

文化財調査での GIS の利用

永恵裕和（兵庫県教育委員会）

Using GIS in the Investigation of Cultural Heritage

Nagae Hirokazu (Hyogo prefectural education board)

・ QGIS / QGIS ・ 分布図 / Distribution map ・ 曲率図の利用 / Curvature
・ スマートフォン / Smartphone

1. 文化財調査における GIS の利用

文化財分野での GIS の利用形態として、昨年度の研修では次の2つに分類されている（森本2019）。すなわち、①基幹システムとしての電子地図の利用、②研究用の道具としての利用、である。

2つの利用形態のどちらも、当初は実際に稼働するハードウェアやソフトウェアの費用や習熟に必要な時間がかかり、たとえそれらが達成出来たとしても、解析の基礎データとなる背景データが未整備・未公開であったため、かつては一般的ではなかった。

しかし、2010年代においては、個人用PCの高機能化やインターネット環境の整備、国や地方公共団体による様々なデータの公開が進んだ結果、「考古学研究にGISを利用することが、もはや特殊ではないという状況となっている」と評価している（森本同上）。

現在では、この状況を踏まえて、①②ともに応用可能な方法や実践が求められている。

2. 本講習の射程

（1）目的はGISで図面を作ること

本稿の射程は、業務においても研究においても、誰でも使用可能なGISを使った事例の提示である。3日間の研修内容を踏まえて、文化財調査でのGISの利活用という視点で、できることを提示する。その際に留意したことは、誰もが使えるデータとソフト

で、できるかぎり習得が難しくない方法である。

受講者それぞれの職場において航空レーザー測量を実施すること、あるいはその成果から赤色立体地図を作成することは、必要な予算さえ確保できれば作成可能である。また、研究を進める上で、作業のための時間を投下することができれば、RやPython等でプログラミングし、解析を実施することも可能である。しかし、そういったリソースの投下を日々の業務とあわせて行うことは現実には難しい。なぜならば、（筆者も含めて）我々はGISを使いたいのではなく、GISを使って（なにか必要な）図面を（できれば簡単に）作りたいからである。

（2）ほしい図面は自分で作るしかない

赤色立体地図は、近年、文化財保護行政において、遺跡の地形表現として取り入れられている表現である。等高線による地形図と異なり、地形の凹凸を面として表現することに特化している。

赤色立体地図は、2012年に発表された榎原考古学研究所による箸墓・西殿塚古墳の調査で、考古学や埋蔵文化財行政において、初めて実装された。従来の等高線を用いた図や、陰影をつけた「絵」でしか表現できなかった微細な地形を2次元で表現することが可能となった。（榎考研・アジア航測2012）。

この発表後、文化財調査の測量において、赤色立体地図は一種のトレンドとなり、各地の遺跡で赤色立体地図の作成が進んでいる（兵庫県内では、洲本市・淡路市・宍粟市・西宮市・姫路市等で作成され

ている)。

一定の標高値毎の水平方向の地形の輪切りを重ねた等高線図と認識結果の表現である遺構平面図に依らない地形表現や遺構表現の方法が新たに確立したことは発掘調査に先立つ予備調査の充実を促した一方で、赤色立体地図が万能ではないことにも注意が必要である。

赤色立体地図は、富士山青木ヶ原樹海の調査を行う際に、等高線では判読できない細かな地形を表現するために、開発された地形表現方法と作者である千葉達朗氏が明かしている(千葉2017)。

つまり、赤色立体地図は本来、いまある地形を詳細に分析するために、微細な地形情報を表現する手法として登場したのであり、文化財調査では地表面に顕在化している遺跡を捉えることができるものとして、いわば赤色立体地図の成果に「乗かった」状態である。あくまで赤色立体地図から見えるのは、微細な遺構の凹凸の表現であり、等高線図と遺構平面図で表現していた遺構図を、詳細な地形表現に置き換えようとしているものにすぎない。

微細な地形の凹凸が一目瞭然となる一方で、標高が直感的にわかりにくいと、たとえば山中に広域に広がる城館跡のような遺跡の場合、それぞれの曲輪間の比高は明確に表現出来ず、赤色立体地図に等高線を加えることで、比高を表現することとなる。

