

機関番号：32817
 研究種目：基盤研究（B）
 研究期間：2008～2011
 課題番号：20401026
 研究課題名（和文） アメンヘテプ3世王墓に描かれた「アムドゥアト書」の史料化のための調査研究
 研究課題名（英文） Research and Study for archive of the Amduat in the royal tomb of Amenophis III.
 研究代表者 菊地 敬夫 (KIKUCHI TAKAO)
 サイバー大学世界遺産学部准教授
 研究者番号：10367112

研究成果の概要（和文）：エジプト・アラブ共和国、王家の谷に位置するアメンヘテプ3世王墓の埋葬室の壁面にはアムドゥアト書が描かれている。この宗教文書を史料化するために、デジタル撮影の方法と画像加工の手法を確立した。これらの手法で、アムドゥアト書の描かれた東壁、西壁および南壁の約半分の撮影を完了した。また、得られたアムドゥアト書の画像と翻字・翻訳からなるデジタル画像史料の概略を定めた。さらに撮影画像の分析から、アムドゥアト書の施工過程を復原し、王墓の埋葬室を冥界における祭祀空間であると解釈した。

研究成果の概要（英文）：The burial chamber of the royal tomb of Amenophis III in the Valley of the Kings, Egypt, is decorated with the Amduat. In order to edit this book of the netherworld in digital data, we studied and developed the method of archiving of the mural paintings. The east and west wall as well as the half of the south wall of the burial chamber have been taken as panorama photography. The outline of digital archive of the Amduat was also determined to the next step of this study. Meanwhile, a preliminary analysis of the panorama photography was carried out: the drawing process of the Amudat could be reconstructed and the burial chamber was understood as ritual place in the netherworld.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2009年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2010年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2011年度	1,364,400	400,000	1,764,400
年度			
総計	7,664,400	2,290,000	9,954,400

研究分野：エジプト学

科研費の分科・細目：史学・史学一般

キーワード：エジプト学、史料学、考古学、画像工学、エジプト、比較文明学、死生学、宗教

1. 研究開始当初の背景

本研究課題は、現代社会を生きる私たちの日常から隠されていく死を、再び理性的に把握する機会を提供するという構想に基づいてスタートした。

研究の対象としたのは、死生観を文明の根底にすえて深め続けた古代エジプト人の死に関する思索である。なかでも新王国時代に

あって、ファラオのみが墳墓の装飾に用いることができたアムドゥアト書を史料として編纂することを通し、当時の最も高度な死に関する思索について知見を深めることができる。

アムドゥアト書は、図像とテキストを組み合わせ、来世における出来事を詳らかに表わしたものである。したがって、その史料化

では図像とテキストを壁面に施されたあるがままに表示することが肝要であり、古代エジプト人の死をめぐる思索を正しく理解するための基礎資料となる。

このような背景から開始した本研究は、エジプト・アラブ共和国の政治情勢の急変を受けて、1年間の繰越し延長が認められた。そして、その直後に、東日本大震災が発生した。

これは、本研究構想に少なからず影響を与えることとなった。東日本大震災を体験することで、私たちは人の命と暮らしが、死によって如何に断絶されうるのか知ることになった。すなわち、近現代において未曾有の災害により、私たちは日常から隠されていた死の在りようを思い起こされたのである。

しかしながら、この巨大地震と津波によって突如として眼前に突き付けられた死は、私たちがそれを理性的に把握することを決して容易にしたとは言えない。死の暴力性を感覚として身に付けさせられただけではないのか。

だとするならば、本研究課題の当初に見据えていた、日常から隠されていく死は、この体験によって確かに再び社会のなかにその姿を現したが、それを理性的に把握するという課題は、いよいよ私たちにとって今差し迫った要請になったといえるだろう。

2. 研究の目的

本研究は、上述したような研究構想の第2段階として、アムドゥアト書をデジタル画像化し、史料として編纂するための調査と研究を行なうことを目的とした。アムドゥアト書の史料化は、その図像とテキストをあるがままに記録する必要がある。

