

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 9 月 15 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19H01359

研究課題名（和文）多地域での遺跡探査を可能とする衛星データの応用に関する研究

研究課題名（英文）A Study of Satellite data application to make multi-regional archaeological explorations

研究代表者

恵多谷 雅弘 (Etaya, Masahiro)

東海大学・情報技術センター・技術職員

研究者番号：60398758

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 8,500,000円

研究成果の概要（和文）：サウジアラビア紅海沿岸の山岳地域に分布するグラフィティ（非公式碑文、落書き）・ペトログリフ（岩絵）の調査に衛星リモートセンシングデータを用いた。その結果、古代北アラビア文字碑文21点、初期イスラーム時代のアラビア文字碑文41点、さらに多数のペトログリフがマルチスペクトルの衛星データと古環境理解によって特定した碑文の有望地点において発見された。発見した碑文は特定の岩が分布し、かつ水が存在するあるいはその痕跡がある場所で顕著であった。サウジアラビアにおいて衛星データの画像解析によって碑文・岩絵の発見に成功したのは本例が初めてと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アラビア半島の山谷には、新石器時代以降のペトログリフに加え、前12世紀頃に始まる鉄器時代以降の様々な文字で刻まれたグラフィティ、7～9世紀のイスラーム時代初期のアラビア文字グラフィティが数多く分布する。それらは地理書や旅行記等の編纂以前の陸上ネットワークの様相を示す堅実かつ唯一の史料であり、アラビア半島の歴史研究においては、文献史料や都市・集落遺跡に並ぶ重要な資料として注目されるが、対象地域が広大かつ気候も過酷であることから、調査の効率化が望まれていた。本研究によって、サウジアラビアのグラフィティやペトログリフの探査において、衛星データが極めて有効かつ効率的なツールになることが実証された。

研究成果の概要（英文）：Satellite remote sensing data was used to investigate inscriptions (unofficial inscriptions, graffiti) and rock paintings (petroglyphs) distributed in the mountainous areas along the Red Sea coast of Saudi Arabia. As a result, 21 ancient North Arabic inscriptions, 41 early Islamic Arabic inscriptions, and a large number of petroglyphs were discovered at potential inscription sites identified by multispectral satellite data and paleoenvironmental understanding. The discovered inscriptions were conspicuous in places where specific rocks were distributed and where water or traces of water existed. This is considered to be the first successful example that previously unknown inscriptions and rock paintings were discovered by image analysis of satellite data in Saudi Arabia.

研究分野：宇宙考古学

キーワード：リモートセンシング 衛星データ 遺跡探査 碑文 岩絵

1. 研究開始当初の背景

近年、衛星搭載センサの高性能化が進んだことによって、砂漠や密林の下に埋もれた古代遺跡や古環境の調査・研究に衛星データが活用されるようになってきた。研究代表者らは、ピラミッドなどの大型建造物遺構が多数分布するエジプト・ナイル川流域を対象に、衛星リモートセンシング（以下 RS という）データによる遺跡探査を実施してきた。これまでの成果として、ロシアの衛星データ KVR-1000 の画像解析とナイル川の古環境（特に水環境）理解によりエジプト学史上初めて発見と発掘に成功したエジプト王朝時代遺跡 Site No.35（現在のダハシュール北遺跡）や、JERS-1 衛星のマイクロ波レーダ（SAR：Synthetic Aperture Radar）の地中透過性を利用してサッカラの砂漠で発見に至った遺跡 Site No.29 などの例はよく知られ、高分解能光学センサや SAR の観測データが砂漠に埋もれた古代エジプト遺跡の検出に極めて有効であることを実証してきた。一方、遺跡の立地環境が砂漠とは異なる地域での成果として、日本の ALOS（だいち）衛星搭載の高性能 L バンドマイクロ波レーダ（PALSAR）と Landsat7 号衛星搭載の可視赤外多波長センサ（ETM+）の観測データを複合的に組み合わせ、その画像特徴量を最尤法で分類処理することで、これまでマイクロ波レーダ単独では不可能と考えられていたシルト製の土器片や赤褐色の煉瓦片が地表を覆うナイルデルタのテル状遺跡 Site No.52 を発見した事例がある。テルはデルタを特徴づける遺跡で、世界各地で普遍的に観察される未発見あるいは未調査遺跡と共通する地表特徴を有している。

