

# 小林委員資料

第1回「竜巻等突風予測情報改善検討会」(2012.5.31)

# ドップラーレーダーを用いた竜巻などシビアウェザー をもたらす積乱雲の観測



# 竜巻の階層構造

parent vortex  
(misocyclone)  
~ 1 km

funnel  
~ 100 m

mesocyclone  
~ 10 km

直径10 km のメソサイクロン、  
1 km のマイソサイクロン、  
100 m の竜巻渦(漏斗雲)と  
いう階層構造を竜巻は示す。

「積乱雲内の親渦」、「雲底  
下の竜巻渦(漏斗雲)」、  
「地上被害」をそれぞれ観  
測し、3者の時間的空間的  
な関係を明らかにする。

dust  
column

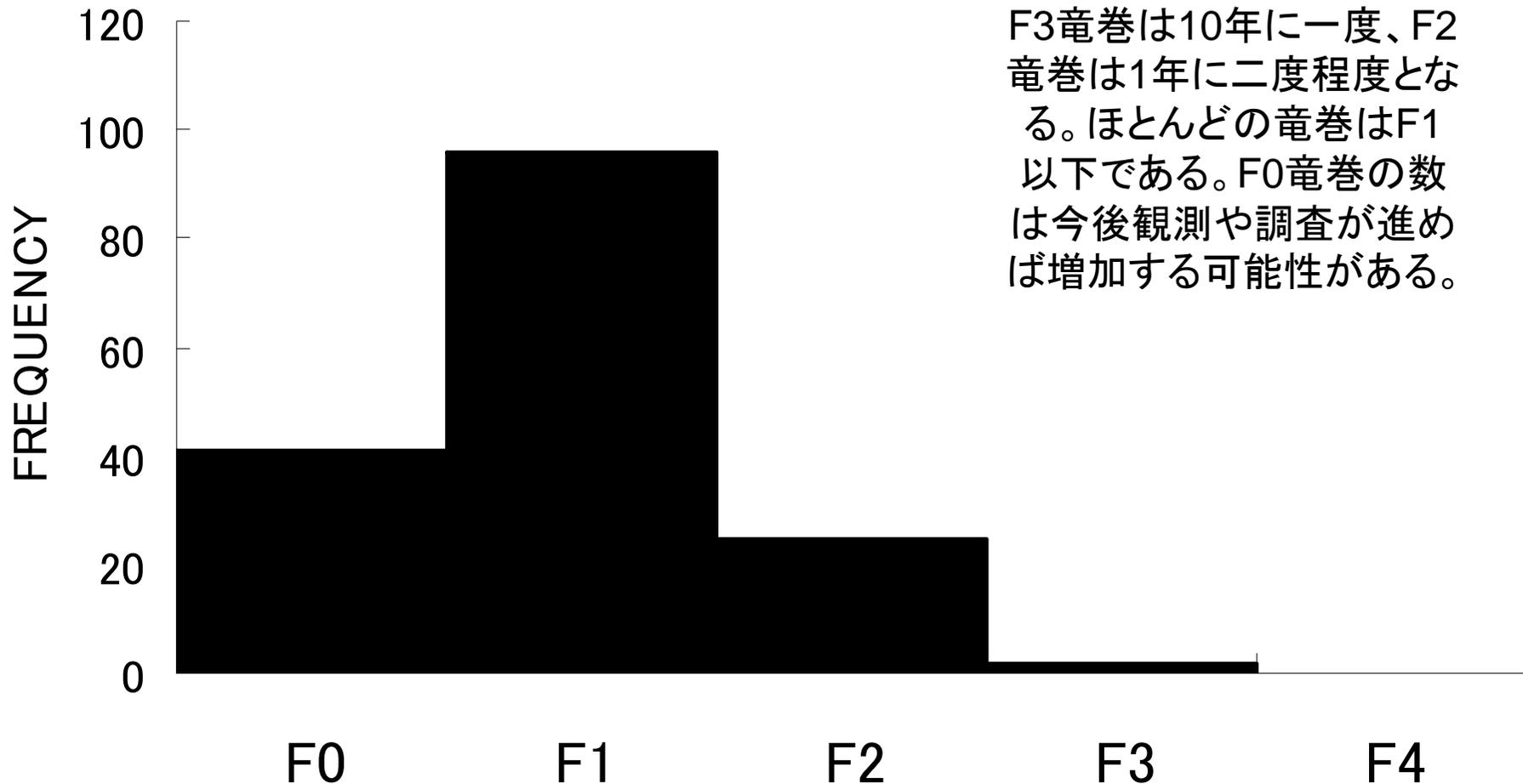
Kobayashi et al. (1996)

# 日本で発生した主な竜巻の被害

竜巻	茂原 1990.12.11	豊橋 1999.09.24	佐賀 2004.06.27	延岡 2006.09.18	佐呂間 2006.11.07
Life time (min)	7	25	7	5	3
F scale	F3	F3	F2	F2	F3
P scale (length)	P2 6.5 km	P3 19 km	P2 8 km	P2 7.5 km	P1 1.5 km
P scale (width)	P3 500 m	P3 550 m	P2 200 m	P2 250 m	P2 300 m
Moving speed (m/s)	16	13	18	25	20
Number of damage	1800	2500	500	1400	100
Synoptic situation	低気圧	台風	梅雨前線	台風	低気圧

