

アブ・シール南丘陵遺跡及びダハシュール北遺跡における 詳細地形測量に関する研究

津村 宏臣*¹・岸田 徹*²・渡邊 俊祐*³

1. はじめに

本調査・研究は、科学研究費補助金基盤研究（S）「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」におけるアブ・シール南丘陵遺跡、及びダハシュール北遺跡等を対象とした総合調査の一環として行い、現在も継続している。

当該研究の基盤としては、①従来調査隊が蓄積してきた測量データのアーカイブシステム構築、②アーカイブシステム基盤技術としての WebGIS 適用、③より詳細な地形図作成を目的とした現地での測量、④ GIS を用いた遺跡保護に関する新しい知見の模索等が挙げられる。これらに基づき、文化遺産情報科学センターでは、2009 年の調査に際して現地での調査・計測・記録作業に加え、それらを中心とした遺跡情報基盤化、特に GIS を用いた高度情報化を可能とするための、総合的なデータシステムの開発と運用に関する研究を担当した。具体的実施した作業としては、①アブ・シール南丘陵遺跡及びダハシュール北遺跡における GPS を用いた基準点測量と詳細地形測量、②「通称：住宅局地図」と呼ばれるエジプト住宅局発行の 5000 分の 1 地図（等高線間隔 1m; 以下「住宅局地図」）のデジタル化をもとに得た等高線データによる 50cm メッシュデジタル標高行列モデル（Digital Elevation Model; 以下 DEM）の生成、③“①②”のデータの基盤化を目的としたナイル川流域全域の DEM 作成、④“③”に合わせた衛星画像データの取得及び補正等が挙げられ、これによって画像解析による土地利用の判読を可能とした。

また、この他にも、近年注目されつつある、WebGIS 技術と調査隊のデータを融合するハードウェア・ソフトウェアの開発を進め、調査隊本隊での運用に関する具体的なプランニングも実施している。

2. アブ・シール南丘陵遺跡の測量調査

アブ・シール南丘陵遺跡の地形情報に関しては、これまで「住宅局地図」が最も精緻な情報として利用されてきた。地形図を概観すると、アブ・シール南丘陵の西側に、細く舌状に北東に延びる丘陵があり、さらに、東側にも南北に走る丘陵があることが判読できる。また、アブ・シール南丘陵は、現状ではこれらからは独立した丘陵として立地しており、それぞれかなり低い分水界によって区切られている。

現地調査に入る前の段階では、あくまでもアブ・シール南丘陵の詳細な DEM（約 5～30cm メッシュ）の作成が目的であったが、現地に入り地形を確認した結果、特に丘陵の東西（分水界のある場所）では、アブ・シール南丘陵自体も、その東西にある丘陵も、それぞれ共通の基盤岩の走向が確認できることがわかった。また、発掘廃土置き場の関連もあり、現状と地形図との差異が顕著に確認できたため、丘陵上だけでなく、周辺域も含めて詳細な DEM を作成することとした。

* 1 同志社大学文化情報学部准教授

* 2 同志社大学文化情報学部実習助手

* 3 同志社大学文化情報学研究科修士課程

(1) 基準点測量

基準点測量については、アブ・シール南丘陵遺跡に調査用に設定されているグリッドの基準となっている、W-2 基準杭に対して設定した (Fig.1)。基準点座標の計測には、DGPS を用い、1 時間の静止測量の後、座標解析を実施して、その位置座標を WGS84 座標系によって析出した。また、頻用される「住宅局地図」などの地図がいずれも UTM 座標系を利用していることから、先の DGPS 計測値を UTM 座標系に変換して記録した。計測結果は下表のようになる。

Table 1 アブ・シール南丘陵遺跡における基準点測量結果

WGS84	lat. 31° 12' 03.122498" N	UTM (36N)	326260.020	X
	long. 29° 52' 58.529862 E		3307171.951	Y

