

第 13 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 13th Symposium on  
Remote Sensing for Environment

2011 年 2 月 21 日  
千葉大学けやき会館

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

第13回環境リモートセンシングシンポジウム資料集  
(2010年度 CEReS 共同利用研究発表会資料集)

目次

【プロジェクト - 1】

- 多偏波 SAR データを使用したオホーツク海の海氷検出 ..... 2  
若林裕之、酒井翔司 (日本大学)
- Study on the characteristics of the Indonesian seas using satellite remote sensing data  
for 1998-2007 ..... 6  
Ketut Saradika、田中佐、石田春磨、岡健太、大澤高広 (山口大学)
- 衛星マイクロ波放射計による薄い海氷の検出と北極海薄氷域拡大に関する研究 ..... 10  
中山雅茂 (北翔大学生涯学習システム学部)、直木和弘 (JAXA/EORC)、西尾文彦 (CEReS)
- DMSP/OLS で観測された夜間光をパラメータとするエネルギー消費の推定に関する研究  
～DMSP/OLS センサの夜間モードの特性と空間分解能について～ ..... 11  
原正直 (㈱ビジョンテック)、胡斯勒図 (東海大学)、八木浩、西尾文彦 (CEReS)

【プロジェクト - 2】

- 新植生指標 NHVI を用いた葉面積指数の空間分布の推定 ..... 14  
長谷川宏一、泉岳樹、松山 洋 (首都大学東京大学院)
- ADEOS-II/GLI250m モザイクデータを使った針葉樹と広葉樹の分類 ..... 17  
曾山典子 (天理大学)、佐久田百合、村松加奈子、醍醐元正 (奈良女子大学)
- 多方向観測による植生の構造抽出インデックスの開発 ..... 18  
村松加奈子、浅田理恵、曾山典子、醍醐元正

【プロジェクト - 3】

- MWI 輝度温度データの同化のための、Adaptive Localization を使った Ensemble に基づく  
4次元変分法の開発 ..... 20  
青梨和正 (気象庁気象研究所予報研究部第2研究室)
- 霧島新燃岳噴火の近赤外望遠観測と噴煙・黄砂の映像データベース ..... 25  
木下紀正、土田理、永松哲郎、飯野直子、金柿主税 (鹿児島大学)
- 静止衛星からの UV-Vis-IR 観測による対流圏オゾンリトリバル手法の研究 ..... 28  
北和之、大竹翔、仲地正樹 (茨城大理工学研究科)、入江仁士 (JAMSTEC)、中里正久、永井  
智彦 (気象研)、笠井康子 (NICT)、齋藤尚子 (CEReS)

可搬型ライダーによる水平及び斜め方向観測とそのデータ解析 .....	32
椎名達雄（千葉大学大学院融合科学研究科）	
千葉大ミリ波雲レーダ FALCON-I による積乱雲の内部運動の観測 .....	35
鷹野敏明、小林文明、高村民雄（千葉大）	
WDCGG データを利用したメタン発生量の推定手法（GEP Method）の開発 .....	38
朴壽永、原田一平、朴鍾杰、原慶太郎（東京情報大学）、金忠實（韓国慶北国立大学）	
分光反射率ライブラリによる地表反射率マップの精度向上 .....	46
朝隈 康司（東京農業大学 生物産業学部 アクアバイオ学科）	
CH4 の分布と土地被覆との関係について .....	47
朴壽永、原田一平、朴鍾杰、原慶太郎（東京情報大学）、金忠實（韓国慶北国立大学）	
コヒーレント白色光を用いた二酸化炭素の長光路差分吸収分光計測 .....	48
染川智弘、藤田雅之、井澤靖和（レーザー技術総合研究所）、久世宏明（CEReS）	
<b>【プロジェクト - 4】</b>	
詳細な空間情報と ALOS/AVNIR-2 データを用いた竹林の抽出 —千葉県北西部における例— ..	52
谷垣悠介、原田一平、関山絢子、原慶太郎（東京情報大学）、近藤昭彦（千葉大）	
GPS 衛星を利用した山間地行動者の位置情報地図化の試み .....	53
尾籐章雄（山梨大学教育人間科学部）	
リモートセンシングデータを活用したミツバチの生息・生育空間の分析 .....	54
岡田信行（オルト都市環境研究所）	
針葉樹の花粉飛散量と NDVI との関係 .....	55
小津慎吾（株）ウェザーニューズ）、本郷千春（CEReS）	
衛星リモートセンシングを利用した畑地土壌炭素蓄積量の推定 .....	56
丹羽勝久（株）ズコーシャ）、本郷千春（CEReS）	
衛星リモートセンシングを用いた自然災害の監視と監視 ～大気圏/電離圏の擾乱と地震活動～ .....	57
服部克巳、紺晋平、廣岡伸治、劉正彦、D.Ouzounov（千葉大学大学院理学研究科）	
WNI 衛星プロジェクトの地上長光路吸収分光計測 .....	64
増田健二（静岡大学工学部）、蒲靖人、齊藤隼人、パンヌ、眞子直弘（CEReS）、原山洋平、 山本雅也（株）ウェザーニューズ）、長康平、久世宏明（CEReS）	

## 【プロジェクト - 5】

- CP-SAR エリア確定カメラの簡易校正方法とデータ通信方式の手法検討 ..... 66  
大前宏和、三宅俊子 (株)センテナリア、ヨサファット テトオコ スリ スマンティヨ、西尾文彦 (CEReS)
- 複数 FPGA を用いた UAV-SAR 信号処理システム ..... 69  
難波一輝、平田敏樹、大石航志、伊藤秀男 (千葉大学大学院融合科学研究科)、草間拓真 (千葉大学工学部)、Josaphat Tetuko Sri Sumantyo (CEReS)

## 【プロジェクト - 6】

- 地上/衛星ライダーを用いたタクラマカン砂漠のダスト研究 ..... 72  
甲斐憲次、神慶孝、杉村直哉 (名大院環境)、常松展充 (CEReS)、張克存 (中国科学院寒区旱区環境与工程研究所)、周宏飛 (中国科学院新疆地理生態研究所)
- 赤外差分画像からみた日本域に飛来する黄砂の輸送経路の特徴 ..... 76  
餅原佳南子、山川修治 (日本大学文理学部地球システム科学科)、常松展充 (CEReS)

## 【一般研究】

- 静止衛星データの全球合成技術の開発 ..... 80  
高坂裕貴、奥山新、中山隆一郎、大野智生 (気象庁・気象衛星センターデータベース処理システム管理課)
- 合成開口レーダー、散乱計及びメソ気象モデルを用いた洋上風力資源評価方法の開発  
：風速推定アルゴリズムの比較 ..... 85  
香西克俊 (神戸大学)
- SKYNET 観測データ解析による福江島における大気環境の特徴 ..... 89  
久慈誠、井上陽子、森川真衣 (奈良女子大学)
- 95GHz 雲レーダーと X バンドレーダーを用いた積乱雲発生の同時観測 ..... 92  
小林文明 (防衛大学)、鷹野敏明、高村民雄 (千葉大)
- アジアモンスーン冬期の熱帯域での雲降水活動の初期解析 ..... 95  
高橋洋 (首都大学東京大学院)
- 積雪の圧雪過程におけるマイクロ波散乱機構の研究  
－マイクロ波による雪氷の複素誘電率計測－ ..... 99  
阿部修、小杉健二 (防災科学技術研究所雪氷防災研究センター)、長康平、吉川真由子、Josaphat Tetuko Sri Sumantyo、西尾文彦 (CEReS)
- InSAR による南極やまと山脈地域の雪氷流動季節変化の検出 ..... 100  
木村宏 (岐阜大学工学電気電子工学科)、西尾文彦 (CEReS)
- スカイラジオメータ観測データ解析によるタイ・ピマイにおけるエアロゾルの特徴 ..... 103

中村麻耶、東良美、久慈誠（奈良女子大学理学部）

**インドネシア・ジャカルタ特別市における都市気温の変化** ..... 104

白迎玖（東北公益文科大学公益学部）、Robert Delinom（Indonesian Institute of Sciences）、  
Rachmat FAJAR Lubis（Indonesian Institute of Sciences）、Rokhmatuloh（University of  
Indonesia）、近藤昭彦（千葉大）

**Analysis of InSAR image of Volcanic activity in Sakura island（Kagoshima）** ..... 105

湯地敏史（宮崎大学教育文化学部）

**衛星土壌水分検証と観測の実際** ..... 106

開発一郎（広島大学）、近藤明彦（千葉大学）

**キセノン光源を用いた DOAS 法による火山ガス計測と三宅島火山噴出物表層部の実態把握** ... 109

原田一平（東京情報大学）、由井四海（富山高等専門学校）、蒲靖人、栗山健二、久世宏明（千  
葉大学）

**第 13 回 CEReS 環境リモートセンシングシンポジウム プログラム** ..... 115

# プロジェクト - 1

# 多偏波SARデータを使用した オホーツク海の海水検出

Sea ice detection in the Sea of Okhotsk using polarimetric SAR data

若林 裕之  
酒井 翔司

日本大学工学部  
第13回環境リモートセンシングシンポジウム

## 発表概要

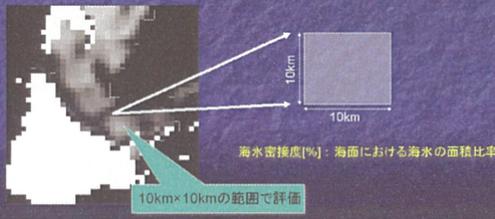
1. 研究背景および目的
2. 使用データ
3. 検証方法の概要
4. PALSAR海水氷密接度算出
5. 解析および検証結果
6. まとめと今後の課題

2

## 研究背景

### 研究背景

- ・従来の海水氷密接度のデータは空間分解能が粗い(AMSR-E 10.0km)
- ・陸域に近い領域の海水氷密接度に問題がある



3

## 研究目的と検証方法

### 研究目的

- ・合成開口レーダ(SAR)データを使用して、オホーツク海の海水を検出する手法を開発する。
- ・単偏波SARを使用した海水検出での問題点(薄氷検出)を解決する。

### 検証方法

1. PALSAR海水氷密接度(提案手法)とAMSR-E海水氷密接度の比較を行う。
2. 提案手法と光学センサ(MODIS)を用いて海水域の比較を行う。

4

## 使用データ

### PALSAR(ALOS)

- ・ALOSに搭載されたLバンド合成開口レーダ
- ・空間分解能10m程度の高分解能観測可能
- ・昼夜、天候に関わらず観測可能

### AMSR-E(Aqua)

- ・Aquaに搭載されたマイクロ波放射計
- ・定期的に海水氷密接度等の推定に使用
- ・周波数18.7、36.5GHzを使い、密接度算出

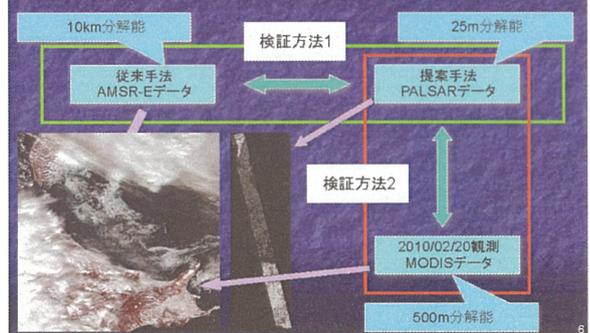
### MODIS(Aqua)

- ・Aquaに搭載された可視・赤外域の光学センサ
- ・可視/赤外の放射率からアルベドを算出できる
- ・観測頻度が高い

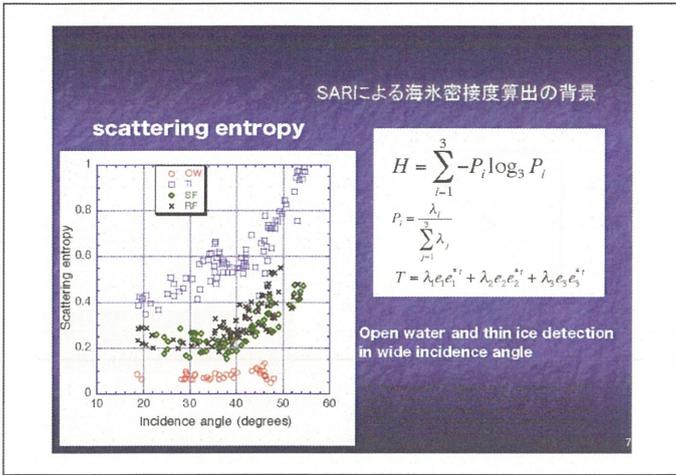
衛星/センサ	観測日
ALOS/PALSAR	2008/02/15 2008/02/17 2009/02/17 2010/02/20
Aqua/AMSR-E	2008/02/15 2008/02/17 2009/02/17 2010/02/20
Aqua/MODIS	2010/02/20

5

## 検証方法の概要



6



データ前処理

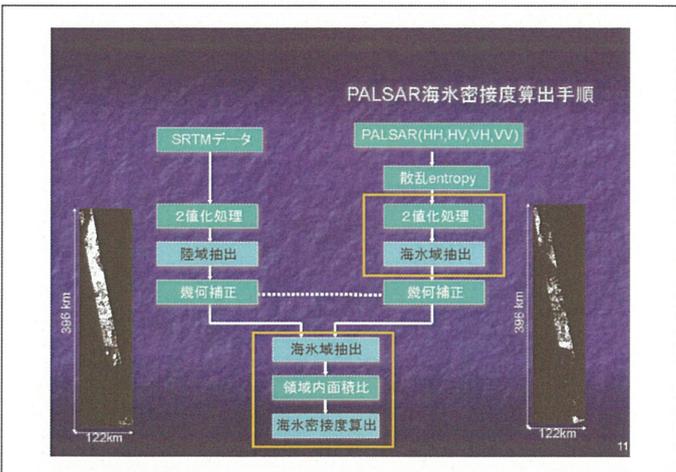
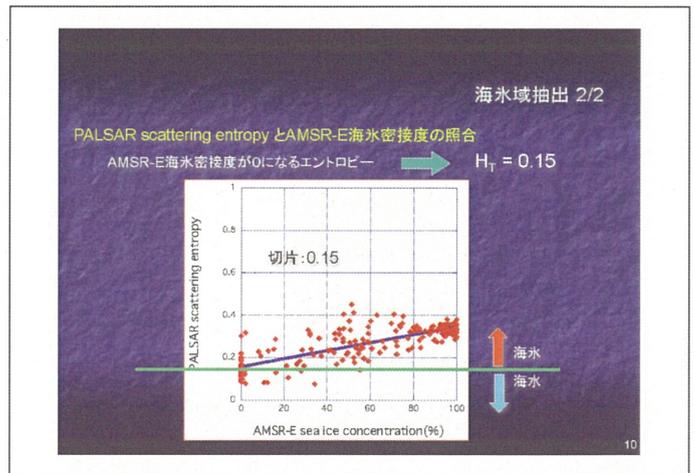
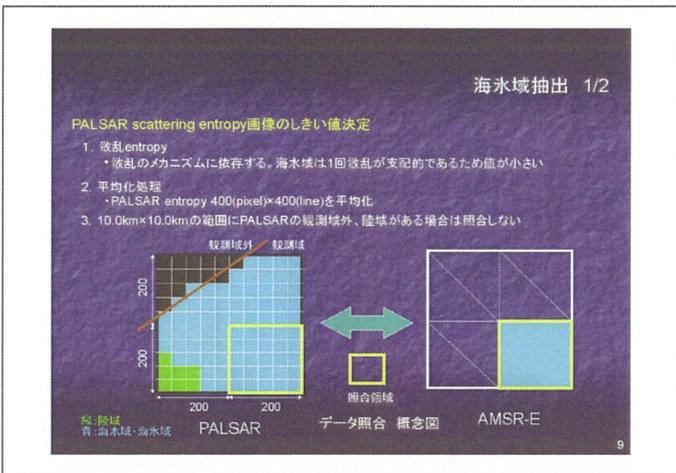
### PALSARデータ前処理

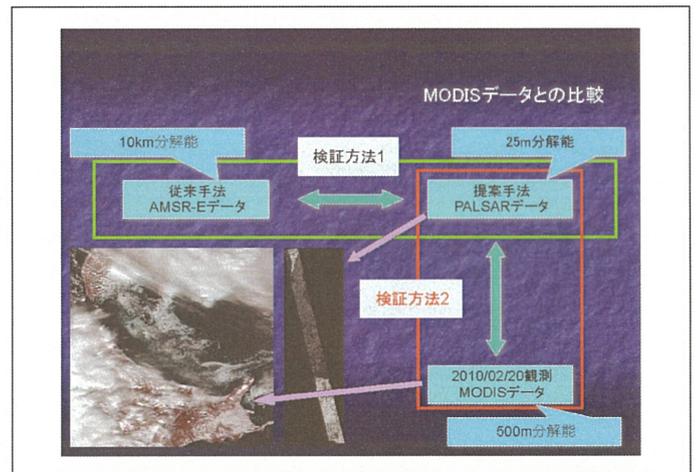
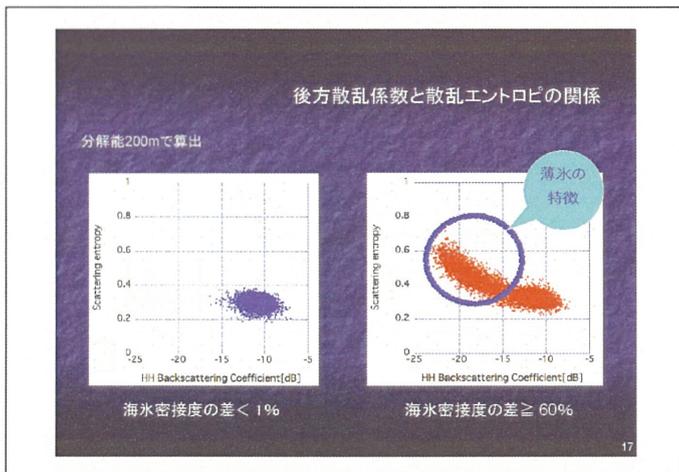
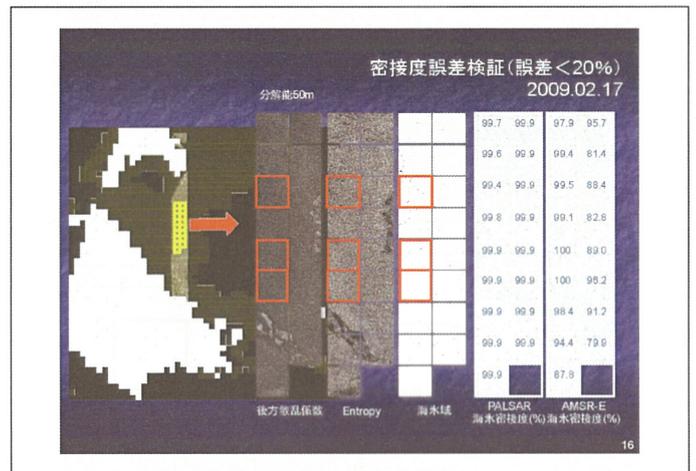
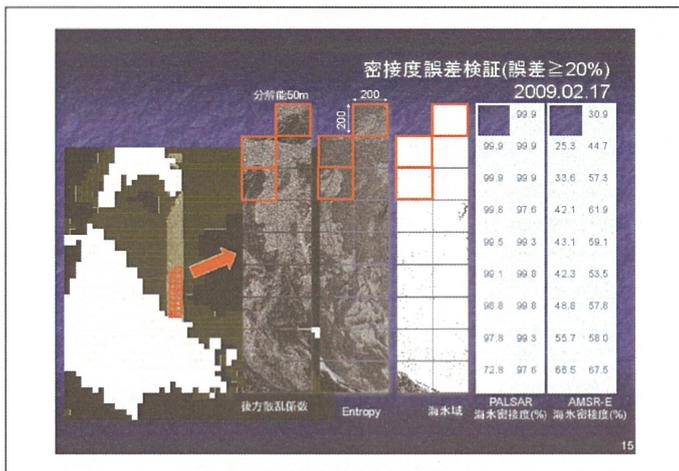
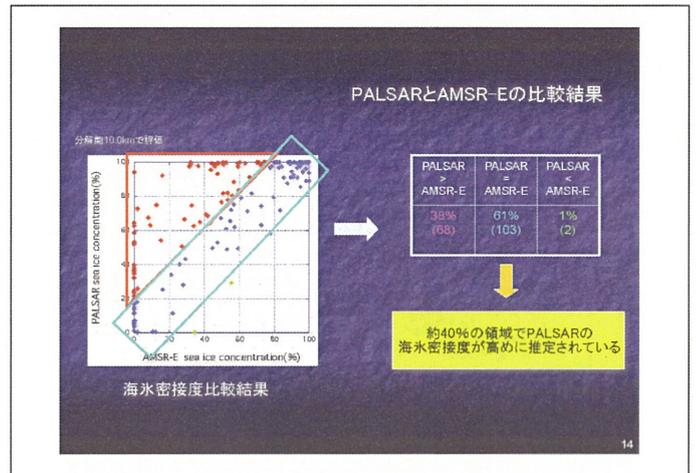
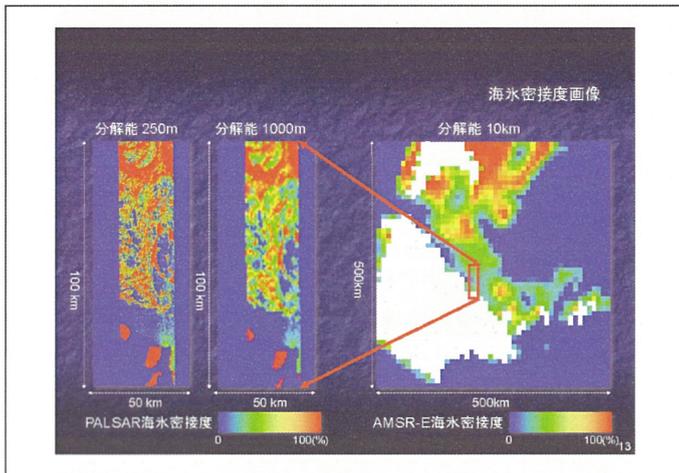
- ・入力データ: PALSAR Level 1.1
- (1) 4サンプル × 8ライン (rg × az) 領域内で scattering entropy を算出
- (2) scattering entropy 0-1 の範囲を 0-255 でスケールリングして 8ビットデータ出力
- (3) 軌道データを使用して UTM 座標系に投影
- (4) モザイク処理
- (5) 幾何補正: RADARSAT ScanSAR データへ投影  
(pixel spacing 25m × 25m)

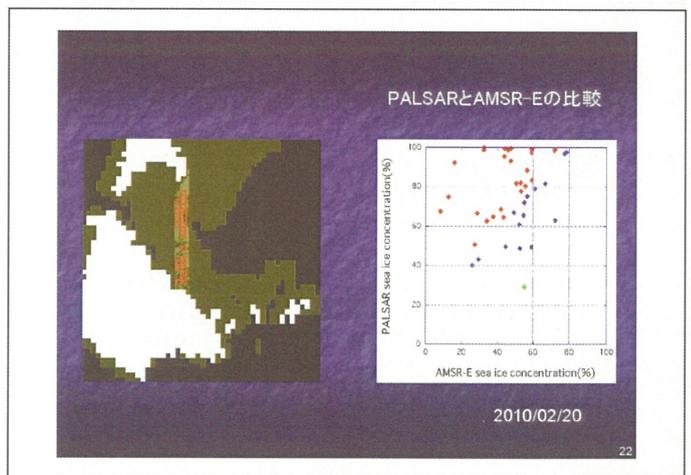
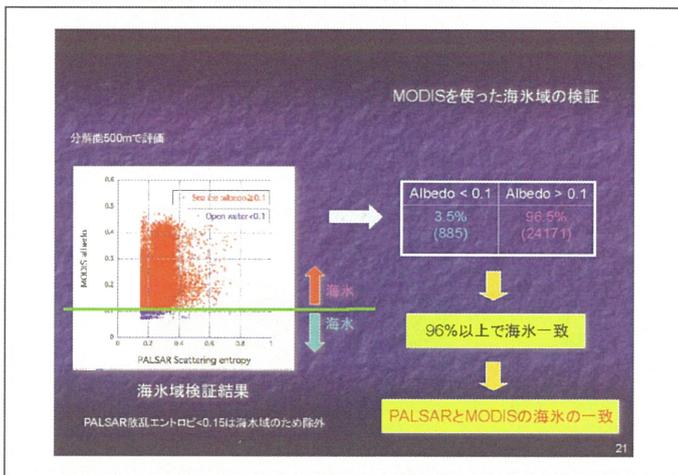
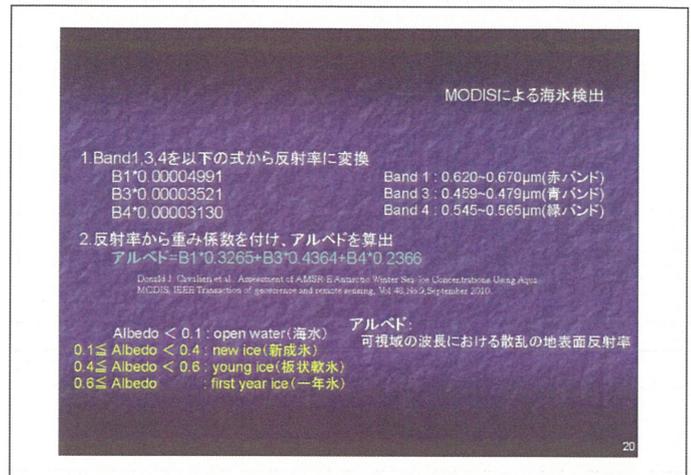
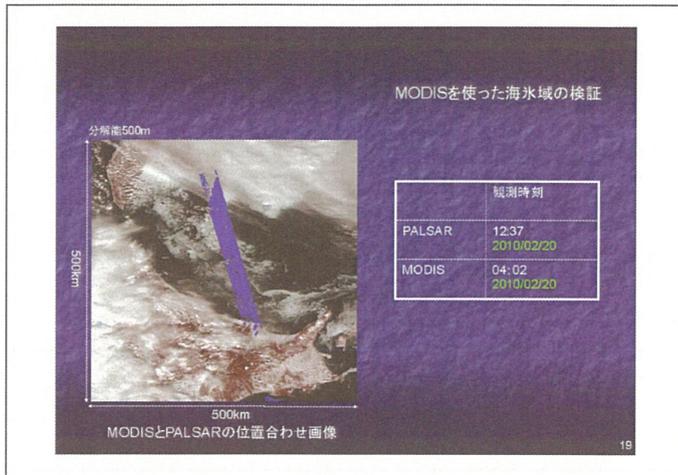
### AMSR-E データ前処理

- ・入力データ: AMSR-E 海水氷密度データ
- (1) オホーツク海の領域をデータ切り出し
- (2) 幾何補正: RADARSAT ScanSAR データ (250 × 250 pixel 平均化) へ投影  
(pixel spacing 10.0km × 10.0km)

8







### まとめと今後の課題

**まとめ**

- PALSAR多偏波データから海水検出手法を提案
- 提案した海水検出手法で海水密接度を高分解能化
- 後方散乱係数と散乱エントロピーを用いて薄氷域の傾向を把握
- 提案手法-AMSR-E海水密接度、提案手法-MODIS海水検出の精度検証

**今後の課題**

- 他領域のPALSAR多偏波データを使用し、提案手法の信頼性向上

23

characteristics of the Indonesian seas using satellite R.S data for 1998-2007

- 1) **Background:**
  - 2) **Aims of Study:**
  - 3) **Data & Method:**
  - 4) **Result:**
  - 5) **Conclusion:**
- #20 Slides

I Ketut Swardika, et. al  
Science & Engineering Yamaguchi-U

Slide # 1

Background:

- Long-term averaged characteristics of the Indonesian seas have not yet been reported. Rapid advancement of satellite R.S enables observation of long-term averaged from space.
- Space Agency initiated the Mission to Planet Earth (In the 1980s). 10 years to develop, another 10 years to accumulate space-based ocean data for studies of climate change
- Indonesia has huge range of variability in atmospheric and oceanic activity, that is important for global climate

Slide # 2

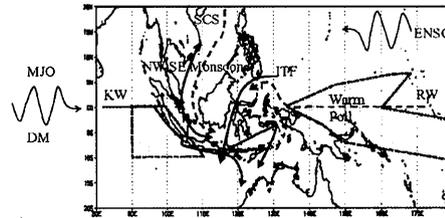
Aims of Study:

- To utilizes the space agencies' data archives of SST, WS/WD, CH, RR & SSHA and reveal characteristics of the Indonesian seas that strongly influence the global climate and warming.
- To creates continuous local averaged baseline data archives. By comparison of temporal or local data with this baseline data to reveals variabilities and singularities..

Slide # 3

Data and Method:

- Indonesian Seas : At the EQ, lies between the Pacific-Indian Oceans (E-W), connects Asia-Australia Cont.(N-S). Vital to climate change, as it is located just west of the warm pool.



Slide # 4

- We start to archiving satellite remote sensing data for study climate change/global warming in Indonesia (CReSOS Udayana)
- Satellite Data : downloads level-3 averaged monthly from Space Data Center.  
Data are re-compile as simple as possible. 0.25° square grid, 80~180°E 20S~20N,160x400 size (GRIB format)
- characteristics of the Indonesian seas are investigates from averages, standard deviation, zonal, seasonal, and annual averages of indices.

Slide # 5

Archiving Indices

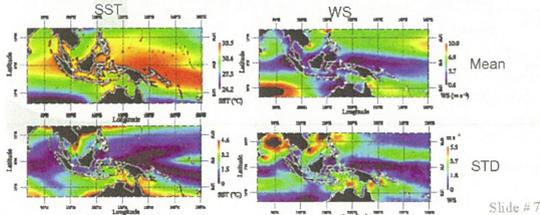
Index	SST	WS	WD	CH	RR	SSHA
Unit	°C	m s <sup>-1</sup>	°	mg m <sup>-3</sup>	mm/month	m
Spatial	0.25°	0.25°	0.25°	9 km	0.5°	6.2/315km
Sensor	TMI	SSM/I	SeaWinds	SeaWiFS	PR	T/P
		SeaWinds				Jason
Channel	10.7 Ghz	19.3/37	13.4 Ghz	443/490/ 510/555 nm	13.8 Ghz	13.6 Ghz
Satellite	TRMM	DMSP	QuikSCAT	SeaStar	TRMM	T/P
		QuikSCAT				Jason-1
ftp Site	ftp.remss.com	ftp.remss.com	ftp.remss.com	oceans.gsfc.nasa.gov	helios.eorc.jaxa.jp	podaac.jpl.nasa.gov

Slide # 6

**Result and Discussion:**

- 10-year averages-STD map of Indices:

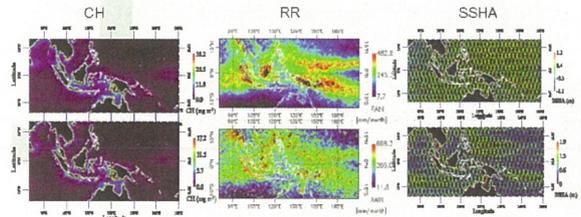
SST & WS have a similar pattern, small-stable zonal variabilities. SST highest at EQ, meridian distribution correlates w/ solar movement. Highest SST in the west Pacific over warm-pool. SST in the inner Indonesian seas is not as high as in the warm-pool. WS behaves like SST



Slide # 7

- 10-year averages-STD map of Indices:

CH has a coast-dependent distribution: it is very low in the open ocean but high along the coast. Rain rate looks similar w/ SST. High over warm-pool also considers mountains. No-any clear pattern of distribution for SSHA.



Slide # 8

- Statistical Properties of Indices:

Table-1, useful as reference or base-line of indices. SST-WS has correlated (-0.57) w/ one month phase different. Both CH and SSHA are local and/or spontaneous phenomena. The coarseness of temporal and spatial average for CH and SSHA may affect the

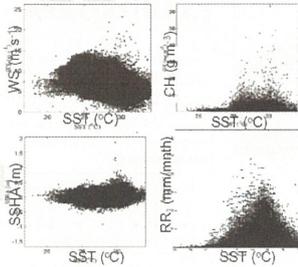


Table-1: Statistical Properties

Index	SST	WS	CH	SSHA
Unit	°C	m s <sup>-1</sup>	mg m <sup>-3</sup>	m
Minimum	16.80	0.00	0.01	-1.68
Maximum	34.05	26.20	64.56	2.05
Mean	28.63	4.64	0.21	0.04
Standard	1.53	1.64	0.70	0.11

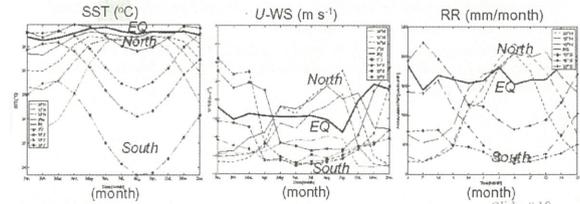
Table-2: Correlation Coefficients

Index	SST	WS	CH	SSHA
WS	-0.57			
CH	-0.03	-0.03		
SSHA	0.15	0.00	-0.03	

Slide # 9

- Seasonal Variability of Indices (the Normal Condition)

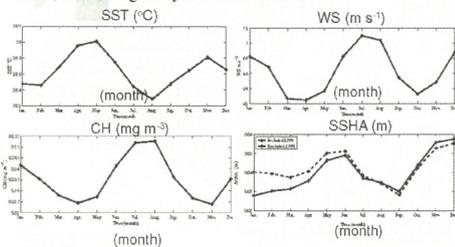
SST stables at the EQ, seasonal variability is very small. SST varies seasonally. This north-south variability can be considered a response to the north-south solar movement or seasonal change. The U-component of WS & Rain Rate have seasonal variability similar to that of SST.



Slide # 10

- Climatological of Indices:

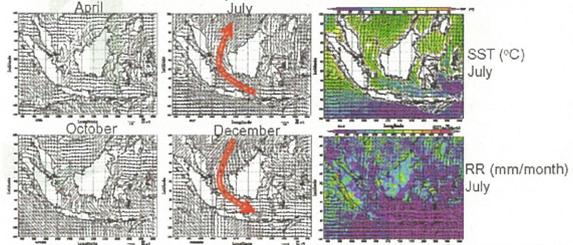
SST has two peaks, modulated both north-south characteristics. CH data indicates clear seasonal variability resembling that of SST and WS. SSHA data indicates a large gap between December and January. Excluding 1998, the nine-year average contains no gap. In 1998, El-Nino greatly influenced SSHA.



Slide # 11

- Monsoon Pattern:

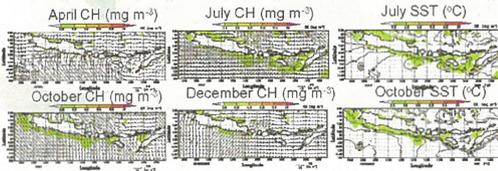
Seasonally change of WD in the inner Indonesian seas is confirmed: southeast/northwest monsoon peaks in July/December. In April and October, WD varies from place to place. Monsoon pattern in the inner Indonesian seas is a tilted-U-shaped-curve bordered by the Indonesian archipelago. However, pattern in the outer Indonesian seas differs. Monsoon may affects other indices.



Slide # 12

• **Monsoon: Upwelling**

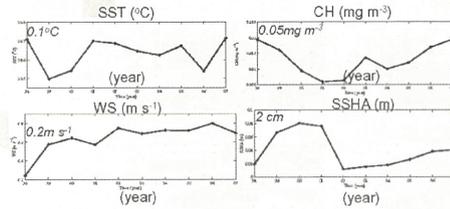
Southeast monsoon winds induce upwelling area is situated along the south coast of Java and Sumbawa (Wyrski, 1962). In October, a high CH concentration extends to the west. However, in some areas in the south region, the high CH declines. In the upwelling areas, SST decrease does not appear much in the SST pattern. In July, SST decrease is small (0.5°C). In October, along the south coast of Java, SST decrease does not appear.



Slide # 13

• **Annual Variability:**

Taking into account of the standard deviation, all indices are stable for 10 years across the Indonesian seas. No singularity in the El-Niño events is found in 2003 and 2007. However, this observation does not preclude the possibility of singularities for narrow regions.



Slide # 14

• **El Nino (ENSO) study:**

Aims is: to investigate features of El Nino over Indonesia.

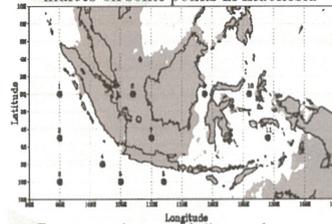
Reviews of current theories on ENSO :

*The last 20 years progress has been made in observing, explaining and even predicting this phenomena. Nonetheless, many fundamental features of the ENSO cycle are still poorly understood. Some of key question that remain are:*  
*4 years mean period; the dominant feedback mechanisms that control the oscillations; the irregularity in the cycle, phase-locked to the seasonal cycle*

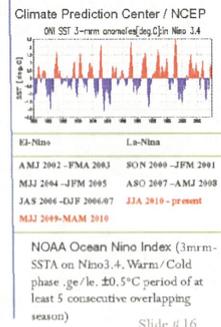
Slide # 15

• **El Nino (ENSO) study:**

We want to know anomalies of indices on some points in Indonesia



By comparisons with "normal condition" or zonal mean and cross-checks with the timing of El Nino events from NOAA



Slide # 16

• **Data archiving:**

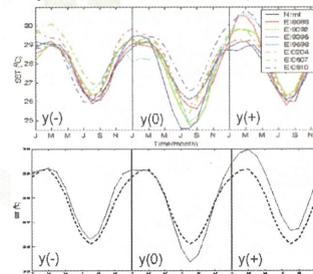
We need longer times of satellite data, so local data archives are expand to before 1998 and until present

Indices	Local Data Archives
SST:	Jan-1985 to Dec-1997 <=> Jan-1998 to Sep-2010 NOAA pathfinder TMI-TRMM
WS/D:	Jul-1987 to Jun-1999 <=> Jul-1999 to Sep-2010 SSMI QScat/SSM/I/AScat
CH:	Nov-1978 to Jun-1986 <=> Nov-1996/Sep-1997 CZCS OCTS/SeaWiFS
SSHA:	Sep-1992 to Jan-2002 <=> Jan-2002 to Jul-2010 T/P Jason
RR:	Jul-1987 to Dec-1997 <=> Jan-1998 to Aug-2010 SSMI PR-TRMM

Slide # 17

• **Composites of El Nino:**

In nature the amplitudes and duration of different El Nino episodes varies significantly, however the phase of different episodes can be remarkably similar

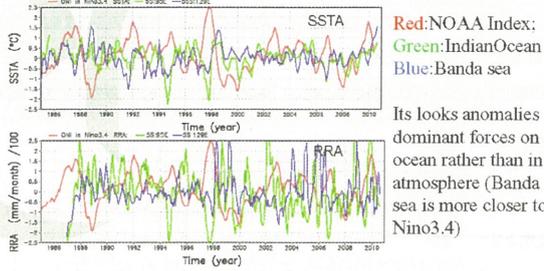


SST (P8,10S,112E) during El Niño episodes from 1985-2010, the preceding and the following years. Different El Niño episodes all occur at the same time and the following year is similar to the La Niña episodes.

Slide # 18

- Features of El Nino:

Comparison of some points, shows SSTA/RRA on open-ocean is more sensitive than the internal seas.



Its looks anomalies dominant forces on ocean rather than in atmosphere (Banda sea is more closer to Nino3.4)

Slide # 19

- Conclusion:

Some general characteristics of ocean indices were shown and confirms. The seasonal zonal mean of indices are fundamental knowledge of this region and refers as the normal condition. Regularity of ENSO on seasonal cycle is confirms.

Slide # 20

END: Thank you for your attention

Slide # 21

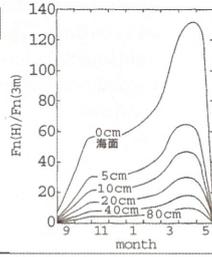
# 衛星マイクロ波放射計による薄い海氷の検出と北極海薄氷域拡大に関する研究

中山雅茂(北翔大学 生涯学習システム学部)、直木和弘(JAXA EORC)、西尾文彦(千葉大学 CEReS)

## 背景①: 海水表面から大気への熱輸送量

氷厚40cm以下の海水は氷厚1m以上の海水に比べ海水表面から大気への熱輸送量が10~100倍大きい。(Maykut, 1978)

海水の有無だけでなく、どのような海水が海洋を覆っているかという情報が必要。特に、薄い氷の厚さやその分布情報を知りたい。



## 背景②: 衛星搭載マイクロ波放射計による海水観測

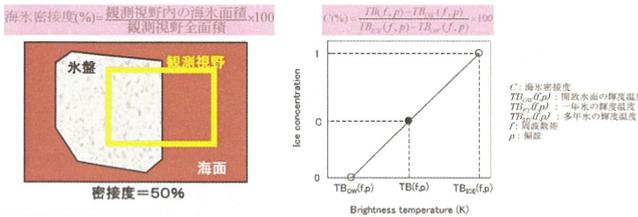
【センサ】	観測期間	衛星名	センサ名	観測周波数帯(GHz)
	1972~1976	Nimbus5	ESMR	19
	1978~1986	Nimbus7	SMMR	6.33, 10.69, 18, 21, 37
	1987~	DMSP	SSM/I	19, 35, 22, 23, 37, 85.5
	2002~	Aqua	AMSR-E	6.9, 10.7, 18.7, 23.8, 36.5, 89

### 【代表的な海水密度推定アルゴリズム】

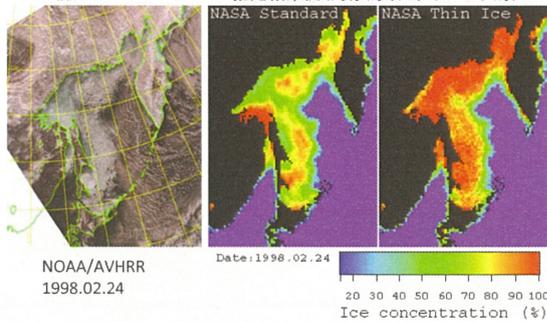
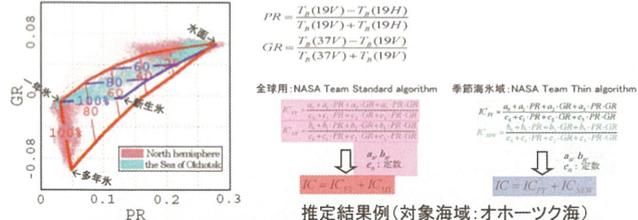
アルゴリズム名	使用周波数帯(GHz)	メリット・デメリット
Bootstrap algorithm	18-19, 36-37	薄氷域も精度よく推定するが薄氷域の検出は難しい。
NASA Team algorithm	18-19, 36-37	薄氷域の過小評価が大だがThin ice algorithmが別にある。
NASA Team 2 algorithm	18-19, 36-37, 85-89	SMMRに適用できない

18-19GHz帯と36-37GHz帯を利用することによって、1978年から30年以上の解析を行うことができる。また、NASA Team algorithmをベースにして開発された薄氷域検出アルゴリズム(中山ら, 2001)を改良し、海水域を3つにタイプ分けするアルゴリズムの開発を目指す。これにより、海水密度推定の高精度化と海水の厚さ推定が同時に行うことができるようになる。

## 基本原理①: 衛星マイクロ波放射計による海水密度推定の原理



## 基本原理②: NASA Team algorithm 全球用および薄氷域用による推定例



## 薄氷域の検出手法

① 全球用および薄氷域用アルゴリズムから推定された海水密度にICより海水のみの輝度温度を逆推定

$$TB(f, p) = TB_{ice}(f, p) \cdot (1 - IC) + TB_{sea}(f, p) \cdot IC \Rightarrow TB_{ice}(f, p) = \frac{TB(f, p) - TB_{sea}(f, p) \cdot (1 - IC)}{IC}$$

② 2つの海水タイプそれぞれの海水密度 $IC_{FY}$ と $IC_{MY}$ 、又は $IC_{FY}$ と $IC_{NEW}$ より海水のみの輝度温度を逆推定

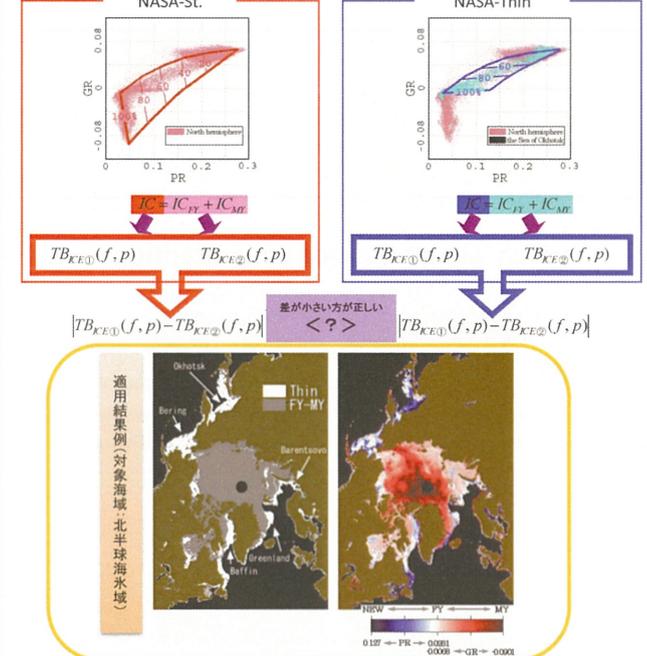
全球用より

$$TB_{ice}(f, p) = TB_{ice}(f, p) \cdot \frac{IC_{FY}}{IC_{FY} + IC_{MY}} + TB_{sea}(f, p) \cdot \frac{IC_{MY}}{IC_{FY} + IC_{MY}}$$

薄氷域用より

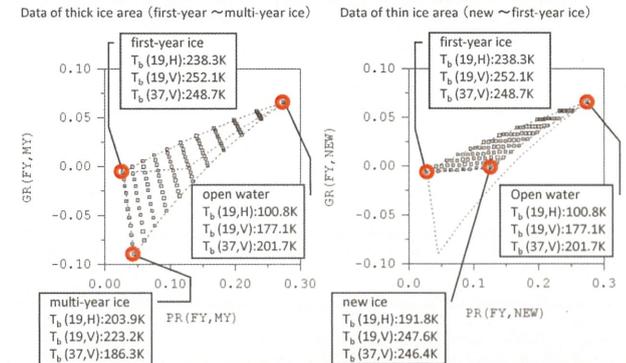
$$TB_{ice}(f, p) = TB_{ice}(f, p) \cdot \frac{IC_{FY}}{IC_{FY} + IC_{NEW}} + TB_{sea}(f, p) \cdot \frac{IC_{NEW}}{IC_{FY} + IC_{NEW}}$$

## ③ 全球用および薄氷域用における海水のみの輝度温度差を求めて比較(差が小さい方が正しい)

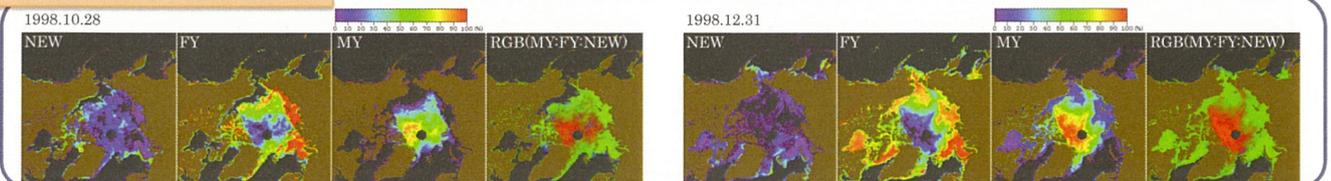


## 海水3タイプ 逆推定手法の提案

NASA Team algorithmは、新生氷(new ice)、一年氷(first-year ice)、多年氷(multi-year ice)の代表的な輝度温度を元に海水密度を推定している。下図に示す代表値から、各海水の混合率を算出したデータセットを作成し、実際の観測値との差が最も小さい場合の混合率が正解とする逆推定手法を提案する。



## 海水3タイプ 逆推定手法を適用した結果



# DMSP/OLSで観測された夜間光をパラメータとするエネルギー消費の推定に関する研究 ～ DMSP/OLSセンサの夜間モードの特性と空間分解能について～

○原 政直\*1, 胡斯勒因\*2, 八木 浩\*3, 西尾文彦\*3  
\*1 (株)ビジョンテック リサーチインテュート,  
\*2 東海大学 情報技術センター  
\*3 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

## 1. 目的

温室効果ガスによる地球環境への影響の低減を図るため、人為起源のCO<sub>2</sub>の排出量を一定の目標値を設定して抑制するなどの国際的な取り組みが行われている。わが国をはじめ先進国においては、転換エネルギー部門や工場、交通運輸などからのCO<sub>2</sub>排出量の低減に加え、一般家庭からのCO<sub>2</sub>排出量の低減を図るエコライフを推進し、低炭素化社会を先導した取り組みが行われている。

そこで、これまで進めてきた研究の成果であるDMSP/OLSによる全球的なCO<sub>2</sub>排出量の推定などそのグローバルスケールでの推定手法を、低炭素化社会におけるCO<sub>2</sub>排出量の推定・評価へ適用することを目的に、DMSP/OLSの夜間モードで観測された夜間光データの飽和領域の観測値を推定するモデルを開発してきた<sup>(\*)</sup>。しかし、この推定結果の検証をする方法がなかった。

本研究では、高分解能で夜間観測感度の異なるセンサを用いて、これまで開発したモデルで推定した輝度値の検証をする手法を開発することを目的とした。

## 2. 使用データについて

使用データは以下のデータを使用した。

- 1) Defense Meteorological Satellite Program/Operational Linescan System (DMSP/OLS) F16 (図1)  
観測日: 2008年2月5日 19時32分(受信)、空間分解能: 1km
  - 2) 国際宇宙ステーション (ISS)/デジタルカメラ画像 (以下単にISSという) (図2)  
観測日 2008年2月5日 23時8分 Frame No.ISS016-27578 (35.5N-140.0E)、空間分解能: 90m
  - 3) ALOS/PRISM (図3)  
観測日: 2009年10月15日、シーン: 395-720、空間分解能: 2.5m
- 以上3種類のデータは幾何補正を行った上で、カバレッジを揃えるために 切り出しを行い使用した。  
また、ISSの画像はカラー画像のため、HIS変換を行い輝度画像を生成して使用した。



図1. DMSP/OLS

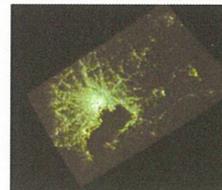


図2. ISS-Digital Camera



図3. ALOS/PRISM

## 3. 解析の考え方とその解析方法

DMSP/OLSは夜間観測モードでは、そのセンサゲインを調整し観測を行っているために地上から発せられる光の観測が可能となる(図1)。しかし、空間分解能が低くまたセンサのダイナミックレンジの幅が狭いことから、ビルが集中する都市域のようなところでは、光の集中により光力が強く、また、画素毎の観測光は周辺からの散乱光を重畳し、センサのダイナミックレンジをスケールオーバーするために飽和現象が起きる。

一方、ISSで高度約350kmから観測されたデジタルカメラ(NIKON D2Xs)の画像(図2)では、空間分解能90m相当の分解能で夜間画像が観測している。このISSの画像では、DMSP/OLSの画像の光の飽和域をほぼ飽和なしの画像として得ることができる。さらにALOS/PRISMの夜間画像(図3)を用いることにより強い光を発する構造物を2.5mの分解能で認識することができる。また、この3種類のソースデータはそれぞれ空間分解能とセンサゲイン、ダイナミックレンジが異なり、それらの画像を判読比較するとALOS/PRISM、ISS、DMSP/OLSの順に低い光力に対するセンシティブリティが良くなっていると言える。

そこで、それぞれのセンサゲインが図5で示すような特性にあるとの仮説をたて、

- ① ALOS/PRISMで判読できる複数の特定構造物の光力とそれに対応するISSの光力との回帰特性を求め、この得られた回帰係数により、ISSとALOS/PRISMとの合成を行う(以下ISS合成画像という)。
- ② また、ISS合成画像で判読ができる複数の低光力の特定構造物、もしくはエリアとの回帰特性を求め、得られた回帰係数により、ISSとDMSP/OLSとの合成を行う(以下DMSP合成画像という)。
- ③ こうして得られたDMSP合成画像とモデルによって補正されたDMSP/OLS画像を比較検証する。

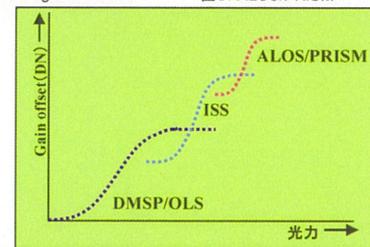


図4. 各センサのゲイン特性

## 4. 解析結果と評価

観測日時が異なっても、常に夜間一定の光力を発していると考えられる特定構造物や建物(以下、プロジェクトという)を異なるセンサで観測し、それぞれ対応するオブジェクトについて回帰分析を行い、その回帰係数を使えば異なるセンサで観測されたデータを疑似的に一つのセンサで観測した値に変換できる。

この前提の下にALOS/PRISM、ISS及びDMSP/OLSで観測したデータの変換を行った結果を示す。

図5は、ISSで観測した画像からHIS変換により輝度画像を生成したものを示し、図6はDMSP/OLSで観測した画像の飽和域をISSの画像にオーバーレーしたものを示す。また、図7は、ALOS/PRISMで観測した夜間画像。

この高い分解能の画像であることを利用して、中に観測された画像にオーバーレーすることによってオブジェクトを特定することができる。図8は、ALOS/PRISMで観測された光を赤で表し、IKONOSの画像にマッピングしたもので、東京タワーの強い光が認識できる。同様にこの位置情報を利用してISSで、観測された夜間画像の東京タワーの位置を特定することができる。

ここで、DMSP/OLSとISS、ISSとALOS/PRISMのそれぞれについて、同一オブジェクトを決めて回帰分析を行った。

図10は、DMSP/OLSとISSの関係を示し、決定係数が0.6156となった。

また、ISSとALOS/PRISMの関係は決定係数が0.2399であった。特に、いずれの場合も相関性が低く、特にISSとALOS/PRISMの相関は得られた回帰直線を変換式として用いることができる結果とはならなかった。

その原因として、ISSの観測画像は手持ちカメラで撮影されたもので、幾何補正を行うための情報がカメラファイルにないこと、

また、用いた3画像の空間分解能

が大きく違うことが挙げられる。

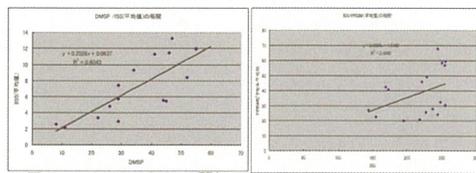


図10. DMSP/OLSとISSの関係

図11. ISSとALOS/PRISMの関係



図5. ISSの輝度画像

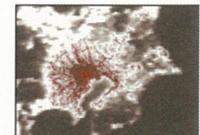


図6. ISSとDMSP/OLSの合成

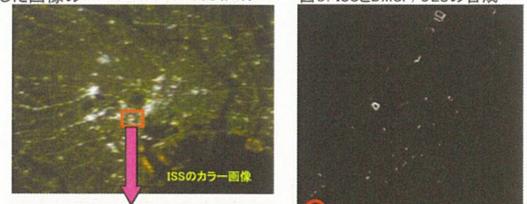


図7. ALOS/PRISMの夜間画像

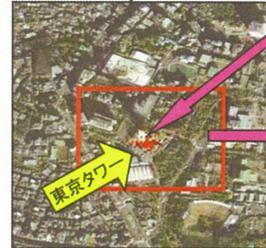


図8. ALOS/PRISMから得られた光を IKONOS画像にマッピング

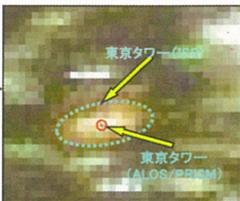


図9. ISSとALOS/PRISMの合成

## 5. まとめ

夜間の特定構造物や建物は一定の光力を発しているものとし、従って、センサや観測日時が異なっても常に一定の輝度として観測されると言う前提の下に、異なるセンサで観測されたデータを一定のスケールで一元的に扱うことができるような手法の開発は重要なことである。その際、空間分解能の異なるデータのレジストレーションを精度高く行うための精密幾何補正が行わなければならない。本研究で用いたISSの画像は手持ちカメラで撮影されたもので、この画像の精密幾何補正の方法と大きく異なる空間分解能のデータを一元的に扱える手法の開発が今後の課題である。

### 参考文献

- \*1 H. Lelu, M. Hara, H. Yagi, K. Naoki, G. Tana, F. Nisio, and S. Okada, "Estimating energy consumption from nighttime DMSP/OLS imagery after correcting for saturation effects." *Int. J. Remote Sens.*, vol. 31, pp. 4443-4458, 2010.  
\*2 原政直, 岡田周平, 八木浩, 森山隆, 重原好次, 杉森康宏, 時系列衛星画像のノイズ除去アルゴリズムの開発と評価, 写真測量学会, Vol.42 No.5, pp. 48-59, 2003  
\*3 胡斯勒因, 原政直, 岡田周平, 八木浩, 神武寛典, 直木和弘, 西尾文彦, DMSP/OLS夜間画像における定常光の抽出, 海洋理工学会, Vol.14 No.2, pp. 21-28, 2008  
\*4 原政直, 岡田周平, 市塚正彦, 重原好次, 森山隆, 杉森康宏, DMSP/OLS夜間可視画像を用いた釣り漁業のモニタリング, 海洋理工学会, Vol.9 No.2, pp. 99-108, 2004

## プロジェクト - 2

2011. 2. 21 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

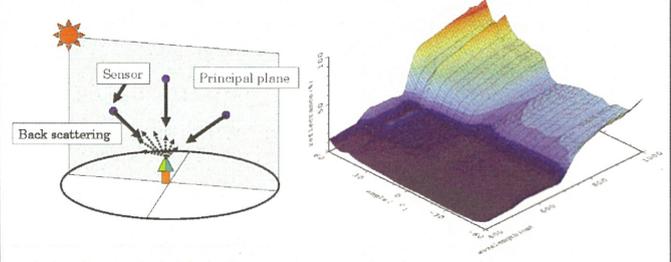
### 植生の双方向性反射分布関数(BRDF)が 反映する植生パラメータについて

～長期観測データおよび、モデル研究からの考察～

首都大学東京大学院  
長谷川 宏一・泉 岳樹・松山 洋  
(担当 本多嘉明・梶原康司)

### 双方向性反射分布関数とは？

- 一つの物体を多方向から放射観測(多方向放射観測)することにより、地表面の不均一な散乱を捉えたもの。
- 太陽方位角・太陽天頂角・観測方位角・観測天頂角の条件によって反射率が変化する様子。(Bidirectional Reflectance Distribution Function; BRDF)



### 植生リモートセンシングにおけるBRDF研究

- 太陽条件の異なる多時期の衛星画像を使った解析や、斜め観測技術を用いた高周期観測を行う衛星(MODISなど)の増加から、衛星データへのBRDFの影響が懸念され、研究が進んだ。  
⇒半経験的モデルに基づくBRDF補正
- 不均一な散乱は対象物の三次元構造(凹凸)と関係あり。  
⇒BRDFを植生固有の特性と捉え、従来の一方向観測では推定できなかった植生の情報を推定する研究が注目をあびる。

Chen et al. (2003)

- Hotspot(最大反射率)とDarkspot(最低反射率)から計算される指標HDSを用いて、植生の日向葉・日陰葉の割合を推定し、それをパラメータとした光合成モデルを作成。

Heiskanen (2006)

- 衛星センサ: MISRのデータを用いて、BRDFが樹高や植被率の推定に有用であることを実証。

### BRDFを用いたLAI推定に関する研究 (Hasegawa et al., 2010)



Improving the estimation of leaf area index by using remotely sensed NDVI with BRDF signatures

Koiti Hasegawa<sup>a,b,\*</sup>, Hiroshi Matsuyama<sup>a</sup>, Hayato Tsuzuki<sup>c</sup>, Tatsuo Sweda<sup>d</sup>

<sup>a</sup> Department of Geography, Tohoku Metropolitan University, 1-1 Minami-Ohira, Nishiku, Tokyo 102-8507, Japan  
<sup>b</sup> Department of Earth, Environment and Urban Science, Tohoku University, 6-3-09 Aramaki, Aoba-ku, Sendai 980-8579, Japan  
<sup>c</sup> Department of Agriculture, Bioregional Science, Tohoku University, 1-1-1 Aramaki, Aoba-ku, Sendai 980-8579, Japan

- NDVIにBRDFから算出する特徴量を乗ずることで、NDVIとLAIとの非線形な相関関係を、改善する可能性を示した。

⇒特に立体構造を持つ植生パラメータ(バイオマスやカゲ指数)の推定に、BRDFを利用することは有効である。

### BRDF研究における問題点

#### ①長期観測の不足

...各植物季節のBRDFの観測に年間を通して成功した事例が無く、BRDFがどのような植生状態を反映して変化するのかの考察が不足している。(そもそも季節変化するのか?)