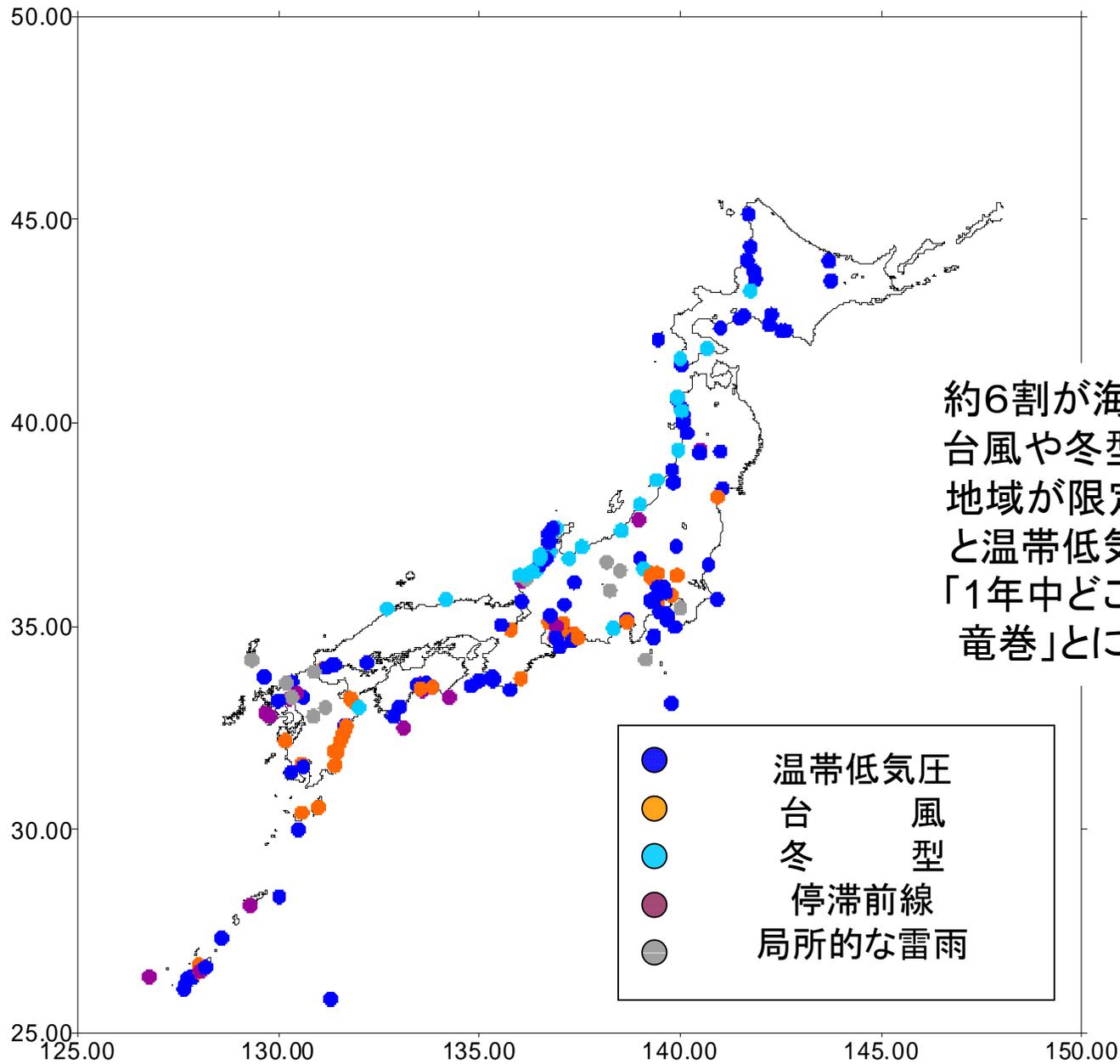
F scale : F2(50-69), F3(70-92 m/s); P scale (length) : P2(5-15), P3(16-49 km); P scale (width) : P2(51-160), P3(161-499 m)

