

本日のメニュー(あくまでも予定)

1. メソ降水システムに関するこれまでの知見
 - 1-1. 降水セルの特徴
 - 1-2. 自己維持型のメソ降水システム
2. **メソ降水システムの研究手法**
 - 2-1. **ドップラーレーダーデータ解析**
 - 2-1-1. 解析事例(降水セルの面積と高さ)
 - 2-2. 雲解像モデル
 - 2-3. 雲解像モデル(CReSS)を用いた計算事例
 - 2-3-1. 台風T0418のケース
 - 2-3-2. 台風T0423のケース
 - 2-4. メソ降水システム研究の将来
3. GCMパラメタリゼーションの改良に向けて
 - 3-1. 海洋上の浅い積雲の再現実験
 - 3-2. 熱帯インド洋域における深い対流雲の予報実験

● 研究手法

・ 観測

- ・ 主にドップラーレーダーを用いた観測

- ・ 航空機観測

・ 数値シミュレーション

- ・ CReSS (Cloud Resolving Storm Simulator):
当研究室において開発中の雲解像数値モデル



電子の目で雨を観る: 気象レーダー

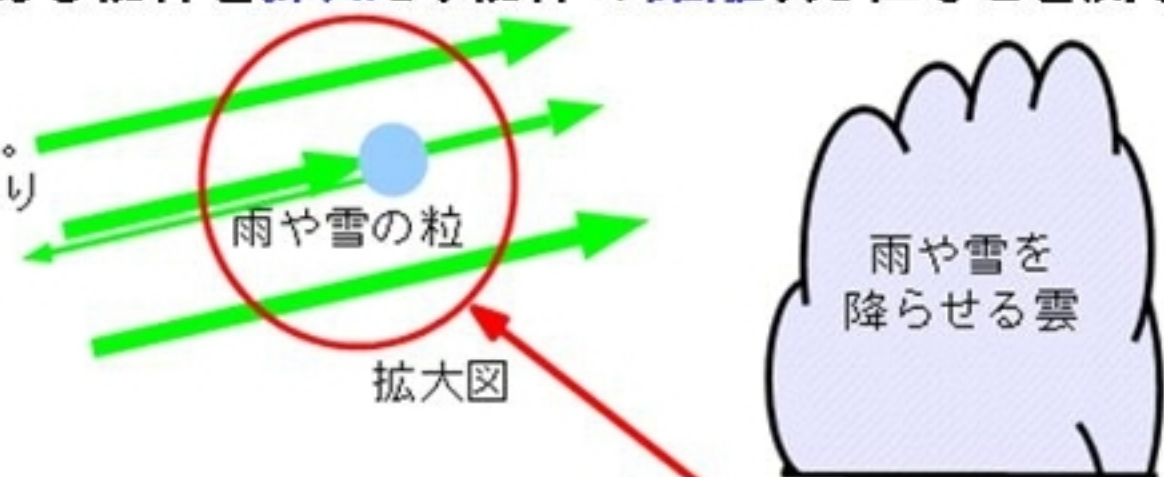
Radar = **R**adio **d**etection and **r**anging

(電波) (探知) (距離を測る)

電波を発射し遠方にある物体を探知し、物体の距離、方位などを測る電波探知装置。

反射される電波は、
粒が大きいほど強い。
また、粒の動きにより
周波数が変化する。

ドップラー効果



拡大図

アンテナの回転に
よって、全周を観測。

発射された電波。

雨や雪

反射されて戻ってくる電波から、
降水強度、降水粒子の動きを観測。

電波を発射して戻ってくるまでの
時間から雨や雪までの距離を測定。

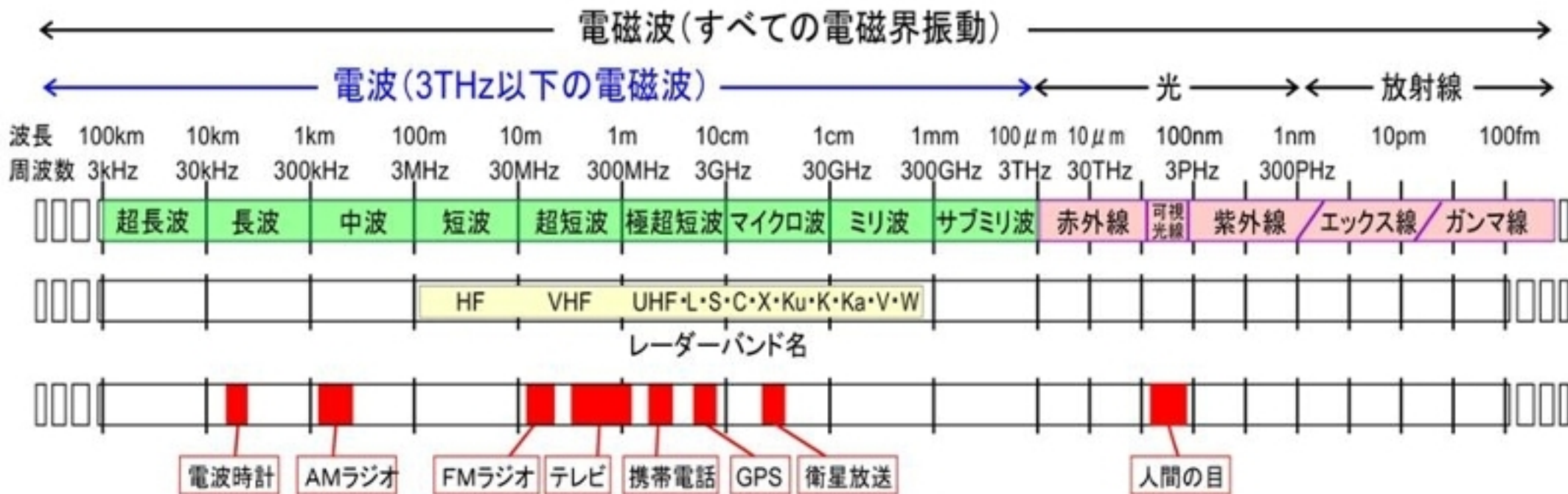
気象庁のページより

<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/radar/kaisetsu.html>



レーダー

電子の目で雨を観る：気象レーダー

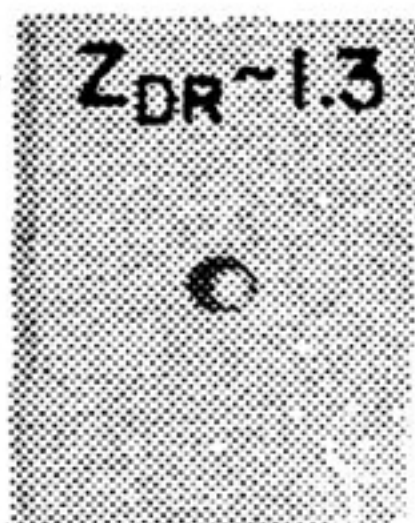


↑
気象レーダーの波長帯：3 ~ 10 cm
X, C, S-Band
降水粒子に感度がある。

雨の粒子の大きさ と 形

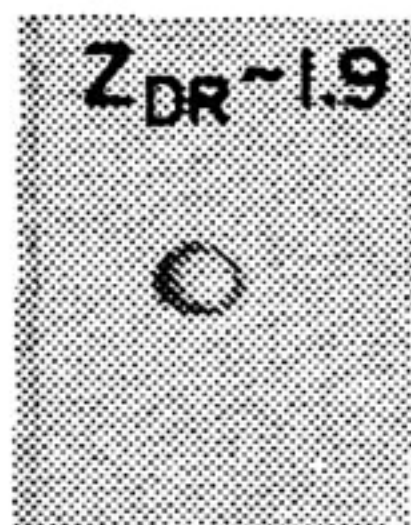
Raindrops < 0.3 mm \rightarrow $Z_{DR} \sim 0$ dB

