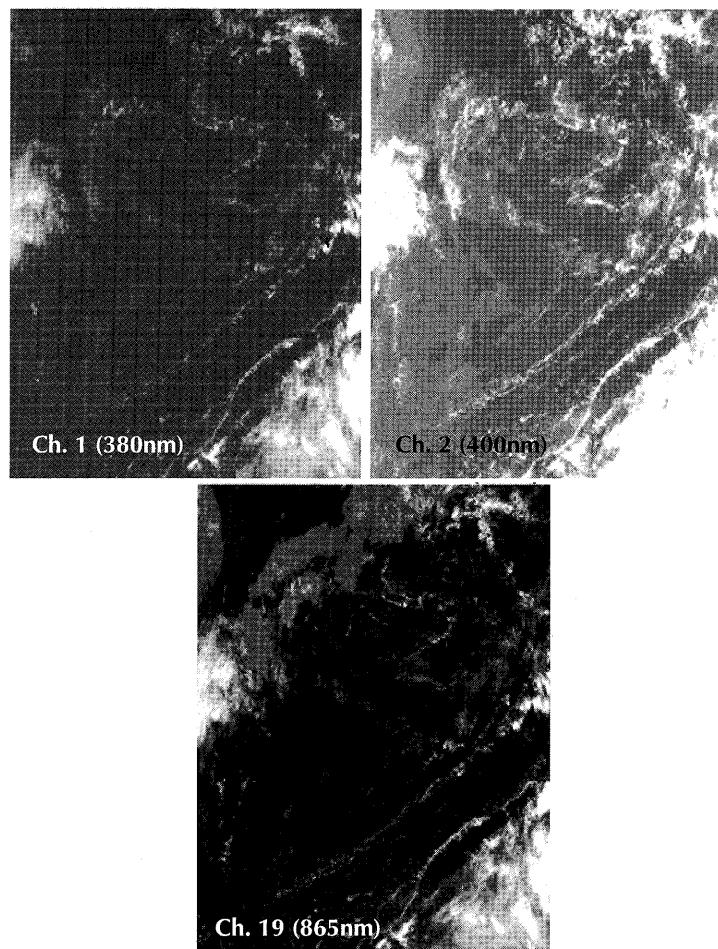


# 第8回 CEReS 環境リモートセンシングシンポジウム 資料集

Proceedings of the 8th CEReS Symposium on  
Remote Sensing for Environment



Sep. 16, 2003 01:46 UTC  
Around Japan (ADEOS-II/ GLI)

2005年12月12日～14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

## はじめに

平成 17 年度の環境リモートセンシング研究センターシンポジウムが平成 17 年 12 月 12 日に開催された。これは第 11 回の CEReS International Symposium on Remote Sensing (12 月 13・14 日)と併せて開催されたものである。本シンポジウムは平成 17 年度の共同利用研究を主体とするもので、口頭発表 10 件、ポスター発表 10 件、国際シンポジウムで発表されたもの 12 件からなる。

本年度の共同利用研究は 4 つのプロジェクト研究と一般研究からなる。プロジェクト研究はセンターの 4 つのプロジェクト「衛星データによる地球表層環境変動の実態把握とその要因解析」、「衛星データによるユーラシア大陸の植生 3 次元構造の変遷を中心とする表層・植生・土地被覆変動の研究とデータ解析・処理手法、検証データ観測手法の研究」、「衛星データと地上観測ネットワークによる放射収支の評価と大気パラメータの長期変動」、「地域社会に役立つリモートセンシングの実現－多様な空間情報のシナジーによる社会基盤情報の発信－」に対応するもので本年も活発に研究の成果をあげていただいた。

発表会での講演・ポスターの内容を後で提出していただき、資料集としたものが本冊子である。衛星データの活用、および広いリモートセンシングの研究活動の一端を発表いただいた。多大のご協力を頂いた方々に感謝いたしますとともに、今後、研究が大いに発展し、センターとの共同研究がますます発展することを確信いたします。

平成 18 年 3 月 20 日

環境リモートセンシング研究センター  
センター長  
竹内延夫

## 第8回 CEReS 環境リモートセンシングシンポジウム資料集

(2005年度 CEReS 共同利用研究発表会および 2005年度

CEReS国際シンポジウムの一部を含みます。)

### 目 次

#### [Project-1]

Satellite Observation and Analysis of Terrestrial Environmental Changes 1

H.Sasaki<sup>1</sup>、H.Nakajima<sup>1</sup>、T.Okatani<sup>1</sup>、Y.Numata<sup>1</sup> and R.Tateishi<sup>2</sup>

(1) Geographical Survey Institute、(2) Chiba University

アムール川流域の NDVI の変化 3

増田佳孝<sup>1</sup>、春山成子<sup>1</sup>、近藤昭彦<sup>2</sup>

(1) 東京大学大学院新領域創成科学研究科、(2) 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

カンボジア領内メコンデルタの洪水モニタリング 5

伊藤健、春山成子；東京大学大学院新領域創成科学研究科

Comparison of monitoring applicability between crop production index and conventional methods  
using satellites 7

Daijiro Kaneko ; Dep. Civil Eng., Matue National College of Technology

TRMM Observations of the precipitation around the Himalayan region 23

B.C.Bhati<sup>1</sup>, A.Higuchi<sup>2</sup> and K.Nakamura<sup>1</sup>

(1) Hydropheric Atmospheric Research Center,Nagoya University, (2) CEReS,Chiba University

Sandstorm mapping in Bodele depression, North Africa, with MODIS natural color images 29

Kithsiri Perera<sup>1</sup>, Ryutaro Tateishi<sup>2</sup>, Xia Ojy<sup>2</sup> ; (1) Weathernews Inc, (2) CEReS,Chiba University

DMSP を用いた人為起源 CO<sub>2</sub> 排出量の推定の試み 33

原正直<sup>1</sup>、西尾文彦<sup>2</sup>、フスリート<sup>3</sup>

(1) ビジョンテック・リサーチ・インスチチュート、(株) ビジョンテック

(2) 環境リモートセンシング研究センター

In SAR を用いた地表変動の検出 39

澤口貴士<sup>1</sup>、伊勢崎修弘<sup>2</sup> ; (1)千葉大学大学院自然科学研究科、(2)千葉大学理学部

**[Project-2]**

NOAA／AVHRR GAC を用いた全球時系列データセットの作成 ————— 4 5  
松岡真如, 早坂忠裕; 総合地球環境学研究所

Land Cover Monitoring over Yellow River Basin in China using Remote Sensing ————— 4 9  
M. Matsuoka<sup>1</sup>, T. Hayasaka<sup>1</sup>, Y. Fukushima<sup>1</sup>, Y. Honda<sup>2</sup> and T. Oki<sup>3</sup>  
(1) Research Institute for Humanity and Nature, (2) CEReS, Chiba University  
(3) Institute of Industrial Science, University of Tokyo

**[Project-3]**

衛星で観測された地震に関連する電磁気現象 ————— 5 3  
服部克己<sup>1</sup>, 鈴木洋介<sup>2</sup>, 西橋政秀<sup>3</sup>, 鴨川仁<sup>4</sup>, Michel Parrot<sup>5</sup>, 劉正彦<sup>6</sup>  
(1) 千葉大学海洋バイオシステム研究センター, (2) 千葉大学理学部, (3) 千葉大学大学院自然科学研究科, (4) 東京学芸大学, (5) LPCE, France, (6) 台湾国立中央大学

衛星画像を用いた千葉周辺における広域的エアロゾル光学特性の導出 ————— 5 5  
朝隈康司; 東京農業大学生物産業学部

多波長ラマンライダーとスカイラジオメーター観測からみた対流圏エアロゾルの光学特性と微物理特性 ————— 6 5  
村山利幸, 関口美保; 東京海洋大学海洋工学部

マイクロ波放射計データの非静力雲解像モデルへの同化法の開発（その1）———— 7 3  
青梨和正; 気象研究所

地震に関連する地圏・大気圏・電離圏カップリング ————— 8 1  
鴨川仁<sup>1</sup>, 服部克己<sup>2</sup>, 劉正彦<sup>3</sup>; (1) 東京学芸大学, (2) 千葉大学, (3) 台湾国立中央大学

反射率バンド比及び陸域エアロゾルの光学的厚さ推定におけるエアロゾルモデルの影響について ————— 8 3  
川田剛之, 梅木拓也; 金沢工業大学

広角高精度望遠鏡を利用した大気透過率計測手法の開発 ————— 8 9  
佐々木真人<sup>1</sup>, 浅岡陽一<sup>1</sup>, 野田浩司<sup>1</sup>, 甲賀郁絵<sup>2</sup>, 深川俊介<sup>2</sup>, 久世宏明<sup>2</sup>  
(1) 東京大学宇宙線研究所, (2) 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

噴煙・黄砂と地表状態の映像観測における諸問題 93

木下紀正<sup>1</sup>, 飯野直子<sup>2</sup>, 菊川浩行<sup>3</sup>, 永松哲郎<sup>3</sup>, 金柿主税<sup>4</sup>, 福澄孝博<sup>5</sup>

(1) 鹿児島大学地域共同研究センター, (2) 鹿児島大学工学部, (3) 鹿児島大学水産学部,

(4) 鹿児島大学教育学部協力研究员・熊本県御所浦北中学校, (5) 鹿児島県十島村中之島天文台

Satellite image presentation system for education SiPSE based on DEM data 97

Kisei Kinoshita<sup>1</sup>, Nobuya Tomioka<sup>2</sup> and Hirotugu Togoshi<sup>3</sup>

(1) Research and Development Center, Kagoshima University, (2) Learning Information Center, Kagoshima City Board of Education, (3) Oumau Junior School

Estimation of Miyakejima volcanic gas hazards using vegetation index images 103

Naoko Iino<sup>1</sup>, Kisei Kinoshita<sup>2</sup>, Toshiaki Yano<sup>3</sup> and Shuichi Torii<sup>4</sup>

(1) Faculty of Engineering, Kagoshima University, (2) Research and Development Center, Kagoshima University, (3) Kagoshima University, (4) Faculty of engineering, Kumamoto University

しらせ船上観測データを用いた、秋季日本近海におけるエアロゾルの特徴 109

久慈誠<sup>1</sup>, 塩原匡貴<sup>2</sup>, 矢吹正教<sup>2</sup>, 小林拓<sup>3</sup>, 内山明博<sup>4</sup>, 山崎明宏<sup>4</sup>

(1) 奈良女子大学, (2) 国立極地研究所, (3) 山梨大学, (4) 気象研究所

開発した低出力高感度 95GHz 雲レーダの性能 —「みらい」に搭載した太平洋での雲観測

115

鷹野敏明<sup>1</sup>, 秋田健一<sup>1</sup>, 久保博<sup>1</sup>, 河村洋平<sup>2</sup>, 熊谷博<sup>3</sup>, 中西裕治<sup>4</sup>, 高村民雄<sup>5</sup>, 中島映至<sup>6</sup>

(1) 千葉大学大学院自然科学研究科, (2) 千葉大学工学部, (3) 情報通信研究機構, (4) 千葉大学環境リモートセンシング研究センター, (5) 東京大学気候システム研究センター

#### [Project-4]

カラシナ及びマリーゴールドによる鉛ファイトレメディエーション適応形質の非破壊計測

123

渡邊浩一郎<sup>1</sup>, 米山昌美<sup>2</sup>, 本郷千春<sup>3</sup>

(1) 帝京科学大学, (2) 片倉チッカリン(株), (3) 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

千葉沿岸における藻場のデータベース化 125

石井光廣<sup>1</sup>, 山北剛久<sup>2</sup>, 仲岡雅裕<sup>2</sup>, 近藤昭彦<sup>3</sup>

(1) 千葉県水産総合研究センター, (2) 千葉大学大学院自然科学研究科

(3) 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

Information Design for Agricultural Plant Planning and Satellite based Remote sensing Data  
Visualization

127

T. Shigeta<sup>1</sup>, T. Sunaga<sup>1</sup>, Y. Mugishima<sup>1</sup>, N. Yoyasu<sup>1</sup>, H. Ryou<sup>1</sup>, D. Yamazaki<sup>1</sup>, C. Hongo<sup>2</sup>, and K. Yokoyama<sup>3</sup>

(1) Information Design department Tama Art University, (2) Center for Environmental Remote Sensing,  
Chiba University, (3) National Agricultural Research center for Hokkaido Region

[一般研究]

GLI 近赤外観測データを用いた可降水量プロダクトの検証

131

久慈誠<sup>1</sup>, 菊地信行<sup>2</sup>, 内山明博<sup>3</sup>

(1) 奈良女子大学, (2) 宇宙研究開発機構(JAXA, EORC), (3) 気象研究所

干渉合成開口レーダ(InSAR)による南極の氷河・氷床マッピング

135

木村宏<sup>1</sup>, 西尾文彦<sup>2</sup>

(1) 岐阜大学, (2) 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

Validation of ocean color in the western equatorial Pacific Ocean by using in situ spectroradiometer  
and ocean color satellite data

137

Katsutoshi Kozai<sup>1</sup>, and Kensuke Tanaka<sup>2</sup>

(1) Faculty of Maritime Sciences, Kobe University,

(2) Graduate School of Science and Technology, Kobe University

衛星海水観測による急速な海氷変動の検出

139

榎本浩之<sup>1</sup>, 西尾文彦<sup>2</sup>; (1) 北見工業大学, (2) 千葉大学

Evaluation of sea ice thickness estimations by satellite passive microwave and thermal infrared  
radiometers

141

T. Tanikawa<sup>1</sup>, K. Tateyama<sup>1</sup>, H. Enomoto<sup>1</sup>, and K. Shirasawa<sup>2</sup>

(1) Kitami Inst. Tech., (2) SIRL, ILTS, Hokkaido Univ.

3次元画像計測による氷厚測定とその分布調査

147

竹田法美<sup>1</sup>, 矢野圭美<sup>1</sup>, 長幸平<sup>1</sup>, 永田隆一<sup>2</sup>

(1) 東海大学, (2) オホーツク・ガリンコタワー(株)

衛星情報と現場観測に基づくオホーツク海の海氷生成機構の検証

151

豊田威信<sup>1</sup>, 木村聰明<sup>1</sup>, 館山一孝<sup>2</sup>, 西尾文彦<sup>3</sup>

(1) 北大低温研, (2) 北見工大, (2) 千葉大学

# プロジェクト1

# Satellite Observation and Analysis of Terrestrial Environmental Changes

Development and Publication of Land Cover and Vegetation Datasets at Regional and Global Scales

H. Sasaki<sup>a</sup>, H. Nakajima<sup>a</sup>, T. Okatani<sup>a</sup>, Y. Numata<sup>a</sup>, Y. Yamada<sup>a</sup> and R. Tateishi<sup>b</sup>

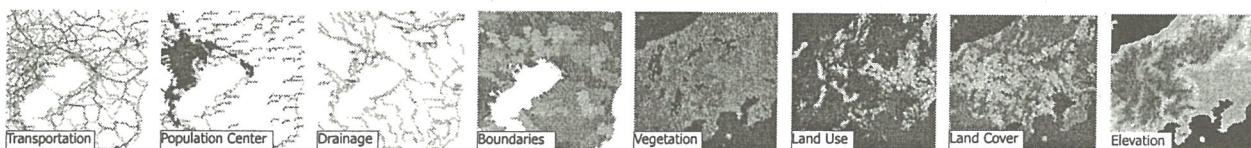
a: Geographical Survey Institute, b: Chiba University

**Summary:** With the participation of 155 National Mapping Organizations of all over the world, ISCGM (International Steering Committee for Global Mapping), whose secretariat is hosted by Geographical Survey Institute of Japan, has been developing "Global Map." Global Map is global digital geographic framework data for sustainable development which describes global environmental status and its changes.

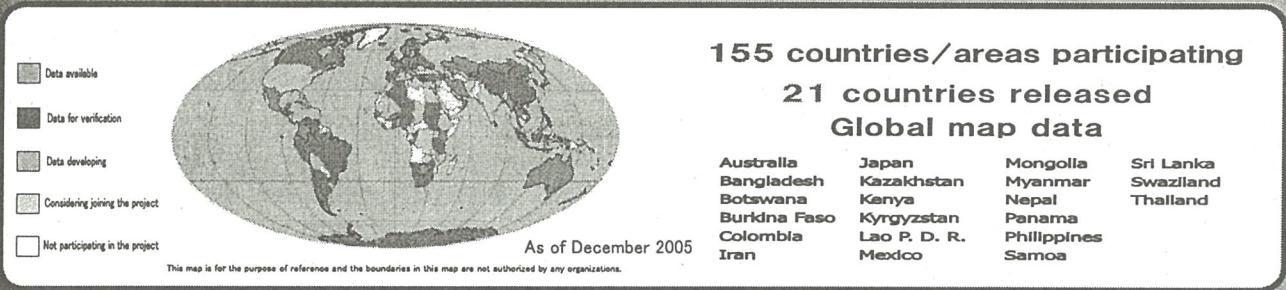
ISCGM places a special emphasis on raster formatted global land cover data and percent tree cover data development, in the second phase of Global Mapping to be completed by 2007. As one of central activities of ISCGM, this joint study aims to explore effective acquisition methodology of these raster data by fully utilizing satellite remote sensing technology. Followings are the outline of Global Map and expected outcomes of this study.

## What is Global Map ?

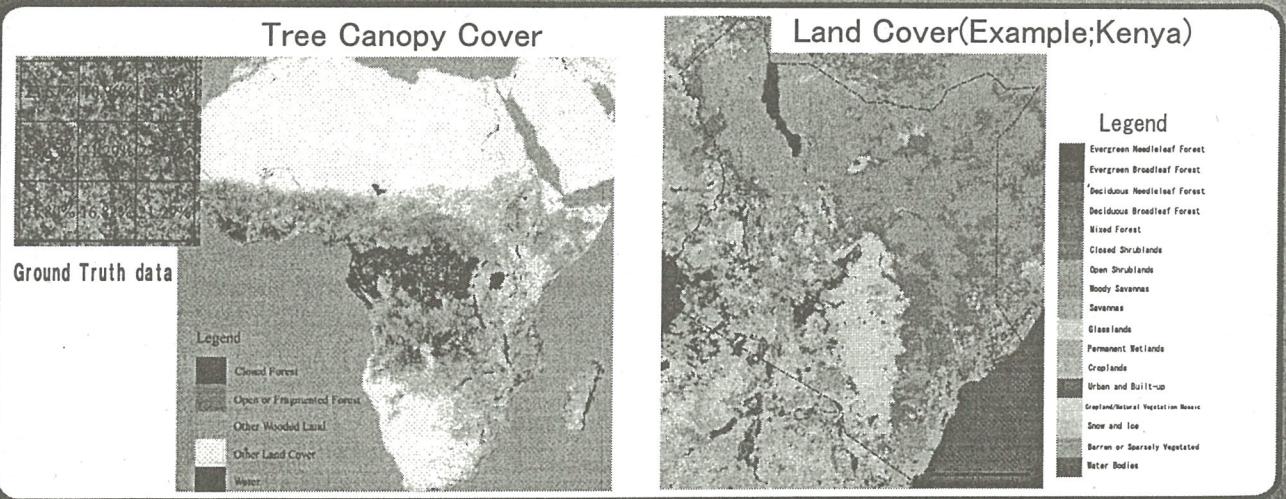
- Digital geographic information in 1 km resolution (at app. 1: 1 million scale)
- To cover the whole land of the globe in consistent specifications under international cooperation
- Includes 8 data layers



## Status of Global Mapping Project



## Expected Outcomes of This Study



# アムール川流域のNDVIの変化

## NDVI value changing in the Amur river basin

増田佳孝・春山成子（東京大学）・近藤昭彦（千葉大学）

Masuda Yoshitaka・Shigeko Haruyama (The University of Tokyo)

Akihiko Kondoh (Chiba University)

### 1. はじめに

アムール川の延長距離は4350km、流域面積は205万1500km<sup>2</sup>であり、寒冷地にある。流域の上流地域はモンゴルの乾燥地域、中・下流地域は中国・ロシア国境付近の半乾燥地域であり、年間の降水量は500-600mm程度に過ぎない。旧ソビエト連邦崩壊後のロシア・プーチン大統領時代初期は経済低迷期にあったが、一方、中国では沿岸地域の経済発展の余波が内陸部に向かい東北部中国でも工業化が目覚しい。このため、アムール川流域ではロシア・中国国境地帯での土地被覆変化には顕著な差が見出される。土地利用変化は工業地域の拡大と都市拡大のみならず、高度経済成長期にあった中国の穀倉地帯としての東北平原、三江平原の農業開発の歴史も包含している。この影響はアムール川、支川の松花江流域も如実に見出すことができる。

ハルビンからジエムスにかけての松花江中流地域では、丘陵地帯が針葉広葉混交樹林帯を耕地化してしまうもろこし畑（写真1）に、三江平原の湿地は最近20年間で農地に開墾され、大豆畑と水田に変化した（写真2,3）。また、ウスリー川流域の森林地帯では1998年に大規模な森林火災が起きており、土地被覆は人間活動に修飾されてダイナミックに変化している。このような土地被覆の変化を明らかにすることは食糧生産や生物多様性とのかかわりを理解する上で重要である。そこで、本研究では流域全体を視野にいれた土地被覆の解析を行うことにした。この研究で過去から現在までの地域の変容を明らかにすることことができ、これは将来的に流域の管理計画などを立案するための一助となる。

### 2. アムール川流域の土地被覆変化のシグナル

Koizumi (2000) は、ロシアの北方林において、共生の観点からの森林攪乱の影響評価による生物多様性の解析を行い、Nakano *et al.* (2000) は、西シ

ベリア域において森林火災によって引き起こされる地表面状態の変化に伴うメタンフラックス変化を評価している。また、Takao (2000) は LANDSAT TM, MSS を用いて Khabarovsk 地域の Sikhote-Alin' 地域で 1980～1999 年の森林攪乱史を再構成した。Kushida (1999) は、北方林の破壊と地球温暖化との関係を明らかにするために東シベリアを対象地域として衛星データで森林構造を解析した。アムール流域における土地被覆変化は個別地域で研究がなされているものの、流域全体を対象地域としての土地被覆の経年変化を捉えた研究事例はない。

流域全体の土地被覆変化のシグナルを明らかにするため、本研究では、近藤（2004）の提案した PAL データセットである 1982～2000 年の間の全球スケールの植生・土地被覆変動解析の手法を用いた。1992 年から 2000 年の間での NDVI (正規化植生指標) の年間積算値 ( $\Sigma$  NDVI)、年間最大値、 $\Sigma$  NDVI の標準偏差 (NDVIstd)、年間最大地表面温度 (Tmax), Ts-NDVI 空間ににおける軌跡の傾き (TRJ) のトレンド解析手法を用いることにした。

### 2. 手法

#### 2.1. NOAA/AVHRR PAL データセット

アムール流域における長期間かつ広域の土地被覆情報を抽出するために NASA/GSFC DAAC(Data Active Archive Center)の提供する PAL(Pathfinder Advanced Very High Resolution Radiometer AVHRR Land)データセットを使用する。気象衛星 NOAA に搭載する AVHRR センサーにより得られた画像データを基に作成されたデータセットであり、今回は時間分解能として 10 日ごとにまとめられたものを 1982 年～2000 年までの 19 年間分使用する。また経緯度  $0.1^\circ \times 0.1^\circ$  メッシュに変換されたものを使用する。本研究では PAL データからアムール流域にお

いて以下の解析を行った。

### 1) 19年間のトレンド解析

( $\Sigma$  NDVI, NDVI<sub>max</sub>, NDVI<sub>std</sub>, TRJ)

### 2) 各年の夏期・冬期 $\Sigma$ NDV 解析

なお、NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) は緑色植物の密度や活性を、可視域と近赤外域におけるクロロフィルのスペクトル反射の違いによって得られる指標である。衛星 NOAA は、AVHRR センサーを搭載しており、5 バンドのチャンネルを持っているが、CH1 は可視 ( $0.58 \mu m - 0.68 \mu m$ )、CH2 は近赤外 ( $0.725 \mu m - 1.10 \mu m$ ) である。NDVI は一般的に用いられている植生指標であり以下の式で示される。

$$NDVI = (Ch2-Ch1) / (Ch2+Ch1)$$

### 2-2. Landsat TM/ETM+

PAL の解析によって現れた土地被覆変化のシグナルを説明するために、高空間分解能の地球観測衛星 LANDSAT TM/ETM+を用いる。データは NASA が提供している GEOCOVER (<https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>) の Circa 1990 Landsat 4/5 と Circa 2000 Landsat 7 を使用した。空間分解能は前者が 28.5m、後者が 14.5m と非常に高いため、農地や伐採地などの抽出には優位である（図 4）。また、上記の衛星データサイトからダウンロードしたデータについては ER-MAPPER 7（ソフト）を用いて、幾何補正をかけ、モザイク処理を行った。1990 年と 2000 年の 2 時期の画像を比較することで土地被覆変化を明らかにすることができます。最後に、PAL データとの対応関係についても考察する。

## 3. 結果

アムール流域の NDVI の変化は、地域差が大きい。NDVI<sub>std</sub>（図 4）では、主に標高 1000m 以上の山岳地帯で値が大きい。三江平原周辺では NDVI<sub>amp</sub>（図 5）の正のトレンドが見られ、TM/ETM+での 2 時期の比較においても土地被覆の変化が認められた。他の地域でのトレンドも何らかの意味を有していると考えられ、今後解析を進めていく必要がある。



図 1 とうもろこし畑（丘陵地帯）



図 2 大豆畑（三江平原）



図 3 稲作（三江平原）

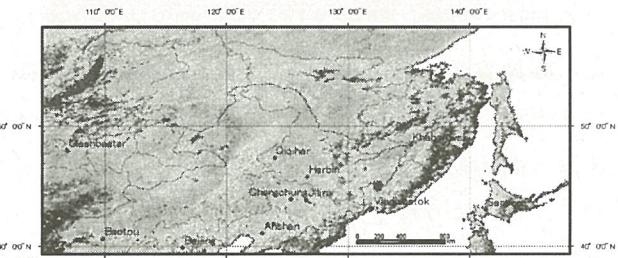


図 4 アムール流域の NDVI<sub>std</sub>

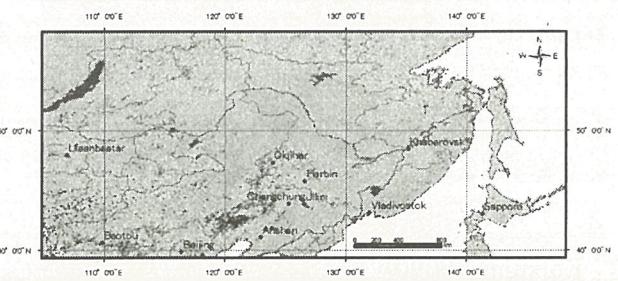


図 5 アムール流域の NDVI<sub>amp</sub> の 19 年間のトレンド

# カンボジア領内メコンデルタの洪水モニタリング

## Flood monitoring of Mekong delta in Cambodia

伊藤健・春山成子（東京大学大学院新領域創成科学研究科）

Takeshi ITO・Shigeko HARUYAMA

(Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo)

### 1. はじめに

国際河川であるためにメコン川では流域水資源開発の管理計画立案には各国の経済・政治状況が関わり困難な状況である。また、洪水軽減に関する認識も各々の農業手法の違いによって異なっており、防災計画には流域ない合意が不可欠である。本研究ではメコン川下流域に形成されているメコンデルタに焦点を当てカンボジア・ベトナムにおける洪水氾濫の違いが農業に与えている影響を考えたい。メコンデルタではモンスーンの影響を受け、雨季(5月～10月)にメコン川の溢流氾濫で洪水は長期にわたる。このため、洪水氾濫は農業基盤としての水資源でもある。しかし、近年、土地利用高度化のなかで農業被害、都市災害の側面、さらに若年者の洪水時の死亡などが増加しているところから洪水共生型に準拠しながらも防災に目を向ける必要がある。歴史的洪水であった2000年洪水ではカンボジアで被災世帯750,000世帯、死者347名、浸水水田面積6,2000km<sup>2</sup>と過去70年間で最大を記録した。

メコン川の洪水はクラチエ地点から氾濫が開始しているがカンボジア領内で洪水については氾濫経路、溢流地点、ピーク後の減水経過などの洪水動態が不明であった。このため、時系列的な洪水湛水域の把握も不十分である。さらに流域内の不均衡な開発やベトナム領内での治水インフラ整備先行の影響もありカンボジアの洪水氾濫面積は増大し湛水長期化している。防災計画にはカンボジア領内メコン

デルタにおいて洪水緩和・軽減に向けた地域分析が必要である。そこで、本研究では広域な地表面空間情報を捉えるリモートセンシングデータを用いてカンボジア領内メコンデルタにおいて洪水モニタリングを行った。

### 2. 手法

熱帯地域における洪水の動態を把握するためにマイクロ波リモートセンシング(合成開口レーダ：SAR)が有効な手段である。本研究ではJERS-1SARデータを使用した。

#### 2. 1. 使用したデータ

・JERS-1 SAR (取得日：1995年6/20～23・8/2～4・9/16～18・12/12～14)

#### 2. 2. SARデータの前処理

SARデータをGIS(TNT/mips: Microimage社)上で10万分の1地形図を用いジオリファレンス、フィルタ処理を画像前処理を行った。その後SARデータのピクセル値を(1)式を用いて規格化後方散乱断面積(NRCS: Normalized Radar Cross Section)に変換。

$$NRCS = 20 \log_{10} I + CF[dB] \quad (1)$$

I: SAR標準処理成果物(レベル2.1: Amplitude表現)に含まれるピクセルのDN(Digital Number)

CF: Calibration Factor(-85.34)

#### 2. 3. 湛水域の抽出

湛水域の抽出にはマイクロ波の水面における鏡面反射の原理を基に、NRCSの変化を捉える志田(2004)の手法を用いた。湛水域のNRCSの時系列変化は河川などの水面は洪水

による変化は少なく土地被覆物が洪水で覆わることで大きく変化する。[湛水後→湛水前]のNRCS変化量を計算し、変化量が閾値を越えた場合を湛水と判別した。志田(2004)での閾値は-1.8(dB)であったが、本研究で-1.8(dB)を適用したところ台地に湛水と誤認識している箇所や河川である場所を湛水と認識している場所があるため新たに閾値を決定することとした。

本研究ではテストエリアとしてカルトルプラ地区周辺を設け、季節変化が明瞭な6月、9月のNRCSの差のヒストグラムを読み取り(図1)、-3.2(dB)付近を境に二つの分布が見られるために、NRCS特性からNRCSの値が小さいものは[非湛水→湛水]、NRCSの値が大きいものは[湛水→湛水]と解釈した。そこで、この-3.2(dB)を閾値として設定し、8月、9月、12月の湛水域を抽出してみた。

### 3. 結果

閾値を-1.8(dB)から、-3.2(dB)に変化させることで地形要素としての山地や河川が湛水域判別の際の誤判別を減少させることができた(図2)。また、2005年雨期のグランドトゥルースによって歴史的洪水と平均場を比較することができた。この結果を用いて湛水域の範囲について評価を与えた。

画像から得た時系列の湛水域変化を見ると、湛水面積は9月において最大となった(表1)。乾季の12月の時点では雨季の8月よりも多くの面積が湛水していることがわかった。

8月の時点では自然堤防などの微高地では湛水に至っておらず、後背湿地において徐々に湛水し始めている状態である。9月においては道路や自然堤防、完新世段丘を残して多くの地域で湛水している。特にメコン川とトンレサップ川に挟まれた地域、メコン川とバ

サック川に挟まれた中州に当たる地域での湛水域の拡大が認められる。乾期の12月においては氾濫原の一部では水面が残っているものの離水した個所が多い。しかし、カンボジア、ベトナムの国境付近ではまだ湛水している場所が多く見られることがわかった。

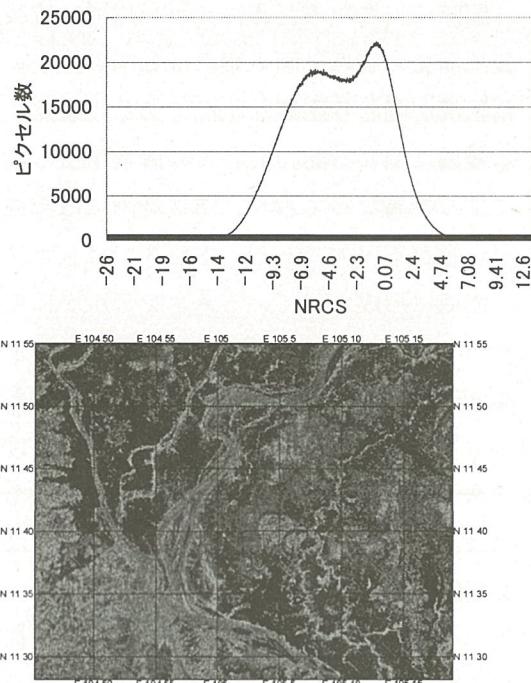


図1.テストエリアにおけるヒストグラム

図2.テストエリアにおける湛水域(青色)

表1.8,9,12月の湛水面積

	湛水面積(km <sup>2</sup> )
8月	3341
9月	12713
12月	4863

### 参考文献

- ・志田健(2004) : JERS-1/SAR データを用いたメコンデルタにおける洪水の影響評価、東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻修士論文
- ・G.Nico・M.Pappalepore・G.Pasquariello・A.Refice・S.Samarell(2000) : Comparison of SAR amplitude vs.coherence flood detectionmethods-a GIS application, Int.J.Remote Sensing21(8), pp.1619-1631

# Comparison of monitoring applicability between Crop Production Index and conventional methods using satellites

Daijiro KANEKO<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Department of Civil Engineering, Matsue National College of Technology, 14-4, Nishiikuma-chou, Matsue, 690-8518 Japan, Professor, Phone & Fax: +81-852-36-5266, E-mail: [kand@ce.matsue-ct.ac.jp](mailto:kand@ce.matsue-ct.ac.jp)

## ABSTRACT

This paper compares the applicability of the Crop Production Index CPI with conventional methods, taking into account the acquisition of the necessary data by remote sensing. The author has developed the CPI index as a remote sensing method for monitoring grain production in the early stages of crop growth in Japan and Asia. A photosynthesis based crop production index CPI takes into consideration the solar radiation, the effective air temperature, and NDVI as a factor representing vegetation biomass. The CPI index incorporates temperature influences such as the effect of temperature on photosynthesis by grain plant leaves, low-temperature effects of sterility, cool summer damage due to delayed growth, and high-temperature injury. These latter factors are significant at around the heading period of crops. The CPI index for rice was validated at ten monitoring sites in the central and northern half of Japan. This paper proves the ability of the CPI to predict poor crop production using rice yield statistics, contrasting it against conventional methods such as the cumulative Growing degree day GDD, integrated NDVI, and photosynthesis rate.

**Keywords:** monitoring, crop production, rice, photosynthesis, NDVI

## 1. INTRODUCTION

This research aims to monitor grain production by developing a photosynthesized type of crop production index, which displays functional dependence on solar radiation, temperature effects, stomatal opening, and vegetation biomass. It is important to oversee the quantity of grain in production in Japan and Asia at an early stage in the present era of increasing Asian population and water-resources restrictions. Continuous predictive monitoring of crop production in East Asia would allow orderly management of food security issues including Japan, which is one of the world's major grain importers. Conventional methods have generally been based on the cumulative value of the effective air temperature (growing degree day, GDD) by Idso<sup>1)</sup>, Bollero et al.<sup>2)</sup>, or integrated NDVI proposed by Rasmussen<sup>3)</sup>. However, none of these methods correctly expresses the grain production by estimating the time-integrated photosynthesis rate. Many researchers have presented conventional papers on crop simulation, including Williams et al.<sup>4)</sup>, Priya et al.<sup>5)</sup> and Perez et al.<sup>6)</sup>, and remote sensing data have been incorporated in the models by Maas<sup>7)</sup> and Wiegand<sup>8)</sup>. However, those models simulate the growth process of crops, making them highly complicated, as Monteith<sup>9)</sup>, and Sinclair and Seligman<sup>10)</sup> have pointed out. Several methods use seasonal changes of the normalized difference vegetation index NDVI derived from satellite observation. The method in this paper takes the amount of growth and biomass as known, using remotely sensed data NDVI, and estimates the instantaneous photosynthesis velocity easily and accurately. The photosynthesis-based crop production index CPI proposed in this paper can predict the rice yield under conditions of low temperature sterility, sunshine shortage, and high temperature injury. This paper validates the CPI index at ten monitoring sites in Japan and verifies its particular ability to predict poor grain production, in contrast to conventional indices.

## 2. METHOD OF CROP PRODUCTION INDEX CPI

### 2.1 Conventional methods

Many conventional crop studies have correlated the grain quantity in production with the growth index of Growing Degree Day GDD, or with water stress indices such as stress degree day<sup>1),2)</sup>.

$$GDD = \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_b \quad (1)$$

where,  $T_{\max}$  is the maximum daily air temperature,  $T_{\min}$  is the minimum daily air temperature, and  $T_b$  is a threshold temperature for the crop, below which physical activity is inhibited and equal to 10 °C.

In conventional research using remote sensing, the vegetation index NDVI<sup>11),12),13),14)</sup>, concerning the vegetation biomass, is related to the crop production. Rasmussen<sup>3)</sup> defined the integrated NDVI (iNDVI) and related it to the grain yield.

$$Yield = a \cdot \int_{t1}^{t2} NDVI(t) dt + b \quad (2)$$

where, a and b are regression coefficients, and t1 and t2 are the day number of seeding and harvesting.

In grain production forecasting using the latest remote sensing, daily values of the photosynthetically active radiation PAR and the vegetation biomass (NDVI) are taken into the model. Furthermore, Rasmussen (1998) gave the net primary production NPP using satellite data according to the following formula:

$$NPP = \varepsilon \int_0^t (aNDVI + b) \cdot PAR \cdot dt \quad (3)$$

where  $\varepsilon$  is the efficiency coefficient,  $t$  is the time, and PAR is the photosynthetically active radiation.

This NPP is a photosynthesis-type model. However, this formula does not allow for such important factors as temperature influences on photosynthesis, temperature sterility and stomatal opening of crops. The present research improves modeling based on the photosynthesis type of crop production index so as to incorporate the effects of global solar radiation, temperature, stomatal opening, and vegetation biomass. Although the areas of crop study and remote sensing have generated much research, especially on the production of wheat and corn, it is all restricted to consideration of the water stress or formulas based on vegetation indices. To give a more accurate value of the grain quantity in production, the crop production index should take the form of the photosynthesis velocity so as to express the growth of crop vegetation and filling of grain, both of which relate directly to the quantity produced.

### 2.2 Proposed method

Rasmussen<sup>15)</sup> proposed a net primary production (NPP) model by taking into account the daily photosynthetically active radiation PAR and the amount of vegetation biomass (NDVI), so as to estimate the NPP from satellite data. The equation of NPP is of photosynthetic type, but sterility due to low- and high-temperature injury and stomatal opening due to shortage of water resources or inadequate irrigation are not accounted for. It is reasonable to suppose that crop production can be estimated based on a daily photosynthesis rate. Generally, temperature has two effects on the quantity of grain production: its normal influence on the rate of photosynthesis, and the effect of extremes of temperature on sterility during the stages of heading, flowering, and filling. To model these two effects, three response functions, to photosynthesis, low-temperature sterility and high-temperature injury are employed in the period before and after heading.

This research expands the form of NPP by Rasmussen to consider air temperature and stomatal opening, as well as the solar radiation and the amount of vegetation biomass already considered. The photosynthesis velocity is defined by

equation (1) as follows<sup>16), 17), 18), 19), 20)</sup>:

$$PSN = \frac{a \cdot APAR}{b + APAR} \cdot f_{syn}(T_c) \cdot \beta_s \cdot eLAI \quad (4)$$

where  $PSN$  is the photosynthesis rate,  $APAR$  is the absorbed photosynthetically active radiation,  $\beta_s$  is the stomatal opening,  $a$  and  $b$  are Michaelis-Menten constants,  $T_c$  is the canopy temperature,  $eLAI$  is the effective leaf area index, and  $f_{ster}$  is the sterility response function for the air temperature.

The authors' former paper<sup>16)</sup> presents sensitivity analysis curves for the Michaelis-Menten-type response function versus solar radiation and the temperature response of the photosynthesis rate as well known as the Sigmoidal-Logistic type function :

$$f_{syn}(T_c) = \left[ \frac{1}{1 + \exp\{k_{syn}(T_c - T_{hv})\}} \right] \quad (5)$$

where  $T_{hv}$  is the temperature parameter at half of the maximum photosynthesis rate, and  $k_{syn}$  is the slope parameter. The temperature response functions for low-temperature sterility and high-temperature injury are defined by the following equation, referring to the curves obtained by Vong and Murata<sup>21)</sup>:

$$F_{Lster}(T_c) = 1 - \exp[k_{Lster}(T_{Lster} - T_c)], \quad (6a)$$

$$F_{Hster}(T_c) = 1 - \exp[k_{Hster}(T_c - T_{Hster})] \quad (6b)$$

where,  $k_{Lster}$  is the low temperature sterility constant,  $T_{Lster}$  is the low sterility limit temperature,  $k_{Hster}$  is the high temperature injury constant,  $T_{Hster}$  is the high injury limit temperature, and  $T_c$  is the plant leaf temperature.

Finally, the response function of the compounded temperature sterility effects due to both low and high temperatures in grain production is expressed by the following equation:

$$F_{Ster}(T_c) = \{1 - \exp[k_{Lster}(T_{Lster} - T_c)]\} \cdot \{1 - \exp[k_{Hster}(T_c - T_{Hster})]\} \quad (6c)$$

Next, integration of the photosynthesis rate over an interval from seeding  $t_s$  to the time  $t$  of crop plant stage defines the photosynthesis-based crop production index CPI for rice having the following forms:

During crop plant stage 1, of growth:

$$CPI_U = \int_{t_s}^t PSN_U \cdot dt \quad (7)$$

During crop plant stage 2, of booting, heading, flowering to ripening:

$$CPI_U = F_{Ster}(T_c) \cdot \int_{t_s}^t PSN_U \cdot dt \quad (7a)$$

$$F_{Ster} = \int_{t_f}^t f_{Ster}(T_c) \cdot dt \quad (7b)$$

At the crop plant stage 3 of harvesting:

$$CPI_U = F_{Ster}(T_c) \cdot \int_{t_s}^{t_r} PSN_U \cdot dt \quad (7c)$$

$$F_{Ster} = \int_{t_f}^{t_r} f_{Ster}(T_c) \cdot dt \quad (7d)$$

It is necessary to normalize the NDVI so as to remove the effect of planting area (plant coverage ratio) on the photosynthesis rate at different paddy sites. Even if the crop yield in a year was the norm, the NDVI is liable to differ each year. The plant coverage ratio per data pixel of remote sensing is dependent on the individual sites. We therefore define the standardized NDVI, called the NDVI Unit, by dividing by the annual average yield as follows:

$$NDVI_{U,i} = \frac{NDVI_i}{iNDVI_{H100}} \quad (8)$$

The photosynthesis rate is similarly normalized to give the ‘PSN Unit’ upon dividing by the normal photosynthesis rate averaged annually, as follows:

$$PSN_U = \frac{\int_{t_s}^t PSN \cdot dt}{iPSN_{100}} \quad (9)$$

The EPIC (Erosion-Productivity Impact Calculator) uses the same idea to normalize the effect of accumulation of Growing Degree Day, by defining the Heat Unit Index.

The quantity of grain production in the growth stages of heading and filling is influenced by a crop physiological mechanism called low-temperature sterility, and by high temperature injury, in addition to cumulative photosynthesis up to heading. To transform the CPI index into the appropriate photosynthesis type of grain production index, the photosynthesis rate  $PSN$  of equation (1) must be multiplied by the temperature sterility function  $F_{str}$  of equation (3c) involving the heading term to be expressed via equation (5b and 6b), which is of time-integrated form to account for the effect of temperature on flowering, pollination, and ripening.

### 3. DATA USED IN THE MODELING

The present research uses domestic meteorological data to verify the CPI index. The ground air temperature data, which are supplied by the Japanese Meteorological Agency from the Automated Meteorological Data Acquisition System (AMeDAS) point at ten sites, distributed in the Japanese agricultural plains, have large acreages suitable for satellite monitoring of the paddy fields.

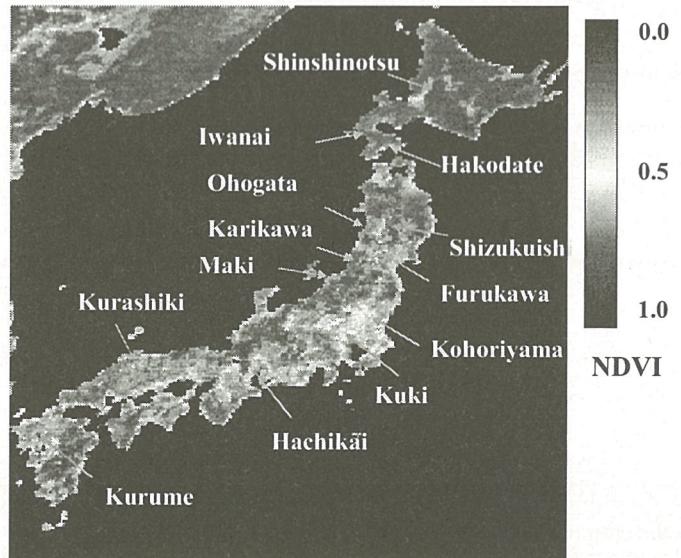


Figure 1: Distribution of NDVI and monitoring sites in Japan for validation of Crop Production Index CPI.

The Japanese Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries provides grain statistical information, which includes crop situation index for the paddy rice at ten sites for monitoring and validation district. This crop situation index is the ratio of crop production in the year in question to the mean annual production for the ten most recent years. The Society of Agricultural Meteorology in Japan has published a special report, which summarizes the relation between the meteorological conditions and the poor harvest in 1993. The satellite NDVI data used in the CPI index is the 4-minute mesh set of vegetation index data derived from NOAA Advance Very High Resolution Radiometer (AVHRR) by Tateishi<sup>22)</sup>.

#### 4. COMPARISON of the CPI and CONVENTIONAL METHODS

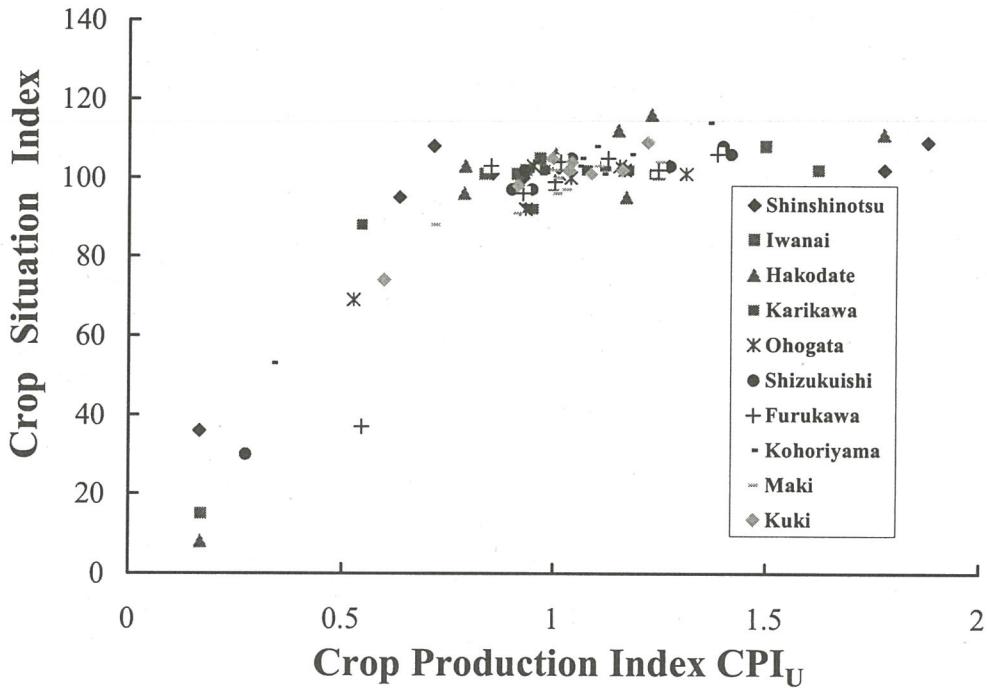


Figure 2: Relation between the crop production index  $\text{CPI}_U$  and Crop situation index at ten monitoring points.

Figure 2 shows the relation between crop situation index CSI and the  $\text{CPI}_U$ , to verify applicability to rice yields at 10 sites in Japan. The photosynthesis rate of the  $\text{CPI}_U$  index decreases as a result of the inadequate solar radiation or accumulation of air temperature. The CPI Unit becomes a little less than 1, implying poor production compared to the normal harvest averaged annually. The  $\text{CPI}_U$  can predict a trend of poor production, expressed by the crop situation index decreasing linearly to below 100. The many values of the CPI index close to 1 imply the usual behavior of the photosynthesis rate governing rice yields in most years. However, abnormal weather with low temperature and much cloud, which happens about every 10 years, causes low temperature sterility and late ripening of rice. The  $\text{CPI}_U$  then rapidly falls to zero, since the limiting problem is not photosynthesis but inadequate flowering and late ripening. The sterility function curve, which has a steep gradient for low air temperatures, is able to capture the very bad harvest in the worst case of the crop situation index below 50 in 1993. The third mechanism is high temperature injury, expressed by equation (6b). When the air temperature is excessive, the CSI decreases slightly with further increase in air temperature as

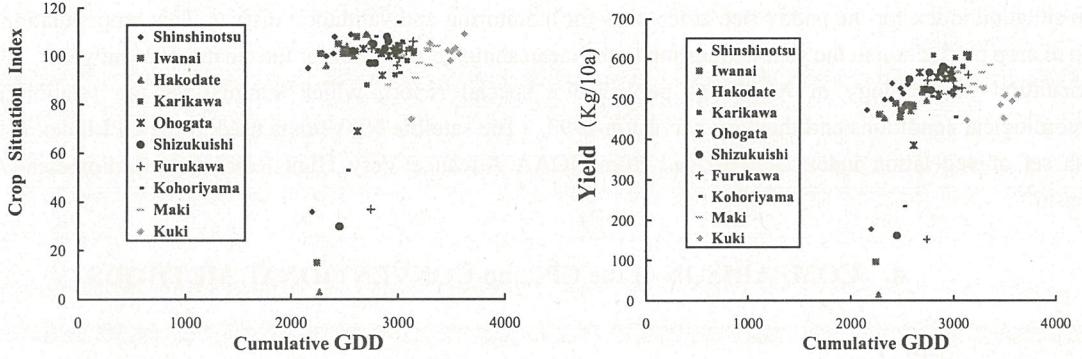


Figure 3: Comparison of monitoring applicability for Crop Production Index and conventional methods. The figures show relations between the cumulative growing degree day GDD and Crop Situation Index at ten monitoring points, and between yield and cumulative GDD.

seen on the right in Figure 2, though it is still greater than 100 in the right side range of x axis, that is greater than  $CPI_U=1$  in the Figure 2. According to the mechanisms included in the  $CPI_U$  index,  $CPI_U$  can predict rice production taking into account photosynthesis, low temperature sterility, and high temperature injury, depending on meteorological conditions.

Figure 3 shows relations between the crop situation index CSI and the cumulative growing degree day (GDD), and between the yield and cumulative GDD. The cumulative GDD has a linear relationship to the yield but shows no ability to distinguish bad production due to low temperature sterility from normal rice yields in other years. The air temperature has two effects, on growth and ripening by photosynthesis and on pollination from heading to flowering of the grain. This sterility effect on pollination is not linear in temperature, but cuts in rapidly below a threshold of about 18 degrees

Figure 4 shows relations between the crop situation index and the integrated NDVI (iNDVI), and between yield and the iNDVI. The integrated NDVI is not able to predict either the crop situation index or the yield, and in particular is unable to predict a bad harvest due to low temperature sterility. The iNDVI values depend strongly on regional characteristics such as soils, type of rice and mixcel effects, involving other plants (vegetables, trees, etc.).

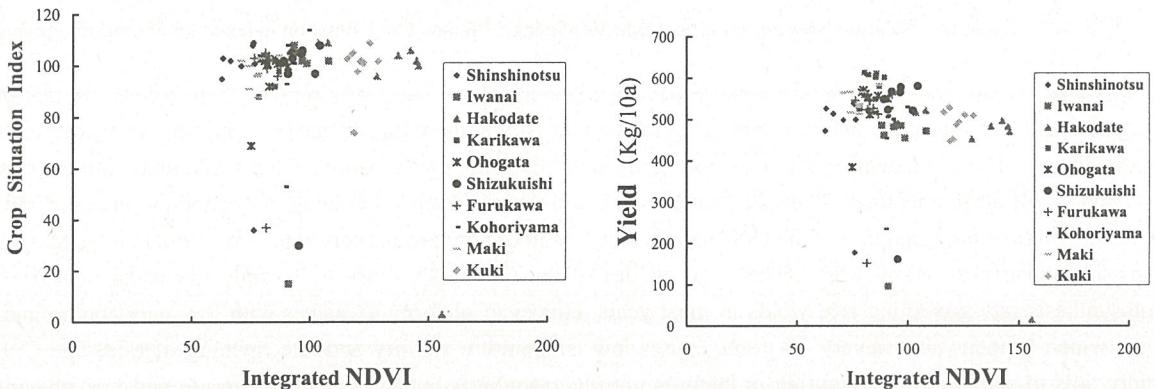


Figure 4: Relations between the integrated NDVI and Crop Situation Index, and between yield and iNDVI.

Figure5: Applicability to crop production of integrated PSN based on remotely sensed data. The figures show relations between the Crop Situation Index and integrated PSN, and crop yield and iPSN.

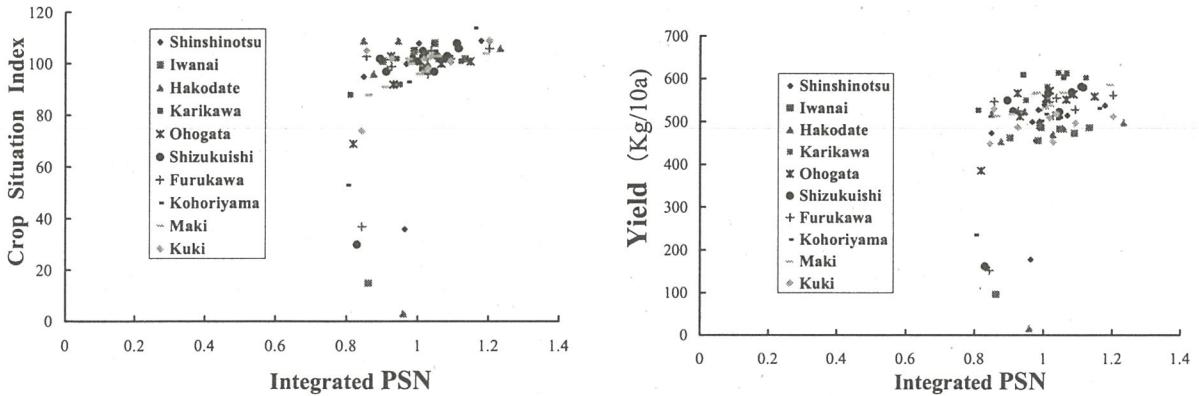


Figure5: Applicability to crop production of integrated PSN based on remotely sensed data. The figures show relations between the Crop Situation Index and integrated PSN, and crop yield and iPSN.

Figure 5 shows the performance of the integrated photosynthesis rate iPSN used as a crop yield index. The crop situation index decreases linearly with iPSN but shows no ability to predict low temperature sterility, because sterility is not dependent on photosynthesis but is related to flowering and pollination. The iPSN performs much better than the iGDD or iNDVI since it is linear with respect to crop yield; however, the iPSN values show considerable scatter arising from dependence on regional conditions.

Consequently, only CPI<sub>u</sub> is able to predict a bad harvest due to sterility effects, by making the CPI<sub>u</sub> values decrease sharply to zero based on the eigen-functional relationship between CPI<sub>u</sub> and the crop situation index CSI, as well as the yield.

## 5. CONCLUSIONS

This paper compares the applicability of the Crop Production Index CPI and conventional indices, based on remotely sensed data. The aim is to develop a remote sensing method suitable for monitoring rice production from the early stages of crop growth right up to harvesting in Japan and Asia. The present paper proposed a photosynthesis-based crop production index CPI that takes into consideration the solar radiation, the effective air temperature, and NDVI as a factor representing vegetation biomass. The CPI index incorporates the mechanism of temperature influences such as the effect of temperature on photosynthesis by grain plant leaves, low-temperature effects of sterility, cool summer damage due to delayed growth, and high-temperature injury. These latter factors are significant at around the heading period of crops. The CPI index for rice was validated at ten monitoring sites in the central and northern half of Japan using the rice crop

situation index. The validation exercise clearly proves the superior ability of the present index to predict poor production using rice yield statistics in comparison to conventional methods such as cumulated growing degree day GDD, integrated NDVI, and photosynthesis rate. The method is based on routine observation data, allowing automated monitoring of crop production at arbitrary sites without any special observations.

## ACKNOWLEDGMENTS

This study was funded by Grants-in-Aid for Scientific Research. We wish to express thanks to the Japan Society for the Promotion of Science, which belongs to Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology.

## REFERENCES

1. IDSO, S. B., PINTER, Jr. P.J., HATFIELD, J. L., "JACKSON, R. D., and REGINATO, R. J., A remote sensing model for the prediction of wheat yields prior to harvest", *Journal of Theoretical Biology*, **77**, 217-228, 1979.
2. BOLLERO, G. A., BULLOCK, D. G., and HOLLINGER, S. E., "Soil temperature and planting date effects on corn yield, leaf area, and plant development", *Agronomy Journal*, **88**, 385-390, 1996.
3. RASMUSSEN, M. S., "Assessment of millet yields and production in northern Burkina Faso using integrated NDVI from the AVHRR", *International Journal of Remote Sensing*, **13(18)**, 3431-3442, 1992.
4. WILLIAMS, J. R., JONES, C. A., KINIRY, J. R. and SPANEL, D. A., "The EPIC crop growth model", *Transactions of the ASAE*, **32(2)**, 497-511, 1989.
5. PRIYA, S, SHIBASAKI, R., "National spatial crop yield simulation using GIS-based crop production model", *Ecological Modeling*, **135**, 113-129, 2001.
6. PEREZ, P., ARDLIE, N., KUNEEPONG, P., DIETRICH, C., and MERRITT, W. S.: CATCHCROP, "Modeling crop yield and water demand for integrated catchment assessment in northern Thailand", *Environmental Modeling & Software*, **17**, 251-259, 2002.
7. MAAS, S. J., "Using satellite data to improve model estimates of crop yield", *Agronomy Journal*, **80**, 655-662, 1988.
8. WIEGAND, C. L. RICHARDSON, A. J., JACKSON, R. D., PINTER, Jr. P. J., AASE J. K., SMIKA, D., LAUTENSCHLAGER, L. F., and McMURTRY, III J.E., "Development of Agrometeorological crop model inputs from Remotely sensed information", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **GE-24 (1)**, 90-98, 1986.
9. MONTEITH, J. L., "The quest for balance in crop modeling", *Agronomy Journal*, **88**, 695-697, 1996.
10. SINCLAIR, T. R. and SELIGMAN N. G., "Crop modeling: from infancy to maturity", *Agronomy Journal*, **88**, 698-704, 1996.
11. AASE, J. K., and SIDDOWAY, F. H., 1981, Spring wheat yield estimates from spectral reflectance measurements, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, **GE-19(2)**, 78-84.
12. GROTON, S. M. E., 1992, NDVI-crop monitoring and early yield assessment of Burkina Faso, *International Journal of Remote Sensing*, **14(8)**, 1495-1515.
13. QUARMBY, N. A., MILNES, M., HINDLE, T. L., and SILLEOS, N., 1993, The use of multi-temporal NDVI measurements from AVHRR data for crop yield estimation and prediction, *International Journal of Remote Sensing*, **14(2)**, 199-210.
14. HAYES, M. J., and DECKER, W. L., 1996, Using NOAA AVHRR data to estimate maize production in the United States Corn Belt, *International Journal of Remote Sensing*, **17(16)**, 3189-3200.
15. RASMUSSEN, M. S., "Developing simple, operational, consistent NDVI-vegetation models by applying environmental and climatic information: Part II. Crop yield assessment", *International Journal of Remote Sensing*, **19(1)**, 119-137, 1998.

