

GIS を用いた遺跡のデジタル測量と遺跡空間データベースの構築 Digital Topographic Survey and Construction of the Site Database by Means of Geographic Information Systems

寺村 裕史

Hirofumi Teramura

人間文化研究機構 総合地球環境学研究所, 京都市北区上賀茂本山 457-4

Research Institute for Humanity and Nature, 457-4 Motoyama, Kamigamo, Kita-ku, Kyoto

あらまし: 考古学において過去の歴史や文化を復元する上で、「形」の重要性は特筆されるべき事項であろう。型式学においては遺物や遺構、ひいては遺跡そのものも対象となりうるし、かつそうした「形」の情報をいかにして取得するののかについて様々な議論がなされてきている。そこで本稿では、筆者がこれまで実践してきた遺跡(ここでは前方後円墳およびインダス文明期の都市遺跡)における GIS を用いたデジタル測量の成果について述べるとともに、GIS の管理・分析機能は如何なる種類の情報でも、ID 番号、属性、時間、空間という四種の情報があれば、GIS 上で運用してその表示・分析機能を用いることができるため、その利点を活かした遺跡空間データベースの構築について報告する。

Summary: This paper presents my study results as follows; (1) Digital topographic survey at Tsukuriyama burial mound (Okayama), Farmana and Kanmer site (India) by means of GPS and Total Station, (2) Digital photogrammetry of the architectural remains at the site of Harappan culture, (3) Development of the geodatabase and chronological mapping of the Harappan-related sites in Pakistan and Northwest India. The archaeology with GIS has been pursuing digital documentation, management and analysis of archaeological data concerning the ranging from the macro (supra-regional and regional) levels to the micro (site, built remains and artifact) levels, by means of Geographic Information Systems (GIS).

キーワード: デジタル測量, トータルステーション, GPS, データベース, 地理情報システム

Keywords: Digital Topographic Survey, Total Station, GPS, Database, Geographic Information Systems

1. はじめに

考古学において発掘調査から得られる遺物、遺構のデータや、動植物遺存体などの古環境を復元するために必要な試料に関する様々な情報を、いかに効率良く取得し、蓄積・管理した上で、分析・研究に応用していくかは、常に付きまとう重要な課題である。GIS はそれらの情報を統合し、考古学調査のモデルとなるようなシステムを構築する上で欠くことの出来ないツールであると考えている。

そこで本稿では、筆者がこれまでに実践してきた遺跡のデジタル測量や写真測量の成果を述べ、遺跡の

形に関する情報をどのように効率的に取得し、以降の分析に役立てていくのか、また調査から得られた様々なデータをどのように GIS 上で管理・運用していくのかについて展望を述べることにする。

具体的には、岡山市造山古墳の墳丘デジタル測量と、インダス文明期の都市遺跡であるカーンメール遺跡とファルマーナー遺跡での調査成果、そしてそこで実践されている遺跡空間データベース作成を中心に報告する。

2. 岡山市造山古墳の墳丘デジタル測量

従来、考古学において古墳の墳丘などをはじめとする地形測量は平板測量が中心を担ってきた。しかし造山古墳の測量にあたっては、伝統的な平板測量による方法の利点を認識しながらも、地理情報システム (GIS) などを用いた三次元での墳形の分析や表示に耐えうる新たな測量方法が必要であると考え、デジタル測量をあわせて採用することにした。平板測量にもトータルステーション (TS) を使用する方法があるが、本調査におけるデジタル測量は全てのポイントをトータルステーションで記録し後処理をコンピュータ上で行うため、平板及び紙図面を全く用いないことに特徴がある。また、すべてのデータを国際的に統一化された座標系のなかに位置づけていくため、墳丘上や周辺に設置する基準点の座標を GPS によって求め、そこから各測点の座標を求めることとした。

造山古墳は5世紀前半に築造された墳長約350mの、全国第4位の規模を誇る前方後円墳である。墳丘内に立ち入りの出来る古墳としては全国最大となる。そのような造山古墳の墳丘デジタル測量には GPS とトータルステーション (ニコン・トリプル社製) を使用し、GPS はジェノバ社による高精度位置情報サービスの VRS-RTK 観測を用いることで水平誤差±2cm 以内の精度で計測が可能となった。

測量にあたっては、まず GPS により墳丘各所に基準点 (釘) を設置し、それらを元に器設したトータルステーションを用いて、さらに必要な釘を設置していく方法を採用した。トータルステーションの器設については、GPS で設置した釘3点あるいは2点を視準して行なっている。

