

衛星搭載型光学センサデータの高品質化 と 天然色画像生成技術の開発 に関する研究

テクニカルセミナー/第104回 空間情報話題交換会
2020年12月04日

産総研・地質情報研究部門・リモートセンシング研究グループ
山本浩万

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

略歴

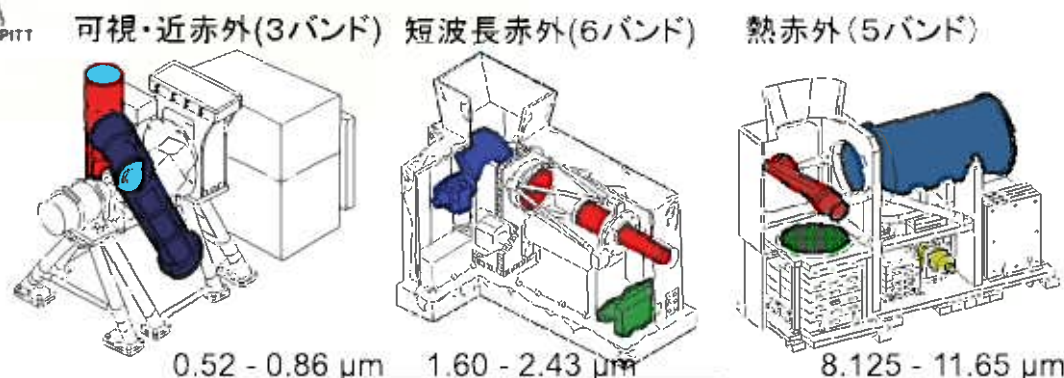
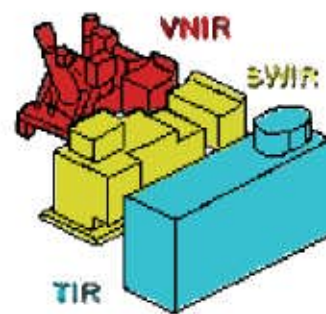
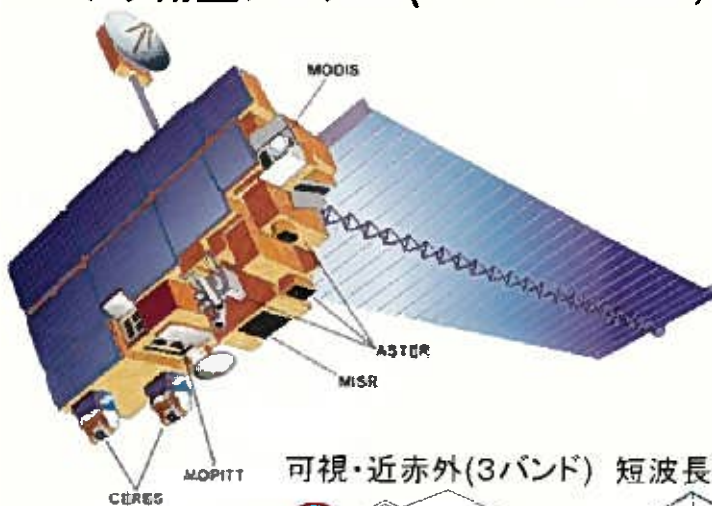
- 2000年3月: 千葉大学 博士(工学)
- 2000年4月～2001年3月: JST技術員
 - 衛星データと現地観測データの併用による広域バイオマス計測に関する研究
- 2001年4月～2006年3月: JAXA招聘研究員
 - みどり2号GLIセンサ陸圏プロダクトに関する研究
 - (だいちAVNIR-2センサ)
- 2006年4月～2012年3月: 産総研・グリッド研究センター/情報技術研究部門
- 2012年4月～ 現在: 産総研・地質情報研究部門
(Terra ASTER, ISS HISUI, ...)

資源探査、火山監視などのための衛星センサ

- ふよう1号(JERS-1 OPS, SAR) (1992～1998)
- テラ衛星 アスター(Terra ASTER) (1999～)
- ランドサット (Landsat)
 - 1号(1972～1978)
 - 2号(1975～1981)
 - 3号(1978～1983)
 - 4号(1982～1993)
 - 5号(1984～2012)
 - 6号(1993(失敗))
 - 7号(1999～)
 - 8号(2013～)
- 地球観測衛星1号(EO-1 ALI, Hyperion)
- だいち (ALOS PALSAR), だいち2号 (ALOS-2 PALSAR-2)
- 国際宇宙ステーションひすい(ISS HISUI) (2019～)
- などなど。。。

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

テラ衛星アスター (Terra ASTER; 資源探査用将来型センサ)



NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

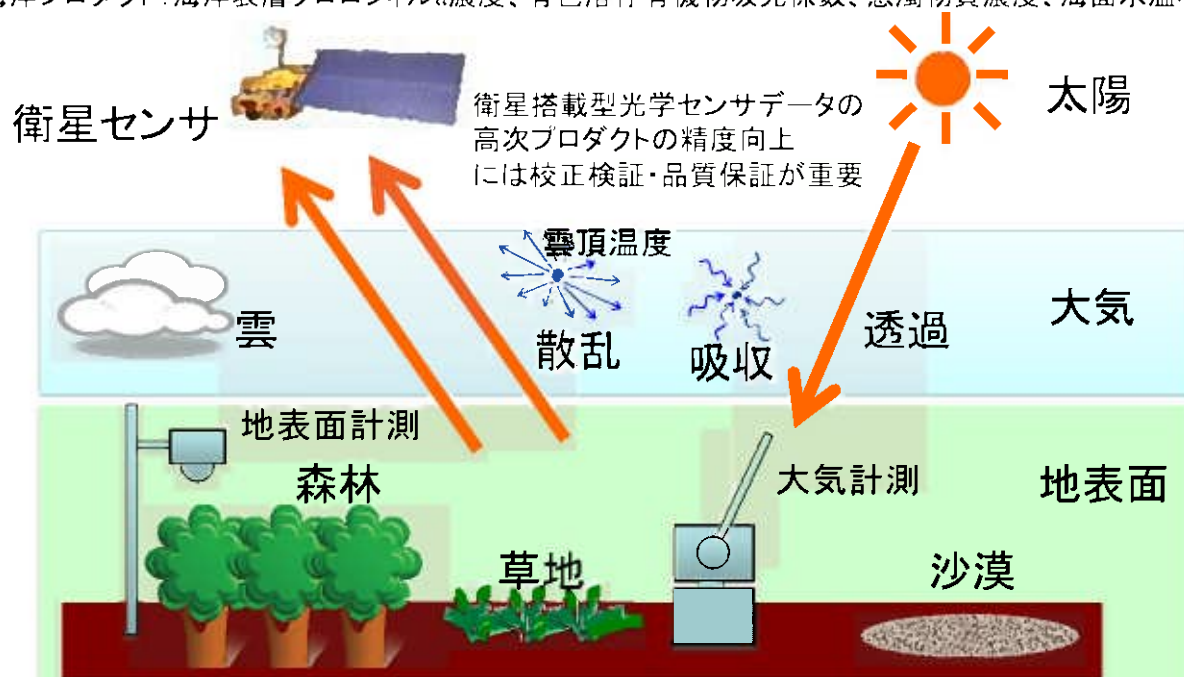


衛星搭載型光学センサデータの品質化

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

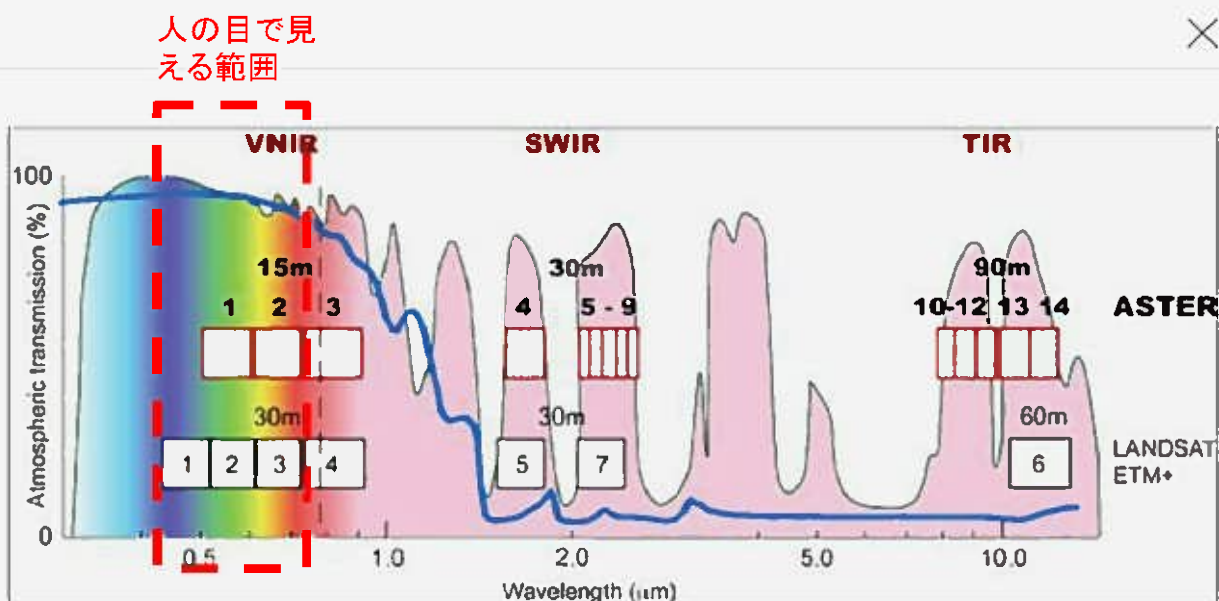
衛星搭載型光学センサデータの校正検証・品質保証

- ・陸域プロダクト: 岩相・鉱物マッピング、土地被覆分類、光合成有効放射量、地表面温度など
- ・雪氷プロダクト: 積雪/海水分布、積雪不純物、積雪粒径、雪氷表面温度など
- ・大気プロダクト: 水蒸気量、エアロソル種、光学的厚さ、雲頂高度、など
- ・海洋プロダクト: 海洋表層クロロフィルa濃度、有色溶存有機物吸光係数、懸濁物質濃度、海面水温など



NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

衛星搭載型光学センサ



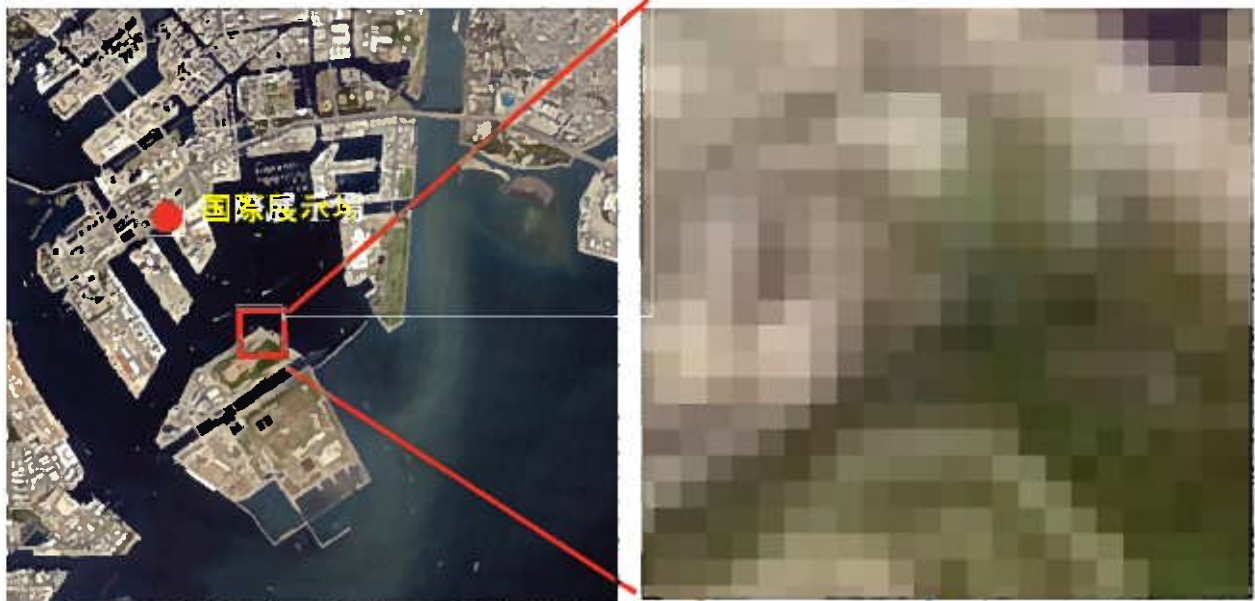
Chris Legg : Basics of Geological Remote Sensing, 2014

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

衛星搭載型光学センサ取得データのフォーマット

- BSQ, BIL, BIP (+Header text, metadata)
- CEOS (CEOS (Committee on Earth Observation Satellites: 地球観測衛星委員会)で標準化されたフォーマット)
- HDF4/5, HDF-EOS 4/5
- GeoTIFF
- NetCDF
- ENVIなど、ソフトウェア依存のフォーマット
- などなど

1画素1画素が色々な情報(光の強さ、位置など)の塊



2016年10月26日にTerra衛星ASTERセンサが撮像した東京付近

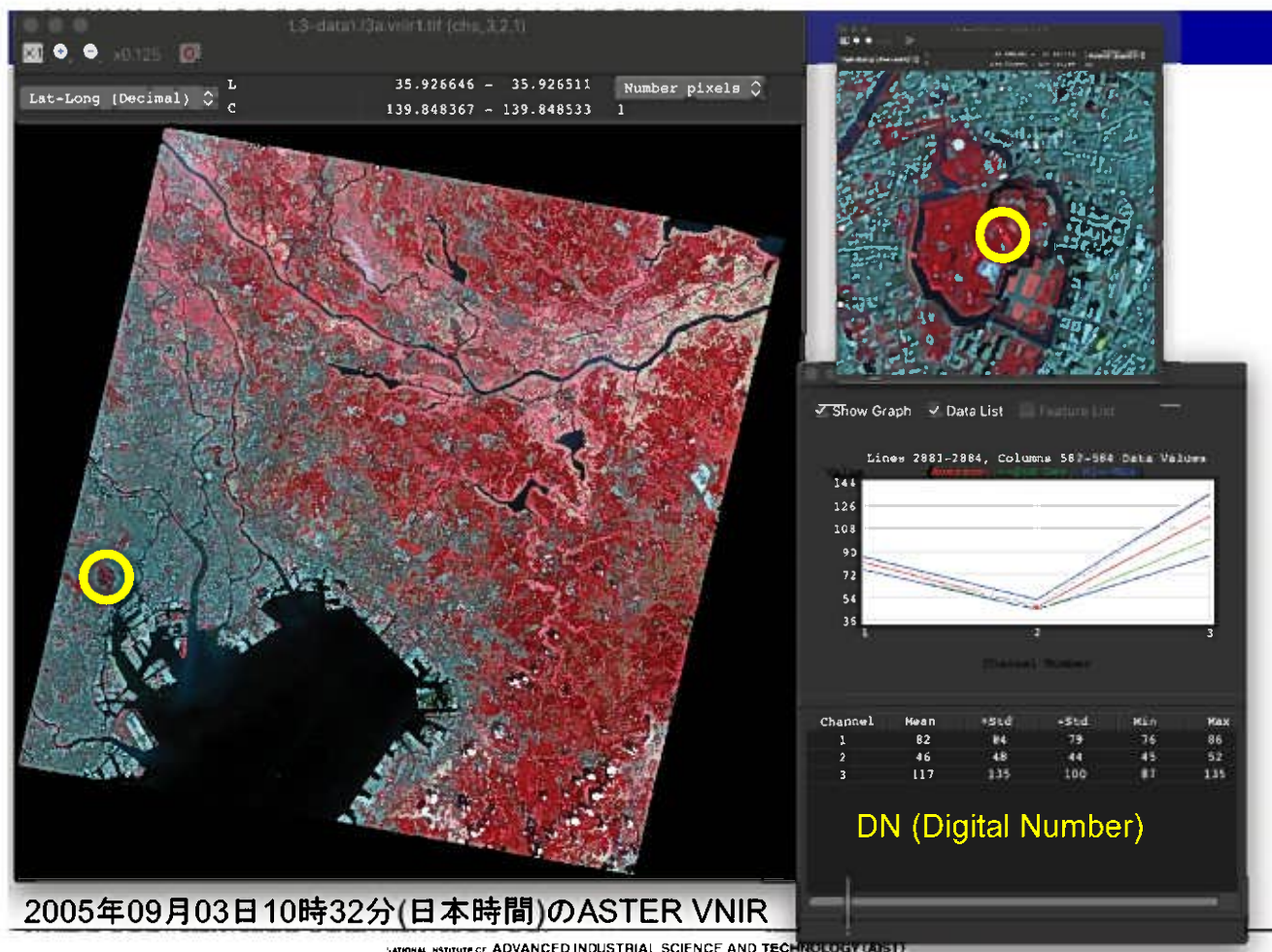
NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

