

# レーダ監視技術に係わる国内外の現状

(独)防災科学技術研究所

真木雅之

第2回竜巻等突風対策検討会(2006.12.21、内閣府)



## 発表内容

- 気象レーダのタイプ
- 研究用レーダによる竜巻等の観測例
- 各国の現業気象レーダの現状
- まとめ



## レーダの定義

Radar: Radio detection and ranging

電波を使って、ある物体を検知し距離を測る機器

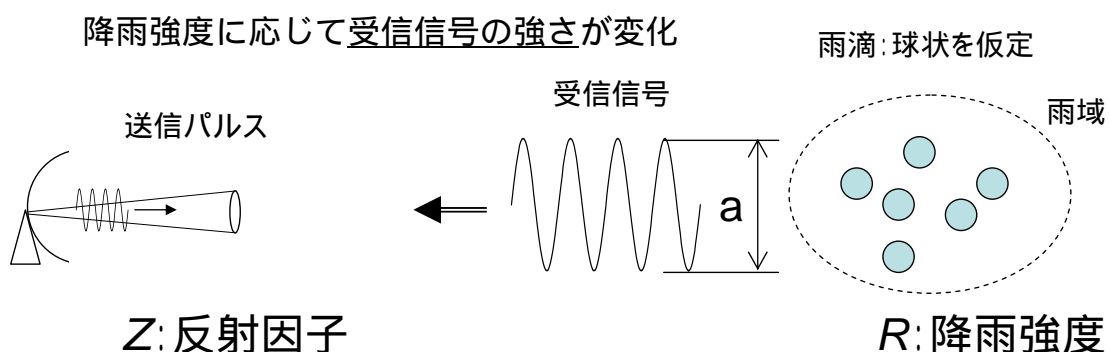
## 気象レーダの種類（地上レーダ）

- 在来型レーダ
- ドップラーレーダ
- 偏波ドップラーレーダ（MPレーダ）



## 在来型レーダ

受信信号の強さから雨の強さと位置を測るレーダ



Z-R 関係式 (古典的な降雨強度の推定式)

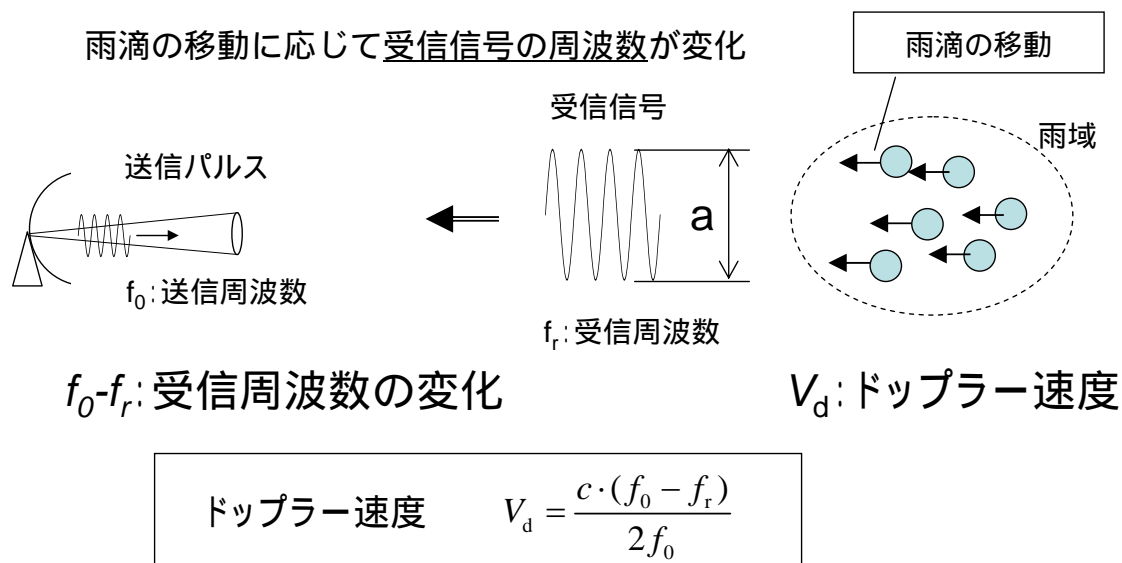
$$Z = R^{\lambda} \quad (\text{層状性の雨: } \lambda = 200, \lambda = 1.6, \text{ 対流性の雨: } \lambda = 300, \lambda = 1.4)$$

