

# 気象学と精密科学

気象学は精密科学といえるか、なりえるか？

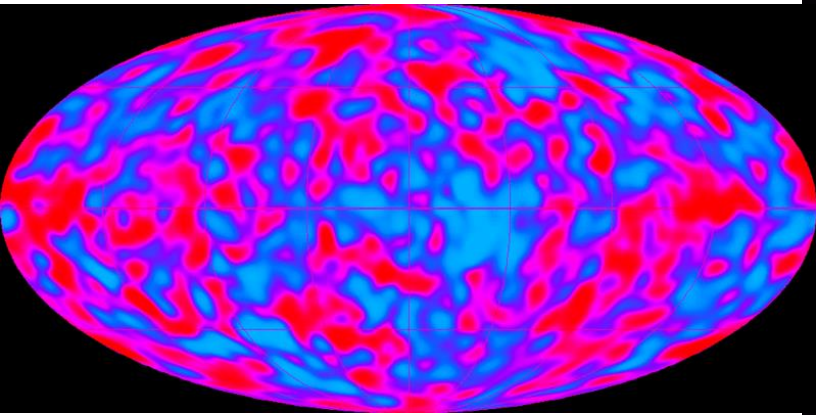
工学と理学

with 私の履歴

名古屋大学地球水循環研究センター

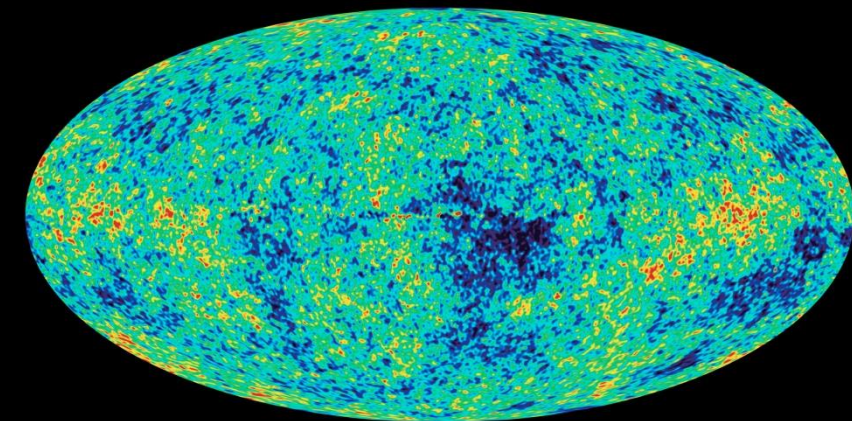
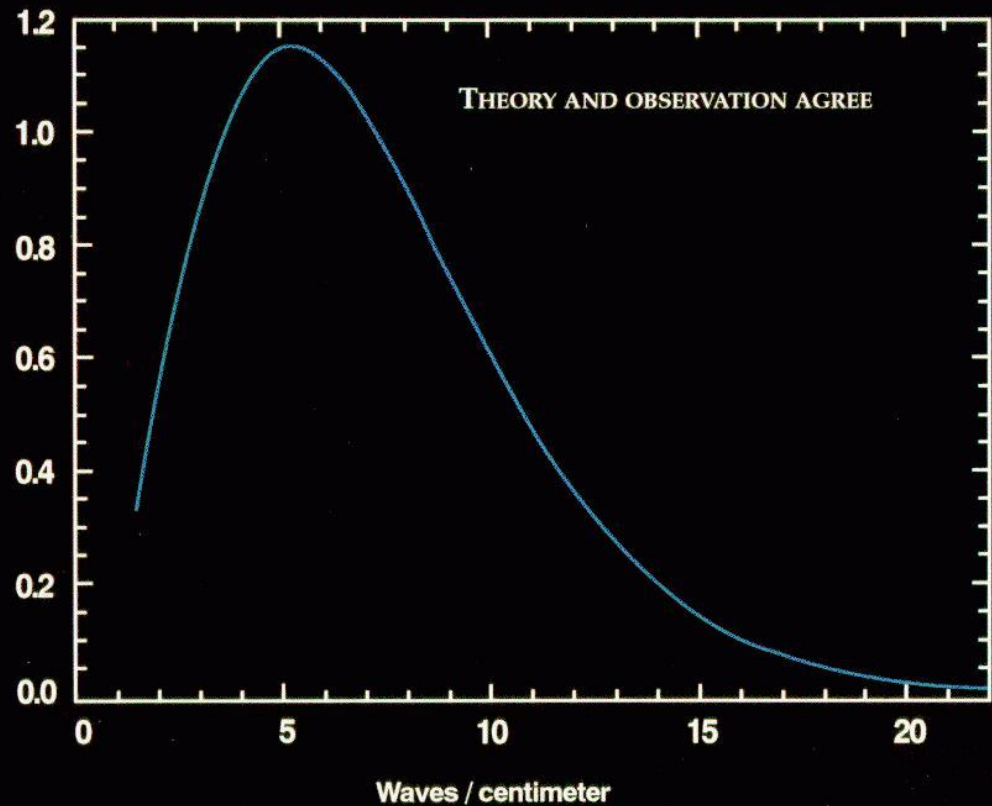
中村健治

COBE (Cosmic Background Explorer)  
(2t衛星、低軌道、  
Nov. 1989 – Dec. 1993, L He 650kg)



Intensity,  $10^{-4}$  ergs /  $\text{cm}^2$  sr sec  $\text{cm}^{-1}$

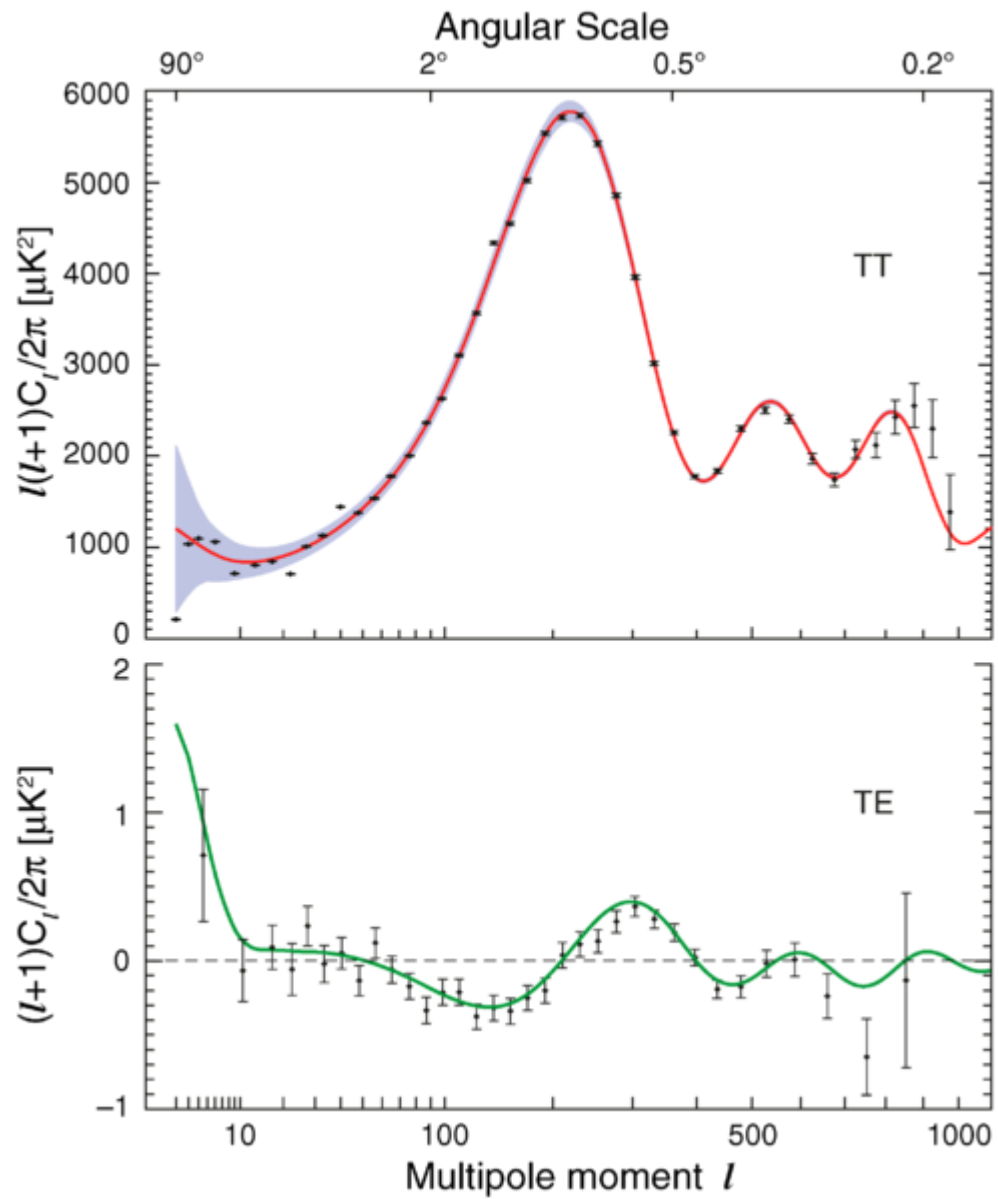
### COSMIC MICROWAVE BACKGROUND SPECTRUM FROM COBE



(wikipedia)

2.73K、ゆらぎ:0.001%レベル。

WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe)  
(840kg、150万km)



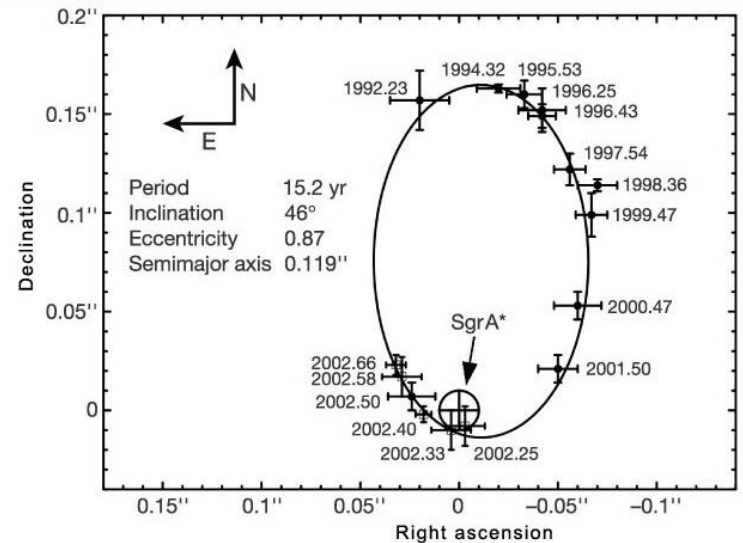
# 感度



Hubble deep space image  
露出: 50 days、人間の目の100億倍の感度。  
(<http://hubblesite.org>)

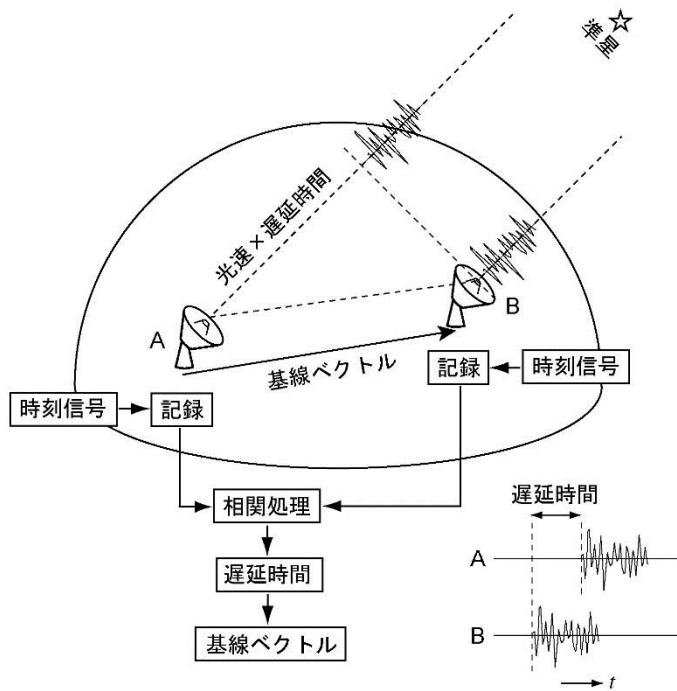
マイクロ波放射計:  $\Delta T = kBT / (Wt)$ 、  
Rayleigh分布、 $(\Delta T)_0 = T - \text{mean}$   
W: 受信機バンド幅、t: 観測時間)

# 分解能

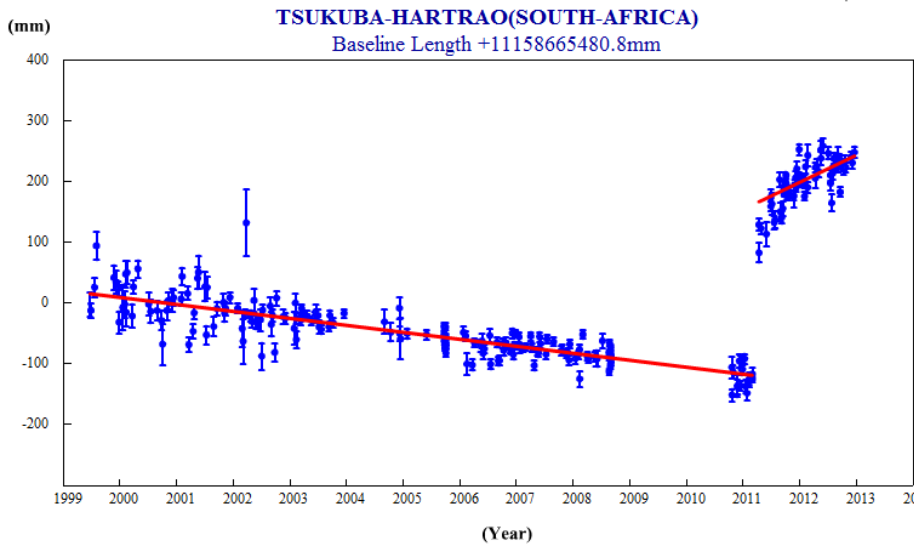


(Nature 2002)

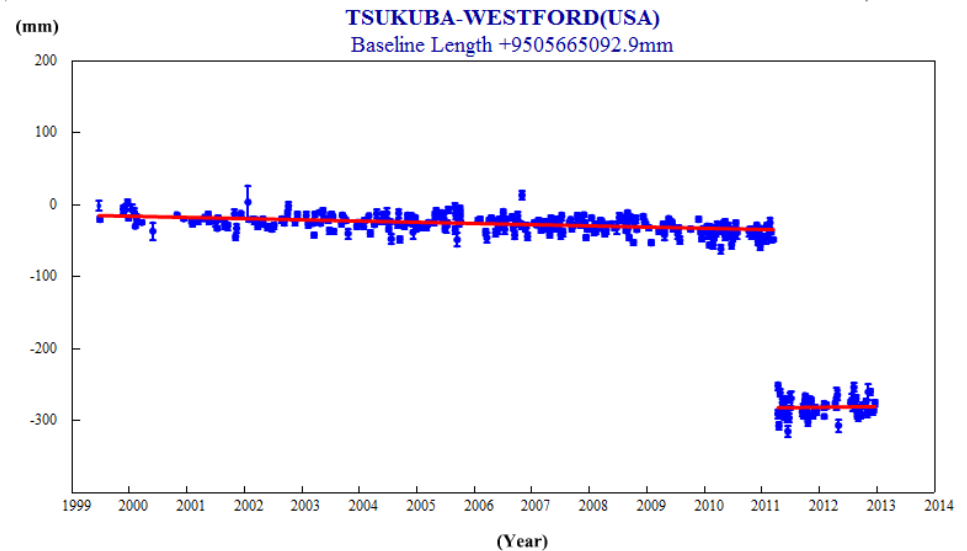




<http://www.geod.jpn.org/web-text/>



Velocity1 = -11.488 mm/year Velocity2 = 44.639 mm/year

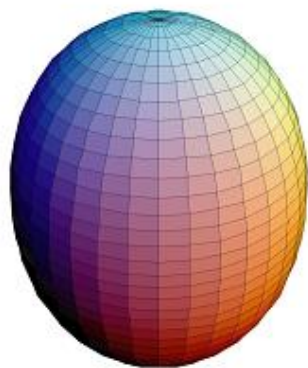


Velocity1 = -1.670 mm/year Velocity2 = 0.991 mm/year

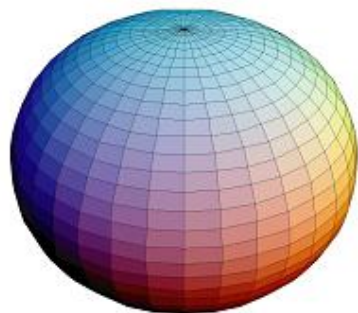
<http://www.spacegeodesy.go.jp>

常時地球自由振動(ナノガルのレベル:  $10^{-11} \text{ m/s}^2$ 、1ガル  
( $1 \text{ cm/s}^2$ )以上で人が感じる地震)  
超高感度重力計