# 1997年から2006年までに発生した竜巻被害のFスケール分布

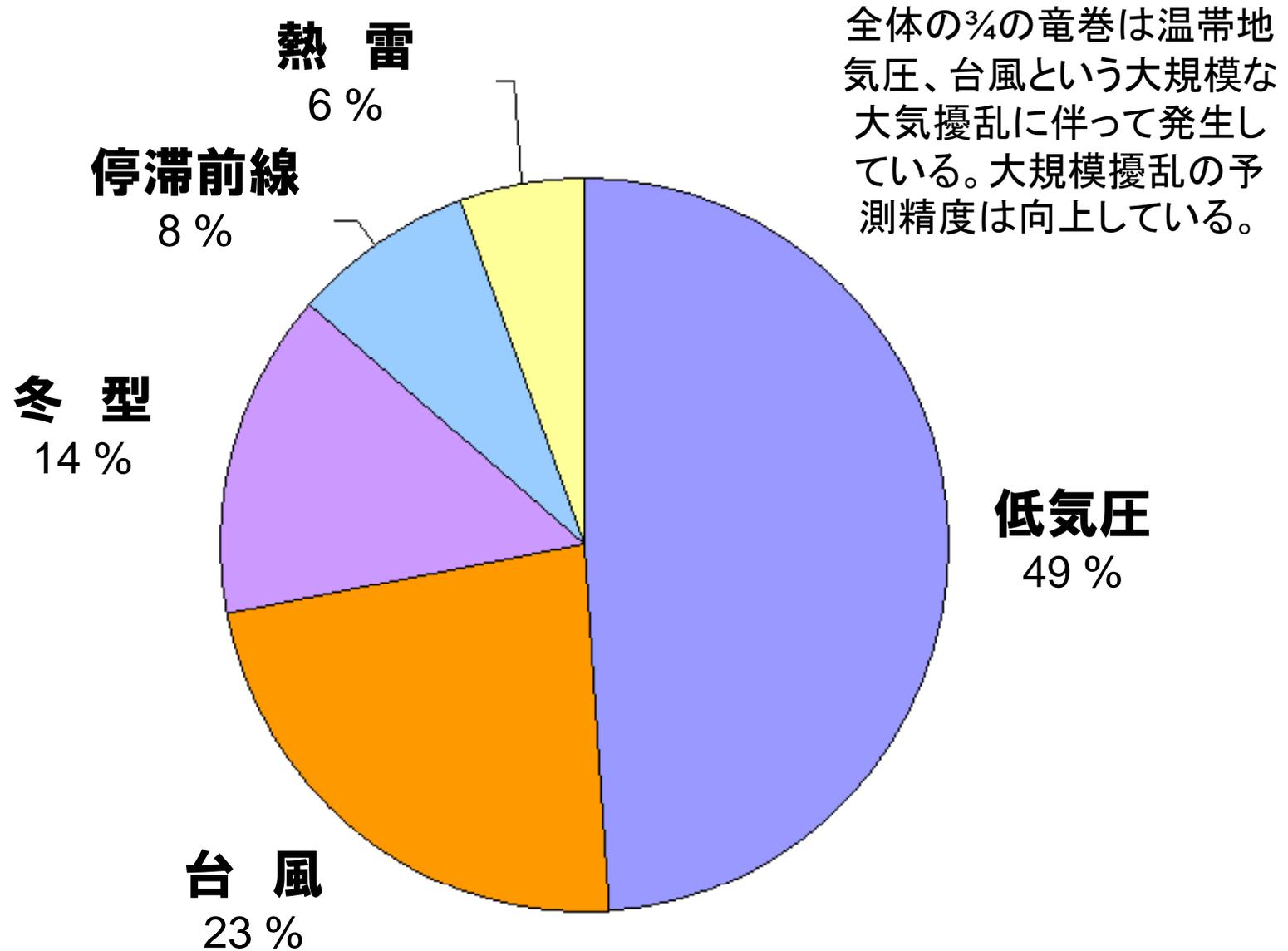


F3竜巻は10年に一度、F2竜巻は1年に二度程度となる。ほとんどの竜巻はF1以下である。F0竜巻の数は今後観測や調査が進めば増加する可能性がある。

# 1997年から2006年までに発生した竜巻分布



# 1997年から2006年までに発生した竜巻の原因

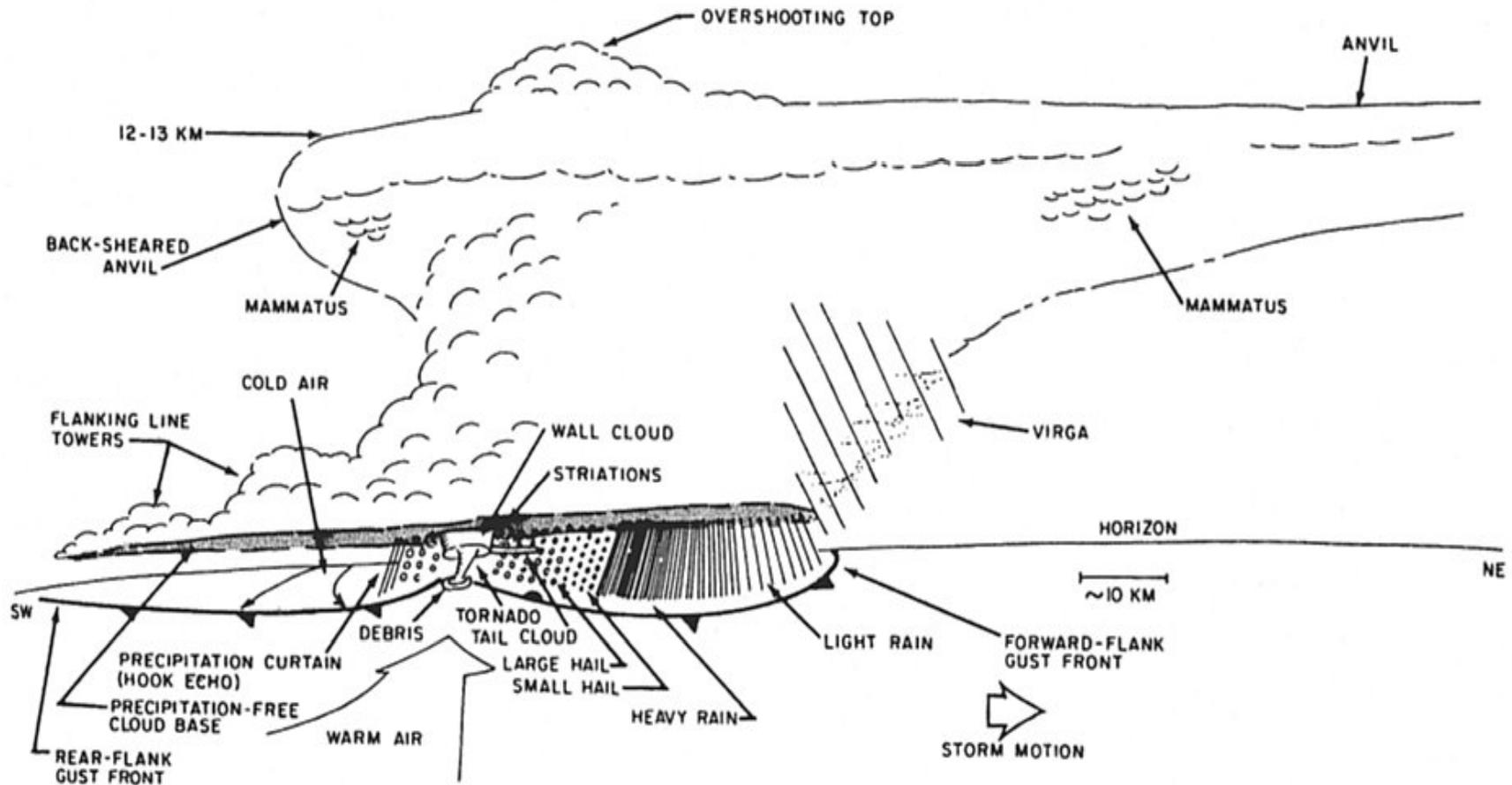


全体の $\frac{3}{4}$ の竜巻は温帯地気圧、台風という大規模な大気擾乱に伴って発生している。大規模擾乱の予測精度は向上している。