しかし、現在、広く研究に用いられている史料は、図像とテキストを分離して扱っており、これが近年におけるアムドゥアト書に関する研究の足かせとなってきた。

そこで、本研究では、アメンヘテプ3世王墓において、埋葬室の壁面に描かれているアムドゥアト書を対象としてデジタル撮影を行い、その史料化のためのデジタル画像を得ることを計画した。そこでは、これらの画像に歪みを極力抑え、色彩を忠実に再現し、モニター上で実物大で観察できることを求めている。

そして、本研究の次段階となる、それらの画像を利用した史料の構築へと結びつけることを目指した。

3. 研究の方法

(1) 現地調査と資料分析

エジプト・アラブ共和国の王家の谷に位置するアメンヘテプ3世王墓において、アムドゥアト書をデジタル画像で記録するための調査を3次にわたり実施した。

第1次調査では、王墓の埋葬室壁面の全容を効率よく記録することとした。これらの画像を用いて、アムドゥアト書が壁面にどのように施されているのか、エジプト学的な関心から分析することを可能とした。

第2次調査では、埋葬室のそれぞれ約8.2mを計る東壁、西壁、および約15.37mを計る南壁の東半分の撮影を実施した。

第3次調査では、壁面から剥離してしまったアムドゥアト書が描かれている壁画片の撮影を実施した。これらの破片は、以前に行なわれた考古学的調査によって採集されて王墓に保管されていたものである。今後、アムドゥアト書の画像史料の構築の際に、これらの破片に関するデータも活用することができる。

(2) 実験と検証

アムドゥアト書は、王墓埋葬室の壁面全体に描かれている。したがって、その全体画像を作成するには、分割して撮影した画像を接合する必要がある。本研究では、どのような工程を経て、埋葬室の各壁面ごとに、歪みの少ない大画像を作成するか、市販ソフトウェアの利用と独自に作成したソフトウェアの検証を繰り返して、画像処理手順を確立した。

また、この画像処理工程の研究を進める中で、撮影時の測量方法も改善し、現地調査で実施することができた。

さらに、撮影環境の制限によって生じる不均一な照明の補正、画像史料として適した色再現を求める色補正に関して、研究室における撮影実験を行い、検証をすすめた。

4. 研究成果

(1) アムドゥアト書の史料化へ向けた研究成果

① 撮影

壁画に対して垂直に向けたままカメラを横方向に移動して撮影するスライド式とカメラの位置は三脚で固定して上下左右にカメラの方向を変えて撮影する首振り式を検討した。スライド式は精度良く画像を接合できるが、操作性は非常に悪い。これに反して、首振り式は、操作性は非常によいが、接合の精度がやや劣ると思われる。足場の悪い王墓室内で効率良く撮影を行なうために、現場での作業性を重視し首振り式を採用した。

2009年2月中旬から3月上旬にかけて現地へ赴き3,729枚、また2010年2月中旬から3月上旬にかけては2907枚の画像を撮影した。カメラは2,100万画素のキヤノン EOS 1Ds Mark IIIを、レンズは歪曲収差が小さいEF180mm F3.5LマクロUSMを用いた。

② 接合1

テスト画像をパノラマ撮影装置で撮影し、

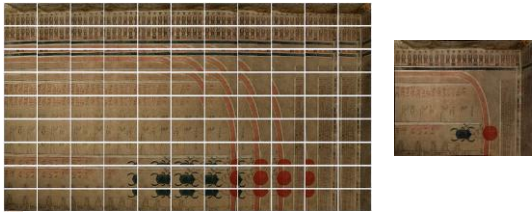


図1 撮影画像(左)と接合画像(右)