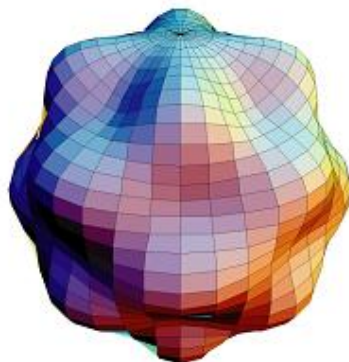
**0S<sub>2</sub>**



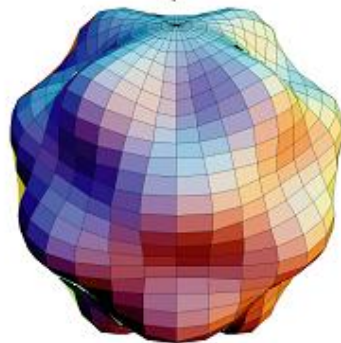
周期54分



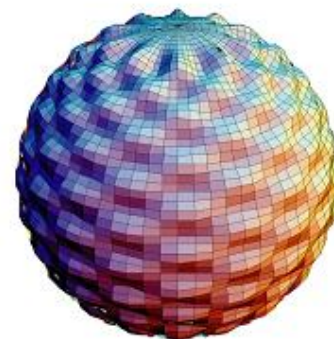
**0S<sub>8</sub>**



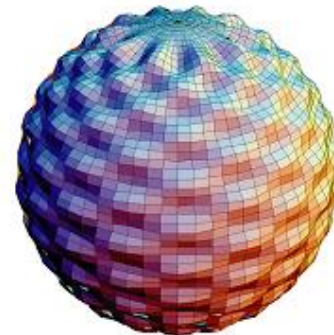
12分



**0S<sub>29</sub>**



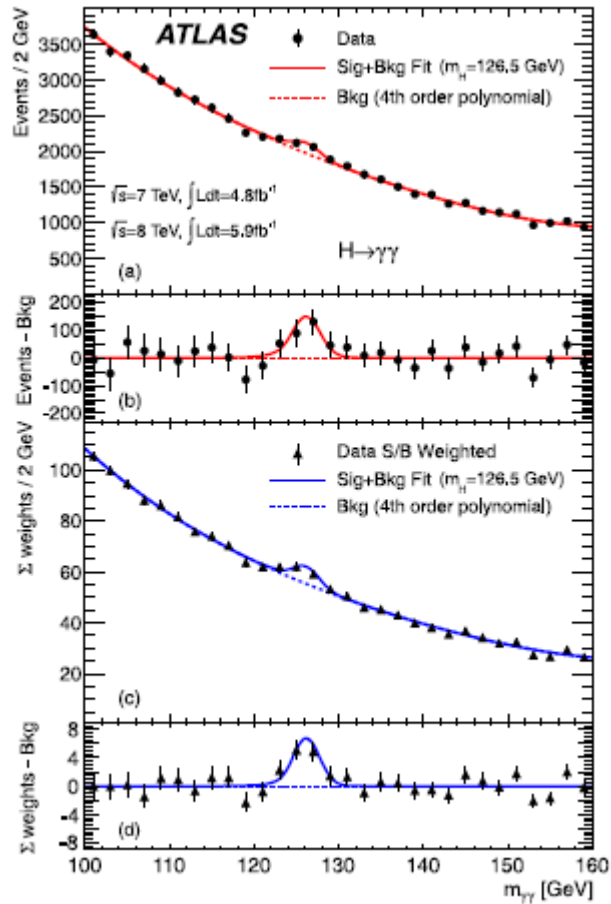
4.5分



(<http://www.geod.jpn.org/web-text>)



# LHC (Large Hadron Collider)



(Physics Letters 2012)

Background noise が  
非常に高い。

(<https://www.atlas.ch>)



## 天文学

オーダー天文学 → 精密天文学

最先端装置が科学を進めている。逆に測定装置の限界がフロンティアを決めている。

Big Bang: 137億年前、3－4桁の精度

## 素粒子物理学

大型加速器

## 測地学

現場精密測定、新型測定(衛星測地、...)

見えないものが見えてきている。

## 気象学

現場測定、新型測定(リモート測定、衛星、...)



# 気象学

再現実験がほぼ不可能

オゾンホール、CO2温暖化、などは実験となるか。

状況証拠型

現場観測主体

過去のデータの蓄積が大きい。

→ 過去データの解析でも十分面白い仕事ができる。

But:

新しい観測・測定手法の開発により新たな発見をしたい。

できる筈だ。

精密科学か？

精密科学とは？

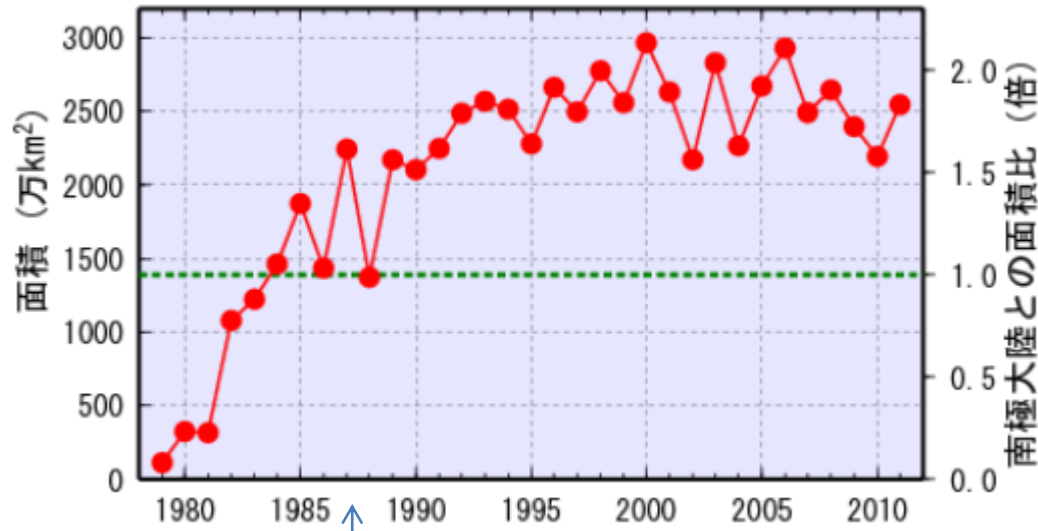
私のここでの定義：精密な直接に近い測定により進歩する

科学

計算機能力、4DDAなどの複雑な解析法、アルゴリズムの

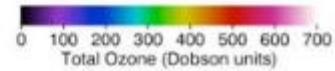
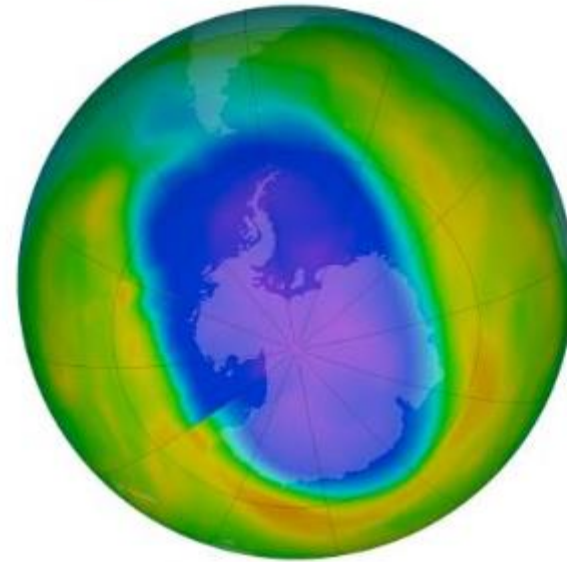
改良による精度の精密化ではない。

# OZONE HOLE

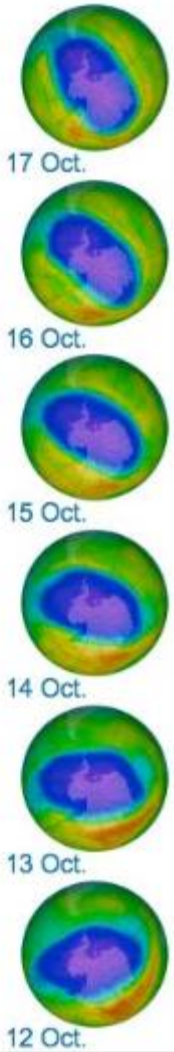


Montreal protocol

18 October 2011



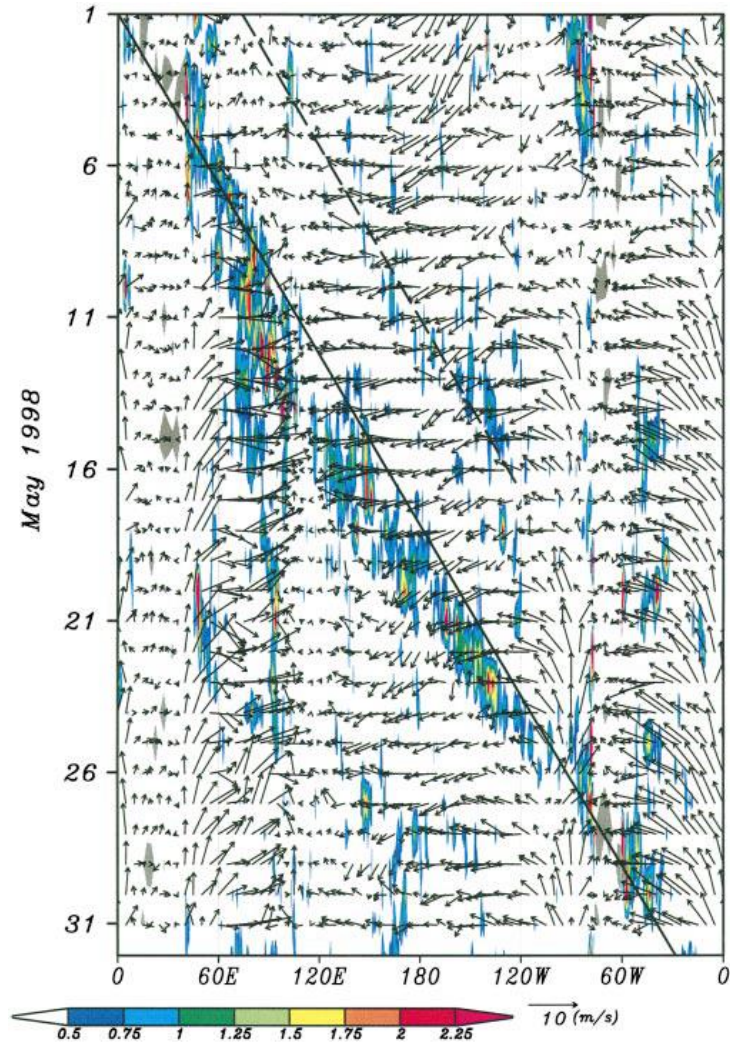
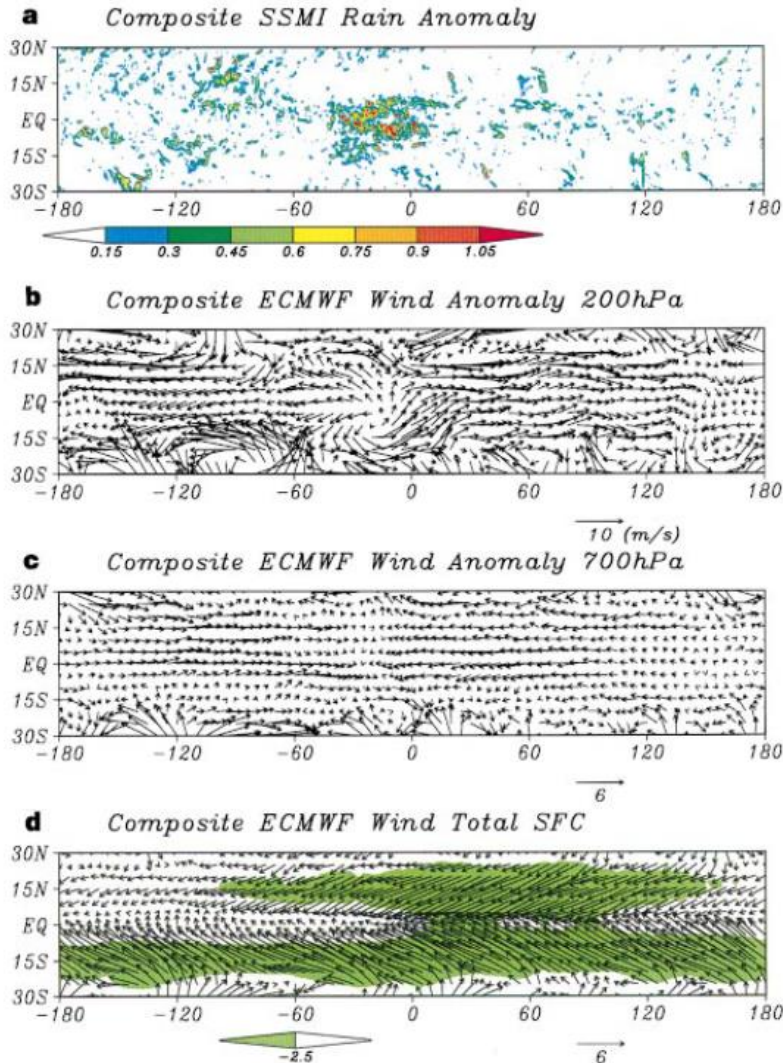
The latest false-color view of total ozone over the Antarctic pole. The purple and blue colors are where there is the least ozone, and the yellows and reds are where there is more ozone.



# 気象学(続)

パターン解析、EOF解析、  
目で眺めてもある程度見えるものが解析により明瞭に見えてくるだけ(?)。

ENSO、



3S-3N

## 衛星観測

精密測器、しかし結果はパターン？

必要物理量の高い精度の定量的測定が必要。

温暖化傾向の検知

エネルギー収支：放射と降水との不一致？

CO<sub>2</sub>の海洋吸収問題、

Surface flux imbalance problem、...

## GPS掩蔽観測

温暖化ガス(GOSAT)

But conventional な地上測定を凌駕できていないのではないか。

## 降雨測定

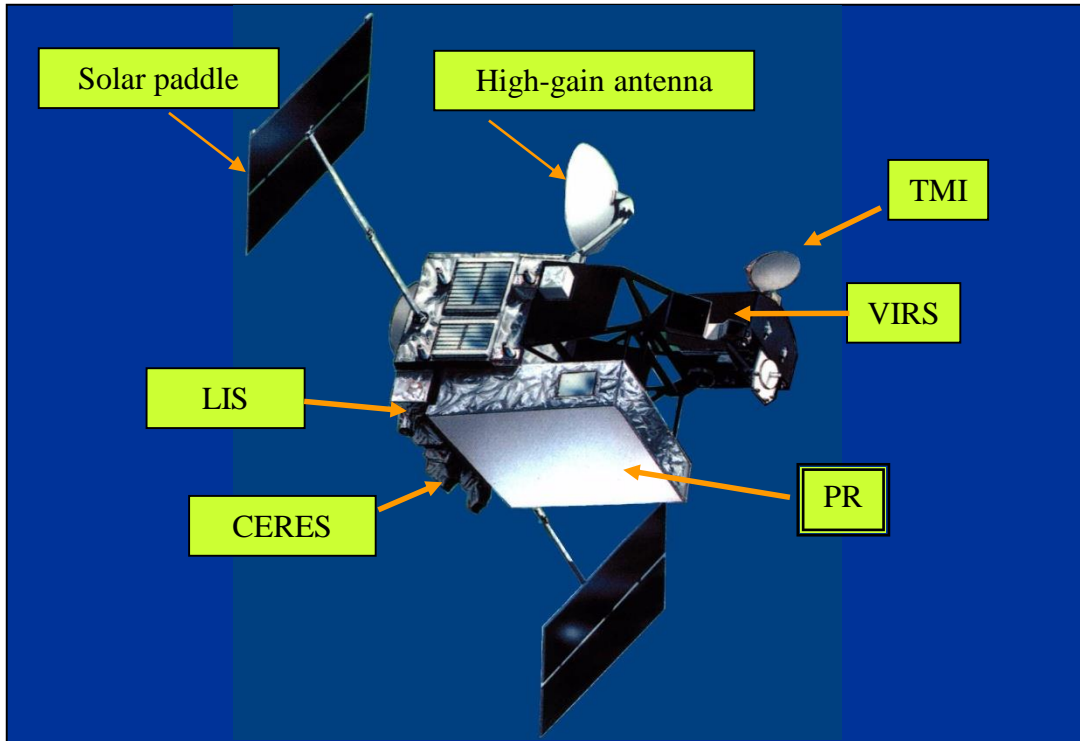
いつまでも地上雨量計が主。





1997年11月－現在

# Tropical Rainfall Measuring Mission: TRMM



Observation of tropical rainfall (Driving engine of global atmosphere)

US-Japan joint mission (Japan: PR, Launch, US: Bus, 4 sensors, operation)

