

第13回天気予報研究会の開催報告

第13回天気予報研究会が、2016年2月19日に気象庁大会議室で開催されたので報告する。

今年度は、ナウキャストに焦点を当てて、観測から予報を作る技術の現状と今後の発展やそのような情報の利活用の現状等について議論した。研究会では、気象庁から気象衛星ひまわり8号による観測とプロダクトの紹介、高解像度降水ナウキャストの解説があり、民間気象会社、気象予報士会、航空会社等から新型レーダを利用した防災情報提供の試み、ナウキャスト社会実験、ロケット、航空機への短時間予報利用の紹介があり、注目されているテーマだったことから発表後は多くの質疑があった。

なお、講演時のスライド画面が一部見難いなど不便な点があったことについては、今後の反省材料としたい。

当日は、気象庁、防衛庁、民間気象会社、航空会社、新聞社の職員や気象予報士等、約80人が参加した。

(下山紀夫)

2015年度天気予報研究連絡会運営委員 (所属は当時)

下山紀夫 (日本気象予報士会) 委員長

伊藤みゆき (NHK ラジオ気象キャスター)

黒良龍太 (気象庁予報部)

登内道彦 (気象業務支援センター)

中里真久 (気象庁観測部)

平松信昭 (日本気象協会)

吉野勝美

【講演】

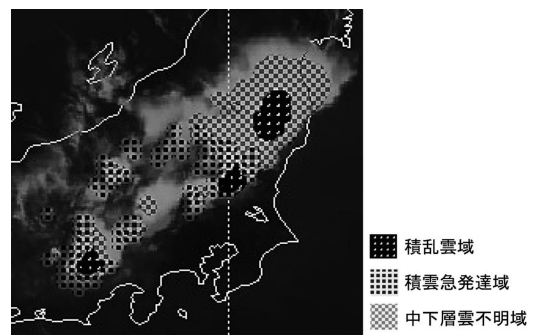
1. 静止気象衛星ひまわり8号による観測とプロダクトの紹介

鈴江寛史 (気象庁気象衛星センター)

気象庁は、2015年7月7日より、次世代の静止気象衛星である「ひまわり8号」の運用を開始した。また、2016年には、バックアップとなる「ひまわり9号」の打ち上げを予定している。ひまわり8号・9号

に搭載されている可視赤外放射計 (AHI: Advanced Himawari Imager) により、これまでのひまわり6号・7号と比較して観測機能が大幅に強化された。観測波長帯は5バンド構成から16バンド構成になった。例えば、可視バンドは3つに増え、それらを合成することで、可視カラー合成画像を作成することが可能であり、水蒸気に感度があるバンドも3つに増え、これまでよりも下層 (500 hPa 付近) まで多層の水蒸気を捉えることが可能である。また、水平解像度 (衛星直下点) は可視バンド (0.64 μm) で1 km から0.5 km に、赤外バンドでは4 km から2 km に、時間解像度はフルディスク観測で60分間隔から10分間隔に向上し、空間的にも時間的にも高解像度化が図られている。さらに、フルディスク観測を行う間に、日本域観測や台風周辺等の機動観測を常時2.5分間隔で行うことが可能である。これらの機能の向上により、急速に発達する積雲や火山噴火に伴う噴煙など、これまでは捉えきれなかった現象をより詳細に捉えられる。

気象庁では、この日本域観測のデータを利用した積乱雲情報プロダクト等の開発を行っており、航空関係機関に提供している (第1図)。このプロダクトは、雲頂高度の上昇 (輝度温度の低下) や雲頂の凹凸の増加 (可視反射率の明部と暗部の差の増加) を捉えるこ



第1図 積乱雲情報プロダクト (2015年8月6日0800UTC, 関東周辺) 衛星画像を背景に積乱雲域, 積雲急発達域, 中下層雲不明域を表示している。

とで、積乱雲まで発達する可能性のある雲域を早期検出することを主な目的としている。また、衛星観測データだけでなく、数値予報データも利用することで積乱雲域の検出や雲頂高度の算出も行っており、航空機の安全運航に資するプロダクトとなっている。

2. 高解像度降水ナウキャストを活用するために知っておきたいこと

西嶋 信 (気象庁予報部予報課)

