

文化財科学の分野の野外調査における 地理情報システムの応用およびデータベース構築の手法

- 国際文化財保存修復協力センターの実例 -

二神 葉子・隈元 崇*

1. はじめに

考古学や地理学など、一般に野外調査の必要な分野において、調査地点の位置情報および調査地点の属性情報を高精度に取得して、調査後にそれらの情報をデータベース化し、情報を共有したり後の調査に生かしたりすることは重要かつ有用である¹⁾。文化財科学においても、文化財の位置に関する情報は最も基本的なデータのひとつであり、国内のみならず国外の調査と資料のデータベース化においても、調査地点の位置を正確に記録することが求められる。

情報のデータベース化に必要となるのは、文化財の位置情報・属性情報を取得する作業だけでなく、それらの情報とともに表示することとなる基盤データとしての地図や衛星画像、DEM（デジタル標高データ）、およびデータを扱うための地理情報ソフトウェア、また、パーソナルコンピュータ、入力機器としてのスキャナ、出力機器としてのプリンタやプロッタなどのハードウェアである。地図は、近年、輸入地図を扱う会社やインターネットによる通信販売の利用により、世界各地の大縮尺のデータが入手しやすくなった。また、後述するように、民間利用を目的とした高解像度の衛星画像や、かつて軍事目的で撮影された衛星画像も入手可能となっている。また、これらのハードウェア、ソフトウェアも、性能が改善されるとともに価格も低下しており利用しやすい環境が整ってきている。

こうした状況のもとで、国際文化財保存修復協力センターでは、地理情報システムを利用し、外国での文化財の調査に関するデータの収集・整理および発信を行っている。ここでは、(1) 国際文化財保存修復協力センターで所有する地理情報システム関連の機器およびデータについての紹介と、(2) 特に現地調査のデータ処理についてPDAを用いた情報収集について報告し、今後の研究への展開を含めた議論のための資料とすることを目的とする。

2. データ取得に用いるソフトウェアおよびハードウェア

2-1. 地理情報ソフトウェア

地理情報システム（GIS）とは、「空間情報を作成、整理、管理、分析、表現および共有するための情報技術」である。このシステムを構築、運用するために、センターでは以下の地理情報ソフトウェアを用いている。

ArcView GIS 3.2（主としてデータベース構築に用いるソフトウェア）

アメリカのESRI社（<http://www.esri.com/>）の地理情報ソフトウェアである。日本ではESRIジャパン（<http://www.esrij.com/>）などが代理店になっており、日本語化もされている。ArcViewのファイル形式（シェープファイル）は地理情報システムの分野で用いられている他社のソフトウェアでもサポートされており、当該分野の事実上のスタンダードといえる。デジ

* 岡山大学理学部地球科学科

タル化された地図を用いて、調査現場の位置情報や属性情報をデータベース化するために用いるだけでなく、データを利用した空間情報を解析するための機能が実装されている。ある研究に特化した高度な解析などのために機能をカスタマイズすることについては、同じESRI社のArcInfoと比較すると自由度は劣るが、Windowsソフトウェアに共通したプルダウンメニューによる操作によってデータベースを作成することができるため、ソフトウェア全体の操作が容易である。筆者らのデータベースは主として本ソフトウェアで作成されている。最新のバージョンは3.3であるが、現在当センターでは3.2を用いている。

ArcGIS 8.2

ArcView同様、アメリカのESRI社の地理情報ソフトウェアである。ArcViewの後継のソフトウェアであるが、ArcView 3.2で作成された個々のデータ（シェープファイル）を読むことはできるものの、データベースは直接読み込むことができず、操作性も異なり、完全な上位互換ではない。むしろArcInfoの流れを受け継ぐソフトウェアであるといえる。ArcViewと比較すると、異なる測地系・投影法のデータを同一のデータベース内で用いることができたり、出力についても地図の印刷範囲を経度・緯度の値を入力することによって決定できるなど、豊富な機能を備えている。画像処理・リモートセンシングソフトウェアERDAS IMAGINEのファイル（後述）との親和性にも優れており、今後は利用頻度が高まると考えている。後に紹介するPDA用の地理情報ソフトウェアArcPadで利用するための基礎データを作成するのに用いられる。ArcView 3.2でもArcPad用の地図データを作成することは可能であるが、本ソフトウェアの方がより互換性の高いデータの作成が可能である。