16. KANEKO, D., OHNISHI, M., and ISHIYAMA T., "Proposal of early monitoring method for crop production in China and India In the recent era of water resources restriction", Environmental Systems Research, Japan Society of Civil Engineering, **31**, 235-244, 2003 (In Japanese with English abstract).
17. KANEKO, D., OHNISHI, M., ISHIYAMA, T., and TATEISHI, R., "Modeling of a photosynthetic crop production index for early warning using NDVI and Meteorological data", Proceedings of SPIE, Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and Hydrology VI, 11th SPIE International Symposium on Remote Sensing, 1-10, Gran Canaria, Spain, 2004.
18. KANEKO, D., OHNISHI, M., ISHIYAMA, T., and TATEISHI, R., " Proposal of a photosynthesis type of crop yield index for monitoring crop production in China and India in the era of water resource restriction", 4th International Crop Science Congress, 4p, Brisbane, Australia.
19. KANEKO, D., ITOHARA, T., OHNISHI, M., ISHIYAMA, T. : Early warning method for rice production using remote sensing and meteorological data - Photosynthetic Crop Production Index -, Sustainable Development and Planning , Bologna, Italy, **2**, 815-824, 2005.
20. KANEKO, D., OHNISHI, M., and ISHIYAMA, T. : Photosynthetic rice production index for early warning using Remote Sensing and meteorological data, Proceedings of SPIE , Remote Sensing for Agriculture, Ecosystems, and HydrologyVII, 12th SPIE EUROPE International Symposium on Remote Sensing, 1-9, Bruges, Belgium, 2005.
21. VONG, N. Q., and MURATA, Y., "Studies on the physiological characteristics of C3 and C4 crop species. I. The effects of air temperature on the apparent photosynthesis, dark respiration and nutrient absorption of some crops", Japanese Journal of Crop Science, **46**, 45-52, 1997.
22. TATEISHI, R., "Twenty-year global 4-minute AVHRR NDVI dataset", CEReS, Chiba University, Chiba, 2001.

## **Comparison of monitoring applicability between Crop Production Index and conventional methods using satellites**

By Daijiro KANEKO  
Matsue National College of Technology,  
Department of Civil and Environmental Engineering,  
14-4, Nishikumata-cho, Matsue, 690-8518 Japan.  
E-mail: kandai@ce.matsue-u.ac.jp

## 1. Background

The demand for crop production will rise as a result of population growth

### in China and India.

- 1) Rice is an excellent grain food, which supports the gigantic populations in China and India.
  - 2) The amount of rice export is small compared with the corn and the wheat.
  - 3) Problems with the rice production could therefore have a catastrophic effect on countries that import rice and other crops.
  - 4) Global warming makes both heavy rain and drought more likely, ~~altering~~ changing the pattern of precipitation.

3. Objectives

## 2. Objectives

This paper compares the applicability of the Crop Production Index CPI with conventional methods and proves the ability of the CPI to predict poor crop production using rice yield statistics, contrasting it against conventional methods such as cumulative Growing degree day GDD, integrated NDVI, and photosynthesis rate PSN.

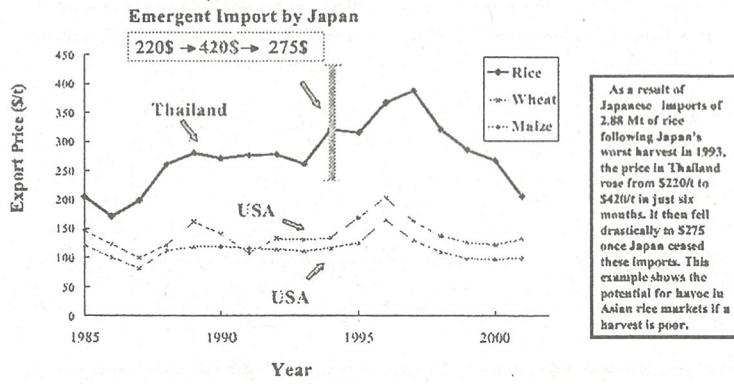


Fig. 1 Sudden rise and fall in trade price of rice compared to cheaper prices of other grains in main trading countries.

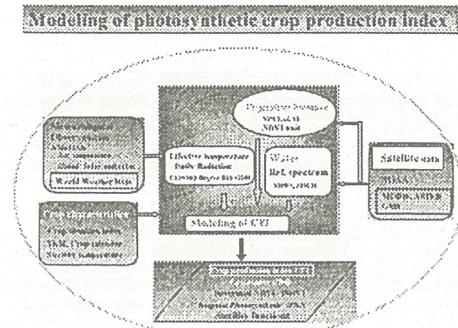


Fig. 2 Flowchart of research on crop production monitoring and development of photosynthesis type of crop production index using satellite remote sensing and world weather data.

### 3. Modeling

$$PSN = \frac{a \cdot APAR}{b + APAR} \cdot f_{sys}(T_c) \cdot \beta_s \cdot eLAI \quad (4)$$

where  $PSN$  is the photosynthesis rate,  $APAR$  is the absorbed photosynthetically active radiation,  $\beta_s$  is the stomatal opening,  $a$  and  $b$  are Michaelis-Menten constants,  $T_c$  is the canopy temperature,  $eLAI$  is the effective leaf area index, and  $f_{sys}$  is the sterility response function for the air temperature.

The authors' former paper<sup>16</sup> presents sensitivity analysis curves for the Michaelis-Menten-type response function versus solar radiation and the temperature response of the photosynthesis rate as well known as the Sigmoidal-Logistic type function:

$$f_{sys}(T_c) = \left[ \frac{1}{1 + \exp\{k_{sys}(T_{sys} - T_c)\}} \right] \quad (5)$$

where  $T_{sys}$  is the temperature parameter at half of the maximum photosynthesis rate, and  $k_{sys}$  is the slope parameter.

The temperature response functions for low-temperature sterility and high-temperature injury are defined by the following equation, referring to the curves obtained by Vong and Murata<sup>21</sup>:

$$F_{ster}(T_c) = 1 - \exp[k_{ster}(T_{ster} - T_c)], \quad (6a)$$

$$F_{inj}(T_c) = 1 - \exp[k_{inj}(T_c - T_{inj})] \quad (6b)$$

where,  $k_{ster}$  is the low temperature sterility constant,  $T_{ster}$  is the low sterility limit temperature,  $k_{inj}$  is the high temperature injury constant,  $T_{inj}$  is the high injury limit temperature, and  $T_c$  is the plant leaf temperature.

Finally, the response function of the compounded temperature sterility effects due to both low and high temperatures in grain production is expressed by the following equation:

$$F_{ster}(T_c) = \{1 - \exp[k_{ster}(T_{ster} - T_c)]\} \cdot \{1 - \exp[k_{inj}(T_c - T_{inj})]\} \quad (6c)$$

Next, integration of the photosynthesis rate over an interval from seeding  $t_i$  to the time  $t$  of crop plant stage defines the photosynthesis-based crop production index CPI for rice having the following forms:

During crop plant stage 1, of growth:

$$CPI_U = \int_{t_i}^t PSN_U \cdot dt \quad (7)$$

During crop plant stage 2, of booting, heading, flowering to ripening:

$$CPI_U = F_{ster}(T_c) \cdot \int_{t_i}^t PSN_U \cdot dt \quad (7a)$$

$$F_{ster} = \int_{t_f}^t f_{ster}(T_c) \cdot dt \quad (7b)$$

At the crop plant stage 3 of harvesting:

$$CPI_U = F_{ster}(T_c) \cdot \int_{t_i}^t PSN_U \cdot dt \quad (7c)$$

$$F_{ster} = \int_{t_f}^t f_{ster}(T_c) \cdot dt \quad (7d)$$

It is necessary to normalize the NDVI so as to remove the effect of planting area (plant coverage ratio) on the photosynthesis rate at different paddy sites. Even if the crop yield in a year was the norm, the NDVI is liable to differ each year. The plant coverage ratio per data pixel of remote sensing is dependent on the individual sites. We therefore define the standardized NDVI, called the NDVI Unit, by dividing by the annual average yield as follows:

(8)

The photosynthesis rate is similarly normalized to give the 'PSN Unit' upon dividing by the normal photosynthesis rate averaged annually, as follows:

(9)

The EPIC (Erosion-Productivity Impact Calculator) uses the same idea to normalize the effect of accumulation of Growing Degree Day, by defining the Heat Unit Index.

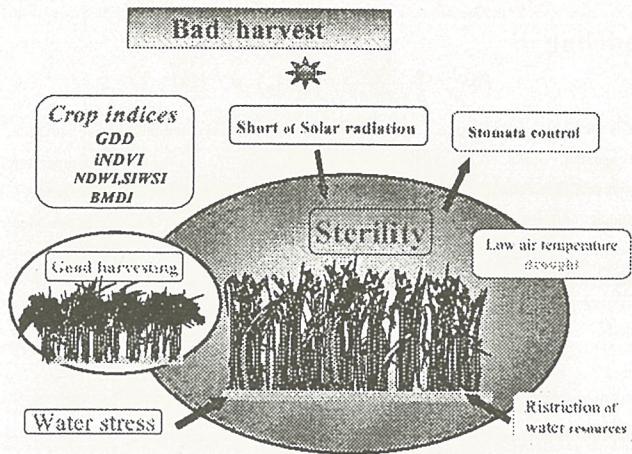


Fig. 3 Main causes of bad harvest and relating factors for monitoring rice production in the era of water resources restriction.

#### 4. Data used in the modeling

##### 1) Meteorological Data

The ground air temperature data, which are supplied by the Japanese Meteorological Agency from the Automated Meteorological Data Acquisition System (AMeDAS) point at ten sites, distributed in the Japanese agricultural plains, have large acreages suitable for satellite monitoring of the paddy fields.

##### 2) Crop statistics

The Japanese Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries provides grain statistical information, which includes crop situation index for the paddy rice at ten sites for monitoring and validation district. This crop situation index is the ratio of crop production in the year in question to the mean annual production for the ten most recent years.

##### 3) NDVI

The satellite NDVI data used in the CPI index is the 4-minute mesh set of vegetation index data derived from NOAA Advance Very High Resolution Radiometer (AVHRR) by Tateishi(2001).

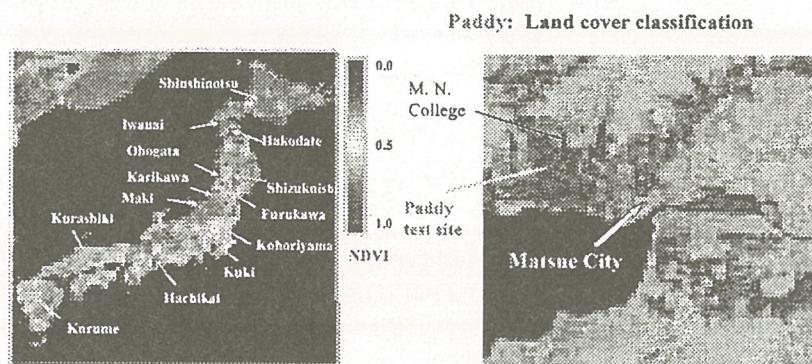


Fig. 4 Distribution of NDVI and monitoring sites in Japan for validation of Crop Production Index CPI.

Fig. 5 Distribution of Paddy fields (red areas) in Matsue City and paddy test site.

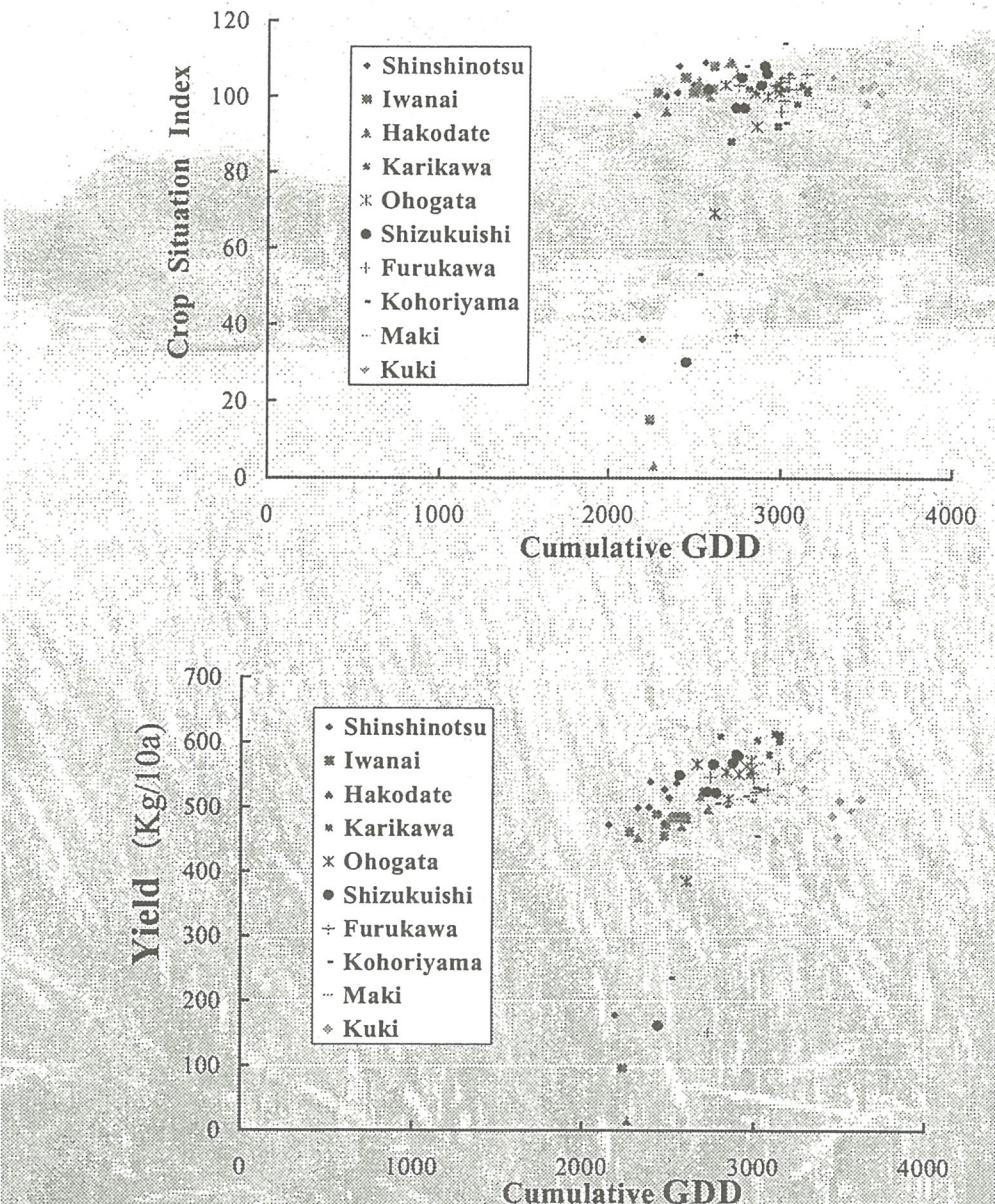


Fig.6 Comparison of monitoring applicability between Crop Production Index and conventional methods. These figures show relations between the cumulative growing degree day GDD and Crop situation index at ten monitoring points and between yield and cumulative GDD.

## 5. Results of crop production indices

### (1) Growing index GDD

Figure 6 shows relations between the crop situation index CSI and the cumulative growing degree day (GDD), and between the yield and cumulative GDD. The cumulative GDD has a linear relationship to the yield but shows no ability to distinguish bad production due to low temperature sterility from normal rice yields in other years. The air temperature has two effects, on growth and ripening by photosynthesis and on pollination from heading to flowering of the grain. This sterility effect on the pollination is not linear in temperature, but cuts in rapidly below a threshold of about 18 degrees centigrade.

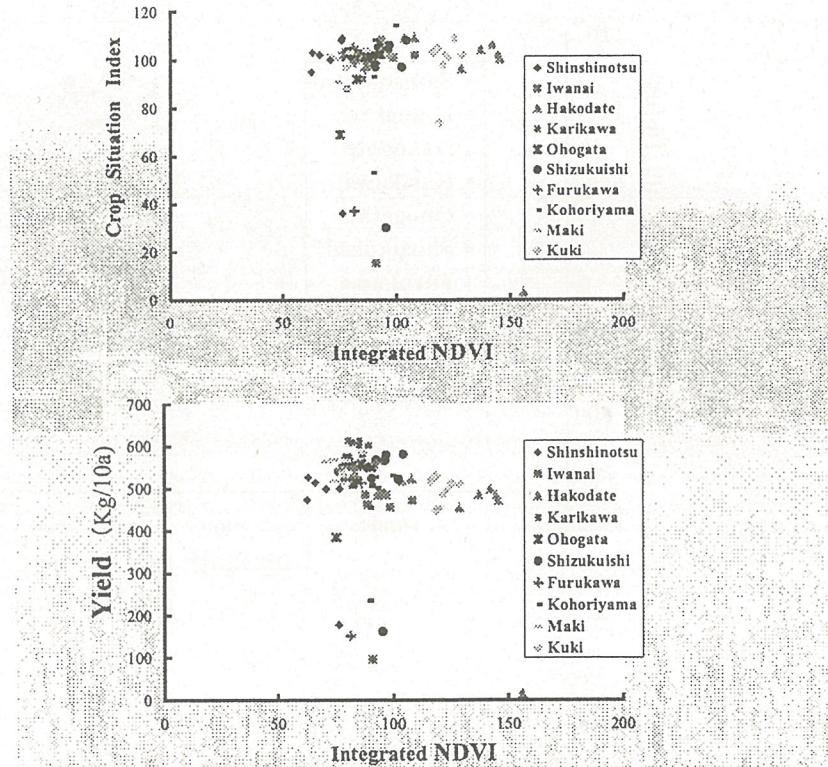


Fig.7 Relations between the integrated NDVI and Crop situation index and between yield and iNDVI.

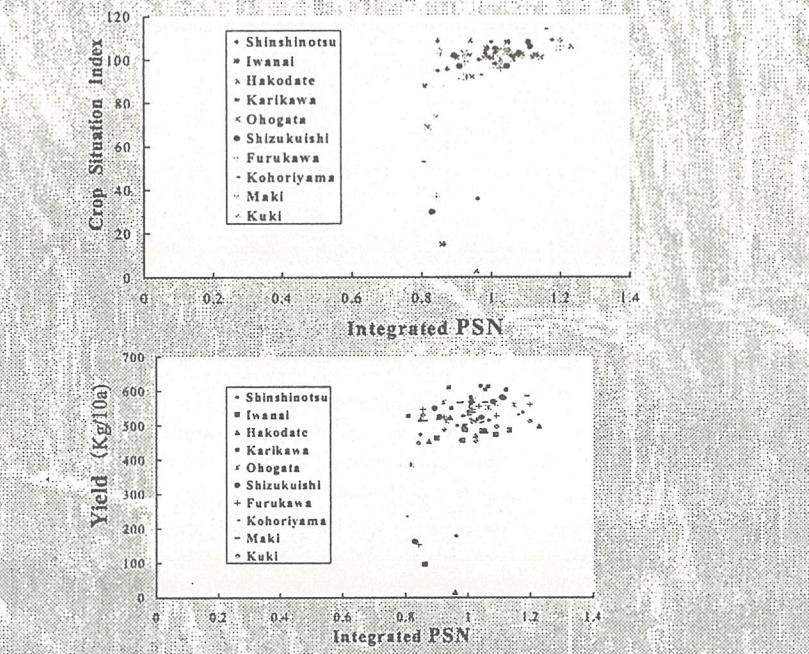


Fig.8 Monitoring applicability of integrated PSN to crop production. These figures show relations between crop situation index and integrated PSN and crop yield between iPSN.

## (2) Integrated NDVI (iNDVI)

Figure 7 shows relations between the crop situation index and the integrated NDVI (iNDVI), and between yield and the iNDVI. The integrated NDVI is not able to predict either the crop situation index or the yield, and in particular is unable to predict a bad harvest due to low temperature sterility. The iNDVI values depend strongly on regional characteristics such as soils, type of rice and mixcel effects, involving other plants (vegetables, trees, etc.).

### (3) Integrated PSN (iPSN)

Figure 8 shows the performance of the integrated photosynthesis rate iPSN used as a crop yield index. The crop situation index decreases linearly with iPSN but shows no ability to predict low temperature sterility, because sterility is not dependent on photosynthesis but is related to flowering and pollination. The iPSN performs much better than the iGDD or iNDVI since it is linear with respect to crop yield; however, the iPSN values show considerable scatter arising from dependence on regional conditions.

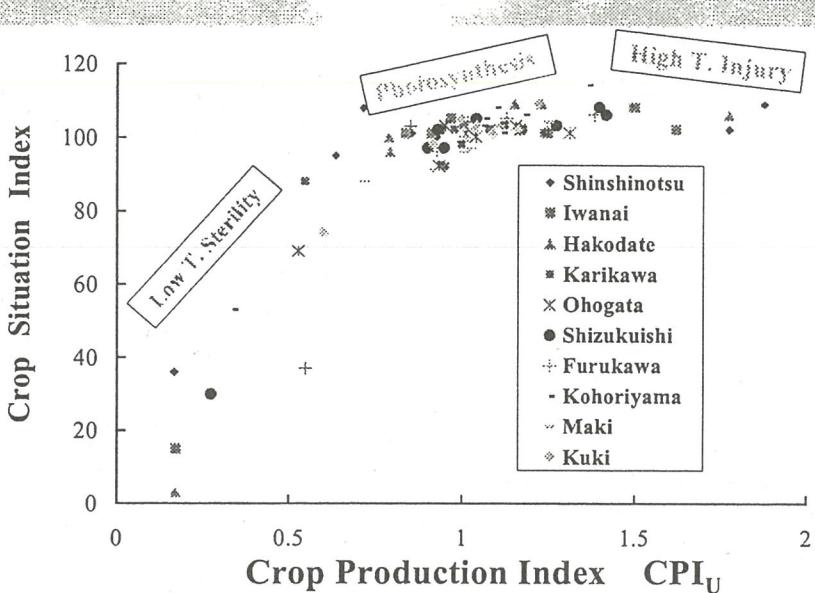


Fig. 9 Relation between the crop production index  $CPI_U$  and Crop situation index at ten monitoring points.

### (4) Photosynthesis type of crop production index CPI

Figure 9 shows the relation between crop situation index CSI and the  $CPI_U$ , to verify applicability to rice yields at 10 sites in Japan. Abnormal weather with low temperature and much cloud causes low temperature sterility and late ripening of rice. The  $CPI_U$  then rapidly falls to zero, since the limiting problem is not photosynthesis but inadequate flowering and late ripening in the worst case of the crop situation index below 50 in 1993.

## 6. Conclusions

- Consequently, only  $CPI_U$  is able to predict a bad harvest due to sterility effects, by making the  $CPI_U$  values decrease sharply to zero based on the eigen-functional relationship between  $CPI_U$  and the crop situation index CSI, as well as the yield.
- The validation exercise clearly proves the superior ability of the present index to predict poor production using rice yield statistics in comparison to conventional methods such as cumulated growing degree day GDD, integrated NDVI, and photosynthesis rate PSN.
- The method is based on routine observation data, allowing automated monitoring of crop production at arbitrary sites without any special observations.

# TRMM OBSERVATIONS OF THE PRECIPITATION AROUND THE HIMALAYAN REGION

B. C. BHATT\*, A. HIGUCHI\*\* and K. NAKAMURA\*

\**Hydrospheric Atmospheric Research Center, Nagoya University*

\*\**Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University*

*bhatt@hyarc.nagoya-u.ac.jp*

## Abstract

The climatological features of the diurnal cycle of precipitation are investigated around the Himalayas by utilizing hourly,  $0.05 \text{ deg.} \times 0.05 \text{ deg.}$  gridded, precipitation data from the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite for each meteorological season of the five-year period 1998-2002. The horizontal and vertical distribution of precipitation are investigated in the context of diurnal cycle. There is substantial seasonal and diurnal variation of precipitation over the southern slopes of the Himalayas. There is midnight-early morning peak of precipitation in the summer monsoon season. This peak migrates southward over the southern slopes of the Himalayas.

## 1. Introduction

It is generally said that atmospheric convection in the Himalayas and Tibetan Plateau plays an important role in sustaining the monsoon through the release of latent heat. Therefore, it is important to understand the variability of convective activities in this region. To the authors knowledge, precipitation regime has not been well studied around the Himalayas, where annual precipitation is as much as 300-400 cm over the southern slopes of the Nepal Himalayas (Shrestha 2000; Barros et al. 2000) and there appears strong variability over the diurnal cycle with nocturnal peak in rainfall during the summer monsoon season (Barros et al. 2003).

Ever since the launch of the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) in 1997, tremendous interest has arisen in the field of using these remotely sensed data to establish a global precipitation climatology. The non-synchronous orbit of TRMM has potential for documenting the diurnal cycle. The TRMM produces data from unique sensors like TRMM Microwave Imager (TMI) and Precipitation Radar (PR). TMI is a nine-channel passive microwave sensor designed to provide quantitative rainfall information. The PR is capable of measuring the detailed, three-dimensional structure of precipitation with horizontal resolution of 4.3 km. The PR measurement has a very high accuracy, whether taken over land or ocean. More description of TRMM sensors can be found on Kummerow et al. 1998.

Here, we would like to demonstrate one of the remarkable precipitation characteristics observed by TRMM: the diurnal variation of rainfall. Areas of emphasis include: horizontal and vertical variation of the diurnal cycle of precipitation.

## 2. Data and Method

We mainly used PR products (e.g., PR2A25, PR2A23) to investigate precipitation distribution. The main data included are the attenuation-corrected radar reflectivity factor and near-surface rainfall rate. 'Near-surface rainfall rate' was accumulated and binned to hourly local times for the grid size of  $0.05 \text{ deg.} \times$

0.05 deg. for each meteorological season for the 5-year period 1998-2002. We adopted similar procedure for the radar reflectivity factor and storm height datasets. Additionally, we choose rainrate threshold of  $\leq 5$  mm  $h^{-1}$  (120 mm day $^{-1}$ ) as light rain and  $> 5$  mm  $h^{-1}$  as moderate to heavy rain. This selection was based on the precipitation histogram tendency around the Himalayas. Refer to Bhatt and Nakamura, 2005 for more details.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1 Horizontal distribution

The spatial variability of storm height around the Himalayas is shown in Fig. 1a. It shows a difference of the peak (maximum) storm height between June-July-August (JJA) and March-April-May (MAM). Actual storm height used in our analysis is the top of the precipitation column above the ground level instead of mean sea level. There is an increase of peak storm height over the southern slopes of the Himalayas, and decrease over the northern Indian subcontinent and the Tibetan Plateau in the premonsoon season. These results suggest that there is significant difference among the storm height distribution over the Tibetan Plateau, northern Indian subcontinent and southern slopes of the Himalayas.

The storm height characteristics over the southern slopes of the Himalayas are unique. We next present area-averaged 3-hourly diurnal cycle of rainfall occurrence in three climatic divisions (refer Bhatt and Nakamura, 2005) over the Himalayas (Fig. 1b). These plots show normalized percentage of rainy grids in three climatic divisions of the Himalayas. An inspection of the diurnal cycle of precipitation reveals an afternoon maximum during the premonsoon season and midnight-early morning maximum during the summer monsoon season. Other noted features include: daytime peaks during September-October-November (SON) and December-January-February (DJF). As a unique feature, midnight-early morning southward progression of precipitation is noticed during JJA over the southern slopes of Himalayas.

#### 3.2 Vertical distribution

As anticipated from our earlier discussion on horizontal variability, the vertical profiles of radar reflectivity factor could show relatively similar geographical variability over the Himalayas. We selected radar reflectivity factor data above the terrain and gridded for 0.05 deg.  $\times$  0.05 deg. over three climatic divisions of the Himalayas. Figure 2 shows the climatological diurnal cycle of the radar reflectivity factor and its vertical distribution averaged over the 82.5E-85.0E longitudinal belt during JJA. The white dashed contours represent the vertical velocity from GAME reanalysis dataset, which provide some idea on the upward motion. We observe, daytime northward migration of precipitation denoted by 'A' and midnight-early morning southward one denoted by 'B'. At the extreme high elevations, daytime precipitation cells are enhanced as denoted by 'C'. There is trailing stratiform precipitation in this region. The brightband altitude appears approximately at 5.5 km MSL. There is relatively deep but small precipitation system in the foothills of the Himalayas at 3-6 LT. We also studied the climatological diurnal cycle of radar reflectivity factor for MAM over the same region. We found that vertical profiles depicted isolated deeper precipitation cells (not shown) than in the summer monsoon season with no brightband. Overall, the analysis of precipitation does confirm substantial diurnal and seasonal variability.

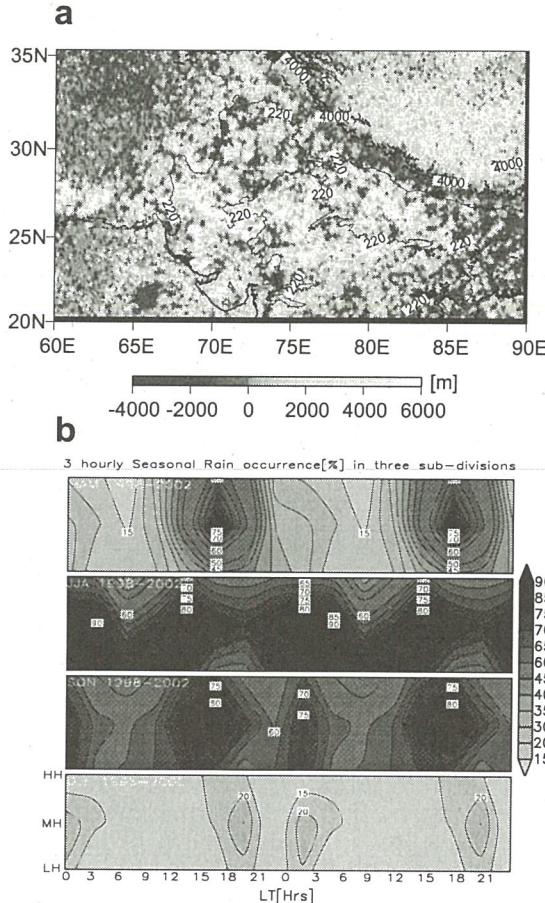


Figure 1: (a) Horizontal distribution of peak storm height difference between JJA and MAM. The topographic contours are also shown. (b) Areal representation of the seasonal variation of the diurnal cycle of rainfall occurrence in three climatic divisions over the Himalayas for eight time periods of a day. The LH, MH, HH in y-axis stand for the lower, middle and high Himalayas, respectively. See text for explanations.

#### 4. Concluding Remarks

The climatological features of the diurnal cycle are investigated using high resolution PR data. An inspection of the diurnal cycle of precipitation appeared in PR observations reveals an afternoon maximum during the premonsoon season and midnight-early morning maximum during the summer monsoon season over the southern slopes of the Himalayas. Unlike the horizontal distribution of precipitation, the vertical distribution of precipitation shows almost similar geographical variability over the southern slopes of the Himalayas. The vertical profiles of the radar reflectivity factor reveals trailing stratiform precipitation regime over the southern slopes of the Himalayas in the summer monsoon season.

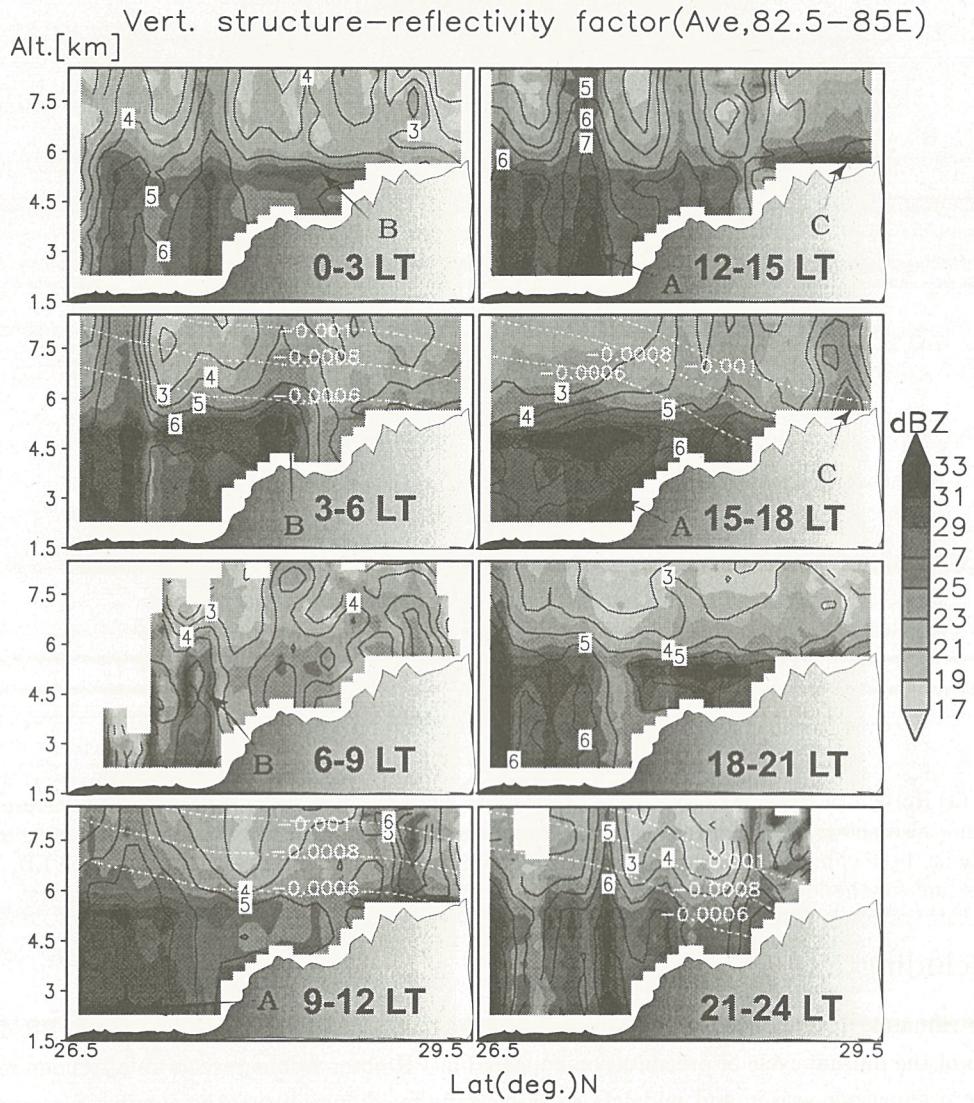


Figure 2: The diurnal variation of the vertical profiles of radar reflectivity factor averaged over  $82.5^{\circ}$ – $85.0^{\circ}$ E longitudinal belt from PR during JJA of 1998–2003. The solid contours represent standard deviation, label by label for each 250 km by 5 km segments from south to north. The white dashed contours represent climatological mean vertical velocity ( $\text{m s}^{-1}$ ) averaged over  $80^{\circ}$ – $85^{\circ}$ E longitudinal belt from GAME reanalysis. For more explanations, refer to text.

## References

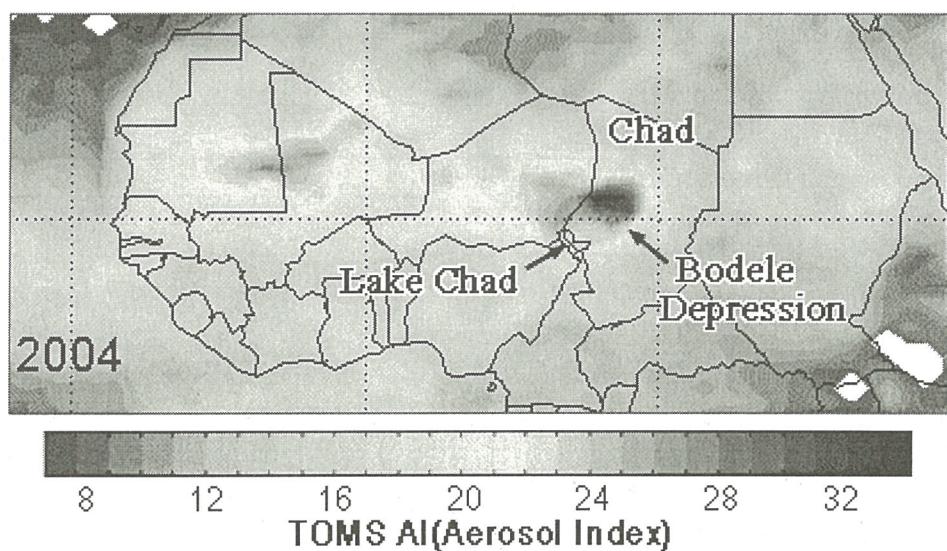
- [1] Barros A. P., Joshi M., Putkonen J. and Burbank D. W., 2000: A study of the 1999 monsoon rainfall in a mountainous region in central Nepal using TRMM products and rain gauge observations. *Geophys. Res. Lett.*, **27(22)**, 3683-3686.
- [2] Barros, A. P., and T. Lang, 2003: Monitoring the monsoon in the Himalayas: Observations in central Nepal, June 2001. *Mon. Wea. Rev.*, **131**, 1408-1427.
- [3] Bhatt, B. C., and K. Nakamura, 2005: Characteristics of monsoon rainfall around the Himalayas revealed by TRMM Precipitation Radar, *Mon. Wea. Rev.*, **133**, 149-165.
- [4] Kummerow C., Barnes W., Kozu T., Shuie J. and Simpson J., 1998: The Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) sensor package. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, **15**, 809-816.
- [5] Shrestha, M. L., 2000: Interannual variation of summer monsoon rainfall over Nepal and its relation to the southern oscillation index. *Meteor. Atmos. Phys.*, **75**, 21-28.

# Sandstorm mapping in Bodele depression, North Africa, with MODIS natural color images

Kithsiri Perera, Weathernews Inc, perera@wni.com  
Ryutaro Tateishi, CEReS, Chiba University, tateishi@faculty.chiba-u.jp  
Xia Ojy, CEReS, Chiba University, xiaojy@graduate.chiba-u.jp

## Introduction

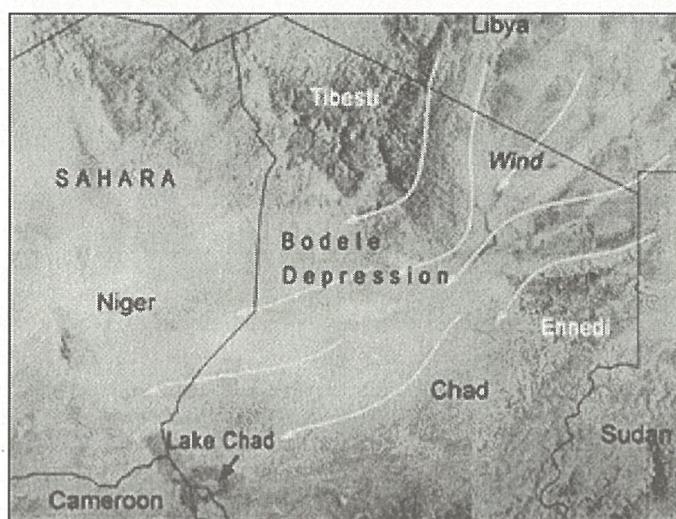
Sahara desert is the world largest Aeolian soil (fine sediments of desert sands and dust) concentration. It supplies about 50% of the Aeolian materials to oceans through sandstorms. Many studies have carried out to identify sources of these Sahara sandstorms using field investigations and remote sensing data. TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) satellite data clearly detected the origin of large-scale airborne aerosols in Sahara. This figure shows a map produced by NASA using TOMS data to analyze aerosol activates (2004). This high aerosol activates are concentrated over the area from Bodele depression to the direction of Lake Chad. Recent droughts and sand storms from Bodele depression reduced Lake Chad greatly to 5% of its original size within last few decades.



Page 01

## Bodele depression

Located in northern Chad, southeast to Tibesti Mountains (3415m) and Massif Ennedi highlands (1450), Bodele depression once formed a lake named Lake Megachad some thousands of years ago. The lowest point in the area is 160m. Figure shows combined MODIS mosaic of the region with elevation features. Trade winds coming from northwest are entering to the depression through the narrow passage of highlands, increasing the wind speed. These winds are uplifting fine sand in Bodele depression, making this location as the most active place for sandstorms.



## Monitoring with MODIS data

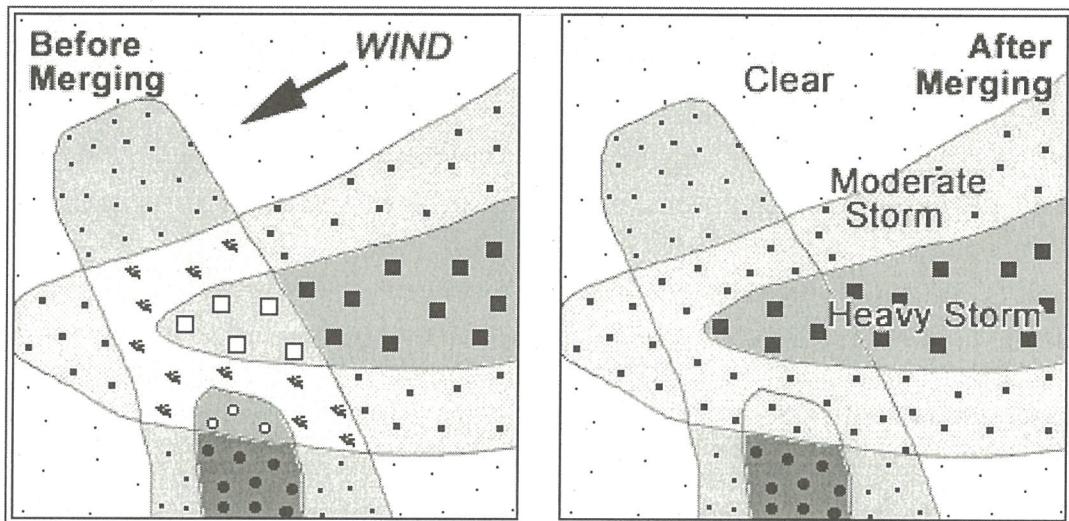
MODIS sensor data are providing an extensive amount of semi-real-time information for sandstorm observation. The approach of this study is to isolate sandstorm mass (area covered by the storm) by the conventional maximum likelihood classification method. The main advantage for this approach is the availability of sandstorm-free image data set to be used as ground truth information.

## Training sites and Classification

Training sites were selected through a visual comparison of 2 images, overlaying one over the other, 2005010.aqua.250m : Sandstorm image (least visibility from the space) and 2005024.terra.250m : Non-sandstorm image. Training site identification and classification conducted by knowledge based approach, using digital data files. Study area covers about 99,000 sq km (4400 x 3600 pixel).

Page 02

When the sandstorm is thick, nearly all signals of visible bands are returning from the top of the sandstorm to the sensor, without penetrating to the land surface. Hence, the color and tone of the image area under the sandstorm are depending on the amount of dust in the sky and the colors of underneath land cover (with the case of natural color images). Because of this, different training sites were selected from different surface colors and finally combined using wind direction information and non-sandstorm image features. Following figure illustrates the basic method used for class merging (after conducting the classification by maximum likelihood classification) in sandstorm image.



Based on above assumption, different subclasses in sandstorm-covered area were combined into three classes, in the final map as; A). **Sandstorm with 0 visibility**. B) **Sandstorm with poor visibility** (compare to non-storm image) and C). **Sandstorm with moderate visibility** (compare to non-storm image). Following 2 images are showing sandstorm and after sandstorm image.

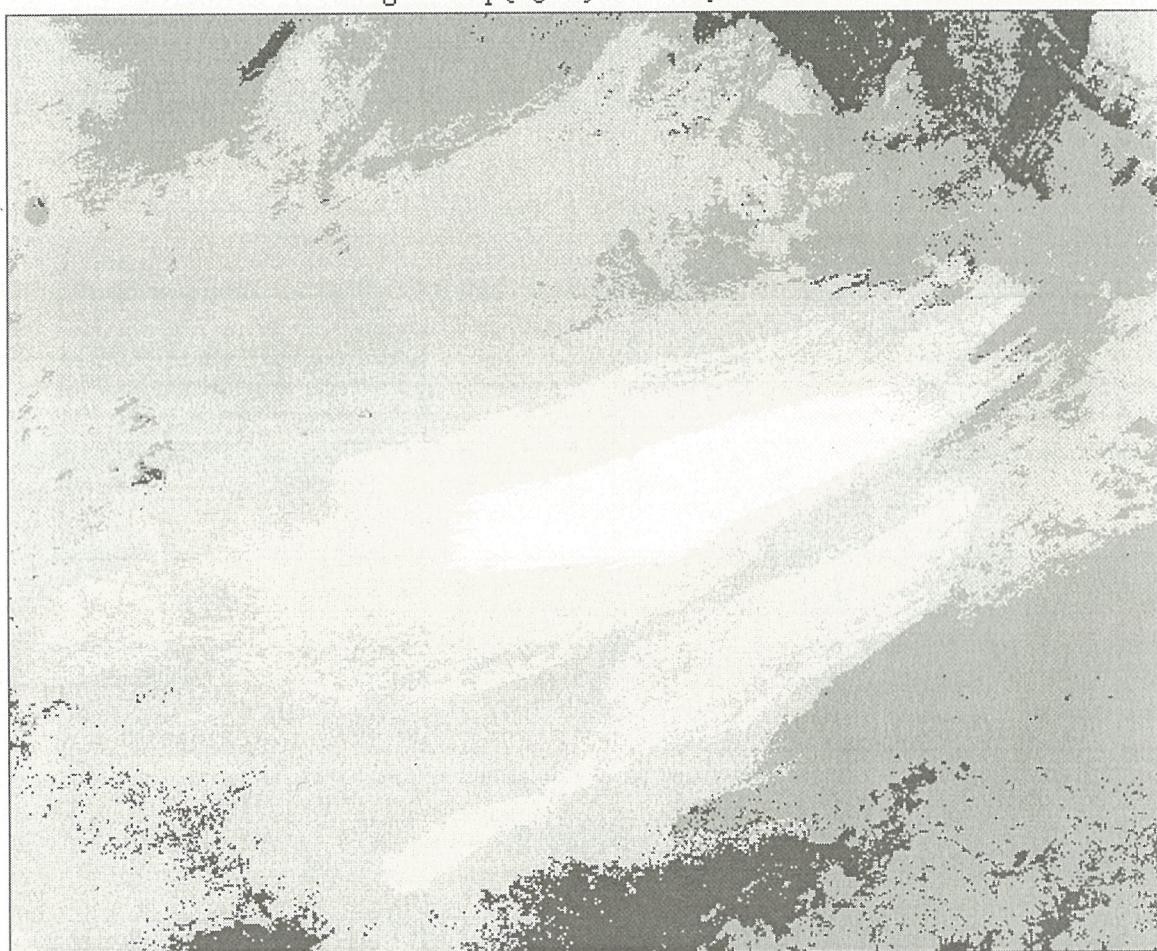
In page 4, classified image is presented. Resulted maps gave a clear discrimination along the sandstorm thickness boundaries as well as different colors within the sandstorm. In future studies, same method can be applied to map in Bodele depression sandstorms to compare with 2005 January map (this study).



Bodele Depression  
MODIS Natural  
Color Image Sandstorm  
(Left image 050110)  
After the storm  
(050124)

## Bodele Depression Sandstorm Map 050110

Original Map (250m) = 1100 x 900 km



- |  |   |   |
|--|---|---|
| <input type="checkbox"/> Storm (0% Visibility)       | <input type="checkbox"/> Rock Outcrops          | <input type="checkbox"/> Desert Class 1 |
| <input type="checkbox"/> Storm (Poor Visibility)     | <input type="checkbox"/> Desert with Vegetation | <input type="checkbox"/> Desert Class 2 |
| <input type="checkbox"/> Storm (Moderate Visibility) |   |   |

Page 04

## 2005年度CEReS共同利用研究発表会

### **DMSPを用いた人為起源CO<sub>2</sub>排出量の推定の試み**

2005年12月12日

○原 政直\*, 西尾 文彦\*\*, フスリート\*\*

\*ビジョンテック・リサーチ・インスチチュート、(株)ビジョンテック

\*\*環境リモートセンシング研究センター

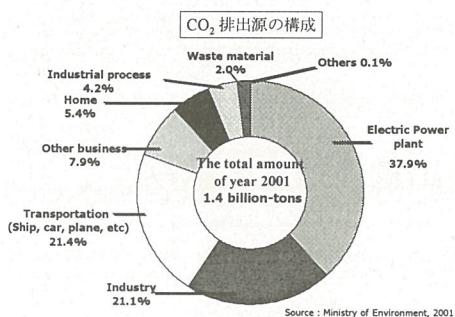
#### 研究の背景

- 国際的な取り組みが行われている温室効果ガス、特に二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）は人間活動によって増大していると考えられている。
- しかし、国別、排出源別にCO<sub>2</sub>の排出量を示すデータが整備されていない。
- 経済発展の著しい東アジアをはじめとする途上国においては、統計データの空白地帯もある。



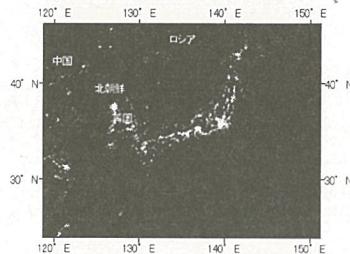
## 研究の背景

- 特に、人間活動のパロメータとも言えるのが電力消費で、この電力消費はCO<sub>2</sub>の排出を増大させる。



## 使用データ (DMSP/OLS-VIS)

- NGDCでFineモードから生成、提供された分解能1kmのデータ
- 1999年の1年間(1シーン/日、365シーン)
- 解析対象領域



## 研究の目的

電力消費に起因するCO<sub>2</sub>排出量を推定する手法を開発し、国別・地域別にCO<sub>2</sub>排出量を推定し、データ未整備の国、地域のデータ整備に資することを目的とする。

## 研究経過

- 人工光(定常光)の抽出法の開発
- 定常光の光力(輝度値)飽和の補正手法の開発
- 定常光の光力と電力消費量の関係
- 定常光の光力と電力消費に起因するCO<sub>2</sub>の排出量の関係

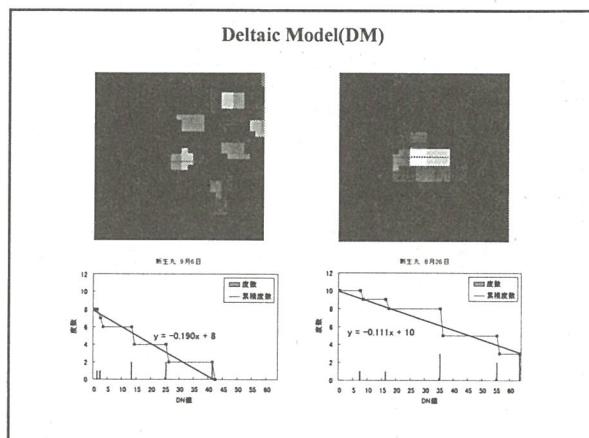
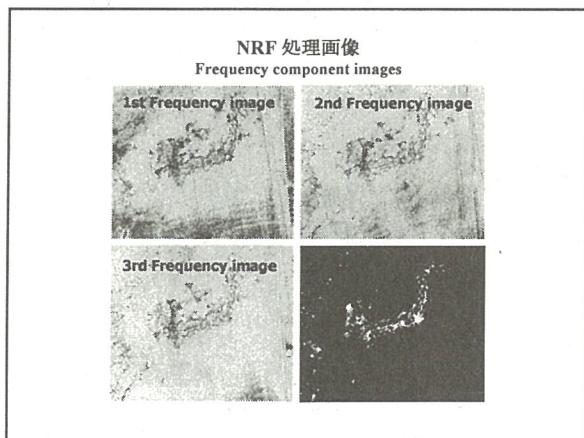
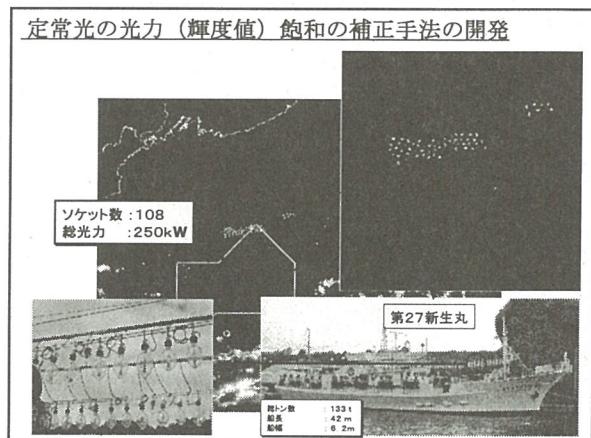
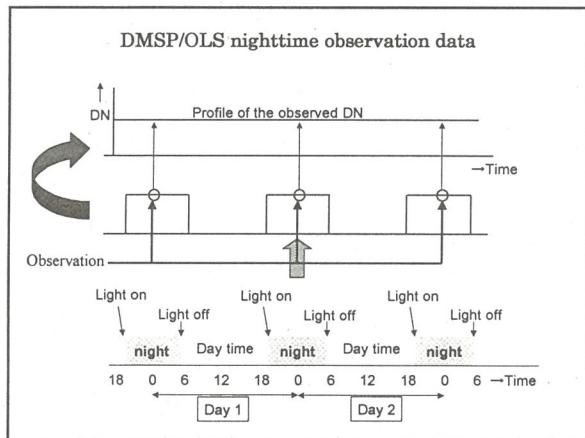
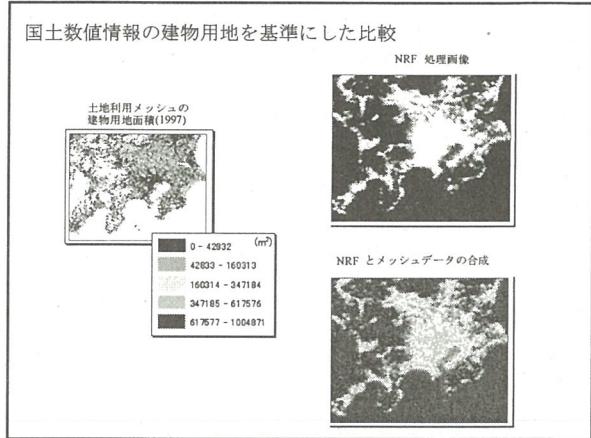
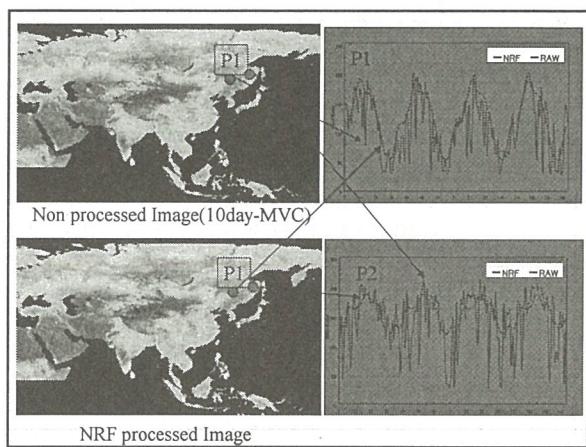
## 使用データ (衛星とセンサ)

DMSP (Defense Meteorological Satellite Program) specification								
Orbit	Sun-synchronous near polar orbit							
Altitude	830km							
Revisit	101min							
<b>Sensor</b>								
OLS (Operational Linescan System) SSMI (Microwave Imager) SSMT (Atmospheric Temperature Profiler) SSMT2 (Atmospheric Water Vapor Profiler) SSJ4 (Precipitating Electron and Ion Spectrometer) SSIES (Ion Scintillation Monitor)								
<b>OLS Sensor specification</b>								
Band	Spectral range	Spatial resolution	Swath width	Radiometric resolution				
Visible	0.40–1.10 μm	0.55km	2.7km	3000km 6bit				
Visible (Night)	0.47–0.95 μm	0.55km	2.7km	3000km 6bit				
Thermal-IR	10.0–13.4 μm	0.55km	2.7km	3000km 8bit				

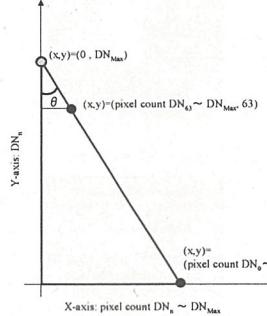
## 人工光(定常光)の抽出法の開発

- 10day-MVCにNRFを適用して定常光を抽出する。  
→ NRF (Noise Reduction Filter)は、植生などの持つ周期性に着目して、被雲や被雲による陰の影響を除去することを目的に開発したフィルタ。

$$f_t = C^0 + C^1 t + \nabla \left\{ C^2 \sin \left[ \frac{2\pi k^2}{T} t \right] + C^3 \cos \left[ \frac{2\pi k^2}{T} t \right] \right\}$$



### The concept of Deltaic Model



$$\tan \theta = \frac{PN_{total}}{DN_{max}}$$

$$PN_s = \tan \theta (DN_{max} - DN_s)$$

DN = Digital Number of each pixel  
PN = Number of pixels

### 定常光の光力と電力消費に起因するCO<sub>2</sub>の排出量の関係

・電力事業者単位にCO<sub>2</sub>排出量の算定を行う。

→算定式：地球温暖化対策地域推進計画策定ガイドライン（環境省,2003）

$$G_p = C_e \cdot \beta$$

Where;

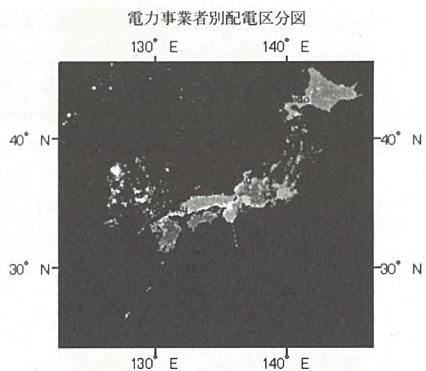
$G_p$ : CO<sub>2</sub> emission volume (kg)

$C_e$ : Electric power consumption

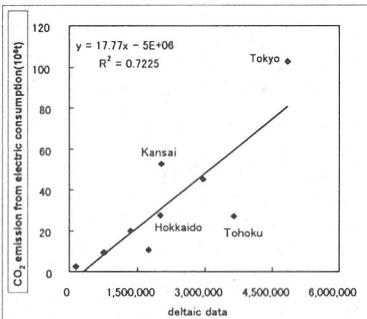
$\beta$ : CO<sub>2</sub> emission coefficient (0.375 at Japan)

・電力事業者単位のCO<sub>2</sub>排出量と対応する光力との相関関係を求める。

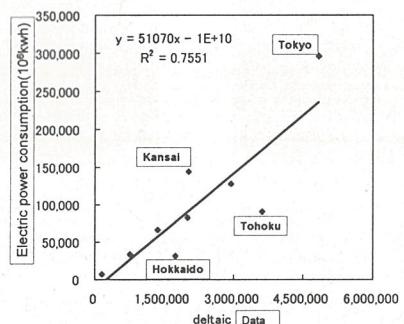
### 定常光の光力と電力消費量の関係



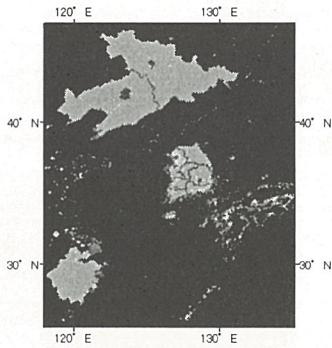
### 電力事業者別CO<sub>2</sub>排出量と光力の関係



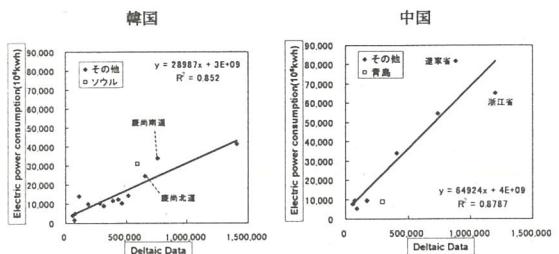
### 配電区分単位の電力消費量と光力の関係



### 韓国及び中国（一部）における行政界図



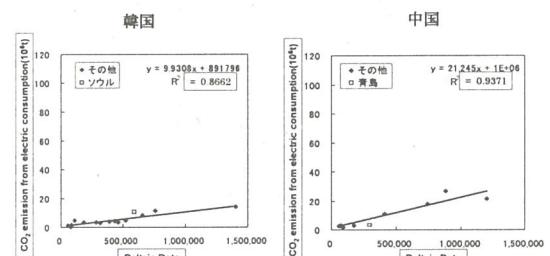
### 行政界単位の電力消費量と光力の関係



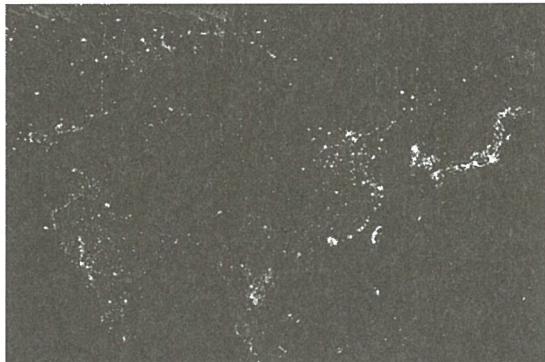
### 今後の計画

- ・適用地域の拡大
  - グローバルデータセットの作成
- ・光力飽和補正手法の改修
  - DN値が飽和した画素が占める割合の多い地域の光力補正
- ・電力消費に起因するCO<sub>2</sub>排出量の全球レベルでの推定

### 行政界単位のCO<sub>2</sub>排出量と光力の関係



1999年の10days-MVC（1月1日～10日）画像



### まとめ

- ・World Data Bank(2003)の国別統計によると1999年の日本のCO<sub>2</sub>総排出量は1,155.5Mtonsであった。
- ・本研究で得られた1次回帰式をCO<sub>2</sub>排出量推定式として、CO<sub>2</sub>排出（火力発電起因）を推定すると313.1Mtonsとなり、総排出量に対して約27.1%となる。
- ・この構成比は環境省が公表している1999年の転換エネルギー部門のCO<sub>2</sub>排出量、約30.9%にほぼ一致している。
- ・CO<sub>2</sub>排出量と光力の相関係数は、日本より韓国、韓国より中国の方が高い値を示した。
- ・IEA (2002)の統計によれば、1次エネルギーに占める石炭、石炭の割合は日本68.4%、韓国75.3%、中国76.8%で、その構成比の大きい国、地域ほど高い相関を示した。

