

デジタル踏査：デジタル時代の遺跡の探し方

高田 祐一（奈良文化財研究所）

1. はじめに

コンピュータを稼働させるには、データと処理が必要である。どういうデータをインプットさせるか、どういった処理をさせるかによって、アウトプットが変わる。“Garbage In, Garbage Out”といわれるよう、有用な成果とするには、特にインプットとなるデータが重要となる。

遺跡を探す場合には、地形データと遺跡情報が不可欠である。現在は、高密度地形データの公開や、遺跡情報の整備が進み、デジタル的な分析の発展可能性が拡がりつつある。本研究は、デジタル時代において新たに遺跡を探す踏査を考えるものである。

2. 本研究の成果

2.1 遺跡踏査の課題と意義

埋蔵文化財保護の基本は、把握・周知、調整、保存、活用の4段階とされる。⁽¹⁾最初の段階となる把握・周知とは、遺跡の所在を把握し、文化財保護法93条の「周知の埋蔵文化財包蔵地」に該当するかを判断し、該当すれば遺跡地図に登載し、国民に周知することである。すなわち最初の工程は、遺跡の把握から始まるのであり、埋蔵文化財保護の出発点と言えるだろう。

土地開発などの事業が生じた際には、周知の埋蔵文化財包蔵地内であれば、発掘調査等が検討される。範囲外においても、踏査等によって遺跡の存在確認が行われる場合がある。しかし、踏査で新たに遺跡が発見されたとしても、既に開発計画が確定し、事業が着手されている段階にあたっては、記録保存を前提にせざるを得ない状況がある。開発計画が確定する前に、事業予定地にて遺跡の存在が把握されていれば、計画時に当該地の回避等の対応の余地の可能性もありうる。平地であれば、踏査のコストは低いため、遺構が地形として視認できるのであれば、事前の把握は比較的容易である。しかしながら山間部の踏査においては、非常に困難であり、労力もかかるうえ、危険である。木々が繁茂し、地上遺構の識別が困難なこともある。開発計画などのトリガーがなければ、通常は実施しない。ここに、山間部の遺跡を守るための仕組みとして課題があると考える。そこで、踏査の負担の大きい山間部の遺跡を保護していくには、労力がかからず、低リスクな方法があれば、解決の一助となる。

2.2 本研究の背景と技術的な動向

近年、人間がWebGIS上で地形の変化（傾斜量）等を観察することで、遺跡が新発見される事例が増えつつある。背景としては、国土地理院の地図システムのバージョンアップや行政による高密度地形データの公開によって、地形データは環境が整ってきていていることがある。一方、遺跡に関するデジタルデータ整備は立ち遅れている。遺跡を新発見か既知を判断するには、既知の遺跡情報（位置と範囲）が必要であるが、位置情報として機械可読なGISデー

タとして整備されていないという問題がある。地図画像に画像編集ソフトで、遺跡範囲や位置を落とし込んでいる。位置としてのデジタル的な意味を持たない画像データである。他方、機械学習などのソフトウェア類は、急速に普及／大衆化しており、情報処理の環境もハードルが下がっている。そこで、遺跡情報（位置と範囲）をGISデータとしてブラッシュアップする。遺跡情報と機械処理の実行可能な地形データを、機械学習で解析することが有効であろうと着想した。

