

2006 年度ギザ・レーザー・スキャニング調査報告

ーギザのケントカウエス女王墓の再考察と 3 次元計測による記録作業ー

亀井 宏行・河江 肖剰・塚本 敏夫・金谷 一郎・岡本 篤志

Giza Laser Scanning Survey 2006 :

A Reinvestigation of Khentkawes' Monuments at Giza

Hiroyuki KAMEI, Yukinori KAWAE, Toshio TSUKAMOTO, Ichiroh KANAYA and Atsushi OKAMOTO

マーク・レーナー率いる米国古代エジプト調査協会は、従来の線画による 2 次元情報の地図から、より現実に近い 3 次元情報を得るために、日本の研究機関とともにギザ・レーザー・スキャニング調査チームを設立した。このプロジェクトの目的は汎用の「生データ」の獲得であり、その最初の試みとして、第 4 王朝末期にエジプトを統治したと思われるケントカウエス女王（1 世）の墓の 3 次元計測を行った。

ケントカウエス女王墓は、三大ピラミッドという大規模な建設活動の後に建てられた最後の巨石建造物であり、その形は伝統的なマスタバ墳墓やピラミッドとは違い、2 段の階段の形状を持つ「棺型」のユニークなものだった。これまでの墓の主な調査はエジプト人考古学者セリム・ハッサンによる発掘とそしてイタリアの建築家ヴィト・マラジョッリョとチェレステ・リナルディの建築学的観点からの研究である。チームはこれまで言及されなかった考古学的痕跡－採石場、岩塊の溝、モルタル－の考察と、それに併せた 3 次元計測による記録作業を行った。

キーワード：ギザ、古王国、ケントカウエス、3 次元計測、墓

Ancient Egypt Research Associates, led by archaeologist Mark Lehner has established the Giza Laser Scanning Survey (GLSS) team with a Japanese consortium in order to record gain 3D data of monuments at Giza, Egypt that represents reality more than a 2D map of traditional line drawings can. The aim of the project was to produce multipurpose “raw data”. For our first pilot investigation, we conducted a 3D survey of the monument of queen Khentkawes [I] who probably reigned over Egypt at the end of the Fourth dynasty.

Khentkawes's tomb is the last huge monument built on the Giza plateau after the massive construction activities during the reigns of Khufu, Khafre, and Menkaure. The tomb appears as a unique “sarcophagus-shaped” tomb having two steps which is different from a conventional mastaba or a pyramid. Previous main archaeological works were undertaken by an Egyptian archaeologist Selim Hassan, and later a study from an architectural viewpoint by Vito Maragioglio and Celeste Rinaldi. In addition to the 3D laser scanning investigation, we discuss unexamined archaeological features such as the location of quarries, trenches on the rocks, and mortar used in building construction.

Key-words: Giza, the Old Kingdom, Khentkawes, 3D survey, tomb

I. 序 論

考古学において、調査報告書や遺構の平面図や立面図は、通常「生データ」として学術論文の基礎となるが、実際には記録者が遺構のある様相だけを抽出し「解釈したデータ」である。そのため現場から生成されるデータは、その記録方法や方法の規格化、例えば硬さ、色、含有物の基準などを明確に定義されなければ、信頼し得る考古データの集積

は困難である。

アメリカ人考古学者 M. レーナー（Lehner）率いる古代エジプト調査協会（Ancient Egypt Research Associates Inc. 以下、AERA）では、ロンドン博物館の考古局（Museum of London Archaeology Service、以下 MoLAS）の発掘現場マニュアル（Archaeological Site Manual）を基準とし、建造物、堆積物、穴などを記録している。製図

の方法も体系化されており、それらは発掘後の報告書製作やGISによる空間分析などの基礎となっている。しかしそれらの標準化されたデータと見なされているものですが、記録の質と量には個人差が見られ、実際にはデータがいかに多様な個人的解釈の上に成り立っているのかが分かる。

エジプト考古学のなかで、発掘の方法論を説明した上でデータを提供している報告書は少なく、発掘方法や製図は絶対的なものだという暗黙の中で学説は構築される。特にピラミッドのような巨石建造物に関しては、スキマティックな平面図や立面図以外に、遺構の現状を細かく記録したものはほとんど存在せず¹⁾、三大ピラミッドの立つギザ台地では、以前の調査で製作された個別の地図は統合されることなく、地形的要因と文化的遺構の相互関係を考慮して当時のピラミッド建築を包括的に捉えるような測量調査はされてこなかった²⁾。

帰納的に構成される考古学の説は一次情報である遺跡や遺物を元にするのが基本だが、小論で取り上げる花崗岩の側柱に刻まれているケントカウエス女王(Khentkawes, もしくはKhentkaus)の髭も含め孫引き的な引用から議論される説も少なくない。そのため本当の意味の一次資料である遺跡や遺物そのものを、いかに記録するかという課題は、やり直しの利かない発掘のなかで最も重要なものと言えるだろう。

縮小された2次元情報である地図は、俯瞰的に遺構を捉えることを可能にするが、現実世界は3次元であり、遺跡を記録するという観点から見た場合、3次元計測³⁾の導入は必然的なものとも言える。加えて、時間的な制限がある考古調査において、巨石建造物などを調査の対象にする場合、レーザー・スキャナーを用いた記録はその作業効率から有益だと考えられる。近年に入り、エジプト考古学において3次元計測が行われ始めたが、そのデータの考古的な活用方法は試験的な段階に留まっていた⁴⁾。

2006年、AERAは東京工業大学の亀井宏行率いる西方沙漠研究会と協同でギザ・レーザー・スキャニング調査隊(the Giza Laser Scanning Survey、以下GLSS)を設立し、第4王朝末期にエジプトを統治したケントカウエス王妃の墓の実用的な3次元計測データの獲得を目指した。

小論では、75年前に行われたS. ハッサン(Hassan)の発掘以後⁵⁾、考古調査がされてこなかったギザ最後の巨石建造物であるケントカウエス女王墓の再考察と3次元計測を用いた記録作業について述べる。

II. 調査目的

このプロジェクトは2週間という限られた調査期間中でギザのケントカウエス女王墓の再考察とそれに併せたレー

ザー計測による墓の包括的な記録作業を主眼とした。

従来の線による製図は、遺跡のある一つの様相(例:建物)だけを抽出し「解釈した」記録調査だが、レーザーによって生み出される数億の点は点群と呼ばれ、解釈を最小限に抑えたデータである。そこには建物、周りの地形や地層の流れ、風化の状況、鉄条網や柵などの現代活動、そして場合によっては砂塵までも記録される。その多様性をもつ情報は後に様々な解釈(建造物の線画、体積計算、地形図制作、長期に渡る遺跡のモニタリング)を可能にする「生データ」とも言えるだろう。今シーズンの私達GLSSチームは、ケントカウエス女王墓の構造や周囲の地勢の特徴を理解するため、以下のことを目的とした。

1. 墓を構成している各建築物の再考察とレーザー・スキャニングによる記録
2. 汎用の「生データ」として、遺構全体の細部にわたる3次元モデルの製作
3. 墓の外部と内部の平面と側面の正射画像、そして碑文とレリーフの正射画像の製作

III. 遺跡所在地

カイロの西に位置するギザ台地の中心は、地質時代でいう始新世に生成された石灰岩の累層である。現在、モカッタム累層と呼ばれるこの石灰岩の露頭は東西2.2キロ、南北1.1キロに延び、北西から3度から6度の角度で緩やかに南東へ傾斜している⁶⁾。

紀元前2550年頃から2470年頃⁷⁾、古王国第4王朝のクフ王(Khufu)、カフラー王(Khafre)、メンカウラー王(Menkaure)と王族や貴族は、この累層から大量の石材を採掘し、ピラミッドや神殿そしてマスタバ墳墓などを造営した。

弊プロジェクトの調査地である墓の埋葬者ケントカウエスは、メンカウラー王の娘と考えられており⁸⁾、彼女は、第4王朝初期から中期のこの大規模な建設活動の後に残された、極めて限定された場所に墓を建てさせており、周辺地域の地理的制限はこの墓の建設を理解する上で重要な鍵となる(図1)。墓は、ギザ台地の南東の端に位置し、おおそ中央墓地(Central Field)とかつてピラミッド建設に主要供給路として使用されたメイン・ワディ(Main Wadi)の間にある⁹⁾。墓の北にはモカッタム累層の南端を穿って作られた岩窟墳墓が存在しており、その中ではバネフェル(Banefer)が唯一ケントカウエス一世と同時代の人物だと考えられている¹⁰⁾。東には、女王墓と関連した巨大な住居地「ピラミッド・タウン」が東西に矩形状に広がり、その東の端から町は南にL字型に曲がっている。墓と住居地の南側にはメンカウラー王の河岸神殿と参道が

