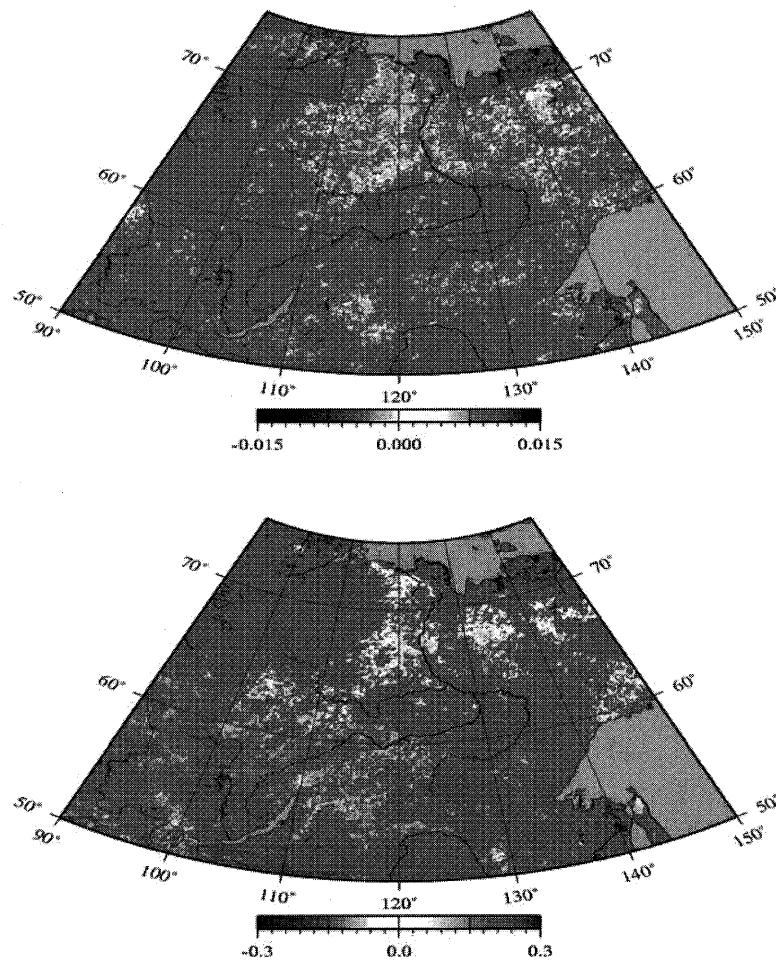


第 11 回 CEReS 環境リモートセンシングシンポジウム 資料集

Proceedings of the 11th Symposium on
Remote Sensing for Environment



Decadal Trend in Max NDVI(Top) and Σ NDVI(Bottom) which denote Vegetation Change due probably to Global Warming.

2009 年 2 月 23 日
千葉大学けやき会館

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

はじめに

平成20年度の環境リモートセンシング研究センター・シンポジウムを、平成21年2月23日に開催しました。本シンポジウムは毎年開催し、共同研究成果の発表と評価を行い、この機会を利用して今後の研究方針の議論と策定を行う事をおもな目的としております。平成20年度の共同利用研究成果発表では、口頭発表20件、ポスター発表17件の申し込みをいただきました。

平成20年度の共同利用研究は前年度に引き続いて、プロジェクト研究と一般研究から構成されています。プロジェクト研究は、

- (1)「衛星データによる地球表層環境変動の実態把握とその要因解析」、
- (2)「衛星データによるユーラシア大陸の植生3次元構造の変遷を中心とする表層・植生・土地被覆変動の研究とデータ解析・処理手法・検証データ観測手法の研究」、
- (3)「衛星データと地上観測ネットワークによる放射収支の評価と大気パラメータの長期変動」、
- (4)「地域社会に役立つリモートセンシングの実現—多様な空間情報のシナジーによる社会基盤情報の発信—」、
- (5)「未来を切りひらく新しいリモートセンシングの展開」、

の主要な五つの課題で、本年度も活発な共同研究を通じて成果を上げて頂きました。

また、平成20年度の10月から発足した寄附研究部門による

- (6)「地球温暖化と気象・海洋情報の活用」

の新課題を加えさせていただき、新しい課題への取り組みも掲載しました。

本冊子は、多くの方に成果をご覧いただきため、発表会での講演・ポスター発表の内容を提出していただき、資料集として編集したものです。この資料集の内容は、また、環境リモートセンシング研究センターのホームページにも掲載しております。

本共同研究において、衛星データや幅広い環境に関するデータを活用したリモートセンシングの研究活動を行い、成果発表を通じてご協力を頂いた研究者の皆様に感謝いたします。

今後、個々の研究が大いに発展し、センターの共同研究がますます活性化することを確信しております。さらに、学術研究の推進体制に関連して、皆様のご協力を共同利用・共同研究の推進へと活用させていただきたいと考えております。

平成21年3月31日

環境リモートセンシング研究センター
センター長 西尾 文彦

第 11 回環境リモートセンシングシンポジウム資料集
(2008 年度 CEReS 共同利用研究発表会資料集)

目次

[プロジェクトー1]

地球地図・グローバルデータの高精度化に関する研究	-----	2
阿久津 修、筒井俊洋、梶川昌三(国土地理院)		
東アジアの水稻収量推定への不稔・光合成モデルの適用と検証	-----	3
金子大二郎(松江工専)		
多偏波 SAR データを使用した海氷物理量抽出高精度化の研究	-----	11
若林裕之(日本大工)		
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の要因の研究	-----	15
中山雅茂(北翔大)、直木和宏、西尾文彦(CEReS)		

[プロジェクトー2]

ハケ岳カラマツ林における方向別分光反射特性の季節変化と植物フェノロジーの関係	-----	18
長谷川宏一、泉 岳樹、松山 洋(首都大都市環境)		

[プロジェクトー3]

広角高精度望遠鏡を利用した大気透過率計測手法の開発	-----	22
佐々木真人、矢吹正教、浅岡陽一(東大宇宙線研)、増田正孝(神奈川大ハイテクリサーチセンター)、会田勇一、安田雅弘、野田浩司、長南勉(東大宇宙線研)、森元祐介(東邦大理)、東悠平(東大宇宙線研)、久世宏明(CEReS)		
PAL の手法を用いたポータブルミー散乱ライダーの開発	-----	24
村山利幸(東京海洋大学)、久世宏明(CEReS)、椎名達雄(千葉大学)、矢吹正教(東大宇宙線研)		
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クの研究: マイクロ波放射計データの非静力雲解像モデルへの同化法の開発	-----	27
青梨和正(気象研)		
MODIS 画像を用いた地表面アルベドの導出精度向上化の検討	-----	31
朝隈康司(東京農大)		
可搬型自動ライダーによる浮遊粒子状物質の光学的性質の研究	-----	32
内藤季和、椎名達雄、宮澤周治、眞子直弘、矢吹正教、竹内延夫、久世宏明(CEReS)		
大気エアロゾルと火山ガスの光学観測と大気拡散解析	-----	34
木下紀正、永松哲郎、飯野直子、T. Bouquet(鹿児島大学)		

都市域を含む広域陸面のアルベード	40
菅原広史(防衛大)、高村民雄(CEReS)	
 [プロジェクト-4] 	
衛星画像を用いた台北の都市発展と都市ヒートアイランドとの関係分析	42
白迎玖(東北公益文科大学)、近藤昭彦(CEReS)	
都市環境気候図(クリマアトラス)の内容充実に向けた大気汚染観測による環境評価	46
一ノ瀬俊明(国環研)、原田一平、片岡大祐、松本拓、久世宏明、近藤昭彦(CEReS)、浜田崇(長野県環境保全研)	
熱環境並びに大気汚染調査におけるリモートセンシングデータの活用に関する検討	47
岡田信行(オルト都市環境研)	
GIS・RSを用いた藻場と魚類の空間分布解析	48
堀正和(水産総合研究センター)、山北剛久・渡辺健太郎(千葉大院)	
厚岸湖・厚岸湾の主要沿岸景観の広域解析	50
仲岡雅裕(北大厚岸)、澁谷辰生(厚岸水鳥観察館)、山北剛久、渡辺健太郎(千葉大院)	
富士河口湖町における自然公園法規制を考慮した視点場構築の試み	51
尾藤章雄(山梨大教育人間科学部)	
ITを活用した低コスト生産のための効率的てん菜栽培手法の確立	53
丹羽勝久((株)ズコーシャ)・本郷千春(CEReS)	
 [プロジェクト-5] 	
測位衛星信号を利用した海洋リモートセンシング技術の開発	56
海老沼拓史(東京海洋大)	
MODISを用いた火山活動の監視	59
服部克巳、野口恭史、大野望(千葉大理)	
2008年四川地震に先行する電離圏総電子数異常について	61
服部克巳、西橋政秀(千葉大理)、劉正彦(台湾国立中央大)	
 [プロジェクト-6: 地球温暖化寄付研究部門セッション] 	
寄付研究部門設立にあたって－地球温暖化研究と実利用－	64
石橋博良(CEReS客員教授)	
地球温暖化と道路気象	67
長康平(CEReS客員研究員)	
数値モデルの実利用と地球温暖化研究	72
常松展充(CEReS客員准教授)	

[一般研究]

ジャカルタの旧版地図を用いた都市の発展過程	76
吉越昭久(立命館大)、香川雄一(滋賀県立大)、加藤政洋(立命館大)、谷口智雅(立正大)、安達一(JICA)、鈴木和哉(JICA)、山下亜紀郎(酪農学園大)、一ノ瀬俊明(国環研)、井上学(平安女学院大)、白迎玖(東北公益文科大)、片岡久美(筑波大)、遠藤崇浩、白木洋平(地球研)、戸所泰子(立命館大院)	
最新アルゴリズムによる AMSR-E 土壌水分推定値の検証・評価	79
開発一郎(広島大総合科学)、秋山量平(広島大院)、小池俊雄(東大工)、藤井秀幸(JAXA/EORC)、近藤昭彦(CEReS)	
合成開口レーダー及びメソ気象モデルによる洋上風力資源評価方法に関する研究	82
香西克俊、大澤輝夫(神戸大海事科学)	
Synthetic Aperture Radar observation and modeling coseismic deformation of the Giant Sumatra Earthquake on December 2004	85
Ashar Muda lubis and Nobuhiro Isezaki(千葉大理)	
エアロゾルの光学特性に関する観測的研究	95
ーしらせ船上観測と衛星観測の比較検証ー	
久慈 誠(奈良女大)、塩原匡貴(国立極地研)、小林 拓(山梨大)、内山明博(気象研)、山崎 明宏(気象研)、青木一真(富山大)	
気象観測と地上設置型 リモートセンシングデータを用いた視程の研究	98
井上陽子、日比野真弓、久慈 誠(奈良女大)、早坂忠裕(東北大)	
Remote Sensing and GIS Application to Mineral Potential Mapping in Central Volcanic Arc of Myanmar	99
Myint Soe(秋田大院)	
静止衛星データの全球合成技術の開発	103
操野年之、太原芳彦、中山隆一郎、奥山新、加藤浩司(気象衛星センター)	
南極やまと山脈地域の ALOS/PALSAR 干渉解析	106
木村 宏(岐阜大)、○西尾文彦(CEReS)	
合成開口レーダ搭載マイクロ衛星用 FFT 演算 FPGA	108
難波 一輝、平田 敏樹、伊藤 秀男(千葉大)、Bambang Setiadi 、 Josaphat Tetuko Sri Sumantryo(CEReS)	
第 11 回 CEReS 環境リモートセンシングシンポジウム プログラム	109

プロジェクトー1

地球地図・グローバル樹木被覆率データの高精度化に関する研究

国土地理院・千葉大学環境リモートセンシング研究センター

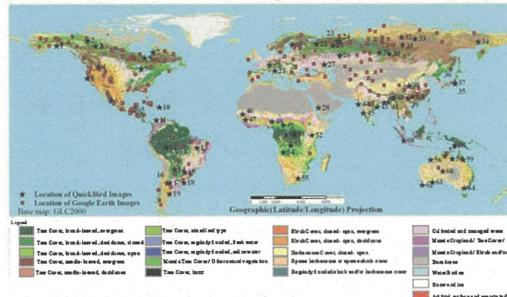
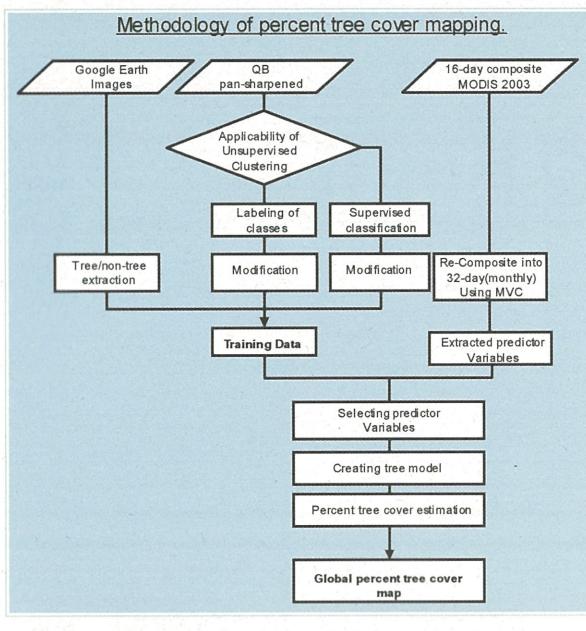
【研究の目的】

国土地理院に事務局を置く地球地図国際運営委員会(ISC-G)は、各国の地図作成機関と協力して地球環境を正確に表す全球陸域のデジタル地図整備を進めている。その第二期データ整備は、交通網等のベクタデータとともに樹木被覆率データ等のラスターデータの全陸域を2008年に概成し公開することとしている。したがって、第三期データ整備に向けた全球樹木被覆率データの効率的かつ高品質な整備及び更新を実現するため、地球地図プロジェクトの参加国・地域が作成・更新する樹木被覆率データの高精度化に関する研究を行うことを目的とする。

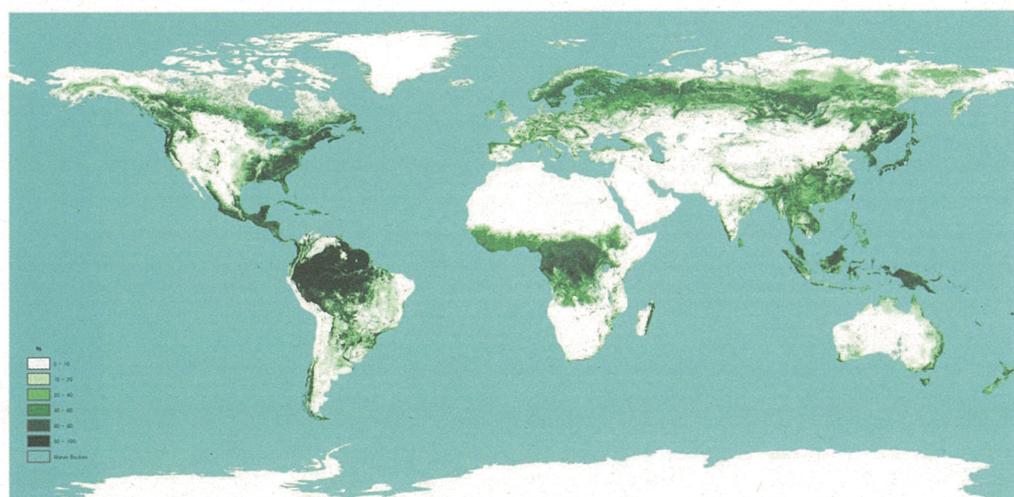
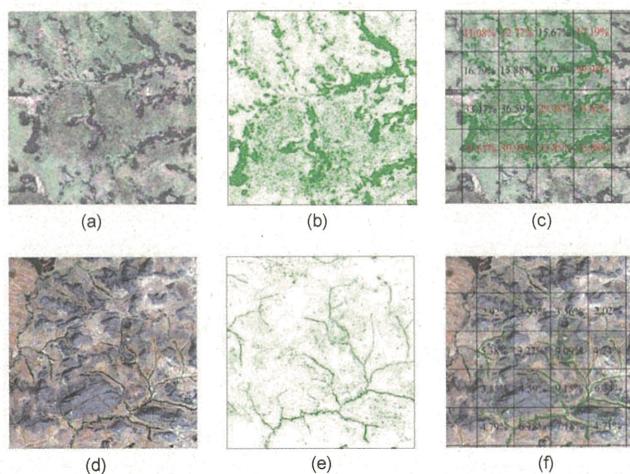
【研究の内容】

第三期データ整備・更新に向けて全球樹木被覆率データの高精度化に関する所要の検討及び手法開発を行う。想定される使用データはMODISデータ、Landsatデータ等である。

研究課題は、現在の手法では、30-70%程度の中間的な樹木被覆率のトレーニングデータが十分に取れない欠点、トレーニングデータの小さい変更により推定結果が大きく変わる欠点があり、推定結果が不安定である。この手法を改善することにより、推定結果の精度を上げることである。



Extracting percent tree cover from very-high-resolution QuickBird images.
(a) true color composite (R/band 3, G/band 2, B/band 1); (b) tree extraction using image clustering; and (c) result of tree extraction using on-screen digitizing in the refinement process. In case of extracting tree cover percentage from Google Earth images, "(c)" was directly produced from "(a)" using on-screen digitizing.



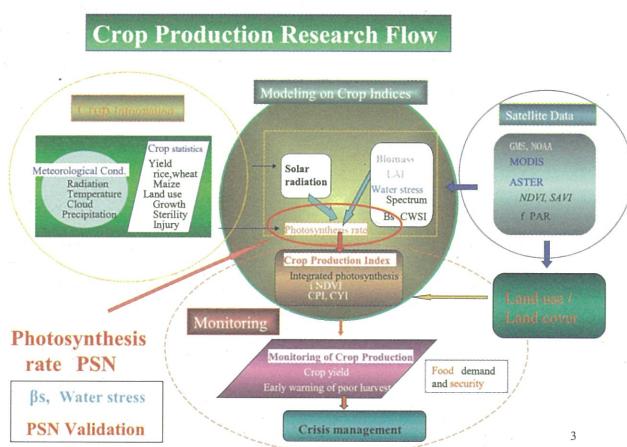
© GSI, CEReS, Collaborating Organizations.



研究の背景と位置付け

1. Asiaの穀物生産の監視のために光合成・不穏モデルを開発してきた。世界の穀物価格の激しい上昇と自給の動向そして、金融混乱による価格急落
2. 研究全体構成：
 - これまでに、
 - 1) 日々の作況と単収のモニタリング
 - 2) Asiaの光合成速度（CO₂固定速度）平面分布の推定
 - 3) 土地被覆分類による作物域の抽出
 - 4) 気孔開度（水ストレス）のAsiaへの適用
 - 5) モデル化の一応の完了、今回の次の段階
 - モデルの検証：
収量中の炭素追跡とモデルの固定量との比較検証

2



研究順序

穀物収量モデルの開発とともに、

- 1) 既に光合成速度PSNの平面分布の推定
- 2) 単位はCO₂固定量
 - a) 土地被覆分類の森林……植林CDM排出権の認証用、
 - b) " " 草原……中国の砂漠化進行防止・緑化計画用
- 3) 水ストレス（気孔開度）の評価法： $CWSI \approx \beta_s = \frac{E_{ac}}{E_p}$
Penman蒸発位と実蒸発散量との比CWSIの推定
- 4) PSN検証法：
 - a) 穀物収量中の炭素量追跡法
 - b) 事にMODIS PSNとの比較

4

光合成速度と穀物生産指標CPI

$$CPI_U = F_{ster}(T_c) \cdot \int_{t_s}^{t_h} PSN_U \cdot dt$$

$$PSN = f_{rad} \cdot f_{Syn}(T_c) \cdot \beta_s \cdot eLAI$$

$$f_{rad_pc} = \frac{a_{pc} \cdot PAR + PSN_{max} - \sqrt{(a_{pc} \cdot PAR + PSN_{max})^2 - 4m \cdot a_{pc} \cdot PSN_{max} \cdot PAR}}{2m}$$

ここで PSN : 光合成速度, PAR : 光合成有効放射
 β_s : 気孔開度, a, b : Michaelis-Menten
 定数

T_c : 葉温, T_{ster} : 不穏限界温度

$eLAI$: 有効葉面積指数

F_{ster} : 不穏の温度応答関数, f_{Syn} : 光合成温度影響関数

光合成速度PSNモデルと作物

$$PSN = f_{rad} \cdot f_{Syn}(T_c) \cdot \beta_s \cdot eLAI$$

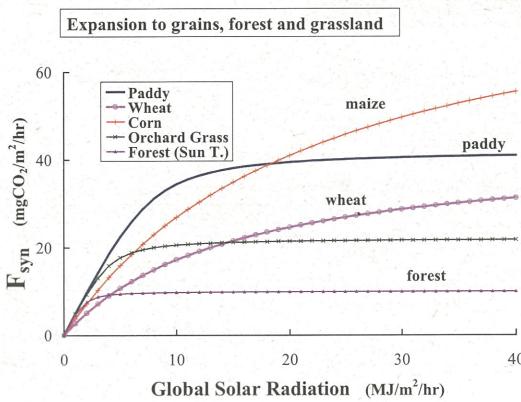
Michaelis-Menten type Wheat, Maize

$$f_{rad_mm} = \frac{a_{mm} \cdot PAR}{b_{mm} + PAR}$$

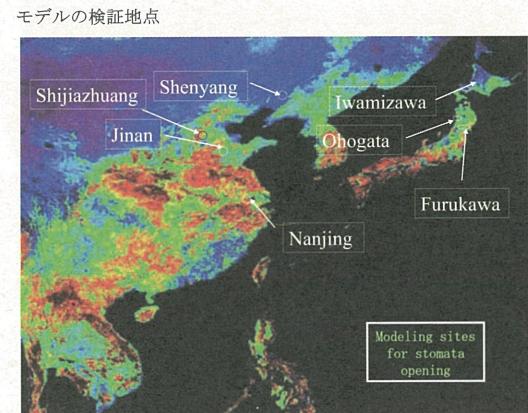
Prioul-Chartier type Paddy rice, Forest, Grassland

$$f_{rad_pc} = \frac{a_{pc} \cdot PAR + PSN_{max} - \sqrt{(a_{pc} \cdot PAR + PSN_{max})^2 - 4m \cdot a_{pc} \cdot PSN_{max} \cdot PAR}}{2m}$$

6



7



8

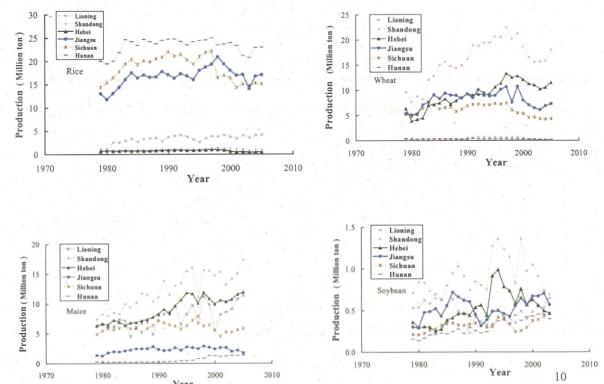
All monitoring sites in Southeast Asia

	English Name	Latitude	Longitude	World weather number		English Name	Latitude	Longitude	World weather number
JAPAN	Iwamizawa	43°12'26"N	141°47'3"E	47413	KOREA	Seoul	37.57'N	126.96'E	47117
	Shinshiroto	43°13'27"N	141°59'E	(47414)	Taejon	36.30'N	127.39"E	47133	
	Ohogata	39°59'38"N	139°57'1"E	(47455)	Kwangju	35.17'N	126.87"E	47156	
	Furukawa	38°34'46"N	140°57'3"E	(47569)	Daegu	35.26'N	128.27"E	48136	
	Nagoya	35°08'23"N	136°57'3"E	(47621)	Udon Thani	17.93'N	102.68"E	48354	
	Kaku	36°03'52"N	139°38'4"E	(47629)	Phitsanulok	16.47'N	100°16"E	48378	
	Izumo	35°19'49"N	132°44"E	(47796)	Nakhon Sawan	15°48'N	100°10"E	48400	
	Matsuue	35°27'37"N	133°41.1"E	(47741)	Ubon Ratchathani	15°15'N	104°52"E	48407	
CHINA	Shenyang	41°46'N	123°26"E	54342	Bangkok	13°42'N	100°34"E	48454	
	Beijing	39°56'N	116°17"E	44511	Macau Hong Kong	22.13'N	113"E	48534	
	Jinan	36°10'N	116°40"E	54823	Davao	11.13'N	129.89"E	48810	
	Shijiazhuang	37°03'21"N	114°54"E	53698	Chang Mai	18.78'N	98.92"E	48327	
	Zhengzhou	38°36'N	115°55"E	57083	Bikaner	28.00'N	73.29"E	42165	
	Xian	34°18'N	108°56"E	57036	New Delhi	28.58'N	77.19"E	42182	
	Nanning	23°20'N	118°48"E	58238	Dibrugarh	27.48'N	95.01"E	42314	
	Shanghai	31°24'N	121°28"E	58362	Gashai	26.18'N	91.79"E	42410	
	Wuhu	31°12'N	118°08"E	57624	Allahabad	25.45'N	81.72"E	42475	
	Changsha	28°12'N	117°05"E	57679	Ahmedabad	23.07'N	72.62"E	42647	
	Nanchang	34°43'N	113°39"E	58606	Calcutta	22.65'N	88.44"E	42809	
	Chengdu	30°04'N	104°01"E	56294	Nagpur	21.10'N	79.04"E	42867	
	Vichang	30°42'N	111°18"E	57461	Mumbai/Bombay	19.12'N	72.84"E	43003	
North Korea	Anju	39.62'N	125.64"E	47450	Manado/Ipantam	4.53'N	125.53"E	43253	
	Pungsang	39.57'N	125.62"E	47058	Medan	3.00'N	100.17"E	43278	
	Sariwon	38.52'N	125.76"E	47065	Mangalore	12.95'N	74.82"E	43284	
	Kaesong	37.97'N	126.56"E	47070	Bangalore	12.97'N	77.57"E	43295	
MONGOLIA	Chobholbasan	48.07'N	114.49"E	44259	Jodhpur	26.30'N	73.01"E	43339	
	UlaanBaator	47.93'N	106.97"E	44292					

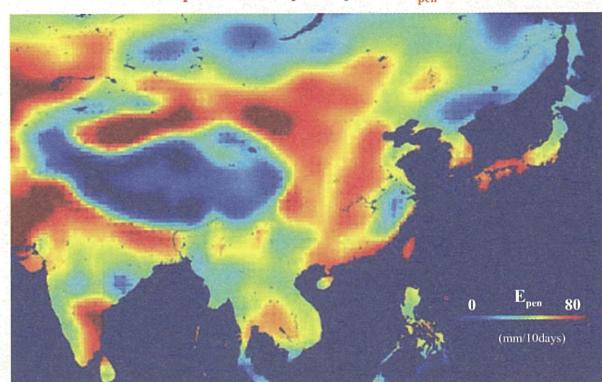
* (47411)(Sapporo, (47454)Akita, (47569)Sendai, (47572)Nigata, (47629)Kumagaya

9

Provincial grain production in China



Penman potential evapotranspiration E_{pen}

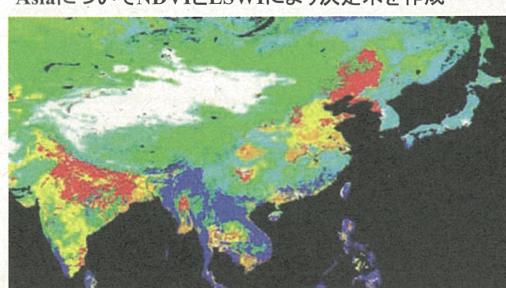


10

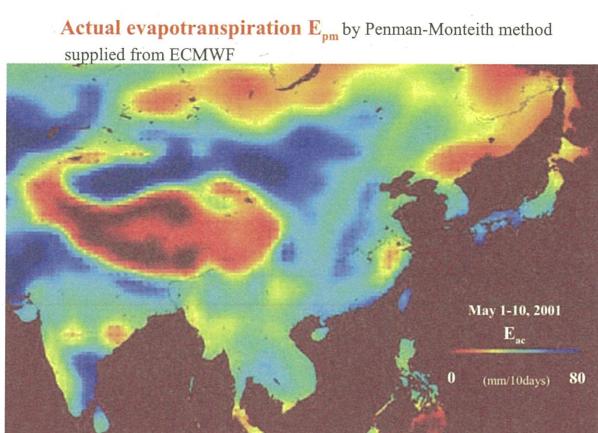
エキスパート型ディシジョンツリー法による分類:

(MODIS土地利用分類) + (作物分類)

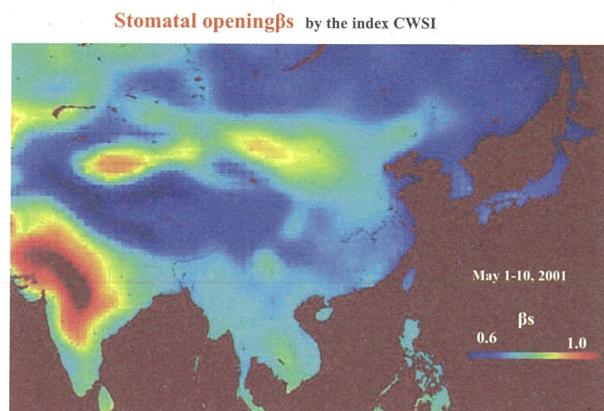
AsiaについてNDVIとLSWIにより決定木を作成



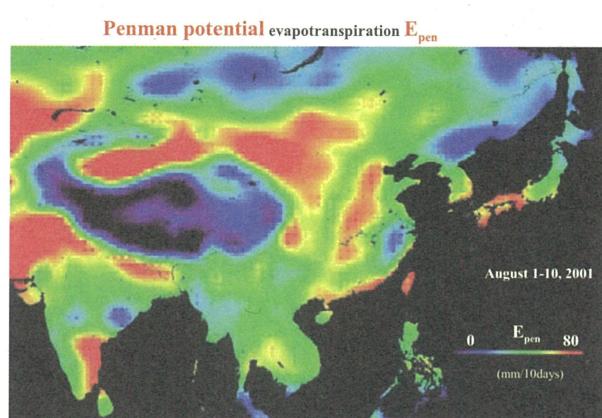
11



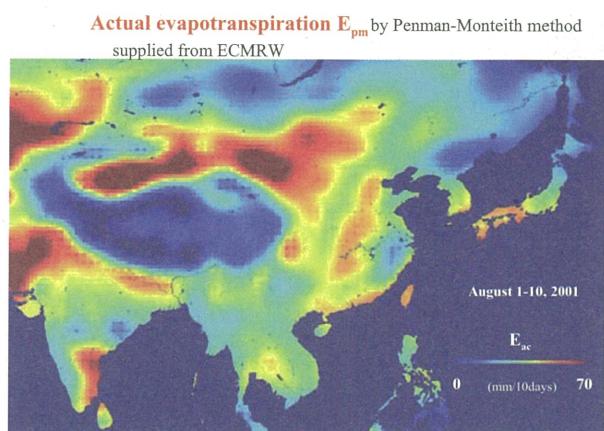
13



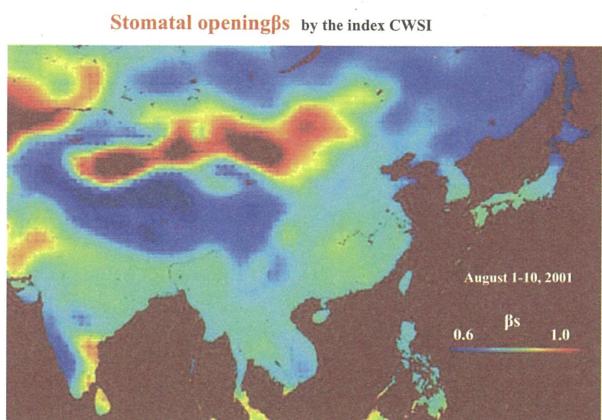
14



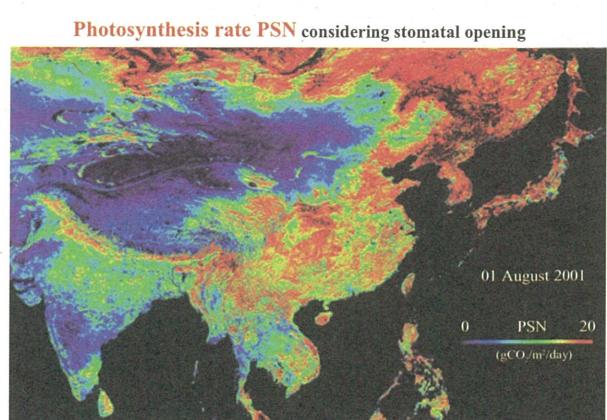
15



16

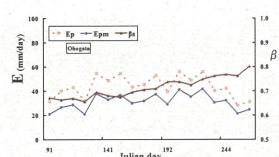


17

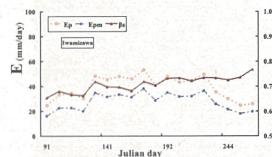
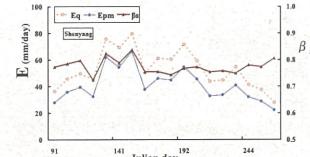


18

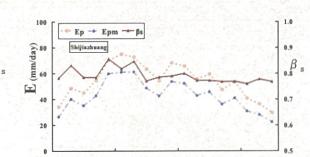
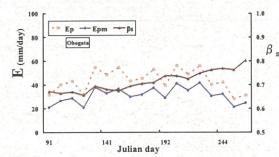
ECMWFによる日本国内の
Penman蒸発位、実蒸発散量
気孔開度 β_s



ECMWFによるChinaの
Penman蒸発位、実蒸発散量
気孔開度 β_s

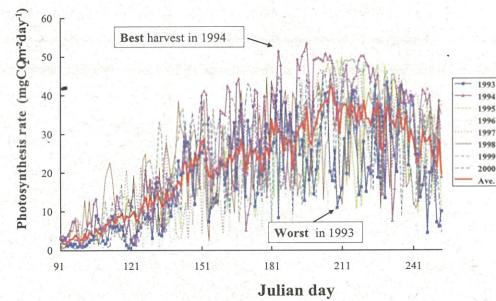


19



20

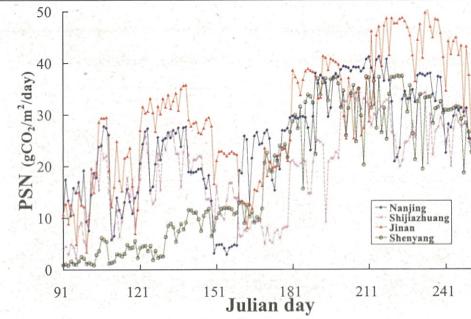
Seasonal photosynthesis rate (CO₂ fixation)



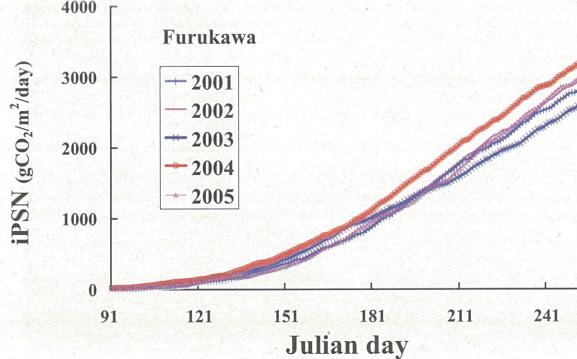
21

Computed seasonal variation of photosynthesis rate in China

(Spring wheat, winter wheat, maize, and paddy)

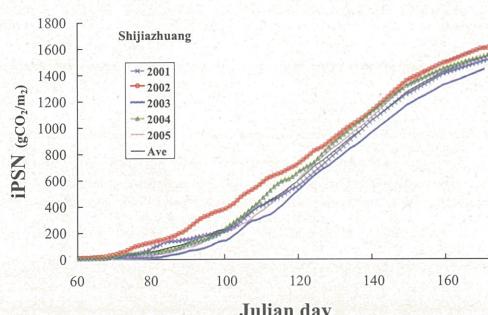


22

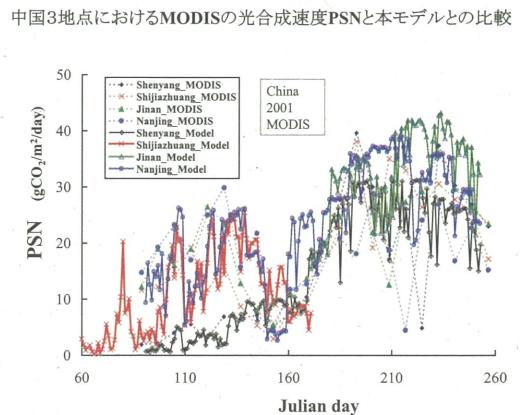
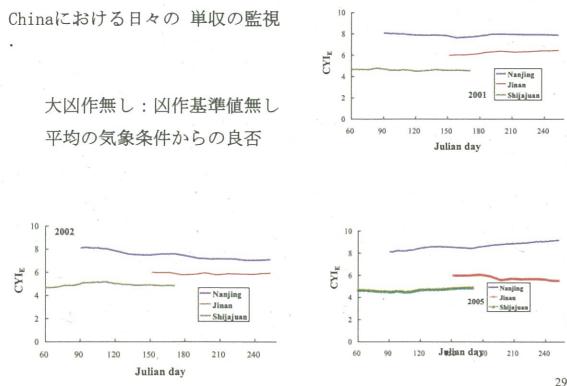
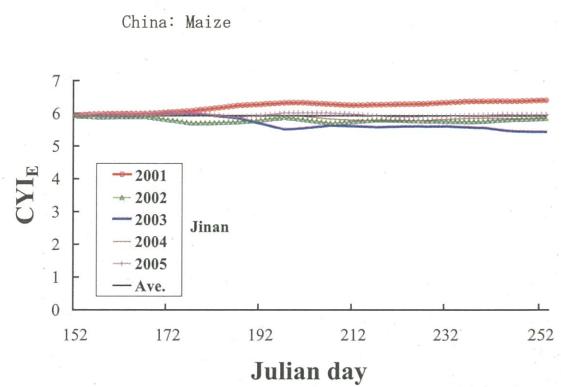
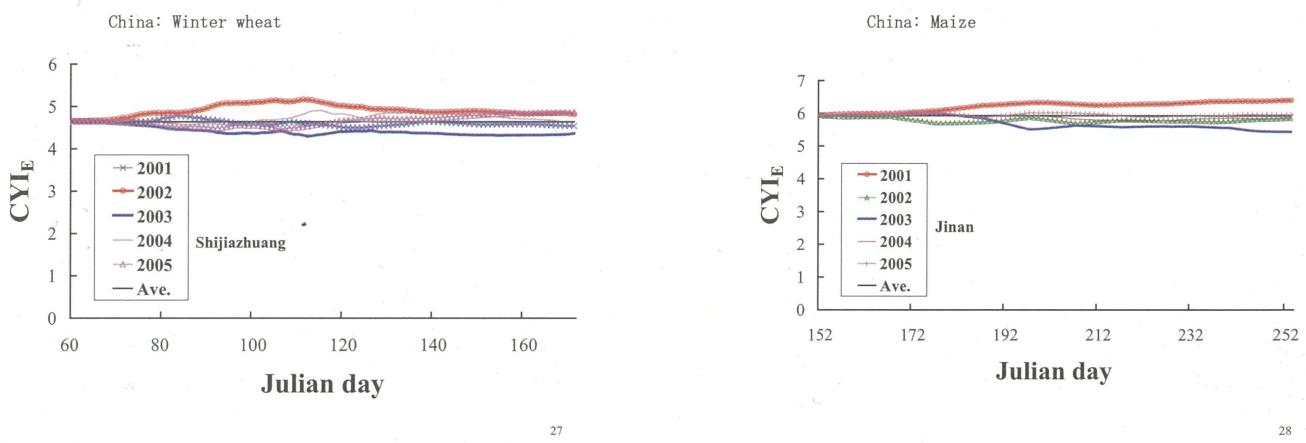
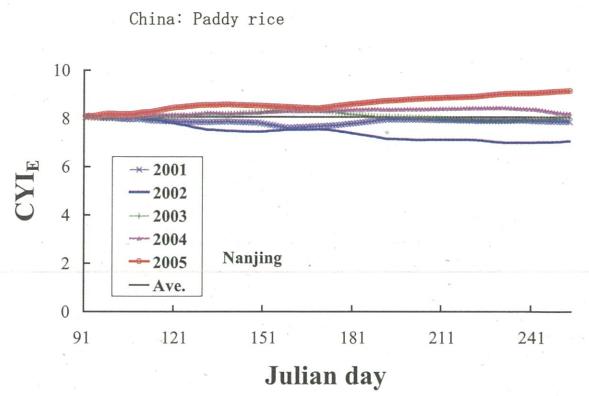
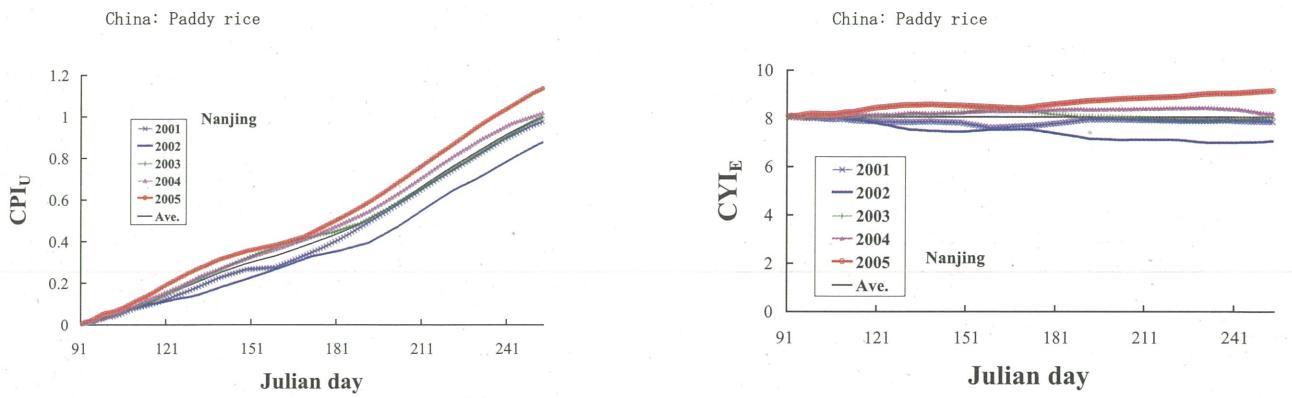


23

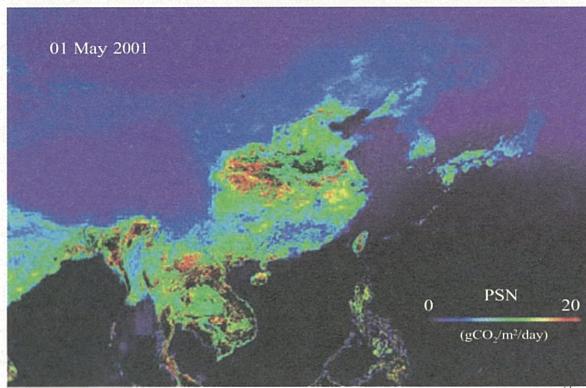
China: Winter wheat



24



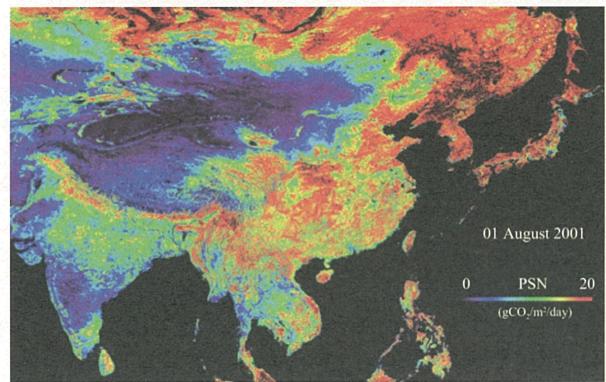
Distribution of Computed PSN (CO_2 fixation)



01 May 2001

PSN
(gCO₂/m²/day)

気孔開度を考慮した光合成速度PSN

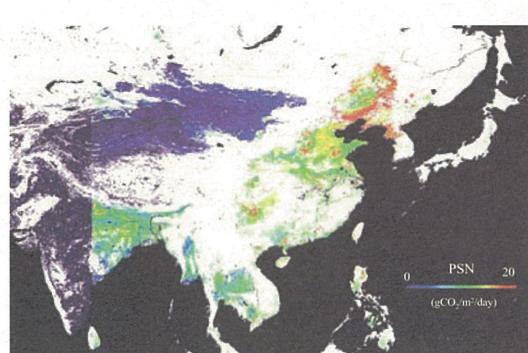


01 August 2001

PSN
(gCO₂/m²/day)

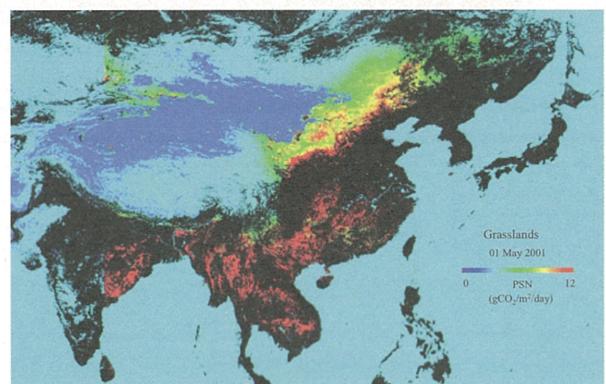
32

Distribution of computed PSN(CO_2 fixation) in grain fields



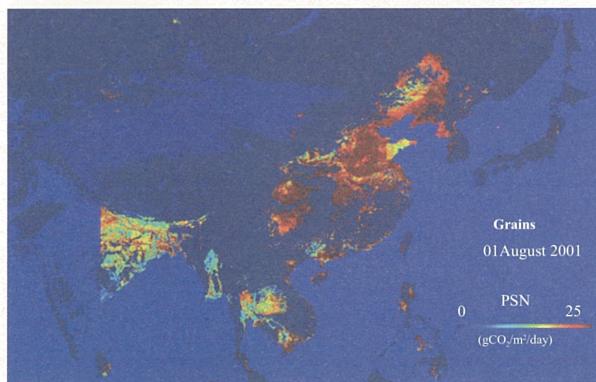
33

Photosynthesis rate in grasslands over SE_Asia

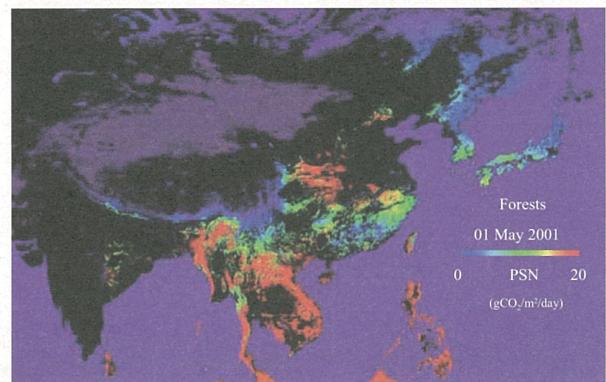


34

Photosynthesis rate in grains areas over SE_Asia in August

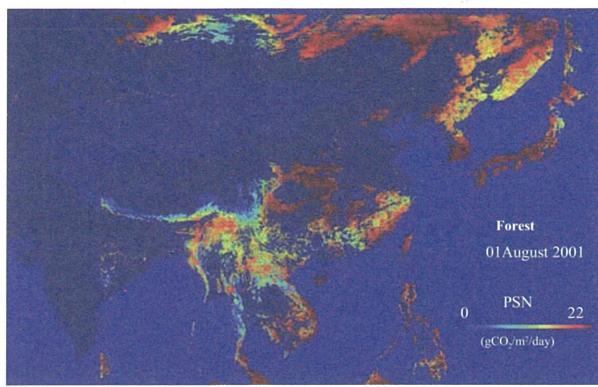


35



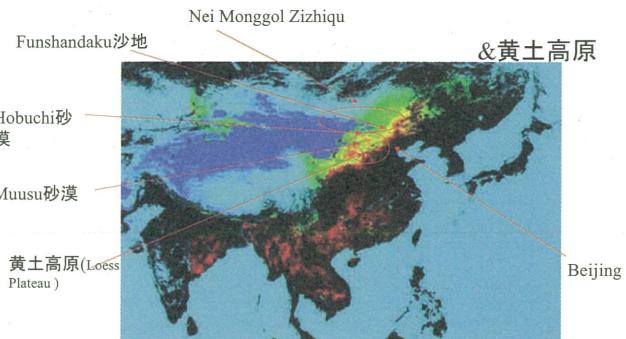
36

Photosynthesis rate PSN in forests over SE_Asia in August



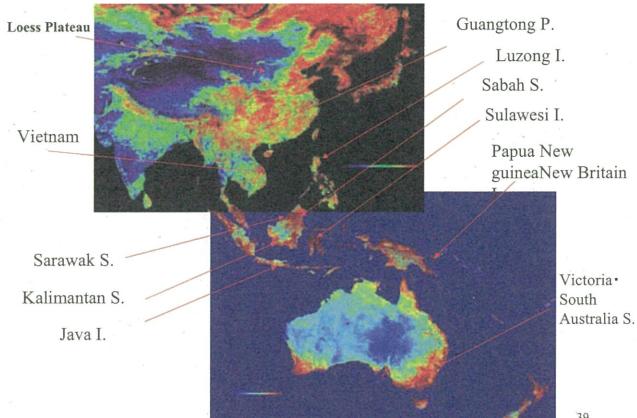
37

Desertification and dust & sandstorm in 中国內蒙古自治区

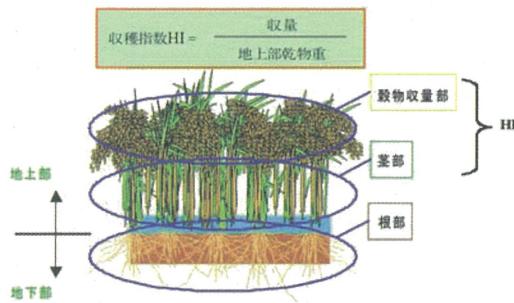


38

CDM experimental projects funded by Japanese ministries



39



40

穀物収量中の炭素の植物体配分によるモデル推定値の比較検証

		日本				中国			
年	道・県/省	北海道	秋田	宮城	北陸	山東	江蘇	寧波	上海
CO ₂ 固定量 (tCO ₂ /ha)	2.986	3.654	3.264	1.992	2.942	4.256	—	—	—
死灰燃素を考慮したCO ₂ 固定量 (tCO ₂ /ha)	—	—	—	13.03	23.14	—	—	—	—
CO ₂ 固定量/単位面積 (tCO ₂ /ha)	29.86	36.94	33.64	13.03	23.14	42.56	—	—	—
死灰燃素を考慮したCO ₂ 固定量/単位面積 (tCO ₂ /ha)	3.83	4.87	4.37	1.77	3.27	4.89	—	—	—
単位面積の根量 (t/ha)	0.444	0.444	0.444	0.444	0.444	0.444	—	—	—
単位面積の茎量 (t/ha)	1.59	1.86	1.73	1.39	1.93	2.69	—	—	—
単位面積の葉量 (t/ha)	3.37	4.12	3.88	0.81	2.61	4.81	—	—	—
単位面積の根茎量 (t/ha)	0.43	0.50	0.47	0.13	0.47	0.77	—	—	—
単位面積の葉量 (t/ha)	0.43	0.50	0.47	0.13	0.47	0.77	—	—	—
CO ₂ 固定量/単位面積 (t/ha)	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273	0.273	—	—	—
死灰燃素を考慮したCO ₂ 固定量/単位面積 (t/ha)	4.78	5.85	5.22	3.04	3.70	6.81	—	—	—
CO ₂ 固定量/単位面積 (t/ha)	3.61	4.42	3.95	2.30	2.80	5.15	—	—	—
死灰燃素を考慮したCO ₂ 固定量 (t/ha)	1.63	1.99	1.78	0.94	1.29	2.32	—	—	—
単位面積の根量 (t/ha)	0.444	0.444	0.444	0.444	0.444	0.444	—	—	—
単位面積の茎量 (t/ha)	1.58E+04	1.84E+04	8.11E+04	2.43E+04	3.23E+04	4.64E+04	—	—	—
死灰燃素を考慮したCO ₂ 固定量 (t/ha)	1.16E+05	1.46E+05	2.38E+05	7.85E+04	9.28E+04	1.37E+05	—	—	—
死灰燃素を考慮したCO ₂ 固定量 (t/ha)	1.03	1.07	1.03	0.68	0.66	0.66	—	—	—
死灰燃素を考慮したCO ₂ 固定量 (t/ha)	3.2%	7.3%	2.8%	32.0%	34.0%	13.7%	—	—	—