# 竜巻 (Tornado)

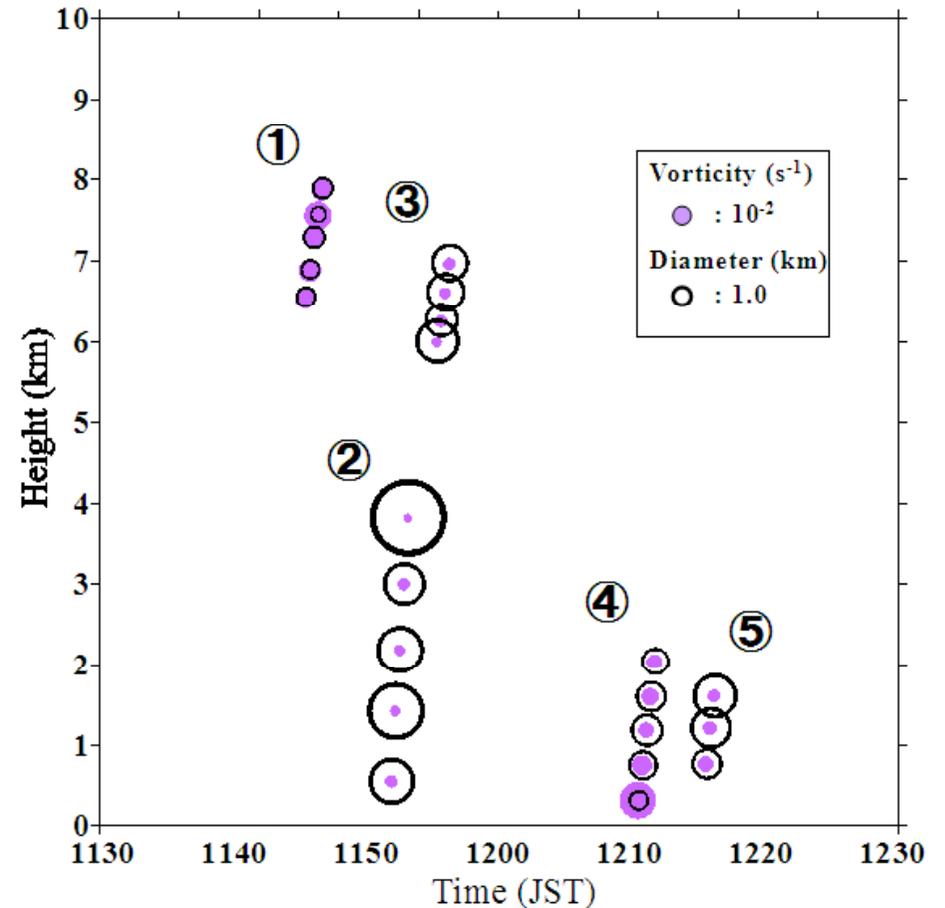
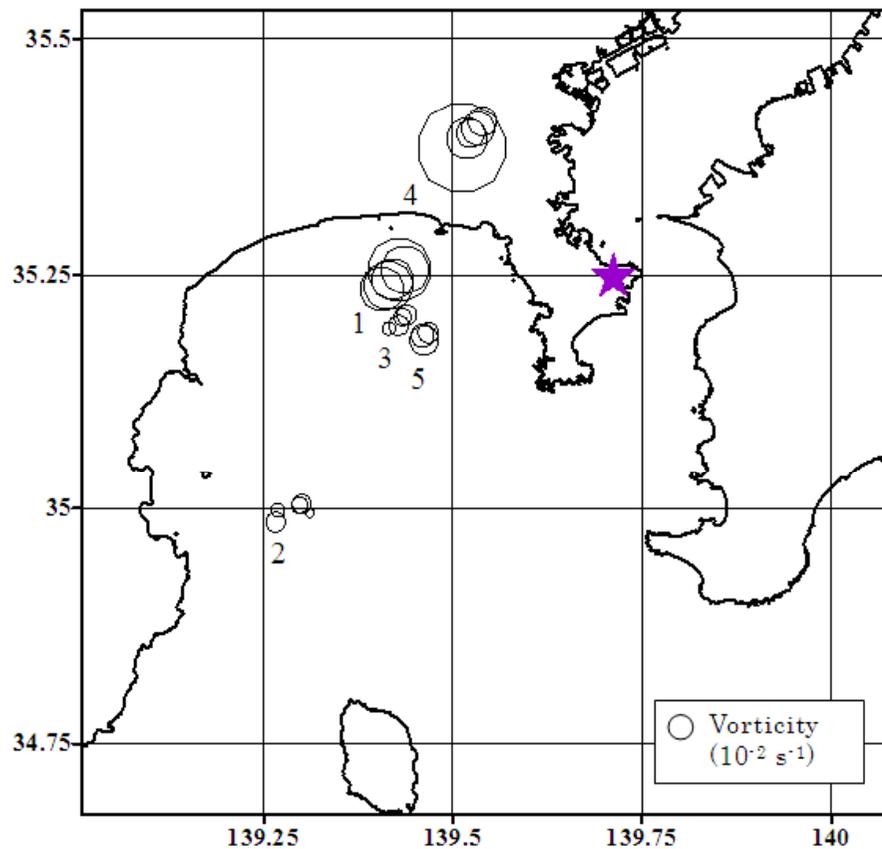
- **スーパーセルトルネード** : supercell tornado
- Non-supercell tornado :
  - 水上竜巻** waterspout
  - 陸上竜巻** landspout
- その他
  - 塵旋風** dustdevil
  - ガストフロント上の竜巻** gustnado
  - 火災旋風** fire whirlwind
  - 火山竜巻** volcano tornado
  - 山竜巻** mountainado

# スーパーセル（単一巨大積乱雲）



(U.S.NSSL, Bluestein)

# ドップラーレーダーで検出されたマイソサイクロンの分布



Sugawara and Kobayashi (2009)

さまざまな積乱雲システム内では、しばしば同時に多くのメソサイクロンが存在することが観測される。メソサイクロンの空間分布は複雑であり、現状のレーダー観測では、積乱雲内での形成メカニズムが十分に理解されているとはいえない。