次に、データ形式とデータの記録方法について述べ

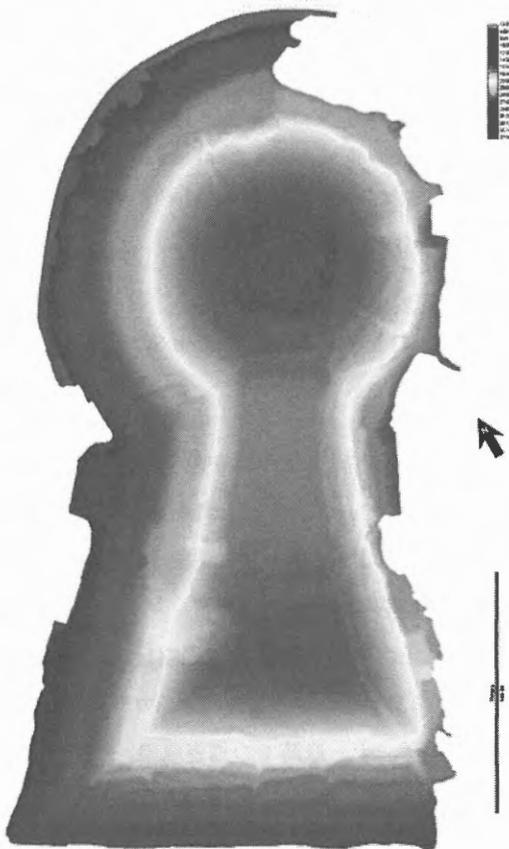


図1 墳丘全体のDEM

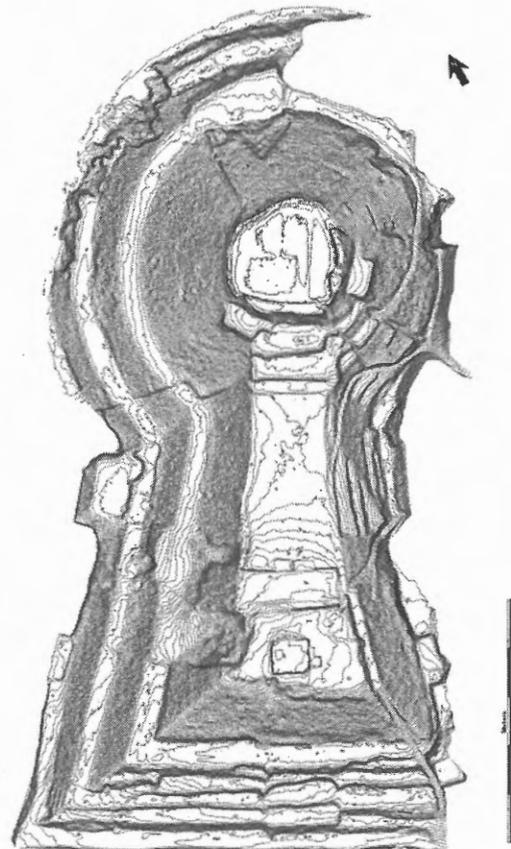


図2 墳丘全体の等高線図 (25cm 間隔)

る。測点のデータは国土座標：平面直角座標系(第V系)に則したXYZ形式でトータルステーションに記録し、単位は全てメートルで世界測地系に準拠したデータ取得を行なった。標高(Z値)に関しては、GPSで設置した釘10点の平均値を求め基準原点の標高値とし、その原点から他の釘にレベル移動を行なった。GPSで計測した標高値そのままの値を使用しなかったのは、GPS単体での計測では個々の釘の垂直誤差がやや大きくなるためであり、古墳全体で最終的に一つの原点からの標高で統一できるよう基準原点からレベル移動することとした。

データの記録方法は、以下のように行なった。まず墳丘上で、ある程度の面積の調査範囲を決定し、後に重複が無いようにビニルテープで区画をする。その区画内にピンポールを立て並べ、GPSで設置した釘を基準に器設したトータルステーションで、ピンポールを立てた箇所の墳丘表面のXYZ値を計測する。計測した部分はピンポールを抜き、まだ計測していない箇所に差し換えたうえで、以降同様に計測していった。