41

2001年における穀物収量からの炭素量推定の結果

		日本				中国			
年	道・県/省	北海道	秋田	宮城	北陸	山東	江蘇	寧波	上海
穀物	対象地域	岩見沢	大湯	古川	Shijiazhuang	Jinan	Nanjing	—	—
穀物	水稲	水稲	水稲	水稲	水稲	水稲	水稲	—	—
対象年	2001	2001	2001	2001	2001	2001	2001	—	—
モデルタイプ	PC	PC	PC	MM	MM	MM	PC	—	—
作付面積 (ha)	2.43E+04	9.33E+03	4.56E+04	2.58E+06	2.51E+06	2.01E+06	—	—	2.01E+06
収量 (t)	1.20E+05	5.43E+04	2.47E+03	1.12E+07	1.53E+07	1.69E+07	—	—	1.69E+07
単位面積収量 (t/ha)	4.94	5.82	5.42	4.35	6.12	8.42	—	—	8.42
単位面積の根量 (t/ha)	3.57	3.85	3.79	3.07	3.27	3.69	—	—	3.69
単位面積の茎量 (t/ha)	0.444	0.444	0.444	0.444	0.444	0.444	—	—	0.444
単位面積の葉量 (t/ha)	1.59	1.86	1.73	1.39	1.93	2.69	—	—	2.69
収量中の根の比率 (%)	3.83E+04	1.73E+04	7.88E+04	3.58E+04	4.89E+04	5.40E+04	—	—	—
CO ₂ 固定量 (tCO ₂ /ha)	2.986	3.654	3.264	1.992	2.942	4.256	—	—	—
死灰燃素を考慮したCO ₂ 固定量 (tCO ₂ /ha)	—	—	—	13.03	23.14	—	—	—	—
CO ₂ 固定量/単位面積 (tCO ₂ /ha)	29.86	36.94	33.64	13.03	23.14	42.56	—	—	—
死灰燃素を考慮したCO ₂ 固定量/単位面積 (tCO ₂ /ha)	3.83	4.42	3.95	2.30	2.80	5.15	—	—	5.15
単位面積の根量 (t/ha)	3.57	4.12	3.88	0.81	2.61	4.81	—	—	4.81
単位面積の茎量 (t/ha)	0.43	0.50	0.47	0.13	0.47	0.77	—	—	0.77
単位面積の葉量 (t/ha)	1.58	1.86	1.73	1.39	1.93	2.69	—	—	2.69
死灰燃素を考慮したCO ₂ 固定量 (t/ha)	1.16E+05	5.46E+04	2.38E+05	7.85E+04	9.28E+04	1.37E+05	—	—	1.37E+05
死灰燃素を考慮したCO ₂ 固定量 (t/ha)	1.03	1.07	1.03	0.68	0.66	0.66	—	—	0.66
死灰燃素を考慮したCO ₂ 固定量 (t/ha)	3.2%	7.3%	2.8%	32.0%	34.0%	13.7%	—	—	13.7%

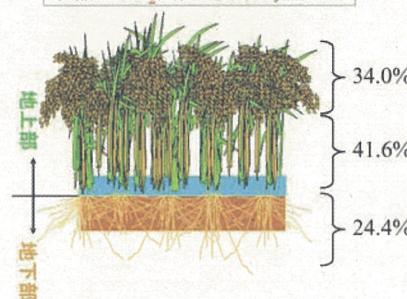
42

光合成モデルからの炭素量推定の結果

国	日本		中国	
	北海道	秋田	眞駒内	河北
対象地	苔原	水稲	水稻	Shijiazhuang
収量	0.45	0.45	0.45	トウモロコシ
収量ifik	2001	2001	2001	2001
作物生長	18	18	18	18
CO ₂ 固定量	2986	3654	3264	1592
(gCO ₂ /ha)	—	—	—	2942
CO ₂ 固定量 (実測開度考慮)	—	—	—	—
(gCO ₂ /ha)	—	—	1303	2314
CO ₂ 固定量	29.9	36.5	32.6	13.0
(tCO ₂ /ha)	—	—	23.1	42.6
夜間の呼吸量	12.3	15.1	13.5	1.9
夜間の呼吸量	—	—	—	9.6
(tCO ₂ /ha)	3.37	4.12	3.68	0.51
正味のCO ₂ 固定量	17.5	21.5	19.2	11.2
(tCO ₂ /ha)	0.426	0.200	0.874	28.8
総呼吸量のCO ₂ 固定量 (Million t)	0.426	0.200	0.874	34.0
CO ₂ に対する 収量比	0.273	0.273	0.273	0.273
正味のCO ₂ 固定量	0.273	0.273	0.273	0.273
(tha)	4.78	5.85	5.22	3.04
地上部の 炭素固定量	—	—	—	3.70
(tha)	3.81	4.42	3.95	2.30
動物収量部の 炭素固定量	—	—	—	2.80
(tha)	1.63	1.99	1.78	0.94
動物収量部全体の 炭素固定量	—	—	—	1.29
(tha)	3.95E+04	1.86E+04	8.11E+04	2.43E+06
植物体全体の 炭素固定量	—	—	—	3.23E+06
(tha)	1.16E+05	5.46E+04	2.38E+05	7.85E+06
植物体全体の 炭素固定量	—	—	—	9.28E+06
(tha)	1.37E+07	—	—	—

43

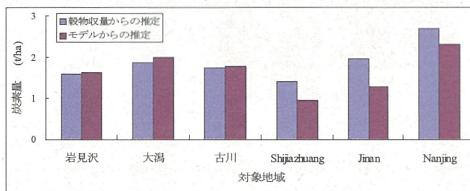
水稻のCO₂固定(炭素C)量配分



44

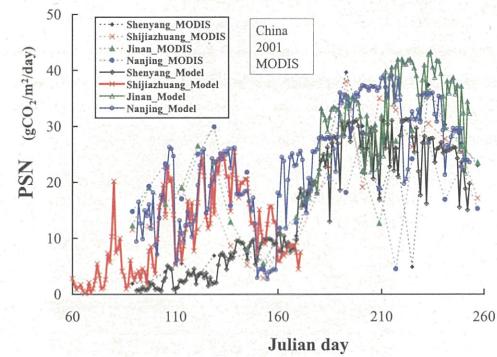
収量とモデルとの炭素固定量比較による作物種類別の推定誤差

	岩見沢	大潟	古川	Shijiazhuang	Jinan	Nanjing
対象年	2001	2001	2001	2001	2001	2001
モデルと収量の炭素固定量比	1.03	1.07	1.03	0.68	0.66	0.86
誤差	3.2%	7.3%	2.8%	-32.0%	-34.0%	-13.7%



45

中国3地点におけるMODISの光合成速度PSNと本モデルとの比較



46

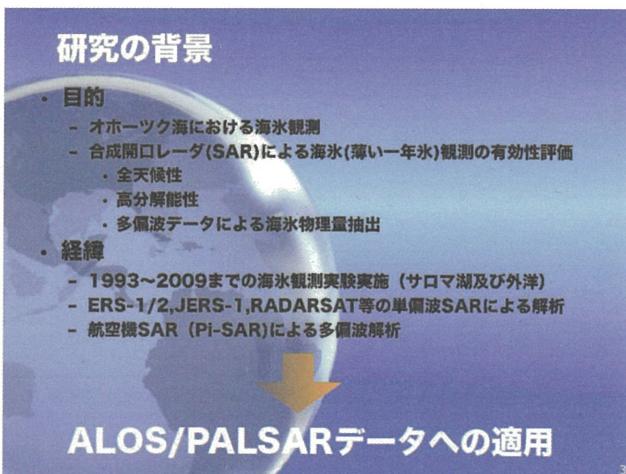
結論：東アジアの水稻収量推定への不確・光合成モデルの適用と検証

著者らは、これまでに光合成・不確型の穀物収量モデルを開発してきた。このモデルによりAsiaにおける光合成速度と穀物生産量の平面分布を推定するために、穀物の作付を分類した後、気孔開度も考慮した光合成速度を推定した。このモデルを、収量中の炭素量を追跡する方法によりこのモデルを検証した。

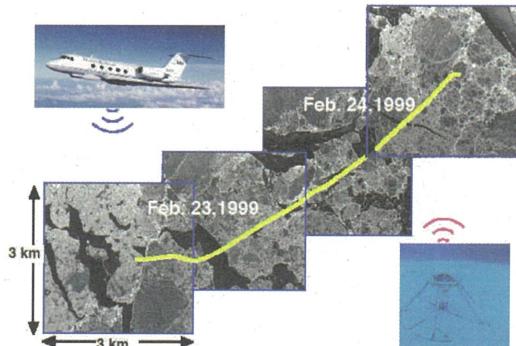
1. モデルの推定結果は、日本国内については、大潟で+7.8%、古川で+3.3%、岩見沢で3.7%であり、ほぼ一致して良好な結果となった。
2. 一方、中国域については、水稻のNanjingでは-13.7%であり、多収量品種やによって単位面積収量が大きいためにモデルよりも大きな炭素固定量になつたと考えられる。
3. MODISの光合成速度PSNの季節変化とモデル結果との比較は、妥当な傾向であった。
4. 総合して、本研究の穀物収量モデルは、水稻については妥当な炭素固定量を推定し、モデルの精度の妥当性を検証できた。しかし、冬小麦についてはオーストラリア、トウモロコシについては米国の収量データを使った検証が必要と考えている。

47

48

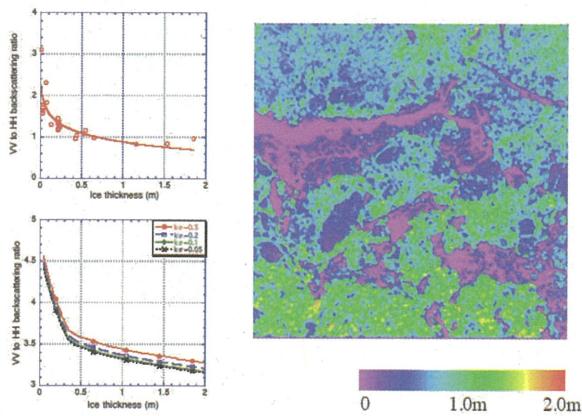


主要成果: 多偏波データの解析

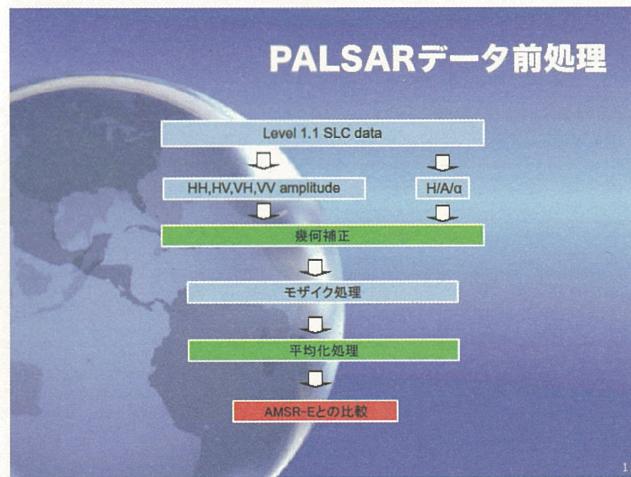
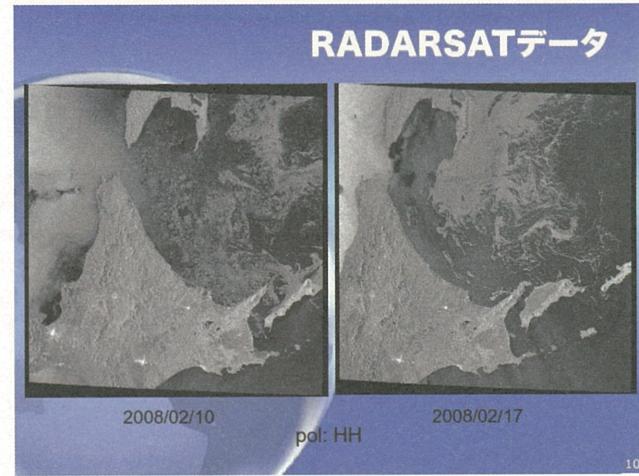
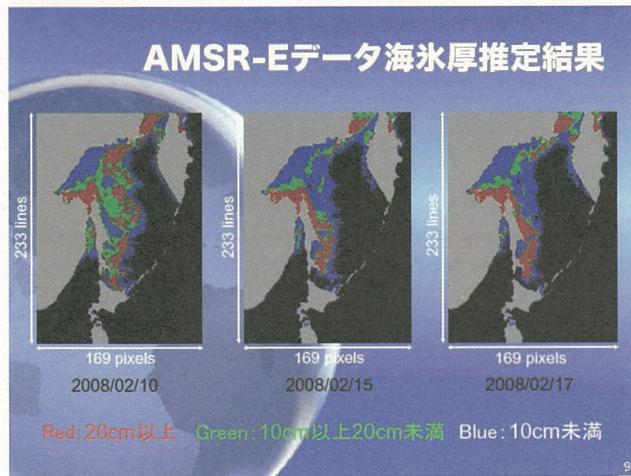
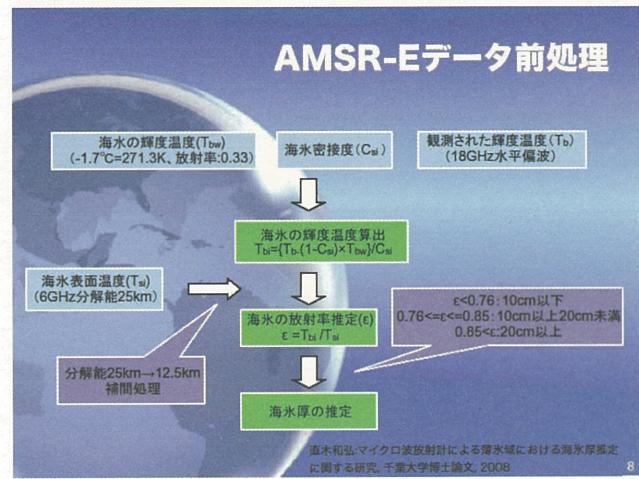
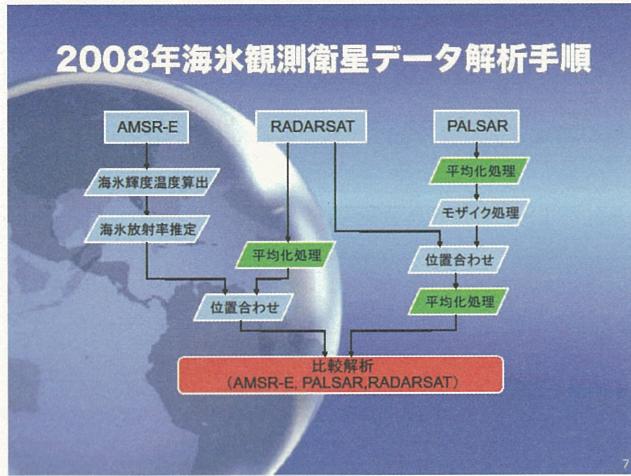


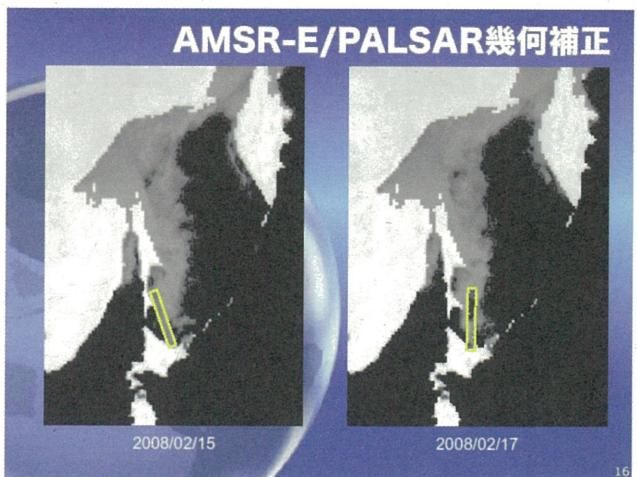
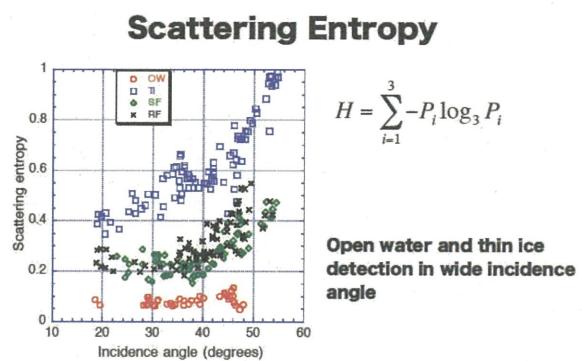
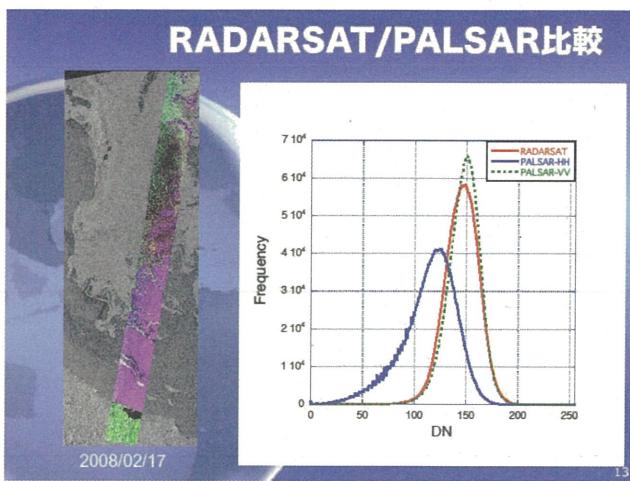
H. Wakabayashi, T. Matsukura, K. Nakamura and F. Nishio : Estimation of sea ice physical parameters using polarimetric SAR : Results from Okhotsk and Lake Saroma campaign, Annals of Glaciology, vol.33, pp.120-124 (2001)

多偏波データの解析例 (海氷厚の推定)

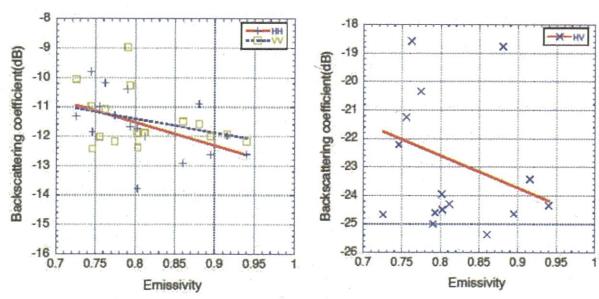


2008年海氷観測衛星データリスト		
センサ	使用データ	観測日
Aqua AMSR-E	空間分解能: 25km, 12.5km 観測周波数: 6.925GHz, 18.7GHz	2008年2月10日 2008年2月15日 2008年2月17日
RADARSAT SAR	空間分解能: 50m 観測周波数: 5.3GHz	2008年2月10日 2008年2月17日
ALOS PALSAR	空間分解能: 10m 観測周波数: 1.27GHz	2008年2月15日 2008年2月17日

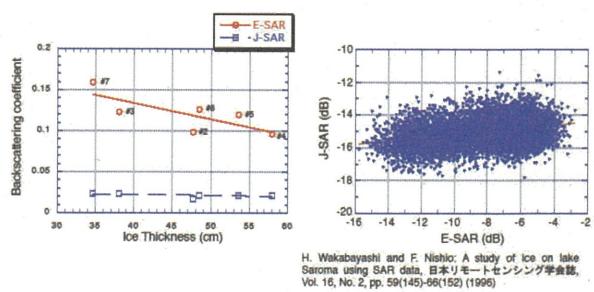




PALSARデータ後方散乱係数解析結果



主要成果: 単偏波SARデータ



NE σ^0 improvement →

- Backscatter decrease with sea ice growing
- Improvement ice classification accuracy

まとめと今後の課題

まとめ

* 2008年2月に取得したPALSAR多偏波観測データ

の解析実施

- AMSR-E:薄氷の氷厚を推定
- RADARSAT:後方散乱係数変換
- PALSAR:多偏波パラメータを導出

今後の課題

* PALSAR多偏波観測データの継続的取得

* PALSARを用いた海氷観測有効性評価

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の要因の研究 = オホーツク海の解析結果 =

○中山雅茂(北翔大学 生涯学習システム学部)、直木和宏、西尾文彦(千葉大学 環境リモートセンシング研究センター)

1. はじめに

海水は地球の気候システムにおいて重要な役割を担っており、全球のエネルギー収支と水循環に影響を与えます。そこで、北極海における海氷域の減少と季節海氷域の拡大が進んでいることから、空間的かつ時系列で、薄氷の特に厚さについて、その変化を調べることが課題になっています。

まず、海水の厚さとマイクロ波放射計で観測される輝度温度の関係を明らかにするため、オホーツク海で船舶および航空機を用いた同期観測を行った。その結果、Fig.1に示すように、薄氷の輝度温度は厚さに依存していることが確認された。さらに、厚さが約30cmに達すると、その依存性はなくなり、高周波数帯では輝度温度が下がることも確認された。この観測結果を元に薄氷の厚さ推定手法を開発した。

本研究では、この薄氷の厚さ推定手法をオホーツク海の衛星観測データに適用し、さらに、薄氷の厚さを3段階に分類し、その時系列変化を調べた結果を報告する。

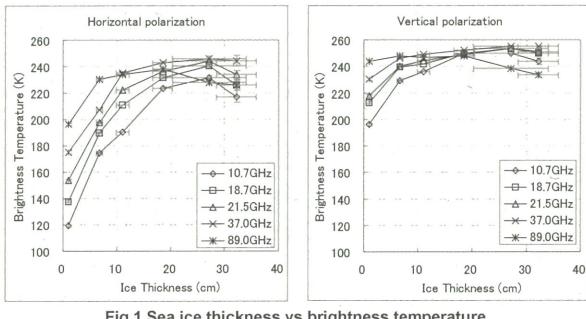


Fig.1 Sea ice thickness vs brightness temperature

2. データ解析

解析期間は、毎年12月1日から3月31日の結氷期にし、AMSR-EデータについてはNSIDC、海面気圧データについてはNCEP再解析データを用いた。また、海水の厚さ情報については、次の手順で推定した。(Fig.3参照)

1. 19GHz水平偏波の輝度温度(観測値)、海水密接度(計算値)、海水の輝度温度(固定値: 19GHz水平偏波89K)を用いて、海水の輝度温度を計算。
2. 6GHz観測値から計算された海水の表面温度と海水の輝度温度より、海水の放射率を推定。
3. Fig.1に示した観測値から得られた、海水の厚さと放射率の関係を用いて、0~10、10~20、20~30cmの3段階に分類。

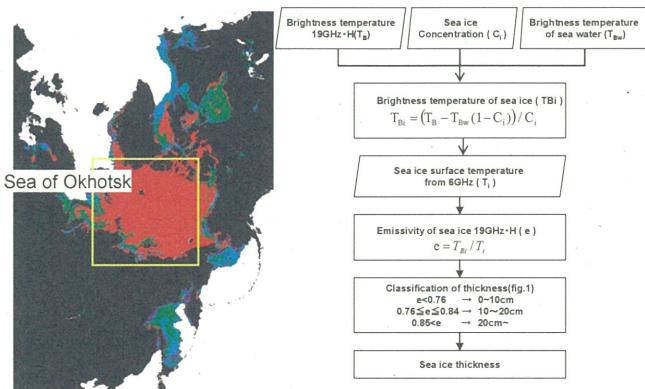


Fig.3 Analysis procedure

3. 結果と考察

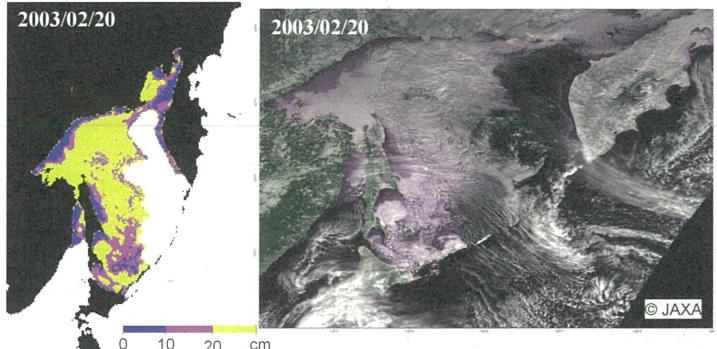


Fig.4 Thickness map

Fig.5 MODIS image

Fig.4は、2003年2月20日のオホーツク海の海氷厚分布を示した図です。Fig.5は、Fig.4と同じ日に観測されたMODIS画像です。Fig.4の青色領域(0~10cm)はFig.5で紫色に見える薄い海氷の領域によく対応しています。オホーツク海北部沿岸や間宮海峡の南側にあるシホテアリニ山脈沿岸、サハリンの東沿岸などです。

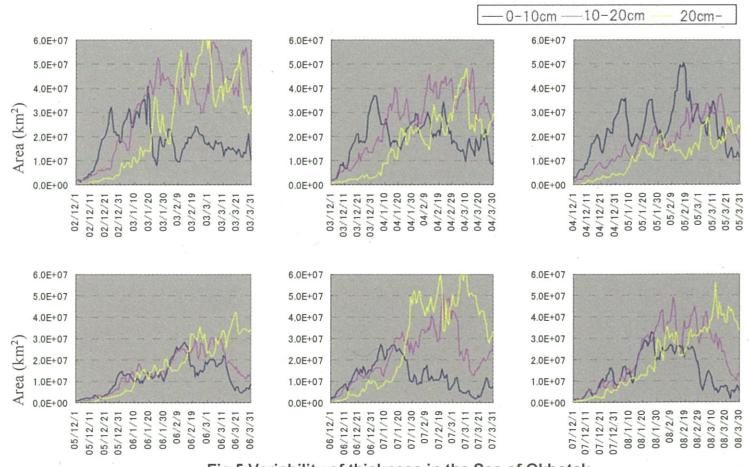


Fig.5 Variability of thickness in the Sea of Okhotsk

Fig.5は、オホーツク海の海氷における、3つの厚さ区分(0~10、10~20、20~30cm)の変化を、2002~2008年の期間について調べた結果です。0~10cmの特に薄い海氷は12月に支配的で、その傾向は2002~2004年に顕著に表れています。また、20~30cmの海氷域は、1月に入りながら拡大していることが、どの年も確認することができます。

4. まとめ

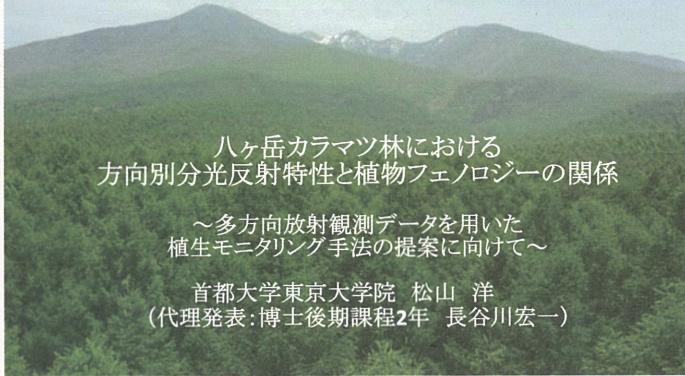
直木らが開発した海氷の分類手法(Naoki, et al. JGR 2008)をAMSR-Eデータに適用して、オホーツク海の海氷の厚さ分布を推定した。2002年から2008年の6年間について、海氷の厚さを3段階に分けて調べた結果、薄氷域が全体に占める割合は初冬に増加し、その後、20~40%の間で変動していることがわかった。その領域は、海岸線やポリニア周辺、氷縁にそって分布している。

今後、薄氷域と海面気圧の時系列変化を調べることによって、低気圧の通過と薄氷域の広がりの関係を調べることで、薄氷域拡大の要因を明らかにする計画である。

謝辞

本研究において使用したデータは、NSIDC、JAXAおよびNCEPよりご提供いただきました。

プロジェクト－2



先行研究: 植生リモートセンシングにおけるBRDFの有用性

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。

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。

$$HDS = \frac{\rho_{Hs} - \rho_{Ds}}{\rho_{Hs}} \quad \rho_{Hs} = \text{Hotspot} \text{ の反射率}$$

Remote sensing of environment → 2007年以降だけでも15本以上の論文

次世代のリモートセンシング技術として強い期待！！

09/7/2

33

方向別分光反射特性とは？

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。

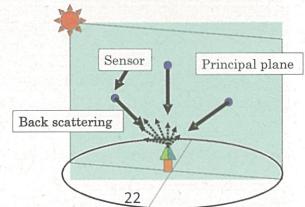
太陽方位角・太陽天頂角・観測方位角・観測天頂角の条件によって反射特性が変化する様子(Bidirectional Reflectance Distribution Function)。

多時期の衛星画像を用いた季節変化のモニタリングや、斜め観測データの実用の際にBRDFの影響が大きな懸念事項となり注目を浴びる(例えばMODISなど)。

対象物の三次元構造(凹凸)と関係あり。

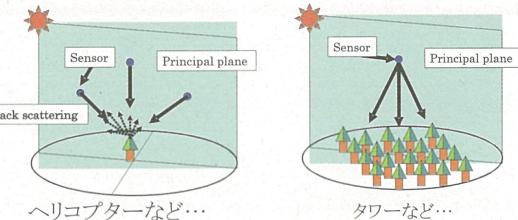
→逆にこの特性を利用して、植生のモニタリングをしようとする動きがある

7/2/09



しかしながら…多方向放射観測を行うには

観測中における太陽の変化を防ぐため、短時間で角度を変え測定する。
視野角内に植生を代表する面積(樹高の2乗)を捉える高さから観測する。
→非常に大規模な施設が必要である。



大規模プロジェクト以外で観測データの蓄積がほとんどないのが現状。
実証的な観測研究の例は少ない

09/7/2

44

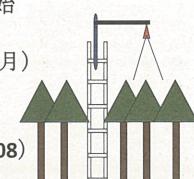
本研究の目的



ハケ岳カラマツ林(落葉針葉樹)において、各植物季節に多方向放射観測を行い、
①各季節のBRDFの影響の大きさ
②BRDF特性と植物フェノロジーの関係
を明らかにする。

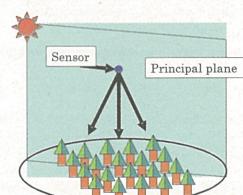
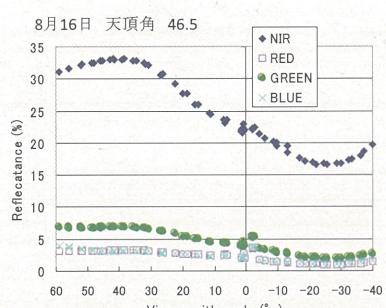
2006年度よりシステム作りを開始
季節変化
2007年度、10回観測(4月～11月)
2008年度(5月)
日変化(快晴時)
9月20日・10月30日・5月22日(08)
※これだけ高頻度に同一地点で
BRDFを観測したのは世界初

タワー高25m
平均樹高20m



55

取得されたデータ: 夏(ハケ岳)



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(BRDFの特徴)

09/7/2

66

タワー上の放射計の捉える視点(可視画像)

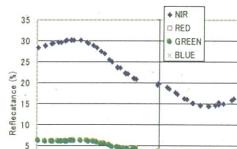


画像からも日向葉と日陰葉の反射率の違いが捉えられている

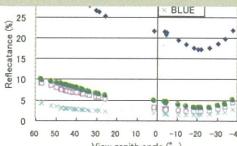
09/7/2

77

これだけ高頻度にBRDF季節変化を観測したデータは初



しかし…各季節のデータは観測された時刻や場所が違うことから、観測時の太陽条件に依存した結果であると考えられる。



11月8日 88°頂角 53.7

観測時太陽天頂角の影響：晩夏
(9月20日における方向別反射特性の日変化:NIR)
• クリックしてアウトラインの挿入 ←太陽天頂角

観測時の太陽天頂角の条件を揃えて各季節のBRDFを比較する必要がある。

最大反射率: 太陽天頂角が小さくなると低下している
最小反射率: 太陽天頂角が小さくなると上昇する傾向
09/7/2 99

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、三つの散乱成分に分けて考えるモデル

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

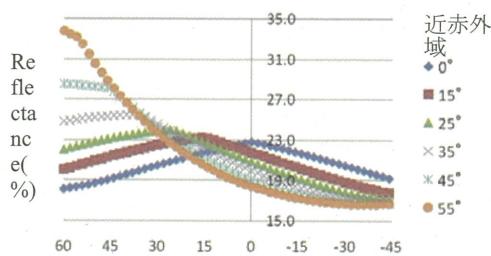
観測条件(観測天頂角・太陽天頂角・相対方位角)によって決まるパラメータ
(天頂角が0°の時は $K=0$ になる)

BRDFの観測結果から季節ごとに、 f_{iso} , f_{geo} , f_{vol} を求める。
09/7/2 1010

Modelの結果(日変化) (07/9/20のパラメータを使用)

0°~55°に仮想的に太陽天頂角を変化させた結果

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



太陽天頂角の変化に伴い、最大反射率は低下、最低反射率は上昇
傾向は現地観測結果と同じ
09/7/2

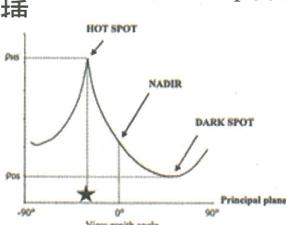
1111

BRDFの特徴を表す指標HDS (Lacaze et al. 2002)

・方向別に観測したうち最大反射率をHotspotの反射率、
最低反射率をDarkspotの反射率とする…

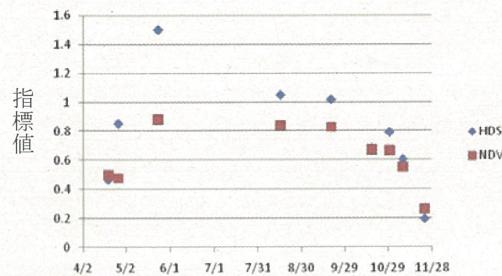
• クリックしてアウトラインの挿入

• クリックしてアウトラインの挿入の反射率



1212

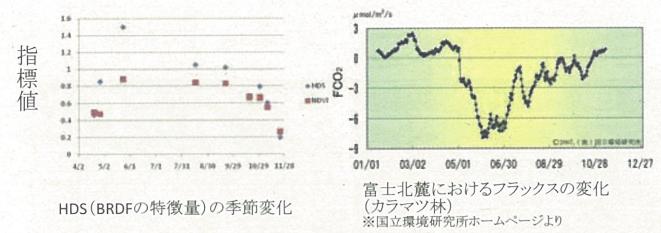
結果:HDS(BRDFの特徴量)の季節変化(赤域)



- ・6月に最大値があり、冬に向けて緩やかに低下
⇒BRDFに季節変化が起こる事が示された。
- ※森林構造の季節変化と対応

1313

考察:HDSの季節変化(赤域)は何を示すか

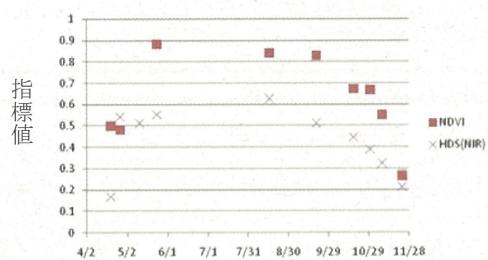


・CO₂フラックスの季節変化と似ているとも見える

- ・赤域は光合成に使われる領域
→日向部・日陰部で光合成量の差が
6月に最大になっている可能性

09/7/2 1414

考察:HDSの季節変化(近赤外域)



- ・赤域と異なり夏場に大きな変化は捉えられない
→葉の量の変化と似ている

09/7/2

1515

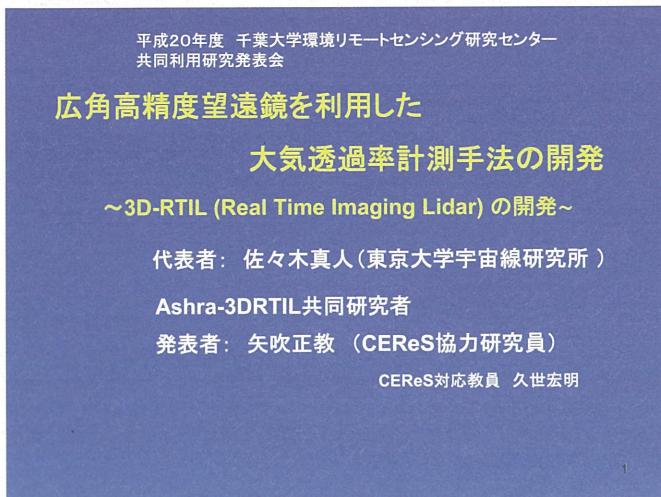
まとめ

ハケ岳カラマツ林において、2007年度各季節にBRDFの観測を行い、BRDFモデルを用いて太陽条件を統一し、季節間の比較を行った。

- 落葉針葉樹においてBRDFは季節変化し、特徴の大きさは夏に大きく、冬に小さくなつた。
⇒森林の季節変化に対応し、BRDFも季節変化する。
- 赤域と近赤外域では、BRDFに異なる季節変化が見られた。
⇒赤域は光合成量の季節変化、近赤外域は葉量の季節変化と対応関係がある可能性が示唆される。

1616

プロジェクト－3



3DRTILとは

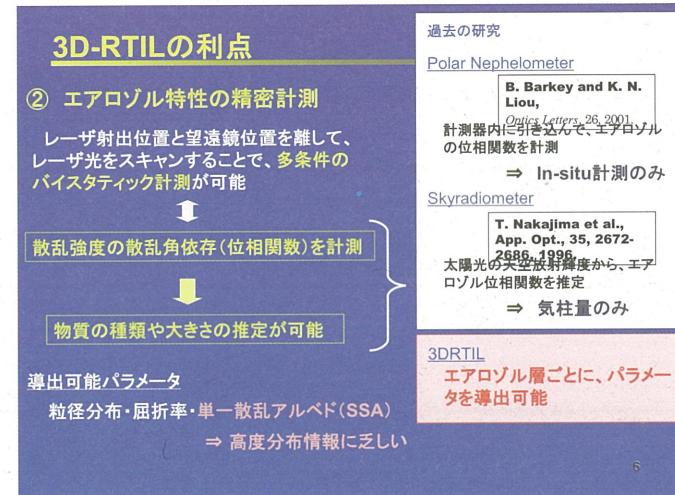
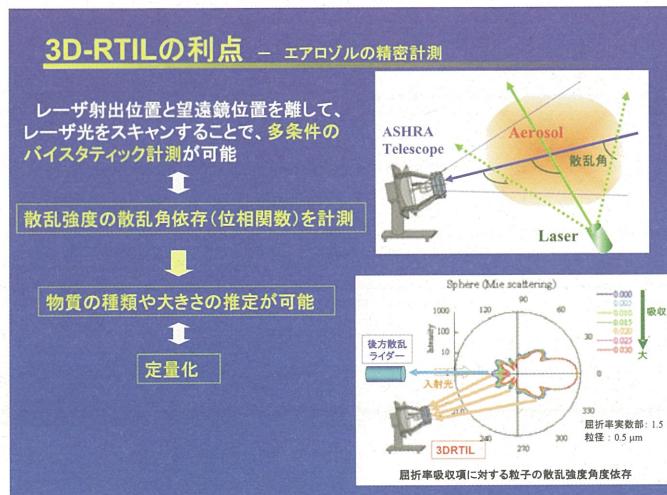
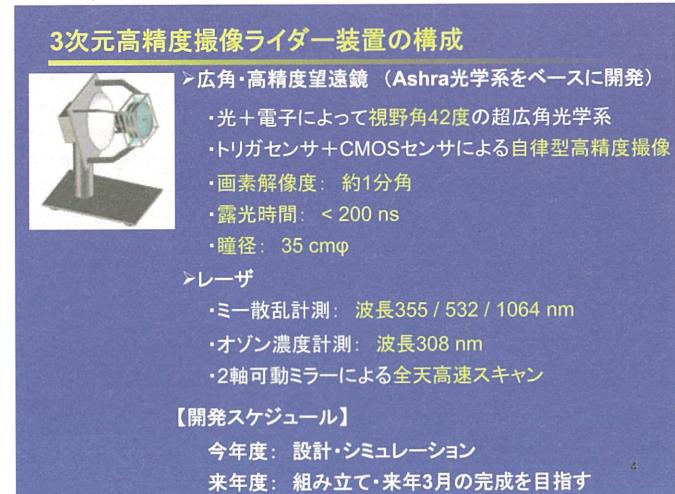
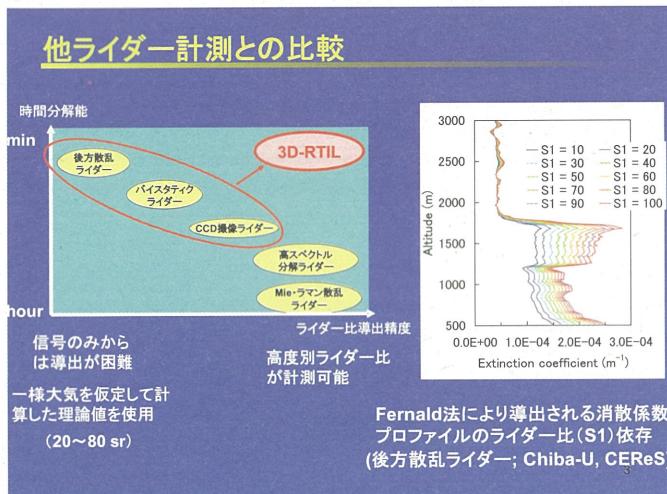
- 3次元高精度撮像ライダー装置
 - ・地上から高度20 kmまでの大気物質を3次元リアルタイム計測

【圧倒的な情報量】

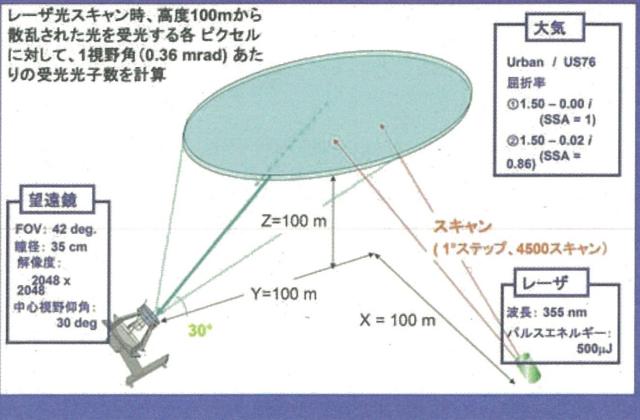
- 混合層内：1m以下の空間分解能計測
広い散乱角に対しての散乱強度の角度分布計測
- 自由対流圈・成層圏：水平広がり数km以上の3次元分布計測
- 高速スキャンによるリアルタイム計測

【捉えることができる現象例】

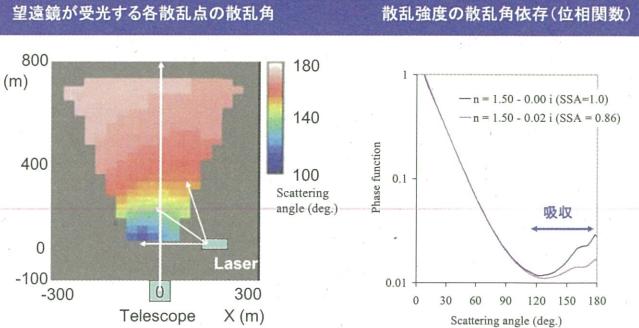
- 地上汚染物質の拡散 ⇒ 交差点上の車の排気拡散過程
- 黄砂・越境汚染物質の変質
- 対流圏・成層圏オゾンの生成・消滅過程



高度100mにおけるエアロゾル層計測シミュレーション

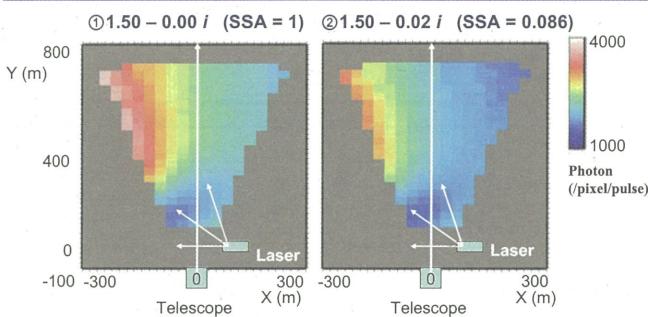


高度100mにおけるエアロゾル層計測シミュレーション 各散乱点の散乱角



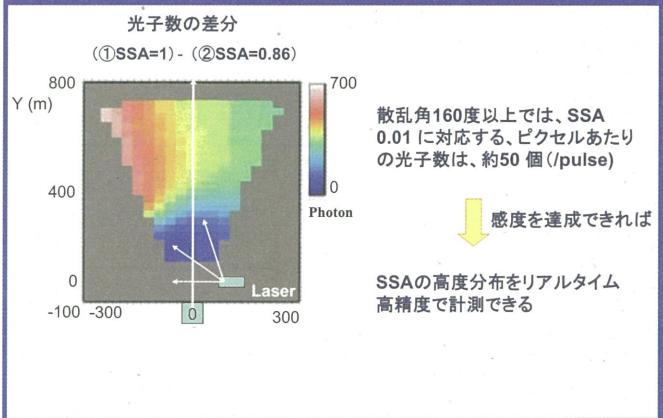
高度100mにおけるエアロゾル層計測シミュレーション

望遠鏡で受光する各散乱点の光子数 (/pixel/pulse)



高度100mにおけるエアロゾル層計測シミュレーション

SSAに対する受光光子数の変化



まとめ

3次元高精度撮像ライダー装置(3DRTIL)

- 地上から高度20 kmまでの大気物質を3次元リアルタイム計測可能な装置
- 【構成】
 - 高視野角・高精度望遠鏡(FOV42度、画素解像度1分角)
 - トリガセンサによる自律型自動露光
 - Mie散乱計測(3波長) + オゾン計測(1波長)のレーザを採用
 - 来年3月までには完成予定

3DRTIL計測シミュレーション

- 広範囲の散乱強度角度依存が計測できる3D-RTILの特徴を生かして、今までの計測では導出が困難であった単一散乱アルベド(SSA)の分布を、定量的に求めることができる可能性を示した

PALの手法を用いたポータブル ミー散乱ライダーの開発

村山 利幸(東京海洋大学海洋工学部)、久世 宏明
(CEReS)、椎名 達雄(千葉大学工学部)、矢吹 正教
(東大宇宙線研)

- ✓研究の経緯と目的
- ✓TUMSAT-PSLの仕様と光学系
- ✓東京海洋大学における準備的観測
- ✓今年度の開発項目と作業状況
- ✓CEReSにおけるPSL/TUMSAT
- ✓CEReSにおける観測例
- ...