R
A
I
N
D
R
O
P
S



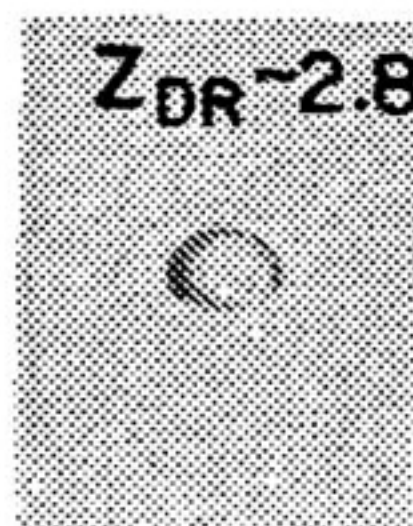
$Z_{DR} \sim 1.3$

1.35 mm



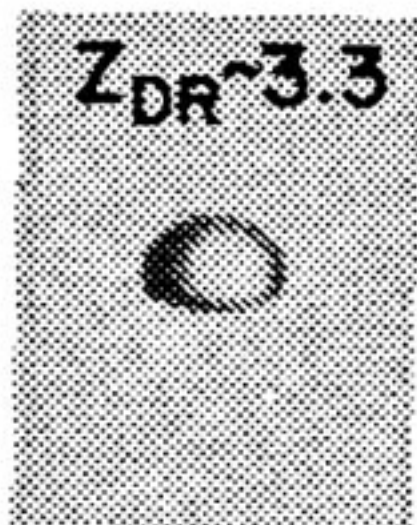
$Z_{DR} \sim 1.9$

1.75 mm



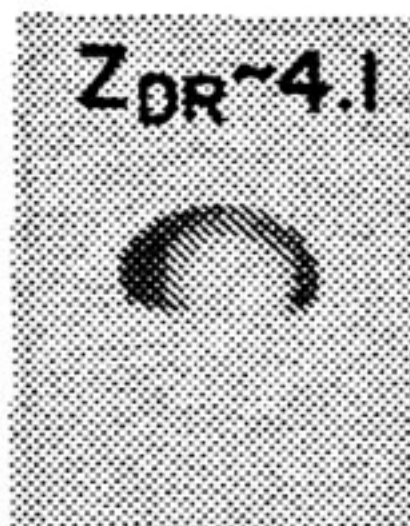
$Z_{DR} \sim 2.8$

2.65 mm



$Z_{DR} \sim 3.3$

2.90 mm



$Z_{DR} \sim 4.1$

3.68 mm



$Z_{DR} \sim 4.5$

4.00 mm

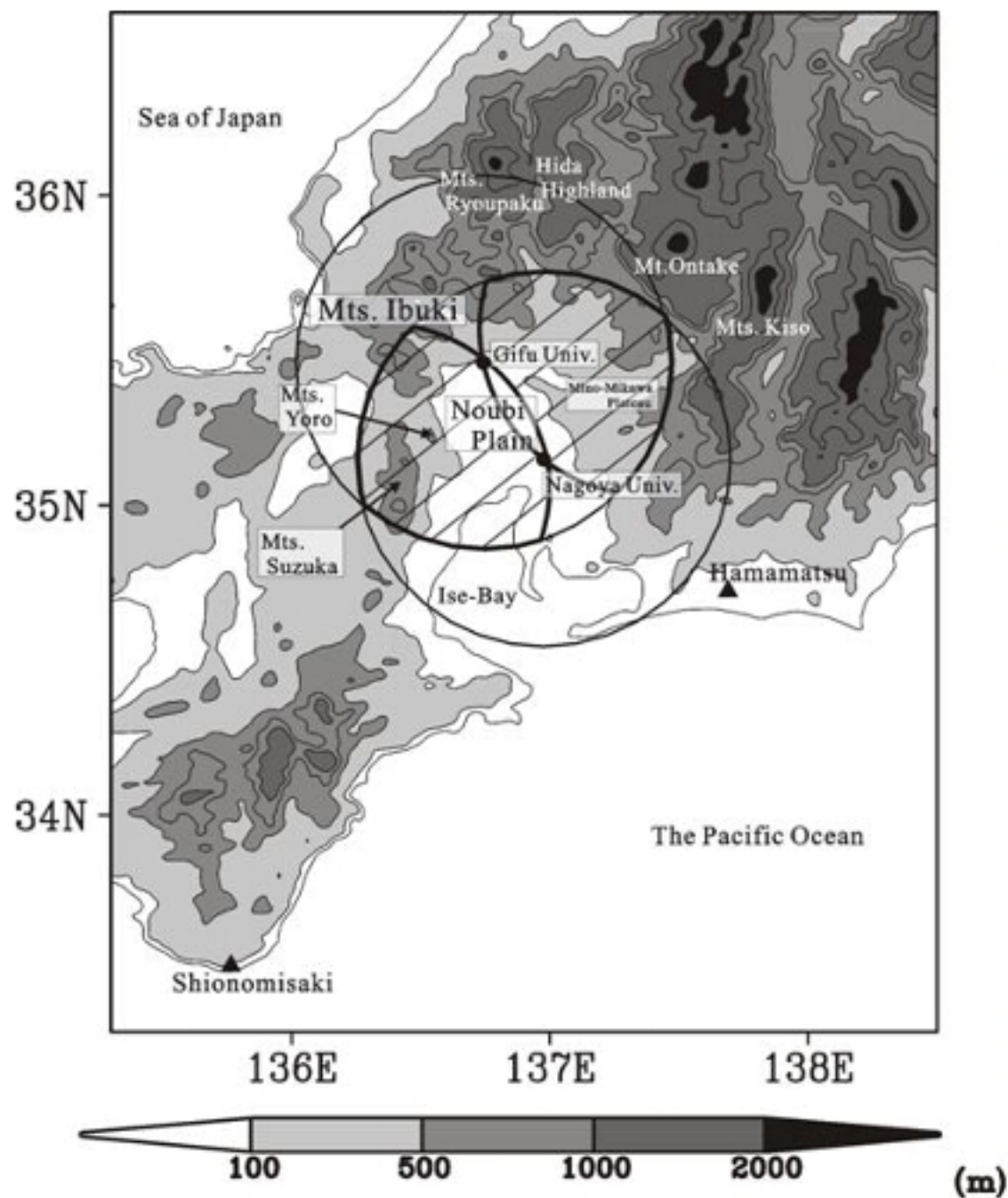
霰粒子の大きさと形



雪片(雪結晶)の大きさと形

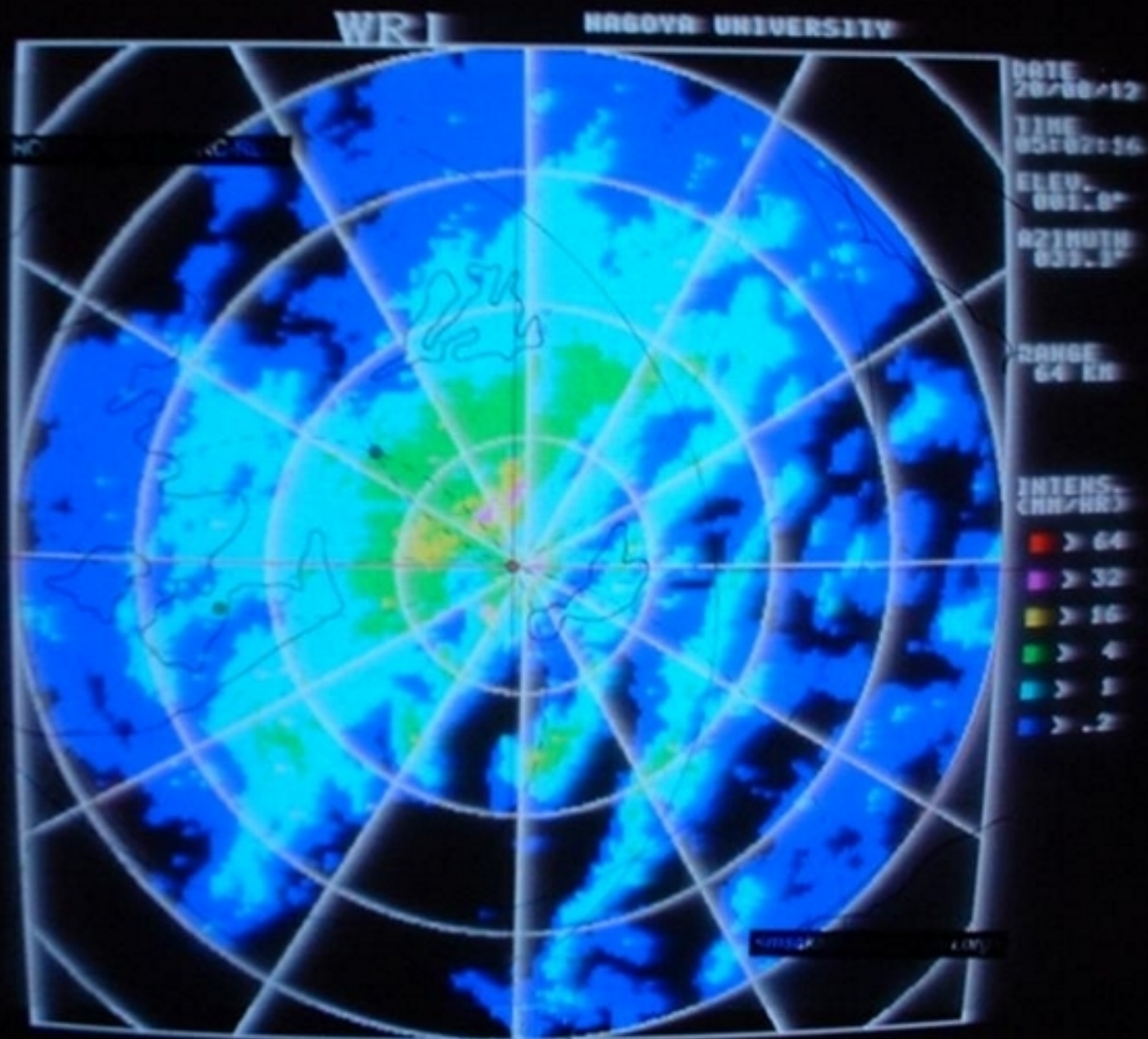


地球水循環研究センタードップラーレーダー(赤レーダー・青レーダー)