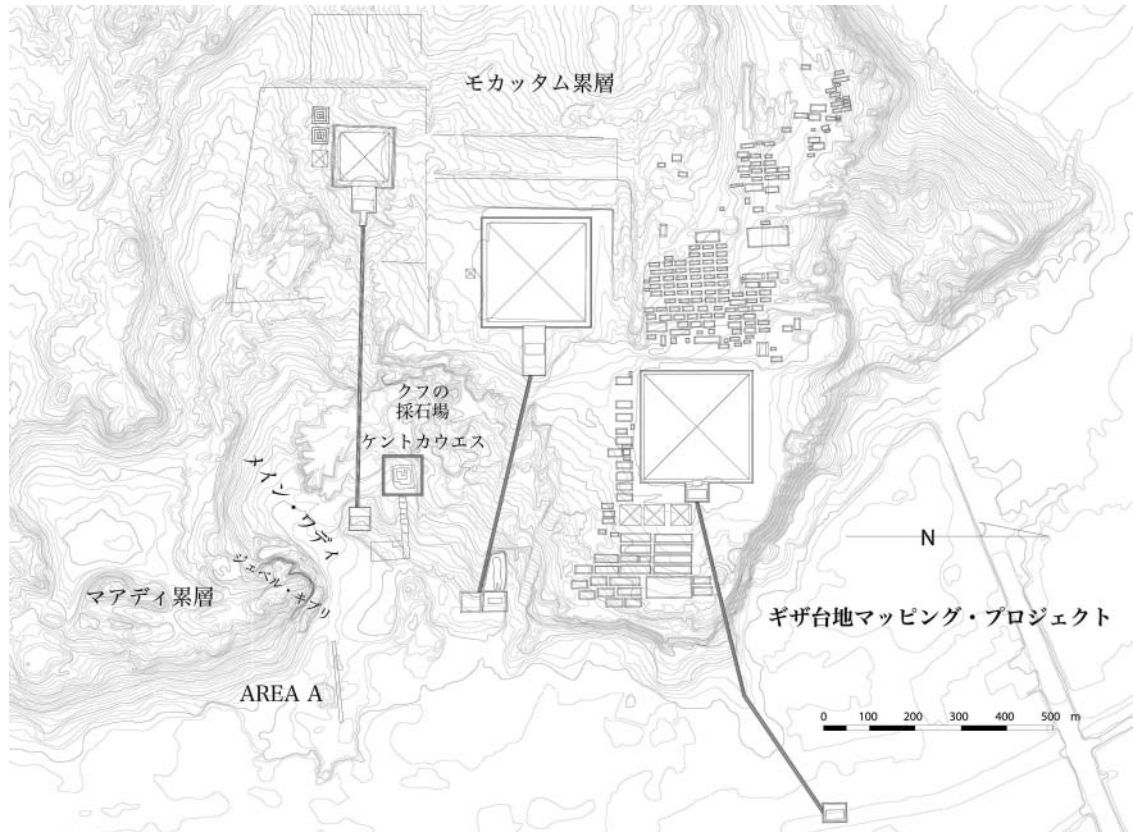


図1 ギザ台地

ある。墓の西に目を向けるとクフ王の巨大な石切場が蹄鉄状に存在し、そこにはカフラー王時代に遡る岩窟墳墓が確認されている。

ケントカウエスが自らの墓をギザに建てようとしたとき、彼女に残された土地は非常に限られたものだった。上述の先王達が物資輸送のために使ったメイン・ワディからギザ墓地の中央へのアクセスは、メンカウラー王のピラミッド複合体、特にその参道の建設によって閉ざされた。開拓されていない唯一の場所はカフラー王の西側だけだったが、ここはモカッタム累層のなかでも最も高地にあり¹¹⁾、メイン・ワディを輸送路として使用する場合、メンカウラー王のピラミッドを超えてさらに沙漠の奥へと物資を運ばなければならない位置にあった。そのため巨石建造物を建てる場所や人員・物資などを運ぶための供給路や石切場の確保から考えると、ギザ台地はもはや巨石建造物を建てるに適した場所ではなく、飽和状態であったと言える¹²⁾。

しかしこのような制約にも関わらず、ケントカウエスがギザに墓地建設を定めた理由は、上述のように建築上の見地からではなく、彼女の名前(彼女のカー達の前にある者)が示唆するように宗教的なものであった可能性がある。

Ⅳ. これまでの調査

ナポレオンのエジプト誌には、既にこの建造物がギザ台

地の景観と平面図の一部として描かれている¹³⁾。19世紀初頭、J. ペリング(Perring)とH. ヴァイス(Vyse)はこの建造物を「ピラミッド型の建造物」と呼んでいるが、実質的な調査は行わなかった。K. レプシウス(Lepsius)は建物についての簡単な記述と大雑把な平面図と南側の立面図を残しており、彼はこの墓を私人墓として番号をつけている(LG100もしくはL100)¹⁴⁾。U. ヘルシャー(H Ischer)とG. ライスナー(Reisner)はこの建物はメンカウラーの死後にシェプセスカフ王によって建てられた未完のピラミッドだろうという短いコメントを記している¹⁵⁾。

最初の発掘調査は1932年から33年にかけて上述のエジプト人考古学者ハッサンによって行われた¹⁶⁾。彼は堆積していた砂を除去し、墓の東側に位置していた礼拝堂から花崗岩¹⁷⁾の石材を発見した。そのうちのいくつかの石材には墓の埋葬者を示すケントカウエスという名前とハゲワシの頭飾りを被り椅子に腰掛け、左腕を胸に掲げている女王のレリーフが刻まれていた(図2)。M. ヴェルナー(Verner)は、そこから貴族のような短い髭をつけた女王の「線画」を発表し、ハゲワシの頭飾りとその髭は後に付け足されたものだと断定しており¹⁸⁾、その後、多くの文献に引用されるが、実際に花崗岩の側柱を観察すると、その粗い表面に刻まれた30cm程の女王の肖像の細部が不明瞭で、表面には花崗岩の含有鉱物が剥がれた跡が多数見られ、髭と解釈さ



図2 礼拝堂入り口の花崗岩に刻まれた
ケントカウエス女王の姿

れている部分もその一部であるようにも見られる。

額の飾りも不明瞭であり、レーナーや B. ドドソン (Dodson) はウラエウスと解釈し付け髭とともに王権の象徴を意味していると述べているが¹⁹⁾、レリーフに残されたハゲワシが羽根を広げている頭飾りの跡を考えると、実際にはハゲワシの頭部だと考えられる²⁰⁾ (図2)。

その不鮮明な小さいレリーフの個々の表徴を王権と結びつけるのは、彼女の墓の大きさや位置だけでなく、「二人の上下エジプト王の母」(mwt-nswy-bitwy) もしくは「上下エジプト王であり、上下エジプト王の母」(nsw-bity mwt-nsw-bity) という両義な称号が、彼女の名前の上に刻まれていたためである²¹⁾。

ハッサンの発掘調査から目録を作ったのはアボウ・ガハジ (Abou-Ghazi) である。彼はその目録の中でケントカウエス女王墓を No. 66、女王の太陽の船坑を No. 67、河岸神殿を No. 68、清めのテンを No. 69 と番号を割り当てている²²⁾。

1963-75 年、イタリアの建築家 V. マラジョッリョ (Maragioglio) と C. リナルディ (Rinaldi) が建築的観点から包括的なメンフィス地区のピラミッド調査を行い、その一環としてケントカウエス女王の墓も構造も調べた。現在でも、彼らの制作した立面図や平面図が大きさの記された唯一のものである。しかし、彼らは、墓の岩塊の頂上に見られる平行に掘られた溝や、墓の周りに見られる採石の跡、地面に穿たれた穴など、多くの考古的痕跡については言及しておらず、石切場、傾斜路、建造段階などについてもほとんど述べていない²⁴⁾。

2005 年、ハッサンの発掘調査から 70 年を経て、レーナー率いるギザ台地マッピング・プロジェクトが、ケントカウエス女王墓に付属する居住地「ピラミッド・タウン」の再調査を始めた。目的は、(1) 風化や人為的害によって激しく損傷した町の状態の調査、(2) 環境要因として地形が及ぼした町への影響、(3) 町の居住期間、(4) AERA の主