MADAS (METI AIST Data Archive System)

File List:

File Name	Size	Date
KathMacBookRose:Downloads kath5 la -alt	total 92832	
drwxr-xr-x 5 kath staff 6148 12 3 18:17 .CS_Store		
drwxr-xr-x 5 kath staff 160 12 3 18:17 .		
drwxr-xr-x 3 kath staff 46871994 12 3 18:16 ASTB050903013228.tar.bz2		
KathMacBookRose:Downloads kath5 bz1p2 -cd ASTB050903013228.tar.bz2 tar xvf -		
x 50903013228 305249068/		
x 50903013228 305249068/datal.13a.vnir3n.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.swir6.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.tir11.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.tir12.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.swirsh		
x 50903013228 305249068/datal.13a.vnir1.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.tir13.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.swir8.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.tir10.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.tir14.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.swir5.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.gh		
x 50903013228 305249068/datal.13a.demsa.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.swir7.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.swir4.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.vnirsh		
x 50903013228 305249068/datal.13a.vnir2.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.swir9.tif		
x 50903013228 305249068/datal.13a.tirsh		
x 50903013228 305249068/datal.13a.demsh		
KathMacBookRose:Downloads kath5		

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)



Terra ASTER大気上端反射率(Top Of Atmosphere; TOA reflectance)

$$L_{ASTER} = \frac{(DN_{ASTER} - 1) \times UCC}{\pi L_{ASTER} d^2}$$

$$\rho_{ASTER} = \frac{F_0 \cos \theta_{ASTER}}{F_0 \cos \theta_{ASTER}}$$

この精度が重要

センサ劣化により本来のDN値と異なるようになる

UCC : unit conversion coefficient (UCC) for ASTER band b [$W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} \cdot \mu m^{-1} \cdot DN^{-1}$];

F_0 : exoatmospheric solar irradiance for ASTER band b [$W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1}$];

θ_s : solar zenith angle for the ASTER scene being processed;

d : Earth-Sun distance in astronomical unit;

DOY : day of year for the ASTER scene being processed;

Table 1:

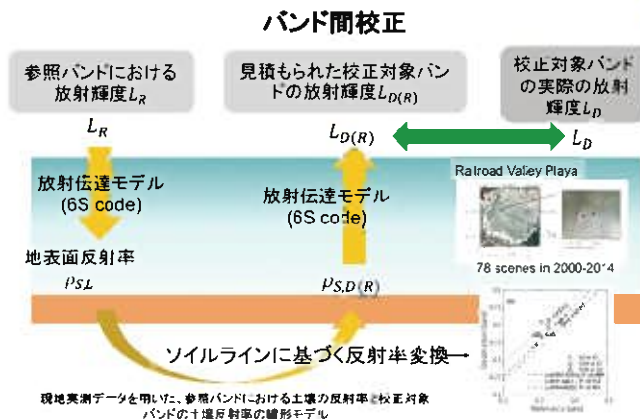
Band	Coefficient ($W/m^2 \cdot sr \cdot \mu m$) / DN			
	High Gain	Normal	Low Gain 1	Low Gain 2
1	0.676	1.688	2.25	
2	0.708	1.415	1.89	
3N	0.423	0.862	1.15	
3B	0.423	0.862	1.15	
4	0.1087	0.2174	0.2900	0.2900
5	0.0348	0.0696	0.0925	0.4090
6	0.0313	0.0625	0.0830	0.3900
7	0.0299	0.0597	0.0795	0.3320
8	0.0209	0.0417	0.0556	0.2450
9	0.0159	0.0318	0.0424	0.2650

DN: 衛星観測データから読み込んだデジタル値

衛星観測データにはマニュアルもしくは論文などの文献があるのでそれを参照しながら数値化する

ASTERの放射量校正(センサ劣化対策)

- ① 機上校正...搭載されている校正機器により軌道上で光学センサの特性の変化を検知しそれを補正すること
- ② 代替校正...光学センサが軌道上にあるときに、特定の地表ターゲットを観測することにより光学センサを校正すること
- ③ 相互校正...類似した複数の衛星データをセットとして、相互の比較により校正を行うこと
- ④ バンド間校正...参照とするバンドからモデルを介して校正対象バンドの出力を推定し校正する。
- ⑤ 月校正...月と地球と太陽の位置関係を適切に選んで月表面の放射輝度を推定することにより 光学センサの応答度の校正を行う



Obata et al., Remote Sens., 2015



(神山ほか, JRSSJ, 2017)

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

代替校正

- 打ち上げ時の振動や加速度、打ち上げ後の無重力・真空下で宇宙線にさらされるような過酷な環境におかれることで、光学センサーについては**経年劣化**が見られる
- 最近では、この劣化を把握するために**オンボード(機上)校正**機器が備えられるようになった
- 打ち上げ後の**校正機器自身の劣化**などから絶対的に信頼できる校正とも言いがたい
- **代替校正**とは、衛星が上空を通過する際に地上においてターゲットの分光反射係数や放射輝度、温度等を測定し、同時に大気分光散乱・透過過程を推定して大気圏外における(軌道上の光学センサの位置における)ターゲットの放射輝度を評価する校正手法

代替校正の特徴・役割

- 代替校正の特徴は
 - 短所: 頻度を稼ぐのが難しい・精度が低い
 - 長所: 実際の観測データに最も近い形での校正
 - ただし代替校正は好条件のサイト(高反射率・高地)にて行われるため、さらに各種サイトでの検証も望まれる。
- その役割は
 - 機上校正機器からの結果の検証
 - 機上校正機器の不具合時
もしくは劣化時の代替

代替校正サイトの必須条件

- 反射率が高く、完全拡散に近く、対象とするセンサの瞬時視野に対して十分広い領域で均質であること
- 大気は可能な限り薄く、時間的に安定しており、**晴天率が高いこと**
- ロジスティクスの良さ(測器運搬コストの低さおよび安全性の高さ)が見込まれること

MODIS雲マスクプロダクトを用いた 代替校正サイトにおける晴天率

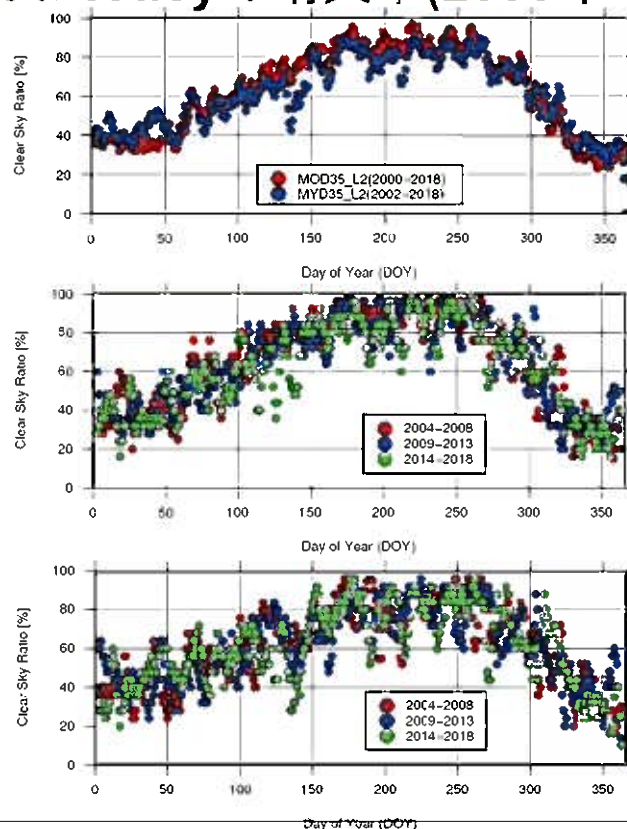
MODIS雲マスクプロダクト

- ・MOD35_L2 ... 午前
- ・MYD35_L2 ... 午後

対象とする日: 2日前～2日後の5
日間のうち、"Probably Clear" もし
くは"Confident Clear"であった日
数の割合を晴天率とする

Bit field	Description	Key
0	Cloud Mask Flag	0 = Not determined 1 = Determined
2, 1	Unobstructed FOV Quality Flag	00 = Cloudy 01 = Uncertain 10 = Probably Clear 11 = Confident Clear
3	Day or Night Path	0 = Night 1 = Day
4	Sunglint Path	0 = Yes 1 = No
5	Snow/Ice Background Path	0 = Yes 1 = No
7, 6	Land or Water Path	00 = Water 01 = Coastal 10 = Desert 11 = Land

Railroad Valleyの晴天率(2000年～2018年)



Railroad Valleyでは
6月25日～9月18日
の午前中であれば晴
れの確率が高い

測器



ASD FieldSpec FR, 3, 4



PREDE POM02
(or CE318-T)



MicroTops-II
(Model 540, 521)



Labsphere Spectralon
SRT-99-100



TR-73U
<https://www.monotaro.com/>

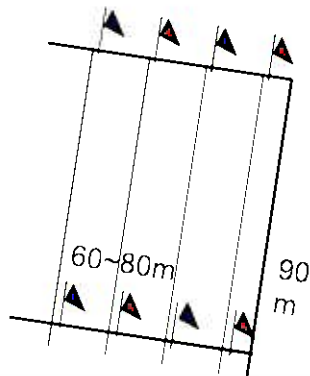


Nikon CP4300
RICOH THETA m15 etc.
<https://photo.watch.impress.co.jp/img/devices/676/076.htm#002.jpg#002>

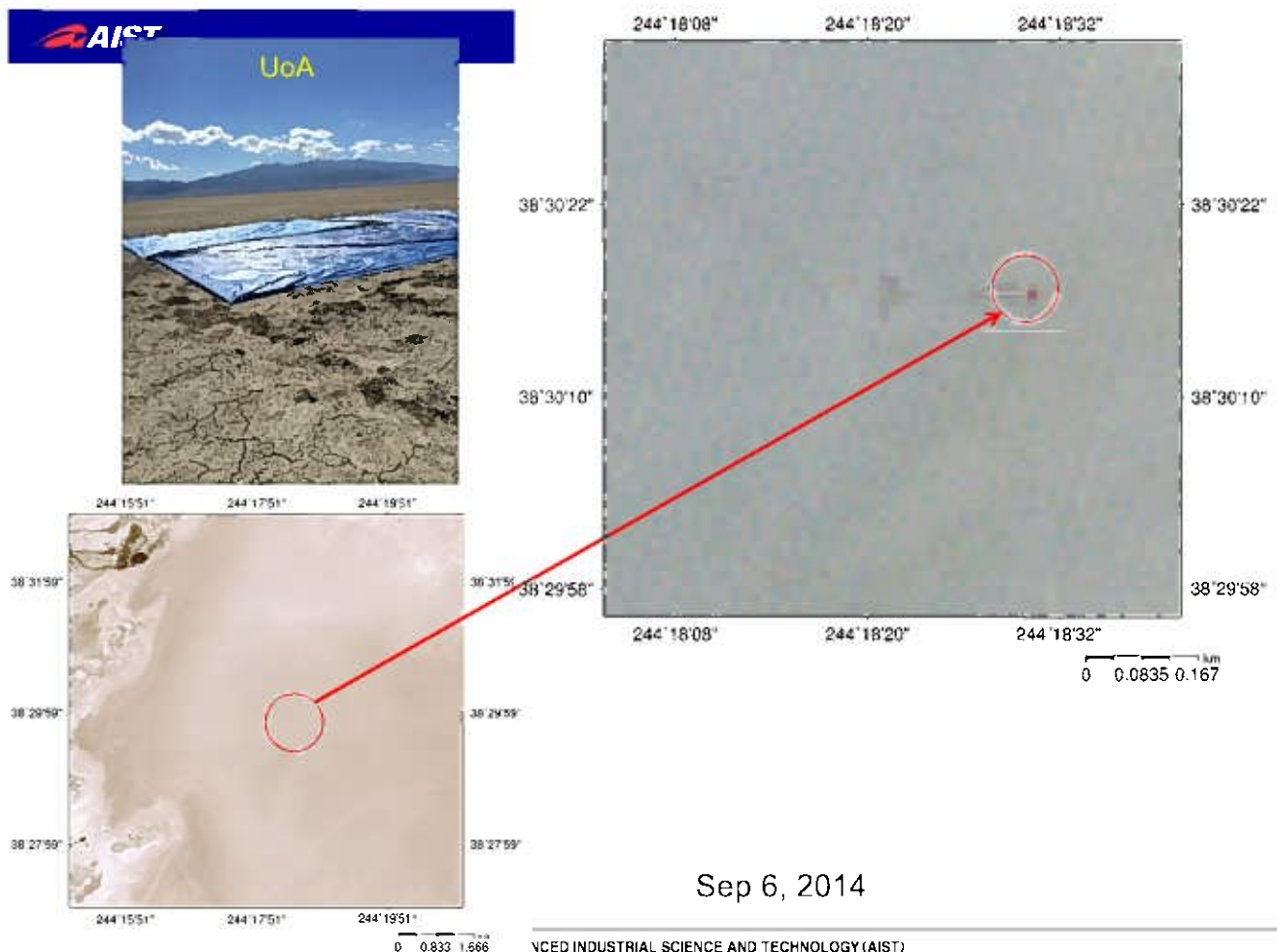
ASTERセンサにおける代替校正実験

• 主なサイト

- Alkali Lake (US)
- Railroad Valley (US)
- Ivanpah Playa (US)
- Lake Lefroy (Australia)
- Coyote Lake (US)
- Roach Lake (US)
- Primm Valley (US)