Launched in Nov., 1997. Still under operation

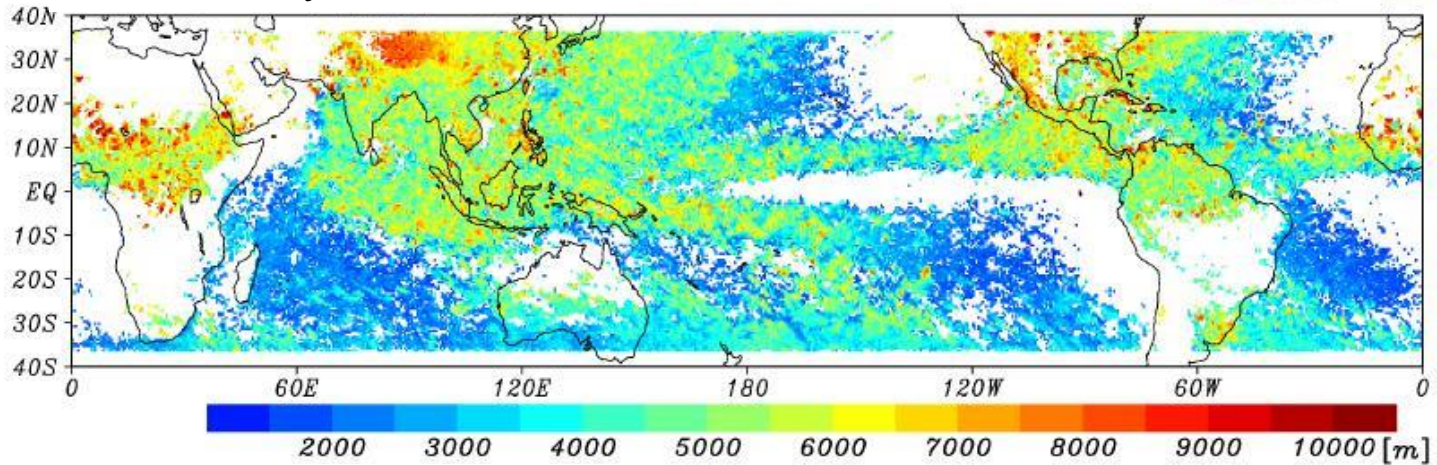
First space-borne precipitation radar developed by CRL and NASDA

Orbit	Circular (Non-Sun Synchronous)
Altitude	350km (402.5km since Aug. 2001) ( $\pm 1.25$ km)
Inclination	35 deg.
Sensor	<b>Precipitation Radar (PR)</b> TRMM Microwave Imager (TMI) Visible and Infrared Scanner (VIRS) Clouds and the Earth's Radiation Energy System (CERES) Lightning (LIS)

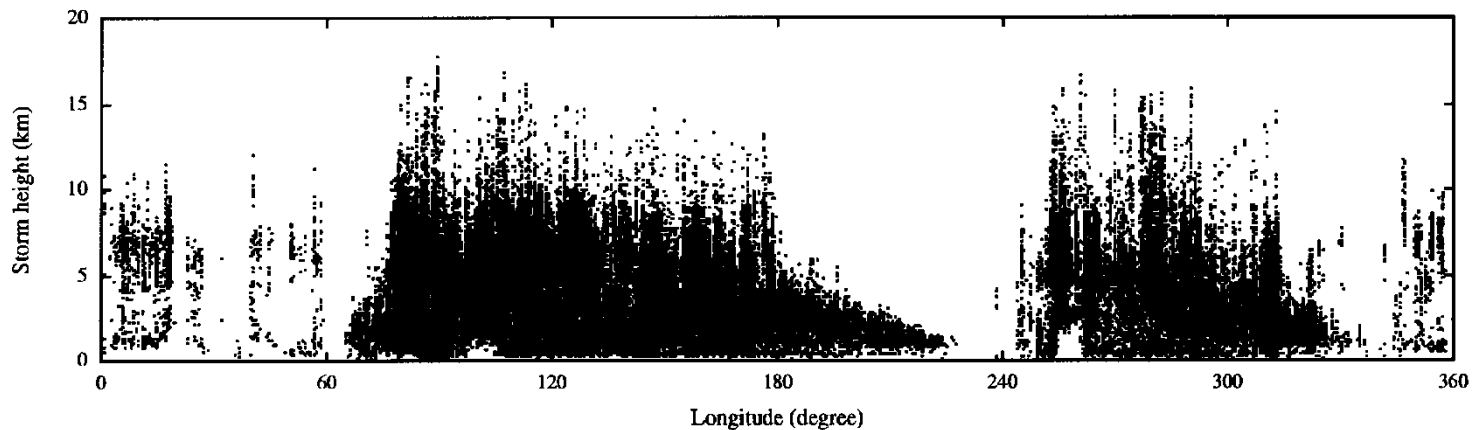


# Global Distribution of the Mean Storm Height Measured by the TRMM Precipitation Radar

July 1998



Storm height vs. longitude



TRMM PR 3A25 Storm Height: JJA '98

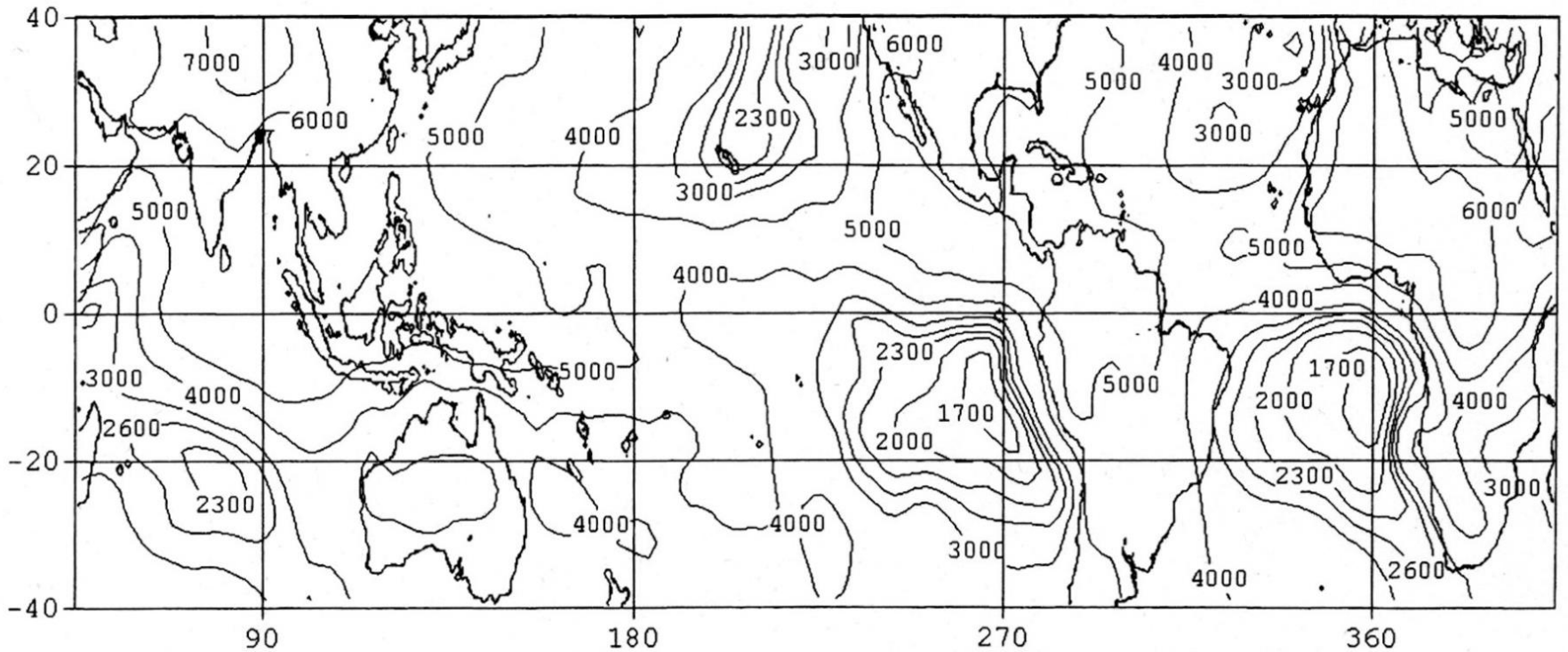
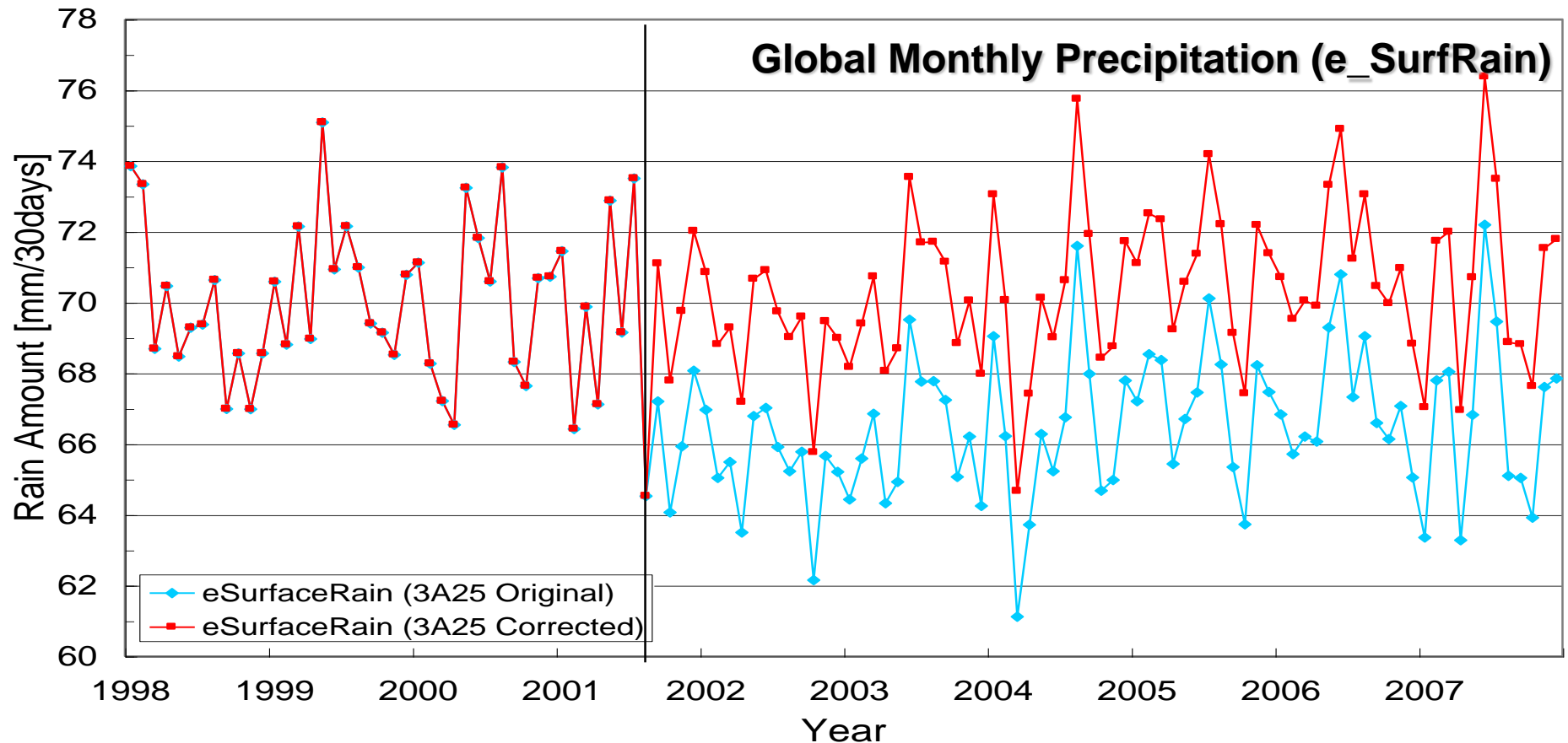


FIG. 1. Average storm height from TRMM standard product 3A25 for JJA98. Units are meters with contours at 17, 20, 23, 26, 30, 40, 50, 60, and 70,  $\times 10^2$  m.

(Short and Nakamura, JC, 2000)

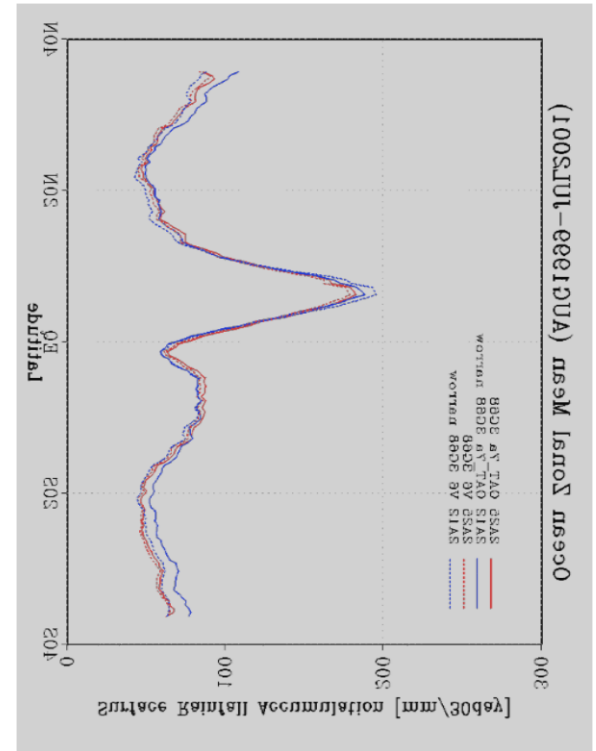
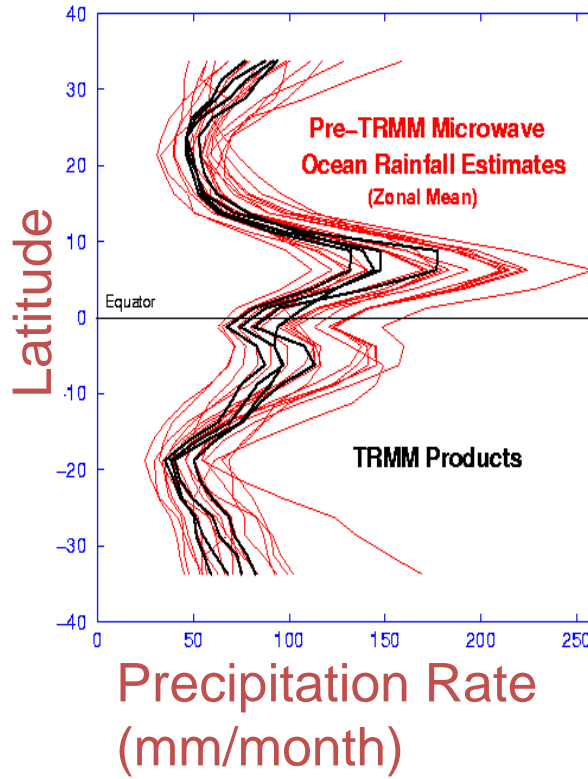
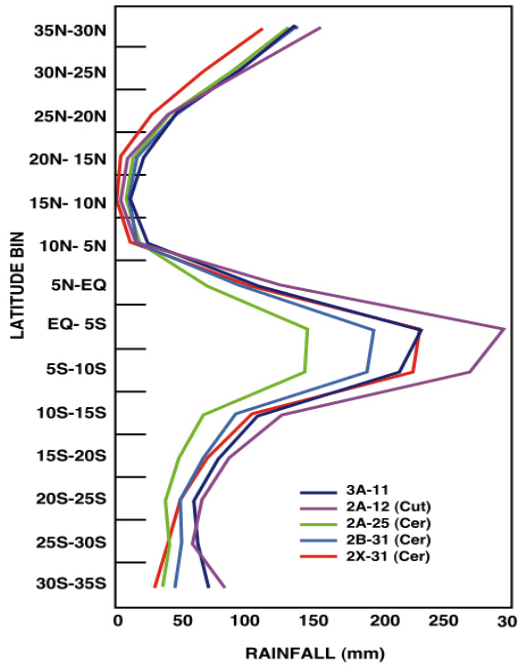
# Correction of PR estimated rain after the boost