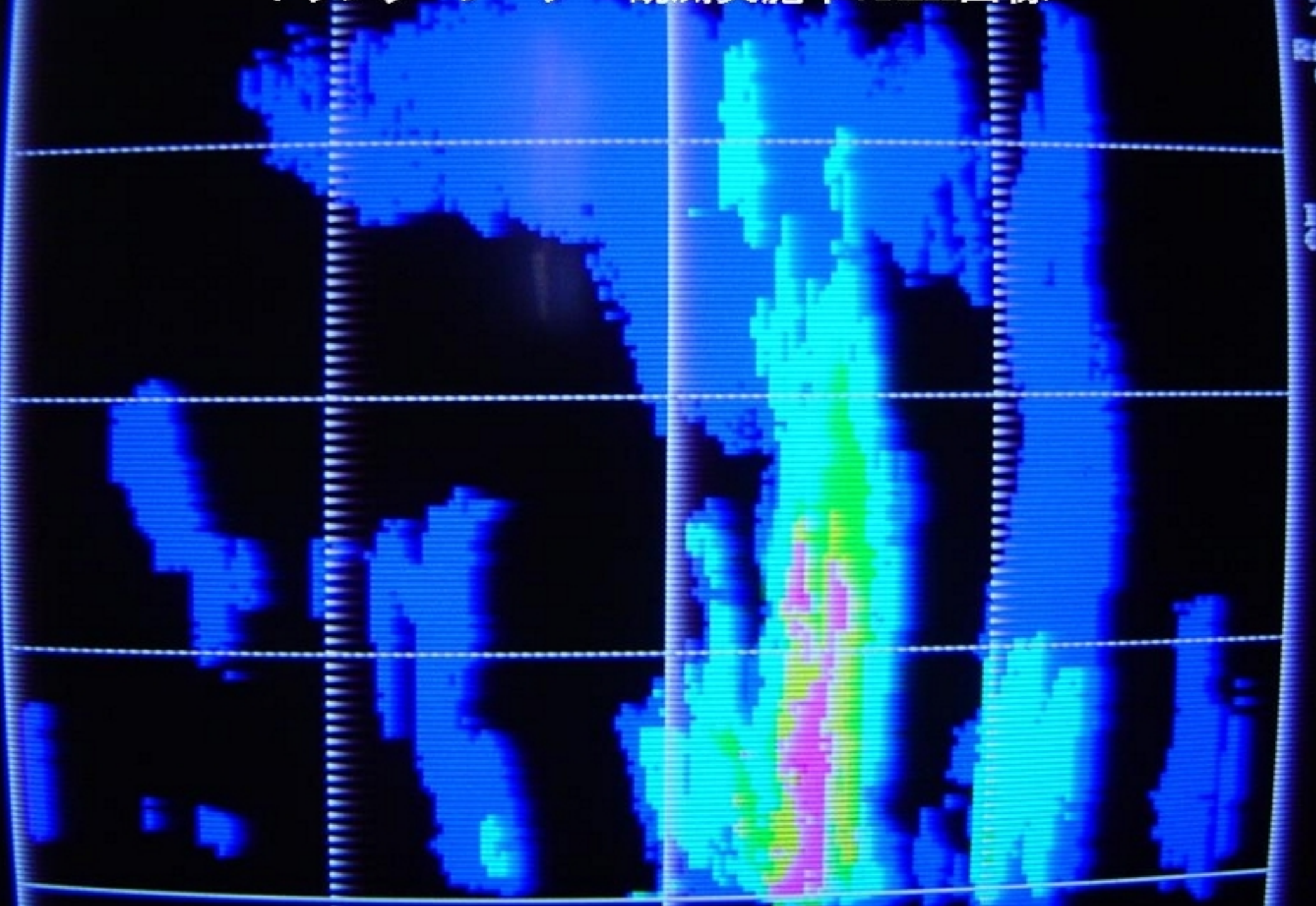


ドップラーレーダー観測実施中:PPI画像



2001年6月 @中国江蘇省周莊にて

ドップラーレーダー観測実施中：RHI画像

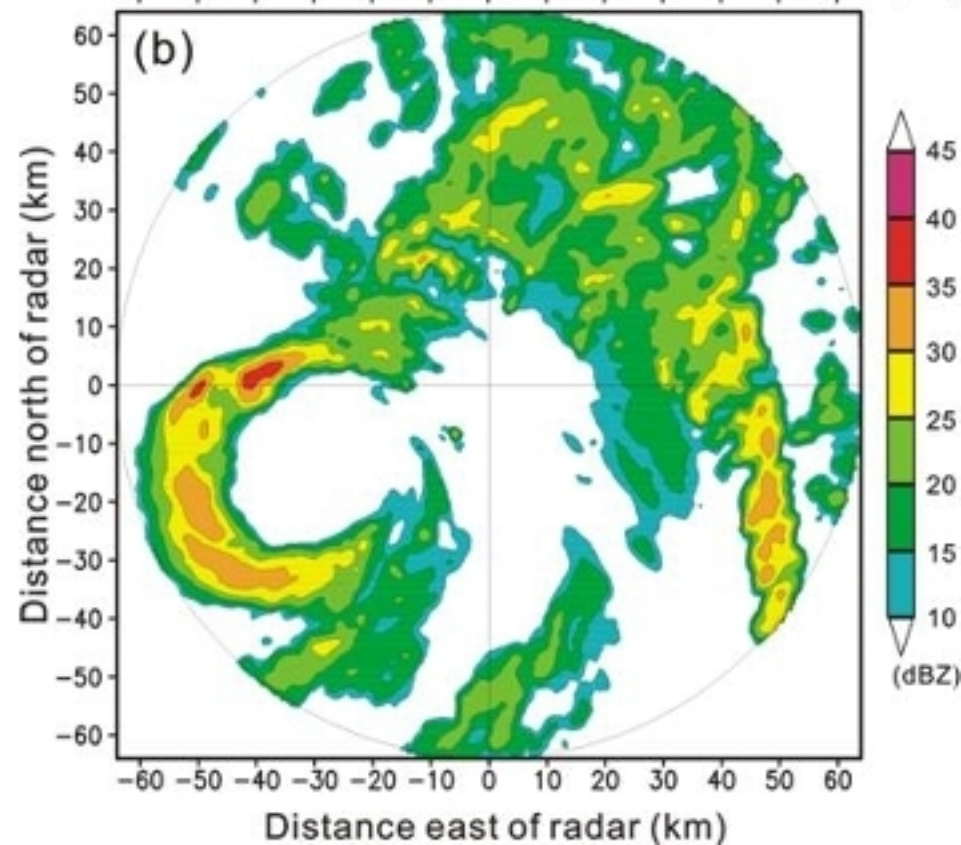
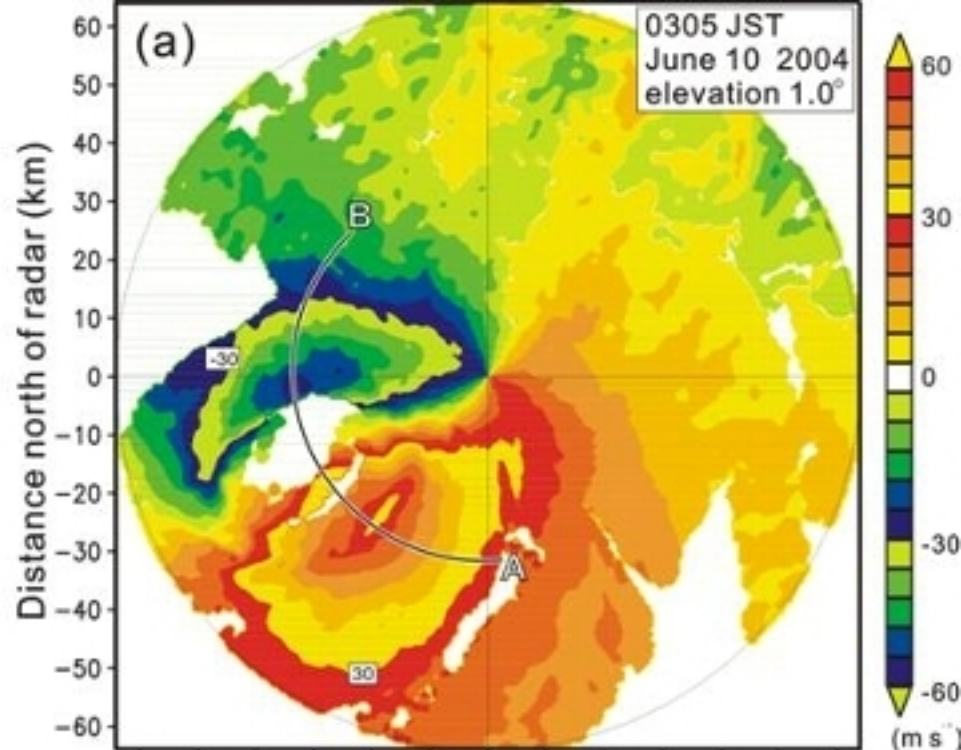
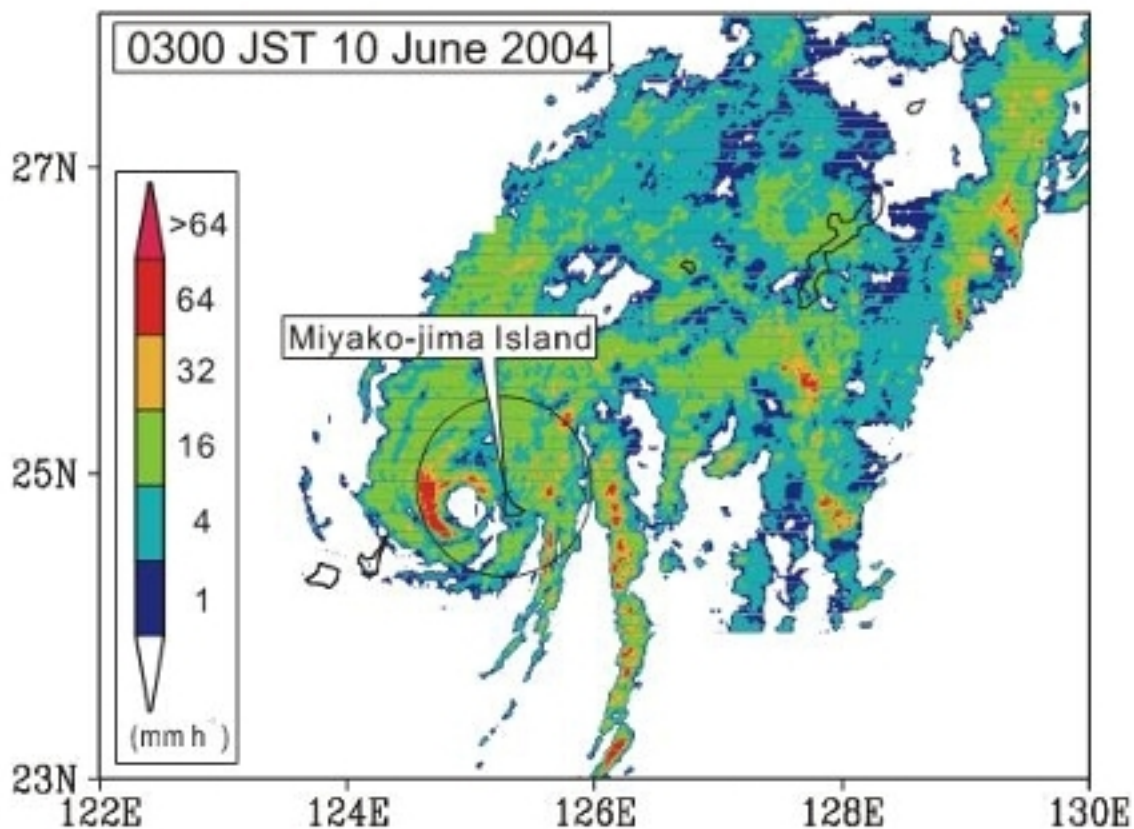


HEIGHT
20
RAIN
6
IN
CM

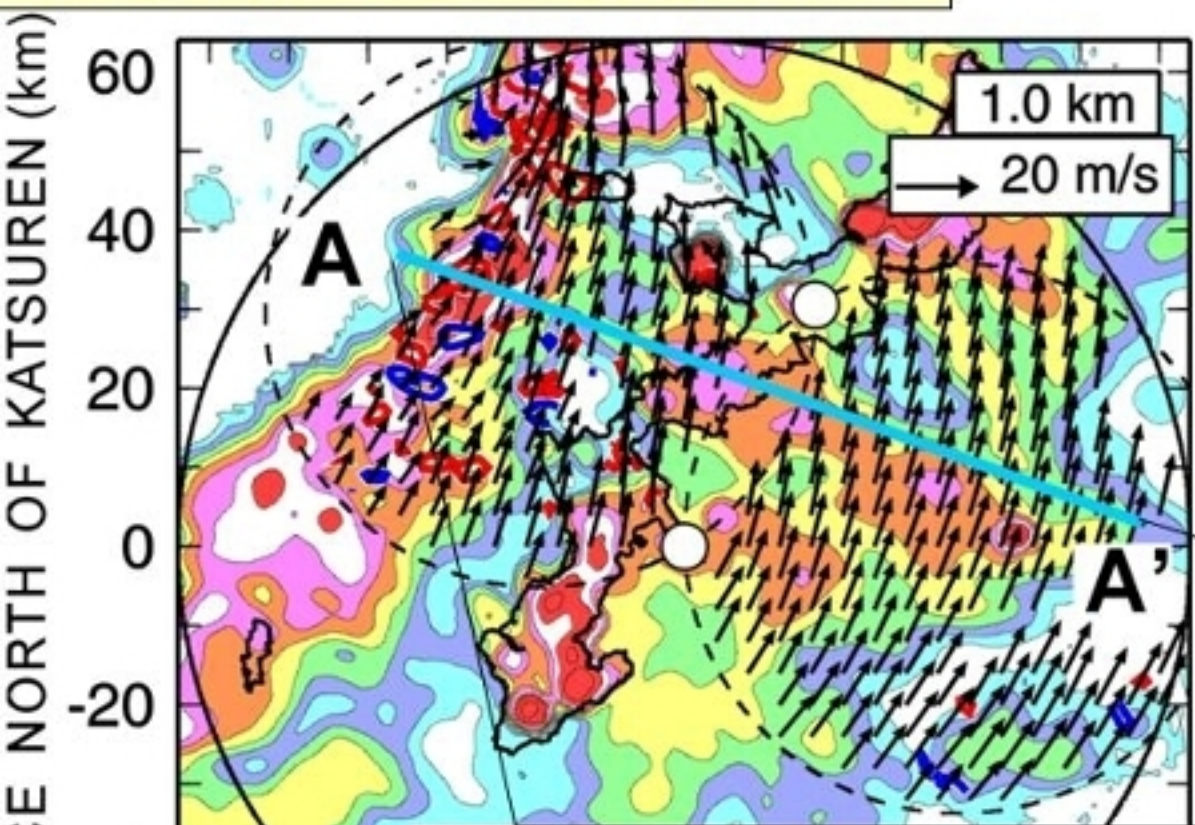
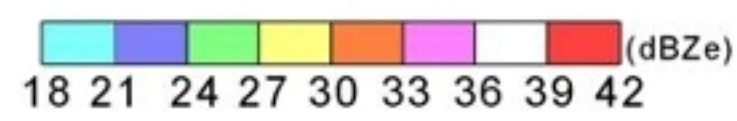
2007年6月17日15:48JST @ 沖縄県多良間島にて

ドップラーレーダーで捉えた台風の目

宮古島周辺における台風(T0404)。
台風の目、壁雲、弧状の降水帯。
最大風速(ドップラー速度) 60 m/s。



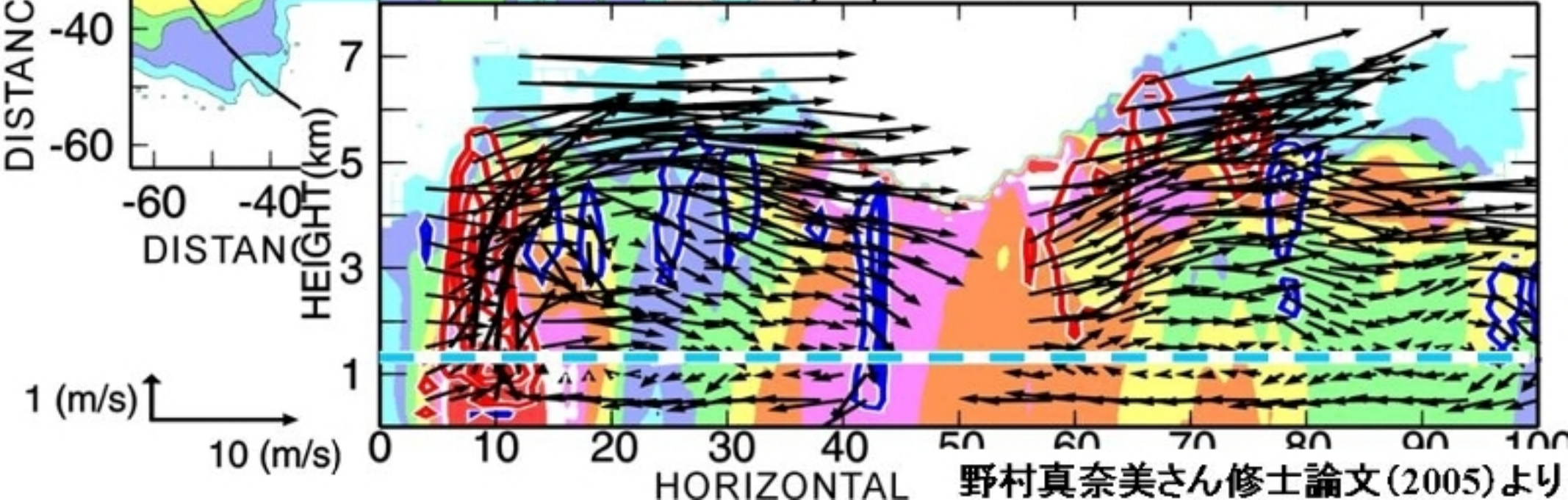
線状降水システムの内部構造



デュアルドップラーレーダー解析

- ・ 降水システム内部の気流場を解析する事ができる。
- ・ どのように水蒸気が供給されているか、どのような過程で降水システムが発達・維持したのかを推定する事が可能。

— Downdraft
— Updraft



本日のメニュー(あくまでも予定)

