

月例会「レーダー気象」の報告

はじめに

1990年12月18日に行われた月例会「レーダー気象」の概要を報告する。

はじめに、航空機搭載レーダーの利用についての話題提供があった。このレーダーは、運航中の航空機が積乱雲を回避するのに利用されている。積乱雲回避の目安となるエコー頂高度の測定結果はノイズの影響などにより、雲頂高度と一致しないという問題点が指摘された。今後データの蓄積や地上のレーダーと航空機搭載レーダーの比較等により問題解決が望まれる。

次に新しい測器として落雷位置を測定する LPATS (Lightning Positioning And Tracking System) の概要と観測例が紹介された。レーダーのエコー強度と落雷位置を比較すると、同程度のエコー強度でも落雷を伴うものと伴わないものが有ることがわかった。

3題めは、成田空港で観測された突風を伴ったメソ前線をドップラーレーダーで観測した例である。ドップラーレーダーでメソ前線の微細構造が明らかになった。

最後に、啓風丸のレーダーで観測された熱帯のクラウドクラスターの解析例が示された。西太平洋の熱帯のクラウドクラスターに関しては、レーダーによる研究があまり行われていない。今後の解析結果が期待される。

この月例会では、今後ともレーダーに関係した測器から、現象の解析まで幅広い話題を紹介して行くつもりである。

田畑 明, 榊原 均 (気象研究所)

1. AIRBORNE RADAR

本江 彰 (日本航空)

1.1 航空機に対する積乱雲の影響

航空機は積乱雲中で、激しい揺れ、被雷、着氷、雹、などの影響を受ける。積乱雲中の大量水滴によって、すべてのエンジンが停止して事故に至った例も、報告されている。

1.2 積乱雲の回避

各航空会社とも積乱雲中の飛行は、できるだけ避けるように指示している。

1.3 航空機搭載レーダーの性能

航空機搭載レーダーの性能を第1表に示す。

1.4 レーダーの利用法

パイロットは目視できない夜間又は雲中の積乱雲を、レーダーで探知して回避操作を行う。基本的には、積乱雲の上方を飛び越えるか横に避けることになる。

日本航空では標準的なレーダーの使用方を示したガイドラインを乗員に配布している。

各飛行フェーズにおける基本的な考え方は；

離陸；まず出発コースの安全を確認する。地上からの反射によるノイズを消すために、TILT は比較的上方に向ける。

上昇中；高度の上昇と共にレーダーの TILT を変え、高い雲を探知する。

巡航中；通常、巡航高度に合わせて TILT を2度程度下方に向け、航路上で飛行高度にかかる高い積乱雲がないか探知する。積乱雲の高さが巡航高度にかかっているかどうかの判定の具体的な方法は、スコープ上のエコーがどの程度近づいた時点で消えるかである。

進入中；降下中の高度に合わせて、スコープ上の一部にグランドエコーが映るように、TILT を調整する。この操作は、グランドエコーとウェザーエコーを区別するためと、強い反射による RADAR SHADOW を見つけるためである。進入中に経路上にある積乱雲の高さを、判定することは非常に難しい。

一般的に高速で移動する航空機においては、複雑なレーダーの操作をする時間的な余裕のない場合も多い。

1.5 航空機搭載レーダーの問題点

航空機レーダーの特徴としては、スコープ上のノイズを少なくするために 20 dBZ 未満の反射は表示されない。したがって、レーダーのエコー頂高度と雲頂高度が一致していない。このため千差万別の状況下で短時間に、積乱雲の高度を判定することが難しい。

