リモートセンシングによる 地質マッピングと環境モニタリング Geological Mapping and Environmental Monitoring by Remote Sensing

名古屋大学 大学院環境学研究科 山口 靖 Yasushi Yamaguchi

最終講義 2021年3月6日

Last Lecture on 06 March 2021

08 Sept. 2014 Goldfield, NV, U.S.A

本日の講義内容 Contents

1. 私の研究履歴(15分) My Research History

2. ASTERプロジェクトについて(15分) ASTER Project

- **3. 地質マッピングのための多バンドデータ処理** (35分) Multiband Processing for Geological Mapping
- **4. 環境モニタリング**(7分) Environmental Monitoring
- 5. おわりに (8分) Concluding Remarks

合計 80分

1.私の研究履歴

My Research History



研究テーマの推移 2021年3月時点



出版した論文の引用回数: Google Scholar

2021/3/4

Yasushi Yamaguchi - Google Scholar



Yasushi Yamaquchi	自分のプロフィールを作成				
rababili ramagabili		すべて	2016 年以来		
Nagoya University	引用	7701	3433		
Remote Sensing	h 指標	39	29		
Geology	i10 指標	96	58		
Environments					

	Title		Journal Year		Field	Data
1	Overview of advanced spaceborne thermal emission and reflection radiometer (ASTER)	IEEE TGRS	1998	963	ASTER	
2	Land use and land cover change in Greater Dhaka, Bangladesh: Using remote sensing to	Applied Geo	2009	854	土地被覆	Landsat
3	Global correlation analysis for NDVI and climatic variables and NDVI trends: 1982-1990	IJRS	2002	339	植生	AVHRR
4	Analysis of urban heat-island effect using ASTER and ETM+ Data: Separation of	RSE	2005	338	都市	ASTER
5	Using remote sensing and GIS to detect and monitor land use and land cover change in	Environ. Mor	2009	334	土地被覆	Landsat
6	Global monitoring of interannual changes in vegetation activities using NDVI and its	IJRS	2001	331	植生	AVHRR
7	The global distribution of pure anorthosite on the Moon	Nature	2009	266	月	LISM
8	Detection of landslide areas using satellite radar interferometry	PE&RS	2000	202	地すべり	SAR
9	Dynamics of land use/cover changes and the analysis of landscape fragmentation in	GeoJour.	2012	198	土地被覆	Landsat
10	Scaling of land surface temperature using satellite data: A case examination on ASTER	RSE	2006	187	表面温度	ASTER
11	Lunar radar sounder observations of subsurface layers under the nearside maria of the	Science	2009	164	月	LRS
12	A case study on the relation between city planning and urban growth using remote	Landscape	2011	148	都市	Landsat
13	Comparison of various techniques for calibration of AIS data	NASA Tech.	1986	140	校正	AIS
14	Spectral indices for lithologic discrimination and mapping by using the ASTER SWIR bands	IJRS	2003	139	地質マッピン	ASTER
15	The Ganges and Brahmaputra rivers in Bangladesh: basin denudation and sedimentation	Hydro. Proc.	1999	131	沿岸域	
16	Estimation of storage heat flux in an urban area using ASTER data	RSE	2007	128	都市	ASTER
17	An automated approach for updating land cover maps based on integrated change detection	ISPRS JPRS	2012	123	土地被覆	Landsat



Fig. 2. Geological map of the eastern part of the North Kitakami Mountains.

1980年4月:工業技術院地質調査所に入所 地殻熱部地殻熱探査課

1980年10月~1982年4月(1年6ヶ月): 新エネルギー総合開発機構(NEDO)出向

・航空機搭載合成開口レーダ(SAR)による日本全国の地熱資源調査を担当

・リモートセンシングとの出会い

・SAR画像からのリニアメントや 火山層序の解析

Nationwide Radar Mapping for Geothermal Exploration (1980-1983)





1984年11月~1986年3月(1年5ヶ月):

米国スタンフォード大学 <u>Ronald J. P. Lyon 教授</u>の元に留学 (地質リモートセンシングの権威)

- ・リモートセンシングの基礎の勉強
- ・岩石・鉱物の反射スペクトル測定
- ・地質マッピングのための画像処理法

衛星データが入った 1600 bpiのCCT (磁気テープ;40 MB)

Dar Roberts

IBM XT

Prof. Ron Lyon

メインフレーム時代 にIBM PCを使って 衛星データの画像 処理を行い、 雑誌に掲載された。 "PC in the Sky"

Dave Mouat

スタンフォード大学構内(**1985**年頃)

