

第5回 CEReS  
環境リモートセンシングシンポジウム  
資料集

Proceedings of the 5<sup>th</sup> CEReS Symposium on  
Environmental Remote Sensing

2002年12月20日

千葉大学けやき会館

千葉大学環境リモートセンシング研究センター  
Center for Environmental Remote Sensing (CEReS)  
Chiba University

# 第5回 CEReS環境リモートセンシングシンポジウム資料集

## 目次

### プロジェクト研究

- ・海域画像データに対する大気補正の研究 金沢工業大学 川田剛之 3
- ・衛星データによる森林密度推定手法の研究 長岡技術科学大学 力丸 厚 12
- ・NOAA/AVHRR データを用いた中国東域での地面湿潤度モニタリング 名古屋大学 樋口篤志 19
- ・湿原のエネルギー収支、炭素フラックスのリージョナル規模での推定手法の開発 農業環境技術研究所 宮田 明 国中 23
- 一般研究**
- ・多波長ライダーによるエアロゾルの類型化に関する研究 東京商船大学 村山利幸 28
- ・リモートセンシング技術の大気環境動態解析への応用 千葉県環境研究センター 染矢篤夫 36
- ・鉱物質エアロゾルの衛星データ解析 鹿児島大学 木下紀正 41
- ・Wind-induced Upwelling in the Western Equatorial Pacific Ocean Observed by Multi-satellite Sensors 神戸商船大学 香西克俊 49
- ・FY-II を用いた南アジア域における対流活動の日変化及び水蒸気変動の解析 気象研究所 山崎信雄 56
- ・GMS-5 の  $11\mu\text{m}$  と  $6.7\mu\text{m}$  を用いた巻雲の温度推定法の検証 気象研究所 井上豊志郎 63
- ・鹿児島湾への外用水の流入についての研究 鹿児島大学 櫻井仁人 71
- ・Geographical Information System を用いた高齢者の行動疫学分析 行動疫学分析 聖マリアンナ医科大学 杉森裕樹 80
- ・葉面ワックスが可視・近赤外反射特性に与える影響に関する基礎研究 名古屋大学 樋口篤志 83
- ・定期的に撮影したデジタルカメラ像の色彩学的解析による水田収穫量予測に関する研究 静岡大学 岩垣 功 87

・ヤマセ雲の衛星リモートセンシングのための検証観測	92
東北大学 浅野正二	
・農林水産リモートセンシングデータベース作成及び大容量データ転送技術に関する研究	97
農業環境技術研究所 藤元也	
・The Availability of Precipitable Water Retrieval Using Split-window data	103
奈良女子大学 久慈 誠	
・スカイラディオメータの観測船「みらい」への設置と運用に関する諸問題の解決に関する研究	112
北海道大学 遠藤辰雄	
・地表面温度推定アルゴリズムの開発	119
長崎大学 森山雅雄	
・中国・インドの水稻収量に関する光合成型穀物指標を用いた監視法の検討	122
松江工業高等専門学校 金子大郎	
・マングローブ林林分要素の現地調査法（林内リモートセンシング）の開発	130
琉球大学 佐藤一紘	
・IDRISI と ARCVIEW8.1 を用いた土地利用変化予測研究	139
山梨大学 尾藤章雄	
・モンゴル国ドントゴビ県における植物含水量の広域推定	145
京都大学 平田昌弘	
・94GHz FM-CW レーダの開発と雲粒の観測	152
千葉大学 鷹野敏明	

# 海域画像データに対する大気補正の研究

川田剛之

# 海域画像データに対する大気補正の研究

金沢工大 杉本 直也 川田 剛之

## はじめに

低分解能衛星画像データとして、ここでは ADEOS 衛星搭載の POLDER 海域画像データを取り上げ、これに対する大気補正を考える。具体的には、可視波長域の POLDER 海域画像データから海表面におけるコラム反射率を推定する手法の開発を目的とした研究を行う。この海表面コラム反射率より、海洋クロロフィル量の推定が可能となる。

## 1. 近赤外バンドデータを用いた大気エアロゾルパラメータの推定

我々は POLDER の近赤外バンドの観測核依存の宇宙反射率と偏光度データを用いて、大気エアロゾルの光学的パラメータを推定する新しい手法(R-P アルゴリズム)の開発に成功している<sup>1),2)</sup>。この手法を用いて、1997 年 4 月 26 日に取得された日本付近の POLDER 画像データ(670nm)から推定した大気エアロゾルの 3 つの重要な光学パラメータ、屈折率の実部 Nr、波長 500nm における光学的厚さ  $\tau_{500}$ 、オングストローム指数  $\alpha$  の分布図をそれぞれ図 1-(a),-(b),-(c)に示す。この時、粒径分布モデルはベースラインモデルとして、ユング(Junge)型を使用した。

## 2. 可視バンド画像の大気補正手法

POLDER 画像データからクロロフィル量を推定するには短波長可視バンドの海中から海表面に射出されるコラム反射率  $R_w$  が必要である。ここでは、(1)式で示す、Froun<sup>3)</sup>による正規化差分海洋プランクトン指數 NDPI を利用する。

$$Chl = \exp\{0.31847 - 1.055[R_w(443) - R_w(565)] / R_w(490)\} \quad (1)$$

従って、クロロフィル量  $Chl[mg/m^3]$  を求めるために 443nm、490nm、565nm バンドにおける海表面コラム反射率  $R_w$  を計算する必要があり、そのために 670nm バンドで R-P アルゴリズムにより推定した大気エアロゾルの 3 つの重要な光学パラメータ、屈折率の実部 Nr、波長 500nm における光学的厚さ  $\tau_{500}$ 、オングストローム指数  $\alpha$  の値を利用して大気補正を実施する。クロロフィル量推定アルゴリズムとして、正規化差分海洋プランクトン指數 NDPI 以外にも、他のアルゴリズムが提案されており、例えば、OC2(Ocean Chlorophyll 2)アルゴリズム<sup>7)</sup>は式(2)で与えられる。

$$Chl = 10^{0.3164 - 2.132 * R + 0.6303 * R^2 - 0.004 * R^3} \quad (2)$$

$$R = \log_{10}[R(490) / R(565)]$$

## 3. 海表面コラム反射率の推定手法

R-P アルゴリズムにより推定した大気エアロゾルの 3 つの光学パラメータを仮定して、

まず、大気の反射関数  $R_{at}$  と伝達関数  $T_{at}$  を 443nm、490nm、565nmにおいて計算する。海表面の反射関数  $R_{sf}$  は Cox-Munk モデル<sup>4)</sup>を仮定すると(3)式で与えることができる<sup>5)</sup>。

$$R_{sf} = (1 - S_{fm})R_s + (1 - r_{fm}S_{fm})R_w + r_{fm}S_{fm} \quad (3)$$

ここで、 $R_s$ 、 $r_{fm}$ 、 $S_{fm}$  はそれぞれ Cox-Munk の反射関数、白波の反射率、白波の被覆率である。陸上では白波の反射は海上にも海中にも同等にあると仮定している。 $R_s$  と  $S_{fm}$  は海上風速の関数として与えられる。また、 $r_{fm}=1.0$  と仮定する。海上風速  $v[m/s]$  が与えられるものとすれば、海上コラム反射率  $R_w$  をパラメータとして大気上面における反射率  $R_{at+sf}$  は Doubling and Adding 法<sup>6)</sup>により計算可能である。図 2 は 1997 年 4 月 26 日の POLDER 画像(443nm)のある画素における観測条件と海上風速  $v=5[m/s]$  を仮定した時の、海上コラム反射率  $R_w$  をパラメータとする理論的  $R_{at+sf}$  である。この図より大気上面の POLDER 観測反射率値  $R_{at+sf}$  (POLDER:443nm) = 0.145 を用いて、443nm における海上コラム反射率  $R_w$ (443)は簡単に推定できる。この場合、図 2 より、 $R_w(443) = 0.0083$  である。可視波長バンドの大気補正は海上コラム反射率  $R_w$  をパラメータとする理論的  $R_{at+sf}$  の Look-Up Table<sup>7)</sup>をあらかじめ作成して置き、この表を参照することにより観測反射率値  $R_{at+sf}$  から海上コラム反射率は簡単に求められる。図 3 に海上風速  $v=5[m/s]$  を仮定した時の、4 月 26 日の POLDER 画像より推定した海上コラム反射率  $R_w$ (443)の分布図を示す。また、図 4 は推定クロロフィル量 Chl の分布図である。

#### 4. 考察

1997 年 4 月 24 日から 26 日の POLDER データを用いて、クロロフィル量を推定し、分布図を作成した。その結果と CNES によって作成された分布図との比較結果を図 5 に示す。ここで本研究と CNES との違いを述べておく。CNES の結果については、エアロゾルの複素屈折率として具体的にどのような値を用いたのか不明であるが、エアロゾルの複素屈折率として解析対象領域全体に一つの特定モデル(例えば、実部を 1.45、虚部を 0.005 等)を仮定した上で、エアロゾルの光学的厚さとオングストローム指数を推定している。本研究では複素屈折率の実部を未知数とし、パラメータとして与えることで、3 つのエアロゾルパラメータ(複素屈折率の実部、光学的厚さ、オングストローム指数)を同時に推定している。また粒径分布関数でも、CNES は Log-Nomal 関数であり、本研究では Power-Low 関数という違いがある。一カーラーの割り当てや地図投影法も違うが、両者を比較すると、クロロフィル量の分布形状はよく似ている。しかし、本研究で推定したものと CNES による推定結果を比較すると釧路沖の太平洋側で、CNES は推定値を安定的に得ているのに対し本研究では推定値が得られていない領域が生じている点が大きく異なっている。26 日の分布図を用いて、その理由について考察する。

まずアルゴリズムによるエラーについて説明する。本アルゴリズムでは、推定したエアロゾルパラメータをもとに、LUT を補間することによって可視波長データの大気上面での反射率を求めており。故に、推定エアロゾルパラメータの解のない領域が釧路沖に生じており、従って、この領域ではクロロフィル量を推定することができない。次にエアロゾルによる吸収の影響が考えられる。一般にエアロゾルによる吸収があると、観測値は減少する。図 2 のように、 $R_w 0.00$  と  $0.10$  の時の理論的反射率の間に観測値があれば  $R_w$  を得ることができるが、吸収の影響によりその範囲外になり、 $R_w$  が得られなかった可能性がある。そこで、エアロゾ

ルの複素屈折率の虚部として 0.01 と 0.005 の 2 つの場合を追加計算して、吸収を考慮したエアロゾルの光学的パラメータを推定し直した。この結果を用いて、可視波長域のコラム反射率を再計算して、クロロフィル量の推定を実行した結果を図 6 に示す。図 6 を見て分かるように、釧路沖の太平洋において推定値の得られた領域が増加した。図 4 と比較すると、全体的にクロロフィル量が減り、CNES が推定したものに、値と分布形状がさらに近くなつた。朝鮮半島と中国大陸に囲まれる海域（黄海・渤海）を見てみると、沿岸から中心にいくにつれクロロフィル量の減る傾向が、吸収を考慮して作成した分布図では見られるようになった。次に、推定結果に与えるサングリッタの影響を考る。図 7-(a)のように 26 日のデータには日本列島の右側にサングリッタが見られた。図 4 と図 7 を見ると、丁度そのサングリッタのラインが、クロロフィル量の解が得られていない部分に重なる。そこで、図 7-(b)のように、前方散乱をカットして後方散乱のデータのみを切り出し、エアロゾルパラメータを推定した。そして、それをもとにクロロフィル量を推定した結果が図 8 である。図 4 と比べてみると、釧路沖の太平洋におけるデータの欠落以外は全て解消された。また、アルゴリズムによるエラーも減少した。最後にエアロゾルパラメータの推定精度について考察する。石川県内灘海岸沖をターゲットに、97 年 4 月後半から 5 月後半において観測値との比較を行ったものが図 9 である。光学的厚さ  $\tau_{500}$  は観測値との良い相関が得られている。オングストローム指数  $\alpha$  に関しては、観測値が 1.5 付近なのに対して推定値は 0.5~1.3 と拡散し、信頼性に欠けている。よって、推定エアロゾルパラメータ、特にオングストローム指数  $\alpha$  の推定精度を上げることが、正確なクロロフィル量の推定につながる。

参考例として、(2)式を使ったクロロフィル量推定結果を図 10 に示す。NDPI の図 4 と比較すると、分布形状は同じ結果となった。そして推定値については、NDPI で高く推定された部分は OC2 ではさらに高く、低く推定された部分はさらに低くなっている。クロロフィル量推定アルゴリズムに関しては、実地観測データによる精度検証により、適切なアルゴリズムを選択する必要があると思われる。

## 5. 結論

POLDER の海域画像データに対する、ユング型の粒径分布モデルを使ったクロロフィル量の推定について、ある程度の結果を得ることができた。今後、Log-norm 分布についても考慮する必要があると考えている。推定エアロゾルパラメータの精度向上、特にオングストローム指数  $\alpha$  の精度の向上がクロロフィル量推定のカギとなると考えている。

## 参考文献

- 泉屋、川田、2001.“POLDER データを用いたエアロゾルの光学的パラメータの推定手法”, リモートセンシング学会誌、Vol.21, No.3, pp.240-251.
- Kimura, Izumiya, and Kawata, 2001. “Aerosol Optical Parameter Retrieval from Satellite Data”, Proc. Int'l Symp. on Remote Sensing of the Atmosphere and Validation of Satellite Data, CEReS, Chiba Univ., pp.23-31.
- Frouin, R. and et al., 1999. “Neural Network Approach to Ocean Color Inversion Application to POLDER Data”, Proc. of POLDER Alps Meeting., pp. 8-10.
- Cox, C. and Munk, W., 1954. “Measurement of the Roughness of the Sea Surface from Photographs of the Sun's Glitter”, J. Opt. Soc. Amer., Vol.44, No.11, pp.838-850.

5. Kawata, and Yamazaki, 1998. "Multiple Scattering Analysis of Airborne POLDER Image Data Over the Sea", IEEE Trans. on GRS., Vol.36, No.1, pp.51-60.
6. Hansen, J. and Travis, L., 1974. "Light Scattering in Planetary Atmospheres", Space Sci. Rev., Vol. 13, pp.527-610.
7. Wang M.H., Isaacman A, Franz BA, et al. 2002. "Ocean-color optical property data derived from the Japanese ocean color and temperature scanner and the French polarization and directionality of the earth's reflectances: a comparison study", Applied Optics, 41 (6): 974-990

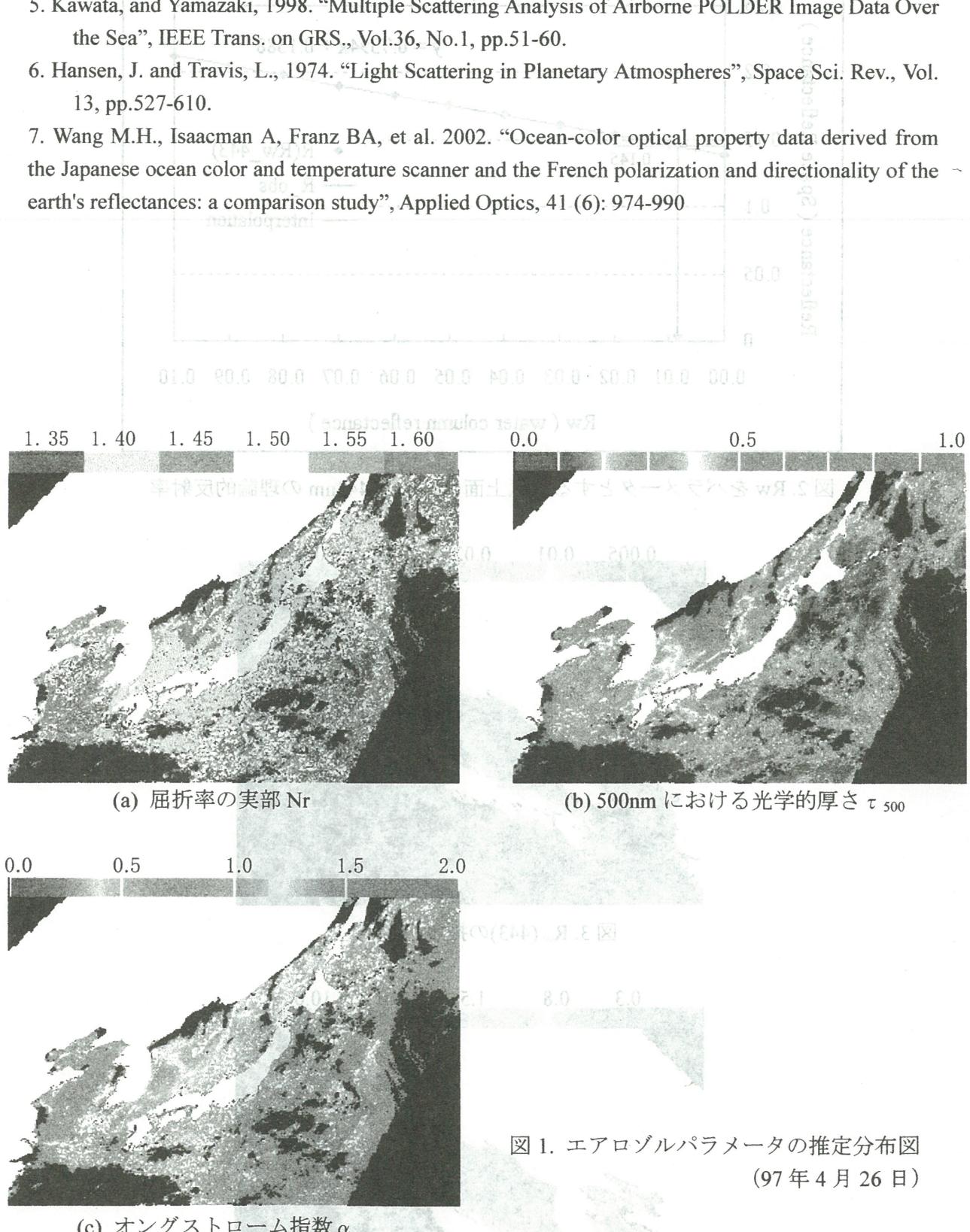


図 1. エアロゾルパラメータの推定分布図  
(97年4月26日)

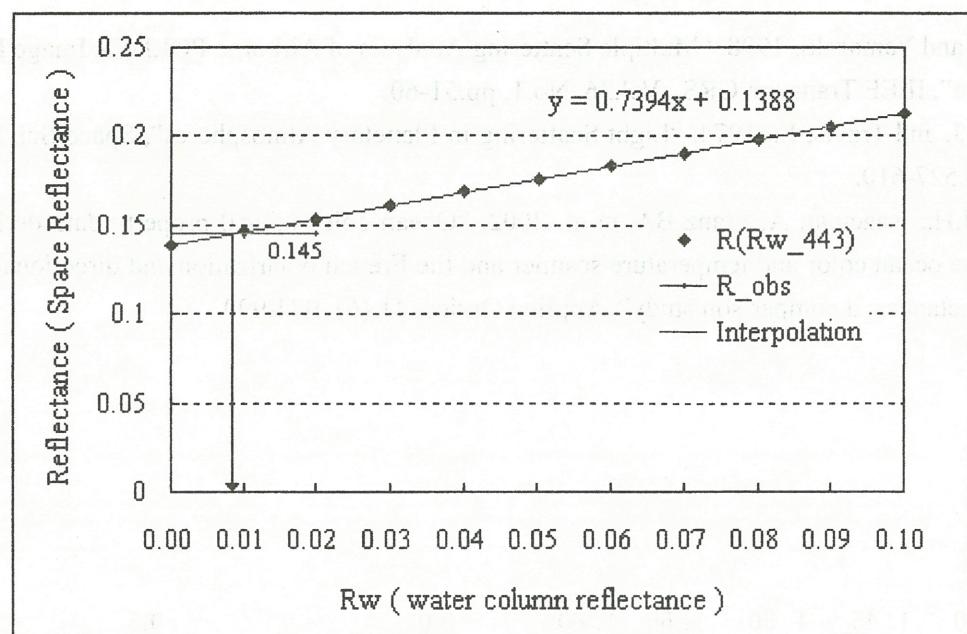


図 2.  $R_w$  をパラメータとする大気上面における 443nm の理論的反射率

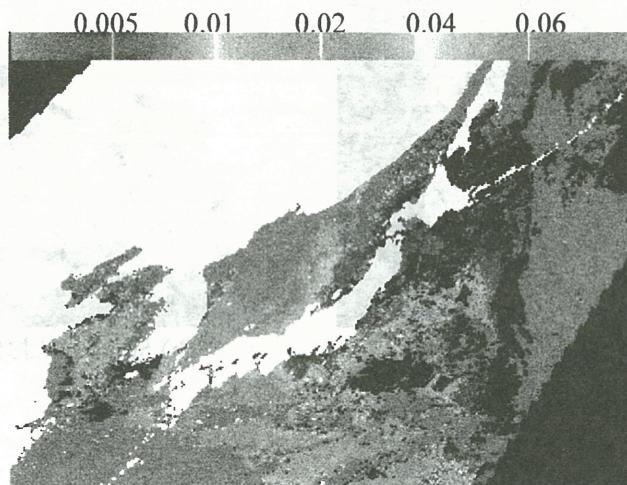


図 3.  $R_w$ (443)の推定分布図

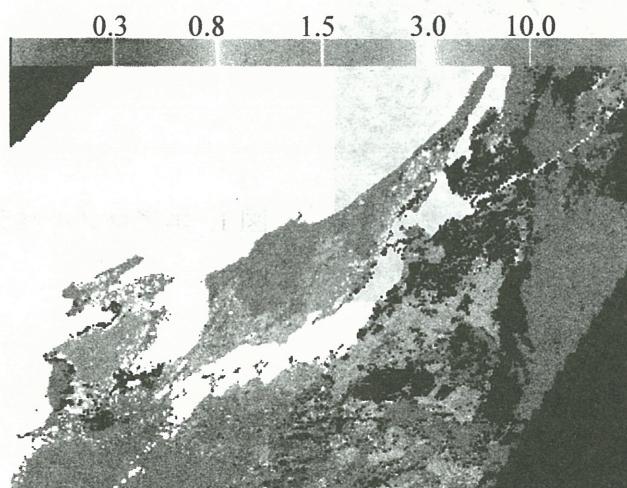


図 4. 推定クロロフィル量分布図 (97年4月26日)

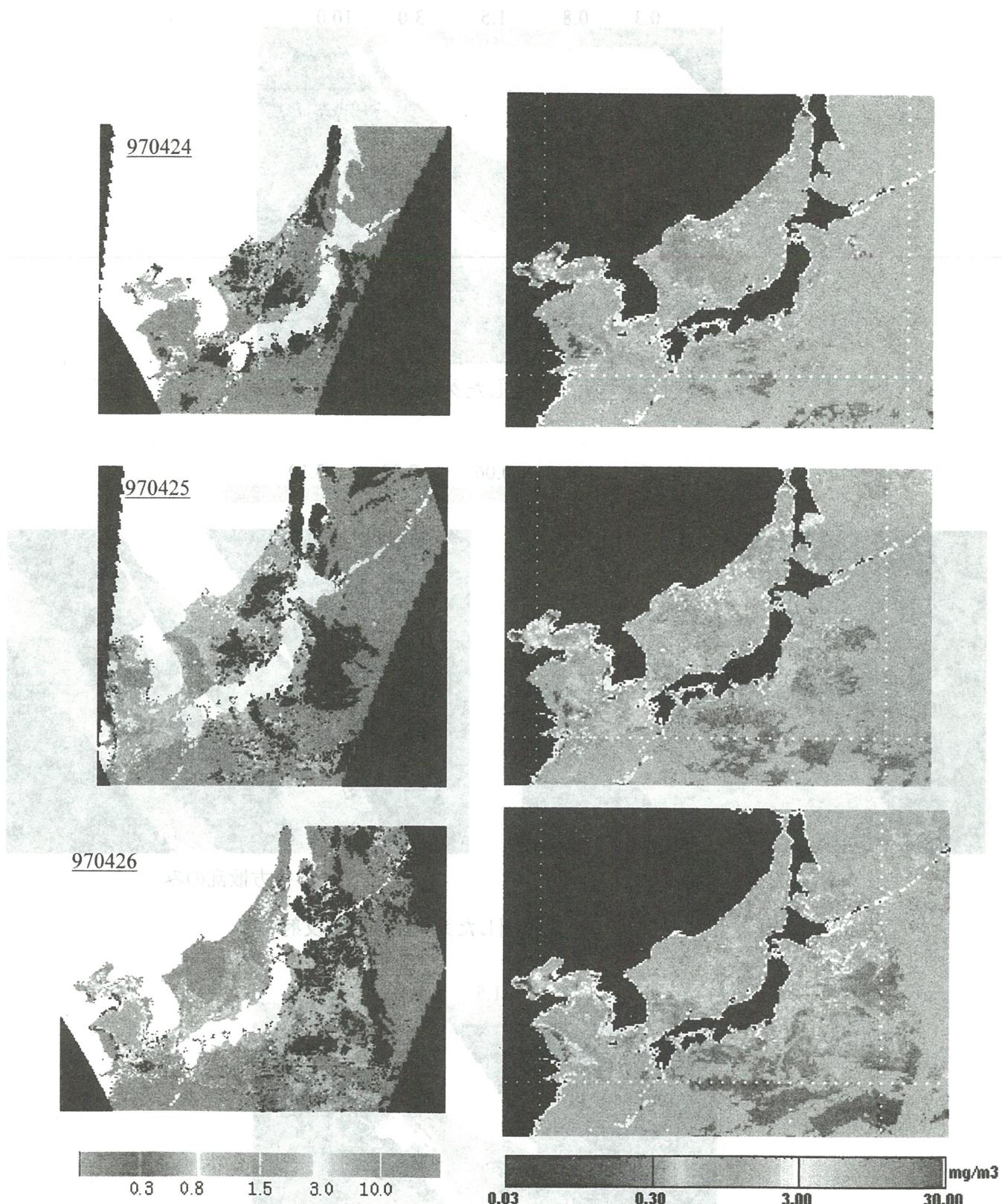


図5. 97年4月24～26日の推定クロロフィル量分布図における本研究成果とCNESの比較

図5は、97年4月24～26日の推定クロロフィル量分布図における本研究成果とCNESの比較である。

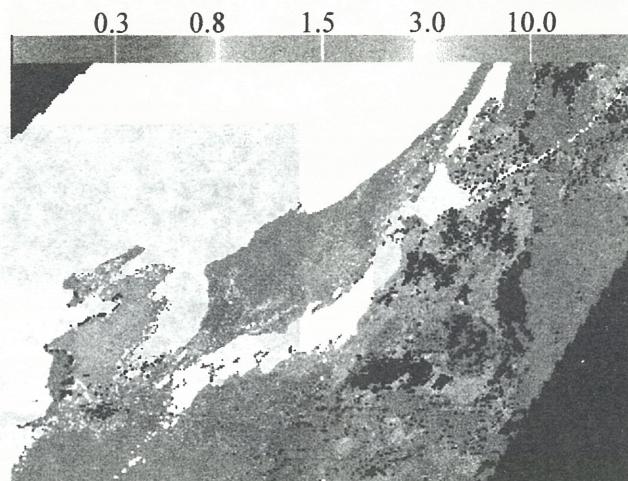


図 6. 吸収を考慮して推定したクロロフィル量の分布図

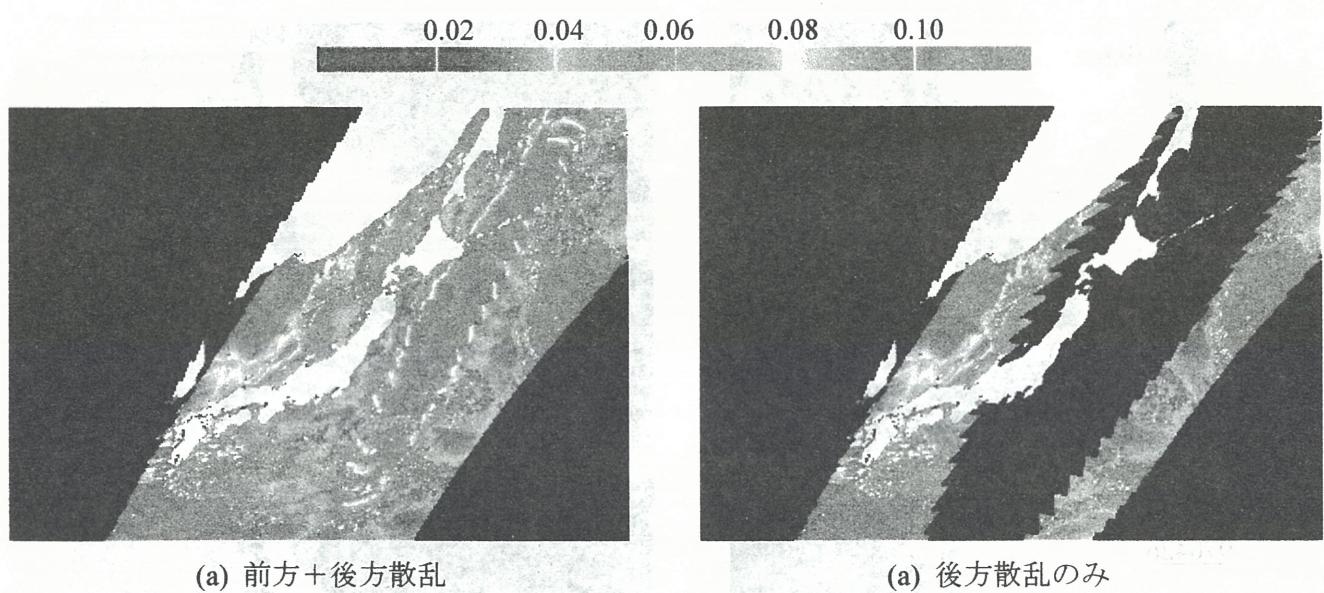


図 7. POLDER が観測した大気上面での反射率

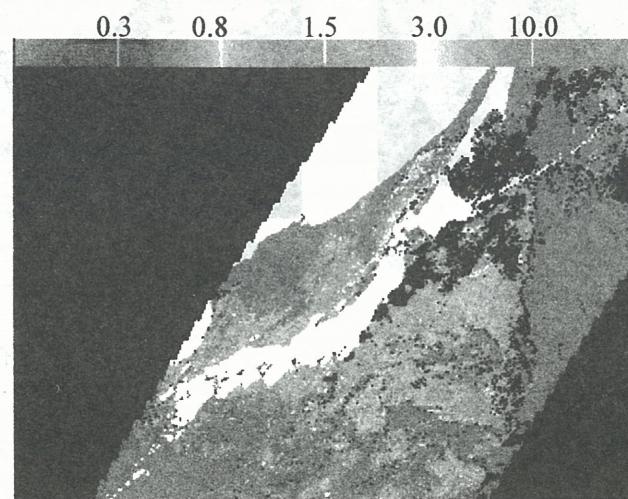


図 8. 後方散乱のみを用いて推定したクロロフィル量分布図

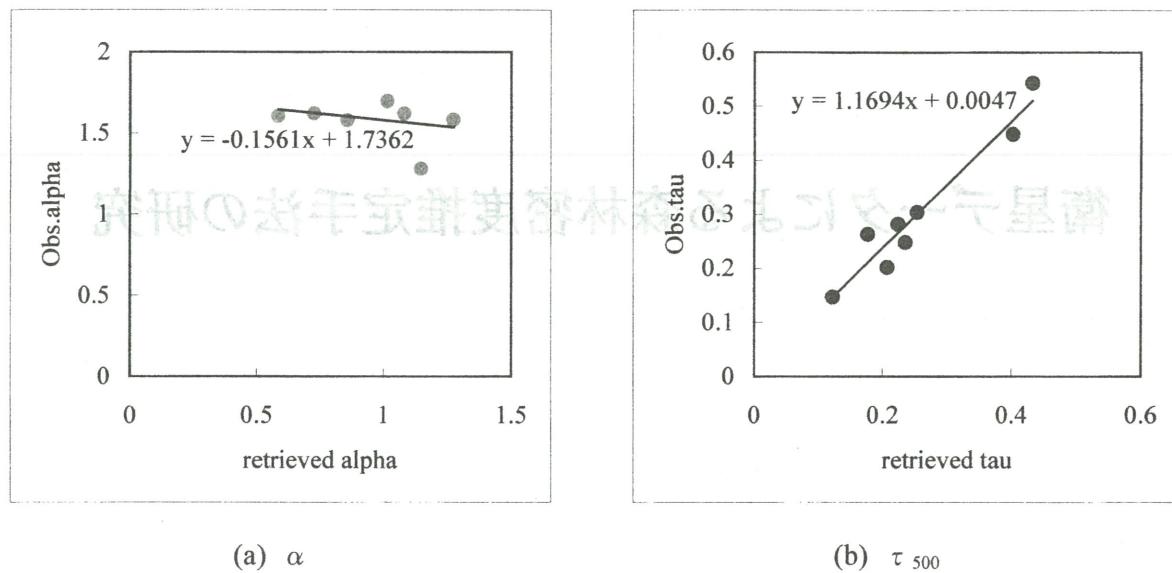


図9. 大気観測による推定エアロゾルパラメータの精度検証

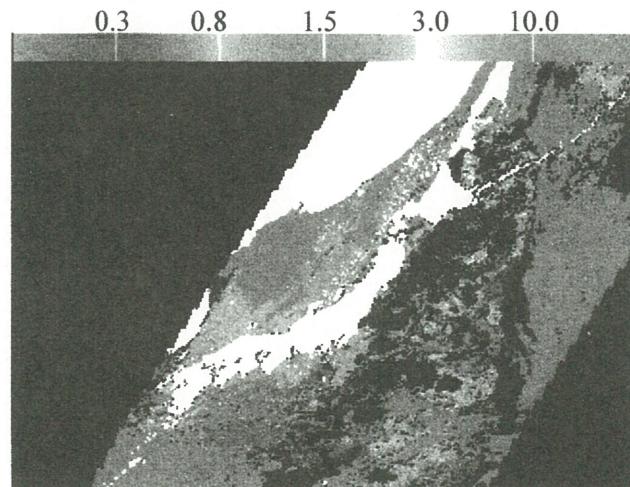
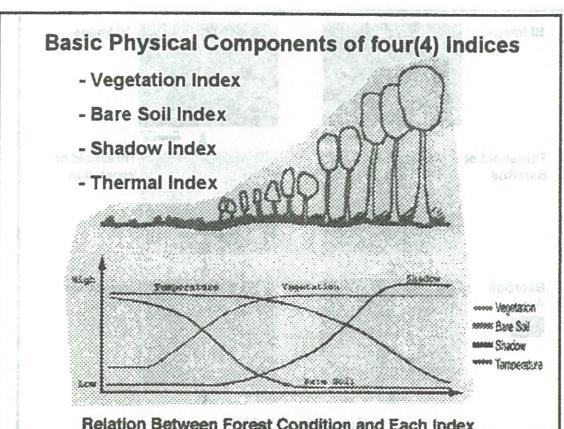
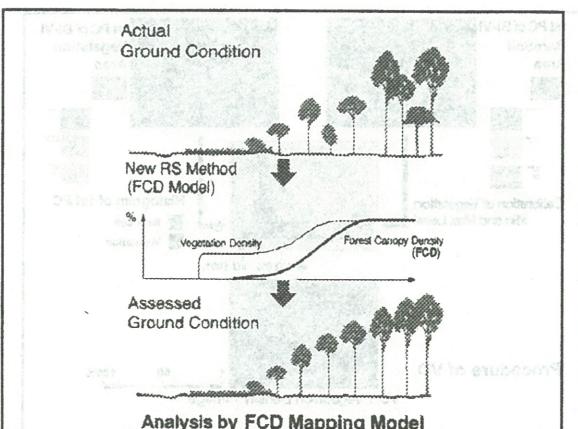
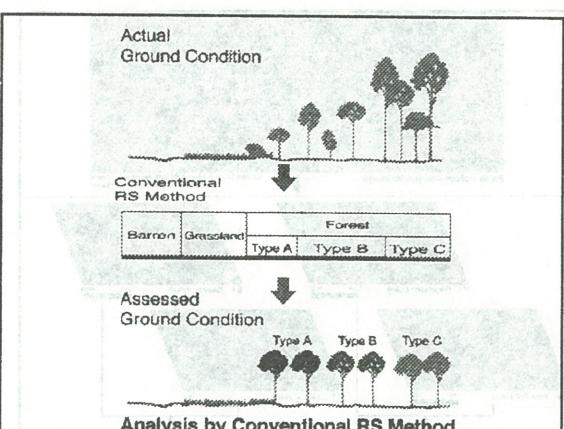
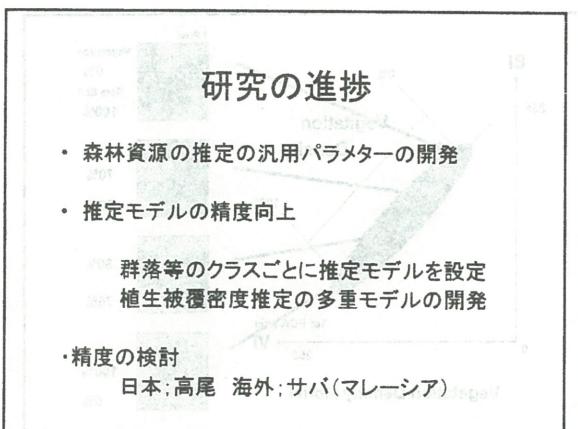
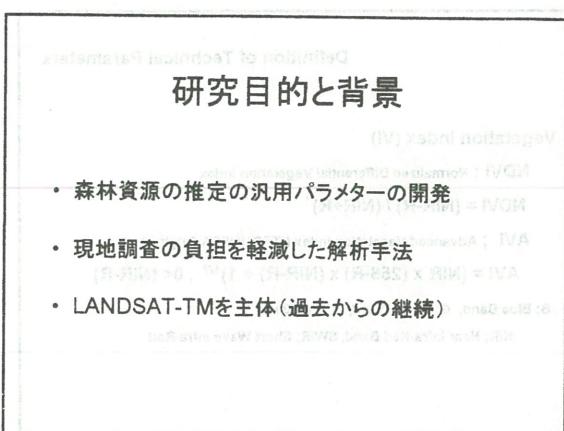
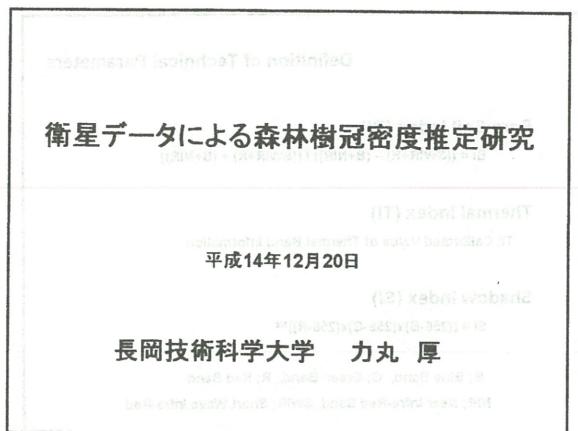
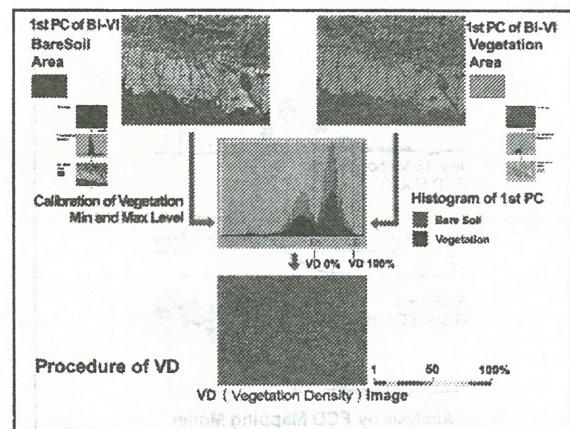
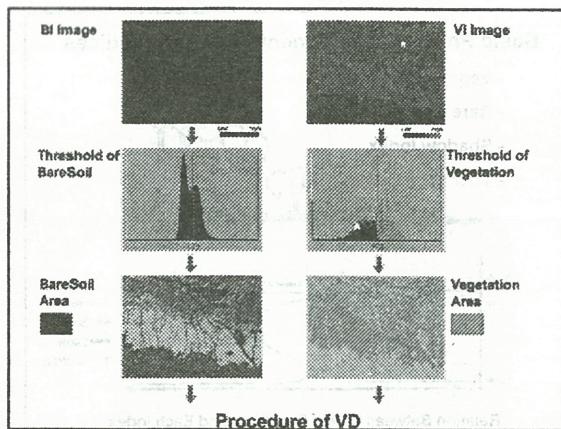
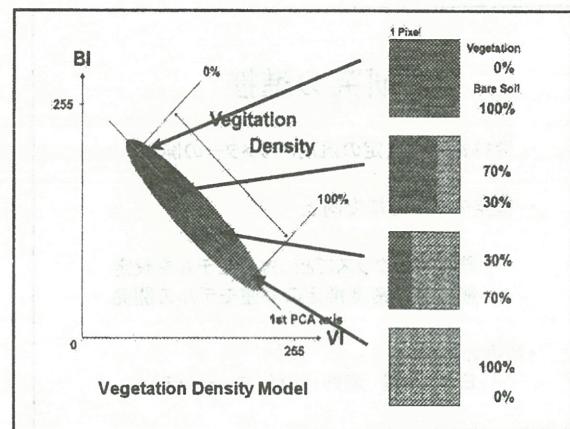
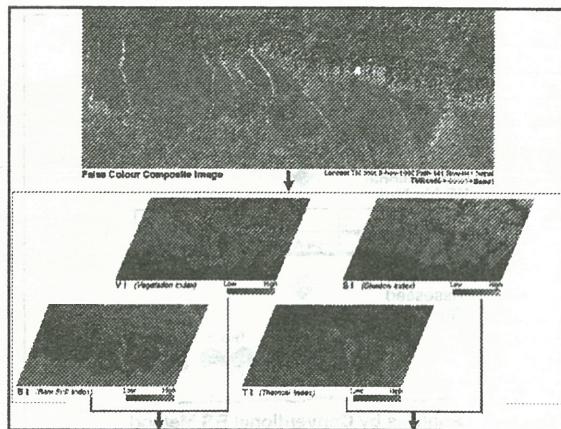
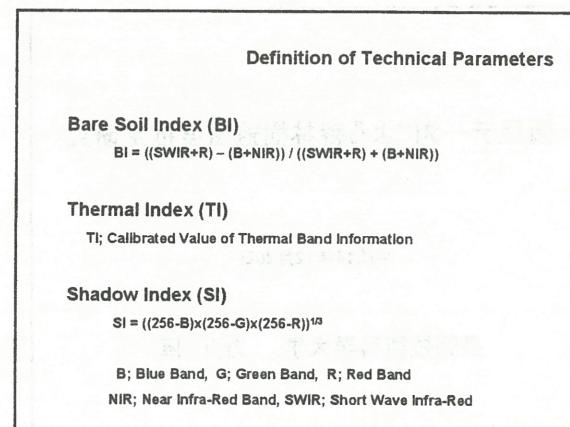
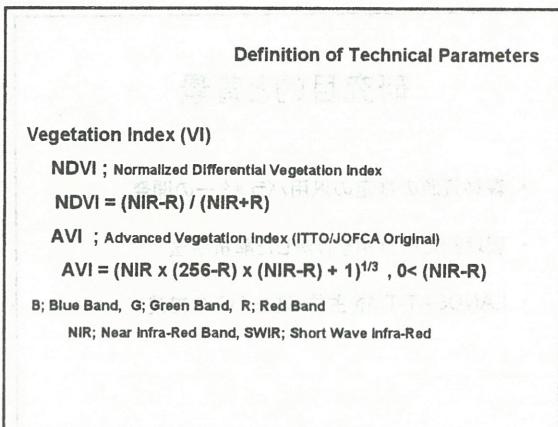


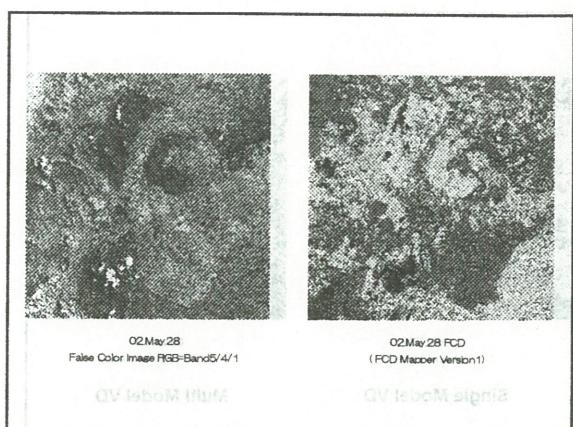
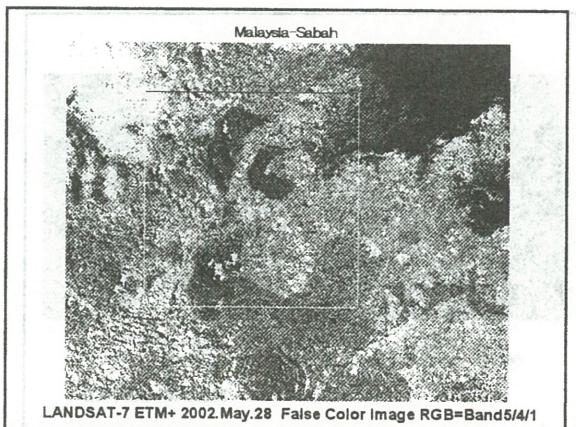
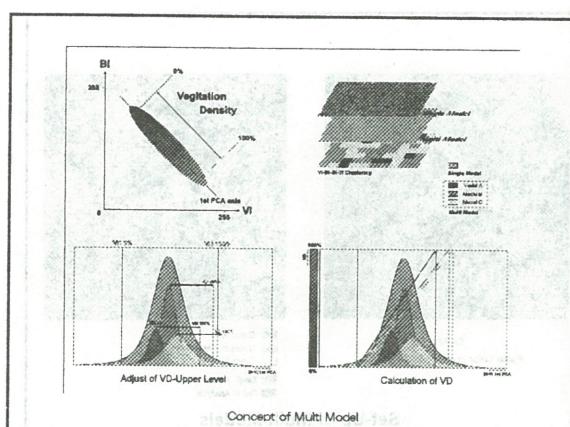
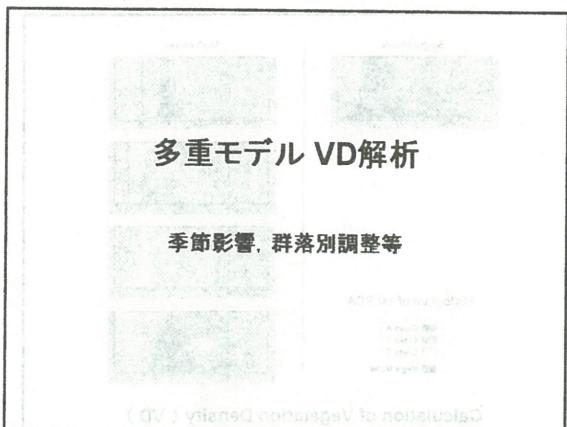
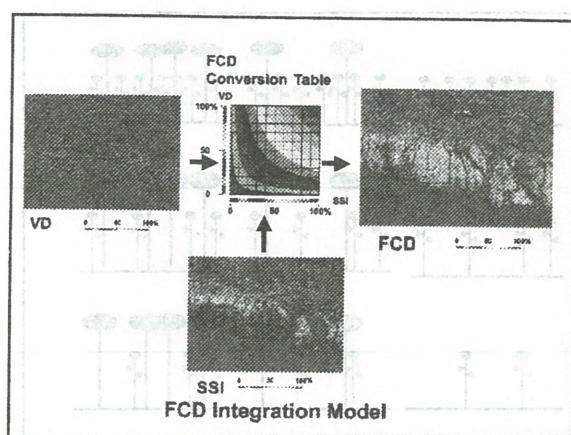
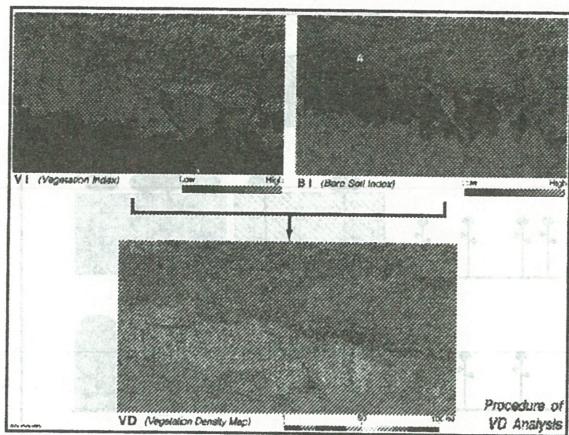
図10. OC2アルゴリズムにより推定したクロロフィル量分布図

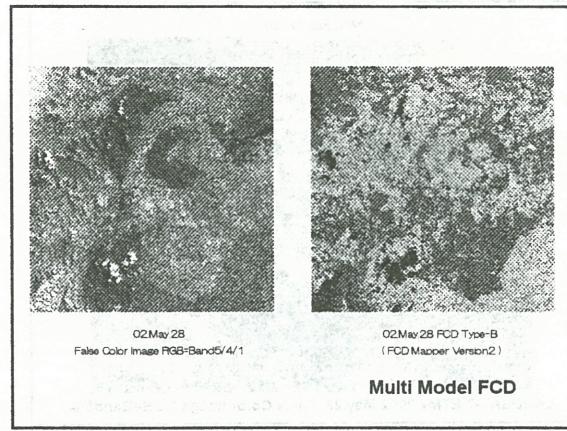
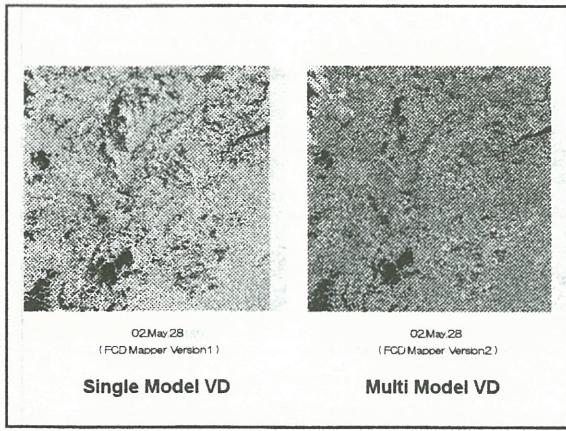
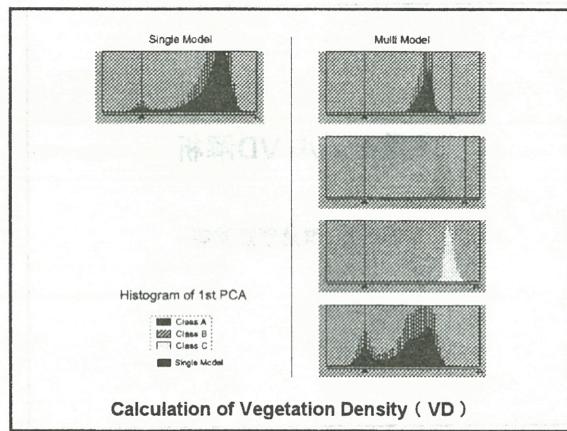
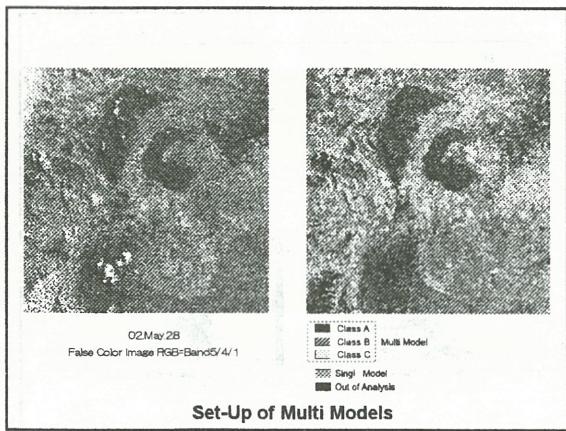
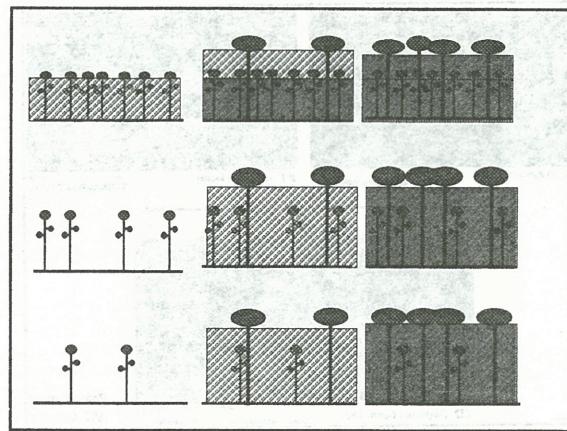
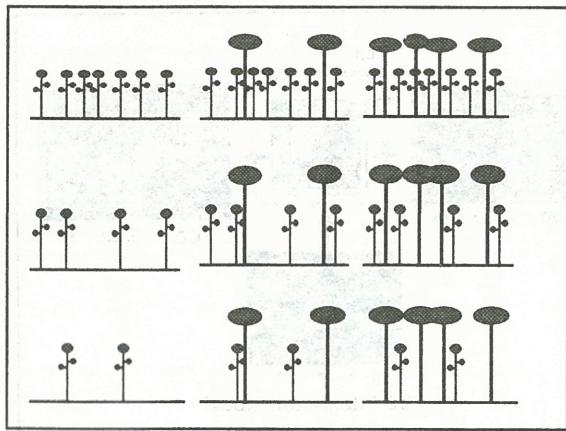
# 衛星データによる森林密度推定手法の研究

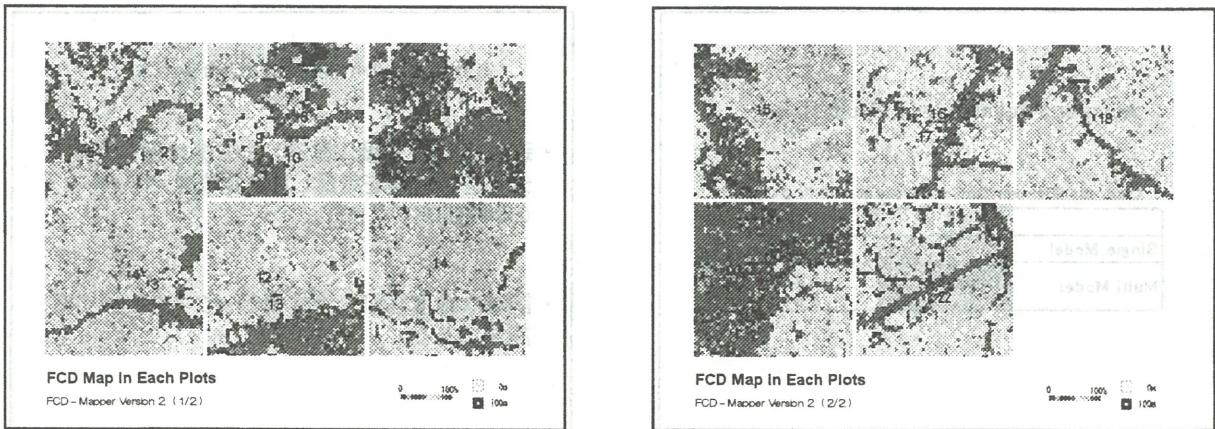
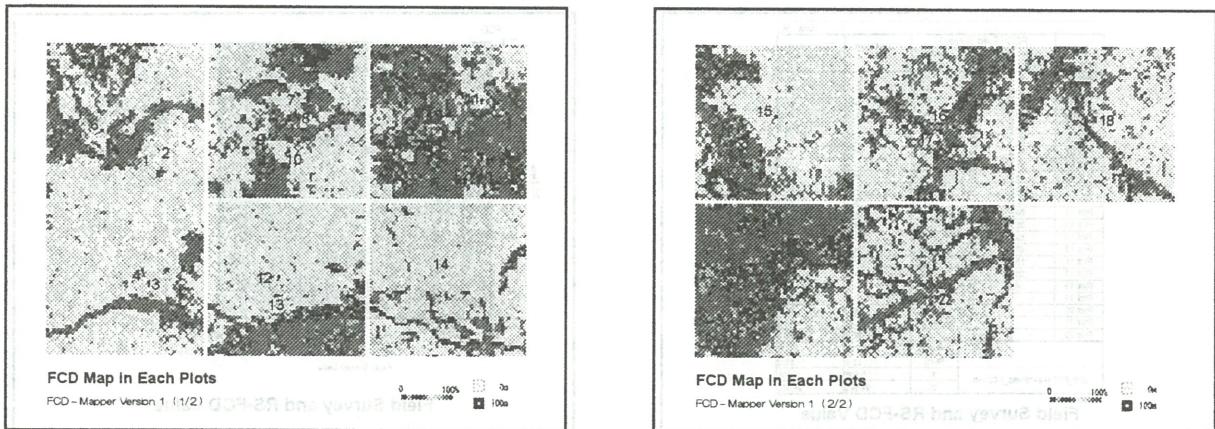
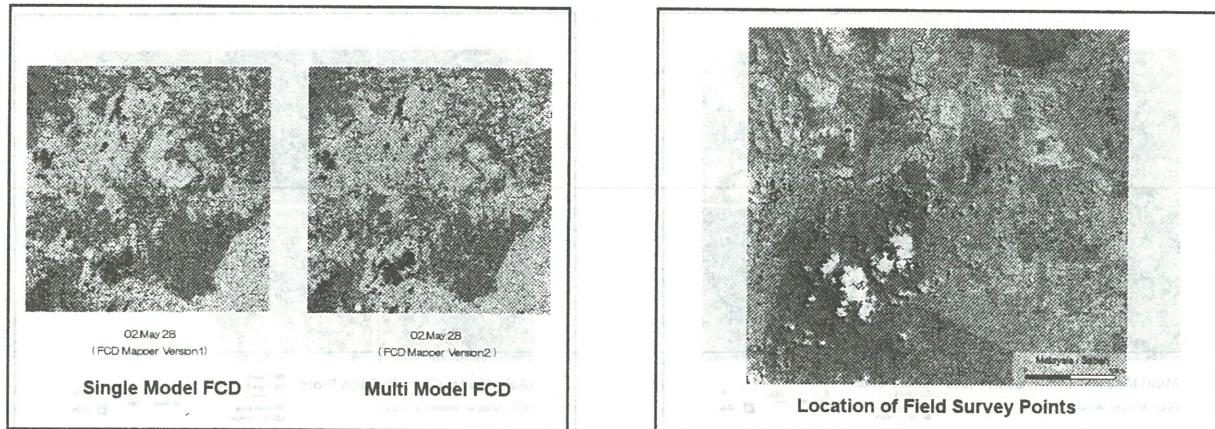
力丸 厚

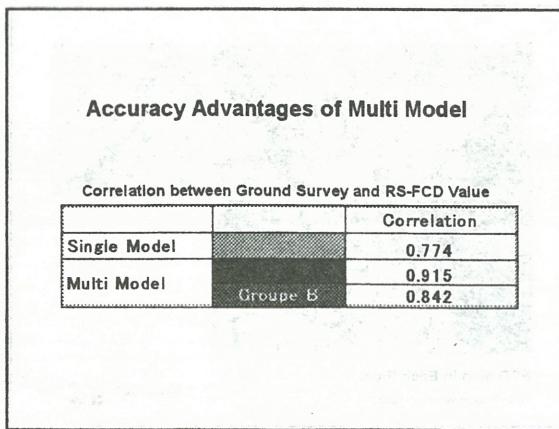
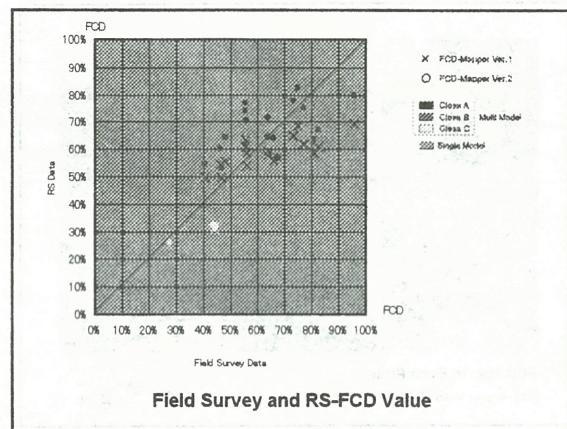
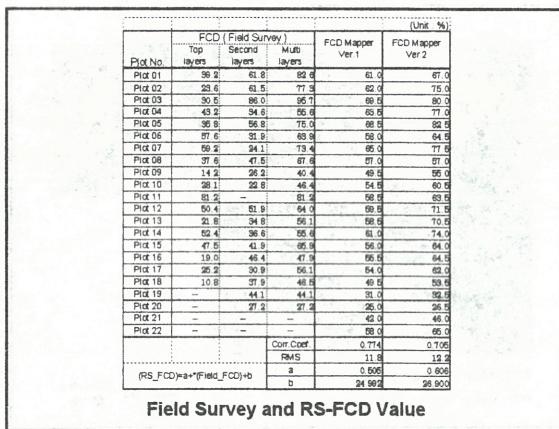
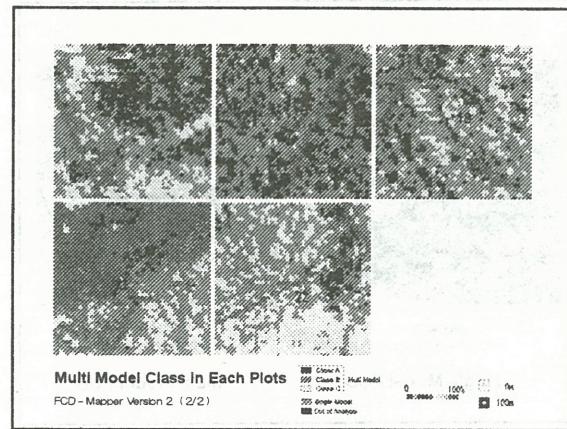
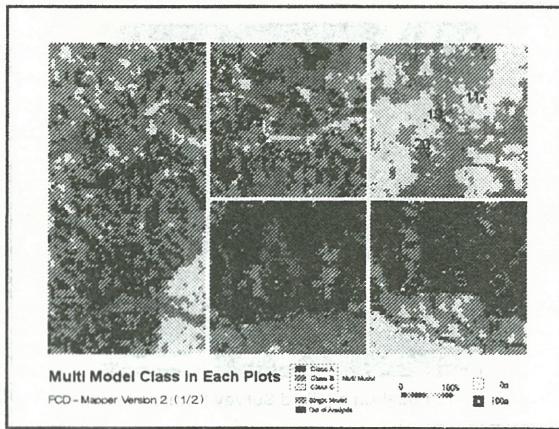








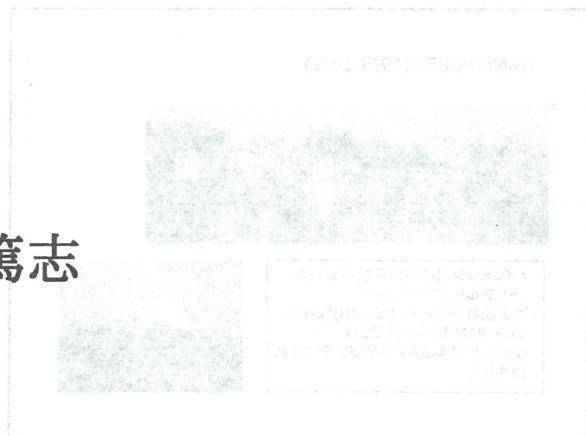
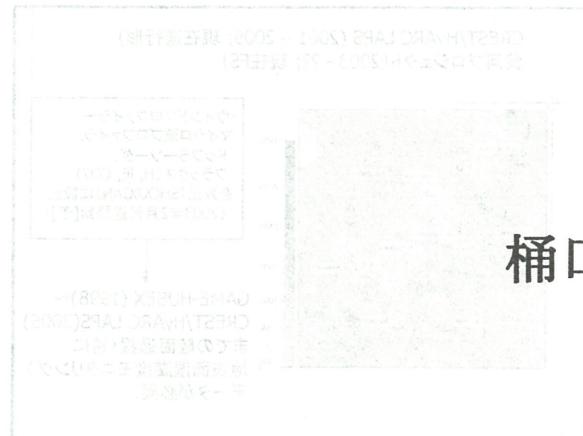
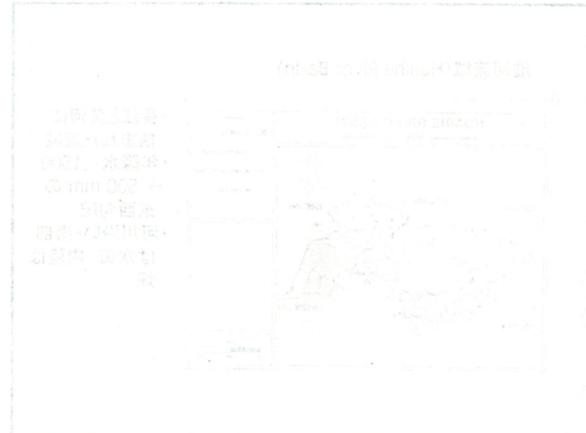
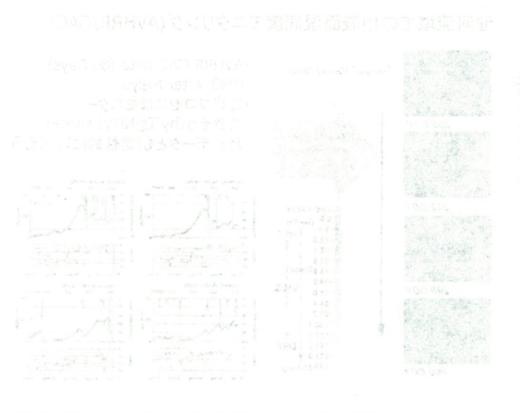




