

---

## 報 告

---

# レーダーデータの品質管理と新しいレーダー観測資料の利用 －平成 19 年度観測データ高度利用技術担当者会議報告－

観測部観測課観測システム運用室

### 目 次

1. はじめに .....	1
2. レーダーデータの品質管理の強化 .....	3
3. 新しいレーダー観測資料の実利用 .....	64
4. メソサイクロン検出に関する技術情報の共有 .....	95
5. レーダー気象観測に関する技術開発動向 .....	106
6. おわりに .....	109
付録.....	111

### 1. はじめに

本報告は、平成 20 年 1 月 24、25 日に本庁で開催された「平成 19 年度観測データ高度利用技術担当者会議」（以下「本会議」という。）の成果である。

観測部では、予報現場における降水の実況監視（降水雲の発生から発達、衰弱、消滅までの過程の監視）を強化するため、一般気象レーダー観測の運用システムとして気象レーダー観測処理システム（Radar Observation and Processing System : ROPS）を整備し、1km メッシュの全国合成レーダーエコーを提供している。同時に、全国 1km メッシュレーダー三次元データを気象レーダーデータ共有装置（Radar Information Sharing System : RISS）から提供するとともに、同データをもとにレーダーエコーの鉛直分布を指数化した鉛直積算雨量をはじめとする「レーダーエコー指数」（平成 18 年度以前は「RaDAMoS 指数・降水に関する指数」と呼称）をレーダーデータ解析監視システム（Radar Data Analysis and Monitoring

System : RaDAMoS）から提供し、降水の実況監視の強化に向けて、それらの新しいレーダー観測資料の現場での利用を推進している（観測部、2008）。

その初年度として、平成 18 年度の本会議においては、新しいレーダー観測資料の降水の実況監視への効果について、事例解析をもとに議論した（観測部、2008）。

その結果、レーダー三次元データについては、降水域の動向・構造の把握に効果があるが、時間的制約から注警報作業中に定常的に使うには必ずしも適さないことがわかった。レーダーエコー指数については、降雹（ひょう）の判別には有効であるが、大雨のポテンシャル把握や注警報のリードタイムを延長するための資料、すなわち地上降水に先行する指標としての有効性については、確認できなかった。また、地方側からは新しいレーダー観測資料を提供・表示するシステムを改良することや、新たな指数を追加することなどが要望された。

本庁ではこれらの結果を踏まえ、平成19年度には、(1)新しいレーダー観測システムのもとでデータの品質管理を再点検するとともに、(2)平成18年度の本会議のテーマを引き継いで、次の4点を本会議の具体的課題とした。

- ①レーダーデータの品質管理の点検と強化として、地形エコーや異常伝搬エコー等の非降水エコーの現状分析とその対策
- ②レーダーエコー指数を実利用するため、不安定性降水を対象としたレーダーエコー指数の総合的・統計的調査
- ③新しいレーダー観測資料の提供・表示システム(RISS, RaDAMoS)の改良、新しい指数の開発・追加
- ④新しいレーダー観測資料の実況監視における利用手順の構築

実際には、会議開催までに課題①～③について作業を本庁・管区の予報・観測担当者が分担して進め、その成果を持ち寄って本会議に臨み、会議での発表と議論を通して問題を検討し、残された課題を整理した。これらを本報告第2章・第3章に記載する。④については、本会議では具体的な検討までには至らなかったため、①～③についての成果をもとに今後早急に対処したい。

平成18年の宮崎県延岡市や北海道佐呂間町における甚大な竜巻災害に端を発して、平成19年5月には府県官署「突風に関する府県気象情報」の慣熟運用を開始した(平成20年3月には上記慣熟を終了し、「竜巻注意情報」の運用を開始した)。この情報の作成には、ドップラーレーダーによるメソサイクロンの自動検出が大きな役割を果たしている。一般気象業務においてはドップラー速度データやメソサイクロン自動検出はなじみが薄いので、本会議ではメソサイクロンの自動検出に関する技術的情報を共有するためのセッションを設けた。本報告の第4章はその概要である。

第5章では、レーダー気象観測に関する最近の技術開発として、数値モデルの気温、湿度、雨量などの出力結果から、気温や湿度による屈折率の変化を考慮してレーダービーム経路を計算し、地形によるビームカットなども考慮して、擬似的

なレーダー三次元データを作成するツール「レーダーエコーシミュレータ」の作成状況を紹介する。

#### 参 考 文 献

観測部(2008):新しいレーダー観測資料の利用に関する検討。測候時報, 74, 35-92.

## 2. レーダーデータの品質管理の強化<sup>1</sup>

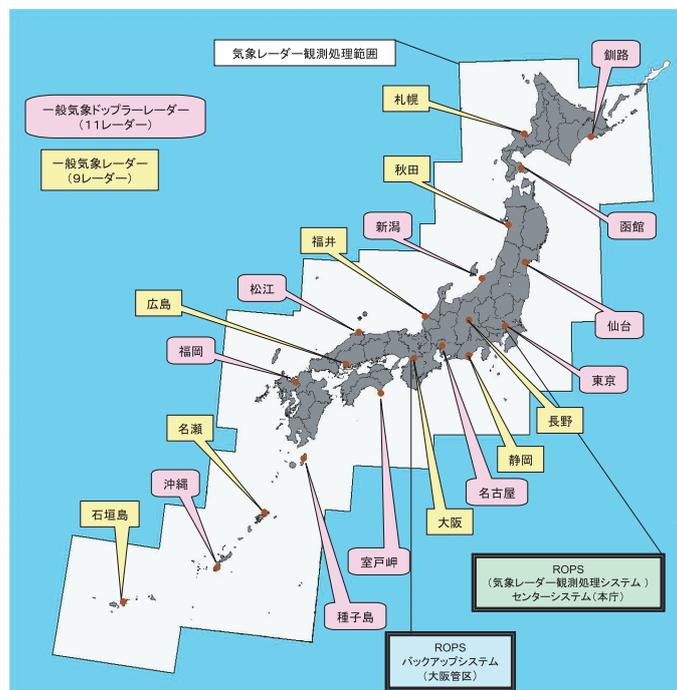
### 2.1 はじめに

気象レーダー観測処理システム (Radar Observation and Processing System : ROPS) は、平成 17 年度に本庁センターシステムと東日本 11 のレーダーのサイトシステムが整備され、続いて平成 19 年度には西日本の 9 レーダーのサイトシステムが整備されたことで全国整備が完了した (第 2.1.1 図, 第 2.1.2 図)。ROPS では受信信号から地形エコー信号を除去するため、従来のハイパスフィルタによるノンコヒーレント MTI (Moving Target Indicator) に代わって、ドップラースペクトルによるコヒーレント MTI を主体とする方式に変更された。これにより、地形エコーの除去率が向上し、レーダーデータの品質は大きく向上した。ただし、強風などの悪条件下や新しい構造物の出現などにより完全に地形エコーを除去するには至っていない。このため、これに加えてクラッタマップによる反射強度の減算処理による自動品質管理 (Automatic Quality Control : AQC) を実施するとともに、データ処理の最終段階におい

て電波の異常伝搬なども含めて現業者 (観測者) の目視による品質管理 (Human Quality Control : HQC) を実施している。

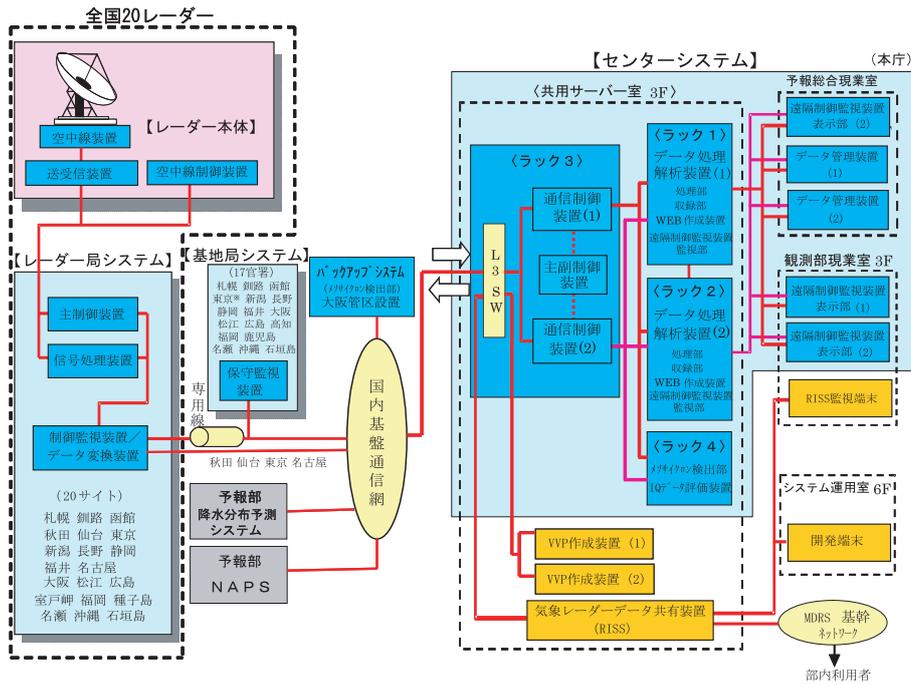
こうしたレーダーデータの厳重な品質管理にもかかわらず、なおも地形エコーの消え残りが発生し、ときとして解析雨量に過大値などとして影響を与える。予報作業におけるレーダーデータと解析雨量の重要性はあらためて述べるまでもなく、このような事例の出現を看過することはできない。このため、新システムの展開が終了したこの時期に、地形エコーの発生状況を全国的に統一して調査し、レーダーデータの品質に関する現状分析と対応について検討することとした。

第 2.2 節で ROPS におけるレーダーデータの品質管理と解析雨量作成時の品質管理の手法を紹介する。第 2.4 節では各管区・沖縄气象台から地形エコーを中心とするレーダーデータの品質の現状を報告し、第 2.5 節ではレーダーデータの品質が予報作業に与える影響を事例をもとに議論し、今後の品質管理のあり方と、予報作業における注意点等を検討する。



第 2.1.1 図 気象庁レーダー観測網 (平成 20 年 3 月現在)

<sup>1</sup> 観測部観測システム運用室 飯田 和彦・須田 良久 (以下、所属は平成 19 年度現在)



第 2.1.2 図 気象レーダー観測処理システム (ROPS) の構成

## 2.2 レーダー気象観測における品質管理<sup>2</sup>

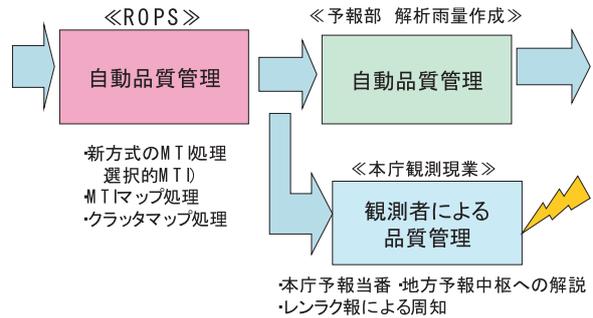
### (1) レーダーデータの品質管理の概要

気象レーダーの観測データの品質管理の流れを第 2.2.1 図に示す。気象レーダーの観測データは、ROPS において新しい方式の MTI 処理 (選択的 MTI)、MTI マップ処理、さらにクラッタマップ処理によって地形エコーが除去され、全国合成レーダーエコーとして各ユーザーに配信されている (第 2.2.2 図参照)。主ユーザーである予報部では、さらにこれに各種の自動品質管理を施し、アメダス等の地上雨量データと組み合わせる解析雨量を作成している。

ROPS での自動品質管理で除去できなかった地形エコー・電波の異常伝搬によるエコー・上空エコー・ブライトバンドエコー等については、本庁観測現業 (観測者) が目視で品質管理 (HQC) を施し、必要に応じて本庁予報現業や地方予報中枢へ口頭・電話で解説するとともに、関係官署へレトラク報による周知を行っている。

ここでは、主に ROPS での品質管理手法の特徴と現状の問題点を中心に解説する。

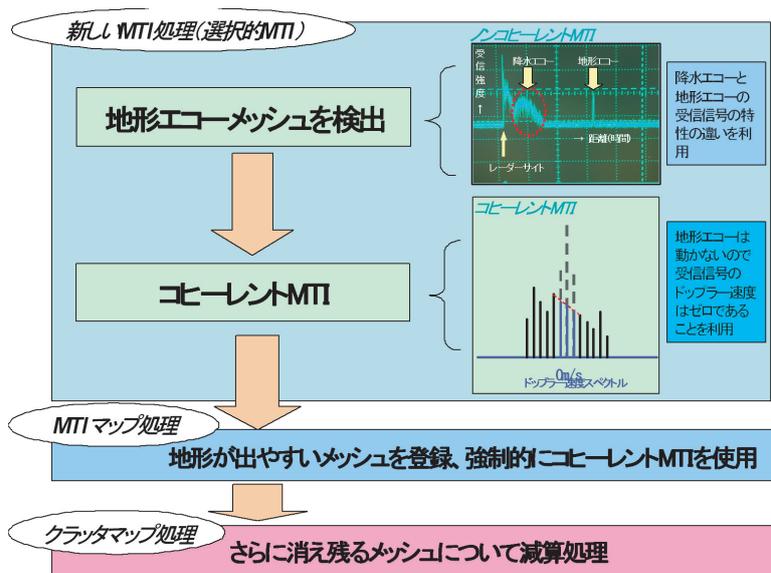
<sup>2</sup> 観測部観測システム運用室 安齊 良悦



第 2.2.1 図 レーダーデータの品質管理の流れ

### (2) ROPS における地形エコー除去

レーダー局システムでの新しい地形除去処理方式 (選択的 MTI) は、まず従来型のノンコヒーレント MTI を利用し地形信号成分と降水エコー信号成分の比やドップラー速度の速度幅等から地形エコーメッシュの検出を行い、次に、そのメッシュについて、コヒーレント MTI をかける。コヒーレント MTI は、ドップラー効果を利用し、地形エコーは移動せずドップラー速度はゼロであることから、ゼロの成分は地形とみなし除去するものである。



第 2.2.2 図 ROPS における地形エコー除去の流れ

次に MTI マップ処理を行う。これはあらかじめ地形エコーの出やすいメッシュを登録しておく、そのメッシュについては強制的にコヒーレント MTI をかけるもので、選択的 MTI 処理での地形エコー検出のミスを補う効果がある。

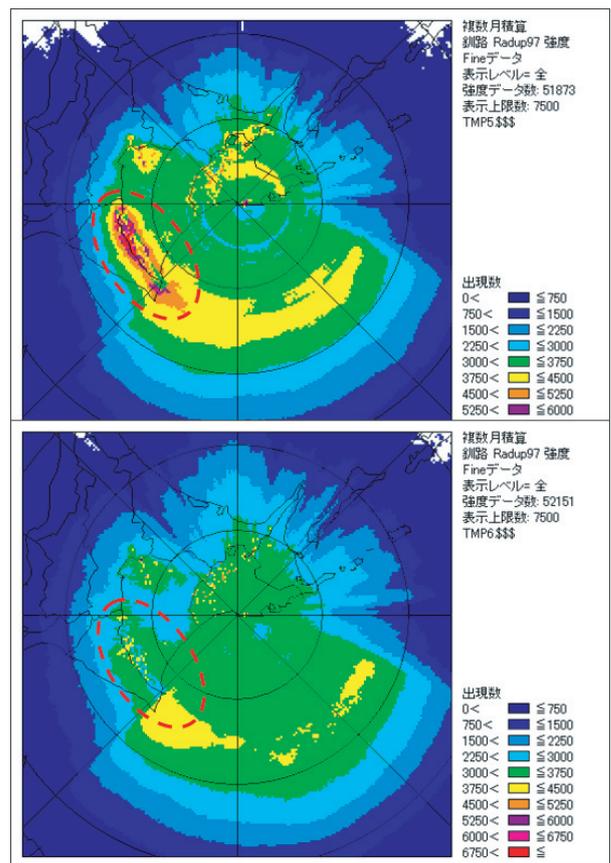
さらに、それでもなおかつ消え残るメッシュについて、ROPS センターシステムにおいて登録したメッシュについて、減算処理または足切り処理を行う、クラッタマップ処理を行っている。

(3) 新しい地形エコー除去機能の効果

第 2.2.3 図は、釧路レーダーにおける旧システムと新システムでの各メッシュにおける 1 時間ごとのエコー出現数の 1 年間積算値を比較したものである。

新システムでは、新しい地形除去処理の効果により、日高山脈に発生した地形エコーの消え残りが大幅に改善されていることが明らかである。

このように ROPS では、厳重な地形除去処理を行っているにもかかわらず、なおも地形エコーの消え残りが発生することがある。この結果、地形エコーが誤って降水エコーとして全国合成レーダーエコーに取り込まれ、さらには誤った降水量として解析雨量に反映されることがあると報告されている。



第 2.2.3 図 釧路レーダー、エコー出現数の年積算値  
上図は平成 16 年(旧システム)、下図は平成 17 年(新システム)の状況。

(4) 地形エコー消え残りの発生状況

(2) に示した ROPS の MTI によっても地形エコーが除去されなかった場合や、それらが解析雨量の作成過程でも除去されなかった場合、本庁観測現業では観測者がそれらを目視で確認し、その結果を本庁予報現業及び関係する地方予報中枢に口頭・電話で解説し、関係機関にレンラク報により周知している。第 2.2.4 図は、2006 年（平成 18 年）のレンラク報による周知状況である。年間では 143 回、延べ時間では 1494 時間に達している（ただし、延べ時間では、ひとつの地形エコーについて、同時刻に複数のレーダーで観測し周知している事例を含む）。

(5) 地形エコー消え残りの事例

a. スキー場のリフト等による地形エコー

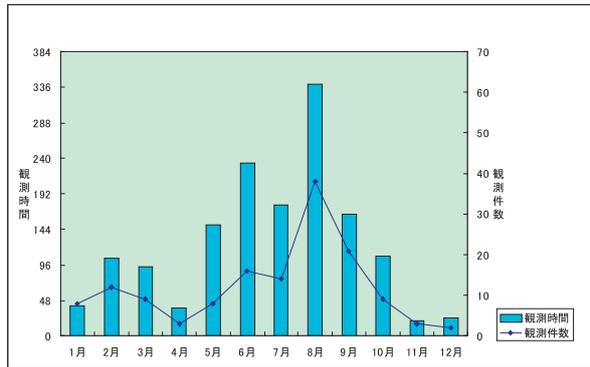
第 2.2.5 図は、函館レーダーにおける地形エコーの発生例であり、ニセコ付近で 201mm/h の降水強度が出力された。この地形エコーの発生は、冬季の日中に限られ、発生場所はニセコスキー場に対応している。地形エコーの原因はゴンドラやリフト等の人工構造物からのレーダー反射波がゼロ以外のドップラー速度を持つことから、MTI では除去できず、消え残りとなったものと考えられる。

b. 風力発電施設により生じる地形エコー

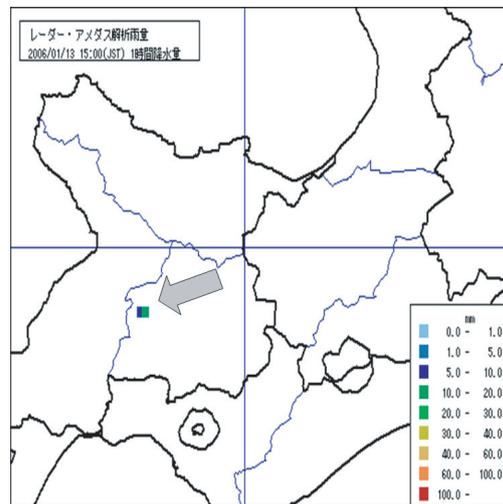
第 2.2.6 図は東京レーダーにおける地形エコーの消え残りの事例である。この例では解析雨量に異常値が現れ、その出現メッシュを調査した結果、大規模な風力発電施設の存在が確認された。対策としては、クラッタマップによる減算処理により対応している。現在このような事例が各地から多数報告されている。

風力発電の風車は、強化プラスチック製で、一見するとレーダー電波は反射しないように思うが、風車内部には、落雷対策のために避雷導線が走っており、これがレーダー電波を反射していると考えられる。風車の回転により反射電波にはドップラー速度成分が生じるため、コヒーレント MTI では除去できない場合が生ずると考えられる。

第 2.2.7 図は、2007 年に観測システム運用室において調査した全国の風力発電施設の所在地であ



第 2.2.4 図 2006 年の東日本 11 レーダーにおける地形エコー消え残りのレンラク報による周知の回数及び周知の延べ時間



第 2.2.5 図 解析雨量に現れたニセコ付近の地形エコー消え残り (矢印)

る。このように風の強い海岸線を主に、全国各地に施設が設置され、今後ますます増えることが予想され、レーダー観測への影響が想定される。海外でも同様な状況であり、その対策が議論されている (Isom et al., 2007)。

(6) クラッタマップ処理による対策

2005 年 11 月の ROPS の運用開始以降、本庁観測現業による監視や地方官署からの報告により、(4) で示したような地点における地形エコーについて、各メッシュでの地形エコーの出現頻度・強度やクラッタマップを適用したときの降水エコーに与える影響などを検討し、必要と判断した場合



第 2.2.6 図 風力発電施設による地形エコーの消え残りが発生した例  
 左図は 2007 年 3 月 2 日 09 時の解析雨量値，右図は発生メッシュ付近の風力発電施設。  
 写真提供：J-POWER [電源開発 (株)]



第 2.2.7 図 全国の風力発電施設の設置状況 (2007 年 観測システム運用室調べ)

はクラッタマップを設定する範囲や減算値を統計的に算出し、クラッタマップ処理を施している。

第 2.2.8 図は、秋田レーダーにおけるクラッタマップの適用例である。対策前後の同じ季節の 1 か月間の解析雨量での比較である。秋田では、太平山付近にたびたび消え残りが発生し、対策前（2006 年 5 月）は、解析雨量へ過大値として反映されており、2006 年 6 月にクラッタマップによる対策を施し、その結果、翌年同月（2007 年 5 月）では、ほとんど過大値はなくなり、クラッタマップ処理の効果があったことがわかる。

(7) 強風時に発生する地形エコー

台風等の強風下において、山岳地域に地形エコーの消え残り事例がたびたび発生している。例えば、2005 年の台風 14 号通過時の解析雨量の 24 時間積算値では、全国各地の山岳で地形エコーの

消え残りによる過大値が発生した。こうした強風時における地形エコーの消え残りは、クラッタマップでは一律に対処することができず、課題として残されている。

通常、地形（山岳）からのレーダー反射波は、ドップラースペクトルのゼロ成分に集中しており、コヒーレント MTI により除去される。しかし、台風などにより特に強い風のもとでは山岳の木々が揺れ、スペクトル幅が増加するといわれている (Groginsky and Glover, 1980 ; 石原, 2001)。こうした条件のもとでは、スペクトル幅を規定の閾値とするパラメータ設定では、コヒーレント MTI で地形エコーを除去しきれないものと推測される。

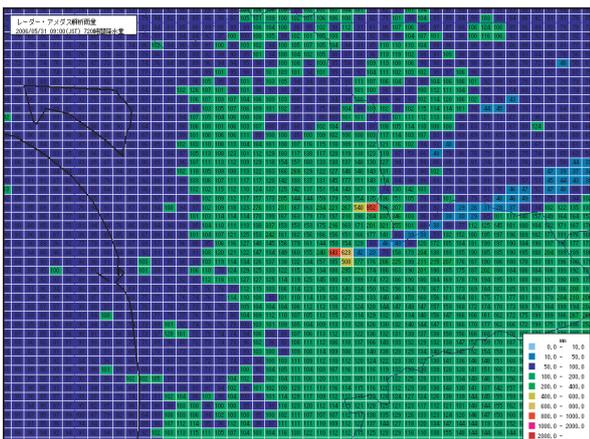
しかし、樹木がない標高の高い山岳が消え残りエコーとして報告されることもあるなど、まだ原因不明な点も多く、レーダーと山岳の位置関係、風向・風速・降水の強さとの関係、詳細なドップラースペクトル等を今後調査していく必要がある。

(8) まとめ

新しい MTI 方式の採用やクラッタマップの適用など自動品質管理によりデータ品質は大幅に向上したものの、すべての地形エコーを消去するに至っていない。特に風力発電施設・スキー場の人工構造物、強風時に発生する地形エコーについては、新しい地形除去方式でも除去は困難であり、実状に合わせて随時クラッタマップの更新が必要である。これと併せて、観測者・利用者による品質管理が引き続き必要である。

参 考 文 献

Groginsky, H. L. and K. M. Glover (1980) : Weather radar canceller design. Preprints of 19th Conf. Radar Meteor., 192-198.  
 石原正仁 (2001) : ドップラー気象レーダーの原理と基礎. 気象研究ノート第 200 号, p18.  
 Isom, B. M. and Coauthor (2007) : Characterization and mitigation of wind turbine clutter on the WSR-88D network. 33rd Conf. Radar Meteorology, AMS, 8B.8.



第 2.2.8 図 秋田レーダー周辺の月間の解析雨量値  
 上図は 2006 年 5 月（クラッタマップ適用前）、下図は 2007 年 5 月（クラッタマップ適用後）。

### 2.3 解析雨量作成時のレーダーデータの品質管理<sup>3</sup>

(1) 解析雨量作成における処理の流れ

第2.2節で述べたように、レーダー気象観測によって得られ、自動品質管理を施されたレーダーデータは、各レーダーごとの1kmメッシュ直交座標エコー強度最下層データとして、解析雨量の作成のため予報部に送られる(第2.1.2図)。解析雨量を作成するにあたっては、不適切な雨量値が算出されないようにこのレーダーデータにさらに品質管理を施している。

解析雨量作成時のデータの流は、第2.3.1図に示すとおりである。解析雨量そのものの作成手順は予報部(2002)、永田・辻村(2006)を参照していただくとして、ここでは解析雨量を作成する際に行われている品質管理について解説することにする。

(2) 解析雨量作成時のレーダーデータ品質管理

解析雨量を作成するにあたっては、次の品質管理が行われている。

- ・弱い地形エコーの除去
- ・レーダーサイト周辺の1時間積算降水強度推定
- ・異常データの除去
- ・孤立点除去
- ・強い地形エコーの除去

各品質管理について、以下に解説する。

(3) 弱い地形エコーの除去

ここでのターゲットは、出現頻度の高い、弱い地形エコーを除去することである。

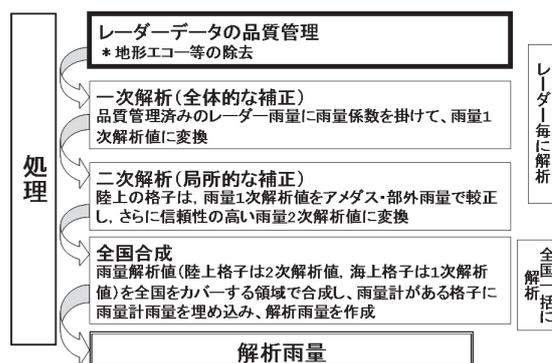
まず、弱い地形エコーが出現しやすい格子をあらかじめ調査しておき、この格子を登録しておく。各処理時刻ごとに、登録された格子には弱い降水があるが、その周辺の格子には降水がない場合は、登録格子のエコーは地形エコーであるとみなし除去する。第2.3.2図は、広島レーダーにおいて弱い地形エコーがよく出現する格子である。

(4) サイト周辺の1時間積算降水強度の推定

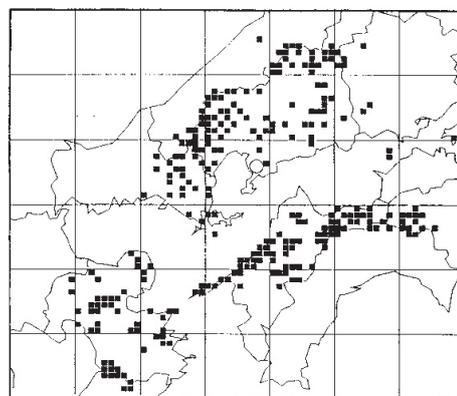
レーダーサイト直近の格子では、アンテナのサイドローブからの信号が比較的強いことから、メインローブからのエコー強度にサイドローブから

のエコー強度が混入し、不適切な値を示すことがある。

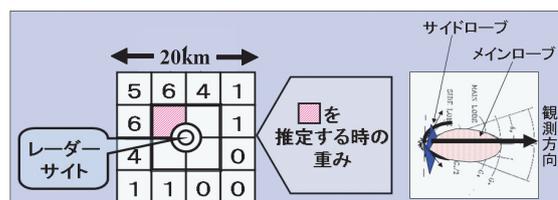
これを避けるため、レーダーサイトを囲む10km四方内の格子において1時間積算降水強度を算出する際には、その周囲5km内の格子の値をアンテナパターンに応じた重みを付けた上で平均し、1時間積算降水強度を算出している(第2.3.3図)。



第2.3.1図 解析雨量作成時におけるデータ処理の流れ



第2.3.2図 弱い地形エコーがよく出現する格子 (広島レーダー)



第2.3.3図 レーダーサイト周辺の1時間積算降水強度の算出方法

<sup>3</sup> 予報部予報課 永田 和彦

(5) 異常データの除去

ここでのターゲットは、レーダー機器などの一時的故障などによる異常データである。

第 2.3.4 図に示すように、列状・環状に同じ値の強雨が多数並ぶような不自然データは、レーダー機器などの故障によることが多い。こうしたレーダーデータが見られたときには、それらのデータを解析雨量の作成には利用しないよう処理している。

(6) 孤立点の除去

降水の場合、1 格子だけエコーが観測されるというケースはごくまれである。したがって、1 格子だけが孤立してエコーが出現している場合には、このデータを除去している。

(7) 強い地形エコーの除去

(3)～(6) で述べた手法では強い地形エコー(グランドクラッタ)を除去することはできない。このため、次のように対応している。

- ・強い地形エコーが発生する格子(サイト別異常格子)を登録する
- ・この格子のレーダー観測値を内挿処理することにより過大値を除去

以下はその詳細であり、第 2.3.5 図はその例である。

①地域の決定

地形エコーが出現していると思われる格子を含み、ほぼ同じような観測条件、気象条件のエリアを選ぶ。

②積算/頻度の過大値を示す格子

①のエリア内で、出現頻度が少なくかつ1時間積算強度が大きい格子を抽出する。エコーの出現頻度が少ないにもかかわらず積算強度が多い格子は、強雨時に過大値を示すことが多い。

③積算強度の過大値を示す格子

積算強度が大きい格子を抽出する。過大値判定は、①で決定した領域内において、(エリア内の平均) + 4 x (エリア内の標準偏差)を目安としている。

こうして選ばれた格子では、データを除去した後、内挿によってその格子の積算強度を推定する。推定方法は、周り 24 格子(サイト別異常格子マップに登録されている格子は除く)の値について、

距離に反比例する重み付き平均とする。ただし、周り 8 格子がすべて 0 なら 0 とする。

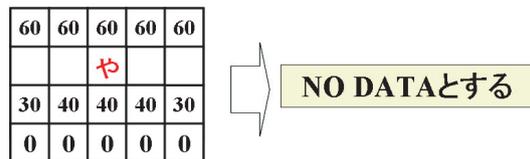
内挿を行う際の条件は、次のとおりである。

①積算/頻度が過大の条件で選ばれた格子

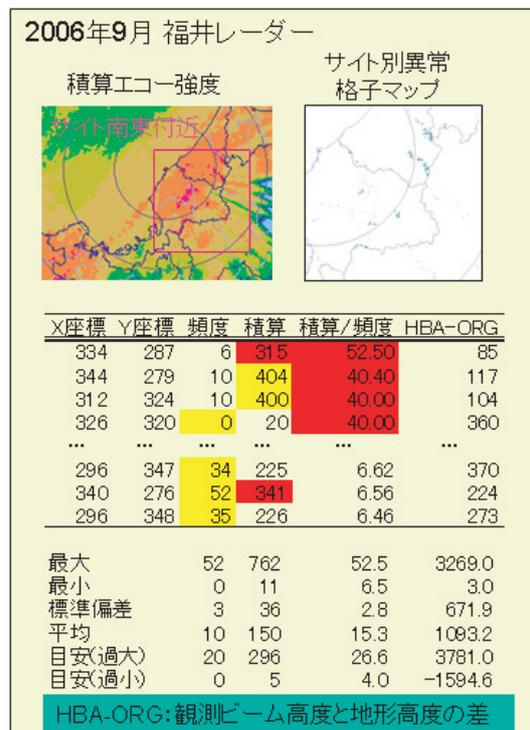
こうした格子では、常に過大値の可能性が高いと考えられるため、エコーがある場合は必ず内挿する。例は、第 2.3.6 図の青色の格子である。

②積算強度が過大の条件で選ばれた格子

常に過大とは限らないため、周囲 8 格子(別の特定格子を除く)の値と比べて強度が最も大きい場合は内挿する。第 2.3.7 図の例で緑色の格子、黄色格子は観測部で減算処理を施している格子である。



第 2.3.4 図 異常データの除去方法



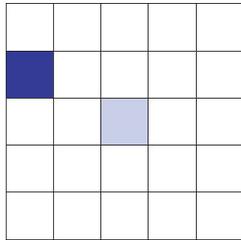
第 2.3.5 図 サイト別異常格子マップの例

この強い地形エコーの除去の特徴は、

- ・ サイト別異常格子のエコー積算を周囲の格子の内挿で決める。
- ・ 条件付きで、サイト別異常格子のエコーを除去することができる。

であり、想定される問題点は

- ・ 対象となった格子では局地的な強雨を表現できないことである。第 2.3.8 図はサイト別異常格子マップの適用例である。第 2.3.9 図は平成 20 年 1 月現在、利用しているサイト別異常格子マップである。

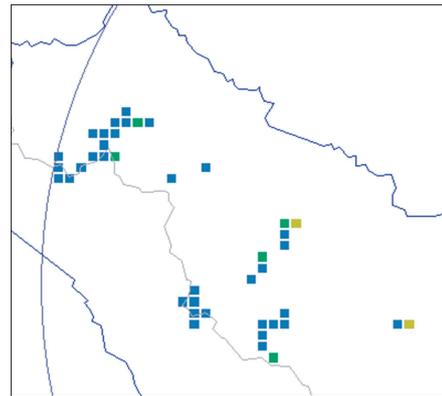


第 2.3.6 図 着色した 2 つの格子がサイト別異常格子マップに登録されていたとすると、中心の異常格子は濃い青格子を除く 23 格子の重み付き平均で決定

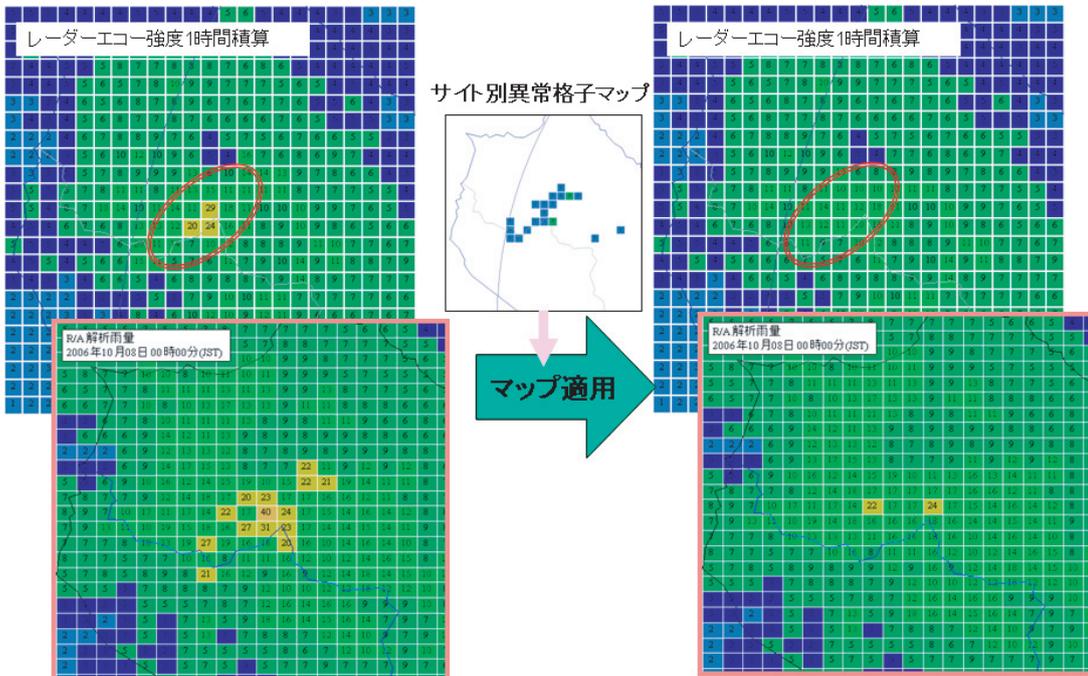
### 参 考 文 献

予報部 (2002) : 降水短時間予報技術解説書.

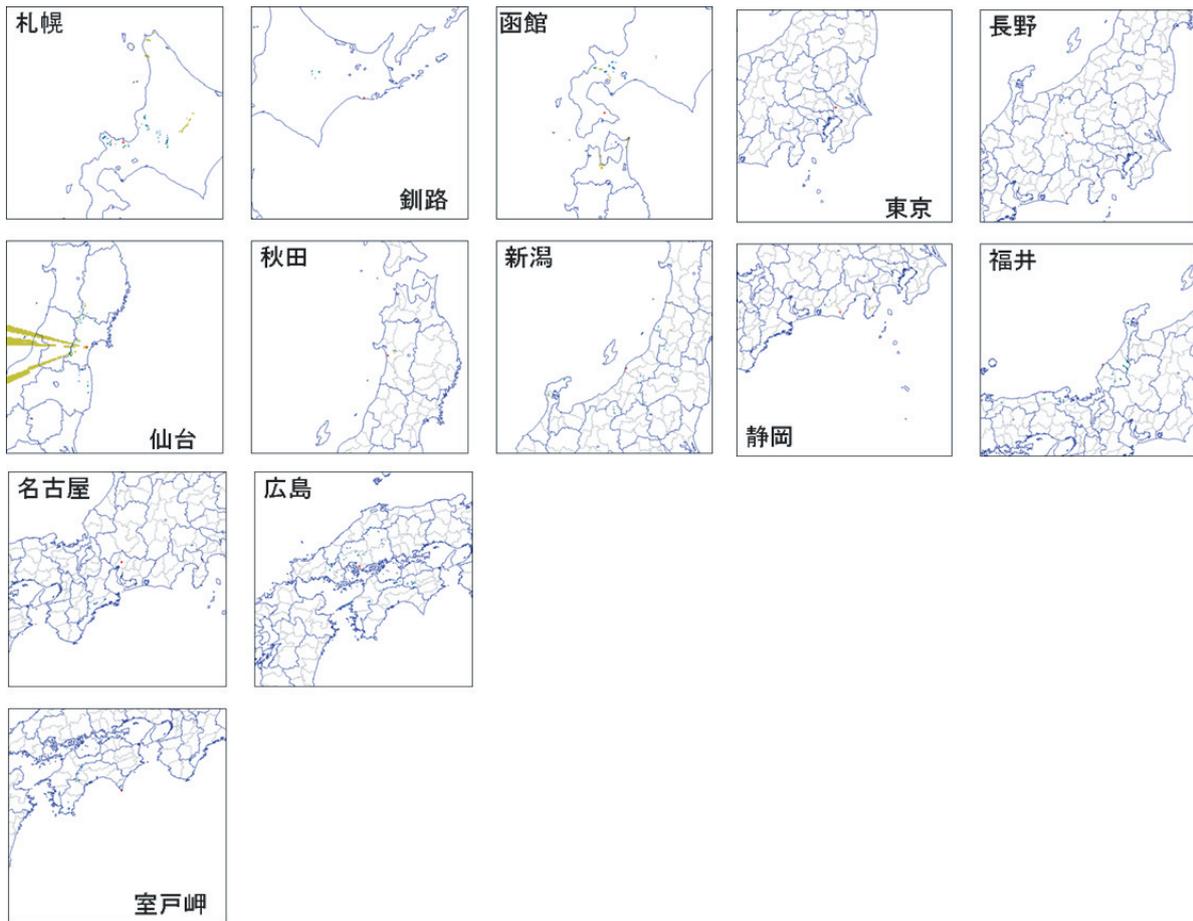
永田和彦・辻村 豊 (2006) : 解析雨量及び降水短時間予報の特性と利用上の注意点. 平成 18 年量的予報研修テキスト, 9-24. 予報部.



第 2.3.7 図 札幌レーダーの積丹半島付近サイト別異常格子マップ



第 2.3.8 図 サイト別異常格子マップの適用例  
札幌レーダー 2006 年 10 月 8 日 00 時 積丹半島付近.



第 2.3.9 図 平成 20 年 1 月現在，利用しているサイト別異常格子マップ

## 2.4 各地の地形エコー出現状況

この節では，各管区・沖縄気象台管内における地形エコーの出現状況を報告する。

### 2.4.1 札幌管区気象台<sup>4</sup>

#### (1) はじめに

解析雨量過大値の出現を改善することを目的として，北海道に設置されている札幌・釧路・函館のレーダーで観測したデータから，地形エコーが出現する頻度の高い地域，格子について調査した。

#### (2) 調査方法

- ・2007年7月～10月の期間で積算した各レーダーのエコー出現率図を作成した。
- ・作成した出現率図から，周辺に比べ地形エコーが出現しやすい地域を特定した。

・地形エコーの要因が，山岳等の地形によるものか，それ以外の風力発電施設やスキー場ゴンドラ・リフト施設等の構造物によるものかを調査した。

#### (3) 調査結果

##### a. 札幌レーダー

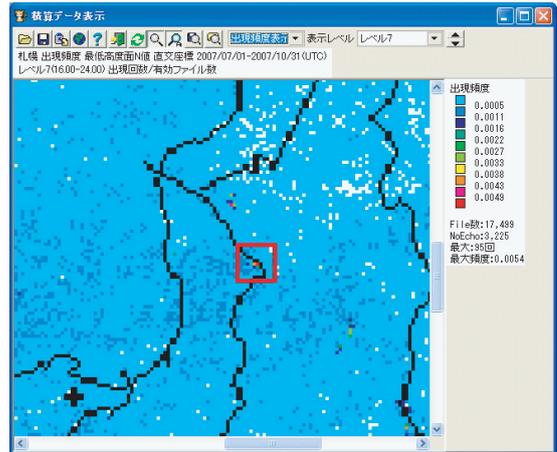
積算結果の第 2.4.1.1 図及び拡大図の第 2.4.1.2 図では，①積丹半島，②暑寒別岳連峰の東側，③天売・焼尻島付近に出現率の高い地域がある。

第 2.4.1.1 表に示す降水強度レベル（以下，レベル）4 が最も顕著で，それより大きくなるとともに出現率は低くなり，レベル 7 くらいまで周辺よりも出現率が高い傾向となっていた。①と②については標高 1,000 メートル以上の山岳が影響していると思われる，③は島の地形が影響している可

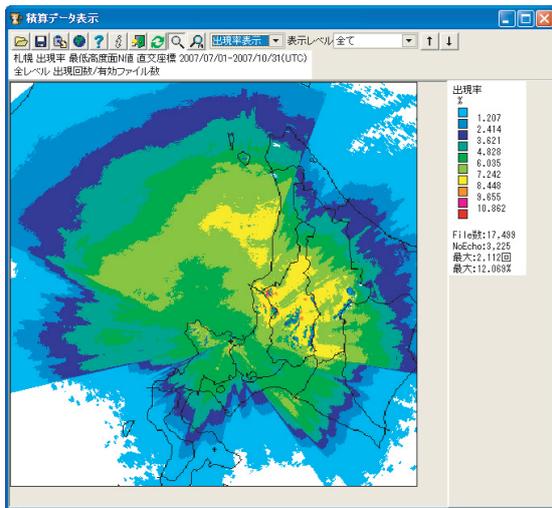
<sup>4</sup> 札幌管区気象台観測課 津田 幸一・長尾 里視

能性がある。

第 2.4.1.3 図は、札幌レーダーにおける 2007 年 7 月から 10 月の積算データからレベル 7 (16 ミリ以上 24 ミリ未満) のエコー出現率を図にしたものである。赤四角で示した領域で、出現頻度が高くなっているが、この領域には標高 1100 メートルのピンネシリ山があり、この山岳が影響しているものと思われる。



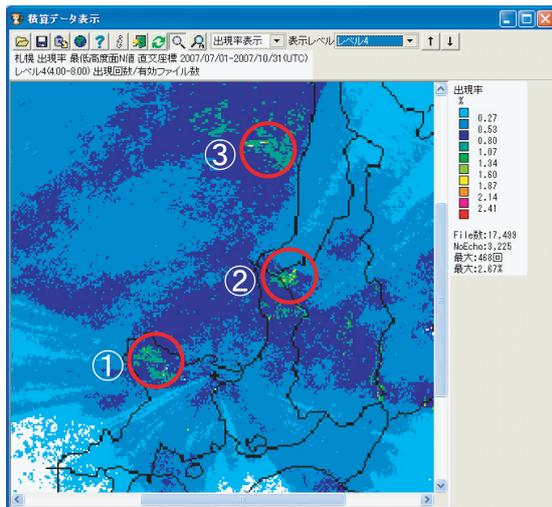
第 2.4.1.3 図 札幌レーダー，2007 年 7 月～10 月の積算データからのエコー出現率図（レベル 7 拡大）



第 2.4.1.1 図 札幌レーダーにおける 2007 年 7 月～10 月の積算データからのエコー出現率図

第 2.4.1.1 表 出現率図の降水強度レベル

降水強度レベル	1 時間あたりの降水量
1	0 ミリ以上 1 ミリ未満
2	1 ミリ以上 2 ミリ未満
3	2 ミリ以上 4 ミリ未満
4	4 ミリ以上 8 ミリ未満
5	8 ミリ以上 12 ミリ未満
6	12 ミリ以上 16 ミリ未満
7	16 ミリ以上 24 ミリ未満
8	24 ミリ以上 32 ミリ未満
9	32 ミリ以上 40 ミリ未満
10	40 ミリ以上 48 ミリ未満
11	48 ミリ以上 56 ミリ未満
12	56 ミリ以上 64 ミリ未満
13	64 ミリ以上 80 ミリ未満
14	80 ミリ以上

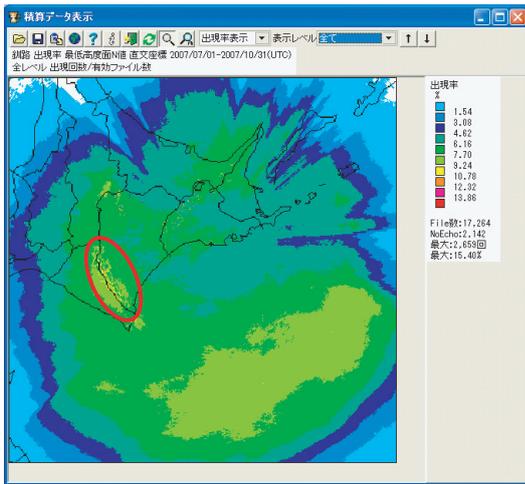


第 2.4.1.2 図 札幌レーダーにおける 2007 年 7 月～10 月の積算データからのエコー出現率図（レベル 4 の拡大）

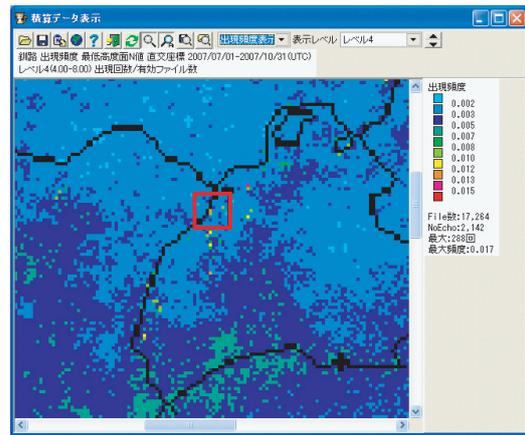
b. 釧路レーダー

積算結果の第 2.4.1.4 図では、日高山脈の尾根に沿って出現率がやや高くなっているが、それ以外に目立って高い地域は見られない。日高山脈沿いの地域は第 2.4.1.5 図で示したとおり、レベル 3～4 が最も出現率が高い傾向となっていた。ただし、レベル 5 よりも上のレベルになるにつれて出現率は低くなった。

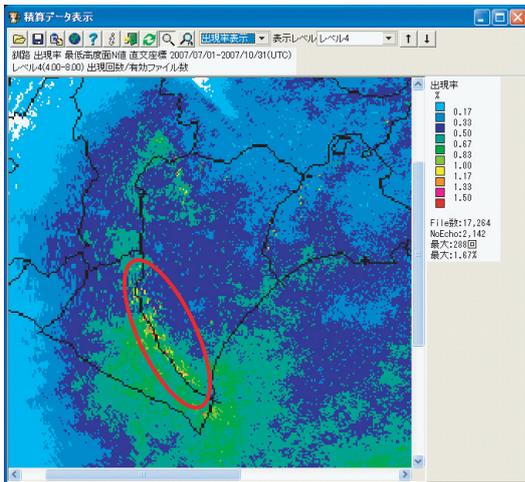
細かく見ると、第 2.4.1.6 図及び第 2.4.1.7 図のように、十勝支庁と釧路支庁の山沿いで地形の影響と思われる出現率の高い地域がある。



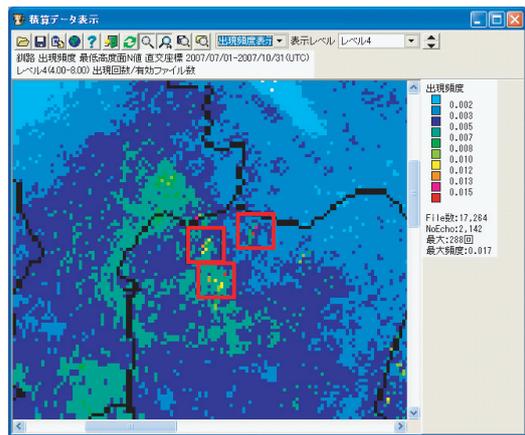
第 2.4.1.4 図 釧路レーダー，2007 年 7 月～10 月の積算データからのエコー出現率図



第 2.4.1.6 図 釧路レーダー，2007 年 7 月～10 月の積算データからのエコー出現率図（釧路支庁）



第 2.4.1.5 図 釧路レーダー，2007 年 7 月～10 月の積算データからのエコー出現率図



第 2.4.1.7 図 釧路レーダー，2007 年 7 月～10 月の積算データからのエコー出現率図（十勝支庁）

c. 函館レーダー

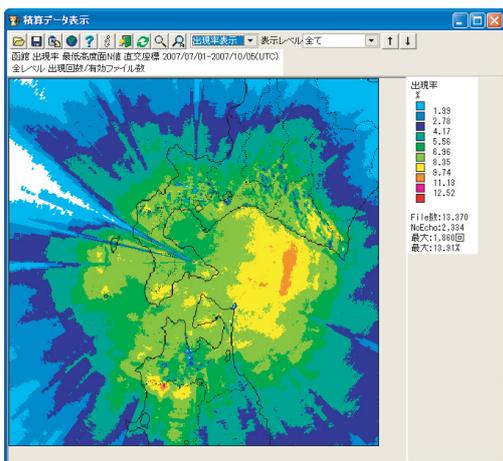
積算結果の第 2.4.1.8 図では，日高沖や陸上の所々で出現率の高い地域があるが，レベル 4 の出現率図（第 2.4.1.9 図）を見てわかるように，レベルごとに見ると，前述した出現率の高い地域では周辺との差は小さくなった。

また，レベル 2 からレベル 5 では，釧路レーダーと同様に日高山脈に沿う形で出現率が高くなっているが，レベル 6 よりも上のレベルになるにつれて低くなった。

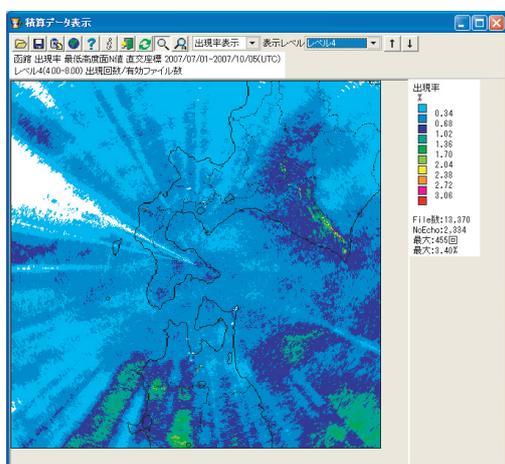
レベル 5 では，第 2.4.1.10 図で示した上川支庁と空知支庁の境の夕張山地で出現率が高くなっているが，これは山岳の影響と考える。

(4) まとめ

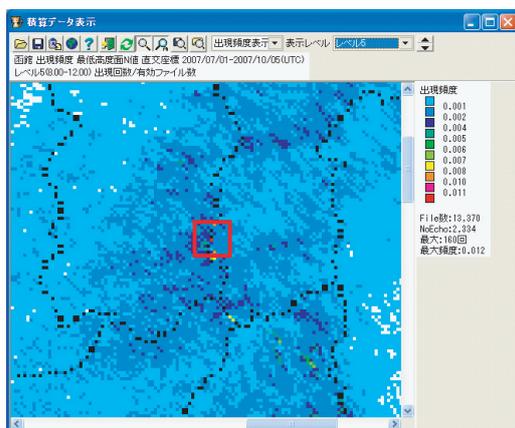
札幌管内では，地形エコーの出現率が高い地域は山岳地帯であり，山頂付近の地形が，レーダーに対して直角になるような場所で高くなる傾向があると考えられる。



第 2.4.1.8 図 函館レーダーにおける 2007 年 7 月～10 月の積算データからのエコー出現率図



第 2.4.1.9 図 函館レーダにおける 2007 年 7 月～10 月の積算データからのエコー出現率図 (レベル 4)



第 2.4.1.10 図 函館レーダーにおける 2007 年 7 月～10 月の積算データからのエコー出現率図 (レベル 5 の拡大)

## 2.4.2 東京管区における地形エコーの出現状況<sup>5</sup>

### (1) 東京レーダー

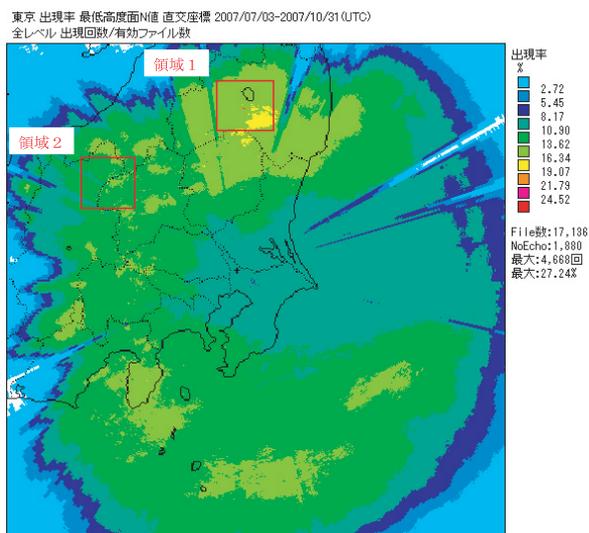
#### a. エコーの出現状況

第 2.4.2.1 図に東京レーダーの 2007 年 7 月 3 日～10 月 31 日における全レベルのエコー出現率の状況を示す。福島県の猪苗代湖の南側の領域 1 及び長野県～群馬県境の領域 2 に出現率の高い領域が見られる。

#### b. 出現率の高い要因の考察

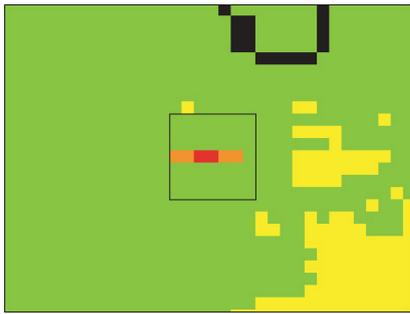
##### ア. 領域 1

第 2.4.2.2 図に領域 1 の拡大図を示す。また、第 2.4.2.3 図に実際の降水状況を示すが、出現率の高いメッシュで消え残りが発生している。23 時 30 分のエコー図で消え残っている 6 メッシュの GIS 格子番号は、左から 5640-00-01～5640-00-06 となる。国土地理院の地図閲覧サービスを利用してこのメッシュを調べると、この場所は福島県猪苗代湖の南約 7.5km にある布引高原で、この場所では 2007 年 2 月から郡山布引高原風力発電所が営業運転を行っている。第 2.4.2.4 図に郡山布引高原風力発電所関連の HP を示す。この電源開発株式会社の HP によると、発電用風車は、2,000kW×32 基、1,980kW×1 基の計 33 基が整備されている。

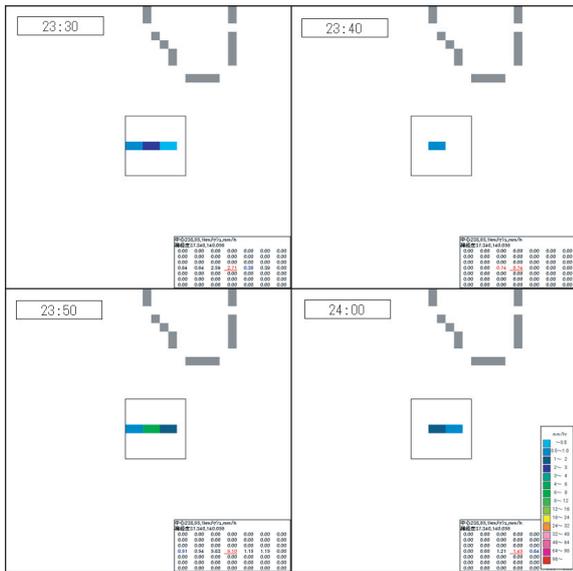


第 2.4.2.1 図 東京レーダーエコー出現率 (全レベル)

<sup>5</sup> 東京管区気象台技術部技術課 安田 操



第 2.4.2.2 図 領域 1 の拡大図



第 2.4.2.3 図 東京レーダー最低高度面データ (2007年7月5日23時30分～24時00分)

