

月例会「レーダー気象」の報告

はじめに

1988年12月20日に行った月例会「レーダー気象」の要旨を報告する。今回の月例会では、はじめにレーダーを用いた風の場の測定技術に関して3題、すなわち、気象庁の空港気象レーダーで用いられている擾乱度、国立防災科学技術センターのドップラーレーダー、気象研究所のウィンドプロファイラーについての話題提供があった。ウィンドプロファイラーは、対流圏の風を連続的に観測できるので、今後の観測成果を期待したい。

次に、気象衛星データによる降水強度の見積りについての発表があった。レーダーと衛星を結びつけた研究は、日本ではあまり進んでおらず、今後の期待される。

最後に、解析手法として、レーダーエコーセルを半自動で追跡するプログラムについての紹介があった。レーダーエコーの移動や、発達を客観的に解析する方法として注目される。この月例会は、この回から毎年開催にした。今後は、レーダー気象全般の他、レーダーで観測される現象のシミュレーションをはじめ関連分野の話題もとりあげていきたいと考えているので、ふるって参加し

ていただきたい。

田畑 明, 榊原 均 (気象庁気象研究所)

1. ドップラーレーダーと擾乱度エコーの比較

大塚仁大 (気象庁新東京航空地方気象台)

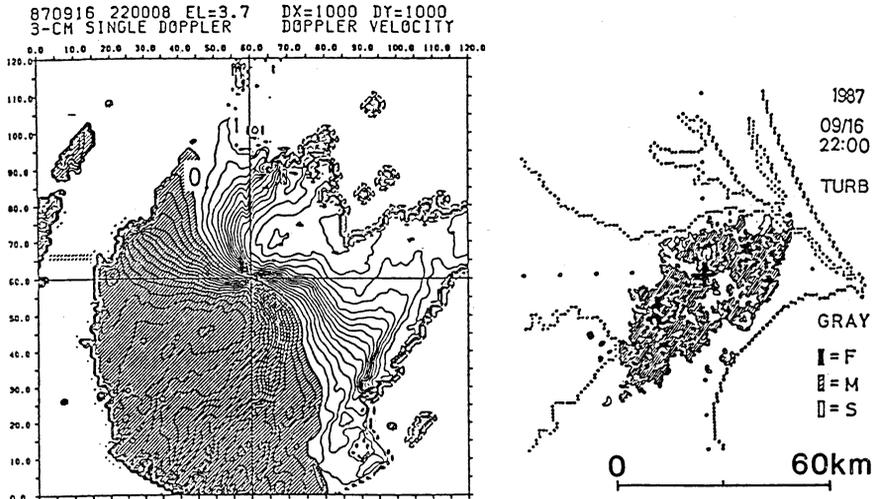
1.1 はじめに

成田空港において空港気象レーダーとドップラーレーダーの共同観測が1987年7月~10月に行われた。空港気象レーダーはドップラー速度の分散を検出でき、この情報を気象庁では擾乱度と呼んでいる(志崎, 1980)。航空機に対する情報として重要な意味をもつ擾乱度の特性を調べるために、今回の共同観測期間に集められたデータから、擾乱度エコーとドップラーレーダーの比較調査を行った。