1. メソ降水システムに関するこれまでの知見
 - 1-1. 降水セルの特徴
 - 1-2. 自己維持型のメソ降水システム
2. **メソ降水システムの研究手法**
 - 2-1. **ドップラーレーダーデータ解析**
 - 2-1-1. **解析事例(降水セルの面積と高さ)**
 - 2-2. 雲解像モデル
 - 2-3. 雲解像モデル(CReSS)を用いた計算事例
 - 2-3-1. 台風T0418のケース
 - 2-3-2. 台風T0423のケース
 - 2-4. メソ降水システム研究の将来
3. GCMパラメタリゼーションの改良に向けて
 - 3-1. 海洋上の浅い積雲の再現実験
 - 3-2. 熱帯インド洋域における深い対流雲の予報実験

梅雨期に東アジアで観測された 降水セルの統計的特徴

真木 亮⁽¹⁾・*篠田太郎⁽¹⁾・
清水慎吾⁽²⁾・坪木和久⁽¹⁾・
上田 博⁽¹⁾

⁽¹⁾ 名古屋大学地球水循環研究センター

⁽²⁾ 防災科学技術研究所



はじめに

大陸性(上)の降水セルと海洋性(上)の降水セルで高さが異なる。
大陸性の降水セルは海洋性の降水セルに比べて高くまで発達する。
Zipser and Lutz (1994)、片山(2004)

沖縄付近における梅雨前線帯付近の降水セル：
背の低い降水セルが多い事を示した。
野村(2005)、内藤(2005)、河野(2006)

中国大陸上の梅雨前線帯付近の降水セル：
Convection of Medium Depth (圏界面まで到達しないような対流)
が多く存在する事を示した。
Zhang et al. (2006)

●本研究の目的

これまでに名大レーダーを用いて梅雨期に東アジア域において観測された降水セルの特徴を統計的に示す。

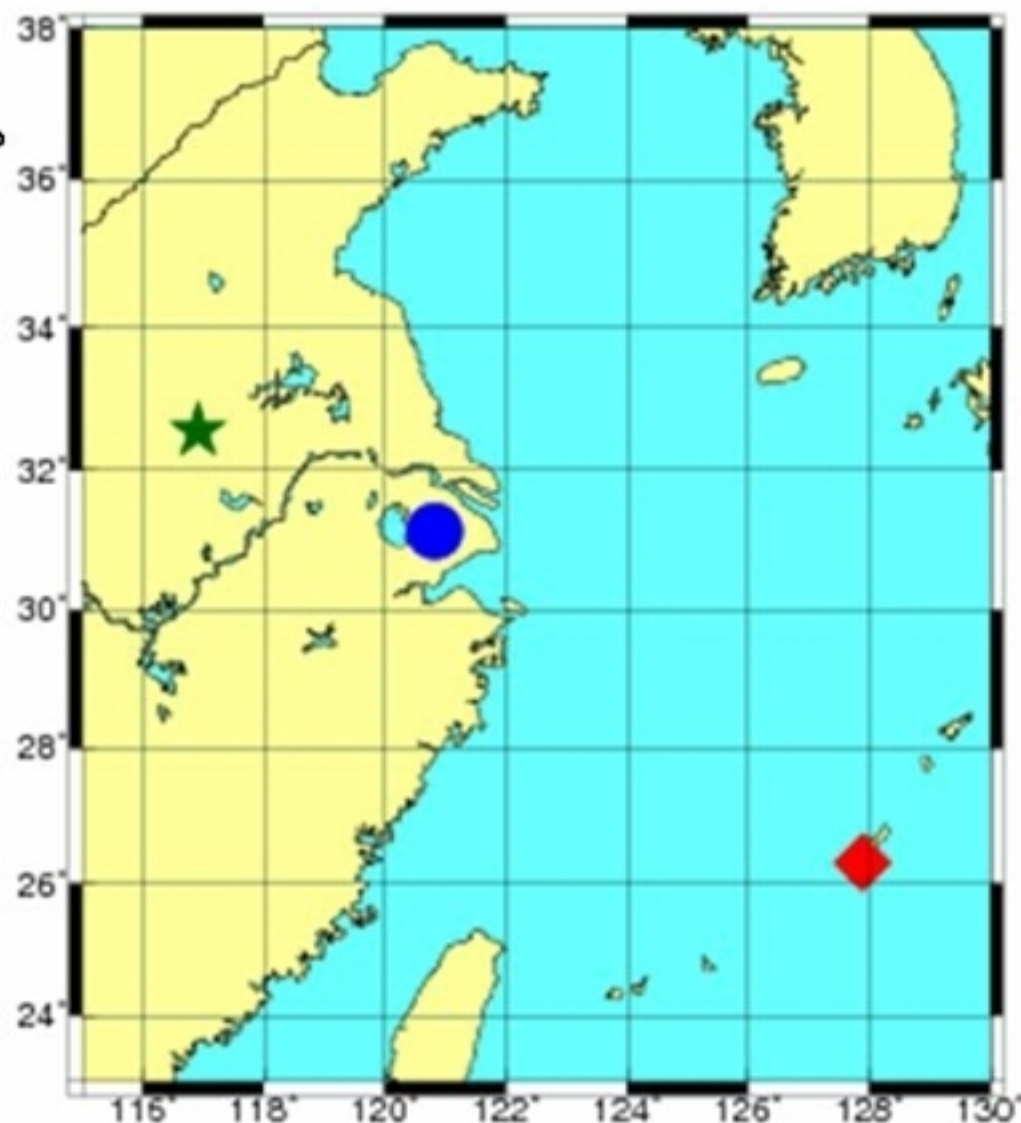
作業仮説「梅雨期の東アジア域において、高くまで発達しない降水セルが多く存在する」は正しいか？

●本研究における降水セルの特徴

- ・ 面積
- ・ エコー頂高度
- ・ 最大反射強度の鉛直傾度

使用データ

名古屋大学地球水循環研究センター
Xバンドドップラーレーダデータを使用。
観測範囲: 64 km
距離分解能: 250 m



- ★ 寿県 (大陸上): 1998年6月17日～7月17日 (GAME-HUBEX)
- 周庄 (海岸部): 2001年6月10日～7月13日 (with FORSCG)
- ◆ 沖縄 (海洋上): 2004年5月27日～6月11日 (LAPS-CREST)

