

# 城館調査における赤色立体地図の活用について

～飛驒市の調査事例から～

大下 永

## はじめに

本稿は、赤色立体地図をはじめとする微地形表現図を城館調査に活用するにあたっての課題や調査手法の整理を目的とする。近年、航空レーザー測量技術は急速に進歩し、高精度かつ高密度の測量図の作成が可能になった。とりわけ、レーザー測量で得られる三次元情報をもとに、地形の起伏を直感的に理解できる微地形表現図は、山城や古墳といった遺跡の調査について、その有用性が指摘されている<sup>1</sup>。飛驒市においても近年になって微地形表現図を作成し、城館跡の調査に活用した。

しかし、航空レーザー測量や微地形表現図を如何に城館調査に活用するかについては、全国的に手法が確立されていないため本市も模索しながら実施した経緯がある。そこで本稿では、飛驒市が実施した測量の内容や測量図を用いた調査手法を事例として記録し、調査にあたって特に有効だった点や表面化した課題等を述べたい。

## 一、調査の概要と経過

飛驒市では平成三〇年（二〇一八）より、市内のうち主に古川町内と神岡町内に所在する城館跡の総合調査を実施している。古川盆地に所在する飛驒国司・姉小路氏の城館跡については、主要な五ヶ所の山城を対象に試掘確認調査をはじめとする総合調査を実施し、その基礎資料として等高線地形図・微地形表現図等を作成した。また、神岡町内の江馬氏城館跡についても、保存活用計画を策定する過程で新たに測量図を作成した。成果と

して、関連城館を含めた古川町内の七城（古川城跡・小島城跡・野口城跡・向小島城跡・小鷹利城跡・岡前館跡・増島城跡）と神岡地区の八城（下館跡・高原諏訪城跡・土城跡・政元城跡・寺林城跡・洞城跡・石神城跡・傘松城跡）、計十五城を対象に各種図面を作成した。

対象地域については、既に国土交通省及び岐阜県が地区全体のレーザー測量を実施済みであったため、各機関から既存測量データ（表1）の貸与を受けて各種図面を作成した。各種図のうち、遺跡地の保存活用の基礎資料として必要な各山城跡の等高線地形図・航空写真・地籍集約図等は、（株）イビソク飛驒営業所に作成を委託した。

他方、特に未指定の姉小路氏の山城跡については、今後の保存活用のために必要となる城域の確定や各山城における遺構分布の把握・山麓付近の平坦地の整理が急務であった。これに関連して当時、全国的に航空レーザー測量によって作成された微地形表現図を城館跡の調査に用いることで、未発見の遺構の発見に繋がる事例が増加していた<sup>2</sup>。飛驒市においても同様の調査を実施して山城の城域の確定や未発見の遺構の有無の確認を行うため、微地形表現図を作成することとした。微地形表現図は開発者によって表現技術が異なるが、山城跡の調査にあたってより有用な技術を選定するため、飛驒市では公募型プロポーザルによる審査を実施した。審査会の結果、最も高得点であったアジア航測（株）岐阜支店に図の作成を委託

| 2                                 | 1               | 実施年度               | 業務名        | 発注者    | 対象城館 |
|-----------------------------------|-----------------|--------------------|------------|--------|------|
| 平成二十八                             | 平成二十一           | 山田川跡津川流域航空レーザー計測業務 | 神通川水系砂防事務所 | 江馬氏城館跡 |      |
| 公共予防治山事業<br>―測量・解析業務<br>内（古川町外）地内 | 航空レーザー<br>飛驒農林管 | 岐阜県林政部<br>治山課      | 姉小路氏城館跡    |        |      |

表1 既存測量データ一覧

し、同社開発の微地形表現図（以下、「赤色立体地図」）によって、各山城の図化作業を行った。発注後、神岡町分の測量成果は測量点が少ないため詳細な調査検討の目的に耐えないことが判明した。そのため同社と協議を行い、傘松城跡・寺林城跡・洞城跡・石神城跡については補測作業を実施して成果に反映させることとした。補測作業は平成三〇年（二〇一八）十一月に実機ヘリにより実施し、飛行速度二〇m/秒、飛行高度五〇〇m、計測密度は一〇点/m<sup>2</sup>、計測コースは四コース以上とした。

以上の測量成果をもとに各山城跡の赤色立体地図を作成した<sup>3</sup>。このうち神岡町内の実施分については平成三十一年（二〇一九）刊行の『飛騨市遺跡詳細分布調査報告』<sup>4</sup>に掲載した。特に傘松城跡については等高線地形図や赤色立体地図をもとに現地踏査を行い、城郭遺構の分布や構造把握を試みている。古川町内の実施分は進行中の総合調査にあたっての基礎資料として活用している。

## 二 城館調査における赤色立体地図の活用手法

### （一）航空レーザー測量と赤色立体地図について

以下に、赤色立体地図の開発者である千葉達朗の論。やアジア航測（株）岐阜支店から飛騨市に提出された業務報告書をもとに、航空レーザー測量と赤色立体地図の技術について概観する。

航空レーザー測量は、上空を飛行するヘリコプター・航空機等に搭載した航空レーザー計測装置を用いて地表面の三次元計測を行う測量技術である（図1）。装置から照射したレーザー光線による測距結果と、GNSS（Global Navigation Satellite System／全球測位衛星システム）によって取得した航空機の位置情報、IMU（Inertial Measurement Unit／慣性計測装置）による航空機等の姿勢データを統合し、地表面の形状を直接

