

令和元年6月18日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15H04225

研究課題名(和文)ハイパースペクトル及び熱赤外データの統合処理による鉱物・岩相マッピング法開発

研究課題名(英文) Development of mineralogical and lithological mapping methods by integrated processing of hyperspectral and thermal infrared data

研究代表者

山口 靖 (YAMAGUCHI, Yasushi)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：80283472

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,100,000円

研究成果の概要(和文)：可視～短波長赤外域のリモートセンシングデータから酸化鉄鉱物、粘土鉱物、炭酸塩鉱物などの種類と相対量を、熱赤外域のデータからケイ酸塩岩のシリカ含有量とシリカの形態を識別・マッピングする指標を開発した。これら異なる波長域のスペクトル情報から得られる鉱物の種類を色相(H)、鉱物の相対量を彩度(S)、デジタル地形データ(DEM)から得られる地形情報を明度(V)に割り当ててHSVカラーモデルで統合することにより、地質学的に判読しやすいカラー画像を提供できる方法を新たに開発することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで可視～短波長赤外域のスペクトルデータと熱赤外域のスペクトルデータの処理は別個に行われることが多かったが、本研究で開発した鉱物・岩相マッピング法によって統合して処理・表示を行うことが可能となり、地質学的に解釈し易い1枚のカラー画像として提供することができる。これにより、金属資源探査の重要なターゲットである熱水変質帯や炭酸塩岩などの分布を、衛星や航空機搭載センサのデータから効率的にマッピングすることができるため、乾燥地域等の過酷な環境下での地下資源探査や地質マッピングを効率化することが期待される。

研究成果の概要(英文)：Spectral indices were developed to distinguish iron oxides, clay and carbonate minerals and to estimate their relative abundances from remote sensing data in the visible to short-wavelength-infrared region and also to map silica contents and forms from the thermal infrared data. The HSV color model was employed to integrate these indices and to generate a color image by allocating the mineral species to hue (H), relative abundance to saturation (S) and topographic information derived from digital elevation model (DEM) to value (V) respectively. The resulting color image can be easily interpreted from a geological point of view.

研究分野：リモートセンシングによる地球観測

キーワード：リモートセンシング ハイパースペクトル 地質マッピング ASTER AVIRIS HSV

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

リモートセンシングは、その広域観測能力と、人工衛星の場合には世界中のあらゆる地域のデータ取得が可能という利点があるため、遠隔地での地質マッピングや地下資源探査の初期段階で幅広く利用されている。波長方向での観測バンド数が 20 程度まではマルチスペクトルセンサと呼ばれ、例えば Terra 衛星搭載の ASTER などが代表的である。バンド数が 100 程度を越える場合にはハイパースペクトルセンサと呼ばれる。ハイパースペクトルセンサは、米国 NASA が開発した AVIRIS のように航空機搭載のものがほとんどで、現時点では極めて限られた地域のデータしか存在しないが、今後わが国を含めた各国が衛星搭載のハイパースペクトルセンサの打ち上げを計画している。ハイパースペクトルセンサからは、可視～短波長赤外域の連続的な分光スペクトルが得られるが、マルチスペクトル用の解析方法はそのまま適用できないため、鉱物の正確な同定や含有量見積り等を行うための解析手法の確立が求められていた。

一方、熱赤外域では、シリカ含有量に応じてケイ酸塩岩の分光放射率パターンが系統的に変化することが知られている。わが国が開発し、米国 NASA の地球観測衛星 Terra に搭載しているマルチスペクトルセンサ ASTER は熱赤外域に 5 つのバンドを持ち、そのデータ処理法がいくつか提案されているが、単純な比演算がほとんどであり、処理結果のノイズの多さの等の問題点が指摘されている。また、昼夜の表面温度から求めた見掛け熱慣性が、岩相識別に役立つとされてきたが、熱慣性の計算に必要なデータセットが入手しにくいこと等から、検討が進んでいない。このため、熱赤外データを活用した岩相マッピングの手法開発が求められていた。