よって、エジプトの遺跡の検出で既に有効性が実証された上記手法をエジプト以外の地域で実践し、その有効性が確認できれば、今後、世界各地で実施される新たな考古学研究で大幅な調査の効率化が期待できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、古代エジプトの遺跡探査でその有効性が実証された衛星搭載の高分解能光学センサ、可視赤外多波長光学センサ、マイクロ波レーダなどの広域観測データと考古学調査や歴史資料を広域的・多次的に活用した従来の衛星 RS の考古学的応用研究をさらに発展させ、エジプト以外の地域に存在する世界の多種多様な未知遺跡の効率的な検出を可能とする科学的根拠にもとづく汎用型遺跡探査手法を確立することである。

3. 研究の方法

サウジアラビア・日本合同調査隊は、2018 年よりサウジアラビア、タブーク州ウムルジュの北約 10km に位置する中世の港町ハウラー（al-Hawra）の考古学的調査を行っている。ハウラーの調査では集落遺跡の存在がすでに明らかになっており、現在、合同調査隊の考古学チームが発掘調査を実施しているが、それと同時に実施した衛星 RS による古環境調査で、WorldView-2 衛星の DSM (Digital Surface Model：地表高さ情報) 等から特定した遺跡の有望地点において、新たな港湾施設の存在を示唆する遺構「SJ06」の発見に成功した¹⁾。

ハウラーは、ストラボン『地誌』などで言及されているが考古学的な所在地が今なお確定していない海上交易の主要港レウケーコーメーの候補地の一つであり、イスラーム時代以降は二大聖都マッカとマディーナを擁するヒジャーズ地方の一部を成すこの地域には近代まで多くの巡礼者たちが行き交ったことが知られ、港町と内陸都市を結ぶ商業ネットワークが存在した可能性が高い。

一方、アラビア半島の山谷には、新石器時代以降の岩絵に加え、前12世紀頃に始まる鉄器時代以降の様々な文字で刻まれた碑文、7~9世紀のイスラーム時代最初期のアラビア文字碑文が数多く分布する。砂漠の岩は、誰でも自由に絵や文字を刻むことのできる重要な記憶媒体として利用され、遊牧民や旅人、巡礼者たちが余暇や通行の記念に碑文や岩絵を刻んでいた。これらは、地理書や旅行記等の編纂以前の陸上ネットワークの様相を示す堅実かつ唯一の史料であり、アラビア半島の歴史研究においては、文献史料や都市・集落遺跡に並ぶ重要な資料として注目されている。

そこで本研究では、ハウラー後背地の巡礼路や内陸都市を結ぶ交易路上に存在するグラフィティ (graffitti : 非公式碑文・落書き、以下碑文という) とペトログリフ (petroglyph : 文様、以下岩絵という) の分布を衛星RSデータの広域性を活用して調査し、その解読によって、ハウラーの古代の様相を明らかにすると同時に、SJ06とレウケーコーメーとの関係にも迫る。

その方法であるが、調査対象地域は広大である上、かつて徒歩やラクダ、ロバ、ウマなどが通行した道の多くが狭いワディー(涸谷)で、四輪駆動車ですら通行不可能な場所も多い。また、そういった場所に長い時間と労力をかけて到達しても、岩質が刻画、刻文に不向きなため全く資料が得られない場合もあることから、碑文・岩絵の調査では、今も現地のインフォーマントからの情報が頼りとなっている。こうした背景から、本研究では、まずLandsat-8、Sentinel-2、WorldView-2衛星などの中分解能、高分解能衛星の観測データ、50万分の1地形図、25万分の1地質図などを組み合わせた多衛星画像データベースを構築し、それによってハウラー後背地の山谷で既に見ついている様々な時代の碑文・岩絵の分布、地形及び地質的な特徴、古環境等を理解した上で、次に条件が合致あるいは類似した地点を「未知の碑文・岩絵の有望地点」として事前に選定し、グラントゥールスを繰り返しながら最も有効な方法を絞り込むことで、碑文・岩絵の調査の効率化を可能とする新たな調査ツールを開発する。