要発掘現場であるピラミッド時代の居住地 (Area A) との比較だった²⁴⁾。続く 2006 年、この調査の一環として GLSS による墓の 3 次元計測が行われることとなった。

V. 墓の建築要素の考察

今回の調査では、ハッサンの発掘以後、風化や観光の影響による劣化の激しい遺跡内の個々の建築物の現状考察を AERA の河江肖剰が行い、それに併せる形で VI に記す計測メンバーが、それら場所を重点的にレーザー計測した。

V-1 墓の全容²⁵⁾ (図3、4、5)

ケントカウエス女王墓は 2 段の階段状のユニークな建造物である。その下部は高さ 10.0 m 基底部 45.5 m x 45.8 m の岩塊 (The Rock-Cut Base) であり、北西から約 3 度の角度で傾斜しているモカッタム累層を削り出して作られており、表面には石灰岩の外装石が上積みされたものが一部残っている。上部建造物 (The Superstructure) は現地の石灰岩の累層を切り出してできた 7 段からなる 7.5 m の高さの石積みである。

墓の内部は 3 つの間 - 広間 (The Hall)、第 2 の間 (The Second Room)、内部の間 (The Inner Room) - からなる礼拝堂 (The Chapel)、下降通路 (The Sloping Passage)、そして 6 つの小部屋 (The Magazines) を持つ玄室 (The Burial-Chamber) からなっている。墓は、日干し煉瓦の周壁 (The Girdle-Wall) で北、西、南が囲まれ、東の周壁は墓の下部と同じく累層の一部が削りだして作られている。

東の周壁の北の外側には聖池 (The Wabet Basin) があり、西の周壁の南の外側には舟坑 (The Solar-Boat) があるが、それぞれ砂や礫が深く堆積していたため今回の調査



図3 平面の正射画像

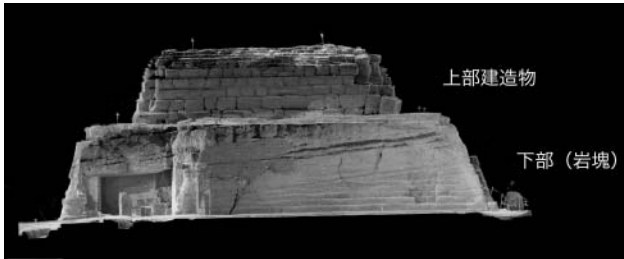


図4 墓の東面の正射画像

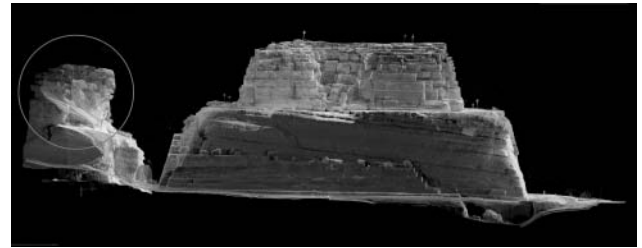


図6 ケントカウエス女王墓と北側の累層の一部

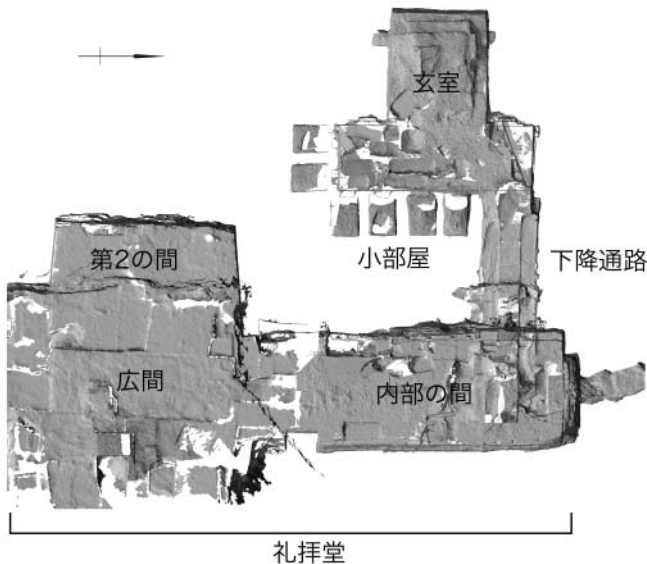


図5 墓内部の平面図

では清掃を行わなかった。

V-2 岩塊 (図4)

V-2-1 岩塊と周囲の石切場

ケントカウエス女王墓の下部構造を成している石灰岩の岩塊は、ギザ台地の中央墓地のなかで一際顕著な存在である (図1)。この岩塊はかつて採石場の一部でありながら削られずに残されており、ケントカウエスによって墓として利用される以前は、周囲の採石場から突出するような形で存在していた。

ギザ台地は4500年前の世界史上有数の石切場だったが、そこで切り出された石の体積計算はされていない²⁶⁾。この体積計算における重要な始点は、モカッタム累層のオリジナルの岩表がどの高さまであったか知ることであるが、ケントカウエス女王墓の北に残る突き出した石灰岩の累層の一部がその残りである可能性がある²⁷⁾ (図6)。レーナーは、もともとその北に位置する突きでた累層をスフィンクスの首上部の部層 III と同様のものと考えていたが²⁸⁾、現在は、それより更に上に堆積していた部層である可能性を示唆しており²⁹⁾、実際、墓の東面から部層を追いながらスフィンクスに向けて踏査すると、スフィンクスの頭部の

部層 III が、実はケントカウエス女王墓の下部構造の岩塊の最下層に当たることが判る。もし、この仮説が正しければ、スフィンクス上部には部層 IV、部層 V、そしておそらく部層 VI³⁰⁾ まで石灰岩の層が存在していたこととなり、現在中央墓地と呼ばれているエリアから大量の石材が採石されたことが推察される。

ケントカウエス女王墓の東には「ピラミッド・タウン」が位置しており、岩塊の東側の累層の断面が示すように (図4)、元々そこにも良質な石灰岩の部層 (IV, V, そして VI) が堆積していた。レーナーは、墓の東側もクフ王によって採石されたか、もしくはメンカウラー王のピラミッドのために採石されたのではないかと仮定しているが³¹⁾、クフ王が隣接する2つの採石場を作った理由は述べていない。ライスナーは、メンカウラーの葬祭殿の石材はピラミッド東南に位置する採石場から切り出され、参道を使って運ばれたと考えたが³²⁾、葬祭殿がケントカウエスの東の採石場のほぼ真横にあることを考えると、むしろここから切り出されたと推察するほうが自然である。

いずれにせよ、ケントカウエス女王墓の周りは良質な石灰岩が採石されたはずであり、その中でこの岩塊だけ残された理由は興味深い。ピラミッド造営という大プロジェクトにおいて、現場を俯瞰するための場所や目印となる場所があったと考えられているが、この岩塊もそのひとつであったかもしれない。例えば、マアディ累層北端のジェベル・ギブりは主要供給路であったメイン・ワディの入り口に位置し、港、町、採石場、ピラミッドなどを一望できることから、クフ王の建築士が大ピラミッド建設の基礎計画を立てる際に、ギザ台地を概観した場所であったと考えられている³³⁾。メンカウラー王の南西の方向にあるマアディ累層の小さな丘は「後視の目印」として、三大ピラミッド建設の位置合わせの際に古代の測量士達が使った可能性もあると言われているが³⁴⁾、この岩塊も同様の遺構かもしれない。

この岩塊がモカッタム累層から孤立するように切り離されたのはおそらく後述するファサードの装飾前だと考えられる。岩塊と累層の幅は広い場所で約10.0m、狭い場所で5.5m程であり、深さは10.0～14.0m、そして長さが42.0

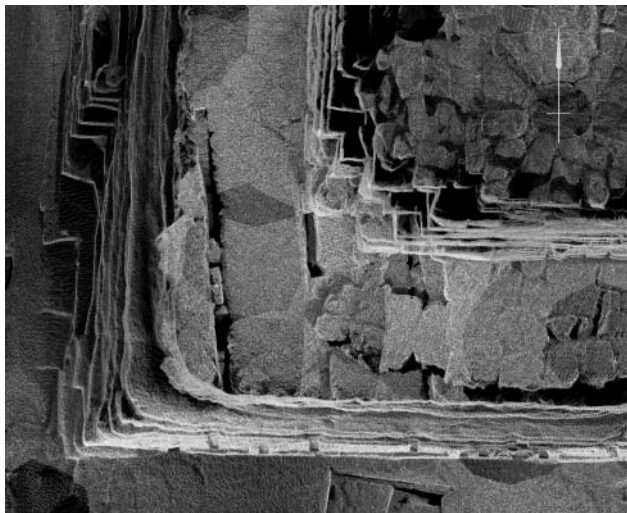


図7 岩塊上部の溝

m 程ある。

V-2-2 岩塊上部の溝 (図7)