的に測定する。この技術は航空写真測量と比較して測定密度が非常に高いため、広範囲に高精度な数値標高データ（DEM）を取得することが可能である。また、測量図の基礎データであるグラウンドデータ作成の過程において、DEMデータから樹木等のデータを判別除去（地物・植生分離処理）することによって、航空写真では判別できない地表面の高精度な情報を得る事が可能である。

赤色立体地図はこのDEMデータをもとに作成する図であり、一枚のオルソ画像で方向依存性のない立体感が得られる地形表現技術である。作成にあたっては、地形の数値量のう

ち傾斜度・地上開度・地下開度に着目し、それぞれを可視画像化する。傾斜度は地形の傾斜量を彩度で表現し、傾斜が強い地点ほど色彩が濃くなる。地上開度・地下開度は尾根谷を明度で表現し、地上開度が高い（周囲より高く突き出した地形）ほど明るくなり、地下開度が高い（周囲より凹んでいる地形）ほど暗くなる。この三種の画像を合成することで赤色立体地図の画像となる（図2）。彩色は赤色に限定するものではないが、開

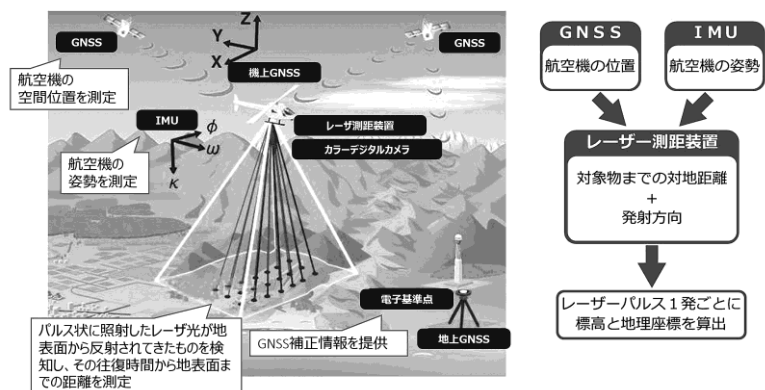


図1 航空レーザー測量の概念図

発にあたつて最も立体感が強く感じられる色として赤色を主に設定している。

まとめると、航空レーザ測量によって得られた座標データから、樹木の情報を取り除く等の処置を行い、赤色立体地図の技術を用いて図化する事によつて、精密な地形情報を直感的に読み取ることが可能となる。赤色立体地図はもともと青木ヶ原溶岩の地形把握を目的に開発され、溶岩の詳細な分布把握や新たな火口の発見に繋がった<sup>7)</sup>。遺跡の調査としては奈良県立橿原考古学研究所による箸墓・西殿塚古墳の調査<sup>8)</sup>や高取城跡の調査<sup>9)</sup>が嚆矢となった。古墳では段築の形態が明らかとなり、山城では新たな平坦地の発見に繋がっている。このような文化財分野への赤色立体地図の活用は全国的に進みつつある<sup>10)</sup>。

## (二) 城館調査における赤色立体地図の利点

以下に赤色立体地図を城館跡の調査に活用するにあつての利点等を述べる。

### ① 城館調査に赤色立体地図を使用する利点

従来の城館調査の主な手法として、現地踏査を行つて遺構の位置・規模・構造を把握し、歩測や測量機器によつて遺構配置を示す図面(以下、「縄張り図」)を作成して検討するといういわゆる縄張り研究<sup>11)</sup>がある。縄張り図は城郭遺構の表現に特化した図面であり、遺構の配置や構造を読

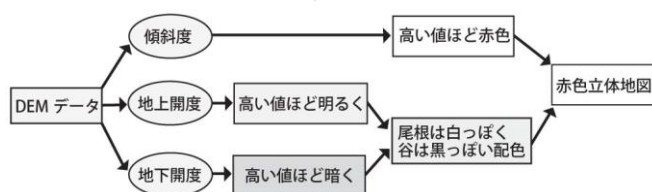


図2 赤色立体地図作成の概念図

み取る上で有効な図面である。反面、城郭遺構の認定・構造の理解・図化については調査者の判断によるため、複数の縄張り図が存在する場合は必然的に記載内容に差異が生じ、客観的評価を付与し難いという側面がある。さらに信頼性の高い縄張り図を作成するためには一定水準以上の城郭遺構に関する知識や測距技術が必要<sup>12)</sup>であり、一般的な資料として作成し難いという性格を持つている。また、危険な斜面や低木が生い茂る場所等、物理的に立ち入ることが困難な場所は城郭遺構の存在が判断できない。

一方、赤色立体地図は地形の凹凸を面で表現することに特化し、図内に形成された傾斜変換線を読み取ることで地形の起伏を把握できる。また、広範囲かつ高密度の測量成果をもとにした赤色立体地図を使用することで、例えば等高線地形図には表示されない斜面上の狭小な平坦地や、低木が生い茂つて立入が困難な場所について、遺構の有無や規模の推定が可能となる。さらにこれらの図上で読み取れる城郭遺構の分布を俯瞰することによって山城の城域推定が可能である。その他、赤色立体地図には土砂移動によつて現地では読み取ることが困難となった斜面上の古道が表示される場合がある。これに加えて尾根線や山麓拠点地域との取り付きといった要素も合わせて検討することで、往時の登城路を推定することが可能となる。発掘調査の実施に際しても、城全体の構造から各地区の性格を推定すること、より効果的な地点に調査区を設定することができると。