## 在来型レーダによる降雨の測定



# ドップラーレーダ

受信周波数の変化から動径方向の風を測るレーダ



## ドップラーレーダによる動径風の測定



## 台風の中の小さな渦状擾乱

台風11号は日本各地に被害をもたらしました。関東では群馬県と埼玉県で8月22日早朝に強風による被害もたらされました。図3aはこのとき、MP-Xで観測されたレイnbandの反射強度を示したものです。線状の強い雨の領域が午前3時30分頃、埼玉県と群馬県の県境で発達しています。このときのMP-Xにより観測されたドップラー速度の分布を図3aに示します。

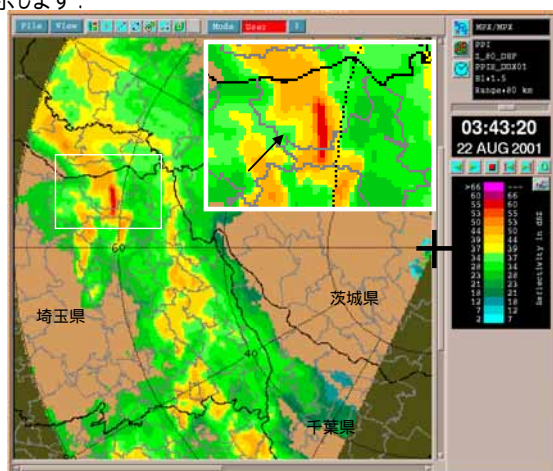


図3a 台風11号のレイnband内のレーダ反射因子の分布(2001年8月22日03:43)。+はレーダの位置を表します。白い四角で囲まれたところに着目。赤い色の線状の部分ではレーダ反射因子が60dBZに達しており、非常に強い雨が降っているところです。その西側には矢印で示した、レーダ反射因子が比較的小さい部分(緑色)があります。

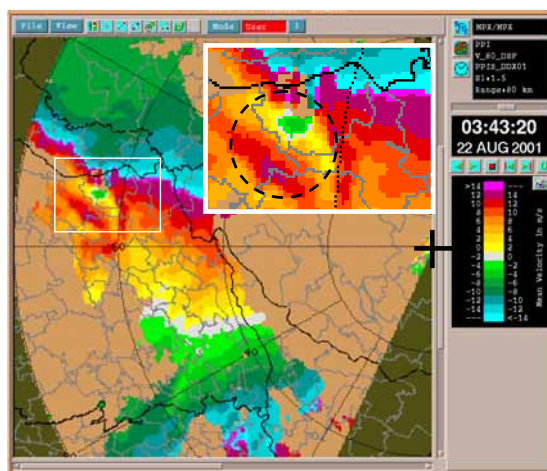


図3b 台風11号のレイnband内のドップラー速度分布(2001年8月22日03:43)。暖色系はプラスのドップラー速度でレーダから遠ざかる方向、寒色系はマイナスのドップラー速度でレーダに近づく方向を表します。黒い破線で囲まれたところにプラス(紫色)とマイナス(緑色)のペアが見られます。このような速度パターンはトルネードなどに見られるパターンで、台風のレイnbandの中で小さな渦状擾乱ができていたことを示すものです。

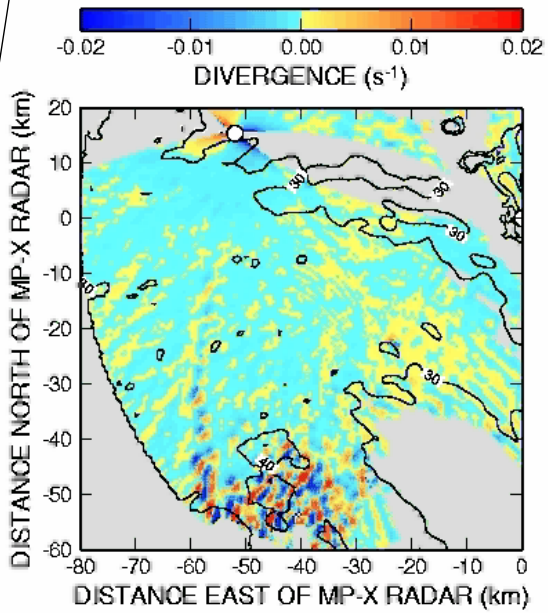
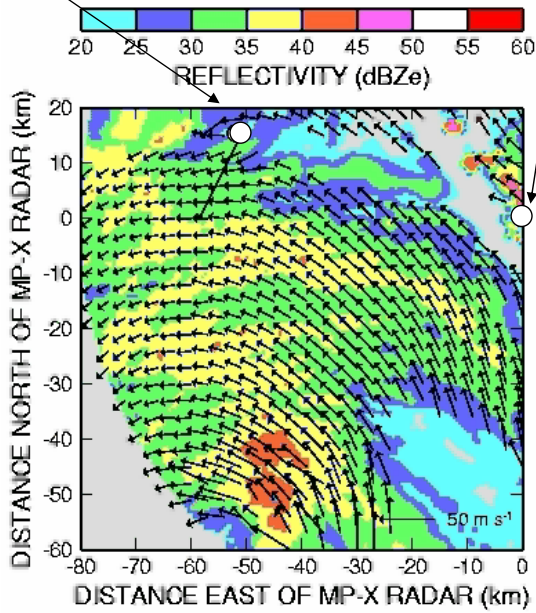