岩塊の屋上南西には残された三本の溝が残されている。これらの溝は0.5m～0.6mの幅で南北に並行に走っており、それぞれの溝の間隔は3.2mである。一番西側のものは約11.0mの長さがあり、北から南に向かって傾斜し最大で0.8mの深さがある。真ん中のものは約8.4mの長さで、西と同じく0.8mの深さがある。東側の溝は岩塊の端から5.6m伸び、そこから石積みの下へと消えて行っている。それぞれの溝は部分的に白い良質の石灰岩で塞がれており、おそらくかつては溝全体が塞がれていたと考えられる。岩塊の屋上は石灰岩の敷石がしかれており、現存する敷石は東の溝と白い石灰岩の一部を覆っている。

これらの形跡は、岩塊がかつては石切場として使用されていたという事実と³⁵⁾、上部建造物の石灰岩の石積みを作る際にその基底部を水平にする作業の一環として溝が塞がれたということを示しているのだろう。レーナーは、ケントカウエス女王墓の西側がクフ王の採石場であったと仮定

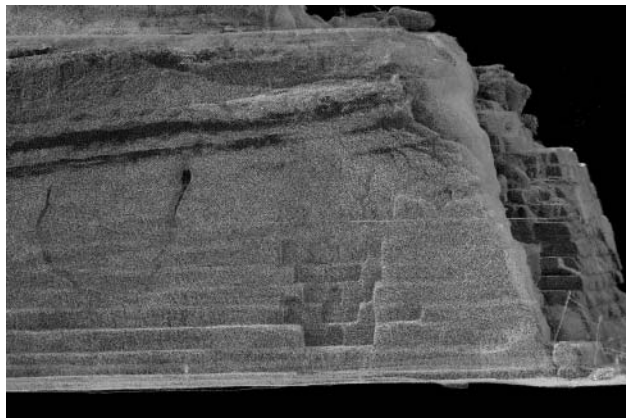


図9 墓の東面の壁龕

しているが³⁶⁾、これらの溝もクフ時代の採石に遡るものかもしれない。

V-2-3 岩塊側面のファサード装飾 (図8)

王宮ファサードを最初に使用した王はメンカウラーであり、彼のピラミッドの地下に残された棺や下降通路に隣接する部屋にはパネル装飾が施されていた。次王のシェプセスカフは墓全体を棺の形にしたが、ケントカウエス女王も彼らの形式に従い、自らの墓にファサードを施そうとした³⁷⁾。

マラジョッリョとリナルディそしてベルナーは、もともと岩塊4面すべてにファサード装飾がされていたと述べているが³⁸⁾、実際にはファサードは南面で確認できるのみである。北側や西側の外装石が剥がれた下からも東面からもファサードの跡は残っていない。

このファサード装飾で注目すべきは、その残された凹の部分に白い石灰岩で塞がれているという点である。V-2-2で上述したように、上部建造物の石積みを作る際、その基底部を水平にする作業の一環として、石切の溝が白い石灰岩で塞がれたと考えられる (図9)。このことから考えると、おそらく南面が完成した時点でファサード装飾のマスタバを建設する計画が放棄され、石積みから成る上部建造

物と外装石を岩塊に施す2段の階段状の墓へと移行し始められたのだろう。その2段の階段型の墓を作る準備として、上部建造物の石積みのための水平作業と、岩塊の周りの外装石を積み上げるために均す作業が行われたと考えられる。その準備の一環として、東面でも外装石を岩塊に固定させるために岩肌が階段状 (各段の高さは0.55～0.75m) に削られたのだろう。

その他、岩塊で目を引くのは、東面北側に残された壁龕のような窪みである (図

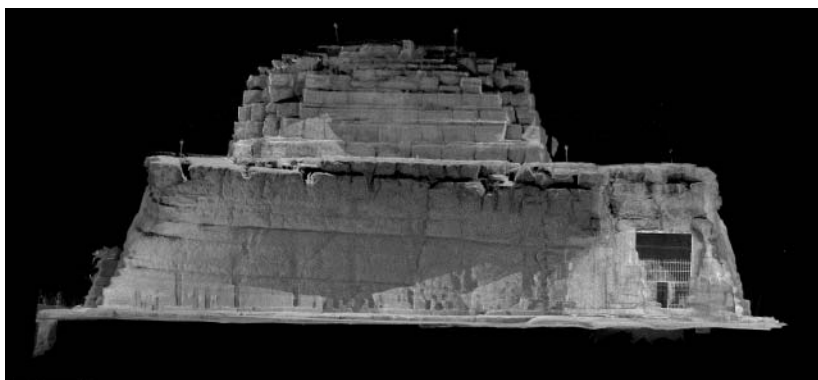


図8 墓の南面に残されたファサード装飾



図 10 墓の東面の壁龕に残されたモルタル

10)。現在、高さ 3.2m、幅が最大で 3.0m 程が残っているが、上の部分は風化しているため、元来の高さは分からない。マラジョッリョとリナルディはここに偽扉の形の壁龕が外装石の一部として作られたと推測している³⁹⁾。

V-2-4 岩塊の外装石

ケントカウエス女王墓の現存する外装石は北面と西面に残されたものだけであり、それらはほとんどが長手積みである。D. アーノルト (Arnold) によれば外装石の積み方は時代によって異なる⁴⁰⁾。ネチェルケト王 (Netjerikhet) の階段ピラミッドではその積み方は長手積みと小口積みが列ごとにほぼ交互に存在しているが⁴¹⁾、この積み方はスネフェル王 (Snefer) の屈折ピラミッドではほとんどが小口積みが変わっていく⁴²⁾。アブ・ロアシュのジェドエフラー王 (Djedefre) ピラミッドでは北東の角に残された外装石は小口積みになっている⁴³⁾。ケントカウエスの外装石が長手積みなのは、内側が石灰岩の岩塊であるため擁壁として内部の石材を支える必要がなかったためだと思われる。外装石の間には赤みがかったモルタルが観察されているが⁴⁴⁾、同様のモルタルが東面の壁龕でも一部観察されており、マラジョッリョが述べたように偽扉の形の壁龕が積み上げられていたと考えられる (図 10)。

隅石はピラミッド建設において試行錯誤を繰り返しながら発展してきた⁴⁵⁾。ネチェルケト王の時代には、L 字形に加工された隅石がピラミッド複合体の中で使用されているが、隅石の角から突きでた部分が僅か数センチであるため、

それは構造上においては欠点だと指摘されている⁴⁶⁾。それに比べ、スネフェル王の屈折ピラミッドに使われている隅石は周りの石に比べると大きく補強の目的を果たしている。ケントカウエス女王墓の北西に見られる隅石は、下部から 4 段ほどは北面と西面の外装石とは完全に分かれた石が使われており、このような隅石では 2 つの面をつなげる役目を果たさず、その部分は簡単に崩落する。しかし、そこから上段では 2 つの面を繋ぎ止めるような L 字形に加工された隅石が使用されている。第 4 王朝のクフ王のピラミッドでは、隅角の補強のために L 字形の隅石が設置されていたと考えられているが⁴⁷⁾、ケントカウエス墓に二つの方法を混入するその理由は不明である。

V-3 上部建造物

ハッサンは、先ず岩塊の頂上が石灰岩で舗装され、その後、7 段からなる石灰岩の石積みが上部建造物とされたと述べているが⁴⁸⁾、マラジョッリョとリナルディが指摘するように、舗装された石灰岩が石積みの下に横たわっている痕跡はない⁴⁹⁾。石積みは、前述した石灰岩で塞がれ均された上に直接建てられており、舗装石は上部建造物の石積みにも隣接して敷かれている⁵⁰⁾。石積みの石の高さは下段の 2 段が平均 1.25m だが、そこから徐々に小さくなり上段では 1.05m ほどになる。長さは不規則で 0.9m 程のものから最大で 2.9m 程のものが使用されている。かつて石積みの頂上部はシェプセスカフ王のmastabaに見られるようにその両端が穹窿になっており⁵¹⁾、この墓がピラミッド型もしくはmastaba型とは異なり、階段の構造を持つ棺の形 (もしくはブトの祠堂の形⁵²⁾) をした特異な墓だったことが判る。

V-4 内部構造 (図 5)