レーダー自体の性能の研究もさることながら、積乱雲の構造の研究も望まれる。

第1表
航空機気象用レーダ諸元表

番号	搭載航空機	送受信機			アンテナ		ビーム角度(-3 dB Point)
		型式	周波数	出力	型式	利得	
1	B-747	AVQ-30X (Analog)	9,345 MHz	60 KW	M1-592087	32 dB	2.9 degree
2		WRT-701X (Digital)	9,333 MHz 9,335 MHz	150 W (200W/TURB Only)	WFA-701X	31 dB	3.6 degree
3	B-747-400	Same as B-747 Digital Type					
4	B-767	Same as B-747 Digital Type					
5	DC-10	RDR-1F (Analog)	9,375 MHz	65 KW	ANT-1T	33 dB	2.9 degree

2. LPATS による落雷捕捉と気象レーダーとの照合 上野 悟 (ウエザーニュース)

LPATS (Lightning Positioning and Tracking System) は、対地雷の発生を検出し、その位置、発生時刻、落雷電流値のピーク、落雷電流極性等を標定するためのシステムである。LPATS は複数 (4~6 台) の落雷電磁波受信装置: リモート・レシーバと、1 台の落雷データ中央解析装置: セントラル・アナライザ、及び落雷データ画像処理装置: ビデオ・インフォメーション・システムから構成される (第1図)。

LPATS は、落雷位置標定アルゴリズムとして、TOA (Time Of Arrival: 到達時間差) 方式を採用している。この TOA 方式は、複数のリモート・レシーバが、落雷による強力な電磁波を受信した時間差から、それらを満足する落雷位置を標定する方法である。このため、LPATS は、リモート・レシーバの設置場所の影響や、受信電磁波強度等の影響を受けにくく、高精度の落雷位置標定が行える。さらに LPATS は、「自然現象の中で、数 100 km 以上も離れた複数の地点で、同時に観測される空電現象は、落雷以外有り得ない」という落雷の特徴を利用しているため、原理上高い落雷捕捉率を有する。

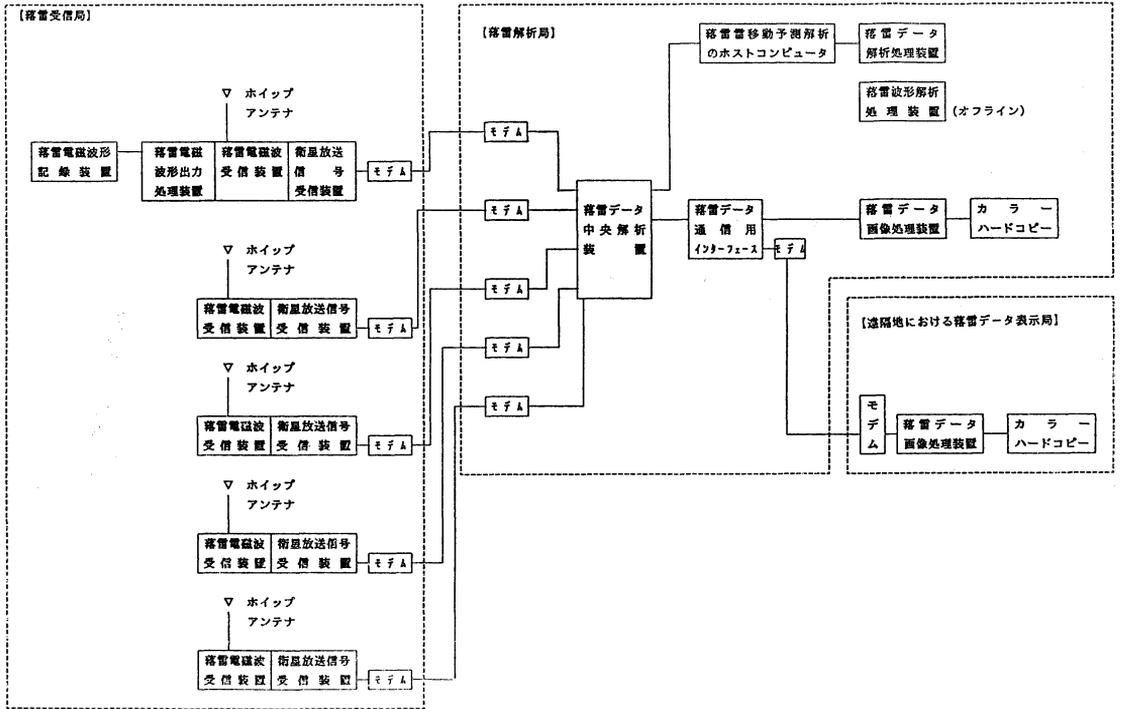
セントラル・アナライザにより捕捉・標定された落雷は、ビデオ・インフォメーション・システム端末の地図上にプロットされる。ビデオ・インフォメーション・システム端末では、落雷発生時間別ごとの色分け表示や、表示位置の拡大縮小をはじめとする、各種の処理のほか、あらかじめ設定された警戒範囲への落雷発生を、発信音でユーザに告知する等、早期の落雷対策を支援する機能を有する。