ERDAS IMAGINE 8.6（画像処理のためのソフトウェア）

アメリカのライカジオシステム社（<http://gis.leica-geosystems.com/>）の画像処理・リモートセンシングソフトウェアで、日本の代理店はESRIジャパンである。日本語化はされていない。

このソフトウェアは、紙地図やネガで提供されている、航空機などで撮影された空中写真や人工衛星が撮影した衛星写真を用いて、画像処理の機能によって土地利用や植生など地上の状況の解析や、未知の遺跡の発見などのリモートセンシング解析を行うことが可能である。また、紙地図やネガで提供された地図や衛星写真などをデジタル化した画像に、緯度・経度、投影法などの位置情報を与えて地理情報システムソフトウェアで利用できるようにする機能も有する。

さらに、IMAGINEの機能を拡張するためのモジュールであるOrthoBASE Proを導入することによって、写真測量の機能を追加できる。これにより、空中写真や衛星写真に対して幾何補正（既知の位置情報を用いた衛星と地表との位置関係から生じるゆがみの補正）・オルソ補正（位置情報として高さも加えることによる山などの倒れこみの補正）を行って、最終的には独自に地形図を作成することが可能である。このような地図は、発展途上国など地形図が整備されていない国や、地形図は存在するものの公開されていない国もあるので、GISの基本データとして重要である。

2 - 2 . ハードウェア

2-2-1 . 研究室内で用いる機器

現地調査前の準備、および調査後のデータ処理のために上記のソフトウェアを導入している機器は以下の通りである。

コンピュータおよびワークステーション

1990年代はじめのGISの黎明期には、地理情報システムの構築には高性能・高価格の大型コンピュータあるいはワークステーションを必要としていた。しかし、ソフトウェア・ハードウェアの性能の向上により、現在ではパーソナルコンピュータでの利用が可能である。ここでは、コンパック（現：日本ヒューレット・パカード）<http://www.hp.com/jp/>）のProfessional Workstation SP750（Windows NT 4.0 SP6）を用いている。プロセッサはPentium Xeon 733MHz、メモリ512MBを搭載している。ディスプレイは21インチCRTモニターを用いており、広範囲の画像を表示することができる。



写真1 ワークステーション（EX700 E250）

さきに述べた衛星画像などのファイル要領は、1枚400MB程度と大きい。こうしたデータの解析には、作業の過程での中間ファイルの作成なども考慮すると、大容量のデータ保管装置が必要である。当センターでは、データの保管およびネットワークを介したデータのやりとりのためにワークステーションを用いている。機種は東芝（<http://www.toshiba.co.jp/>）のUNIXサーバEX7000 E/250である。ワークステーションを用いると、大容量のデータを高速で扱うことが可能である。

入出力機器

GISに必要なデータの入力や解析結果の出力のために、当センターでは以下のような機器を用いている。

データ入力機器

大判スキャナ

紙に印刷された地図をデジタル化するために用いる。当センターでは、グラフテック社（<http://www.graphtec.co.jp/>）のCS1000eNを用いている。600dpiで最大A0の図面をスキャンすることが可能で、大判の地図を分割することなく一度にラスターデータとしてデジタル化するのに役立つ。ネットワークに対応しており、複数のパソコンから使用することも可能である。階調が白黒256階調、カラーでは256色とフルカラーではないものの、地図の場合は使用されている色の数が一般に数色と少ないので、実用上問題はない。



写真2 デジタイザ（Drawing Board）

デジタイザ

紙に印刷された地図をコンピュータ上に取り込んだ画像に、地図に印刷されている緯線や経線にもとづいた空間情報を与えるための機器である。当センターでは日本

オセ株式会社 (<http://www.ocejapan.co.jp/>) のDrawing Board を用いている。このデジタルはA0までの地図を扱うことが可能である。カーソルと呼ばれる機器を用いることにより、マウスよりも正確に地図上の特定のポイントを指示することが可能で、また、ポイント同士の絶対的な位置関係を示すことができるので、ベクタデータの正確な位置情報の取得には不可欠である。

データ出力機器

プロッタ

図面データを出力するための装置である。大判の用紙が使えるので、プレゼンテーションに用いるのに有用である。当センターでは、日本ヒューレット・パッカー社 (<http://www.hp.com/jp/>) のDesignjet 1050Cを用いている。本機種は、最大A0の用紙に出力が可能で、また、長尺印刷も可能である。紙の種類は一般的なインクジェット用の用紙のほか、写真の出力に適した光沢紙も使うことができる。印刷例として、センターにバーミヤン地域の衛星写真を展示してある。