### ② 現地踏査の正確性・効率性の向上

赤色立体地図は、現地踏査の際に持参する基本図として有効である。地形を高精度に表現し、さらに平坦地や斜面の差異が明確であるため、地形や遺構の把握が容易である。調査前に図を概観することで、平坦地や堀切等の城郭遺構の可能性が想定できる微地形が見える場所は、現地踏査が必

要と判断して優先的に踏査を行うことができる。対して、そのような微地形が図上で確認できない場所は城郭遺構が存在する可能性が低い地区として優先度に差異を持たせることができる。このように、図を使用して調査地点の峻別を行うことで、現地踏査をより効率性に行うことができる。現地における下図作成作業についても、赤色立体地図を基本図として縄張り図を作成すると、平坦地と斜面の傾斜変換線（白色と赤色の境）を線引きし、ケバや構造物を書き込んでいくことで容易に作図することが可能となる。この手法は現地において遺構の把握を確実に行うことが前提であるが、図の正確性は向上し、現地の調査時間も大幅に短縮できる。

### ③ 3Dビューソフトの活用

赤色立体地図を公開するにあたって、現状では紙出力等の媒体が基本である。しかし本来は三次元情報であり、二次元的な一方向からの情報のみでは十分ではない。これに関して、3Dビューソフトを利用することで三次元的な情報把握が可能となり、さらに様々な活用が想定される。飛驒市には三種のデータ形式の3Dビューワデータが納品された。以下にそれぞれの特徴を城館調査への活用という観点から整理する。

#### ○3DPDF (図3)

三次元情報を含んだPDFファイルである。Adobe社より無償提供されているAdobe Acrobat Readerで閲覧可能・操作が可能である。さらにタブレットやスマートフォン等の端末でも、3Dビューワアプリを使用することで視点・角度を自由に変更しながら閲覧が可能である。

#### ○Laser Bird ユーアー (図4)

アジア航測株式会社製のソフトウェア。視点・角度の変更の他に電線架設のルートや土量等、土木工事のシミュレーションを行う機能がある。山城跡の調査においては、距離や面積の計算・断面図作成を画面上で任意で行える点が特に有用である。

#### ○TRED POINT ユーアー (図5)

福井コンピュータ株式会社製のソフトウェア。点群データを操作し、距離・角度や面積・堆積を画面上で自由に調べることができる。他のソフトと比較して、視点の角度や高度をより直感的に動かすことができる。

三種のソフトウェアを操作した感触として、データを鳥瞰的に閲覧・操作することに関してはTRED POINT ユーアーが優れる。3DPDFはAdobe Acrobat Reader による操作は慣れが必要であるが、一般的なファイル形式であることからスマートフォンやタブレット端末にデータを移すことで容易に操作可能となる。飛驒市では調査と並行して山城の復元イラストを継続的に作成しているが、3DPDF データを復元イラストの作成者に提供することにより、実際の地形に則した精度の高い復元イラストの作成が可能となった。Laser Bird ユーアーは計測や図面作成に優れており、報告書に掲載するような山城跡のエレベーション（断面）図を任意に作成できる。また、曲輪単体や城全体の面積、堀切の高さや幅等の数値を求めるこ

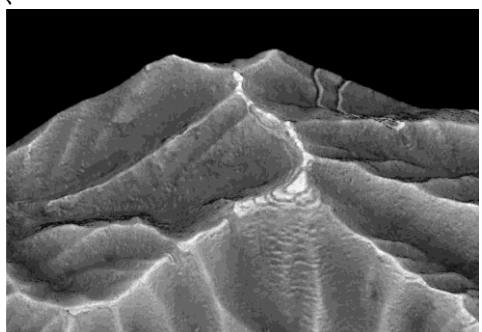


図3 3DPDF 表示例

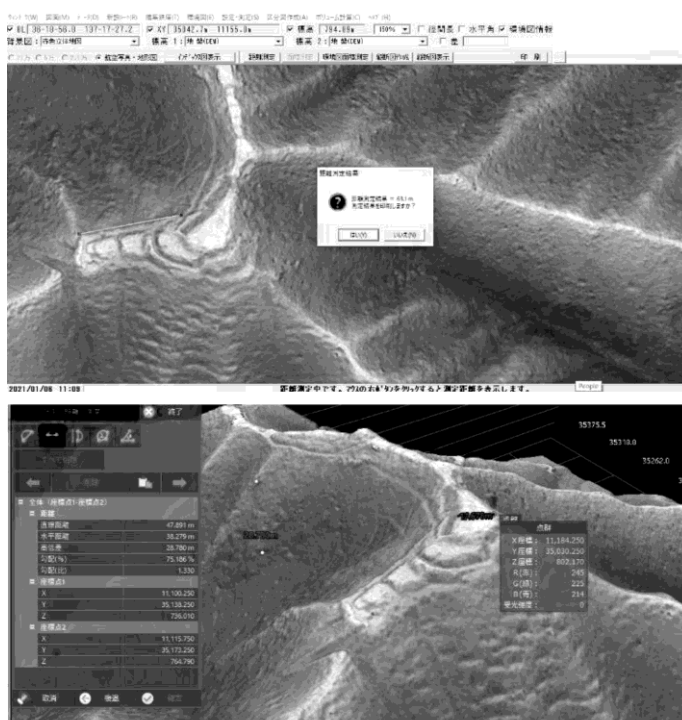


図 4 Laser Bird ビューワ表示例 (上)

図 5 TREND POINT ビューアー表示例 (下)