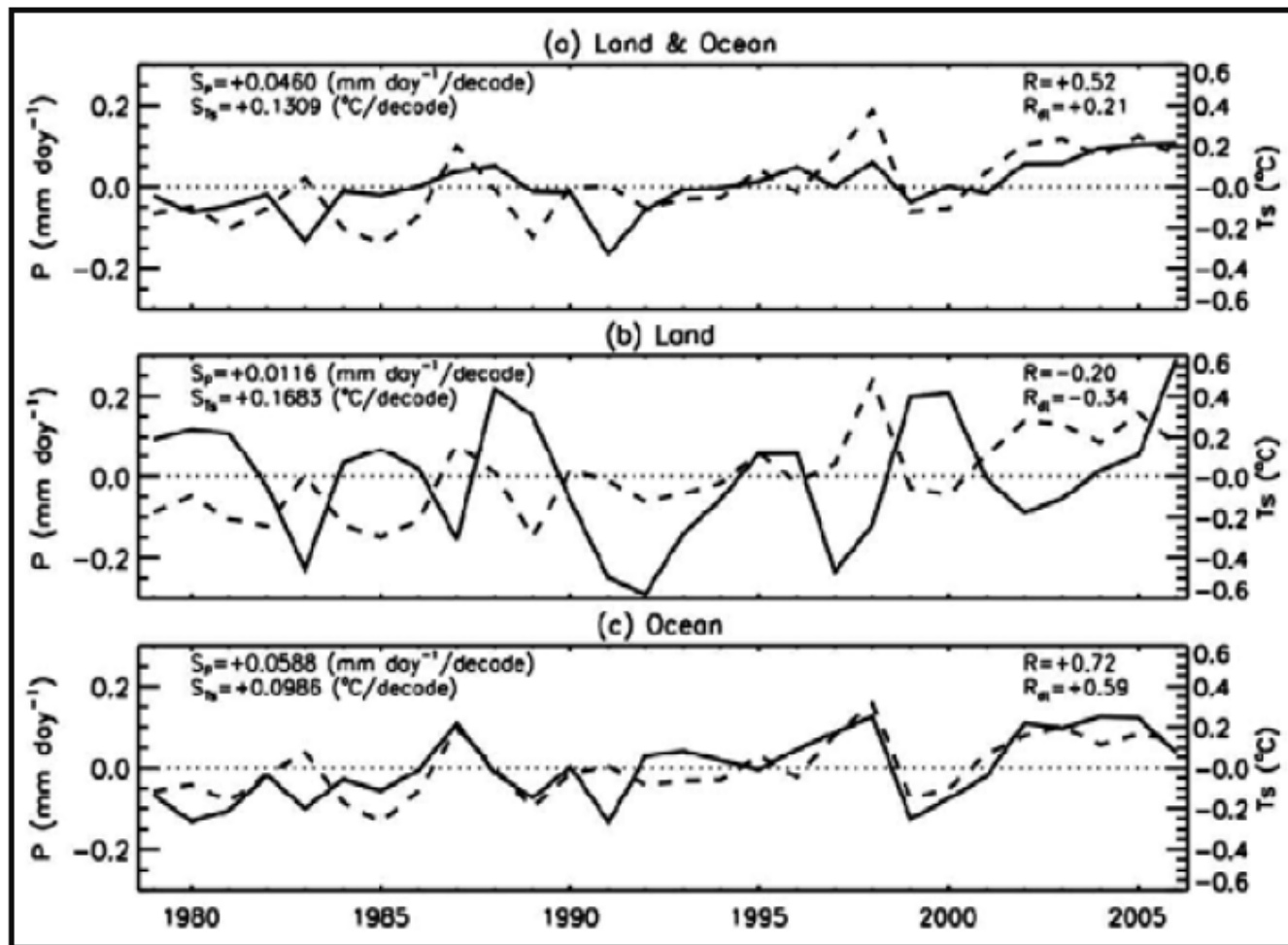


- The total decrease in e\_surface rain is estimated to be **5.90%** on average in a global scale. The main causes are:
  - A) Sensitivity degradation by the increase of satellite altitude
  - B) Increase of the range of surface clutter by the increase of the footprint size, and
  - C) Mismatch between the transmission and reception angles for one pulse in every 32 pulses



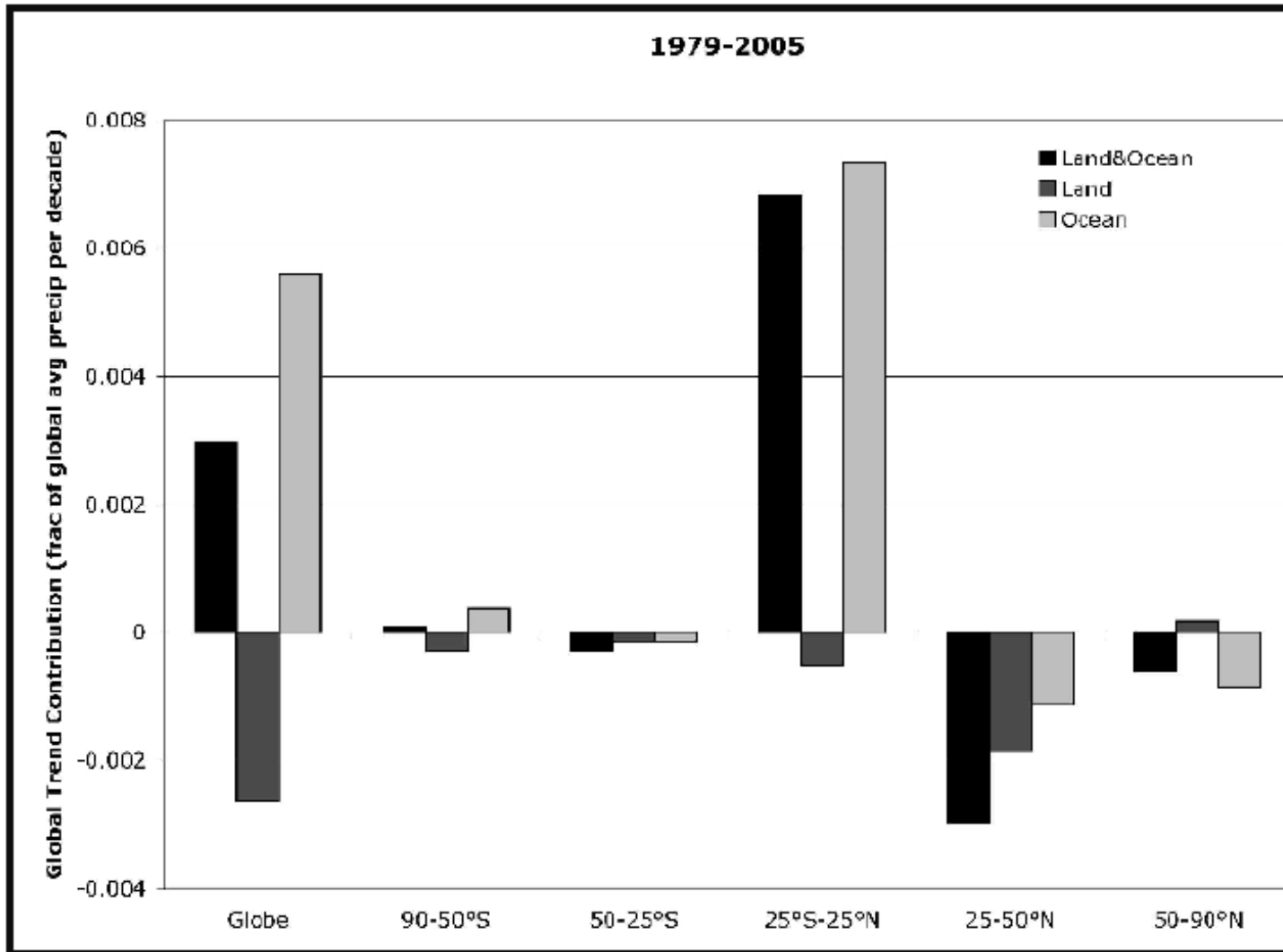
ZONAL AVERAGE RAIN ACCUMULATION: OCEAN  
(February 1998)





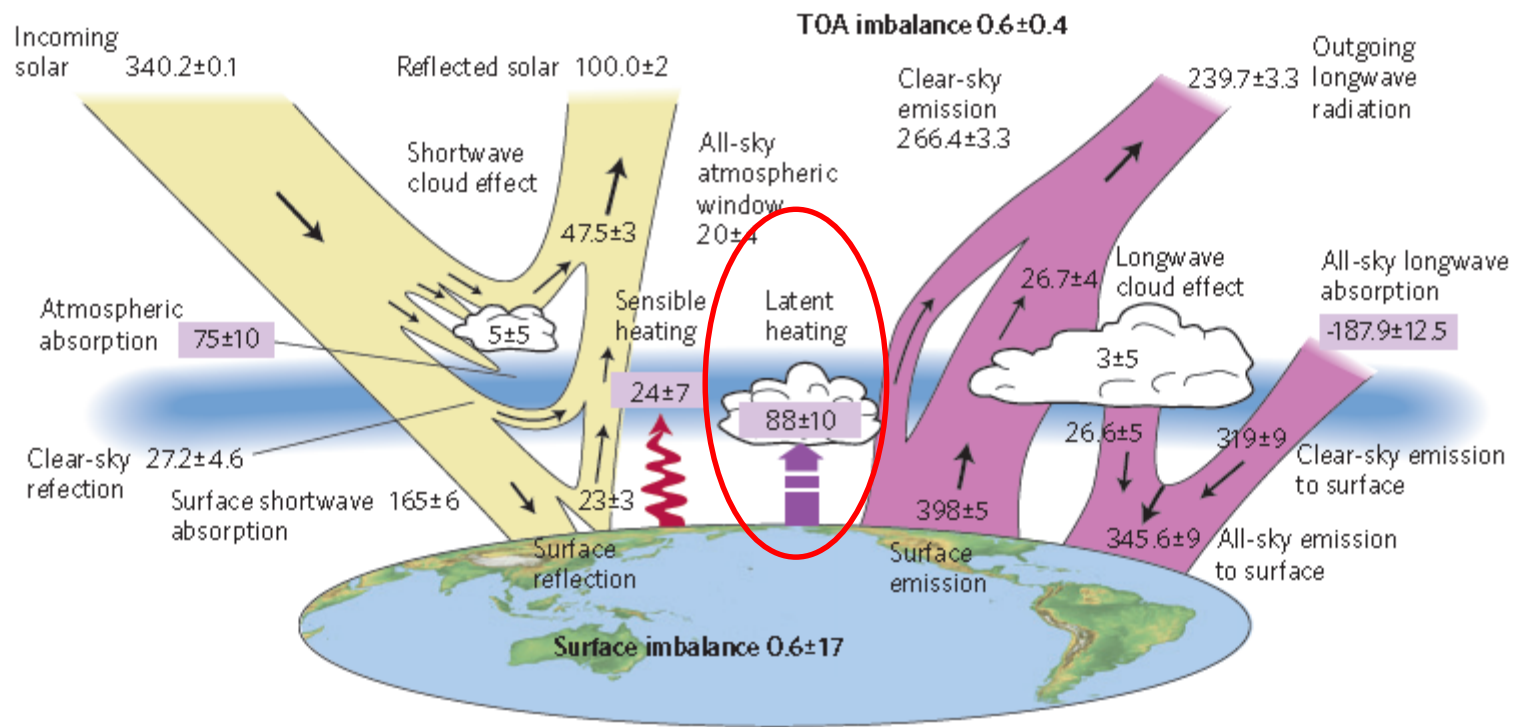
*Tropical (25S–25N) annual mean precipitation (solid lines) and temperature (dashed lines) anomalies.  $S_p$  and  $S_{T_s}$  denote linear changes for precipitation and temperature anomalies, respectively.  $R$  and  $R_{dt}$  represent the correlations between precipitation and temperature anomalies with and without the respective linear changes.*

(Adler et al., 2008)



*Volume contributions to long-time change/linear fit during 1979–2005.*

(Adler et al., 2007)



**Figure B1 | The global annual mean energy budget of Earth for the approximate period 2000-2010. All fluxes are in  $Wm^{-2}$ . Solar fluxes are in yellow and infrared fluxes in pink. The four flux quantities in purple-shaded boxes represent the principal components of the atmospheric energy balance.**

(Stephens et al., Nature Geosci., 2012)



# 1990年頃の電波研究所鹿島支所



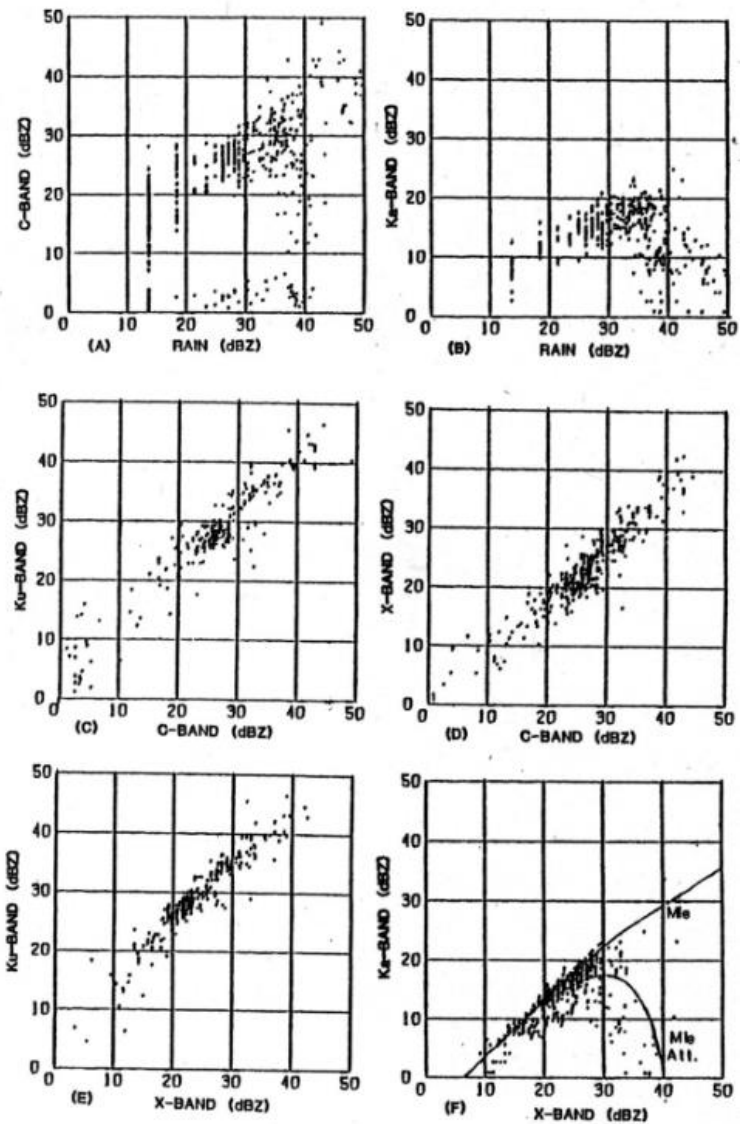
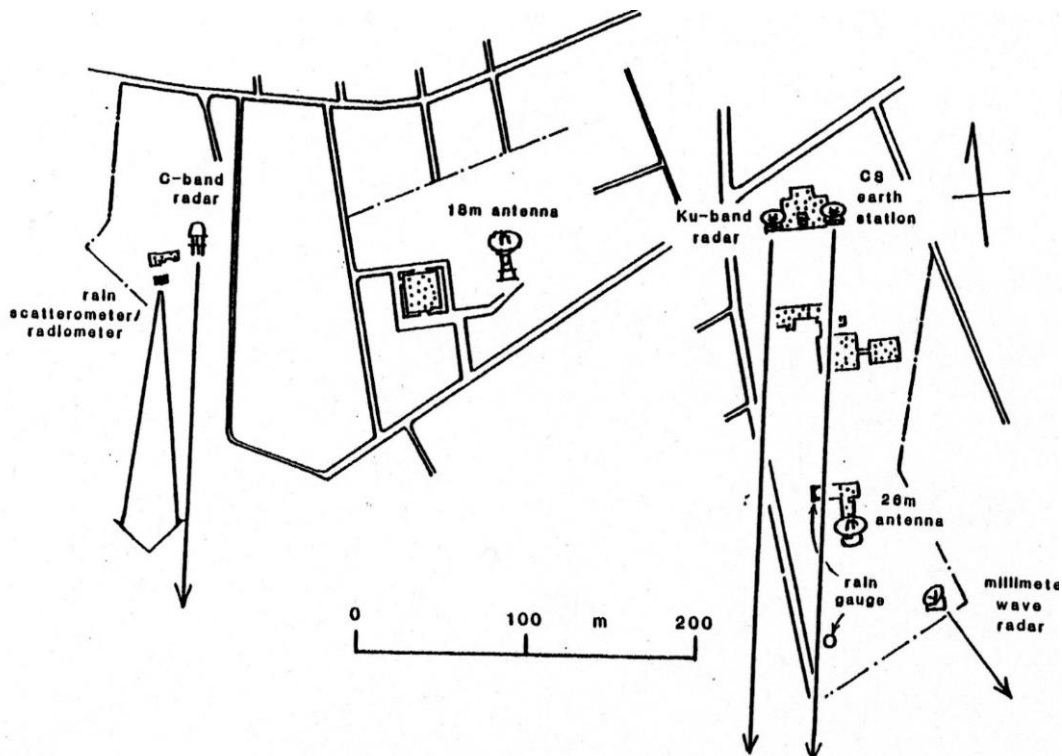
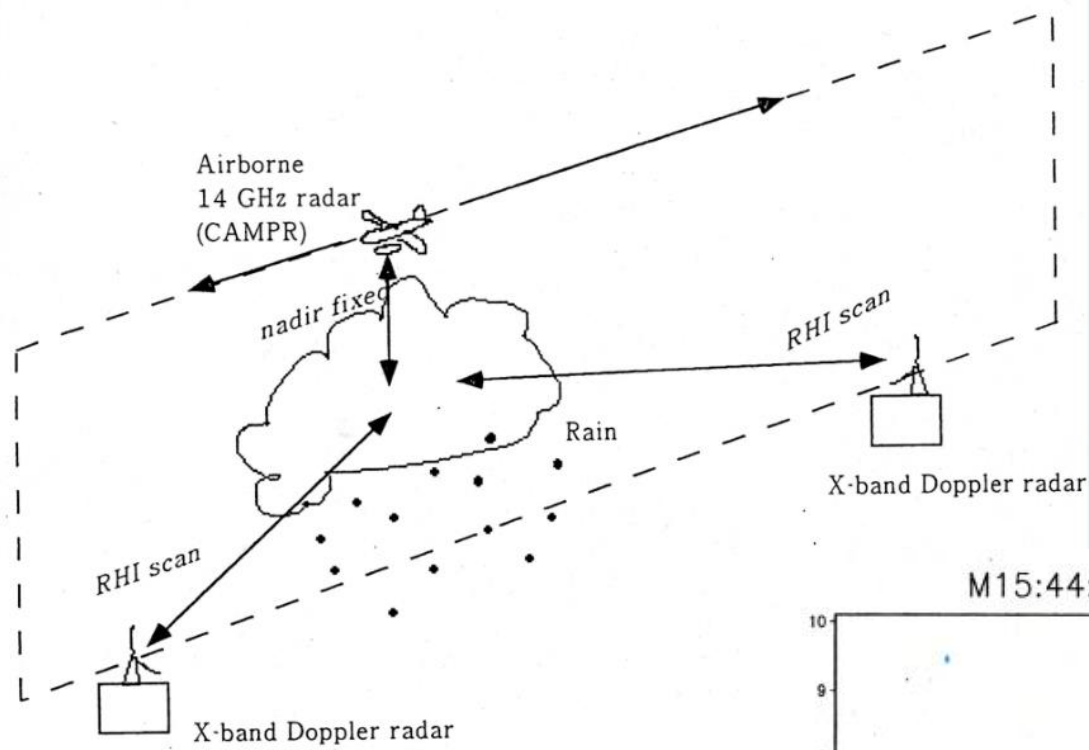


Fig.2 Locations and the beam directions of the radars. The C-band radar and the rain scatterometer/radiometer have the overlapped antenna beams, but Ku-band and millimeter wave radar have the different antenna beams.