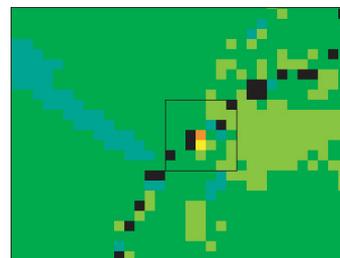
この風力発電所の影響から 2007 年 7 月 3 日には GIS 格子番号 5540-70-91 ～ 5540-70-96 の 6 メッシュについてクラッタマップを登録している。今回出現率が高いメッシュは登録したメッシュの北に隣接している。このことから出現率の高い要因は風力発電所の風車による影響と思われる。

イ. 領域 2

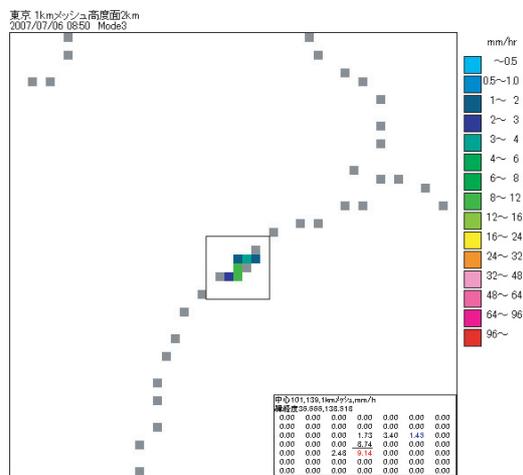
第 2.4.2.5 図に領域 2 の拡大図を、第 2.4.2.6 図に消え残りの状況を示す。出現率の高いメッシュの緯度・経度 (36.657°N, 138.507°E) から GIS 格子番号を求めると 5438-74-80 となる。グーグルアース及び国土地理院の地図閲覧サービスを利用してこのメッシュの情報を調べると、この場所は長野～群馬県境の万座山 (標高



第 2.4.2.4 図 郡山布引高原風力発電所の概要 (電源開発株式会社 HP より) 提供: J-POWER [電源開発 (株)]



第 2.4.2.5 図 領域 2 の拡大図



第 2.4.2.6 図 東京レーダー最低高度面データ (2007年7月6日08時50分)

1,994.4m) の GIS 格子番号 5438-74-70 と隣接する。

この付近は、草津白根山 (標高 2,160m : GIS 格子番号 5438-74-72) や横手山 (標高 2,307m : GIS 格子番号 5538-04-02) などがあり、出現率が高い要因は、これらの山岳からの反射による影響と思われる。また、この周辺ではスキー場が多数点在しており、スキー場施設の可能性も考えられる。

第 2.4.2.7 図に全国合成レーダーエコーによる消え残りのメッシュと各山頂との位置関係を示す。

c. まとめ

出現率が高い要因としては、領域 1 では郡山布引高原風力発電所の風車による影響、領域 2 では山岳からの反射による影響と考えられる。

風車による影響では、降水域の中での異常な強度の上昇などは認められないが、異常伝搬などにより消え残ることが多い。山岳からの反射による影響では、降水域の通過前あるいは通過後に消え残ることが多く、また降水域が当該メッシュ上に重なると周辺のメッシュより降水強度のレベルが数倍強く表示される傾向がある。

(2) 新潟レーダー

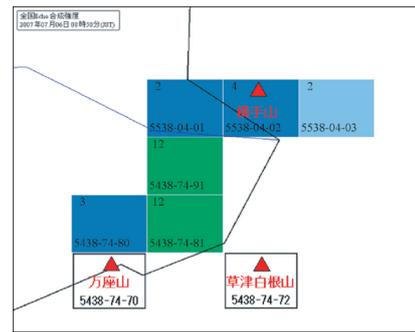
a. エコーの出現状況

第 2.4.2.8 図に新潟レーダーの 2007 年 7 月 3 日～10 月 31 日におけるエコー出現率 (全レベル) の状況を示す。秋田～山形県境にある鳥海山の北側に赤丸で囲った領域に出現率の高いメッシュを確認できるが、ほかに出現率の高いメッシュを認めることができない。

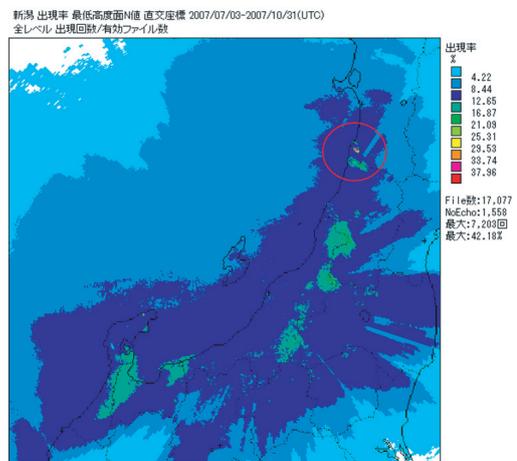
このため、レベルごとの出現率を検討したところ、レベル 3 において、出現率の高いメッシュを認めることができた。第 2.4.2.9 図にレベル 3 のエコー出現率を示すが、レベルの閾値は手動で設定している。

秋田～山形県境の領域 1、新潟～山形県境の領域 2、新潟、山形及び福島県にまたがる領域 3、福島県北部の領域 4、魚沼北部地域の領域 5、魚沼南部地域の領域 6 及び能登半島の領域 7 に消え残りが見られる。

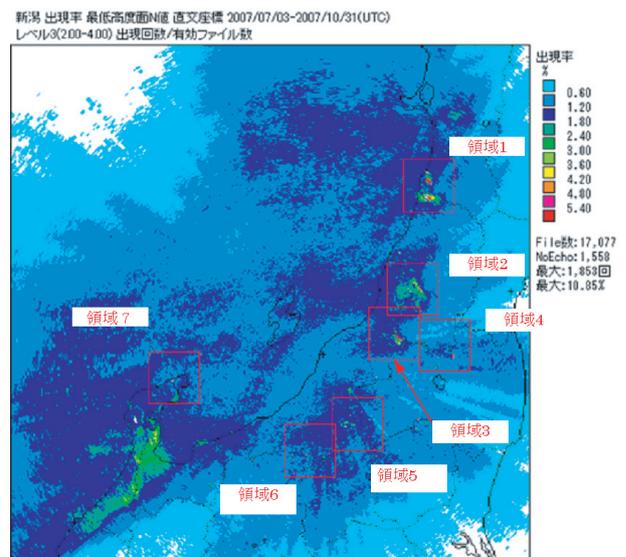
なお、領域 2 は大朝日岳 (標高 1,870.9m) 及び



第 2.4.2.7 図 消え残りメッシュと各山頂との位置関係



第 2.4.2.8 図 新潟レーダーエコー出現率 (全レベル)



第 2.4.2.9 図 新潟レーダーエコー出現率 (レベル 3 : 閾値手動)

西朝日岳（標高 1,814m）を中心とする朝日岳から以東岳（1,771.4m）に延びる山岳地帯，領域 3 は三国岳（標高 1,644m），飯豊山（標高 2,105.1m），大日岳（標高 2,126m）及び北岳岳（標高 2,024.9m）に連なる山岳地帯で，消え残りの要因が明確なため調査対象から除いた．また，領域 7 については別途報告済みのため省略した．

b. 出現率の高い要因の考察

ア. 領域 1

第 2.4.2.10 図に領域 1 の拡大図を示す．この領域の中でも①～③のグループに分かれている．

メッシュ①グループの中心の緯度・経度（39.302°N, 139.996°E）から GIS 格子番号を求めると 5839-77-69 となる．国土地理院の地図閲覧サービスを利用してこのメッシュの情報を調べると西目ウィンドファームと記載されている．第 2.4.2.11 図に西目ウィンドファーム関連の HP を示す．

メッシュ②グループの中心の緯度・経度（39.230°N, 140.007°E）から GIS 格子番号を求めると 5840-60-70 となる．国土地理院の地図閲覧サービスを利用してこのメッシュの情報を調べると県営仁賀保牧場となるが，この場所には仁賀保高原風力発電所が建設されている．第 2.4.2.12 図に仁賀保高原風力発電所関連の HP を示す．

このことから，メッシュ①及び②の出現率の高い要因は風力発電所の風車による影響と思われる．

各風力発電所の規模は次のとおりである．

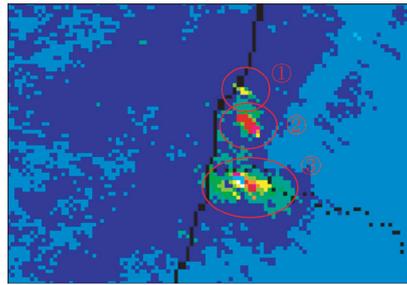
・西目ウィンドファーム

定格出力（1 基）	2,000kW
台数	15 基
総出力	30,000kW

・仁賀保高原風力発電所

定格出力（1 基）	1,650kW
台数	15 基
総出力	24,750kW

メッシュ③グループについては，鳥海山（標高 2,236m）による影響と思われるので調査対象外とした．



第 2.4.2.10 図 領域 1 の拡大図



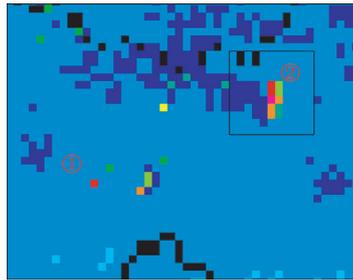
第 2.4.2.11 図 西目ウィンドファーム関連 HP  
（株）ユーラスエナジーホールディングス HP より）  
提供：ユーラスエナジーホールディングス



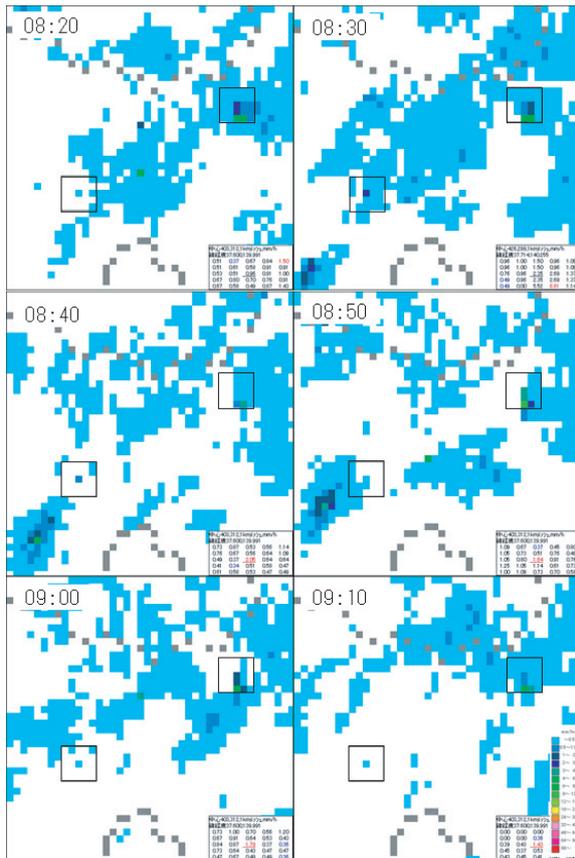
第 2.4.2.12 図 仁賀保高原風力発電所関連の HP  
（電源開発株式会社 HP より）  
提供：J-POWER [電源開発（株）]

イ. 領域 4

第 2.4.2.13 図に領域 4 の拡大図を，第 2.4.2.14 図に実際の降水状況を示す．第 2.4.2.14 図の四角の中心は，メッシュ①及びメッシュ②の最上部の赤いメッシュに合わせてある．これらのメッシュは周辺に降水がないときでも出力さ



第 2.4.2.13 図 領域 4 の拡大図



第 2.4.2.14 図 新潟レーダー最低高度面データ  
(2007 年 7 月 15 日 08 時 20 分～09 時 10 分)

れ、降水域と重なると周辺のメッシュより降水レベルが高めに表示されている。

メッシュ②は出現率の高い(赤)2つのメッシュについて調査した。各メッシュの緯度・経度から求めた GIS 格子番号は次のとおりである。

メッシュ①

緯度・経度 37.601°N, 139.992°E  
GIS 格子番号 5639-37-29

メッシュ②上

緯度・経度 37.715°N, 140.256°E  
GIS 格子番号 5640-42-50

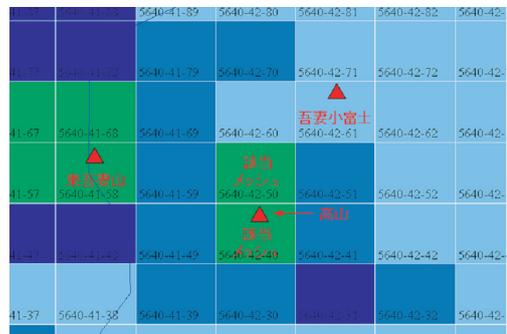
メッシュ②下

緯度・経度 37.706°N, 140.255°E  
GIS 格子番号 5640-42-40

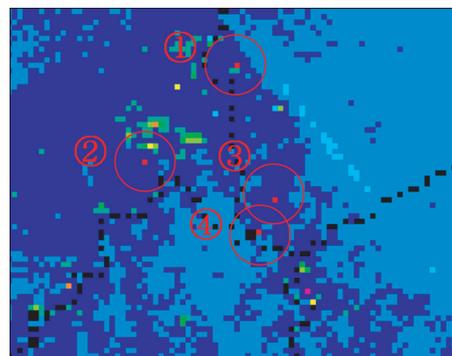
メッシュ①は福島県の磐梯山の西約 7km にある古城ヶ峰(標高 1,287.8m)の GIS 格子番号 5640-30-20 と隣接する。メッシュ②上は吾妻小富士(標高 1,707m)の GIS 格子番号 5640-42-61 と斜めに隣接し、メッシュ②下は高山(標高 1,804.8m)の GIS 格子番号 5640-42-40 と重なる。出現率が高い要因はこれらの山岳からの反射の影響と考えられる。第 2.4.2.15 図に出現率の高いメッシュ②とこれらの山頂との位置関係を示す。

ウ. 領域 5

第 2.4.2.16 図に領域 5 の拡大図を示す。図中の各メッシュの緯度・経度から求めた GIS 格子番号は次のとおりである。



第 2.4.2.15 図 メッシュ②と各山頂との位置関係



第 2.4.2.16 図 領域 5 の拡大図

メッシュ①

緯度・経度 37.228°N, 139.251°E  
GIS 格子番号 5539-62-70

メッシュ②

緯度・経度 37.066°N, 139.059°E  
GIS 格子番号 5539-40-74

メッシュ③

緯度・経度 37.002°N, 139.329°E  
GIS 格子番号 5539-42-06

メッシュ④

緯度・経度 36.948°N, 139.295°E  
GIS 格子番号 5539-32-33

第 2.4.2.17 図に実際の降水状況を示す。これらのメッシュは領域 4 と同様に周辺に降水がないときでも出力され、降水域と重なると周辺のメッシュより降水レベルが高めに表示される。

メッシュ①は福島県の田子倉ダムの南にある猿倉山 (標高 1,455m) ~ 大川猿倉山 (1,454.6m) ~ 村杉岳 (1,534.6m) の稜線上の 1,354m の山の GIS 格子番号 5539-62-70 と重なる。

メッシュ②は新潟県南魚沼市の八海山の南東にある日向山 (標高 1,560.8m) の格子番号 5539-40-84 と隣接する。

メッシュ③は福島県南会津郡檜枝岐村にある会津駒ヶ岳 (標高 2,133m) ~ 大杉岳 (1,921.4m) の稜線上の 1,871m の山の GIS 格子番号 5539-42-05 と隣接する。

メッシュ④は福島県南会津郡檜枝岐村にある燧ヶ岳 (標高 2,356m) の格子番号 5539-32-42 と斜めに隣接する。

出現率が高い要因はこれらの山岳からの反射の影響と考えられる。

エ. 領域 6

第 2.4.2.18 図に領域 6 の拡大図を示す。図中の各メッシュの緯度・経度から求めた GIS 格子番号は次のとおりである。

メッシュ①

緯度・経度 36.794°N, 138.080°E  
GIS 格子番号 5538-10-56

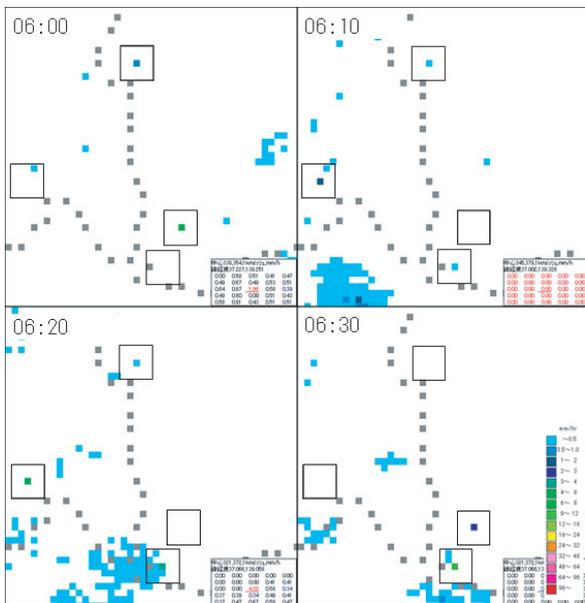
メッシュ②

緯度・経度 36.787°N, 138.496°E  
GIS 格子番号 5538-13-49

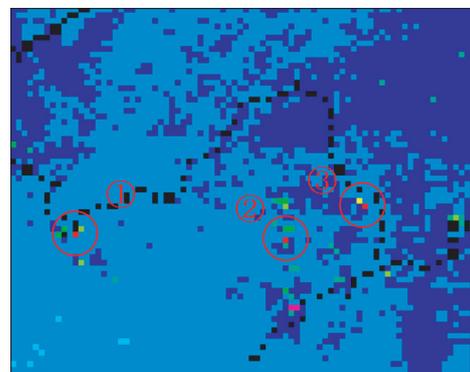
メッシュ③

緯度・経度 36.841°N, 138.653°E  
GIS 格子番号 5538-25-02

実際の降水状況を示す図は省略するが、これらのメッシュは領域 4 と同様に周辺に降水がないときでも出力され、降水域と重なると周辺のメッシュより降水レベルが高めに表示される。



第 2.4.2.17 図 新潟レーダー最低高度面データ (2007 年 8 月 31 日 06 時 00 分 ~ 06 時 30 分)



第 2.4.2.18 図 領域 6 の拡大図

メッシュ①は新潟～長野県境の高妻山の東南東約1.8kmの位置にある五地蔵山(標高1,998m)のGIS格子番号5538-10-55と隣接する。

メッシュ②は長野県下高井郡山ノ内町の竜王山(標高1,900.1m)と丸山(標高1,576.8m)のほぼ中間の場所で、グーグルアース及び国土地理院の地図閲覧サービスで見ても標高の高い山や風力発電所などの建築物も見当たらず、出現率が高い要因は不明である。当該メッシュから2～4kmの周辺には、スキー場を持つ竜王山、小丸山、焼額山など多数あるが、いずれも当該メッシュとは重ならない。

メッシュ③は新潟～長野県境の苗場山の西約2.5kmにある檜ノ塔(標高1,881.8m)のGIS格子番号5538-25-12と隣接する。

c. まとめ

出現率が高い要因としては、領域1のメッシュ①では西目windファーム、メッシュ②では仁賀保高原風力発電所の風車の影響、メッシュ③及びその他の領域では山岳からの反射による影響と考えられる。

山岳からの反射による影響では、降水域の通過前あるいは通過後に消え残ることが多い。

新潟レーダーの観測範囲内には、ほかにも風力発電所が数箇所存在するが、出現率や実際の降水状況を見てもその影響を認めることができなかった。

(3) 福井レーダー

a. エコーの出現状況

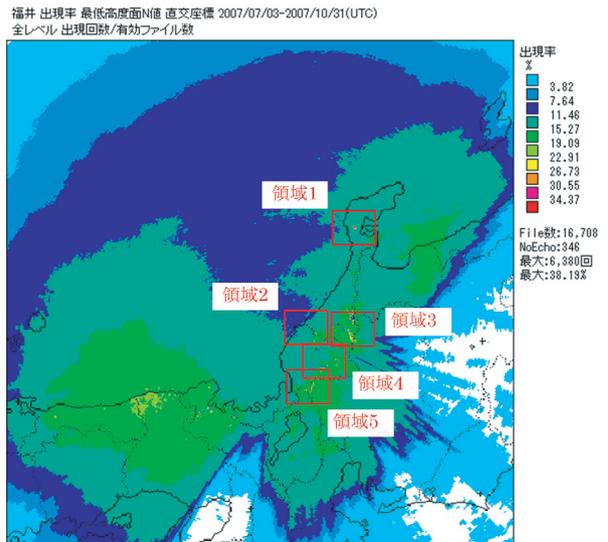
第2.4.2.19図に福井レーダーの2007年7月3日～10月31日におけるエコー出現率(全レベル)の状況を示す。能登半島の領域1、石川～福井県境の領域2、石川県、富山県及び岐阜県境にまたがる領域3、福井県内の領域4及び福井県、岐阜県及び滋賀県境の領域5に出現率の高いメッシュが見られる。

なお、領域3は別山(標高2,399.4m)～白山(標高2,702.2m)～高三郎山(標高1,421.4m)に連なる山岳地帯で、出現率が高い要因が明確なため調査対象から除いた。

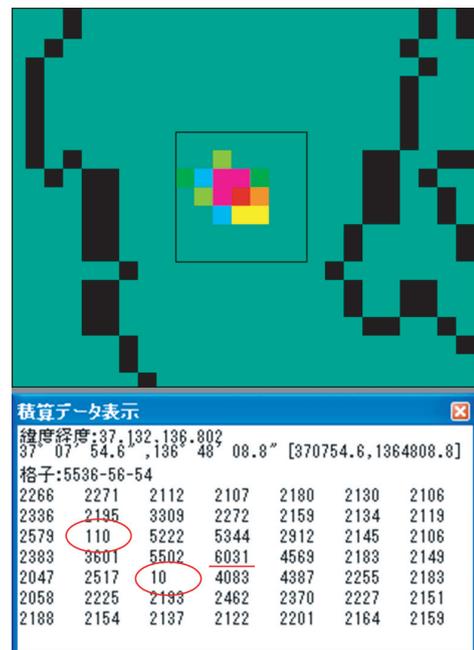
b. 出現率の高い要因の考察

ア. 領域1

第2.4.2.20図に領域1の拡大図及びメッシュデータのダンプリストを示す。ダンプリストの赤丸は2006年7月3日にクラッタマップの登録を行ったメッシュ(GIS格子番号5536-56-43及び5536-56-62)で、出現回数が周辺に比較して極端に少ない。



第2.4.2.19図 福井レーダーエコー出現率(全レベル)



第2.4.2.20図 領域1の拡大図及びメッシュデータのダンプリスト

第 2.4.2.21 図に実際の降水状況を示す。このメッシュに降水エコーが重なると 06 時 50 分のエコーのようにレベルが上昇し、08 時 10 分の線状エコー通過後もエコーが消え残っている。なお、このレベル上昇は常には発生していない。

グーグルアースを利用してこの付近の情報を取得すると、この付近では虫ヶ峰風力発電所が設置されており、風車 6 基も認めることができる。風車 6 基の位置情報は第 2.4.2.1 表に示すとおりで、出現率の高いメッシュに対応している。

第 2.4.2.22 図に 2007 年 7 月 27 日 19 時 00 分におけるエコーの状況と、このメッシュに対応する風車の位置及びクラッタマップを登録したメッシュの位置を示す。GIS 格子番号 5536-56-52 には 2 基の風車に対応している。虫ヶ峰風力発電所の風車は、グーグルアースでは 6 基確認できたが、各種資料では 10 基となっている。

このメッシュの出現率の高い要因としては虫ヶ峰風力発電所の風車の影響によるものと思われる。

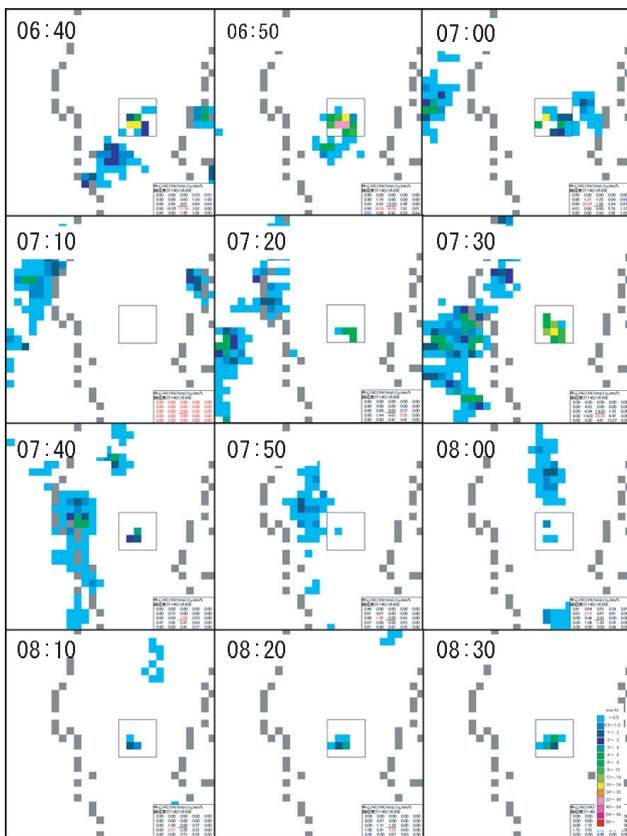
イ. 領域 2

第 2.4.2.23 図に領域 2 の拡大図を示す。石川～福井県境付近で周辺に比較して出現率の高い 2 つのメッシュが認められる。

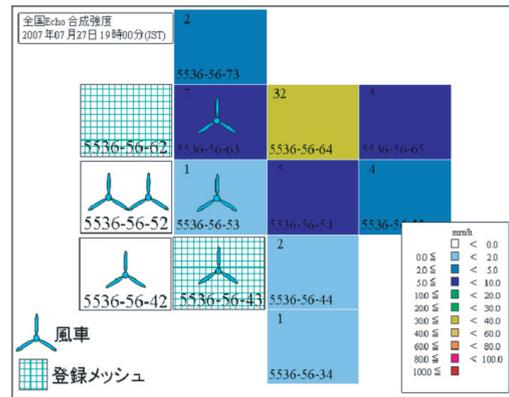
メッシュ①の緯度・経度(36.233°N, 136.326°E)から GIS 格子番号を求めると 5436-22-76 とな

第 2.4.2.1 表 風車の位置情報

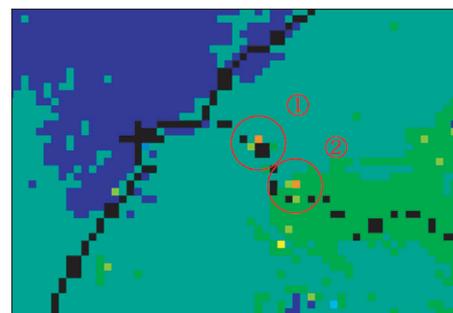
	北 緯	東 経	GISメッシュ
風車1	37° 07' 22.19"	136° 47' 22.73"	5536-56-43
風車2	37° 07' 28.84"	136° 47' 13.08"	5536-56-42
風車3	37° 07' 34.67"	136° 47' 09.67"	5536-56-52
風車4	37° 07' 49.64"	136° 47' 12.68"	5536-56-52
風車5	37° 07' 58.12"	136° 47' 16.84"	5536-56-53
風車6	37° 08' 07.44"	136° 47' 23.66"	5536-56-63



第 2.4.2.21 図 福井レーダー最低高度面データ (2007 年 7 月 17 日 06 時 40 分～08 時 30 分)



第 2.4.2.22 図 全国エコー合成図と風力発電所の風車及びクラッタマップ登録メッシュの位置関係 (2007 年 7 月 27 日 19 時 00 分)



第 2.4.2.23 図 領域 2 の拡大図

る。グーグルアース及び国土地理院の地図閲覧サービスを利用してこのメッシュの情報を調べると、福井～石川県境の刈安山（標高 547.7m）と GIS 格子のメッシュが重なる。

メッシュ②の緯度・経度（36.188°N, 136.370°E）から GIS 格子番号を求めると 5436-22-29 となる。この場所は石川県の富士写ヶ岳（標高 941.9m）と GIS 格子のメッシュが重なる。

各山頂の緯度・経度は次のとおり。

刈安山

緯度・経度 36°13'47"N  
136°19'54"E

GIS 格子番号 5436-22-76

富士写ヶ岳

緯度・経度 36°11'18"N  
136°21'50"E

GIS 格子番号 5436-22-29

このメッシュの出現率の高い要因は、山岳からの反射による影響と思われる。

ウ. 領域 4

第 2.4.2.24 図に領域 4 の拡大図及びメッシュデータのダンプリストを示す。ダンプリストの赤丸は 2006 年 6 月 22 日にクラッタマップの登録を行ったメッシュ（GIS5336-74-17）で、出現回数が周辺に比較して極端に少ない。このメッシュの位置から出現率の高い GIS 格子番号は 5336-74-38 となる。

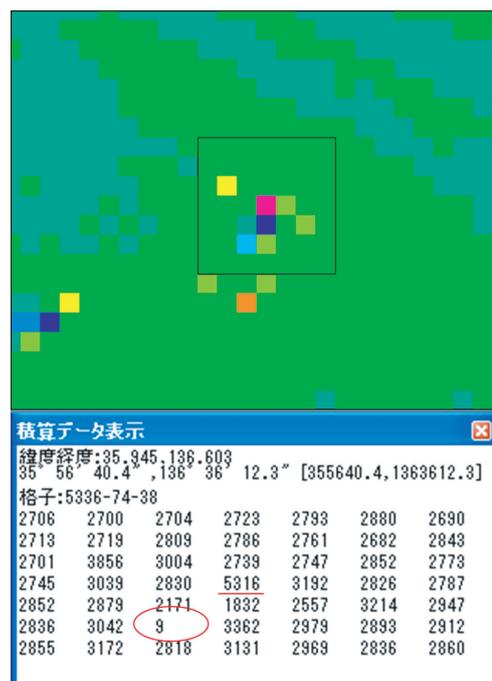
この付近には、福井県大野市の荒島岳（標高 1,523.5m）と小荒島岳（標高 1,186m）があり、この GIS 格子と隣接している。第 2.4.2.25 図に出現率の高い格子及び登録メッシュと各山頂の位置関係を示す。

この出現率の高い要因としてはこれらの山岳からの反射による影響と思われる。

エ. 領域 5

第 2.4.2.26 図に領域 5 の拡大図及びメッシュデータのダンプリストを示す。メッシュの緯度・経度（35.792°N, 136.381°E）から GIS 格子番号を求めると 5336-53-50 となる。

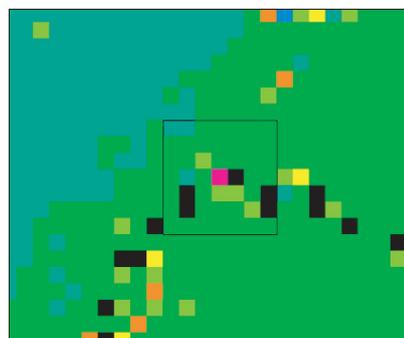
グーグルアース及び国土地理院の地図閲覧サービスを利用してこのメッシュの情報を調べ



第 2.4.2.24 図 領域 4 の拡大図とメッシュデータのダンプリスト



第 2.4.2.25 図 出現率の高い格子及び登録メッシュと各山頂の位置関係



第 2.4.2.26 図 領域 5 の拡大図

ると、この場所は福井～岐阜県境の山岳地帯の金草岳（1,227.1m）から東に延びる尾根筋にある標高 998m の山と重なる。

このことから出現率の高い要因としてはこの山岳からの反射による影響と思われる。

c. まとめ

出現率の高い要因としては、領域 1 では虫ヶ峰の風力発電所の風車による影響、その他の領域では山岳からの反射による影響と考えられる。風車による影響は、降水域の通過前あるいは通過後に消え残ることが多く、降水域に重なってもエコーのレベル上昇などは起こらないが、例外的にレベルの上昇が起こることもある。福井レーダーの観測範囲内には、ほかにも風力発電所が数箇所存在するが、出現率や実際の降水状況を見てもその影響を認めることができなかった。

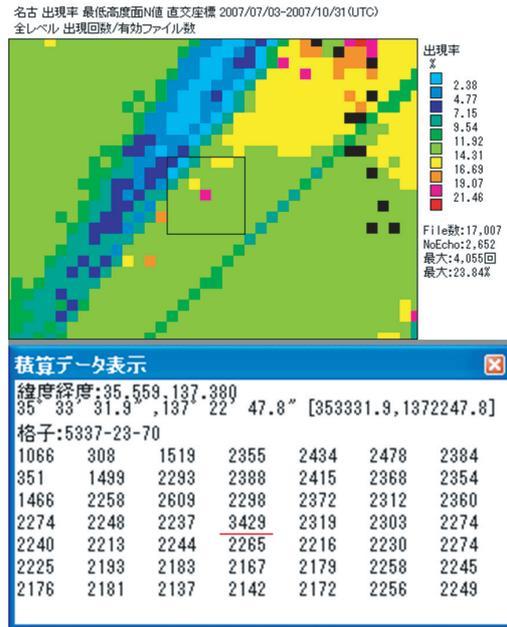
(4) 名古屋レーダー

a. エコーの出現状況

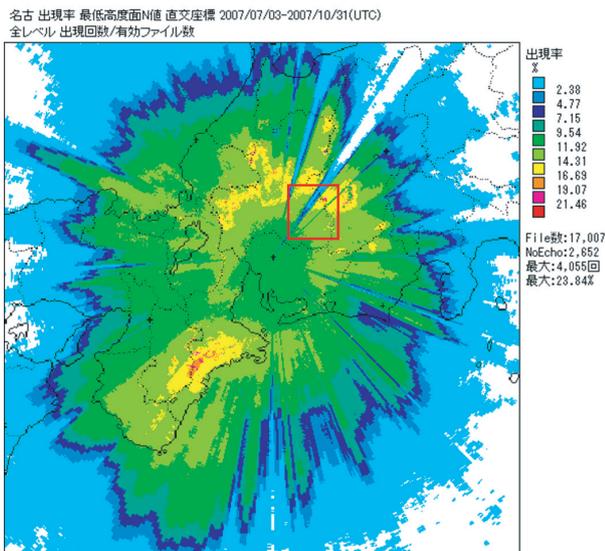
最初に名古屋レーダーにおける出現率の高いメッシュを特定するため、どのレベルを使用するか検討した。第 2.4.2.27 図に名古屋レーダーの 2007 年 7 月 3 日～10 月 31 日における全レベルのエコー出現率の状況を示す。

また、第 2.4.2.28 図に赤枠で囲った領域の拡大図とメッシュデータのダンプリスト、第 2.4.2.29 図にレベルを 3 に変えたときの状況を示す。

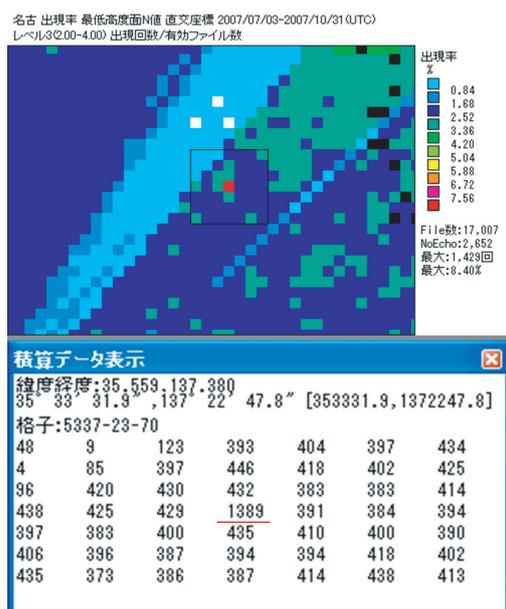
第 2.4.2.28 図の全レベルでは、出現率の高い中央のメッシュの出現回数は 3,429 回、その周囲 8 メッシュでは 2,216～2,372 回と約 1.45 倍であるが、第 2.4.2.29 図のレベル 3 では 1,389 回に対し 383～435 回と約 3.2 倍と大きくなる。このためメッシュの特定が容易となるレベル 3 での出現率を使用して調査した。



第 2.4.2.28 図 全レベルの出現率における領域の拡大図及びメッシュデータのダンプリスト



第 2.4.2.27 図 名古屋レーダーエコー出現率(全レベル)



第 2.4.2.29 図 レベル 3 の出現率における領域の拡大図及びメッシュデータのダンプリスト

なお、レベル4でも出現回数が異常に高いメッシュが現れるがレベル3に比較してその数は少ない。

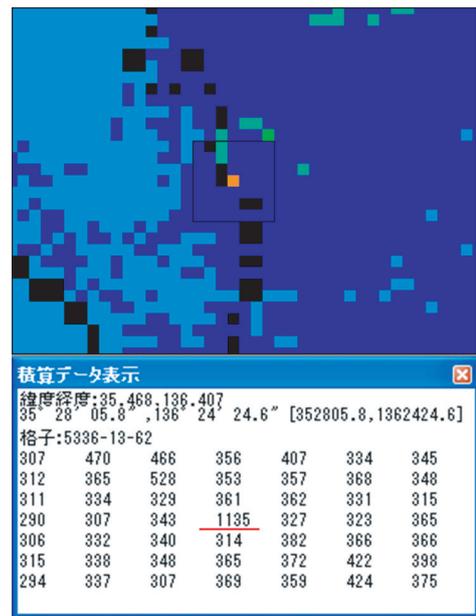
第2.4.2.30図に名古屋レーダーの2007年7月3日～10月31日におけるレベル3のエコー出現率の状況を示す。第2.4.2.27図の全レベルで現れていた岐阜～福井県境、岐阜～石川県境及び岐阜県内の飛騨地方の山岳地帯などに広く分布していた出現率の高い場所がなくなっている。出現率の高いメッシュがある場所として図中に領域1～領域7を示した。なお、領域7については三重県の紀伊山地や大峰山脈によるものと判断し、今回の調査からは除外した。

b. 出現率の高い要因の考察

ア. 領域1

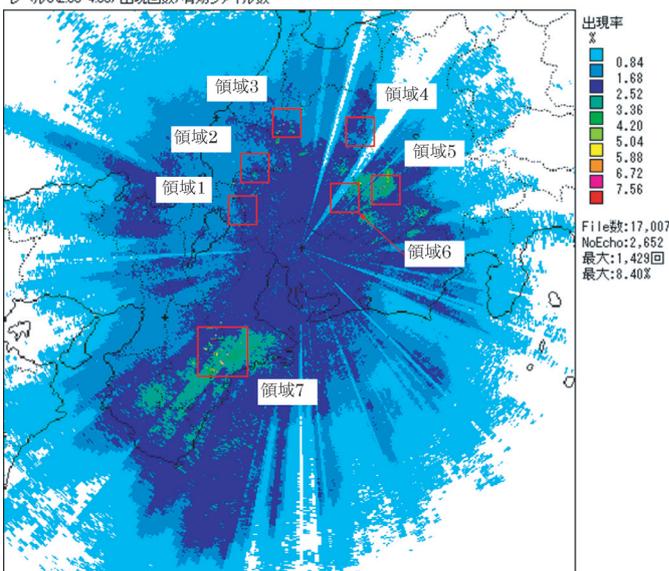
第2.4.2.31図に領域1の拡大図及びメッシュデータのダンプリストを示す。中央のメッシュの出現回数は1,135回で周囲8メッシュの出現回数327～382回に比較して約3倍の出現回数となっている。第2.4.2.32図に実際の降水エコーの状況を示す。図中の丸で囲った中心メッシュが周辺のメッシュに比較して2～5レベル高く表現されるためレベル3で出現率が高くなっている。

メッシュの緯度・経度(35.468°N, 136.407°E)からGIS格子番号を求めると5336-13-62となる。グーグルアース及び国土地理院の地図閲覧サービスを利用してこのメッシュの情報を調べると、滋賀県の伊吹山から北に約7.2kmにある山(標高1,183.2m)の三角点(35°28'25"N, 136°24'07"E)の位置がこのGIS格子番号と重なる。この山の東斜面に国見岳スキー場があり

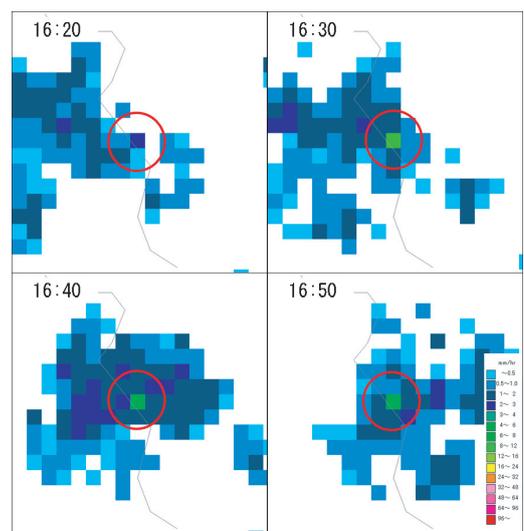


第2.4.2.31図 領域1の拡大図及びメッシュデータのダンプリスト

名古屋 出現率 最低高度面N値 直交座標 2007/07/03-2007/10/31(UTC)  
レベル3(2.00~4.00) 出現回数/有効ファイル数



第2.4.2.30図 名古屋レーダーエコー出現率(レベル3)



第2.4.2.32図 名古屋レーダー最低高度面データ(2007年7月3日15時40分～16時50分)

リフト最上部の位置も GIS 格子番号が重なる。このため、菅平高原のスキー場と同じくリフトの影響と想定したが、同スキー場では夏の間はリフトの搬機は撤去するとのことで、山岳からの反射による影響と思われる。

参考として、第 2.4.2.33 図に 7 月 3 日 16 時 30 分における解析雨量を示す。周辺に比較してレベルの高いメッシュにより解析雨量も異常値が出力されている。

イ. 領域 2

第 2.4.2.34 図に領域 2 の拡大図を示す。メッシュデータのダンプリストは省略するが、中央のメッシュの出現回数は 1,337 回で周囲 8 メッシュの出現回数 278 ~ 349 回に比較して約 3.8 倍の出現回数となっている。

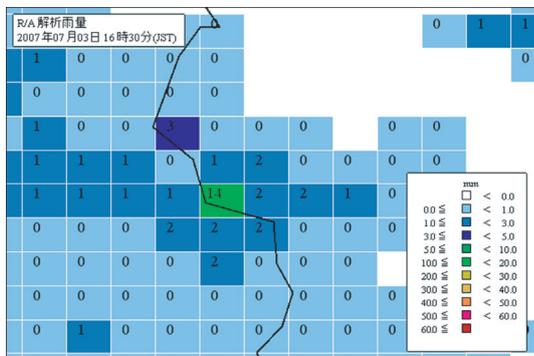
第 2.4.2.35 図に実際の降水エコーの状況を示す。領域 1 と同様に図中の丸で囲った中心メッシュが周辺のメッシュに比較して 2 ~ 5 レベル高く表現されている。メッシュの緯度・経度 (35.820°N, 136.504°E) から GIS 格子番号を求

めると 5336-54-80 となる。グーグルアース及び国土地理院の地図閲覧サービスを利用してこのメッシュの情報を調べると、福井県大野市にある次の山々のメッシュと隣接及び接近している。

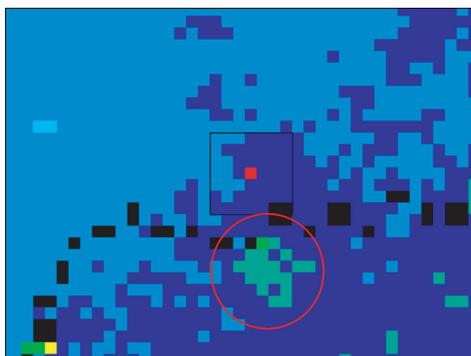
- 倉ノ又山 標高 1,215.6m  
GIS 格子番号 5336-53-88
- 姥ヶ岳 標高 1,453.6m  
GIS 格子番号 5336-54-70

この付近は、標高 1,000m 以上の山岳で、風力発電所やスキー場もないことから、山岳による反射によるものと思われる。

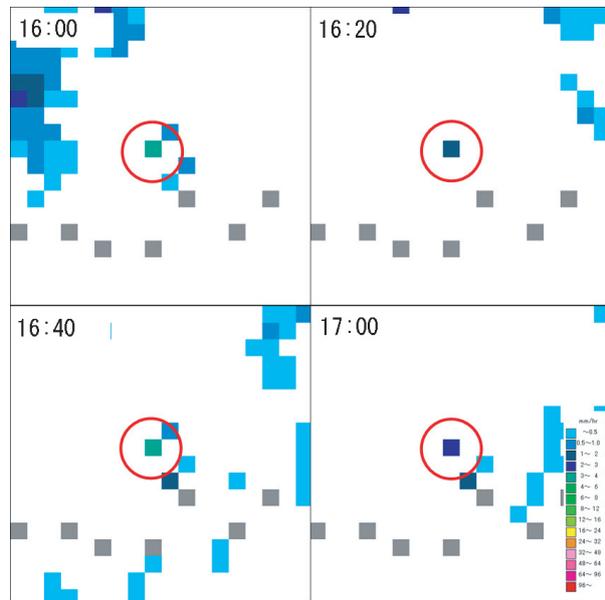
このメッシュの南には福井県～岐阜県境に標高 1,617.3m の能郷白山 (GIS 格子番号 5336-54-11) を中心とする山岳が連なり、この南斜面では台風などの際の南風により長時間消え残りが発生し、出現率の高い場所 (第 2.4.2.35 図に赤丸で表示) として現れている。第 2.4.2.36 図に 2007 年 8 月 2 日の台風第 5 号によるエコーを示す。長時間にわたり同じ場所にエコーが出力されている。



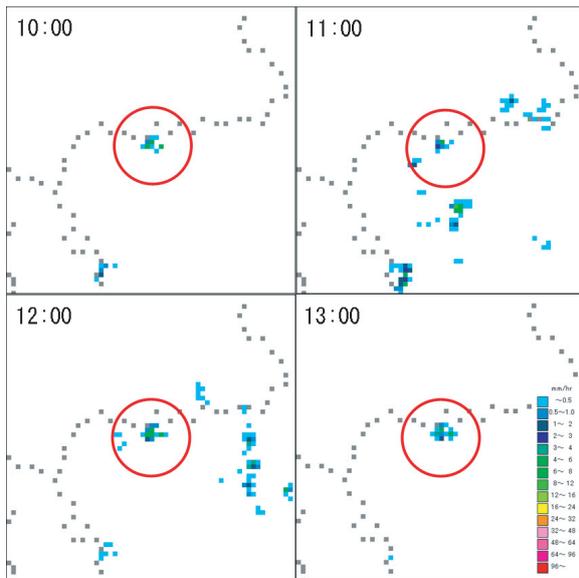
第 2.4.2.33 図 2007 年 7 月 3 日 16 時 30 分の解析雨量



第 2.4.2.34 図 領域 2 の拡大図



第 2.4.2.35 図 名古屋レーダー最低高度面データ (2007 年 8 月 29 日 16 時 00 分～ 17 時 00 分)



第 2.4.2.36 図 名古屋レーダー最低高度面データ  
(2007年8月2日10時00分～13時00分)

ウ. 領域 3

第 2.4.2.37 図に領域 3 の拡大図を示す。メッシュのダンプリストは省略するが、メッシュ①の出現回数は両メッシュとも 1,069 回で両メッシュの周囲 10 メッシュの出現回数 298 ～ 401 回に比較して約 2.7 倍の出現回数となっている。メッシュ②の出現回数は 1,006 回で周囲 8 メッシュの出現回数 275 ～ 578 回に比較して約 1.7 倍の出現回数となっている。各メッシュの緯度・経度から求めた GIS 格子番号は次のとおりである。

メッシュ①左

緯度・経度 36.154°N, 136.792°E  
GIS 格子番号 5436-16-83

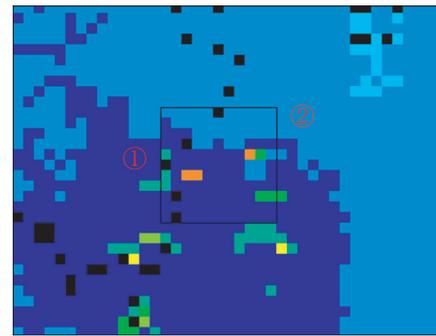
メッシュ①右

緯度・経度 36.154°N, 136.803°E  
GIS 格子番号 5436-16-84

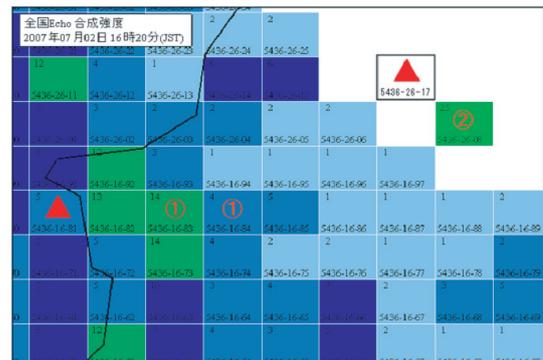
メッシュ②

緯度・経度 36.172°N, 136.859°E  
GIS 格子番号 5436-26-08

このメッシュの場所は、石川～岐阜県境の白山周辺の山岳に対応し、主なものとしては次の山がある。第 2.4.2.38 図に出現率の高いメッシュと山頂との位置関係を示す。レベルの高い消え残りはこの山岳によるものと思われる。



第 2.4.2.37 図 領域 3 の拡大図



第 2.4.2.38 図 出現率の高いメッシュと山頂との位置関係

白山（御前峰） 標高 2,702.2m

GIS 格子番号 5436-16-81

奥三方岳 標高 2,150m

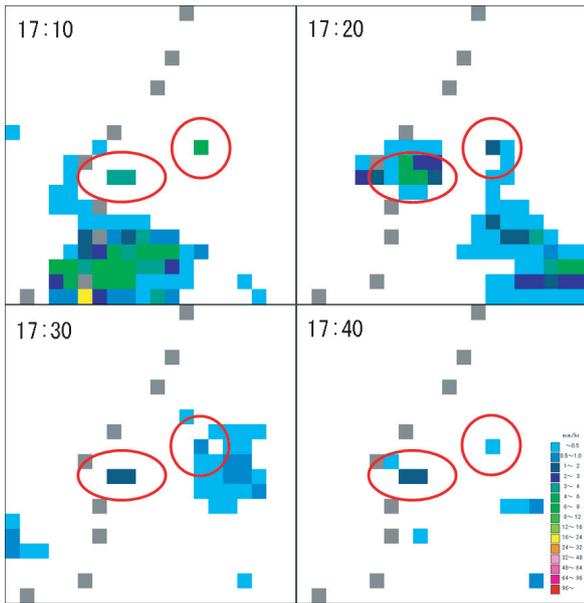
GIS 格子番号 5436-26-17

第 2.4.2.39 図に実際の降水エコーの状況を示す。この時間帯では図中の赤丸で囲ったメッシュが常に出力されているが、周囲にエコーがなくなるとこのメッシュも出力されなくなる。

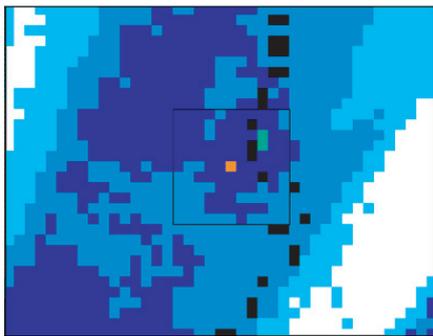
エ. 領域 4

第 2.4.2.40 図に領域 4 の拡大図を示す。メッシュのダンプリストは省略するが、中央のメッシュの出現回数は 1,102 回で周囲 8 メッシュの出現回数 296 ～ 394 回に比較して約 2.8 倍の出現回数となっている。実査の降水エコーの図は省略するが、領域 1 ～ 領域 3 と同様に降水域の中で当該メッシュが周辺のメッシュに比較して 2 ～ 5 レベル高く表現されている。

メッシュの緯度・経度 (36.089°N, 137.539°E) から GIS 格子番号を求めると 5437-14-03 となる。この付近は乗鞍岳 (標高 3,025.6m, GIS 格



第 2.4.2.39 図 名古屋レーダー最低高度面データ (2007 年 7 月 2 日 17 時 10 分～17 時 40 分)



第 2.4.2.40 図 領域 4 の拡大図

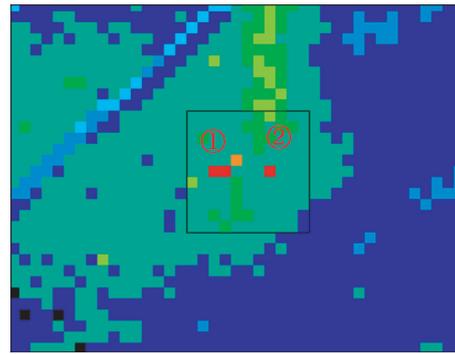
子番号 5437-14-24) があり、これから南西に延びる稜線上にある三角点 (標高 2,662.2m) が GIS 格子番号 5437-14-13 で、消え残りのメッシュと隣接している。

このことから、消え残りの要因としては、乗鞍岳の南西斜面からの反射による影響と思われる。

なお、乗鞍岳の山頂付近ではなく、南西に延びる稜線上で消え残りが発生する理由は不明である。

オ. 領域 5

第 2.4.2.41 図に領域 5 の拡大図を示す。また



第 2.4.2.41 図 領域 5 の拡大図

黒枠内のオレンジのメッシュは出現回数がメッシュ①に比較して出現率が低いので検討しない。メッシュのダンプリストは省略するが、メッシュ①の出現回数は左が 1,423 回で右が 1,339 回で両メッシュの周囲 9 メッシュ (オレンジのメッシュを除く) 471 ～ 600 回に比較して約 2.2 ～ 2.4 倍の出現回数となっている。メッシュ②の出現回数は 1,429 回で周囲 8 メッシュの出現回数 476 ～ 559 回に比較して約 2.6 倍の出現回数となっている。本事例も降水域の中で当該メッシュが周辺のメッシュに比較して 2 ～ 5 レベル高く表現されている。

各メッシュの GIS 格子番号は次のとおりである。

メッシュ①左

緯度・経度 35.647°N, 137.757°E

GIS 格子番号 5337-36-70

メッシュ①右

緯度・経度 35.647°N, 137.768°E

GIS 格子番号 5337-36-71

メッシュ②

緯度・経度 35.647°N, 137.812°E

GIS 格子番号 5337-36-74

この付近は木曾山脈の念丈岳 (標高 2,290.7m, GIS 格子番号 5337-36-74) や奥念丈岳 (標高 2,303m, GIS 格子番号 5337-36-84) があり、消え残りのメッシュと一致する。このことから、消え残りの要因としては、念丈岳を中心とする山岳からの反射による影響と思われる。

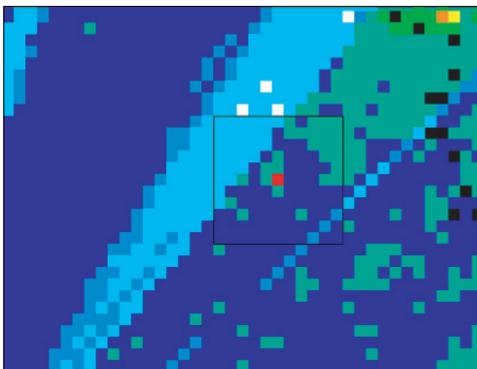
カ. 領域 6

第 2.4.2.42 図に領域 6 の拡大図を示す。メッシュのダンプリストは省略するが、中央のメッシュの出現回数は 1,389 回で周囲 8 メッシュの出現回数 383 ~ 435 回に比較して約 3.2 倍の出現回数となっている。本事例も降水域の中で当該メッシュが周囲のメッシュに比較して 2 ~ 5 レベル高く表現されている。

メッシュの緯度・経度 (35.559°N, 137.380°E) から GIS 格子番号を求めると 5337-23-70 となる。グーグルアース及び国土地理院の地図閲覧サービスを利用してこのメッシュの情報を調べると、岐阜県加茂郡白川町と恵那郡蛭川町との境にある遠ヶ根峠 (標高 797m) から連なる標高 999.4m の山と GIS 格子が重なる。また、周辺には風力発電所やスキー場などの建築物を確認することができない。消え残りの原要因として、この山岳からの反射による影響と思われる。

c. まとめ

名古屋レーダーでは、レベル 3 における出現率にて調査を行ったが、各領域のメッシュは単独に消え残りとして現れることはなく、降水域が当該メッシュ上に重なると周辺のメッシュより数倍強く表示され、このためレベル 3 での出現率が高くなり特異なメッシュとして現れてくる。この影響の事例として領域 1 の第 2.4.2.33 図の解析雨量を示す。周辺が 1 ~ 3mm/h のところ当該メッシュでは 14mm/h と異常な値となっている。この周辺よりレベルが高くなる要因については確認できなかった。



第 2.4.2.42 図 領域 6 の拡大図

また、ほとんどのメッシュは山岳からの反射によるものと思われるが、山岳としては水平方向に数 10km ~ 数 100km の大きさを持っており、その中である特定の 1km メッシュのみが周辺に比較して数倍出現率が高くなる要因についても確認できなかった。

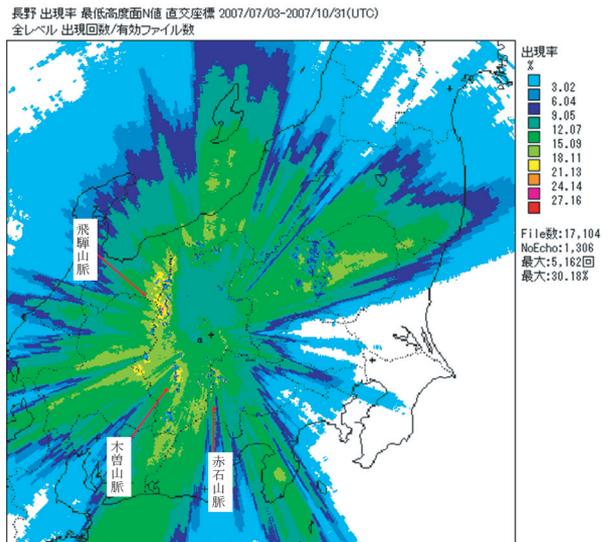
(5) 長野レーダー

a. エコーの出現状況

第 2.4.2.43 図に長野レーダーの 2007 年 7 月 3 日 ~ 10 月 31 日における全レベルのエコー出現率を示す。

長野レーダーは、霧ヶ峰高原にある標高約 1925m の車山山頂に設置され、周辺は北・中央・南アルプスの山岳地帯が連なっている。

特に、富山及び岐阜県境に連なる飛騨山脈及び長野県内南部の木曾山脈は 2000 ~ 3000m 級の山岳が多いことから、この山岳による出現率の高い場所が多く見られる。また、赤石山脈にも範囲は狭いが出現率の高い場所が見られる。全レベルの出現率からは山岳地帯の消え残りが把握できるが、顕著な消え残りメッシュの特定となると全レベル表示では困難である。また、レベルごとの出現率でも同様な状況である。