降水セルの検出手順

ポリュームスキャンデータ

ポリュームスキャン間隔
寿県:7分, 周庄:6分, 沖縄:10分

CAPPIの読み込み

水平格子間隔:1 km
鉛直格子間隔:0.25 km

対流域の抽出

清水他(2005)の手法を用いる。
BBF法を用いて層状域を除去。

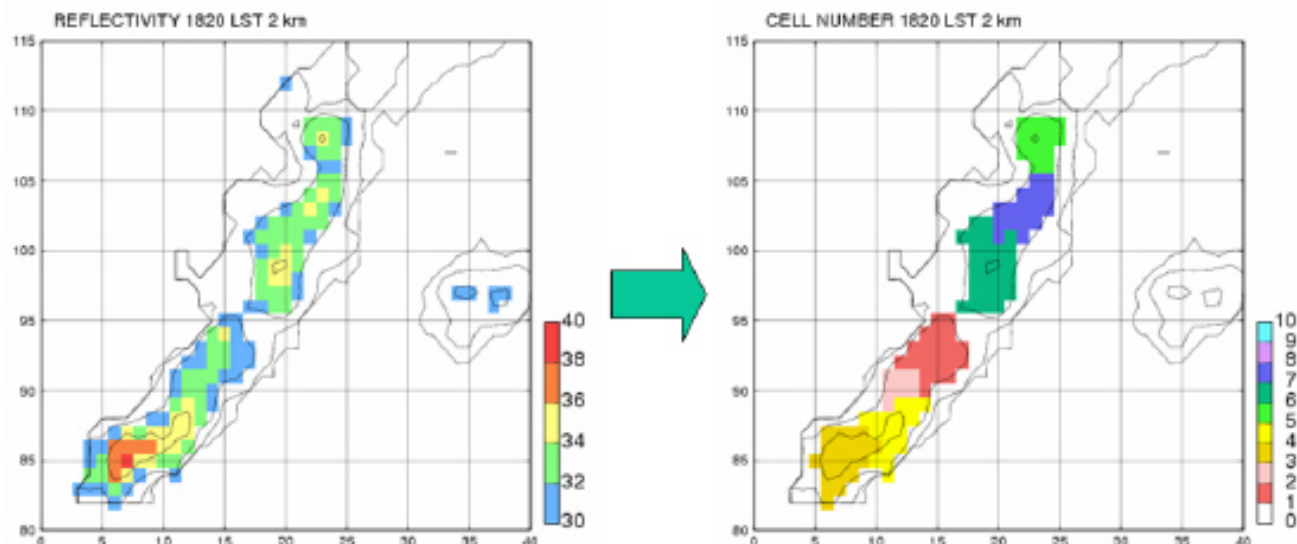
降水セル群の検出

高度2 kmにおいて反射強度30 dBZeの
閉曲線で囲まれた領域を降水セル群と
する。面積は4 km²以上。

降水セルの検出

降水セル群中の極大値をもつ場所を
降水セルとする。

降水セルの検出事例



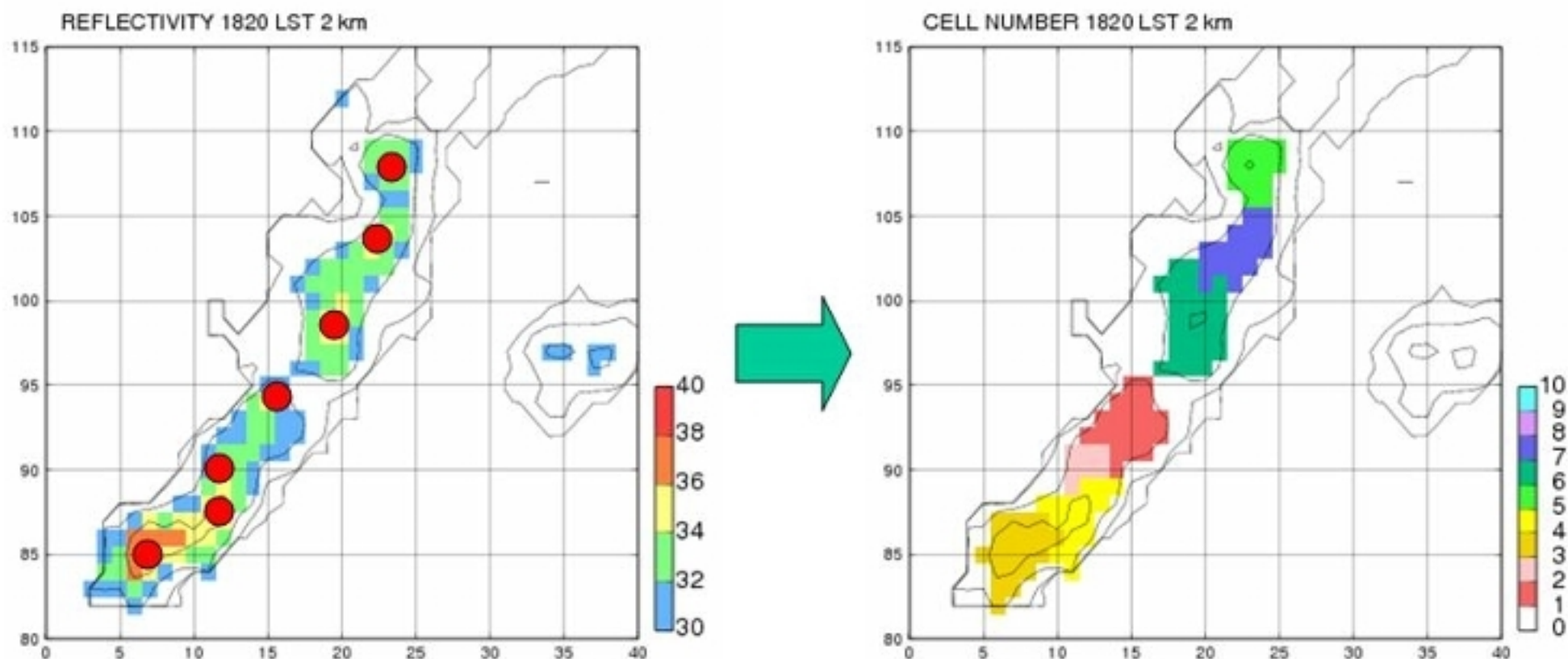
降水セル群の検出: 高度 2 km で 30 dBZe 以上の領域。

降水セルの検出: 降水セル群中の極大値。

降水セルの面積: 降水セルの境界線で囲まれる領域の面積。

降水セルのエコー頂高度: 30 dBZe で規定。

降水セルの検出事例



降水セル群の検出: 高度 2 km で 30 dBZe 以上の領域。

降水セルの検出: 降水セル群中の極大値。

降水セルの面積: 降水セルの境界線で囲まれる領域の面積。

降水セルのエコー頂高度: 30 dBZe で規定。

観測された降水セルの総数

観測地	降水セルの総数
沖縄	5,093
周庄	17,529
寿县	2,978

それぞれの観測点で数多くの降水セルのサンプルを取得することができた。

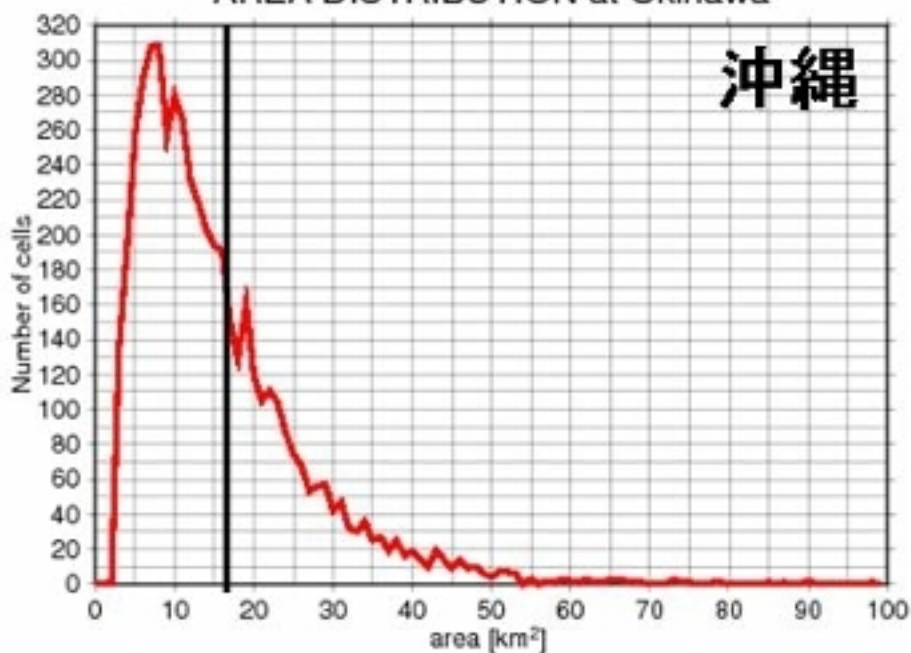
※ ただし、同一の降水セルがその時間変化とともに複数のボリュームスキャンデータに含まれている。

個々の降水セルの時間変化は考慮できない。

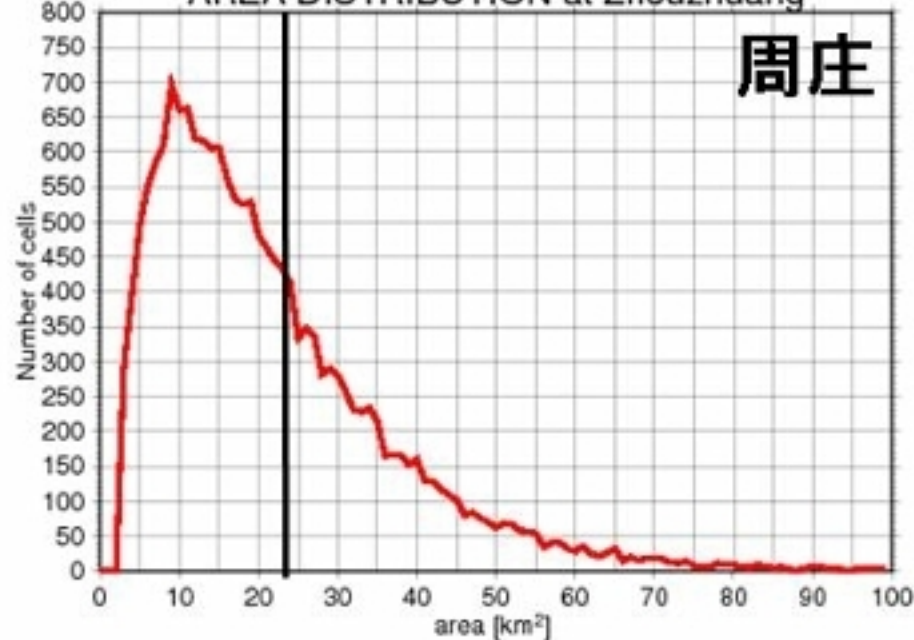
→ 降水セルのサンプルとしては、発達期、最盛期、衰弱期の全ての段階を含んでいるデータであると考えられる。

観測された降水セルの面積の頻度分布

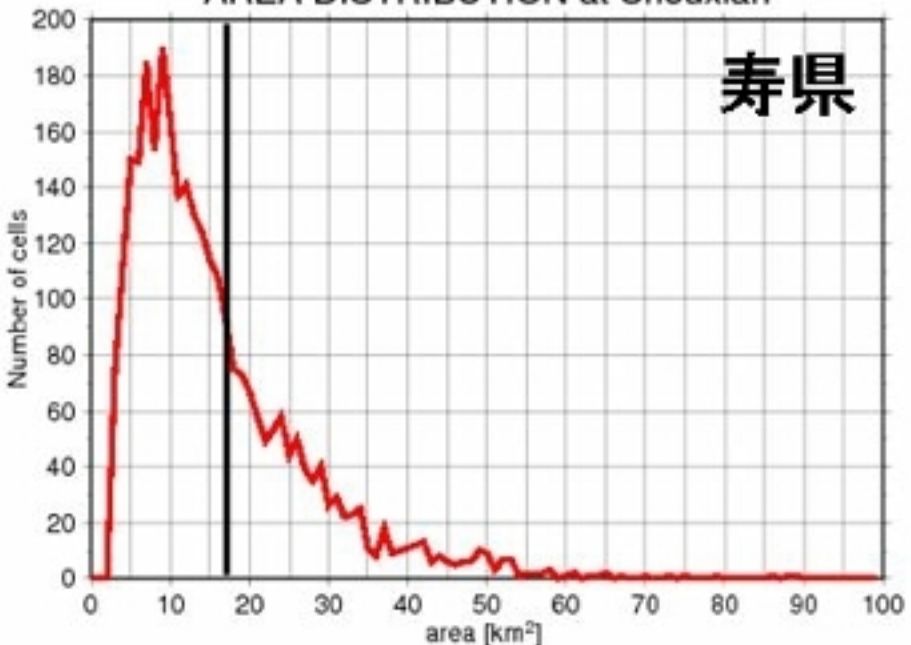
AREA DISTRIBUTION at Okinawa



AREA DISTRIBUTION at Zhouzhuang



AREA DISTRIBUTION at Shouxian

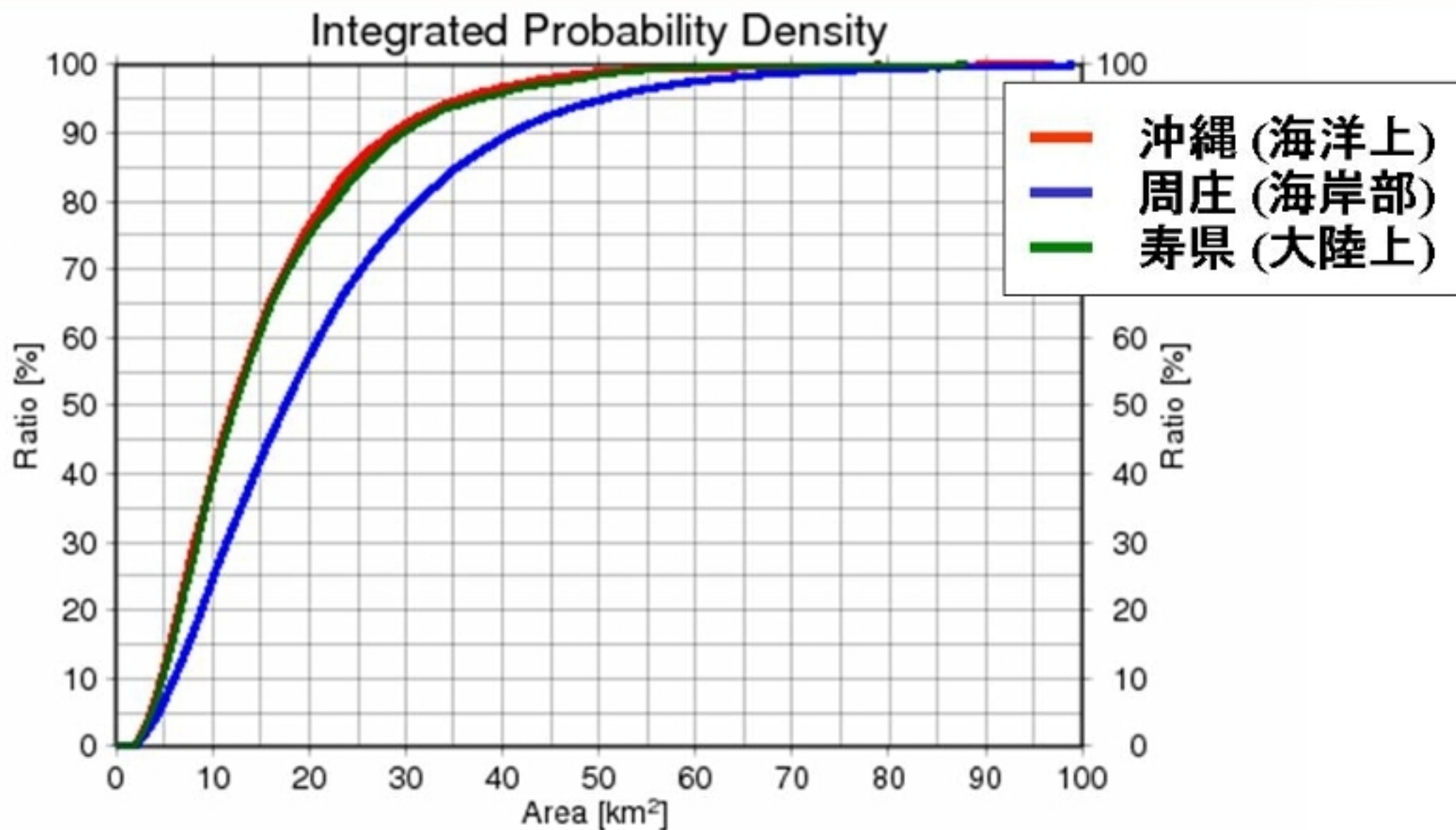


観測地	平均面積 (km ²)
沖縄	16.4 (10.7)
周庄	22.8 (15.5)
寿県	16.8 (11.1)

