

那覇空港気象ドップラーレーダ

Okinawa Naha Airport Doppler Radar for Airport Weather

石澤 寛 武藤 隆一

■ ISHIZAWA Hiroshi

■ MUTO Ryuichi

最近の気象レーダは、基本機能である降水分布の把握を行いつつ、ユーザー個別のニーズを取り込む形で、その役割が複合化してきている。東芝は、複合化した役割を持つ気象レーダとして、那覇空港に空港気象ドップラーレーダを納入した。このレーダは、航空機の運航に危険な風の急変域の観測を行い、その情報を航空局などに提供することで航空の安全に貢献している。また、風の観測性能を向上することにより、沖縄特有の勢力の強い台風の観測にも貢献している。更には、これらの特長に加え、不要電波輻射(ふくしゃ)を抑制することにより、過密化する電波環境への配慮を行うなど、時代の要請に応えた環境に優しい製品を目指している。

Weather radar today is not simply a radar for rainfall mapping, but a multifunctional tool to answer a variety of customer needs not confined to meteorological purposes.

Toshiba has supplied a Doppler Radar for Airport Weather to Naha Airport in Okinawa as the latest multifunctional weather radar. The major objective of the radar is not only to observe airport weather, but also to detect low-level wind shear near the airport to ensure safe takeoff and landing of aircraft. The features of the radar include enhanced wind-velocity detection capability to observe Okinawa's typhoon-class winds, as well as eco-conscious consideration of the suppression of spurious radiation from the transmitter to realize a product that is gentle to the environment.

1 まえがき

気象レーダは、気象庁などの公共機関で利用されるだけでなく、テレビの気象コーナーなどを通して、一般の人々にとっても生活に役立つ存在となっている。最近の気象レーダは、基本機能である降水分布の把握のほかに、ユーザー個別のニーズに対応して、その役割が複合化している。

東芝は、複合化した役割を持つシステムとして、那覇空港に空港気象ドップラーレーダを納入した。ここではその特長について述べる。

2 那覇空港気象ドップラーレーダの特長

当社が2003年6月に納入したレーダ(図1)は、その名の示すとおり空港周辺の航空管制を目的として、比較的高度の低い大気層における風の急変域を観測している。この機能に加え、このレーダは、気象予報を目的として、気象レーダの基本機能である降水域などの観測も行っている。このように、このレーダは、主に二つの役割を複合化している。

このレーダの主要装置の構成を図2に、主要仕様を表1に示す。次に気象レーダの基礎的な動作原理と特長について述べる。



図1. 那覇空港で運用を開始した空港気象ドップラーレーダー正面の那覇空港統合庁舎の建屋屋上に見えるドームが那覇空港気象ドップラーレーダのレドームである。その下の那覇航空測候所の機器室に構成装置が設置されている。