⇒森林のBRDFの観測にはタワーやヘリコプターといった大規模な施設が必要(樹冠上に十分に出なくてはならない)

#### ②複雑すぎる、もしくはざっくりすぎるBRDFの再現モデル

...観測値に基づいてBRDFパラメータを推定するモデル(半経験的モデル)は多く存在する。しかし、そのパラメータが具体的に植生のどの情報を反映するのか分かっていない。(現地観測できない植生パラメータに基づく再現モデルが多い)

⇒実測できる植生パラメータに基づく物理モデルの作成が必要  
また、半経験的モデルのパラメータに対する考察が必要

$$\rho = f_{iso} + f_{geo}K_{geo} + f_{vol}K_{vol}$$

(MODISの補正に用いられる半経験的BRDFモデルの概念)

$f_{iso}$  等方散乱成分 ?  
 $f_{geo}$  幾何散乱成分 ?  
 $f_{vol}$  体積散乱成分 ?

### 研究概要

#### ①長期観測

...八ヶ岳カラマツ林(落葉針葉樹)において、タワー上にBRDF観測システムを設置し、植物フェノロジーとBRDF特性との関係を検証する。

※2006年度よりシステム作りを開始

2007年度より観測開始

(2007年に年間10回の観測に成功)

※MODISのBRDF補正に用いられる、半経験的モデルを観測データに適用し、各季節のBRDFパラメータを算出



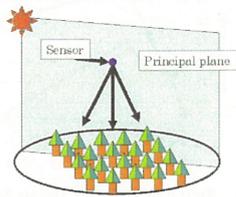
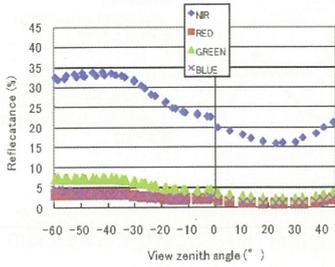
#### ②観測データに基づくBRDF再現モデルの作成

...現地観測可能な植生パラメータによって計算されるBRDFシミュレータ(Bidirectional Reflectance Simulator)を作成

(本多・梶原研究室の研究成果、小野ほか 2010, 写真測量とリモートセンシング)

### 取得されたデータ:夏(八ヶ岳)

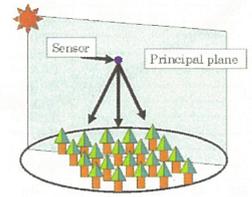
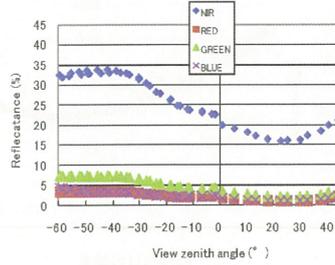
8月16日 天頂角 46.5



後方散乱方向(日向葉が主に見える方向)への強い反射と、前方散乱方向(日陰葉が主に見える方向)への弱い反射の差を確認できる(植生のBRDFの特徴)

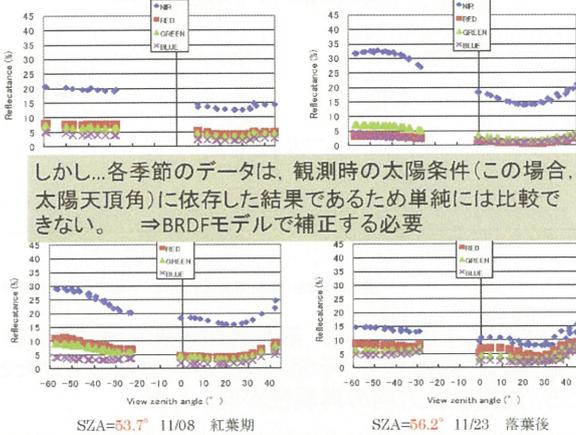
### 取得されたデータ:夏(八ヶ岳)

8月16日 天頂角 46.5



後方散乱方向(日向葉が主に見える方向)への強い反射と、前方散乱方向(日陰葉が主に見える方向)への弱い反射の差を確認できる(植生のBRDFの特徴)

### 各季節に取得されたBRDFデータ



しかし...各季節のデータは、観測時の太陽条件(この場合、太陽天頂角)に依存した結果であるため単純には比較できない。⇒BRDFモデルで補正する必要

### 半経験的BRDFモデルの摘要 (Ross-Li Kernel Model 1995)

MODISのプロダクト作成に使われているBRDFモデル

$$\rho = f_{iso} + f_{geo}K_{geo} + f_{vol}K_{vol}$$

等方散乱成分 幾何散乱成分 体積散乱成分

観測された反射率を、三つの散乱成分(>0)に分けて考えるモデル

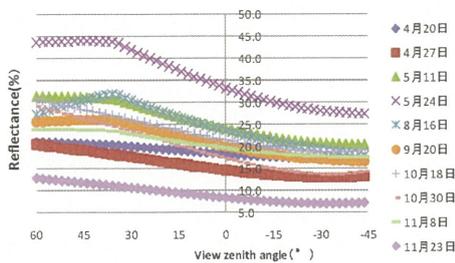
$$K_{geo}, K_{vol} \rightarrow \text{Kernels}$$

観測条件(観測天頂角・太陽天頂角・相対方位角)によって決まるパラメータ(天頂角が0°の時はK=0になる)

BRDFの観測結果から季節ごとに、 $f_{iso}$ ,  $f_{geo}$ ,  $f_{vol}$ を求める。(MODISのBRDFプロダクトの作成に用いられているのと同じ方法で重回帰)

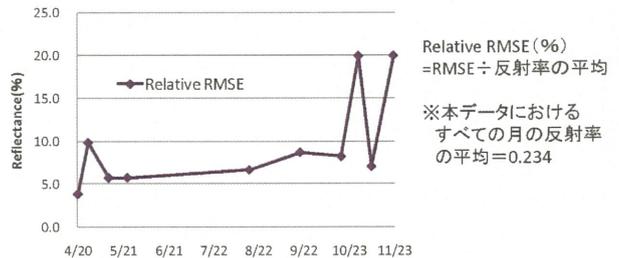
### Ross-Li model によって計算された各季節のBRDF

太陽天頂角条件を35°に統一



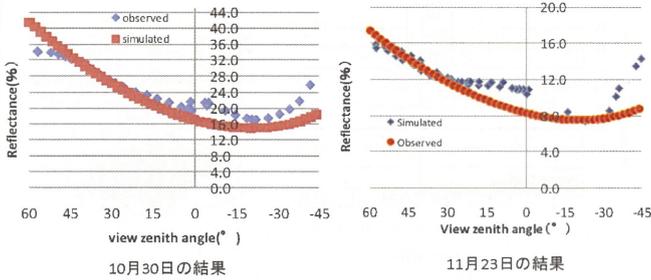
- ・後方散乱方向の強い反射と前方散乱方向の弱い反射を再現
- ・植物フェノロジーと共にBRDFも季節変化することが分かる

### 各季節のBRDFの再現性(Relative RMSE)



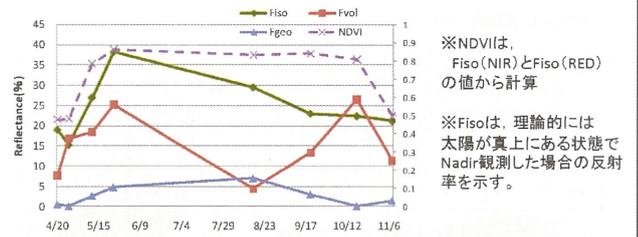
- ・ Relative RMSEは、10/30(紅葉期)と11/23(落葉後)の観測値を除き、10%以下であった。

再現性の悪かった季節における観測値とシミュレーション値の比較  
(太陽天頂角の条件が35° の場合)



- 特に、前方散乱方向での反射率の再現性が悪かった。(反射率の上昇が見られない)

BRDFパラメータ(NIR)の季節変化 ※10/30と11/23のデータを除く



- モデルの説明ではFgeoを幾何散乱成分(陰影を作りだすような三次元的な立体構造)Fvolを体積散乱成分(光路長に影響するような葉の層の厚み)と説明している。
- Ross-Li modelは、汎用的かつ盛夏においては実効的なBRDFモデルだが、そのパラメータFgeo, Fvolが反映している植物の状態は何であるかは考察が難しかった。(半経験BRDF modelの曖昧さと危うさ)

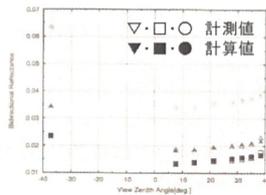
BiRS(Bidirectional Reflectance Simulator)の研究成果から...

※BiRS(本多・梶原 研究室で開発されたBRDF物理モデル)

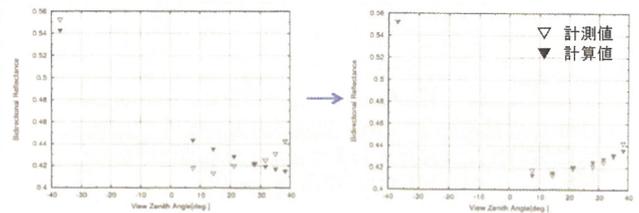
対象とする森林の表面を構成する要素  
(日向の林冠)・(日陰の林冠)  
(日向の林床)・(日陰の林床)

の被覆率と反射係数を、地上観測値(樹高・胸高直径・樹冠高・樹冠径・樹木間距離)若しくは上空から計算したDSMから求め、BRDFを再現するモデル

北海道カラマツ林におけるBRDFの再現に成功。(Principal plane)



BiRSの研究成果から...(近赤外域)



※(小野ほか 2010, 写真測量とリモートセンシング)より引用

- 植生表面にできる陰影を、散乱光の影響を受けない影と散乱光の影響を受ける明るい影の二種類に分けたところ、前方散乱方向の再現性が向上した。

# ADEOS-II/GLI250m モザイクデータを使った針葉樹と広葉樹の分類

曾山典子<sup>1)</sup>, 佐久田百合<sup>2)</sup>, 村松加奈子<sup>2)</sup>, 醍醐元正<sup>3)</sup>

1) 天理大学, 2) 奈良女子大学, 3) 同志社大学

**Abstract:** JAXA による地球環境変動観測ミッション (GCOM-C) における全球土地被覆分類システムを開発するため, SGLI (GCOM-C に搭載される予定の多波長光学放射計で ADEOS-II/GLI の後継センサ) と同じ空間分解能である GLI250m モザイクデータを使って, 針葉樹と広葉樹の分類方法を検討した。広葉樹は近赤外領域の反射率が低く, 常緑針葉樹は比較的低いという特徴を使い, 分類を行った。土地被覆分類図と現存植生の目視による比較の結果, 森林に関しては, 落葉広葉樹が概ね合致しているが, 日本エリアの常緑広葉樹は落葉針葉樹より反射率が低いエリアが多く, 誤分類された。

## Classification procedure

1. 教師付き分類方法
2. 汎用パターン展開法を使い, サンプルサイトの分光波長率から UPDM 係数 (Cw, Cv, Cs) と植生指標 (MVIUPD) を算出
3. 16 シーンを 4 期 (春夏秋冬) に分け, MVIUPD 値の特徴を調べる (Fig1)
4. 近赤外領域 (ch23) の反射率と MVIUPD の関係を調べる (Fig2)
5. 分類条件と処理の流れを決定 (Fig3)

汎用パターン展開法 (UPDM: Universal Pattern Decomposition Method) (L.F. Zhang et al. 2004) [3]  
 ・ n 本の波長帯で観測された分光反射率を 4 つの展開係数, 水の展開係数 (Cw), 植生の展開係数 (Cv), 土壌 (Cs) の展開係数, 黄葉成分を補うための展開係数 (C4) に変換する  
 ・ 使用する基本パターンを 350 nm ~ 2500 nm の波長帯で規格化しており, これらの展開係数は観測センサーに依存しない

改良植生指標 (MVIUPD: Modified Vegetation Index of UPDM) (XIONG YAN 2005) [2]  
 ・ UPDM 4 展開係数を使って定義された指標で, 植生被覆率, 光合成量との線形性が共に成り立つ

## Satellite data

ADEOS-II/GLI250m Mosaic data sets (L2ACLC)

60° N 120° E ~ 30° N 150° E

Scene(2/2,3/6,3/22,4/7,5/9,5/25,6/10,6/26,7/12,7/28,8/13,8/29,9/14,9/30,10/16)

Table 1. Band number and wavelength of ADEOS-II/GLI 250m mosaic data

Channel Number	Central Wavelength	Spectral Width
20	460	70
21	545	50
22	660	60
23	825	110
28	1640	200
29	2210	220

## MVIUPD of 4 seasons

春: 4/7-6/26, 夏: 7/12-9/14, 秋: 9/30-10/16, 冬: 2/2-3/22

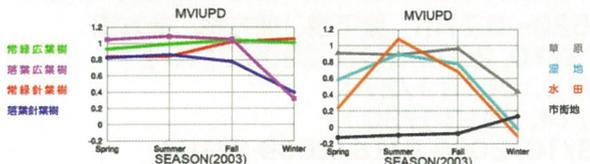


Fig 1. The UPDM Coefficients and the MVIUPD of Sample data

## MVIUPD vs Ch23

EB1-3: 綾, 春日山 EB5-8: Uganda

DB1-3,5: 苫小牧, 高山 DB4: 生駒

EN1: 富士吉田アカマツ EN2-3 東吉野, 千早赤坂スギ EN4: 木曾ヒノキ

DN: ハケ岳, 富士北麓, 長野カラマツ

Gr: 若草山, 平城旧跡, 曾爾高原 Cr: 大湯村, 標津町, 天理

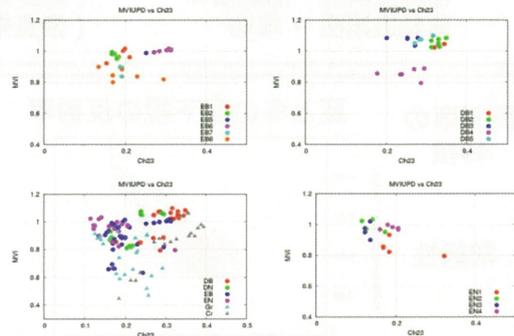


Fig 2. Ch23 of Max MVIUPD for all season

## Classification procedure flowchart

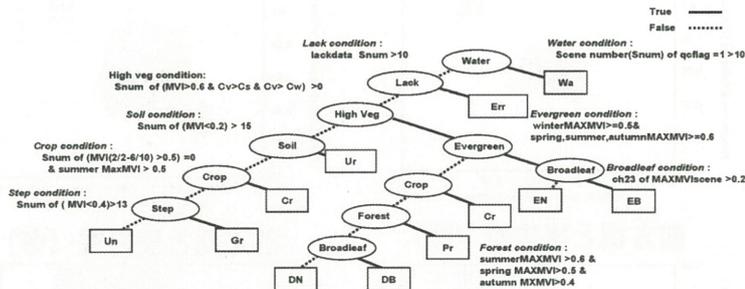


Fig 3. Classification procedure flowchart

## Discussion

今回は, 特に森林の樹林分類に着目したので, その他の分類結果についてはふれない。

現存植生図との目視による比較では, 落葉広葉樹がおおむね抽出できたが, その他の樹林には誤分類が多く見られた。その要因として, 以下の問題が考えられる。

- (1) 広葉樹は近赤外領域の反射率 (Ch23) が針葉樹 (スギ) より高いという特徴がある [1]。今回のサンプルサイトでは, 特に落葉広葉樹にその傾向が見られた。ウガンダの常緑広葉樹エリアでも近赤外領域が高い傾向が見られたが, 綾サイトではその傾向は見られなかった。落葉針葉樹であるカラマツは ch23 が高く, 樹種によっては常緑広葉樹の方がこれより低い。
- (2) 高分解能データを使った樹種分類に, 開花期の特徴 (照葉樹林は 4 月~6 月, スギは 5 月など) を使う方法があるが, 日本エリアでは, 2003 年のこの時期は雲の影響が大きく, 条件に入れることができなかった。SGLI では, 考慮する予定だが, 日本の森林は混交林が多く, 低分解能衛星データへの応用を検討する必要がある。

## Classification results

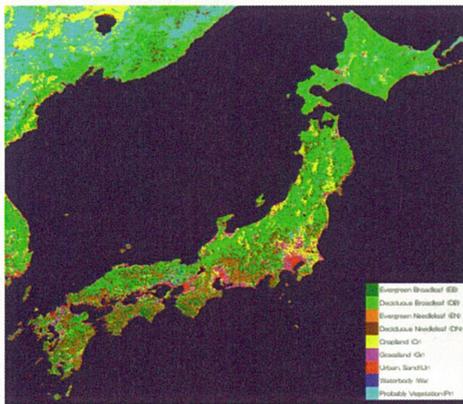


Fig 4(a) ADEOS-II/GLI250m モザイクデータを使って作成した全球土地被覆分類図

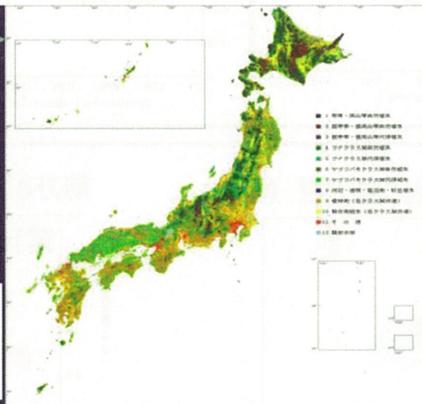


Fig 4(b) 日本現存植生図 (第5回調査 平成6~10年度) 環境省 生物多様性センターより引用

## References

- [1] 加藤正人, 改訂 森林リモートセンシング, J-FIC, 2007.
- [2] Y. Xiong, et al: Estimation of global terrestrial net primary production using ADEOS-II/GLI data, Proc. of the Forth International Symposium on Multispectral Image Processing and Pattern Recognition, 2005.
- [3] Zhang, L.F. et al, Sensor-independent analysis method for hyper-multispectral data based on the pattern decomposition method, Int. J. of Remote Sensing, Vol. 27, Nos. 21-22, Nov. 2006, 4899-4910.

## Acknowledgments

本研究レポートで説明した土地被覆分類システムに使用した ADEOS-II/GLI 全球モザイクデータは, JAXA (宇宙航空研究開発機構) より研究用として提供されたものである。本研究は, 地球環境変動観測ミッション (GCOM-C 1) 委託研究の補助により行われた。

# 多方向観測による植生の構造抽出インデックスの開発

村松加奈子・浅田理恵・曾山典子・醍醐元正

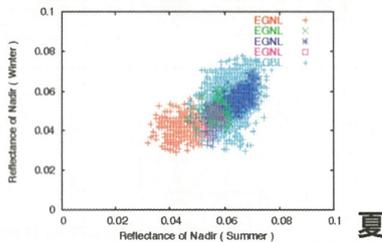
目的： 植生の機能タイプ毎の植生分布図の作成  
 直下視の光学系センサによる衛星データ： 植生のフェノロジー利用  
 フェノロジーの似た植生タイプ：常緑広葉樹と常緑針葉樹  
 落葉樹と草地  
 落葉広葉樹と落葉針葉樹  
 多方向観測データより植生の構造を抽出できないか？

ALOS-PRISMの直下視、前方視、後方視のデータ (PRISMの波長帯 0.52~0.77 $\mu$ m)  
 → AVNIR2による分光特性+ PRISMの多方向観測  
 → GCOM-C/SGLI：直下視+R,NIRの前方視と後方視  
 詳細データとグローバルデータへの利用

使用したデータ ALOS PRISMデータ 波長帯0.520~0.77m 直下視、前方視、後方視  
 常緑針葉樹 スギ・ヒノキ林 (奈良県南部, 2006 8/10, 2009 8/18, 2009 2/15)  
 落葉針葉樹 カラマツ (ハヶ岳, 2006 10/19, 2010 1/27)  
 常緑広葉樹 照葉樹林 (宮崎県綾, 2009 6/14, 2010 1/30)  
 落葉広葉樹・草地 (奈良県内 2006 8/10, 2009 8/18, 2009 2/15)

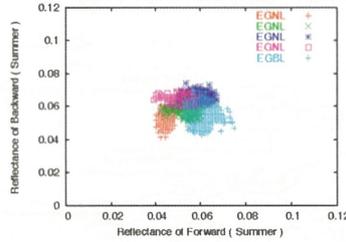
反射率の  
特徴

夏と冬の直下視の反射率

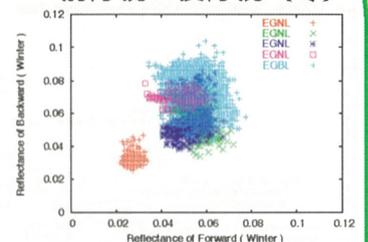


常緑性

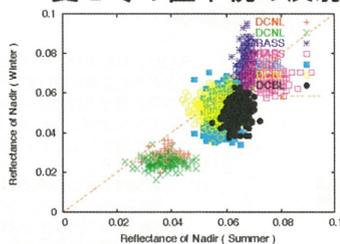
前方視と後方視 (夏)



前方視と後方視 (冬)

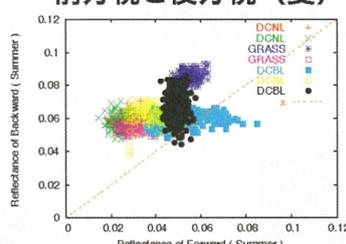


夏と冬の直下視の反射率

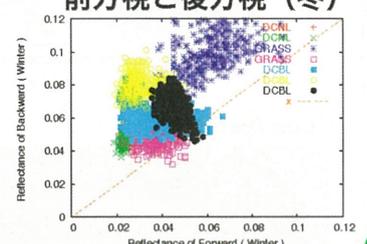


落葉性

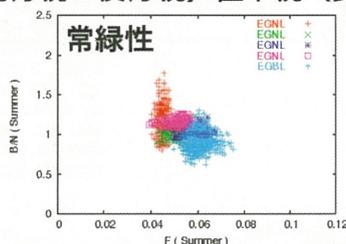
前方視と後方視 (夏)



前方視と後方視 (冬)

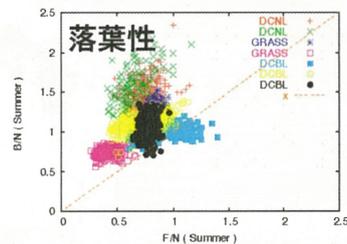


前方視と後方視/直下視 (夏)



常緑性

前方視/直下視と後方視/直下視 (夏)



落葉性

前方視の反射率/直下視の反射率、後方視の反射率/直下視の反射率により、  
 植生の構造を抽出することができる。地形による影響については、今後詳細に調べる予定である。

# プロジェクト - 3

Feb. 21, 2011

2010年度CEReS 共同利用研究会

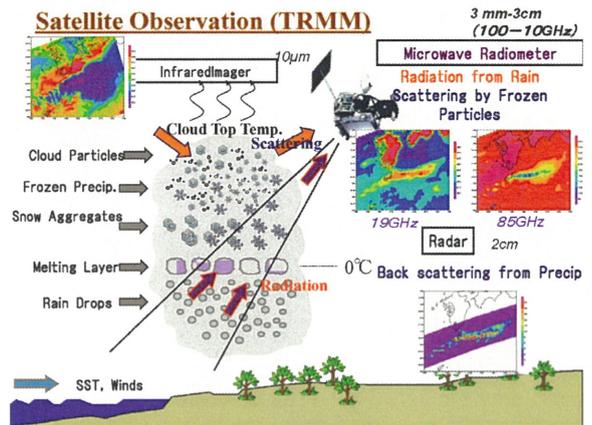
多波長マイクロ波放射計データを用いた  
水物質リトリーバルの研究:



Adaptive Localizationを使った  
Ensembleに基づく4次元変分法の開発  
(その1)

青梨和正(気象研)  
担当教官 高村民雄

Satellite Observation (TRMM)



OUTLINE

- はじめに
  - これまでの研究 (Ensembleに基づく変分同化法スキム)
  - 目的
- 方法
  - Ensembleに基づく4次元変分同化法スキム
  - CRM物理量のEnsemble予報誤差相関の解析
  - Ensemble予報誤差相関計算へのSpectral Localizationの導入
- まとめ

これまでの研究:

Ensembleを用いた変分法的同化法

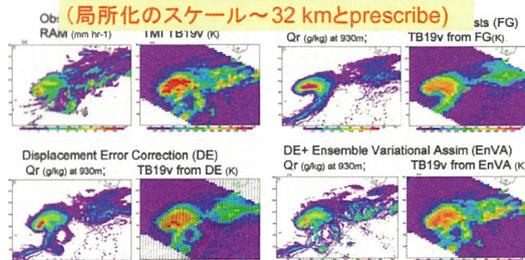
- 解析値と同時刻の観測データを同化する
 
$$J_x = 1/2(\bar{X} - \bar{X}^f)P_f^{-1}(\bar{X} - \bar{X}^f) + 1/2(Y - H(\bar{X}))R^{-1}(Y - H(\bar{X}))$$
- 解析誤差はアンサンブル誤差空間に属すると仮定
 
$$\bar{X} - \bar{X}^f = P_e^{f/2} \circ \Omega \quad \Omega = [\bar{w}_1, \bar{w}_2, \dots, \bar{w}_N]$$

$$P_e^{f/2} = [\bar{X}_1^f - \bar{X}_1^f, \bar{X}_2^f - \bar{X}_2^f, \dots, \bar{X}_N^f - \bar{X}_N^f]$$
- 予報誤差共分散をEnsemble予報誤差を局所化することで求めた (局所化のスケール~32 kmとprescribe)
 
$$P^f = P_e^f \circ S$$
- Cost functionはΩの関数として表される:
 
$$J(\Omega) = 1/2 \text{trace}\{\Omega^T S^{-1} \Omega\} + 1/2 \{H(\bar{X}(\Omega)) - Y\}^T R^{-1} \{H(\bar{X}(\Omega)) - Y\}$$

これまでの研究:

Displaced Ensembleを用いた

MWR TBの変分法的同化法  
解析値と同時刻の観測データを同化する  
Ensemble予報誤差を局所化する



本研究の目的

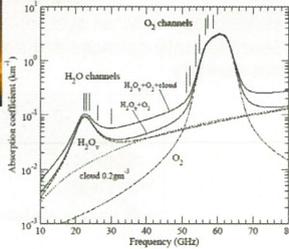
- 背景:
  - 地上型のMWRを同化するには、異なる時刻の観測データを同化するスキムが必要がある。
  - CRMの物理量の予報誤差は、降水の有無などでスケールが変動するため、局所化の重みも変える必要がある (Bishop & Hodyss, 2009)。
- 目的:
  - EnVA(Aonashi and Eito, 2010)を基に、
  - ある期間の観測データを同化し(Liu et al, 2008)、
  - 流れに依存した局所化(Adaptive Localization)を行う同化法(MEN4DV-AL)を開発する。

## 地上型MWR



観測周波数 (GHz)  
22.235, 230.35, 23.835,  
26.235, 30.0,

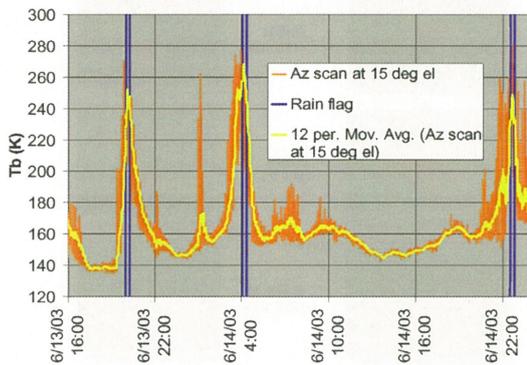
51.250, 52.280, 53.850,  
54.940, 56.660, 57.290,  
58.800



## 本研究の目的

- 背景:
  - 地上型のMWRを同化するには、異なる時刻の観測データを同化するスキームが必要がある。
  - CRMの物理量の予報誤差は、降水の有無などでスケールが変動するため、局所化の重みも変える必要がある (Bishop & Hodyss, 2009)。
- 目的:
  - EnVA(Aonashi and Eito, 2010)を基に、
  - ある期間の観測データを同化し(Liu et al, 2008)、
  - 流れに依存した局所化 (Adaptive Localization) を行う同化法 (MEn4DV-AL) を開発する。

## 時間的に高頻度、但し降水時には高温度



## 本研究の目的

- 背景:
  - 地上型のMWRを同化するには、異なる時刻の観測データを同化するスキームが必要がある。
  - CRMの物理量の予報誤差は、降水の有無などでスケールが変動するため、局所化の重みも変える必要がある (Bishop & Hodyss, 2009)。
- 目的:
  - EnVA(Aonashi and Eito, 2010)を基に、
  - ある期間の観測データを同化し(Liu et al, 2008)、
  - 流れに依存した局所化 (Adaptive Localization) を行う同化法 (MEn4DV-AL) を開発する。

## 2. 方法

### 2. 1 Ensembleに基づく4次元変分同化スキーム

#### (1) コスト関数の定義

ある期間の観測データを観測項とするコスト関数:

$$J_x = \frac{1}{2} (\bar{X}_0^a - \bar{X}_0^f)^T P^{-1} (\bar{X}_0^a - \bar{X}_0^f) + \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \{ H(\bar{X}_t^a) - Y_t \}^T R^{-1} \{ H(\bar{X}_t^a) - Y_t \}$$

#### (2) Ensemble予報誤差空間への近似

解析インクリメントをEnsemble予報誤差空間の振幅で表現:

$$\bar{X}_0^a - \bar{X}_0^f = P_{e,0}^{f/2} \bar{z}_0(l),$$

$$\bar{X}_t^a - \bar{X}_t^f = P_{e,t}^{f/2} \bar{z}_t(l'), \text{ where } P_{e,t}^{f/2} = M(P_{e,0}^{f/2})$$

$$J_x = \frac{1}{2} \text{trace} \{ \bar{z}_0^T(l) \bar{z}_0(l) \} + \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \{ H(P_{e,t}^{f/2} \bar{z}_t(l')) + d_t \}^T R^{-1} \{ H(P_{e,t}^{f/2} \bar{z}_t(l')) + d_t \}$$

## 2. 方法

### 2. 1 Ensembleに基づく4次元変分同化スキーム

#### (3) $\bar{z}_0(l)$ $C_{0,t}(l, l')$ から $\bar{z}_t(l')$ の計算

時刻0, 地点lの  $\bar{z}_0(l)$  と、時刻l', 地点l' の予報誤差相関  $C_{0,t}(l, l')$  と仮定

Partial Linear Regression:

$$\bar{z}_t(l') \sim \sigma_{t'} \left\{ - \sum_{l=1}^L \frac{C_{0,t}^{-1}(l', l)}{C_{0,t}^{-1}(l', l')} \bar{z}_0(l) \right\} = \sum_{l=1}^L W_{0,t}(l', l) \bar{z}_0(l),$$

$$\text{where } W_{0,t}(l', l) = - \frac{C_{0,t}^{-1}(l', l) \sigma_{t'}}{C_{0,t}^{-1}(l', l') \sigma_{t'}}$$

## 2. 方法

### 2.1 Ensembleに基づく4次元変分同化スキム

#### (4) Cost functionの最小化

##### 1) gradient:

$$J_x = \frac{1}{2} \text{trace}\{\bar{\chi}_0(I)\bar{\chi}(I)\} + \frac{1}{2} \sum_{l=1}^T [H(P_{e,i}^{f/2} \bar{\chi}_e(I)) + d_i]^T R^{-1} [H(P_{e,i}^{f/2} \bar{\chi}_e(I)) + d_i]$$

$$\frac{\partial J_x}{\partial \bar{\chi}} = -\bar{\chi} + \sum_{l=1}^T \left( \frac{\partial H}{\partial \bar{\chi}} \right)^T R^{-1} [H(P_{e,i}^{f/2} \bar{\chi}_e(I)) + d_i]$$

$$\frac{\partial H}{\partial \bar{\chi}} = \sum_{l=1}^T \frac{\partial \bar{\chi}_e(I)}{\partial \bar{\chi}} (HP_{e,i}^{f/2})(I)$$

2)  $J_x$  とそのgradientの値を使って、Cost functionを最小化する

## 2.2 CRM物理量のEnsemble予報誤差相関の解析

### 沖縄付近の台風の事例 (04/6/9/22 UTC)

#### Ensemble 予報 (100member)

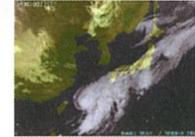
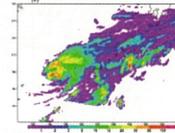
(04/6/9/15 UTC初期)



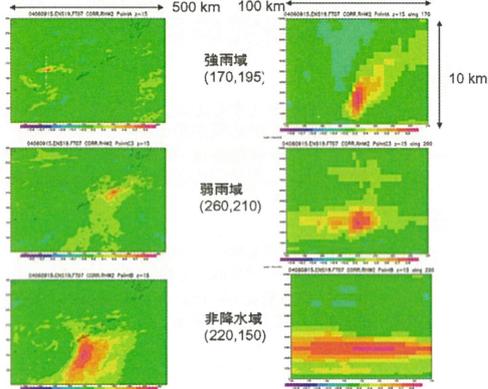
JMANHM 5 km res. (Saito et al, 2005)

初期摂動 (Mitchell et al, 2002):

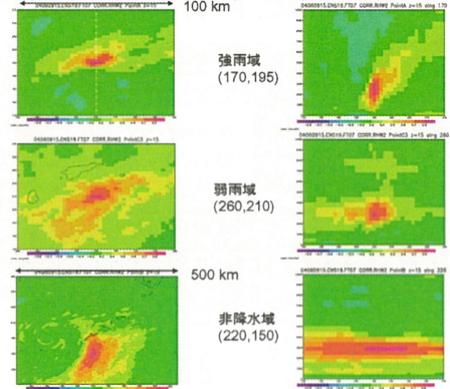
Geostrophically-balanced perturbation plus Humidity



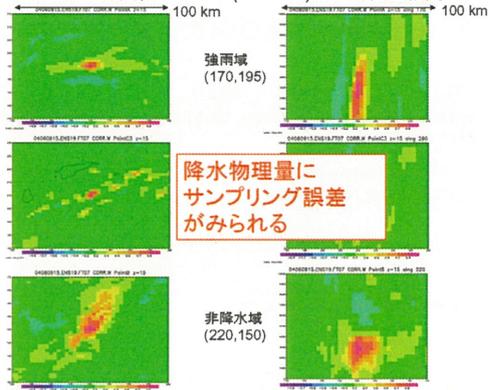
04/6/9/15UTC初期のENS19 (FT=07h)のRHW2の自己相関



04/6/9/15UTC初期のENS19 (FT=07h)のRHW2の自己相関



04/6/9/15UTC初期のENS19 (FT=07h)のWの自己相関



## 2. 方法

### 2.2 Adaptive Localization (preliminary)

#### CRM物理量のEnsemble予報誤差相関の解析

CRM物理量の予報誤差は、降水の有無や物理量の種類に依存して多様なスケールを持つ

multi-scaleの予報誤差に対応するため、本研究は、「大規模な領域」(200 x 200 km)で局所化の重みをブロック対角化する。



### 2.3 Ensemble予報誤差相関計算への Spectral Localizationの導入

- Buehner and Charron (2007) 仮定:  
波長の違いの大きなモード間の予報誤差相関は0になる

$$\hat{C}_{sl}(k1, k2) = \hat{C}(k1, k2) \hat{L}_{sl}(k1, k2)$$

- 物理空間の予報誤差相関にフーリエ変換すると

$$C_{sl}(x1, x2) = \int C(x1+s, x2+s) L_{sl}(s) ds$$

- Spectral Localizationした相関は、対象地点の周囲の相関の重み付きの移動平均で表すことができる
- 本研究は、対象地点の周囲のEnsemble予報値(以下NE)の平均を用いた

### 従来の計算法(CN)とNEを使った計算法の比較

Ensemble 予報 (100member FG)  
(04/6/9/15 UTC初期 7時間予報)

台風中心の東の停滞前線付近の  
降水強度の予報誤差相関

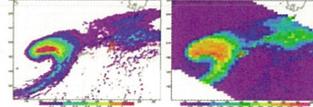
(降水有りのメンバーの割合が10%)



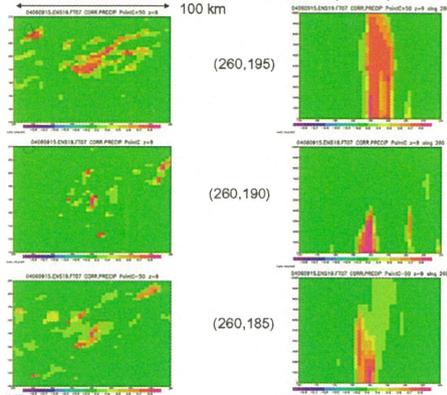
First Guess from Ensemble Forecasts (FG)

Qr (g/kg) at 930m;

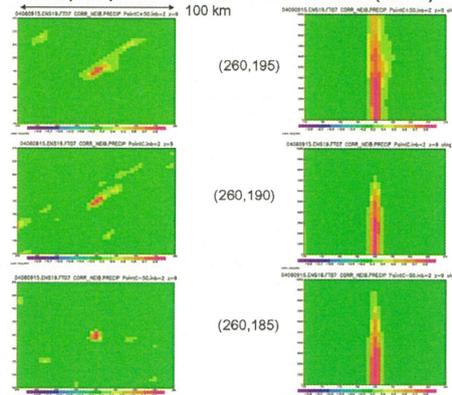
TB19v from FG(K)



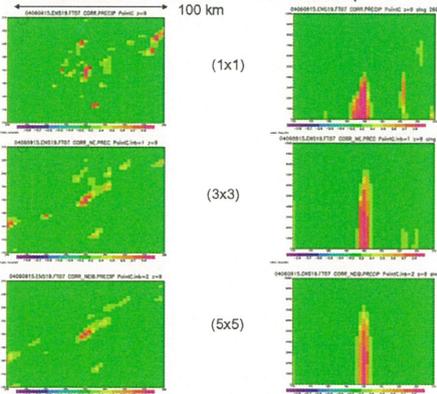
#### 従来法で計算した自己相関 (kc=9)



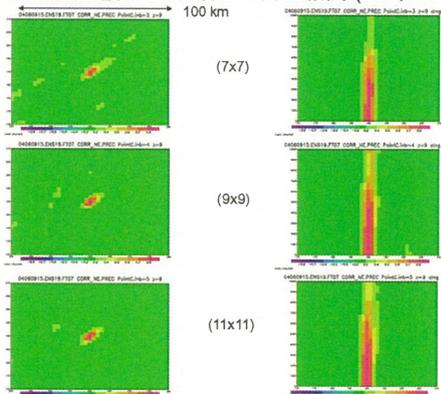
#### NE(5x5)を使って計算した自己相関 (kc=9)



#### NEの範囲を変えて計算した自己相関 (260,190,9)



#### NEの範囲を変えて計算した自己相関 (260,190,9)



## まとめ

- Ensembleに基づく4次元同化法スキム:
  - 予報誤差相関計算が必要
- CRM物理量のEnsemble予報誤差相関の解析
  - 降水の有無で予報誤差相関スケールが変動
  - 降水物理量のサンプリング誤差が深刻
- Ensemble予報誤差相関計算へのSpectral Localizationの導入
  - NE(5x5)の導入で降水のサンプリング誤差を抑制

第13回CEReS環境リモートセンシングシンポジウム、千葉大学、2011.2.21

### 霧島新燃岳噴火の近赤外望遠観測と 噴煙・黄砂の映像データベース

2011. 1. 26  
15:45



木下紀正 (鹿児島大学 教育学部教育実践総合センター)  
永松哲郎 (鹿児島大学 水産学部)  
土田 理 (鹿児島大学教育学部)  
飯野直子 (熊本大学 教育学部)  
金柿主税 (甲佐中・鹿児島大学教育学部教育実践総合センター)

### 霧島火山群 SiPSE-3D衛星画像



南の空  
から

### 霧島新燃岳の50km望遠観測



2011年1月  
2日-17日: 穏やかな白煙  
22, 25日: 連続噴煙  
26日: 爆発的噴火と猛煙放出始まる  
27日: 爆発的噴火と猛煙放出続く  
29-31日: 噴煙放出続く - 2月19日

### 連続噴煙 22日, 25日

22日 (i) 1055n . (ii) 1332n

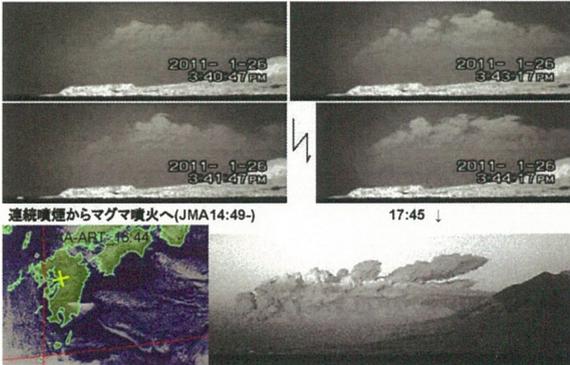


25日 1614n



1月19日01:27 に小規模噴火 火山灰試料からマグマ水蒸気爆発 ERI, AIST

### 1. 26 爆発的噴火と猛煙放出始まる



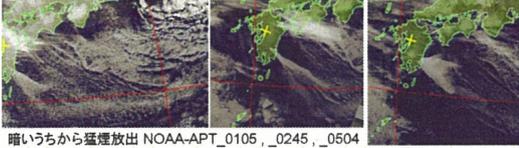
連続噴煙からマグマ噴火へ(JMA14:49-)

17:45 ↓

### スムーズインターバル撮影の動画 2011年1月26日



## 27日: 爆発的噴火と猛煙放出続く



暗いうちから猛煙放出 NOAA-APT\_0105, \_0245, \_0504



8:45



17:25

## 1月29-31日: 噴煙放出続くー2月19日



1月31日 13:14↑ 15:33↓



噴煙は穏やかな時もあり、ふさがれた噴出口を吹き飛ばす強い空振を伴う爆発的噴火も

## 噴煙・黄砂の映像データベース

Volc: <http://arist.edu.kagoshima-u.ac.jp/volc/>

1. 霧島新燃岳噴煙のNIR超遠望観測
2. 桜島噴煙の4点映像観測
3. トカラ諏訪之瀬島の噴煙観測
4. Mayon volcano, Philippines

## Asian Dust Events:

<http://arist.edu.kagoshima-u.ac.jp/adust/kosa-e/kosa-e.htm>

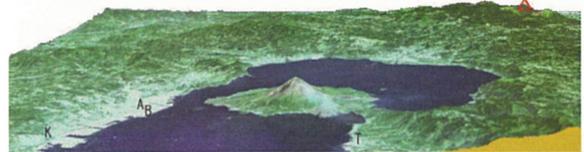
黄砂の衛星画像と地上映像データベース

## 桜島噴煙の4点映像観測

鹿児島大学-熊本大学 噴煙研究グループ

<http://volceye.edu.kagoshima-u.ac.jp/sakurajima.html>

<http://es.educ.kumamoto-u.ac.jp/volc/sakushowa/sakurajima09/saku09.htm>



南岳から約

A: W10km(鹿児島大学教育学部)

B: WSW10km(鴨池港付近) = 霧島新燃岳から50km

K: SW17km(錦江台)

T: SSE10km(垂水市役所)

## 火山噴煙・黄砂と視程の 可視・近赤外映像定点観測

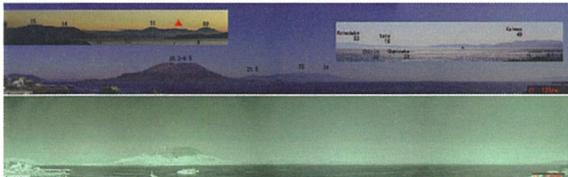
大陸からの汚染気塊も

インターバル撮影

(デジタルカメラ・ビデオカメラ・パソコンWebCam)

広角一手動多方向撮影: 可視・近赤外

可視光でのコントラストの方が良い時もある ↓08.3.21\_1307



パノラマ観測: <http://arist.edu.kagoshima-u.ac.jp/adust/ad2008/panorama/pano08.htm>

## 諏訪之瀬島の新観測体制 2008.8-

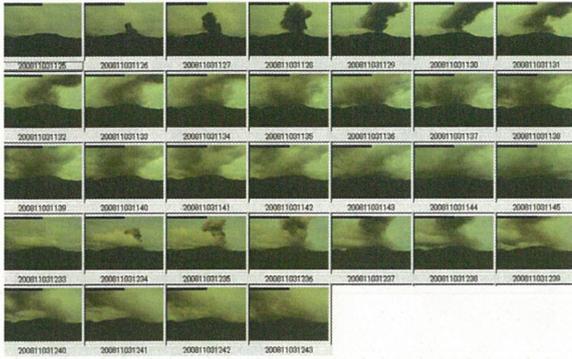
鹿大 噴煙研究グループ, 学術情報基盤センター, 平島小中学校諏訪之瀬島分校



分校体育館 2階から可視, 近赤外観測、フロードハンド接続



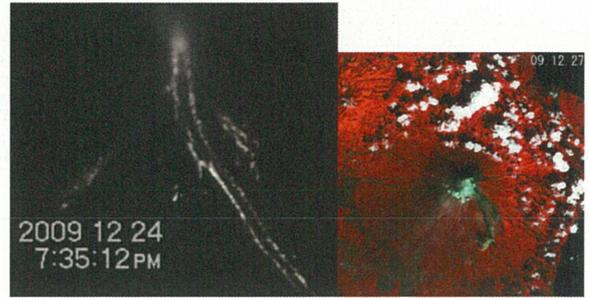
2008.11.3\_11:25-12:43 Visible



## Mayon volcano, Philippines

<http://arist.edu.kagoshima-u.ac.jp/volc/mayon/Mayon2009/ma09top.htm>

2009.12 溶岩流下



## まとめと今後の課題

- 黄砂状態を観るために取り組んできた可視・近赤外の視程映像観測を踏まえて、50km離れた霧島新燃岳噴火の噴煙の推移を望遠観測で捉えることが出来た。
- 今後、各種衛星画像データの解析・火山体観測データなどと併せ、噴火機構と噴煙形態の関連の解明を進めたい。
- 噴煙・黄砂の映像データベース構築については、公開サイトに2008年夏からの諏訪之瀬島噴煙やMayon火山2009年溶岩流出噴火の映像などを加えた。今後さらに研究資料としての映像データベースの充実を図る。

## 謝辞

- 霧島新燃岳噴火の近赤外連続観測では、ビデオカメラのスムーズインターバル撮影によって良質の映像が得られました。機材の調達へのCEReSのサポートに深く感謝いたします。
- 噴煙観測に御協力頂いた十島村・鹿児島大学学術情報基盤センター・垂水市に厚く感謝いたします。



## シミュレーション条件

### <静止衛星観測ジオメトリ>

衛星：東経120度の赤道上空 高度36000km  
 観測地点：東京（北緯35.7度、東経139.7度）  
 観測日時：2009年11月16日12:00  
 観測点での太陽位置：太陽天頂角35.0度 方位角189.9度

### <山頂観測ジオメトリ>

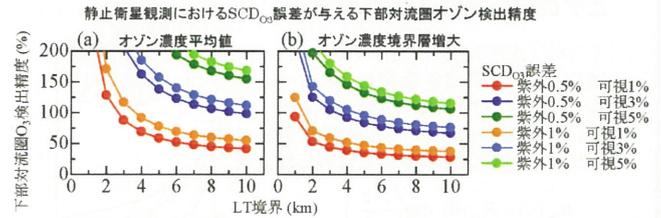
観測場所：筑波山山頂（北緯36.1度、東経140.1度）標高810m  
 観測日時：2009年11月16日および2010年6月2日、9月1日の12:00  
 観測場所での太陽位置、観測方位角：観測時の条件と一致させる  
 観測仰角：-2度（下方斜め2度）

### <AMF>

AMFの計算には、ドイツ・ブレーメン大学が開発した放射伝達モデルSCIATRAN(Rozanov et al.,2005)を使用した。

7

## 1. 観測されるSCD<sub>O3</sub>の誤差による影響 結果



### 1回の観測でのSCD誤差

UVで0.5%、Visで1%ならオゾン増大時に3km以下の下部対流圏カラムを50%精度で検出可能

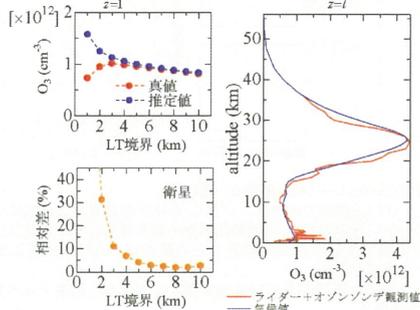
UVで1%、Visで1%ならオゾン増大時に6km以下の下部対流圏カラムを50%精度で検出可能

8

## 2. 仮定するオゾン高度分布の誤差

気候値などで仮定するオゾン分布関数(f,g)は、実際の観測時におけるオゾン高度分布とは異なる。

$$a = \sum_{z=1}^l (AMF_z^{UV} \cdot H_z \cdot f(z)), \quad b = \sum_{z=1}^m (AMF_z^{Vis} \cdot H_z \cdot g(z))$$

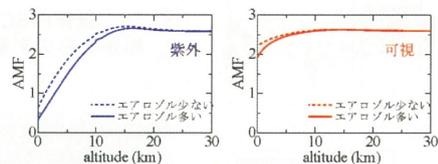


9

## 3. エアロゾル推定による誤差

$$SCD = \sum_{\text{物質}} (\text{物質質量} \times AMF \times \text{層厚})$$

AMFはエアロゾル量の関数 → エアロゾル量の推定が必要



### エアロゾル推定

- ✓量既知の物質(O<sub>2</sub>二量体)のSCDを測定
- ✓エアロゾルの種類と高度分布を仮定

エアロゾル量の推定が可能

### 誤差要因

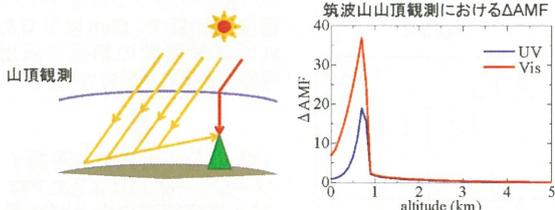
- ➔ SCD測定誤差
- ➔ 仮定が実際のものと異なる

10

## 筑波山山頂での検証観測

山頂観測では、下方斜め方向と天頂方向との差を用いて傾斜カラム量を求める。

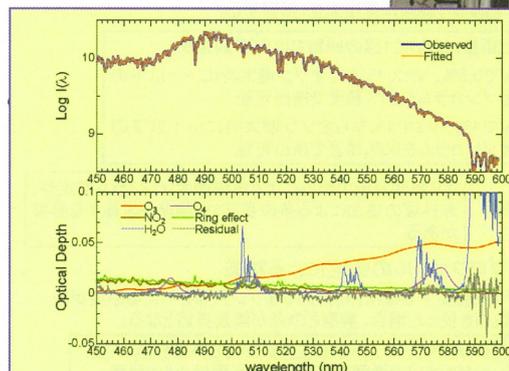
$$\begin{aligned} \Delta SCD &= SCD_{slant} - SCD_{zenith} \\ &= \sum ( [O_3]_{(z)} \times (AMF_{slant} - AMF_{zenith})_{(z)} \times \text{層厚}_{(z)} ) \\ &= \sum ( [O_3]_{(z)} \times \Delta AMF_{(z)} \times \text{層厚}_{(z)} ) \end{aligned}$$



11

## □観測日と観測装置

○ 2009.11.16, 2010.6.2, および6.10



高度化

12

### エアロゾル消散係数の計算

#### エアロゾル高度分布

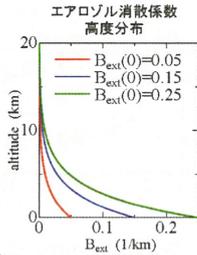
高度分布は下式を仮定し、スケールハイトHは1.5km、3kmの2ケース、地表でのエアロゾルの消散係数 $B_{ext}(0)$ は0.05ステップで計算した。

$$B_{ext}(z) = B_{ext}(0) \cdot \exp\left(-\frac{z}{H}\right)$$

#### エアロゾルタイプ(化学組成、粒径分布)

Hess et al. (1998)に従い、Urban, Continental, Maritimeの3ケースを仮定

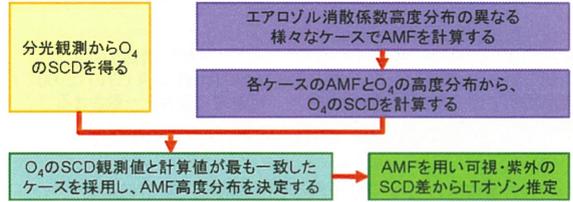
$O_4$ の $\Delta SCD$ を470nm(Vis)の吸収帯で測定し、それに一致するエアロゾル消散係数より $\Delta AMF$ を決定する。それを用いてオゾン $\Delta SCD$ を計算し、観測値と比較した。



13

### エアロゾル量の推定手法

AMFはエアロゾル量により大きく変化するので、LTオゾン量を導出するためにエアロゾル量の推定は重要である。可視・紫外分光観測では、オゾンと同時に、酸素二重体 $O_4$ のSCDも測定される。 $O_4$ 濃度の高度分布は既知のため、それを利用して観測時のエアロゾル消散係数の高度分布を推定することができる。

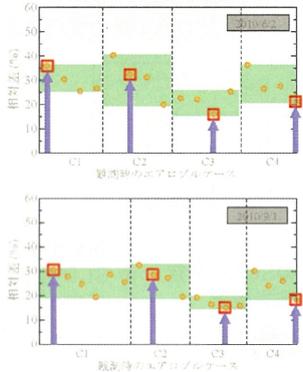


今回、2010年6月2日及び9月1日に筑波山山頂で行った検証観測によって、まずこの手法の妥当性を検討した。

14

### 3. エアロゾルによる誤差 結果(1)

エアロゾル仮定による、高度6km以下の対流圏オゾン濃度推定値誤差の違い

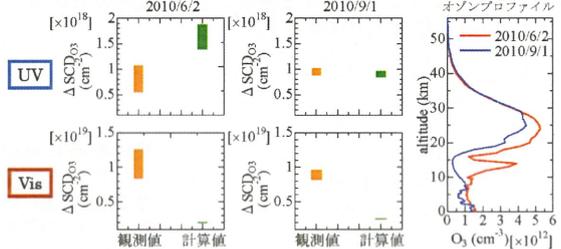


$O_2$ 二量体のSCD観測誤差のみの影響

推定に用いるエアロゾルタイプの違いによる誤差の範囲

15

### オゾンのdSCD観測値と計算値の比較



- UVにおいて、9/1では観測とシミュレーション結果が一致した。
- 6/2では一致しなかった。UT-LS領域でのオゾンが多く、 $\Delta AMF$ の誤差による $\Delta SCD$ の誤差が大きくなったため。今回可視域の $O_4$ の観測結果から紫外域の $\Delta AMF$ を推定しているが、エアロゾル消散係数波長依存性の不確定のため紫外域の $\Delta AMF$ 推定に紫外域の $O_4$ の観測値を用いる必要がある。
- Visにおいては、観測値の導出に問題がある可能性が高い。水蒸気、地表アルベド波長依存性を考慮した解析を行う。

16

### ①観測されるSCD $O_3$ の誤差が与える影響

この手法では、LTオゾンをSCDの差から推定するため、SCDの観測誤差は、結果に直接大きく影響する。

静止衛星において1回の観測でのSCD誤差が

- ・UVで0.5%、Visで1%ならオゾン増大時に3km以下のLTオゾンカラムを50%精度で検出可能
- ・UVで1%、Visで1%ならオゾン増大時に6km以下のLTオゾンカラムを50%精度で検出可能

より短波長域の紫外による成層圏オゾンカラム推定や、赤外域の追加による多波長可で、精度を改善する必要がある。

### ②オゾンプロファイルの仮定による誤差

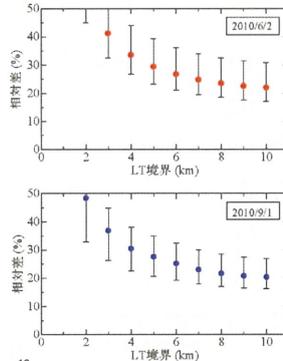
LTオゾンを推定する際に、相対的なオゾン分布を与える必要がある。気候値を使った場合、実際のとの差が誤差要因となる。

静止衛星において、オゾンの濃度変動が激しい境界層より上(3km以上)までをLTと範囲設定すれば、影響は±5%程度。

17

### ③エアロゾル推定による誤差

全シミュレーションにおける、各高度で推定した下部対流圏オゾン濃度の誤差



オゾン高度分布の違いによる有意な差は見られなかった。

観測される $O_2$ 二量体のSCD誤差が5%であるならば、高度3km以下のオゾン濃度を40%程度の精度で、6km以下であれば30%程度の精度で検出可能であることが分かった。

$O_2$ -Aバンド分光計や可視イメージャー追加によるエアロゾル推定精度の向上が必要

18

## まとめ

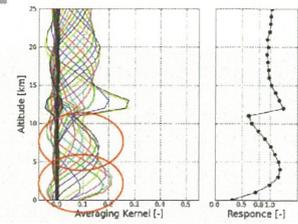
- 検証観測における観測仰角の推定、下部対流圏オゾン導出のシミュレーション誤差解析、筑波山山頂での観測値とシミュレーションによる計算値の比較を行った。
- 静止衛星でのSCDの観測誤差は、対流圏オゾン量を検出する上で大きな影響を与えるので、十分な観測精度が必要である。  
 → 紫外・可視に加え、同時に中赤外域でもオゾンの分光観測を行い、同時リトリバルを行う事で、精度を大きく向上できると考えられる。今後その検討を進めて行く予定である。
- 静止衛星において、オゾン濃度の変動が激しい高度3kmより上までを下部対流圏と範囲設定すれば、下部対流圏オゾン検出精度に大きな影響は出ない。
- エアロゾル推定に用いるO<sub>2</sub>二量体のSCD誤差が5%であれば、高度3km以下のオゾン濃度を40%程度の精度で、6km以下であれば30%程度の精度で検出可能であることが分かった。

19

## 中赤外Ozone観測 averaging kernels

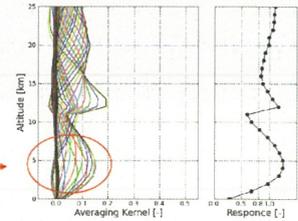
Freq. res.: 0.1cm<sup>-1</sup>  
SNR: 300

Can separate into two  
- Upper trop.  
- Lower-Middle trop



Freq. res.: 0.6cm<sup>-1</sup>  
SNR: 300

?