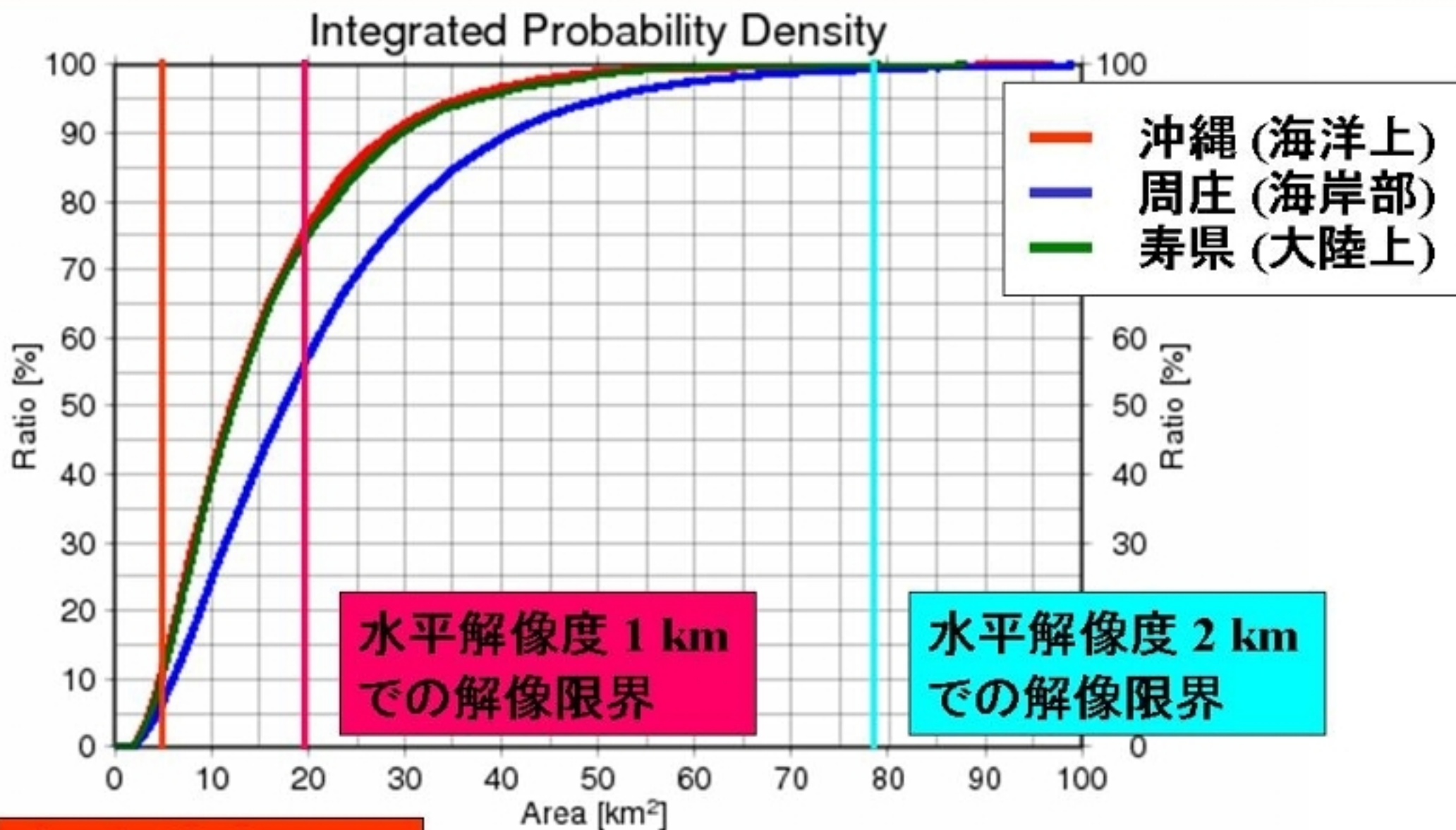
括弧内は標準偏差

降水セルの面積の頻度は 10 km² 程度のものが多い。

観測された降水セルの面積の積算確率密度



観測された降水セルの面積の積算確率密度

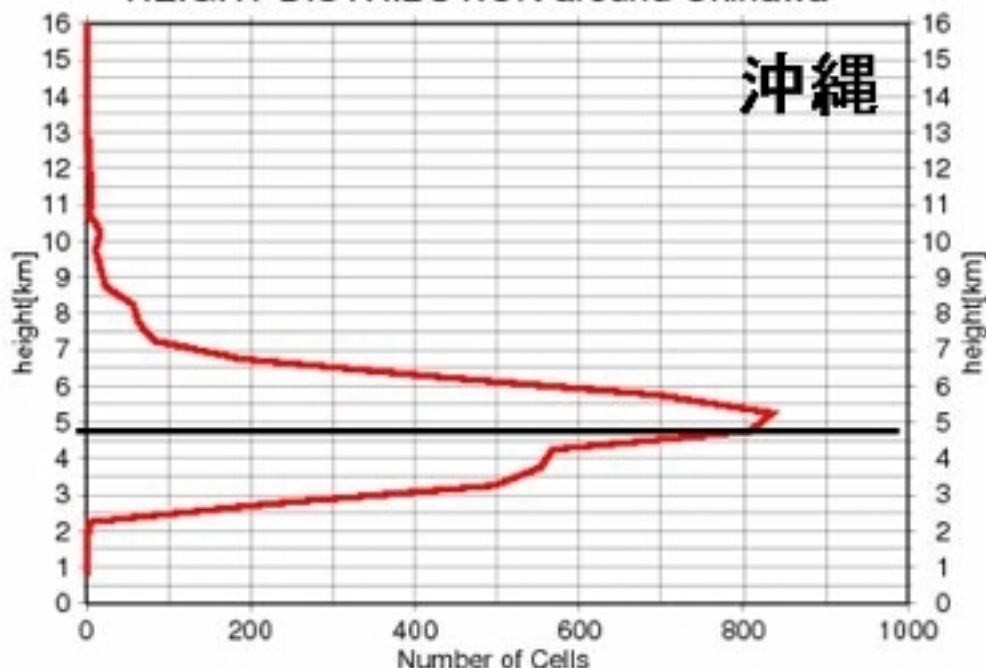


水平解像度 500 m
での解像限界

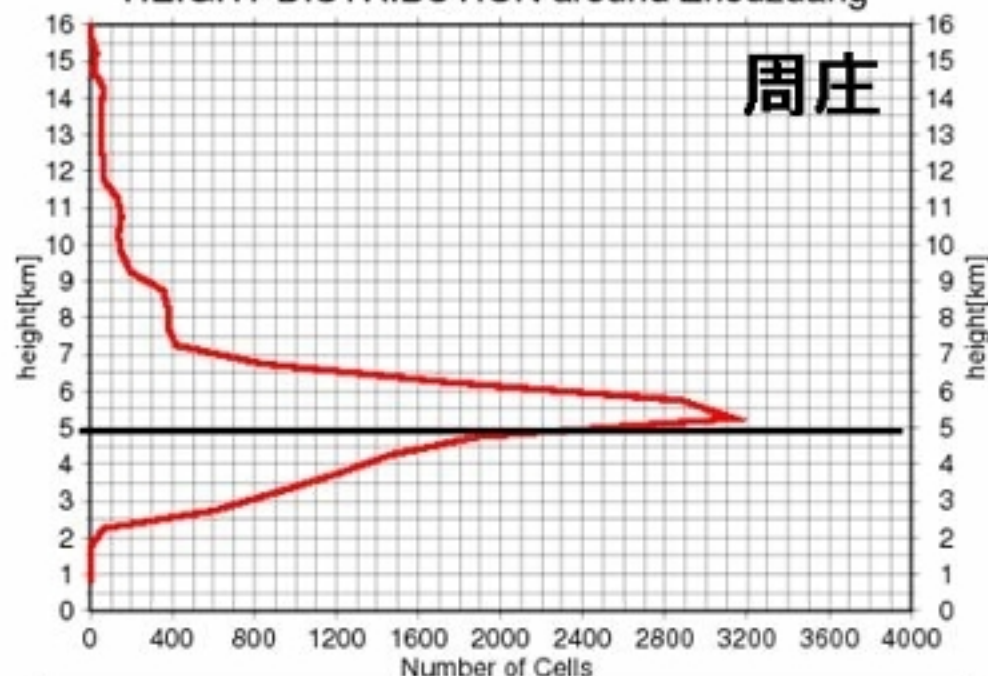
- ・ 水平解像度が 1 km では、梅雨期の「降水セル」の特徴を示すためには十分ではない。
- ・ 水平解像度が 500 m を用いれば十分に表現できる。