さらに可視～短波長赤外域と熱赤外域のデータ解析手法は、それぞれ別々に発展してきたこと、各波長域のデータの空間分解能が異なること等から、2 つの異なる波長域のデータを統合して処理し、効率的な地質マッピングを行える手法の開発が求められていた。

2. 研究の目的

航空機や衛星搭載センサで取得した可視～短波長赤外域のハイパー及びマルチスペクトルデータは、熱水変質鉱物や炭酸塩鉱物などの識別・同定に有効である。また熱赤外域のマルチスペクトルデータは、ケイ酸塩岩や熱慣性が異なる岩石の識別に有効である。まず、これらの波長域でのデータ解析方法を検討し、岩相識別に有効な方法を開発する。さらにこれら 2 つの波長域のデータ処理法は、従来別々に発展してきたため、これらの異なる波長域のリモートセンシングデータの解析結果を統合する方法を新たに開発し、広域的な地質調査や鉱床探査等に有効な鉱物・岩石マッピング法として確立する。

3. 研究の方法

岩相マッピング及び鉱物識別・同定を目的として、可視～短波長赤外域のハイパー及びマルチスペクトルデータと、熱赤外域のマルチスペクトルデータの解析方法を検討し、従来の数学的・統計学的な考えのみに基づく方法の欠点を補い、解析結果の地質学的・鉱物学的な解釈が容易な方法を検討した。可視～短波長赤外域については、アンミキシングとクラスター分析を組み合わせる方法、粒度と地形効果を軽減して岩石中の酸化鉄量を推定する方法を検討した。熱赤外域については、分光放射率に基づいてケイ酸塩岩中のシリカの含有量と形態（石英結晶か非晶質シリカか）を識別する方法、昼夜の表面温度からの見掛け熱慣性により岩相識別を行う方法を検討した。最後にこれらの 2 つの異なる波長域のデータ解析結果を統合する方法を検討した。

解析には航空機搭載ハイパースペクトルセンサである HyMap、AVIRIS 及び AVIRIS-NG のデータ、衛星搭載マルチスペクトルセンサである ASTER のデータを使用した。研究対象地域は、熱水変質帯や炭酸塩岩が分布し、植生被覆が少なく、リモートセンシングによる解析に適した米国ネバダ州 Cuprite 地域及びカリフォルニア州 Mountain Pass 地域、並びにモンゴル国南ゴビの Ih-Ulziit 地域とし、画像解析結果の検証のため現地調査を実施した。

4. 研究成果

(1) アンミキシングとクラスター分析を組み合わせた解析法の開発

ハイパースペクトルデータからの物質同定において、複数の物質が混在している場合にはアンミキシング解析が用いられる。まず画像から特徴的な吸収スペクトルを持つエンドメンバーを抽出し、各画素毎にエンドメンバーの存在度を算出する方法である。しかし、ほとんどの地質マッピングにおいては、対象地域の中に吸収特徴が弱い/吸収特徴がない鉱物だけからなる岩石も存在しているため、アンミキシング解析のみでは正確な地質マッピングが行えない場合が多い。このため、観測対象のスペクトル特徴に応じてデータを分別し、各々に対して適した異なる手法を用いて解析を行う手法を開発した (Ishidoshiro et al., 2016)。

まず波長 2.0～2.5 μm での反射率の平均値を求め、閾値以下なら吸収特徴を持つ熱水変質鉱物からなる岩石(変質岩と呼ぶ)、閾値以上なら吸収特徴を持たない非変質岩として画素を分別した。次に、変質岩として分別された画素に対しては、線形アンミキシング解析を適用した。線形アンミキシング解析はエンドメンバー抽出と存在度算出の二段階で構成されている。エンドメンバー抽出には新たに開発した Improved Causal Random Pixel Purity Index (ICRPPI) 法を適用した。一方、非変質岩として分別された画素に対しては、教師無し分類の代表的な既存手法である k-means クラスタリング法を適用した。k-means 法は、各画素間のユークリッ