2.3 本研究の経過

本研究は大きく3つの段階があった。

①AIによって机上での事前調査の支援

AIによって、遺跡踏査を支援。機械学習によって予測

②人間の知識・経験で判断

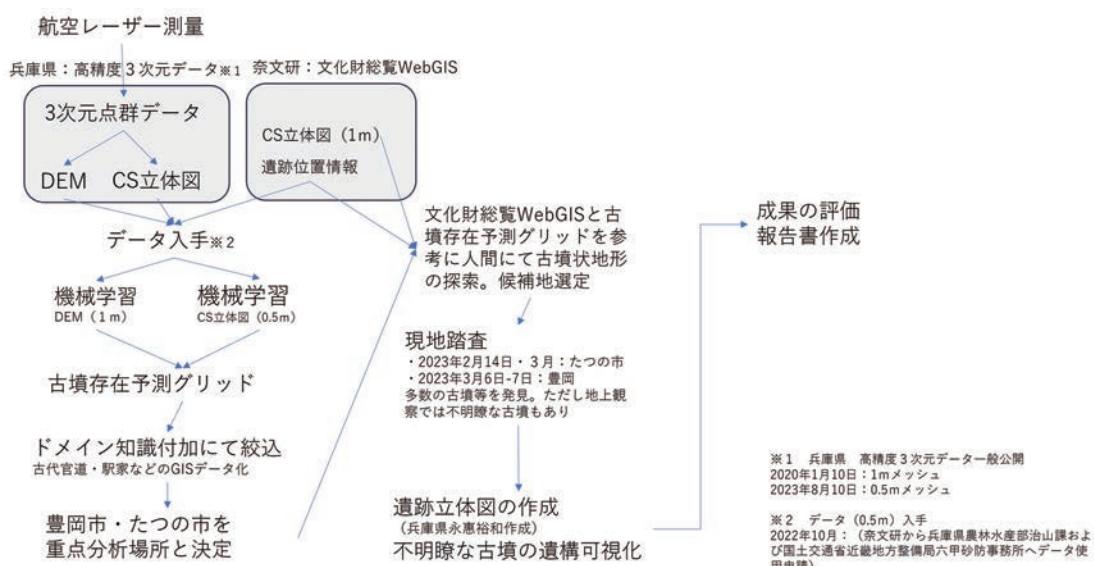
AIが示した地点を中心に高密度地形データにて、人間が遺構を確認

判別には考古学に関する専門知識（ドメイン知識）が効果的

③現地確認

確度が高い場所を抽出し、現地を確認

実際の経過としては図1の通りとなる。詳細は本報告書の各報告をご覧いただきたい。



(図1) 本研究の経過

2.4 本研究の成果

2023年時点のデータと機械学習ライブラリでは、100%精緻にした遺跡の存在予測は困難であるものの、絞り込みの支援については一定の有用性があることを確認した。高密度地形データが、遺跡を探すことに効果があることは、各報告の通りである。

デジタル的な手法や研究環境においても、ドメイン知識と経験が一番重要なことを再

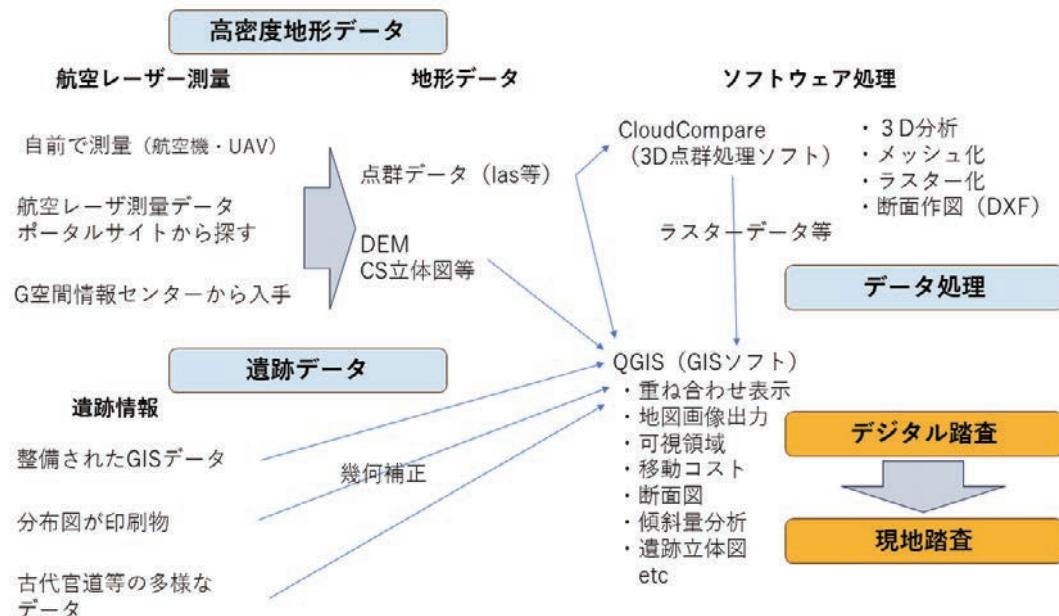
認識した。デジタルだろうがアナログだろうが、地域で着実に調査研究の成果を積み重ねてきたかで、デジタルデータへの理解の度合いも変わってくる。一方、従来の考え方からすると予想外の結果もあった。想定していなかったかなりの山奥にて古墳があったことである。

データ処理の組み立て方はもちろん、高密度地形データの読み解き方は、当該遺構に関する知識は不可欠となる。知識がなければ、解釈できず予測も立てることができない。その点において、デジタルデータを活用した手法は、専門家の調査研究能力を拡張していくものであるといえる。さらに、従来の思い込みを突破するアプローチにもなる。