観測された降水セルの高度の頻度分布

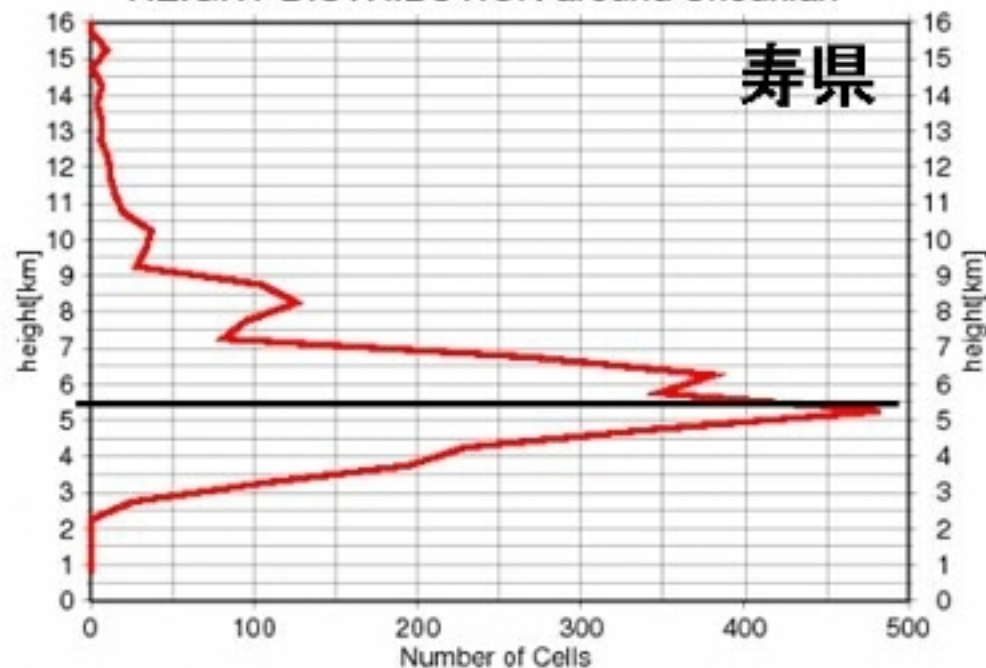
HEIGHT DISTRIBUTION around Okinawa



HEIGHT DISTRIBUTION around Zhouzuang



HEIGHT DISTRIBUTION around Shouxian

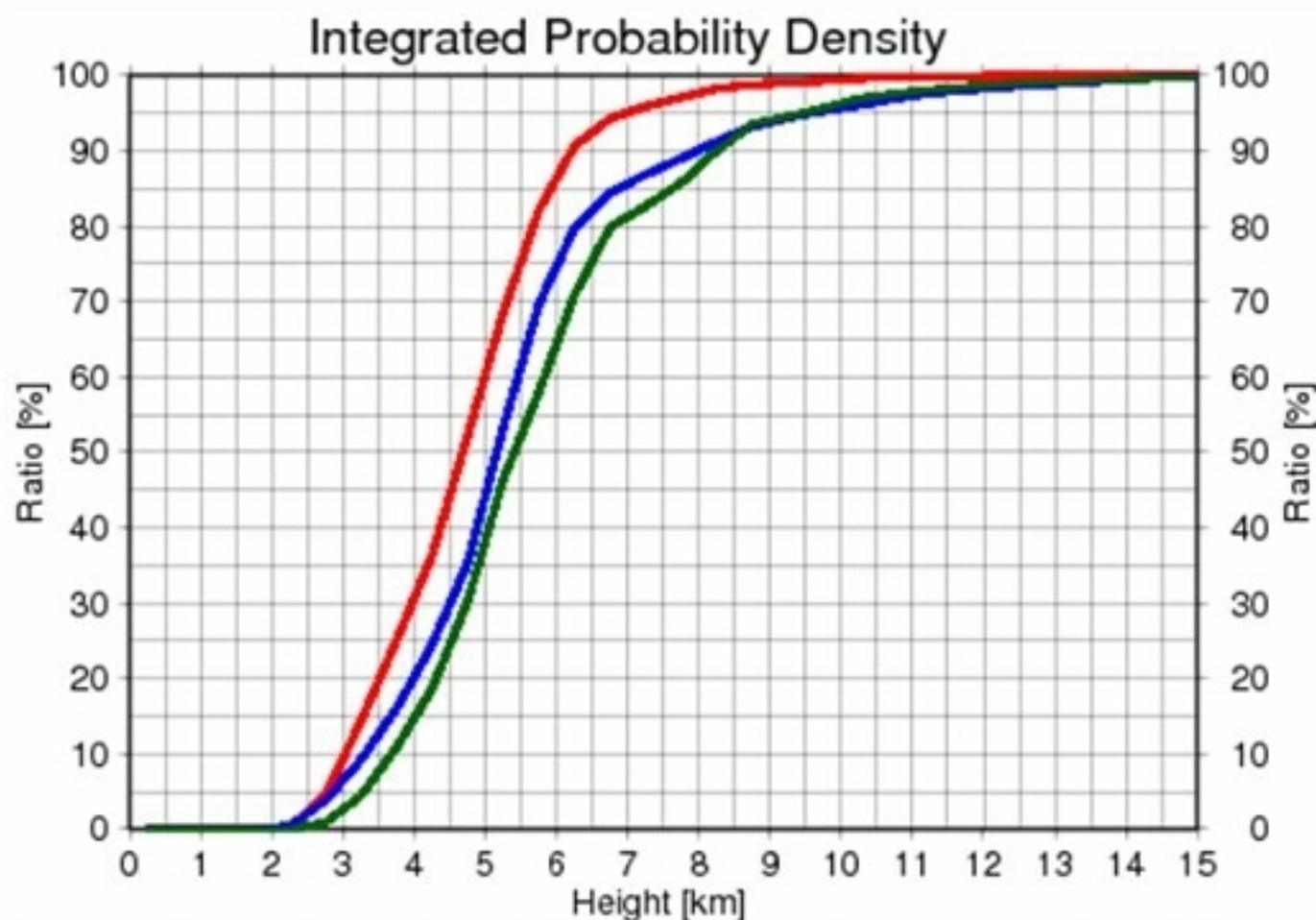


観測地	平均エコー頂 高度 (km)	0°C高度 (km)
沖縄	4.9 (1.3)	4.7
周庄	5.6 (2.0)	5.0
寿县	5.9 (1.9)	5.3

括弧内は標準偏差

平均エコー頂高度は0°C高度付近。
同高度付近でエコー頂高度の頻度が
最大となる。

観測された降水セルの高度の積算確率密度



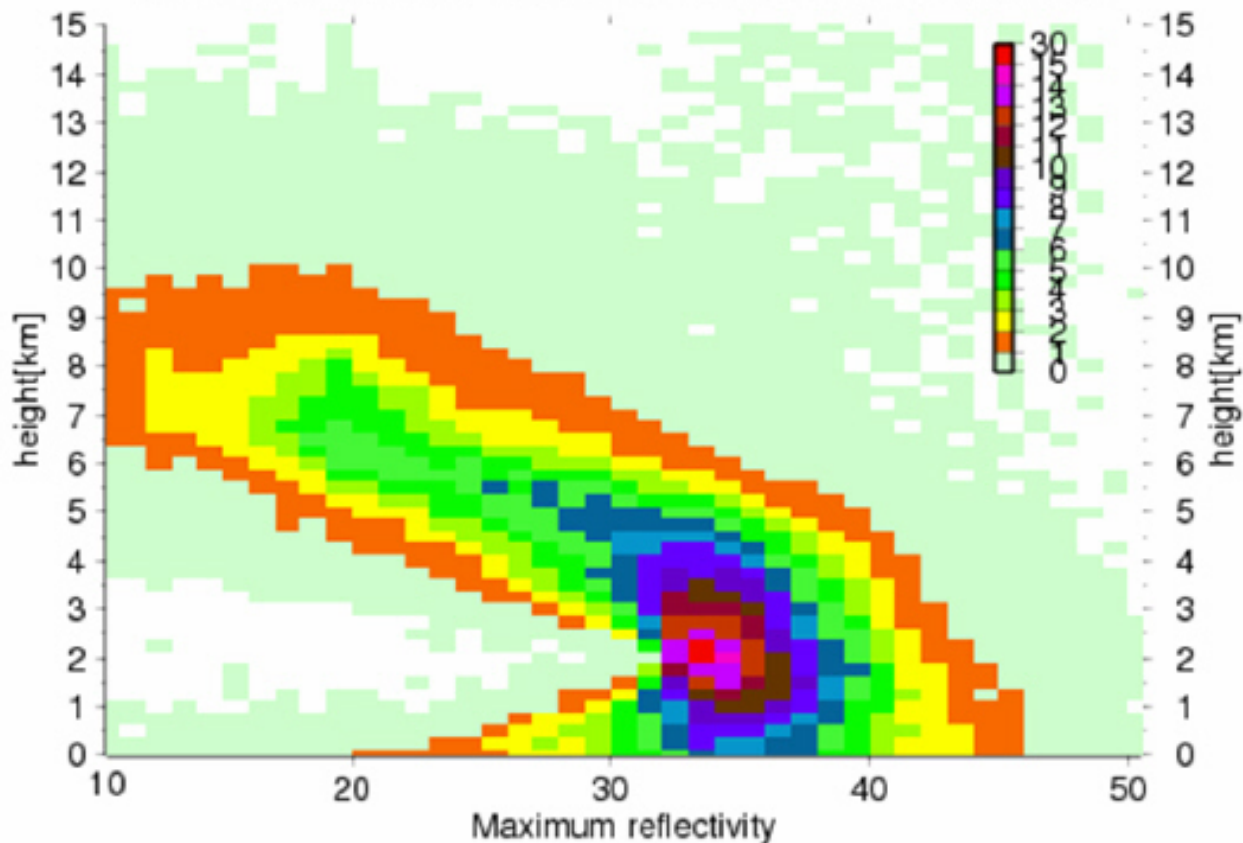
- 沖縄 (海洋上)
- 周庄 (海岸部)
- 寿県 (大陸上)

多くの降水セルのエコー頂高度は $0^{\circ}\text{C}+1\text{km}$ 以下である。
 →深い降水セルは多くない。

観測地	0°C 高度 (km)	降水セルの積算確率密度 0°C 高度以下 (%)	降水セルの積算確率密度 0°C 高度+1 km 以下 (%)
沖縄	4.7	49.8	80.8
周庄	5.0	37.4	74.1
寿県	5.3	42.5	69.0