# 複数台のドップラーレーダによる観測例

2001\_0911\_101800 (z=1km)

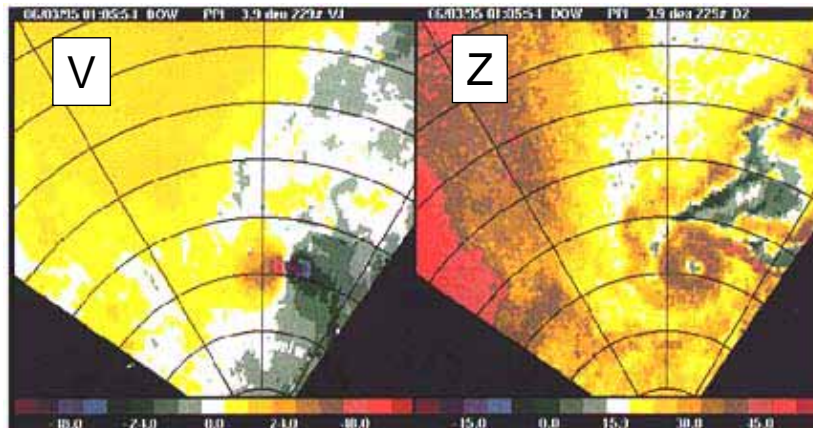
ドップラーレーダ

偏波ドップラーレーダ



# 米国での竜巻のドップラーレーダ観測例

DOW : Doppler on Wheel

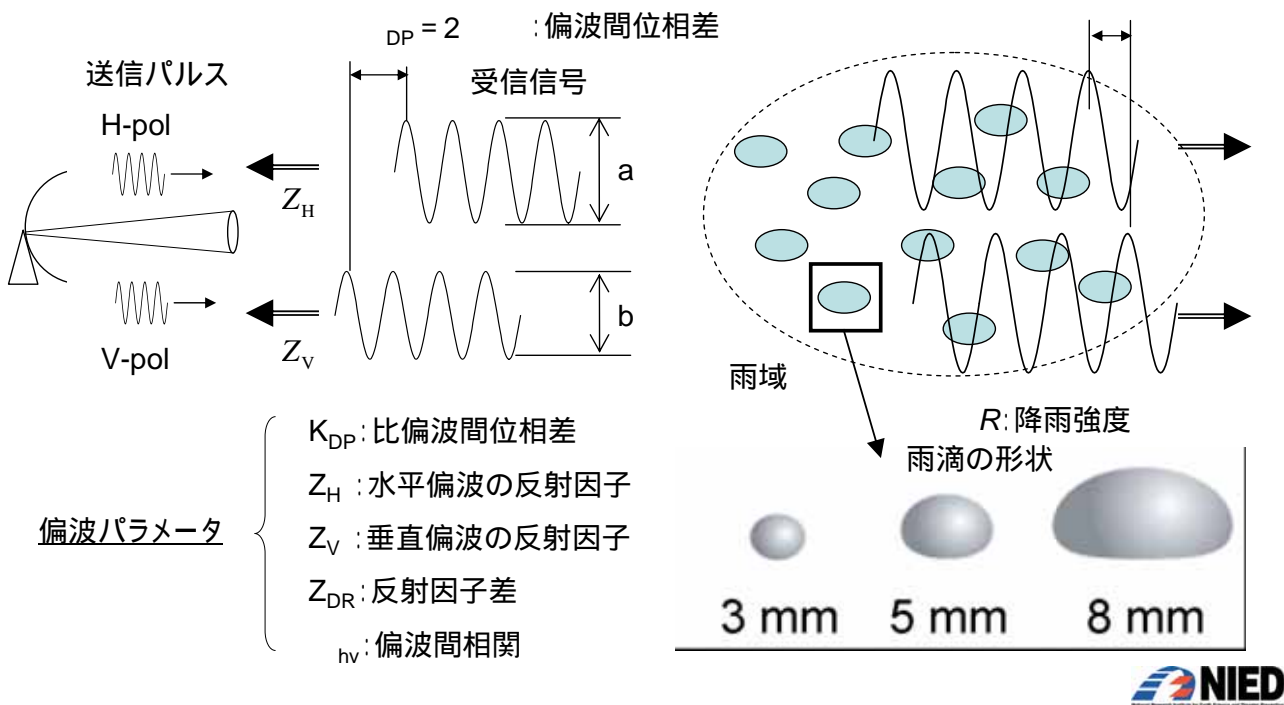


竜巻の中心

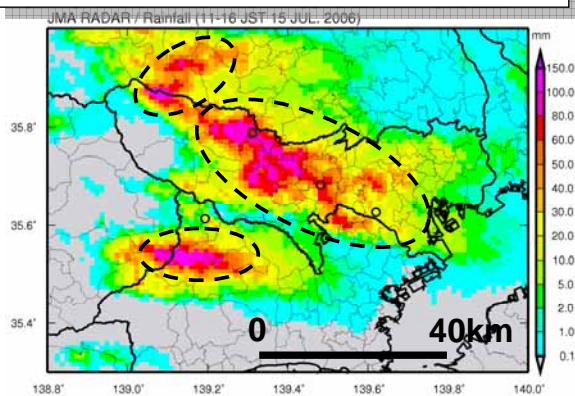
(NOAAのNSSLホームページより)