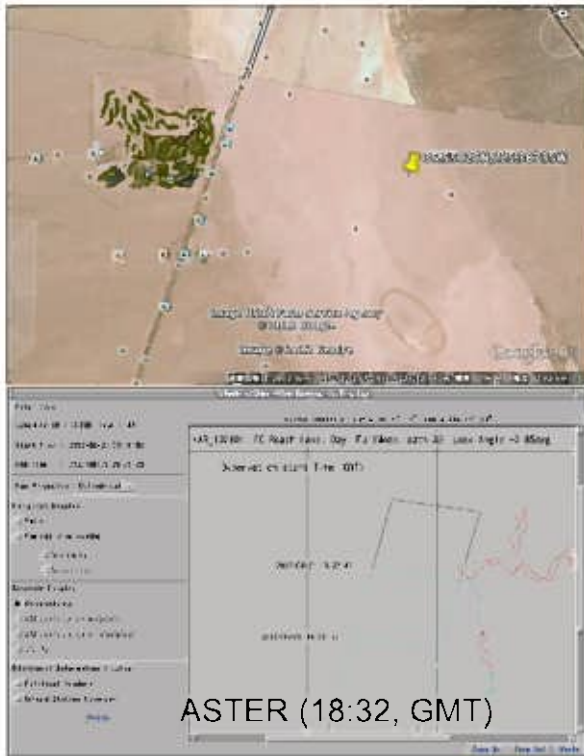


Railroad Valley

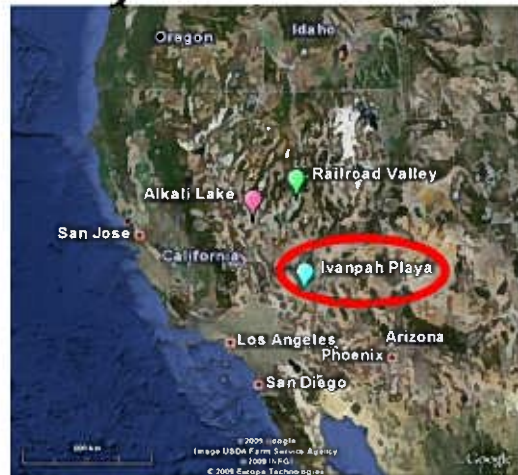


Sep 6, 2014

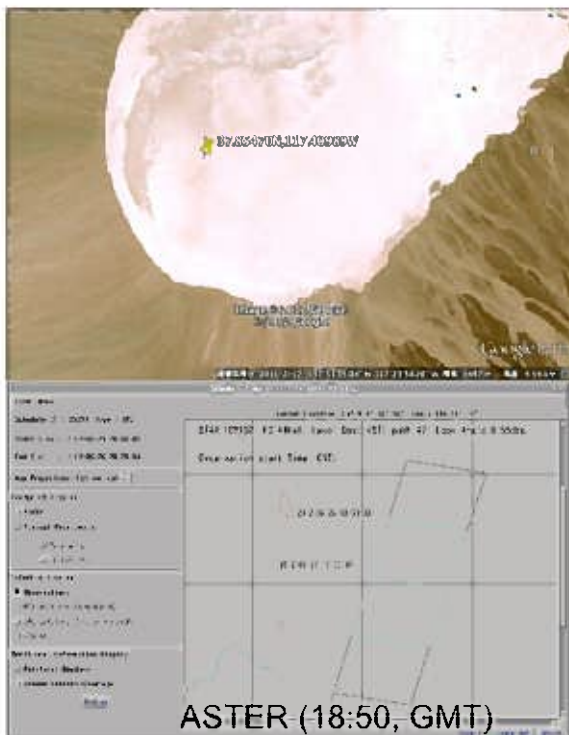
Ivanpah Playa



NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY

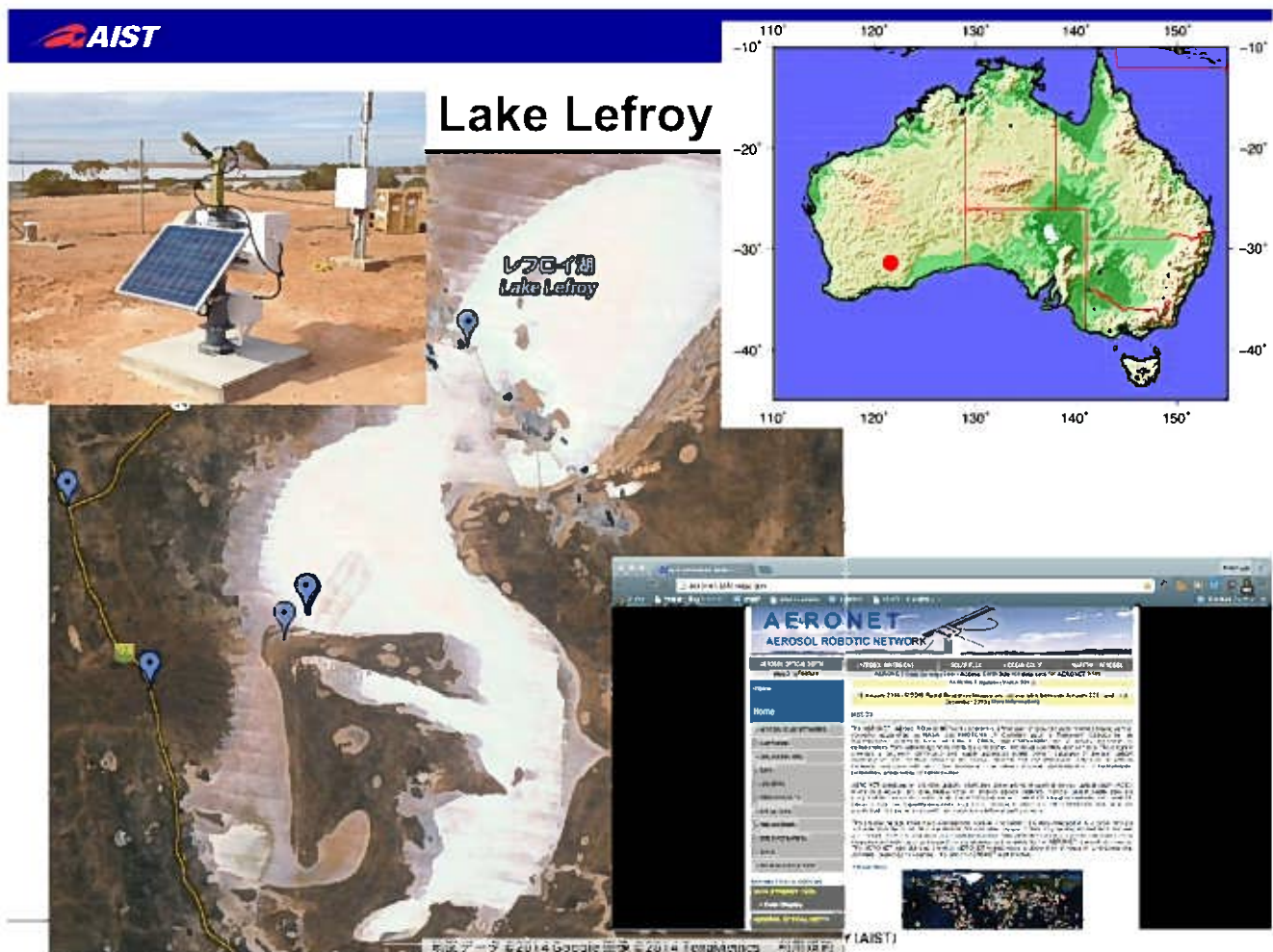
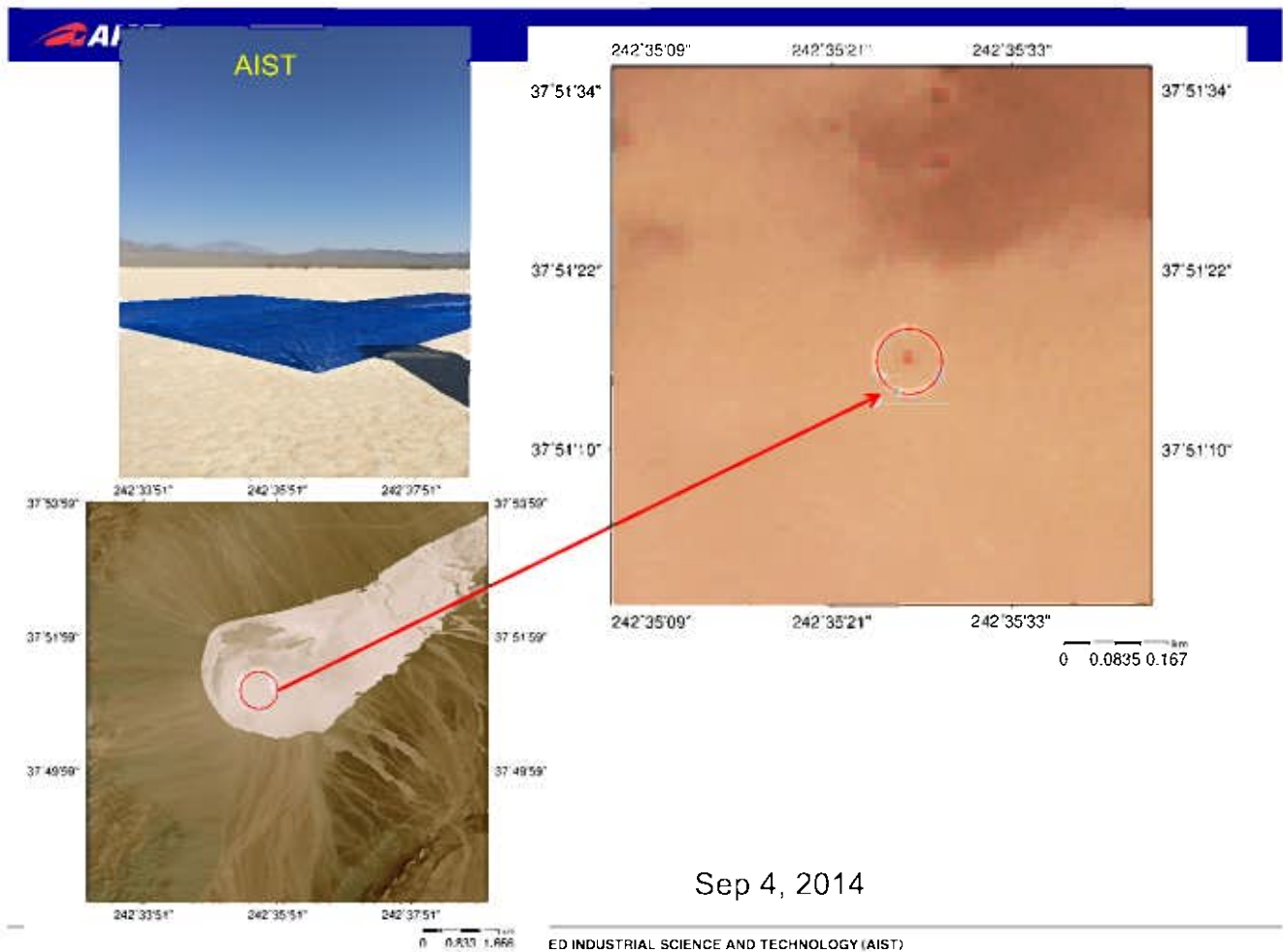


Alkali Lake



NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY







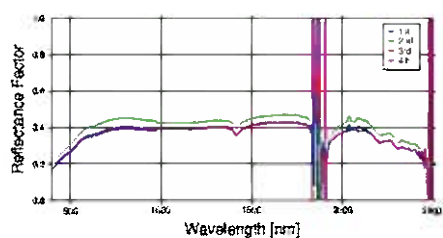
Nov 28, 2014



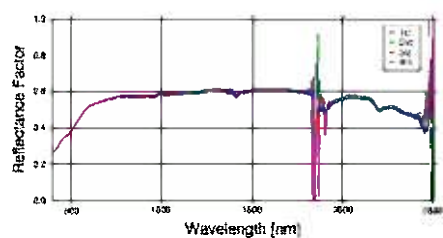
Nov 29, 2014

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

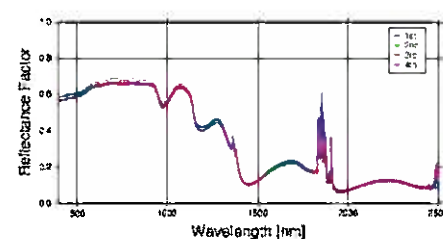
地表面反射係数の例



Railroad Valley



Alkali Lake

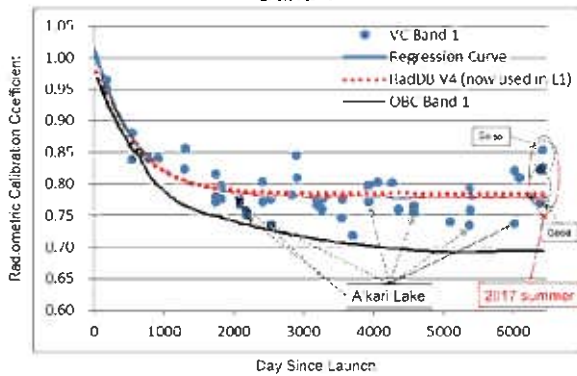


Lake Iefroy

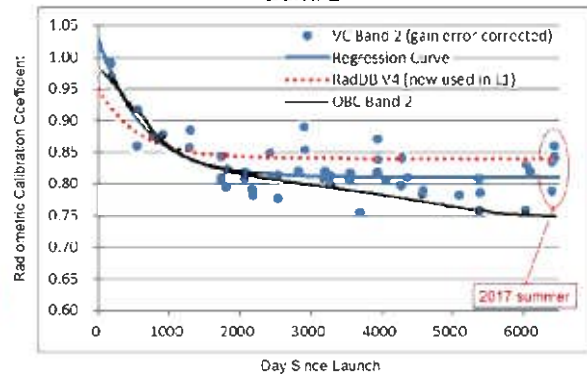
NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

ASTER感度劣化曲線(~2017年)

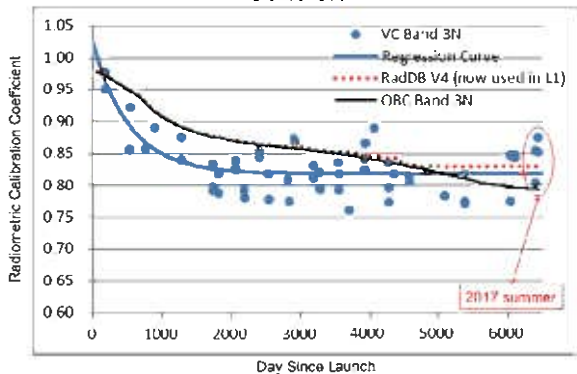
Band 1



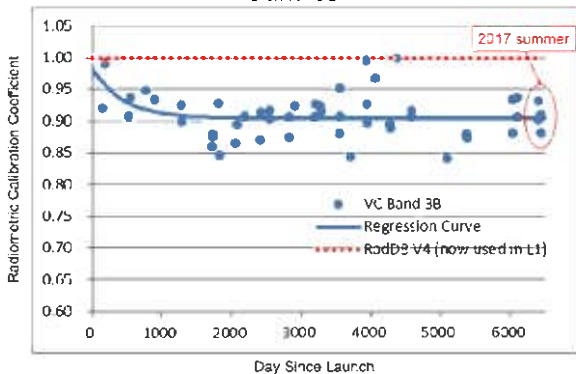
Band 2



Band 3N



Band 3B



NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

代替校正相互比較のための 国際フィールドキャンペーン(2018年5月)

