や日本気象予報士会の活用が益々望まれるのではないかと考えられる。地域の、地元の気象のご意見番的な活躍、青少年等への知識の普及教育の促進等、いろいろと活動域を広げることが必要であろう。また、地方自治体等では、気象予報士や防災士の活用について、この際、もう一度真剣に考えて頂き、我々のような国家機関の気象従事者等と、地方との橋渡しの役割を担えるような仕組み作りも、これからの時代には必要ではないかと思う。

21世紀に入って早十年以上が経過した。「地震、かみなり、火事、親父」という諺を再考し、国民的な防災意識の高揚につなげることが災害国として今後益々必要なことであろうと思う。

3. 岐阜大学による気象予報業務の現状と今後の展開

吉野 純・小林智尚・安田孝志
(岐阜大学大学院工学研究科)

国立大学法人岐阜大学では、2005年6月に大学初となる気象予報業務許可（許可第87号）を気象庁長官より取得し、毎日朝9時に愛知県・岐阜県を対象に36時間先までの短期予報（気象・波浪）をウェブページ上にて発表している（第5図）。この気象予報業務は、メソ気象モデル PSU/NCAR MM5 (Dudhia 1993) による水平格子間隔 2 km の高分解能気象予測に基づくものであり、現在3名の専任気象予報士によって運営されている。既に業務開始より6年が経過しており、教育研究活動のための利用にとどまらず、地域住民の皆様方にも広く活用して頂いている。

6年間に蓄積された予報データベースに基づいて、予報精度向上のための新たなシステム開発・改良につ



第5図 岐阜大学局地気象予報 (<http://net.cive.gifu-u.ac.jp/>)

いても平行して進めている。詳細な精度検証（吉野ほか 2008）によって、複数の予報項目の中でも特に夏季における降水量の予報精度が悪いことが明らかとなっており、独自のレーダーデータ同化システム（吉野ほか 2009）やモデルアンサンブル予報システム（吉野ほか 2011）などが開発されている。これによって、2010年7月可見豪雨の豪雨発生箇所に対して発生24時間前の高精度予測を実現している。

岐阜大学の気象予報業務では、高分解能気象予測データを気象工学的に活用してゆくことも目標としており、近年では、風力発電量（深尾ほか 2006）や太陽光発電量（橋本ほか 2008）といった自然エネルギー予報にも適用することで、電力系統安定化技術の1つとして注目されている。

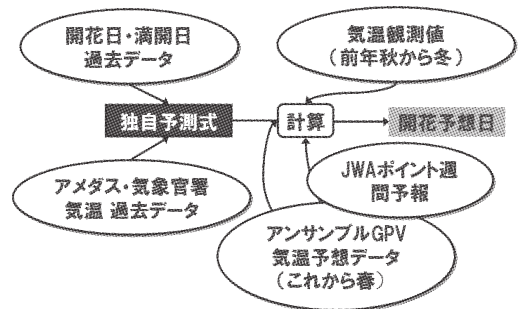
参考文献

- Dudhia, J., 1993: A nonhydrostatic version of the Penn State-NCAR mesoscale model: Validation tests and simulation of an Atlantic cyclone and cold front. *Mon. Wea. Rev.*, **121**, 1493-1513.
- 深尾一仁, 吉野 純, 田中 章, 小林智尚, 安田孝志, 2006: リアルタイム局地気象予測システムによる風力エネルギー量の予測. *風力エネルギー*, **30**(1), 92-98.
- 橋本 潤, 宇佐美景子, 小林智尚, 吉野 純, 安田孝志, 2008: 大気放射モデル SMARTS2 と局地気象モデル MM5 による全天候型分光日射推定モデルの提案. *太陽エネルギー*, **34**(4), 57-64.
- 吉野 純, 野村俊夫, 片山 純, 木下佳則, 安田孝志, 2008: メソ気象モデル MM5 によるピンポイント24時間降水量予測の精度について. *水工学論文集*, **52**, 325-330.
- 吉野 純, 野村俊夫, 安田孝志, 2009: 降水量予測の精度向上のための位置誤差修正法に基づくレーダーデータ同化システムの開発. *水工学論文集*, **53**, 379-384.
- 吉野 純, 飯田潤士, 安田孝志, 2011: モデルアンサンブル予報による2010年7月可見豪雨の予測可能性. *水工学論文集*, **55**, 475-480.