Naha Airport Doppler Radar for Airport Weather

2.1 気象レーダの基礎的な動作原理

気象レーダとは、アンテナ(空中線装置)から電波を発射し、雨滴に反射して戻ってきた信号から降水の強さや降水域の分布などを観測するセンサである(図3)。

気象レーダは、このようにして降水分布を把握するだけで

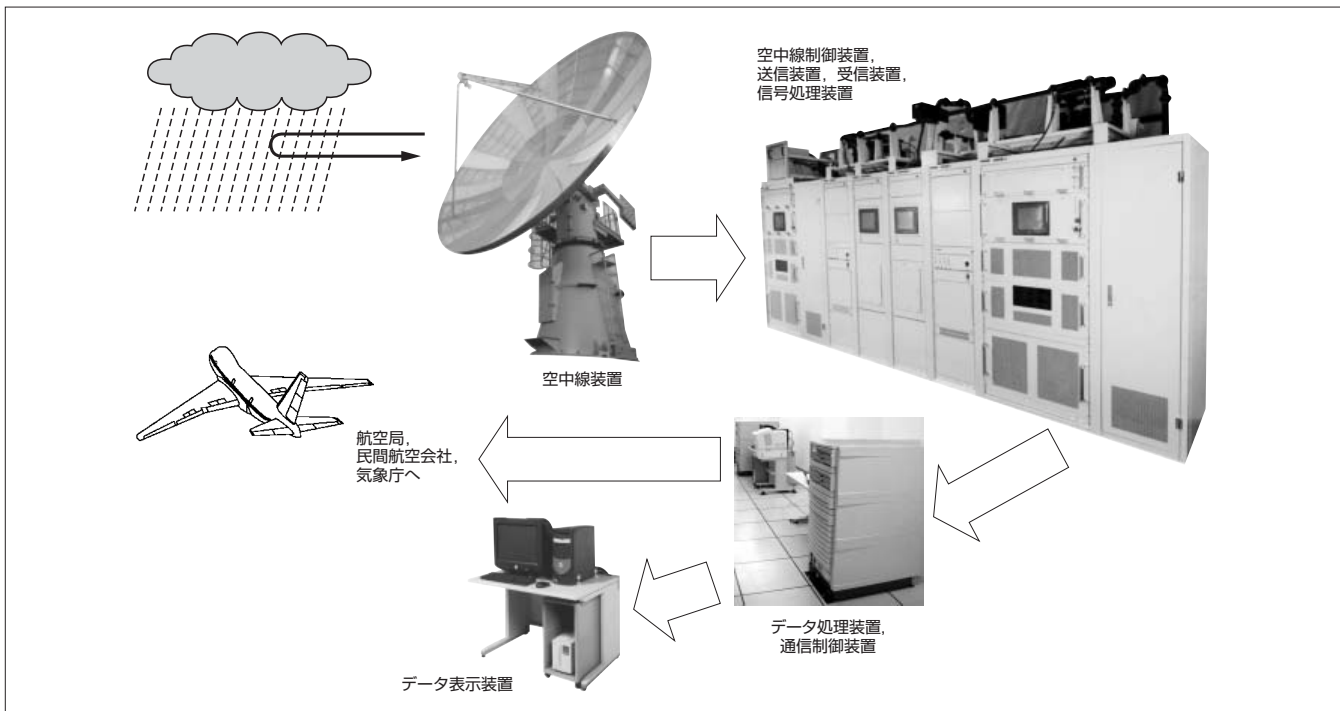


図2. 那覇空港気象ドップラーレーダの主要装置構成 — 空中線装置, 送信装置, 受信装置, 信号処理装置, データ処理装置, 通信制御装置, データ表示装置などから構成される。

Composition of main equipment

表1. 那覇空港気象ドップラーレーダの主要仕様

Main specifications

項目	仕様
観測範囲	半径 120 km
観測仰角	0.7° ~ 28.5° (空域モード時) 0.7° ~ 45.9° (飛行場モード時)
観測周期	約 6 min
距離分解能	150 m
方位分解能	0.7°
レドーム直径	11 m
レドーム耐風速	最大瞬間風速 90 m/s 平均風速 70 m/s
アンテナ直径	7 m (パラボラアンテナ)
ビーム幅	0.7°
アンテナ回転数	2 回/min 及び 4 回/min
送信管	クライストロン
送信周波数	5,280 MHz
送信出力	200 kW
送信パルス幅	1 μs
検波方式	デジタル直線検波
信号処理方式	DSP によるソフトウェア処理
速度算出方式	FFT 方式

DSP : Digital Signal Processor FFT : Fast Fourier Transform

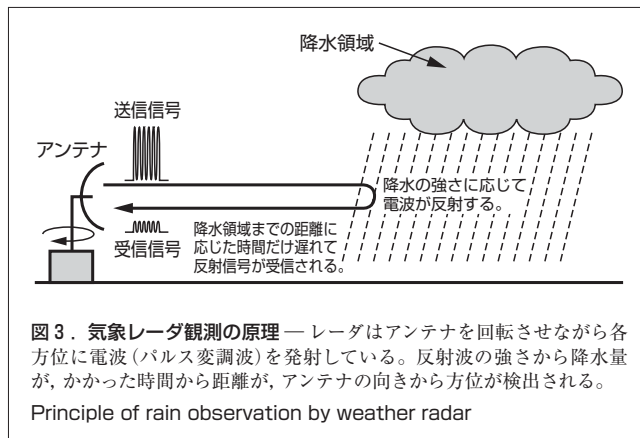


図3. 気象レーダ観測の原理 — レーダはアンテナを回転させながら各方位に電波(パルス変調波)を放射している。反射波の強さから降水量が、かかった時間から距離が、アンテナの向きから方位が検出される。