1

研究の経緯と目的

- 科研費・基盤研究(C)No.16510057(H.16-H18)「パルス半導体レーザーを用いたSPM計測用ポータブルライダーの開発的研究」(代表: 村山)において、CEReSが開発したPAL(Portable Automated Lidar)の手法を採用してPortable Scanning Lidar(PSL)の開発を行った。
- PALはMicro Pulse Lidar(MPL)*の一形態。簡便性から送信光学系を受信望遠鏡と別にし(従来型)、独自の狭拡がり・狭光束レーザービームの光軸自動調整機構を持つ。

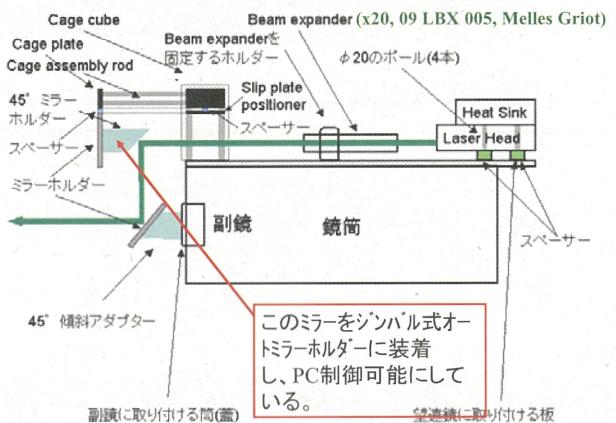
*MPLは、元々 ground-baseのunattended operational lidarとしてEye-safetyを配慮して開発された(NASA GFSC, Spinhirneら)。現状ではあまりEye-safetyを配慮しないアロゾルライダーが跋扈(ばっこ)しており、大義は薄れかけているが、LD励起固体レーザー・狭帯域・視野角受信でのdaytime photon countingの実現、装置の小型化など技術面の貢献も大きい。

- 本研究では、主としてハードウェアの開発がほぼ完成した海洋大PSLにCEReS-PALのソフトウェア(ミラー調整機構など)を移植し、連続観測可能なアロゾルライダーとして完成させることを目標。²

TUMSAT PSLの仕様 *市販品ベースで開発・廉価、重ねての製作が容易。

	PSL/ TUMSAT	PAL/ CEReS
Configuration	Co-axial	Co-axial
Polarization	保持	非保持
Laser (LD励起 Nd: YAG with AOM Q-ws)	市販品: LCS-DTL-314QT (Laser Export 社)	浜松ホトニクス社製
Wavelength	532 nm	532 nm
Pulse Energy	~20 μJ	15 μJ
Repetition (op.)	1 kHz	1.4/2.5 kHz
Beam Divergence	~24 μrad	50 μrad
Telescope Dia.	20 cm (Mead, LX200-20)	20 cm
Field of View	0.2 mrad	0.2 mrad
Bandwidth of I.F.	0.36 nm	0.5 nm
Pre-trigger Func.	有	無
水平走査機能	有	オプション
垂直走査機能	有	無
MCS(スケーラー)	SR 430	SR 430

TUMSAT PSLの光学系

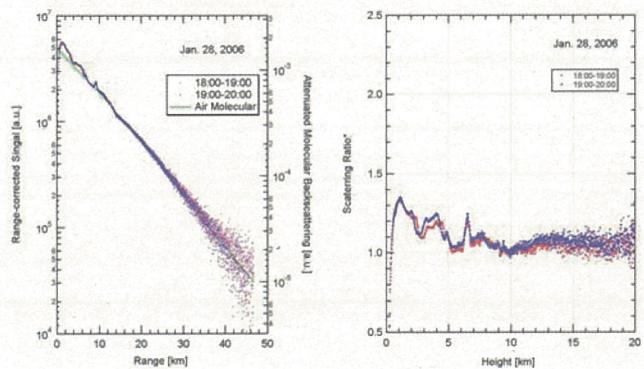


PSL@TUMSAT



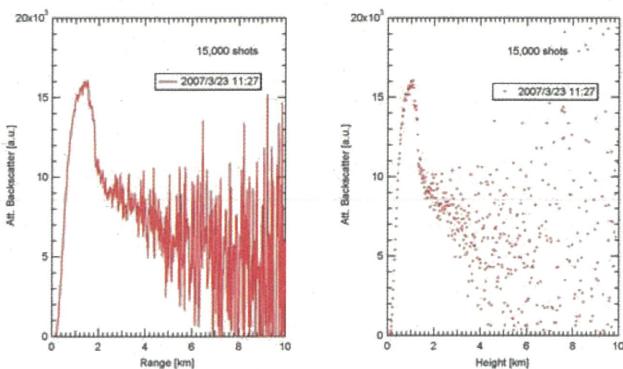
海洋大における測定例 1. 広視野時

FOV=1 mrad, 仰角45°, 夜間の計測でpre-triggerが有効、成層圏まで十分見えている。

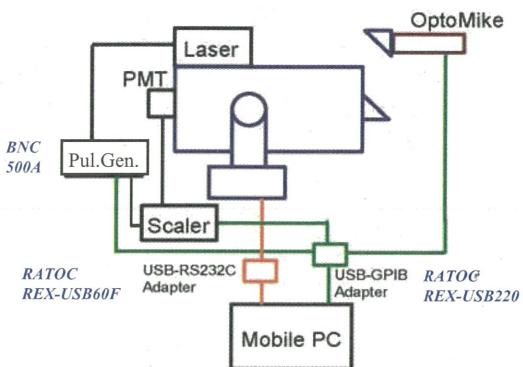


海洋大における測定例 2. 狹視野時

FOV=0.2 mrad, 仰角45°, 日中の計測が十分可能。



PCとのインターフェイス



平成20年度CEReS共同利用での研究計画

平成20年5月7日
千葉大院融合科学 推名
海洋大PAL その1

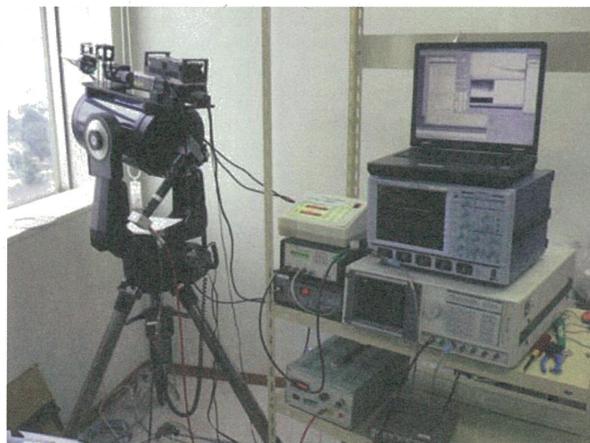
海洋大PAL 自動化への作業計画

- 5月
 - ・OptoMikeのPCコントロール。
 - ・スケーラーSR430を通してデータのPC読み込み/グラフ化。市原PALのソフト(VB)の移植。
 - ・海洋大PCの環境設定。USB-GPIBアダプタの利用。
 - ・レーザ制御用パルジェネBNC-500AのPCコントロール。

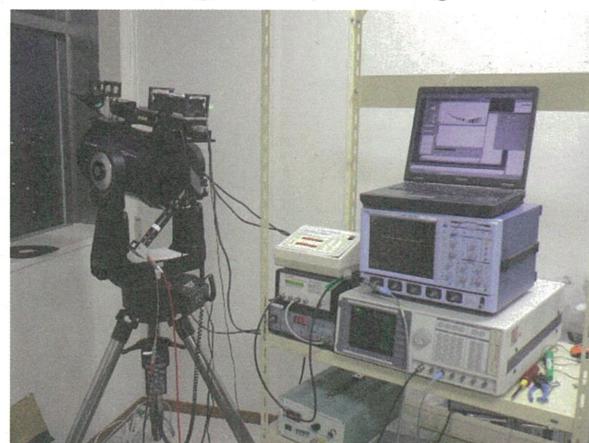
- 6月
 - ・レーザのインターバル制御(間欠運動)。
 - ・海洋大PAL自動計測、連続観測による動作チェック。
 - ・発光面制御、遮光板の挿入。
 - ・USB-RS232Cアダプタを通しての電速鏡LRA-200の角度制御。
 - ・データの共有化。

- 7月
 - ・海洋大にて自動計測。
 - ・データの共有化。

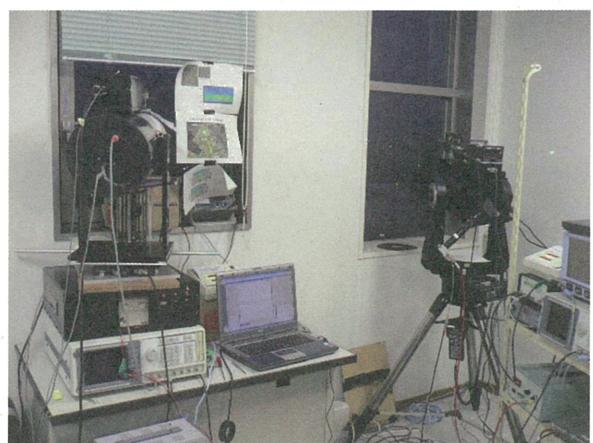
PSL@CEReS in Day



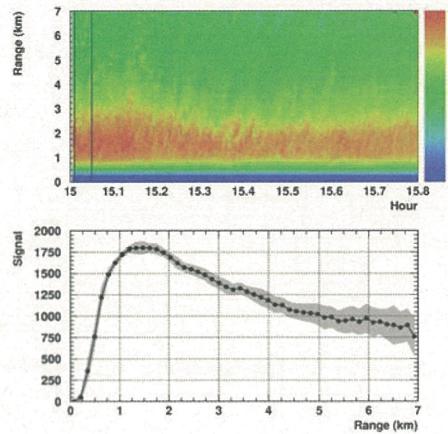
PSL@CEReS in Night



PSL&PAL@CEReS

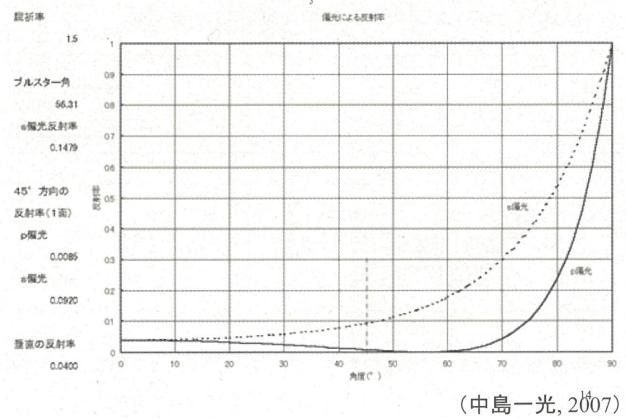


CEReSにおける測定例(Feb. 2009)



13

半波長板の効果(expected)



(中島一光, 2007)

参考文献

- N. Lagorsas et al., "Observation of boundary layer aerosols using a continuously operated, portable lidar system", Atmospheric Environment 38 (2004) 3885-3892.
- N. Lagorsas et al., "Correlation study between suspended particulate matter and portable automated lidar data", J. Aerosol Science, 36 (2005) 439-454.
- G. Bagtasa et al., "Dual-site lidar observations and satellite data analysis for regional cloud characterization", Optical Review, 14 (2007) 39-47.
- T. Shiina et al., "Temporal and spatial variation of cloud measured with a portable automated lidar", Advances in Geosciences, accepted.
- 中島一光, "ライダーシステム構築にあっての「ちょっとした工夫」"、第25回レーザセンシングシンポジウム予稿集、pp.24-27, 2007.

15

謝辞

本装置のハードウェア開発において、(株)東京インスツルメンツ・高橋一史及び森田一ニ夫両氏に、また浜松ホトニクス(株)の曾根明弘氏に、ご協力頂きました。ここに感謝致します。

16

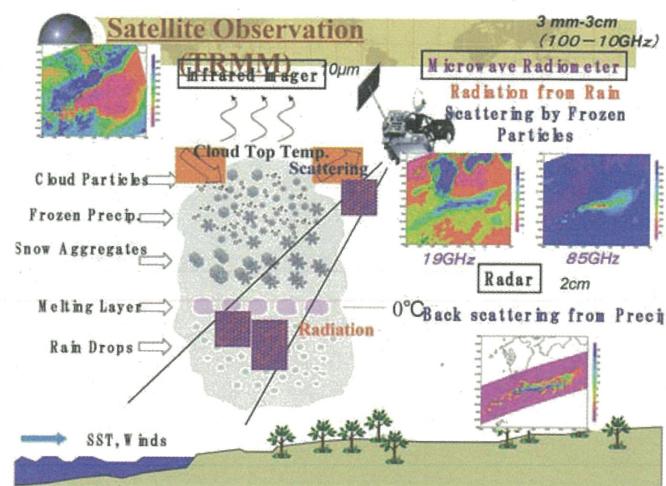
Feb. 23, 2009

2008年度CEReS 共同利用研究会

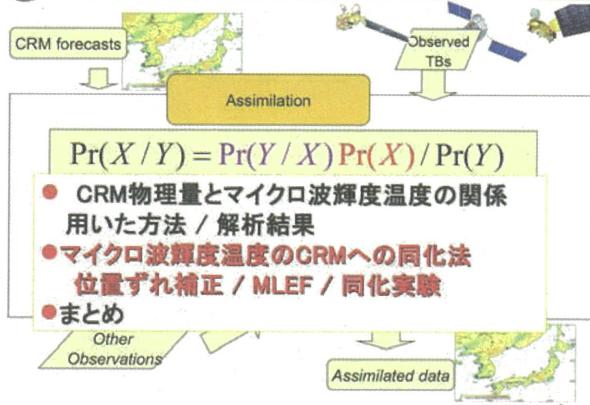
多波長マイクロ波放射計データを用いた
水物質リトリーバルの研究:

マイクロ波放射計輝度温度の
非静力雲解像モデルへの同化に向けて

青梨和正(気象研)
担当教官 高村民雄

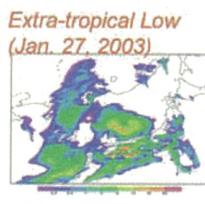


Outline



用いた方法: Ensemble予報

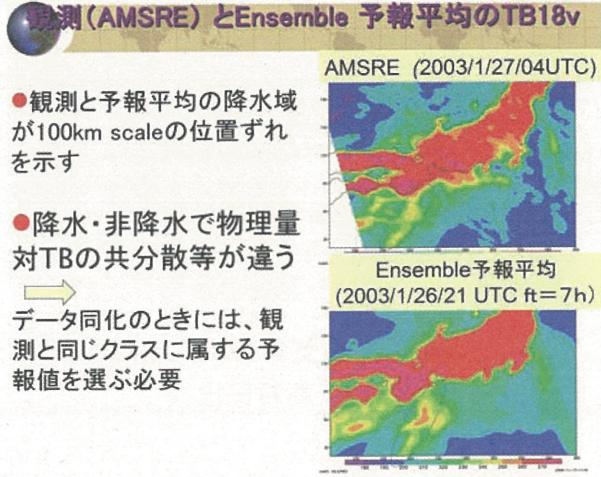
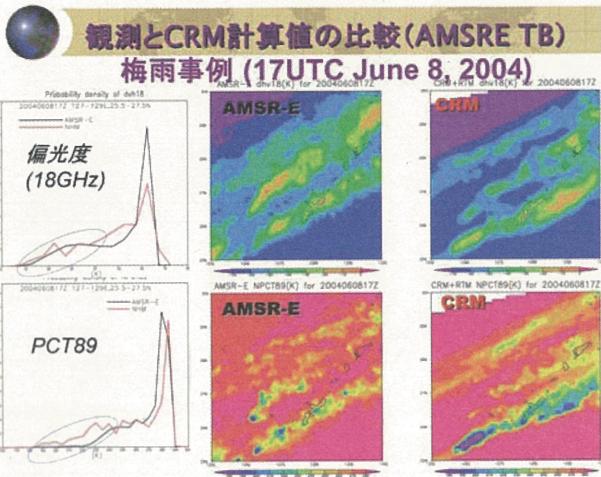
- 100 members started with perturbed initial data
- Geostrophically-balanced perturbation plus Humidity
- Random perturbation with various horizontal and vertical scales (Mitchell et al. 2002)



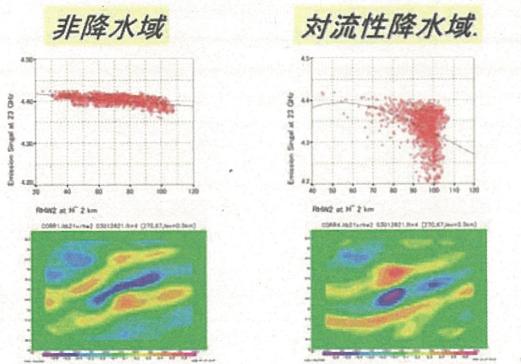
4

用いた方法: 放射伝達モデル

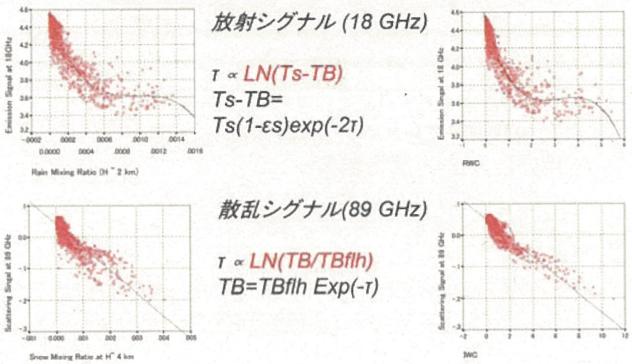
観測とCRM計算値の比較(レーダ反射強度)



放射シグナル(23GHz)とRHW2の共分散 & 水平の相関パターン (Jan. 29, '03)



放射シグナル (18 GHz) & 散乱シグナル (89 GHz) と降水物理量の共分散 対流性降水域 (Jan. 27, 2003)



MWRTBデータ同化法の考え方

- データ同化に周囲の格子点のEnsembleを使う
Ensemble平均が最適条件を満たすδDを見つける

$$\max P(Y | \bar{X}_f(r + \delta D)) P(\delta D)$$

$$P(X) \sim \sum w_i P_i(X, \bar{X}_f, B_i)$$

$$P(X/Y) \sim P(Y/X) P(X)$$

$$\sum w_i P_i(Y/X) P_i(X, \bar{X}_f, B_i)$$

$$\sum w_i P_i(Y/\bar{X}_f^a) P_i(X, \bar{X}_f^a, B_i)$$

Maximum Likelihood Ensemble Filter

$$(X(r) - X_f(r + \delta D)) P_f^{-1} (X(r) - X_f(r + \delta D)) \\ + (Y - H(X)) R^{-1} (Y - H(X))$$

6Dの探索法(位置ずれ補正)

- Hoffman & Grassotti(1996) の方法を用いる
δD は以下の cost functionを最小化すると仮定:

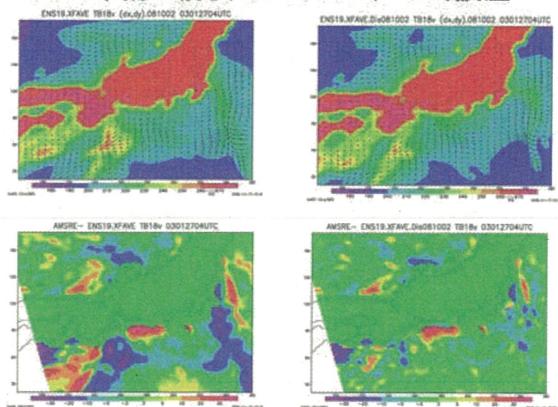
$$J_D = \delta D^T E^{-1} \delta D + (Y - H(X_f(\vec{r} + \delta D)))^T R^{-1} (Y - H(X_f(\vec{r} + \delta D)))$$

■ AMSRE TB10v, TB18v, TB23vを観測データ Yとする

■ δD を2重フーリエ波数空間に展開

■ 大規模スケールのδDを計算する

位置ずれ補正適用例(03/1/27/04 UTC) TB18v, 補正前後のDTB18v (Y-HX)誤差

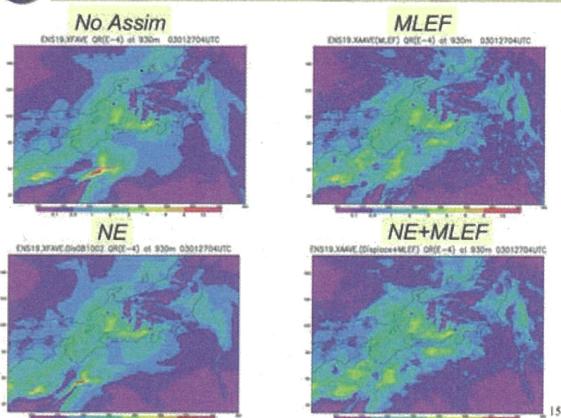


Maximum Likelihood Ensemble Filter (Zupanski et al, 2008)

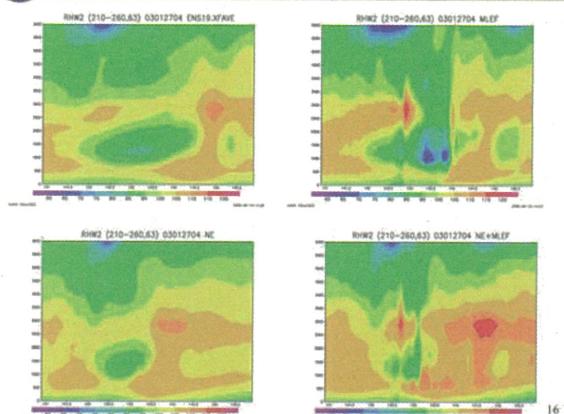
- MLEF: 解析はアンサンブルのはる空間でおこなう
 - 以下のコストファンクションJを最小化する
- $$(X(r) - \bar{X}_f) P_f^{-1} (X(r) - \bar{X}_f) + (Y - H(X)) R^{-1} (Y - H(X))$$
- Jのgradient, Hessianを観測オペレータのアンサンブル摂動Z(X)を使って求める:
- $$\Delta J = P_f^{-1/2} (X - X_f) - Z(X) R^{-1/2} (Y - H(X))$$
- $$Z(X) = [R^{-1/2} (H(X) + p_1^f) - H(X), \dots]$$

14

雨混合比 (930m) for 03/1/27/04 UTC



RHW2 ($x=210-260, y=63$) 03/1/27/04 UTC

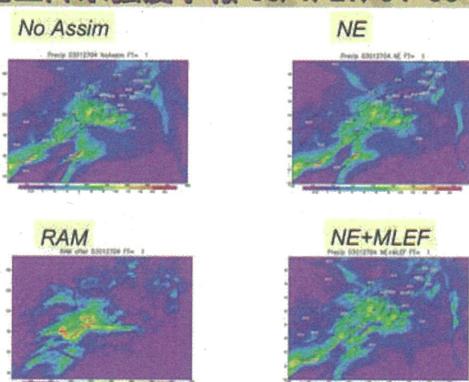


16

同化実験

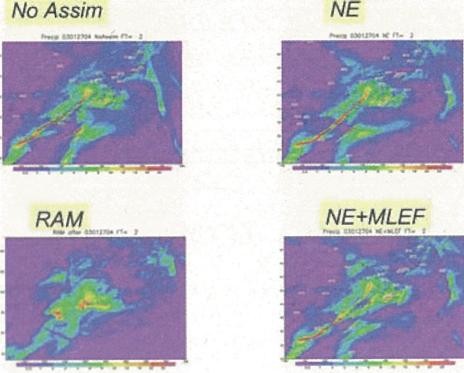
- Cold Frontal case (Jan. 26-27, 2003)
- Ensemble forecast (21 UTC Jan. 27, 2003)
(100 members, same as the previous section)
- Assimilate AMSRE TB 10v, 19v, 23v
(04 UTC Jan. 27, 2003)
- Experiments:
NoAssim
MLEF
NE+MLEF

地上降水強度予報 03/1/27/04-05 UTC



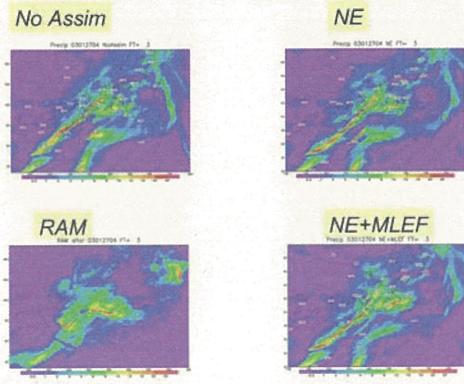
17

地上降水強度予報 03/1/27/05-06 UTC



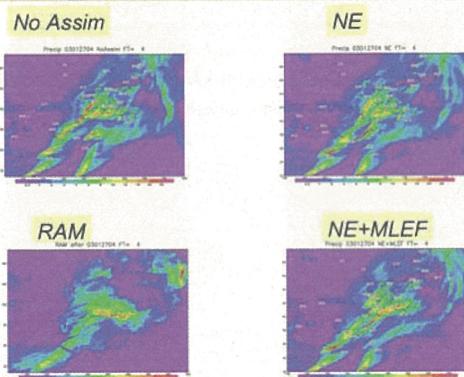
19

地上降水強度予報 03/1/27/06-07 UTC



20

地上降水強度予報 03/1/27/07-08 UTC



21

まとめ

- CRM物理量とマイクロ波輝度温度の関係
観測とEnsemble予報で大規模な位置ずれがある
降水・非降水で物理量対TBの共分散等が異なる
TBと物理量の関係は非線形
MWRTBのデータ同化法
位置ずれ補正
Maximum Likelihood Ensemble Filter
- 同化実験

22

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

その1: MODIS画像を用いた地表面アルベドの導出精度向上化の検討

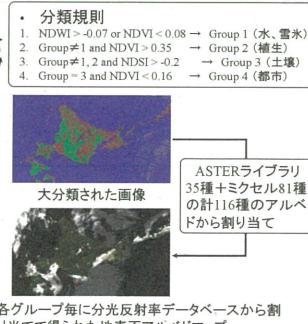
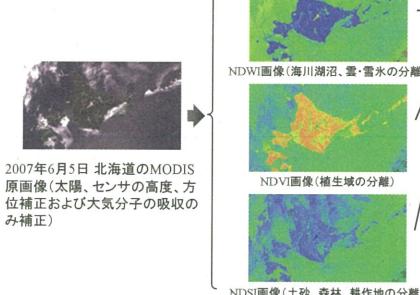
Part I: A study for improving the precision of ground albedo retrieving from MODIS imagery

○ 朝隈 康司
東京農業大学 生物産業学部

背景と目的

- これまで、地表面をあらかじめ「水・雪氷」、「植生」、「土壤」、「都市人工物」の4つのカテゴリに粗く分類(大分類)した後に、ASTERライブラリの分光反射率と比較しながら地表面物質を特定し、地表面アルベド(参照アルベド)を導出してきた。
- この参照アルベドを大気観測に応用するため、放射伝達コードを用いて逆問題として解くことにより、大気中のエアロゾル光学的厚さ(Aerosol Optical Thickness: AOT)を算出しようとする場合、陸域、とくに植生域で、AOTの値が過小評価されるという問題があった。
- また、これまでのアルゴリズムは、大分類に、植生指標(NDVI)、水指標(NDWI)、土壤指標(NSDI)を用いていたが、それぞれの閾値をいくつに設定するかによって結果に影響があるなど、汎用性が低い面もあった。
- 以上のことから、本研究では参照アルベドの導出アルゴリズムを見直し、分類精度の向上と自動化を検討する。

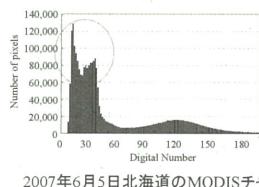
これまでの分類方法



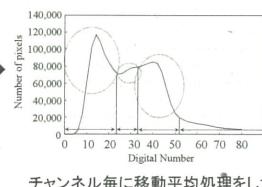
各グループ毎に分光反射率データベースから割り当てて得られた地表面アルベドマップ

分類方法の改善

- マルチレベルスライスにより、分類グループを再検討
- 新しいグループに対する分光反射率データ割り当て方法の検討



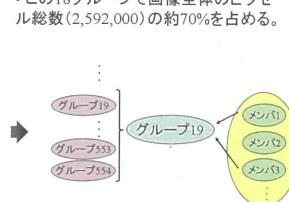
2007年6月5日北海道のMODISチャネル2のヒストグラム



チャンネル毎に移動平均処理をした後、差分および2階差分で特徴を抽出しグループを作成(最大20グループ程度)

全チャンネルのグループを組み合わせて、分類グループを作成。

- 2007年6月5日の例では、554グループにピクセルが存在。
- このうち、ピクセル数の割合が1%を超えるグループは、18グループ存在した。これを有効なグループとした。
- この18グループで画像全体のピクセル総数(2,592,000)の約70%を占める。

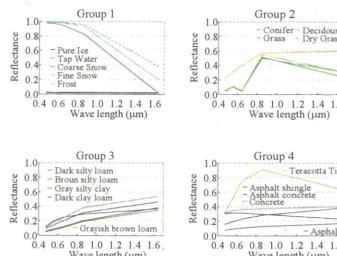


各チャンネルのグループがとるアルベドの中央値を代表アルベドとして、ライブラリ中のメンバの分光反射率を最小二乗法で割り当てる。このときメンバーが存在しないグループも作成される可能性がある。

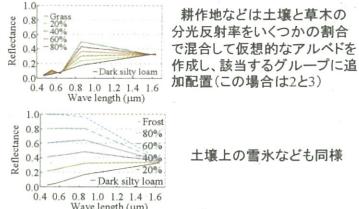
メンバの存在しないグループには、ライブラリから逆引きで類似度の高いメンバを割り当てる(今回は5メンバ)。

少数派グループ(数十ピクセル以下)はその他としてまとめる。

• ASTER分光反射率ライブラリの例



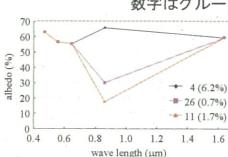
• ミクセルの扱い



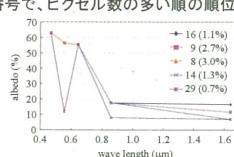
分類結果

下の5つのグラフは、大分類された各グループを示す。グラフはアルベドの大きい順に並べた。

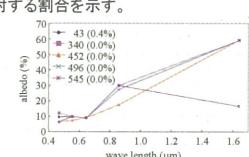
数字はグループ番号で、ピクセル数の多い順の順位を示す。括弧内の数値は、全ピクセルに対する割合を示す。



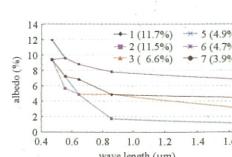
これらのグループは全波長で高いアルベドを示し、水の吸収のある波長1.6 μmでも高い値を示すため高層雲の可能性が高い。



これらのグループは短波長で高いアルベドを示し、波長が長くなるにつれてアルベドが下がるため、低層雲または水面とのミクセル、もしくは雪氷の可能性がある。

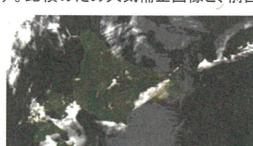


これらのグループはピクセル数が少ないとされるが、グループ数は多く、その他の大分類の例である可視域から近赤外域に亘るにつれてアルベドが高くなるため、地塊である可能性が高い。長波長側の値が様々であり、補生とのミクセルである可能性が高く、水分(水)も影響を及ぼしていると考えられる。そのためグループが細分化されたと考えられる。またこれが、該分類の一因と考えられる。



これらのグループは、ピクセル数が非常に多いのが特徴であり、また全波長でアルベドの値が低く、さほど長波長になるほどアルベドが低くなるため、海表面である可能性が高い。アルベドの大きさの違いは、水の薄さや雲とのミクセルによるものと考えられる。

下の図は今回の分類による結果を示す。比較のため大気補正画像と、前回の分類法による結果も示す。



スカイラジオメータ観測値による2007年6月5日 前回の分類方法による分類結果のRGB合成

本分類方法による分類結果のRGB合成

考察

本分類法と前回の分類法を比較すると、本分類では地上で植生のアルベドが過小評価されていて土壤に近い値を示す。大気補正画像と比べると、前回の方法では植生のアルベドが過大評価されているため、対照的な結果となった。

海上に関しては、その他として分類されたグループから、土壤と雪氷のミクセルが選択されている。これは、雲に関する詳細なメンバが少なく、長波長側の影響を強く受けているためと考えられる。

今回、グループ数が多く、ピクセルの少ないグループをその他としてまとめたが、今後、類似のグループ同士をまとめるなど、グループ数の縮小を試みる。

エアロゾルと大気汚染物質

可搬型自動ライダーによる浮遊粒子状物質の光学的性質の研究

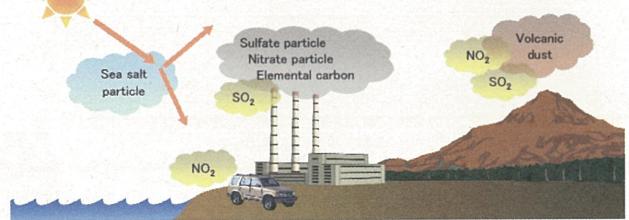
内藤季和(千葉環境研)、○椎名達雄、宮澤周司、眞子直弘、矢吹正教、竹内延夫、久世宏明(CEReS)

エアロゾル： 大気中の微粒子
半径数nm～数十 μm
主に高度数kmまで分布する

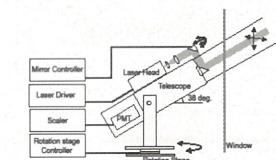
大気汚染物質： 自動車や工場排気に含まれ、
人体への悪影響がある



→ 気候など環境への影響



PALシステムの概要



可搬型自動連続観測ミーライダー
PAL: Portable Automated Lidar

Laser	LD pumped Nd: YAG Laser Pulse Power 15 μJ
Telescope	Wavelength 532 nm Shmidt-Cassegrain Aperture 20 cm ϕ Field of View 0.2 mrad.
Scaler	Resolution 24 m Range 24 km [max] Averaging 10 or 20 s
Scanning	Rotation Range $\pm 30^\circ$

Fig1.PAL システムの仕様

PAL観測データ例

メリット: 局所的な天候変化を長時間にわたり捉えられる

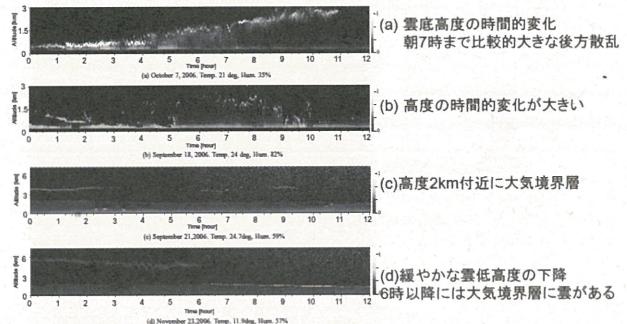


Fig2. PAL fixed-point observation data on Chiba

交差点観測



穴川交差点: 千葉大学から約1.5kmの地点
12時間の平均交通量: 7.9万台

千葉大学の研究棟8階から北東の方角を中心仰角10°で観測を行った。



Fig3.千葉大学と穴側交差点の位置関係¹⁾

Fig4.千葉大学に設置しているPAL

出典 1) <http://www.google.co.jp/maps>

交差点観測結果

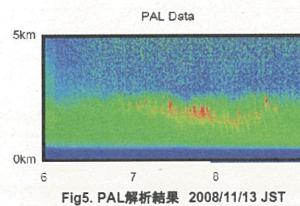


Fig5. PAL解析結果 2008/11/13 JST

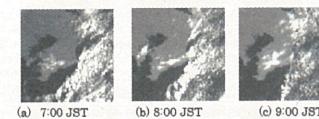


Fig6. 観測日のMTSAT 可視画像(解像度1km 波長: 0.55-0.90 μm)

交差点上空で時間当たりの交通量がピークとなる7-9時の間に濃度変化が見られた。(高度約300~400m付近)

時間的変動の周期(約2-3分周期)が交差点における信号のタイミングと一致

車のアイドリング中にエアロゾルが留まる過程と車が動き出してエアロゾルを拡散させる過程が交互に起こるためと推測される。

PAL 2次掃引例

PALシステムは受信望遠鏡に送信、受信光学系と受光器をすべて搭載しているため、任意に観測方向を変化させることができます。

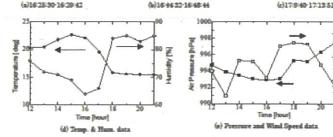
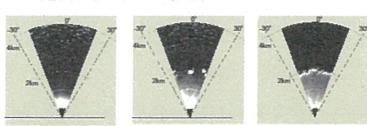


Fig9. PAL scanning observation data. May 19, 2007. Temp. 22.1deg. Hum. 64%.

市原におけるPALの2次元掃引結果

Ichihara, CHIBA ($35^{\circ}31'N$, $140^{\circ}04'E$)

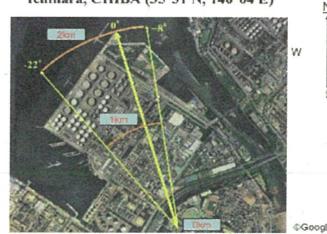


Fig10. 千葉県市原市環境研究所からの連続観測範囲

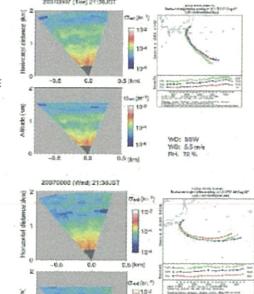


Fig9. PAL 2次元掃引結果

複数台のPALによる同期観測

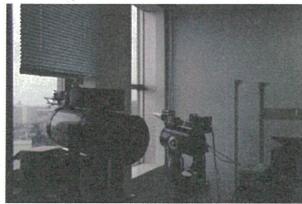


Fig11.複数のPALを用いた同期観測

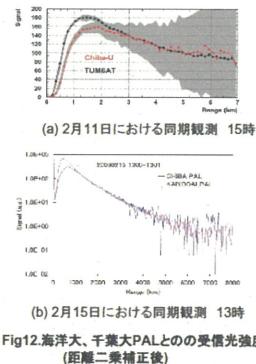


Fig12.海洋大、千葉大PALとのの受信光強度
(距離二乗補正後)

まとめと今後

まとめと今後

可搬型自動連続観測ミー散乱ライダー(Portable Automated Lidar, PAL)による低層大気中のエアロゾル濃度の時間的な変動に着目した

観測地点の空間的大気分布および、変動を室内からモニタリングできることのメリットは大きい。

今後は煙突から上る煙煤などの人為起源エアロゾルの観測に期待して期待できる。

謝辞

海洋大PALとの比較研究を進めるにあたり、ご指導を頂いた村山利幸教授に感謝致します

大気エアロゾルと火山ガスの光学観測と 大気拡散解析

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)

飯野直子(熊本大学 教育学部)

T. Bouquet(鹿児島大学 理学部)



A. 東アジアにおける2008年黄砂の映像定点観測



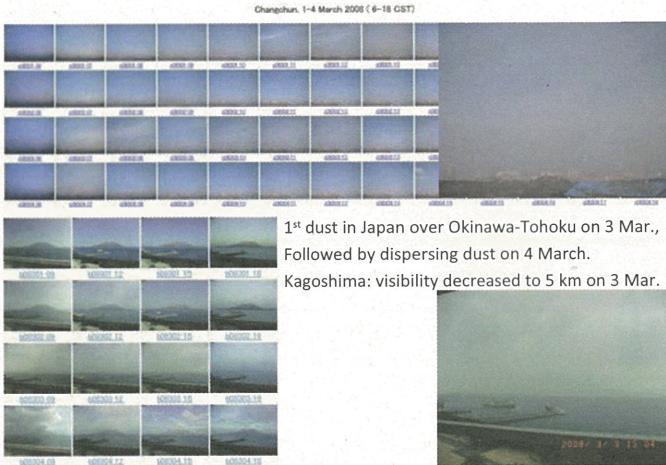
Asian Dust in the Spring of 2008

<http://arist.edu.kagoshima-u.ac.jp/adust/ad2008/ad08top.htm>

Long term camera records of Asian dust events in eastern Asia
during 2005-2008

K. Kinoshita and T. Nagamatsu (Kagoshima Univ.), N. Iino (Kumamoto Univ.),
Wang Ning and Zhang Gang (NENU, Changchun),
D. Jugder and N. Ogtontjargal (IMH, Ulaanbaatar)
The CEReS Int'l Symp. & SKYNET Workshop, Nov. 2008

Changchun light dust on 1-2 March 2008 3.1_13CST



1st dust in Japan over Okinawa-Tohoku on 3 Mar.,
Followed by dispersing dust on 4 March.

Kagoshima: visibility decreased to 5 km on 3 Mar.

報告内容

- A. 東アジアにおける2008年黄砂の映像定点観測
With 王寧・張剛(長春), D.ユドゥガー・N.オトジャガル(UB)
- B. 火山噴煙・黄砂と視程の可視・近赤外映像観測
霧島新燃岳噴煙の50km望遠観測
- C. 日本火山におけるSO₂ガス放出のUVカメラ観測
With M. Watson (Univ. Bristol)
- D. 三宅島における火山性SO₂の大気拡散
with 藤原宏章・稻葉和弘(三宅島測候所)

Ulaanbaatar, Spring 2008



Short time dust on 17 April

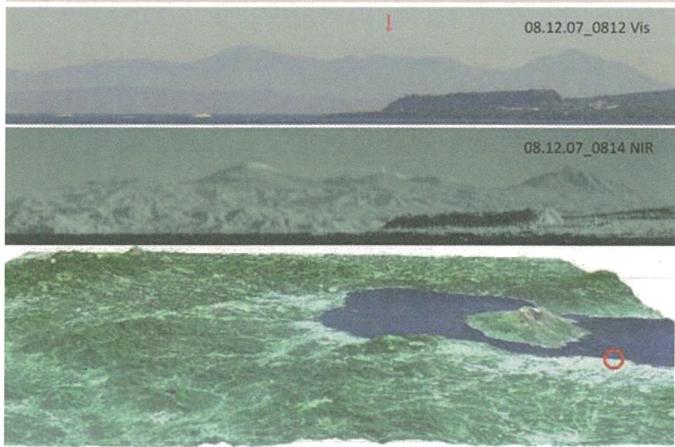
B. 火山噴煙・黄砂と視程の 可視・近赤外映像定点観測

赤潮・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>

霧島新燃岳噴煙の50km望遠観測

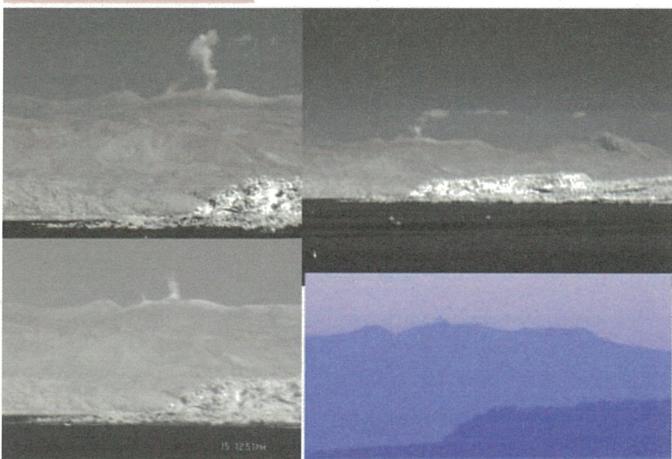


霧島新燃岳噴煙

08.12.15_1015Vis, 1020NIR

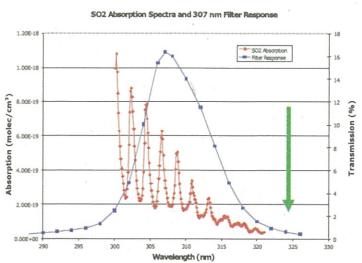


霧島新燃岳噴煙 '09



SO₂ retrieval

- SO₂ absorbs UV light in the region 300-315 nm
- Bandpass filter centred on 307 nm



Cf. Mori & Burton (2006)

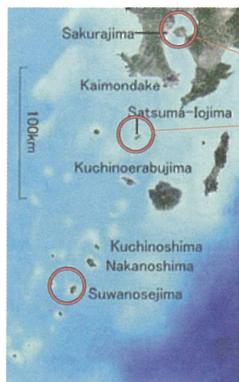
Use of a **second filter** >320 nm (outside the SO₂ signature)

Difference imaging by two cameras eliminates the effect of aerosols / other species in the gas plume

C. 日本の火山におけるSO₂ガス放出の紫外線カメラ観測

日本火山学会秋季大会、岩手大学、2008.10, p.41

14th CEReS Int'l Symp. & SKYNET Workshop, Nov. 2008, pp.173-176,



T. Bouquet, K. Kinoshita, M. Watson

Camera deployment, April-June 2008
Sakurajima
Satsuma-Iojima

The UV imaging camera

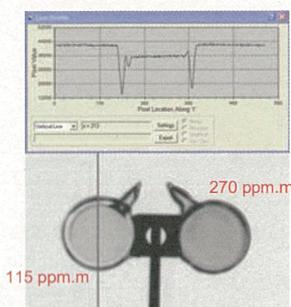
- Mori & Burton (2006) and Bluth et al. (2007): UV camera used here based on Bluth et al.
- 2-D CCD: 1024x1024 array
- Lens: 105mm focal length, field of view ~13°



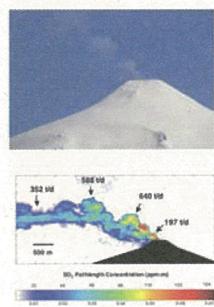
Pixel resolution typically 1-3 m



Quantifying SO₂



SO₂ absorbance calibrated to column concentration amount using gas cells of known concentration (end and beginning of sequence)



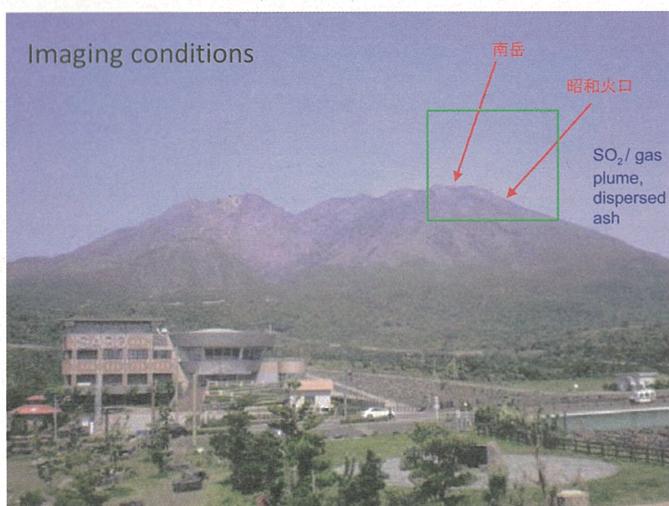
Imaging at Sakurajima: 2008年4月24日

- Imaging location ~4.5 km from vent > pixel resolution = 1.51 m
- 15:40 – 16:00 (20 minute sequence)
- 5 sec. interval between images
- Exposure time (adjusted for imaging conditions) = 0.6 sec.
- 昭和火口 behind southern slope



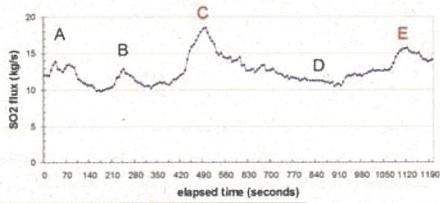
14

Imaging conditions

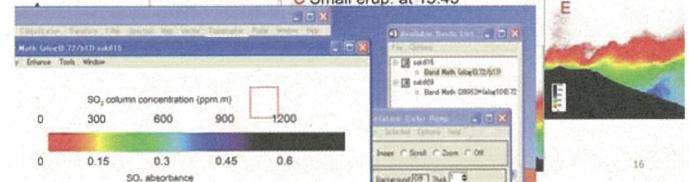


Sakurajima SO₂ flux (20 mins): Average flux = 1090 t/d

Wind speed = 14.4 m/s

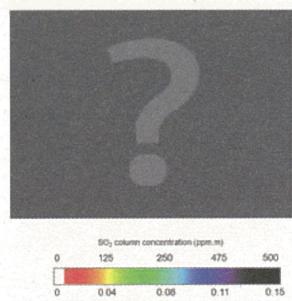
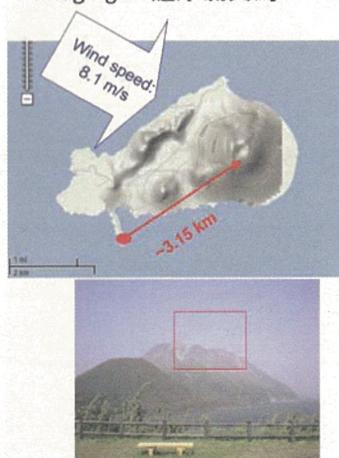


C Small erupt. at 15:45

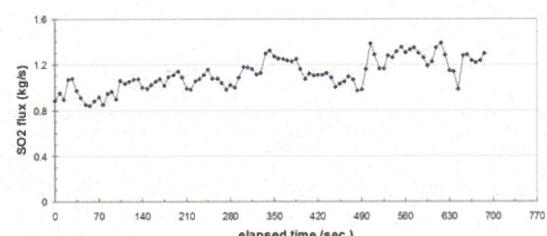


16

Imaging at 薩摩硫黃島 : 2008年4月26日



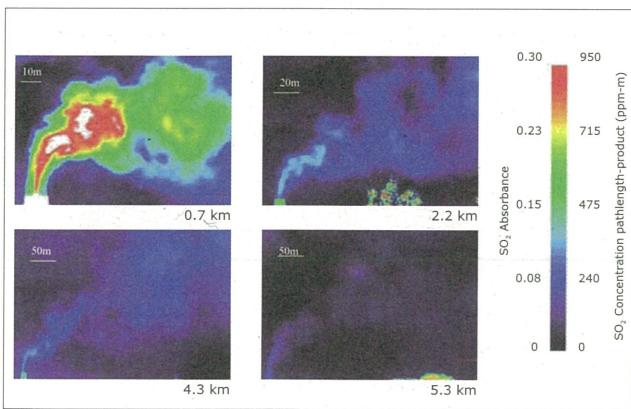
Iojima SO₂ flux (~10 mins):



- Change in flux associated with pulses/puffs of SO₂
- Changes also likely to be controlled by wind movements
- Average flux only 96 t/d !! Huge underestimate compared with usual values (~300-1100 t/d)
- Due to plume moving behind the mountain, but also because of an underestimation in SO₂ absorbance

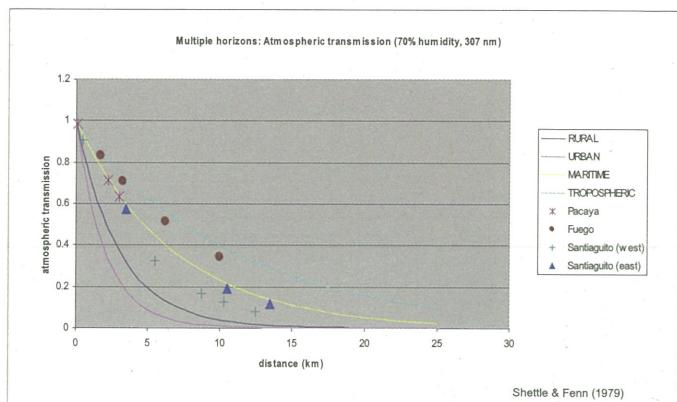
18

Power station plume images of SO₂ at 0.7-5.3 km



T. Bouquet, MSc thesis, Univ. Bristol, 2007¹⁹

"Airlight": $e^{-d\beta}$ (d-distance; β -scattering coeff.)