ピンポールはおよそ50~100cmの間隔で基本的に無作為に立てるが、本調査では測点を結ぶ不整形三角網(TIN, Triangulated Irregular Network)によって墳丘の表面を記録・表現する方法を採ることにした。これは調査者による墳丘表面の観察結果をある程度反映でき、かつ効率良くデータを取得できるよう柔軟な測点の取り方ができるのがTINを採用した理由である。50cm間隔の格子上的点を機械的に計測する方法も考えられたが、そうした場合グリッド(格子)を作成する手間や、該当箇所に木などの障害物があった場合のデータ欠損によるデメリット等を考慮して、グリッドによる記録方法は採らなかった。

基本的に計測したデータはそのまま利用し改変等は行っていないが、計測点のうち周囲の5~6点と比較してその1点だけが50cm以上標高値が異なる測点に関してはノイズであると判断し、分析するにあたって除外した。ノイズと判断した約40点を除外した3年間の総計測ポイント数は、120,548点である。データはXYZ

の値をカンマ区切りのテキスト形式で記録・保存している。

その後、計測した座標データはGISソフトであるIDRISIにインポートしたうえで、計測点のベクタデータを作成し、様々な処理を行なった。先にも述べたが、この調査ではTINにより墳丘表面を記録することを前提としているため、まずIDRISIのモジュールである「TIN」を用いて、TINモデルを作成した。その後、TINデータを空間内挿(空間補間)し標高値を補間することでDEM(Digital Elevation Model)を作成したものが図1である。さらにそのDEMから同じくIDRISIの「Contour」モジュールを用いて等高線図(25cm間隔)を作成した(図2)。

次に、墳丘全体の図では細部がわかりにくいいため、墳丘上のある程度特徴的な部分について、個別にみていくことにする。

造山古墳には本来くびれ部両側に造り出しが存在するといわれているが、墳丘東側の造り出し付近は住宅が建てられ原形を確認することは困難なため、比較的残存状況のよい西側の造り出し周辺を取り上げる。下草が刈られた状態での調査前の墳丘観察では、岡山県史による測量図ほどは改変を受けておらず、長方形をした造り出しの形状が保たれており、良好な測量成果が期待された。

結果としては、従来の墳丘測量図では丸みを帯びていた造り出しの四隅部分が、きちんと角をなしており、造り出しが本来の長方形の形状をよく保っていることが明らかになった。また従来の測量図では表されていない後世の改変と考えられるテラス部分のえぐれなども、詳細に表現されている(図3~5)。

後円部墳頂平坦面は、現状では周縁部に土手状の高まりがみられ、平坦面も一様に平坦ではなく凹凸が観察できたが、デジタル測量によりそれらがどこまで表現できるのかを念頭においてやや測点を密にして計測を行なった。結果として、肉眼で墳丘を観察しただけでは分かりにくかった溝状の窪みが、北東から南西方向と、北西から南東方向にそれぞれ幾筋か延びて