# 親渦(マイソサイクロン)と漏斗雲



← 500 m

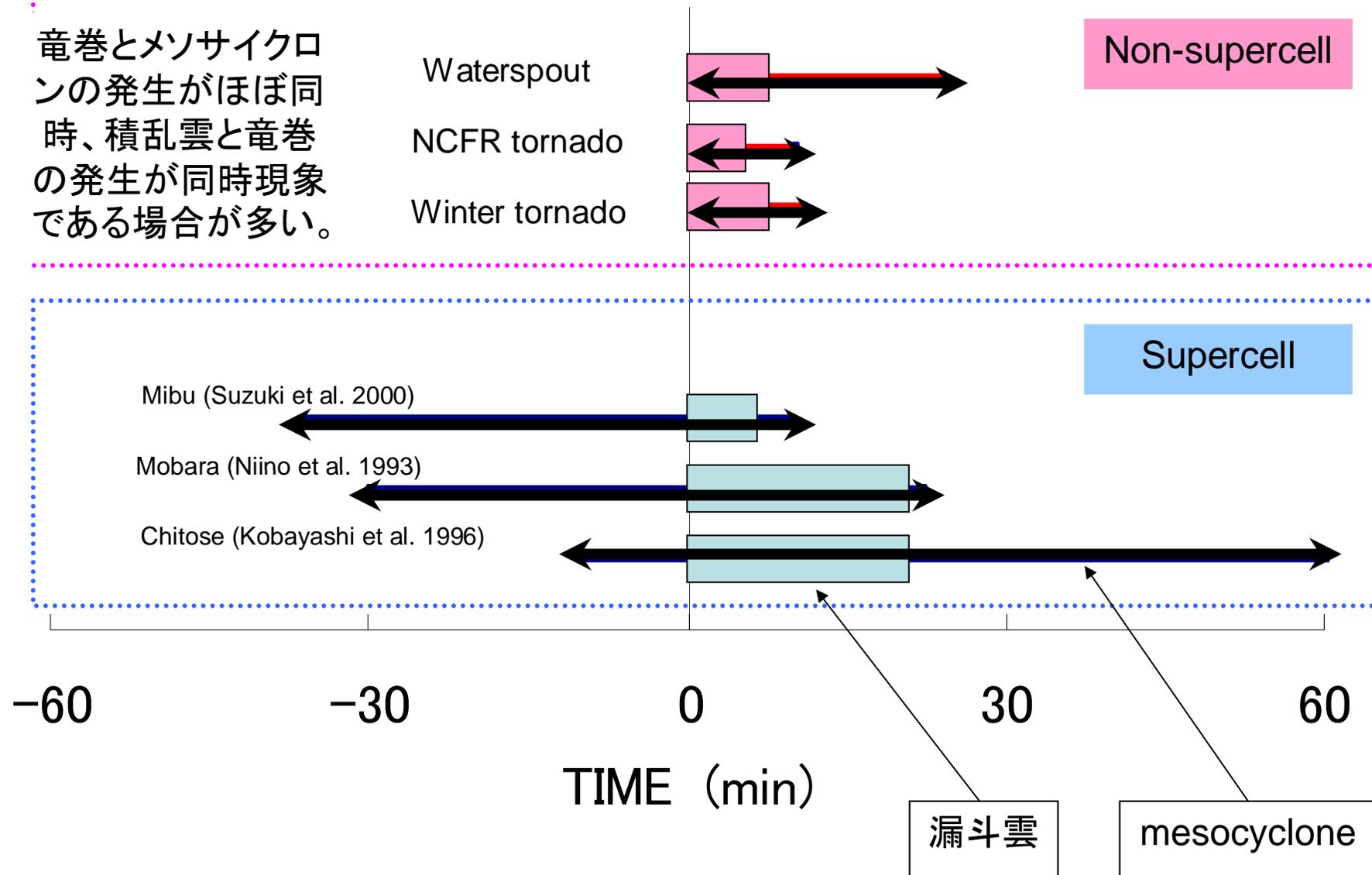
← 20 m

直径1 km のマイソサイクロンは研究用レーダーの至近距離からの観測で解像可能であるが、竜巻渦(漏斗雲)は検出できない。

小林・菅原 (2008)