実際に LPATS により標定された落雷位置を表示した例を第2図 a に示す。この例は、平成2年12月11日に西日本から東日本にかけて大雨や台風並の突風、竜巻をもたらした発達中の低気圧によって発生した落雷を、LPATS が捕捉したものである。落雷の発生位置をレーダーエコー分布 (第2図 b) と比較すると、このケースでは、エコー域の先端部にある線状エコー域の一部で落雷が発生していることがわかる。

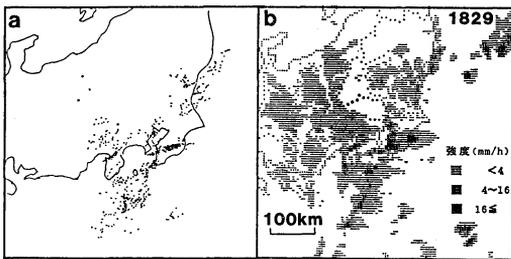
3. 台風8922通過時に成田空港に突風をもたらした メソ前線

藤部文昭 (気象研究所)

1989年9月20日朝、台風22号が南関東を通った際、成田空港では気温低下と風向の変化 (南東→北) に続いて



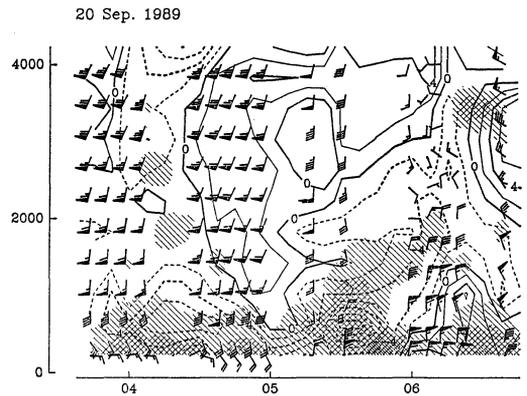
第1図 LPATS システムの機器構成



第2図 (a) 1990年12月11日18時~19時に LPATS によって標定された落雷の分布。(b) 12月11日18時29分に富士山レーダーで観測されたレーダーエコー分布。

強い北風の吹き出し(瞬間値で 56 kt)が起こった。これは台風の接近につれて強化されたメソ前線(総観規模前線に対応する局地収束線)の通過に伴うものであった。

第3図は、空港内に設置した気象研究所の 3 cm ドップラーレーダーで観測した風と水平発散の時間変化を示す。前線は約 2.5 km の高さまでほぼ 1/10 で後ろへ傾き、最大 $10^{-3}s^{-1}$ の水平発散と $3 \times 10^{-3}s^{-1}$ の渦度を伴



第3図 VAD 法で求めた成田空港上空の水平風と水平発散の時間変化(1989年9月20日)。縦軸は高さ(m)、横軸は時刻(時)。風は短い羽根が 2.5 ms^{-1} 、長い羽根が 5 ms^{-1} 、旗が 25 ms^{-1} 。発散は $2 \times 10^{-4}s^{-1}$ ごとの等値線で表し、破線はマイナスの値(収束)を表す。斜線部は、鉛直シヤが $2 \times 10^{-2}s^{-1}$ 以上と $4 \times 10^{-2}s^{-1}$ 以上の場所を示す。