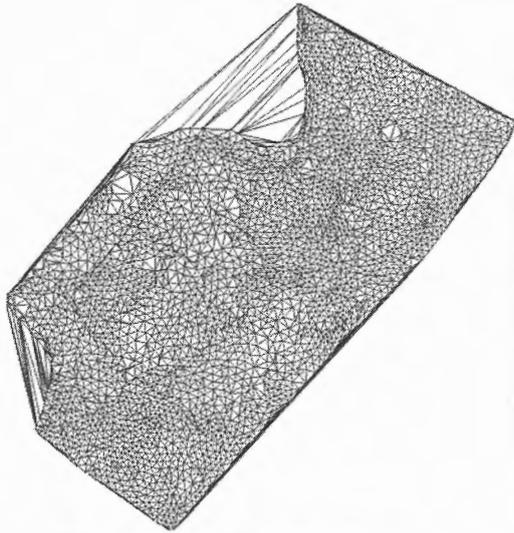


図3 造り出し周辺の測点と TIN

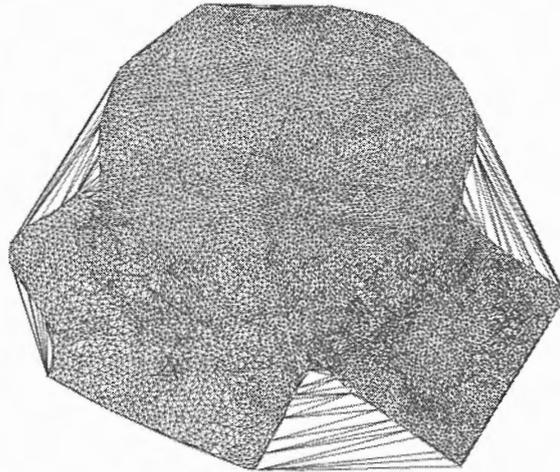


図6 後円部墳頂周辺の測点と TIN

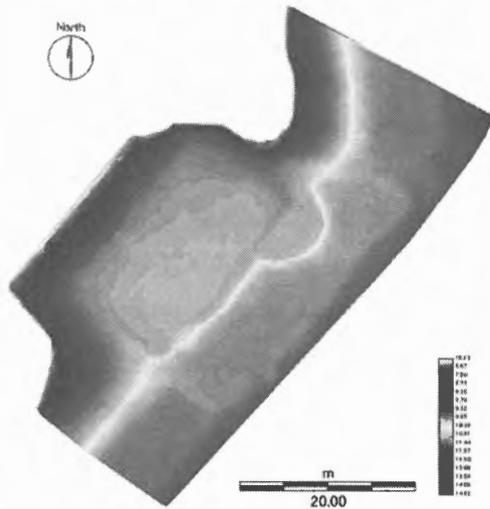


図4 造り出し周辺のDEM

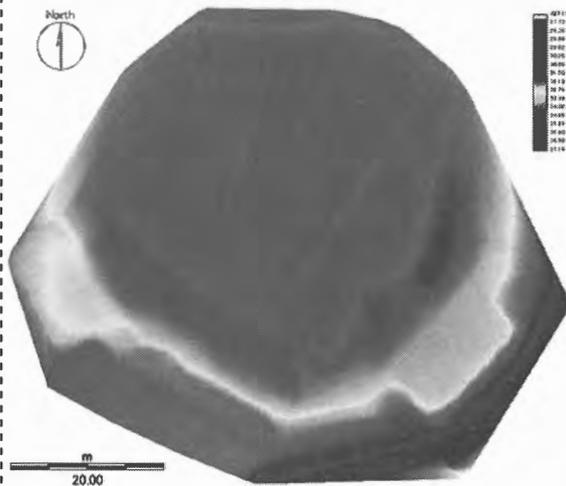


図7 後円部墳頂周辺のDEM

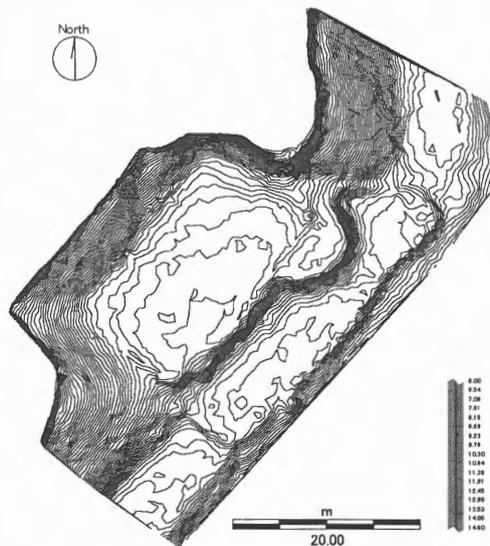


図5 造り出し周辺の等高線図 (10cm 間隔)

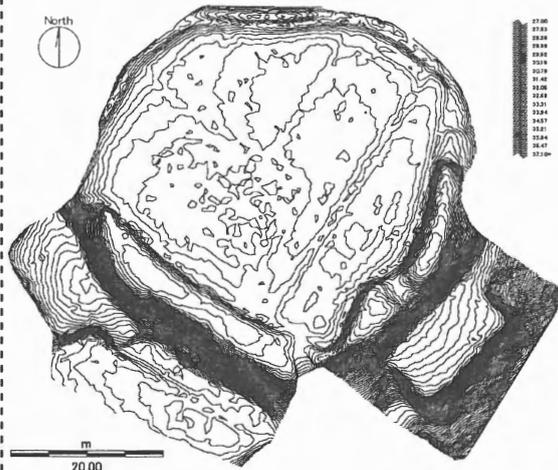


図8 後円部墳頂周辺の等高線図 (10cm 間隔)