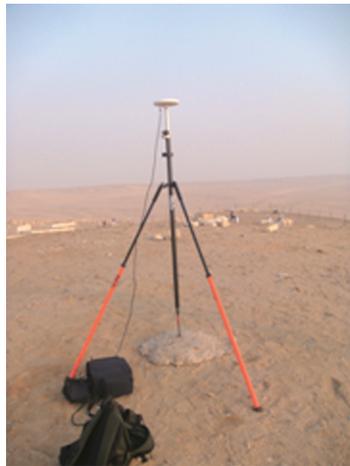


Fig.1 アブ・シール南丘陵遺跡基準点測量風景

(2) 地形図と DEM の作成

研究目的の1つとしては、発掘調査データが参照可能な高精細な地形図を作成することが求められた。調査開始時までの打ち合わせでは、おおよそ 10 ~ 50cm メッシュ程度の DEM の作成によって、詳細な地下構造と発掘調査データとの対応が可能であると予察されたため、2009 年度の調査では、10cm メッシュ DEM の作成を目的として測量調査を実施した。

測量調査に先立ち、計測範囲を確定させるため、DGPS によって丘陵末端部の傾斜変換区間を歩測した。これにより 2009 年度時点での“丘陵”域を確定させた (Fig.2)。

実際の高精細測量には、レーザーテック社製 Impulse200LR とともに、同志社大学 / 東北電子産業が共同開発した TSDL4 を接続した簡易計測機器を用いた (Fig.3)。その後、三角法を用いた計測データの測量処理には、ハンドメイドのアプリケーションを適用した。

計測は、閉合トラバース測量となるように、器械点と視準点を交互に設定しながら、丘陵全体をカバーで

きるような点群測量を実施した。総計測測量点数 35000 点（ 1m^2 内平均 15 点計測（1 点平均 667cm^2 ）、計測点間隔 $\approx 15 \sim 30\text{cm}$ ）の計測を、約 2 週間かけて丘陵と周辺域で実施し、ノイズデータのピックアップなどをその後行った。このデータに対し、微細な地形が再現できるよう、クリギングによる点群内挿を実施し、これにより DEM を析出した。クリギングは点群の自己相関値をアルゴリズムとして取りこむため、地形の遷急点や遷急区間については、別の内挿法を採用し、その後マージして 10cm メッシュ DEM を修正した。併せてこの DEM から、 50cm 間隔の等高線図を生成した。

この丘陵は東西に低い分水界があり、共通の走向・傾斜をもつ堆積岩が基盤となっている。DEM を丹念に観察することにより、走向と傾斜の不自然な地点の分布を析出することができる。DEM に、 5×5 と 10×10 ピクセルのカーネル（1 ピクセル 10cm メッシュ： 25cm^2 と 100cm^2 ）を設定し、走向と傾斜値の異常値を析出するための空間自己相関分析を実施し、対応するピクセル周辺については、より詳細な点群データからの DEM をマージした。