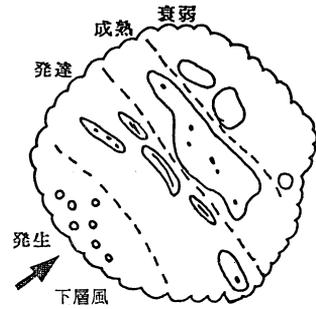
ていた。強風（北風）は前線にほぼ平行であり、前線の通過直後にはごく低い高度（200 m 以下）に 20 ms^{-1} を超える風速極大を持っていた。

4. 西部太平洋，熱帯収束帯内のクラウドクラスターの啓風丸によるレーダー観測

森 一正，田中 実，丸山健人，本多庸浩
（気象研究所）
飛田 良（気象庁）

気象庁のレーダー搭載海洋気象観測船啓風丸は1989年から毎年1回，6月を中心に熱帯擾乱観測，海況把握を目的とした西部熱帯太平洋域での観測航海を実施している。我々はこの観測航海を，この海域での最初のクラスターを対象とした組織だったレーダー観測の機会として位置づけ，クラスターの内部構造に関するより多くの情報を得ることを目的として，主に 10°N 以南での①レーダー連続観測，②高層，海上気象臨時観測（各々6時間毎，1時間毎），③クラスターへの機動観測，からなる要望を提出した。気象庁海洋気象部の協力と，我々の観測支援（研究者の乗船，リアルタイムの雲解析資料の配信）の下ほぼ要望を満たす強化観測が実施され，これまで2回，合計12日の観測期間中に11例のクラウドクラスターが観測されている。

観測されたクラスターのうち，1990年6月8～9日， 7°N ， 137°E 付近でその発展段階がほぼ啓風丸レーダーで観測されたクラスターについて事例解析を行った。衛星資料から，このクラスターの寿命は半日～1日，最大規模約500 km で，6月8日14～16 Z 頃，2～30 km 規模のCbが発生し，8日16 Z～23 Z にその南西側に急速に雲域が拡張（発達期），8日23 Z～9日01 Z 頃には約500 km 規模にまで達し（成熟期），9日01～06 Z に



第4図 クラスターの微細構造の模式図。

は急速に衰弱するというライフサイクルであったことが指摘できる。

その発達期の微細構造を解析した。発達後期（8日22 Z）にはこのクラスターは形状の特徴から区別される4つの100 km 規模のエコー（サブシステムと呼ぶ），即ち，下層風の風上側から順に，セル状エコー群，ライン状エコー（群），所々に反射強度の強いエコーが埋め込まれている大きな面状エコー，散在する弱いエコーから構成されていた。一方一つのサブシステムは，セル状エコー群として発生し，ライン状エコー群へと発達した後，それらが融合した，強いエコーの埋め込まれている面状エコーへと成熟の後衰弱するというライフサイクルを持っていた。この時下層風は西風であり新しいサブシステムはクラスターからみて下層風の風上側（南西方向）に発生していた。以上まとめると「500 km 規模のクラスターは下層風の風上側ほど若いステージにある複数の幅約100 km のサブシステムから構成され，下層風の風上側に次々に新しいサブシステムが発生することで発達した。」といえる（第4図参照）。

「変動気候下での緑資源と食糧生産に関する国際シンポジウム」

主 催：日本農業気象学会

共 催：日本学術会議，日本気象学会，他

開催期間：1992年10月13日（火）～10月17日（土）の5日間

開催場所：研究交流センター（つくば市内）

シンポジウム計画の概要

シンポジウムでは，数名の国内および海外の研究者による招待講演，一般応募研究者の口頭およびポスターによる研究発表を行います。

連絡照会先 Tel. 0298-38-8204