1999年の定常光画像



# InSAR を用いた地表変動の検出

澤口貴士(1) 伊勢崎修弘(2)

(1)千葉大学・自然 (2)千葉大学・理

## 概要

現在の測地技術といえば水準測量や三角測量、GPS 連続観測などがあげられる。これらは各々向き・不向きがあり、それぞれの欠点を補う形で行われている。人工衛星、リモートセンシングが発達してきてからは、それだけでは補えない多くの方法・衛星を利用して地表の地質・地理・地形情報を観測・計測できるようになっている。本研究ではその中で合成開口レーダー (Synthetic Aperture Radar: SAR) と呼ばれる衛星データを利用し、地表変動の検出を試みた。研究エリアは房総半島外房九十九里エリアを対象とする。この地域では南にプレートの三重会合点が存在し、例年半島全域が変動を起こしている。さらに地下水や水溶性天然ガスの引き上げに起因する地盤沈下も進行していると予想されている。これらはそれが別個に生じるもので、災害の防止のためにもメカニズムを特定しなければならない。これらの監視・予防・把握のためにも InSAR の利用は有用であろう。

JERS-1 SAR データ解析において、いくつかのペアで共通の地表変動が確認された。この変動は現実に起こった変動と考えられる。また ERS-1 では、平野部においてよい干渉が得られ、干渉画像は水準測量の結果と比べても整合的であった。

しかし JERS-1 解析過程においては干渉画像の両端に現れる縞を除去することができなかった。これは JERS-1 SAR 衛星のもつ軌道情報の不正確さに起因するものと考えられ、今後の課題となった。

## InSARを用いた地表変動の検出

澤口貴士<sup>(1)</sup>、伊勢崎修弘<sup>(2)</sup>

(1)千葉大学・自然 (2)千葉大学・理

### はじめに

現在の測地技術といえば水準測量やGPS連続観測などがあげられる。これらは各々向き・不向きがあり、それぞれの欠点を補う形で行われている。

さらに人工衛星、リモートセンシングが発達してきてからは、それらだけでは補えない多くの方法・衛星を利用して地表の地質・地理・地形情報を観測・計測できるようになっている。

本研究ではその中で合成開口レーダー (Synthetic Aperture Radar: SAR) と呼ばれる衛星データを利用し、地表変動の検出を試みる。

### 方法

SAR衛星は一定の周期で同一軌道に回帰する。ある領域に対し1回目のSAR観測を行い、異なる時期に同じ軌道から同じ領域に対し2回目の観測を行うものとする。

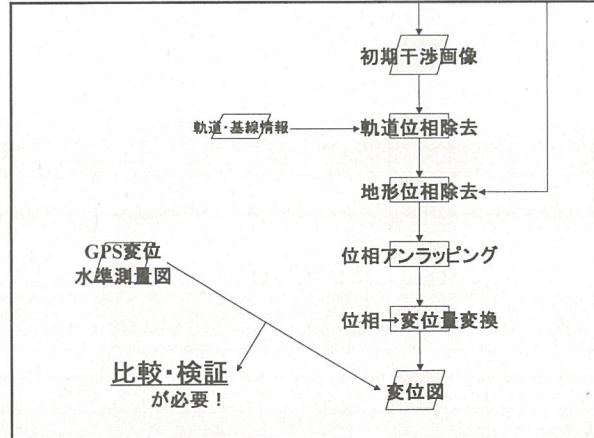
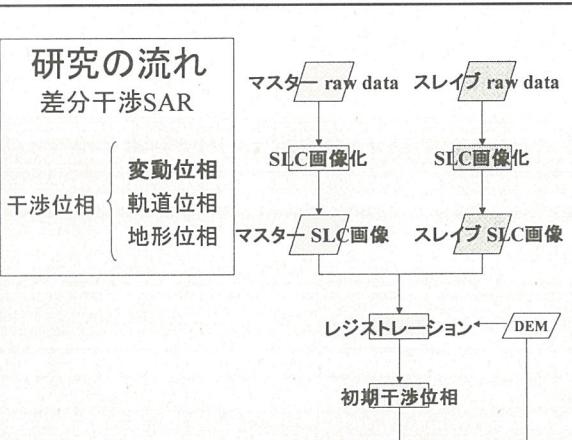
はじめに、2回の観測の間に変動は生じていないものと仮定する。一般に軌道は完全に同一ではなく、わずかにずれている。そのため衛星と地表の対象物との距離がわずかに異なり、反射波位相も同じにはならない。

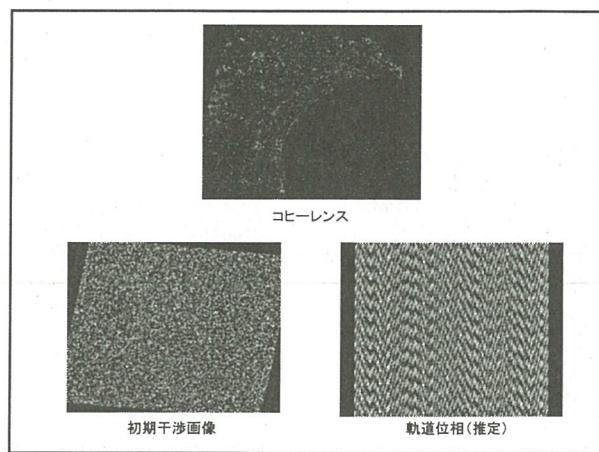
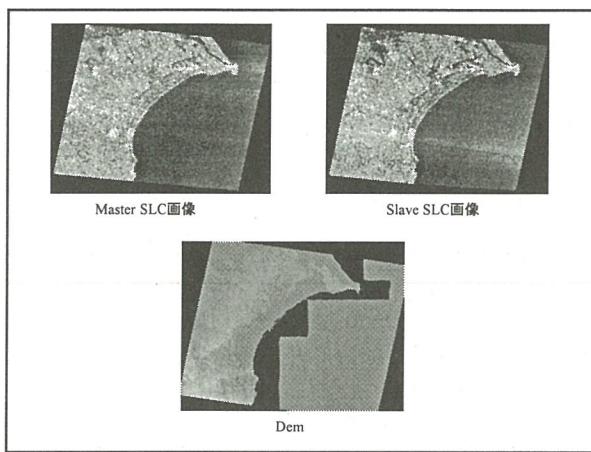
2つのSAR画像を干渉させると、同位相の箇所で位相は強め合い、逆位相の箇所で弱め合う。その結果、位相差の等しい点を結んだ干渉縞模様ができる。これを軌道位相とよぶ。

さらにSAR画像の干渉の場合には、地表が平坦ではなく起伏(地形)を持っているために干渉位相がゆがんでおり、これを地形位相とよぶ。

2回のSAR観測の間に地表面が変動した場合、衛星の軌道情報から軌道位相は除去できるものとすると、干渉画像には地形位相と地表変動に起因する変動位相が混ざっている。

もし対象とする領域の標高データが利用可能であれば、変動を含む干渉画像との差を計算することで、地形位相を除き変動位相を抽出することができる。この方法を差分干渉SARという。

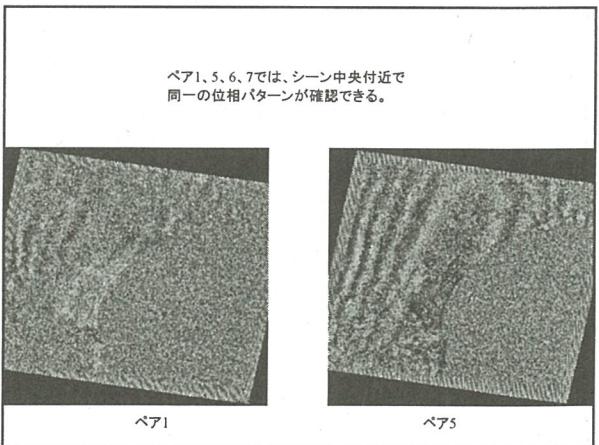
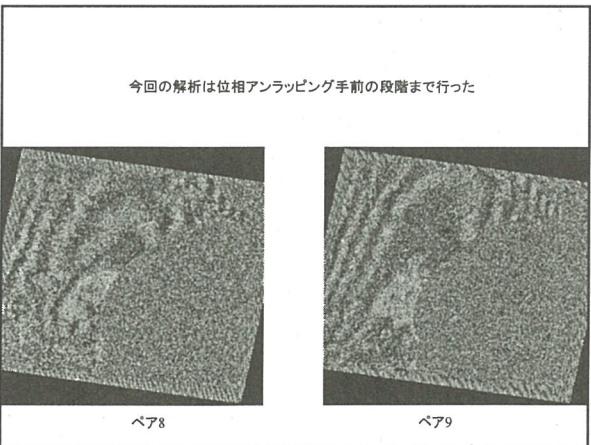
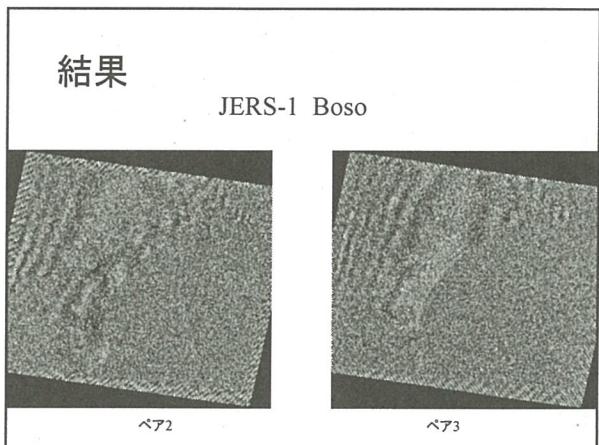


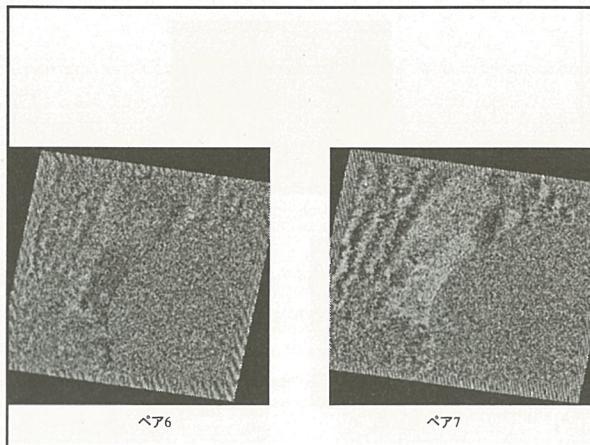


### 使用データ

ペア	衛星	Master		Slave		基線長	干渉結果
		Date	Seg. No.	Data	Seg. No.		
1		1993/2/22	37708	1996/5/25	156610	1168	○
2		1993/2/22	37708	1996/8/21	165410	594	△
3		1993/2/22	37708	1996/11/17	174213	389	△
4		1993/4/7	42207	1996/5/25	156610	2581	×
5 JERS-1	JERS-1	1993/4/7	42207	1996/8/21	165410	858	○
6		1993/4/7	42207	1996/11/17	174213	1758	○
7		1993/9/30	59809	1996/5/25	156610	1021	○
8		1993/9/30	59809	1996/8/21	165410	753	△
9		1993/9/30	59809	1996/11/17	174213	209	△
10 ERS-1	ERS-1	1992/11/27	66201	1996/3/5	187711		◎

← too long baseline?





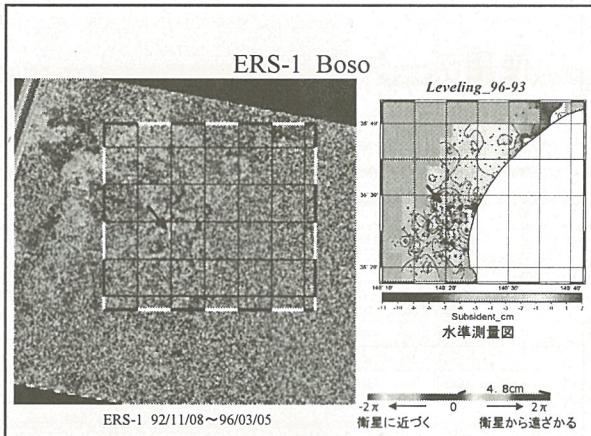
JERS-1 SARデータの計6シーン・9ペアを用いて解析を行った。その中で、基線長が2500mと最も長いペアではほとんど干渉しなかった。InSAR解析においてはしばしば干渉性が問題となるが、これは基線長が長すぎた影響であると考えられる。

次に位相の判読を行った。使用した9ペアでは取得時間間隔はおよそ3年間であり、ほぼ同時期のものであることから、お互いに似たような位相を示すことが期待された。結果は、このうち4ペアにおいて同一の場所でほぼ同じパターンがみられ、隆起・沈降のトレンドも水準測量と合致した。このことからこれは実際に起こった変動を検出したものと思われる。

しかしこのようなパターンの合致がみられた地域は、シーン中央付近の狭い範囲に限定された。とくにシーンの左右両端では、変動を示すパターンを見出すことはできなかつた。

これはJERS-1衛星がもつ軌道情報の不正確さのため、生データに格納されている衛星軌道データは自安に過ぎないにも関わらず、この軌道データを軌道情報として使用したことでのシーン両端の軌道位相および地形位相が除去しきれなかつたためであると考えられる。

2006年1月打ち上げ予定ALOS搭載PALSARセンサにおいては、衛星軌道・姿勢・位置を精度良く制御できるこことになっており、信頼性の向上が期待される。



ERS-1では、とくに茂原近辺(白矢印)の平野部においてよく干渉し、変動を検出したと思われる位相がはつきりと確認できる。ここでは茂原近辺が黄→緑→青→赤となっており、衛星から遠ざかる方向に変位していることを表している。このことは茂原近辺が沈下を起こしていることを示しており、これは水準測量の結果とも合致している。

本研究では沈下量を定量的に求めていない。したがってGPS変位等との比較を行い、量的な面からデータの妥当性を検証することが今後の課題である。

## まとめ

房総半島外房エリアについてERS-1 SARデータおよびJERS-1 SARデータを用いてINSAR解析を行い、地表変動の検出を試みた。

JERS-1においては、軌道情報の不正確さという欠点が大きく影響する結果となった。しかし、いくつかのペアで共通の地表変動が確認された。また、ERS-1との比較でも共通の地表変動が確認された。この変動は現実に起こった変動と考えられる。

ERS-1では、平野部においてよい干渉が得られた。得られた干渉画像は水準測量の結果と比べても整合的である。

位相→変位量変換を行い、得られた変位量を他の測地技術と比較することで、それぞれの妥当性を確かめる必要がある。

#### 参考資料

- Bos et al. A joint analysis of GPS motions and InSAR to infer the coseismic surface deformation of the Izmit, Turkey earthquake *Geophys.J.I. Vol.158 849-863*
- Chang et al. Application of SAR interferometry to a large thrust deformation: the 1999 M=7.6 ChiChi earthquake in central Taiwan *Geophys.J.I. vol.159,9-16*
- LバンドInSARによる房総半島における地殻変動検出の検証  
佐藤厚志
- 資源探査のためのリモートセンシング実用シリーズ⑤ 合成開口レーダ資源観測解析センター
- 人口衛星によるマイクロ波リモートセンシング  
電子情報通信学会 古濱洋治

## プロジェクト2

# NOAA/AVHRR GAC を用いた全球時系列データセットの作成 Development of global data set using NOAA/AVHRR GAC data

総合地球環境学研究所 松岡真如・早坂忠裕

## 1. はじめに

人工衛星を用いた地球観測は森林伐採や砂漠化のモニタリングに有効であり、地球温暖化に伴う気候変動など地球環境システムの理解に必要不可欠なツールとなっている。近年ではセンサの多機能化・多様化にともない、様々な視点からまた様々な空間的・時間的スケールでの地球環境のモニタリングが行なわれている。その一方で NOAA 衛星に搭載された光学センサ AVHRR は 20 年以上にわたって継続的に運用されており、そのデータは近年の多様かつ統合的な地球観測につながる以前の時系列データとして貴重なものである。本研究の目的は AVHRR の GAC を用いて空間解像度 4 km の全球時系列データを作成するための処理システムを構築することである。

## 2. 手法

データセットの作成は Daily data の作成と Composite data の作成に大別される。Daily data は地球約一周分を観測したデータファイル(path とする)に放射量補正、幾何補正を施すことで作成され、Composite data は 10 日程度の Daily data を用いて雲を除去することで作成される。放射量補正では観測されたデジタルカウントを分光反射率と分光輝度温度に変換する。幾何補正では衛星の軌道・姿勢から各画素の地表における位置を算出し、path を地図にあわせて投影変換する。

### 2.1 放射量補正

放射量補正では channel 1, 2 からの反射率の算出と channel 3, 4, 5 からの輝度温度の算出を行なう。AVHRR の channel 1, 2 についてはセンサの運用に伴う感度の劣化が報告されており、衛星ごとに時間に伴って変化する補正係数が提案されている。本研究ではこれらの研究結果を反映させ、センサの劣化を考慮した放射量補正を適用して大気上層での反射率を算出した。Channel 3, 4, 5 については内部校正源を有しているため、それを用いて変換を行った。ただし、デジタルカウントと輝度温度に非線形の関係があるため非線形補正式、あるいは補正テーブルを用いて輝度温度への変換を行った。

### 2.2 幾何補正

NOAA 衛星は軌道情報の精度が低く、また姿勢情報を記録していない。そのため、軌道情報を用いた幾何補正では一般的に数 km の誤差が生ずる。本研究では軌道情報を用いて初期補正した後に、正しい位置情報を持つと見なせる地上参照点(GCP)を用いて衛星の軌道と姿勢を補正し位置精度の向上を図っている。初期補正では軌道情報として NORAD が配布している Two-Line Element (TLE)を使用した。また姿勢については 3 軸(ロール、ピッチ、ヨー)とも 0 として幾何補正している。初期校正を行なった後、その結果と GCP とを比較することで位置誤差を測定するが、ここでは GCP チップ画像と AVHRR 画像のマッチングを行ない、自動で位置誤差を計測する。GCP には MODIS の画像から取得した GCP データベースを使っている。解像度 1 km の MODIS 地表面反射率プロダクト (MOD43B4) を 4 km 解像度で幾何補正し、そこから海岸線や大きな湖を中心に 600 点の GCP を選択して GCP データベースを作成した。この GCP 画像を AVHRR 画像上で走査しながら画像相関をとり、最も相関の高い位置を対応点とする。ただし、雲の影響があるため、相関係数が 0.8 以上の場合のみ採用することとした。この対応点からセンサのスキャン方向・衛星の進行方向の位置誤差を計算し、その誤差が最小となるように軌道と姿勢を最小二乗推定する。軌道については時間変化が少ないと考え、1 日分の path を同時に用いて推定している。姿勢については一日の中でも変動すると予想されたため path ごとに補正を行なっている。ただし一つの path については一つの姿勢で固定しており、path 内で姿勢が変動する場合については現在のところ対応していない。これは今後の課題である。以上の処理によって推定された軌道と姿勢を用いて全 path を再度幾何補正し、重ね合わせることで最終的に Daily data を作成する。重ね合わせる際にはセンサのスキャン角の最も小さいデータを選択して重ね合わせる。これはセンサのスキャン角が大きくなることによる実際の地上解像度の低下を防ぐためである。

幾何補正によって各画素の地理的位置が計算されると、データに記録されている時刻情報を併用して観測時の衛星と太陽の天頂角・方位角が計算できる。これらの角度情報は反射率や温度の角度依存性を解析する際に重要な情報である。本研究のデータセットはこれら四つの角度情報についても保存している。

### 2.3 コンポジット処理

Daily data は雲で覆われている地域が多いため、複数の Daily data を用いて雲の影響を軽減した Composite data を作成する。これまでに様々なコンポジット手法が提案されている（例えば植生指数の最大値を選択する等）が、本研究では可視域である channel 1 の反射率の低い値を選択することで雲を除去している。この手

法は雲の反射率が陸よりも一般的に高いことを利用した手法であり、MODIS の反射率プロダクトにおいても採用されている。しかし、雲の陰を選択する可能性があるため、本研究では反射率の 2 番目に低い値を採用している。10 日間程度で一定の時刻に特定の場所が 2 日以上雲の陰である確率は非常に低いと考えられるからである。

### 3. 結果と考察

本研究で作成した Daily data として、2000 年 4 月 1 日の例を図 1 に、Composite data として 2000 年 4 月 1 日～10 日の例を図 2 に示す。Daily data では一日分の path の重なりがよくわかる。また海上の鏡面反射や雲が多く見られるため、全体的に白っぽい画像となっている。Composite data では若干雲が残っているものの陸域・海域ともよく見えるようになっており、南米の森林地域や北米の草原といった植生の多い地域とサハラや中東の砂漠地帯のコントラストがよく現れている。海洋においては鏡面反射が消え、また北極海の海水の様子等が認識できるようになっている。南極付近は太陽天頂角が 90 度を超えるため反射率が算出されない、加えてコンポジットの際のサンプル数が少なくなるため周辺部分に雲が残っている。

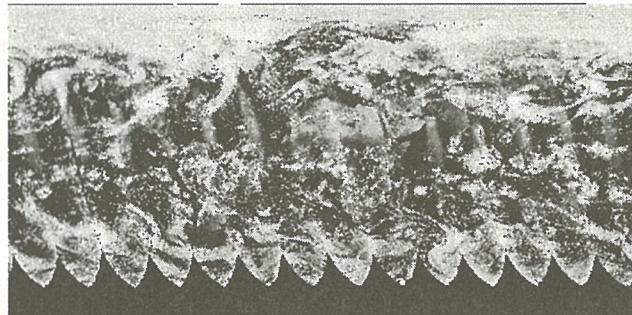


図 1 Daily data の例



図 2 Composite data の例

幾何補正の際に算出された誤差の散布図の 2000 年 4 月 7 日の例を図 3 に示す。横軸がスキャン方向の、縦軸が衛星進行方向の誤差である。誤差は角度として得られるがそれを GAC の解像度とされる 4.4 km 相当の視野角で割ることで画素の単位として表示している。軌道情報を用いて算出された位置はスキャン方向に -2 ～ -3 画素、衛星進行方向に 1 画素程度の誤差を有している。GCP を用いて軌道を推定した結果では誤差は両軸とも 0 附近に分布し位置誤差が大幅に補正されている。加えて姿勢の補正を行なうことで若干ではあるが分散が小さくなっている。

コンポジットの手法として、channel 1 の反射率の 2 番目に低い値と、最低値をとった画像の比較を図 4 に示す（上：2 番目に低い値でコンポジット、下：最低値でコンポジット）。両地域において最低値をとった方がより雲を除去している。しかし、中国華北平原においては雲の陰を選択して暗くなっている画素が多く見られる。コンポジット手法では雲を除去しつつ雲の陰を拾わないような改良を行なう余地があるといえる。

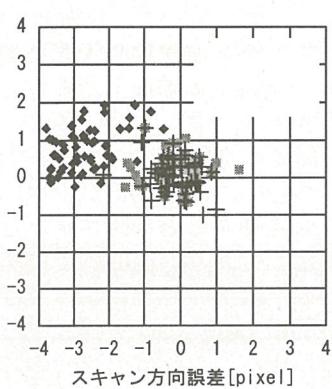


図 3 誤差の散布図

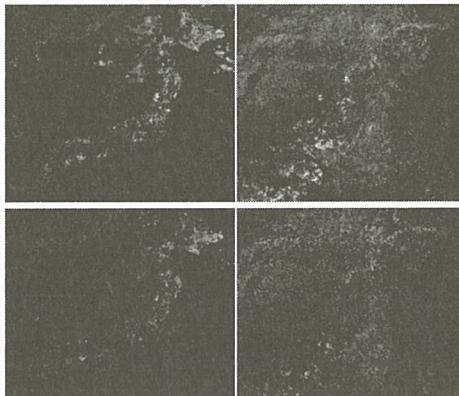


図 4 コンポジット結果の比較

### 4.まとめと今後の課題

本研究では AVHRR の GAC から空間解像度 4 km の全球時系列データを作成するシステムの開発を行なった。本システムで適用した放射量補正手法は最新の研究成果に基づくものであり、また幾何補正手法は MODIS プロダクトを用いて衛星の軌道と姿勢を推定するものである。本システムを用いて数時期の AVHRR データを作成した。今後の課題はより多くのデータセットを作成し、長期の土地被覆モニタリングに利用できる時系列データ整備することである。また長期のデータを整備することで放射量補正と幾何補正の精度評価を統計的に行なうことが可能となるため、これによってデータの精度向上を図る予定である。

## AVHRR GACデータを用いた4 km解像度 グローバルデータセットの作成

松岡真如\*・早坂忠裕\*・本多嘉明\*\*・提原康司\*\*

\* 総合地球環境学研究所  
\*\* 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

2005年12月12日 CEReS共同研究成果報告会@けやき会館



## 背景と目的

### 地球環境問題における衛星観測の役割

- \* 1996年IGOS-P(統合地球観測パートナーシップ)の結成
- \* 2005年地球観測サミットでGEOSS(全球地球観測システム)の10年実施計画を承認

### 地球観測衛星の高機能化・多様化

全球観測むけの光学センサだけを見ても...

ADEOS/OCTS, ADEOS-II/GLI, Terra/MODIS, Aqua/MODIS  
SPOT/VEGETATION, NOAA/AVHRR...

### NOAA/AVHRRの時系列データの重要性

20年以上の全球データを蓄積、最近は無料で公開している。  
統合的な地球観測とつなげることで地球システムの理解を深める。

個人的には...東アジアの1km解像度AVHRRデータセットを作成している

目的: AVHRRのGACデータから解像度4 kmの全球データ  
を作成するシステムを開発する。

2005年12月12日 CEReS共同研究成果報告会@けやき会館



## データセット作成の概要



\* Pathを最小単位として処理  
\* 1日のデータは14 path程度



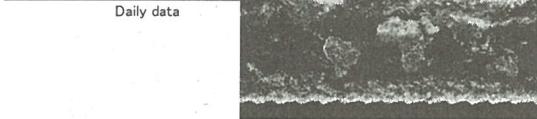
日本付近の画像

2005年12月12日 CEReS共同研究成果報告会@けやき会館

## データセット作成の概要



Daily data

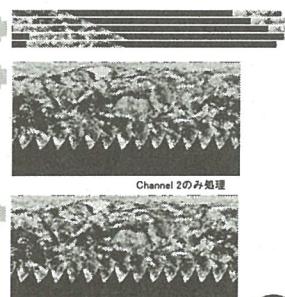
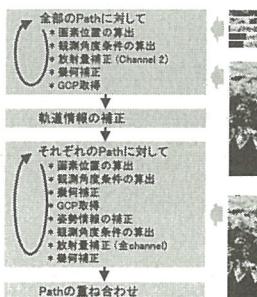


Composite data

\* Pathを放射量補正・幾何補正してDaily dataを作成  
\* 10分程度のDaily dataから雲を除去してComposite dataを作成



## データセット作成処理の概要



2005年12月12日 CEReS共同研究成果報告会@けやき会館

## 放射量補正

### Channel 1 & 2

- \* NOAAの号数に合わせて分光放射輝度を算出  
NOAA 6, 8, 10, 12, 13 : 線形補正  
NOAA 7, 9, 11 : 指数関数を用いた補正  
NOAA 14 : 期間毎の校正係数テーブル  
NOAA 15 - 17 : 観測DNにあわせた2つの線形補正  
NOAA 18 : 期間毎に観測DNにあわせた2つの線形補正

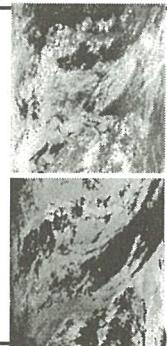
\* その後、大気上端での反射率を算出

### Channel 3, 4 & 5

- \* 内部校正源をもつて分光輝度温度を算出  
\* NOAAの号数とチャンネルにあわせて非線形補正  
NOAA 6, 8 : 1次元の補正テーブル  
NOAA 10, 12 : 2次元の補正テーブル  
NOAA 7, 9, 11, 13 - 17 : 2次元の補正テーブルを用いた補正

参考資料: NOAA Polar Orbiter Data User's Guide  
NOAA KLM User's Guide  
NOAA/NASA Pathfinder AVHRR Land Data Set user's guide  
Ouaidi et al., Remote Sens. of Environ. Vol.81 No.1 pp.114 (2002)

2005年12月12日 CEReS共同研究成果報告会@けやき会館



### 幾何補正

**システム補正**  
軌道情報にNORADのTwo Line Elementを使用

**精密幾何補正**  
軌道の補正(1日分の全パスを用いて処理)  
 \* MODISの全球画像からGCPチップを取得(600点)  
 \* 画像相関により対応点を取得(相関係数0.8以上を使用)  
 \* 最小二乗推定により軌道情報を補正

**姿勢の補正**(各バス毎に処理)  
 \* 軌道の場合と同様にして軌道の3軸を推定  
 \* 現状では姿勢はバスにつつの値(将来的には三角関数?)

推定された軌道と姿勢を用いて再び幾何補正  
太陽と衛星の天頂角、方位角を算出  
 \* GTOPO30 DEMを用いてオルソ補正。  
 \* 処理時間の約7割をここで使っている。

2005年12月12日 CEReS共同研究成果報告会@けやき会館

### 幾何精度について

2000年4月7日の例

- \* 各方向の誤差を角度で計算、GACの画素(LAC4画素分)に換算
- \* 軌道の補正で平均誤差が0付近に
- \* 姿勢の補正で分散が小さく

GCPから得られた位置誤差

2005年12月12日 CEReS共同研究成果報告会@けやき会館

### Composite dataの作成

\* CompositeはChannel 1の低いデータを選択  
 \* ただし、雲の陰を拾うので2番目に低い値を選択

改良の余地あり

2番目に低い値でコンポジット

1番目に低い値でコンポジット

2005年12月12日 CEReS共同研究成果報告会@けやき会館

### 結果の例 (2000年 Daily)

1月 01-10日      4月 01-10日  
 7月 01-10日      10月 01-10日

2005年12月12日 CEReS共同研究成果報告会@けやき会館

### 結果の例 (2000年 Composite)

1月 01-10日      4月 01-10日  
 7月 01-10日      10月 01-10日

2005年12月12日 CEReS共同研究成果報告会@けやき会館

### まとめと今後の課題

**まとめ**

- > AVHRR GACデータから4 km解像度のグローバルデータを作成するシステムを構築した。
- \* 放射量補正には最新の研究結果を反映させた。
- \* 幾何補正ではMODIS画像から作成したGCPを用いて軌道と姿勢の補正を行なう手法を採用した。
- > データ処理量が多いため、データの作成は数時期のみにとどまった
- > 作成したシステムはLAC, HRPTにも適用可能である。

**今後の課題**

- > データを処理して、時系列データを作成する。
- > 幾何補正の残差を解析し、必要であれば姿勢を三角関数で定義する。

千葉大学環境リモートセンシング研究センターのご支援に感謝いたします。

2005年12月12日 CEReS共同研究成果報告会@けやき会館

# Land Cover Monitoring over Yellow River Basin in China using Remote Sensing

Masayuki MATSUOKA<sup>1</sup>, Tadahiro HAYASAKA<sup>1</sup>, Yoshihiro FUKUSHIMA<sup>1</sup>,  
Yoshiaki HONDA<sup>2</sup> and Taikan OKI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Research Institute for Humanity and Nature

<sup>2</sup> Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University

<sup>3</sup> Institute of Industrial Science, University of Tokyo

E-mail: matsuoka@chikyu.ac.jp

## Abstract

The current status of the study on the land cover monitoring over the Yellow River in China is outlined in this paper. Three kind of optical sensors, MODIS, AVHRR and Landsat have been used in order to understand the recent status and the change for 20 years since 1980 of the land cover. Land cover map is generated from time series of MODIS in 2000. Time series of AVHRR is in production for the change detection. Landsat data will be applied to drastically changed area such as irrigation districts.

## 1. Introduction

Yellow River in China (figure 1) has been dried up for many days in a year and long distance since 1970s. It is mainly due to the decrease of precipitation in the upstream of the basin and excess water use for the irrigation. Therefore the hydrological model which can deal with the human activity such as dam operation and irrigation has been being developed in Research Revolution 2002 project [1] for the optimal management of river water. Land cover is one of the most important parameter in the model since it reflects human activity as agriculture and it also provides the hydrological characteristics of land surface. The objective of this study is to analyze the land cover and its change for 20 years from 1980 over the Yellow River basin using remote sensing data.

## 2. Method of the study

The method of this study is shown in figure 2. Three kinds of optical sensor are used depend on its temporal and spatial characteristics. Because the MODIS onboard Terra is new sensor which has been operated since 1999, it is used to understand recent status of the land cover. Land cover classification map has been generated using time series of MODIS product in 2000 combined with DMSP/OLS product. AVHRR has been operated continuously over 20 years and historical data is available since early 80s, hence it is used to detect the change of land cover. The time series of AVHRR data is generated with the spatial resolution of 1 kilometer from the HRPT, LAC and GAC data. Landsat series of sensor i.e. MSS, TM, and ETM+ have quite higher spatial resolution relative to previous two sensors, even though temporal resolution is low in contrast. These data are used for the validation of land cover classification and change detection, and local analysis over the drastically changed area.

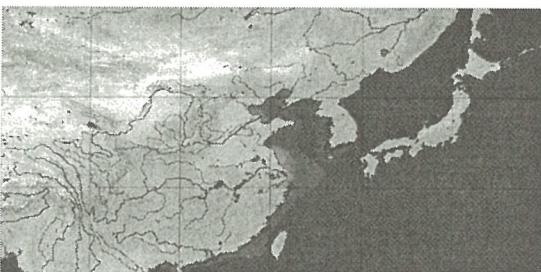


Fig. 1. Yellow River basin.

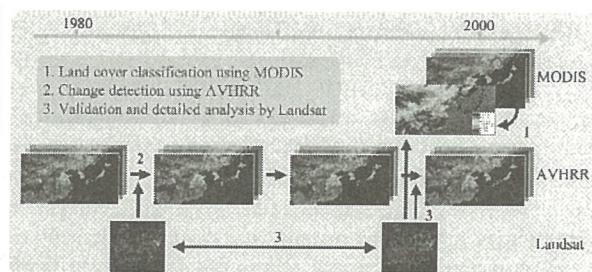


Fig. 2. Method of the study.

## 3. Land cover classification using MODIS

Land cover map was generated by the classification using time series of MODIS 250 meter resolution reflectance product (MOD09Q1), 500 meter resolution snow product (MOD10A2) and DMSP/OLS nighttime light product in 2000. Eleven kinds of land surface features i.e. annual maximum and minimum NDVI, annual maximum and minimum reflectance in band 1 and 2, annual average reflectance in band 1, monthly average NDVI in April and June, number of snow days in summer season, and human settlements, are derived from MODIS and OLS products (figure 3), and these were input to the simple decision tree classification method shown in figure 4. The threshold values used in decision tree were adjusted manually by comparison of classification result to the other land cover maps. Sixteen types of land cover which include five kinds of agricultural categories were adopted from the hydrological point of view. Classification result is shown in

figure 5. This map was compared to two reference data, existing classification map [2] and Chinese census [3][4]. Land cover map categories were aggregated and compared in province base. The result is shown in figure 6. Forest shows good agreement with land cover map, but overestimation relative to the census. Total agricultural field, grassland and barren show the good agreements in both comparison, but individual agricultural categories i.e. paddy field, dry field, and irrigated field resulted in poor agreements. This classification map is used as the base map in the hydrological model.

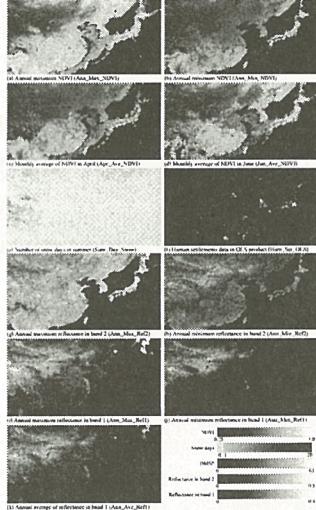


Fig. 3. Land surface features.

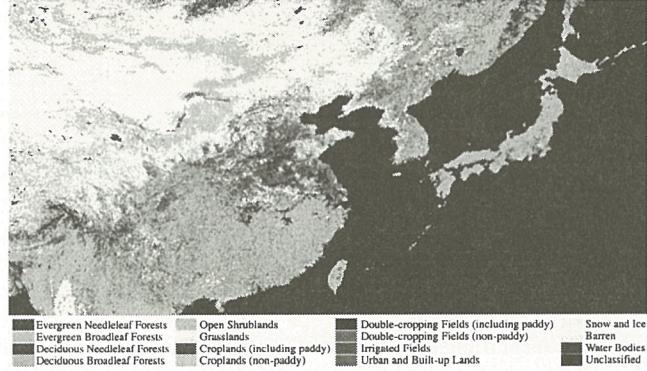


Fig. 5. Classification result.

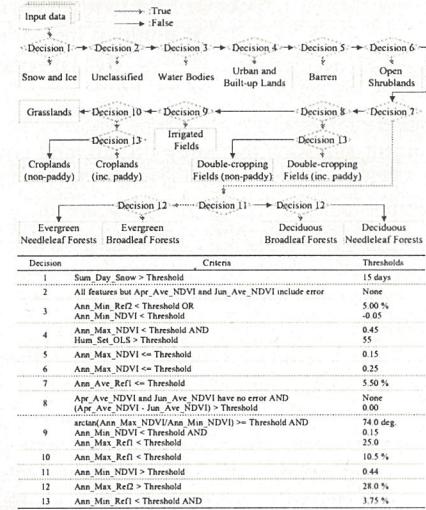


Fig. 4. Decision tree classification method.

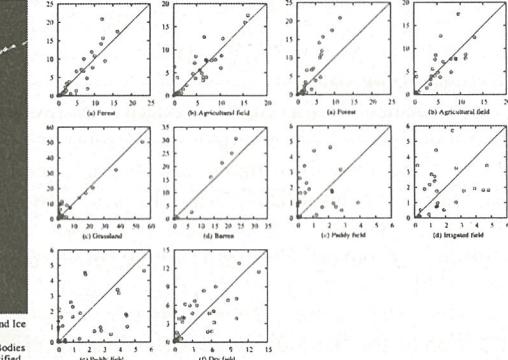


Fig. 6. Comparison to reference data.

#### 4. Change detection using AVHRR

##### 4.1 Production of AVHRR data set

Time series of AVHRR data for 20 years has been being produced from HRPT, LAC and GAC data with 1 km resolution. HRPT was supplied by Kitsuregawa Laboratory [5], University of Tokyo, and LAC and GAC were downloaded from CLASS, NOAA [6]. The radiometric calibration is applied using time varying calibration coefficients to derive the top of atmosphere reflectance for channel 1 and 2. Channel 3 to 5 are converted to brightness temperature by non-linear calibration method[7-10]. In geometric calibration, initial correction is applied by means of Two-Line Element orbital information [11] followed by precise correction based on the ground control points (GCPs) derived from MODIS product. Precise correction is composed of orbital correction and attitude correction. Orbital correction is applied daily several paths at the same time for the purpose to keep the number of available GCPs, and attitude correction is applied by each path in order to allow the flexibility of attitude. Optimized orbital information and attitude angles are derived by least square estimation.

The HRPT data is not available especially in the western region around upstream of the Yellow River, because it is outside of the receivable range of University of Tokyo receiving station. Therefore, GAC is used as base product and HRPT and LAC are overlaid if these are available, though the spatial resolution of GAC is lower as 4 kilometers. The outline of the overlay is shown in figure 7.

##### 4.2 Preliminary study using Pathfinder AVHRR Land Data Set

Change detection method was applied for Quingtongxia and Hetao irrigation districts as the feasibility study

by means of 8 kilometers resolution AVHRR data set, Pathfinder AVHRR Land data set. Annual maximum NDVI (Ann\_Max\_NDVI) is derived by averaging of second to sixth maximum NDVI among the daily data for one year. Time series of regional distribution of Ann\_Max\_NDVI for both irrigation districts are shown in figure 8. Ann\_Max\_NDVI has been increased gradually in both districts through 20 years. The trend is slightly different, that is, widely distributed Ann\_Max\_NDVI has been concentrated to higher value in Quingtongxia districts, and lower Ann\_Max\_NDVI has been totally increased in Hetao district. The reason of these increase seems to be the increase of agricultural fields, however, the detail of the change is not interpreted from 8 kilometer resolution data set.

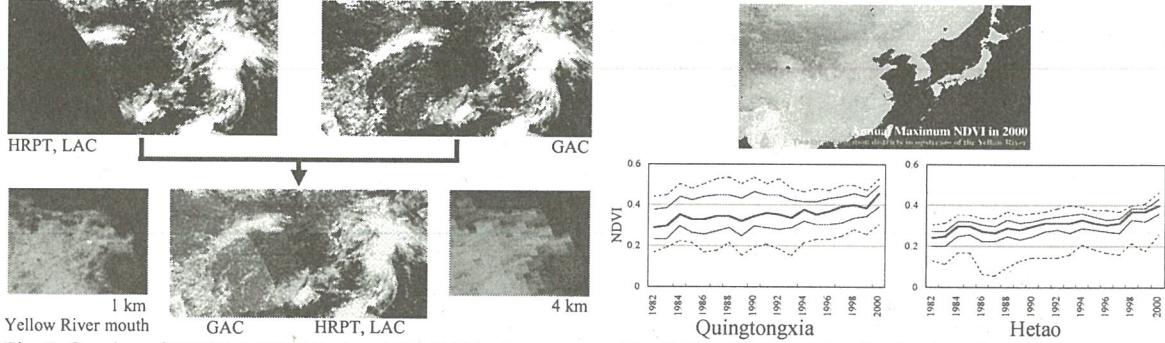


Fig. 7. Overlay of HRPT, LAC (1 km) and GAC (4 km).

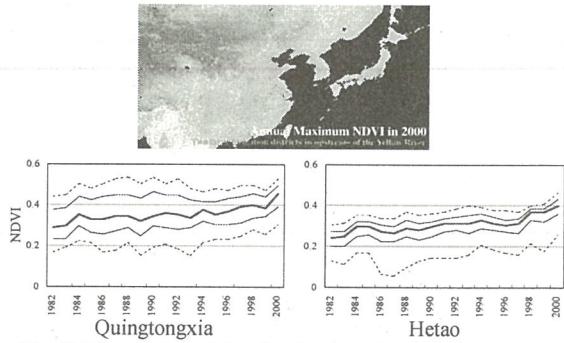


Fig. 8. Time series of the distribution of the annual maximum NDVI for two irrigation districts.

### 5. Detailed analysis using Landsat

The change of the Ann\_Max\_NDVI in irrigation districts has been analyzed in detail using higher resolution data, 1 kilometer resolution AVHRR combined with Landsat. The method of analysis is shown in figure 9. Ann\_Max\_NDVI over Quingtongxia districts in 1999 was derived from 1 kilometer daily AVHRR data described in section 4. Land cover map was derived by simple decision tree classification using Landsat/ETM+ acquired on 12th Aug. 1999 when the status of the vegetation is most active. The data was downloaded from GLCF, University of Maryland [12]. Since the spatial resolution of AVHRR and ETM+ is about 1 kilometer and 28.5 meters respectively, 1 pixel of AVHRR corresponds to 32 by 25 pixels of ETM+. Therefore, fraction of agricultural area (Frac\_Agri\_Area) in one AVHRR pixel is calculated from the land cover map of ETM+. Finally Frac\_Agri\_Area is estimated from the Ann\_Max\_NDVI.

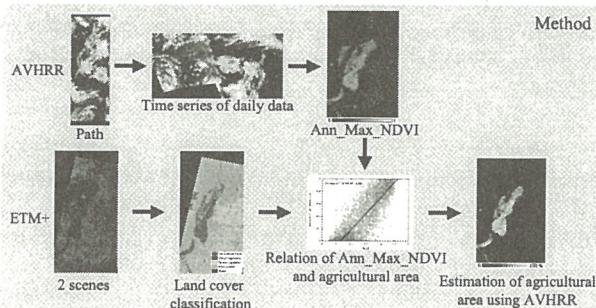


Fig. 9. Method of the analysis.

The decision tree classification method applied to ETM+ is shown in figure 10. NDVI, reflectance in band 5 and digital elevation model GTOPO30 [13] were used to categorize the pixel into the five types of land cover. The classification result is shown in figure 11. As the assessment of the classification accuracy, only agricultural field is compared to county based census value, that is, agricultural area in each county is extracted using county mask (figure 12) and it is compared to the sowing area in 1999 recorded in the Statistical Yearbook of Ningxia province. The result is shown in figure 13. The overestimated counties are located in midstream of the district, and relatively underestimated counties are in downstream. Excess underestimated county is Yanchi county, which is located outside of the irrigation districts.

Ann\_Max\_NDVI in Quingtongxia district is shown in figure 14. The relation of Ann\_Max\_NDVI and Frac\_Agri\_Area is shown in figure 15. The linear equation of  $[Frac_Agri_Area = 2.54 * Ann\_Max\_NDVI - 0.33]$  is derived from the least square regression. The Frac\_Agri\_Area estimated from AVHRR using this equation is shown in figure 16. The mountainous area was masked by GTOPO30. Figure 17 shows the county based comparison of agricultural area with ETM+ classification. This figure indicates that AVHRR

estimation is comparable to the ETM+ estimation in county base. This method is specialized to irrigation districts in arid region where the contrast of the NDVI in agricultural area and background is high. The method will be applied to the time series of AVHRR for detecting the seamless change of the land cover in irrigation districts.

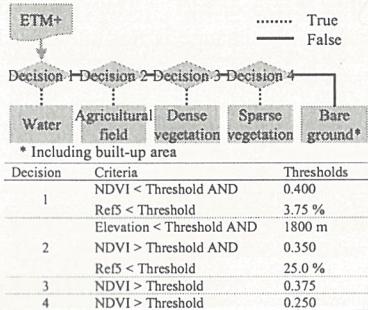


Fig. 10 Classification method.



Fig. 11. Land cover map.



Fig. 12. County mask

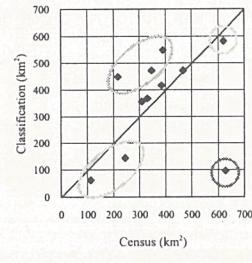


Fig. 13. Comparison result.



Fig. 14. Ann\_Max\_NDVI

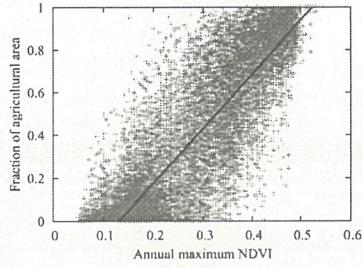


Fig. 15. Relation of Ann\_Max\_NDVI and Frac\_Agri\_Area.



Fig. 16. Frac\_Agri\_Area derived by AVHRR

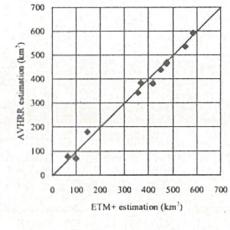


Fig. 17. Comparison

## 6. Conclusions and future plans

The land cover monitoring on the Yellow River in China is in progress under the hydrological project. Land cover map in 2000 was produced using 250 meter MODIS product and it is used as the base map of the hydrological model. The time series of AVHRR for 20 years has been being produced from HRPT, LAC and GAC with the spatial resolution of 1 km. Land cover change especially concerned with the agricultural field will be detected using this data combined with Landsat.

## Acknowledgement

This study has been carried out as a part of the Research Revolution 2002 project supported by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT) in Japan.

Authors appreciate the valuable distribution of HRPT by Kitsuregawa Lab., LAC data by Comprehensive Large Array-data Stewardship System, Landsat by Global Land Cover Facility, and GTOPO30 by USGS.

## References

- [1] The Yellow River Studies. (2003). <http://www.chikyu.ac.jp/yris/>.
- [2] CASW Data Technology, 1 km land-use & land cover raster data of China, <http://www.casw.com.cn/>.
- [3] Chinese Forest Science Data Center website, <http://www.cfsdc.org/>.
- [4] National Bureau of Statistics of China website, <http://www.stats.gov.cn/>.
- [5] Kitsuregawa Laboratory, <http://www.tkl.iis.u-tokyo.ac.jp/english/>.
- [6] NOAA's Comprehensive Large Array-data Stewardship System, <http://www.class.noaa.gov/nsaa/products/welcome>.
- [7] Kidwell, K. B., "NOAA Polar Orbiter Data Users Guide" (November 1998 revision), <http://www2.ncdc.noaa.gov/>.
- [8] Goodrum, G., et al., "NOAA KLM User's Guide" (September 2001), <http://www2.ncdc.noaa.gov/>.
- [9] Agbu, P.A., and M. E. James. (1994). "The NOAA/NASA Pathfinder AVHRR Land Data Set User's Manual", Goddard Distributed Active Archive Center, NASA, Goddard Space Flight Center, Greenbelt.
- [10] Ouaidrari, H., et al. (2002). " Land surface temperature estimation from AVHRR thermal infrared measurements An assessment for the AVHRR Land Pathfinder II data set", Remote Sensing of Environment vol. 81, pp. 114-128.
- [11] Celestrak, <http://www.celestrak.com/>.
- [12] Global Land Cover Facility, University of Maryland. <http://glcf.umiacs.umd.edu/data/>.
- [13] GTOPO30 Global 30 Arc Second Elevation Data Set <http://www1.gsi.go.jp/geowww/globalmap-gs/gtopo30/gtopo30.html>.

## プロジェクト3

# 衛星で観測された地震に関連する電磁気現象

服部克巳（千葉大学海洋バイオシステム研究センター：Tel 043-290-2801, [hattori@earth.s.chiba-u.ac.jp](mailto:hattori@earth.s.chiba-u.ac.jp)），

鈴木洋介（千葉大学理学部），西橋政秀（千葉大学大学院自然科学研究科），鴨川仁（東京学芸大学），

Michel Parrot (LPCE, France), 劉正彦（台湾国立中央大学）

## Satellite based observation of earthquake-related electromagnetics phenomena

K. Hattori, Y. Suzuli, M. Nishihashi (Chiba Univ.), M. Kamogawa (Tokyo Gakugei Univ.),

M. Parrot (LPCE, France), J-Y. Liu (National Central Univ., Taiwan)

キーワード：地震電磁気学，地殻活動の準備過程，地殻一大気圏一電離圏結合，DEMETER衛星，foF2, GPSTEC

Keywords : Seismo-Electromagnetics, Preparation process of crustal activity, Lithosphere-Ionosphere-Atmosphere coupling, DEMETER foF2, GPSTEC

### 1. 地震に関連する電磁気現象

2004年の新潟県中越地震、インドネシア・スマトラアンダマン地震、2005年の福岡県西方沖地震、宮城県沖地震、パキスタン地震など規模の大きな地震が続けて発生している。阪神大震災以降、短期予知（直前予知）は困難と言われているが、我々は、地殻活動の準備過程において出現する微弱な電磁気現象を捉えて、地殻活動の短期予測をするという研究に取り組んでいる。精密な計測と高度な信号弁別の技術を駆使して、地殻活動に関連する信号の時空間的分布の有様を正確に把握することによって、地殻の状態を監視できるようになると期待する。究極的には地殻活動の予測を行うこと（いわば地象天気予報）を目指している。すなわち、地殻活動という力学的破壊現象の準備過程を電磁気学的に把握する“地殻活動電磁気学（地震電磁気学）”という新しい学問分野の創設になる。また、地殻活動に関連する現象は大気圏や電離圏まで到達していると示唆されており、地殻一大気圏一電離圏の結合という新たな概念が生まれている。これは地殻変動エネルギーの超高層域への輸送過程を研究することになる。

### 2. 衛星による地震電磁気現象の観測

地震に関連する電磁気現象研究の新たな試みとして米国や仏国などで地震電磁気観測専用の衛星が打ち上げられている。衛星観測の利点はイベント数を蓄積できるところにある。しかしながら、衛星観測では、原理的に変動の時間と空間の区別はできないことから、地上のデータとの比較や、複数の衛星による連携観測が重要となる。仏国のDEMETER衛星は、日本の我々の地上観測網と密な連携をとり、データ解析を行っている。地上と衛星の各種電磁気センサを融合させ、統一的な視点で地殻の状態を監視するシステムを構築する試

みはほとんど例がなく、画期的な試みである。DEMETERでは、波動観測だけではなく電子密度や電子温度、イオン密度等も観測しており、最近報告されている電離層のfoF2やGPSTECの擾乱<sup>(1) (2)</sup>との比較検討が興味深いテーマである。

また、表層のリモートセンシングにより、地震に関連する温度異常や赤外線放射を示唆するデータも報告されている<sup>(3)</sup>。これらの異常は地震の数日前に発生しており、局電波の異常伝搬の要因と考えられている大気圏や電離圏の擾乱との関連性が興味深い。

ポスターでは（1）1999年9月21日に台湾・集集地震に関連する地上イオノゾンデ観測結果（foF2）とGPSを用いた電離層電子密度解析（GPS-TEC）、（2）2004年9月の紀伊半島沖地震に関連するDEMETER衛星で観測された電磁場変動と電離層電子温度および電子・イオン密度変化、衛星で異常が観測された時間のTEC変動、（3）2004年12月26日のインドネシア・スマトラアンダマン地震に関連してDEMETER衛星で観測されたVLF/LF局電波の受信異常、（4）1999年トルコイズミット地震に関連する温度異常について示す。

### 3. まとめ

衛星を用いた地震に関連する電磁気現象研究は有効であることが示唆されつつある。DEMETER衛星の解析はもとより、温度異常や赤外線放射異常についてイベントを蓄積し、より信頼性のある結果を導く必要がある。また、地上観測と連携して電離圏の擾乱や温度異常の発生する機構を解明する必要がある。

#### 【参考文献】

- (1) Liu, J.Y., et al., Geophys. Res. Letts., 28, 1383-1386, 2001.
- (2) Liu, J. Y., et al., Annales Geophysicae, 22, 1585-1593, 2004.
- (3) Tramutoli, V., et al, Remote Sensing of Environment, (in press), 2005.

## 衛星画像を用いた千葉周辺における広域的エアロゾル光学特性の導出

朝隈 康司

東京農業大学 生物産業学部

北海道網走市八坂 196 (〒099-2493)

### Determination of aerosol optical properties over land in and around Chiba from satellite data

Koji Asakuma

Faculty of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture

196 Yasaka, Abashiri 099-2493

Tel: 0152-48-3869, Fax: 0152-61-5111, E-mail: k-asakum@cp.bioindustry.nodai.ac.jp

### 1. はじめに

可視、近赤外域の衛星リモートセンシングにおいて、高精度な地上観測をおこなうためには、地表面-衛星間に存在する大気（分子、浮遊物質（エアロゾル））による影響を取り除く必要がある。これを大気補正と呼ぶが、近年、センサの高解像度化、高波長分解能化が進んできており、とくに短波長域で周縁効果をおこすエアロゾルの補正が重要である。エアロゾルの補正をおこなうには、波長ごとのエアロゾル光学的厚さ（AOT）とその波長依存性（エアロゾルモデル、以下モデルと略す）を知る必要がある。これまで、衛星画像におけるエアロゾル光学特性に関する研究は、サンフォトメータやサンプリングなどのツールデータ取得には、予算や人的資源が掛かることから、衛星画像1シーン中1つのエアロゾルモデルを仮定し、またAOTも一様と仮定することによりおこなわれてきた。しかしながら現実には、エアロゾルの性質は時間的、空間的に変化が激しく、正確な衛星観測をおこなうには各シーン中の各画素単位でエアロゾルの光学特性を知る必要がある。このため本研究は、衛星画像のみを用いてAOTとモデルを同時に決定するアルゴリズムを検討したものである。

### 2. 解析方法

#### 2.1 エアロゾルモデルの作成

放射伝達コード 6S (second simulation of satellite signal in solar spectrum) で用いられるエアロゾルモデル (urban, continental (rural), maritime) は通常、対数正規分布で示される。各峰は WMO-WPC112 の構成要素 (dust, oceanic, water soluble, soot) が用いられ、6S 中で各モデルは、構成要素の中の 2~3 成分の存在比によって表現される。1997 年に実施された関東浮遊粒子状物質合同調査から得られた化学組成より

作成されたエアロゾルの光学特性は、大陸型と都市型の中間的なものであると報告がある（関東モデル）<sup>1)</sup>。Table.1 に WMO モデルの構成比を示す。Table を見ると、全てのモデルにおいて、water soluble の寄与が大きい。以上 2 つの点から、大陸型モデル中の water soluble の粒径  $R_M$  を  $1.0 \times 10^{-4} \mu\text{m}$  から  $1.0 \mu\text{m}$  まで変化させてモデルを作成する (Figure.1 参照)。

#### 2.2 参照アルベドについて

大気補正是、衛星等大気上端で観測された観測値と AOT、モデルから地表面反射率を算出する。一方、逆に地表面反射率と衛星観測値が既知であれば、AOT やモデルを推定することができる。このとき用いる広域の地表面反射率分布図を参照アルベドマップと呼ぶ<sup>2)</sup>。参照アルベドには、地上観測された AOT 値が非常に低く大気が清浄な衛星観測値を補正したものや<sup>3)</sup>、地上被覆分類により求められた物質の反射率を用いるものがある<sup>2)</sup>。本研究では前者を利用し、1999 年 1 月 14 日の Landsat/TM 画像を用いた。

#### 2.3 AOT 水平分布図の作成

2.2 で述べたアルベド分布図を用いて、大気補正の逆演算をすることにより AOT 水平分布図が求められる<sup>4)5)</sup>。本研究では、次の手順により 2.1 で作成したエアロゾルモデル毎に AOT 水平分布図を求めた。  
1) water soluble の粒子半径  $R_M$  を変化させ、各  $R_M$  每に衛星画像のデジタルナンバー  $C_i$  ( $i$  は TM のチャンネル番号) と、6S にパラメータとして与える波長 550 nm の AOT  $\tau_{550}$  を用いてら得ら大気補正後の地表面アルベド  $\rho_c^i$  を求める。  
2) このとき得られる TM のチャンネル  $i$  での AOT  $\tau_{ch,i}$  と大気補正で得られた  $\rho_c^i$  の関係をデータベースとして保存する。  
3) 2.2 で用意した参照アルベド  $\rho_r^i$  を用いて各  $R_M$  に対して、

Table.1. the number of particle density percentage for each aerosol model.

	dust	water soluble	oceanic	soot
continental	$2.27 \times 10^{-6}$	$9.38 \times 10^{-1}$	---	$6.17 \times 10^{-2}$
maritime	---	$9.99 \times 10^{-1}$	$4.21 \times 10^{-4}$	---
urban	$1.65 \times 10^{-7}$	$5.30 \times 10^{-1}$	---	$4.10 \times 10^{-1}$

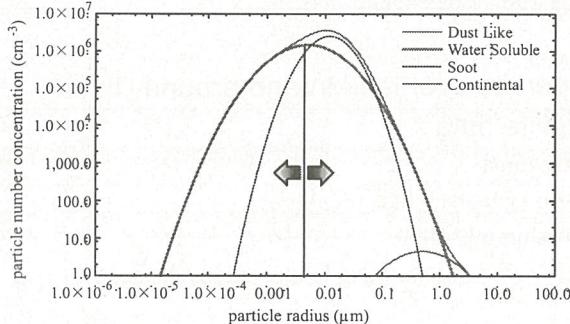


Figure. 1. Log normal size distribution of WMO-WCP continental aerosol model.

2)のデータベースから  $\rho_r^i = \rho_c^i$  となる  $\tau_{ch,i}$  マップを作成する。

#### 2.4 エアロゾルモデルの決定

ある1画素に対して、 $\rho_r^i = \rho_c^i$  を満たす  $\tau_{ch,i}$  と  $R_M$  の組は多数存在するが、 $R_M$  で示される1つのエアロゾルモデルで AOT の波長依存性はただ1つ決まるはずである。 $R_M$  によって決定される6S中の各波長のAOTは、波長550nmのAOTで正規化されて表現される。ここで、2.3で得られた各チャンネルにおけるAOTを波長550nmでのAOTで正規化し、6S中で示されるAOT値との差の自乗和を、

$$\varepsilon(R_M) = \left\{ \tau_{485}^{cal}(R_M)/\tau_{550}^{cal}(R_M) - \alpha_{485}^{6S} \right\}^2 + \left\{ \tau_{560}^{cal}(R_M)/\tau_{550}^{cal}(R_M) - \alpha_{560}^{6S} \right\}^2,$$

と書くとする。ここで  $\tau^{cal}$  は、2.3で求めたAOT、 $\alpha^{6S}$  は6S中で示される、波長550nmで正規化された消散係数の波長依存性である。このとき、 $\varepsilon(R_M)$  を最小にする  $R_M$  を見つけることによってエアロゾルモデルを決定する。

### 3. 解析結果

Figure 2に1998年12月13日のAOT水平分布図を示す。このFig.2から得られる、各チャンネルのAOT値を用いて、2.4の方法で得られたエアロゾル粒径分布図  $R_M$ -map をFigure 3 a)に示す。b), c)は a) で示された  $R_M$  での各チャンネルの AOT である。Fig.3 a) から都市域で、 $R_M$  は小さく AOT が大きい傾向があった。今後、複素屈折率を考慮したモデルへの対応や、被覆分類を用いた参照アルベドマップの検討、6S以外の放射伝達コードを検討する予定である。

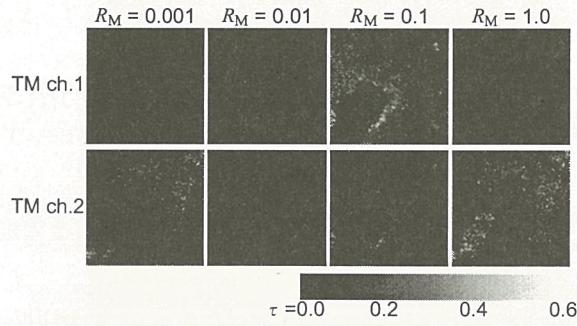


Figure. 2. AOT horizontally distribution with particle radius.