Fig.2 丘陵域の歩測結果の GIS 化



Fig.3 計測機材



Fig.4 点群測量風景

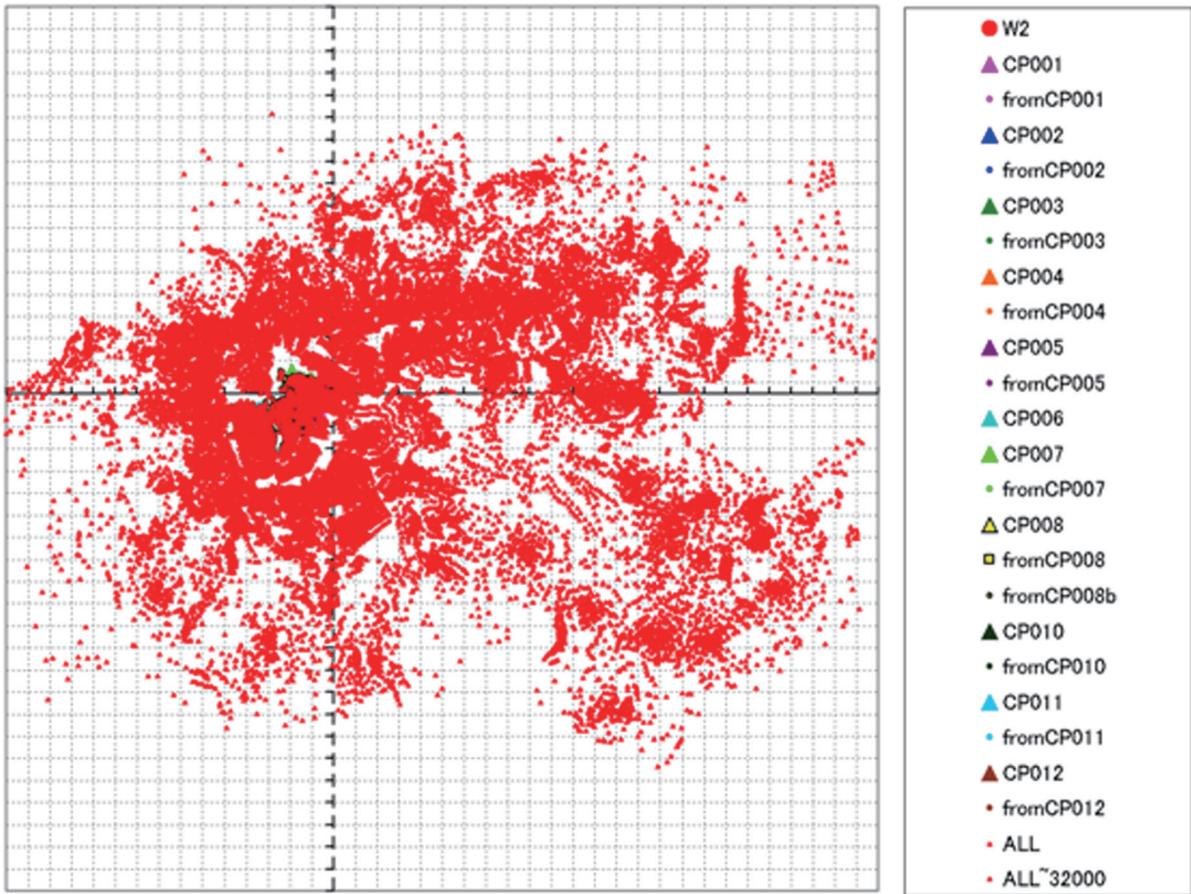


Fig.5 計測点群 (平面分布)

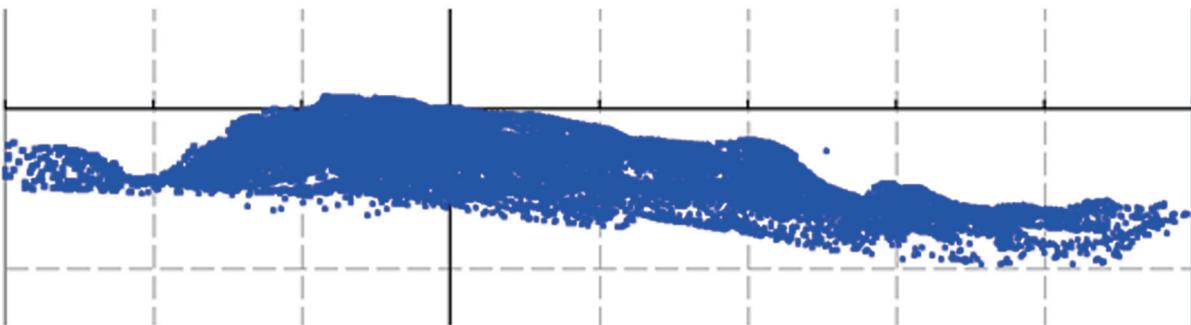


Fig.6 計測点群 (立面分布)