3. デジタル踏査

3.1 デジタル踏査のフロー

本研究では、AIによる抽出として機械学習の工程がある。通常の文化財専門家では、ハードルが高く通常の業務として実施しにくいため、本章では、誰でもできる工程を紹介する(図2)。



(図2) デジタル踏査のフロー (データ入手から分析まで)

3.2 高密度地形データの入手

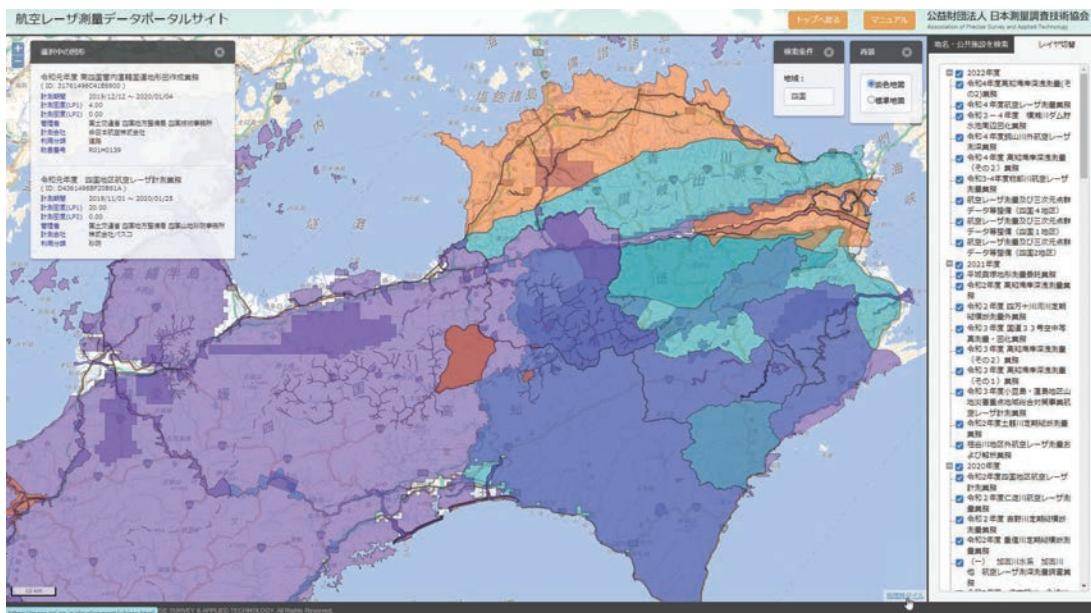
3.2.1 航空レーザー測量と UAV レーザー測量

有人航空機によるレーザー測量は、広範囲に地表面データを記録できる。小型化した LiDAR スキャナーを搭載した UAV (ドローン) による計測では、航空機よりも低い高度から計測することで、高解像度の地形データを取得できる。点の密度として 400 点 / m² 也可能であり、これまでにない高解像度なデータを取得可能である。UAV の高機能化・低廉化が加速していることもあり、計測も比較的安価に計測可能である。まずは広域を分析するため

に航空機によるレーザー測量データを活用し、それで不足する場合に特定の箇所を UAV にて計測するなどの使い分けが想定される。広域の高密度地形データは、兵庫県のメッシュデータ公開を始め、静岡県、長崎県、東京都などが⁽²⁾ 3次元点群データを公開している。今後も公開されるデータが増えていくと思われる。

3.2.2 G 空間情報センターとレーザー測量ポータルサイト

航空レーザー測量について、文化財部局のみで予算確保し、測量するには現実的に難しい場合がある。行政においては治山・森林資源管理・防災の目的に治山課や土木系部局等にて、航空レーザー測量を実施している場合がある。そういった場合に測量データを使用できる可能性がある。データ有無を調べるには、日本測量調査技術協会の航空レーザー測量データポータルサイトが役に立つ（図 3）。