### 共同研究の中間のまとめと今後の方針

- 森林の樹冠密度に関連した被覆状態の空間分布を群落等を考慮した多重推定パラメータの開発をおこなった。
- 詳細な精度検証を森林簿データ等を用いて実施中である。

# NOAA/AVHRR データを用いた中国東域での 地面湿润度モニタリング



## 桶口篤志

## NOAA/AVHRR データを用いた 中国東域での地表面湿潤度 モニタリング

植口篤志(名古屋大学地球水循環研究センター・助手)

田中賢治(京都大学防災研水资源研究センター・助手)

CEReS対応教官:近藤昭彦先生



## 中国(地域)に関わるエトセトラ

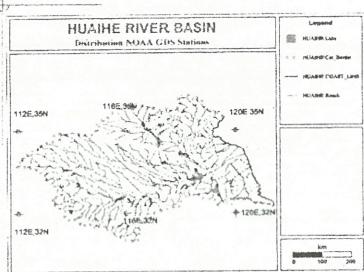
- ◆修士論文研究で淮河でのAVHRR解析
- ◆GAME-HUBEX
- ◆CREST/HyARC LAPS (Land Atmosphere and Precipitation Study)

### 黄河プロジェクト

#### Ts/NDVI space (手法)に関する関わり

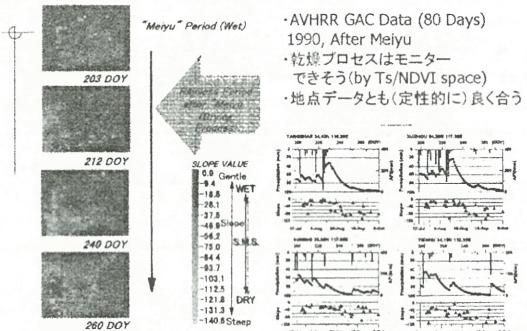
- ・中国/淮河流域(修士)
- ・タイ
- ・ユーラシア大陸

### 淮河流域 (Huaihe River Basin)



- ・長江と黄河に挟まれた流域
- ・年降水量1500  
→ 500 mm の東西勾配
- ・河川沿い、南部は水田、内陸は畑

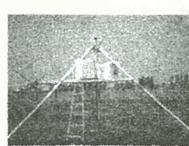
### 淮河流域での地表面湿潤度モニタリング(AVHRR/GAC)



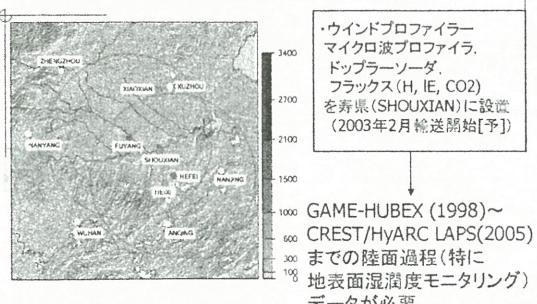
### GAME-HUBEX (1998-1999)



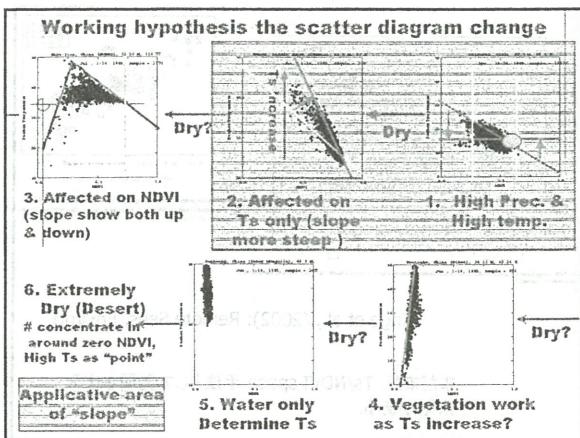
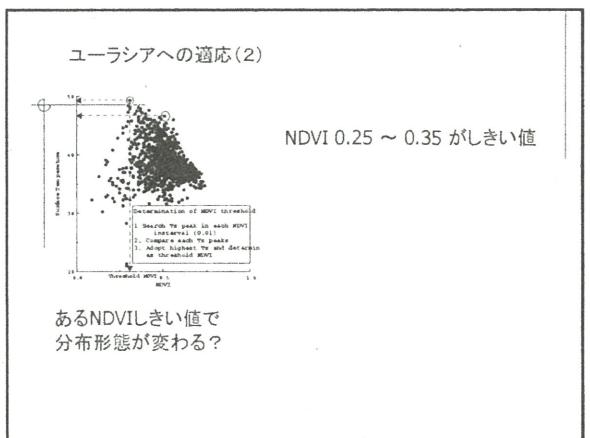
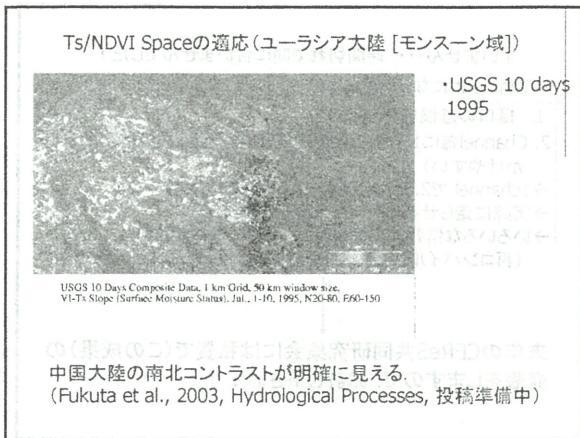
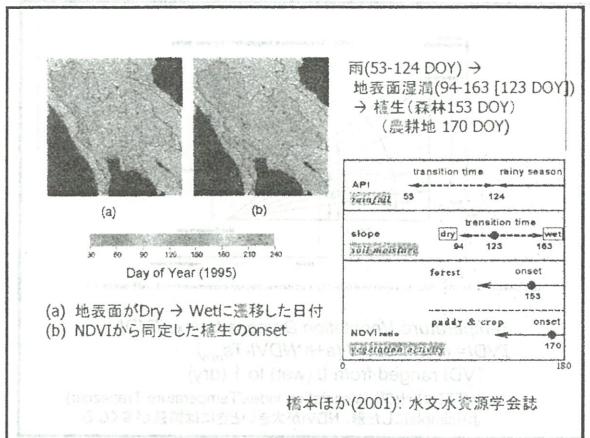
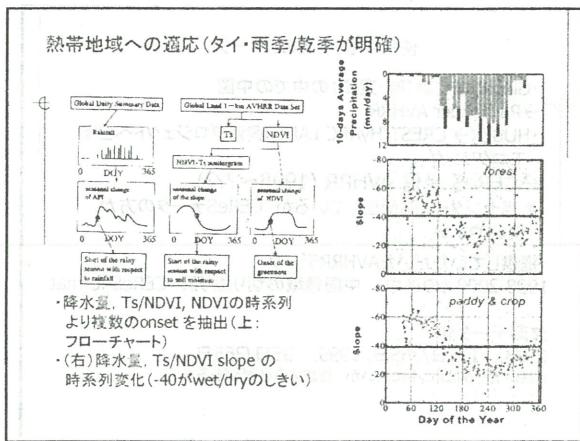
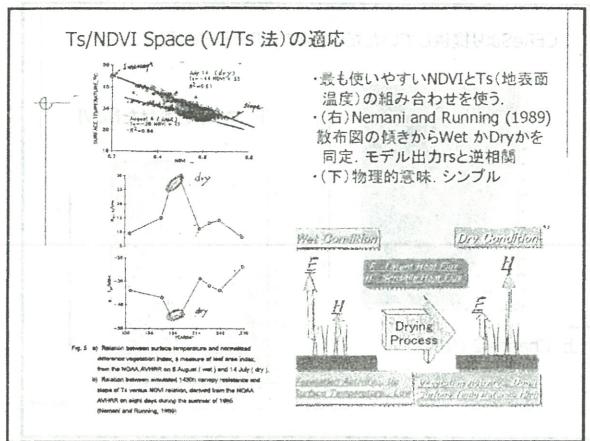
- ・メインミッションは雲・降水系の観測 (トリプルドップラーレーダ)
- ・陸面過程(Flux, GAME-AAN)は寿県のみ(PAM-III for HUBEX)
- ・なぜか1999年5月にPAMメンテに連れ出された。

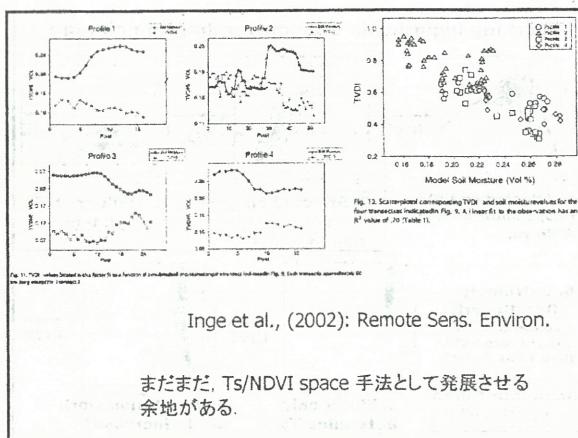
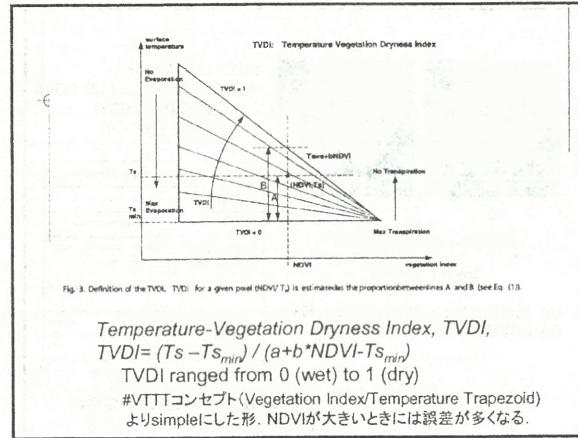
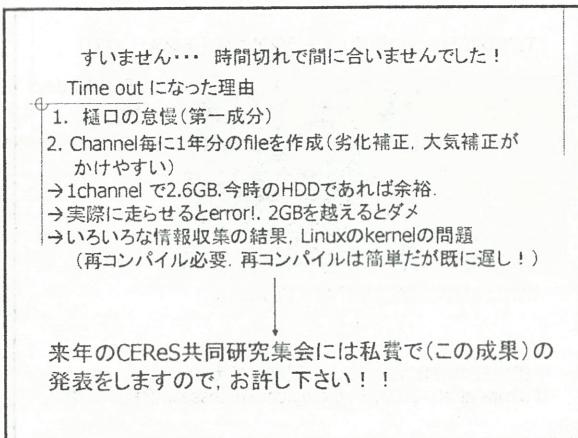
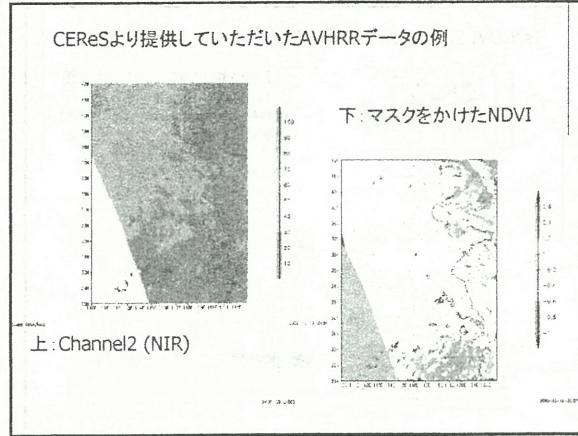
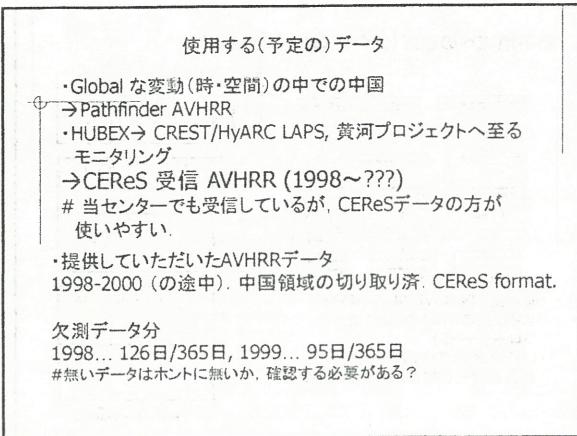


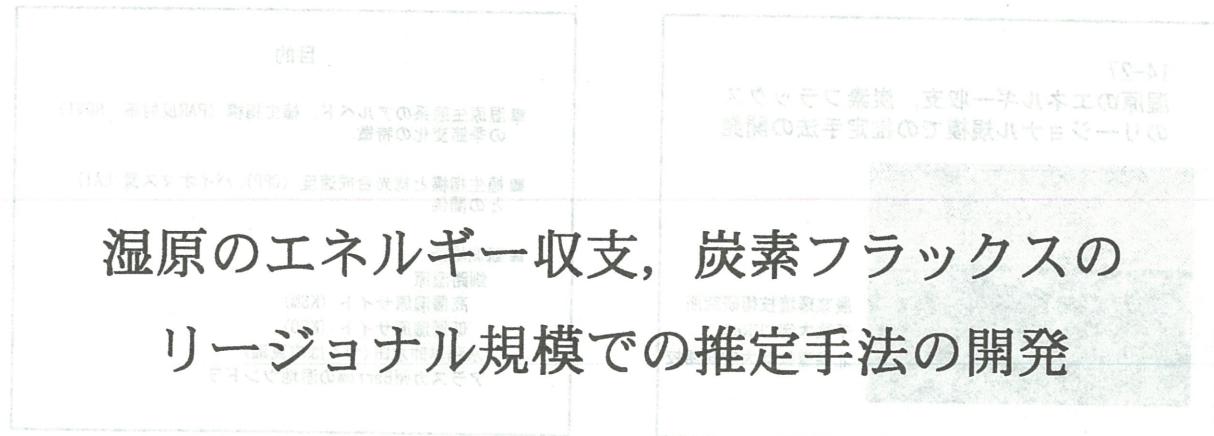
### CREST/HyARC LAPS (2001 - 2005; 現在進行形) 黄河プロジェクト(2003 - ??; 現在FS)



GAME-HUBEX (1998)～  
CREST/HyARC LAPS(2005)  
までの陸面過程(特に  
地表面湿潤度モニタリング)  
データが必要。

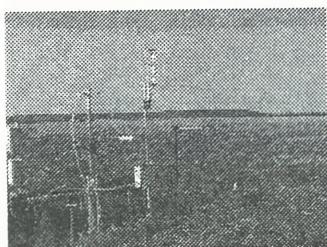






14-27

### 湿原のエネルギー収支、炭素フラックスのリージョナル規模での推定手法の開発



農業環境技術研究所  
千葉大学CEReS  
北海道教育大学釧路校

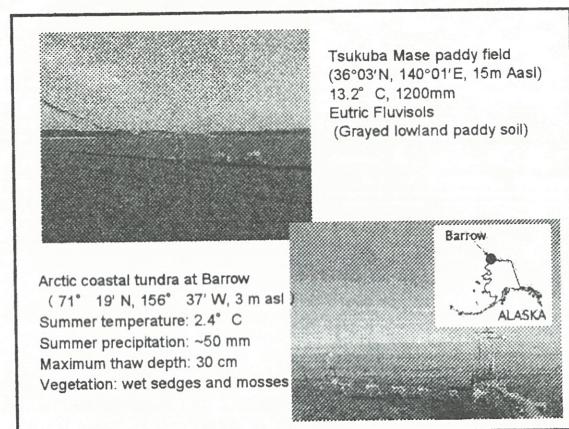
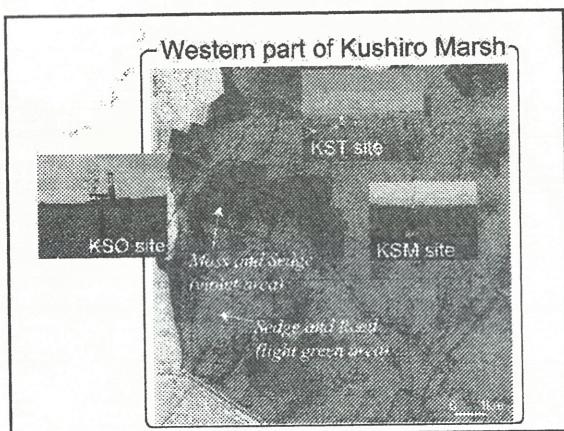
### 目的

■ 湿原生態系のアルベド、植生指標 (PAR反射率、NDVI) の季節変化の特徴。

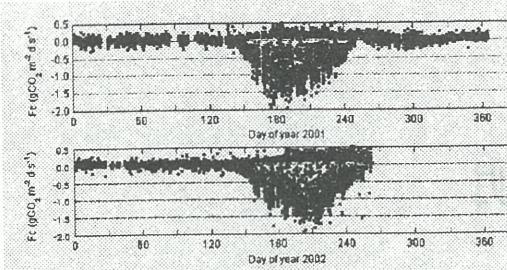
■ 植生指標と総光合成速度 (GPP)、バイオマス量 (LAI) との関係。

### 観測場所

釧路湿原  
高層湿原サイト (KSM)  
低層湿原サイト (KSO)  
水稻单作水田 (つくば市真瀬)  
アラスカ州Barrowの湿地ツンドラ



### CO<sub>2</sub> フラックス (NEE) の季節変化の観測例 (水田)

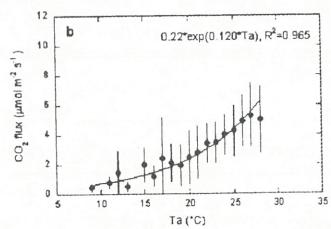


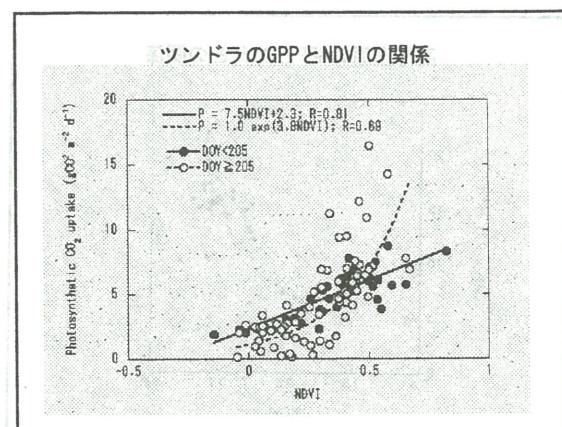
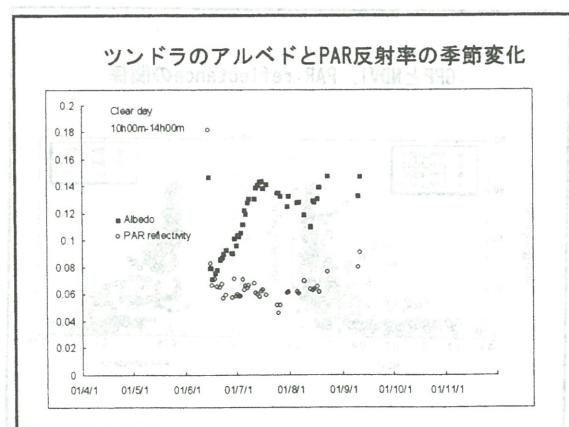
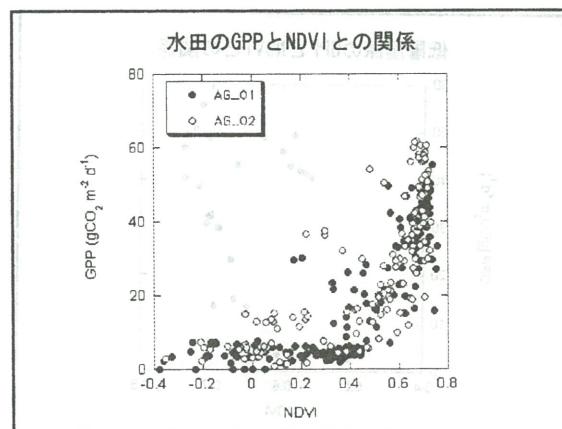
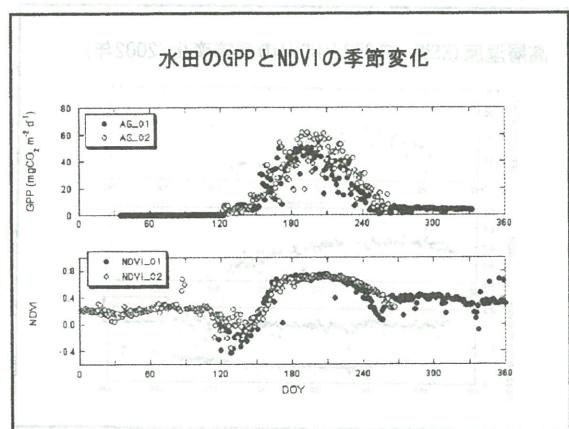
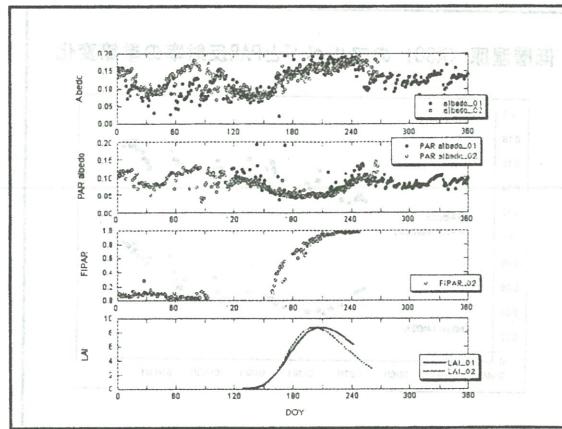
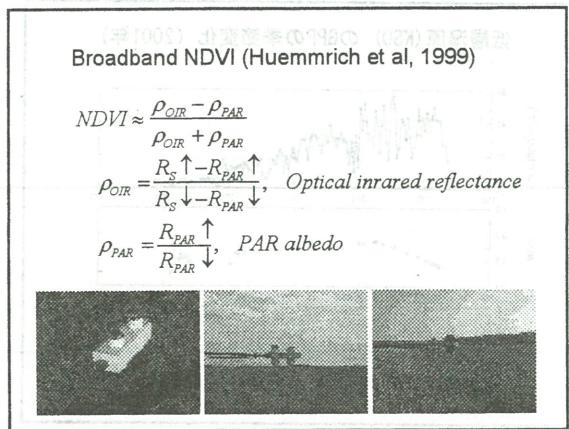
### GPP の算出

$$\bullet \text{GPP} = -\text{NEE} + R_{\text{ECO}}$$

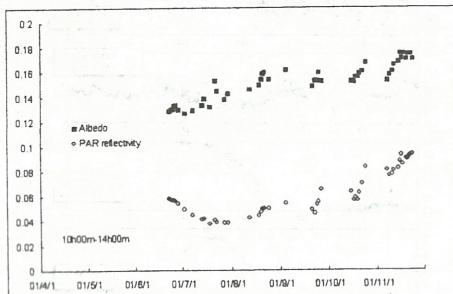
● NEE: Observed CO<sub>2</sub> flux

$$\bullet R_{\text{ECO}} = R_{\text{ECO}}(\text{Temp})$$

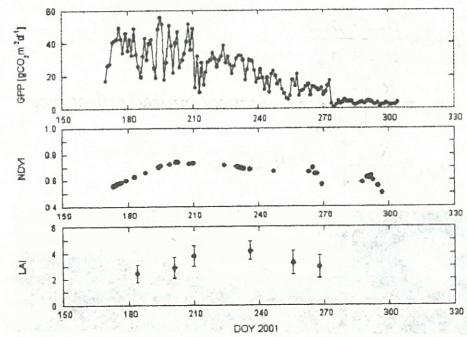




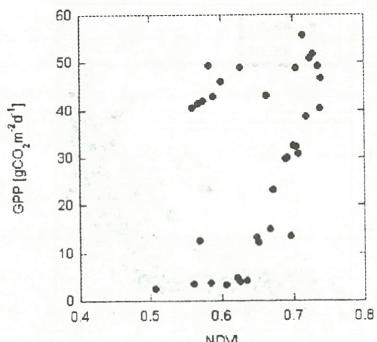
低層湿原 (KSO) のアルベドとPAR反射率の季節変化



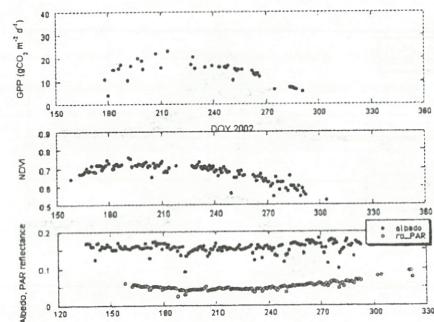
低層湿原 (KSO) のGPPの季節変化 (2001年)



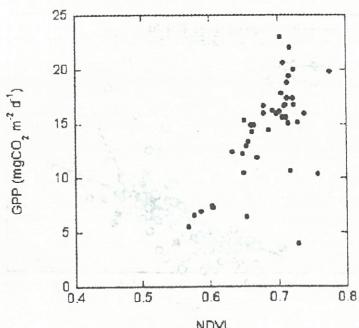
低層湿原のGPPとNDVIとの関係



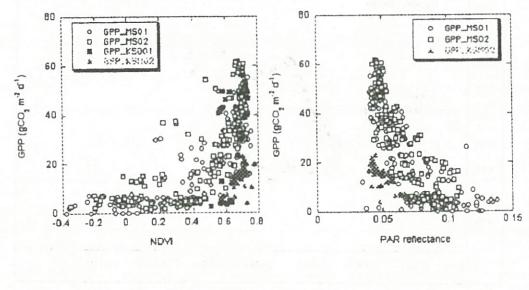
高層湿原 (KSM) のGPPとNDVIの季節変化 (2002年)

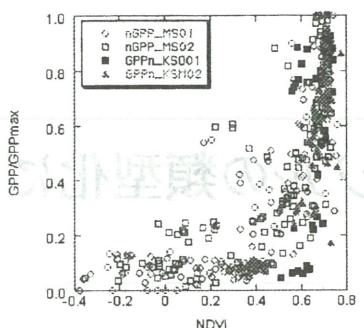


高層湿原のGPPとNDVIとの関係



GPPとNDVI, PAR reflectanceの関係





### まとめ

- 各サイトにおいて、植生の生長とともに、アルベドは増大、PAR反射率は減少する傾向が見られた。
- 市販の短波放射とPARセンサから求めたNDVIは、植物の植物活性（光合成）を反映し、GPPと類似の季節変化を示した。しかし、両者の関係は、湿原のタイプにより異なった。
- 植物生育期間のPAR反射率は数パーセントなので、センサの劣化やデータロガーのオフセットエラーなどに注意する必要がある。

多波長ライダーによるエアロゾルの類型化に  
関する研究

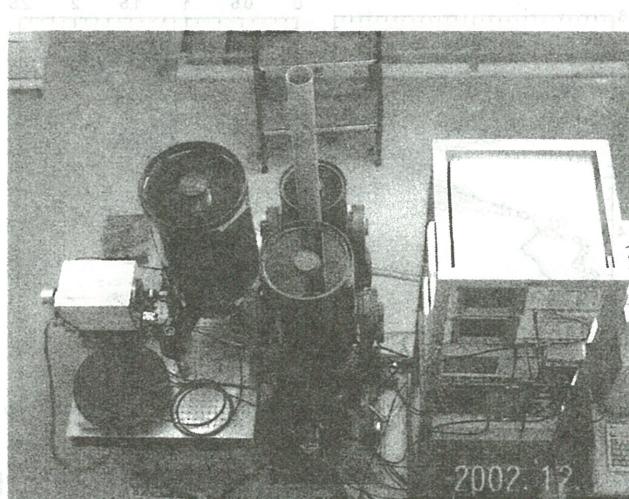
村山利行

多波長ライダーによるエアロゾルの分類化に関する研究

東京商船大学商船学部 村山利幸

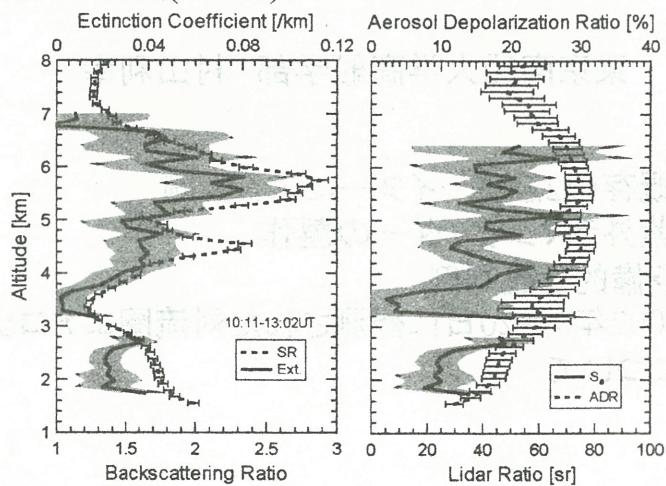
- 1、既存の2波長ライダーによる観測
- 2、紫外ラマンライダーの製作
- 3、予備的な観測例
- 4、2002年8月20日に観測された対流圏エアロゾルについて

既設の2波長(532nm(偏光、ラマンあり), 1064nm)ライダー

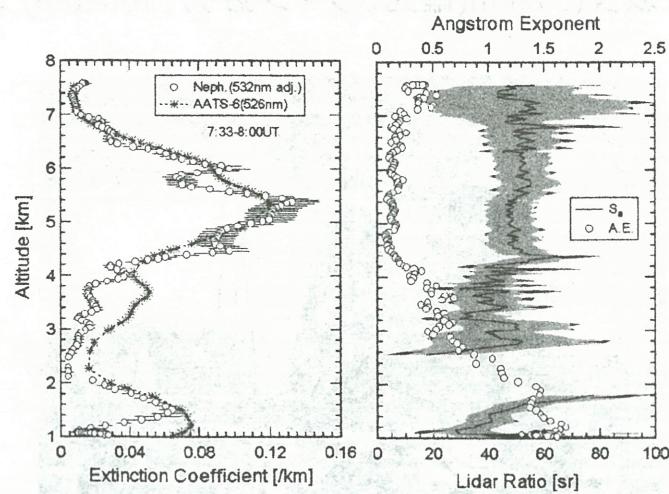


## 2001年4月23日の浮いた黄砂層の光学的特性 —ACE-Asia 航空機観測との比較—

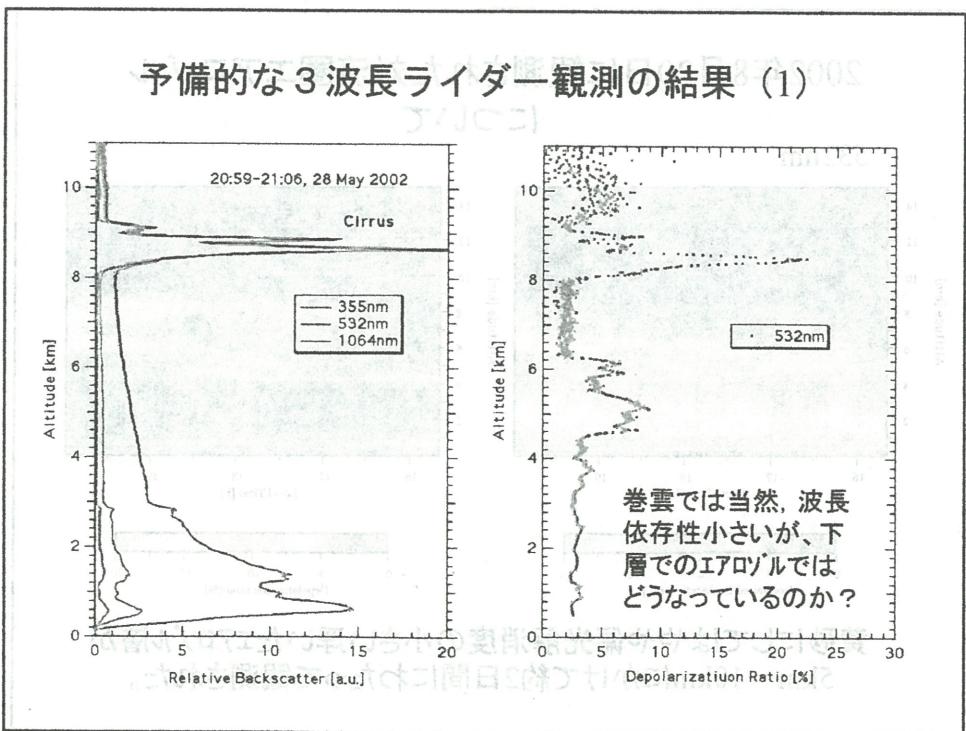
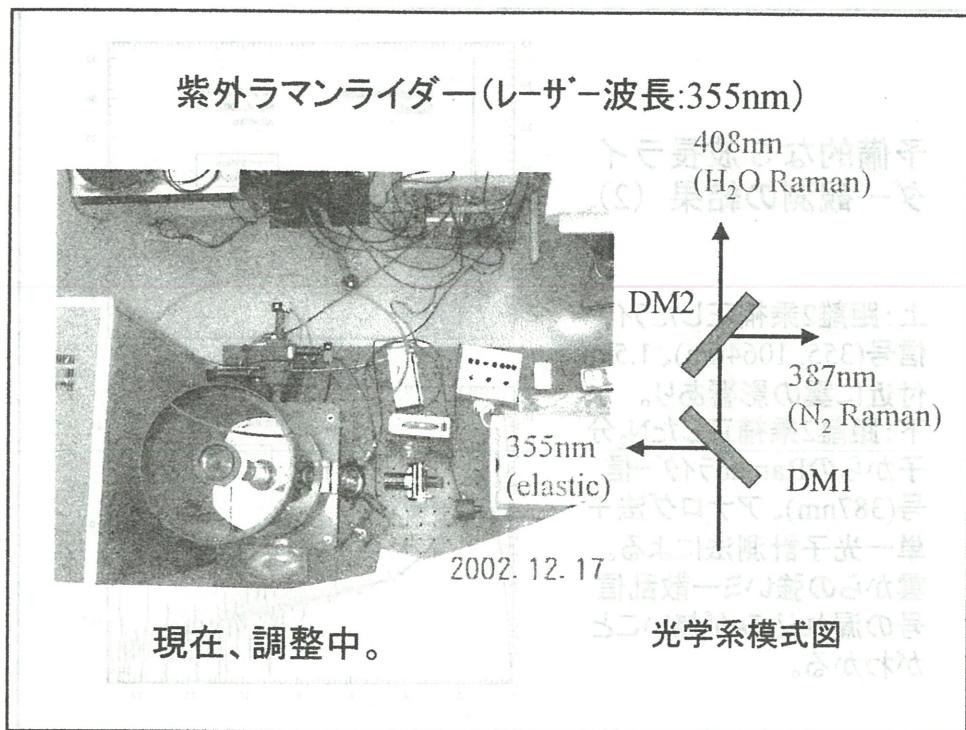
ライダー観測(532nm):



## 岡山付近での航空機C-130観測の結果

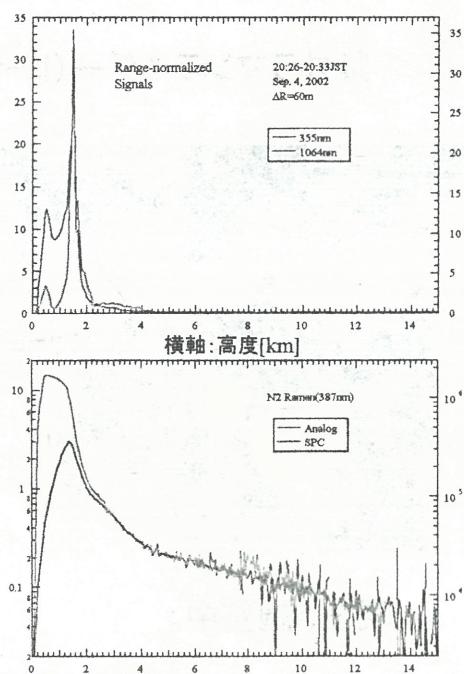


黄砂層のライダー比(消散係数/後方散乱係数比)は  
お互いに良く一致した。



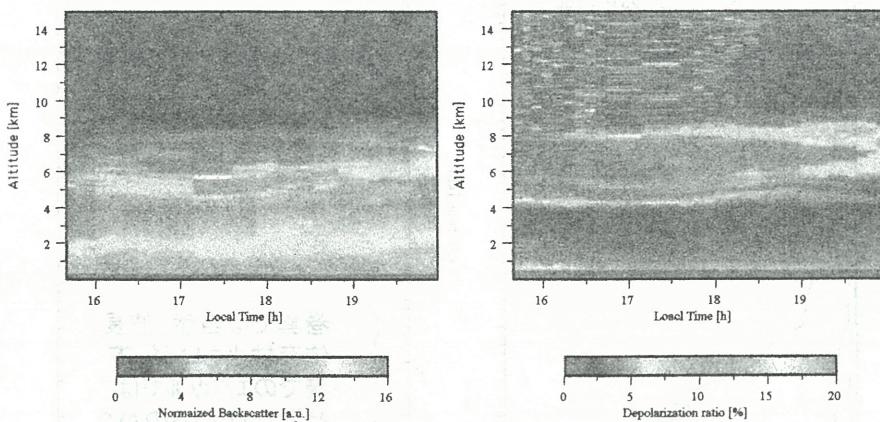
## 予備的な3波長ライダー観測の結果(2)

上:距離2乗補正したライダー信号(355, 1064nm)、1.5km付近に雲の影響あり。  
 下:距離2乗補正したN<sub>2</sub>分子からのRamanライダー信号(387nm)、アナログ法+単一光子計測法による。雲からの強いミー散乱信号の漏れ込みが無いことがわかる。



## 2002年8月20日に観測された対流圏エアロゾルについて

532nm



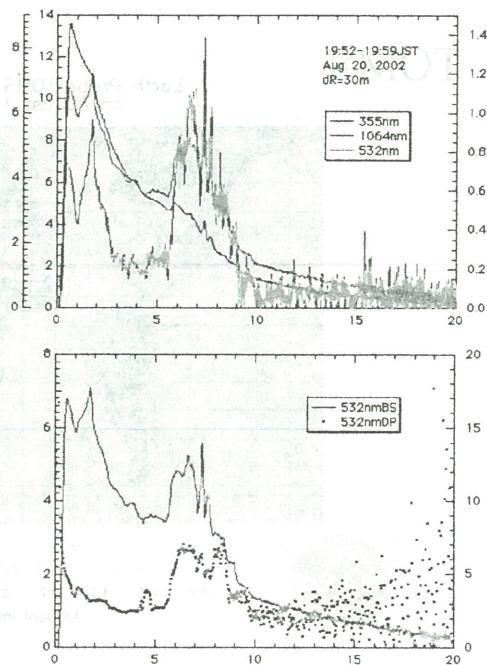
黄砂にしてはやや偏光消度の小さい浮いたエアロゾル層が5km～10kmにかけて約2日間にわたって観測された。

## 3波長ライダーでの観測 (Preliminary)

上: 距離2乗補正したライダー  
信号(355, 532, 1064nm)

下: 532nmでの距離2乗補正  
信号と全偏光消度

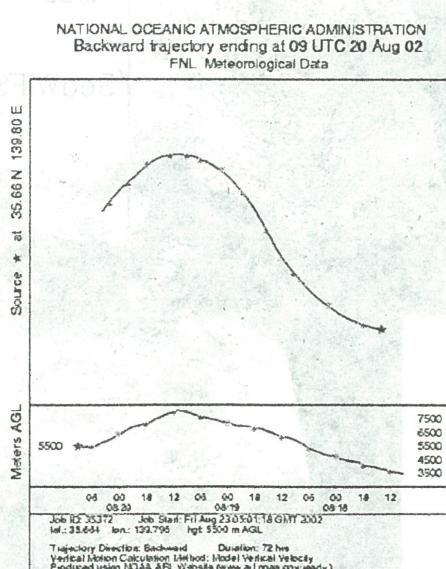
“粒径情報を診るための解析  
を行なう。”



## 流跡線解析

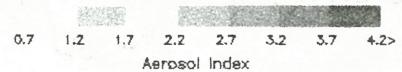
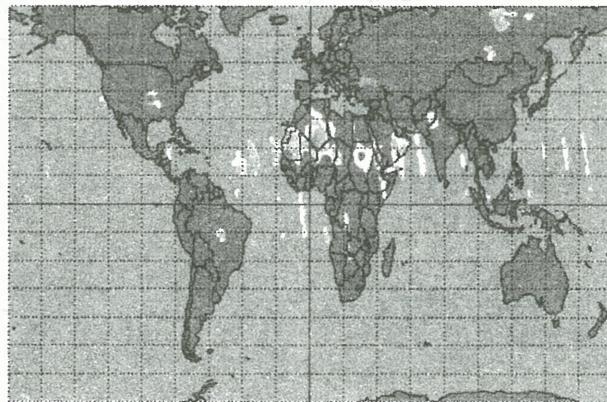
バイカル湖近辺に到達  
→このとき活発だった森林  
火災からのスモークだった  
のだろうか？

台風の影響により、例外的  
に大陸からのエアマスが流  
入した。



# TOMS

Earth Probe TOMS Aerosol Index  
on August 18, 2002

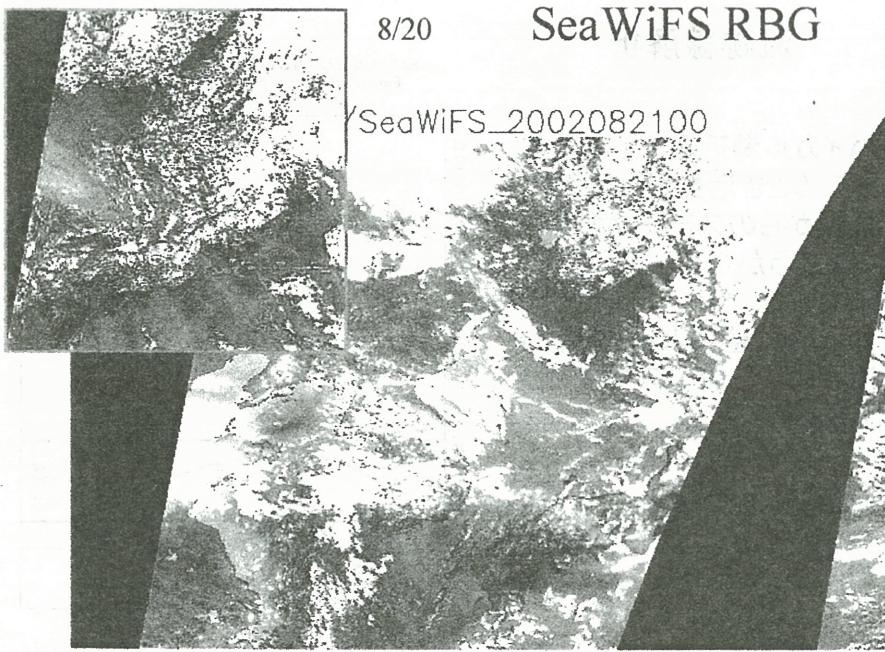


Goddard Space  
Flight Center

8/20

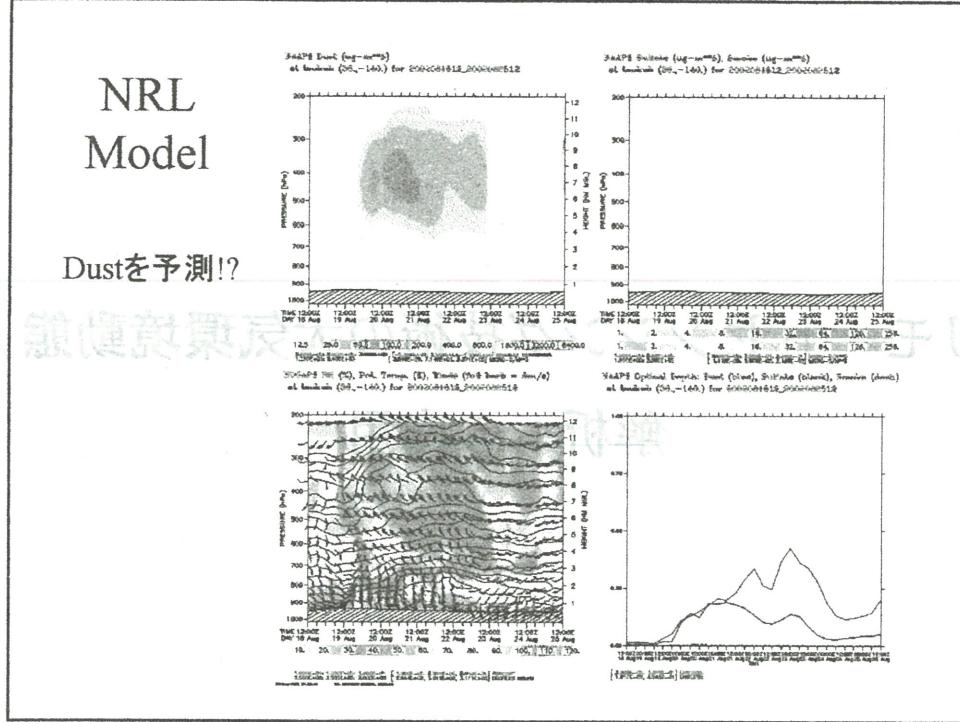
SeaWiFS RBG

/SeaWiFS\_2002082100



# NRL Model

Dustを予測!?



夫寫天榮

リモートセンシング技術の大気環境動態  
解析への応用

染矢篤夫

## リモートセンシング技術の大気環境動態解析への応用

～PALデータと浮遊粒子状物質について～

千葉県環境研究センター  
内藤季和 岡崎 淳 染矢篤夫

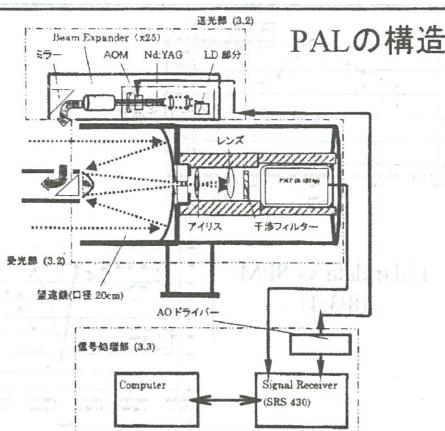
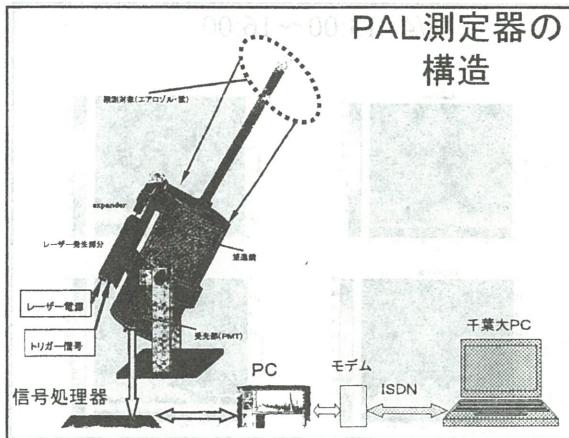
### PALとは

- Portable Automated Lidarの略
- Lidarはレーザーを大気に照射し、戻ってくるレーザー光を望遠鏡で集光し、計測するシステムである。
- パルスを使用することで高い空間分解能を有し、上空のエアロゾルや雲底の情報が得られる遠隔測定の方法である。

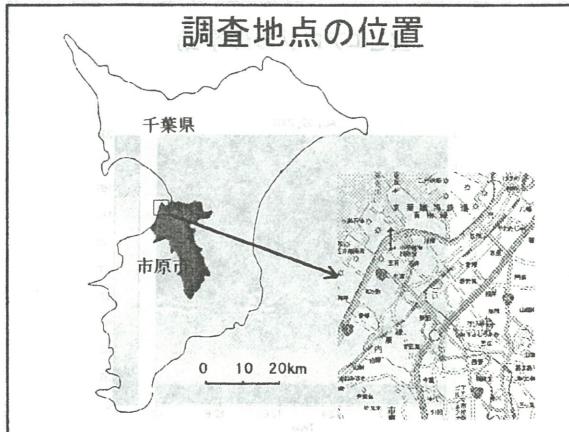
### 装置の仕様

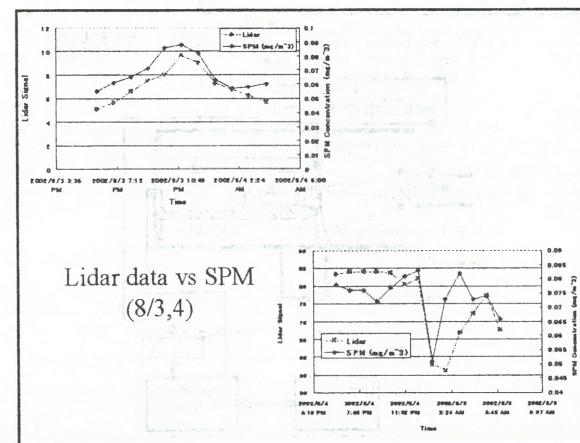
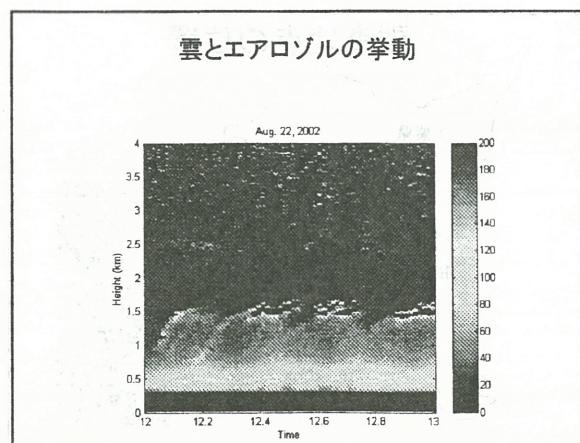
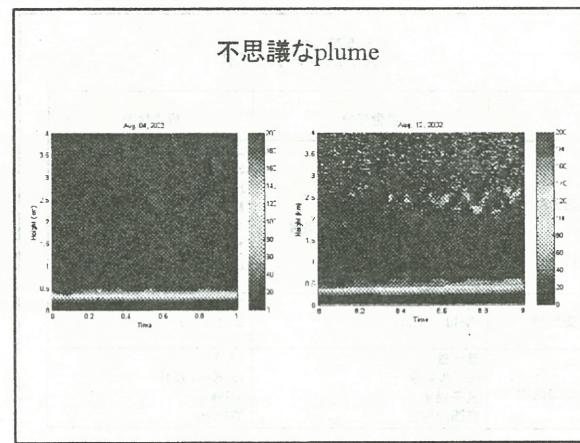
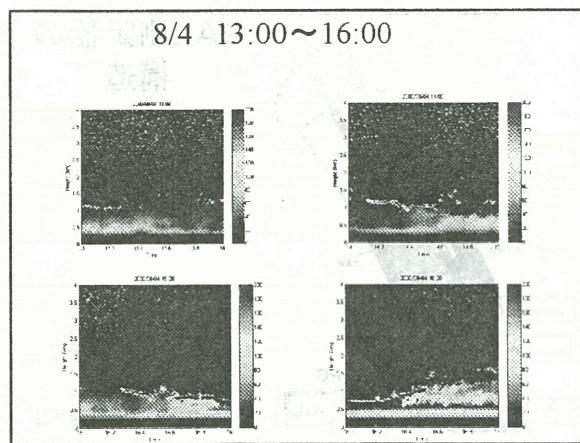
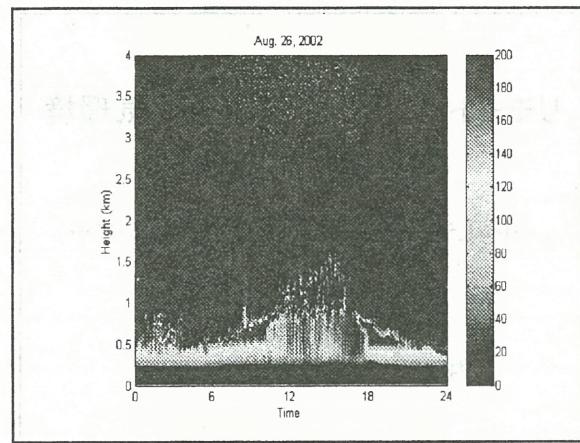
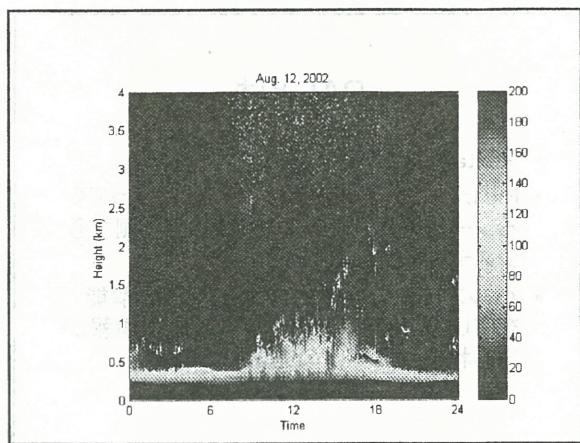
	装置部分	設定状況
送光部	レーザー 観測波長 レーザーパルスエネルギー レーザーパルス幅 レーザーパルス繰り返し周波数 レーザーFOV AOM 駆動周波数	LD励起QスイッチNd: YAG 532nm 約10 $\mu$ J 約20ns 1. 4kHz 100 $\mu$ rad 80MHz
受光部	望遠鏡直径 Field of view	20cm 0. 1mrad
信号処理	受光機 モデル番号 量子効率 空間分解能	PMT HPK-1924P 15% 約25m

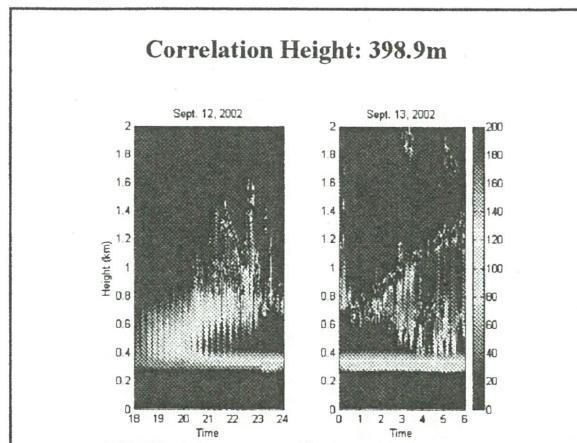
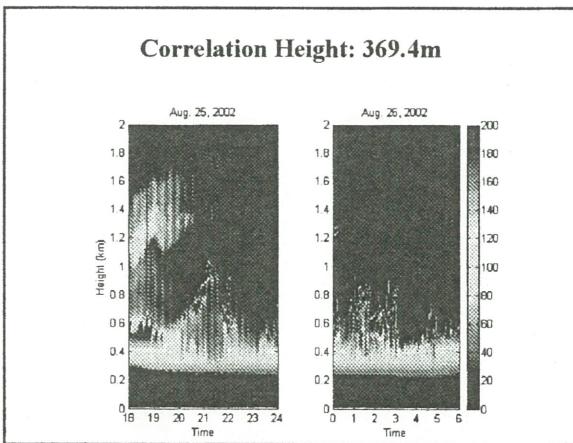
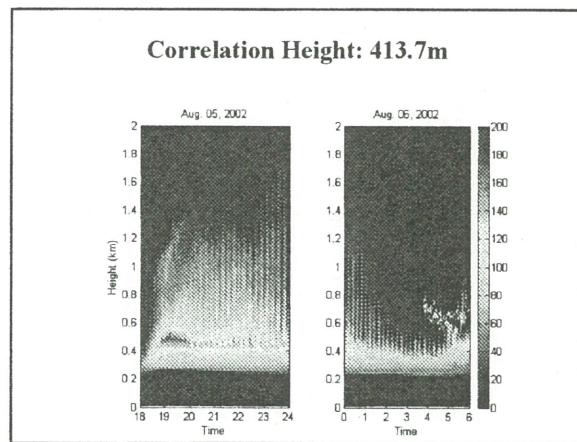
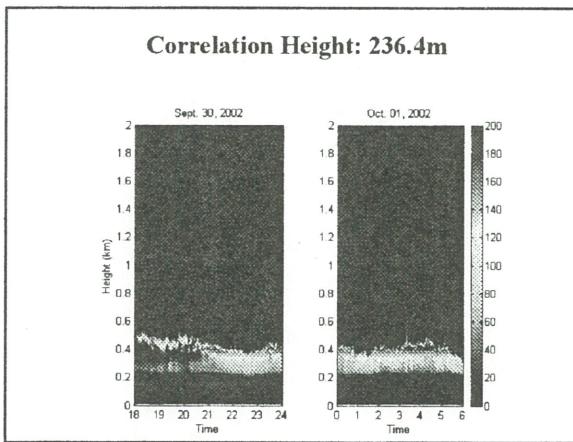
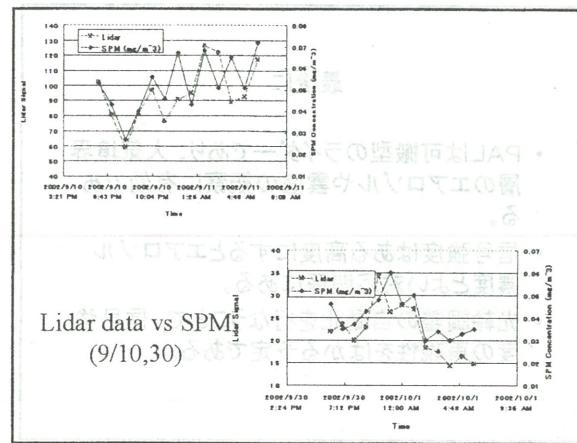
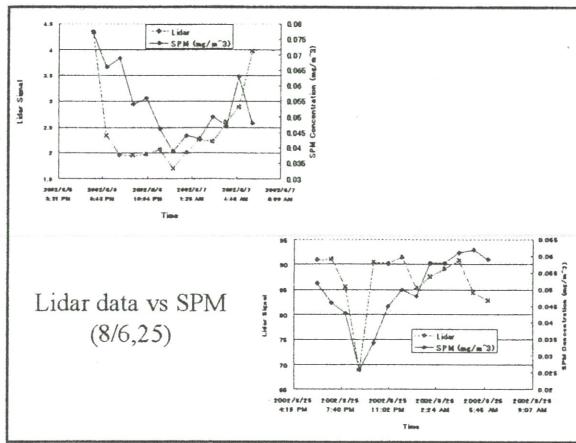
### PAL測定器の構造



### 調査地点の位置







最後に

- PALは可搬型のライダーであり、大気境界層のエアロゾルや雲底の観察に有効である。
- 信号強度はある高度にするとエアロゾル濃度とよい対応関係にある。
- 光軸調整の自動化を行うことで、信号強度の再現性をはかる予定である。

## 鉱物質エアロゾルの衛星データ解析

Satellite-derived data for aerosol analysis and its application

「地球資源」「資源本部」「宇宙開発」「防衛省」「宇宙機関」「宇宙便局」「資源不本  
部」「JAXA」「宇宙開発研究会」「宇宙開拓者」「宇宙開拓者」「宇宙開拓者」「宇宙開拓者」

## 鉱物質エアロゾルの衛星データ解析

（略）

（略）

2002-0905 午前 10時半頃に北緯40度東経20度付近で観測された。この時間は  
午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。午後 1時半頃に北緯35度  
東経15度付近で観測された。午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

2002-07-10 午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

2002-07-10 午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

2002-07-10 午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

2002-07-10 午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

2002-07-10 午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

2002-07-10 午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

午後 1時半頃に北緯35度東経15度付近で観測された。

## 木下紀正

（略）

（略）

（略）

（略）

（略）

# 鉱物質エアロゾルの衛星データ解析

## Satellite data analyses of the mineral aerosol

木下紀正<sup>1</sup>、飯野直子<sup>1</sup>、Andrew Tupper<sup>1,2</sup>、金柿主税<sup>1</sup>、岩崎亮治<sup>1</sup>、増水紀勝<sup>3</sup>、矢野利明<sup>1</sup>  
K. Kinoshita<sup>1</sup>, N. Iino<sup>1</sup>, A. Tupper<sup>1,2</sup>, T. Kanagaki<sup>1</sup>, R. Iwasaki<sup>1</sup>, T. Masumizu<sup>3</sup> and T. Yano<sup>1</sup>

1 鹿児島大学； Kagoshima University

2 オーストラリア気象庁； Bureau of Meteorology, Northern Territory Regional Office, Australia

3 第一福祉大学； Daiichi Welfare University

### Contents

1 Introduction

2 NOAA and GMS observations of Asian dust events during 2000–2002

N. Iino, K. Kinoshita, R. Iwasaki, T. Masumizu and T. Yano

SPIE's Third International Asia-Pacific Environmental Remote Sensing Symposium 2002

3 GMS-5 と NOAA/AVHRR による 2002 年春季黄砂の解析

岩崎、木下、増水、飯野、矢野

日本リモートセンシング学会第 33 回（平成 14 年度秋季）学術講演会、pp. 67–70、2002

Analysis of Asian dust events in the spring of 2002 using GMS-5/VISSR and NOAA/AVHRR data

R. Iwasaki, K. Kinoshita, T. Masumizu, N. Iino and T. Yano

Proceedings of the 33rd conference of the Remote Sensing Society of Japan, pp. 67–70, 2002

4 Australian dust of 23 October 2002

A. Tupper

5 AVHRR Channel3 を用いた鉱物質エアロゾルと雲との識別の試み

飯野、矢野、木下

日本リモートセンシング学会第 33 回（平成 14 年度秋季）学術講演会、pp. 71–72、2002

Lithic aerosol and meteorological cloud discrimination by AVHRR channel-3 data

N. Iino, T. Yano and K. Kinoshita

Proceedings of the 33rd conference of the Remote Sensing Society of Japan, pp. 71–72, 2002

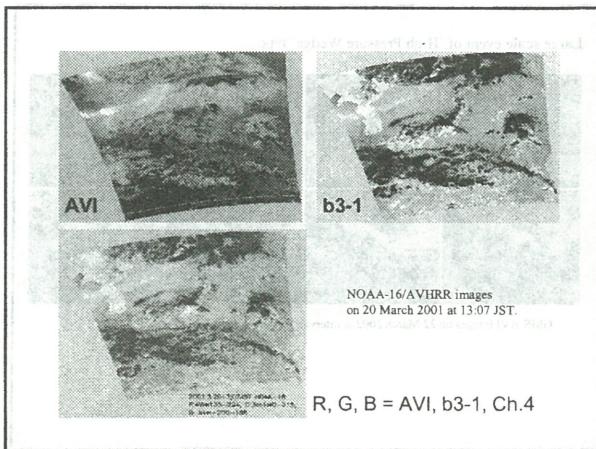
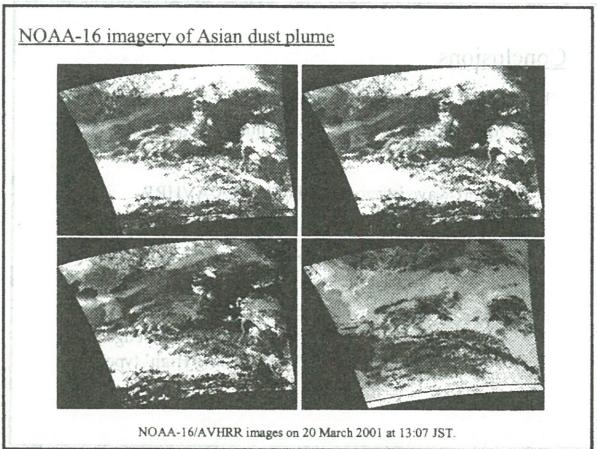
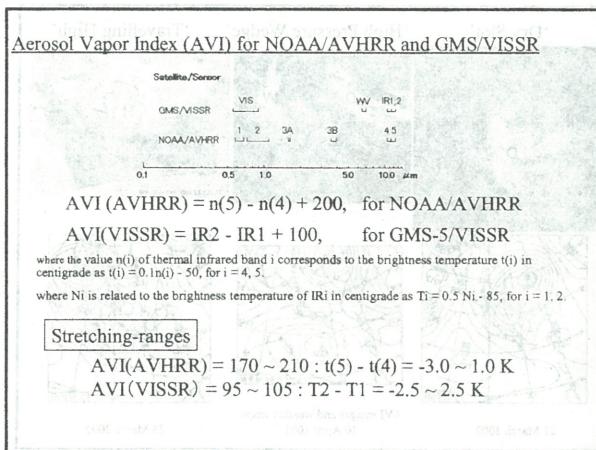
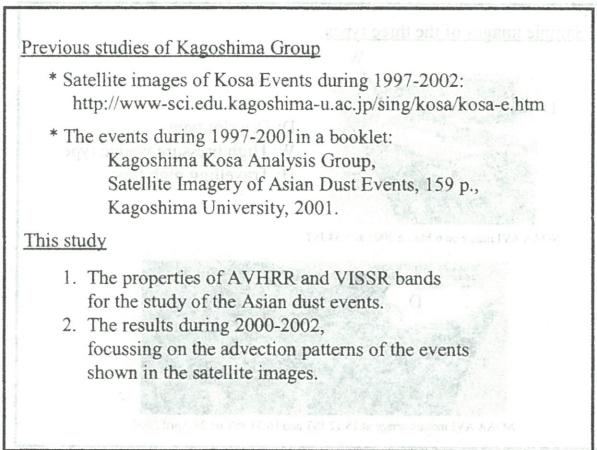
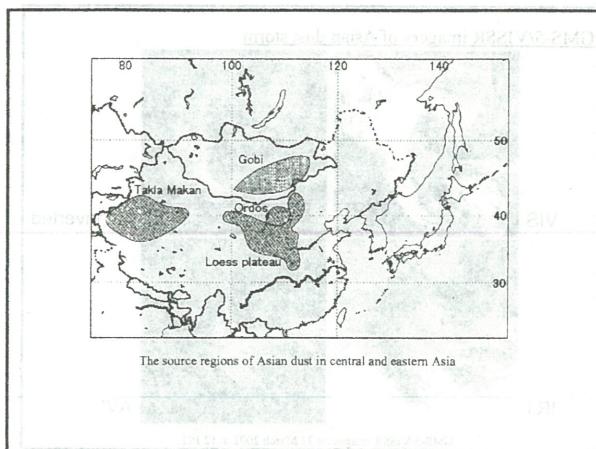
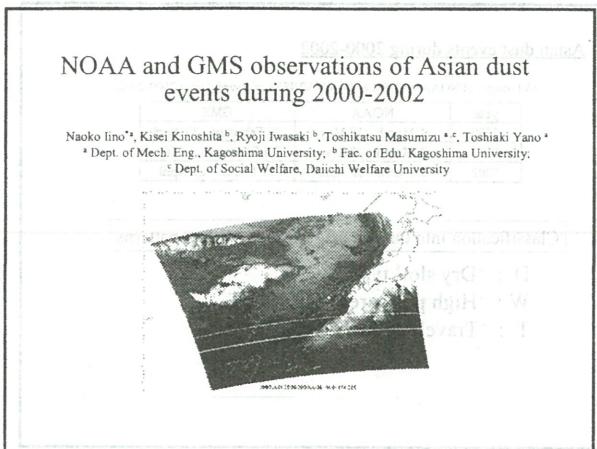
6 監視カメラと衛星による諏訪之瀬島火山観測

金柿、木下、三仲、土田、八木原、福澄「観測カメラと衛星からみた諏訪之瀬島噴煙」、  
多島域フォーラム「列島火山の噴火活動を探る」2002.11.9–10、鹿児島大学 に基づく

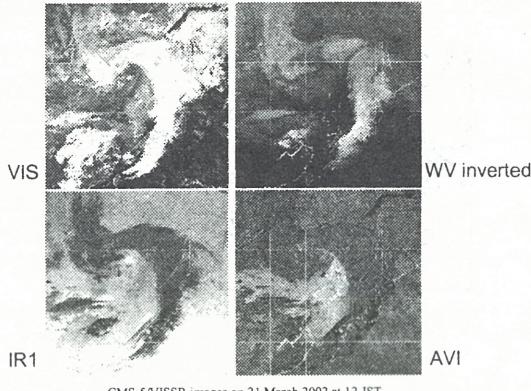
Observation of Suwanosejima volcano by monitoring camera and satellite images

Based on

T. Kanagaki, K. Kinoshita, A. Minaka, S. Tutida, H. Yagihara and T. Hukuzumi,  
Ground observation and satellite images of Suwanosejima plumes,  
Forum on Researching Eruption Clouds of Volcanic Island Chains, 2002.11.9–10, Kagoshima Univ.