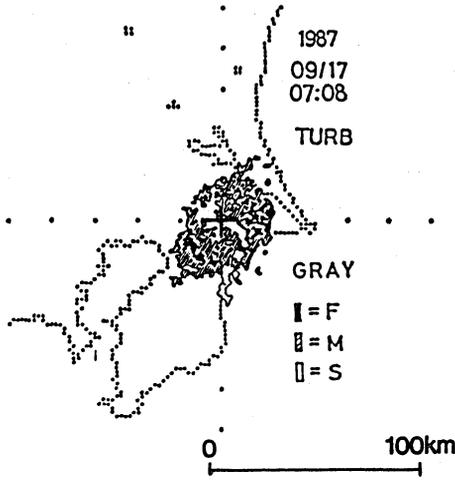
1.2 事例

I 1987年9月16日

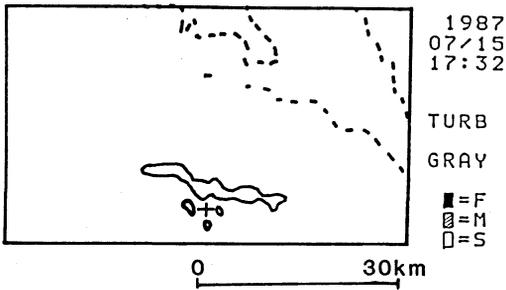
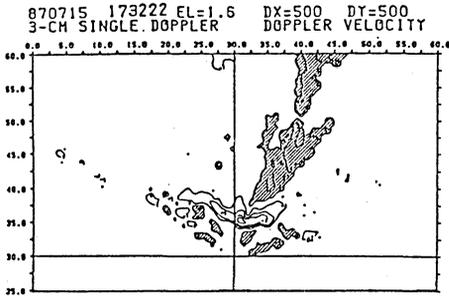
台風13号の接近に伴い M (MODERATE) から W (WEAK) 域の降水エコーに覆われた。この時、擾乱度エコーの S (SLOW) 域と、ドップラーレーダーの0線



第1図 1987年9月16日22時00分に成田空港で観測された、ドップラー速度分布(仰角3.7°)と、擾乱度エコーの分布(仰角1.5°)。左図の縦線横線の交点がドップラーレーダーの位置で、右図の十字は空港気象レーダーの位置を示す。ドップラー速度分布の0は、ドップラー速度の0線を示す。



第2図 1987年9月17日7時8分の擾乱度エコーの分布.



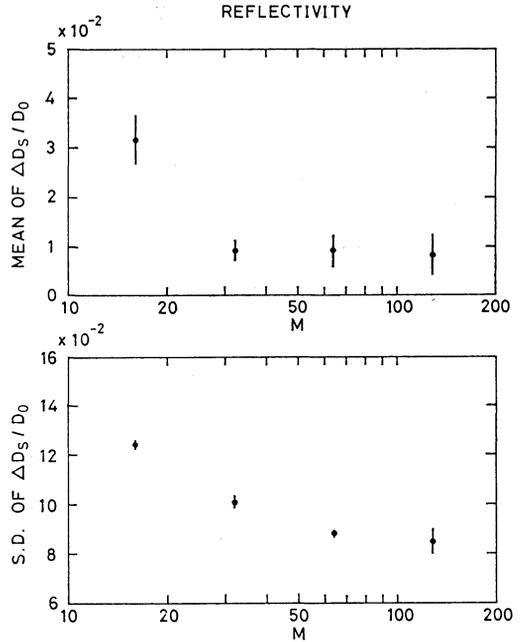
第3図 図1と同じ。ただし、1987年7月15日17時32分。ドップラー速度の等値線は、 1ms^{-1} 毎。正のドップラー速度域に陰をつけた。

が対応よく現われた(第1図)。レーダーのビームに直交する方向の風の成分を測れないために、両者が同じようなゆるやかなS字状の分布となったのである。

II 1987年9月17日

前日と同様に広く弱い降水エコーで覆われている。空

1989年6月



第4図 レーダー反射強度 (reflectivity) に及ぼす空中線スキャン速度の影響。Mは平均化のために用いたパルス数でスキャン速度が、15, 6, 3, 2rpm のとき $M=16, 32, 64, 128$ である。D₀は $M=256$ (1rpm) のときの reflectivity, ΔD_S はスキャン速度を上げた時の D₀ からの差である。

港気象レーダーの目標体積内の鉛直シアをドップラーレーダーのデータで調べると南西に $\sim 2.3 \times 10^{-2} \text{S}^{-1}$ であった。このように層状性のエコーで鉛直シアが比較的大きい場合には、擾乱度エコーは M (MODERATE)・F (FAST) 域が空港を中心にしてシアベクトルの方向に対称的に出現する(第2図)。