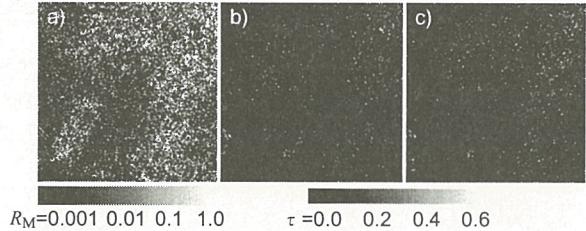


Figure. 3. a)  $R_M$ -map the particle radius distribution on December 13, 1998. b) AOT with  $R_M$ -map from TM ch.1 image. c) from ch.2 image.

### 参考文献

- 矢吹, 内藤, 美濃村, 久世, 竹内, 1999. 化学組成測定から導出される大気エアロゾルパラメータと6Sへの応用, 千葉大学環境リモートセンシング研究センター共同利用報告集第4号 “衛星データの大気補正の現状と問題点”, pp. 53-56.
- 美濃村, 久世, 竹内, 2004. MODTRAN4シミュレーション参照テーブルを用いたLandsat 7 ETM+画像データの大気補正およびエアロゾル光学的厚さの導出方法, (社)日本リモートセンシング学会第36回学術講演論文集, pp. 59-60.
- Asakuma, K., M. Minomura, S. Otsutsumi, H. Kuze and N. Takeuchi, 2002. Estimation of aerosol optical thickness over land in Chiba area from AVHRR data, Advanced Space Research, Vol.29, No.11, pp.1747-1752.
- 戸館, 美濃村, 久世, 竹内, 2005. LANDSAT-5/TMデータを利用した関東地域の大気補正とエアロゾル分布抽出法, (社)計測自動制御学会 第12回リモートセンシングフォーラム, pp. 9-10.
- Minomura M, Y. Todate, H. Kuze and N. Takeuchi, 2005. Retrieval of aerosol optical properties over Chiba land area from Landsat/TM imagery –Part I: Determination of spatial distribution of aerosol optical thickness, Proceedings of The CEReS International Symposium on Radiation Budget and Atmospheric Parameters Studied by Satellite and Ground Observation Data –Toward the Understanding of Long Term Trend in Asia, pp. 58-64.

課題 P2004-3 :

衛星データと地上観測ネットワークによる放射収支の評価と大気パラメータの長期変動

## 衛星画像を用いた千葉周辺における 広域的エアロゾル光学特性の導出

— Landsat/TM 画像を用いた  
エアロゾル粒径の空間分布導出 —

東京農業大学 生物産業学部

朝隈 康司

### 1. 研究目的

#### 1.1 背景

- ・衛星リモードセンシングにおいて、高精度な地上観測をおこなうには、地表面 - 衛星間の大気（分子、浮遊物質〔エアロゾル〕）による影響を取り除く必要がある（大気補正）。
- ・近年、センサの高解像度化、高波長分解能化が進んできており、とくに短波長域で周縁効果（滲み）をおこすエアロゾルの補正が重要視されてきている。
- ・大気補正をおこなうには、各波長ごとのエアロゾル光学的厚さ（AOT）とその波長依存性（モデル）を知る必要がある。
- ・エアロゾルは、大気分子と比較して時間的にも空間的にも変動が激しく、1つの衛星画像中でいくつものエアロゾルモデルを考慮する必要がある。⇒ 最大各画素ごと。
- ・トゥルースデータ（サンフォトメータ、サンプリング）の収集は非常に困難なため、衛星画像そのものから AOT とモデルを概算する必要が

## 1. 研究目的

### 1.2 これまでの共同利用研究の流れ

#### 第Ⅰ期：周縁効果を考慮した大気補正方法

- ⇒ ・衛星データの示すある広い領域を一様大気と仮定
- ・ライダーデータ（エアロゾル鉛直プロファイル）利用による、周縁効果を含めた大気補正（美濃村 2000 ← Richter 1990）

#### 第Ⅱ期：衛星データのみからの AOT 導出

- ⇒ ・海を一様なダークターゲットと仮定  
(汝 2000 ← Kawata 1999, Wang & Gordon 1994)
- ・空間内挿による陸 AOT の推定（朝隈 大堤 2001）
- ・大気のテクスチャ解析（朝隈 2001 ← Christopher 1996）

#### 第Ⅲ期：大気の不均質さの評価

- ⇒ ・陸域トゥルースデータ利用による  $\tau$ -map 作成の提案（木村, 根間 2002）
  - ・参照アルベド法による  $\tau$ -map の作成（美濃村 堀口 戸館 2004）
  - ・衛星からのエアロゾル粒径導出の検討（朝隈 2004）
- ⇒ エアロゾル粒径の空間分布導出（本研究 2005）

## 2. 解析方法

### 2.1 解析手順（解析対象：1998年12月13日 Landsat5/TM 画像）

#### エアロゾルモデルの作成



- ・今回は、対数正規分布で示されたエアロゾル粒径分布の粒子半径を変化させて作成。

#### $\rho$ -map(参照アルベドマップ)の作成



- ・大気清浄画像（経年を通じてよく晴れた  $\tau$  (AOT) の低い日の画像) を用いた(1999年1月14日)。

#### $\tau$ - $\rho$ グラフの作成



- ・放射伝達コード（今回は 6S）を用いて、各モデルごとに  $\rho$  (大気補正された地上反射率) と  $\tau$  の関係を求める。

#### エアロゾルモデルごとに $\tau$ -map を作成



- ・大気上端の反射率  $\rho^*$  と参照アルベド  $\rho_c$  から  $\tau$  を求める（大気補正の逆計算）。

#### $\tau$ -map の波長依存性と一致するモデルの選択

## 2. 解析方法

### 2.2 エアロゾルモデルについて

放射伝達計算に用いられるエアロゾルモデル (urban, continental(rural), maritime) は、通常、対数正規分布で示される。各峰は WMO-WPC112 の構成要素 (dust, oceanic, water soluble, soot) が用いられる。

table. Specification for the four basic components: the mean radius  $R_M$ , the standard deviation  $\sigma$ , number concentration  $dN/dV$ , refractive index  $n_t + i n_i$ .

	dust	water soluble	oceanic	soot
$R_M [\mu\text{m}]$	0.50	$5.00 \times 10^{-3}$	0.30	$1.20 \times 10^{-2}$
$\sigma$	2.99	2.99	2.51	2.00
$dN/dV [\text{cm}^{-3}]$	$5.47 \times 10^1$	$1.87 \times 10^6$	$2.76 \times 10^2$	$1.81 \times 10^6$
$n_t$ at 550nm	1.53	1.53	1.38	1.75
$n_i$ at 550nm	$8.00 \times 10^{-3}$	$6.00 \times 10^{-3}$	$4.26 \times 10^{-9}$	$4.40 \times 10^{-1}$

table. The number of particle density percentage for each aerosol model.

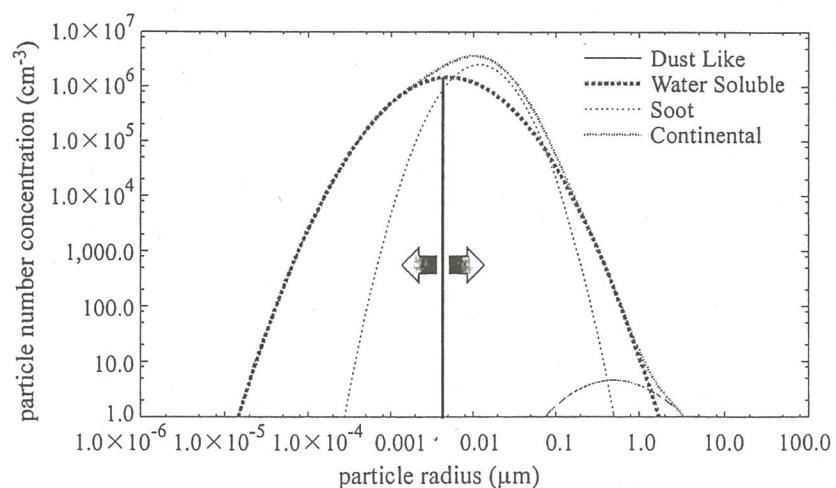
	dust	water soluble	oceanic	soot
continental	$2.27 \times 10^{-6}$	[grayscale image]	---	$6.17 \times 10^{-2}$
maritime	---	[grayscale image]	$4.21 \times 10^{-4}$	---
urban	$1.65 \times 10^{-7}$	[grayscale image]	---	$4.10 \times 10^{-1}$

## 2. 解析方法

### 2.3 エアロゾルモデルの作成

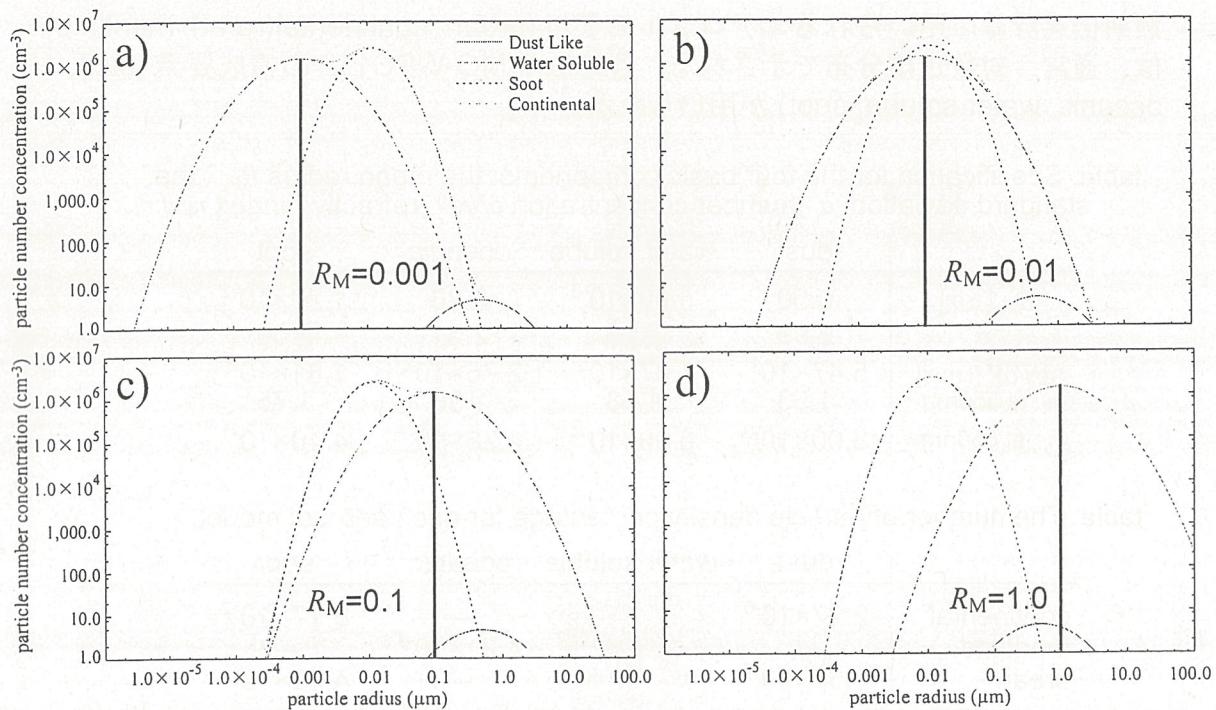
千葉周辺のサンプリングから得られた化学組成 (chemical mass balance) より作成されたエアロゾルの光学特性は大陸型と都市型の中間的なものであると報告がある (関東モデル: 矢吹 1999)。また、2.2 の WMO モデルでは大陸型、都市型モデル共に水溶性粒子 (water soluble) の寄与が大きい。

以上 2 点から、w.s. の粒径  $R_M$  を変化させパラメータとしてモデルを作成する。



## 2. 解析方法

### 2.4 エアロゾルモデルの例



## 2. 解析方法

### 2.5 参照アルベドマップについて

- $\rho$ -map は、大気効果を受けていない地表面アルベドの水平分布
- グラウンドトゥルースに基づくものが最も適してはるが作成は困難
- このため以下の方法で衛星画像から千葉周辺のアルベドマップを作成してきた

#### (1) 大気清浄画像

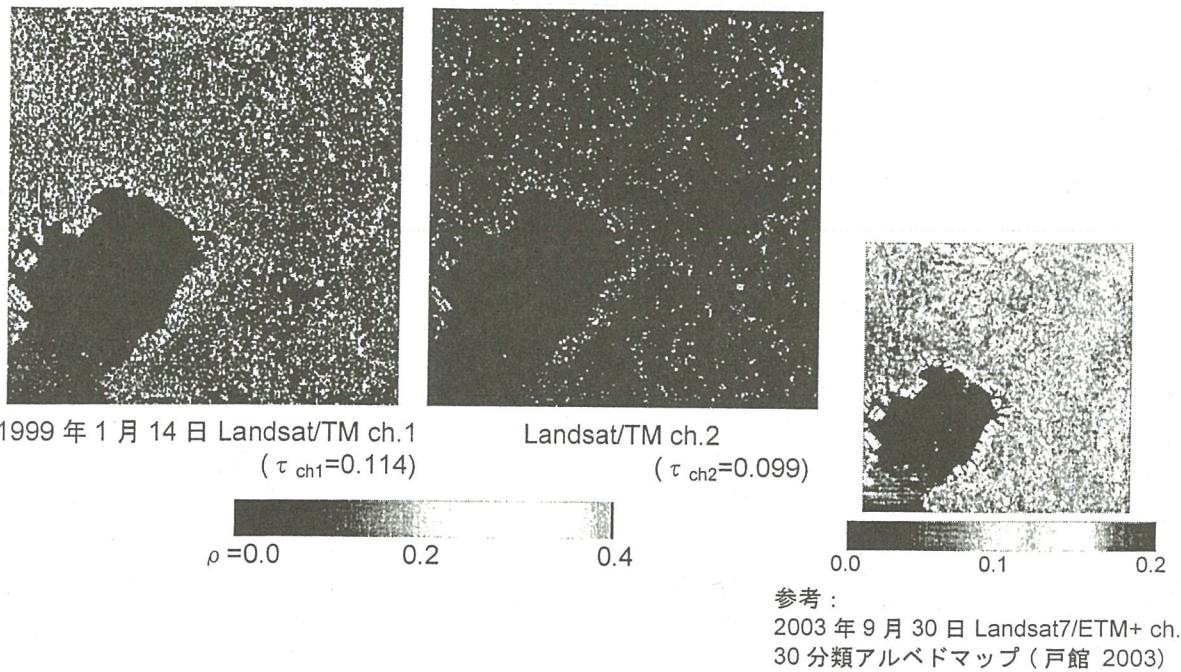
経年に観測された衛星画像中、サンフォトメータなどで実測された AOT が最も小さいものを大気清浄画像として利用。レイリーのみ大気補正したものや、一様で小さな  $\tau$  を仮定して大気補正したものなど。

#### (2) 被覆分類によるもの

衛星画像や航空機写真を被覆分類し、分類されたアルベドの分布を記述したもの。被覆分類の対象として、これまでに ASTER spectral library (California Institute of Technology) で示される物質から、6 分類（朝隈 2001）、30 分類（戸館 2003）、100 分類（美濃村 2004）などを利用してきた。

## 2. 解析方法

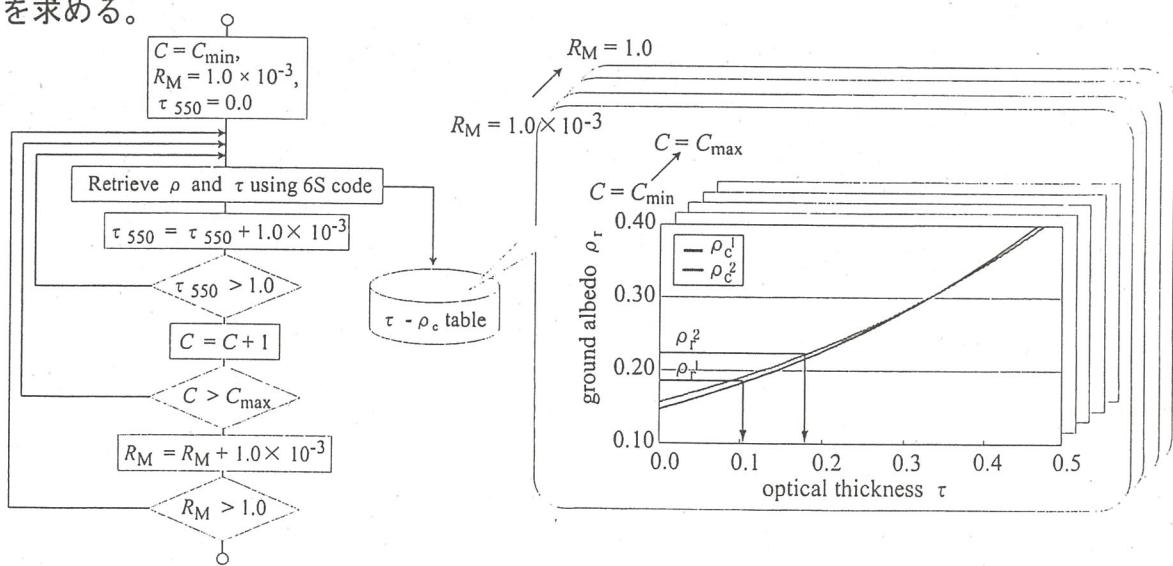
### 2.6 参照アルベドマップの例



## 2. 解析方法

### 2.7 $\tau - \rho_c$ グラフおよび $\tau$ -map の作成

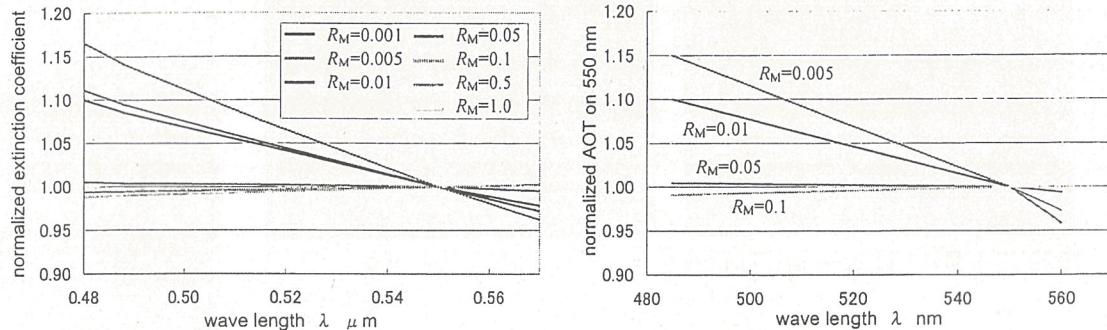
- W.S. の粒子半径  $R_M$  を変化させ、各  $R_M$  每に  $\tau$  と各デジタルナンバー  $C_i$  から得られる大気補正された地表面アルベド  $\rho_c$  を求め  $\tau - \rho_c$  グラフを作成する。
- $\tau - \rho_c$  グラフを用い参照アルベド map で示される  $\rho_r$  を用い、 $\rho_c = \rho_r$  を満たす  $\tau$  を求める。



## 2. 解析方法

### 2.8 エアロゾルモデルの決定

- ある1画素に対して、 $\rho_c = \rho_r$ を満たす $\tau$ と $R_M$ の組は波長別に多数存在する。
- 1つのエアロゾルモデルは、1つの波長依存性を示す。
- つまり、2つ以上の波長で波長依存性を同時に満たすモデルは1つ決まる。

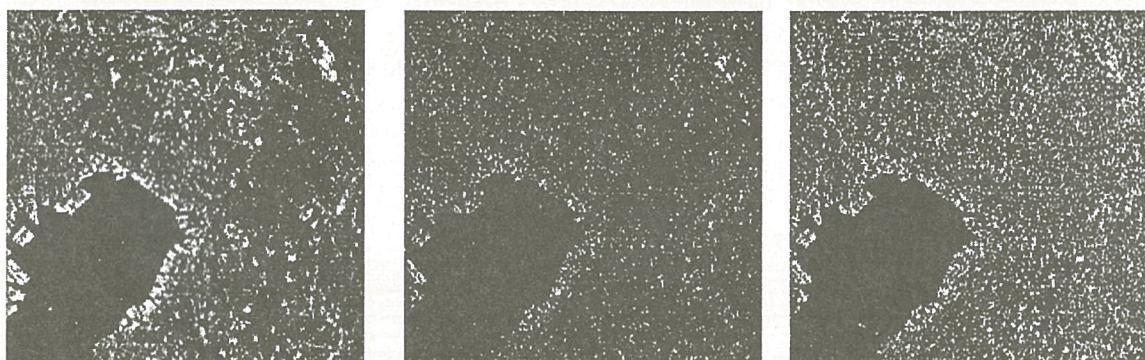


$$\varepsilon(R_M) = \left\{ \frac{\tau_{485}^{\text{cal}}(R_M)}{\tau_{550}^{\text{cal}}(R_M)} - \alpha_{485}^{6s}(R_M) \right\}^2 + \left\{ \frac{\tau_{560}^{\text{cal}}(R_M)}{\tau_{550}^{\text{cal}}(R_M)} - \alpha_{560}^{6s}(R_M) \right\}^2$$

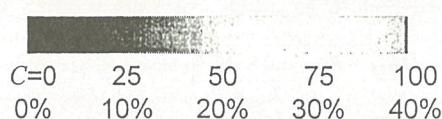
としたとき、 $\min\{\varepsilon(R_M)\}$ となる $R_M$ をみつける。

## 2. 解析方法

### 2.9 解析用画像



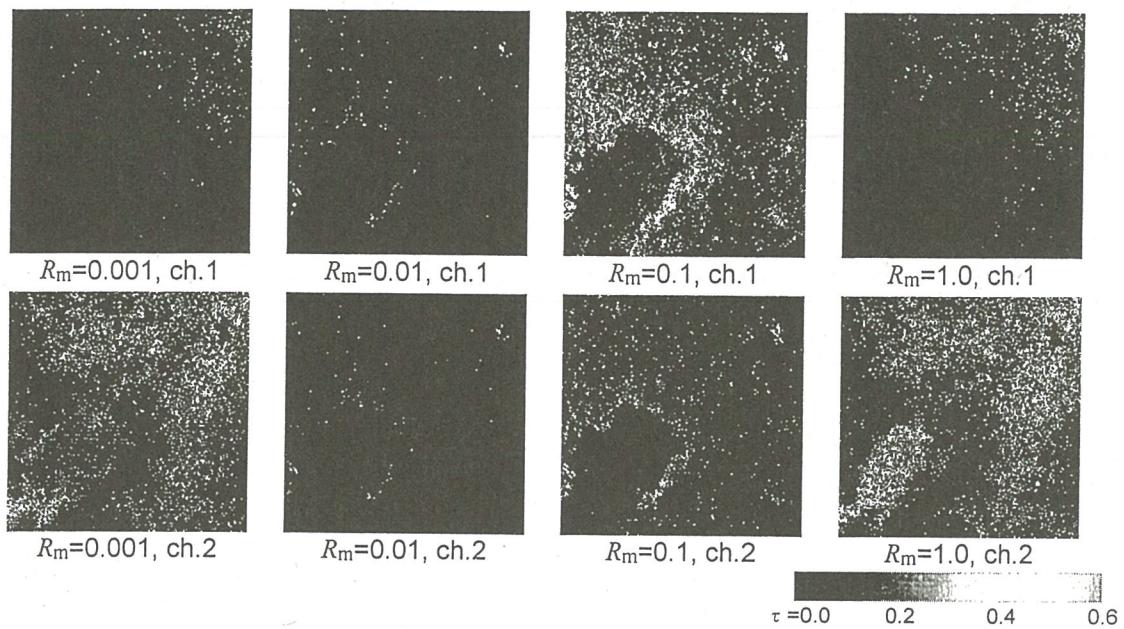
Landsat/TM True Color 合成画像



### 3. 解析結果

#### 3.1 粒径別 $\tau$ -map 導出結果

- ・2.6 の参照アルベドマップ(1999年1月14日)と2.9の解析対象画像(1998年12月13日)から得られた粒径別  $\tau$ -map を示す。



### 3. 解析結果

#### 3.2 粒径分布図 $R_m$ -map 導出結果

- ・3.1の粒径別  $\tau$ -map から、2.8の方法を用いて算出した  $R_m$ -map を示す。



$R_m$ -map the horizontal distribution of the particle radius on 13 Dec., 1998.       $\tau$  -map of TM ch.1 on 13 Dec., 1998       $\tau$  -map of TM ch.2 on 13 Dec., 1998



## 4.まとめ

### 4.1 結論

衛星画像のみを用いて、AOT とエアロゾルモデルの決定方法を検討した結果、以下の結論を得た。

- (1) エアロゾル粒径を変化させることにより多くのモデルと作成し、参照アルベド画像と衛星画像から AOT 水平分布を算出し、AOT の波長依存性を満足する粒径を導く事によって、AOT とエアロゾルモデル双方を同時に決定するアルゴリズムを提案した
- (2) その結果、千葉周辺のエアロゾルの光学特性は、都市部ほど粒径が小さく、AOT が大きい傾向があった

### 4.2 今後の課題

- (1) 複素屈折率を考慮したエアロゾルモデルへの対応
- (2) クラス分類による参照アルベドの導入と、その精度検証
- (3) 放射伝達コードの見直し：  
→ 今回は 6S を用いたが、MODTRAN やその他のコードの検討

## 多波長ラマンライダーとスカイラジオメーター観測からみた対流圏エアロゾルの光学特性と微物理特性

東京海洋大学・海洋工学部 村山利幸、関口美保

東京都市部においては局所的な大気汚染による対流圏下部のエアロゾルが放射収支上も恒常的な影響を及ぼしていると考えられる。本研究では、黄砂やシベリヤ森林火災などのイベント時ののみならず、通常時の多波長ラマンライダー観測から、対流圏エアロゾルの光学特性の詳細を得て、その特徴を見出すとともに、ラマンライダー用インバージョンコードを適用し、その微物理量を得ることを目的として行なった。より下層(約500-700m)から後方散乱比、消散係数及び水蒸気混合比が得られるように光学系及び検出器系の改善を行なった。観測データは2004年11月を主な対象とした。図1に期間全データの後方散乱係数分布を示す。観測は18時から23時の間、2時間程度行い、積算データについて解析を行った。光学的厚さは532nmで0.24から0.65までの値をとり、自由対流圏の光学的厚さは全体の14%から32%まで変化した。日中に発達した混合層が残留した高度約2kmまでの大気境界層が光学的厚さの大部分を占めていることがわかる。求めたエアロゾルの物理量は3波長(355, 532, 1064nm)の後方散乱係数と2波長(355, 532nm)の消散係数である。intensiveな光学量の平均値に注目すると、355-532nm間のオングストローム指数は約1.14、ライダー比は355nmで66.7sr、532nmで69.2srで、しばしば532nmの方がライダー比が大きく出る傾向があった。これは通常言われている大陸及び都市型のエアロゾル光学特性とやや異なっている[1]。ライダー比の高度分布に有意な特徴は下層になると小さくなる傾向があるものの有意な傾向は見られなかった。偏光解消度は小さかったので非球形性は小さいものとしてこの $(3\beta + 2\alpha)$ のデータセットに対してMüllerによるインバージョンを適用した[2]。その結果、微物理特性として粒径分布(有効半径)及び複素屈折率及び单散乱アルベドを得た。この期間の有効半径は0.26-0.45μmと比較的大きく、複素屈折率の実部は1.34-1.41、虚部は0-0.01で概ね、吸収が小さく单散乱アルベドも1に近いことが多かった。2003年5-6月のシベリア森林火災時の解析結果と比較すると複素屈折率の実部の値が小さく单散乱アルベドも大きく、意外と夜間の都市大気は吸収が少ないことが示唆された。

ラマンライダーのインバージョンの結果は他と比較する術がないため、日中夕刻のスカイラジオメーター観測のインバージョンから得られた量と比較を行なった。その結果、有効半径においては良い一致を示すことがわかった。複素屈折率についてはスカイラジオメーターでは十分に探索しきれない場合が多く、複素屈折率、单散乱アルベドの両者の一致、ライダー比観測値の再現はそれほど良くない。今後の吟味が必要である。より通年を通じた統計的解析が行なえるよう観測の頻度及び解析の効率を上げる必要がある。

最後に、2005年4月末の大規模黄砂イベントにおいて明らかなライダー比の波長依存性、即ち黄砂層で355nmにおける後方散乱が落ち込み、ライダー比の波長依存性が明らかにみられた( $S_{355}(\sim 58 \text{ sr}) > S_{532}(42 \text{ sr})$ )。この黄砂層ではインバージョンを適用すると非常に大きな吸収を要請するので、現実的なものでなく非球形効果及び複素屈折率の虚部の波長依存性を

示唆していると考えられる。一方、スカイラジオメーターから得られるライダー比は観測値より大幅に小さい。

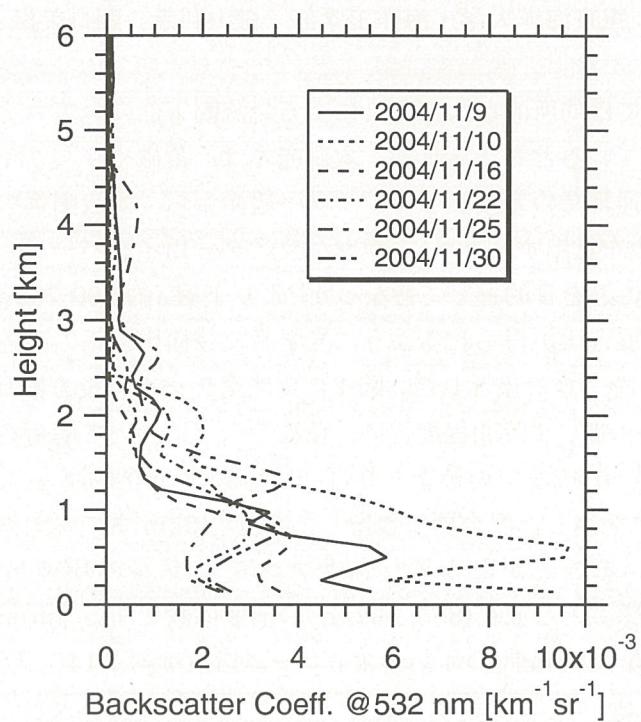


図1. 2004年11月に得られた対流圏エアロゾルの鉛直分布（532nmでの後方散乱係数）

- [1] I. Mattis et al., Multiyear aerosol observations with dual-wavelength Raman lidar in the framework of EARLINET, *J. Geophys. Res.*, 109, D13203, doi:10.1029/2004JD004600, 2004.
- [2] D. Müller, U. Wandinger, and A. Ansmann, Microphysical particle parameters from extinction and backscatter lidar data by inversion with regularization: theory, *Appl. Opt.*, 38, 2346-2357, 1999.

## 多波長ラマンライダーとスカイラジオメーターからみた 対流圏エアロゾルの光学特性と微物理特性

村山 利幸<sup>1</sup>, 関口 美保<sup>1</sup>, Detlef Müller<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 東京海洋大学・海洋工学部

<sup>2</sup> Leibniz Institute of Tropospheric Research, Leipzig, Germany

- はじめに
- ライダーシステム、観測方法
- 解析手法
- 2004年11月の観測結果、スカイラジオメーターとの比較
- 2005年4月30日の黄砂の光学特性
- まとめと課題

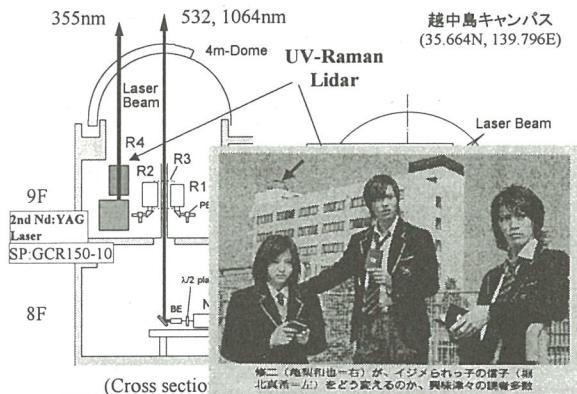


千葉大学CEReS共同利用研究発表会, Dec. 12, 2005

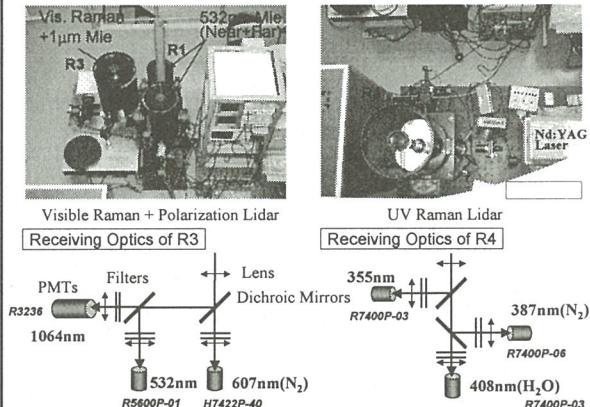
## はじめに

- 対流圏エアロゾルは太陽及び地球放射との散乱・吸収過程を通じ、放射収支に大きな影響を及ぼしていると考えられている。また、雲の凝結核として作用し、雲形成に係わると共にその性質も間接的に変化させていることが知られている。
- エアロゾルの鉛直分布はその寿命や放射影響にも差異をもたらすので、定量的な動態把握を地上観測等によって各地域的に得ることが望まれている。
- 我々は通常のミー散乱ライダーより高度な多波長ラマンライダーによって、高度分解した定量的なエアロゾルの光学特性、即ち、3波長(355, 532, 1064 nm)の後方散乱係数、2波長(355, 532 nm)の消散係数、1波長(532 nm)での偏光消度、さらに水蒸気混合比を同時に得ている。
- 今までに、黄砂及びシベリア森林火災のイベント時においてその観測の有効性を示してきた[Murayama et al. (2004) GRL]。
- ここでは、主に通常時の観測データから、ラマンライダー観測データから、高度分解した微物理量を導くことを試み、比較のためにスカイラジオメーターとの比較を行なった。

## 東京海洋大学・多波長ラマンライダーシステム



## 独立した二系統からのライダーシステムを同期運転



## ライダーの主な緒元

### Transmitter

Laser: Nd:YAG Laser × 2 (532+1064 nm and 355 nm systems)  
Wavelength/Pulse Power in operation: 355 nm(100 mJ), 532(100), 1064(200)  
Pulse Repetition rate and width: 10 Hz, 10 ns  
Beam Divergence: <0.2 mrad after ×5, ×4 expansion

### Receivers

Schmidt-Cassegrain Telescopes: 20(R1), 25(R2), 30(R3), 35.5(R4) cm in dia.  
Field of View: 3(R1), 1.5(R2), 2(R3), 1.5(R4) mrad in operation  
Detectors: Photo-multipliers (Hamamatsu)  
Channels: 532s(R1, R2), 532p(R1, R2), 532(R3), 607(R3), 1064(R3),  
355(R4), 387(R4), 408(R5)

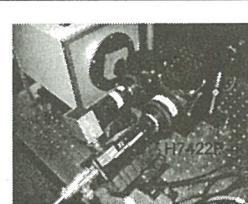
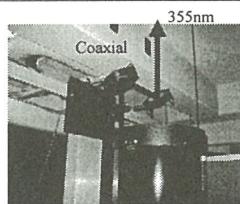
Raman ch. Trans. & Elastic Blocking factor: app. 60%, >10<sup>12</sup>

### Data Acquisition

Analog and Photon-counting for R2, R3, R4 (Litel TR20/40-160; AN 12 bits  
& PC 250 MHz × 8)  
Analog for R1 (LeCroy LT364; AN 8 bits × 1)  
Range resolution: 7.5 m for Litel, 6 m for LeCroy  
Usual time resolution (one record length): 5 min. (3,000 shots)  
"Raman ch. measurements are capable in only night time in the current system."

## 最近の改良

- UV-Raman: Biaxial to Coaxial → to obtain lower data with smaller FOV (reduction of background light)
- Quasi synchronized triggering 2nd Nd:YAG laser from the 1st laser's Q-SW → Assure more coincident measurements
- More uniform illumination of collected light on to PMT → to obtain lower data aerosol scattering ratio and w.v. mixing ratio more accurately
- Use of High Quantum Efficiency PMT for 607-nm ch.: H7422P-40 (GaAsP photocathode) QE=37%@607nm (6 times higher than multi-alkali one)



## Sky-radiometer & Sun-photometer



Left:  
Sky-radiometer (Prede POM-01)  
 $\lambda=400, 500, 670, 870, 1040\text{nm}$   
 $\tau(\lambda), dV/dlm, P(\theta), \omega(\lambda), m^*(\lambda)$   
can be retrieved with  
skyrad.pack (ver.4) code.  
Nakajima, et al., Appl. Optics, 1996  
SKYNET: <http://skyrad.edu.toyama-u.ac.jp/~kazuma/skyrad/>

Right:  
Grating Sun-photometer (Prede, PGS-100)  
 $\lambda=350-1050\text{nm}$   
 $\tau(\lambda)$

## 観測の方針

- We have operated the lidar system as frequent as possible if all the conditions are allowed.
- To compare with the aerosol optical properties sensed by Sun and sky photometers, we run the system after sunset for 2-3 hours to obtain the adequate S/N for Raman channels, i.e., the local time between 7 to 11 PM.
- It is also good to coincide with the routine radiosonde observation done at 9 PM. We use the Tateno's aerological data.
- In average, we have performed such Raman measurement once or twice per week.
- To reduce the statistical noise, we used summed signals of the observation as far as the atmospheric condition is not seriously changed.
- We also reduced the height resolution to 120 m for the analyses.

## 多波長ラマンライダー用インバージョンコード

- A code that uses inversion with regularization to derive the microphysical particle properties from lidar observations at several wavelengths has been developed by Müller et al. at IfT in Leipzig, Germany [e.g., D. Müller et al. (2005) *JGR*].
- No wavelength dependence of refractive index is assumed.
- To obtain the stable solution, we need at least 3-backscatter ( $\beta$ ) and 2-extinction ( $\alpha$ ) data.
- Now the current versions of the inversion code can be run on conventional Windows PC.
- Here we preliminary applied the code mainly for our  $3\beta + 2\alpha$  datasets obtained in 6 days in November 2004.
- Note: Raw data of total depolarization ratio (without offset correction) are less than 8 % in these days. Thus the assumption of Mie theory used in the inversion is adequate.

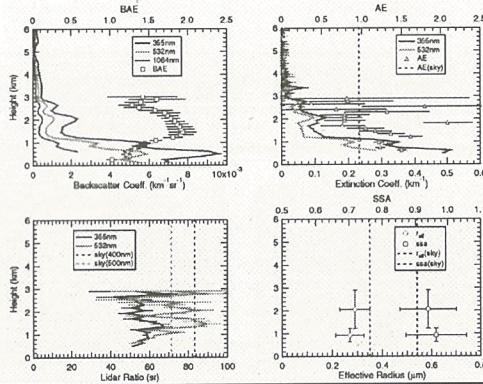
## Results in November 2004

In the following figures, we use the following notations:

- Upper Left: Backscatter coefficient at 355(purple), 532(green), 1064(red) nm and Backscatter-related Angstrom exponent (BAE, open square) between 355 and 532 nm are indicated.
- Upper Right: Extinction coefficients at 355 and 532 nm, and Angstrom exponents (AE, open triangle) derived from 355 and 532 nm extinction coefficients. The AE derived from the optical depths of 400 and 500 nm obtained by the skyradiometer in the later afternoon as possible is indicated by the vertical red dashed line.
- Bottom Left: Lidar ratios (extinction-to-backscatter ratios) at 355 and 532 nm. The values at 400 and 500 nm obtained from the skyradiometer are indicated by vertical dashed lines.
- Bottom Right: Effective radius and single scattering albedo (SSA) at 532 nm derived from the inversion code for some selected height ranges. The corresponding column-mean values obtained from the skyradiometer are also indicated by vertical dashed lines.

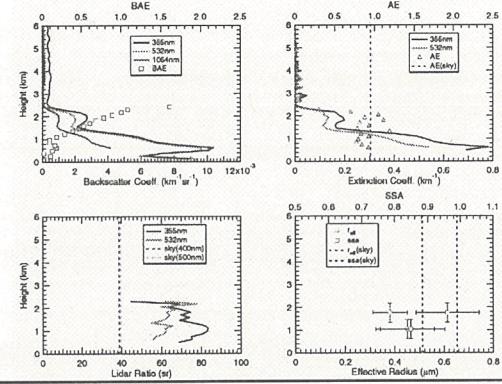
Nov. 9, 2042-2243JST, 2004

Skyradiometer: 1423JST



Nov. 10, 1833-2120JST, 2004

Skyradiometer: 1450JST



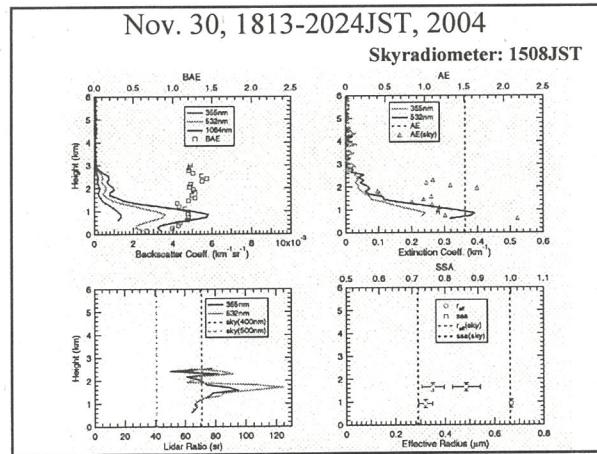
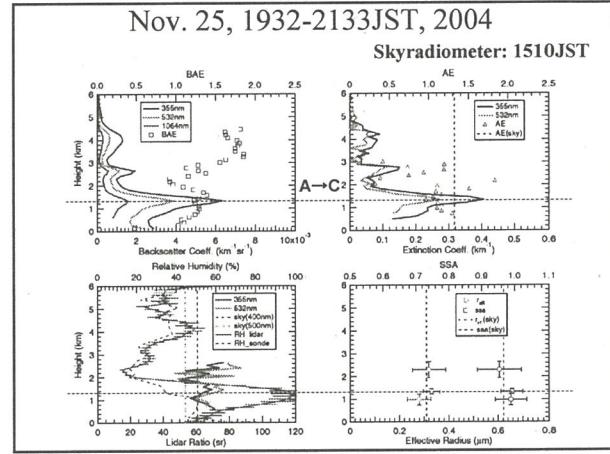
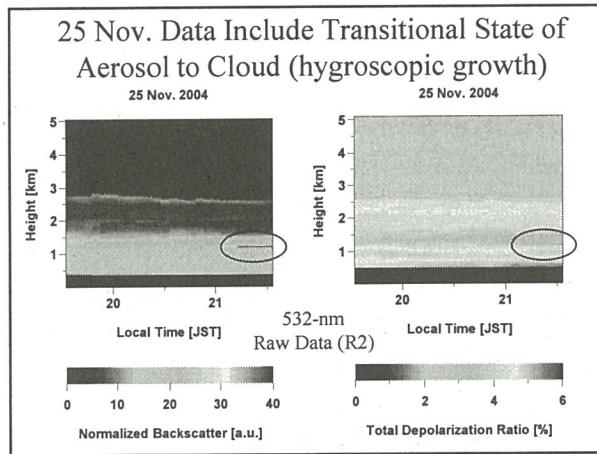
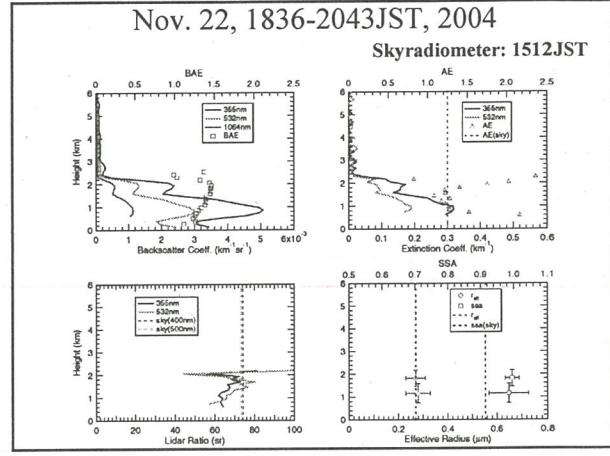
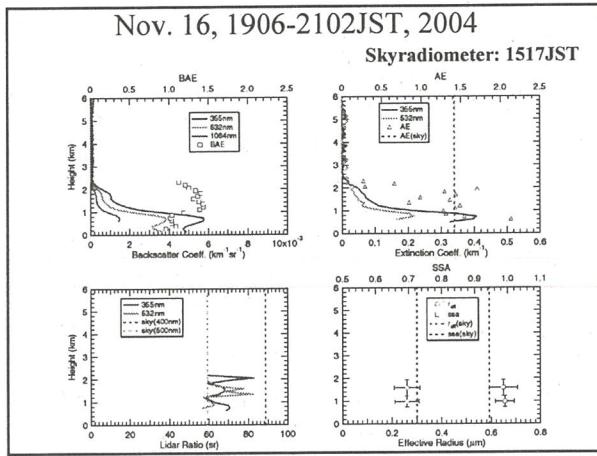
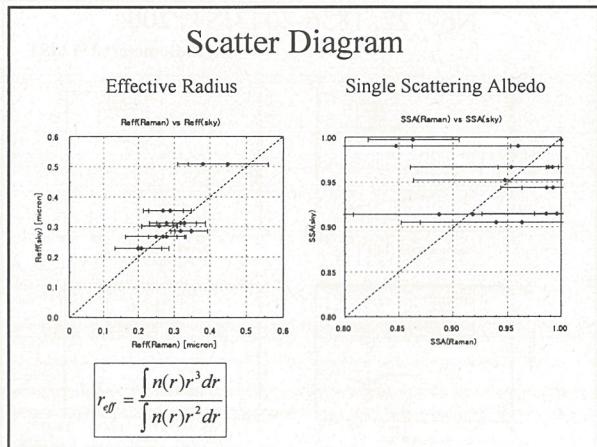


Table of Particle Parameters derived from Inversion of Optical Data

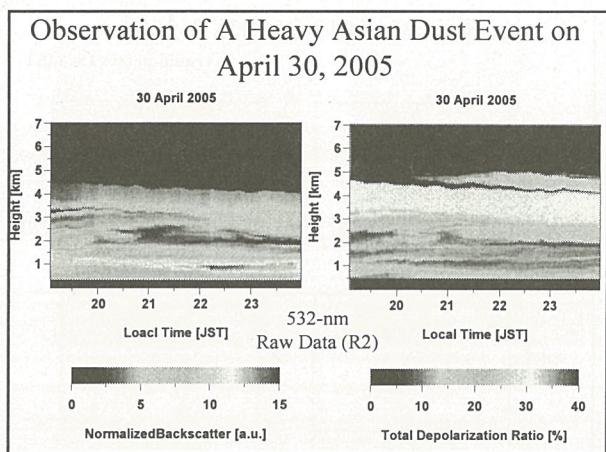
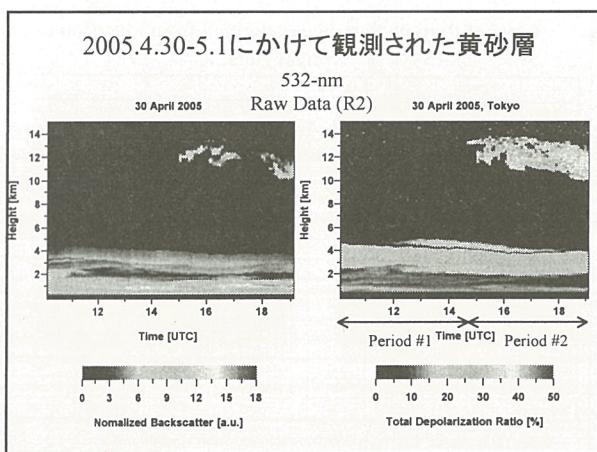
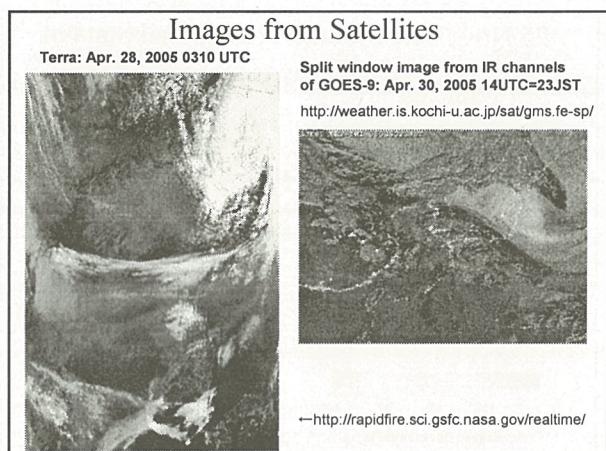
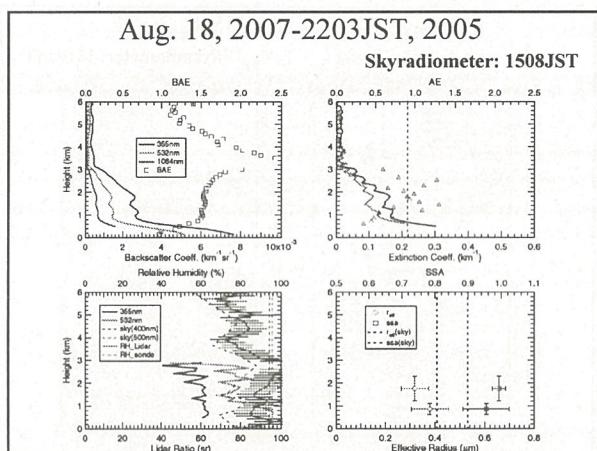
Date	Height, km	$r_{\text{eff}}$ , μm	$r_{\text{eff}}^*$ , μm	$m_i$	$m_i^*$	SSA	SSA*
03/5/21(6)	$3.195 \pm 0.18$	$0.25 \pm 0.09$	0.27	$1.52 \pm 0.07$	$0.004 \pm 0.005$	$0.95 \pm 0.08$	0.95
03/6/6(5)	$1.935 \pm 0.48$	$0.20 \pm 0.07$	0.23	$1.55 \pm 0.10$	$0.008 \pm 0.008$	$0.89 \pm 0.12$	0.91
03/6/6(5)	$2.715 \pm 0.42$	$0.21 \pm 0.08$	0.23	$1.51 \pm 0.12$	$0.006 \pm 0.008$	$0.92 \pm 0.11$	0.91
04/11/9	$0.915 \pm 0.30$	$0.27 \pm 0.06$	0.35	$1.39 \pm 0.08$	$0.002 \pm 0.006$	$0.96 \pm 0.09$	0.91
04/11/9	$2.055 \pm 0.84$	$0.29 \pm 0.06$	0.35	$1.41 \pm 0.12$	$0.005 \pm 0.011$	$0.94 \pm 0.09$	0.91
04/11/10	$1.035 \pm 0.42$	$0.45 \pm 0.11$	0.51	$1.38 \pm 0.06$	$0.008 \pm 0.010$	$0.85 \pm 0.11$	0.99
04/11/10	$1.755 \pm 0.42$	$0.38 \pm 0.07$	0.51	$1.37 \pm 0.06$	$0.003 \pm 0.009$	$0.96 \pm 0.10$	0.99
04/11/16	$0.975 \pm 0.24$	$0.26 \pm 0.05$	0.30	$1.35 \pm 0.04$	$0.001 \pm 0.002$	$0.99 \pm 0.03$	0.94
04/11/16	$1.575 \pm 0.36$	$0.26 \pm 0.05$	0.30	$1.37 \pm 0.05$	$0.001 \pm 0.004$	$0.99 \pm 0.04$	0.94
04/11/22	$1.155 \pm 0.42$	$0.28 \pm 0.05$	0.27	$1.37 \pm 0.06$	$0.001 \pm 0.004$	$0.99 \pm 0.06$	0.92
04/11/22	$1.815 \pm 0.36$	$0.27 \pm 0.04$	0.27	$1.36 \pm 0.04$	$0.000 \pm 0.002$	$1.00 \pm 0.02$	0.92
04/11/25	$0.975 \pm 0.24$	$0.28 \pm 0.05$	0.31	$1.36 \pm 0.05$	$0.001 \pm 0.004$	$0.99 \pm 0.05$	0.97
04/11/25	$1.335 \pm 0.12$	$0.33 \pm 0.03$	0.31	$1.35 \pm 0.03$	$0.000 \pm 0.001$	$0.99 \pm 0.01$	0.97
04/11/25	$2.295 \pm 0.36$	$0.32 \pm 0.07$	0.31	$1.37 \pm 0.06$	$0.003 \pm 0.007$	$0.95 \pm 0.09$	0.97
04/11/30	$0.915 \pm 0.18$	$0.32 \pm 0.03$	0.29	$1.34 \pm 0.02$	$0.00$	$1.00 \pm 0.00$	1.00
04/11/30	$1.635 \pm 0.18$	$0.35 \pm 0.05$	0.29	$1.35 \pm 0.03$	$0.003 \pm 0.003$	$0.86 \pm 0.04$	1.00

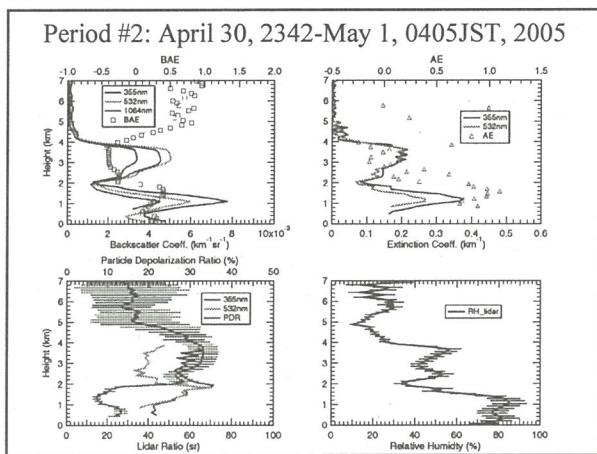
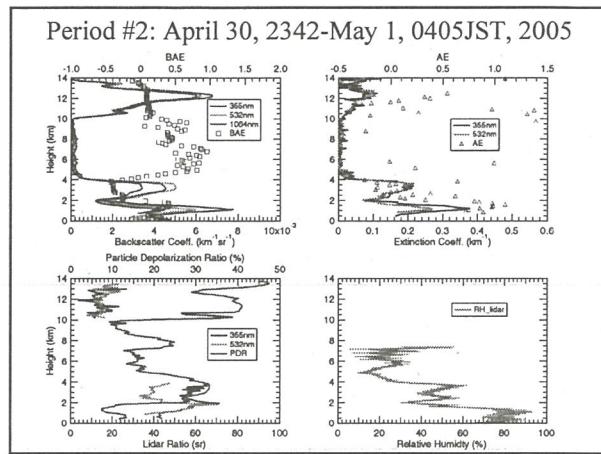
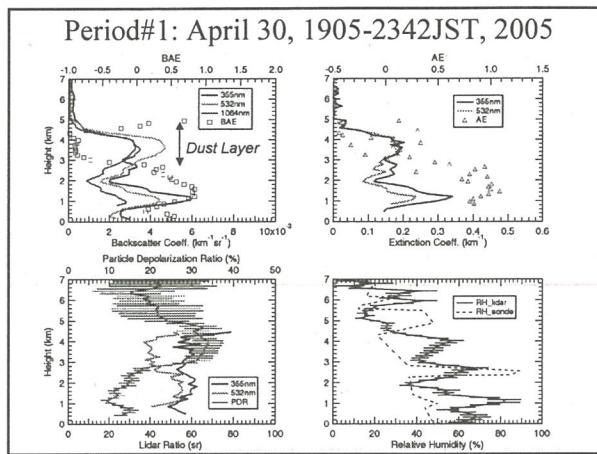
Note: (s) is smoke data;  $r_{\text{eff}}^*$ , SSA\* are derived from skyradiometer.



### Summary of Features of Optical Data and Particle Properties in November 2004

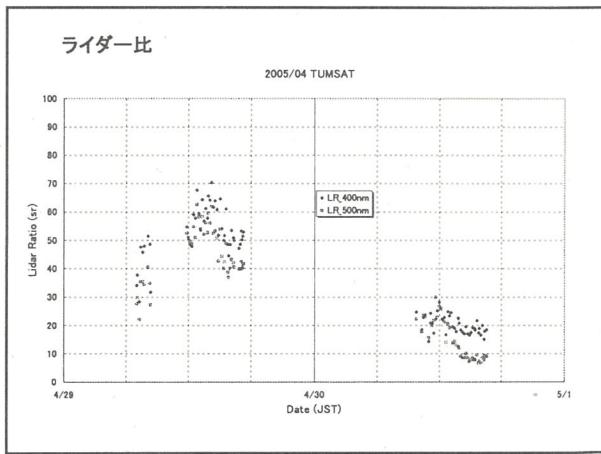
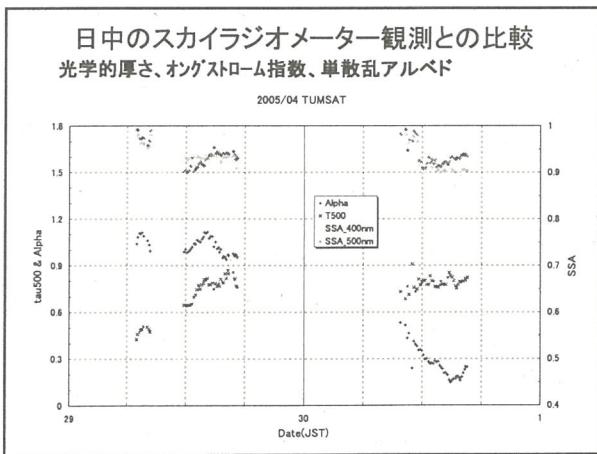
- Calculated AOD at 532nm ranges from 0.24 (Nov.16)-0.65 (Nov.10)
- Mean Angstrom exponent between 355 and 532nm ranges from 0.9 to 1.4 and the average was 1.14.
- Mean lidar ratio in the troposphere was 66.7 and 69.2 sr for 355 and 532 nm, respectively.
- Trends of the AOD, AE, effective radius and SSA roughly agree with the results from the skyradiometer (especially, AE and  $r_{\text{eff}}$ ).
- However, the lidar ratios were not well reproduced by the skyradiometer's inversion.
- Retrieved particle physical parameters shows the relatively large effective radius and refractive indices close to water-vapor value ( $m^*=1.33-0i$ );  $m_{\text{real}}$  ranges from 1.34 to 1.41. Note: In case of smoke events, we found  $m_{\text{real}}$  is about 1.5.



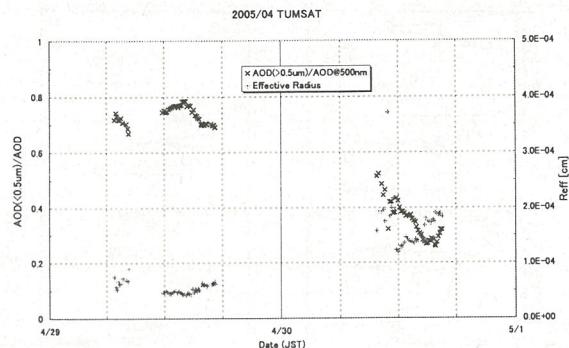


### この黄砂層の光学特性の特徴

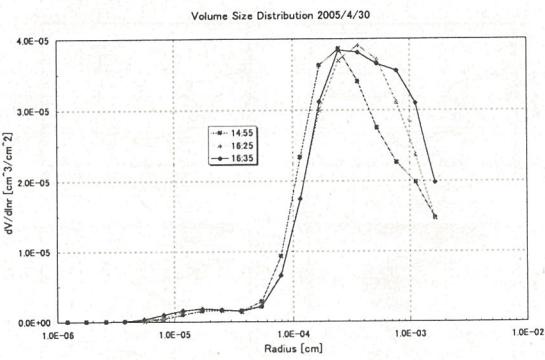
- 黄砂層では、消散係数の波長指数(オングストローム指數)が0。
- 黄砂層では、355 nmでの後方散乱係数が小さい。532 nmとの波長指数は負の値を取っている。
- 巻雲において消散係数及び後方散乱係数の波長依存性が小さい。→校正に利用可。
- 532 nmでのライダー比が黄砂層で30-40 srと小さく、355 nmの値50-60 srより明らかに小さい。⇒2 km以下のエアロゾルではどちらも50-60 sr程度の値を取っている。
- 黄砂層での粒子偏光解消度の最大値は約30 %程度。
- 黄砂層での相対湿度は30-60 %でのその下層よりも低い。
- 予備的なMüllerのインバージョンを黄砂層に適用した結果では、異常に大きな吸収( $m_i=0.03$ 程度)が得られるので、非球形性や屈折率の虚部の波長依存性が無視できないだろう。



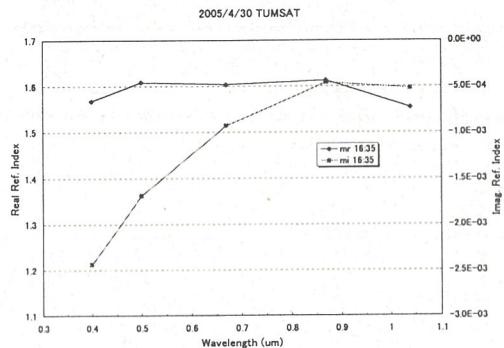
### 粒径区分別光学的厚さ、有効半径



### 粒径分布(体積表示)



### 複素屈折率



### まとめと課題

- We have performed the multi-wavelength Mie-Raman Lidar observation in routine base with moderate effort (2-3hrs after sunset).
- We analyzed the optical data in a uniform manner and applied the inversion code mainly for the data obtained in November 2004.
- We found that the lidar ratio at 532 nm was often higher than that at 355 nm. → Size effect is dominant?
- Inversed microphysical particle properties indicate that aerosol is close to water-soluble one. → Might it be caused by uptake of the ambient water vapor in the night time? Due to the local condition (near the Tokyo Bay), i.e., Maritime + Pollution aerosol?
- We have confirmed that hygroscopically growing aerosol region shows a large  $r_{\text{eff}}$  and refractive index approaches to water value ( $m_r=1.33$ ,  $m_i=0$ ) by the inversion code.
- We have obtained a reasonable agreement with the skyradiometer analyses on the effective radius.
- Distinct feature of the optical properties (spectral dependence) was observed for a heavy Asian dust event.
- Further systematic study should be done.