とができる。現地の地形を把握していれば、コンピュータ上で様々な計測が可能であり、なおかつ数値の精度も高い。そのため調査記録や報告書を作成する際に有効である。

このように、三種のビューワソフトはそれぞれに利点が存在し、その特性に応じた使い分けが可能である。3Dビューワソフトはこれ以外にも多数存在し、活用方法も多様であろうが、その一例として紹介した。

#### ④赤色立体地図利用にあたっての留意点

以上のように、高精度の赤色立体地図を用いることで正確性を保ちつつ効率的に城館調査を実施できる。一方で図の利用にあたっては何点か注意事項が存在する。筆者が気付いた課題点を以下に提示したい。

一点目は城郭遺構の把握・理解を示すためには赤色立体地図のみでは十分ではないことである。赤色立体地図の地形情報は非常に精密であるが、表示されている地形の起伏が城郭遺構であるか否か、また遺構であってもどのような性格のものであるかについては一定の判断・解釈が必要となる。例えば曲輪に接続する堀状の地形については、遺構ではなく自然の崩落と判断できる場合がある。遺構として理解する場合でも、例えば堅堀という解釈もあれば、平坦面に至る虎口という解釈も考えられる。このように、同じ赤色立体地図を見ても、図上に形成されている地形の起伏が城郭遺構の構造として理解できるかどうかは、見る人の知識の程度や視点によって変化する。したがって、等高線地形図や縄張り図等も併用しながら城郭遺構の位置や規模・構造の理解を示す必要がある。

二点目は測量成果の精度の問題がある。飛騨市では国・県の測量成果の貸与を受けることで、限られた予算の中で多数の山城跡の図化に成功したが、前述の通り計測点数が少ないために補測を行った山城もある。このように計測点数が少なく、必要な微地形の情報が十分に取得できない場合は調査に耐える図面とならない可能性がある。したがって、赤色立体地図作成にあたっては可能な限り高精度の測量成果を用いる必要がある。

三点目は調査報告書掲載に際しての課題である。現状では文化財の調査報告書は紙媒体が基本である。近年、デジタル公開が進展して「全国遺跡報告総覧」<sup>13)</sup>のように、刊行物のデータファイルをインターネット上で公開する動きが広まっているが、基本的に公開されるデータは紙媒体の報告書のデジタル版である。これまで述べたような三次元情報を閲覧・操作す

る場合は相応のデジタル環境や専用ソフトの使用が前提となり、公開も困難である。このことについて明確な回答は明示し得ないが、ひとまず 3Dプリンタ等の無償ソフトで閲覧可能なデータを提供することは可能であるし、動画等の解説コンテンツを作成・公開するといった手法は考えられよう。

### (三) 飛驒市の調査事例

#### ① 赤色立体地図を活用した縄張り図作成の手順

飛驒市の城館調査において、特に測量図を用いて得たい情報は以下の二点であった。一点は各山城の城域の推定である。遺跡の範囲を推定し、文化財指定の際に保護すべき範囲を決定する根拠となるためである。もう一点は未確認の城郭遺構の確認である。これは保護すべき城郭遺構の把握漏れが可能な限り無いようにするためである。

赤色立体地図は広範囲の地形を一挙に把握できるため、広域視点で城郭全体の構造を推定できる。また、詳細視点では遺構の可能性がある狭小な地形の起伏が表示される。このような図の特徴をふまえて広域的検討では図の分析や既往の調査記録との比較検討によって、城郭全体の範囲や遺構の大きな配置構造を検討した。一方、詳細な検討として城郭遺構の位置や規模・構造を示すため、前述で提示したように赤色立体地図を基本図として活用し、新規に縄張り図を作成した。筆者が行った作図手法は、赤色立体地図を二〇〇〇分の一の縮尺で出力してトレーシングペーパーを重ねて現地に持参し、実際の地形を確認しながら下図を描くものである。作図内容は一般的な縄張り図と同一であるが、高精度の赤色立体地図を基図として用いる場合、基本的に現地計測は不要であり、地形を目視しつつ赤色立体地図の傾斜変換線を線引きする方法で作業時間を大幅に短縮できる。しかし、場所によって図の微地形が不鮮明な場合があり、土塁の幅等

を部分的に計測する必要性が生じる。その場合に備えて従来の縄張り図の作成に使用する用具を持参する必要がある。筆者は方位磁石・定規・レーザー距離計を持参し、必要に応じて簡易な計測も併用した。現地において作成した下図は、Adobe Illustrator を使用してデジタルトレースを行い清書する。なお、縄張り図作成の際には、従来の手法と同じく等高線地形図をベースとする。等高線はレーザー測量成果を利用すると、短い間隔でも表示可能であるが、縄張り図を二〇〇〇～三〇〇〇分の一程度で出力するため、あまりに細かい等高線は黒塗りになって判別できない。複数のパターンを検討する中で、等高線は二メートル間隔の表示を基本とした。

#### ② 赤色立体地図による判読と縄張り図作成

前項までの調査手順について、事例として岐阜県史跡・傘松城跡における調査内容を示す。対象地の傘松城跡は、飛驒市神岡町の吉田・寺林・釜崎の三区に跨って所在する山城である。地元では平安時代の築城伝承が伝わってきたが、岐阜県中世城館総合調査によって、現地に残る城郭遺構は戦国時代後期に江馬氏が使用した可能性が高いことが示唆された<sup>14</sup>。飛驒市では江馬氏城館跡の一地区として位置づけ、将来的な保存活用を見据えた調査を継続的に行っている。