III 1987年7月15日

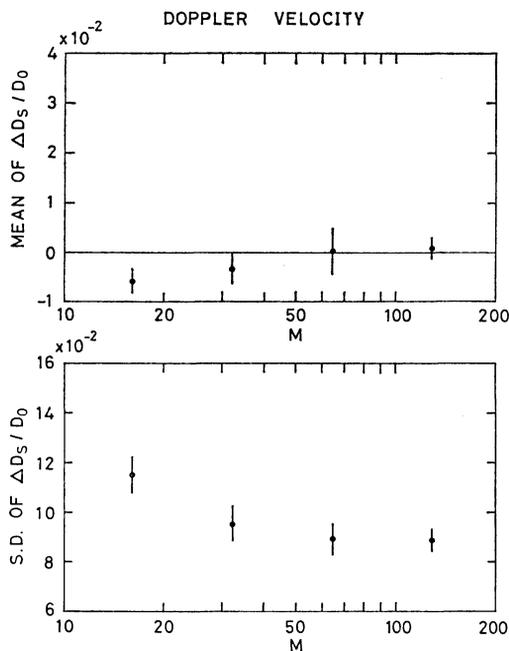
関東北部で発生した積乱雲に伴うガストフロントが空港を北から南に通過した時に、擾乱度エコーとドップラーレーダーでその存在を捕えることができた(第3図)。

1.3 あとがき

今回の比較調査ではデータが多くなかったため、擾乱度エコーを利用するための基礎資料をつくるまでにはいたらなかった。このため、今年度と来年行われる予定の共同観測の資料からより多くの解析を行う必要がある。

参考文献

志崎大策, 1980: 空港用じょ乱度レーダー, 気象研究ノート, 39, 62-67.



第5図 ドップラー速度に及ぼす空中線スキャン速度の影響。 D_0 は $M=256$ の時のドップラー速度、 ΔD_s はスキャン速度を上げた時の D_0 からの差である。

2. 国立防災科学技術センターのドップラーレーダーの試験運用

八木鶴平・真木雅之・中井専人
(科学技術庁国立防災科学技術センター)

近年、日本でもいくつかの研究機関が気象用ドップラーレーダーを導入し研究を進めている。国立防災科学技術センターでは1988年3月に、地吹雪現象や地吹雪をもたらす降雪雲の構造あるいは集中豪雨をもたらす激しい対流性の降雨機構を解明するためのドップラーレーダーを開発し試験運用を行ってきた。本ドップラーレーダーの主な特徴として次の点が挙げられる。

- 1) 様々な空中線のスキャンモードを有し、それらはコンピューターにより制御される。
- 2) 高速のスキャンスピード(最大 15 rpm)で観測可能。
- 3) reflectivity, Doppler velocity, spectrum width を同時にオンライン表示。
- 4) 可搬型。

電波の散乱体である降水粒子は不規則に変動しているために、意味のある信号を得るためには目標体積内で平

均化の操作が必要である。空中線の高速回転はその信号の平均化の際のパルス数の減少をもたらすが、その影響について調べた結果は次の通りである。

(1) reflectivity はスキャン速度が 15 rpm ($M=16$) になるとその平均値は 1 rpm ($M=256$) のときに比べて約 3%ではあるが大きく見積られ、また誤差の分布のばらつき(分散)も大きくなる(第4図)。

(2) Doppler velocity は平均値については空中線の高速化によってバイアスされることはないが、誤差の分散は大きくなる傾向がある(第5図)。

今後、このような特性を理解した上で観測を行う必要がある。寿命が短く時間的な変化が激しい大気現象を観測する場合、その現象が著しく変化しないうちにデータを取得しなければならない。様々な空中線スキャンモードを有し、高速スキャンが可能な本レーダーによる観測はこのような定常性の仮定が特に成立しがたい現象を3次的に捕えたいときに特に有効である。

3. ウィンドプロファイラー

松浦和夫, 上田真也, 永井智広, 韭沢 浩
(気象庁気象研究所)

気象研究所が昭和62年度に整備したウィンドプロファイラーについて紹介した。

ウィンドプロファイラーは clear air Doppler radar である。従来のドップラーレーダーにおいても晴天時に風観測が行われた例があるが、通常は降水粒子を対象としていた。ウィンドプロファイラーは、晴天時の温度や湿度による大気屈折率の変化を散乱体として利用する風観測を旨として開発されたレーダーである。気象研究所のプロファイラーは 400 MHz 帯のもので、通常の気象レーダーと比較して波長が長い。これは大気屈折率の変化を効果的にとらえ、雨の影響を軽減するためである。プロファイラーはフェズドアレイ方式のアンテナにより固定した3方向に電波をだして VAD と同様な仮定によって速度の3成分を決定する。フェズドアレイとは同じようなアンテナを多数ならべて、それぞれのアンテナに位相差をつけて給電することにより電波の方向を等価的に変化させる方式である。このアンテナの設置には 20m×20m 程度の開けた土地が必要である。気象研究所の方式では仰角 75° の方向と鉛直方向の3方向になる。これにより上空の鉛直座標に沿って風速風向を求めることができる。すなわち高さを座標として風のプロファイルが求まるが、ウィンドプロファイラーの名前はこれに由来するものである。風観測は 250m 距離分解能の低高