スタンフォード大学の屋上で 反射スペクトル測定中 Lyon教授の娘のアンさんと

1986年~1996年頃: 地質調査所での研究

(1) リモートセンシングによる地質解析

- ・航空機SARデータの解析
- ・地球資源衛星1号(JERS-1)の開発

地球資源衛星1号(JERS-1) 1992年2月11日: JERS-1打ち上げ (1998年10月12日まで運用)

Japanese Earth Resources Satellite (JERS-1) February 11, 1992 (Launch) to October 12, 1998

Sun-synchronous polar orbit, 10:45 AM local time 566 – 570 km altitude, 44 days revisit

Synthetic Aperture Optical Sensor

1989年11月: 理学博士(東北大学)

「Discrimination of Lithology Using Remote Sensing Data in the Visible and Near-Infrared Regions」 (可視-近赤外域のリモートセンシングデータによる岩相識別)

- ・地球資源衛星1号(JERS-1)の光学センサ
 (OPS)を想定した、スペクトル指標による
 岩相識別法 (Yamaguchi, 1987) など。
- しかし、OPSデータには問題があり、この方法の実データへの本格的な適用は、ASTERの出現まで待つ必要があった。

1986年~1996年頃: 地質調査所での研究

(1) リモートセンシングによる地質解析

- ・航空機SARデータの解析
- ・地球資源衛星1号(JERS-1)の開発
- ASTERの開発 →次章で詳しく説明
- ・月レーダーサウンダー(LRS)の提案 →後で説明
- ・インドネシアの地すべり危険度評価
- ・ 中国遼寧省の衝突クレータの発見 →次に説明

(2) 地熱資源評価

- ・日本全国の地熱資源量評価
- ・奥日光~南会津地域の地熱資源評価
- ・東北地方の中新世のカルデラ形成史





共同研究の報告書で衝突クレータの 可能性を指摘

Yamaguchi, Y. (1989) Origin of Luoquangou circular structure in Xiuyan Area, Liaoning Province, northeast China. Report ITIT Project No. 8713, pp. 73-81.

中国側から提供された 20万分の1地質図



Chen (2008)

Articles | Published: February 2008

Impact-derived features of the Xiuyan meteorite crater

Ming Chen

Chinese Science Bulletin 53, 392–395(2008)

58 Accesses 8 Citations Metrics

Abstract

Up to now, 176 meteorite impact craters have been found on the Earth. Among these craters, none of them lies in China. The Xiuyan crater is located in the Liaodong Peninsula of China. This bowl-shaped crater has a diameter of 1.8 km and depth of about 150 m. The impact-derived features include planar deformation features (PDFs) in quartz, shatter cones, impact breccia, and radial valleys on the wall of rim. It is the first confirmed meteorite impact crater in China.

1996年4月: 名古屋大学 大学院 理学研究科へ異動

2001年4月: 名古屋大学 大学院 環境学研究科へ異動

2021年3月: 名古屋大学を定年退職

ASTERプロジェクトについて ASTER Project





1986~1987年頃:ITIR (ASTER) プロジェクトの立ち上げ

JERS-1に搭載した光学センサ(OPS)の後継センサとして、
 通産省が ITIR を NASA のEOS計画の衛星搭載機器候補
 として提案

(ITIR: Intermediate and Thermal Infrared Radiometer)

センサ開発は通算省

衛星本体, 打ち上げ・追跡管制は NASA

データ処理・配布は通産省と NASA

・工業技術院傘下の研究所メンバーが参加

地質調査所、電子技術総合研究所、計量研究所など

THE EARTH OBSERVING SYSTEM



Intermediate Thermal Infrared Radiometer (ITIR) Proposal by MITI and JAROS in 1987

	POP 1'	TLR MA	IN PERF	ORMANC	E	
· · · ·		P R	ESENTAT			
ITEM	PERFORMANCE			REMARKS(OPERATION MODE)		
OBSERVATION BANDS	OBSERVATION WAVELENCTH	RESOLUTION	DATA RATE	MODE	DATA RATE	FEATURES
NEAR INFRARED	0.85~ 0.92 μm (1 BAND)	NR T 15m er Nr ear	8.3 Mbps	E'USE EVATIO	OF POI	SWIR MINERAL RESOURCE
SHORTWAVE INFRARED	1.60~ 2.36 μm (5 BANDS)	15 m	41.3 Mbps	FULL WODE	52.2 Mbps	TIR
THERMAL INFRARED .	3.53~11.7 μm (5 BANDS)	60m	2.6 Mbps			OBSERVATION OF GEO-THERMAL DISTRIBUTION
		MAY	11~13,	1987		CNE & T ≈ 0. 3K)
SCANNING	PUSHBROOM SYSTEM OTTAWA			IMAGING AREA IS SELECTABLE BY POINTING SYSTEM		
SIGNAL PROCESSING	FULL CHANNEL OUTPUT FROM	ATION BANDS	· ·	an de la Andrea de La Contra Contra		
WEIGHT	290kg			INCLUDING POINTING SYSTEM		
POWER	650¥					
SIZE	1.6m×1		NOT INCLUDING HOOD			