このように、1つの方法を用いたからと言って完全な情報の取得になるわけではなく、知りたいものを見て、知るためには、その目的に合わせた方法の取捨選択が必要である。

これは、従来の平面図や等高線図でも同様である。これまでも事前の測量調査や発掘調査といった考古学の成果を2次元で一定の測量ルールに基づき表現するために、平板測量やオフセット測量、遣り方測量など、他の分野から手法を取り入れられてきた(山本1985、網・内田2005、恵谷ほか2014)。その点においては、ソフトウェア・ハードウェア双方で高性能化が進んでいる近年、GISを文化財調査でも取り入れることが、特殊な技術ではなく、誰もが業

務・研究に関わらず使用できる技術になっている。

(3) データがないとなにもできない

GISは地理データを用いて図面を作成するため、背景地図となるDEMやDSM、道路幅や建物規模などのデータがなければ、図面の作成が行えない。

これまで、イラストレーター等で図面を作成する際には、既存の地図等を再利用する、あるいはトレースすることで各種の図面を作成していたが、GISの場合は、地図そのものを扱うソフトであるため、データそのものを用意する必要がある。

令和元年度段階で、これらのDEMや道路などのデータは、国土地理院と国土交通省国土政策局GHIS、そして、兵庫県が公開しているデータがある。

国土地理院では、基盤地図情報として、2019年現在で、数値標高モデルでは5mメッシュDEM、10mメッシュDEMが、基本項目では道路や建物などのデータが無料で公開されている。国土交通省国土政策局では、都道府県域や市町村域を示すデータ等の行政に関する様々なデータが公開されている。

また、長野県、静岡県、岐阜県、兵庫県では、0.5～1mメッシュDEMを用いたCS立体地図のGeotiffの公開が始まっている。兵庫県では、2020年1月10日より、G空間情報センターにて、1mメッシュの航空レーザー測量データを、CS立体図・位置標高情報付き画像データ・DSM・DEMで公開をしている。また、アジア航測株式会社と国土地理院では、公開されている10mメッシュDEMをもとに赤色立体地図を発表している。

3. 使用する機材

筆者が使用しているPCは、NEC製LAVIE Direct PMでOSはWindows10home、プロセッサがIntel(R) Core(TM)i7-8565U@1.80GHz(8CPUs) 1.99GHzで、実装RAMは、16.0GB、GPUは、プロセッサ内蔵のIntel UHD Graphics 620である。

また、このPC以前に使用していたものは、同じくNEC製LaVieGZ、OSはWindows7home premium、

CPUはIntel(R)Core(TM)i7-3517U@1.90GHz(4CPU),
で実装 RAM は 4.0GB、GPU は、プロセッサ内蔵の
Intel(R)HD Graphics4000、である。

GISの利用となれば、高性能な処理能力をもつPC
を使用する必要性を感じるが、複雑な処理や3次元
データのより詳細な解析を行わないのであれば、十
分な能力がある。もちろん、演算処理には高性能機
に比べて時間がかかることや、ソフトが使用中に落
ちるといったこともあるが、それも扱うデータ種類
や作成する図面次第である。

位置情報の取得には、GARMIN製のetrex10Jと、
Apple社製のiPhoneSE内蔵のGPSを用いた。

次に、使用しているGISソフトは、QGIS2.18
“LasPalmas”である。2020年1月現在でのQGISの最
新版は3.6であるが、筆者は使用していない。背景
データとして常用している国土地理院基盤地図情報
数値標高モデルを変換するプラグインである、基盤
地図情報DEMインポーターが、QGIS3.xに未対応
であることが最大の理由である（2020年1月現在）。

4. 実践例

(1) 分布図の作成

従来、分布図の作成には、手作業でインスタント
レタリングを用いる、あるいはAdobe社のイラスト
レーター等の描画ソフトによって、読み込んだ背景
地図の上に点を配置することにより作成することが
多く、目的に応じて地図そのものを作り変えなくて
はならず、位置情報を表す点群を再度配置し直す必
要性があった。GISを利用することにより、背景地
図が変更となっても、容易に図面を作成し直すこと
が可能である。

ただし、位置情報で管理をするため、配置される
点の座標に真正性・正確性が求められる一方で、美
術工芸品や小さな石造物などで詳細な座標を公開し
たがために窃盗の被害にあうといった危険性がある
ことに留意が必要である。