（図 3）航空レーザー測量データポータルサイト

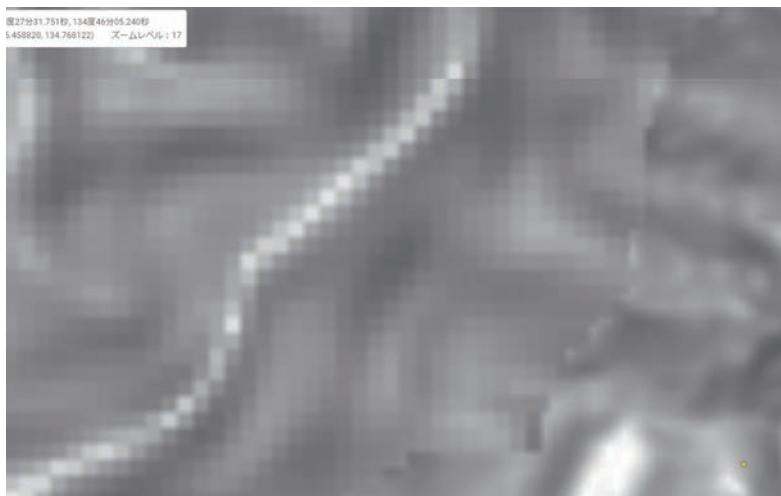
様々な機関が取得したデータを公開しているプラットフォームが G 空間情報センターである。地形点群データや CS 立体図が公開されており、ダウンロードして利用できる。データは、QGIS や CloudCompare で表示・操作できる。

・航空レーザー測量データポータルサイト

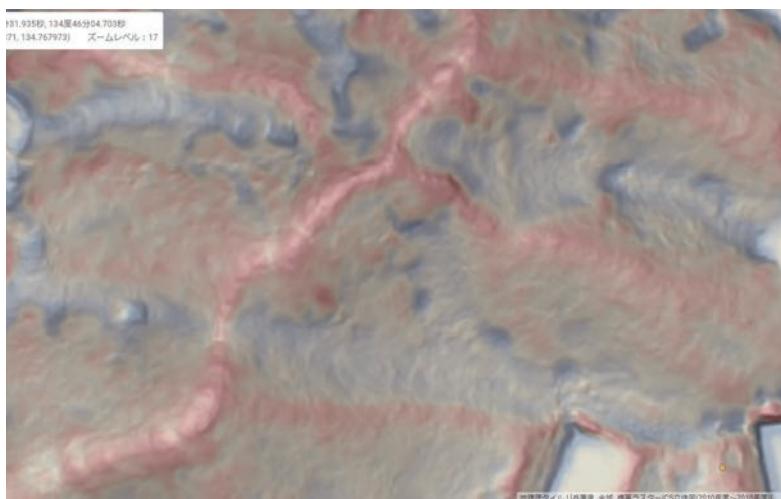
<https://www.sokugikyo.or.jp/laser/>

・G 空間情報センター

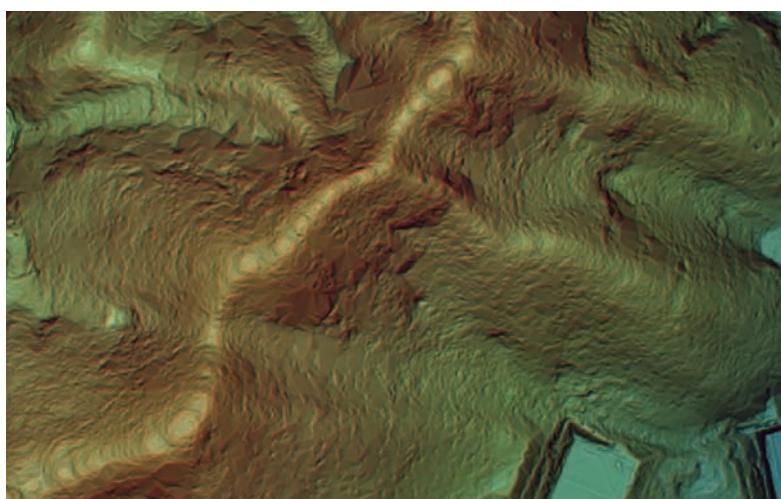
<https://front.geospatial.jp/>



(図4) 傾斜量図（兵庫県豊岡市蝶子谷古墳 13～19号墳）



(図5) CS立体図 1mメッシュ（兵庫県豊岡市蝶子谷古墳 13～19号墳）



(図6) 遺跡立体図（兵庫県豊岡市蝶子谷古墳 13～19号墳）

3.2.3 遺跡立体図：遺構の明確化

CS 立体図は、事前に提供されていることが多いえ、地形の特徴がよく表現されており、非常に利便性の高い形式である。しかし、本来は森林の経営計画や脆弱性地形の判読が主目的である。⁽³⁾ 遺跡の遺構表現に特化した立体図の方が、より明確に遺構を識別できるだろう。この遺跡立体図については永恵報告に詳しい。