積乱雲のように変化が激しい現象を精度良く予測するためには、ナウキャストと呼ばれる、観測・解析・予測を短い時間で更新する予測技術が適している。気象庁は、250 m という高い解像度で降水を解析・予測する高解像度降水ナウキャストを2014年8月から提供している。

本講演では高解像度降水ナウキャストの作成方法、予測特性及び利用方法について解説した。主な内容を以下に記す。

- ・実況を的確に把握するために、国土交通省の X バンド MP レーダー網 (XRAIN) など気象庁以外の観測網も利用した高密度の降水観測データに加え、ラジオゾンデなどの高層観測データも利用している。
- ・高品質な降水分布を解析するために、ブライトバンドなどの観測に起因する誤差を補正している。
- ・雨雲の移動・発達・衰弱を精度良く予測するため

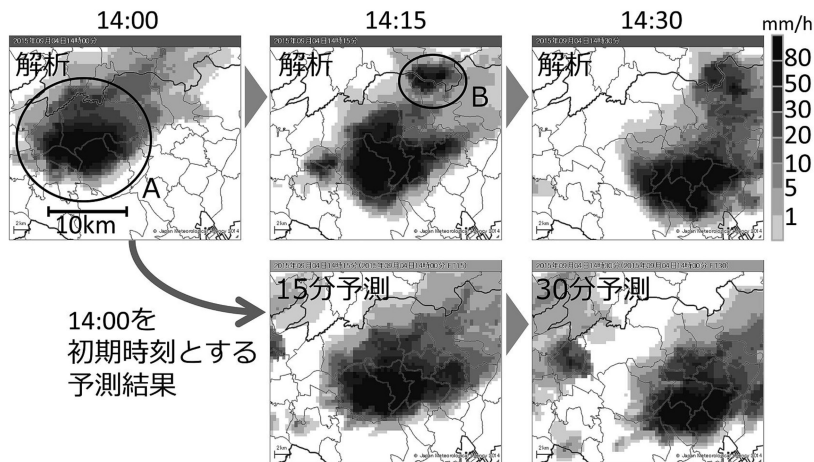
に、雨雲の現在の移動速度や発達・衰弱傾向を補外する運動学的計算手法に加え、鉛直1次元対流モデルなどの力学的計算手法を採用している。

- ・利用者が予測の信頼性を評価できるように、予測誤差に関する情報を提供している。
- ・雨雲の移動は精度良く予測できる一方で、新たな雨雲の発生は予測が難しい (第2図)。
- ・2015年7月に対する検証結果からは、多くの強雨を捕捉している一方で、雨量計観測値よりも強い雨を予測する傾向が見られる。
- ・解析・予測結果は気象庁ホームページで図として表示することに加え、格子点データとしても提供している。

質疑応答では、急速に発達する積乱雲に対処するために更新間隔を現行の5分より短くする計画はあるかとの質問があり、高品質な解析・予測値を提供するために必要な時間を考慮して更新間隔を5分としている旨を説明した。

参考文献

- 気象庁技術開発推進本部豪雨監視・予測技術開発部会運動学的予測グループ, 2014a: 高解像度降水ナウキャストにおける降水の解析・予測技術について. 測候時報, 81, 55-76.
- 気象庁技術開発推進本部豪雨監視・予測技術開発部会運動学的予測グループ, 2014b: 高解像度降水ナウキャストの効果的な利用方法について. 測候時報, 81, 77-85.



第2図 高解像度降水ナウキャストの予測事例 (2015年9月4日、東京都23区西部から多摩北部にかけての東西約30 km、南北約25 kmの領域を表示)。初期時刻 (14:00) で存在していた降水域 (図中のA) の移動は精度良く予測できている。一方、初期時刻の後に発生した降水域 (B) は予測では表現されていない。

3. TOMACS で行ったナウキャスト社会実験について

大西晴夫（日本気象予報士会）

科学技術振興機構と文部科学省のプログラムの一つとして2010～2014年度に実施された TOMACS（気候変動に伴う極端気象に強い都市創り）では、関東平野の稠密なレーダー観測網による極端気象メカニズムの解明および極端気象の監視・予測システムの開発が行われ、これと並行して、これらの成果を社会に還元するための社会実験が行われた。日本気象予報士会では、一般市民と気象の専門家の間を繋ぐ立場から2013年夏季を中心にこの社会実験に参加し、首都圏在住・在職の日本気象予報士会会員65名が協力した。ここでは、VIL（鉛直積算降水量）法による降水ナウキャストを5分ごとに更新される初期値場を用いて実施し、登録された地点で登録された基準値を超える雨量が予測された場合に携帯端末に警告メールを配信し、様々な目的に活用した。