U of Arizona, U of Lethbridge (Canada), NASA GSFC,
NASA JPL, DigitalGlobe, GSJ/AIST (Japan), National
Geospatial-Intelligence Agency(NGA)



NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

Article

Radiometric Degradation Curves for the ASTER VNIR Processing Using Vicarious and Lunar Calibrations

Satoshi Tsuchida ^{1,*}, Hirokazu Yamamoto ¹, Toru Kouyama ², Kenta Obata ^{1,3}, Fumihiro Sakuma ⁴, Tetsushi Tachikawa ⁴, Akihide Kamei ⁵, Kohei Arai ⁶, Jeffrey S. Czapla-Myers ⁷, Stuart F. Biggar ⁷ and Kurtis J. Thome ⁸

- ¹ Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Central 7, Higashi 1-1-1, Tsukuba 305-8567, Japan; hirokazu.yamamoto@aist.go.jp (H.Y.); obata@ist.aichi-pu.ac.jp (K.O.)
- ² Artificial Intelligence Research Center, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 2-4-7 Aomi, Koto-ku, Tokyo 135-0064, Japan; t.kouyama@aist.go.jp
- ³ Department of Information Science and Technology, Aichi Prefectural University, 1522-3 Ibaragabasama, Nagaute, Aichi 480-1198, Japan
- ⁴ Research and Development Division, Japan Space Systems, Tokyo, 3-5-8 Shibakoen, Minato-ku, Tokyo 105-0011, Japan; fsakuma@jcom.home.ne.jp (F.S.); Tachikawa-tetsushi@spacesystems.or.jp (T.T.)
- ⁵ National Institute for Environmental Studies, Tsukuba 305-8506, Japan; kamei.akihide@nies.go.jp
- ⁶ Saga University, Saga City 840-8502, Japan; arai@is.saga-u.ac.jp
- ⁷ Remote Sensing Group, College of Optical Sciences, University of Arizona, Tucson, Arizona, 1630 E University Blvd, Tucson, AZ 85721, USA; jscm@optics.arizona.edu (J.S.C.-M.); biggar@optics.arizona.edu (S.F.B.)
- ⁸ NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, USA; kurtis.thome@nasa.gov

<https://www.mdpi.com/2072-4292/12/3/427>

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)



ISS搭載HISUI(Hyperspectral Imager)センサ

- 経済産業省(METI)によって開発されたハイパースペクトルイメージングシステム
- 国際宇宙ステーション(ISS)船外実験装置:「きぼう」(JEM)に配備
- 2019年12月6日(金曜日)02時29分(日本標準時)に米国ケープカナベラル空軍基地からスペースXドラゴンによって打ち上げ

Table 1. HISUI Specifications.

Spatial resolution	20 m (VNIR) × 30 m (SWIR)
Swath	20 km
Spectral coverage	0.4 - 2.5 μ m
Spectral resolution	10 nm (VNIR) 12.5 nm (SWIR)
Number of band	185
Signal to noise ratio	>450 @ 620 nm >300 @ 2100 nm
MTF	> 0.2
Dynamic range	12 bits
Data compression	Lossless (70%)
Data rate (70 % compression)	0.4 Gbps



Fig. 1. The launch of SpaceX CRS-19. Photo by A. Iwasaki.



Fig. 4. JEM EF-sec from HTV9. Wireless LAN Demonstration: WLD
(https://www.youtube.com/watch?v=yc_rgnH1n0g)

Matsunaga *et al.*, IGARSS, 2020

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE

HISUIプロダクトリスト

Table 2. HISUI product list

Name/Format	Description
Level 0	Raw data
Level 1A / TIFF	Raw DN product with all radiometric calibration coefficients. Spatial resampling is not applied.
Level 1R/ TIFF	Top-of-atmosphere spectral radiance product. Spatial resampling is not applied.
Level 1G / GeoTIFF	Geometrically corrected / orthorectified top-of-atmosphere spectral radiance product. Parallax correction, and keystone property are considered. Spectral continuity between VNIR and SWIR are considered.
Level 2G / (TBD)	Atmospherically corrected surface spectral reflectance product generated from L1G with QA information. This is Science Product for research purpose and not validated.

Matsunaga *et al.*, IGARSS, 2020

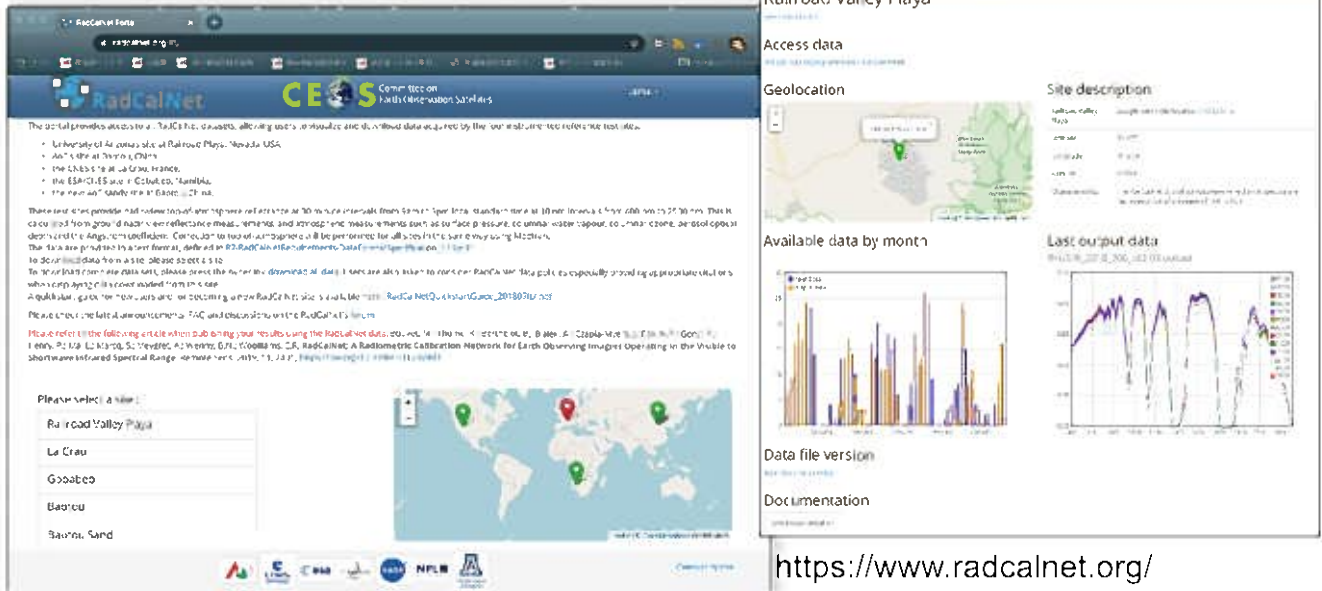
NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

ISS HISUIに対する代替校正実験

- ISS HISUIにおいて、その軌道特性のため、各校正サイトでの観測頻度は極めて少ない。
- 晴天率が高いサイト、時期を選んで現場に行くが、天候状態などが常に良いとは限らない。
- 通常の代替校正実験のほか、自動機器の校正ネットワーク(Radiometric Calibration Network (RadCalNet))で取得されるデータの使用などを検討している。
- コロナ。。。。

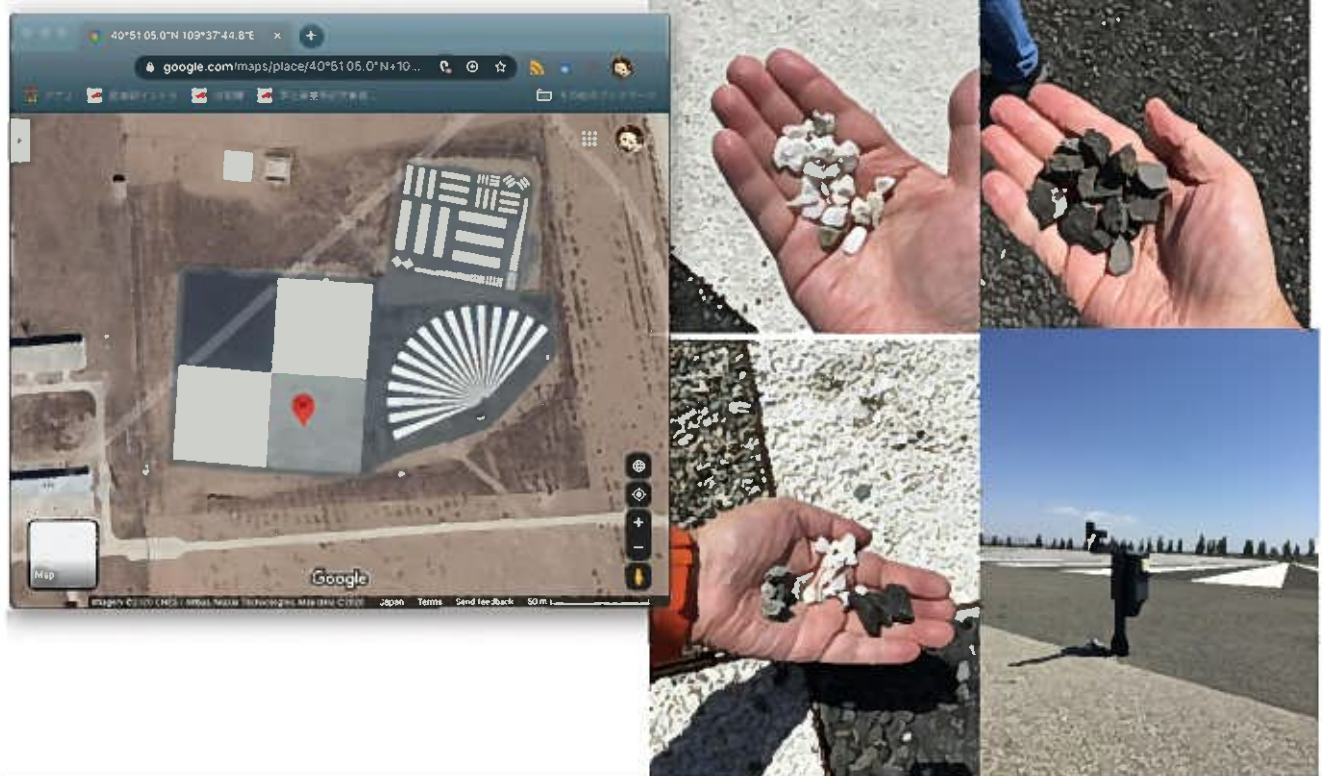
Radiometric Calibration Network (RadCalNet)

- 地球観測衛星委員会(CEOS)校正検証作業部(WGCV)において取りまとめられている
- 自動観測専用のサイト(Railroad Valley Playa, La Crau, Baotou, Gobabeb)
- Railroad Valley PlayaではRadiometric Calibration Test Site (RadCaTS)が設置されている
- RadCaTS はスポーツチームArizona Wildcatsの名称をもっている
- RadCaTSでは2014年以降のデータが使用可能



NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

RadCalNet BTCN



NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

RadCalNet BSCN

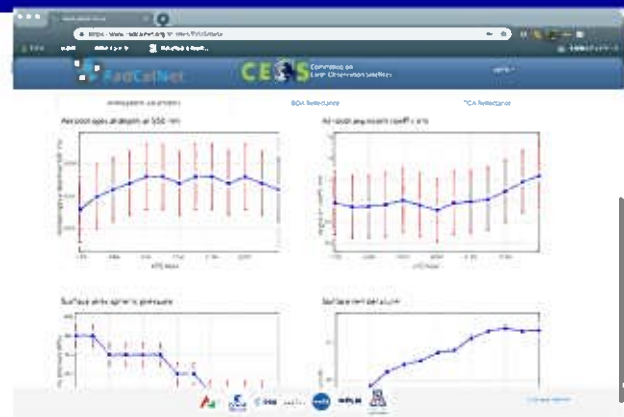


RaCalNet RVUS





RadCaTSでの地表面反射率



RadCaTSでの大気パラメータ



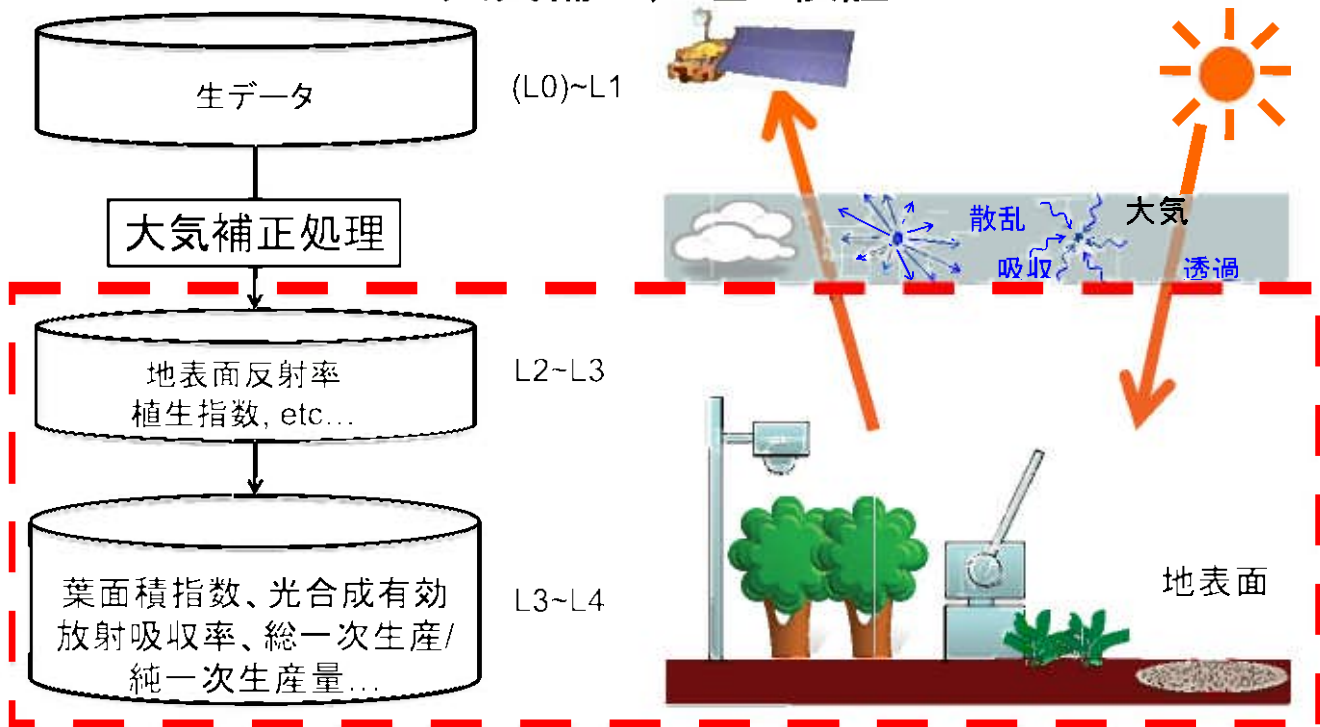
RadCaTSでの大気上端反射率

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

ASTER観測リクエスト(RadCaTS, LaCrau, Baotou)