5th ITIR/TIGER Science Team Meeting Sanjo-kaikan, Univ. Tokyo (28 Nov. 1989)







ASTER Characteristics



Instruments

on Terra

- Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer on NASA's Terra (EOS AM-1) spacecraft
- Launched on 18 December, 1999
- Mass at the launch Terra; 5,190 kg, 3.5×6.8 m





ASTER Characteristics



- Wide Spectral Coverage

 3 bands in VNIR (0.52 0.86 μm)
 6 bands in SWIR (1.6 2.43 μm)
 5 bands in TIR (8.125 11.65 μm)
- High Spatial Resolution
 15 m for VNIR bands
 30 m for SWIR bands
 90 m for TIR bands
- Along-Track Stereo Capability Base / Height 0.6
 → Stereoscopic Interpretation
 → Digital Elevation Model (DEM)











SWIR Bandpass Arguments





Mineralogical Mapping by ASTER

Spectral Indices Image

- **R**: Alunite Index
- **G:** Calcite Index
- **B:** Kaolinite Index

Yamaguchi & Takeda (2003)



Cuprite, Nevada, USA



Terra Launch from VAFB, 18 December 1999











photo by Bill Ingalls/NASA Headquarters



Terra Launch @Vandenberg AFB (18 Dec. 1999)





ASTER First TIR Images





Red Sea Coast in Eritrea acquired on Feb. 6, 2000

Erta Ale Volcano in Ethiopia acquired on Feb. 6, 2000

ASTER Image Examples

40,000,000 ASTER files (products) were cownloaded from USGS and ALST (Japan) In Fy 2018.



中央上: Yamaguchi and Takeda(2003) 右上:山口(2006) 左下:山口・加藤(2014) 右下: NASA


ASTER の運用シナリオ作り

Preparing the ASTER Operation Scenario



- 1. ASTERの運用には様々な制約がある。 データ量、電力など → Duty Cycle 8%
- 2. ASTERは3つのサブシステムからなる。 運用モードを定義、最適なゲイン設定、ポインティング変更
- 3. データ取得は、ユーザからの要求に基づく。

様々なユーザカテゴリー;優先度付け、観測リソース配分 データ取得要求を予めデータベースに収納 緊急観測要求(災害など)に対応

- 4. 雲予報に基づく観測計画の変更
 - → 自動的に毎日の観測スケジュール(ODS)を作成

An example of ASTER One Day Schedule (ODS) Nov.11, 2001

APANIUS.







STARs in North America

Completed and Observed as of Oct.20, 2001





Scenes based on Completed or Observed STAR-Global



Except Red Scenes



Global Volcano Monitoring by ASTER





Observation frequencies depend on the ranks

△ Rank A (104)
 △ Rank B (220)
 △ Rank C (640)





ASTER VNIR Scene Mosaic





ASTER had acquired 3.6 million scenes (as of June 2019).

We celebrated;

Oct.6, 2018: Terra 100,000 orbits

June 2019: 50th ASTER Science Team mtg.

Oct.7, 2019: W.T. Pecora Award to Terra Team

Dec.18, 2019: Terra launch 20th anniversary

ASTER has obtained 3.6 million scenes.

50th ASTER Science Team Mtg. in June 2019

4th ASTM in 1992









Technoscientifc Diplomacy



Plafcan (2011) ⊐ーネル大の博論 The practice of <u>technoscientific</u> <u>diplomacy</u> was central to Japan's and the United States' joint development of the ASTER remote sensing system

B. Ramachandran · Christopher O. Justice · M. J. Abrams (Eds.) Land Remote Sensing and Global Environmental Change

NASA's Earth Observing System and the Science of ASTER and MODIS

🙆 Springer

Yamaguchi persisted with his position, pointing out that other insider/outsider discrepancies were already embedded into the Japan–U.S. team's user classification scheme (Pniel 1997:7–8). He closed by writing "if you [Pniel and others] still want to nominate this issue [for the plenary], we agree, but please understand our feeling which were mentioned in this and previous mail" (Pniel 1997:7). Notes on the U.S. team's discussion show that the plea to "understand our feeling" solidified the issue as not just a request from Yamaguchi but as a request from Yamaguchi speaking for "Japan" (Pniel 1997:9). Dr. Yamaguchi, whose English was excellent, often served as a spokesperson for the Japan team in negotiations with the U.S. team. Pniel reported to the U.S. team that it was "Japan's STRONG feelings that this was a closed issue"