# マイクロ波放射計データの非静力雲解像モデルへの同化法の開発（その1）

青梨和正（気象研）

## 1. はじめに

非静力雲解像モデル(CRM)は、様々な雲物理量を予報変数として持つが、従来の観測データで、これらの情報を含むものは少ない。そこで、降水粒子やCLWC等に感度を持つマイクロ波放射計(MWR)の輝度温度(TB)データをCRMに同化することが期待される。

本研究の目標は、MWRのCRMへのデータ同化法として、非線形の時間積分モデル、観測演算子が使える、Ensemble Kalman filter(EnKF)を使ったシステムを作ることである。また、EnKFを構築するためには、CRMの水物質等の予報誤差を調べる必要がある。

今回は、WAKASA2003の事例について、CRMに初期摂動を与えたアンサンブル予報から求めた予報誤差について報告する。

## 2. 用いた方法

### 2. 1 EnKFについて

Kalman filterは、予報値 $X^f$ から、解析値 $X^a$ を以下のように求める：

$$X^a = X^f + K(Y^o - HX^f), \quad K = P^f H' (HP^f H' + R)^{-1} \quad (1)$$

但し、 $H$ は観測オペレータ、 $P^f$ 、 $R$ は予報誤差相関、観測誤差相関である。

EnKFは、 $P^f H'$ ,  $HP^f H'$ を、摂動を与えた初期値からの予報のアンサンブル出力の共分散で近似する：

$$\begin{aligned} P^f H' &= \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (X_n^f - \bar{X}_n^f) * (H(X_n^f) - H(\bar{X}_n^f)) \\ HP^f H' &= \frac{1}{N-1} \sum_{n=1}^N (H(X_n^f) - H(\bar{X}_n^f)) * (H(X_n^f) - H(\bar{X}_n^f)) \end{aligned} \quad (2)$$

### 2. 2 具体的方法

本研究では、CRMとしてJMANHM（水平分解能5km, 400x400x38層）を用いた。CRMの通常の初期値からのコントロールランの他に、初期値に摂動を加えたメンバーによるアンサンブル予報を行った。

摂動による、CRM初期場のアンバランスを最小にするため、Mitchell et al(2002)と同様の方法で、地衡風バランスした摂動を作った。まず、このために、以下のようないわゆる鉛直構造を持つ流線関数の摂動 $\phi'$ を作る：

- 1) 水平方向は、 $\rho(r) = (1+r/R) * \exp(-(r/R))$ なる相関を持つ2次元ランダムノイズである（20種類）。
- 2) 鉛直方向は $\sin(m\pi z/H)$ で表現される（m=1~5）。

次に、この $\phi'$ から地衡風、静力学平衡を満たす、風速と温位の摂動を計算した。そして、全領域積算の摂動のエネルギーが一定になるように、摂動の振幅を調節した。

EnKFの解析ステップでは：

- 1) 上記のアンサンブル予報値とその平均の差、 $X_n^f - \bar{X}_n^f$ 、及びアンサンブル予報値から計算した観測値と平均から計算した観測値の差、 $H(X_n^f) - H(\bar{X}_n^f)$ を求める。
- 2) これを（2）式に代入して、 $P^f H'$ ,  $HP^f H'$ を計算する。
- 3) 2) の結果を（1）式に代入して、アンサンブル予報値から、解析値を求める。

## 3. アンサンブル予報から求めた予報誤差

本研究では、CRMの初期値に下記の摂動を加えたメンバーによるアンサンブル予報実験を行った：

- 1) 初期摂動の振幅を変えた実験：摂動の水平方向のスケールのパラメータ R=1000km の地衡風バランスした摂動を作った（但し鉛直方向は m=3のみ）。全領域積算の摂動のエネルギー（E0）を  $10^9$ ~ $10^{11}$  Jまで5通りに変化させた。
- 2) 初期摂動のスケールを変えた実験：R=10~1000km まで5通りに変化させた地衡風バランスした摂動を作った（但し鉛直方向は m=3のみ）。E0 は  $10^{10}$  Jとした。

今回は、2003年1月28日21UTCを初期値とした29日03UTCに対するアンサンブル予報を用いて、予報誤差相関を推定した。

### 3. 1 初期摂動の振幅の影響 :

図 1 が示すように、初期摂動の振幅が大きくなると、降水予報誤差の分散が広い範囲で大きな値を示す。これは、主に、大きな振幅の初期摂動が、降水域の大規模な位置ずれを引き起こすためである。

図 2 は  $RHW = (qv + qc) / qvs$  の水平方向の予報誤差相関を示す。雲物理量の影響範囲（相関  $> 0.5$  の範囲）は、初期摂動の振幅が大きくなるにつれて、約 20 km から数十 km に増加する。一方、温位の影響範囲は、振幅に関わりなく、1000 km 以上の大きなスケールを持っていた。

### 3. 2 初期摂動のスケールの影響 :

降水予報誤差の分散は、スケールの大きな摂動に対して大きくなる傾向を示す。しかし、アンサンブルで予報される、降水域の位置の変動の大きさは、摂動のスケールにはあまり依らない（図は省略）。

雲物理量の影響範囲も、摂動のスケールとの顕著な関連性はみられなかった。一方、温位の影響範囲は、初期摂動の  $R > 300$  km ならば、1000 km 以上なのに、 $R < 100$  km 以下では数十 km となり、初期摂動のスケールに依って大きく変動している（図 3 参照）。

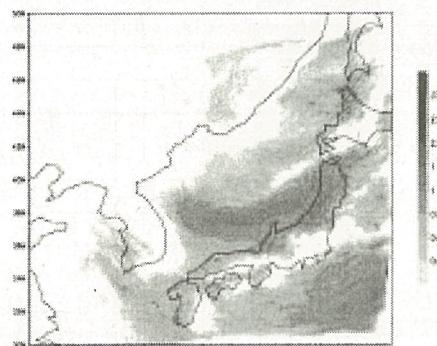
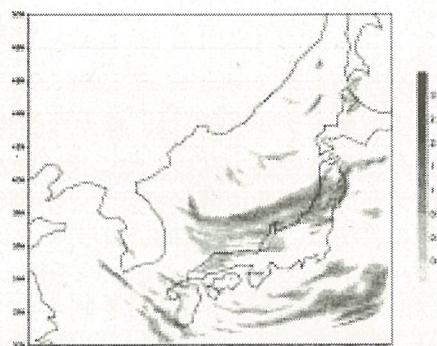


図 1 :  $E0 10^9$  (上図) と  $10^{11}$  (下図) J のアンサンブルの降水予報誤差の標準偏差( $\text{mm}/\text{h}$ )

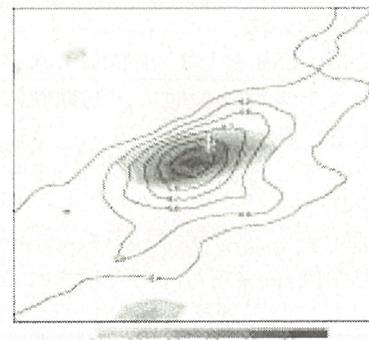


図 2 : 北緯 32.3 度東経 141.4 度高度 1460m の格子点と周囲 100km の RHW のアンサンブル予報誤差相関。Shade (実線) は  $E0$  が  $10^9$  ( $10^{11}$ ) J の実験である。

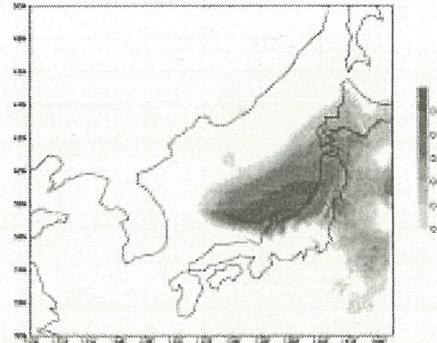


図 3 : 北緯 37.6 度東経 136.2 度高度 3310m の格子点との温位のアンサンブル予報誤差相関 ( $E0; 10^{11} J$ ,  $R=1000\text{km}$ )

## 2005年度CEReS 共同利用研究会

多波長マイクロ波放射計データを用いた水物質リトリーバルの研究：

マイクロ波放射計データの非静力雲解像モデルへの同化法の開発(序報)

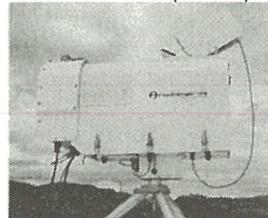
青梨和正(気象研)

担当教官 高村民雄

多波長マイクロ波放射計データを用いた水物質リトリーバルの研究

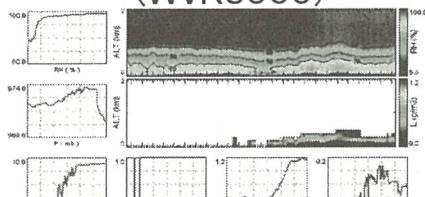


Radiometric Profiler (WVP-1500)



5周波: 22.235 23.035 23.835 26.235 30.000 GHz

## Radiometricsアルゴリズムの出力例 (WVR3000)



ニューラルネットワークを使ったアルゴリズム  
(要radio sonde data)

## 本研究の目標

MWRデータから水物質情報を取り出すため、データ同化法を利用する。

(NWPが与える、第1推定値をリトリーバルに利用する)

## データ同化の方法

CRMへの同化スキーム： Ensemble Kalman Filter

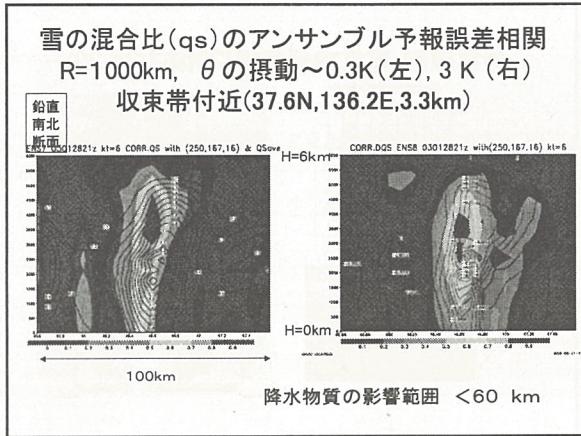
準備としてCRMの水物質等の予報誤差を調べる必要

## OUTLINE

- はじめに
- EnKFについて
- アンサンブル予報
- アンサンブル予報から求めた予報誤差
- CRMのEnKFスキームの開発状況

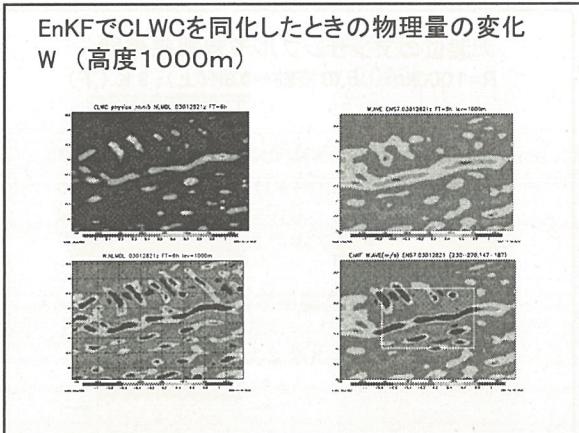
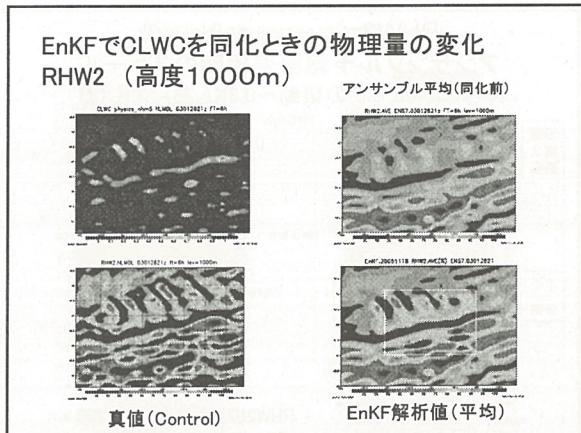
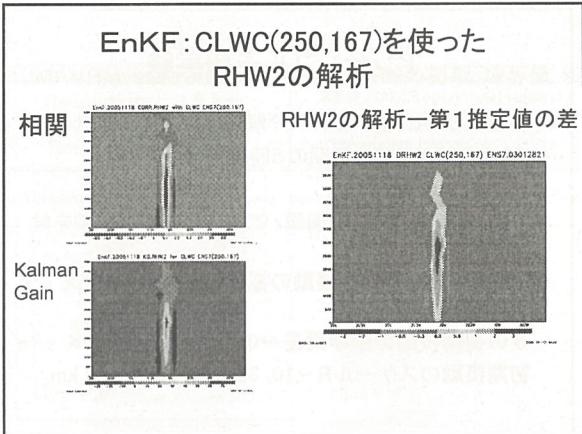
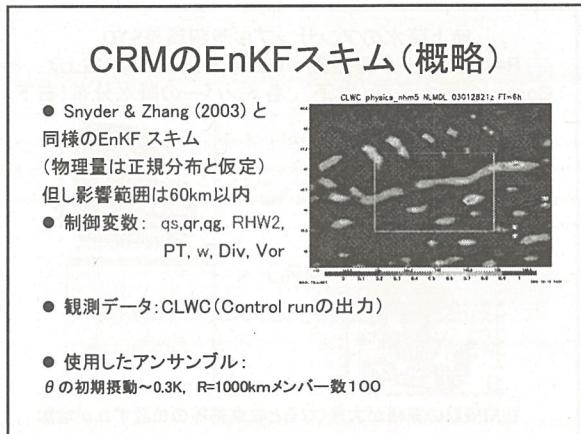
## EnKFについて

EnKFの考え方

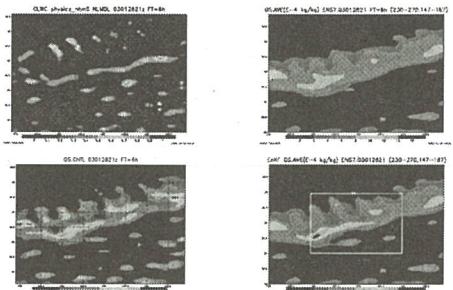


## CRMのEnKFスキムの開発状況

スキムの概略  
 Preliminary results



EnKFでCLWCを同化したときの物理量の変化  
地上付近の雪の混合比



## まとめ

- ・アンサンブル予報結果を用いて、水物質の予報誤差を求めた。
- ・CRM用のEnKF解析スキムを試作した。

## 今後の方針

- ・EnKFスキムのチェック  
予報誤差の非ガウス性の影響
- ・予報+解析の評価

終わり

# 地震に関する地図・大気圏・電離圏カップリング

鴨川仁(東京学芸大学), 服部克巳(千葉大学), 劉正彦(台湾・国立中央大学)

## 1 地震に関する大気圏・電離圏擾乱

地震に関する電磁気現象は、地電流、超低周波電磁波などの地上観測だけに現れる現象だけでなく、電離圏擾乱などの現象も報告されている。後者については1970年代から指摘され始め、ロシアを中心に数多くの観測報告がある。特にGufeldら(1992)は、VLF帯電磁波の電離圏一大地導波管内の伝搬観測から下部電離層の状態を調べた。その後、この方法を用いて、ロシア、日本、イタリアが積極的に観測を行い、LF帯でも同様な観測が行われるようになった。その後、1995年ごろから同様な電波伝搬観測を用いた方法で、VHF帯電磁波においても地震前の異常伝搬が見られると指摘があった。現在では日本を中心にこの周波数帯を使い地震の前兆変化を目的とした電波伝搬観測を進めている。一方、Liu et al.はイオノゾンデ(Liu et al., 2000)やGPS-TEC(Liu et al., 2001)を使って、台湾で生じるM5以上の地震について調べたところ、台湾上空のF層の電子密度が地震前減少することを指摘し、最近では統計的な結果も得れている(Liu et al., 2005)。さらに、我々は大気圏にも地震前に擾乱があることを統計的に示している(Fujiwara et al., 2004)。最近ではこのような統計的結果も増えてきた。

## 2 発生メカニズム

もし、以上の大気・電離圏擾乱が地震の本震前の“なにか”によって起こされているのであれば、いくつかの地上観測で“なにか”的異常を捉えられるべきだと考えられる。そして発生メカニズムは数多く提案されている(図1)。まずは、地上に大気電場が発生しそれが電離圏に及んでいると考え方がある。しかし震央から数十キロ離れた範囲ではLiu et al. (2000)の結果を説明するような大気電場変動は見あたらないという観測結果も我々は得ている(Kamogawa et al., 2004)。またこれらの大気電場の発生原因は、本震前のラドン放出や、正の電荷を帯びた格子欠陥が、地震活動前の微小破壊によって励起され地上まで拡散してくるという考え方などがある。

一方、地震前、大気重力波が地表から電離圏に伝達しているのではないかという観測結果の解釈やモデル計算もある。実際これらのインフラソニック波、大気重力波の励起を観測で捉えたという主張はあるが、検証にはもう少し時間がかかると思われる。この大気重力波の励起起源として主張されているものは、地震前の地表面の長周期振動や熱源の発生である。前者は、地表面のわずかな上下変動が電離圏では大きく大気が変化するという事実が基礎になっており、実際に地震時の変化を電離圏で捉えたという論文は、数多くある。しかし、長周期の地表面の変動を高感度で捉えることのできる超伝導重力計による観測では、前兆的な変動が見られたという報告は今のところない。後者については、地震前の地表面の局所的な温度上昇や赤外線放射など観測例はあるがこれらが電離圏擾乱の起源にはならないであろうという数多くの指摘がある。

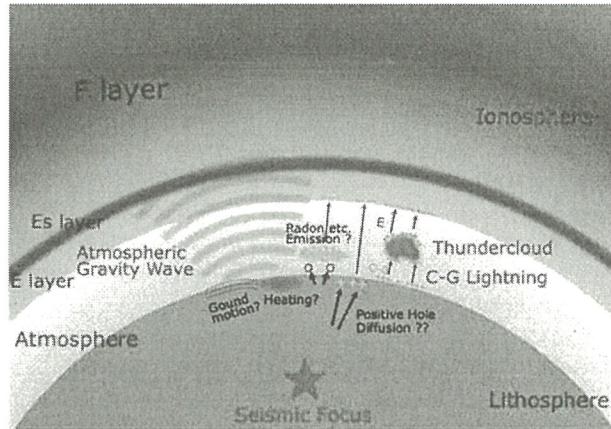


図1 地震に関する大気圏・電離圏擾乱の発生メカニズム

## 3まとめ

最近の研究では地震に関する大気圏・電離圏擾乱の存在を統計的に支持しつつある。それゆえ、メカニズムの研究も含め今後さらに研究を発展させる必要がある。

## 参考文献

- Fujiwara, H., M. Kamogawa, M. Ikeda, J. Y. Liu, H. Sakata, Y. I. Chen, H. Ofuruton, S. Muramatsu, Y. J. Chuo, and Y. H. Ohtsuki, Atmospheric anomalies observed during earthquake occurrences, *Geophys. Res. Lett.*, **31**, L17110, doi:10.1029/2004GL019865, 2004.  
Gufeld, I. L., A. A. Rozhnoi, S. N. Tyumensev, S. V. Sherstuk, and V. S. Yampolsky, Radiowave disturbances in period to Rudber and Rachinsk earthquakes, *Phys. Solid Earth*, **28**, 267–270, 1992.  
Kamogawa, M., J. Y. Liu, H. Fujiwara, Y. J. Chuo, Y. B. Tsai, K. Hattori, T. Nagao, S. Uyeda, and Y. H. Ohtsuki, Atmospheric Field Variations before the March 31, 2002 M6.8 Earthquake in Taiwan, *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, **15**, 445–461, 2004.  
Liu, J. Y., Y. I. Chen, S. A. Pulinets, Y. B. Tsai, and Y. J. Chuo, Seismo-ionospheric signatures prior to  $M \geq 6.0$  Taiwan earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, **27**, 3113–3116, 2000.  
Liu, J. Y., Y. I. Chen, Y. J. Chuo, and H. F. Tsai, Variations of ionospheric total electron content during the Chi-Chi earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, **28**, 1383–1386, 2001.  
Liu, J. Y., Y. I. Chen, Y. J. Chuo, and C. S. Chen, A statistical investigation of pre-earthquake ionospheric anomaly, *J. Geophys. Res.* (in press), 2005.

# 反射率バンド比及び陸域エアロゾルの光学的厚さ 推定におけるエアロゾルモデルの影響について

金沢工業大学 川田 剛之、梅木拓也

## 研究概要

Kaufman et al. (1997)<sup>1)</sup> は植生域や都市域の可視反射率と短波長赤外反射率との間に経験的ではあるが、一定の相関比が成立し、この反射率相関比を用いることにより、陸域のエアロゾルの光学的パラメータ推定可能となることを示した。こでは彼らの方法を用いて、金沢市周辺地域を対象にして陸域反射率のバンド比とエアロゾルの光学的厚さ推定におけるエアロゾルモデルの影響について調べた結果について以下の中間報告をする。

## 1. 金沢地方における秋季の可視バンドと赤外バンドの反射率比計算

本研究では、日本を撮影した秋季の MODIS 画像データ(撮影日: 2003 年 10 月 9 日、10 月 20 日、10 月 25 日、10 月 27 日、11 月 1 日)を用いて以下の手順で、金沢地方における秋季の可視バンドと赤外バンドの反射率比の計算を実施した。MOSIS データセットの内、地上分解能 1km の可視域 2 バンド、即ち青色バンド 3(中心波長: 0.47μm, バンド幅: ±0.01μm) と赤色バンド 1(中心波長: 0.65μm, バンド幅: ±0.01μm) を選び、エアロゾルによる大気散乱効果を無視可能な短波長赤外域のバンド 7(中心波長: 2.13μm, バンド幅: ±0.025μm) を用いて解析した。

(1) まず、バンド 7 画像データに大気分子による散乱・吸収効果と水蒸気による吸収効果の補正<sup>2)</sup>を実施してバンド 7 における地表反射率画像データを計算した。大気分子の光学的パラメータ値は MODTRAN コード<sup>3)</sup>の値を採用した。(2) スペクトル空間において最尤法により画像を植生域、都市域、雲と雪、海域、その他の 5 つのカテゴリにクラス分類した。(3) 衛星同期のスカイラジオメータ(Prede 製、POM-01)による天空観測データから得られる大気エアロゾルの光学的厚さを利用して、バンド 3(青)とバンド 1(赤)の MODIS 画像データに大気効果補正<sup>4)</sup>を実施して、これら 2 バンドにおける天空観測サイト周辺画素の地表反射率を計算した。(4) 天空観測サイトの周辺画素の分類結果を参照して植生クラス、都市クラス、その他クラスのバンド 3 とバンド 7(赤外)の反射率比 R3/R7 及びバンド 1 とバンド 7 の反射率比 R1/R7 を計算した。ここで、R1, R3, R7 はそれぞれバンド 1, 3, 7 の地表反射率である。本計算においては、エアロゾル粒子の複素屈折率は  $m=1.50-i0.005$  を仮定した。考慮したサイズ分布モデルは Continental モデル、Maritime モデル、海岸型の Haze M、及び Junge モデルである。この内、Junge モデルとしては、6 個の異なるパラメータ値  $v=2.0, v=3.0, v=3.5, v=4.0, v=5.0, v=6.0$  について考慮した。

## 2. エアロゾルの光学的厚さの推定結果のエアロゾルモデルによる影響

前述の 9 種類のエアロゾルモデル毎に、MOSIS 画像データより求めた日本における植生クラス、都市クラス、その他クラスに対する可視と赤外の反射率比を計算し、この値と金沢地域を撮

影した MODIS 画像データを用いて、天空観測を実施した周辺上空のエアロゾルの光学的厚さの推定値を同期天空観測データ値より求めたエアロゾルの光学的厚さとの比較を実施した。

考慮したエアロゾルモデルの内、良好な結果を得たのは、Continental モデルと Junge モデルの  $v=3.5$  と  $v=4.0$  の場合だけであった。Maritime モデル、Haze M モデル、Junge モデルの  $v<3.0$  と  $v>5.0$  に関しては、推定エアロゾルの光学的厚さは同期観測に基づくエアロゾルの光学的厚さとかなり異なっていた。この解析結果は秋季のエアロゾルのサイズは小粒径のものが卓越していることを示唆している。

エアロゾルの光学的厚さの推定結果が良好であった Continental モデルと Junge モデルの  $v=3.5$  及び  $v=4.0$  から得られる植生クラスのバンド比は  $0.460 < R3/R7 < 0.470$  と  $0.571 < R1/R7 < 0.586$  の範囲にあることを得た。

#### 参考文献

1. Kaufman, Y., et al., The MODIS 2.1mm Channel-Correction with Visible Reflectance for Use in Remote Sensing of Aerosol, IEEE Trans. GRS, vol.35, no.5, pp.1286-1298, 1997.
2. Kaufman, Y., and Gao, B.C., Remote sensing of water vapor in the near IR from EOS/MODIS, IEEE Trans. GRS, vol.30, no.5, pp.871-884, 1992.
3. Berk, A., Bernstein, L.S., and Roberton, D.C., MODTRAN: A Moderate Resolution Model for LOWTRAN7, GL-TR-89-0122, G.L., USA, 1989.
4. Kawata, Y., Mouri, K., and Izumiya, T., New estimation algorithm of aerosol optical thickness from space remote sensing data and its validation, Adv. Space Res., vol.25, no.5, pp.1007-1013, 2000.

## 反射率バンド比及び陸域エアロゾルの光学的厚さ推定におけるエアロゾルモデルの影響

金沢工大 川田剛之、梅木拓也

### 概要

1. 金沢での大気観測(2003年10月~2004年4月)
2. MODISデータ(2003年、秋の5シーン)の解析
3. 異なるエアロゾル・モデル毎に反射率バンド比とエアロゾルの光学的厚さを推定

(Maritime Model, Continental Model, Haze M, Junge Models)

## 金沢での大気観測結果

- 観測機器: POM-1
- 観測波長: 7channels  
( $0.315\mu m, 0.4\mu m, 0.5\mu m, 0.67\mu m, 0.87\mu m, 0.94\mu m, 1.04\mu m$ )
- 観測場所: 金沢工業大学  
( $N36.5^\circ, E136.6^\circ$ )
- 観測期間:  
2003年10月~2004年4月



図2. 2003年10月~4月における $\tau(500)$ の月日変動

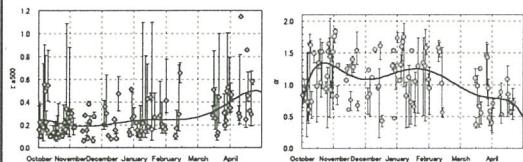


図3. 2003年10月~4月における $\alpha$ の月日変動

図2から、10月~2月(冬型)はエアロゾルの光学的厚さが薄く、春先(4月)にかけて徐々に厚くなっている。  
図3から、10月~2月(冬型)に小粒子が飛来し、4月には大粒子が飛来している。

## 使用したMODIS画像データ

- 5シーン
- 2003年10月 9日
  - 2003年10月 20日
  - 2003年10月 25日
  - 2003年10月 27日
  - 2003年11月 1日
- 選定条件:
- 1)衛星が金沢上空をした際に、衛星同期地上観測を実地している。
  - 2)目視で金沢上空に雲が存在していない。

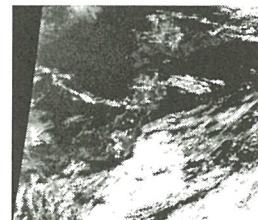


図5. 2003年10月20日の日本全体

### 3. 赤外域(Band7)の地表面反射率

領域	陸域 (Vegetation, Urban, other)
波長	Band7( $2.1\mu m$ )
大気モデル	中緯度冬型 (Mid-latitude winner)
地表モデル	Lambert面
吸収(水蒸気量)	画像上から大気水蒸気量を推定 Split Window法・Chester et al. (1983)
分子の光学的厚さ	MODTRAN4から計算



R2.1(Band7)の地表面反射率

### 4. 可視域(Band1, Band3)の地表面反射率を求める

- 1)地上観測のエアロゾルの光学的厚さ $\tau$ を用いる。
- 2)可視域の分子パラメータはMODTRAN4から算出する。
- 3)理論的輝度値のテーブル(LUT)作成

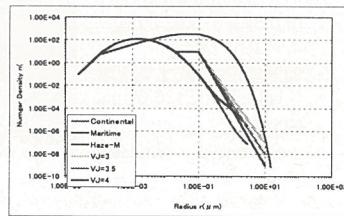
表1.地上観測から得たエアロゾルの光学的厚さ $\tau$

月日	Band1	Band3
10月 9日	0.093904	0.155271
10月 20日	0.061509	0.100853
10月 25日	0.103856	0.15364
10月 27日	0.096375	0.161975
11月 1日	0.187161	0.320232

### 理論的輝度値のテーブル(LUT)作成

領域: 陸域 ( Vegetation, Urban, other ), 波長: Band1(0.65 μm)・Band3(0.47 μm)  
 大気モデル: 中緯度冬型( Mid-latitude winter ), 地表モデル: Lambert面  
 分子の光学的厚さ MODTRAN4から計算、エアロゾルの光学的厚さ: 0~1.0の0.1刻み( 11道 )  
 複素屈折率・実部  $m=1.5\sim 0.0051$   
 エアロゾルモデル: Maritime Model, Continental Model, Haze Model, Junge Model with  $v=2.0, 3.0, 3.5, 4.0, 5.0, 6.0$   
 地表面反射率: 0~1.0の0.1刻み( 11通り )  
 角度: 太陽天頂角: 33度  
 観測天頂角: 33度  
 方位角差: 37度

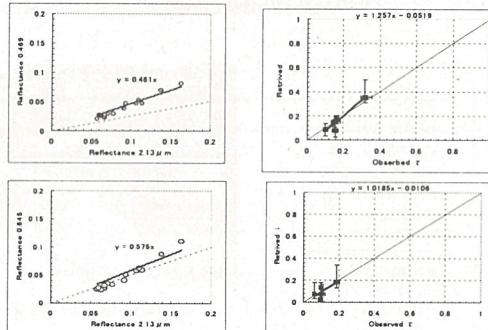
LUT -> 大気補正-->  
 R<sub>0.47</sub> and R<sub>0.65</sub>



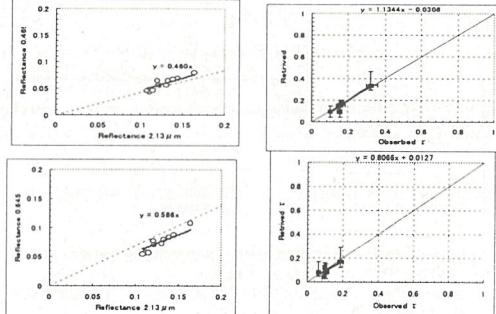
### 可視と赤外の反射率バンド比の算出と エアロゾルの光学的厚さの推定

- 考慮するエアロゾルモデル毎に以下の計算を実施する。
- Band1(0.65 μm)・Band3(0.47 μm)の地表面反射率と Band7(2.1 μm)の反射率から反射率の可視と赤外バンド比が算出可能。MODIS画像のスペクトル分類図から対応する3クラス(Vegetation, Urban, Other)の反射バンド比を計算する。
- 算出した反射率バンド比を用いてエアロゾルの光学的厚さを推定し、大気観測データで検証する。検証は(金沢工業大学)周辺の5km × 5km(25ピクセル)を使用する。

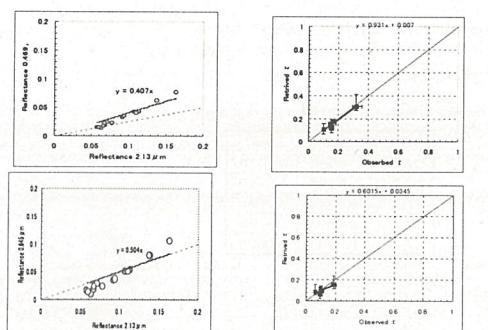
### Continental Model



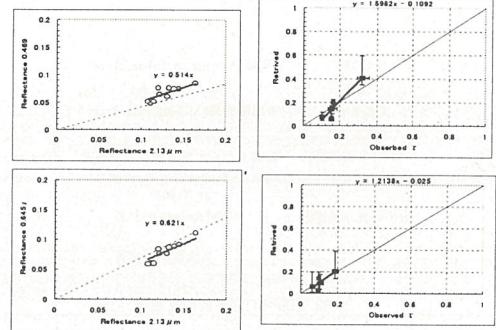
### Junge Model with v=4.0

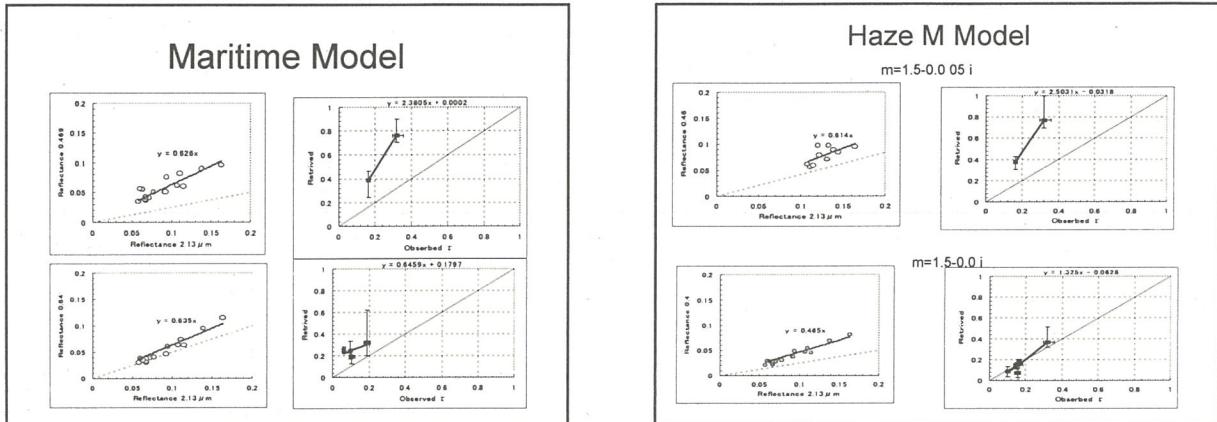


### Junge Model with v=5.0



### Junge Model with v=3.0





### まとめ

- エアロゾルの光学的厚さの推定結果の妥当なモデルはJunge Model with  $3.5 < v < 4.0$ とContinental Modelであった。
- 植生の反射率バンド比
  - $0.460 < R_{0.47}/R_{2.1} < 0.470$
  - $0.571 < R_{0.65}/R_{2.1} < 0.586$
- Maritime Model, Haze M Model やJunge Model with  $v < 0.3$  or  $v > 4.0$ は秋季における妥当なエアロゾルモデルではないと思われる。



## 広角高精度望遠鏡を利用した 大気透過率計測手法の開発

佐々木 真人<sup>a</sup>, 浅岡 陽一<sup>a</sup>, 野田 浩司<sup>a</sup>, 甲賀 郁絵<sup>b</sup>, 深川 俊介<sup>b</sup>, 久世 宏明<sup>b</sup>  
<sup>a</sup>東京大学 宇宙線研究所, <sup>b</sup>千葉大学 環境リモートセンシング研究センター

### Abstract

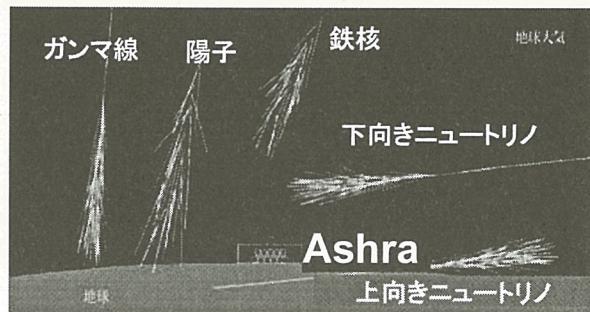
Ashra (All-sky Survey High Resolution Air-shower) 望遠鏡計画は、宇宙線の起源と伝播の解明を目指し、超高エネルギー宇宙線の全天監視を行うプロジェクトである。Ashra望遠鏡では、超高エネルギー粒子の二次粒子群が、空気分子と反応して放出する蛍光とチレンコフ光を観測する。このとき、大気エアロゾルの影響を受けるため、大気透過率を正確にモニタリングすることが必要となる。本研究では、バイ斯塔ティックライダーおよび、イメージングライダー観測における大気透過率計測手法について考える。

## 1. All-sky Survey High Resolution Air-shower detector (Ashra)

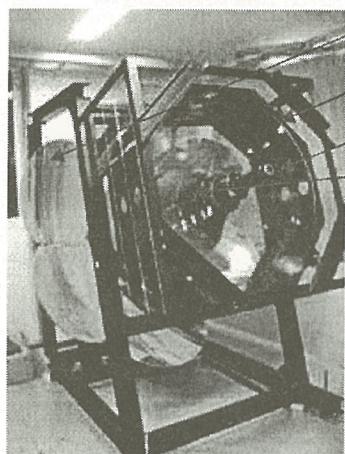
東京大学宇宙線研究所が主導する宇宙線実験。

宇宙から降り注ぐ粒子(宇宙線)と地球大気の反応によって生じる、蛍光とチレンコフ光の撮像を狙う。

高エネルギー天体で起こっている様々な現象の解明が期待される。



宇宙線と大気の反応の様子



Ashra望遠鏡

7枚の球面鏡

3枚の補正レンズ

光電撮像パイプライン

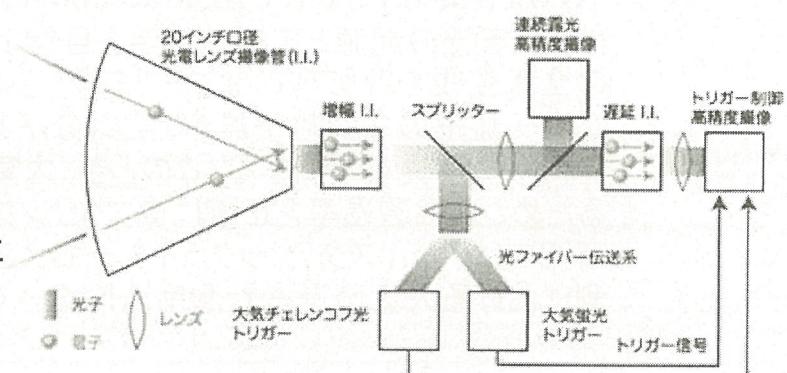
大口径UVイメージインテンシファイア

Ashraの特長:

- 1台の望遠鏡で、直径42度の超広視野  
→ 全天を網羅する監視観測
- 宇宙線実験として画期的な、分角の高解像度  
→ 宇宙線の到来方向の決定精度が向上
- 光電撮像パイプラインのインテリジェントトリガーによる、蛍光・チレンコフ光の同時観測  
→ 多種の宇宙線を使った、天体の多角的な理解

インテリジェントトリガー(右図)とは:

宇宙線が来たかどうかを判断し、来た領域に対してのみ撮像命令(トリガー)を送るしくみ。バックグラウンドノイズによる信号の劣化を防ぐことができる。



Ashra web page :

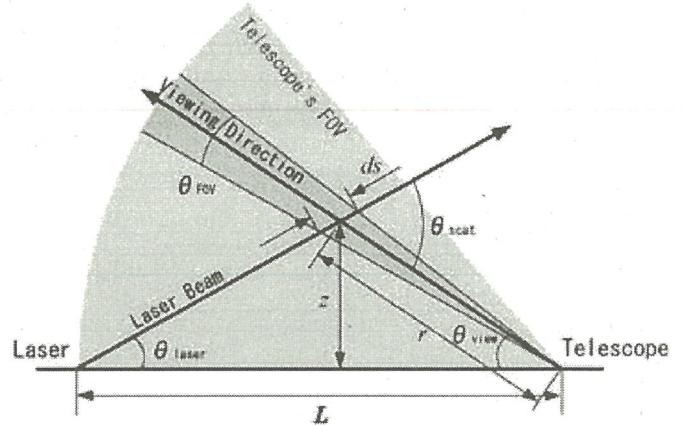
<http://www.icrr.u-tokyo.ac.jp/~ashra/>

光電撮像パイプライン模式図

## 2. Lidar equation for bistatic measurement

$$P = P_0 K \frac{A}{r^2} ds \beta(\theta_{\text{scat}}) T_t T_r \quad \left\{ \begin{array}{l} \beta(\theta_{\text{scat}}) = \alpha_a f_a(\theta_{\text{scat}}) + \alpha_m f_m(\theta_{\text{scat}}) \\ ds = \frac{r \theta_{\text{FOV}}}{\sin(\theta_{\text{scat}})} \end{array} \right.$$

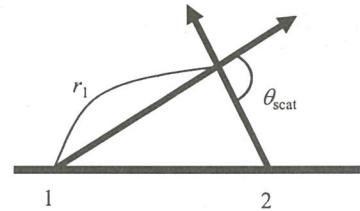
$P$	Received power [W]
$P_0$	Emitted laser power [W]
$K$	Efficiency of the receiving optics
$A$	Area of telescope's mirror [ $\text{m}^2$ ]
$r$	Distance between the target and the telescope [m]
$ds$	Portion of the laser beam path subtended by the FOV for a single pixel of the image sensor [m]
$\beta$	Side scattering coefficient [ $\text{m}^{-1}\text{sr}^{-1}$ ]
$\alpha$	Extinction coefficient [ $\text{m}^{-1}$ ]
$\theta_{\text{FOV}}$	FOV for a single pixel [deg]
$\theta_{\text{scat}}$	Scattering angle [deg]
$f$	Phase function
$T$	Transmittance
Suffix	'a': aerosol, 'm': aerosol



## 3. Coupled equations

Signal & laser @ site 1

$$P_{11} = P_0^{(1)} K^{(1)} \frac{A_1}{r_1^2} dr_1 \beta(\pi) T_1^2$$



Signal & laser @ site 2

$$P_{22} = P_0^{(2)} K^{(2)} \frac{A_2}{r_2^2} dr_2 \beta(\pi) T_2^2$$

Signal @ site 1 (laser @ site 2)

$$P_{12} = P_0^{(2)} K^{(1)} \frac{A_1}{r_1^2} ds_1 \beta(\theta_{\text{scat}}) T_1 T_2$$

$$ds_1 = \frac{r_1 \theta_{\text{FOV}}^{(1)}}{\sin \theta_{\text{scat}}}$$

Signal @ site 2 (laser @ site 1)

$$P_{21} = P_0^{(1)} K^{(2)} \frac{A_2}{r_2^2} ds_2 \beta(\theta_{\text{scat}}) T_1 T_2$$

$$ds_2 = \frac{r_2 \theta_{\text{FOV}}^{(2)}}{\sin \theta_{\text{scat}}}$$

## 4. Solution of the coupled equations

$$\left\{ \begin{array}{l} Q_{11} = \beta(\pi) T_1^2 \\ Q_{22} = \beta(\pi) T_2^2 \\ Q_{12} = Q_{21} = \beta(\theta_{\text{scat}}) T_1 T_2 \end{array} \right.$$

$\beta(\pi)$ : backscattering coefficient

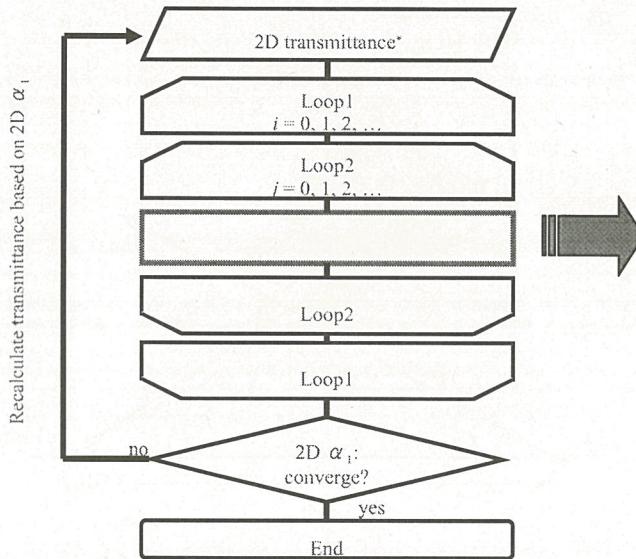


$$\frac{\beta(\pi)}{\beta(\theta_{\text{scat}})} = \frac{(Q_{11} Q_{22})^{1/2}}{Q_{12}}, \quad T_2^2 = \frac{Q_{22}}{Q_{11}} T_1^2$$

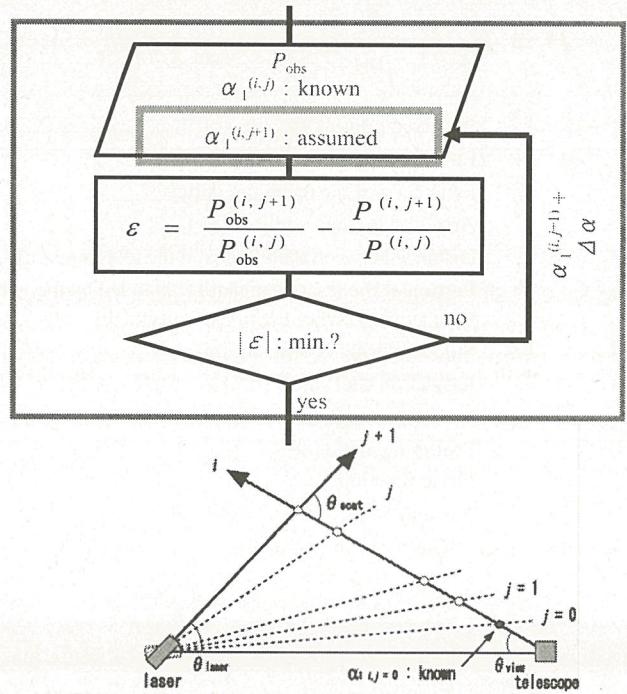
... General solution for non-homogeneous atmosphere

## 5. Inversion algorithm

Two-dimensional distribution of the extinction coefficient is derived based on the iterative algorithm shown below:

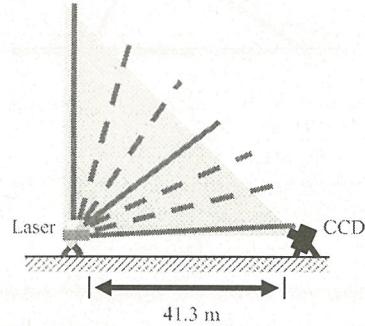


\* Transmittance is assumed to be unity in the first calculation.



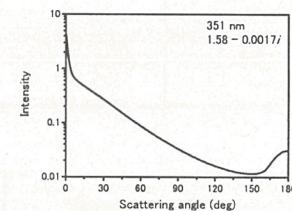
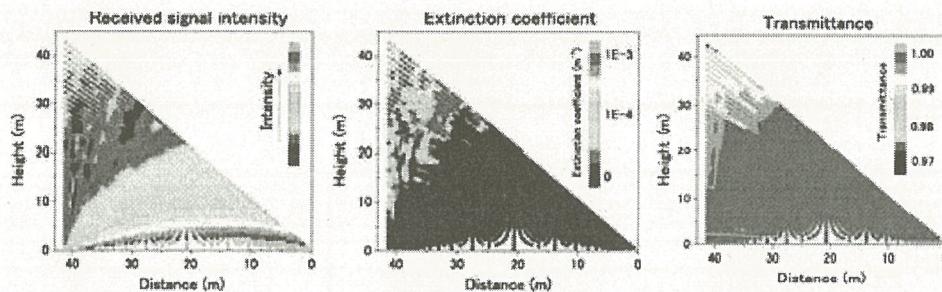
## 6. Simulation experiment

Preliminary experiment was conducted simulating the bistatic configuration with Ashra telescope.



Laser	
Type	Nd:YAG 532 nm
Repetition rate	10 Hz
Power	30 mJ
Cooled CCD	
Number of pixels	765 × 510 ≈ 0.4 Mpixels
FOV	46 deg for 765 pixels
Q.E.	0.65 @ 532 nm
A/D converter	16 bit

## 7. Result of inversion



Phase function calculated from the OPC data obtained simultaneously with the bistatic lidar measurements.

Distribution of the received signal intensity, that of extinction coefficient and that of transmittance. Extinction coefficient and transmittance are derived based on the algorithm described in Sec. 5.

# 噴煙・黄砂と地表状態の映像観測における諸問題

木下紀正<sup>1</sup>・飯野直子<sup>2</sup>・菊川浩行<sup>3</sup>・永松哲郎<sup>3</sup>・金柿主税<sup>4</sup>・福澄孝博<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 鹿児島大学地域共同研究センター

<sup>2</sup> 鹿児島大学工学部

<sup>3</sup> 鹿児島大学水産学部

<sup>4</sup> 鹿児島大学教育学部研究協力員・熊本県御所浦北中

<sup>5</sup> 鹿児島県十島村中之島天文台

## 概要

鹿児島大学黄砂研究グループでは、北東アジアにおける地上と衛星からの黄砂共同観測を中国長春の東北師範大学環境科学院とモンゴル気象水文研究所の研究者と協力して進めている。2004年までの結果は、Proc. CEReS Symp., Feb. 2005, 136-141 などで報告した。2005年春季も長春・ウランバートル・ゴビ砂漠南部のデータが得られた。<http://esr.mech.kagoshima-u.ac.jp/adust/ad2005/ad05-top.htm> で概要を公開し、3rd Sandstorm Workshop, Huhhot, 2005 で解析結果の速報を行った。薄い黄砂状態と曇天の区別の方法は、現地情報を踏まえ更に検討を要する。

昼夜を通しての1時間毎のデータから夜の分をファイルサイズで区別して分離するには、ストロボOFFにする必要がある。また、膨大な画像データの管理ではファイル名に年月日時を用い、分秒は省略しているが、それにはデジタルカメラ内蔵時計の遅進も考慮して毎正時を数分程度過ぎるよう撮影時刻の設定をすべきである。自動観測を効率的に行うには、これらの点を含めた詳細正確な初期設定が重要である。ノア画像受信が不調な時の代替データの利用も今後考えたい。

なお、上記2005年黄砂のサイトでは3年ぶりの11月黄砂の随時撮影結果などを公開している。

鹿大噴煙研究グループでは桜島噴煙の多点観測に加え、薩摩硫黄島火山の島内3kmからのウェブカメラ自動観測と諏訪之瀬島火山の北東25kmの中之島からのネットワークカメラ自動観測を近赤外モードで行っている。2005年8月からは、近赤外カメラによる随時撮影によって、活潑な諏訪之瀬島噴火に対応している。また、フィリピン火山地震研究所と共同でマヨン火山の可視・近赤外自動観測も行っている。これらは火山噴煙の映像データベース <http://arist.edu.kagoshima-u.ac.jp/volc/> で公開している。火山噴煙の近赤外観測の方法と利点は Proc. CEReS Symp., Dec. 2003, 187-196 にまとめた。

噴煙遠望観測だけでなく、近赤外撮影は航空機からの広域撮影・山頂展望撮影・地表の植生状態把握などに非常に有効な場合が多い。地表の広域画像は、SiPSEによる可視・近赤外の3D衛星画像と対比される。しかし、混合層内外の大気エアロゾル状態によって、近赤外撮影の威力がそれほど発揮されない場合がある。大気エアロゾル状態と近赤外撮影の有効性についての理論的実践的検討を進める必要がある。

千葉大学環境リモートセンシング研究センター共同利用研究発表会、2005.12.12

## 噴煙・黄砂と地表状態の映像観測における諸問題

木下紀正<sup>1</sup>・飯野直子<sup>2</sup>・菊川浩行<sup>3</sup>・永松哲郎<sup>3</sup>・  
金柿主税<sup>4</sup>・福澄孝博<sup>5</sup>

1 鹿児島大学地域共同研究センター

2 鹿児島大学工学部

3 鹿児島大学水産学部

4 鹿児島大学教育学部研究協力員・熊本県御所浦北中

5 鹿児島県十島村中之島天文台

## 北東アジアにおける地上と衛星からの黄砂共同観測

Cooperative observation of Asian dust from the ground and satellite in Northeast Asia

木下紀正・菊川浩行・永松哲郎・飯野直子(鹿児島大学、鹿児島、日本)

王寧・張剛(東北師範大学環境科学院、長春、中国)

J.ドゥーラム・T.バムーン(気象水文研究所、ウランバートル、モンゴル)



2003- 長春 東北師範大学環境科学院

K. Kinoshita et al., Water, Air, & Soil Pollution: Focus 5 (2005), 89-100.

2004- ウランバートル 気象水文研究所、ゴビ砂漠南部

K. Kinoshita et al., IRS2004, Busan, Korea, Deepak Publishing (in press)

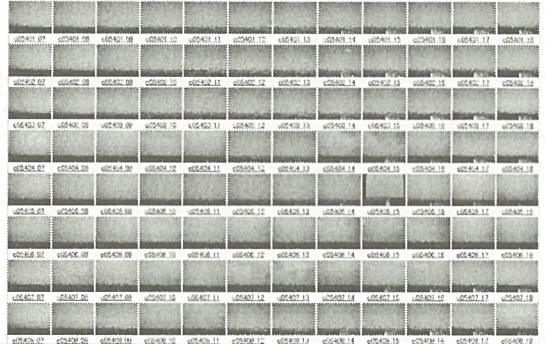
Proc. 4th ADEC Workshop, 2005, 349-352; Proc. CEReS Symp., 2005, 136-141.

2005 N. Wang et al., Preliminary report in 3rd Sandstorm Workshop, Huhhot, 2005.

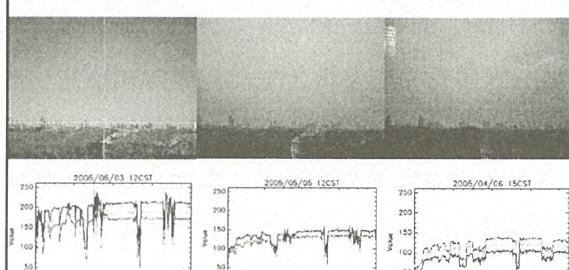
### 黄砂共同観測の問題点

基本的に順調だが、ストロボOFFを忘れるべし  
夜に冗長なデータ、毎正時を5分程度過ぎるべし  
鹿大ノア受信時々不調

Changchun : 1-8 April 2005 ( 7-18 CST )



Clear sky 05/05/03 12CST Cloudy Sky 05/05/05 12CST Moderate dust 05/04/06 15CST



RGB Analysis: Horizontal contrast

Vertical profile & Scatter plot: see the web site

### 黄砂 2005 春の共同観測に加え、3年ぶりの11月黄砂



### 噴煙映像観測 鹿大 噴煙研究グループ

桜島噴煙の多点観測に加え  
薩摩硫黄島(島内3kmから)

諫訪之瀬島

(NE25km 中之島から)

近赤外観測

自動観測を補うため

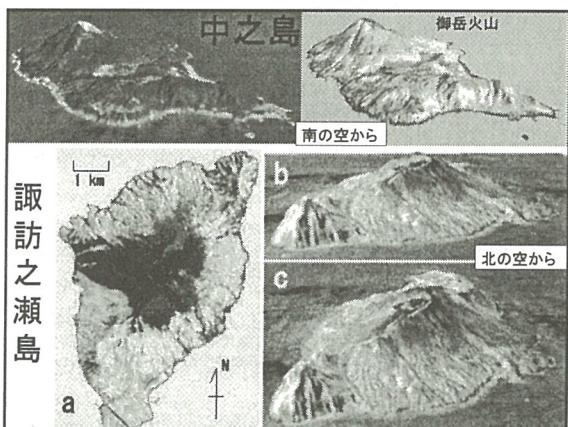
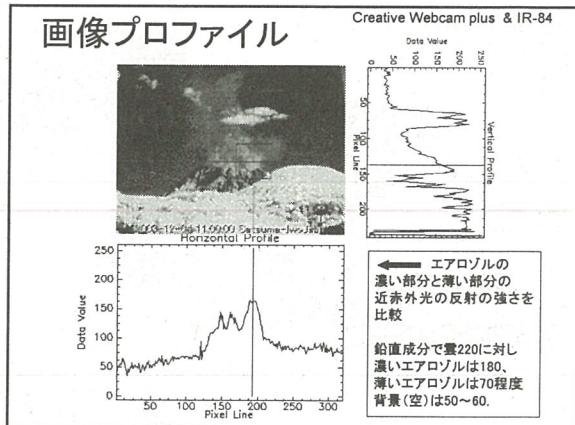
中之島から近赤外隨時撮影

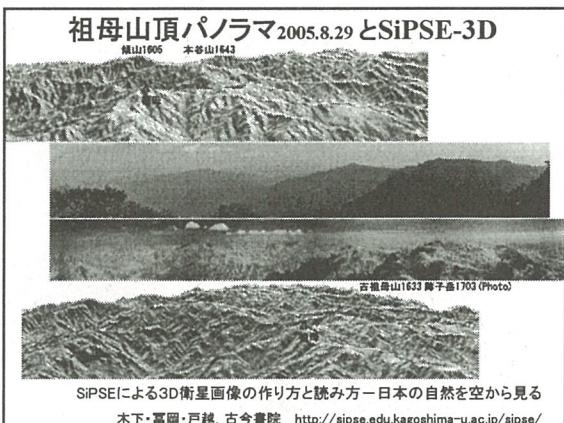
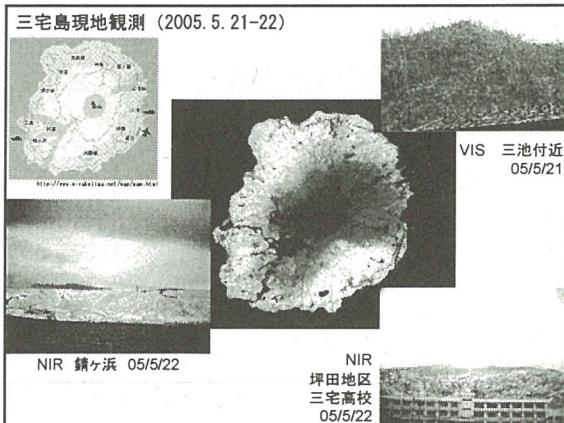


南の空から

フィリピン・マヨン火山: 可視・近赤外自動観測

火山噴煙の映像データベース Volc http://arist.edu.kagoshima-u.ac.jp/volc/





## まとめと今後の課題

- デジタルカメラによる中国・モンゴルでの長期自動観測により、大気状態のユニークなデータが得られた。
- 薄い黄砂状態と曇天の区別の方法は、現地情報を踏まえ更に検討をする。
- 近赤外撮影は、噴煙遠望観測・航空機からの広域撮影・山頂展望撮影・地表の植生状態把握などに非常に有効な場合が多い。地表の広域画像は、SiPSEによる3D衛星画像と対比される。
- 混合層内外の大気エアロゾル状態によって、近赤外撮影の威力があまり発揮されない場合がある。大気エアロゾル状態と近赤外撮影の有効性についての理論的実践的検討を進める必要がある。

## 謝辞

- この研究の一部は、CEReSプロジェクト「CCDカメラネットワークと衛星データによる大気エアロゾルの解析」として行われたものです。
- We are grateful to our co-laborators in Northeast Normal University, Changchun, China and Institute of Meteorology and Hydrology, Ulaanbaatar, Mongolia.
- 鹿大噴煙研究グループメンバーの御協力を頂きました。
- 観測カメラ設置に際し、三島村・十島村と中之島小学校にご配慮頂きました。

ここに記して深く感謝致します。

# Satellite image presentation system for education SiPSE based on DEM data

Kisei KINOSHITA<sup>1</sup>, Nobuya TOMIOKA<sup>2</sup> and Hirotugu TOGOSHI<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Research and Development Center, Kagoshima University, Kagoshima 890-0065, Japan

<sup>2</sup> Learning Information Center, Kagoshima City Board of Education, Kagoshima 890-0816, Japan

<sup>3</sup> Oumaru Junior School, Kawanabe-cho, Kagoshima 897-0131, Japan

E-mail: *sipse-adm1@edu.kagoshima-u.ac.jp*

## Abstract

A data set for 3D presentation of the LANDSAT image for any part of Japan and its viewer are provided by the SiPSE homepage via the Internet. The digital elevation model data covering Japan with 50 m resolution are embedded in the data set. In addition to the on-line system described in Japanese for the domestic use, off-line systems are developed with larger file size and other functions for research and international uses. The 3D images are compared with aerial and ground photographs especially with near-infrared mode.