ド距離を基準にしているため、反射スペクトルの形状だけでなく、反射率の値そのものによって分類され、吸収特徴のないスペクトルを持つ画素の分類も可能である。

この方法を航空機ハイパースペクトルセンサ HyMap で取得された米国ネバダ州 Cuprite 地域のデータに適用した結果、明バン石、カオリナイト、モンモリロナイト、ブディングトナイトの存在度が高い地域を特定することができた。また、非変質岩のクラスタリング解析結果では、得られたクラス分布と地質図の地層分布が概ね合致していた。これらの変質岩と非変質岩のマッピング結果を統合することにより、対象地域の鉱物/岩石の正確な分布図を得られた。

(2) ハイパースペクトルデータからの酸化鉄量の推定法の開発

ハイパースペクトルデータから、粒度と地形の影響を除去して酸化鉄量を見積る方法を開発した (Noda and Yamaguchi, 2017)。鉄酸化鉱物の反射スペクトルは、波長 900 nm 付近の三価鉄イオンによる吸収で特徴付けられ、吸収の深さ (900D) は酸化鉄量に依存しているが、900D は鉱物・岩石の粒度や地形傾斜などの影響も受ける。地形の影響については、可視～近赤外域での放射輝度が地形傾斜に応じて一定の割合で変化することが分かっており、複数の波長での放射輝度の比をとることで補正できる。粒度の違いによる反射スペクトルの変化を調べるため、鉄酸化鉱物を含む米国ネバダ州の熱水変質した火山岩およびユタ州の砂岩の合計 15 試料を粉砕し、ふるいで 250~500 μm 、180~250 μm 、125~180 μm 、<125 μm に分け、粒度毎の反射スペクトルを測定した。その結果、粒度が細くなるにつれて、反射率の上昇は見られたものの、吸収の深さ (900D) と波長位置に変化は見られなかった。また 550 nm での反射率は、粒度に拘わらず一定で、波長 760 nm と 550 nm での反射率の差が、粒度と線形関係にあることが分かった。このため、波長 760 nm と 550 nm での反射率の差を元の反射率から引くことにより、粒度による反射率変化を補正することができる。この粒度補正を施した後、Continuum-removal 法を反射スペクトルに適用することにより、地形の影響の抑制を行うことができる。こうして処理した反射スペクトルでの波長 900 nm 付近での吸収深さを MCR-900D と呼ぶ。次に岩石試料の酸化鉄量実測値と MCD-9000D との関係式をヘマタイト、ジャロサイト、ゲーサイトの 3 つの鉄酸化鉱物について求めた。

提案手法を航空機搭載ハイパースペクトルセンサ AVIRIS で取得した米国ネバダ州 Cuprite 地域データに適用した。まず吸収波長から鉱物種を決め、3 つの関係式から一つを選び、MCD-900D から酸化鉄量を求めた。こうして作成した酸化鉄量図では、対象地域の熱水変質帯のゾーニングが示され、既存の変質帯分布図とも整合的であった。また地形効果が抑制されていることが、画像上で確認できた。

(3) 見掛け熱慣性の解析法の開発

熱慣性とは、物質の熱伝導率や比熱などで決まる物理量で、物質の温度変化のし難さを示しているが、リモートセンシングによって直接計測することは困難である。過去の研究では、リモートセンシングで得られる昼夜の温度差 (T) とアルベドから見かけ熱慣性 (Apparent Thermal Inertia :ATI) を求める手法が考案されているが、表面状態の変化による熱慣性への影響を防ぐために時間間隔の短い (大凡 3 日以内) 昼夜データセットが必要とされてきた。しかし、地球観測衛星では軌道の制約から短期間での昼夜データセットの取得が難しく、適用できる機会が少なかった。こうした問題を解決するため、本研究では、地質マッピングに役立ち、かつ地球観測衛星データに適用可能な新しい ATI 手法を提案した (浅野ほか, 2015)。