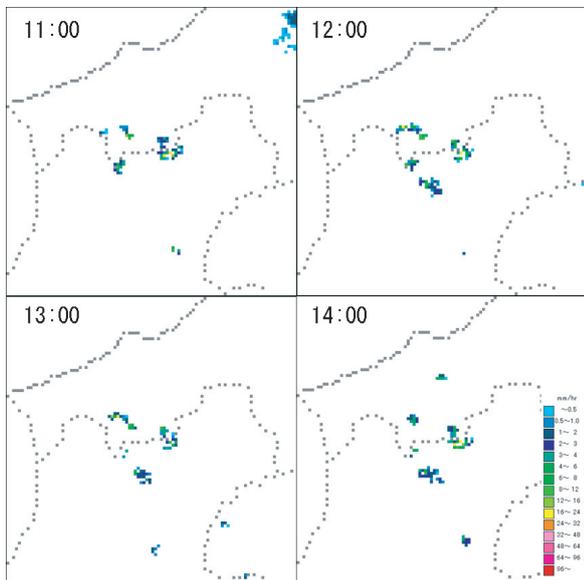


第 2.4.2.43 図 長野レーダーエコー出現率(全レベル)

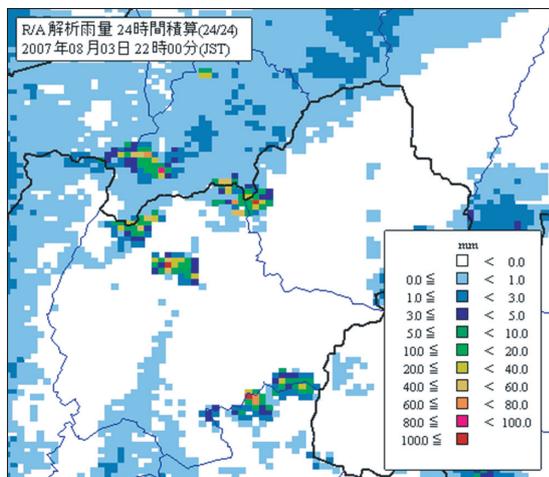
このため、過去の知見よりメッシュの特定を行った。第 2.4.2.44 図は、平成 19 年 8 月 3 日の台風第 5 号が日本海を北東進したとき、南寄りの強風により長野県北部で消え残りが発生した事例で、図に示したとおり同じ場所に消え残りが長時間発生した。第 2.4.2.45 図に 3 日 22 時における解析雨量（24 時間積算）を示す。

b. 出現率の高い要因の考察

第 2.4.2.46 図に長野県北部における 2007 年 8 月 3 日の長野レーダーの最低高度面レーダーエコーを示す。消え残りの顕著な領域 1～領域 5 について検討した。



第 2.4.2.44 図 長野レーダー最低高度面データ (2007 年 8 月 3 日 11 時 00 分～14 時 00 分)



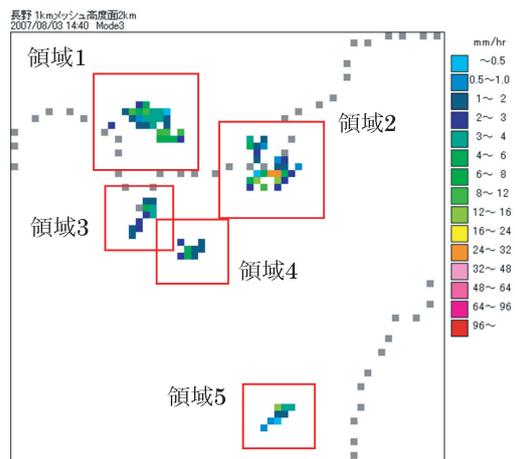
第 2.4.2.45 図 22 時 00 分の解析雨量 (24 時間積算)

ア. 領域 1

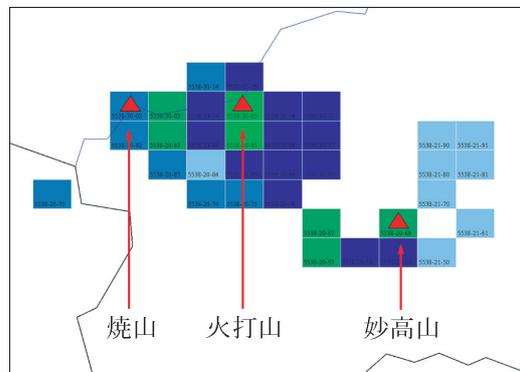
領域 1 の消え残りは妙高山、火打山及び焼山に連なる山岳に対応している。第 2.4.2.47 図はエコーの GIS 格子番号と各山頂との対応を示したものである。消え残りの要因としては山岳からの反射波が何らかの要因でゆらぎが発生し、MTI 機能がうまく機能しなかったためと思われる。この図から山の南側で出現率が高くなっているが、これはレーダーサイトが山岳の南に位置するため、レーダービームは南斜面にあたるが北斜面はビームカット域になるためである。

なお、各山頂の位置情報は次のとおりである。

- 妙高山 標高 2445.9m  
GIS 格子番号 : 5538-20-79
- 火打山 標高 2461.8m  
GIS 格子番号 : 5538-30-05



第 2.4.2.46 図 長野レーダーエコー (2007 年 8 月 3 日 14 時 40 分)



第 2.4.2.47 図 領域 1 のエコーメッシュと各山頂との位置関係 (2007 年 8 月 3 日 14 時 40 分)

焼山 標高 2400.3m  
GIS 格子番号 : 5538-30-02

イ. 領域 2

領域 2 は斑尾山を中心とする山岳に対応している。領域 2 のエコメッシュと山頂の対応を第 2.4.2.48 図に示す。メッシュの分布が 2 つに分かれているが、上は袴岳を中心とする山岳に、下は斑尾山を中心とする山岳による消え残りと思われる。

各山頂の位置情報は次のとおり

袴岳 標高 1135.3m  
GIS 格子番号 : 5538-22-30

斑尾山 標高 1381.8m  
GIS 格子番号 : 5538-22-01

ウ. 領域 3 及び領域 4

領域 3 は戸隠山から高妻山にかけて連なる山岳によるもの、領域 4 は飯縄山を中心とする山岳に対応している。第 2.4.2.49 図に領域 3 及

び領域 4 のエコメッシュと山岳との対応を示す。

各山頂の位置情報は次のとおり。

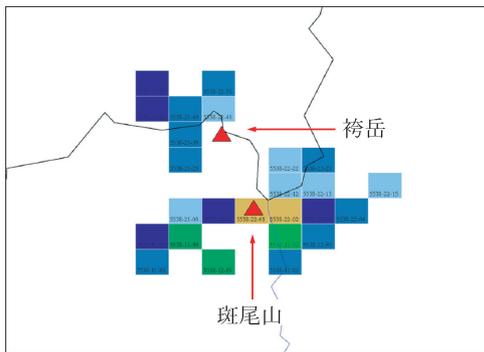
戸隠山 標高 1904m  
GIS 格子番号 5538-10-24

高妻山 標高 2352.8m  
GIS 格子番号 5538-10-54

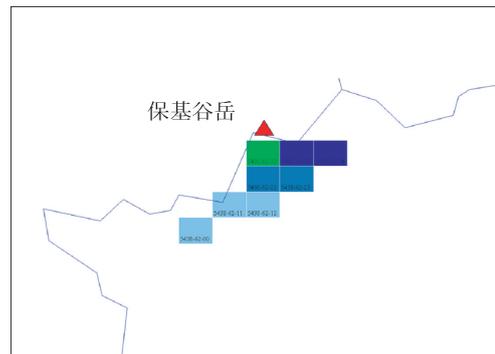
飯縄山 標高 1917.4m  
GIS 格子番号 5538-01-80

エ. 領域 5

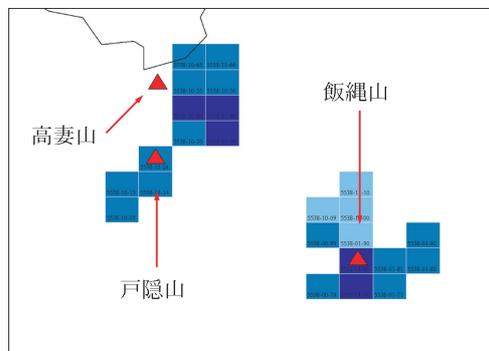
領域 5 は菅平高原の保基谷岳を中心とする山岳によるものである。第 2.4.2.50 図に領域 5 のエコメッシュと山頂の対応を示す。なお、リフトによる消え残りが発生する菅平のスキー場は、保基谷岳の東 3～4km の位置にあり、この時間帯では目立った消え残りは見られないが、第 2.4.2.51 図の解析雨量 (24 時間積算) には現れている。



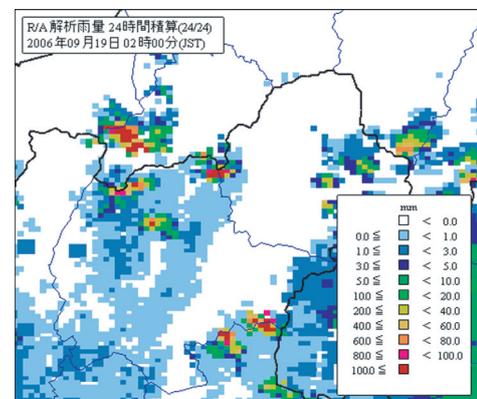
第 2.4.2.48 図 領域 2 のエコメッシュと各山頂との位置関係 (2007 年 8 月 3 日 14 時 40 分)



第 2.4.2.50 図 領域 5 のエコメッシュと山頂との位置関係 (2007 年 8 月 3 日 14 時 40 分)



第 2.4.2.49 図 領域 3 及び領域 4 のエコメッシュと各山頂との位置関係 (2007 年 8 月 3 日 14 時 40 分)



第 2.4.2.51 図 2006 年 9 月 19 日 02 時 00 分の解析雨量 (24 時間積算)

保其谷岳の位置情報は次のとおり。

保其谷岳 標高 1529.1m

GIS 格子番号 5438-62-42

c. まとめ

長野レーダーは、周辺の高山による消え残りが広い範囲で発生し、またその出現頻度も高い。

このため、出現率からのメッシュの特定は行わず、事例解析により地形エコー発生場所及び要因の調査を行った。

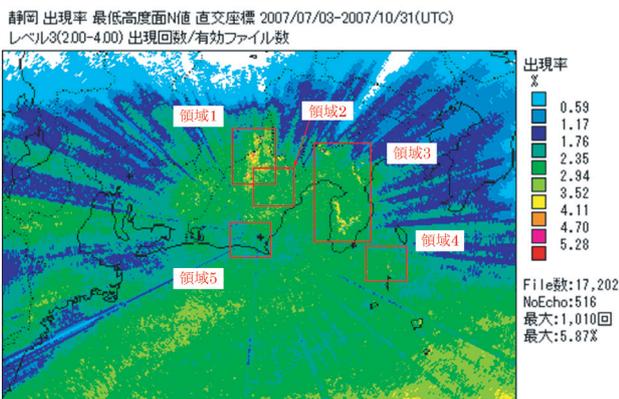
本事例では、台風が日本海にありそれに向かって強い南風が卓越するときに消え残りが発生した2007年8月3日について調査した。消え残る場所及び要因としては、長野県北部山岳に消え残りが発生し、その要因は地形による反射によるものであるが、MTI機能が効かないそもその要因としては木々の葉が揺れるため、あるいは葉に付いた雨滴が風により舞い上がるなど諸説があり本調査では特定ができなかった。

こうした地形の消え残りは、台風の原因が日本海にあるとき度々発生する。今回と同様な事例として2006年9月19日の台風第13号の際の解析雨量(24時間積算)を参考資料として第2.4.2.51図に示す。

(6) 静岡レーダー

a. エコーの出現状況

静岡レーダーの全レベルでのエコー出現率では、顕著なメッシュの特定が困難なため、レベルごとに検討したところレベル3で顕著なメッシュが認められたのでこのレベルでの出現率で調査した。



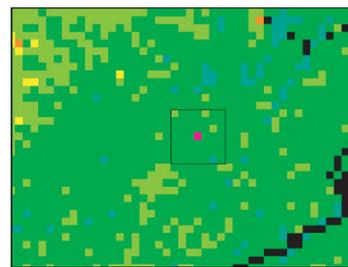
第2.4.2.52図 静岡レーダーエコー出現率(レベル3)

第2.4.2.52図に2007年7月3日～10月30日におけるレベル3のエコー出現率の状況を示す。領域1に赤石山脈、領域3に伊豆半島、富士山及び箱根の山岳による出現率の高いメッシュがあるが、その要因が明りょうなため調査対象から除いた。領域2、領域4及び領域5に出現率の高いメッシュが1個あり、今回の調査対象とした。

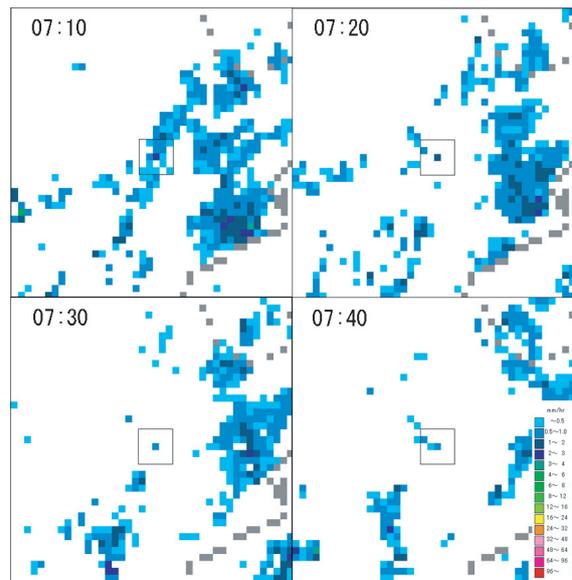
b. 出現率の高い要因の考察

ア. 領域2

第2.4.2.53図に領域2の拡大図を示す。メッシュデータのダンプリストは省略するが、中央のメッシュの出現回数は890回と周辺の400回～450回に比較して倍近い出現回数となっている。第2.4.2.54図に実際の降水エコーの状況を示す。エコーを動画にして見ると、この消え残りは晴天時や異常伝搬などでは発生せず、降水がまばらになったときにその中で消え残りが持



第2.4.2.53図 領域2の拡大図



第2.4.2.54図 静岡レーダー最低高度面データ(2007年9月15日07時10分～07時40分)

続するため、出現率が高くなっている。

メッシュの緯度・経度 (35.080°N, 138.304°E) から GIS 格子番号を求めると、5238-42-94 となる。

グーグルアース及び国土地理院の地図閲覧サービスを利用してこのメッシュの情報を調べると、付近に静岡県葵区にある大棚山 (1035m, GIS 格子番号 5238-52-04) が隣接したメッシュにあり、ほかに風力発電等の情報が無いことから、この大棚山を中心とする山岳による影響と思われる。

イ. 領域 4

第 2.4.2.55 図に領域 4 の拡大図及び中央メッシュを中心とするデータのダンプリストを示す。中央のメッシュの出現回数は 854 回、その左のメッシュは 761 回と周辺の 400 回～500 回に比較して約 1.7 倍近い出現回数となっている。メッシュの緯度・経度 (34.517°N, 139.287°E) から GIS 格子番号を求めると、5139-62-22 となる。

グーグルアース及び国土地理院の地図閲覧サービスを利用してこのメッシュの情報を調べると、伊豆諸島の利島にある宮塚山 (標高 507.5m) と重なる。利島に風力発電所などの施設がないことから、利島からの反射によるものと思われる。なお、付近には新島や式根島、神津島などがあるにもかかわらず利島のみエコー出現率が高いのかは不明である。

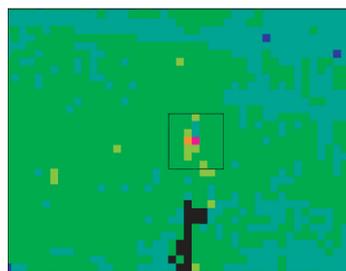
ウ. 領域 5

第 2.4.2.56 図に領域 5 の拡大図及び中央メッシュを中心とするデータのダンプリストを示す。中央のメッシュの出現回数は 849 回と周辺の 350 回～450 回に比較して倍以上の出現回数となっている。また、左のメッシュは出現回数 3 回と異常に低い値となっている。

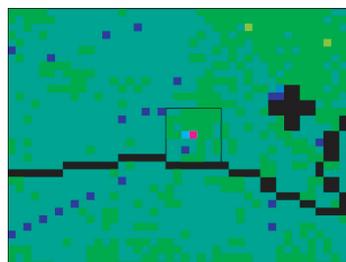
第 2.4.2.57 図に消え残りの状況を示す。この時間では単独に消え残りが発生したが、通常は領域 2 のメッシュ同様に降水がまばらになったときにその中で消え残りが持続するため、出現率が高くなっている。メッシュの緯度・経度 (34.702°N, 138.008°E) から GIS 格子番号を求めると、5238-00-40 となる。

グーグルアース及び国土地理院の地図閲覧サービスを利用してこのメッシュの情報を調べると、静岡県掛川市にある三角点 (標高 243.3m, GIS 格子番号 5238-00-40) の山頂に建設された養鶏場のメッシュが重なる。

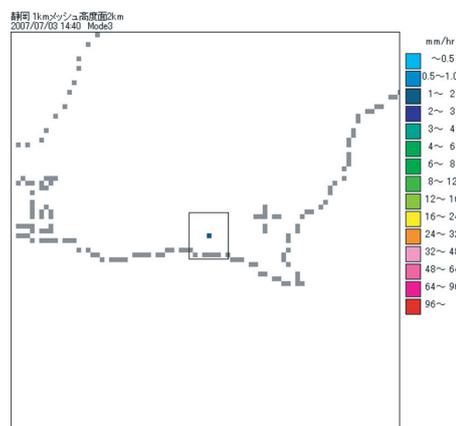
このことから、養鶏場のある山の影響で消え残りが発生しているものと思われるが、養鶏場が影響しているかは不明である。また、西南西にビームカットと思われるエコーの出現率の低い場所が見られるが、養鶏場のある山によるものか、別の建物等によるものかまだ調査が不十分である。



第 2.4.2.55 図 領域 4 の拡大図



第 2.4.2.56 図 領域 5 の拡大図



第 2.4.2.57 図 静岡レーダー最低高度面データ (2007年7月3日14時40分)

## c. まとめ

静岡レーダーでは全レベルを用いた出現率では顕著なメッシュを特定できなかったため、レベル3で行ったが、特定できた3メッシュについても、まばらな降水の中で消え残りが発生しているため通常の観測では認識できないと思われる。

いずれのメッシュも風力発電所などではなく山岳によるものと思われるが、周辺に比較して出現率が高い要因については明らかにできなかった。

## (7) まとめ

## a. 各レーダーの出現率について

東京管区気象台管内の各レーダーの出現率を見ると、全体的には山岳からの反射による影響と思われる出現率の高いメッシュが広範囲に出力されている。また、レーダーごとに出現率の特性が異なり、東京及び福井レーダーでは全レベルの出現率で特異なメッシュが認められたが、ほかのレーダーでは特異なメッシュを認めることができなかった。

このため、レベルごとの出現率を検討し、長野レーダーを除いてレベル3の出現率を用いて調査を行った。

長野レーダーは、周囲に2,000～3,000m級の山岳があり、この山岳による出現率の高いメッシュが広範囲に分布してレベルごとでも特異なメッシュを認めることができず、過去の知見より消え残りが発生した事例について調査を行った。

## b. 出現率の高い要因の考察

出現率が高くなる要因としては、風力発電所の風車及び山岳による影響が認められた。

風力発電所の影響は、東京レーダーでは福島県の郡山布引高原風力発電所が、新潟レーダーでは秋田～山形県境の西目ウィンドファーム、仁賀保高原風力発電所及び「注警報作業における地形エコーの影響調査」にて別途報告している能登半島の珠洲市にある珠洲第1風力発電所が、福井レーダーでは能登半島の虫ヶ峰風力発電所による消え残りが確認できた。風力発電所による影響については次のとおりである。

・各レーダーの探知範囲には多数の風力発電所があるが、影響があったのは10基以上の風車がある場所である。数基の風車による影響に

ついては確認できなかった。

・風車による消え残りは次に述べる山岳による影響と異なり、降水がないときに単独で現れることが多く、降水域と重なっても降水強度のレベル上昇などはあまりない。

山岳による影響については次のとおりである。

・山岳による影響は、降水域の通過前あるいは通過後に消え残ることが多く、また降水域が当該メッシュ上に重なると周辺のメッシュより降水強度のレベルが数倍強く表示される傾向にある。これが解析雨量の異常値として現れる。(名古屋レーダーの第2.4.2.33図参照)

・このレベルの上昇は、同じ降水域の中でも一定ではなく常に変動している。このため出現率の高いメッシュの出現場所はレベルごとに異なる。

・降水域の中でのレベル上昇なので、通常のエコー監視では見分けがつかない。

・山岳としては水平方向に数10km～数100kmのボリュームを持っているが、その中の1メッシュが周囲のメッシュに比べて2～3倍出現率が高くなっている。その要因については不明。

・標高の高い山岳で出現率が高くならずに、その周辺にある比較的標高の低い山岳で出現率が高くなる事例が多い。(名古屋レーダーの領域4参照)

・新潟レーダー領域4のメッシュ②のように出現率が高い要因について特定できない事例もある。

## c. 過去の知見からの事例調査

長野レーダーでは、出現率の特異なメッシュを特定することができず、台風による南風による消え残り事例について調査を行った。このような事例はほかのレーダーにも見受けられるが、これはある特定の条件の下でまれに発生するため出現率の統計値には現れない。この南風による消え残りの要因については特定できていない。また、異常伝搬による消え残りについても統計値には現れない。

### 2.4.3 大阪管内レーダーの地形エコー出現状況<sup>6</sup>

#### (1) 調査方法

2001年3月1日から2007年9月30日のRADUPデータを自主開発データ積算ソフトにより積算した。積算結果から年ごとに出現頻度の高い格子を特定し、全期間について合算した。この結果を基に各レーダーサイトの2.5キロメッシュの高出現頻度分布図を作成した。格子の特定は同ソフトの緯度経度表示機能を利用し2.5キロメッシュに換算した。

#### (2) 各レーダーサイトの積算図の特徴

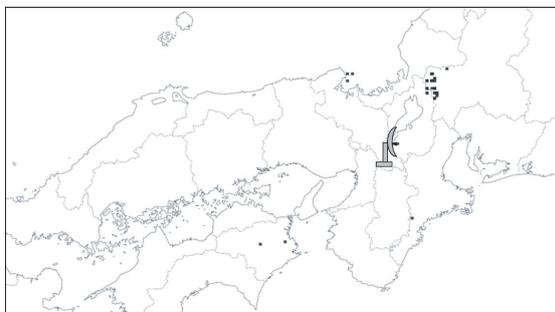
##### a. 大阪レーダー

第2.4.3.1図のとおり、滋賀、岐阜県境の山岳地で出現頻度が高くなった。徳島県でも頻度の高い格子が見られた。これらはいずれも山岳によるグラウンドクラッタであり、建造物によるものは見られない。積算頻度はほぼ20パーセント未満となっている。

##### b. 広島レーダー

第2.4.3.2図のとおり、広島レーダーでは、佐田岬半島の風力発電の風車によるエコーの出現頻度が高くなった。

広島レーダーは瀬戸内海に面した約750メートルの山地に設置されており、南から南西にかけて見通しが良いため、低い仰角を合成テーブルに使用していた。一方、佐田岬半島には多くの風車が設置されている。佐田岬半島で出現頻度が高くなった原因はこれらの風車による反射が影響したためと思われる。



第2.4.3.1図 大阪レーダー，エコー高出現地点

出現頻度は年によってばらつきはあるが、多い年には出現率が35パーセントを超えていた。これらは解析雨量にも影響しており、連続して観測されるため突出した積算値が解析されることもあった。

また、島根、広島県境の大万木山付近、四国山地、大分宮崎県境の九重連山付近でも出現頻度が高くなった。なお、広島レーダーでは2007年11月に仰角合成テーブルの見直しを行った。

##### c. 松江レーダー

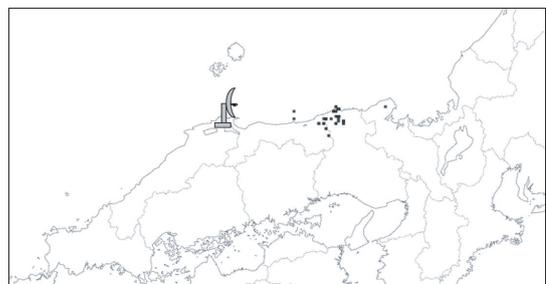
第2.4.3.3図のとおり、鳥取、兵庫県境の山岳地で出現頻度が高くなった。出現頻度は年によりばらつきはあるが、最近では10数パーセントと低くなっている。山岳によるグラウンドクラッタが主な要因となっている。

##### d. 室戸岬レーダー

第2.4.3.4図のとおり、和歌山県の紀伊山地の広い範囲及び高知、愛媛県境の四国山地のグラウンドクラッタによる出現頻度が高くなった。

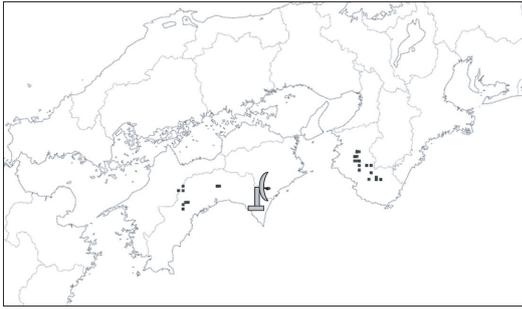


第2.4.3.2図 広島レーダー，エコー高出現地点



第2.4.3.3図 松江レーダー，エコー高出現地点

<sup>6</sup> 大阪管区気象台技術部観測課 谷永 守



第 2.4.3.4 図 室戸岬レーダー，エコー高出現地点

#### 2.4.4 福岡管内レーダーの地形エコー出現状況<sup>7</sup>

##### (1) 要旨

ROPS におけるクラッタマップ作成の参考資料とすることを目的として，福岡管内レーダーの地形エコー出現特性調査を行った。その調査手順と調査結果を以下に記す。

作業要領には REDIS と ROPS の双方データについて調査する旨記載されていたが，福岡管内では ROPS 運用が開始されて1か月もたっており，十分な量のデータが確保できないことから，ROPS データの調査は行わず，REDIS のデータについての調査のみを行った。

##### (2) 調査手順

- a. 使用した基本データは Condwin を用いて Higram データを1か月積算したものである（以下，1か月データと言う）。調査期間は福岡が2001年4月～2007年9月，種子島が2002年4月～2007年9月，名瀬が2000年4月～2007年9月である。サイトごとの出現特性を把握するため，地方合成ではなくサイト別レーダーデータの Higram を使用した。
- b. 1か月データを，Condview を用いて暖候期と寒候期に分けて半年積算を行った（以下，半年データと言う）。ここでの暖候期は4月から9月，寒候期は10月から翌年3月を表している。
- c. 東京管区の福井レーダーの調査事例で紹介されていた能登半島に出現した風力発電施設の反射エコーが Lv11 と強かったことから，

今回調査に使用するエコー強度については，Lv10～Lv13の4段階とした。ちなみに採取したデータ自体は Lv8～Lv14の7段階であるが，Lv9以下になるとエコーが煩雑化し調査が困難であること，Lv14はデータが少なく有効性がないという判断から使用する Lv を決定した。

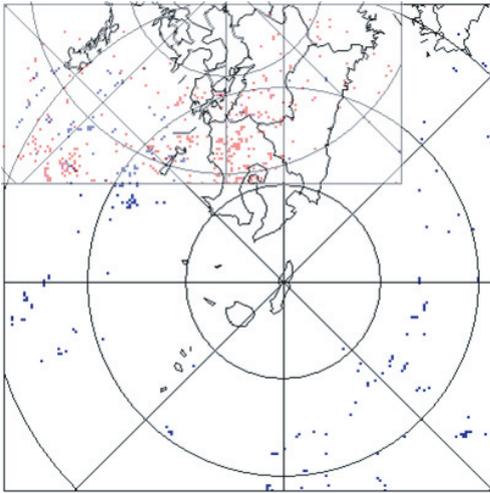
- d. さらに，レーダーサイトごとのエコー特性を比較するため，画像編集ソフトを用いて福岡レーダーと種子島レーダーの重ね合わせを行った（以下，手動合成と言う）。
- e. 2003年と2004年，2005年と2006年の各2年分の暖候期と寒候期それぞれの積算を行い，福岡と種子島の手動合成を行った（以下，2年積算と言う）。なお，2年分としたのは「Condview で積算できるデータ数の上限が65535個」という制約があり，半年でデータの数がおおむね25000個を超えるためである。この2年積算の調査はエコー発現ポイント数の違いから暖候期は Lv11～13 について，寒候期は Lv10～13 について行った（暖候期の Lv10 は煩雑でエコー特性の判定が困難）。
- f. 以上の過程で収集した半年データ，手動合成データ，2年積算データについて，まず風力発電所マップとの照合を行い，さらに風力発電所以外でエコーが出現しやすいと判断した場所に関しては地図を用いて地形調査を行った。

##### (3) 結果と考察

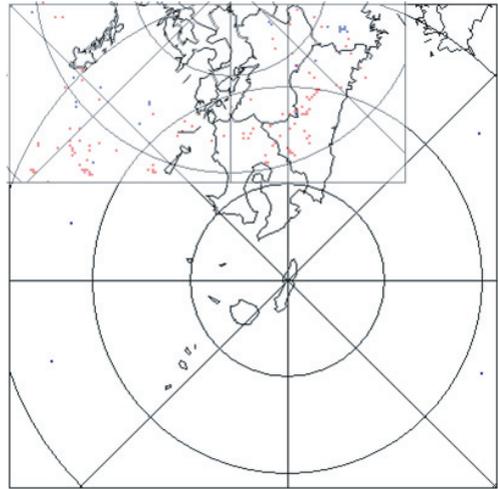
(2) 項で示した手順にのっとり Lv10～Lv13 のエコー出現頻度を調査した結果，以下のことが判明した。

- a. 名瀬レーダーでは屋久島にエコーが出現しやすいが，出現する Lv は9以下であり，さらに屋久島は降水の多い地域であるため問題ないと考えられる。周囲は大部分が海であり，ほかに特徴的なエコーは見当たらなかった。
- b. 福岡レーダーでは宮崎県延岡市北方町にある“ETO ランド速日の峰”の風力発電施設をとらえている可能性がある（第2.4.4.1図）。出現する強度 Lv は11で，2005年以降とらえ

<sup>7</sup> 福岡管区気象台技術部観測課 菅原 寛史



第 2.4.4.1 図 2 年積算, 2005 & 2006 暖候期 (Lv11)



第 2.4.4.2 図 2 年積算, 2003 & 2004 暖候期 (Lv13)

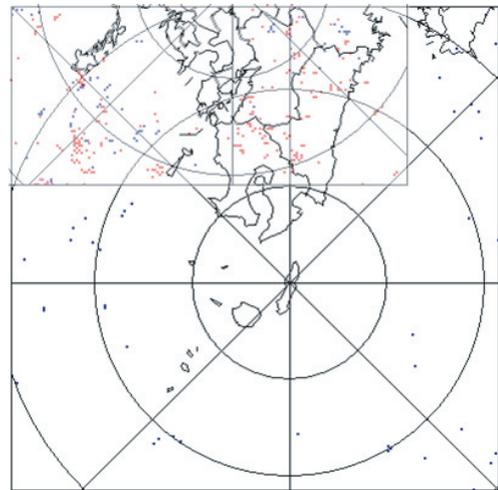
るようになったが, この施設は 1999 年から稼動している. 出現頻度は年 1 回程度と低いが, 2005 年からとらえるようになった理由はよくわからない.

c. また, 福岡レーダーでは高レベルのとき延岡市沿岸部, 宮崎南部山沿いの鹿児島との県境付近, 宮崎中部内陸部 (宮崎県児湯郡付近) にエコーが出やすい傾向にある (第 2.4.4.2 図). しかし, 上記の地方にはいずれも高い山があることから, 地形エコーの可能性もある.

d. 種子島レーダー, 福岡レーダーとも福江島南部沿岸部にエコーをとらえやすい (第 2.4.4.3 図). これは富江風力発電所に反射したエコーをとらえている可能性がある. また, 福江島の南東にある黄島付近にもエコーが出現しやすい傾向がある.

(4) 結論

以上の結果から, REDIS にて作成されたデータにおいて地形エコーが出現しやすいところは主立って見当たらない. しかし, 風力発電施設をとらえている可能性のあるポイントもあり, 新しく運用が始まった ROPS によるデータを蓄積し調査する必要があると考える.



第 2.4.4.3 図 2 年積算, 2003 & 2004 暖候期 (Lv12)

2.4.5 沖縄管内レーダーの地形エコー出現状況<sup>8</sup>

(1) はじめに

沖縄レーダー及び石垣島レーダーのレーダーエコーデジタル化装置 (REDIS) 運用期間において, 地形エコーが出現する頻度の高い地域・メッシュについてまとめたので以下に示す. 本調査では主に過去の調査結果を活用した. また, 参考としてレーダーデータ積算プログラム「CondWin」を利用して今年のエコー出現分布を確認した.

(2) 地形エコー出現頻度が高い地域

a. 久米島 (対象: 沖縄レーダー)

沖縄において, 地形エコーの出現回数が一番

<sup>8</sup> 沖縄気象台観測課 新垣 秀治

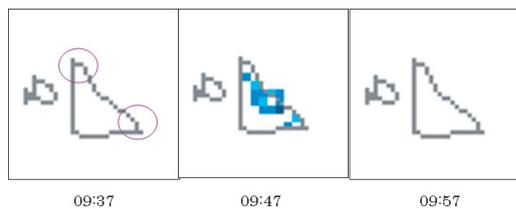
多いのは久米島のグランドクラッタである。第 2.4.5.1 図に事例 (2007 年 7 月 20 日) を示す。久米島の北側に地形エコーの消え残りが観測されている。久米島の地形エコーは、そのほとんどが第 2.4.5.1 図の 12 時 17 分、12 時 27 分で観測された 1 メッシュで観測されるが、まれに 12 時 07 分のように隣接したメッシュでも観測されることがある。強度は 1mm/h 未満がほとんどである。

b. 宮古島 (対象：沖縄及び石垣島レーダー)

宮古島の地形エコーは、沖縄レーダーと石垣島レーダーともに観測されている。第 2.4.5.2 図に沖縄レーダーで観測された事例を、第 2.4.5.3 図に石垣島レーダーで観測された事例を示す。



第 2.4.5.1 図 久米島周辺の沖縄レーダー 2km 面強度 (2007 年 7 月 20 日)



第 2.4.5.2 図 宮古島周辺の沖縄レーダー 2km 面強度 (2007 年 7 月 21 日)



第 2.4.5.3 図 宮古島周辺の沖縄レーダー 2km 面強度 (2004 年 5 月 10 日)

沖縄レーダーで観測される地形エコーは、宮古島内陸から東岸に観測される場合が多い。しかし、その出現するメッシュについては不規則に観測されており特定は難しい。一方、石垣島レーダーで観測される場合は、宮古島西岸で観測されることが多い。こちらについてもメッシュの特定は難しい。強度については、第 2.4.5.2 図の 08 時 58 分のエコー強度 (56 ~ 64mm/h) のように強い値を観測する場合がある。この時の解析雨量は、30 ~ 40mm/h と過大値となっていた。

(3) 地形エコーの要因

地形エコーが出現するメッシュにおいて、インターネット等で確認した結果、宮古島の一部を除いて風力発電所等の構造物は確認できなかった。宮古島には第 2.4.5.2 図に示した円内に数機の風力発電設備があるが、島の標高が低いことと沖縄レーダーから 200km 以遠にあることから直接的な原因にはならないと考える。また、地形構造について言えば、久米島の地形エコーが出現する場所には島内で一番標高が高い宇江城岳 (310m) があるが、宮古島は高いところでも標高約 120m と平坦な島である。

その結果、沖縄レーダー及び石垣島レーダーで出現する地形エコーの消え残りは、日常的に出現するものではなく、気象状況に影響を受けた異常伝搬が原因で実際の地形そのものが観測されているものがほとんどである。過去には送信周波数の調整が不十分だったために地形エコーを観測してしまった例もある。

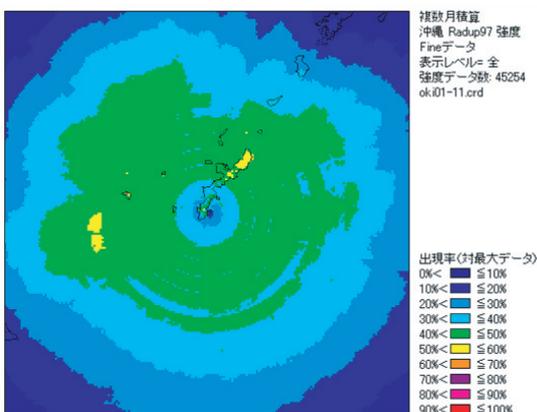
今回挙げた久米島、宮古島以外にも地形エコーが観測される場所としては、沖縄本島北部、奄美諸島及び台湾の一部があるが出現頻度は極めて低い。これらの要因も気象状況に影響を受けた異常伝搬であると考えられる。

(4) エコー出現分布図

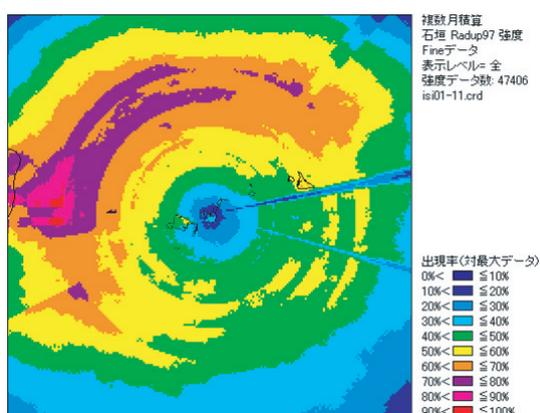
レーダーデータ積算プログラム「CondWin」を利用して作成した沖縄レーダーと石垣島レーダーのエコー出現分布を、それぞれ第 2.4.5.4 図と第 2.4.5.5 図に示す。調査期間は新たな構造物等が建築された場合をかんがみ直近の 2007 年 1 ~ 11 月を対象とした。

調査の結果、構造物が原因とみられる地形エコーの消え残りは確認できなかった。

第 2.4.5.4 図の沖縄レーダーでは、久米島に赤色部分が存在しており地形エコーの消え残りが頻繁に出現していたことがわかる。なお、本島北部の黄色は夏場の島上の熱雷が多かったこと、本島南部の黄色は夏場のエンゼルエコーが多く発生したことが原因であると考えられる。第 2.4.5.5 図の石垣島レーダーのビームカットの原因は、東北東側が県防災無線鉄塔、東南東側が NHK 鉄塔によるものである。



第 2.4.5.4 図 沖縄レーダーのエコー分布図



第 2.4.5.5 図 石垣島レーダーのエコー分布図

## 2.4.6 地形エコーの出現状況の取りまとめ<sup>9</sup>

### (1) はじめに

第 2.4.1 ～第 2.4.5 節に示した各管区・沖縄気象台による調査は、平成 17 年度に気象レーダー観測処理システム (ROPS) を整備した東日本レーダーにおいてはこれまで 3 度実施してきたクラッタマップ追加対策の効果を確認するとともに、今年度 ROPS を整備している西日本レーダーにおいては、新たなクラッタマップ作成の参考資料とすることを目的に実施した。

### (2) 調査結果取りまとめ

各管区、沖縄気象台の調査による出現状況の結果から、出現する場所は山脈や山地の稜線に現れる場合が多く、やはり地形によるエコーが多く観測されていることがわかった。

札幌管区からは積丹半島や暑寒別岳、日高山脈などで出現した地形エコーの事例が報告された。これらの中にはダム付近で観測された事例もあり、ダムの放水による影響も検討したが、観測場所が 5 ～ 10km 異なっており、山岳の影響であり、観測するレーダーに対して山岳の斜面が直角 (正対) する場所で多くなる傾向があるとしている。

仙台管区からは、奥羽山脈や白神山地の地形エコーが報告された。仙台レーダーにおける奥羽山脈や秋田レーダーにおける太平山地など、これまでクラッタマップにより対策を行ったメッシュでの出現はないが、対策を行っていない付近のメッシュで地形エコーが出現している事例が報告され、今後の対策実施の参考となった。

東京管区からは、管内の各レーダーについて出現状況と原因の考察を丁寧にまとめていただいた。特に東京レーダーにおける福島県布引高原や新潟レーダーにおける山形秋田県境の本荘由利地域、福井レーダーの能登半島などの風力発電施設については施設の規模と出現状況の関連についても調査された。一方、長野や名古屋レーダーでは、山岳稜線においてエコーの出現が少ない事例も報告された。

大阪管区からも各レーダーにおける 2001 年以降の長期間について調査された。特に広島レーダーにおいて現状クラッタマップによる対策を

<sup>9</sup> 観測部観測システム運用室 藤田 英治

行っている愛媛県佐田岬半島に観測される瀬戸町風力発電所に加えて、半島先端部には2007年3月から運転を開始した三崎ウインドパークによる地形エコーが紹介され、今後の対策の参考となった(第2.4.6.1図、第2.4.6.2図)。

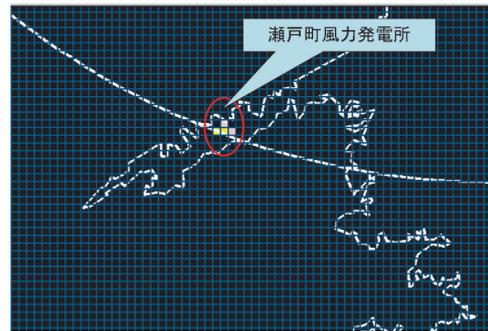
福岡管区においても、各レーダーごとに積算結果を取りまとめ、福岡レーダーによる宮崎県延岡や福江島の風力発電施設が紹介された。

沖縄からは、沖縄レーダーの久米島、石垣島レーダーにおける宮古島の地形による影響が紹介されたが、異常伝搬時のみ観測されており、出現の頻度としては低いことが報告された。

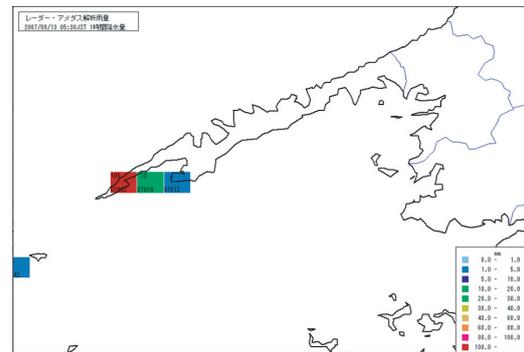
各管区・沖縄気象台の調査結果による、主要な地形エコーの出現地点と調査の取りまとめ表を、第2.4.6.3図、第2.4.6.1表に示す。

(3) おわりに

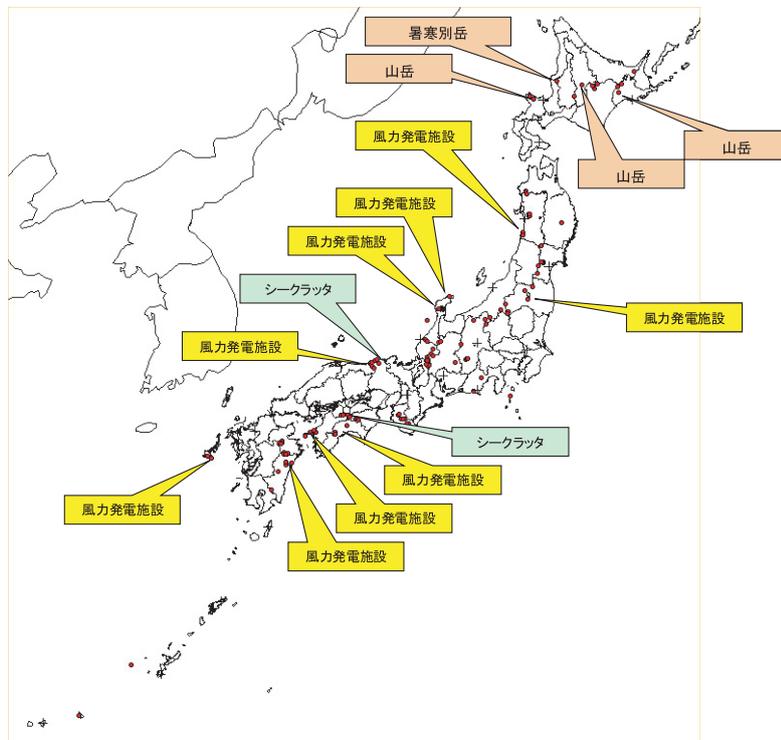
これら調査結果を受け、本庁では今後実施するクラッタマップによる対策等に生かしていきたい。



第2.4.6.1図 広島レーダーのクラッタマップ(現状)



第2.4.6.2図 大阪から報告された風力発電施設による解析雨量過大値(2007/9/13 05:30JST)



第2.4.6.3図 各管区・沖縄気象台の調査による主要な地形エコーの出現地点

第 2.4.6.1 表 各管区・沖縄気象台の調査結果とりまとめ

管区等	場所の概要	要因	特記事項
札幌	札幌: 積丹半島、暑寒別岳、天売焼尻 釧路: 日高山脈、大雪山系などの山岳 函館: 日高山脈、夕張山地などの山岳	山岳	ダムの放水等による影響も検討したが、場所が若干異なっていた。山岳の影響が大きい。
仙台	仙台: 奥羽山脈、福島磐梯山などの山岳 秋田: 白神山地、太平山などの山岳丘陵	山岳	秋田の白神山地や薬師岳では顕著な過大事例はなかった
東京	東京: 布引山(風車)、白根山 新潟: 珠洲市の風力発電施設、仁賀保(風車)、磐梯山、猿倉山 福井: 虫が峰(風車)、刈安山、荒島岳 名古屋: 伊吹山、白山、乗鞍岳など 長野: 飛騨山脈、木曾山脈、赤石山脈 静岡: 大棚山、利島など	風力発電施設 山岳	10基以上の風力発電施設で影響がある 風力発電施設は降水ないとき、山岳は降水通過前後で過大降水通過中の過大値は判別が難しい
大阪	大阪: 伊吹山 松江: 六日市町、額々山、平家ヶ岳 室戸: 葉山風力発電施設、紀伊山地 広島: 佐田岬風力発電施設、南予北部山地	風力発電施設 山岳 シークラッタ (広島・松江)	佐田岬の風力発電施設は顕著 広島、松江の沿岸シークラッタは波しぶきが要因か
福岡	福岡: 延岡市北方町の風力発電施設、沿岸部 種子島: 福江島南部沿岸の風力発電施設 名瀬: 屋久島	風力発電施設 山岳	延岡市北方町の風車は2005年から捉えられている(稼働は1999年から)
沖縄	沖縄: 久米島、宮古島 石垣島: 宮古島	地形(島)	久米島の地形は1mm/h以下ほとんどは異常伝搬時に発生

## 2.5 注警報作業におけるレーダーデータの品質の影響

この節では、レーダーデータの品質が予報作業、とりわけ大雨などの注警報作業に与える影響を各管区・沖縄気象台における事例をもとに議論し、今後の品質管理のあり方と、予報作業における注意点等を議論する。

### 2.5.1 札幌管区気象台<sup>10</sup>

#### (1) はじめに

地形エコーの影響で解析雨量が過大となり、注警報等の防災気象情報の発表に影響のあった事例を報告する。

#### (2) 調査方法

注警報作業に影響を及ぼした、2006年6月15日から16日にかけての地形エコーによる解析雨量の過大値の原因を当日の気象状況やRISS等を用いて調査した。

#### (3) 調査結果

##### a. 気象状況

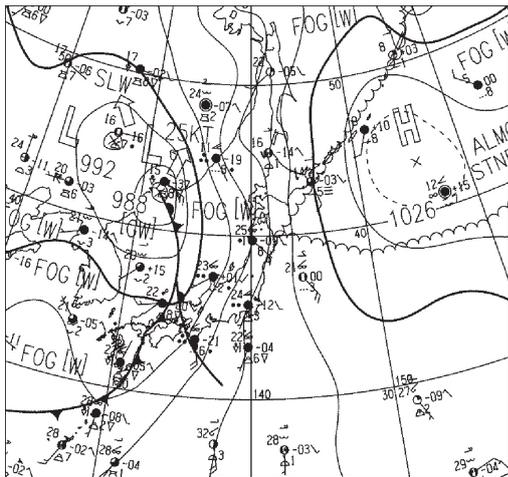
15日15時の地上天気図(第2.5.1.1図)では、北海道東海上には優勢な高気圧が停滞しており、日本海から低気圧を含む気圧の谷が北海道に近づいている。

16日03時(第2.5.1.2図)には新たに梅雨前線上に低気圧が発生し北東進している。また、北海道東海上の優勢な高気圧は引き続き停滞しており、北海道付近は気圧の傾きが急となっている。15日21時の札幌高層実況では850hPaで南南東60ktと南からの暖湿気移流が強まっていた。

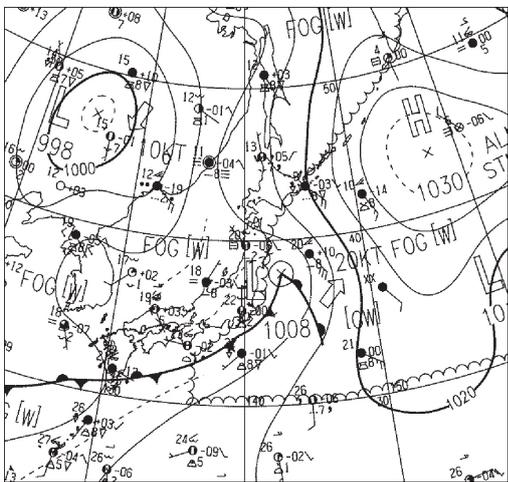
#### b. 解析雨量が過大となった格子

第2.5.1.3図は解析雨量の24時間積算値図であるが、赤丸枠内の南東斜面では、15日午後から低気圧前面の南東風の吹き付けにより弱い降水が始まり、夜には明りょうな降水域がかかってきた。この南東斜面では、明りょうな降水域がかかる前の15日夕方以降、狭い範囲で1時間10～30mmの解析雨量が出力されており、24時間積算値は、300mmを超え隣接格子の値(100mm台)と大きくかけ離れた値となった。

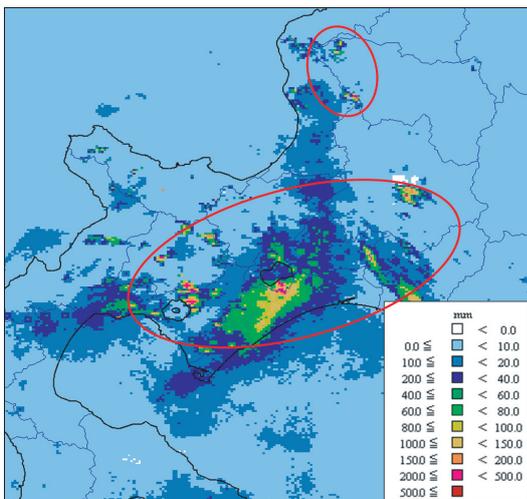
<sup>10</sup> 札幌管区気象台観測課 津田 幸一・長尾 里視



第 2.5.1.1 図 2006 年 6 月 15 日 15 時の地上天気図



第 2.5.1.2 図 2006 年 6 月 16 日 03 時の地上天気図

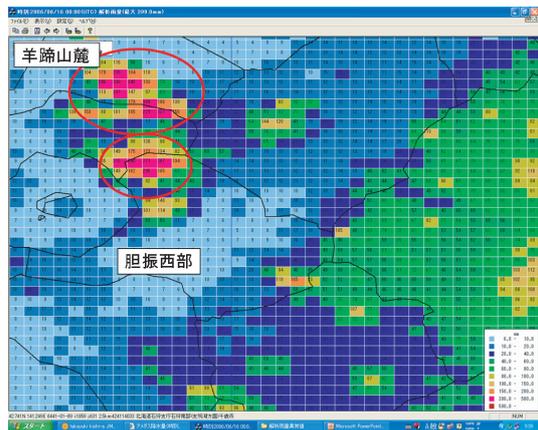


第 2.5.1.3 図 2006 年 6 月 16 日 09 時の解析雨量 (24 時間積算値)

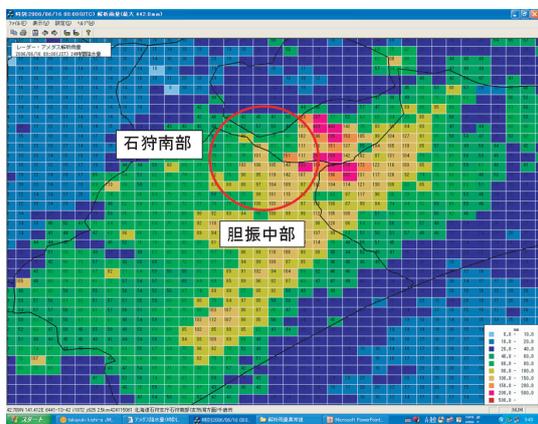
第 2.5.1.4 図は洞爺湖の東側（羊蹄山麓・胆振西部）の過大値である．それぞれ狭い範囲で 300mm を超える値となっている．また，第 2.5.1.5 図は支笏湖の南側（石狩南部，胆振中部の境界）の過大値で，狭い範囲で 300mm から 400mm と隣接格子（100mm 台）と大きくかけ離れた値となっている．

c. 注警報の発表状況及び発表基準

解析雨量の過大値を採用しての大雨注意報・大雨警報の発表はなかったが，ガイダンス及びアメダス，部外観測所の実況や過去の知見等総合的に判断して，地域により大雨注意報，大雨警報を発表していた．



第 2.5.1.4 図 洞爺湖東側で過大値が出力された格子 (濃いだいたい 150-200mm, 赤 200-500mm)



第 2.5.1.5 図 支笏湖南側で過大値が出力された格子 (濃いだいたい 150-200mm, 赤 200-500mm)

そのうち、石狩南部では、支笏湖の南側で解析雨量が大雨警報基準（第 2.5.1.1 表）を大きく超える値（400mm 超）となったが、過大値と判断して大雨警報は発表しなかった。同じ支笏湖の南側の境界の胆振中部（第 2.5.1.2 表）では、解析雨量（300mm）は過大とも思われたが、過去の知見等総合的に判断して大雨警報を発表した。

また、同じく解析雨量の過大値が出力された石狩北部（図略）や後志地方（羊蹄山麓）は、アメダスや部外観測所の雨量から判断し、大雨注意報・警報は発表していない。第 2.5.1.6 図を見ても 24 時間雨量がおおむね 20mm 以下であることから過大値であったことがわかる。

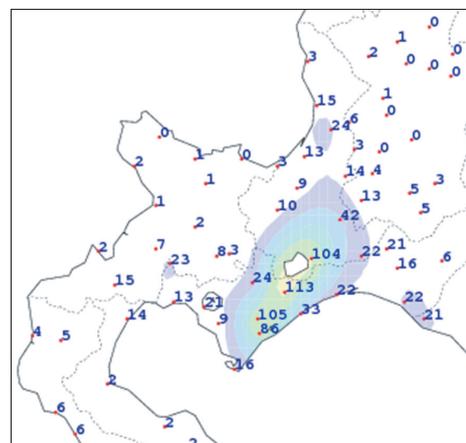
d. 解析雨量が過大となった原因

今回の事例では、第 2.5.1.3 図を見てもわかるように南東斜面の狭い範囲で 300mm を超える解析雨量が出力された。この値は、第 2.5.1.6 図のアメダスの 24 時間雨量からも過大であることがわかる。この過大値が出力された原因を考察する。

15 日 18 時から 16 日 12 時までの室蘭のウィンドプロファイラデータ（第 2.5.1.7 図、第 2.5.1.8 図、第 2.5.1.9 図）を見ると、海拔高度 2km 以下の赤丸で囲まれた部分では南東 50kt の強風が断続的に観測されていた。また、洞爺湖北東側の貫気別山周辺で 400mm 以上が出力された格子付近

のエコーを RISS により断面（第 2.5.1.10 図）を調べ、雨雲の鉛直構造を見ると標高 1000m 弱の貫気別山の山頂付近にエコー強度の強い部分がある。また、その周辺のアメダス（第 2.5.1.6 図）や部外観測所の雨量、隣接する格子の解析雨量値（第 2.5.1.4 図及び第 2.5.1.5 図）が小さいことから、山頂付近の樹木の葉に付いた水滴が雨として観測され強風で樹木が揺れると地形エコーとして消え残り、過大な解析雨量値となったと思われる。

なお、今回の地形エコーは 2005 年の台風第 14 号時の強風時に発生したクラッタの出現分布に似ていた。



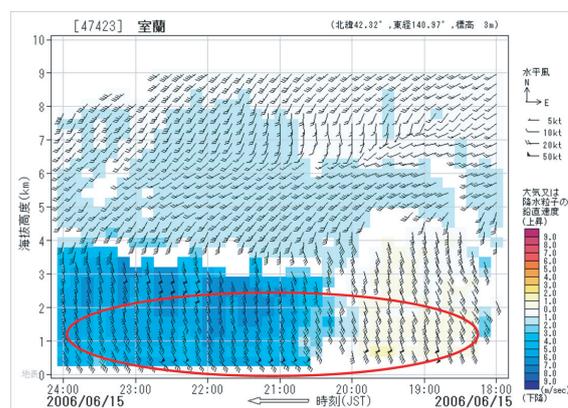
第 2.5.1.6 図 15 日 10 時～16 時 09 時のアメダスによる 24 時間雨量