墓の内部は、3 つの礼拝堂、下降通路、そして前室と 6 つ倉庫を持つ玄室からなっている。これらは墓の建造初期の頃に作られたと考えられる。上部建造物の石灰岩の石積みが墓の中心から西にずれているのはその重量で内部を壊さないためだと考えられており⁵³⁾、そこから地下構造が他の建築物に先駆けて作られたのが判る。現在礼拝堂には 4 つの偽扉が断片となって発見されている。ここには元々ケントカウエスが持つ両義的な称号 (nsw-bity mwt-nsw-bity) が刻まれており、それぞれ礼拝堂の入り口の花崗岩製側柱と礼拝堂内の花崗岩製の偽扉に設置されていたと考えられている⁵⁴⁾。上述の称号の解釈は、系図的な問題だけでなく、墓の建造段階を知る上でも重要である。もし「二人の上下エジプト王の母」という訳が正しい場合、それらは二人の人物、おそらくウセルカフ (Userkaf) のネフェルイルカラー (Neferirkare) が王位に就いた後に作られ

たこととなり(紀元前2446頃)、すくなくとも偽扉はセントカウエス女王の死後20年以上経った後に設置されたことになる⁵⁵⁾。

玄室の東側に設けられたその6つの「倉庫」は、メンカウラー王のピラミッド内部の玄室手前に作られた「6つの壁龕がある部屋」や、シェブセスカフ王のmastaba内で発見されている6つの壁龕の部屋と同一の機能を持つ可能性がある。いずれも玄室から東に位置しており、カァのために捧げられた供物を貯蔵するための場所であったかもしれない、セントカウエス女王の倉庫の一つから見つかっている雄牛の肩甲骨は、女王のカァのために捧げられた供物だったと考えられている⁵⁶⁾。もしくはこれらは第5王朝時代末期から第6王朝時代にかけて、ピラミッド内部に作られた3つの倉庫の先駆けではないかとも考えられる⁵⁷⁾。

V-5 周壁(図11)

この墓は、シェブセスカフ王のmastabaと同じく⁵⁸⁾、泥レンガの周壁で囲まれていた。この泥レンガの周壁の状態は「ピラミッド・タウン」同様、風化と乗馬などの観光による影響でほとんど消滅しかけており、緊急に記録調査を行う必要があった。ハッサンはこの壁は平均2.75mの幅があったと報告しているが、マラジョッリョとリナルディは北の周壁は1.95mだと述べている。私達が測量した際にも北の平均値は1.95m程だった。いずれの報告書にも壁の高さは記載されていないが、ハッサンが発掘した1932-33年の写真から大雑把に目算すると0.7m程の高さが保っていたようである。マラジョッリョとリナルディの立面図には、泥レンガ2段と半分が描かれている。現在、保存状態がまだ良好な北と西の周壁で0.18mの高さがあるが、南の周壁は最後の段がわずかに残存しているだけである(図11)。この周壁が墓を囲んだことで、墓へのアクセスは東の「ピラミッド・タウン」から続く参道のみとなることから判るように、周壁は建造段階のなかでも最後に分けられる。

VI. 計測調査方法

GLSSチームが主に作りだそうとしたのは、上述の「V. 墓の建築要素の考察」で記述した各遺構(岩塊の屋根で観察された等間隔の溝、北側と西側に残る個々の外装石、そして東面と西面に見られる累層の流れ)などを表すことができる50分の1の平面画像と立面画像である⁵⁹⁾。

レーザーによる遺跡の3次元計測のプロセスは「モデリング」と「レンダリング」という2つに大別することができる。計測対象物(例:建物)を数値データ化することがモデリングであり⁶⁰⁾、レンダリングはその数値データから映像(例:点群画像やポリゴン画像)を作ることをいう。



図11 南側の周壁跡

一般に3次元データは点群密度が高いほど可視性が高まるが、データ量がポスト・プロセッシングにおいてコンピュータの性能を超えるとデータ処理ができなくなる。そのため現場が必要とする情報を的確に3次元計測の専門家に伝え⁶¹⁾、それに応じたモデリングとレンダリングを行う必要がある。そのような意味でも、レーザーによって作られた3次元データは、解釈が最小限に留められた生データとすることができる。

今回、墓外部の計測は東北芸術工科大学の岡本篤志と大阪大学の中山太一郎が行い、内部の計測は大阪大学の金谷一郎と江田幸弘、そしてレリーフや碑文は元興寺文化財研究所の塚本敏夫が、それぞれ必要とする精密度と有効性に応じて下記の機材を使って計測した。全ての3次元の点群データはAERAの河江肖剰が確認し、必要な場合には、いくつかの場所は再計測された。計測前には墓の外部には37点のしるしを付けられ、個々のGPS(Global Positioning Standard)ポイントを東京工業大学の亀井宏行と片岡伸彰が測量し、ポスト・プロセッシングの段階でデータを統合した。各機材の計測精度は下記の機材概要に記すが、取得した点群データの誤差検証などは、まだその方法も確立されておらず、今回の調査における課題とした。

VI-1 機材概要

GLSSでは下記の機材を使用した。

グローバル・ポジショニング・システム:

Trimble R7⁶²⁾

3 次元計測器：

リーグル LMS-Z420i⁶³⁾

計測距離範囲… 2 ～ 1,000 m

計測精度… ± 10 mm (単発測定)、± 5 mm (平均化)

測定レート… 12,000 点／秒 低速スキャン時、8,000 点／秒 高速スキャン時

リーグル LMP-25HA

計測距離範囲… 2 ～ 60 m

計測精度… ± 8mm

測定レート… 1,000 点／秒

コニカ・ミノルタ VIVID 910⁶⁴⁾

計測距離範囲… 0.6 ～ 1.2 m

精度… X : ± 0.22 mm, Y : ± 0.16 mm, Z : ± 0.10 mm

精度… 0.008 mm

VI-2 モデリング作業

使用したレーザー・スキャナーは、その機器を中心に円環状にレーザーが放射される。そのため建造物の点群データを一定にさせるためには、建物全域を一度に計測するのではなく、計測する面に対し、なるべく水平にスキャナーを設置しつつ、エリアを分けてスキャニング作業をする必要がある。計測された表面は後にコンピューター上のポスト・プロセッシングにおいて統合され、ひとつの 3 次元モデルとなる。

リーグルの LMS-Z420i を用い、岡本と中山は 55 カ所の地点からケントカウエス女王墓の外観中心に、その周辺域を北は岩窟墳墓から南はマアディ累層まで計測した。通常、文化財の現場では計測と同時に現場でデータと現況を確認することが重要なため、2 種類の分解度（副データ、主データ）で計測している。0.05 度の計測角度⁶⁵⁾では点密度が高く細かい計測が行われ、このデータが 3 次元計測の主データとなった。当然、細かく計測され膨大なデータ量になるため、専用コンピュータで処理を行う必要があり、データ処理に日数を要する。今回のケントカウエス女王墓では、このデータを処理している。現場で計測範囲や取りこぼしがないかを確認するために、0.12 度という荒い分解度で計測も行った。これは比較的データが軽いため現場でデータ確認をすることが容易であり、また、現場によっては試作データを製作して納品できる即応性をもつことができる。外観のスキャニング・データはニコンの D100 デジタルカメラを用いたカラー情報をポスト・プロセッシングにて合成したが、機材の持ち込みが困難だった墓の頂上部と、

東に位置する石灰岩の周壁の一部を穿ってできた排水坑のスキャニングには LMP-25HA と VIVID910 が用い計られた。

墓内部の計測は中距離測定に適している LMP-25HA によって金谷と江田が行った。外側の礼拝堂と内側の礼拝堂、下降通路、玄室、倉庫はカラー情報なしでスキャニングされ⁶⁶⁾、特に玄室手前の前室北面と南面の上部に穿たれた穴や、下降通路の両面にはほぼ等間隔で開けられた穴を重視し計測を行った。墓の頂上部もこの小型で軽量の LMP-25HA で行われ、そのデータはのちに LMS-Z420i データとポスト・プロセッシングにおいて統合された。

塚本はコニカ・ミノルタの VIVID 910 を使って、緻密さが要求されるレリーフや碑文などを計測した。上述のリーグル社のスキャナーと違い、これらの 3 次元データは三角測量によって計測された。計測は環境光が 500 lx 以下でなければならないため、通常早朝に行われ、その対象物は花崗岩に刻まれたケントカウエスの両義的な称号や彼女の姿、内側に設置されていた花崗岩の偽扉の一部、内側の礼拝堂に入る扉のドア・ソケット、墓の北側に設けられた排水坑、そして墓の北面の外装石に刻まれたヒエログリフなどだった。