図1は、兵庫県内に所在する国・県指定文化財の
うち、史跡名勝天然記念物と有形文化財（建造物）の

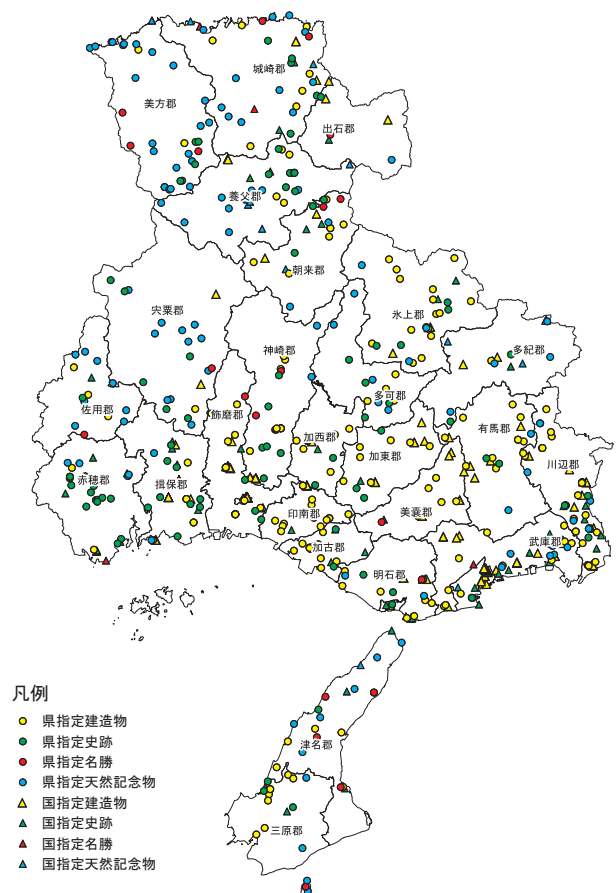


図1 兵庫県内の国・県指定史跡名称天然記念物及び有形文化財（建造物）の分布図

分布図である。背景地図として、県域と旧郡を線で
表し、郡名を付けている。国指定文化財は、国指定
文化財等データベース³⁾からCSVデータを出力し、
それをQGISのメニューバーにある「レイヤ」→「レ
イヤーの追加」→「デリミテッドテキストレイヤーの
追加」によって読み込んだ。

都道府県指定文化財は、平成26年度までの位置情
報付きのデータが国土交通省国土政策局の国土数値
情報ダウンロードサービスで公開されているSHP
ファイルを、QGISで読み込んだ。市町指定文化財
については、国指定、都道府県指定文化財のような
公開方法ではなく、各市町のウェブサイトで詳細な
位置情報を公開していない場合もあり、省略してい
る¹⁾。

【つくりかた】

- ・背景地図：国土交通省国土政策局の国土数値情報ダウンロードサービスの大正8年の行政区画から作成した、旧国・旧郡
- ・文化財位置図：国指定文化財等データベースから出力したCSVと国土数値情報ダウンロードサービスで公開されているSHPファイル

【応用編】

①で作成したデータをKMLファイルやSHPファイル形式でエクスポート・インポートすることで、対応するウェブGISやウェブ地図に搭載・表示が可能となる。

この作業により、室内でのPC上だけでなく、現地において対応するアプリ等があれば、踏査時にタブレットやスマートフォンで現在位置と各文化財の位置を確認することができる。また、自治体で運用している統合型GISといった運用基盤がなくとも、利用規約に沿う範囲において、データの公開を実施することができる。

今回の事例では、点群を扱ったが、QGISではPolygonの編集も行うことができるため、遺跡地図や史跡名勝天然記念物の指定範囲を図示することも同様に可能である。

(2) 立体図の作成

文化財のうち、記念物や埋蔵文化財の場合、その物件が所在している地点を含む周辺の地形の解析が必要不可欠である。

解析のうち、地形そのものを表現する方法として



図2 KMLで読み込んだ文化財マップ
(国土地理院「地理院地図」にKMLを読み込んだ状態)

従来は、等高線図を「読み込む」ことや微地形復元図を作成することで、周辺地形を2次元的に表現することが一般的であった。近年では前述のように、赤色立体地図やCS立体地図のような等高線に依らず地形そのものを、色彩を利用して面的に表現する方法が開発されている。このことは、LiDARなどの航空レーザ測量を用いた、より詳細な地形データの取得とその活用が背景にある。表現方法の精緻化は、詳細な標高値の取得によるDEMデータの高精度化に裏打ちされている。