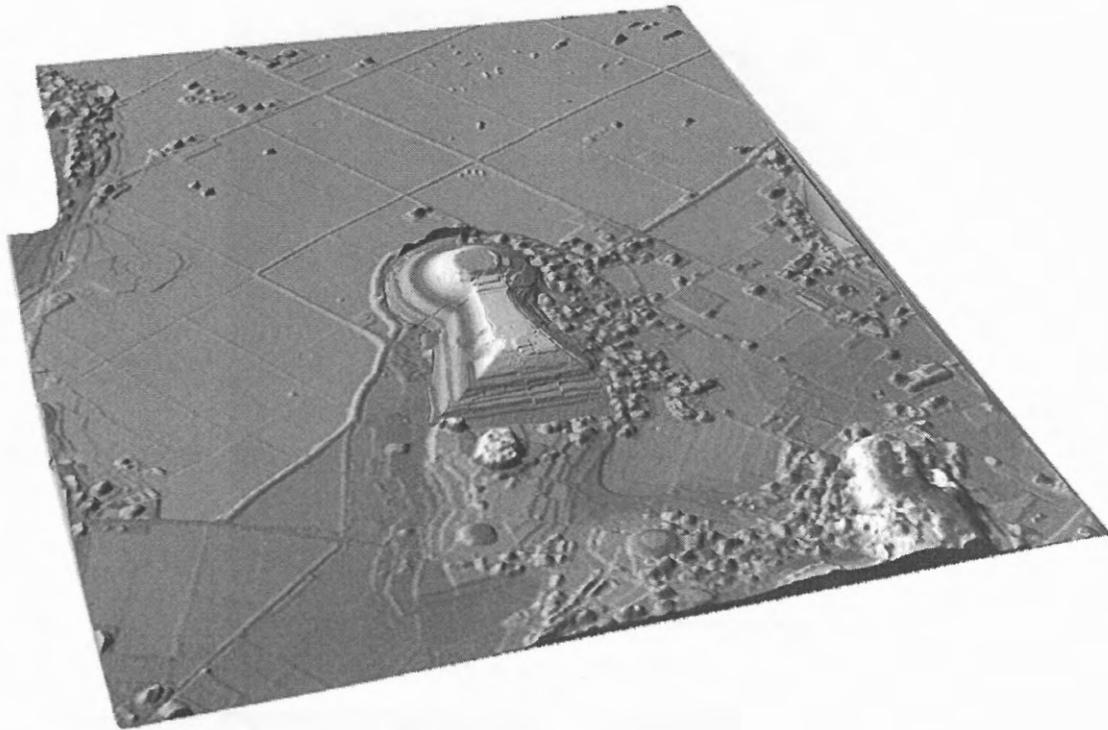


図9 造山古墳と周辺地形の鳥瞰図

いることが明らかになった。等高線図では、IDRISI による処理で 10cm 間隔の線を引いたため細かなところで多くの多角形が出来てしまっているが、DEM をみると、墳頂平坦面が一樣に平坦ではなく、開墾の痕跡か山城に関する構造物の跡かは現時点では不明なもの何らかの改変を受けていることがよく表れている。肉眼による観察では限界があったが、DEM ではその溝の走行状況がよく表現され、遺構の検討に十分活用できるであろう。

さらに造山古墳の調査においては、周辺地形も航空写真から DEM を作成し、デジタル墳丘測量の成果と合成している(図9)。こうした GIS を用いた鳥瞰図などを作成することにより、より具体的な遺跡周辺の地形情報を取得することができ、遺跡の立地や周辺環境について考察することができるようになるであろう。

3. インド・カーンメール遺跡とファルマーナー遺跡における地形測量

筆者が所属している総合地球環境学研究所では“イ

ンドス文明と環境変化”プロジェクト(プロジェクトリーダー:長田俊樹教授)において、人間が古代以来環境にどう向かい合ってきたのかに焦点をあて、古代の環境がインダス文明に及ぼした影響を研究している。

その一環として調査を行っているインド・グジャラート州所在のカーンメール(Kanmer)遺跡とハリアーナー州所在のファルマーナー(Farmana)遺跡における地形測量の成果と、そこで構築している遺跡空間データベースについて述べる。

カーンメール遺跡とファルマーナー遺跡の位置をインダス平原周辺の DEM 上におとしたもの(図中の星印)が図10である。カーンメール遺跡が所在するインド西北部、サウラーシュトラ半島北側およびカッチ湿原周辺はその名のとおり、雨季には水がたまり乾季には水が干上がり陸地になる地域である。カーンメール遺跡は、標高 20~25 メートル付近に立地している。一方ファルマーナー遺跡はインダス平原のガッガル・ハークラ川上流に位置する遺跡で、周囲には耕作地が広がっている。