3. 地質マッピングのための 多バンドデータ処理

Multiband Processing for Geological Mapping



- 3.1 はじめに (Introduction)
- 3.2 バンド比 (Band Rationing)
- 3.3 直交変換: PCAと Spectral Index

(Orthogonal Transformation)

- 3.4 SAM & MSAM
- 3.5 酸化鉄量の見積り

(Estimation of Iron Oxide Abundance)

3.6 データの統合表示

(Data Integration and Visualization)

鉱物のASTERバンド応答 (ASTER Spectral Responses for Minerals)

スペクトルパターン → 表面物質の識別/同定/定量化

Spectral Patterns

→ Discriminate / Identify / Quantify Surface Materials



観測の模式図 (Schematic Diagram of Observation)



考慮すべき効果 (Effects We Should Consider)

抑制・除去すべき効果 Effects we should consider (suppress / remove):

(1) 地形効果 (Topography /Slope Effect): 掛算 (Multiplicative)

- (2) パスラジアンス (Path Radiance):
- (3) 粒度の効果 (Grain Size Effect):

(4) 混合の効果 (Mixing Effect):

足算 (Additive)

- 足算 (Additive)
- 足算 (Additive)

地形効果 (Topography Effect)



放射輝度や反射率は、異なる地形傾斜に対して全波長域で同じ比率で変化 Radiance or reflectance changes <u>at a constant rate</u> for different slopes

地形効果は掛算的 (Multiplicative)

計算ルール (Calculation Rule)

-般的な計算ルール (general rule): ***掛算(割算)は足算(引算)より先に行う** <u>Multiplicative calculation before additive.</u> $2 + 3 \times 4 = 2 + 12$ = 14

多バンドデータ処理では (for multiband processing) : ****足算(引算)は掛算(割算)より先に行う** Additive calculation before multiplicative.

$$(2 + 3) \times 4 = 5 \times 4$$

= 20



- 3.1 はじめに (Introduction)
- 3.2 バンド比 (Band Rationing)
- 3.3 直交変換: PCAと Spectral Index

(Orthogonal Transformation)

- 3.4 SAM & MSAM
- 3.5 酸化鉄量の見積り

(Estimation of Iron Oxide Abundance)

3.6 データの統合表示

(Data Integration and Visualization)

バンド比による植生指数 (Ratio Vegetation Index)



RVI: ASTER band 3 / band 2



RVI : Ratio Vegetation Index

ASTER band 3 / band 2

地形効果 (Topography Effect)



Topo effect is multiplicative and constant regardless of wavelength. \downarrow <u>Same material has a constant ratio</u> even if its apparent reflectance changes due to the topo effect. \downarrow

Top effect can be suppressed by band ratio.

パスラジアンス効果 (Path Radiance Effect)



Path radiance is often wavelength dependent. (The shorter the wavelength, the higher the path radiance.) ↓
Same material has different band ratios due to different path radiances.
↓
Path radiance (additive term) must be removed before band rationing.

バンド比による地形効果抑制 (Suppressing Topography Effect by Band Rationing)



RVI without path radiance correction





バンド比演算 (Band Rationing)

<u>注意点 (Caution):</u> -パスラジアンスを引いてから比を取ること

(Remove path radiance before rationing)

<u>利点 (Advantages):</u>

- 簡単 (Simple)
- 地形効果の抑制 (Suppress the topo. effect)

<u>欠点 (Disadvantage):</u>

- 一度に扱えるバンド数に上限

(Limitation of bands to be handled simultaneously)



- 3.1 はじめに (Introduction)
- 3.2 バンド比 (Band Rationing)
- 3.3 直交変換: PCAと Spectral Index

(Orthogonal Transformation)

- 3.4 SAM & MSAM
- 3.5 酸化鉄量の見積り

(Estimation of Iron Oxide Abundance)

3.6 データの統合表示

(Data Integration and Visualization)

直交変換: 主成分分析 (Orthogonal Transformation: PCA)

- バンド数に上限なし。多バンドデータを直交座標系で扱い、直 交性を保ったまま座標を回転。
 No band number limitation. Rotate orthogonal axes for multiband data.
- 主成分分析(PCA)は、分散が最大となるように軸を回転
 PCA rotates the axes to maximize variance.
 主成分分析の概念
- ・ 変換軸(係数)はデータに依存し、
 変換結果の物理的意味は不明

.

Transformation axes (coefficients) are Band j data dependent. Physical meanings of transformed results are unclear.

PCA-1は明るさ(地形)を示し、 PCA-2以降は地形効果を抑制(?) PCA-1 indicates brightness (topography) and PCA-2 suppress the topo. effect (?)