## 1. Introduction

In order to drive a satellite 3D image in real time movement as a flight simulator in a personal computer, the SiPSE system has been developed [1-3], where SiPSE is an abbreviation of the Satellite image Presentation System for Education. The SiPSE homepage in Japanese started in September 2000 covering Kyushu, Okinawa and Izu Islands, and extended to cover Japan in 2001, with the address

<http://sipse.edu.kagoshima-u.ac.jp/sipse/>.

SiPSE off-line systems have been also developed for research purposes so as to include new functions: Some of them are covering submarine topography, embedding the volcanic eruption cloud, simulation of the sea level rise and so on [2]. For the international use, the CD packages of the viewer in English and some data have been tested in China, The Philippines, Australia, U.S.A., and Italy.

The satellite image for 3D presentation may be selected from true or natural color, and single band modes. Especially, monochromatic view of TM band-4 is very useful to recognize water and land areas, to see the vegetation coverage and mountainous topography, and to compare with aerial and ground photographs with near-infrared (NIR) mode.

## 2. The SiPSE system

The data set, called the **SiPSE data**, is composed of digital elevation model (DEM) data and the satellite data of the land

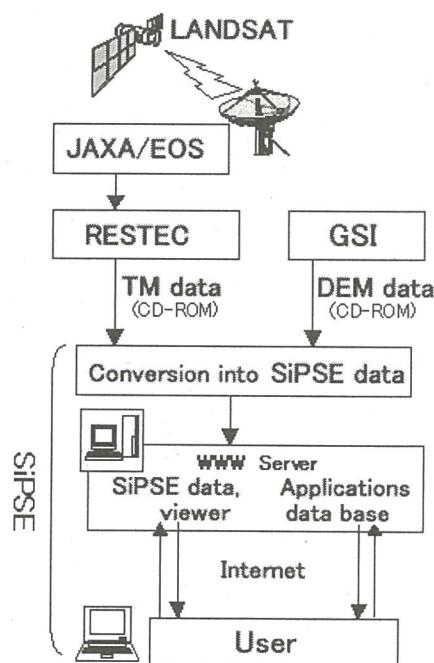


Fig. 1.

The construction of the SiPSE system.

coverage, as shown in Fig. 1. The land coverage data is obtained from the LANDSAT TM 1-4 data with the pixel size 28.5 m by reducing the brightness from 8 bits into 4 bits. The reduction of the TM data and the discard of the bands 5-7 are done so as to reduce the file size for the Internet use. The land coverage is expressed by the true-color mode with TM 1, 2 and 3, or by the natural-color mode with TM 1, 2+4 and 3 corresponding to B, G and R, respectively. TM 4 is also utilized for the gray scale presentation of the NIR image. This form of the land-cover data in pre-processed form for the web use started in 1996 as the SiNG data covering Kagoshima area in southern Japan [4], where TM 6 was maintained converting into the temperature scale.

Geographical Survey Institute (GSI) provides the DEM data with the spatial resolution 50 m covering Japan in CD-ROMs. In the SiPSE data, the DEM information is converted to fit with the land-cover data with higher spatial resolution by linear interpolation.

The SiPSE data can be handled by means of the **SiPSE viewer**, which is also provided via the Internet. The 3D presentation in a Windows computer with a selected land-cover image of a scene can be done in still or motion modes, specifying ways and the speed of the motion. The vertical/horizontal ratio of scales in a 3D image can be adjusted, as well as the overall scale. The standard size of a scene is 512 pixels with 512 lines corresponding to 15 km squared, while it is 1024 \* 1024 corresponding to 30 km squared for specially registered users. Wider areas up to six times in length can be obtained by lowering the spatial resolution. The viewer has other functions such as free drawing on the land-cover image, measuring a distance between specified points and the size of a specified area.

### 3. Volcanic topography and land coverage

There are a lot of beautiful volcanic sceneries in Japan, which are nice subjects of the SiPSE imagery [2, 3]. Let us visit Unzen volcano located in the center of Shimabara peninsula in western Kyushu, Japan, as shown in Fig. 2. The volcano started eruption in November 1990, and a lava dome developed at the Fugen-dake summit accompanied with pyroclastic flows endangering lives of the inhabitants during 1991-1995. We see the lack of vegetation on the dome and the passages of the flows very clearly both in the true color and NIR images. We may see the topographic structure of the volcanic complex, including old volcano Mayu-yama on the east side of the main peak, by changing the viewing direction. Thus, the SiPSE system may be utilized for the prevention of the volcanic disasters with respect to the improvement of the understanding of the topographic situation.

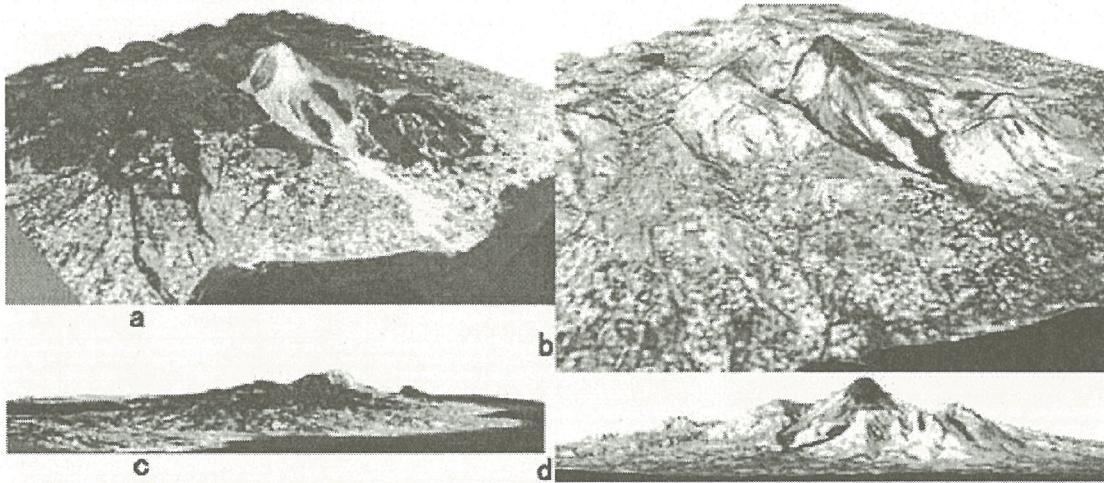


Fig. 2. Unzen volcano observed from south-eastern sky in true-color and NIR images (a and b), from the south in true-color image (c), and from the east near the horizon in NIR image (d), respectively. LANDSAT: 1998.10.4.

#### 4. NIR images of SiPSE-3D and aerial photographs

In a NIR image of rather flat scene in daytime, we may distinguish vegetated area, bare land and water areas as light gray, dark gray and almost black, respectively, such as shown in Fig. 3, which is a SiPSE-3D NIR image of three big rivers in the west of Nagoya city pouring into Ise Bay, seen from eastern sky. In this image, urban areas of Nagoya, Ogaki and other cities are relatively dark. In the areas of Suzuka and Ibuki mountains with rich vegetation in the upper part of the figure, mountainous topographies can be observed by the

shadows of the sunshine. The old battlefield Sekigahara can be found in between the two mountainous areas.

Fig. 4 is an aerial NIR photograph toward the north from above Ise Bay. We may clearly see the three big rivers, and the difference of the vegetation in urban and rural areas. In such a slant view near the horizon, we may see very wide NIR view comparable to a full scene of

LANDSAT data, while conventional visible image is usually very much obscured by aerosol and moisture. See [5] for more about NIR photographs.

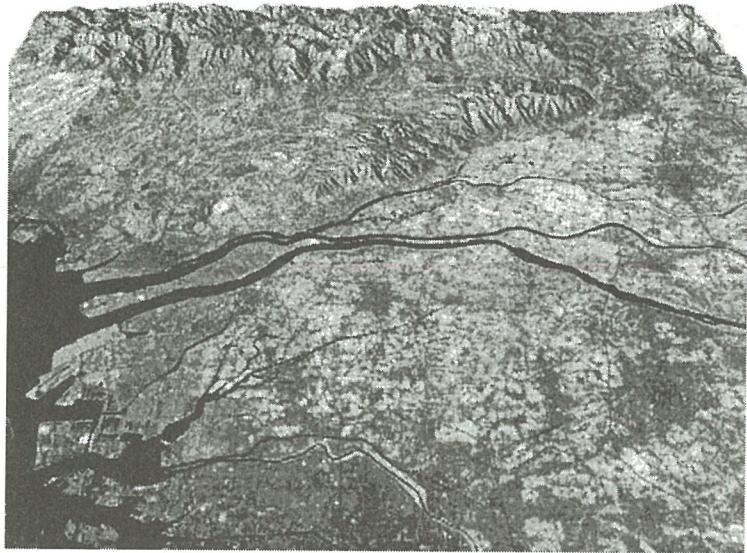


Fig. 3. A SiPSE-3D NIR image of three big rivers, Ibi-, Nagara- and Kiso-gawa, from top to down pouring into Ise Bay, seen from eastern sky. Original LANDSAT data: 1997.10.21.

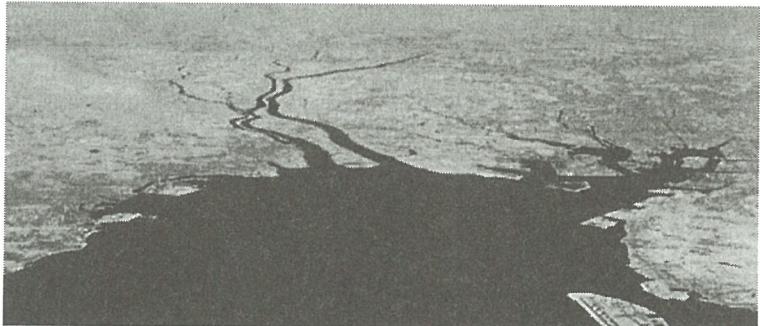
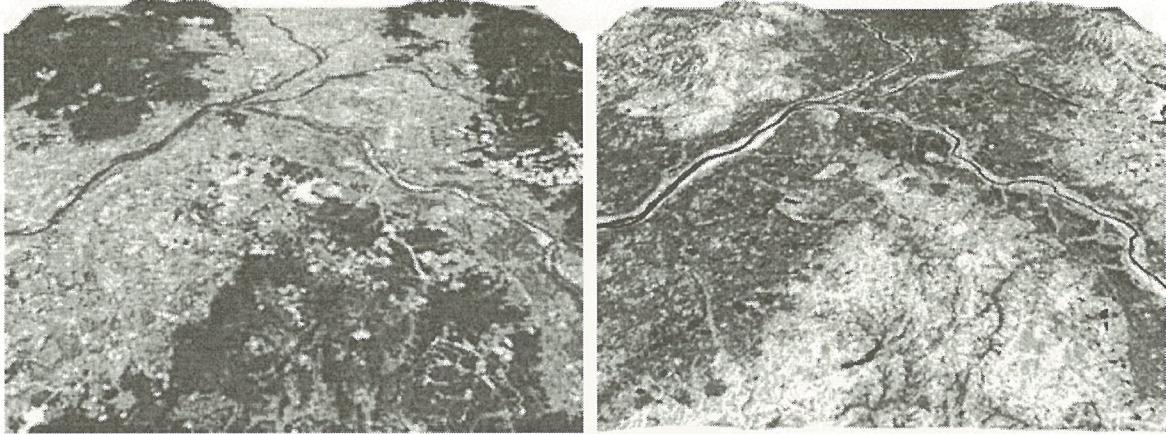


Fig. 4. An aerial NIR photograph toward the north from above the center of Ise Bay, by the night-shot mode of Sony DSC-V3 with IR84 filter of Fuji-film on 4 Nov. 2005 at 12:17. Shin-Nagoya airport is seen on the down right.

In Fig. 5, we compare southern part of Kyoto basin in true-color and NIR images by SiPSE-3D observed from southern sky (a and b), and a mosaic of NIR photos from northern sky (c). In two SiPSE-3D images (a and b), plains and mountainous areas exhibit opposite brightness in true-color and NIR owing to the difference in vegetation, while the rivers are clearly seen in both images as relatively dark lines. Three big rivers, Kazura-gawa from the north, Uji-gawa from the east and Kizu-gawa from the south, join together into Yodo-gawa that flows down toward south-west into Osaka Bay through the Osaka plains. Kamogawa, joining Kazura-gawa, is also seen clearly in Fig. 5a.



(a) SiPSE-3D true-color image

(b) SiPSE-3D NIR image (LANDSAT data: 1989.5.31)

(c) A mosaic of NIR photographs by the night-shot mode of Sony DCR-TRV30 with Fuji-film IR84 and Kenko ND400.

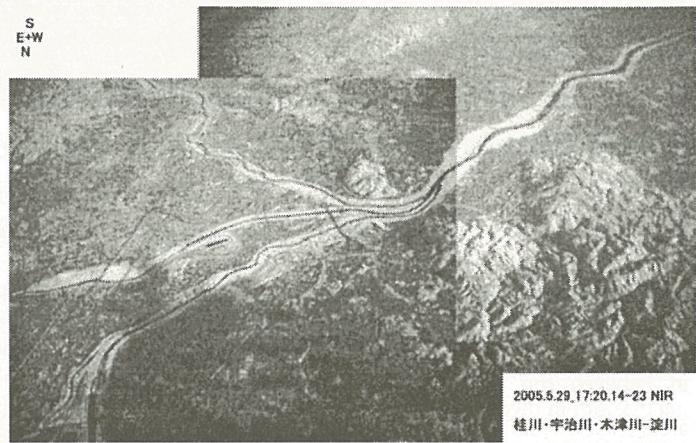


Fig. 5.

Southern part of Kyoto basin observed from the southern sky (a, b), and northern sky (c).

The NIR photograph (c) is very similar to the satellite-based image (b), except for the directions of the observation and the sunlight. In Fig. 5c, we may see big bridges crossing the rivers, and also the shadow of the clouds in the downside of the picture.

It is interesting to note that we may find big battlefields decisive to Japanese history in Fig. 5: On 13 June 1582, Mizuhide Akechi was defeated by Hideyoshi Hashiba at the decisive Yamasaki battle around the upstream of Yodo-gawa, and Hideyoshi turned out to be the governor of Japan. On 3 January 1868, the battle of Toba-Fushimi started around the down streams of Kazura-gawa and Uji-gawa, and ended after three days resulting the collapse of the Tokugawa regime. Topographical importance of these areas to become historical scenes may well be understood by the satellite 3D images.

##### 5. Estimate and simulation of volcanic eruption cloud heights

The height determination of volcanic eruption cloud is very important for the dispersion forecasts of ash clouds so as to avoid the airline hazards. In order to improve the pilot reports of the cloud height observed, two methods have been developed as off-line systems. One of them is to estimate the cloud height of an aerial photograph by the simulation of the land topography with a height scale [6], and the other one is to embed a model of eruption cloud as a 3D object in a SiPSE 3D image, such as shown in Fig. 6. By changing the cloud height, the wind direction and the viewpoint in the latter case, we may simulate various situations for the training.

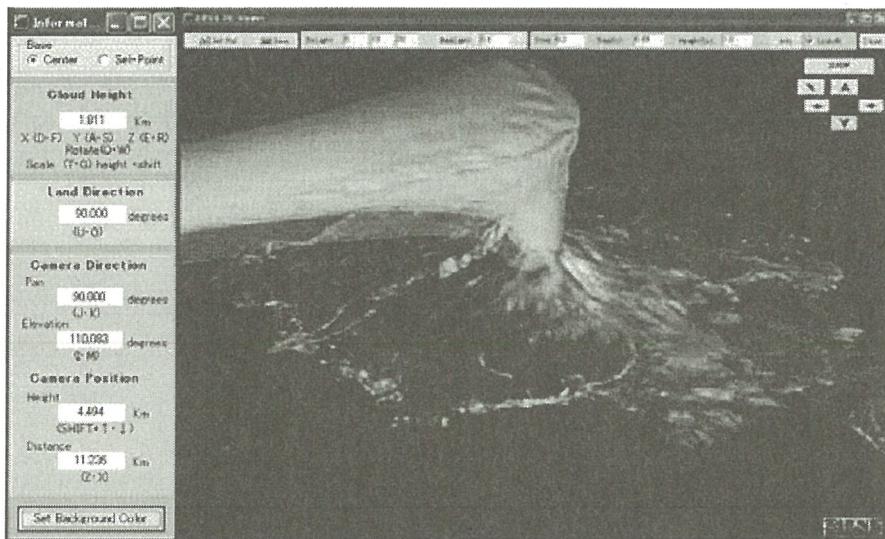


Fig. 6. A model of eruption cloud as a 3D object embedded in a SiPSE 3D image of Sakurajima volcano.

The box of parameter control buttons is shown on the left hand side.

## 6. Unification of land and submarine topographies

Marine Information Research Center provides the submarine topography data around Japan in a CD-ROM with the resolution 1 km. In order to join with the land topography and land-cover data with much higher spatial resolution, special care is necessary for the handling of the coastal lines. Instead of the sea surface data or some coverage data of the sea bottom, it may be reasonable to use the sea depth data with a graduation scale. Fig. 7 is a scene of Amami, Tokara and Kumage Islands up to the southern Kyushu observed from southern sky, thus constructed.



Fig. 6. From Amami Islands to southern Kyushu, Japan, observed from southern sky. Relatively big islands from the top to the down are Tanegashima, Yaku-shima, Amami-Oshima, Tokunoshima, Okinoerubu-jima and Yoron-jima. This SiPSE-3D image is composed of the true-color image for the land and the sea depth graduation image, with the DEM information. Equi-depth lines are also drawn on the sea. Horizontal scale is enhanced by the factor 5.

In Fig. 6, we may see a part of very deep Nankai Trough on the right-hand side as very dark blue area. This 3D presentation with submarine topography is developed as an off-line system with special handling of the data. In general, we may try new approaches in off-line systems, while we should keep the constancy of the format in the on-line system open to public through the Internet.

## 7. Concluding remarks

In order to construct a land image database of a satellite for the 3D presentation, a large archive of the original data is necessary so as to obtain cloudless scenes. To avoid the snow-cover in northern areas is also an important requirement for the scenes. The SiPSE database is thus constructed during 1996-2001, by selecting relatively new scenes if available.

In order to unify neighboring LANDSAT scenes to get wide images, it is better to use the original data with similar seasons and years. However, this requirement is not always easy to fulfill, because of the clouds and/or snow-cover. Handling of very wide scenes is investigated as an off-line activity of the SiPSE group.

## Acknowledgements

We are grateful to JAXA (previously NASDA) for allowing the use of LANDSAT data in the SiPSE format, and GSI for the use of the DEM data of Japan in the SiPSE database.

## References

- [1] H. Togoshi, N. Tomioka and K. Kinoshita, Development of 3D image presentation system for education using digital elevation model and remote sensing data, Proc. 27th Japanese Conf. Rem. Sens., 1999, p.273-274 (in Japanese with English abstract).
- [2] K. Kinoshita (ed.), Construction and application of the satellite image providing and presentation system for education, Kagoshima Univ., 2004, 141p. (in Japanese).
- [3] K. Kinoshita, N. Tomioka and H. Togoshi, "How to create and see 3D satellite images by SIPSE system, - Observation of landscapes of Japan from the sky -", Kokon-shoin, 2005, 126p. (in Japanese:  
木下・富岡・戸越, SIPSEによる3D衛星画像の作り方と読み方 -日本の自然を空から見る-, 古今書院, 2005.).
- [4] N. Tomioka, K. Takayama, A. Minaka and K. Kinoshita, Construction of Satellite Image Providing System for Education on the Internet, Proc. 22nd Japanese Conf. Rem. Sens., 1997, p.215-218 (in Japanese with English abstract).
- [5] K. Kinoshita, C. Kanagaki, A. Minaka, S. Tsuchida, T. Matsui, A. Tupper, H. Yakiwara and N. Iino, Ground and Satellite Monitoring of Volcanic Aerosols in Visible and Infrared Bands, Proc. CEReS International Symposium on Remote Sensing, Monitoring of Environmental Change in Asia, Chiba, Japan, pp. 187-196, 2004.
- [6] K. Kinoshita, C. Kanagaki, N. Iino, M. Koyamada, A. Terada and A.C. Tupper, Volcanic plumes at Miyakejima observed from satellites and from the ground, Proc. SPIE 4891(2003), Optical Remote Sensing of the Atmosphere and Clouds III, part of SPIE's 3rd Int. Asia-Pacific Environmental Remote Sensing Symp., October 2002, Hangzhou, China, 227-236

# Estimation of Miyakejima volcanic gas hazards using vegetation index images

Naoko Iino<sup>1</sup>, Kisei Kinoshita<sup>2</sup>, Toshiaki Yano<sup>3</sup> and Shuichi Torii<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Engineering, Kagoshima University, Japan

E-mail: iino@mech.kagoshima-u.ac.jp

<sup>2</sup> Research and Development Center, Kagoshima University, Japan

<sup>3</sup> Kagoshima University, Japan

<sup>4</sup> Faculty of Engineering, Kumamoto University, Japan

## Abstract

The eruptive activity of Miyakejima volcano started on 8 July 2000, and the ejection of enormous amounts of sulphur dioxide ( $\text{SO}_2$ ) has been continued since August 2000. The Tokyo Metropolitan Government started monitoring volcanic gas concentrations at the foot of the volcano from the end of 2000. We studied the seasonal and regional characteristics of high concentrations of  $\text{SO}_2$  using the data. In order to estimate the volcanic gas hazards for the whole Miyakejima, a hazard mapping method using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) images is proposed.

## 1. Introduction

Volcanic gases and aerosols released into the atmosphere have adverse impact on air quality, vegetation, animals, and human health. Miyakejima volcano, about 170 km south of Tokyo (Fig. 1), has been ejecting enormous amounts of sulphur dioxide ( $\text{SO}_2$ ) from the summit (775 m a.s.l.) since mid-August 2000.

The Tokyo Metropolitan Government stated the monitoring of volcanic gas concentrations from the end of 2000 at three gas-monitoring stations at the foot of the volcano, and expanded into fourteen stations as of April 2004 (Fig. 2 and Table 1). We have been analyzing the  $\text{SO}_2$  concentrations to investigate the mechanism of high concentration occurring at the volcano. The following results were obtained from our previous studies (Iino et al., 2003, 2004a, b). (i) High  $\text{SO}_2$  concentrations at the ground surface on Miyakejima are mainly caused by downdraft owing to strong wind. (ii) The seasonal and regional characteristics of high  $\text{SO}_2$  concentrations correspond well to the 925 hPa wind observed at Hachijyojima, the nearest upper air observatory from Miyakejima (Fig. 1). (iii) There is notable difference of environment of  $\text{SO}_2$  concentrations owing to a slight directional difference from the crater. This should be considered in making a volcanic gas hazard map at the volcano. (iv) The frequency distribution of high  $\text{SO}_2$  concentration events corresponds well to the distribution of vegetation shown in an image of Terra/ASTER.

In this study, we propose a method to estimate the volcanic gas hazards for the whole Miyakejima using satellite imagery which shows the distribution of vegetation before and after the 2000 Miyakejima eruption. The resultant hazard map is examined by comparing with the occurrence frequency of high  $\text{SO}_2$  concentrations at each gas-monitoring station and with the ground observations by visible (VIS) or near-infrared (NIR) cameras. Here, the NIR photographs are obtained based on our previous studies (e. g., Kinoshita et al, 2003).

In addition, we briefly discuss the long-term trend and the seasonal and regional characteristics of the occurrence frequency of high  $\text{SO}_2$  concentrations, defined above 0.1 ppm and 10 ppm, using  $\text{SO}_2$  concentration data during January 2001 - September 2005

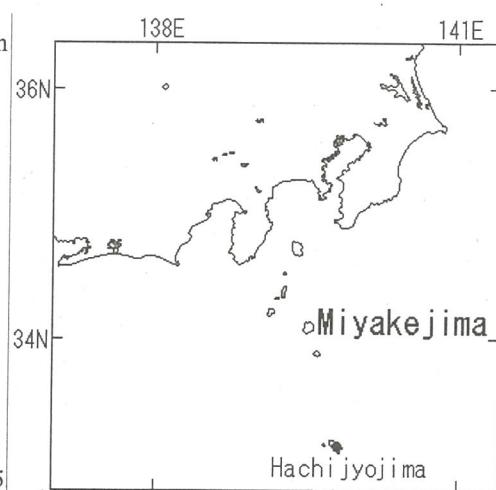


Fig. 1 Location of Miyakejima volcano.

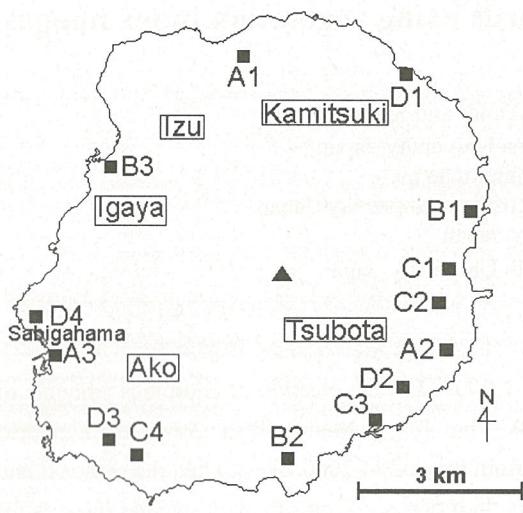


Fig. 2 Locations of volcanic gas-monitoring stations on Miyakejima as of April 2004 (■), the summit vent (▲), and the district names.

Table 1 Gas-monitoring stations

Symbol	Station name	Abbreviation	Observation start (month/year)
A1	Branch Office	BO	12/2000
D1	Mimoi	MM	04/2004
B1	Ainohama	AH	09/2001
C1	Miike	MI	03/2002
C2	Yakuba	YK	05/2002
A2	Airport	AP	12/2000
D2	Mitake-Jinjya	MJ	04/2004
C3	Tsubota	TS	03/2002
B2	Akacocco	AC	09/2001
C4	Usugi-Namakon	UN	03/2002
D3	Usugi-Bus Stop	UB	04/2004
A3	Ako	AK	12/2000
D4	Furusato	FU	04/2004
B3	Igaya	IG	09/2001

## 2. Sulphur dioxide concentrations at Miyakejima

Figure 3 shows occurrence frequency of high SO<sub>2</sub> concentrations of all gas-monitoring stations since January 2001. The environmental standard of SO<sub>2</sub> concentration, which was prescribed by the Ministry of Environment in Japan, is less than 0.1 ppm for one-hour averaged value. However, much higher concentrations, several ppm, were often recorded at Miyakejima. Thus, we defined here the two standards of high concentration levels of SO<sub>2</sub> as 0.1 and 1 ppm. In each figure, solid and dotted lines indicate the high concentrations frequencies of 0.1 and 1 ppm, respectively.

The occurrence frequency of high SO<sub>2</sub> concentrations is not in the obvious decreasing trend though five years have passed since the Miyakejima 2000 eruption. The seasonal and regional characteristics of high concentrations derived from a ten stations analysis (Iino et al., 2004b) are essentially the same as the results including four stations, which were added from April 2004. These are summarized as follows. (i) The stations located between east and east-southeast directions from the vent, C1, C2 and A2, observe very high rate in winter. (ii) At east-northeast station, B1, the rate of high concentrations is high not only in winter but also in summer. (iii) At southwest stations, C4 and D3, the rates of high concentrations are relatively high throughout a year. (iv) At north and southeast stations, A1 and C3, respectively, the high concentrations rates are not high.

Here, we focus on the four stations added in April 2004, D1-D4. The Mimoi station, D1, located at northeast is interesting, because there had been no continual gas-monitoring station though southwesterly wind is dominant in spring and summer. As expected from the wind, the rate of high concentrations defined as 0.1 ppm at the station is high in spring and summer, while low in autumn and winter (Fig. 3b). Whereas the rate of high concentrations defined as 1 ppm, the rate of high concentrations is low though in spring and summer. It may depend on the characteristics of wind of which the rate of strong wind in summer is lower than that in winter. For the Mitake-Jinjya station, D2 (Fig. 3g), located at southeast, the characteristics of high concentrations is similar to the Airport station, A2 (Fig. 3f), but the rate is obviously lower, about one third. The characteristics of the Usugi-Bus Stop station, D3 (Fig. 3k), located at southwest and near the Usugi-Namakon station, C4 (Fig. 3j) is similar to the tendency and frequency levels of the C4 station. For the Furusato station, D4 (Fig. 3m), located at west-southwest near the Ako station, A3 (Fig. 3l), the tendency of high concentrations is similar to the A3 station but the levels are about one half.

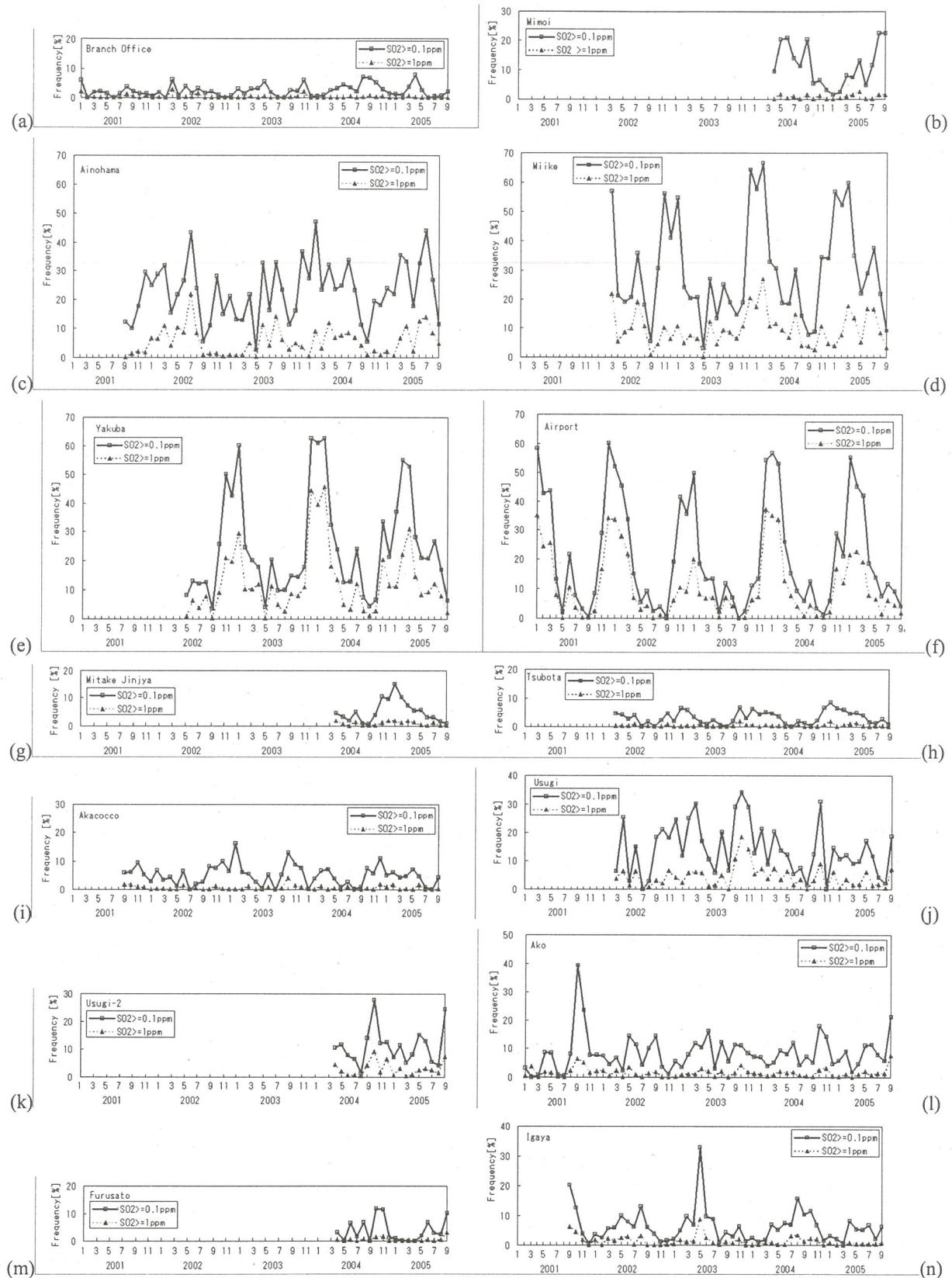


Fig. 3 The occurrence frequency of high SO<sub>2</sub> concentrations during January 2001 - September 2005.

### 3. Hazard mapping for high sulphur dioxide concentrations

In order to estimate the volcanic gas hazards for the whole Miyakejima, we propose a new hazard mapping method using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) images. This method is based on a hypothesis that the distribution of vegetation at Miyakejima volcano well reflects the influence of volcanic gases. The satellite data used are as follows. Before the 2000 Miyakejima eruption is JERS-1/OPS on 3 April 1994, while after the eruption is Terra/ASTER on 7 April 2003. We selected the same season data to eliminate the effect of seasonal change in vegetation.

First, the JERS-1/OPS was corrected geometrically to fit to Terra/ASTER data, by taking eight GCP-points. Second, the NDVI is calculated as the difference between the near-infrared and visible reflectances divided by the sum of the two. The NDVI images of JERS-1/OPS (OPS-NDVI) and Terra/ASTER (ASTER-NDVI) are shown in Figs. 4a and b, respectively. As shown in Fig. 4a, Miyakejima had been covered with vegetation except for the lava or artificial areas. After the 2000 Miyakejima eruption shown in Fig. 4b, the east and southwest regions are shown as dark-colour areas, that is the area with low NDVI values. Therefore, it can be considered that vegetation there was damaged by volcanic gases. The difference between OPS-NDVI and ASTER-NDVI was calculated to visualize the relative change in vegetation, and classified into four steps of hazards by referring with one-year averaged value of SO<sub>2</sub> concentrations at each station (Table 2), during May 2002 - April 2003. Finally, originally less vegetation areas, such as open water, the lava, artificial areas, were masked by using near-infrared image of JERS-1/OPS though the mask is not enough, e.g., for the areas of airport or crater. The resultant volcanic gas hazard map is shown in Fig. 4c. The color image of Fig. 4c is shown at our web site (in Japanese). <http://ese.mech.kagoshima-u.ac.jp/miyake/>.

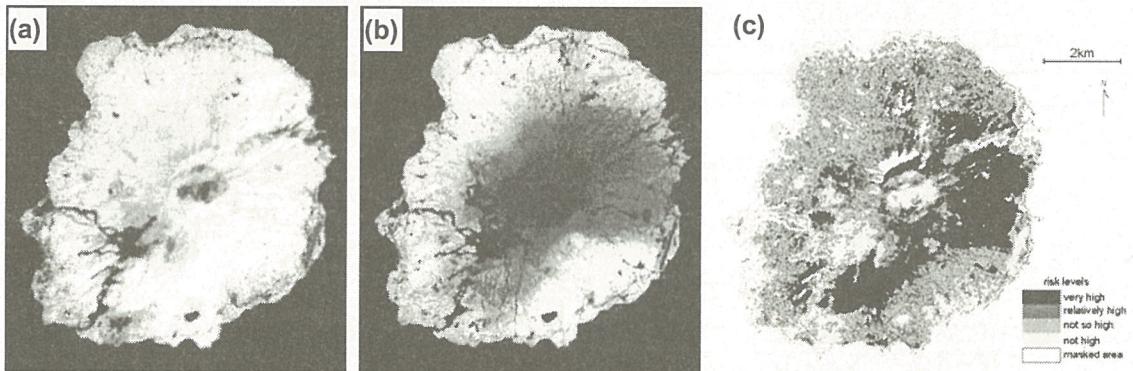


Fig. 4 NDVI images. (a) JERS-1/OPS on 3 Apr. 1994, (b) Terra/ASTER on 7 Apr. 2003. (c) Volcanic gas hazard map.

Table 2 The one-year averaged SO<sub>2</sub> concentrations during May 2002- April 2003.

Gas-monitoring station	SO <sub>2</sub> concentrations [ppb/year]
Branch Office	11
Ainohama	143
Miike	279
Yakuba	280
Airport	166
Tsubota	17
Akacocco	29
Usugi-Namakon	120
Ako	46
Igaya	40

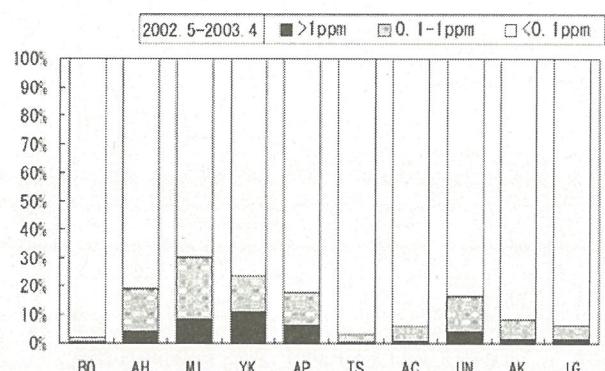


Fig.5 The rate of SO<sub>2</sub> concentration levels during May 2002 - April 2003.

In Fig. 4c, the difference of NDVI values becomes large with the decrease of the vegetation, that is, the gas hazard level is evaluated to be high. Figure 5 shows the rate of SO<sub>2</sub> concentration levels at each station during May 2002 - April 2003. At the foot of the volcano, the gas hazard levels, e.g., the highest level is seen in east and followings is in southwest, correspond well to the environment of SO<sub>2</sub> concentrations shown in Fig. 5. It is also found that the hazard level becomes higher at the mountainside near the crater.

#### 4. Ground observations

Figure 6 shows ground observations in May 2005 from the coastal loop-line road around Miyakejima and from a ship with visible (VIS) and near-infrared (NIR) cameras. Vegetation is shown as dark in VIS images (Figs. 6a-c), and as white in NIR images (Figs. 6d-f). In the high volcanic gas concentration districts, Tsubota in the east (Fig. 6a) and Ako in the southwest (Fig. 6b), many wilted trees were observed at the foot of the volcano. In contrast, vegetation in other districts (e.g., Figs. 6d-f) was almost normal at the foot of the volcano, except for some wilted Japanese cedar. We confirmed that the volcanic gas hazard map (Fig. 4c) is consistent with ground observations of Miyakejima island. The observation results containing animation files are displayed at our web site mentioned above.

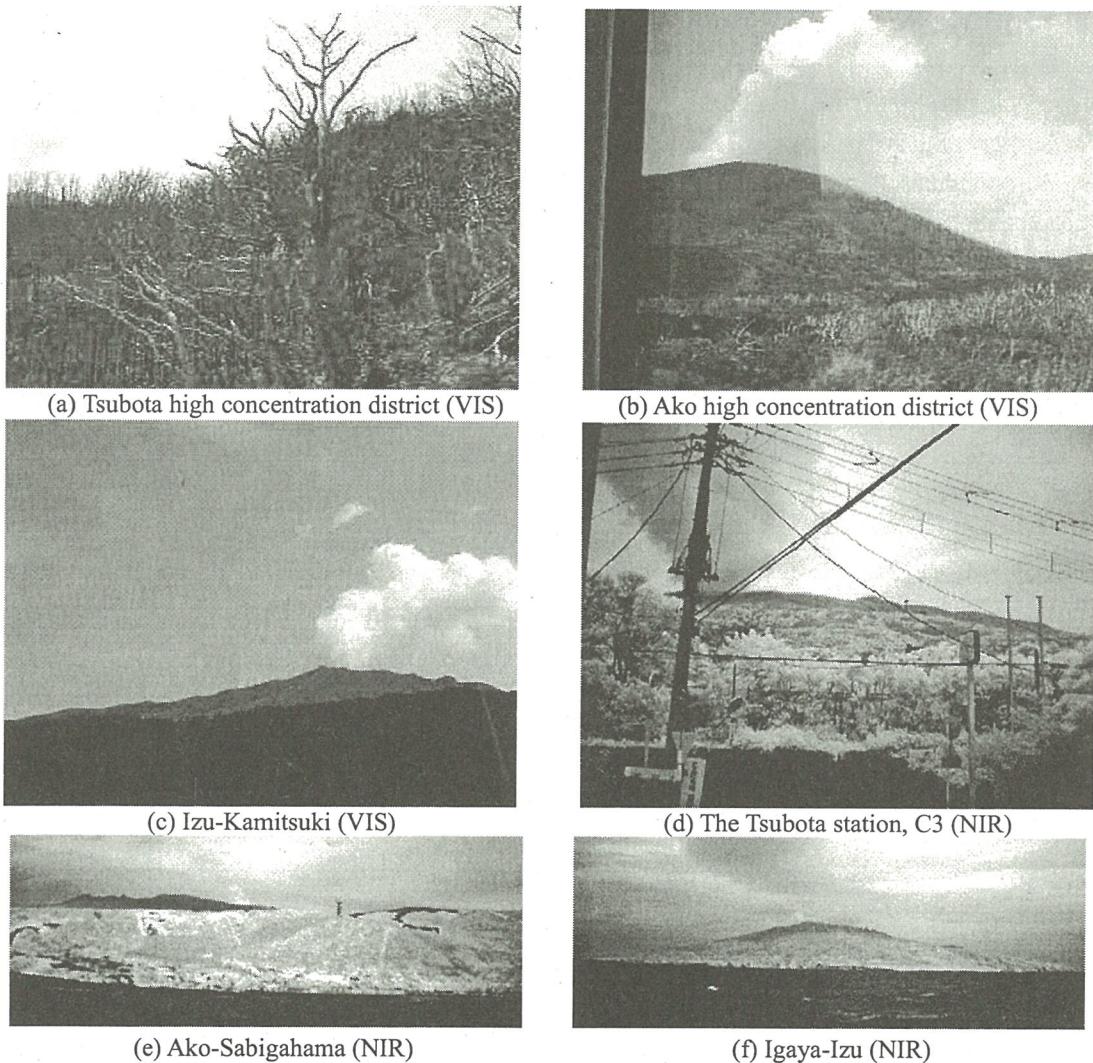


Fig.6 Ground observations from the coastal loop-line road around Miyakejima, (a)-(d) and from a ship, (e)-(f).

Figs 6(a)-(c) are visible photographs. Figs. 6(d)-(f) are near-infrared photographs by SONY DCR-TRV30 with night-shot mode and Fujifilm IR84 and Kenko ND400. The district names are shown in Fig.2.

## 5. Concluding remarks

In order to estimate the volcanic gas hazards for the Miyakejima island as a whole, a hazard mapping method using the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) images was proposed. The resultant hazard map was consistent with the occurrence frequency of high SO<sub>2</sub> concentrations at ten gas-monitoring stations as of 2003, and with the ground observations by visible or near-infrared cameras.

However, it should be noted that volcanic gas behaviour depends on the wind around the crater and that the high concentrations have the seasonal characteristics as shown in Fig. 3. Therefore, the volcanic gas hazard map should be used together with the meteorological information. In order to improve and complete the Miyakejima volcanic gas hazard map, further studies will be done in near future.

## Acknowledgements

We thank very much to the Tokyo Metropolitan Government for providing the SO<sub>2</sub> measurement data in Miyakejima. Terra/ASTER data by ERSDAC, Japan, was provided as a part of ASTER-AO activity. N. Iino is grateful to Mr. C. Kanagaki for technical supports of the NIR-camera observation, and to Mr. T. Shiba for collaborative works on hazard mapping.

## References

- Iino, N., K. Kinoshita, M. Koyamada, C. Kanagaki and A. Terada, 2003. Analysis of high volcanic gas concentrations at the foot of Miyakejima volcano, Japan, *J. Natural Disaster Science* **25** (2), 85-91.
- Iino, N., K. Kinoshita, T. Yano and S. Torii, 2004a. Dispersion of volcanic clouds at Miyakejima and gas concentrations at surface stations, CD-ROM Proc. 1st Int. Symp. Micro&Nano Tech., Honolulu, USA, Mar. 2004, XXIII-C-01, pp.1-6.
- Iino, N., K. Kinoshita and T. Yano, 2004b. Regional characteristics of high concentration events of volcanic gas at Miyakejima, *J. JSNDS* **23** (4), 505-520 (in Japanese with English Abstract).
- Kinoshita, K., C. Kanagaki, A. Minaka, S. Tsuchida, T. Matsui, A. Tupper, H. Yakiwara and N. Iino, 2003. Ground and Satellite Monitoring of Volcanic Aerosols in Visible and Infrared Bands, Proc. CEReS Int. Symp. Remote Sensing, Chiba, Japan, Dec. 2003, pp.187-196.

# しらせ船上観測データを用いた、秋季日本近海におけるエアロゾルの特徴

久慈 誠（奈良女子大）、塩原 匡貴、矢吹 正教（極地研）、小林 拓（山梨大）、  
内山 明博、山崎 明宏（気象研）

## 1. はじめに

大気中を浮遊するエアロゾルは、太陽放射を散乱・吸収する性質があり、地球の気候に大きな影響を与えている。

本研究では、陸上のみならず、船上におけるスカイラジオメータの連続観測から、光学的厚さの空間的分布を定量的に導出する。

今回は、秋季日本近海における、船上観測によるエアロゾル光学的厚さ等について、初期解析の結果を紹介する。

## 2. 観測データ

南極観測船しらせは、昭和基地への航海の前に、毎年日本近海において試験航海を行っている。特に、2003年の試験航海では、長崎県佐世保市の付近でヘイズが目視により確認されている。更にこの試験航海では、スカイラジオメータ等によるエアロゾルの光学観測に加え、船上直接サンプリングによる化学組成分析も行われており (Shiobara *et al.*, 2005)、ヘイズの特徴を把握するデータとして、有効であると考えられる。

## 3. 初期解析結果

今回は、船舶搭載スカイラジオメータ観測データのうち、揺動の少ないデータを手作業で選び出し、skyrad.pack (ver4.2) を用いて初期解析を行った。

図1に、しらせの停泊中に観測されたエアロゾルの光学的厚さ(500nm)とオングストローム指標の散布図を示す。オングストローム指標が1.6程度と比較的大きく、小粒子が卓越していることが示唆される。

また、この停泊前に山口県沖の日本海で観測されたスカイラジオメータデータの解析によって得られたエアロゾルの粒径分布の結果を図2に示す。20時間程のずれがあるものの、図1と同様に小粒子が卓越している傾向が示

されている。尚、この観測とほぼ同期して、地球観測衛星ADEOS-II搭載のGLIセンサがこの領域を観測しており、その近紫外画像にも、大陸からのヘイズと思われるパターンが現れている。

## 4. まとめと今後の課題

2003年秋季に日本近海で観測されたヘイズの光学特性を、船舶搭載スカイラジオメータ観測データから調べた。

今後は、船上観測と衛星観測の両方のデータを解析することにより、日本近海で観測されたヘイズの特徴を明らかにして行きたい。特に単一散乱アルベドについては、衛星とスカイラジオメータ、そして船上での直接サンプリング観測との比較検証が期待される。

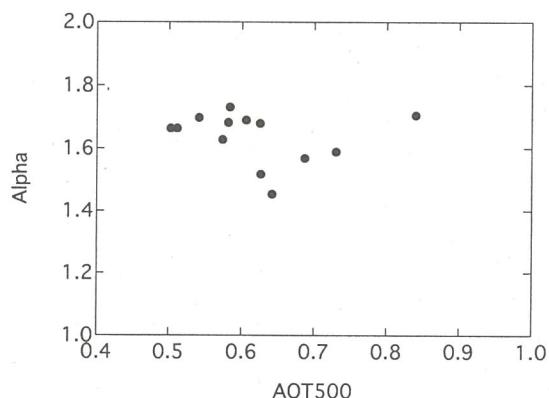


図1 スカイラジオメータ観測データから推定された波長500nmの光学的厚さ(AOT500)とオングストローム指標(Alpha)の散布図。しらせが佐世保(33.12°N, 129.72°E)に停泊していた際の、2003年9月16日2219-18日0410 UTCの13観測イベントの解析結果。ここで、平均値(標準偏差)は、光学的厚さ0.62(0.092)、そしてオングストローム指標1.6(0.082)となった。

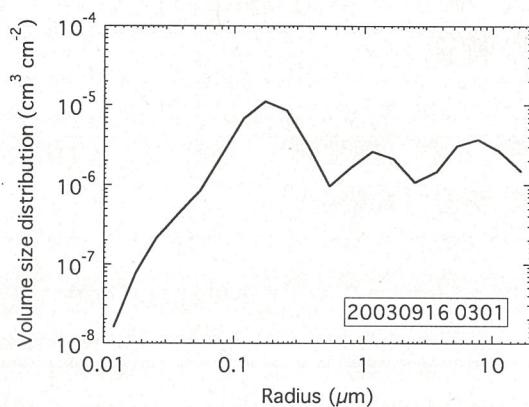


図 2 スカイラジオメータ観測から推定されたハイズの粒径分布。2003 年 9 月 16 日 0301 UTC。山口県沖の日本近海( $35.35^{\circ}\text{N}$ ,  $131.14^{\circ}\text{E}$ )。この時、推定された 500nm の光学的厚さ(AOT500)とオングストローム指數(Alpha)はそれぞれ 0.90 と 1.7 である。

る。尚、ADEOS-II / GLI が同日 0146UTC 頃、この付近の観測を行っていた。

**謝辞** skyradiometer 観測データの解析に際し、富山大学の青木一真助教授の協力を得ました。感謝致します。

### 参考文献

Shiobara *et al.*, 2005: Optical, physical and chemical properties of aerosols around Japan based on the R/V Shirase shipboard measurements. *Proceedings of CEReS International Symposium*, 85-90.

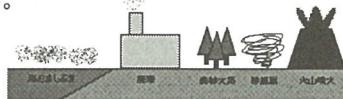
## しらせ船上観測データを用いた、秋季日本近海におけるエアロゾルの特徴

久慈 誠(奈良女子大)  
塩原 匡貴、矢吹 正教(極地研)  
小林 拓(山梨大)  
内山 明博、山崎 明宏(気象研)

2005年12月12日

## 研究の背景

- エアロゾルは様々な要因で発生し、太陽光を散乱・吸収したり、雲形成の凝結核となることで、地球の気候に影響を及ぼすと考えられている。
- 近年、アジア域では、自然起源(黄砂・森林火災等)や人為起源(工場排煙・排気ガス等)のエアロゾルの環境への影響が懸念されている。
- エアロゾルの広域観測に対する期待が高まっている。



エアロゾルの発生要因となるもの

## 本研究の目的

- 船上におけるスカイラジオメータの連続観測から、光学的厚さの空間的分布を定量的に導出する。
- リモートセンシング手法だけでは測定が困難である、地表付近でのエアロゾル光学観測も行い、対流圏における詳細なエアロゾル特性とその挙動を調べる。
- 秋季日本近海で観測されたエアロゾル(ヘイズ)の特徴について報告する。

## 南極観測船「しらせ」による観測

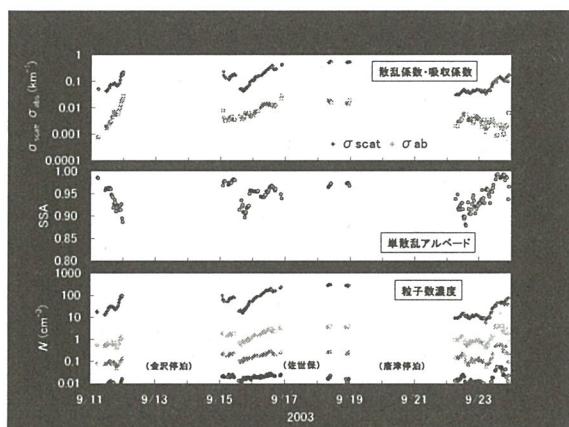
- 南極地域観測隊訓練航海において、日本周辺海域のエアロゾルを観測
  - 第45次訓練航海:
    - 2003年9月4日～10月4日
  - 光学観測
    - Skyradiometer / OPC / IN / PSAP;
    - サンプリング
      - 非水溶性粒子 / 化学成分;
  - 日本近海(九州北部付近)において、船上目視観測で「ヘイズ」が観測された。
  - その特徴(粒径等)を定量的に調べる。



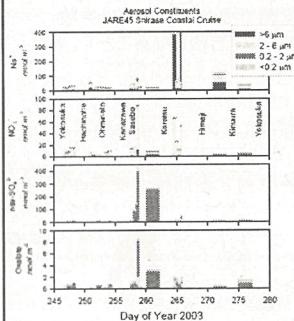
東アジアにおけるエアロゾルの大気環境インパクト  
平成15年度研究成果報告書より

## 船上観測データの解析

- しらせ訓練航海
  - 2003年9月15～18日;
  - 金沢～唐津の日本近海航路;
- スカイラジオメータ観測データ(カラム観測)
  - 光学的厚さ、オングストローム指数、粒径分布;
  - Skyrad.pack Ver. 4.2 (Nakajima et al. 1996)で解析;
  - 船舶運動の少ないデータを選択;
- OPC観測データ(地表面付近観測)
  - 0.15、0.25、0.5、1.0、及び2.5 μm以上の粒子数濃度;
  - Yabuki et al. (2003)により解析;
- サンプリング観測データ(地表面付近観測)
  - 0.3-9 μmの非水溶性粒子(土壤、粉塵);
    - 小林氏(山梨大)の分析;
  - エアロゾルの化学成分
    - 原氏(極地研)の分析結果を利用させて頂いた;



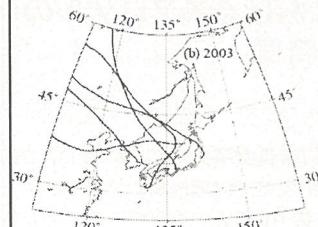
## Chemical analysis



- 秋季、日本海沿岸
  - $\text{Na}^+$  (海塩粒子): 小;
  - $\text{NO}_3^- / \text{nss-SO}_4^{2-}$ / Oxalate (人為起源): 大;
  - 人為起源の粒子(非吸收性)が卓越していた。

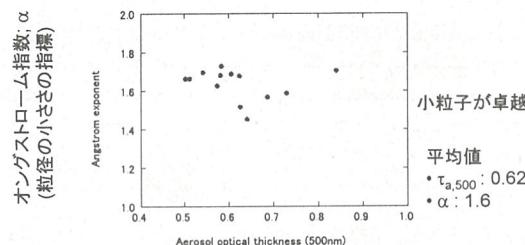
(by Courtesy of Dr. Hara in NIPR)

## Trajectory analysis



- Five-day backward trajectories
  - 1000m height;
  - the vertical motion mode for the 2003 cruise;
  - NOAA HYSPLIT4 Model;
- Continental air mass arrived in autumn around Japan.

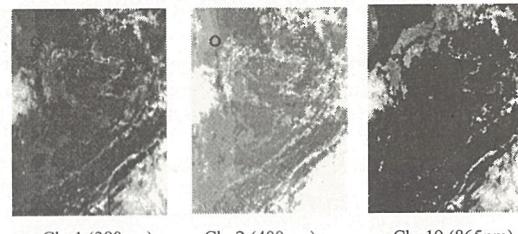
## スカイラジオメータの解析結果



エアロソルの光学的厚さ (500nm):  $\tau_{a,500}$   
しらせが佐世保 (33.12°N, 129.72°E)に停泊中の13観測イベント (2003年9月16日2219-18日0410 UTC)

## 日本近海の衛星画像 (ADEOS-II/GLI)

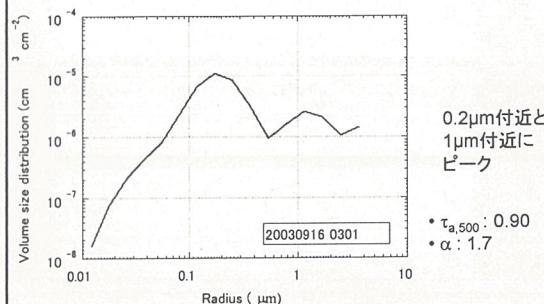
(Sep. 16, 2003 01:46 UTC; around Japan)



■ しらせ (35.35°N, 131.14°E; Sep. 16, 2003 03:00:50 UTC)は山口県沖を航行中;

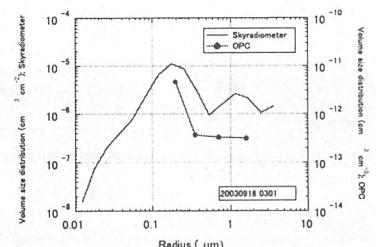
## 粒径分布 (スカイラジオメータ)

Sep. 16, 2003 03:00:50 UTC @ Japan sea with skyradiometer



- 0.2μm付近と  
1μm付近に  
ピーク
- $\tau_{a,500}$ : 0.90
- $\alpha$ : 1.7

## 粒径分布 (スカイラジオメータとOPC)

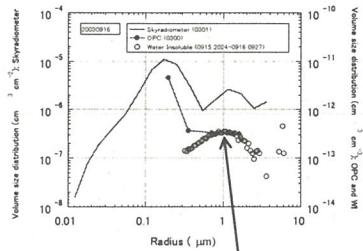


0.2μm付近のカラムのピークは、地表面付近でも観測された。

スカイラジオメータ  
(カラム)

### 粒径分布(スカイラジオメータ、OPC、及び非水溶性粒子)

スカイラジオメータ  
(カラム)



1μm付近のカラムのピークは、非水溶性粒子として地表面付近でも観測された。

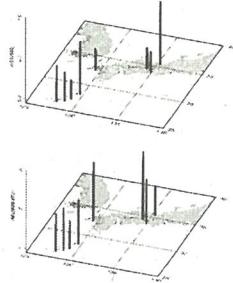
OPCと非水溶性粒子  
(地表面付近)

### まとめと今後の展望

- 2003年秋季に日本近海で目視観測されたヘイズの特徴について調べた。
  - 衛星観測
    - ・しらせの観測とほぼ同期した9月16日の近紫外衛星観測画像に、特徴のあるパターンが確認された。
  - Skyradiometerの解析結果(カラム)
    - ・しらせの停泊中(3日間)に、13イベントの解析結果が得られた。
      - 光学的厚さ(500nm)は、平均値として0.62程度になった。
      - オングストローム指数は、1.6程度であった。
    - ・日本近海航行中(9月16日)の粒径分布の特徴
      - 0.2μm程度及び1μm程度にピークが見られた。
  - OPC・サンプリングの結果(地表面付近)
    - ・0.2μm程度の小粒径が卓越していた。
    - ・1μm程度の非水溶性粒子(土壤・粉塵)のピークが見られた。
  - Skyradiometer(カラム)とOPC・サンプリング(地表面付近)を比較
    - ・全体として、粒径0.2μm程度の小さい粒子が卓越していた状況が確認できた。
    - ・また、1μm程度の粒子は地表面よりも上空に、より多く分布していたと考えられる。
- 今後の展望
  - 衛星観測データを用いた広域解析を行う。
  - ライダ観測や流跡線解析を組み合わせて、更に詳細に特徴を調べる。

### Results (training cruise in 2005)

AOT (500)  
Alpha (870/500)



- September 18-29, 2005;
- Aerosol optical thickness at 500nm:
  - 0.26 +/- 0.19;
- Angstrom exponent:
  - 1.9 +/- 0.31;
  - Smaller particles;
- Detailed features is under analysis;

# 開発した低出力高感度 95GHz 雲レーダの性能 —「みらい」に搭載した太平洋での雲観測

## Performance of the developed low-power high-sensitivity 95GHz cloud profiling radar —Observations of clouds on MIRAI in the Pacific Ocean

千葉大学環境リモートセンシング研究センター 共同利用研究プロジェクト3

鷹野敏明<sup>1,2,3</sup>(takano@faculty.chiba-u.jp Tel:043-290-3311)、秋田健一<sup>4</sup>、久保博<sup>4</sup>、  
河村洋平<sup>2</sup>、熊谷博<sup>5</sup>、中西裕治<sup>6</sup>、高村民雄<sup>7,3</sup>、中島映至<sup>8</sup>

(<sup>1</sup>千葉大学大学院自然科学研究科、<sup>2</sup>同工学部電子機械工学科、<sup>3</sup>同電子光情報基盤技術研究施設、  
<sup>4</sup>大学院自然科学研究科(修了)、<sup>5</sup>情報通信研究機構、<sup>6</sup>サイテック、  
<sup>7</sup>環境リモートセンシング研究センター、<sup>8</sup>東京大学気候システム研究センター)

地球上の気候変動や温暖化などを調べるために、太陽からの光を反射・吸収するような、上空の薄い雲の様子を捉えることが重要である。そのような雲を観測するには、従来のセンチ波のレーダより波長の短い、ミリ波での観測が、感度が良く有効である。

そこで我々は 95GHz (波長 3.2mm) で地上からの観測に用いるレーダを、独自に設計・開発した(図1)。この装置の特徴は以下である。



図1 我々が開発した 95GHz ミリ波 FM-CW レーダの外観

- A) ミリ波(周波数 95 GHz、波長 3.2 ミリ)を用いることで、センチ波では見えない薄い雲が観測可能である。
- B) FM-CW(周波数変調連続波)方式を用いることで、通常のパルス方式より 1000 倍の高感度を達成した。
- C) 部品がオールソリッドステートであることから、安価にできて保守も簡単である。

その後の試験観測などを経て、このレーダ装置は高感度で雲を観測できることが確かめられ、

2003年3月から4月には奄美大島での長期観測を行い、中国大陸からの黄砂の影響を調べる研究に参加した。さらに2004年8月には、(独)海洋研究開発機構の海洋地球研究船「みらい」の甲板に設置され(図2)、2005年2月までの6ヶ月間にわたって、北極海から南太平洋までの広い海域での雲の観測を実施した。今年度2005年度は、さらに太平洋の赤道帯北の全海域について、9月から半年間にわたって雲観測を実施している(次ページ以降の資料参照)。

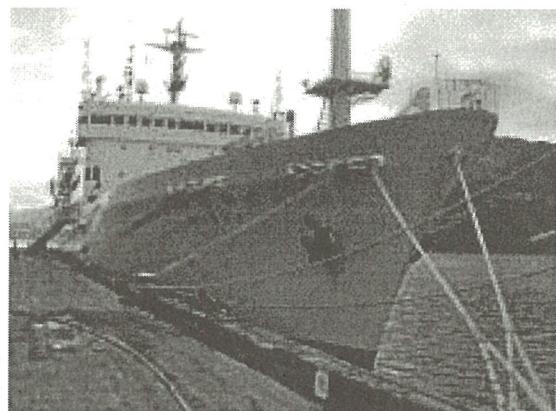


図2 我々の開発した 雲観測用ミリ波 FM-CW レーダは、2005 年 9 月初めに海洋地球研究船「みらい」の船尾甲板に設置され、現在赤道域北の太平洋での観測を行っている。

「みらい」でのこの観測は、地球の海洋を広い範囲の緯度で観測する、世界でも例のない試みであり、地球規模の大気の流れや雲発生のメカニズムなどを研究する上で、大変貴重なデータとなることが期待できる。

本研究は大野裕一氏(情報通信研究機構)、藤吉康志氏(北海道大学低温研究所)、岡本創氏(東北大)、杉本伸夫氏(国立環境研究所)のご協力を得て行われた。

# Introduction

It is Getting more important to know the global environment and the global change of climate for the human beings. One of the most significant features to know them is cloud. Information on 3-dimensional strudtures of clouds, sizes and distribution of cloud particles, depending on size of optical characteristics of cloud particles, motions of particles in clouds, and so on are all desirable to solve role of clouds.