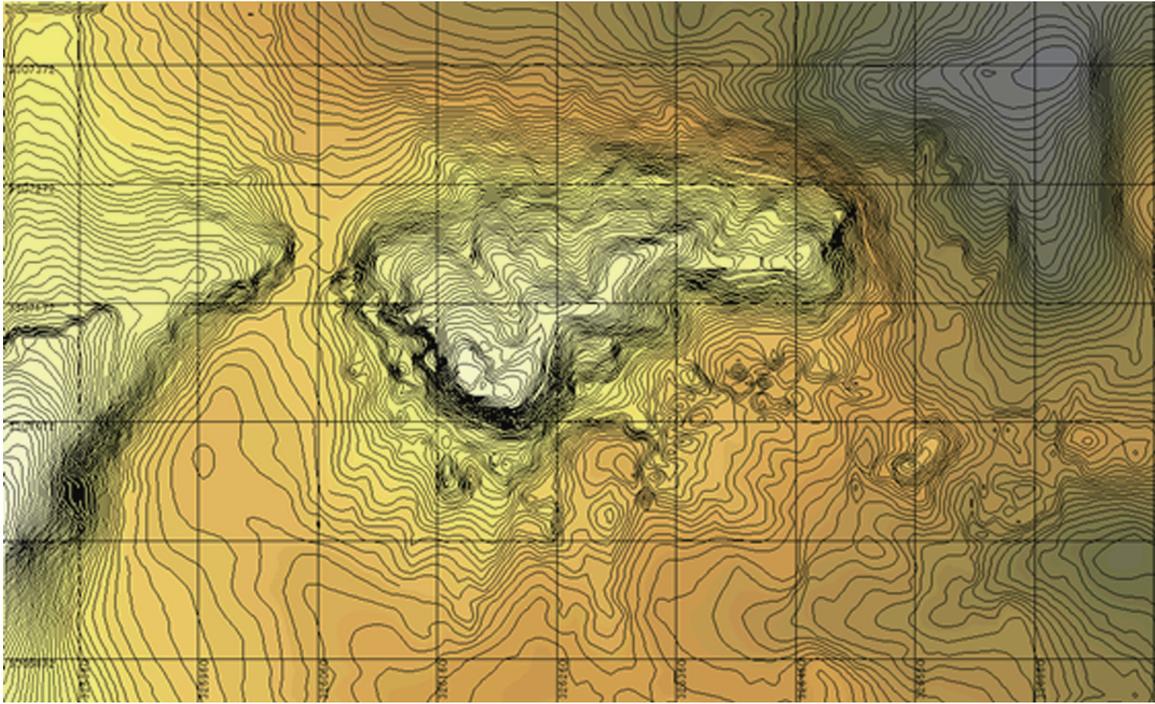


Fig.7 アブ・シール南丘陵遺跡測量図 (50cm コンター・25cm メッシュ DEM)