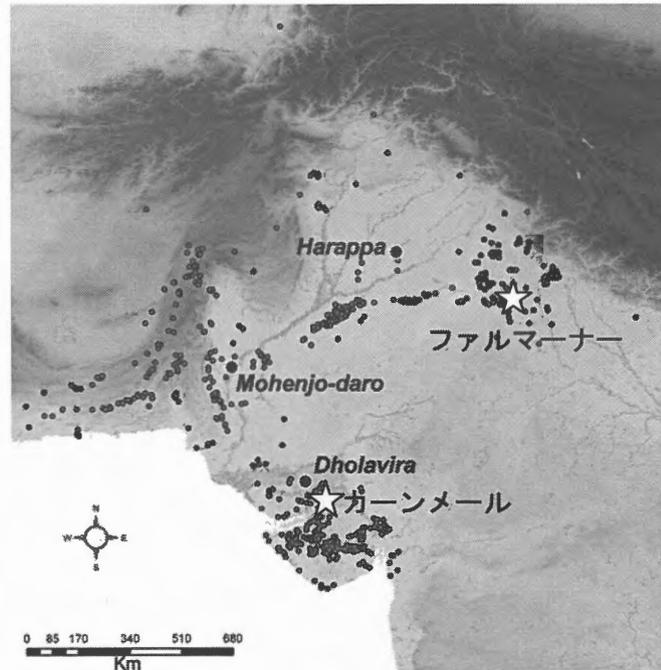


図10 カーンメール遺跡とファルマーナー遺跡の位置

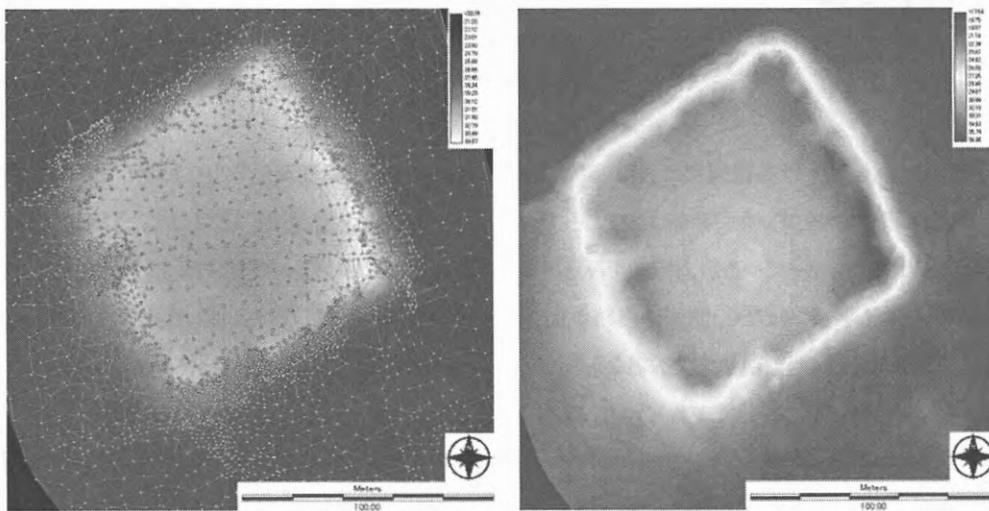


図11 カーンメール遺跡におけるトータルステーションによる測点・TINモデル(左)とDEM(右)

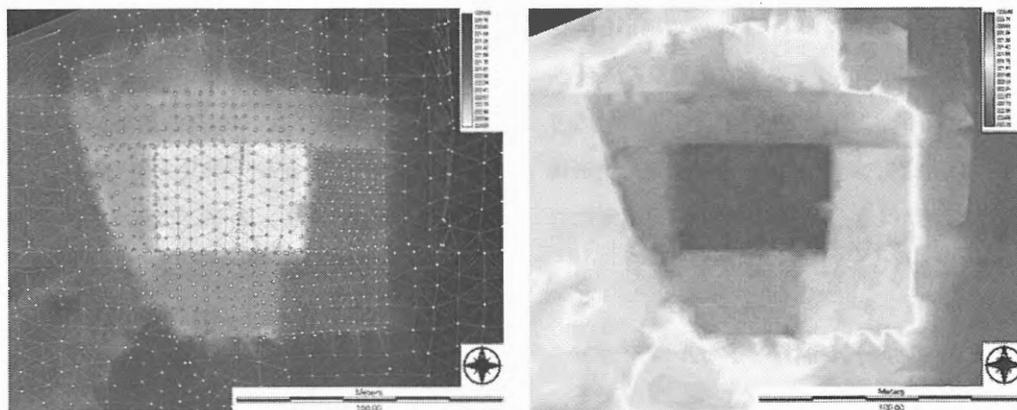


図12 ファルマーナー遺跡におけるトータルステーションによる測点・TINモデル(左)とDEM(右)