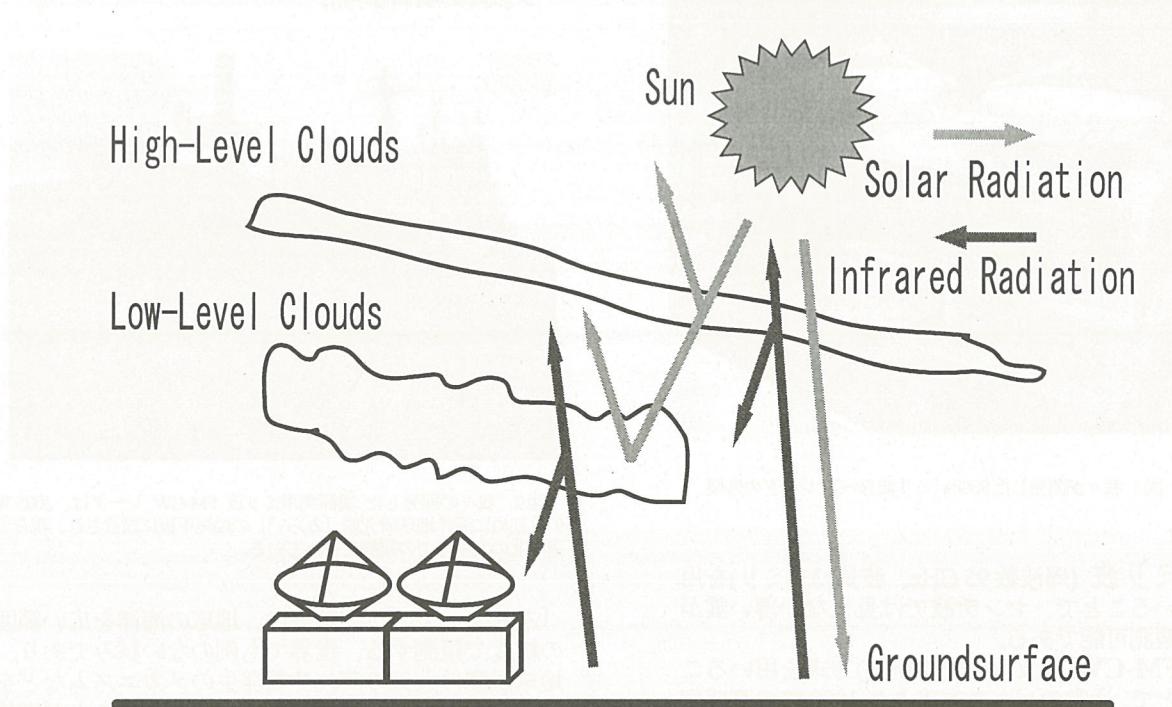


Fig.1 Millimeter-wave radar realizes detection thin clouds.

## DEVELOPMENT OF THE FM-CW RADAR OF CHIBA UNIV.

We have designed developed a cloud profiling radar at 95GHz. We adopt a frequency-modulated continuous wave(FM-CW) radar rather than a pulse radar become the former can achieve more sensitive system than latter if comparing with same instantaneous output power of transmitted millimeter wave. Parameters and performance of the developed cloud profiling radar at 95GHz are listed in the Table.



Fig.2 Japanese reserch vessel MIRAI (JAMSTEC)

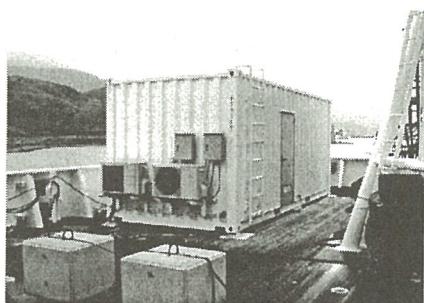


Fig.3 The developed cloud profiling FM-CW radar of Chiba University

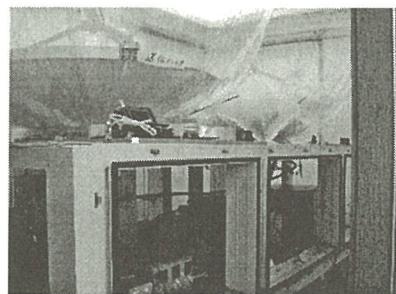


Fig.4 Container of the cloud profiling FM-CW radar

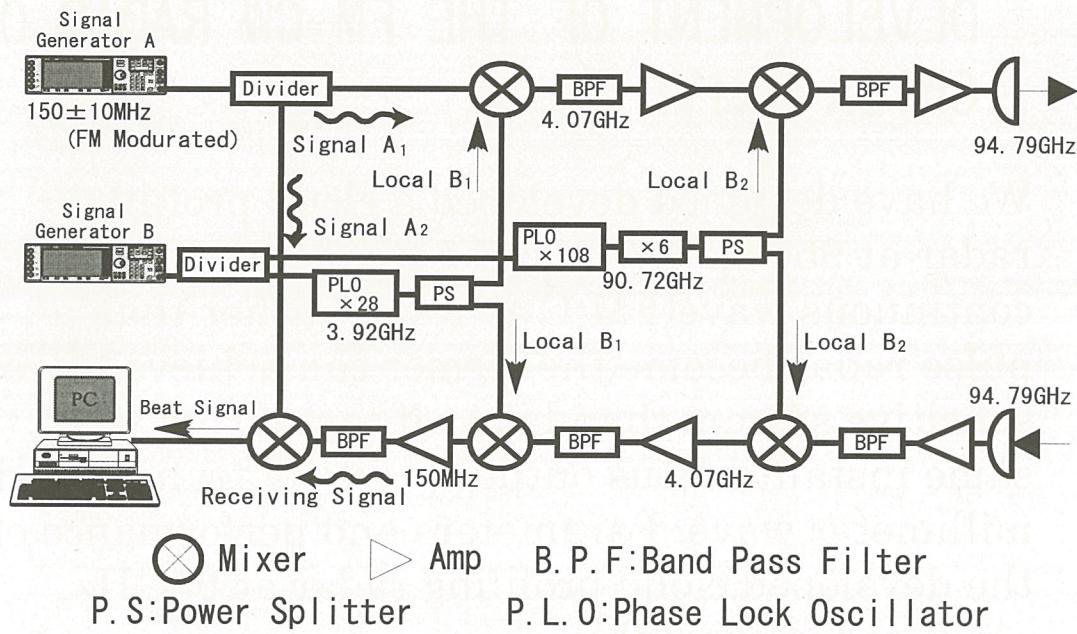


Fig.5 Block diagram of the transmitter and receiver section

Table.1 Designed parameters of antenna

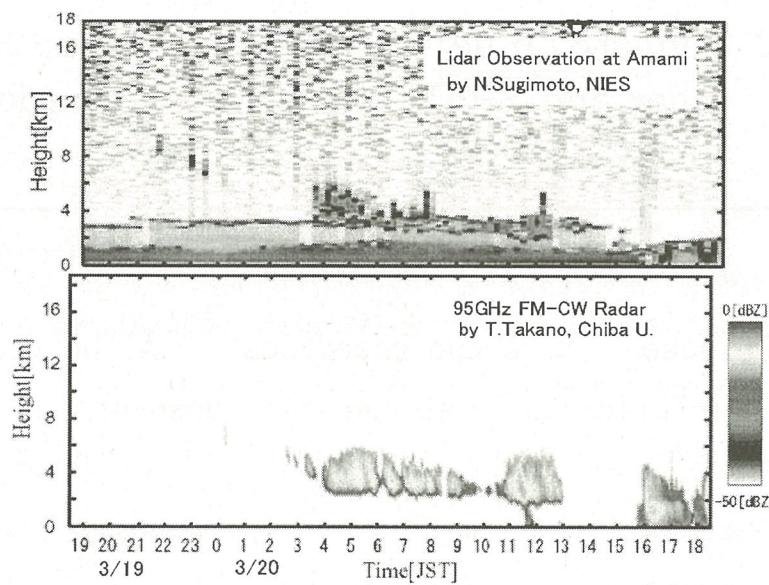
Antenna Diameter	1 m
f/D ratio of Antenna	0.35
Antenna Optics	Cassegrain
Gain of Antennas	57 dBi
Beam Width	0.18 degree
Antenna Separation	1.4 m
Direction of Antennas	Zenith
Polarization	1 Linear

Table.2 Comparison between the developed FM-CW radar and SPIDER: a pulse type radar of NICT, JAPAN

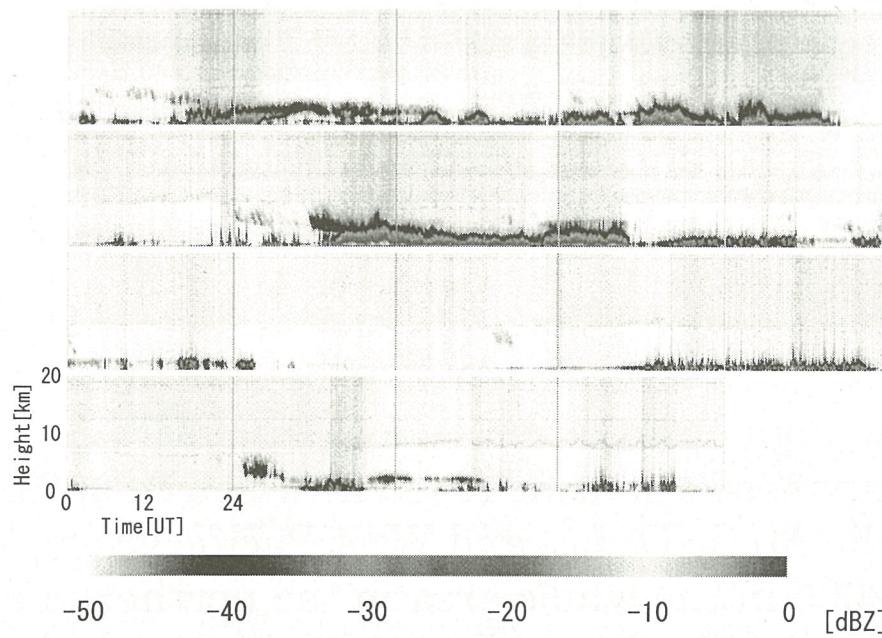
	FM-CW Radar	SPIDER (NICT)
Purpose	Groud based obs.	Airborn obs.
Obs. direction	at Zenith	Downword to horizon
Type of radar	FM-CW	Pulse
Antenna	1m × 2 antennas	0.4m × 1antenna
Frequency	94.79 GHz	95.04 GHz
Output Power	0.5 W	1600 W
Duty Rate	Continuous	100–1000
Sensitivity (at 5km)	-32 dBZ	-35 dBZ

## Observations of Clouds in Pacific Ocean on MIRAI

Using the developed millimeter-wave FM-CW radar at 95 GHz, we observed clouds in a campaign observation on a sail on Mirai, a Japanese scientific reserch vessel, in 2004 in the Arctic Ocean and West Pacific Ocean and in 2005 in the whole area in the northern half of the Pacific Ocean. Examples of observed profiles are shown in figures.



**Fig.6 Observations in Amami Island in March 2003.** FM-CW radar observed fine shower around 11:20 and structure of interior of clouds on March 20th. Lidar data(upper panel) were obtained by Nobuo Sugimoto, National Institute for Environmental Science, Japan



**Fig.7 Example of data obtained in the Arctic Ocean using the millimeter-wave FM-CW radar (2004. Sep.21 ~ Oct.10)**

# Observation schedule on MIRAI

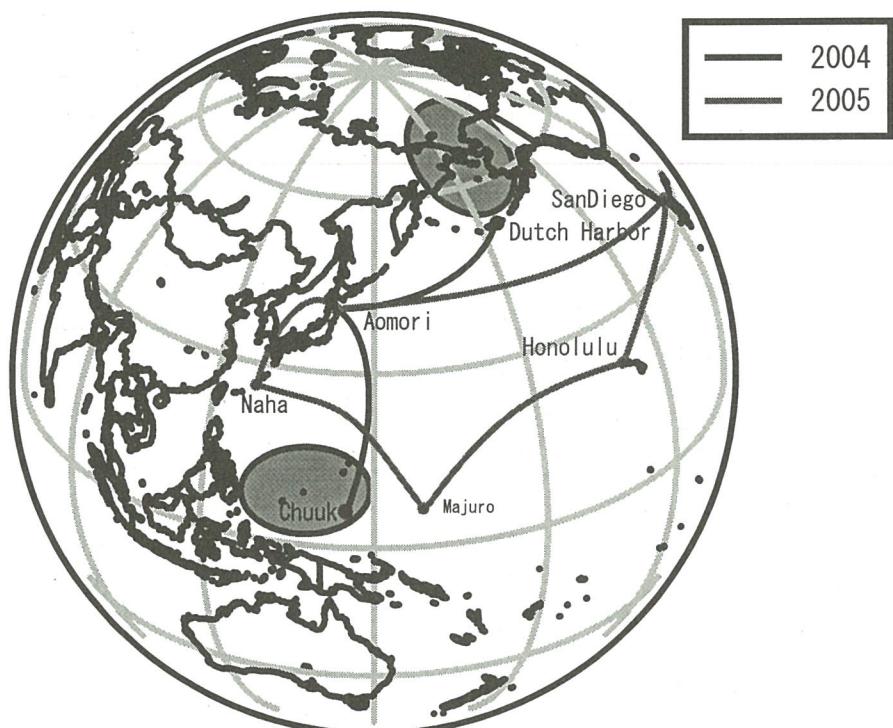


Fig.8 Route of Mirai cruise in 2004(blue) and 2005(red)

Table.3 Observation Schedule  
on Mirai 2004

Aug.	Aomori
Sep.	Dutch Harbor
Oct.	Obs.
	Dutch Harbor
Nov.	Aomori
Dec.	Chuuk
05 Jan.	Obs.
	Palau
Feb.	Aomori

Table.4 Observation Plan  
on Mirai 2005

Sep.	Aomori
Oct.	SanDiego
	Obs.
Nov.	Honolulu
Dec.	Majuro
06 Jan.	Naha
Feb.	Aomori

## プロジェクト4

# カラシナおよびマリーゴールドによる鉛ファイトレメディエーション適応形質の非破壊計測

渡邊浩一郎(帝京科学大)・米山昌美(片倉チッカリン株)・本郷千春(千葉大学)

## 〈はじめに〉

近年、重金属による土壤汚染事例の判明件数の増加が著しくなってきている。土壤汚染による健康影響への懸念や対策の確立への社会的要請が強まっている状況をふまえ、環境省は 2002 年土壤汚染対策法を施行した。したがって、現在および今後、土壤中に過剰に含まれる重金属の除去が強く求められている。その一方法として注目されているのがファイトレメディエーションである。

本研究では、茎葉部に重金属元素を蓄積することのできる植物がもつ形質を非破壊的に計測することが可能か否かを、Pb を集積させた植物を供して分光反射測定と植物体中 Pb 濃度の面から検討することを目的とした。

## 〈実験の概要〉

\* 供試植物: カラシナおよびマリーゴールド

\* Pb処理:Pb(EDTA でキレート化して与える) 0, 25, 50, 100, 200, 500  $\mu\text{M}$  計6区

\* 栽培試験: 自然光型ガラス室(茨城県つくば市の片倉チッカリン株総合研究所構内)

\* 栽培期間: 2005 年4月～6月

\* 分光反射測定: 2005 年6月1日 9:30 ~ 13:30 快晴

分光放射計(Field Spec FR; Analytical Spectral Device 社製) により測定を行った。

\* 植物の測定項目 新鮮重、乾物重、Pb濃度

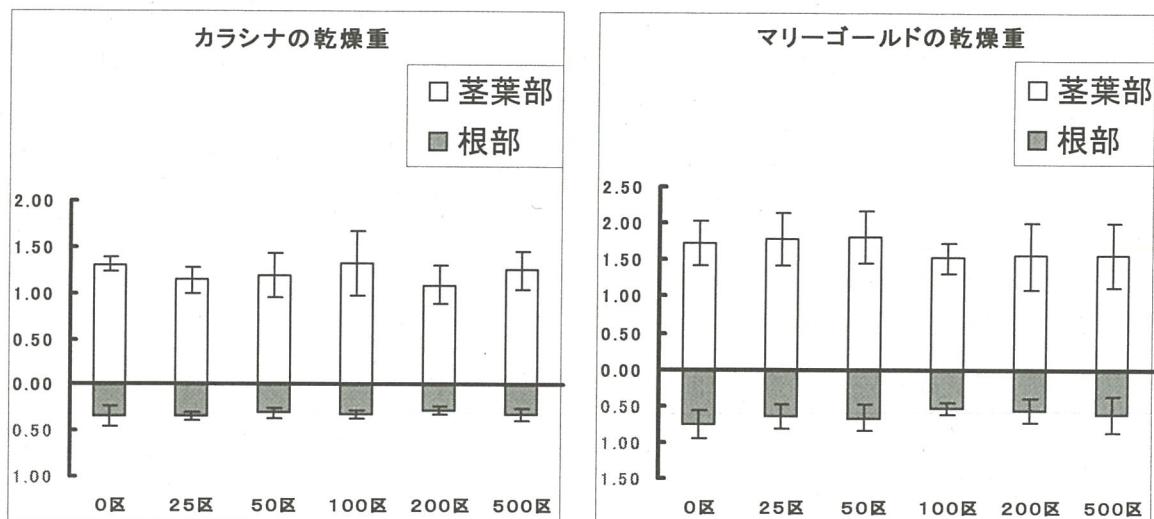
## 〈結果と考察〉

カラシナはマリーゴールドよりも重金属集積耐性が高いといわれる。Pb 含有量はカラシナの方がマリーゴールドより多く、一方、分光反射曲線を見るとカラシナはマリーゴールドより低い反射率を示していた。反射率の低いカラシナでは、マリーゴールドより多くの Pb を茎葉部に集積してもクロロフィルを減少させずに、成長させていたのではないかと思われる。

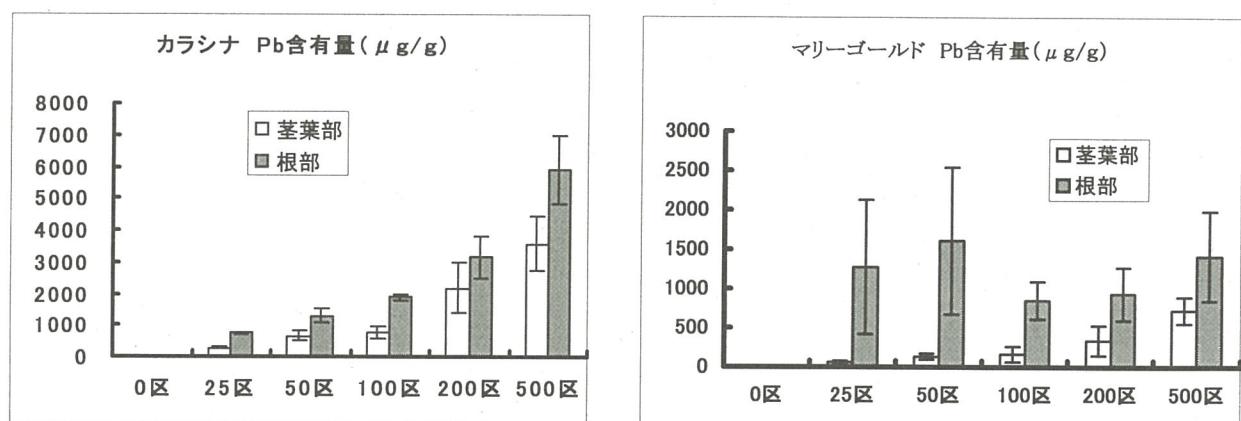
マリーゴールドの茎葉部のPb含有量には 25~500  $\mu\text{M}$  の間で差はほとんどみられなかつたが、Pb処理濃度が高くなるにしたがって根部のPb濃度は高くなっていた。このことから、マリーゴールドでは根部へのPb集積によるPb耐性を有すると思われる。

また、分光反射データより求めたストレス指数においては、カラシナ、マリーゴールドともに処理区間では大きな差はみられなかった。また、両植物種間でも差はほとんどみられなかつた。植物成育に傷害をもたらさないPb集積はストレス指数に反映されにくいのではないかと思われる。

## 植物体の生長量



## Pb 含有量グラフ



## ストレス指数

(カラシナ)

(マリーゴールド)

	平均値	標準偏差		平均値	標準偏差
0 区	1.0080	0.0007	0 区	1.0075	0.0029
25 区	1.0087	0.0013	25 区	1.0083	0.0010
50 区	1.0080	0.0007	50 区	1.0083	0.0000
100 区	1.0080	0.0007	100 区	1.0083	0.0010
200 区	1.0076	0.0008	200 区	1.0081	0.0006
500 区	1.0087	0.0007	500 区	1.0078	0.0008

## 千葉県沿岸における藻場のデータベース化

石井光廣（千葉県水産総合研究センター）

山北剛久・仲岡雅裕（千葉大学大学院自然科学研究科）

近藤昭彦（千葉大学環境リモートセンシング研究センター）

### はじめに

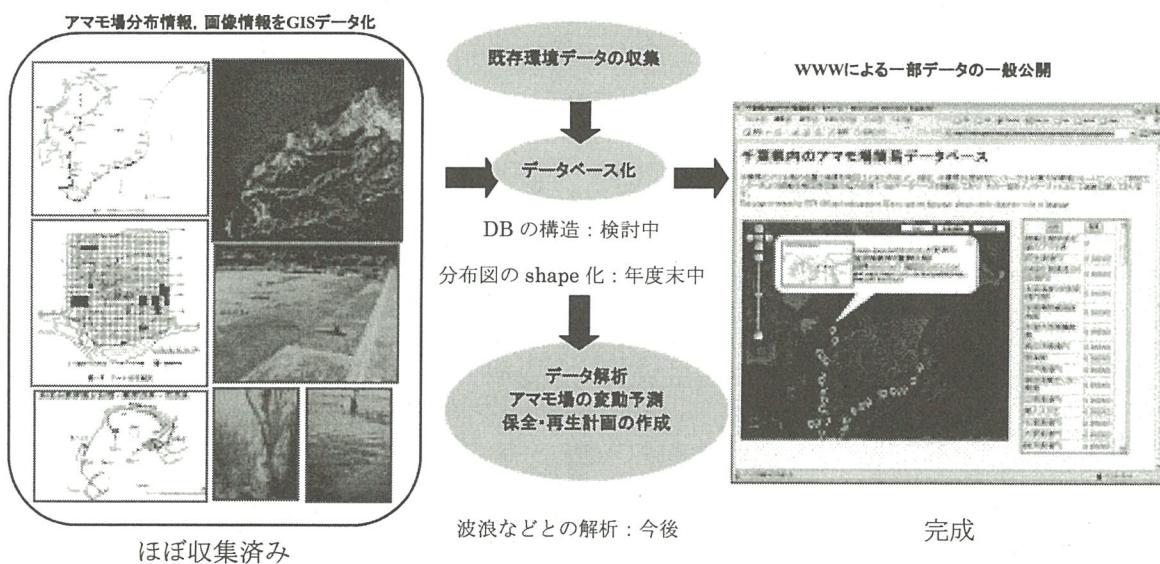
アマモ場は静穏な砂泥底に分布する海草の藻場で、魚介類の産卵場・保育場、水質浄化など沿岸生態系で重要な役割を果たしている。

東京湾などの内湾域では、開発や水質汚染による分布面積の減少が問題となっており、最近造成の取り組みも盛んにおこなわれ始めている。

保全・再生には、アマモ場分布を時空間的に把握することが重要であるが、アマモ場の分布情報は同一機関による統一された調査結果は少なく、さまざまな機関による単発的な調査結果が多く存在するので、統合することによってより重要なデータとなる。

そこで、千葉県における既存のアマモ場分布の全データを GIS により統合して DB 化し、その一部については WWW による公開方法を検討した。

### 方法と結果



### 期待される成果

- 県内のアマモ場造成適地の選定・造成計画の検討
- 長期環境変動のモニタリングツール
- 沿岸開発計画に対する影響評価資料としての利用
- 沿岸生態系の生産性の評価、水産資源管理計画への利用
- 沿岸水質管理の基礎資料、環境問題の提起・環境教育

### 今後の展望・計画

- アマモ場以外への適用（干潟、アラメ／カジメ林・ガラモ場、漁礁・養殖施設）
- 他県への適用（全国レベルでの沿岸ネットワーク作り）

# Information design for agricultural Plant Planning and Satellite based Remote Sensing Data Visualization

Tomoyuki SHIGETA, Takeshi SUNAGA,  
Yutaka MUGISHIMA, Noriyuki YOYASU, Hironobu RYOU, Daigo YAMAZAKI,  
Chiharu HONGO\*,  
Kazunari YOKOYAMA\*\*

Information Design Department, Tama Art University  
\*Center for Environmental Remote Sensing (CEReS), Chiba University  
\*\*National Agricultural Research Center for Hokkaido Region

## Abstract

This paper shows design and cooperative design process for agricultural plant planning system based on information Design point of view. The system allows farmers planning kinds and yields of vegetables for the coming year. Developing functionalities for plant planning, visualization of Satellite based Remote Sensing (SRS) data, interactions for operating the system and graphical user interface are concerned in the design. The design project consists of farmers and multidisciplinary researchers those are agricultural biologist, remote sensing researcher and information designers. The objective of the design project has been vegetable farming in Tokachi area of Hokkaido, Japan.

## 1. Introduction

The vegetable farmers deal with thirty hectare field on average and fifteen to twenty crops in Tokachi. For the planning at this moment of our survey, hand drawing maps of the field and hand writing names and quantities of crops that he planted in each year have been used as figure 1. And notes of manures and fertilizers are existed.

The design we proposed is an assistance for the planning as interactive system for the farmers. Basic functions of the system are browsing, planning and recording concerning to vegetable crops, several values of harvests, and records of insects and disease.

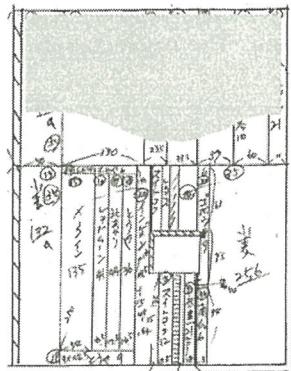


Fig. 1. A hand drawing map of fields, names and quantities of crops planned by farmer for 2005 (YM, 2005)

## 2. Planning Support System for Cropping and Fertilizing

### 2.1. Basic functions of the system

Following functions are designed in the Planning Support System. Those are (1) cropping for the next year, (2) fertilizing for the next year, (3) recording agricultural information concerning to this year that is listed in table 1, and (4) browsing past information about planning and recording in preceding years.

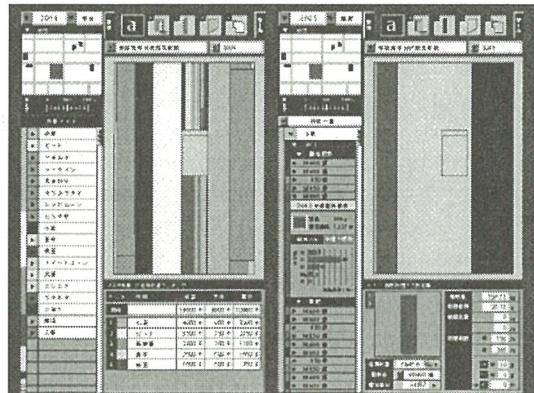


Fig. 2. A Screenshot of the Planning Support System for Cropping and Fertilizing

A main screen of the system is shown in figure 2. Left side of the screen is an area for planning crops on a plan of field where the farmer considers and right side is an area for browsing past information on same plans. Horizontal lists of the left area shows potential kinds of crops for the planning. The right area shows harvested kinds of crops with which the farmer deals.

Table. 1. Variables of agricultural information for the planning

- |                                  |
|----------------------------------|
| a. Plan of Field for Cropping    |
| b. Plan of Field for Fertilizing |
| c. Yields and productions        |
| d. Starch-concentration (potato) |
| e. Sugar-concentration (beet)    |
| f. Protein (wheat)               |
| g. Nitrogen-content (soil)       |
| h. Insects and diseases          |
| i. Profit and loss               |

## 2.2. SRS data for the system

Variables of estimation for the system are followings. Those are calculated from SRS data.

- j. Estimated yield of each crop
- k. Estimated starch-concentration of potato on each field
- l. Estimated sugar-concentration of beet on each field
- m. Estimated protein of wheat on each field
- n. Estimated nitrogen-content of soil on each field

## 2.3 Social system configuration for the planning support system

The planning support system is used by a number of farmhouses under management by a certain organization of the region. The organization contracts with SRS data provider. Figure 3 shows the providing system.

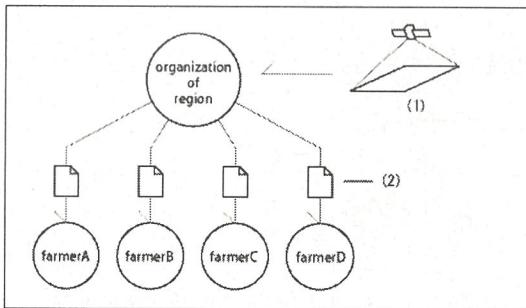


Fig. 3. Providing system for the planning support system

(1) SRS data of the region

(2) Providing values of the calculated data of each farmhouse field for the system on farmer's PC

## 3. Information Design Study on Visualizations for variables from SRS data

### 3.1. Visualizations

Values of the Variables are calculated from SRS data by functions constructed by SRS researcher (HONGO. 2004). Information designers visualize the variables. Purpose of the visualization is making legibility of the values for the farmers who deals with the values of crops, fertilizers, and his/her tasks on the fields.

Our study of the visualization has been based on SRS research for a couple of fields of potato that is grown by farmer YM in Tokachi as a case. Following visualizations are derived from the potato data.

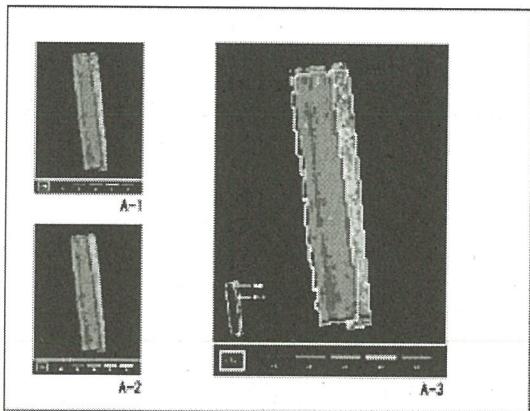


Fig. 4. Legible scatter-gram of Estimated yields of potato by SRS data

- A-1. Scatter-gram of Estimated yields from SRS values
- A-2. Scatter-gram of Estimated yields from SRS values (different color scale from A-1)
- A-3. Overlapped visual expression depicting Preceding Crops

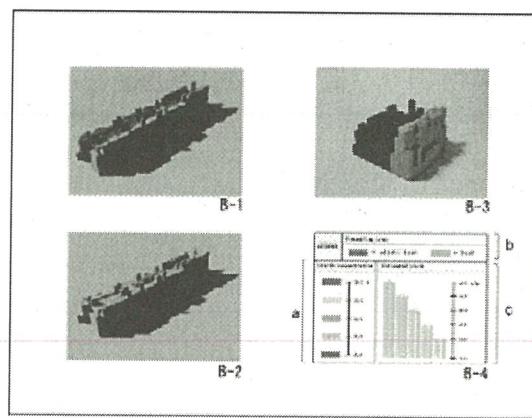


Fig.5. 3D Visual Expression depicting Yields,

- Starch-concentration and Preceding Crops
- B-1. Visual Expression depicting Preceding Crops and Estimated yields (Height represents Estimated yield, Color is a kind of the crop)
- B-2. Visual Expression depicting Estimated starch concentration and Estimated yields (Height represents Estimated yield, Color is Estimated starch concentration)
- B-3. 3D Physical model of B-1
- B-4. Legend;
  - a : Estimated starch concentration
  - b : Preceding Crops
  - c : Estimated yields

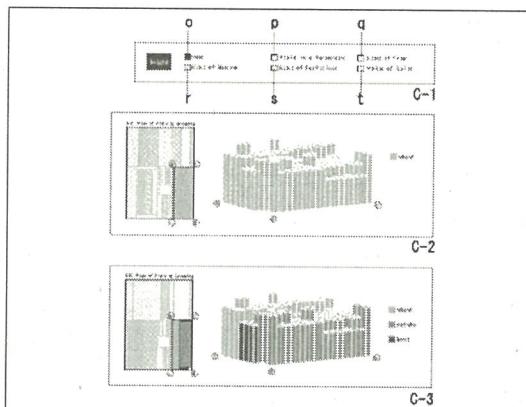


Fig. 6. 3D Visual Expression depicting Preceding Crops and Crops of this Year on specific Area of the fields

- C-1. Check boxes of variables to visualize;
- o : Year
  - p : Field in a farmhouse
  - q : Kind of crop, Yield, Sales of the crop, Value of harvest on the crop
  - r : Kind of manure, Quantity of the manure
  - s : Kind of fertilizer, Quantity of the fertilizer
  - t : Value of soil
- C-2. Visualization of this year (Left), 3D Visual Expression (right)
- C-3. Visualization of preceding year (Left), 3D Visual Expression (right)

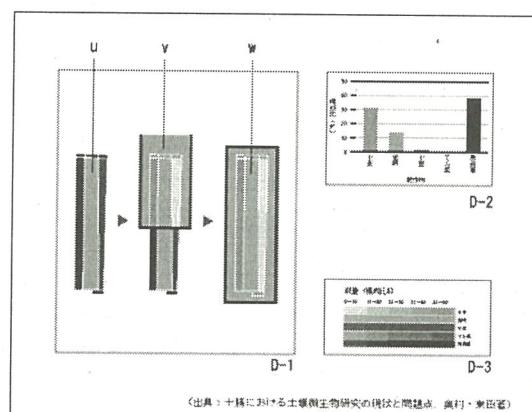


Fig. 7. Simulative Expression for the Influenced-by-the-preceding-crop Model

- D-1. Simulative Expression for wheat with Influenced-by-the-preceding-crop
- u : Preceding crop
- v : Filter of "wheat" for preceding crop
- w : Estimated yield of wheat
- D-2. Graph of differentiations of Influenced-by-the-preceding-crop to crop of this year
- D-3. Influenced-by-the-preceding-crop Model (OUMURA et al, 1991)

### 3.2. Evaluation for the visualizations

Evaluation for the visualizations has been received from farmer YK and other in a few times of meeting. Opinions from the hearing and discussion for some visualizations are presented as figure 8.

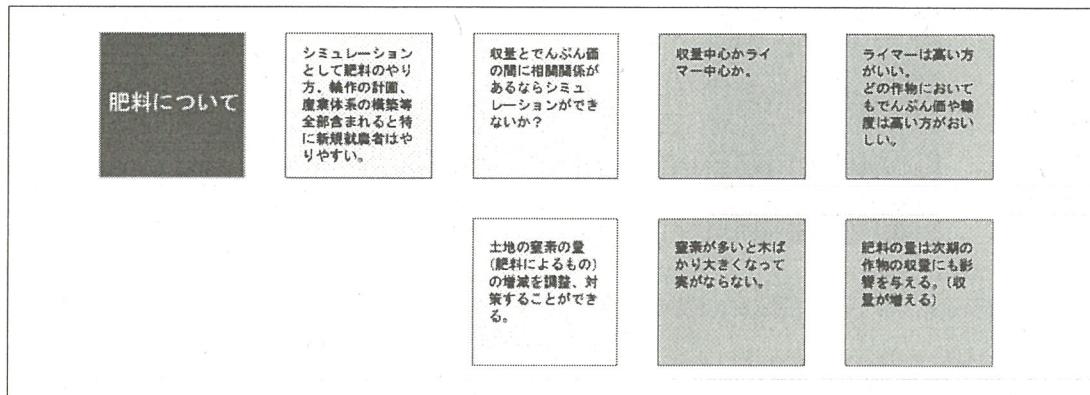


Fig. 8. Presentation of one discussion

Opinions of Farmers for the visualizations are followings.

- (1) "The visualization is similar with farmer's image. And it demonstrates state of his field much more clear than usual image through his working." This opinion is for the legible scatter-gram of estimated yields of potato by SRS data (Fig. 4.).
- (2) "It may possible to simulate relationship between Estimated starch-concentration and Yield of potato on the field." This opinion is for the 3D visual expression depicting yields, starch-concentration and preceding crops (Fig.5.).
- (3) "It is useful that system represents estimations and facts of each field." This opinion is for the 3D visual expression depicting preceding crops and crops of this year on specific area of the fields (Fig. 6.).
- (4) "The system allows new comers to learn their work and business on agriculture concerning to crops, fertilizers, distributions and so on." This opinion is for the simulative expression for the influenced-by-the-preceding-crop model (Fig. 7.).

### 4. Future work and Acknowledgements

Through the design development of the plant planning support system, it is figured out that SRS data allows a various understanding of relations between estimated values and harvested facts on their farming. Future work of our design studies is developing cyclic model of crops and soil. The cyclic model is able to describe as follows.

- (i) Crops and fertilizers in preceding year have been comprised in values of soils.  
↓
- (ii) The values of soils constraint plant planning of cropping and fertilizing in the next year.  
↓
- (iii) Crops and fertilizers makes the yields of this year. And those are comprised in values of soils.

Finally, we thank partner farmers for their contribution to the design development.

### Reference

- (1) (Okumura et al, 1991) Masatoshi OKUMURA, Syuji HIGASHIDA, "Current Status and Problems of Research on Soil-Microorganisms in Tokachi district", Hokunou, vol.58, No.1, PP 6-15
- (2) (Hongo, 2004) Chiharu HONGO, "The 10th CEReS International Symposium on Remote Sensing"

## **一 般 研 究**

# GLI 近赤外観測データを用いた可降水量プロダクトの検証

久慈 誠（奈良女子大）、菊地 信行（JAXA EORC）、内山 明博（気象研）

## 1. はじめに

宇宙航空研究開発機構(JAXA)の地球観測利用推進センター(EORC)ではみどり2号(ADEOS-II)に搭載されたGLIセンサの1135nmの水蒸気吸収チャンネルを用いた可降水量プロダクトを2004年11月1日より標準プロダクトとして提供を始めた。今回ラジオゾンデデータを用いて可降水量プロダクトの検証を行ったので報告する。

## 2. GLI センサ

GLIセンサには36チャンネルあり、1135nmの水蒸気吸収チャンネルと1050nm、1260nmの非吸収チャンネルの三つのチャンネルを用いて水蒸気プロダクトを導出する。1135nmと1260nmを組み合わせた2チャンネル法と三つすべて用いた3チャンネル法の二つの方法が用いられている。今回、ゾンデの打ち上げ場所を中心とする、 $11 \times 11$ 画素を切り出して検証に用いた。

## 3. ゾンデデータ

全世界の約750カ所のゾンデデータからみどり2号の観測期間2003年4月2日から2003年10月24日まで約80000データを検証に用いた。GLI解析の遅れのため一ヶ月分ほど検証を行っていない期間がある。ゾンデデータの相対湿度と気温から水蒸気量を求め、高さ方向に積分することで可降水量を導出した。ゾンデは一日2回世界標準時0時と12時に打ち上げられるので、GLIの観測時刻との差は最大6時間である。

## 4. 雲域除去

GLIデータでは次の二つの条件に当たる場合を雲域と判断して除去した。(1) $11 \times 11$ 画素の平均の反射率が31%以上。(2) $11 \times 11$ 画素の反射率の標準偏差が0.04以上。以上の操作を行なった結果、晴天

と判断されたデータは約14000カ所になった。

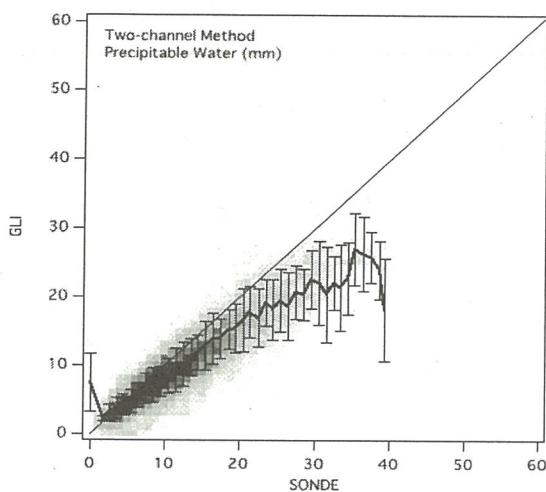


図1 GLIとゾンデで得られた可降水量の比較。

## 5. 検証結果

図1に2チャンネル法の比較の結果を示す。ゾンデデータ1mm刻みでGLIの結果を平均したものが太線で、上下のバーは標準偏差である。10mmから20mm程度まではGLIから導出した可降水量はゾンデデータとよく合っている。10mm以下の場合はGLIの値が大きく、20mm以上の場合はGLIの方が小さい。地域別に見るとアフリカ、インド、中南米、東南アジアに標準偏差の大きいところが現れた。

## 6. まとめと今後の課題

GLI近赤外観測データー推定された可降水量をラジオゾンデ観測から推定された可降水量と比較検証を行った。可降水量が小さいときと大きいときでGLIとゾンデに差ができた。ゾンデは間接的に可降水量を導出しているので、もっと直接的に可降水量を導出する測定方法と比較する必要がある。現在スカイラジオメータまたはサンフォトメータの水蒸気吸収チャンネルを用いた可降水量との比較を予定している。またマイクロ波放射計との比較も検討している。

## GLI近赤外観測データを用いた可降水量プロダクトの検証

久慈 誠(奈良女子大学)  
菊地 信行(JAXA EORC)  
内山 明博(気象研)  
2005年12月12日

### 研究の背景

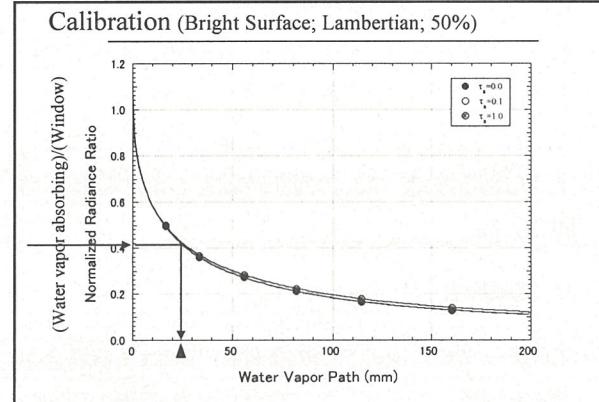
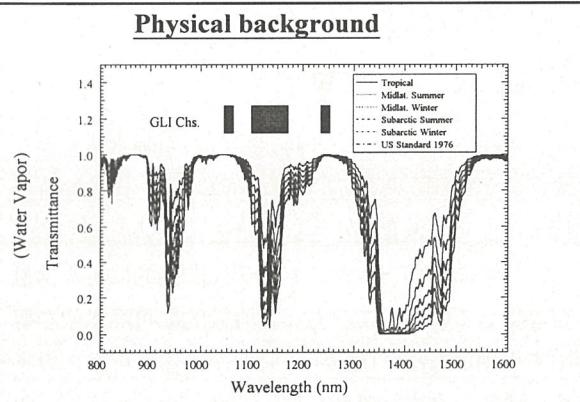
- ・水蒸気
  - 地球最大の温室効果気体;
  - 地表面放射収支やエアロゾル・雲相互作用の鍵となる特性量;
- ・可降水量(鉛直積算水蒸気量)
  - 晴天大気ににおける重要な大気プロダクト;
  - 大気補正(特に陸域・沿岸域);
- ・ADEOS-II / GLI観測データの利用
  - 近赤外推定アルゴリズム(Kuji and Uchiyama 2002);
  - 約1km解像度;
  - 雲・海陸分布等のフラグの活用;
  - 地表面プロダクト(植生・海色・雪氷)の大気補正;

### 本研究の目的

- ・2004年11月よりJAXA EORCでは、みどり2号(ADEOS-II)搭載Global Imager(GLI)の観測データから導出された可降水量の提供を開始した。
- ・本研究ではGLI可降水量プロダクトをラジオゾンデあるいはスカイラジオメータ観測で得られる可降水量と比較し検証を行なった。

### 可降水量プロダクトのアルゴリズム

- ・使用する波長
  - 水蒸気吸収領域 1135nm
  - 寂領域 1050nm, 1240nm
- ・水蒸気吸収領域と寂領域の放射量比から可降水量を推定する
  - 2チャンネル法(寂領域を1チャンネル使用)
    - $R_{1135}/R_{1240}$
  - 3チャンネル法(水蒸気吸収領域を挟む寂領域2チャンネルを使用)
    - $2 \times R_{1135} / (R_{1050} + R_{1240})$
- ・仮定
  - 地表面反射率は波長によらず一定
- ・以上の仮定のもと可降水量を変えて放射計算を行ない、放射量Rと可降水量Pの関係を次の式で表した。
  - $P = C_3 \times \log(R_{1135}/R_{1240} - C_1)/C_2$



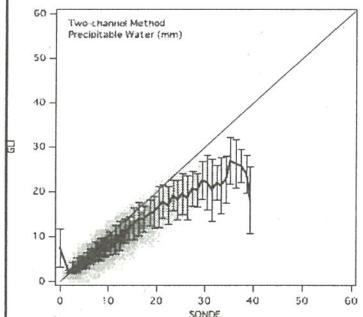
## マッチアップデータ(GLI)

- ゾンデ打ち上げ地点を中心とする $11 \times 11$ 画素を使用
- 雲域判別
  - $11 \times 11$ 画素の反射率の平均が25%以上
  - $11 \times 11$ 画素の反射率の標準偏差が0.03以上
- 観測条件 (scan geometry)
  - 太陽天頂角60度以下
  - 衛星天頂角30度以下

## マッチアップデータ(Sonde)

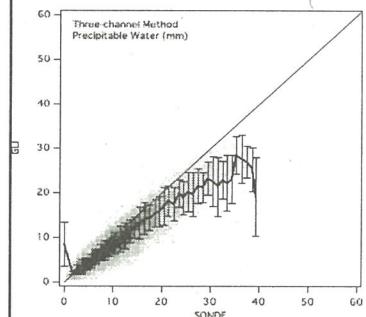
- 全世界約750カ所のゾンデデータ(DCDF)を使用
- 2003年4月2日から2003年10月24日まで
- ADEOS-II通過時刻の前後6時間以内のデータ
- 相対湿度80%を越えた場合、その層には雲が存在するとし、解析から除外。

## 2チャンネル法(1135nm / 1240nm)の検証



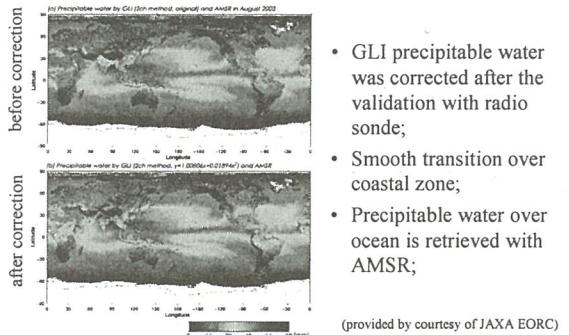
- GLIプロダクトはゾンデよりも値が小さい。
- 可降水量が増えるとGLIとゾンデの差は大きくなる。
- 20%の誤差範囲で一致している。

## 3チャンネル法(1135nm / 1050 and 1240nm)の検証

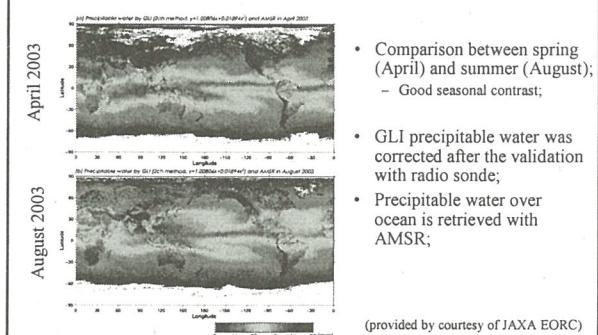


- 3チャンネル法
  - 2チャンネル法に比べてゾンデとの差が若干小さくなつた。
  - 水蒸気吸収領域を挟んだ二つの窓領域を用いる。

## Precipitable water with GLI (over Land; 2ch); Correction with sonde validation



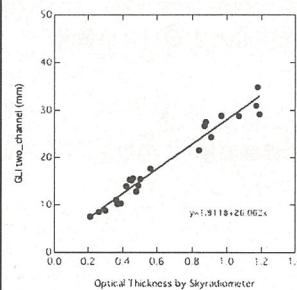
## Precipitable water with GLI (over Land; 2ch); Seasonal contrast



## GLI可降水量プロダクトの特徴

- 長所
  - 地上の可降水量を推定する。
    - マイクロ波センサ(AMSR等)は海上が主。
  - 1km分解能で推定できる。
    - マイクロ波センサ(AMSR等)は20-30km程度。
- 短所
  - 地表面反射率の低い海上では推定精度が悪化。
  - 雲がある時、及び夜間は推定できない。
- ADEOS-II / GLI - AMSR 複合利用
  - 相補的な関係を活かした複合プロダクトの可能性

## Validation (GLI 2ch vs. Skyradiometer 940nm)



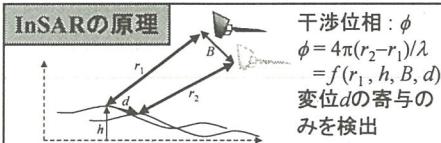
- Approximation at water vapor absorbing channel 940nm:
 
$$-\ln\left(\frac{I}{I_0}\right) = \frac{\tau_w + \tau_a}{\mu_0}$$
- Aerosol optical thickness:
  - estimated with 870nm and 1020nm average;
- Comparison at Fukue:
  - without a time lag;
  - Good correlation;

## まとめと展望

- GLI近赤外観測データから推定された可降水量プロダクトの検証を行った。
  - ラジオゾンデデータとの比較
    - 20%の誤差で一致した。
    - GLIの方がゾンデよりも小さめに推定される。
      - 特に、水蒸気量が多い場合。
  - スカイラジオメータとの比較(初期結果)
    - 水蒸気による吸収の光学的厚さと良い相関を示した。
    - 可降水量ベースでの検証を行う。
- 展望
  - 非常に簡単なアルゴリズムで可降水量を推定
    - 更に検証を積み重ね、推定精度・適用限界等を確定。
    - ADEOS-II / GLI - AMSR 複合利用水蒸気プロダクト

## 干渉合成開口レーダ(InSAR)による南極の氷河・氷床マッピング

木村 宏(岐阜大), 西尾文彦(千葉大)



### 衛星InSAR南極モニタリング

#### 【期待】

- ・InSARでは変動計測が可能
- ・連続した観測データがあれば、変動の時間変化を計測可能(JERS-1 SARの場合 44日間隔)

#### 【問題点】

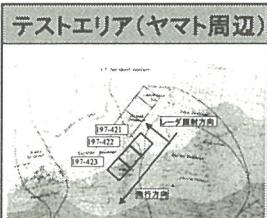
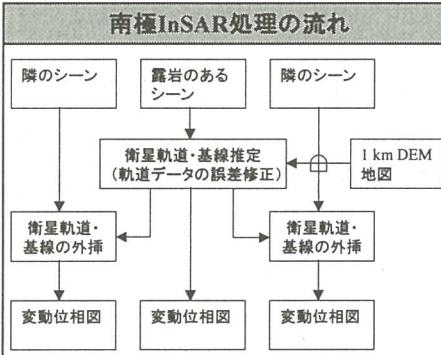
- ・表面起伏の影響を除去
- ・JERS-1 SARでは軌道情報精度が不十分

#### 【2004年度までの共同研究成果】

- ・露岩, 1 km DEM, 地図を利用し、衛星軌道・基線を修正、さらに表面起伏を除去

#### 【2005年度の目的】

- ・衛星軌道・基線を隣接シーンに外挿
- ・広域の変動検出



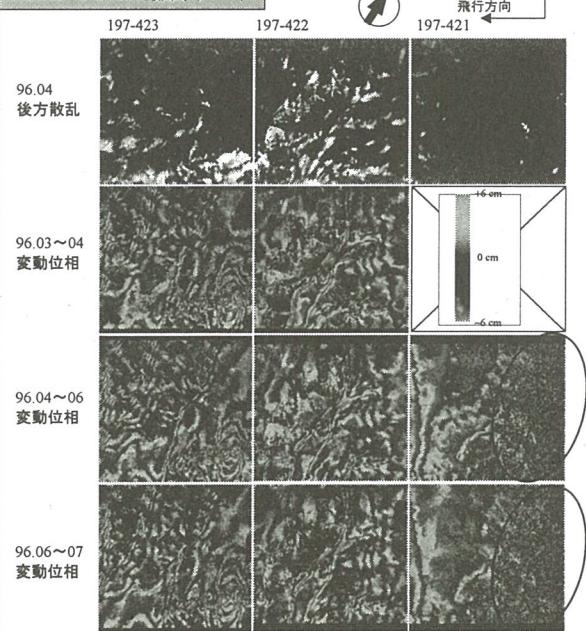
### 研究経過

- ・3月～4月, 4月～6月, 6月～7月の変動位相図
- ・3組の変動図は同一傾向
- ・197-421の右側(北側)に非干渉領域(右図の黄色い楕円)→早い変動場か?

### 今後の予定

- ・外挿のチューニング
- ・外挿の評価
- ・微地形の影響の除去
- ・定量的解析
- ・マッピングの評価

### JERS-1 SAR観測データ



# Validation of ocean color in the western equatorial Pacific Ocean by using in situ spectroradiometer and ocean color satellite data

Katsutoshi Kozai (Kobe University Faculty of Maritime Sciences)  
Kensuke Tanaka (Kobe University Graduate School of Science and Technology)

In the western equatorial Pacific Ocean high sea surface temperature area is well known for the warm pool. This makes the area highly convective, which in turn influences the visible and infrared wavelength sensor signal through clouds and water vapor. In situ spectral radiometry for sea surface is inevitable for calibrating and validating physical and biological parameters such as sea surface reflectance and chlorophyll-a concentration without atmospheric corrections of remotely sensed data. The purpose of the research is to not only validate sea surface reflectance and chlorophyll-a concentration derived from MODIS but also investigate the parameters affecting sea surface reflectance by using a radiative transfer code known as 6S (version 5.2B).

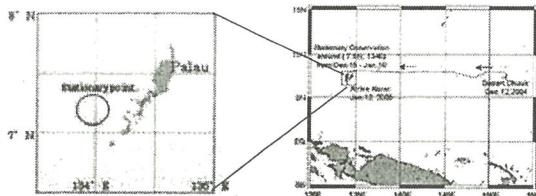


Fig.1 Study area and the stationary point (circle on the left figure, Dec.16, 2004~Jan.7, 2005).

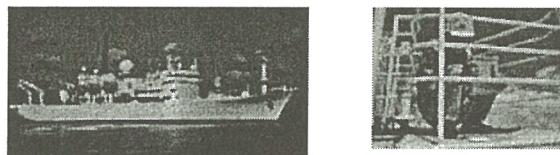


Fig.2 R/V MIRAI and onboard spectroradiometer GER1500.

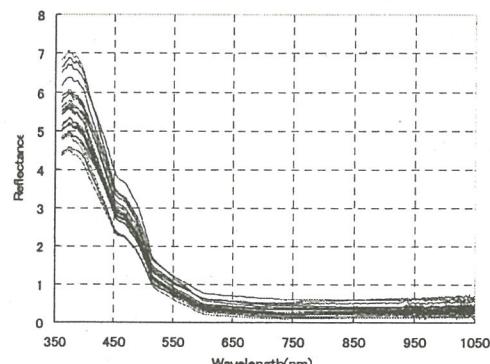


Fig.3 Spectral reflectance curves (red: before Dec.25, blue: after Dec.26, 2004)

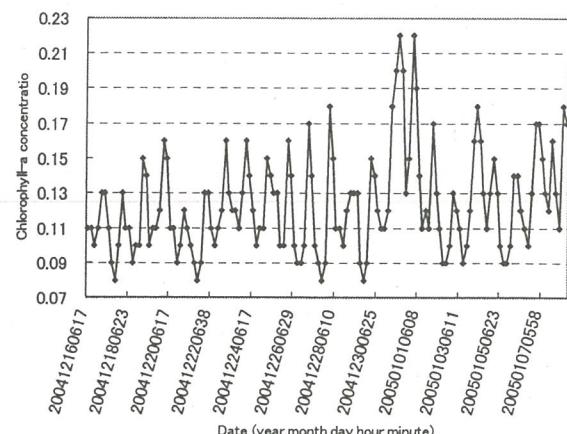
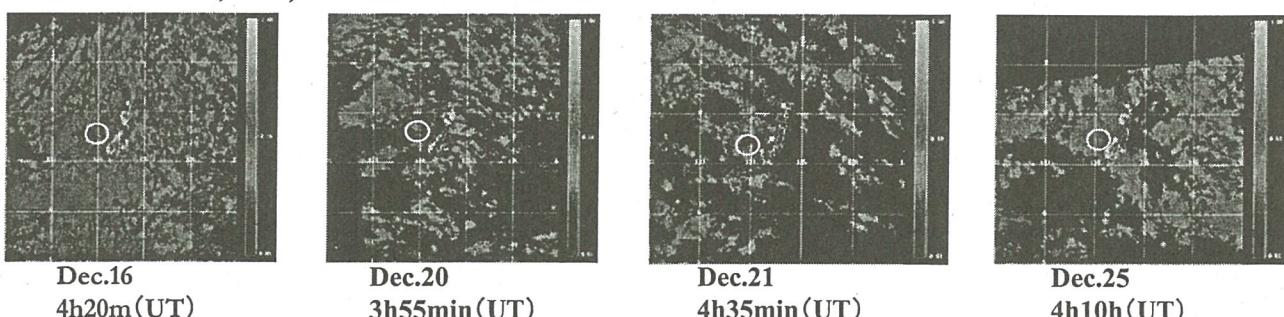


Fig.4 Variation of in situ chlorophyll-a concentration.

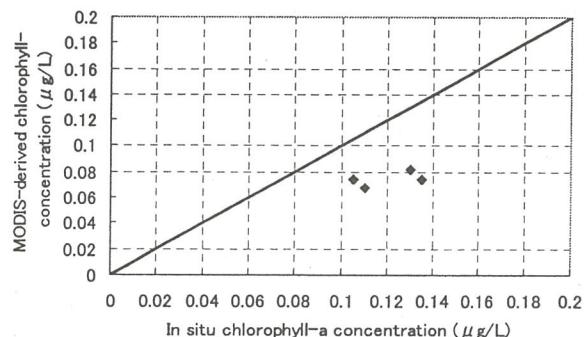


Fig.5 Comparison of MODIS-derived chlorophyll-a and in situ chlorophyll-a concentration.

## Summary

- (1) The maximum spectral reflectances are observed between 370~380nm and the minimum spectral reflectances are observed over 700nm.
- (2) MODIS-derived chlorophyll-a concentration was underestimated comparing with in situ chlorophyll-a concentration.