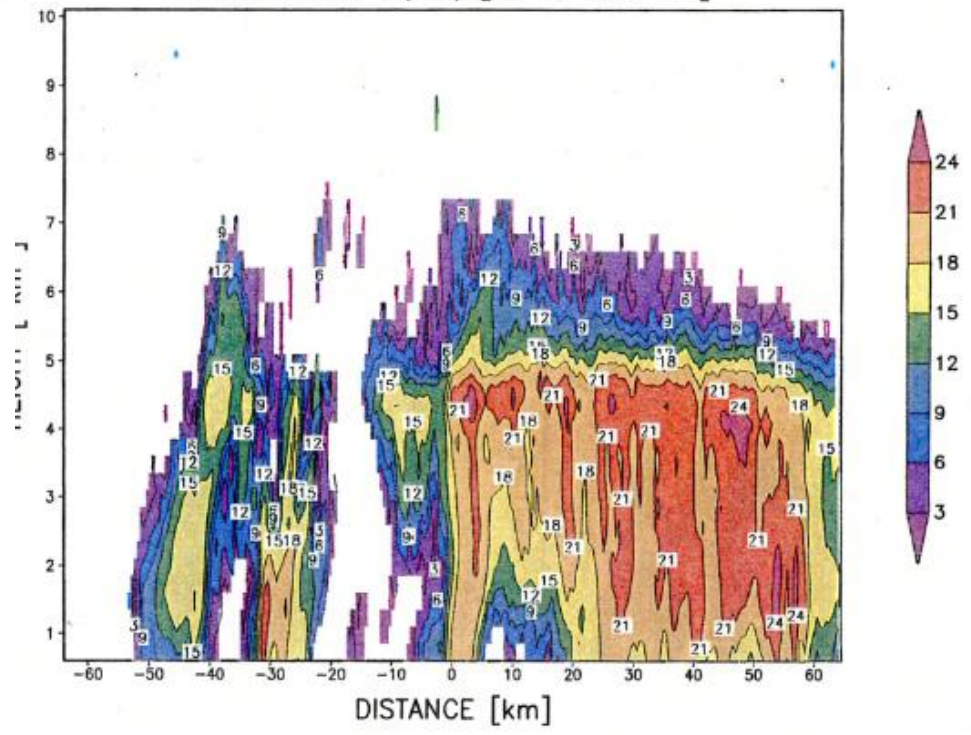
Fig.5 The correlations among the Z-factors derived from each radar data (at the slant range of 1.5km) and ground rainfall rate. Two solid curves in (F) are theoretical curves assuming (a) only the Mie scattering effect exists and (b) the Mie scattering effect and rain-induced attenuation effect exist.

(Nakamura et al., JMSJ 1990)

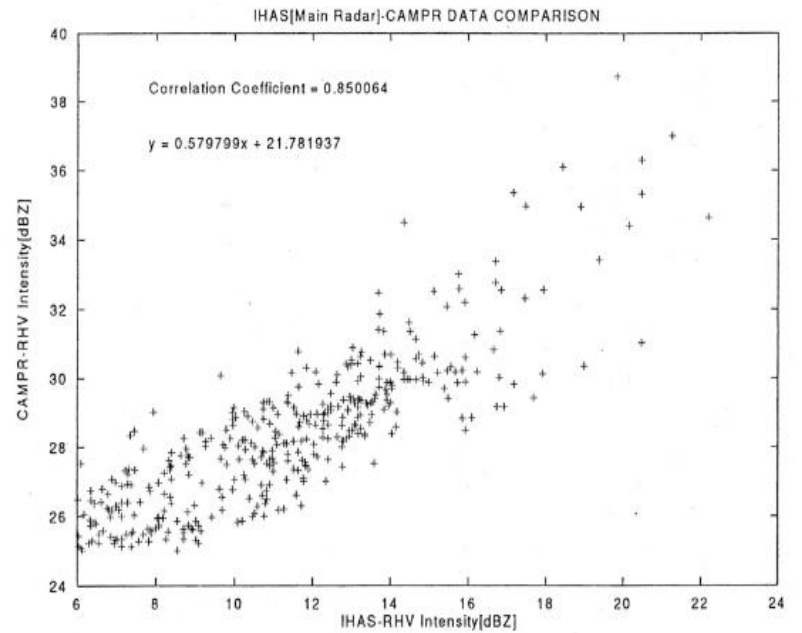
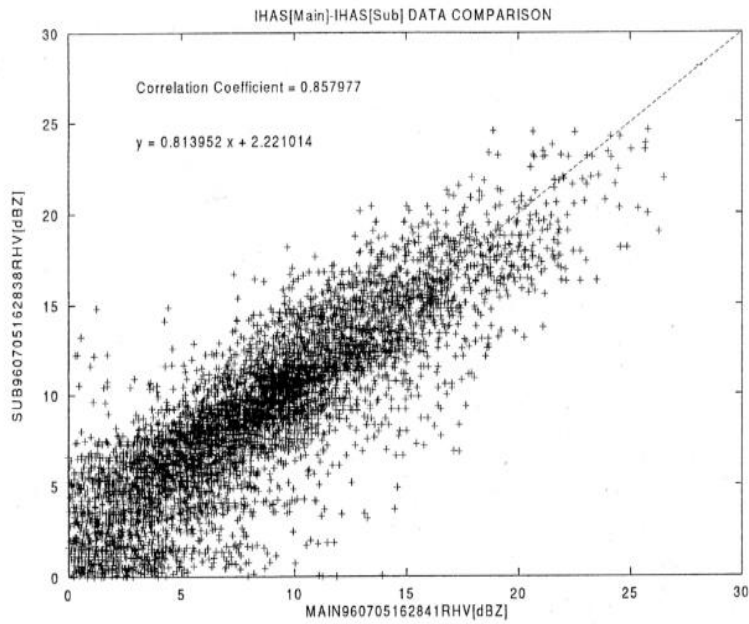
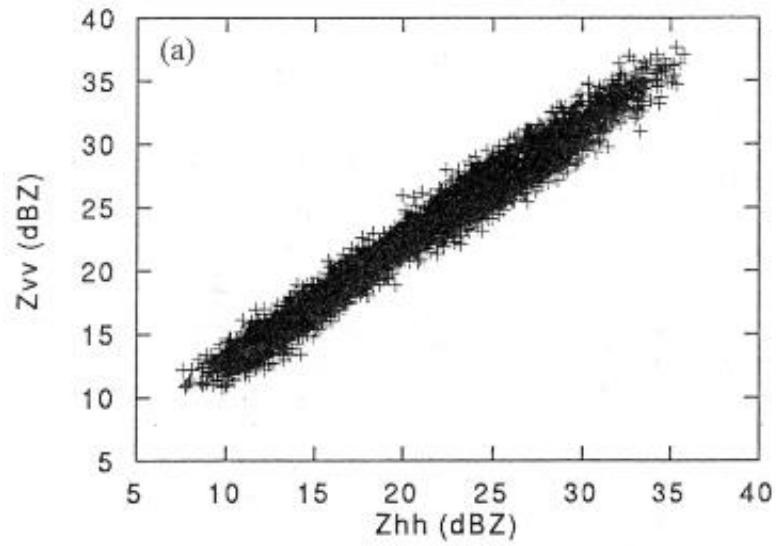




M15:44:38 t(15), [C-D 500 M.]



種子島実験





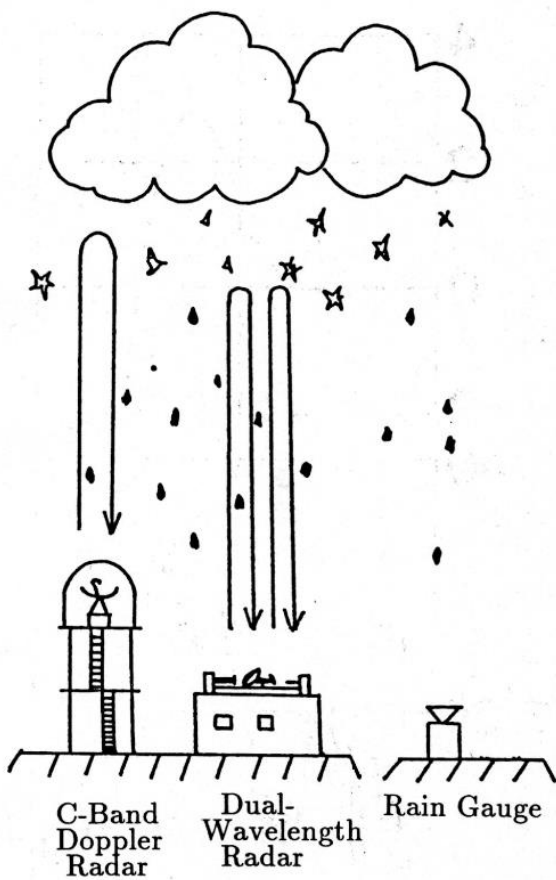


FIG. 1. Observation system.

difference in a time scale of a few minutes may be caused by the non-Rayleigh scattering effect as described later.

(Nakamura and Inomata, JTEC 1991)

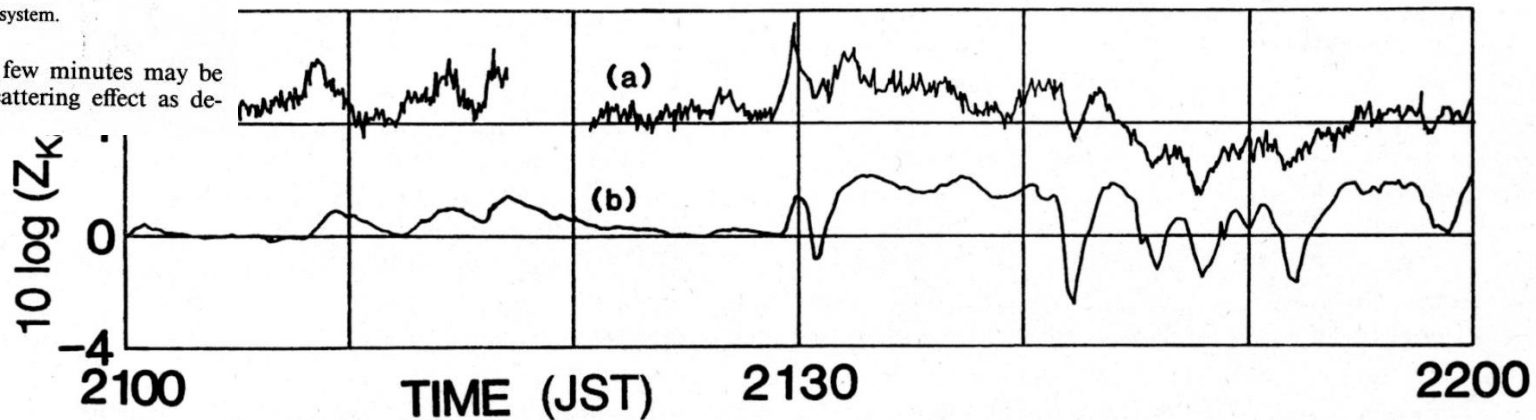


FIG. 6. A comparison of measured and estimated ratios of Ka-band effective radar reflectivity factor  $Z_{Ka}$  to X-band effective radar reflectivity factor  $Z_X$  on 6 June 1983. The upper line is dual-wavelength radar-derived  $DZ_{\text{dual}}$  at a height of 710 m and the lower line is Doppler radar-derived  $DZ_{\text{Dop}}$  at a height of 750 m. The curve (a) is shifted upward by 4 dB to avoid the overlapping.

## 2. Ka帯レーダ地上実験の意義と取得データのアルゴリズム開発への活用 2.4 DPRアルゴリズム (2/7)

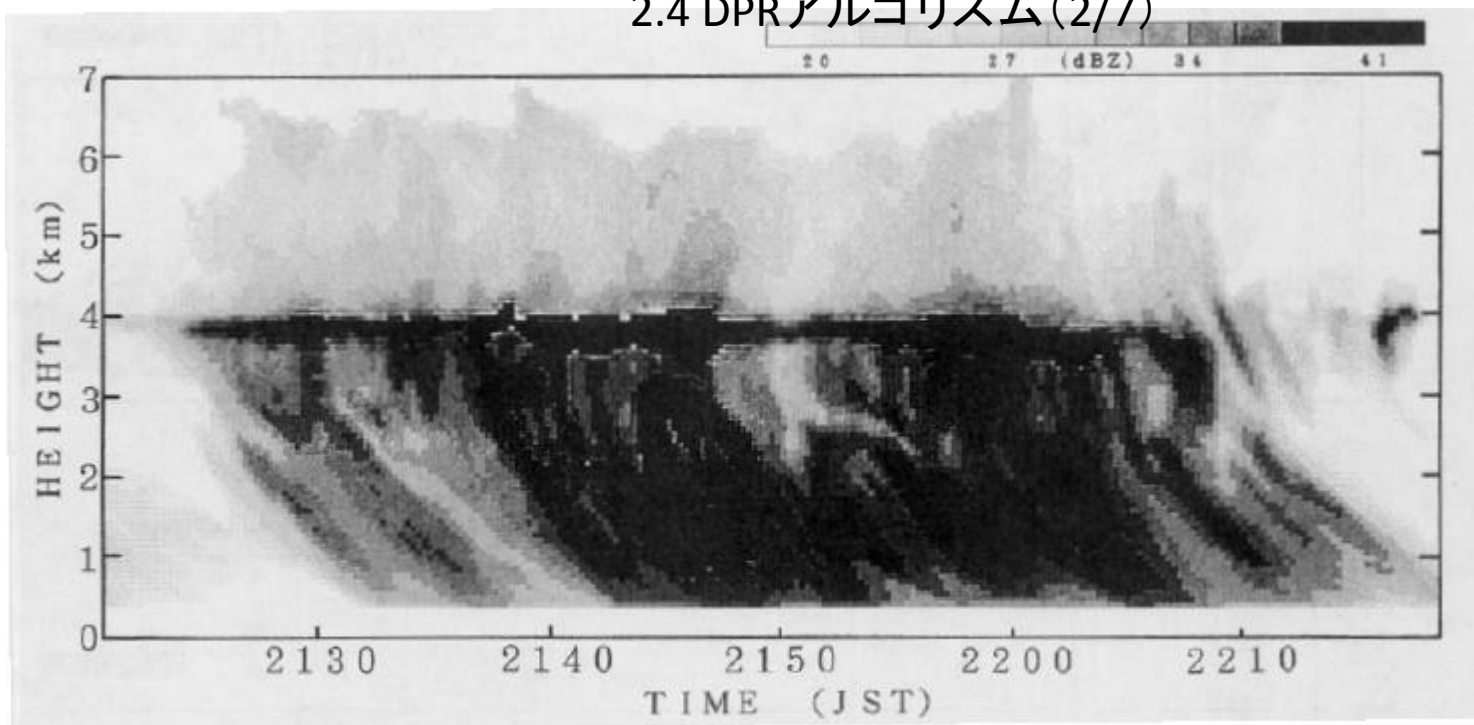


FIG. 8. Vertical profile of the  $Z_r$  measured by X-band radar on 6 June 1983. The white area is less than 20 dBZ, and the black area is more than 41 dBZ. The step of the gray scale is 1.75 dBZ.