写真3 大判スキャナ(左, CS1000eN)およびプロッタ (Designjet 1050C)

2-2-2. 調査現場で用いる地理情報システムツール

GPSレシーバ

汎地球測位システム (Global Positioning System : GPS) は、調査地点の緯度・経度などの位置情報の取得に今や不可欠ともいえる機器である。最低4つの衛星を利用し、それらと受信機との距離の差から三角測量の原理で地球上の位置 (緯度・経度・標高) を導き出す。

GPSの精度は、価格が数万円程度の普及型の場合、水平方向におよそ10mである。この値は、縮尺が1 : 25000の地図上に調査地点の位置をプロットした場合0.4mmとなり、地図が描かれる線の太さ程度である。縮尺1 : 1000の地図は調査に用いる可能性のある中で最も大縮尺の地図のひとつであるが、この場合、図面上でのずれが1cmになる。しかし、これでも地点を表すマーク1個分程度のずれにおさまることになり、地図上に調査地点をプロットするという目的で



写真4 GPS (GPS65EZ (左), CFGPS2)



写真5 測量精度認定済みのGPS

あれば、十分実用に耐える。ただし、このタイプでは垂直方向の誤差は水平方向の10倍程度なので、信頼できる標高値を得られないことに留意する必要がある。

当センターで現在、調査で用いているのはエンペックス (<http://www.empex.co.jp/>) 製のポケナビGPS65EZおよびアイ・オー・データ機器 (<http://www.iodata.co.jp/>) 製のCFGPS2である。前者はスタンドアロンでの利用と、デジタルカメラやパソコンと接続しての利用が可能である。後者は接続部分がCFカードの形状で、パソコンやPDAのカードスロットに接続して用いる。

なお、地図作製のための測量を目的として、正確な標高値や、水平方向の誤差数cm程度の正確な位置情報を得るには、価格が数百万円程度の測量精度の認定を受けたGPSを用いる必要がある。

PDA

GPSにより取得したデータとともに、現地で属性情報を入力・管理・表示するGISの機器として、携帯型情報端末 (Personal Data Assistant : PDA) が最近利用できるようになった。PDAには大別してPalm Computing社によるPalm OSを搭載したものと、Microsoft社のPocket PCを搭載したものがある (このほかにも独自のOSを用いたZaurusなどがあるが、ここでは紹介しない)。今回用いたのはPocket PCを搭載した東芝製Genio 550Cである。この機種を選定したのは、Pocket PC対応のPDAに搭載する地理情報ソフトウェアとしてESRI社製のArcPadが開発されたこと、Pocket PCにはPocket ExcelやPocket Wordなどが搭載され、デスクトップパソコンのソフトとのデータ連携が容易なこと、35万画素のデジタルカメラを内蔵しており、属性情報とのひとつとして画像を同時に取得することが可能で、現地調査で用いる機器の数を減らすことが可能であるためである。

ArcPadは当初英語版のみであったが、本年 (2003年) 日本語版が発売された。このソフトウェアは、GPSを接続したPDA上で動作し、現地で取得した位置情報を属性情報とともにその場で入力・データベース化することで、あらかじめPDAに取り込んでおいた電子地図上に表示することが可能である。従来からデスクトップパソコンで用いている同社の地理情報ソフトウェアとのデータ連携が容易であり、調査前後のデータ整理の労力が軽減される。たとえば、ArcView GISやArcGISにArcPadのモジュールを組み込むことにより、ArcViewなどで用いているデータをArcPad用書き出すことが可能であるし、ArcPad上で取得・処理したデータもArcViewなどで利用することができる。



写真6 PDA (Genio 550C)

デジタルカメラ

調査現場の画像情報を取得するために、本来カメラは不可欠なものである。デジタルカメラで撮影され、Exifフォーマット (一般的な画像ファイルであるjpegの一形式) で保存された画像データには撮影日時などの情報が含まれているが、一部の機種デジタルカメラでは、GPSを接続することによりこれらのほかに位置情報を記録することが可能である。センターでは、



写真7 デジタルカメラ (DS-330)