# 偏波ドップラーレーダ

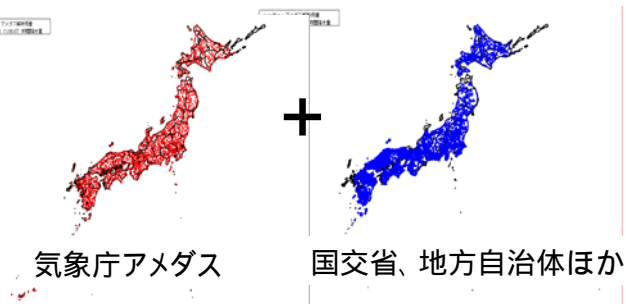
様々な偏波パラメータから降水に関する詳細な情報を測るレーダ



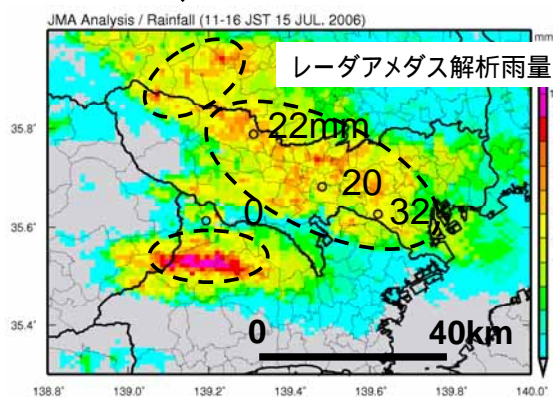
## 在来型レーダから推定した雨量



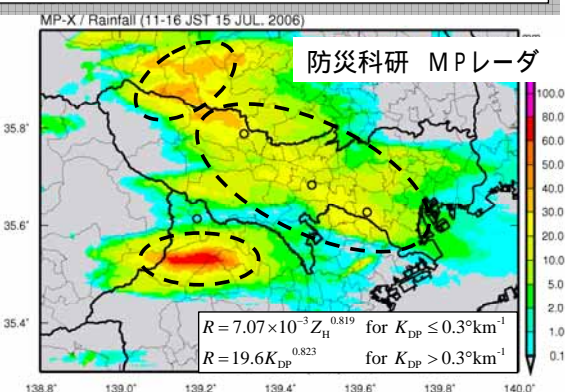
## 計 5000以上の雨量計



## 雨量計による補正



## 偏波ドップラーレーダによる推定



# 偏波ドップラーレーダによる竜巻の観測例

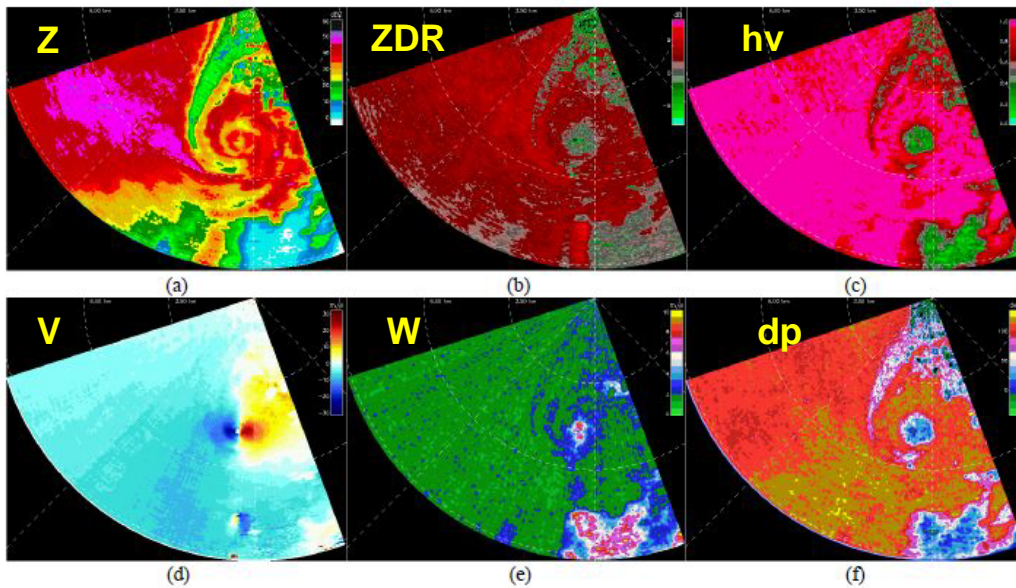