第 2.5.1.1 表 石狩・空知・後志地方の大雨注警報発表基準

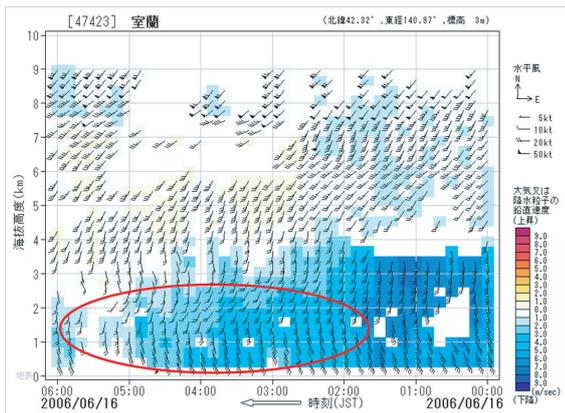
	注意報	警報
R1	30mm	50mm
R3	50mm	80mm 一部70mm
R24	80mm 支笏湖方面120mm	120mm 支笏湖方面200mm

第 2.5.1.2 表 胆振地方の大雨注警報発表基準

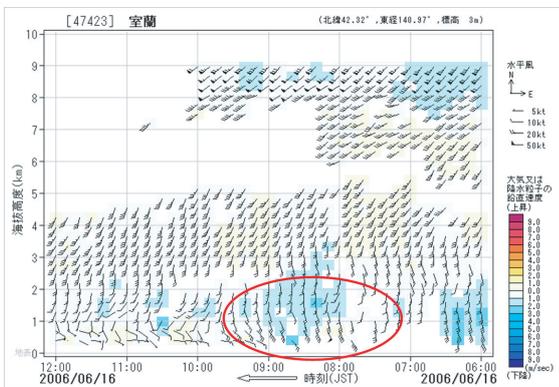
	注意報	警報
R1	30mm 山間部50mm	50mm 山間部70mm
R3	50mm 山間部80mm	80mm 山間部100mm
R24	70mm 山間部150mm	120mm 山間部200mm



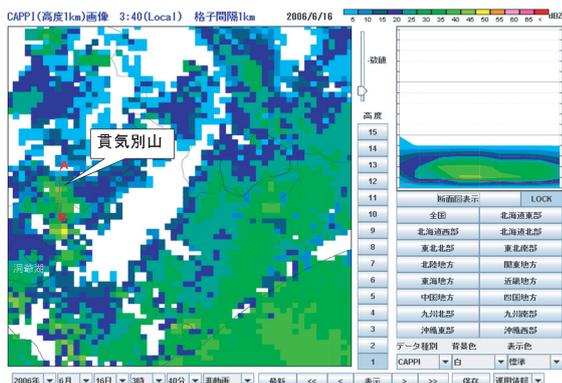
第 2.5.1.7 図 WPR（室蘭）15 日 18 時～24 時



第 2.5.1.8 図 WPR (室蘭) 16日 00時～06時



第 2.5.1.9 図 WPR (室蘭) 16日 06時～12時



第 2.5.1.10 図 CAPPI (高度1km) とエコー断面図

## 2.5.2 注警報作業に影響を与える非降水エコーの報告<sup>11)</sup>

### (1) 要旨

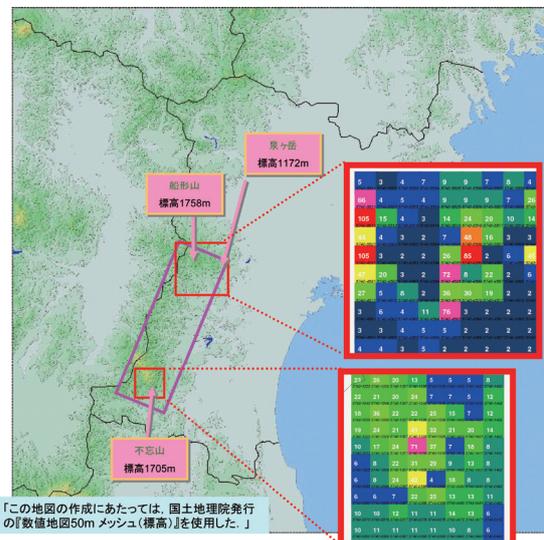
地形と強風により生じたと思われる非降水エコーのため、山岳付近において解析雨量が過大となった事例について、その特徴と真偽判断の可能性について報告する。本報告では、とりわけ顕著であった2007年9月7日、第2.5.2.1図で示した宮城県の上野原の山岳付近の事例を報告する。

### (2) 天気概況

第2.5.2.2図のように、2007年9月7日未明には、台風第0709号は神奈川県小田原市付近に上陸し、下層の渦中心と上層の雲域がやや分離し始めるなど、勢力が弱まる傾向を示しながら比較的ゆっくり北上した。

また、北日本には前線が停滞しており、第2.5.2.3図のように台風第0709号の北上に伴い、相当温位345Kの暖湿気の流入で前線が活発化した。

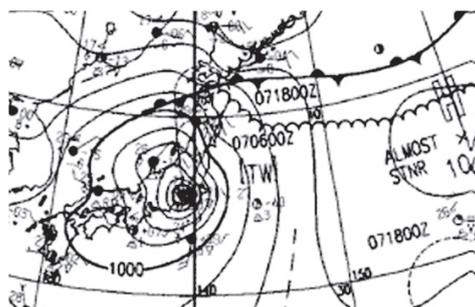
宮城県では30mm/h以上の激しい雨となり、北日本の沿岸で20m/s以上の非常に強い風が記録されていた。宮城県では9月6日22時10分に県内



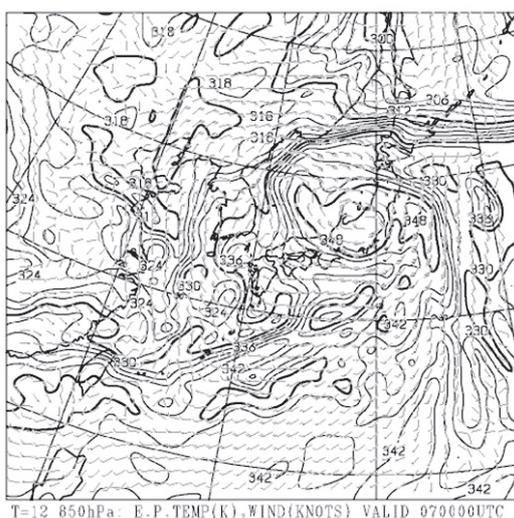
第 2.5.2.1 図 宮城県内で解析雨量が過大となった山岳と過大値が出された2007年9月7日04時の山岳周辺の解析雨量図

付近の解析雨量が5～20mm/h(青～緑)と弱い中、山頂付近で70～100mm/h以上(赤)の非常に強い値となった。

<sup>11)</sup> 仙台管区気象台観測課 柴田 和彦  
同 予報課 足立 勇士



第 2.5.2.2 図 ASAS 地上天気図 2007 年 9 月 6 日 18 時 UTC



第 2.5.2.3 図 FXJP854 2007 年 9 月 6 日 12 時 UTC

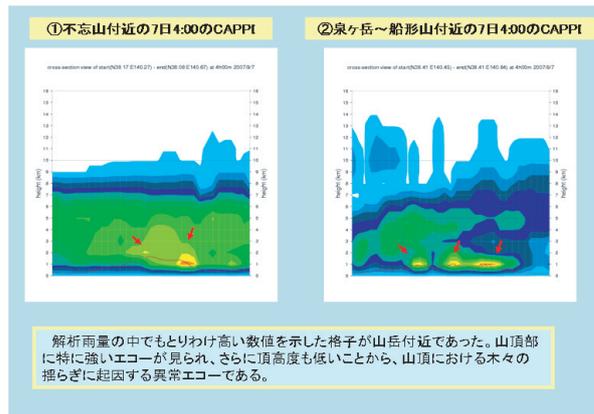
全域に大雨洪水警報が発表され 7 日 23 時 00 分まで続いた。

なお、この付近の地形エコーの消え残りについては以前から知見を得ており、予報官がこれらの影響を勘案した上で注警報を運用している。

### (3) 考察

今回の事例は、付近の解析雨量が 5 ～ 20mm/h 程度の時に、最大で 100mm/h を超すような解析雨量を示す格子があり、数時間にわたって過大な解析雨量を示す状態が続いた。

このように、過大な解析雨量を示す状態が続いた時に、地形エコーの消え残りが原因と疑われる場合は、第 2.5.2.4 図のように RISS を用いてその格子付近のエコー断面から雨雲の鉛直分布を調べると、付近の雨量計データに顕著な雨量が見られないにもかかわらず、山頂付近を中心に強いエコーが見られ、かつその上空のエコーが弱い等の



第 2.5.2.4 図 異常格子点の RISS による断面図 山頂付近のみ強いエコーが見られる。

特徴があることがわかった。

これらの発生原因は、降水により山岳の木々がぬれている状態で、強風により木々が揺れることで、気象レーダーの反射波にドップラー速度を生ずるため、コヒーレント MTI による地形除去が行われなため地形エコーの消え残りとなる。

さらに、同じ理由で可動する風力発電施設及びスキー場のゴンドラ・リフト等の人工構造物でも起きているという事例もある。

山頂付近の木々や人工構造物に起因する非降水エコーは、本来の降水エコーのように、格子間の転移はなく強いエコーとしてとどまる特徴もあり、また発現場所もある程度特定できることから非降水エコーの真偽判断を行うことができる。

今後 RISS 等のツールを利用した非降水エコーの判断をすることにより、注警報作業にもいかすことができると考える。

### (4) まとめ

ROPS 運用開始から、新しい MTI 方式の採用及びクラッタマップによる自動品質管理により、レーダーデータの品質は大幅に向上しているが、いまだに仙台管内の地形エコーをすべて消去するに至っていない。

例えば、強風時に山岳で発生するものや風力発電施設については、新しい地形除去方式でも除去が困難である。よって、引き続き出現状況の調査からさらなる改善の方策を検討し、レーダーデータの品質管理が必要と感じた。

参考文献

観測部 (2008) : 新しいレーダー観測資料の利用に関する検討. 測候時報, 74(3).

2.5.3 平成 19 年 (2007 年) に能登半島で観測された異常エコー<sup>12</sup>

(1) 要旨

平成 19 年 8 月 24 日 21 時 30 分, 能登半島珠洲市近傍において解析雨量で記録の短時間大雨の基準値を超える 77mm/h を観測した. この原因は能登半島にある風力発電の風車からの反射波による異常値と考えられ, この異常解析雨量の要因と当日の予警報作業に与えた影響について考察する.

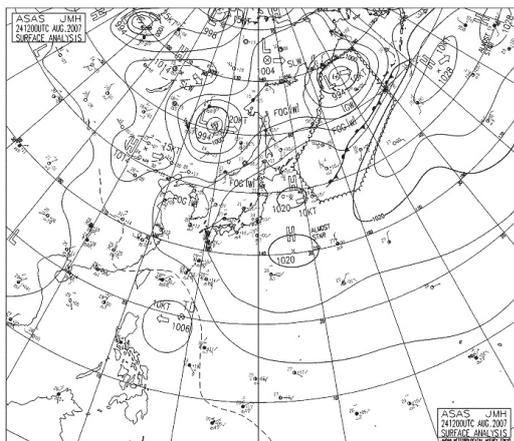
(2) 概要

8 月 24 日の日本付近は広く高気圧に覆われ, 全国的に晴れていたが, 21 時 30 分に突然, 能登半島珠洲市近傍で記録の短時間大雨の基準値 (70mm/h) を超える解析雨量を観測した. その時刻当該領域における大気は安定しており降水の予想もされていなかった.

(3) 気象概況

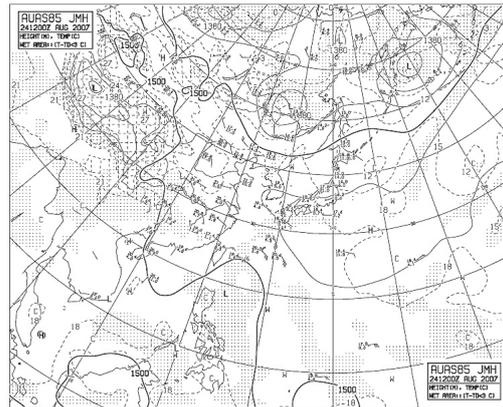
a. 気象概況

24 日 21 時の地上天気図 (第 2.5.3.1 図) を見ると, 日本付近は本州の東海上に中心を持つ高気圧に広く覆われていた. 24 日 21 時の 850hPa の高

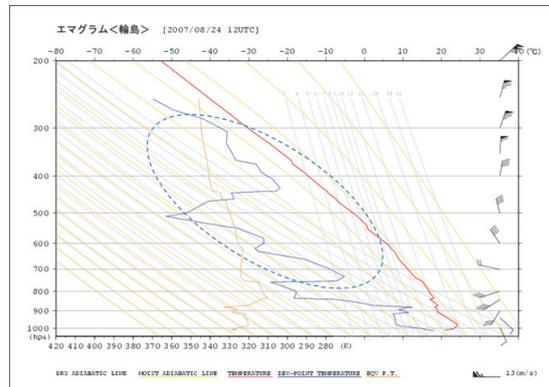


第 2.5.3.1 図 地上天気図 (2007.8.24 21JST)

層天気図 (第 2.5.3.2 図) 及び輪島のエマグラム (第 2.5.3.3 図) を見ると, 解析雨量の異常値が出た能登半島珠洲市近傍では下層から上層まで降水の原因となるような湿りは見られない. また, 衛星の赤外画像 (第 2.5.3.4 図) では, 能登半島から佐渡島にかけて上層雲とみられる薄白の雲域が観測されている程度である.



第 2.5.3.2 図 850hPa 高層天気図 (2007.8.24 21JST)



第 2.5.3.3 図 エマグラム (輪島 2007.8.24 21JST)



第 2.5.3.4 図 気象衛星赤外画像 (2007.8.24 21JST)

<sup>12</sup> 新潟地方気象台観測予報課 小林 弘徳  
東京管区気象台技術部技術課 安田 操

b. 当日（8月24日）の予報

当日の17時の予報（第2.5.3.5図）でも、石川県能登地方の天気は晴れ、降水確率も0%で、降水を全く予想していなかった。

(4) 解析雨量とエコー強度

a. 解析雨量

記録的短時間大雨の基準値70mm/hを超える77mm/hを観測した21時30分の解析雨量を第2.5.3.6図に、また、21時30分を中心とする解析雨量の時系列データを第2.5.3.7図に示す。

風力発電所の風車からの反射波の影響と思われる解析雨量が時々観測される中、21時30分に70mm/hを超える値が観測された。基準値を超えた格子は、77mm/hがGIS格子番号56371175及び56371185、74mm/hが56371174及び56371184である。

地域選択: 金沢地方気象台 2007年08月24日 変更 17時形式 Page: (1/1)

『府県天気予報一覧表』 平成19年8月24日17時00分

天気予報

細分名	今夜 8月24日(金)	明日 8月25日(土)	明後日 8月26日(日)
[石川県] 加賀	E ☉ (100) 波 0.5m	S→W ☉ (100) 波 0.5m	SW→W ☉/☉ (101) 波 0.5m
[石川県] 能登	NE→S ☉ (100) 波 0.5m	SW日中W ☉ (100) 波 0.5m	SW→W ☉/☉ (101) 波 0.5m

降水確率

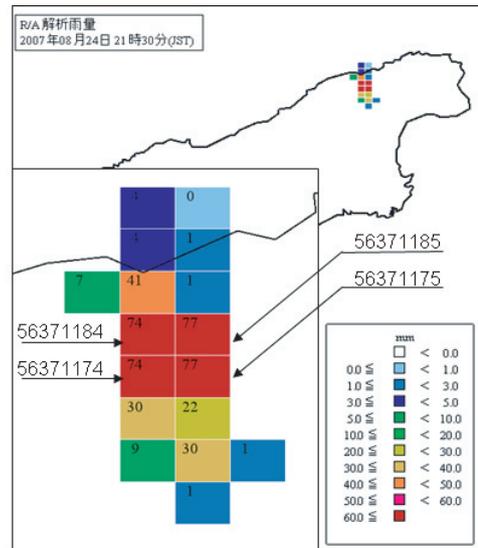
細分名	今夜		明日	
	18-00	00-06	06-12	12-18
石川県/加賀	0000	0000	0000	0010
石川県/能登	0000	0000	0000	0010

第2.5.3.5図 金沢の府県天気予報（2007.8.24 17時発表）

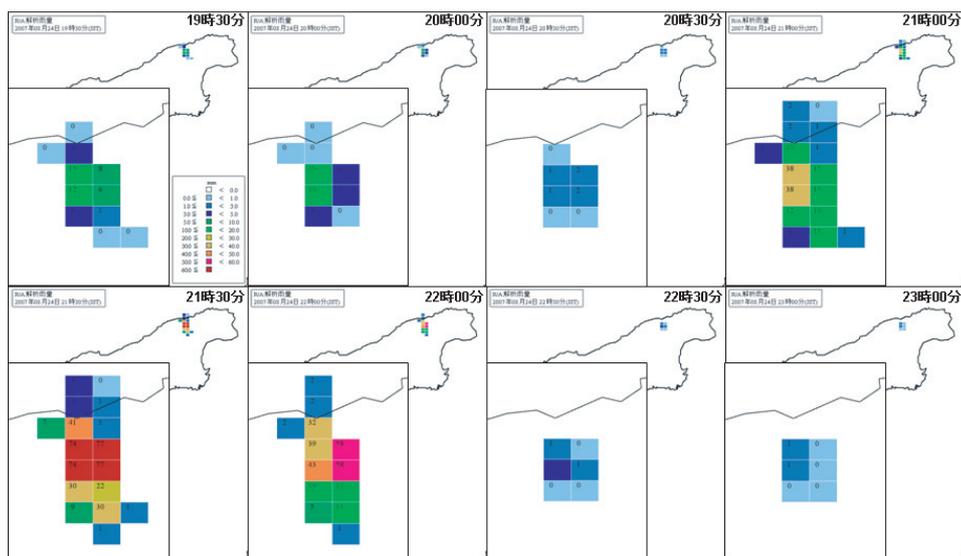
b. エコー強度

記録的短時間大雨を観測した全国合成レーダー画像の格子の時系列を第2.5.3.8図に示す。

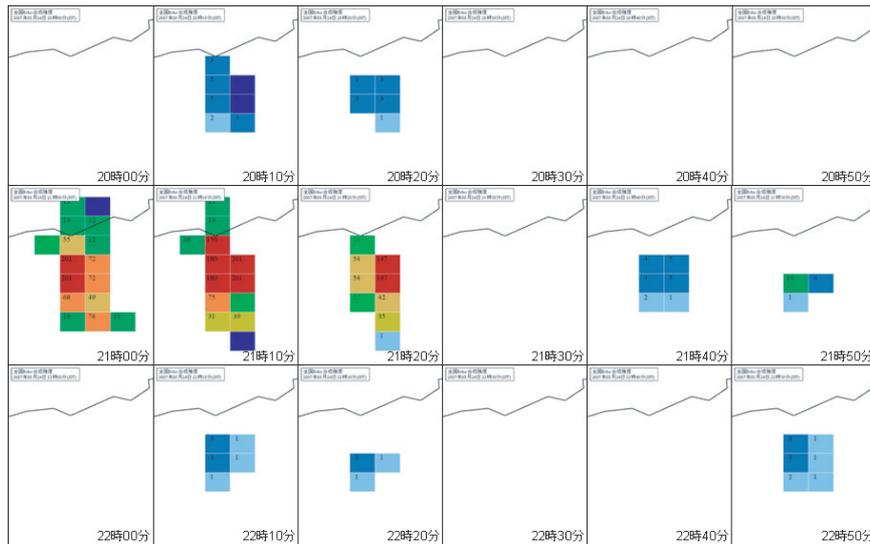
数十ミリのエコー強度が表示されているが、20時30分～50分にはNoEcho、21時00分には突然201mm/hのエコー強度が観測され、21時10分には隣のメッシュで201mm/h、21時20分には147mm/hのエコー強度が観測された。そして21時30分にはNoEchoとなった。



第2.5.3.7図 解析雨量  
(2007.8.24 21:30JST)



第2.5.3.6図 解析雨量（2007.8.24 19:30JST～23:00JST）



第 2.5.3.8 図 全国合成レーダー画像 (2007.8.24 20:00JST ~ 22:50JST)

(5) 判断の根拠と予報作業への影響

a. 判断の根拠

当日の担当者は、この記録的短時間大雨 (77mm/h) の観測値に対し、次のとおり異常値と判断して、警報発表作業を見送った。

- ① 2 項のとおり、当日は降水の可能性は極めて低いと認識していた。
- ② 珠洲市、志賀町の 2 か所では、過去にも地形性エコーとみられる異常値がたびたび発生し、当日も日中から断続的に解析雨量の異常値が観測されていた。
- ③ エコー強度を見ると、NoEcho から突然 21 時に 201mm/h の強度を観測した。
- ④ エコーは停滞し、発生地点も極めて局地的であるなど、過去の異常値発生時と同様の特徴が見られた。
- ⑤ 近傍の部外雨量計 (鯉恋橋) では降水がなかった。
- ⑥ 21 時の輪島高層観測では地上 ~ 980hPa 付近にかけて逆転層となっており、湿数 3 以下の湿潤層はなく、SSI は 15.8 で大気の状態は安定しており、対流雲が発生しにくい状況であった。
- ⑦ 21 時赤外面像では、上層雲とみられる薄白の雲域は観測されていたが、活発な対流雲とみられる明白な雲は確認できなかった。

b. 予報作業への影響

- ① 解析雨量で 70 mm/h を超えたため「キロクア

メ」が喚起、また、翌日の 18 時にかけて第 2.5.3.9 図に示すとおり 24 時間解析雨量が 30 分ごとに喚起された。翌日以降、降水があるとすれば 24 時間解析雨量の使用に際して注意が必要。

② 12UTC インシャルの、防災時系列の 24 時間最大に 115mm が取り込まれたため、防災時系列の修正が必要になった。

③ ちょうど、当日 16 時に土砂災害警戒情報の慣熟が終了していたこともあり、県に対しての気象情報の提供にも特段の混乱・影響を及ぼさなかったが、本運用時には県の担当者に連絡をする必要がある。

④ 土壌雨量指数がピーク時で指数 80 を記録、その後 3 日程度は、まとまった降水がなかったが、翌日以降、降水があるとすれば土壌雨量指数や履歴順位等の使用に際して注意が必要で、注・警報発表時に影響を及ぼす。

(6) 考察

解析雨量値が異常となった原因について考察した。

① 風力発電の風車の影響

珠洲市の大谷峠において、平成 19 年 5 月より珠洲第 1 風力発電所 (珠洲風力開発株式会社) が運用を開始している (第 2.5.3.10 図)。

大谷峠の緯度経度より GIS 格子番号を求めると 56371175 となり、解析雨量値の異常出力メッシュと一致しており、ブレードの回転による消

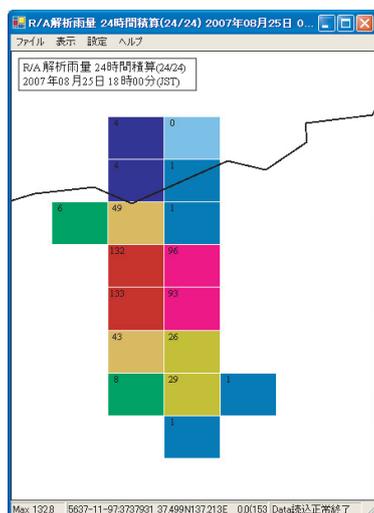
え残りが発生したものと思われる。

珠洲風力発電所の規模は次のとおりである。

定格出力 (1 基)	1500kW
台数	10 基
全高	99.95m
ローター直径	70.5m
ブレードの長さ	34.1m
ブレードの枚数	3 枚

②逆転層の影響

輪島のエマグラム (第 2.5.3.3 図) を見ると、980hPa 付近に逆転層が見られる。逆転層による電波の反射や屈折により地形エコーの除去が困難となり消え残りが発生することがある。本事例もこの影響を受けていたと思われる。



第 2.5.3.9 図 解析雨量 24 時間積算 (2007.8.25 18:00JST)



第 2.5.3.10 図 珠洲風力開発 (株), 日本風力開発株式会社 の HP による 提供 : 日本風力開発株式会社

2.5.4 平成 19 年 7 月 16 日から 17 日にかけて の大阪府南部と奈良県北部における短時間強雨時の解析雨量について<sup>13</sup>

(1) 要旨

平成 19 年 7 月 17 日 01 時の解析雨量では多数の格子で 100mm 以上が出現したが、周辺の雨量観測地では 40mm 前後の観測値であった。

大阪レーダーの観測が地形によるビームカットなどで十分でないため雨量換算係数が広い範囲で 5 倍以上と大きくなっていた。また、大阪府南部と奈良県北部の積算降水強度が極大となった領域では雨量観測値がほとんどなかったことから補正が十分できず、その値がそれら領域でもそのまま採用され、解析雨量に影響した。

(2) 概況

7 月 16 日夜遅くから 7 月 17 日午前 2 時ころまでにかけて、梅雨前線上のキンク通過時に、大阪府中・南部から奈良県北部では、対流雲が次々に発生・発達し短時間強雨となった。

特に雨の強かった、7 月 16 日 24 時から 17 日 02 時までの 3 時間降水量はアメダスでは奈良県葛城 111mm、針 81mm などを観測した。

大阪府と奈良県では、大雨・洪水警報のほか解析雨量により記録的短時間大雨情報を発表した。

(3) 解析雨量と観測値

夕方からかかる前線上のエコーはキンクの接近により、大阪湾で発達し、16 日 23 時にはこのエコーがかかる。大阪府の広い範囲で 40mm 以上の解析雨量となった。

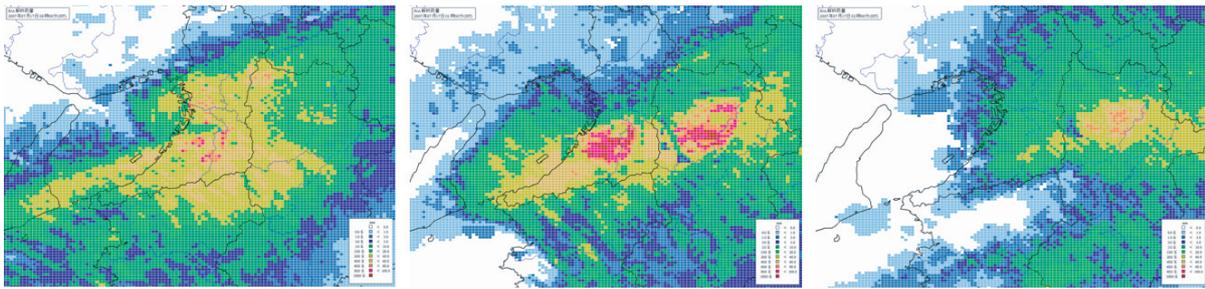
16 日 24 時、大阪府中南部で多いところ約 90mm。

17 日 01 時大阪府中南部、奈良県北部で広い領域で 100mm 以上が出現し、多いところでは 120mm 以上となった。

17 日 02 時大阪府内では大きな解析雨量の領域は減った。奈良県でも多いところで解析雨量 70mm 以上の領域は残るものの前時間より大きな解析雨量は大幅に減少した (第 2.5.4.1 図)

解析雨量 120mm 以上の極大値が出現した 01 時、大阪南部の観測値は大阪府の観測も含め、多

<sup>13</sup> 大阪管区气象台予報課 鎌倉和夫  
同 観測課 谷永 守



第 2.5.4.1 図 平成 19 年 7 月 17 日の解析雨量分布図 (左から 00 時, 01 時, 02 時)

いところ約 50mm であった。解析雨量 100mm 以上が出現した格子での観測値はないものの、その周辺では約 40mm の観測値であり、解析値が過大ではないかと考えられる (第 2.5.4.2 図)。奈良県では、多いところ約 40mm、県のデータが取り込まれていないため奈良県のホームページより観測値を参照すると、解析雨量 100mm 以上が出現した桜井市では多いところ約 44mm の観測値であった。解析雨量とは 2 倍程度の差となった。

(4) 1 時間積算降水強度と雨量換算係数

01 時の大阪レーダーでは、解析雨量と同じ様な領域で、18 - 26mm/h の積算降水強度を観測した。サイト南側では金剛山地のビームカットにより、エコーをほとんど観測していない。

強雨域を含む広い範囲で雨量換算係数が 5 倍以上と大きな値となっている。

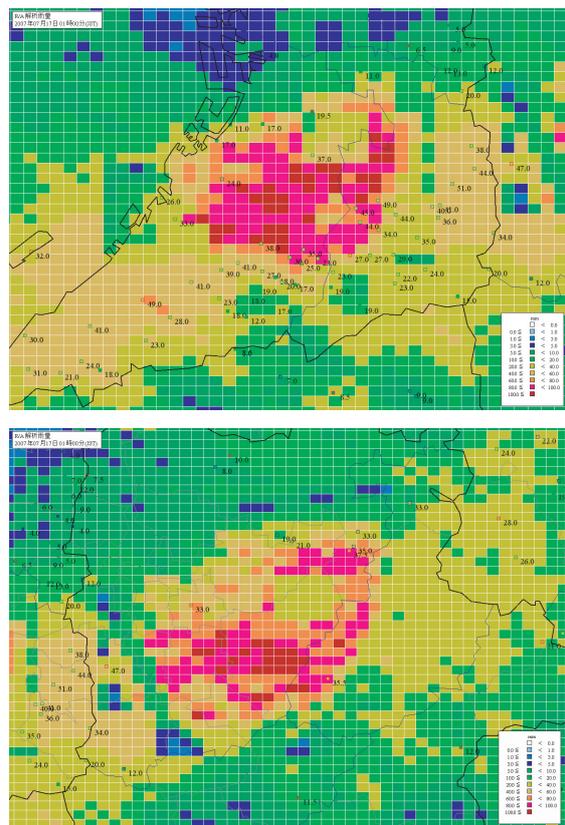
この雨量換算係数と積算降水強度から雨量二次解析値は大きいところで、70 ~ 100mm 程度であったと考えられる (第 2.5.4.3 図)。

なお、室戸岬レーダーでは、大阪府南部から奈良県北部にかけて線状に積算降水強度が多く、強雨域は雨量計による観測値ともおおむね一致し 18-26mm/h を観測、多いところ 26-34mm/h の積算降水強度を観測している。雨量換算係数は約 2 倍で、雨量二次解析値は 40 ~ 60mm 程度の値であったと思われる (第 2.5.4.4 図)。

(5) まとめ

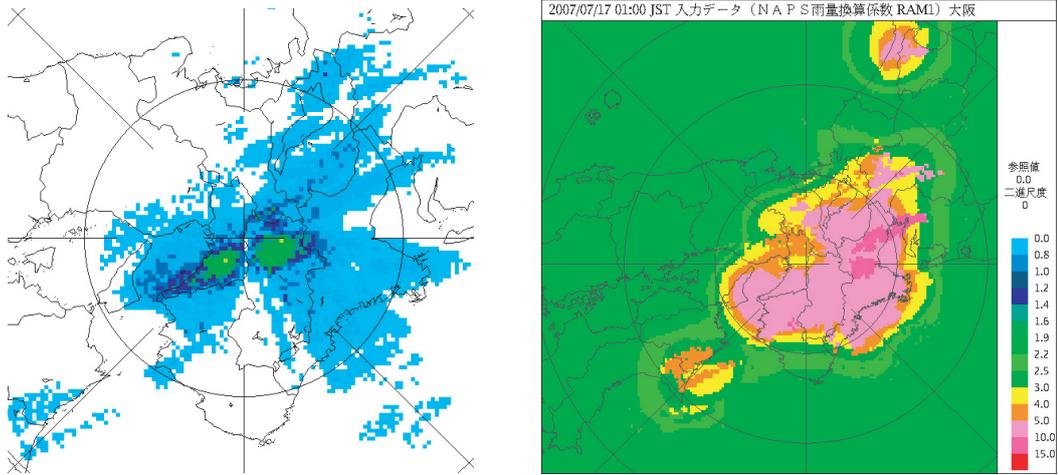
解析雨量の過大値は、雨量換算係数が大きくなり、観測値による補正が十分できないまま、解析雨量に影響したものと考える。

今回、大阪レーダーでは、地形によるビームカットや広い強雨域による途中降水の影響などにより

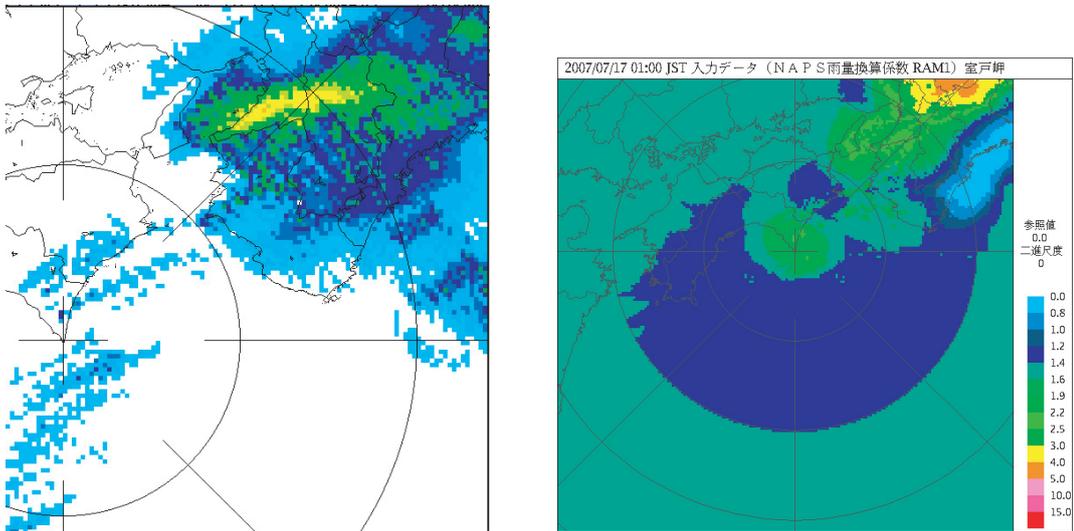


第 2.5.4.2 図 7 月 17 日 01 時の解析雨量分布及び雨量観測値 (上大阪府南部, 下奈良北部 観測値は部外データを含む)

降水分布を十分観測できていない領域があり、広い範囲で雨量換算係数が 5 倍以上と大きな値となった。また、大阪府南部と奈良県北部の積算降水強度が極大となった領域には雨量観測地点がなかった。観測値による雨量換算係数の補正が十分でなかったため、解析雨量に影響したと考える。



第 2.5.4.3 図 7 月 17 日 01 時の 1 時間積算降水強度と雨量換算係数 (大阪レーダー)



第 2.5.4.4 図 7 月 17 日 01 時の 1 時間積算降水強度と雨量換算係数 (室戸岬レーダー)

### 2.5.5 注警報作業における地形エコーの影響 調査結果の取りまとめ<sup>14</sup>

#### (1) はじめに

地形エコーは反射強度が強く、観測された場合には解析雨量値が大きくなり、特に降水エコーと重なって出現した場合には異常値と判別することが難しい状況となっている。

本調査は、実際の予報作業現場において解析雨量や土壌雨量指数などの注警報作業の基礎資料に過大な値が出力された場合に、その状況と過大と判断するに有効となった資料と着目点を調査し、今後のレーダーにおける品質管理の改善と利用者側における今後の利用の参考とするため実施した。

#### (2) 調査結果とりまとめ

会議では札幌、仙台、大阪管区と新潟から報告された。

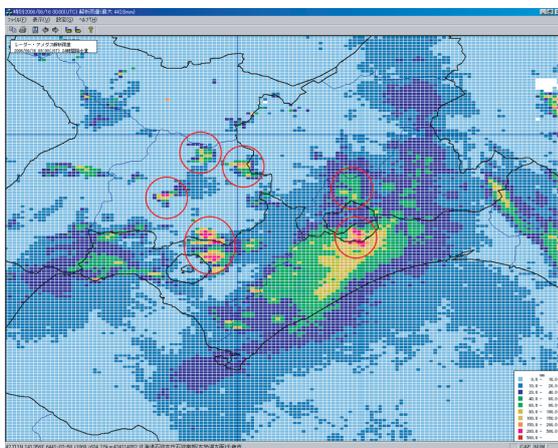
札幌管区からは2006年6月15～16日の低気圧の通過に伴い北海道石狩、後志、胆振などの山岳稜線において24時間で200～400mmの解析雨量となった事例が報告された。特徴としては、高度2km以下の下層での強風により、地形エコーが大規模に発生したことによるもので、過去に発生した台風時の強風によるエコーの分布やウィンドプロファイラによる風の状況の総合的な判断が有効としている。第2.5.5.1図には2006年6月16日の24時間解析雨量、第2.5.5.2図には過去の台

風時の事例として2005年9月8日のT0514時の24時間解析雨量（RISS表示）の事例を示すが、解析値が過大となっている地域がほぼ同一であることがわかる。

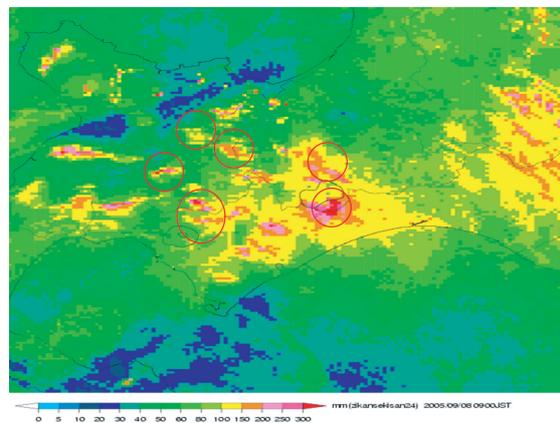
仙台管区からは、2007年7月5日、9月6-7日の新しい事例が報告された。この事例も札幌同様に下層の強風に伴う地形エコーの事例でR1：10～15mmのアメダス実況の中にR1：50～70mmの過大な解析雨量が解析された事例である。仙台においては、ウィンドプロファイラによる風の状況の監視に加え、地形図等による場所や標高の確認や気象レーダーデータ共有装置（RISS）のエコー断面表示による強度の鉛直構造の確認が有効であったと報告された。

新潟からは、2007年8月24日の晴天時における石川県珠洲市の風力発電所による事例が紹介され、衛星画像による雲域の確認や付近のアメダス、部外雨量計の観測値、さらに観測されたエコーを動画させることにより強度が10分で0mm/hから200mm/hに変化する状況から異常と判断したことが紹介された。

大阪管区からは、2007年7月16～17日に大阪府南部～奈良県で解析雨量がR1：100mmを超える事例が紹介され、気象庁のレーダーと部外雨量計の配置（偏在）の関係から雨量換算係数が過剰に大きくなり、結果として解析雨量が過大となった事例が報告された。これについては、周辺



第2.5.5.1図 2006年6月16日の24時間解析雨量



第2.5.5.2図 2005年9月8日のT0514時の24時間解析雨量

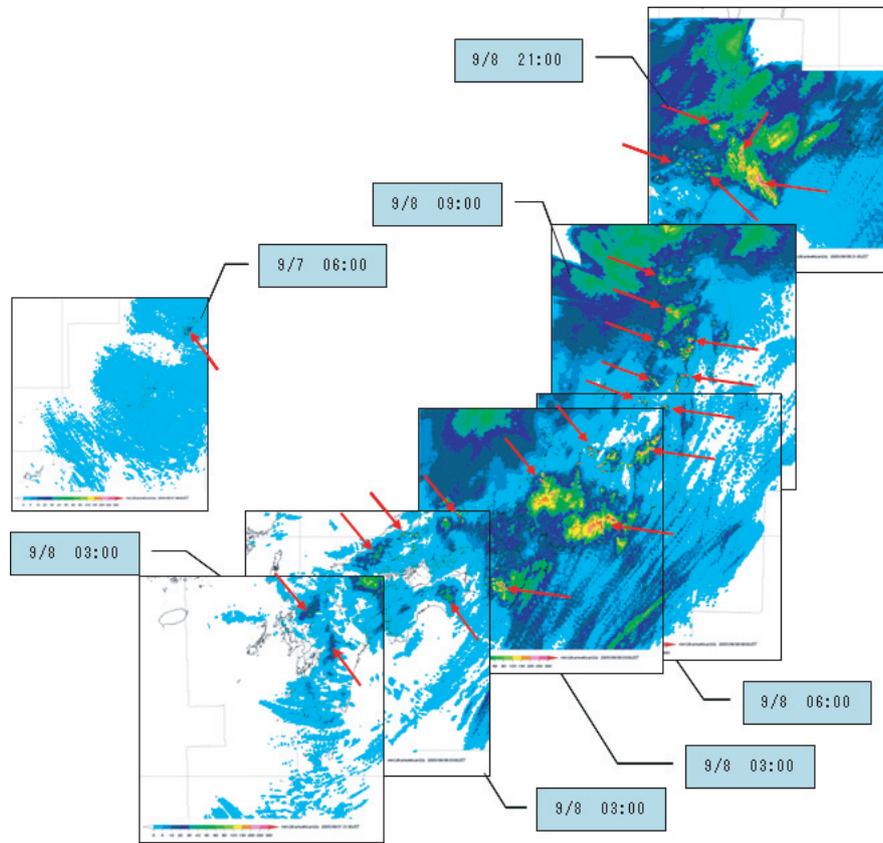
<sup>14</sup> 観測部観測システム運用室 藤田 英治

の雨量計の観測値と解析雨量を比較検討することが有効であったとしている。

参考として作成した全国の強風時の地形エコーの例と各官署の調査取りまとめ表を第 2.5.5.3 図、第 2.5.5.1 表に示す。

(3) おわりに

強風時の地形エコーについては引き続き本庁においても対策を検討する。予報担当者におかれても今回報告された知見を今後の業務の参考としていただきたい。



第 2.5.5.3 図 強風時の地形エコーの例 2005/9/7-8 T0514RISS (24 時間積算降水強度)

第 2.5.5.1 表 注警報作業における地形エコーの影響調査の報告のまとめ

管区等	日時・場所・影響	過大の要因	判断に有効な資料など
札幌	2006年6月15～16日 低気圧前面 登別・支笏湖畔100ミリ以上のアメダス実況 (R24) 山岳積線で解析雨量24時:200～400ミリ	下層(～2km)での強風 (40～50kt)	ウインドプロファイラ 台風時の強風による地形エコー出現状況が参考となった
仙台	2007年7月5日 宮城～秋田県境、仙台市西部、川崎町の 山岳積線でR1:40ミリの解析雨量 平成19年9月6日～7日 R1:10-15ミリのアメダス実況、仙台西部で R1:50-100ミリの解析雨量	下層(～2km)での強風 (40～50kt)	ウインドプロファイラ RISS断面図 地図による地形の確認
新潟	2007年8月24日 高気圧の後面 珠洲市で21時30分の解析雨量1時間: 74～77ミリ	風車(10基) ローター径70m	衛星画像 気象観測から降水の可能性低い 10分毎のエコー強度で No_Echo→201mm/hに変化 エコーが動かない
大阪	2007年7月16～17日 大阪府南部～奈良県北部 17日01時00分の解析雨量1時間:100～ 120ミリの格子が50格子以上	レーダーにおいてビーム カットなど、(雨量計1時間 積算/エコー強度積算)の 比が大きい場所に雨量計 (大阪府)の偏在している ため、雨量換算係数が過 剰に大きくなった	周辺の雨量計の観測値

2.6 レーダーデータの品質管理に関する討論

2.6.1 品質管理の現状の問題点と課題について<sup>15</sup>

(1) はじめに

本庁において実施している気象レーダー観測処理システム(ROPS)のAQCとしてのクラッタマップによる減算処理について、これまでの経緯と効果、現状問題点や課題について紹介する。

(2) クラッタマップ減算処理適用の経緯

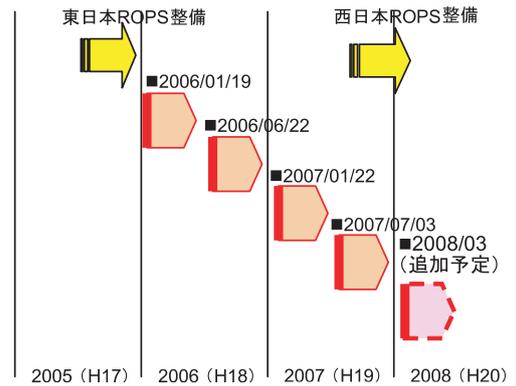
2005年の東日本レーダーへのROPS整備に伴い基本的にはROPS整備以前のクラッタマップを引き続き適用し、その後確認された過大値についてはおよそ半年に1度の見直し、追加を実施してきている。

クラッタマップの追加については、各管区予報課や府県担当官署から報告された解析雨量の過大値などについて、本庁予報課とも情報の共有化を行うことで入手した事例、又は観測部レーダー現業において確認された事例について、観測されたレーダーとメッシュ位置、それまでの同メッシュ

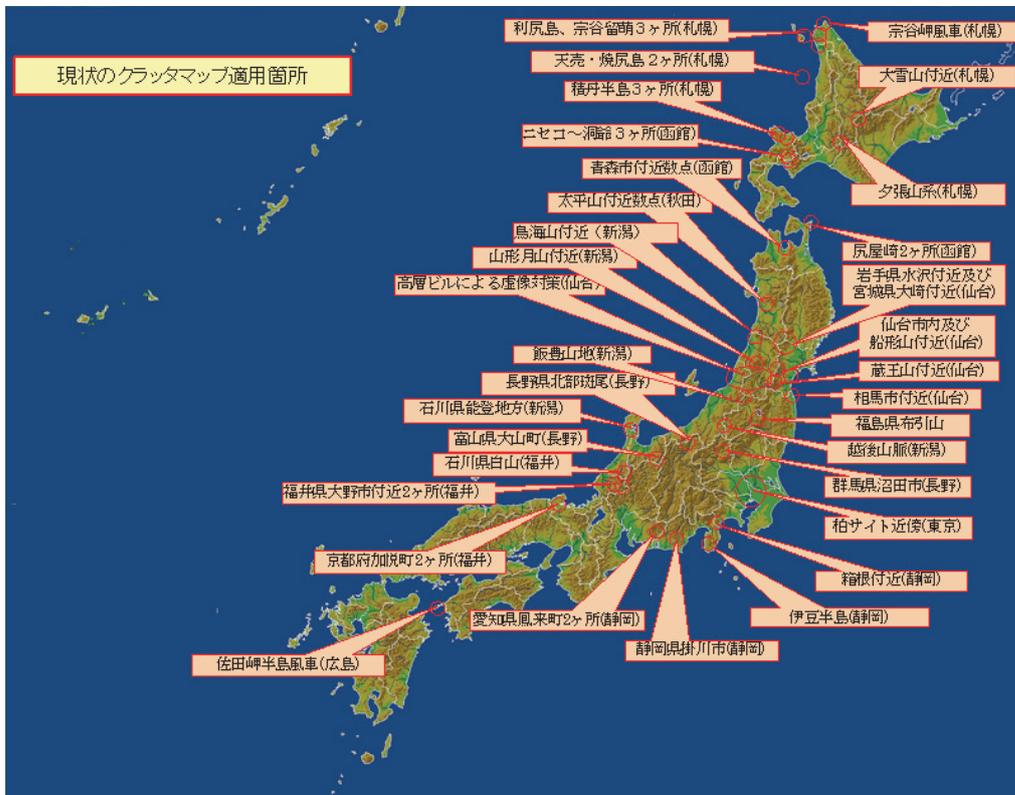
における発生頻度、観測されたエコー強度から検討を行い適用している。

現状、クラッタマップの適用を行っているメッシュは第2.6.1.2図に示すとおりで東日本を中心に山岳の稜線や風力発電施設、スキー場のリフトやゴンドラと思われるものも含んでいる。

今後も引き続きデータを蓄積し、定期的に加見直しを行っていく予定である。



第2.6.1.1図 クラッタマップ適用による対策経緯



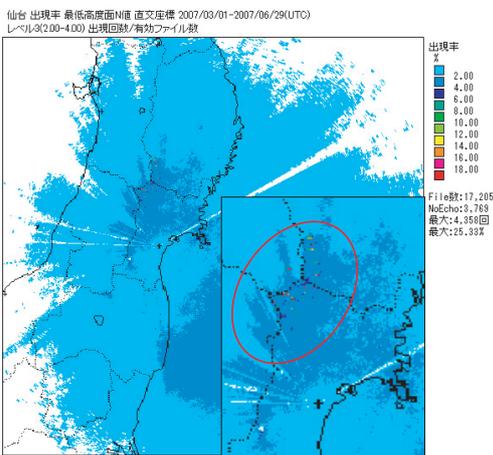
第2.6.1.2図 現状のクラッタマップ適用場所

<sup>15</sup> 観測部観測システム運用室 藤田 英治

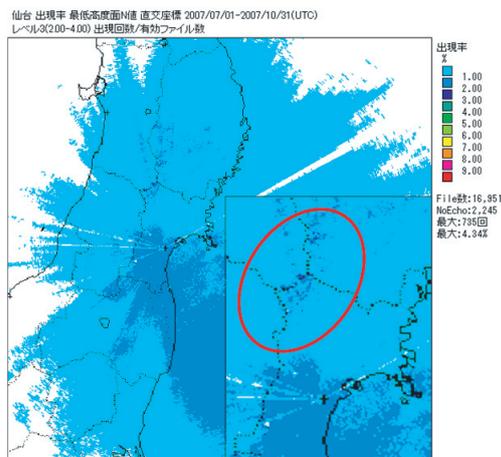
(3) クラッタマップ処理による効果と問題点

a. 効果のあった事例

クラッタマップの減算処理により効果のあった事例の紹介として、2007年7月に仙台レーダーにおいて宮城県秋田県の県境、栗駒山付近の地形エコーに対して実施したクラッタマップ追加について確認を行った。第2.6.1.3図は、クラッタマップ適用前の4か月間のレベル3のレーダーエコーの出現率で第2.6.1.4図は、適用後の4か月間の同レベルの出現率である。適用前の図では赤円内に多数の出現率の極端に高い地形エコーが確認されるが、適用後ではほとんどなくなっている。



第2.6.1.3図 クラッタマップ適用前の出現率 (2007年3月～6月)

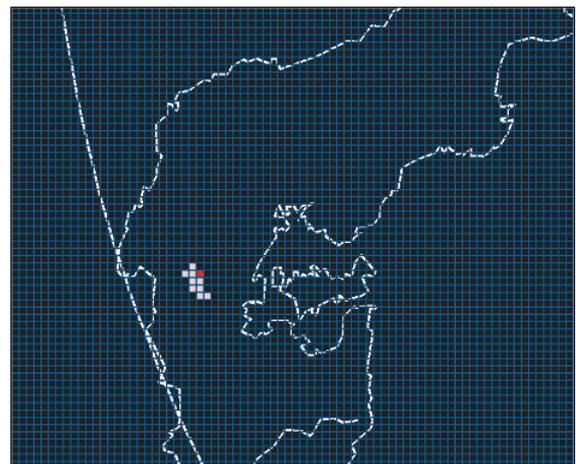


第2.6.1.4図 クラッタマップ適用後の出現率 (2007年7月～10月)

b. 問題が発生する事例

一方、クラッタマップ減算処理の適用により問題となった事例がある。ここに示す事例は、新潟レーダーにおいて能登半島の虫ヶ峰風力発電施設による地形エコー除去のため2007年7月3日に適用したクラッタマップ減算処理により気象エコーが弱められた事例である。

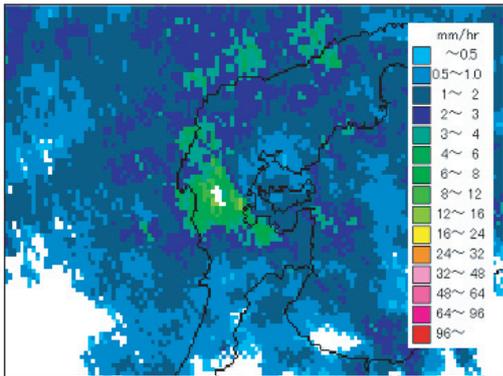
第2.6.1.5図は適用したクラッタマップ (mm/h単位) であり、第2.6.1.6図は2007年7月4日18時30分の新潟レーダーの観測画像、第2.6.1.7図は同日17時30分の解析雨量図 (R1) である。クラッタマップに対応したメッシュにおいて降水エコーに穴が開いた状態となり、解析雨量においても雨量は解析されていない。



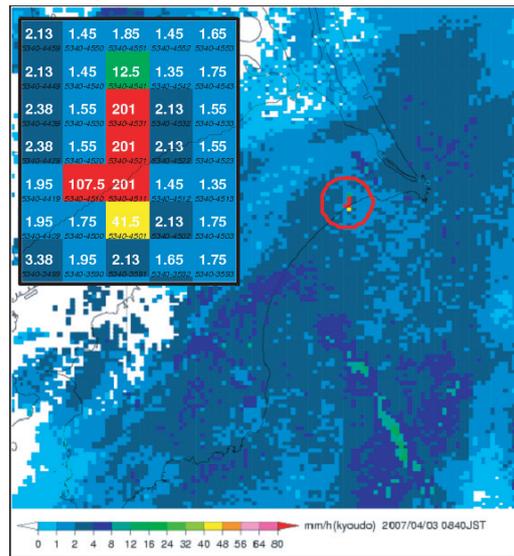
	116	117	118	119	120	121	122	123
358	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
360	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
361	0.0	0.0	0.0	230.1	0.0	0.0	0.0	0.0
362	0.0	0.0	87.5	105.2	278.6	0.0	0.0	0.0
363	0.0	0.0	0.0	105.2	209.8	0.0	0.0	0.0
364	0.0	0.0	0.0	182.7	209.8	0.0	0.0	0.0
365	0.0	0.0	0.0	0.0	174.5	209.8	0.0	0.0
366	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
367	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

第2.6.1.5図 新潟レーダーのクラッタマップ (2007年7月3日適用)

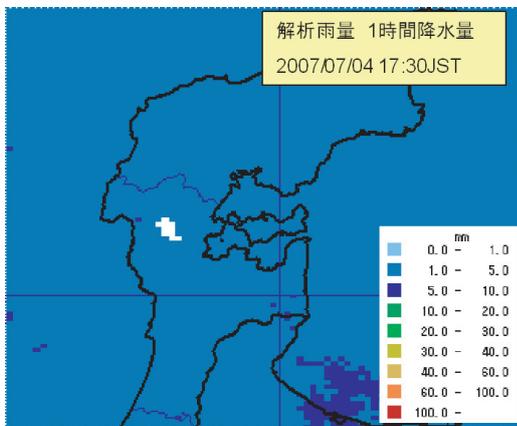
下表はクラッタマップの設定値 (mm/h単位)。



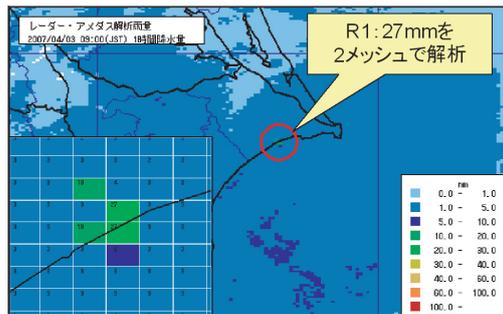
第 2.6.1.6 図 新潟レーダーの観測画像  
(2007年7月4日18時30分JST)



第 2.6.1.8 図 東京レーダーの観測画像  
(2007年4月3日08時40分JST)



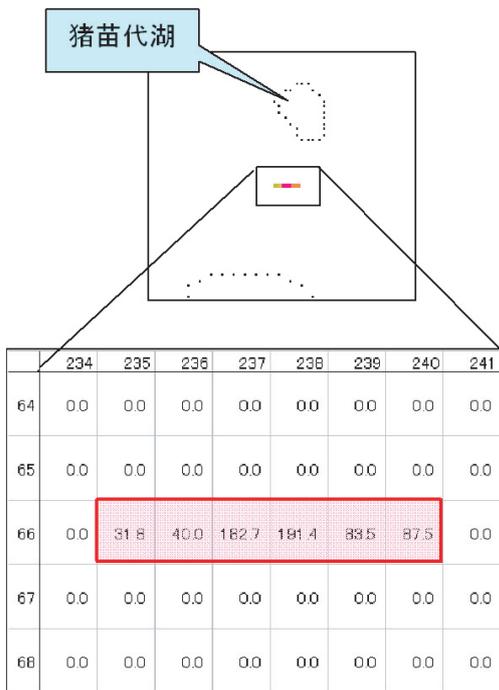
第 2.6.1.7 図 解析雨量 (1時間積算値)  
(2007年7月4日17時30分JST)