ATI に対して最も大きな影響を示す T に着目し、様々な時期の組み合わせの T を調べた。その結果、夏の昼間データから得られる地表面温度の最高値と、冬の夜間データから得られる最低値から計算した T が、従来の ATI で求められる時間間隔の短いデータセットから得られる T と相関が高いことが判明した。すなわち、これまでに蓄積された膨大な ASTER データのアーカイブの中から、夏の昼間と冬の夜間のデータを選び出して用いることで、短期間取得データでなくとも ATI を求められることになる。

衛星データから得られた T と表層の状態との関係を検証するため、米国ネバダ州 Cuprite 地域の複数地点で温度測定および表層の観察を行った。温度ロガーにより 3 ヶ所で昼夜の連続的な地中温度を測定した。また接触式温度計により深さ約 15 cm までの地中温度プロファイルも測定した。その結果、衛星データで地表面の T が大きい地点では、現地実測での地中温度の T も相対的に大きいことが確認された。また、衛星データでの T が大きい地点では、表層直下 (深さ 2 cm ~ 10 cm) での温度勾配が大きかった。これは、表層から深さ約 2 cm まで開放的な空隙率の高い礫が占めており、層内を大気が循環し、温度が大気温度と近くなりやすいのに対して、 T が小さい地点では表層の基質が緻密で密度が高く、大気循環が相対的に起こりにくいと思われる。つまり地表面温度データに地下の状態が反映されているため、ATI は地表面下の情報を提供できることが分かった。具体的には ATI によって形成時代の異なる沖積層を識別することができた。

(4) HSV カラーモデルを用いた統合手法の開発

リモートセンシングデータから地質学的に知りたい情報は、可視～近赤外域 (鉄酸化鉱物)、短波長赤外域 (粘土鉱物、炭酸塩鉱物)、熱赤外域 (ケイ酸塩鉱物) のように異なる波長域に分散しており、観測データからそれぞれの鉱物・岩相指標として抽出する手法が別個に研究されて

きた。しかし、既存の指標を単純に RGB に割り当ててカラー合成する等の方法では、処理結果の地質学的な解釈がかえって難しくなるという問題がある。そこで異なる波長域の岩相指標と地形データを統合し、地質学的に解釈しやすい画像を作成する手法を新たに開発した(倉田・山口, 2018; Kurata and Yamaguchi, 2019)。

熱水変質帯の中心から周囲に向かって明バン石、カオリナイト、モンモリロナイトなどが累帯構造を形成することがあるが、これらの鉱物の可視～短波長赤外域での反射スペクトルパターンの違いを直交変換によって指標化した。炭酸塩岩については、短波長赤外域の波長 2.35 μm 付近での吸収特徴に基づいて識別した。熱赤外域では、ケイ酸塩岩のシリカ含有率と形態(石英結晶か非晶質シリカか)の違いが、放射率パターンに反映されることが知られている。まずシリカ含有率やシリカ形態が異なる(石英結晶と非晶質シリカ)ケイ酸塩岩の分布地点を何点か選び、それぞれの地点の放射率スペクトルを ASTER TIR 放射率プロダクトから確認し、直交変換を用いてそれらのパターンを指標化する方法を考案した。

一方、地形情報も岩相マッピングや調査地点位置を知るために重要である。このため、DEM データから地形をグレースケールで表現する手法として、斜面の傾斜を表す「反転スロープ」と、尾根・谷の強調に優れる「開度」の 2 つの地形特徴量を重みを付けて組み合わせる新たな指標を開発した。この指標は、照射方向(光源)依存性がないという利点がある。