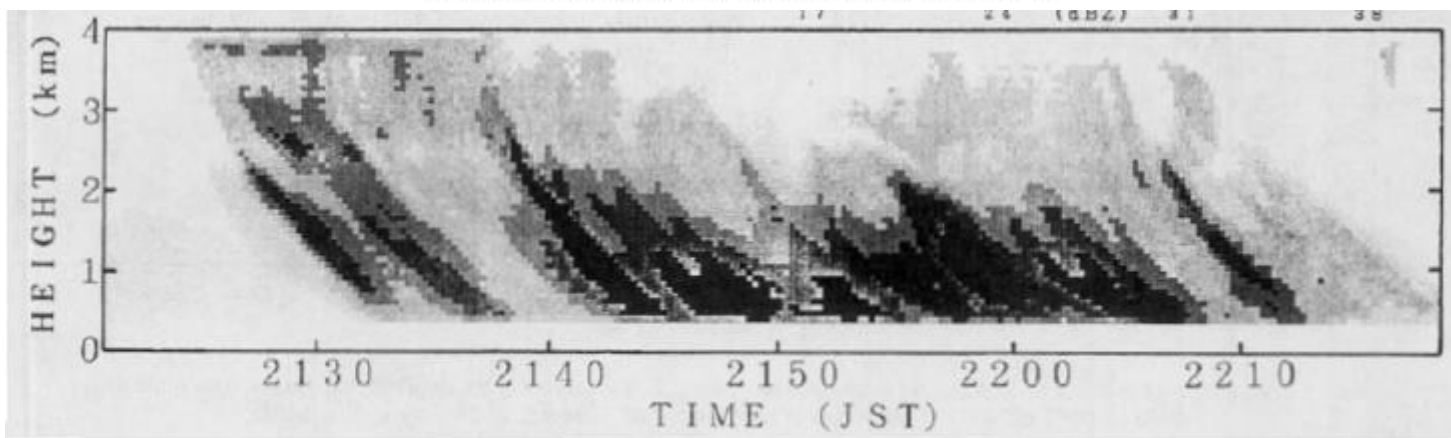


FIG. 9. Vertical profile of  $Z_r$  (including rain attenuation) measured by Ka-band radar on 6 June 1983. The white area is less than 17 dBZ, the black area is more than 38 dBZ. The step of the gray scale is 1.75 dBZ.

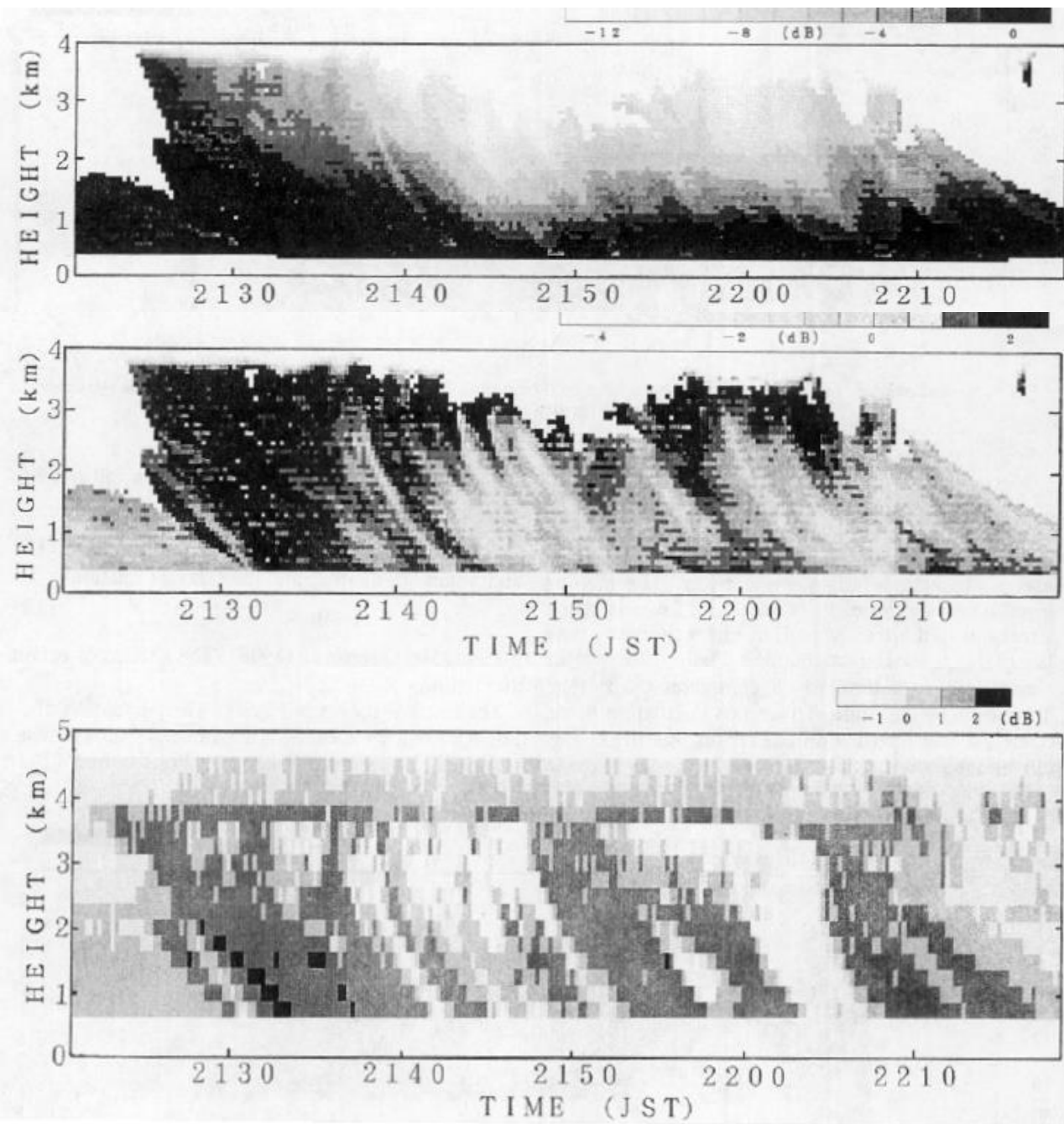
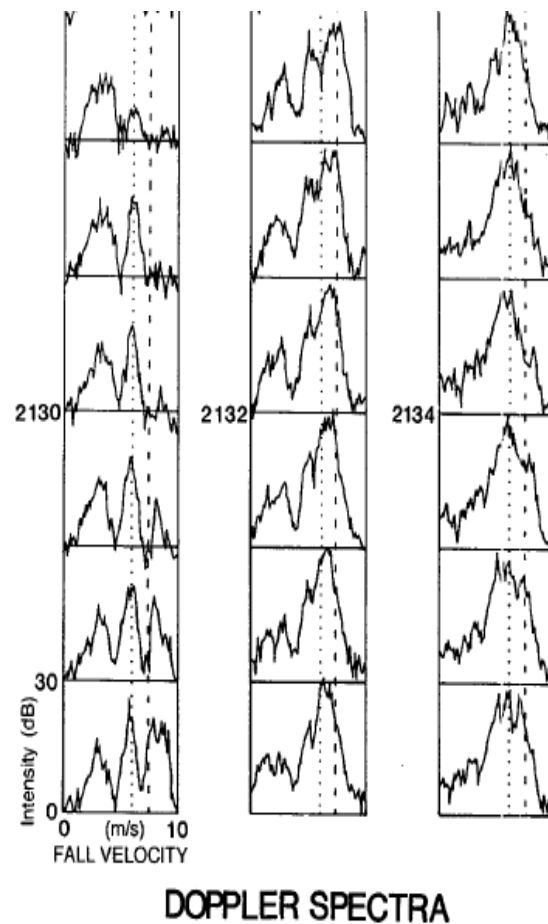


FIG. 12. Vertical profile of the ratio  $DZ_{Dop}$  of Ka-band and X-band  $Z_e$ 's estimated from the Doppler spectra. The white area is less than  $-1$  dB and the black area is more than  $2$  dB. The step of the gray scale is  $1$  dB.



### DOPPLER SPECTRA

FIG. 7. Variation of the Doppler spectra at a height of  $750$  m from  $2129$  JST to  $2134$  JST on  $6$  June  $1983$ .

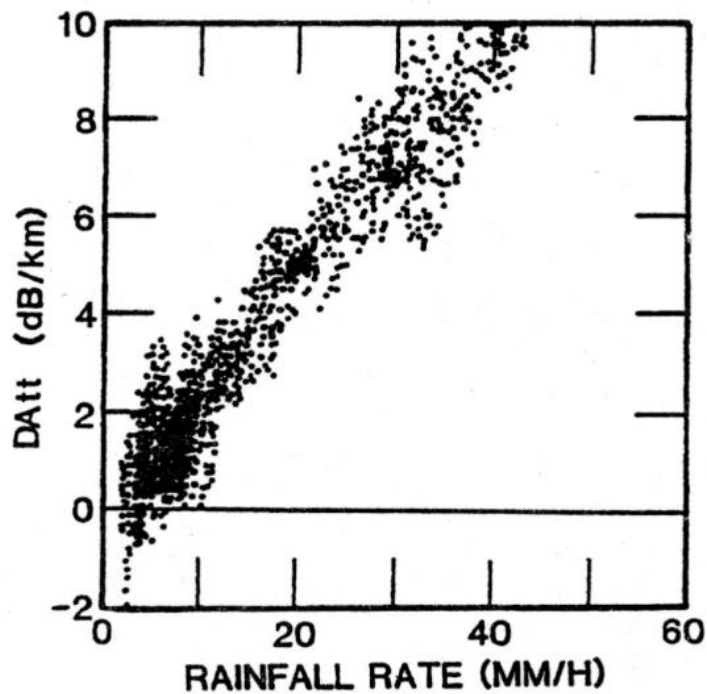


Fig.7 The correlation between the difference of the specific attenuations and the rainfall rate derived from the effective Z-factor of X-band  $R_e$ . The range cells to calculate the  $DAtt$  are at the ranges of 560m and 1460m, which results the  $\Delta r$  to be 900m. The rainfall rate is the averaged one from the range cell of 560m to that of 1460m. The data points scatter along a linear line, which is expected from the theory.

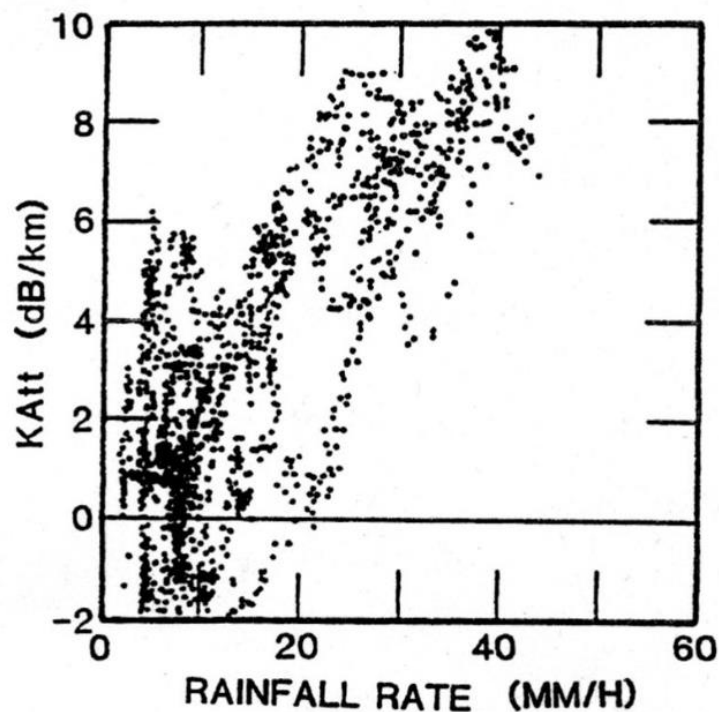


Fig.8 The correlation between the  $KAtt$  and the rainfall rate derived from the effective Z-factor of X-band  $R_e$ . The range cells to calculate the  $KAtt$  are at the ranges of 560m and 1460m. The rainfall rate is the averaged one from the range cell of 560m to that of 1460m.



# Vertical Profile of Z-factor Observed by PR at Nadir(99/06/04,8734)

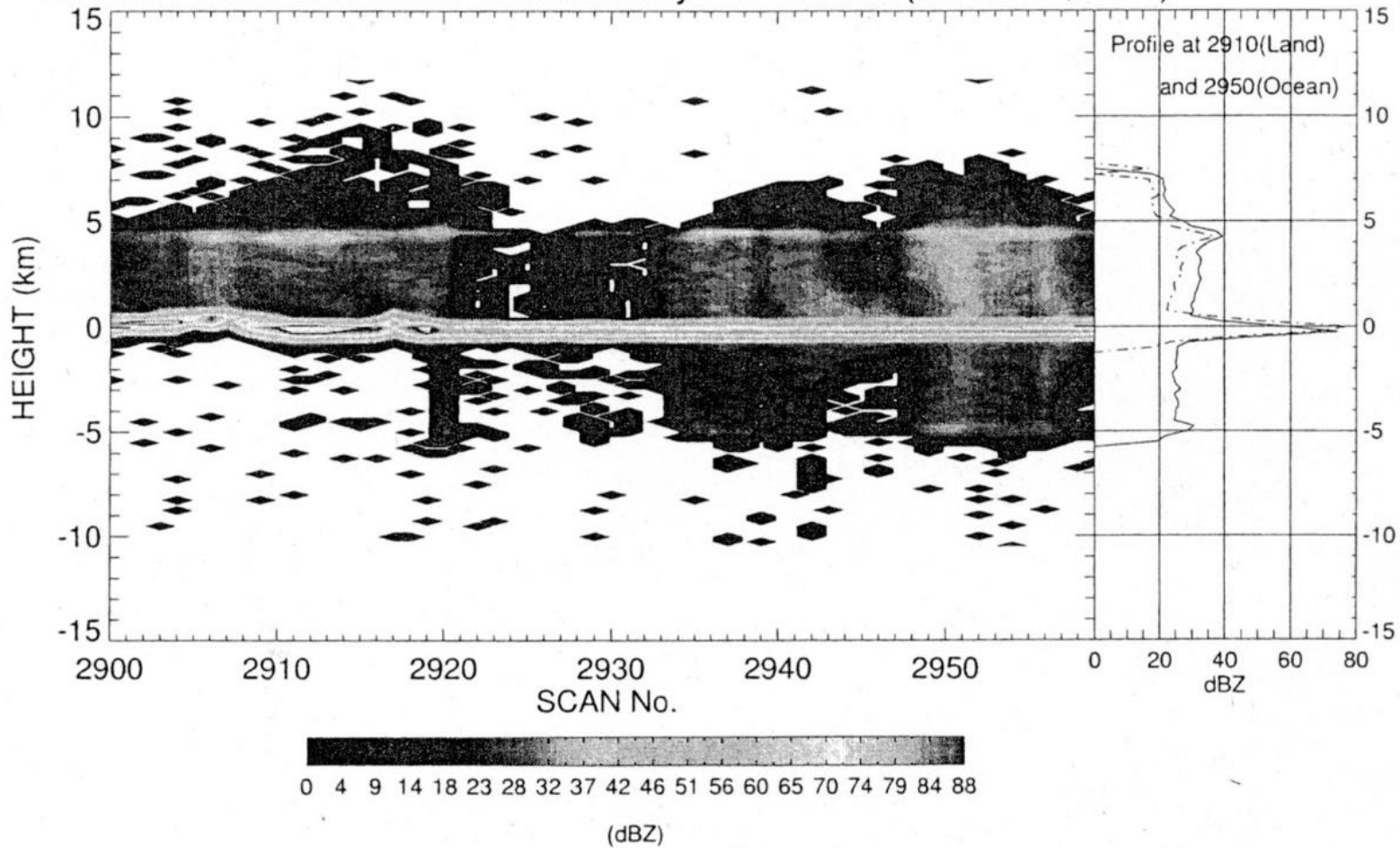


FIG. 4. Vertical profile of reflectivity factor observed by the TRMM PR at a nadir incidence on 4 Jun 1999. The right side shows the profiles at scan number 2910 over the land surface (dashed line) and at scan number 2950 over the ocean surface (solid line).