図13 カーンメール遺跡のコンター図と
 写真測量図のオーバーレイ

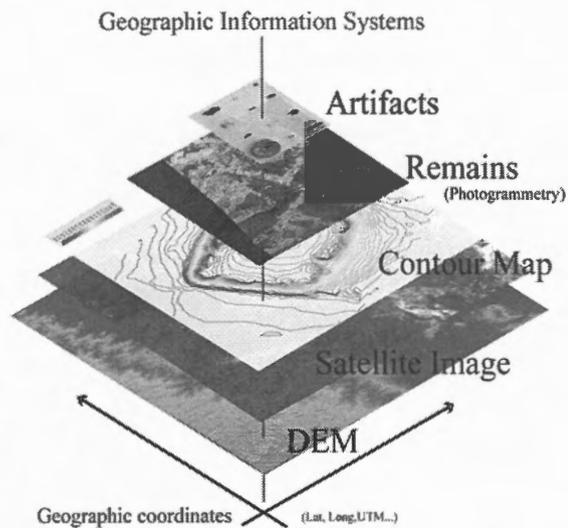


図14 GISを軸とした空間データの統合

上記のような立地が対称的な両遺跡において、高精度のGPSとトータルステーションを用いて、地形測量および遺構の写真測量を実施した。造山古墳と同様に、GPSにより基準点を設置しトータルステーションでポイントを計測した上で、TINモデルとDEMを作成した(図11・12)。同じインダス文明期の都市遺跡ではあるが、マウンドが良好に残っているカーンメール遺跡と、耕作のために削られて畑の区画がDEMに表現されているファルマーナー遺跡の差違が明瞭に分かる。

さらにカーンメール遺跡においては、発掘で検出された建物遺構の写真測量も並行して行っている。そうして得られた遺構プラン(オルソ画像)をデジタル測量で得られたデータをもとに作成した等高線の上にオーバーレイしたものが図13である。このようにGIS上で遺跡の地形情報と遺構の情報を重ね合わせることで、城壁の連続性や、建物の配置などを具体的に検討することが可能となる。

4. 今後の課題と展望

上記に述べてきたように、造山古墳の墳丘デジタル測量においては従来には試みられることのなかった新たな手法で等高線図を作成し、インダス文明遺跡の分

布・発掘調査においては、高精度GPS、トータルステーションなどの器材や、写真測量などの技術を用いて、すべてのデータに世界測地系経度緯度値、あるいはそれに準拠したUTM座標値を付与してGISで運用する仕組みを作り、実践してきた。最終的には図14のようにGISを軸とし、遺物から周辺環境のデータまですべての情報を一元的に管理・運用・分析するシステムの構築を目指している。その一環として、インダス文明遺跡のデータベースを作成し、そのデータを基にGISの分析機能を用いたインダス文明遺跡の分布研究をおこなっている(図15)。

現時点では発掘データについては、トータルステーションによる位置の記録と写真測量とを併用し、遺構の発掘状態や遺物の出土状態を、空間データをもつオルソ画像としてベースマップ上に表示することが可能となっている。こうすることで、トレンチの位置と遺構写真から得られた城壁の位置などを視覚的に把握することができ、今後どの場所にトレンチを設ければいいのか、あるいは城壁がどのように続いているのかを検討する際にも有用であろう。今後はGISの管理・分析機能に加え、さらにデジタルの利点を生かしたインターネット上での情報共有も見据えた上で、GISで統合