Principle of rain observation by weather radar

なく、受信した電波のドップラー成分を解析することで、降水域中の風向や風速を算出することができる。

2.2 航空管制に対する役割

気象レーダは、降水の強さや降雨域の分布、更には風向

や風速を把握する際に不可欠なシステムとなっている。中でも航空管制にとって、風向や風速を把握できることはたいへん有益である。それは、航空機が離着陸時に風の急変域に遭遇すると、その領域の通過前後に風向や風速が急変するため、失速し墜落する危険が生じるからである。特に、低空域においてこうした状況に遭遇すると、機体を立て直す時間的余裕がないため非常に危険なものとなる。この低空域の風の急変域を“低層ウインドシャー”と呼ぶ。低層ウインドシャーは、その発生メカニズムにより、マイクロバーストやシャーラインなどに分類される。

このレーダのように、一般に“空港気象ドップラーレーダ”と呼ばれる気象レーダでは、観測データからマイクロバース

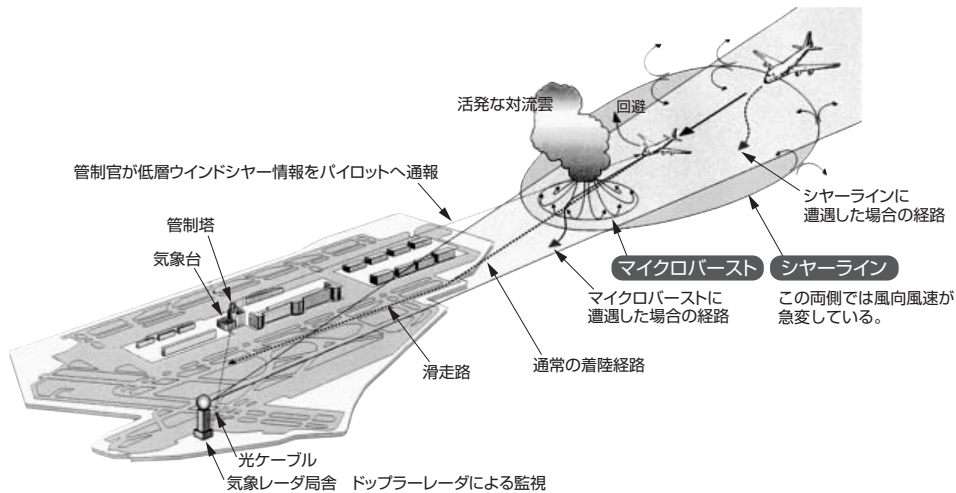


図4. 空港気象ドップラーレーダの役割 — 航空機の離着陸に様々な影響を与える降水と気流の状態を即時、的確に探知する。
Role of Doppler Radar for Airport Weather

トやシヤーラインの発生位置とその強さに関する情報を解析して抽出し、航空局や民間航空各社に提供している(図4)。航空局では、空港付近を監視するレーダの情報に併せ、空港気象ドップラーレーダで観測した低層ウインドシヤー情報を活用して航空管制にあたっている。

次に、マイクロバーストとシヤーラインの検出方法について述べる⁽¹⁾。

2.2.1 マイクロバーストの検出 マイクロバーストは、積乱雲や雷雲のように活発な対流雲の雲底下から吹き出す強い下降気流(ダウンバースト)が、地表面にぶつかって四方に広がる現象である。空港気象ドップラーレーダでは、低仰角にて風の観測を行い、局所的に風が発散している領域をマイクロバーストとして検出している。