低層大気のマクロスケールの変動把握

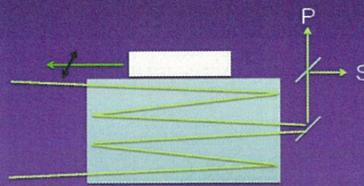
ライダーによる大気マイクロスケールの把握

ポイント観測  
雲内部は200-300m

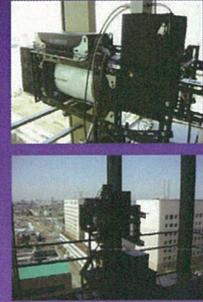


大気マクロスケールの把握への展開

可搬型偏光ライダーによる水平大気計測

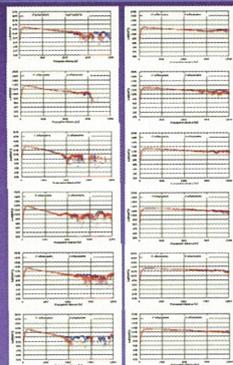
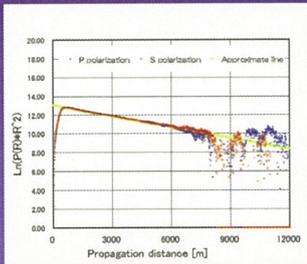


Power 10mJ@532nm  
FOV 2.4mrad.  
OverLap >200m  
PRF 10Hz  
Detectors PMTs for P&S

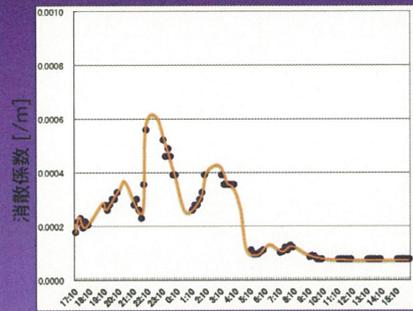


千葉工大野口研究室(新1号棟12号棟)

水平方向観察



水平方向消散係数の変化



雲自動計測による3次元座標/風向風速計測



- カメラによる雲撮影
- PCへの画像取り込み
- 輝度情報での画像の二値化による雲抽出
- 三角測量による雲位置の特定

装置写真

カメラスペック  
カメラ: Nikon COOLPIX700  
解像度: 1600x1200pixel  
画角: 水平41.3°垂直31.5°

5000m先の分解能 2.3m/pixel

雲自動計測による3次元座標/風向風速計測

- カメラ1: 千葉大学工学部7号棟4階倉庫—高さ14.9m(方位角266.2度、仰角26.0度)
- カメラ2: 自然科学研究棟9階実験室—42.6m(267.3度、25.1度)
- カメラ3: 千葉工業大学新1号棟12階会議室—55m(170.3度、14.8度)
- \*方位角・仰角は月によって補正
- \*時間はインターネット時刻サーバーとの同期による補正



青:カメラ光軸 黄:撮影範囲

雲自動計測による3次元座標/風向風速計測

2月9日 15:20 15:21 15:22  
 ライダーデータ(15:20)  
 水平距離: 1297m  
 高さ: 591m



3次元座標=(x,y,z)

アメダスデータ

時間	平均風速	最大風速
14:50	2.0	4.0
15:00	2.3	3.5
15:10	1.3	3.5
15:20	2.3	4.0
15:30	2.4	4.1
15:40	2.0	4.4



任意の高さの風速を求める式  
 (任意の高さの風速/アメダス観測高度)  
 = (観測高度/アメダス観測高度)  
 この時刻の観測の高さの風速  
 5.7m/s=0.0m/s

まとめ

大気水平方向/斜め方向計測のための計測環境の整備

可搬型偏光ライダー  
 多点雲観測

MPL  
 高精度偏光計測用ライダー

継続的観測  
 様々な気象条件下での観測データの蓄積

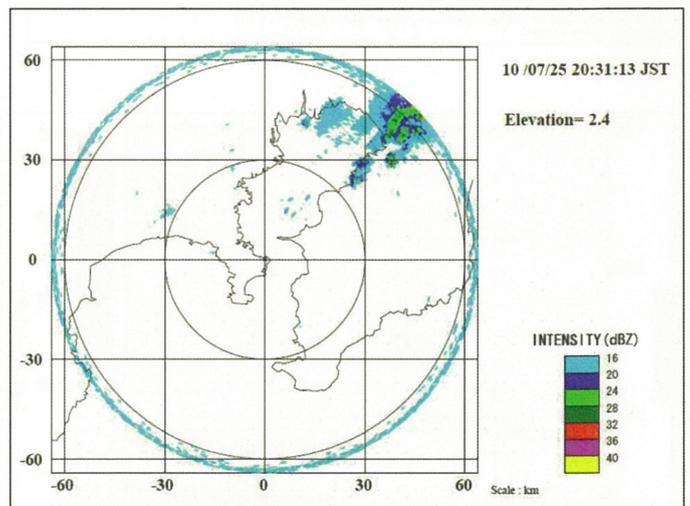
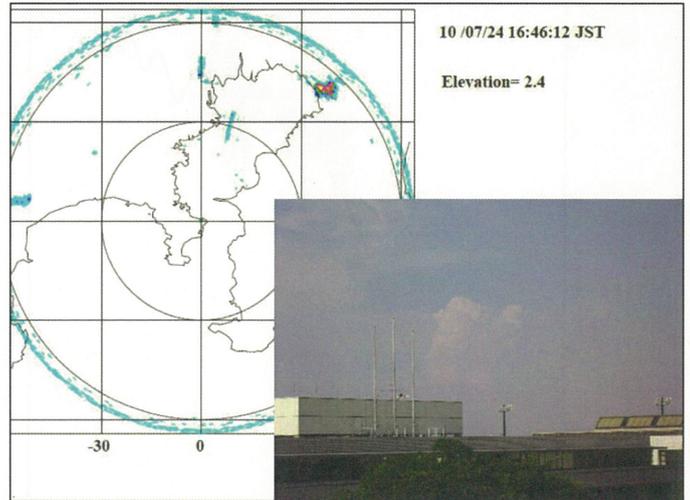
# 千葉大ミリ波雲レーダ FALCON-1 による 積乱雲の内部運動の観測

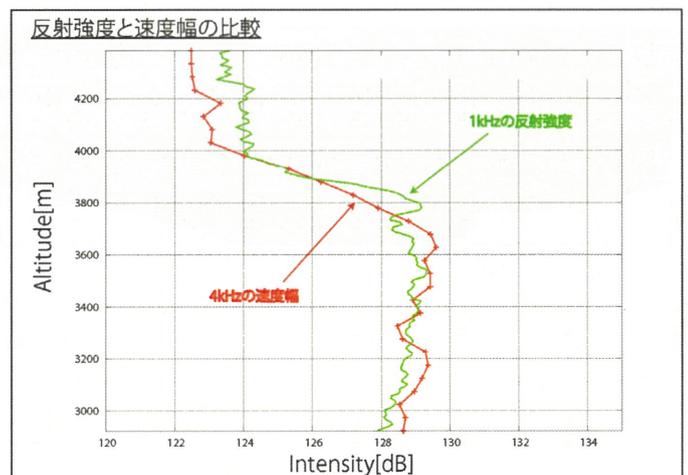
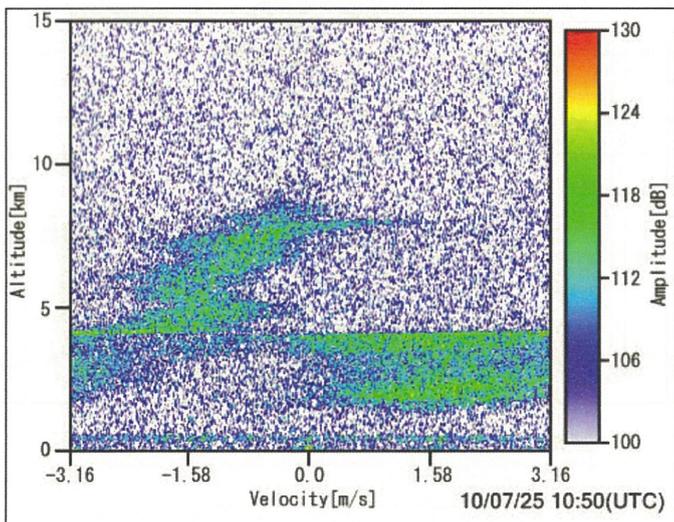
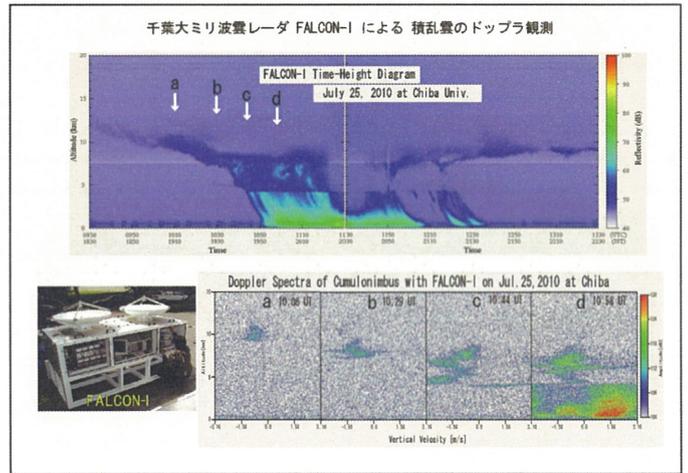
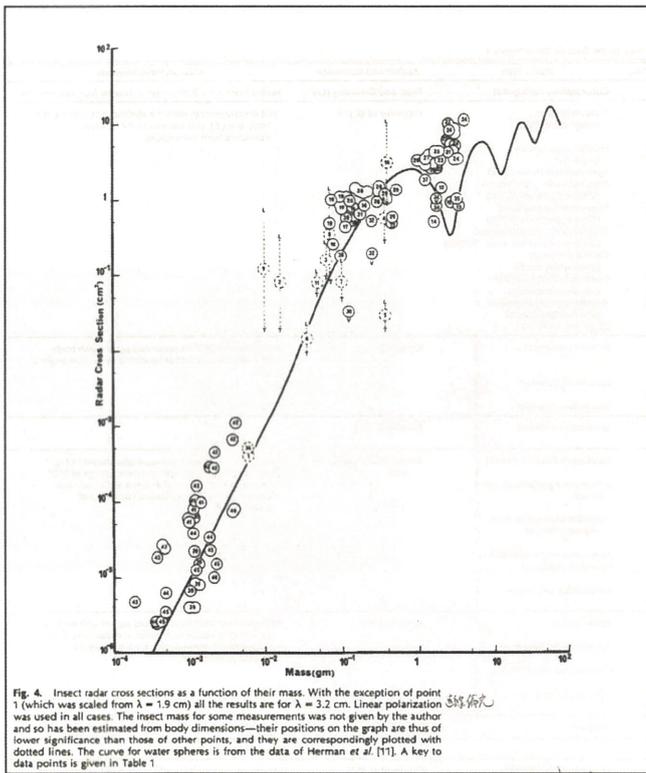
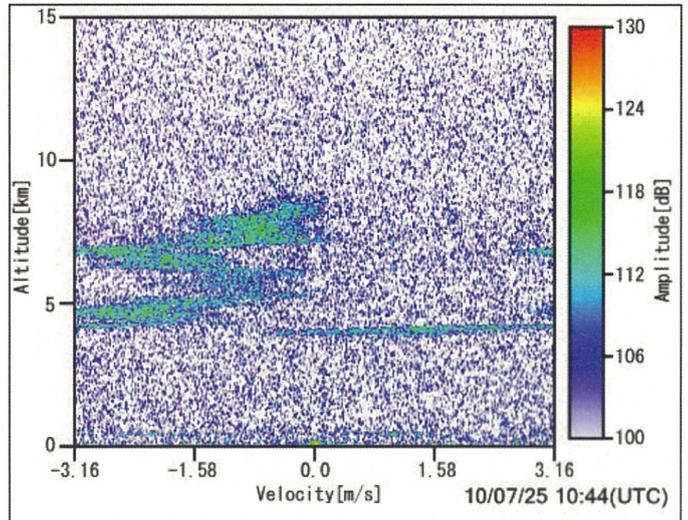
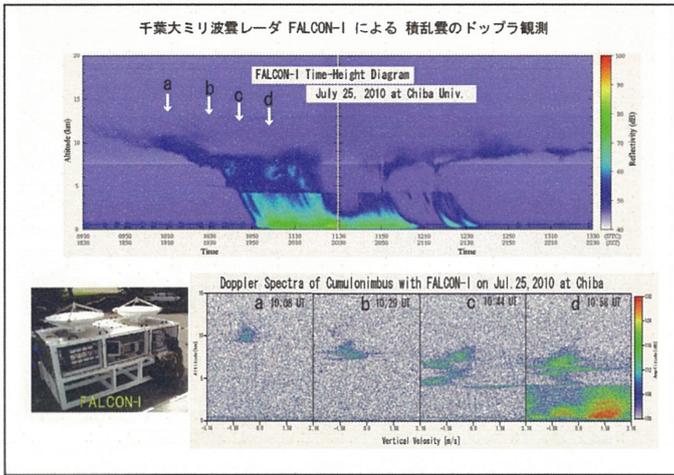
鷹野敏明(1)、小林文明(2)、高村民雄(3)

(1) 千葉大学大学院工学研究科 (2) 防衛大学校  
(3) 千葉大学環境リモートセンシング研究センター

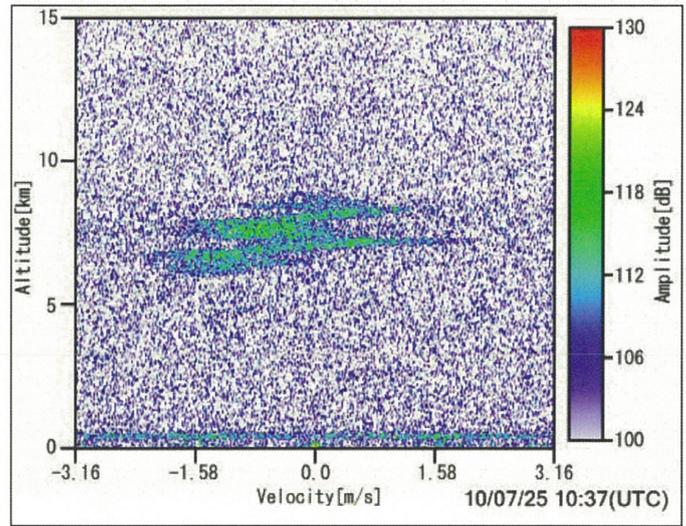
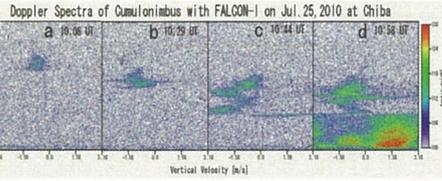
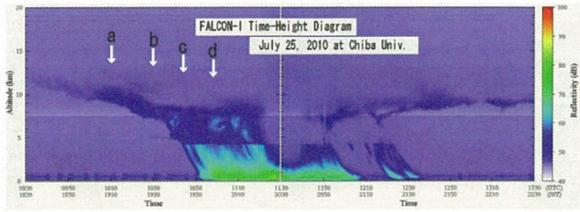
『ミリ波レーダと衛星および地上観測による雲物理量解析と  
広域放射収支評価』 (代表: 鷹野、担当: 高村)

高感度高分解能の 95 GHz レーダ FALCON-1 を用いて、2010年7  
月に積乱雲の観測を行った。ドップラ計測により、積乱雲中に  
100 m スケールの上昇・下降流が存在することがわかった。また  
、雲底の融解層で、1 mm 程度の雨粒子が 200 m 程度の層で生成  
し、終端速度まで加速されて降っている様子が捉えられた。



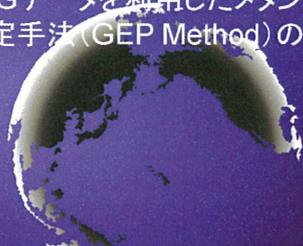


千葉大ミリ波雲レーダ FALCON-I による 積乱雲のドップラ観測



Tokyo University of Information Sciences

# WDCGGデータを利用したメタン発生量の推定手法(GEP Method)の開発



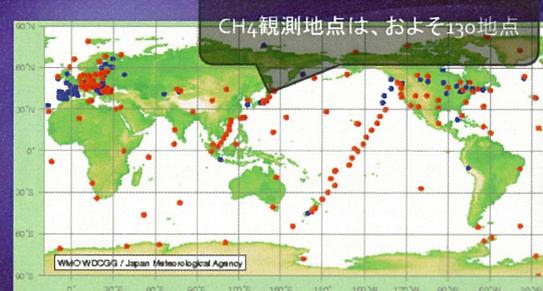
朴 壽永\*・原田一平・朴 鍾杰\*・原 慶太郎\*・金 忠實\*\*  
(\*東京情報大学\*\*韓国慶北大学)

1

Tokyo University of Information Sciences

## ●はじめに

CH<sub>4</sub>観測地点は、およそ130地点



WMO/WDCGG / Japan Meteorological Agency

図1 World Data Centre for Greenhouse Gases  
(WDCGG: 世界気象機関の温室効果ガス世界資料センター)  
出所: [http://gaw.kishou.go.jp/wdogg/jp/wdogg\\_j.html](http://gaw.kishou.go.jp/wdogg/jp/wdogg_j.html)

2

Tokyo University of Information Sciences

## ●観測タワー(綾里)



3

Tokyo University of Information Sciences

## ●観測方法

- ①リモートセンシング技術
- ②固定型観測タワー
- ③携帯・移動型観測装置
- ④実験、など

WDCGGデータは②に該当  
→CH<sub>4</sub>濃度、風向、風速、相対湿度、気温等の1時間平均値

4

Tokyo University of Information Sciences

## ●観測方法

- ①リモートセンシング技術
- ②固定型観測タワー
- ③携帯・移動型観測装置
- ④実験

主に、  
濃度変動や大気運送

その場所からの発生量把握のための分析は？

5

Tokyo University of Information Sciences

すでに大気中に含まれている既存のCH<sub>4</sub>濃度と観測時点で発生されたCH<sub>4</sub>濃度が混ざっているため、それぞれの値を分けることで観測地点からのCH<sub>4</sub>発生量を推定できると考えられる。

6

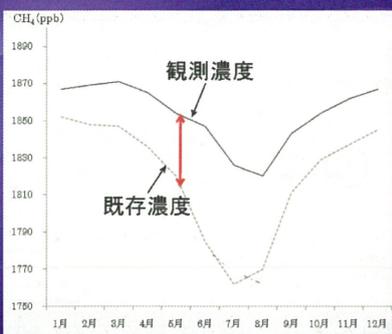


図2 観測濃度と既存濃度の例え

### ● 研究目的

- ① 長期(1998~2007年)のWDCGGデータを活用し、実験によるものではなく、屋外の広範囲を対象にしたCH<sub>4</sub>発生量の推定手法を開発する。
- ② 与那国島、綾里における異なる土地被覆・土地利用の植生域からのCH<sub>4</sub>発生量を推定する。

[注]本研究におけるCH<sub>4</sub>発生量は、植生及び植生の直下土壌からの発生量も含む。

### ● 推定手法GEPの開発

(Greenhouse gases Emission Presumption Method)

$$\text{CH}_4\text{発生量} = \text{観測濃度} - \text{既存濃度}$$

**観測濃度:** 風速0.2m/s以下のときの月平均濃度。  
風速0.3m/s以上のときの観測データを除くことにより移流の影響によるCH<sub>4</sub>濃度を排除する。

**既存濃度:** 観測地点においてすでに大気中に存在している濃度。  
緯度の高低によるCH<sub>4</sub>濃度の差が存在するため同じ緯度の観測データが望まれる。さらに、南鳥島のように移流の影響や観測地点におけるCH<sub>4</sub>の発生源が少ない観測データであることが望ましい。

[注] 風速0.0-0.2m/sの風力階級は0。静穏で煙はまっすぐ昇る状態(気象庁編2010b)。

### ● 植生域を対象とした理由

メタンの発生源は、微生物に由来するものとして、

湿地、水田、反すう動物の腸内発酵、廃棄物埋め立て地、海洋、湖沼など(IPCC, 2002)。

森林については土壌中の嫌気性細菌のみと知られ、**森林の土壌を対象**に研究が行われてきた。

近年、地球上で一年間放出されるCH<sub>4</sub>の全体量のうち、10~40%が植物体から発生されているという実験結果が反響(Keppler *et al.* 2006)

#### 追試験

- 石塚ら(2006) スギとシラカシの葉
- Kitaoka *et al.* (2007) 北海道の主要落葉樹3種(カラマツ、ウダイカンバ、ミズナラ)の葉
- Wang *et al.* (2008) 草本植物35種と低木9種を対象に密閉容器を用いた実験

Keppler *et al.* (2008)によって **ペクチン**がメタン放出のポテンシャルを有していることが明らかに

好氣的条件下における植物からのメタン放出に対して否定的な見解を示しているDueck and van der Werf (2008)

メカニズムは以前不明であるとしながらも、植物がメタンを放出するポテンシャルを持っていることを認めている(渡辺2009)

しかし、植物体からのメタン放出に関する報告は実験による結果がほとんどであり、屋外における植物体を対象にした分析はまだ乏しい。

また、メタン放出量を算出した複数の報告には大きなばらつきがある。(Kitadka et al. 2007)

屋外で発生量の推定手法の開発が望まれる。

13

## ●対象地とデータ



図3 分析に用いたWDCGGデータの観測位置

14



図4 720m半径圏内の土地被覆(与那国島)

15

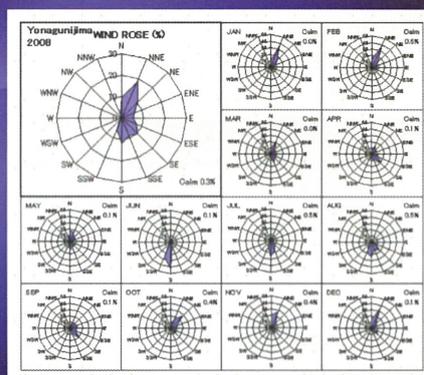


図5 与那国島の風向(2008年)  
出所: 気象庁

16

表1 与那国島の観測所と土地被覆の特徴

区分	与那国島
緯度	24° 28' N
経度	123° 01' E
観測地点の標高	30m
観測タワーの高さ	20m
CH <sub>4</sub> 濃度観測期間	1998年～
観測地点から半径720m圏内の土地利用と土地被覆*	畑地63.7% 都市域18.9% 常緑広葉樹9.6% 常緑針葉樹2.0% 草地4.9% 海1.0%

注) \*は、環境省の第6.7回自然環境保全基礎調査の植生図GISデータを活用した。

17



図6 720m半径圏内の土地被覆(綾里)

18



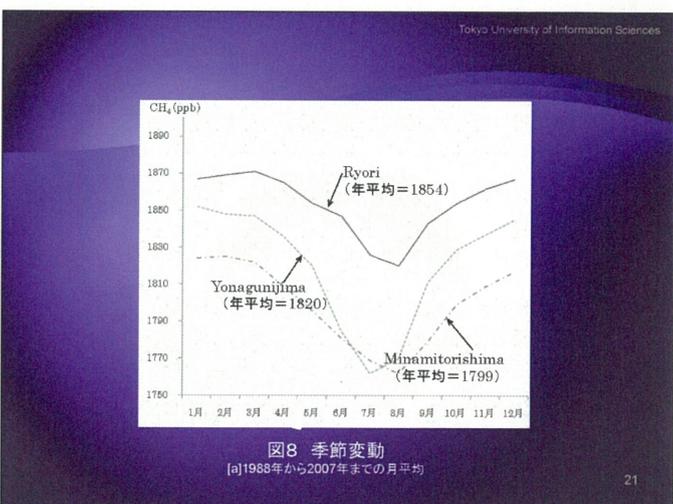
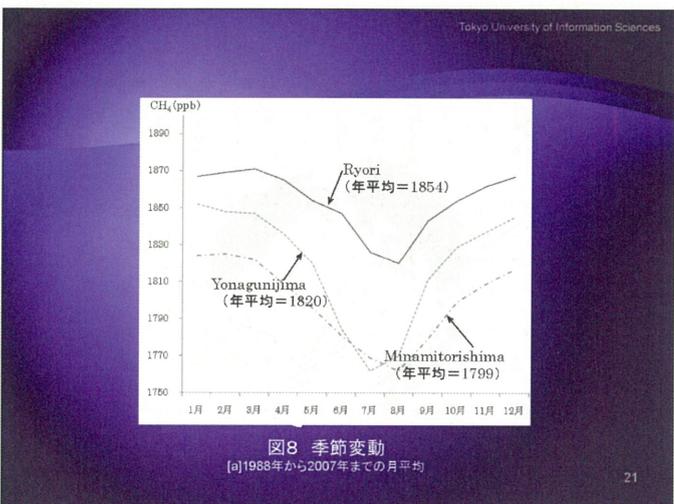
東京大学情報科学部

表2 綾里の観測所と土地被覆の特徴

区分	綾里
緯度	39° 02' N
経度	141° 49' E
観測地点の標高	260m
観測タワーの高さ	20m
CH <sub>4</sub> 濃度観測期間	1991年～
観測地点から半径720m圏内の土地利用と土地被覆*	落葉広葉樹49.7% 常緑針葉樹41.9% 草地4.9% 海2.1% 都市域(観測所など)1.4%

注) \*は、環境省の第6.7回自然環境保全基礎調査の植生図GISデータを活用した。

20



東京大学情報科学部

表4 綾里の720mと1800m半径圏内別土地被覆の特徴

区分	720m	1800m
落葉広葉樹	49.7	27.9
常緑針葉樹	41.9	40.1
草地	4.9	2.8
海	2.1	28.1
都市域	1.4	0.6
畑地	0.0	0.5
計	100%	100%

注) 第6.7回自然環境保全基礎調査の植生図GISデータを活用した。

23

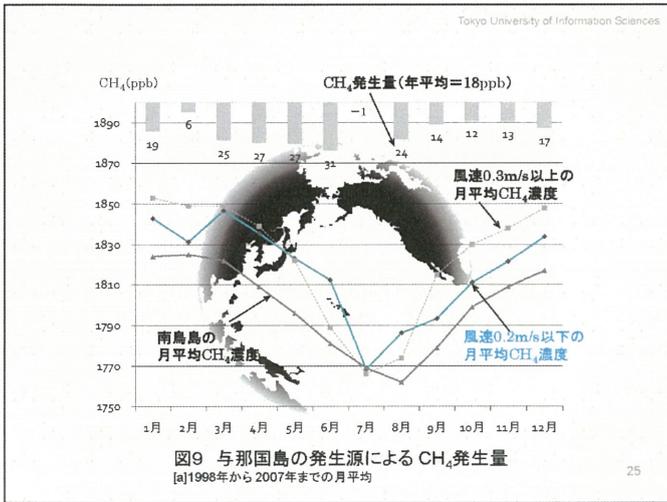
東京大学情報科学部

表5 風速0.2m/s以下におけるCH<sub>4</sub>濃度と相対湿度・気温の重回帰分析結果

	南鳥島 (n=265)	与那国島 (n=284)	綾里 (n=501)
相対湿度	-.221**	-.061	-.343***
気温	-.691***	-.635***	-.283***
R <sup>2</sup>	.567***	.409***	.261***

[a]数字は標準偏回帰係数(\*p<.05, \*\*p<.01, \*\*\*p<.001)。  
[b]1998年から2007年までの風速0.2m/s以下の1時間値。

24



Tokyo University of Information Sciences

### ● 与那国島のメタン発生量の推定結果

年平均メタン濃度1820ppbの中で観測時点からの年平均メタン発生量は、およそ1%の18ppb。

また、風速0.3m/s以上の月平均から風速0.2m/s以下の月平均濃度を引いた値、すなわち与那国島の移流の影響も含む年平均メタン発生量は、5ppb。

全体の年平均メタン発生量23ppbの中で、78.3%が観測地点の畑などの植生域から発生

26

Tokyo University of Information Sciences

### ● 月別特徴

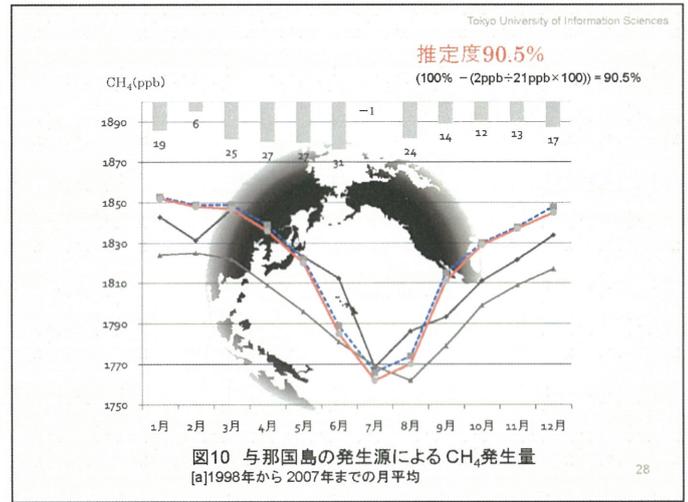
2月の発生量が低い。  
サトウキビ[注1]の収穫と畑の生育ステージの影響が原因[注2]。

6、8月の「風速0.2m/s以下の月平均CH<sub>4</sub>濃度」が「風速0.3m/s以上の月平均CH<sub>4</sub>濃度」よりも高い。その理由は、季節変動により夏季の移流の影響が少なく、サトウキビなど植生域からのCH<sub>4</sub>発生が原因。

7月の「風速0.2m/s以下」と「風速0.3m/s以上」は両方とも低くほぼ同じ。前述の夏季における季節変動の影響やサトウキビの夏植え時期によるものと推察される。

[注1] サトウキビは、Keppeler et al. (2006)の実験対象植物の一つである。  
[注2] 与那国島のサトウキビは夏植えが82%、春植えは2%、採出しはおよそ17%であり、夏植えは1年半、春植えは1年かけて育て、いずれも春先に収穫する。採出しは収穫の後の株から発芽させる方法である(杉本2002)。

27



Tokyo University of Information Sciences

### ● 与那国島のメタン発生量の推定結果

CH<sub>4</sub>発生源として主に水田が注目されており(八木1997)、畑からのCH<sub>4</sub>発生に関する報告は乏しい。

2月の結果などから広域を対象にした畑の植生域からもCH<sub>4</sub>の発生量が推定され、その意義は大きい。

29

Tokyo University of Information Sciences

### ● 綾里のメタン発生量

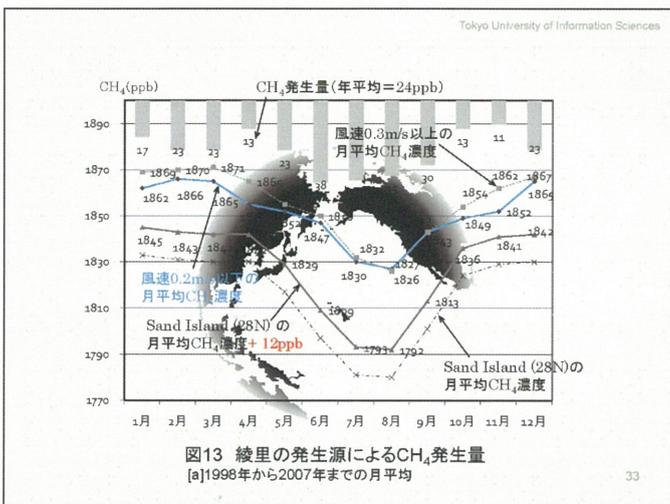
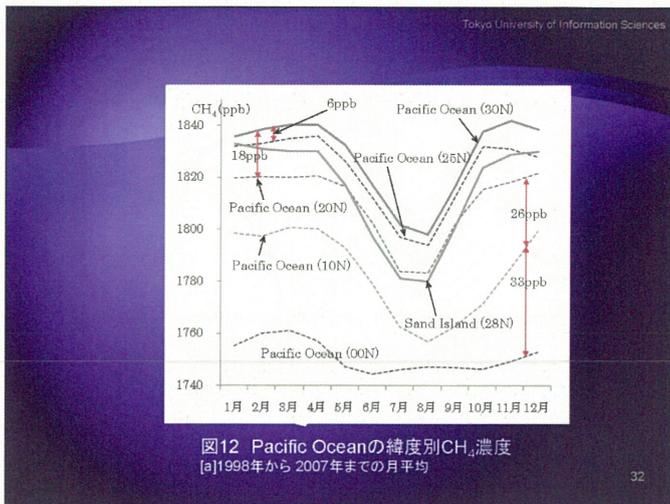
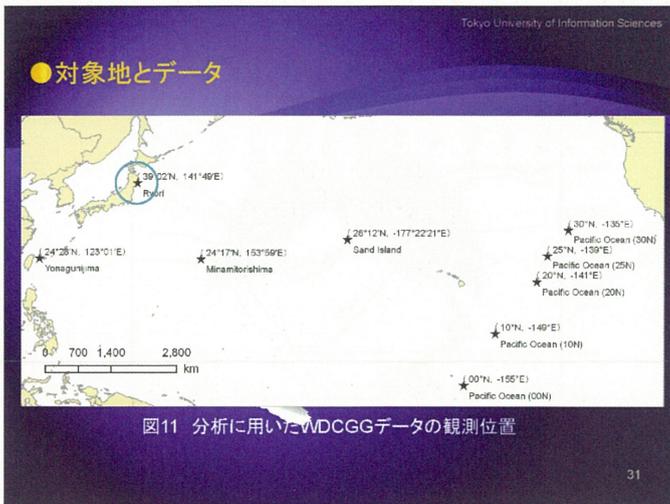
**CH<sub>4</sub>発生量 = 観測濃度 - 既存濃度**

観測濃度: 風速0.2m/s以下のときの月平均濃度。

既存濃度: 緯度の高低によるCH<sub>4</sub>濃度の差が存在するため同じ緯度の観測データが与えられる。さらに、南鳥島のように移流の影響や観測地点におけるCH<sub>4</sub>の発生源が少ない観測データであることが望ましい。

[注1] 風速0.0-0.2m/sの風力階級は0。静穏で煙はまっすぐ昇る状態(気象庁編2010b)。

30



●綾里のメタン発生量の推定結果

年平均濃度1854ppbの中で綾里の観測地点からの年平均メタン発生量は、およそ1.3%の24ppb。

また、風速0.3m/s以上の月平均濃度から風速0.2m/s以下の月平均を引いた値、すなわち綾里から移流の影響を含む年平均メタン発生量は4ppbと推定。

全体年平均発生量28ppbの中で、85.7%が観測地点の森林などの植生地域から発生。

●月別特徴

6月から9月までのCH<sub>4</sub>発生量が高く、4月と10月11月におけるCH<sub>4</sub>発生量は低い。

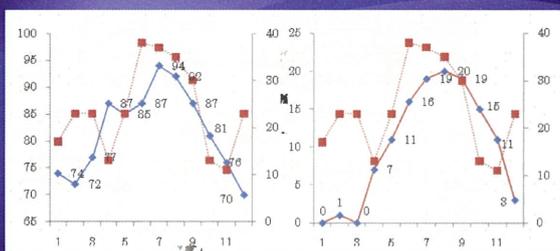
綾里の観測地点周辺の土地被覆は森林が主な植生域であり、森林と土壌の働きによるものと考えられるが、さらなる検証が望まれる。

考察において気象条件を考慮しない理由として、

表6 綾里のCH<sub>4</sub>発生量と相対湿度・気温の重回帰分析結果

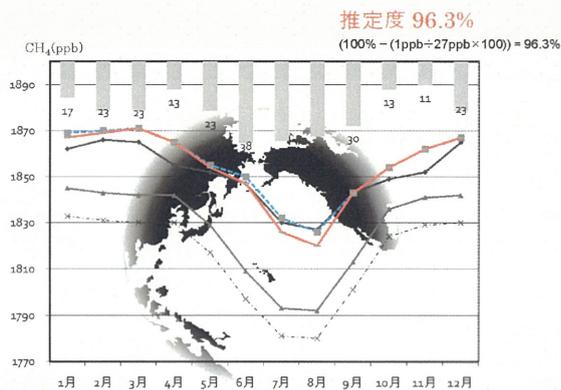
R <sup>2</sup>	相対湿度	気温
.328	.400	.195

[a] 数字は、標準重回帰係数  
[b] 1998年から2007年までの月平均。

図14 綾里のCH<sub>4</sub>発生量と相対湿度・気温

[a] Aの左縦軸・実線は相対湿度(%), Bの左縦軸・実線は気温(°C)。  
右縦軸・点線はいずれもCH<sub>4</sub>発生量(ppb)、横軸は月である。  
[b] 1998年から2007年までの月平均。

37

図15 綾里の発生源によるCH<sub>4</sub>発生量  
[a]1998年から2007年までの月平均

38

### ● 推定結果の信頼性を確かめるための一考察

- ①「既存濃度」の妥当性
- ②WDCGGデータの代表範囲について



39

### ● 推定結果の信頼性を確かめるための一考察

#### ①「既存濃度」の妥当性

南鳥島は、世界気象機関大気バックグラウンド汚染観測所の3つのカテゴリ(基準観測所・広地域観測所・地域観測所)の中で最も厳しい立地条件を課している「基準観測所」である(観測部副候課1994)。観測所から周囲100km以内は少なくとも50年間は土地利用状況に重大な変化がなく、しかも、人間の日常生活に起因する局地的汚染の影響が極めて少ないところであることなどがその立地条件である。そのため、ほぼ同じ緯度にある与那国島の「既存濃度」として適する。

Sand Islandは、局地的な汚染の影響を受けないところであるなどの立地条件を満たす「地域観測所」である。なお、太平洋の真ん中に位置しているため大陸の影響を受けにくい。こうしたことから綾里の「既存濃度」算出のバックグラウンドデータとして適する。

40

### ● 推定結果の信頼性を確かめるための一考察

#### ②WDCGGデータの代表範囲

与那国島と綾里は「地域観測所」であり、約10,000km<sup>2</sup>の領域を代表する観測点である(観測部副候課1994)。

他方、前田らは(2000)大気常時監視データを用い、観測地点から500m~5km間を7つの間隔に任意に分け、移流の影響を除去せず行ったCH<sub>4</sub>濃度と土地利用率との相関分析の結果から半径3kmの代表範囲を得た。

すなわち、代表範囲は分析の目的によってそれぞれ定められる。そこで本研究のGEP Methodにおいては、バックグラウンドデータを用いること、さらに移流の影響を除去した風速0.2m/s以下のときの月平均濃度を主に評価することから、観測地点から半径720m圏内を代表範囲とした。

41

### ● GEP Method 適用上の問題点

- ①風速など気象データの未公開(約8割)
- ②観測地点の座標の不確実性
- ③風速0.2以下のデータが有意でない(移流の影響が大きい地域など)  
→風速の拡張

42

● おわりに

与那国島のサトウキビを主とした植生域から年平均CH<sub>4</sub>濃度1820ppbの中で18ppbの発生量が見積もられた。

土地被覆が主に常緑樹の植生域である綾里では1854ppbの中で24ppbの発生量が推定された。

また、移流の影響も含む全体のCH<sub>4</sub>発生量の中で与那国島73.8%、綾里86.7%は主に畑や森林の植生域から発生されるものとみられる。

GEP Methodの推定度は平均93.4%

● 引用文献

IPCC編気象庁・環境省・経済産業省監修、2002、IPCC地球温暖化第三次レポート気候変動2001。石塚 成宏・高橋 正彦、2006、森林生態系からの温室効果ガスを促進するか?抑制するか?。Nature誌に掲載された「植物体によるメタン発生」の追試実験結果の報告書および今後の研究課題、日本林学会会報、47、pp.67-69。

気象庁編、2010、[刊行物]大気中の温室効果ガス観測報告書「メタン」In [http://www.gia.kishou.go.jp/gas-env/adv/adv-report/adv2\\_2.html](http://www.gia.kishou.go.jp/gas-env/adv/adv-report/adv2_2.html)。気象庁。

気象庁編、2010、風向風速計の簡単な動作点検方法「ニューフォート風力観測機」In [http://www.jma.go.jp/jm/ftp/kyouhou/know/kangoku\\_gyuu664.htm](http://www.jma.go.jp/jm/ftp/kyouhou/know/kangoku_gyuu664.htm)。気象庁。

気候変動に関する政府間パネル、2007、IPCC第4次評価報告書第1作業部会報告書要素及びよくある質問と回答、気象庁訳。

Kikawa S., et al., 2007, Methane Emissions from Leaves of Larch, Birch and Oak Saplings Grown at Elevated CO<sub>2</sub> Concentration in Northern Japan. Preliminary Study. *J. Agric. Meteorol.* 7(4), pp.201-209。

Keppeler F., et al., 2006, Methane emissions from terrestrial plants under aerobic conditions. *Nature*, 39, pp.187-191。

Keppeler F., et al., 2006, Methylol groups of plant pectin as a precursor of atmospheric methane - evidence from deuterium labeling studies. *New Phytol.*, 178, pp.808-814。

杉本 明、2002、地球温暖化地域、温暖化地域におけるとまきひの栽培改善。砂糖類情報。In <http://sugar.ahc.go.jp/ahc/ahcweb/020209.htm>。農畜産業振興機構。

Dueck T. and van der Weir A., 2008, Are plants precursors for methane? *New Phytol.*, 178, pp.693-695。

八木一行、1997、水田からのメタン発生と食糧生産と地球環境保全とのバランス。Tropics, 6(3), pp.227-246。

渡辺 誠、2009、森林は地球温暖化を促進させるのか?—好気的条件下における陸上植物からのメタン放出に関する研究動向—。北方林業、61(3), pp.11-15。

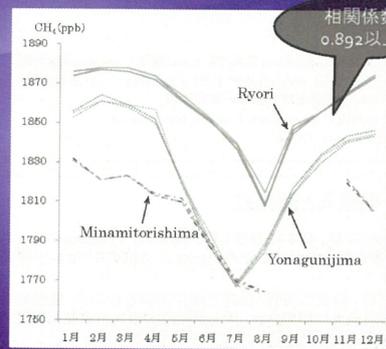
Wang Z., et al., 2008, Aerobic Methane Emission from Plants in the Inner Mongolia Steppe. *Environ. Sci. Technol.* 42, pp.62-68。

WDCGG編、2010、DataQuick Plot。In <http://gaw.kishou.go.jp/cgi-bin/adv/gg/catalogue.cgi>。WDCGG。

表# 2地点の観測所と土地被覆の特徴

区分	与那国島	綾里
緯度	24° 28' N	39° 02' N
経度	123° 01' E	141° 49' E
観測地点の標高	30m	260m
観測タワーの高さ	20m	20m
CH <sub>4</sub> 濃度観測期間	1998年～	1991年～
観測地点から半径70m圏内の土地利用と土地被覆*	畑地63.7% 都市域18.9% 常緑広葉樹9.6% 常緑針葉樹2.0% 草地4.9% 海1.0%	落葉広葉樹49.7% 常緑針葉樹41.9% 草地4.9% 海2.1% 都市域(観測所など)1.4%

注) \*は、環境省の第6.7回自然環境保全基礎調査の植生図GISデータを活用した。



図# 午前、午後、夜間のCH<sub>4</sub>濃度の変動  
[a]2005年から2007年までの月平均

衛星画像を用いた大気エアロゾル光学特性と地表面反射特性の同時導出アルゴリズムの実用化

Practical study of retrieval algorithm for both aerosol optical property and reflective property for ground surface from satellite imagery

継続: 分光反射率ライブラリによる地表面反射率マップの精度向上

Validation of accuracy for retrieval algorithm of reference albedo map for MODIS imagery with ASTER spectral reflectance library

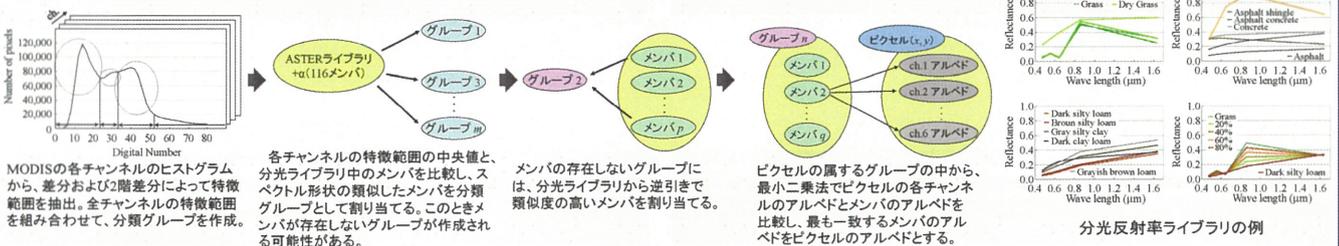
朝隈 康司

東京農業大学 生物産業学部

はじめに

- これまでに、地表面を各種正規化指標 (NDVI, NDWI, NDSI) を用いて、「植生」、「水・雪氷」、「土壌」、「都市部」の4つのカテゴリに粗く分類(大分類)し、ASTER の spectral library、および、土壌と植生の組み合わせにより作成したミクセルアルベドと比較しながら地表面被覆を特定し、参照アルベドの導出アルゴリズムを開発してきた。
- 昨年度までに、分類精度向上のため各チャンネルのヒストグラムから特徴的な反射率をもつ範囲を抽出することにより、新たな大分類方法を提案した。
- また、この分類アルゴリズムの精度確認のため、地表面被覆がある程度わかっている東京農業大学生物産業学部周辺の網走地域を対象に、MODISデータを分類して、その経年傾向と季節変化の検証を開始している。

これまでの地表面参照アルベドの導出アルゴリズム



分類クラスとメンバ

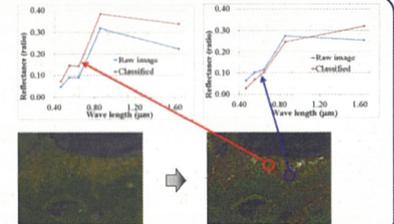
- 植生: conifer (針葉樹), deciduous (広葉樹), grass (牧草), dry grass (枯れ草)  
 土壌: entisol (未熟土壌), andisol (黒泥土壌) × 2, mollisol × 3 (草原土壌), inceptisol (風化していない堆積土壌), arisol × 4 (乾燥赤土壌), alfisol (森林土壌),  
 人工物: tar × 2, asphalt × 3, concrete × 4, as-con, terracotta tile  
 雪氷: ice, water, snow × 3, frost

ミクセル (左のメンバーの反射率を 10%~90% の割合で混合):  
 grass and dry grass × 9, grass and mollisol × 9, grass and arisol × 9, grass and alfisol × 9,  
 grass and water × 9, mollisol and water mixel × 9,  
 mollisol and frost × 9, snow and water × 9 (海上の雲、海水を想定)

\* ASTER Library に含まれるが日本には存在しない

これまでの分類傾向と問題点

- ASTERライブラリには、日本に存在しない mollisol や andisol が含まれているが、これらに分類される場合が多かった。
- また、網走地域は畑作地が多いため、grass と土壌のミクセルを準備したが、conifer と土壌の混合に分類される場合が多かった。
- この原因としては、植生は可視・近赤外域に特徴をもつが、植生と土壌の混合ミクセルは、近赤外域および短波長赤外の反射率の特徴が過大に評価され、大分類時のクラスが本来所属すべきクラスとは異なるクラスに割り当てられ、最終的なメンバに対して誤分類を引き起こしていたと考えられる。
- 右の例は、dry grass が、soil に誤分類された例。



改良点

- これまで、ASTERライブラリを正として、MODISで観測されたスペクトルをこれに割り当ててきたが、実情に合わせて、MODIS画像からサンプリングした地域ローカルのスペクトルライブラリを追加して、その評価を開始した。
- サンプリングの方法は、これまでの手法で誤分類の多かった畑作地域を対象に、場所が特定できるコムギおよびビート圃場および、収穫後の土壌の3種類に対して、2010年の画像から無作為に30画像をサンプリングした。
- 右上の左図にサンプリングされた、コムギ、ビートおよび収穫後の土壌のスペクトルを示す。右上右のASTERライブラリ中のグラスと比較すると、とくに近赤外 (860 nm) での反射率が小さいことがわかる。また赤色 (650 nm) の反射率が、ASTERライブラリのグラスと比較して大きく緑色 (550 nm) との差が小さい。土壌に関しては、ASTERライブラリの Dark Silty Roam のスペクトルによく似ていることがわかった。
- 以下に、これまでの分類方法と、サンプリングにより作成されたスペクトルおよびこのコムギとビートのスペクトルと土壌から作成したミクセルを追加したライブラリから分類した結果を示す。これまでの分類方法と比較して、原画像 (True color image) に近づいていることがわかる。
- 今後、分類精度の検証と、その他の地表面被覆のライブラリを追加していく。

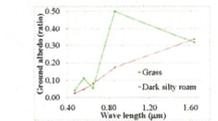
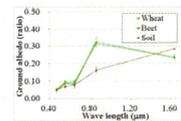
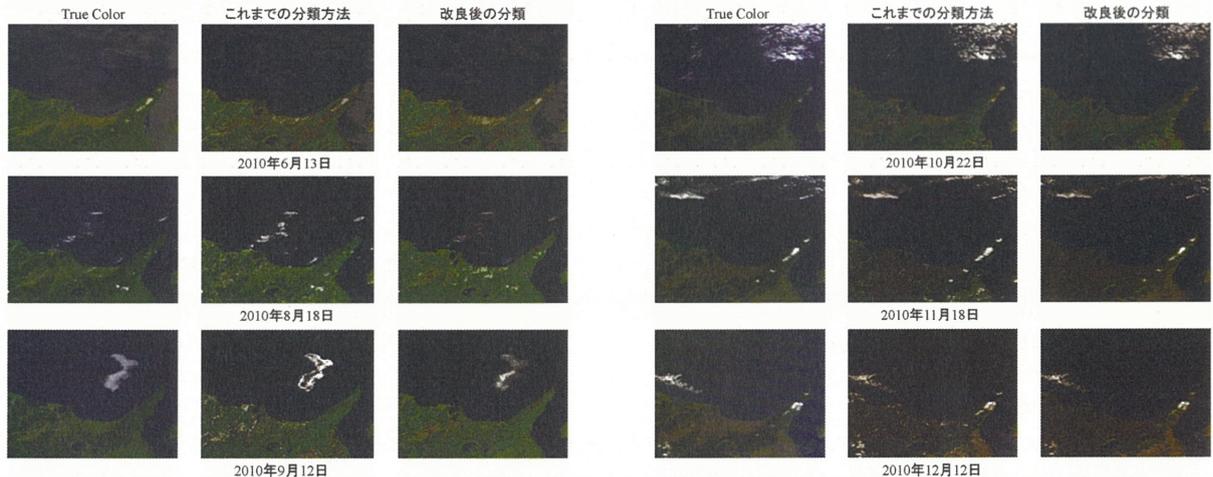


図. MODIS画像より作成した畑作圃場ライブラリ

図. ASTERライブラリ中のGrassとRoam



# CH<sub>4</sub>の分布と土地被覆との関係について

朴 鍾杰<sup>1</sup>、朴壽永<sup>1</sup>、原田一平<sup>1</sup>、原慶太郎<sup>1</sup>、鄭 慧境<sup>2</sup>、申 仁愛<sup>2</sup>、金 忠賢<sup>2</sup>、藤藤尚子<sup>3</sup>、久世宏明<sup>3</sup> <sup>1</sup>東京情報大学 <sup>2</sup>韓国慶北大学 <sup>3</sup>千葉大学

## 背景と目的

世界の平均温度は長期的にみると2005年を基準に100年間0.74±0.18°上昇している。地球温暖化の原因は、自然的現象または人間の化石燃料使用による大気中の二酸化炭素の増加によるものか現在多くの研究が行っている。IPCCでは人間活動による影響であると断定した。

京都規定書では、人間活動によって発生するCO<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、N<sub>2</sub>Oなどを温室効果ガスとして指定した。産業革命以来CO<sub>2</sub>は36%、CH<sub>4</sub>は148%増加している。CO<sub>2</sub>の増加は75%が化石燃料使用によって起因する。しかし、CH<sub>4</sub>の発生は農業分野で40%排出すると言われている。今後人口の増加によって食糧生産は持続的に増加し、30年後は現在の2倍程度になると予想している。

メタンの発生場所を特定し土地被覆との関連について研究を行う

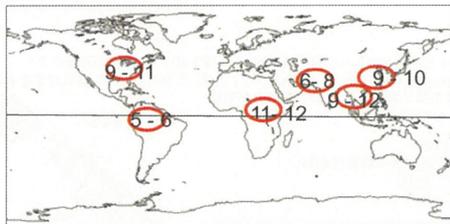
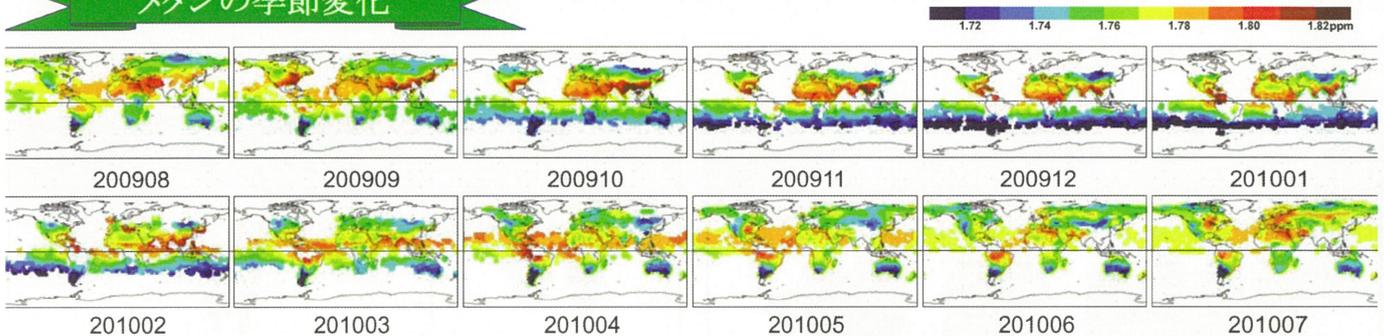
## CH<sub>4</sub>の発生と分解

CH<sub>4</sub>は絶対性嫌状態のなかでメタン生成菌の働きによって発生する。また、家畜の腸内発酵でも発生する。分解は主に対流圏でOHとの化学反応によって消失される。平均滞留時間は12年である。

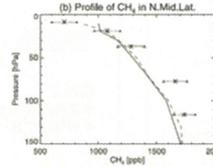
## 使用データ

GOSAT CH<sub>4</sub>データ 2009.4 - 2010.10 (月)  
MOD13C1 (EVI) 2009.1-2010.11 (16 Day)  
WDCGG 世界の地上観測データ (月)  
GLCNMO 土地被覆分類図 (解像度1KM)