平成三〇年度は、同年に作成した赤色立体地図(図6・7)をもとに現地踏査を行ってその成果を発掘調査報告書に掲載した<sup>15</sup>。第一に、堀切や切岸等から読み取れる遮断線をもとに地区区分を行った。主郭周辺の「主郭地区」と設定し、主郭から北・西・南東方向に派生する各尾根上の地区をそれぞれ「西尾根地区」「北尾根地区」「南東尾根地区」とし、主郭南側斜面を「南地区」とした。そのうえで、現地踏査における各地区内の地表面観察の結果をもとに城郭遺構の配置や構造を推定し、城全体の価値

づけを行った。報告書には3DPDFデータを用いて鳥瞰的な視点の画像も掲載した他、堀切の規模を尾根ごとに比較するためにビューソフトを活用して任意の断面図を作成した。しかし、この時点では縄張り図は作成せず、赤色立体地図に白字で遺構の注記を行うにとどまった。報告書においても赤色立体地図のみでは細かな城郭遺構の構造を示すことは困難であり、従来どおりの縄張り図と併用した検討も必要であるという課題を述べた。

この課題を克服するため、令和二年度には追加調査を実施して縄張り図の作成を行った。現地調査・下図の作成は筆者が行い、図面のトレース作業は同年度に倒木棄損に伴う試掘確認調査の実施に合わせて(株)イビソクに委託した。なお、トレース作業にあたっては、筆者旧稿における略測図の作成手順を適用した<sup>16)</sup>。作成した縄張り図(図8・9)によつて城郭遺構の配置や全体構造の把握が容易となり、試掘確認調査における各トレンチの場所性や、検出した遺構の性格を推定するためにも有用であった。

関連して赤色立体地図を用いた城郭遺構の判読例を表2<sup>17)</sup>に示す。主に傘松城跡の調査事例から抜粋し、堅堀と土塁を連続して設ける畝状空堀群(畝状堅堀群)のみ古川地区に所在する小鷹利城跡の図面<sup>18)</sup>を使用している。城郭遺構を判読するにあたっては、基本的に赤色立体地図上に形成されている傾斜変換線を読み取つて地形の凹凸を理解する。城郭遺構の分類・考え方は千田嘉博<sup>19)</sup>や中井均<sup>20)</sup>の著書を参考に設定した。なお、判読・図化にあたっては現地踏査により検証することが前提となる。これは既に述べた通り、赤色立体地図上で読み取れる地形の起伏が城郭遺構であるかという認定や、城郭遺構の構造・機能の把握については、現地を確認した調査者の解釈が必要になるためである。斜面の表現であるケバ線の設定についても、切岸の斜度や落差から線の長さや密度を決定するため、現地を確認せずに図化することは困難である。また、樹木繁茂等の理由に

より赤色立体地図上の傾斜変換線が不鮮明な場合もあるため、赤色立体地図を使用する場合でも精緻な現地確認は必ず行う必要がある。なお、飛驒市の山城には確認できない遺構として、堀障子や畝堀等が存在する。これらの判読例については他地域の事例報告を待ちたい。

その他の城郭遺構として「虎口」「馬出」といったものがある<sup>21)</sup>。虎口は曲輪出入口の遺構であり、馬出は虎口前面に設けられた堀によって囲われた曲輪のことである。これらはいずれも城郭遺構としての性格を表しているもので、地形から判断できる堀切等の遺構群と違い、総合的解釈によつて判断されるものである。したがって、虎口や馬出等の遺構を推測するにあたっては、赤色立体地図のような測量図のみではなく、城全体の遺構配置や構造も把握した上で解釈すべきものと考ええる。

以上のように、飛驒市では赤色立体地図を活用して縄張り図を作成し、城郭遺構の位置・規模・性格の把握や城域の推定を行った。長年蓄積のある縄張り図による検討に赤色立体地図の技術を応用することで、より精度の高い図を作成可能<sup>22)</sup>となった。熟達した測距技術や作図技術が無くても一定水準の図を作成できるようになったことは画期的と言える。しかし、遺構の構造・地形を適切に図化するためには、遺構把握の為の知識や図の表現技術は従来の縄張り図と同様に求められる点には注意を要する。さらに客観性を高めるためには可能であれば複数人で内容を検証することが望ましい。また、どれだけ精度が高い縄張り図であっても遺構の一解釈を示した図面であることに変わりはなく、調査技術の進展や調査者ごとの認識の違いによつて将来的な内容の更新は考えられる。そのため、報告書掲載等にあたっては将来的な比較・再検証ができるように縄張り図と赤色立体地図は合わせて掲載することが望ましい。