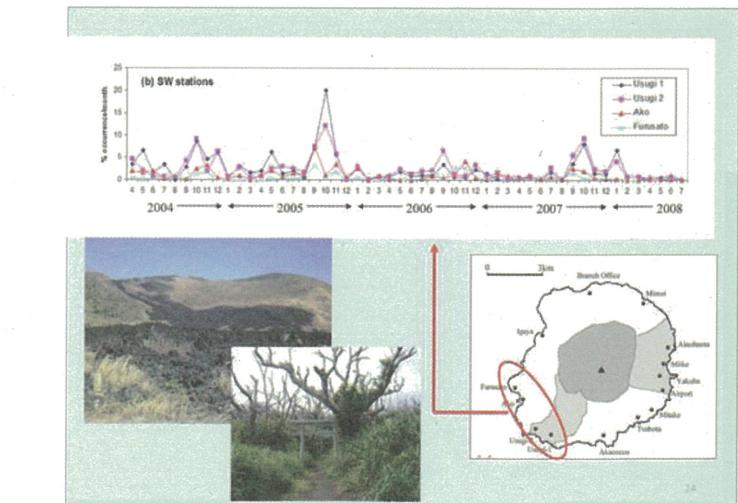
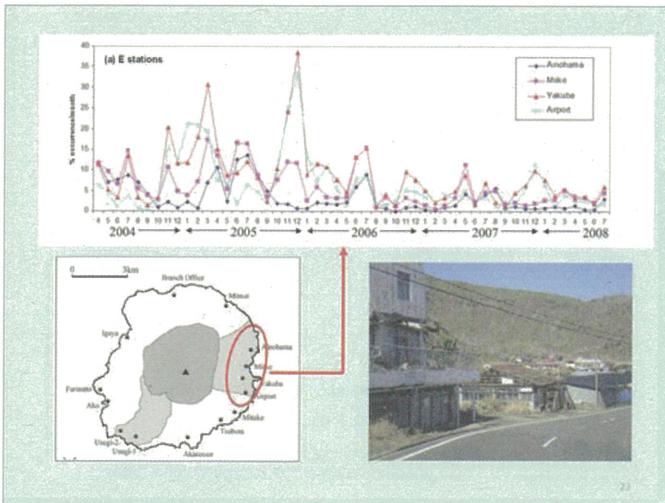
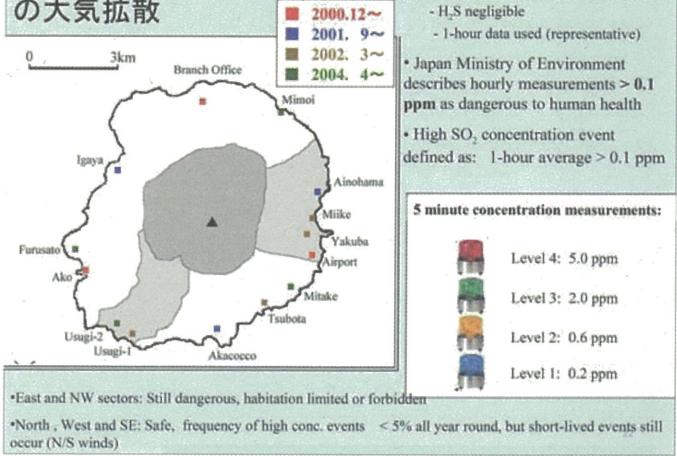


Conclusions of UV camera observations at Sakurajima and Satsuma-Iōjima

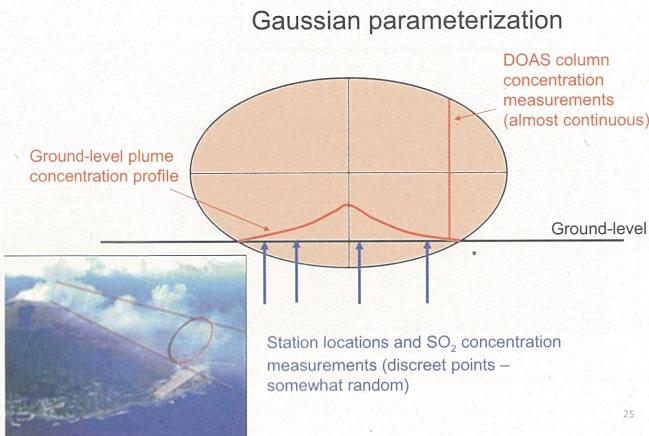
- Time-series derived for Sakurajima
 - change in SO₂ flux
 - distinction between 昭和火口 and 南岳
- However, the SO₂ signal is complicated by the presence of ash and UV scattering between the camera and target plume.
- Flux is heavily underestimated at Iōjima because of this.
- This study shows interesting *relative* emission rates over short time periods for preliminary images.
- Future study will concentrate on additional imagery:
 - ash images and 2nd filter
 - images from other volcanoes

21

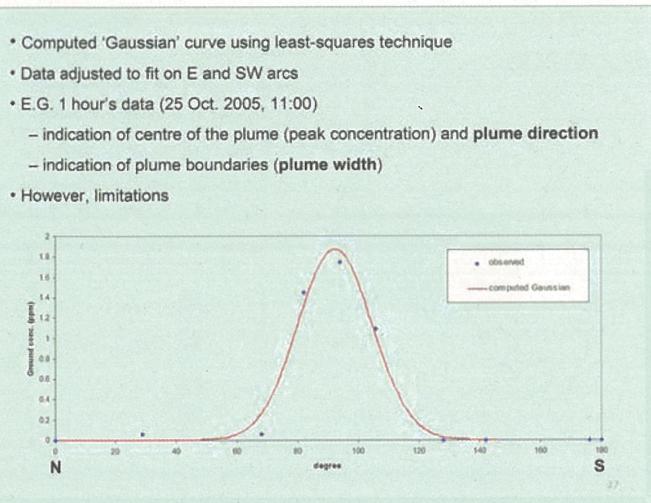
D. 三宅島における火山性SO₂の大気拡散



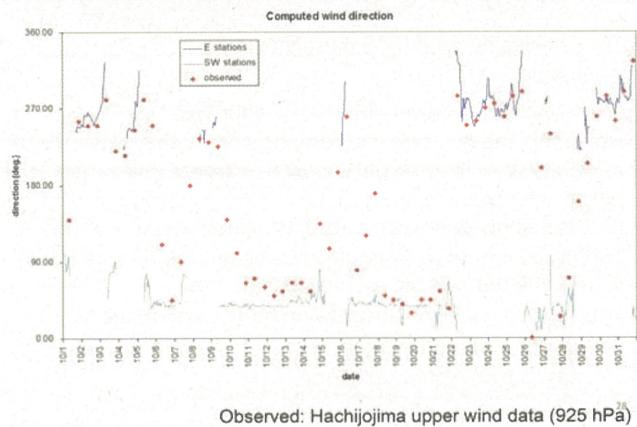
Simplified 'grounded' plume profile:



Locating plume profiles: EAST and SOUTH-WEST

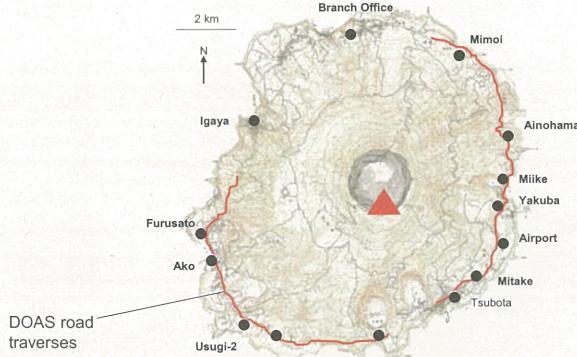


Computed plume direction for October 2005, compared with observed wind measurements:

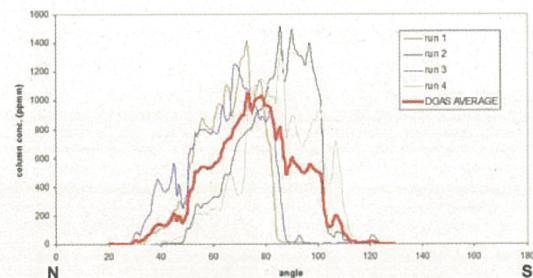


Comparison to UV spectrometer (DOAS) data

トーマス ブーケ・木下紀正・藤原宏章・稻葉和弘
日本火山学会2008年度秋季大会, 岩手大, p.118

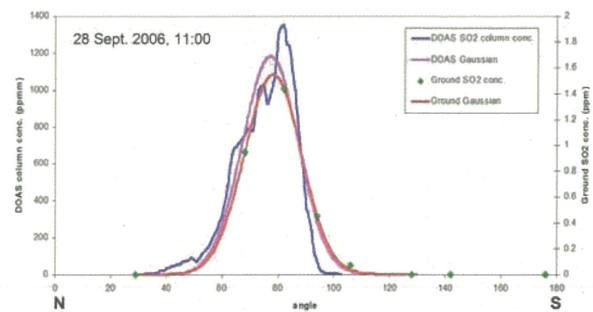


DOAS traverses



- Typically 4-5 road traverses, which take ~1 hour to complete
- Data geometrically adjusted to fit to E and SW arcs
- Simplify traverse profile by taking average of all traverses: representative of ~plume shape for 1 hour (therefore comparable to ground conc. data)

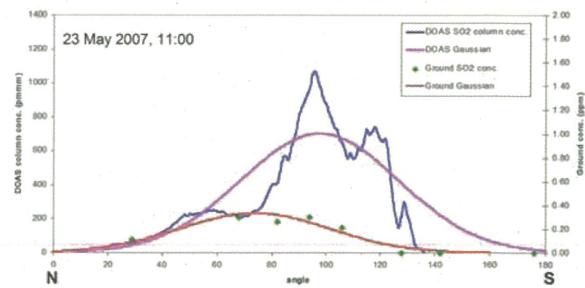
Computed Gaussian profiles: strong wind example



- Wind speed: ~10 m/s
- Resultant plume profile: lateral dispersion of about 50° over the arc in the east
- Good correlation: plume can be modelled

31

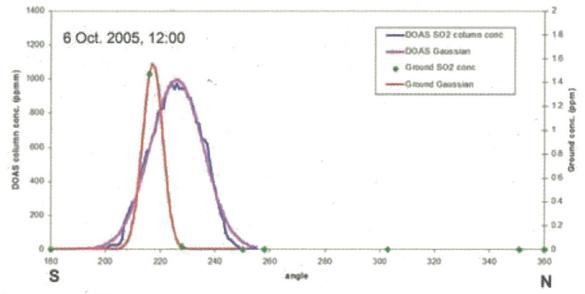
Computed Gaussian profiles: weak wind example



- Wind speed: ~ 5 m/s
- Wide plume dispersion over eastern part of the island
- A Gaussian curve fits poorly to the DOAS data as the plume shape was very skewed (0.81) due to the low wind speed.

32

Computed Gaussian profiles: complicated (!) example



- Wind speed: ~ 10 m/s
- Gaussian computation reasonably successful for both ground and DOAS data
- However, plume width very different: upper plume (DOAS) more dispersed
- Lower plume at ground-level inhibited due to elevated land between measuring stations (topographic barrier)

33

Miyakejima SO₂ dispersion: conclusions

- Large data series – 14 different locations at 5 min/1 hour time resolution for last 4 years
- Correlation of ‘high concentration events’ with upper wind data – short and long-term trends
- We can extract plume profiles from east and south-west locations to provide information about **plume direction** and **plume width** around the coast-line of Miyakejima
 - Long time series (unique)
 - Plume dispersion highly specific
- Data comparable to DOAS profiles
 - Correlation between upper plume and ground-level dispersion
- Incorporated into detailed dispersal studies
 - Visual observations, simulation results (modelling etc.)
- UV camera images could also be linked to dispersion studies

34

まとめと今後

A. 東アジアにおける黄砂の映像定点観測

さらに継続、RGB解析、各種データ・情報との総合的検討

B. 火山噴煙・黄砂と視程の可視・近赤外映像観測

Web公開、視程の気象台観測との比較

C+D. 火山放出SO₂ガスのUVカメラ観測と

大気拡散解析

**大量のデータ解析、防災利用、
三宅島の事態の国際的発信**

We are very grateful to the support of CEReS for this project, and our co-workers for the collaborations on its sub-projects..

都市域を含む広域陸面のアルベード

菅原広史(防衛大地球海洋), 高村民雄(千葉大CEReS)

1) 研究の背景

都市域のアルベードは、ビルキャノピー内の多重散乱(あるいは日陰の効果)によって低下する(Aida, 1982; Aida and Gotoh, 1982; Kondo, 2001)。同時に建物の複雑な幾何形状により反射光の非等方性が強くなる。このため、FOVの小さなセンサーはアルベードの計測には向きである。

そこで本研究では都市域を主な対象として航空機観測を行い、非等方性反射の影響を受けないアルベードを計測した。その結果をもとに都市域を含んだ陸面でのアルベードモデルを作成した。今回はモデルの概要とLANDSATデータに適用した例について紹介する。

2) 計測

ヘリコプターに搭載した分光放射計(英弘精機 MS200)により475, 525, 675, 750 nmでの上向放射量を計測した(札幌市上空、1994年8月5日14:00前後)。Takamura et al. (1992)にならう上向き放射量と、同時に計測したエアロゾルの鉛直分布よりから地表面の分光反射率を求めた。



図1 フライトコース

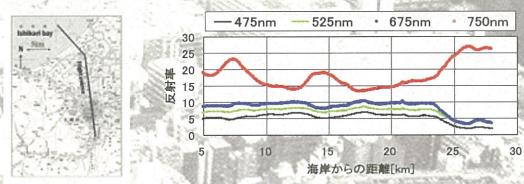


図2 分光反射率分布

3) アルベードモデル

得られた分光反射率とはNDVIと強い相関があった。これは都市域が人工被覆と植生という2種類の表面被覆から形成されていることを意味する。そこで、植生面積率 $A_{\text{vegetation}}$ をパラメータとした反射率モデルを作成した。

$$\alpha_\lambda = (1 - A_{\text{vegetation}}) \alpha_{\lambda-\text{building}} + A_{\text{vegetation}} \alpha_{\lambda-\text{vegetation}}$$

$\alpha_{\lambda-\text{building}}$, $\alpha_{\lambda-\text{vegetation}}$ はそれぞれ建物キャノピー、植生キャノピーの分光反射率である。いずれもキャノピー内の多重散乱の効果のため、建材や個葉の分光反射率よりは小さい値をとる。 $\alpha_{\lambda-\text{vegetation}}$ については、Short(1982)の結果にキャノピー効果を表す係数(ここでは航空機観測で求めた分光反射率に合うように0.85とした)を乗じたものを使用する。 $\alpha_{\lambda-\text{building}}$ は475-750nmについては高層ビル街上空での航空機観測の結果を、750nm以上については一ノ瀬ら(2005)による様々な建材の平均的な分光反射率スペクトルを使用した。475-750nmにおける航空機観測の分光反射率は植生がほとんどないエリアの平均値を採用しており、そのスペクトル形状は一ノ瀬ら(2004)による代表的な建材についてのものとほぼ一致していた。植生面積率

$A_{\text{vegetation}}$ はNDVIの比であるとして以下のように求めた。

$$A_{\text{vegetation}} = (\text{NDVI}_{\text{vegetation}} - \text{NDVI}_{\text{building}}) / (\text{NDVI}_{\text{vegetation}} - \text{NDVI}_{\text{building}})$$

$\text{NDVI}_{\text{vegetation}}$ および $\text{NDVI}_{\text{building}}$ は航空機観測の結果よりそれぞれ0.15, 0.75とした。

このモデルで求めた分光反射率と航空機観測による結果の比較を図2に、LANDSATデータに適用して求めたアルベード分布を図3に示す。今後このモデルの精度検証作業を行う予定である。

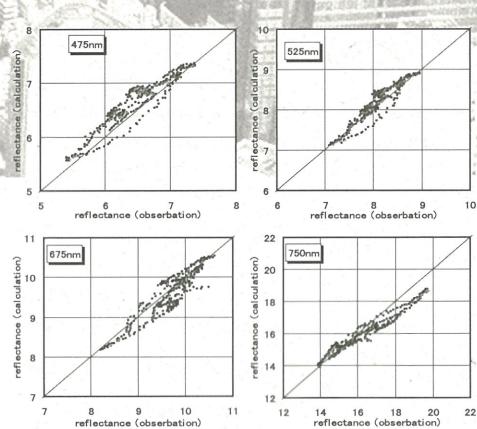


図2 反射率モデルの検証。observationは航空機観測の値。



0.0	0.1	0.2	0.3	0.4
-----	-----	-----	-----	-----

プロジェクト－4

衛星画像を用いた台北の都市発展と都市ヒートアイランドとの関係分析

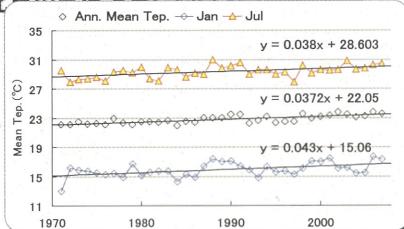


東北公益文科大学 白迎玖（バイインジュウ）
千葉大学 近藤昭彦

台北市の気温の上昇

- 台北市観測所($E121^{\circ} 31' N25^{\circ} 02'$)の気温上昇は淡水鎮観測所($E121^{\circ} 26' N25^{\circ} 10'$)の気温上昇の2.5倍であった。

- 台北市への気温上昇について



研究背景

- 20世紀90年代以後、世界各地では夏季に猛暑日が続き、都市ヒートアイランド現象(Urban Heat Island, 以下 UHIと略記)にも拍車をかけている。
- 都市の平均気温はこの100年で2-3°C上昇しており、1°C程度が地球温暖化、残りが都市化の影響であることが指摘されている。
- 近年、都市化による人口増加と集中の著しいアジア沿岸域において、研究事例が少ない亜熱帯・熱帯に属する大都市のUHIの研究を行うことが緊急の課題となっている。
- アジアの巨大都市上海、東京同様、台北の年平均気温も継続的に上昇していることが確認された。
 - 1897~2007 年平均気温(2007年平均気温23.5°C)が約1.5°C上昇した

研究目的

- 本研究では、1991年5月と2002年5月の衛星データ(L5 TMデータとL7 ETMデータ)を用いて、土地利用を教師付き分類し、市街地の拡大を把握する。
- 台北市におけるUHIを解明する。
- 熱画像(Aster)による地表面温度と地上気温との関連を解析し、90年代以後、台北市内の再開発による都市構造の変化、居住人口の移動・減少と都市気温の上昇との関係を分析する。

気象データについて

- 2008年9月から台北市とその周辺の衛星都市をカバーする16箇所で、公園緑地、学校と住宅地内の公用緑地に百葉箱(箱内の小型自動記録式温度・湿度ロガー-HIOKI 3641)を設置し、直射日光を受けずに自然通風状態で測定を行っている。
- 10分間隔で記録した温度・湿度データを約50日ごとに回収すると同時に、得られた観測記録のデータベース化を進めている。
- 本研究では温度・湿度ロガーによる測定データ(センサーの高さは地上約1.6m)および台湾中央気象局・台北観測所の気象データ(温度センサーの高さは地上約1.7m)を利用した。



研究対象地域:台北

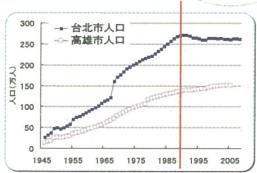
- 台北盆地はN25°付近の東アジア大陸と太平洋の間に位置し、モンゴル高気圧と温暖湿潤な太平洋高気圧の影響を受けた亜熱帯気候が特徴である。
- 台北の年平均気温は21-22°Cで、年降水量は2,000mm以上である。
 - 1月平均気温: 17.3°C
 - 7月平均気温: 30.4°C
- 台北市の都市発展史
 - 清時代の1851年から発展
 - 日本統治時代(1895~1945)
 - 戦後目覚ましい経済成長
 - 工業地区的衰退
- 市面積: 約27,180 ha (2006)
- 市人口: 約262万人 (2006)

台北市の中心位置:
 $E121^{\circ} 33' 20''$
 $N25^{\circ} 05' 14''$



台北の都市発展について(1)

- 台北市は19世紀末、台湾の中心都市に成長し、日本統治時代を通して現在の旧市街地区の都市基盤整備がされた
- 1949年国民政府が台湾に撤退した結果、台北市の人口は48万人に膨れあがり、1963年には103万人へと增加了。
- 70年代以後、市街地が拡大し（行政区域が12区になり）、1978年の信義副都心計画によって、**市の東部（信義区）**の発展が著しくなる。
- 市の中心部の人口密度は26,110人/km²で、都心の空洞化は見られない。



台北の都市発展について(2)

- 60-70年代に製造業を進めた結果、三重市、新莊市、板橋市、中和市の人口も急速に増加し、台北市の衛星都市になった。
- 90年代の10大都市のうち、第5位の板橋（538,957人）をはじめとして、三重（第6位、375,996人）、中和（第7位）、新莊（第10位）の4市がある。
- 台北市人口はその衛星都市の人口の合計とほぼ同じである。



台北の都市発展について(3)

- 新宿副都心計画を参考にしている「信義計画」によって、
 - ①市庁舎の移転（1992年10月）
 - ②広大なその跡地を利用した大規模再開発



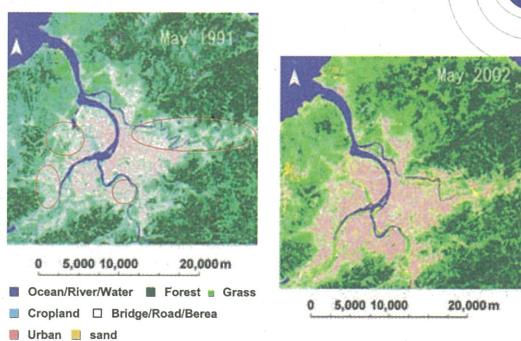
都市風景



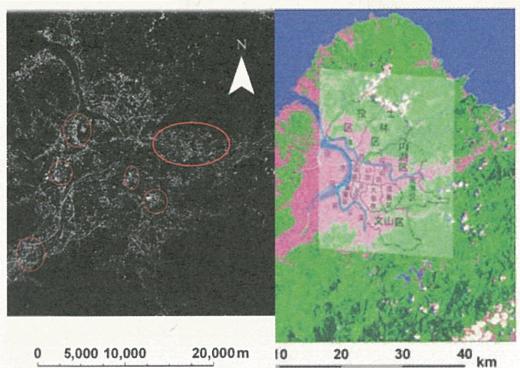
台北の都市発展について(3)

- 市内や近接地区を結ぶ鉄道交通ネットワークとして、MRTを1996年に開通させた後、MRT駅周辺地区での商業地の形成を促した結果、都市機能が分散され、市庁移転などの都市開発を行っている。それに伴い、市中心部は東に移動した。
 - 台北市人口密度：約10,007人/km² 市人口：約262万人
 - 中心7区の人口密度：約26,110人/km² 市中心7区の人口：約162.5万人
- 1992年以後、旧市街地の4区では、人口減少が著しく、1993年には1.71%（4.3万人）の人口が流出した。
- 2000年以後、市内の居住人口の減少は続いている。2006年末の人口は約261.6万人である。
- 現在、台北駅を中心とする旧市中心部においては、再開発事業が進められている。

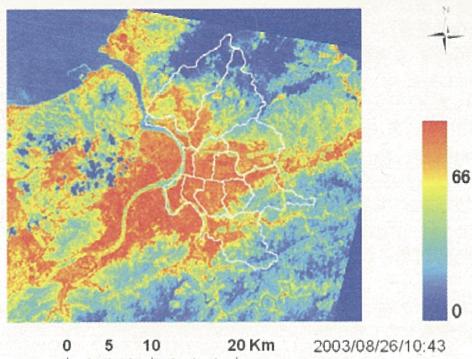
都市域の拡大について(1)



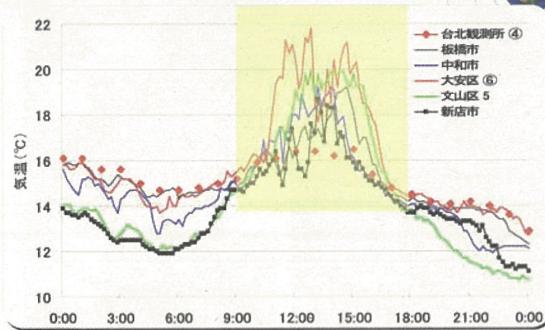
都市域の拡大について(2)



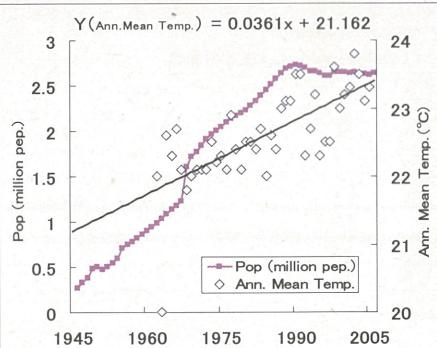
都市高温域の分布について



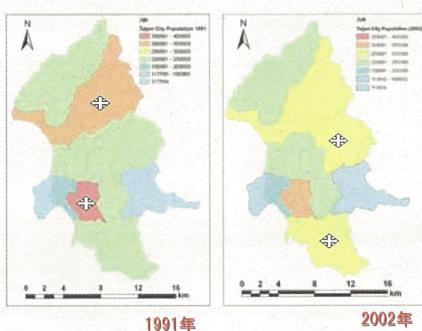
観測結果の一例: 2008年11月の高温域の平均気温の日変化



気温の上昇と都市の発展



人口の移動と都市の発展



まとめ

- 市庁移転などの都市開発に伴い、都市の諸機能は市中心部にある台北駅エリアから東に移動したが、市街地の発展は旧市中心部(旧市街地4区)から同心円の形で周辺地域に拡大された。
- 都市の高温域は、新市街3区に移動せず、旧市街地に隣接する西部の衛星都市に拡大していると判明した。
- 台北駅を中心とする旧市中心部においては、再開発事業が進められている結果、都市の高温域は旧市街の4区に一極集中すると予測される。

謝辞

- 本研究を行うにあたり、千葉大学CEReS研究員原田一平博士をはじめ、近藤研究室および建石研究室の院生たちには多くの助言・協力を与えて頂きました。
- 本研究の一部は「平成19年度-20年度千葉大学CEReS共同利用」により研究助成を受けて行われた。

都市環境気候図(クリマアトラス)の内容充実に向けた大気汚染観測による環境評価

Development for the method of climate analysis map based on the case of Nagano City

¹原田 一平、¹片岡 大祐、¹松本 拓、¹栗山 健二、¹久世 宏明、¹近藤 昭彦、²浜田 崇、³一ノ瀬 俊明

¹千葉大学環境リモートセンシング研究センター、²長野県環境保全研究所、³独立行政法人国立環境研究所



国立大学法人 千葉大学
National University Corporation Chiba University

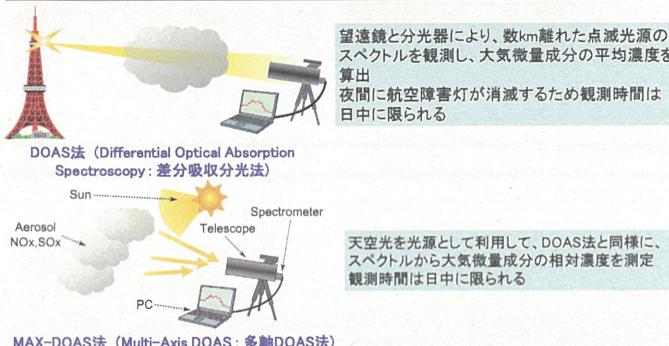
研究概要

都市環境気候図(クリマアトラス)作成のため、現地での気象観測データ、衛星計測による熱画像および数値モデルによるシミュレーション結果を併用し、大気汚染と熱環境を複合的に扱ったクリマアトラス作成方法の構築を目指す。本研究は夜間に山風が出現する長野県長野市において、光源や受光系を自由に配置して観測を行えるDOAS法の原理を応用したサーチライト型光源を用いた能動的MAX-DOAS(MAX-DOAS)計測手法の開発を行い、ヒートアイランドや大気汚染に代表される都市気候の緩和効果を定量的に実証することを目的とする。

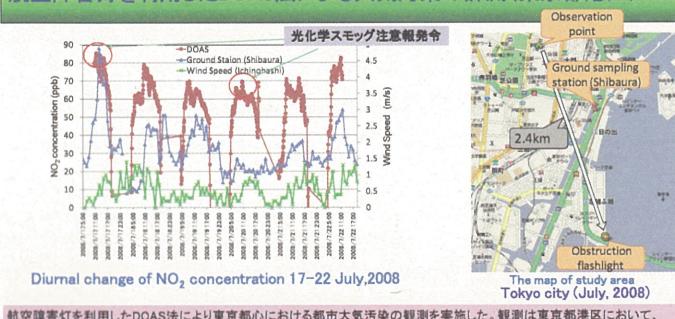
長野市では夜間に山風が出現し、それが都市の中心部に吹き込んでいる。山風が出現する気象条件では都市ヒートアイランドも出現する可能性が十分あり、この山風により都市ヒートアイランドが緩和されることは期待できる。大気汚染の把握については、山風により大気汚染物質の拡散にも有効ではないかと考える。山風の出現日数には季節的な変化があり、出現日数のピークがみられる7月から10月に24時間の長期連続観測が可能なプロジェクトー光源を利用したDOAS法による大気汚染物質濃度観測を行い、実際に長野市の大気汚染や暑熱の緩和に有益と考えられる事例を抽出する。

大気汚染物質濃度観測には、比較的簡単な装置で実大気中の汚染物質をその場で観測できる長光路光学差分吸収(Differential Optical Absorption Spectroscopy: DOAS)法を適用した。千葉大学環境リモートセンシング研究センターで開発された航空障害灯を用いる方式では、夜間に航空障害灯が消滅するため観測時間は日中に限られる。そこで、24時間の長期連続観測が可能なプロジェクターを光源に用いる方法を考案し、平成20年度夏季にプロジェクターを光源に利用したDOAS法による大気汚染物質濃度観測試み、集中観測によって得られたDOAS観測の大気汚染物質データと地上観測局の大気汚染物質データ(大気汚染物質広域監視システム; AEROS)との比較を行った。

長光路差分吸収分光(DOAS)法とMAX-DOAS法

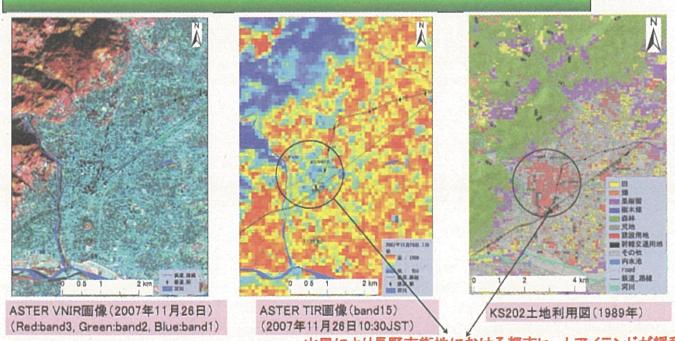


航空障害灯を利用したDOAS法による大気汚染の計測(東京都港区)

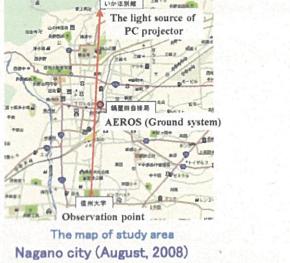
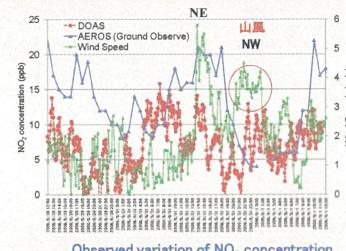


航空障害灯を利用したDOAS法により東京都心における都市大気汚染の観測を実施した。観測は東京都港区において、2008年7月17日から7月22日までの5日間行った。受光装置は、東京都港区役所内(11F)にDOAS用受光装置を設置した。DOAS法による観測は、レンズボーリッジに取り付けられている航空障害灯を利用した。DOAS法による観測の光路は約2.4kmである。本研究による観測データが設置している地上観測局のデータとの比較を行った結果、地上観測、DOAS観測ともに~88 ppbと高濃度なNO₂が観測された。また、地上測定データと比較した結果、地上測定よりもDOAS測定によるNO₂濃度が高い、日中におけるNO₂濃度は類似した時系列変動が観測された。

GISを利用して都市環境気候図(クリマアトラス)作成にむけて

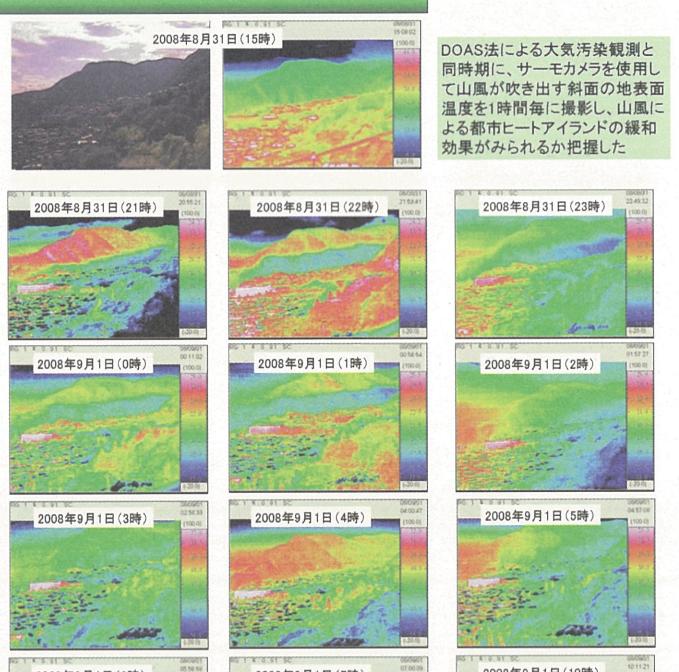


PCプロジェクタを利用したDOAS法による大気汚染の計測(長野県長野市)



プロジェクタ光源を利用したDOAS法により長野市街地における都市大気汚染の観測を実施し、2008年8月28日から9月1日までの5日間、24時間連続観測を行った。受光装置は、信州大学工学部(5F)にDOAS用受光装置を設置した。DOASによる観測の光路は約4.3kmである。DOAS観測データと環境省が設置している地上観測局のデータ(AEROS)との比較を行った結果、地上観測、DOAS観測ともに5~20 ppbと低濃度なNO₂が観測された。また、地上測定データと比較した結果、DOAS測定よりも地上測定によるNO₂濃度が高いが、日中におけるNO₂濃度は類似した時系列変動が観測された。8月31日の13:30~15:30にかけて4~8 (m/s)の風速が観測されたが、風向きが北東のため山風による大気汚染の拡散効果はみられなかった。しかし、同日の20:30から翌朝の1:00にかけて風向きが北西で4 (m/s)前後の風速が観測され、山風による大気汚染の拡散効果がみられた。

山風による都市ヒートアイランドの緩和効果



DOAS法による大気汚染観測と同時に、サーモカメラを使用して山風が吹き出す斜面の地表面温度を1時間毎に撮影し、山風による都市ヒートアイランドの緩和効果がみられるか把握した

結果

DOAS観測期間と同時にサーモカメラを使用して山風が吹き出す斜面を1時間毎に撮影した結果、山風が発生した8月31日20:30から翌朝1:00までは、山の斜面よりも山風が吹き出す地域において地表面温度が2.0~4.0°C低温となっており、山風による熱環境緩和効果を把握できた。また、山風による冷却効果は同日の3:00頃まであらわれていることが明らかになった。

謝辞: 東京都港区のDOAS観測は港区環境課地球環境係の支援を受けて行われた。また、地上測定の大気汚染データを提供して頂いた。長野県長野市のDOAS観測は信州大学工学部の高木直樹教授および同研究室学生の支援を受けて行われた。ここに、記して謝意を表す。

熱環境ならびに大気汚染調査におけるリモートセンシングデータの活用に関する検討

岡田信行(オルト都市環境研究所) 近藤昭彦(千葉大学 CEReS) 久世宏明(千葉大学 CEReS) 原田一平(千葉大学 CEReS)

港区における気温分布と表面温度

●検討の目的

本検討は、港区における熱環境・大気環境の調査結果を対象に、リモートセンシングデータを都市環境の基礎情報を面的に捉えた基礎データとして活用することにより、都市環境を多面的に把握すること目的とする。

●気温分布

港区では平成17年度より区内27カ所に設置した温湿度ロガーによってヒートアイランド現象のモニタリングを実施している。本検討では、区より提供して顶いたデータをもとに区内の等温線図を作成した。

●地表面温度分布

ASTERのBAND2のデータより、区内の表面温度分布について図示した。

●クールスポットについて

7月25日10:33撮影の表面温度分布をみると自然教育園や青山霧園、芝公園といった大規模緑地の表面温度が他と比較して低くクールスポットとなっていることが確認できる。

しかし、気温分布をみると青山霧園が他と比較して気温が高くなるなどの相違がみられる。

●ホットスポットについて

すべての地表面温度分布において品川駅周辺の鉄道敷地がホットスポットとなっていることが確認できる。この地点近傍の観測地点の気温は他と比較して高くなっている。気温分布においてもホットスポットとなっていることが確認できる。

●都市における熱環境を把握するにあたっての課題

夏期における地表面温度分布と気温分布については、以下のようないくつかの要因が推測できる。

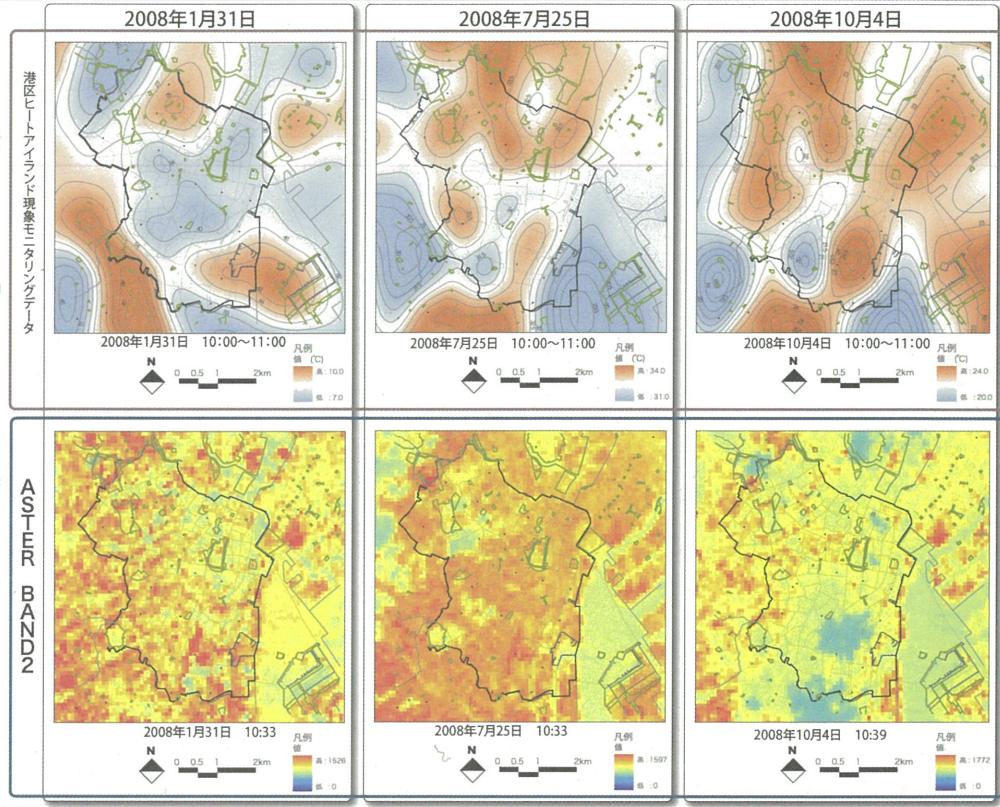
- ・気温の観測地点の密度が薄く土地利用に対応した細かな気温分布を表現できない。

- ・観測地点が緑地よりも市街地の影響を強く受ける場所に設置されている。

- ・地表面温度が低い緑地が周辺市街地の気温に与える影響は限定的である。

- ・海風により市街地の高温域が他の地域へ移動している可能性がある。

上記のような課題について解明するため、特徴的な熱環境を形成している地点について、より高精度に観測することが有効であると考えられる。



港区における大気汚染と気温分布

DOAS法による大気汚染調査の実施

●DOAS法による大気汚染観測

2008年7月17～22日の間、港区役所11階に受光機器を設置し、レインボーブリッジの航空障害灯のスペクトルを観測するDOAS法と、天空光を光源としてDOAS法と同様にスペクトルを観測するMAX-DOAS法によって、二酸化窒素などの大気微量成分による汚染の状況を観測した。

DOAS法による観測は以下の利点がある。

- ・地上観測による大気汚染濃度は1時間値であるのに対して、DOAS法による大気汚染観測の時間分解能は5分と精度が良いこと
- ・風速の時間分解能が高いデータと比較することで海風による擾乱効果を把握できること



DOAS法の種類

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



差分吸収分光法により、遠くにある航空障害灯などのスペクトルを観測し、NO₂などの大気微量成分の平均濃度を算出する。

千葉大学内から連続観測中

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NO₂濃度などを測定する。

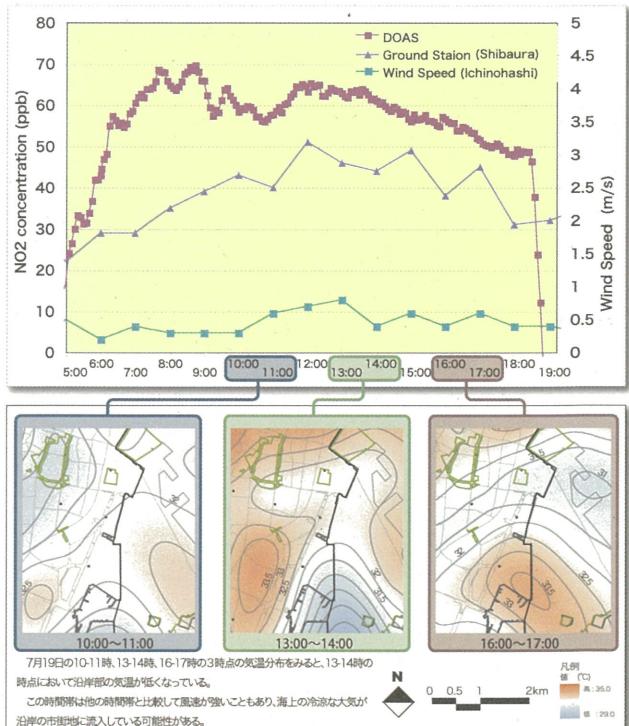


AMAX-DOAS法 (Active Multi-Axis DOAS : 能動的多軸DOAS法)

サーチライト型光源を利用して、大気やエアロゾルによる散乱光を用いる。DOAS法同様にスペクトルからNO₂濃度などを測定できるほか、散乱光強度からエアロゾルの情報を取得することができる。

AMAX-DOAS法 (Active Multi-Axis DOAS : 能動的多軸DOAS法)

観測結果と気温分布 (2008年7月19日)



沿岸海洋景観の GIS データベースの構築

堀 正和・吉田吾郎・山田勝雅

((独)水産総合研究センター瀬戸内海区水産研究所)

(内容)

沿岸域は海洋生物の多様性と生産性の維持に不可欠な生態系であり、アマモ場や干潟など高い生態系機能を有するハビタットを含む。その一方、温暖化や人為的環境改変の影響を受けやすく、地域レベルで環境変動が激しい一面も有する。このような背景から沿岸海洋は保全や再生が必要とされており、その遂行のためには沿岸海洋景観の長期変遷を把握し、藻場などの主要生態系の空間分布の時系列変化や、その変化に伴う生態系機能の変化を評価していくことが重要である。本研究は、様々な環境変動が沿岸海洋景観に及ぼす影響とそのプロセスを解明するために、(1)衛星画像、航空写真や現地調査によるアマモ場と干潟の分布と面積の時間変遷データ、(2)衛星データによる河川流入量やその集水域の景観構造の時間変遷データ、(3)気象海況データなどを集約して沿岸海洋 GIS データベースを構築し、解析環境を整備することを目的とした。

本年度はまず東京湾と瀬戸内海を対象に、アマモ場・海藻藻場や干潟など、魚類をはじめとする海洋生物の多様性と生産性に重要な生態系の面積と空間分布の変動解析に適したデータベースの作成を試みた。特に、このような地域的な変動解析に耐えうるデータを衛星画像から抽出可能かどうか検討するために、複数の衛星画像 (IKONOS, ALOS, Landsat, MODIS) を用いて藻場の分布を把握する手法を開発し、それらの値とマルチビームソナーを用いた現地観測データとの比較を行った。その結果、ALOS の AVNIR-2 画像が最も良く藻場の分布を評価できることが明らかになった (図 1)。現在はこの手法を用いた藻場の空間分布動態の解析を継続中である。



図 1 ALOS AVNIR-2 画像による瀬戸内海の藻場の分布把握。左の画像は海藻藻場の解析に用いたもので岸沿いに分布が確認できる。右の画像はアマモ場の解析に用いたもので、左下の湾内から右上の湾外にかけてアマモが分布しているのが確認できる。

また、このデータベースを用い、瀬戸内海を対象に藻場の空間分布と藻場を利用する漁業対象魚類の現存量との関係について解析を行った。藻場を利用する魚類としてメバルを対象に選び、メバル量の空間分布に及ぼす藻場の影響を明らかにするために以下の手順で解析した。まず GIS 上で経緯度ともに二分の格子で瀬戸内海を約 2100 セルに区切り、各セルの藻場面積とメバルの量を計算した(図2)。次にメバルのデータから空間自己相関範囲と分布の中心を求め、メバルの一集団サイズを推定した。さらに分布の中心から任意のバッファを発生させ、バッファ内の藻場面積とメバル量の相関係数を計算した。また、メバルの空間自己相関範囲内における各セルのメバル量を目的変数に、藻場面積と他の景観要素(岩場、干潟、漁礁など)の面積を説明変数にしてモデル推定を行った。

その結果、メバルの空間的自己相関を用いた計算により一集団サイズは直径約 30km の範囲で形成されることが明らかになった。また、バッファによる藻場面積とメバル量のモデル推定の結果では、分布の中心から約半径 15km の地点で最も高い有意な相関が得られ、メバルが藻場を中心に集団を形成していることが推察された。これらの結果は単位面積あたりの藻場の魚類生産量の評価などを可能にする有用な成果といえる。このような応用的解析も含め、様々な解析に耐えうる GIS データベースの構築のために今後もさらなるデータの集約を行う予定である。

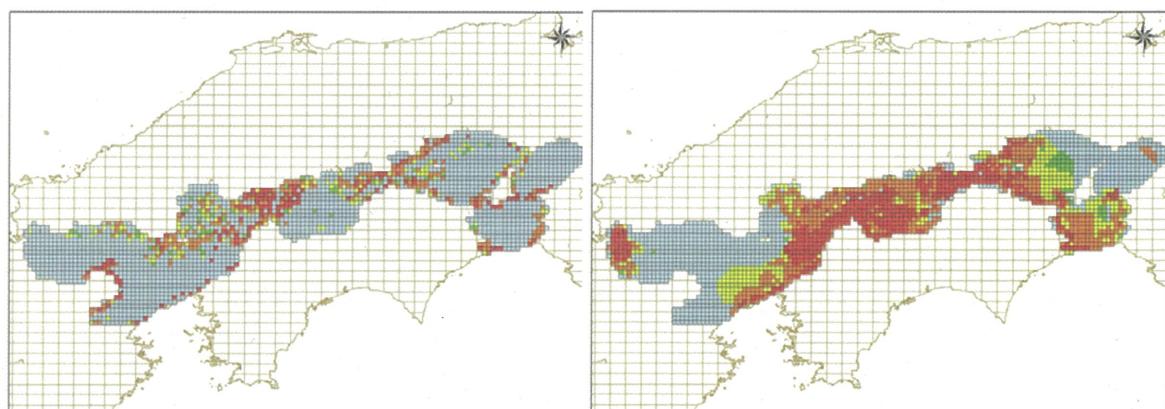


図2 藻場と藻場を利用する魚類の空間分布解析に用いた GIS データベースの例。左図は藻場の分布を示し、赤色ほどセル内の分布面積が大きいことを示す。右図は藻場を利用する主要魚種のメバルの空間分布を示し、赤色ほど現存量が多いことを示している。



厚岸湖・厚岸湾の主要沿岸景観の広域解析



仲岡 雅裕¹・澁谷 辰生²・山北 剛久³・渡辺 健太郎³

¹ 北海道大学北方生物圏フィールド科学センター厚岸実験所, ² 厚岸町立厚岸水鳥観察館, ³ 千葉大学大学院理学研究科

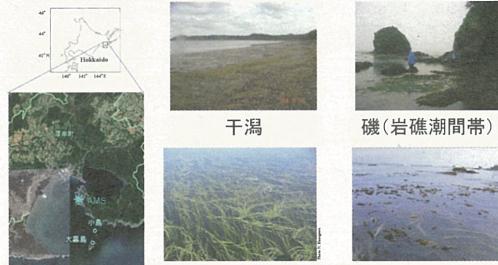
【概要・目的】

北海道東部に位置する厚岸湖・厚岸湾は、人為的開発の影響の少ない良好な水域が残っており、ラムサール条約にも登録されている。しかし、近年、地球温暖化と関連する生態系の変動の兆候が指摘されている。本研究では、厚岸湖・厚岸湾の水域において、主要な生態系を構成する景観要素である干潟、岩礁潮間帯、藻場を対象に、衛星画像データ、航空写真、小型係留気球等の複数の異なる手法によりその広域分布を把握する。得られたデータをGISにより解析することにより、主要景観要素の空間配置および連続性を明らかにし、今後の地域社会の沿岸利用計画作成に向けた基礎資料を提供する。