VI-3 レンダリング作業

エリア毎に計測されたデータはコンピューター上で統合される。この作業はマイクロソフトの Windows XP を OS にした Intel Core 2 Duo の 2 GB メモリーで行われた。まず、GPS によって得られた 37 カ所の測量地点を基準点とし点群データを精密に揃えた。

今回製作したケントカウエスのデータは、直径 5 cm のターゲットシリンダー（反射材）を利用し、個々に計測したデータに共通点を設定することで位置合わせを行っているが、ターゲットシリンダーの位置に関しては、計測条件によって誤差が生じ、計測データの合成面にズレが生じてくる。このズレを補正しないまま合成を行うと、誤差が広がり、計測面が合わなくなる現象が生じてくる。また、異なる計測器を併用した場合は、絶対座標を用いて位置を合成するか、特徴点から合成を行う必要がある。

この合成面のズレを最小にするために、Iterative Closest Point (ICP) アルゴリズム⁶⁷⁾を用いて、特徴点の対応付けを行った。LMS-Z420i を用いた計測では、入り口のある東面を基準面として固定し ICP アルゴリズムを用いて、各計測面の合成を行っている。西面に関しては、複数のターゲットシリンダーを設置し、近距離から計測することで、できうるかぎり、誤差が少なくなるようにしている。

LMP-25HA のデータに関しては、ICP でズレを補正し

た上記のデータを基準面として合成を行っている。これらの過程で重複する点やノイズは除去された。

LMS-Z420i で計測された全てのデータはリーグル社の RiScan Pro というソフトウェアに保存され、そこで点群として生成された。膨大な計測データ量、調査の時間的制約、そして最も重要なこととして考古学上の一次資料として適していることから、私達のこの点群を生データとし、ある種の解釈であるサーフェスレンダリングやボリュームレンダリングは行わないこととした。オリジナル・データである極度に密集した点群は、OCTREE フィルター⁶⁸⁾を用い、任意サイズの立方体 (1 cm) のなかの点群データの平均を計算して1つの点にするという演算処理を行うことで可視性を高めたが、そのデータもコンピューター (メモリー) の容量を超えたため、墓に限定したポイントレンダリングを行い、周囲の地形のデータは除いた。

LMP-25HA で計測した墓内部のデータは InnovMetric 社の Polyworks (version 8) を用いてレンダリングされた。墓の外部と違い、内部のデータにはカラー情報が含まれていないため、ポイントレンダリングだけではなく、サーフェスレンダリングも行いテクスチャ表現を向上させた。

VIVID 910 のデータは InnovMetric 社の Polyworks (version 9) によって、ポイントレンダリングとサーフェスレンダリングによってテクスチャを表現した。

VI-4 正射画像の制作

持ち運び可能な遺構の地図は調査現場では不可欠なものである。私達が考えた理想のワーク・フローは、デジタル・アーカイブとして点群の生データをコンピューター上に保存し、必要な箇所を必要な縮尺で正射画像としてプリント・アウトし、そして最終的に現場で考古学者が線画にしていこうという方法である。

しかし、3次元データから正射画像を書き出す過程で問題が生じた。上記の RiScan や Polyworks はビューアーとして使うことができ、データは CAD 用、GIS 用、そして JPEG や TIFF フォーマットに書き出すことが可能となっている。しかし、実際には、ケントカウエス女王墓の 50 分の 1 の正射画像を解像度 350dpi で書き出すのは、データ処理がコンピューター (メモリー) の能力を超えたため不可能だった。そのため全体の正射画像を少しずつ書き出し、最終的に Photoshop で統合するという作業を行うことで、ワーク・フローを可能にした。

VI-5 結果

最終的に、墓外部の点群の正射画像は 50 分の 1 の縮尺でプリント・アウトできるように制作し、墓内部は後の線画作成の際に視覚的に適していると考え、ポリゴンサーフ

ェスでレンダリングされたものを 25 分の 1 の正射画像で制作した (図 3-9)。

今後の私達の課題は、この 3 次元データから石材のヴォリューム計算を行うことにある。特に目指しているのは切り出された採石場から、部層毎に石材の体積を計算し、ギザでどれだけの石が切り出されたのかを計算することである。

VII. 結 び

現在のエジプト考古学の問題の一つには、遺跡の現状を記録するという作業が軽視され、なにかを発見することに重きが置かれていることがある。破壊がその根幹に存在する発掘において、記録から現場が復元できるようにすることは、考古調査における最も重要な責務である。現場の記録である写真、図面、フィールド・ノートは、遺跡形成を理解する道具となるが、この新しい 3 次元計測データによって更に精密な現場の考察と復元が可能になる。2005 年、“birds eye”と称して、チェコ隊が衛星写真を用いて遺構を調査するという方法を唱えていたが⁶⁹⁾、コンピューター上の 3 次元データの自由な視点からの遺跡は、文字通り、鳥の視点からの観察であり、今後、私達にとって新しい観点を与えてくれるだろう。

しかし現時点での 3 次元データの活用法に関する基本的なスタンスは、あくまでアナログ的な現場主義にある。考古学者は 2 次元的な情報を理解するように習慣づけられており、実際、この調査でも最も重要視されたデータは墓の平面と側面の正射画像だった。ただ、その仮説の検証はこれまでのような「解釈された製図」からではなく、「解釈が最小限に抑えられた点群データ」からだった。

弊プロジェクトの根幹に流れる概念はデジタル化による遺跡保全 (デジタル・アーカイブ) である。ギザ・アーカイブ・プロジェクト⁷⁰⁾を推進しているボストン美術館の P. マニュアルアン (Manuelian) は物理的な遺跡保護に加え、エジプト考古学における遺跡の“facsimile conservation”を提唱し、早くからデジタル銘辞学 (digital epigraphy) を導入している⁷¹⁾。レーザー・スキャニングによって作り出される 3 次元データは、このデジタル銘辞学に適應できるだけではなく、遺跡の長期のモニタリングやさらに一歩進め、光造形法によって精密なレプリカの制作も可能とする。今後のもうひとつの課題はこの記録された現場の情報を、いかに多くの人間にとって利用可能なものとするかということであり、それによって多くの研究者による仮説の検証と錬磨を目指している。

付記

弊プロジェクトを推進するにあたり、大城道則准教授 (駒澤大学) には AERA と日本の研究機関とを繋ぐ架け橋となっただきました。中野智章研究員 (古代オリエント博物館) にはこの報告にあた

り貴重なご意見を頂きました。ここに改めてお礼申し上げます。

註

- 1) 例外的に考古遺構が製図されているのは以下のようなものがある (Lehner 1985b: 23-56; Lesko 1988: 215-35)。
- 2) Lehner 1985b: 23-56
- 3) 遺構の平面をレーザーで計測する場合、コンピューター断層撮影 (CT) などのように中身まで計測するものとは異なり、幾何情報は 3 次元であるが、コンテンツとしては 2 次元となる。そのため立体物のレーザー・スキャンは便宜上「2.5 次元」情報とする向きもある。また個々の点データは幾何情報 (X, Y, Z, の 3 次元) と光学情報 (R, G, B の 3 次元) そして赤外レーザ反射強度を合わせて物理的には 7 次元情報となるが、ここでは混乱を避けるため空間を指標とする 3 次元情報とする。
- 4) 2003 年、AERA、エジプト考古最高評議会 (Egyptian Supreme Council of Antiquities) そしてパーミンガム大学の合同調査によってクフ王の女王のピラミッドの一つ GI-c が試験的にレーザー測量された。2004 年には、短期間ではあるが、ギザ全体がオーストリア考古学研究所によって調査された、(Neubauer et al. 2005)。2004 年以降、東京工業大学の亀井宏行教授率いる西方沙漠研究会がデジタル・アーカイブを目的としカルガ・オアシスにあるギリシア・ローマ時代の Al-Zayyan 神殿を計測している (Kamei and Kogawa 2007)。
- 5) Hassan 1943
- 6) ギザ台地の地質については次を参照 (Lehner and Wetterson 2007: 4-6; Aigner 1983: 377-388)。
- 7) この報告では、J. ペインズ (Baines) と J. マレク (Malek) の編年に従う (Baines and Malek 2002)。
- 8) Hassan 1943: 7; Verner, Janosi, and Posener-Krieger 1995: 168。しかし、この説の主な根拠はセントカウエスの墓の位置がメンカウラー王の河岸神殿に近いというだけであり、註 20) の「セントカウエス問題」も含め、系図的な議論は続いている。
- 9) 主要供給路を含むピラミッド建設時のインフラストラクチャーについては次を参照 (Lehner 1985a)。
- 10) Porter et al. 1994: p. 256 and PlanXXIII
- 11) ギザ台地の地形については次を参照 (Goodman and Lehner 2007)。
- 12) メンカウラー王の後を継ぎ、セントカウエス女王の夫とも考えられているシェプセスカフ王 (Shepseskaf) がギザからサッカラ南へ墓地を移した理由も宗教的な理由 (Jéquier and Dunham 1928) に加え、このギザの土地の飽和状態や供給路が閉ざされたことに関連していると思われる。
- 13) France. Commission des sciences et arts d'Egypte. 1809
- 14) Lepsius 1849: 121-122, BL31
- 15) Hölscher, Borchardt and Steindorff 1912: 6; Reisner 1931: 4 and 257
- 16) Hassan 1943
- 17) ハッサンは報告書の中でこの石材を赤色花崗岩 (red granite) と呼んでおり、これは学術名称として一般に用いられているが、B. アストンや I. ショーが指摘するようにエジプト考古学においては石材の特定には誤りが少なからず存在する (Barbara, Harrell, and Shaw 2000: 5-77; ショー 2007: 52-53)。そのため、小論では最も包括的に地質学上の用語を網羅している上記のアストンの分類に従う。
- 18) Verner, Janosi and Posener-Krieger 1995: 174-175
- 19) Lehner 1997: 138; Dodson and Hilton 2004: 65
- 20) 古王国ではハゲワシの頭飾りは特に重要な役割を持った王母が有するものとして考えられた (Sabbahy 1982; Metropolitan Museum of Art (New York) 1999: 262-263)。ハゲワシと王母の関わりを示す図像は、第 5 王朝のセントカウエス、第 6 王朝のア