度モード (0.25 km~9 km), 1 km の高高度モード (7 km~16 km) に分れていて, 1つの方向について高高度モード, 低高度モード各約1分のデータをとりにれる。これが3つの方向について順にくりかえされるから6種のデータがえられ6分間の間にすべての観測が終了する。これを連続してデータをとることができるように作られている。ドップラーシフトを求めるためのドップラーズペクトルはFFTによって計算される。このとき時間平均と同波数領域での平均がおこなわれる。たとえば鉛直方向の低高度モードでは時間平均78回, 同波数領域では30回となっている。FFTは256ポイントを取っているから約59万9千データを1つの高度について処理することになる。これらの演算は信号処理専用のLSIによっておこなわれる。このほかの演算処理, レーダーのコントロール用にマイクロプロセッサ68020が使用されている。スペクトルにより算出された平均電力, 平均速度, スペクトル幅, 雑音レベルはワークステーションに通信回線を経ておくれ, そこでデータ品質のチェック, 再編集の後6分毎および1時間平均データセットが作成される。また画像出力処理もおこなわれる。

講演ではゾンデとの対応について言及した。プロファイラーでは同一場所を比較的短かい時間間隔で測定されるので同一条件での比較はできないが, 1時間平均で比較した所, 風速はあまりよく合わないことが判った。これには系統的な誤差が存在するような可能性もある。これは調査中である。

4. 降水強度指数 (衛星による降水強度の見種り)
鈴木和史 (気象庁気象衛星センター)

降水強度指数は, レーダーから得られる降水強度と, GMS から得られる可視および赤外データとの重回帰分析を行い, そこで得られた多項式を用いて, 衛星データから降水強度を推定したものである。

気象衛星センターでは昭和64年3月から降水強度指数の作成配信業務を行う。5 km の格子間隔を持つランベルト座標系を用い, 日本列島を充分覆う700×300の格子から構成される範囲を処理する。

降水強度指数を求めるための推定式の作成は, 次の方法で行った。目的変数をレーダー降水強度 (P), 説明変数を等価黒体温度 (TBB), 反射強度 (ALB) として重回帰分析を行う。可視と赤外データを併用した時の重回帰式を次に示す。

$$P = a_0 + a_1 TBB + a_2 ALB + a_3 TBB^2 + a_4 ALB * TBB$$

$$+ a_5 ALB^2 + a_6 TBB^2 * ALB + a_7 TBB * ALB^2 + a_8 TBB^3 + a_9 ALB^3 \dots \dots \dots (1)$$

夜間のように赤外データしか使用できないときは, 次の重回帰式を用いる。

$$P = b_0 + b_1 TBB + b_2 TBB^2 + b_3 TBB^3 + b_4 TBB_{AVE} + b_5 TBB_{DEV} \dots \dots \dots (2)$$

TBB_{AVE}: 2°×2° 内の TBB の平均

TBB_{DEV}: 2°×2° 内の TBB の分散

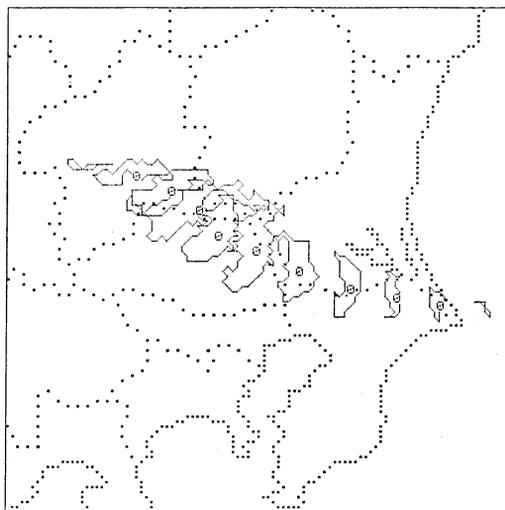
TBB_{AVE} や TBB_{DEV} は, TBB のみを用いた時の精度低下を防いでいる。