【広域情報データベースの基盤整備】



【厚岸湾・厚岸湖の主要景観】

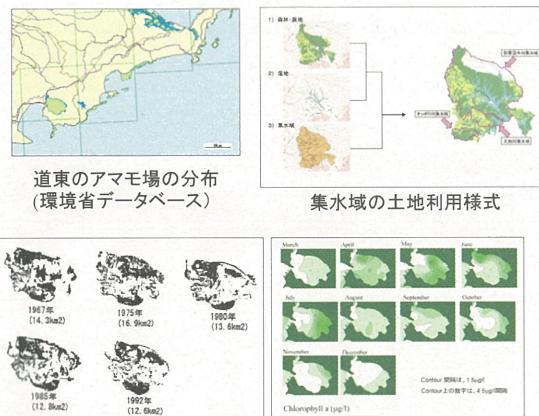


【研究拠点】



ラムサール条約登録湿地である厚
岸湖・別寒牛湿原の保全や持続
的利用のための調査研究やモニタ
リング等を行う拠点施設

【広域スケールでの空間情報】



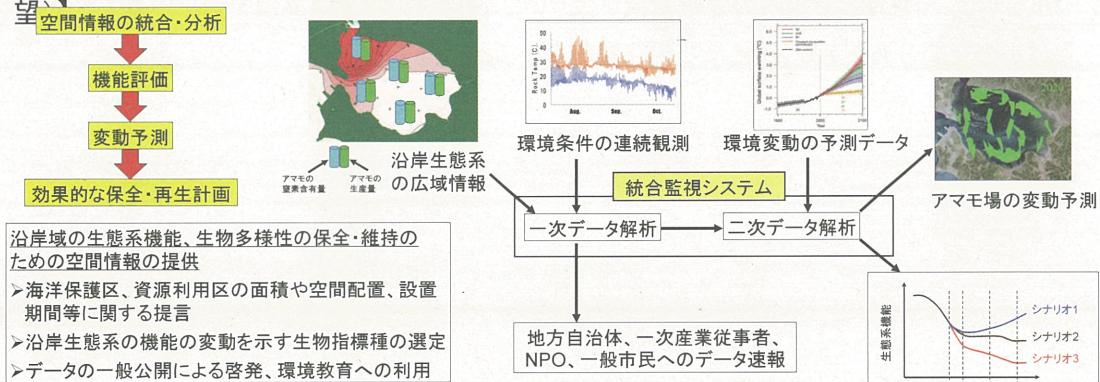
厚岸湖のアマモ場面積の変動

厚岸湖の水質の変動

【局所スケールでの空間情報】



【GISデータベースの整備とその利用(展望)】

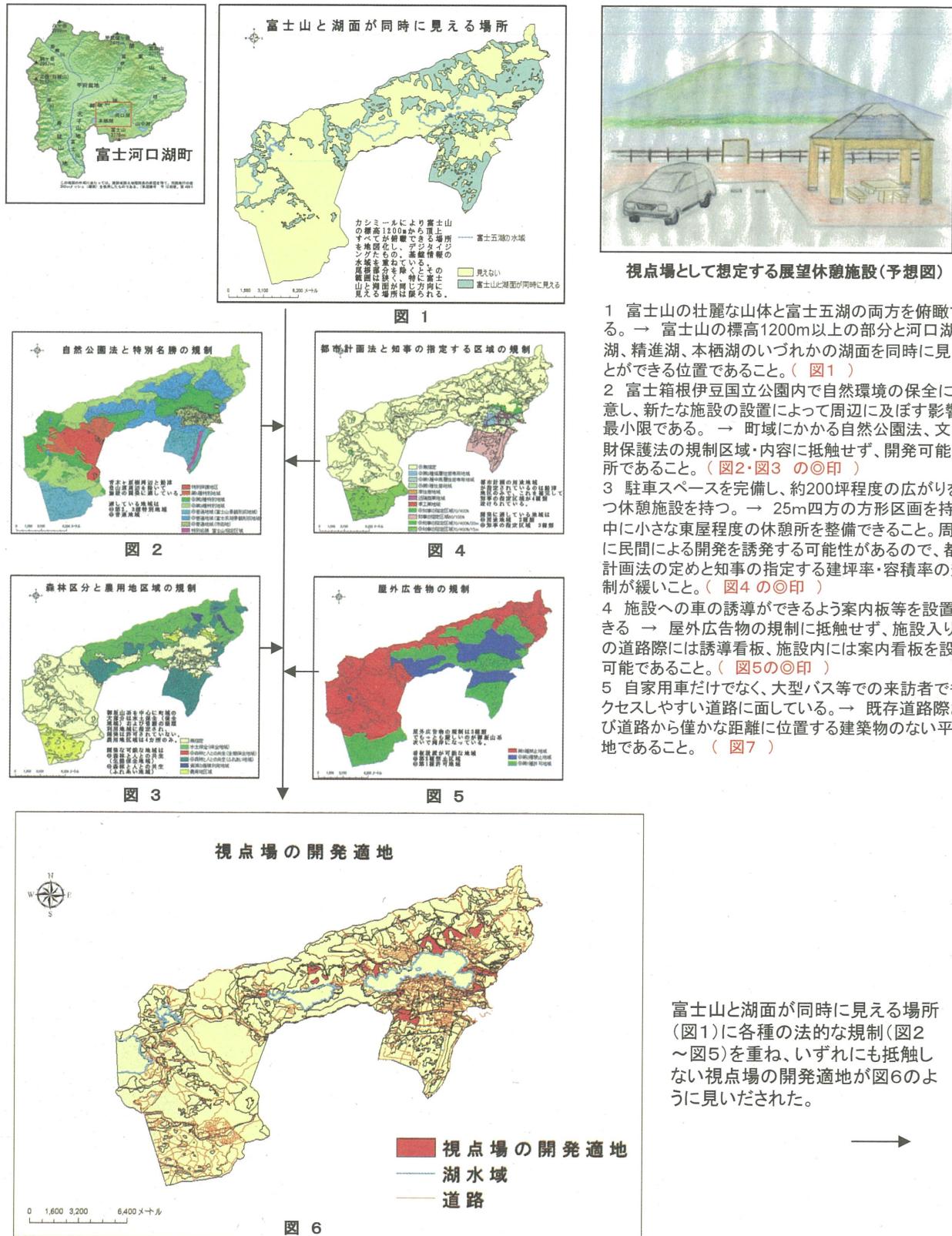


【謝辞】千葉大学環境リモートセンシング研究センター・近藤昭彦教授、千葉大学大学院理学研究科・島袋寛盛氏、京都大学フィールド科学教育センター・向井宏任特任教授、横浜市立大学国際総合科学部・田中義幸准教授、(独)水産総合研究センター・瀬戸内海区水産研究所・堀正和研究員、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター・四ツ倉典滋助教、北海道立稚内水産試験場・川井唯史研究員、厚岸町環境政策課、厚岸漁業協同組合、環境省生物多様性センター、日本国際湿地保全連合

富士河口湖町における自然公園法を考慮した視点場構築の試み

山梨大学 教育人間科学部 尾藤 章雄

本研究の目的 富士河口湖町は山梨県南東部の富士山北麓に位置する面積158.51平方キロ、人口25899人の町である(平成21年2月1日現在)。富士五湖のうち4つの湖を町域内に持ち、富士山観光の中心地として毎年1260万人の観光客が訪れる。平成16年の景観法制定に伴い、富士河口湖町では県内の先鞭を切る形で景観条例の設定を進め、住民2千人を対象としたアンケート調査、ワークショップなどを行ってきたが、発表者はNPO法人CCCMの一員として、この景観条例の各種調査に参画した。町域は富士箱根伊豆国立公園内にあり、美しい景観を守るために自然公園法を中心とした各種の厳しい開発規制がかけられている。このたびはESRI社のArcGIS9.2とカシミール3Dを使用して、関連する規制内容を詳細に検討した上で、これらすべてに抵触しない形で優れた景観を手軽に楽しめる新たな視点場の構築を試みた。



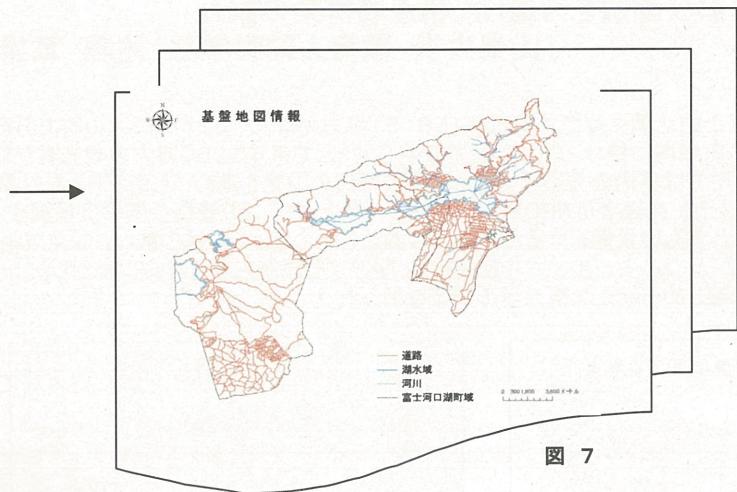
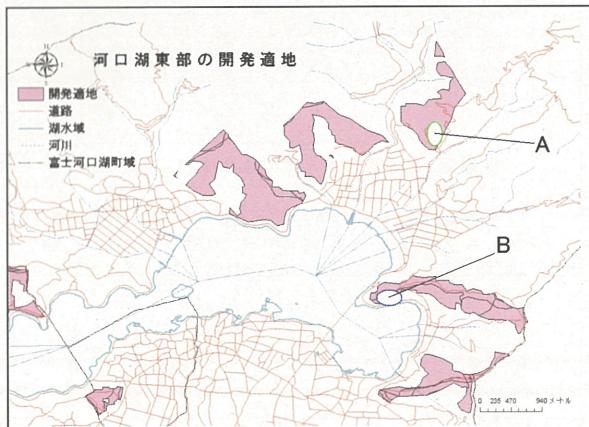


図6に国土地理院の提供する基盤地図情報の道路情報(図7)を重ねて既存の道路が接する最終的な開発適地を探した結果、「河口湖東部」「河口湖西部」「西湖」(図8～図10)のそれぞれから、A～Eの5地点を抽出した。



幹線道路近くで視点場の構築が可能な地点

A地点

幹線道路である国道137号に至近で、町域を通過する車からも利用しやすい。市街地が近景、湖面と富士山を遠景として俯瞰することができ、市街地の美しい夜景が魅力となる可能性がある。



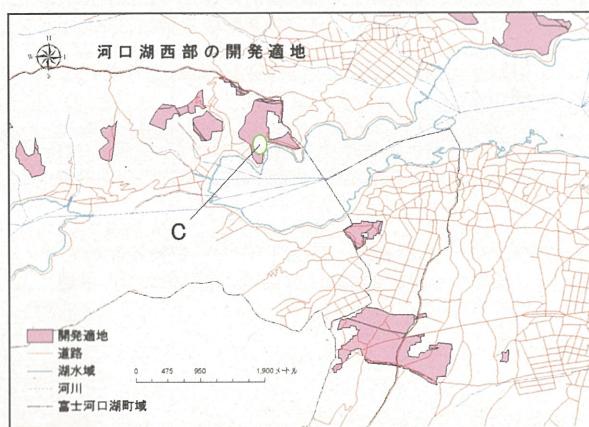
A地点

C地点

河口湖と西湖を結ぶ県道に沿っており、わずかな登りを要するが湖岸から至近の位置にある。手前の山並みが富士山を隠しながら、湖面には対岸の僅かな明かりが興を添える。周囲にも景観にも人工物が少なく、静かな展望が期待できる。



C地点



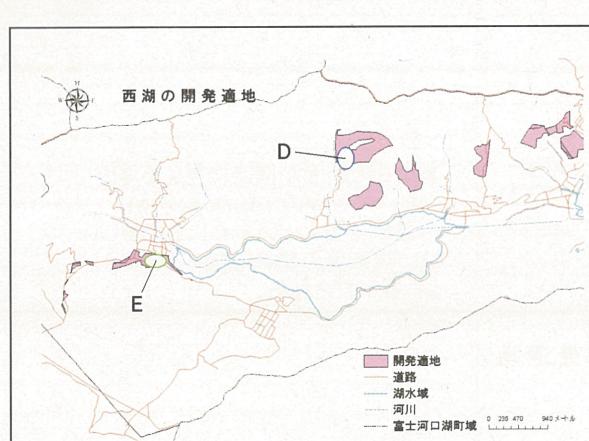
比高の高い位置に視点場の構築が可能な地点

B地点

旧街道『御坂みち』の峠越えの位置にあり、景観に歴史的な意味合いを持たせることができる。目の下に河口湖温泉街と湖面が大きく広がり、富士山が大きく眼前に迫り、逆さ富士も楽しめる。宿泊客の気楽な散策路として整備できる可能性がある。



E地点



D地点

西湖北岸で県道からはかなりの登りをするが、青木ヶ原樹海の向こうに富士山が広がる雄大な景観が得られる。傾斜地を含むが視点場は広くとれるので、展望公園のような面的な整備も可能である。



D地点

想定される視点場からの展望
(カシミール3Dにより描画)

ITを活用した低コスト生産のための効率的てん菜栽培手法の確立

丹羽勝久(株式会社ズコーシャ)・本郷千春(千葉大学CEReS)

背景・目的

- 北海道におけるてん菜糖の生産量は約64万トンで、国内砂糖の3/4を占める。
- 気温の低い年でも比較的安定した収量が得られる
- 輪作体系維持のために重要な基幹作物

価格は国外産と比較して2.8倍も高い

「新たな砂糖・甘味資源作物政策大綱」では、てん菜生産及びてん菜糖製造にかかるコストの削減が求められている。

生産者 輪作体系維持のためにも、てん菜は外せない。
自分の畑の特徴を知って施肥改善をし、
生産コストを減らしたい。

解決したい課題

生産者 生産者からの申告で収穫日を決定している。
効率的な集荷システムが欲しい。



大規模畠地帯ではこれらのデータを網羅して収集するのは困難な作業。
データがあれば!

地域全体を把握できる
圃場単位の状況
客観的な指標となる

農業空間情報を
一元管理 共有 多目的利用



土壌・生育状況の把握による、
より高糖高品質のてん菜の栽培。
⇒肥料費の低減化/直接的な增收

目標とする成果

収穫時期の状況予測から操業開始日の
推測が可能。
原料集中の回避、原料品質が高位平準化。
⇒製造コスト削減

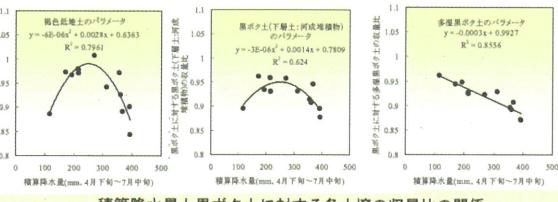
波及効果

実証試験済みの小麦適期収穫技術に、てん菜栽培支援技術が加わることで、低コスト輪作体系の実現が期待できる。

効率的な栽培支援システムを構築!

結果

土壤と気象データからのアプローチ



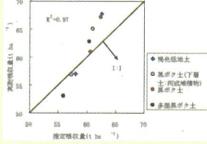
積算降水量と黒ボク土に対する各土壤の収量比の関係

気象データを用いた土壤タイプ別の収量予測

全天日射量、日平均気温、積算降水量から収量予測式を作成

褐色低地土、黒ボク土(下層土: 河成堆積物)、黒ボク土
目的変数: 収量 (1990~2004年)
説明変数: 全天日射量、日平均気温、 $\sqrt{\text{積算降水量} - 250}$
多葉黒ボク土
目的変数: 収量 (1990~2004年)
説明変数: 全天日射量、日平均気温、 $\sqrt{\text{積算降水量} - 250}$

(検証結果) 2005年、2006年の土壌別の収量を予測



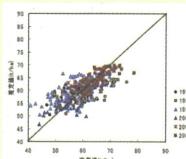
重回帰式から算出した推定収量と実測収量の関係

衛星画像が撮影されない場合の補完情報として対象地域の土壌タイプ別収量を7月の段階で提供可能

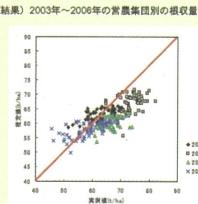
気象データを用いた営農集団単位での収量予測

土壤パラメータ、日射量、積算気温から収量予測式を作成

目的変数: 収量 (1997~2002年)
説明変数: 土壌パラメータ、4月下旬から6月下旬の積算気温
6月の積算日射量、4月下旬から5月上旬の積算日射量



(検証結果) 2003年~2006年の営農集団別の収量を予測



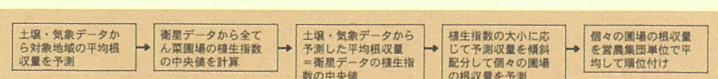
重回帰式から算出した推定収量と実測収量の関係

衛星画像が撮影されない場合の補完情報として対象地域の営農集団別の収量を7月の段階で提供可能

土壤・気象・衛星データからのアプローチ

【推定である(予測ではない)】
7月の衛星画像を使用しても、収量調査データがないと絶対値を求められない。→10月まで待たなくてはいけない。

【圃場単位に予測できない】
地帯別、営農集団単位に平均化された入力データを利用→土壤、営農集団単位に予測できるが圃場単位では予測できない。



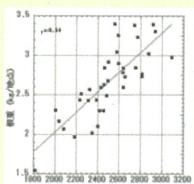
根収量の予測情報を7月の段階で提供→効率的収穫計画、収入計画の立案に大きく貢献

衛星データからのアプローチ

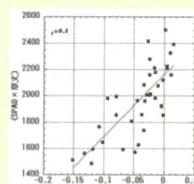
調査地点データを用いた解析結果



7月の(SPAD×草丈)値と10月の根収量、7月の(SPAD×草丈)と7月衛星画像の植生指数との間に相關関係が成立。
→7月衛星画像から10月の根収量を推定可能



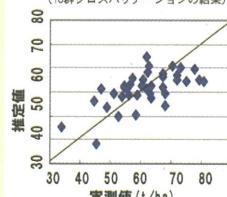
7月(SPAD×草丈)と10月の根収量の関係



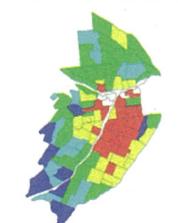
7月(SPAD×草丈)と7月の植生指数の関係

根収量の推定

7月撮影の衛星画像を使用
重回帰分析 (最適変数: Band2(GNDVI))
推定誤差: 7.3 t/ha
(10月クロスバリデーションの結果)



7月(SPAD×草丈)と10月の根収量の関係



営農集団単位の根収量ランク別マップの出力例

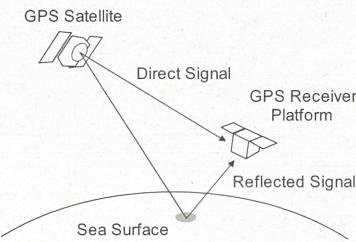
圃場単位の糖量区分図



協力機関：北海道農業研究センター・芽室町農業協同組合・(社)北海道てん菜協会・NPO法人グリーンテクノバンク

プロジェクト－5

GPS Bistatic Radar



- GPS信号を利用したパッシブなレーダー
- 衛星から直接届く信号と海面から反射してから届く信号を2つのアンテナで同時に観測

測位衛星信号を利用した海洋リモートセンシング技術の開発

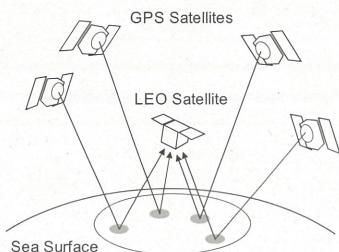
海老沼 拓史
東京海洋大学

2008年2月23日

1

2

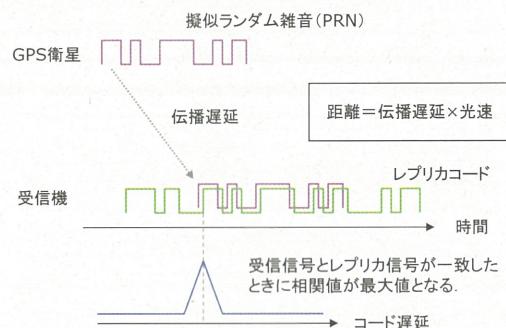
GPS Multi-Static Radar



- メソスケール(数10kmから数100km)での海洋観測
- 小型衛星群による高時空間分解能な観測ミッションの実現

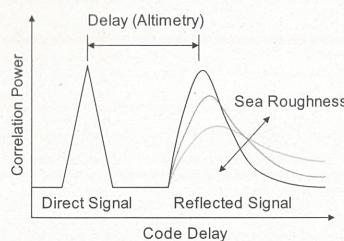
3

GPS信号の受信



4

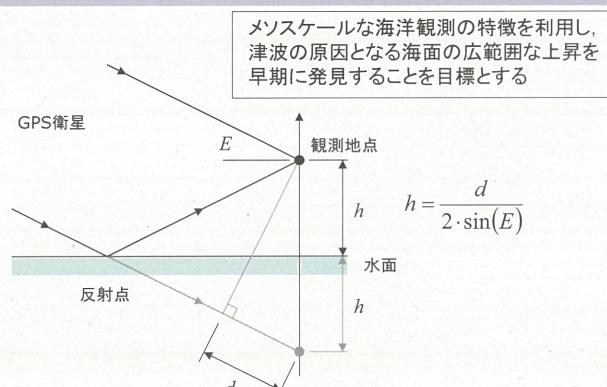
直接波と反射波の相関波形



- 直接波と反射波の伝搬遅延差を海面高度を計測に利用
- 反射波の相関値からは波浪や風速など海面の状態が推定できる

5

海面高度の計測



6

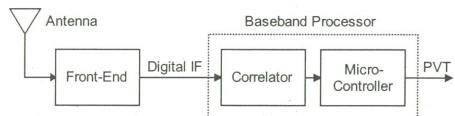
GPS海面反射波観測用受信機の開発

- GPS反射波観測はパッシブなシステムであるため、海面高度センサーの小型化・省電力化が期待できる
- 市販のGPS受信機は安価であるが、1アンテナ入力しか持たず、直接波と反射波を同時に処理することはできない
- 市販GPSチップセットを使用した安価で小型なGPS反射波観測用受信機と信号処理ソフトウェアの開発を目的とする

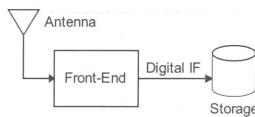
7

ソフトウェアGPS受信機

一般的なGPS受信機の構成



ソフトウェアGPS受信機の構成



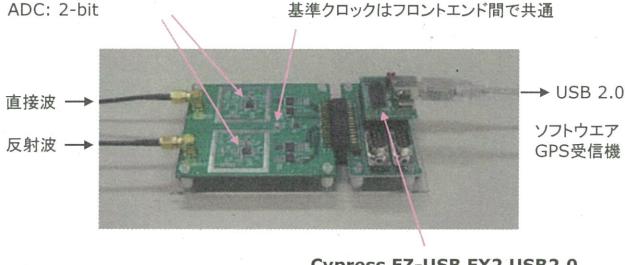
- デジタル化されたIF信号はPCIに保存され後処理される
- すべてのデジタル信号処理をソフトウェアで実現
- ハードウェアの依存を最小限に留め自由度の高い信号処理アルゴリズムの開発が可能

8

受信機ハードウェア

MAX2741 GPS Front-End

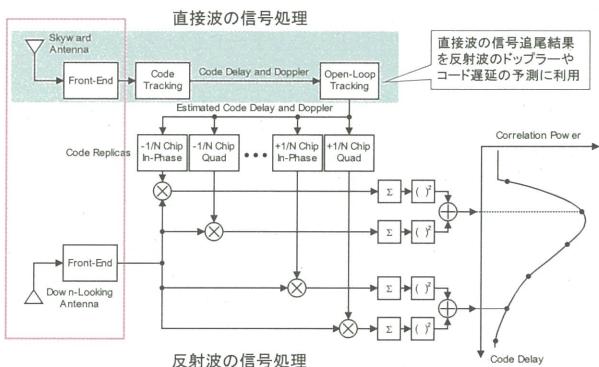
中間周波数: 3.78MHz
サンプリング周波数: 16.8MHz
ADC: 2-bit



Cypress EZ-USB FX2 USB2.0
転送レート: Maximum 36MB/s

9

Delay Mapping Receiver



10

地上実験

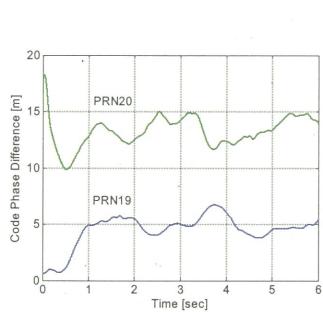


- 隅田川河口に架設されている相生(あいおい)橋から観測
- 観測点から海面までの鉛直距離は7.8メートル(レーザー距離計で計測)



11

橋上からの海面高度計測結果



レーザー距離計 7.8 m

PRN20

コード位相差	13.3 m
仰角	63.6 度
海面高度	7.4 m

PRN19

コード位相差	5.0 m
仰角	19.2 度
海面高度	7.6 m

12

航空機実験



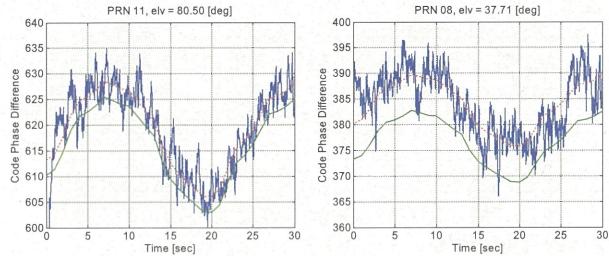
- 海面の高さは東京大学地震研究所が高知県室戸岬沖に設置したGPS津波ブイによって観測される



- 小型飛行機の下面に反射波観測用のアンテナを設置
- 航空機の位置は測量用GPS受信機から得られる精密測位結果を用いる

13

航空機からの海面高度計測結果



- 相対的な高度の変化を捉えているが、衛星ごとに異なるオフセットが発生している
- 海面が平面であるという仮定に問題があるのか？

— 反射波による高度計測
— 精密測位による高度計測
··· オフセット推定後の高度

14

まとめ

- GPS海面反射波を利用したリモートセンシングのための受信機を開発
- 反射波の相關波形を解析するための機能をソフトウェア無線技術を用いて実装
- 小型航空機による観測実験では、海面と受信機との相対的な高度の変化を捉えることが可能であることを実証
- オフセットの除去および雑音の低減による観測精度の向上が今後の課題

15

衛星データを用いた地殻変動の監視・予測技術の創生に関する研究

服部克巳、西橋政秀、野口恭史、大野望(千葉大学大学院理学研究科)

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

Djedi Widarto(LIPI, Indonesia), and Sarmoko Sarso (LAPAN, Indoonesia)

1 研究背景と目的

地震や火山活動等の地殻変動に先行する様々な電磁気現象が報告されている。地上観測は観測範囲が狭く、効率的にデータを蓄積できない。一方衛星は、事象の時空間変動の弁別が原理的にできないものの、全球をカバーするために効率的なデータの蓄積が可能である。従って、統計的な処理において地上観測よりも有利である。地震に関しては、二周波 GPS データから得られる電離圏総電子数(GPS-TEC)データを利用した、地震活動に先行する電離圏擾乱の観測は有望であると考えられている。一方 火山活動に関してはの噴火に伴い地表面の温度が上昇することはよく知られており、衛星センサを用いて地表面の温度を観測することが可能である。衛星を用いれば高頻度、広域に監視でき、火山を連続監視することが可能である。そこで、本報告では人工衛星 Aqua に搭載されている赤外線センサ MODIS(Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer)データを用いてメラピ火山と浅間山の噴火に関連する地表面温度異常の検出について記述する。

2 MODIS データ

人工衛星 Aqua は太陽同期準回帰軌道を使用し、同一地点を同一条件で観測することが可能であり、観測領域内の赤道を通過する昇交軌道時(ascend)は常時昼間であり、降交軌道時(descend)は常時夜間となる。夜間データには太陽の影響が含まれておらず、地球内部からの熱情報のみを取得することができる。

MODIS は観測対象の異なる 36 band を持つ。本研究では中心波長 $3.750 \mu\text{m}$ 、空間分解能 1000m であり、地表面の温度を観測できる band20 を使用した。また、雲の影響を取り除くために、band31($11.720 \mu\text{m}$)と band32($12.220 \mu\text{m}$)も使用した。

3 データ解析手順

本研究では 2006 年 5 月に発生したインドネシア・メラピ火山噴火と 2004 年 9 月に発生した日本・浅間山噴火を解析対象とした。解析手順は以下のとおりである。

(i) MODIS データを輝度温度に変換し、山頂を中心

に $\pm 0.5^\circ$ ($100\text{km} \times 100\text{km}$) の領域の二次元強度マップを作成する。

(ii) 作成した領域内の任意の位置の時系列図を作成する。解析期間は 2003 年 1 月～2008 年 12 月である。

(iii) band31 と band32 から得られた輝度温度を用いて雲の閾値を作成する。[1]

(iv) 季節変動や空間的な変動要素を取り除くため、各シーンの領域内の任意の位置(Focal point : Fp)の値から東西南北に 5km 離れた位置(Reference point : Rp)の値との差分値である評価関数 S を定義する。

(v) 各位置の評価関数 S をシーンごとに並べ、 S の最大値 S_{\max} 、平均値 \bar{S} を算出した。それらの値から S の特異性を表す乖離率 δ を次のように定義した。

$$\delta = \frac{S}{\bar{S}}$$

また S_{\max} に対応する δ を最大乖離率 δ_{\max} と定義し各シーンにおける S_{\max} と δ_{\max} の分布図を作成する。

4 解析結果～インドネシア・メラピ火山～

前節の(i)で作成した 2006 年 5 月 10 日(噴火開始の 4 日前)の二次元強度マップから、山頂付近で周囲よりも高い輝度温度を確認できた。(ii)で作成した山頂の時系列図から、噴火期間の少し前から輝度温度の上昇が見られ、噴火期間で大きく上昇していることがわかった。次に、山頂から離れた位置の時系列図と比較を行ったが、離れた位置では輝度温度の上昇は見られなかった。よって山頂付近の値の上昇は火山活動に関連するものであると示唆される。また、領域内のほとんど全ての時系列図から、雨季(9 月から 2 月迄)に減少するという季節変動が見られた。季節変動や空間的な変動要素(気象条件や土壤水分)の影響を取り除くために手順(iii)(iv)(v)に従い解析を行った。

図 1 内の C は周囲よりも輝度温度が低くなっていることが分かる。雲の閾値を作成するために図 2 で緯度に沿う band31-band32 の差分輝度温度の変化を示す。図 2 の横軸は緯度で縦軸は差分輝度温度である。図中に差分輝度温度に加えて、噴火のない年から算出した月ごとの各ピクセルの平均値、 $\pm 1\sigma$ 、 $\pm 2\sigma$ の線を描いている。C' の位置で平均 -1σ を下回っていることがわかる。この時、そこは雲ピクセルであると考

え、空間的な差分計算を行わないことにした。

山頂位置で S_{max} 、 δ_{max} を記録したシーンの分布図をそれぞれ図 3 と図 4 で示す。共に 2006 年 6 月 3 日の分布図であり、溶岩ドームの大規模な崩壊の前日である。 S_{max} の分布図より山頂位置 D で高い値が見える。しかし、山頂から離れた位置 E でも高い値を見る事ができる。この山頂から離れた位置の値と区別するため δ_{max} を導入した。 δ_{max} の分布図から E' よりも D' の特異性が高いことがわかった。

次に乖離率 δ の時系列図を図 5 で表す。横軸は時間で縦軸は乖離率である。また、乖離率の上位 1% の色を変えて表示している。この図から噴火活動期間前から乖離率は上昇し、噴火期間中に高い乖離率が集中していることが良く分かる。

2007/066_band20

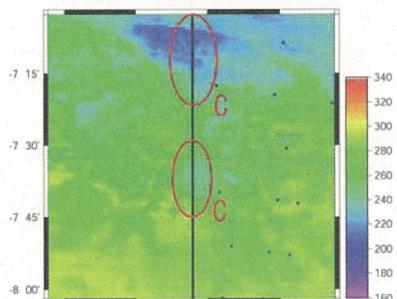


図 1 : 2007 年 3 月 7 日の二次元強度マップ

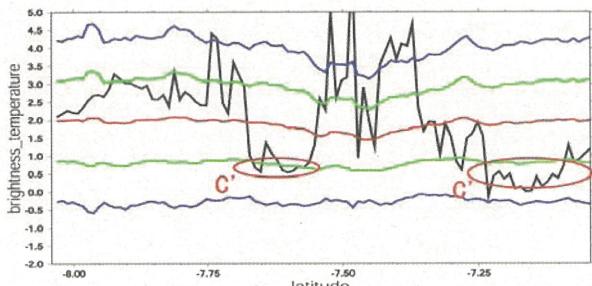


図 2 : band31-band32 の差分輝度温度

2006/154_band20

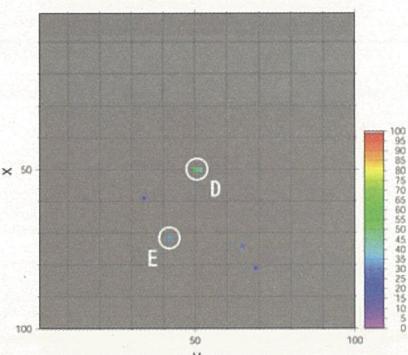


図 3 : S_{max} の分布図(2006 年 6 月 3 日)

2006/154_band20

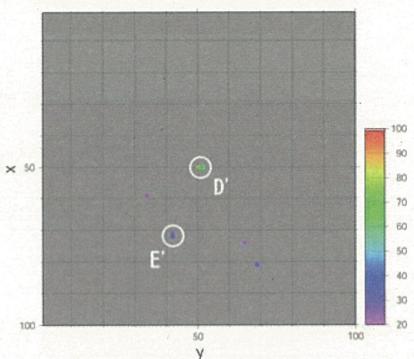


図 4 : δ_{max} の分布図(2006 年 6 月 3 日)

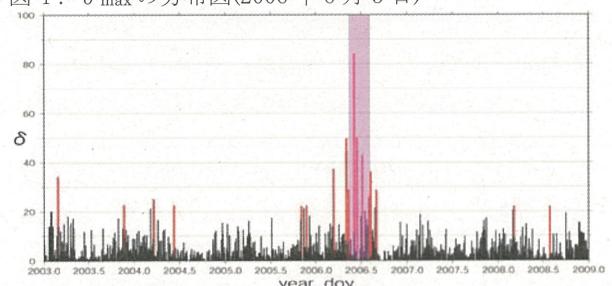


図 5 : メラピ火山の山頂位置の乖離率の時系列

5 解析結果~日本・浅間山~

浅間山は 2004 年 12 月に一旦噴火活動が收まり、その後 2005 年 3 月に再び噴煙を噴出した。図 6 は浅間山での解析結果である。噴火期間開始の直前から上位 1%以上の乖離率が記録され始め、最大乖離率は 11 月 15 日に記録した。しかし、噴火期間以外にも上位 1%以上の乖離率が散見される。これは適切な雲の閾値を決定できなかったことが原因と考えられる。

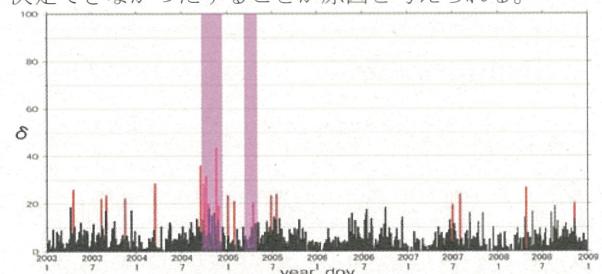


図 6 : 浅間山の山頂位置の乖離率の時系列

6まとめ

メラピ火山の場合、MODIS の band20 の夜間データを用いて噴火活動に関連する温度異常を検知できた。また、band31 と band32 を用いて雲の閾値の設定が可能で、評価関数 S 、 S_{max} や乖離率 δ 、 δ_{max} を導入し、山頂付近の温度異常にについて統計的に検証した。

一方、浅間山の場合、噴火関連する山頂付近の温度異常は検出可能であったが、適切な雲の閾値の設定ができず、統計的な検証は不十分であった。今後は中緯度地域における雲の閾値の検討や他地域の火山噴火活動に対する本手法の有効性を検証する必要がある。

2008年四川地震に先行する電離圏総電子数異常について

服部克巳, 西橋政秀(千葉大理), 劉正彦(台湾国立中央大)

<http://www-es.s.chiba-u.ac.jp/geoph/uif/>

Introduction

地震活動に先行する様々な電磁気現象が報告されている。その中でも、2周波GPSデータから得られる電離圏総電子数(Total Electron Content: TEC)データを利用した、地震活動に先行するTEC異常の観測は有望であると考えられている。本研究では、2008年5月12日に中国で発生した四川地震(M7.9)に先行するTEC異常の検出を行うとともに、その時空間的特性について解析した。

ローカル現象?
or
グローバル現象?
異なる2種類の電離圏データを総合的に解析

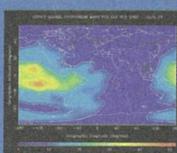
地震に先行する電離圏TEC異常の時空間的特性の解明へ

TECデータの処理

GAMITによるGPS-TECの算出

本研究では、GPS解析ソフトウェアGAMITを用いて構築したGPS-TEC算出アルゴリズムにより衛星-地上受信機間のSlant TECを求め、それを電離圏薄膜モデル(本研究では電離圏高度を300kmと仮定)によって鉛直方向に投影させたVertical TECを用いた。

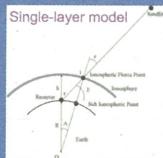
GIM-TECデータ



ヨーロッパ軌道決定センター(CODE)から公開されている全球のTECグリッドデータ(Global Ionosphere Maps: GIM)を利用

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

任意の地点のGIM-TECを算出して解析に使用



TEC* & GIM-TEC*の算出

太陽放射により、TECは昼過ぎにピークをもつ規則的な日変動を示す

日変動の除去と地震に関連する電離圏異常の識別

同時刻の過去15日のTECの平均と標準偏差を算出し、
リファレンスマルクスを構築

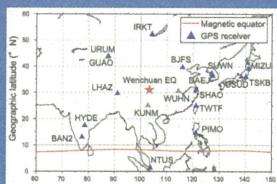
規格化残差TEC(TEC*およびGIM-TEC*)を算出して解析に使用

$$TEC^*(t) = \frac{TEC(t) - \bar{TEC}(t)}{\sigma(t)} \quad GIM-TEC^*(t) = \frac{GIM-TEC(t) - \bar{GIM-TEC}(t)}{\sigma(t)}$$

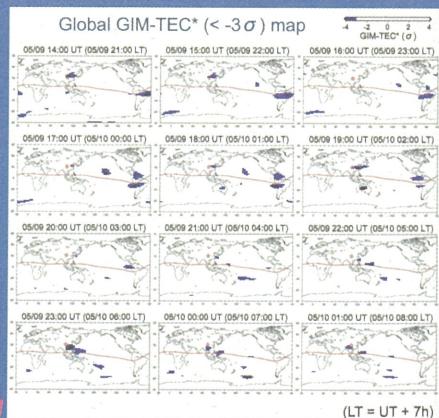
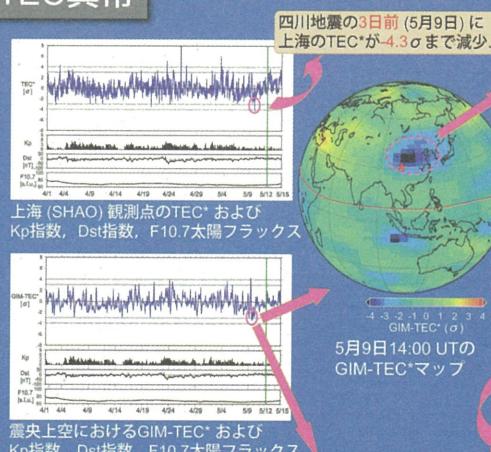
GIMデータの例(2007年1月3日22時UT)

四川地震に先行するTEC異常

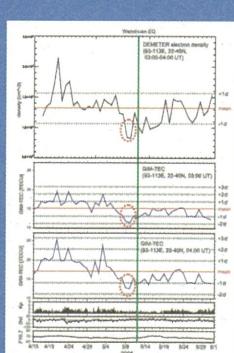
2008年5月12日 06:28 UT (14:28 LT)
震央: 30.986° N, 103.364° E
(中国 四川省 Wenchuan)
マグニチュード: Mw 7.9
深さ: 19km



四川地震の震央とGPS観測点の位置。
灰色の▲: 四川地震前は欠測の観測点。

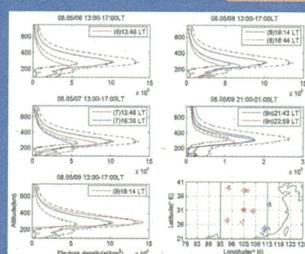


5月9日14:00 UT～5月10日01:00 UTの1時間毎のGIM-TEC*の全球マップ。GIM-TEC* <-3σのデータのみプロット。
-3σを超えるGIM-TEC*異常が5月9日夜～5月10日明け方にかけて約12時間断続的に中国周辺(20°～45°N, 90°～140°E)で出現した。一方、南アメリカの異常領域は時間が経つにつれ、東から西へ移動している。この時間帯、現地は昼間であることから、太陽放射起源の異常が地球の自転により移動したことを表していると考えられる。したがって、地震に先行する異常を識別するためには、長時間にわたり移動しない異常を検知することが重要であると考えられる。



フランスの地震電磁気観測小型衛星
DEMETERで観測された電子密度と
GIM-TEC(絶対値)との
同領域(22°N～40°N, 93°E～113°E),
同時間帯(毎日3時～4時UT)での比較

DEMETERで観測された電子密度と
GIM-TECの変動は調和的である。
四川地震の3～2日前にどちらの値とも
大きく減少している。



UCAR (USA)とNSPO (台湾)が打ち上げた
電離圏・大気圏観測用の6個の小型衛星群
FORMOSAT-3/COSMICのGPS掩蔽観測によって得られた電離圏電子密度プロファイル

四川地震の6～3日前に震央周辺のF2層最大
電子密度が約30～50%減少し、F2層ピーク
高度が約50～80km低下した。

まとめ

- ・四川地震の3日前に震央周辺で顕著な負のTEC*異常、GIM-TEC*異常が観測された。
- ・GIM-TEC*異常は夜間～明け方の約12時間断続的に20°N～45°N, 90°E～140°Eの領域において出現した。この長時間移動しない異常は、太陽放射起源の異常ではなく、地震に先行する異常であることが示唆される。
- ・DEMETERでは3～2日前、FORMOSAT-3/COSMICでは6～3日前に震央周辺で電子密度異常が観測された。
- ・TEC*, GIM-TEC*を用いた手法は、地震に先行するTEC異常を検出するための有望な手法である。

プロジェクト－6

寄附研究部門設立にあたって — 地球温暖化研究と実利用 —

2009年2月23日

千葉大学
環境リモートセンシング研究センター
石橋博良

第11回 環境リモートセンシングシンポジウム 20090223

CHANGE TABOO

CHANGE

第11回 環境リモートセンシングシンポジウム 20090223

S1) 寄附研究部門設立にあたって — 地球温暖化研究と実利用 —

地球温暖化と気象・海洋情報の活用



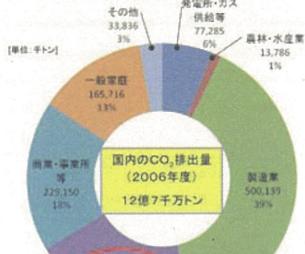
第11回 環境リモートセンシングシンポジウム
第11回 環境リモートセンシングシンポジウム 20090223

3

S1) 寄附研究部門設立にあたって — 地球温暖化研究と実利用 —

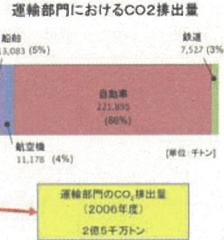
日本の国内CO₂排出量はどれだけか…

部門別CO₂排出量（2006年度）



第11回 環境リモートセンシングシンポジウム
第11回 環境リモートセンシングシンポジウム 20090223

出典
独立行政法人国土交通省国際化推進研究開発センター
温室効果ガスレポート
日本の温室効果ガス排出量データ(1990~2006年度)
国連開発計画(電子版)参考資料
(2008年7月1日現在)



4

S1) 寄附研究部門設立にあたって — 地球温暖化研究と実利用 —

環境問題への取り組みは … ?

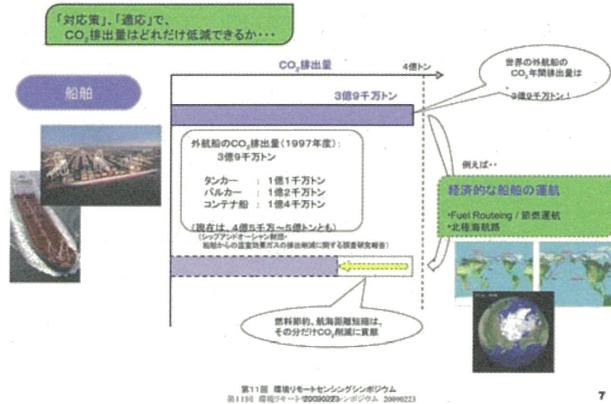


第11回 環境リモートセンシングシンポジウム
第11回 環境リモートセンシングシンポジウム 20090223

5

S1) 寄附研究部門設立にあたって — 地球温暖化研究と実利用 —

S1) 寄附研究部門設立にあたって 一 地球温暖化研究と実利用 一

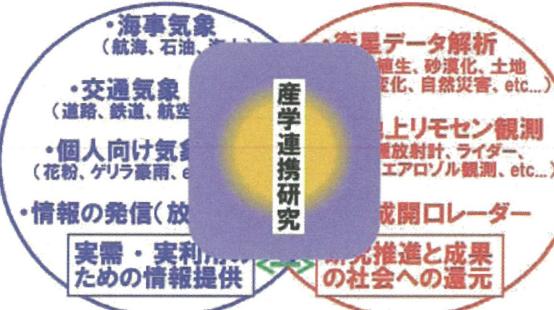


S1) 寄附研究部門設立にあたって 一 地球温暖化研究と実利用 一

産学連携研究 (WNI ↔ CEReS)

WNI
((株)ウェザーニュース)

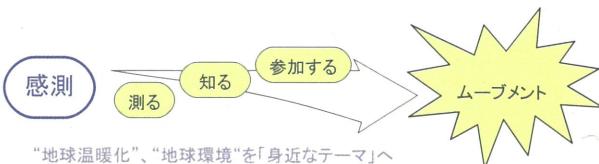
(千葉大学・環境リモセン)



S1) 寄附研究部門設立にあたって 一 地球温暖化研究と実利用 一

環境リモートセンシングの新たな立ち位置?

人間の五感を総動員した『気象感測』



はたして、『観測』は人間の五感を助けるか…?