富士写真フィルム株式会社 (<http://www.fujifilm.co.jp/>) 製のDS-330を用いている。このカメラは130万画素と現在ではスペックに見劣りがするが、サービス版程度の写真であれば実用に耐える画質である。カメラに先述のGPS65EZをケーブルで接続することにより、画像データとともに位置情報を保存することができる。

3. 現地調査のための準備

3-1. 位置を示すための画像の入手

現地調査に先立って、独自に構築するデータを表示する基盤となる地図や衛星画像を入手しなければならない。このような画像はデータの形式により、ベクタ(ベクトル)データとラスタデータに大別される。ベクタデータは、線分の長さや向きによって画像を表現する。世界を網羅したベクタデータには、たとえば、ESRI社製のDigital Chart of the Worldがあり、当センターでも購入、使用している。このデータは、世界各地の海岸線や河川、湖沼、行政区画、大都市の位置などを表示する。比較的データが軽い特徴がある。一方、ラスタデータはひとつひとつの画素(ピクセル)の色の情報によって、全体として画像を表現している。紙地図をスキャンした画像や、衛星画像などがこれに分類される。比較的詳細な表現が可能である。

PDAを利用した野外調査では、CPUの処理速度がパソコンに比べて遅いため、データ量が小さいベクタデータは表示が早く利用しやすい。しかし一方で、最近利用できる衛星画像は高精細なため、現地での位置の確認にも役立つ。以下に、地理情報の分野で利用が進んでいる代表的な衛星画像とその特徴を示しておくこととする。

イコノス(IKONOS)

アメリカのSpace Imaging社(<http://www.spaceimaging.com/>)が販売している高精細衛星画像である。日本では、日本スペースイメージング株式会社(<http://www.spaceimaging.co.jp/>)が取り扱っている。イコノスという人工衛星によって高度700kmのところから撮影されたデジタル画像で、パンシャープン(カラー)またはパンクロマティック(白黒)画像の場合、解像度は最高60cm、平均1m程度で、民間利用が可能な衛星画像では解像度が最も高いもののひとつである。フルカラーで鮮明な画像が得られるため、たとえば植生が少ない乾燥地帯などでは、未知の小規模な遺跡の探査にも利用できる。UTM、WGS84の座標系でデータが提供されているが、最も安価なデジタルジオ画像の場合、補正は地球の丸みによるゆがみを補正する幾何補正のみで、また、水平誤差は数mから高地などでは最大100m程度になるため、厳密には位置精度は保証していない。デジタルジオ画像の価格は、外国のデータは1km²あたりの単価が8,000円で、最小購入単位は121km²であるため、最低でも100万円近い金額になる(日本国内の



図1 イコノス画像(アフガニスタン・バーミヤン遺跡付近 日本スペースイメージング)

画像の場合には最小購入単位は25km²である)。また、この価格はライブラリー画像とよばれる、過去に撮影された画像の価格であり、特定の日付や季節の画像が必要な場合など、新たに撮影を依頼する場合には別に40万円の撮影料を必要とする。

イコノスの画像を注文する場合の最も簡単な方法は、日本スペースイメージングに画像を入手したい地点の緯度経度および範囲を連絡し、検索範囲の画像のプレビューファイルを送付してもらい、必要な情報が含まれているかどうかを確認する方法である。また、購入するかがまだ不確実な場合など、自分自身で検索を行いたい場合は、Space Imaging社のサイト CARTERRA Online (<http://carterraonline.spaceimaging.com/>)で氏名や所属などを登録(無料)した上で検索を行い、どのような画像が撮影されているかを確認することも可能である。ただし、注文は日本スペースイメージングに行くこととなる。

スポット (SPOT)

フランスのSPOT Image社 (<http://www.spotimage.com/>) が販売している、SPOT衛星によって撮影された画像である。現在運行されている衛星はSPOT 2号、4号、5号で、解像度はSPOT 5号の画像で最大2.5mである。解像度は上記のIKONOSに比べて落ちるものの、解像度10mのモノクロ画像では価格は60km×60kmで280,000円と、広範囲の画像をより安価に購入することが可能である。



図2 スポット画像(パーミヤン周辺 Spot Image)