GMS-5/VISSR imagery of Asian dust storm



GMS-5/VISSR images on 21 March 2002 at 12 JST.

Asian dust events during 2000-2002

AVI images of NOAA/AVHRR and GMS-5/VISSR analyzed during 2000-2002.

year	NOAA	GMS
2000	1 March - 10 May	20 February - 30 April
2001	4 March - 28 May	26 February - 6 May
2002	1 March - 30 April	11 March - 21 April

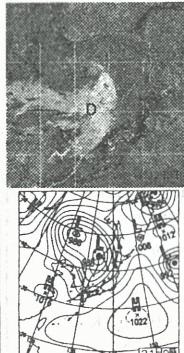
Classification into three types based on weather patterns

D : 'Dry slot' type

W : 'High pressure wedge' type

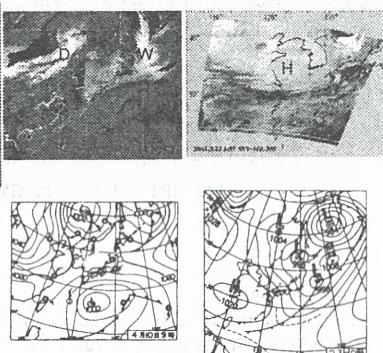
T : 'Travelling high' type

'Dry Slot'



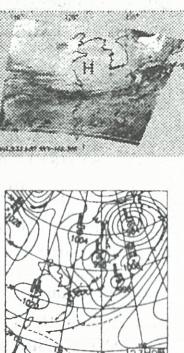
21 March 2002

'High Pressure Wedge'



AVI images and weather maps  
10 April 2001

'Travelling High'



23 March 2002

Sample images of the three types

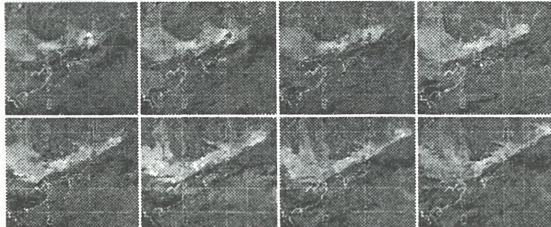


NOAA AVI image on 6 March 2001 at 5:54 JST.



NOAA AVI mosaic image at 18:12 JST and 16:31 JST on 24 April 2000

Large scale event of 'High Pressure Wedge' type



GMS AVI images on 22 March 2002 at intervals of three hours, 1, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 JST.

### Conclusions

1. The AVI images of NOAA and GMS are very effective for monitoring the Asian dust phenomenon in the east Asia.
2. The short-wave infrared band of NOAA/AVHRR supplements well the AVI imagery, because of its sensitivity to ice and water clouds.
3. Classification into three types: 'Dry Slot' type, 'High Pressure Wedge' type, 'Travelling High' type.

日本リモートセンシング学会第33回学術講演会 佐賀大学 2002.11.28-29

## GMS-5/VISSRとNOAA/AVHRRによる 2002年春季黄砂の解析

○岩崎亮治1、木下紀正1、増水紀勝2、矢野利明1、飯野直子1  
(1鹿児島大、2第一福祉大)

図  
2002.3.21 13:56 NOAA-AVI画像

### 2002年黄砂について

- 2002年黄砂
  - ・2月7日 山陰から近畿にかけての広い範囲で初観測
  - ・それ以後度々日本に到達
  - ・西日本、日本海側の地域に加えて、北日本、特に北海道の各地においても繰り返し観測された
  - （平成14年4月15日付気象庁報道発表資料より）
- 3月21日福岡
  - ・航空機の離発着の遅れ、高速道路の速度規制などの交通障害が発生
  - （福岡管区気象台ホームページ「黄砂について」より）
- 2002年3月から6月上旬までの期間の黄砂現象について興味深いケースをAVI画像を用いて解析した結果を報告する

### 本報告における解析期間、黄砂イベントについて

本報告での衛星画像の解析期間

- NOAA/AVHRR 3月1日～6月6日  
(5月16日～26日、28日、29日を除く)
- GMS-5/VISSR 3月11日～4月21日

■本報告で述べる黄砂イベント

- 3月18日～24日
- 3月28日～4月4日（省略）
- 4月4日～12日（省略）

■2002年春季黄砂を含む今までのNOAA/AVHRRとGMS-5/VISSRを用いた解析結果をまとめた

「Satellite Analysis of Kosa during 1997-2002」  
<http://arist.edu.kagoshima-u.ac.jp/sing/kosa/kosa-e.htm>

### 3月18日～24日の黄砂イベントの流れ

- 18日夕方から19日
  - ・低気圧の雲がオルドスやゴビの上空を通過
  - ・この雲の下で砂塵嵐発生⇒黄砂エアロゾルが上空に舞い上がった
- 20日
  - ・低気圧の雲は前線を伴いながら中国東北部から沿海州方面へ移動
  - ・黄砂は低気圧や前線の背後から中國大陸沿岸部へ移流した
- 21日
  - ・低気圧の雲：沿海州→宗谷海峡→オホーツク海
  - ・前線の雲：黄海→朝鮮半島・日本海→日本
  - ・黄砂の主力：北京付近→黄海・朝鮮半島・日本海→北海道
  - ・黄砂の一部：九州や本州西部、東シナ海などにかなりの黄砂粒子濃度を持つまま拡散する

■22日から23日午前

- ・低気圧の雲：オホーツク海を東へ移動
- ・前線の雲：千島列島から日本列島付近で停滯
- ・黄砂：カムチャッカー千島列島→北海道→沿海州沖→朝鮮半島→山東半島のライン上に存在

■23日午後

- ・黄砂の一部がそれを核とした雲に変化⇒高差による白色域や明度の変化域がそれまでに比べて狭くなり、変化の幅も小さくなつた

■24日

- ・黄砂による白色域は日本付近では確認できず  
⇒黄砂の主力が北太平洋やベーリング海に抜けたため
- ・明度の変化域が日本周辺に残っている  
⇒黄砂の影響がまだ残っている

■このイベントの影響が九州において完全に抜けたと考えられるのは24日夕方から25日

■このイベントは北太平洋を横断してアメリカ大陸内部まで到達したと考えられる

### まとめと今後の課題

- 2002年3月から6月上旬の期間をNOAA/AVHRRのチャンネル4と5の差画像による方法を用い、また3月中旬から4月中旬までの期間についてはNOAAに加えてGMS-5/VISSRのir1とir2の差画像による方法も同時に用いて黄砂の検出と移流拡散の様相の検討を行った
- その結果、2002年春季の黄砂イベントについてそれぞれのイベントにおける移流拡散の様相をつかむ事ができた
- その様相は気象官署観測データやその他の観測データなどとほぼ対応することも確認できた
- 今後の課題としては以下のことが挙げられる
  - ・黄砂の移流ルートについての経年変化の検証
  - ・AVI画像単独での黄砂判定方法の確立

## Australian dust of 23 October 2002

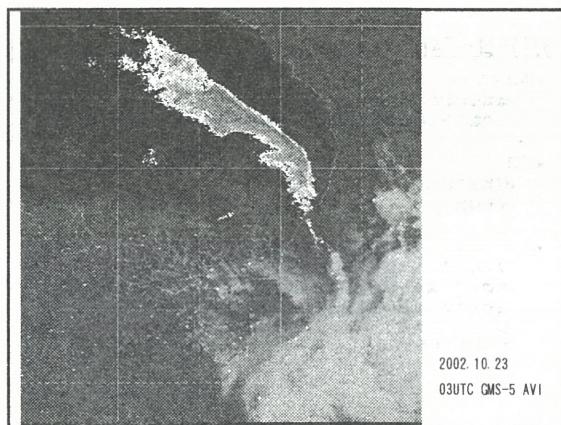
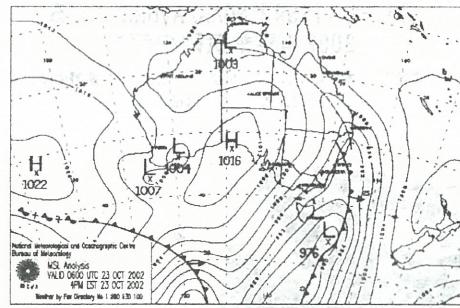
Andrew Tupper

Bureau of Meteorology, Northern Territory Regional Office, Australia.

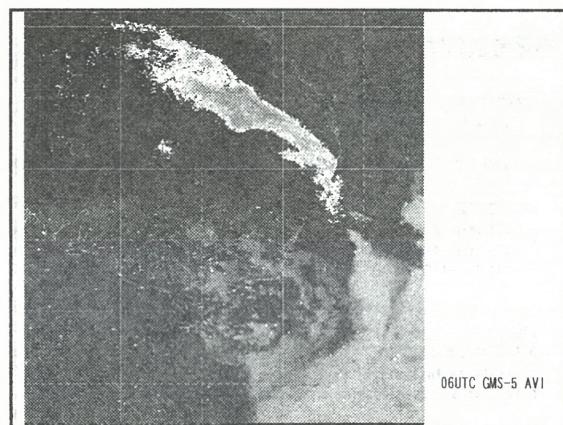
Currently at: Faculty of Education, Kagoshima University, Kagoshima, Japan



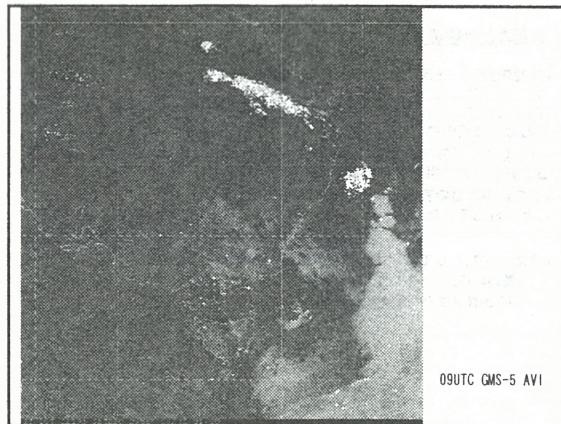
The dust over Sydney Harbour



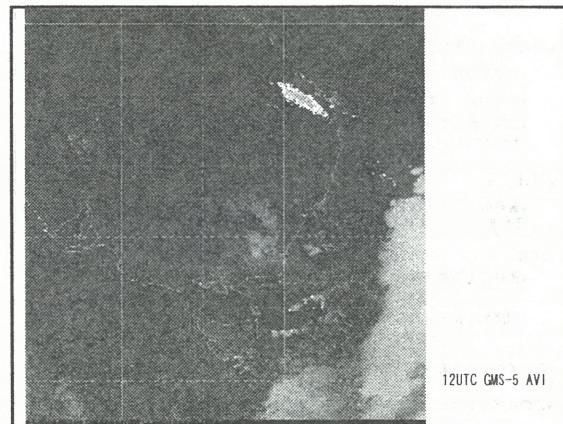
2002.10.23  
03UTC GMS-5 AVI



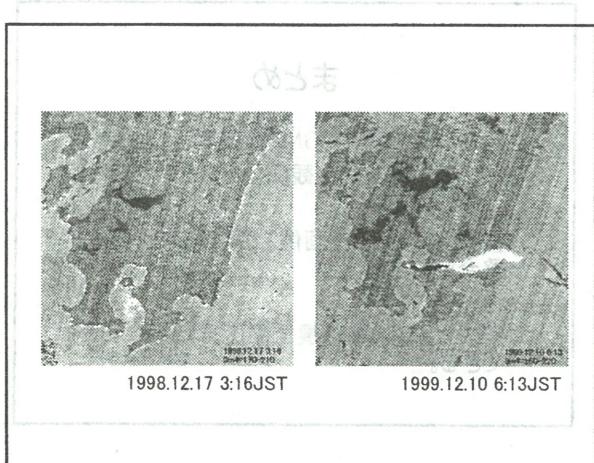
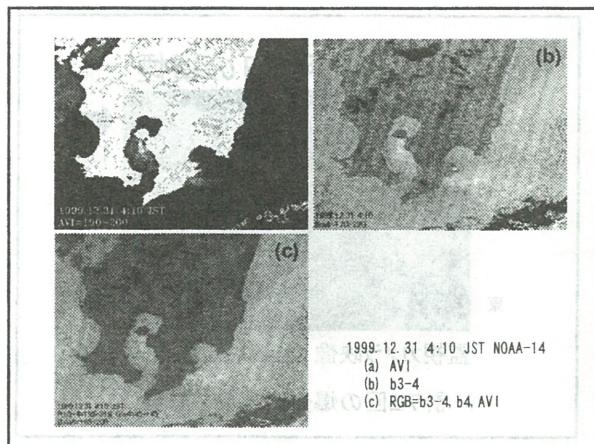
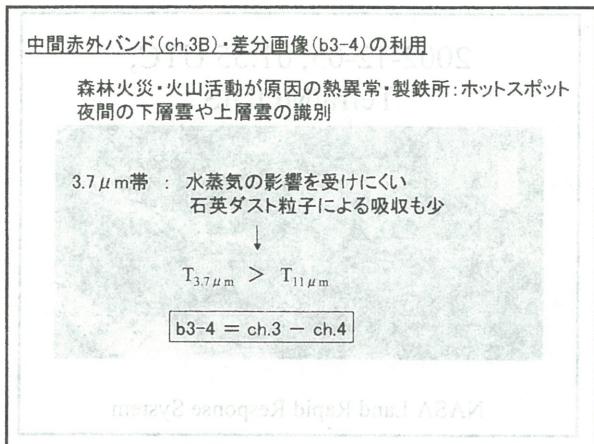
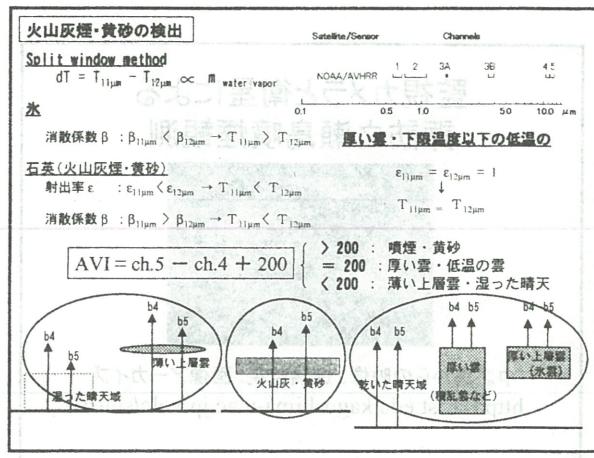
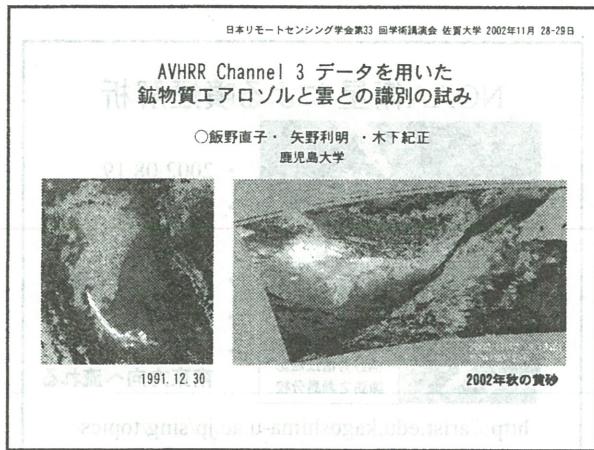
06UTC GMS-5 AVI



09UTC GMS-5 AVI



12UTC GMS-5 AVI



2003-15-02\_01:30-01:30 UTC  
CMW-2 Visible images

おわりに

黄砂や火山灰煙の検出に非常に有効であるAVI画像でも  
識別しにくい層の厚い雲について、Channel-3を利用して  
鉱物質エアロゾルとの識別を補う方法を検討した。  
その結果、日中のChannel-3AとChannel-4の差画像や、  
夜間のChannel-3とChannel-4の差画像は、AVIをよく補う  
ことがわかった。  
今後、これらの詳細について検討していく予定である。

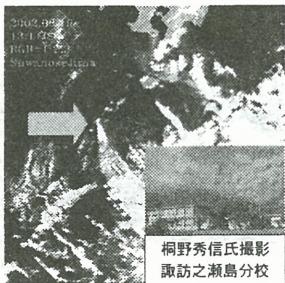
謝辞： 画像の解析と有益な議論について御生産の倉守哲氏に感謝します。  
本研究の一部は水資源心育成会研究助成金の補助によって行いました。  
ここに記しておきたいです。  
NOAA/AVHRRデータを提供いただいた鹿児島大学の衛星受信・解析システム  
管理委員会の関係各位に感謝いたします。

## 監視カメラと衛星による 諏訪之瀬島噴煙観測



中之島からの映像、遠隔監視、画像アーカイブ  
<http://arist.edu.kagoshima-u.ac.jp/volc/suwa/>

## NOAA衛星による噴煙解析



桐野秀信氏撮影  
諏訪之瀬島分校

- 2002.08.19
- 13:11JST
- 臨時火山情報
- 爆発的噴火
- 多量の火山灰が  
南東方向へ流れる

<http://arist.edu.kagoshima-u.ac.jp/sing/topics/>

## 2002年12月5日の噴煙



監視カメラ映像 01:40-07:40 UTC  
計72回の爆発的噴火を記録

2002-12-05, 01:55 UTC,  
Terra/MODIS



NASA Land Rapid Response System

2002-12-05, 01:30 - 07:30 UTC  
GMS-5 visible images



JMA / Australian Bureau of Meteorology

## まとめ

- NOAA、MODIS、GMS衛星画像により、諏訪之瀬島噴煙を観測することができた。
- 監視カメラと衛星画像との噴煙の対比は整合的である。
- 監視カメラ映像は噴煙高度算定等に利用できる。

# Wind-induced Upwelling in the Western Equatorial Pacific Ocean Observed by Multi-satellite Sensors

The purpose of this paper is to introduce the concept of **cross-cultural communication** and its application in business negotiations. The paper also discusses the importance of cultural differences in business negotiations and provides practical tips for negotiators to overcome cultural barriers. The paper concludes by emphasizing the need for negotiators to be open-minded and flexible in their approach to cross-cultural negotiations.

# WIND-INDUCED UPWELLING IN THE WESTERN EQUATORIAL PACIFIC OCEAN OBSERVED BY MULTI-SATELLITE SENSORS

K. Kozai<sup>1</sup>, K. Ishida<sup>2</sup>, T. Shiozaki<sup>3</sup>, and Y. Okada<sup>4</sup>

<sup>1</sup>*Kobe University of Mercantile Marine, 5-1-1, Fukaeminami, Higashinada, Kobe, 658-0022 JAPAN*

<sup>2</sup>*Toba National College of Maritime Technology, 1-1, Ikegami, Toba, Mie, 517-8501 JAPAN*

<sup>3</sup>*Osaka Prefecture University, 1-1, Gakuen, Sakai, Osaka, 599-8531 JAPAN*

<sup>4</sup>*Kinki University, Kowakae 3-4-1, Higashiosaka, 577-8502 JAPAN*

## ABSTRACT

R/V MIRAI (MR01-K05 Leg3) of Japan Marine Science and Technology Center (JAMSTEC) was stationed at the point of 2 degrees North and 138 degrees East in the western equatorial Pacific Ocean from Nov.9 to Dec.9, 2001. During this air-sea interaction research cruise SeaWiFS and NOAA/AVHRR local area coverage (LAC) scenes were received by the station onboard R/V MIRAI and the products derived from these satellites are verified against oceanographic observations including the parameter of sea surface temperature, salinity, chlorophyll-a and current velocity profile to the depth of 300 meters. Level 3 wind vector products derived from QuickSCAT onboard SeaWinds are also collected and validated against in situ wind vectors. The sea surface temperature decreases from 30 to 29.3 degrees after the week-long prevailing northwest monsoon wind with the maximum gust more than 20 m/s, while the observed surface salinity and chlorophyll-a concentration increase from 34.1 to 34.37 and from 0.05 to 0.14 mg/m<sup>3</sup> respectively. The increase of chlorophyll-a and the decrease of sea surface temperature in this region are also shown in the multi-date SeaWiFS chlorophyll-a concentration products and Multi-Channel Sea Surface Temperature (MCSST) products from NOAA/AVHRR. Wind vector patterns corresponding to the gust more than 20m/s are also observed by QuickSCAT. During the period of the week-long northwest monsoon wind the current velocity of upper 70 meters reaches about 70cm/sec in the southeastward direction while the current velocity at the depth from 80 to 120 meters indicates 50cm/sec in the northwestward direction. The current of upper 70 meters corresponds to the Northwest Monsoon Current (NMC) and the intrusion of NMC enhanced by the strong northwest monsoon winds (westerly wind bursts) causes a reversal in the sub-surface current (New Guinea Coastal Undercurrent (NGCUC)) which creates a temporal upwelling in this region.

## INTRODUCTION

Equatorial upwelling in the Pacific Ocean is known to occur east of the date line (Wyrtki, 1981). However based on the moored current measurements the estimates of equatorial upwelling in the western equatorial Pacific Ocean is reported (Halpern et al., 1989, Helber and Weisberg, 2001). Furthermore the presence of upwelling produced by the predominantly easterly winds in the western equatorial Pacific Ocean is indicated (Richards and Pollard, 1991). Although the importance of monsoonal wind forcing on the surface circulation has been discussed (Lindstrom et al., 1987), the wind-induced upwelling in the western equatorial Pacific Ocean is little observed and described because of its intermittent characteristics in temporal and spatial scales. The purpose of this study is to not only describe the upwelling event observed by SeaWiFS, NOAA/AVHRR, QuickSCAT and in situ samplings during the research cruise of R/V MIRAI (MR01-K05 Leg3) but also investigate the conditions of upwelling in temporal and spatial scales for contributing to better understanding of air-sea interaction in the western equatorial Pacific Ocean.

## DATA AND METHOD

Figure 1 shows the study area with the stationary observation at 2 degrees North, 138 degrees East from Nov.9 to Dec.9, 2001. During this period the ship was moving around the stationary point except the CTD (Conductivity-Temperature-Depth) profiler observations four times a day. Details of the cruise log and summary of observations are listed in the R/V MIRAI Cruise Report (MR01-K05 Leg-3/4) (JAMSTEC, 2001). Methods of in situ atmospheric and oceanographic observation including the parameter of sea surface temperature, salinity, chlorophyll-a concentration and current velocity profile are summarized as follows. The surface meteorological parameters such as wind speeds and directions are observed during the cruise by the R/V MIRAI meteorological observation system. An anemometer is located at the foremast 24 meters above sea surface and the 10-minute averaged true wind speeds and directions are recorded. Near-surface water at the depth of 4.5 meters is continuously pumped up at the rate of 200 liter per minute from the intake to the sea surface monitoring laboratory for measuring temperature and salinity. Surface seawater samples are taken four times a day and the concentration of chlorophyll-a is determined onboard. CTD (Conductivity-Temperature-Depth) profiler observations are carried out four times a day to the depth of 500 meters. The specifications of CTD profiler are listed in Table 1. Current velocity profiles are measured by the shipboard Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP) from Nov.9 to Dec.9, 2001. The zonal (east-west) and meridional (north-south) velocity components of each depth cell are observed every 5 minutes. Major parameters for the measurement configuration of ADCP are listed in Table 2.

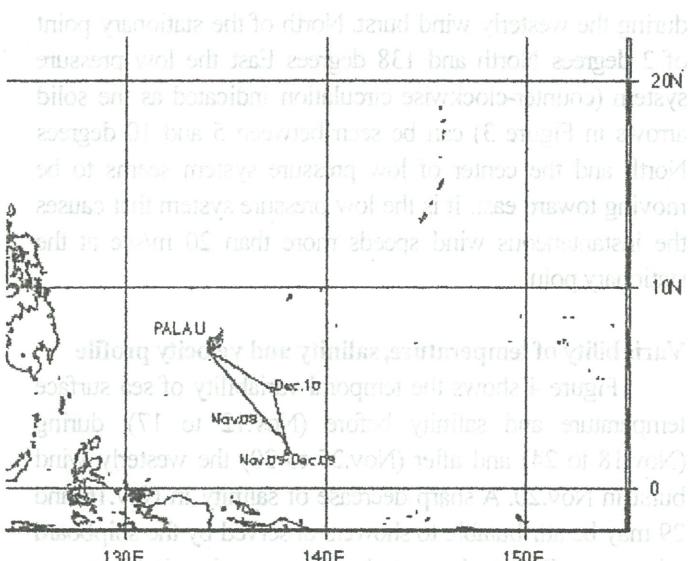


Fig. 1. Study area with the stationary observation at 2N, 138E from Nov.9 to Dec.9, 2001.

Table 1. Specifications of CTD (Conductivity-Temperature-Depth) profiler

Temperature	Range:-5 to +35°C, Accuracy: 0.001°C
Conductivity	Range: 0 - 7 S/m, Accuracy: 0.0003 S/m
Pressure	Range: Up to 10500m, Accuracy: 0.015%

Table 2. Measurement configurations of shipboard ADCP

Frequency	75kHz
Average	every 300 sec
Depth cell length	1600cm
Number of depth cells	40
First depth cell position	30.9m
Last depth cell position	654.9m
Ping per ADCP raw data	32

Table 3. Specifications of SeaWiFS

Band	412, 443, 490, 510, 555, 670, 765, 865 (center wavelength(nm))
Equator Crossing	Local Noon(±20min), descending
Orbit type	Sun Synchronous at 705km
Spatial resolution	1.13km(LAC), 4.5km(GAC)
Swath width	2801km(LAC), 1502km(GAC)
Scan Plane Tilt	+20°, 0°, -20°

SeaWiFS is an abbreviation of Sea-viewing Wide Field-of-view Sensor onboard the SeaStar launched in 1998. The sensor has eight bands in the visible and near infrared wavelengths and the tilt mechanism to avoid sun glitter as shown in Table 3. During the research cruise from Nov.14 to Dec.10 SeaWiFS LAC (Local Area Coverage) scenes are received by the station onboard R/V MIRAI once a day under the authorization of NASA SeaWiFS project as the temporary real-time agreement. All SeaWiFS raw data are decrypted by using the OGP software provided by NASA GSFC. Higher level products such as chlorophyll-a concentration are generated by using SeaDAS 4.3 software.

## RESULTS AND DISCUSSIONS

Throughout the period of research cruise there are two typical weather conditions. One is characterized by the strong northwest monsoon winds (or westerly wind bursts) during the periods from Nov.18 to 24 and from Dec.1 to 9. The westerly wind burst is one of the characteristic wind variability in the tropics with a period of 40-50 days (Madden-Julian Oscillation, (Madden and Julian, 1971, 1972)). The other is characterized by the strong insolation

with weak monsoon winds during the periods from Nov.12 to 17 and from Nov.25 to 30. Since the SeaWiFS LAC scenes acquired during the former periods show the high cloud coverage, the SeaWiFS LAC scenes available for the analysis are limited to those acquired during the latter periods. From now on the observation period is divided into three periods, namely the period of (Nov.18-24), before (Nov.12 to 17) and after the strong northwest monsoon winds (or westerly wind bursts) (Nov.25-30).

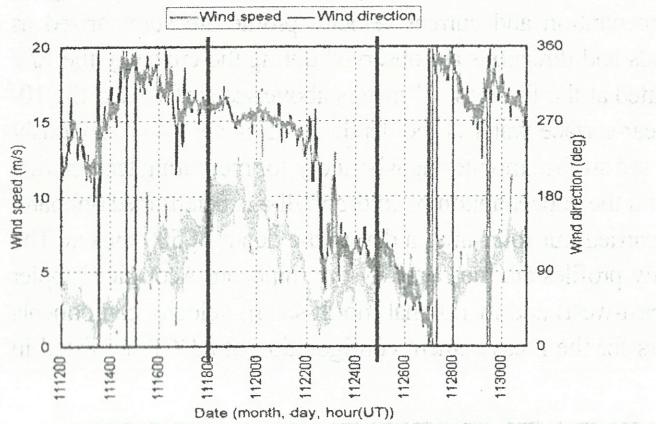


Fig.2. Temporal variability of wind speeds and directions before (Nov.12 to 17), during (Nov.18 to 24) and after(Nov.25 to 30) the westerly wind burst in Nov. 20.

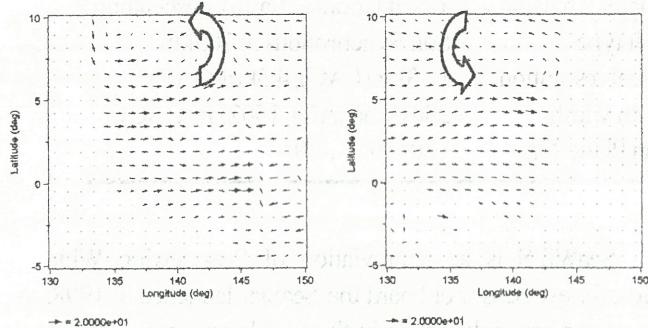


Fig. 3. Wind vector distributions during the westerly wind burst derived from QuickSCAT. (left, Nov.19 20h20m(UT), right, Nov.20 08h56m(UT), unit: m/s).

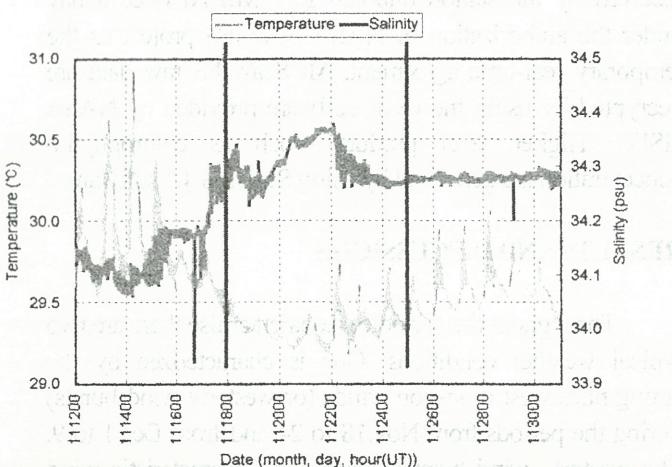


Fig. 4. Temporal variability of temperature and salinity before (Nov.12 to 17), during (Nov.18 to 24) and after (Nov.25 to 30) the westerly wind burst in Nov.20.

### Variability of wind vector

Figure 2 shows the temporal variability of wind speeds and directions before (Nov.12 to 17), during (Nov.18 to 24) and after (Nov.25 to 30) the westerly wind burst. During the period from Nov.18 to 24 this period is characterized by the westerly wind burst reaching more than 20 m/sec of instantaneous wind speed at Nov. 20. After the westerly wind burst the wind directions are mostly east until Nov.27 and changing to the west afterwards. In order to describe spatial distribution of wind vector in the study area wind vectors derived from QuickSCAT are used for the analysis. Figure 3 illustrates the wind vector distribution at two different dates during the westerly wind burst. North of the stationary point of 2 degrees North and 138 degrees East the low pressure system (counter-clockwise circulation indicated as the solid arrows in Figure 3) can be seen between 5 and 10 degrees North and the center of low pressure system seems to be moving toward east. It is the low pressure system that causes the instantaneous wind speeds more than 20 m/sec at the stationary point.

### Variability of temperature, salinity and velocity profile

Figure 4 shows the temporal variability of sea surface temperature and salinity before (Nov.12 to 17), during (Nov.18 to 24) and after (Nov.25 to 30) the westerly wind burst in Nov.20. A sharp decrease of salinity in Nov.16 and 29 may be attributable to showers observed by the shipboard rain gauge. During the period of the westerly wind burst sea surface temperatures decrease from 29.5 to 29.3°C while salinity increases from 34.24 to 34.37 at Nov.22. Decrease of sea surface temperature around the stationary point is also supported by the MCSST (Multi-Channel Sea Surface Temperature) products illustrated in Figure 5. Before the westerly wind burst the sea surface temperature around the stationary point is about 30 °C while the sea surface temperature after the burst is about 29.5°C.

As far as the temporal variability of temperature overlaid with ADCP data are concerned, three distinctive layered current structures are illustrated in Figure 6. The first one from the surface to the depth of 50 m corresponds to the Northwest Monsoon Current (NMC) (Masuzawa, 1968) which can be characterized by the weak flow (less than 30 cm/sec) toward southeast directions and the temperature range from 29.2 to 29.8 degree Celsius. The second one from the depth of 80 m to 120 m corresponds to the New Guinea Coastal Undercurrent (NGCUC) (Lindstrom et al., 1987). Although the NGCUC is originally defined as the subsurface

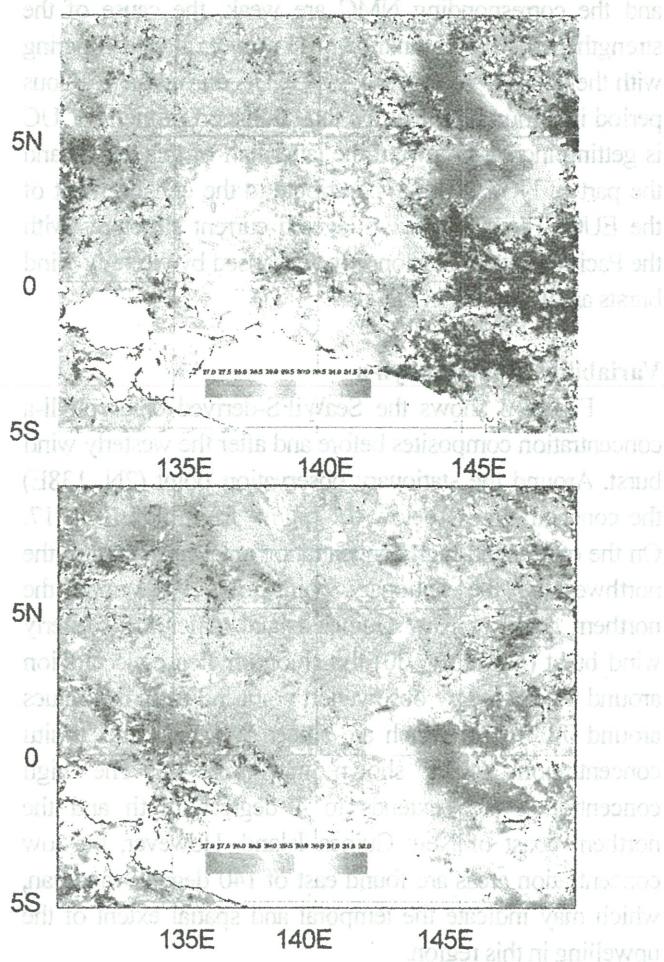


Fig. 5. Daytime MCSST composites derived from NOAA/AVHRR before (left, Nov.12-17) and after (right, Nov.25-30) the strong westerly monsoon wind (westerly wind burst).

equatorward velocity maximum centered at the depth of 200m adjacent to the coast at 2° S, it is indicated that the Northwest Monsoon Current overlies the northwestward flow of the NGCUC (Fine et al., 1994). The temperature is ranging from 25 to 29 degrees Celsius. The third one from the depth of 200m to 250m corresponds to the Equatorial Undercurrent (EUC) which can be characterized by the strong southeastward flow reaching about 70cm/sec and the temperature range from 13 to 20 degrees Celsius.

The temporal distributions of temperature overlaid with ADCP data also illustrate the characteristic responses to the westerly wind burst. Figure 6 indicate that the Northwest Monsoon Current (NMC) reaches 70cm/sec at the surface and extends to the depth of 70 m from Nov.20 to 21. The temperature contour of 29.2 degrees Celsius is sharply uprising. The accelerated NMC caused by the westerly wind burst is called the Pacific Equatorial Monsoon Jet (PEMJ) (Lindstrom et al., 1987) which is the strong equatorial eastward jet with the recorded velocity more than 110 cm/sec (Delcroix et al., 1992). At the same time the northwestward flowing New Guinea Coastal Undercurrent (NGCUC) at the depth from 80m to 120m is seem to be decelerated and partly deviated clockwise because of the enhanced NMC or the PEMJ from Nov.20 to 21. After the westerly wind burst the Northwest Monsoon Current (NMC) at the surface becomes very weak. On the other hand the New Guinea Coastal Undercurrent (NGCUC) at the depth from 80m to 120 m shows the stable westward flow of about 50cm/sec and the Equatorial Undercurrent (EUC) at the depth from 200m to 250m is strengthened especially after Nov.28. Since the northwest monsoon wind

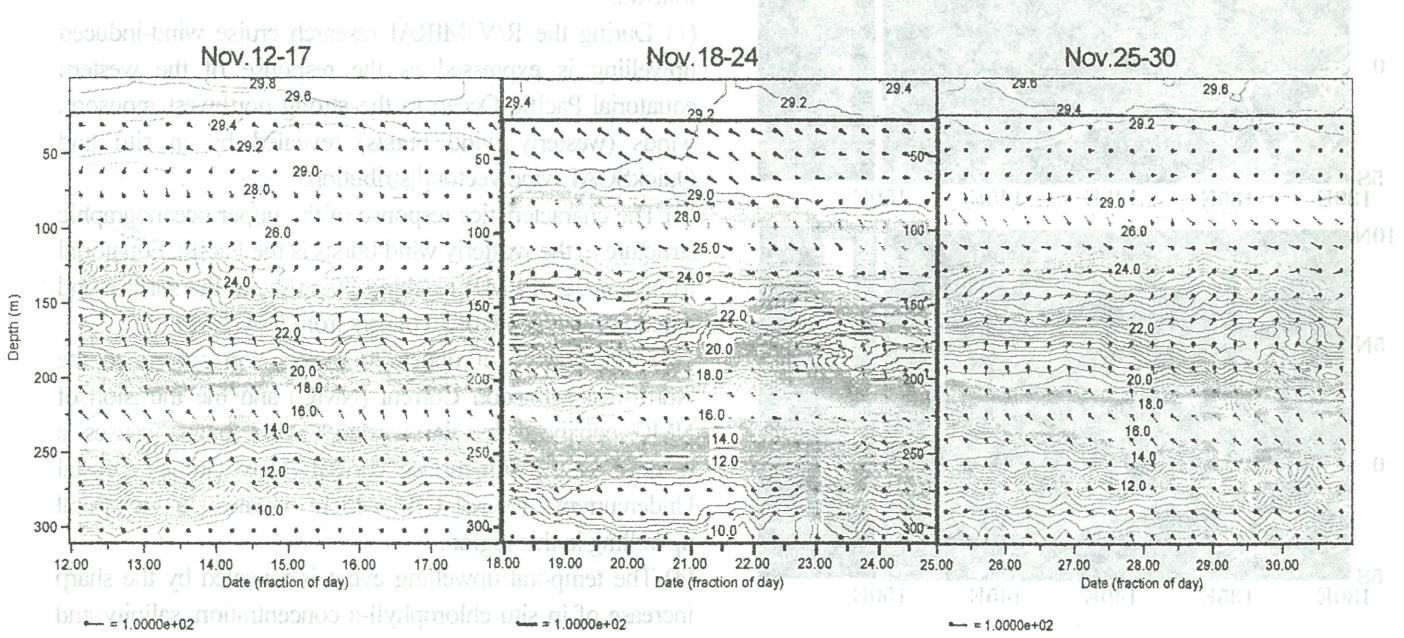


Fig. 6. Temporal variability of temperature profile overlaid with velocity vectors from Nov.12 to 30. (Units of temperature and velocity are degree Celsius and cm/sec respectively.)

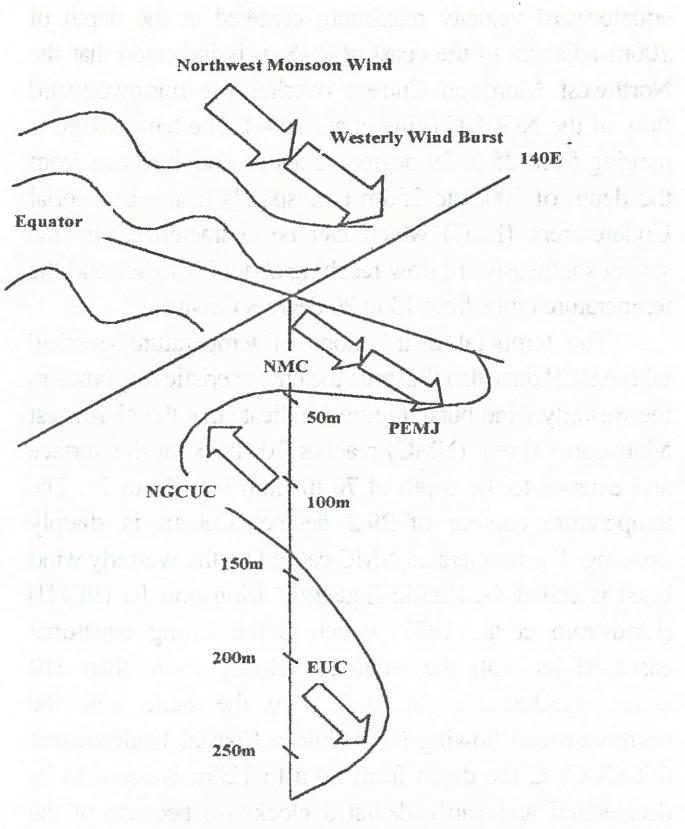


Fig. 7. Layered current structure with the Pacific Equatorial Monsoon Jet (PEMJ) triggered by the westerly wind burst.

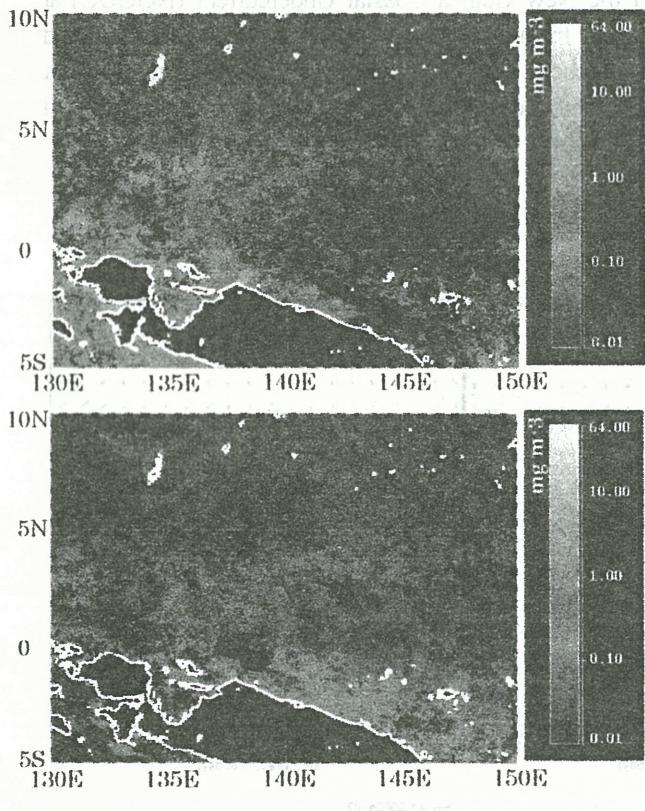


Fig. 8. Chlorophyll-a composites derived from SeaWiFS before (upper, Nov.12-17) and after (lower, Nov.25-30) the westerly wind burst.

and the corresponding NMC are weak, the cause of the strengthened EUC is unknown. However, after comparing with the velocity vectors of the NGCUC during the previous period it is found out that the total transport of the NGCUC is getting increased toward the latter half of this period and the part of NGCUC may contribute to the enhancement of the EUC. Three distinctive layered current structures with the Pacific Equatorial Monsoon Jet caused by westerly wind bursts are illustrated in Figure 7.

### Variability of chlorophyll-a

Figure 8 shows the SeaWiFS-derived chlorophyll-a concentration composites before and after the westerly wind burst. Around the stationary observation point (2N, 138E) the concentration is below  $0.1 \text{ mg/m}^3$  from Nov.12 to 17. On the other hand high concentration areas are found in the northwest of the stationary point (3N, 135E) and the northern coast of New Guinea Island. After the westerly wind burst (Nov.25 to 30) the chlorophyll-a concentration around the stationary observation point indicates the values around  $0.1 \text{ mg/m}^3$  which are agreed well with the in situ concentration values shown in Figure 9. The high concentration area extends to 4 degrees north and the northern coast of New Guinea Island. However, the low concentration areas are found east of 140 degrees meridian, which may indicate the temporal and spatial extent of the upwelling in this region.

### SUMMARY

The results of the study above are summarized as follows.

- (1) During the R/V MIRAI research cruise wind-induced upwelling is expressed as the response of the western equatorial Pacific Ocean to the strong northwest monsoon winds (westerly wind bursts) revealed by in situ and QuickSCAT wind vector distribution.
- (2) The characteristics response of the upper oceanographic structure to the westerly wind bursts is the Pacific Equatorial Monsoon Jet (PEMJ) reaching 70cm/sec at the surface and extends to the depth of 70 meters from Nov.20-21.
- (3) The current of upper 70 meters corresponds to the Northwest Monsoon Current (NMC) and the intrusion of NMC enhanced by the westerly wind bursts causes a reversal in the sub-surface current (New Guinea Coastal Undercurrent (NGCUC)) which creates a temporal upwelling in this region.
- (4) The temporal upwelling event is revealed by the sharp increase of in situ chlorophyll-a concentration, salinity and the decrease of sea surface temperature. Increase of chlorophyll-a and the decrease of sea surface temperature are also supported by the multi-date SeaWiFS and MCSST composites respectively.

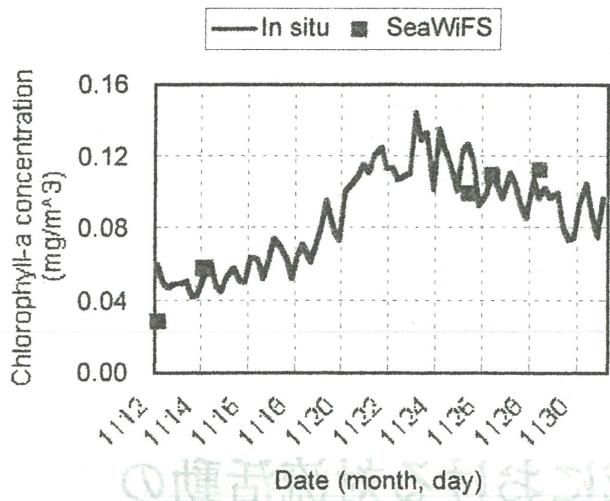


Fig. 9. Comparison of chlorophyll-a concentration between in situ and SeaWiFS product. (SeaWiFS values are indicated as average of 20x20 km.)

## ACKNOWLEDGEMENTS

The authors would like to acknowledge Captain Akamine and the crews of R/V MIRAI during the research cruise MR01-K05 Leg3. The authors wish to acknowledge Dr. Asanuma of NASDA/EORC for SeaWiFS data acquisition, Mr.Hanyu and his colleagues of Global Ocean Development Inc. for assisting various shipboard observations including SeaWiFS and ADCP data. The authors also wish to acknowledge Mr.Komai and his colleagues of Marine Works Japan Ltd. for their skillful in situ sampling and analysis of chlorophyll-a. All SeaWiFS LAC scenes are received by the station onboard R/V MIRAI under the authorization of NASA SeaWiFS project as the temporary real-time agreement. All SeaWiFS raw data are decrypted by using the OGP software provided by NASA GSFC. Higher level products such as chlorophyll-a concentration are generated by using the SeaDAS 4.3 software. QuickSCAT level 3 daily, gridded ocean wind vectors are provided by JPL Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PO.DAAC).

## REFERENCES

- Delcroix, T., G.Eldin, M.Radenac, J.Toole and E.Firing, Variation of the Western Equatorial Pacific Ocean 1986-1988, *J. Geophys. Res.*, **97**, C4, 5423-5445, 1992.
- Fine, R.A., R. Lukas, F. M. Bingham, M.J. Warner and R.H. Gammon, The western equatorial Pacific: A water mass crossroads, *J. Geophys. Res.*, **99**, C12, 25063-25080, 1994.
- Halpern, D., R.A. Knox, D.S. Luther, S.G.H. Philander, Estimates of Equatorial Upwelling Between 140° and 110° W During 1984, *J. Geophys. Res.*, **94**, C6, 8018-8020, 1989.
- Helber, R.W. and R.H. Weisberg, Equatorial upwelling in the western Pacific warm pool, *J. Geophys. Res.*, **106**, C5, 8989-9003, 2001.
- JAMSTEC, R/V MIRAI Cruise Report (MR01-K05 Leg-3/4), various paging, 2001.
- Lindstrom, E., R. Lukas, R. Fine, E. Firing, S. Godfrey, G. Meyers and M.Tsuchiya, The Western Equatorial Pacific Ocean Circulation Study, *Nature*, **330**, 533-537, 1987.
- Madden, R.A. and P.R. Julian, Detection of a 40-50 Day Oscillation in the Zonal Wind in the Tropical Pacific, *J. Atmos. Sci.*, **28**, 702-708, 1971.
- Madden, R.A. and P.R. Julian, Description of Global-Scale Circulation Cells in the Tropics with a 40-50 Day Period, *J. Atmos. Sci.*, **29**, 1109-1123, 1972.
- Masuzawa, J., Second cruise for CSK, Ryofu Maru, January to March 1968, *Oceanogr. Mag.*, **20**, 173-185, 1968.
- Richards, K.J. and R.T. Pollard, Structure of the upper ocean in the western equatorial Pacific, *Nature*, **350**, 48-50, 1991.
- Wyrki, K., An Estimate of Equatorial Upwelling in the Pacific, *J. Phys. Oceanogr.*, **11**, 1205-1214, 1981.

E-mail address of K. Kozai [kouzai@cc.kshosen.ac.jp](mailto:kouzai@cc.kshosen.ac.jp)

higher efficiency of cold front motion and decrease of wind speed. This will be due to the decrease of cyclone of new mode and the increase of wind speed due to the cold front moving to the cyclone. In addition, the cyclone moves to the east and transports off the sea front. The cold front moves to the east and the cyclone movement of new mode makes the front move to the east and now it is moving to the south. The cold front moves to the east and the cyclone moves to the south.



## FY-11 を用いた南アジア域における対流活動の

### 日変化及び水蒸気変動の解析

（執筆者：山崎信雄）

南アジア域における対流活動の日変化及び水蒸気変動を、FY-11衛星による観測データを用いて解析する。対流活動は、一日のうち午前と午後で活動の強度が異なることが知られており、これは、太陽の位置による地表面の加熱強度の違いによるものである。また、水蒸気変動は、対流活動の強度や位置によって影響されることが予想される。そこで、対流活動の日変化と水蒸気変動の関係性について検討する。

まず、対流活動の日変化について見てみる。図1は、南アジア域における対流活動の日変化を示す。図1は、FY-11衛星による観測データを用いて作成されたものである。対流活動の強度は、白色の濃さによって示されている。午前中の対流活動は、午後の対流活動よりも強度が弱い。これは、午前の太陽の位置による地表面の加熱強度が午後よりも弱いことによる。また、午後の対流活動は、午前の対流活動よりも強度が強い。これは、午後の太陽の位置による地表面の加熱強度が午前よりも強いことによる。

**山崎信雄**

FY-IIを用いた南アジア域における対流活動の日変化及び水蒸気変動の解析  
高橋 清利・山崎信雄（気象研究所気候研究部）

**Current status of FY-2 (Feng Yun 2)**

- FY-2A June 1997 打ち上げ
- FY-2B 25 June 2000 打ち上げ  
現在運用中
- 位置 105E (45E–165E)
- Channel IR,WV,VIS
- FY-2C Spring of 2003
- FY-2D 2006




**Original plan**  
 FY-2データを用いたインド洋域・モンスーンの対流活動日変化の解析

• Meteosat-5 63E (13E–113E)  
 June 1998 以降

↓

Title1

GMS IR histogram data を用いた雲量長期変化・日変化の解析  
高橋 清利・山崎信雄（気象研究所気候研究部）

•これまで、領域平均したTBB、雲量が解析に主に使われている  
 •長期間の変動特性はこれから ex. 赤道域中部太平洋: CMAPで降水量減少

↓

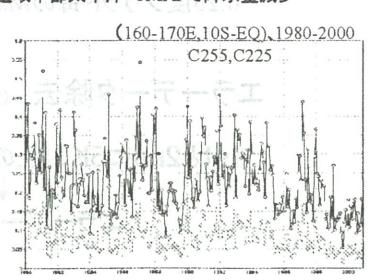
• 自然変動か否か？ 小雲量地域でcheck  
赤外はシャッター温度、宇宙空間温度で校正済み

↓

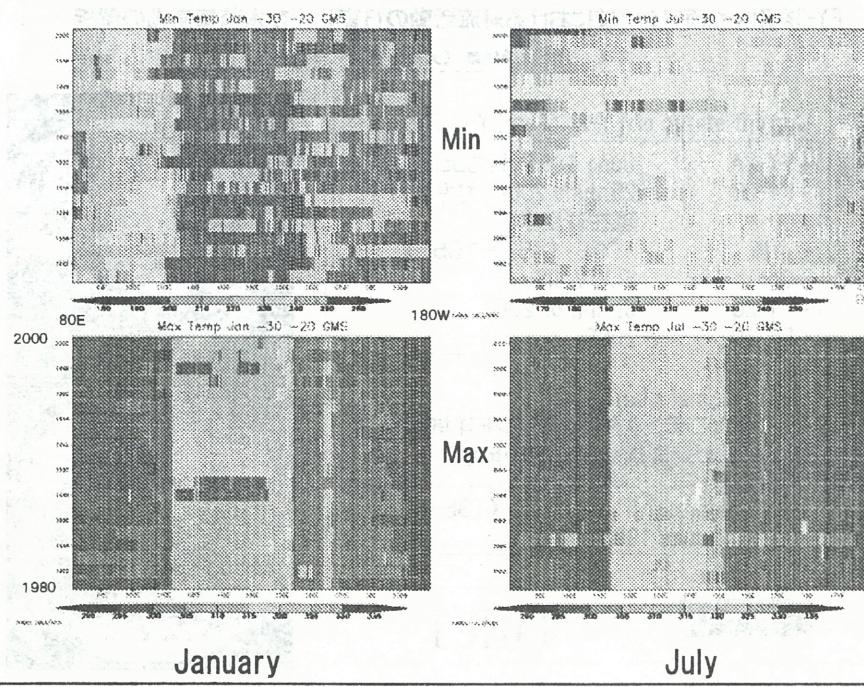
0.25度grid内の TBB minimum or maximum pixel値

目的
 

- 品質チェック
- Max/minの経年変化
- Max/minの日変化



南緯20-30度におけるTBB最大・最小ピクセル値の経度-時間断面



January

July

### 使用したデータ

0.25度グリッド GMS赤外ヒストグラムデータ (1980-2000)



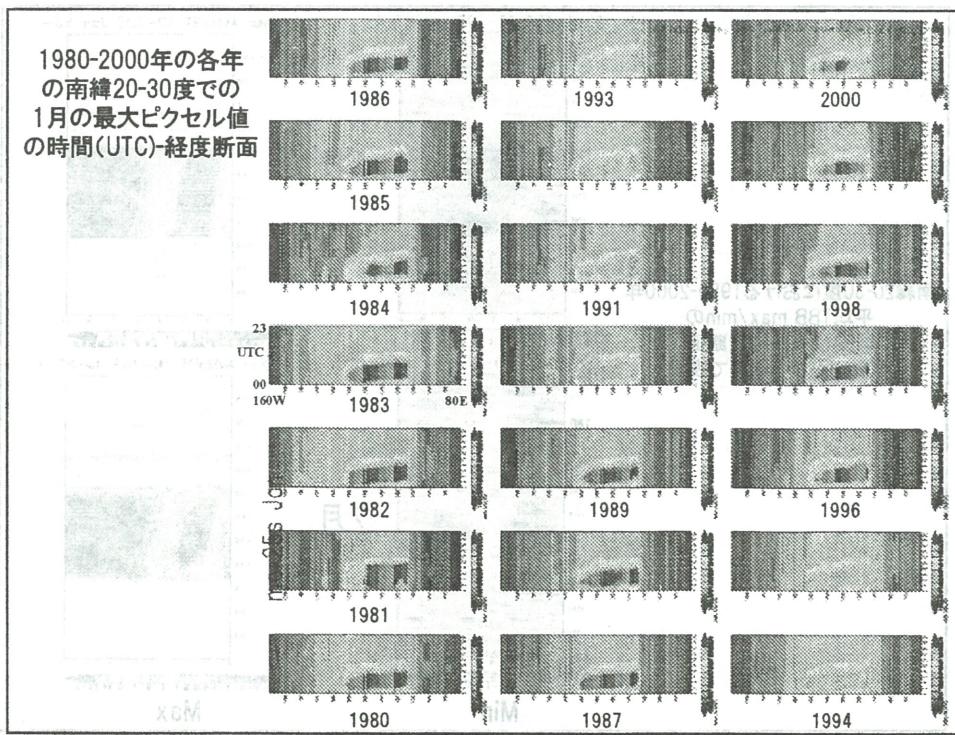
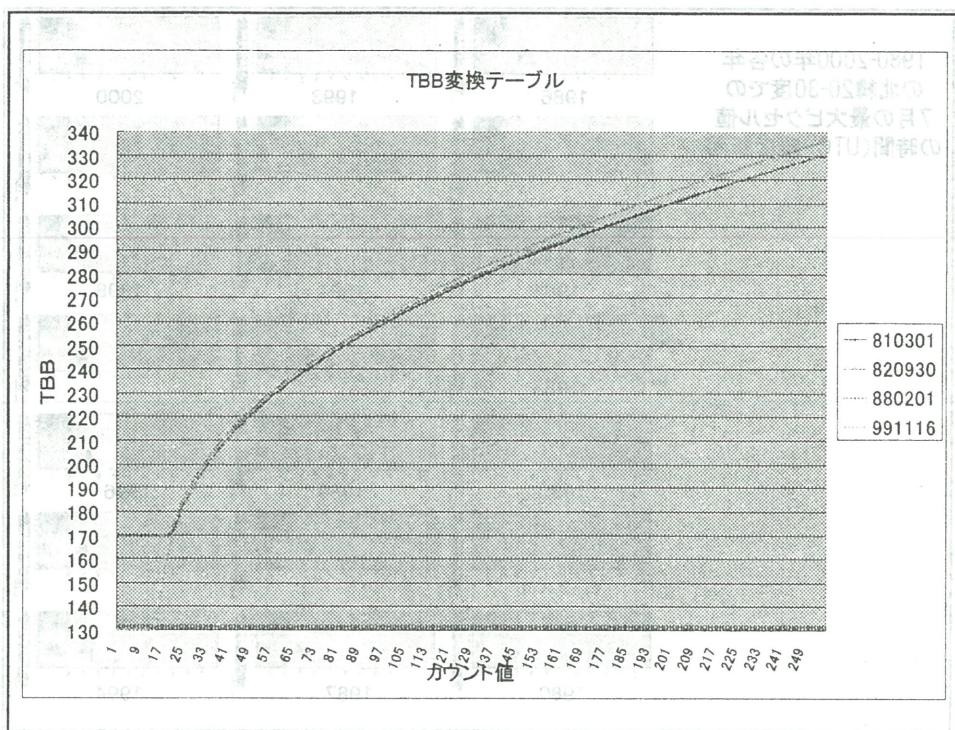
0.25度グリッド毎のMax/min TBBピクセル値を抽出