これらのスペクトル情報と地形情報を統合し、一枚のカラー画像として表現するための手段として、HSV カラー表色系を採用した。すなわち HSV 表色系で色を表す 3 成分について、H(色相)に鉱物や岩石の種類を示す指標、S(彩度)に対象とする鉱物などの相対量を示す指標、V(明度)に地形情報を割り当てて統合・表示した。この統合法により、空間分解能 30 m ~ 90 m の指標が割り当てられた H と S が、空間分解能 10 m の地形情報が割り当てられる V によって見かけ上、高分解能化(パンシャープン)された。この方法で作成したカラー画像は、地質学的な情報を視覚的にとらえやすいことが確認できた(図 1)。

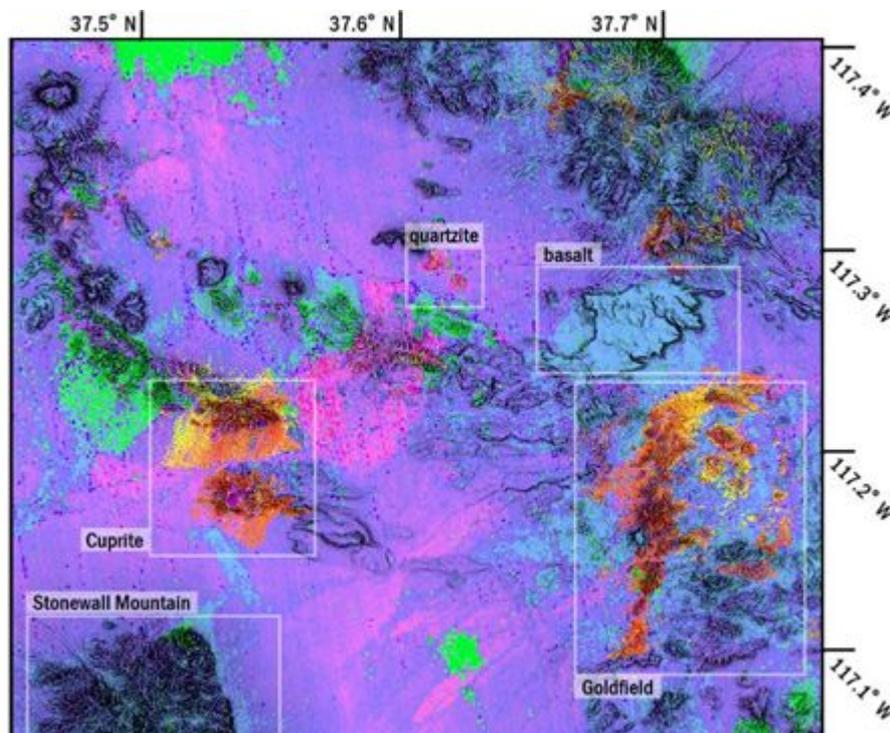


図 1 HSV カラーモデルによる岩相指標と地形の統合表示 (Kurata and Yamaguchi, 2019)。米国ネバダ州 Cuprite 地域(右が北方向)。赤～黄色は熱水変質帯、緑色は石灰岩、水色は玄武岩、赤紫色はケイ化帯またはケイ岩。画像の明るさが地形を表現している。

<引用文献>

Ishidoshiro, N., Yamaguchi, Y., Noda, S., Asano, Y., Kondo, T., Kawakami, Y., Mitsuishi, M., and Nakamura, H., Geological mapping by combining spectral unmixing and cluster analysis for hyperspectral data, The Inter. Archives Phorogram., Remote Sensing and Spatial Sciences, Vol. XLI-B8, No. 431-4352016, 2016, pp. 431-435

Noda, S. and Yamaguchi, Y., Estimation of surface iron oxide abundance with suppression of grain size and topography effects, Ore Geology Reviews, Vol. 83, 2017, pp. 312-320

浅野友紀瑛、山口 靖、児玉信介、ASTER TIR データによる熱慣性を用いた地質マッピ

ング, 日本リモートセンシング学会第 59 回学術講演会, 長崎, 2015 年 11 月 26-27 日
倉田夏菜、山口 靖、ASTER データから得られた岩相指標の HSV 表色系による統合、日
本リモートセンシング学会誌、Vol. 38、No. 2、2018、pp. 163-173
Kurata, K., Yamaguchi, Y., Integration and visualization of mineralogical and
topographical information derived from ASTER and DEM data, Remote Sensing, Vol.
11, No. 162, 2019, 20pp.