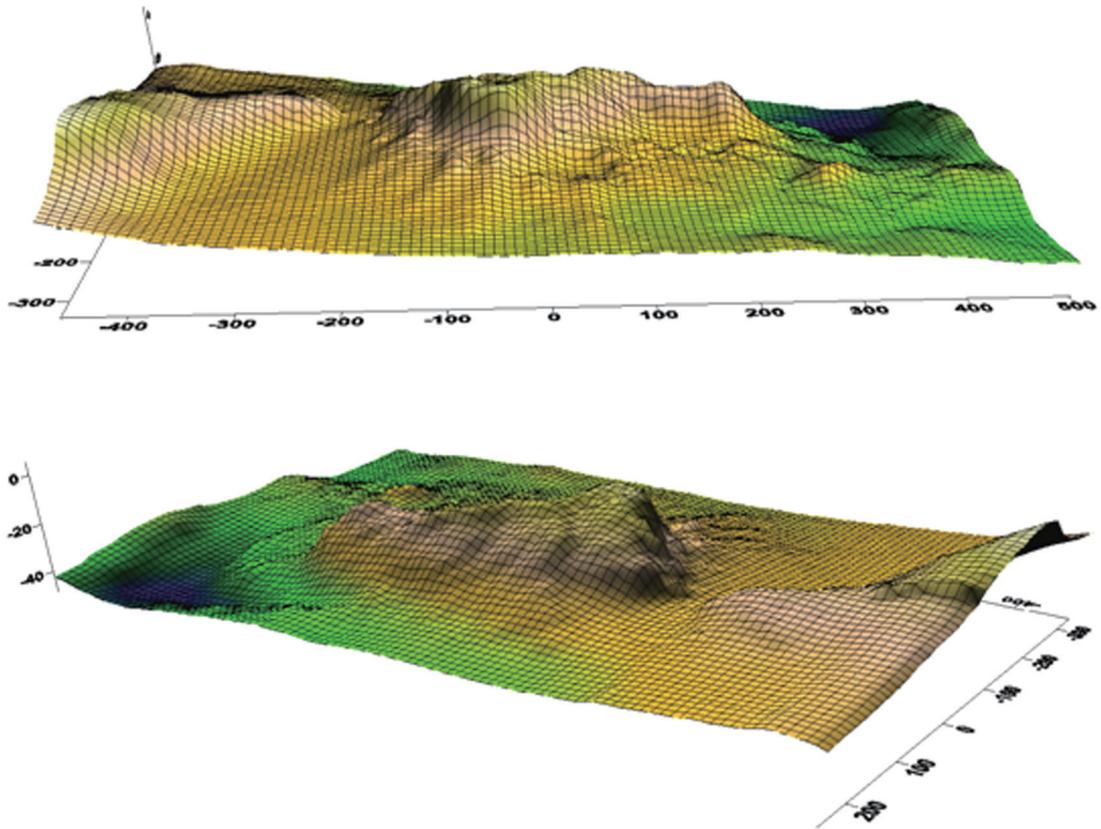


Fig.8 アブ・シール南丘陵遺跡 3D オルソメトリック表示 (上: 南から 下: 北西から)

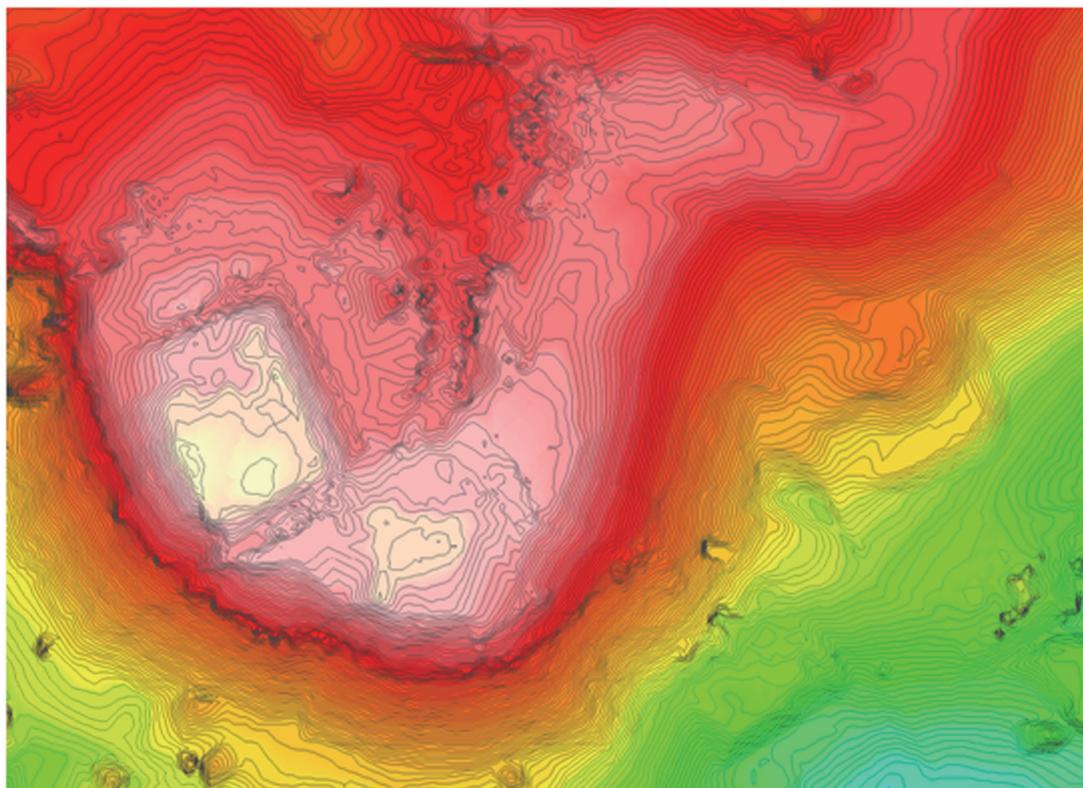


Fig.9 アブ・シール南丘陵遺跡詳細地形図 (20cm コンター・10cm メッシュ)