パノラマ写真接合用ソフトウェア PTGui によって接合し、99 枚の撮影画像から約 5 億画素の中画像を作成した。

首振り式で撮影すると周辺部の画像は小さくなり形が歪んでしまう。接合画像でこれらがどの程度補正されているかを調べるため、以下に定義する倍率と正方率を接合前後で求めたところ、周辺部の倍率は 90.8%から 100.6%に、正方率は 93.1%が 99.9%になり、首振り式撮影による歪みは 1%未満まで補正され、観察に問題がないことが確認できた。

$$\text{倍率} = \frac{\text{周辺部の四辺形の平均長さ}}{\text{中央部の四辺形の平均長さ}} \times 100(\%)$$

$$\text{正方率} = \frac{\text{正接方向の対角線の長さ}}{\text{放射方向の対角線の長さ}} \times 100(\%)$$

③ 照明補正

撮影において照明を均一に行うため、左右から 2 灯のストロボとアンブレラを用いて壁画の撮影を行った。しかし、均一にはなっていない画像があった。そのため、照明モデルを用いてこの不均一照明を壁画画像から補正することを試みた。

ストロボとアンブレラを用いた照明をより遠方にある点光源からの照明とみなすと、点光源からの照度は逆 2 乗則が成立するため、これをモデル式にし、モデル式で用いられている定数を均一な背景から求め、補正を行った。照明が最も不均一であった画像のひとつの例を、図 2 に示す。



図2 原画像(左)と照明補正画像(右)

これらの画像の補正前後の背景の輝度を図 3 にそれぞれ青と赤で示す。照明補正により、輝度の変動を標準偏差で 0.0414 から 0.0082 と約 1/5 にすることができた。

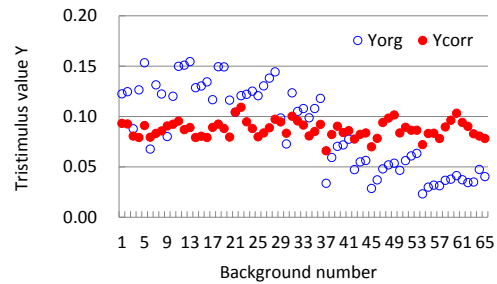


図3 照明補正前後の輝度の変化
青：原画像、赤：補正画像

④ 色補正

壁画撮影時にカラーチャートも撮影し、これをもとに壁画画像の色補正を行った。

撮影画像中のカラーチャートのデジタル値 RGB をカラーチャートの測色値である三刺激値 XYZ になるように変換行列を求めた。この変換行列を用いて画像中のカラーチャートの色を変換した。もとの画像との比較を図 4 に示す。



図4 原画像(左)と色補正画像(右)

また、補正画像中のカラーチャートの色をオリジナルの色と比較すると、下図の示すようにほぼ同じ値すなわち同じ色に再現されていることが分かる。このようにして作成した変換行列を壁画画像にも適用し、もとの壁画の色を忠実に再現するように色補正を行った。

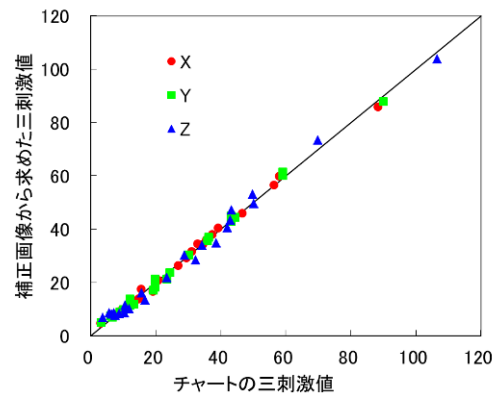


図5 補正画像から求めたカラーチャートの各パッチの三刺激値と XYZ とカラーチャートそのものの三刺激値との関係

⑤ 接合2

各撮影位置での壁面からの撮影距離と撮影角度のわずかな違いにより、接合1によって接合された撮影位置ごとの画像の1画素に対応する壁面の大きさは同じにはならない。また、接合1で用いる接合用ソフトウェアの投影方法により、接合された一枚の中画像内の各画素に対応する壁面の大きさにも差がみられ、中画像どうしを接合する際のズレを生じる。