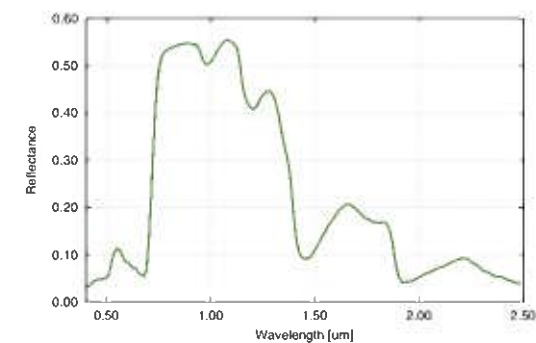
- Category : STAR Local
- Objective : Calibration
- Duration : 3yrs.
- Observation : FULL mode (VNIR/SWIR/TIR)
- VNIR Gain : NOR/NOR/NOR
- Frequency : 1 obs. / 32days (11 obs. / yr)
 - Usual frequency is 1 obs. / 48 days
 - Both area of west and east cannot be observed in case of 1 obs. / 16 days.
- Cloud : 1~100%
- GC : ON
- EDS(Expedited Data Set) Flag : OFF
- Urgent Flag : OFF

大気補正処理と検証



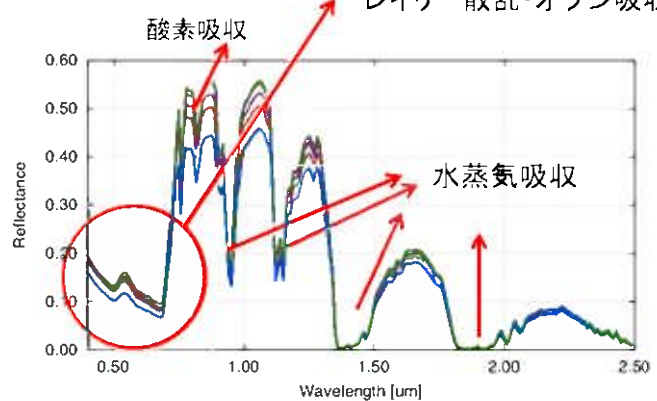
エアロゾルによる大気上端反射率への影響

レイリー散乱・オゾン吸収



地表面反射率サンプル

(Fir_Tree IH91-2, USGS Spectroscopy Lab)

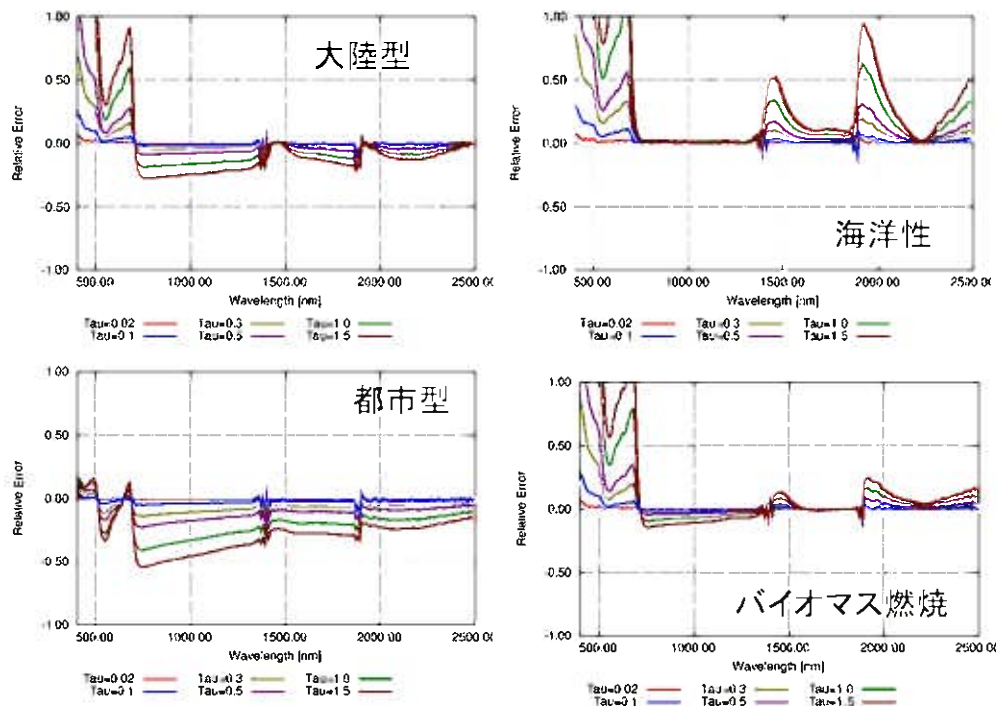


衛星センサで捉えられる
大気上端反射率の見積もり

太陽照度モデル: Kurucz (2006)
太陽天頂角: 25.44 [deg]
相対方位角: 0.0 [deg]
標高: 0.0 [m]
水蒸気量=0.419g/cm², オゾン=480DU

c(1) = volumic % of ダスト
c(2) = volumic % of 水溶性
c(3) = volumic % of 海洋性
c(4) = volumic % of 煤

地表面反射率とエアロゾル未補正反射率の相対誤差



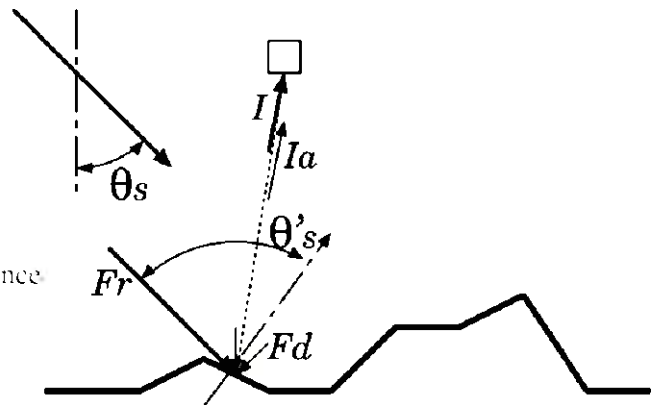
NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

ISS HISUI 大気補正アルゴリズム(L2G)

$$\rho(\lambda) = \frac{\pi(I - I_a(\lambda, \theta_s, \theta))}{T(\lambda, \theta)(F_r(\lambda, \theta_s) \cos \theta'_s + F_d(\lambda, \theta_s))}$$

$$F_r(\lambda, \theta_s) = T(\lambda, \theta_s)F_0(\lambda),$$

- I : HISUI observed radiance
- $I_a(\lambda, \theta_s, \theta)$: Path radiance
- $F_r(\lambda, \theta_s)$: Direct irradiance
- F_d : Diffuse irradiance
- T : Transmittance
- F_0 : Extra-terrestrial solar irradiance
- λ : Wavelength
- θ : Sensor zenith angle
- θ_s : Sun Zenith angle
- θ'_s : Incidence angle

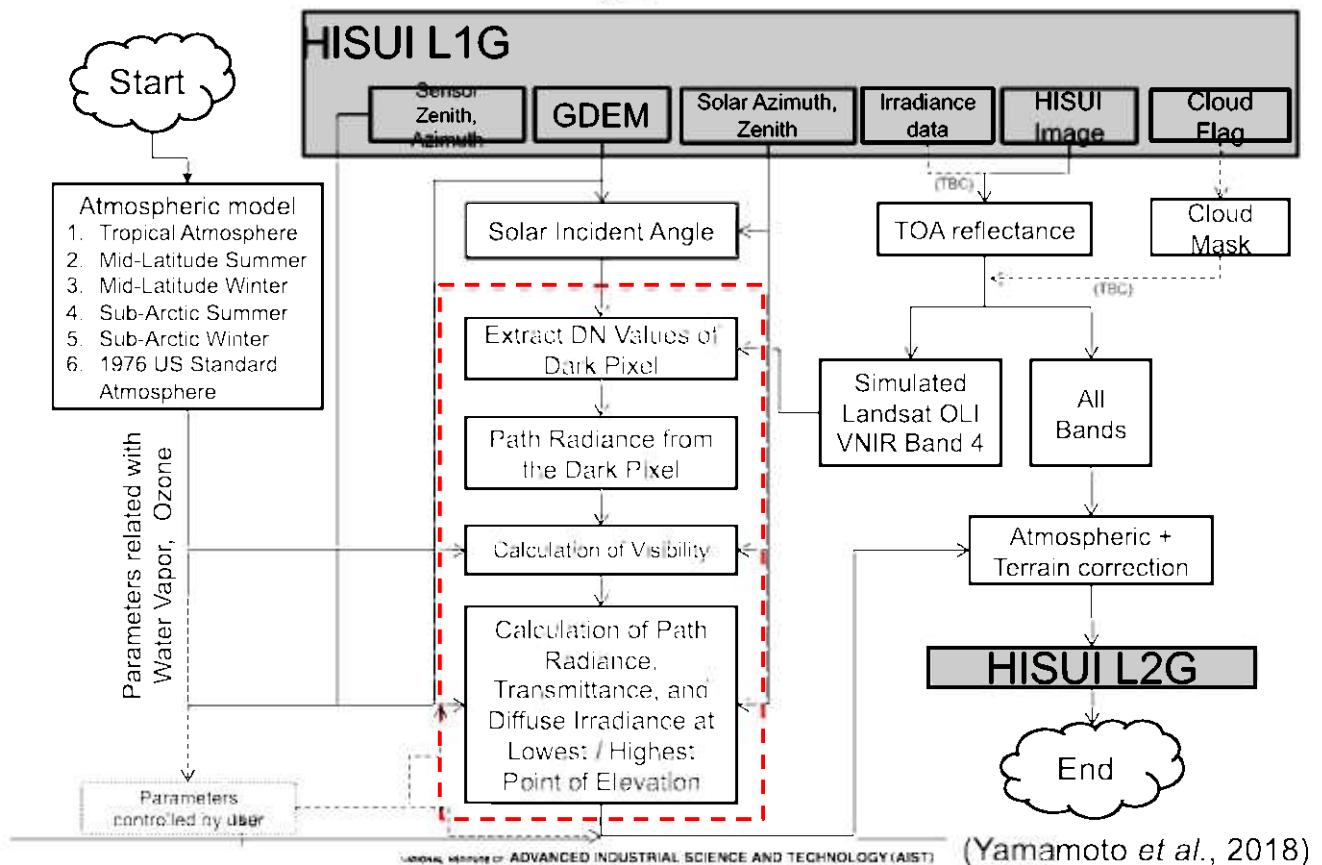


ASTERセンサデータの大気補正ではMODISの大気プロダクトを用いた

長崎大・森山教授との共同研究

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

L2G処理フロー



Skylight Radiometer POM02を用いた検証

PREDE Co., LTD. POM-02

Measurement method Filter wheel, photo-diode & InGaAS detectors

Sun tracker : tripod base, sun sensor and rain sensor included

Wavelengths : 340, 380, 400, 500, 675, 870, 940, 1020, 1225, 1627, 2200nm

Half-power bandwidth : 10 nm

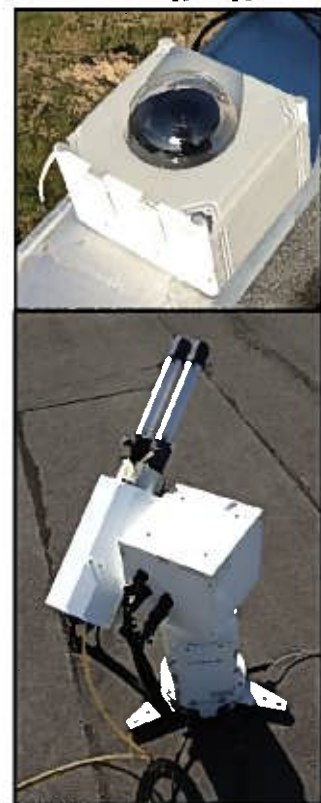
Wavelength accuracy 2 nm

View half-angle 0.5 deg

Fine weather :

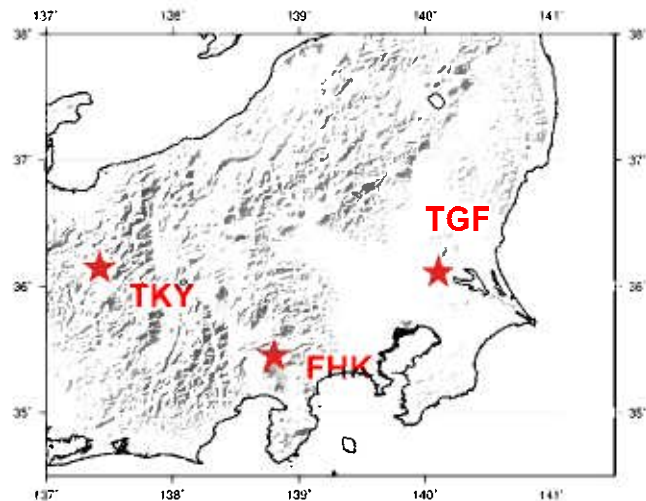
POM02 will automatically measure the solar direct and diffuse light every 10 minutes from Sunrise to Sunset.

Rainy weather : POM02 will be automatically stopped.



検証サイト

- 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター(TGF: 36° 6' 51.6" N, 140° 5' 45.6" E (WGS84))
- 2003 (2002) ~
- 岐阜大学 流域圏科学研究センター 高山試験地 林冠観測タワー(生態観測櫓)(TKY: 36° 08' 46.2" N, 137° 25' 23.2" E (WGS84))
- 2004 ~
- 山梨県富士吉田市 富士北麓フラックス観測サイト(FHK: 35° 26' 36.7" N, 138° 45' 53.0" E (WGS84))
- 2004 ~



NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)



