

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 5 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K02977

研究課題名(和文) エジプトの文化財危機管理における画像アーカイブシステムの研究

研究課題名(英文) The study of image archival system in the crisis of the cultural property in Egypt

研究代表者

河江 肖剰 (Kawae, Yukinori)

名古屋大学・人文学研究科・研究員

研究者番号：00726987

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：現地のエジプト人が、文化財の学術的な画像データを、写真を撮るように収集することができ、開発途中ではあったが、クラウド上のアーカイブシステムの構築も可能であることが判明した。さらに、小規模な遺構だけでなく、ピラミッドのような大規模遺跡もデジタルカメラを用いた写真測量で記録することも可能であり、場合によっては、レーザー計測機器との併用も有効であることが示された。特に、数理的な三次元計測計画を用いることで、適切な作業と記録のアーカイビングも可能であることが分かった。

研究成果の概要(英文)：This study revealed that local researchers could collect image data of cultural property for the image archival system in the crisis of the cultural property in Egypt. Although the archival system in Internet cloud still a work in progress, our study can also show that the establishment of the system is feasible. In addition, this system can be applied on not only small objects but also medium scale object/archaeological site, and a large-scale archaeological site such as a pyramid. The image archival system can be applied to laser scanners jointly. Particularly, with mathematical optimization (quantitatively modeled strategy), the archival work is more appropriate.

研究分野：エジプト考古学

キーワード：エジプト考古学 文化財 三次元計測

1. 研究開始当初の背景

2011年のエジプト革命以後、各地の遺跡での壁画や彫像の窃盗や破壊、非合法の発掘、さらには博物館の展示品の略奪が相次いだ。革命の最中には、カイロ博物館において、ツタンカーメン王の遺物を含めた54点の展示品が盗まれ、2013年には、中部エジプトのマラウィ博物館において、エジプト史上類例を見ない1089点中1040点の展示品が盗まれた。ダフシュール、アブシールを初めとする多数の遺跡では、非合法な発掘が行われ、この問題は学術的にも報告されている(文献1)。現状の問題は、このような文化財の盗掘や略奪が起こった際、被害状況を確認したり、修復作業に使用したりすることが出来るシステムが存在しないことにある。

2. 研究の目的

本研究では、現地の遺跡査察官や修復専門家が写真を撮る気軽さで文化財の学術的な画像データを収集することができ、三次元アーカイブ化するシステムを開発する。これによって、博物館の遺物の遺失が速やかに確認できるだけでなく、遺跡の破損程度を詳細に確認し、修復にも活用できる。この際、高価なレーザー計測機器を導入するのではなく、インターネットによる専門性の高い技術供与と、簡単な操作性を活かした現地での人的資源の確保の両側面から改善を図り、合理的な文化財の画像管理システムを開発する事を目的とした。

3. 研究の方法

本研究は、「**現地のオペレーションシステム**」の確立と、クラウド上の「**アーカイブシステム**」の開発の2本柱から成る。略奪が続くエジプト文化財の現状調査を行い、その結果を基に三次元形状データ生成用の撮影、データのアップロード、メタデータ入力などを現地で行う。これはギザ査察局の写真記録班が被験者として参加する。次に、クラウド上に開発したシステムを使い、データの検索・閲覧・使用を現地の研究者が試み、利便性を確認する。これに加え、実験考古学として、遺物のレプリカを用い、形状データの取得、その後、レプリカを意図的に破損し、取得データを用いた修復まで一連の流れを検証する。これらのプロセスを受け、最終的に、他の遺跡や博物館でも適応可能な汎用性のあるシステムを開発する。

4. 研究成果

現地のオペレーションシステムの確立は、申請者らが長年研究調査を行ってきた世界遺産のひとつであるメンフィス地区のギザ遺跡、アブシール遺跡、サッカラ遺跡のリサーチから始めた。

(1) ギザ台地での「現地オペレーションシステム」のリサーチ：

ギザでは、エジプト考古省のギザ査察局の写真記録班の隊長である米国古代エジプト調査協会(Ancient Egypt Research Associates, Inc.)のエリア・スーパーバイザーであるアシュラフ・アブデル・アジーズ氏に協力のもと、古王国時代第4王朝(紀元前2482-2442頃)に遡るヘイト・エル=グラーブ遺跡(別名:「ピラミッド・タウン」)において現場のニーズを確認し、「台座」と呼ばれる小規模の遺構研究対象とした。ここで三次元形状データ生成用の撮影、データのアップロード、三次元モデルの生成を試験的に行った。さらに三次元データ生成のための撮影は、対象物の形状を網羅的に、映像や写真のデジタルデータを取得するだけでなく、ID、場所や日時、対象の名称、方角など基本的な記録も必要であるため、これらの作業と記録のアーカイビングも実施した。



写真1:「台座」の遺構。Courtesy of Ancient Egypt Research Associates, Inc.