スポットの画像は日本では現在、フランスのSpot Imageと株式会社イメージワンとの合併会社である東京スポットイメージ株式会社 (<http://www.spotimage.co.jp/>) が販売している。センターでは、CRCソリューションズ (<http://www.crc.co.jp/>) から購入した。ただし、CRCソリューションズのウェブサイトに記載されているのは幾何補正などが済んだ日本国内を撮影した画像に関することのみなので、個別に問い合わせが必要である。

画像の検索は、SIRIUS (<http://sirius.spotimage.fr/anglais/welcome.asp>) という検索サイトから行うことができる(無料のユーザ登録が必要)。

コロナ (CORONA)

1960年～1972年にアメリカの偵察衛星であるコロナ (CORONA) から撮影された画像で、撮影当時は最高機密の画像であったが、冷戦時代の終焉に伴い1995年以降ネガ、ポジ、紙焼きで一般に販売されるようになった。アメリカ地質調査所 (U.S. Geological Survey (USGS)) が販売しており、USGSのウェブサイト (<http://edcsns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/>) から画像の検索、注文が可能である²⁾。

コロナの画像は、上記2つの衛星画像データとは異なり、撮影された状態のままのいわば生データで、GIS上で利用するには最低でも幾何補正が必要である。そのため、幾何補正の基準となるような大縮尺の地図が存在しない地域では、実際に現地を訪れて位置情報の取得を行わない限り、精密な解析は難しい。また、本来、軍事目的で撮影された画像であるため、1960年代当時にアメリカが軍事上の関心を持っていた地域、特に東欧とアジアの画像が中心であり、

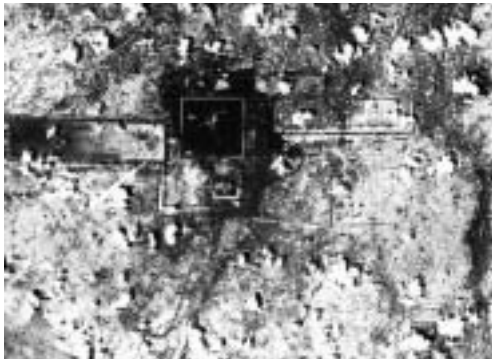


図3 コロナ画像
(カンボジア・アンコール遺跡)

地域によっては画像が撮影されていない。さらに、撮影後30年以上が経過しているため、写真で見る状況と現在の状況とが異なる場合もある。しかし、近年の開発を経る以前の地形や植生、建造物等の状況がわかることは逆に利点ともいえる。また、解像度はスポットの10mよりは高く撮影時期によって6, 9, 25ft (約1.8, 2.7, 7.6m)の3種類で、最も多いのは2.7mのものである。さらに、価格は1枚あたりネガで18米ドルと他のデータに比べて低価格であり、利用しやすいデータであるといえる。なお、1枚

のフィルムは2.18in × 29.8in (約55mm × 757mm)で、撮影範囲は年代により異なるが最も枚数が多いのは10.6mi × 144mi (約17.1km × 231.7km)のものである。

注文の手順は次の通りである。画像注文のための検索サイトであるEarth Explorer (<http://edcscns17.cr.usgs.gov/EarthExplorer/>)からGuestでログインすると、Data Selectionという画面になる。検索範囲は地図(Define on Map)、緯度経度の数値(Enter Coordinates)、および地名(Enter Place Name)の3つの方法で指定することができる。また、データセット選択(Data Sets Selection)から、データの種類を選択し条件にあてはまる画像を検索することができる。コロナの場合は、Declassified Satellite Imagery-1 (1996)にチェックを入れる。この分類項目を選択しただけではコロナの画像には限定されないため、次に表示される画面のデータセット(Data Sets)の項目で、追加の検索条件(Additional Search Criteria)をクリックし、ポップアップウィンドウのメニューから、フィルムの種類(Film Type)を70mm Panoramicに指定し、OKをクリックして元の画面に戻る。またこのとき、画像を確認するためにプレビュー画像の有無(Image Preview Availability)をYesにしておく。撮影期間の項目は、通常は特に指定する必要はない。結果表示数の制限(Result Restrictions)は初期値が10なので、50や100など多めに設定し直して検索を行う。すると、Result Summaryの画面になるので、Data SetのDeclassified Satellite Imagery-1 (1996)をクリックし、結果を表示させる。結果表示のPreview ImageのShowをクリックすると、細長いフィルムのプレビュー画面が表示される。ここで、雲が多いどうか、画像が暗すぎないかなどの撮影状態を確認することが可能である。また、複数のプレビュー画面をプリントアウトしてつなぎ合わせると地図との照合が容易になり、必要なデータが含まれているかを確認しやすい。ここで、Camera Typeの項目に、AFTとForwardの2種類があるが、これはカメラの撮影角度の違いを表している。画像の立体視を行う予定がある場合には、同一撮影日のAFTとForwardの画像を組み合わせる必要がある。どの画像が必要なのかがわかったら、必要な画像のOrder Qty(注文)にチェックを入れて、Add Selected Items to Shopping Basketをクリックする。画像の種類は後に紙焼き作成やスキャンなどさまざまな作業が可能であることを考慮すると、ネガがよいだろう。決算はクレジットカードで行う。発送は、20米ドルでUSGSに任せることもできるが、フェデックスやUPSなどの運送業者のアカウントナンバーを持っていれば、より早く確実に届けてもらうことができる(ウェブサイトには、USGSに依頼した場合、品物が届かなくても補償が受けられないとの記載がある)。東京文化財研究所のある東京都台東区上野公園の場合、発送から2日程度で届く。注文してからフィルムが手元に届くまでの日数は、早いときで約10日間であった。