4. 研究成果

本研究では港町ハウラーとその後背地をカバーする約185km×185kmの領域を主なテストサイトとして碑文、岩絵の分布調査を行った(Fig.1)。また、本研究ではグローバルスタンダードな遺跡調査ツールの開発をめざしていることから、そのために必要なデータとして、紅海を挟んでサウジアラビアの対岸に位置し、多数の碑文・岩絵が発見されているエジプト東部砂漠の比較調査も実施した。

なお、衛星 RS で発見に至ったハウラーの港の発掘調査は、サウジアラビア政府の側の意向を受けて、2024 年に予定しており、港域周辺の砂漠領域の物理探査も行われる予定であることから、ハウラー遺跡をめぐるヒト・モノ・情報の動きに関する新たな所見が得られることが期待される。

4.1 2019 年度調査

2020 年 3 月、ハウラー後背地から選定した未知の碑文・岩絵の有望地点の中から、Qumaylan 山南麓地区、タブク・メディナ県境の al-Ghayayah 山地区、及び al-Ghawt 地区のグランドトゥルースを実施した。



Fig.1 調査対象地域

4.2 2020 年度調査（2022 年度に再繰越）

2023 年 3 月、コロナ感染の影響で 2 年間繰越となったハウラー後背地未踏査地区の中から、ハウラー南部の Wadi Khusayyah 地区と Wadi Iqwaq 地区、ハウラー北部の Wadi al-Hayil 地区、そして al-Ghawt 地区の有望地点のグランドトゥルースを実施した。

4.3 2021 年度調査（2022 年度に繰越）

2022 年 12 月、サウジアラビア紅海沿岸の山谷とほぼ同じ地形、地質を有し、古代交易路ネットワークがあることで知られるエジプト側紅海沿岸の古代港市ベレニーケの後背地の山谷および東部砂漠を対象に、サウジアラビアで有効性が確認された碑文・岩絵探査手法を応用するための第一次予備調査を実施した。

4.4 2022 年度調査

2021 年度の未踏査地域を対象に、エジプト東部砂漠の碑文・岩絵を調査した。同調査では、紅海の港市ベレニーケとナイル河畔の古代の交易拠点コプトスを結ぶキャラバンルート上の宿駅 Bir Dinqash、及び同じく紅海の港市クセイル（ミュオルホルモス）とコプトスとを結ぶルート上の Wadi Hammamat などの岸壁に刻まれた既知の碑文・岩絵を巡察することで、サウジアラビア以外の地域の碑文・岩絵の探査を可能とするための情報収集に専念した。