(Li and Nakamura, JTEC 2002)

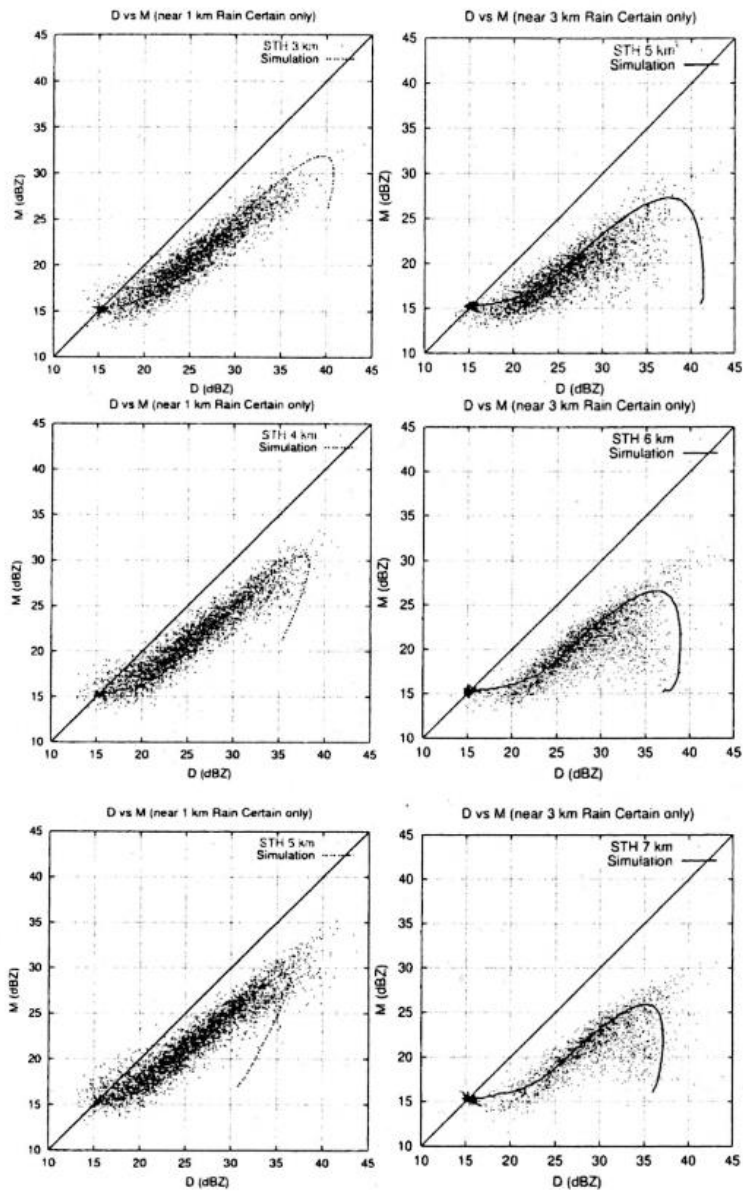
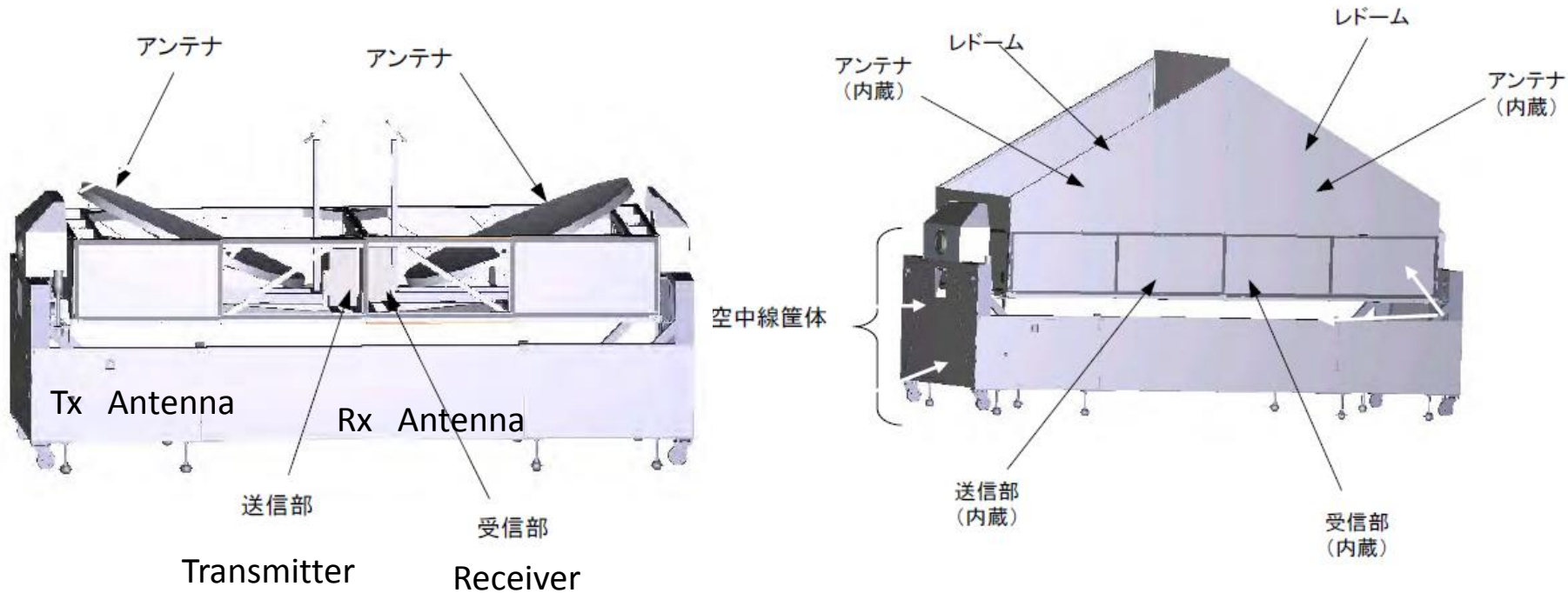


FIG. 18. Scatter diagrams between observed direct reflectivity vs mirror reflectivity at (left) 1 and (right) 3 km in which the storm height is (a) 3, 4, and 5 km, and (right) 5, 6, and 7 km, respectively. The lines dashed are averaged simulation results.

# JAXA Dual Ka radar system : GPM/DPR 検証用



アイディアをいろいろと入れさせてもらった。

時刻同期、I、Q信号取得、生信号取得、オフセットパラボラ、  
などなど

目標: 降水粒子によるKa帯電波の散乱・消散係数の「計測」

対向観測から正確な  $k$  と  $Z_e$  を求めたい。

降雨減衰：相対測定

レーダ反射因子：絶対測定（相対測定にできないか：難しい）  
バイアスが入る。

システムの安定性：送信電力変動、利得変動、  
雑音レベルによる補正

レドーム減衰、

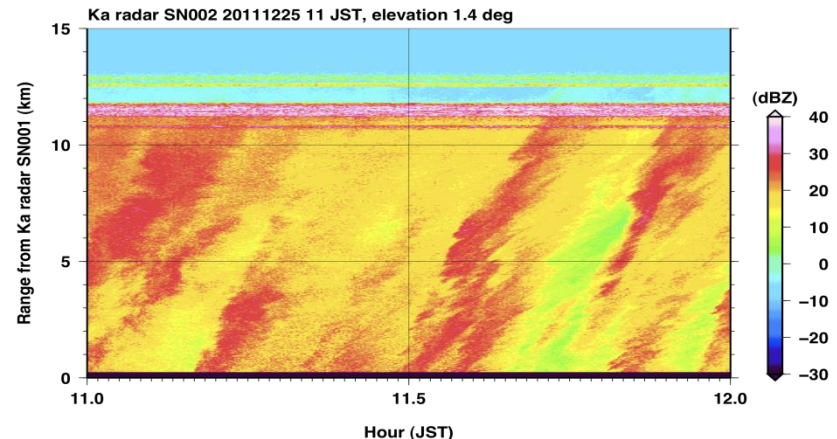
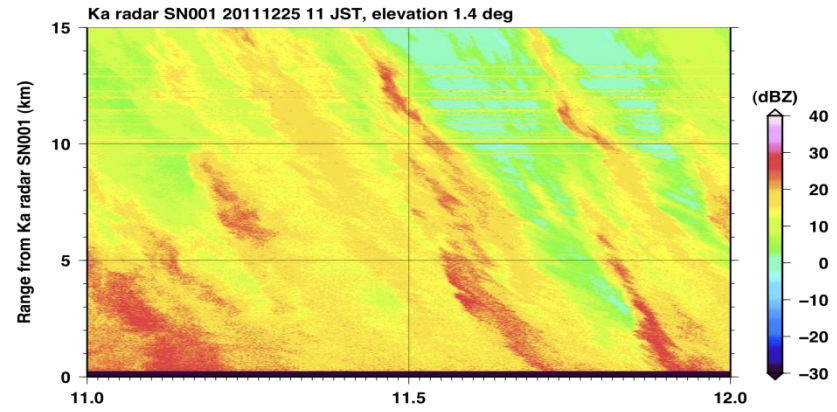
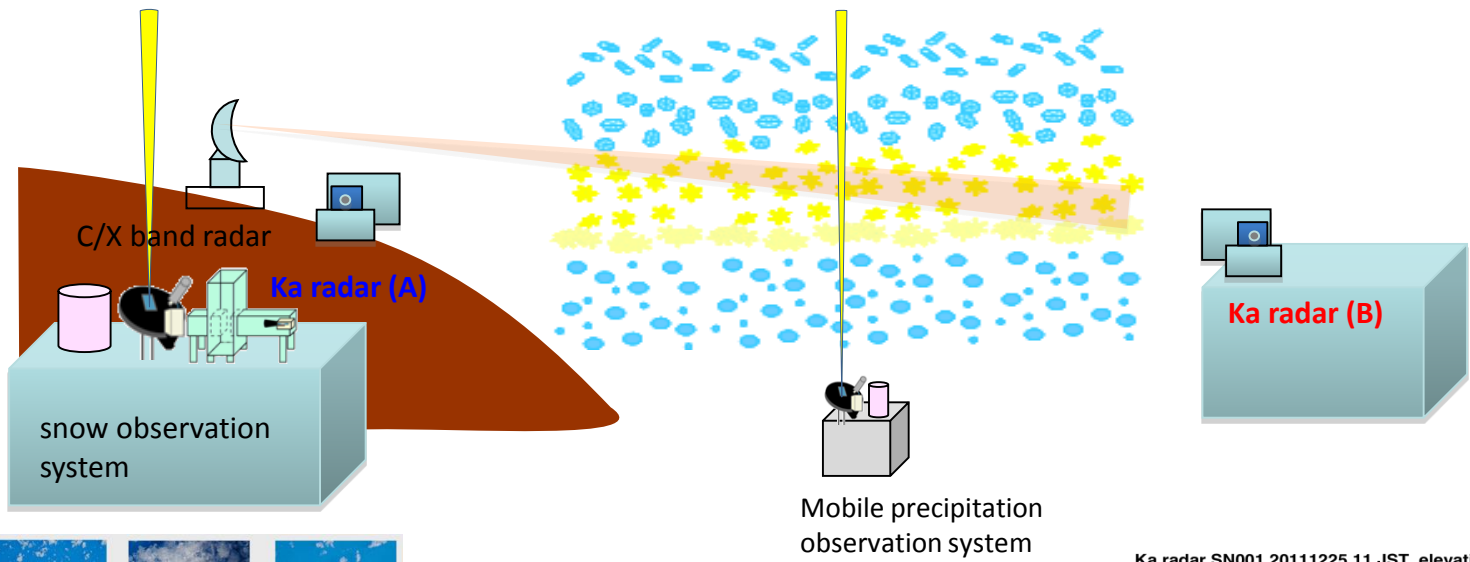
あまり問題にはならないか。

近距離でのビーム不一致、他

500m以遠では無視できよう。

ビーム合わせなど細かい丁寧な観測設定が必要。

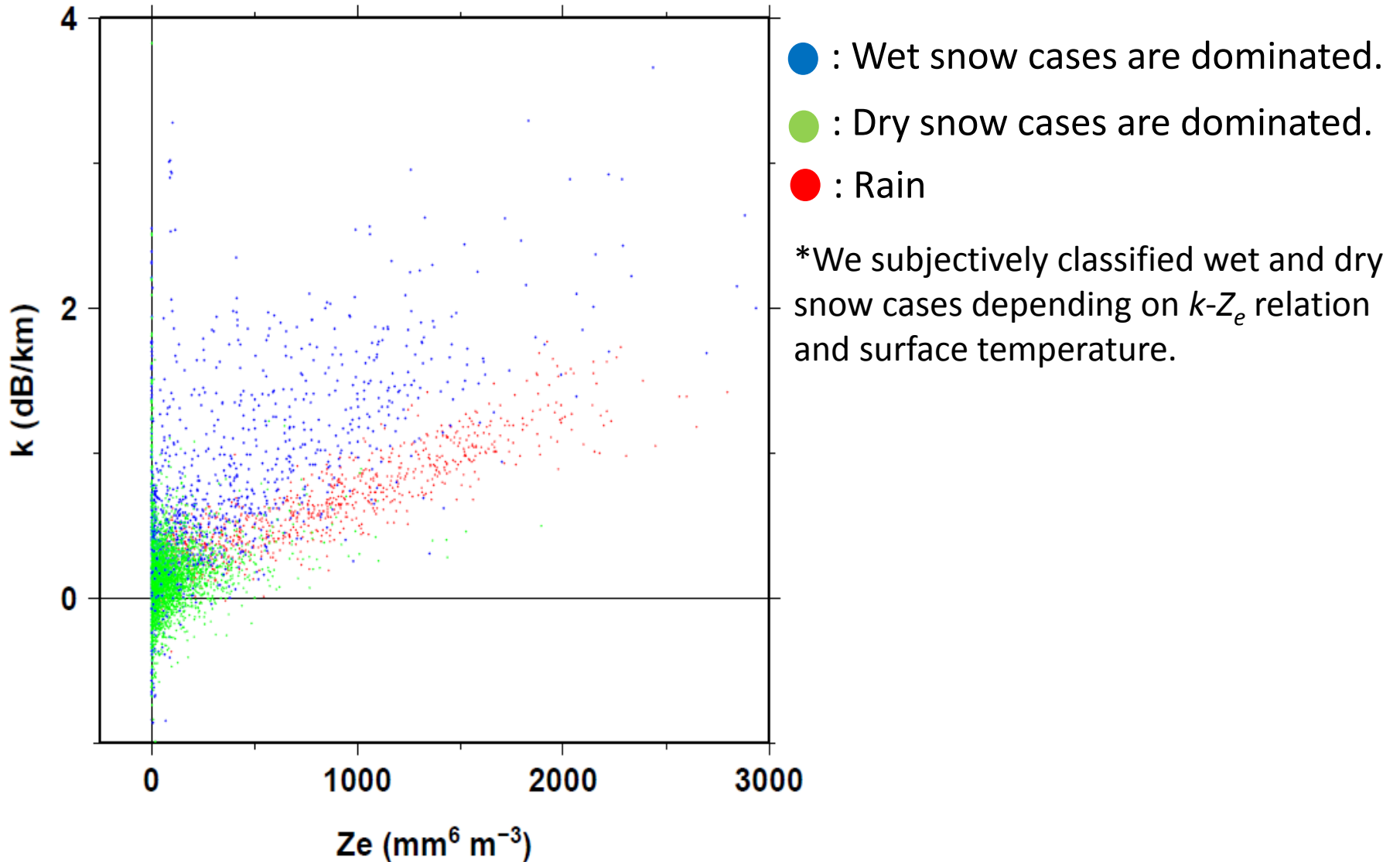




# Snow observation at Nagaoka

Only weak attenuation appears.

## $k$ - $Z_e$ plots estimated from Ka radar for 10 days



Different tendencies of  $k$ - $Z_e$  relations were shown depending on rain and wet or dry conditions of snow. (Nishikawa et al. 2012)

昭和24年(1949年)愛媛県大洲市生まれ

小学校4年まで東京都目黒区

私立栄光学園中学校／高等学校

神奈川県横須賀市田浦 → 鎌倉市大船

同窓: 下田先生(東海大)、藤井名大理事、

久保田さん(東海大)、中村尚さん(東大)、など

東京大学教養学部(駒場)

すぐにスト。1年間何もせず。L'Athene Francais。その後3年間、  
なにも勉強せず。

理学部 物理系／生態系?

東京大学理学系研究科地球物理学専門課程(修士／博士課程)

岸保勘三郎先生、松野太郎先生

山下晃さん、新田勅さん、藤木さん

佐藤康雄さん、木田秀治さん、村上勝人さん、高野さん、

吉崎正憲さん、中村一さん、沢井哲滋さん、松田佳久さん、

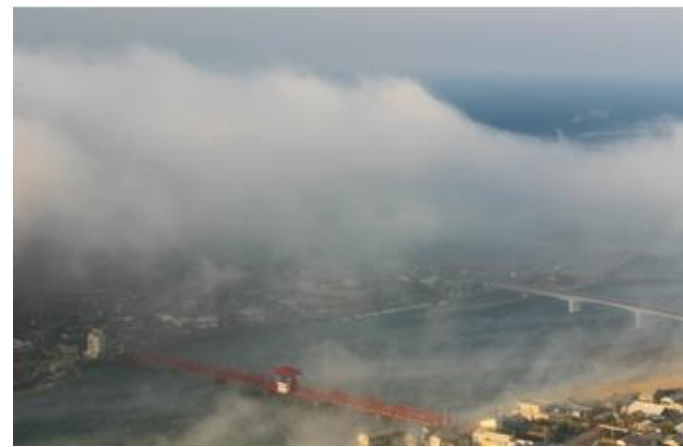
新野さん、中澤さん、中村晃三さん、



愛媛県大洲市  
大洲城、四国の小京都、鶺鴒  
肱川あらし: 冬、河口に現れる霧  
「おはなはん」のロケ地



(<http://henro8.net/500ye/oozu.html>)



(<http://www.city.ozu.ehime.jp>)

横須賀 田浦  
もと海軍の軍港  
捕鯨船や護衛艦が見えた。





隣：海洋物理：杉之原助手、宮田助手、増田章さん、竹内さん、  
深澤君、岸君、松野君、山形さん

学部からの同学年：近藤豊さん、大畑さん

修士課程：乱流境界層の2次元数値シミュレーション

博士課程：波と流れの相互作用

勉強はよくした。研究は？「発見」の喜び。

目標：就職(S52)、D論(S53)、結婚(S55、現在：娘1、息子1)

昭和52年：郵政省電波研究所入所(公務員試験)

公務員新人研修(苦痛)

霞が関課長補佐クラスと審議官クラスの差

研究所新人研修(福島円特別研究室、田中浩さん、増田悦久さん)

鹿島支所(茨城県)へ配属

5つの衛星計画(ETS-II、ECS、CS、BS、ISS)

「仕様書書いてハワイへ行こう」

BSテレビ信号実験計画書作成??