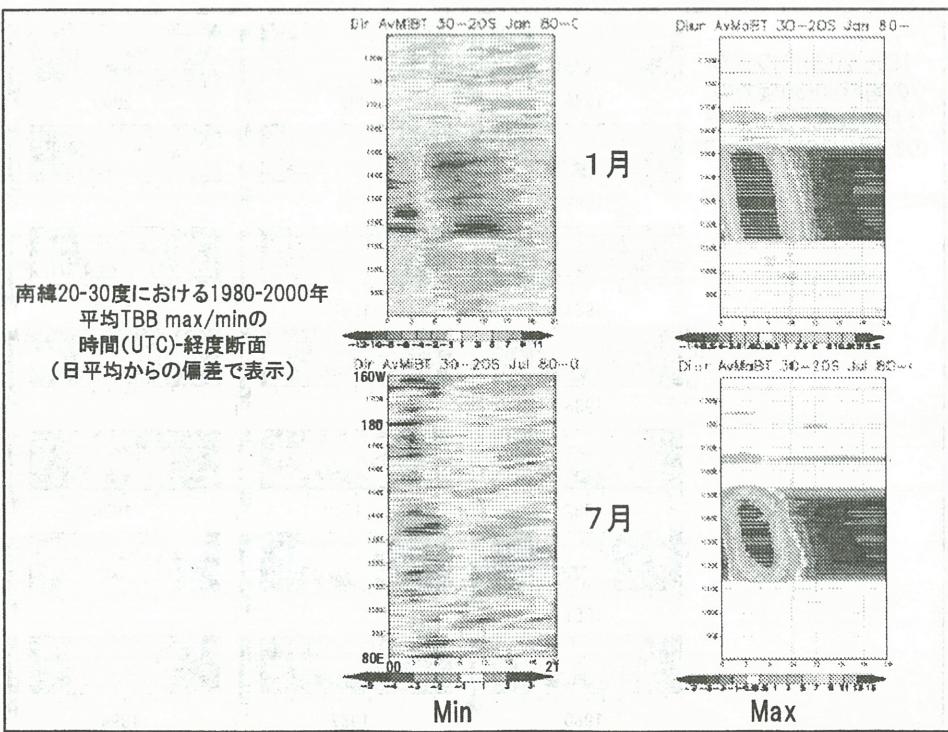
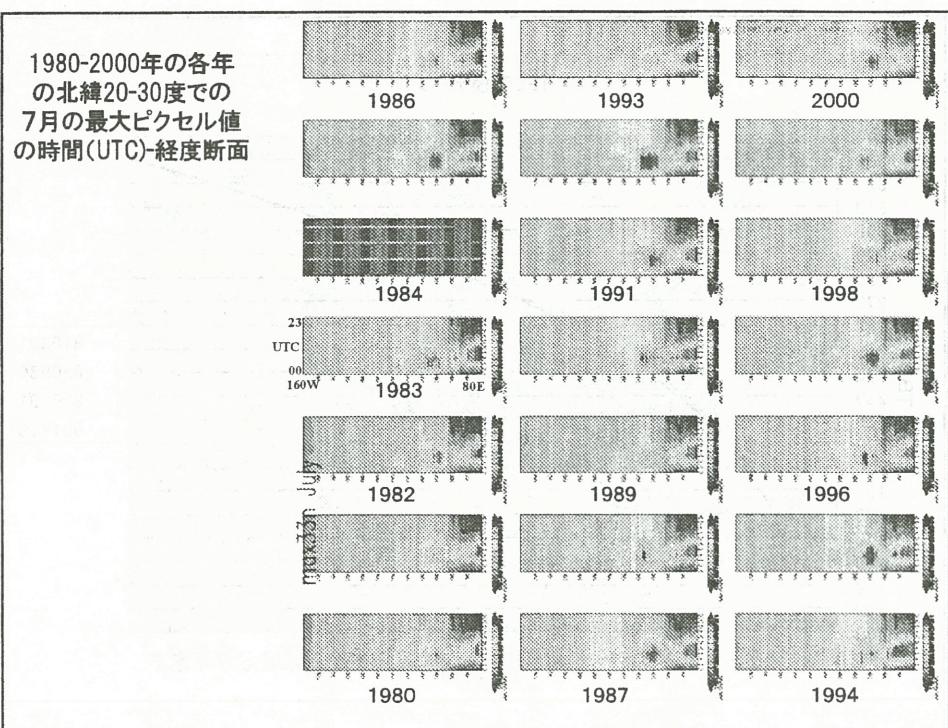
エラーデータ除去 (意外に多い)

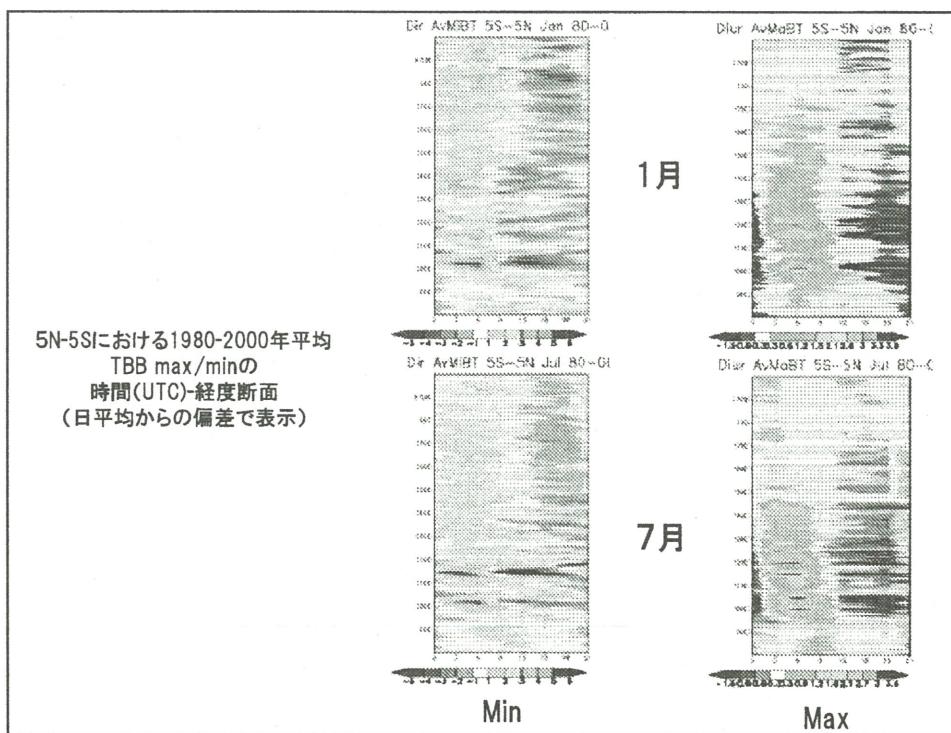
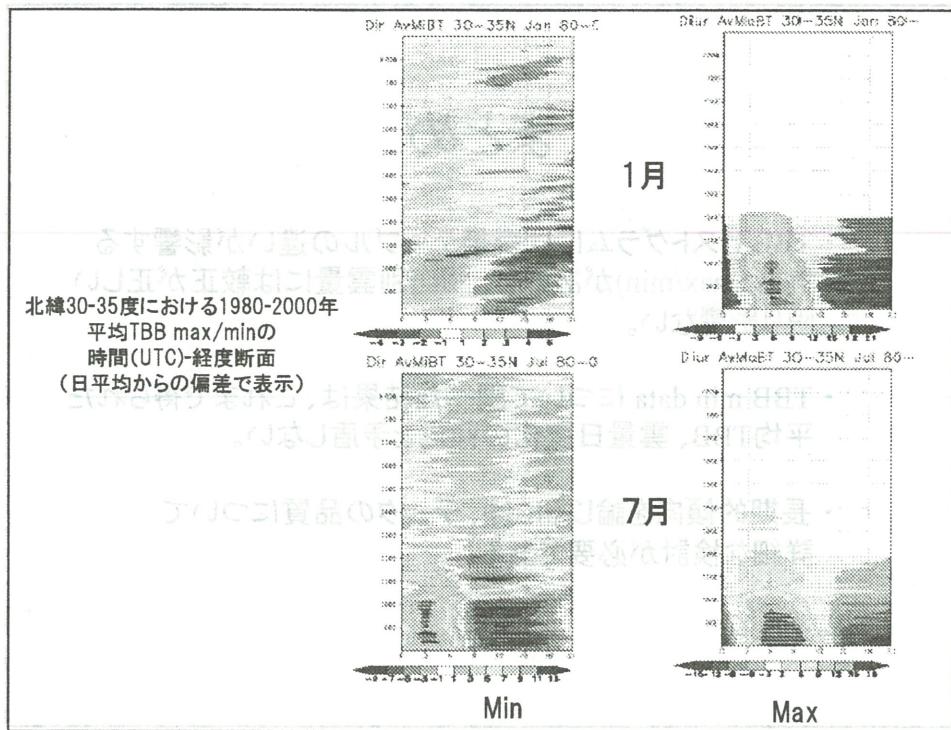
1stと2ndに5K以上の差がある場合、2ndデータを使用



エラーデータ除去





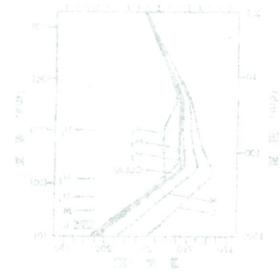


## まとめ

- ・TBB ヒストグラムには変換テーブルの違いが影響する場合(max/min)があるが、閾値別雲量には較正が正しい限り影響ない。
- ・TBB min data について調べた結果は、これまで得られた平均TBB、雲量日変化の傾向と矛盾しない。
- ・長期的傾向を論じるには、データの品質について詳細な検討が必要である。

# GMS-5 の $11\mu m$ と $6.7\mu m$ を用いた巻雲の 温度推定法の検証

井上豊志郎



井上豊志郎

# GMSの $11\mu\text{m}$ と $6.7\mu\text{m}$ を用いた 巻雲の温度推定法の検証

井上 豊志郎(気象研究所)

1. はじめに
2. アルゴリズム
3. LIDARとの比較
4. 事例紹介

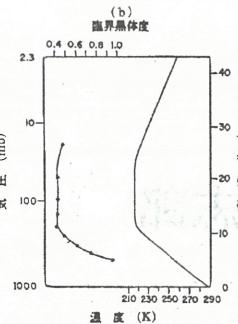
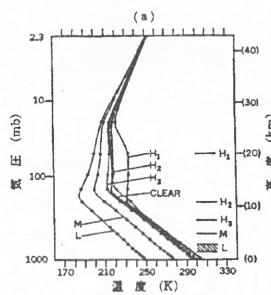
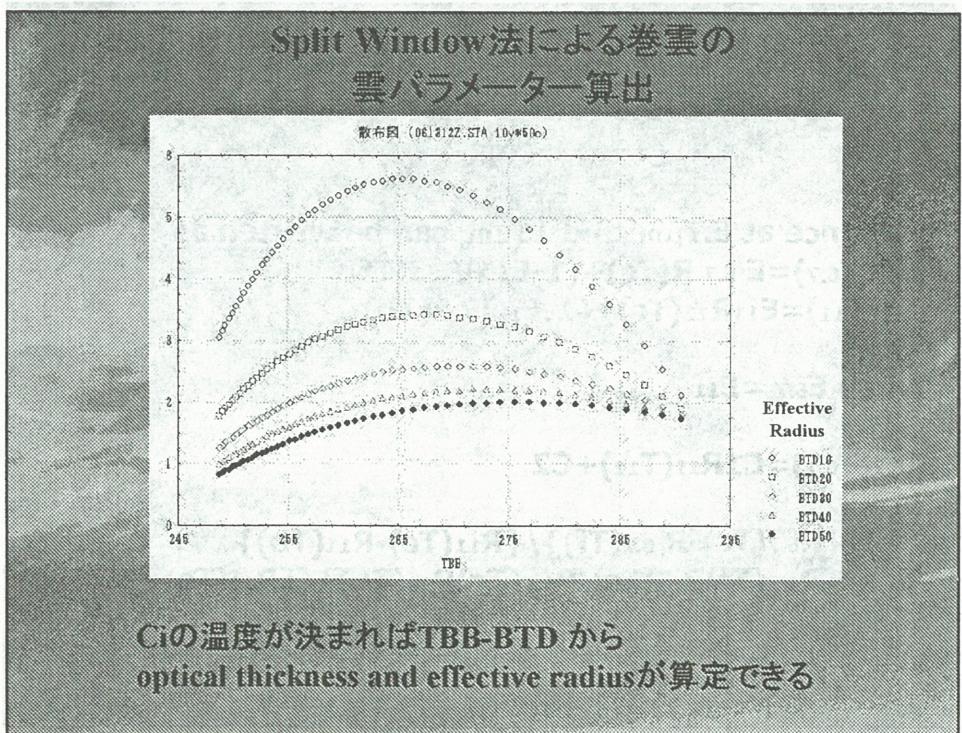
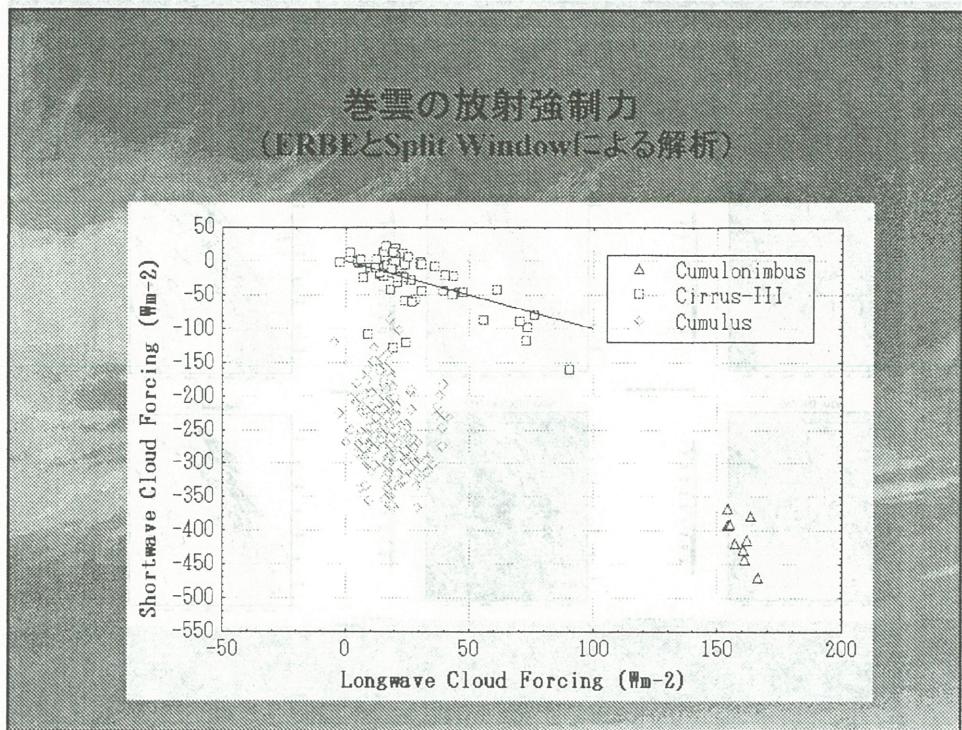
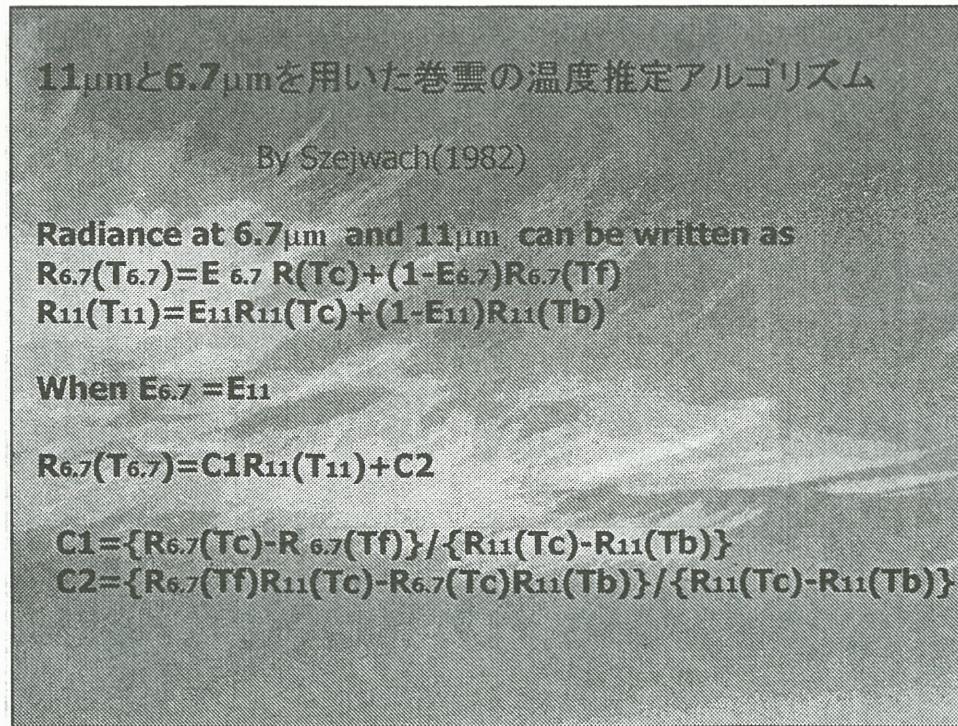
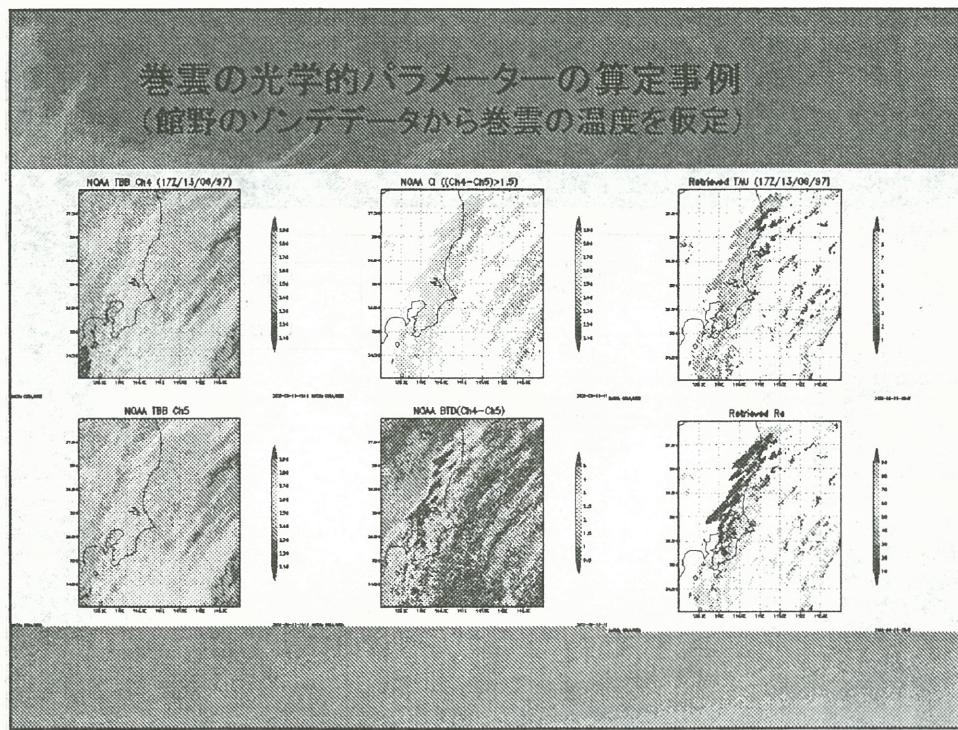
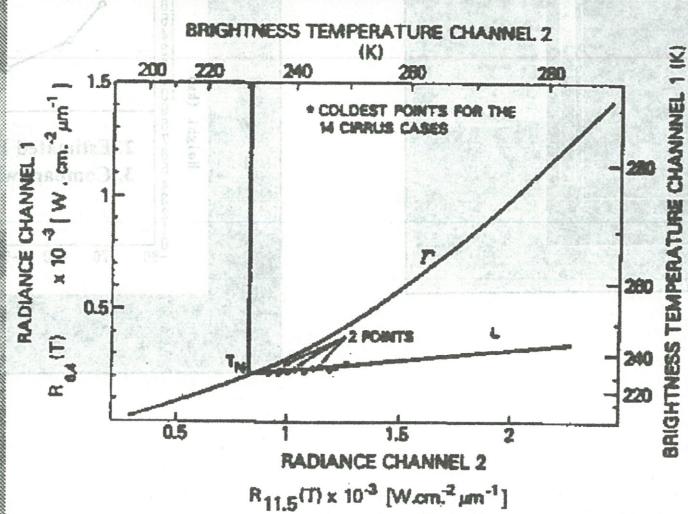


図 7.15 (a) : 放射・  
対流平衡モデルに見ら  
れる雲の影響。図の右  
側に、高層雲 ( $H_1, H_2,$   
 $H_3$ )、中層雲 ( $M$ )、低  
層雲 ( $L$ ) の位置を示す。  
(b) : 右側に示した標  
準大気の温度分布に対  
して、左側には雲が  
地表面を加熱する、  
じきの計算結果 (標準  
界層厚度) を高度の関  
数として示す。高度が  
大きいほど、小さな絶対  
値でも加熱作用をも  
つ。他の計算上の条件  
は図 6.22 と同じ。(真  
鍋とストリックラー,  
1964)





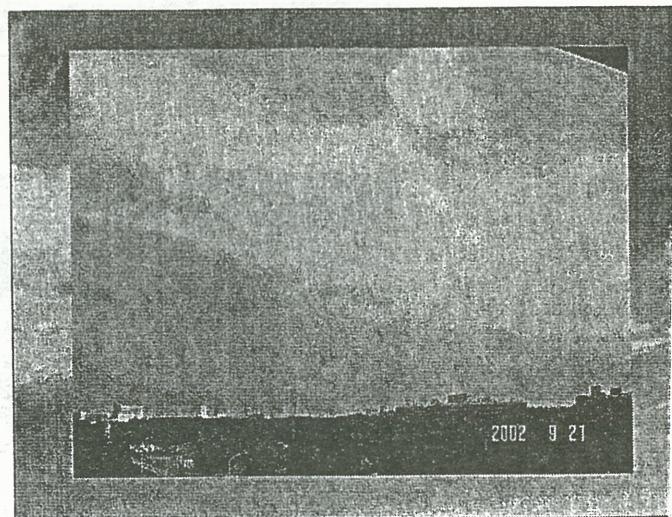
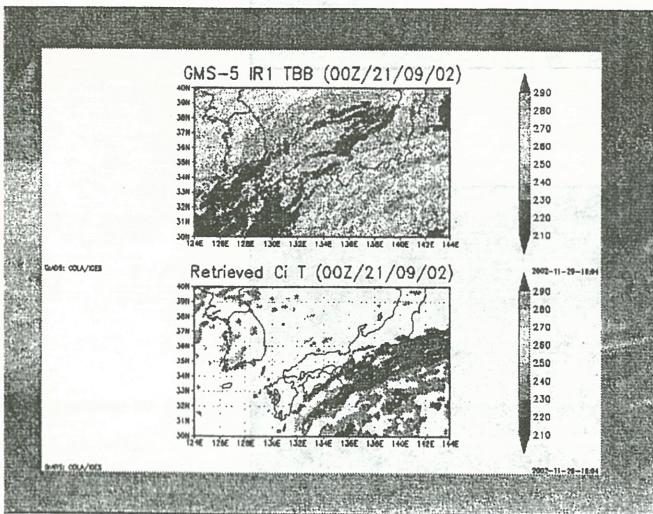
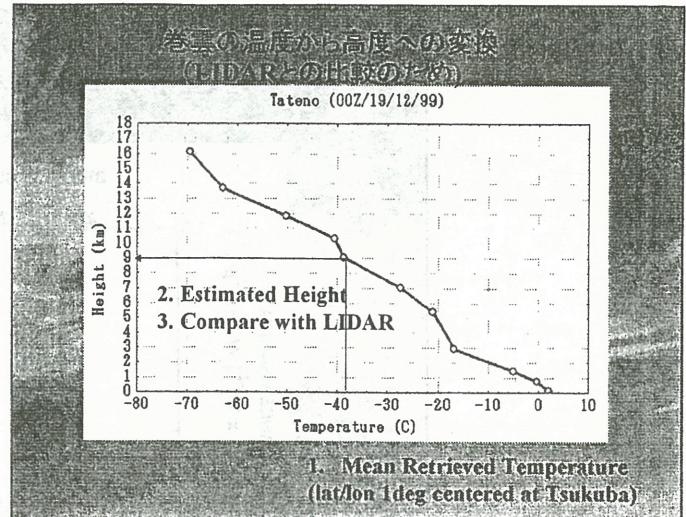
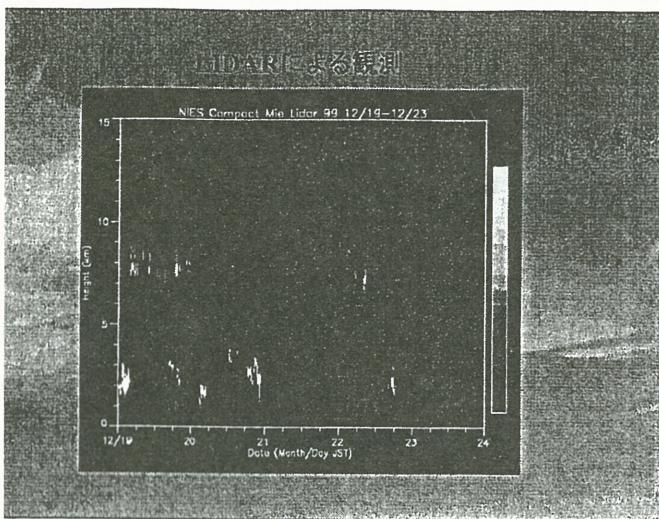
巻雲の温度は T と L の交点として求まる

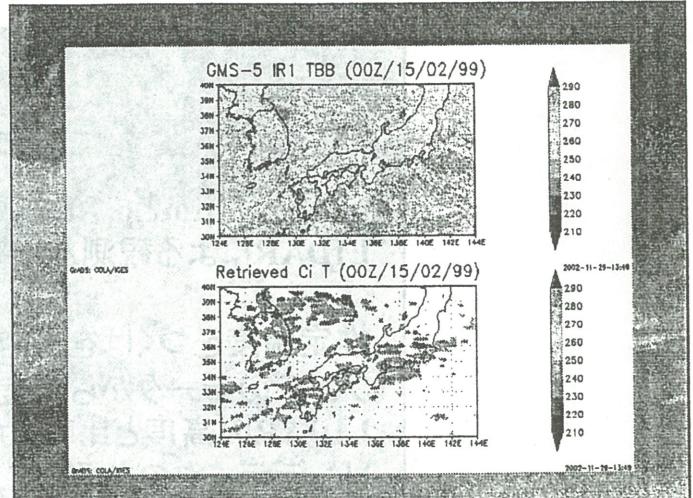
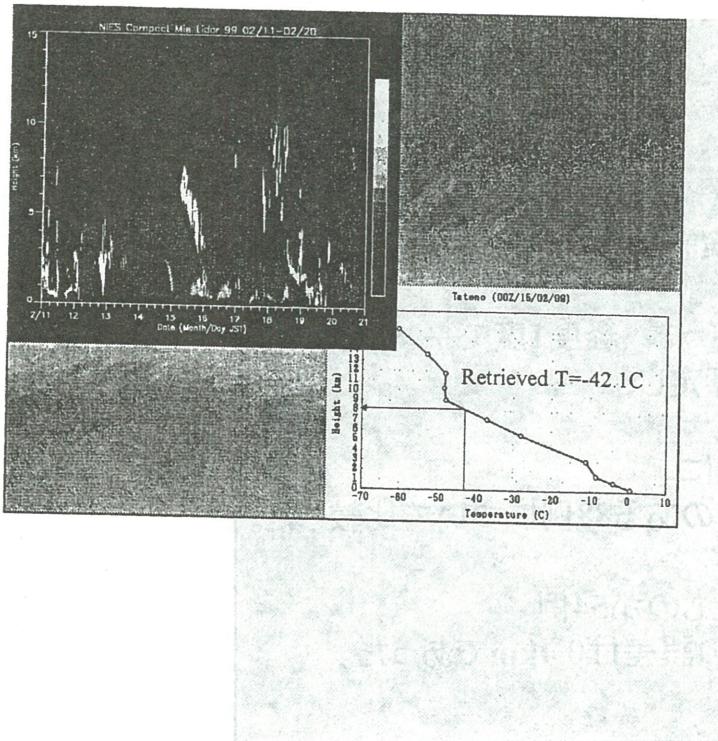
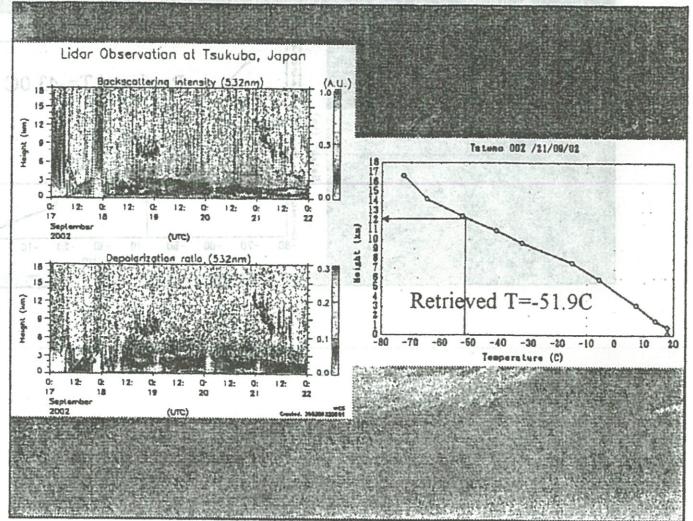
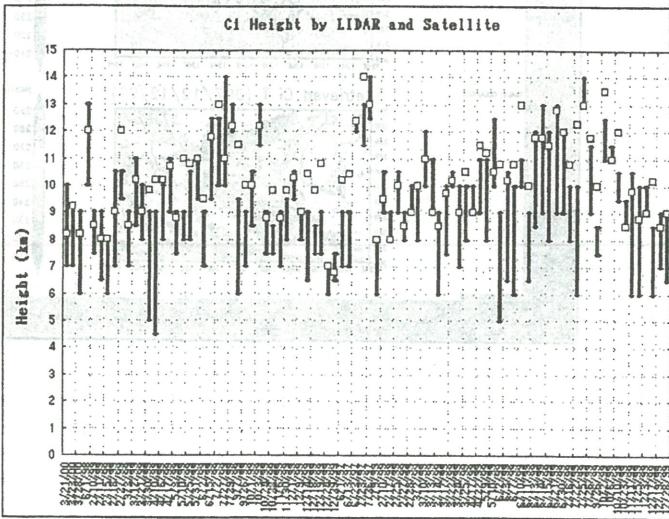


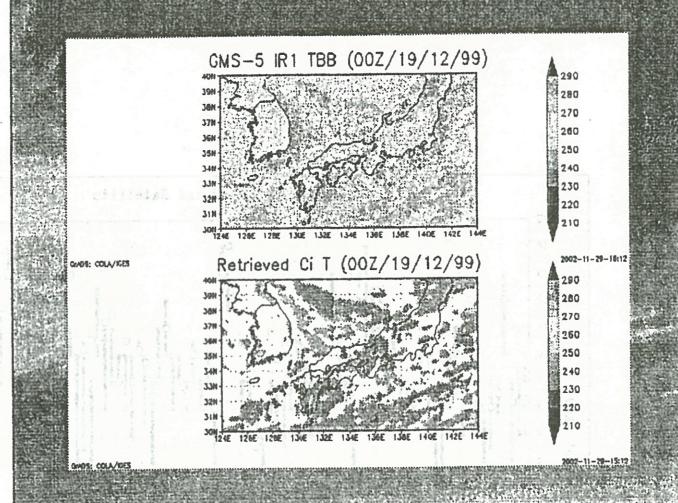
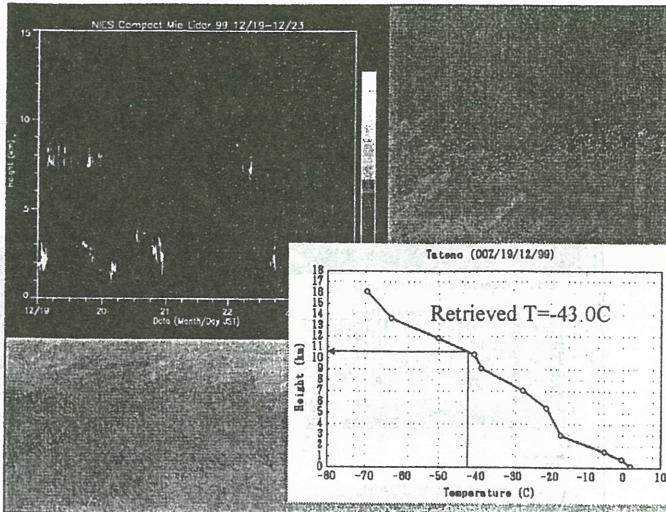
WV

COR>0.8  
のときTを算定

IR





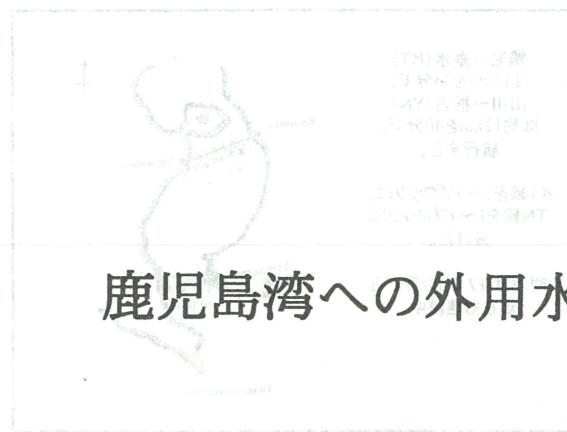


## まとめ

GMSの $11\mu\text{m}$ と $6.7\mu\text{m}$ を用いた巻雲の温度推定法を  
LIDARによる観測と比較・検証した。

推定温度をつくばを中心とする緯・経度1度で平均し、  
ゾンデのデータから高度を算定し、  
LIDARの高度と比較した。  
ゾンデデータのある00Z,12Zに  
LIDARにも巻雲のシグナルのある88例について比較した。

LIDARの高度に算定されたものが54例  
最大の誤差は2.5km、平均の誤差は0.4kmであった。



# 鹿児島湾への外用水の流入についての研究

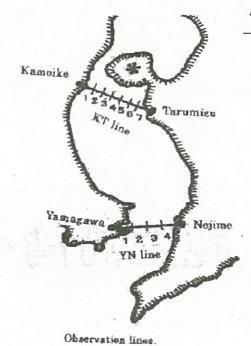
## 鹿児島湾への外洋水の流入についての研究

鹿児島大学・工学部  
櫻井 仁人  
鴻上 和彦  
山城 徹

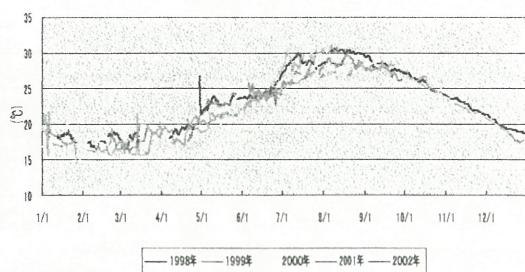
鴨池～垂水(KT)  
は14kmを35分で、  
山川～根占(YN)  
は約12kmを40分で、  
航行する。

KT線を1～7ブロックに、  
TN線を1～4ブロックに  
分けた。

観測は97年10月から  
現在も継続中。



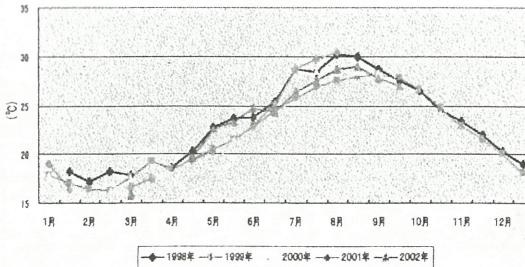
山川～根占  
水温(日平均)  
1998年～2002年



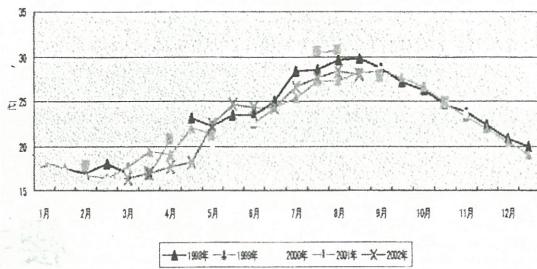
鴨池～垂水  
水温(日平均)  
1998年～2002年

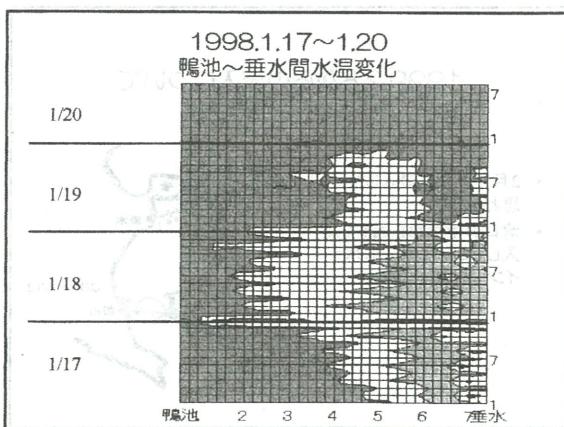
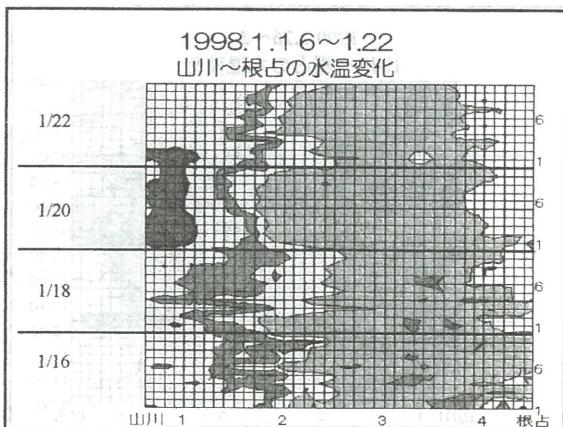
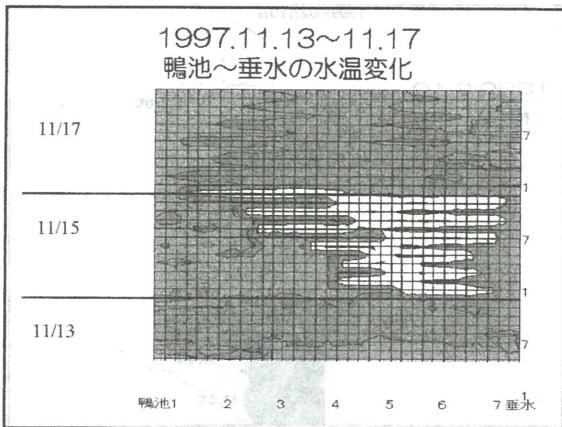
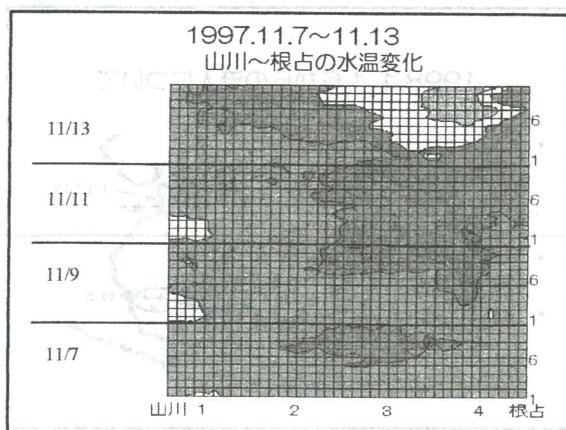
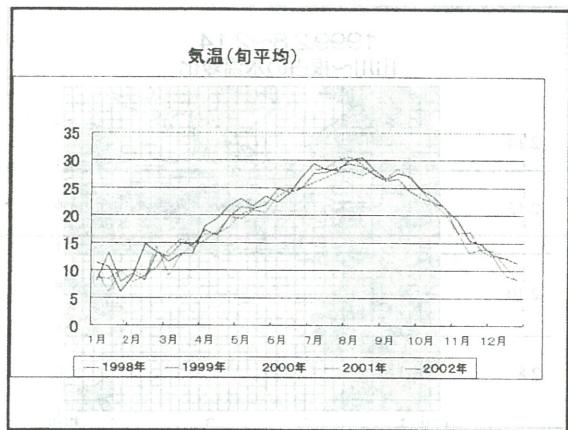


山川～根占  
水温(半月平均)  
1998～2002



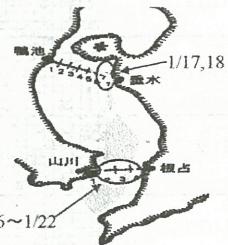
鴨池～垂水  
水温(半月平均)  
1998～2002



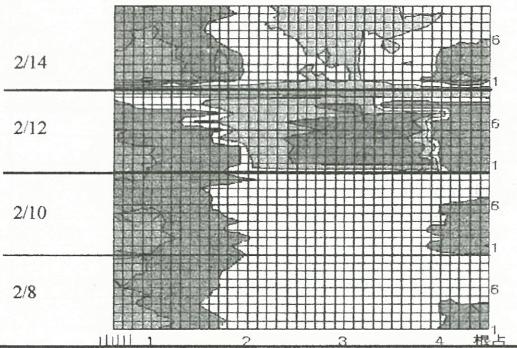


### 1998.1.16からの流入について

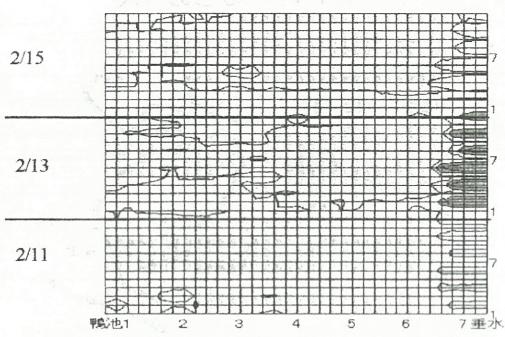
- 1/16から1/22にかけて、湾口では1週間近く流入が続いたように見える。
- 湾口全体から流入し、垂水沖に達している。
- 速度は約40cm/secであった。



### 1999.2.8~2.14 山川～根占の水温変化

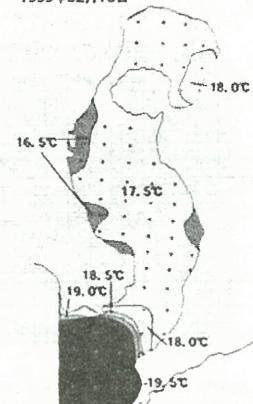


### 1999.2.11~2.15 鴨池～垂水間の水温変化



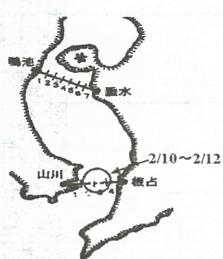
1999年2月10日

1999.2.10  
(NOAA)

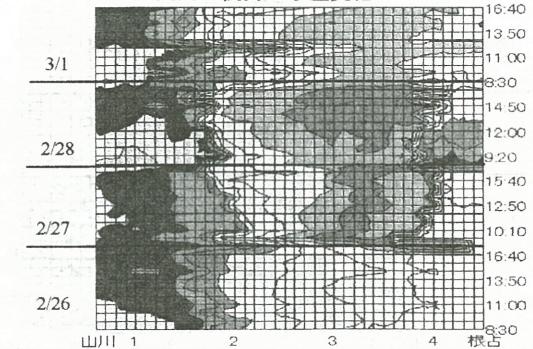


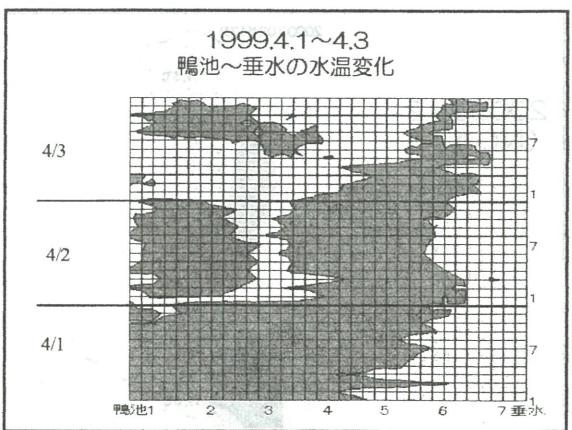
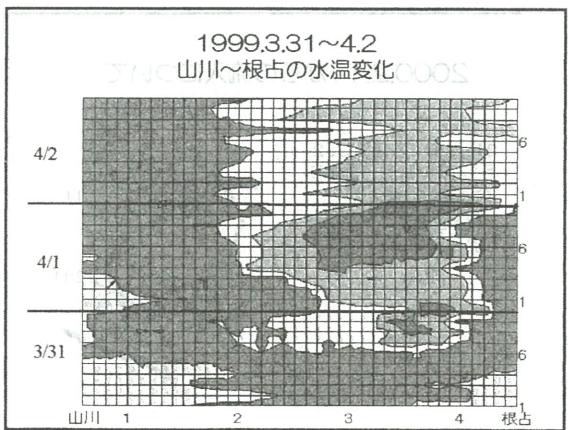
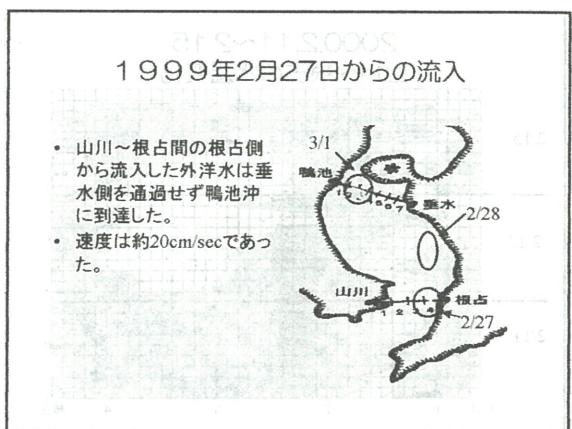
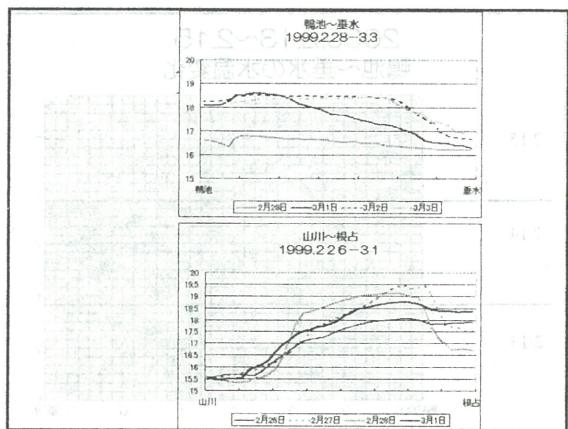
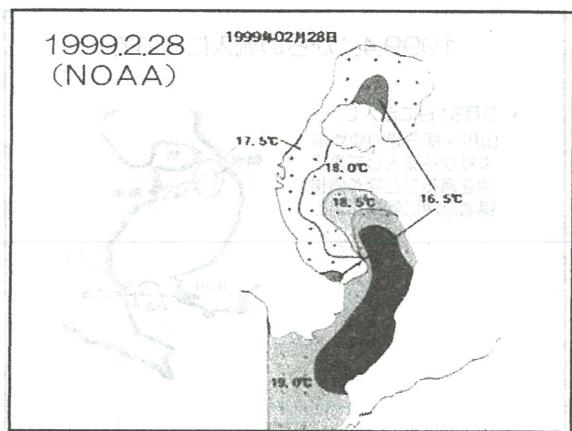
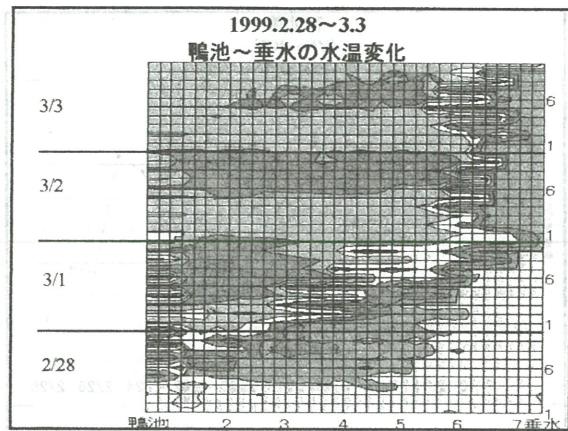
### 1999.2.8からの流入について

- 2月10日夜に流入したと思われる。
- 湾口の中央部を通って流入したが、鴨池～垂水ラインに到達しなかった。



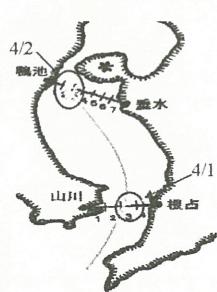
### 1999.2.26~3.1 山川～根占の水温変化



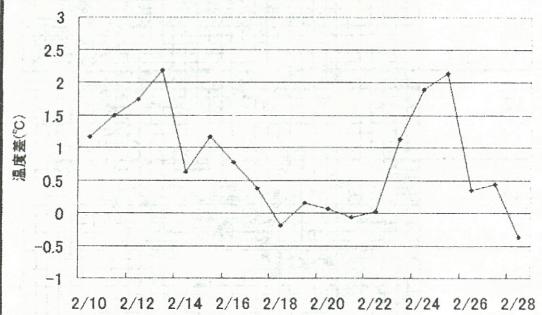


### 1999.4.1からの流入について

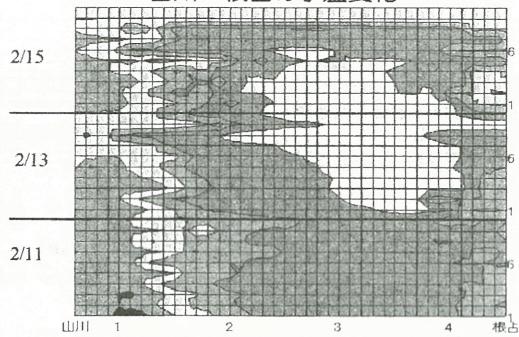
- 3月31日に流入し、山川～根占間のやや東よりから流入して垂水沖を通過することなく直接鴨池港沖に到達した。



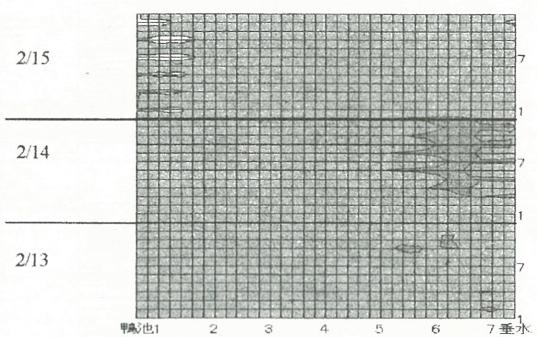
南北差  
(YN-KT)  
2000年



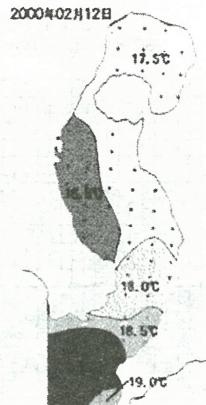
### 2000.2.11～2.15 山川～根占の水温変化



### 2000.2.13～2.15 鴨池～垂水の水温変化

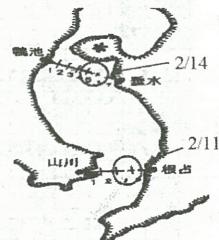


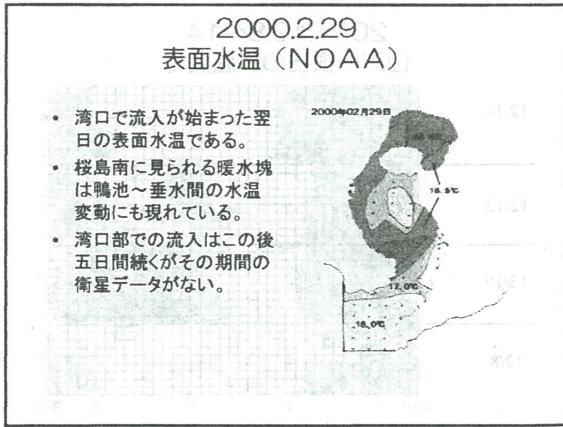
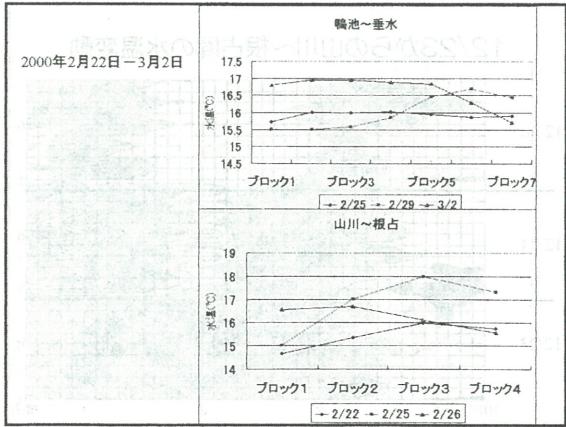
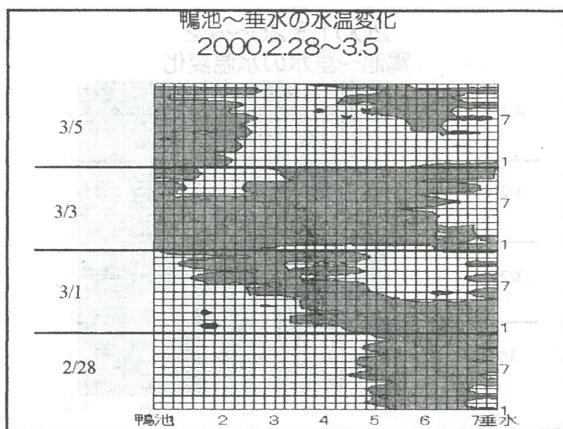
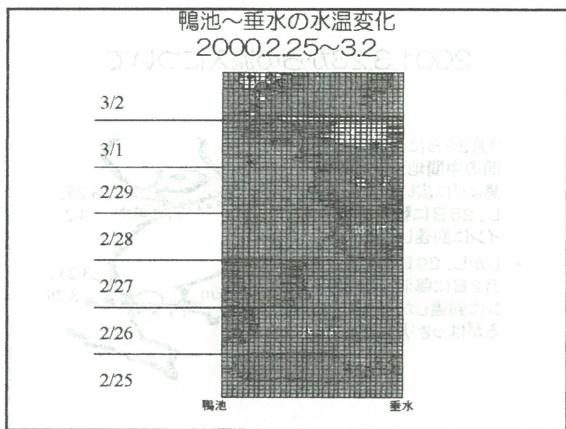
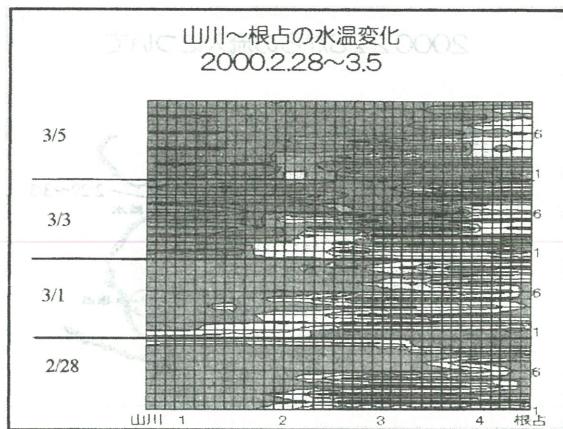
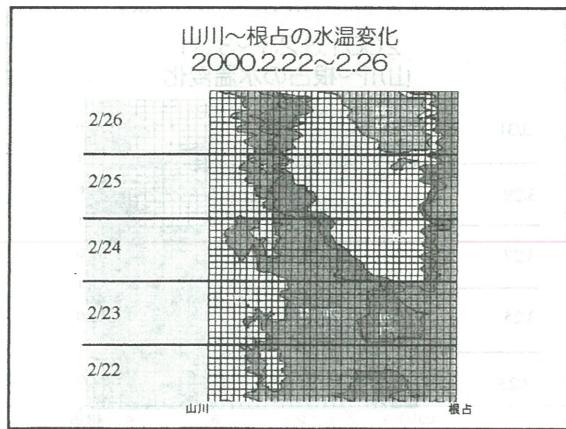
### 2000.2.12 (NOAA)



### 2000.2.11からの流入について

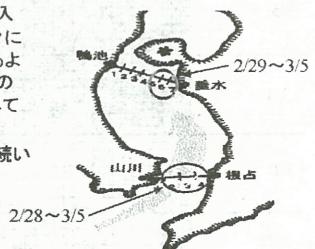
- 2月11日ごろ流入し、2月14日に鴨池～垂水ラインに到達した。
- このときは湾口東よりも流入していた。



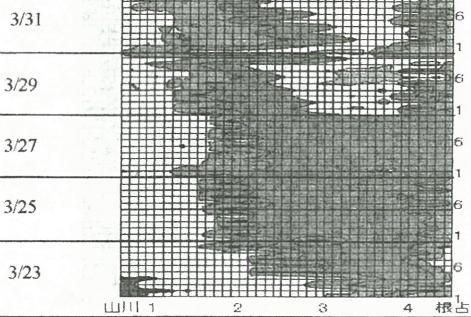


### 2000.2.28からの流入について

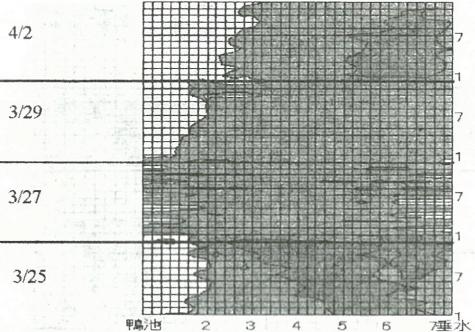
- 2月28日からの流入は山川沖から徐々に湾口全体に広がるよう流入し始めその後垂水沖に到達している。
- 1週間近く流入が続いた。



### 2001.3.23~3.31 山川～根占の水温変化

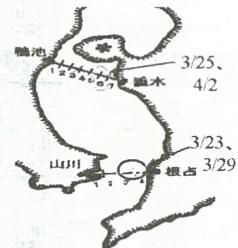


### 2001.3.25~4.2 鴨池～垂水の水温変化

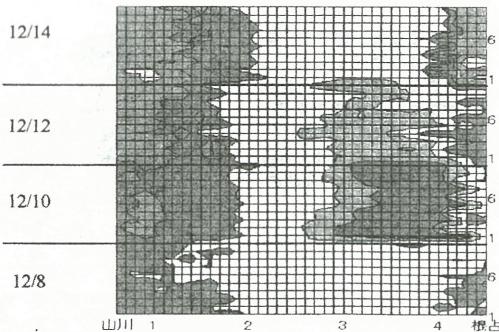


### 2001.3.23からの流入について

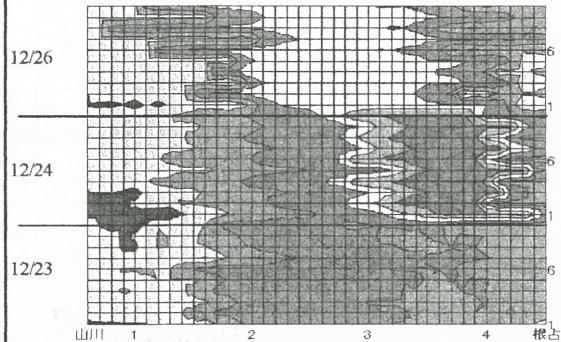
- 3月23日に山川～根占間の中間地点より大隈半島より広い範囲で流入し、25日に鴨池～垂水ラインに到達している。
- しかし、29日の流入は4月2日に鴨池～垂水ラインに到達したように見えるがはっきりはしない。



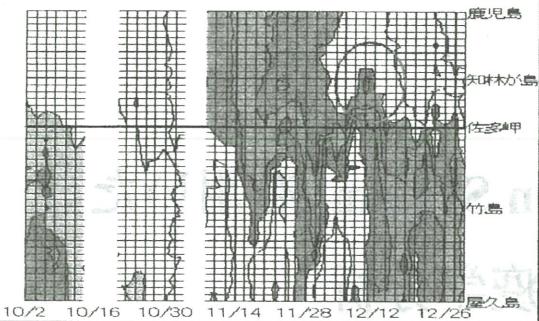
### 2001.12.8~14 山川～根占の水温変化



### 12/23からの山川～根占間の水温変動

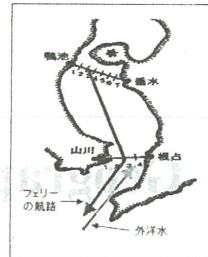


2001年10月～12月

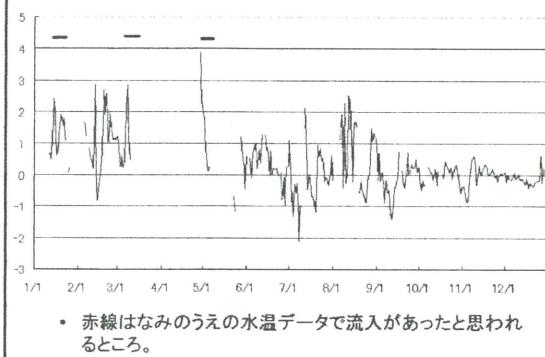


### フェリー航路と外洋水の流路

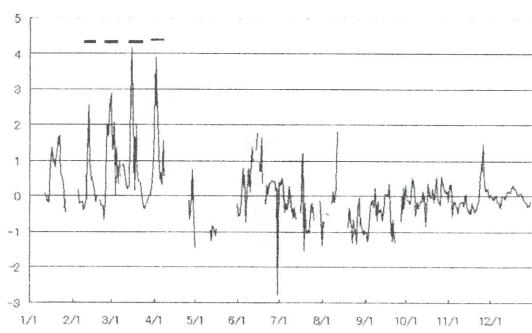
フェリーなみのうえは鹿児島湾の中央を走っているため外洋からの水が大隅半島に沿って流入したときはそれが水温にあらわれることがない。また南北差をとっても流入が見えないときでも流入していることがある。そのとき外洋水は鴨池～垂水ラインには到達していない。



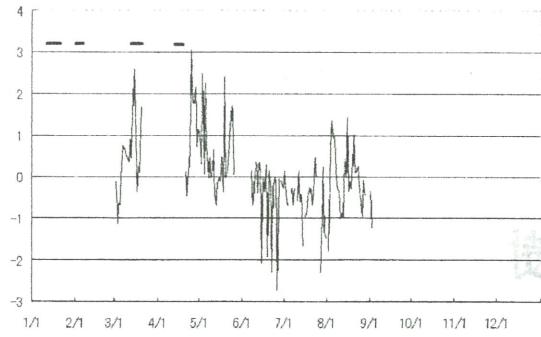
1998年南北差



1999年南北差



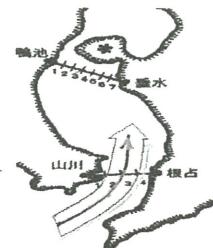
2002年南北差



### 流入のパターン

今回の測定で得られた流入のパターンは以下のとおりである

- ・ 湾口東部からの流入 →
- ・ 湾中部から流入 →
- ・ 湾口全体からの流入 →



研究会発表論文集第一回

平成17年6月10日

## Geographical Information System を用いた 高齢者の行動疫学分析

杉森裕樹

**Global positioning systemを用いた高齢者の行動疫学分析**

高齢者行動疫学分析  
研究会  
開催地：日本  
会場：聖マリアンナ医科大学  
主催者：杉森裕樹  
聖マリアンナ医科大学  
予防医学  
杉森裕樹  
第5回CEReS環境リモートセンシングシンポジウム  
021220

**背景**

- 高齢化社会を迎え、高齢者の快適社会を形成支援することが重要である。
- 保健福祉ニーズを分析する上で、高齢者特有の抑うつや所見により出現する行動変化・異常の検討が不十分である。
- 非侵襲的なGPS(Global positioning system, Satellite-based navigation system)は、徘徊老人支援システムにおいて既に商用化されている。

第6回CEReS環境リモートセンシングシンポジウム 021220

**目的**

■ GPSを用いて、非侵襲的に、高齢者の行動分析をし、行動変化・異常に繋がる要因を検討する

高齢者行動疫学分析  
研究会  
開催地：日本  
会場：聖マリアンナ医科大学  
主催者：杉森裕樹  
聖マリアンナ医科大学  
予防医学  
杉森裕樹  
第5回CEReS環境リモートセンシングシンポジウム  
021220

**GPS及びPHSの一般的な比較**

位置把握方法	GPS	PHS
位置把握方法	衛星(24個)電波を受信 座標(経度・緯度)で把握可	PHS公衆基地局と交信 最寄りの基地局位置で把握
利用可能域	衛星電波受信可能域 (屋内、ビルの谷間、地下 は利用不可)	PHSサービスエリア (離地などサービスエリア外は 利用不可)
位置情報精度	数10～100m 補正手段が複数開発	数100m
リアルタイム	連続受信可	不可(最短間隔1分間)
携帯性	軽量、小サイズで携帯可 単体でGPSログ記録可	軽量、小サイズで携帯可 (PHS) 但し付加システムを考慮せず
運用システム	不要(維持費も安価)	追加システム(いまどこ サービス等)を要する

第6回CEReS環境リモートセンシングシンポジウム  
021220

**GPS 使用条件による受信状況の差**

天空に開けた  
（良好な環境）  
コート上に  
置かれた  
（遮蔽）  
コートの庇（オーニング）  
内に置かれた  
（遮蔽）  
コートの庇（オーニング）下に  
置かれた  
（遮蔽）

天空のよく開けた地点で採取  
(最良の環境)