(PCA Concept)

直交変換: 主成分分析 (Orthogonal Transformation: PCA)



直交変換は、地形効果を完全には抑制できない。Orthogonal transformation cannot suppress the topography effect completely.

Suppress Topo. Effect	Δ
Physical Meaning	×

直交変換: 主成分分析 (Orthogonal Transformation: PCA)

主成分分析

Principal Component Analysis R: PCA-2 G: PCA-3 B: PCA-4



Cuprite, Nevada, USA



直交変換: スペクトル指標 (Orthogonal Transformation: Spectral Index)

- スペクトル指標は、対象物のスペクトルパターンに基づいて 変換軸を決定。Tasseled Cap Transformation (Kauth and Thomas, 1976) が起源。
 - **Spectral indices** determine the transformation axes based upon the spectral pattern of target materials. Tasseled Cap Transformation (Kauth and Thomas, 1976) is the origin.
- ・ 変換軸(係数)は、予め決めておくため、データに依存しない。 変換結果の物理的意味付けが明確。

Transform axes (coefficients) are pre-determined and data independent. Physical meanings of transformed results are clear; "Physically-based transformation" (Crist and Cicone, 1984).

Yamaguchi (1987) は、JERS-1 OPS用のスペクトル指標を提案。
 Yamaguchi (1987) proposed the spectral indices for JERS-1 OPS.

スペクトル指標の概念 (Concept of Spectral Index)

Yamaguchi and Naito (2003)



ASTER SWIR用変換係数 (Transform Coefficients for ASTER SWIR)

(Alunite Index)ij = $-0.511 \times (R_{Band5})$ ij $-0.003 \times (R_{Band6})$ ij $+ 0.802 \times (R_{Band7})$ ij + $0.059 \times (R_{Band8})$ ij $- 0.304 \times (R_{Band9})$ ij

Spectra Index	Band 5	Band 6	Band 7	Band 8	Band 9
Brightness	0.460	0.452	0.427	0.458	0.438
Alunite	-0.511	-0.003	0.802	0.059	-0.304
Kaolinite	0.663	-0.336	0.387	-0.511	-0.191
Calcite	-0.232	0.478	0.072	-0.723	0.436
Residual	0.184	0.674	-0.141	-0.050	-0.699

Yamaguchi and Takeda (2003)

Yamaguchi and Naito (2003)



ASTERスペクトル指標画像 (ASTER Spectral Index Images)

Alunite Index Kaolinite Index Calcite Index



Cuprite, Nevada, USA ^{1km}

Yamaguchi and Takeda (2003)

ASTERスペクトル指標画像 (ASTER Spectral Index Images)

Spectral Index Image

- **R**: Alunite Index
- **G:** Calcite Index
- **B:** Kaolinite Index

Yamaguchi and Takeda (2003)



Cuprite, Nevada, USA





スペクトル指標 (Spectral Index)

<u>利点 (Advantages):</u>

- 一度に扱うバンド数に上限なし
 - (No limitation of bands to be handled simultaneously)
- 変換結果の物理的意味付けが明確

(Physical meaning of transformed results is clear).

<u>欠点 (Disadvantage):</u>

- 地形効果を完全には除去できない。

(Cannot suppress the topo. Effect completely.)

	PCA	Spectral Index
Physical Meaning	×	0
Suppress Topo. Effect	Δ	Δ



- 3.1 はじめに (Introduction)
- 3.2 バンド比 (Band Rationing)
- 3.3 直交変換: PCAと Spectral Index

(Orthogonal Transformation)

- 3.4 SAMとMSAM
- 3.5 酸化鉄量の見積り

(Estimation of Iron Oxide Abundance)

3.6 データの統合表示

(Data Integration and Visualization)

Spectral Angle Mapper (SAM)

m



Reflectance of Band i

- Treat multi- and hyperspectral data as vectors in N-dimension.
- Calculate an angle between a target spectrum (vector) and reference spectrum (vector) by using inner products of the two vectors.

SAM index value =
$$\cos \theta = \frac{\sum_{i=1}^{m} M_i P_i}{\sqrt{\sum_{i=1}^{m} M_i^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{m} P_i^2}}$$

Kruse et al. (1993)

粒度の効果 (Grain Size Effect)



As grain size decreases, reflectance increases, and absorption depth decreases.

Vector directions change due to the grain size effect.

Additive

SAM cannot suppress the grain size effect.