## メタンの季節変化



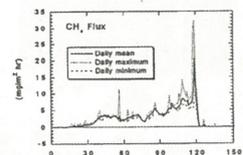
メタンの主な発生地と時期



高度別メタン濃度 \*1

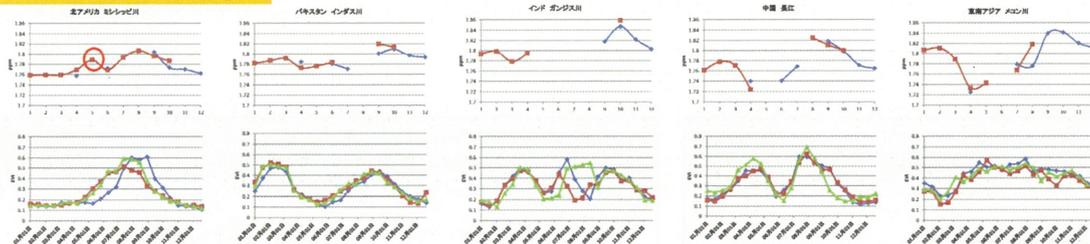


大気の流れ



水田におけるメタン発生 \*2

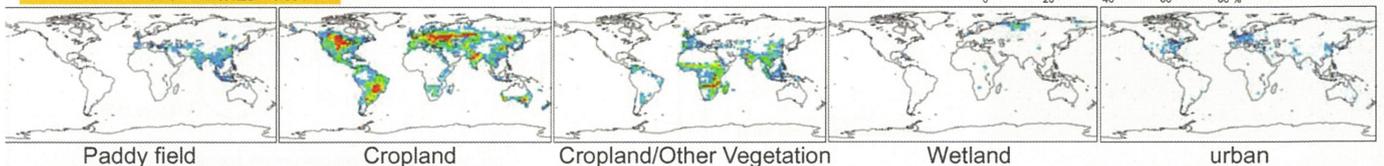
## GOSATとEVIデータの比較



GOSATデータは観測期間が短いため、今後ESAのSCIAMACHYも同時に用いる必要がある

南半球の中緯度ではCH<sub>4</sub>の発生が見られず、農作地で低い値を示している。南極からの大気の流れによるものか今後調べる必要がある。

## GLCNMOによる土地被覆の割合



## 結果

本研究では温暖化ガス測定衛星であるGOSATのCH<sub>4</sub>データを用いてCH<sub>4</sub>の主な発生場所の特徴を調べた。その結果、アメリカのミシシッピ川(小麦やトウモロコシ、米)パキスタンのインダス川(小麦、米)、インドのガンジス川(米)、中国長江(米、小麦)とタイのメコン川(米)流域でCH<sub>4</sub>の発生が確認された。米の生産地であるガンジス川、長江とメコン川では最低CH<sub>4</sub>の濃度と最大濃度の差が大きいことがわかる。また、長江ではEVIによる米の収穫時期とCH<sub>4</sub>の最大発生時期が一致することが分かった。パキスタンやインドなど年間EVIのピークが2つ以上存在する場所では2期作か2毛作によってCH<sub>4</sub>の発生量が異なる。しかし、GOSATはWDCGG(地上20mで観測)と異なって宇宙からの観測であるため、大気移動によって必ずしもその場所で発生しているわけではない。そのため、CH<sub>4</sub>の解析は空間的分布の特徴をよく調べた上でプロファイル解析を行う必要がある。

\*1 N. Eguchi, R. Saito, T. Saeki, Y. Nakatsuka, D. Belikov, and S. Maksyutov A priori covariance estimation for CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> retrievals J. Geophysical Research Vol. 115 2010

\*2 鶴田 治雄 メタン・亜酸化窒素の放出源及び放出量の解明に関する研究

# コヒーレント白色光を用いた二酸化炭素の長光路差分吸収分光計測



(財)レーザー技術総合研究所 柴川智弘、藤田雅之、井澤靖和  
CEReS 久世宏明

Table of contents

1. 白色光ライダーによるこれまでの開発状況
2. コヒーレント白色光を用いたCO<sub>2</sub>の赤外吸収スペクトル
3. コヒーレント白色光を用いたDOAS法による屋外CO<sub>2</sub>観測
4. まとめ

Acknowledgements

本研究は島津科学技術振興財団からの研究助成、ならびに関西電力・研究開発室からの受託研究によって遂行されました。また、CO<sub>2</sub>濃度の計測には阪大院工 町村先生からLI-820をお借りしました。ここに謝意を表します。

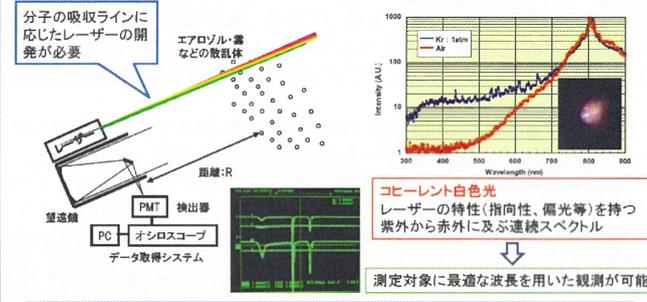


## P03 コヒーレント白色光を用いた二酸化炭素の長光路差分吸収分光計測 白色光ライダーとは



Introduction

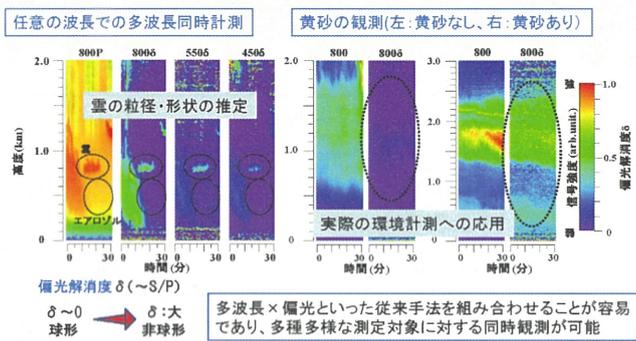
**白色光ライダーの開発: 高強度レーザー技術をライダーに応用**  
ピーク強度がTWに達するレーザーパルスを気体中に集光すると、単色のレーザー光が様々な波長を併せ持った白色光に変換される。この白色光をレーザーライダー(ライダー)の光源として用いる**白色光ライダーシステム**の開発



## P03 コヒーレント白色光を用いた二酸化炭素の長光路差分吸収分光計測 白色光ライダーによる温室効果ガス測定システムの開発



Introduction

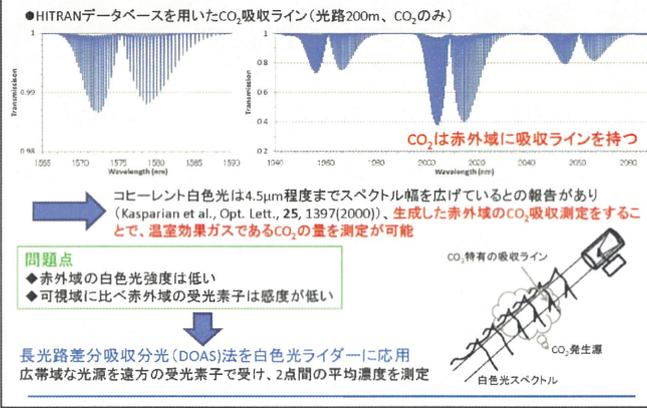


白色光ライダーによる温室効果ガス(二酸化炭素)測定システムの開発

## P03 コヒーレント白色光を用いた二酸化炭素の長光路差分吸収分光計測 白色光ライダーによる温室効果ガス測定システムの開発

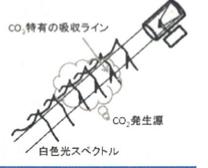


Introduction



- 問題点**
- ◆赤外域の白色光強度は低い
  - ◆可視域に比べ赤外域の受光素子は感度が低い

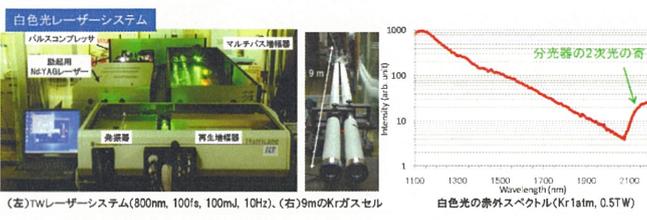
長光路差分吸収分光 (DOAS)法を白色光ライダーに応用  
広帯域な光源を遠方の受光素子で受け、2点間の平均濃度を測定



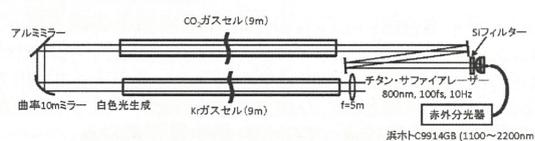
## P03 コヒーレント白色光を用いた二酸化炭素の長光路差分吸収分光計測 コヒーレント白色光の赤外スペクトル



Experiment



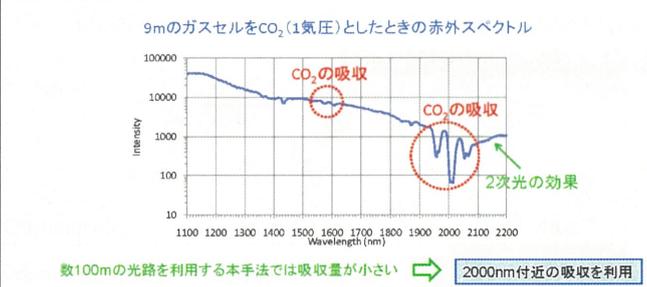
CO<sub>2</sub>吸収スペクトルの測定実験配置図



## P03 コヒーレント白色光を用いた二酸化炭素の長光路差分吸収分光計測 コヒーレント白色光によるCO<sub>2</sub>の吸収スペクトル



Result & Discussion



コヒーレント白色光の赤外域のスペクトルを確認し、CO<sub>2</sub>を1気圧封入したガスセルを用いてCO<sub>2</sub>の吸収計測に成功

**P03 コヒーレント白色光を用いた二酸化炭素の長光路差分吸収分光計測**  
**白色光DOASシステムでの吸収断面積**

Result & Discussion

9mのガスセルでのCO<sub>2</sub>封入圧力による透過率の関係

透過率はCO<sub>2</sub>の吸収断面積 $\sigma$ 、数密度 $N$ 、光路 $L$ を用いて  $T = e^{-\sigma NL}$  と表せる。ガスセルの封入圧力と透過率のlnの傾きを求めることで、それぞれの波長帯域でのCO<sub>2</sub>の吸収断面積 $\sigma$ を求めることができる。

$\sigma_{2005} = 1.16 \times 10^{-22}$  [cm<sup>2</sup>/molecule]  
 $\sigma_{2053} = 0.401 \times 10^{-22}$  [cm<sup>2</sup>/molecule]

➡  $T$ からCO<sub>2</sub>濃度を見積もれる

●測定パラメーターから透過率の見積もり  
 気温: 4℃, CO<sub>2</sub>濃度: 398 ppm

**P03 コヒーレント白色光を用いた二酸化炭素の長光路差分吸収分光計測**  
**白色光DOASシステムの屋外計測実験**

Experiment

大気中のCO<sub>2</sub>吸収スペクトル計測実験配置図

●Li-820 CO<sub>2</sub>アナライザーによるCO<sub>2</sub>濃度計測

平均CO<sub>2</sub>濃度(0:05~1:05): 398.3 ± 0.5 ppm

**P03 コヒーレント白色光を用いた二酸化炭素の長光路差分吸収分光計測**  
**452mの長光路による計測結果**

Result & Discussion

●光路長0、452mでの白色光吸収スペクトルと透過率(白色光生成希ガス: Kr 0.5 atm)

●測定パラメーターから透過率の見積もり  
 気温: 4℃, 光路: 452m, CO<sub>2</sub>濃度: 398 ppm  
 $\sigma_{2005} = 1.16 \times 10^{-22}$  [cm<sup>2</sup>/molecule]  
 $\sigma_{2053} = 0.401 \times 10^{-22}$  [cm<sup>2</sup>/molecule]

$T_{2005} = 0.94, T_{2053} = 0.98$

452m伝播後の観測白色光強度が小さいと、1950~2000nmの分光器による平均誤差が0.06程度になり、予想される透過率変化よりも大きくなる。

➡ 折り返し光路による強度の減少

十分な赤外スペクトル強度が得られる安定したガスセル実験で測定法の実用性の検証

**P03 コヒーレント白色光を用いた二酸化炭素の長光路差分吸収分光計測**  
**長光路相当のCO<sub>2</sub>ガスセル実験**

Result & Discussion

●換算吸収光路とCO<sub>2</sub>の吸収スペクトル

●真空を参照信号とした透過率

●吸収光路と透過率の関係

透過率の平均誤差は0.021程度であり、誤差範囲程度の透過率の振動が見られる。

直進光路452mでは十分な赤外スペクトル強度が得られるので、コヒーレント白色光を用いたDOAS法によるCO<sub>2</sub>濃度の計測は可能

**P03 コヒーレント白色光を用いた二酸化炭素の長光路差分吸収分光計測**  
**まとめと今後の展望**

Summary

白色光ライダーによる温室効果ガス測定システムの開発

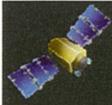
- 高強度フェムト秒レーザーをKrガスに集光させることによって、2200nmまでの赤外スペクトルの生成に成功
- コヒーレント白色光を用いてCO<sub>2</sub>の吸収計測に成功
- 452mの長光路を用いた屋外計測を実施
- ガスセルを用いて452m等の長光路に相当するCO<sub>2</sub>スペクトルの取得に成功

➡ コヒーレント白色光を用いたDOAS計測を行うことで、大気中のCO<sub>2</sub>濃度を測定することができる

今後の研究展望

- 分光器の分解能を向上し光路長による透過率を上昇させる
- 二酸化炭素とメタン等の同時観測
- 高度分布情報(DIAL)

# プロジェクト - 4



# 詳細な空間情報とALOS/AVNIR-2データを用いた竹林の抽出 —千葉県北西部における例—

谷垣悠介、原田一平、関山絢子、原慶太郎(東京情報大学)、近藤昭彦(千葉大)



## 1. 研究背景および目的

### 【竹林の問題点】

- 近年、管理が放棄された竹林が旺盛な繁殖力で広がっている。その結果、生態系の面、農業面、安全面、景観面などにおいて問題を引き起こしている
- 竹林の効果的な管理・利用計画が必要となっている
- 竹林がどの程度拡大しているかを調べる必要がある

### 【竹林の拡大がもたらす問題】

- ・暗い林床による種の多様性減少 (藤井ほか 2005, Isagi et al. 1998, 三宅ほか 2000)
  - ・農地への侵入
  - ・イノシシの住み処となる (安藤 2007)
  - ・土砂崩れの誘発
  - ・竹林荒廃による景観の悪化や不法投棄の増加 (千葉県 2008)
- ↓
- 竹林の効果的な管理・利用計画が必要



### 【基盤情報の問題点】

- ・第6回・第7回自然環境保全基礎調査 植生調査では1/25000スケールの詳細な竹林の分布図が作成されているが、右図の青線で示したメッシュの境界を境に竹林の分布が異なり、不自然である



### 【既往研究の問題点】

- リモートセンシングを用いた竹林を抽出した例はいくつかあるが(例:小泉ら 2003, 今井ら 2004, 河邑ら 2005, 張ら 2006, 鎌形ら 2006, Du et al. 2010, Y. Tanigaki et al. 2010),
- 1. トレーニングエリアと精度検証地が重なっている可能性あり(位置関係の記載が不十分)
  - 精度検証地以外では精度が著しく低下する可能性あり
- 2. 竹林と常緑広葉樹(竹林と区別がしにくい)を明確に見分けている研究が少ない
- 3. 精度検証地内の竹林が点在している(ミクセルのため低い精度が出やすい)のか密集しているのかわからない(記載が不十分)
  - ・高い精度を誇っていても、普通の点在した竹林では期待とはかけ離れた低い精度を示す可能性あり
- 4. マダケとモウソウチクを区別して両方抽出した例はない
  - ・竹林を抽出した既存研究はほとんどが、抽出しやすいモウソウチク(色が特徴的)しか扱っていない
  - ・モウソウチクが大部分を占めることがない地域では竹林を抽出できない可能性あり

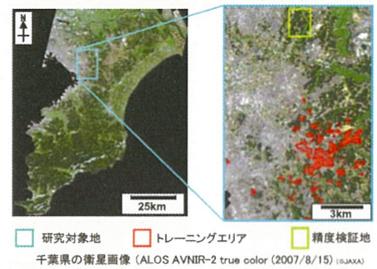
### 本研究の目的:

- (1) トレーニングエリアと精度検証地を異なる場所に設置し、かつ位置関係を記載し
- (2) 竹林と常緑広葉樹を区分し
- (3) 精度検証地の竹林の分布図を記載し
- (4) マダケとモウソウチクを区別しつつ、千葉県の竹林を抽出

## 2. 対象地

### 【千葉県北西部】

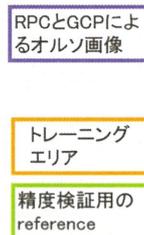
- ・竹林はモウソウチクおよびマダケにより構成されている
- ・西日本ではほとんどモウソウチクが優占しているが本調査地ではマダケが優占する竹林が多い
- ・比較的大面積の竹林が多く存在しており、ササ原といった里山に見られる土地被覆がそろっている



## 3. 方法

### 【使用データ】

- ALOS/AVNIR-2(地上解像度:10m) & RPCデータ  
R.G.B.NIR(近赤外線), NDVI(正規化植生指数)データ  
(2008年10月16日, 2009年2月17日, 3月15日, 4月13日, 5月20日, 8月29日, 9月20日)
- 標高データ(DEM)  
国土地理院 基盤地図情報 10mメッシュ 数値標高モデル
- 道路データ  
国土地理院 空間データ基盤 数値地図2500
- Google Earthの画像  
画像取得時期は 2004年12月, 2005年5月, 2008年2月, 2009年10月
- 現地調査結果  
2009年9月から10月にかけて実施
- 植生図(精度検証用)  
既存の植生図(江村ら 2009, 高橋 2008)と現地調査結果から作成



### 【作業の流れ】

1. トレーニングデータの作成
  - ・トレーニングエリア内の衛星画像のピクセル値を全て抜きだし、土地被覆ごとに表にする
2. 竹林の抽出
  - ・Gini係数を不純度算出に用いた決定木(decision tree)による教師付分類
3. 精度検証(植生図との比較)



Google Earthでトレーニングエリアを指定している様子(赤枠:モウソウチク, ピンク枠:マダケ)

表: 土地被覆ごとのトレーニングエリアの面積と箇所数

土地被覆名	面積(アール)	箇所数
常緑広葉樹林	181	1524
落葉樹林	259	1
ササ原	18	5
水田	5	14
市街地	1	11

土地被覆名	面積(アール)	箇所数
常緑広葉樹林	600	33
落葉樹林	82	2645
ササ原	5385	103
水田	14	3
市街地	4	8
水城	1	1

## 4. 結果と考察

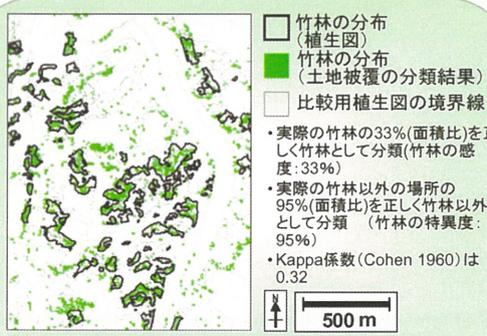


図: 畔田地区での抽出結果と既存の植生図との比較

植生の境界線上に竹林の誤分類が多い  
→ 1つのピクセルの中に複数の土地被覆が入ってしまい、ピクセル値が偶然に竹林のものに近くなった(ミクセルの問題)

表: 土地被覆分類の error matrix

分類結果の土地被覆	精度検証用の植生図の土地被覆 (単位:アール)										合計面積(アール)	ユーザ Kappa 係数(N)	感度(N)	特異(N)			
	裸地	畑地	落葉樹林	ササ原	常緑広葉樹林	常緑針葉樹林	草地	マダケ	モウソウチク	水田					市街地	水城	
裸地	1	88	3	0	0	0	0	0	0	127	0	223	0.00	-0.01	0.00	0.99	
畑地	108	1791	290	46	32	58	224	43	41	272	761	13	3677	0.49	0.48	0.55	0.83
落葉樹林	19	108	3497	73	31	390	349	197	79	13	137	8	4897	0.71	0.46	0.55	0.84
ササ原	1	1	15	8	0	9	20	7	3	7	8	0	79	0.10	0.01	0.01	1.00
常緑広葉樹林	27	53	1201	99	105	478	241	425	152	8	29	1	2820	0.04	0.33	0.39	0.91
常緑針葉樹林	10	128	370	11	48	1050	60	257	63	10	186	13	2204	0.48	0.43	0.47	0.98
草地	93	72	244	102	13	72	1411	14	25	94	150	8	2296	0.81	0.40	0.45	0.97
マダケ	11	15	168	41	12	44	30	414	113	18	18	0	890	0.47	0.25	0.27	0.98
モウソウチク	34	92	284	150	11	44	170	182	144	45	111	1	1228	0.12	0.18	0.21	0.96
水田	14	243	29	12	3	8	81	3	4	2985	169	0	3551	0.84	0.77	0.80	0.98
市街地	207	888	288	44	12	63	959	17	56	285	4949	15	7183	0.89	0.86	0.74	0.90
水城	0	11	2	0	0	1	0	0	1	0	18	41	73	0.58	0.43	0.43	1.00
合計面積(アール)	523	3286	6389	586	268	2215	3151	1539	680	3735	6663	96	29111				
プロセッサ 精度(N)	0.00	0.55	0.55	0.01	0.39	0.47	0.45	0.27	0.21	0.80	0.74	0.43					

### 竹林の抽出に係る問題点:

- 常緑広葉樹は竹林と誤認識されやすい(どちらも目立つ落葉無し & 光の当たり方で色も類似)
- ササ原はモウソウチクと誤認識されやすい(モウソウチクと色が似ており、目立った落葉はしない)
- 冬に枯れない植物の草地はモウソウチクや常緑広葉樹と誤認識されやすい(冬に枯れない植物の草地の色はモウソウチクや常緑広葉樹に似ている)

精度検証で用いた畔田地区の植生図は東京情報大学の地学情報研究センターの高橋一之と江村康平氏より提供を受けたものである。また、本稿で用いたALOS/AVNIR-2データは、JAXA/PESTEC 衛星データ利用推進委員会「生物多様性の保全における衛星データの活用推進に関する作業部会」及び平成29年度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「GISとリモートセンシングを用いた農業地帯における環境変化の空間解析」から提供を受けたものである。ここに深く御礼申し上げます。

GPS衛星を利用した山間地行動者の位置情報地図化の試み

山梨大学 教育人間科学部 尾藤 章雄



図1 山梨県 西沢渓谷

【研究目的】

本研究は、GPS衛星からの位置情報取得と無線ネットワークを利用した、山間地における移動者の安全確保のための緩やかなみまもりシステムの構築を目的としている。近年の登山ブームにより、山梨県内の富士山、南アルプス、および秩父連山には、休日を中心に多数のハイカーが訪れている。これら山間地においては、谷筋はもちろん、標高の高い場所でも携帯電話のサービスエリア外となる場合が多く、また固定電話の設置も山小屋など一部に限定されているため、事故・遭難と言った緊急時で救助が必要となった場合に、ハイカーの位置を把握することが大変困難である。また、都市部などでは徘徊老人や子どもの通学を見守る、携帯電話ネットワークを利用した位置情報把握・確認サービスも存在するが、山間地においては基地局整備などのコスト面から難しい。山間地におけるハイカーなどの移動者が容易に持ち運ぶことができる軽量小型で、安価な機材を利用することによって、移動者の位置をインターネットを介して監視することが出来れば、低コストな安全監視システムとして役立つことが出来る。

本研究は、平成22年9月の準天頂衛星初号機「みちびき」の打ち上げに際して、財団法人 衛星測位利用推進センター (SPAC) が募集した利用実証推進プロジェクトに、山梨大学工学部の近藤英一教授を代表とするグループの「軽アクセシ地行動者のネットワーク型「みまもり」システム開発可能性の実験的検証」が採択されたことにもない。従来のGPS衛星による位置情報の精度検証を行われたものである。また、移動者の位置情報をリアルタイムで把握することができるAPRS (Automatic Packet Reporting System) を利用するが、これは、アメリカのBob Brunningが提唱した無線パケットの応用で、GPSなどを利用して行われるトラッキングシステムの一つである。

【対象地域】

本研究の対象地域は、上記の研究目的から、携帯電話など通常の連絡手段の利用が困難で、移動者の位置情報がGPS衛星からの緯度経度情報に限定される場所が相応しい。そこで、甲府盆地北東部にある西沢渓谷 (山梨県山梨市三富地区) を選定した (図1)。西沢渓谷は富士川の支流、秩父山地の主峰である甲斐ヶ岳の南側、苗次川源流部にあり、標高1100mから1400mに広がる深い峡谷である。花崗岩で構成される谷壁や複雑に屈曲する川筋と、これに覆い被さる広葉樹は美しく、紅葉シーズンには多数のハイカーが訪れる観光地でもある。しかし幅の狭い川沿いの遊歩道には未整備の部分も多く、毎年のように滑落事故が起き、時折死者も出る場所である。

【装置】

ここでは、前述のように山間地における移動者が容易に持ち運ぶことができる軽量小型で、安価な機材を利用することが求められている。そこで、携帯用の位置情報取得・送信装置を2の仕様で作成した。GPSi2BYONIC社製のGPS-2 (価格はインターネット上の直販サイトで69ドル)、APRSのシステムで推奨されているターナードノードコントローラ (TNC) は、同じくBYONIC社製のTinyTrak3 (同42ドル) を使用した。また送信機は、アマチュアバンド145MHz帯で送信周波数を可変出来る、Vertex Standard 社製のVX-3を使用した。移動者の持参する装置はバッテリーを装着しても十分な形で軽く、重さが約500g、1辺約10センチ程度の立方体に収納可能である。位置情報はアメリカ空軍の管理するNAVSTAR衛星31基 (2009年12月当時) の中で、天空にある数基から取得する。

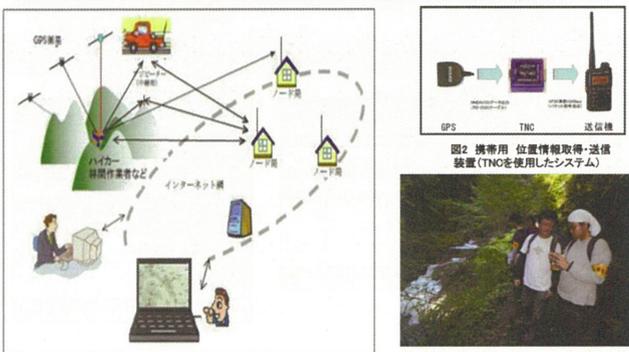


図3 構築した「山間地移動者みまもりシステム」

写真1 西沢渓谷における調査 (平成22年11月9日)

【山間地移動者みまもりシステム】

本研究で構築するシステムの概要を図3に示した。このシステムは、①GPS衛星による移動者 (図ではハイカーや林間作業者など) の位置情報の取得、②位置情報の無線ネットワークを利用した送受信、③インターネット上の地図への位置情報の表示、という3段階から構成されている。

① 図2で示した装置を利用する。GPSからTNCへ、時刻及び緯度経度情報が随時NMEA0183形式で受け渡され、TNCがこれをAFSK準拠1200bps (1秒あたり1200バイト) のパケット信号に置き換えて約1分ごとに送信機に送り、送信機からはこれが音声信号として3W出力で送出される。なお、GPSおよびTNC機能をすべて内蔵した送信機 (以下GPS内蔵送信機) が無い、Vertex Standard 社から販売されているので、この機種 (VX-80) もあわせて使用し、TNCを使用したシステムとの結果の違いについても検討した。

② 送信機からの位置情報は、近くにノード局がなく、また移動者の持参する送信機の出力が小さいことを想定して、見晴らしの良い地点にデジピタ (中継局) を設置してノード局に中継するものとし、受信した位置情報を50W程度の高出力で再送信する。送信内容は、送信機は移動者の持参する送信機からのものと運動する。山間地では送信内容を除き標高が高い尾根筋なども多いので、デジピタを見晴らしの良い場所に設置することによってシステムの安定した運用が可能となる。

③ ノード局は人口稠密地区を中心に多数設置されている。ノード局で受信された移動者の位置情報は音声信号から再び緯度経度情報にデコードされ、接続されたパソコンからインターネット上の専用サーバーに送られ、Google Map上に表示される。この部分はAPRSシステムとしてすでに一般の利用に供されている。どこかのノード局で受信されても同じなので、多数のノード局の存在で安定したシステムの運用が可能となる。



写真2 「道の駅みまもり」の駐車場に仮設されたデジピタのアンテナ

【調査概要】

調査は山梨大学アマチュア無線部に所属する学生および教員により、平成22年11月3日に行われた (写真1)。なおこれに先立ち、10月11日に事前の調査を実施し、機器の調整とデジピタ (中継局) 設置場所について検討した。ここでは「道の駅みまもり」 (駐車場内) にデジピタ (中継局) を設置してノード局に中継した (写真2)。

学生5名と教員1名がグループを組み、上記の携帯用位置情報取得・送信装置及び連絡用無線機、予備バッテリーや記録用紙、他のハイカーへの注意を促す看板 (「日本版GPS衛星みまもり」山間地調査隊中継局) を持参して、徒歩で西沢渓谷の遊歩道を調査開始して往復した。

「道の駅みまもり」から国道140号を北に約600m進んだ地点で道は分岐し、舗装されているが一般車が入れない林道に入る。さらに1.4km進んだ西沢山荘までは車の進入が可能だが、ここからは幅90センチほどの遊歩道となる。直ぐに東沢を降り橋で渡り、以後は西沢の川筋を上流に左岸側に西へ進む。観光名所として名高い「七ツ釜五段の滝」の手前で遊歩道は右岸側にわたり、最も部の不動の滝を渡り、川筋を離れて南の山腹を急登し、林道が崩壊したドロップ路急登を登った幅1.5mほどの林道に合流する。ここまでは往路である。復路はこの整備された林道を山腹沿いに東に戻り、入口から約1kmの地点で往路に合流する。「道の駅みまもり」からの往復距離はおよそ10km、約4時間の行程である。

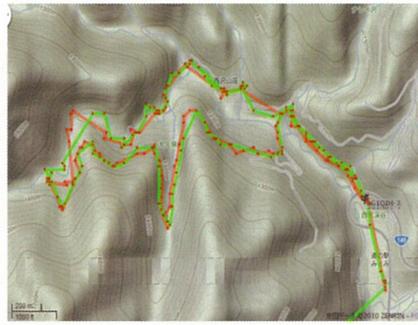


図4 西沢渓谷の移動者のインターネットに表示されたGoogle Mapの画像

赤点は移動者の位置情報がデジピタを介して、ノード局に無線で伝送されたポイント、赤色の線は携帯用位置情報取得・送信装置としてTNCを使用したシステムによる軌跡、緑色の線はGPS内蔵送信機を使用したシステムによる軌跡である。

★この図は全行程が一度に表示されているが、移動者が谷筋を進むにつれて、ほぼリアルタイムに順次地点が追加され、軌跡が描かれていったプロセスが、本研究のみまもりという点では重要である。

【調査結果】

携帯用位置情報取得・送信システムおよびGPS内蔵送信機からの位置情報は、「道の駅みまもり」の駐車場に駐車した車の中に設置した (写真2)。「道の駅みまもり」の標高が高いためか、デジピタで中継された移動者の位置情報は、東京都や神奈川県などのノード局で受信されたものが多く、その位置情報は約1分間隔でほぼ正確にGoogle Map上に表示された。

位置情報が移動者の送信機からデジピタを介してノード局に到達する時間は数秒であり、これがインターネットの専用サーバーにアップロードされて地図表示が完了するのに要する時間は、長くても1分である。このため、移動者の位置情報は、ほぼリアルタイムで地図上に表現されたことになる。このように、山間地における移動者の位置が、ほぼリアルタイムにインターネット上で確認できることにより、山間地における移動者の安全確保のための緩やかなみまもりシステムの構築という、本研究の目的は達成されたことになる。

移動者の軌跡は図4に示した。装置を持参している学生は、同じ幅の狭い遊歩道を移動していることからみて、厳密には赤色の線と緑色の線と完全に一致するべきであり、さらにこれらは遊歩道のルートと一致してはならない。このように両者間および実際の林道との誤差が生じるのは、それぞれの接続された (内蔵された) GPSの精度の違い、および電波の届きにくい所で、1分おきの位置情報の送信内容がデジピタに到達しなかったことなどに起因する。安全確保という観点から、このうち、実際に移動した林道との誤差については、以下で検証することにした。

通常は西沢渓谷の深い谷筋の移動者の位置情報を、直接受信できるノード局は存在しない。このような軌跡が描けるのは、「道の駅みまもり」に仮設したデジピタの中継による所が大きい。山間地の移動者を見守るシステムとしては、このようなデジピタを、どこに、幾つ設置すれば良いかが重要である。多くの谷筋からの電波を受信できる、遠方にあるノード局まで送信できることはもちろん、デジピタが安定して稼働し続けるための給電の問題、風雨の影響を受けにくい場所を見つけることなどは今後の課題となろう。

【位置情報の誤差について】

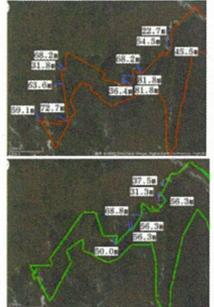
実際に移動した林道と移動者の軌跡の誤差について検証した。ここでは実際に緯度経度情報が送受信できた (地図上で赤点で表示された) 位置についてのみ検討したので、電波の到達状況如何ではなく、装置のGPSの精度を検証したことになる。

図4で赤点の位置から実際に移動した林道の位置を推定し、両者の誤差を図上で計測したものが図5である。往路ではほとんど川の左岸側に移動していたが、地図で右岸側に赤点が表示されている所について、誤差を測定し、青線の長さで示した。

これによるとTNCを使用したシステムで最大約81.8m、GPS内蔵送信機の場合でも最大8.0mの誤差を生じている。本研究の目的である安全確保や事故・遭難と言った緊急時の救助に際し、この程度の誤差は問題ではない。しかし、今後は準天頂衛星初号機「みちびき」の利用によって、さらに精度を向上させて行くことが望まれる。

図5 位置情報の誤差

(Google Map上の軌跡を航空写真と重ねて表示・計測したもの) 実際に移動した林道の推定位置との誤差を青線の長さで表示した。左はTNCを使用したシステム・右はGPS内蔵送信機による軌跡である。



【無線機器運用に関する免許及び増設ならびに使用画像について】

(1) 送信機を持参・操作する学生、またデジピタ (中継局) を設置・操作する教員については、すべて総務省の定めるアマチュア無線従事者免許証 (第一級・第三級アマチュア無線技士) 及び、無線局免許状を所持しており、法の定める運用方法に基づいて個別呼号の交換等を適宜・正確に行うに留意を進めた。さらに全員が山梨大学アマチュア無線部に所属することにより、その個別呼号 (デジピタへ設定された運用も可能) とした。

参考：総務省無線従事者資格一覧 <http://www.tele.go.jp/aic/1/rf/meterlist/03ap03v/index.htm>

(2) 調査に使用した携帯用位置情報取得・送信装置の送信機は、いずれも国内で市販されているもので、携帯用Vertex Standard社製のVX-3及びVX-80の機種 (送信出力はそれぞれ3W、5W)、またデジピタ (中継局) 用にはKENWOOD社製のTM-D710S (運用出力は50W) を使用した。いずれも上記1) で示した従事者免許の保持者が、無線局免許状で許可された周波数帯、出力等を選択して運用した。

(3) 図4の画像はGoogle Maps APRS (<http://www.aprs.fi/>) の表示画像を切り取り、必要部分をペイントプログラムにより加工したものである。

【謝辞】

調査に使用した送信機VX-80及びデジピタに使用したTM-D710Sの2機種については、いずれも千原大学リモートセンシング研究センター共同利用研究 (プロジェクト研究 P2010-4) の配分経費で購入した。ここに記して感謝申し上げる。また、各種装置に関わるその他の費用は、文部科学省の平成21年度「理数学生応援プロジェクト」に山梨大学が申請し、採択された「統合能力高水準技術者養成プロジェクト―自費リーダー (学大研) による自律環境構築―」のマイノリティアンチエイティブ/アハス「10 平野と通信」への配分経費を使用した。

参考：文部科学省 理数学生応援プロジェクト <http://www.mext.go.jp/aic/1/rf/meterlist/03ap03v/index.htm>

参考：山梨大学 統合能力高水準技術者養成プロジェクト <http://www.mext.go.jp/aic/1/rf/meterlist/03ap03v/index.htm>

# リモートセンシングデータを活用したミツバチの生息・生育空間の分析

岡田信行(オルト都市環境研究所) 原田一平(東京情報大学) 近藤昭彦(千葉大学 CEReS)

## ミツバチの生息・生育空間

### ●検討の目的

地球温暖化やヒートアイランド現象など、地球から都市を対象とした環境的な課題が社会的関心事となっている。しかし、これらは比較的大きなスケールが対象であるため、住民自らが環境に対する影響や貢献について、実感をもって認識することが難しく、環境改善に向けた取組に対する効果的な動機づけが課題となっている。

一方、ミツバチは巣箱から2kmの圏域からハチミツを採取してくる。このハチミツは生息・生育圏域の植生に影響を受けると考えられる。半径2kmは、そこに暮らす住民が認識できる圏域であり、ハチミツと植生の関連性が確認できれば、住民はハチミツを通じて自らが暮らす環境がミツバチの生息・生育空間に影響を与えていることを実感することができ、環境に対する取組の動機づけを得ると考えられる。

この関連性を分析するためには、ハチミツの量と質と同時に、圏域内の植生について把握する必要がある。本研究は、ハチミツと都市環境との関連性を知るため、リモートセンシングデータを活用して、ミツバチが生息・生育する環境について分析することを目的とする。

### ●ミツバチの飛行範囲と採蜜範囲

ミツバチの飛行範囲は半径6kmにもおよび、およそ2km圏内の花より蜜を集めてくるといわれている。このため、そのハチミツの量と質は飼育されている場所から半径2km圏内の植生に依存しており、植生やその量が異なれば、採取されるハチミツも異なる。

### ●蜜源の把握

横浜でミツバチを飼育するプロジェクトを実施しているHama Boom Boom!プロジェクト(以下、HBBとする。)では、2009年に北仲ブリック、2010年に新横浜と横浜サイエンスフロンティア高校(以下、SFHとする。)において養蜂プロジェクトを実施した。その結果、蜜源の異なる3箇所のハチミツを採取している。本検討では、まずリモートセンシングデータと環境省の自然環境保全基礎調査を活用することによって、各々の蜜源の把握を試みた。

### ●蜜源の変遷の把握

ミツバチが蜜源となる植物は開花時期が異なっており、4月はサクラ、5月はユリノキなど、季節によって変化している。本検討では、NDVI値より植生が活性化している箇所の時系列的変化の把握を試みた。



横浜サイエンスフロンティア高校



北仲BRICK



新横浜

## リモートセンシングデータを活用したミツバチの生息・生育空間の分析

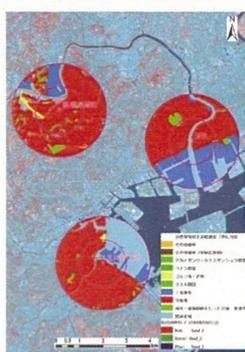
### 植生分布の把握

#### ●植生分布の把握

養蜂プロジェクトを実施した新横浜、SFH、北仲ブリックの3箇所の周辺2km圏内の植生分布について、NDVI値が0.1以上の区域を抽出することによって把握した。

市街地内の緑は、郊外部と異なり、街路樹や施設の外構、個人部の庭など小規模な植生域が多数存在していることが特徴である。このため、その把握にあたっては、可能な限り高い解像度のデータを活用することが重要である。本検討においては、10mの解像度でNDVIを把握できるALOS(AVNIR-2)のデータ(2009年9月20日)を活用して、植生域を把握した。

また、リモートセンシングデータを活用して把握した植生の属性については、環境省が実施した自然環境保全基礎調査(第6、7回)を合わせることで把握した。



ALOS(AVNIR-2)画像(2009年9月20日)と自然環境保全基礎調査植生(第6,7回)

#### 新横浜周辺

大分類	小分類	面積	割合	平均NDVI
緑地	01 公園	25,411	0.21%	0.21
	02 公園(スポーツ)	25,411	0.21%	0.21
	03 公園(その他)	25,411	0.21%	0.21
農地	04 畑	1,800	0.01%	0.18
	05 畑(果樹園)	1,800	0.01%	0.18
	06 畑(その他)	1,800	0.01%	0.18
森林	07 雑木林	12,200	0.10%	0.12
	08 雑木林(果樹園)	12,200	0.10%	0.12
	09 雑木林(その他)	12,200	0.10%	0.12
建物	10 建物	189,361	1.6%	0.15
	11 建物(公園)	189,361	1.6%	0.15
	12 建物(その他)	189,361	1.6%	0.15
水域	13 池	184,211	1.6%	0.14
	14 池	184,211	1.6%	0.14
	15 池	184,211	1.6%	0.14
その他	16 道路	18,100	0.15%	0.16
	17 道路	18,100	0.15%	0.16
	18 道路	18,100	0.15%	0.16
未分類	19 未分類	6,113,077	51.4%	0.14
	20 未分類	6,113,077	51.4%	0.14
	21 未分類	6,113,077	51.4%	0.14
未分類	22 未分類	17,260	0.1%	0.15
	23 未分類	17,260	0.1%	0.15
	24 未分類	17,260	0.1%	0.15
未分類	25 未分類	18,810	0.1%	0.14
	26 未分類	18,810	0.1%	0.14
	27 未分類	18,810	0.1%	0.14
未分類	28 未分類	237,714	2.0%	0.17
	29 未分類	237,714	2.0%	0.17
	30 未分類	237,714	2.0%	0.17
未分類	31 未分類	9,113,077	75.4%	0.14
	32 未分類	9,113,077	75.4%	0.14
	33 未分類	9,113,077	75.4%	0.14
未分類	34 未分類	62,500	0.5%	0.14
	35 未分類	62,500	0.5%	0.14
	36 未分類	62,500	0.5%	0.14
未分類	37 未分類	200,000	1.7%	0.14
	38 未分類	200,000	1.7%	0.14
	39 未分類	200,000	1.7%	0.14
未分類	40 未分類	286,727	2.4%	0.14
	41 未分類	286,727	2.4%	0.14
	42 未分類	286,727	2.4%	0.14
未分類	43 未分類	100,000	0.8%	0.14
	44 未分類	100,000	0.8%	0.14
	45 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	46 未分類	100,000	0.8%	0.14
	47 未分類	100,000	0.8%	0.14
	48 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	49 未分類	100,000	0.8%	0.14
	50 未分類	100,000	0.8%	0.14
	51 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	52 未分類	100,000	0.8%	0.14
	53 未分類	100,000	0.8%	0.14
	54 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	55 未分類	100,000	0.8%	0.14
	56 未分類	100,000	0.8%	0.14
	57 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	58 未分類	100,000	0.8%	0.14
	59 未分類	100,000	0.8%	0.14
	60 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	61 未分類	100,000	0.8%	0.14
	62 未分類	100,000	0.8%	0.14
	63 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	64 未分類	100,000	0.8%	0.14
	65 未分類	100,000	0.8%	0.14
	66 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	67 未分類	100,000	0.8%	0.14
	68 未分類	100,000	0.8%	0.14
	69 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	70 未分類	100,000	0.8%	0.14
	71 未分類	100,000	0.8%	0.14
	72 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	73 未分類	100,000	0.8%	0.14
	74 未分類	100,000	0.8%	0.14
	75 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	76 未分類	100,000	0.8%	0.14
	77 未分類	100,000	0.8%	0.14
	78 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	79 未分類	100,000	0.8%	0.14
	80 未分類	100,000	0.8%	0.14
	81 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	82 未分類	100,000	0.8%	0.14
	83 未分類	100,000	0.8%	0.14
	84 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	85 未分類	100,000	0.8%	0.14
	86 未分類	100,000	0.8%	0.14
	87 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	88 未分類	100,000	0.8%	0.14
	89 未分類	100,000	0.8%	0.14
	90 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	91 未分類	100,000	0.8%	0.14
	92 未分類	100,000	0.8%	0.14
	93 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	94 未分類	100,000	0.8%	0.14
	95 未分類	100,000	0.8%	0.14
	96 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	97 未分類	100,000	0.8%	0.14
	98 未分類	100,000	0.8%	0.14
	99 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	100 未分類	100,000	0.8%	0.14
	101 未分類	100,000	0.8%	0.14
	102 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	103 未分類	100,000	0.8%	0.14
	104 未分類	100,000	0.8%	0.14
	105 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	106 未分類	100,000	0.8%	0.14
	107 未分類	100,000	0.8%	0.14
	108 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	109 未分類	100,000	0.8%	0.14
	110 未分類	100,000	0.8%	0.14
	111 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	112 未分類	100,000	0.8%	0.14
	113 未分類	100,000	0.8%	0.14
	114 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	115 未分類	100,000	0.8%	0.14
	116 未分類	100,000	0.8%	0.14
	117 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	118 未分類	100,000	0.8%	0.14
	119 未分類	100,000	0.8%	0.14
	120 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	121 未分類	100,000	0.8%	0.14
	122 未分類	100,000	0.8%	0.14
	123 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	124 未分類	100,000	0.8%	0.14
	125 未分類	100,000	0.8%	0.14
	126 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	127 未分類	100,000	0.8%	0.14
	128 未分類	100,000	0.8%	0.14
	129 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	130 未分類	100,000	0.8%	0.14
	131 未分類	100,000	0.8%	0.14
	132 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	133 未分類	100,000	0.8%	0.14
	134 未分類	100,000	0.8%	0.14
	135 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	136 未分類	100,000	0.8%	0.14
	137 未分類	100,000	0.8%	0.14
	138 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	139 未分類	100,000	0.8%	0.14
	140 未分類	100,000	0.8%	0.14
	141 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	142 未分類	100,000	0.8%	0.14
	143 未分類	100,000	0.8%	0.14
	144 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	145 未分類	100,000	0.8%	0.14
	146 未分類	100,000	0.8%	0.14
	147 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	148 未分類	100,000	0.8%	0.14
	149 未分類	100,000	0.8%	0.14
	150 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	151 未分類	100,000	0.8%	0.14
	152 未分類	100,000	0.8%	0.14
	153 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	154 未分類	100,000	0.8%	0.14
	155 未分類	100,000	0.8%	0.14
	156 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	157 未分類	100,000	0.8%	0.14
	158 未分類	100,000	0.8%	0.14
	159 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	160 未分類	100,000	0.8%	0.14
	161 未分類	100,000	0.8%	0.14
	162 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	163 未分類	100,000	0.8%	0.14
	164 未分類	100,000	0.8%	0.14
	165 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	166 未分類	100,000	0.8%	0.14
	167 未分類	100,000	0.8%	0.14
	168 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	169 未分類	100,000	0.8%	0.14
	170 未分類	100,000	0.8%	0.14
	171 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	172 未分類	100,000	0.8%	0.14
	173 未分類	100,000	0.8%	0.14
	174 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	175 未分類	100,000	0.8%	0.14
	176 未分類	100,000	0.8%	0.14
	177 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	178 未分類	100,000	0.8%	0.14
	179 未分類	100,000	0.8%	0.14
	180 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	181 未分類	100,000	0.8%	0.14
	182 未分類	100,000	0.8%	0.14
	183 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	184 未分類	100,000	0.8%	0.14
	185 未分類	100,000	0.8%	0.14
	186 未分類	100,000	0.8%	0.14
未分類	187 未分類	100,000	0.8%	0.14
	188 未分類	100,000	0.8%	0.14

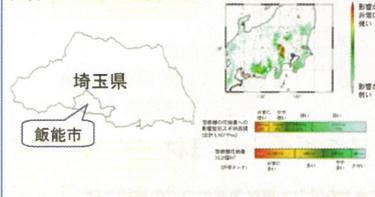
# 針葉樹の花粉飛散量とfPARとの関係

小津慎吾 (株) ウエザーニュース ・ 本郷千春 (CEReS)

**背景・目的：** 現在花粉症患者は増加傾向で、花粉飛散状況の把握は重要である。花粉を生成する雄花の成長が前年夏期に著しいため、現在の花粉飛散量予測には主に前年夏期の気象データが利用されている。一般に前年夏期の日射量が多いと翌年の花粉量が多いと言われているが、この傾向に合わない年もあり、その理由の一つに、気象データは一地点の情報であり植生域を網羅していないことが挙げられる。そこで、広域的な情報を持った衛星データを用いることで、予測精度の向上につながるのではないかと考えた。本研究ではfPARコンポジットデータと花粉飛散量の関係を明らかにし、花粉飛散予測に有効であるか検討することを目的とする。

## 対象地域：埼玉県全域

埼玉県西部は首都圏に飛来するスギ花粉の主要な発生源に推定され、花粉飛散量に与える影響が大きいと考えられる。



## 使用データ

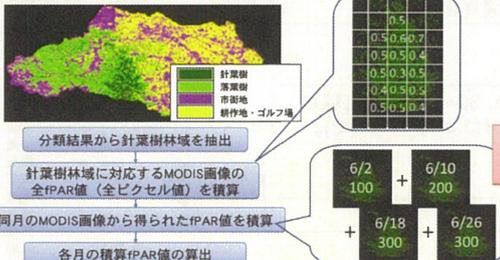
- fPAR(Fraction of Photosynthetically Active Radiation) (光合成有効放射率) データ**  
2003～2009年のMODIS/fPAR 8-day L4 Global 1km ISIN Grid。  
8日間コンポジットデータ。
- Landsat/ETM**  
1999年12月8日、2000年5月23日、2001年6月4日、  
2001年12月20日、2002年10月4日、2002年10月13日。
- 花粉飛散量データ**  
環境省花粉観測システムによって計測された、2004～2010年の埼玉県飯能市役所の月別平均花粉濃度(個/m)データ。
- 植生分類データ**  
環境省の第6、7回植生調査データ。



## 手順1：針葉樹林域の抽出



## 手順2：積算fPAR値の算出



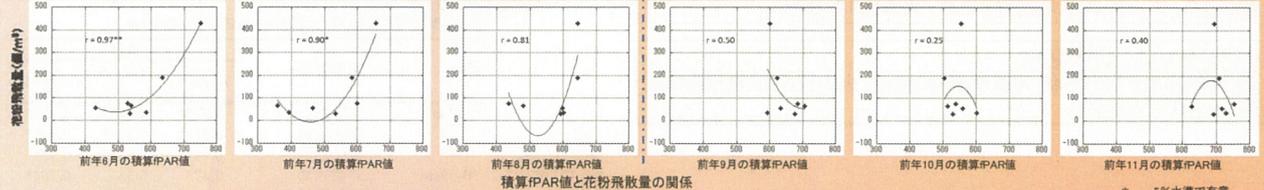
## 手順3：花粉飛散量と積算fPAR値の関係解析

各月ごとの積算fPAR値と花粉飛散量の関係解析

積算開始月を6月と7月に設定した12月までの組み合わせを作る。

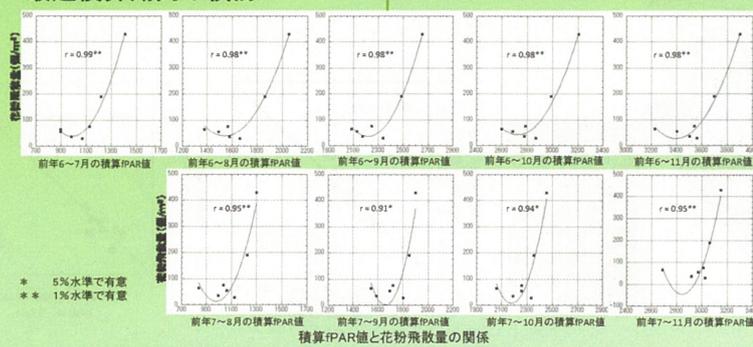
各期間の積算fPAR値と花粉飛散量の関係解析・式の検証

## 結果・考察 ～各月ごとの積算fPAR値と翌年の花粉飛散量の関係～

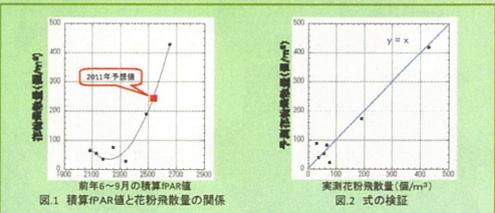


◇6～8月は正の関係が得られた。特に6月の相関がもっとも高く、8月に向かって徐々に相関が低くなった。  
◇9月以降は相関関係はないが、負の傾向が得られた。  
針葉樹林の花粉飛散は2月～5月ごろであり、6月から新しい雄花芽の分化が始まる。このことから、雄花分化初期のfPAR値が花粉生成量に大きく影響する可能性が考えられる。また、雄花は9月ごろまでに分化を終えその後花粉の形成期に入り、11月ごろには休眠に入る。そのため、雄花芽の分化が終わったあとの光合成有効放射量は、休眠に向けてあまり利用されていない可能性が考えられる。

## ～最適積算期間の検討～



6月の積算fPAR値を加えると、7月からの積算fPAR値よりも相関が高くなった。  
各月ごとの積算fPAR値と花粉飛散量の解析結果でその可能性が示されたように、6月の積算fPARが花粉生成に大きく関係していることが考えられる。



◇6～9月の積算fPAR値と花粉飛散量の間に1%水準で  $r = 0.98$ (図.1)の有意な関係が得られ、式の検証の結果、実測花粉飛散量(x)と予測花粉飛散量(y)の間に  $y = 0.96x$ の関係が得られた(図.2)。  
◇6～8月では予測値と実測値の間に  $y = 0.95x$ 、6～11月では  $y = 1.04x$ の関係が得られた。  
雄花芽分化時期(6～9月)や花粉生成に関わる全ての期間(6～11月)の積算fPAR値が、花粉生成に大きな影響を及ぼしていると考えられる。

**まとめ：** 各月ごとの積算fPAR値と花粉飛散量の解析結果から、前年6月の積算fPAR値と翌年の花粉飛散量の関係が最も高く、雄花芽形成初期にあたる6月のfPAR値が雄花芽分化に強く影響していると考えられる。また、複数月の積算fPAR値と花粉飛散量の関係解析、検証結果から、前年夏期(6～8月、6～9月)や6～11月の積算fPAR値の利用が、花粉飛散量予測に有効である可能性が示された。今後は、対象地域を広げ対象年数を増やし、同様の傾向が得られるか検討していきたい。

# 衛星リモートセンシングを利用した畑地土壌炭素蓄積量の推定

丹羽勝久 (株) スコーシャ・本郷千春 (CERes)

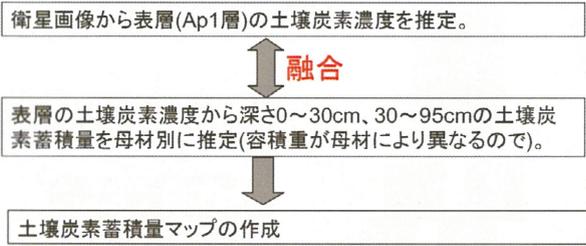


現在、地球温暖化緩和対策として、土壌炭素貯留能が注目。本研究では衛星リモートセンシングから土壌炭素蓄積の現存量把握を目的。



図 芽室町の土壌母材

## 土壌炭素蓄積推定の手順



土壌炭素蓄積量マップの作成  
(マップ作成に利用した調査地点: 全55地点のうち35地点: 河成堆積物9地点、火山灰/河成堆積物9地点、火山灰17地点)

作成したマップの精度検証  
(全55地点のうち20地点: 河成堆積物3地点、火山灰/河成堆積物5地点、火山灰12地点)

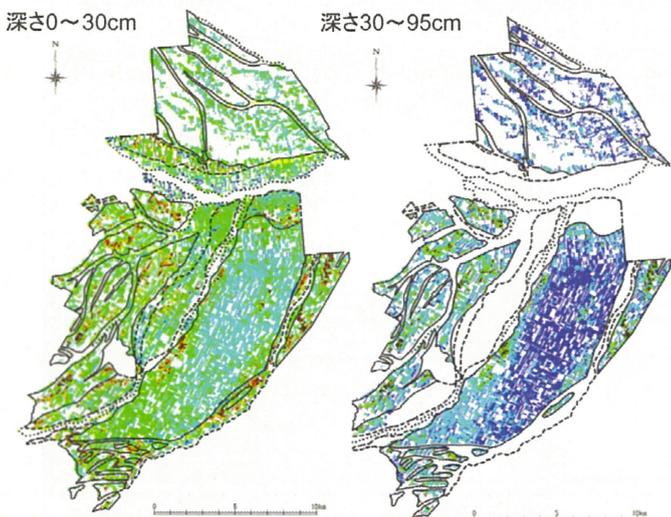


図 芽室町の土壌炭素蓄積量マップ

表 衛星画像の各輝度値と表層の土壌炭素濃度の間の相関係数

波長	回帰方法	母材			全母材 (n=35)
		Al (n=9)	Vol/al (n=9)	Vol (n=17)	
緑	線形	-0.76*	-0.74*	-0.78**	-0.67**
	対数	-0.78*	-0.74*	-0.80**	-0.69**
	指数	-0.71*	-0.88**	-0.85**	-0.69**
赤	線形	-0.74*	-0.88**	-0.86**	-0.70**
	対数	-0.78*	-0.79*	-0.75**	-0.67**
	指数	-0.82**	-0.81**	-0.78**	-0.68**
近赤外	線形	-0.75*	-0.90**	-0.82**	-0.70**
	対数	-0.78*	-0.91**	-0.84**	-0.71**
	指数	-0.75*	-0.90**	-0.82**	-0.70**
中間赤外	線形	-0.65*	-0.71*	-0.88**	-0.72**
	対数	-0.69*	-0.71*	-0.88**	-0.69**
	指数	-0.63	-0.82**	-0.88**	-0.74**
近赤外	線形	-0.66*	-0.81**	-0.90**	-0.71**
	対数	-0.65*	-0.81**	-0.88**	-0.71**
	指数	-0.63	-0.82**	-0.88**	-0.74**
中間赤外	線形	-0.05	-0.61	-0.04	-0.27
	対数	-0.04	-0.65	-0.03	-0.16
	指数	-0.10	-0.35	-0.03	-0.30
近赤外	線形	-0.09	-0.40	-0.03	-0.20
	対数	-0.09	-0.40	-0.03	-0.20
	指数	-0.09	-0.40	-0.03	-0.20

\*p < 0.05, \*\*p < 0.01. †表層火山灰; 火山灰/河成堆積物、火山灰のデータ。Al, 河成堆積物; Vol/al, 火山灰/河成堆積物; Vol, 火山灰

表 表層の土壌炭素濃度と土壌炭素蓄積量の間の相関係数

深さ	回帰方法	母材		
		Al (n=9)	Vol/al (n=9)	Vol (n=17)
0-30cm	対数回帰	0.97**	0.96**	0.96**
	指数回帰	0.91**	0.87**	0.94**
	累乗回帰	0.94**	0.97**	0.97**
30-95cm	対数回帰	0.47	0.38	0.78**
	指数回帰	-	0.60	0.94**
	累乗回帰	-	0.65	0.90**

\*\*p < 0.01. Al, 河成堆積物; Vol/al, 火山灰/河成堆積物; Vol, 火山灰.