各々の条件で3分間受信し、  
最も受信状態のよい瞬間を  
表示。

GPS 環境リモートセンシングシンポジウム 021220

**GPSによる最高移動速度の検討**

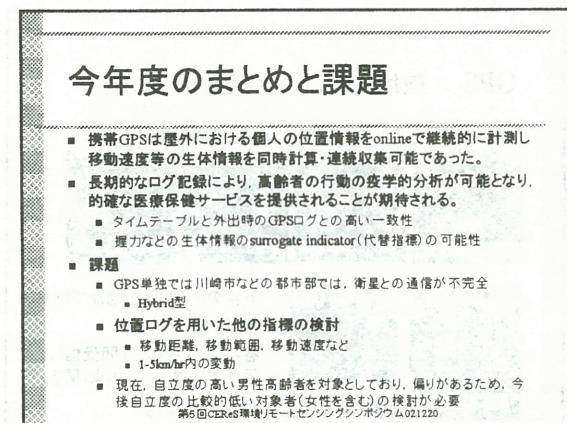
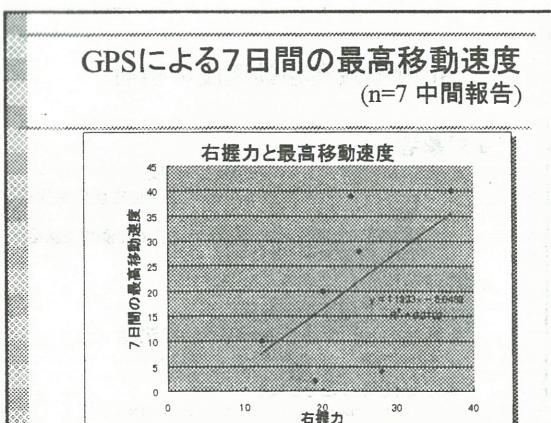
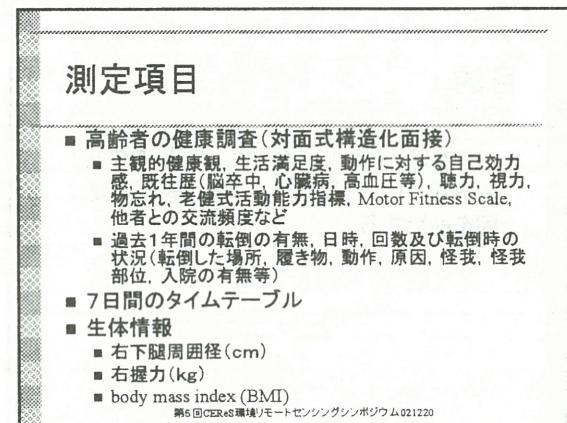
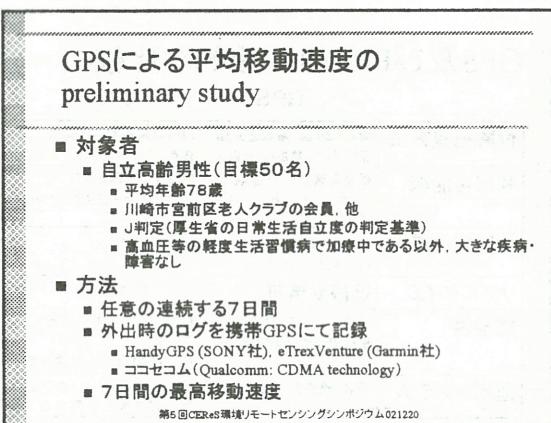
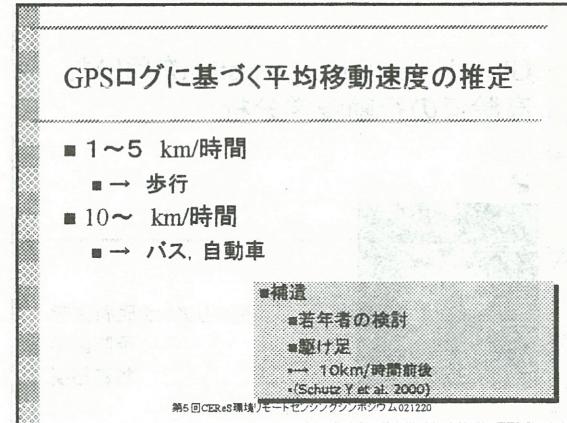
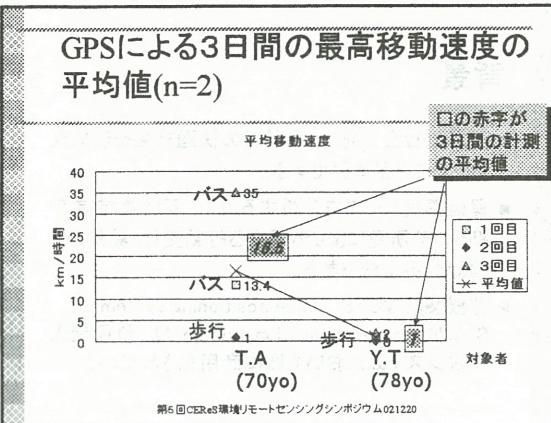
**対象者**

- 自立高齢女性2名(70歳と78歳)
- 両者ともJ判定(厚生省の日常生活自立度の判定基準)
- 高血圧(70歳)、骨粗鬆症(78歳)で加療中であるが他は大きな疾病・障害なし

**方法**

- 任意の連続する3日間
- 外出時のログをHandyGPSにて記録
- その日の最高移動速度をプロット
- 移動距離なども課題

GPSによる最高移動速度の検討  
研究会  
開催地：日本  
会場：聖マリアンナ医科大学  
主催者：杉森裕樹  
聖マリアンナ医科大学  
予防医学  
杉森裕樹  
第6回CEReS環境リモートセンシングシンポジウム  
021220



葉面ワックスが可  
能性を示す。一方で、アーバン農業の  
現状を踏まえ、アーバン農業の発展に貢献する  
ためには、アーバン農業の特徴を理解する  
ことが重要である。

# 葉面ワックスが 可視・近赤外反射特性に 与える影響に関する基礎研究

## 近赤外反射特性に

志篤口桶

## 葉面ワックスが可視・近赤外反射特性に与える影響に関する基礎研究

\* 桑口 篤志(名古屋大学地球水循環研究センター・助手)  
大田 啓一(名古屋大学地球水循環研究センター・助教授、現:滋賀県立大教授)

CEReS 対応教官:三輪先生



### 背景(というより、なぜ申請したのか?)

- ・昨年度のHyARCセミナー... 桑口が研究紹介(リモセン)  
→ 大田先生とその後議論  
→ “葉がストレスを受けるとなんちやんちやんちやらのフラックスをだす”との話。それが分光反射特性には現れるのか?
- ・酸性雨が植生に与える影響 (立ち枯れ, etc...)  
→ 酸性雨によって葉面ワックスが剥がされる?  
・木村ほか(2000): 雨濡れによる作物葉の分光反射特性と植生活性度指数. 水文・水資源学会誌, 13(5), 355-3561.  
“VVI\*[本研究で示した指標]の変化の要因が葉内水分量だけではないことが明らかになった。今後は葉内水分量以外の他の要素(クロロフィル含有量、葉面のワックスや毛茸量など)を含めてVVI\*の変化についての検討する必要がある。”(← 最後の部分を引用)  
→ 良く分かっていないらしい。とりあえず測ってみよう

### 葉面ワックスをどう剥がす?

1. アセトンにつける... アセトンに対して溶性が高い。数秒付けるだけで剥がれる。
2. ジクロロメタンにつける... アセトンよりも毒性が強い。葉をより痛める可能性がある。

#溶けだしたワックス量の同定(今回行えなかった)  
多くの標本をアセトンにつけ、その増加量を測定。

### 測定概要

- ・観測日... 28/Jun./2002, 23/Jul./2002 (2回)
- ・採取場所... 名古屋大学キャンパス内、フラックス計測サイト  
都市林: 観測地点の概要是以下を参照:  
(小栗・檜山(2002): 都市二次林におけるCO<sub>2</sub>・熱フラックスの季節変化、水文水資源学会誌, 15(3), 264-278.)
- ・採取種
  1. コナラ(*Quercus serrata* Thunb), 高層木、落葉広葉樹
  2. ヒサカギ(*Eurya japonica* Thunb), 中～下層木、常緑、陰葉
  3. シャシャンボ(*Vaccinium bracteatum* Thunb)  
中～下層木、常緑、陰葉
  4. ソヨゴ(*Ilex pedunculosa* Miq.), 中～下層木、常緑、陰葉
  5. アラカシ(*Quercus glauca* Thunb), 下層木、常緑、陰葉  
サンプリング... 各種5～10枚の葉をサンプリング。

### 実際の観測手順(CEReS所有のField Specを借用)

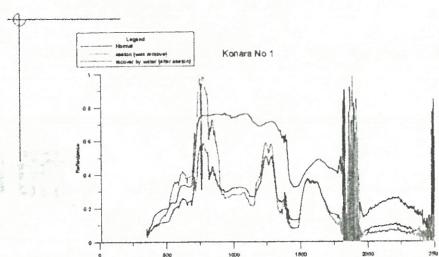
1. 何も処置していない個葉の分光反射を測定(Normal)  
(各種毎に3枚実施)
2. アセトンに10秒dippingした直後に計測(Ase)
- (種毎に3枚実施)
3. ジクロロメタンに10秒dippingした後に計測(Gigu)
- (種毎に3枚実施)
4. 2. Or 3. を施した個葉を水に10-20秒dippingした後に計測(water)
5. 計測終了後、計測に使用した葉の撮影(28/Jun.のみ)  
・28/Jun... Reference モード(White ReferenceはCEReSのもの)  
(1 → 2. → 3. → 4. と行ったサンプルもある)  
・23/Jul.... Radiance モード(大気吸収補正、dark currentの基準計測)

# Field Spec のOptimizeは5サンプル計測後、毎回実施。

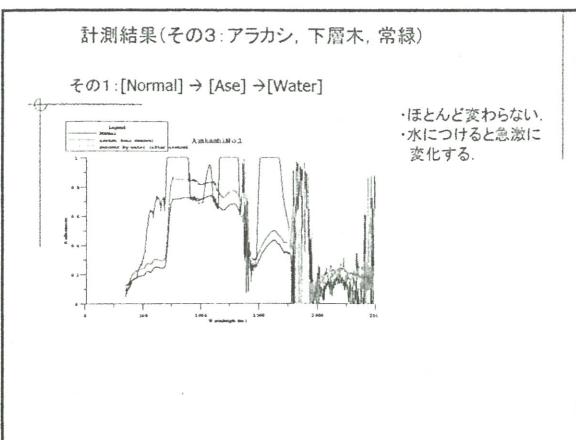
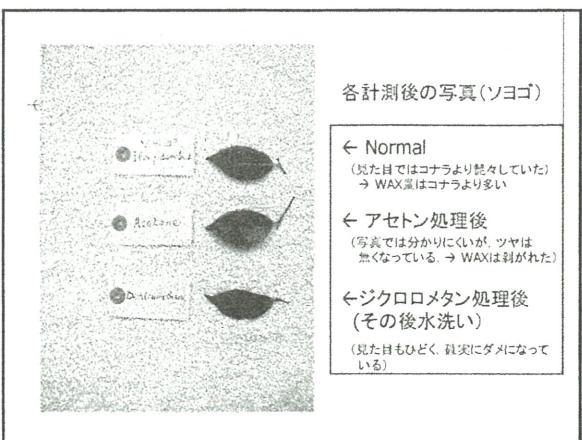
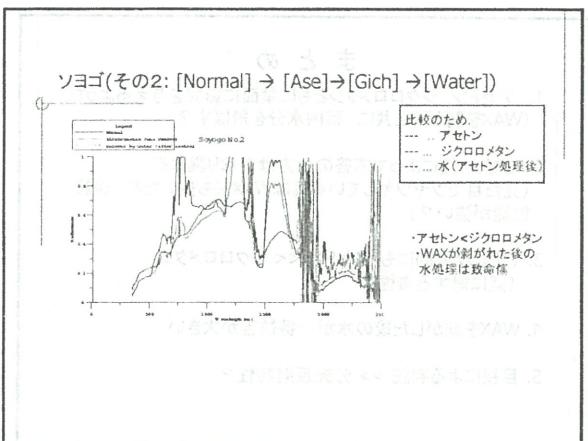
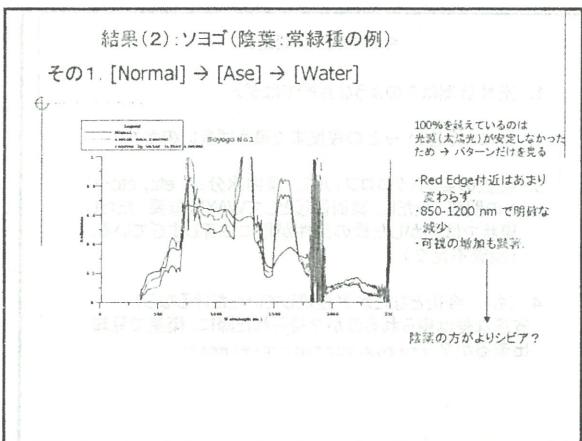
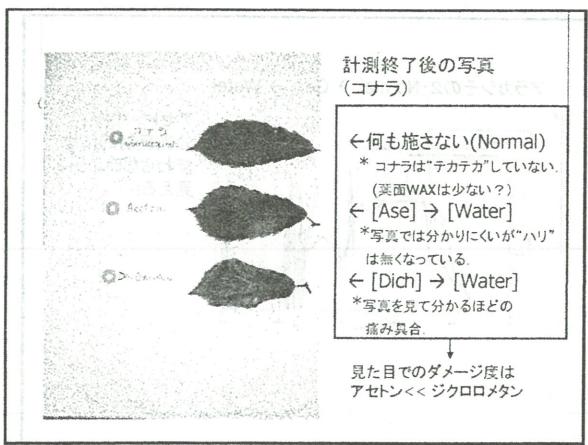
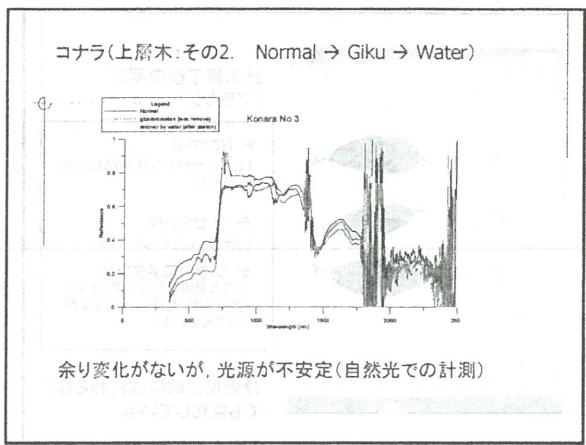
# Sampling time ... 設定では10 sample per data value. 植物分化時間... 5 Sec. 10 Sec.

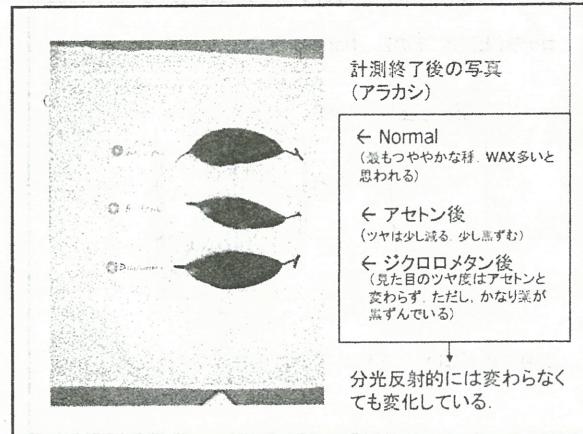
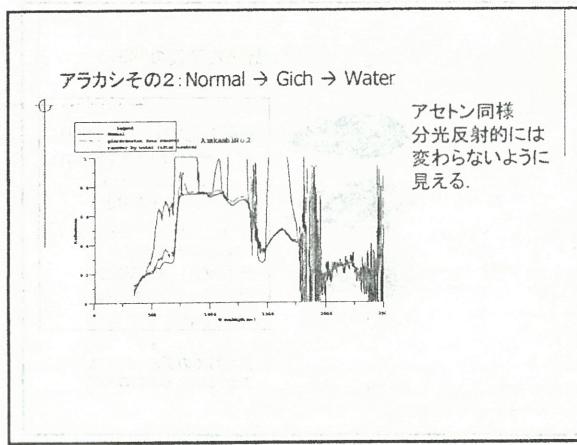
### 結果(28/Jun: Reference mode 計測)

1. コナラ(上層木、落葉樹: その1. Normal → Ase → Water)



近赤外の反射率が急激に減少した例。特にwater dipping後に顕著。





- ### まとめ
1. アセトン、ジクロロメタンとともに葉面に影響を与えるようだ  
(WAXを剥がすと共に、葉内水分を飛ばす?)
  2. ただし、種によって応答の仕方はかなり異なる  
(見た目でツヤツヤしている葉はWAX量も多いため、保護機能が強い?)
  3. (分光反射的にも)アセトン << ジクロロメタン。  
(葉に対する毒性)
  4. WAXを剥がした後の水が一番被害が大きい。
  5. 目視による判読 >> 分光反射特性?

- ### 今後の課題・問題点
1. 室外計測はこのような目的ではダメ。
  2. 種による違い→どの程度まで追えば良いのか?
  3. 複数の要因(クロロフィル量・葉内水分量、etc, etc...)との関係。ただし、葉面保護としてWAXは重要。ただし、現状では剥がした後の条件が種に依存しすぎている。(調査不足?)
  4. (もし、今後どなたかが継続していただけるなら)  
有意な差は得られるのか? 得られた際に、衛星で見知  
出来るか?(まずは度外情として生物学的なアプローチで攻める?)

# 定期的に撮影したデジタルカメラ像の色彩学的 解析による水田収穫量予測に関する研究

岩壠

功

定期的に撮影したデジタルカメラ像  
の色彩学的解析による水田収穫量  
予測に関する研究

岩垣 功・浅井辰夫  
(静岡大学)

解析対象水田

位置： 静岡県藤枝市仮宿63  
静岡大学農学部附属  
地域フィールド科学教育研究センター  
栽培テーマ：

持続的、循環型、環境保全型  
水稻生産を目的とする

異なる5種類の農法

- No. 1. レンゲ区： 無農薬、 無化学肥料栽培
- No. 2. MOA区： 無農薬、 無化学肥料栽培  
： 無農薬、 無化学肥料栽培
- No. 4. 慣行区： 有農薬、 有化学肥料栽培
- No. 5. 無肥料区： 有農薬、 無科学肥料栽培

No. 1. レンゲ区： 10年目

栄養源： 緑肥レンゲ、 稲ワラ(全量)  
レンゲ播種 前年の10月26日  
粉碎刈り 5月8日  
耕起・混入 5月27日  
レンゲ生草重 3.00t/10a  
レンゲ乾草重 516kg/10a  
雑草防除： 機械除草と手取除草

No. 2. MOA区： 9年目

栄養源： 粕殻堆肥、 菜種粕、 稲ワラ(全量)  
粕殻堆肥、 菜種粕施用 5月27日  
粕殻堆肥 380kg/10a  
菜種粕 75kg/10a  
耕起・混和 5月28日  
雑草防除： 機械除草と手取除草

： 7年目

栄養源： 牛糞堆肥、 稲ワラ(全量)  
6年目まで牛糞堆肥を0.4~1.5t/10a施用  
本年はNo. 1に準ずる綠肥レンゲ  
レンゲ粉碎刈り 5月8日  
レンゲ混入 5月27日  
雑草防除： 機械除草と手取除草

## No. 4. 慣行区：長年

栄養源：化学肥料、土壤改良材、稻藁(半量)

## 化学肥料

基肥 8・18・14化成 60kg/10a

穗肥 16・8・14化成 20kg/10a

土壤改良材 160kg/10a

病害虫防除：3回

雑草防除：除草剤散布 6月11日

## No. 5. 無肥料区：5年目

栄養源：一切無し

病害虫防除：3回

雑草防除：除草剤散布 6月11日

## 2002年耕種概要

春耕：3月12日(慣行区と無肥料区のみ)

耕起：5月27～28日

代掻き：6月1日

田植え：6月3, 4日(慣行区)に

「ひとめぼれ」の21日苗を機械移植

中干し：7月11～21日

収穫：9月25, 26日



## 調査項目

生育調査：定点3カ所で各10株を週毎測定

草丈、茎数、葉色値

成熟時調査

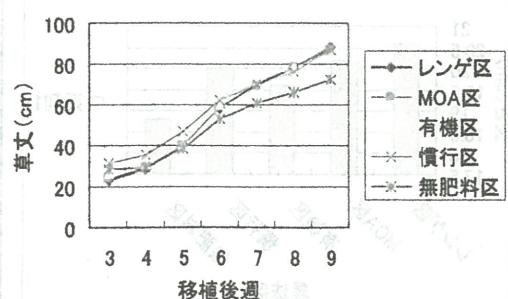
## 立毛調査

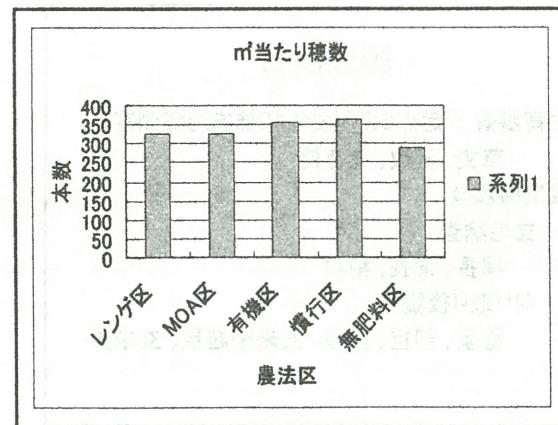
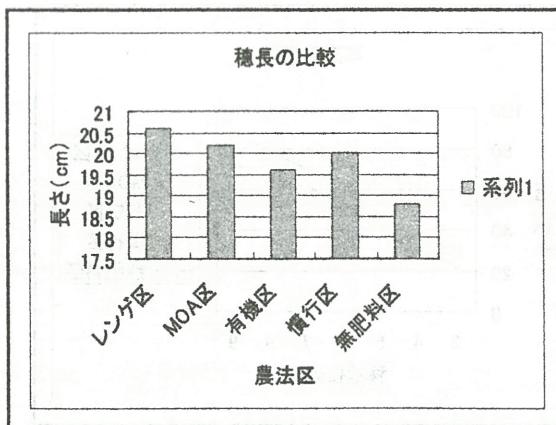
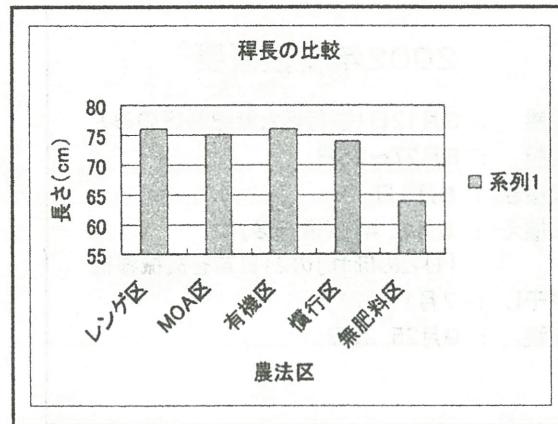
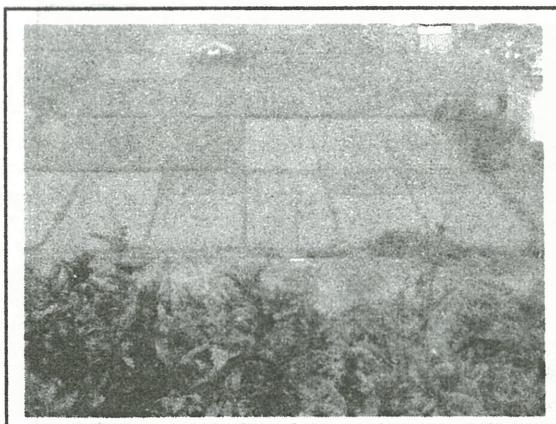
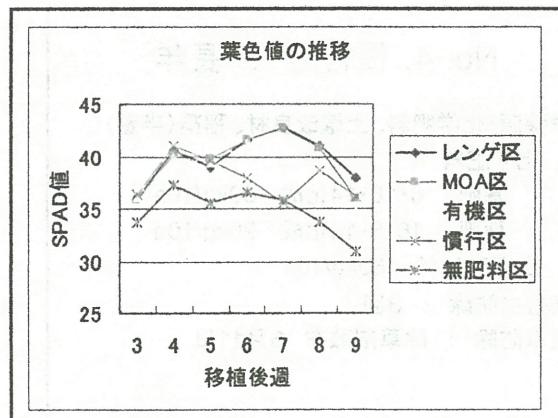
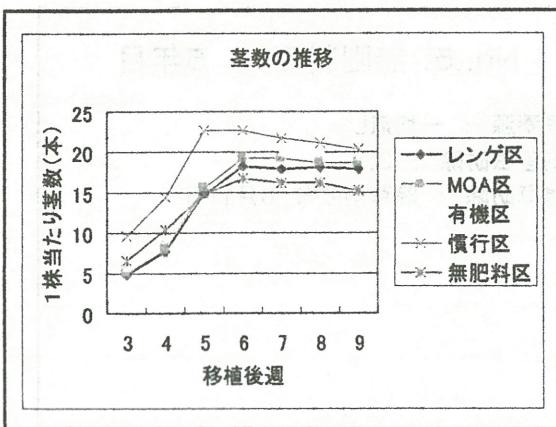
稈長、穗長、穗数

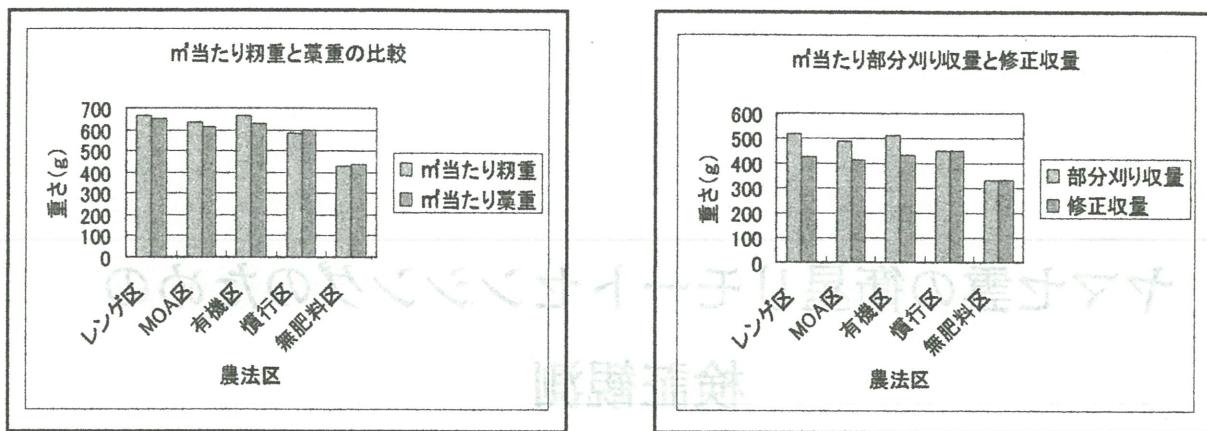
## 刈り取り後調査

穂重、粉重、稈重、玄米千粒重、玄米重

## 草丈の推移







## 二五便歟

ヤマセ雲の衛星リモートセンシングのための  
検証観測

浅野正二

# 環境リモートセンシング 研究会

## 平成14年度共同研究課題: ヤマセ雲の衛星リモートセンシングのための検証観測研究

### 2002.6のヤマセ集中観測

浅野正二, 吉田幸生, 長澤亮二

(東北大学 大気海洋変動観測研究センター)

高村民雄

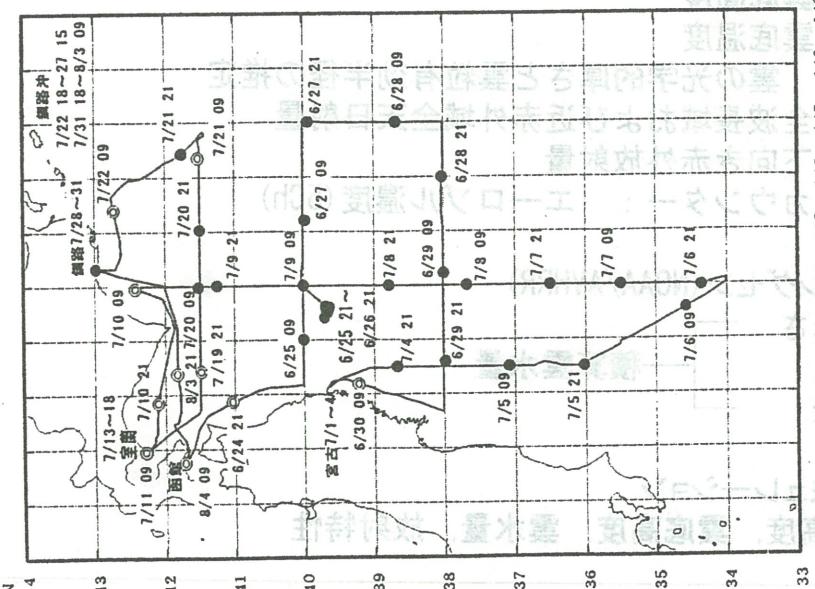
(千葉大学 環境リモートセンシング研究センター)

(東北大学 大気海洋変動観測研究センター)

### ヤマセ共同観測

- 平成14年度高風丸によるヤマセ集中観測
- 目的: 三陸沖のヤマセ特有の大気構造や気団変質過程の調査
- 参加機関: 仙台管区気象台  
函館海洋気象台・高風丸  
東北大学大気海洋変動観測研究センター
- 日時: 2002.06.24 (函館出航) ~ 07.01(宮古入港)
- 観測場所: 三陸沖海上

◎: 海上気象観測  
●: 海上気象観測及び高層気象観測



## 東北大学グループの観測

- ・目的：NOAA衛星データによるヤマセ雲のリモートセンシングと数値モデルによる雲シミュレーションの検証用観測データの取得。
- ・測器：降雨時を除いて、動作・測定はおおむね良好。
- ・観測結果：6/25～6/26にヤマセ模様の気圧配置となるものの、高風丸船上ではヤマセ雲の観測は空振り（NOAA衛星との同期観測ならず）。ただし、数値シミュレーション用の検証データを得る（特に、霧形成）。
- ・将来計画：2～3年検証観測を継続。

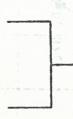
## 東北大学観測項目

### ◎ 測器

マイクロ波放射計（千葉大CEReS）：可降水蒸気量、積算雲水量  
シーロメータ：雲底高度  
放射温度計：雲底温度  
雲放射計(3Ch)：雲の光学的厚さと雲粒有効半径の推定  
全天日射計：全波長域および近赤外域全天日射量  
赤外放射計：下向き赤外放射量  
パーティクル・カウンター：エーロゾル濃度(5Ch)

### ◎ 衛星リモートセンシングセン(NOAA/AVHRR)

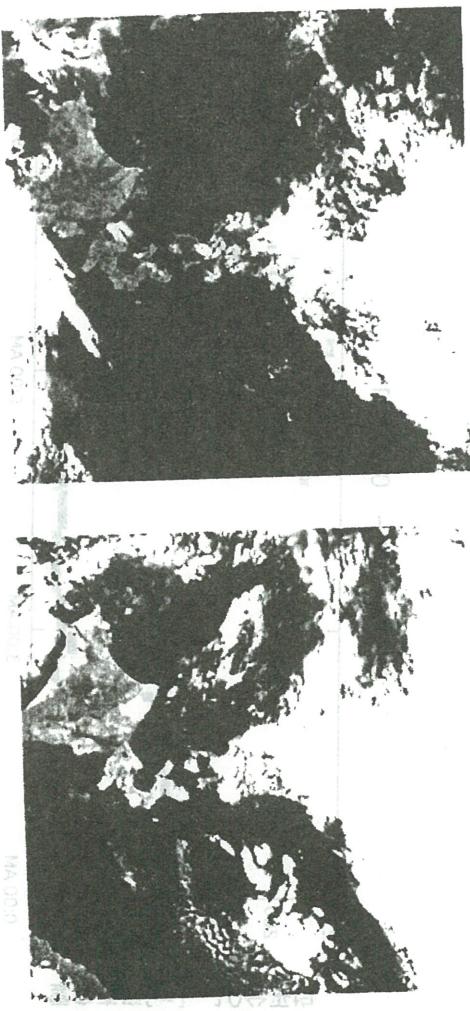
雲の光学的厚さ  
雲粒有効半径



### ◎ ヤマセ雲の数値シミュレーション

雲分布、雲頂高度、雲底高度、雲水量、放射特性

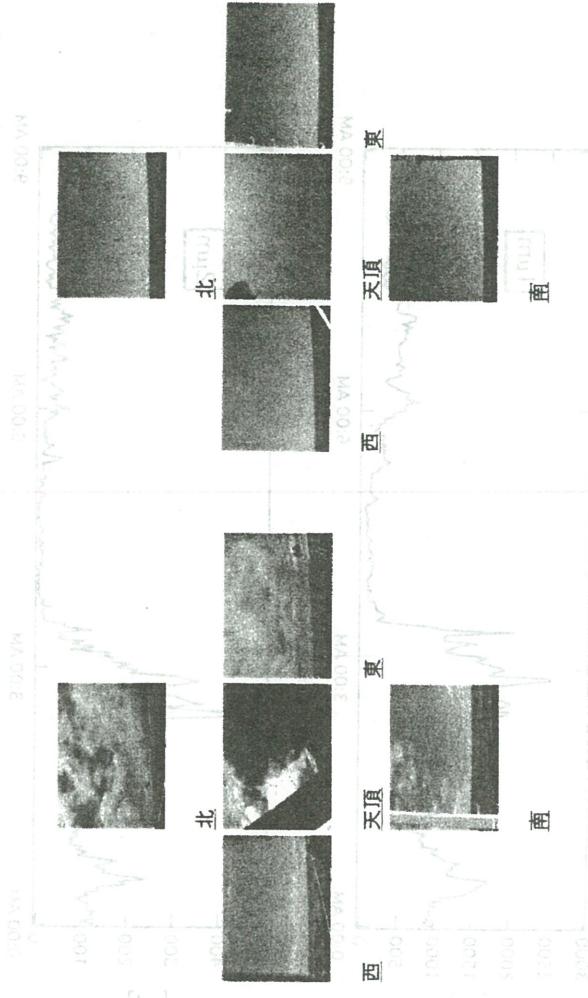
NOAA/AVHRR Ch. 2



B0206252.gif

0.00 0.01  
0.02 0.03  
0.04 0.05  
0.06 0.07  
0.08 0.09  
0.10 0.11  
0.12 0.13  
0.14 0.15  
0.16 0.17  
0.18 0.19  
0.20 0.21  
0.22 0.23  
0.24 0.25  
0.26 0.27  
0.28 0.29  
0.30 0.31  
0.32 0.33  
0.34 0.35  
0.36 0.37  
0.38 0.39  
0.40 0.41  
0.42 0.43  
0.44 0.45  
0.46 0.47  
0.48 0.49  
0.50 0.51  
0.52 0.53  
0.54 0.55  
0.56 0.57  
0.58 0.59  
0.60 0.61  
0.62 0.63  
0.64 0.65  
0.66 0.67  
0.68 0.69  
0.70 0.71  
0.72 0.73  
0.74 0.75  
0.76 0.77  
0.78 0.79  
0.80 0.81  
0.82 0.83  
0.84 0.85  
0.86 0.87  
0.88 0.89  
0.90 0.91  
0.92 0.93  
0.94 0.95  
0.96 0.97  
0.98 0.99  
0.99 1.00

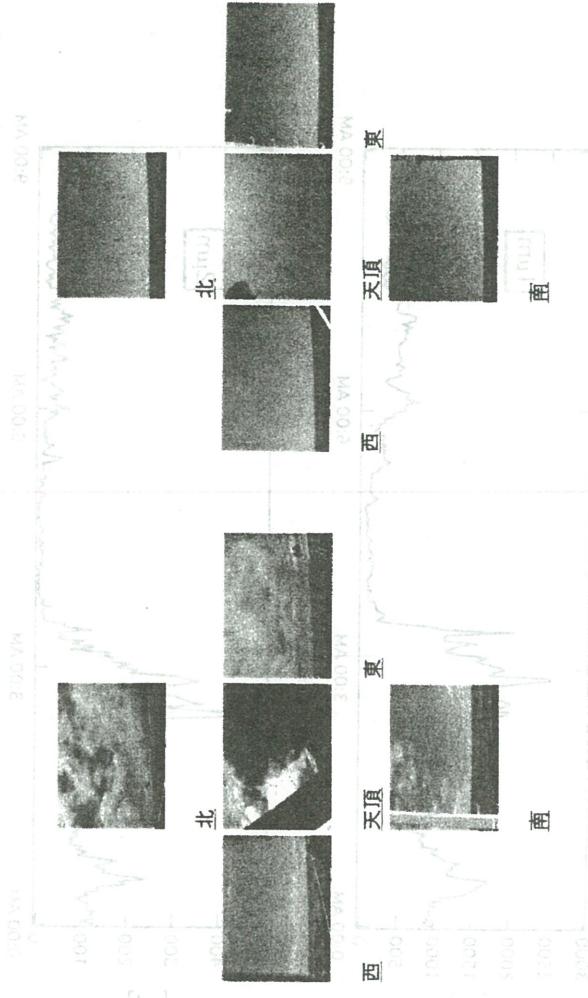
2002/06/25 13:00頃 (40 01N, 143 31E)



B0206272.gif

0.00 0.01  
0.02 0.03  
0.04 0.05  
0.06 0.07  
0.08 0.09  
0.10 0.11  
0.12 0.13  
0.14 0.15  
0.16 0.17  
0.18 0.19  
0.20 0.21  
0.22 0.23  
0.24 0.25  
0.26 0.27  
0.28 0.29  
0.30 0.31  
0.32 0.33  
0.34 0.35  
0.36 0.37  
0.38 0.39  
0.40 0.41  
0.42 0.43  
0.44 0.45  
0.46 0.47  
0.48 0.49  
0.50 0.51  
0.52 0.53  
0.54 0.55  
0.56 0.57  
0.58 0.59  
0.60 0.61  
0.62 0.63  
0.64 0.65  
0.66 0.67  
0.68 0.69  
0.70 0.71  
0.72 0.73  
0.74 0.75  
0.76 0.77  
0.78 0.79  
0.80 0.81  
0.82 0.83  
0.84 0.85  
0.86 0.87  
0.88 0.89  
0.90 0.91  
0.92 0.93  
0.94 0.95  
0.96 0.97  
0.98 0.99  
0.99 1.00

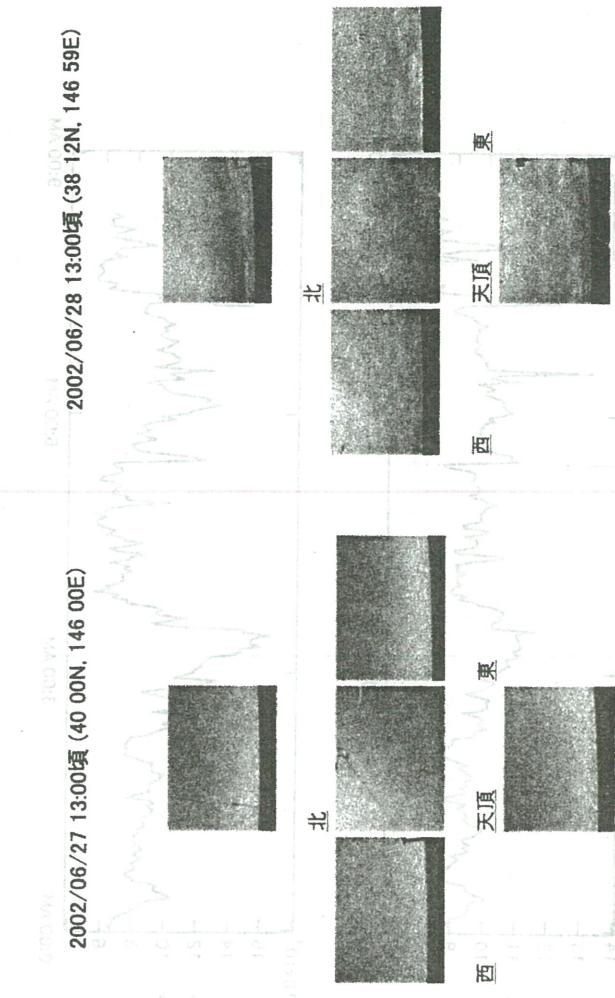
2002/06/26 13:00頃 (39 45N, 143 22E)



B0206283.gif

0.00 0.01  
0.02 0.03  
0.04 0.05  
0.06 0.07  
0.08 0.09  
0.10 0.11  
0.12 0.13  
0.14 0.15  
0.16 0.17  
0.18 0.19  
0.20 0.21  
0.22 0.23  
0.24 0.25  
0.26 0.27  
0.28 0.29  
0.30 0.31  
0.32 0.33  
0.34 0.35  
0.36 0.37  
0.38 0.39  
0.40 0.41  
0.42 0.43  
0.44 0.45  
0.46 0.47  
0.48 0.49  
0.50 0.51  
0.52 0.53  
0.54 0.55  
0.56 0.57  
0.58 0.59  
0.60 0.61  
0.62 0.63  
0.64 0.65  
0.66 0.67  
0.68 0.69  
0.70 0.71  
0.72 0.73  
0.74 0.75  
0.76 0.77  
0.78 0.79  
0.80 0.81  
0.82 0.83  
0.84 0.85  
0.86 0.87  
0.88 0.89  
0.90 0.91  
0.92 0.93  
0.94 0.95  
0.96 0.97  
0.98 0.99  
0.99 1.00

2002/06/27 13:00頃 (40 00N, 146 00E)



B0206282.gif

0.00 0.01  
0.02 0.03  
0.04 0.05  
0.06 0.07  
0.08 0.09  
0.10 0.11  
0.12 0.13  
0.14 0.15  
0.16 0.17  
0.18 0.19  
0.20 0.21  
0.22 0.23  
0.24 0.25  
0.26 0.27  
0.28 0.29  
0.30 0.31  
0.32 0.33  
0.34 0.35  
0.36 0.37  
0.38 0.39  
0.40 0.41  
0.42 0.43  
0.44 0.45  
0.46 0.47  
0.48 0.49  
0.50 0.51  
0.52 0.53  
0.54 0.55  
0.56 0.57  
0.58 0.59  
0.60 0.61  
0.62 0.63  
0.64 0.65  
0.66 0.67  
0.68 0.69  
0.70 0.71  
0.72 0.73  
0.74 0.75  
0.76 0.77  
0.78 0.79  
0.80 0.81  
0.82 0.83  
0.84 0.85  
0.86 0.87  
0.88 0.89  
0.90 0.91  
0.92 0.93  
0.94 0.95  
0.96 0.97  
0.98 0.99  
0.99 1.00

B0206262.gif

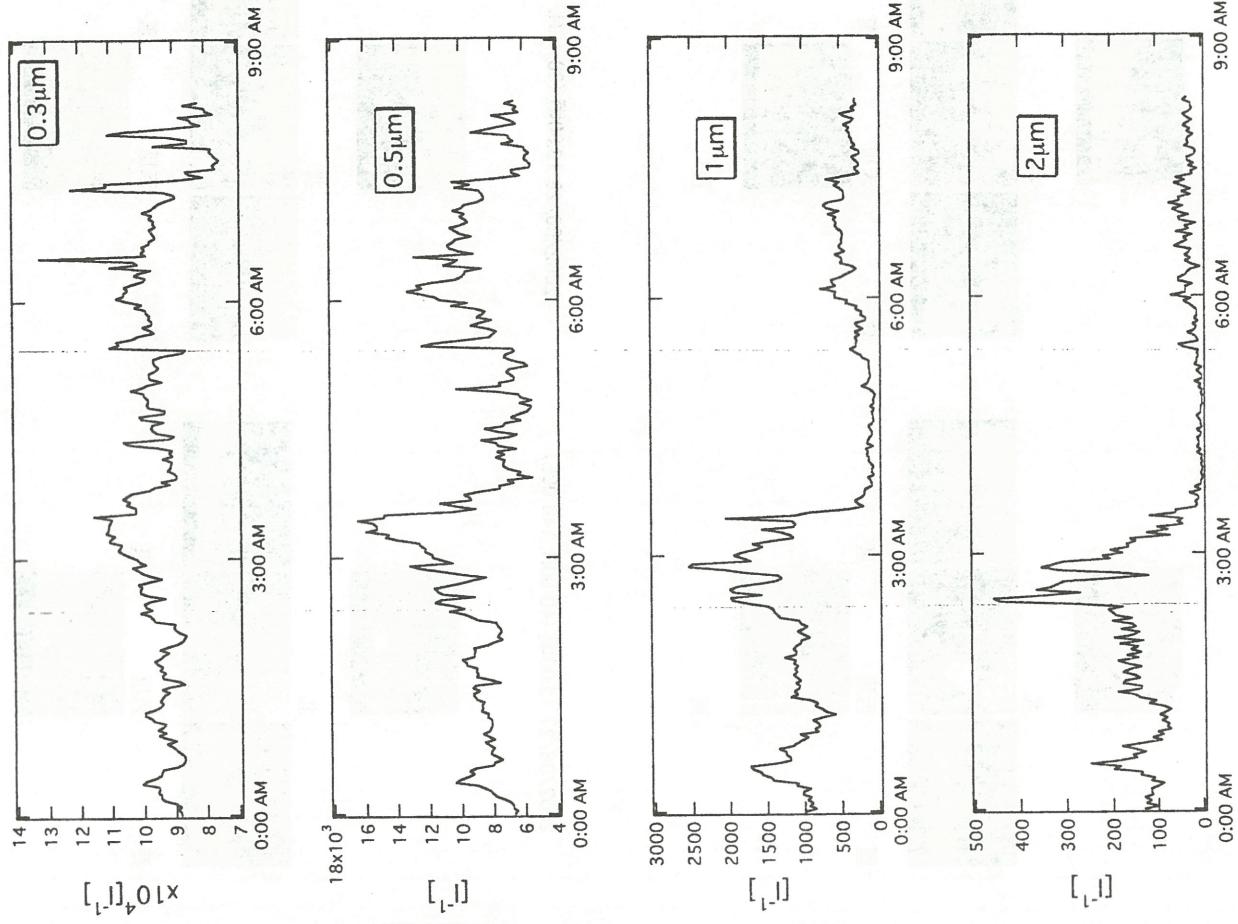
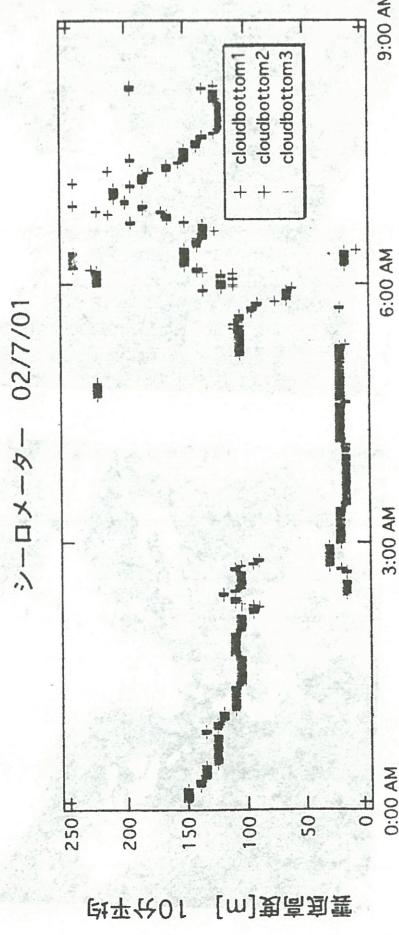
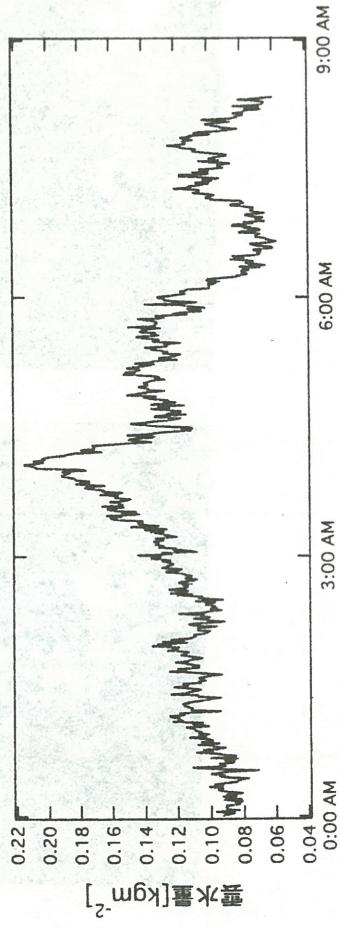
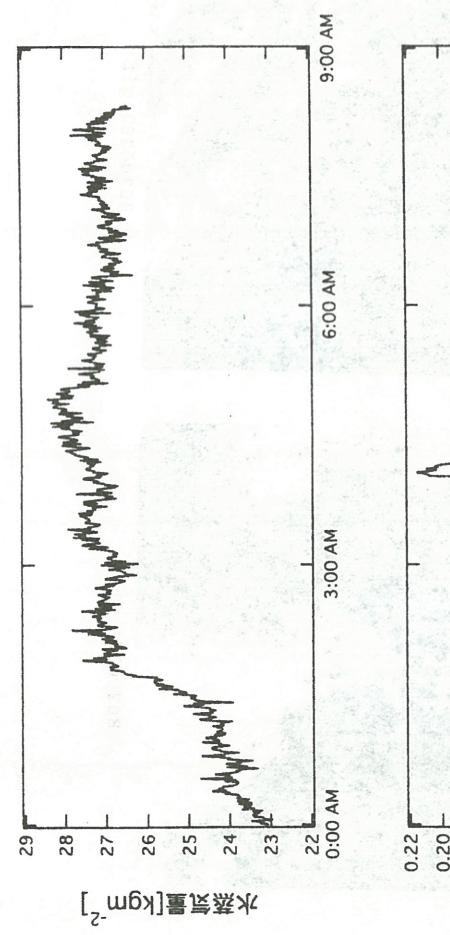
0.00 0.01  
0.02 0.03  
0.04 0.05  
0.06 0.07  
0.08 0.09  
0.10 0.11  
0.12 0.13  
0.14 0.15  
0.16 0.17  
0.18 0.19  
0.20 0.21  
0.22 0.23  
0.24 0.25  
0.26 0.27  
0.28 0.29  
0.30 0.31  
0.32 0.33  
0.34 0.35  
0.36 0.37  
0.38 0.39  
0.40 0.41  
0.42 0.43  
0.44 0.45  
0.46 0.47  
0.48 0.49  
0.50 0.51  
0.52 0.53  
0.54 0.55  
0.56 0.57  
0.58 0.59  
0.60 0.61  
0.62 0.63  
0.64 0.65  
0.66 0.67  
0.68 0.69  
0.70 0.71  
0.72 0.73  
0.74 0.75  
0.76 0.77  
0.78 0.79  
0.80 0.81  
0.82 0.83  
0.84 0.85  
0.86 0.87  
0.88 0.89  
0.90 0.91  
0.92 0.93  
0.94 0.95  
0.96 0.97  
0.98 0.99  
0.99 1.00

スカイモニターリングシステム

ISUUCIe Computer System

マイクロ波放射計 02/7/01

Particle Counter 02/7/01



# 農林水産リモートセンシングデータベース作成 及び大容量データ転送技術に関する研究

齐藤元也

平成14年12月20日(金)  
千葉大けやき会館  
第5回CEReS環境リモートセンシングシンポジウム

## 農林水産リモートセンシングデータベース 作成及び大容量データ転送技術に 関する研究

農業環境技術研究所 斎藤元也  
農林水産研究計算センター 児玉正文  
他多数

### 農林水産リモートセンシングデータベース 作成及び大容量データ転送技術に関する研究

- リモートセンシングデータベースの作成
  - ・衛星画像データベース(SIDaB)の高度化
  - ・衛星画像から農林水産関連情報の抽出  
GMSデータから日射量分布図の作成  
東北大村先生のアルゴリズムを利用  
CEReS高村先生のプロジェクト参加  
アルゴリズムが開発されたら利用して高精度の日射量分布図作成

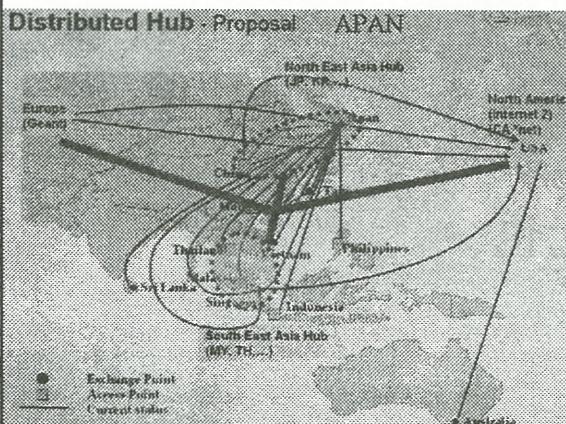
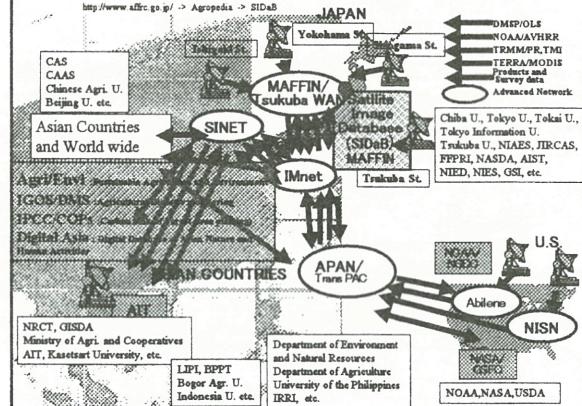
- ・新規センサー対応技術  
MODISデータの受信と関連主題図の作成

- 大容量データ転送技術  
GMSデータの転送

### 衛星データによる農業・林業・水産業モニタリングでの 必要条件: 特殊性一、解決策

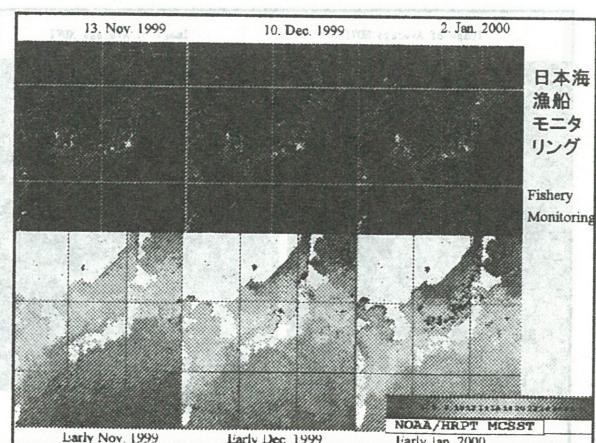
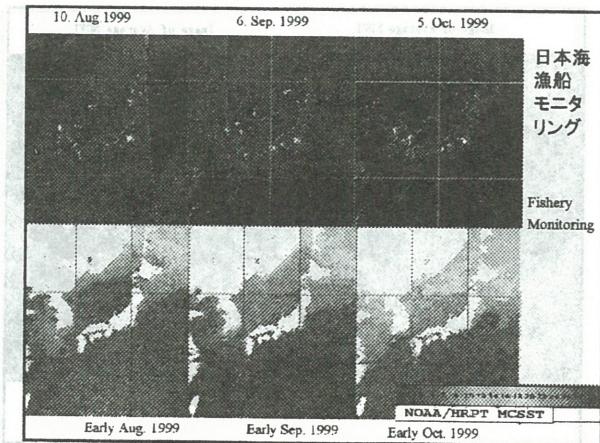
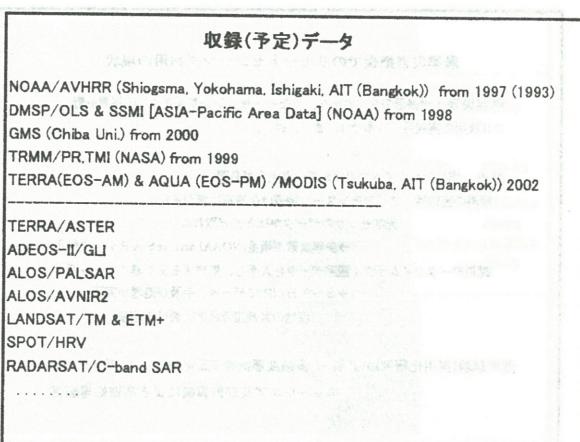
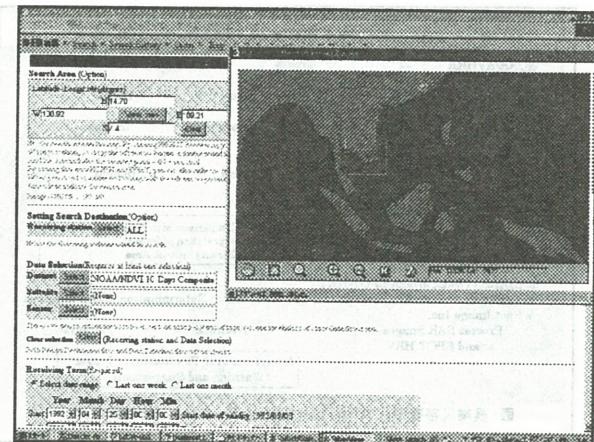
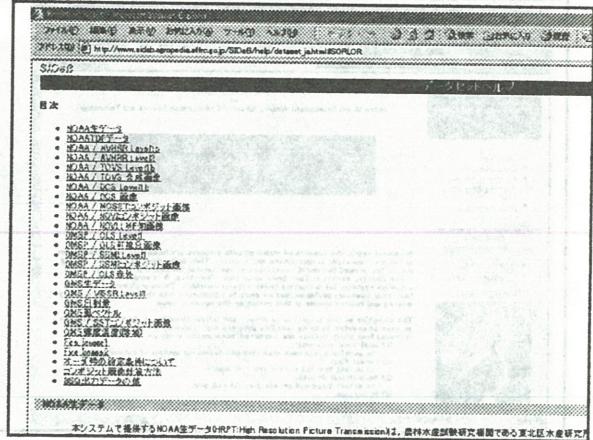
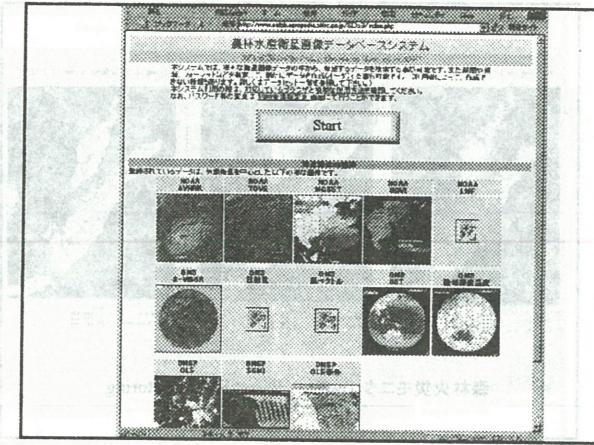
- ① 短い間隔(1~3週間)の時系列データが必要  
中分解能センサ衛星データを利用。斜方視高分解能衛星のデータ取得枠の確保する。
- ② 長期間(数ヶ月~永久)のデータが必要  
データ受信施設を設置し、長期に受信する体制を作る。  
(NASDA/EOCの海外衛星データ受信は技術習得のための運用で継続性の保証はない)
- ③ 準リアルタイムのデータが必要  
受信施設の設置と運用をおこなう。
- ④ 年半以上のデータベースが必要  
リモートセンシングデータのSIDaBへのアーカイブをおこなう。
- ⑤ 広範囲のデータが必要  
受信施設により、可能限り広範なデータ所得をおこなう。
- ⑥ 利用のためのコストが低いこと  
無償データの利用。大量利用の特別料金と施設の自動化による低成本運用をおこなう。

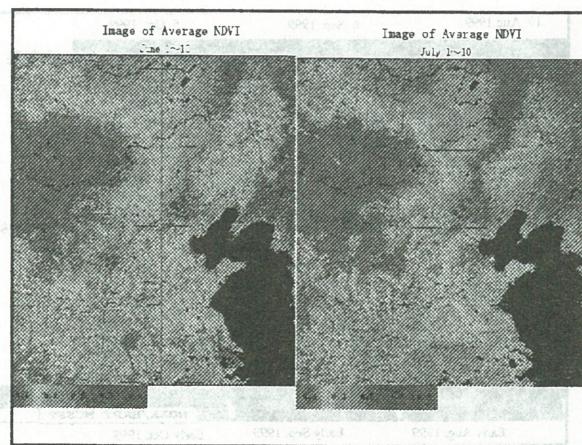
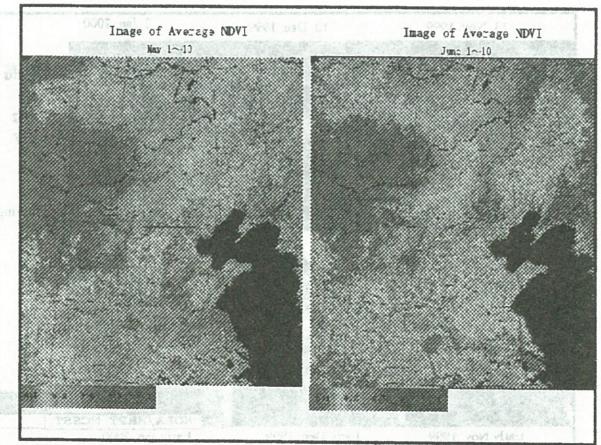
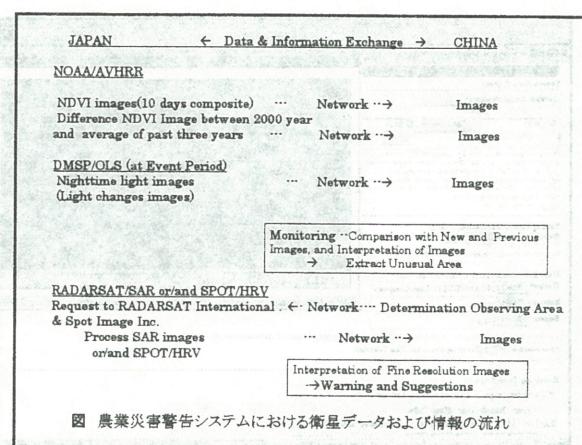
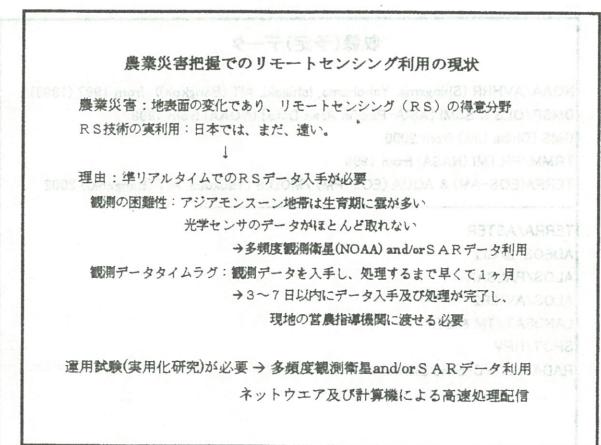
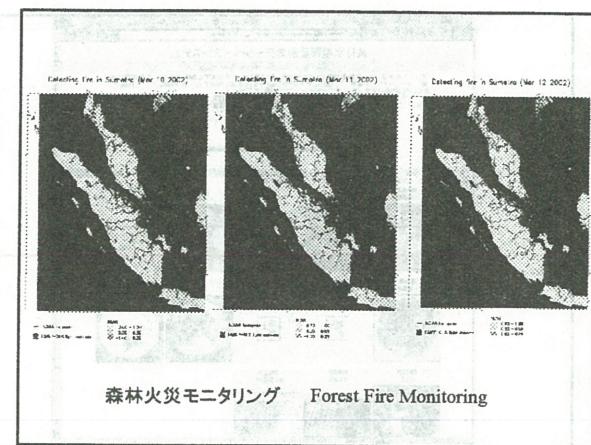
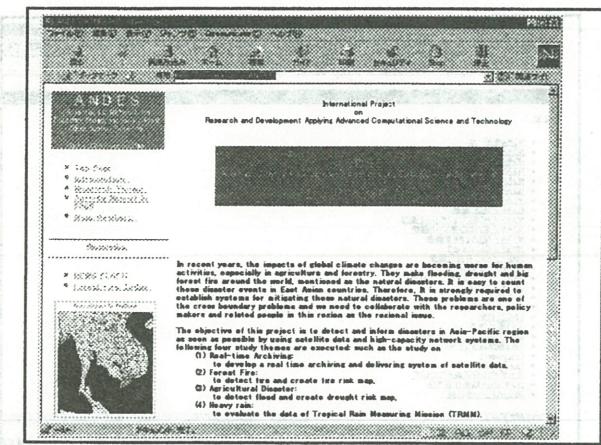
### Satellite Image Database (SIDaB), Data Flow and Collaborations

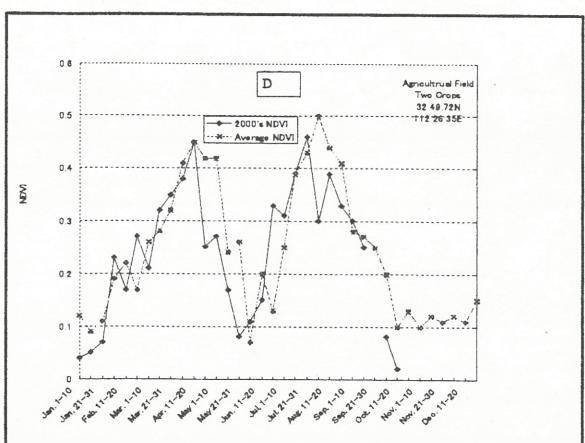
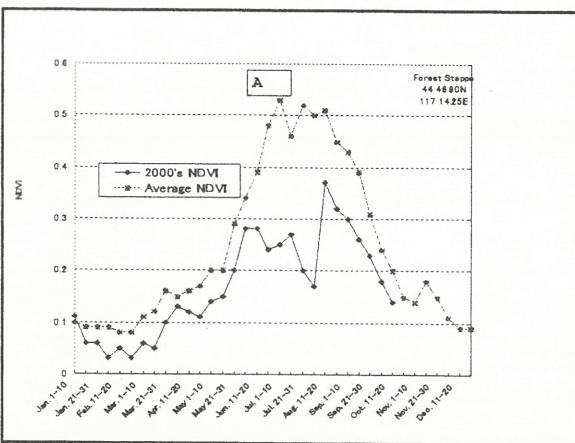
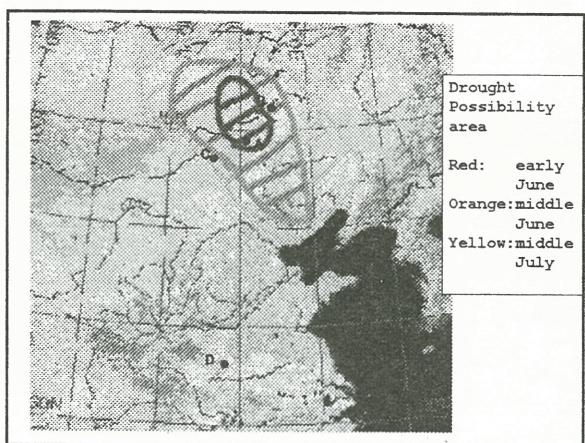
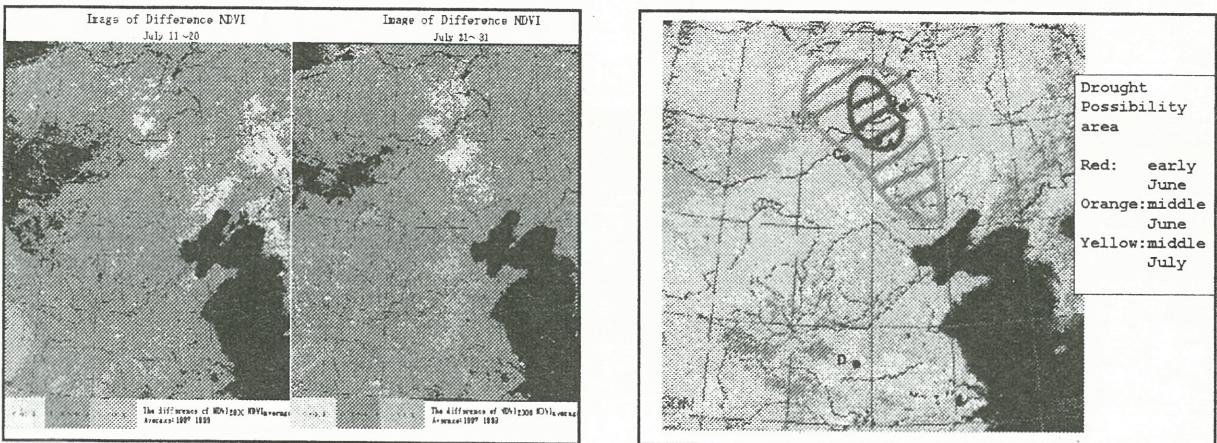
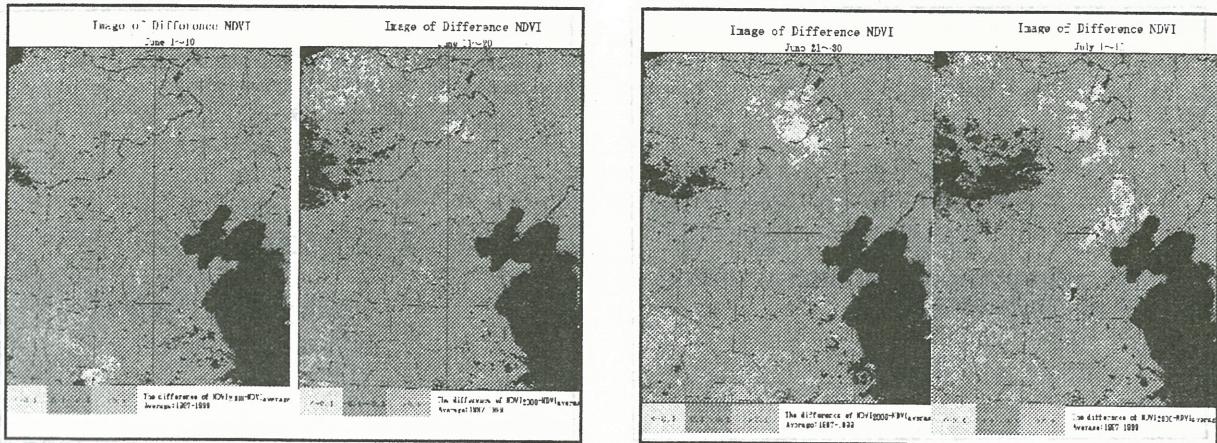


<http://www.affrc.go.jp/> → Agropedia → SIDaB









## 今までの成果と次の課題

この共同研究の成果として、準リアルタイムデータを利用した農地・森林・海洋モニタリングシステムの材料ができている。

今後は、TERRA & AQUA/MODISおよびADEOS 2/GLI等新規データ利用の立ち上げとモニタリングシステムの構築が必要である。

## 第4回 DMSPデータ利用シンポジウム

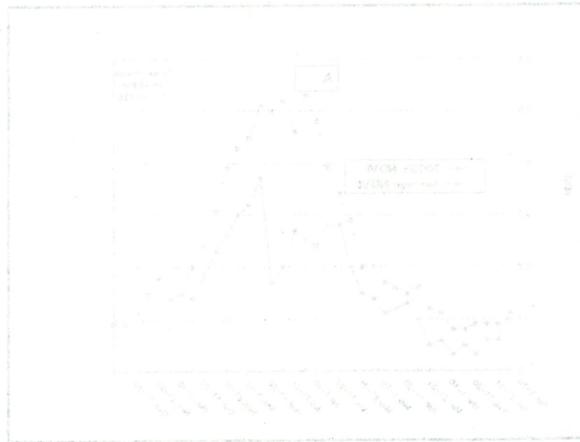
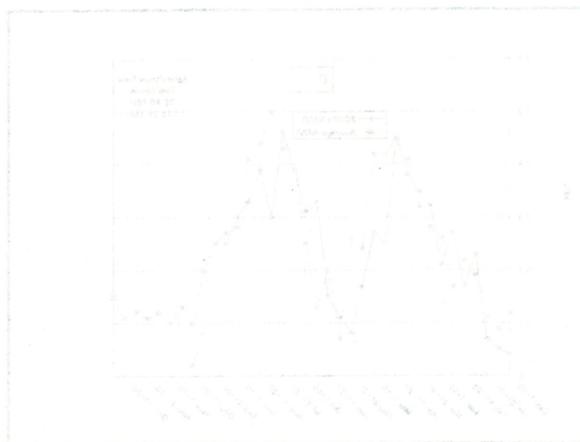
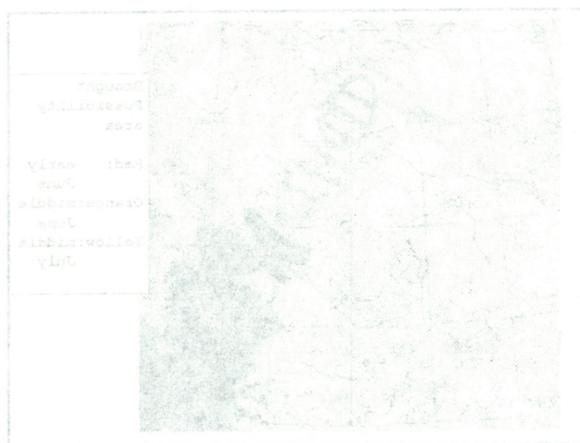
2003. 1. 26(日) 13:30-17:00

農林水産研究計算センター

ご参加を期待します。

ご静聴、ありがとうございました。

Thank you very much  
for your attentions!!