2.2.2 シヤーラインの検出 シヤーラインは、地表付近で、前線やダウンバーストから吹き出す冷気の前線において、風向や風速が急激に変化する領域が10 km以上にわたり線状に発生する現象である。空港気象ドップラーレーダでは、低仰角にて風の収束が線状に連続する領域としてこれを検出している(図5)。

2.3 低層ウインドシヤーの観測に必要な機能性能

ここでは、このレーダの低層ウインドシヤーの観測機能について、一般的な気象ドップラーレーダとの差異によってその特長を述べる⁽²⁾。

2.3.1 高い空間分解能 マイクロバーストは、広がり直径4 km以下という局所的な気象現象である。空港近くでこれをとらえるためには、その範囲をより細分化した分解能が求められるが、一般的な気象レーダに用いられるアンテナの大きさ(直径4 m)では、この分解能を達成することはできない。そこで、このレーダでは、幅の細いレーダビームを形成す

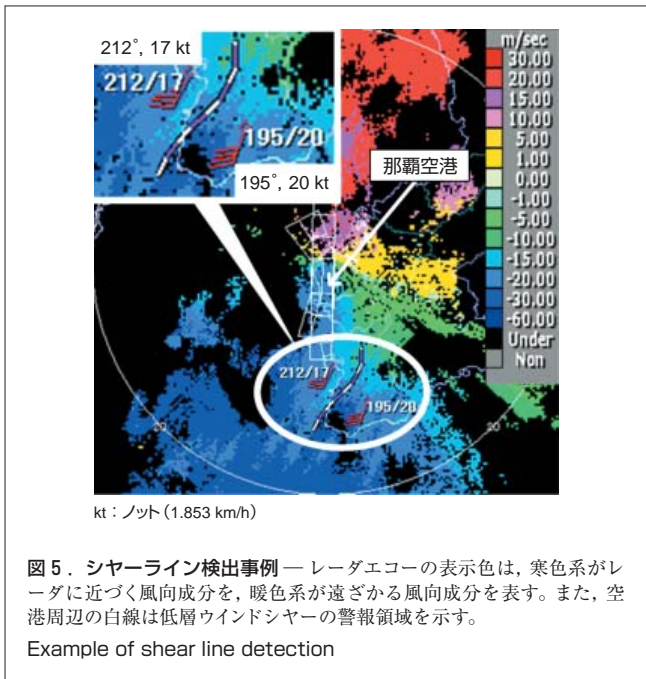


図5. シヤーライン検出事例 — レーダエコーの表示色は、寒色系がレーダに近づく風向成分を、暖色系が遠ざかる風向成分を表す。また、空港周辺の白線は低層ウインドシヤーの警報領域を示す。

Example of shear line detection

るため大口径(直径7 m)のパラボラアンテナを使用している。

2.3.2 複合観測の実現 このレーダは、複合化された役割を担う関係で、観測モードを2種類用意している。通常は、三次元的な降水や風の分布をとらえるために、アンテナの仰角を水平方向(最低仰角)から数十度上空を向いた方向(最高仰角)まで順次変化させながら観測を行っている(空域モード観測)。しかし、空港周辺で降水が強くなるなど低層ウインドシヤーの発生が予想される状態をとらえると、自動的に観測モードを切り替え、最低仰角での観測周期を通常の6 minから約1 minにまで短縮して検出確率を高める工夫をしている(飛行場モード観測)。

3 地域的特性への適応

複合的な役割を担うことで多様な機能を持つようになった気象レーダであるが、地域的特性への適応も、その特長として挙げられる。そこで、このレーダの地域的特性への適応例として、那覇地域に特有の強い勢力の台風への対処について述べる。

沖縄は、台風の通り道と言われている。実際、アジア付近で発生する台風の実に1/4は沖縄付近を通過している。しかも、その台風は勢力が強いままに接近し、通過することが多い。そのためこのレーダでは、レーダ信号処理での速度検出性能を、一般的な空港気象ドップラーレーダが観測する風速40 m/sから風速64 m/sまで高めている。