土壌炭素蓄積量は、土壌炭素濃度×容積重で算出されること、一般に土壌炭素濃度と容積重は負の相関関係を有すること等を理由とし、表層の土壌炭素濃度と土壌炭素蓄積量の関係は、線形回帰を除く、各単回帰方法(対数、指数、累乗)で検討。

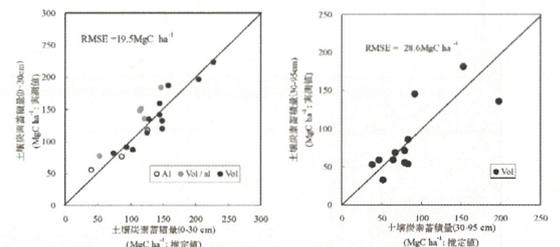


図 土壌炭素蓄積量の推定値と実測値の関係  
Al, 河成堆積物; Vol / Al, 火山灰/河成堆積物; Vol, 火山灰

衛星リモートセンシングは、畑地の広域的土壌炭素蓄積量の把握に有効。今後の課題として、営農により変化する微細な土壌炭素蓄積量をモニタリングするために、予測精度の精緻化が重要。



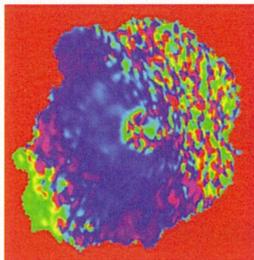
## 衛星リモートセンシングを用いた 自然災害の監視と予測 ～大気圏/電離圏擾乱と地震活動～

服部克巳(千葉大学大学院理学研究科)  
紺晋平(千葉大学大学院理学研究科)  
廣岡伸治(千葉大学大学院理学研究科)  
劉正彦(台湾国立中央大・太空科学研究所)  
D. Ouzounov (NASA/Chapman Univ., USA)

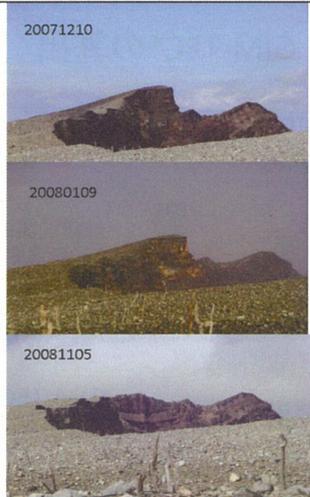
## 自然災害(地殻変動Geohazard)の 監視・予測と衛星リモートセンシング

- (1) 測地学的リモートセンシング: SAR (In-SAR)、GPS測位
  - (2) 熱・電磁気学的リモートセンシング
    - ・火山活動監視: 可視光, 赤外, マイクロ波(MODIS, AVHRR, MT-SAT, GOES etc)
    - ・地震活動監視: 地震電磁気衛星(DEMETER(仏), Quake-Sat (米))
- 電磁放射  
電離圏/大気圏擾乱の監視(電子/イオン密度異常、温度異常)  
→ GPS 電波を用いた電離圏擾乱の監視  
事例解析  
統計解析  
3次元電離圏トモグラフィ

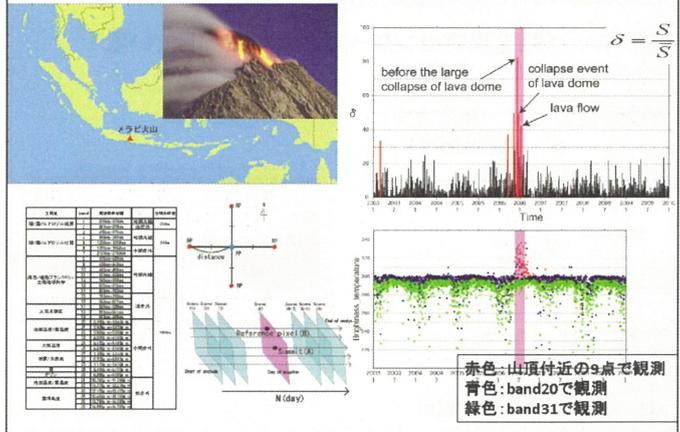
### 三宅島雄山火口壁 崩落? (In-SAR)



20071215-20080130 ALOS

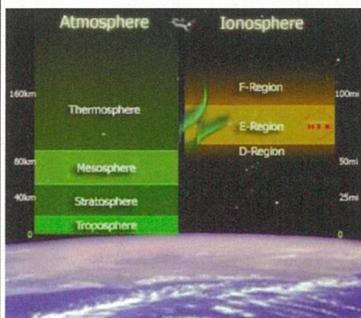


### 火山活動監視(MODIS, AVHRR, etc)

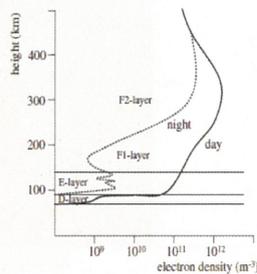


### 研究背景 電離圏とは?

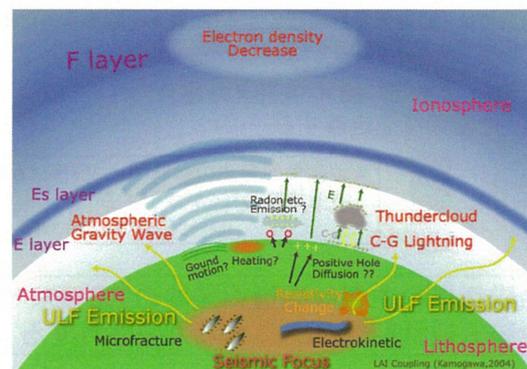
電離圏とは、超高層大気に存在する分子や原子が、太陽からの極紫外線によって部分的に電離した領域で、高度50-1000kmに存在



大気圏 (温度分布による分類) 電離圏 (電子密度分布による分類)



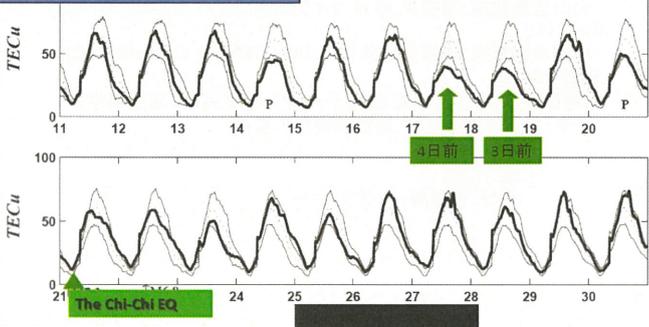
### 地図—大気圏—電離圏結合 Lithosphere-Atmosphere-Ionosphere coupling (LAI coupling)



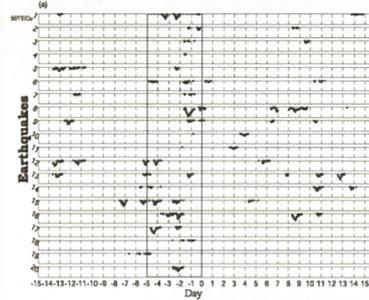
### 研究背景 地震活動に先行する電離圏総電子数異常

電離圏総電子数(TEC)がChi-Chi地震の3,4日前に顕著に減少  
(Liu et al., 2001) (負のTEC異常が出現)

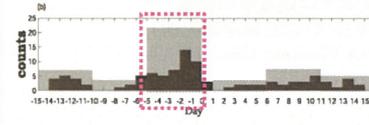
#### 1999年台湾Chi-Chi地震



### 研究背景 地震活動とTECとの統計解析(1)



[台湾]  
M ≥ 6.0 地震の1-5日前に  
負のTEC異常が統計的に  
有意.



(Liu et al., AG, 2004)

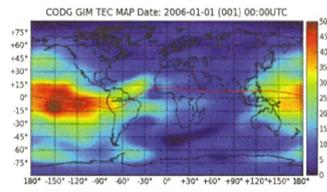
### Global Ionosphere Maps (GIM)

ヨーロッパ軌道決定センター(CODE)が公開している  
全球のTECグリッドデータ

空間解像度: 2.5° (緯度方向)  
5° (経度方向)  
時間解像度: 2時間

線形補間

空間解像度: 1° (緯度方向)  
1° (経度方向)  
時間解像度: 1時間

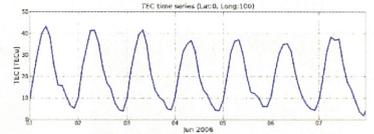


GIMデータの例(2006年1月1日)

任意の時空間における  
GIM-TECを算出して解析に使用

### GIM-TEC\*の算出

TECは昼すぎにピークをもつ  
規則的な日変動を示す



地震に関連する電離圏異常の識別の為,  
TECの日変動の除去が必要

同時刻の過去15日間のTECの平均をモデルとして,  
差(ΔTEC)を算出し, 同時にその標準偏差σで規格化

$$GIM-TEC^*(t) = \frac{GIM-TEC(t) - GIM-TEC_{mean}(t)}{\sigma(t)}$$

### 地磁気擾乱に起因するTEC異常の除去

本研究では, 地磁気擾乱に起因するTEC異常を除去するため,  
以下の基準を設定する

Dst 指数が -60 nT を超えた場合,  
地磁気嵐と定義する

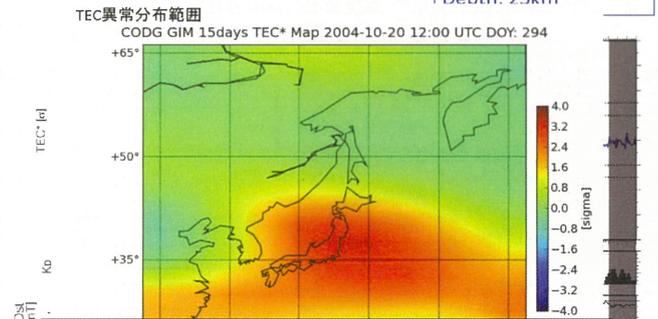
★地磁気嵐発生の数時間-2日後にかけて  
中低緯度のTECが減少する  
(Kelley, 1989; Davies, 1990)

地磁気嵐の主相~回復相開始の2日後までを  
地磁気擾乱期間として, 解析から除外する

### 事例解析

2004中越地震

2004/10/23 08:56UT  
M: 6.8  
Depth: 23km



地震前にTEC異常発生  
しかし, 地震に関係ないと思われる期間にもTEC異常が発生  
⇒ 事例解析からだけでは, TEC異常の識別は困難

# 統計解析 Superposed Epoch Analysis : SEA

SEAとは？

時系列データがある基準日を原点として重ね合わせ、S/N比を向上させる為の統計手法

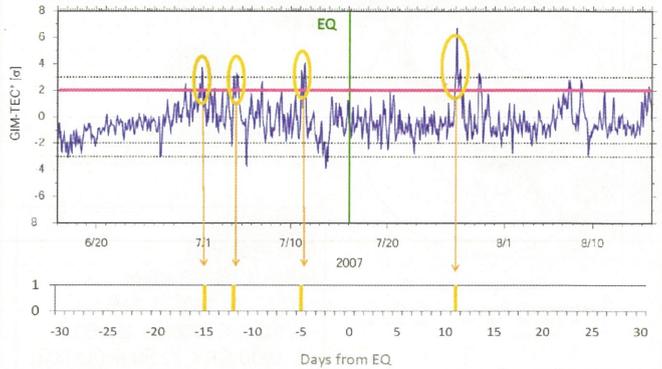
- 周期性を持つ現象
- 先行現象
- 複数の現象間の因果関係



典型的な特徴を抽出

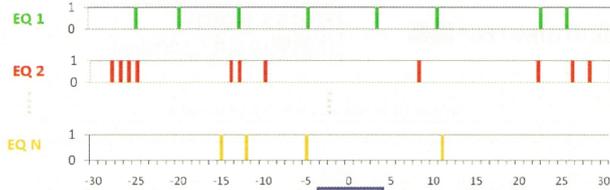
## Superposed Epoch Analysis手順(1)

① 地震日の前後30日を対象として、1日ごとにGIM-TEC\*が10時間以上閾値 $2\sigma(-2\sigma)$ を超えたとき正の(負の)異常とカウント

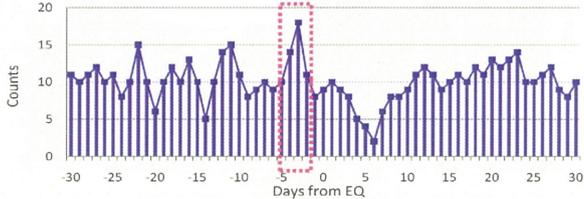


## Superposed Epoch Analysis手順(2)

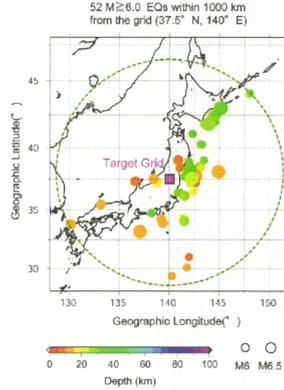
② 対象とするN個の地震に対して①の手順を実施



③ 足し合わせる



## SEA解析



[解析対象地震]  
1998/05 - 2010/05 (12年間)に日本付近で発生した  
M ≥ 6.0, 深さ ≤ 40 kmの52個の地震  
地震カタログ: USGS

解析対象のTECグリッドを  
(37.5° N, 140° E)に固定

地震とは関係ない日を時系列からランダムに抽出することで有意性を評価

## SEA解析結果 [固定したTECグリッド]

負のGIM-TEC\*異常

$0 \leq R < 1000\text{km}$  (52EQs)

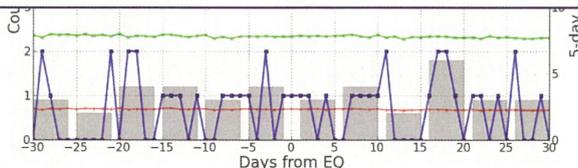
Negative anomaly ( $A$ )  $0 \leq R < 1000\text{km}$

[統計的なSEA結果の評価]

➤ Random-mean

“12年間のGIM-TEC\*データの中から、地震数と同じ52日をランダムに抽出し、SEAを行う”ことを10000回繰り返した平均

➤ Random-mean+2σ

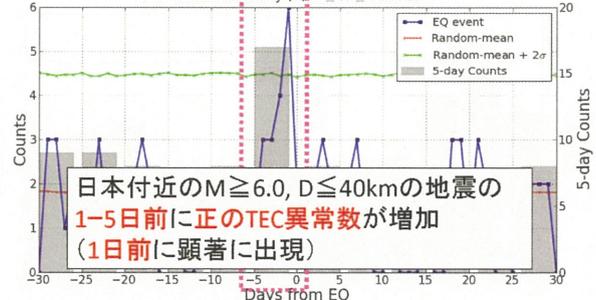


## SEA解析結果 [固定したTECグリッド]

正のGIM-TEC\*異常

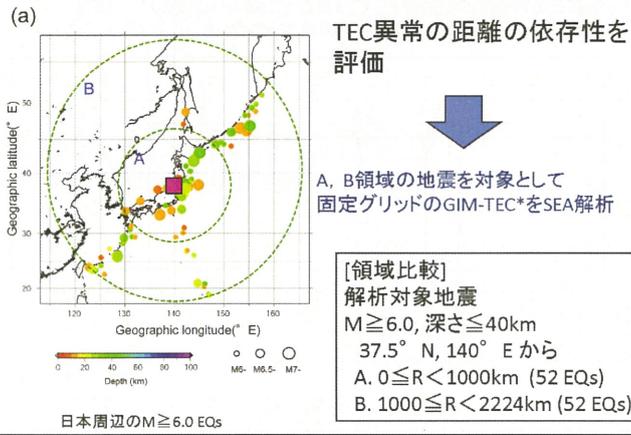
$0 \leq R < 1000\text{km}$  (52EQs)

Positive anomaly ( $A$ )  $0 \leq R < 1000\text{km}$

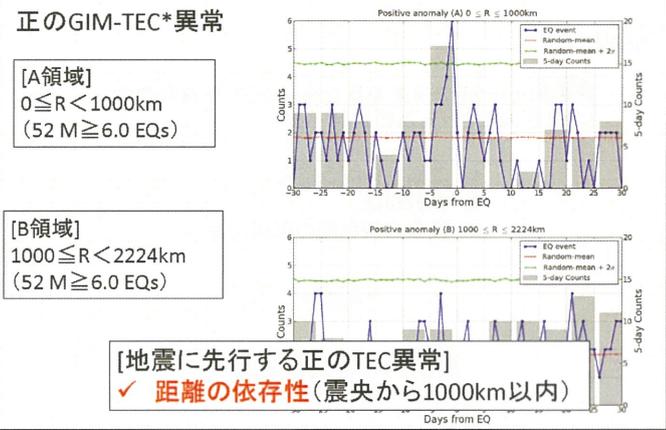


日本付近のM ≥ 6.0, D ≤ 40kmの地震の  
1-5日前に正のTEC異常数が増加  
(1日前に顕著に出現)

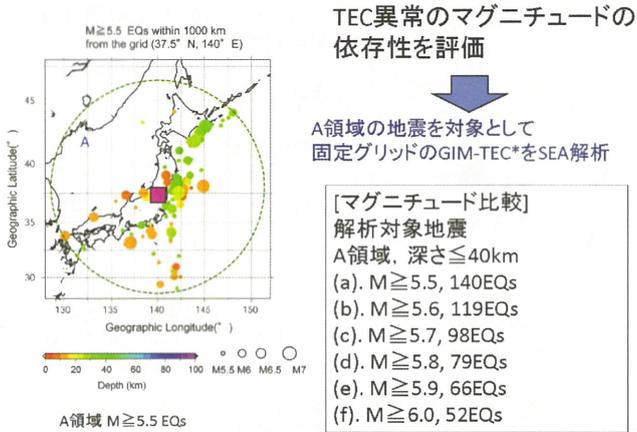
### SEA解析 [領域比較]



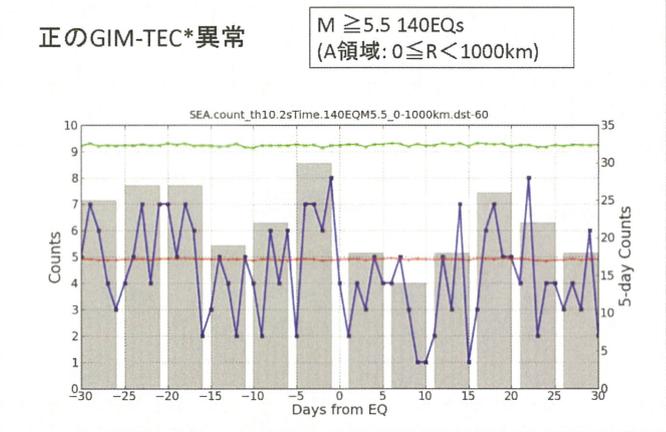
### SEA解析結果 [領域比較]



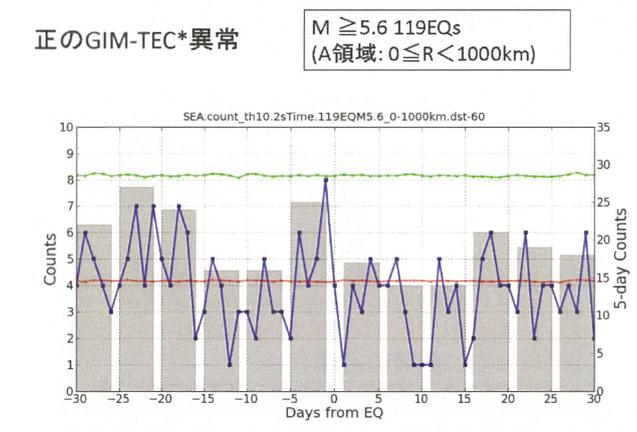
### SEA解析 [マグニチュード比較]



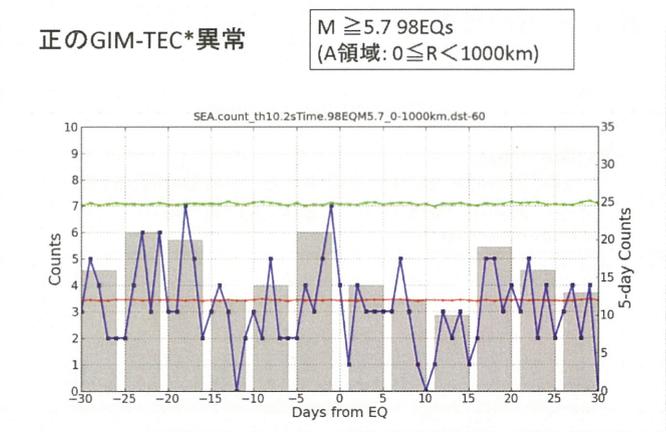
### SEA解析結果 [マグニチュード比較]



### SEA解析結果 [マグニチュード比較]



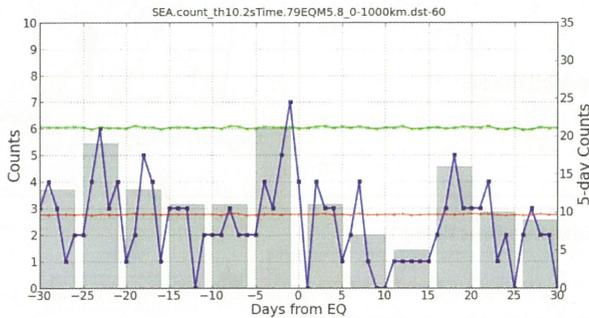
### SEA解析結果 [マグニチュード比較]



### SEA解析結果 [マグニチュード比較]

正のGIM-TEC\*異常

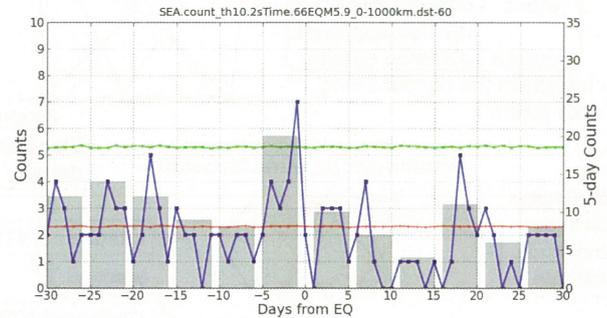
$M \geq 5.8$  79EQs  
(A領域:  $0 \leq R < 1000\text{km}$ )



### SEA解析結果 [マグニチュード比較]

正のGIM-TEC\*異常

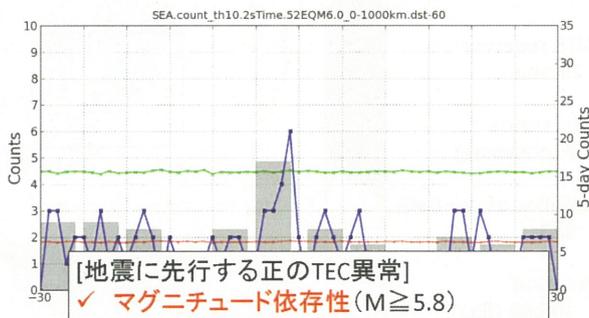
$M \geq 5.9$  66EQs  
(A領域:  $0 \leq R < 1000\text{km}$ )



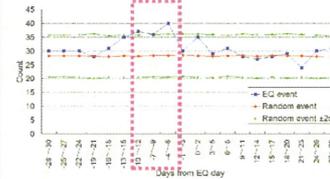
### SEA解析結果 [マグニチュード比較]

正のGIM-TEC\*異常

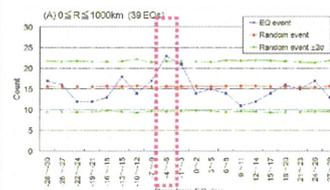
$M \geq 6.0$  52EQs  
(A領域:  $0 \leq R < 1000\text{km}$ )



### 地震活動とTECとの統計解析(低磁気緯度領域)



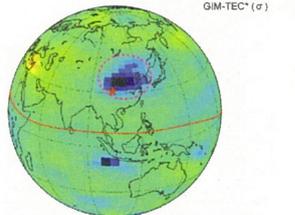
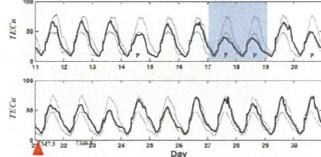
[インドネシア]  
 $M \geq 6.0$  地震の4-12日前に負のTEC異常が統計的に有意.



[中国]  
 $M \geq 6.0$  地震の4-6日前に負のTEC異常が統計的に有意.

### トモグラフィーの開発

地震に先行する電離圏異常



Liu et al.,(2004)

Liu et al.,(2009)

地震の数日(1~5日前)にTEC(総電子数)の顕著な減少

- ・電離圏下部の擾乱
- ・F層での電子密度低下 ... 電離圏内で観測される様々な現象

電離圏異常の総合的(3次元)構造の解明

メカニズム解明のヒント

### Ionospheric Tomography

Slant TEC observed by ground GPS receiver.

Reconstruct the electron density at any coordinates.

ill-posed problem ... Lack of horizontal ray paths.

Previous study ...

Austen et al.,(1988)  
Garcia-Fernandez et al.,(2003)  
...

To apply to the study of earthquake...

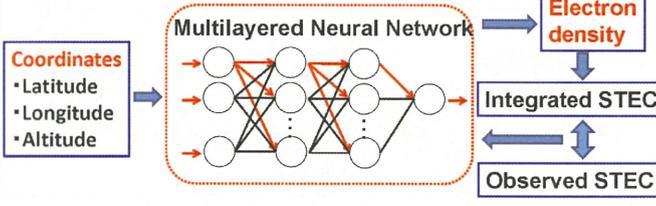
- Reconstruction from sparse data
- Model independent

Most of these method need a lot of data and/or ionosphere model for initial value.

Tomography using Neural Network  
Ma et al.,(2005)

## Neural Network

1. Divide a ray path into any segments.
2. Construct the **Neural Network**
  - input : coordinates of divided segments
  - output : electron density
3. Integrate the output along ray paths



## Basic Function

Observed Slant TEC

$$I_i^j = \int_{r_i}^{r_j} N(\vec{r}) ds + B_i + B_j \quad \dots(1)$$

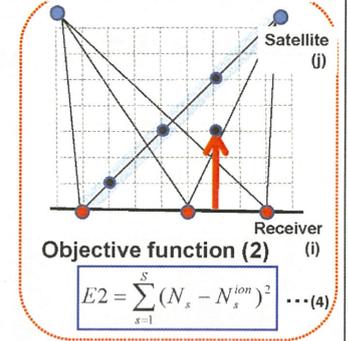
Discretization

$$I_i^j \approx \sum_{q=1}^Q \alpha_q N(\vec{r}) + B_i + B_j + P_i^j \quad \dots(2)$$

Objective function (1)

$$E1 = \sum_{q=1}^Q (\alpha_q N(\vec{r}) + B_i + B_j + P_i^j - I_i^j)^2 \quad \dots(3)$$

Constrain by ionosonde data



$$E2 = \sum_{s=1}^S (N_s - N_s^{ion})^2 \quad \dots(4)$$

$$E = gE1 + E2 \quad \dots(5)$$

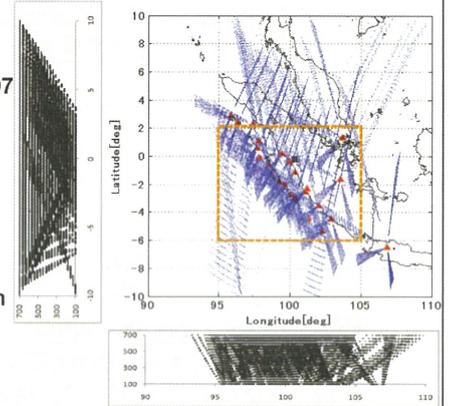
g : Penalty Coefficient

## Application to observed data

## Sumatra region

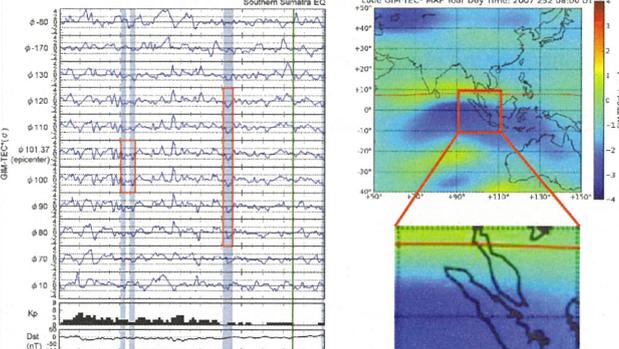
Parameters

- Date/Time  
07:30-07:45(UT)  
9 September, 2007
- GPS receiver  
**25 site**
- Ionosonde  
Kototabang
- Number of ray path  
**883**
- Iteration  
10,000 (fix)



## 異常の検出と2次元分布

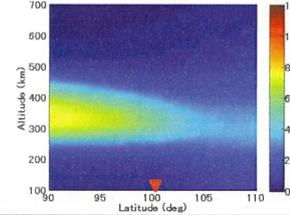
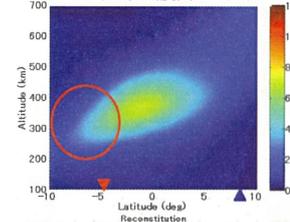
9/9, 14-15LT



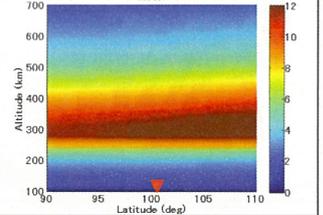
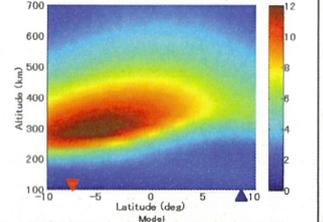
地震の3日前(9/9), 14:00-15:00LTに注目  
トモグラフィーは14:30-14:45LTに適用

## トモグラフィー

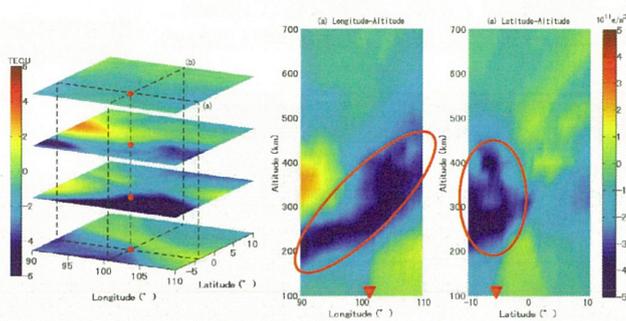
トモグラフィー(震央上空)



IRIモデル(震央上空)



震央周辺の電子密度低下領域の構造



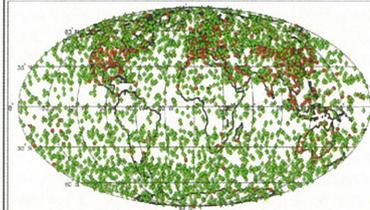
- ・南北方向：震央上空のF層高度に集中
- ・東西方向：高度と共に東方へ傾く

FORMOSAT-3/C

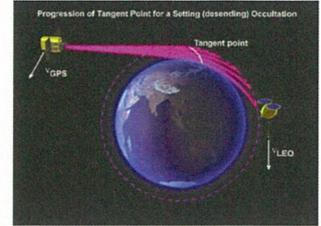
- ・2006年4月打ち上げ
- ・高度800kmを周回する6機の小型衛星により構成。

気圧、温度、湿度、電子密度等の高度プロファイルデータを取得。

Occultation Locations for COSMIC, 6 S/C, 6 Planes, 24 Hrs



<http://www.cosmic.ucar.edu/index.html>



- ＜長所＞
- ・海上など地上からの観測が困難なエリアのデータが取得可能。

- ＜短所＞
- ・任意の時刻、エリアの連続観測が困難

プロファイルデータの異常検出

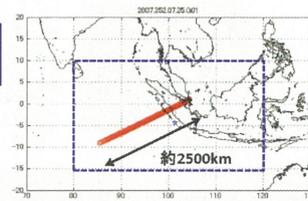
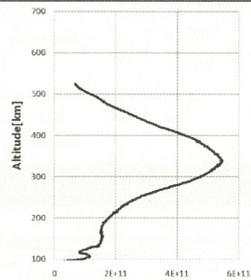
Liu et al.,(2009)の手法に準拠

異常が報告された時刻の±90分、  
Lat:-15～10deg, Lon:80～120deg  
を通るプロファイルを抽出

プロファイルを等間隔に補間(10km)

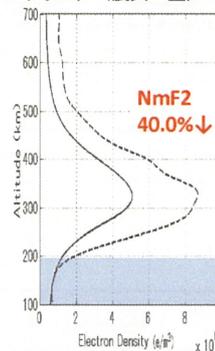
各高度における過去15日間の  
電子密度の中央値を算出

中央値と異常報告日時の  
プロファイルと比較

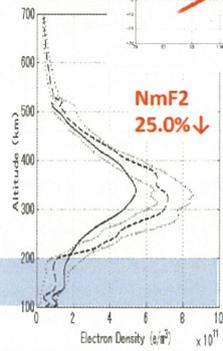


FORMOSA-3/Cによる検証

トモグラフィー(震央上空)



FORMOSAT-3/C



高度200 km以下での不一致

まとめ

- ・地震に先行する電離圏総電子数異常事例解析／統計的解析
  - 磁気赤道～低緯度域 減少が有意
  - 磁気中緯度(日本など) 増加が有意
- ・3次元電離圏トモグラフィー
  - ニューラルネットワークの適用により概ね良好な再構成を実現
  - 低高度にエラー→適切な拘束条件の導入の必要性(衛星による掩蔽観測、イオノゾンデ)

# P04 WNI衛星プロジェクトの地上長光路吸収分光計測

増田健二 (静岡大・工), 蒲 靖人, 齊藤隼人, バンス, 眞子直弘 (CEReS), 原山洋平, 山本雅也 ((株)ウェザーニューズ), 長 康平, 久世宏明 (CEReS)

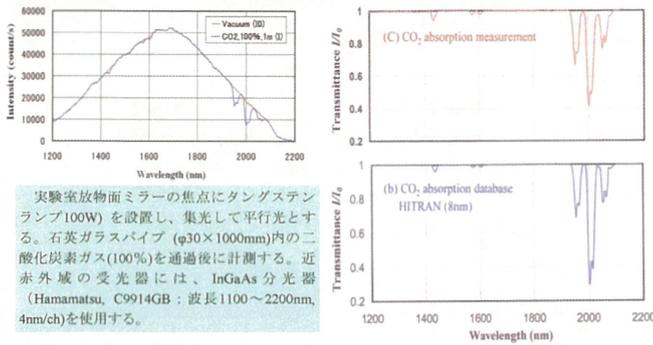


## 背景

大気中に含まれる様々な微量気体成分やエアロゾルは、地球規模で運搬されて住民の健康に大きな影響を与えるとともに、大気の放射収支を変化させ、気候変動や地球温暖化の進行にも大きな影響を与えている。代表的な汚染物質としては、二酸化窒素(NO<sub>2</sub>)、二酸化イオウ(SO<sub>2</sub>)、オゾン(O<sub>3</sub>)やエアロゾル(浮遊粒子状物質:SPM)などがあり、実際の大気中におけるこれら微量成分を定量的に測定する必要がある。エアロゾルも大気汚染物質であり、その散乱や吸収の光学特性は放射伝達に大きな影響を及ぼす。

大気汚染物質を光学のリモートセンシングにより測定する手法として、数km隔たった2点間での平均濃度が計測可能な長光路差分吸収分光(DOAS: Differential Optical Absorption Spectroscopy)法が有効である。これまでの航空障害灯などを光源として用いたDOAS法では、可視域に吸収帯をもつNO<sub>2</sub>の微量気体成分の高感度計測およびエアロゾル計測が可能となっている。ここでは同様の手法を用い、近赤外域に吸収帯をもつ二酸化炭素や水蒸気計測に適用する。実験室では、タングステンランプからの光を集光して平行光とし、石英ガラス容器内の吸収ガスを通過後に計測し、差分吸収スペクトルの解析を行う。実大気中での観測では、ハロゲン光源を用いて近赤外光を発生させ、数kmの大気伝搬後の光を分光して微量気体計測する長光路DOAS観測を行う。その他、太陽光を光源として用い、多方向での観測を行う多軸(MAX Multi-Axis) DOASがある。MAX-DOAS法を用い、紫外-可視域-近赤外分光器を用いて複数の方向での散乱太陽光スペクトルを観測し、斜め方向に積算した光学の厚さの放射伝達計算を行って鉛直コラム量に変換する。昨年、環境省とJAXAによりGOSAT(いぶき)衛星が打ち上げられて宇宙からの二酸化炭素の分布計測が行われていることから分かるように、信頼性の高い二酸化炭素計測は地球温暖化対策の一環として社会的な重要性を増している。

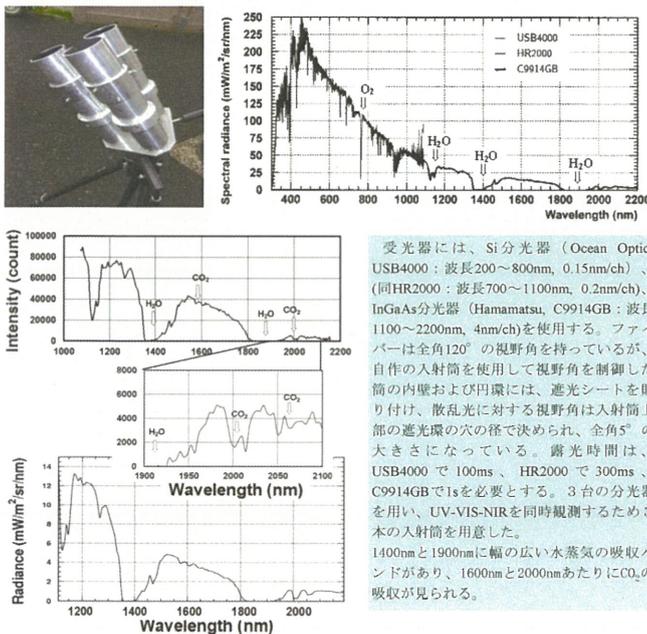
## 実験室での二酸化炭素の吸収計測



実験室放射物面ミラーの焦点にタングステンランプ(100W)を設置し、集光して平行光とする。石英ガラスパイプ(φ30×1000mm)内の二酸化炭素ガス(100%)を通過後に計測する。近赤外域の分光器には、InGaAs分光器(Hamamatsu, C9914GB; 波長1100~2200nm, 4nm/ch)を使用する。

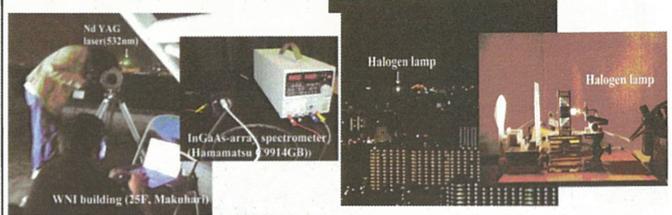
CO<sub>2</sub>の吸収帯の測定データを示す。2000nm辺りに強い吸収帯、1600nm辺りに弱い吸収帯が計測された。縦軸は容器内を真空にした場合(光強度I<sub>0</sub>)、その後大気圧のCO<sub>2</sub>ガスを注入した場合(光強度I)の透過率(I/I<sub>0</sub>)であり、HITRANデータベース(8nm)からの予想とよく一致する結果が得られた。

## 太陽散乱光によるUV-VIS-NIR波長域同時観測

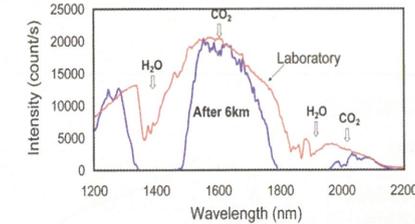


分光器には、Si分光器(Ocean Optics USB4000; 波長200~800nm, 0.15nm/ch)、(同HR2000; 波長700~1100nm, 0.2nm/ch)、InGaAs分光器(Hamamatsu, C9914GB; 波長1100~2200nm, 4nm/ch)を使用する。ファイバーは全角120°の視野角を持っているが、自作の入射筒を使用して視野角を制御した筒の内壁および円環には、遮光シートを貼り付け、散乱光に対する視野角は入射筒上部の遮光環の穴の径で決められ、全角5°の大きさにしている。露光時間は、USB4000で100ms、HR2000で300ms、C9914GBで1sを必要とする。3台の分光器を用い、UV-VIS-NIRを同時観測するため3本の入射筒を用意した。1400nmと1900nmに幅の広い水蒸気の吸収帯があり、1600nmと2000nmあたりにCO<sub>2</sub>の吸収が見られる。

## ハロゲンランプを用いた近赤外域DOAS法による観測

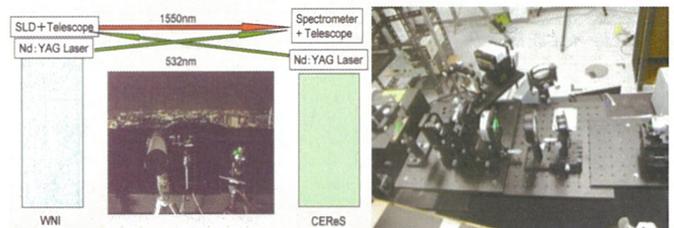


近赤外域DOAS法による観測では、千葉大学総合研究棟9階の実験室にハロゲン(1000W)光源装置を設置し、6km隔たった幕張テクノガーデン西高層館(WNI)25階の屋上に受光装置(天体望遠鏡、InGaAs分光器、パソコン)を設置する。受光装置としては、口径200mmの天体望遠鏡で微弱な光を集光させ、InGaAs分光器(HAMAMATSU C9914GB)で測定する。光源装置としては、放射面鏡の中心部分にハロゲンランプを設置し、平行光にして遠方まで光が届くようにした。



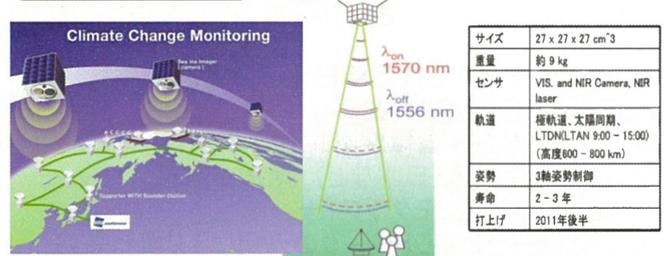
DOAS法による水平方向の光路長6kmのCO<sub>2</sub>および水蒸気の吸収スペクトルの観測結果を示す。1000Wハロゲンランプ光を実験室で測定した場合(赤線)と6kmの大気中を通過させた場合(青線)を比較する。1400nmと1900nmに幅の広い水蒸気の吸収帯があり、1600nmと2000nmにはCO<sub>2</sub>の吸収が見られる。

## S L Dを用いた近赤外域DOAS法による観測



大気中での観測では、千葉大学CEReS実験室に受光装置(天体望遠鏡、InGaAs分光器、パソコン)を設置し、6km隔たった幕張テクノガーデン西高層館(WNI)25階の屋上にスーパーレミネッセントダイオード(SLD, DenseLight)光源を設置する。SLD光源から近赤外光(1500-1600nm)を発生させ、天体望遠鏡により平行光にして照射させ、6kmの大気伝搬後の光を分光して微量気体計測する長光路吸収分光観測を行う。受光装置としては、フォトダイオードアレイ(PDA)を用いた自作の分光器を用いる。集光には口径200mmの天体望遠鏡を用い、ブレイズ波長1500nm、600本/mmの反射型回折格子により分光した光をPDA(InGaAs PDA, Hamamatsu G10768-1024D)で受光した。画素数は1024chであり、近赤外光1500-1600nm(100nm)の設定では、波長サンプリング間隔は0.1nm/chとなる。望遠鏡のアライメントには2台の可視レーザーを利用した。

## WNI衛星プロジェクト



気候変動や地球温暖化に対する取り組みのひとつとして、超小型感測衛星「WNI衛星」を打ち上げ、温暖化の原因となる温室効果ガスや、温暖化によって減少し続けている北極海の海水などを企業や一般サポーターとともに感測するプロジェクトである。

## 結論

MAX-DOAS計測は複数の方位・仰角で紫外-可視-近赤外域での散乱太陽光スペクトルを観測し、CO<sub>2</sub>、水蒸気などの吸収帯を同時計測し、温室効果気体の対流圏で鉛直方向の観測する。このように広域大気汚染は立体的であるため、広域鉛直濃度観測を行えば、衛星データの検証としての役割も期待される。近赤外域DOAS法による手法では、近赤外域に吸収帯が存在するCO<sub>2</sub>などの温室効果ガスによる差分吸収分光強度が求まり、ガス濃度に伴う吸収率の定量化が可能になる。ハロゲン光源を用いて、大気中の長光路でCO<sub>2</sub>の広域平均濃度を計測することが、世界に先駆けて可能になる。

# プロジェクト - 5

STC  
Science, Technology, Customer

## CP-SARエリア確定カメラの簡易校正方法と データ通信方式の手法検討

2011年2月21日

大前宏和<sup>1)</sup>, 三宅俊子<sup>2)</sup>, ヨサファット テトオク スリ  
スマンテイヨ<sup>2)</sup>, 西尾文彦<sup>2)</sup>

1)株式会社 センテナシア, 2)千葉大学

Sentencia Corporation

STC  
Science, Technology, Customer

### 発表内容

- ✓ CP-SARカメラ
  - ・SAR観測エリアを知る(CP-SARエリア確定カメラ)
  - ・リモートセンシングによりデータを取得する(観測カメラ)

それぞれ必要な情報が異なる。  
 エリア確定カメラ=場所を知る  
 観測カメラ=データを取る  
 当初は小型衛星(昨年の検討)→現状は航空機搭載と念頭において再検討  
 検討の前提条件として、『低コスト』、『小型軽量』、しかし『しっかりデータは取れる』！  
 標題の『校正』は言い過ぎて、未だ『評価』であるが、念頭には校正に持っていく道筋

Sentencia Corporation

STC  
Science, Technology, Customer

### 昨年抽出した課題

- 1)CP-SARエリア確定  
 CP-SARの観測エリアに対して観測エリアをカメラ撮影にどのように決定するか？  
 →市販レンズでは対応できない可能性はある。→**小型レンズを設計して評価した**  
 →安価に済ませるためには市販レンズを使用し、その撮影範囲で観測エリアを確定する。
- 2)画質  
 市販レンズとカメラの組合せだけによるシステム性能の最適化は難しい  
 →波長域の制限などの検討が必要→**バンドパスフィルターを検討した(エリアカメラというよりは観測カメラとしての性能)**  
 →今後、このカメラ撮影で対象を観測するとシステム性能の向上が必要と思われる。

Sentencia Corporation

STC  
Science, Technology, Customer

### エリア確定カメラの検討

- ✓ CP-SARエリア確定カメラ
  - ① 飛行高度: 100m~
  - ② 位置精度?

↓

- ・GPSデータで地図上のプロットで飛行経路を知る
- ・リアルタイムで位置を知る(画像として)
- ・SARデータとのタイムスタンプで位置を知る(データ回収後)

↓

搭載機を知る必要がある  
(裏を返せば発表者は知らない.....)

Sentencia Corporation

STC  
Science, Technology, Customer

### エリア確定カメラの検討

- ✓ システム(画像で位置を知るシステムReal-Time)

CMD:obs-ON/OFF  
:save  
:transmit

Camera data → Onboard PC → PC on-ground/Real Time  
 Onboard PC → SD

Sentencia Corporation

STC  
Science, Technology, Customer

### エリア確定カメラの検討

- ✓ システム(onboard)

Camera      PC(analog sensor入力有り)  
SDなど保存機能は追加必要

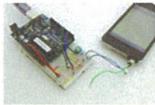
☆代替案(今後時間的制約がある場合の):  
 SDメモリ機能付きカメラを搭載する。  
 飛行前に撮影ON  
 帰還後、データ回収

Sentencia Corporation

### エリア確定カメラの検討

- ✓ システム (通信)

前のPageでのOnboardPCでの通信確認



開発中  
\* 安定しない....

☆代替案 (今後時間的制約がある場合の):  
携帯 (スマートフォン) を搭載  
+ アプリ開発 (=iOS4, Android) でリアルタイム動画を送信、  
などの検討

### エリア確定カメラの検討

- ✓ エリア確定カメラの予想映像 (こんな感じに見える?)



### 観測カメラの検討

- ✓ CP-SAR観測カメラ

- ① リモートセンシングデータの取得 (ASTERバンド)
- ② 地上分解能: 10m (TBD)

地上分解能は昨年の検討手法に基づいて、  
レンズ、検出器の選択で対応は可能



既存品で仕様を満たさないなら、  
レンズを設計し、最適化を図ればよい。設計し評価した。

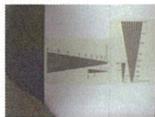
### カメラレンズの検討 (解像度、色校正)

- ① 小型新規設計レンズの解像度例  
(航空機を念頭に開発した小型レンズ)



### カメラレンズの検討 (解像度、色校正)

- ① 小型新規設計レンズの解像度例  
(航空機を念頭に開発した小型レンズ:  $\phi 20\text{max}$ )



観測用レンズ



エリア用レンズ

### カメラレンズの検討 (解像度、色校正)

- ② 色校正の例

色チャート

撮像画像



### 観測カメラの検討

ASTERバンドに合わせたバンド仕様

- ASTER B1 0.52~0.60 $\mu$ m
- ASTER B2 0.63~0.69 $\mu$ m
- ASTER B3 0.76~0.86 $\mu$ m

普通に作っても高コスト

(ASTERは宇宙機器なので、べらぼう！高いが、地上品としても非常に高価)

低コストでどこまで作れるか？

### 観測カメラの検討

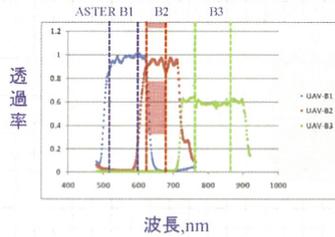
ショートカットオフ+ロングカットオフで可能か？

ASTERバンドに合わせたUAVバンド仕様の目標  
=ASTERバンド仕様

- UAV B1~UAV B3の分光波長特性を測定した。

### 観測カメラの検討

ASTERバンドとUAVバンドの比較



### 今後の検討課題

- 1) CP-SAR エリア確定カメラ  
Real Time? or 後処理?  
→ Real Timeを念頭に検討し、一歩進めた機器を製作し、評価する。
- 2) 1) CP-SAR (相乗り) 観測カメラ  
○ 輝度校正を行う  
→ 積分球などが本来必要であるが、簡易な手法を検討する。ただし精度は『それなりに』確保し、リモートセンシングデータとして耐えられるデータが取得できるようものにする  
○ 現在保有カメラの機上でのデータハンドリングの検討



で、フライトは、いつですか？

# 複数FPGAを用いたUAV-SAR信号処理システム



難波一輝, 大石航志, 平田敏樹, 草間拓真, 伊藤秀男,  
**Josaphat Tetuko Sri Sumantyo**

National University Corporation  
 Chiba University

## Background

### 無人航空機(UAV)

- ・レーダを人工衛星に搭載する前の準備実験
- ・準備実験のため低コストが求められる
- ・高度の問題でアルゴリズムに追加処理が必要

### 複数のFPGAの使用

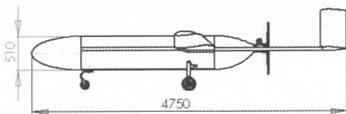
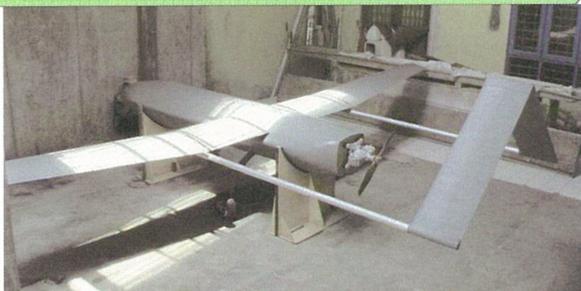
- ・信号処理には膨大なリソースが必要
- ・宇宙用FPGAはリソースに制限
- ・複数のFPGAの使用 → 基盤製作は高コスト
- ・安価なFPGAボードを複数使用

### SSDとその保存方法

- ・振動に強いSSDを記憶装置に使用
- ・基盤からSSDに保存するためにはIPが必要
- ・IPは高価であり、作成には時間がかかる
- ・PCを経由 → 低コスト、開発時間短縮

## Device

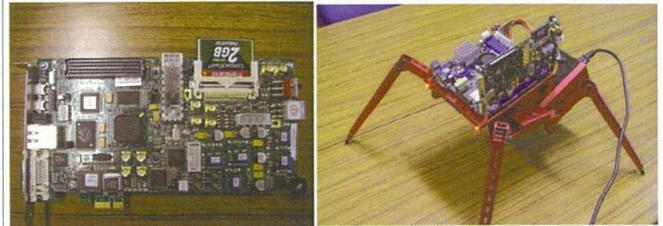
### UAV



### FPGAボード Xilinx社 ML506



### SSD

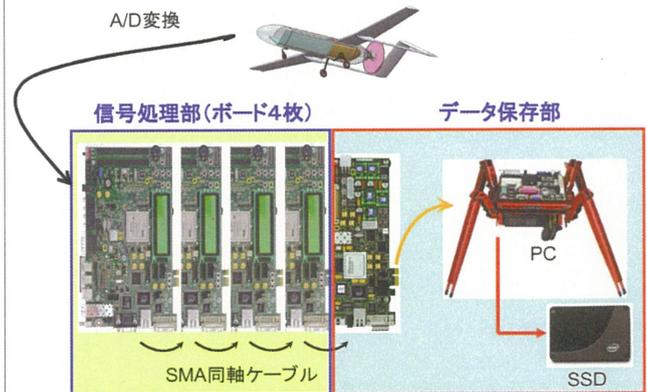


PCへの通信用ボード  
 Xilinx SP605

UAV内に入る予定の  
 SSD保存用のPC

## Proposed system

### 複数FPGAのUAV-SAR信号処理



- ・4枚のML506で信号処理を実行
- ・出力データの保存はSP605とPCで実行

### 処理速度

- ・受信データは約1.4GB
- ・FFTおよび圧縮処理は実測値を基にした計算
- ・それ以外の画像処理はFFTと同等以下と考える
- ・ボード間通信、SSD転送速度は実測を基にした計算

FFT + 圧縮処理 = 約4.8秒  
 その他画像処理 = 約4.8秒  
 ボード間通信 = 約21.8秒  
 SSD転送 = 約16.2秒  
**合計 = 約47.6秒**

# プロジェクト - 6

## 地上／衛星ライダーを用いた タクラマカン砂漠のダスト研究

甲斐憲次、神慶孝、杉村直哉(名大院環境)、常松展充(CEReS)、張克存(中国科学院寒区旱区環境と工程研究所)、周宏飛(中国科学院新疆地理生態研究所)

## How much is the Taklimakan dust ?

## Sources of Asian dust

(a) Gobi Desert  
*(open desert)*  
(b) Taklimakan Desert  
*(closed desert)*

**Great Dust Pool**

Bird's eye view of the Taklimakan Desert

## Purpose

To estimate of the total dust over the Taklimakan Desert in the spring by using the ADEC data (2000-2004: China Japan cooperative research).

### Data used in the present study

- Lidar data in April 2002 and 2004 at Aksu  
Backscattering ratio, extinction coefficient, AOT
- SYNOP data in the Taklimakan Desert  
Surface wind, visibility, precipitation and present weather
- Aerosol Index of Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) in Earth Probe, NASA
- Dust concentration by Andersen sampler at Aksu

## Backscattering ratio in April 2004 in Aksu

Occurrence Date in April 2004(UTC) Peak Washout

## AOT: Aerosol Optical thickness

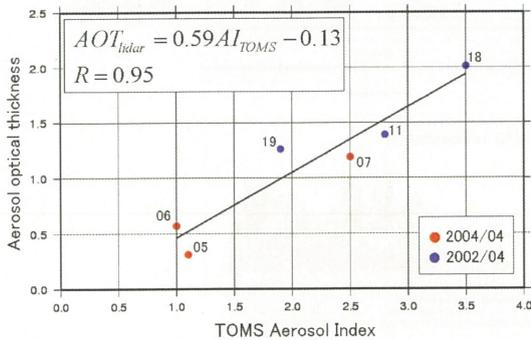
AOT is obtained by integration of aerosol extinction  $\sigma_a(z)$  from the surface to 5km.

$$AOT = \int_{z_0}^z \sigma_a(z) dz$$

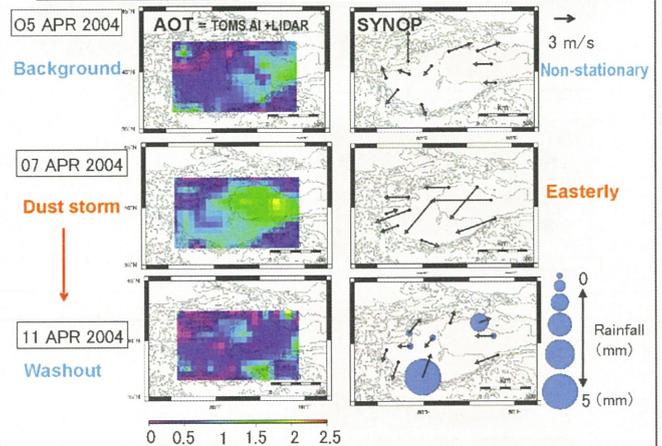
Clear sky 00UTC 06 APR 2004

## Relationship between TOMS AI and AOT

- TOMS AI is obtained according to Cakmur and Miller(2001).
- AOT is a lidar-derived AOT at 12 local time.



## AOT and SYNOP before and after dust storm



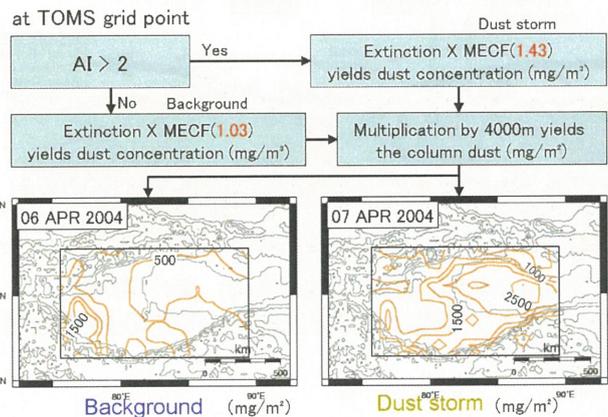
## Estimation of the total dust

The total dust is estimated by using **Mass/Extinction Conversion Factor (MECF)**, which is a ratio of the surface dust concentration to the lidar-derived extinction coefficient of the dust layer.