4. 日本気象協会の桜の開花予報について

小田美穂（日本気象協会）

一般財団法人日本気象協会は2007年から桜の開花予報を行い、当協会が運営する天気総合ポータルサイト「tenki.jp (<http://tenki.jp>)」と携帯公式サイト「気象協会晴曇雨」で公開している。桜の開花情報は利用者の関心が高く、tenki.jp のアクセス数は季節ごとのコンテンツとしては花粉情報に次ぎ2番目に多くなっ



第6図 桜の開花予想手法のフロー。

ている。

当協会の桜の開花予報は、気象台の観測する標本木、自治体や公園の観測する桜、測候所の無人化の後に住民が継続して観測し、開花日や満開日が特定できる資料が揃った桜の木を対象としている。開花日の予測は当協会の独自の予測式で行っている。予測式は過去の開花日と気温のデータから作成した予測式を用いている（第6図参照）。

開花日の予測に使用する気温データは2010年から気象庁の1ヶ月・3ヶ月アンサンブル予報を活用しているが、平成23年はアンサンブル予報から地上気温を予測する手法をより改良し、長期の気温予報精度の改善を図り、ひいては開花日予報の精度向上を目指した。

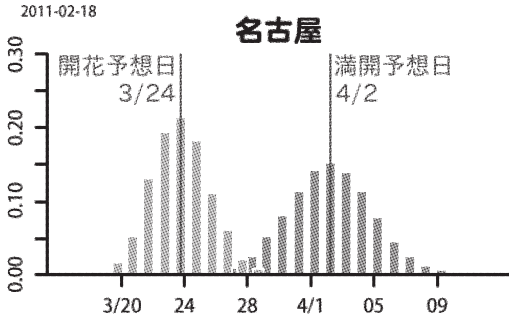
5. 長期予報を活かした独自さくら開花予想

渡辺正太郎, 増田雅昭 ((株)ウェザーマップ)

ウェザーマップでは2010年よりさくらの開花予想を始めた。農業向けを中心に詳細な長期予報を開発したため、それを活かさないかと考えたことがきっかけだ。「当たらない」「使えない」と言われる長期予報の活用法を、さくらの開花予想をもって一般の方に目に見える形で示そうとコンテンツを開発、長期予報の気温がさくら開花予想の結果に直結するという解説を随時加えた。

コンテンツは、開花日・満開日予想や桜前線など従来のものに加えて、「さくら見頃グラフ」や「開花・満開確率グラフ」などがある。特に第7図に示した確率グラフは、予想日を1日だけ発表し1日のずれも許容されないというこれまでの開花・満開予想に、確率予報による「幅」の概念を持ち込み、日毎に開花・満開の確率を示している。

モデルは気象庁でも使用していた青野・小元



第7図 開花・満開確率グラフの一例（2011年2月18日発表の名古屋の予想）。縦軸は確率で横軸は日付。左側の山は開花予想で、右側は満開予想。

(1990) の温度変換日数やチルユニットを使った手法をベースに、条件やパラメータを追加。過去50年のデータを使い、期間やパラメータを変えたすべての組み合わせを計算し、地理的になめらかにパラメータが変化していくよう考慮しつつ最適なものを選択した。また冬季の低温指標であるチルユニットも区間限定の2次関数へと適用方法を改良した。

上記のモデルに実際に観測された気温を投入すると誤差はおよそ2日以内となるので、気温の予測は非常に重要である。加えて気温変換日数は非線形変換であるため、期間平均気温などではなく日々の気温推移を

より現実に近い形で再現することが求められる。そこで、各地点ごとに10000通りの気温推移を3か月先までシミュレーションする手法をとった。1か月予報はアンサンブル予報の格子点値（GPV：grid point value）を独自にクラスター解析し、それぞれのクラスターやメンバーを重み付けし、地点ごとの補正もしている。3か月予報はガイダンス・過去の推移・自己相関や非正規分布する気温の特性を加味した。シミュレーションにより予測精度が上がることはもちろん、確率表現が可能となったため情報量が多くわかりやすい形でさくら開花予想が発表できたと考えている。

初年度の結果としては開花3週間前の予想精度が関東から西の地域で誤差2日を切るなど、詳細な1か月予報を利用した成果が出せたのではないかと考察している。1月下旬に発表した開花2か月前の予想も誤差5日程度と、平年値の誤差7日を下回り一定の傾向を示すことに成功したと考えている。一方で気温の予測が難しかった北日本で予想が安定しないなど問題点も残っている。今後も改善を続けていきたい。

参考文献

青野靖之, 小元敬男, 1990: チルユニットを用いた温度変換日数によるソメイヨシノの開花日の推定. 農業気象, 45, 243-249.