写真8 PDAに衛星画像と地図を表示したところ（アンコール遺跡）

3 - 2 . 地図のPDAへの書き出し

Digital Chart of the Worldや、緯度経度や投影法などの空間情報がすでに付与されているイコノスなどの衛星画像の場合は、ArcViewやERDAS IMAGINEを用いて必要な範囲のデータを切り出すだけで利用可能である。しかし、紙に印刷された地図や、ネガでデータが提供されるコロナ衛星の画像の場合は、画像をスキャンしてコンピュータに取り込み、空間情報を与える幾何補正の作業が必要である。当センターでは、位置情報を付与するのにERDAS IMAGINEを利用している。写真8は、PDAで利用できるGISソフトウェアのArcPad6.1上にアンコール遺跡付近の地図と衛星画像のデータを表示した例である。

空間情報を付加したGISで利用できる画像が作成できたら、ArcViewやArcGISのArcPad Toolsを利用して、ArcPadで利用可能な地理情報データベースとして書き出し、PDAにコピーしておく。

4 . GPSによる調査地点の空間情報の取得

現地で調査地点の空間情報を取得する方法として、センターでは次の2つの方法を用いている。これらにはそれぞれ長所があり、調査の内容に応じて使い分けることが可能である。

4 - 1 . デジタルカメラを用いた方法

一部のデジタルカメラは、GPSと接続して撮影時に位置情報を画像データの中に取り込むことが可能である。過去の調査では、デジタルカメラとして富士フィルム製DSC-330を用いた。この機種は購入（1999年）当時、普及型のデジタルカメラではGPSと接続できるほとんど唯一のものであった。

このカメラを専用のケーブルでGPSと接続し、NMEA形式で送られたデータを写真撮影時に日付や撮影条件などのデータと同様、衛星から取得した位置情報を画像とともにExif形式（JPEGとほぼ同じだが、画像データに属性情報を記録したもの）で保存する。取得した位置情報は、吉本龍司氏作成のフリーソフトウェアExifReader（<http://www.takenet.or.jp/ryuuji/>）などで読み出し、csv形式で保存することが可能である。このデータをMicrosoft Excelに取り込んでdBASE形式で保存し、ArcViewのテーブルとして取り込むことにより、GISで扱えるポイントデータとなる。撮影した画像は、縮小してTIFF形式に変換・保存し、ポイントデータとの間でホットリンクを設定することにより、ArcViewから当該位置に関連づけられた画像として呼び出すことが可能である。この方法は、写真撮影と同時に空間情報を自動的に記録することができるので、現場で行う作業は写真を撮ることだけであり、また、調査地の画像と空間情報とを関連させて管理することが容易である。ただし、調査地点の名称などの情報はフィールドノートなどの別の媒体に記録しておく必要がある。

4 - 2 . PDAとGPSによる方法

2003年9月に、タイおよびカンボジアにおいて現地調査に関する情報を東芝GENIOおよびアイ・オー・データ製GPS（型番CFGPS2）を用いて取得した。このGPSの測地系は初期設定で