ただし、前述の通り赤色立体地図やCS立体地図も万能ではない。両者ともに詳細な標高値を面的に表現することで微細な起伏を表現し得ているが、一方で地形全体の高低は表現しきれていない²⁾。

そこで、図3のような、詳細な地形の表現に加え、地形全体の高低を表すことを目的とした立体図を作成する。図の作成方法は、CS立体地図で考案されたものをより簡便にしたものである(戸田2014)。

この図により、明石城跡が北側と東側で陸続きであり、城外からは城域が見えない一方で、南側では長さ約300mの石垣が、西側では曲輪群が多層に配置されることが2次元で視覚的に理解することができる(永恵2019)。

【つくりかた】

- ・背景図：国土地理院基盤地図情報の数値標高モデルから、起伏指標図・曲率図

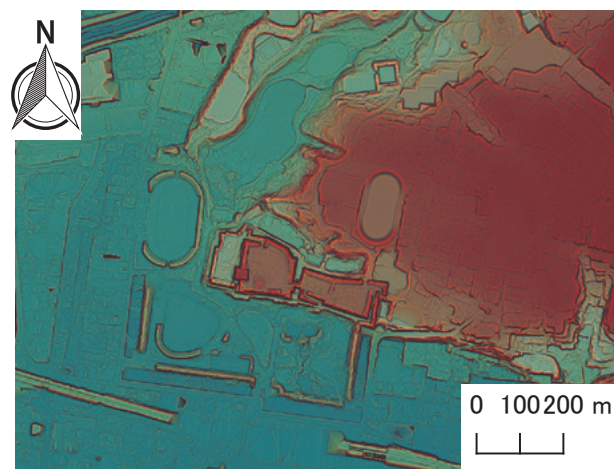


図3 国指定史跡明石城跡の立体図
(本図は「兵庫県_全域CS立体図/位置標高情報付き画像データ」の050F953と050F944使用した。)

(Longitudinal Curvature) を作成し、両者を標高値でカラー段彩した標高図に乗算する。起伏指標図は、QGIS の標準メニューの「ラスター」→「地形解析」→「起伏指標」から作成する。曲率図は QGIS に内装されている SAGAGIS の機能を、メニューバーの「プロセッシング」を呼び出し、「SAGA」→「Terrain Analysis-Morphometry」→「Slope, aspect, curvature」を選択し、作成する。

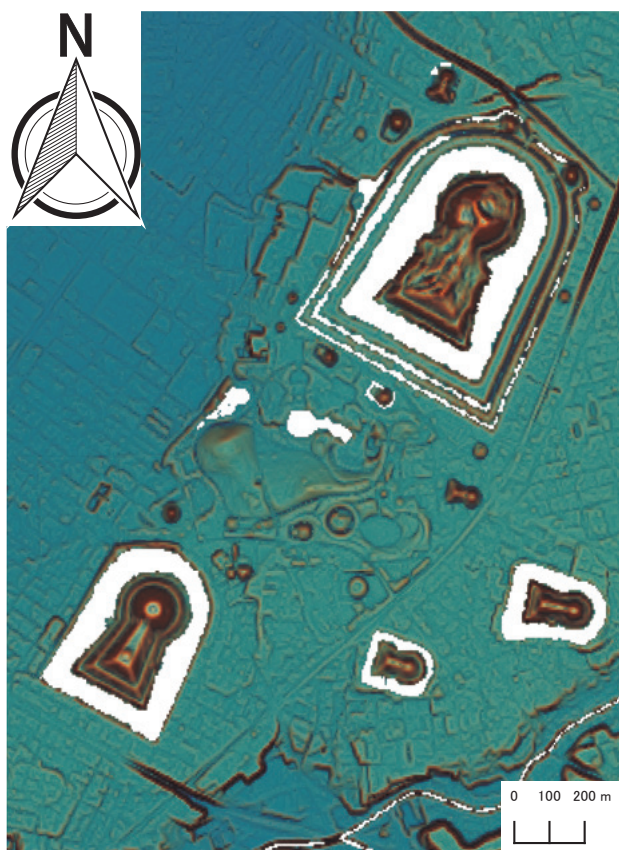


図4 百舌鳥古墳群の立体図
(国土地理院基盤地図情報数値標高モデル FG-GML-5135-63-DEM5A を使用)