Period	Extinction coef.* (/km)	Dust concn.** (mg/m <sup>3</sup> )	MECF (mg/m <sup>3</sup> ·km)
<b>Background</b>			
11 -13 APR 2002	0.37	0.38	1.03
<b>Dust storm</b>			
13 - 16 APR 2002	1.52	2.17	1.43

\*) Lidar observation at height of 150m  
 \*\*) Andersen Samper at height of 7 m (Yabuki et al., 2005)

## Estimation of the column dust



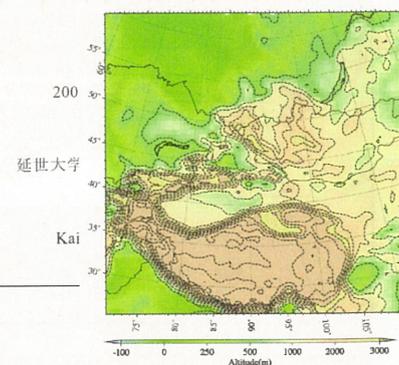
## Discussion - comparison with the previous research

	Column density	Total amount of dust	Distance from source
<b>Asian dust</b>	mg/m <sup>2</sup>	Gg	km
This study APR 2002	3280	1082	0
APR 2004	2250	744	0
Hara et al.(2008) *	-	184	0
Iwasaka et al.(1983) **	1760	1660	2500 Nagoya
<b>Saharan dust</b>			
Gringel & Muhleisen(1977)	4000	-	1400
Prodi & Fea(1979)	2500	-	2200
	830	-	2500

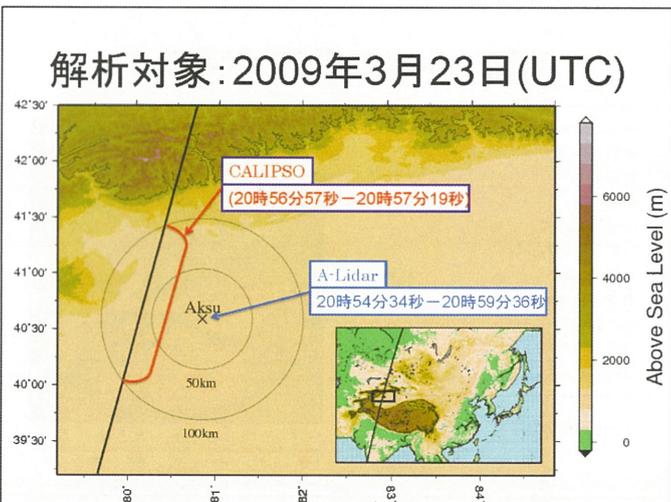
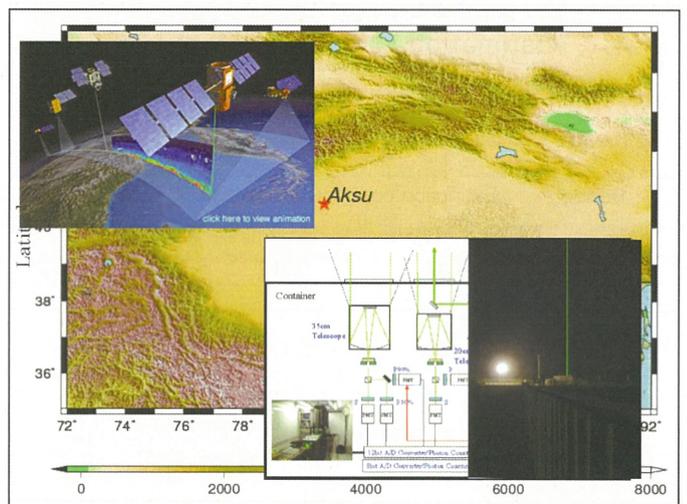
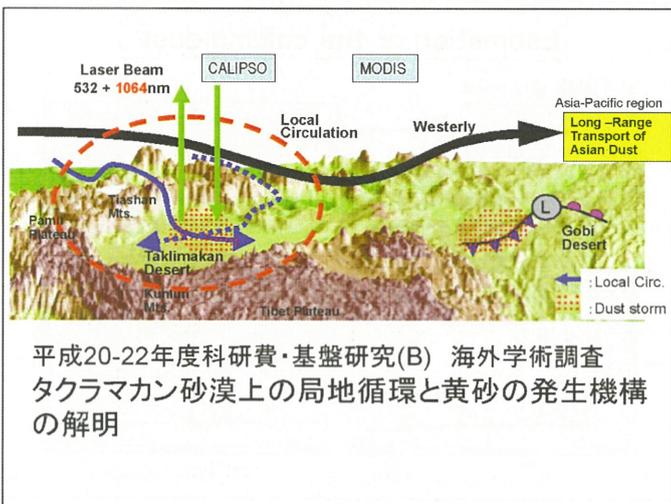
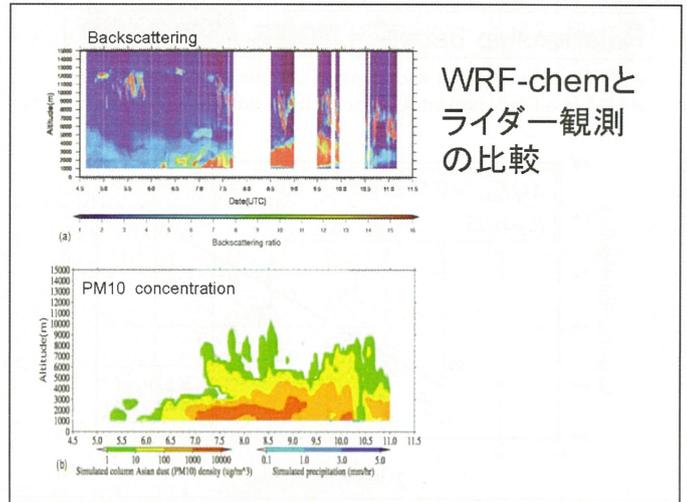
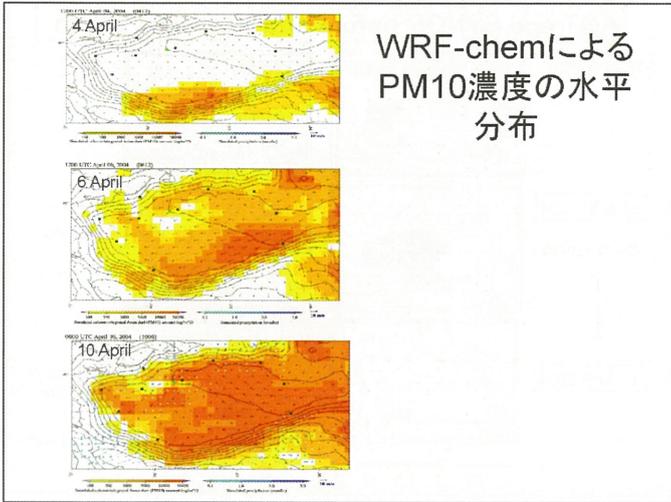
\*) Hara et al. estimated the summer dust in 2008 using CALIPSO extinction (—), MECF at Beijing and regional model. The area is limited to the central part of the Taklimakan Desert. (180,000km<sup>2</sup>).  
 \*\*) Iwasaka et al. (1983) estimated the dust over the wide area including Taklimakan and Gobi Deserts (1,360,000km<sup>2</sup>).

## WRF-chemの概要と計算条件

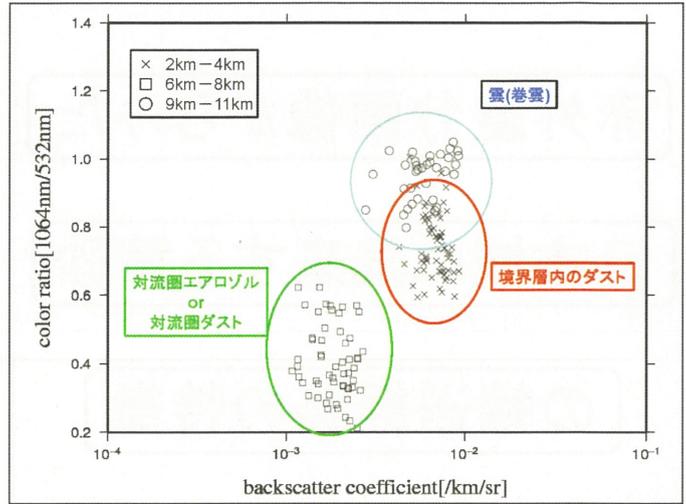
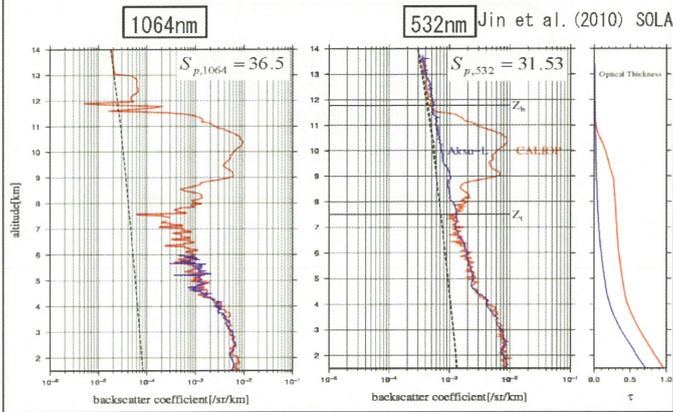
- 水平格子間隔
- 水平格子数
- 鉛直層数
- 計算期間
- 長波放射過程
- 短波放射過程
- 大気境界層
- 地表面物理過程
- 地表面過程
- 積雲対流過程
- 雲微物理過程



PM10 = 黄砂粒子

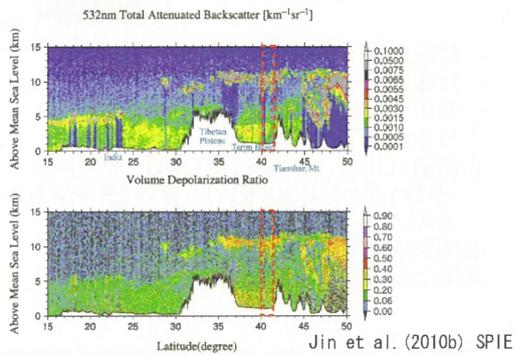


## 結果(ライダー比と光学特性)



## International Nagoya-Workshop on Asian Dust

3 - 4 March 2011  
Graduate School of Environmental Studies,  
Nagoya University, Nagoya, Japan



## Conclusion

- The vertical scale of the dust storm was 5 km, and the horizontal scale was 1000 km in the Taklimakan Desert in April 2004 .
- The column dust was 500 mg/m<sup>2</sup> in the background condition on 6 April 2004. The column dust increased in the whole of the desert due to the dust storm on 7 April . It was 2000 - 2500mg/m<sup>2</sup>.
- Mass/Extinction Conversion Factor (MECF) was 1.03 for background conditions, and 1.43 for the dust storm.
- In April 2004 the total Taklimakan dust was 200 Gg in the background conditions. It peaked at 744 Gg due to the dust storm in April 2004.
- In April 2002 (=dusty year) the total Taklimakan dust was 389 Gg in the background conditions and the peak value was 1082 Gg .

## 赤外差分画像からみた

## 日本域に飛来する黄砂

## の輸送経路の特徴

餅原佳南子、山川修治

(日本大学地球システム科学科)

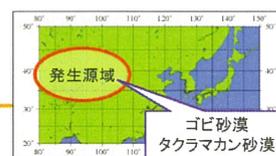
常松展充

(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

- 黄砂は東アジア域の大気環境に大きな影響をもたらす大気現象の一つである。
- 地上気象観測機器や数値気象モデルを用いた研究などが多く行われてきている。
- 本研究では、衛星による観測データから、赤外差分画像を作成することで、日本域に飛来する黄砂の輸送経路を解析し、その特徴を明らかにすることを目的とする。

### 使用データ



- 対象地域: 20~50° N, 80~150° E
- 対象期間: 1997~2010年(14年間)の3月、4月
- 解析データ
  - ①日本の黄砂観測データ
  - ②衛星(GMS、GOES、MTSAT)データの赤外1チャンネル(IR1)、赤外2チャンネル(IR2)、CALデータ
  - ③晴天判別用可視画像
  - ④地上天気図、高層天気図(700hPa)

### 黄砂の定義

本研究では、IR1とIR2の赤外差分値が以下の値の時、黄砂濃度が高い(黄砂あり)と判断する

- 砂漠域(砂地)・・・3.0度以下(黄砂指数1.2以上)
- 陸域、海上・・・2.5度以下(黄砂指数1以上)
- 日本域上空・・・2.0度以下(黄砂指数0.8以上)

黄砂指数 =  $100 \times \log(Tbb_{\text{赤外2}}/Tbb_{\text{赤外1}}) + C$   
(橋本・大河原, 2007)

定数C =  $\{1 - (100 \times \log(Tbb_{\text{赤外2}}/Tbb_{\text{赤外1}}))\} \times \{(Tbb_{\text{赤外2}} - Tbb_{\text{赤外1}})/2.5\}$

### 解析方法

- 黄砂観測日数と黄砂観測延べ日数のグラフを作成
- 主な黄砂イベントを抽出し、可視画像を用いて比較的晴天域の多い黄砂イベントを抽出  
➡ 38事例
- 抽出した黄砂イベントについて、赤外差分画像を作成し、黄砂の輸送経路について解析
- 大規模黄砂イベントについて、黄砂の発生要因と考えられる前線・低気圧との関係も地上天気図や高層天気図を用いて解析  
➡ 6事例

## 黄砂観測日数と黄砂観測延べ日数

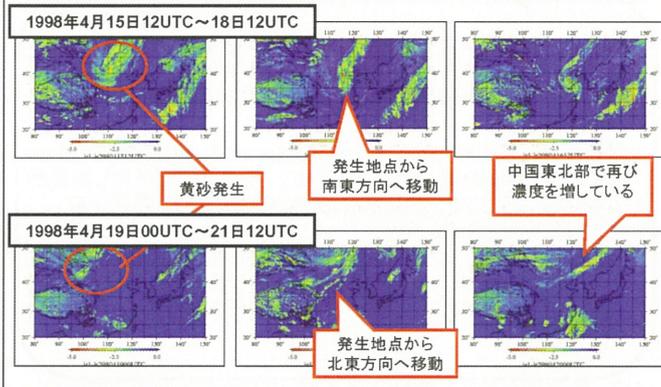


黄砂観測日数と黄砂観測延べ日数の年々変動の推移をみると、観測日数と延べ日数の年々変動が類似していることが読み取れる。

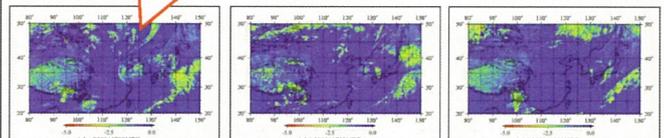
- 1999～2002年までの推移をみると、黄砂の観測される地点が増えてきていることがわかる。  
→黄砂の飛来範囲が広範囲になっている。
- 2003～2006年までの推移をみると、黄砂観測日数は増加しているにもかかわらず、黄砂観測延べ日数はあまり増加していない。

1999～2002年までの黄砂の輸送経路と2003～2006年までの黄砂の輸送経路の傾向は異なると考えられる。

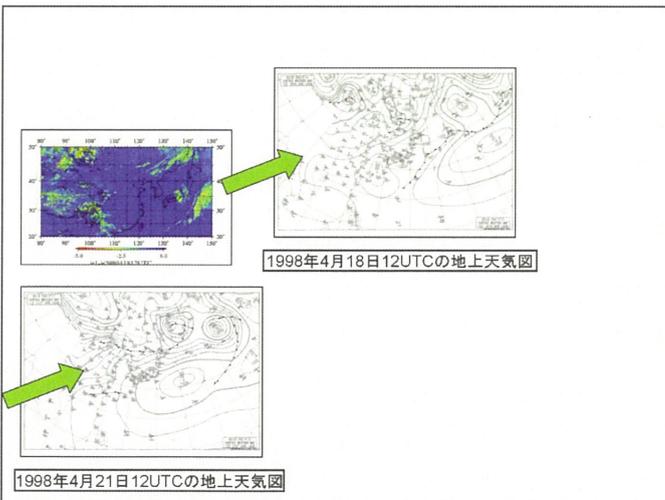
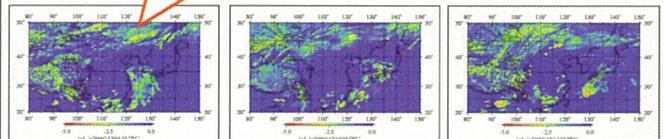
## 赤外差分画像による黄砂の検出



東進する寒冷渦と共に比較的ゆっくりと移動



低気圧と共に北東方向へと移動

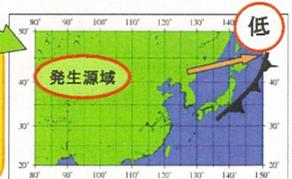


## 東経130度以東に着目した黄砂の輸送

北緯40度付近から北東方向へと輸送されるパターン



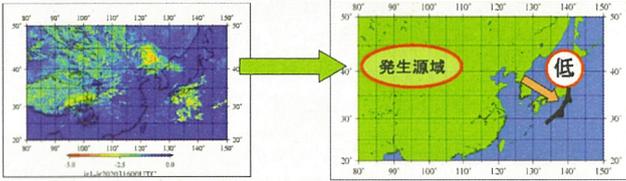
このパターンの場合、ほとんどの事例で低気圧が北海道より北に位置していることがわかった。さらに、この低気圧から比較的長い前線がのびている場合と、日本列島上空に高気圧が存在する場合とに分けられることがわかった。



## 経路

北緯40度付近から南東方向へと輸送されるパターン

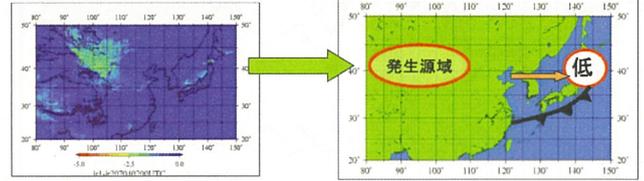
このパターンの場合、ほとんどの事例で日本列島上空(北海道以南)を低気圧が通過したことがわかった。そのうち、低気圧からのびる前線がある場合とない場合に分けられる。下図は前線がある場合の模式図である。



北緯40度に沿って東へと輸送されるパターン

このパターンの場合、北緯40度に沿うように移動する低気圧とそれに伴う比較的東に長くのびる前線が存在することがわかった。

黄砂が北緯40度に沿って輸送されたのは、黄砂が低気圧の後面または前線の後ろ側にある緩い沈降性の大気に取り込まれ、低気圧または前線と共に東進したためだと考えられる。



## まとめ

- 黄砂観測日数と黄砂観測延べ日数のグラフをみると、観測日数と延べ日数の年々変動は類似している。
- 1997~2002年までの年々変動の推移をみると、黄砂観測地点が増加している。これは黄砂の飛来範囲が広範囲になっているからだと考えられる。
- 東経130度以東に着目した黄砂の輸送経路の特徴  
北緯40度付近から北東方向への輸送経路  
北緯40度付近から南東方向への輸送経路  
北緯40度に沿って東進する輸送経路  
以上の3パターンに大別できる。

## 課題

- 本研究では3月、4月を対象としたが、比較的黄砂が観測されている2月と5月、近年増加傾向にある秋の黄砂なども研究対象に入れると、黄砂の輸送経路の季節的な特徴も明らかに出来ると考えられる。
- 赤外差分画像だけでは不十分な点(曇天で黄砂域を観測できない、濃度が薄くなった黄砂の観測が難しいetc)もあるため、他の研究と併用し総合的な観測を行うことで、より確実に黄砂の輸送経路を解析することが出来ると考えられる。
- 黄砂の発生には、気象条件だけでなく地表状態も深く関係している。このことから、発生源域の積雪の状態や植生の環境などを視野に入れた研究が今後の黄砂研究では重要になってくると考えられる。

## 参考文献

- 岩坂泰信・西川雅高・山田 丸・洪天祥(2009):黄砂の年々変動、古今書院「黄砂」、49-59
- 甲斐憲次(2007):黄砂の科学、成山堂書店
- 木下紀正・西之園雅靖・矢野利明・飯野直子・鶴野伊津志(1999):NOAA/AVHRRデータによる黄砂の検出と解析、日本リモートセンシング学会第26回学術講演会論文集、235-256
- 原由香里・佐竹晋輔・鶴野伊津志・竹村俊彦(2004):領域ダスト輸送モデルを用いた黄砂現象の年々変動シミュレーション、天気、9-18
- 橋本徹・大河原望(2007):静止気象衛星の赤外データを利用した黄砂監視プロダクトの開発、気象衛星センター技術報告第49号、1-17
- 気象衛星センター(2000):気象衛星画像の解析と利用、8-9

# 一般研究

# 静止衛星データの 全球合成技術の開発

2011年2月21日  
気象衛星センター  
データ処理部システム管理課  
and Hideaki Takenaka

## 研究背景

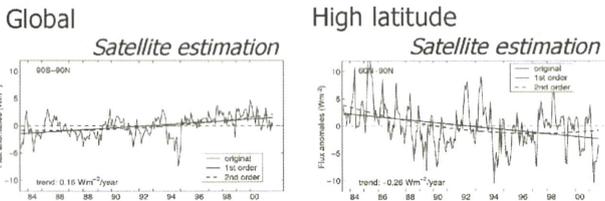
雲は太陽放射を反射し、地球放射を吸収再放射することで地球のエネルギー収支に大きな影響を持つことが解っている [Manabe and Wetherald, 1967]

PinkerらはGEWEX/GCIPIにおいて静止衛星GOES-8を用いて地表面の放射収支を推定した [Pinker et al., 2002, 2003]  
また、ZhangらはISCCP全球雲データセットからTOAと地表面の放射収支を推定し、大気大循環に基づく緯度方向のエネルギー移流について議論した [Zhang et al., 2004]

しかし、気候に対する雲の効果の定量的な評価は、未だ大きな課題である [IPCC, 2007]

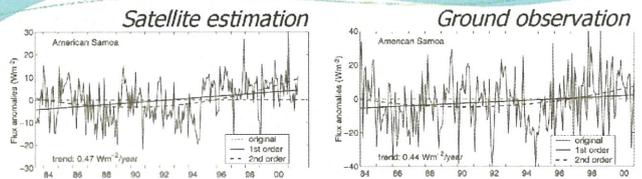
PinkerらはISCCP-D1雲データセットに基づき地表面における全球の日射量を推定し、年々変動の傾向を示した [Pinker et al., 2005]

しかしながら、ここでISCCP雲データセットの雲物理量精度において、衛星搭載センサの校正が重要な問題であることが指摘された。

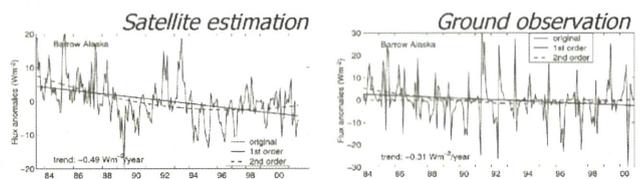


Pinker et al., 2005: Do Satellites Detect Trends in Surface Solar Radiation?

## American Samoa



## Barrow Alaska



Pinker et al., 2005: Do Satellites Detect Trends in Surface Solar Radiation?

## 研究目的

- 目的
  - 静止気象衛星ひまわりシリーズのデータを、各国が運用する静止気象衛星データと合成し、全球静止衛星データセットを作成する。
- 静止気象衛星データの校正技術の開発
  - センサーの感度は経年変化する。
  - 各静止気象衛星観測データについて校正処理を行い、それらを合成する。
  - 今年度は可視チャンネルの全球合成技術を開発した。

5

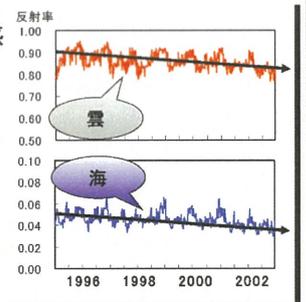
## 可視データの経年変化

- 一般に、衛星搭載の測器の感度は運用中に変化する

**運用末期では反射率を低く観測**

- 一般に、静止衛星の可視チャンネルには校正機能がない

**可視データの定量的な利用には校正が必須**



GMS-5 可視データの経年変化

## 可視較正手法

- 可視較正
  - 静止衛星観測値を放射伝達計算を介した計算値で値付けして、較正テーブルを再作成する。
- 放射伝達計算
  - 放射伝達コード : RSTAR
    - Nakajima and Tanaka [1986, 1988]
    - <http://www.ccsr.u-tokyo.ac.jp/~clastr/>
  - 誤差を軽減するため、空間的・時間的な変化の小さいエリア(ターゲット)を選択
  - 以下のような、様々な輝度のターゲットを採用
    - 晴天海面
    - 晴天陸面
    - 一様な水雲
    - (Deep Convective Cloud)



## "RSTAR" - Radiative Transfer Code

- Developed by Dr. NAKAJIMA's Lab. (AORI, Univ. of Tokyo)
- General package for simulating radiation fields
  - k - distribution method
  - HITRAN2004 database
  - Wavelengths between 0.2 $\mu$ m to 200 $\mu$ m
  - Absorption and scattering schemes
  - Parallel atmosphere divided into sub-layers

- Input
- Sun and view angles
  - Sensor's response function
  - Atmosphere profile
  - Surface condition



- Output
- Radiance, irradiance

8

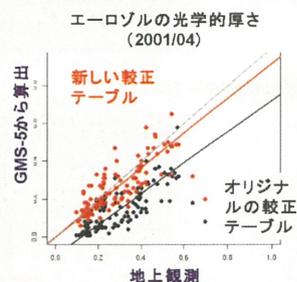
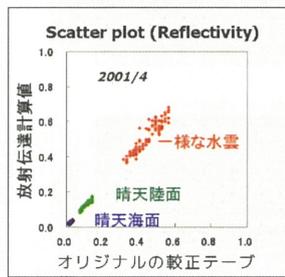
## 放射伝達計算

- ターゲット
  - 晴天 (or 曇天) 判別アルゴリズムにより、時間的・空間的に一様な晴天域 (or 曇天域) を抽出
- 放射伝達計算の入力データ
  - 太陽天頂角、衛星天頂角、相対方位角
  - センサーの応答関数
  - 地表面の状態
    - 海上風速 (晴天海面・一様な水雲, JRA-25)
    - 地表面反射率 (晴天陸面, Terra/MODIS BRDF)
  - 光学的厚さ
    - エーロゾル (晴天海面, Terra/MODIS L1B 晴天陸面, エーロゾル気候値)
    - 雲 (一様な水雲, Terra/MODIS L1B)
  - 大気プロファイル (JRA-25)
  - オゾン (TOMS)



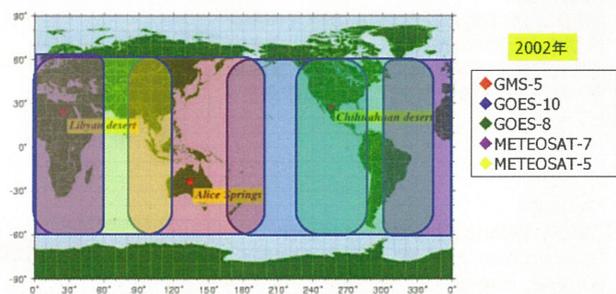
## 較正結果 (GMS-5)

- 3ターゲットの計算結果に整合性がある。
- 新しい較正テーブルが得られる。
- エーロゾルの光学的厚さで検証。
  - 新しい較正テーブルの方が地上観測に近い値。



10

## 全球データセットの作成

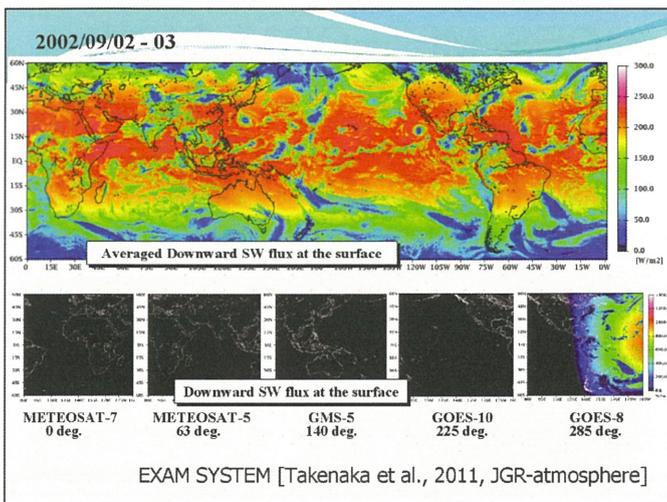
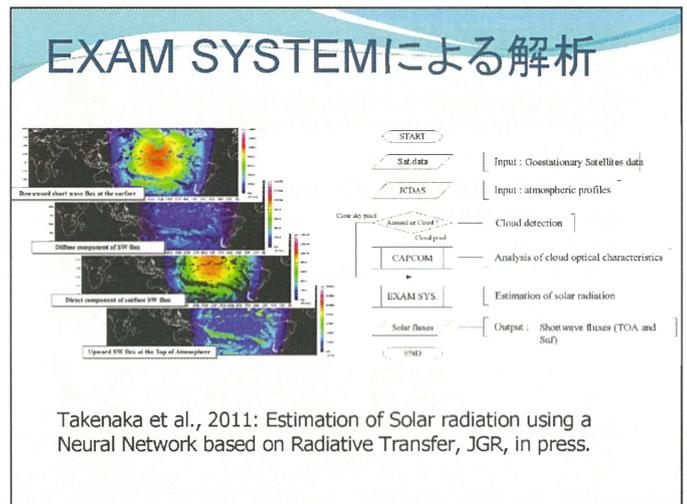
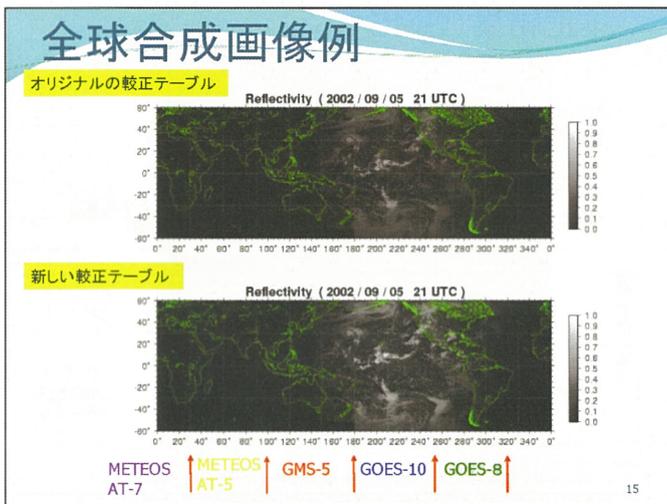
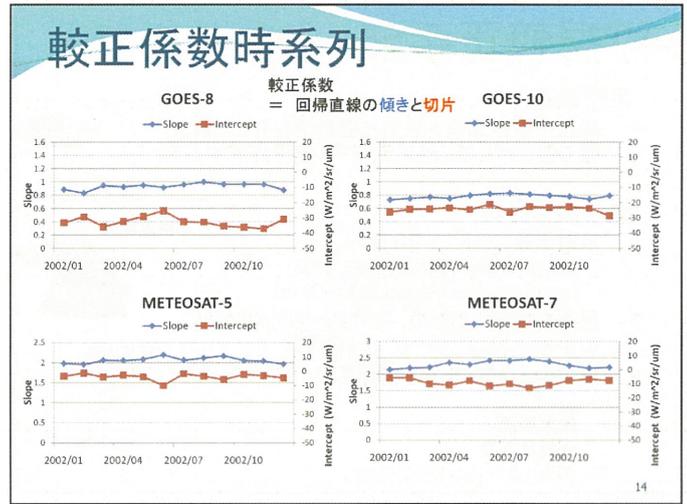
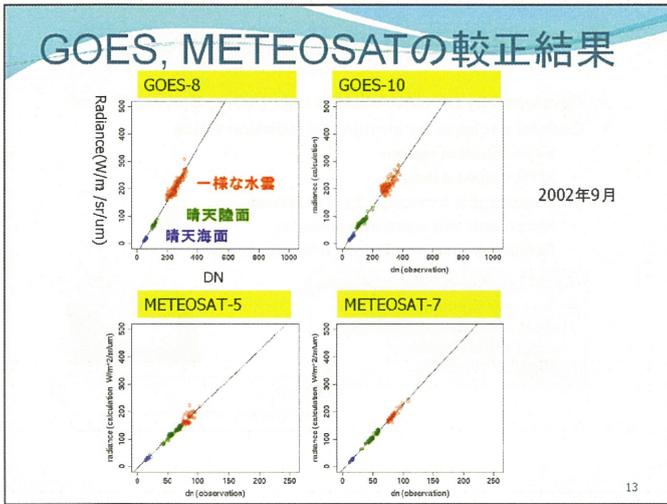


- 各静止気象衛星について較正処理を行い、それらを結合して全球データセットを作成する。
  - GMS-5で確立した手法は原理的に他の静止衛星にも適用可能

## GOES, METEOSATの較正

- 静止衛星観測データ
  - CEReSで取得、アーカイブされているグリッドデータを使用。  
<http://www.cr.chiba-u.jp/databasejp.htm>
  - GOES-8
  - GOES-10
  - METEOSAT-5
  - METEOSAT-7
- 較正手法
  - GMS-5の較正で確立した手法を採用。
- 較正処理を行った期間
  - 2002年1月～12月。



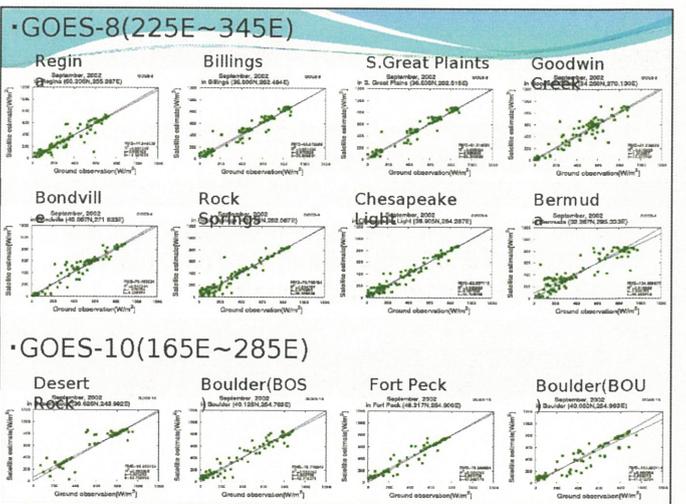
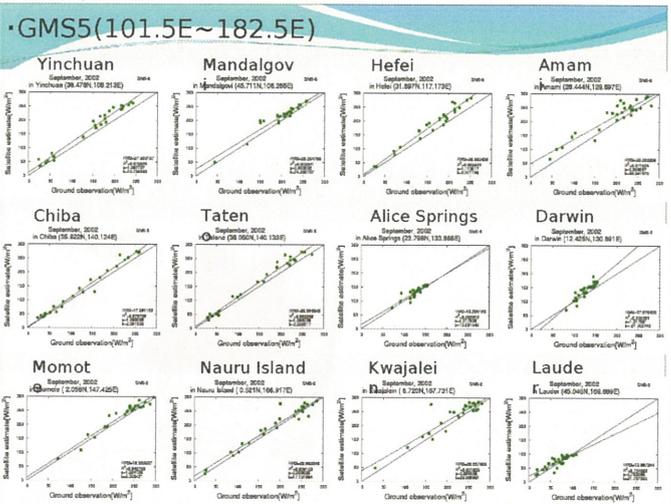
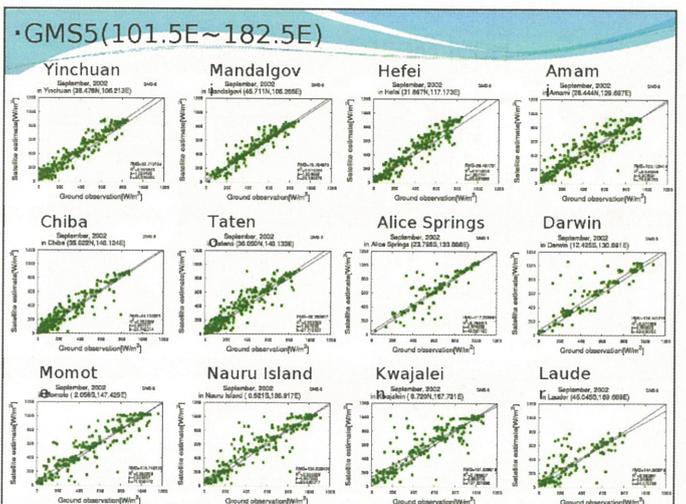
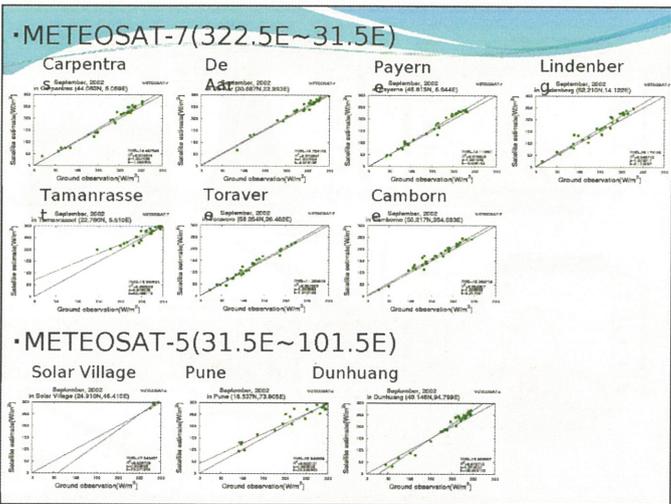
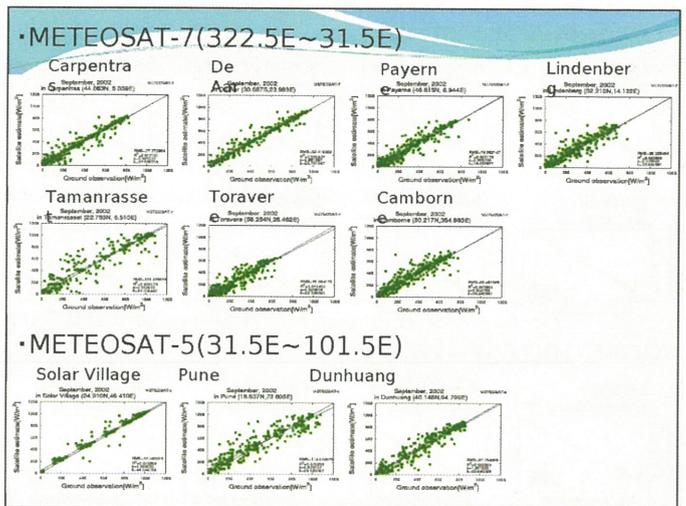
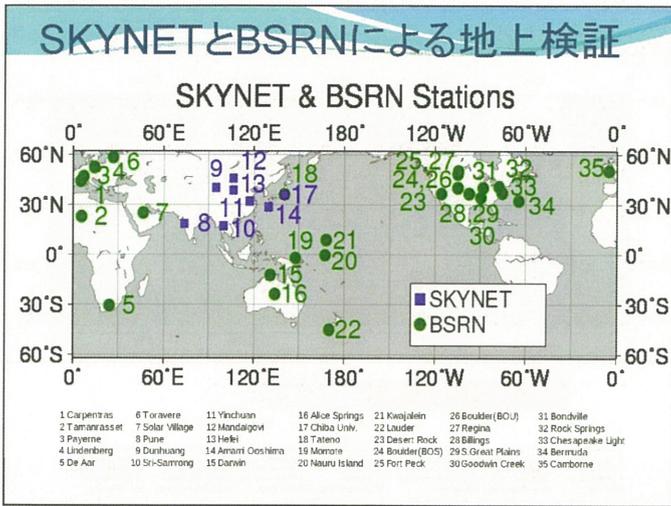


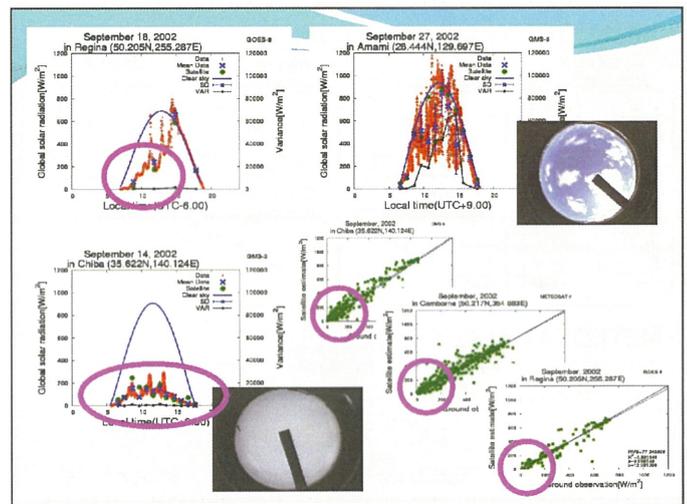
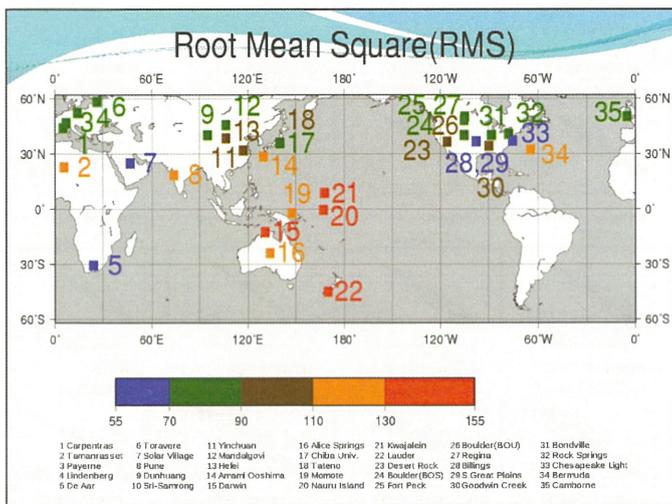
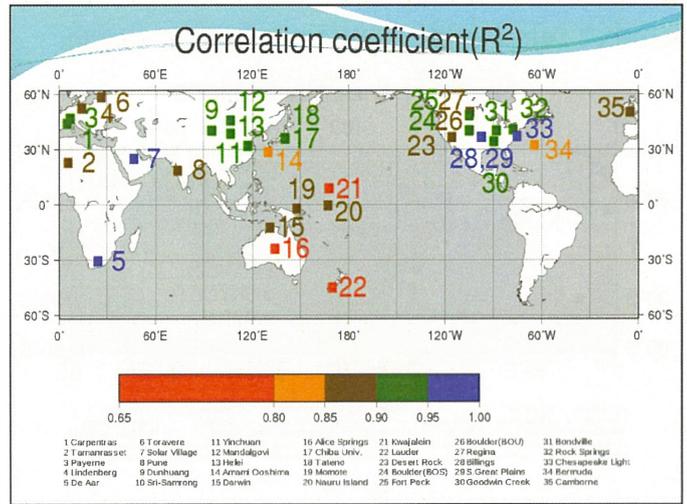
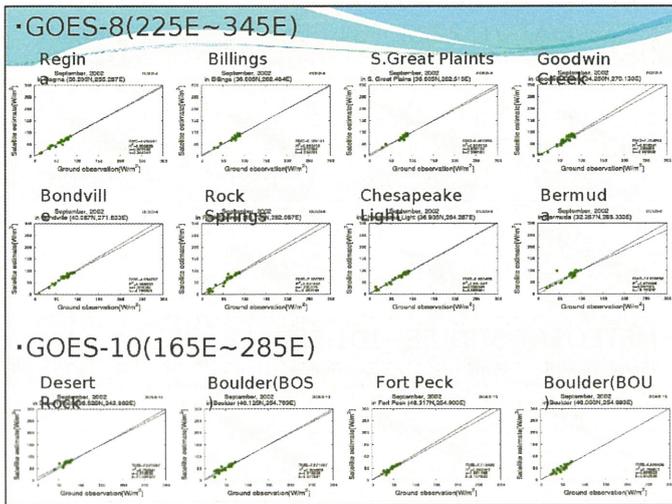
### •SKYNET

放射に対する雲とエアロゾルの相互作用を解明するために設立された、千葉大学を中心として主にアジア域で短波放射・長波放射・エアロゾルの観測を行っている観測ネットワークである。

### •BSRN

WCRP (World Climate Research Programme) の一部である GEWEX (Global Energy and Water Cycle Experiment) によるプロジェクトであり、全球にわたって短波放射・長波放射の観測を行っている観測ネットワークである。





まとめ

- 全球静止衛星データセット作成のため、可視チャンネルを対象とした較正技術の開発を行った。
- 開発した較正手法により、GMS-5のみならずGOESやMETEOSATのような他の静止衛星においても整合性のある結果が得られることが分かった。
- 今後は年間変動、及び年々変動に大しての有効性を解析および地上検証と連携して明らかにしていきたい。

29

ご清聴ありがとうございました

Run Run

Figure showing a cartoon character holding a sign that says "Run Run". The character is a smiling sun with a face, wearing a blue and white striped shirt and blue pants. The text "Run Run" is written in green and blue above the character.

30

合成開口レーダー、散乱計及びメソ気象モデルを用いた洋上風力資源評価方法の開発：  
SAR風速推定アルゴリズムの比較

K. Kozai, T.Ohsawa  
Kobe University Graduate School of Maritime Sciences  
Y. Takeyama  
National Institute of Advanced Industrial Science and Technology  
S. Shimada, R. Niwa  
Kobe University Graduate School of Maritime Sciences  
C.B. Hasager, M. Badger  
Risoe National Laboratory for Sustainable Energy, Technical University of Denmark

内容

1. はじめに
2. データと方法
3. 結果と考察
4. 結論

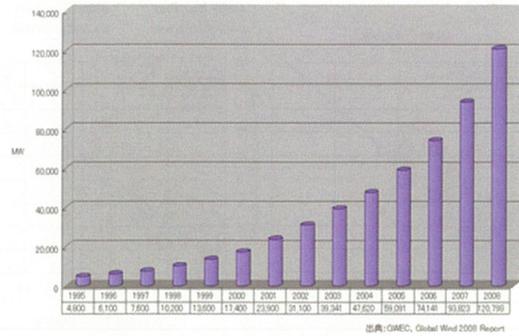
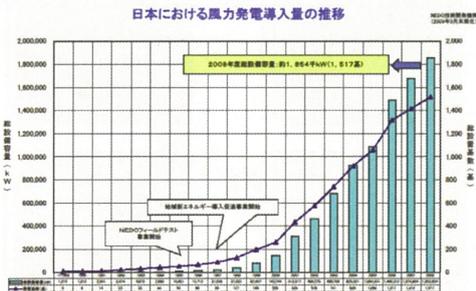
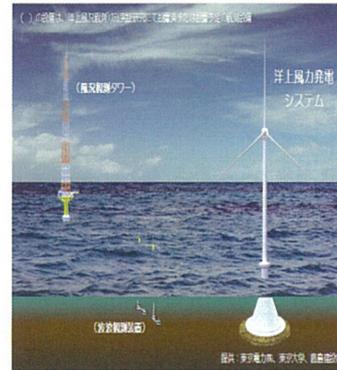


図1 世界全体の風力発電導入量(累計)の推移  
<http://www.nedo.go.jp/library/fuunyoku/world/1-01.html>



(<http://www.nedo.go.jp/library/fuunyoku/state/1-01.html>)



【実証研究期間】2010年度～2013年度までの4年間  
【委託先】東京電力株式会社  
【実施場所】鏡子市沖3kmの地点(水深約20m)  
【実証内容】日本の気象・海象条件に適した洋上風力発電システムの開発、洋上風力発電システムの保守管理技術の開発、洋上風力発電システムの設計指針(案)の作成、環境影響評価等  
【事業規模】約35億円(内、NEDO負担額は総事業費の2/3)

実証研究イメージ  
(<http://app3.infoc.nedo.go.jp/informations/koubo/press/>, 2010年5月19日)

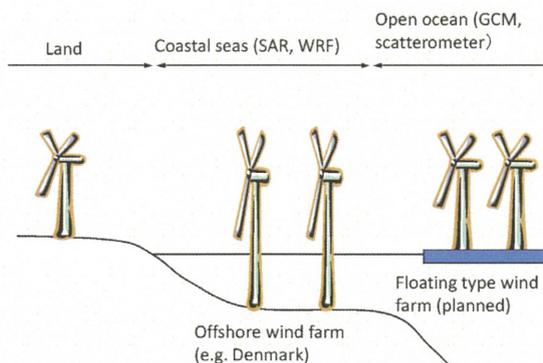


Fig.1 Evaluation method for offshore wind resource in terms of distance from land

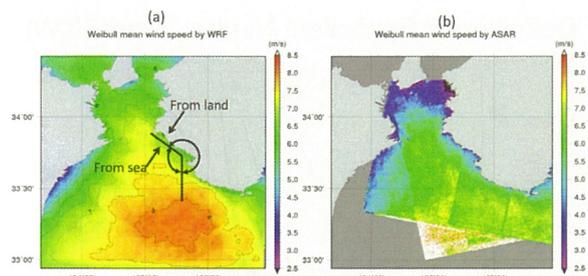


Fig. 2(a),(b) WRF-simulated and ASAR-derived Weibull mean wind speeds (a, b). Wind direction from sea and land is illustrated in (a).

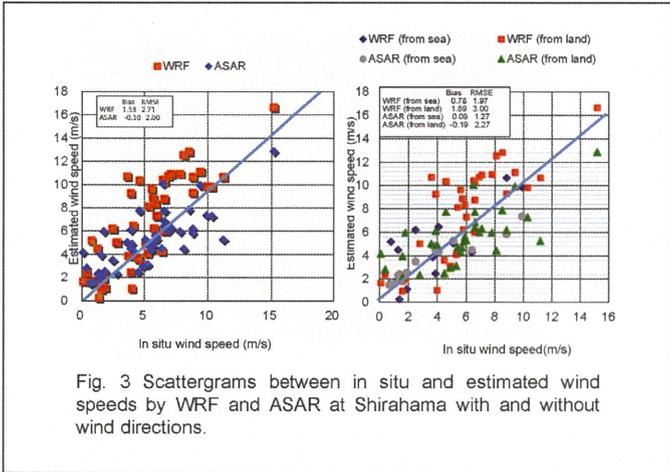


Fig. 3 Scattergrams between in situ and estimated wind speeds by WRF and ASAR at Shirahama with and without wind directions.

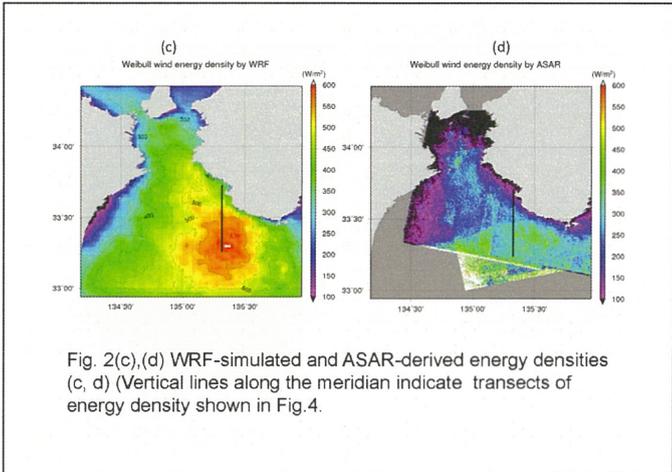


Fig. 2(c,d) WRF-simulated and ASAR-derived energy densities (c, d) (Vertical lines along the meridian indicate transects of energy density shown in Fig. 4.

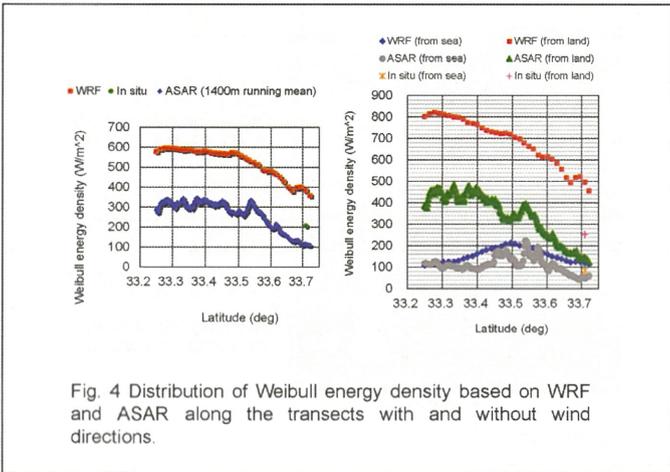


Fig. 4 Distribution of Weibull energy density based on WRF and ASAR along the transects with and without wind directions.

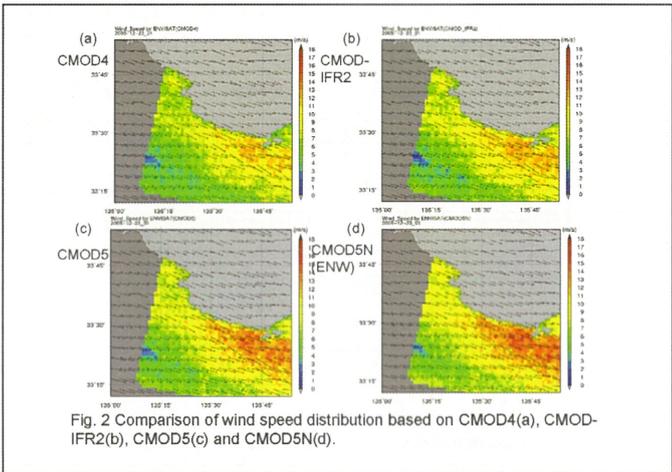


Fig. 2 Comparison of wind speed distribution based on CMOD4(a), CMOD-IFR2(b), CMOD5(c) and CMOD5N(d).

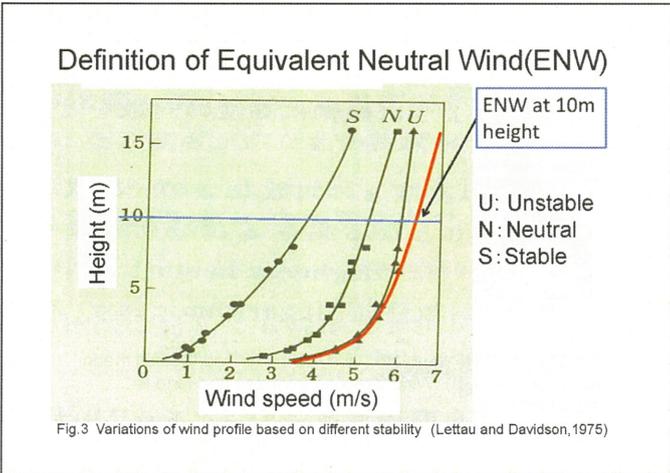
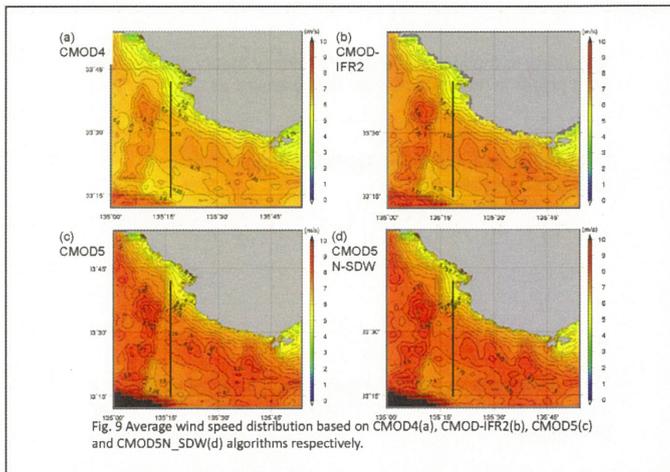
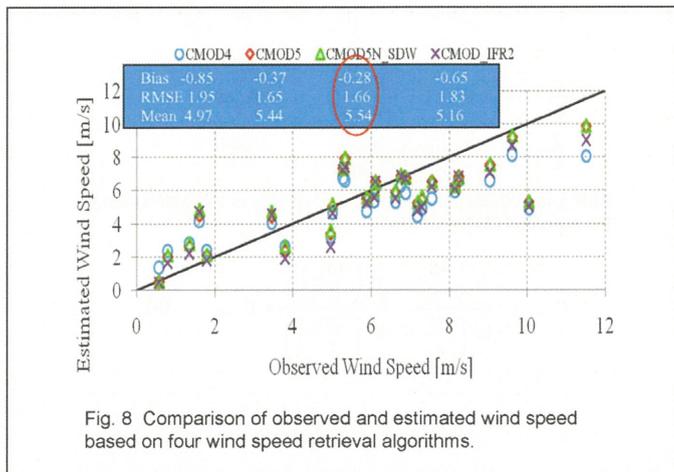
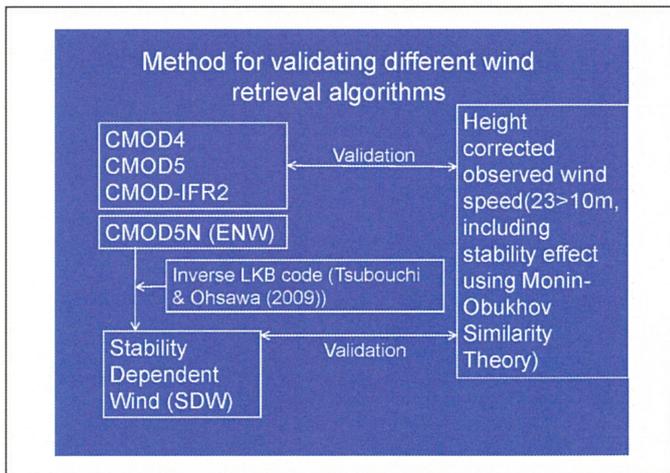
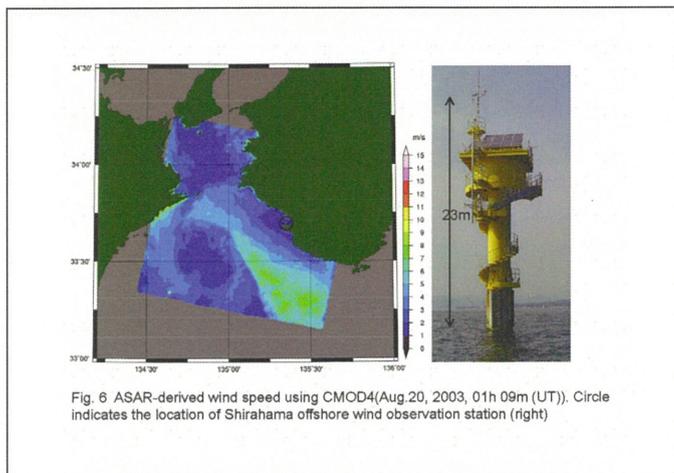
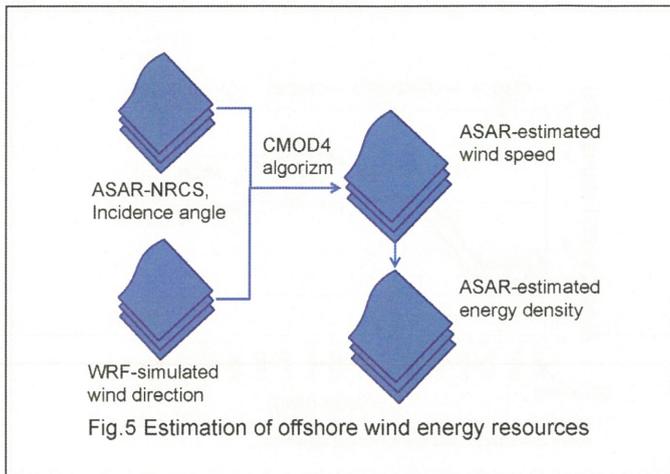
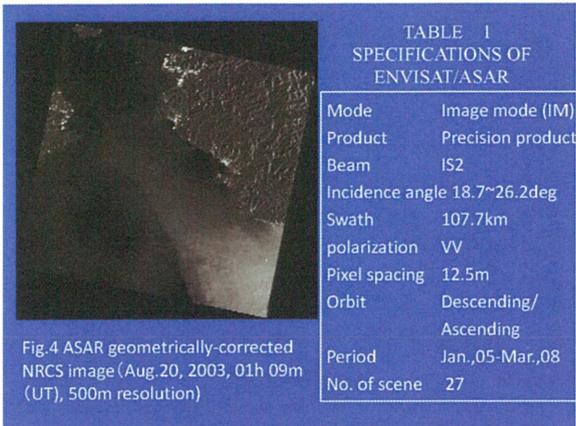


Fig. 3 Variations of wind profile based on different stability (Lettau and Davidson, 1975)

**Purpose**  
 To compare accuracies of four SAR wind speed retrieval algorithms (CMOD4, CMOD5, CMOD-IFR2, CMOD5N) against observed wind speed for evaluating offshore wind energy resources considering atmospheric stability.