多くの参加者から情報提供は有用であったとの評価を得たが、降水ナウキャストの予測精度向上が第一の課題であることも明らかになった。その他、警告メール配信頻度の抑制、見出しだけで内容が分かる工夫、利用者が柔軟に対象地点や基準雨量を変更できる機能などの要望が寄せられた。また、一般市民向けに情報提供する場合には、情報を受けてどのような行動を取るべきかのガイドラインの必要性や、「降雨の始まりを知りたい」から「大雨を回避したい」などの様々なニーズに対応するための平常時と緊急時を切り分けた情報提供の形態にも課題があることが明らかとなった。

質問：この社会実験は関東平野が対象であるが、他地域では実施されないのか。

回答：関東平野には気象庁、国土交通省、大学、研究機関等のレーダーが世界最高密度で設置されているため、ここが対象領域とされた。国土交通省が都市域を中心に XRAIN を展開しており、他の地域でもこれを用いた社会実験の計画はある。例えば、鹿児島大学では、学内関係者を対象にした予備的な配信実験を行っているという。

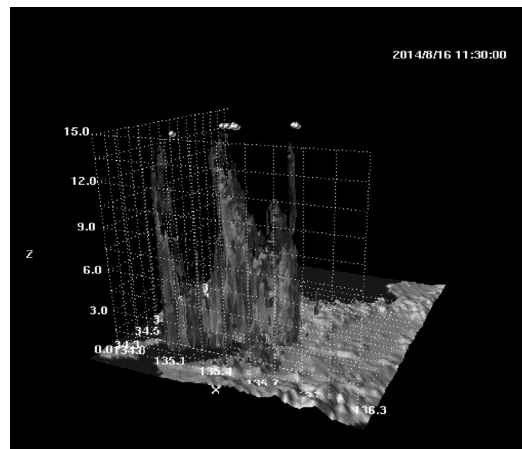
4. フェーズド アレイ レーダー（略称：PAWR（Phased Array Weather Radar））を利用した防災気象情報等の提供の試み

道本光一郎・天野慎史・諸田雪江・横田匡彦・栗本麻子・宮川美南子・鳥居大亮（ウェザー・サービス（株））

近年、台風や前線などに伴う集中豪雨や局地的大雨、そしていわゆるゲリラ豪雨などが増加している。このような中、我々はフェーズドアレイレーダーを用いて、防災気象情報を導出することを目的とした研究を鋭意実施中である。

情報通信研究機構（NICT）の保有する PAWR は、日本で初めて設置された新しい測定原理に基づく気象レーダーであり、従来のレーダーよりも短時間で詳細な三次元構造を観測できるが、その観測情報を気象予測に利用する研究は着手したばかりで確立されておらず、これらの観測データをもとにした、雲の動き等のシミュレーションを行う雲解像モデル（CRSS：名古屋大学）を組み合わせ、局地的な気象の解析と予測を行うということなどの全体研究を現在鋭意実施中であり、サンプルデータの解析とデータ授受ネットワーク環境を研究と同時進行で構築中である。

第3図は、PAWR データの解析の一例として、エコーの三次元可視化画像と落雷の関係を示した図であ



第3図 PAWR 反射強度の3次元描画（2014年8月16日11時30分）、（大阪大学吹田校舎から半径60 km 以内の範囲での観測で、エコー頂は高度15 km 付近まで到達しており、降水強度は時間雨量で30 mm 以上の強いエコーを伴っていた）

る。2014年8月16日の11時30分のものである。強いエコーの盛衰と落雷発生（図中のエコー上部の白丸印）との関係が見て取れる。そして、グラウンドクラッターを除去した事例を示している。大阪平野付近の地形性エコーがきれいに取り去られていることが一目瞭然である。また、監視カメラの画像を利用して、水位や降水量を導出する研究も進行中である。

このようにして、PAWR データや監視カメラの画像で得られる情報に加えて、アメダスや独自の気象観測測器網（ESN：Environmental Sensor Networkの略称でNTTドコモが設置、運用している環境センサネットワークの略称）などにより得られる風向風速、降水量、落雷などの観測情報を活用し、防災情報の導出を試みる研究についても継続実施中である。