筑波大



富士北麓フラックス観測



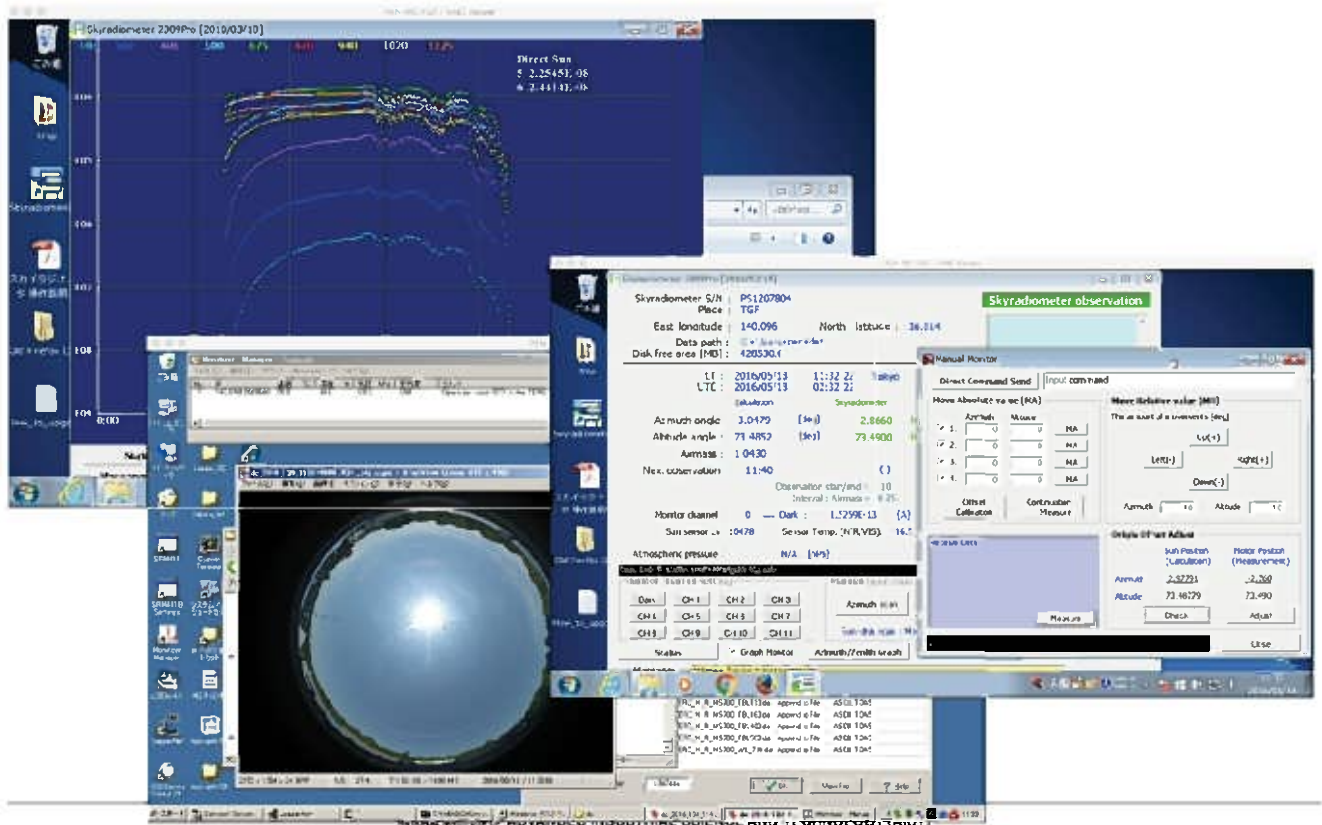
高山試験地 林冠観測タワー



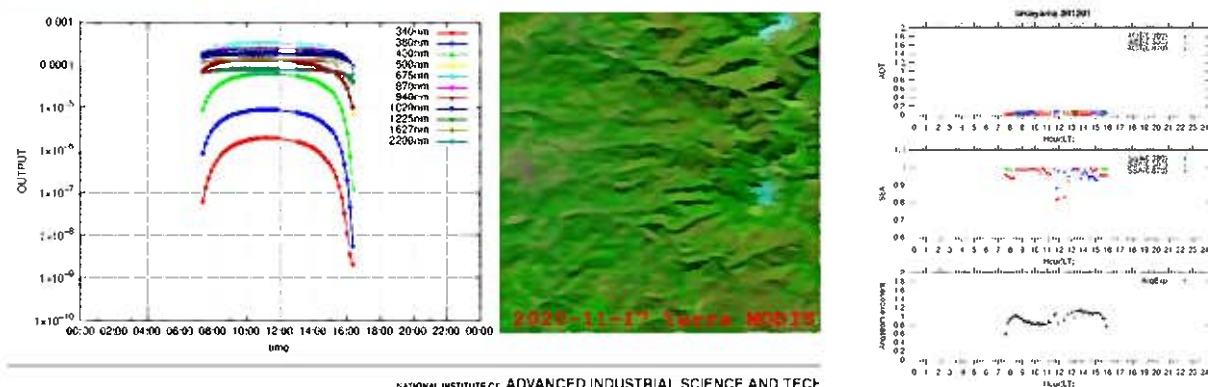
気象研における準器との比較観測

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

POM02 制御プログラム(Windows10)



POM02制御のRaspberry Pi化



SKYNET

SKYRAD.PACK

What's SKYRAD.PACK

SKYRAD.PACK is a software package for analyses of sky radiometer(sun/sky photometer) data to obtain aerosol optical properties. This SKYRAD.PACK (version 4.2) is an upgraded version of the version 4 (2001) that is an extended successor of version 2. Improvements of this renewal package on the previous version 4 are as follows.

1. Analysis Ver.4.2 has become stable and available.
2. Detailed instructions for the package are given.
3. Data for (Improved) Langley method plotting are output optionally (a new function) .

The following two functions of version 4 are kept alive.

1. Implementation of the Improved Langley method of Shiobara et al. (1986) to obtain accurate calibration constants for sky radiometers.
2. Retrieval of complex refractive index of aerosols by an inversion method similar to that of Dubovik et al.(2000).

* Analyses of shipborne data (a function of version 4) is available only in case of small ship shaking.

SKYNET

Research Product Release Service
at Center for Environmental Remote Sensing (CERES), Chiba University

[Home](#)
[Data and Site info](#)
[Publications](#)

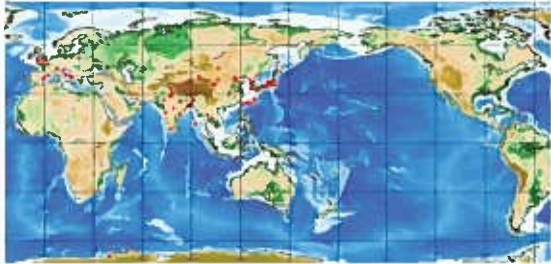
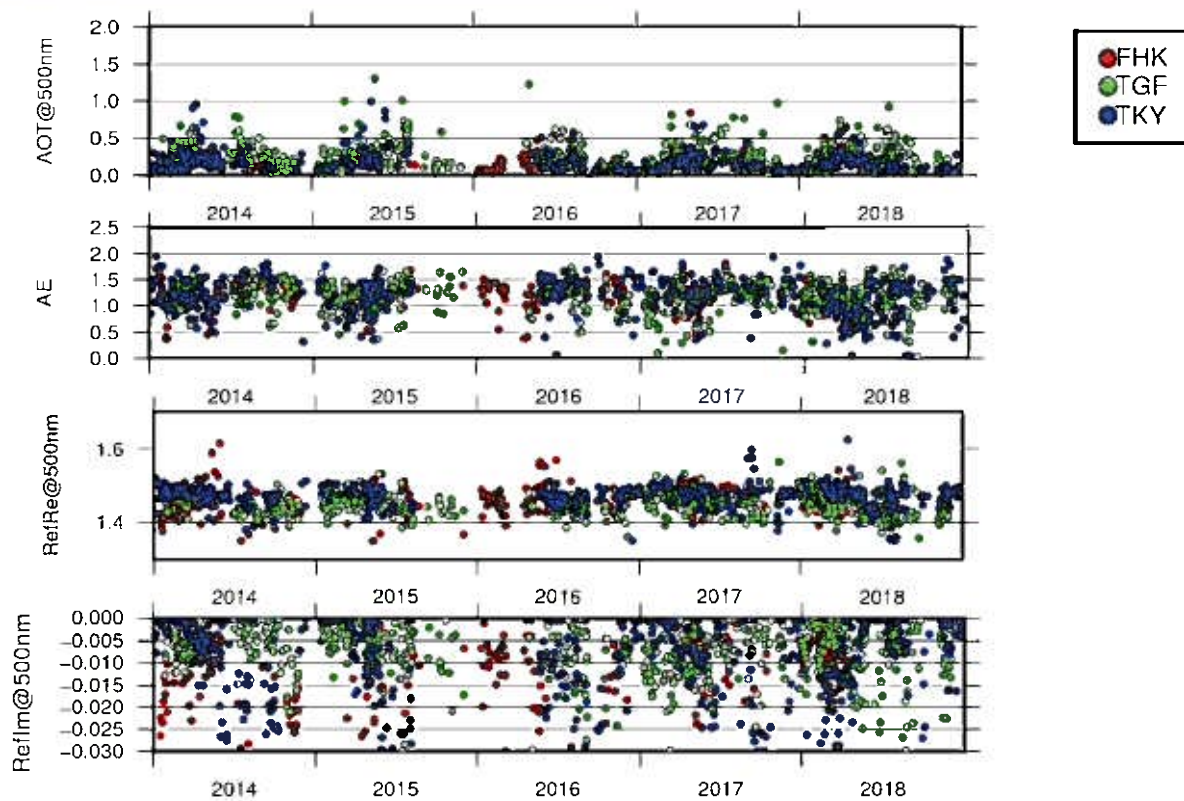


Fig. SKYNET/skyradiometer site map. Sites with data available as of July 30, 2013 are shown in red

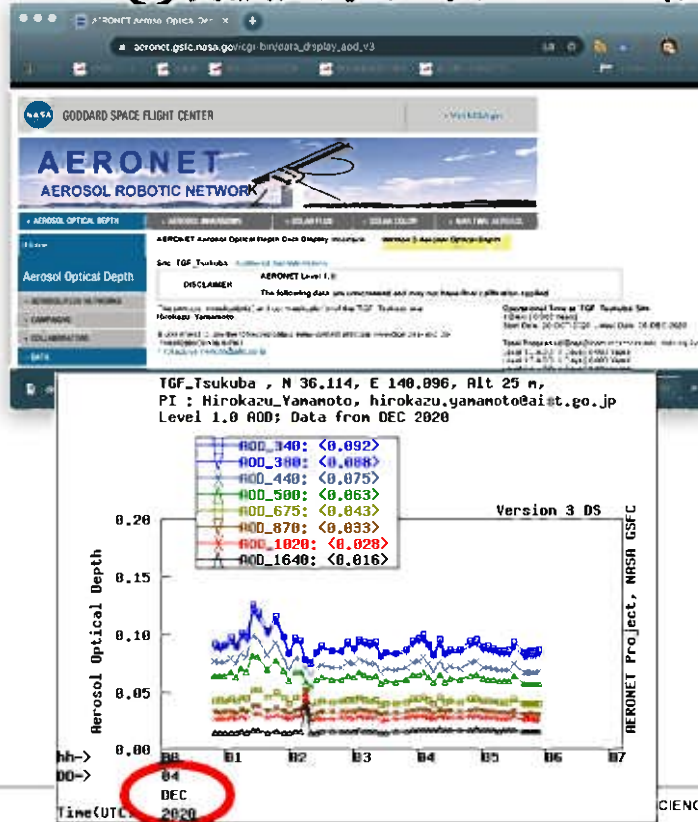






9:00 - 15:00 data are extracted.

NASA GSFC Aeronet (CE318TS9の設置 @筑波大学アイストープ環境動態研究センター)



SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

ASTER天然色画像生成に関する研究

ASTER天然色画像とは

背景

光学センサの中には、青バンドは他バンドに比べ設計が難しく、また経年劣化も激しいことから青バンドがないものもある。

そのため、資源探査を目的としたASTERにも青バンドがなく、可視化において一般ユーザーに使いにくい画像となっていた。

青バンドの推定が出来れば、ASTER可視画像も天然色画像を生成出来る。

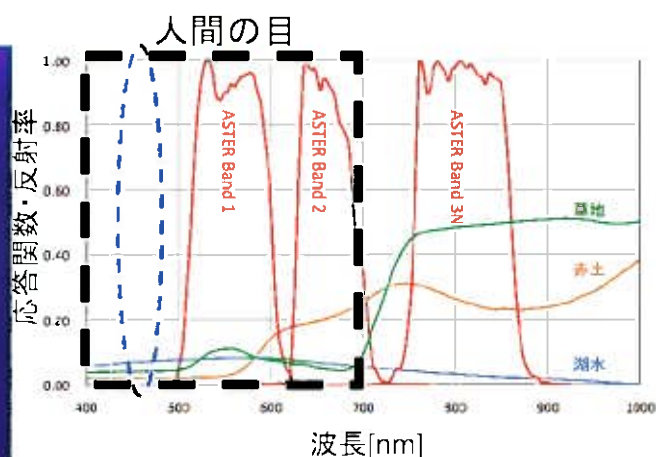
- ・ 大気補正処理を施したASTER VNIR(緑, 赤, 近赤外)バンドから青バンドを推定
- ・ 適度な色調補正

仕様

- ・ 雲の影響が少ないシーンを選定 → MOD35 (MODIS cloud mask)による雲量判定
- ・ 隣接画像の色合いが近似するよう画像強調処理
- ・ 画素サイズは0.5秒(約15m)
- ・ 4度 x 4度のタイル(28,800 x 28,800ピクセル) GeoTIFF
- ・ WMSによる配信も可



従来のASTERブラウザ画像



15m ASTER VNIR画像に対して、大気影響除去および青バンドの推定を行い、適切な強調処理を施す技術を開発し、対象物認識がし易い天然色画像を生成する技術を開発する

ASTER天然色画像生成方法

簡易な大気補正

$$\rho_m = T_{O_3} \left[\rho_{atm} + \frac{T(\mu_s)T(\mu_v)\rho_s}{1 - \rho_s S_{atb}} \right]$$

$$\rho_m = \frac{\pi L_m}{\mu_s E_s} \quad \mu_s = \cos \theta_s \quad \mu_v = \cos \theta_v$$

ρ_m TOA reflectance

ρ_{atm} Atmospheric reflectance

T_{O_3} Absorption on the direct downward and upward paths through the stratospheric ozone layer

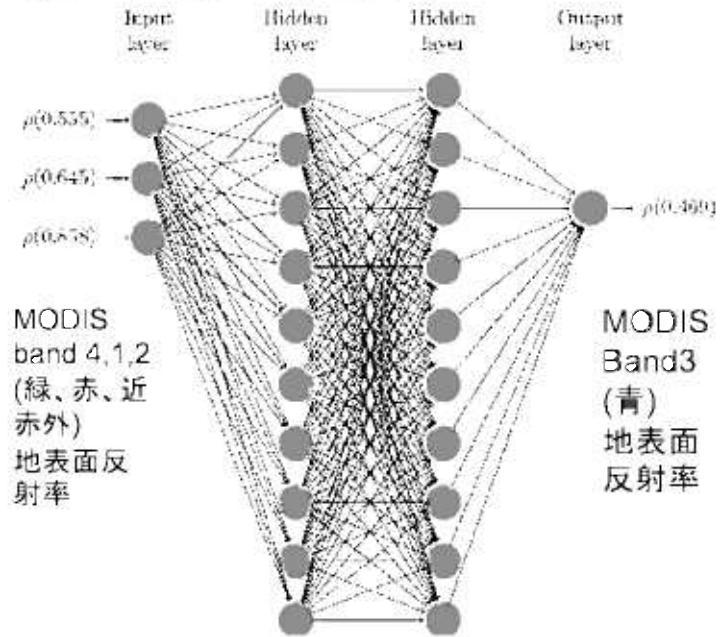
θ_s Sun Zenith Angle

θ_v View Zenith Angle

$$\rho_s = \frac{\rho_m / T_{O_3} - \rho_{atm}}{T(\mu_s)T(\mu_v)}$$

- US62 and no aerosol correction
- Assuming Lambert's law of surface reflectances
- Assuming that $\rho_s S_{atb} \ll 1$