第11回 航運リモートセンシングシンポジウム
第11回 航運リモートセンシングシンポジウム 20090223

9

10

S1) 寄附研究部門設立にあたって 一 地球温暖化研究と実利用 一

「研究部門の目的」:

- 温暖化の影響への「対策」「適応」に関する研究
 - ✓ 主に「交通」と「気象」との関わりに焦点をあてて
- 産学連携の研究の場
 - ✓ 研究活動と社会における実利用との接点

第11回 航運リモートセンシングシンポジウム
第11回 航運リモートセンシングシンポジウム 20090223

11

S1) 寄附研究部門設立にあたって 一 地球温暖化研究と実利用 一

「研究部門の活動内容」:

- リモートセンシングと気象・海象情報を活用した
温暖化影響への「対策」「適応」に関する研究
- 具体的な研究テーマとして…
 - ・ 北極海航路の開拓と開発研究
 - ・ マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結モニタリング
 - ・ リモートセンシングと数値モデルを利用した温暖化研究と社会的還元
 - ・ 次世代円偏波合成開口レーダ搭載小型衛星の開発と温暖化・災害情報の提供方策
 - ・ 空間情報による気象災害の素因解析とその知識ベース化
 - ・ 衛星および地上計測による大気・気象パラメータの収集と気候変動研究への応用
 - ・ 高精度全球気象衛星データの作成と活用方策

第11回 航運リモートセンシングシンポジウム
第11回 航運リモートセンシングシンポジウム 20090223

12



「研究成果公表の場」：

- 研究成果の公表や討論の場として…
 - ✓ 寄附研究部門シンポジウム、セミナー、など
- 一般の方々への情報発信の場として…
 - ✓ サイエンス・カフェ、など

地球温暖化研究と交通気象

2009年2月23日

千葉大学
環境リモートセンシング研究センター
長 康平

第11回 地球温暖化研究と交通気象
セミナー 20090223

1

第11回 地球温暖化研究と交通気象
セミナー 20090223

2

● 目次

1. 地球温暖化研究と交通気象
2. マイクロ波リモートセンシングによる
積雪および路面凍結のモニタリング

S2) 地球温暖化研究と交通気象

1. 地球温暖化研究と交通気象

- 交通から見た環境リモートセンシング
- 交通と気象
- 自動車によるCO₂の排出



第11回 地球温暖化研究と交通気象
セミナー 20090223

3

S2) 地球温暖化研究と交通気象

● 交通から見た環境リモートセンシング



第11回 地球温暖化研究と交通気象
セミナー 20090223

4

S2) 地球温暖化研究と交通気象

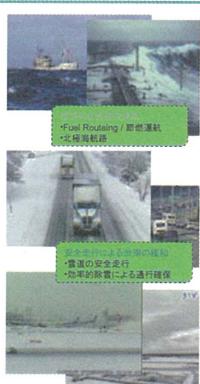
● 交通と気象

交通機関は、
様々な気象現象にさらされながら、
日々、運行している

気象と上手に付き合う ...
(上手に利用し、上手に回避する)
...ことを求められる

気象と上手に付き合うためにも、
気象情報が必要

過去 現在 未来
気候把握 現況把握 将来予測



第11回 地球温暖化研究と交通気象
セミナー 20090223

5

S2) 地球温暖化研究と交通気象

S2) 地球温暖化研究と交通気象

2. マイクロ波リモートセンシングによる 積雪および路面凍結のモニタリング

- 雪氷の電磁特性調査、および、雪氷センサー開発
- 合成開口レーダによる雪氷観測
- 冬期道路維持管理業務への応用



第11回 環境リモートセンシングシンポジウム
第11回 濡液リモートセンシングシンポジウム 20090223

7

S2) 地球温暖化研究と交通気象

● 冬期道路維持管理業務への応用

冬期道路維持管理業務(雪氷対策)への応用

- より客観的・定量的な情報に基づく雪氷対策の実現
- 雪氷モニタリングによる雪道の現状把握の改善



第11回 環境リモートセンシングシンポジウム
第11回 濡液リモートセンシングシンポジウム 20090223

8

S2) 地球温暖化研究と交通気象

● 雪氷の電磁特性調査、および、雪氷センサー開発

マイクロ波帯域での雪氷の電磁特性の把握

- 雪氷による散乱、反射・透過・吸収特性の把握

局所雪氷観測用センサの開発

- 雪氷の電磁特性を利用した雪氷センサの検討



第11回 環境リモートセンシングシンポジウム
第11回 濡液リモートセンシングシンポジウム 20090223

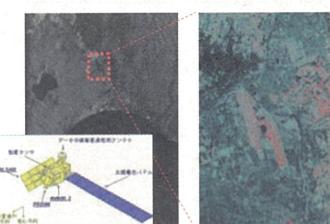
9

S2) 地球温暖化研究と交通気象

● 合成開口レーダによる雪氷観測

合成開口レーダによる広域雪氷観測の検討

- 偏波解析、位相解析等による雪氷検出手法の検討



第11回 環境リモートセンシングシンポジウム
第11回 濡液リモートセンシングシンポジウム 20090223



10

plan-nirs-H20-001-001
rev.0

研究構想

マイクロ波散乱計測による 積雪および路面凍結のモニタリング

2008年11月5日

環境リモートセンシング研究センター
寄附研究部門
Project 6 地球温暖化と気象・海洋情報の活用

第11回 環境リモートセンシングシンポジウム
第11回 濡液リモートセンシングシンポジウム 20090223

11



<http://www.cr.chiba-u.jp/index.html>
<http://weathernews.com/jp/c/>

第11回 環境リモートセンシングシンポジウム
第11回 濡液リモートセンシングシンポジウム 20090223

11

マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結のモニタリング

1. 研究テーマ

表題：マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結のモニタリング

◆冬期道路管理業務の路面状態監視への応用
道路交通分野へのマイクロ波リモートセンシング技術の実利用として、冬期の道路管理業務における路上積雪・路面凍結の観測、凍結防止薬剤濃度の観測への応用に関する調査・研究を行う。

◆マイクロ波散乱計測の利用
積雪・氷床・水膜に対するマイクロ波散乱計測に関する調査、研究を基礎に、広域雪氷観測として合成開閉ローダー観測の利用の検討、また、局所雪氷観測用のマイクロ波センサの開発ための調査、研究を行う。

[参考] 位置付け

◆「地球温暖化と気象・海象情報の活用」における位置付け
交通(輸送システム)は、地球温暖化の要因となる温室効果ガスを排出する一方、気候変動の影響を異常気象等による交通障害等として受けている。環境リモートセンシングの温暖化監視の研究テーマとして、環境としての道路気象のモニタリング、さらに、その技術・情報の実利用化(道路管理業務最適化、輸送システムのエネルギー消費削減への応用)を挙げることは意義深い。

```

graph TD
    A["マイクロ波散乱計測による  
積雪および路面凍結のモニタリング"] --> B["観測"]
    B --> C["道路環境  
・道路周辺気象  
・路面状態"]
    C --> D["実利用"]
    D --> E["道路交通  
(冬期道路管理)"]
    E --> F["冬季道路・路面状態の監視  
・路上積雪、路面凍結の観測  
・凍結防止薬剤喷霧度の检测"]
    F --> B

```

1. 研究テーマ
マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結のモニタリング

マイクロ波散乱計測による
積雪および路面凍結のモニタリング

マイクロ波散乱計測の応用
・合成開口レーダ観測の利用
・マイクロ波センサの開発

観測

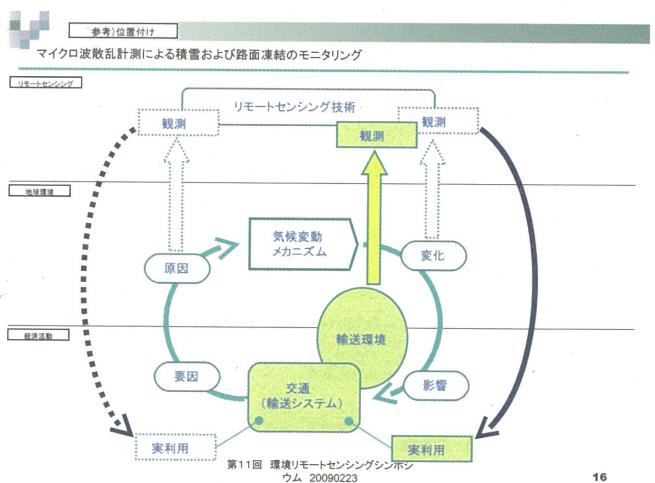
道路環境
・道路周辺気象
・路面状態

実利用

道路交通
(冬期道路管理)

冬季道路・路面状態の監視
・路上積雪、路面凍結の観測
・凍結防止薬剤喷霧度の检测

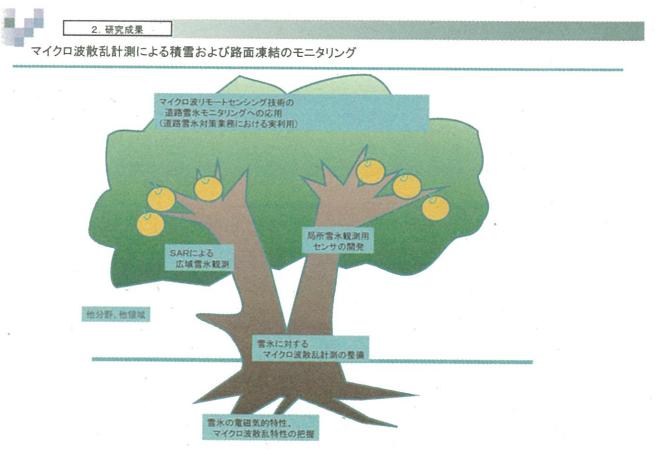
地図情報
経済活動



マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結のモニタリング

2. 研究成果

- ◆基礎調査
雪氷の電磁気的特性、マイクロ波散乱特性に関する基礎資料を得る。
雪氷に対するマイクロ波散乱計測システム(特に、野外計測を考慮)を整備する。
- ◆SARによる広域雪氷観測
偏頗SAR解析による積雪、氷板・氷膜の検出、定量把握手法を確立する。
- ◆局所雪氷観測用センサの開発
路上積雪、路面凍結の観測、凍結防止薬剤濃度の観測を目標とするマイクロ波センサ開発のための技術資料を得るとともに、概念設計案を立案する。
- ◆冬期道路管理業務の路面状態監視への応用
道路雪氷対策業務における実利運用として、マイクロ波リモートセンシング技術の道路雪氷モニタリングへの応用(路上積雪、路面凍結の観測、凍結防止薬剤濃度の観測)の構想を立案する。
- ◆他分野、他領域への展開
ダム流域の積雪量推定への応用、北極海航路・海氷モニタリングへの応用等の他分野、他領域への展開案を立案する。



マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結のモニタリング

3. ロードマップ

◆H20年度(2008年) … 雪、氷の電磁気的特性、散乱特性の把握
雪・氷のマイクロ波散乱計測環境の整備
雪、氷からの散乱波特性など、基礎資料の取得

◆H21年度(2009年) … 散乱計測による雪、氷の検出・物理量推定手法の検討
合成開口レーダーによる雪氷の検出・物理量推定手法の確立
近距離の雪氷検出のためのマイクロ波散乱計測方式の選定

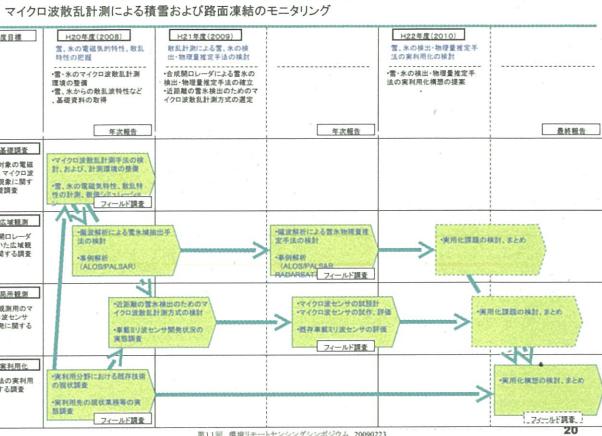
◆H22年度(2010年) … 雪、氷の検出・物理量推定手法の実利用化の検討
雪・氷の検出・物理量推定手法の実利用化構想の提案

第11回 増補リモートセンシングシンポジウム
第11回 増補リモートセンシングシンポジウム 20090223

19

マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結のモニタリング

3. ロードマップ



第11回 増補リモートセンシングシンポジウム 20090223

20

マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結のモニタリング

4. サクセスレベル

◆ミニマム・サクセス
… 積雪、水板・氷膜におけるマイクロ波散乱特性の把握
雪・氷のマイクロ波散乱計測環境の整備
雪、氷からの散乱波特性など、基礎資料の取得

◆ミッション・サクセス
… マイクロ波散乱計測による積雪、水板・氷膜の検出手法の確立
合成開口レーダーによる雪氷の検出手法の確立
近距離の雪氷検出のためのマイクロ波散乱計測方式の選定

◆フル・サクセス
… マイクロ波散乱計測による積雪、水板・氷膜の物理量推定手法の確立
合成開口レーダーによる雪氷の物理量推定手法の確立
近距離の雪氷検出のためのマイクロ波センサの試設計、試作・評価
冬期道路管理業務への実利用化構想の提案

◆エクストラ・サクセス
… 局所観測、広域観測の実利用化提案の具現化
冬期道路管理業務への各手法の実利用化構想の具現化

第11回 増補リモートセンシングシンポジウム
第11回 増補リモートセンシングシンポジウム 20090223

21

マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結のモニタリング

4. サクセスレベル



第11回 増補リモートセンシングシンポジウム 20090223

22

マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結のモニタリング

5. 研究課題マップ

研究課題を、以下の研究サブテーマ毎に整理する。

◆基礎調査

積雪、水板・氷膜の電磁特性、マイクロ波散乱特性の把握、および、計測システム(特に、野外計測)の具現化

◆SARによる広域雪水観測

偏波SAR解析による積雪、水板・氷膜の検出、定量的把握手法の検討

◆局所雪水観測センサの開発

近距離の散乱計測に適する方式の検討、および、具現化課題の抽出と対策の検討

◆冬期道路管理業務の路面状態監視への応用

マイクロ波散乱計測手法の実利用化における課題の抽出と対策の検討

また、これらをリモートセンシングの以下のプロセス単位に分類する。

◆検出対象 … 積雪、水板・氷膜による照射マイクロ波の散乱特性の把握

◆センサ … 積雪、水板・氷膜からの散乱マイクロ波信号の受信方式の検討

◆信号処理 … センサ出力信号の処理手法の検討

◆データ処理 … 信号処理データの解析、検出対象情報の抽出、物理量の推定手法の検討

◆実利用 … 実利用のための情報化の検討

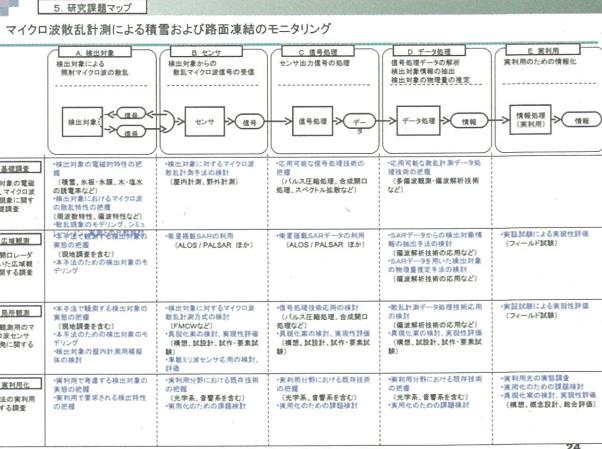
第11回 増補リモートセンシングシンポジウム

第11回 増補リモートセンシングシンポジウム 20090223

23

マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結のモニタリング

5. 研究課題マップ



第11回 増補リモートセンシングシンポジウム 20090223

24

マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結のモニタリング

6. 研究費概算

◆H20年度(2008年) 5,800千円
マイクロ波散乱計測機器、SAR観測データなど

◆H21年度(2009年) 3,800千円
マイクロ波散乱計測機器、電磁界解析ソフト、SAR観測データなど

◆H22年度(2010年) 4,500千円
センサ開発(設計・製作外注)、SAR観測データなど

第11回 舞鶴リモートセンシングシンポジウム
第11回 舞鶴リモートセンシングシンポジウム 20090223

25

6. 研究費概算			
マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結のモニタリング			
年度目標	H20年度(2008)	H21年度(2009)	H22年度(2010)
■実験費	■実験費による雪、氷の性質的特徴、軽量化の把握 ■雪、氷のマイクロ波散乱計測 ■雪、氷からの軽量化特性など ■基礎資料の収集	■散乱計測による雪、氷の挙動 ■物理量推定手法の検討 ■合成開口レーダによる雪氷の 反射率の雪氷挙動のためのマ イクロ波散乱計測方式の検定 ■年次報告	■雪、氷の挙動・物理量推定手 法の実用化の検討 ■雪、氷の挙動・物理量推定手 法の実用化検討の検査 ■年次報告
■年額	■合計 5,800千円	■合計 3,800千円	■合計 4,500千円
1. 設備費	■計測器(VNA) 3,500 ■計測制御用PC 100 ■電磁界解析ソフト 220 ■解像度測定用ICD 40 ■ブリッジ 60	■計測器(SG) 800 ■電磁界解析ソフト 850 ■解像度測定用ICD 30 ■ブリッジ 100	■計測器(FG) 600 ■計測機材(スリセラ等) 300
2. 消耗品	■実験材料費(ケーブル等) 650 ■データ購入費 54 ■データ販売料 54 ■整備料 20 ■文具等 100	■実験材料費(ケーブル等) 650 ■データ購入費 270 ■データ販売料 700 ■整備料 100	■実験材料費(ケーブル等) 500 ■データ購入費 135 ■データ販売料 30 ■文具等 100
3. 食費	■会議参加費 100 ■宿泊料 200	■会議参加費 150 ■宿泊料 200	■会議参加費 150 ■宿泊料 200
4. その他			■旅費 1,000 ■会議料 1,000 ■報酬 500
	■会員登録料 ■PC ■LAN端末		

第11回 舞鶴リモートセンシングシンポジウム 20090223

26

マイクロ波散乱計測による積雪および路面凍結のモニタリング



<http://www.cr.chiba-u.jp/index.html>
<http://weathernews.com/jp/c/>

第11回 舞鶴リモートセンシングシンポジウム
第11回 舞鶴リモートセンシングシンポジウム 20090223

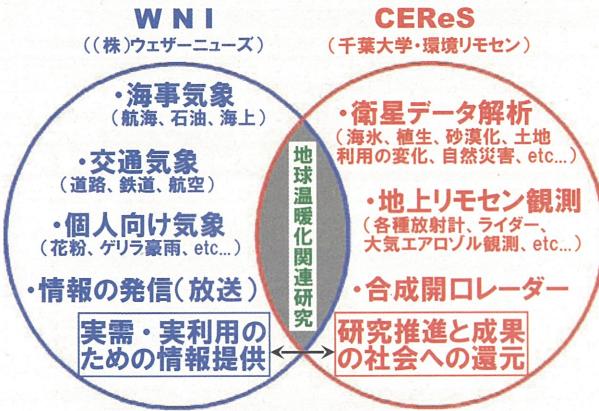
27

数値モデルの実利用と 地球温暖化研究

2009年2月23日

千葉大学
環境リモートセンシング研究センター
常松展充

産学連携研究 (WNI ⇄ CEReS)



研究テーマ — 温暖化への適応とその利用という視点から

- ① 海氷の減少に伴う北極海航路の利用。
- ② 雪氷リモセン(交通渋滞・CO₂排出の関係等)
→ 石橋先生、長先生 ⇒ 海事への実利用(開発や観測)



- ③ 数値気象モデルや各種リモセン観測データを利用した地球温暖化に関する研究。
→ 常松 ⇒ 温暖化に伴う大気環境の変化⁵

数値気象モデルの実利用

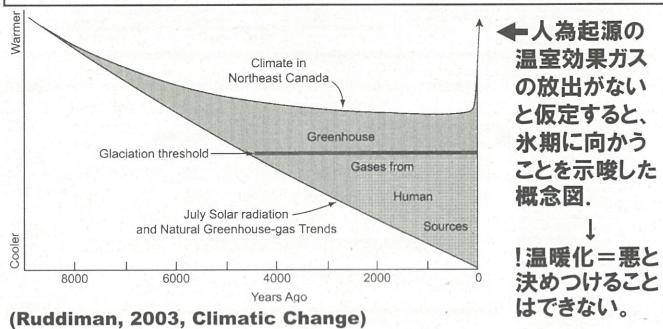
➤ WRF(Weather Research & Forecasting)モデルをはじめとするコミュニティ・モデル用いれば、個人レベルで気象予測、大気汚染物質の挙動の予測、観測データの同化などができる時代

➤ 数値モデルを実利用に活かしやすい。

- ・花粉の飛散
 - ・黄砂の飛来
 - ・火山灰の輸送
 - ・日々の天気
- 実需に応じた独自の分析や予報が可能。

本研究部門における温暖化研究のスタンス

● 地球温暖化に対するステレオタイプにとらわれず、むしろ温暖化を受け入れ、その適応策やそれを逆に利用することを視野に入れた研究も行う。

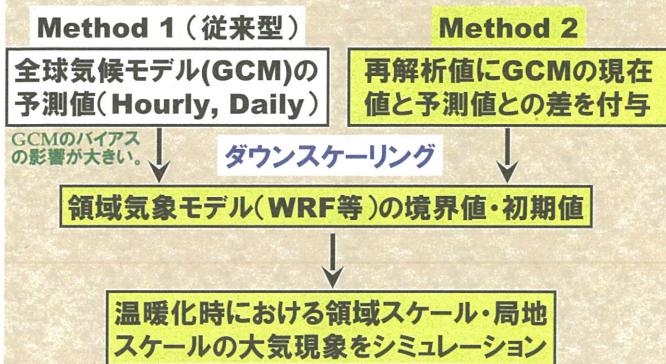


↓
! 温暖化 = 悪と決めつけることはできない。

数値モデルを用いた地球温暖化関連研究

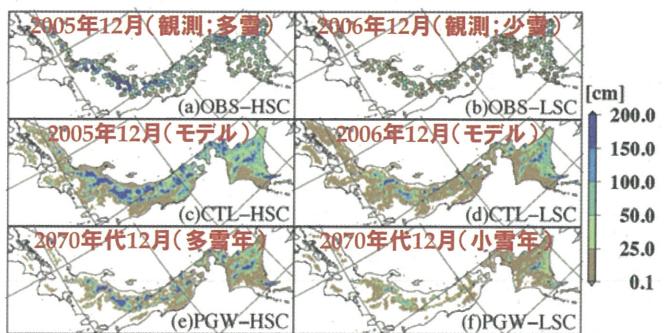
- 研究成果を温暖化への適応策につなげることを考えるなら、「温暖化したときに地域の大気環境がどう変わるか」を把握することが重要。
- そのための方法の1つとして、「擬似温暖化」による数値シミュレーションがあげられる。
- 全球気候モデル(GCM)の予測値を領域気象モデルへダウンスケーリング。
→ 温暖化すると地域・局地スケールの大気環境(物質循環を含む)がどう変化するか?⁶

擬似温暖化の方法



(Sato et al., 2007, JH を参考にして作成)

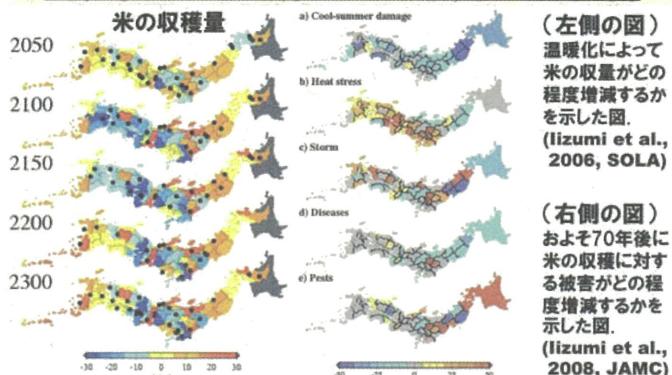
研究例1：温暖化時の日本国内の積雪



↑ 2070年代には積雪深がどの程度変わるか示した図。(Hara et al., 2008, HRL)

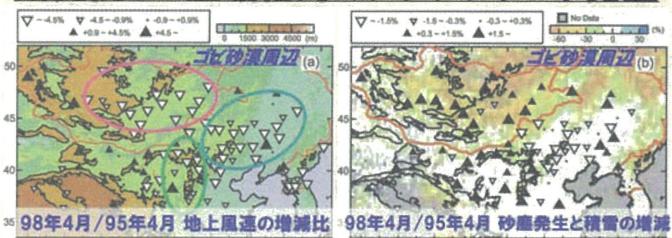
➤ 2070年代の多雪年で見ると、標高500m以上では依然

研究例2：温暖化による農業への影響



➤ 関東以西では収量の増減が不確定だが、東北以北では収量が増す予想。同時に、害虫被害等が増える可能性も。

研究例3：温暖化時のアジアンダスト発生

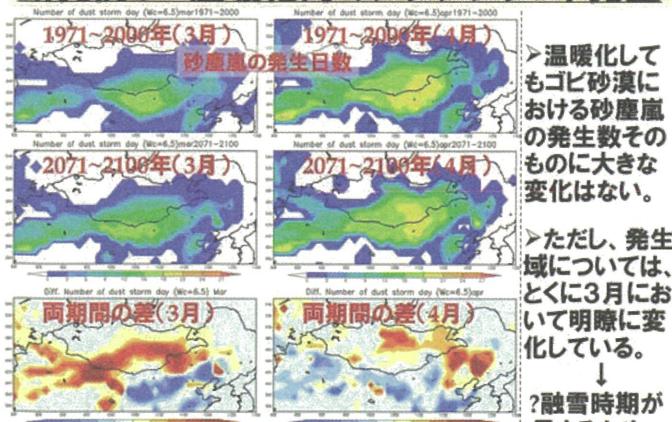


↑ 強風と砂塵発生と積雪との関係。(Kurosaki and Mikami, 2004, GRL)

➤ 砂塵の発生は主に地上の強風によって引き起されるが、地面が雪で覆われている場合には、それが抑制される。

➤ 温暖化によるゴビ砂漠周辺の積雪および砂塵発生

研究例3：温暖化時のアジアンダスト発生



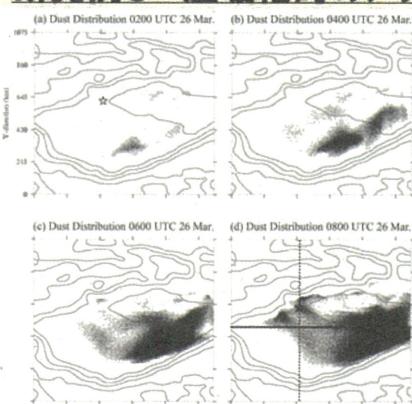
↑ 温暖化に伴う砂塵嵐の発生数と発生域の変化。(佐藤・木本, 2008, 気象学会予稿)

➤ 温暖化してもゴビ砂漠における砂塵嵐の発生数そのものに大きな変化はない。

➤ ただし、発生域については、とくに3月において明瞭に変化している。

↓
?融雪時期が早まるため

研究例3：温暖化時のアジアンダスト発生



➤ GCM予測値のダウンスケーリング

➤ ダウンスケーリングによる計算結果を移流拡散モデル等に入力し、温暖化時における砂塵嵐の発生に関するシミュレーション。

↑ タクラマカン砂漠における砂塵嵐の再現実験。(Tsunematsu et al., 2005, JGR)

研究テーマとしてあげられるもの

- 温暖化による雪氷への影響 → 交通・海事気象
- 温暖化による農業への影響 → 農業気象
- 温暖化による黄砂への影響 → 交通気象など
(韓国や中国)



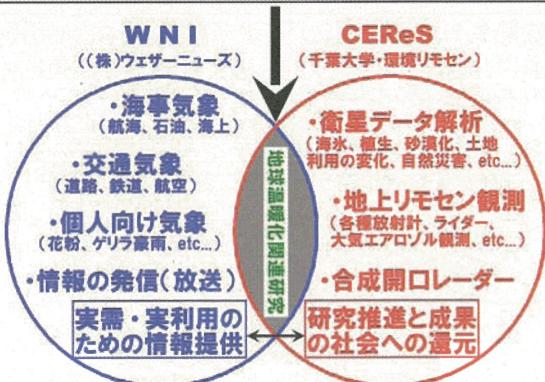
- ・重要な研究テーマであるが、今のところ先行研究が非常に少ない。
- ・アジアアストの発生や輸送に関しては自分が過去に研究した分野。
- ・CEReSのノウハウを活用できる可能性が高い。
- ・WNIの黄砂予報に活かせる可能性がある。

温暖化への適応策につながるような
大気環境研究を行いたい。

13

産学連携研究 (WNI ⇌ CEReS)

他研究機関の方々からの御協力(ノウハウの提供)



一般研究

ジャカルタの旧版地図を用いた 都市の発達過程

2009年2月23日
千葉大学第11回環境リモートセンシングシンポジウム

吉越昭久(立命館大)・香川雄一(滋賀県立大)・加藤政洋(立命館大)・谷口智雅(立正大)・安達一(JICA)・鈴木和哉(JICA)・山下重紀郎(酪農学園大)・一ノ瀬俊明(国環研)・井上学(平安女学院大)・白迎弘(東北公益文科大)・片岡久美(筑波大)・遠藤崇浩(地球研)・白木洋平(地球研)・戸所泰子(立命館大院)
Josaphat Tetuko Sri Sumantryo(千葉大)

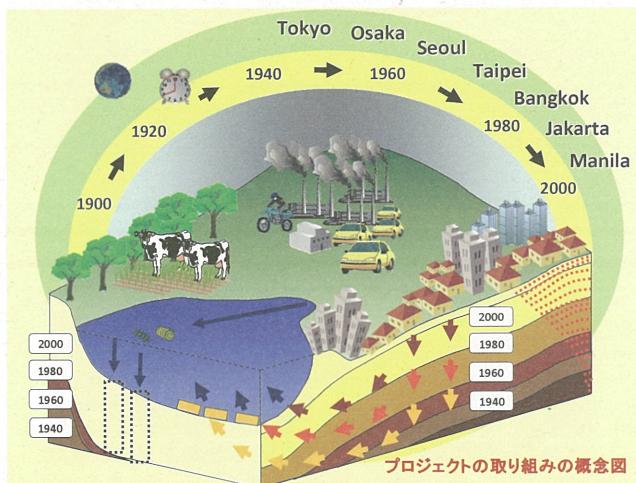
研究の目的と背景

・研究の目的

旧版地図を利用して、ジャカルタの都市の発達過程を明らかにすること。

・研究の背景

総合地球環境学研究所の「都市の地下環境に残る人間活動の影響」プロジェクトの一環として本研究を実施中。



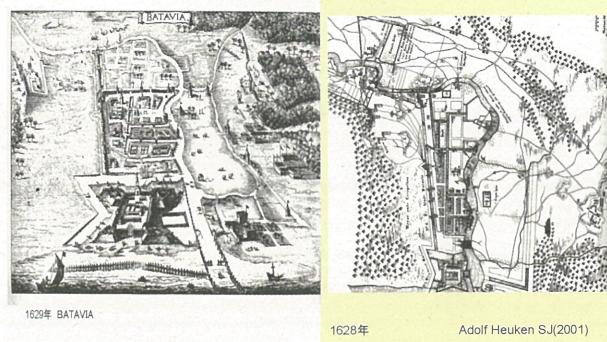
ジャカルタの都市としての起源

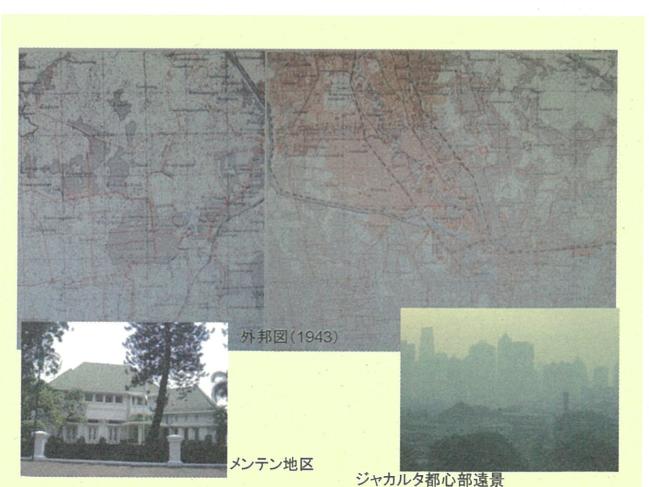
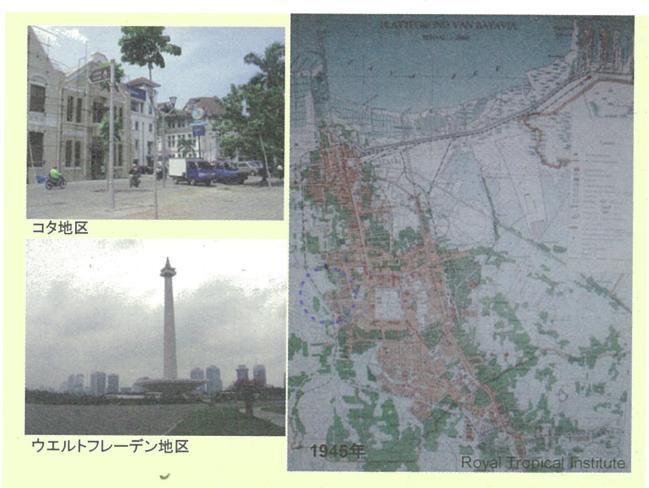
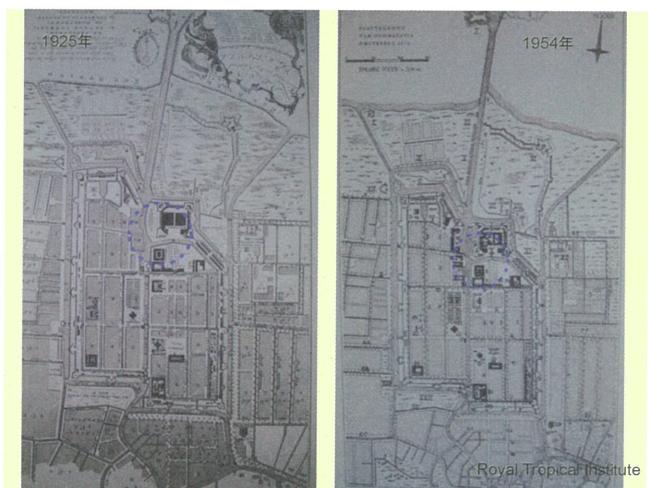
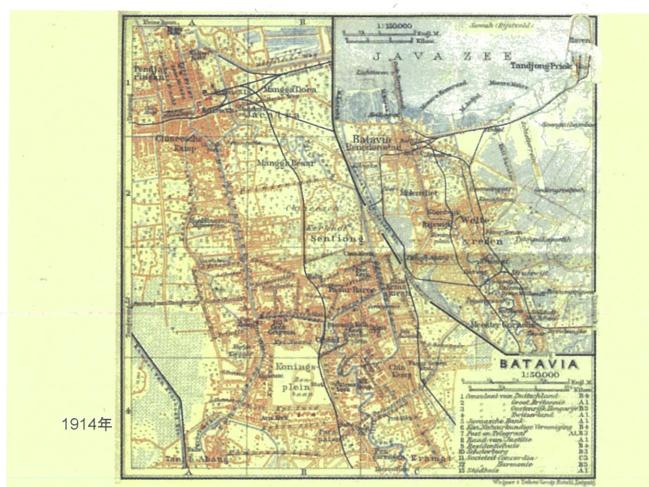
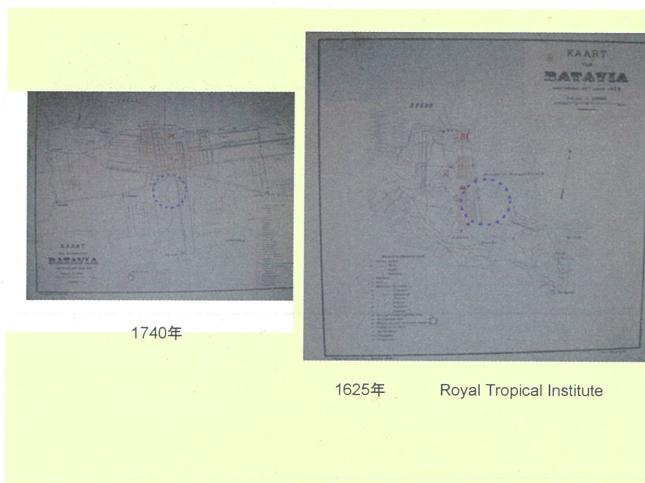
- ・パジヤジャラン王国の外港(スンダクラバ)の建設が起源
- ・現代に繋がる都市は、1619年のオランダ東インド会社の占領によって造られたバタビアがもととなる。
- ・**その頃の地図(絵)**: 1628年、1629年の様子: 河川・運河・城壁・格子状道路・行政施設・住宅などがみられる。

研究の経緯と方法

- ・**旧版地図**: 現在の地形図が作成される以前の旧宗主国・統治国などが作成した地図、およびそれ以前の絵図など。(外邦図などを含む)
- ・**旧版地図の収集**: 日本の大学・図書館・政府関連機関・インドネシア政府など
- ・**補足**: 地形図・空中写真・ランドサット画像などでの現地調査での補足
- ・**研究の方法**: 時系列的に並べた旧版地図から、都市の発達過程を求める。

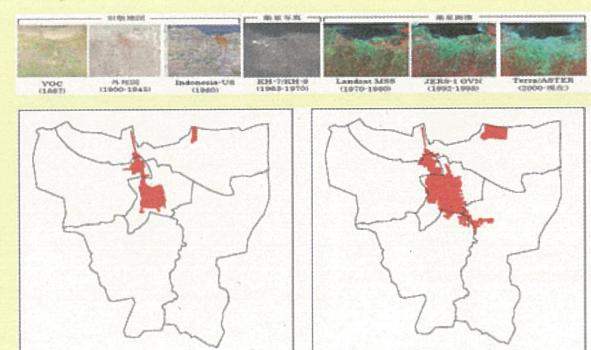
都市の発展過程 (旧版地図の図示)



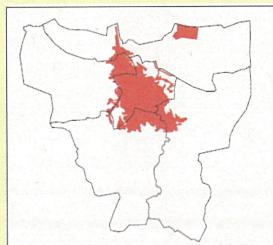


都市の発展過程 (3パターン)

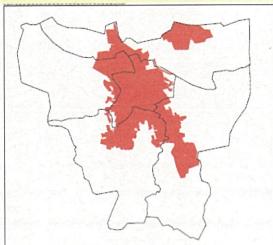
- ①密林→砦・囲郭都市→都市包含（「コタ地区」）
- ②密林→農園→農園→新都心→都市包含（「ウェルトフレーデン地区」）
- ③密林→密林→農園→農園→新都心→都市包含（「クバヨラン・バル地区」）



J. Tetuko, S. S.

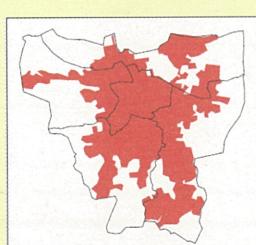


Indonesia – US
Joint Mapping 1950

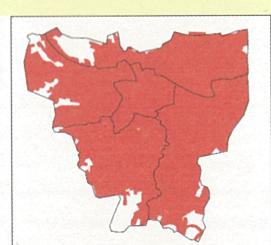


KH-7/Gambit
19670526

J. Tetuko, S. S.



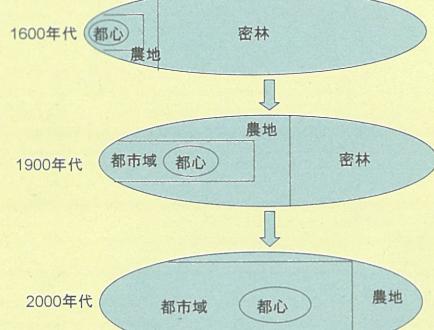
Landsat MSS
19760621



Landsat TM
19890503

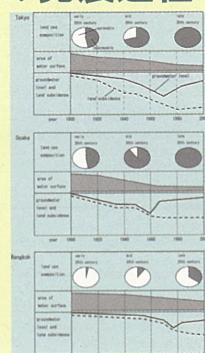
J. Tetuko, S. S.

ジャカルタの都市発展モデル



アジア諸都市の発展過程

- ・東京・大阪・バンコクとの比較
- ・ジャカルタの位置づけ



最新アルゴリズムによるAMSR-E土壌水分推定値の検証・評価

開発一郎(広島大学)・秋山豊平(広島大学)・小池俊雄(東京大学)
藤井秀幸(JAXA)・近藤明彦(千葉大CEReS)

1. 背景
2. 検証方法
3. 結果
4. おわりに

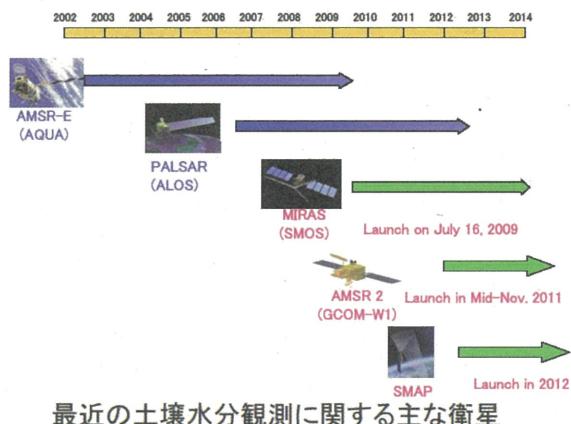
CEReS, Feb. 23, 2009

背景

○ 地球規模での気候変動研究および水・エネルギー循環研究には衛星リモートセンシングが有効

○ 2002年5月にAMSR-E(Advanced Microwave Scanning Radiometer for EOS)搭載の衛星AQUA(EOS-PM1)が打ち上げられ、現在も順調に稼働している。

○ 2009年以降も土壌水分測定の衛星の打ち上げが予定されている。



最近の土壌水分観測に関する主な衛星

Center Frequency (GHz)	6.925	10.65	18.7	23.8	36.5	89. A	89. B			
Band Width (MHz)	350	100	200	400	1000	3000				
Polarization	Vertical and Horizontal									
3dB Beam Width (deg.)	2.2	1.5	0.8	0.92	0.42	0.19	0.18			
IFOV (km)	43×75	29×51	16×27	18×32	8.2×14.4	3.7×6.5	3.5×5.9			
Sampling Interval (km)	9×10				4.5×4	4.5×6				
Temperature Sensitivity (K)	0.34	0.7	0.7	0.6	0.7	1.2	1.2			
Incidence Angle (deg.)	55				54.5					
Dynamic Range (K)	2.7 - 340									
Swath Width (km)	Approximately 1450									
Integration Time (msec)	2.5				1.2					
Quantization (bit)	12	10				1.5				
Scan Cycle (sec)										



AMSR-Eの仕様

目的

- ① AMSR-Eの最新アルゴリズム(Koike 5.53 ver.)の検証
- ② AMSR-E土壌水分プロダクト(ver. 6.0)の評価

植生層放射伝達モデル

放射伝達方程式

$$T_b = \exp(-\tau_c) \cdot E_s \cdot T_s + [1 - \omega_c][1 - \exp(-\tau_c)]T_c + \text{(植生層の反射項)}$$

T_b : マイクロ波放射輝度 (衛星で観測)

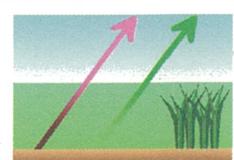
τ_c : 植生層の光学的厚さ (測定周波数波長と植物水分量の関数)

E_s : 土壤放射率 (土壤水分に依存)

T_s : 地表面土壤温度

ω_c : 単一散乱アルベド (= 0と仮定)

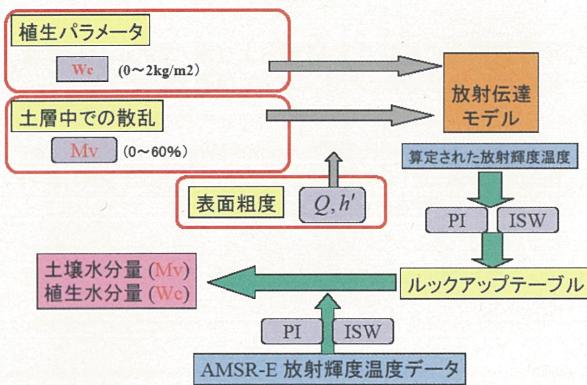
T_c : 植生層物理温度



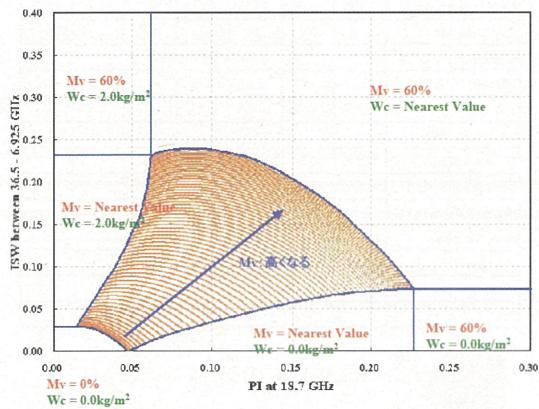
上式右辺第1項：植生層による地表面放射消散

上式右辺第2項：植生層自体からの上向き放射

土壤水分アルゴリズム



ルックアップテーブル(適用条件: 体積土壤水分60%、植物水分量2.0kg/m²以下)



ISWとPIの二つの指標について

Index of Soil Wetness(土壤水分指標): ISW

$$ISW = \frac{Tb_i - Tb_j}{\gamma_2(Tb_i + Tb_j)}$$

高周波数 小, $e \rightarrow$ 大
低周波数 大, $e \rightarrow$ 小

ISWは土壤水分が多いほど大きくなる
(Γ : Fresnel電力係数(粗度の影響を受けている))

使用周波数 低：6GHz H偏波
高：37GHz H偏波

$$PI = \frac{Tb_V - Tb_H}{\sqrt{2}(Tb_V + Tb_H)}$$

輝度温度 = 放射率 × 物理温度

使用偏波 18GHz H-V偏波

旧アルゴリズムとの相違点

✓ 植生層の反射を考慮

- ✓ 0.05度グリッド・8日間隔平均の植被率(f_c)データセットの改良($f_c = [(NDVI - NDVI_{min}) / (NDVI_{max} - NDVI_{min})]^2$, max: $f_c = 100$, min:裸地, Terra/AQUA MODIS Vegetation Indicesを利用)
 - ✓ Terra/AQUA MODIS Vegetation Indicesの植生指標EVIが0.5を超える場合は土壤水分推定を行わない。

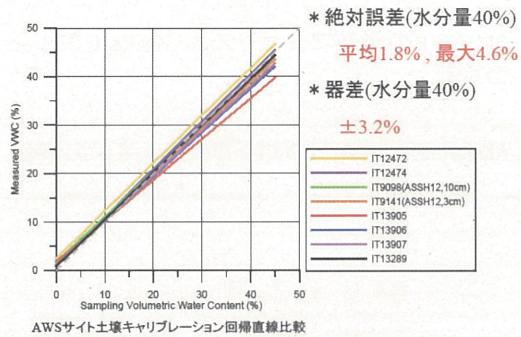


TRIME-ITキャリブレーション結果

* 絶対誤差(水分量40%)

平均1.8%，最大

器差(水分)



地上検証のためのデータ

$$VWC_{area} = \frac{SM_{ASSH01} + \dots + SM_{ASSH12} + SM_{BTS} + SM_{DGS} + SM_{DRS} + SM_{MGS}}{n}$$

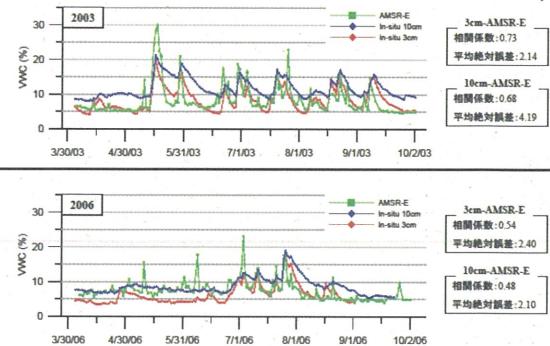
VWC_{area} : 面積水分量(%)
 SM_s : 地点sにおける土壤水分(%)
 n : データの得られているステーションの数

■地上検証の際、観測データを空間的に平均して捉える

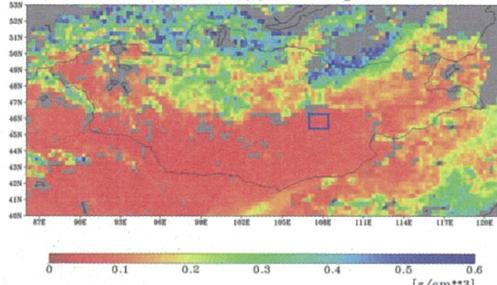
$$P_{area} = \frac{P_{BTS} + P_{DGS} + P_{DRS} + P_{MGS}}{n}$$

P_{area} : 面積降水量(mm)
 P_s : 地点sにおける降水量(mm)
 n : データの得られているステーションの数

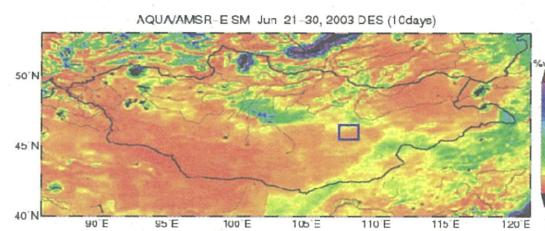
衛星観測-地上検証 データ比較



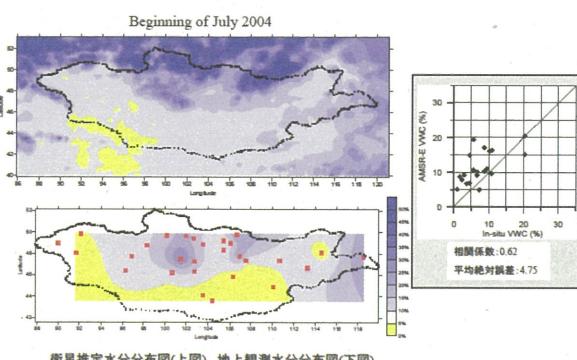
Aqua AMSR-E Soil Moisture (Koike V4.00)
2003-07-(3) Descending



モンゴル国とその周辺のAMSR-E土壤水分推定
(Koike ver. 4)



モンゴル国とその周辺のAMSR-E土壤水分推定
(Koike ver. 5.33)

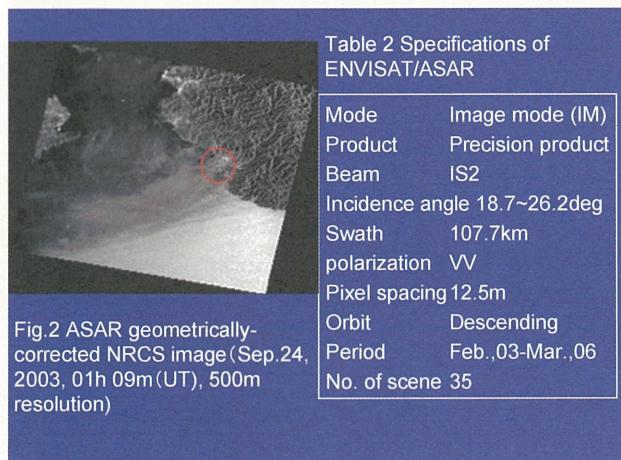
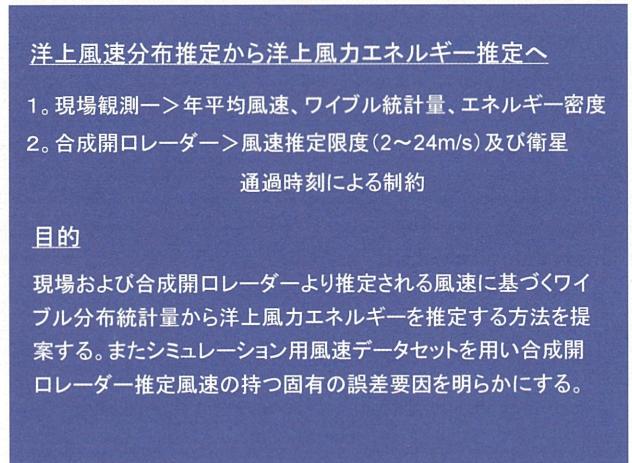
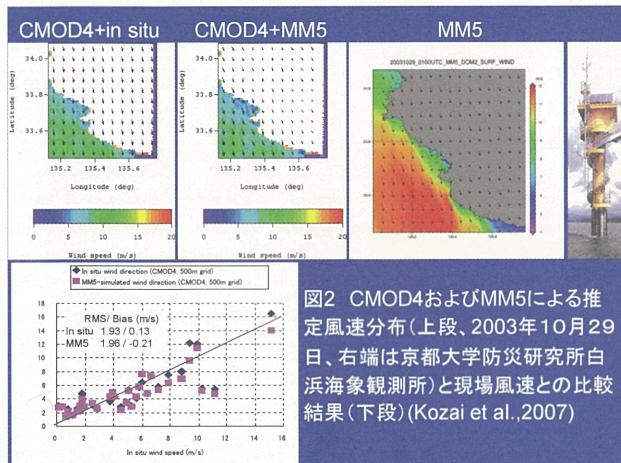
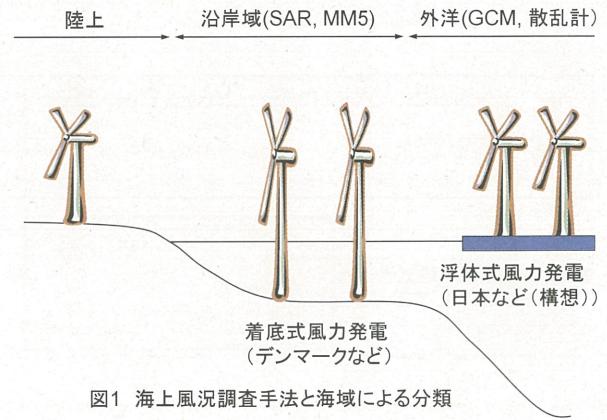
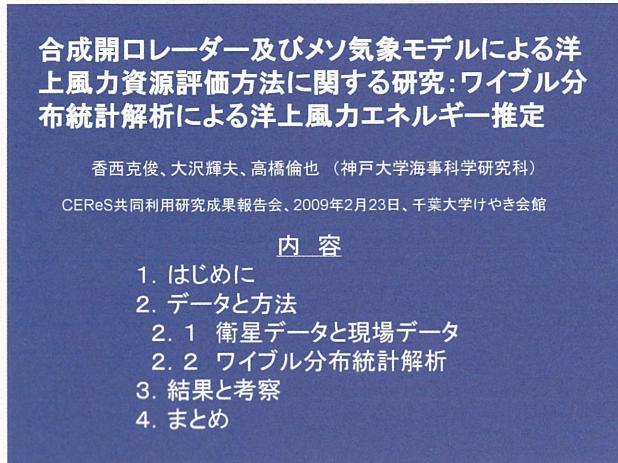