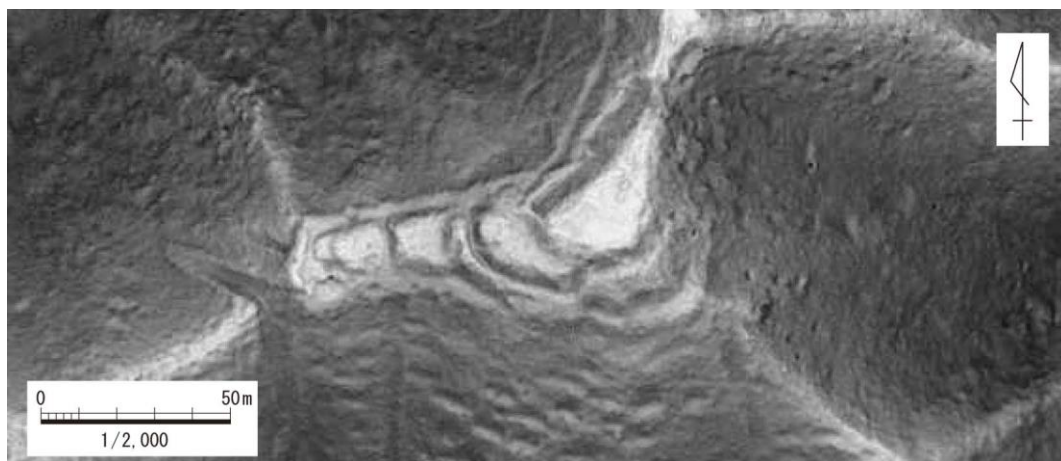
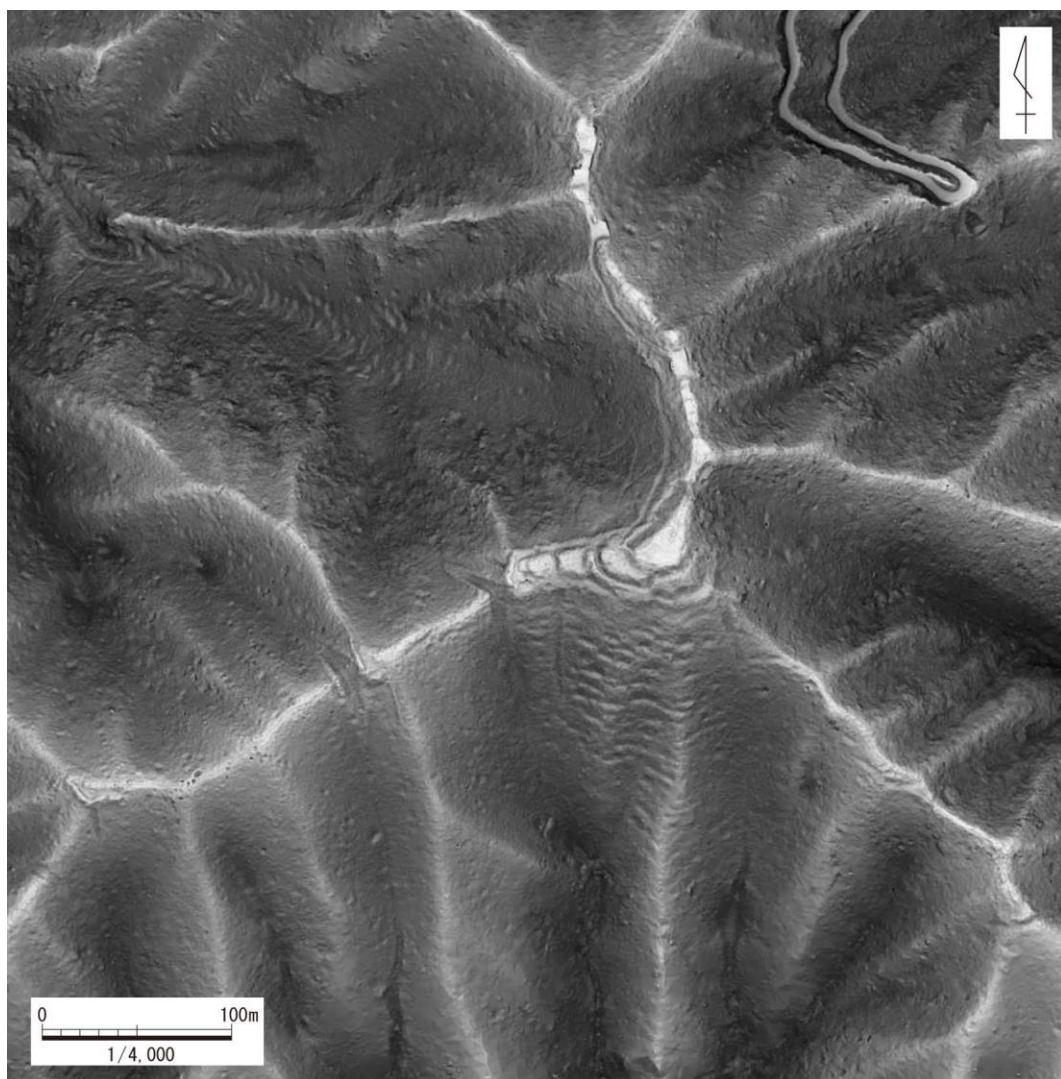