また、アンテナを保護しているレドームについても、このような強風に耐えられるように、最大瞬間風速90 m/sの耐風速性能を持った強固な構造としている。

4 時代の要請

最近では、たとえシステム自体がどれほど社会的意義の高いものでも、環境に配慮しないでは許されなくなっている。このことはこのレーダも例外ではない。ここまでは、機能的な面からこのレーダの特長を紹介してきたが、ここからは環境への配慮を中心として、時代の要請に応えるという面からその特長を紹介する。

4.1 不要電波輻射の抑圧

近年、国際的に不要電波輻射(スプリアスという)の規制が強化されてきている。その背景には、急速に無線システムの高度化や多様化が進み、電波が密集して利用され始めたことがある。すなわち、こうした状況において、異なるシステムの間で混信が生ずることがないように、また電波の有効利用が図られるように行政が指導を開始したことが関係している。そこでこのレーダでは、送信系にデジタル変調によって送信パルス波形の整形を行う機能を新たに組み込み、規制に対応した性能を確保している。

4.2 排出抑制対象ガス及び放射性物質の撤廃

気象レーダには、環境に影響を与える物質がいくつか使われている。例えば、スプリアスフィルタと呼ばれる不要電波の輻射を少しでも抑える部品には、六フッ化硫黄(SF₆)ガスが使用されている。このガスが排出抑制対象ガスに指定されたことを踏まえ、このレーダでは、圧搾空気を用いる方式に変更している。また、TR(TRansmitted wave:送信波)リミッタと呼ばれる受信装置を保護する部品には、一般に放射性物質が使われてきた。このレーダでは、固体化TRリミッタを採用し、放射性物質を排除している。

4.3 振動や騒音の低減

気象レーダは、周辺の気象現象を観測するために間断なくアンテナを回転させている。前述したとおり、直径7 mもの大きなアンテナの回転により振動や騒音が発生することは避けられない。そこで、これらを少しでも抑制するために、このレーダでは、アンテナの大胆な軽量化を図っている。これは、アンテナに板金を主体とする製法を採用することで実現した。実際、重量比で約20%軽量化し、それに伴う消費電力の節約にも貢献している。

5 あとがき

気象レーダは、国内においては既に生活にあたりまえであるかのように溶け込んでいる。気象レーダから提供される情報は、メディアの提供する気象情報に必ず登場するようになっており、かつ様々な公共目的でも不可欠なものとして利用されている。もし、気象レーダの情報が提供されないことがあれば、人々の多くは不便を感じるであろうし、安心して生活できないかもしれない。このような状況にある気象レーダは、より精確に、よりエンドユーザーの目的に応じた機能を提供していかなければならない。ここで述べた那覇空港気象ドップラーレーダは、まさにこうした時代の要請を反映したものであり、現在、沖縄の空の安全に貢献している。

当社は、今後ともユーザーや地域や社会すべての要請に精いっぱい応え、常に最新の技術を駆使して気象レーダを開発し、提供していきたい。

謝 辞

開発にあたり、多大のご指導をいただいた気象庁観測部観測課観測システム整備運用室並びに那覇航空測候所観測課の関係各位に深く感謝の意を表します。

文 献

- (1) 浜津享助,ほか. 低層ウィンドシャワー検出ドップラーレーダの開発. 電子情報通信学会論文誌B. J83-B, 6, 2000, p.894-909.
- (2) 石原正仁,ほか. ドップラー気象レーダー. 気象研究ノート. 200, 2001.



石澤 寛 ISHIZAWA Hiroshi

社会ネットワークインフラ社 小向工場 ネットワークシステム技術部。気象防災システムの開発設計業務に従事。
Komukai Operations



武藤 隆一 MUTO Ryuichi

社会ネットワークインフラ社 小向工場 ネットワークシステム技術部参事。気象防災システムの開発設計業務に従事。
Komukai Operations