NAMHEMデータによるAMSR-E土壤水分
プロダクト(ver. 6)の評価

おわりに

✓ AMSR-E土壤水分アルゴリズム(Koike ver. 5.33)の検証は良好であった。

✓ 広域土壤水分としてのAMSR-E土壤水分プロダクト(ver. 6)の評価は高い。



ワイブル分布パラメータとそれらに基づく統計モデル

$$\text{ワイブル確率密度関数 } f(v) = \frac{k}{A} \left(\frac{v}{A}\right)^{k-1} \exp\left(-\left(\frac{v}{A}\right)^k\right)$$

但し v は風速、 k は形状パラメータ、 A は尺度パラメータを表す。

$$\text{ワイブル平均風速 } V_m = \int_0^{\infty} v f(v) dv \rightarrow V_m = A \Gamma(1 + \frac{1}{k})$$

$$\text{利用可能エネルギー密度(W/m}^2\text{)} P_v = \frac{1}{2} \rho_a v^3$$

$$\text{すべての風速域に対するエネルギー密度 } E_d = \int_0^{\infty} P_v f(v) dv \rightarrow E_d = \frac{\rho_a A^3}{2} \Gamma(1 + \frac{3}{k})$$

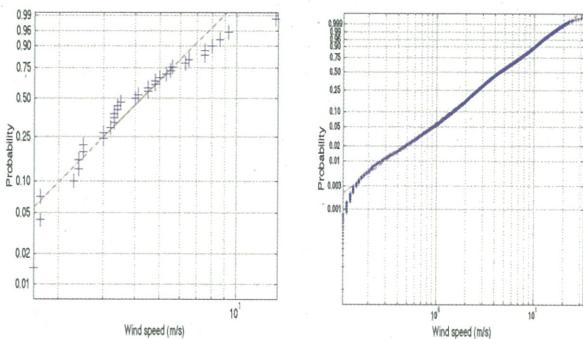
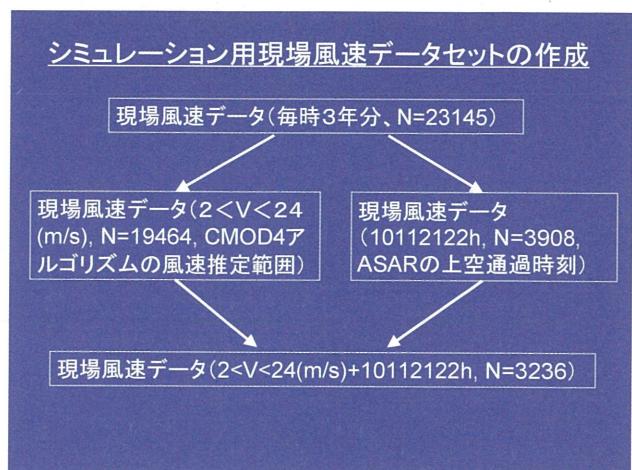
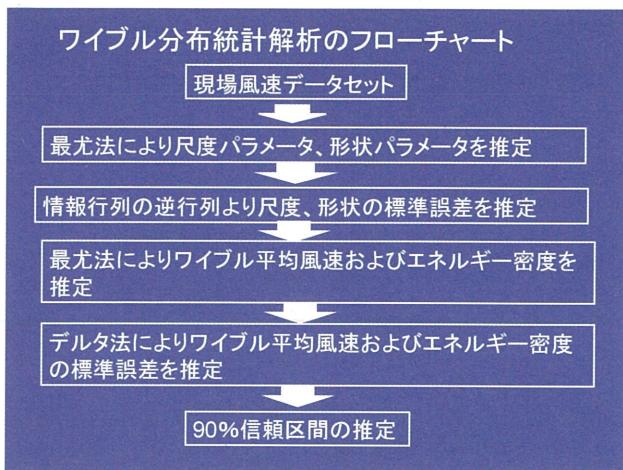


図4 白浜における現場風速(右:データ数23145)およびASAR推定風速(左:データ数35)に基づくワイブル確率プロット

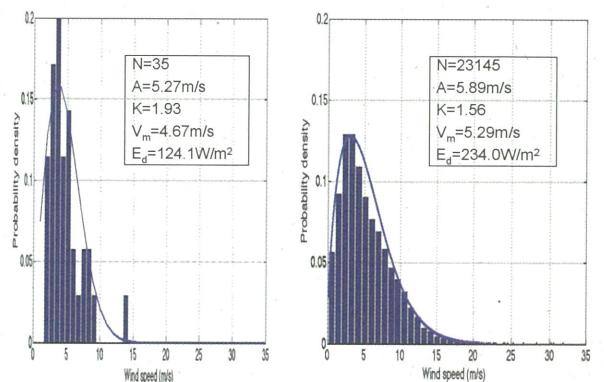


図5 現場およびASAR推定風速に基づくヒストグラムと確率密度関数(右:現場風速、左:ASAR推定風速)

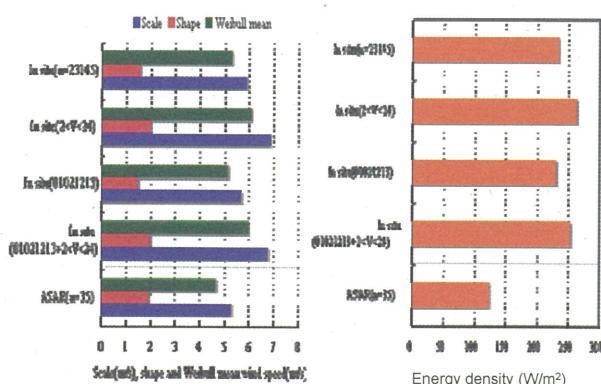


図6 現場風速およびASAR推定風速に基づくワイブル統計量の比較
(左:尺度、形状、ワイブル平均、右:エネルギー密度)

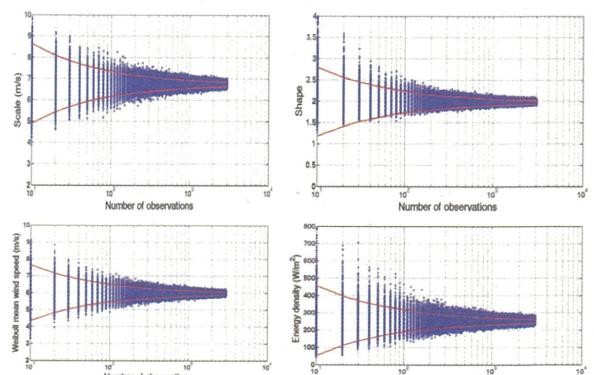


図7 データ数(横軸)に対して1000回ランダムにサンプリングされた風速値(2<V<24(m/s)+10112122h)に基づくワイブル分布統計量と風速、エネルギー密度(赤線は90%信頼区間の上限と下限, N=3236)

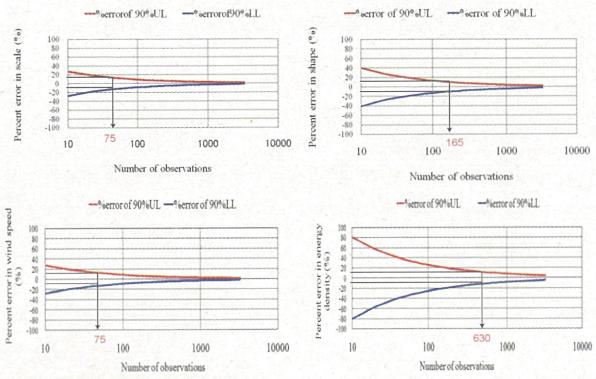


図8 ワイブル統計量と風速、エネルギー密度推定量の10パーセント誤差と90%信頼区間に相当するデータ数(N=3236, 10112122+2<V<24)

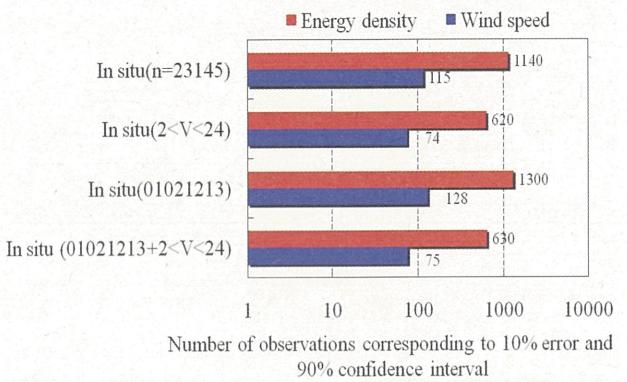


図9 風速およびエネルギー密度の10%誤差および90%信頼区間に相当するデータ数(シーン数)

まとめ

- ASARの上空通過時刻および風速推定アルゴリズムの制約を考慮した現場風速データに基づく新たな風速データセットを作成し、ワイブル分布統計モデルを用いた尺度、形状、ワイブル平均風速およびエネルギー密度の推定及び標準誤差の推定を行った。
- ASAR(N=35)および現場風速データセット(N=23145)に基づくワイブル平均風速には大きな差は見られなかったが、エネルギー密度推定量では2倍近い差を示した。これはエネルギー密度が風速の3乗に比例するためと考えられる。
- 合成開口レーダーによる風速推定限度がエネルギー密度推定に関して過大評価、衛星通過時刻が過小評価する傾向が明らかになった。
- 90%の信頼区間および推定量の10%誤差に対応する観測データ数は風速推定において74~128(シーン)、エネルギー密度推定において620~1300(シーン)となった。これらの値は今後の合成開口レーダーおよび現場データを組み合わせた洋上風力エネルギー推定における誤差を評価する基準になるものと考えられる。

謝 辞

本研究は欧州宇宙機関(ESA)との共同研究プロジェクト(Offshore wind resource assessments using SAR and MM5 over Japanese coastal waters, C1P4068)に基づき、ENVISAT/ASARデータを取得した。本研究は京都大学防災研究所との共同研究による成果である。本研究は平成20年度文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(B)(一般)「合成開口レーダー及びメソ気象モデルを用いた洋上風力資源調査手法の開発」課題番号19360406)及び若手研究(A)「洋上風力発電に關わる気象研究拠点としての風況モニタリングステーションの開設」課題番号19686052の支援を受けた。

GPS and SAR offset displacements from Sumatra-Andaman Earthquake Mw 9.2
on December 26, 2004

Ashar Muda Lubis and Nobuhiro Isezaki

Geophysics Laboratory Faculty of Science Chiba University, Chiba, Japan

Tel: +81-43-290-2854, Fax: +81-43-290-2859

E-mail: asharml@graduate.chiba-u.jp

Abstract— The Sumatra-Andaman eathquake, the epicenter about 163 km western part of Sumatra island, occurred on Decemeber 26, 2004 at 7:58 a.m. local time. The magnitude of the earthquake was 9.1 on the moment magnitude scale and became one of the largest magnitude of the earthquake in world. We use the benefit tools of Amplitude Matching Pixel of Synthetic Aperture Radar (SAR) data to make a rough estimation of crustal displacement associated with this earthquake. Fours of C- band synthetic aperture radar (SAR) images acquired by ERS-2 synthetic aperture radar instrument are analysed. We processed raw SAR data to produce SLC (Single Look Complex) and to obtain offset displacement. We also processed daily GPS observation data to estimate the coordinate of GPS sites in ITRF2000. The results of offset SAR displacement show that maximum displacement in northren part Sumatra Island is 4-6 meters. We found in SAMP station, located 330 km from epicenter, which coseismic step is 144 cm from east to west direction. In north site such us in BNKK, PHKT, CPN1, ARAU, IPOH, BEHR and KUAL coseismic displacement detected well by this method, and almost these site moves to epicental direction. Generally our result agrees well with long span GPS observation.

Key words: Sumatra, offset, SAR, displacement

1. Introduction

The Sumatra-Andaman earthquake, a devastating earthquake, occurred in Indian ocean at western of Sumatra Island on 07:58:53 LT December 26, 2004 which has magnitude originally recorded as Mw 9.2, lately upgraded to 9.3 (**Stein and Okal, 2005**). The hypocentre of the main earthquake was at $3^{\circ}19'N$ $95^{\circ}51.24'E$, approximately 160 km west of Sumatra, at a depth of 30 km below mean sea level (see Figure 1). Unfortunately the earthquake was followed by tsunami. It was reported that the tsunami made landfall within 10-15 minutes, run-up heights of over 30 m in Banda Aceh (**Guy, 2005**). Run-up heights of more than 10 m were also documented in Thailand (12.14 m) and Sri Lanka (11 m). Documented fatalities eventually exceeded 283,000 with the heaviest losses concentrated along the west coast of Sumatra, but more than 40,000 were also accounted for on distant shores around the Indian Ocean. More than 1 million people were displaced (**USGS, 2007**).

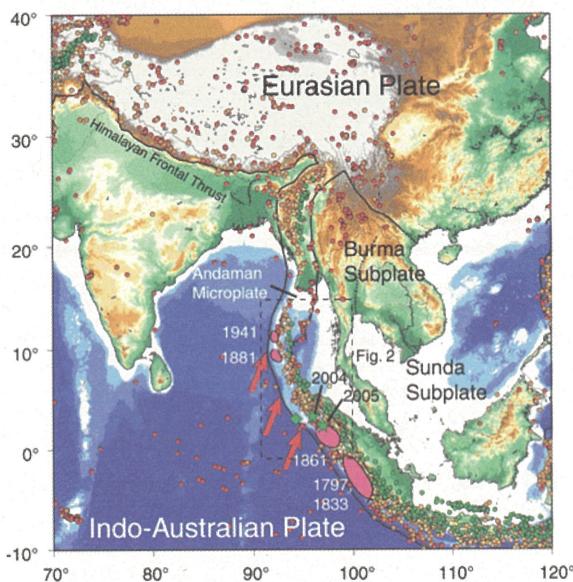


Figure 1. History earthquake in Sumatra-Andaman region, Green star is the epicenter of 2004 and 2005 event

Many Scientists have been analyzing the size of the earthquake, slip, duration, speed, and spatial rupture extent and tsunami generation. Such as **Tobita et al., (2005)** measured displacement generated by the earthquake using Synthetic Aperture Radar (SAR) images, but this method measures just vertical displacement and cannot yield quantitative value of displacement. In this paper we try to calculate horizontal displacement associated with the earthquake using amplitude offset SAR Analyzes (SAR matching image) (**Tobita et al., 2001; Pathier et al., 2006**), and map vector displacement around the epicenter of the earthquake. We processed also GPS data to recognize the spatial crustal displacement due to Sumatra-Andaman earthquake.

2. Data dan method

2.1 SAR data

In order to estimate crustal displacement related to the Sumatra-Andaman earthquake, we use radar imagery data (see Table 1) collected by the C-band (5.2 GHz) SAR instruments aboard the ERS-2 satellite. The SAR data which are acquired on 2002 and 2005 covers area around north of Sumatra Island (Figure 2). The raw signal data are processed using a commercial software GAMMA SAR processor whose output consists of a signal that is a measure of the complex backscatter of a patch on the ground delayed by the travel time of the signal from sensor to target and back.

Table 1. SAR data used for monitoring crustal displacement in the north of Sumatra Islands.

Location	Master	Slave	Perpendicular Baseline (m)	Period (days)
Location 1	2002/11/12	2005/01/25	57	1109
Location 2	2002/11/28	2005/01/06	310	1074

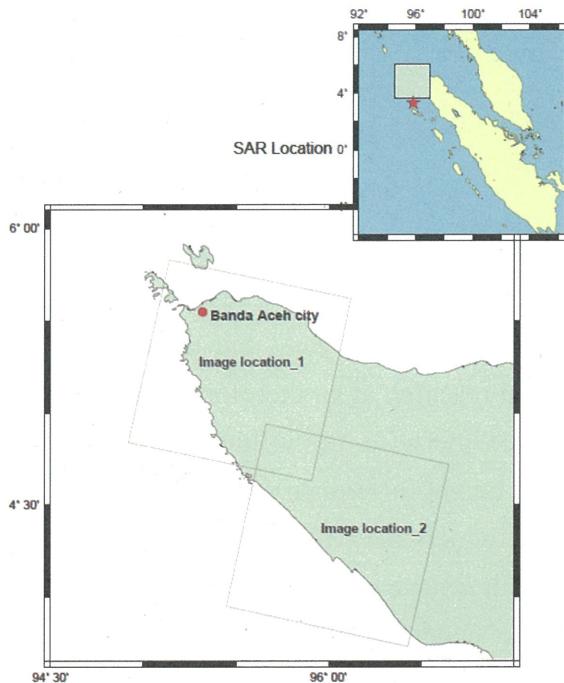


Figure 2. SAR images location in the north of Sumatra islands

The displacement field can be measured via incoherent or coherent cross-correlation of small image chips. This method has the advantages that it does not require phase unwrapping. In cases where there is some degree of interferometric coherence between data acquisitions, the single-look complex (SLC) image speckles themselves give features that can be accurately tracked. This method is complimentary to the phase-based approach since it works well with the large displacements. Furthermore, image cross-correlation measurements yield the two-dimensional displacement field while measurements of the phase yield deformation only along the line-of-sight. Accuracy of the cross-correlation method is dependent on the scene content, and image chip size. This method has been successfully

applied by Michel et al., (1999a and 199b); Tobita et al., (2001) and Pathier et al., (2006). Basic Idea of measuring pixel offset from two SAR images is illustrated in Figure 3. In this method, using two SAR images, only use amplitude SAR image from SLC image (not phase, not interferometry), we try to find better window size of cross-correlation between master and slave image to improve SNR.

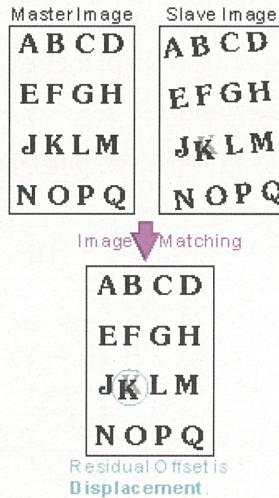


Figure 3. Schematic of basic idea measuring offset displacement from SAR image. The residual offset in K letter means ground displacement related to the earthquake.

In general this method is very easy, but distortion due to topography on the radar images must be intensive in research area, therefore slave SLC must be precisely transformed to a master SLC geometry. Otherwise, the influence due to the difference of the observation geometry including terrain height difference must be quite big, and the "offset" that I want to know will be very small, which may be less than 1/10 of the offset due to observation geometry difference between a slave and a master, so the new slave image which is registered to master image should be generated then the geometry both master and slave registered almost same. The procedures to product the new slave image can be seen in Figure 4. In this procedure the Digital Elevation Model (DEM) data are needed. I mosaic the SRTM with resolution 90 m to produce terrain height data.

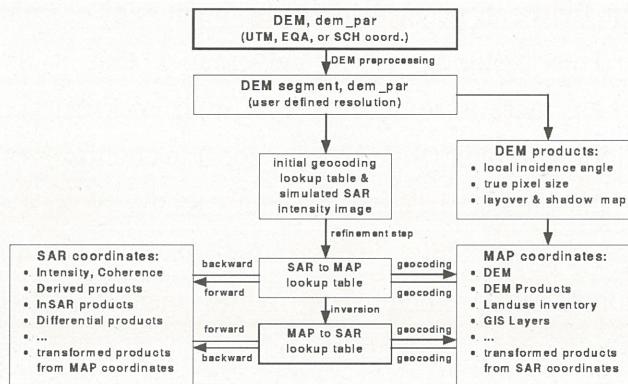


Figure 4. The procedure for generating new slave image registered to master image.

Since the new slave image is obtained the calculation for measuring offset displacement can be done as follow:

The first method to estimate the range and azimuth registration offsets filed of two SAR images is the intensity tracking, known as cross correlation optimization procedure (**Helmut et al., 1998; Gary and Mattar, 2000**). The offsets are generated with a normalized cross correlation of image patches of detected real-value SAR intensity image. The success of this method for the local image offset depends on the presence of nearly identical feature in two SAR image at the scale of the employed patches. When coherence is retained, the speckle pattern of the two images is correlated, and intensity tracking with small image patches can be performed to remarkable accuracy. Incoherent intensity tracking is also feasible but requires large images patches. In order to increase the estimation accuracy, oversampling rates are applied to image patches, and a two-dimensional (2-D) regression fit to model the correlation function around the peak is determined with a four-point interpolation. The location of the peak of the 2-D cross-correlation function yields the image offset. Confidence in the offset estimate is measured by comparing the height of the correlation peak relative to the average level of the correlation function to supply a correlation signal-to-noise ratio (SNR). Coarse information on slant-range and azimuth offsets is used to guide the search of the cross-correlation maximum. For the present study with ERS-2 data, I systematically used patch size 128 x 128 single look pixels.

The second, coherence tracking, a method of measuring the offset between SAR images complementary to the intensity tracking is the coherence tracking, also known as the fringe visibility algorithm or coherence optimization procedure **Derauw, (1999)**. Throughout the SLC SAR images, small data patches are selected; a series of small interferogram with changing offset is constructed; and coherence is estimated. The location of the coherence maximum is determined by subpixel accuracy by oversampling the single-look complex SAR image patches with zero padding and by using 2-D regression function to model the coherence peak with four-point interpolator. The magnitude of the coherence maximum relative to the average level is used as a quality factor to help reject unsuitable patches. Coarse information on the slant-range and azimuth offsets is used to guide the search for coherence maximum.

2.2 GPS data

In order to measure coseismic deformations associated with the megahurt Sumatra earthquake on December 26, 2004, we analyze continuous GPS data in and around Indonesia. We use 2 IGS stations both NTUS site which located in Singapore, Sunda shelf, epicentral distance ~905km and BAKO site located at Cibinong, western Java Sunda shelf, epicentral distance 1636 km. The closest one continuous station in our investigation is SAMP at Sampali Medan with distance 328 km from epicenter. We include GPS data from Phuket (PHKT), Chulalongkorn University (CPN1) and Bangkok (BNKK). GPS data at ARAU, BEHR, IPOH and KUAL sites from Malaysia Peninsula also were included in our analysis.

3. Discussion and conclusion

The result of offset horizontal displacements from in location 1 is shown in Figure 5. The maximum displacement is about 3-4 meters and the amplitude of offset displacements decreases gradually with increasing distance from epicenter. In northern part of SAR image on location 1 shows us that displacement less than error of offset measurement. For validation, We compare this result with displacement obtained from long span GPS observation (**Subarya et al., 2006**) GPS displacements (see Figure 6) were obtained from measurements collected one month or more after the earthquake, compared to measurements collected during various surveys between 1991 and 2001. They obtained that the maximum horizontal GPS displacement in location SAR image 1 is 3.63 - 3.71 meters.

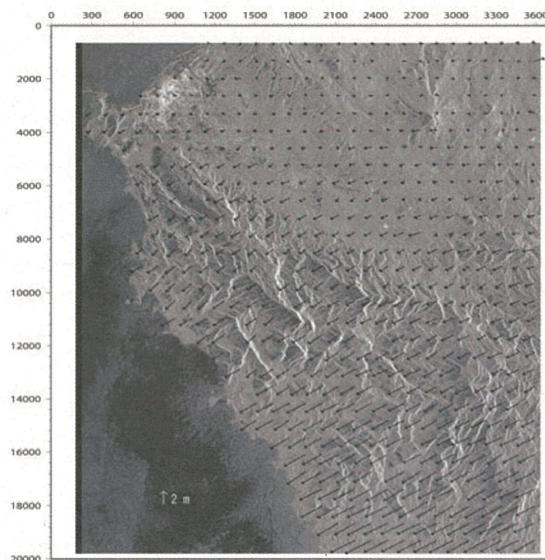


Figure 5. Horizontal displacement in the north of Sumatra islands (SAR image location 1) associated with megahurst Sumatra-Andaman earthquake December 26, 2004

The maximum offset displacement from pair SAR image location 2 is 5-6 meters (Figure 7). The average of offsets horizontal displacement is about 3 meter. Unfortunately there is no GPS data available in this research area. The closest GPS observation to SAR image in location 2 shows that horizontal displacement is about 3.20 meter (**Subarya et al., 2006**). In the southern part of SAR image location (Simalue Island) which is very close to epicenter of the earthquake, the displacement from GPS observation reaches to 5.8 meter. In general the horizontal displacements derived from SAR Amplitude offset both in SAR image location 1 and location 2 are good agreement with GPS observed by **Subarya et al., (2006)**

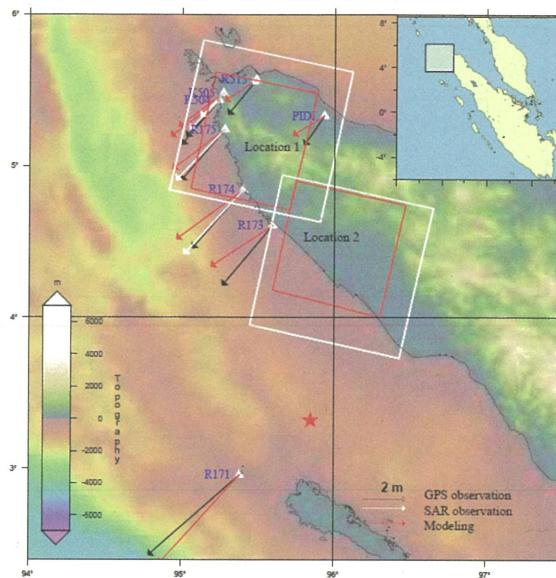


Figure 6. Crustal displacement related to Sumatra-Andaman observed by long term GPS observation, SAR observation and smodeling adopted from **Ashar et.al in preparation**, GPS data from **Subarya, et al., (2006)**

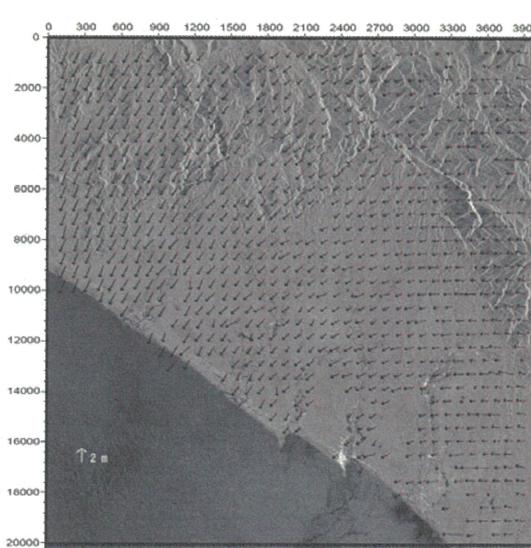


Figure 7. Horizontal displacement in the north of Sumatra islands (SAR image location 2) associated with megahurst Sumatra-Andaman earthquake December 26, 2004

The GPS observation shows the change in W-E component, N-S component and Up-down component. We found that coseismic step of about 144 mm in the E-W component of SAMP in Sumatra on December 26, 2004 (Figure 8). Coseismic step of 10 mm is also can be seen in the S-N component.

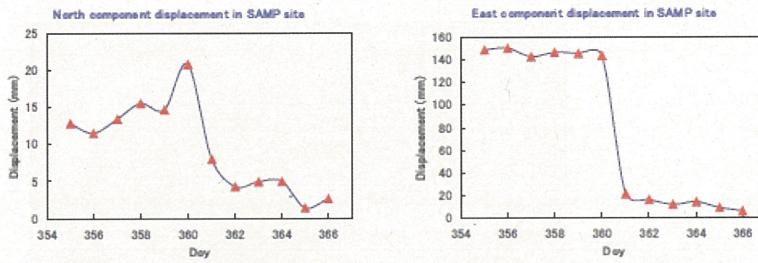


Figure 8. Figure 2. Temporal variations in coordinates of SAMP in Sumatra

Coseismic step is recognized in the E-W component of PHKT in Phuket on December 26 around 249 mm, -106 mm in N-S component (Figure 2). We also found that in ARAU site, located Malaysia peninsula moved coseismically by 144 mm the west and by 35 mm to the south (Figure.3). The site CPN1, BERH, IPOH and KUAL was moved significantly by the earthquake. Although we can see a difference in both the E-W and N-S component of SAMP, PHKT, ARAU, LNNG, CPN1, BERH, IPOH and KUAL around the south of Thailand, Malaysia and Sumatra Island, before and after the main shock, we still need data for the much longer period in enhance our calculation and to investigate whether the foreshock occurred or not. The GPS data aftershock also needed in order to estimate postseismic extension and direction due to after main shock many big earthquake occurred such us Mw 8.9 Nias Earthquake on March 28, 2005.

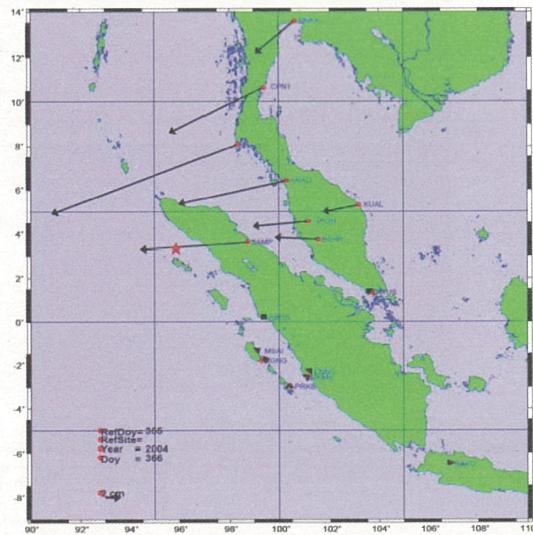


Figure 9. Coseismic horizontal displacements obtained as the difference between averages during two periods of 355 day and 366 day of 2004. Red star mark is epicentere of Sumatra-Andaman earthquake 2004

We simply calculate averages of horizontal coordinates of these stations before and the after the main shock and obtain coseismic displacement by taking differences of them (Figure 9). BNKK is the farthest station that observed coseismic deformation since the epicentral distance is over 900 km. On the other hand, SAMP is located about 330 km east of

the epicenter. We think that the observed displacement of 144 mm (W-E displacement) is accurate compare to **Catherine. J.K et al., (2005)**, who observed GPS far-field station and used KIT3 site in Uzbekistan, about 4000 km from epicenter, as reference station. They estimated that coseismic displacement in SAMP is 140 mm and 136 mm from their model.

We conclude that the Amplitude Offset Analyzes (SAR matching image) can asses crustal displacement associated with Sumatra-Andaman earthquake. This method two offsets amplitude image of master and slave image were successfully correlated with signal noise ratio (SNR) more than 15. Generally we obtained that the maximum displacement in horizontal direction derived from this method is 4-6 m and this results are good agreement with displacement which obtained from long span GPS measurement (**Subarya et al., 2006**). We used continuous GPS data to examine the co-seismic displacement associated with great earthquake $M_w = 9.2$ in December 2004 in Sumatra-Andaman. We found that the displacement on northern site GPS movement to epicentral direction and the amplitude decreases with increasing epicentral distance. International Remote Sensing and Earth Sciences Symposium, Bali, March 17th, 2007

In order to improve our results, adding number GPS station is need especially in GPS located Banda Aceh region where in this area victims many people due to earthquake and tsunami generation, and for validity our result, the future working, building inversion model in order to estimate coseismic, postseismic slip extent and distribution should be addressed.

4. Acknowledgment

We are thankful to Mr. Takumi Onuma at JGI Japan for helping us to process raw data. Some of figure was made by using GMT software (**Wessel and Smith, 1998**).

5. References

- Derauw.D (1999), DInSAR and coherence tracking applied to glaciology: The example of Shirase Glacier, in *Proc. FRINGE'99*, Liège, Belgium.
- Gray, L. K. Mattar, and G. Sofko (2000), Influence of ionospheric electron density fluctuations on satellite radar interferometry, *Geophysical Research Letters*, 27(10):1451–1454.
- Helmut Rott, M. Stuefer, A. Siegel, P. Skvarca, and A. Eckstaller (1998), Mass fluxes and dynamics of Moreno Glacier, Southern Patagonia Icefield, *Geophysical Research Letters*, 25 (9): 1407–1410.
- Guy Carpenter (2005), Tsunami: Indian Ocean event and investigation into potential global risks, http://www.guycarp.com/portal/extranet/pdf/Tsunami_Report_Final.pdf.
- Michel, R., J.P. Avouac, and J. Taboury (1999a), Measuring ground displacements from SAR amplitude images: Application to the Landers earthquake, *Geophysical Research Letters*

Letters, 26: 875-878.

- Michel, R., J.P. Avouac, and J. Taboury (1999b), Measuring near field coseismic displacements from SAR images: Application to the Landers earthquake, *Geophysical Research Letters*, 26: 3017-3020.
- Pathier, E.; Fielding, E. J.; Wright, T. J.; Walker, R.; Parsons, B. E.; Hensley, S (2006), Displacement field and slip distribution of the 2005 Kashmir earthquake from SAR imagery, *Geophysical Research Letters*, 33(20), L20310, 10.1029/2006GL027193.
- Tobita M, Hisashi Suito, Tetsuro Imakiire, Min Kato, Satoshi Fujiwara, and Makoto Murakami (2006), Outline of vertical displacement of the 2004 and 2005 Sumatra earthquakes revealed by satellite radar imagery, *Earth Planets Space*, 58, e1–e4.
- Stein. S and Okal E.M (2005), Speed and size of the Sumatra earthquake, *Nature*, 434: 581-582, doi:10.1038/434581a.
- USGS (2007), Magnitude 9.1 off The West Coast of Northern Sumatra
<http://earthquake.usgs.gov/eqcenter/eqintheneWS/2004/usslav/#summary>
- Tobita, M., M. Murakami, H. Nakagawa, H. Yarai, S. Fujiwara, P. A. Rosen (2001), 3-D surface deformation of the 2000 Usu eruption measured by matching of SAR images, *Geophysical Research Letters*, 28(22): 4291-4294.
- Wessel, P., and W. H. F. Smith, 1998, New, improved version of the Generic Mapping Tools Released, *EOS Trans. AGU*, 79, 579.

エアロゾルの光学特性に関する 観測的研究

—しらせ船上観測と衛星観測の比較検証—



久慈 誠(奈良女子大)、塩原 匡貴(国立極地研)、小林 拓(山梨大)、
内山 明博、山崎 明宏(気象研)、青木 一真(富山大)
(プロジェクト研究; 受入担当: 久世先生)

平成20年度千葉大学CEReS共同利用研究会議会, 2009.2.23

(南極観測研究計画)

スカイラジオメータ観測による広域洋上エアロゾルの 光学特性の長期的モニタリング

研究目的

- ・エアロゾルの直接効果・間接効果による気候影響の定量的評価
- ・広域のエアロゾルの光学特性の実態把握とその時空間変動特性
- ・衛星による広域のエアロゾル・リモートセンシングの地上検証データ

研究方法

観測: 船舶搭載スカイラジオメータによる太陽直達光・天空光分光観測
解析: SKYRAD.pack 解析スキーム使用

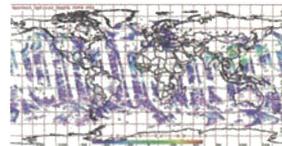
エアロゾルの地上観測網と衛星観測



<http://aeronet.gsfc.nasa.gov/>



<http://atmos.cr.chiba-u.ac.jp/>



<http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/>

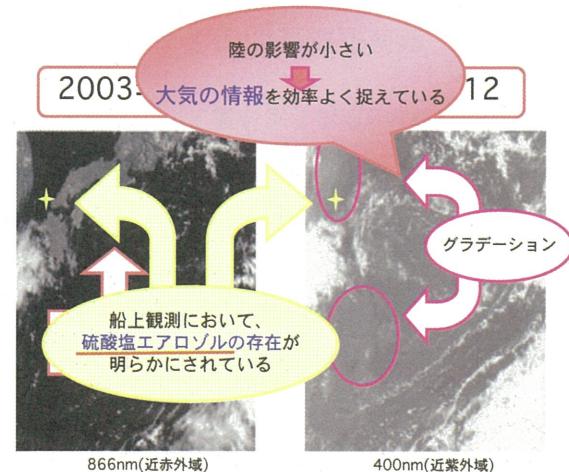
- ・地上観測
 - 陸域に偏在。
- ・衛星観測
 - 中低緯度、海域・陸域。
- ・比較検証
 - より均質な海域での船舶観測。

南極観測船「しらせ」による観測

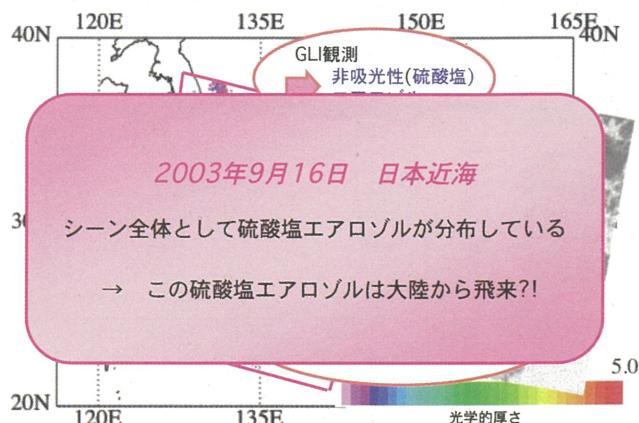
- ・南極地域観測隊訓練航海において、日本周辺海域のエアロゾルを観測
 - 第45次訓練航海:
 - 2003年9月4日～10月4日
 - 光学観測
 - Skyradiometer / OPC / IN / PSAP;
 - サンプリング
 - 非水溶性粒子 / 化学成分;
 - 日本近海(九州北部付近)において、船上目視観測で「ハイズ」が観測された。
 - その特徴(粒径等)を定量的に調べる。



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



光学的厚さ推定結果マップ(硫酸塩, 2003/9/16)

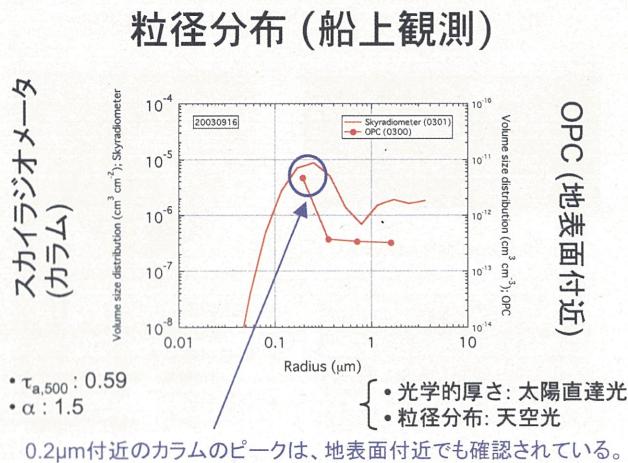


2003年9月16日 日本近海

30 シーン全体として硫酸塩エアロゾルが分布している

→ この硫酸塩エアロゾルは大陸から飛来?!

スカイラジオメータ (カラム)



(千葉大学CEReS共同利用研究)

プロジェクト研究P-3: 衛星データと地上観測ネットワークによる放射収支の評価と大気パラメータの長期変動

エアロゾルの光学特性に関する観測的研究

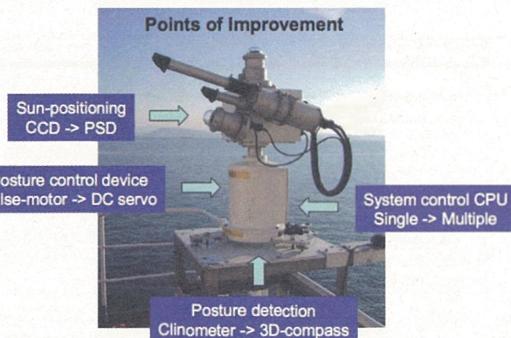
研究目的

エアロゾルの光学的厚さを含む光学特性の広域分布について、船上スカイラジオメータ観測に基づく解析を中心に行い、衛星観測による海上のエアロゾル光学特性との相互比較を通して、衛星データ解析アルゴリズムの高精度化に資するための地上検証データを提供する

本年度の研究計画

- 改良した擬似動揺装置を用いた、新スカイラジオメータの追尾性能評価
- しらせ級船での洋上観測を可能にするため、動揺角±5度、動揺周期10秒のもとでの太陽直達光観測および天空光観測を達成する。

Development of a new ship-board sky-radiometer POM-01 MK III



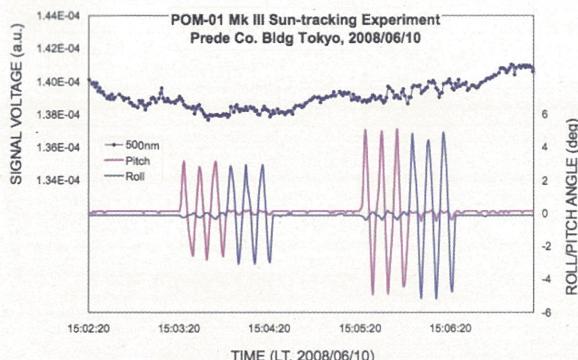
The first priority for improvement is given to the perfect sun-tracking in order for accurate AOTs from on-board direct solar irradiance measurements against large rolling/pitching conditions.

POM-01 MK III Sun-tracking Examination



Experiment for rolling/pitching with 5-degree amplitude and 10-sec cycle simulating the actual conditions based on the characteristics of the former Antarctic R/V Shirase

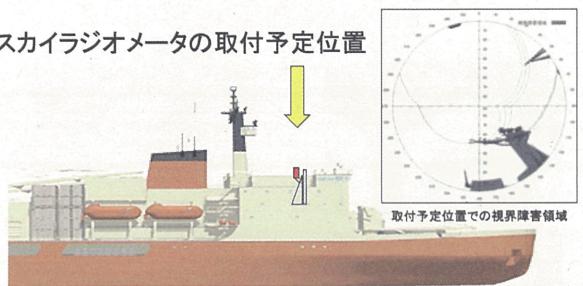
Result from the sun-tracking experiment for POM-01 MK III



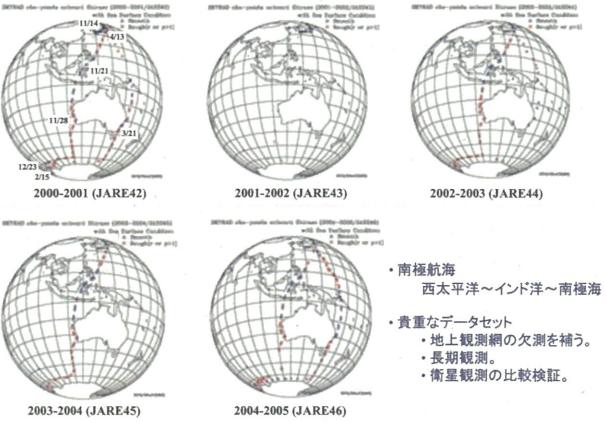
Output signal voltage from the direct solar irradiance measurement is not affected by swinging the instrument for the conditions of 10-sec cycle waves with 3 and 5-degree amplitudes

新南極観測船“しらせ”

スカイラジオメータの取付予定位置



2009年就航→南極航海での実観測に期待



しらせ南極航海航路上の観測データ取得状況

まとめ

- 新南極観測船(しらせ)による広域の洋上エアロゾルの光学特性観測のために、新型の船舶搭載スカイラジオメータ(POM-01 MK III)を開発製作した。
- 開発にあたり、旧型スカイラジオメータ(POM-01 MK II)では不十分だった太陽追尾性能の向上のため、パルスマーターからDCサーボモーターへの変更および単一CPUによる制御から複合CPUによる制御への変更改良を施した。また、太陽周辺光の観測精度の向上のため、狭視野センサーをCCDカメラ方式からPDS2次元センサー方式に変更し、視野角を約2倍に広げた。そして、測定高度角制御のため応答の速いジャイロ方式の姿勢センサーを採用した。
- 改良した擬似動揺装置を用いた地上試験では、ピッチ角、ロール角が±3~5度程度の船体動揺に対しては、良好な太陽追尾を行い、安定した太陽直達光の観測が可能であることが確認された。これにより、エアロゾル光学的厚さの推定精度の向上が期待される。

今後の課題と目標

- 改良した擬似動揺装置により、新スカイラジオメータの追尾性能評価を行う。
- らせ級船での洋上観測を可能にするため、動揺角±5度、動揺周期10秒のもとでの天空光観測を達成する。天空散乱光測定では測器高度角を制御することにより、等太陽高度スキャンを達成する。これにより、エアロゾル粒径分布の推定精度の向上が期待される。
- 西太平洋～インド洋～南極海にいたる南極航海において、エアロゾルの広域分布特性と光学特性およびその経年変化の実態把握に資する。

気象観測と地上設置型リモートセンシングデータを用いた視程の研究

井上陽子、日比野真弓、○久慈誠(奈良女子大)、早坂忠裕(東北大)

背景と目的

地表面付近の大気の混濁具合を見通しの距離で表したものを視程という。視程が10km未満の状態を視程障害といい、降水や、エアロゾルによって引き起こされる。近年、エアロゾルの一種であるもやなどの大気汚染によって視程が悪化する事例が増えている。また、エアロゾルはライダーなどのリモートセンシングによっても観測されている。本研究では長崎県福江島、鹿児島県奄美大島の二つの観測サイトにおける視程と大気現象がどのような関係にあるかを気象観測とリモートセンシングデータを用いて明らかにする事を目的とする。

使用したデータ



図1. 観測地点

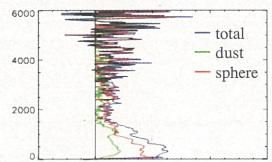


図2. ライダーから得られる高度分布プロファイルの一例(2003/5/20 3:00)

図1に長崎県福江島(32.4°N, 128.4°E)鹿児島県奄美大島(28.2°N, 129.2°E)の位置を示す。
今回、この2地点で観測された気象データと両方に設置されたライダーより得られたデータを使用した。

解析手法

一般的に、視程 $V(km)$ は大気の消散係数 $\sigma(km^{-1})$ に反比例するとされている。 ε を黒い物体に対する人の目のしきい値として、理論式は式(1)で表される。本研究では大気の全消散係数 σ を、影響力が大きいと思われるエアロゾルの消散係数 σ_a と、空気分子の消散係数 σ_m の合計とする。これを式(2)に示す。

σ はライダーから得られた消散係数より算出する。 σ_m はライダーの波長に対するレイリー散乱断面積と、標準大気 $1cm^3$ 中の地上における空気分子数により定数 $0.0132(km^{-1})$ として考えた。

世界気象機関(World Meteorological Organization, WMO)では、 $\varepsilon = 0.05$ を推奨している。

消散係数の逆数を σ_i とすると、WMOの推奨式は式(3)で表される。

また、観測に基づいた経験式として式(4)が存在する。[Atmospheric pollution, 2002]

これらの関係式は比例定数が異なる。これは人の目のしきい値以外に大気現象が関係しているためではないかと推察した。

そこで、本研究では以上の手段で得た σ と、気象データの V を関係式と比較するため、 σ_i の V への回帰直線を引き、正比例でフィッティングを行い、その傾きを調べた。

また、視程障害時($V < 10km$)におけるデータに対しても同様に傾きを調べた。

結果

1. 視程とライダー消散係数の関係

図3に福江島、奄美大島における2003年、2004年の視程 $V(km)$ と全消散係数の逆数 $\sigma_i(km)$ のプロットを示す。

全データ(データ数1895)に対する回帰直線の傾きは0.392であった。

この値は文献値の範囲内(0.333~0.526)に収まっている。

これに対して視程障害時($V < 10km$)のデータ(データ数125)に対する回帰直線の傾きは0.856であった。

この値は文献値を上回り、全データに対する回帰直線の傾きの約2倍となつた。

この結果より、視程と消散係数の関係は、視程障害時とそれ以外で大きく異なることがわかった。

また、大気の混濁の程度が大きいほど関係式の比例定数が大きいということが明らかとなつた。

また、視程と消散係数の関係は、視程障害時とそれ以外で大きく異なることがわかった。

また、大気の混濁の程度が大きいほど関係式の比例定数が大きいということがわかった。

2. エアロゾルイベントの回数と視程の月平均

図4に福江におけるエアロゾルイベントの月ごとの観測回数と視程の月平均値を示す。

これより、福江島の2003年では、図3.2の(a)より5月でエアロゾルイベントの回数が

非常に多いことが見て取れる。一方、(b)より、5月の視程の月平均値が低いことが見て取れる。

また、(c)、(d)より2004年でも同様の傾向が見られることがわかる。

このよう、2003年、2004年を通して、エアロゾルイベントの回数が多い月ほど視程の月平均値が

低いという傾向は奄美大島でもみられた。

しかし、2004年10月のように視程の月平均値が高い例では、エアロゾルイベントの回数と必ずしも明らかな関係があるとはいえない場合もあることもわかった。これは、イベントの回数だけではなくエアロゾル量に依存していると推察される。

3. エアロゾルイベントの視程と消散係数の関係

エアロゾルイベント毎の回数に違いがあったので、エアロゾルイベント毎の視程と消散係数の関係について更に詳しく調べた。

その結果を表1に示す。種類ごとの傾きの違いは、エアロゾル粒子の色によって人の目での識別のしやすさが変わることからということが理由のひとつとして考えられる。

また、視程障害時の回帰直線の傾きはエアロゾルイベントの回数や種類に依存すると言える。

表1. エアロゾルイベント毎の回帰直線の傾き

イベント	もや	煙霧	黄砂
傾き	0.970	0.696	0.608
データ数	52	41	27

まとめと今後の展望

福江、奄美において2003年、2004年の視程とエアロゾルの消散係数との関係を調べた。

全データの回帰直線の傾きは文献値の範囲内であったが、視程障害時はその約2倍となつた。これより、大気の混濁がはなはだしいほど関係式の比例定数は大きくなることがいえる。

また、視程はエアロゾルイベントの回数や種類の影響を受けるということもわかった。

そこで今後はイベントの回数だけでなくエアロゾル量についても定量的に調べていく予定である。

気象観測データ

・気象庁のホームページ公開のデータをまとめたもの

・天気番号、大気現象番号、黄砂観測日フラグ、視程(km)

・天気番号、大気現象番号はホームページの記号の項番に対応している

・1日7回観測されている

(3:00, 6:00, 9:00, 12:00, 15:00, 18:00, 21:00(JST))

ライダーデータ

・国立環境研究所からの提供

・非球形粒子(dust)と球形粒子(sphere)に分類

・ライダーから得られる高度分布プロファイル(図2)。

・解析にはtotal(=dust+sphere)を使用

・高度5970mまで30mごとに計測

解析には第一層の平均値を使用

$$V = \frac{1}{\sigma} \log \frac{1}{\varepsilon} \quad (1)$$

$$\sigma = \sigma_a + \sigma_m \quad (2)$$

$$\sigma_i = 0.333V \quad (3)$$

$$\sigma_i = 0.526V \quad (4)$$

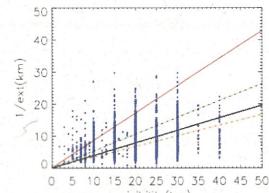


図3. 福江島、奄美大島における2003年、2004年の視程(visibility)と消散係数の逆数(1/ext)のプロット。黒い直線は全てのデータに対する回帰直線。赤い直線は視程障害時のデータに対する回帰直線。緑の破線は経験式。

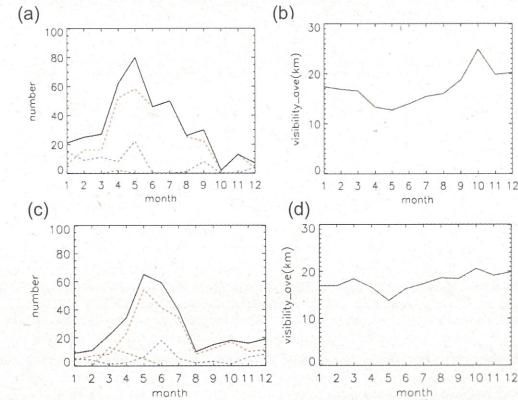


図4. 福江におけるエアロゾルイベントの月ごとの回数と視程の月平均。

(a)2003年のエアロゾルイベントの回数。(b)2003年の視程の月平均値。

(c)2004年のエアロゾルイベントの回数。(d)2004年の視程の月平均値。

赤、青、緑の破線はそれぞれもや、煙霧、黄砂の回数。黒の線は三種類の合計。

謝辞

本研究を行うにあたり、SKYnetプロジェクト

(NIES/RIHIN/CERES/CCSR)から貴重な情報を多数賜りました。

御礼申し上げます。

参考文献

Jscobson M.Z.: Atmospheric pollution, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 197-202, 2002.