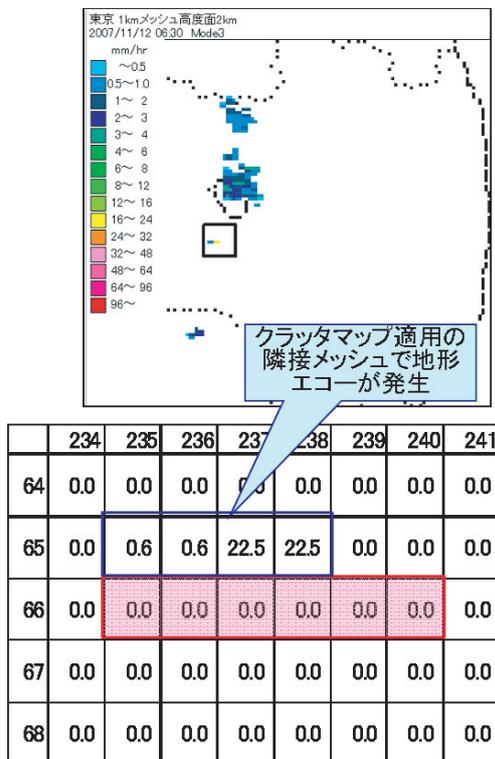
第 2.6.1.9 図 解析雨量 (R1)  
(2007年4月3日09時00分JST)

c. クラッタマップによる対策ができない事例  
クラッタマップによる減算処理では、当然ながら減算を適用するメッシュ（場所）を特定して処理を行うため、船舶や航空機などのように移動する目標による地形エコーには適用できない。  
第 2.6.1.8 図は、2007 年 4 月 3 日に東京レーダーにおいて観測された航空機によると思われるエコーであり、強度は 201mm/h の上限を示している。航空機や船舶によるエコーは、観測事例は少なく、その上移動するため、時刻により観測される場所も変化し、積算値である解析雨量やエコー出現率には影響することは少ないが、観測された反射強度が特に強い場合には解析雨量でも過大値として解析される場合がある。この場合は、第 2.6.1.9 図に示すとおり解析雨量 (R1) で 27mm が解析されている。

d. 適用したクラッタマップの隣接メッシュにおける消え残り  
東京管区における調査で判明した事例であるが、東京レーダーにて 2007 年 7 月 3 日に適用した福島県布引高原の風力発電施設による地形エコーについて、適用したメッシュの北側に隣接するメッシュにて消え残りが発生した事例である。  
第 2.6.1.10 図は、東京レーダーに適用しているクラッタマップの拡大図と設定値 (mm/h) である。第 2.6.1.11 図は 2007 年 11 月 12 日 15 時 30 分に観測されたエコーでクラッタマップ適用メッシュの北側で最大 22.5mm/h が観測されている。  
当日は極下層で弱い逆転層がありレーダーの伝播経路がごくわずか変化し、観測される距離が伸びたのではないかと推定できる。



第 2.6.1.10 図 東京レーダーのクラッタマップ  
(下表はクラッタマップ適用値：mm/h)



第 2.6.1.11 図 東京レーダーの観測データ画像  
(2007年11月12日06時30分JST)  
クラッタマップ適用メッシュ(赤枠)の北側(青枠)  
の領域で地形エコーが観測されている。

(5) まとめ

a. クラッタマップ減算処理の特徴と利用

クラッタマップの減算処理により定常的に発生する地形エコーへの対策には効果があるが、一方では事例数は少ないながら問題点も確認されている。本庁においては、引き続きクラッタマップによる品質管理を継続するが、以下のような特徴を踏まえて、慎重に適用する必要があると考えている。

- ・地形や地物による過大値の対策としてクラッタマップの適用は効果的である。
- ・クラッタマップ適用によりエコーが弱められたり、穴あきが発生する。地形エコーの発生頻度を考慮し慎重に適用する必要がある。
- ・航空機や船舶など場所が定まらない異常エコーには対処できない。
- ・台風など強風時には通常、地形エコーが発生しない地域でも大規模に発生する場合がある。
- ・地物の建設による新たなクラッタの発生や強度の変化などがあり、継続して消え残りの調査とマップの見直しが必要である。

b. 観測者、そして利用者に必要と思われる対応

予報部のご協力も得て実施した本会議のレーダーデータ品質管理の強化に関する調査においては、エコーの出現状況やクラッタマップによる自動品質管理を中心とした特性を調査し、レーダー観測を行う観測者とそのデータを利用して防災情報を作成提供する利用者のそれぞれの立場における問題点や注意すべき点を明らかにすることができた。これを踏まえて、観測者、利用者において、今後の対応に必要なことを以下のようにまとめた。

ア. 「観測者」の対応として

- ・地形エコー発生事例の収集・調査からクラッタマップ適用による対策実施と周知
- ・クラッタマップ性能・機能の改善
- ・事例蓄積等による品質管理マニュアルの改善
- ・品質管理マニュアルに基づく地形エコーに関する情報の提供

イ. 「利用者」の対応として

- ・品質管理手法の理解

- ・地形エコーが発生しやすい地域の把握
- ・実況監視における地形エコーの判断
- ・地形エコーの出現状況の調査と事例報告の継続

2.6.2 本庁観測現業における品質管理業務<sup>16</sup>

(1) はじめに

前項までは、レーダー観測で現れる地形や風力発電所による地形エコーは、ROPS に組み込まれた MTI フィルタ・クラッタマップ等により大部分は除去されることを述べた。しかし、異常伝搬エコーや最近次々と建設される風力発電所・強風時の山岳エコー等の特殊エコーは上記フィルタでは完全に除去できず、エコーとして出力され、解析雨量等に現れることにより、予報作業に影響が出ていることが示された。ここでは、本庁観測現業における品質管理業務 (HQC) について紹介する。

(2) 品質管理の現状

レーダーサイトと常時接続されている本庁現業では、各サイトのシステム管理やエコーの実況監視を行っている。エコーの実況監視では、ROPS や RISS (第 2.6.2.1 表) のシステムを用い、必要に応じて、LIDEN・解析雨量・アメダス・気象衛星等の資料を参照しながらエコーの監視をしている。監視中に注目すべき特殊エコー(第 2.6.2.2 表) が出現した場合には、その成因を入手可能な資料で考察し、必要に応じて、運用要領で指定された以下の連絡システムで連絡している。

- \*レンラク報による周知 (アデス)
- \*電話連絡 (所属中枢)
- \*口頭解説 (本庁予報現業)

(3) 現業監視の難しさ

10 分ごとに各サイトからの観測データが配信され、これらのデータを監視ツール (第 2.6.2.1 表) を利用し、品質管理をリアルタイムに実施する中で、特殊エコーや注目すべきエコー (第 2.6.2.2 表) と考えられるエコーが現れた場合には、これまでの知見や実況・予想を基に、発生メカニズムを把握に努めるが、個々の現象の現れ方は多種多様で、一見して特殊エコーと判断できるものから、判断

<sup>16</sup> 観測部観測システム運用室 溝本 悟

第 2.6.2.1 表 レーダー観測における代表的な監視ツール

ROPS	RISS
全国合成 (強度・頂高度)	降水強度
仰角エコー (サイト別)	CAPPI各層 (合成)
CAPPI各層 (サイト別)	頂高度 (合成)
頂高度 (サイト別)	n時間積算 (1, 3, 24)
鉛直積算	RaDAMoS
	メソサイクロン検出履歴
	ドップラー画像, VVP

第 2.6.2.2 表 代表的な特殊エコーと注目エコー

特殊エコー	注目エコー
異常伝搬エコー	前線エコー
ブライトバンド	積乱雲
強風時の山岳エコー	
シークラッター	
上空エコー	

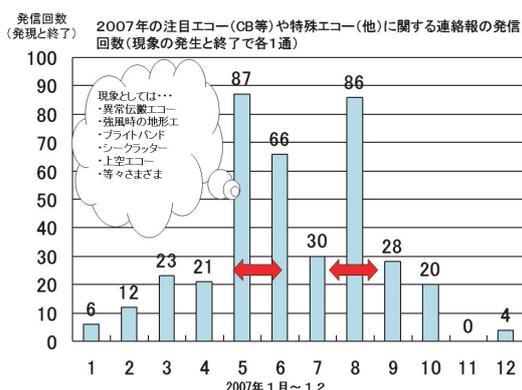
が困難な現象まで様々である。本庁観測現業では、様々に現れる特殊エコーについて、当番者全体で協議し結論を出すことで、正確な情報提供を心掛けていく。

(3) 品質管理の回数

2007 年 1 月から 12 月までの 1 年間における、注目エコーや特殊エコーに関するレンラク報の発信回数のグラフを第 2.6.2.1 図に示す。グラフは昨年の発信電報控えから月ごとの発信件数をカウントしたもので、以下の特徴が挙げられる。

- \*春から初夏と晩夏から初秋にかけて年間 2 回のピークが見られる。これは、異常伝搬等がこの期間に非常に多く発生しているためである。
- \*最も発生回数が多い 8 月では、1 日に付き約 3 回のレンラク報を発信していることになる。
- \*発生現象としては以下の現象が多いのが特徴である。

- ・異常伝搬エコー
- ・強風時の地形エコー
- ・ブライトバンド
- ・シークラッター
- ・上空エコー

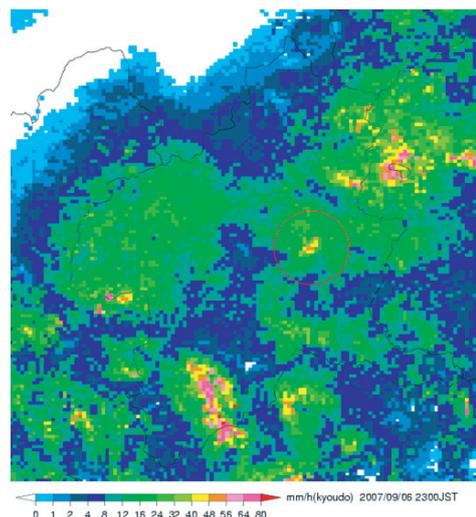


第 2.6.2.1 図 2007 年の注目エコーや特殊エコーに関するレンラク報の発信回数

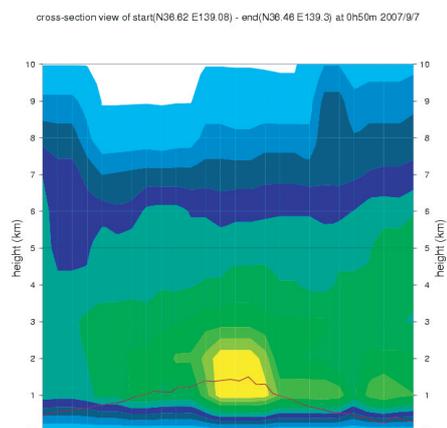
(4) 特殊エコー (強風時の山岳エコー) の例

レーダーに正対した山岳で、下層で強風が吹いている場では、山岳の木々に揺らぎを生じさせ、MTI フィルタで地形として除去できずにレーダーエコーとして通常より強いエコーが出現する可能性があることは以前から知られている。2007 年 9 月 5 日から 6 日にかけて東海・関東地区を北上した T0709 接近前後に顕著な強風時の山岳エコーが現れた (第 2.6.2.2 図)。

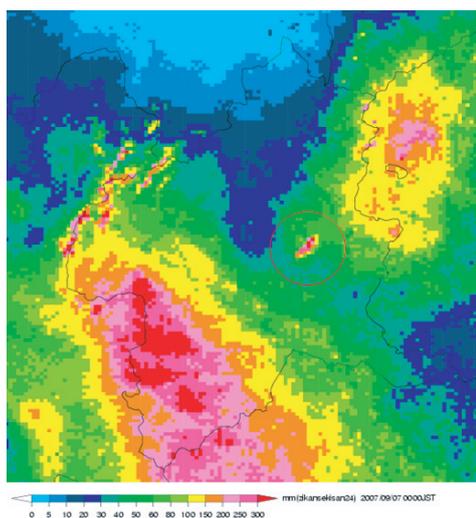
図中の赤丸で示した領域内に群馬県・赤城山(以後赤城山)があり、台風通過前までは赤城山に高い頻度で出現するエコーが、台風通過後にはエコーが出現しなくなった。赤城山付近の地上の風向風速成分としては、台風通過までは東～南東寄りの強風が、また、台風通過後には西～北西寄りの強風が赤城山に吹きつけていたことがわかる。RISS の断面図 (第 2.6.2.3 図) では、赤城山の山頂付近に強いエコーが観測されていた。最下層の同一場所で一定強度のエコーが出力されていることから、RISS の 24 時間エコー積算 (第 2.6.2.4 図) にも、赤城山付近に大きな値 (図の赤丸) が出力されていたことがわかった。ただし、この赤城山付近のエコーが本来の強雨エコーであったのか、強風により地形や木々の振動により現れた現象であったのかは、付近に雨量計の設置がないため不確実ではあるが、台風が去り風向が西寄りになった時点で強エコーは消滅し、赤城山周辺との強度に変化がなくなったのも事実である。



第 2.6.2.2 図 2007 年 9 月 6 日 23 時 00 分の赤城山付近の最下層エコー強度 (赤丸)



第 2.6.2.3 図 2007 年 9 月 7 日 00 時 50 分の赤城山山頂付近の断面図



第 2.6.2.4 図 2007 年 9 月 7 日 00 時 00 分の 24 時間積算エコー、赤丸が赤城山付近

(5) 「レーダー実況監視マニュアル」の作成

レーダー観測では、様々な現象が観測され個々の現象に対する理解の上で、ユーザーに情報を提供しているが、より正確な情報提供ができるよう、今回紹介したような複雑な現象について、現象のメカニズムを解説した「レーダー実況監視マニュアル（初版）」を作成した。マニュアルは、1章から3章までの構成で、以下の内容となっている。

- 1章 実況監視
- 2章 観測の方法
- 3章 予報課への情報提供

観測部現業では、このマニュアルによって実況監視を試行するとともに内容を逐次改善し、新しい知見があれば取り入れることで、熟練が必要なレーダーエコーの監視業務を行い、マニュアルを

基本に解説業務を行うことで、当番ごとに異なる観測者であっても的確・均等な判断ができるようにしている。また将来展望として、このマニュアルの官署版を作成し官署で利用していただくことで、各官署であっても、現在発生している現象を把握することが可能となることと思われる。

(6) 「レーダー観測情報」の発信

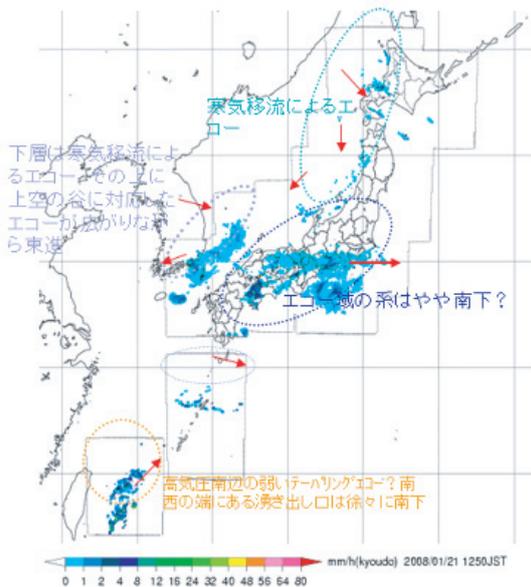
現状の情報提供は、レンラク報や口頭による解説が主であるが、将来としては、第2.6.2.5図に示すような「レーダー観測情報（仮称）」を管区等の予報・観測担当者に伝達することを室内で検討中である。これが実現すれば、従来のレンラク報や口頭の解説に加え、図形情報による情報提供が実現し、これまでより一層充実した、きめ細かい情報をユーザーの元に届けることが可能となる。

定時解説資料

## レーダー観測情報

平成20年 1月21日14時00分 観測システム運用室

**日本海西部で上空の谷に対応していると思われるエコー域が拡大しながら東進している。その下層には寒気移流によるエコーがあり、西南西進。**



解説文

1. 室戸岬・種子島・沖縄レーダーは機器更新により運用休止中です。隣接レーダーで周辺の領域は概ねカバーはしていますが、観測できても強度が弱い状態となっていますのでご注意ください。また、種子島周辺ではレーダー観測のできない領域となっている箇所もあります。
2. 日本海西部で上空の谷に対応していると思われるエコー域が拡大しながら東進している。その下層には寒気移流によるエコーがあり、西南西進。
3. エコー頂は高いもので4~6km。
4. 個々のエコーセルの動きは矢印のとおりだが、系としての動きは全体にゆっくり?

第2.6.2.5図 レーダー観測情報（仮称）

### 2.6.3 非降水エコー等判別アルゴリズム<sup>17</sup>

#### (1) 要旨

RaDAMoS (Radar Data Analysis and Monitoring System) とは、レーダー三次元データを用いて、シビア現象の監視・予測を行うシステムである。非降水エコーの一種である異常伝搬によるエコー（以下、異常伝搬エコー）と降水エコーのそれぞれについて RaDAMoS が出力するレーダーエコー指数の特徴を調べ、両者を区別する最適な閾値について調査した。調査の結果、異常伝搬エコーは降水エコーと比較して、zmax（最大反射強度）に対する rain（最下層の雨量強度）の値が小さく、また、rain に対する top（エコー頂高度）の値が低い傾向にあることがわかった。

そして、これらの指数を用いて非降水エコーを判別する閾値を求めたところ、第 2.6.3.1 図に示すとおり従属資料において異常伝搬エコーの捕捉率 62.9%、降水エコーの捕捉率 74.4% という結果が得られた。独立資料においてもほぼ同様の結果となった。

さらに降水エコーの捕捉率を高めるために、RSMGPV の閾値を追加して調査を行った。その結果、1 時間降水量と 925hPa、850hPa、700hPa の相対湿度の最大値を閾値として用いたとき、従属資料において異常伝搬エコーの捕捉率を 50.6% に保ちながら降水エコーの捕捉率を 99.1% まで上

げることができた。独立資料においてもほぼ同様の結果となった。

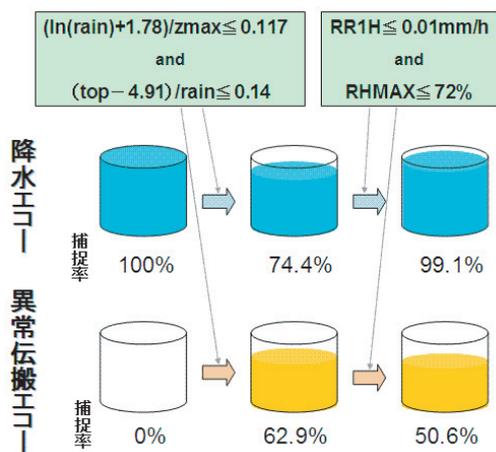
#### (2) レーダーエコー指数による調査方法

まず、降水エコーの標本を抽出する。2006 年 3 月から 2007 年 2 月の 1 年間（後述の RSMGPV による調査と同期間）における福岡と福江の 3 時間降水量が 0.0mm 以上のメッシュについて、対象地点を含む格子の正 30 分のレーダーエコー指数を抽出した（標本数 2553）。

RaDAMoS の格子は 1 辺約 20km の正方形である。福岡の格子は脊振レーダーから約 20km の距離にあり、ビームカット領域にも該当しないため比較的正確な指数が求まるのに対し、福江の格子は福岡レーダーから約 170km の距離にあり、山岳によるビームカット領域が格子の大半を占めているため各指数の性質が変化する可能性がある。いろいろな特徴を持つ指数を抽出したかったため、この 2 地点を選択した。

次に、異常伝搬エコーの標本を抽出する。まず、2006 年 1 月から 2007 年 9 月において、福岡管内で発生した異常伝搬による顕著なシークラッタ及びグラウンドクラッタの事例を、エコーパターン、エコーの時間変化、衛星画像から判断して抽出する（ここには他管区レーダーによるエコーも含まれる）。ただし、独立資料として扱う 2007 年 5 月 1～10 日と 7 月 20～31 日の事例については除外してある。そして、シークラッタ、グラウンドクラッタが発生していた期間のうち降水強度が特に強い連続する 10 観測（100 分）について、シークラッタ、グラウンドクラッタを含む RaDAMoS3×3 格子の指数を抽出した（標本数 5513）。独立資料については、2007 年 5 月 1～10 日と 7 月 21～31 日における福岡管内全域の RaDAMoS 格子について 1 時間間隔で抽出した（異常伝搬エコーの標本数 2952、降水エコーの標本数 46413）。

降水と非降水とを区別する閾値の決定には TSS (True Skill Statistics) を用い、TSS が最大となるときの値を閾値とした。rain, vil（鉛直積算雨量）、top, zmax, cm（重心高度）、vx10（半径 10km 以内の最大 vil）の 6 指数と、それぞれの比の組合せ 15 通りについて、それぞれ降水と非降



第 2.6.3.1 図 閾値における降水エコーの捕捉率と異常伝搬エコーの捕捉率

<sup>17</sup> 福岡管区気象台観測課 坪井 嘉宏

水とを区別する最大の TSS を求めた。なお、vild (鉛直積算雨量密度) と va10 (半径 10km 以内の平均 vil) についてはももとの値が小さく閾値として設定しづらいと考え調査していない。

(3) レーダーエコー指数による調査結果

まず、降水エコーと異常伝搬エコーのレーダーエコー指数の平均を第 2.6.3.1 表に示す。すべての指数について異常伝搬エコーは降水エコーに比べて小さい値となっている。また、表中の閾値は最大の TSS となるときの各指数の値、TSS は閾値における TSS を表す。

TSS は top = 6.4km のとき 0.31 で最大となり、ほかの指数は 0.20 未満と小さくなっている。

次に、2 指数の比を用いて閾値を決定したときの TSS を第 2.6.3.2 表の左下段に示す。2 指数比を使用する目的は、「正常な降水エコーにおける 2 指数の値の関係からどれだけ外れているか」を量的に表現するためである。そのため、降水エコーの 2 指数間にある程度の相関があることが前

提となる。そこで、降水エコーのレーダーエコー指数間の単相関係数を第 2.6.3.2 表の右上段に示す。また、降水エコーの回帰直線を基準とするため、2 指数間の単回帰式の切片を考慮して比を求めた。なお、rain の自然対数をとったのは、zmax はほかの指数との間で指数関数的に変化するためであり、zmax を扱うときは相手の指数の自然対数をとった。

さらに TSS を高めるため、比較的成績が良かった指数あるいは 2 指数比間の and 条件について最大となる TSS を求めたものが第 2.6.3.3 表である。結果は  $(\ln(\text{rain})+1.78)/z_{\text{max}}=0.117$  かつ  $(\text{top}-4.91)/\text{rain}=0.14$  のとき TSS が 0.37 で最大となった。

上記の閾値を用いて独立資料による検証を行ったところ、降水エコーの捕捉率は 75.5%、異常伝搬エコーの捕捉率は 62.5% となり従属資料と同程度の精度が確認できた。

第 2.6.3.1 表 降水エコーと異常伝搬エコーのレーダーエコー指数の平均と最大の TSS となる閾値

※ rain : 最下層の雨量強度 (mm/h) vil : 鉛直積算雨量 (kg/m<sup>2</sup>)  
 top : エコー頂高度 (km) zmax : 最大反射強度 (dBZ) cm : 重心高度 (km)  
 vx10 : 半径 10km 以内の最大 vil (kg/m<sup>2</sup>)

		rain	vil	top	zmax	cm	vx10
平均	異常伝搬	4.3	0.4	4.2	25.1	2.2	0.7
	降水	7.6	0.7	6.0	26.1	2.8	1.2
閾値		6.0	0.4	6.4	21.0	2.2	0.6
TSS		0.13	0.16	0.31	0.08	0.19	0.16

第 2.6.3.2 表 降水エコーのレーダーエコー指数間の単相関係数 (右上段) と 2 指数比から求めた閾値における TSS

		単相関係数					
		rain	vil	top	zmax	cm	vx10
TSS	rain		0.78	0.53	0.82	0.31	0.67
	vil	0.12		0.63	0.93	0.63	0.84
	top	0.30	0.31		0.72	0.84	0.62
	zmax	0.24	0.24	0.11		0.52	0.79
	cm	0.20	0.10	0.08	0.17		0.48
	vx10	0.15	0.12	0.20	0.21	0.05	

(4) GPV による調査方法

レーダーエコー指数あるいはその比だけでは、異常伝搬エコーの自動判別の実用化にはほど遠い結果であった。そのため、さらに精度を上げるべく RSMGPV の条件を追加する調査を行った。まず、最も精度が良かった指数の組合せである  $(\ln(\text{rain})+1.78)/z_{\text{max}} \leq 0.117$  かつ  $(\text{top}-4.91)/\text{rain} \leq 0.14$  となる格子の有無を3時間ごとに調べ、該当するコマについて RaDAMoS 格子中心から直近の RSMGPV を抽出した(異常伝搬エコーの標本数 593, 降水エコーの標本数 457)。なお、値はコマの最初と最後の時刻で平均している。そして、SURF から 700hPa までの各指定気圧面の相対湿度や、850hPa と 500hPa の気温差、1 時間降水量等を用いて TSS で判断した。そして、独立資料においても検証を行った(異常伝搬エコーの標本数 1335, 降水エコーの標本数 8487)。

(5) GPV による調査結果

各要素の閾値と閾値における TSS を第 2.6.3.4 表に示す。1 要素の場合は MAXRH = 80 のとき TSS が 0.83 で最大となった。さらに降水エコーの捕捉率を高めるために、比較的成績が良かった 2 要素間の and 条件について TSS を求めたものが第 2.6.3.5 表である。結果は RR1H = 0.01 かつ RHMAX = 72 のとき TSS が 0.77 で最大となった。ここで前記のレーダーエコー指数の閾値から判別された比率を勘案すると、降水エコーの捕捉率は 99.1%、異常伝搬エコーの捕捉率は 50.6% となる。独立資料による検証では、降水エコーの捕捉率は 95.8%、異常伝搬エコーの捕捉率は 50.3% となり、従属資料と比べて若干降水エコーの捕捉率は落ちたものの、ほぼ同程度の精度となった。これは独立資料において捕そくできなかった降水エコーの数と捕そくできた異常伝搬エコーの数がほぼ同程度となる比率である。

第 2.6.3.3 表 2 指数の and 条件閾値から求めた TSS

		二つ目の指数				
		top	top/rain	rain/zmax	vil/top	vil/zmax
1 つ目の指数	top		0.3	0.36	0.31	0.08
	top/rain	0.23		0.33	0.31	0.09
	rain/zmax	0.35	0.37		0.32	0.19
	vil/top	0.25	0.09	0.32		0.21
	vil/zmax	0.25	0.25	0.25	0.16	

第 2.6.3.4 表 RSM の各要素と最大の TSS となるときの閾値

※ RR1H : 1 時間降水量 (mm/h) SURFRH : 地上相対湿度 (%)

AVRRH : 925, 850, 700hPa の相対湿度の平均 (%)

MAXRH : 925, 850, 700hPa の相対湿度の最大値 (%)

MINRH : 925, 850, 700hPa の相対湿度の最小値 (%)

T925-750 : 925hPa と 700hPa の気温差 (°C) T850-500 : 850hPa と 500hPa の気温差 (°C)

	RR1H	SURFRH	925RH	850RH	700RH	AVRRH	MAXRH	MINRH	T925-700	T850-500
閾値	0.01	83	69	70	47	61	80	47	10.7	22.7
TSS	0.73	0.35	0.67	0.74	0.68	0.74	0.83	0.68	0.14	0.52

第 2.6.3.5 表 2 要素の and 条件閾値から求めた TSS

		二つ目の要素		
		RR1H	MAXRH	T850-500
の 一 要素目	RR1H		0.77	0.67
	MAXRH	0.65		0.69
	T850-500	0.68	0.69	

### (6) 考察と今後の課題

今回の調査から、異常伝搬エコーの判別にはレーダー3次元情報のみでは限界があること、そしてモデルの利用が有効であることがわかった。今回の手法を用いての異常伝搬エコーの自動判別は困難だが、エコーが異常伝搬によるものかそうでないのかを判断する指標にはなりそうである。

今後の課題として、まず、新たな指数を用いての精度の改善が求められる。例えば、zmaxの高度という指標が、異常伝搬エコーに特有の反射強度の強い部分の下層への不自然な偏りを表現できる可能性がある。そして、今回はモデルにRSMを用いたが、降水量をより正確に予想できると考えられるMSMを用いれば、精度を改善できる可能性がある。(2007年11月から運用を開始したGSMは予想特性が変化しており、もし使用するときは再度精度を検証する必要がある。)さらに、今回はレーダーエコー指数の閾値で抽出した後RSMGPVの閾値を設定したが、初めからモデルを考慮するなど閾値の設定方法にはまだ改良の余地がある。

### 3. 新しいレーダー観測資料の実利用

本章では、1kmメッシュレーダー三次元データをもとにRaDAMoSが作成し提供しているレーダーエコー指数(鉛直積算雨量等)を、降水の実況監視に利用するため、不安定性降水を対象としたレーダーエコー指数の性質や有効性についての総合的な統計調査の結果、レーダーエコー指数の現場での利用例、及び新たに開発されたレーダーエコー指数について述べる。

#### 3.1 降水セルにおけるレーダーエコー指数の特徴(統計調査)<sup>18</sup>

##### (1) はじめに

レーダーエコー指数(第3.1.1表)は、レーダー三次元データから算出される鉛直積算雨量(vil)等の降水に関する二次元データであり、RaDAMoSで作成、提供されている。

平成18年度の観測データ高度利用技術担当者会議では、同年度本庁や各管区の事例調査に基づき、各レーダーエコー指数の実利用化が検討された。また、強い降水の発現時におけるレーダーエコー指数の出現特性について統計的な調査を行った。これらによって、レーダーエコー指数の概要が理解できた。

本年度は、レーダーエコー指数を用いた実効的な降水現象の実況監視手順の策定に向けて、暖候期の不安定性降水(熱雷)を対象とし、レーダーエコー指数に関する総合的な統計的調査を行い、その基本的性質と時間変化を明らかにし、それに基づき、降水の実況監視に有効な指数とその利用法について検討した。

##### (2) 調査概要

各レーダーエコー指数の基本的性質や降水の発達・衰弱過程における各指数の変化傾向などを明らかにするために、暖候期の不安定性降水(熱雷)

<sup>18</sup> データ解析：観測システム運用室 佐藤 俊裕

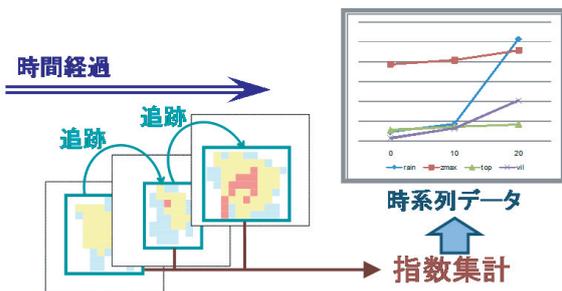
データ作成：札幌管区气象台 津田 幸一  
 仙台管区气象台 柴田 和彦  
 東京管区气象台 安田 操  
 大阪管区气象台 安部 俊司  
 福岡管区气象台 菅原 寛史  
 沖縄气象台 新垣 秀治

を対象として、降水セルを追跡して、指数の時間変化に関するデータベースを作成し、これをもとに統計的な調査を実施した。

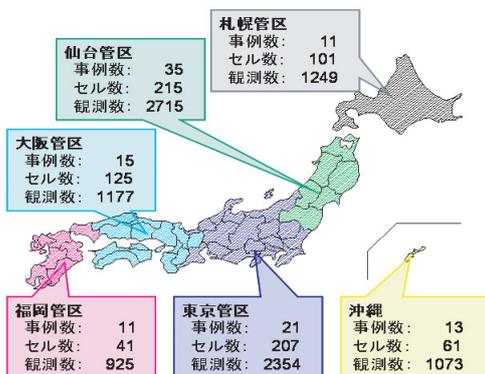
調査手順は以下のとおりである。①・②については、各管区气象台及び沖縄气象台の観測課・技術課の担当者が基礎データの作成を行った。

①平成 18, 19 年の暖候期（おおむね 6 月から 9 月にかけて）に発生した各管内の不安定性降水のうち、警報を発表した事例やそれに準じる事例を調査対象として選び出した。総事例数は 106 である（各管内における調査対象事例数の内訳は第 3.1.2 図のとおり）。

②それぞれの調査対象事例において発現している降水セルを、vil や zmax などのレーダーエコー指数を用いて特定し、その発生から消滅までを追跡する（第 3.1.1 図）。追跡を行った降水セルの総数は 750 であり、その内訳は第 3.1.2 図のとおりである。



第 3.1.1 図 降水セルの追跡の概念図



第 3.1.2 図 調査対象の事例数・降水セル数・観測数  
観測数は降水セルとして追跡した累積時間数である。全国では、事例数：106、セル数：750、観測数：9493。

③降水セルにおける各レーダーエコー指数の代表値（svgx（後述）は閾値以上の面積、その他は最大値）を集計し、降水セルごとに追跡時間に応じた時系列データを Excel ファイルとして作成する。

④この時系列データをデータベースとして、基本的な統計解析を行い、各レーダーエコー指数の基本的な性質を分析し、降水の盛衰過程や降水ピーク時前後におけるそれらの変化の特徴を明らかにする。

なお、上記①・②に使用するレーダーエコー指数切り出しや降水セル追跡を行うためのパソコン用ツールソフトは観測システム運用室で準備した。また、(4) 項では、第 3.1.1 表に示される RaDAMoS が従来から提供しているレーダーエコー指数（8 種類）のほかに、2km 高度面反射強度（dbz2）、dbz2 からレーダー方程式（ $Z=200R^{1.6}$ ）を用いて求めた 2km 高度面降水強度（R\_dbz2）、閾値  $x$  を超える vil の面積 [km<sup>2</sup>] を表す svgx ( $x=4 \cdot 8 \cdot 10 \cdot 12 \cdot 16$ ) の 7 種類の新しい指数を導入した。

(3) 調査結果

a. レーダーエコー指数の基本的性質

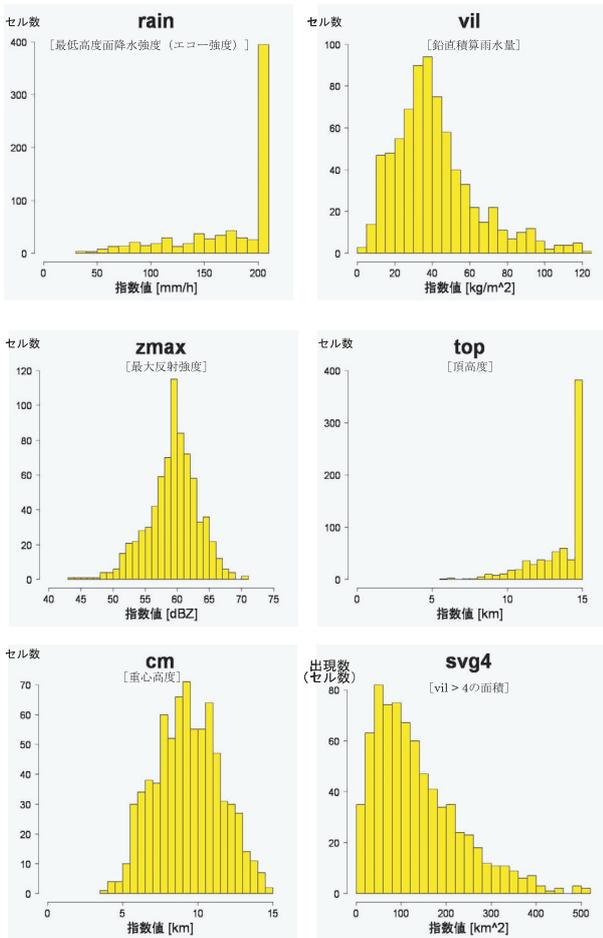
ア. レーダーエコー指数の最大値の出現度数分布

各レーダーエコー指数の最大値の出現状況を知るため、主な指数について、降水セルにおける最大値の出現度数分布図を第 3.1.3 図に示す。縦軸は降水セル数を表している。

これによると、降水セルにおける各指数の最大値の出現頻度が最も高い階級は、vil が 35 ~ 40[kg/m<sup>2</sup>]、zmax が 59 ~ 60[dBZ]、cm が 9.0 ~ 9.5[km]、top が 14.5 ~ 15.0[km]（全降水セ

第 3.1.1 表 レーダーエコー指数

rain	最下層降水強度 [mm/h]
top	頂高度 [km]
cm	重心高度 [km]
zmax	最大反射強度 [dBZ]
vil	鉛直積算雨量 [kg/m <sup>2</sup> ]
vild	鉛直積算雨量密度 [g/m <sup>3</sup> ]
va10	半径10km 域内の平均鉛直積算雨量 [kg/m <sup>2</sup> ]
vx10	半径10km 域内の最大鉛直積算雨量 [kg/m <sup>2</sup> ]

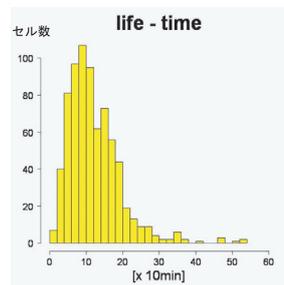


第 3.1.3 図 各降水セルが示すレーダーエコー指数の最大値の度数分布

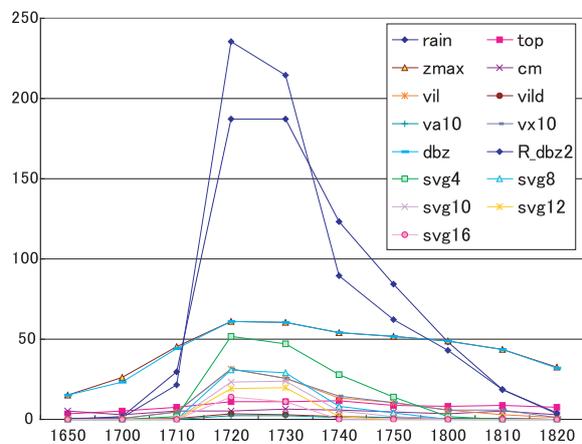
ル 750 のうち、観測高度上限の 15.0[km] となっているのは 350) である。また svg4 は 40 ~ 60[km<sup>2</sup>] の階級で最も出現頻度が高くなっている。なお、rain (最下層の降水強度) は保存されるデータの最大値は 201mm に設定しているため、この値の出現数が多くなっている。第 3.1.4 図は降水セルの発生から消滅までの時間を表す「寿命」の頻度分布である。これによれば降水セルの寿命は 100 分前後を中心に出現頻度が最も多くなっている。

イ. 各指数の時間変化

本項①で述べたとおり、降水セルの寿命の最頻値は 100 分前後である。そうした代表的な寿命を持つひとつの降水セルを例にとって、レー



第 3.1.4 図 降水セルの寿命の分布



第 3.1.5 図 降水セルにおける指数の時系列データの例 (仙台管区：2006.6.28)

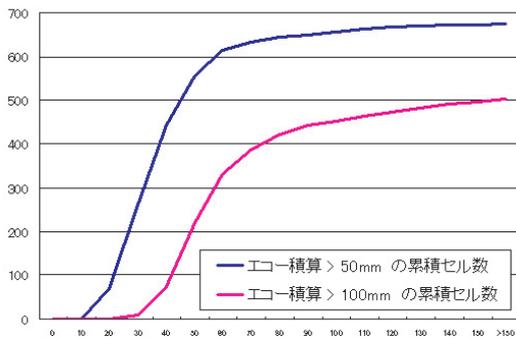
ダーエコー指数の時間変化を示したものが第 3.1.5 図である。この降水セルは発生から衰退するまで 100 分を要し、rain を見ると、発生から 20 分から 30 分にかけて急激な上昇を示し、30 分にピークに達し、40 分からは比較的緩やかに下降している。ほかの指数においても cm を除くと、rain とほぼ同様な時間変化を示している。しかし、cm は降水セルが発生して衰退するまでの間であまり変化することはなく、おおむね 5[km] 前後で推移している。

ウ. 降水セルの盛衰に伴う積算降水量 (エコー積算) の時間変化

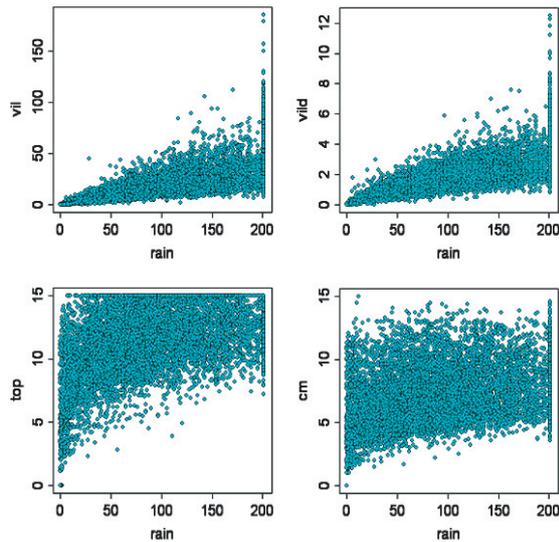
注警報発表のリードタイムを念頭において、降水セルがもたらす積算の降水量を、エコー積

算（降水強度 rain を 6 で除し，降水セル発生時から足し合わせたもの）が 50mm 以上，及び 100mm 以上に達するまでの時間として調べた。

第 3.1.6 図は降水セルの発生時を 0 とし，エコー積算がそれぞれ 50mm 以上，及び 100mm 以上に達するまでの時間を横軸にとり，対応する降水セルの累積数を示したものである。これによると，全降水セル 750 のうち，1 時間内にエコー積算が 50mm に達した降水セルの数は 557，同じく 100mm に達したセル数は 220 である。すなわち，もし降水セルが移動しないとするれば，およそ 74% の降水セルから 1 時間以内に



第 3.1.6 図 エコー積算が 50mm (青)・100mm (赤) を超えるのに要する時間に対応した累積セル数



第 3.1.7 図 rain と各指数の相関

左上：rain ⇔ vil ・ 右上：rain ⇔ vild  
 ・ 左下：rain ⇔ top ・ 右下：rain ⇔ cm

50mm 以上の降水がもたらされ，およそ 29% の降水セルから 100mm の降水がもたらされることになる。

エ. 指数間の相関

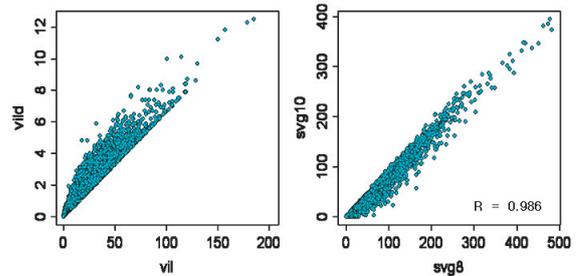
地上の降水強度とレーダーエコー指数の関係を見るため，rain とその他のレーダーエコー指数との散布図を第 3.1.7 図に示す。rain と比較的相関が高いものは，vil (相関係数  $R = 0.761$ )，vild ( $R = 0.794$ ) の「強度系」指数であり，相関が低いものは，top ( $R = 0.539$ )，cm ( $R = 0.313$ ) の「高度系」指数である。

Rain 以外の組合せにおける相関を見ると，相関が高いものは，vil と vild ( $R = 0.952$ )，svg4 を除く svg 間 ( $R = 0.878 \sim 0.986$ ) である (第 3.1.8 図)。ただし，これらは同質のパラメータであるから当然の結果である。したがって，これらを同時に多変量解析の説明変数として用いる際には，多重共線性 (説明変数間に非常に強い相関があると，解析が不能となったり，解析できたとしても結果が不安定となり信頼度が低くなること) に注意する必要がある。

b. レーダーエコー指数の時間変化に関する解析

ア. 降水強度 (rain) に先行して変化する指数の有無 (指数間の相互相関)

rain は降水の実況監視の基本データである。rain の時間変化とほかの指数の時間変化の相似性と先行性を調べるために，観測時間をずらした 2 指数間のラグ相関 (相互相関) を考える。例えば，第 3.1.9 図左のように，rain に対して 10 分先行して変化する指数 (XX) があれば，

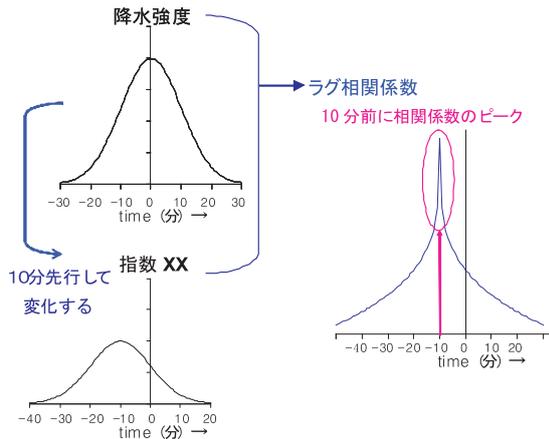


第 3.1.8 図 指数間の相関

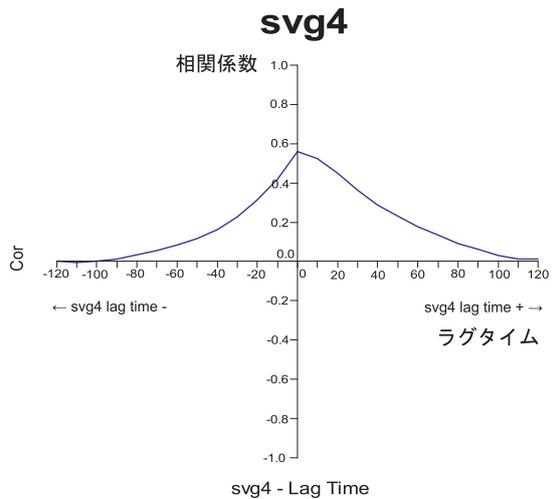
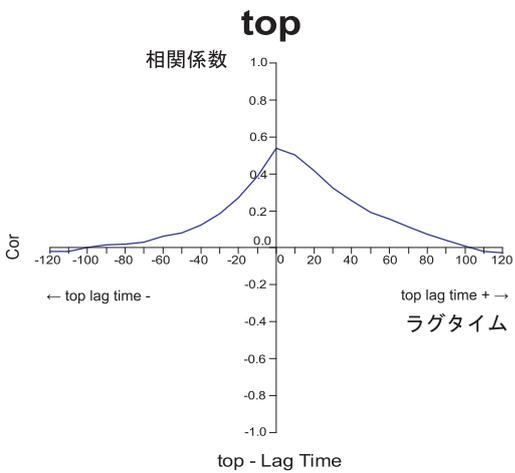
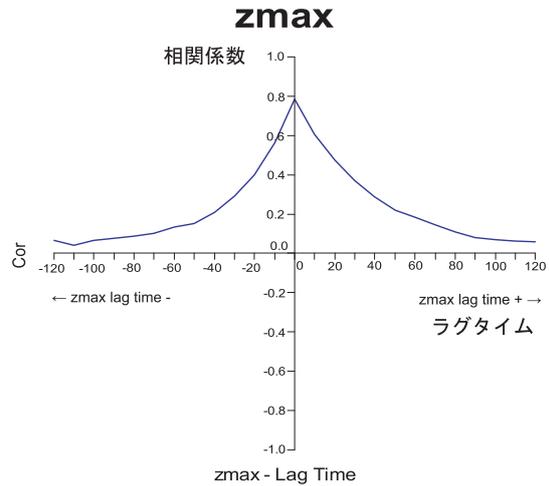
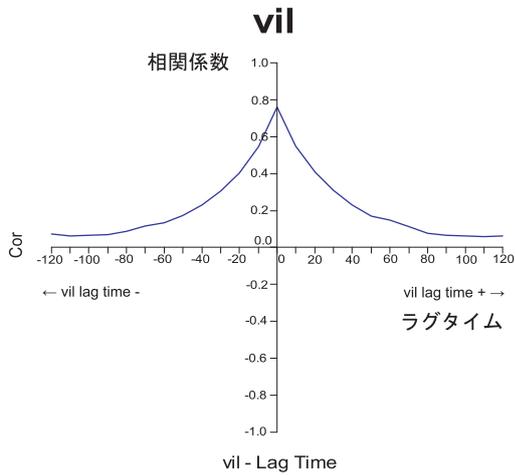
(左：vil ⇔ vild ・ 右：svg8 ⇔ svg10)

rain とその 10 分前の指数値との間の相関係数が最も高くなる。この場合、タイムラグを横軸にして相互相関係数を描けば、第 3.1.9 図右のようなグラフが得られる。もし、このように降水強度に対して先行して変化する指数があれば、降水の直前予測に利用できることになる。

そこで、rain を基準にし、10 分刻みで±120 分までの範囲で時間をずらした各指数との相関係数（ラグ相関係数）を算出した。第 3.1.10、同 11 図は rain を基準にした、vil, top, zmax, svg4 とのラグ相関係数を、それぞれの指数のタイムラグを横軸にして描いたグラフである。この結果からは、rain の変化に先行して変化するような指数は見出されなかった。



第 3.1.9 図 相互相関の模式図



第 3.1.10 図 rain を基準としたときの各指数とのラグ相関係数 (1) (vil・top)

第 3.1.11 図 rain を基準としたときの各指数とのラグ相関係数 (2) (zmax・svg4)

イ. 地上降水のピークを中心とした各指数の変化傾向

指数による地上降水のピークの予測可能性を調べるため、地上降水のピーク時を中心とする各指数の変化傾向を調べ (3) aア項で述べたように、rain は 201mm/h で頭打ちとなることから、この項では、降水ピークをより明確にとらえることができる 2km 高度面降水強度 (R\_dbz2) を目的変数として採用した。

各降水セルにおいて R\_dbz2 が最大となった時刻を降水ピーク時とし、その前後 120 分における vil の出現頻度分布をそれぞれボックスプロットで表したのが第 3.1.12 図である。

地上降水のピークに向って各指数がどのように変化していくのかを調べるため、各時刻における各指数の出現頻度分布が同一の母集団からのものかどうかを有意水準 5% で検定した。すべての指数において、地上降水ピーク時の指数の出現頻度分布とその 10 分前の指数の出現頻度分布との間には統計的に有意な差が認められ、地上降水ピーク時とその 10 分前の指数は統計的に見て異なる母集団に属しており、両者の性質が異なることが示された。また、vil, vild, zmax については、地上降水ピーク時の 10 分前の指数の出現頻度分布と 20 分前の指数の出現頻度分布との間にも統計的に有意な差があることが認められた。降水ピークの 20 分より以前の出現頻度分布間では、統計的に有意な差が認められた指数はなく、属する母集団に差

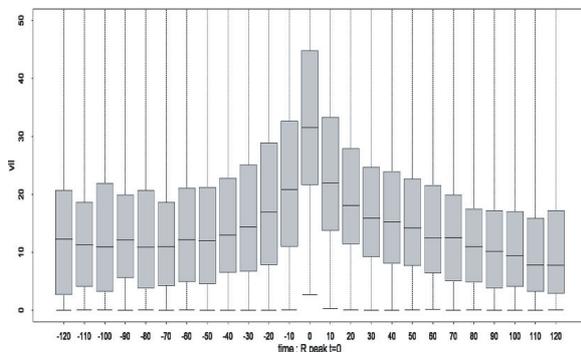
異があることが示されなかった。すなわち、地上降水ピークの 20 分前までは vil, vild, zmax により地上降水ピークの出現がとらえられるかもしれないが、降水ピークの 20 分より前については、どの指数を用いても、地上降水のピーク時刻を判定することはできない。

地上降水のピーク時前後における各指数の変化傾向をより詳しく見るため、指数の差分 (ある時間の指数値からその 10 分前の指数値を引いた値) の時間変化について考える。第 3.1.13 図は時間ごとの vil の差分の出現頻度分布を、降水ピーク時を中心とした時系列で表したものである。図中の折れ線は時間ごとの差分値の出現頻度分布の中央値を表している。

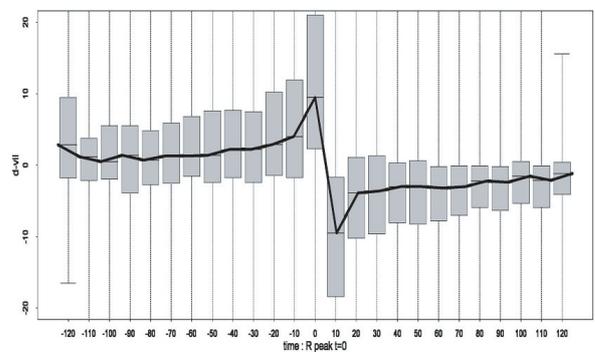
第 3.1.13 図によれば、vil の差分が降水ピーク付近で特徴的なパターン (急な増加 → 急な減少 → 減少幅が小さくなり安定) を示しており、同様のパターンを示す指数は rain, vild, zmax である (図略)。このパターンを利用すると地上降水のピークや、降水セルが発達期から衰退期へ移行することを見極められる可能性があると思われる。ただし、rain が 201mm/h で処理上の頭打ちとなっているような場合には、rain の差分による判断ができないので、ほかの指数 (vil・vild・zmax) の差分を用いた検討を行う必要がある、今後の課題である。

c. レーダーエコー指数の実利用に関する手法の開発の試み

ある時刻に得られたレーダーエコー指数を用い



第 3.1.12 図 降水ピーク時を中心とした 10 分ごとの vil の出現頻度分布



第 3.1.13 図 降水ピーク時を中心とした 10 分ごとの vil の差分の出現頻度分布

た、その後の時刻における降水強度 (rain) の予測の可能性について検討する。

実況値との相関の良い効率的な予測式を導くために、まず初めに、rain と比較的相関が良い vil と rain との関連性や、rain を過大に見積もる可能性がある降雹に関する考察を行い、その上で重回帰による降水量予測式の導出を試みる。

ア. vil と地上降水との関連性

vil は反射強度から各高度における雨水量を算出し、それを鉛直方向に足し合わせたものである。したがって vil には「今、地上に降っている雨水 (rain)」と「これから降るかも知れない上空の雨水」の情報が含まれていると考えられる (第 3.1.14 図)。

そこで、

$$vil(0) \Leftrightarrow rain(0) + rain(10)$$

$$vil(0) \Leftrightarrow rain(0) + rain(10) + rain(20)$$

.....

といった「同時刻の rain とその先の時刻の rain の積算」(後続エコー積算値) と vil の相関関係 (第 3.1.15 図) を見ると、

$$vil(0) \Leftrightarrow rain(10)$$

$$vil(0) \Leftrightarrow rain(20)$$

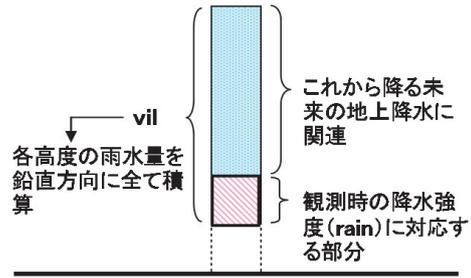
.....

のような単純な相互相関 (第 3.1.16 図) よりも相関係数が高く、vil は同時刻の rain とその先の時間の rain の和にある程度対応していることがわかる。

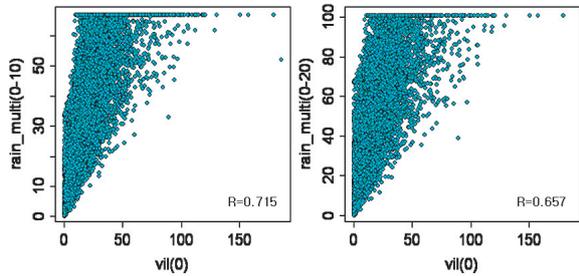
イ. 指数による降雹の判別

当室では海外や我が国での過去の調査をもとに、降雹時のレーダーエコー指数を調査し (Amburn and Wolf, 1997; 名古屋地方気象台, 2006; 溝本・飯田・内田, 2007; 内田・溝本・澤田, 2008), 現業において降雹の有無の推定に利用している。これらの調査から降雹があると推定するときのレーダーエコー指数の閾値を第 3.1.2 表のように選定している。

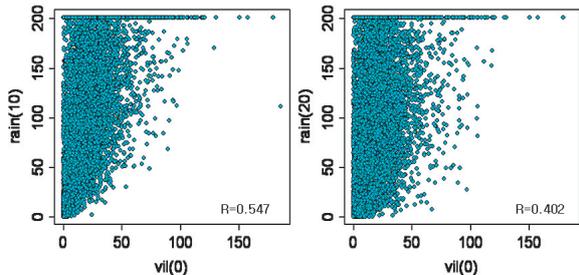
今回調査した 750 の降水セルのうち、これらの閾値を超えた降水セルは 334 であり、観測数では、全観測数 9493 のうち 900 であった。第 3.1.3 表は第 3.1.2 表の条件に従って観測数をまとめたものである。これによれば、top や zmax を用



第 3.1.14 図 vil と rain の関係の模式図 (降水の上昇流による生成、デトレインメント等による消滅については除外している)



第 3.1.15 図 vil と rain の相互相関 (左: vil(0) ⇔ 10 分後までのエコー積算・右: vil(0) ⇔ 20 分後までのエコー積算)



第 3.1.16 図 vil と rain の相互相関 (左: vil(0) ⇔ rain(10)・右: vil(0) ⇔ rain(20))

第 3.1.2 表 雹の形成に係わる指数の閾値

top	8 以上
zmax	55 以上
vild	3.5 以上
※ 以上の条件をすべて満たした上で、vilが大きな値をとる。	

いなくとも、 $vild \geq 3.5$  という条件のみにより、ほぼ降雹の有無が判別できることがわかる（観測数 904 のうち空振りが 4）。top, zmax, vild に関して第 3.1.2 表の基準を上回った 900 観測における vil の最小値は 21.0 であり、この値を降雹時の vil の閾値とすることもできる。降雹があるとレーダー観測ではその領域において降水強度が過大に見積もられることがある。

rrain と vil の散布図(第 3.1.17 図)を用いれば、雹（同図 17 では紫点で示す）による降水強度の異常値ある程度を判定できる可能性がある。

こうした降雹によると考えられる観測事例を除くと、rain と vil の相関係数は  $R=0.794$  となり、全体で相関を取ったとき ( $R=0.761$ ) に比べ、相関が高くなっている。

ウ. 重回帰式による地上降水の直前予測の試み  
 ア項では、「同時刻の rain とその先の時刻の rain の積算」と vil の相関の方が、vil と先の時刻の rain との単純なラグ相関よりも高くなること、また、イ項では降雹が推定される事例が含まれると rain とほかの指数との相関が低くなることが見出された。これらの結果を踏まえて、重回帰分析による地上降水の直前予測式の導出を試みる。

まず、観測時に降雹に対応している事例と各降水セルの最後の追跡データ（予測対象がない）を除いたデータ（データ数：7858）を対象に、ある観測時の各指数を説明変数とし、その観測時の降水強度 rain(0) と 10 分後の降水強度 rain(10) の和を表現するような回帰式を導く。なお、多重共線性の問題を回避するため、vild, svg8, svg10, svg12 を説明変数から除外し、rain と同質のデータである R\_dbz2 も除外した。さらに、偏回帰係数に関する検定や標準偏回帰係数により目的変数への寄与率を評価し、目的変数の絞込みを行った結果、

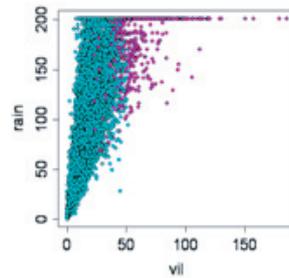
$$\begin{aligned} \text{rain}(0) + \text{rain}(10) = & -88.47 + 4.64 \cdot \text{vil}(0) \\ & + 3.74 \cdot \text{zmax}(0) + 0.18 \cdot \text{svg4}(0) \\ & - 0.61 \cdot \text{svg16}(0) \end{aligned}$$

という重回帰式が得られた。ただし、この式の重相関係数は  $R = 0.761$  であり、「rain(0) + rain(10)」と vil(0) との相関（相関係数  $R = 0.725$ ）

第 3.1.3 表 vil と rain の相互相関

指数条件			観測数
vild: 3.5以上	zmax: 55以上	top: 8以上	900
		top: 8未満	4
	zmax: 55未満	top: 8以上	0
		top: 8未満	0
vild: 3.5未満	zmax: 55以上	top: 8以上	2721
		top: 8未満	22
	zmax: 55未満	top: 8以上	4829
		top: 8未満	1017

→ 雹



第 3.1.17 図 rain ⇔ vil の相関  
 (青：雹なし・紫：雹あり)

よりも高くなっているが、この式から得られる rain(10) の予測値と実測値との差（残差）を見ると、その分布の第 1 四分位点は -47.34、第 3 四分位点は 42.80 であり、予測対象 (rain(10): 平均値 99.8, 中央値 91.5) と比較してもかなり大きく、実利用するには、さらに改善が必要である。

(4) まとめ

暖候期における不安定性降水について、750 の降水セルについて統計的な解析を行った結果、次のようなことが明らかとなった。

- ①各指数の度数分布が明らかとなった。今回追跡した降水セルの寿命は 80 分～ 100 分のもものが最も多い。
- ②rain（地上降水強度）は vil 等の強度系指数との相関は比較的高く、top, cm などの高度系指数との相関は低い。
- ③rain との相互相関からは、rain に時間的に先行して変化するような指数は見出せない。
- ④発生後 1 時間未満でエコー積算（降水量積算）が 50mm を超えるような降水セルは 557（全

降水セルのうち 74.3%), 100mm では 220 (全降水セルのうち 29.3%) であった。

- ⑤ 地上降水のピーク 10 分前には vil, vild, zmax により地上降水ピークの出現を推定できる可能性はあるが, 降水ピークの 20 分より前については, どの指数を用いても地上降水のピーク時刻を判定することはできない。
- ⑥ 指数の差分の出現傾向を見ると, 地上降水ピークの前後で rain, vil, vild, zmax の差分が, 「急に増加 → 急に減少 → 減少幅が小さくなり安定」といった過程を経る傾向がある。
- ⑦ 単純な rain と vil の相互相関は低いが, 同時時間の rain とその先の時間の rain の積算 (後続エコー積算) と vil との相関は比較的高くなる。
- ⑧ 降雹の推定を top, zmax, vild で行う場合と vild のみで行う場合を比較すると, 推定精度にほとんど差が生じない。
- ⑨ 重回帰分析を行い, 10 分後の rain を記述する予測式を導びいたが, これまでのところ実用的な回帰式は得られていない。

#### (5) 今後の課題

今回の統計的な調査により, レーダーエコー指数の基本的な性質が明らかとなった。

今後は, レーダーエコー指数を用いて降水現象の実況監視を精度よく行える手法を作成するために, 主成分分析やクラスター解析などの統計解析を用いた監視手法や熱的不安定度などとの組合せの有効性に関する調査を進めていく。

#### 参 考 文 献

- Amburn, S. A. and L. Wolf (1997) : VIL Density as a Hail Indicator. *Weather and Forecasting*, 12, 473-478.
- 名古屋地方気象台 (2006) : 鉛直積算雨水量 (VIL) を用いた調査研究の手引き. 平成 17 年度名古屋地方気象台業務改善プロジェクト成果物).
- 溝本悟・飯田和彦・内田顕司 (2007) : 雹の指標としての VIL 密度. 観測システム運用室技術資料 2007-1.
- 内田顕司・溝本悟・澤田睦子 (2008) : レーダー三次元データによる雹の判別. 平成 19 年度観測データ高度利用技術担当者会議資料.