はTOKYOであるので、ユーティリティソフトを用いてWGS84に変更することが必要である。GISソフトウェアはArcPad6.1で、カンボジアについてはあらかじめ地図データを登録しておいた。地図は、日本の国際協力事業団（現・独立行政法人国際協力機構（JICA））が作成したカンボジアのアンコール遺跡保存に携わる国の機関であるカンボジア政府アンコール・シエムリアップ地域保護管理機構（Authority for the Protection and Management of Angkor and the Region of Siem Reap（APSARA））に納品した1：5000の地図データで、測地系をWGS84に変換したものを用いた。タイについては、大縮尺の地図が入手できなかったため、白紙のファイルに現地で取得したデータを入力した。

このときは、調査地点の情報をポイントデータとして記録するためのシェープファイルを現場で作成した。各レコードの属性はポイントの名称、調査日、撮影した写真のファイル名の3種類と比較的少なかったため、その場でも作成が可能であった。しかし、より多くの種類の属性を記録する必要がある場合は、あらかじめArcViewやArcGISでポイントデータの属性ファイルを作成しておく必要があるだろう。PDAでは画面の下方に仮想キーボードを表示させ、スタイラスペンでタップすることで文字を入力できる。PDAでは日本語、漢字変換も可能で、GPS単体でGPSのメモリに情報を記録したり、あるいはデジタルカメラのイメージに空間情報を記録する場合に比べ、より多様な情報を現場で記録することが可能である。



写真9 PDAによる位置情報の取得（カンボジア・タネイ遺跡）

5．調査後のデータ整理

5 - 1．地理情報ソフトウェアによるデータの整理，プレゼンテーション

上記のような手段をもって、調査前準備および調査現場で取得したデータは、調査後にそれぞれの目的・課題に応じてArcViewやERDAS IMAGINEでデータの編集および解析を行い、場合によっては国内外の関連調査機関へデータの配布を行っている。

5 - 2．データの共有

地理情報データはレイヤ（層）として1つのデータベースに重ね合わせて作成できるので、調査回数を重ねるごとに、また、資料が増えるごとにデータを追加していくことで、同一地点での調査に関する情報を一括で管理することが可能である。地理情報システムの技術は、発展途上国でも次第に利用が進んでおり、当センターで行っている海外調査でも外部の研究者との地理情報データの共有が図られている。その際には、地理情報データ専用の無料閲覧ソフトを介する方法と、地理情報データを専用サーバーに登録してインターネットを通じて公開する方法がある。当センターでも、この両方の手段で海外の研究協力者とデータの共有化を実践している。

まず、地理情報データ専用の無料閲覧ソフトとしてArcViewやArcGISのデータベースを閲覧するためのソフトウェアには、ESRI社のArcExplorerがある。ArcExplorerは、ESRIジャパンのウェブサイト（URL：<http://www.esri.com/products/arcexplorer/index.shtml>）から無料でダウンロードして入手することが可能で、自分で作成したGISデータとともにCD-ROMにコ

ピーするなどして再配布することもできる。このソフトウェアでは、データを追加するなどの編集作業はできないものの、表示するシェープファイルを選択したり、色や線の太さなど属性を変更したりすることが可能で、また、変更の結果を地理情報データベース（プロジェクト）として保存することが可能である。現在ダウンロードできる日本語版の最新バージョンは4.0.1である。

次に、地理情報データを専用サーバーに登録してインターネットを通じて公開する方法であるが、当センターではESRI社のサーバーソフトウェアであるInternet Map ServerをLAN機械室にて試験運用している。このサーバーに接続することにより、クライアント側のPCに特別のソフトウェアがなくても標準的なインターネットブラウザだけで地理情報データベースの閲覧が可能となる。実際には、データのインターネット公開を行う際には、独自に作成したデータベース以外の地図や衛星画像の著作権の問題が発生する。現状は、この制約によりまだ十分に公開データベースの構築は完了していないが、関係機関との協議もはじめており、将来は文化財保存や修復事業に関するデータベース公開を予定している。



図4 ArcExplorer上に表示したアンコール遺跡の地図

6. まとめ

文化財の調査研究においても地理情報システム（GIS）の技術の利用が進み、当センターも必要な機器やソフトウェアの整備を行いながら運用体制の確立に努めてきた。文化財について、その所在地情報は最も基本的な情報の一つであり、属性情報とあわせた統合的なデータ管理は不可欠なものといえる。また、今後の調査研究においては、成果の社会への還元という立場から、インターネットなども活用した情報の整理や統合や、わかりやすい視覚的なプレゼンテーション技術もいっそう重要となる。文化財の情報を地図情報に重ねて理解しやすい形で提供し、ユーザーが必要な情報の検索を可能とする地理情報システムは、これからのグローバル化を見据えた文化財科学には重要なツールとなるであろう。