Modified SAM (MSAM)



average reflectance of the spectrum

MSAM法は、鉱物の粒度の違いを除去できる。
Modified SAM (MSAM)



SAMとMSAMによる鉱物マッピング (Mineralogical Mapping by SAM & MSAM)



Result by SAM



SAMとMSAMによる鉱物マッピング (Mineralogical Mapping by SAM & MSAM)



Modified SAM (MSAM)

<u>利点 (Advantages):</u>

- 一度に扱うバンド数に上限なし

(No limitation of bands to be handled simultaneously)

- 地形効果を抑制

(Suppress the topo. effect)

- 粒度の効果を抑制

(Suppress the grain size effect)

	SAM	MSAM
Suppress Topo. Effect	0	0
Suppress Grain Size Effect	×	0

手法の比較 (Comparison of the Methods)





- 3.1 はじめに (Introduction)
- 3.2 バンド比 (Band Rationing)
- 3.3 直交変換: PCAと Spectral Index

(Orthogonal Transformation)

- 3.4 SAM & MSAM
- 3.5 酸化鉄量の見積り

(Estimation of Iron Oxide Abundance)

3.6 データの統合表示

(Data Integration and Visualization)



粒度の効果 (Grain Size Effect)

Noda and Yamaguchi (2017)



As grain size decreases, reflectance of the entire wavelength region increases, and absorption depth is constant or decreases.

2つの効果によるスペクトル変化 (Spectra Change by Two Effects)

Noda and Yamaguchi (2017)





酸化鉄量の見積り (Estimation of Iron Oxide Abundance)

Iron Oxide Abundance derived from MCR-900D Noda and Yamaguchi (2017)



- Maximum iron oxide abundance is about 6wt% in the jarosite area.
- · Less iron oxide in the hematite area (about $1\sim 2wt\%$).



- 3.1 はじめに (Introduction)
- 3.2 バンド比 (Band Rationing)
- 3.3 直交変換: PCAと Spectral Index

(Orthogonal Transformation)

- 3.4 SAM & MSAM
- 3.5 酸化鉄量の見積り

(Estimation of Iron Oxide Abundance)

3.6 データの統合表示

(Data Integration and Visualization)

統合と可視化 (Integration and Visualization)

Kurata and Yamaguchi (2019)

Integration and visualization of mineralogical and topographical information derived from ASTER and DEM data.



統合画像 (Integrated Image) Ih-Ulziit Area, Mongolia



手法の比較 (Comparison of the Methods)

Method	Suppress Topo Effect	Suppress Grain Size Effect	Simple Calculation	Band Number Limitation	Interpret- ability
Band Rationing	0	×	Ô	×	0
PCA	Δ	×	0	0	×
Spectral Index	Δ	×	0	0	0
SAM	0	×	0	0	0
MSAM	0	0	0	0	0
Iron Oxide Abundance	0	0	Δ	NA	Ô
Integration & Visualization	0	Δ	×	NA	Ô

地質マッピングや自然災害に関する研究

- スペクトルデータによる鉱物・岩石の識別・マッピング 栃倉(2020M)、田中(2019D)、平井(2018M)、Batbayar(2018M)、 倉田(2017M)、野田(2015M)、淺野(2015M)、石徹白(2014M)、 矢島(2013D)、上里(2011M)、押上(2010-2011)、竹田(2001M)、 内藤(1999M)、岩田(1998B)、平家(1997B)
- 2. 土石流、岩脣流、地すべり、洪水、カルデラ、氷河、リニアメントなど 石橋(2020B)、佐能(2017B)、中元(2013B)、Ho(2012D)、 川上(2007D)、永井(2007B)、渡辺浩行(2004B)、Adhikary(2002D)、 Begun(2002D)、Islam(2000D)、Zhang(2000D)、Wafid(2000M)、 小田島(1997D)、大竹(1997)、丹羽(1996M)、土田(1989)
- 3.月の地質マッピング 白井(2011M)、渡辺志穂(2009M)、奥野(2008M)、望月(2008M)、 押上(2007-2009)、今村(2006M)、児玉(2003D)、牧野(2003M)、 小野高幸先生(東北大)他との月レーダサウンダーによる研究

月レーダサウンダー(Lunar Radar Sounder)

東北大の小野高幸先生らと提案(1993年~1995年頃)

Lunar Radar Sounder (LRS)



- Mass: 23.182 kg
- > Antenna: 15 m x 4 (30 m tip-to-tip)

Active sounder mode

- Frequency: 5 MHz (4–6 MHz)
- Radiation power: 800 W
- Pulse width: 200 µsec
- Modulation: 10 kHz/µsec

Passive mode (Natural wave detection)

- NPW (Radio waves from Earth, Sun & Jupiter)
 20 kHz 30 MHz
- WFC (Plasma waves around the Moon)
- 10 Hz 1 MHz