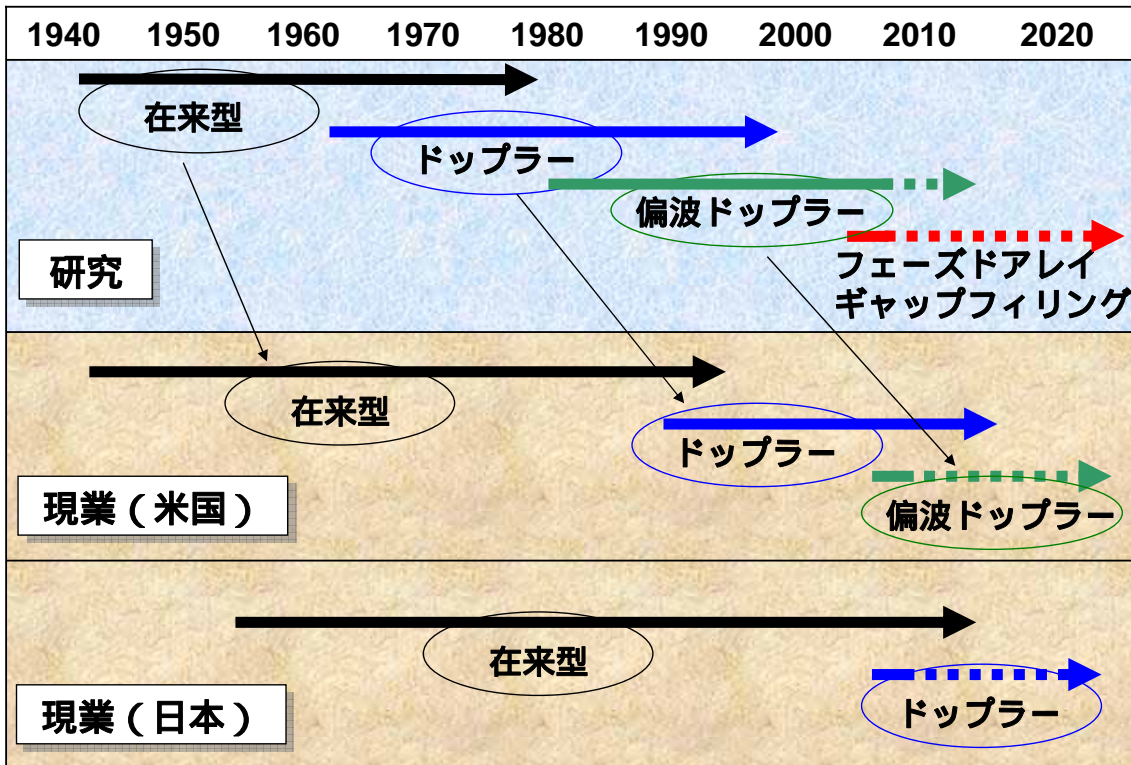
Fig. 1. Radar images of an F2 tornado probed near Attica, KS on 12 May 2004. (a) Reflectivity, (b) Differential Reflectivity, (c) Cross-Correlation Coefficient Magnitude, (d) Unfolded Doppler Velocity, (e) Spectrum Width, (f) Differential Propagation Phase