謝 辞

本予稿の作成に際し、情報通信研究機構（NICT）には PAWR データの提供やネットワークの構築等の便宜をはかっていただきました。ここに記してお礼申し上げます。

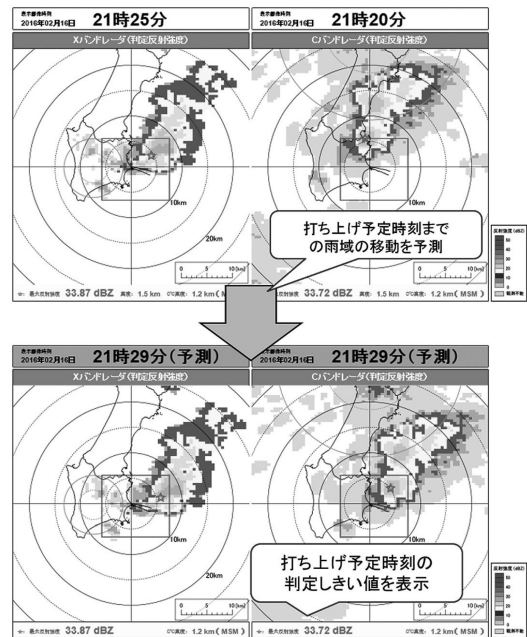
5. ロケット打ち上げ制約への短時間気象予測の活用

吉開朋弘（日本気象協会）・
齊藤靖博（宇宙航空研究開発機構）

ロケットの機体が雲の中を通過する際、通常では雷が生じないような薄い雲でも機体への誘雷の危険性が高まる。そのためロケットの打ち上げには雷に関する厳しい天候制約が存在する。一方で打ち上げの延期に伴う経済的な損失も大きく、近年の打ち上げでも雷制約による延期は発生している。

そこで宇宙航空研究開発機構（JAXA）は、安全性を保ちつつ打ち上げ機会を増加することを目指し、2010年からレーダー反射強度を用いた新たな雷制約の策定に取り組んできた。この取り組みの中で日本気象協会（JWA）は、新たな雷制約の策定補助を行うとともに、ロケット打ち上げ時に種子島宇宙センター付近の雨雲の状況を監視する Web システムの構築を行ってきた。本発表では新雷制約の策定までの JAXA と JWA の取り組みを紹介するとともに、打ち上げ時の天候制約判断を支援する「新雷制約判断支援システム」の紹介を行った（第4図）。

はじめに実際の降雨事例における種子島 X バンドレーダーおよび気象庁 C バンドレーダーの 2 台の



第4図 「新雷制約判断支援システム」の事例
(2016年2月16日)

レーダー観測値と航空機による電界強度の観測を行う「RAIJIN (Rocket launch Atmospheric electricity Investigation by Jaxa IN cooperation with academia) 観測キャンペーン」を行い、その観測結果から統計解析によりレーダー反射強度の閾値を検討し、日米雷タスクフォース委員会の承認を受けて新雷制約を策定した。その後、2台のレーダー観測値から制約判断のしきい値をリアルタイムに表示するための Web システムの構築を行い、ここでは打ち上げの約1時間前から打ち上げ時刻の雨域の分布を運動学的手法により予測する機能を導入した。

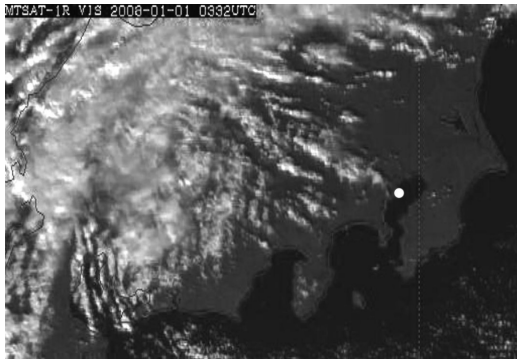
これらの取り組みにより策定した新雷制約は、数回の試験運用の結果を踏まえて運用手順を調整し、2016年2月のH-II A30号機より本運用を開始した。今後は偏波パラメータを用いた粒子判別やGSMを用いた2日前からのしきい値予測の高度化、通年利用の可能性の検討などを行い、より精緻な制約の検討を進める予定である。