# メソサイクロンと竜巻渦の発生タイミング

竜巻とメソサイクロンの発生がほぼ同時、積乱雲と竜巻の発生が同時現象である場合が多い。



# 高密度レーダーネットワークによる突風監視の試み

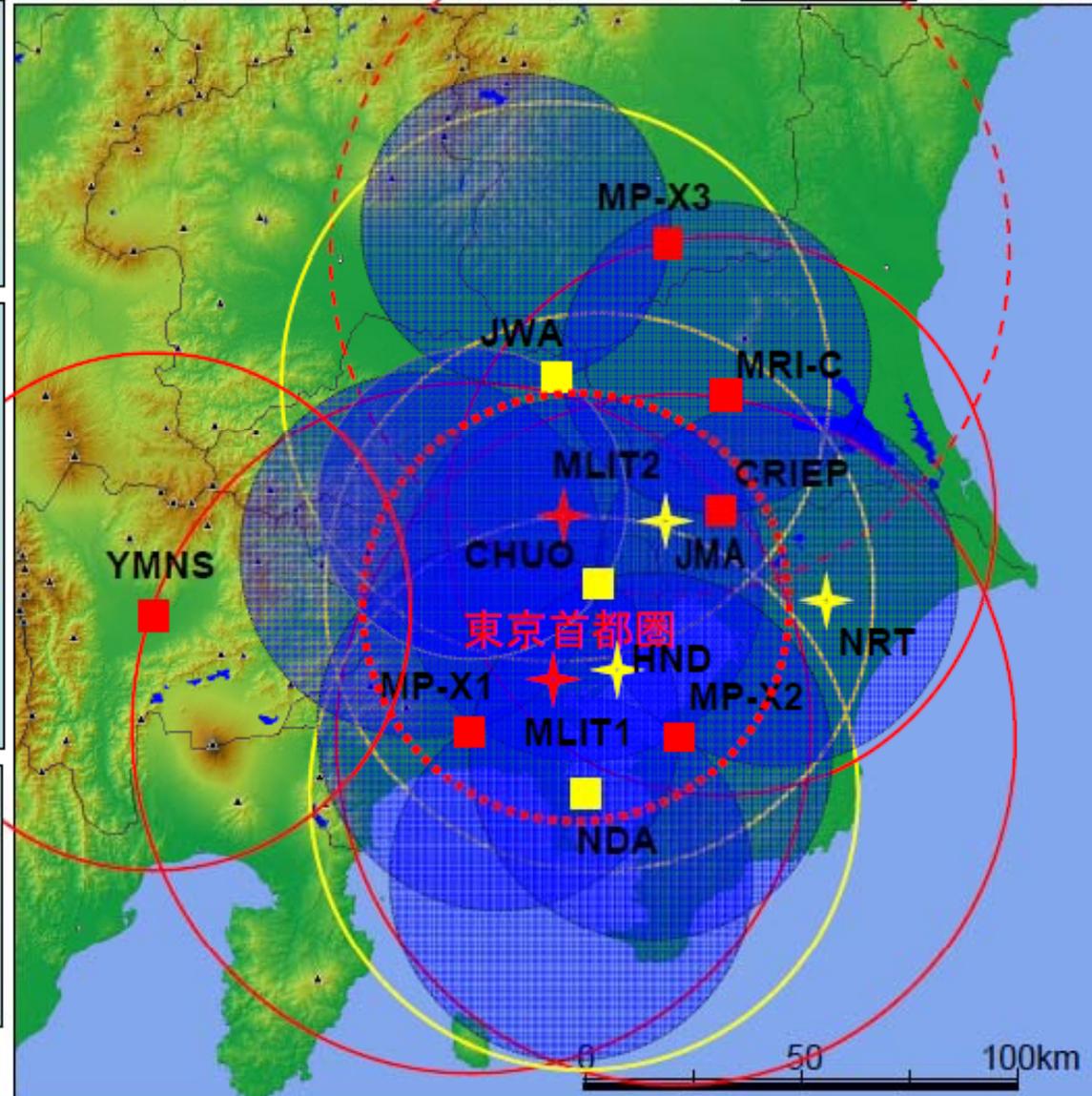
## X-NET & 研究・現業レーダ



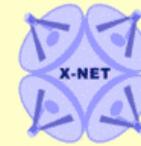
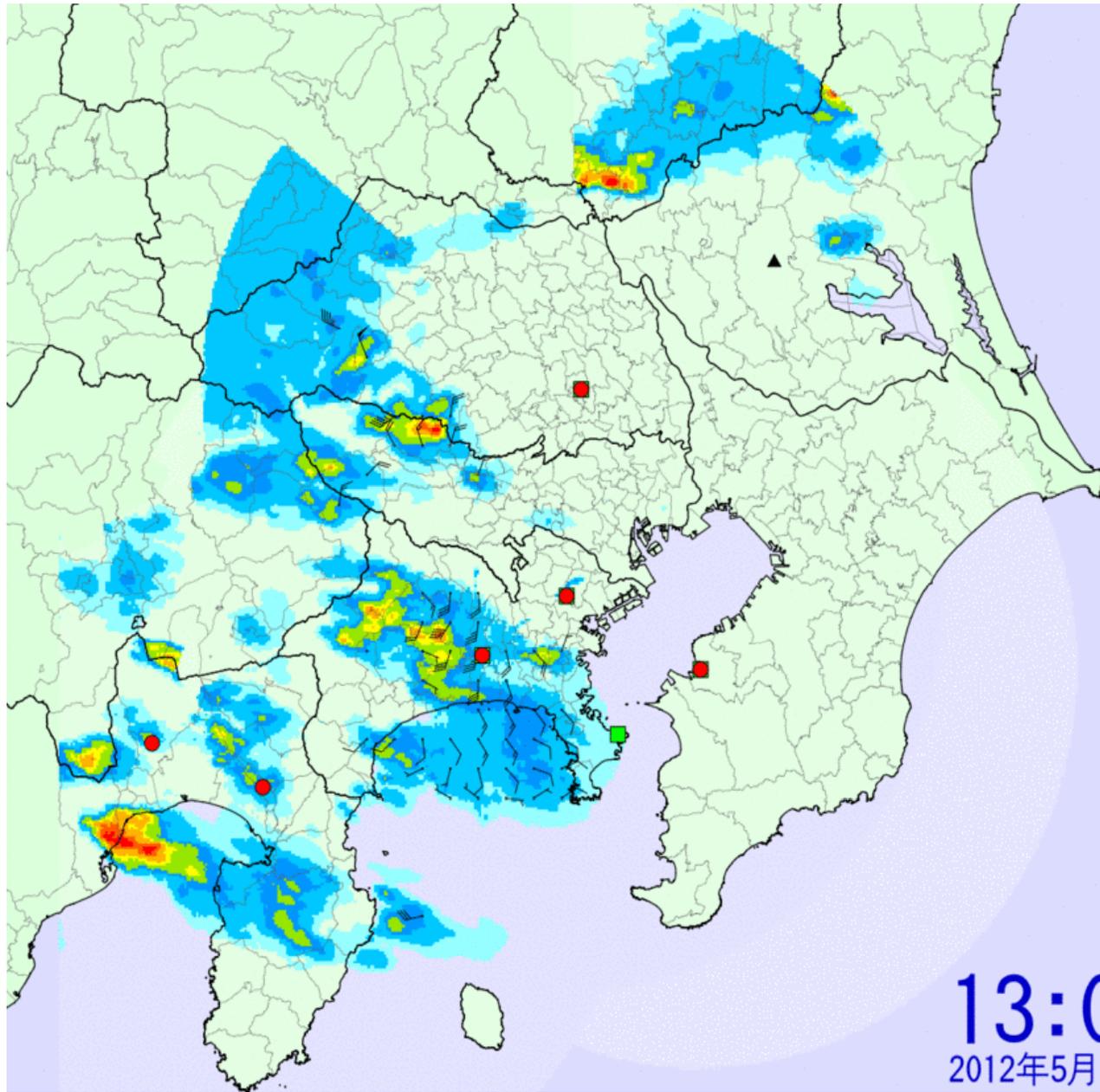
関東地方の複数の研究所と大学が共同で進めているX-バンド(3cm波長)の気象レーダーネットワーク「X-NET」及び研究・現業レーダを活用