图6 伞松城跡赤色立体地图（上） / 图7 主郭地区周辺拡大図（下）

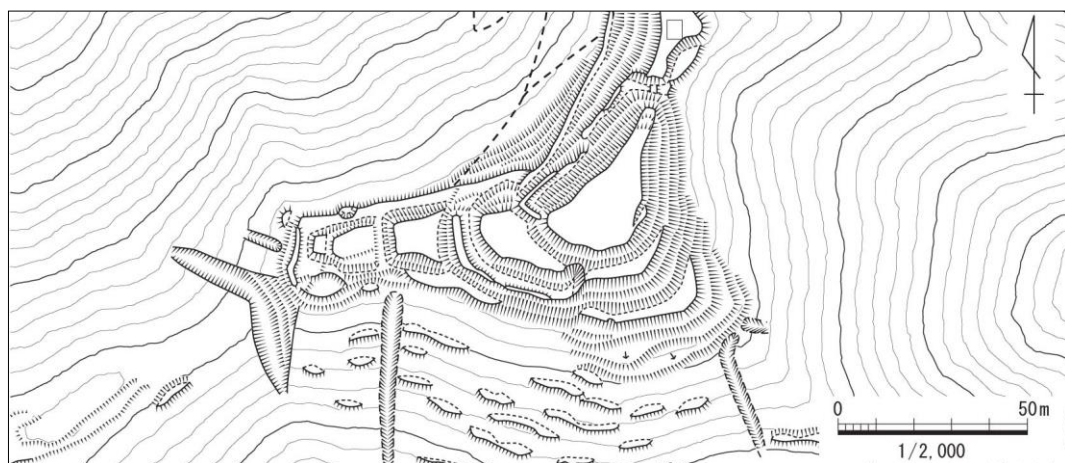
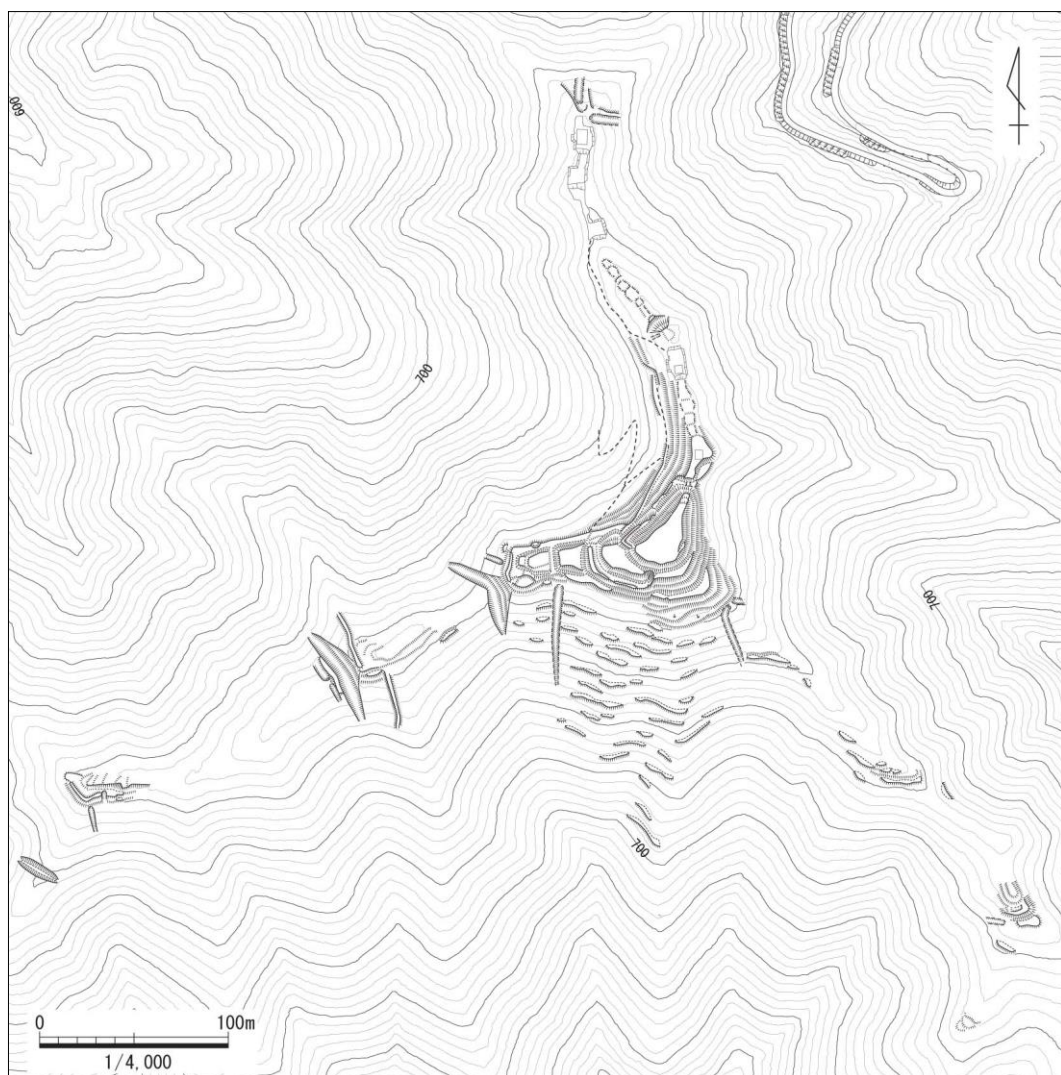