【応用編】

城郭以外にも、古墳でも、この立体図は有効である。図3は、堺市所在の百舌鳥古墳群の立体図である。大山古墳・ミサンザイ古墳・御廟山古墳・いたすけ古墳等の墳丘形状を明瞭に見ることができる。この図で用いたデータは、国土地理院数値地図基盤地図情報数値標高モデルの5mメッシュを利用しており、遺構の規模が大きな遺跡であれば、十分な地

形表現が行い得ていると判断できる。ただし、国土地理院基盤地図情報数値標高モデルでは、最も細かいピッチでも5m単位で測量されているため、城館跡であれば虎口などは明瞭に表現できないこともある。

(3) 分布調査の記録の作成

(1)(2)では、既知の位置情報や公開されている地形データの利用について触れた。ここでは、埋蔵文化財の分布調査を事例として、現地で獲得した位置情報の図化方法を提示する(図5)。

従来の分布調査では都市計画図や、先行する開発事業で作成された地形図や施工計画図等に、直接踏査結果を書き込むことが多い。その場合の位置情報の図上での決定は周辺地形や特徴となるランドマークを現地と地図上で照合して相対位置を割り出すこととなる。または、ハンディGPSを用いて測量を行い、計測したデータの縮尺を揃えた地図を書出し、イラストレーター等の描画ソフト上で統合することが多いと思われる。

図6は、兵庫県加古川市志方町に所在する神木構居跡の踏査結果を図示したものである。位置情報の取得には、iPhoneSE内蔵のGPSを、地図アプリで座標を表示させたものと、現地で撮影した写真の位置情報を用いた(永恵2018a)。

事前にGISデータとして作成した遺跡地図から埋蔵文化財包蔵地として記載のある範囲を、今回はGooglemapのマイプレイスに取り込んだ。現地踏査ではそれをもとにして、踏査を行い、神木構跡の遺構として捉えることのできる、地形の凹凸を探り各地点で画面上の位置情報を取得し、メモアプリにコピーした。位置情報データに、背景地図として等高線立体地図を用いた。1回の踏査によって十分に調査が行い得なかった場合でも、踏査時のログから後日、踏査範囲を復元し、再度踏査することも可能である。