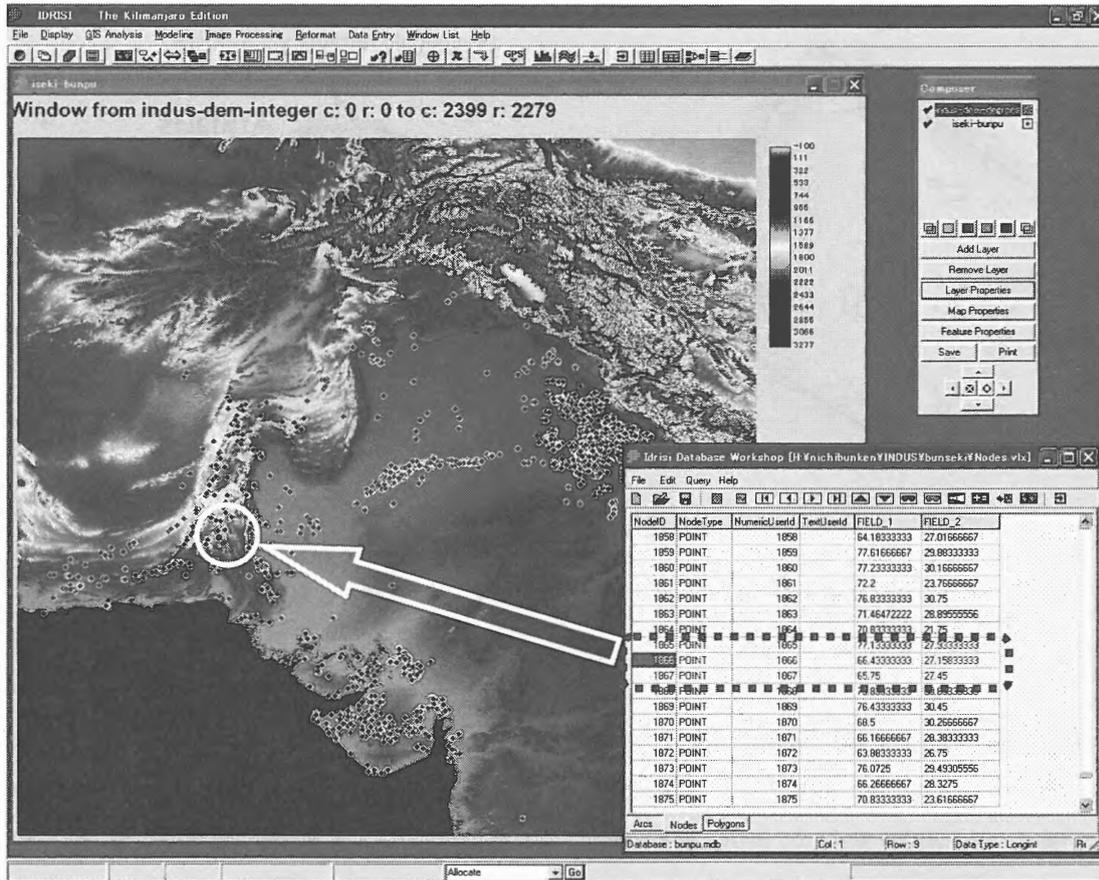


図 15 インダス文明遺跡の分布と遺跡空間データベース

されたデータのオンラインによる管理・検索機能を持たせた「WebGIS」の構築も、検討していくべき課題であると考えている。

註:本稿は、新納泉・岡山大学大学院教授を代表とする「科学研究費補助金基盤研究(B)・空間情報科学を用いた吉備中枢地域の考古学的研究」の成果の一部を含み、長田俊樹・総合地球環境学研究所教授をリーダーとする「インダス文明と環境変化」プロジェクトの一環として実施した成果も含むものである。調査成果は調査に関わられたすべてのメンバーの多大な協力によって得られたものである。誌面の都合上ここに芳名をすべて記載することはできないが、心よりお礼申し上げます。

<引用・参考文献>

新納泉・寺村裕史(2006)「GPSを用いた墳丘デジタル測量—岡山県造山古墳を例に一」『日本考古学協会第72回総会研究発表要旨』日本考古学協会

Teramura, H., Uno, T. (2006). “Spatial Analyses of Harappan Urban Settlements.” *Ancient Asia* Vol.1, Shinde, V. ed. Society of South Asian Archaeology.
寺村裕史(2008)「墳丘デジタル測量の方法論的課題と展望」新納泉(編)『岡山市造山古墳測量調査概報』新納泉編(2008)『岡山市造山古墳測量調査概報』科学研究費補助金基盤研究(B) 研究成果報告書, 岡山大学大学院社会文化科学研究科
Teramura, H., Kondo, Y., Uno, T., Kanto, A., Kishida, T. and Sakai, H. (2008) “Archaeology with GIS in the Indus Project” Osada, T. and Uesugi, A. ed. Occasional Paper 5 – Linguistics, Archaeology and the Human Past. Indus Project, Research Institute for Humanity and Nature, Kyoto, Japan.