## and/or the PWS involved in precipitation retrieval

by

Michael J. S. Smith and David W. Thompson  
National Climatic Data Center/National Weather Service

## The Availability of Precipitable Water Retrieval Using Split-window Data

This paper describes the development of a technique for retrieving precipitable water using split-window data. The technique uses the difference between the atmospheric transmittance at two wavelengths to estimate the amount of precipitable water. The technique has been tested by comparing the retrieved precipitable water values with those obtained from the National Climatic Data Center's (NCDC) monthly climatological data set. The results show that the retrieved precipitable water values are in good agreement with the climatological data. The technique is also compared with other methods of retrieving precipitable water, such as the use of infrared satellite imagery and the use of microwave remote sensing. The results show that the retrieved precipitable water values are in good agreement with the climatological data. The technique is also compared with other methods of retrieving precipitable water, such as the use of infrared satellite imagery and the use of microwave remote sensing. The results show that the retrieved precipitable water values are in good agreement with the climatological data.

This paper also discusses the use of split-window data to estimate the amount of precipitable water. The technique uses the difference between the atmospheric transmittance at two wavelengths to estimate the amount of precipitable water. The technique has been tested by comparing the retrieved precipitable water values with those obtained from the NCDC's monthly climatological data set. The results show that the retrieved precipitable water values are in good agreement with the climatological data. The technique is also compared with other methods of retrieving precipitable water, such as the use of infrared satellite imagery and the use of microwave remote sensing. The results show that the retrieved precipitable water values are in good agreement with the climatological data.

This paper also discusses the use of split-window data to estimate the amount of precipitable water. The technique uses the difference between the atmospheric transmittance at two wavelengths to estimate the amount of precipitable water. The technique has been tested by comparing the retrieved precipitable water values with those obtained from the NCDC's monthly climatological data set. The results show that the retrieved precipitable water values are in good agreement with the climatological data.

久慈 誠

（日本気象学会誌）

# The availability of precipitable water retrieval using split-window data

Makoto Kuji<sup>\*a</sup>, Itaru Okada<sup>b</sup>, Akihiro Uchiyama<sup>c</sup>, and Tamio Takamura<sup>d</sup>

<sup>a</sup>Nara Women's Univ., Japan

<sup>b</sup>Japan Science and Technology Corporation (JST), Japan

<sup>c</sup>Meteorological Research Institute (MRI), Japan

<sup>d</sup>Center for Environmental Remote Sensing (CEReS), Chiba Univ., Japan

## ABSTRACT

Water vapor is one of the most significant green house effect gases. A monitoring of water vapor behavior with operational satellite is important to investigate the global changes. Water vapor usually exists at lower troposphere. However, precipitable water is a key property to comprehend the variation since sometimes humid air mass moves to the upper troposphere. Using split window channel data with optical sensors such as AVHRR and VISSR, several retrieval algorithm has been proposed and among them, transmittance ratio method has been often utilized. However, the approach is still controversial because some studies concluded it was available and others not.

We investigated the availability of the method with split window channels' data of GMS-5 / VISSR on a semi-continental scale. A calibration curve of the precipitable water with radiosonde observation had been made in course of the retrieval procedure. However, the calibration curve are hardly sensitive to the precipitable water. Numerical simulations were carried out for the possible condition, and it turned out that calibration was insensitive to precipitable water under some condition at all: larger water water variation for a given surface temperature range within a given region. The results of a feasibility study will be discussed.

**Keywords:** precipitable water, split window channels, transmittance ratio, feasibility study

## 1. INTRODUCTION

Water vapor is one of the most dominant greenhouse effect gases as well as the most influential atmospheric components in remote sensing studies targeting at land and ocean. It is important to understand water vapor behavior in a global scale consequently. Water vapor also has great variability in spatial and temporal domain, and then it is optimal to retrieve globally the water vapor amount using satellite data, such as polar orbiters and geostationary satellites at frequent observational intervals. Several sensors, such as optical and microwave radiometers, have been used to retrieve the precipitable water (i.e., vertically integrated water vapor amount). It is said that microwave radiometer data are useful to retrieve precipitable water only over ocean because they are not well available over land due to the complexity of land surface emissivity.

Jedlovec illustrated the Split Window Variance Ratio (SWVR) method is applicable to the airborne Multispectral Atmospheric Mapping Sensor (MAMS) data. He suggested that the Visible and Infrared Spin Scan Radiometer (VISSR) Atmospheric Sounder (VAS) suffers in its lager spatial resolution and limited dynamic range.<sup>1</sup>

Kleespies and McMillin analyzed Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) and VAS to retrieve the precipitable water.<sup>2</sup> They addressed that the optimal instrumentation was the geostationary satellite with the quality of error reduced as much as AVHRR instrument aboard National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) satellite. They also suggested that the subpixel cloudiness was critical factor for the VAS application.

\*Correspondence: E-mail: makato@ics.nara-wu.ac.jp

Iwasaki has developed the retrieval algorithm for mesoscale water vapor variation using AVHRR / NOAA data. In the method, air temperature effect was corrected with atmospheric model calculations.<sup>3</sup>

In this study, an algorithm has been under development to retrieve precipitable water in a continental scale using split window data (11 and 12  $\mu\text{m}$  spectral bands) based upon Iwasaki<sup>3</sup>. The algorithm was applied to the VISSR aboard Geostationary Meteorological Satellite - 5 (GMS-5). The retrieved results were compared to the in situ radiosonde observation.

## 2. DATA ANALYSIS

The three types of data were used in this study: one is VISSR / GMS-5 data and others are radiosonde and Automated Meteorological Data Acquisition System (AMeDAS) data as references for precipitable water and surface air temperature around Japan, respectively.

As to the VISSR data, the analyzed region ranges from 70 °N to 20 °S in latitude and from 70 °E to 160 °E in longitude. The spatial resolution is around 5 ° by 5 °, and then there exist 1800 by 1800 pixels in total. The analyzed scene number is 228 for 00 and 12 UTC, which extends from January, April, July, and October in 1997 in particular.

As for the reference data, on the other hand, both radiosonde and AMeDAS data from 1988 to 1997 around a calibration site of Japan in this study, were collected to estimate precipitable water and surface air temperature, respectively.

The algorithm under development utilizes the split window channels (11 and 12  $\mu\text{m}$  spectral bands). In general, these spectral channels contains information in lower troposphere (i.e., boundary layer) where almost all water vapor exists. A 6.7  $\mu\text{m}$  spectral band (so to speak, a water vapor channel), is also available in VISSR / GMS-5 data, which is sensitive to the relative humidity around 200 to 500 hPa (middle troposphere to tropopause).<sup>4</sup> The water vapor channel is expected to add some information on a water vapor profile which is not inferred only from split window channels. It is also interested to compare the water vapor distribution pattern of the upper troposphere in a global scale to that of the lower troposphere using aboard the same sensor / satellite.

The algorithm utilizes a transmittance ratio of two split window bands, rather than difference of those brightness temperatures, based upon AVHRR analysis over land by Iwasaki<sup>3</sup>. In the first step of the algorithm, a calibration curve with statistical regression is made between precipitable water and the transmittance ratio parameter, so as to simply retrieve initial precipitable water with split window data. In the second step, air temperature effect is corrected and then apparent surface temperature (i.e., surface air temperature in the model atmosphere in this study) is derived as a by-product.

The algorithm has several new features such as 1) both 11 and 12  $\mu\text{m}$  channels response function are taken into account, 2) not only water vapor continuum absorption but also line absorption with water vapor and other absorbing gases, are taken into consideration and 3) apparent surface temperature is also retrieved and compared to in situ observation such as surface air temperature.

The retrieval algorithm was preliminarily applied to VISSR / GMS-5 data on 00 UTC, October 19, 1997 in particular of all data described in previous section.

### 2.1. Retrieval with regressive curve (first step)

In the first step of the algorithm, SWVR method is utilized.<sup>1</sup> At first, an unit, which contains 32 x 32 pixels around Cape Shionomisaki (33.45 °N, 135.77 °E), was set to make segment analysis. And then, available pixels, judged as least cloud-contaminated, were picked up among the 228 scenes, and then, the statistical value (SWVR) was calculated to retrieve precipitable water for the unit. Fig. 1 illustrates the relationship between the SWVR and precipitable water estimated from the radiosonde data (00 and 12 UTC) at the Cape Shionomisaki.

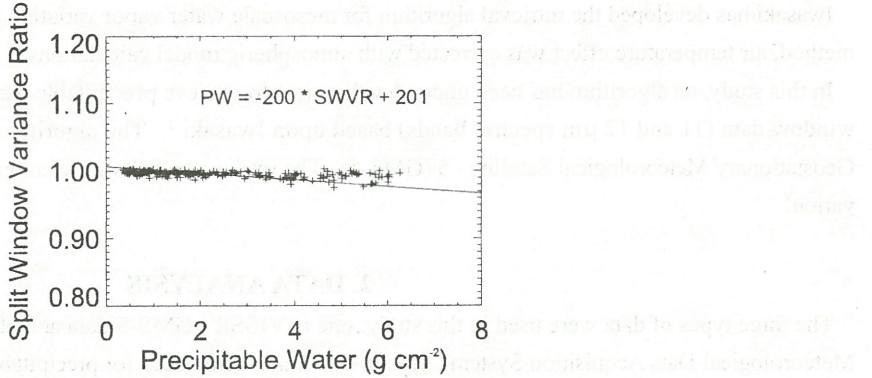


Fig. 1: The relationship between SWVR calculated from VISSR and precipitable water estimated from radiosonde data at Cape Shionomisaki. Dots are the actual data and regressive line is overlaid.

Fig. 1 indicates that linear relationship exists between SWVR and precipitable water. A regressive line was then determined with a least square fitting method:

$$PW = -200 * SWVR + 201. \quad (1)$$

And then, precipitable water is expected to be retrieved from SWVR for all units of the all scenes. For example, precipitable water, retrieved using Eq. (1), is shown in Fig. 2 for the case of 00 UTC October 19, 1997 around Japan.

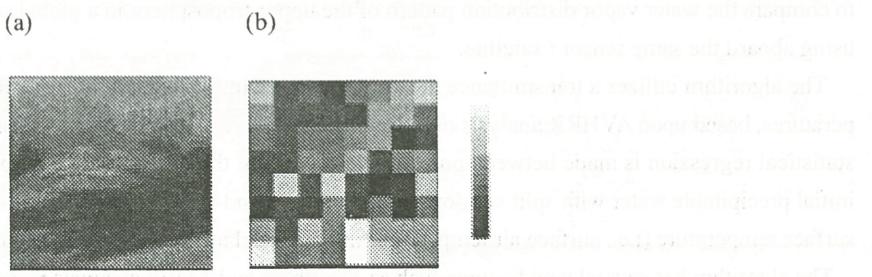


Fig. 2: (a) Water vapor channel ( $6.7 \mu\text{m}$ ) imagery VISSR / GMS-5 and (b) retrieved precipitable water on 00 UTC (09 JST) October 19, 1997. Displayed region of these panels covers from the left top corner ( $42.8^\circ\text{N}, 129.2^\circ\text{E}$ ) to the right bottom one ( $30.0^\circ\text{N}, 142.0^\circ\text{E}$ ) in a uniform interval coordinate in latitudinal and longitudinal directions, and then there exist  $256 \times 256$  pixels in total. A level slice is normalized from white to black with which corresponds from maximum to minimum value for panel (b) and vice versa for panel (a).

Precipitable water is retrieved for one unit which consists of  $32 \times 32$  pixels, then it is found that in Fig. 2 the retrieved precipitable water distribution (panel b) is coarser than the spatial variation of water vapor channel image (panel a). Comparing them, tendency of overall distribution is not very different. But the precipitable water retrieved at the units, which contain mountain region, is smaller than that of their surroundings. The precipitable water retrieved at the units, which seems to contain cirrus, has also the same tendency.

Precipitable water estimated from radiosonde data around Japan and that retrieved from the units corresponding to the radiosonde observation sites, are compared to validate the retrieved results on the same scene in Fig. 2. The comparison is

illustrated in Fig. 3.

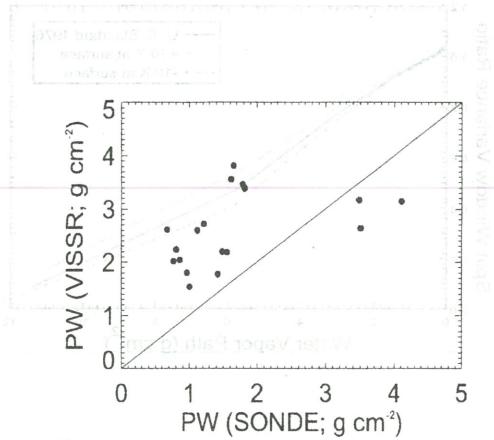


Fig. 3: The comparison of precipitable water (PW) on 00 UTC (09 JST) October 19, 1997 for the same scene in Fig. 2. The abscissa shows the precipitable water estimated from radiosonde data and the ordinate does the one retrieved using split window channels on VISSR. The one-to-one line is drawn as reference.

From Fig. 3, it is found that the retrieved precipitable water using VISSR data overestimates (underestimates) for small (large) precipitable water by about 2 (1)  $\text{g cm}^{-2}$ , respectively, around 18 radiosonde observational sites in Japan.

## 2.1. Correction of air temperature (second step)

In the second step of the algorithm, sensitivity of SWVR to precipitable water was examined with model atmosphere. In the model atmosphere, water vapor and other gaseous absorption were taken into consideration as well as water vapor continuum absorption. Response functions of VISSR split window was weighted in the radiance simulation. Simulation was carried out for some condition. Figure 4 illustrates the condition.

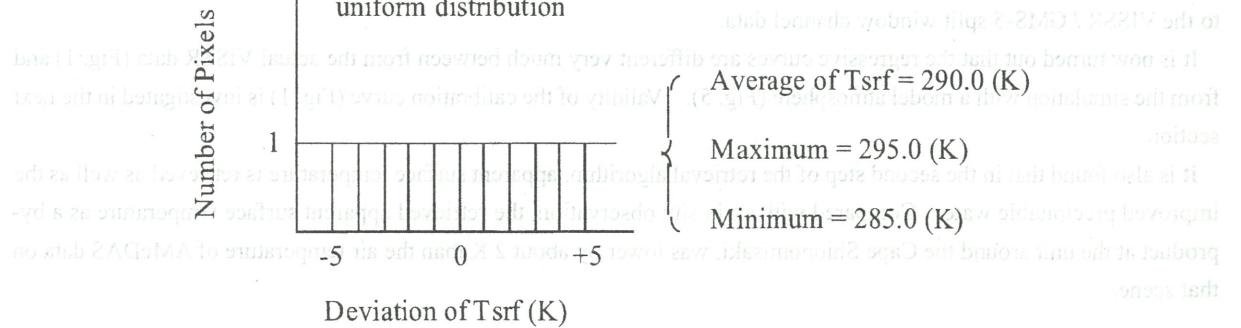


Fig. 4: Schematic for condition used in a simulation of split window variance ratio.

Fig. 5 illustrates a result of SWVR estimated under this condition.

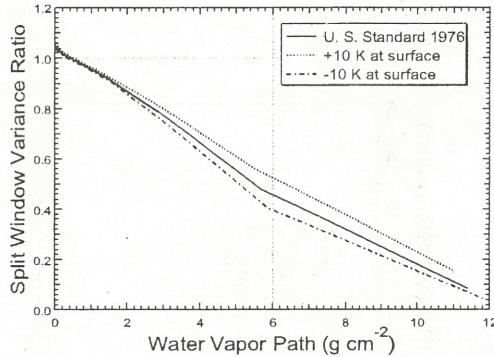


Fig. 5: The relationship between SWVR (ordinate) and Water Vapor Path (abscissa). The U. S. Standard atmosphere 1976 (hereafter USS76), incorporated into the LOWTRAN-7, was assumed as a atmospheric model. It was also assumed that surface radiative temperature in the model ranges from 285 to 295 K uniformly. Solid line is the case for USS76. Dashed line (dotted-dashed) line is the case for which air temperature profile is scaled as the surface air temperature is higher (lower) than USS76 by 10 K.

From Fig. 5, it is found that SWVR estimated using VISSR data is sensitive to precipitable water in a simply decreasing manner. It is also found that the relationship between SWVR and precipitable water is remarkably affected by air temperature when precipitable water is greater than  $2 \text{ g cm}^{-2}$ .

As a result, it is desirable to correct air temperature effect and then improve accuracy of the retrieval of precipitable water. The correction method is also based upon Iwasaki (1994) in principle, but a few devices are added: precipitable water is modified in iterative procedure as air temperature changes under the condition that water vapor volume mixing ratio is constant. A profile of air temperature is also multiplied for all level by the factor of the variation of surface air temperature in the iterative procedure.

Even after the second step of retrieval algorithm, i.e., correction of air temperature influence, however, retrieval accuracy was not improved at all and then the root mean square error was about  $2 \text{ g cm}^{-2}$ . This indicates that the exactness of regressive curve in the first step is more critical than the correction of air temperature when the retrieval method is applied to the VISSR / GMS-5 split window channel data.

It is now turned out that the regressive curves are different very much between from the actual VISSR data (Fig. 1) and from the simulation with a model atmosphere (Fig. 5). Validity of the calibration curve (Fig. 1) is investigated in the next section.

It is also found that in the second step of the retrieval algorithm, apparent surface temperature is retrieved as well as the improved precipitable water. Compared with an in situ observation, the retrieved apparent surface temperature as a by-product at the unit around the Cape Shionomisaki, was lower by about 2 K than the air temperature of AMeDAS data on that scene.

### 3. FEASIBILITY STUDY

As seen in previous section, the retrieved precipitable water using GMS-5/VISSR data showed great discrepancy compared to the radiosonde observation. The reason for this discrepancy should be attributed to the degradation of the calibration curve between SWVR and precipitable water at this stage.

Recently, Barton and Prata have showed that transmittance ratio method, which was equivalent to the SWVR method,

did not work well and then they recommended to use the approach of split window brightness temperature difference.<sup>5</sup> The results in this study actually support their results.

We examined the availability of the split window variance ratio (SWVR) method. Numerical simulations were carried out for several typical cases, changing with surface temperature distribution and water vapor amount. In terms of surface temperature, uniform distribution, and for water vapor amount, on the other hand, U. S. Standard 1976 profile model incorporated in the LOWTRAN 7<sup>6</sup> model, were assumed for simplicity, respectively. One of the result is illustrated in Fig. 6.

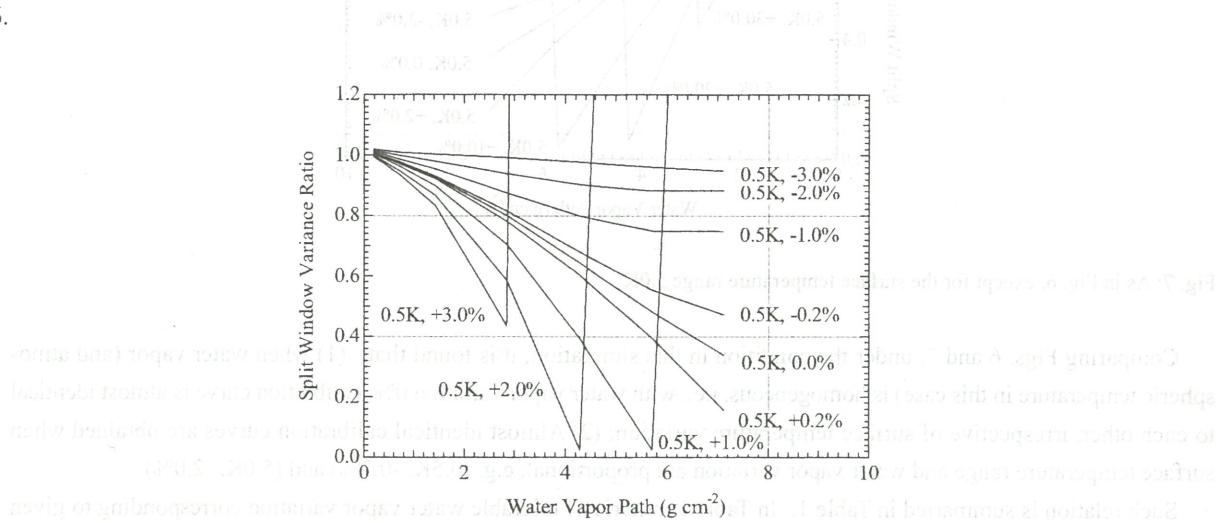


Fig. 6: The simulated relationship between SWVR calculated for VISSR and water vapor path (identical to precipitable water in this case). In this simulation, the surface temperature range (difference between maximum and minimum) is 0.5K. The variation of the water vapor amount is illustrated in percent. The signs plus (+) and minus (-) show the correlation to the temperature variation: e.g., -3.0% means water vapor deviation -1.5% from the standard profile with surface temperature deviation +0.25K, and +1.5% with -0.25K. On the other hand, +3.0% does +1.5% with +0.25K, and -1.5% with -0.25K. Water vapor path is equivalent to precipitable water since scan geometry is a nadir-looking in this simulation.

It is seen from Fig. 6, when water vapor (and atmosphere in this case) is homogeneous, SWVR is sensitive to water vapor amount. But, when water vapor amount varies within some target unit, the calibration curve also varies so greatly that SWVR is not sensitive to the water vapor amount. For example, even if range of surface temperature is 0.5K, when variation of water vapor reaches up to 3.0%, the calibration curve becomes insensitive or disturbed at some case. It could be said that the calibration curves make sense within 2.0% water vapor variation and up to 6 g cm<sup>-2</sup> water vapor path (i.e., precipitable water in this study).

Figure 7 illustrates the case of the surface temperature range 5.0K. It is seen from Fig. 7. that the same aspect as Fig. 6 is shown with the factor ten for both temperature and water vapor variations. It is also found that for the case -30.0%, the simulated line in Fig. 7 resembles the distribution of scatter plot in Fig. 1 which has been made with GMS-5/VISSR and radiosonde data in this study.

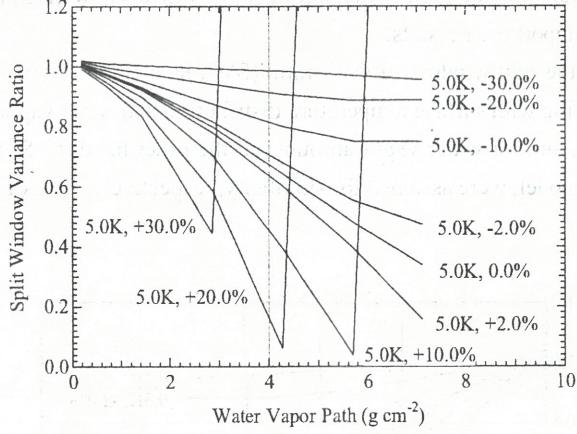


Fig. 7: As in Fig. 6, except for the surface temperature range 5.0K.

Comparing Figs. 6 and 7, under the condition in this simulation, it is found that: (1) when water vapor (and atmospheric temperature in this case) is homogeneous, i.e., with water vapor variation 0%, calibration curve is almost identical to each other, irrespective of surface temperature variation; (2) Almost identical calibration curves are obtained when surface temperature range and water vapor variation are proportional, e.g. (0.5K, -0.2%) and (5.0K, -2.0%).

Such relation is summarized in Table 1. In Table 1, criteria of tolerable water vapor variation corresponding to given surface temperature ranges are shown.

Table 1: Criterion of tolerable water vapor variation corresponding to a given surface temperature range.

Surface Temperature Range (K)	Water Vapor Variation (%)
0.5	< 0.2
1.0	< 0.4
5.0	< 2.0

In actual conditions, these criteria seem to depend upon the unit size. And it is necessary to take care of water vapor variation within the unit to be analyzed. However, water vapor is a property to be retrieved, this statistical method seems applicable under specific conditions, not under global condition.

## 5. SUMMARY AND CONCLUDING REMARKS

To retrieve the precipitable water in a continental scale, a retrieval algorithm has been investigated based upon a transmittance ratio method using split window channel data. The algorithm has been considered as applicable in principle to

the sensor which has the split window channel information such as VISSR / GMS-5 and AVHRR / NOAA. The retrieval algorithm utilizes the statistics estimated from split-window data for a given region, and was preliminary applied to the VISSR / GMS-5 data. The retrieved results were not well consistent with the precipitable water estimated from radiosonde observation around Japan. Barton and Prata also suggested the same results with ASTR and AVHRR data over East Australian Current region.<sup>5</sup> The inconsistency in our study, at this stage, is attributed to the degradation of calibration curve.

In order to investigate the cause of degradation of the calibration curve, numerical simulations were carried out for some specific conditions. As a result, it turns out that even if there is enough surface temperature range (i.e., more than 0.5K) within a given region, when water vapor variation is larger than some criterion (e.g., 0.2%) which depends upon the surface temperature range, the statistics (i.e., calibration curve) is hardly sensitive to water vapor amount.

Air temperature influence is possibly another cause for the degradation of calibration curve. But, it seems that its effect is not larger than water vapor variation very much. Further simulations in terms of air temperature will be carried out as a further work.

The statistics method based upon the transmittance ratio for a given region assumes the atmospheric condition (air temperature and water vapor profile) as uniform. In actual situations on the earth, there possibly be the condition where uniform atmosphere is not obtained to the degree that water vapor variation exceeds the above criteria. When the method is applied to the remote sensing data, it should be taken care that a target region satisfy the assumption. But, since water vapor is the property to be retrieved and its variation affect the results, the availability of the method is considered as restricted very much.

#### ACKNOWLEDGMENTS

The authors would like to thank Professor T. Kikuchi of Kochi University for his kind provision of VISSR / GMS-5 data used in this study.

#### REFERENCES

1. G. J. Jedlovec, "Precipitable water estimation from high-resolution split window radiance measurements," *J. Appl. Meteor.*, **29**, pp. 863-877, 1990.
2. T. J. Kleespies and L. M. McMillin, "Retrieval of precipitable water from observations in the split window over varying surface temperatures," *J. Appl. Meteor.*, **29**, pp. 851-862, 1990.
3. H. Iwasaki, "Estimation of precipitable water over land using the split-window data from the NOAA satellite," *J. Meteor. Soc. Japan*, **72**, pp. 223-233, 1994.
4. B. J. Soden and F. P. Bretherton, "Upper troposphere relative humidity from the GOES 6.7  $\mu\text{m}$  channel: Method and climatology for July 1987," *J. Geophys. Res.*, **98**, pp. 16669-16688, 1993.
5. I. J. Barton and A. J. Prata, "Difficulties associated with the application of covariance-variance techniques to satellite imagery," *Remote Sens. Environ.*, **69**, pp. 76-83, 1999.
6. Kneizys, F. X., E. P. Shettle, L. W. Abreu, J. H. Chetwynd, G. P. Anderson, W. O. Gallery, J. E. A. Selby, and S. A. Clough, "Users guide to LOWTRAN 7," *AFGL-TR-88-0177*, pp. 146, 1988.

は、その運営のための組織と、運営の実際の手順と、運営の問題と、運営の結果などを述べる。また、運営の問題を解決するための具体的な方法についても述べる。

## スカイラディオメータの観測船「みらい」への設置と運用に関する諸問題の解決に関する研究

（著者）遠藤辰雄（東京工業大学）　（監修）山田信一（東京工業大学）　（執筆）遠藤辰雄（東京工業大学）

遠藤辰雄

# スカイラディオメータの観測船「みらい」への設置と運用における諸問題の解決に関する研究

遠藤辰雄（北大 ILTS）、中島映至（東大 CCSR）

高村民雄（千葉大 CEReS）、

研究協力者：太田幸雄・藤谷雄二（北大院工学研究科）、

山野・牧（東大 CCSR）

研究目的：

海洋上大気エアロゾルによる放射強制力の算定とリモセンとの比較検証には、陸上での複雑で大きな放射特性変動からの影響に汚染されない大洋上の観測データで行うのが有効である。それには孤島では不充分で、やはり大洋上の船舶での観測が最適である。しかるに動搖する船舶における観測は技術的に困難であり、その観測例は極めて少なく、海域も限られている。そこで船舶用に開発されたスカイラディオメータによるモニタリングの早急なる実用化試験と展開を目指した無人観測システムの確立が本研究のねらいである。

研究方法：

対象船舶は、各年度に亘り、海洋科学技術センター所属の海洋地球研究船「みらい」、東京大学海洋研究所所属の「白鳳丸」、株式会社商船三井所属の石炭運搬船「矢作丸」と同鉄鉱石運搬船「神山丸」の4隻であるが、ACE-Asia 関連で米国の研究船 Ronald H. Brown (NOAA) における平行比較観測も臨時に行つた。

（計測期間：2000年1月1日～2001年1月31日）

## 観測実施経過：

13・14年度の研究航海は次の通りで、船名・期間・海域・その他の順である。

1. Ronald H. Brown (米国NOAA) 平成13年3月14日～04月20日・ハワイ～横須賀新港

2. 海洋地球研究船「みらい」(海洋科学技術センター)

以下は航海番号・期間・海域・備考の順

MR01-K02・平成13年05月12日～05月28日・本邦東方海域・ACE Asia  
(藤谷乗船)

MR01-K03・平成13年06月06日～07月19日・北西部北太平洋オホーツク海・一般公開(7月20日)

MR01-K04・平成13年07月24日～09月15日・東部北太平洋亜熱帯海域チュークシ海ペーリング海

MR01-K05・平成13年09月18日～12月19日・西部熱帯太平洋海域東インド洋海域・(途中から故障)

MR02-K01・平成14年01月06日～02月15日・西部熱帯太平洋海域  
・(故障修理取止)

MR02-K02・平成14年02月21日～03月31日・西部熱帯太平洋海域  
・院生藤谷乗船

MR02-K03・平成14年05月26日～06月21日・本州東方海域

MR02-K04・平成14年06月25日～08月20日・西部熱帯太平洋海域東部  
インド洋海域

MR02-K05・平成14年08月25日～11月06日・ボーフォート海北西部北太平洋海域

MR03-K01・平成15年02月20日～03月30日・北西部北太平洋海域

3. 研究船「白鳳丸」(東京大学海洋研究所)

航海番号・期間・海域・備考の順

KH-01-2・平成13年08月20日～10月05日・日本海三陸沖千島海溝日本海・  
(徳山教授乗船)

KH-01-3・平成13年11月27日～14年03月1日・南太平洋、南極海・(取止)

4. 「矢作丸」(株式会社商船三井) 平成13年03月22日に再設置、  
04月26日辺りで帰港であったがれど訪船パス、05月22日帰港であるが訪船パス、  
帰港日6月23日衣浦港6月24日訪船交信修理完了、7月24日～26日辺りで帰

港、船舶電話で順調を確認訪船見送り、次回8月26日辺り予定であるが、8月26日12時入港確定したが、(8月24日電話) 故障電源ショートの報告を受けたが、日程繰り不可で今回は見送りテントカバー保護を船員に依頼して作成した。9月25日に訪船、不用品扱い荷卸し下船した。また、10月25日に帰港したが、修理準備不備につき設置はパス、11月27日の帰港時にプリード社都甲氏他1名が行って無事設置し、ブレーカも付加した。

次回は12月27日辺り、プリード社員が新規設置12月27-28日辺りで、次回は01月27日であるが、これらはスッキリして、最終的には03月14日に山中氏同行にてプリード1名(都甲氏)とで合計3名にて訪船して、新船長と会見し、点検およびデータ回収を行った。測器については、ケーブル補強以外は順調であり、データは3ヶ月間無人観測に成功していた。

5. 「神山丸」(株式会社商船三井)(観測開始平成13年03月18日) 豪州西岸=東播磨港。13年05月09日再設置。06月09日までVietNumDOCK入り。06月10日あたり帰港は先送りした。07月5日~7日に帰港、故障でプリードも原因調査修理に訪船し、PCを取り替えた。

8月1日にルーチンメール8月2日に船舶電話にて「順調のこと」、今回見送り、次回帰港予定9月9日辺り、9月2日辺りでe-mail入れ、代理店の加古川港運に入港予定日を確認し、3日前に船舶電話かける。9月6日帰港、今回はfreezeしているとのこと。12月10日辺りで、修理機をプリードにて設置。事後確認の結果、その後の帰港時に訪船パスしたが、最終的には03月15日にプリード1名(都甲氏)にて訪船して、点検およびデータ回収を行った。測器は順調で、データは3ヶ月間無人観測に成功した。

#### 結果・問題点:

実際の船舶において運用上の問題を解決しながら継続したのであるが、問題点と改良点をまとめると以下の通りである。

得られた生データの解析手法の開発を併せて進行させた結果は以下の通りである。

1. 「みらい」においては当初から、VHF マリンバンドに干渉する微弱電波の発生が問題とされてきたが、データ通信に使われるクロック IC の周波数がこれらと一致する k とが原因であることが分かり、現在は部品の選択時に回避している。ちなみに問題の周波数は VHF16ch については 156.800MHz、であり、VHF12ch には 156.600MHz である。その他の対策としては、VHF アンテナの位置から 10m 以上は離すこと、同一水平面上に設置しないことなどである。電気的には完全にシールドして接地することである。

2. 「白鳳丸」において乗船者の観察記録から、不測の freeze 現象の原因がデータ・指令通信のタイミングに GPS 通信がバッティングすることによる判断された。そこで、船舶における長期無人観測の場合に限っての応急処置として、定期的に自動リセットする工夫を添加した。それは太陽の日出日の入センサーの付加である。航路が子午線方向の場合は問題ないが、帶状方向の場合には特に有効である。

### 3. 商船 (株)商船三井の「矢作丸」と「神山丸」

#### 3-1. 「矢作丸」

本船は愛知県碧南市衣浦港を積降港として、豪州西岸を経て New Castle 港の間を往復する全長 300m の大型の石炭輸送船である。

スカイラディオメータの設置場所は船尾側にある操舵橋屋上コンパスデッキ右舷後方のハンドレールに沿った位置である。この位置では VHF アンテナからマストの影になり、高度差も 6m ぐらいになるため、電波干渉の問題は起らなかった。

当所は赤道直下の熱帯を通過するのでデッキの高温が心配され、パソコンを架台下に設けた小型冷蔵庫の中にセットした。この最初の航海ではほぼ 1 往復の観測に成功したのではあるが、帰港時にデータ回収に訪船したところ、この冷蔵庫の中で結露が溶けてパソコンが水浸しになってストップしているのが発見された。そこで、このパソコンは別の物とに取り替え、本体は故障損傷しているが、持ちかえりハードディスクをリカバリー専門の業者に発注依頼して読み取りを試行してもらったところ、それに成功した。

この後はケーブル・コネクターの断線があり、一度は交換したが、やがて不調になり、現在は操作を停止して本体はカンバスカバーをかけた状態であるので、2001 年 02 月 23 日に訪船して、本体を「不用品扱い」にて積降回収された。

#### 3-2. 「神山丸」

本船は兵庫県加古川市東播磨港を積降港として、豪州東岸の積み出し港の間を往復するこれも全長 300m の大型の鉄鉱石輸送船である。本船におけるスカイラディオメータの設置場所は貨物甲板中央にある高さ 9m のランプマスト上に取り付けた。この場所は全長 300m の船体中央部で操舵橋から 150m も離れており、かつマストや煙突など太陽を遮る物は一切無く、このスカイラディオメータの船上観測ではかかるて例を見ないほどの理想的な設置場所に相当する。また VHF アンテナからも充分な距離があるため、電波干渉の心配もまったく無い所である。難点は 9m のタワー上に設置するときの作業がかなり困難で危険であることであり、このために作業は天候に左右される。鉄鉱石の粉塵は本体全体を汚染するが、鏡筒部内部のレンズの表面までは汚染す

ることは無かった。本船機関部の好意で難しいステンレスの台を鉄製のマスト上に溶接固定してくれた協力を得ている。電源は甲板上のスイッチボックスから引いた。本船においてもパソコンは架台下に設けた小型冷蔵庫の中に設置した。やはり結露融解は起こったが、幸にして、故障には至らなかった。最初の航海では往路は問題無く作動していたが、帰路の初めから作動が止まった旨の連絡が商船三井経由でメルされてきた。停泊した Danpire で大型のカモメが何羽も停まり、その影響でなからうかというコメントもあった。これらのトラブルの多くは GPS に関わる同期を取るプログラムに不都合があるようで今後改善するところである。そこで日出センサ（デイタイム感知器）を電源にセットして、毎日一回リセットする仕掛けで凌いでいるところである。

神山丸の観測航海期間は次ぎの (1) 00/03/18～00/04/02, (2) 00/04/21～00/05/02 の通りである。その後、電源漏電事故があり、現在は下船撤収中で修理していたが、「みらい」の MR00-K08 に出る前にステッピングモータのベルトの不備損傷が見付かり、それと交換したところである。

## 研究成果：

これらの観測航路は赤道をほぼ南北に過るものであるので、経度に投影して縦軸として、それぞれの観測地の経度にたいする測定値の分布の形で示して比較してみた。そこで、500nm の波長に関するエアロゾルによる光学的厚さ (Aerosol optical thickness) と、波長 500nm に関するエアロゾルの単分散反射率 (Single Scattering Albedo) およびエアロゾルによる光学的厚さの波長異存性 (Angstrom exponent) について比較議論してみた。

光学的厚さを見ると一般的に赤道を堺にして北半球の方が南半球より常に高い傾向がみられ、日本付近は陸に近い為に極端に高いのが見止められる。また矢作丸に比べ神山丸のルートが東南アジアの海岸により近いので、バイオマス効果の影響で北緯 20 度以南では高い値になっているのが分かる。

Angstrom exponent を見ると赤道で最小であり、それより南北の高緯度になるにつれて対称に高くなっているのがみとめられる。さらに赤道近くでは若干の例外を除き粒径が大きくて、発生してから時間の経った古い粒子が卓越しているのが見とめられる。逆に北と南で大陸に接近しているところでは粒径に小さく、発生直後の若い粒子が多く含まれていることを示唆することになる。Single scattering albedo では南北では 1 に近いものもあるが、その値が 0.7 ぐらいまで低くて、いわゆるススなどの光を吸収し易い粒子が瀰漫しているが、また赤道付近の大西洋上では反射率の高い粒子のみが常に存在していることが注目される。赤道上における大気の柱全体には海塩粒子などが高いところまで持ち上げられていることを示していると考えることができる。

これは、池上らによる赤道上空の航空機観測で対流圏上部で海塩核が相当高濃度で観測された報告とも関連があるものとして注目されるところである。

## 今後の課題：

スカイラディオメータを船舶用完全無人化する上で次の問題点が挙げられる。

(1) 船舶緊急交信電波 VHF マリンバンドの 16ch, 12ch, 13ch に干渉する雑音電波を発しているが、その原因はスカイラディオメータの計測値を送信する IC の周波数 16.0000MHz の高調波として VHF マリンバンドの 16ch の周波数 156.8000MHz に干渉することが分かった。これをたまたまあった 15.9744MHz に付け替えたところ干渉波は無くなつたのである。そん変り別の 12ch, 13ch に干渉する電波が新たに発生することになり、問題は依然として解決していないおとになる。東京都立産業技術研究所の検査測定を受けたところ、国内の製品販売基準をクリアしているそうである。しかし、コンパステッキには各週のアンテナが乱立しているのでこの問題は船上観測においては重要である。現在のところ次ぎの対処をしている。

(1-1) VHF アンテナから 20~30m 以上離れる。

(1-2) VHF アンテナと同じ高度にならないよう鉛直距離も 10m 以上はとる。

(1-3) 本体・電源送信ケーブル・コネクター等のシールドを取り接地する。

(2) GPS との同期が取れない場合、本体とパソコン間の指令通信送受のタイミング等の不具合により、突然止まってしまう事故が多く見られた。この原因は推定されているが、ファームに書き込んだプログラムを変える事になるので作業の規模が大きく、緊急には対処出来ないままである。そこで、パソコンは瞬間停電に対して自動復帰立ち上がりのする種類を選び、本体とパソコンの電源を一日一回の日出を検知してリセットすることになる DAY-TIME-ON 装置を電源間に挿入して凌いでいる。

(3) スカイラディオメータ本体では水平回転部と鉛直回転部の可動部の電接を多数のケーブルで連絡しているが、その耐候性や耐塩性が低く老朽化は塩害による絶縁破壊が起こっている。これではパソコンデータ容量から 6ヶ月毎の回収にしても、本体の故障の方が先に起こるので役に立たないので現状である。

(4) 船舶の動揺を補正する 2 台の CCD カメラの光学系には、かなりの系統誤差が発見され、これは本質的な問題であるために、観測の事前と事後に十分な角度検定が必要であることが注意しなければならない。これを施すことで過去の観測データも今後活用して行く方針である。

## 地表面温度推定アルゴリズムの開発

森山雅雄

# 地表面温度推定アルゴリズムの開発

Investigation of the land surface temperature estimation algorithm

森山雅雄\*, 本多嘉明  
Masao Moriyama, Yoshiaki Honda

**Abstract :** For the land surface temperature estimation from satellite based TIR sensor, the attempts are made to modalize the spectral emissivity relationship and to formulate the key to the solution. From the numerical simulation, the retrieved temperature is stable and shows the possibility of the improvement

## 1 はじめに

衛星からの地表面温度推定は、NOAA/AVHRRなど以前から試行され、近年 TERRA/ASTER, MODISなどにより標準アルゴリズムとして提供されるようになった[1]。従来までは陸面過程の解析には、衛星観測輝度温度が利用されてきたが、時期、センサ、地表被覆の状態の相違により変動するため、より一般的な地表面温度が求められている。現状利用可能なプロダクトは、前述したセンサからの標準プロダクトであるが、長期にわたる解析には NOAA/AVHRRからの地表面温度が不可欠であるし、将来的な始点からは ADEOS-II/GLIからの地表面温度も必要となる。本研究は、8-12[μm]に二つ以上分光チャンネルをもつ熱赤外センサからの地表面温度推定アルゴリズムの確立を目指し、解析的な推定アルゴリズムの開発とそれによる誤差解析を紹介する。

## 2 地表面温度推定アルゴリズム

### 2.1 基礎式

衛星で観測された熱赤外データを大気補正して、以下に示す地表面での上向き輝度  $I_S$  と、地表面での下向き放射照度  $F$  が得られたとすると、 $I_S$  は以下の放射関係式で表される。

$$I_S = \epsilon B(T_S) + (1 - \epsilon)F/\pi \quad (1)$$

ここで、 $T_S$ ,  $B$ ,  $\epsilon$  はそれぞれ、地表面温度、プランク関数、放射率である。地表面温度推定は、式の数よりも未知数がひとつだけ多い不静定問題であり、これを解くために、いくつか近似手法が提案されているが、本研究では、松永[2]が提案し、ASTER の標準アルゴリズムとして用いられている、地表面放射率のバンド間関係を利用する手法を参考にする。松永は、ASTER/TIR の 5 つのチャンネルにおける地表構成物質の分光放射率の統計的関係(範囲-最大値、標準偏差-平均)を利用した。この方法は、分光放射率からの鉱物同定という ASTER の目的に沿った 5 チャンネルのセンサで始めて可能となっており、それ以外の 2, 3 チャンネルの TIR センサでは適用できない。ここでは、GLI を例にとって説明する。

GLI/chs. 34, 35, 36 の応答関数と、Spectral library[3]から求めたこれらのチャンネルの放射率の平均と標準偏差の関係を Figure 1 に示す。GLI/TIR は ASTER と比較する

と帯域幅が広く、3 チャンネルしかないため、分光放射率間の明確な統計的関係は成立しない。このため、波長の近接した chs. 35, 36 の分光放射率の関係を用いる。それを Figure 2 に示す。両者には、物質により灰色体(放射率が等しい)と非灰色体の関連が見い出せる。このため、これらの関連を積極的に解法に導入する。

### 2.2 解法

上記の二つのチャンネルの分光放射率の関係を導入した地表面温度推定手法として、放射関係式を連立させ、一つのチャンネルの放射率を他のチャンネルの放射率の関数で表し、未知数と式の数を等しくする方法を採用する。以下に式を示す。

$$\begin{aligned} 0 &= \frac{\epsilon_{35} B_{35}(T_S) + (1 - \epsilon_{35})F_{35}/\pi}{I_{S35}} - 1 \\ 0 &= \frac{f(\epsilon_{35})B_{36}(T_S) + (1 - f(\epsilon_{35}))F_{36}/\pi}{I_{S36}} - 1 \quad (2) \end{aligned}$$

$$f(\epsilon_{35}) = a\epsilon_{35} + b \quad (3)$$

ここで、下付数字は、GLI の分光チャンネルを表す。上式は非線形連立方程式であるため、Newton 法により解を求めるが、解の拘束条件、収束判定など実装には留意すべき点がある。本研究におけるそれらの解決策を以下に示す。

#### • 初期条件

多くの場合、輝度温度は地表面温度を越えることはない。このため地表面温度の初期条件は輝度温度の最大値とし、放射率の初期値は上限値とした。

#### • 拘束条件

温度、放射率とも非負であり、放射率の範囲は [0, 1] である。反復法の解に制限のある場合には、変数変換、ペナルティ関数などのいくつかの手法があるが、本研究では、ある変数が上下限を超えた場合、その変数の値を上下限値にして、反復を繰り返すという Hemistretching 法[4]を採用した。

#### • 収束判定

(2) 式の右辺は、輝度の実測値と計算値の相対誤差であるため、左辺値が大気補正誤差の実効値以下になれば収束したと判定できる。しかし、放射率関係式(式(3))からはずれ、過大な誤差などの影響により収束条件を満足せず反復計算を繰り返し、計算が終らないという事態になる可能性もある。本研究では、反復回数の上限値を規定し、それを越えた場合は、収束条件を緩和する手法を用いた。この場合の収束条件として、輝度の相対誤差の平方和が、ある収束半径以内であれば収束とし、収束半径を増加させること

\*長崎大学工学部, 〒8528521 長崎市文教町 1-14,  
tel.: 095-843-7194, Email: matsu@rsirc.cis.nagasaki-u.ac.jp

で、収束条件を緩和するという手法を採用した。このことで、推定誤差の品質情報も同時に計算できるという利点がある。

#### • 放射率関係式

Figure 2 のように二つの分光チャンネルの放射率が、複数の関係式で表せる場合、関係式毎に地表面温度推定を行ない、式(2)で表される相対誤差が最も小さくなる関係式での解を推定値とする。

## 3 数値シミュレーション

### 3.1 利用データ

#### • 地表面温度、下向き放射照度

地表面温度を  $250 - 320$  [K]まで  $5$  [K]毎に変動させ、NCEP 1990 月平均大気プロファイルから、地表面直上の気温が選定した地表面温度と同様のプロファイルを選定し、MODTRAN によって下向き放射照度を計算した。但し、地表面温度が  $300$  [K]を越える場合は、 $300$  [K]と同じものを用いた。

#### • 放射率関係式

JHU spectral library[3]より、堆積岩、火成岩、変成岩、土壤、非金属の人造物、植生および雪氷、水の 194 種の分光放射率を、GLI chs. 35, 36 の応答関数によって重み付き積分して得られた放射率より、非灰色体の関係式として  $\varepsilon_{36} = 0.429\varepsilon_{35} + 0.560$ 、灰色体の関係式として  $\varepsilon_{36} = \varepsilon_{35}$  を採用した。

#### • 誤差

地表面での上向き輝度には、大気補正により増幅された測器誤差、および大気補正誤差が含まれる。GLI の  $NE\Delta T$  は  $300$  [K]で  $0.1$  [K]であり輝度に変換すると約  $0.1$  [%]となる。今回は、大気補正による観測誤差の増幅の影響を確認するため、標準偏差が  $0, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0, 2.0, 3.0, 5.0$  [%]となる正規雑音を、上記の地表面温度、放射率、下向き放射照度から計算した地表面での上向き輝度に加えた。

#### • 収束条件

収束半径を  $1.0$  [%]と定め、6回の反復で収束しない場合、収束半径を2倍し、6回以内の反復で収束するまで繰り返すという手順を採用した。

### 3.2 結果

地表面温度推定値のバイアス誤差、RMS 誤差を Figure 3 に示す。また、収束条件を Figure 4 に示す。収束条件を緩和する手法の採用により、収束性は確保されていることがわかる。また、バイアス、RMS 誤差は、放射率関係式を固定したことによるものと推測され、今後、複数の放射率関係式を用いた反復法を用いることで低減可能と考えられる。

## References

- [1] <http://www.terra.nasa.gov>
- [2] 松永、熱赤外分光放射率の平均及び最大、最小値の経験的関係を用いた温度-放射率分離手法、日本リモートセンシング学会誌、Vol. 14, No. 3, 230 - 241, 1994.
- [3] Salisbery, J. W., D. M. D'Aria, Emissivity of terrestrial materials in the  $8 - 14$   $\mu\text{m}$  atmospheric window, Remote Sens. Environ., Vol. 42, No. 2 83 - 106, 1992.
- [4] 今野、山下、非線形計画法、日科技連

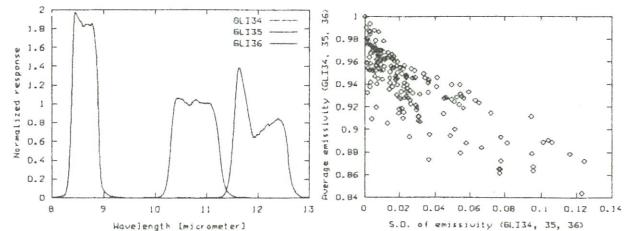


Figure 1: Spectral response (left) and Average and S.D. of the emissivity (right)

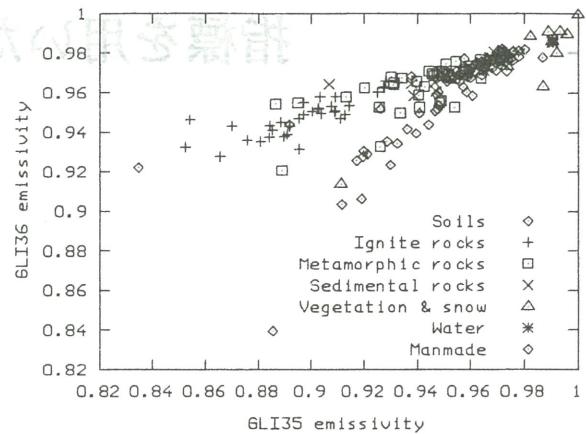


Figure 2: Relationship between the spectral emissivity of GLI 35 and 36

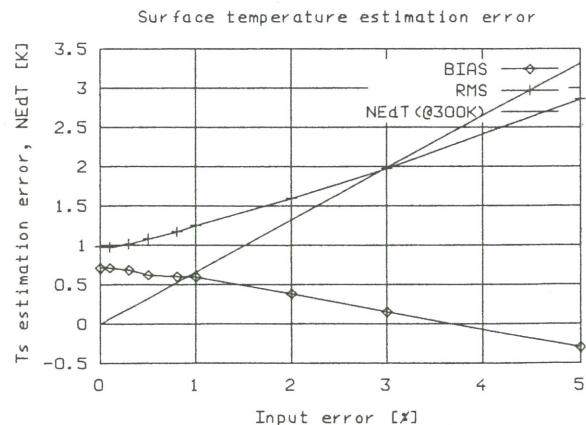


Figure 3: Bias and RMS error of the estimation

# 中国・インドの水稻収量に関する光合成型穀物 指標を用いた監視法の検討

金子大二郎

CEReSシンポジウム:

## 中国・インドの水稻収量に関する 光合成型穀物生産指標を用いた監視法

世界気象データを用いた光合成型穀物生産指標

金子大二郎（松江高専土木）

## タイトル：光合成型指標による 穀物生産量のモニタリング

### 1. 研究の背景

- 水資源不足時代における穀物生産量の監視
- 国作予知と社会的混乱の緩和のための危機管理 -

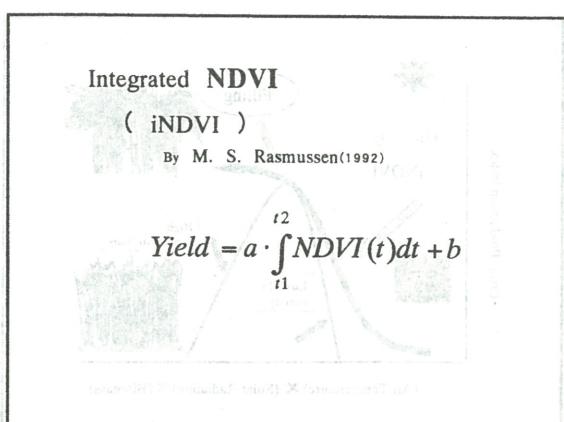
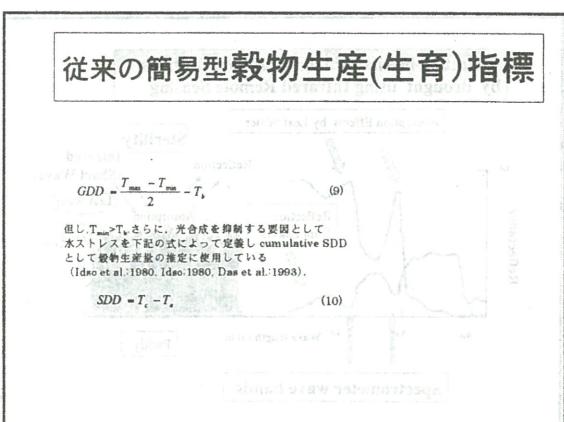
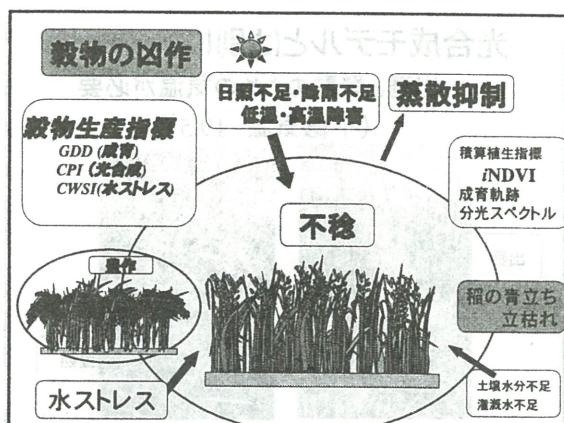
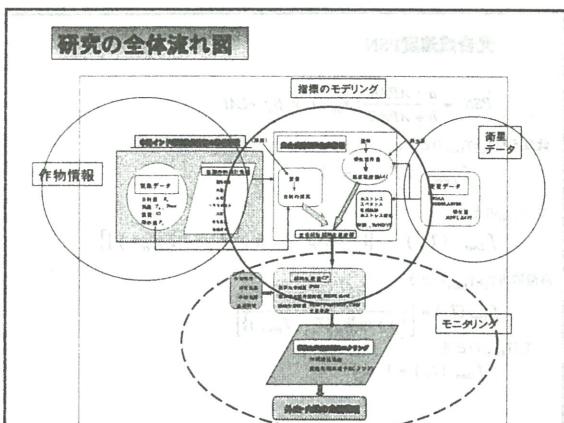
### 2. モニタリングの方法

- 衛星からの植生指標による生育の現況追跡
- 光合成型の穀物生産指標による蒸散抑制（水ストレス）の考慮

### 3. モニタリング法の技術開発

- 世界気象データからの雲量による日射量の推定
- 植生指標NDVIによる植生現存量の表示

### 光合成型穀物生産指標のモデル化



## 純一次生産量NPP

by Rasmussen (1998)

$$NPP = \varepsilon \int_0^t (\alpha \cdot NDVI + b) \cdot PAR \cdot dt$$

ここに、PAR：光合成有効放射

NDVI：植生指標

## 光合成型

### 穀物生産指標 CPI

$$CPI = \sum_{i=1}^{i=n} PSN_i$$

$$PSN = \frac{a \cdot APAR}{b + APAR} \cdot f_{ster}(T_c) \cdot \beta_s \cdot eLAI$$

## 光合成モデルとは別に

出穂と登熟のための気温が必要  
(不穏気温 19.5°C)

出穂



登熟



## 光合成速度PSN

$$(1) \quad PSN = \frac{a \cdot APAR}{b + APAR} \cdot f_{ster}(T_c) \cdot \beta_s \cdot eLAI$$