Francesc et al (2005)

## レーダのタイプと得られる情報

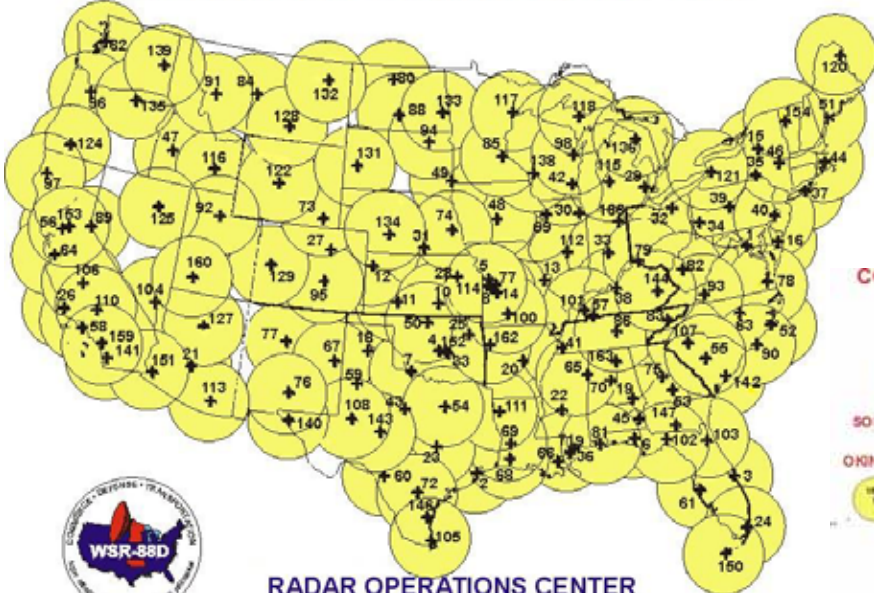
得られる情報	レーダのタイプ		
	在来型	ドップラー	偏波ドップラー
降水の強さと分布 雨 雪			
風の強さと分布 1台 複数	×		
ターゲットの種類	×	X	

# 地上気象レーダの発展（研究と現業）



# 米国 (NEXRAD)

## COMPLETED WSR-88D INSTALLATIONS WITHIN THE CONTIGUOUS U.S.



RADAR OPERATIONS CENTER  
NORMAN, OKLAHOMA

## COMPLETED WSR-88D INSTALLATIONS



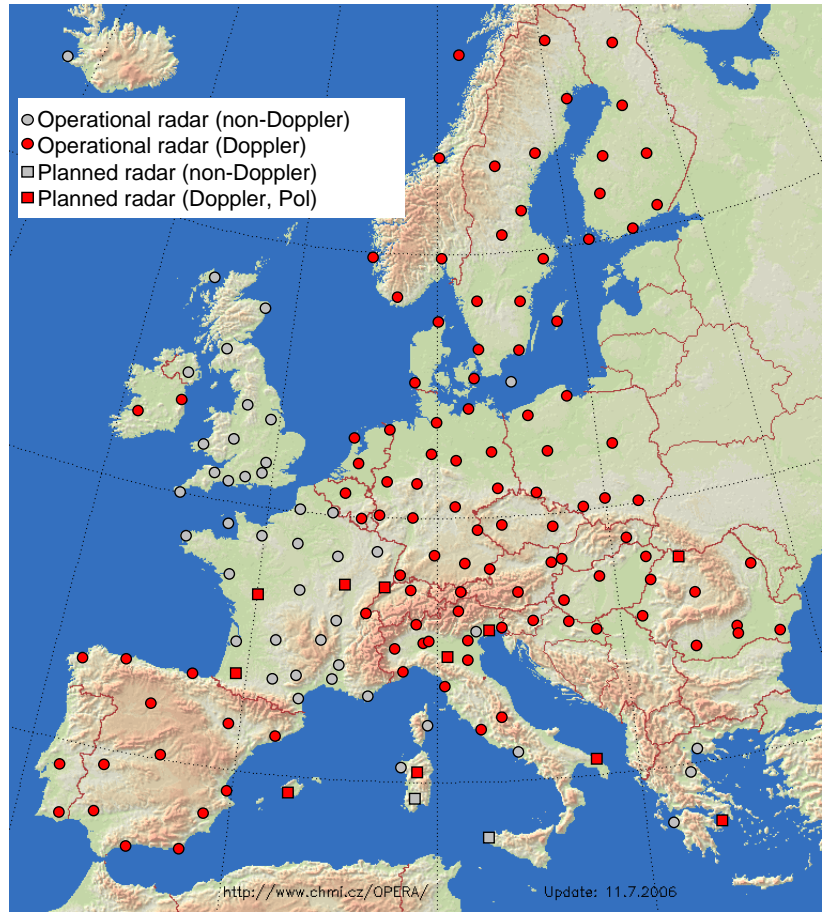
RADAR OPERATIONS CENTER  
NORMAN, OKLAHOMA