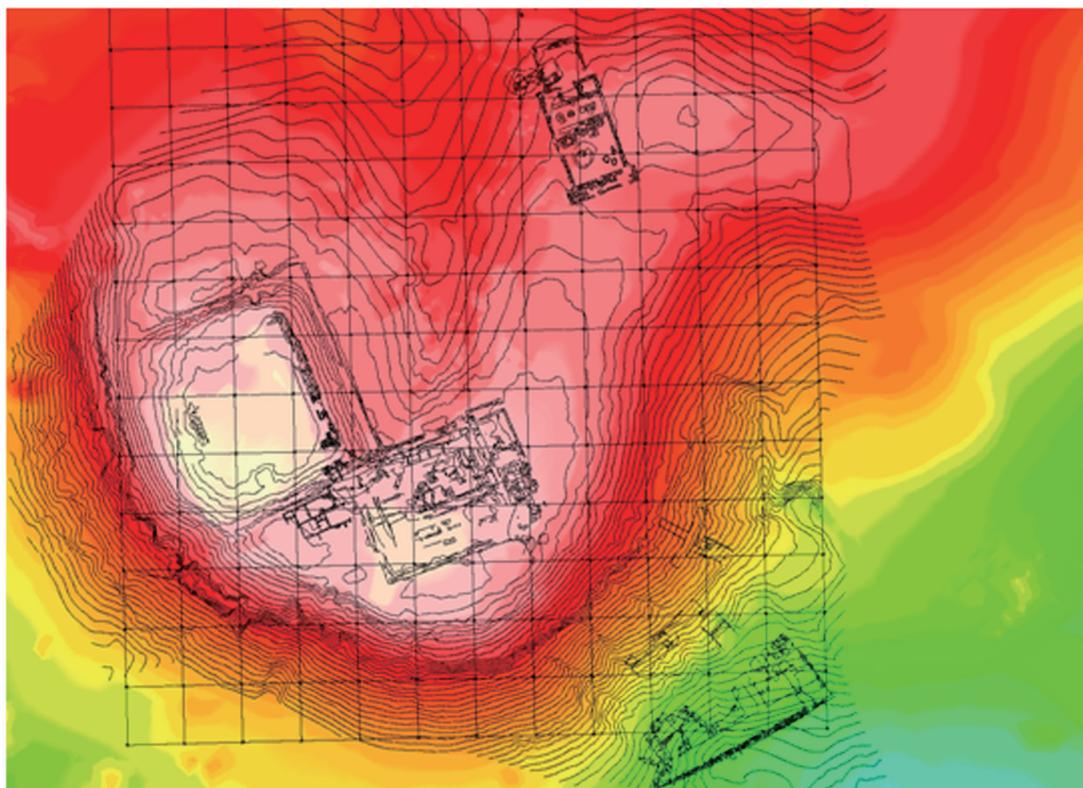


Fig.10 アブ・シール南丘陵遺跡 (遺構図・10cm メッシュ)

3. アブ・シール南丘陵遺跡の写真計測作業

先の地形測量と併せて、アブ・シール南丘陵遺跡では、遺構の写真計測作業を実施した。2009年度調査では、並行して東京大学池内研究室によって遺構の3次元計測が行われたが、最終的にはそれらのデータをGIS統合する必要がある。これに際し、3次元レーザースキャナの設置位置に関する基準点測量が困難であったため、代用策として遺構の写真計測を実施し、最終的にこれらのデータをマージできるよう準備を行った。

写真計測は、アブ・シール南丘陵遺跡のトゥームチャペル、日乾燥煉瓦遺構、カエムワセトの石造建造物、岩窟遺構 (AKT01)、岩窟遺構 (AKT02)、石積み遺構についてそれぞれ実施した。写真計測では、ステレオ法による対写真の撮影を実施し、これに測量点を付して、最終的に測量計測点による点群データを作成する。現在、本作業は継続中である。



Fig.11 写真計測原点測量風景

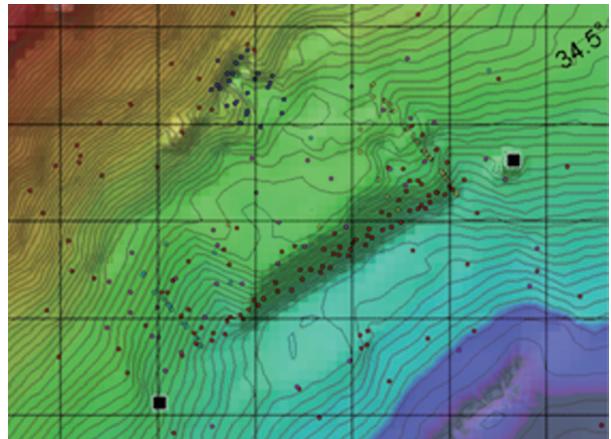


Fig.12 写真計測原点配置図



Fig.13 写真計測原点測量風景 (日乾燥煉瓦遺構)