ンクネスメリラ Ankhnesmeryre が代表的なものである。しかし、第 4 王朝では、カフラー王の河岸神殿前から発見されたアラバスター製の破片やメンカウラー王の女王のピラミッドの付属の神殿から見つかったアラバスター製の破片などしか存在しない。(Hölscher, Borchardt and Steindorff 1912: 102-103; Reisner 1931: pl. 17)、ギザのセントカウエス女王が持っていたであろう独特な地位を考えると、彼女のハゲワシの頭飾りこそ後の図像に影響を与えたプロトタイプだと考えられる。

- 21) セントカウエスという名前自体は、ハッサンの発見以前より、既にアブシールで知られていた。ネフェルイルカラー (Neferirkare) の葬祭殿から出土したアブシール・パピルスには「王母セントカウエス」についての記述があり (Borchardt 1907: Posener-Krieger 1976)、高官メリセテプタハ (Merssetptah) の墓から出土した石材には「王母セントカウエスのカア神官の補佐」の称号が残されていた (Borchardt 1907: 137 and pl. 11)。そしてネフェルイルカラーの神殿から発見されたアラバスター製の供物台の破片の一つには「ネフェルイルカラーによって常に愛されしもの、セントカウエス、ホルスの友人、ホルスの伴侶、王の妻」という碑文が刻まれていた (Borchardt 1907: 146 and pl. 126)。ギザとアブシールで確認された二人のセントカウエスは果たして同一人物なのかどうか？そして、ギザのセントカウエスが持つ両義的なその称号はどのように訳すべきなのか？この系図的な議論は現在「セントカウエス問題」として知られている。この問題が深まるのは 1970 年代にベルナー率いるチェコ隊が、アブシールのネフェルイルカラー・ピラミッドの南側に位置する小さなピラミッド複合体を発掘してからである。ベルナーは、そこからセントカウエスの名前とレリーフが刻まれた石灰岩の柱を発見したが、そこにはギザのセントカウエスと同様の「二人の上下エジプトの王の母」(mwt-nswy-bitwy) もしくは「上下エジプト王であり、上下エジプト王の母」(nsw-bity mwt-nswy-bity) と訳せる両義的な称号が刻まれていた (Verner, Posener-Krieger and Janosi 1995)。ベルナーは中間報告書のなかで、この二人の女性が同一人物だという説を提示したが (Verner 1980: 168)、後にそれを撤回し二人は別人であるという説を立てている (Verner, Posener-Krieger and Janosi 1995)。
- 22) Abou-Ghazi 1964
- 23) Maragioglio and Rinaldi 1967
- 24) Lehner, Kamel and Tavares 2006
- 25) ここでの名称は基本的にはハッサンに従った (Hassan 1943)。
- 26) レーナーはセントカウエス西側にあるクフ王の巨大な蹄鉄状の石切場から切り出された石の概算として、2,760,000 立方 m という数字を挙げているが、彼自身が述べるように、層の傾斜角度や部層などは考慮しておらず、あくまで大まかな計算でしかない (Lehner 1985a: 121)。
- 27) T. トナー (Tonner) との討議による。
- 28) Lehner and Wetterson 2007: 80; ギザのスフィンクスは石灰岩から一枚岩の彫像であり、下から石化した砂と珊瑚礁から成る部層 I、比較的薄く軟らかな層が重なる部層 II、そして良質の石材が取れる部層 III と分けられている。これらの部層に関しては以下を参照 (Lehner 1991: 168-209, figures 1.4 and 4.5)。
- 29) レーナーとの私信による。
- 30) 「部層 IV-VI」は暫定的な名称である。
- 31) Lehner 1985a: 122
- 32) Reisner 1931; セントカウエス女王墓の東にあった採石所とメンカウラーの葬祭殿はほぼ真横に位置するが、メンカウラー王東南に位置する採石場とは 600 m 以上離れている。
- 33) ギザのネクロポリス地区の遺跡群 (単に墓や神殿を指すのでは

- なく、物資が運ばれた港、石を運ぶ傾斜路、人々が往来した供給路、そして住居地)と地形的要因の相互関係を考慮した研究は以下を参照 (Lehner 1985a)。
- 34) Lehner 1997: 107
- 35) 同様の溝が墓の北にある岩窟墳墓の上にも存在している。
- 36) Lehner 1985a
- 37) 王宮ファサードについては次を参照 (Müller 1985)。
- 38) Maragioglio and Rinaldi 1967; Verner, Posener-Krieger and Jánosi 1995: 168
- 39) Maragioglio and Rinaldi 1967
- 40) Arnold 1991: 164-165
- 41) 筆者の目測による。
- 42) Arnold 1991: 164-165.
- 43) アブ・ロアシュのピラミッドはコアとなる内部に岩塊が使われているように見えるが、実際には大ピラミッドと同じく、自然の岩塊を利用して、その上にピラミッドが建てられている (Valloggia 2003: 228-229; Lehner 1997: 212-213)。
- 44) 東京理科大学の中井泉率いる XRD/XRF チームによってサンプリングと分析が行われ、その赤色はヘマタイトであるのが判明した (Nakai and Yamahana 2006)。
- 45) Arnold 1991: 128-131
- 46) Ibid.
- 47) Ibid.
- 48) Hassan 1943: 15
- 49) Maragioglio and Rinaldi 1967
- 50) 隣接している (abutting) と隣接されている (abutted by) は、遺跡の切り合い関係を見る上で重要な点である。
- 51) ハッサンがこの穹窿の部分を発見している (Hassan 1943: 15)。
- 52) Lehner 1997: 139
- 53) Hassan 1943; Maragioglio and Rinaldi 1967; Verner, Posener-Krieger and Jánosi 1995
- 54) Hassan 1943: 16-17.
- 55) ケントカウエス問題は現在でも解決されていないが、小論ではその問題を最も包括的かつ詳細に渡り研究している V. カレンダー (Callender) の説に従い、彼女のその称号を「二人の上下エジプト王の母」と訳し、王達をウセルカフとネフェルイルカラーであるという前提で進めていく (Callender 1992: 240-272); 古代エジプトの系統学について著したドドソンはサフラーとネフェルイルカラーが二人の兄弟王だとしているが、いずれにしてもネフェルイルカラー以後ということになる (Dodson and Hilton 2004: 62-65)。
- 56) Hassan 1943: 25.
- 57) ジェドカラー・イセシイ、ウナス、テティ、ペピ 1 世のピラミッドで確認されている。
- 58) Jéquier and Dunham 1928
- 59) ハッサンは製作した地図は 200 分の 1 である。
- 60) 数値データは正しくは「モデル」だが、一般用法と専門用法の違いが大きいためここでは「数値データ」としている。また、モデルはエンジニア、科学者の間で慣用的に「画像」とも呼ばれる。
- 61) 上述の「V. 墓の建築要素の考察」を参照。
- 62) <http://www.trimble.com/trimbler7.shtml> (2008 年 6 月 5 日)
- 63) http://www.riegl.com/terrestrial_scanners/lms-z420i/_420i_all.htm (2008 年 6 月 5 日)
- 64) <http://konicaminolta.jp/instruments/products/3d/vivid910/index.html> (2008 年 6 月 5 日)
- 65) 下記の分解度も含め、仰俯角、水平角ともに同じ計測角度。