一方、地理情報システムの運用についてはいくつかの課題もある。例えば、一般のユーザーを含んだデータ利用者のニーズに応えるためには、新規データの取得や解析のような研究作業だけでなく、既存データベースの保守作業も必要となり、かなりの労力（時間）を割かなくてはならない場合がある。また、地理情報システムの運用に必要なハードウェア・ソフトウェアの保守費用も高額である。

地理情報システムの運用にあたっては、その対費用効果に関する評価を綿密に行いながら、目的に応じた計画の立案・遂行が必要となる。世界の文化財保存に関する国際協力の中で、国際文化財保存修復協力センターの果たすべき役割を考えながら、地理情報システムによるデータベースの作成および文化財に関する情報の収集・整理・発信を有効に行う体制を構築すべきである。また、この技術を当センターのみならず、所内の多くの方に利用していただけるようなシステムとして構築することも課題のひとつであり、本稿がその一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 加藤哲：2.14 携帯情報端末 (PDA) を用いた現地調査支援システム．空間情報技術の実際，社団法人日本測量協会，207 - 213 (2002)
- 2) 熊原康博，中田高：発展途上地域における米軍偵察衛星写真の地形学的研究への応用．地誌研年報，9，広島大学総合地誌研究資料センター，pp.129 - 155 (2000)

キーワード：地理情報システム (geographic information system (GIS)); 野外調査 (field survey); 衛星画像 (satellite images); 携帯型情報端末 (personal data assistant (PDA)); 汎地球測位システム (global positioning system (GPS))

Method for Application of GIS and Construction of Database for Field Study on the Conservation of Cultural Properties

- A Case Example at the Japan Center for International Cooperation in Conservation -

Yoko FUTAGAMI and Takashi KUMAMOTO*

It is important and useful to obtain spatial information about specific sites in order to construct databases on the locations and other attributes of the sites so that information may be shared and utilized in future studies in fields such as archaeology or geography. For the scientific study of cultural properties, positional information associated with cultural properties is one of the primary information, and we are obliged to record the locations of the sites accurately for making databases about investigations conducted in foreign countries as well as in Japan.

However, obtaining positional information is not the only requirement for constructing databases. Maps and satellite images to serve as base map data, geographic information system (GIS) software to treat digital elevation model (DEM) and other spatial data, as well as hardware like personal computers, image scanners, printers and plotters are also required. Recently we can purchase large-scale maps of many places in the world from domestic and overseas retailers via Internet. High-resolution satellite images for civilian use and satellite photos taken for military use in the past are also available now.

Under the circumstances mentioned above, the Japan Center for International Cooperation in Conservation (JCICC) uses GIS to conduct collection, arrangement and dissemination of data on investigations of cultural properties abroad. In this paper, we (1) introduce the apparatus for GIS and data available at JCICC and (2) report about collection of spatial and other information by using PDA and GPS at the sites for use in future studies.

We use ArcView GIS 3.2 and ArcGIS by ESRI for the construction of GIS database, and ERDAS IMAGINE for remote sensing studies and image processing. For utilizing these softwares, we have personal computers, a workstation, a plotter and a digitizer. Regarding the data, we obtain satellite images taken by IKONOS, SPOT and CORONA.

For the field studies, we use Global Positioning System (GPS) receivers connected to a digital camera or a Personal Data Assistant (PDA) with GIS software for PDA, ArcPad. These two methods have their own merit. Digital cameras can store spatial information at the same time images of the sites are taken. If recording attribute data other than spatial data is desired, PDAs are superior to digital cameras because attribute data are input in the databases installed in a PDA on site.

* Department of Earth Sciences, Faculty of Science, Okayama University

When planning and implementing the operation of GIS, frequent evaluation of cost performance is necessary. Considering the role of JCICC, we must construct a framework for effective collection, management and dissemination of information by GIS database for international cooperation on conservation of cultural properties in the world. We also consider it our duty to enable the utilization of the system not only by our Center but also by other sections in the Institute and hope this paper will be useful for that purpose.