ここでの狙いは、各種図面の統合による事前の把握と、その把握した内容の検討を、再現性を持って実施することができる点である。この方法により、

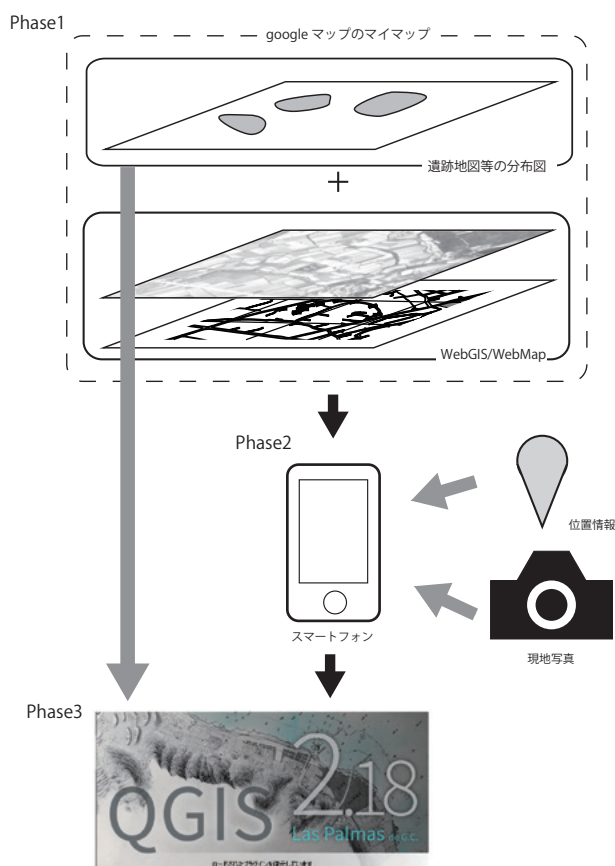


図5 分布調査での利用のフロー図

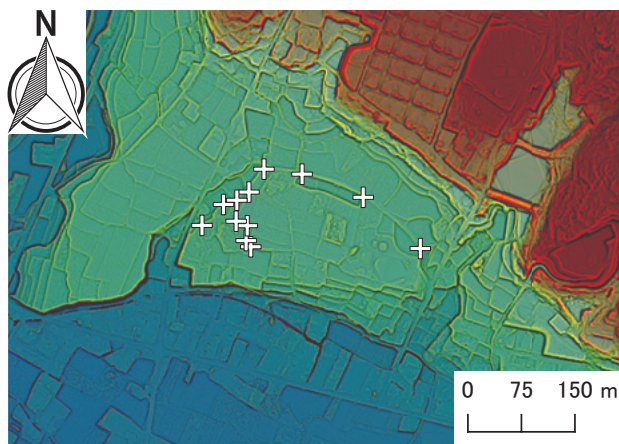


図6 国指定史跡明石城跡の立体図
(本図は「兵庫県_全域CS立体図/位置標高情報付き画像データ」の050F421を使用した。)

踏査範囲をログから復元することが可能となり、次回以後あるいは踏査者が異なる場合の再現性の確保へつながらる。また、ログを見ることで、当該の調査範囲における踏査の密度も直感的に把握することができる(永恵2018b)。

【つくりかた】

- ・位置情報取得：GPS 機能付きスマートフォン及

びハンディ GPS で踏査ログを作成後、CSV や GPX 等へ書き出し。

- ・背景データ：(1)で行った CSV の読み込みを行い、(2)で作成した立体地図上に表示。

【応用編】

取得する位置情報が、既知の点であっても、QGIS 上で点群を作成することができる。また詳細な位置情報がない状況でも、幾何補正を利用して図面自体に位置情報を付加することで、QGIS 上で、図面を再構成することも可能である。

この方法を応用すれば、報告書に記載のある調査区を QGIS 上で合成し、現在の調査区と比較することや、開発に伴う確認調査等のトレンチの位置や遺構、土層の情報を QGIS 上で集約することで、たとえば所謂「地山」の標高を復元することも行うことができる。また、QGIS 上のみではなく、ベクターベースの PDF に QGIS から出力することで、イラストレーターでの編集も可能である。

5. まとめ

ここまでで、(1) 既知の点群からの分布図の作成、(2) 背景となる立体図の作成、(3) 前 2 つの方法を組み合わせた、分布調査での位置情報の獲得から図面の作成までの 3 つを事例として挙げた。これらの QIS を用いた作業フローは図 7 のとおりである。

GIS の利用方法には、これらの方法以外にも様々な技術があることが、石井氏の(前回も含めた)今回の講義において明らかである。筆者自身も GIS を用いて研究を行っているが、あくまで GIS はソフトの 1 つであり、これで完結するわけではない。