Cバンドドップラレーダ(仕様書：田中浩さん?)

NOTES AND CORRESPONDENCE

**On the "Wave Momentum" of Deep Internal Gravity Waves**

By Kenji Nakamura

*Geophysical Institute, Tokyo University  
(Manuscript received 25 May 1976, in revised form 24 July 1976)*

In the following we shall obtain a wave packet  $\psi/\partial t$

**A Generalization of "Eliassen-Palm Relation"**

By Kenji Nakamura

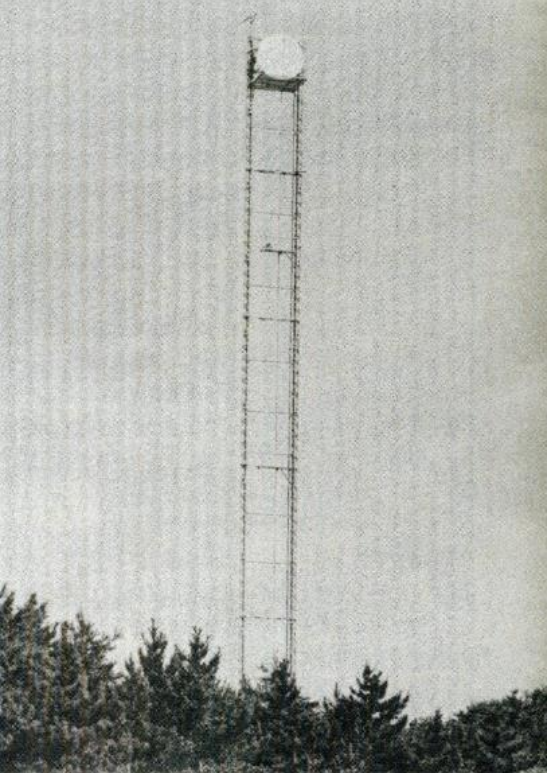
*Kashima Branch, Radio Research Laboratories  
(Manuscript received 8 February 1978, in revised form 4 January 1979)*

NOTES AND CORRESPONDENCE

**A Comment on the Kelvin-Helmholtz Instability**

By Kenji Nakamura

*Kashima Branch, Radio Research Laboratories, Kashima, Ibaraki, 314, Japan  
(Manuscript received 16 July 1980, in revised form 26 January 1981)*



## 1990年頃の電波研究所鹿島支所



50mステー

阿波加さん、古津さん、  
岡本謙一さんは国分寺、畚野さんも国分寺(部付主任研究官)

藤吉さん見学

海洋観測(気象研、降旗さん)

雨域散乱計／放射計(仕様書:岡本さん)実験

外国:科技庁海外派遣? CHILL radar(偏波レーダ)?

NASA GSFCへ(1985.2-1987.2、2年間)

David Atlas、内藤恵吉さん、畚野さん

航空機によるレーダ観測、R. Meneghini、T. T. Wilheit、  
D. A. Short、D. Clem ...

Wallops Flight Facility、

Wallops Rocket Launching Facility (SPANDAR radar)

Chincoteague Island

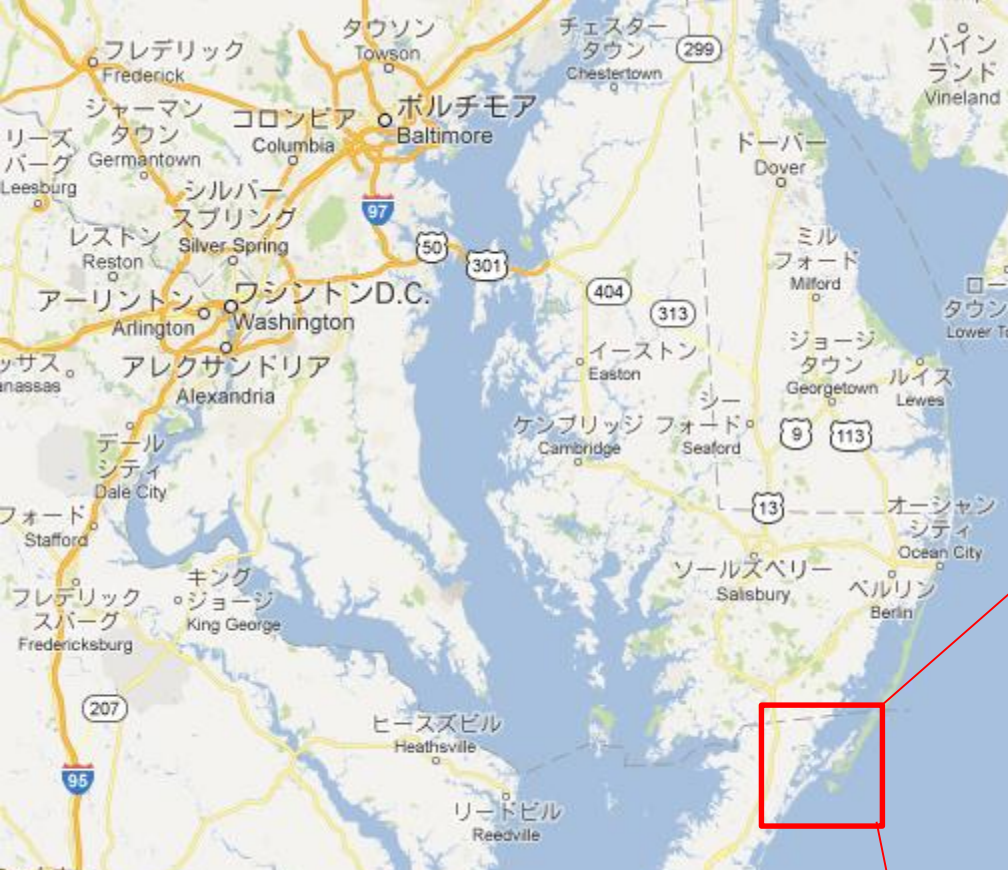
この間、TRiM→TRMM浮上

(G. North、J. Simpson、J. Theon、R. Kakar、...)

鍛えられた。根性が少しできた。

帰ってきたら:井口さん、花土さん

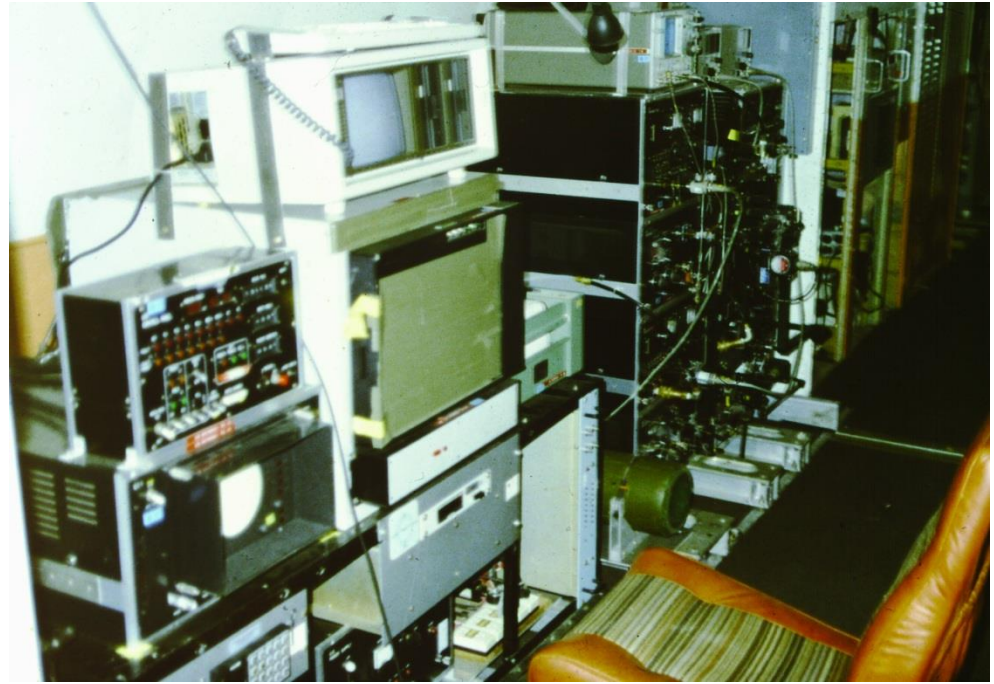












## 工学と理学

精密なBit Error Rate (BER)の予想と実測

不明な雑音レベル3dB(古津さん)(like Pensias Wilson)

電波星測定(アンテナ測定:川口則行さん(天文台))

装置の「鬼」

実証検証

できるように作ったものがその性能を出していることを確かめるだけ。何が面白しろいのか。

現在の衛星アルゴリズム検証とは異なっている。

ついでに役所仕事

提案書書き(なぜ郵政省がやらなければならないのか、など)

奇怪な納入検査への驚き

勉強は良くやった。

準非線形問題(対流、シア乱流、...、一般性)

解ればよい。: 理学的? 直接には役には立たない?

Coriolis力、Ekman spiral、45度

$2\Omega$  not  $\Omega$ 、

western boundary current、台風

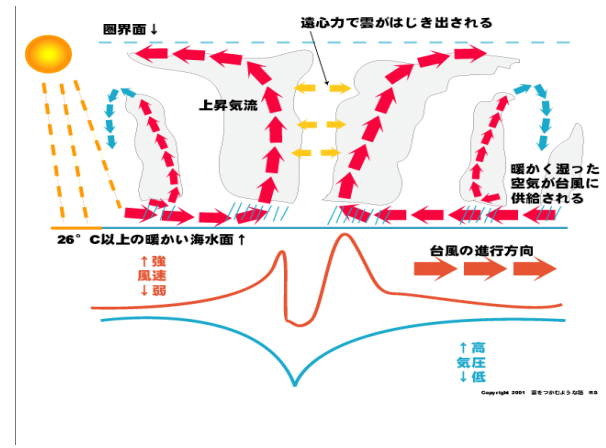
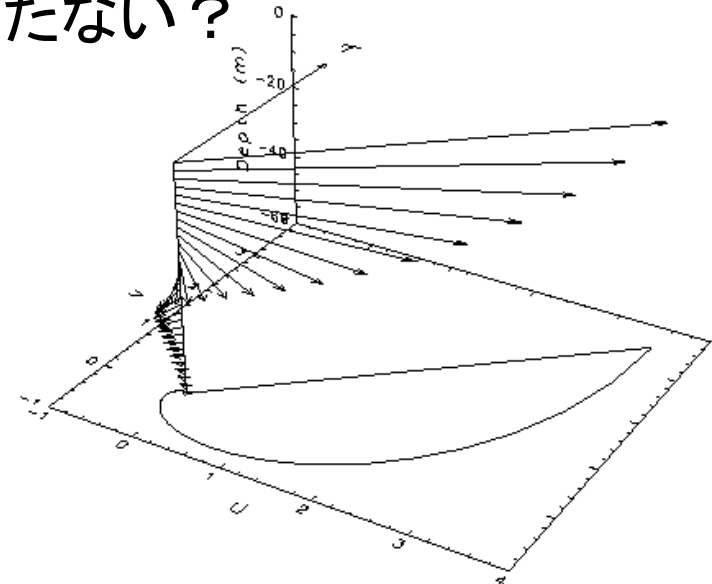
1波長でも傾圧不安定、

メカニズム: ややこしい

湿潤大気の熱力学

フラックス(放射、物質)

大気化学



(<http://contest.thinkquest.jp>)



名古屋大学大気水圏科学研究所共同研究観測プロジェクトセンター  
(1994年4月から、民田技術職員と同期)

故武田先生は航空機を期待？

助教授：増澤さん、技官山本さん、助手：玉川君(岐阜大)、  
樋口君(千葉大)

電波研・通信総研出身者

(松浦STE所長)、田中浩さん(IHAS)、柴田さん(環境学)、  
菊池さん(STE)、徳丸さん(STE)、

文化の違い体験

「大学人は spoil されている」、「所長がさっさと決めればよい」、  
「“面白い”が提案理由になる！」、...

GAME国際事務局

武田先生からの要請。国内事務局：福嶋先生

GAME International Project Office (GIPO)：毎年

GAME International Conference：隔年(日本、韓国、中国、タイ)

## ユネスコIHP国際研修コース

今年度：22回目

Convener：3回、幹事・主査：199?—2005.3、2011.4—

TRMM打ち上げ(1997)：いろいろの解析を学生とともにやることができた。

## 改組(2001年)地球水循環研究センター

センター長：2001.4—2005.3、2011.4—2013.3

不用意な発言—文部省から注意？

科学とは何か、大学とは何か、研究センターとはなにか、  
共同利用研とは何か、...

大学の研究：個々の創発による研究。自由とボトムアップが基本。

教育：組織として行う。

運営：教授レベル。健全なガバナンス

役人文書の読解能力

個々人は良くやっている。放っておいてもいくらでも働く。成果もきちんとある。それでも外部からの「圧力」があり対応し動かなければならない。大学そしてセンターも社会の中の一組織である。

大学:学生あつての大学かつ学生は活力の元

博士

李君、Adhikari君、広瀬君、Bhatt君、山本君、Ngaさん、民田君、  
Singhさん、Threshta君、今岡君

修士

ト部君、Perapol君、Edvin君、Bhatt君、広瀬君、Singhさん、  
芝川君、遠藤君、米田さん、猪飼君、長谷部君、近藤さん  
八田さん、山本君、松原君、高橋君、佐々木君、永田さん、  
島岡君、山上君、白津君、梅川さん、(抜けている?)

多くの同僚、特に上田博さん、  
多くの事務担当者、坂野さん、羽賀さん  
秘書:澤田陽子さん、田中知子さん、  
そして家族

# 獨協大学

埼玉県草加市  
(草加せんべい)

## 獨協大を創設したカント哲学の権威

天野貞祐(あまの ていゆう) (1884~1980年)



獨逸(ドイツ) 学協会中学出身、獨協大学創設者であり哲学者。

第3次吉田内閣の文部大臣。

我が国で最初にカントの『純粹理性批判』の翻訳を完成し、カント哲学の権威として知られる。

## 「哲学」という言葉を作った哲学者

西 周(にし あまね) (1829~1897年)



獨逸学協会学校初代校長であり、哲学者・啓蒙思想家。

オランダに留学後、福澤諭吉らと「明六社」に参画し、啓蒙活動にも尽力。西洋哲学を日本に紹介、「日本近代哲学の父」と呼ばれています。

## 獨協教育育ての親

大村 仁太郎(おおむら じんたろう) (1863~1907年)



獨逸学協会学校・第4代校長。

ドイツ語学の普及に尽力する一方、留学時代に研究したドイツやヨーロッパの学校教育、社会教育等を獨協教育に導入、「智育・徳育・体育」の全人教育を展開した。

(<http://www.dokkyo.ac.jp/>)

## 専任教員紹介

職位	教員名	保有学位	主な担当科目	研究分野	備考
教授	阿部 正浩	博士(商学)	経済政策論a,b	労働経済学, 経済政策	
教授	犬井 正	理学博士	経済地理学a,b 地域生態論a,b	農業・農村地理学, 経済地理学	
教授	木原 隆司	博士(経済学)	国際公共政策論a,b 国際開発論a,b	国際公共政策論, 国際開発論	※
教授	中村 健治	理学博士	地球環境論a,b	気象学, 環境学	※
教授	浜本 光紹	博士(経済学)	環境経済学a,b	環境経済学	
教授	藤山 英樹	博士(経済学)	計量経済学a,b ゲーム理論a,b	経済理論, 計量経済学	
教授	米山 昌幸	博士(経済学)	国際貿易論a,b	国際経済学, 国際貿易論	
准教授	樋田 勉	博士(経済学)	統計学a,b 多変量解析a,b	統計学, 多変量解析	
専任講師	大床 太郎	博士(経済学)	統計学a,b 社会調査論a,b	春学期 月 1 火 2 水 3 木 4 金	経済外国語Ia E-203 経済経営数学入門 A-306 環境学 5-128 基礎演習 E-413
専任講師	高畑 純一郎	博士(経済学)	公共経済学a,b		全学総合講座(環境学I) E-102

※2013年度着任