大気安定度を考慮した洋上風力資源評価のために4つのSARアルゴリズムの風速推定精度比較を行う。



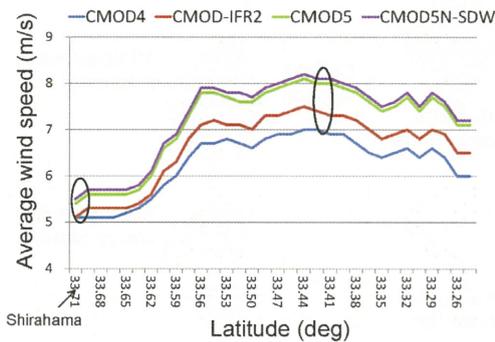


Fig. 10 Average wind speed distribution along the meridional cross section based on 4 different wind speed retrieval algorithms.

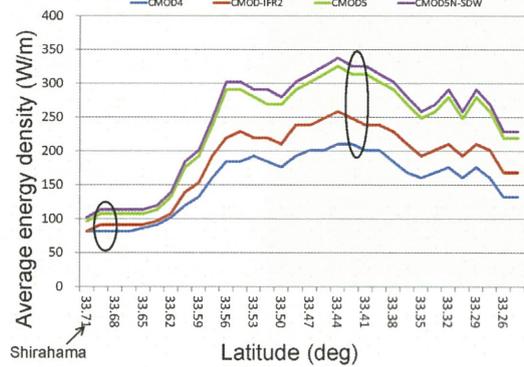


Fig. 11 Average energy density distribution along the meridional cross section based on 4 different wind speed retrieval algorithms.

### 結論

- (1) 大気安定度を考慮したSAR風速推定アルゴリズム (CMOD5N\_SDW) は他のアルゴリズムに比較して風速及びエネルギー密度のバイアス、RMSエラーは低い値を示した。
- (2) 大気安定度を考慮したCMOD5N\_SDWの平均風速及びエネルギー密度は他のアルゴリズムに比較して最も高い値を示した。
- (3) 上記の結論はSAR風速推定において大気安定度を考慮することが不可欠であることを示している。

### ACKNOWLEDGEMENTS

Envisat/ASAR scenes were acquired from the European Space Agency under the cooperative research project "Offshore wind resource assessments using SAR and MM5 over Japanese coastal waters", C1P4068. The results of the study are obtained by cooperative research with the Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University. This study is supported by a Grant-in-Aid for Scientific Research (B)(2) 19360406, (B) 22360379 and a Grant-in-Aid for Young Scientists (A) 19686052 from the Ministry of Education, Science, Sport and Culture, Japan. The authors would like to acknowledge Mr.Hashizumi, a graduate of Kobe University Faculty of Maritime Sciences for his contribution to this study.

According to the Monin-Obukhov similarity theory, the vertical wind profile in the surface layer is expressed as

$$u(z) = \frac{u_*}{k} \left[ \ln \frac{z}{z_0} - \Psi \left( \frac{z}{L} \right) \right] \quad (1)$$

$\Psi$ , the integrated universal stability function is further formulated as follows;

$$\Psi \left( \frac{z}{L} \right) = \ln \left[ \left( \frac{1+x^2}{2} \right) \left( \frac{1+x}{2} \right)^2 \right] - 2 \tan^{-1} x + \frac{\pi}{2} \frac{z}{L} < 0$$

$$\Psi \left( \frac{z}{L} \right) = -5 \cdot \frac{z}{L} \quad \frac{z}{L} \geq 0 \quad (2)$$

where  $x = \left( 1 - 16 \cdot \frac{z}{L} \right)^{1/4}$

The non-dimensional stability parameter  $z/L$  is calculated as a function of the bulk Richardson Number  $R_{ib}$  using the following formulation;

$$\frac{z}{L} = 10 \cdot R_{ib} \left( 1 + \frac{R_{ib}}{-4.5} \right)^{-1} \quad R_{ib} < 0 \quad (3)$$

$$\frac{z}{L} = \frac{10 \cdot R_{ib}}{1 - 5 \cdot R_{ib}} \quad R_{ib} \geq 0$$

After  $L$  is obtained and, wind speed at 10m is estimated using the equation (2) as follows;

$$U_{10} = \frac{\ln \left( \frac{10}{z_0} - \Psi \left( \frac{10}{L} \right) \right)}{\ln \left( \frac{23}{z_0} - \Psi \left( \frac{23}{L} \right) \right)} \cdot U_{23} \quad (4)$$

## SKYNET観測データ解析による福江島における大気環境の特徴

\*久慈 誠、井上陽子、森川真衣(奈良女子大学)  
受入担当:高村民雄

謝辞: SKYNETグループから、観測データ並びに数々のコメントを頂きました。

2011年2月21日  
第13回「CERES環境リモートセンシングシンポジウム」

## 研究の背景と目的

近年東アジアでの経済発展に伴い、エアロソルの一種である「もや」などの大気汚染により視程が悪化する事例が増加している。

### 視程

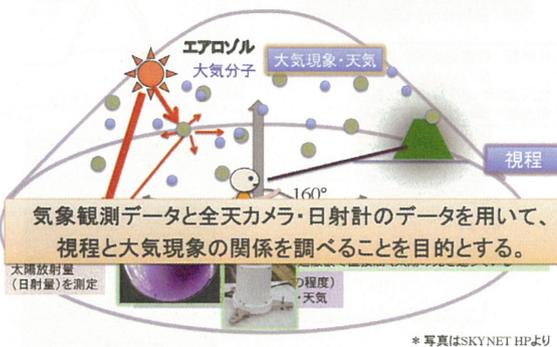
- 視程とは観測場所から地表付近の大気の混濁具合を見通しの距離で表したものである
- 天気を決定する際の指標や大気汚染の監視のために利用される
- 降水、雲、エアロソルなどによって視程は悪化し、10km未満の状態を特に**視程障害**という

視程障害が起こると交通機関の運行が妨げられたり事故の危険性が増す。視程などの地上観測データを解析することにより大気現象と視程との関係調べる。

2010年11月12日 10:18 福岡市(読売新聞)  
気象観測データより  
9:00 快晴(雲量0) 黄砂 視程5km



## 目視観測と地上観測



## 観測サイトと解析データ



長崎県福江島(32.4°N, 128.4°E)  
Google mapより

### 目視観測データ

#### 気象観測データ

- 気象庁のホームページの公開データをまとめたもの
- 2004年1~12月において、1日7回の観測(3:00, 6:00, 9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00)
- 天気番号・黄砂観測フラグ・大気現象番号・視程(km)のデータで構成されている

### 地上観測データ

#### 全天カメラの画像

- 5:30~20:00まで30分刻みで一日30回記録する
- 太陽を直接撮影しないよう、遮蔽板が太陽を追っている

#### 日射量データ

- 日射量は全天日射計と直達日射計によって観測されている
- 観測は一分刻みで24時間行われている

## 日射計から得られる情報

日射とは地球に入射する太陽からの放射(太陽放射)である。  
日射量は**全天日射**・**直達光**・**散乱光**に分けて考えることができる。

### 全天日射量

天空全方向からの太陽放射。全天日射計で観測される。地面と平行な面に入るエネルギーを測定している。

### 散乱光

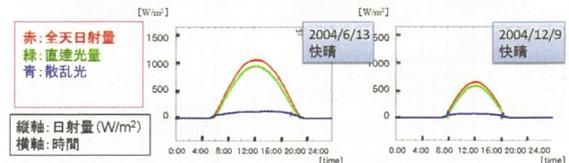
大気成分や地表面によって散乱・反射されて天空全方向から届く太陽放射。散乱光 = 全天日射量 - 直達光

### 直達光

太陽光球面から直接地上に到達する太陽放射。直達日射計で観測される。太陽の方向に垂直な面に入るエネルギー。

## 日射観測データ

快晴の日における日射量: 6月と12月を比較

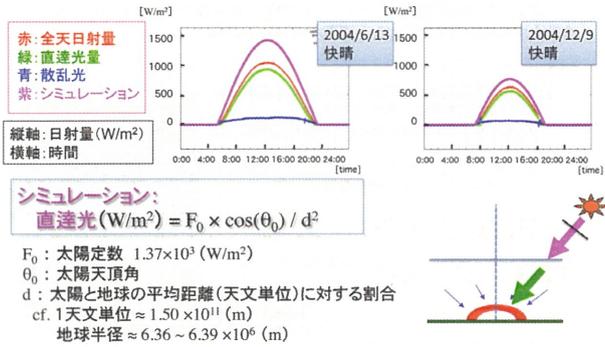


同じ快晴日であるにもかかわらず、日射量に差が生じる。

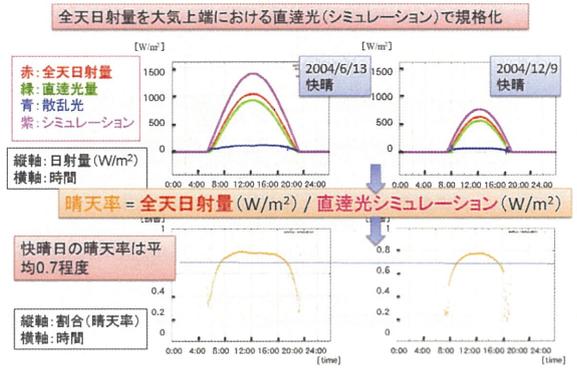
太陽高度や太陽と地球の距離を考慮し、快晴という同じ条件で定量的に比較

大気上端における直達光(シミュレーション)で規格化する。

## 直達光シミュレーション



## 大気の透過率(晴天率)



## Global Mean Energy Budget

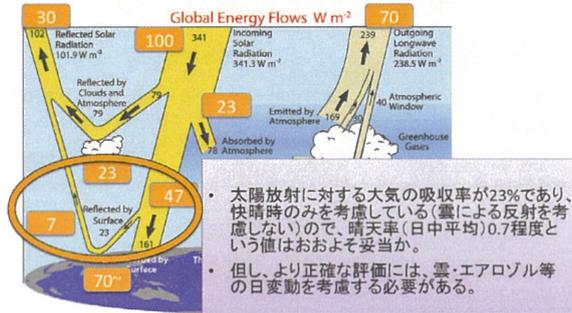
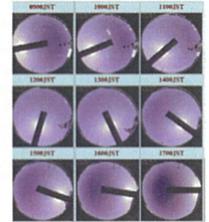
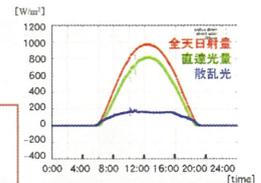
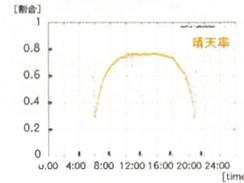


FIG. 1. The global annual mean Earth's energy budget for the Mar 2000 to May 2004 period (W m<sup>-2</sup>). The broad arrows indicate the schematic flow of energy in proportion to their importance (Trenberth et al., 2009, BAMS).

## 快晴日の日変動

気象観測データ 2004年4月25日  
 快晴 視程良好 (視程20~25km)

日射量: 日変動が滑らかで、散乱光量が少ない  
 全天カメラ: 10時頃に孤立雲  
 晴天率: 日中は安定して高い

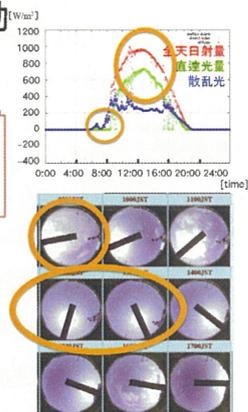
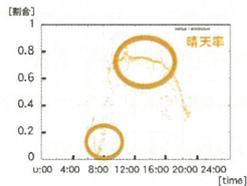


## 視程障害時の日変動

気象観測データ 2004年4月23日  
 9:00 曇(雲量9) 煙霧 視程7km  
 12:00 快晴 煙霧 視程6km

7:00~9:00

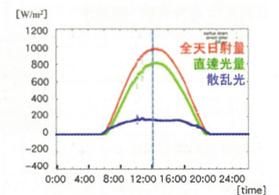
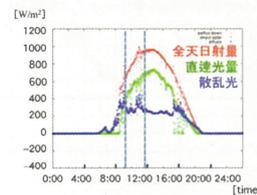
日射量: 直達光は殆ど届いていない  
 全天カメラ: 雲が全体的に広がってオーバーキャスト(雲量が10)に近い状態  
 晴天率: 大きく低下



## 視程障害時の日射量

気象観測データ 2004年4月23日  
 9:00 曇(雲量9) 煙霧 視程7km  
 12:00 快晴 煙霧 視程6km

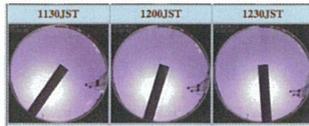
気象観測データ 2004年4月25日  
 12:00 快晴 視程25km



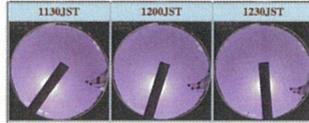
- 視程障害の要因である煙霧によって、直達光が減少し、散乱光が増加している。
- 雲による日射量の短期変動が大きい。

## 視程障害時の全天カメラ観測データ

2004年4月23日(視程障害)  
12:00 快晴 煙霧 視程6km

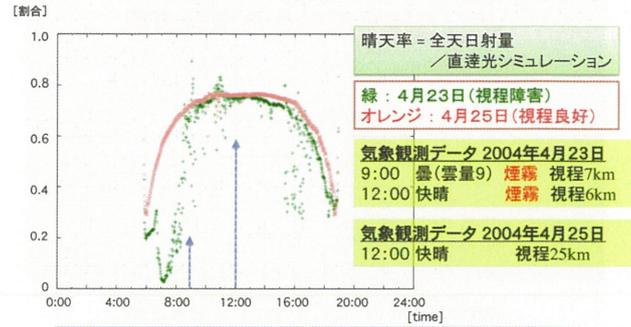


2004年4月25日(視程良好)  
12:00 快晴 視程25km



視程障害の要因である煙霧によって、散乱光が増加していることが、全天カメラの観測からも分かる。

## 視程障害時の晴天率

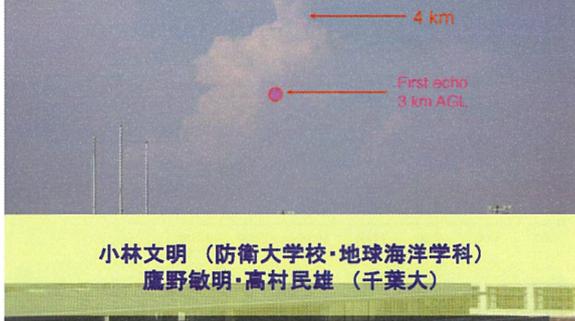


全日射量(晴天率)に与える影響は、煙霧よりも雲の方が大きい。

## まとめ

- 福江島における2004年の視程障害時に着目し、全天カメラと日射計による観測データを解析することにより、視程と大気現象の関係について調べた。
- 晴天率(=全日射量/直達光シミュレーション)
  - 快晴日では、0.7程度(日中平均)
    - 大気上端に入射した太陽放射エネルギーの約7割が地表面に到達。
  - 視程障害時でもそれほど大きく値は変わらない。
    - 光学的に薄い雲による影響の方が、エアロゾルより大きいと考えられる。
- 直達光・散乱光の割合
  - 視程障害時(視程10km未満)には、煙霧などのエアロゾルが観測された。
  - 直達光の減少と散乱光の増加を引き起こしている。
- 今後は、直達光と散乱光の割合に着目し、視程障害を引き起こす大気環境(特にエアロゾル)の動態解析を進めていきたい。
  - タイ・ビマイにおけるスカイラジオメータ観測データ解析によるエアロゾルの検証については、午後のポスタ発表をご覧ください。

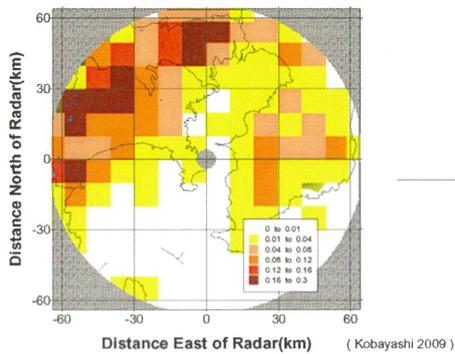
## 95GHz雲レーダーと Xバンドレーダーを用いた積乱雲発生同時観測



## 「都市型豪雨」の研究

- 関東平野で多発する“ゲリラ豪雨”
  - ➡ 都市型洪水
- 都心周辺で発生する積乱雲のメカニズム
  - ➡ ヒートアイランドとの因果関係
- 積乱雲の把握と予測(ナウキャスト)
  - ➡ リモートセンシングを用いた観測

## 積乱雲ファーストエコーの発生特性



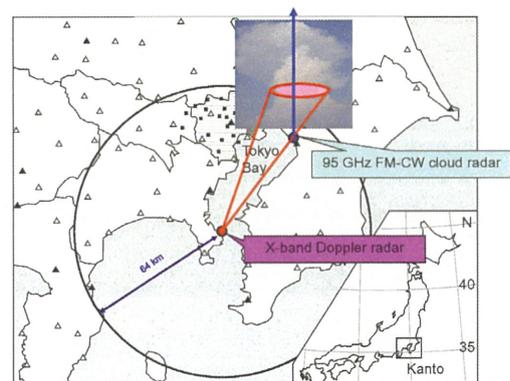
## 目的

- ➡ 積乱雲が発生してからレーダーエコーとして捉えられるまでの、発生初期段階の詳細を明らかにすることは積乱雲の発達を理解する上で重要である。本研究では、夏季晴天時に関東平野で発生する積乱雲の発生初期段階を、雲レーダー、X-bandレーダー、可視画像、衛星データ(rapid scan)を用いた同時観測を行い、積乱雲発生時の微細構造を把握することを目的としている。

## 2010年夏季観測

- 夏季晴天日に孤立した沸く積乱雲
  - ➡ 可視的に積乱雲を捉える(ビデオ)
- 発達した積乱雲(エコートップ10 km)
  - ➡ Xバンドレーダーでエコーの全体像を捉える
- 千葉大上空で発生する積乱雲
  - ➡ 雲レーダーによる鉛直観測

観測期間：2010年7月17日～9月14日



### 観測測器

#### ➡ 95-GHz FM-CW radar ( FALCON)

beam width =  $0.2^\circ$  , resolution = 10 m,  
observation interval = 15 sec

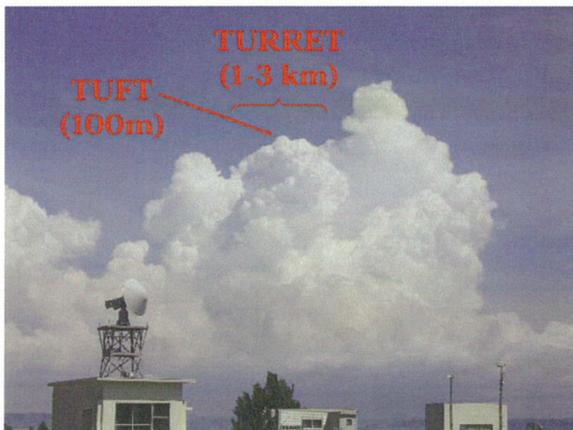
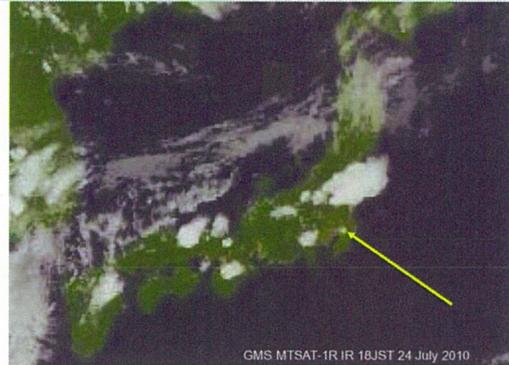
#### ➡ X-band Doppler radar

beam width =  $1.2^\circ$  , resolution = 125 m,  
observation interval = 5 min (PPI volume scan)

#### ➡ Cumulonimbus image

time-lapse video, handy camera

### 2010年7月24日の積乱雲

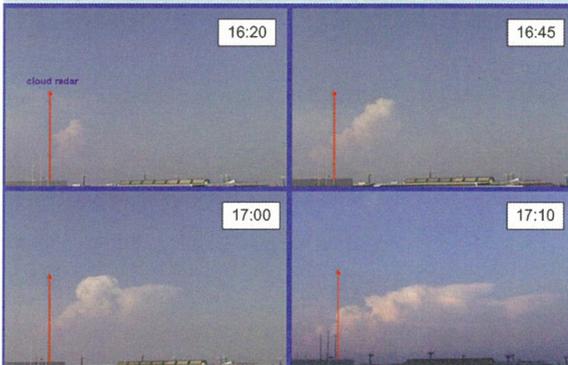


### 2010年7月24日 16:10~17:20JST

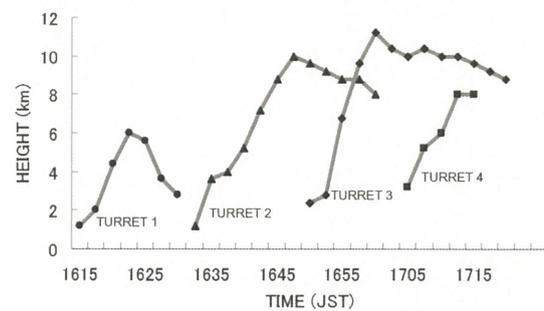


TIME-LAPSE VIDEO IMAGE (120倍)

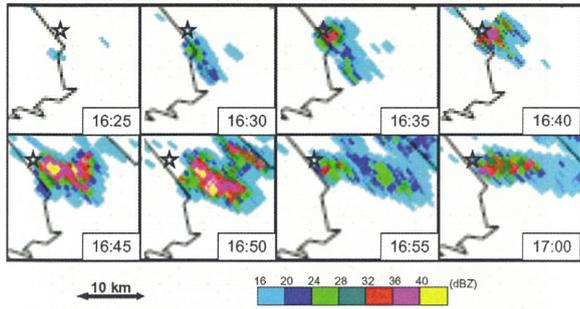
### 積乱雲 TURRET の発達過程



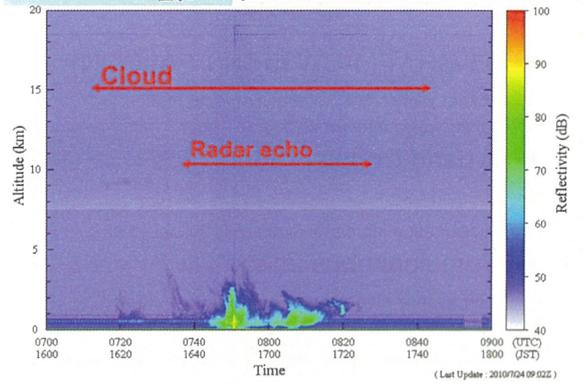
### 積乱雲 TURRET の発達過程



### X-band radar echo



### 雲レーダーのエコー



### まとめ

- ▶ 夏季晴天日に関東平野で発生する孤立積乱雲の微細構造を解明する目的で、95GHz雲レーダー(千葉大)とXバンドレーダー(防大)を用いた同時観測を2010年夏季2ヶ月間実施
- ▶ 2010年7月24日16時に千葉上空で発生した積乱雲は4つの積乱雲 TURRET の発達で特徴づけられ、30分後高度10 kmを超え、最盛期を迎えた
- ▶ 最初の積乱雲 turret 発生から10分後に雲レーダーでエコーが観測され、20分後にXバンドレーダーで高度3 kmにファーストエコーが観測された

## アジアモンスーン冬期の熱帯域での 雲降水活動の初期解析

A preliminary analysis on cloud-precipitation activity  
over the tropical Asia during the winter monsoon

高橋 洋

Hiroshi G. Takahashi

(首都大学東京大学院・海洋研究開発機構)

Tokyo Metropolitan University/

Japan Agency of Marine Science and Technology (JAMSTEC)

2011年2月21日月曜日

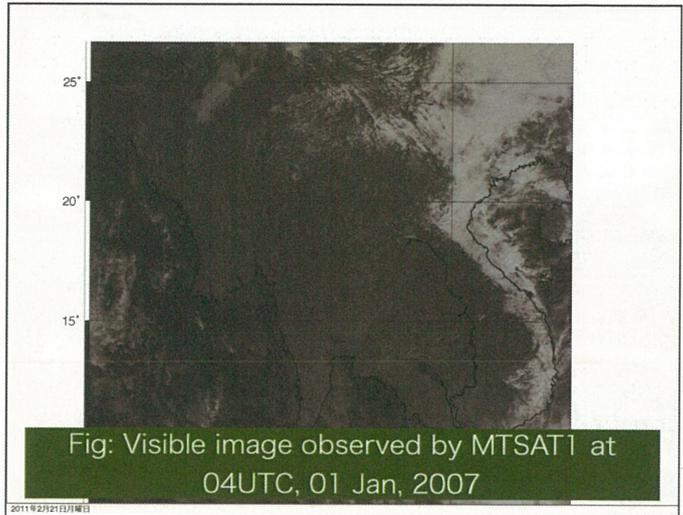


Fig: Visible image observed by MTSAT1 at  
04UTC, 01 Jan, 2007

2011年2月21日月曜日

## はじめに

- ・ 雲活動は、全球の放射収支を決める重要な要素である。アジアモンスーン域での雲活動については、Klein and Hartmann (1993)などの、月平均での研究に留まる。またISCCPなどを用いているので、空間分解能が低い。
- ・ 月平均の雲活動を理解するためには、より短い時間スケールの変動に着目し、どのように雲が形成されているのか調べる必要がある。
- ・ 夏季アジアモンスーンに関する調査は、非常に多いが、冬季に関しては（冬季に雨季となる地域が狭いためか、）ほとんど研究がない。

2011年2月21日月曜日

## はじめに

- ・ Chang et al. (2005)では、平均的な北東季節風に伴い、インドシナ半島東海岸で、降雨活動が活発であることが指摘されている。北東モンスーンは、10月から3月まで活発であるにも関わらず、降雨活動は、北東季節風の始まりの秋季に活発で、冬季には不活発である。
- ・ また、冬アジアモンスーン季には、中緯度からの寒気の吹き出しが、亜熱帯及び熱帯の大気循環と雲降水活動に影響を及ぼすことが知られている(e.g., Takahashi et al. 2011)。

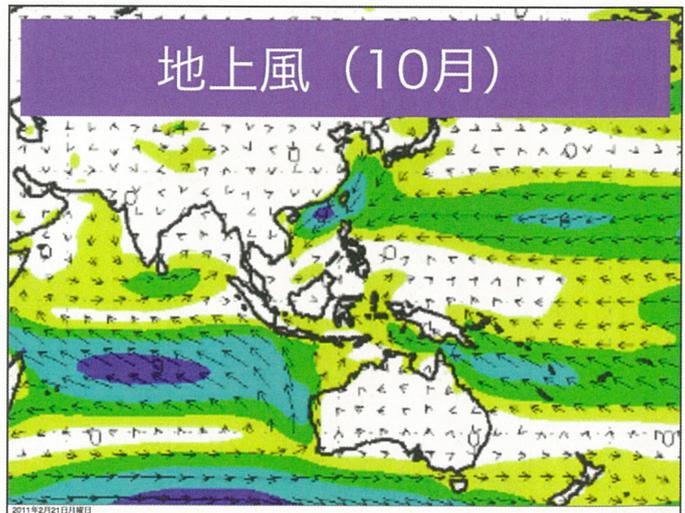
2011年2月21日月曜日

## 使用したデータ

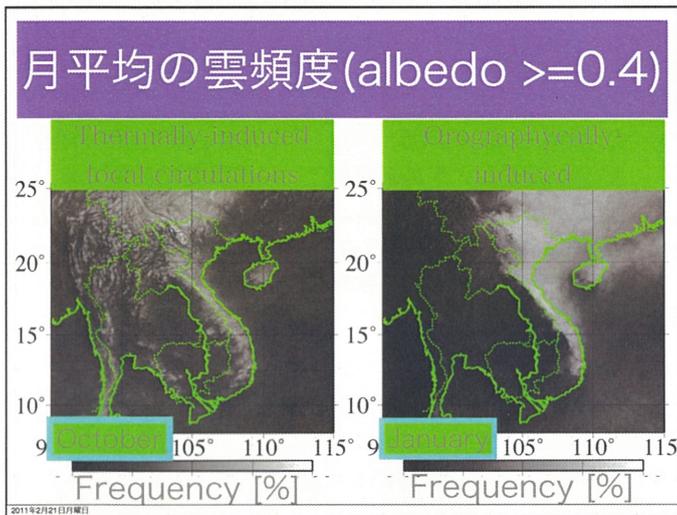
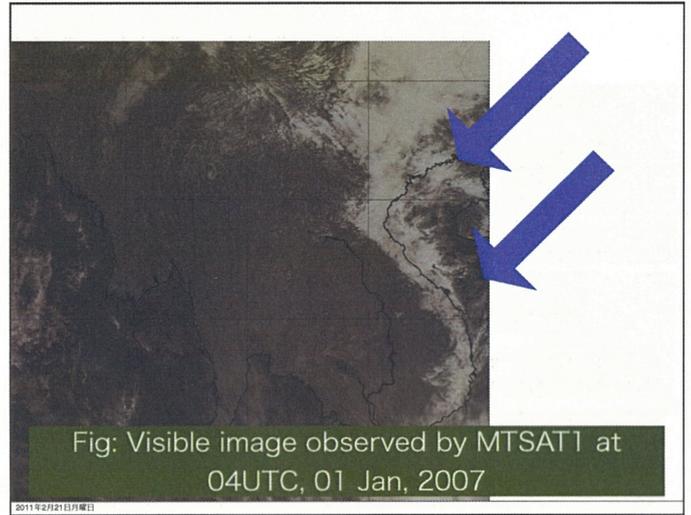
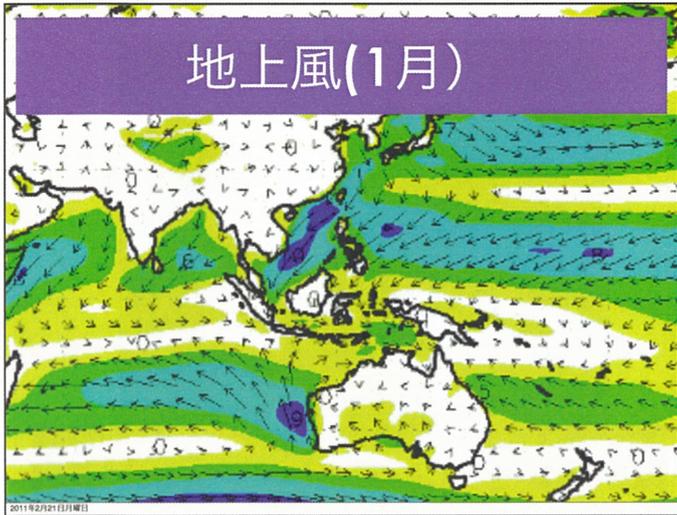
- ・ MTSAT1(from 2006OCT to MAR2010)
  - ・ VIS(albedoに変換し、天頂角で補正), 0.01 deg (from CEReS)
  - ・ IR1(Tbbに変換) , 0.04 deg (from CEReS)
- ・ TRMM 2A25 (Precipitation Radar (PR))
- ・ TRMM 3B42 (IR based, with Microwave and PR)
- ・ GSMaP MWR(マイクロ波のみのプロダクト)
- ・ JRA25(u,v at 925hPa, air temp at  $\sigma 0.995$ )

2011年2月21日月曜日

## 地上風 (10月)

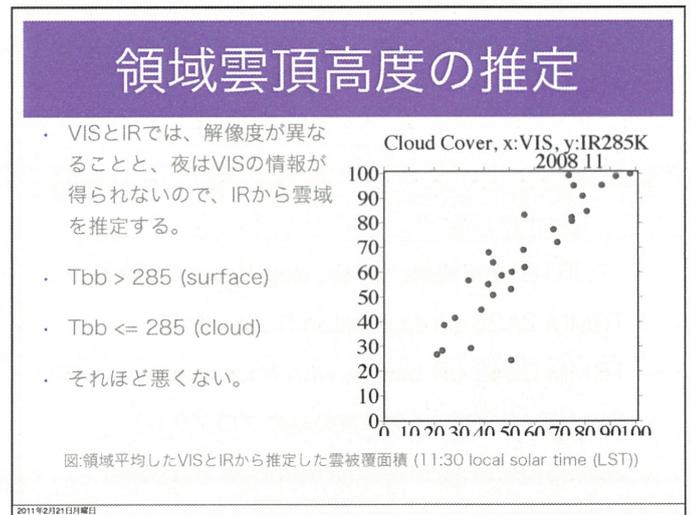
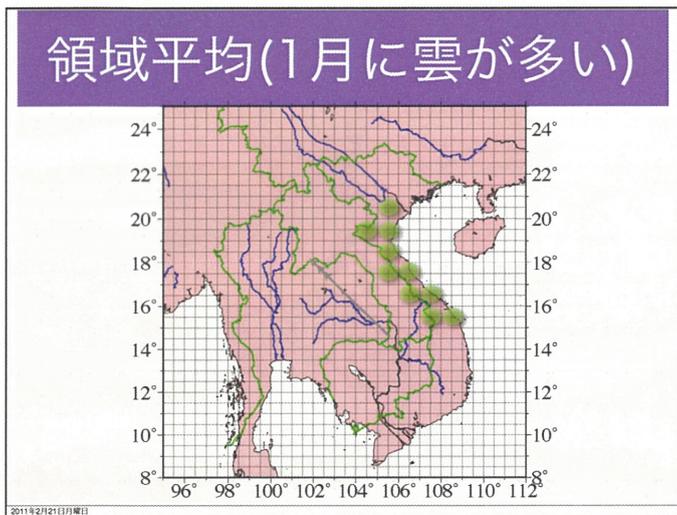


2011年2月21日月曜日



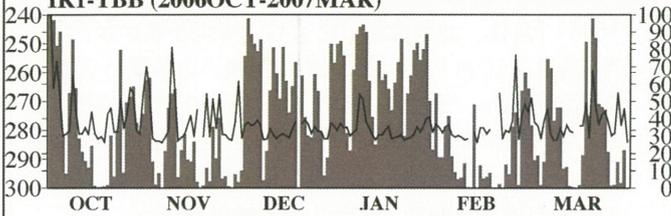
- 同じ北東モンスーン季でも、雲の頻度分布に大きな違いがある。10月11月は、熱的局地循環に伴う雲が形成されており、一方12月1月には、地形性の雲が高頻度で形成されている。
- 雲の特徴として、雲頂高度の違いを調べる。

2011年2月21日 曜日



## 雲被覆と雲頂高度の変化

IRI-TBB (2006OCT-2007MAR)



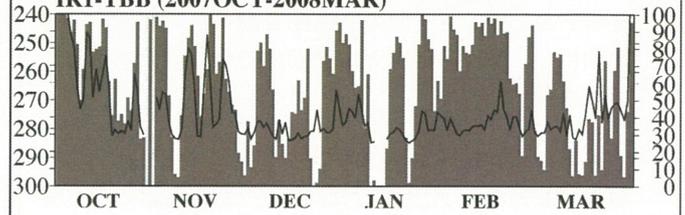
10月11日は雲被覆が広がると（雲活動が発達すると）、雲頂温度が260K(約6 km)まで発達するが、12月1月は、280K(約2 km)に留まる。

10月11日 発達した雲 12月1日 低層雲

2011年2月21日13時曜日

## 雲被覆と雲頂高度の変化

IRI-TBB (2007OCT-2008MAR)



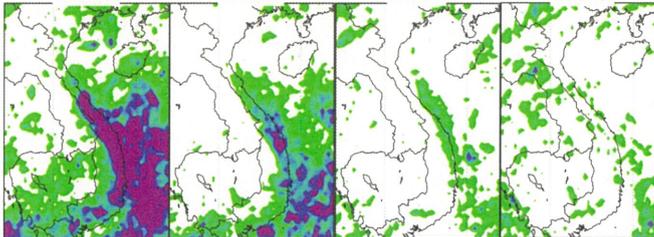
いくらか年々変動はみられるが、基本的な傾向は変わらない。

10月11日 発達した雲 12月1日 低層雲

2011年2月21日13時曜日

## 降雨の季節変化

Nov<sub>1</sub> Dec<sub>1</sub> Jan<sub>1</sub> Feb<sub>2</sub>



降水量が徐々に減少。12月1月では、行くから、海岸付近に降水量が見られる。

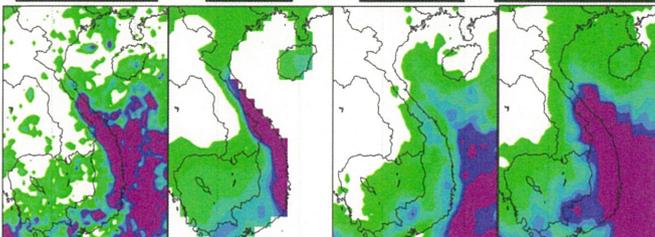
2011年2月21日13時曜日

- ・ いくつかの降水プロダクトが利用可能であるが、それぞれ特徴があるので、4種類を比較する。夏季アジアモンスーンに置いては、いくらか比較があるが、冬季については少ない。
- ・ 基本的に、プロダクト間の差は大きい。

2011年2月21日13時曜日

## 降雨のプロダクト間の比較 (11月:比較的高い対流)

TRMM-PR GPCP GSMaP TRMM3B42

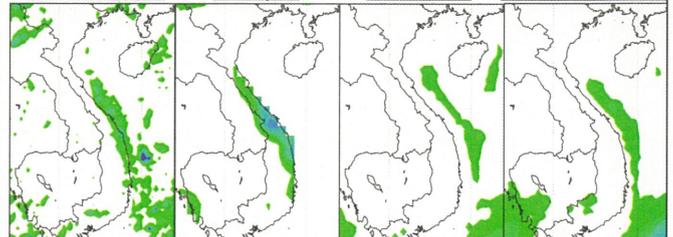


陸上はマイクロ波を除いて、比較的良く一致。海上ではマイクロ波も特に問題なし。

2011年2月21日13時曜日

## 降雨のプロダクト間の比較 (1月:比較的低い対流)

TRMM-PR GPCP GSMaP TRMM3B42



GSMaPは、陸上で過小評価は、11月と同じだが、海上で過大評価?IRベースのTRMM3B42が陸上で顕著に過小評価、海上で過大評価(マイクロ波の影響?)

2011年2月21日13時曜日

## まとめ

- ・ 冬季アジアモンスーンの雲活動を調べた。衛星データを利用し、北東モンスーン季節内での、雲降水活動の特徴を調べた。
- ・ 同じ北東モンスーン季節内でも、雲の頻度分布に大きな違いがある。10月11月は、熱的局地循環に伴う背の高い雲（良く発達した雲）が形成されており、一方12月1日には、地形性の背の低い雲が高頻度で形成される。また、10月11月は多量の降水を伴い、12月1月は、降水量が少ない（0ではない）。

2011年2月21日 月曜日

## まとめ（続き）

- ・ 10月11月は、北東風などにより、降雨が多いが、12月1月は、10月11日より北東風が強いにも関わらず、降雨が少ない（理由については、今後の課題、月平均ベースの解析では、SSTや下層の安定度などで説明されている）。今後は、月平均での状況を理解するために、より細かい時間スケールでの解析を行う。
- ・ 10月11月のような、背の高い雲降水活動では、IRなどでも降水量の推定が良いが、12月1月2月のような背の低い雲降水活動では、降水量の推定が悪い。

2011年2月21日 月曜日

# 路面積雪の圧雪過程におけるマイクロ波散乱機構の研究 —マイクロ波による雪氷の複素誘電率計測—

Studies on Microwave Scattering due to Snow in the Densification Process on Road.  
- Microwave measurement of complex dielectric constant of snow and ice. -

○阿部修<sup>1</sup>・小杉健二<sup>1</sup>・長康平<sup>2</sup>・吉川真由子<sup>3</sup>・Josaphat Tetuko Sri Sumantyo<sup>2</sup>・西尾文彦<sup>2</sup>

1. (独)防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄支所, 2. 千葉大学環境リモートセンシング研究センター, 3. 千葉大学大学院



本研究では、電波吸収材などの材料定数計測に用いられる自由空間法を応用し、マイクロ波による複素反射係数計測を用いた雪氷検出手法を提案する。また昨今、小型で携帯可能な計測機器(VNA ベクトルネットワークアナライザ)も製品化され、比較的容易に屋外計測を

実施することも可能となった。そこで携帯型の計測機器(VNA)を用い、本手法にて実際にアスファルトや圧雪状態の積雪に対する複素反射係数計測を行い、積雪の検出・識別のための誘電率の推定を試みた。ここではその一例を紹介する。

## 1. はじめに

マイクロ波からみると雪や氷は誘電体である。氷の比誘電率は3、雪の比誘電率は2前後の値をとることが知られている[1]。誘電率は媒質境界面における電波の反射、透過、媒質内における電波の伝搬、減衰などを決定するパラメータであり、媒質からの反射波を計測・解析することで誘電率を逆推定することが可能である。また誘電率は媒質の物理状態に応じて変化するため、推定した誘電率から媒質の物理状態の推定も可能となる。本研究では、昨今入手が可能となった小型で耐候性能を有するベクトルネットワークアナライザ(VNA)で構成する複素反射計測装置にて雪や氷の複素比誘電率の計測を試みる。本稿では、複素反射係数の計測手法、および、先だって実施した低温実験室内における雪や氷の誘電率の計測事例を紹介する。



## 2. 手法

### 2.1. 概要

マイクロ波による複素誘電率計測は、電波吸収材などの材料定数計測に使われる自由空間反射法[2]を応用し、次の手順で行う。1) 計測対象に対する複素反射係数計測を行う。2) 複素反射係数の計測値と理論値を用いた逆問題解析により複素比誘電率を推定する。

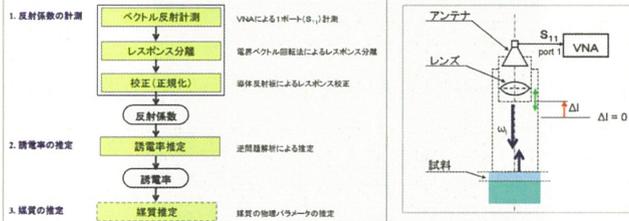


図1 誘電率計測フロー

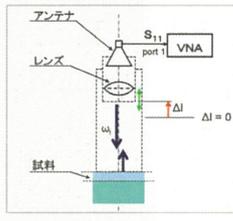


図2 計測装置概要図

### 2.2. 複素反射係数の計測

VNA、ホーンアンテナ、誘電体レンズで構成する複素反射計測装置(図2)にて、周波数ごとの複素反射係数を計測する。1) ここで、アンテナ系を計測対象から少しずつ遠ざけ、これによって位相変化する反射波成分を計測対象からのものとして抽出する。2) さらに計測対象の表面にアルミ反射板を置いて同様の計測を行い、その値を用いて計測対象の複素反射係数の値を比較補正する。これらより得られた計測対象の複素反射係数の補正値を  $\Gamma_{correct}$  とする。

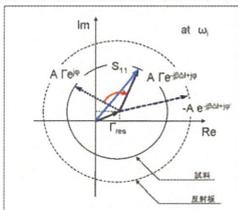


図3 反射係数ベクトル

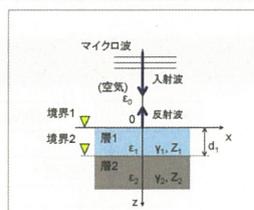


図4 積層誘電体モデル

### 2.3. 複素比誘電率の推定

複素反射係数の補正値と理論値を用いた逆問題解析により複素比誘電率を推定する。計測対象の誘電率として、ある値の複素誘電率の組を与えて複素反射係数の理論値を計算する。次いで、対応する計測値との二乗誤差を計算し、その値を最小とする複素誘電率の組を探索する。なお理論値の計算には、2層の積層誘電体に平面波を垂直照射する解析モデルを仮定する。層1、2の複素比誘電率を  $\epsilon_1, \epsilon_2$ 、層1の伝播定数を  $\gamma_1$ 、厚さを  $d_1$  とする。このとき積層誘電体表面に角周波数  $\omega$  の平面波を自由空間から垂直入射させたときの複素反射係数  $\Gamma$  を式(1)に示す。

$$\Gamma(\omega) = \frac{R_1 + R_2 e^{-2\gamma_1 d_1}}{1 + R_1 R_2 e^{-2\gamma_1 d_1}} \quad (1)$$

ここで  $R_1, R_2$  は次式で表す反射係数である。また伝播定数  $\gamma_1$  は次式で表される。(c: 光速)

$$R_1 = \frac{1 - \sqrt{\epsilon_1}}{1 + \sqrt{\epsilon_1}}, \quad R_2 = \frac{\sqrt{\epsilon_1} - \sqrt{\epsilon_2}}{\sqrt{\epsilon_1} + \sqrt{\epsilon_2}}, \quad \gamma_1 = j \frac{\omega}{c} \sqrt{\epsilon_1}$$

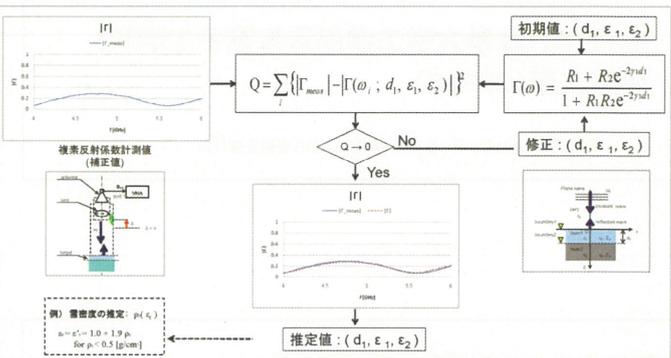


図5 誘電率推定フロー

## 3. 計測事例

(独)防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄支所の低温実験室において雪氷の複素誘電率計測を実施した。ここでは乾雪および純水の計測事例を紹介する。なお、VNAにはAnritsu MS2036Aを使用し、周波数4-6GHzの範囲で計測を行った。計測および推定の結果を表2に示す。乾雪では複素比誘電率の実数部が1.59、氷では3.03となった。雪は2-3以下、氷の比誘電率の実数部は3前後であるので、概ね妥当な計測結果が得られた。

表1 試料の物理パラメータ

No.	試料	層1	層2	深さ [mm]	雷密度 [g/cm³]	温度 [°C]
1	乾雪	(EPS)		30	0.31	-6.3
2	純水	(EPS)		32	-	< 0
3	アクリル	(空気)		5	-	(参考)

EPS: 発泡スチロール (Expanded Polystyrene foam)

表2 誘電率推定結果

No.	試料	層1	層2	深さ [mm]	誘電率 (実部)	(虚部)
1	乾雪	(EPS)		30.5	1.59	(1)
2	純水	(EPS)		33.1	3.03	(1)
3	アクリル	(空気)		5.0	2.58	1 (参考)

EPS: 発泡スチロール (Expanded Polystyrene foam)

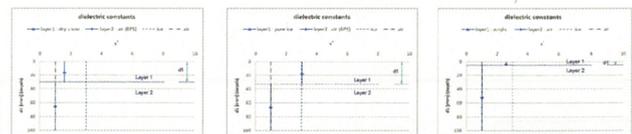


図6 誘電率推定結果(断面図)



図7 試料(左:雪, 右:氷)

## 4. おわりに

本報告では、自由空間法を用いた雪氷の誘電率計測手法を示した。本手法を用いた低温実験室における屋内計測では概ね妥当な計測結果が得られた。今後、標準材料などを用いた計測装置、計測手法の評価、屋外計測における問題点の把握と対策の検討を行う予定である。

なお、本研究は 防災科学技術研究所雪氷防災研究センター新庄支所と千葉大学環境リモートセンシング研究センターとの共同研究として実施したものである。

### 【参考文献】

- [1] MARITI T. HALLIKAINEN et al: Dielectric Properties of Snow in the 3 to 37 GHz Range. Antennas and propagation, vol. AP-34. No. 11, pp1329-1340, 1986.
- [2] 橋本修: マイクロ波・ミリ波における測定技術, pp12-16, リアライズ社, 1998年

# InSARによる南極やまと山脈地域の雪氷流動季節変化の検出

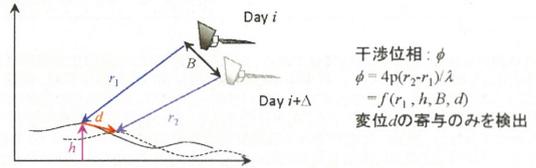
木村 宏(岐阜大学工学部電気電子工学科)  
西尾文彦(CEReS)

※使用したPALSARデータの一部はJAXAから提供を受けた。

## 目的

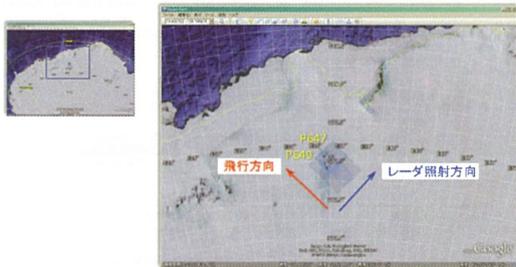
- ・ ALOS PALSAR InSARの応用
- ・ 南極内陸やまと山脈地域
- ・ 雪氷流動の季節変動検出の可能性

## InSARの原理

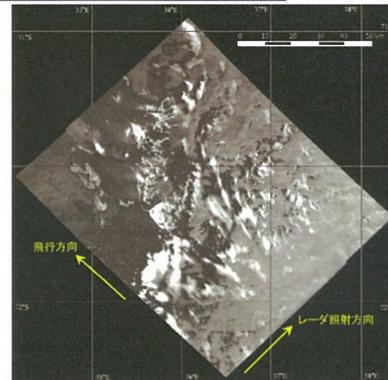


## テストエリアと使用データ

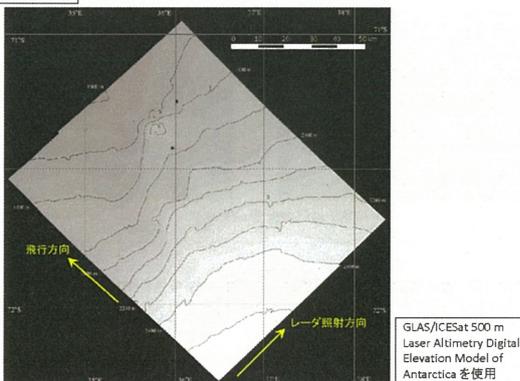
- ・ テストエリア: やまと山脈地域
- ・ 使用データ: PALSAR FBS34.3 HH偏波 Path 649と647の隣接4シーン



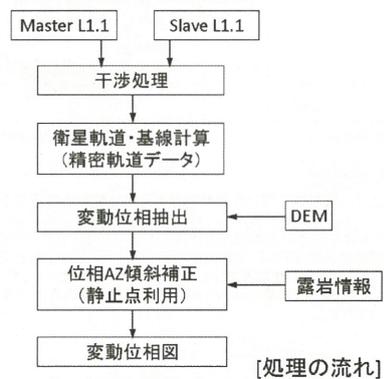
## (1) 後方散乱強度分布



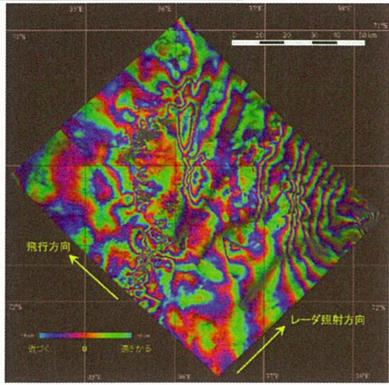
## (2) 標高



## InSAR変動位相

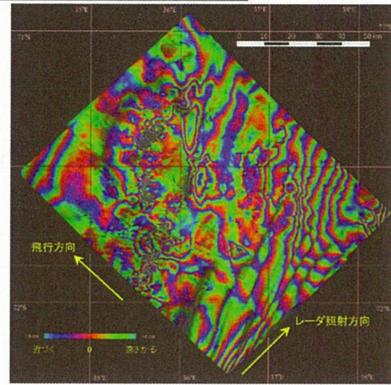


(1) 冬季の雪氷流動



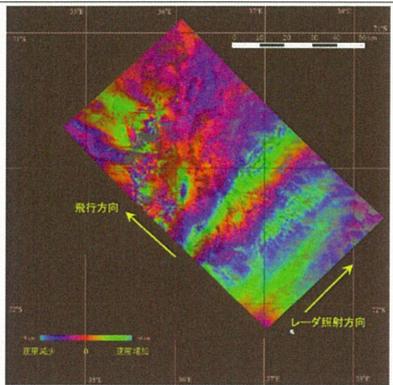
Path 647:  
2008.4.17-08.6.2  
Path 649:  
2008.4.5-08.5.21

(2) 夏季の雪氷流動



Path 647:  
2007.12.1-2008.1.16  
Path 649:  
2007.11.19-2008.1.4

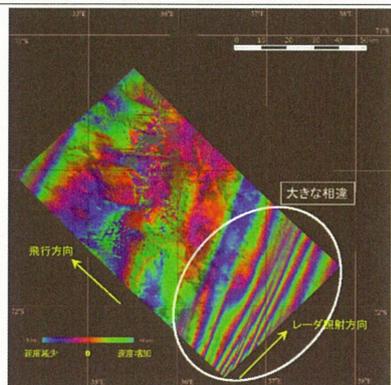
(3) 夏季/冬季の相違 (Path647)



比較的に安定

夏季-冬季  
夏季:  
2007.11.19-2008.1.4  
冬季:  
2008.4.17-08.6.2

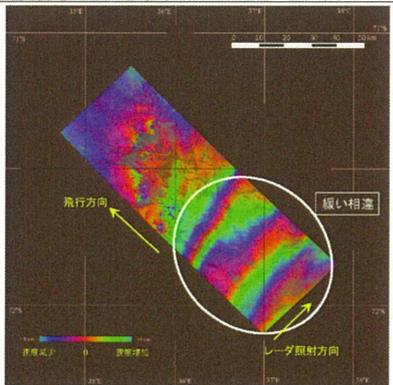
(4) 夏季/冬季の相違 (Path649)



相違の大きな領域  
・より高所  
・レーダ照射方向  
に対して+の加速度  
・高度の増加に  
対して-の加速度

夏季-冬季  
夏季:  
2007.12.1-2008.1.16  
冬季:  
2008.4.5-08.5.21

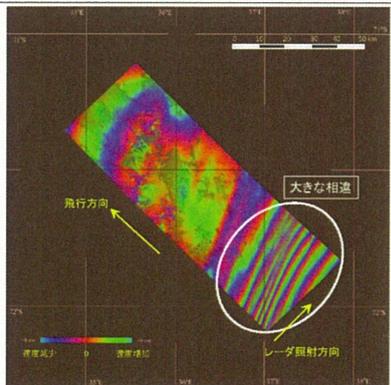
(5) 冬季Path重複部46日間の相違



相違の緩やかな  
領域  
・より高所  
・レーダ照射方向  
に対してほぼ0の  
加速度  
・高度の増加に  
対して+の加速度

Path 647:  
2008.4.17-08.6.2  
Path 649:  
2008.4.5-08.5.21

(6) 夏季Path重複部46日間の相違



相違の大きな領域  
・より高所  
・レーダ照射方向  
に対して+の加  
速度  
・高度の増加に  
対して+の加速度  
・かつ夏季の2倍

Path 647:  
2007.12.1-2008.1.16  
Path 649:  
2007.11.19-2008.1.4

### 考察とまとめ

- ・ 冬季と夏季の干渉位相の相違より流動速度の変化が推察
- ・ 冬季も夏季も, 46日間の相違が高所(2000 m以上)に存在
- ・ 冬季は夏季よりも46日間の相違が小さく, より安定と推察

### 今後の予定

- ・ 冬季/夏季の流動変動の詳細解析

13

# スカイラジオメータ観測データ解析によるタイ・ピマイにおけるエアロゾルの特徴

\*中村麻耶、東良美、久慈誠 (奈良女子大学)