子衛星 50kg×2

科学衛星 3,000kg

観測機器 300kg

月探査衛星 Kaguya (SELENE)



2007年9月17日打ち上げ



SELenological and ENgineering Explorer



4. 環境モニタリング

Environmental Monitoring

環境モニタリングに関する研究

1. 植生モニタリング

Arjasakusuma(2018D)、Zhou(2018D)、加藤杏奈(2011M)、横山(2011M)、 西岡(2011B)、丸山(2001-2011)、Shakya(2008D)、曽根(2008B)、 若林(2006B)、加藤晃義(2005M)、香川(2003B)、鈴木(2003B)、 原田(2002B)、川畑(1999B)

- 2.炭素循環、生態系モデル、シンプルモデル 帯川(2013B)、水田(2013M)、杉山(2013M)、相庭(2012M)、仲井(2012M)、 脊戸山(2012M)、山田大輔(2012B)、本庄(2010M)、村上(2009D)、 川合(2009M)、槌井(2009B)、Kafle(2008D)、赤池(2006M)、松崎(2006M)、 佐々井(2005D)、岡本(2005M)、田村(2005M)、東島(2005B)、 蜂須賀(2002B)、市井(2001D)
- 都市域・土地被覆の変化、ヒートアイランド 海老原(2019B)、渡辺祥汰(2017B)、北川(2016B)、木澤(2014B)、 Chen(2012D)、Pham(2009D)、蔡(2008M)、Dewan(2006-2008)、 加藤創史(2006D)、野田明子(2006D)、山田由紀江(2000B)、深谷(1999M)
- 4. 大気、水域など Shi(2013D)、岡田(2008M)、平川(2002M)、猪飼(1999B)

Vegetation Monitoring; Climate Change

in annual NDVI (Kawabata et al., 2001)

Global distribution of interannual changes

Change trends of NDVI and temperature in May to August (Chen and Yamaguchi, 2013)

Correlation between NDVI and climate (Kawabata et al., 2001) 2.0 0.50 Temp.Dev. (deg.) Temp. 1.0 0.45 NDVI 0.40 0.0 -1.0 0.35 NDVI -2.00.30 84 86 88 96 98 82 90 92 94 1200 0.30 1000 0.25 800 600 0.20 400 0.15 200 Precipitation 98



NDVI trend from 1999 to 2010



Temperature trend from 1999 to 2010

Vegetation Monitoring; Drought



Vegetation Monitoring; Human Impact



Carbon and Heat Flux Model



Urban Area; Heat Island Effect

Kato and Yamaguchi (2007)

Storage Heat Flux (ΔG) in the central urban area of Nagoya



 ΔG in the central urban area is higher positive in daytime and high negative in nighttime. \leftarrow higher heat capacity of buildings

Urban Area; Urban Growth (1)



Urban Area; Urban Growth (2)



5. おわりに

Concluding Remarks

これまでの研究を振り返って

- (1) リモートセンシングは様々な分野で有効なツールである。
 - ・地質マッピング、環境モニタリング(植生、都市化・・・・)など
 - ・ツールの使い方を知っていれば、新しい分野へ挑戦しやすい
- (2) 多バンドデータの処理では以下の点が重要
 - ・地形、粒度などの効果を軽減・除去すること ("足算(引算)は掛算(割算)より先に行う")
 - ・処理結果の(地質学的な)解釈が容易な方法を使うべき
- (3) ASTERプロジェクトは、ユーザ主導で実施してきた。
 - ・構想段階から開発、運用、データ利用まで全て関われたのは幸運だった。
 - ・ASTERとTerraが、私の定年退職後まで運用するとは予想しなかった。
 - ASTER後継のマルチスペクトルセンサが無いのは残念。
 (マルチスペクトルでは民間のWV-3、経産省としてはHISUIが後継)

A Proposal for Joint Development, Launch, and Operation of a Landsat/ASTER Follow-On Mission





On behalf of the proposal signatories, thank you for your consideration.

Sincerely,

April 16, 2004

Branch: Barragadi Milal Rhus

Yasushi Yamaguchi Member, ASTER Science Team Nagoya University Nagoya, Japan

Michael Abrams Member, ASTER Science Team Jet Propulsion Laboratory Pasadena, CA, U.S.A.

cc: Secretary Norton, DOI Administrator O'Keefe, NASA Associate Director Ryan, USGS Mr. Turner, NASA Mr. Kaye, NASA Mr. Feuquay, USGS Mr. Thompson, USGS Mr. Yosuke Asai, METI Dr. Hiroji Tsu, ERSDAC

Submitted to NASA, METI, USGS, ERSDAC on 16 April 2004 with approximately 200 proposal signatories