(2) 南サッカラでの「現地オペレーションシステム」のリサーチ：

カイロから約16キロ南に位置する南サッカラ遺跡に建造された古王国時代第5王朝末期(紀元前2365-2322年頃)のジェドカラー・イセシイ王のピラミッド複合体において、発掘隊長であるムハンマド・メガヘッド博士と、現地のニーズに合わせた遺跡の撮影方法を協議し、通常の線画生成ではなく、デジタル画像から三次元モデルを作り、その後、高解像度のオルソ画像を生成することで、新しい記録方法を用いるテストを行った。研究対象としたのはピラミッド複合体の葬祭殿の床面である。ここでも映像や写真のデジタルデータを取得だけでなく、記録のアーカイビングも実施した。

(3) アブシールでの「現地オペレーションシステム」のリサーチ：

カイロから約11キロ南に位置するアブシール遺跡では、古王国の第5王朝時代中期(紀元前2402-2374年頃)に建造されたピラミッド群の計測データをアップデートすべく、長年に渡り同地の発掘調査を行っているチェコ・エジプト学研究所と共同研究調査を開始した。対象としたピラミッドは、中規模のアブシールのネフェルイルカーラー王とニウセルラー王のピラミッドである。これは、

(1) や (2) の小規模あるいは中規模の研究対象ではなく、ピラミッドのような大規模遺跡もデジタルカメラを用いた写真測量で記録することを試みだした。適切な機材の種類を明らかにすることも現地のオペレーションシステムの確立の一環であるが、ニウセルラーのピラミッドでは、エジプトのドローン会社と共同で、DJI Phantom 3 を用いて写真記録を試みた。この研究調査では、さらに現地の要請に合わせ、三次元計測機器による最適な計測も行った。通常、対象物が文化財である場合、なるべく細かく、余すことなく計ろうとし、結果として容易に使えない「過剰スキヤニング・データ」となってしまうことがある。この問題を解決すべく、三次元計測を行う専門家の経験値に基づく計測ではなく、定量的にモデル化された「最適な計測プラン」の適用を試みた。



写真 2 : ネフェルイルカーラー王のピラミッド(奥)とニウセルラーのピラミッド(手前)。

(4) クラウド上の「アーカイブシステム」の開発 :

①この研究開発は、共同研究者の関西大学の安室喜弘准教授が中心となって行った。これは関西大学が主体で行っている修復作業が進むサッカラ遺跡のイドウトの墓でまず試験的に実施した。結果、クラウド上のアーカイブシステムの開発では、通常であればサーバとなるコンピュータ側で、画像から三次元生成を行うために、SFM を実施するためのシステムを組む必要があるが、VisualSFM を用いることで、ネットワーク越しに起動することができることが確認できた。

②現地のニーズに合わせ、アップロード後の三次元モデル生成は、既製ソフトであるPhotoScan でも行った。結果、ヘイト・エル=グーラブ遺跡の「台座」の遺構では三次元モデルが生成され、その三次元データのシェア方法として Adobe Acrobat による PDF の報告書として、一部、用いることができた。



図 1 : 「台座」の 3D イメージ。Courtesy of Ancient Egypt Research Associates, Inc.

④ジエドカラー・イセシィ王のピラミッドに関しては、撮影から三次元化まで現地の研究者であるモハンマド・メガヘッド氏のみでおこなったため、考古学的に満足いく結果は得られなかった。この理由のひとつには、やはり画像の枚数が少ないことが上げられる。そのため、映像データを補足的に撮ることを推奨すべきだという結論に達した。

⑤アブシール遺跡のネフェルイルカーラー王とニウセルラー王のピラミッドでは、考古学側のニーズに合わせたピラミッドの三次元記録を、三次元計測機器や SFM/MVS を用い、数理的な方法によって戦略的に計画し、そこで得たデータを、考古学者が適切に使える表示方法を発展させた。

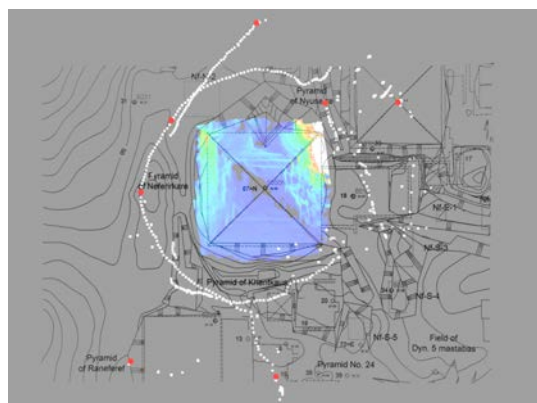


図 2 : ビジュアル化した数理的な三次元計測方法の計画。

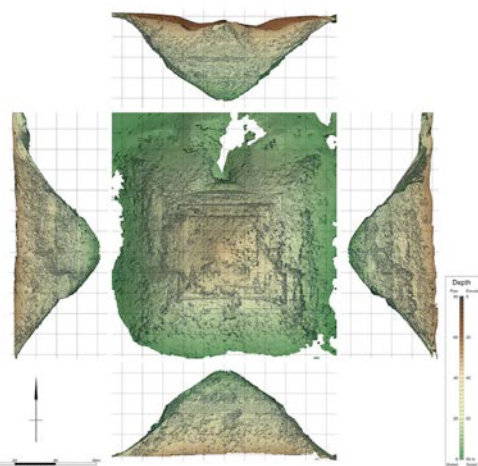


図 3 : ネフェルイルカーラー王のピラミッドの三次元計測データの展開図。

(5) 結果 :