## 1. 背景

バイオマスバーニングはエアロゾル (特に黒色炭素)、COなどの大量の大気汚染物質を発生させるイベントである。本研究では世界でもバイオマスバーニングの発生頻度の高い東南アジアに注目した。東南アジアにおけるバイオマスバーニングの多くは人為起源の焼畑によって起こることが分かっている。また、焼畑は雨季の直前や乾季の終わる頃を中心に行われている。

今回、タイ・ピマイに設置されている精度のよいエアロゾル観測の可能な地上観測(スカイラジオメータ)と同一測器を用いて空間的な広がりや連続的に捉える事が出来る衛星観測データを解析した。本研究ではこれらのデータを相補的に解析することによって、東南アジアに存在するエアロゾルの特徴を明らかにすることを目的とする。

## 2. 解析したデータ・解析方法

### ◆エアロゾルのデータ (衛星観測)

- EOS-Aqua衛星に搭載されたOzone Monitoring Instrument : OMIセンサーで得られたデータ
- 解析したプロダクト: Final Aerosol Optical Depth(光学的厚さ)、Final Scattering Alb(一次散乱アルベド)
- 解析した波長: 471nm
- 0.25°×0.25°グリッドデータ
- 空間分解能: 13km×24km
- 1日で全球をカバーする
- ◎スカイラジオメータの設置場所である(ピマイ)に合わせて、2°×2°の領域平均を行った。
- また、オングストローム指数は354nmと471nmのプロダクトから求めた。

### ◆エアロゾルのデータ(スカイラジオメータ)

- 解析したプロダクト: 光学的厚さ(500nm)、一次散乱アルベド(500nm)、オングストローム指数
- 解析地点: ピマイ (図2.1参照)

◎衛星の観測時刻と1時間以内に同期したデータを解析した。

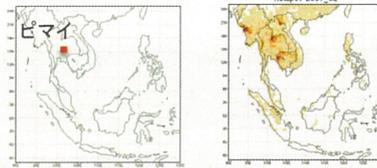


図2.1: スカイラジオの設置場所

図2.2: 2007年2月の東南アジアにおけるホットスポット件数[件数]の空間分布

### ◆ホットスポット件数 (火災発生件数)

- Terra/Aqua衛星に搭載されたMODIS (Moderate Resolution Imaging Spectrometer)センサーで得られたデータ。火災検知アルゴリズムを適用した熱異常値データを東京大学生産技術研究所の竹内渉博士より提供を受けた。
- 空間分解能: 1km×1km

◎一定面積内で一定期間のホットスポット件数をグリッドごとに積算した。  
図2.2は2007年2月の1ヶ月積算のホットスポット件数の空間分布である。

## 3.1 時系列解析

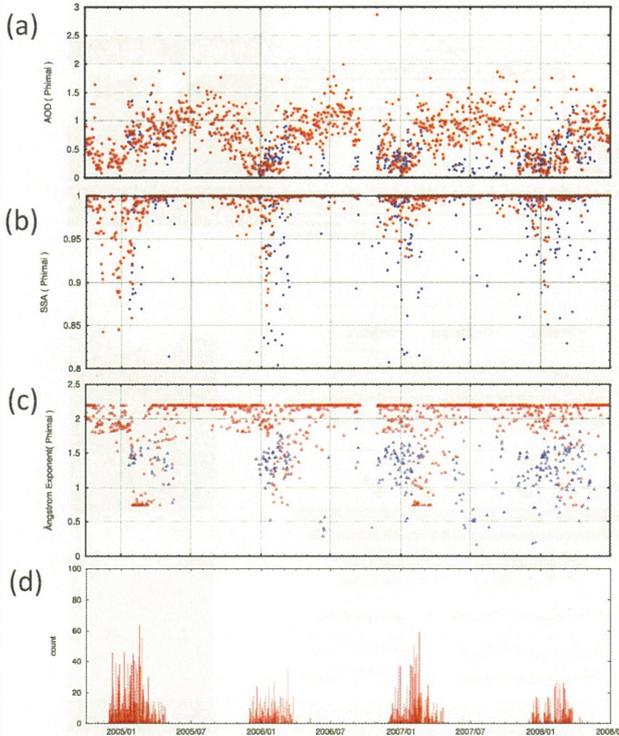


図1: 2004年10月から2008年6月までのピマイにおける日毎の時系列。(a)は光学的厚さ、(b)は一次散乱アルベド、(c)はオングストローム指数、(d)はホットスポット件数[件数]を表す。(a)から(c)では、赤はOMI、青はSKYRADIOを示す。

まず、2004年10月から2008年6月までのピマイにおける時系列を調べた。図1(d)よりホットスポット件数は乾期の始まりである12月頃に増え始め、2~3月に最大になることが分かった。また、図1(a)より乾期になるに伴い、スカイラジオ・OMIともに光学的厚さは大きくなっていったことが分かった。図1(b)より乾期になるに伴い、一次散乱アルベドはスカイラジオ・OMIともに他の時期と比べて、小さくなっていった。図1(c)よりOMIは乾期以外もオングストローム指数が高い値であることが分かった。これはエアロゾル以外の物質をたらえている可能性が考えられる。

## 3.2 相関

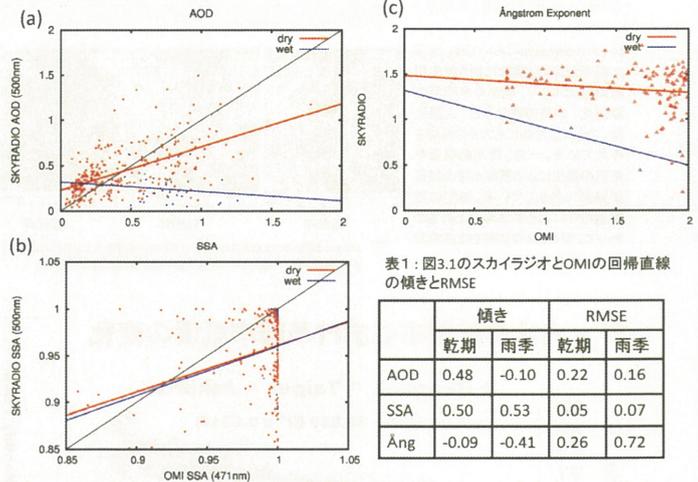


図2: スカイラジオとOMIの相関図。赤色は乾期、青色は雨季を示している。また、(a)は光学的厚さ(b)はオングストローム指数、(c)は一次散乱アルベドの相関である。

次に、両データのマッチングができた日のみで相関を調べた。図2(a)より光学的厚さは乾期と雨季の両時期で相関がよくないことが分かった。また、図2(b)より一次散乱アルベドは乾期と雨季の両方で相関がよくないことが分かった。また、図2(c)よりオングストローム指数でも乾期と雨季の両時期で相関がよくないことが分かった。さらに詳しく解析するために、スカイラジオとOMIの回帰直線の傾きとRMSEを調べた。表1よりどのパラメータにおいてもスカイラジオとOMIの相関がよくないことが確認できた。

表1: 図3.1のスカイラジオとOMIの回帰直線の傾きとRMSE

	傾き		RMSE	
	乾期	雨季	乾期	雨季
AOD	0.48	-0.10	0.22	0.16
SSA	0.50	0.53	0.05	0.07
Ang	-0.09	-0.41	0.26	0.72

## 4. まとめと今後の課題

本研究では特に乾期に着目して、東南アジアにおけるエアロゾルの量と種類について明らかにすることを目的とした。3.1よりホットスポット件数が増加するとともに、光学的厚さが大きくなることが分かった。また、一次散乱アルベドは小さくなっていった。よって、吸光性エアロゾルが存在していると考えられる。しかし、3.2よりスカイラジオと衛星データの相関がよくないことが分かった。今後、東南アジア以外の他の地域においても解析する予定である。

## 5. 謝辞

今回解析したスカイラジオデータはSKYNETプロジェクトより提供を受けました。御礼申し上げます。



# インドネシア・ジャカルタ特別市における都市気温の変化

白 迎玖(東北公益文科大学) 近藤昭彦(千葉大学)

Robert Delinon(Indonesian Institute of Sciences) Rachmat FAJAR Lubis(Indonesian Institute of Sciences)  
Rokhmatuloh(University of Indonesia)



近年、先進国のみならず、途上国においても、UHI現象が顕著になり、都市の熱環境が悪化している。本研究においては、都市機能が肥大化し、人口流入が著しいアジアの巨大都市の一つのインドネシア・ジャカルタ特別市(東経106°45' 南緯6°08' 面積:約664km<sup>2</sup>)を対象とする。本研究の目的は、第一に、熱帯に属するジャカルタ特別市で自動簡易観測網を構築し、長期間にわたって地上観測を行い、得られた観測記録をデータベース化すると同時に、都市気温の上昇を把握することである。第二に、高精度の衛星画像による地表面温度の推定、および地上気象観測データに基づいて、ジャカルタ特別市におけるUHIの実態を解明する。本稿はその第1報である。

## 研究対象地域



カンボン:無計画に成立した集落

ジャカルタ特別市においては、急速に都市が発展・拡大に伴う衛生環境の悪化により、乾季の水不足の深刻化、疾病の激化など、人間生活、さらには生命にも大きな影響を与えている。一方、局地的な集中豪雨の発生による都市水害の被害が頻発している。近年の地球温暖化による海水準の上昇も加わって、ジャカルタ北部では高潮災害が頻発するようになった。

インドネシアの首都のジャカルタは東南アジア最大の都市である。ジャカルタの形成は、14世紀ごろのチリウン河川口の小集落に端を発するといわれる。16世紀以降オランダ植民地支配を受けた際に、その首都アムステルダムにならって建設された。

ジャカルタ大都市圏は、ジャカルタ特別市とボゴール、タンゲラン、フカシの周辺3県、計114のクチャマタンで構成されている。大都市圏は20世紀の後半になって急速に発展し(図1)、人口は1980年の約1,189万人から1990年には1,710万人へと急増し、近年でも年平均4%程度の人口増加を示している。その主な要因は農村部から人口流入である。(2008年度の政府推計人口は1,100万人)

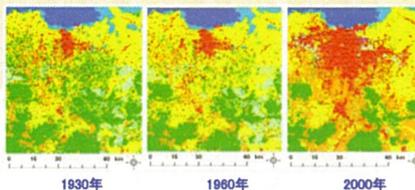


図1 ジャカルタ特別市の土地利用の変遷(5万分の1地形図から土地利用メッシュマップ作成) データ提供:PRIN Project 2-4「都市の地下環境に及ぼる人間活動の影響」

都市	面積(km <sup>2</sup> )	都市圏人口(万人)	都市圏面積(km <sup>2</sup> )	人口密度(人/km <sup>2</sup> )
東京	8,400	37,400	41,000	910
上海	1,700	21,700	6,000	3600
ソウル	1,000	19,400	1,000	19400
タイペイ	600	4,400	1,400	7300
バンコク	600	5,000	5,000	1000
ジャカルタ	664	21,700	31,000	3280
マニラ	1,000	11,400	13,400	850

出典: Demographia(2009) データ出所:自編, 2009



## ジャカルタ特別市における都市気温の変化

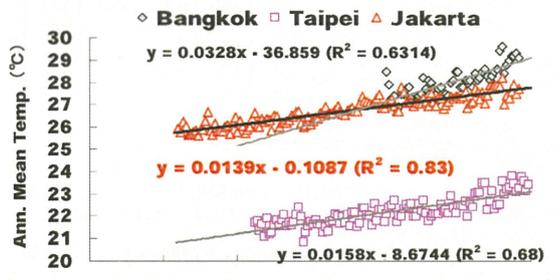


図2 バンコク、台北およびジャカルタの都市気温の変遷(1865-2009年)

資料出典: バンコク: Thai Meteorological Department  
台北: Central Weather Bureau Ministry of Transportation and Communications  
ジャカルタ: Badan Meteorologi Geofisika (BMG), Indonesia

図2に示すように、バンコク、台北と同様、ジャカルタ特別市の都市気温が上昇していることは確認され、都市気温は約1.4°C/100年(1865-2005年)の上昇がみられた。しかし、他のアジアの巨大都市と違い、80年代以降、都市気温の上昇がみられなかった(図4)。また、ジャカルタ特別市と台北、東京の気温、降雨量の季節別変化には異なる特徴が現れている(図5)。しかし、今回研究対象とする特別市における気候資料が十分にそろっていないため(2005年以降の観測資料をまだ非公開にとっている)、都市ヒートアイランドの発生について確認できていない。現在、独自の地上観測は継続しており、今後、季節別でジャカルタ特別市の高温域の分布を解明し、都市構造と乾季における都市ヒートアイランドの発生との関係を分析したいと考えている。

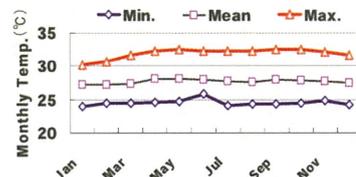


図3 各月の最高・平均・最低気温の変化(1980-2000年の平均値) (BALAI BESAR METEOROLOGI KLIMATOLOGI 気象局データより筆者ら加工・作成)

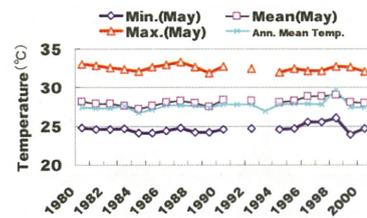


図4 年平均気温、5月(月気温の最高値)における最低・平均・最高気温の変化(1980-2000年) (BALAI BESAR METEOROLOGI KLIMATOLOGI 気象局データに基き、筆者ら加工・作成)

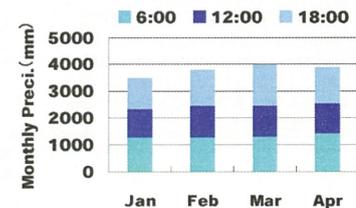


図5 雨季(1月~4月)における降雨量の変化(1993-2003年の平均値) (Ketulameja Stationの観測データに基き、筆者ら加工・作成)

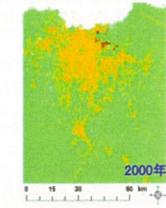
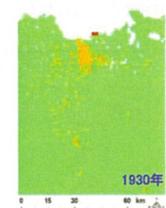


図6 都市域の拡大の推定 資料提供:PRIN Project 2-4「都市の地下環境に及ぼる人間活動の影響」

謝辞:本研究は「平成22年度千葉大学CEReS共同利用」および総合地球環境学研究所「都市の地下環境に及ぼる人間活動の影響」プロジェクトにより研究助成を受けて行われた。

# Analysis of InSAR image of Volcanic activity in Sakura island (Kagoshima)

Toshifumi Yuji<sup>1</sup> and Josaphat Tetsuko Sri Sumantyo<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculty of Education & Culture, University of Miyazaki, 1-1, Gakuenkibanadai-nishi, 889-2192, Miyazaki, Japan,  
\*e-mail: yuji@cc.miyazaki-u.ac.jp

<sup>2</sup> Center for Environmental Remote Sensing, Chiba University  
1-33, Yayoi, Inage, Chiba 263-8522

**Keywords:** SIGMASAR, Sakurajima island, PALSAR, Multi-look intensity image

## Abstract

In Southern Kyushu is an area with frequent volcanic action. Especially, Mt. Sakurajima explodes more than 100 times yearly. The land form of Japan has been varied largely due to a great number of volcanic actions in the past. Since the large explosion of the Mt. Sakurajima in 1914, there has been no violent explosion. However, volcanic activity is increasing recently at Mt. Shinmoedake, which is one of the Kirishima volcanic zones. The purpose of this research is to observe the change of the landscape at the volcanic activity area using satellite photographs and predict the further volcanic action of Mt. Sakurajima and to study the extent of the volcanic action in the future.

## Experimental Setup

We are expecting to see the change in landscape by investigating the sequential volcanic action in the Kirishima volcanic zone, too.

### Phased Array type L-band Synthetic Aperture Rader (PALSAR)



Fig.1 artistic images.  
(Taken from <http://www.ero.c.jaxa.jp>)

- Swath width ; 40-70 km
- Polarization ; HH or VV
- Frequency ; 1270 MHz (L-band)
- Off-nadir angle ; 8-60 degree

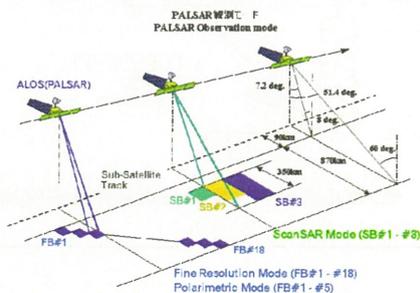


Fig.2 Image of PALSAR observation mode.  
(Taken <http://www.jaros.or.jp>)

## Results

Comparing the current satellite image data with that of four years before, the landscape has been changed largely and you can see that the environment has been changed in a large way.



Fig. 3. PALSAR data (in 2007)



Fig.4. PALSAR data (in2010)

## Conclusion

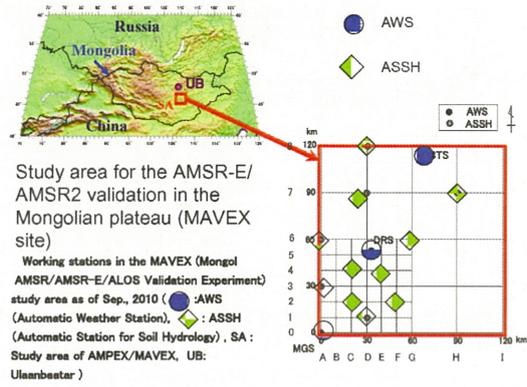
In this research, we analyzed the image data sent from the satellite from 2007 to 2010 using PCs. Further research will be necessary on site by gaining more satellite data continuously on a long-term basis.

# 衛星土壌水分検証と観測の実際

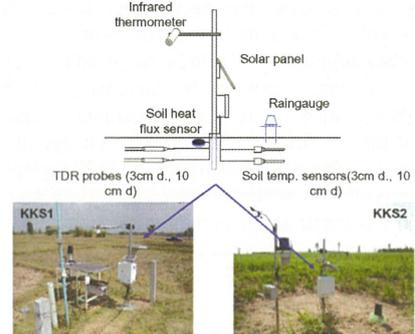
開発一郎(広大)、近藤明彦(千大)、白石一晃(広大)、武藤太郎(RESTEC)、  
藤井秀幸(JAXA)、小池俊雄(東大)、

1. はじめに
2. AMSR-E・AMSR2土壌水分検証
3. MIRAS(SMOS)検証
4. おわりに

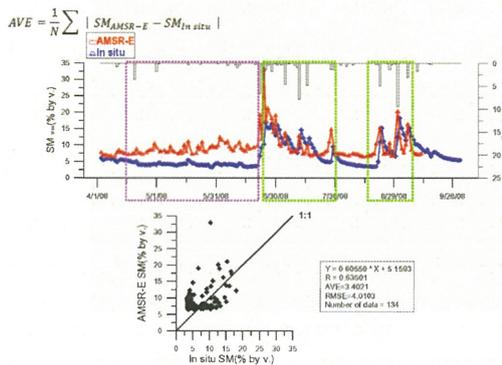
CEReS 2/21, 2010



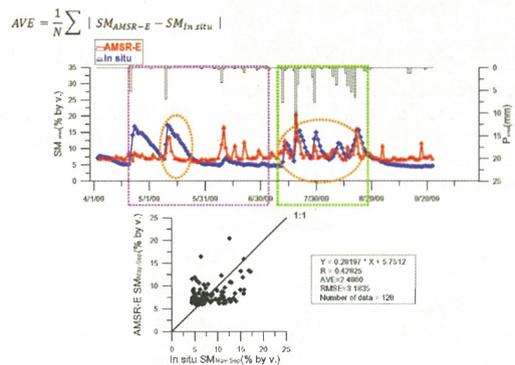
New validation site (KKS: 50 km x 50km) of Khon Kaen in east Thailand



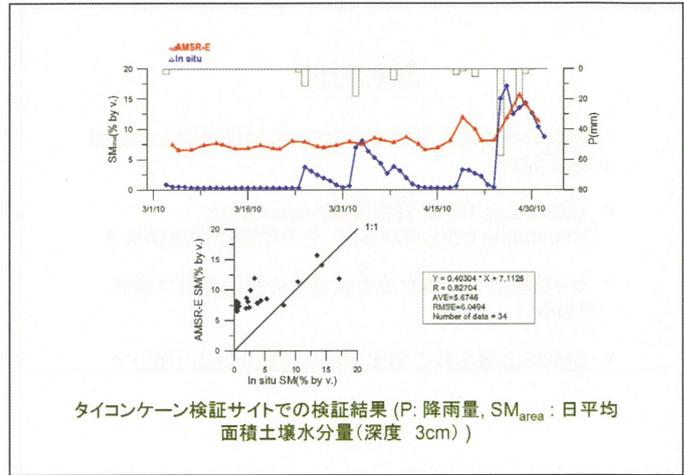
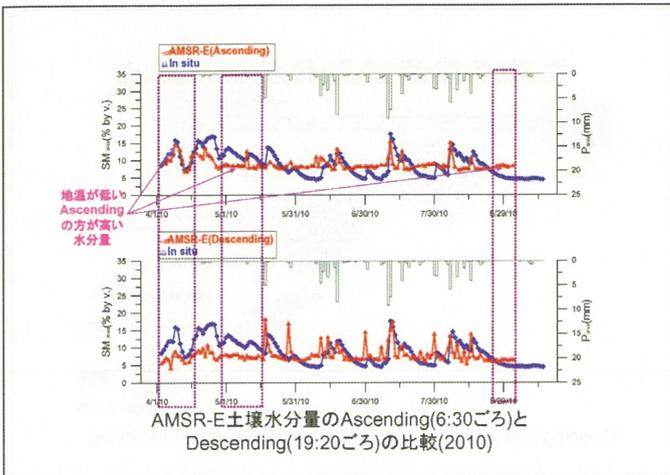
土壌水文ステーションT型(ASSH-T)



モンゴル高原検証サイトでの検証結果(2008)



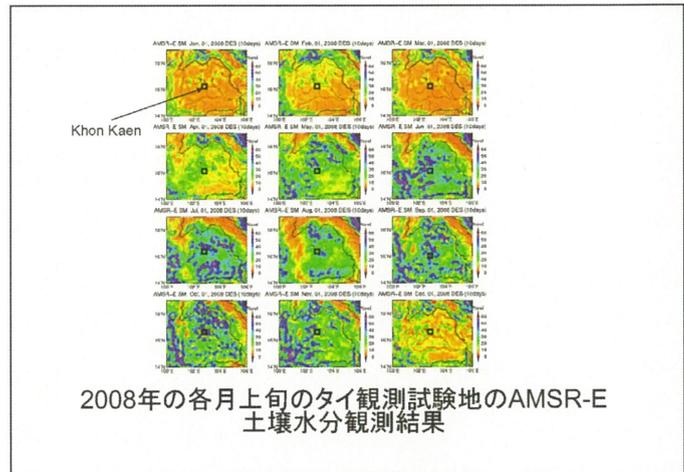
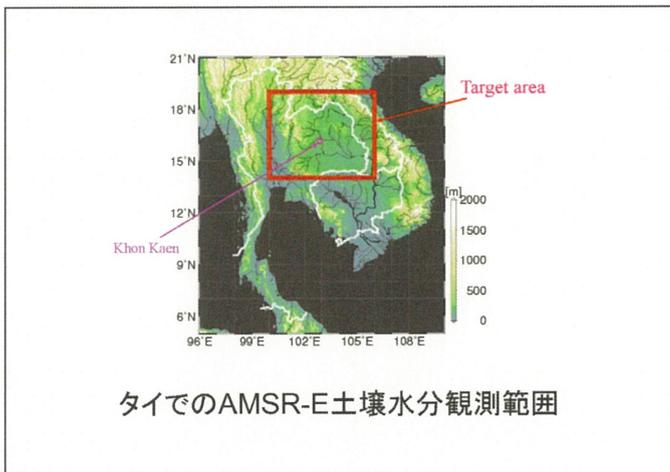
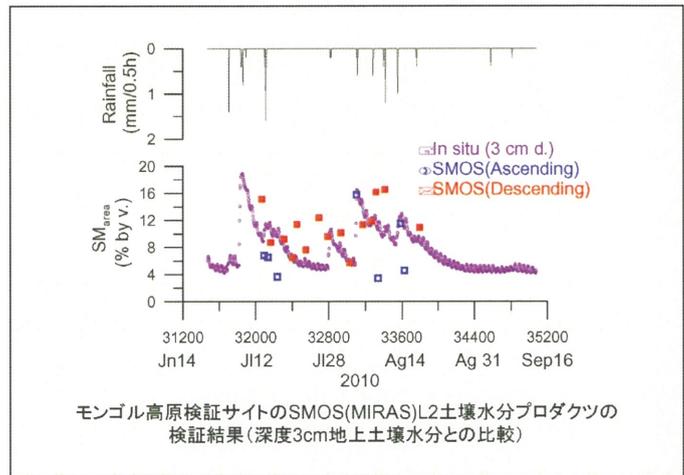
モンゴル高原検証サイトでの検証結果(2009)



**SMOS:**  
ESA's Second opportunity mission

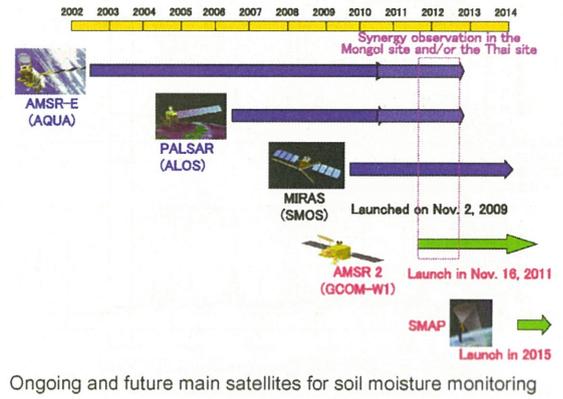
- Soil moisture and sea surface salinity monitoring
- Passive L band (1.41 GHz)
- Synthetic antenna
- 2-D interferometry
- Resolution: 50 km (40 km), revisit: <3 d, global
- Accuracy: 4%
- Launch in Nov. 2, 2010

Soil moisture and sea surface salinity in August, 2010



## おわりに

- ∨ AMSR-E土壌水分アルゴリズムの検証は地上の乾燥に大きく依存
- ∨ AMSR-E土壌水分推定値はAscendingとDescendingで少し異なるが、その原因は地温効果？
- ∨ タイ検証地での高水分量状態での検証結果は意味がある
- ∨ SMOS土壌水分の測定深度は深度3cmより深い？



## キセノン光源を用いたDOAS法による火山ガス計測と三宅島火山噴出物表層部の実態把握

○原田一平<sup>1</sup>・由井四海<sup>2</sup>・蒲靖人<sup>3</sup>・栗山健二<sup>3</sup>・久世宏明<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>東京情報大学・<sup>2</sup>富山高専専門学校・<sup>3</sup>千葉大学

第13回環境リモートセンシングシンポジウム



## DOAS観測対象地域（三宅島）の背景

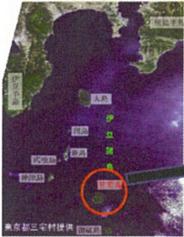
- ・2000年の三宅島噴火によって全島民が島外へ避難したが、2005年2月1日に避難指示が解除し、2011年1月現在の人口は2,794名(広報みやけ、Vol.490)
- ・噴火当初(2000~2002年)は4000~8万トン/日、今もなお5,000~1,500トン/日の多量の火山ガス(SO<sub>2</sub>)が放出しており(気象庁2002,2011)、泥流の堆積した地域においては地下水水質に悪影響を及ぼす(Machiada and Lee, 2008)
- ・火山ガスの影響により交通機関である航空機の2010年(11/1~11/30)の就航率は約33.3%(広報みやけ、Vol.490)  
<http://www.miyakemura.com/kouhou/kouhou.html>



三宅島噴火後の火山ガスのモニタリングを行い、火山噴出物表層部の実態を把握することを目的とする

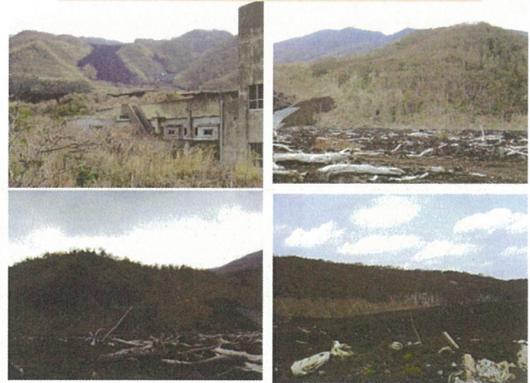
## 三宅島全景図

三宅島への交通手段は船により6時間半の時間を要するが、2006年4月には航空機による運航が再開され、所要時間は45分と大幅に短縮された。

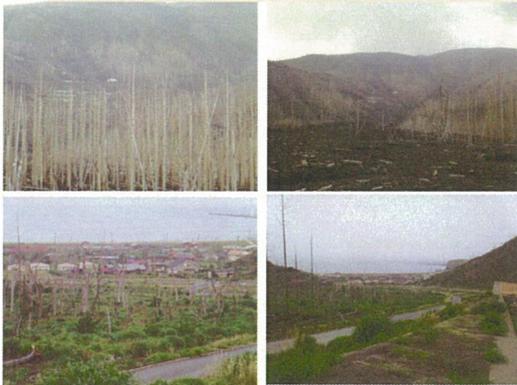


東京から180km南  
 最高標高: 814m(噴火前)  
 直径: 8.7km  
 形状: 円形  
 面積: 55km<sup>2</sup>  
 年平均降水量: 3000mm  
 地質: 玄武岩

## 坪田高濃度地区: 旧小学校周辺 (2003年2月19日)



## 坪田高濃度地区: 三池、旧小学校周辺 (2008年9月26日)



## 坪田高濃度地区: 釜方砂流ダム (2003年2月19日)



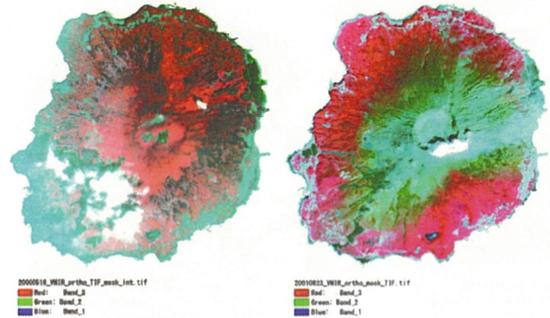
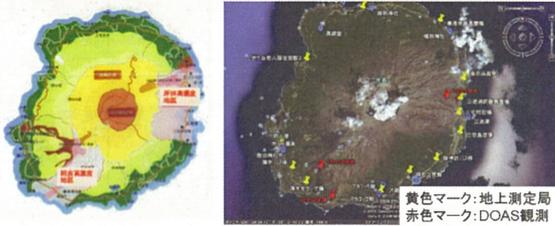
坪田高濃度地区:釜方砂流ダム(2008年5月17日)



火山泥流によって破壊された道路(2003年2月25日)

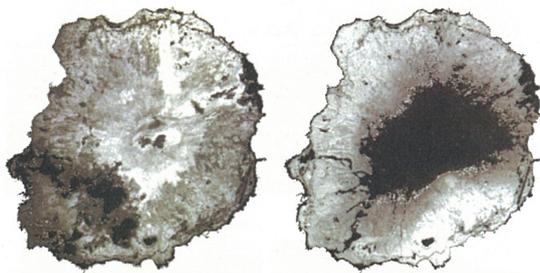
季節ごと月平均SO<sub>2</sub>濃度の経年変化

- ・噴煙・火山ガスが強風によって吹きおろされるようなとき、風下で高濃度SO<sub>2</sub>が観測される(飯野・木下ほか2005、東京都2003)
- ・三宅村役場による地上測定局(全14箇所)の火山ガス(SO<sub>2</sub>)データ(5分値)から月平均値を算出
- ・避難指示解除(2005年)後の2006年から2009年までの季節ごと月別SO<sub>2</sub>濃度の経年変化を把握



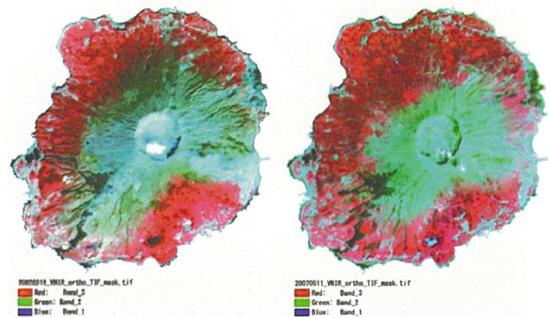
三宅島噴火前(ASTER\_VNIR)  
2000年5月16日

三宅島噴火後(ASTER\_VNIR)  
2001年8月23日



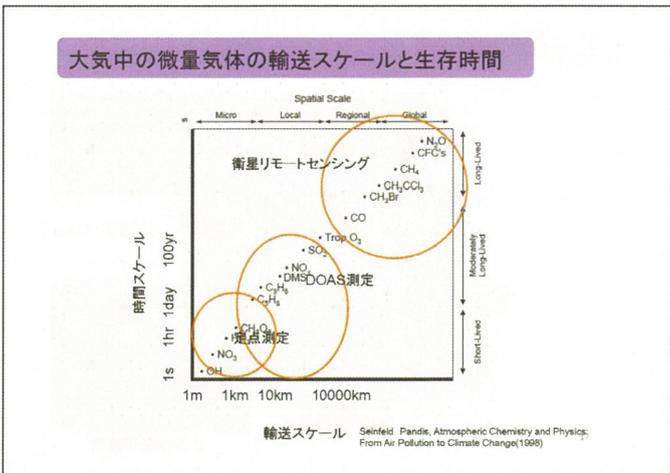
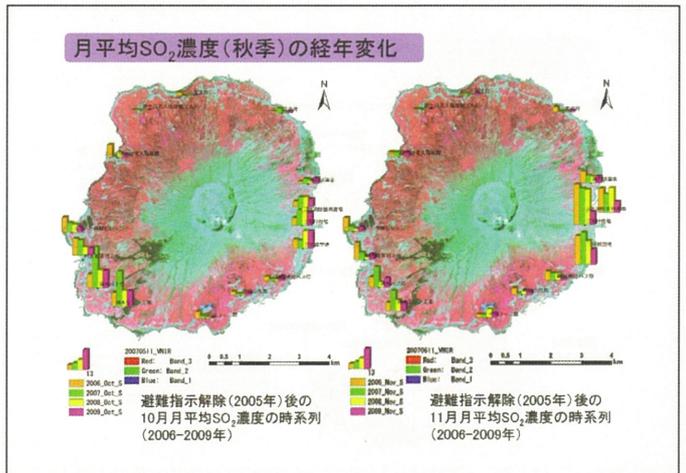
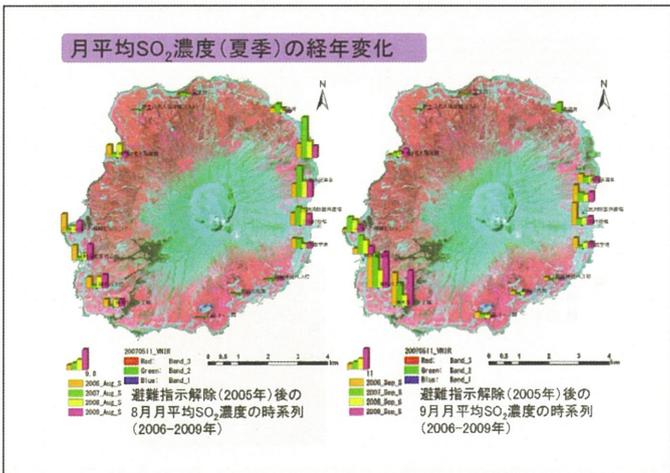
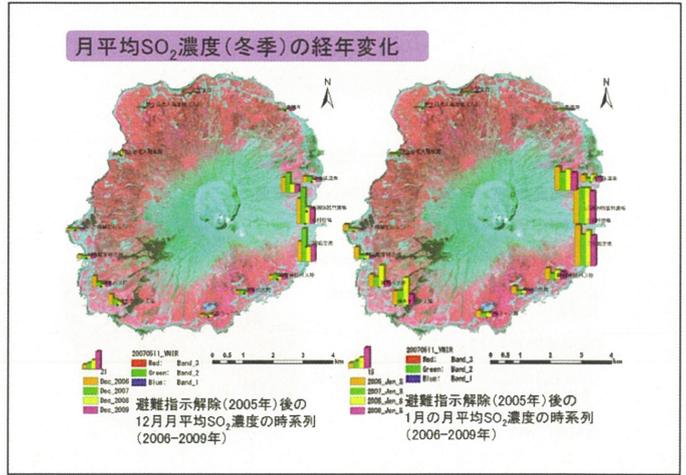
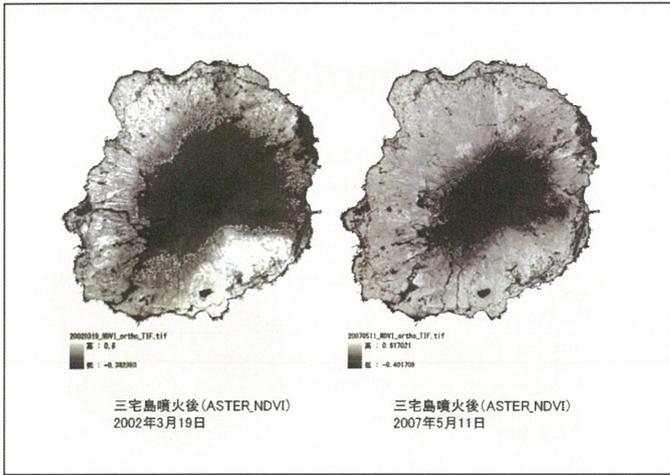
三宅島噴火前(ASTER\_NDVI)  
2000年5月16日

三宅島噴火後(ASTER\_NDVI)  
2001年8月23日



三宅島噴火後(ASTER\_VNIR)  
2002年3月19日

三宅島噴火後(ASTER\_VNIR)  
2007年5月11日

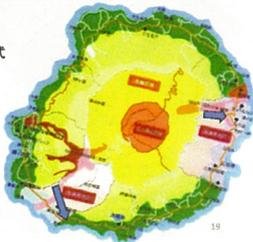


## 三宅島 火山ガス観測(SO<sub>2</sub>)

・ 期間: 2009/12/19~2009/12/23

阿古高濃度地区、坪田高濃度地区の2地点で同時計測

- DOAS観測(阿古高濃度地区)
  - 光源: キセノン光源(150W; 浜松ホトニクス)
  - UV対応自作望遠鏡: 口径100mm (ニュートン式)
  - 反射型 焦点距離868mm
  - 分光器 USB2000 (ブレース波長 300nm)
  - 光路長: 1.3km
- DOAS観測(坪田高濃度地区)
  - 光源: キセノン光源(300W; パーキンエルマー)
  - UV対応自作望遠鏡: 口径100mm(ニュートン式)
  - 反射型 焦点距離400mm
  - 分光器: HR4000
  - 光路長: 480m

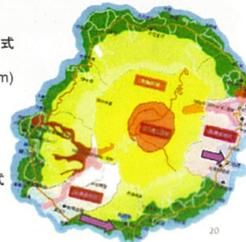


## 三宅島 火山ガス観測(SO<sub>2</sub>)

・ 期間: 2010/09/22~2010/09/29

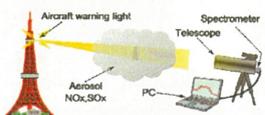
阿古高濃度地区、坪田高濃度地区の2地点で同時計測

- DOAS観測(阿古高濃度地区)
  - 光源: キセノン光源(150W; 浜松ホトニクス)
  - UV対応自作望遠鏡: 口径100mm (ニュートン式)
  - 反射型 焦点距離868mm
  - 分光器 USB4000(0.22)~2000(分解能0.3nm)
  - 光路長: 1.1km
  - ON-OFF間隔 3.6秒で一周期
- DOAS観測(坪田高濃度地区)
  - 光源: キセノン光源(300W; パーキンエルマー)
  - UV対応自作望遠鏡: 口径100mm(ニュートン式)
  - 反射型 焦点距離400mm
  - 分光器: HR4000 分解能0.23 nm
  - 光路長: 480m



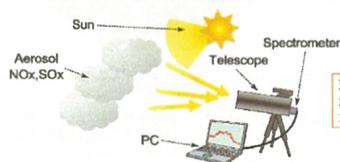
### DOAS法の種類

■ DOAS法 (Differential Optical Absorption Spectroscopy: 差分吸収分光法)



望遠鏡と分光器により、数km離れた点滅光源のスペクトルを観測し、大気微量成分の平均濃度を算出

■ MAX-DOAS法 (Multi-Axis DOAS: 多軸DOAS法)



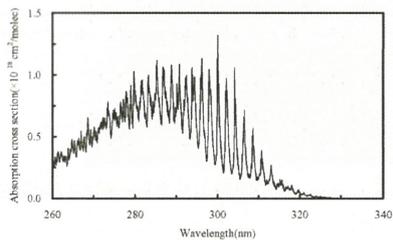
天空光を光源として利用して、DOAS法と同様に、スペクトルから大気微量成分の相対濃度を測定

### DOAS法の観測装置(光源装置)

- 航空障害灯
  - 可視光のみ
  - 日中のみ
- キセノン光源
  - 可搬型
  - 紫外対応
  - 日中夜
- 天空光 (MAX-DOAS)
  - 相対的なガス濃度が算出される
  - 日中のみ



### 二氧化硫(SO<sub>2</sub>)の吸収断面積



- ・ SO<sub>2</sub>は紫外域300nmと赤外域8-9.5μmに強い吸収帯をもつ(A.C. Vandaele et al. 1994)
- ・ DOAS観測は紫外域の300~310nmの波長帯域を用いて解析

23

### DOAS法の概要



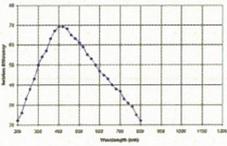
DOAS法の観測装置(受光装置)

分光器仕様 CCD分光器はOcean Optics社の  
USB2000, USB4000, HR4000を利用

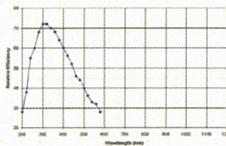
型番	USB2000	USB4000	HR4000
検出器	SONY ILX51 Linear CCD array	東芝 TCD1304AP Linear CCD array	
スリット幅(μm)	5	5	
ゲート時間(ms)	3 - 65000	0.01 - 65000	
波長領域(nm)	190 - 860	200 - 1100	
波長分解能(nm)	0.3	0.22	0.23
A/D分解数(bit)	12	16	14
SN比(10ms)	250:1	300:1	

NO<sub>2</sub>測定において分解能1nmの精度が必要

USB2000回折格子の効率



USB4000回折格子の効率

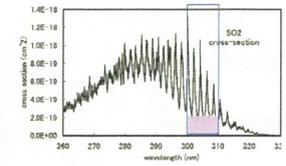
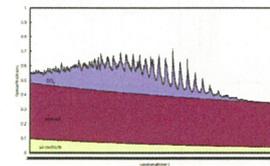


HR4000回折格子の効率

解析手法(DOAS法によるスペクトル解析の例)

■ 光学的厚さ(τ)の構成比

■ SO<sub>2</sub>吸収断面積(σ)



$$\tau_{\text{gas}}(\lambda) = \sigma(\lambda)NL$$

σ(λ) : 分子の吸収断面積

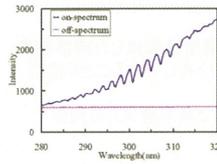
N : 分子数密度

L : 光路長

低周波成分の除去には  
最小二乗法を用いた

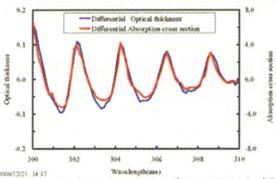
比較

解析手法(DOAS法による解析)



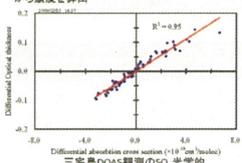
観測スペクトル

2009/12/21 14時37分  
光路長:480m  
光源:300W Xe-CW  
分光器:HR4000  
解析波長:300-310nm  
対象微量気体:SO<sub>2</sub>  
(Vandaele et al., 2003)



スペクトルマッチングでSO<sub>2</sub>吸収を確認

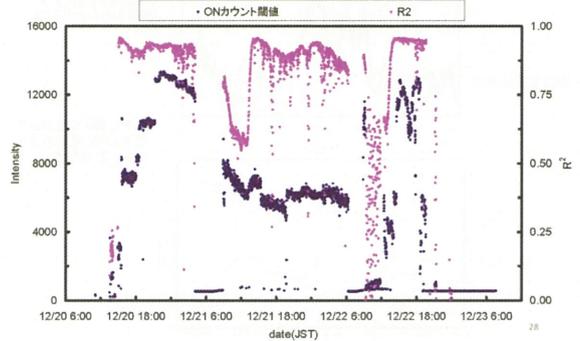
比例定数(コラム量) SO<sub>2</sub>濃度:0.22ppm  
から濃度を算出



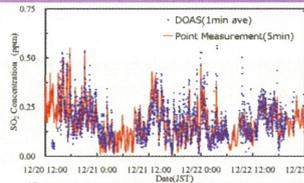
三宅島DOAS観測のSO<sub>2</sub>光学的厚さと吸収断面積の相関図

2009年(12/20~12/23)のDOAS解析結果

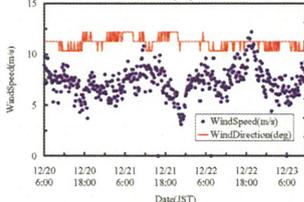
観測期間中のON判定しきい値と  
スペクトルマッチングの相関係数R<sup>2</sup>値



2009年(12/20~12/23)のDOAS解析結果

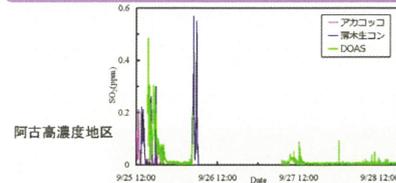


環境基準:二酸化硫黄  
1時間値の1日平均値が  
0.04ppm以下であり、かつ、  
1時間値が0.1ppm以下である  
こと

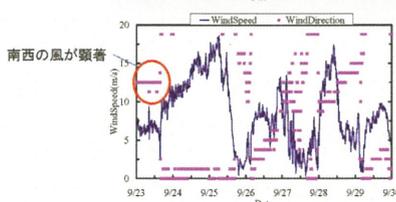


西風が顕著

2010年(9/22~9/29)のDOAS解析結果

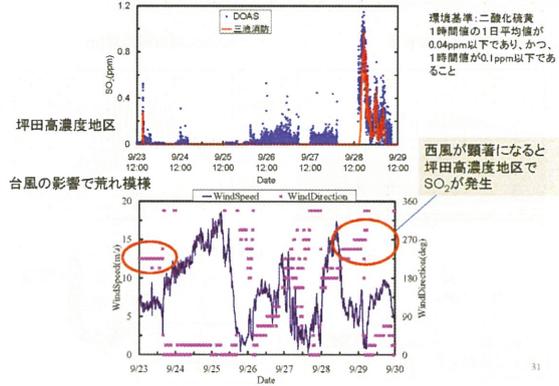


環境基準:二酸化硫黄  
1時間値の1日平均値が  
0.04ppm以下であり、かつ、  
1時間値が0.1ppm以下である  
こと



台風の影響で荒れ模様

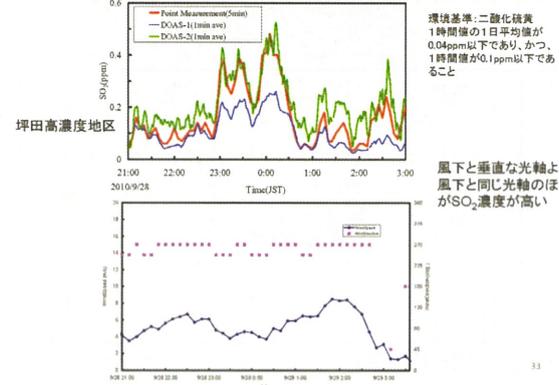
### 2010年(9/22~9/29)のDOAS解析結果



31



### 2010年(9/22~9/29)のDOAS解析結果



33

### まとめ

- ・DOAS法と地上測定による火山ガス(SO<sub>2</sub>)濃度は類似した時系列変動が観測され、高濃度の火山ガスが広域に分布していることを把握
- ・西風が顕著な時に風下の坪田高濃度地区で高濃度SO<sub>2</sub>が発生していることをDOAS観測により明らかにした
- ・西風が顕著な時に風下と同じ光軸と風下と垂直な光軸でSO<sub>2</sub>濃度が異なることが明らかになった
- ・阿古高濃度地区において定点測定で観測していないSO<sub>2</sub>濃度をDOAS観測によりSO<sub>2</sub>濃度が発生していることを明らかにした

34

ご静聴ありがとうございました  
Thank you for your attention!

35

### 謝辞

DOAS観測は三宅島役場防災安全係の支援を受けて行われた。また、地上測定の火山ガス(SO<sub>2</sub>)データを提供して頂いた。ここに、記して謝意を表す。なお、この研究は科学研究費補助金基盤研究(C)(2009-2011年度)「リモートセンシングによる火山噴出物表層部の実態把握」の研究内容に準ずるものである。

# 第13回環境リモートセンシングシンポジウム

場所 千葉大学けやき会館3階レセプションルーム

日時 2011年2月21日(月) 午前9時から午後5時半まで

9:00-9:10 開会の挨拶 久世センター長

**【講演1】** 9:10-12:10 (座長 1-5: 本多嘉明、6-9: 建石隆太郎)

- 1 9:10-9:30 **可搬型ライダーによる水平及び斜め方向観測とそのデータ解析**  
椎名達雄 (千葉大学大学院融合科学研究科)
- 2 9:30-9:50 **キセノン光源を用いたDOAS法による火山ガス計測と三宅島火山噴出物表層部の実態把握**  
○原田一平 (東京情報大学)、由井四海 (富山高等専門学校)、蒲靖人、栗山健二、久世宏明 (千葉大学)
- 3 9:50-10:10 **WDCGG データを利用したメタン発生量の推定手法 (GEP Method) の開発**  
○朴壽永、原田一平、朴鍾杰、原慶太郎 (東京情報大学)、金忠實 (韓国慶北国立大学)
- 4 10:10-10:30 **静止衛星データの全球合成技術の開発**  
○高坂裕貴、奥山新、中山隆一郎、大野智生 (気象庁・気象衛星センターデータベース処理システム管理課)
- 5 10:30-10:50 **衛星リモートセンシングを用いた自然災害の監視と監視～大気圏/電離圏の擾乱と地震活動～**  
○服部克巳、紺晋平、廣岡伸治、劉正彦、D.Ouzounov (千葉大学大学院理学研究科)
- 6 10:50-11:10 **千葉大ミリ波雲レーダ FALCON-I による積乱雲の内部運動の観測**  
○鷹野敏明、小林文明、高村民雄 (千葉大)
- 7 11:10-11:30 **合成開口レーダー、散乱計及びメソ気象モデルを用いた洋上風力資源評価方法の開発：風速推定アルゴリズムの比較**  
香西克俊 (神戸大学)
- 8 11:30-11:50 **SKYNET 観測データ解析による福江島における大気環境の特徴**  
○久慈誠、井上陽子、森川真衣 (奈良女子大学)
- 9 11:50-12:10 **95GHz 雲レーダーと X バンドレーダーを用いた積乱雲発生の同時観測**  
○小林文明 (防衛大学)、鷹野敏明、高村民雄 (千葉大)

12:10-13:00

<昼食>

13:00-14:00

**ポスターセッションコアタイム**

**【講演 2】** 14:00-17:20 (座長 10-14 : 本郷千春、15-19 : ヨサファット)

- 10** 14:00-14:20 **静止衛星からの UV-Vis-IR 観測による対流圏オゾンリトリバル手法の研究**  
○北和之、大竹翔、仲地正樹 (茨城大理工学研究科)、入江仁士 (JAMSTEC)、中里正久、永井智彦(気象研)、笠井康子 (NICT)、齋藤尚子 (CEReS)
- 11** 14:20-14:40 **S 多偏波 SAR データを使用したオホーツク海の家氷検出**  
○若林裕之、酒井翔司 (日本大学)
- 12** 14:40-15:00 **地上/衛星ライダーを用いたタクラマカン砂漠のダスト研究**  
○甲斐憲次、神慶孝、杉村直哉 (名大院環境)、常松展充 (CEReS)、張克存 (中国科学院寒区旱区環境与工程研究所)、周宏飛 (中国科学院新疆地理生態研究所)
- 13** 15:00-15:20 **MWI 輝度温度データの同化のための、Adaptive Localization を使った Ensemble に基づく 4次元変分法の開発**  
青梨和正 (気象庁気象研究所予報研究部第 2 研究室)
- 14** 15:20-15:40 **Study on the characteristics of the Indonesian seas using satellite remote sensing data for 1998-2007**  
○I Ketut Saradika、田中佐、石田春磨、岡健太、大澤高広 (山口大学)
- 15** 15:40-16:00 **アジアモンスーン冬期の熱帯域での雲降水活動の初期解析**  
高橋洋 (首都大学東京大学院)
- 16** 16:00-16:20 **新植生指標 NHVI を用いた葉面積指数の空間分布の推定**  
長谷川宏一、泉岳樹、○松山 洋 (首都大学東京大学院)
- 17** 16:20-16:40 **CP-SAR エリア確定カメラの簡易校正方法とデータ通信方式の手法検討**  
○大前宏和、三宅俊子 (株)センテンシア)、ヨサファット テトオコスリス マンティヨ、西尾文彦 (CEReS)
- 18** 16:40-17:00 **首都圏震災時の倒壊・火災人命危険度モデルの結果と減災対策**  
金子大二郎 (株)遥感環境モニター)
- 19** 17:00-17:20 **霧島新燃岳噴火の近赤外望遠観測と噴煙・黄砂の映像データベース**  
○木下紀正、土田理、永松哲郎、飯野直子、金柿主税 (鹿児島大学)
- 20** 17:20-17:40 **衛星土壌水分検証と観測の実際**  
○開発一郎 (広島大学)、近藤明彦 (千葉大学)
- 17:40-17:50 閉会の挨拶  
17:50-20:00 懇親会 (於 CEReS 1 階会議室 : 参加費 2,000 円)

- P01** 積雪の圧雪過程におけるマイクロ波散乱機構の研究 –マイクロ波による雪氷の複素誘電率計測–  
阿部修、小杉健二（防災科学技術研究所雪氷防災研究センター）、長康平、吉川真由子、Josaphat Tetuko Sri Sumantyo、西尾文彦（CEReS）
- P02** 分光反射率ライブラリによる地表反射率マップの精度向上  
朝隈 康司（東京農業大学 生物産業学部 アクアバイオ学科）
- P03** コヒーレント白色光を用いた二酸化炭素の長光路差分吸収分光計測  
染川智弘、藤田雅之、井澤靖和（レーザー技術総合研究所）、久世宏明（CEReS）
- P04** WNI 衛星プロジェクトの地上長光路吸収分光計測  
増田健二（静岡大学工学部）、蒲靖人、齊藤隼人、バンヌ、眞子直弘（CEReS）、原山洋平、山本雅也（株ウェザーニューズ）、長康平、久世宏明（CEReS）
- P05** CH<sub>4</sub> の分布と土地被覆との関係について  
朴壽永、原田一平、朴鍾杰、原慶太郎（東京情報大学）、金忠實（韓国慶北国立大学）
- P06** 詳細な空間情報と ALOS/AVNIR-2 データを用いた竹林の抽出 –千葉県北西部における例–  
谷垣悠介、原田一平、関山絢子、原慶太郎（東京情報大学）、近藤昭彦（千葉大）
- P07** GPS 衛星を利用した山間地行動者の位置情報地図化の試み  
尾籐章雄（山梨大学教育人間科学部）
- P08** リモートセンシングデータを活用したミツバチの生息・生育空間の分析  
岡田信行（オルト都市環境研究所）
- P09** インドネシア・ジャカルタ特別市における都市気温の変化  
白迎玖、Rokhmatuloh Robert Delinom（東北公益文科大学公益学部）、近藤昭彦（千葉大）
- P10** 赤外差分画像からみた日本域に飛来する黄砂の輸送経路の特徴  
餅原佳南子、山川修治（日本大学文理学部地球システム科学科）、常松展充（CEReS）
- P11** スカイラジオメータ観測データ解析によるタイ・ピマイにおけるエアロゾルの特徴  
中村麻耶、東良美、久慈誠（奈良女子大学理学部）
- P12** 衛星マイクロ波放射計による薄い海水の検出と北極海薄氷域拡大に関する研究  
中山雅茂（北翔大学生涯学習システム学部）、直木和弘（JAXA/EORC）、西尾文彦（CEReS）

- P13** InSAR による南極やまと山脈地域の雪氷流動季節変化の検出  
木村宏（岐阜大学工学電気電子工学科）、西尾文彦（CEReS）
- P14** 針葉樹の花粉飛散量と NDVI との関係  
小津慎吾（株ウェザーニューズ）、本郷千春（CEReS）
- P15** 衛星リモートセンシングを利用した畑地土壌炭素蓄積量の推定  
丹羽勝久（株ズコーシャ）、本郷千春（CEReS）
- P16** ADEOS-II/GLI250m モザイクデータを使った針葉樹と広葉樹の分類  
曾山典子（天理大学）、佐久田百合、村松加奈子、醍醐元正（奈良女子大学）
- P17** 複数 FPGA を用いた UAV-SAR 信号処理システム  
難波一輝、平田敏樹、大石航志、伊藤秀男（千葉大学大学院融合科学研究科）、草間拓真（千葉大学工学部）、Josaphat Tetuko Sri Sumantyo（CEReS）
- P18** Analysis of InSAR image of Volcanic activity in Sakura island (Kagoshima)  
湯地敏史（宮崎大学教育文化学部）
- P19** 多方向観測による植生の構造抽出インデックスの開発  
村松加奈子、浅田理恵、曾山典子、醍醐元正
- P20** DMSP/OLS で観測された夜間光をパラメータとするエネルギー消費の推定に関する研究～DMSP/OLS センサの夜間モードの特性と空間分解能について～  
○原正直（株ビジョンテック）、胡斯勒囡（東海大学）、八木浩（CEReS）、西尾文彦（CEReS）

注) ポスターのサイズは最大 A0 縦になります。

第 13 回 CReS 環境リモートセンシングシンポジウム  
資料集

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 千葉市稲毛区弥生町 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)ハシダテ