# 衛星海氷観測による急速な海氷変動の検出

Detection of rapidly sea-ice changes using satellite remote-sensing data

榎本浩之(北見工業大学) 西尾文彦(千葉大学)

## ■はじめに

オホーツク海の海水は、沿岸の海上交通・建設設備などにとって障害となっている。オホーツク海北部では海底油田開発が進められており、これからサハリン周辺での船舶往来が活発化していくことが考えられている。海水の海周辺での安全な船舶の航行がこれまで以上に望まれている。

この海水をめぐり、自然遺産に登録される自然と人間活動のバランスが必要とされている。衛星データ解析によりオホーツク海の海水を観測し、最新情報の取得や長期変動の把握をめざす。

衛星から海水の移動を追跡する



海水の動きを追跡する

海水の広がり

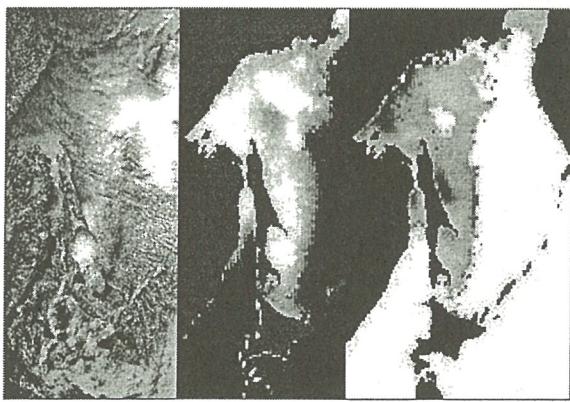


海水の平均漂流経路

平均的な海水移動のパターン(右)と急速な海水状態の変化時(下)

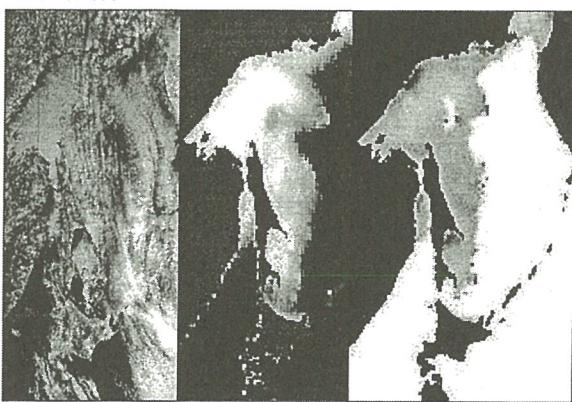
急変する海水の動きを監視する

✓2003/01/26



NOAA/AVHRR SSM/I海氷密接度 SSM/I海氷厚

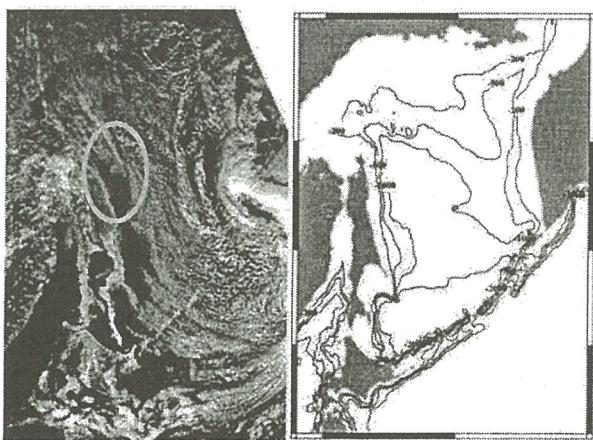
✓2003/01/30



水縁の位置、  
密接度、厚さ、  
サハリ  
ン沿岸のポ  
リニアなど  
の変化の観  
測。

サハリン南東部に飛び出したアニワ岬から知床半島に向かって接近してきている海水の様子を示す。海水は大陸棚の斜面にそって知床方面に向かってくる。

このような初期と最大結氷期では海水のルートが異なる。



知床半島の海水接岸

✓2003/01/08



✓2003/01/09

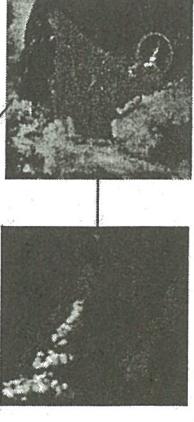


✓2003/01/11



## 地域ごとの環境変化観測と基礎情報としての利用

間宮海峡

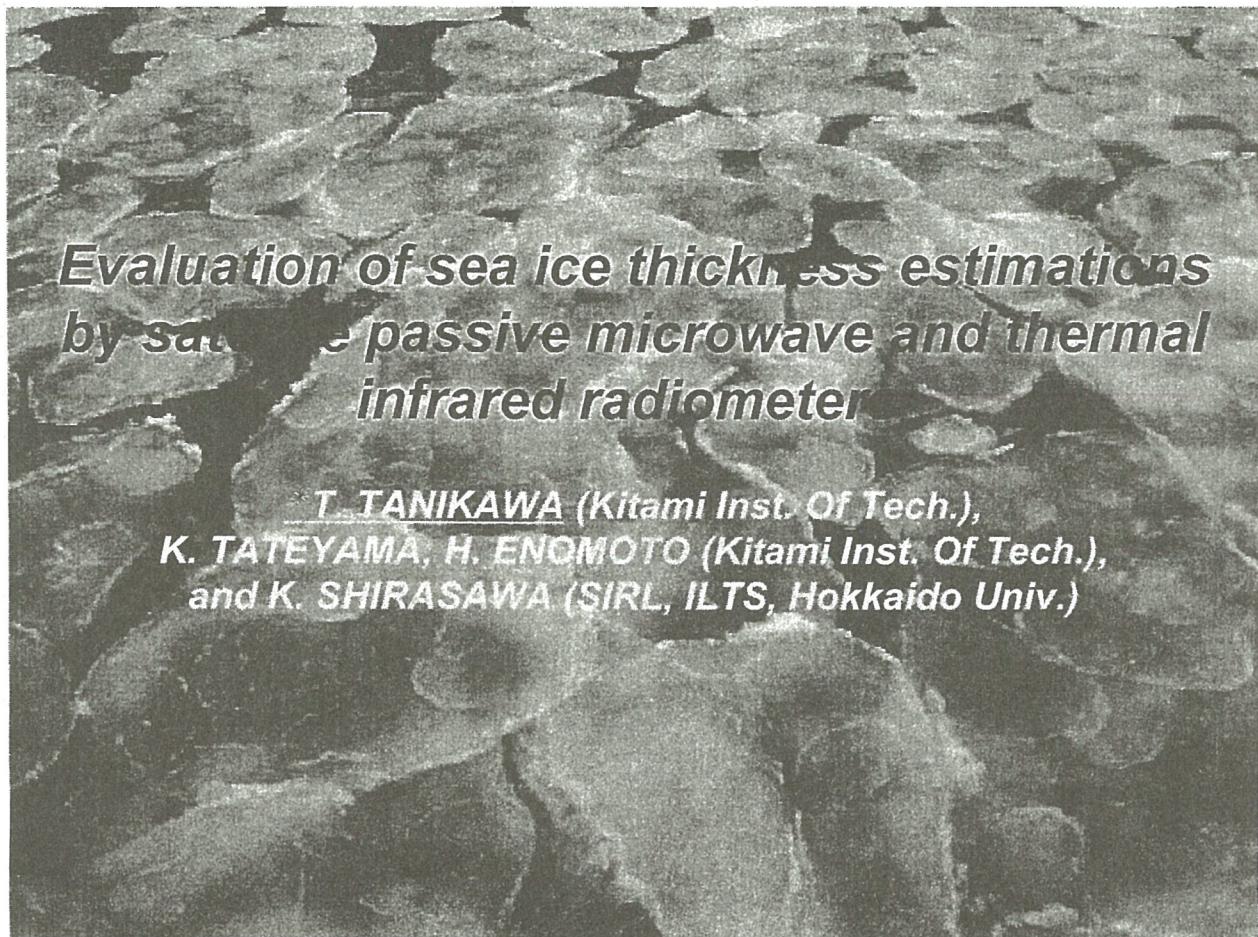


海上安全支援

- ・サハリン海底油田開発
- ・パイプライン設置
- ・タンカー往来

## ■ 知床半島

平成17年7月に世界自然遺産として登録された。知床岳の手前のルシャ川、テッパンベツ川河口付近の山のみは、知床岳と硫黄岳の間で一旦落ち込んでいる。またサハリンから北海道紋別沖や網走沖には大陸棚が100km以上広がっており、知床半島の半ばで半島に寄り添うように消えて行く。この場所はしばしば海水がたどり着く場所となっている。



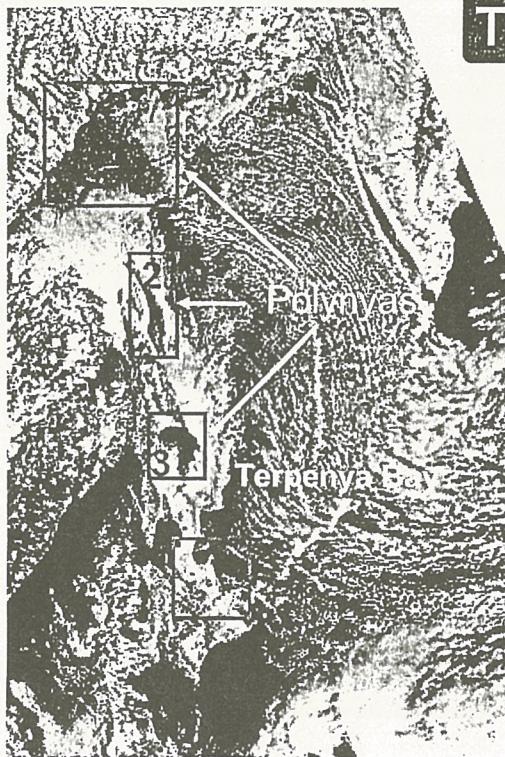
## *Evaluation of sea ice thickness estimations by satellite passive microwave and thermal infrared radiometer*

*T. TANIKAWA (Kitami Inst. Of Tech.),  
K. TATEYAMA, H. ENOMOTO (Kitami Inst. Of Tech.),  
and K. SHIRASAWA (SIRL, ILTS, Hokkaido Univ.)*

### **Background**

**Sea ice thickness estimation by the satellite remote sensing**  
*Qualitatively → Quantitatively*

- **AVHRR ice thickness:** AVHRR + Heat flux
  - Groves and Stringer [1991]: AVHRR + Kuhn's model
  - Drucker et al. [2003]: AVHRR + Yu and Rothrock [1996]
- **Active microwave ice thickness:** ERS, RADARSAT
  - Kwok and Cunningham [2002] : RGPS
  - Peacock and Laxon [2004] : altimeter
- **Passive microwave ice thickness:** SSM/I
  - Tateyama et al., [2002]:  $R_{37V/85V}$ ,  $R_{19H/85V}$ ,  $PR_{19}$
  - Martin et al., [2004]:  $R_{37}$



## Test site

### Terpenya Polynya

'Terpenya Bay' polynya in 1997 winter.

- no ice movement
- no snow cover

### Thick ice

## Data and Spatial Resolution

### DMSP SSM/I

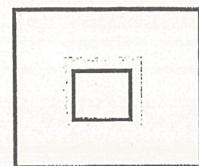
- ✓ Tateyama algorithm [2002]
- ✓ Martin algorithm [2004]
- Daily brightness temperature (BT) from DMSP SSM/I

### *For validation*

### NORR AVHRR

- ✓ Yu and Rothrock algorithm [1996]
- Daily surface temp. data from NOAA AVHRR
- Daily meteorological data from NCEP/NCAR reanalysis

### Ship-borne video data (for thick ice)



NCEP/NCAR:  $2.5^\circ$  mesh  $\rightarrow 280\text{km} \times 280\text{km}$   
AVHRR:  $1.1\text{km} \times 80\text{pixel}$   $\rightarrow 88\text{km} \times 88\text{km}$   
SSM/I:  $12.5\text{km} \times 6\text{pixel}$   $\rightarrow 75\text{km} \times 75\text{km}$

## Method 1

## Tateyama algorithm (2002)

- Tateyama algorithm is developed based on the SSM/I data and *in-situ* ice thickness data taken by ship-borne video camera.

The ice thickness  $H_T$  (m) is estimated using empirical equation;

$$H_T = -5.37 \cdot PR_{19} + 0.84 \cdot R_{37V/85V} - 0.07, \quad (1)$$

where

$$PR_{19} = \frac{TB_{19V} - TB_{19H}}{TB_{19V} + TB_{19H}}, \quad R_{37V/85V} = \frac{TB_{37V}}{TB_{85V}}, \quad (2)$$

➤ Sea-ice surface roughness      ➤ Temperature gradient

When a new ice signal is detected ( $R_{37V/85V} < 0.97$ ),  $*R_{37V/85V}$  is converted to  $R_{37V/85V}$  by following equation,

$$R_{37V/85V} = 0.3 \cdot (*R_{37V/85V} - R_{19H/85V}) + 0.6 \cdot R_{19H/85V} - 0.29 \quad (3)$$

## Method 2

## Martin algorithm (2004)

- Martine algorithm is useful for ice production in polynyas.

➤ This algorithm is developed based on the ratio of H- and V-polarized 37GHz channels.

The ice thickness  $H_M$  (m) is calculated using the following equation

$$H_M = \exp^{1/(\alpha R_{37} + \beta)} - \gamma, \quad (4)$$

where  $\alpha = 230.47$ ,  $\beta = -243.60$ ,  $\gamma = 1.0080$ , and,

$$R_{37} = \frac{TB_{37V}}{TB_{37H}}. \quad (5)$$

### Method 3

### Yu and Rothrock algorithm (1996)

□ Yu & Rothrock algorithm is based on surface-heat balance model using AVHRR thermal data.

➤ In absence of melting and a snow cover, heat energy balance at the ice surface can be assumed that conductive heat loss at ice-surface through the ice is equal to the total heat flux  $F_{TL}$ .

The ice thickness  $H_A$  (m) is calculated using the following equation,

$$H_A = \frac{K_i(T_F - T_i)}{F_{TL}}, \quad (6)$$

where  $K_i = 2.034$  (W/m/K),  $T_F = -1.8$  ( $^{\circ}\text{C}$ ).  $T_i$  can be calculated from the AVHRR data given by [Key and Haefliger, 1992],

$$T_i = a + b \cdot TB_{ch4} + c \cdot (TB_{ch4} - TB_{ch5}) + d \cdot (TB_{ch4} - TB_{ch5})(\sec\theta - 1), \quad (7)$$

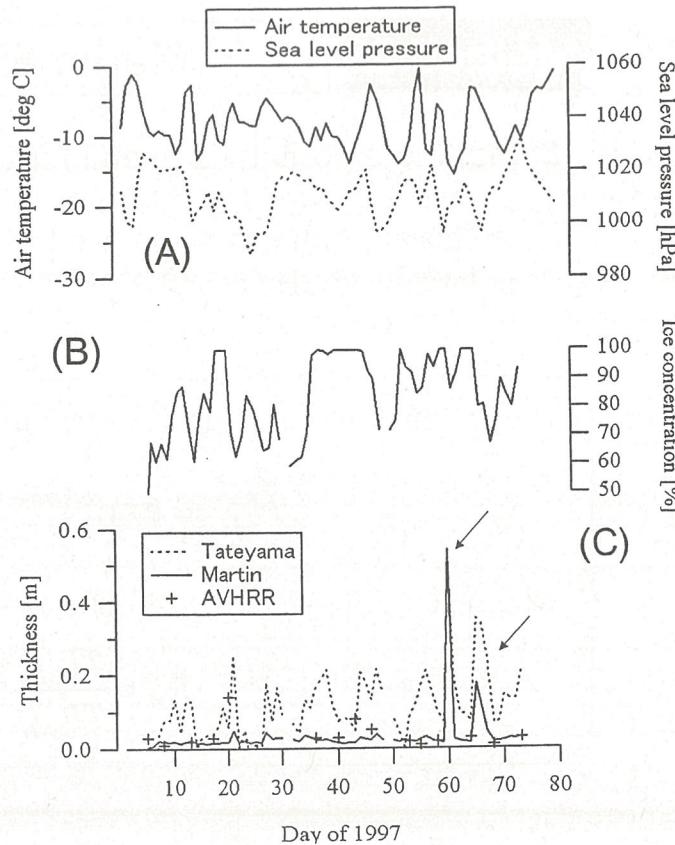
$$F_{TL} = F_{SH}(T_i) + F_{LH}(T_i) + F_{LW}(T_i) + F_{SW} + F_{DL}(T_a). \quad (8)$$

### Results 1

Meteorological data from NCEP/NCAR  
- Air temp. at 1000 hPa  
- Sea level pressure

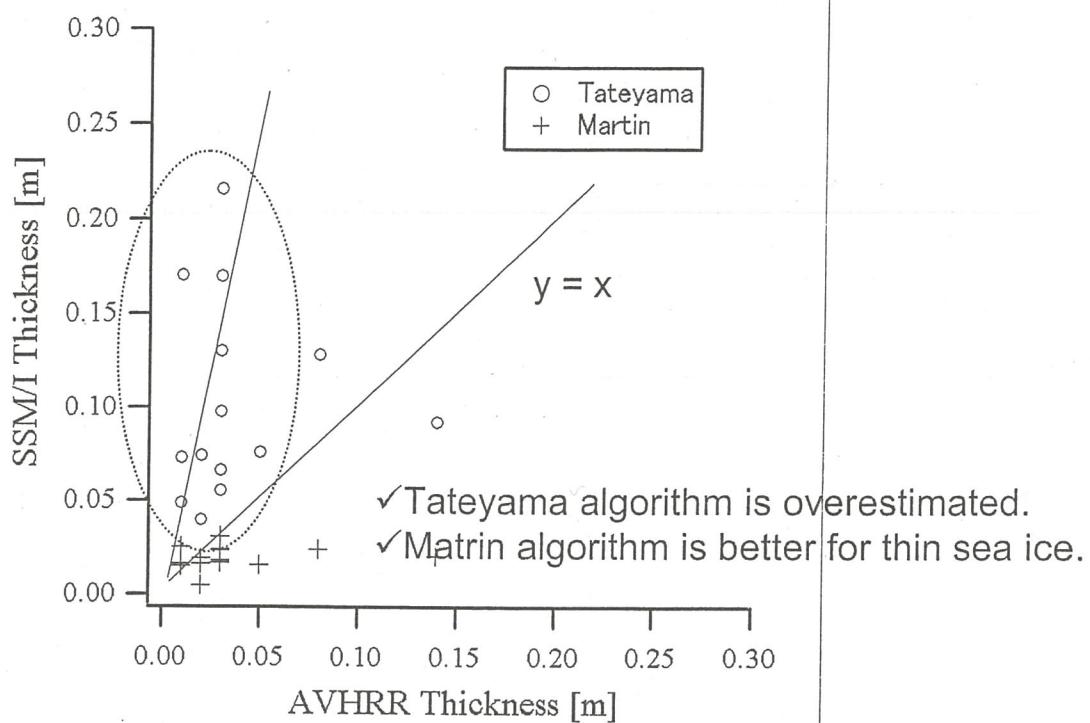
Ice concentration from the SSM/I

Estimated ice thickness from SSM/I and AVHRR data



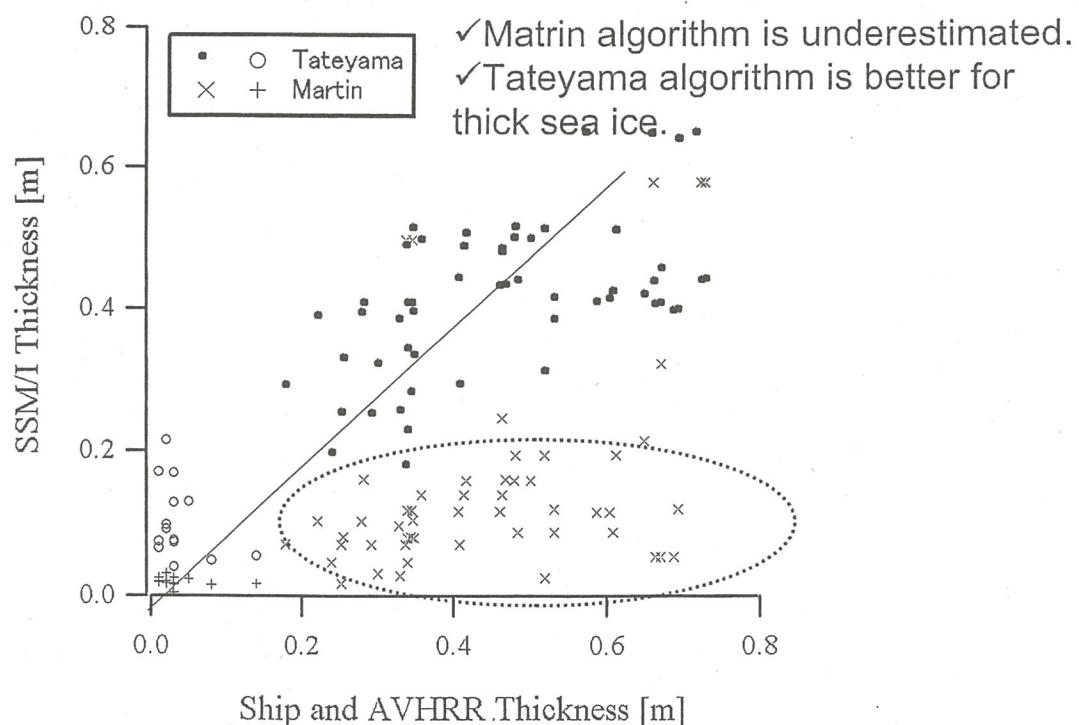
## Comparison 1

## Thin Sea Ice



## Comparison 2

## Thick Sea Ice



## Discussion

### □ Uncertainties in the ice-thickness from AVHRR data.

- ✓ Ice thickness derived from AVHRR agrees with that from upward looking sonar within 10%.
- ✓ A coarse spatial resolution of AVHRR (1.1 km).
- ✓ The largest uncertainty is in NCEP data.
  - a coarse spatial resolutions of (2.5°x 2.5° ; 280 km x 280km)
  - covers the bay and surrounding land.
- ✓ High thin cold clouds and low warm fogs over polynya.

## Summary

Ice thickness estimation algorithms for thin sea ice in the Terpeniya Bay and for thick ice in Sea of Okhotsk were validated.

### □ Tateyama algorithm:

- ✓ A very poor relationship with AVHRR of RMSE 0.17 m for < 0.2 m thick ice.
- ✓ A high correlation with the thick ice of RSME 0.14m.

### □ Martin algorithm:

- ✓ Efficient result for thin ice with RMSE 0.04 m.
- ✓ A coarse accuracy for thick ice with RMSE 0.47 m.

- ✓ Tateyama algorithm and Martin algorithm are suitable for thick ice and thin ice estimation, respectively.

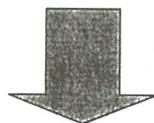
# 3次元画像計測による氷厚測定とその分布調査

CEReS共同利用研究会  
2005年12月12日

東海大学 ○竹田法美、矢野圭美、長 幸平  
オホーツク・ガリンコタワー(株) 永田隆一

## 【背景】

- ・海氷の厚さ(氷厚測定)の実測は、危険で作業時間がかかる。
- ・ビデオカメラを用いた単写計測では、精度検証が難しい。



## 【目的】

碎氷船に搭載した3次元計測システムにより、広域の氷厚分布を効率的に計測し、衛星データの解析等に役立てる。

## 3次元画像計測による氷厚測定とその分布調査

CEReS共同利用研究会  
2005年12月12日

東海大学 ○竹田法美、矢野圭美、長 幸平  
オホーツク・ガリンコタワー(株) 永田隆一

### 【背景】

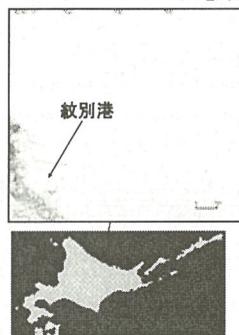
- ・海水の厚さ(氷厚測定)の実測は、危険で作業時間がかかる。
- ・ビデオカメラを用いた単写計測では、精度検証が難しい。



### 【目的】

碎氷船に搭載した3次元計測システムにより、広域の氷厚分布を効率的に計測し、衛星データの解析等に役立てる。

### 【観測対象域】



#### 〔観測場所〕

・北海道紋別港周辺域

#### 〔観測日〕

2005年2月28日～3月4日



紋別港で運行されているガリンコ号Ⅱ

### 【手順】

基準となるリファレンスを撮影

↓  
碎氷船が海水を割る。

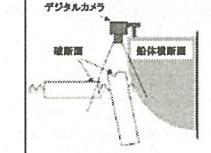
↓  
2台のデジタルカメラで同時に撮影

↓  
3次元計測により氷厚を算出

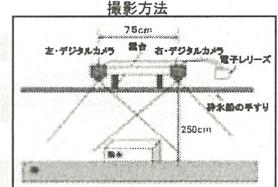
↓  
撮影時刻とGPSより観測位置を算出

↓  
氷厚分布を地図にプロット

#### 碎氷船からデジタルカメラ撮影



撮影方法



### 【碎氷船上での作業風景】

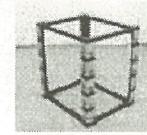


### 【計測システムの仕様】

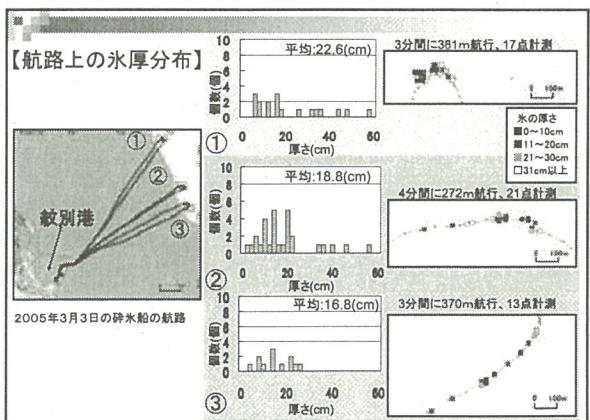
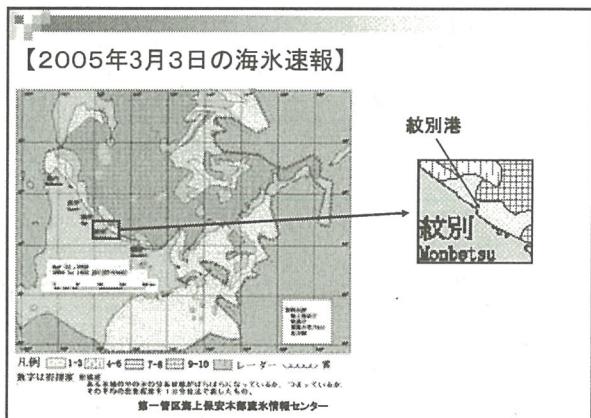
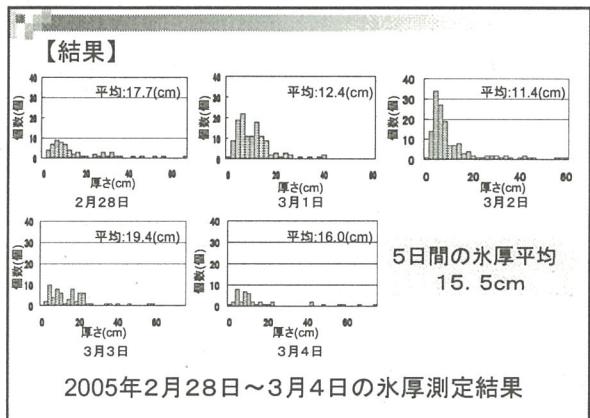
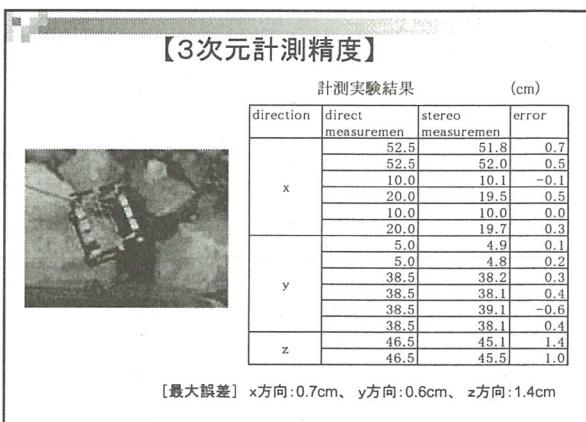
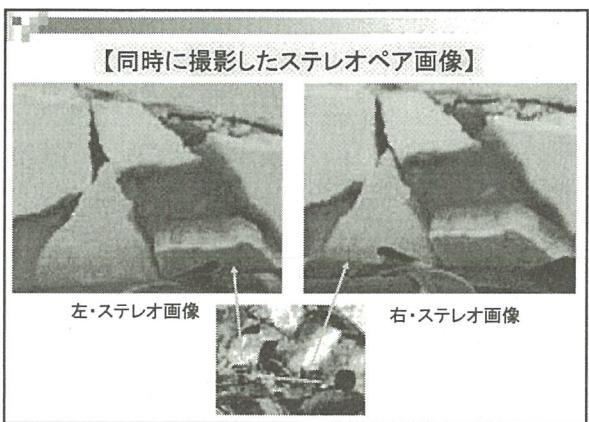
カメラ	機種: FUJI DS-330 画素数: 1280 × 1000 焦点距離: 35mm～105mm (35mm換算) 撮影感度: ISO100相当 (標準)
付加機能	可変長アーム (1m) 二股電子レリーズ
撮影条件	シャッタースピード: 1/1000秒 絞り値: F8～F3.5 焦点距離: 35mm 基線長: 75cm 撮影距離: 250cm 画素サイズ: 2mm/画素相当
計測用ソフト	計測用ソフトテクノビューア3D (テクノビュード社)
GPSデータ	ポケナビmap21Ex (EMPEX)



電子レリーズ  
【同時にシャッターが押せる】



リファレンス(38.1 × 46.7 × 52.5cm)  
【アングルを組んだ立体】



**【まとめ】**

- ・紋別港(2005年2月28日-3月4日)氷厚測定を実施  
氷厚平均: 15.5cm
- ・測定できた氷厚の範囲: 2~85cm (精度: xy方向1.2cm, z方向1.7cm)
- ・短時間に広域の氷厚測定が可能
- ・衛星データ解析のためのTruth dataの取得方法として、有効と考える。

## 衛星情報と現場観測に基づくオホーツク海の海水生成機構の検証

豊田威信、木村聰明（北大低温研）、館山一孝（北見工大）、西尾文彦（千葉大学）

**はじめに** オホーツク海南部は北半球で最も低緯度に位置する季節海氷域であり、熱力学的には海氷成長の限界にある。従って、そこに分布する海氷はどのように成長して、どのような特性を持つのかは興味深い。そこで、この海域の海氷の実態および成長過程を明らかにするために、1996 年以来毎年 2 月に巡視船そうやを用いて海氷観測を行ってきた。本日は、その中から 1) 海氷構造から推定される成長過程、および 2) 海氷の氷厚分布を衛星から推定する可能性についてリモートセンシングデータの解析結果を交えてお話をします。

**海氷構造から推定される成長過程** バスケットを用いて 2003～2005 年に集中的に採取した海氷コアの解析から、(1)粒状氷(frazil ice)は全体氷厚の 48%を占め、短冊状氷(39%)よりも卓越していること(表 1)、(2)いずれも層状構造が発達しており、結晶や厚片(5mm)の鉛直構造などから推定した全体の平均層厚は 12cm であること、(3)氷厚 1 m を超える海氷コアはいずれも 3 個以上のブロックから成ること(平均ブロック厚 35cm)などが明らかになった(Toyota et al., 2005 IGS)。これらの結果は、この海域では海氷の力学的な成長(ridging/rafting)が本質的であることを示している。一方で、2004 年は 2003 年よりもコラムナーハー構造が卓越しているなど、海氷の構造特性には年による差が顕著にあることも見出された(表 1)。この原因を調べるために、AMSR-E から面相関法によって日々の海氷域の漂流速度を求め、後方漂流跡線解析を行った。個々の漂流跡線に沿って ECMWF 客観解析データを用いて海氷の成長量を計算し、熱力学的な成長量の見積もりを行った。その結果、年々変動には熱力学的な成長量よりも、力学的な収束場との関わりが深いことが示唆された。

**海氷の氷厚分布を衛星から推定する可能性について** 海氷域の重要な基礎物理量の中で、氷厚分布は最も計測が困難なパラメータの一つである。衛星画像 SAR による氷厚分布のリトリーバルを目的として、2005 年 2 月 14 日の観測で巡視船そうやと航空機 Pi-SAR の同期観測が行われた。船舶においては電磁誘導センサ(EM)による氷厚計測と超音波距離計による表面凹凸の分布の計測を行い、航空機 Pi-SAR においては X-band と L-band のマイクロ波による後方散乱係数の観測を行った。ここでは、氷盤の形成過程と関わりが深いと考えられる L-band のデータを用いる。これら三種類のデータを比較検証することにより、SAR データから氷厚分布を抽出する可能性について吟味した。EM による氷厚計測は変形を受けた氷も計測が可能であり、検証実験も行っており、精度もある程度保証されている(Uto et al., 2005 IGS)。超音波距離計による表面凹凸の計測においては、生データから船体の運動をある程度除去可能であることが示され、低周波パスフィルターを用いてシグナルを取り出すことができた。SAR データは計測値を  $3 \times 3$  ピクセル(1 ピクセルは 2.5m)で平均化して航路に沿ったデータを取り出した。解析の結果、1km で平均したデータで比較すると、これら三種類のデータは互いに大変良い相関があることが見出された(図 1 abc)。これはすなわち、表面凹凸の分布の情報を SAR データは的確に捉えており、季節海氷域においては氷厚は表面凹凸と密接に関連しているためと解釈される。特に VV 編波の後方散乱係数から氷厚への回帰直線の RMS は 0.16m と大変良いので、この回帰式を用いて氷厚分布も描画したところ、リッジの連なりも明瞭に識別できた。以上の結果は L-band の SAR による氷厚分布の推定の可能性を示している。

表1. 海氷構造の統計（上段は占有率、下段は平均層厚、 $B_L$ は平均ブロック長）

	N	Snow ice	Frazil	Columnar	g/c	Mean $H_L$	Mean $B_L$
2003	16	7% 3.7cm	59.8 6.2	29.6 7.1	3.5 1.4	8.6cm	34.5cm
2004	9	9.30% 6.8	48.6 9.2	36.9 13.5	5.1 3.6	14.8cm	34.7cm
2005	2	7.30% 2.9cm	9.9 2.7	79.4 14.1	3.4 1.1	13.5cm	32.1cm
Total	27	8.60% 5.0	48.2 7.5	38.6 11.2	4.6 2.4	11.9cm	35.4cm

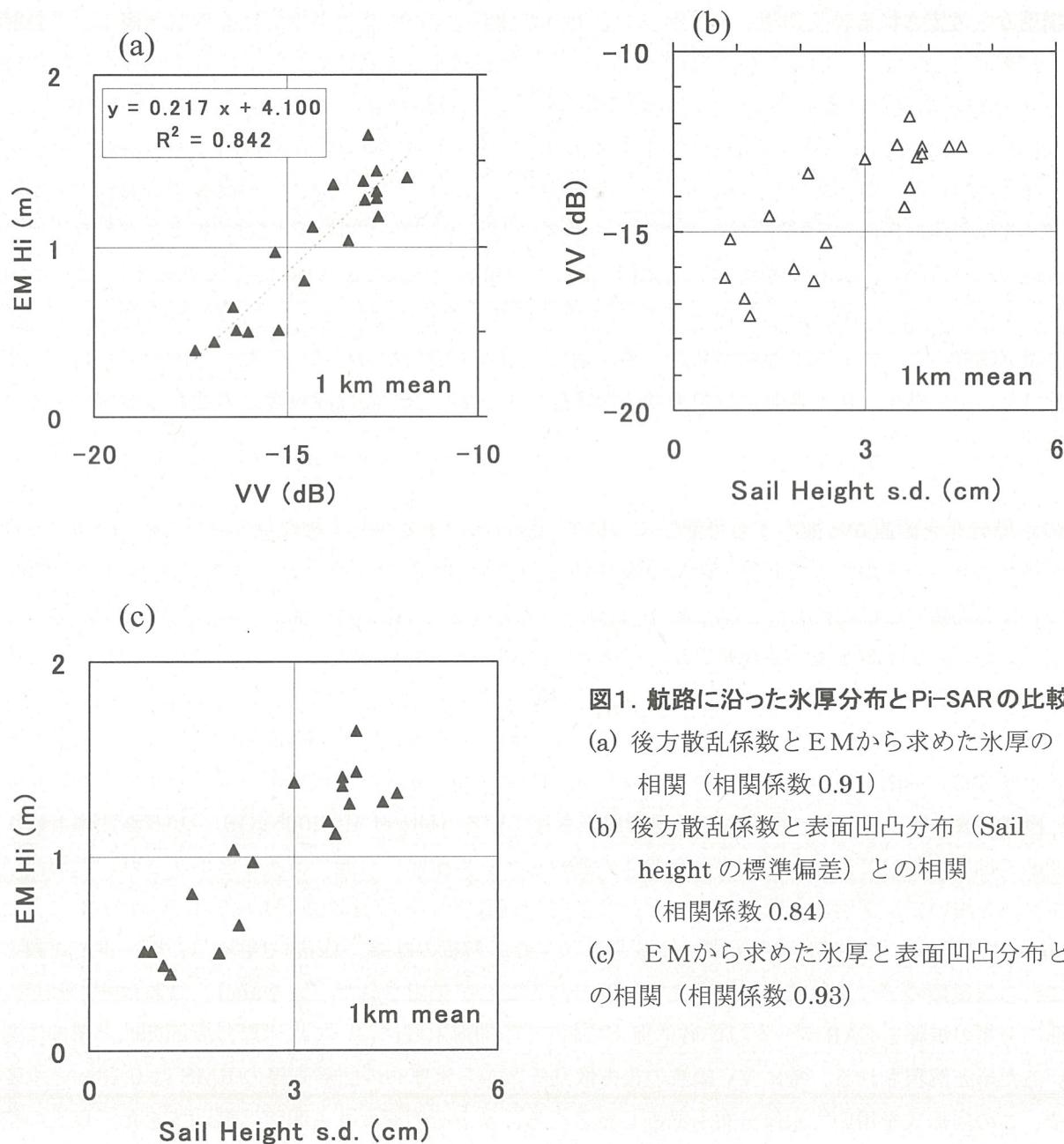


図1. 航路に沿った氷厚分布とPi-SARの比較

- (a) 後方散乱係数とEMから求めた氷厚との相関（相関係数 0.91）
- (b) 後方散乱係数と表面凹凸分布（Sail height の標準偏差）との相関（相関係数 0.84）
- (c) EMから求めた氷厚と表面凹凸分布との相関（相関係数 0.93）

衛星情報と現場観測に基づくオホーツク海の  
海水生成機構の検証

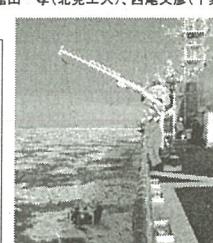
豊田威信、木村調明（北大低温研）、館山一孝（北見工大）、西尾文彦（千葉大）

1.はじめに  
オホーツク海の海水観測概要

2.解析結果  
2.1 海水の構造特性の年々変動  
(海水コア解析 & AMSRデータ  
による成長履歴の推定)

2.2 氷厚分布の見積もり  
(EM氷厚、表面形状 & Pi-SAR)

3.まとめ



從来の氷厚計測の手法  
(ビデオ画像解析)

(1996年～2004年)

サンプル数：25664個

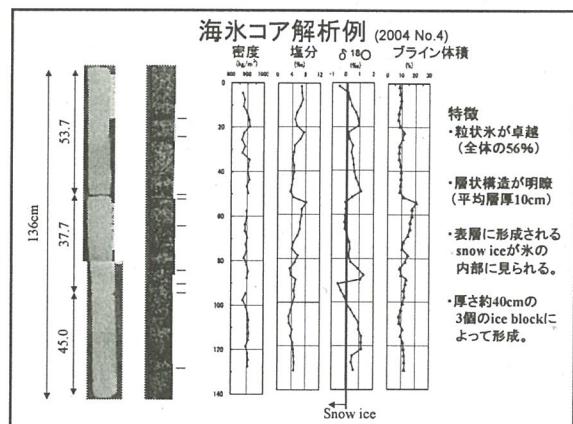
全体的に20～60cm、東部 > 西部

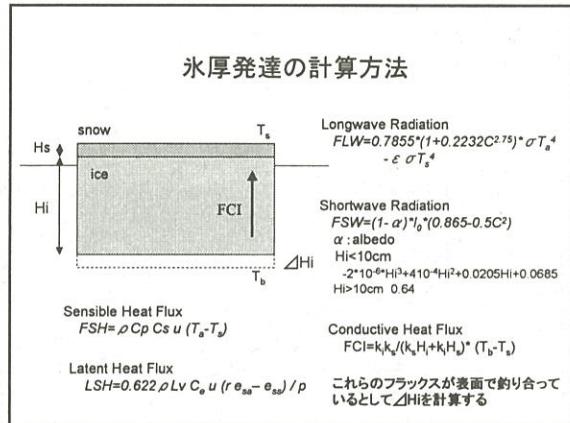
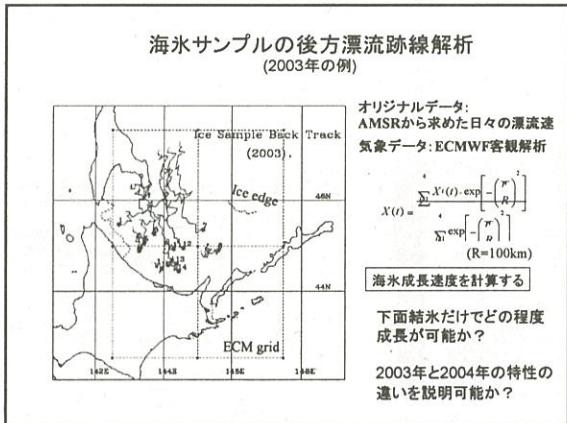
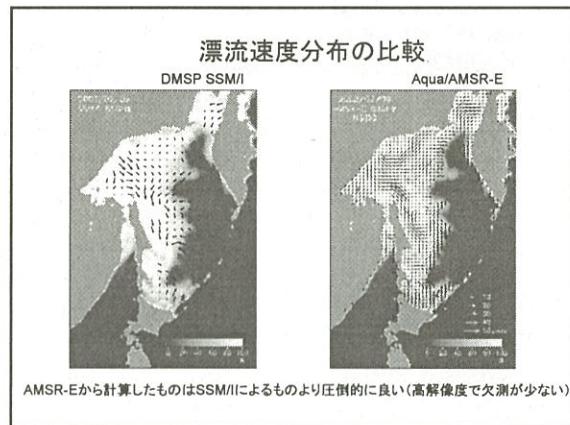
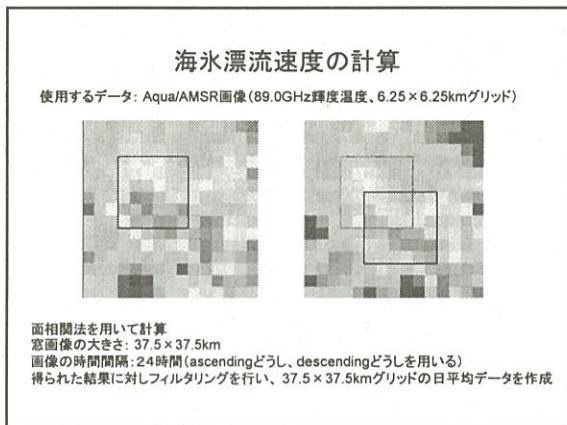
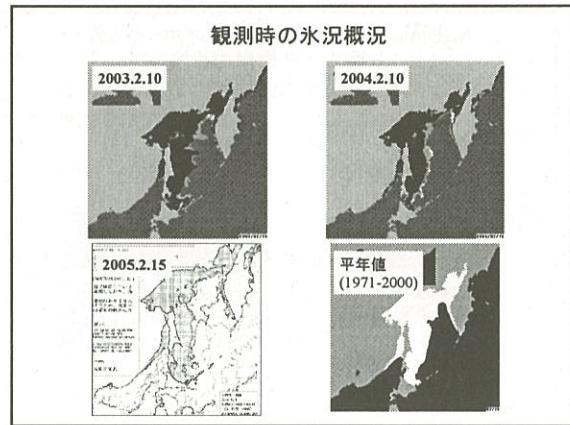
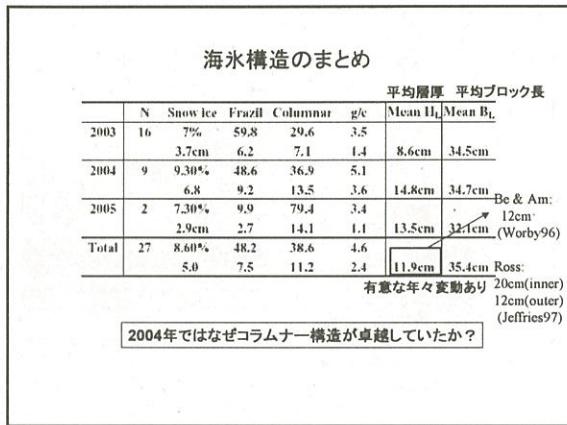
- 背景
  - 1) 季節海水域の海水の消長過程を観測から明らかにしたい。
  - 2) 1996年以降、毎年2月に「そうや」を用いてオホーツク海南部の海水の特性を調べてきたが、やや薄い氷に偏る傾向があった。1mを超える厚い氷も含めて海水の一般的な特性を明らかにしたい。
  - 3) 厚い氷も含めた氷厚分布を明らかにしたい。
- 目的  
海水の構造特性について  
オホーツク海南部の海水コアを取得して解析し、成長過程にとって何が本質的であるかを明らかにすること。(年々変動、etc)
- 氷厚分布について  
リモートセンシングの手法を用いて氷厚分布を把握する可能性について  
現場観測をもとに吟味すること。

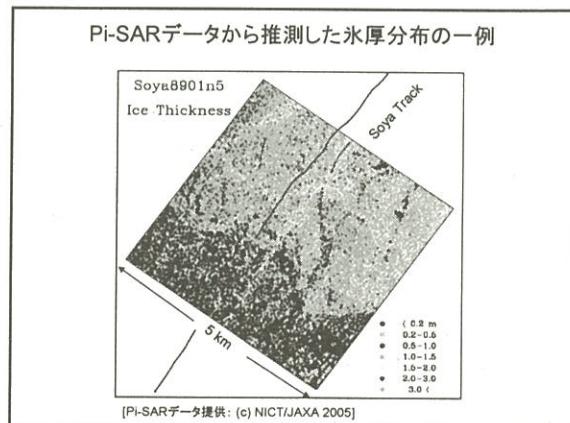
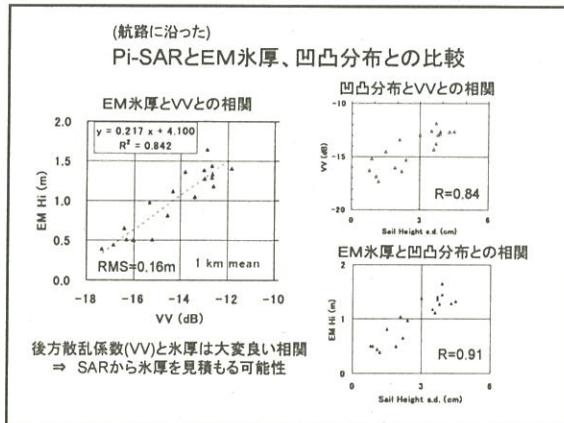
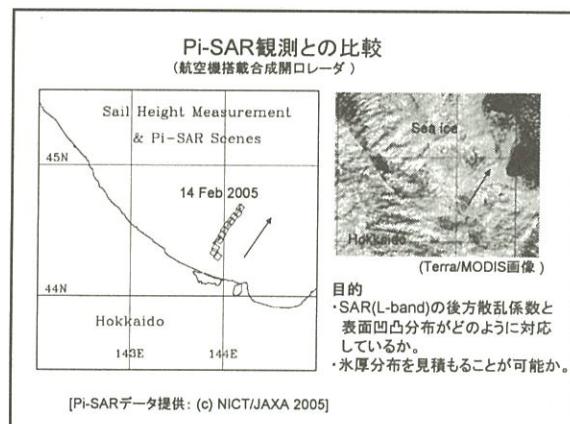
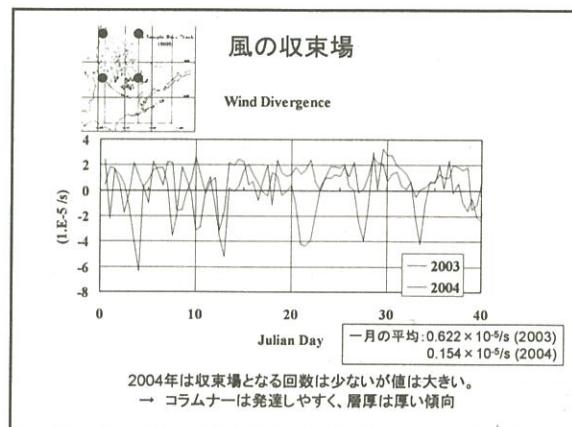
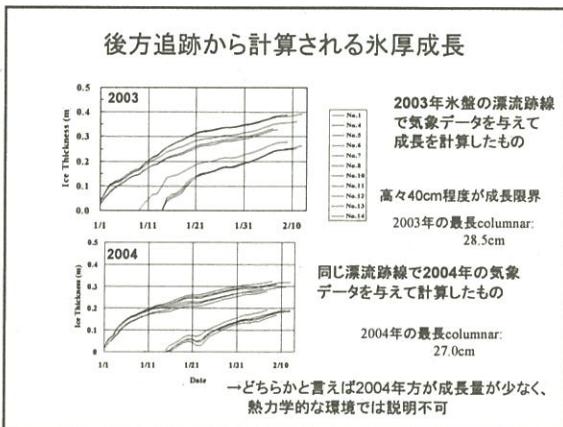
### Observation site

Sea Ice Core  
Sampling Sites  
2003

海水コア:27地点







## Summary

- 海水の構造特性:  
frazil iceが全体の約半分を占め、最も頻度が高い。また、いずれも層状構造が発達しており、主として結晶構造をもとに推定した平均層厚は約12cmであった。これらの結果から、氷厚発達過程においては、熱力学的な下面結氷よりも、frazil iceの集積、氷盤のrafting/ridgingという力学的な過程が本質と考えられる。  
また、構造特性の年々変動も力学的な過程から説明可能であることが示された。北極域よりも南極域の海水に近い特性と言える。
- 氷厚分布の見積もり:  
表面形状分布は氷厚および後方散乱係数と良い相関があり、このため、PI-SARデータから広域の氷厚分布を見積もることの可能性が示唆された。

## Acknowledgment

- 海水観測  
:巡視船そや、一管海洋情報部(海上保安庁)、  
大島慶一郎(北大低温研)
- 電磁誘導センサー(EM)計測  
:宇都正太郎、岡修二、瀧本忠教(海技研)
- 航空機搭載型合成開口レーダー(SAR)データ提供  
:中村和樹(NICT)、江淵直人(北大低温研)

Project	新規継続の別	研究課題	申請者氏名(敬称略)	所属研究機関・部局・職名	担当教員
1	継続	衛星データによる地球表層環境変動の実態把握とその要因解析 グローバル、大陸スケールの土地被覆データ、樹冠率データの作成と公開	佐々木久和	国土地理院地理調査部環境地理情報企画官	建石
1	新規	2方向データによる海洋クロロフィル導出プログラムの試作	田中 佐	宇宙航空研究開発機構・主任研究員	建石
1	継続	三江平原土地被覆モニタリング	春山成子	東京大学大学院新領域創成科学研究科・助教授	近藤
1	継続	穀物生産指標CPIの水稻への適用と小麦への拡張	金子大二郎	松枝工業高等専門学校・教授	建石
1	新規	衛星データによる世界の降水システムの気候的研究	中村健治	名古屋大学地球水循環研究センター	樋口
1	継続	衛星データによるグローバルな森林密度推定手法の研究	力丸 厚	長岡技術科学大学環境・建設系・助教授	建石
1	新規	Dust storm characteristics and movements monitoring with MODIS data and GIS	Perera L. K.	Weathernews Inc.	建石
1	新規	衛星データを利用した人間活動起源のCO <sub>2</sub> 排出量の推定一夜間定常光(電力消費と夜間移動光(自動車等)をパラメータとするCO <sub>2</sub> 排出量の推定)	原 正直	(株)ビジョンテック	西尾
1	新規	InSar技術とGPSデータを用いた地表環境変動の研究	伊勢崎修弘	千葉大学理学部	西尾
2	新規	NOAA/AVHRR GACを用いた全球時系列データセットの作成	早坂忠裕	総合地球環境学研究所 教授	本多・梶原
3	新規	衛星を用いた地震電磁気現象の観測とその物理機構の解明	服部克巳	千葉大学海洋バイオシステム研究センター助教授	高村
3	継続	ヤマセ雲の衛星リモートセンシングおよび数値モデル化のための検証観測	浅野正二	東北大学大学院理学研究科・教授	高村
3	新規	雲レーダとライダを用いた雲とエアロゾルの巨視的情報と微物理特性	岡本 創	東北大学大学院理学研究科・助教授	高村
3	継続	衛星画像を用いた千葉周辺における広域的エアロゾル光学特性の導出	朝隈康司	東京農業大学生物産業学部産業経営学科講師	竹内・久世
3	継続	多波長ラマンライダーとスカイライジオメータ観測に基づくエアロゾルによる放射強制力の見積もり	村山利幸	東京海洋大学海洋工学部海洋電子機械工学科・教授	久世
3	新規	多波長マイクロ波放射計データを用いた水物質量リトリーバルの研究	青梨和正	気象庁気象研究所予報研究部第2研究室主任研究官	高村
3	新規	地震に関連する地図・大気圏・電離圏カップリングに関する観測的研究	鴨川 仁	東京学芸大学教育学部・助手	高村
3	新規	反射率バンド比を用いた陸域エアロゾルの光学的パラメータ推定におけるエアロゾルモデルの影響	川田剛之	金沢工業大学情報フロンティア学部・教授	竹内
3	継続	広角高精度望遠鏡を利用した大気透過率計測手法の開発	佐々木真人	東京大学宇宙線研究所・助教授	久世
3	継続	CCDカメラネットワークと衛星データによる大気エアロゾルの解析	木下紀正	鹿児島大学地域共同研究センター・客員教授	竹内
3	継続	エアロゾルの光学的特性に関する観測的研究	塩原匡貴	国立極地研究所・助教授	久世
3	継続	ミリ波レーダによる雲物理量導出と放射収支評価への応用	鷹野敏明	千葉大学大学院自然科学研究科・助教授	高村
4	継続	重金属ファイトamediエーション植物の適応形質の非破壊解析	渡邊浩一郎	帝京科学大学理工学部環境科学科・専任講師	本郷
4	継続	RS・GISによる海草藻場動態の空間スケール依存性の解析	仲岡雅裕	千葉大学大学院自然科学研究科・助教授	近藤
4	継続	千葉県沿岸における藻場のデータベース化	庄司泰雅	千葉県水産研究センター・富津研究所・漁場環境研究室長	近藤
4	新規	農業情報の可視化とデザインに関する研究	須永剛司	多摩美術大学美術学部・教授	本郷
4	新規	房総半島沿岸域における表面水温と海洋生物の分布に関する研究	宮田昌彦	千葉県立中央博物館・自然誌歴史研究部・植物学研究科・科長	近藤
一般	継続	赤外リモートセンシングデータを用いた大気水蒸気量の推定	久慈 誠	奈良女子大学理学部・講師	高村
一般	継続	干渉合成開口レーダ(InSAR)による南極の氷河・氷床流動マッピング	木村 宏	岐阜大学工学部電気電子工学科・助教授	西尾
一般	新規	人工衛星データを使用した海洋基礎生産力及び水産資源量の推定モデルの研究	大澤高浩	ウダヤナ大学リモートセンシング海洋研究センター	西尾
一般	継続	西部赤道太平洋域におけるエアロゾルと海面分光反射の変動に関する衛星及び現場観測研究	香西克俊	神戸大学海事科学部・教授	竹内・高村・久世
一般	新規	衛星海水観測による急速な海水変動の検出	榎本浩之	北見工業大学土木開発工学科・教授	西尾
一般	継続	衛星データを用いた薄水域識別に関する研究	長 幸平	東海大学・第二工学部情報システム学科・教授	西尾
一般	新規	衛星情報と現場観測に基づくオホーツク海の海水生成機構の検証と評価	豊田威信	北海道大学低温科学研究所・助手	西尾
研究会	継続	中国新疆ウイグルの環境変動に関する研究	石山隆	千葉大学環境リモートセンシング研究センター・助手	石山
研究会	新規	衛星データフュージョンによる地球システム理解の深化	樋口篤志	千葉大学環境リモートセンシング研究センター・助教授	樋口

## 2005年度CEReS共同利用研究発表会 プログラム(口頭発表)

(発表15分、質疑応答5分)

10:00-10:10	センター長挨拶		
10:10-10:30	松岡真如、早坂忠裕(地球研)	P-2	AVHRR GAC データを用いた4km解像度グローバルデータセットの作成
10:30-10:50	豊田信吉、木村聰明(北大低温研)、館山一孝(北見工大)	G	衛星情報と現場観測に基づくオホーツク海の海水生成機構の検証
10:50-11:00	休憩		
11:00-11:20	久慈 誠(奈良女子大)、塩原 匡貴、矢吹 正教(極地研)、小林 拓(山梨大)、内山 明博、山崎 明宏(気象研)	P-3	しらせ船上観測データを用いた、秋季日本近海におけるエアロゾルの特徴
11:20-11:40	朝隈康司(東京農業大)	P-3	衛星画像を用いた千葉周辺における広域的エアロゾル光学特性の導出
11:40-12:00	原 正直(ビジョンテック)	P-1	DMSP を用いた人為起源 CO <sub>2</sub> 排出量の推定の試み
12:00-13:00	昼食		
13:00-14:00	プロジェクト会合		
14:00-15:00	ポスター展示・説明		(パネル[1.8m × 1.2m]が準備されます。特に貼付場所を指定しませんので、適宜貼って下さい。)
15:00-15:20	村山利幸、関口美保(東京海洋大)	P-3	多波長ラマンライダーとスカイラジオメーターからみた対流圏エアロゾルの光学特性と微物理特性
15:20-15:40	木下紀正・飯野直子・菊川浩行・永松哲郎・金柿主税(鹿児島大学)、福澄孝博(中之島天文台)	P-3	噴煙・黄砂と地表状態の映像観測における諸問題
15:40-16:00	川田剛之、梅木拓也(金沢工大)	P-3	反射率バンド比及び陸域エアロゾル学的パラメータ推定におけるエアロゾルモデルの影響について
16:00-16:20	久慈 誠(奈良女子大)、菊地 信行(宇宙航空研究開発機構)、内山 明博(気象研)	G	GLI 近赤外観測データを用いた可降水量プロダクトの検証
16:20-16:40	青梨和正(気象研)	P-3	マイクロ波放射計データの非静力雲解像モデルへの同化法の開発(序報)
16:40-16:50	終了挨拶(共同利用委員会委員長)		

## 2005年度CEReS共同利用研究発表会 プログラム(ポスター発表)

(パネル[1.8m × 1.2m]が準備されます。特に貼付場所を指定しませんので、適宜貼って下さい。)

増田佳孝、春山成子(東京大学)、近藤昭彦(千葉大学)	P-1	アムール川流域のNDVIの季節変化
伊藤健、春山成子(東京大学)	P-1	カンボジア領内メコンデルタの洪水モニタリング
澤口 貴士、伊勢崎修弘(千葉大学)	P-1	InSARによる地表変動の検出
佐々木真人、野田浩司、浅岡陽一(東京大学)、久世宏明、深川俊介、甲賀郁絵(千葉大学)	P-3	広角高精度望遠鏡を利用した大気透過率計測手法の開発
鷹野敏明、秋田健一、久保博、河村洋平、熊谷博、高村民雄(千葉大学)、中島映至(東京大学)	P-3	開発した低出力高感度 95GHz 雲レーダの性能 —「みらい」に搭載した太平洋での雲観測
服部克巳(千葉大海洋バイオ)、鈴木洋介(千葉大理)、西橋政秀(千葉大院)、鶴川仁(学芸大)、Michel Parrot(LPCE, France)、劉正彦(台湾中央大)	P-3	衛星で観測された地震に関連する電磁気現象
山北剛久・仲岡雅裕・近藤昭彦(千葉大)	P-4	RS・GISによる海草藻場動態の空間スケール依存性の解析
石井光廣(千葉県水産総合研究センター)、山北剛久・仲岡雅裕(千葉大学大学院自然科学研究科)、近藤昭彦(千葉大学環境リモートセンシング研究センター)	P-4	千葉県沿岸における藻場のデータベース化
木村 宏(岐阜大)、西尾文彦(千葉大)	G	干渉合成開口レーダ(InSAR)による南極の氷河・氷床流動マッピング
榎本浩之(北見工業大学)、西尾文彦(千葉大学)	G	衛星海水観測による急速な海水変動の検出
竹田法美、矢野圭美、長 幸平(東海大学)、永田隆一(オホーツク・ガリンコタワー)	G	3次元画像計測による氷厚測定とその分布調査

第8回CEReS環境リモートセンシングシンポジウム  
資料集

2006年3月発行

編集 千葉大学 環境リモートセンシング研究センター  
共同利用研究推進委員会

〒263-8522 千葉市稻毛区弥生町1-33  
千葉大学 環境リモートセンシング研究センター  
電話 043-290-3832 FAX 043-290-3857  
URL <http://www.cr.chiba-u.jp/>

印刷 (株) 弘報社印刷