WMO: WMO GUIDE TO METEOROLOGICAL INSTRUMENTS AND METHODS OF OBSERVATION WMO-No.8, CHAPTER9, 2008.

土屋清: リモートセンシング概論, 朝倉書店, 1990.

Nara Women's University

Department of Information and Computer Sciences



Remote Sensing and GIS Application to Mineral Potential Mapping in Central Volcanic Arc of Myanmar

Myint Soe^a, Tateishi Ryutaro^b, Ishiyama Daizo^c, Isao Takashima^c
and Punya Charusirid^d

- a Graduate School of Engineering and Resource Science, Akita University, Akita 010-8502 Japan.
- b Center for Environment Remote Sensing, Chiba University, 1-33, Yayoi, Inage, Chiba 263-8522, Japan.
- c Center for Geo-Environmental Science, Akita University, 1-1 Tegatagakuen-cho, Akita 010-8502 Japan
- d Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

February 2009

2009/2/23

1

• Introduction

- Outline of Geology and ore deposits in Myanmar
- Central Volcanic Arc Belt and Mineralization of Myanmar
- Remote Sensing and GIS Application

2009/2/23

2

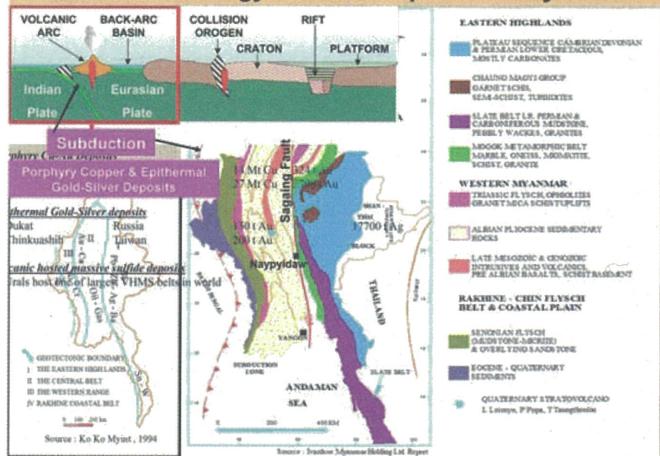
Introduction

- Myanmar is located in the tectonic setting and metallogenic belt and has high potentials for gold and copper deposits.
- In Myanmar, lack of modern exploration techniques and still several unexplored outcropping gold deposits.
- **Purpose:** To clarify potential of Mineralization zones in the Central Volcanic Arc Belt of Myanmar by RS and GIS.

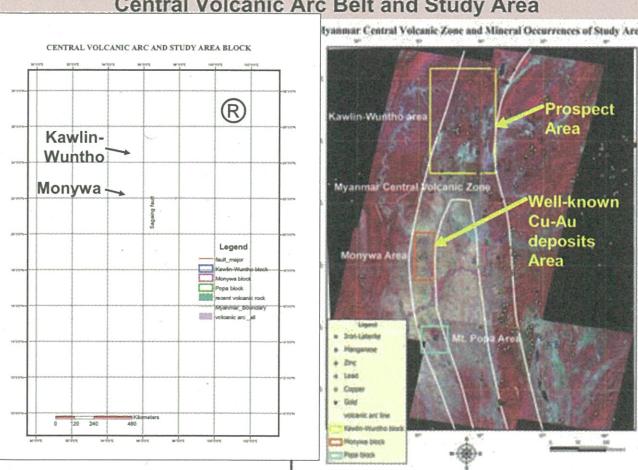
2009/2/23

3

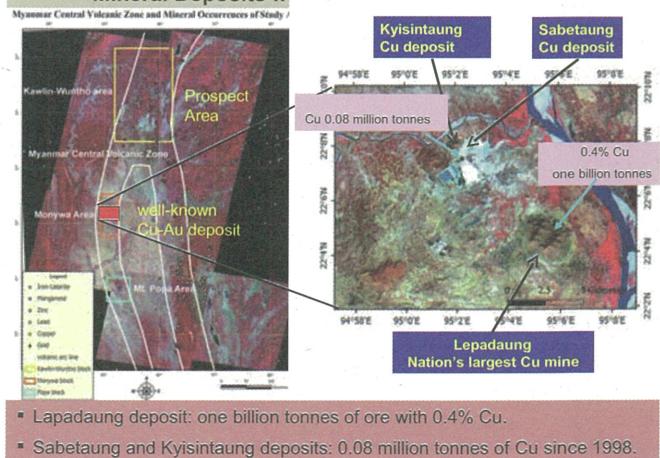
Outline of Geology and Ore Deposits in Myanmar

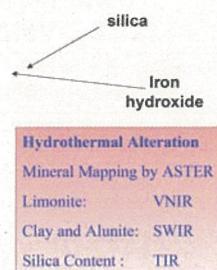
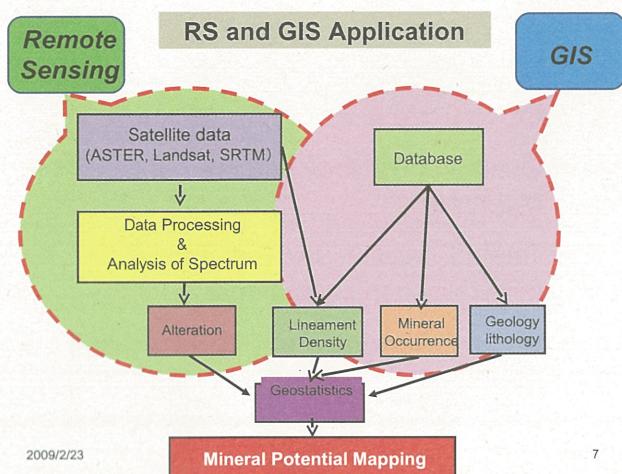


Central Volcanic Arc Belt and Study Area

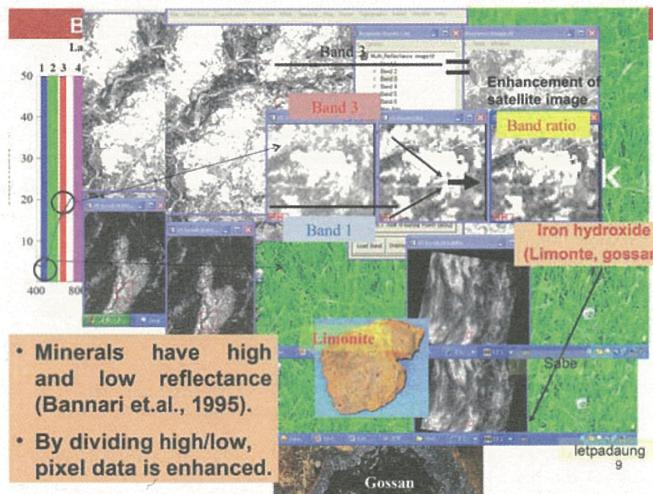


Mineral Deposits fr

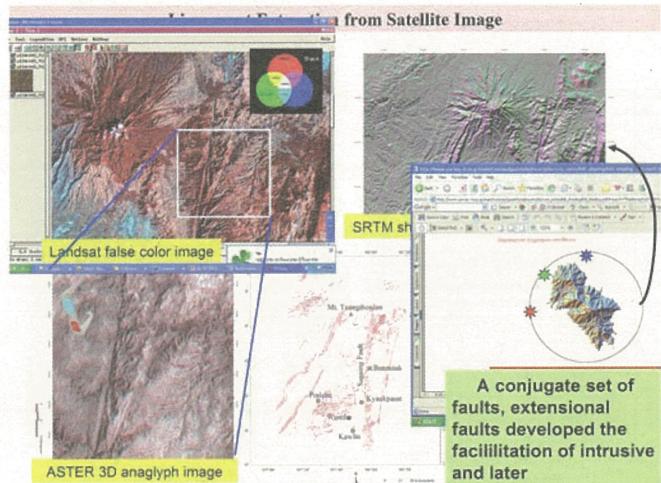
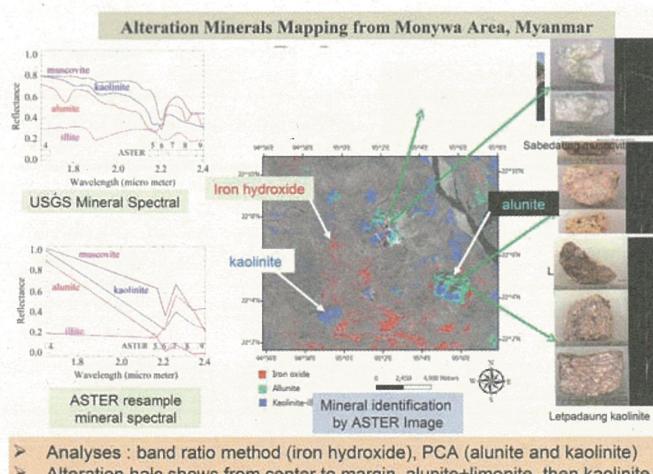
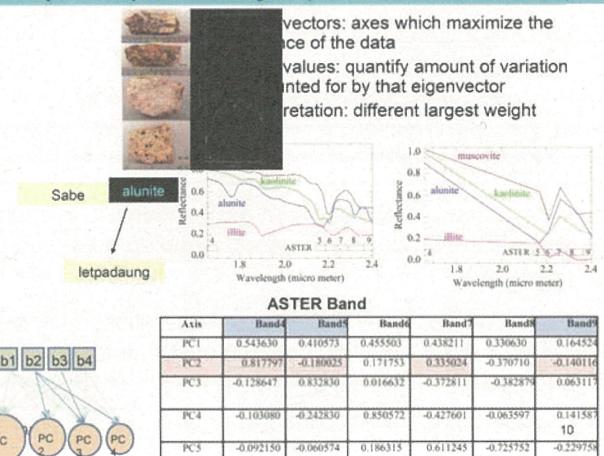




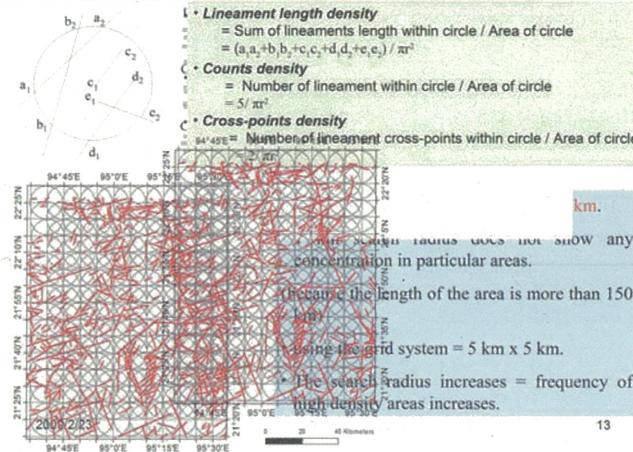
We can not detect directly gold, copper in remote sensing. But we can detect indirectly from alteration mineral and indicator element minerals.



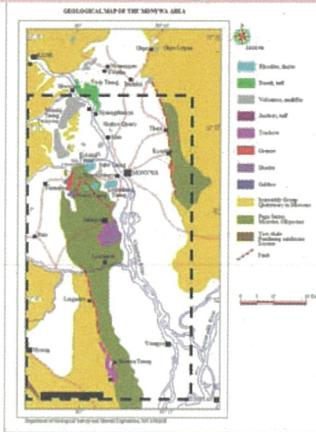
Principal Component Analysis (Crosta and Rabelo, 1993)



Lineament Density Analysis (Greenbaum, 1985)



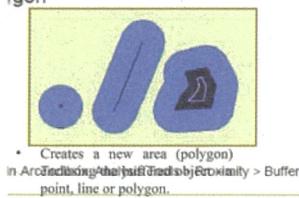
Lithological Favourable in Monywa



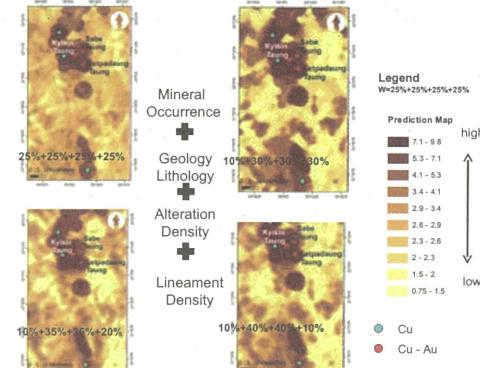
- Copper mineralization is closely associated to Tertiary volcanism, biotite and hornblende-biotite porphyry.
- Consider the rhyolite, dacite, andesite, diorite and granite rocks.
- Volcanic lithological units were digitized into a segment map polygonized.

14

ing the buffered object - a point, line or polygon



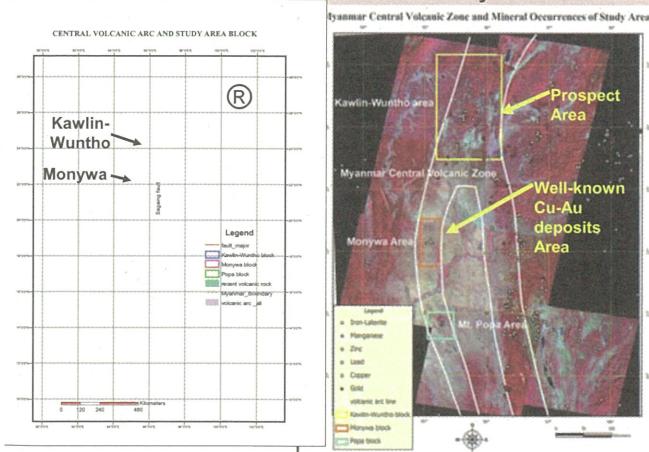
Weighted Overlay Analysis of Monywa Area



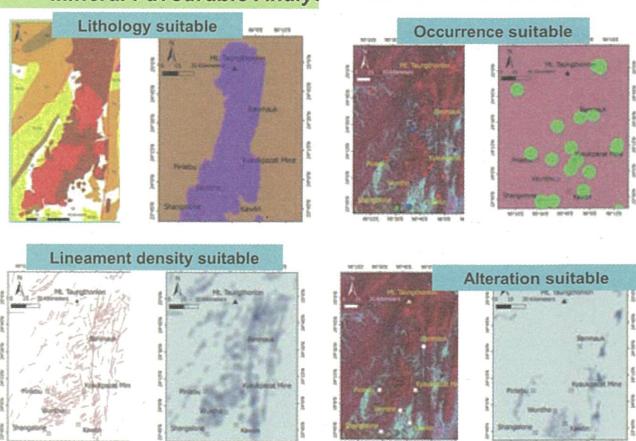
Favorability = (Occurrence)x25%+(Lithology)x25%+(Alteration)x25%+(Lineament Density)x25%

16

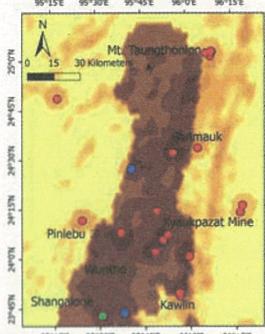
Central Volcanic Arc Belt and Study Area



Mineral Favourable Analysis of Kawlin-Wuntho Area



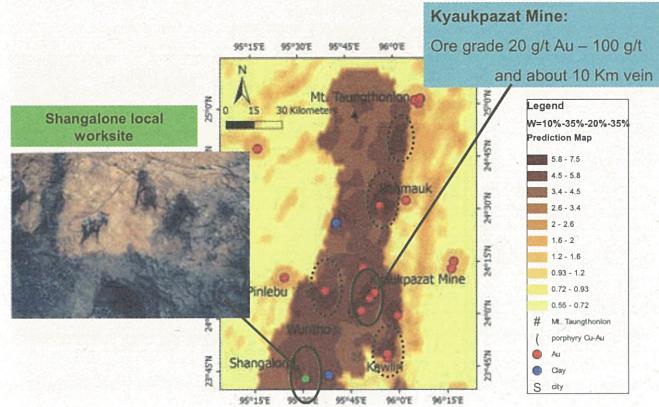
Weighted Overlay Analysis of Kawlin-Wuntho Area



Favorability = (Occurrence)x10%+(Lithology)x35%+(Alteration)x20%+(Lineament Density)x35%

- The lineament density layer was assigned 35% influence.
- Because the structure plays the most important role in ore mineralization in Kawlin-Wuntho area (Ohn Thwin, 2006).
- The resulting predictive map of moderate to high potential zones coincide with predicted Kyaukpazat gold deposits .

Weighted Overlay Analysis of Kawlin-Wuntho Area



2009/2/23

20

Summary

- Overlay analysis is suitable for preliminary mineral exploration.
- The accuracy of these results depends on image interpretation and percent influence weight determination.
- So, a combination of RS and GIS is useful for produce the regional-scale preliminary mineral potential maps of Myanmar.

2009/2/23

21

2009/2/23

Thank you

22

平成20年度
千葉大学
環境リモートセンシング研究センター
共同利用研究報告

気象衛星センターデータ処理部システム管理課

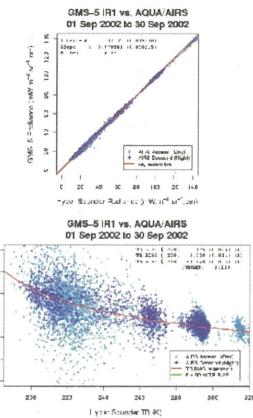
進捗

- AIRSデータのダウンロード
 - MTSAT, GOES直下点付近
 - 2002年9月から2008年末まで
 - ヘッダーをチェック
- IASIデータのダウンロード
 - MTSAT, GOES直下点付近
 - 2007年5月から2008年末まで
 - ファイルサイズチェック
- インターキャリブレーションプログラムを改修
 - GMS5のインターキャリブレーションに対応
 - GOESのインターキャリブレーションに対応
 - 2002年9月のインターキャリブレーション結果を試験的に計算
- 千葉大学作成のグリッドフォーマットデータ作成ツールの調査
 - グリッド化されたMTSATとGOESデータに異常を発見。
 - 現在、MTSATデータの作成ツールをレビューし、助言を行っている。

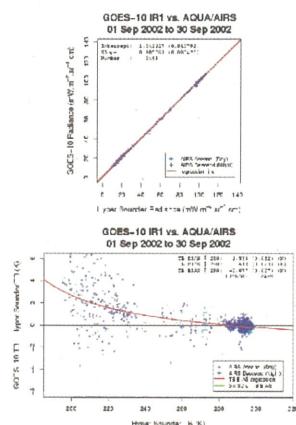
過去の衛星データの
試験的インターキャリブレーション

- 期間: 2002年9月
- インターキャリブレーションコードを GMS-5, GOES-10用に改修
- 試験的に計算したのみで結果の検証などはこれから

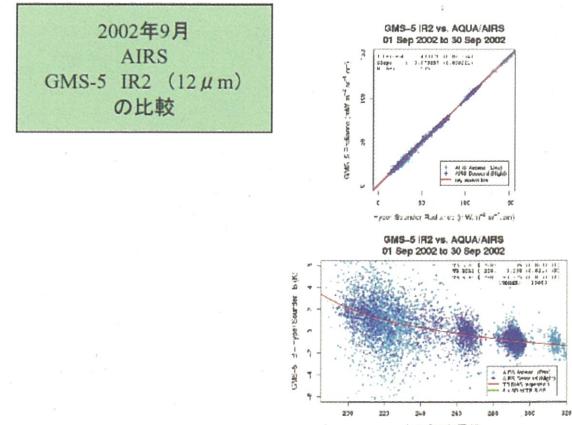
2002年9月
AIRS
GMS-5 IR1 (10.8 μm)
の比較



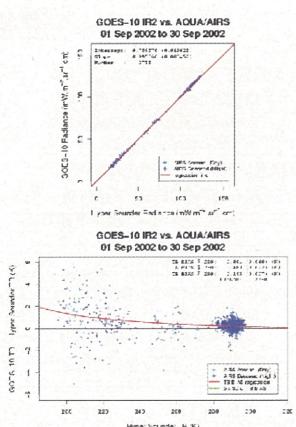
2002年9月
AIRS
GOES-10 IR1 (10.7 μm)
の比較



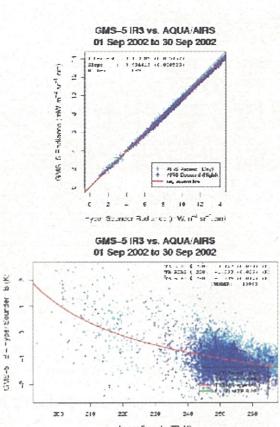
2002年9月
AIRS
GMS-5 IR2 (12 μm)
の比較



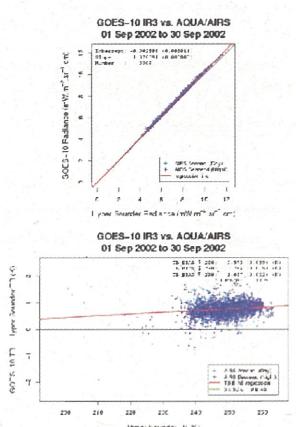
2002年9月
AIRS
GOES-10 IR2 (12.1 μ m)
の比較



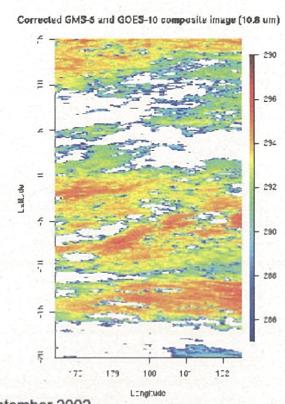
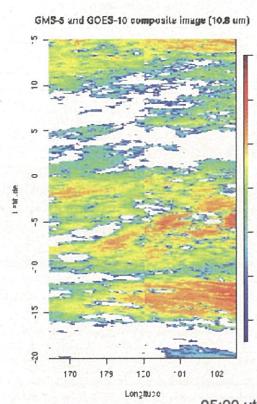
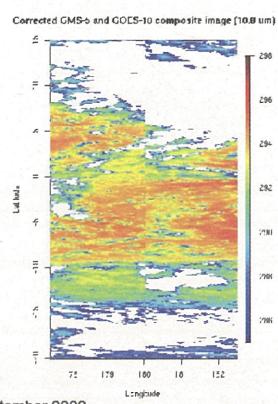
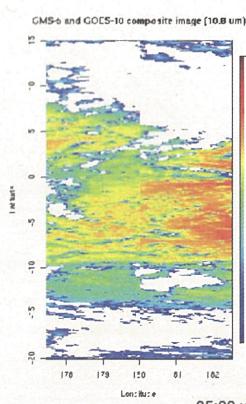
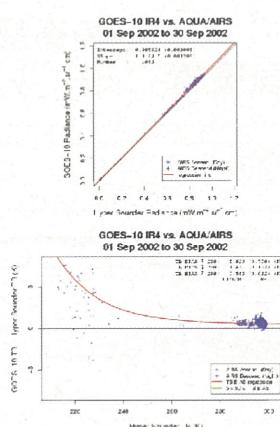
2002年9月
AIRS
GMS-5 IR3 (6.9 μ m)
の比較

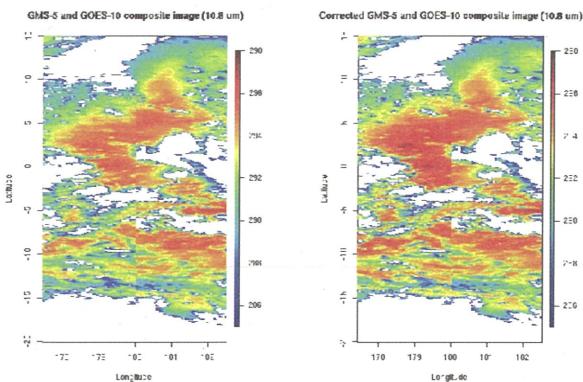


2002年9月
AIRS
GOES-10 IR3 (6.7 μ m)
の比較



2002年9月
AIRS
GOES-10 IR4 (3.9 μ m)
の比較





結果と課題

- 10.8umチャネルの晴天域の輝度温度について
 - GMS-5は、AIRSより約1K低い。一方、GOES-10は、ほぼ中立。
 - 以前行ったGMS-5とGOES-9の比較では、放射伝達シミュレーションによる予想より、GMS-5の方が約0.7K高い。
 - 輝度温度の平面図を描画した結果は、GMS-5とGOES-10のズレを修正する場合と、修正しすぎる場合が見られた。日変化などにも注意して、より多くの事例について調査する必要がある。

今後の予定

- GMS-5及びGOES-10のインターフィラグレーションに関する調査を継続。
- AIRSデータがある期間について、過去のGMS、MTSATのインターフィラグレーションを実施。(MSC)
- 千葉大学と共同で、インターフィラグレーションコードの千葉大への移植と、GOES等の過去データについて、AIRSとのインターフィラグレーションを実施。
- インターフィラグレーションに必要なAIRS/IASIデータダウンロードツール(プロトタイプ)を千葉大学へ提供。
- 千葉大学のグリッドフォーマットデータの調査を継続。

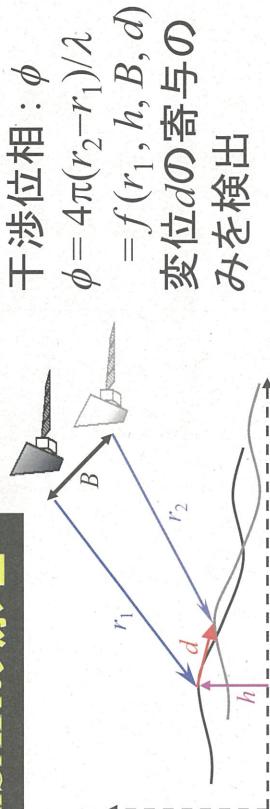
南極やまと山脈地域のALOS/PALSAR 干渉解析

木村宏(岐阜大), ○西尾文彦(CEReS)

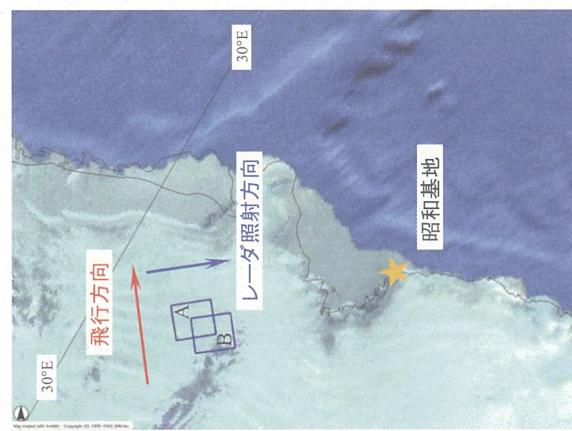
目的

- ALOSの軌道精度は公称1m以内
- 計算基線精度の大大幅な向上が期待
- 基線チューニングが不要かを確認
- JERS-1に用いた基線チューニング法の検証

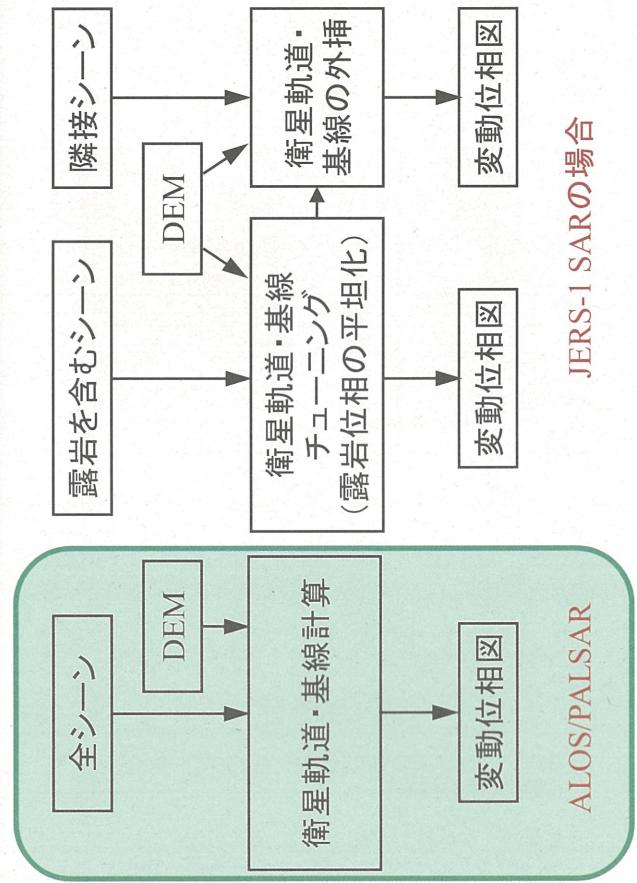
InSARの原理



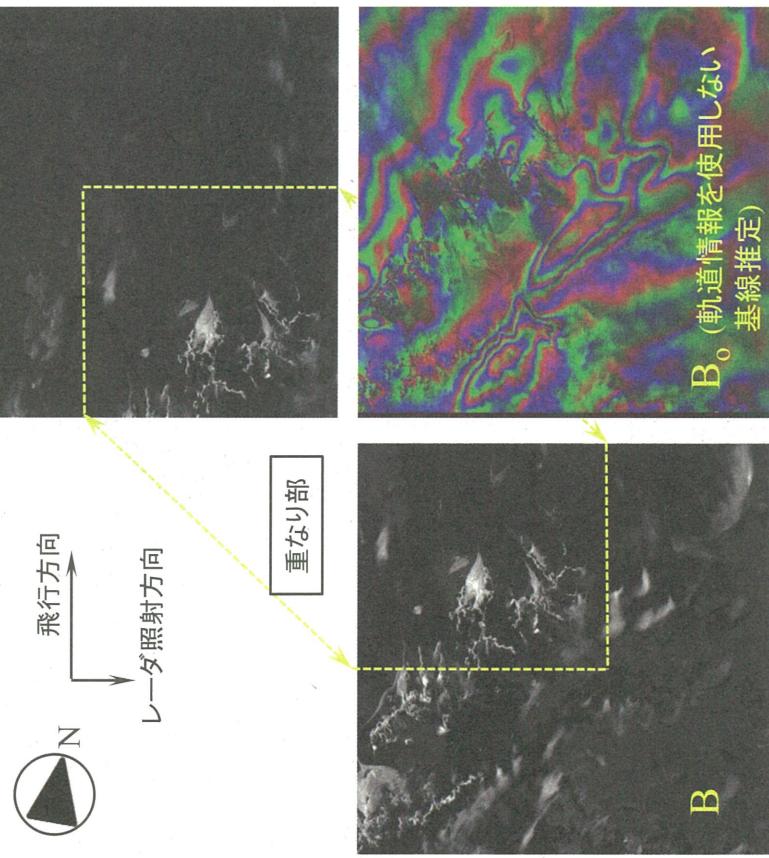
テストエリアと使用データ



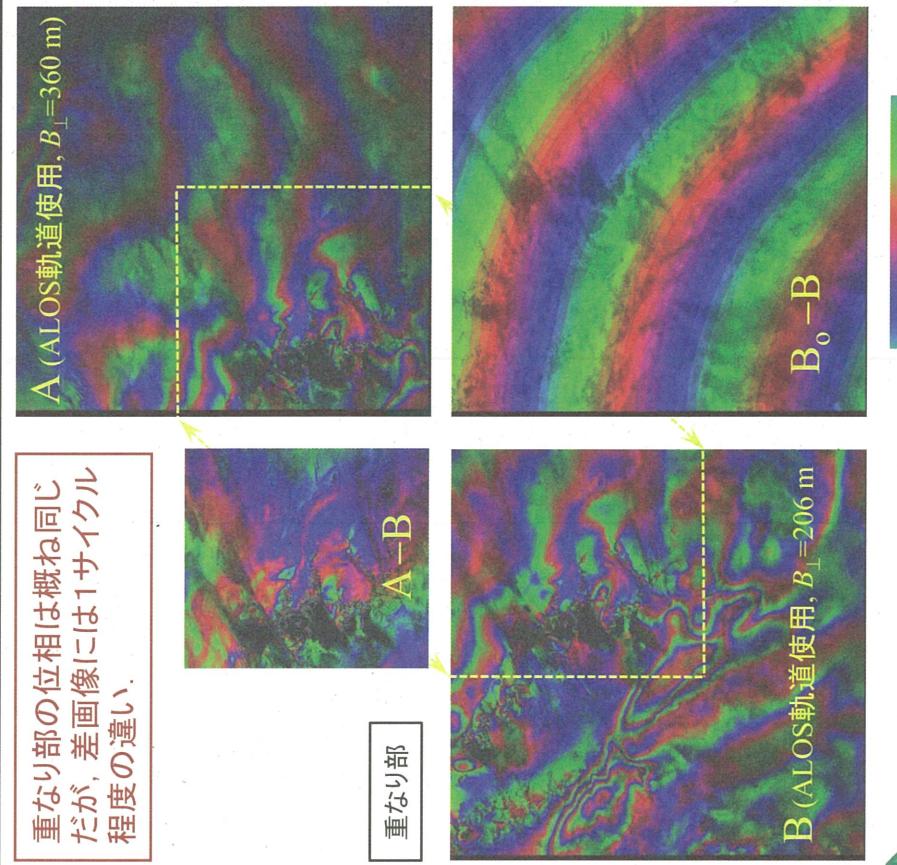
南極InSAR処理の流れ



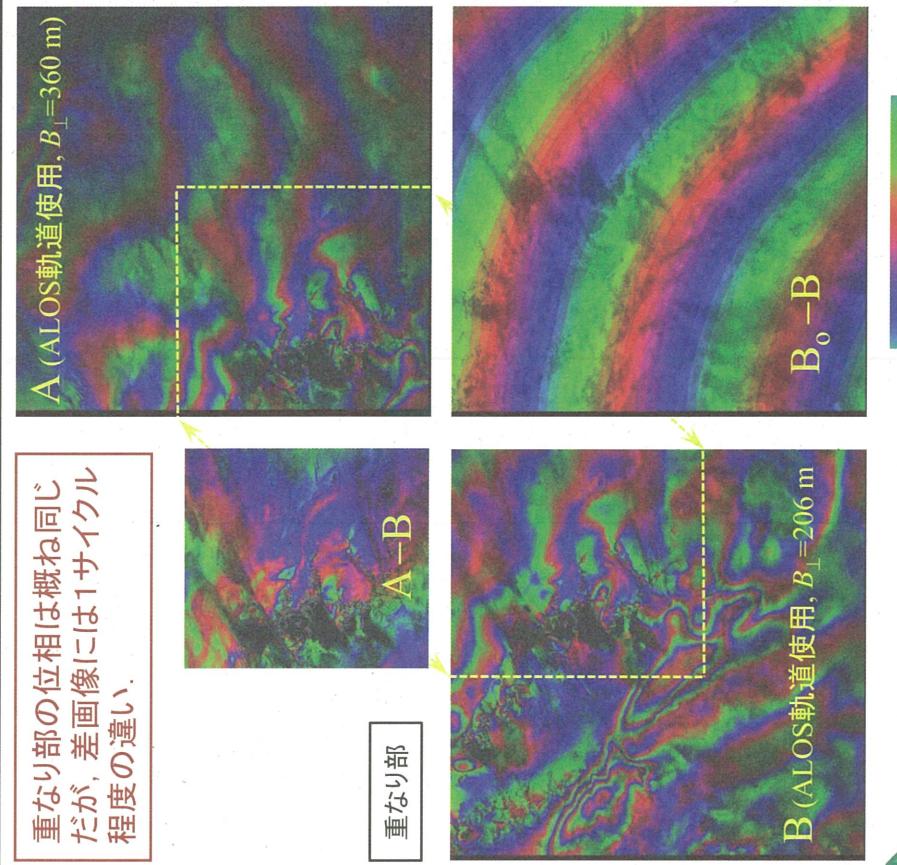
PALSAR干涉図



重なり部の位相は概ね同じだが、差画像には1サイクル程度の違い。



重なり部の位相は概ね同じだが、差画像には1サイクル程度の違い。



ALOS軌道を使用した基線と露岩を利用した推定基線での干渉位相の違いは小さい。
レンジ方向1サイクル程度、アジャマス方向3サイクル程度。(他地域のデータでもアジャマス方向の位相残留を観測。)

まとめ

- PALSARの計算基線精度を確認
- JERS-1で開発した基線チューニング法を検証
- PALSARによる広域干渉自動処理の見通し

今後の予定

- PALSARによる中域干渉図の作成
- 季節変動の検出の可能性の検討

合成開口レーダ搭載マイクロ衛星用FFT演算FPGA

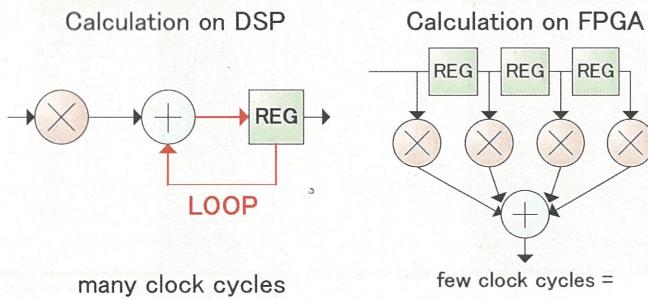
難波一輝, 平田敏樹, 伊藤秀男,
Bambang Setiadi, Josaphat Tetuko Sri Sumantyo
 (千葉大学)

National University Corporation
 Chiba University
 Ito Kitakami Namba Lab.

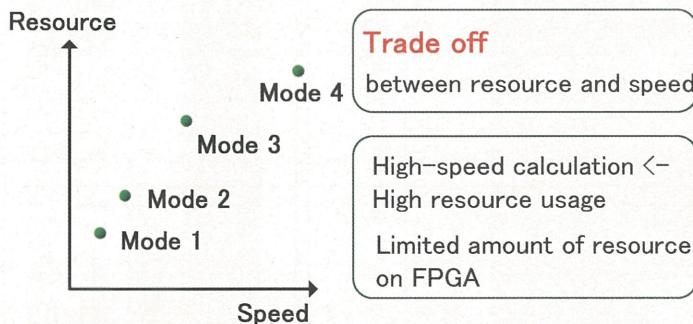
Background

Why FPGA?

Requirement for calculation on microsatellite onboard
 SAR: high-speed FFT for large amount of data.
 Massively parallel computation with FPGA.



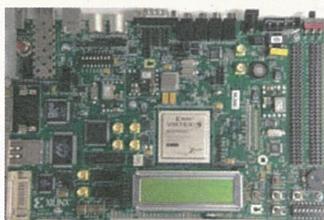
Resource usage vs. speed of calculation



Preliminary

Virtex-5

- Xilinx, high-end FPGA



65nm process technology
 Maximum frequency: 550MHz

Feature

6-input LUT(Look Up Table)
 DSP48E Slice

FFT IP Core

- free download from Xilinx's web site.

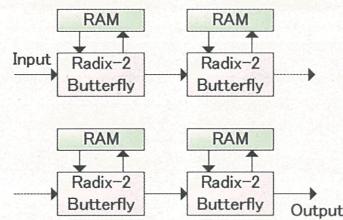
Maximum amount of input data: 65,536

Maximum frequency: 450MHz

Four calculation modes; Variable input data width

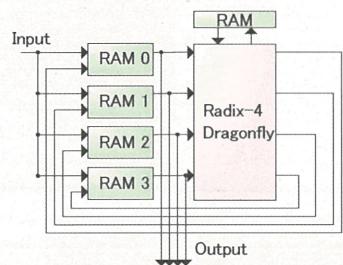
Calculation on FFT IP Core

- Pipelined Streaming I/O



Parallel calculation
 High speed
 High resource usage

- Radix-4 Burst I/O



Serial calculation
 Low speed
 Low resource usage

Resource Usage

Pipeline vs. Radix-4

	Pipeline	Radix-4
Register	5,425	2,080
LUT	5,235	2,148
I/O	90	90
RAM	47	54
DSP	21	9

Marked difference in resource usage
 Pipelined Streaming I/O → many registers, LUTs and DSPs

Variation with number of channels

	65536	65536*2
Register	2,080	3,286
LUT	2,148	3,419
I/O	90	141
RAM	54	132
DSP	9	18

Radix-4 with one and two channels
 Calculated data per a channel: the same (65,536)
 Bandwidth x2 → Resource usage: lower than x2

Variation with number of divided channels

	32768*2	16384*4
Register	3,252	5,555
LUT	3,245	5,563
I/O	139	231
RAM	44	38
DSP	18	36

Radix-4
 Bandwidth: the same (65,536)
 Large number of divided channel → high resource usage

Resource usage and speed of calculation → Choosing calculation mode and number of channels

第 11 回環境リモートセンシングシンポジウム プログラム

場所 千葉大学けやき会館 3 階レセプションルーム
日時 2009 年 2 月 23 日(月) 9:30 ~ 17:20

9:30 ~ 9:40 開会の挨拶 西尾センター長

【一般講演1】9:45 ~ 12:00 (座長 1-5 : 近藤昭彦、6-9 : 樋口篤志)

- 1 9:45 ~ 10:00 広角高精度望遠鏡を利用した大気透過率計測手法の開発
○佐々木真人、○矢吹正教、浅岡陽一(東大宇宙線研)、増田正孝(神奈川大ハイテクリサーチセンター)、会田勇一、安田雅弘、野田浩司、長南勉(東大宇宙線研)、森元祐介(東邦大理)、東悠平(東大宇宙線研)、久世宏明(CEReS)
- 2 10:00 ~ 10:15 PAL の手法を用いたポータブルミー散乱ライダーの開発
○村山利幸(東京海洋大学)、久世宏明(CEReS)、椎名達雄(千葉大学)、矢吹正教(東大宇宙線研)
- 3 10:15 ~ 10:30 大気エアロゾルと火山ガスの光学観測と大気拡散解析
○木下紀正、永松哲郎、飯野直子、T. Bouquet(鹿児島大学)
- 4 10:30 ~ 10:45 ジャカルタの旧版地図を用いた都市の発展過程
吉越昭久○(立命館大)、香川雄一(滋賀県立大)、加藤政洋(立命館大)、谷口智雅(立正大)、安達一(JICA)、鈴木和哉(JICA)、山下亜紀郎(酪農学園大)、一ノ瀬俊明(国環研)、井上学(平安女学院大)、白迎玖(東北公益文科大)、片岡久美(筑波大)、遠藤崇浩、白木洋平(地球研)、戸所泰子(立命館大院)
- 5 10:45 ~ 11:00 衛星画像を用いた台北の都市発展と都市ヒートアイランドとの関係分析
○白迎玖(東北公益文科大)、近藤昭彦(CEReS)
- 6 11:00 ~ 11:15 最新アルゴリズムによる AMSR-E 土壌水分推定値の検証・評価
○開発一郎(広島大総合科学)、秋山量平(広島大院)、小池俊雄(東大工)、藤井秀幸(JAXA/EORC)、近藤昭彦(CEReS)
- 7 11:15 ~ 11:30 東アジアの水稻収量推定への不穏・光合成モデルの適用と検証
金子大二郎(松江工専)
- 8 11:30 ~ 11:45 測位衛星信号を利用した海洋リモートセンシング技術の開発
海老沼拓史(東京海洋大)
- 9 11:45 ~ 12:00 合成開口レーダー及びメソ気象モデルによる洋上風力資源評価方法に関する研究
○香西克俊、大澤輝夫(神戸大海事科学)

12:00 ~ 13:00 <昼食>

13:00 ~ 14:00 ポスターセッションコアタイム

【地球温暖化寄付研究部門セッション】14:00 ~ 15:00 (座長: 西尾文彦)

- S1 14:00 ~ 14:20 寄付研究部門設立にあたって－地球温暖化研究と実利用－
石橋博良(CEReS 客員教授)
- S2 14:20 ~ 14:35 地球温暖化と道路気象
長 康平(CEReS 客員研究員)
- S3 14:35 ~ 14:50 数値モデルの実利用と地球温暖化研究
常松展充(CEReS 客員准教授)
- 14:50 ~ 15:00 総合討論

15:00 ~ 15:15 <休憩>

【一般講演2】15:15 ~ 17:15 (座長: 10-13 久世宏明、14-17 近藤昭彦)

- 10 15:15 ~ 15:30 Synthetic Aperture Radar observation and modeling coseismic deformation of the Giant Sumatra Earthquake on December 2004
Ashar Muda lubis and Nobuhiro Isezaki(千葉大理)
- 11 15:30 ~ 15:45 多偏波 SAR データを使用した海水物理量抽出高精度化の研究
若林裕之(日本大工)
- 12 15:45 ~ 16:00 エアロゾルの光学特性に関する観測的研究
—しらせ船上観測と衛星観測の比較検証—
○久慈 誠(奈良女大)、塩原匡貴(国立極地研)、小林 拓(山梨大)、内山明博(気象研)、山崎明宏(気象研)、青木一真(富山大)

- [13] 16:00 ~ 16:15 多波長マイクロ波放射計データを用いた水物質リトリーバルの研究:
マイクロ波放射計データの非静力雲解像モデルへの同化法の開発
青梨和正(気象研)
- [14] 16:15 ~ 16:30 ハケ岳カラマツ林における方向別分光反射特性の季節変化と
植物フェノロジーの関係
○長谷川宏一、泉 岳樹、松山 洋(首都大都市環境)
- [15] 16:30 ~ 16:45 Remote Sensing and GIS Application to Mineral Potential Mapping
in Central Volcanic Arc of Myanmar
Myint Soe(秋田大院)
- [16] 16:45 ~ 17:00 MODIS を用いた火山活動の監視
○服部克巳、野口恭史、大野望(千葉大理)
- [17] 17:00 ~ 17:15 静止衛星データの全球合成技術の開発
操野年之、太原芳彦、中山隆一郎、奥山新、○加藤浩司(気象衛星センター)
- 17:15 ~ 17:20 閉会の挨拶
17:30 ~ 20:00 懇親会(於 CEReS 1 階会議室)

【ポスターセッション】コアタイム 13:00 ~ 14:00

- P01 都市環境気候図(クリマアトラス)の内容充実に向けた大気汚染観測による環境評価
一ノ瀬俊明(国環研)、○原田一平、片岡大祐、松本拓、久世宏明、近藤昭彦(CEReS)、
浜田崇(長野県環境保全研)
- P02 南極やまと山脈地域の ALOS/PALSAR 干渉解析
木村 宏(岐阜大)、○西尾文彦(CEReS)
- P03 熱環境並びに大気汚染調査におけるリモートセンシングデータの活用に関する検討
岡田信行(オルト都市環境研)
- P04 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の要因の研究
○中山雅茂(北翔大)、直木和宏、西尾文彦(CEReS)
- P05 気象観測と地上設置型 リモートセンシングデータを用いた視程の研究
井上陽子、日比野真弓、○久慈 誠(奈良女大)、早坂忠裕(東北大)
- P06 MODIS 画像を用いた地表面アルベドの導出精度向上化の検討
朝隈康司(東京農大)
- P07 2008 年四川地震に先行する電離圏総電子数異常について
○服部克巳、西橋政秀(千葉大理)、劉正彦(台湾国立中央大)
- P08 合成開口レーダ搭載マイクロ衛星用 FFT 演算 FPGA
○難波 一輝、平田 敏樹、伊藤 秀男(千葉大)、Bambang Setiadi、Josaphat Tetuko Sri Sumantyo(CEReS)
- P09 ライダーによる粒子径分布計測のための多重散乱モデル
吉田弘樹(岐阜大工)
- P10 GIS・RS を用いた藻場と魚類の空間分布解析
堀 正和(水産総合研究センター)、山北剛久・○渡辺健太郎(千葉大院)
- P11 厚岸湖・厚岸湾の主要沿岸景観の広域解析
仲岡 雅裕(北大厚岸)、濫谷 辰生(厚岸水鳥観察館)、山北 剛久、○渡辺 健太郎(千葉大院)
- P12 富士河口湖町における自然公園法規制を考慮した視点場構築の試み
尾藤章雄(山梨大教育人間科学部)
- P13 都市域を含む広域陸面のアルベード
○菅原広史(防衛大)、高村民雄(CEReS)
- P14 泥炭分布地域における精緻な河川水質形成モデルの開発に関する基礎的研究
伊豫部 勉、原口 昭(北九州市立大国際環境)、西尾文彦(CEReS)
- P15 IT を活用した低コスト生産のための効率的てん菜栽培手法の確立
丹羽勝久((株)ズコーシャ)・○本郷千春(CEReS)
- P16 可搬型自動ライダーによる浮遊粒子状物質の光学的性質の研究
内藤季和、○椎名達雄、宮澤周治、眞子直弘、矢吹正教、竹内延夫、久世宏明(CEReS)
- P17 地球地図・グローバルデータの高精度化に関する研究
○阿久津 修、筒井俊洋、梶川昌三(国土地理院)

第 11 回 CEReS 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 千葉市稻毛区弥生町 1-33
千葉大学 環境リモートセンシング研究センター
電話 043-290-3832 FAX 043-290-3857
URL <http://www.cr.chiba-u.jp/>

印刷 (株)ハシダテ