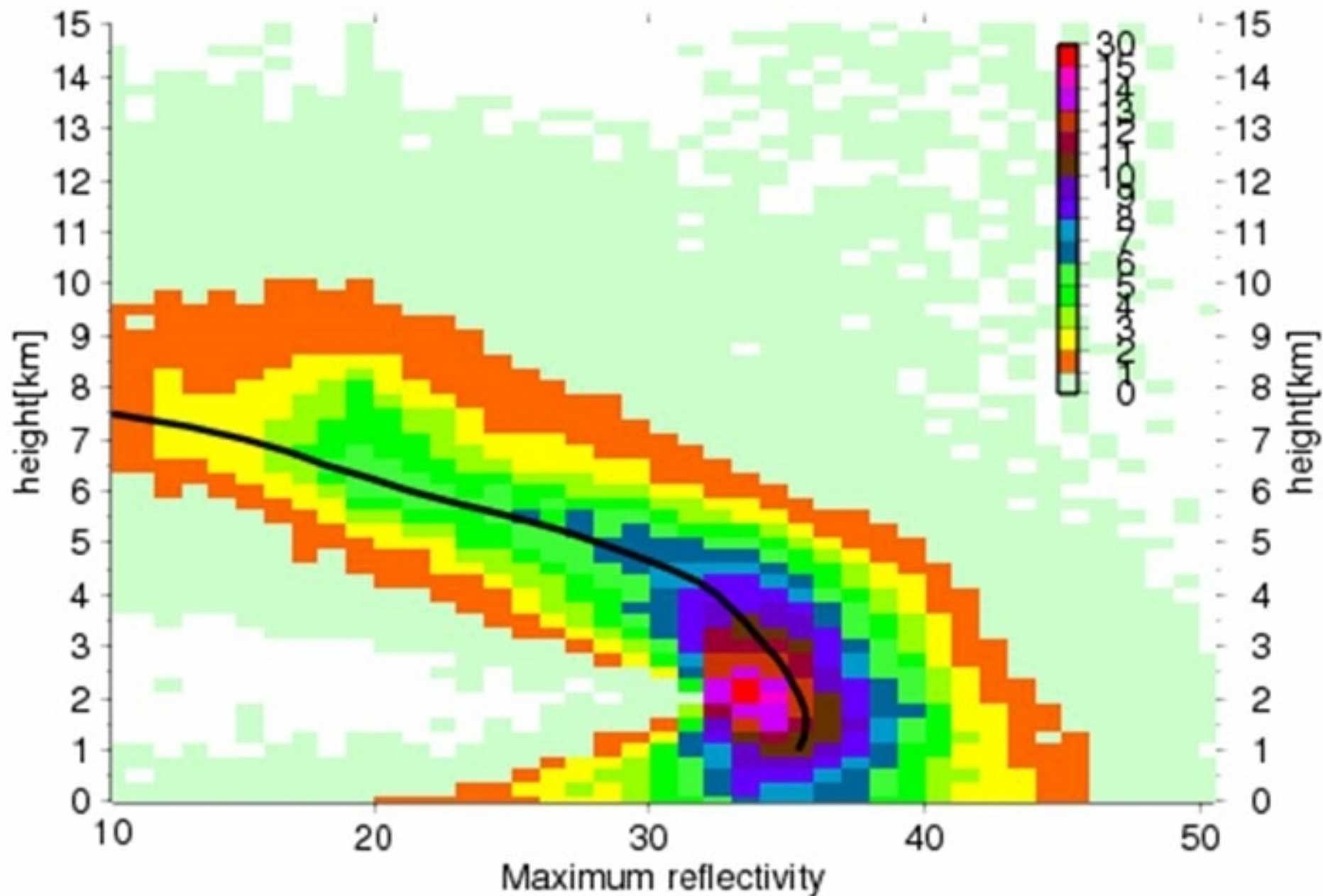
降水セル内部の最大反射強度の頻度の鉛直分布

THE PROFILE OF MAX REFLECTIVITY in Okinawa

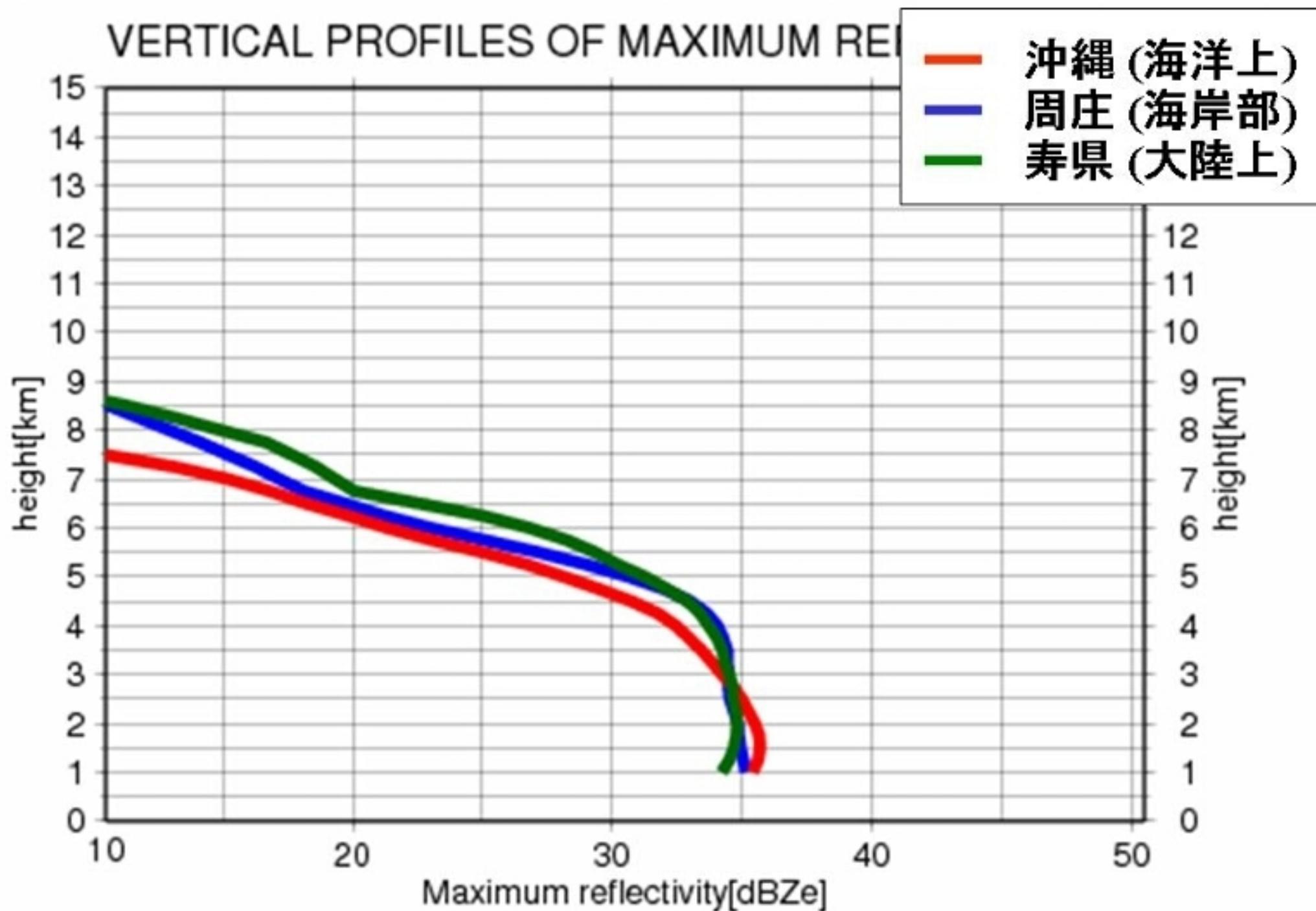


降水セル内部の最大反射強度の頻度の鉛直分布

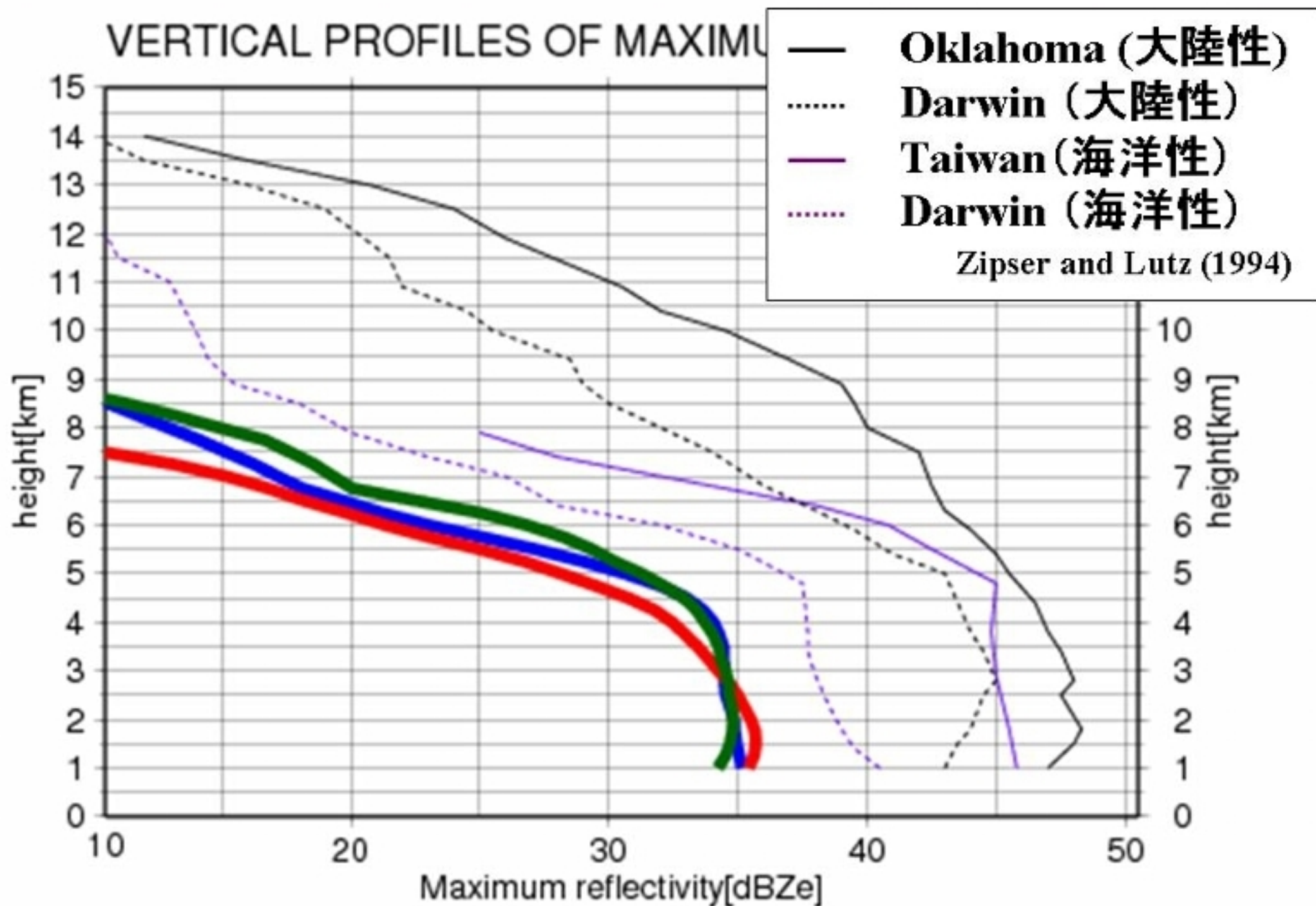
THE PROFILE OF MAX REFLECTIVITY in Okinawa



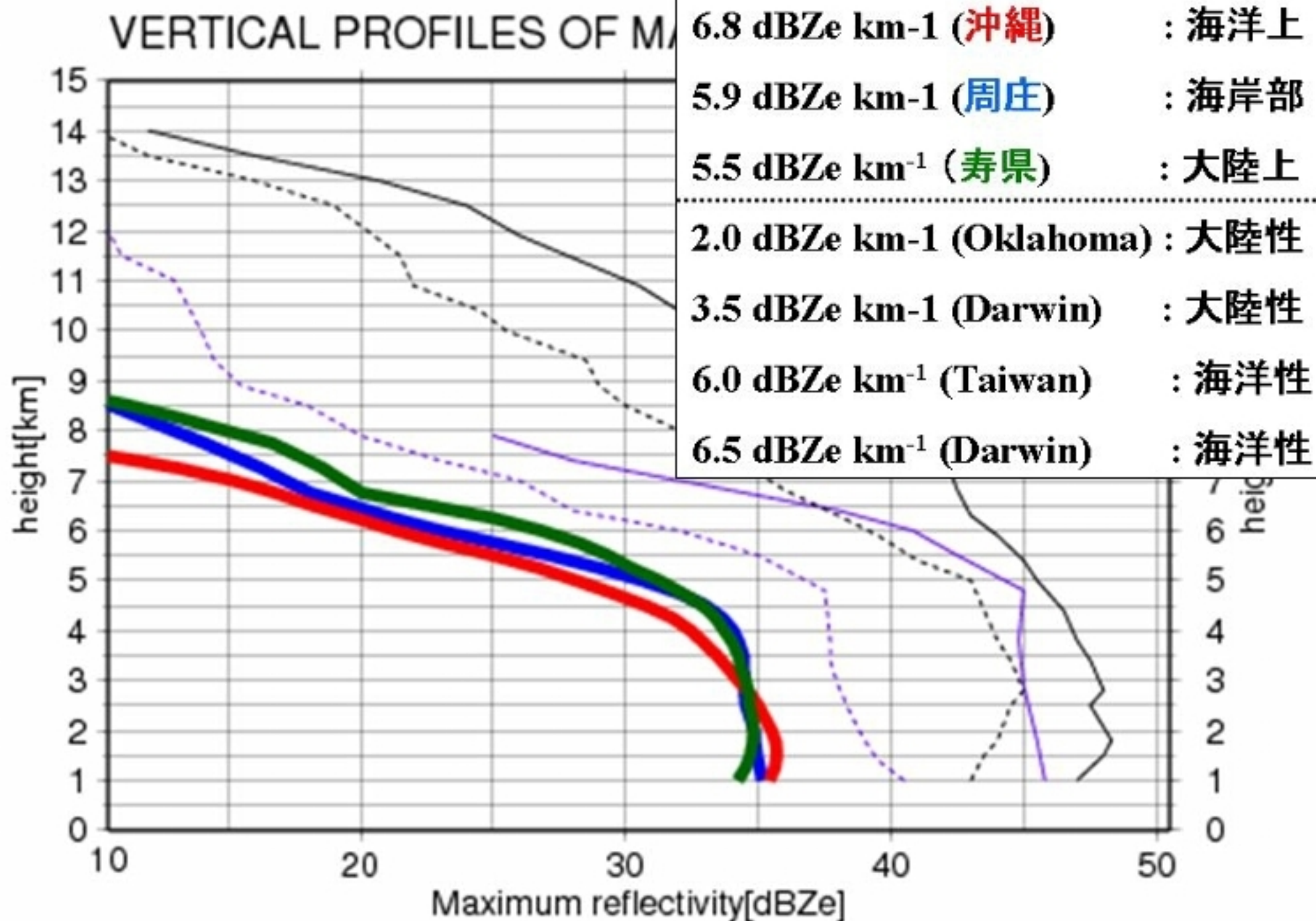
降水セル内部の最大反射強度の中央値の鉛直傾度



降水セル内部の最大反射強度の中央値の鉛直傾度



降水セル内部の最大反射強度の中央値の鉛直傾度



まとめ

梅雨期の東アジア域(沖縄:海洋上、周庄:海岸部、寿県:大陸上)で観測された降水セルの特徴について、レーダーデータを用いて統計的に調べた。

●降水セルの面積

- ・ 平均面積は $16 \sim 23 \text{ km}^2$ 、頻度のピークは 10 km^2 程度であった。
- ・ 水平解像度 1 km での数値モデルでは、この様な降水セルの特徴をきちんと表現できるとは言えない。

●降水セルの高さ

- ・ 多くの降水セルのエコー頂高度は $0^\circ\text{C} + 1 \text{ km}$ 以内であった。
 - ・ 0°C 高度以上における降水セル内の最大反射強度の減率も大きかった。
- 梅雨期の東アジア域において、高くまで発達しない降水セルが多く存在するという作業仮説を検証できたと考えられる。

まとめ+考察

●降水セルの高さ

→ 先行研究では、最大反射強度の鉛直減率により「大陸性」降水セルと「海洋性」降水セルの識別を行っているが、梅雨期の東アジア域ではこの様な識別は行えない。

・ 降水セルを規定する別の要素があるのではないかと考えている。

●降水セルはなぜ高くないのか？（まだ作業仮説の段階）

・ 対流圏下層、中層が非常に湿っている。

・ LCL、LFC が低い。

→ 対流が発達しやすい場である。

→ 対流の発達により中層が加熱される。

・ 不安定度(CAPE)が小さくなる。

→ 降水セル内の鉛直速度が大きな値とならない。

→ 深い対流が発達しにくい環境場となる。

※ CIN、LNBについては顕著な特徴が見られてない。

本日のメニュー(あくまでも予定)

1. メソ降水システムに関するこれまでの知見
 - 1-1. 降水セルの特徴
 - 1-2. 自己維持型のメソ降水システム
2. **メソ降水システムの研究手法**
 - 2-1. ドップラーレーダーデータ解析
 - 2-1-1. 解析事例(降水セルの面積と高さ)
 - 2-2. **雲解像モデル**
 - 2-3. 雲解像モデル(CReSS)を用いた計算事例
 - 2-3-1. 台風T0418のケース
 - 2-3-2. 台風T0423のケース
 - 2-4. メソ降水システム研究の将来
3. GCMパラメタリゼーションの改良に向けて
 - 3-1. 海洋上の浅い積雲の再現実験
 - 3-2. 熱帯インド洋域における深い対流雲の予報実験

参考文献

- Houze, R. A., Jr., 1994: *Cloud Dynamics*. Academic Press, 573 pp.
- Zhang, C. Z., Uyeda, H., Yamada, H., Geng, B., and Ni, Y., 2006: Characteristics of mesoscale convective systems over the east part of continental China during the Meiyu from 2001 to 2003. *J. Meteor. Soc. Japan*, **84**, 763-782.
- Zipser, E. J., Lutz, K. R., 1994: The vertical profile of radar reflectivity of convective cells - A strong indicator of storm intensity and lightning probability? *Mon. Weather Rev.*, **122**, 1751-1759.
- 片山勝之, 2004: TRMM PR データのメソスケール統計を用いた熱帯・亜熱帯域の降雨特性とその降雨要因についての研究. 修士論文, 東京大学大学院理学研究科.
- 河野 圭丞, 2006: 梅雨前線南側の暖湿気流中で形成された線状降水システムの構造と形成過程. 修士論文 名古屋大学大学院理学研究科.
- 内藤大輔, 2005: 梅雨期の湿潤環境場に形成される対流雲とその群の構造とメカニズム. 修士論文名古屋大学大学院理学研究科.
- 野村真奈美, 2005: 梅雨初期に東シナ海で発生した線状降水システムの構造と維持過程. 修士論文 名古屋大学大学院理学研究科.