6. 航空機運航における雷雨対策

坂本 圭（全日本空輸（株））
航空機の運航は、年間を通じさまざまな気象の影響

を頻繁に受ける。飛行障害現象は台風や発達した温帯低気圧に伴う強風、悪視程、降雪等が一般的であるが、活発な対流現象に起因する「雷」には特別細心の注意が必要とされる。

「雷」は、機体への放電（被雷）によって機上レー



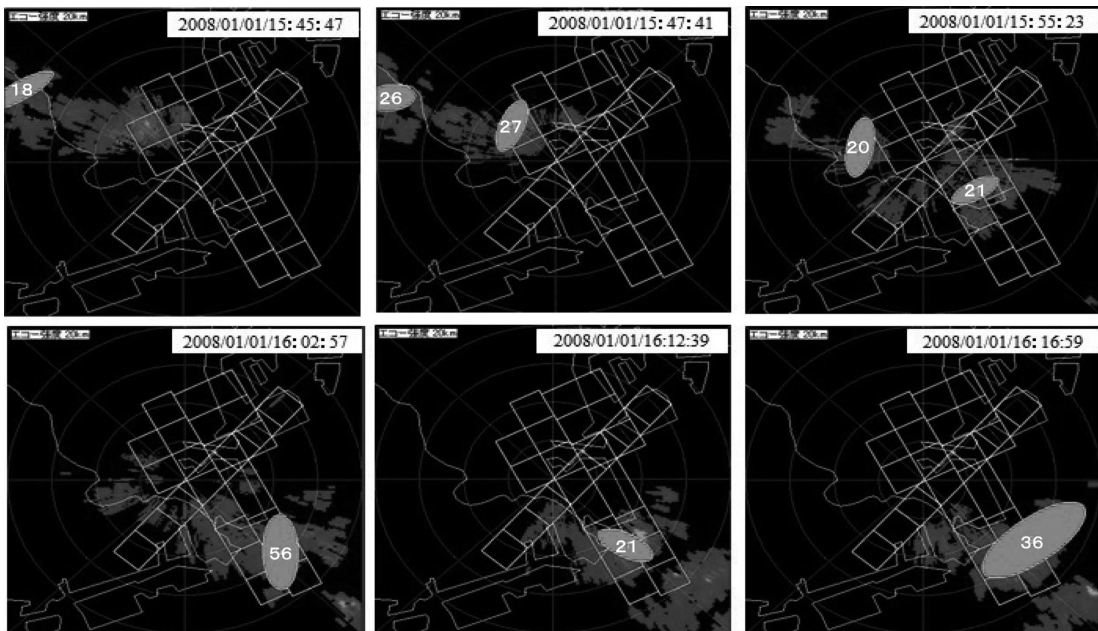
第5図 ドライダウンバースト発生時の可視画像(2008年1月1日0332Z, 関東～東海地域)。羽田空港の位置を白丸で示す。画像中央部の北西-南東に伸びた雲の筋の先端が羽田空港に達している(気象研究所気象衛星・観測システム研究部提供)。

ダー等装備品の機能障害や機体の局所的損傷をもたらす他、地上作業従事者に対する安全対策も不可欠となる。

本講演では、飛行および地上における雷対策と、ドライダウンバーストの事例について紹介した。

飛行における被雷対策では、離着陸におけるダウンバーストの影響と、それを回避するための飛行計画の立案および雷雲を回避するための地上からのアドバイスについて解説した。また、強い冬型気圧配置時に発生するドライダウンバーストについて、500 hPa面で -36°C 以下の強い寒気が北海道に南下しており、関東付近で強い西風となっており、日中に強い日射があることが共通の特徴となっていることを示した。発生時の衛星画像(第5図)と空港気象ドップラーレーダー(第6図)の資料を図に示す。

地上作業従事者に対する安全対策においては、社内における3段階の注意報・警報の設定と、気象庁雷ナウキャストの活用について紹介した。



第6図 羽田空港におけるドップラーレーダーで観測されたエコー(楕円以外の灰色部)と検出されたダウンバースト(楕円)[数字はKT]。白の長枠は滑走路、滑走路末端から1NM(1852m)毎に3NM先まで白の正方形で示し、離着陸におけるダウンバーストの警戒域となる(気象庁観測部提供)。