低温不穏  $T_c < T_{Lster}$  のとき、

$$f_{ster}(T_c) = 1$$

$T_c > T_{Lster}$  のとき、

$$f_{ster}(T_c) = [1 - \exp \{-k_L(T_c - T_{Lster})\}]$$

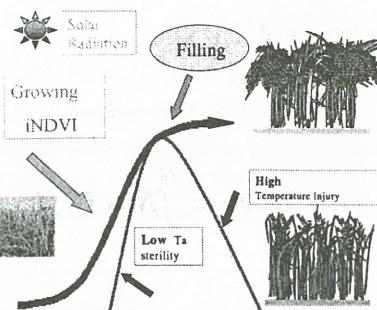
高温障害  $T_c > T_{Hster}$  のとき、

$$f_{ster}(T_c) = \left[ \frac{1}{1 + \exp \{k_H(T_c - T_{Hster})\}} \right]$$

$T_c < T_{Hster}$  のとき、

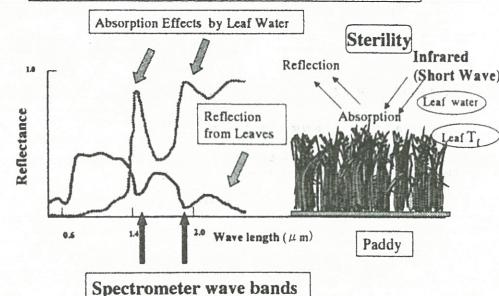
$$f_{ster}(T_c) = 1$$

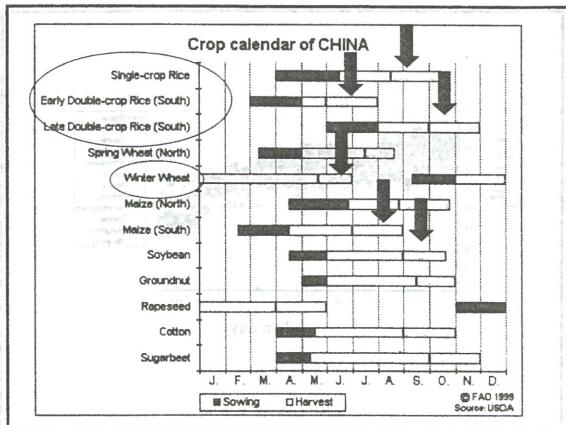
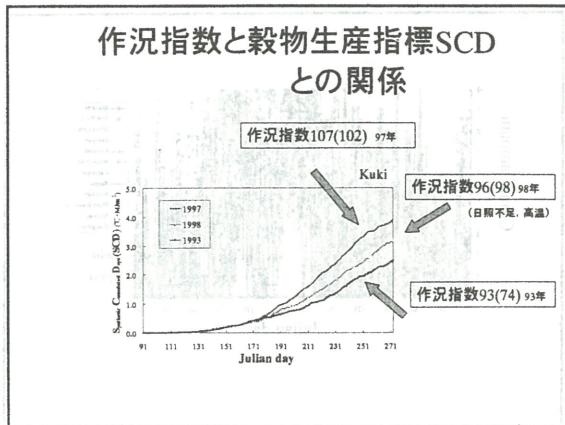
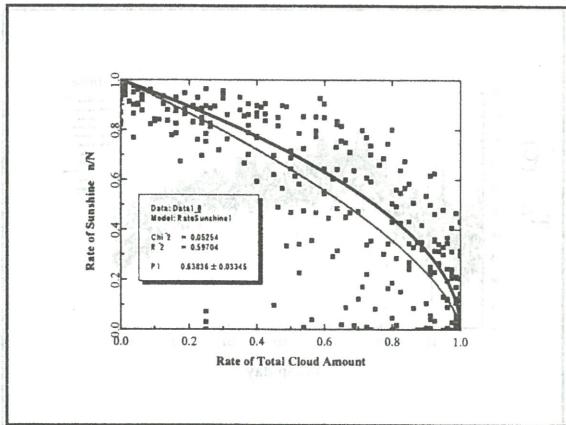
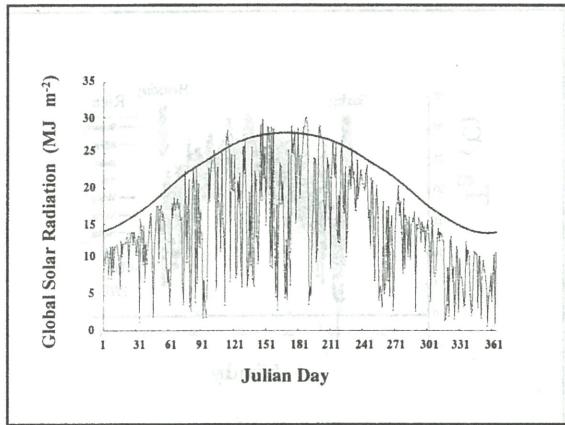
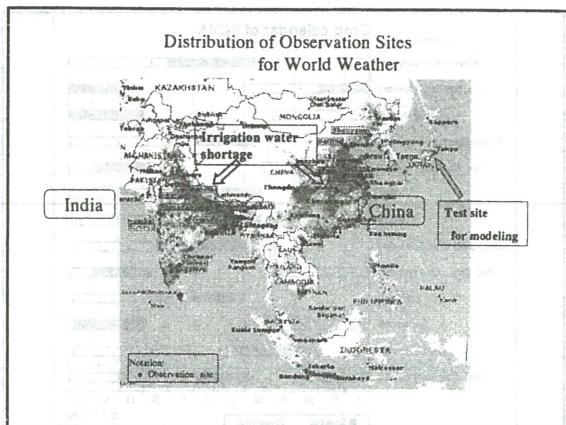
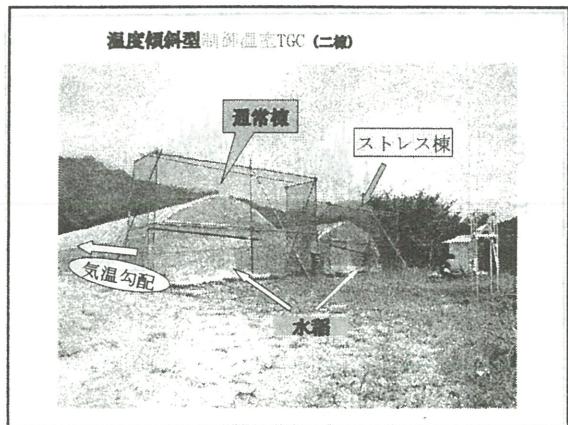
Crop Production Index

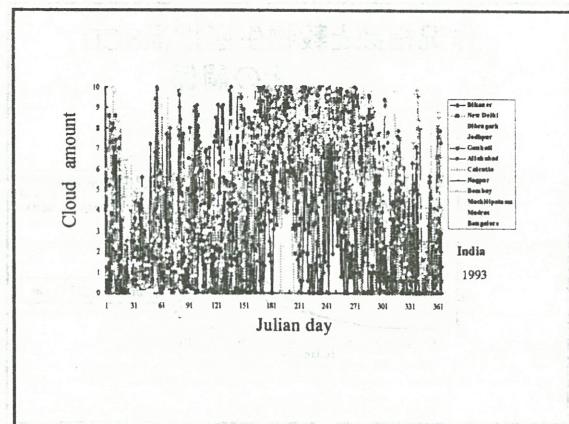
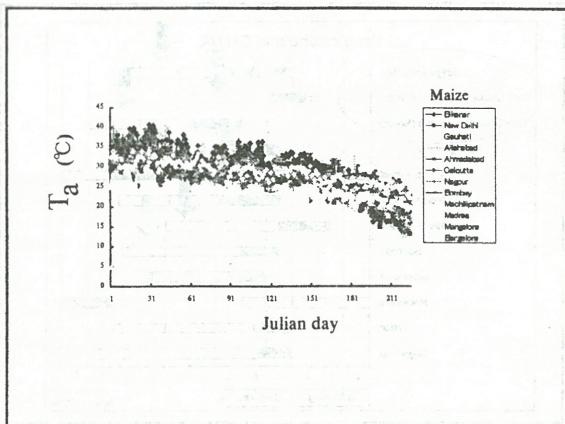
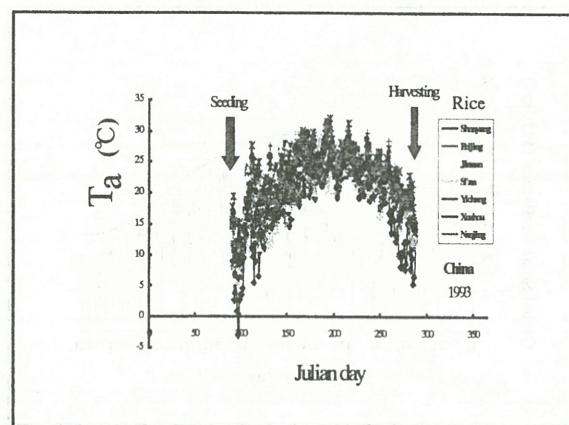
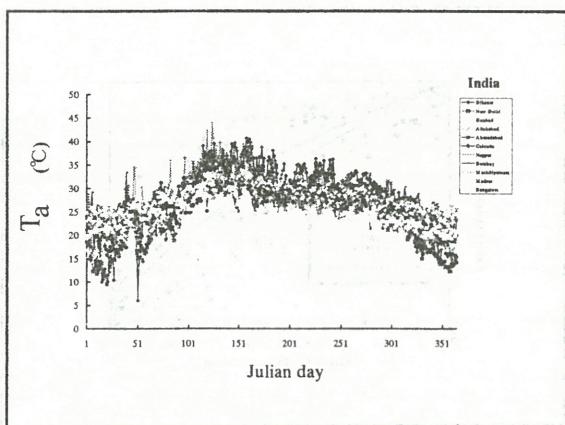
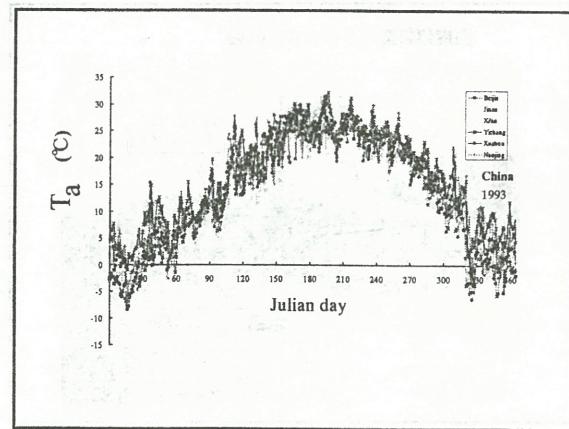
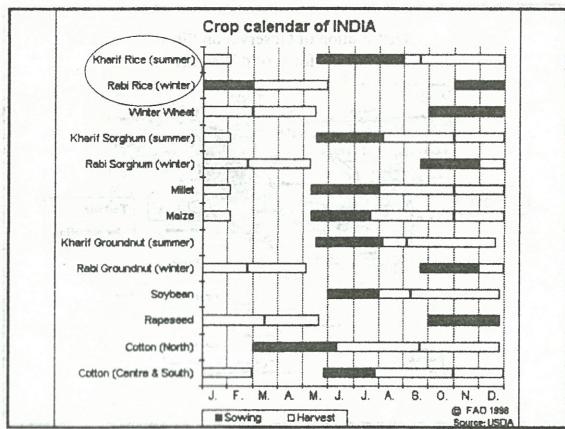


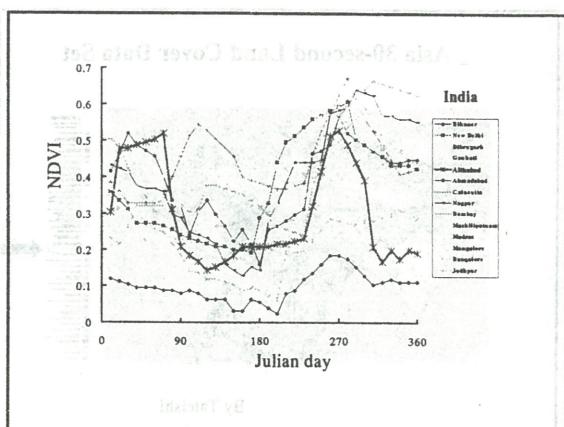
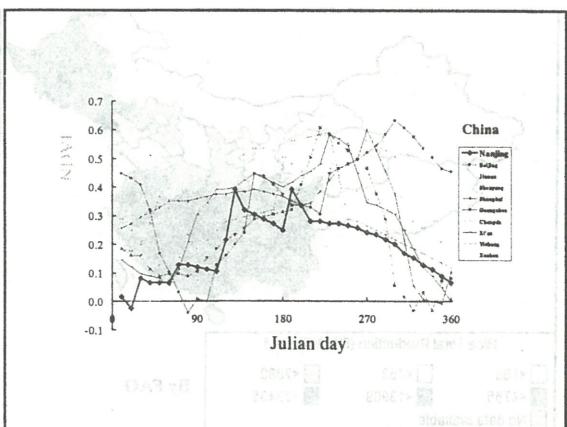
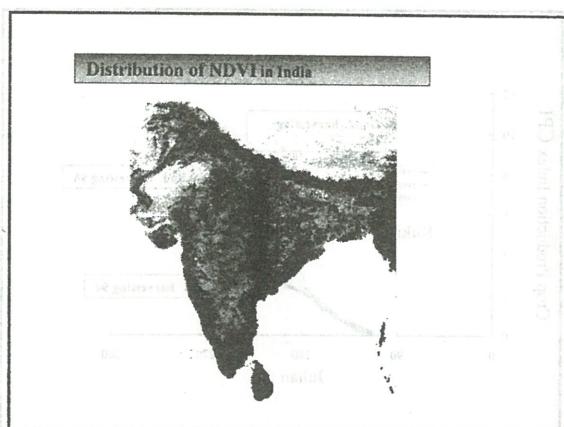
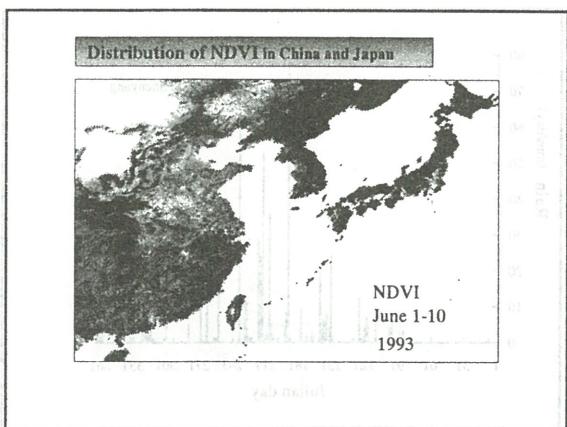
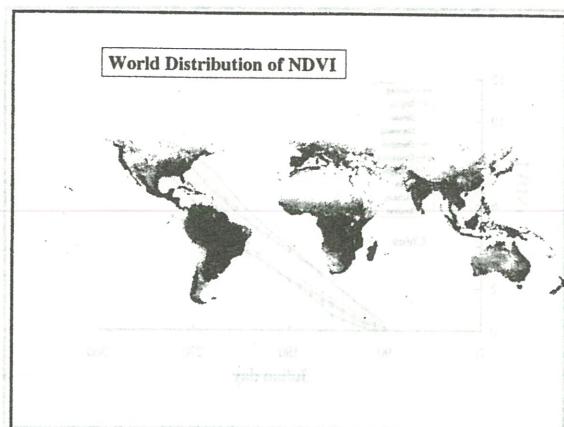
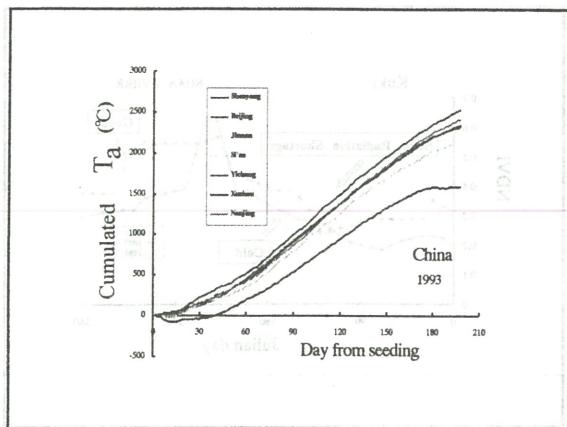
(Air Temperature)  $\times$  (Solar Radiation)  $\times$  (Biomass)

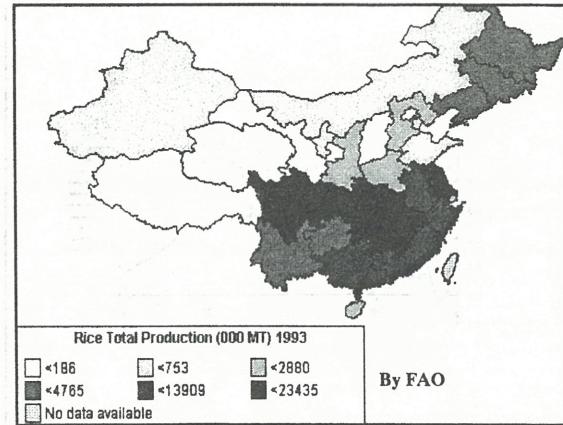
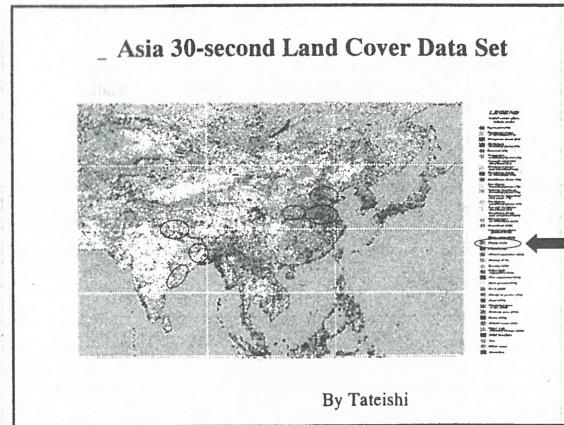
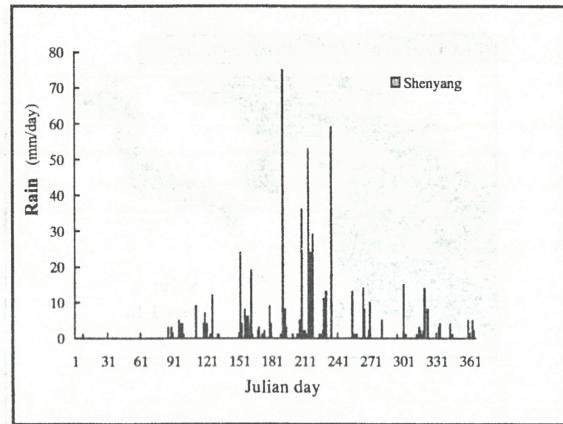
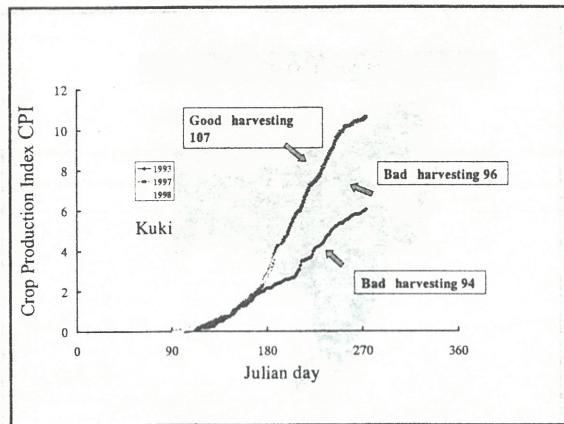
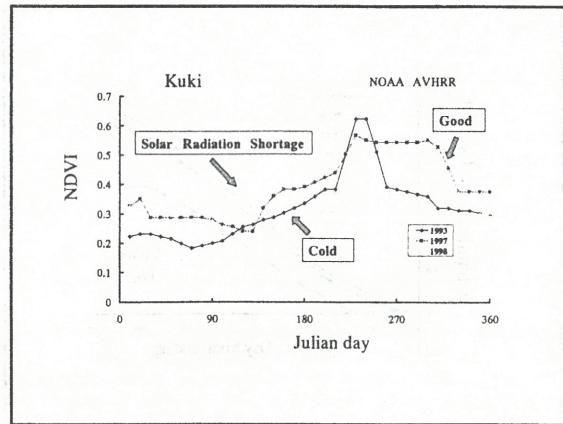
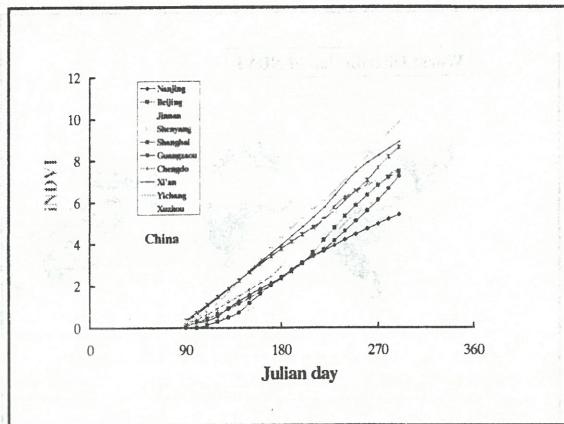
## Detection mechanism for Crop Water Stress by drought using Infrared Remote Sensing

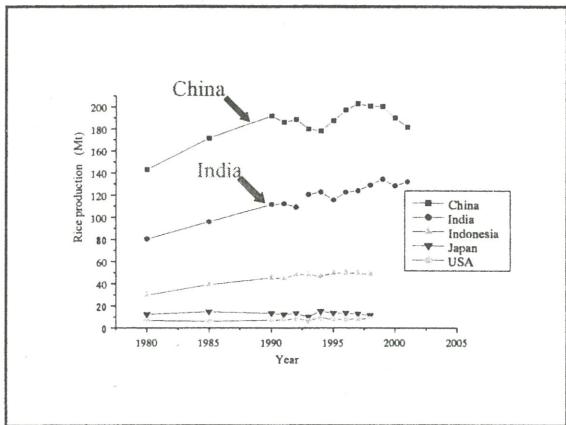
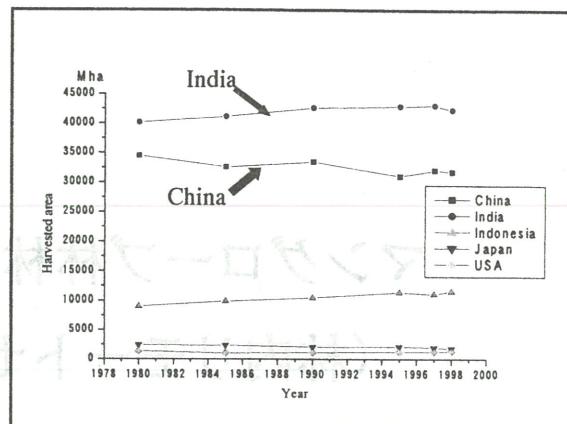
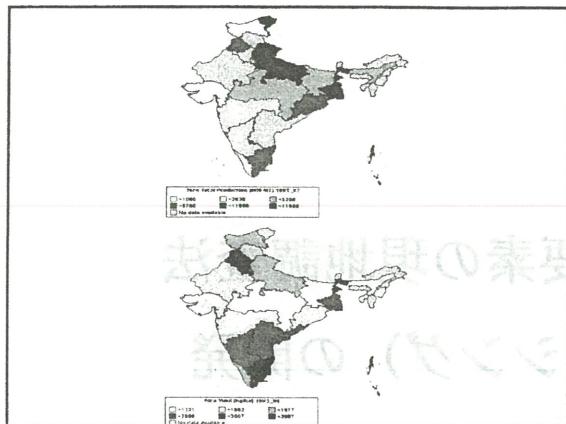












### 結論：中国・インドの水稲収量に関する

#### 光合成型穀物生産指標を用いた監視法

・世界気象データを用いた光合成型穀物生産指標・

#### 1. 光合成型穀物生産指標の開発

- 1) 従来にない、世界気象データと衛星データを用いた穀物生産量のモニタリング法が現実化する見通し。
- 2) 中国・インドを対象とし、光合成型の穀物生産指標を検討。
- 3) これまでに検討した日射・有効気温の他に、植生現存量として植生指標NDVIを考慮。
- 4) 次の段階：
  - a) 土地利用と作付域の分類
  - b) 水ストレスの考慮

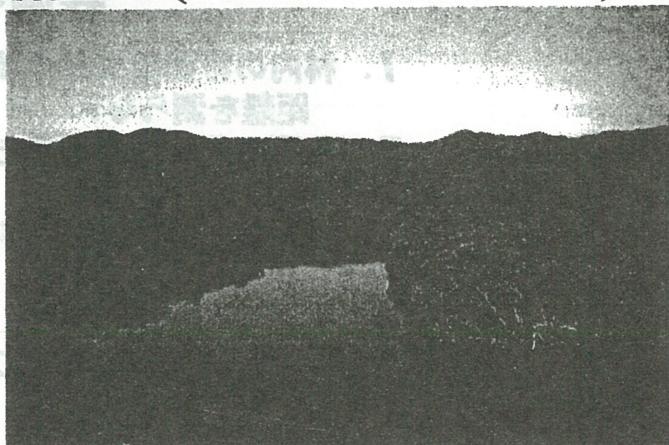
## 2. 次の研究細部：

- a) 中国における実測値による推定日射量の検証
- b) 追跡地点付近の農作物テストサイトの選定
- c) 穀物種類毎の作付域の分類
- d) 葉温と分光スペクトルを用いた水ストレスの導入
- e) リアルタイム監視

# マングローブ林林分要素の現地調査法 (林内リモートセンシング) の開発

佐藤一紘

# マングローブ林林分要素の 現地調査法(林内リモートセンシング)の開発



琉球大学農学部 佐藤 一統

## 研究目的と背景

### 背景

1. マングローブ林は従来その他の森林として扱われてきたが、資源・環境両面での位置付けが明瞭になり、現状の把握が必要になってきた。
2. その他の森林として扱われてきたため、通常の森林では整備されてきた林分要素の資料や要素間の関係等科学的知見が不足している。
3. 潮汐の影響を受ける、泥濘な立地、錯綜した特異根等現地調査に、林内の移動を阻害する条件が付随する。
4. 求積のために伐倒し難い条件を伴う事が多い。
5. 立木状態で材積を求めるには、幹を登って適宜の間隔で太さを測り円錐台として、最上部は見上げて残りの距離を測り円錐として体積を求め、合計する区分求積法を探ってきた。

## 新たに開発する方法が 具備すべき条件

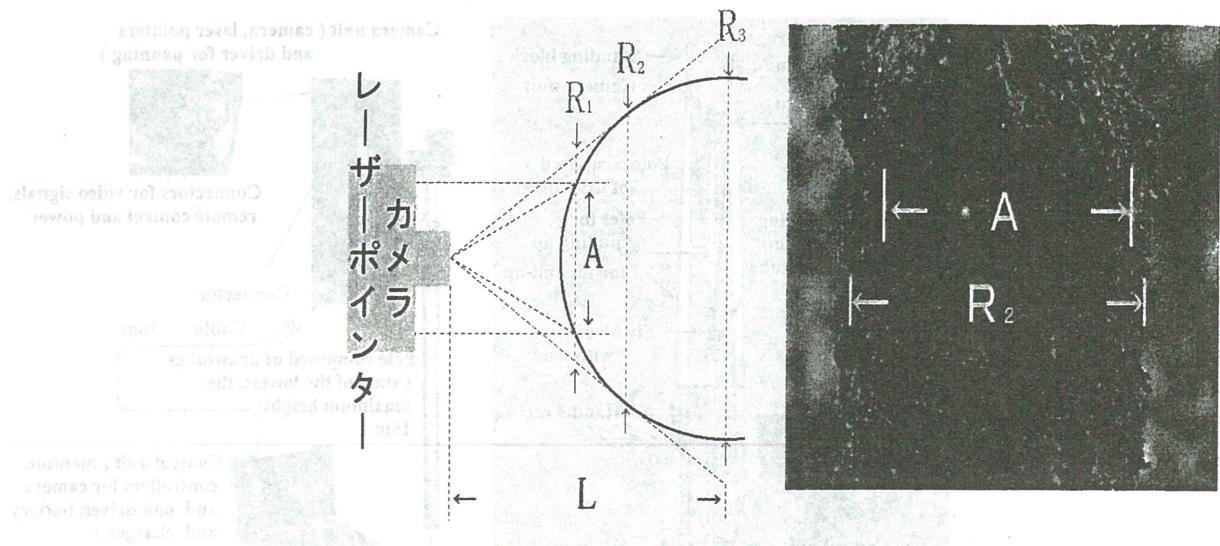
1. 林内の移動を少なくするため、測定器等と対象木の距離を測らない。
2. 落下の危険を避けるため、登らずに適宜の高さ太さ及び樹高を測る。
3. 材積の計算・集計等が容易になるよう、プログラム化する。

↓  
対象木に非接触で測定

↓  
林内リモートセンシングの開発

## 基本的な条件と構成要素

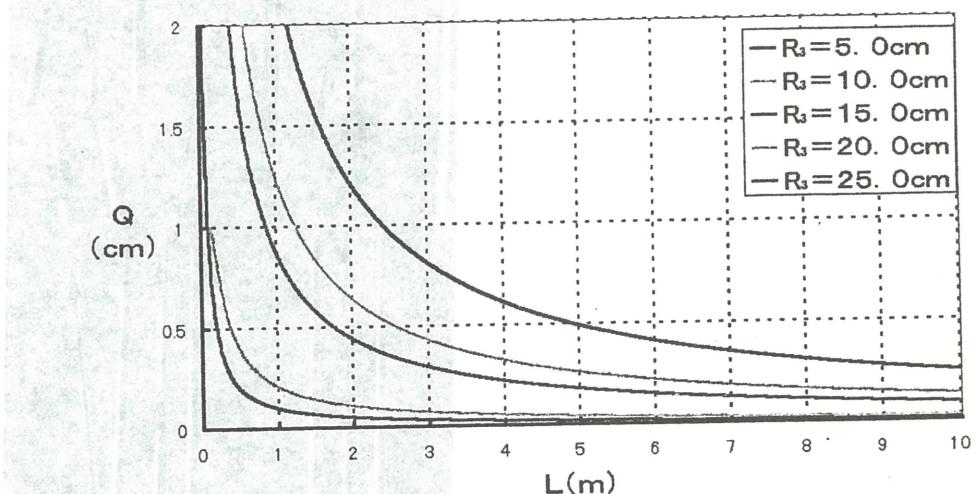
1. 写真測量的に画像から太さを求める。
2. 現場で扱い易い画像にする。→デジタル・カメラ
3. 所要の高さにカメラを保持する。  
→伸縮ポール方式
4. 遠隔操作で無線になると上に電源等が必要で重くなる。→地上の操作部からの有線給電方式
5. 対象木・カメラ間の距離測定を不要とする。  
→平行レーザーポインター方式
6. カメラの水平を確認・調節する。  
→水平センサ・操作索方式
7. ポールを垂直に伸縮する。→手動ワインチ方式



**直径( $R_3$ )、見かけ上の直径 ( $R_2$ ) 、スケール ( $A$ ) の関係**

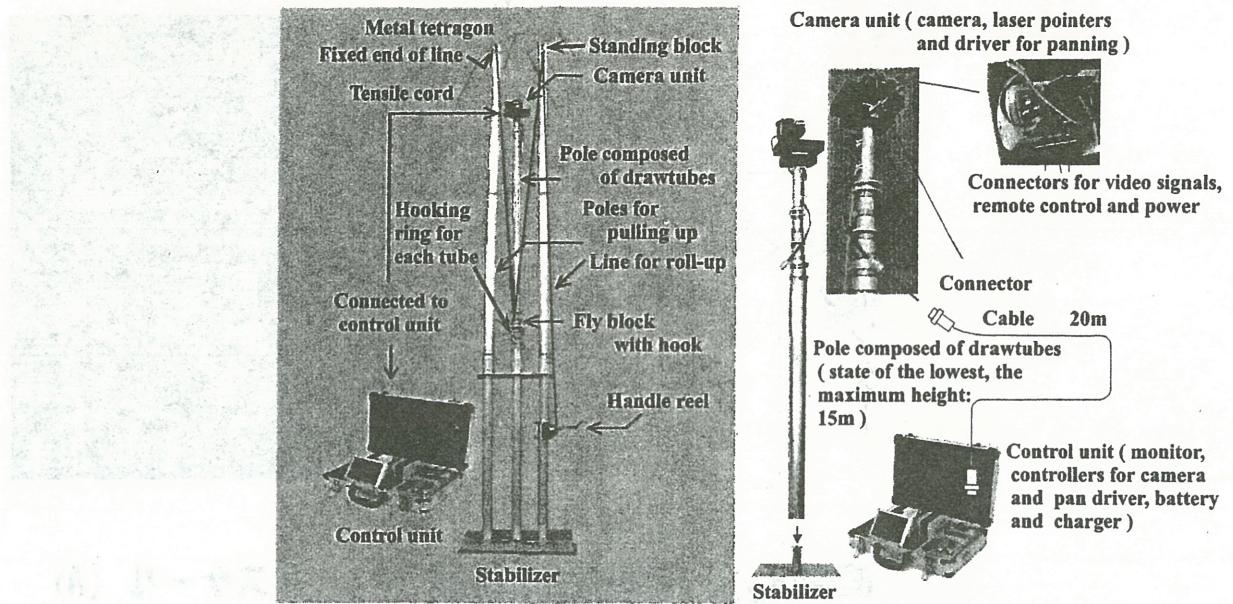
(The) equation showing the relationship between the true diameter ( $R_3$ ), apparent diameter ( $R_2$ ) and the scale ( $A$ )

$$Q = R_3 - \frac{R_3 (2L - \sqrt{R_3^2 - A^2})}{\sqrt{4L^2 - R_3^2}}$$

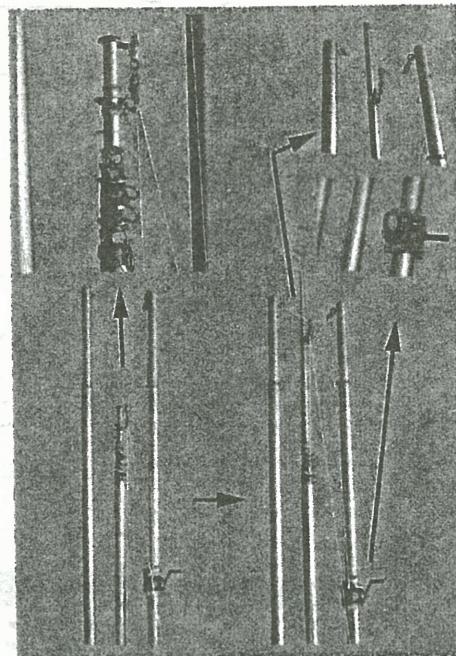


**対象木・カメラ間の距離Lと真の直径と見かけ上の直径との差Qとの関係**

(The) graph showing the relationship between the distance L and the difference in diameter Q.

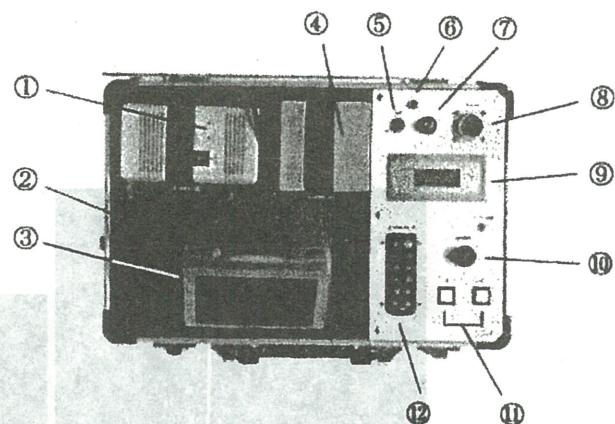
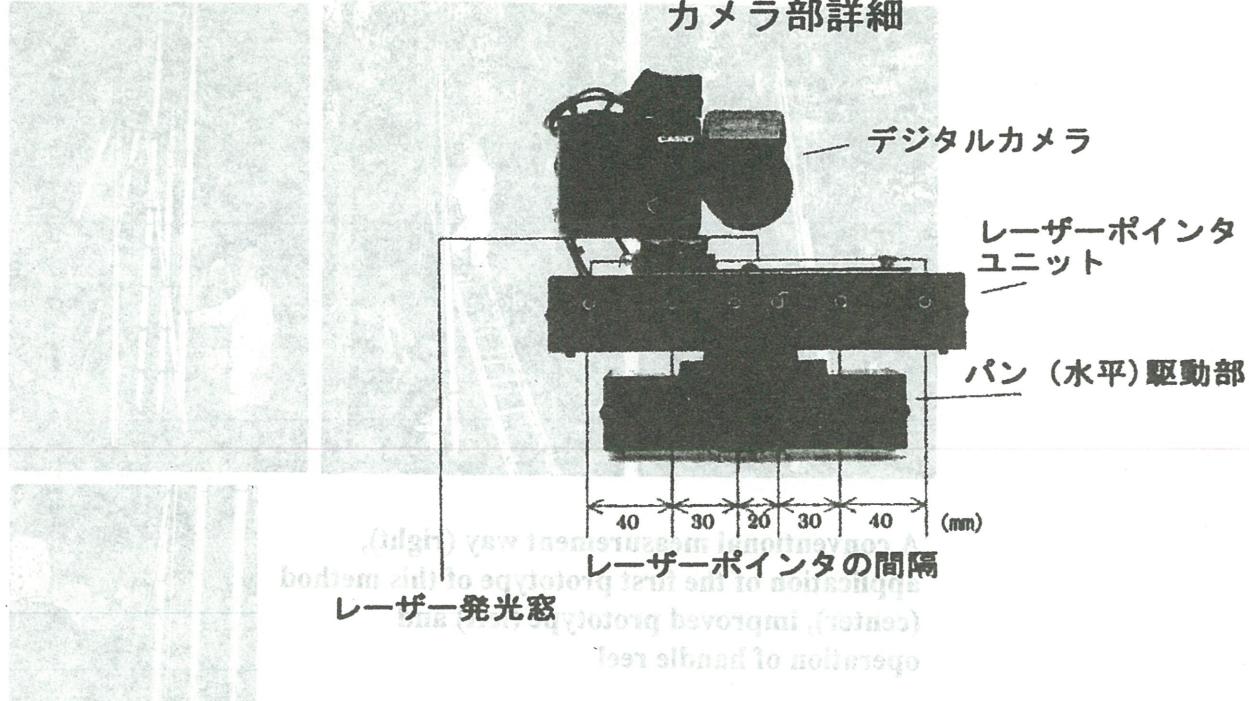


The first prototype of this method (right) and improved prototype (left)



Operation of handle reel and line for pulling up drawtubes

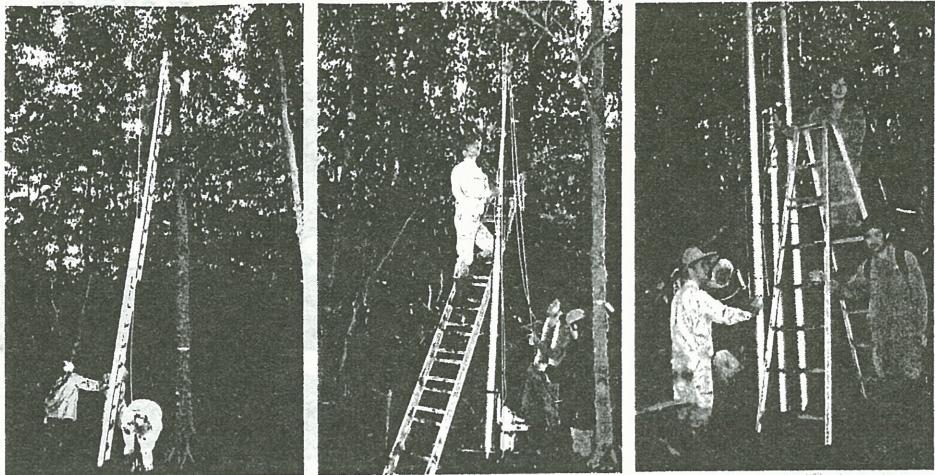
## カメラ部詳細



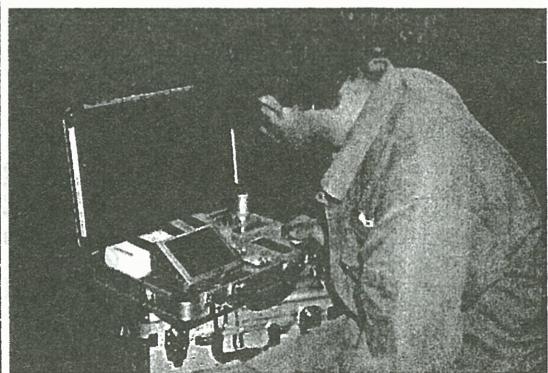
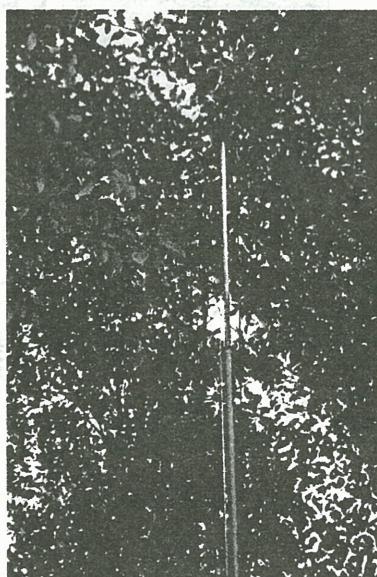
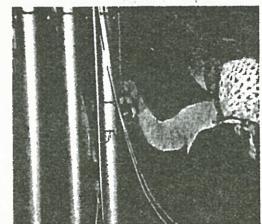
- |               |               |
|---------------|---------------|
| ① 充電器         | ⑦ ヒューズホルダ     |
| ② 充電器 A C コード | ⑧ ケーブルコネクタ    |
| ③ 液晶モニタ       | ⑨ 電圧表示部       |
| ④ バッテリ        | ⑩ パン速度調節つまみ   |
| ⑤ 電源スイッチ      | ⑪ パン方向切り替えボタン |
| ⑥ バイロットランプ    | ⑫ デジタルカメラ操作部  |

## 操作部詳細

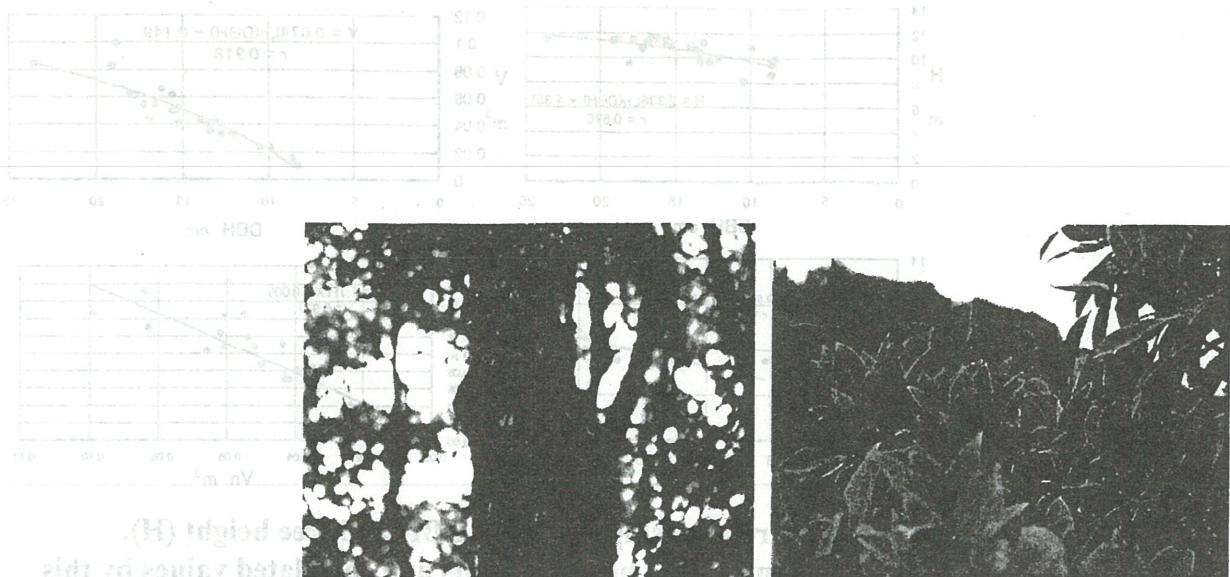
手前の方針の左上にある想定する操作を示す一系の操作



A conventional measurement way (right),  
application of the first prototype of this method  
(center), improved prototype (left) and  
operation of handle reel



伸縮ポールを伸ばした状態と地上での操作の様子



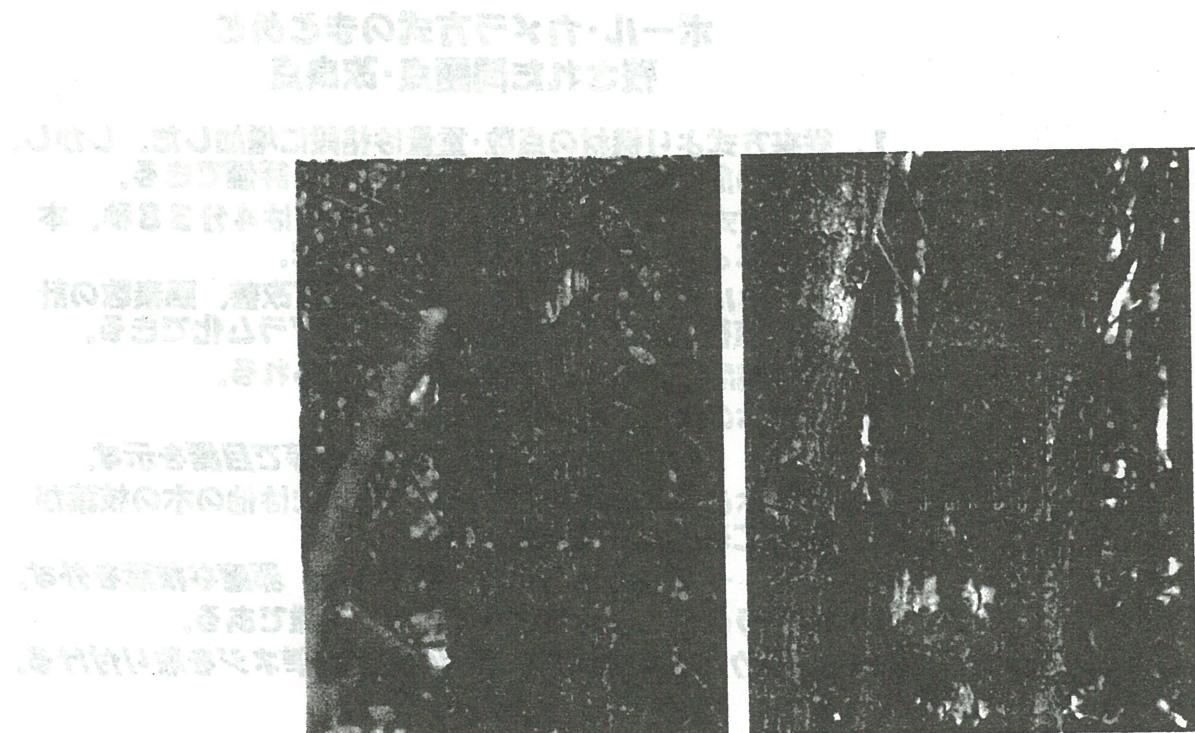
(H) Indigo soil  
soil to sandy base

Emilov plant has indigo soil to soil to soil (soil) soil

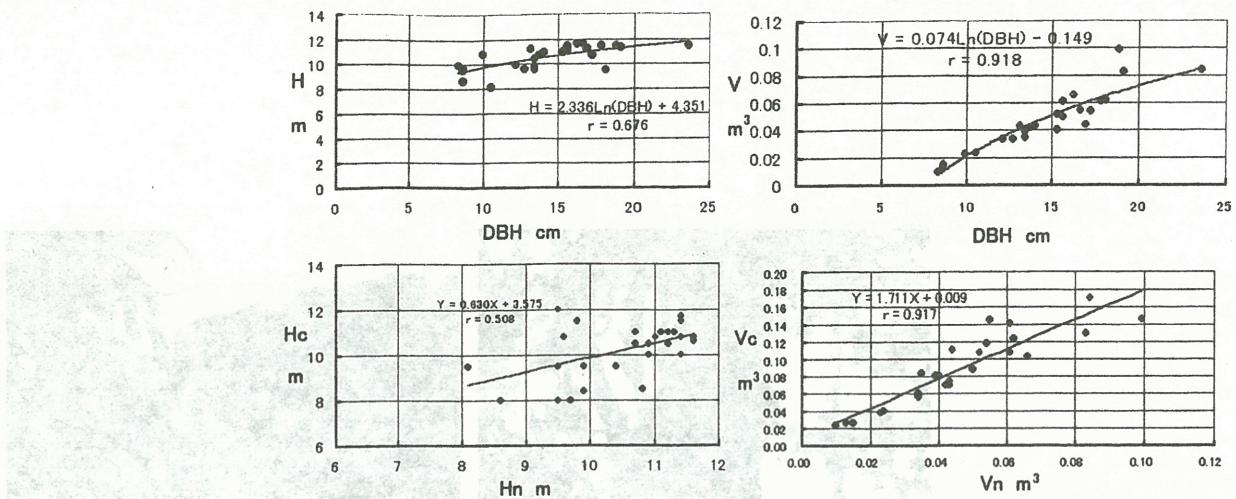
(soil) (soil) (soil) (soil) (soil) (soil) (soil) (soil)

(soil) (soil) (soil) (soil) (soil) (soil) (soil) (soil)

### Laser red points on a trunk, the top of a crown in the finder



Laser red points on a trunk and counting pix number  
as the scales between red points

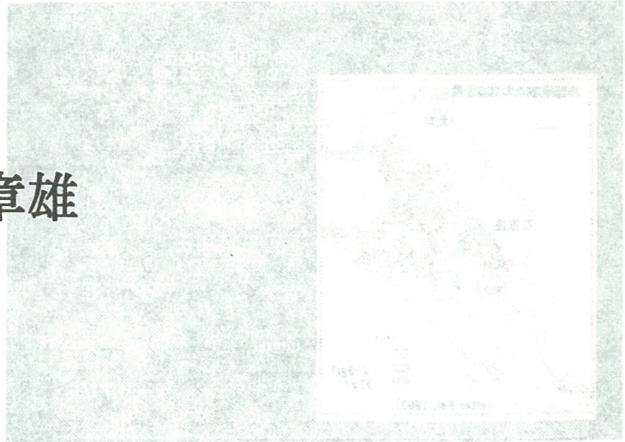
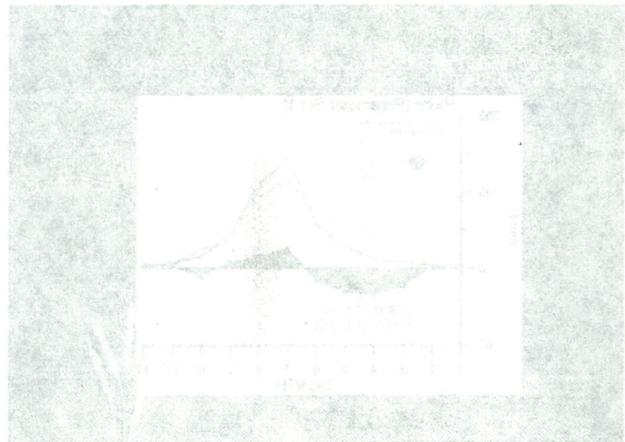


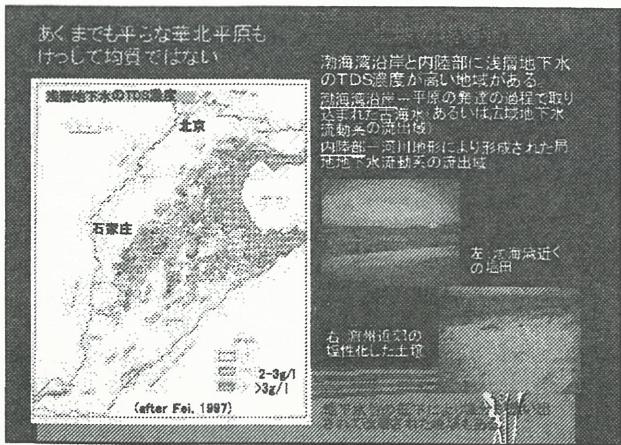
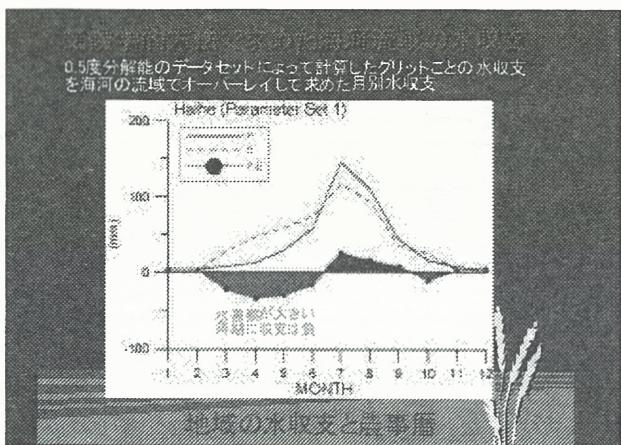
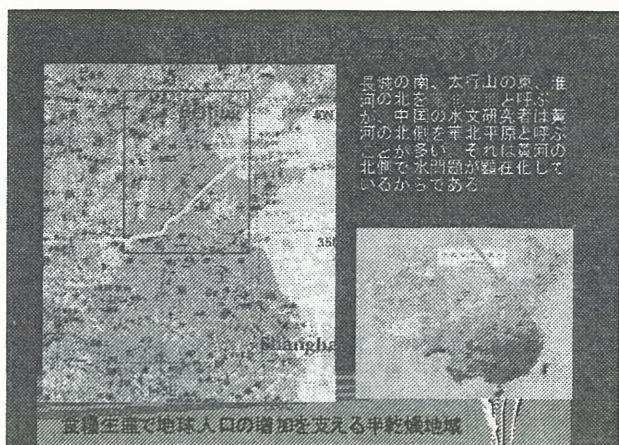
Two relationships between DBH and tree height (H),  
trunk volume (V) of measurements and calculated values by this  
method (above), and comparison of tree height and trunk volume  
by this method (Hn, Vn) and conventional way (Hc, Vc) (below)

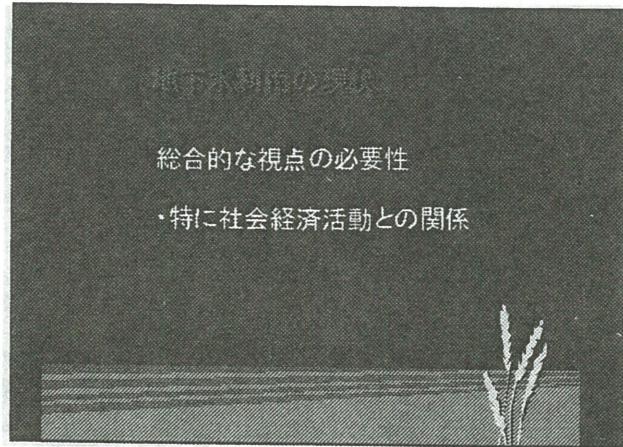
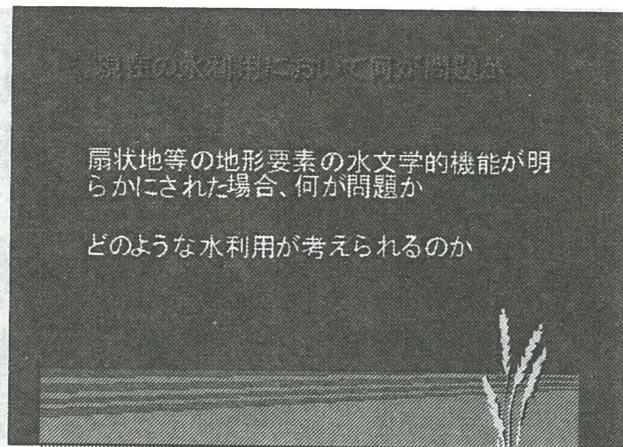
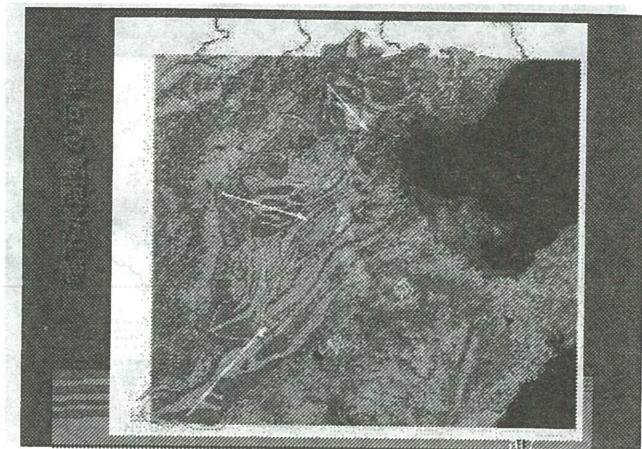
### ポール・カメラ方式のまとめと 残された問題点・改良点

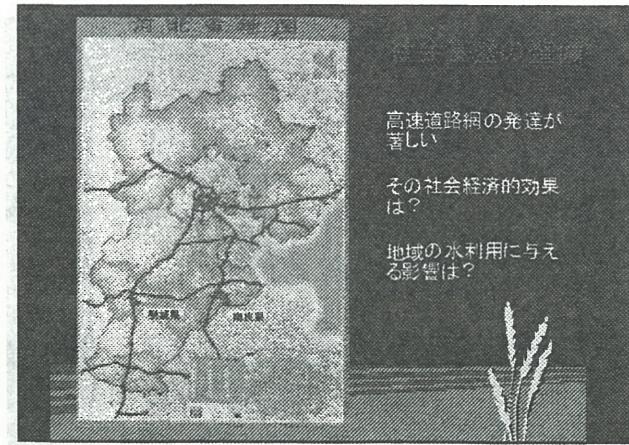
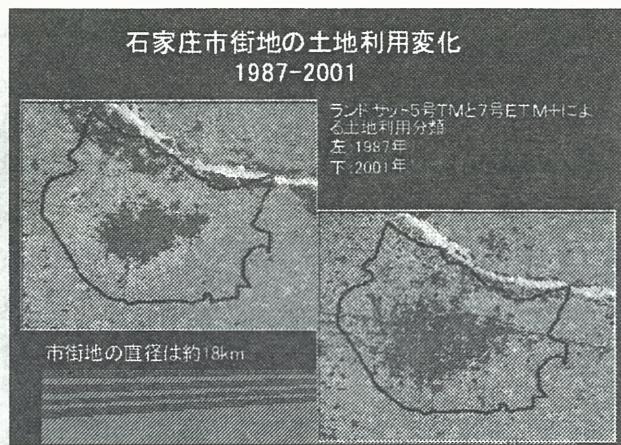
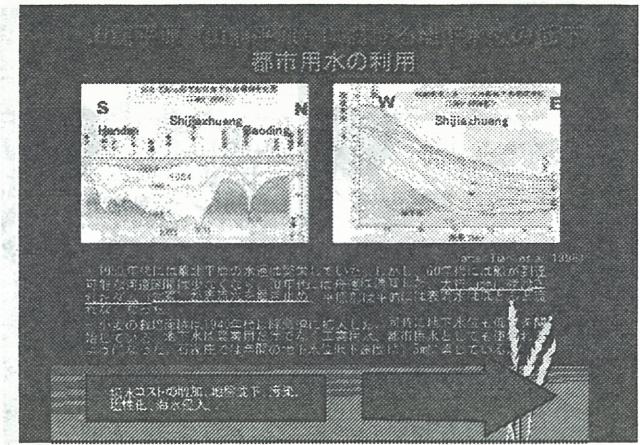
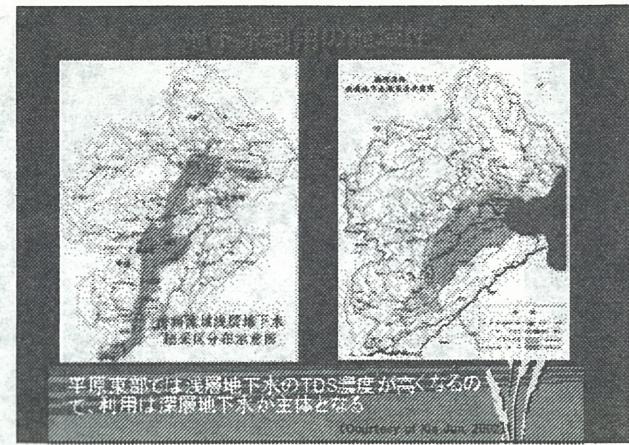
- 従来方式より機材の点数・重量は格段に増加した。しかし、落下の危険性を回避できる点は大きく評価できる。
- 従来方式による1本当たりの測定時間は4分38秒、本方式によるそれは4分26秒であった。
- デジタルカメラによれば、画像の画質改善、画素数の計数、直徑の計算、区分求積等をプログラム化できる。
- 測定精度は格段に改良されたと考えられる。
- 対象木の樹冠上面を確認し難い。  
→振り出し竿や小さな風船等で目標を示す。
- 対象木とカメラとの間にそれ自身または他の木の枝葉が入って邪魔になる場合がある。  
→振り出し竿の先に鉤を付け、邪魔な枝葉を外す。
- カメラの水平を素で操作する事は煩雑である。  
→カメラ部の下部に3個の電動整準ネジを取り付ける。

## IDRIS と ARCVIEW8.1 を用いた土地利用 変化予測研究

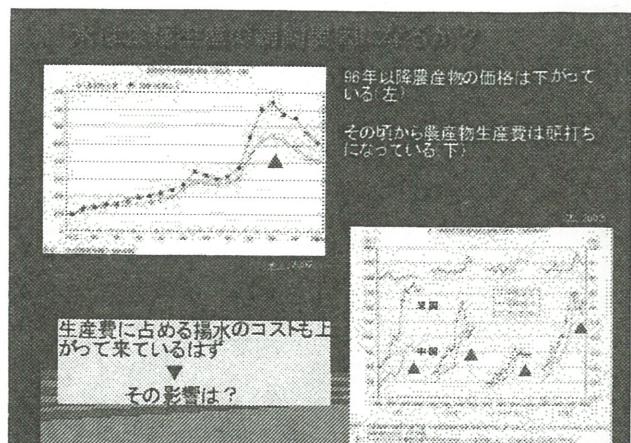
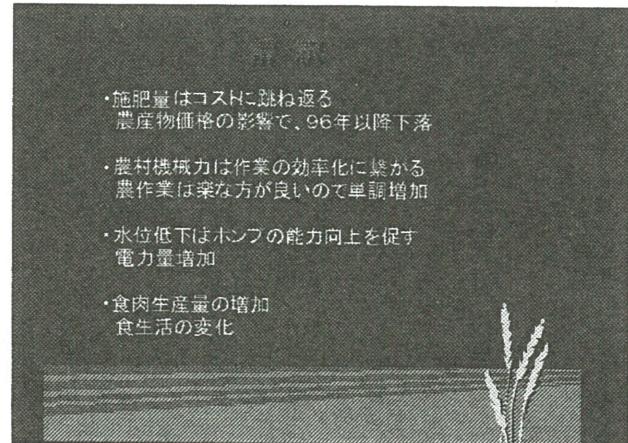
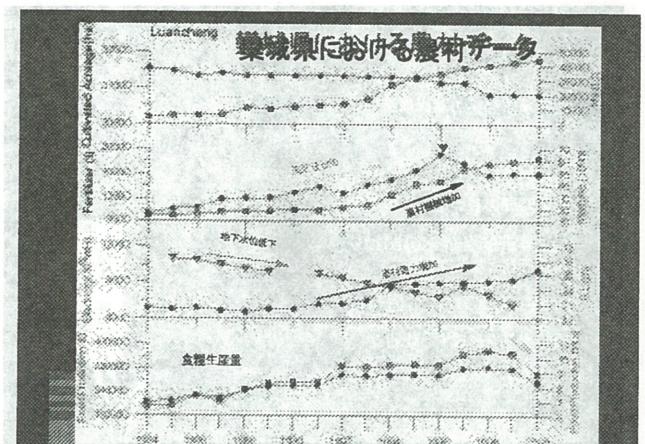
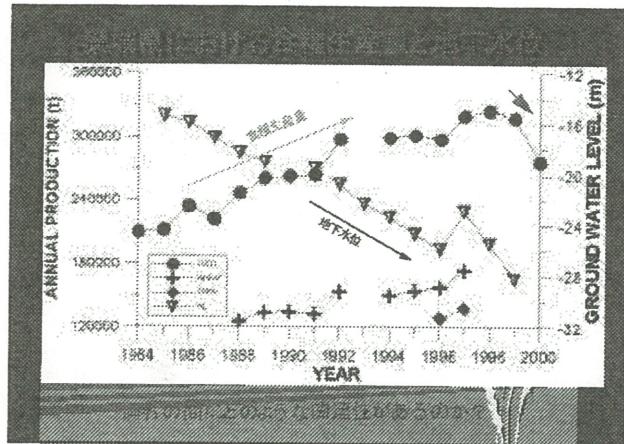
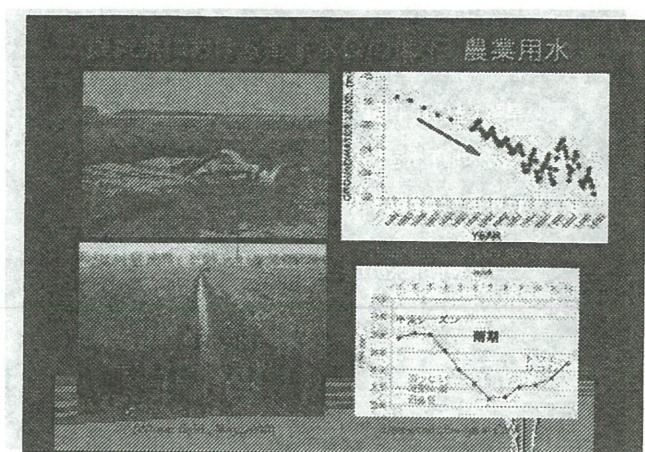
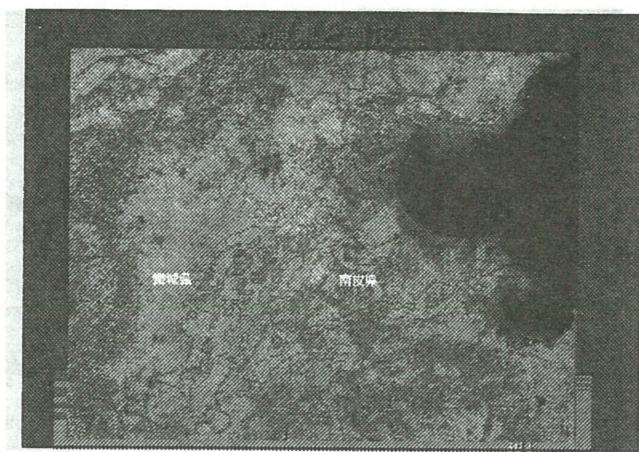