# 欧州の気象レーダ

## OPERA

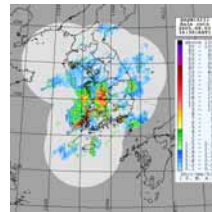
Operational Program for the Exchange of Weather Radar Information

期 間：1999-2006年  
 参加国：25カ国  
 目 的：欧州各国のレーダデータ及びプロダクトを共有して利用するための環境整備



## 中国

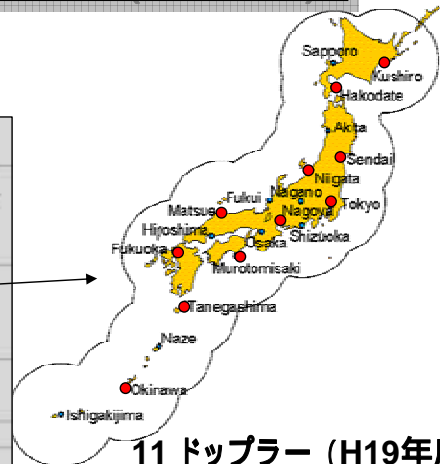
CINRAD by 2010  
 66 S-band Doppler  
 60 C-band Doppler



## 韓国

2 C-band Doppler  
 8 S-band Doppler

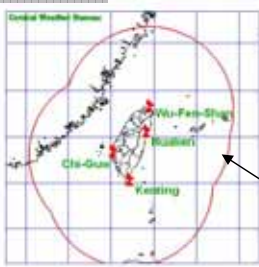
## 日本(気象庁)



11 ドップラー (H19年度)  
 9 在来型  
 (8 空港ドップラー)

## 台湾

4 Doppler radar





## 各国の現業気象レーダの現状

米国：160台余りのドップラーレーダ網（NEXRAD）  
順次偏波ドップラー化予定

欧州：各国の気象レーダを共有して利用（OPERA）  
一部のレーダは偏波ドップラー化予定

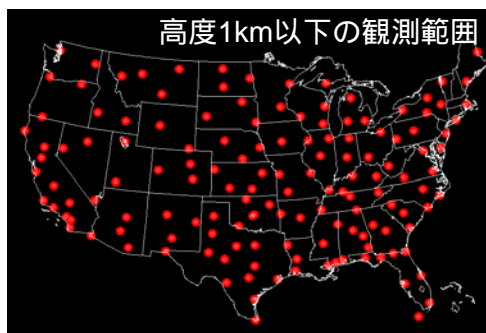
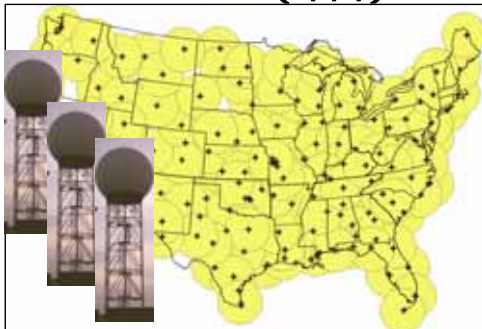
中国：ドップラーレーダの整備（CINRAD）

日本：H19年度末までに11台の在来型をドップラー化



## 現業ドップラーレーダの問題点と今後

NEXRAD（米国）



（米国CASAプロジェクトより）

高度1km以下を監視できる範囲は半径45 km

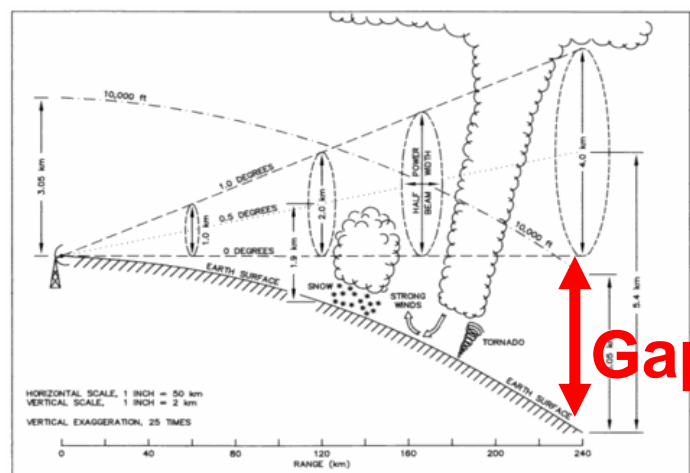


Figure A-3 Diagram illustrating the effect of range and earth curvature (with standard atmospheric refraction) on NEXRAD cross-beam resolution and coverage of low-level weather phenomena. Courtesy of SRI International.