X-NETを構成する研究レーダ  
MP-X1～MP-X3 (防災科研)  
CHUO-U (中央大)  
NDA (防衛大学校)  
JWA (日本気象協会)  
CRIEP (電力中央研究所)  
YMNS (山梨大)

- 研究MPレーダ
- ★ 現業MPレーダ (計画)
- 研究ドップラーレーダ
- ★ 現業ドップラーレーダ



# 高密度レーダーネットワーク・X-NETによる観測例



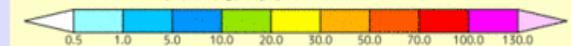
## 次世代気象災害監視レーダーネットワーク

近年発生した大都市における豪雨は、地下空間・通信・交通などの高度に発達した都市機能・経済活動に大きな影響を与え、大都市の持つ新たな弱点が明らかになりました。また、豪雨をもたらす積乱雲は、竜巻・ダウンバーストなどの強風・突風災害を引き起こすことも多く、それらを監視・予測するシステムが必要とされています。

防災科学技術研究所 水・土砂防災研究部ではXバンド（波長3 cm）マルチパラメータレーダー（MPLレーダー）とよばれる高性能気象レーダーを導入し、高精度な降雨強度推定手法を開発しました。さらに、他機関との協力により「次世代気象災害監視レーダーネットワーク(X-NET)」を構築し、豪雨・強風・突風の監視とそれらの予測に関する研究を行っています。

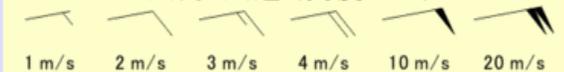
- 降雨強度の推定に用いたレーダー
- 風向・風速の推定に用いたレーダー
- ▲ 防災科学技術研究所(つくば)

降雨強度 (mm/hour)



白影の領域は降雨の観測範囲を示します。灰色で示される領域は、強い雨により電波が消散し、降雨強度を推定できない領域です。

風向・風速 (高度1 km)



13:00  
2012年5月10日

この地図の作成にあたっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の数値地図25000（行政界・海岸線）を使用したものである。（承認番号 平20業使 第253号）

# 竜巻観測研究の課題

- “竜巻”と“トルネード”の構造の類似点、相違点を理解するためにも観測データの蓄積が重要
- 日本における竜巻の実態、構造は理解されているとはいえない
- ほとんどの竜巻の寿命は数分程度、竜巻被害の大部分はフジタスケールF0～F1であり、現状のレーダーでは捕捉に限界がある
- 積乱雲内の構造、雲底下の竜巻渦、地上被害すべてのデータが揃った観測事例は著しく少ない
- 日本では理論的研究、数値計算が先行し、観測研究が相対的に遅れている

# 竜巻予測の課題

- 「竜巻注意情報」は現状では“地上の竜巻”の予測になっていない。竜巻をもたらすポテンシャルを有した積乱雲の予測としては的中率100%といえるが、実際に発生した竜巻の検証は行われていない。
- 低気圧や台風など大規模な擾乱に伴う強い竜巻(F2~)については現状のシステムでも高い予測精度を有していると考えられる。
- 一方、時間的に先行するメソサイクロンを有しない竜巻、すなわち局所的な積乱雲の予測は困難である
- 竜巻、ダウンバースト、局地的豪雨、降雹、落雷をもたらす嵐(サンダーstorm)の短時間予測(ナウキャスト)が重要である
- 弱い竜巻やガストフロントに対して脆弱である大都市においては突風ナウキャストが必要である