更に精度向上を図るため, 温度による層別化を行って (1), (2) の重回帰式を作成し, 推定式とする。

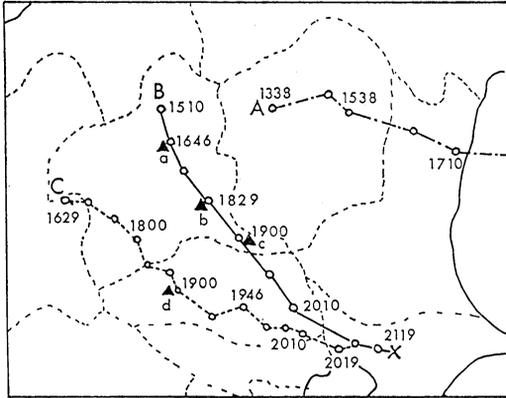
あらかじめ求めておいた推定式 (1), (2) にそれぞれ観測直後の TBB や ALB を代入して, 降水強度指数 SI を求める。

レーダーデータと SI との相関係数を求め, 精度の検証をした。その結果, SI は次のような特性を持っていることがわかった。

- 可視・赤外を併用したほうが赤外のみの場合より良い精度を示す。
- 精度が高かった時の推定式は, 他の日時のデータに適用しても実用上満足のいく精度だった。但し, 季節毎や擾乱別に適当な推定式を選択しなければならない。
- 相関係数は時間的に大きく変動する。これは, CB



第6図 1988年6月19日の4 mmh⁻¹以上のエコー域の変化の解析例。数字の0は, 4 mmh⁻¹以上のエコー域の中心の位置を示す。



第7図 1988年6月14日の 4 mmh^{-1} 以上のエコーの移動。白丸は、エコー域の中心。数字は観測時刻を示す。

クラスターの発達段階に関係していると考えられる。

5. レーダーデータ解析プログラムの概要と解析事例 波部俊夫・岩倉晋(気象庁東京管区気象台)

5.1 はじめに

小規模じょう乱の特性を調査するために、レーダーのデジタル化されたデータを利用した解析プログラムを開発した。対象とするじょう乱以外のスケールに対しても

利用可能である。

5.2 プログラムの概要

プログラムの概要について簡単に示す。

①レーダーサイトを指定し(現在は、富士山、名古屋、福井、新潟のみ)、解析エリアの設定を行える(解析エリアは 100×100 メッシュの大きさで、画面上の任意の位置に設定できる)。

②レーダーエコーをクラスター(以下、簡単のためセルとよぶ)に分離し、各セルの中心位置のプロットや輪郭の描画ができる。

③動画機能を用い、一つのセルの追跡を半自動で行える。

5.3 解析事例

第6図は1986年6月19日に群馬県西部に発生したエコーが利根川に沿って南東進しながら次第に発達し、エコー全体として反時計廻りの回転を示した例である。

第7図は1988年6月14日に群馬県北部と西部に発生したエコーの解析結果(エコーありと判別するエコーレベル 4 mm/h^{-1} を以上に設定)を作図したものに、降ひょうのあった地点(▲)をプロットしたものである。

5.4 まとめ

このプログラムによって、より客観的に解析を行え、エコーの移動や発達の特徴を明確にできるようになった。今後、さらに多くの機能を付加して使いやすいものにして行きたい。

「女性科学者に明るい未来をの会・猿橋賞」1990年度の 受賞候補者の推薦依頼について

「女性科学者に明るい未来をの会」(1980年10月創立)では、自然科学の分野で顕著な業績を収めた女性科学者に、毎年、賞(猿橋賞)を贈呈しています。つきましては下記の要領により第10回(1990年)受賞候補者のご推薦を、お願いいたします。

記

1. 本賞は自然科学の分野で顕著な業績をおさめた女性科学者(ただし、下記の推薦締切り日で50歳未満)に贈呈します。
2. 本賞は賞状とし、副賞として賞金(30万円)をそえ

ます。

3. 本賞の贈呈は、1年1件(1名)とします。
4. 第10回の贈呈式は、1990年5月、東京において行う予定です。
5. 同封用紙に受賞候補者の略歴、推薦理由(400字程度)、主な業績文献リスト等を記入して、1989年11月末日(到着)までに、下記宛にお送りください。

女性科学者に明るい未来をの会

〒166 東京都杉並区高円寺北 4-29-2-217

電話 03-330-2455