現地踏査においては、樹木によって見通しが悪いえ、下草の繁茂で遺構が良くわからない場合がある。実際に豊岡市蝶子谷 13 号墳から 19 号墳にかけては、古墳状隆起が連続し数が多く地面からの観察では、識別が困難であった。レーザー測量による立体図の方がよく識別できることもある。ナスカの地上絵のように、空からの方がよくわかるといったこともある。

3.3 遺跡位置の GIS データ化

新たな遺跡を探すには、既知の遺跡を把握しなければ、未知かどうかわからない。遺跡地図が印刷物である場合、GIS として処理できないため、GIS での画面と遺跡地図を目視にて突合せながら、確認する必要が生じ、不便かつ非効率となる。遺跡地図のデータが GIS データとして整備されていれば、未知か既知かを容易に識別できる。ない場合は、印刷物の遺跡地図を幾何補正により Geotiff にすれば、QGIS で表示可能となる。

QGIS などの GIS ソフトに、高密度地形データと遺跡位置の GIS データを重ね合わせことで、未知遺跡を探すことができる。さらに遺跡情報は、時代、遺跡種別や出土遺物などの属性情報も GIS データとして整備していれば、属性ごとの表示切替が可能となり、より高次な分析も可能となる。

3.4 QGIS でデジタル踏査

高密度地形データ、遺跡情報に加え、古代官道などのデータなど、すべての情報を QGIS にて統合することで、高次な分析が可能となる。例えば、可視領域や移動コスト分析、日射量分析なども可能となる。長年にわたって蓄積してきた調査研究成果を印刷物にのみ押しとどめるのではなく、GIS データとして機械可読化することで、膨大な成果をさらに活かした調査研究につながると考える。

4. 文化財総覧 WebGIS でデジタル踏査

4.1 文化財総覧 WebGIS

文化財総覧 WebGIS では、インターネットにさえ接続できれば、ブラウザ操作のみで地形を立体表示した CS 立体図と遺跡情報を重ねて表示させることができる。簡便に既知 / 未知の遺跡を探すことができる。ただし、遺跡範囲などは最新化されていなため、注意が必要である。他に傾斜量図、色別標高図、空中写真、活断層図、地質図、ハザードマップ等も重ね合わせて表示できる。

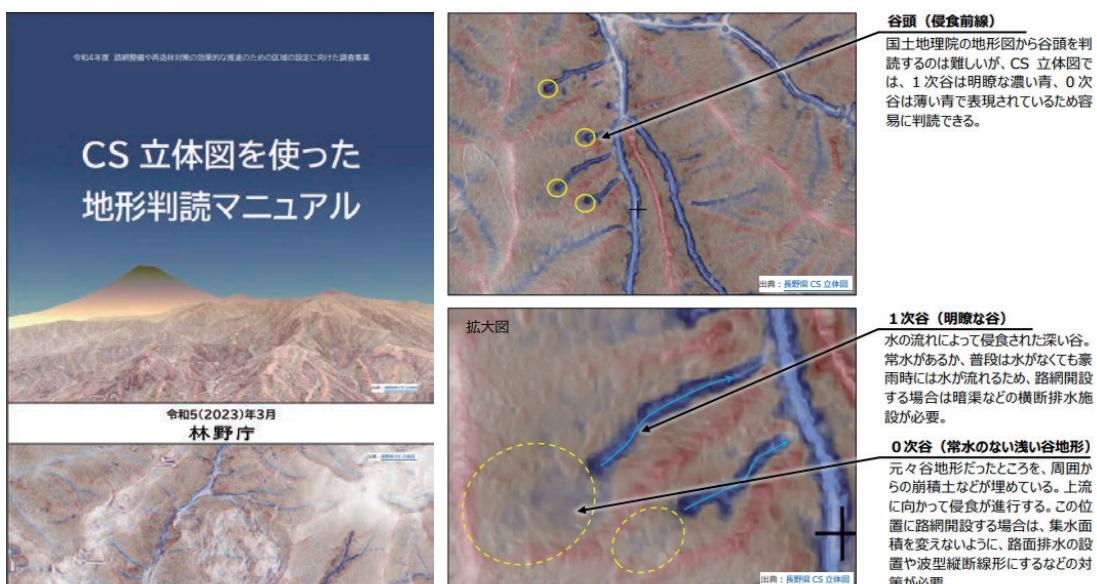
4.2 CS 立体図

文化財総覧 WebGIS では、CS 立体図を表示できる。2023 年 9 月 30 日時点で、福島県・栃木県・岐阜県・静岡県・兵庫県・岡山県・広島県・愛媛県・高知県・熊本県・大分県を表示できる。