中画像どうしを接合し、壁面全体の大画像を作成するには、すべての中画像において、1画素に対応する壁面の大きさが同一となるように壁面に対する直交投影画像に変換する必要がある。本研究では、各撮影位置で壁面を一旦撮影したのち、19点×19点の点行列レーザパターンプロジェクタを照射した壁面を同一手順で撮影、接合し、この画像から、画像処理により抽出したレーザ点の画像座標と、測量によって得られたレーザ点の壁面座標から推定する平面射影変換行列を用いて各中画像内の画素の大きさを補正し、壁面上の本来の位置に配置した(図6)。

さらに、測量方法の精度に由来するズレを補正するため、中画像どうしのオーバーラップ部分の対応点を SURF (Speeded Up Robust Feature)によって求め、これらを用いて推定した平面射影変換行列により再度補正を行い、それらを接合することによって大画像を作成することができた(図7)。

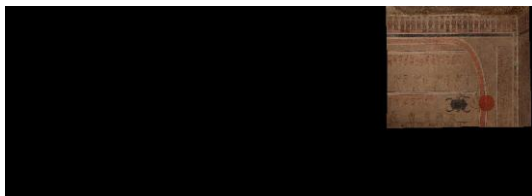


図6 実際の位置に配置された補正画像



図7 大画像(東壁)

⑥ 閲覧用画像の作成

以上により作成される大画像のデータサイズは東壁、西壁で各 1.2GB、南壁、北壁で各 2.3GB となる。これらの画像を閲覧する際、画像内をストレスなく移動するためには、画像を分割保存し、必要な部分のみを読み出すようなシステムを構築する必要がある。本研究では大規模画像閲覧用ソフトウェア Zoomify によってこのようなシステム構築が

可能であることを確認した。

(2) アムドゥアト書のデジタル画像を利用した研究成果

第1次現地調査で撮影した、アメンヘテプ3世王墓の埋葬室の壁面に描かれたアムドゥアト書のデジタル画像を参照して、以下の諸点を検証、および考察した。

① 画像史料の特徴の設定

アムドゥアト書の画像史料は、以下のような特徴を備えるものとする。

- ・ 図像とテキストの双方が示されること。
- ・ 誤記、訂正、作業補助線などの“周辺情報”を含むこと。
- ・ 画像と共に、アムドゥアト書のテキストのトランスリタレイションおよび翻訳の表示がなされること。

以上の諸点は、大規模画像閲覧用ソフトウェア Zoomify とクラウド環境を利用したデータベースを連携させることで構築が可能であることを検証した。

② アメンヘテプ3世王墓に描かれたアムドゥアト書の施工過程

- ・ 横書きテキスト：右から左へ、読み進める方向と反対から筆記された。
- ・ 縦書きテキスト：右側の行から左へ、読み進める方向と反対から筆記された。
- ・ 東壁の南端付近に位置する、アムドゥアト書の長編の終わりは、意図した位置に計画的に配置された。
- ・ 南壁の中央付近に位置する、アムドゥアト書の長編の始まりは、“現場あわせ”で配置がなされた。

これらのことから埋葬室の東壁に長編の第12時を配置することが、埋葬室の装飾において最優先事項であつと判断される。

③ アムドゥアト書で飾られた王墓の埋葬室

意図的に東壁へ配置された第12時には、東の地平線から天空に昇る太陽神と、冥界にとどまるオシリス神に対する冥界の神々による礼拝の姿が図像で描かれ、両大神への言葉がテキストに記されている。これらは、冥界における祭祀の執行をうかがわせる。

第12時が描かれた東壁と、それに向かい合う位置にある2本の角柱の東面によって囲まれたクリプト部分は、この祭祀を執り行う空間であると解釈された。

そこに頭位を北に向けて置かれた石棺によって、アメンヘテプ3世が太陽神の昇天に際して東壁のアムドゥアト書に描かれている神々と同じ方向を向き、太陽神とオシリス神への祭祀を執り行うことが暗示されてい