### 3.2 観測・予報現場でのレーダーエコー指数の利用

#### 3.2.1 予報ワークシートにおけるレーダーエコー指数の利用<sup>19</sup>

レーダーデータの指数を利用した予報ワークシートの 1 例を報告する. 指数としては, 解析雨量のほかに, vil と zmax を使用した。

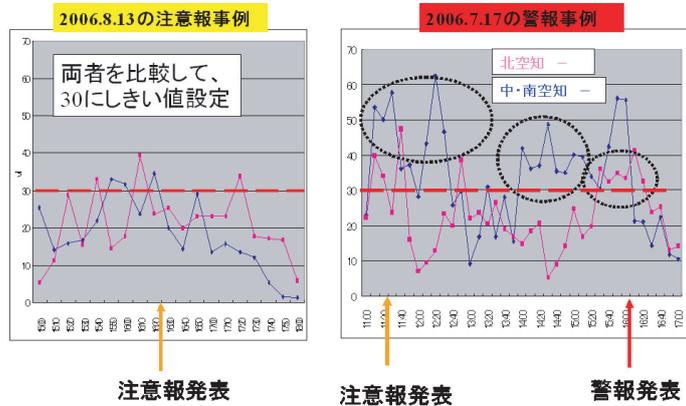
このワークシートは, 平成 19 年度予報技術検討会「市町村に対応した新基準での警報・注意報の発表に向けた予報技術基盤の構築」において, 空知地方の特定パターンの熱的不安定性降水について, 量的予想ワークシートとして札幌管区気象台予報課が報告したものである。

札幌府県ではこれまで熱的不安定性降水の事例が少なくワークシートはなかった. しかし, 事例解析では熱的不安定も関係した大雨が知られていた. 過去 3 年間に空知で発生した 30mm/h 以上の短時間強雨は 10 事例あり, そのなかで降水域分布が似ている 2006 年 7 月 17 日 (警報事例), 2006 年 8 月 13 日 (注意報事例) の 2 事例を用いて, 実況監視のためのワークシートを作成した。

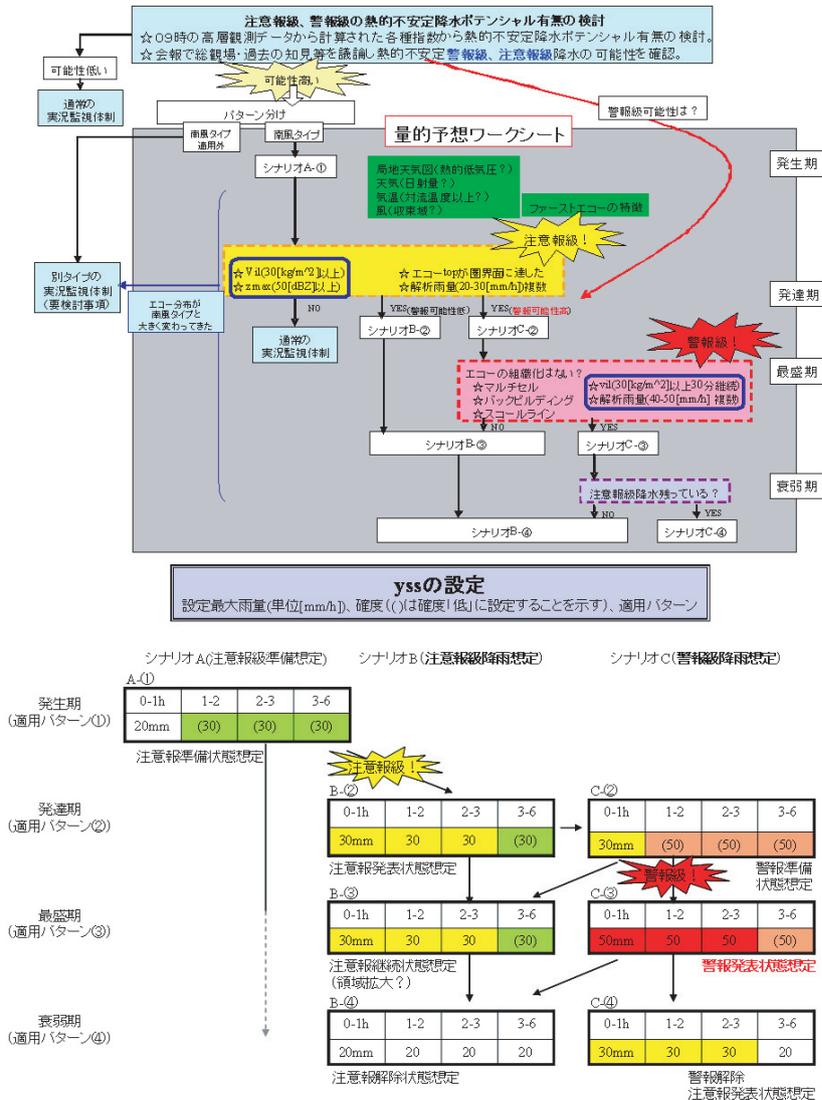
実況監視中は主にレーダーデータに注目し, 注意報級・警報級の判断要素として vil と zmax を使用する. 第 3.2.1.1 図に, vil の時間変化を示す. ここでの時系列値は北空知及び中・南空知における最大値とした. ここから, 注意報級の条件として, 破線で示したとおり, vil が 30 以上と設定した. 警報級の条件としては, 点線の円で示すとおり, vil30 以上が 30 分以上継続と設定した. また図には示さないが, 注意報級の条件として, zmax が 50 以上と設定した。

これらの検討により, 第 3.2.1.2 図に示すワークシートを作成した. このワークシートでは, 各種安定指数によりあらかじめポテンシャルを把握した上で, 発生期における収束域や地上気温上昇域などに着目し, エコーの立上りで発達期へ移行する. レーダーデータ指数の vil や zmax と解析雨量によって閾値を超えると, 注意報発表や警報の準備に入り, エコーの組織化やさらに高い閾値を超えることで警報発表の最盛期に至る. 収束線の不明りょう化や地上気温の低下で現象の衰弱を

<sup>19</sup> 札幌管区気象台予報課 柴田 誠司



第 3.2.1.1 図 vil (北空知及び中・南空知の最大値) の時間変化



第 3.2.1.2 図 札幌の量的予想ワークシート

見極め、土壌雨量指数なども考慮した総合的な判断で警報・注意報の解除となる。

独立事例での検証を行っていないため、今後は実況監視上の着目点を複数事例で検証する必要がある。

### 3.2.2 レーダーエコー指数に関する統計的調査及び指数による降水監視手順<sup>20</sup>

#### (1) 要旨

レーダーエコー指数の変化から降水セルの盛衰を予測できる可能性について統計的手法を用いて調査した。

調査対象事例は、不安定降水により大雨警報が発表されていた事例から福岡管内の各地域を満遍なく抽出した。調査については、2006年及び2007年暖候期から8事例を抽出し、各事例の不安定降水エコーをセルごとに発生から消滅までを追跡した。

調査解析には、本庁から提供された excel マクロ「RaDAMoS 指数分析ツール」を用いて、セルの追跡を行い、各セルごとの指数をピックアップし、それぞれのセルの中での各指数の変化を調査した。

調査からエコー発達期において監視すべき指数として有望なのは、「vx10」、「vild」、「RR<dBZ2」、「svg4」、衰弱期において監視すべき指数として有望なのは、「va10」、「svg4」、「dBZ」、「top」、「zmax」という結果を得た。

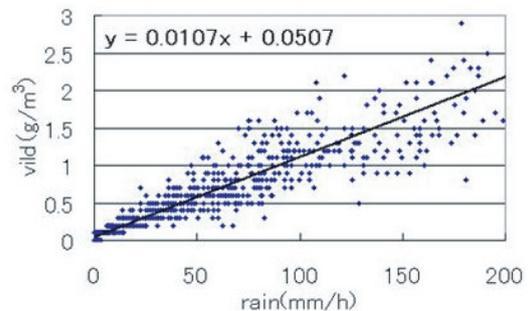
#### (2) 降水強度と各指数の値との関係 (回帰分析)

抽出した降水セルのすべての期間について、降水強度 (rain) と各指数間の散布図を描き、回帰直線を求め、2 指数間の単相関係数を求めた。

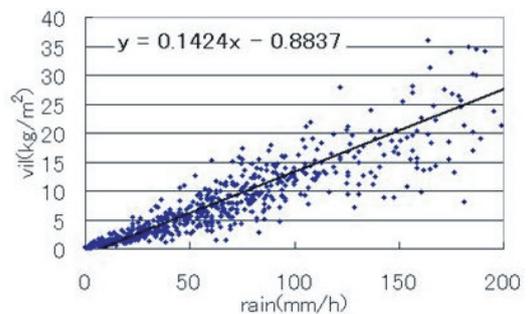
降水強度と比較的相関が良かったのは vild:0.886, vil:0.869, RR<dBZ2:0.824 (第 3.2.2.1 図～第 3.2.2.3 図)、逆に相関が悪かったのは, cm:0.453, top:0.703, svg4～16:0.554～0.759であった (第 3.2.2.4 図～第 3.2.2.6 図)。ただし、これらのデータの中には、降水セルのライフステージのすべてが含まれていると考えられるため降水セルが存在するときのおおまかな特徴の把握にしかない。

#### (3) 降水セルの盛衰に伴う各指数の時間的変化の特徴

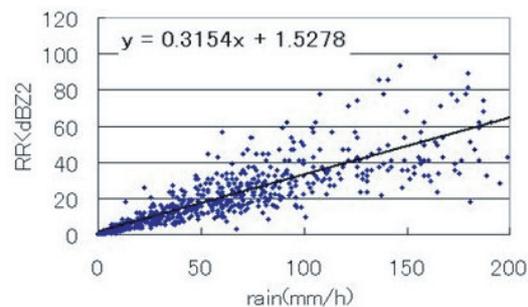
そもそも、追跡した降水セルの中では、本来の意味の降水セル (積乱雲ひとつ分。寿命は 1 時間程度。) が世帯交代をして長寿命化しており、それゆえ警報につながるような大雨となったと考えられる。そこで、本来の意味の降水セルの盛衰を数値で表現するため、追跡したセルの降水強度の変化量に着目した。具体的には、10 分前からの変化量が +50mm/h 以上、20 分前からの変化量が +70mm/h 以上の観測時間を「降水セルの発達期」(以下、発達期) とし、該当する各指数を抜き出



第 3.2.2.1 図 vild 回帰統計 単相関係数 : 0.886 (散布図中に回帰直線と回帰式を示す。以下同様)

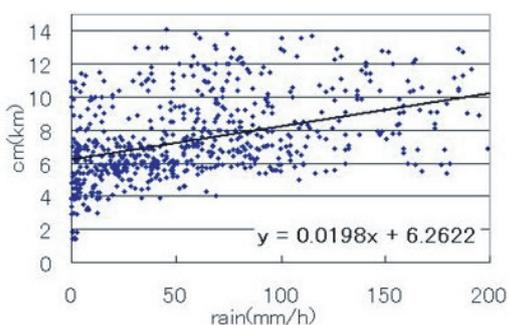


第 3.2.2.2 図 vil 回帰統計 単相関係数 : 0.869

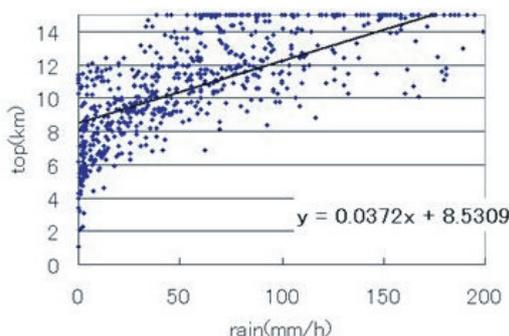


第 3.2.2.3 図 RR<dBZ2 回帰統計 単相関係数 : 0.824

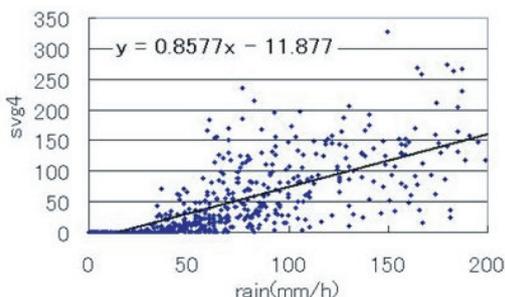
<sup>20</sup> 福岡管区気象台技術部観測課 菅原 寛史



第 3.2.2.4 図 cm 回帰統計 単相関係数 : 0.453



第 3.2.2.5 図 top 回帰統計 単相関係数 : 0.703



第 3.2.2.6 図 svg4 回帰統計 単相関係数 : 0.759

した. 同様に, 10 分前からの変化量が  $-50\text{mm/h}$  以下, 20 分前からの変化量が  $-70\text{mm/h}$  以下の観測時間を「降水セルの衰弱期」(以下, 衰弱期)とし, 該当する各指数を抽出した.

(4) 発達期, 衰弱期直前 (20 分前 ~ 10 分前) の各指数を平均

抽出した各事例において, 20 分前, 10 分前, 発達期あるいは衰弱期の各指数を平均 (発達期 20 分前の該当数 35, 発達期 10 分前の該当数 39, 衰弱期 20 分前の該当数 37, 衰弱期 10 分前の該当数 49 の各指数を平均) した. これによって, 発達期, 衰弱期直前の各指数のおおまかな変化傾向がわかる.

(5) 平均した各指数の線形近似

(4) で得た変化傾向を通常の変化傾向と比較することで, 降水強度の大きな変化に参与する指数を決定する. つまり, 「この降水強度だったら, vil はこれくらいになるのが普通だろう」という仮定の下に, (2) で求めた回帰式を使って, 降水強度を逆に各指数に変換する.

例えば, 発達期, 衰弱期ともに 20 分前 ~ 10 分前の vil は,  $y=0.1424x - 0.8837$  の回帰式から, この式の  $x$  に降水強度 (rain) の値を入れて求める.

(6) 平均した各指数値と線形近似値との比較

(4) で求めた各指数を平均した値と (5) で求めた平均した各指数の線形近似値との比の比較 (平均値 / 線形近似値) を行い, この値が 1 を超えていれば, その時間の降水強度に比して指数の値が大きいということを表し, 逆に 1 に満たなければ, その時間の降水強度に比して指数の値が小さいと言える. すなわち, 指数の線形近似値からの乖離の度合いから降水強度の盛衰を予測できる可能性がある. ただし, これは降水強度との相関が良い指数のみに使える手法である.

(7) 調査結果

発達期においては, 10 分ないし 20 分前における「平均値 / 線形近似値」した値が大きい指数ほど, 降水セルの発達を予想できる指標となる可能性があり, 衰弱期においては, 10 分ないし 20 分前における「平均値 / 線形近似値」した値が小さい指数ほど, 降水セルの衰弱を予想できる指標となる可能性がある.

第 3.2.2.1 表に発達期, 衰弱期直前 (20 分前, 10 分前) の各指数における平均値と線形近似値との比を示す. 発達期 20 分前に監視すべき指数として有望なのは, 「vx10」, 「vild」, 「RR < dBZ2」であり, 発達期 10 分前に監視すべき指数

第 3.2.2.1 表 発達期, 衰弱期直前 (20 分前, 10 分前) の指数比 (平均値 / 線形近似値)

	top	z <sub>max</sub>	cm	vil	vild	va <sub>10</sub>	vx <sub>10</sub>	dBZ	RR < dBZ2	svg4	svg8
発達期 20分前	1.07	1.10	1.01	1.10	1.18	1.02	1.29	1.11	1.15	0.96	0.82
発達期 10分前	1.09	1.08	1.00	1.08	1.13	1.12	1.13	1.10	1.16	1.19	1.04
衰弱期 20分前	0.95	0.95	1.03	1.07	1.03	1.01	1.06	0.94	1.09	1.04	1.25
衰弱期 10分前	0.94	0.95	1.00	0.91	0.93	0.87	0.92	0.95	1.04	0.89	0.92

としては、「svg4」、「RR<dBZ2」、「vild」、「vx10」が有望である。特に、「vx10」、「vild」、「RR<dBZ2」の三つの指数は、10分前、20分前ともに共通しており、今後の調査に期待できそうである。

また、衰弱期20分前に監視すべき指数としては、降水強度との相関があまり良くないが、「dBZ」、「top」、「zmax」であり、衰弱期10分前に監視すべき指数としては、「va10」、「svg4」が有望である。

#### (8) まとめ

今回の調査では、暖候期における不安定降水(熱雷)により大雨警報が発表されていた事例から抽出した。熱雷に伴う雷雨セルのライフステージは短く、総観場スケールの降水において、同様の結果が出るとは限らない。また、今回調査したレーダーエコー指数は、単独の指数のみであるが、複数の指数を組み合わせてみることで、降水セルの盛衰とさらに対応が良いものがあるかもしれない。

これらの観点でさらに調査する必要があると考える。

### 3.2.3 降水強度最大値を基準とした各指数の特徴<sup>21</sup>

#### (1) はじめに

本年度テーマのひとつである「降水に関する指数の統計的調査」に関連して、地方では、降水セルを発生から消滅まで追跡し各指数の時系列変化をまとめたデータベースを作成した。本項では、このデータベースを利用して調査した「降水強度最大値を基準とした各指数の特徴」について述べる。

#### (2) 調査対象降水セル

調査対象とした事例は、過去2年における暖候期(2006年4月～9月、2007年4月～9月)の大雨警報及び大雨注意報を発表した不安定降水現象に伴う降水セルとした。対象サイトは、沖縄レーダー及び石垣島レーダーである。なお、事例は全13事例あり、その内訳は大雨警報発表が5事例で、大雨注意報発表は8事例である。ただし、ひとつの事例の中には複数の降水セルが存在する場合が

あるため、調査対象降水セルは全部で61個となった。

#### (3) 降水強度 rain ピークと各指数ピークとの関係

降水強度 rain のピークを基準とし、その他の指数ピークとの関係を第3.2.3.1図に示す。横軸は時間軸で rain ピーク時を「0軸」として表しており、各指数のピークがマイナス時刻にあれば rain ピークより早く、プラス時刻にあれば rain ピークより遅く出現することを意味する。なお、rain ピークが2つ以上存在し同じ値だった場合(4セル)は事例から除外したため、調査対象降水セルは57個とした。

#### a. 各指数ピークの特徴

##### ① top (頂高度)

調査対象降水セル57セル中19セルが、15km以上の頂高度を持つ積乱雲まで発達している。また、top ピークの44セルが rain ピークと同等かそれより遅く現れる傾向がある。

##### ② zmax (最大反射強度)

zmax ピークは、すべて50dBZ以上である。対象降水セルが、注警報クラスなので、少なくとも降水セル領域内の1格子には強い強度が存在していることがわかる。

##### ③ cm (雨水量重心高度)

cm ピークは、rain ピークと同等かそれより遅く現れる傾向がある。降水強度 rain ピークである強雨のあと、下層の雨水量が減り、中上層に雨水の重心が移ったと考えられる。

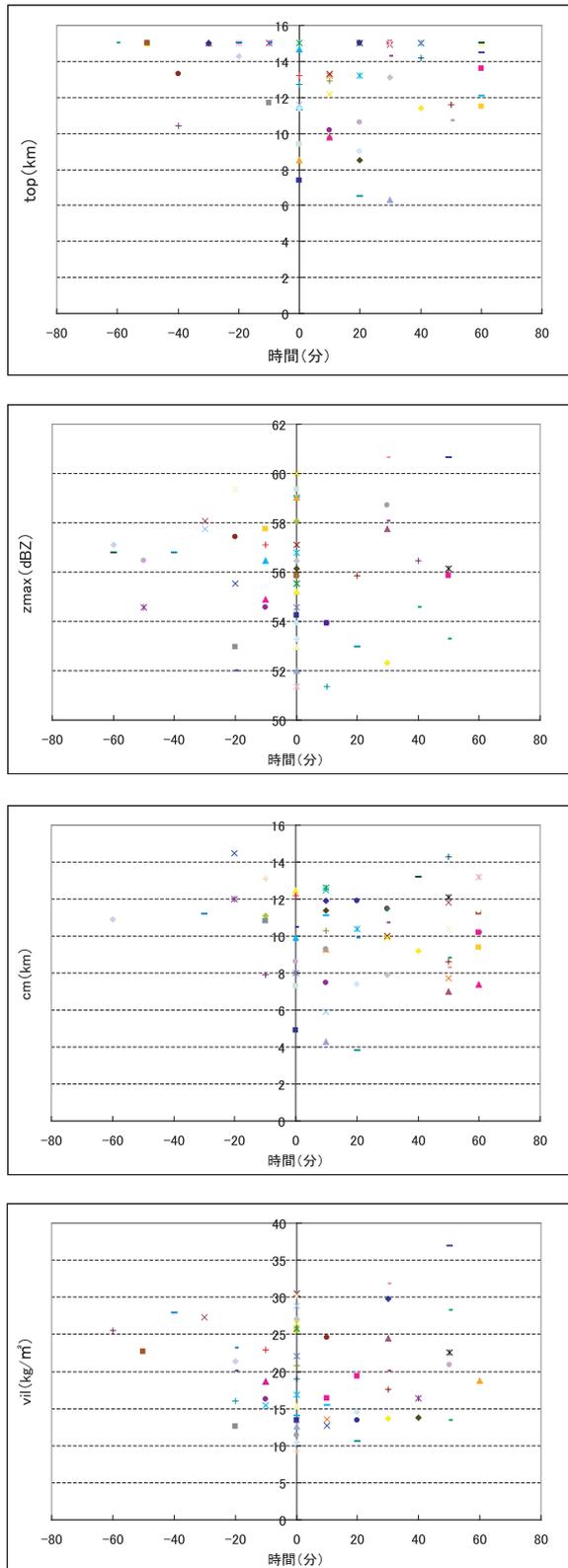
##### ④ vil (鉛直積算雨水量)

vil 最大値は、おおむね10～30kg/m<sup>2</sup>の範囲に存在している。cmと同様にvilピークは、rain ピークと同等かそれより遅く現れる傾向がある。

また、vild (鉛直積算雨水量密度)についてもvilと同様な傾向があるが、その他のva10、vx10、dbz、RR<dBZ2、svg4,8,10,12,16については、特段の特徴は見出せなかった。以上のことを考慮すると単純に各指数のピークからrainピークを予測することは難しいと考える。

#### b. svgXX (XX = 4,8,10,12,16) の特徴

<sup>21</sup> 沖縄気象台観測課 新垣 秀治



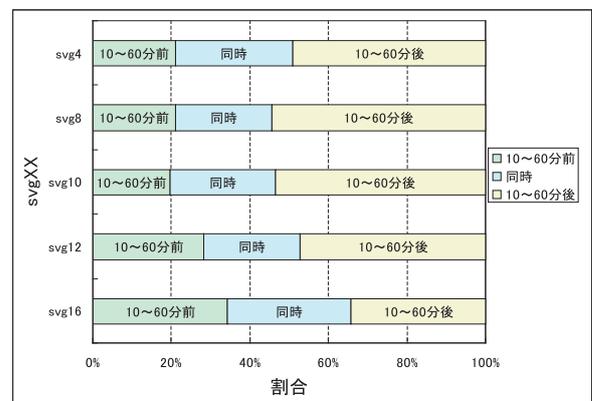
第 3.2.3.1 図 降水強度 rain ピークを基準とした各指数ピークの関係 (top, zmax, cm, vil)

svgXX における XX の違いによる特徴を調べるため、svg ピークの出現が rain ピークと比較し、同時か 10～60 分前または 10～60 分後の 3 つに分類した場合のグラフを第 3.2.3.2 図に示す。svg4～12 ピークの約 5 割が rain ピークより遅い 10～60 分後に出現している。ただ、その中でも XX の大きい svg12 は 10～60 分前の割合も多い。一方、svg16 は、それぞれが 3 割程度の割合になっており、svgXX の中では svg16 のほうが早期に rain ピークを検知できる可能性があることがわかる。

c. 大雨注警報発表別の指数ピーク平均値

大雨警報発表時と大雨注意報発表時の各指数ピークの平均値を第 3.2.3.1 表に示す。同表の陰影部をつけた va10, svg4,8,10,12,16 については、警報時は注意報時の約 2 倍の値となっており明りょうな差が見られる。これらの指数は降水の面的な広がりを見ており、強雨が面的に広い範囲で現れた場合に警報発表につながっていることを意味する。この差を注警報発表の判断材料に活用できる可能性があると考えられる。逆に、値が小さく面的に狭いと降水が一過性または積算雨量が少ないと判断できると考えられる。ただし、指数の値が小さくても停滞性の降水などの場合は局地的に大雨注警報基準にまで至る可能性もあるので注意が必要である。

一方で、rain を含めたその他の指数には大きな差は見られなかった。



第 3.2.3.2 図 降水強度 rain ピークを基準とした svgXX ピークの出現分類 (XX = 4,8,10,12,16)

第 3.2.3.1 表 レーダーエコー指数のピーク平均値

指数	単位	ピーク平均値	
		警報 発表時	注意報 発表時
rain	mm/h	118.1	124.8
top	km	13.1	12.2
zmax	dBZ	56.0	56.0
cm	km	10.7	9.4
vil	kg/m <sup>2</sup>	19.0	20.7
vild	g/m <sup>2</sup>	2.3	2.5
va10	kg/m <sup>2</sup>	2.7	1.4
vx10	kg/m <sup>2</sup>	20.9	22.6
dbz	dBZ	54.7	53.7
RR<dBZ2	mm/h	101.9	92.6
svg4	数	81.5	32.1
svg8	数	41.1	15.7
svg10	数	27.5	11.6
svg12	数	19.2	8.9
svg16	数	8.7	4.4

(4) 各指数の変化傾向

次に降水セルの盛衰（発生・極大・衰弱・消滅）に伴う各指数の変化傾向を調べる。ただし、降水セルが合流・分裂する場合（17セル）は、その盛衰を完全に追跡できないことから事例から除外したため、調査対象降水セルは40個とした。

a. 各指数平均値のピーク

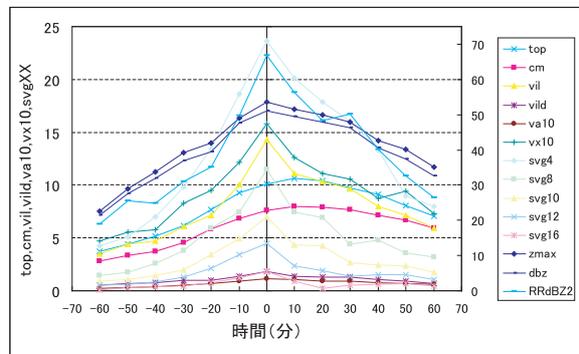
各指数平均値の変化傾向を第 3.2.3.3 図に示す。横軸は時間軸で、第 3.2.3.1 図と同様に降水強度 rain ピーク時を「0 軸」として表している。

第 3.2.3.3 図より top と cm 平均値ピークは rain ピークの 10 分後に出現しており、その他の指数についても rain ピークと同時に現れていることから、2 (1) と同様に各指数平均値のピークから rain ピークを予測はすることは難しいことが言える。また、rain ピークを 50mm/h 単位で層別化した場合でも各指数の変化傾向はほとんど変わらなかった（図省略）。

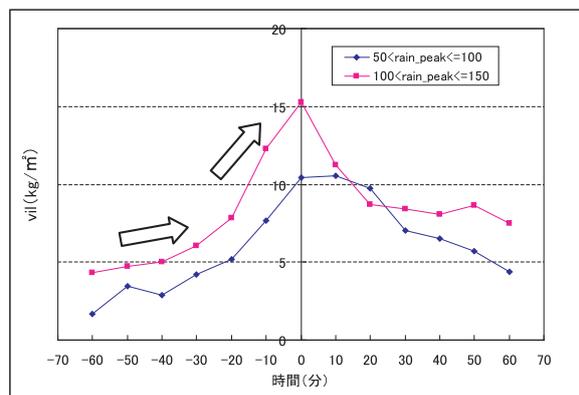
b. 鉛直積算雨水量 vil の増加傾向

鉛直積算雨水量 vil の増加傾向について、降水強度 rain を 50～100mm/h と 100～150mm/h に分類して第 3.2.3.4 図に示す。同図より vil は rain

ピークに向けて「60 分前～30 分前まで」と「30 分前～0 分まで」との 2 段階の変化傾向が見られる。それぞれの値を第 3.2.3.2 表に示した。rain ピークの「30 分前～0 分まで」の増加量は、「60 分前～30 分前まで」と比べ急激に増加している。事例が不安定降水を対象としているため積乱雲が降水強度のピークを迎える 30 分程度前から急速に発達することは妥当であるといえ、この vil の増加傾向の変化から降水強度のピークを見出せる可能性があると考えられる。この増加傾向の特徴は、vil に関連した指数である vild、va10 及び vx10 にも存在する（図省略）。



第 3.2.3.3 図 降水強度 rain ピークを基準とした各指数の変化傾向



第 3.2.3.4 図 降水強度 rain ピークを基準とした vil の変化傾向

第 3.2.3.2 表 vil の変化割合

降水強度rain (mm/h)	鉛直積算雨水量vil (kg/m <sup>2</sup> ) /時間	
	60分前～30分前まで	30分前～0分まで
50～100	5	12
100～150	4	18

## (5) まとめ

本調査の結果、各指数のピークから単純に降水強度 rain のピークを予測することは難しいが、降水強度 rain を基準とした各指数には以下のような特徴もあることがわかった。この特徴を利用して、降水強度 rain の早期検知や注警報発表の判断材料として活用できる可能性がある。

- ・svgXX (XX=4,8,10,12,16) の中では、svg16 が比較的 rain ピークを早期に検知できる。
- ・va10, svg4,8,10,12,16 ピークの平均値には、警報発表時と注意発表時において大きな差がある。
- ・vil, vild, va10, vx10 は2段階の増加傾向がある。

今回は降水強度とその他の指数との関係について主に時系列的なグラフを利用して調査したが、それぞれの指数の相互関係を詳細に調査するには、rain 値や降水領域範囲などの層別化、重回帰分析等を用いた統計的調査、さらなるデータの蓄積が必要である。また、予測を行うためには、降水情報以外のデータも取り組む必要があり、ドップラー VVP 風などのデータも活用できれば新たな知見が見いだせる可能性があると考えられる。

### 3.2.4 レーダーエコーによる雹(ひょう)の識別についての調査<sup>22</sup>

## (1) 要旨

平成 17 年度に気象レーダー観測処理システム (ROPS) が整備されて、レーダー三次元データやレーダーエコー指数が予報現場で容易に利用可能となった。平成 18 年度観測データ高度利用技術担当者会議での地方からの報告、その後の当室の調査、海外の研究をもとに、vil, vild, zmax, top などのレーダーエコー指数 (以下「指数」という) やレーダーで観測される TBSS (Three Body Scatter Spike) やサイドローブエコーという雹をともなう特異エコーを組み合わせ、レーダー現業において雹を監視する手法について調査した。それによると、暫定的には  $zmax > 55\text{dBZ}$ ,  $vild > 3.5\text{g/m}^3$ ,  $top > 8\text{km}$ , TBSS やサイドローブエコーの出現を条件として、エコー中に雹を含む可能性が高いと判定することができた。

<sup>22</sup> 観測部観測システム運用室 内田 顕司・溝本 悟・澤田 睦子

## (2) はじめに

気象レーダーでは散乱断面積が、降水粒子の 6 乗に比例する (レーリー散乱)。雨滴の最大直径が約 8mm であるのに対し、雹では、直径が数 cm に達することもある。これにより水と氷の誘電率 (電波) の比が 5 : 1 であることを考慮しても、雹によるレーダーエコーの反射強度は雨の場合より、大きくなることが多い。これまでの予報や観測の現場では、強いレーダーエコーが現れた場合に雹の存在を疑うことはあったが、定量的に雹を監視する手段がなかった。平成 17 年度に運用を開始した ROPS では、水平・鉛直 1km の高分解能の反射強度データを出力し、それまでよりレーダー観測資料がリアルタイムに利用可能となった。気象レーダーデータ提供装置 (RISS という) では CAPPI や断面図を、RaDAMoS は vil などのレーダーエコー指数を提供している。解析雨量の処理においては、係数  $B \cdot \beta$  を固定した Z-R 関係を用いて降水量が算出されているため、地表面に落下する降水粒子が雹であった場合には見かけ上非常に大きな降水量を示すことになり、これが解析雨量の過大値につながることもある。観測現業ではエコー強度が特に強い場合には、エコーの鉛直分布やレーダーエコー指数を用いて雹の存在を推定することはあるが、定量的な判断を行うまでには至っていない。平成 18 年度の観測データ高度利用担当者会議では、札幌管区气象台・名古屋地方气象台からレーダーエコーによる雹の識別についての調査結果が報告され、これを契機として当室においても調査を開始した。本資料ではこの調査結果を報告する。

## (3) これまでの調査

レーダーエコー指数を用いて行われたこれまでの調査には以下のものがある。

米国気象局の NEXRAD 雹プロダクト運用研修マニュアル (1994) では、vild が  $3.5\text{g/m}^3$  に増加するに従いシビアな雹の報告が増加すると述べられている。また、vild の値の増加は雹のサイズを見積もる有効なツールでもであると述べられている。米国 Tulsa 气象台での調査 (<http://www.caps.ou.edu/reu/reu/reu05/projects.html>) (1974 年 11 月

から1995年7月)では、185件のシビアな降雹事例中  $vild3.8g/m^3$  以上だと96.7%で降雹を観測し、25%の空振りであった。 $vild3.50g/m^3$  以上で、90%以上のシビアな降雹現象を観測し、見逃しは2%以下であった。

札幌管区気象台(2007)は、雹は55dBZ以上の領域に存在し(米国気象局, 1994)、降雹事例では中層から下層で60dBZ以上の急減する領域に降雹被害域が対応すること(森・高谷, 2004)を利用して降雹を監視している。

名古屋地方気象台(2007)は、vil, vildが大きくなると大きな降雹が発生する傾向があるとしている。

(4) 今回の調査

今回は統計調査, TBSS・サイドローブについての調査, 事例調査によりレーダーによる降雹の識別の可能性を検討した。

a. 統計調査

ア. データと調査方法

データ: 2006年の気象災害報告において雹害として報告のあった全国全30事例について、降雹をもたらしたと思われるレーダーエコーにおけるvil, vild, zmax, topの最大値をRaDAMoSによって抽出した(第3.2.4.1表)。同災害報告の中には、詳細、時刻、場所の記述がないものもある。それら記述があるものについてはその時刻と場所に対応するレーダーの格子の値を、記述のないものについてはその県内での最大の値を採用した。zmax, top, vildの閾値を2項で述べたこれまでの調査結果に従ってそれぞれ55dBZ, 8km,  $3.5kg/m^3$ として調査した。

イ. 結果

30件中22件で降雹を検出し、捕捉率は73.3%であった。特に暖候期(5月~10月)に関しては20件中19件で捕捉率は95%、vildの閾値を3.4以上とすれば19件中19件で捕捉率100%であった。

Zmaxの値は、30件中21件で60dBZ以上、26件で55dBZ以上、30件で50dBZ以上を示した。米国気象局では、雹の指標のいくつかの条件のうちの一つとして、ストーム内に55dBZ

以上の反射強度領域が存在することを利用しており(NWS, 1994)、今回もほぼ降雹とこの値との対応が良かった。

ウ. 考察

vildが、 $3.3g/m^3$ 以下でも降雹のあった事例は、3月と4月に5件、11月に2件で、特に3月28日と4月25日に関しては、 $vild1.5g/m^3 \sim 2.5g/m^3$ であり、vildの値が低くても降雹となった事例である。

3月28日は、寒冷前線通過の降雹、4月25日は寒冷渦の通過に伴い所々でエコーが強まっていた。いずれも雨域の移動速度は、夏の不安定による熱雷に比して速いものであった。Amuburn and Wolf(1997)はvilの数値計算で、雷雲の移動速度が大きいときには、観測シーケンスに格子内のすべての反射強度をとらえきれないことから、vilの値に大きく影響を与えるとしている。3月28日、4月25日の計5件においてvilが小さいにもかかわらず降雹があった理由としてエコーの移動速度が大きかった可能性があげられる。また、季節的に温度層の低い高度が下がっているため、上空でできた雹が

第3.2.4.1表 降雹のあった事例日と各指数  
(灰色はvild 3.5未満)

月	日	県	時刻	VIL	TOP	Zmax	cm	Vild
3	28	滋賀県	1540	26.2	10.6	57	3.8	2.5
3	28	和歌山県	1600	32.7	11.2	60	3.3	3.8
4	25	栃木県	1150	22.7	10.3	55	3.6	2.3
4	25	神奈川県	1120	15.6	9.1	55	3.2	2.0
4	25	茨城県	1240	13.7	12.0	53	3.7	1.5
4	25	福井県	0810	6.7	6.3	51	2.4	1.2
5	24	山梨県	1730	34.5	10.7	59	3.7	4.0
5	24	栃木県	1650	60.5	12.0	62	5.2	5.2
5	24	長野県	1840	42.1	11.0	63	4.3	4.4
6	6~7	福島県	1400	66.4	12.1	64	4.5	5.8
6	6	長野県	1600	31.1	11.3	60	4.3	3.5
6	11	山口県	1830	36.1	12.1	62	4.3	3.4
6	11	鳥取県	1640	34.2	10.1	59	3.7	3.8
6	19	茨城県	1310	92.2	13.1	65	3.5	7.2
6	22	岩手県	1820	165.2	15.0	70	5.4	13.0
6	27	群馬県	1450	53.1	10.7	61	4.2	5.1
6	28	埼玉県	1810	248.7	15.0	71	6.8	16.6
7	3	栃木県	1300	179.0	15.0	70	5.7	12.3
7	14	栃木県	1400	234.6	15.0	70	5.9	15.6
7	15	東京都	1300	164.0	15.0	70	7.4	10.9
7	17	網走支庁	1050	36.0	13.2	61	5.5	3.5
8	11	鳥取県	1440	133.0	15.0	68	4.5	8.9
8	12	山形県	1110	69.3	15.0	64	4.9	4.6
8	12	愛知県	0450	77.4	15.0	63	7.6	5.2
8	12	長野県	1100	53.1	11.9	62	4.6	4.8
8	24	大分県	1630	63.9	15.0	61	4.6	4.3
11	2	愛知県	1710	31.8	9.4	62	3.3	4.5
11	5	和歌山県	2050	43.7	9.6	61	3.7	4.9
11	6	佐賀県	0040	32.7	10.8	59	4.1	3.1
11	11	愛媛県	0020	29.9	11.0	59	4.0	3.0

溶けにくいことも関係している可能性もある (木平, 2001).

今回の調査では vild 値  $3.5\text{g}/\text{m}^3$ , top8km, zmax55dBZ に閾値を設けることにより, 特に暖候期 (5月~10月) で降雹の捕捉率 95% となった. これは, 我が国においてもこれらのレーダーエコー指数を使えば, 降雹をある程度判定できることを示している. 一方で, 雹の目視観測報告の収集が困難なため, 今回の調査では, 雹により顕著な災害があり, 災害報告として提出された事例についてのみの調査となった. そのため, 空振りについての調査がなされていない. この点については空振り事例を調査するための手段を検討する必要がある. さらに事例を蓄積し調査を進めることにより, 適切な閾値を設け予報現場で有効に利用できる可能性が見えてきた.

b. TBSS・サイドローブエコーについての事例調査

ア. TBSS とサイドローブエコー

平成 18 年度観測データ高度利用技術担当者会議 (以下高度利用会議) においてレーダーデータによる雹の判別について議論された. この議事中に気象研究所から米国では降雹発現時に TBSS (three-body scatter spike) (第 3.2.4.1 図) といわれる特異エコーが現れることがあり, 警報に利用できる可能性があることが紹介された (Wilson and Reum, 1988). 三次元データで調査した結果, TBSS とともに, 強エコーを中心

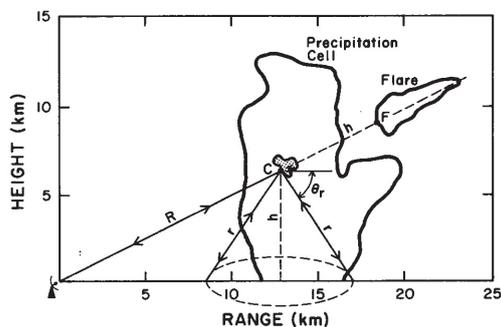
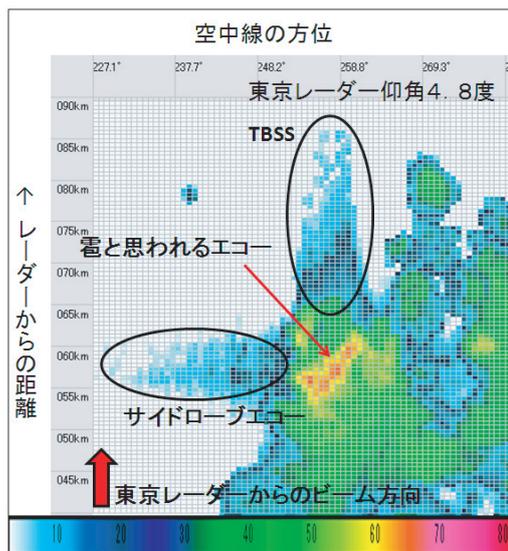


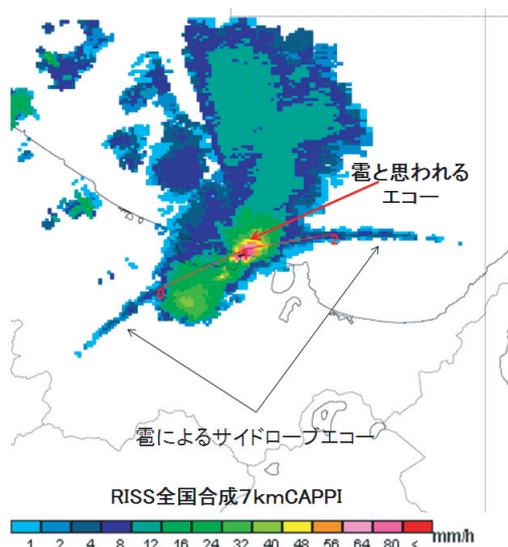
FIG. 2. Schematic of the proposed radar signal path responsible for the flare echo. The precipitation cell and flare are as observed by CP-4 on 20 July 1986 near Huntsville, Alabama. The dark shading near point C represents the 60 dBZ<sub>e</sub> core responsible for producing the flare echo. See text for further description.

第 3.2.4.1 図 TBSS の模式図 (Wilson and Reum, 1988 から)

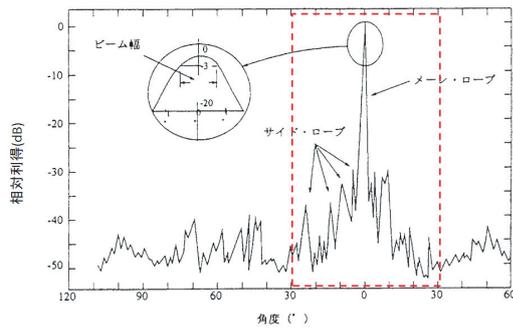
として動径方向に (CW (右まわり), CCW (左まわり) 方向ともに) 規則的な形状をした弓形のエコーが現れている事例があることがわかった (第 3.2.4.2 図, 第 3.2.4.3 図). これは, サイズの大きい雹など反射強度が極めて強いターゲットを, レーダービームのサイドローブ (第 3.2.4.4 図) がとらえたことによりエコーが現れたものである.



第 3.2.4.2 図 2006 年 7 月 15 日 13 時 50 分に東京都多摩地区に出現した TBSS とサイドローブエコーを方位・距離座標上に表示



第 3.2.4.3 図 2006 年 6 月 28 日 14 時 20 分に釧路レーダーでとらえられた佐呂間地方のサイドローブエコー



第 3.2.4.4 図 レーダーのビームパターンにおけるメインローブとサイドローブ

今回の例では、メインローブを中心に CCW と CW 方向共に約 30 度に渡りサイドローブエコーが表れている。

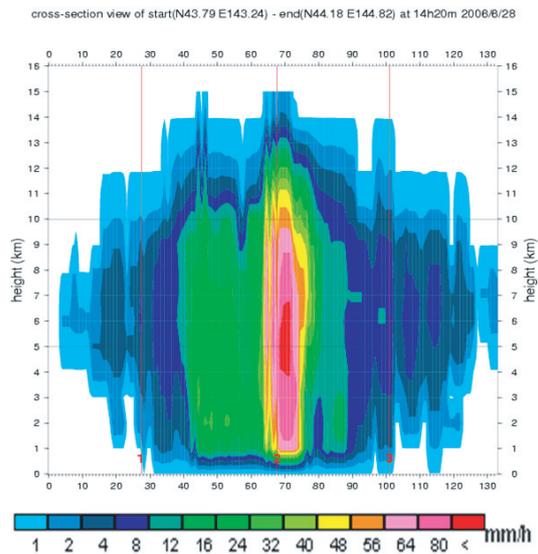
イ. 現象の共通特性

TBSS とサイドローブエコーの出現時に共通する特徴は次のとおりである。

- ①上空に強い寒気(寒冷渦, 前線等)が存在する。
- ②強いエコーが存在する場合に、観測したレーダーサイトからアンテナの回転方向へ等距離地点にエコーが現れ始め、次第に強度を強めながらピークに達し、弱まりながら消滅する。ピークを中心に左右対称に近いエコー分布となる(第 3.2.4.3 図)。
- ③強いエコー域が複数存在する場合には、複数個のサイドローブエコーが出現する。
- ④鉛直断面図(第 3.2.4.5 図)では、強エコーコア(55dBZ 以上)が上空に出現する。
- ⑤ TBSS とサイドローブエコーは両者ともに出現する場合と、どちらかだけに出現する場合がある。2006 年の雹害について見ると、サイドローブエコーは 30 件中 13 件、TBSS は 30 件中 8 件に出現した。

ウ. 現業での降雹監視への応用

- ①特に強いエコーを RaDAMoS 等の zmax で発見した場合には、当該メッシュ付近の vil や vild を監視しながら、RISS の鉛直断面図で鉛直方向のエコーの状況を把握し、雹が存在しそうな地点を推定する。
- ② RaDAMoS の zmax や RISS の CAPPI を用いて各高度面を監視し、TBSS やサイドローブエコーが出現していないかどうか監視する。



第 3.2.4.5 図 断面図上のサイドローブエコー

c. 事例解析 (2006 年 7 月 15 日東京都多摩西部の事例)

ア. 概要

梅雨期の不安定の中、東京都多摩西部で発生し強雨・発雷・降雹をもたらしたマルチセル型積乱雲について、レーダー三次元データで事例解析を行った。地上の強雨に先行して、5～10km の高度に反射強度の強い領域が現れること、雹層とみられる中上層での 60dBZ を超える特に強い反射強度層が出現すること、鉛直積算雨水量(vil)の急激な増加を 164kg/m<sup>2</sup> という特に大きな値が出現することがわかり、資料ではとらえられなかった積乱雲の雹層の振る舞いを明らかにすることができた。また、既存資料を補強する資料として、RaDAMoS の降水に関する指数や n 時間エコー積算の有効性などが認められた。

イ. 積乱雲の盛衰

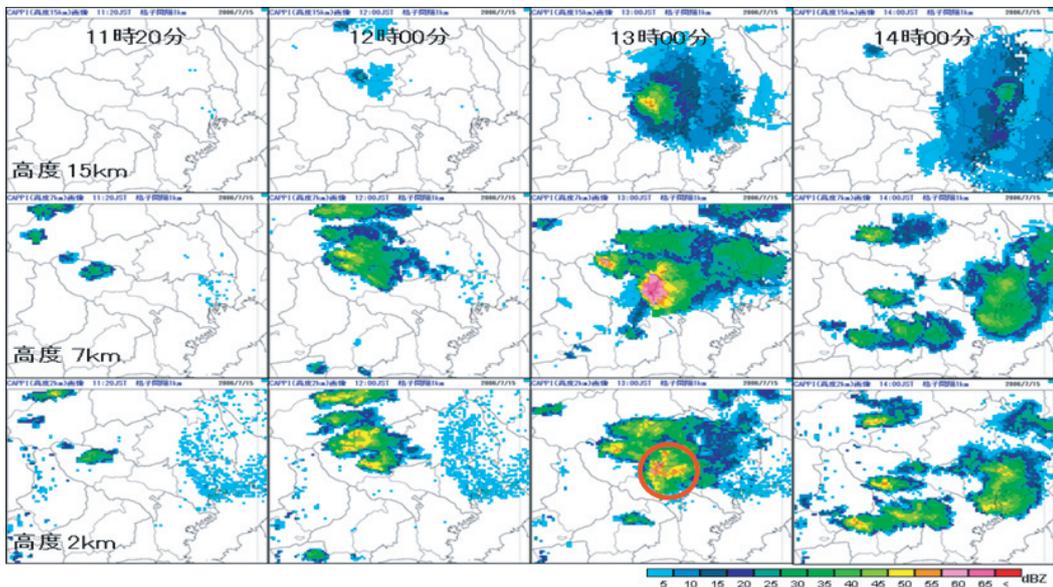
第 3.2.4.6 図のレーダーエコーの CAPPI によると、11 時過ぎに多摩西部の埼玉県境にエコーが発生し、成長しながら南東進し、多摩西部から北部へ進んだ(以後「多摩積乱雲」と呼ぶ)。多摩積乱雲のエコーは 12 時ころに南北に分かれ、南側のエコーが急速に面積と強度を増しながら東南東進し、13 時に多摩西部・北部の境

界付近でエコーは直径約 20km で最大となり、昭島市で同時刻ころ降雹があった。その後さらに東南東進し、14 時ころ再度南北に分裂し、弱まりながら都区内を通過し、15 時ころに千葉県西部で消滅した。エコー頂高度 (図略) は、12 時ころ最大値 (15km) が出現し、13 時にかけて急速にその領域を拡大し、その後 14 時を過ぎるころから急速に高度を下げていった。エコーの移動方向に沿った断面図 (第 3.2.4.7 図) には、高度 9km に強い反射強度のコア (13 時 00 分) があり、進行方向前面の高度 5km 以下にはマルチセル型雷雨の特有の“弱いエコー域”

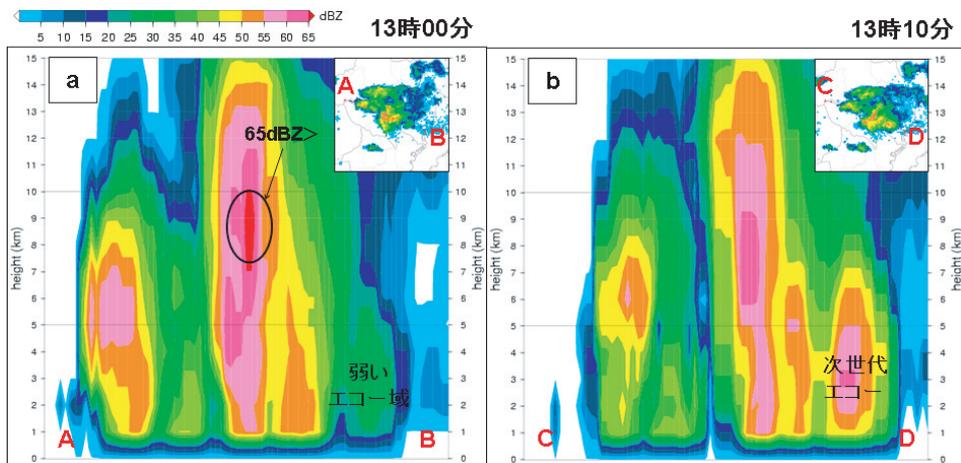
が見られ、13 時 10 分にかけての世代交代が見られた。

ウ. 反射強度域の高度分布

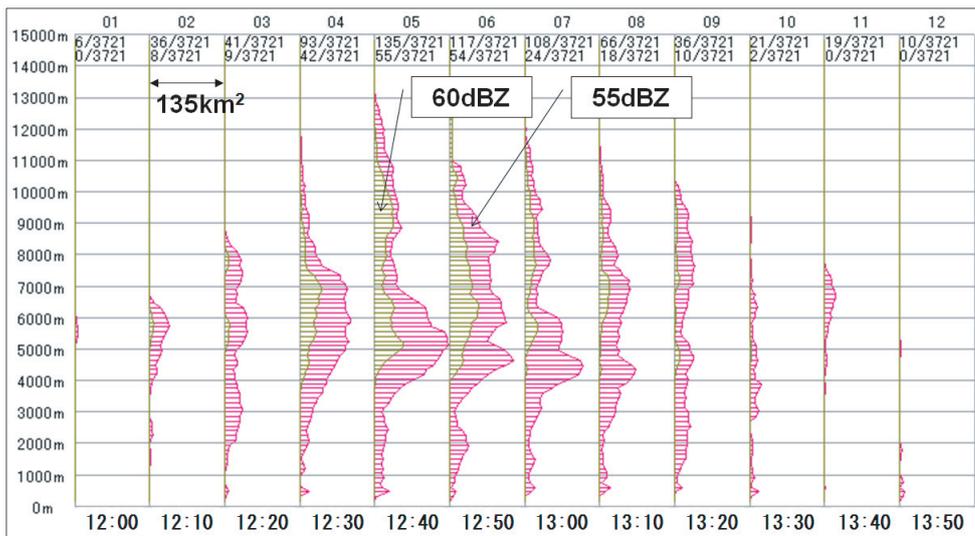
多摩積乱雲において、反射強度が 55dBZ 及び 60dBZ 以上の領域の面積の高度分布を第 3.2.4.8 図に示す。12 時 30 分から次第に 5 ~ 10km 領域に 60dBZ 域が形成され、12 時 50 分をピークに縮小する様子がわかる。55dBZ 域は 12 時 40 分 ~ 13 時 10 分には地上に達している。13 時前後には実際に降雹も確認していることから、NWS (1994) のよる反射強度 55dBZ 以上で雹の形成の示唆との対応が良い。



第 3.2.4.6 図 高度 2・7・15kmCAPPI での反射強度の時間変化 (丸印は多摩積乱雲)



第 3.2.4.7 図 多摩積乱雲の反射強度の鉛直断面図 (a) : 13 時 00 分 (b) : 13 時 10 分



第 3.2.4.8 図 多摩積乱雲における 12 時 00 分～13 時 50 分の反射強度 55dBZ 以上及び 60dBZ 以上の領域の面積 (km<sup>2</sup>) の鉛直プロファイル

エ. レーダーエコー指数

今回の事例では、vil (鉛直積算雨水量) と vild (鉛直積算雨水量密度) が特徴的な時間変化を示した (第 3.2.4.9 図)。

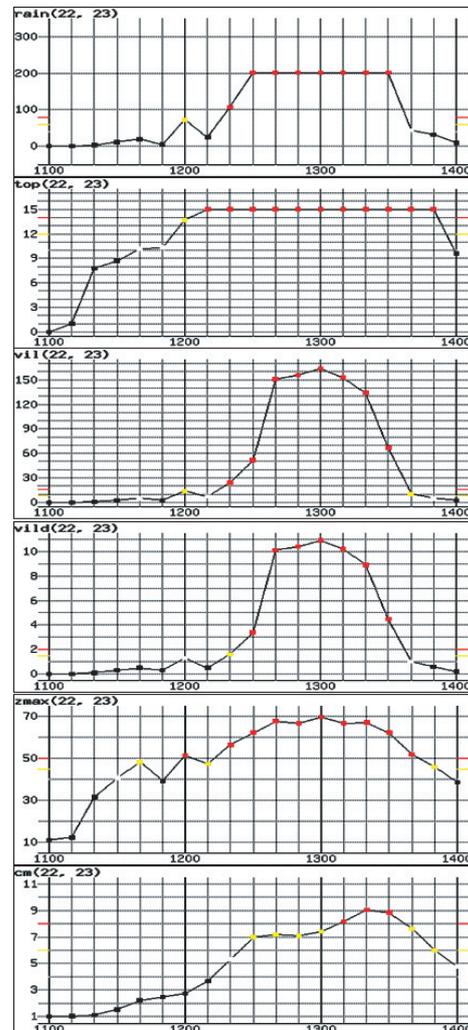
vil は、12 時 20 分までは rain とほぼ同じ変化傾向を示し、12 時 30 分には 50kg/m<sup>2</sup> を超えた。その後、値は急速に増加し、13 時 00 分には 164kg/m<sup>2</sup> に達した。この季節の 10mm/h 以上についての vil の全国平均値は 10kg/m<sup>2</sup>、75% 値の上記は 11kg/m<sup>2</sup> (宮城・佐藤, 2007) であることを考慮すると、この vil は降雨としては特別大きな値であり、上空の「雹」の形成を示唆している。vild (鉛直積算雨水量密度) の変化傾向は vil とほぼ同じであった。

オ. 近傍の発達しなかった積乱雲との比較

同日のほぼ同じ時刻に埼玉県西部で発生し短時間で消滅したシングルセル型の積乱雲と、多摩積乱雲を比較した結果を第 3.2.4.2 表に示す。多摩積乱雲では大型で長寿命であり、vil が 164kg/m<sup>2</sup>、また vild が 10.9g/m<sup>3</sup> と突出した値を示していることが特徴であった。

カ. まとめ

CAPPI, 断面図によって積乱雲の成熟期には、中上層に雹の存在を示唆する 55dBZ, さらに 60dBZ 以上のエコーコアが存在していた。NWS (1994) は「反射強度 55dBZ 以上で雹の



第 3.2.4.9 図 2006 年 7 月 15 日の多摩積乱雲におけるレーダーエコー指数の時間変化

第 3.2.4.2 表 多摩積乱雲と埼玉県西部のシングルセル型積乱雲におけるレーダーエコー指数の比較

	多摩積乱雲	埼玉県西部の積乱雲
寿命・降雹・タイプ	110分(13時頃降雹) 12時00分-13時50分 マルチセル型	40分(降雹なし) 12時10分-12時50分 シングルセル型
水平スケール	約20km (円形)	約10km (横長)
VIL	164kg/m <sup>2</sup> (13時00分)	44.9kg/m <sup>2</sup> (12時30分)
VILD	10.9g/m <sup>3</sup> (13時00分)	3.1g/m <sup>3</sup> (12時30分)
ZMAX	69dBZ (13時00分)	60dBZ (12時30分)
CM	7.4km (13時00分)	5.4km (12時30分)

形成」と示唆しており、実際これに対応して地上では直径 15mm の降雹が認められた。サイドローブを監視することで、反射強度 55dBZ 及び 60dBZ のエコーコアの存在を示唆できることが確認された。

RaDAMoS の降水に関する指数に関しては、vil や vild が特に大きな値を示し、降雹の監視に利用できる可能性を示唆した。

#### (5) まとめと注意点

これまで述べてきたことから、レーダー三次元データとレーダーエコー指数さらに TBSS やサイドローブエコーといった特異エコーを利用することで、予報現場でも雹を含むエコーを監視できる可能性がでてきた。雹を識別するときのレーダーエコー指数の閾値については、今回暫定的ではあるが、zmax=55kg/m<sup>2</sup> vild=3.5g/m<sup>3</sup> top=8km がある程度の目安となりえそうだ。ただし、これについては今度よりデータを精査していくことで、地域別、季節別などでより適正に近い値を設定できるであろう。

レーダーエコーによって雹を識別する際の注意点として、以下のことが考えられる。

エコーに雹が含まれなければ、Z-R 関係から導き出される R (降水強度) は、誤差を含むもののほぼ適正な降水強度を示す。気団の特性や季節などにより、必ずとは言えないが、これまでの調査(本文 3 項)や過去の記録から、55dBZ (100mm/h) 以上のエコーは降雹をもたらす可能性がある。このため、レーダーで 55dBZ を超すエコーを観測

したときには、そのエコーには雨滴以外に雹が含まれ降水強度を過大値とさせる要因が含まれ始める。またアメダスの統計値によると、62dBZ (273mm/h) 程度が、地上における雨の降水強度の上限値である。したがって、62dBZ までは、地上では雹を含まず雨だけが観測される可能性も否めない。さらに、62dBZ 以上のエコーは、雨滴だけからなるとは考えにくく、雹が含まれる可能性が高い。しかしこのときにも、雹と雨滴が混在している可能性がある。

#### 参 考 文 献

- NWS (1994) : 雹プロダクト, NEXRAD 運用研修マニュアル. 米国気象局.
- Steaven A.A. and Peter.L.W. (1997) : VIL density as a hail indicator. Weather and forecasting, 12, 473-478.
- 札幌管区気象台観測課・予報課 (2007) : 新しい観測資料による顕著な降水現象の把握・実況監視の検討. 平成 18 年観測データ高度利用担当者会議資料.
- 名古屋地方気象台 (2007) : 降雹時のレーダー三次元データの特徴～過去 5 年間の統計調査から見出せること. 平成 18 年観測データ高度利用担当者会議資料.
- 名古屋地方気象台 (2006) : 鉛直積算雨量を用いた調査研究の手引き. 東京管区調査研究会誌.
- Wilson.J.W. and D.Reum (1988) : The flare echo reflectivity and velocity signature. J.Atomos Oceanic Technol, 5, 197-205.