GIS を使用することに価値があるのではなく、それを用いることで、より文化財への理解や調査の簡略化を図ることができるツールとして GIS の価値がある。

また、特に立体図においては、地形の凹凸で遺跡を表現することが可能であるが、表現した結果を解釈することは、各人の専門知識に支えられている。

GIS 導入に伴って、現地での観察時間の拡大や、整

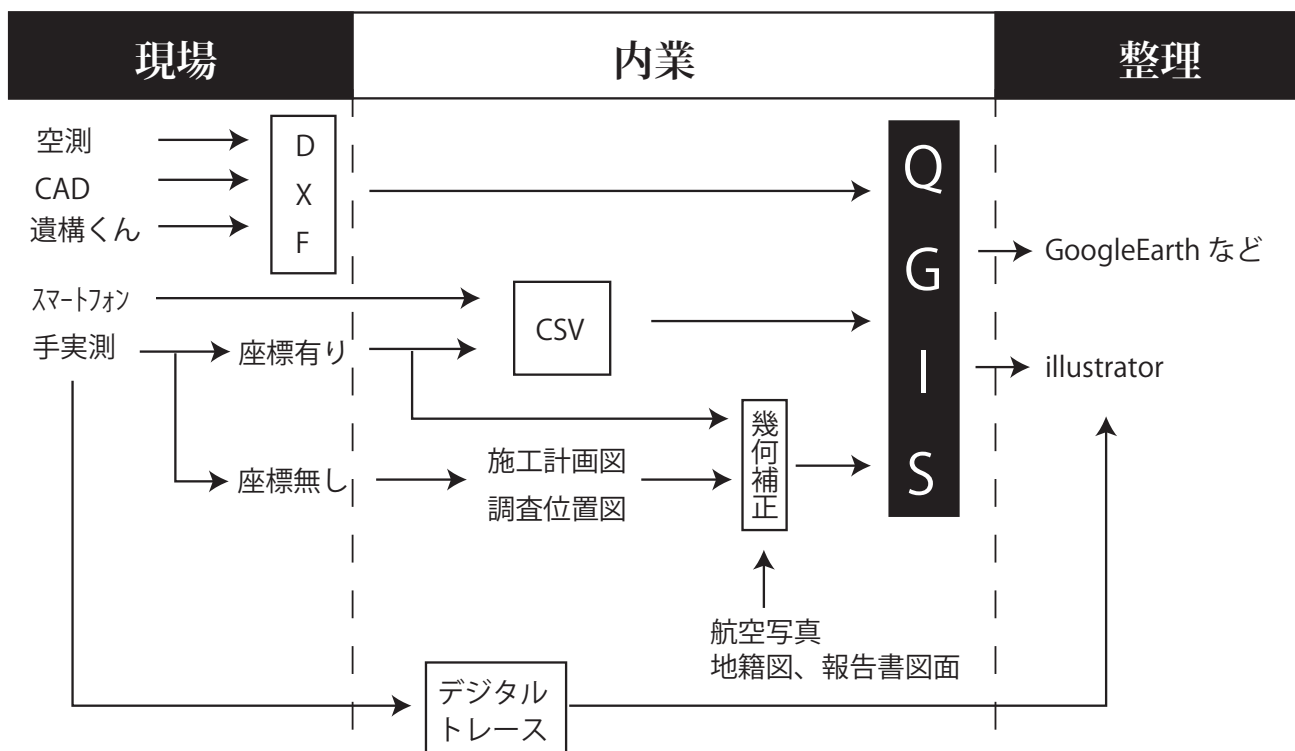


図7 QGISを用いた作業フロー

理作業での図面作成の簡略化など、従来の作業方法にGISを組み込むことで、業務の効率化・地域研究の一層の深化を図ることができる。

【註】

- 1) 国指定文化財データベースでは指定物件の指定年月日、指定理由等が詳細な位置情報と共に公開されている。都道府県指定文化財では指定理由等は付されておらず、位置情報のみである。また後者の場合には、その位置情報に誤りが多く見られるため、使用に際しては注意が必要である。
- 2) もちろん、両方の図には高低を表す標高データも含まれているが、地形の起伏を表現することに作図の主眼が置かれているため、実は明瞭にその差は出ておらず、どちらも等高線図を重ねることで高低表現を補っている。
- 3) https://kunishitei.bunka.go.jp/bsys/index_pc.asp

【参考文献】

山本忠尚 1985「9調査技術論」『岩波講座 日本考古学』第1巻

金田明大・津村宏臣・新納泉 2001『考古学のためのGIS入門』古今書院

網伸也・内田好昭 2005「関野貞と日本考古学」『関野貞アジア踏査』東大出版会

樫原考古学研究所・アジア航測 2012「箸墓・西殿塚古墳赤色立体地図の作成」報道発表資料

恵谷浩子・前川歩編 2014『遺跡学の宇宙 一戦後黎明期を築いた13人の記録』日本遺跡学会

戸田堅一郎 2014「曲率と傾斜による立体図法（CS立体図）を用いた地形判読」『森林立地』56巻2号

千葉達朗 2017「赤色立体図とはじめ」『日本火山学会講演予稿集 2017年度 秋季大会』

永恵裕和 2018a「Google map・スマートフォン・QGISを用いた平地城館の復元」『ひょうご考古』第15号

永恵裕和 2018b「スマートフォン・Google Map・QGISを用いた平地城館の検討」『文化財の壺』第6号

永恵裕和 2019「DEMデータを用いた近世城館跡の平面構造分析の試行」『文化財の壺』第7号

森本晋 2019「文化財におけるデジタル技術活用の長期的動向」『奈良文化財研究所研究報告第21冊 デジタル技術による文化財情報の記録と利活用』