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文](計 6 件)

Tanaka, S., Tsuru, H., Someno, K., and Yamaguchi, Y., Identification of alteration
minerals from unstable reflectance spectra using a deep learning method, Geosciences,
査読有、Vol. 9、No. 5、2019、18pp.

DOI: 10.3390/geosciences9050195

Kurata, K., Yamaguchi, Y., Integration and visualization of mineralogical and
topographical information derived from ASTER and DEM data, Remote Sensing, 査読
有、Vol. 11、No. 162、2019、20pp.

DOI:10.3390/rs11020162

倉田夏菜、山口 靖、ASTER データから得られた岩相指標の HSV 表色系による統合、日
本リモートセンシング学会誌、査読有、Vol. 38、No. 2、2018、pp. 163-173

Noda, S. and Yamaguchi, Y., Estimation of surface iron oxide abundance with
suppression of grain size and topography effects, Ore Geology Reviews, 査読有、Vol. 83、
2017、pp. 312-320

DOI: 10.1016/j.oregeorev.2016.12.019

Ishidoshiro, N., Yamaguchi, Y., Noda, S., Asano, Y., Kondo, T., Kawakami, Y., Mitsuishi,
M., and Nakamura, H., Geological mapping by combining spectral unmixing and
cluster analysis for hyperspectral data, The Inter. Archives Photogram., Remote
Sensing and Spatial Sciences, 査読有、Vol. XLI-B8、No. 431-435/2016、2016、pp. 431-435

DOI: 10.5194/isprsarchives-XLI-B8-431-2016

Cudahy, T., Caccetta, M., Thomas, M., Hewson, R., Abrams, M., Kato, M., Kashimura,
O., Ninomiya, Y., Yamaguchi, Y., Collings, S., Laukamp, C., Ong, C., Lau, I., Rodger, A.,
Chia, J., Warren, P., Woodcock, R., Fraser, R., Rankine, T., Vote, J., Caritat, P., English,
P., Meyer, D., and Doescher, C., Earth observation mineral indicators for weathering,
deposition, erosion and desertification, Scientific Reports, 査読有、Vol. 6、No. 3702、
2016、pp. 1-12

DOI: 10.1038/srep23702

[学会発表](計 20 件)

Yamaguchi, Y., ASTER 20th anniversary: achievements and future plan, Inter.
Geoinformatics Conf. 2019, Riyadh, Saudi Arabia, 2019 年 2 月 10-13 日 (基調講演)

Yamaguchi, Y., Batbayar, N., Hirai, R., and Oidov, M., Delineating hydrothermal
alteration zones in the Ih-Ulziit area, Mongolia by using ASTER data, Geological
Remote Sensing Group 29th Annual Intern. Conf., London, UK, 2018 年 12 月 10-12

Batbayar, N., Hirai, R., Yamaguchi, Y., and Oidov, M., Lithological mapping by using
ASTER data in Ih-Ulziit area, Mongolia, 日本リモートセンシング学会第 65 回学術講演
会、高松、2018 年 11 月 27-28 日

平井 遼、児玉信介、山口 靖、ASTER データを用いた波長 2.35 μm 付近に波長吸収を
持つ鉱物の識別 (その 2)、日本リモートセンシング学会第 65 回学術講演会、高松、2018
年 11 月 27-28 日

Yamaguchi, Y., Remote sensing applications to geological mapping and disaster
monitoring, Inter. Conf. Mountains in the Changing World 2018, Kathmandu, Nepal,
2018 年 10 月 9-10 日 (招待講演)

Tanaka, S., Tsuru, H., Someno, K., and Yamaguchi, Y., Automatic identification of
alteration minerals from their spectral reflectance patterns by using the deep learning
method, Inter. Symp. Remote Sensing 2018, Pyeongchang, Korea, 2018 年 5 月-11 日