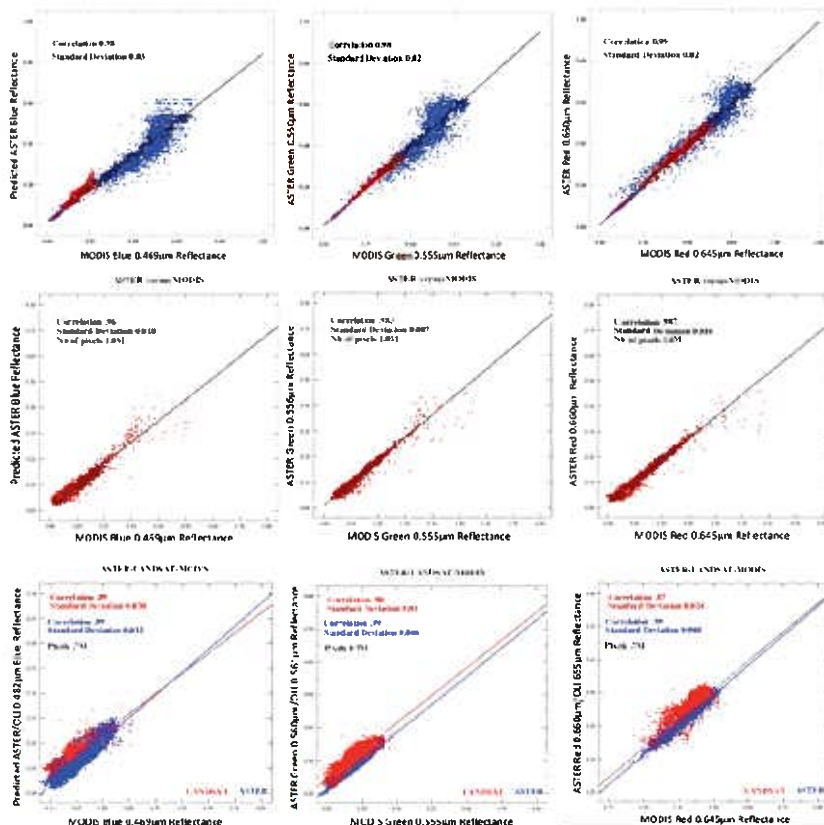
$$\rho_{MODIS, Band4,1,2} = f(\rho_{ASTER, band1,2,3})$$



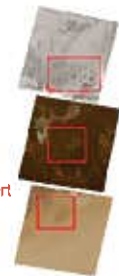
隠れ層2層、10ノード
(Stuttgart Neural Network Simulator (SNNS))

RGB画像は地表面反射率-RGB LUTデータベースにより作成する

MODIS地表面反射率とASTER地表面反射率の比較



Blue : Over ice/melt (saturation correction) captured on Mar. 19, 2001. (Russia)
Magenta : Over dark desert captured on Sep. 22, 2016. (Australia)
Red : Over bright desert captured on Oct. 07, 2000 (Mauritania)

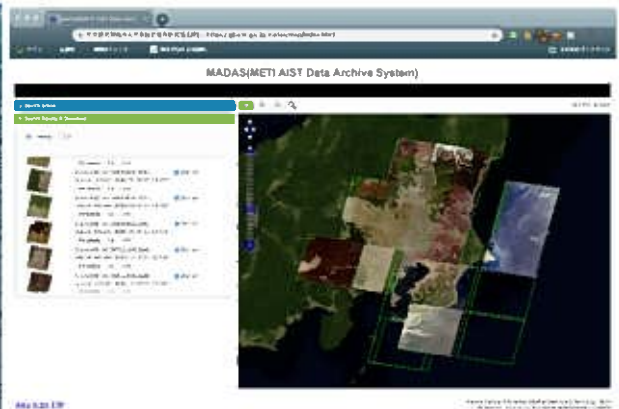


Over bright desert (Mauritania)
Blue : captured on Oct. 07, 2000
Red : captured on Oct. 04, 2013

結果

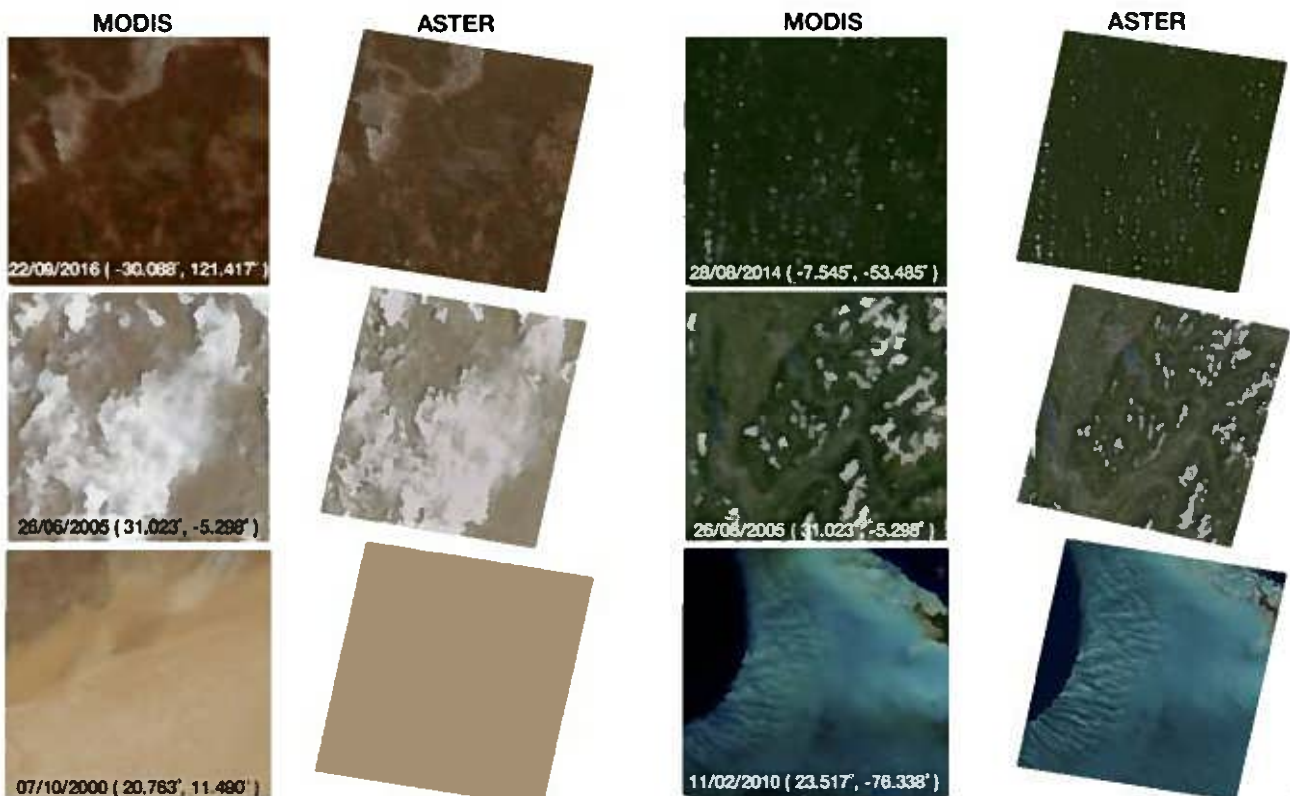


従来のASTERブラウザ画像

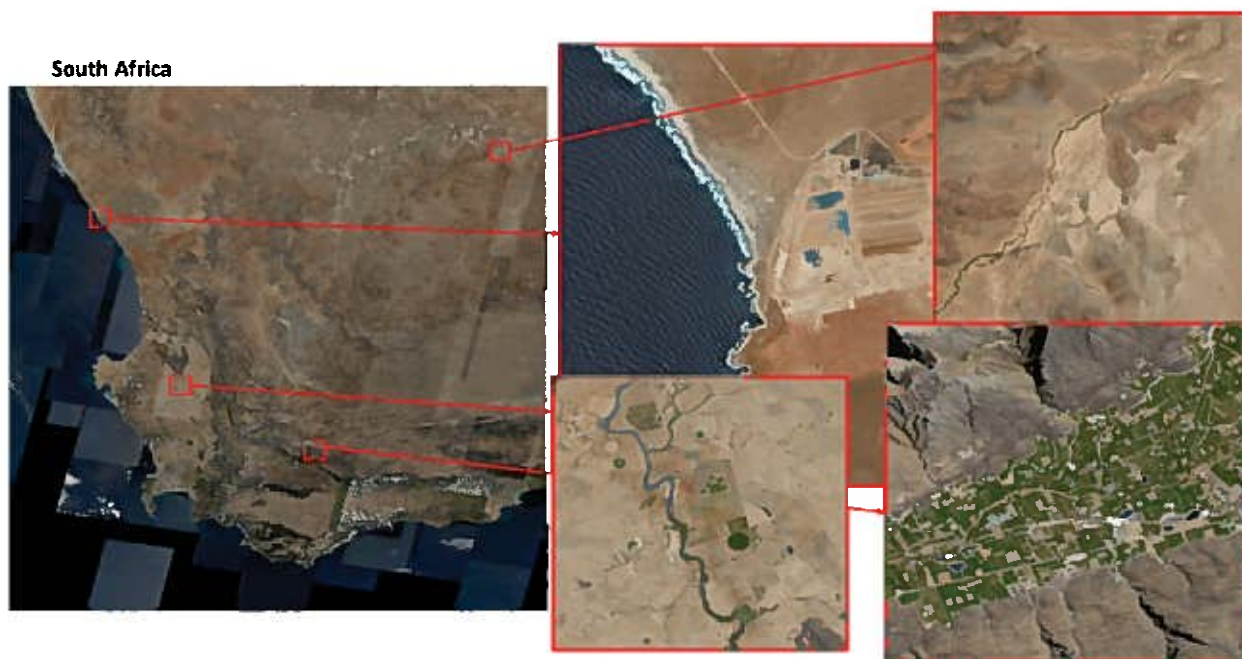


- ユーザーに使いやすい画像を提供できるようになった
- ユーザーに分かりやすい検索システムのブラウザ画像となった

処理例

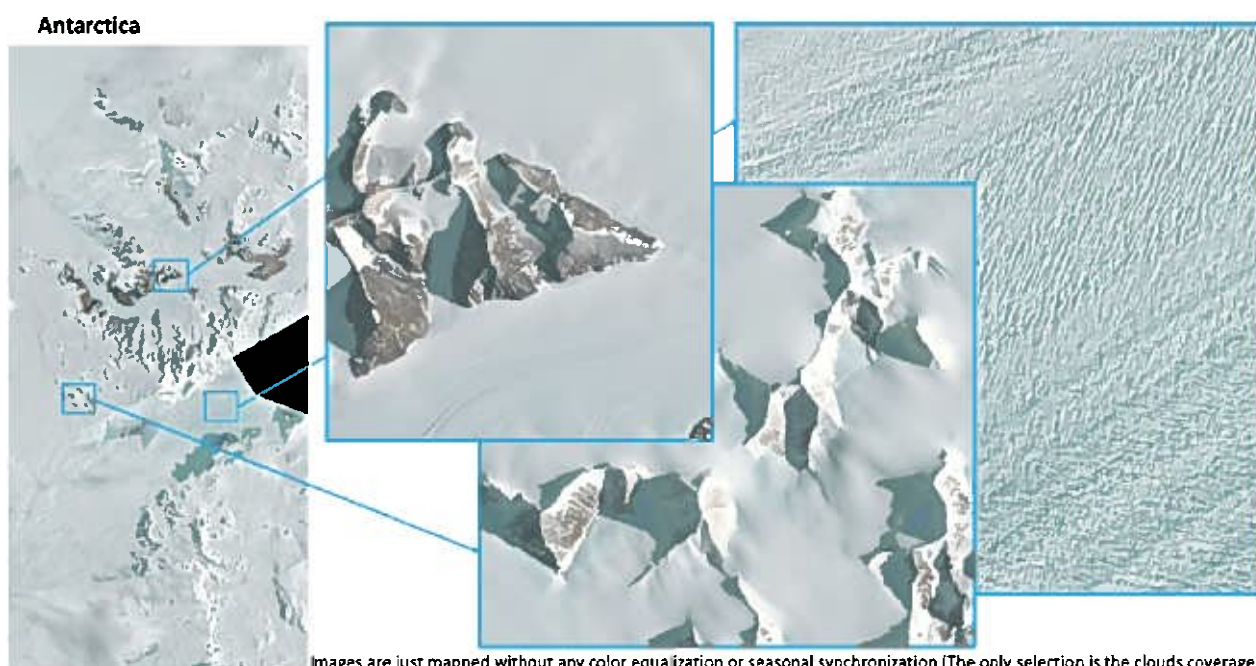


全球モザイク



Images are just mapped without any color equalization or seasonal synchronization (The only selection is the clouds coverage)

全球モザイク



Images are just mapped without any color equalization or seasonal synchronization (The only selection is the clouds coverage)

Larges mosaics examples at a ground resolution of 15 m (ASTER) (2012 blue Algorithm)



Display Japan (2012)



Display Saudi Arabia

Mosaic examples at a ground resolution of 15 m (ASTER) (2018 blue Algorithm)



Display China and the Indian Ocean (2018)



Display South America



Display Western Cape (South Africa)



Display The Bahamas



Display Mount Erebus Volcano (2018)



Display Denali Mountains (2018)

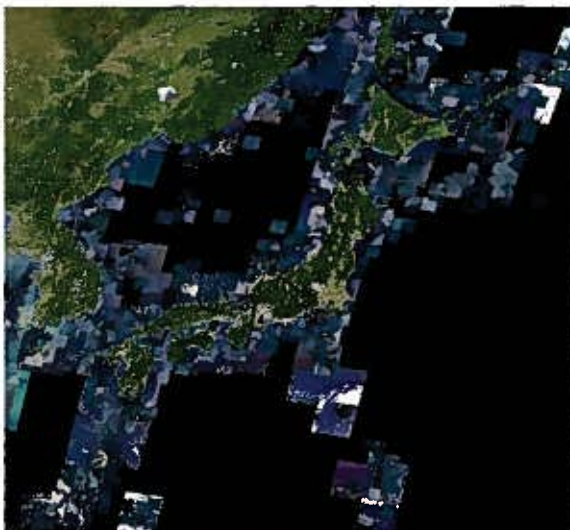
Original ASTER imagery is provided by
NASA/METI/AIST/Japan Space Systems, and U.S./Japan ASTER Science Team
<http://newtec.univ-lille1.fr/LARGEMOSAICSFR/>

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

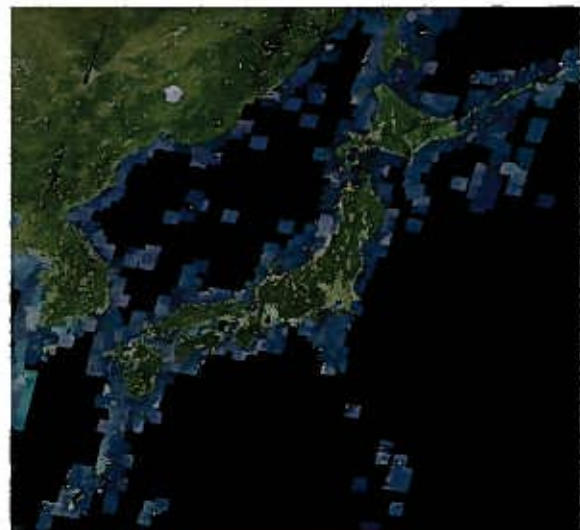
Larges Mosaics

newtec.univ-lille1.fr/LARGEMOSAICSFR/ndex_frjapan.html

Mosaic examples at a ground resolution of 15 m (ASTER) (2012 left, 2018 right blue Algorithm)