る。

このようにアメンヘテプ3世王墓のアムドゥアト書は、埋葬室の構造と石棺の配置とともに、冥界に祭祀空間を作り出す仕掛けであった。

④ アムドゥアト書の内容と祭祀

アムドゥアト書の第1時から第3時の結語、第12時のテキストに含まれる冥界の神々による太陽神への讃歌も、冥界における太陽神への祭祀活動という文脈で読むことができる。

⑤ アムドゥアト書画像史料の概略の設計

アムドゥアト書の画像史料は、現状があるがままに示すと共に、そのテキスト部分の翻字と翻訳を表示するものとする。

画像史料は、壁面とアムドゥアト書の内容から検索することを可能とする。同様に、翻字と翻訳にも検索機能を備える。

また史料の利用者が、翻字と翻訳から該当する部分の画像を容易に閲覧できるような仕組みを備えるものとする。

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3件)

- ① 犬井正男、加藤勝、佐藤真知子、東吉彦、齋藤大輔、菊地敬夫、吉村作治、アメンヘテプ3世王墓埋葬室壁画のデジタル画像化における色補正、東京工芸大学工学部紀要、34(1)、65-70 (2012) 査読有
- ② 佐藤真知子、犬井正男、菊地敬夫、吉村作治、アメンヘテプIII世王墓内壁画のデジタル化における画像の接合、画像電子学会誌、41(2)、177-183 (2012) 査読有
- ③ 犬井正男、加藤勝、佐藤真知子、東吉彦、齋藤大輔、水野統太、菊地敬夫、吉村作治、アメンヘテプ3世王墓壁画撮影時の不均一照明の補正 (I) 照明モデルの構築とその検証、日本写真学会誌、74(6)、320-325 (2011) 査読有

[学会発表] (計18件)

- ① 犬井正男、佐藤真知子、猪股圭太郎、東吉彦、齋藤大輔、菊地敬夫、吉村作治、アメンヘテプ3世王墓壁画画像の不均一照明の補正、日本写真学会誌、75(2)、142 (5/29,30、千葉、千葉大) (2012)
- ② Masao Inui, Masaru Kato, Keitaro Inomata, Machiko Sato, Yoshihiko Azuma, Daisuke Saito, Tota Mizuno, Takao Kikuchi, Sakuji Yoshimura, Correcting for non-uniform

illumination when photographing the mural in the royal tomb of Amenophis III (III) Correcting mural images, 6th European Conference on Colour in Graphics, Imaging, and Vision (CGIV), (2012.5.6-9, Amsterdam, the Netherlands)

- ③ 菊地敬夫、犬井正男、佐藤真知子、吉村作治、アメンヘテプ3世王墓の埋葬室に描かれた壁画の史料化に向けたデジタル画像化～その2～、日本オリエント学会第53回大会(2011.11.20、ノートルダム清心女子大学(岡山))、オリエント、54(2)、pp.180-181 (2012.3.31)
- ④ 菊地敬夫、アムドゥアト書の機能について、日本オリエント学会第53回大会(2011.11.20、ノートルダム清心女子大学(岡山))、オリエント、54(2)、pp.147-148 (2012.3.31)
- ⑤ 菊地敬夫、アムドゥアト書で飾られた18王朝期の王墓の埋葬室について、早稲田大学エジプト学会、第11回定期研究会、2011.10. 早稲田大学エジプト学研究所
- ⑥ Masao Inui, Masaru Kato, Tatsushi Tochigi, Machiko Sato, Takao Kikuchi, Sakuji Yoshimura, Correcting for non-uniform lighting when photographing the mural in the royal tomb of Amenophis III (II) Applying a lighting model to mural images, AIC 2011 Midterm Meeting of the International Colour Association, Conference Proceedings, 435-438 (2011.6.7-10, Zurich, Switzerland)
- ⑦ 犬井正男、加藤勝、栃木達史、佐藤真知子、菊地敬夫、吉村作治、アメンヘテプ3世王墓壁画撮影時の不均一照明の補正 (I) 照明モデルの構築とその検証、日本写真学会誌、第74巻別冊(2011年度日本写真学会年次大会講演要旨)、pp.40-41 (5/26,27、千葉、千葉大) (2011)
- ⑧ Takao Kikuchi, "Zum Amduat im Grab Amenophis' III." Symposium: Die Elite und die Anderen im Alten Ägypten, Universität Heidelberg, 2010.11.
- ⑨ 菊地敬夫、犬井正男、佐藤真知子、吉村作治、アメンヘテプ3世王墓の埋葬室に描かれた壁画の史料化に向けたデジタル画像化、日本オリエント学会第52回大会、オリエント、53(2)、pp.218-219 (2010.11.7、国士舘大学梅ヶ丘校舎)
- ⑩ 菊地敬夫、アメンヘテプ3世王墓のアムドゥアト書について～王墓埋葬室の装飾としての視点から～日本オリエント学会第52回大会、オリエント、53(2)、pp.179 (2010.11.7、国士舘大学梅ヶ丘