- 66) ハッサンの用語に従う (Hassan 1943)。
- 67) Rusinkiewicz and Levoy 2001
- 68) Sojan Lal et al. 1998
- 69) Barta and Bruna 2005
- 70) <http://www.gizapyramids.org/code/emuseum.asp> (2008 年 6 月 10)
- 71) Manuelian 1998

参考文献

- Abou-Ghazi, D. 1964 Selim Hassan -His Writings and Excavations. *Annales du Service des Antiquités de l’Egypte, Le Caire* 58: 61-84.
- Aigner, T. 1983 Zur Geologie und Geoarchäologie des Pyramidenplateaus von Giza, Ägypten. *Natur und Museum* 112: 337-388.
- Arnold, D. 1991 *Building in Egypt: Pharaonic Stone Masonry*. New York, Oxford University Press.
- Baines, J. and J. Malek 2002 *Atlas of Ancient Egypt*. Cairo, American University in Cairo Press.
- Barta, M. and V. Bruna 2005 Pyramids from on High. *KMT* 16 (4 Winter 2005-2006).
- Borchardt, L. 1907 *Das Grabdenkmal des Königs Ne-user-re*. Leipzig, Biblio-Verlag.
- Callender, V. G. 1992 *The Wives of the Egyptian Kings. Dynasties I-XVII*. 3 vols., Egyptology, Macquarie University, Sydney.
- Dodson, A. and D. Hilton 2004 *The Complete Royal Families of Ancient Egypt*. London, Thames & Hudson.
- France. Commission des sciences et arts d Egypte 1809 *Description de l’Egypte: ou, Recueil des observations et des recherches qui ont été faites en Egypte pendant l’expédition de l’armée française*. 9 vols. Paris, Imprimerie impériale.
- Goodman, D. and M. Lehner 2007 The Survey: The Beginning. In M. Lehner and W. Wetterstrom (eds.), *Giza Reports: The Giza Plateau Mapping Project*, 53-58, Boston, MA, Ancient Egypt Research Associates.
- Hassan, S. 1943a *Excavations at Giza vol. IV. 1932-1933*. Cairo, Service des Antiquités de L’Egypte .
- Hölscher, U., L. Borchardt and G. Steindorff 1912 *Das Grabdenkmal des Königs Chephren*. Leipzig, J.C. Hinrichs.
- Jéquier, G. and D. Dunham 1928 *Fouilles à Saqqarah; le Mastabat Faraoun*. Cairo, Impr. de l Institut français d archéologie orientale.
- Kamei, H. and K. Kogawa 2007 *El-Zayyan 2003-2006*. Kamei Laboratory, Graduate School of Information Science and Engineering, Tokyo Institute Technology, Tokyo.
- Lehner, M. 1985a The Development of Giza Necropolis: The Khufu Project. *Mitteilungen des Deutschen Archäologischen Instituts Abteilung Kairo* 41: 109-146.
- Lehner, M. 1985b The Giza Plateau Mapping Project: Season 1984-1985. *Newsletter ARCS* 131: 23-56.
- Lehner, M. 1991 Archaeology of an Image: The Great Sphinx of Giza, PhD Dissertation. Yale University.
- Lehner, M. 1997 *The Complete Pyramids*. New York, Thames and Hudson.
- Lehner, M., M. Kamel, and A. Tavares 2006 *The Giza Plateau Mapping Project Season 2005 Preliminary Report*. Cairo, Ancient Egypt Research Associates.
- Lehner, M. and W. Wetterstrom 2007 *Giza Reports: the Giza Plateau Mapping Project*. Vol. 1. Boston, MA: Ancient Egypt Research Associates.
- Lepsius, R. 1849 *Denkmaeler aus Aegypten und Aethiopien: nach den Zeichnungen der von seiner Majestät dem Koenige von Preussen*

- Friedrich Wilhelm IV nach diesen Ländern gesendeten und in den Jahren 1842-1845 ausgeführten wissenschaftlichen Expedition.* Berlin, Nicolaische Buchhandlung.
- Manuelian, P. D. 1998 Digital Epigraphy: An Approach to Streamlining Egyptological Epigraphic Method. *Journal of the American Research Center in Egypt* 35: 97-113.
- Maragioglio, V. and C. Rinaldi 1967 *L'architettura delle Piramidi Menfite. parte VI. La Grande Fossa di Zauet el-Aryan, La Piramide di Micerino, il Mastabat Faraun, la Tomba di Khentkaus.* Rapallo: Officine Grafiche Canessa.
- Metropolitan Museum of Art (New York) 1999 *Egyptian Art in the Age of the Pyramids.* New York, Metropolitan Museum of Art, Distributed by Harry N. Abrams.
- Müller, H. W. 1985 Gedanken zur Entstehung, Interpretation und Rekonstruktion ältester ägyptischer Monumentalarchitektur. In *Ägypten Dauer und Wandel.* Mainz, Verlag Philipp Von Zabern.
- Nakai, I. and K. Yamahana 2006 *GPMP XRF/XRD Analysis Report 2006.* (The Giza Plateau Mapping Project Internal use only).
- Neubauer, W., M. Doneus, N. Studnicka and J. Riegl 2005 *Combined High Resolution Laser Scanning and Photogrammetrical Documentation of the Pyramids at Giza.* Paper read at CIPA 2005 XX International Symposium, at Torino, Italy.
- Porter, B., R. Moss, E. W. Burney and J. Malek 1994 *Topographical Bibliography of Ancient Egyptian Hieroglyphic Texts, Reliefs and Paintings. III. Memphis. Pt. I. Abu Rawash to Abusir.* 2nd ed., rev. and augmented by J. Malek (ed.), Oxford, The Griffith Institute.
- Posener-Krieger, P. 1976 *Les archives du temple funéraire de N erirkarê-Kakaï (Les papyrus d'Abousir): traduction et commentaire, Bibliothèque d'étude t. 65/1-2.* Le Caire: Institut français d'archéologie orientale du Caire.
- Reisner, G. A. 1931 *Mycerinus, the Temples of the Third Pyramid at Giza.* Cambridge & Massachusetts, Harvard University Press.
- Rusinkiewicz, S., and M. Levoy 2001 Efficient Variants of the ICP Algorithm. In *Proceedings of International Conference on 3D Digital Imaging and Modeling 2001.* IEEE.
- Sabbahy, L. K. 1982 *The Development of the Tirulary and Iconography of the Ancient Egyptian Queen from Dynasty One to Early Dynasty Eighteen,* University of Tronto.
- Sojan Lal, P., A. Unnikrishnan and K. Poulouse Jacob 1998 Parallel Implementation of Octtree Generation Algorithm. In *Proceedings for International Conference on Image Processing 1998.* IEEE.
- Verner, M. 1980 Die Königmutter Chentkaus von Abusir und einige Bemerkungen zur Geschichte der 5. Dynastie. *Zeitschrift für ägyptische Sprache und Altertumskunde* 8: 243-68.
- Verner, M., P. Posener-Krieger and P. Jánosi 1995 *Abusir III: The Pyramid Complex of Khentkaus, Excavations of the Czech Institute of Egyptology.* Praha, Universitas Carolina Pragensis.
- Valloggia, M. 2003 The Unfinished Pyramids of the Fourth Dynasty. In Z. Hawass (ed.), *The Treasures of the Pyramids,* 224-235, Cairo, American University in Cairo Press.
- ショー、イアン（近藤二郎・河合望訳）2007『古代エジプト』岩波書店。

亀井 宏行

東京工業大学

Hiroyuki KAMEI

Tokyo Institute of Technology

河江 肖剰

古代エジプト調査協会

Yukinori KAWAE

Ancient Egypt Research Associates, Inc

塚本 敏夫

元興寺文化財研究所

Toshio TSUKAMOTO

Gangoji Institute For Research of Cultural Property

金谷 一朗

大阪大学

Ichiroh KANAYA

Osaka University

岡本 篤志

東北芸術工科大学

Atsushi OKAMOTO

Tohoku University of Art and Design