Batbayar, N., Yamaguchi, Y., and Oidov, M., Geological mapping in the Ih-Ulziit area,
Mongolia by using Landsat and ASTER data, Inter. Symp. Remote Sensing 2018,
Pyeongchang, Korea, 2018 年 5 月-11 日

Yamaguchi, Y., Kurata, K., Hirai, R., Noda, S., and Kodama, S., Extraction and
integration of mineralogical and topographic information derived from ASTER and
DEM data, Geological Remote Sensing Group 28th Annual Intern. Conf., Lisbon,
Portugal, 2017 年 12 月 13-15 日

Yamaguchi, Y., Suppressing the topography and grain size effects in multispectral and
hyperspectral data processing, Inter. Conf. Space, Aeronaut. Navigat. Electronics

(ICSANE) 2017, Sarawak, Malaysia, 2017年11月23-24日(招待講演)
児玉信介、山口 靖、ASTER データによるタルク鉱床マッピング手法開発、日本リモートセンシング学会第63回学術講演会、札幌、2017年11月21-22日
平井 遼、倉田夏菜、児玉信介、山口 靖、ASTER データによる波長 2.35 μm 付近に吸収を持つ鉱物の識別、日本リモートセンシング学会第63回学術講演会、札幌、2017年11月21-22日
倉田夏菜、平井 遼、児玉信介、山口 靖、ASTER データから得られた岩相指標と地形データの統合・画像表現法、日本リモートセンシング学会第63回学術講演会、札幌、2017年11月21-22日
Yamaguchi, Y., Processing multispectral and hyperspectral data for discrimination of surface materials, Capacity Building Workshop of Satellite Remote Sensing for Southeast Asian Countries, Zhongli, Taiwan, 2017年9月13-14日(招待講演)
Kurata, K., Hirai, R., and Yamaguchi, Y., Combining spectral indices derived from ASTER data and topography from DEM by using the HSV color model, Inter. Symp. Remote Sensing 2017, 名古屋, 2017年5月17-19日
Yamaguchi, Y., Iwao, K., Kouyama, T., Kato, S., Kashimura, O., Fujita, M., and Tachikawa, T., ASTER 17-year operation status and future activities, Inter. Symp. Remote Sensing 2017, 名古屋, 2017年5月17-19日
Ishidoshiro, N., Yamaguchi, Y., Noda, S., Asano, Y., Kondo, T., Kawakami, Y., Mitsuishi, M., and Nakamura, H., Geological mapping by combining spectral unmixing and cluster analysis for hyperspectral data, Inter. Soc. Photogram. Remote Sensing (ISPRS) XXIII Congress 2016, Prague, Czech, 2016年7月12-19日
倉田夏菜、山口 靖、ASTER データから得られた岩相指標の HSV 表色系による統合、日本リモートセンシング学会第60回学術講演会、習志野、2016年5月12-13日
Noda, S. and Yamaguchi, Y., Estimation of surface iron oxide abundance with suppressing the effects of grain size and topography, Inter. Symp. Remote Sensing 2016, Jeju, Korea, 2016年4月20-22日
浅野友紀瑛、山口 靖、児玉信介、ASTER TIR データによる熱慣性を用いた地質マッピング、日本リモートセンシング学会第59回学術講演会、長崎、2015年11月26-27日
野田周帆、山口 靖、地形と粒度の影響を抑制した地表の酸化鉄量の推定、日本リモートセンシング学会第59回学術講演会、長崎、2015年11月26-27日

6. 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：吉田 英一

ローマ字氏名：(YOSHIDA, hidekazu)

所属研究機関名：名古屋大学

部局名：博物館

職名：教授

研究者番号(8桁)：30324403

(2)研究協力者

研究協力者氏名：児玉 信介

ローマ字氏名：(KODAMA, shinsuke)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。