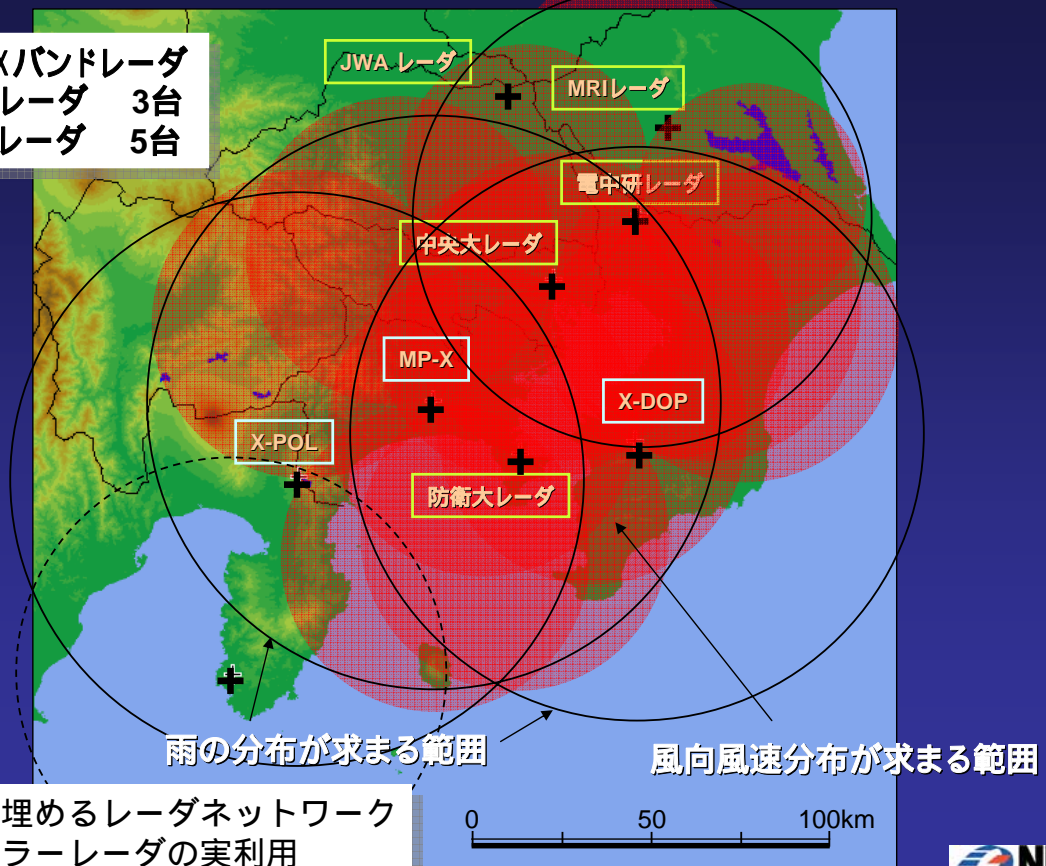


ギャップを埋めるレーダ

小型レーダネットワークの利用

# 高性能小型レーダネットワーク(X-NET)案

想定されるXバンドレーダ  
NIED MPレーダ 3台  
ドップラーレーダ 5台



ギャップを埋めるレーダネットワーク  
偏波ドップラーレーダの実利用

## まとめ

### — 竜巻など突風のレーダ監視技術 —

#### 現業：在来型からドップラーレーダへ

- ◆ 竜巻そのものの監視は困難
- ◆ 親雲(メソサイクロン)の検出は可能
- ◆ データ同化手法による親雲の予報精度の向上

#### 研究：最先端のレーダによる研究

- ◆ 竜巻そのものを捉えることが目標
- ◆ 関東地方での研究計画(X-NET)  
3台の偏波ドップラーレーダ、5台のドップラーレーダ  
防災科学技術研究所、気象研究所、中央大学  
防衛大学校、電力中央研究所、気象協会