- 校舎)
- ⑪ 佐藤真知子、犬井正男、アムドゥアト書の史料化に向けたデジタル画像の接合、早稲田大学エジプト研究会、アメンヘテプ3世王墓に描かれたアムドゥアト書の史料化に関する研究会 (2010.7.7、早稲田大学エジプト学研究所)
 - ⑫ 犬井正男、佐藤真知子、アメンヘテプ3世王墓の埋葬室におけるアムドゥアト書のデジタル撮影、早稲田大学エジプト研究会、アメンヘテプ3世王墓に描かれたアムドゥアト書の史料化に関する研究会 (2010.7.7、早稲田大学エジプト学研究所)
 - ⑬ 菊地敬夫、デジタル画像史料からみたアメンヘテプ3世王墓のアムドゥアト書、早稲田大学エジプト研究会、アメンヘテプ3世王墓に描かれたアムドゥアト書の史料化に関する研究会 (2010.7.7、早稲田大学エジプト学研究所)
 - ⑭ 菊地敬夫、アムドゥアト書の史料化について、早稲田大学エジプト研究会、アメンヘテプ3世王墓に描かれたアムドゥアト書の史料化に関する研究会 (2010.7.7、早稲田大学エジプト学研究所)
 - ⑮ Masao Inui, Machiko Sato, Masaru Kato, Takao Kikuchi, Sakuji Yoshimura, Zoom-imaging of the mural painting in the royal tomb of Amenophis III, The 31st International Congress on Imaging Science (ICIS 2010), pp.801-804 (May 12-16, 2010, Beijing, P.R.China)
 - ⑯ Masao Inui, Machiko Sato, Toshihiko Inagaki, Takao Kikuchi, Sakuji Yoshimura, Digital imaging of the mural paintings in the royal tomb of Amenophis III, Image Electronics and Visual Computing Workshop 2010, 1p-7, Manuscript in CD (March 5-7, 2010, Nice, France)
 - ⑰ 犬井正男、佐藤真知子、稲垣敏彦、菊地敬夫、吉村作治、アメンヘテプ3世王墓壁画のデジタル画像化、日本写真学会誌、第72巻別冊 (2009年度日本写真学会年次大会講演要旨)、pp. 45-46 (5/27, 28、神奈川、東京工業大) (2009)
 - ⑱ Takao Kikuchi, "The decoration program in the burial chamber of the royal tomb of Amenophis III", Xth International Congress of Egyptologists, Rhodes, 2008. 5, Rhodes, Greece.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

菊地 敬夫 (KIKUCHI TAKAO)
サイバー大学・世界遺産学部・准教授
研究者番号：10367112

(2) 研究分担者

犬井 正男 (INUI MASAO)
東京工芸大学・工学部・教授
研究者番号：50125902
佐藤 真知子 (SATO MACHIKO)
東京工芸大学・工学部・教授
研究者番号：30226005

(3) 連携研究者

()

研究者番号：