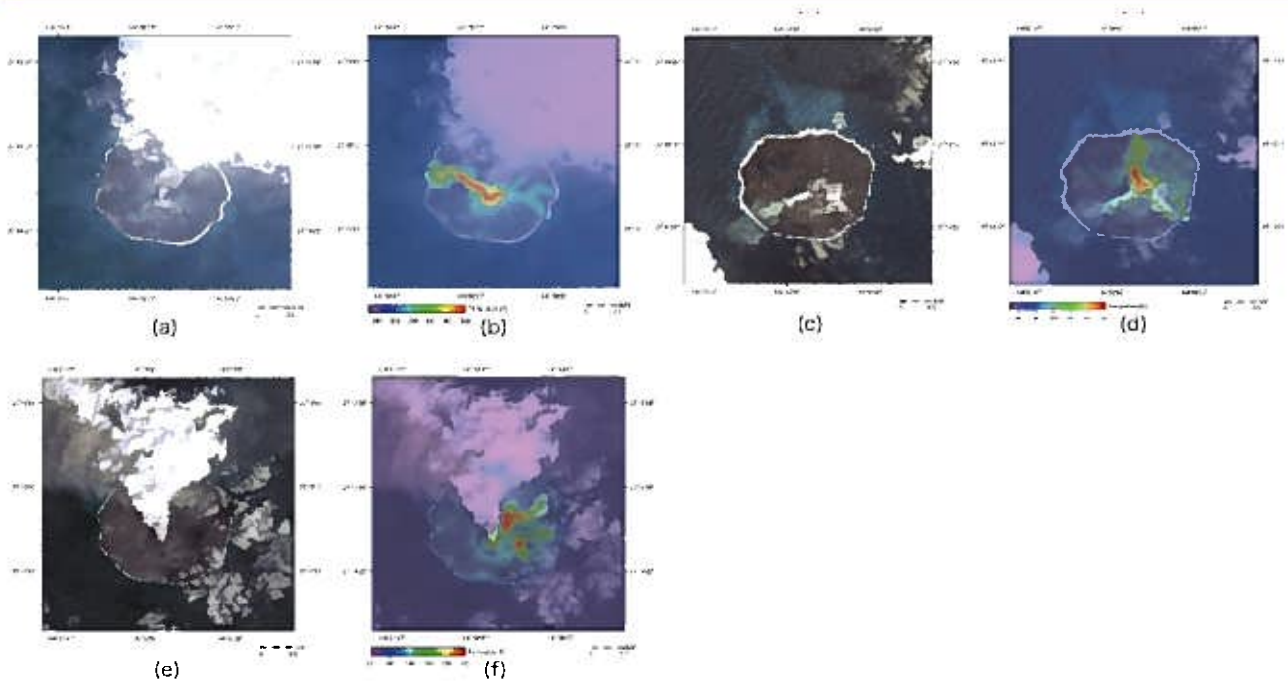
Display Japan (2012)



Display Japan (2018)

Original ASTER imagery is provided by
NASA/METI/AIST/Japan Space Systems, and U.S./Japan ASTER Science Team

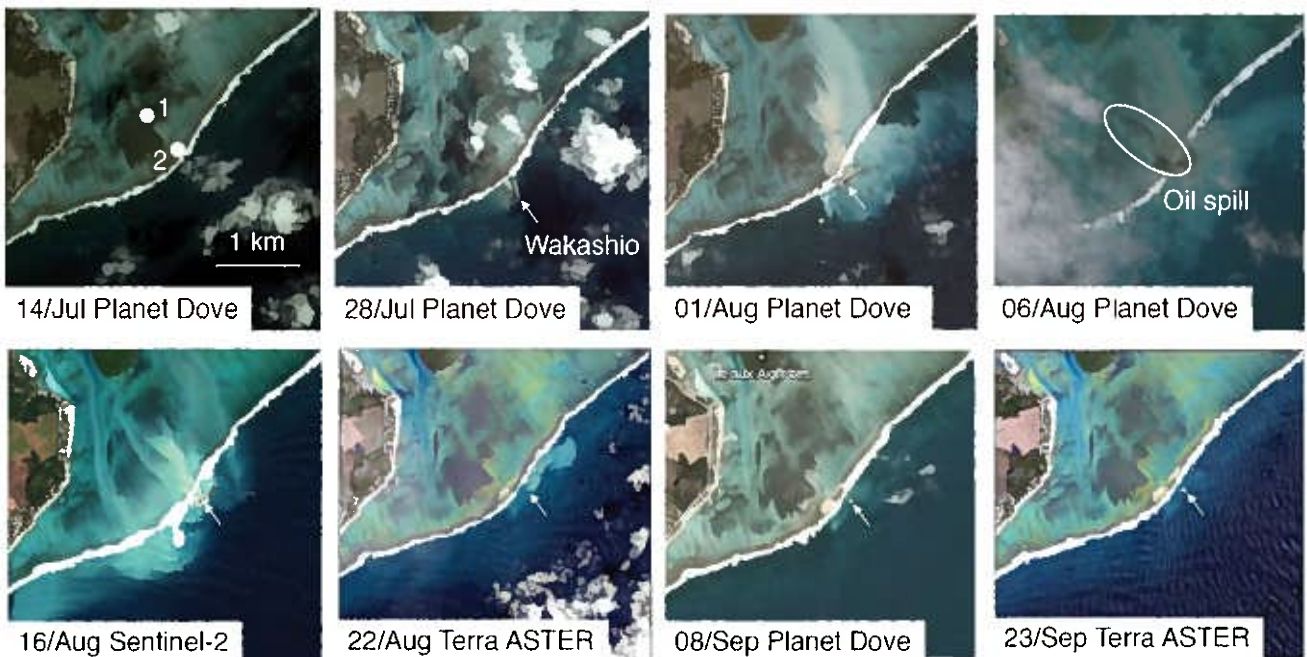
NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)



ASTERが捉えた西之島、(a), (b): 2019年12月17日日本時間10時23分、(c), (d): 2020年02月19日日本時間10時23分、(e), (f): 2020年03月22日日本時間10時23分、左列((a), (c), (e)): 可視画像(擬似天然色画像合成)、右列((b), (d), (f)): 可視画像にBand 13の輝度温度画像を合成。

(ASTER image courtesy NASA/METI processed by GSJ/AIST)

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)



「Wakashio」座礁船付近で濁りが増加していることを示す衛星データの例。サンゴ礁上の暗い領域は生きたサンゴを示す。油流出は2020年8月6日に検出されている。矢印は「Wakashio」の位置を示す。

ASTER image courtesy NASA/METI processed by GSJ, AIST。

(山野ほか, 2020)



Article

Global 15-Meter Mosaic Derived from Simulated True-Color ASTER Imagery

Louis Gonzalez ^{1,*}, Valérie Vallet ² and Hirokazu Yamamoto ^{3,*}¹ Univ. Lille, CNRS, UMR 8518 - LOA - Laboratoire d'Optique Atmosphérique, F-59000 Lille, France² Univ. Lille, CNRS, UMR 8523 - PhLAM - Physique des Lasers Atomes et Molécules, F-59000 Lille, France; valerie.vallet@univ-lille.fr³ Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 1-1-1-C7, Higashi, Tsukuba 305-8567, Japan

* Correspondence: louis.gonzalez@univ-lille.fr (L.G.); hirokazu.yamamoto@aist.go.jp (H.Y.)

Received: 31 January 2019; Accepted: 17 February 2019; Published: 20 February 2019



Abstract: This work proposes a new methodology to build an Earth-wide mosaic using high-spatial resolution (15 m) Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) images in pseudo-true color. As ASTER originally misses a blue visible band, we have designed a cloud of artificial neural networks to estimate the ASTER blue reflectance from Level-1 data acquired by the Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) on the same satellite Terra platform. Next, the granules are radiometrically harmonized with a novel color-balancing method and seamlessly process several atmospheric conditions. Furthermore, the created mosaic fully preserves the ASTER fine structures across the various building steps. The proposed methodology and protocol are modular so that they can easily

<https://www.mdpi.com/2072-4292/11/4/441>


ASTER天然色画像の応用 (JERS-1 OPS天然色)

形状	本体: 約1m x 1.8m x 3.1m 合成開口レーダー: 約12m x 2.5m 太陽電池パドル: 約8m x 3.4m	
質量	約1.4t	
姿勢制御方式	三軸姿勢制御方式 ゼロモーメントム	
設計寿命	2年	
打上げロケット	H-I	
打上げ場所	種子島宇宙センター	
打上げ日時	1992年(平成4年)2月11日	
軌道	種類	太陽同期準回帰軌道
	高度	568km
	傾斜角	98度
	周期	96分
	回帰日数	44日
降交点通過地方時: 午前10時30分~11時		

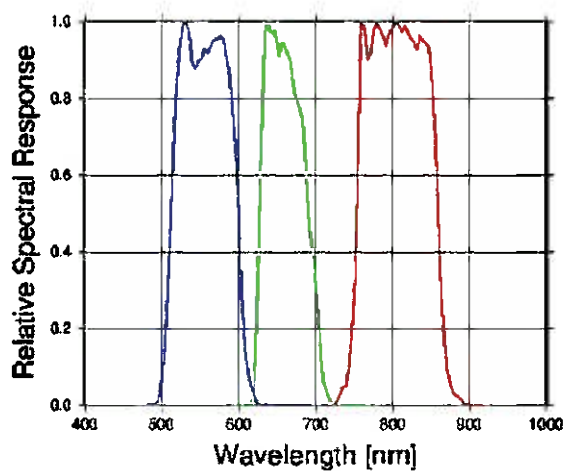
光学センサ OPS (Optical Sensor)	走査幅	75km
	分解能	18m x 24m
	観測バンド数	可視近赤外バンド: 3 短波長赤外バンド: 4 立体視バンド: 1

可視近赤外放射計 VNIR (Visible and Near-Infrared Radiometer)		短波長赤外放射計 SWIR (Short Wavelength Infrared Radiometer)	
band	波長帯 (μm)	band	波長帯 (μm)
1	0.52~0.60	5	1.60~1.71
2	0.63~0.69	6	2.01~2.12
3	0.76~0.86	7	2.13~2.25
4	0.76~0.86 (前方視15.3°)	8	2.27~2.40

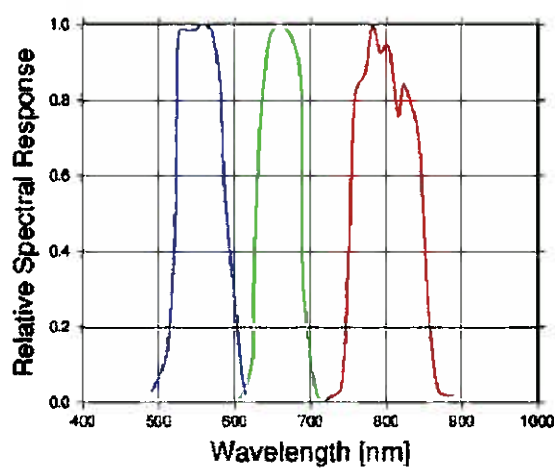
http://www.jspacesystems.or.jp/ersdac/Projects/JERS1/JERS_J.html

より引用

Terra ASTERとJERS-1 OPSの応答関数の違い



— Terra_ASTER_Band1
— Terra_ASTER_Band2
— Terra_ASTER_Band3N



— JERS1 OPS_Band1
— JERS1 OPS_Band2
— JERS1 OPS_Band3

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)



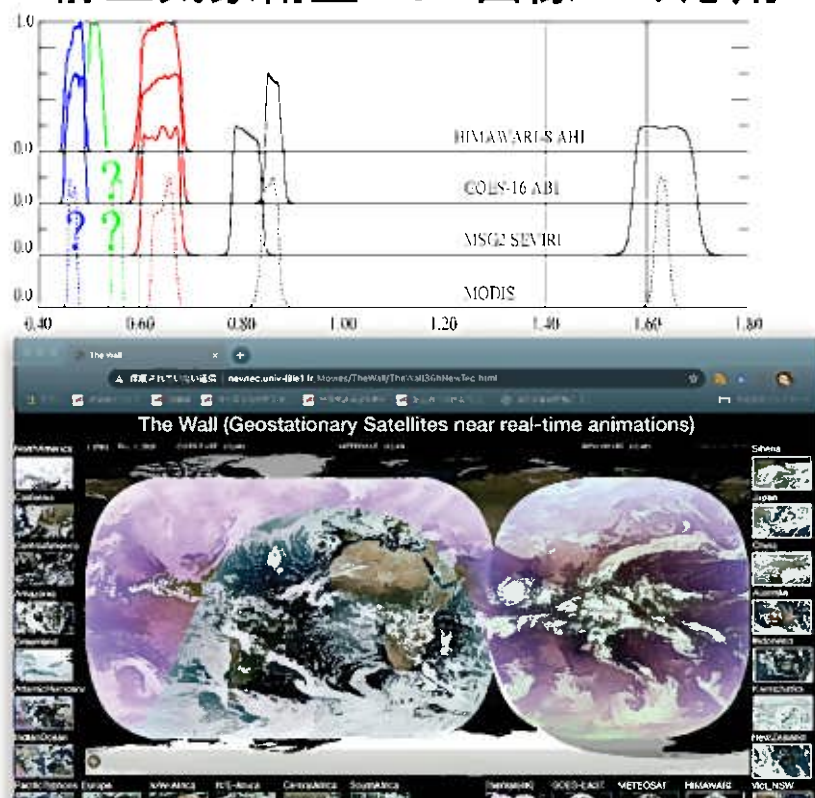
J1OVN19940314M01076303307224_2UCG26

J1OVN19940421M01080102301224_2UCG26

J1OVN19940503M01081304313222_2UCG26

NATIONAL INSTITUTE OF ADVANCED INDUSTRIAL SCIENCE AND TECHNOLOGY (AIST)

静止気象衛星RGB画像への応用



<http://newtec.univ-lille1.fr/Movies/TheWall/TheWall36hNewTec.html>



remote sensing

<https://www.mdpi.com/2072-4292/12/15/2375>



Article

The Wall: The Earth in True Natural Color from Real-Time Geostationary Satellite Imagery

Louis Gonzalez ^{1,*} and Hirokazu Yamamoto ²

¹ LOA—Laboratoire d'Optique Atmosphérique, University of Lille, CNRS, UMR 8518, F-59000 Lille, France

² Geological Survey of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 1-1-1-C7, Higashi, Tsukuba 305-8567, Japan; hirokazu.yamamoto@aist.go.jp

* Correspondence: louis.gonzalez@univ-lille.fr

Received: 24 June 2020; Accepted: 20 July 2020; Published: 24 July 2020



Abstract: We present “The Wall”, the first web-based platform that animates the Earth in true natural color and close to real-time. The living planet is displayed both during day and night with a pixel resolution of approximately 1 km and a time frequency of 10 min. The automatic processing chains use the synchronized measurements provided by three geostationary satellites: the METEOSAT Second Generation (MSG2), Himawari-8, and GOES-16. A Rayleigh scattering correction is applied, and a cloud of artificial neural networks, chosen to render “true natural color” RGB composites, is used to recreate the missing daytime bands in the visible spectrum. The reconstruction methodology is validated by means of the TERRA/AQUA “Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer” (MODIS) instrument reflectance values. “The Wall” is a dynamic broadcasting platform from which the scientific community and the public can trace local and Earth-wide phenomena and assess their impact on the globe.

まとめと今後

- これまでTerra衛星搭載ASTERセンサに対する代替校正実験を行ってきた。Railroad Valley Playaを中心に引き続き行っていく。
- 打ち上げ予定のISS搭載HISUIに対しても代替校正実験を行っていく。
- 代替校正実験で取得されるデータ数、コロナ禍状況も考慮して、RadCalNetにおけるデータも使用する。
- ISS搭載HISUIにおける大気補正処理においては、エアロゾル見積もりにおける検証を中心に、つくば・富士北麓・高山の自動測器で取得されているデータを用いる。
- ASTER天然色画像生成技術を用いた他衛星センサ(JERS-1 OPS など)への応用や、他バンド推定への応用などを目指す。