4. ダハシュール北遺跡の GPS 測量調査

2009 年度には、2010 年度調査予定のダハシュール北遺跡の詳細測量調査に先駆けて、基準点座標測量を実施した。基準点測量については、ダハシュール北遺跡に調査用に設定されているグリッドの基準となっている、T-0025 基準杭に対して設定した (Fig.14)。基準点座標の計測には、DGPS を用い、1 時間の静止測量の後、座標解析を実施して、その位置座標を WGS84 座標系によって析出した。また、頻用する「住宅局地図」などの地図がいずれも UTM 座標系を利用していることから、先の DGPS 計測値を UTM 座標系に変換して記録した。計測結果は下表のようになる。

Table 2 ダハシュール北遺跡における基準点測量結果

WGS84	lat. 31° 12' 58.13760" N	UTM (36N)	327636.327	X
	long. 29° 49' 29.65191 E		3300718.24	Y

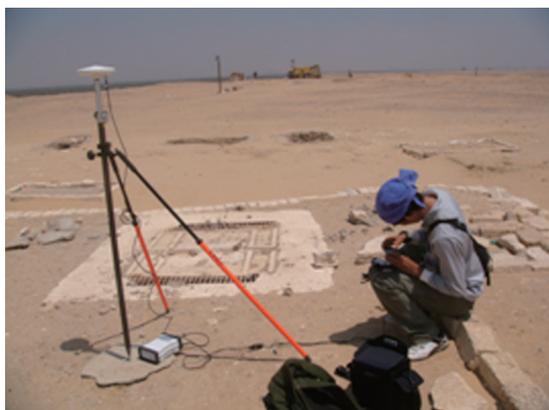


Fig.14 ダハシュール北遺跡基準点測量風景

5. ナイル川沿岸域 GIS 情報基盤化作業

本研究では、最終的に全ての調査データを GIS データ基盤として構築し、利活用することを目的としている。そのため、アブ・シール南丘陵遺跡やダハシュール北遺跡だけでなく、広くナイル川沿岸域に対する GIS データ構築が目指される。

ナイル川沿岸域の DEM については、100m メッシュ DEM を SRTM データから抽出した。この際、アブ・シール南丘陵遺跡およびダハシュール北遺跡の測量情報と合致するよう、全て、UTM 座標系に再変換して基礎データとした。さらに、今後の遺跡探査や土地利用の判読のため、画像解析が可能となるように、ランドサット TM の 8 バンドまでの情報に全てジオコーディングし、これらも同様に GIS データとしてサーバーに格納してある。中範囲の地形情報については、「住宅局地図」の GIS 化を進めている。1m 間隔の等高線に対し、全てをデジタル化して内装し、1m メッシュ DEM を作成している。これらの作業については、現在継続中である。

以上のデータは、全て同志社大学の STIS データサーバーに構築し、WebGIS で閲覧可能となっている。現状では、ビューワーの開発が未完了のため、全てのデータを、Google 社の Google Earth アプリケーション (Waseda_EG_MData.kml) にて閲覧可能としてある。なお、最終的には、これら全てのデータにあわせ、これまでの各遺跡での遺構図など様々な情報が入力できるよう、インターフェイスの開発を行っている。

6. おわりに

2009 年度調査では、アブ・シール南丘陵遺跡における詳細測量調査、3 次元レーザースキャナ取得データ統合のための写真計測作業、ダハシュール北遺跡における DGPS による基準点測量、住宅地図デジタル化および GIS 化、衛星画像解析と土地利用図作成などを実施した。2010 年度は、ダハシュール北遺跡における詳細測量調査、アブ・シール南丘陵遺跡・ダハシュール北遺跡における調査データのデジタル化と GIS への基盤化、WebGIS システムの完成も含めた入出力用デバイスとインターフェイスの開発、などの研究を完了する予定である。また、遺構の写真計測用データからの点群作成と 3D モデルとの統合も実施し、総合的な遺跡評価のための GIS 基盤の構築を目指す。

謝辞

現地調査では、河合 望氏をはじめとする、早稲田大学・サイバー大学のエジプト調査隊の多大な協力を得ることができた。ここに記して感謝の意を表したい。