文化財総覧 WebGIS CS 立体図と遺跡の表示

<https://heritagemap.nabunken.go.jp/main?lat=35.04928646434601&lng=135.4107763352274&zoom=5.531632233267492&bearing=0&pitch=0&ol=1%2C2%2C10%2C11%2C12%2C137%2C138%2C139%2C141%2C143%2C144%2C145%2C146&bg=shizuoka-cs%3A1%2Cgifu-cs%3A1%2Cslope%3A0.25%2Crelief%3A0.5%2Cpale%3A1&hz=>

林野庁では、「CS 立体図を使った地形判読マニュアル」を公開している。地形判読に有意であるため、一読をお勧めする（図 7）。

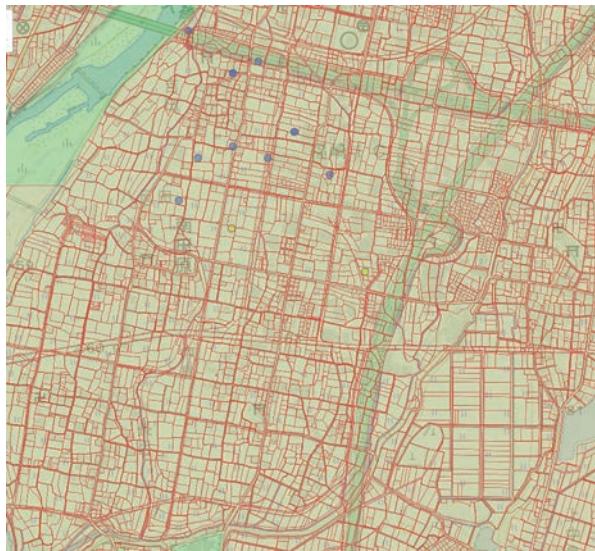


（図 7）CS 立体図を使った地形判読マニュアル

<https://www.ryna.maff.go.jp/j/seibi/sagyoudo/attach/pdf/romou-12.pdf>

4.3 地籍図

文化財総覧 WebGIS では、法務省登記所備付地図データも搭載している（図 8）。地籍図には、条里や平地居館の区画が残されていることがある。平地部で既に開発済みの場所であっても地籍図に、遺跡の痕跡を見出しうる可能性もある。



(図8) 文化財総覧 WebGIS にて法務省登記所備付地図データを表示

5. 今後の展望

高密度地形データの公開や、機械学習などデータ処理技術の低廉化・普及によって、昔は現実的にできなかったことが、実施可能になるケースが多くある。以前は、山間部の踏査では現地を KKD（勘・経験・度胸）で歩き、一種のセンス・嗅覚に依存した部分があったかもしれません。高密度地形データの公開によって、デジタル踏査として事前に机上で調べられるようになった点は、現地踏査の効率性・網羅性・安全性・再現性を格段に向上させるものである。しかし、現時点のデータの解像度の限界もあって、机上で全てが片付くのではなく、現地に行かなければわからないことも多々ある。専門家としての知識・経験をもとに、事前のデジタル踏査によって準備し、現地踏査の成果を最大化することが可能となる。

高密度地形データの公開は、自治体でも徐々に進みつつある。今後は、文化財の専門家であっても地形データの取扱いリテラシーを高めることで、調査研究の質、量や効率性を向上させていくことが可能となるだろう。

今後の課題として、立体図の遺構判読マニュアル、遺跡地図の GIS データ化、潮間帯・浅海域の水中遺跡の判読、DSM のフィルタリング処理といったことを想定している。

(1) 文化庁 2010 『発掘調査のてびき - 集落遺跡発掘編 -』

(2) 「静岡県が進める VIRTUAL SHIZUOKA 構想 とは？」(2023年9月28日確認)

<https://www.pref.shizuoka.jp/machizukuri/1049255/1052183.html>

「オープンナガサキ」<https://opennagasaki.nerc.or.jp/>

「東京都デジタルツイン実現プロジェクト 多摩・島しょ地域の「3次元点群データ」を公開！」

<https://www.metro.tokyo.lg.jp/tosei/hodohappyo/press/2023/09/01/16.html>

(3) CS 立体図 <https://front.geospatial.jp/showcase/csmmap/> (2023年9月29日)