Dr. Ghassem Asrar Associate Administrator for Earth Science NASA Headquarters Washington, DC 20546-001

Mr. Atsuhiko Hatano, Director Space Industry Office Ministry of Economy, Trade and Industry of Japan Tokyo 100-8901

Dr. Charles Groat, Director U.S. Geological Survey National Center Reston, VA 20192-0002

Mr. Takaaki Yoshida, Director General Earth Remote Sensing Data Analysis Center Forefront Tower Tokyo 104-0054

Dear Gentlemen:

Accompanying this letter, please find for your consideration, "A Proposal for Joint Development, Launch, and Operation of a Landsat/ASTER Follow-On Mission." This proposal is submitted jointly to your organizations by a group of scientific and practical users of ASTER and Landsat data who are deeply concerned that the continuity and future availability of moderate-resolution satellite land remotely sensed data may be in jeopardy. Landsat and ASTER have demonstrated their significant value as tools for addressing many types of scientific and practical problems that are important to the preservation of our natural environments and to the well-being of mankind, and we believe this type of remotely sensed data must continue to be readily available in the future.

The proposal we ask you to consider outlines an approach for ensuring future availability of this type of remotely sensed data while at the same time taking advantage of the financial and technological benefits that can result from cooperating together to achieve common goals and objectives. We hope that you will give this proposal serious consideration. We stand ready to assist you in any way possible in the further development and implementation of this proposal.

衛星データ利用に際しての課題・問題点(1)

内閣府宇宙開発戦略本部 宇宙開発戦略専門調査会 リモートセンシング政策検討WG 第2回会合(ヒヤリング) 2011年3月10日 科学研究分野における利用状況と今後の取組みや意見等

(1) <u>継続性の確保</u>

- ・データの継続性は、ユーザにとって最重要な関心事項
- ・長期間のデータアーカイブは、変化の検出に不可欠
- 技術開発とのバランス
 基本的なデータスペックは変えずにシリーズ化できないか
- (2) 日本が得意なセンサの継続的な開発・運用
 - ・降水レーダ、マイクロ波放射計、フーリエ変換分光計、 Lバンド合成開ロレーダ等

衛星データ利用に際しての課題・問題点(2)

- (3) <u>迅速なプロジェクト実施</u>
 - ・ハードウェア開発期間の短縮
 - ・シリーズ化、小型化による経費節減
- (4) <u>データの安定的な提供</u>
 - ・無差別データ公開原則を堅持
 - ・科学研究および教育目的でのデータ利用は、無償で
 - データアーカイブセンターの設置
 基本データは、国として責任を持って保管維持する
 米国ではNASAが取得したデータを内務省下のUSGSが保管
 - ・リモートセンシング専門家以外も使いやすいデータ・情報の提供

(5) ユーザコミュニティの運営・支援

- ・リモートセンシング・タスクフォースの活動の継続
- ・科学者からのプロジェクト提案(センサ開発含む)を実現する仕組み
- ・研究資金の支援

最後に

リモートセンシングを地質マッピングや環境モニタリングなど の有効なツールとして、多くの皆さん(研究者に限らず)に 使っていただきたい。

そのためには

- ・データの継続性と安定的な供給
- エンドユーザが使いやすいデータまたは情報の提供

<u>私の退職後の予定 (My plan after retirement)</u>

 科学技術振興機構(JST)の地球規模課題対応国際 科学技術協力プログラム(SATREPS)の研究主幹を 非常勤で務める予定

I plan to work part-time as a research supervisor of the SATREPS program of Japan Science & Technology Agency (JST).

https://www.jst.go.jp/global/pd_po.html

- ASTERサイエンスチームの日本側リーダーも、ASTER が動いている間は、引き続き務めるつもり
 I will continue the Japan ASTER Science Team leader.
- その他の時間は、山登りや旅行を楽しみたい
 I plan to spend rest of the time for travel and trekking.

皆さんへお願い

- コロナ禍のため、最終講義の後の祝賀会は、開催できません。
 皆さんとお話しできないのは、とても残念です。
- 祝賀会で懇談する代わりに、4月末頃までを目処に、次の アドレス宛にメッセージを送っていただければ幸いです; yasushi@nagoya-u.jp
- ワード、pdf、e-mailメッセージ、写真など何でも構いません。
 編集して希望者に配布します(他の人とシェアしたくない場合は、その旨お知らせください)。
- Because we cannot hold a celebration ceremony due to COVID-19, I would like to request you to send me a message by April 10 or so to the following e-mail address. Any format including Word, pdf, photo or an e-mail message will be fine. I will edit and distribute it to those who are interested. yasushi@nagoya-u.jp
ご清聴ありがとうございました。