上記の研究調査によって、現地のエジプト人が、文化財の学術的な画像データを、写真を撮るように収集することができ、開発途中ではあったが、クラウド上のアーカイブシステムの構築も可能であることが判明した。さらに、小規模な遺構だけでなく、ピラミッドの

ような大規模遺跡もデジタルカメラを用いた写真測量で記録することも可能であり、場合によっては、レーザー計測機器との併用も有効であることが示された。特に、数理的な三次元計測計画を用いることで、適切な作業と記録のアーカイビングも可能であることが分かった。本調査では、三次元データの取得後、レプリカを生成し、意図的に破損し、取得データを用いた修復まで一連の流れを検証することを計画していたが、エジプトの現地からの三次元データ取得の強い要請があったために、そのニーズに合わせる形で小規模、中規模、大規模のそれぞれの遺構・遺跡の三次元データ取得を実施することにシフトした。

〈引用文献〉

①『エジプト、メンフィス・ネクロポリスの文化財保存面から見た遺跡整備計画の学際的研究 研究報告集 第2号』第2章。課題番号：19100010、研究代表者：吉村作治。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計2件)

① Yukinori Kawae, Yoshihiro Yasumuro, Ichiroh Kanaya, Hiroshige Dan, Fumito Chiba, Abusir 3D survey 2015, Prague Egyptological Studies, 査読有, XVII, 2016, pp. 3-11

② 河江 肖剰, 千葉 史, 横山 真, 金谷 一朗, 亀井 宏行, ギザのセントカウエス女王墓の三次元形状データのPEAKITによる解析、考古学と自然科学、査読有、74、2017、pp. 1-13

〔学会発表〕(計11件)

① Yuhei Kitada, Hiroshige Dan, Yoshihiro Yasumuro, Optimization Scenario for 3D-Scanning Plans of Outdoor Constructions Based on SFM, Proceedings of the 15th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality in Construction, 2015年

② 藤里 和樹, 北田 祐平, 松下 亮介, 檀 寛成, 安室 喜弘, レーザスキャナとSFMの併用による統合的3次元記録手法、情報処理学会第78回全国大会、2016年

③ Yukinori Kawae, Yoshihiro Yasumuro, Ryosuke Matsushita, Fumito Chiba, Ichiroh Kanaya, The Construction Methods of the 202nd Course of the Great Pyramid at Giza, The 8th World Archaeology Congress, 2016年

④ Yukinori Kawae, Climbing the Great

Pyramid, National Geographic Explorers Week, 2016年

⑤ 河江 肖剰, 安室 善弘, 金谷 一朗, 檀 寛茂, 千葉 史, アブシールのピラミッドにおける3次元計測調査-ネフェルイルカーラー王のピラミッド調査(2015-16年度)、第24回西アジア発掘調査報告会、2017年

⑥ Kazuki Fujisato, Hiroshige Dan, Taira Ozaki, Satoshi Kubota, Yoshihiro Yasumuro, Correlation Strategy for Integrating Point Cloud from Laser Scanner and SFM, International Workshop on Computing for Civil Engineering (IWCC), 2017年

⑦ 藤里 和樹, 檀 寛成, 安室 喜弘, レーザスキャン点群とSFMメッシュの自動位置合わせ、土木情報学シンポジウム、2017年

⑧ Yukinori Kawae, New data acquisition and analysis of the Pyramid construction, National Geographic Society International: Conference on Dialogue of Civilizations - IV, 2017

⑨ Yukinori Kawae, Yasumuro Yoshihiro, Fumito Chiba, Ichiroh Kanaya, The Construction Methods of the top of the Great Pyramid at Giza, The 7th Old Kingdom Art and Archaeology Conference, 2017

⑩ 藤里 和樹, 檀 寛成, 安室 喜弘, レーザスキャン点群とSFMメッシュの自動位置合わせ、情報処理学会第80回全国大会、2018年

⑪ 河江 肖剰, UAV-SFM手法によるギザのピラミッド群のGNSS測量、西アジア考古学会公開シンポジウム『最新科学による西アジア文化遺産の調査と保護』、2018年

〔図書〕(計1件)

① 河江 肖剰, ピラミッド-最新科学で古代遺跡の謎を解く-, 新潮文庫、2018年

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

河江 肖剰 (KAWAE, Yukinori)
名古屋大学・文学研究科・共同研究員
研究者番号：00726987

(2) 研究分担者

安室 善弘 (YASUMURO, Yoshihiro)
関西大学・環境都市工学部・教授
研究者番号：50335478

金谷 一郎 (KANAYA, Ichiroh)
長崎県立大学・情報システム学部・教授
研究者番号：50314555

(3) 研究協力者

アシュラフ・アブデル・アジーズ (Ashraf
Abdel Aziz)
エジプト考古省・ギザ査察局・チーフインス
ペクター

モハンマド・メガヘッド (Mohammed Megahed)
チェコ・エジプト学研究所・フィールド・デ
ィレクター