### 3.3 新しいレーダーエコー指数<sup>23</sup>

#### (1) はじめに

観測部観測システム運用室では、レーダーデータ共有装置（以下、RISS）を利用して、降水の実況監視のためのシステムであるレーダーデータ解析監視システム（以下、RaDAMoS）のサービスを提供している（熊谷，2006）．平成18年度観測データ高度利用技術担当者会議でRaDAMoSを活用した実況監視の改善策が検討され（観測部，2007），システムの改善に加えて新しいレーダーエコー指数作成の提案がなされた．この提案を受けて，当室では新たなレーダーエコー指数を作成し，その有効性について簡単な検討を行った．

#### (2) 新たに作成した指数

今回作成した指数は次の2つである．

- ・ **dvil**：鉛直積算雨量（以下，vil）の10分前値からの増分
- ・ **maxh**：最大反射強度（以下，zmax）が出現している高度

dvilについては，平成18年度に行われた会議で札幌管区から作成の提案があったものである．

なお，平成17年12月以降のレーダーエコー指数を作成しているが，今回新たに追加した指数の過去のデータについては，計算機資源の都合から顕著な現象のあった事例についてのみ作成している．

今回は

- ・ 北海道佐呂間町で竜巻が発生した事例（2006年11月7日13時20分ころ）
- ・ 東京都多摩地区で降雹のあった事例（2006年

7月15日13時ころ）

- ・ 関東地方に台風9号が接近した事例（2007年9月6日21時ころ）

の3つの事例について新しい指数を紹介する．

#### (3) 各事例における指数

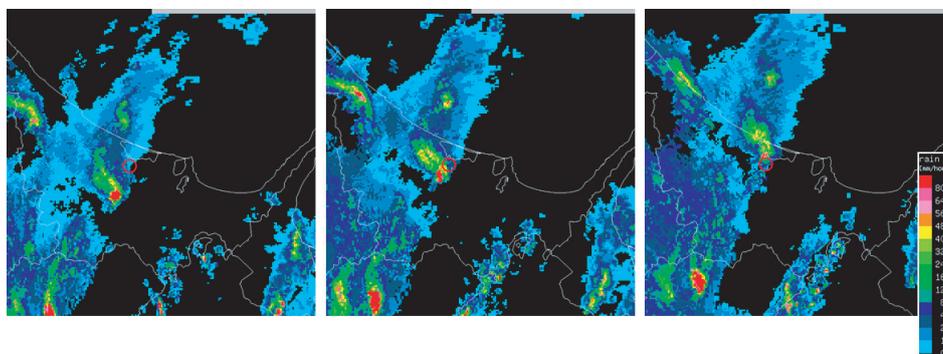
##### a. 北海道佐呂間町の竜巻の事例

第3.3.1図に2006年11月7日13時20・30・40分のレーダー反射強度（以下，rain）データを示す．13時20分の観測で佐呂間町の南西側にあったセルが北東進して佐呂間町付近を通過し（30分），40分には北東側に抜けている様子が見える．竜巻が発生した時刻は13時23分ころなので，30分の観測で竜巻発生地点の直近を通り過ぎたセルが竜巻を発生させたものと考えられる．また，vilの分布（第3.3.2図）でも同様の傾向が見られる．新しい指数であるdvilの時間変化は第3.3.3図に示したようになる．セルの移動方向に合わせてvilの減少している部分（寒色系の領域）と増加している部分（暖色系の領域）の双極構造が見られる．この図から顕著なセルの存在位置と移動方向をつかむことができる．

次にzmax（第3.3.4図）とmaxh（第3.3.5図）の分布について見ると，zmaxについてはrainやvilと同じような傾向が見られる．そして，新たに作成した指数の1つであるmaxhで見ると，この事例については特徴的な傾向を見出すことができなかった．

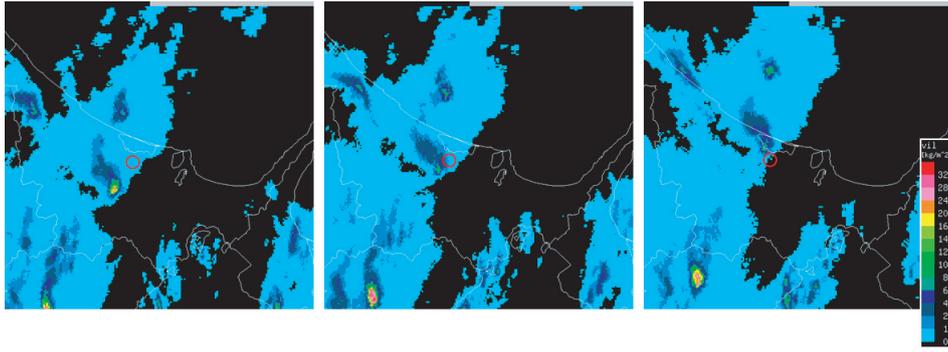
##### b. 東京都多摩地区の降雹の事例

第3.3.6図に2006年7月15日12・13・14時のvilデータを示す．12時に奥多摩・秩父付近にあっ

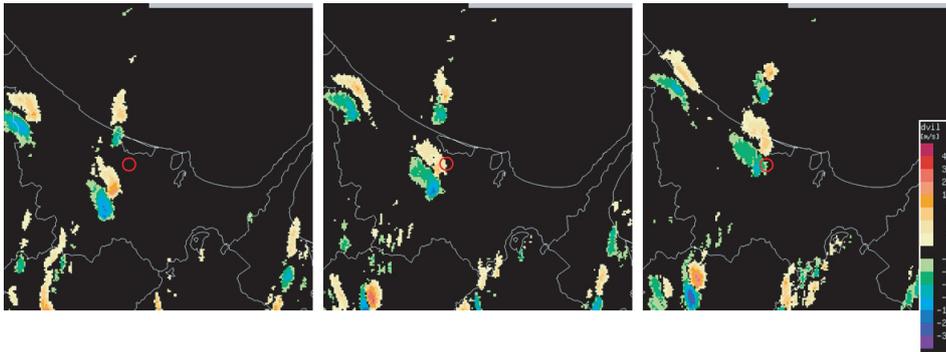


第3.3.1図 2006年11月7日13時20・30・40分のrain

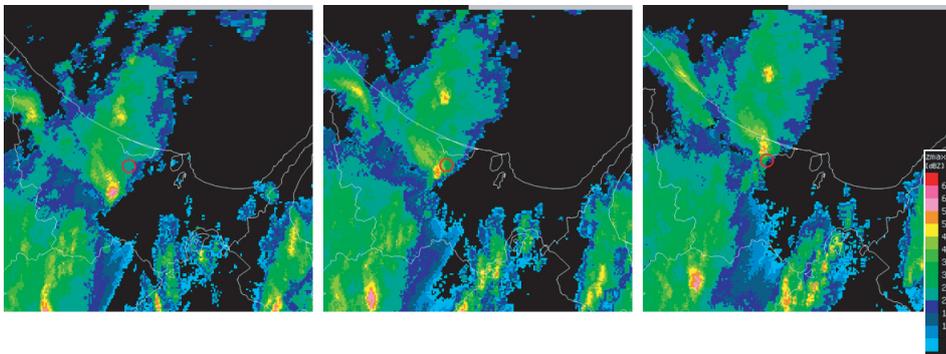
<sup>23</sup> 観測部観測システム運用室 大森 志郎



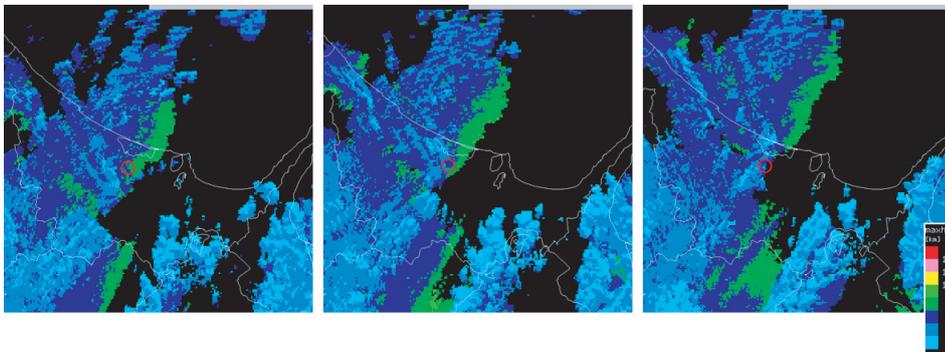
第 3.3.2 図 第 3.3.1 図と同じ ただし vil



第 3.3.3 図 第 3.3.1 図と同じ ただし dvl



第 3.3.4 図 第 3.3.1 図と同じ ただし zmax



第 3.3.5 図 第 3.3.1 図と同じ ただし maxh

た対流セルが発達しながら東南東進して東京都多摩地区を通過し、その後衰退しながら東京湾付近に抜けている様子が見て取れる。第3.3.7図のdvilで見ると、佐呂間町の事例と同様にセルの移動方向に沿って双極構造が見える。それに加えて、12時の観測では暖色系の領域が広がっておりvilが高くなる傾向にあることがわかり、14時の観測では寒色系の領域が広く、絶対値も大きくなっているためvilが低くなる傾向にあることがわかる。このようにdvilからセルの発達の傾向を知ることができる。

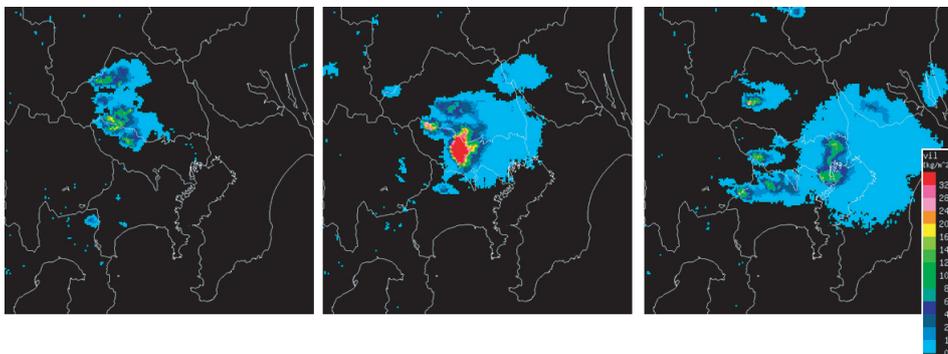
また、zmax（第3.3.8図）についてはvilと同様にセルの移動と発達・衰退を表現する傾向があることがわかる。maxh（第3.3.9図）では、セルの中心付近に着目すると12時には低かったのが13時には上昇し、14時には再び低くなっている。これは対流セルの発達・衰退に伴ってzmax高度が上下していると考えることができる。また、14時の観測ではセルの中心から離れたところで高いmaxhが観測されており、対流セルによって発生したかなとこ雲が周辺に流出している様子を示し

ていると思われる。

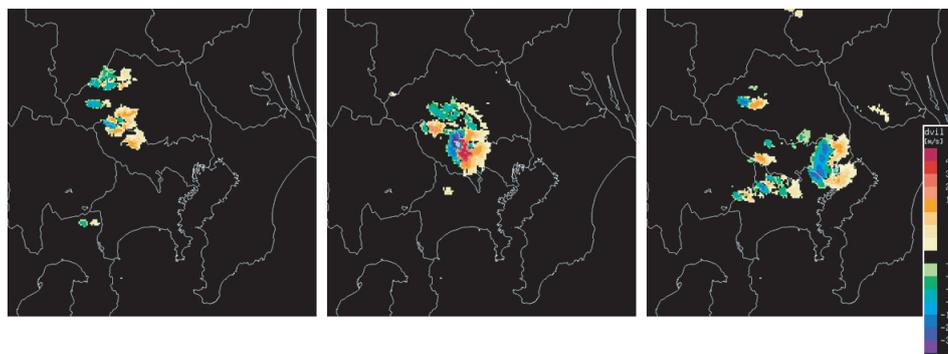
c. 台風9号の事例

第3.3.10図に2007年9月7日21時のvilとdvilを示す。この事例では全体的に低いvilの値が幅広く広がっており、その中に所々、台風のアウターレインバンド中の対流セルに対応していると思われる高いvilの値が見られる箇所がある。元々のvilの値が低いところではdvilで見ると何も見えなくなるが、vilの値が高いところでは、前節で述べたようにセルの移動方向に合わせて双極構造が表現されている。また、領域によって暖色系の領域の広い部分、寒色系の領域の広い部分が見られるため、台風内で対流セルが発達する傾向にある領域なのか衰退する傾向にある領域なのかを知ることができる。

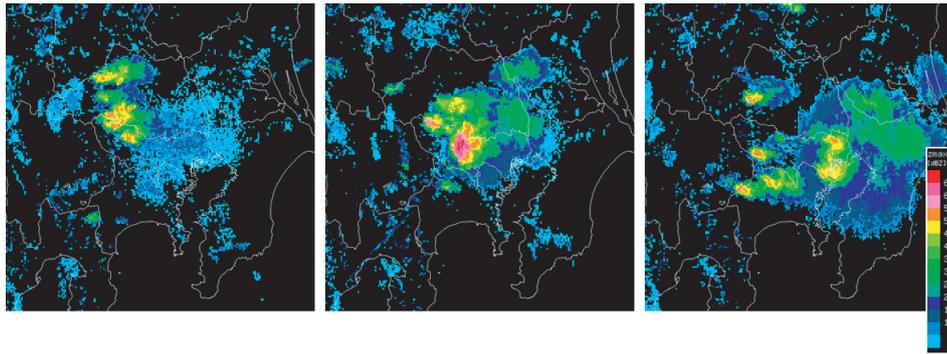
次にzmaxとmaxh(第3.3.11図)について見ると、maxhでは台風の中心に近づくにつれて高度が低くなる傾向が見られるが、現在のところ実況監視上有益となるような特徴的な傾向は見出せていない。今後更に調査継続したい。



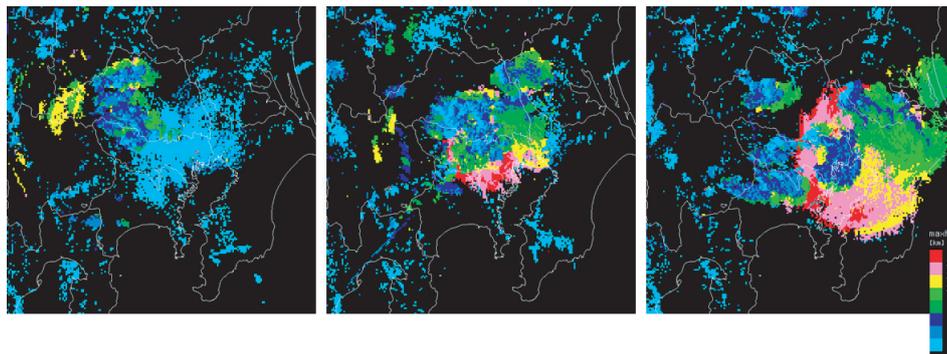
第3.3.6図 2006年7月15日12・13・14時のvil



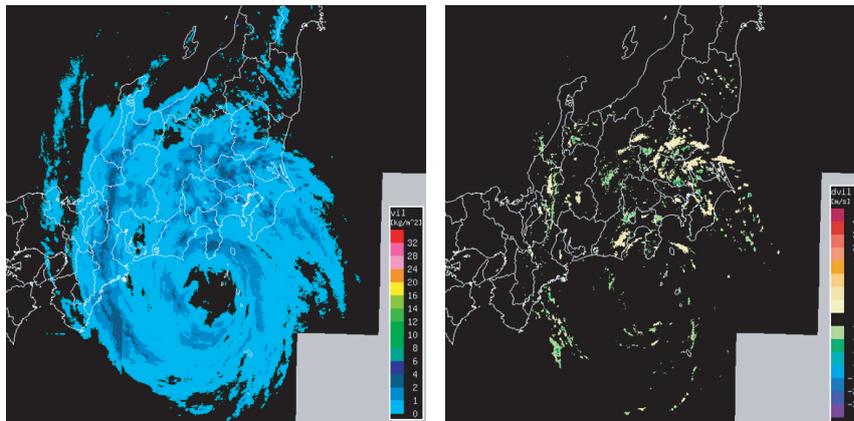
第3.3.7図 第3.3.6図と同様 ただしdvil



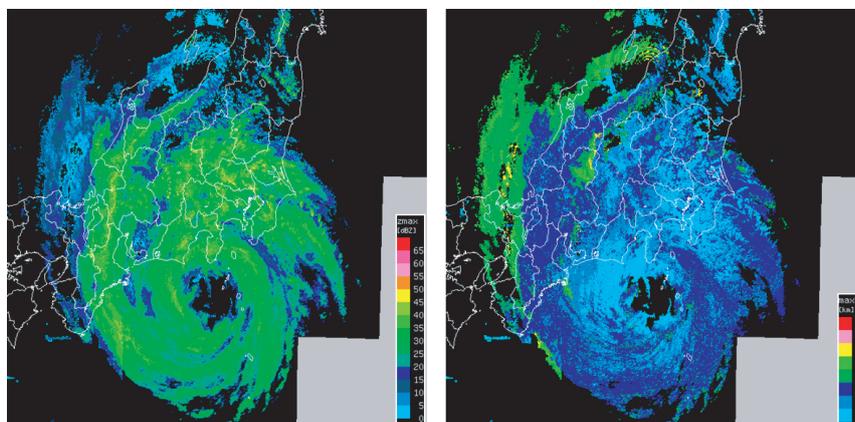
第 3.3.8 図 第 3.3.6 図と同様 ただし zmax



第 3.3.9 図 第 3.3.6 図と同様 ただし maxh



第 3.3.10 図 2007 年 9 月 6 日 21 時の vil (左) と dvil (右)



第 3.3.11 図 第 3.3.10 図と同様 ただし zmax (左) と maxh (右)

## (4) まとめ

RaDAMoS で実況監視をより効率的に行うために、今回新たに2つの指数を作成し、新しい指数の特徴に関する調査を行った。その結果、*dvil* ではセルの移動方向や発達・衰退の傾向を示すが、*vil* が一様な場ではあまり目立った特徴はなかった。*maxh* ではセルの発達・衰退に合わせて上下する傾向があった。時間差分をとればセルの発達傾向を知ることができるようになるかもしれない。

また、現在の RaDAMoS で監視しているレーダーエコー指数は今回の追加により11種類となり実況監視を効率的に行うには多すぎるので、今後レーダーエコー指数を整理することも考えていきたい。

## 参 考 文 献

熊谷幸浩 (2006) : RaDAMoS (レーダーデータ解析監視システム) について。レーダー観測技術資料, 54, II-1-9.

3.4 開発中の RISS, RaDAMoS の新しい機能<sup>24</sup>

## (1) はじめに

平成17年度より運用を開始した気象レーダー観測処理システム (ROPS) の整備に伴いデータの空間分解能が上がり、従来の5層三次元データから15層三次元データの利用が可能となった。このデータを利用して、レーダーエコーの高度を用いた上空エコー監視や、発雷事前検出の一助として温度場と関連づけた新しいコンテンツを RISS, RaDAMoS 用に開発した。また、昨年度開発したドップラーレーダーデータ対応の処理表示システムである RaDAMoS SV についても改良を行った。

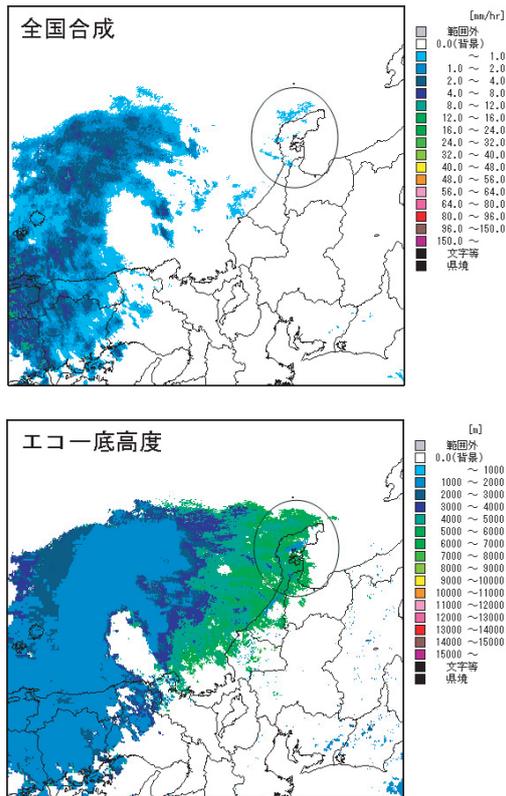
## (2) 上空エコー監視

降水エコーの監視に使っている1kmメッシュ全国合成レーダーエコー強度 (以降、全国合成) は、レーダーごとのデータから合成して作成している。その際、レーダーの観測範囲が重複する領域では、エコー強度の強いデータを採用することとしている。このため、エコー近傍のレーダーサイトではエコーを観測していなくても、遠方のレーダーサイトでエコーを観測していると、高度の高いエコーが採用され上空エコーと呼ばれる地上まで達しないエコーが全国合成に採用されることがある。低い高度ではエコーが観測されていないため、レーダー3次元データを用いることで見分けることができる可能性があると考え、その一助としてエコー底高度データを作成することを考えた。

エコー底高度データは、指定したエコー強度 (12dBZ : エコー頂高度を求める際の強度と同じ) 以上となる最も低い高度を、15層のレーダーエコーデータから内挿して求める。

結果は第3.4.1図のとおりである。全国合成でエコーが表示されている能登半島付近のエコーはエコー底高度6km程度であり、西方の降水エコーに先行する上空エコーであることがわかる。しかし、北西海上にも3000m程度とやや高いところがある。こちらは、全レーダーから遠方にあり、低い高度を観測できないことによる可能性が高い。

<sup>24</sup> 観測部観測システム運用室 宮城 仁史・枝元 勝悟



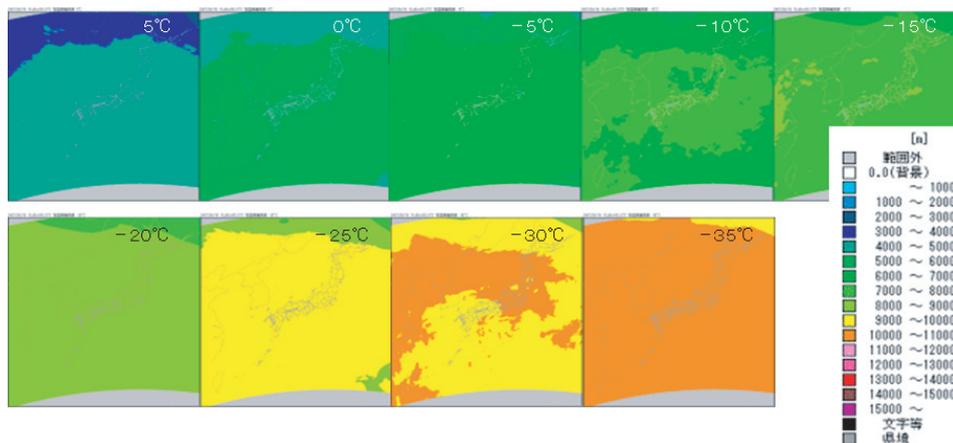
第 3.4.1 図 上空エコーとエコー底高度  
能登半島付近はエコー底高度が 6000m 程度であり、  
上空エコーであることがわかる。

(3) 等温度面上の反射強度分布図

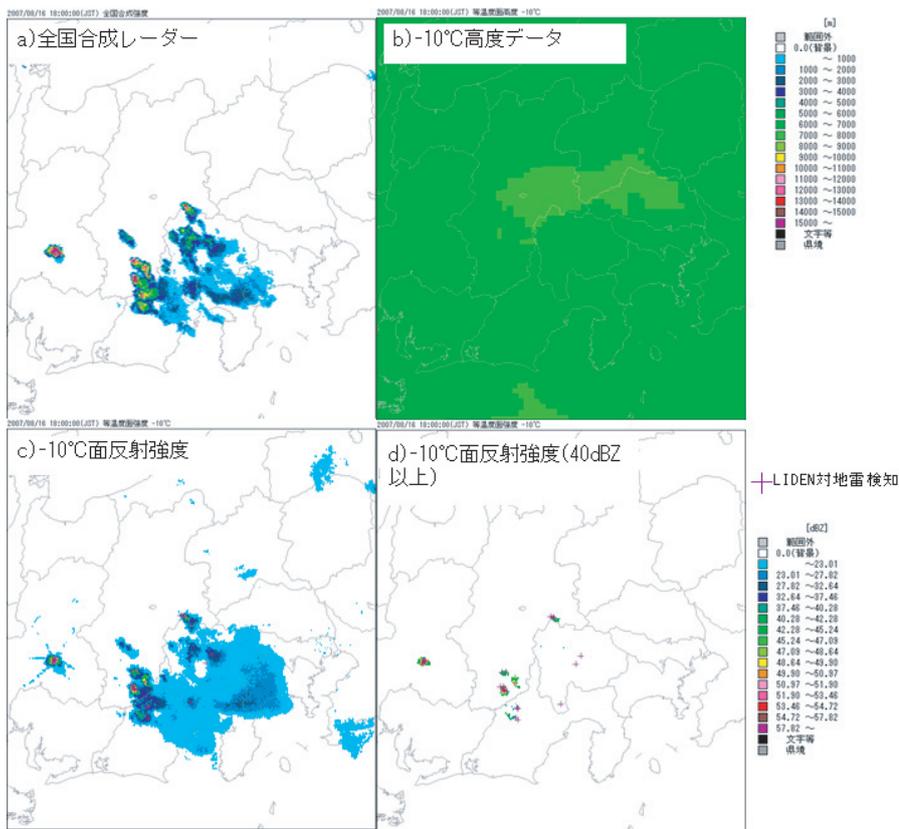
レーダーデータを用いた発雷予測アルゴリズムはいくつか提唱されているが、多くはすべて上空の温度とレーダーエコー強度を関連づけたものである。レーダーデータ単独では、降水粒子の反射強度や高度を得ることはできるが、温度情報を得ることはできない。上空の温度情報は高層気象観測データから得られるが、一日 2 回の観測結果しかなく、観測地点の間隔も広いため、面的な広がりを持つ 10 分ごとのレーダーデータと組み合わせるには適さない。そこで、1 時間ごとに面的なデータが得られるメソ数値予報モデル (MSM) と組み合わせることとした。

等温度面反射強度データ作成方法には、初めに MSM から +5℃ ~ -35℃ まで 5℃ ごとの高度を示す等温度面高度データを作成する (第 3.4.2 図)。これをもとにレーダー 3 次元データの反射強度を内挿して各温度における反射強度データを作成する。

今回は、発雷予測アルゴリズムとして -10℃ 高度における反射強度 40dBZ 以上 (Gremillion and Orville, 1999) を採用した。これにより検出した事例を第 3.4.3 図に示す。ここで、LIDEN による対地雷検知結果を目安に使っている。この事例では、同図からわかるとおり、LIDEN の対地雷検知結果とよく合っている。



第 3.4.2 図 等温度面高度データの例  
MSM から作成した 2007 年 8 月 16 日 06UTC のデータ。



第 3.4.3 図 2007 年 8 月 16 日熱雷の事例

c)-10°C面の反射強度. d)にc)から 40dBZ 以上の領域だけを抜き出したものを示す. LIDEN による対地雷の検地点 (+) とほぼ対応している.

(4) RaDAMoSV の改良

ドップラー速度データを有効に利用するため、昨年度 RaDAMoS を改良した。今年度は、指数を計算する際に、全仰角としていたものを、低い方から 3 仰角に変えたほか、平均や中央値を計算するメッシュ数を従来の 5 メッシュから 7 メッシュに広げ、表示する閾値を従来の 2m/s から 5m/s に変更した (第 3.4.4 図)。図からわかるとおり、改良により、余分なデータが少なくなり、見やすくなっている。

(4) 提供システム (RISS, RaDAMoS) の改善

各管区等からの要望を取り入れ、RISS のデータ表示、RaDAMoS の改善を行った。

a. RISS 新データ表示機能 -RAPRAS

新データ表示機能では、MDI (マルチドキュメントインターフェース) を採用し、全国合成画像やドップラー速度画像、VVP 画像などの複数の画像を同時に表示できるようにした。また、エコー

強度値等の数値表示機能の強化や、ユーザー設定の保存機能も付加した (第 3.4.5 図)。

b. RaDAMoS の改善

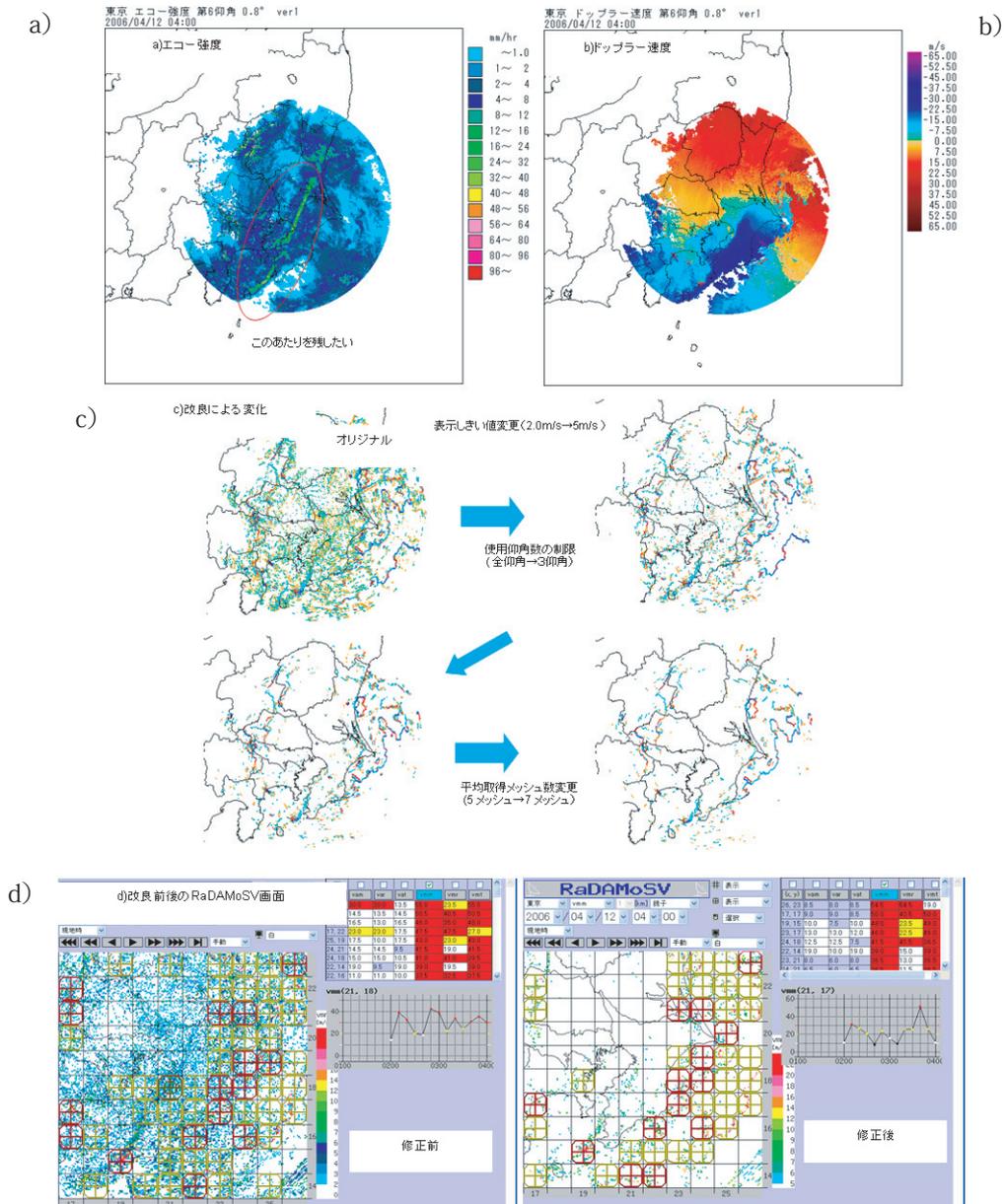
RaDAMoS では、市町村境界地図の追加、ユーザーインターフェースの向上、音声による報知機能の追加、名瀬・南大東を覆う領域の追加などの改善を行った (第 3.4.6 図)。

(5) まとめ

エコー底高度は、注意して利用すれば上空エコーを監視するのに有効な手段になるであろう。

等温度面反射強度データは、発雷予測アルゴリズムが上空温度との関係に依存していることから、今後、発雷の事前検出を検証していく上で必要なデータとなる。

等温度面反射強度データの副産物として作成した等温度面高度データについては、全国合成のエコーがある高度と組み合わせることで、ブライトバンドの検出にも使えそうである。



第 3.4.4 図 RaDAMoSV の改良

RaDAMoSV で強いシアラインを検出できるような改良を試みた。試験対象としたのは 2006 年 4 月 12 日の房総半島付近での沿岸前線である。a) はこのときのエコー強度, b) はドップラー速度で、閾値等を変更するときのデータの変化状況を c) に、改良前後の RaDAMoSV 画面を d) に示す。

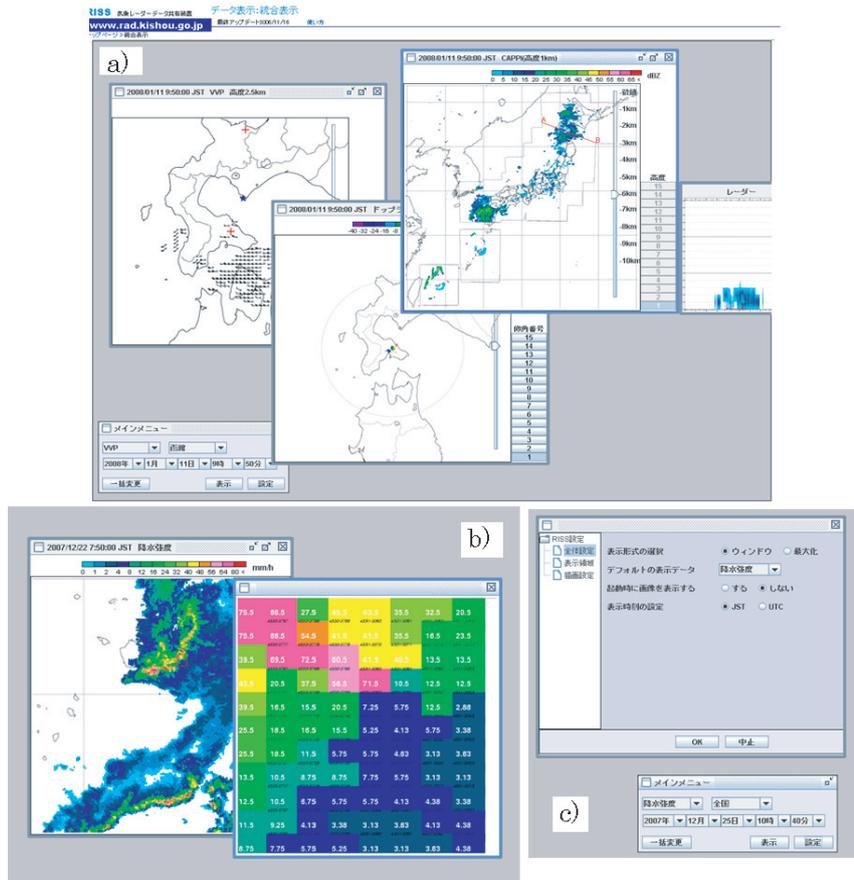
RaDAMoSV は改良により見やすくなっているが、各指数の合成やパラメータを調整し、必要のない成分を除去する必要がある。

提供システムの改善では、要望のあった事項を可能な範囲で実現した。これらの機能は、平成 20 年 3 月から RISS により提供を開始している。また、RAPRAS では今回作成したレーダー三次

元データの新しいコンテンツも表示できるようにしている。

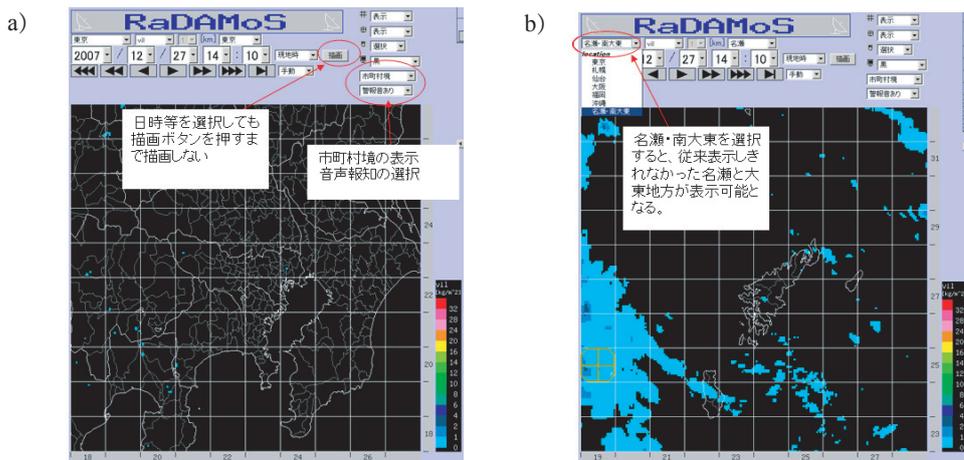
参 考 文 献

Gremillion, M. S. and R. E. Orville (1999) :  
Thunderstorm characteristics of cloud-to-ground  
lightning at the Kennedy Space Center, Florida.  
Weather and Forecasting, 14, 640-649.



第 3.4.5 図 新データ表示 -RAPRAS

- a) RISS の新データ表示機能である RAPRAS は、各種レーダーデータを一つの画面上に表示することができる。
- b) 数値表示機能は、ポップアップするようにし、どこを拡大しているかがわかるようにした。
- c) 設定情報を記憶できるようにし、ユーザーの好む状態で毎回起動できるようにした。



第 3.4.6 図 RaDAMoS の改善

- a) 市町村地図の追加、音声報知機能、日時を選択してもすぐに表示が変わらないようにユーザーインターフェースを向上。
- b) 名瀬・南大東地方の追加。

#### 4. メソサイクロン検出に関する技術情報の共有

##### 4.1 メソサイクロン自動検出システム<sup>25</sup>

###### (1) はじめに

平成20年3月26日より運用が始まる「竜巻注意情報」の発表に向け、気象研究所で開発したメソサイクロン検出アルゴリズム（鈴木ほか，2006）を用いて、一般気象ドップラーレーダーのデータからメソサイクロンを自動的に検出するシステムを平成19年5月に開発した。

竜巻注意情報等は現在（平成20年1月）慣熟運用中であり（平成20年3月から実運用が開始された）、メソサイクロン検出結果は、予報部で開発した「突風危険指数」とともに、竜巻注意情報に反映される。また、メソサイクロン検出結果は画像としてWEBページで地方気象台等から閲覧可能である。

###### (2) メソサイクロン自動検出の流れ

メソサイクロン自動検出は、全国11基のドップラーレーダーのデータを気象庁本庁にある気象レーダー観測処理システム（ROPS）のセンターシステムに集約し、気象研究所で開発したアルゴリズムを用いて、メソサイクロン候補を検出する。多数検出したメソサイクロン候補に品質管理を施し、ランクづけをして、最終的なメソサイクロンとして出力する。検出したメソサイクロンは、画像情報として地方気象台等に提供されるととも

に、数値予報結果から計算された突風危険指数と併せて竜巻注意情報の発表に利用される。

###### (3) メソサイクロン自動検出の現状

###### a. メソサイクロン検出における品質管理

平成20年1月現在、メソサイクロン検出における品質管理を主に以下のパラメータにより行っている（第4.1.1図）。

###### ①高度制限

メソサイクロン候補の高度が300m～2000mまでのものをメソサイクロンとする。

###### ②レーダーサイトからの距離制限

レーダーサイト近傍10km以内のメソサイクロン候補を除外する。

###### ③メソサイクロンの大きさ

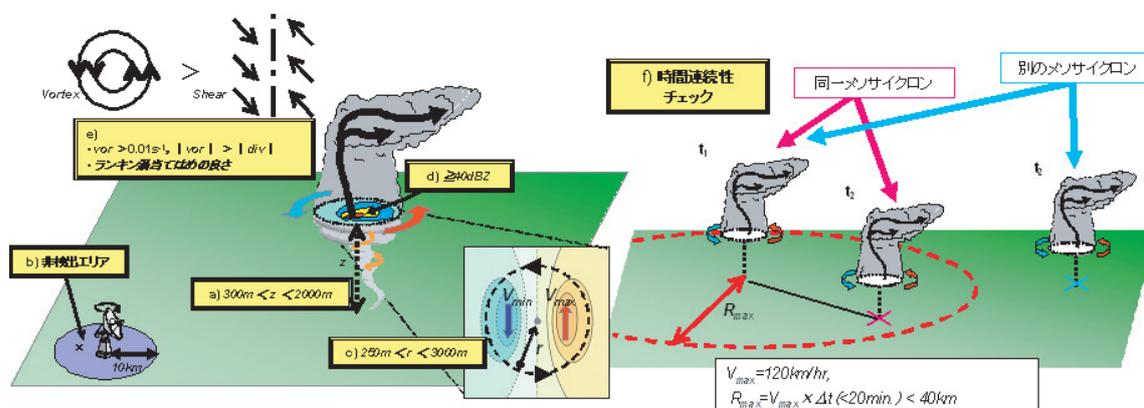
半径250m～3000mのメソサイクロン候補をメソサイクロンとする。

###### ④レーダーエコー強度

メソサイクロンの中心から半径5km以内に40dBZ以上のエコーがあるメソサイクロン候補をメソサイクロンとする。

###### ⑤渦度

渦度が $0.01s^{-1}$ 以上で、発散・収束よりも渦度のほうが大きい正渦をメソサイクロン候補とする。また、同時に計算されるランキン渦モデルとシアラインそれぞれへの当てはめの良さを比較し、よりランキン渦に当てはまるものをメソサイクロンとする。



第4.1.1図 メソサイクロン自動検出における品質管理

メソサイクロン自動検出の品質管理。メソサイクロン候補から、a)～f)の品質管理を施してメソサイクロンを検出している。

<sup>25</sup> 観測部観測システム運用室 宮城 仁史・枝元 勝悟・萩尾 公一

⑥時間連続性

メソサイクロンの移動速度を、最大 120km/h と仮定し、時間的に継続して検出しているメソサイクロン候補のみを抽出する。

b. メソサイクロンのランクづけ

数値予報結果から得られる突風危険指数とメソサイクロン検出結果を組み合わせる竜巻注意情報発表の有無を判定するために、第 4.1.2 図に示すように、主に極大速度と極小速度との差から得られた速度差を用いてメソサイクロンにランクをつけた。

c. 品質管理実験

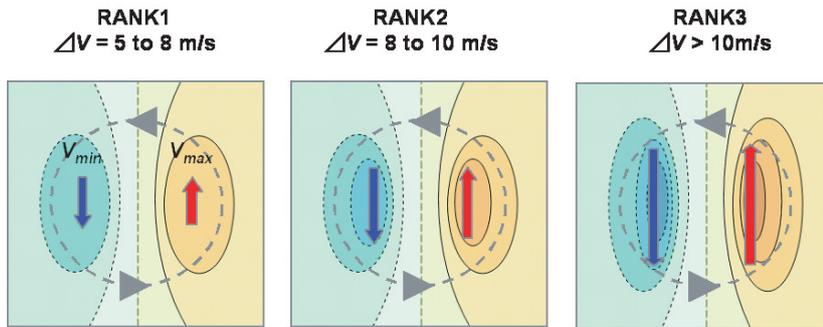
一般気象ドップラーレーダーは、整備後の歴史も浅く突風事例も少ない。そこで、空港気象ドップラーレーダーのデータを用いて、品質管理の実

験を行った。結果は第 4.1.3 図のとおりで、多く発生しているメソサイクロン候補から、竜巻を伴うメソサイクロンが抽出されている。

d. 2007 年のメソサイクロン検出結果

2007 年 4 月～ 11 月の東京レーダーで検出した全メソサイクロン候補を用いて、品質管理の流れを第 4.1.4 図に示す。最初に 4 万個ほど得られたメソサイクロン候補が、品質管理の結果 450 個程度まで絞り込まれているのがわかる。

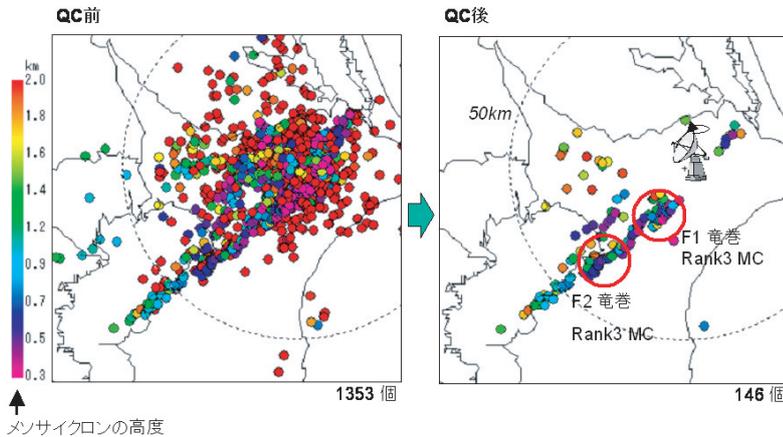
2007 年から運用を開始している 4 レーダーの検出結果を第 4.1.5 図に示す。また、月別の検出数を第 4.1.6 図に示す。このうち、9 月に突出して検出されているのは台風に伴うエコーから検出された事例である。



※  $\Delta V = (V_{max} - V_{min}) / 2$

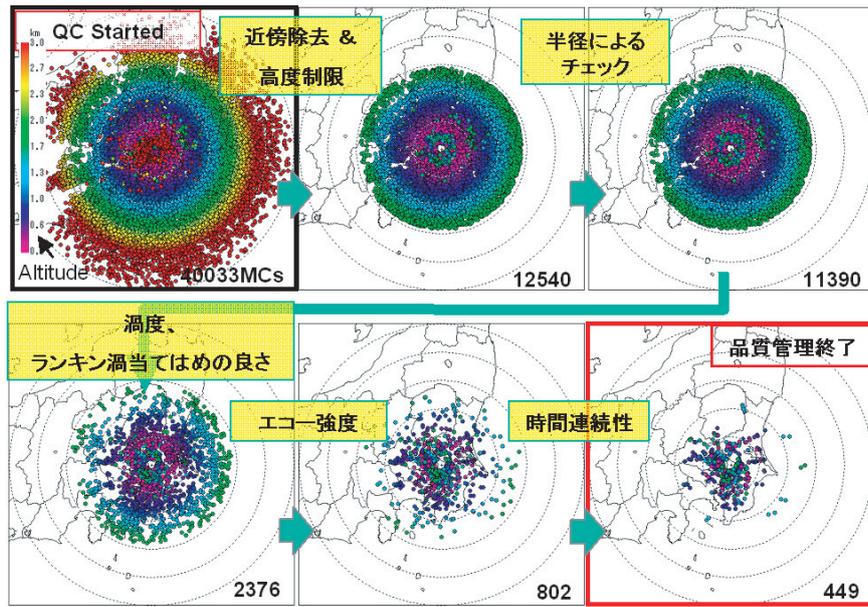
第 4.1.2 図 メソサイクロンのランクづけ

メソサイクロン品質管理後、主に最大速度差 ( $\Delta V$ ) を用いてランクづけをしている。



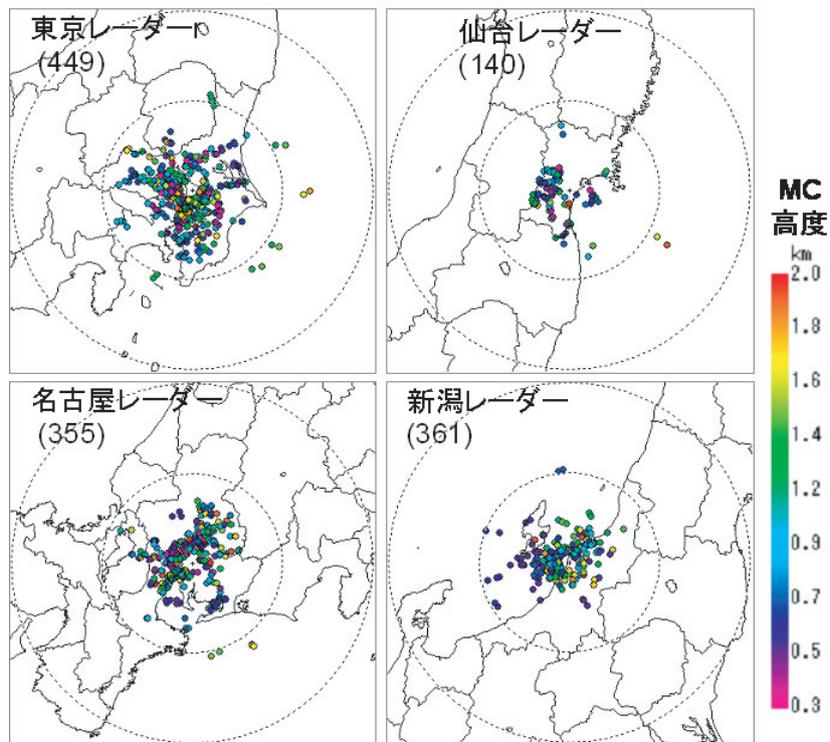
第 4.1.3 図 品質管理実験

成田 DRAW のドップラーレーダーデータ (1996/07/05) を用いた品質管理実験結果。

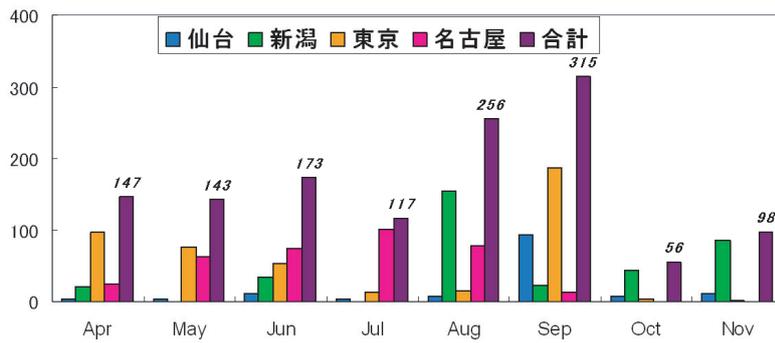


第 4.1.4 図 品質管理の流れ

東京レーダーの 2007 年 4 月～11 月のメソサイクロン検出結果を用いた品質管理の流れとメソサイクロン検出数の変化。



第 4.1.5 図 2007 年 4 月～11 月のメソサイクロン検出結果



第 4.1.6 図 2007 年 4 月～11 月の月別メソサイクロン検出数

e. メソサイクロン検出事例

東京ドップラーレーダーが運用を開始した 2006 年から 2007 年までのレーダー探知範囲内での突風と、メソサイクロン検出状況を第 4.1.7 図に示す。4 件発生した竜巻のうち 3 件についてメソサイクロンを検出している。

このうち、2007 年 9 月 6 日の台風 9 号に伴う竜巻の事例を第 4.1.8 図に示す。また、2006 年 4 月 20 日の寒冷前線による竜巻を第 4.1.9 図に示す。いずれも、ドップラー速度場では渦のパターンが見られ、メソサイクロンが検出されている。

(3) メソサイクロン検出における検討中の事項

a. 一次データ利用による高速化・高解像度化

現在は二次データによりメソサイクロン検出処理を行っている。将来は一次データによる処理を行う計画であり、現在検証を行っているところである。このメリットは処理の高速化が図れることと高分解能化にある。一方、データが精密になるため、データ伝送負荷が上がることと、計算に時間がかかることがデメリットである。今年度の ROPS 改修（機能強化）によりこれらデメリットを克服し、一次データによる処理が実現可能となった。