以上の調査成果については論文未発表のため後日改めて報告する。

参考文献

- 1) 惠多谷雅弘、中野良志、長谷川奏、徳永里砂、アブドゥルアジズ・アライニ、WorldView-2 データで発見したサウジアラビア紅海沿岸の中世の港域"SJ06"について、日本リモートセンシング学会誌、Vol.39、No.5、pp.405 - 413 , 2019.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 恵多谷雅弘、中野良志、長谷川奏、徳永里砂、ア卜'ヵルヅ'-'ズ'・アルオライ-	4. 巻 Vol.39No.4
2. 論文標題 WorldView-2データで発見したサウジアラビア紅海沿岸の中世の港域"SJ06"について	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本リモートセンシング学会誌	6. 最初と最後の頁 405 - 413
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 恵多谷雅弘	4. 巻 71
2. 論文標題 宇宙考古学～宇宙の眼で探る遺跡と古環境	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 国立科学博物館milsil（ミルシル）	6. 最初と最後の頁 15 - 17
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 3件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 長谷川奏・徳永里砂・西本真一・恵多谷雅弘
2. 発表標題 サウジアラビア紅海沿岸ハウラー遺跡の立地条件と構造-初期イスラーム時代の港まちの分布調査から-
3. 学会等名 日本オリエント学会第61回大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 恵多谷雅弘
2. 発表標題 宇宙から探る遺跡と古環境
3. 学会等名 第48回古代エジプト研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 長谷川奏・徳永里砂・西本真一・恵多谷雅弘・藤井純夫
2. 発表標題 サウジアラビア紅海沿岸ハウラー遺跡の考古学調査(2020) - 中世の港町の構造を探る -
3. 学会等名 日本西アジア考古学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 So Hasegawa, Risa Tokunaga, Shin-ichi Nishimoto, Masahiro Etaya, Sumio Fujii, Abdulaziz Alorini
2. 発表標題 A Medieval Red Sea Port and Its Hinterland: Surveys and Excavations by the Saudi-Japanese Mission at al-Hawra in 2019 and 2020
3. 学会等名 International Association for the Study of Arabia, 54th Seminar for Arabian Studies (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷川奏・徳永里砂・西本真一・恵多谷雅弘・藤井純夫
2. 発表標題 中世の港町の構造を探る サウジアラビア紅海沿岸ハウラー遺跡の考古学調査(2021)
3. 学会等名 日本西アジア考古学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 長谷川奏、徳永里砂、西本真一、恵多谷雅弘、藤井純夫
2. 発表標題 中世の港町の構造を探る サウジアラビア紅海沿岸ハウラー遺跡の考古学調査(2022)
3. 学会等名 日本西アジア考古学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 長谷川奏、徳永理砂、西本真一、恵多谷雅弘、藤井純夫
2. 発表標題 中世の港町の構造を探索-サウジアラビア紅海沿岸ハウラ-遺跡の考古学調査(2022)-
3. 学会等名 第30回西アジア発掘調査報告会 令和4年度 考古学が語る古代オリエント、日本西アジア考古学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 S.Hasegawa, R.Tokunaga, S.Nishimoto, M. Etaya,S. Fujii,and Alorini
2. 発表標題 A Medieval Red Sea Port and Its Hinterland: Surveys and Excavations by the Saudi-Japanese Mission at Al-Hawra in 2019 and 2020
3. 学会等名 54th Seminar for Arabian Studies, Cordoba: Casa Arab, (online) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 103.長谷川奏、徳永里砂、西本真一、恵多谷雅弘、藤井純夫
2. 発表標題 サウジアラビア紅海沿岸ハウラ-遺跡の考古学調査(2020) - 中世の港町の構造を探索 -
3. 学会等名 日本西アジア考古学会第28回日本西アジア発掘調査報告会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 恵多谷雅弘・鶴間和幸・長谷川奏・黄曉芬
2. 発表標題 多衛星データの複合的活用による遺跡探査技術とその応用に関する研究
3. 学会等名 日本リモートセンシング学会第66回学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 恵多谷雅弘
2. 発表標題 宇宙から探る遺跡と古環境
3. 学会等名 第48回古代エジプト研究会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 恵多谷雅弘
2. 発表標題 宇宙考古学～宇宙の眼で探る遺跡と古環境
3. 学会等名 2019年度東海大学情報通信学部公開セミナー第2回（招待講演）
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 日本リモートセンシング学会（恵多谷雅弘共著）	4. 発行年 2023年
2. 出版社 丸善出版	5. 総ページ数 758
3. 書名 リモートセンシング事典（考古学への利用）	

〔産業財産権〕

〔その他〕

WorldView-2データによるサウジアラビア紅海沿岸の中世の港域SJ06の発見について
<http://www.tric.u-tokai.ac.jp/bsite/sarchaeology/jSJ06.html>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	徳永 里砂 (Tokunaga Risa) (00458936)	金沢大学・古代文明・文化資源学研究所・客員准教授 (13301)	
研究分担者	斎藤 眞 (Saito Makoto) (20357073)	国立研究開発法人産業技術総合研究所・地質調査総合センター・主任研究員 (82626)	
研究分担者	鶴間 和幸 (Tsuruma Kazuyuki) (50143144)	学習院大学・文学部・教授 (32606)	
研究分担者	村松 弘一 (Muramatsu Koichi) (70365071)	淑徳大学・人文学部・教授 (32501)	
研究分担者	長谷川 奏 (Hasegawa So) (80318831)	早稲田大学・総合研究機構・客員上級研究員(研究院客員教授) (32689)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	佐藤 康党 (Sato Yasutomo)		
研究協力者	中野 良志 (Nakano Ryoshi)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	ザグルール エル・サイド (Zaghloul El-Sayed)		
研究協力者	嶋津 智恵 (Shimazu Chie)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
サウジアラビア	サウジアラビア文化遺産庁			
エジプト	エジプトリモートセンシング宇宙科学局			