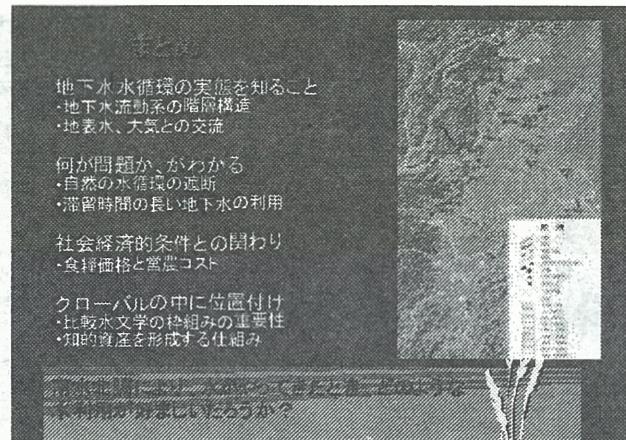
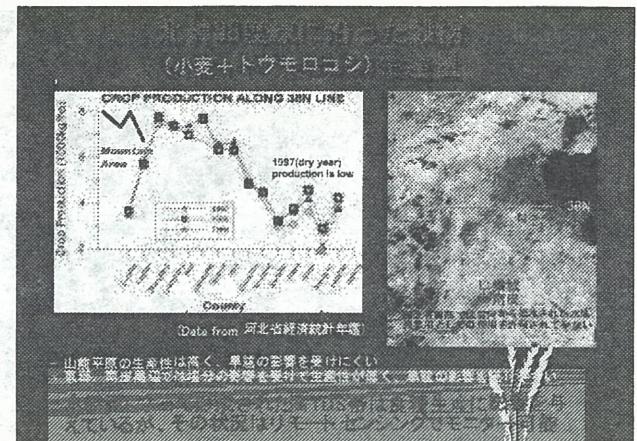
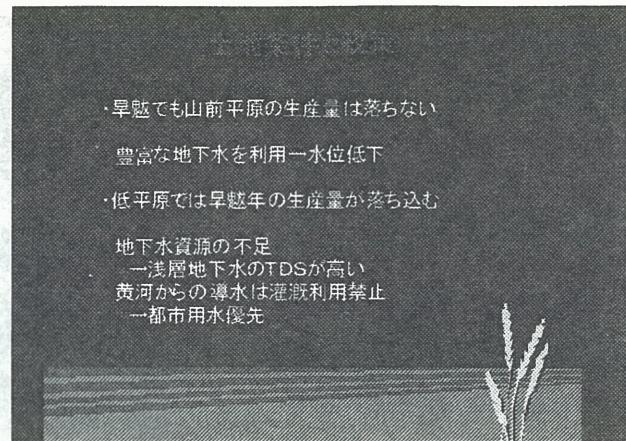


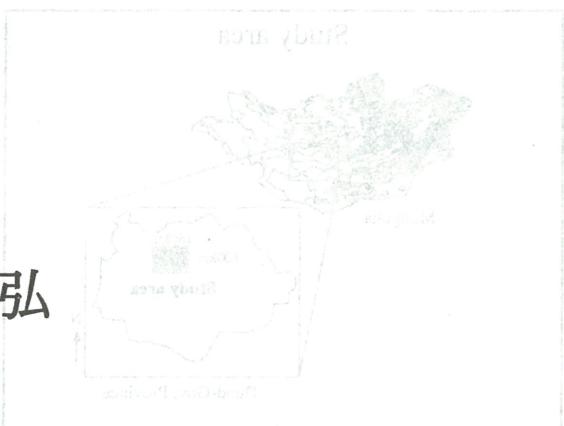
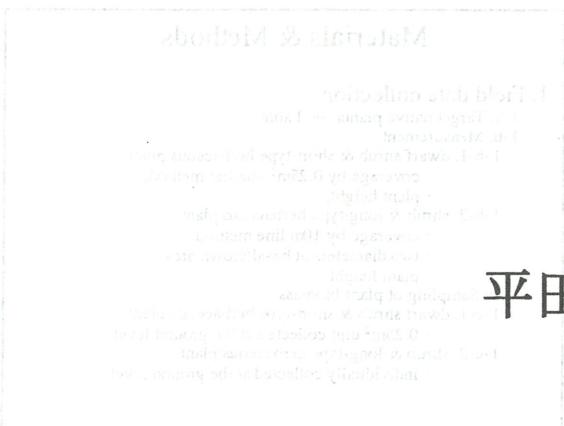
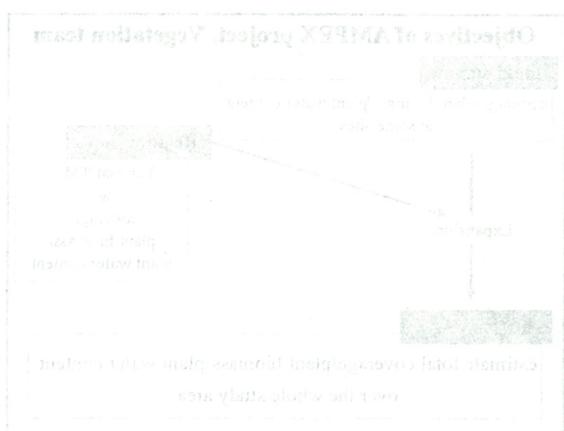
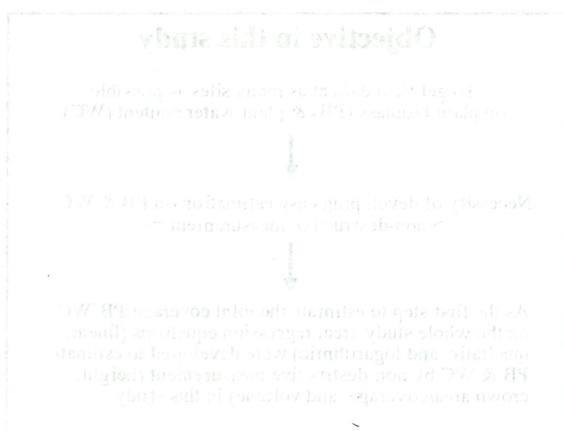
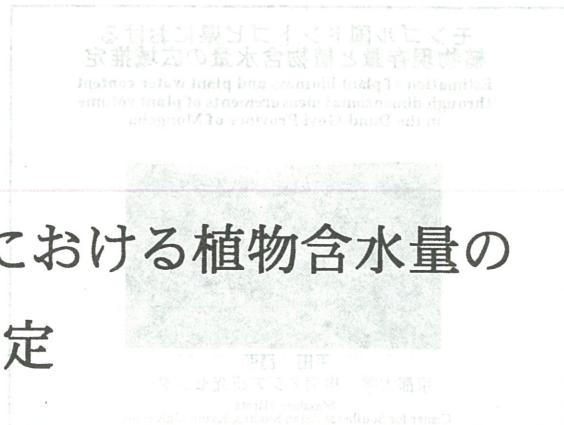
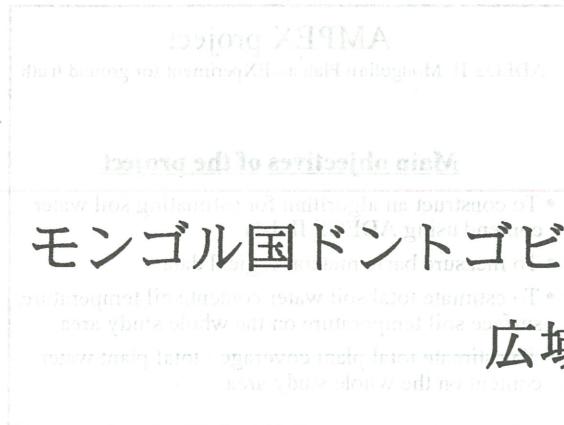




材料  
河北省統計年鑑  
作業  
デジタル化進行中  
問題点  
統計項目の一貫性のなさ

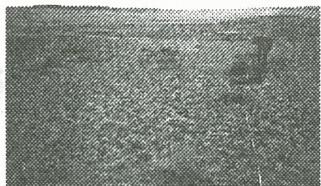






平田昌弘

モンゴル国ドントゴビ県における  
植物現存量と植物含水量の広域推定  
Estimation of plant biomass and plant water content  
through dimensional measurements of plant volume  
in the Dund-Govi Province of Mongolia



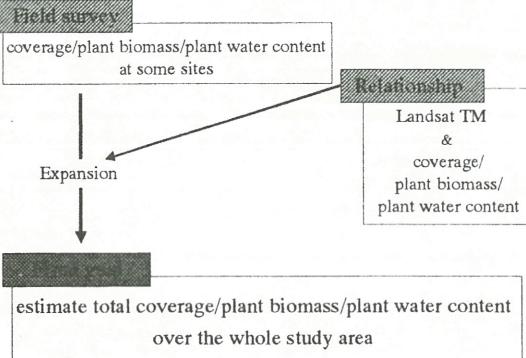
平田 昌弘  
京都大学 東南アジア研究センター  
Masahiro Hirata  
Center for Southeast Asian Studies, Kyoto University

**AMPEX project**  
ADEOS II Mongolian Plateau EXperiment for ground truth

**Main objectives of the project**

- To construct an algorithm for estimating soil water content using ADEOS II data
- To measure basic meteorological data
- To estimate total soil water content/soil temperature/surface soil temperature on the whole study area
- To estimate total plant coverage / total plant water content on the whole study area

**Objectives of AMPEX project, Vegetation team**



**Objective in this study**

To get field data at as many sites as possible  
on plant biomass (PB) & plant water content (WC)

↓  
Necessity of developing easy estimation on PB & WC  
~non-destructive measurement~  
↓  
As the first step to estimate the total coverage/PB/WC  
on the whole study area, regression equations (linear,  
quadratic, and logarithmic) were developed to estimate  
PB & WC by non-destructive measurement (height,  
crown area/coverage, and volume) in this study.

**Study area**



**Materials & Methods**

**1. Field data collection**

- a. Target native plants → Table
- b. Measurement
  - dwarf shrub & short-type herbaceous plant
    - coverage by  $0.25m^2$  quadrat method,
    - plant height,
  - shrub & long-type herbaceous plant
    - coverage by 10m line method
    - two diameters at basal/crown area
    - plant height
- c. Sampling of plant biomass
  - dwarf shrub & short-type herbaceous plant
    - $0.25m^2$  unit collected at the ground level
  - shrub & long-type herbaceous plant
    - individually collected at the ground level

Plant list on analyzing regressions for estimation of PB & WC				
Plant type	No.	Family	Genus species	Samples*
Shrub	1	Leguminosae	<i>Caragana microphylla</i>	47
	2	Leguminosae	<i>Caragana pygmaea</i>	64
	3	Chenopodiaceae	<i>Salsola passerina</i>	18
	4	Chenopodiaceae	<i>Ranunculus saponaria</i>	24
Dwarf shrub	5	Compositae	<i>Artemisia spp.</i>	45
Long-type herbaceous plant	6	Gramineae	<i>Achnatherum splendens</i>	54
Short-type herbaceous plants	7	Gramineae	<i>Cleistogenes squarrosa</i>	78
	8	Gramineae	<i>Agropyron cristatum</i>	35
	9	Gramineae	<i>Stipa spp.</i>	68
	10	Gramineae	<i>Leymus chinensis</i>	5
	11	Liliaceae	<i>Allium spp. **</i>	74
	12	Cyperaceae	<i>Carex diandra</i>	78
	13	Convolvulaceae	<i>Convolvulus Ammannii</i>	25
	14	Rosaceae	<i>Potentilla biflora</i>	25
	15	Rosaceae	<i>Sibbaldian sericea</i>	25
	16	Zygophylaceae	<i>Peganum harmala</i>	15
Herbaceous plants***				60

\*: Collected sample numbers for the regression analyses  
\*\*: There are 2 species of *Allium* spp.: *A. mongolicum* and *A. polystachyon*  
\*\*\*: Herbaceous plants contain all plants which appeared in the each surveyed site

## Materials & Methods

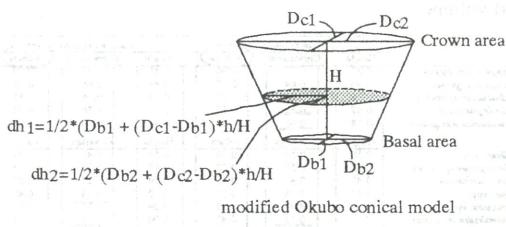
1. Field data collection
- 1-a. Target native plants → Table
  - 1-b. Dimensional measurement
    - 1-b-1. dwarf shrub & short-type herbaceous plant
      - coverage by 0.25m<sup>2</sup> quadrat method,
      - plant height,
    - 1-b-2. shrub & long-type herbaceous plant
      - coverage by 10m line method
      - two diameters at basal/crown area
      - plant height
  - 1-c. Sampling of plant biomass
    - 1-c-1. dwarf shrub & short-type herbaceous plant
      - 0.25m<sup>2</sup> unit collected at the ground level
    - 1-c-2. shrub & long-type herbaceous plant
      - individually collected at the ground level

## Materials & Methods

2. Calculation of plant volume
- 2-a. dwarf shrub & short-type herbaceous plant
    - Volume(cm<sup>3</sup>/0.25m<sup>2</sup>)=2500cm<sup>2</sup> × coverage × height
  - 2-b. shrub & long-type herbaceous plant
    - Applied modified Okubo conical model → Figure
3. Measurement of dry matter & WC
- 3-a. Dry matter(DM g): 130°C, 2h oven-dry
  - 3-b. Plant water content(WC g): Fresh matter - DM
4. Regression calculation
- Linear equation:  $Y = a + bX$
  - Quadratic equation:  $Y = a + bX + cX^2$
  - Logarithmic equation:  $\log Y = a + b \log X$
- Y: plant biomass(PB), plant water content(WC)  
X: height, crown area/coverage, volume

## Volume calculation

for shrub & long-type herbaceous plant



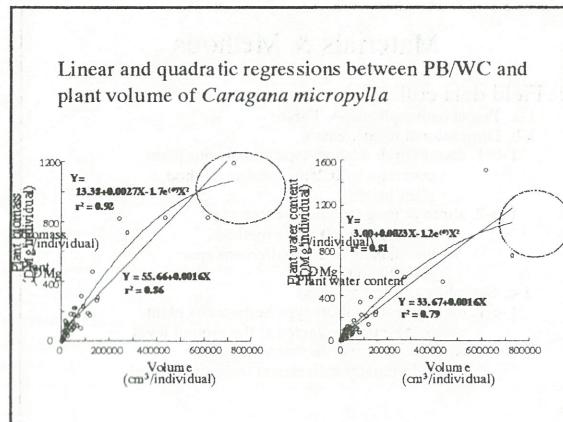
## Materials & Methods

2. Calculation of plant volume
- 2-a. dwarf shrub & short-type herbaceous plant
    - Volume(cm<sup>3</sup>/0.25m<sup>2</sup>)=2500cm<sup>2</sup> × coverage × height
  - 2-b. shrub & long-type herbaceous plant
    - Applied modified Okubo conical model → Figure
3. Measurement of dry matter & WC
- 3-a. Dry matter(DM g): 130°C, 2h oven-dry
  - 3-b. Plant water content(WC g): Fresh matter - DM
4. Regression calculation
- Linear equation:  $Y = a + bX$
  - Quadratic equation:  $Y = a + bX + cX^2$
  - Logarithmic equation:  $\log Y = a + b \log X$
- Y: plant biomass(PB), plant water content(WC)  
X: height, crown area/coverage, volume

## Comparison on coefficients of determination ( $r^2$ ) among linear\*, quadratic\*\*, and logarithmic\*\*\* regressions

Plants	Plant biomass / Plant volume			Plant water content // Plant volume		
	Linear	Quadratic	Logarithmic	Linear	Quadratic	Logarithmic
<i>Caragana microphylla</i>	0.86	0.77	0.88	0.79	0.74	0.79
<i>Caragana pygmaea</i>	0.77	0.65	0.73	0.79	0.83	0.79
<i>Achnatherum splendens</i>	0.83	0.85	0.83	0.81	0.81	0.81
<i>Salsola passerina</i>	0.84	0.83	0.77	0.94	0.94	0.94
<i>Ranunculus saponaria</i>	0.88	0.88	0.88	0.69	0.71	0.69
<i>Allium spp. **</i>	0.78	0.79	0.79	0.81	0.83	0.81
<i>Cleistogenes squarrosa</i>	0.72	0.75	0.72	0.64	0.65	0.64
<i>Carex diandra</i>	0.75	0.75	0.74	0.57	0.57	0.57
<i>Stipa spp.</i>	0.58	0.59	0.57	0.46	0.47	0.46
<i>Artemisia spp.</i>	0.82	0.93	0.82	0.76	0.90	0.83
<i>Convolvulus Ammannii</i>	0.47	0.61	0.76	0.61	0.69	0.61
<i>Potentilla biflora</i>	0.86	0.86	0.86	0.74	0.74	0.74
<i>Sibbaldian sericea</i>	0.86	0.89	0.72	0.73	0.73	0.73
<i>Agropyron cristatum</i>	0.69	0.76	0.72	0.49	0.56	0.49
<i>Leymus chinensis</i>	0.82	0.97	0.82	0.82	0.90	0.81
<i>Peganum harmala</i>	0.66	0.66	0.66	0.86	0.86	0.86
Herbaceous plants	0.53	0.59	0.53	0.52	0.53	0.52

\*:  $Y = a + bX$  \*\*:  $Y = a + bX + cX^2$ , \*\*\*:  $\log Y = a + b \log X + b$



Comparison on coefficients of determination ( $r^2$ ) among linear\*, quadratic\*\*, and logarithmic\*\*\* regressions

Plants	Plant biomass // Plant volume			Plant water content // Plant volume		
	Linear	Quadratic	Logarithmic	Linear	Quadratic	Logarithmic
<i>Caragana micropylla</i>	0.86	0.92	0.88	0.75	0.81	0.79
<i>Caragana pyrenaica</i>	0.77	0.83	0.77	0.79	0.83	0.81
<i>Achillea millefolium</i>	0.83	0.85	0.83	0.81	0.81	0.81
<i>Salsola passerina</i>	0.77	0.83	0.77	0.94	0.94	0.94
<i>Rumexia soongorica</i>	0.88	0.88	0.88	0.69	0.71	0.69
<i>Allium</i> spp.	0.78	0.79	0.79	0.81	0.83	0.81
<i>Cleistogenes squarrosa</i>	0.72	0.75	0.72	0.64	0.65	0.64
<i>Carex dasycarpa</i>	0.75	0.75	0.74	0.57	0.57	0.57
<i>Sipa</i> spp.	0.58	0.59	0.57	0.46	0.47	0.46
<i>Artemisia</i> spp.	0.82	0.93	0.82	0.76	0.90	0.83
<i>Convolvulus Ammannii</i>	0.47	0.61	0.76	0.61	0.69	0.61
<i>Potentilla biflora</i>	0.86	0.86	0.86	0.74	0.74	0.74
<i>Sibbaldianthe sericea</i>	0.86	0.89	0.72	0.73	0.73	0.73
<i>Agropyron cristatum</i>	0.69	0.76	0.72	0.49	0.56	0.49
<i>Leymus chinensis</i>	0.71	0.71	0.72	0.82	0.82	0.81
<i>Polygonum lasiantha</i>	0.66	0.66	0.66	0.86	0.86	0.86
Herbaceous plants	0.53	0.59	0.53	0.52	0.53	0.52

\*:  $Y = a + bX$ , \*\*:  $Y = a + bX + cX^2$ , \*\*\*:  $\log Y = a \log X + b$

Plants	Plant biomass			Plant water content		
	Height	Crown area	Volume	Height	Crown area	Volume
<i>Caragana micropylla</i>	0.37	0.77	0.86	0.41	0.49	0.79
<i>Caragana pyrenaica</i>	0.40	0.64	0.77	0.44	0.66	0.79
<i>Achillea millefolium</i>	0.56	0.62	0.85	0.53	0.56	0.81
<i>Salsola passerina</i>	0.62	0.83	0.77	0.67	0.86	0.94
<i>Rumexia soongorica</i>	0.18	0.98	0.88	0.34	0.56	0.69
<i>Allium</i> spp.	1.50	0.50	0.78	0.54	0.47	0.81
<i>Cleistogenes squarrosa</i>	0.35	0.59	0.72	0.18	0.26	0.64
<i>Carex dasycarpa</i>	0.49	0.47	0.75	0.50	0.27	0.57
<i>Sipa</i> spp.	0.17	0.56	0.61	0.12	0.48	0.46
<i>Artemisia</i> spp.	0.28	0.63	0.82	0.29	0.55	0.76
<i>Convolvulus Ammannii</i>	0.07	0.73	0.47	0.00	0.71	0.61
<i>Potentilla biflora</i>	0.26	0.94	0.86	0.15	0.88	0.73
<i>Sibbaldianthe sericea</i>	0.16	0.85	0.86	0.14	0.79	0.76
<i>Agropyron cristatum</i>	0.54	0.55	0.72	0.52	0.50	0.74
<i>Leymus chinensis</i>	0.12	0.84	0.84	0.12	0.82	0.82
<i>Polygonum lasiantha</i>	0.25	0.64	0.66	0.34	0.90	0.86
Herbaceous plants	0.34	0.48	0.53	0.40	0.28	0.52

#### Linear regression equations between PB/WC and volume

Plants	Plant biomass // Plant volume		Plant water content // Plant volume	
	Regression equation	$r^2$	Regression equation	$r^2$
<i>Caragana micropylla</i>	$Y = 0.00163X + 0.76$	0.65	$Y = 0.00175X + 0.77$	0.69
<i>Caragana pyrenaica</i>	$Y = 0.004542X + 2.86$	0.77	$Y = 0.00222X + 0.68$	0.79
<i>Achillea millefolium</i>	$Y = 0.00405X + 1.47$	0.85	$Y = 0.004492Y + 1.86$	0.81
<i>Salsola passerina</i>	$Y = 0.009210X + 5.40$	0.77	$Y = 0.015830X + 0.82$	0.94
<i>Rumexia soongorica</i>	$Y = 0.007346X + 2.43$	0.88	$Y = 0.04267X + 5.15$	0.69
<i>Allium</i> spp.	$Y = 0.001282X + 0.01$	0.78	$Y = 0.05301X + 0.51$	0.81
<i>Cleistogenes squarrosa</i>	$Y = 0.003426X + 0.12$	0.72	$Y = 0.002256X + 0.29$	0.64
<i>Carex dasycarpa</i>	$Y = 0.001157X + 0.27$	0.75	$Y = 0.01046X + 0.31$	0.67
<i>Sipa</i> spp.	$Y = 0.001003X + 0.05$	0.58	$Y = 0.00832X + 0.21$	0.46
<i>Artemisia</i> spp.	$Y = 0.003398X + 0.05$	0.82	$Y = 0.04254X + 0.12$	0.76
<i>Convolvulus Ammannii</i>	$Y = 0.001850X + 0.19$	0.47	$Y = 0.002458X + 0.30$	0.61
<i>Potentilla biflora</i>	$Y = 0.005780X + 0.00$	0.86	$Y = 0.004500X + 0.12$	0.73
<i>Sibbaldianthe sericea</i>	$Y = 0.005385X + 0.00$	0.86	$Y = 0.002984X + 0.26$	0.76
<i>Agropyron cristatum</i>	$Y = 0.002414X + 0.07$	0.69	$Y = 0.001666X + 0.27$	0.49
<i>Leymus chinensis</i>	$Y = 0.000728X + 0.17$	0.82	$Y = 0.001188X + 0.09$	0.82
<i>Polygonum lasiantha</i>	$Y = 0.003073X + 0.55$	0.66	$Y = 0.00708X + 0.74$	0.74
Herbaceous plants	$Y = 0.001517X + 1.27$	(0.53)	$Y = 0.002710X + 0.68$	(0.52)

From *C. micropylla* to *R. soongorica* ;

Y: estimated plant biomass (DM g/individual) and estimated plant water content (DM g/individual);

X: plant volume (cm³/individual);

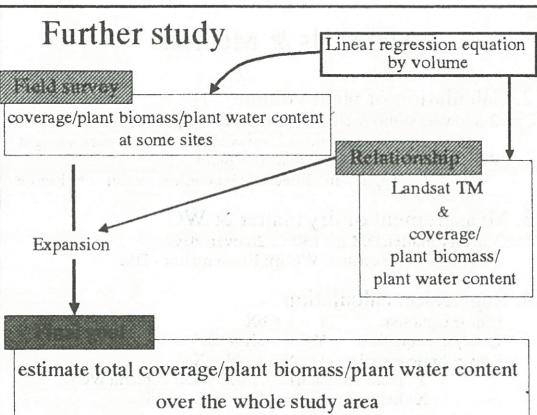
From *Allium* spp. to Herbaceous plants;

Y: estimated plant biomass (DM g/0.25m²), estimated plant water content (DM g/0.25m²),

X: plant volume (cm³/0.25m²);

#### Conclusion

- As the result of the comparison among three types (linear, quadratic, and logarithmic) of regression equations and independent variables (height, crown area/coverage, and volume), it was indicated that **the linear regression equation by the volume** was more applicable to estimate the plant biomass and the plant water contents of the dominant shrubs and the dominant herbaceous plants.
- The simplicity of the linear regression equation is also attractive for easy calculation directly applicable at survey sites.
- By using those linear regression equations, it could save time for measuring plant biomass and plant water content, and could be possible to collect data at many sites promptly.



**HARC**

## 分光反射係数測定による 水稻の収量把握と穗肥 適施用量の検討

広島県立農業技術センター  
金本健志

**HARC**

## 目的

- ・分光反射係数測定による収量・品質の把握
- ・分光反射係数測定による穗肥施用適量の把握

**HARC**

**HARC**

## 方法

(実験条件の下) 質量と量取

- ・試験場所：広島県立農業技術センター  
内ほ場
- ・水稻品種：ヒノヒカリ
- ・田植え：5月21日
- ・收穫：9月26日

**HARC**

**HARC**

## 窒素肥料の施用量

(kg/a)			
基肥	中間追肥	穗肥	合計
0.2	0.2	0.0	0.4
"	"	0.2	0.6
"	"	0.4	0.8
0.4	"	0.0	0.6
"	"	0.2	0.8
"	"	0.4	1.0
0.6	"	0.0	0.8
"	"	0.2	1.0
"	"	0.4	1.2

1区面積:20m<sup>2</sup>、4連制 基肥:5月9日、中間追肥:6月3日、穗肥:7月24日

**HARC**

**HARC**

## 分光反射係数の測定

●測定日：7月12日、7月22日、8月16日

●測定波長：450、550、650、675、  
850、950nm

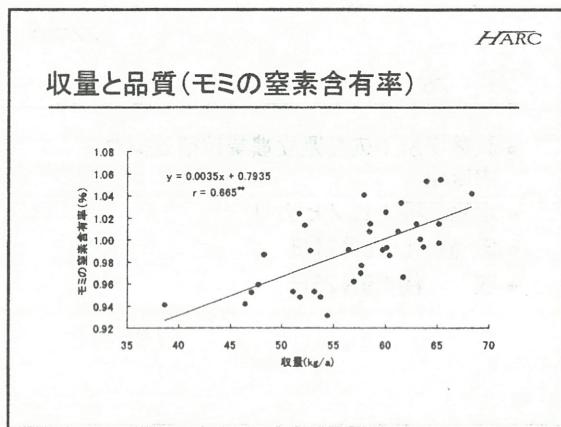
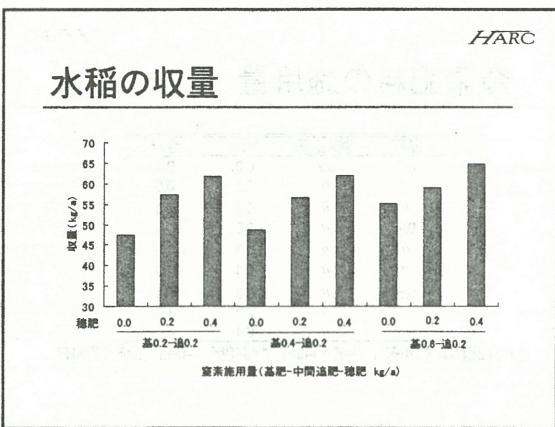
●測定：標準白色板を基準とし、視野角  
10° 高さ1.7m、俯角30°で、午前11時  
から午後2時頃の間に分光放射計を条方  
向に向けて測定。

**HARC**

**HARC**

## 分光反射係数の測定

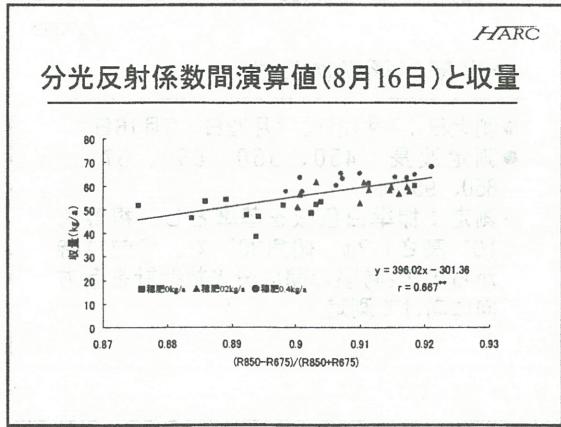
**HARC**

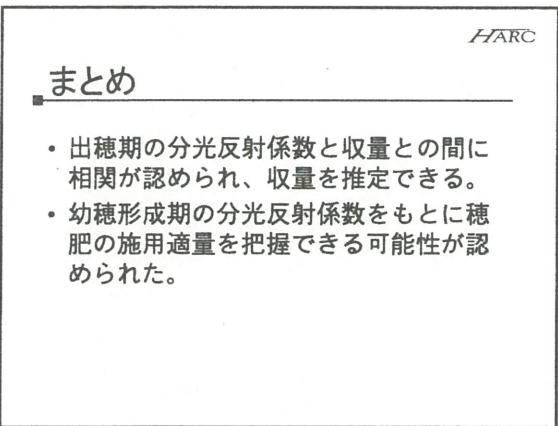
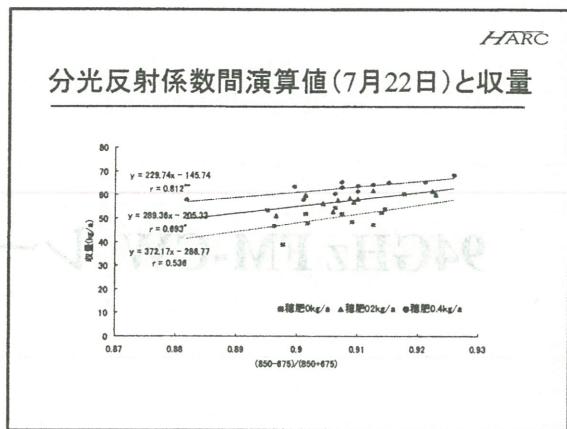
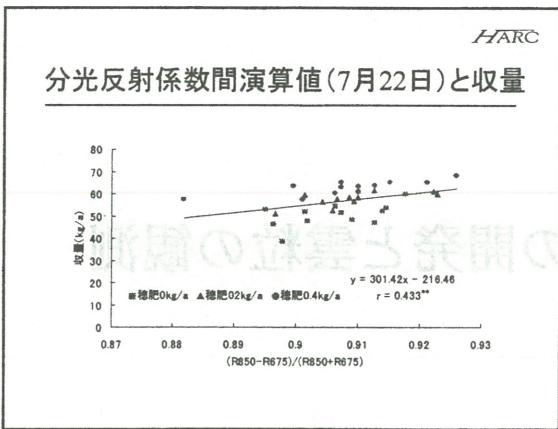


**HARC**

### 収量と反射係数間演算値との相関

月日	反射係数間演算値 (NDVI) (相関係数)	
7月12日	(R850-R650)/(R850+R650)	(R850-R675)/(R850+R675)
	(0.518**)	(0.459**)
7月22日	(R950-R675)/(R950+R675)	(R850-R675)/(R850+R675)
(施肥施用時期)	(0.472**)	(0.433**)
8月16日	(R850-R650)/(R850+R650)	(R850-R675)/(R850+R675)
(出荷期)	(0.728**)	(0.667**)





問題提起

## 94GHz FM-CW レーダの開発と雲粒の観測

鷹野敏明

# 94GHz FM-CW レーダーの開発と雲粒の観測

## Development of an FM-CW Radar at 94 GHz and Preliminary Observations of Clouds

鷹野敏明<sup>1,2,3</sup>、須賀弓郎<sup>1</sup>、河村洋平<sup>2</sup>、星智<sup>2</sup>、武井健太郎<sup>2</sup>、秋田健一<sup>2</sup>、  
坂井来人<sup>1</sup>、勘角幸弘<sup>1</sup>、高村民雄<sup>4</sup>、熊谷博<sup>5</sup>、中西裕治<sup>6</sup>、中島映至<sup>7</sup>

<sup>1</sup>千葉大学大学院 自然科学研究科 (連絡先: takano@cute.te.chiba-u.ac.jp),

<sup>2</sup>千葉大学工学部 電子機械工学科, <sup>3</sup>千葉大学 電子光情報基盤技術研究センター

<sup>4</sup>千葉大学環境リモートセンシング研究センター, <sup>5</sup>通信総合研究所,

<sup>6</sup>サイテック, <sup>7</sup>東京大学 気候システム研究センター

Toshiaki TAKANO<sup>1,2,3</sup>, Yumiro SUGA<sup>1</sup>, Youhei KAWAMURA<sup>2</sup>, Satoshi HOSHI<sup>2</sup>,  
Kentaro TAKEI<sup>2</sup>, Ken-ichi AKITA<sup>2</sup>, Kurt SAKAI<sup>1</sup>, Yukihiko KANKAKU<sup>1</sup>, Tamio TAKAMURA<sup>4</sup>,  
Hiroshi KUMAGAI<sup>5</sup>, Yuji NAKANISHI<sup>6</sup>, and Teruyuki NAKAJIMA<sup>7</sup>

<sup>1</sup>Graduate School of Science and Technology, Chiba University (takano@cute.te.chiba-u.ac.jp),

<sup>2</sup>Department of Electronics and Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiba University,

<sup>3</sup>Center for Frontier Electronics and Photonics, Chiba University,

<sup>4</sup>Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University,

<sup>5</sup>Communications Research Laboratory, <sup>6</sup>Scitech Co.Ltd,

<sup>7</sup>Center for Climate System Research, The University of Tokyo

千葉大学環境リモートセンシング研究センター 2002 年度 共同利用研究

一般研究 (14-12) 研究従事者: 鷹野敏明、高村民雄、熊谷博、河村洋平

### 概 要

ミリ波を用いたレーダーは、マイクロ波と比較して、波長が短いために空間分解能が高いことが特徴である。雲中の氷水粒子の観測においては、これに加えて、波長が短いために氷水粒子の散乱効率が飛躍的に高くなることにより、高感度となることが特徴である。そこで我々は、ミリ波レーダーを利用した雲中の氷水粒子観測用装置の設計と開発を行った。本装置では、パルスレーダーではなく FM-CW (Frequency Modulated Continuous Wave) 方式を採用し、比較的低い出力で高感度が得られることを目指した。装置はほぼ完成し、安定性や感度の試験を経て、現在調整作業および試験観測を行っている。これらの試験観測を通じて、所期の安定性と感度がほぼ実現されていることが確認できた。

キーワード: ミリ波、サブミリ波、雲観測、ミリ波レーダー、FM-CW レーダー、  
雲粒子、雲の構造、ドップラー計測

### Summary

Conventional radars operated at microwave range can detect precipitation particles but are not able to detect particles in clouds because their sizes, less than a few tens microns, are much smaller than the wavelengths and, therefore, their cross sections are quite small. The cross sections of particles increase rapidly with frequency in Rayleigh scattering region. Radar observations of cloud particles at millimeter waves, which have been realized recently, have much more sensitivity. We, therefore, designed and developed a cloud profiling Frequency Modulated Continuous Wave (FM-CW) radar at 94 GHz. We adopt an FM-CW radar rather than a pulse radar because it can achieve similar sensitivity with small output power of the transmitted signal. The system have been integrated and test measurements for stabilities and sensitivities have been done. Test observations provide that designed performances are almost realized.

Key Words: millimeter wave, submillimeter wave, cloud profiling radar, millimeter wave radar, FM-CW radar, cloud particles, structure of clouds, Doppler measurements

## 1. はじめに

地球上のグローバルなエネルギーと水の振る舞いを知る上で、雲の特性の詳細を知ることは、最も重要でありながら現時点で未知な部分がなお多い。雲は、太陽からの光エネルギーを反射・吸収するのみならず、地表からの放射を反射・吸収する。また、吸収したエネルギーを伝達し、雲自らの成長・変化をもたらす。さらに、雲のそのような特性は、核の微粒子、大気汚染や雲そのものの形態、運動状態などによっても変化すると考えられている。

どのような性質を持った雲粒子がどのように雲中に分布しているか、その3次元構造を知るために、レーダーによる観測が不可欠であるが、従来多く行われてきた波長数センチのマイクロ波帯のレーダーは、雨滴に対する感度はあるが、それより格段に小さい雲粒子に対してはほとんど感度がなく、上述の目的には適していない。

このような背景から、我々は雲中の粒子を観測するため 94GHz（波長 3.2mm）ミリ波 FM-CW レーダーの開発を行った。ミリ波レーダーがこのような目的に適していることは、最近の研究で示されてきた。現時点では、世界に数台のミリ波レーダーのみが、雲粒子の観測用に使用されている。

今回我々が開発したミリ波レーダーの外観を Fig.1 に示す。

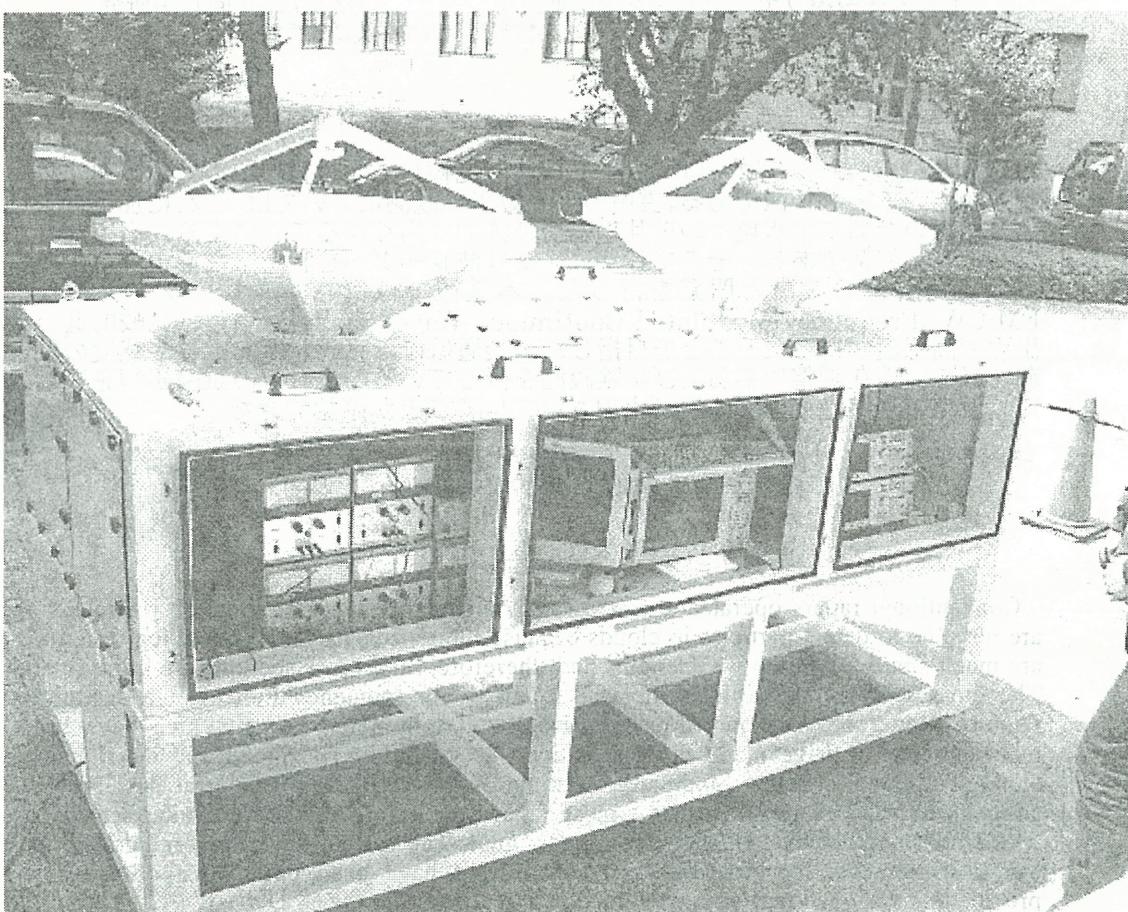


Fig.1. The developed cloud profiling FM-CW radar at 94GHz.

## 2. 雲粒子観測用ミリ波レーダーの設計

今回設計した雲粒子観測用ミリ波レーダーは、地上から 0.5 km から 15 km の範囲の雲を 15 m の高さ分解能で測定することを目指している。また、ドップラーシフトを利用した運動速度分解能は、0.5 m/sec を目指す。この基本仕様を元に、我々は直径 1m のアンテナを有するレーダーを設計した。アンテナ部分のパラメータを Table 1 にまとめた。

Table 1. Designed parameters of antennas.

Antenna Diameter	1 m
f/D ration of Antenna (S)	0.35
Antenna Optics	Cassegrain
Gain of Antennas	57 dBi
Beam Width	0.18 degree
Antenna Separation	1.4 m
Direction of Antennas	Zenith
Polarization	1 Linear

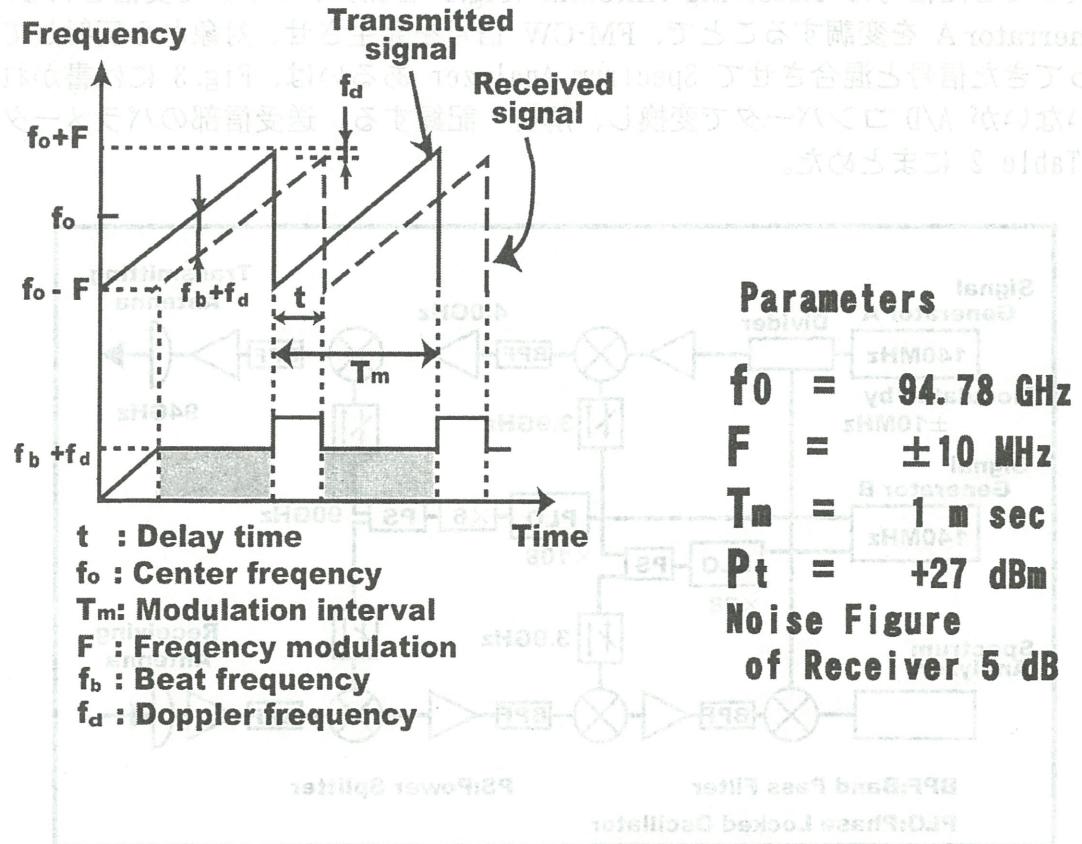


Fig.2. Principle of an FM-CW radar.

レーダーの方式は、通常のパルスレーダーではなく、連続的に信号を送信する FM-CW (Frequency Modulated Continuous Wave) レーダーを採用した。Fig. 2 には、FM-CW レーダーの原理を示した。送信電波（実線）は周波数変調され、対象の雲で反射された電波は、遅延時間  $t$  で受信される（点線）。これらの差  $f_b$  を測定することにより、雲の高さ  $r$  が測定できる。関係式は以下の式である。

$$f_b = 4 F r / (c T_m) \quad (1),$$

ここで  $r$  は雲の高度、 $T_m$  は送信信号の変調周波数、 $c$  は光速である。また、雲が視線方向に運動することによって生じるドプラーシフト  $f_d$  は、以下の式で示される。

$$f_d = -2 (f_0 / c) (dr / dt) \quad (2).$$

### 3. 雲粒子観測用ミリ波レーダーの開発製作

レーダーの送受信部のブロックダイアグラムを Fig.3 に示す。信号系は図中の Signal Generator A、局部発振周波数系は Signal Generator B をそれぞれ基準とし倍増して各種周波数を発生させている。94GHz の発信信号は、Transmitting Antenna (Fig.1 左側アンテナ) から放射され、対象の雲で反射して戻ってきた信号は Receiving Antenna (Fig.1 右側アンテナ) で受信される。Generator A を変調することで、FM-CW 信号を発生させ、対象から反射して戻ってきた信号と混合させて Spectrum Analyzer あるいは、Fig. 3 には書かれていないが A/D コンバータで変換し、解析・記録する。送受信部のパラメータを Table 2 にまとめた。

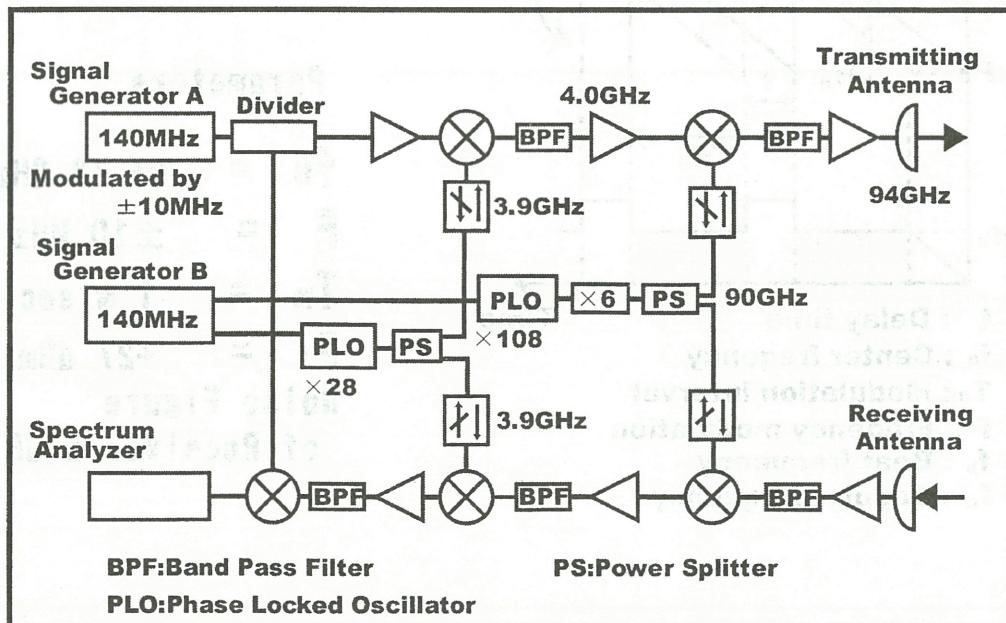


Fig.3. Block diagram of the transmitter and receiver section.

ミリ波領域の素子は、精密な工作が必要であること、市場が小さいこと、などから、国内メーカーは極めて少なく、また海外においても、市場は小ささからベンチャー的な小企業が多い。我々は素子単体を購入し、それらをインテグレイトしてシステムを製作した。このようにすることで、システムを熟知して、将来必要な場合の感度向上やシステムの改良に対応できるようにした。アンテナに装着した送信部の写真を Fig. 4 に示す。

Table 2. Parameters of transmitter and receiver section.

Center Frequency (f <sub>0</sub> )	94.78 GHz
Frequency Modulation (±F)	± 10 MHz
Modulation Interval (T <sub>m</sub> )	1 m sec
Output Power	+27 dBm
Noise Figure of Receiver	5 dB

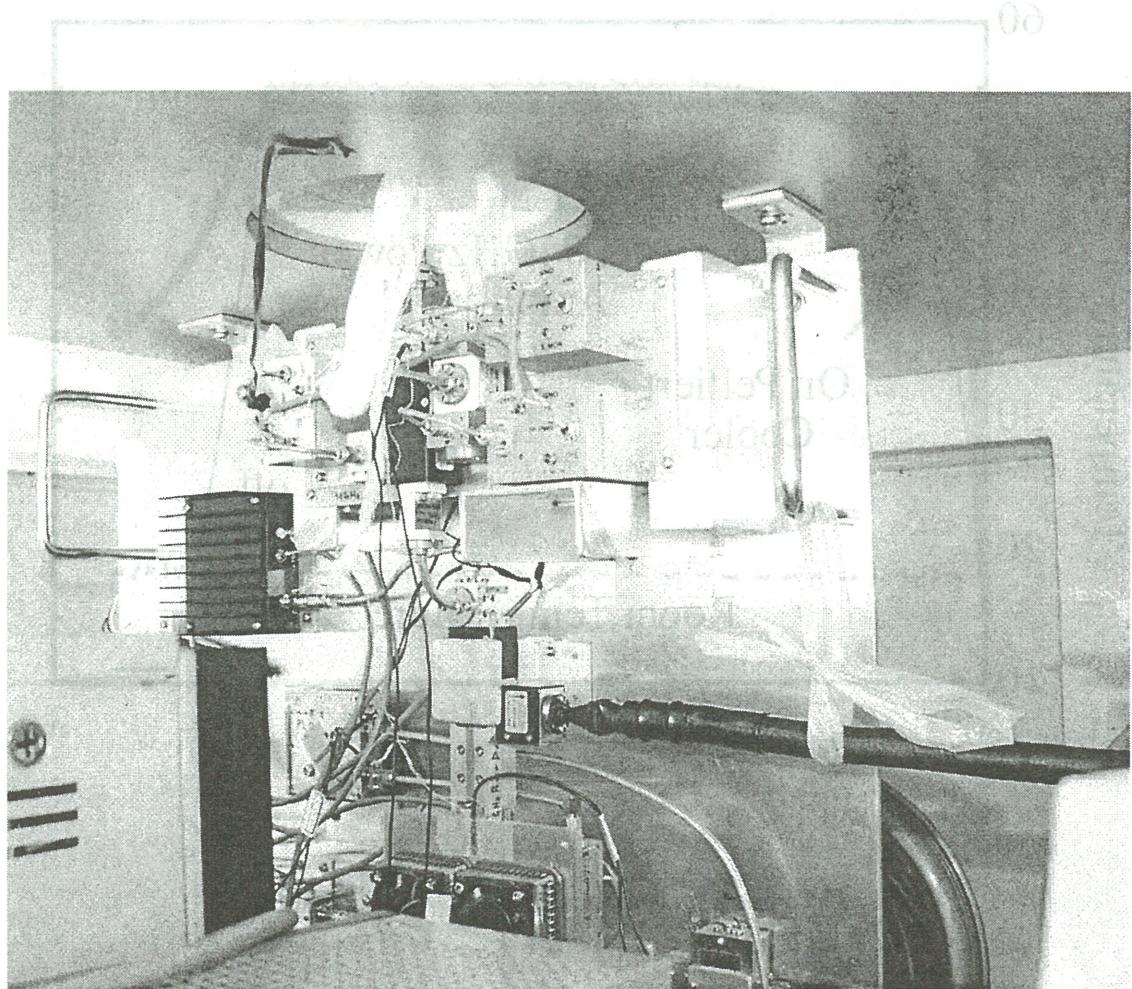


Fig. 4 アンテナに装着した 94GHz ミリ波レーダー送信部

#### 4. システムの安定性

今回のようなレーダーシステムにおいては、システムの安定性確保が極めて重要であり、安定性は測定の感度に直接影響を与える。我々は、受信機の各素子コンポーネントの温度特性を測定した。その結果、送信部のミリ波遡倍器および最終段パワーアンプをペルチェ冷却し、その安定化を行った。その結果、これらのコンポーネントを含め送受信器の温度安定度が飛躍的に向上し、送受信出力の安定度も実用に耐える充分よい精度になった(Fig.5)。

また、フィールドでの長期観測に耐えられるように、クローズドサイクルでのエアーコンディショニングを行うべく、必要な装置の製作を行っている。特に将来、砂漠や海上での観測も想定していることから、耐久性・安定性に優れた装置にする必要がある。

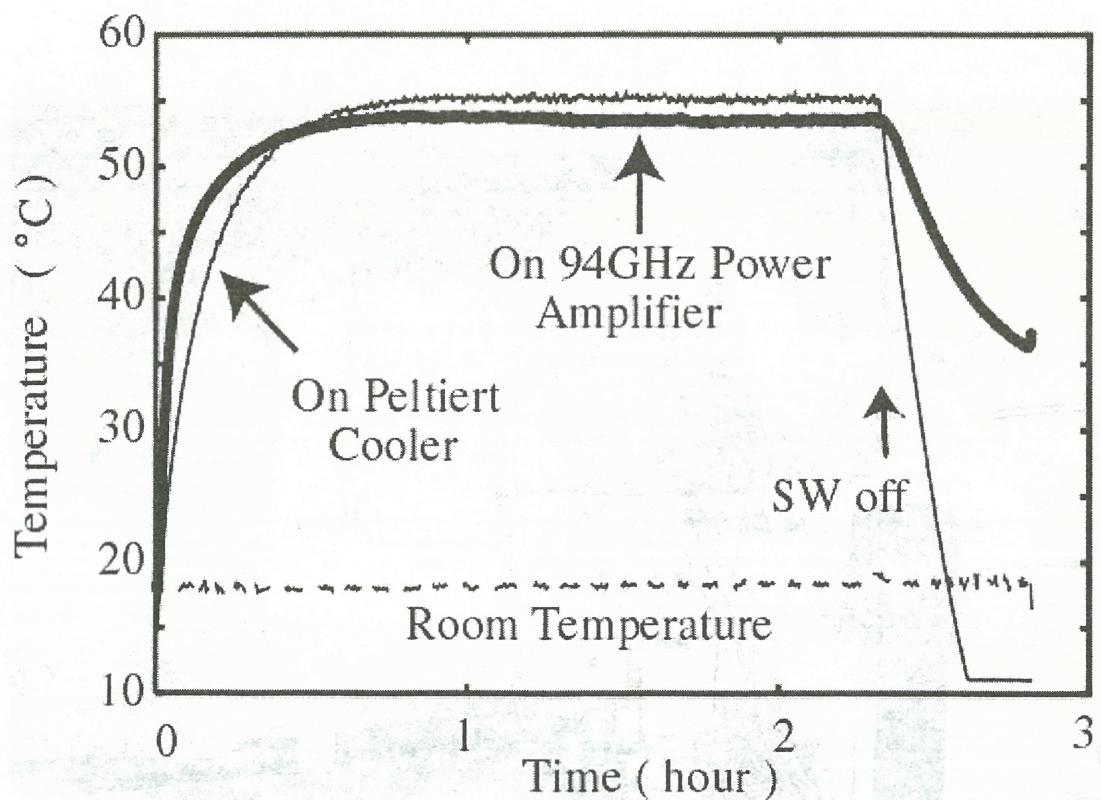


Fig.5 Temperature stabilities of 94GHz power amplifier.

## 5. 雲のテスト観測

実験研究会

開発・完成したレーダーシステムを用いて、実際に雲のテスト観測を行った結果を Fig.6 に示す。図の縦軸は雲の高度であり、横軸は観測開始からの時間である。図のグレースケールは、反射のある場所が白で、ない場所が黒で表示してある。観測は、2002年6月26日の 11:30 (JST) から8時間にわたって行った。データ取得・解析は、スペクトラムアナライザを用いた。天候は、終日曇天で、時々小雨が降った。

Fig.6 を見ると高度 1~3 km にかけて、雲による反射が確かに観測されていることがわかる。また、雲底高度は比較的一定であるのに対して、雲頂は 2 km 程度の範囲で時間変化していることが見て取れる。また、観測開始後 1~3 時間および 7~8 時間では、通常の雲底から下側に反射体が下りていることがわかる。これは降雨の時間帯とほぼ一致しており、雨粒子が見えていることがわかる。尚、5.5~6 時間に反射が全く見えていないのは、この時間帯に送信電波を止めたためである。

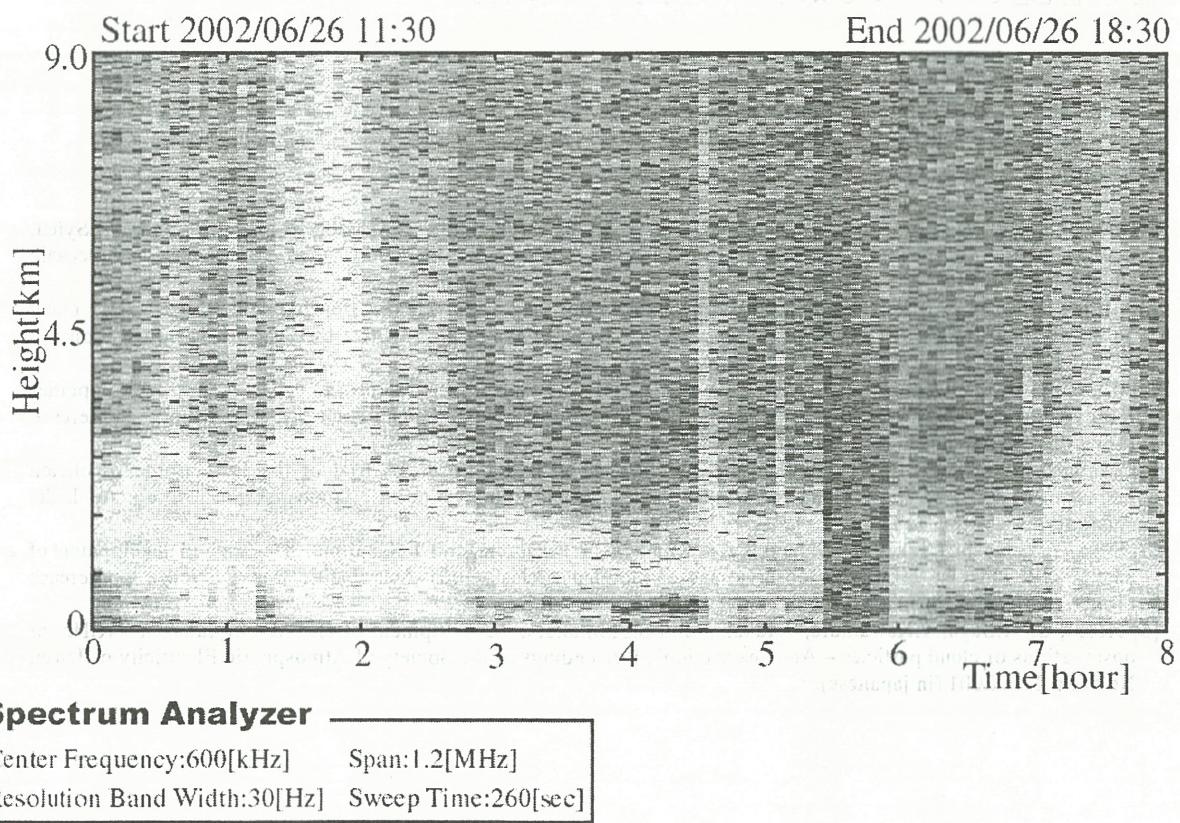


Fig.6 Result of Test Observations of Clouds using the Developed 94GHz FM-CW Radar.

## 6. 今後の課題

謝辞とその趣意

今後は、雲の観測を定常的に行い、総合的感度や安定度のテストを行う。また、データ処理、ドプラーシフトの算出アルゴリズムなどの開発も行う必要がある。さらに、ライダーや雲写真などとの比較同時観測を行い、どんな雲種にどれくらいの感度を有しているか、などのデータを蓄積する。

ミリ波レーダーは、世界でも開発したグループは数ヶ所しかないが、雲粒子の観測においてはその有効性が実証されつつあり、関係研究者の期待は大変大きい。本装置の完成と、実際の観測への応用を、できる限り早く実現したい。

謝辞：本研究は、千葉大学環境リモートセンシング研究センターの高村民雄教授、独立法人通信総合研究所の熊谷博研究主管、サイテックの中西裕治氏、東京大学気候システム研究センターの中島映至教授との共同研究であり、科学技術振興事業団のCREST APEXプロジェクト（中島映至代表）の援助を得てその一環として行われている。

本研究を進めるに当たって、千葉大学電子光情報基盤技術研究センター長の吉川明彦教授には私共の研究を強くサポートして頂き深く感謝する。また、千葉大学共同研究推進センターでは実験室の使用を許可頂いた。

## References

- [1] Clothiaux, E.E., M.A.Miller, B.A.Albrecht, T.P. Ackerman, J.Verlinde, D.M.Babb, R.M.Peters, and W.J.Syrett, "An evaluation of a 94-GHz radar for remote sensing of cloud properties", Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, Vol.12, No.2, p.201, 1995.
- [2] Horie, H., T.Iguchi, H.Hanado, H.Kuroiwa, H.Okamoto, and H.Kumagai, "Development of a 95-GHz cloud profiling radar (SPIDER) - Technical aspects", The Transactions of the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, Vol.E83-B, No.9, p.2010, 2000.
- [3] Kumagai, H., H.Okamoto, H.Horie, H.Kuroiwa, and S.Iwasaki, "Vertical profiling of liquid cloud properties retrieved from 95-GHz cloud radar and microwave radiometer", 2001 Asia-Pacific Radio Science Conference (Tokyo), PF-27 (p.333), 2001.
- [4] Matkin, N., J.Nash, T.Oakley, B.Ellison, M.Oldfield, and J.Bradford, "A trial of the Rutherford Appleton Laboratory (RAL) 78.2GHz cloud radar", Fifth International Symposium on Tropospheric Profiling, Adelaide, Australia, Dec.4-8, p.113, 2000.
- [5] Suga, Y., S.Hoshi T.Takano, S.Shimakura, H.Kumagai, T.Takamura, and T.Nakajima, "Design and development of an FM-CW radar at 94GHz for observations of cloud particles", 2001 Asia-Pacific Radio Science Conference (Tokyo), PF-28 (p.333), 2001.
- [6] Hoshi, S., Y.Suga, Y.Kawamura, T.Takano, and S.Shimakura, "Development of an FM-CW radar at 94GHz for observations of cloud particles - Antenna section", Proceedings of the Society of Atmospheric Electricity of Japan, No.58, p.116, 2001 (in Japanese).