ア. 処理の高速化

二次データはすべての仰角データがそろってから作成されるため、観測時間から 5～6 分経過後から検出処理を開始している。一次データは、1 仰角観測ごとに作成されるため、随時計算を開始することができ、提供できるタイミングが早くなる（第 4.1.10 図）。

イ. 高分解能化

二次データは距離方向の分解能が 500m である。一次データは 250m の分解能を持っているので、現在よりメソサイクロン検出精度の向上が期待できる（第 4.1.11 図）。

b. 高度制限時のビーム幅考慮

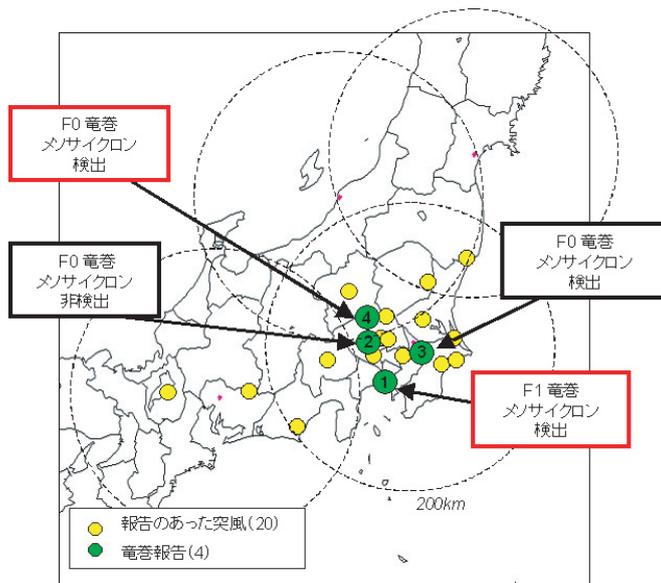
メソサイクロン高度は、ビーム中心の高度を用いて計算している。しかし、レーダービームにはある程度の幅があり、メソサイクロンの高度が高度制限を超えていても、実際にはそれより低い高度にメソサイクロンがある可能性がある（第 4.1.12 図）。ビーム幅を考慮して、制限高度以下かどうかを計算するように処理した事例が第 4.1.13 図である。高度制限により検出されなかった突風発生時のメソサイクロンが検出されるようになった。

c. 無効値マップ

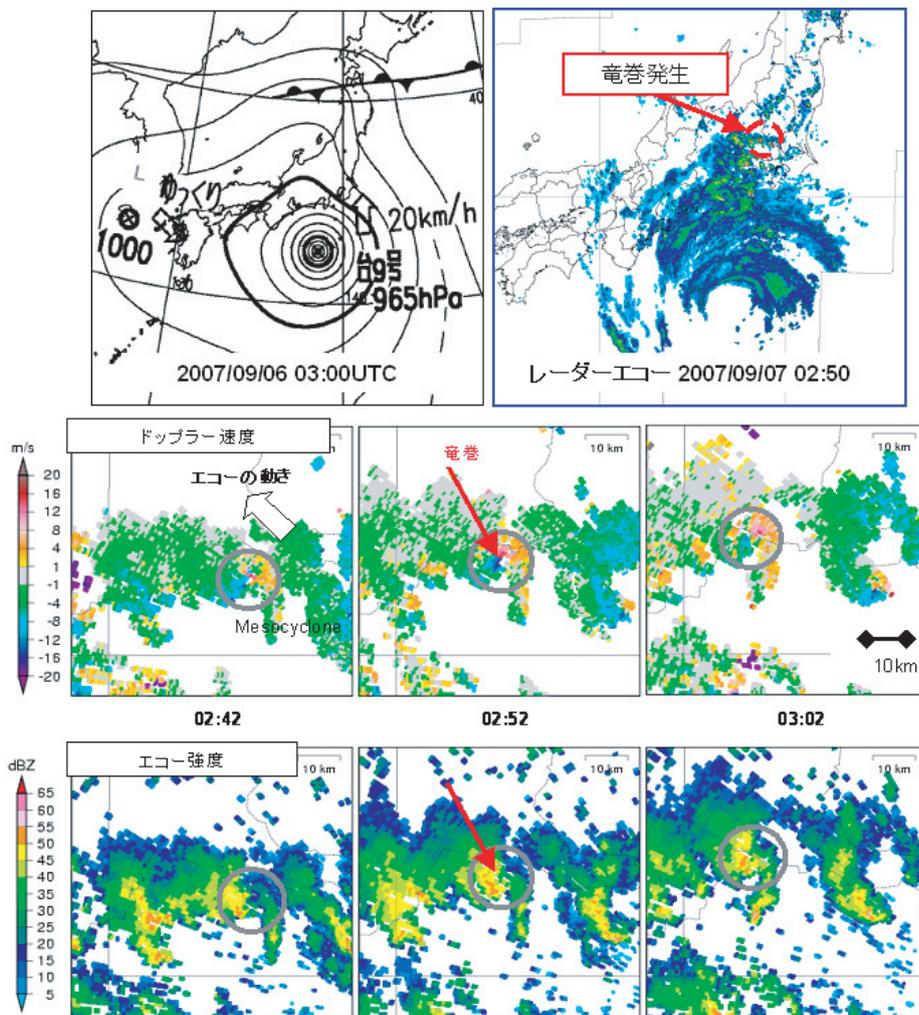
グランドクラッターやビル鏡像などにより、メソサイクロンを誤検出する可能性が高い地域について、その領域のデータを無効とする無効値マップを計画している。なお、ROPS でも無効値マップを作成しているため、状況に応じて対応を検討する。

参 考 文 献

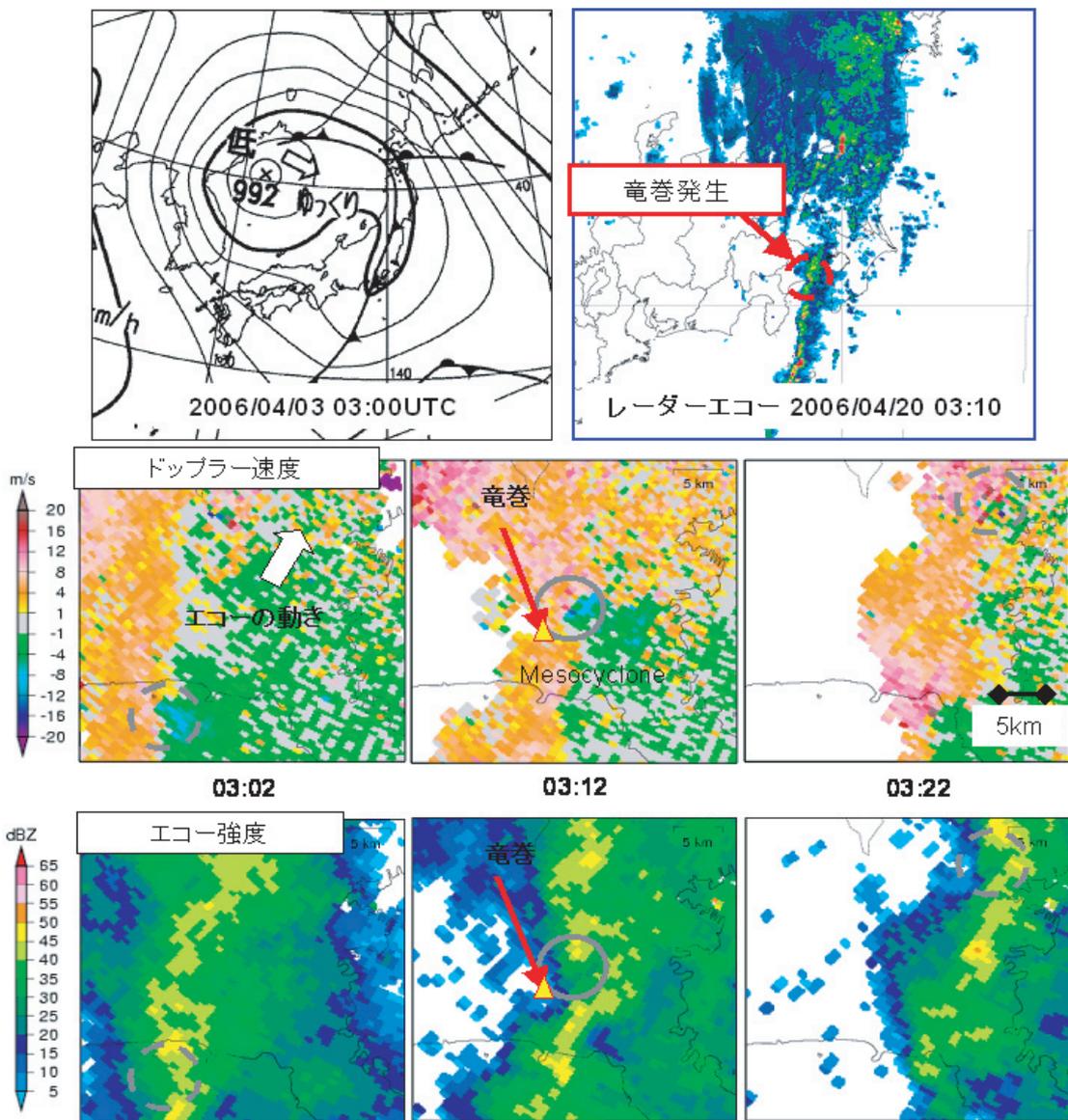
鈴木修・山内洋・中里真久（2006）：メソサイクロン及び局所収束・発散域の検出アルゴリズムの開発。日本気象学会 2006 年秋季大会予稿集。P126.



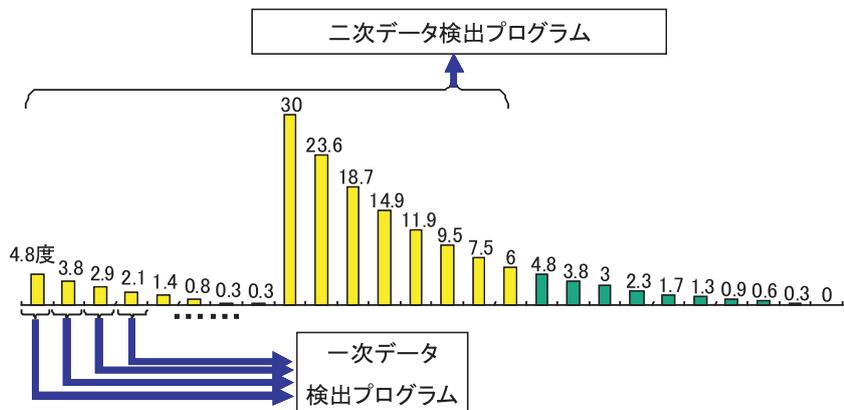
第 4.1.7 図 2006 年 4 月～2007 年 11 月に発生した突風



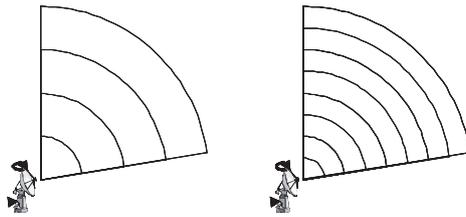
第 4.1.8 図 2007 年 9 月 6 日の台風に伴う竜巻  
矢印の先端に竜巻が発生した。



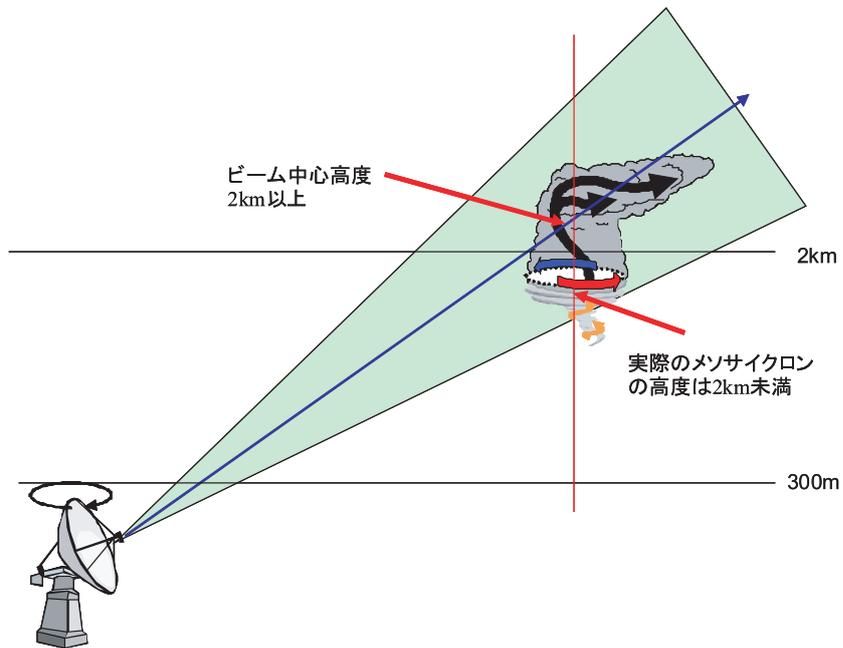
第 4.1.9 図 2006 年 4 月 20 日の寒冷前線に伴う竜巻



第 4.1.10 図 一次データ利用によるメソサイクロン自動検出の高速化

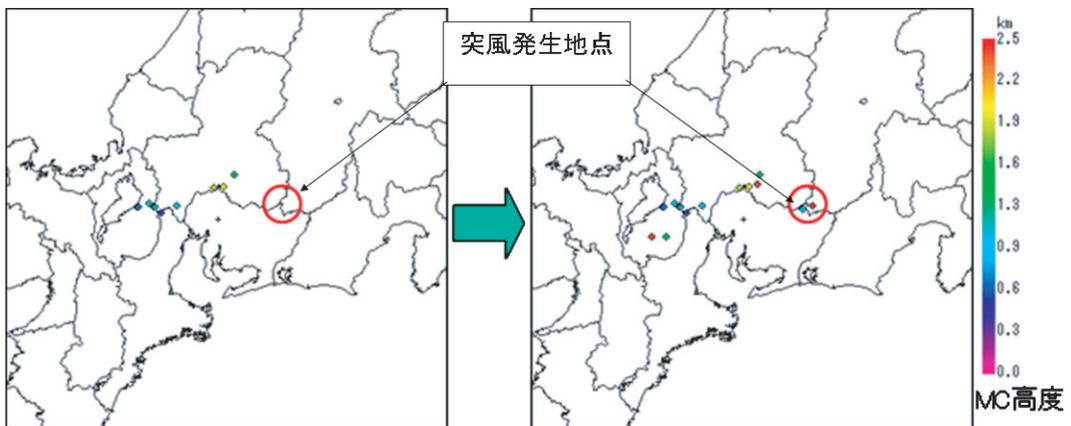


第 4.1.11 図 一次データ利用による高分解能化



第 4.1.12 図 高度制限におけるビーム幅考慮

レーダービーム中心高度を使ってメソサイクロン高度としているが、実際にはビーム中心高度より低いメソサイクロンも検出しているため、ビーム幅分許容することとした。



第 4.1.13 図 ビーム幅考慮によるメソサイクロン増加例

## 4.2 メソサイクロン実態調査<sup>26</sup>

### (1) はじめに

メソサイクロンの実態・特性を知るため、このたび開発されたドップラーレーダーによるメソサイクロン自動検出システムを用いて、過去の竜巻発生事例から統計的に調査を行った。また、現在までの経験に基づき設定されているメソサイクロン自動検出システムの自動品質管理で用いられる各パラメーターを、より最適な閾値に設定することを目的とする。

### (2) 調査対象事例

一般気象レーダーは2006年3月31日の東京レーダーから順次ドップラーレーダーへ更新されている。本調査では、それ以前の1996年から運用している空港気象ドップラーレーダーを用いて調査を行った。

空港気象ドップラーレーダーの距離方向解像度は150mで、一般気象ドップラーレーダーの500m(一次データ250m)より高い。また、観測モードが2種類あり、調査対象事例で多く用いられていた観測モード、すなわちレーダーサイトの周囲に基準以上の降水が観測されたときに行う飛行場モードでは、1ボリュームスキャンに最低仰角0.7度を5回観測している特徴がある。

調査対象とした事例は、1996年から2006年までの竜巻発生事例から各空港気象ドップラーレーダーの探知範囲にあり、竜巻をもたらした親雲に対応したメソサイクロンを追跡可能な15事例である。

メソサイクロン自動検出システムでは、一次検出結果から品質管理用のフラグを利用し、より確からしいメソサイクロンのみを絞り込んだものである。本調査では、高度分布やサイト近傍のデータについても調査するため、渦の性質にかかわる品質管理のみを行い、高度の制限やサイト近傍除去は適用せず、調査の対象とした。

### (3) 調査結果

#### a. 特徴的な事例の紹介

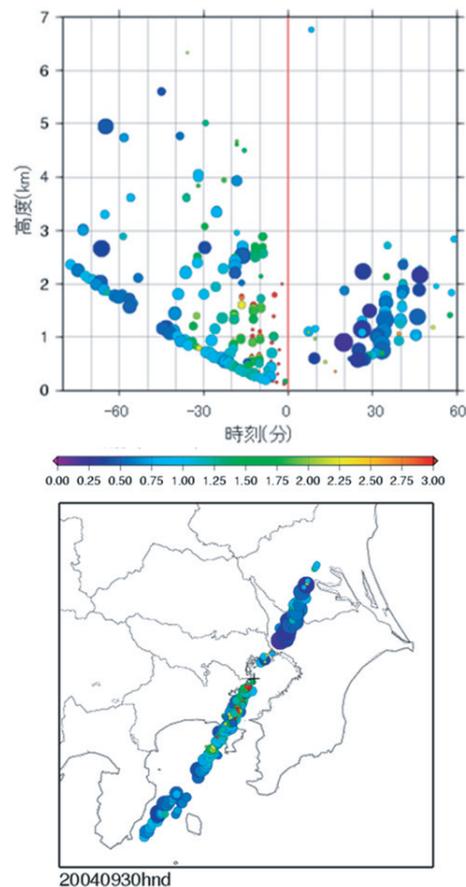
多数検出されたメソサイクロンのうち、竜巻をもたらした親雲に伴うメソサイクロンに注目した。竜巻発生時に被害地域を通過したエコーを追

跡し、それに伴うメソサイクロンを手動で抽出した。特徴的な結果となった2事例を紹介する。

#### ア. 2004年9月30日 東京都羽田空港 F1～F2

メソサイクロンが多数検出された事例として、2004年9月30日に羽田空港で発生したF1～F2の竜巻をとりあげる。

第4.2.1図上図はメソサイクロンを地図上にプロットしたもので、移動経路を示している。同図下は横軸に時間、縦軸に高度をとり、メソサイクロンをプロットしたもので、円の大きさ・色は同図上と同様である。また、時間は竜巻発生時刻を基準に0としている。空港気象ドップラーレーダーでは飛行場モード時、1ボリューム



第4.2.1図 2004年9月30日メソサイクロン分布図  
 (上) 位置プロット図 色は渦度の大きさを示し、円の大きさはメソサイクロンの直径に比例。  
 (下) 時間-高度分布図 被害発生時刻の3時7分を基準の0とする。

<sup>26</sup> 観測部観測システム運用室 河野 沙恵子・坂梨 貴将

ムスキャンに最低仰角 0.7 度を 5 回観測しており、メソサイクロンが最下層に多数検出されているのはこのためである。

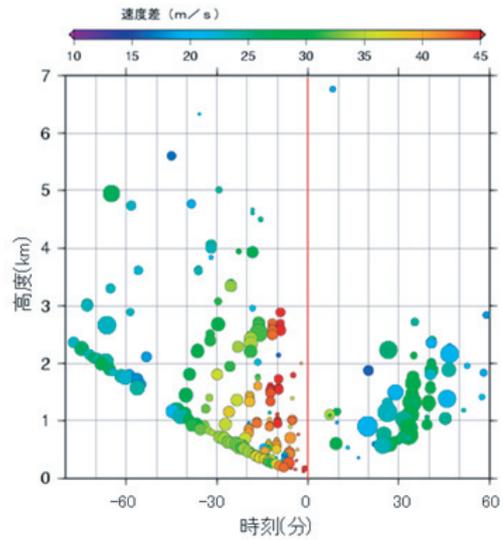
なお、サイトとメソサイクロンの位置関係から最低仰角高度が観測可能な最低高度となる。竜巻発生 - 50 分前後の検出されていない領域は欠測となった時間で、竜巻発生直後にメソサイクロンが検出されていないのは、強エコーのサイト通過による減衰のためと推測される。メソサイクロンは高度 7km まで観測され、竜巻発生直前の 20 分前ころから特に高度 2km 以下で直径が小さく、渦度の強まりが見られる。

第 4.2.2 図は円の色をメソサイクロンのドップラー速度極大値・極小値の差としたものである。渦度の値はメソサイクロンの直径に大きく左右されるため、直径の小さいメソサイクロンのみ渦度に強まりが見られたが、速度差分布では 3km 以下で全体的に速度差が大きくなっていく様子が見られる。

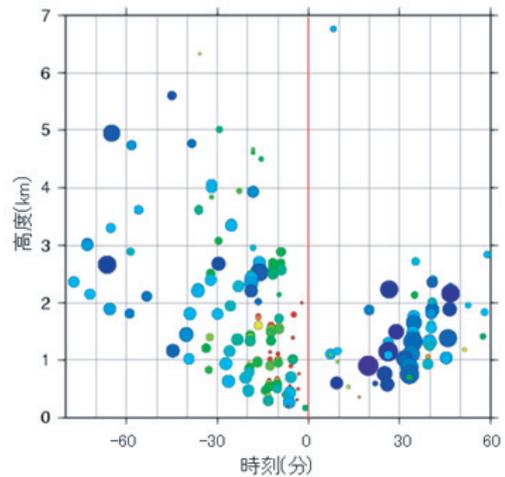
第 4.2.3 図では、観測されたメソサイクロンの高度分布をわかりやすくするため、1 ボリュームスキャンに同じ仰角で複数のメソサイクロンが検出された場合に、最初に検出されたものだけ採用し、1 ボリュームスキャンに各仰角を 1 つのみと制限したものでメソサイクロンの強弱の傾向を見ることができる。渦度分布では半径を考慮しない速度差の値を用いてある。観測回数が多い最低仰角 0.7 度を 1 ボリュームスキャン中 1 つとして間引いたことにより、一般のドップラーレーダーによる自動検出のイメージに近くなる。全データでは、最下層で多く検出されている印象が強かったが、これによるとメソサイクロンが検出されているある高度まではおおむね各仰角で均等に検出されている。

第 4.2.4 図は、同じメソサイクロンを成田空港のドップラーレーダーから検出したものである。羽田空港と同様に竜巻発生時にかけての渦度の強まりがとらえられている。

イ. 2006 年 11 月 22 日 沖縄県東村宮城漁港 F1 に、メソサイクロンがあまり検出されなかった 2006 年 11 月 22 日の沖縄の事例を紹介する (第 4.2.5 図)。メソサイクロンは竜巻発生

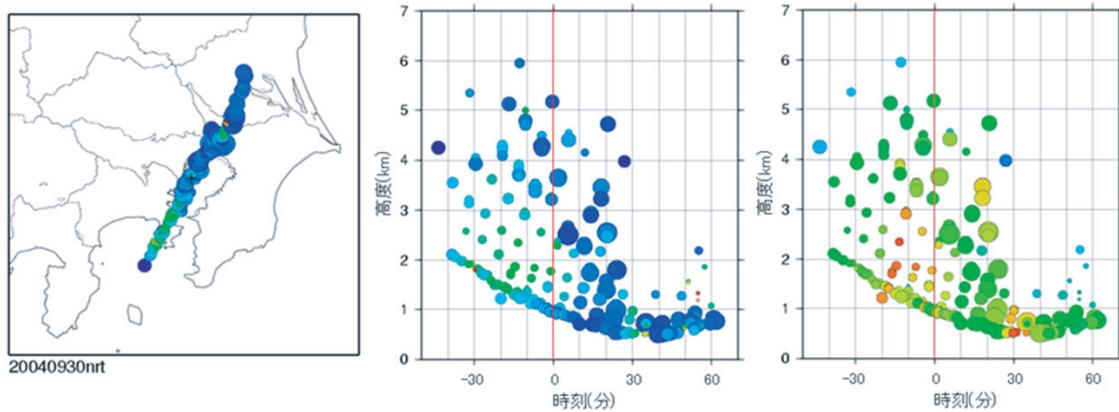


第 4.2.2 図 2004 年 9 月 30 日メソサイクロンの時間-高度分布図  
色はドップラー速度の極大値と極小値の差を示す。



第 4.2.3 図 2004 年 9 月 30 日メソサイクロン渦度・直径の時間-高度分布図  
1 ボリュームスキャン中 1 仰角に制限。

のおよそ 2 時間前から検出され始めたものの、竜巻発生 20 分前ころからは検出されず、発生後に再び検出されている。このように検出された数が少なくなった場合や全体をとって多数検出されなかった場合にも竜巻発生に至ることがある。第 4.2.4 図は、同じメソサイクロンを成田空港のドップラーレーダーから検出したものである。羽田空港と同様に竜巻発生時にかけての渦度の強まりがとらえられている。



第 4.2.4 図 2004 年 9 月 30 日成田 DRAW によるメソサイクロン分布図  
 (左) 渦度・直径の位置プロット図 (中) 渦度・直径の時間-高度分布図 (右) 速度差・直径の時間-高度分布図。

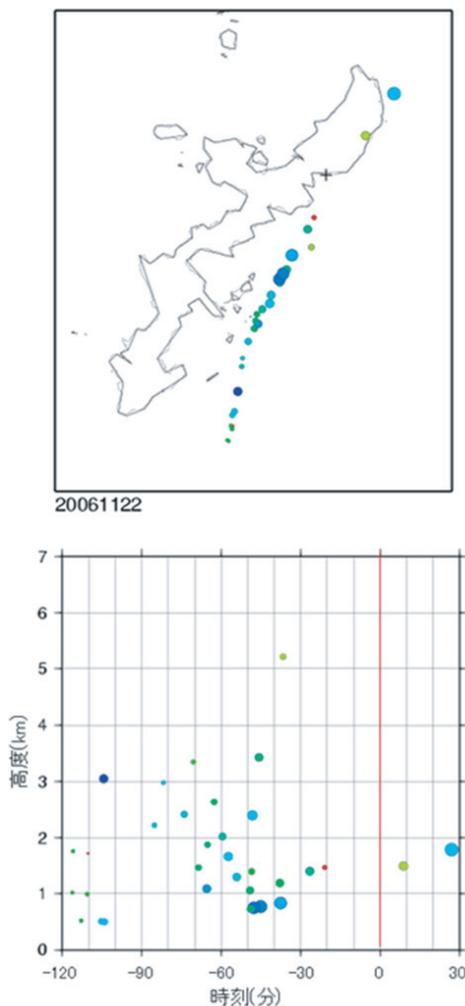
b. 事例の比較

第 4.2.6 図に今回調査したすべての事例についての渦度分布図を示す。竜巻発生時ころ、渦度が大きくなる傾向が見られる。渦度が最も強くなるのは高度 2 ~ 2.5km 以下で、上空だけが強いといった事例はなかった。竜巻の強さ F スケールに注目すると、F2 の竜巻は渦度が強くなっているものの、F1 でも強い事例もある。第 4.2.7 図は同じ事例についての速度差分布図である。被害発生時に大きくなる傾向は渦度分布より顕著に見られるが、竜巻の強度との対応はあまり見られない。

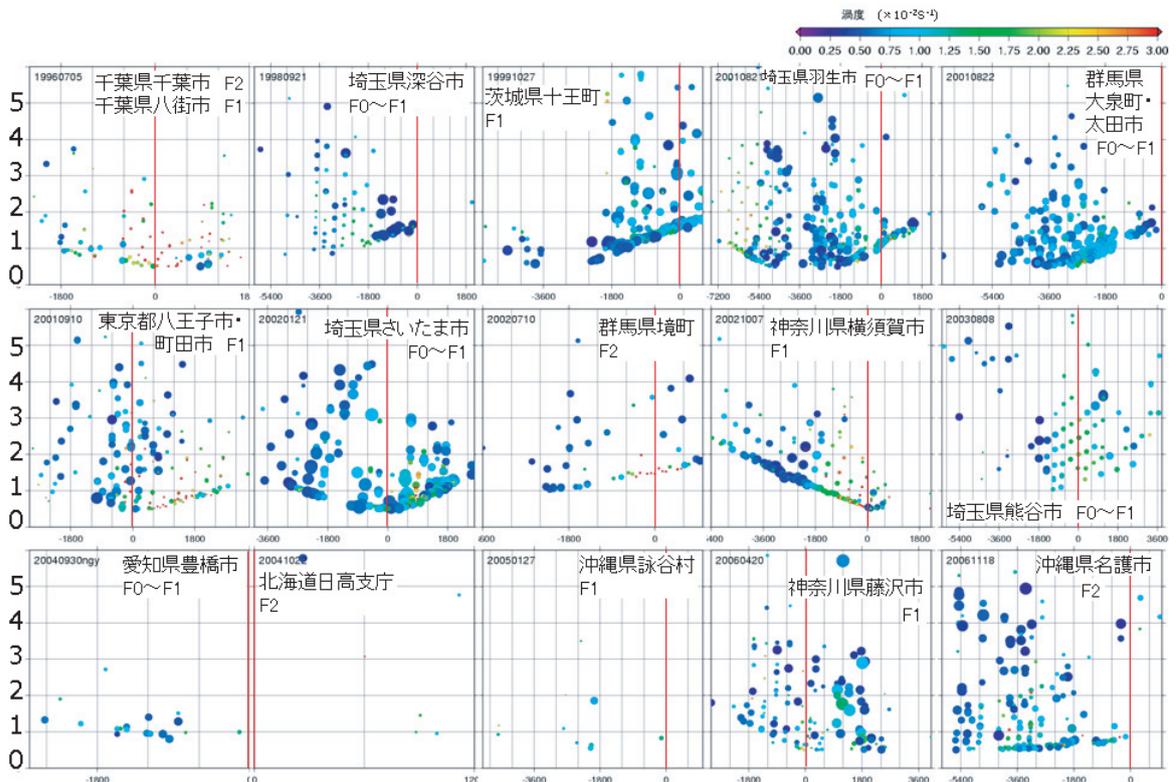
(4) まとめ

メソサイクロンの実態調査から、以下のことがわかった。この調査結果を検出パラメーターの設定の参考とし、より最適なメソサイクロン検出に活用していきたい。

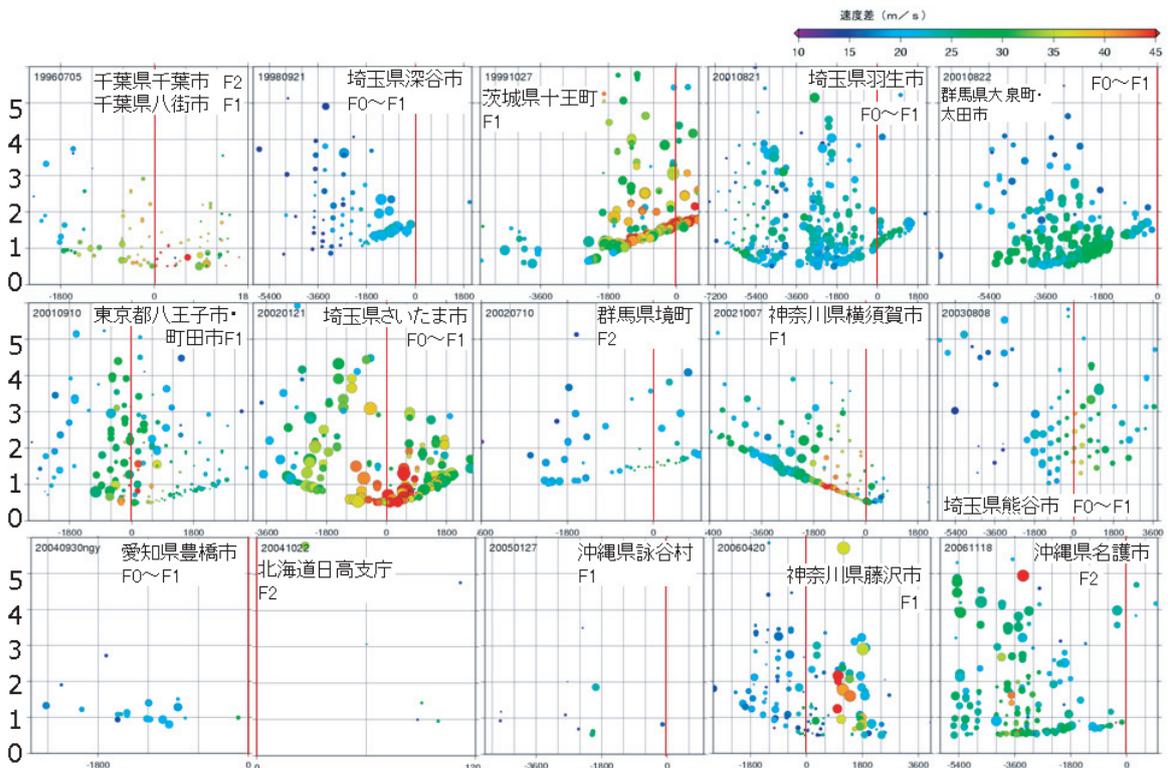
- ・メソサイクロンは連続して検出され、おおむね被害発生前後の高度 2 ~ 2.5km 以下で強い渦、速度差が検出される傾向が見られた。ただし、そうでない事例もあった。
- ・メソサイクロンの直径については、被害発生時ころに小さくなる事例もあったが、事例によってさまざまであった。
- ・メソサイクロンが検出される高度まではおおむね各仰角で検出され、高いもので高度 6km 以上まで検出された。現在、メソサイクロン自動検出は高度 2km までとしているが、それより高い高度でも検出されることがわかった。



第 4.2.5 図 2006 年 11 月 22 日メソサイクロンの渦度・直径分布図  
 (上) の位置プロット図 (下) 時間-高度分布図



第 4.2.6 図 メソサイクロン渦度・直径の時間-高度分布図  
被害発生時刻を基準の 0 とする.



第 4.2.7 図 メソサイクロン速度差・直径の時間-高度分布図  
被害発生時刻を基準の 0 とする.

## 5. レーダー気象観測に関する技術開発動向

### —レーダーエコーシミュレータの開発—<sup>27</sup>

#### (1) はじめに

平成17年度より運用を開始した気象レーダー観測処理システム (ROPS) の整備に伴いレーダーの1kmメッシュ三次元データの利用が可能となった。これに合わせて気象レーダーデータ共有装置 (RISS) が整備され、レーダーデータ解析監視システム (RaDAMoS) によって豪雨に対する実況監視システムが提供されている。

これらのシステムを有効に活用するためにはレーダーデータをもとに、実際に起こっている降水現象を適切に解釈することが必要である。また、レーダーデータの品質に関して、これまでの経験的な作業をより客観的に行う手段が求められている。これらのために、数値予報モデルの出力結果からレーダーエコーをシミュレートするツール「レーダーエコーシミュレータ」の開発を行っている。これによって、ドップラー速度を含むレーダーエコーを数値予報モデルが出力する各種の物理量と結びつけて解釈することができるようになる。

#### (2) 利用した数値予報モデル及び計算機システム

利用した数値予報モデルは気象庁非静力学モデル (JMANHM) である。このモデルには詳細な雲物理過程が組み込まれており、予報変数として水蒸気 (QV)、雲水 (QC)、雲氷 (QCI)、雨 (QR)、雪 (QS)、霰/雹 (QG) の6種類の変数を予測している。このうち落下速度を持つ成分である、雨、雪、霰/雹を利用してレーダー反射因子を求めることができる。

また、予測実験で利用した計算機は防災情報モデル開発システム (本庁ミニスーパー) である。

#### (3) レーダーエコーシミュレータの概要

数値予報モデルの結果を使ってレーダーエコーを計算するためには次の2つのことを行わなければならない。

- ・電波の伝搬経路 (以下ビームパス) の計算
- ・レーダー反射因子、ドップラー速度の計算

このそれぞれについて以下で簡単に説明する。

<sup>27</sup> 観測部観測システム運用室 大森 志郎

#### a. ビームパスの計算

レーダーサイトの空中線装置から発射された電波は大気中を進むときにさまざまな要因によって屈折・散乱・消失する。ビームパスの計算で重要になるのは大気による電波の屈折である。レーダーエコーシミュレータではJMANHMで予測した、気温・気圧・水蒸気量を利用して大気の屈折率を計算し、ビームパスを求める。また、これとは別に標準大気の屈折率を用いてビームパスを計算する簡易版も利用可能である。

#### b. レーダー反射因子の計算

JMANHMでは湿潤過程の予測変数として6種類の変数を予測しているが、雲水・雲氷のように粒径半径が小さい粒子ではCバンド帯 (波長3.8~7.5cm) のマイクロ波の後方散乱は無視できるとみなされる。また、水蒸気による電波の減衰も無視することができるため、レーダーエコーシミュレータでは考慮していない。そのため、レーダー反射因子を求めるために使うのは、雨、雪、霰/雹の3種類の変数である。

散乱過程にはレーリー散乱を仮定している。また、雪、霰/雹の2種類の変数については同質量の水球に変換して計算しており、氷と水の誘電率の違いを考慮した上でレーダー反射因子を計算している。

#### c. ドップラー速度の計算

JMANHMでは風の3次元成分 (東西成分、南北成分、鉛直成分) を予測している。レーダーエコーシミュレータでは、与えられたレーダーサイトの位置から風の動径方向の成分を計算することでドップラー速度を計算する。

JMANHMでは格子点値 (GPV) として風を予測しているため、レーダーエコーシミュレータでは、エコーの有無にかかわらずドップラー速度を求めることができる。

#### (4) 実験

##### a. 実験設定

実験を行った領域は第5.1図に示すとおりである。JMANHMの水平解像度は5kmで、東西200格子、南北200格子の領域である。予測領域の違い以外は数値予報ルーチンで運用されている

MSM と同様のパラメータ設定，初期値・境界値で実験した。

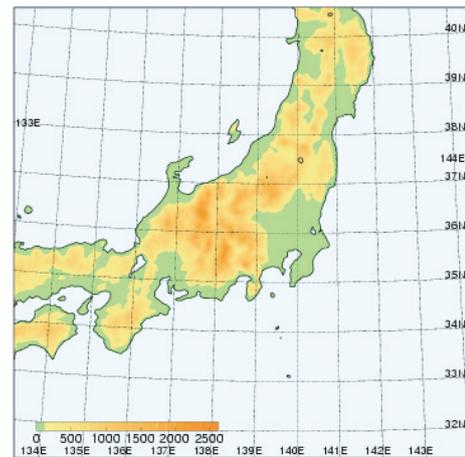
なお，予測実験の初期値は2007年9月6日21時（日本時間，以下 JST）である．駿河湾付近に台風9号があり，北に向けて進行していた（第5.2図）。

b. 実験結果

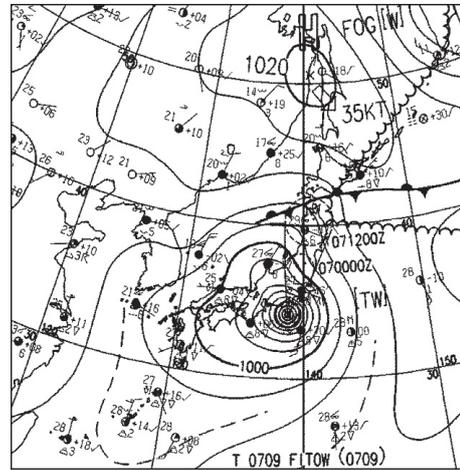
JMANHM の3時間予報の前3時間積算降水量と，解析雨量の3時間積算を比較すると（第5.3図），JMANHM ではおおむね観測と一致するような降水量を再現した。

次に，この予測結果を元にしてシミュレートしたレーダーエコーの結果を示す。

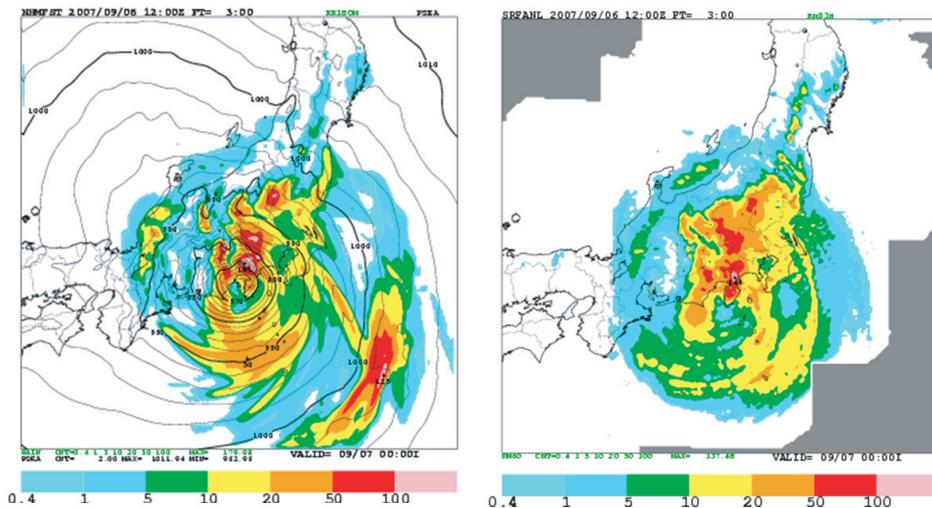
第5.4図に示すように東京レーダーの第7仰角の結果は強度・分布共におおむね観測のエコーと一致している．また，ドップラー速度（第5.5図）で見ても，速度場のパターンは観測とよく一致している．なお，第5.5図に示す速度場は，降水エコーの有無にかかわらずドップラー速度を計算したものであるため，観測に比べてエコーが広がる結果になっているが，観測でエコーが見られるところで観測とシミュレーションを比較するとドップラー速度は良く一致していることがわかる．また，秩父山地・奥多摩地方と日光付近でエコーの抜けているところが見られるが，これは地形とビームが交錯しているためエコーを計算できなかった領域



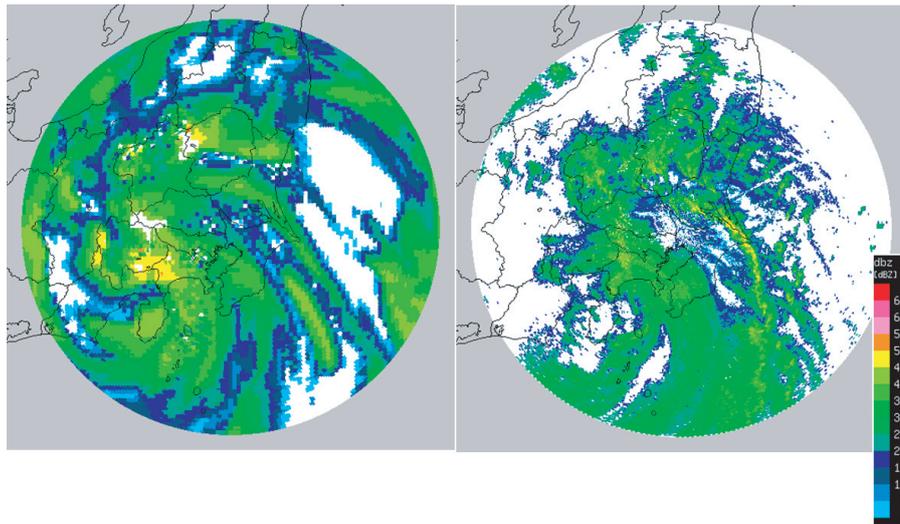
第5.1図 計算領域と地形



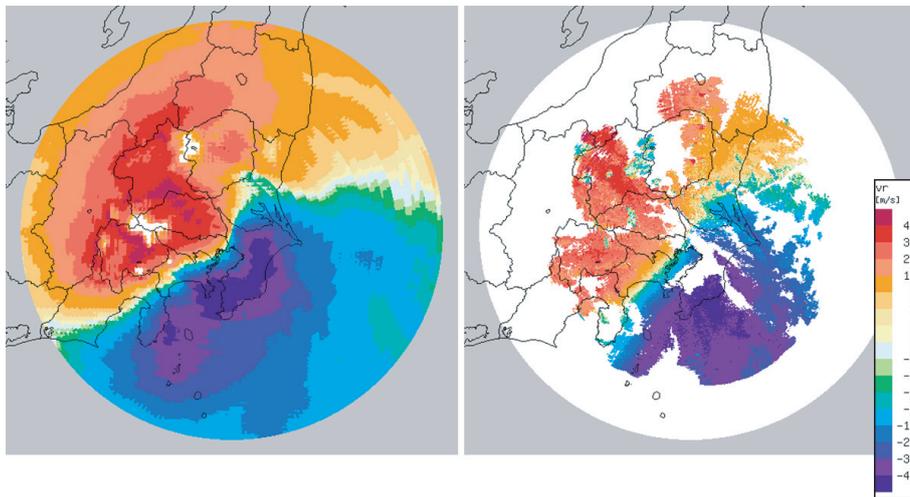
第5.2図 2007年9月6日21時（JST）の地上天気図



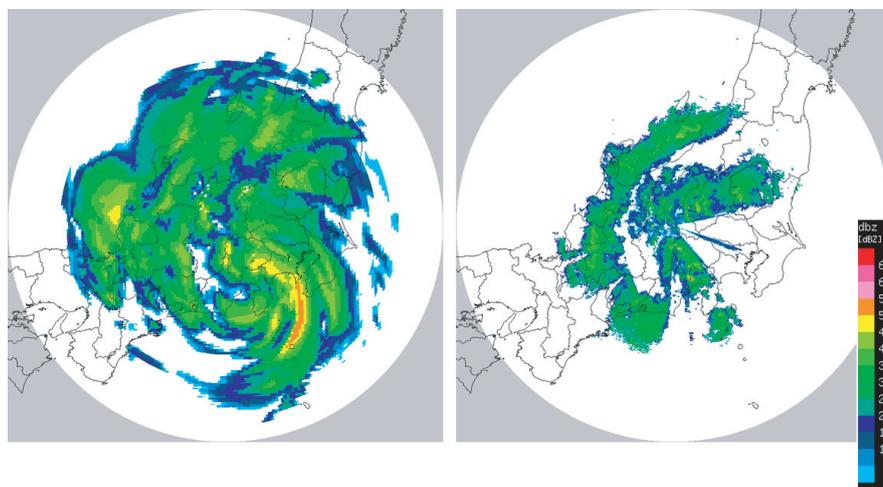
第5.3図 2007年9月6日21時（JST）初期値 JMANHM の3時間予報の前3時間積算降水量（左，黒線は海面更正気圧）と同日21時から24時の解析雨量の3時間積算（右）



第 5.4 図 東京レーダーの第 7 仰角(0.3°)のシミュレーション結果(左)と観測(右)ただしレーダー反射強度.



第 5.5 図 第 5.4 図と同じ ただし、ドップラー速度  
白丸はレーダーエコーの抜けている場所を示す.



第 5.6 図 第 5.4 図と同じ ただし、長野レーダーの第 14 仰角 (0.7°)

である。

ただ、サイトによっては観測と一致する結果が得られなかった場所もある。第5.6図に示すのは長野レーダーの第14仰角(0.7°)のシミュレーション結果と観測結果である。観測ではレーダーサイトの南東方向にビームカットありエコーが抜けているのに対してシミュレーション結果ではエコーが表現されている。現在のレーダーエコーシミュレータでは直線状のビームを仮定しており、地形とレーダービームが交錯する場合にはビームは地中を進んで、地形の向こう側のエコーも見えるような設定になっているため、このような現象が起こる。第5.6図の結果についても観測でエコーが見られる地域のエコー強度についてはおおむねよくシミュレートできているため、今後ビーム幅を考慮し、ビームカットを再現できるようにシミュレータを改善することが課題である。

#### (5) まとめ

レーダー三次元データから作成したレーダーエコー指数などの指数から、効率的に現象を解釈できるようにすることを目的として、レーダーエコーシミュレータを作成している。レーダーエコーシミュレータでは数値予報モデルの結果からレーダーエコーをシミュレートするため、エコーと現象の解釈を結びつけることが容易なためである。

台風の事例について予測実験を行い、レーダーエコーをシミュレートしたところ、レーダー反射因子・ドップラー速度共に、おおむね実際の観測と一致するような結果が得られた。ただ、ビームカットの表現などにまだ課題が残されており、今後改善していく必要がある。

また、数値予報モデルの結果からレーダーエコーをシミュレートしているため、グランドクラッタや異常伝搬などのレーダーデータの自動品質管理に活用する方策を検討する。

## 6. おわりに<sup>28</sup>

平成20年1月24,25日に本庁で開催された平成19年度観測データ高度利用技術担当者会議においては、各管区・沖縄気象台・本庁の観測・予報担当者が参加し、各種の報告が行われ、それにかかわる議論が活発に取り交わされた。本報告の最後に、それらをまとめるとともに、今後に取り組まなくてはならない課題を整理した。

### ○レーダーデータの品質管理の強化

- ・地方の調査・報告によって、地形エコーの発生の現状・その要因、解析雨量への影響が理解された。

- ・本庁からの報告によって、レーダー観測・解析雨量における品質管理手法について共通認識を得た。

- ・本庁においては、レーダー観測・解析雨量作成の流れの中で、データ品質管理のさらなる改良を進めるとともに、気象研究所の協力を得て、地形エコー発生要因を技術的・理論的に調査する。

- ・地方においては、レーダー資料・解析雨量の品質管理について手法・特性や管内の発生状況を十分理解したうえで、観測・予報業務においてそれら資料を利用するとともに、新たな地形エコーの発生地点に注意し、発生時には本庁に通知する。

- ・本庁においては、レーダー観測における観測者によるデータ品質管理(HQC)について、手法や品質管理結果の提供についての技術的マニュアルをとりまとめ、使用するとともに地方にも提供し、HQCの共通化を図る。

### ○新しいレーダー観測資料の実利用

- ・地方での不安定性降水に関する降水セルの調査によって、750個の降水セルについて、その盛衰におけるレーダーエコー指数の変化に関する貴重なデータセットが得られた。

- ・本庁では、このデータセットを用いて、レーダーエコー指数の統計的解析を行い、その基本的な性質や振舞いを理解した。

- ・地方からは、このデータセットを用いて、降水監視・注警報発表への利用についての具体的

<sup>28</sup> 観測システム運用室長 石原 正仁

な検討結果が報告された。

- ・本庁から、新たな指数の作成・提供システムの改良結果を報告した。また、数値予報資料を用いた擬似エコー作成ツールなどの開発などを紹介した。

- ・本庁は地方と協力して、新しいレーダー観測資料を活用して降水監視・注警報発表を支援・強化するための実用的手法を確立していく。また、衛星などその他の観測資料・数値予報資料も統合し、より効率的に予報作業を行うためのデータ提供システムについて、既存提供システムの改良、新たな提供システムの検討を観測・予報・地方が協力して進める。

○メソサイクロン検出に係る技術情報共有

- ・メソサイクロン検出技術・検出状況、竜巻についての国際動向について共通認識を得た。
- ・平成20年3月の「竜巻注意情報」発表を前に、本庁においてはこれまでの慣熟運用等の結果をもとに、メソサイクロン検出について最適化を進める。

○最新の観測技術動向

- ・気象研究所、本庁からGPS可降水量の実用化について報告した。本庁からウィンドプロファイラによるヘリシティの調査を報告した。
- ・本庁においては、気象観測に関して最新の科学・技術動向を把握し、それらの業務への導入、地方への情報提供を図る。
- ・地方には、観測技術に関する現状の問題・課題、改良要望を本庁に随時お知らせいただきたい。
- ・気象研究所には、今後も関連分野の先端的・実用的研究開発、最新情報の提供をお願いする。

○おわりに

- ・本会議の地方出席者には、本会議の議論の成果を管内で共有し、今後の業務改善に役立てていただきたい。
- ・本庁においては、本会議の成果を生かし、観測・予報がより密接に連携し、観測データ利用の高度化を図る。

最後に、本会議の開催にあたって準備段階から統計解析や会議資料作成をお願いした各管区・沖縄気象台の担当者、会議の計画・準備・会議資料の作成にあたった観測部の担当者、関連する予報

部・気象研究所の担当者、さらに会場設営にはじまる会議運営全般に携わった観測システム運用室の職員に感謝いたします。

## 付 録

平成 19 年度 観測データ高度利用技術担当者会議 開催日時・場所・出席者

日 時：平成 20 年 1 月 24 日（木）13 時 05 分～17 時 35 分  
 平成 20 年 1 月 25 日（金）9 時 40 分～12 時 00 分

場 所：気象庁大会議室（5 階）

## 出席者：

地方	札幌管区気象台	観測課	技術専門官	津田 幸一
		予報課	予報官	柴田 誠司
	仙台管区気象台	観測課	技術専門官	柴田 和彦
		予報課	予報官	足立 勇士
	東京管区気象台	技術課	主任技術専門官	安田 操
	新潟地方気象台	観測予報課	予報官	小林 弘徳
	大阪管区気象台	観測課	主任技術専門官	谷永 守
		予報課	予報官	鎌倉 和夫
	福岡管区気象台	観測課	技術専門官	菅原 寛史
		予報課	予報官	林 洋一
	沖縄気象台	観測課	技術専門官	新垣 秀治
		予報課	予報官	上江洲 司
本庁	観測部長			佐藤 信夫
	観測部 計画課長			佐々木 秀行
	観測課長			迫田 優一
	情報管理室長			中山 博義
	航空気象観測室長			木俣 昌久
	統計室長			下道 正則
	観測システム運用室長			石原 正仁
	予報部 予報課 予報第一班長			松本 積
	及び各部関係官			

## 施設等機関

気象研究所	予報研究部 第二研究室	主任研究官	小司 禎教
	気象衛星・観測システム研究部	第二研究室長	鈴木 修
	気象衛星・観測システム研究部	第二研究室 研究官	山内 洋
	気象衛星・観測システム研究部	第二研究室 研究官	猪上 華子
	気象衛星・観測システム研究部	第四研究室 主任研究官	中里 真久
	企画室	課長補佐	中辻 剛
気象大学校	教授		深堀 正志

会議運営：観測部観測課観測システム運用室

司会 同室課長補佐

小林 俊彦

## 議 事

### 1. 会議趣旨説明

### 2. レーダーデータの品質管理の強化

#### 2.1 趣旨説明

レーダーデータの品質管理については、新しい地形エコー除去方式の採用による自動品質管理(AQC)、クラッタマップの適用による品質管理(AQC)、及び現業(観測者)による品質管理(HQC)を実施している。しかし、なお地形エコーの消え残りにより解析雨量、レーダーエコー合成図に過大値として表現されることがある。このような状況を総合的に調査し、その結果をもとに今後の品質管理向上に向けた検討、注警報作業におけるレーダー資料の利用の注意点等を検討する。

#### 2.2 本庁における品質管理の現状

- ・レーダー気象観測における品質管理手法について 観測部観測システム運用室
- ・解析雨量における品質管理手法について 予報部予報課

#### 2.3 調査報告

##### 2.3.1 地形エコーの出現状況調査の報告

- ・地形エコーの出現状況調査の報告 東京管区气象台・札幌管区气象台

##### 2.3.2 注警報作業における地形エコーの影響調査の報告

- ・注警報作業における地形エコーの影響調査の報告 仙台管区气象台
- ・平成19年7月16日から17日にかけての大阪府南部と奈良県北部における短時間強雨時の解析雨量について 大阪管区气象台
- ・風力発電所施設による非降水エコー事例の報告 新潟地方气象台

#### 2.4 討論

2.2, 2.3 の報告をもとに問題点と課題を議論し、今後の品質管理向上に向けた検討、注警報作業におけるデータ利用の注意点等を検討する。

### 3 新しいレーダー観測資料の実利用

#### 3.1 趣旨説明及びレーダーエコー指数に関する統計調査

##### 3.1.1 趣旨説明

- ・平成18年度本会議の検討結果を踏まえた今年度の調査の実施について説明する。

##### 3.1.2 各管区等の調査をもとにした統計解析結果

- ・各管区等の調査をもとにした統計解析結果から得られたレーダーエコー指数の特徴や利用法を説明する。

##### 3.1.3 各管区等からの調査報告

- ・レーダーエコー指数に関する統計的調査及び降水監視手順 福岡管区气象台
- ・降水セルに対応したレーダーエコー指数調査の報告 沖縄气象台

- ・レーダーエコー指数による雹の判別 観測部観測システム運用室
- 3.2 提供システム（RISS・RaDAMoS）に対する改善要望について
  - ・各管区等からの要望のまとめ
  - ・新たに作成したレーダーエコー指数の概要  
今回、新たに作成したレーダーエコー指数（dvh, maxh 等）について、具体的な事例を交えてその概要を紹介する。
- 3.3 討論
  - ・レーダーエコー指数の性質について共通認識を持つとともに、注警報作業における実況監視支援資料としての実利用のあり方を議論する。
- 3.4 提供システム（RISS・RaDAMoS）の機能改善の紹介
  - ・各管区等からの要望も含めた提供システム（RISS・RaDAMoS）の新たな機能の改善点を紹介する。
- 3.5 新プロダクトの開発状況報告
  - ・新プロダクト（上空エコー監視, 発雷監視, レーダーシミュレーター）の開発状況について報告する。
- 3.6 まとめ
  
- 4. メソサイクロン検出に係る技術情報共有
  - 4.1 メソサイクロン自動検出に係る技術情報
    - ・メソサイクロン検出技術の開発 気象研究所
    - ・メソサイクロン自動検出システムとメソサイクロン検出の現状 観測部観測システム運用室
    - ・メソサイクロン検出事例の紹介 観測部観測システム運用室
  - 4.2 メソサイクロン自動検出に関する情報共有（質疑・討論）  
質疑討論によりメソサイクロン検出にかかる技術的理解を深める。
  - 4.3 話題提供
    - ・メソサイクロン実態調査の紹介 観測部観測システム運用室
    - ・「竜巻突風に関する専門家会合」及び「竜巻突風に関する国際シンポジウム」  
報告 気象研究所
    - ・ウィンドプロファイラによるヘリシティの調査報告 観測部観測システム運用室
  
- 5. 最新の観測技術動向
  - ・GPS を用いたリモートセンシング技術の動向 気象研究所
  - ・GPS 可降水量のリアルタイム算出について 観測部観測課

講評

閉会