図8 赤色立体地図をもとに作成した傘松城跡縄張り図（上） / 図9 主郭地区周辺拡大図（下）

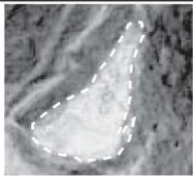
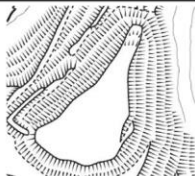
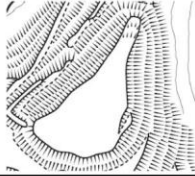
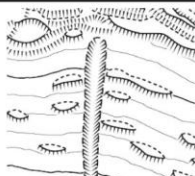
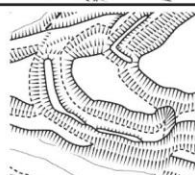
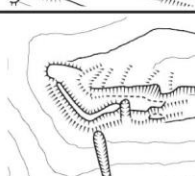
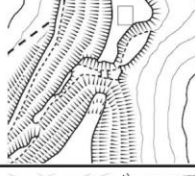
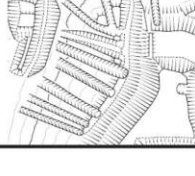
| 遺構種別             | 説明・判読目安                                             | 赤色立体地図                                                                              | 判読例                                                                                 | 赤色立体地図をもとに作成した縄張り図                                                                   |
|------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| 曲輪               | 山を削平して作られた平坦地。白色が強く見え、赤色の切岸との傾斜変換線によって平坦地の端を判断できる。  |    |    |    |
| 切岸               | 山の斜面を切って造られた人工の急斜面。曲輪等の城郭遺構の周囲に分布する。縄張り図ではケバで表現する。  |    |    |    |
| 堀切               | 尾根筋を掘り切って切断した空堀。尾根上にI字状やV字状の堀り込みが確認できる。堀底は白色で表示される。 |    |    |    |
| 縦堀               | 山の斜面に沿って縦に掘られた空堀。赤色の色彩が周囲より線状に濃く表示される。              |    |    |    |
| 横堀               | 曲輪を周囲に配置された横方向の線的な空堀。赤色の色彩が堀方、白色が堀底と判断できる。          |   |   |   |
| 土塁               | 土盛りの防御壁。線状に表示され、上面は白色、落ち込みは赤色で確認できる。                |  |  |  |
| 土橋               | 土で築いた橋。堀切等を渡る施設として土塁状に確認できる。                        |  |  |  |
| 畝状空堀群<br>(畝状縦堀群) | 土塁と縦堀を連続で構築する城郭遺構。                                  |  |  |  |

表2 城郭遺構の判読例

## おわりに

本稿では、赤色立体地図の技術的特性から城館調査に有効な点や課題点を整理し、飛騨市において実施した調査手法を示した。レーザー測量成果をもとに作成した赤色立体地図は微地形の判読に向けた技術であり、山城の城郭遺構の把握にも大きな効果を発揮する。当該技術は山城の全体的な空間構造の把握、城郭遺構の検証や未発見遺構の把握等に有効な資料である。しかし既に指摘される通り、赤色立体地図も決して万能ではない。飛騨市の調査事例から、長年蓄積されてきた縄張り研究の成果である縄張り図についても、その有効性を改めて認識できた。縄張り図は城郭遺構の確認や城全体の構造把握のために依然欠かせない資料である。これまで課題とされてきた調査者の測距技術によつて変動する図の精度や、解釈の違いによる城郭遺構の理解の違いについても、縄張り図作成のプロセスに赤色立体地図の検証を組み込むことで、よい効率的かつ精度が高い成果を得ることが可能となった。このように縄張り図と赤色立体地図は共存関係にあると言える。

現在、山城・山寺・古墳のような地表面観察が重要な要素となる遺跡の総合調査にあたっては、微地形表現図を作成することが基本となりつつある。しかし、すべての地点で新規に航空レーザー測量を実施することは現実的ではない。飛騨市が城館調査の実施にあたって、国・県が実施した既存のレーザー成果を利用できたことは、財政的な面はもとより複数地点の成果を比較することが可能となり、調査の基礎資料の充実の面で大きな助けとなった。このように公的機関実施の測量成果が広く共有され、さらに赤色立体地図のような新技術を活用することで、より詳細かつ容易に遺跡の情報を得る事が可能となるであろう。さらに活用面についても、ビューソフトや模型といった理解しやすい媒体や映像表現を模索すること、

専門知識に有無に関わらず城跡の価値を理解できる可能性を秘めている。航空レーザー測量や赤色立体地図もそうであるが、最新技術を如何に活用して精度の高い文化財調査を実施するか、常に模索しながら事例を蓄積し、その手法を模索していくという姿勢が文化財調査に携わる者には求められると考える。本稿で示したのはその一例にすぎないが、ここに飛騨市が実施した手順と成果等を共有し、各研究機関・自治体間の相互交流や調査手法の確立に寄与できれば幸いである。

【付記】本稿で示した調査内容は、姉小路氏城跡跡調査指導委員会の指導により実施したものであり、特に中井均委員長には調査の検討段階から様々なご示唆をいただいた。また、図1を千葉達朗氏（アジア航測（株）先端技術研究所）にご提供頂き、アジア航測（株）岐阜支店には掲載の承諾を頂いた。以上の方々に御礼申し上げます。

## 注

- 1 奈良県立橿原考古学研究所・アジア航測株式会社（二〇一六）『古墳・山城の計測—航空レーザー技術の活用—』
- 2 微地形表現図作成にあたっては、実施前に飯盛山城跡（大阪府四条畷市・大東市）・郡山城跡（広島県安芸高田市）・佐和山城跡（滋賀県彦根市）等において事例調査を行った。
- 3 赤色立体地図は本来フルカラーの画像であるが、本稿では誌の都合上グレースケールで掲載している。
- 4 飛騨市教育委員会（二〇一九）『飛騨市内遺跡詳細分布調査報告—古川町・神岡町—』
- 5 千葉達朗・鈴木雄介（二〇〇四）『赤色立体地図—新しい地形表現手法—』『応用測量論文集』一五
- 6 横山隆二・白沢道生・菊池祐「開度による地形特徴の表示」『写真測量とリモー

トセンシング』三十八巻四号、二二六―二二四頁。

<sup>7</sup> 千葉達朗・富田陽子・鈴木雄介・荒井健一・藤井紀綱・宮地直道・小泉市朗・中島幸信二〇〇七『航空レーザ計測にもとづく青木ヶ原溶岩の微地形解析』『富士火山』山梨県環境科学研究所、三四九―三六三頁。

<sup>8</sup> 奈良県立橿原考古学研究所・アジア航測株式会社二〇一二『箸墓・西殿塚古墳赤色立体地図の作成』報道発表資料。

<sup>9</sup> 奈良県立橿原考古学研究所・アジア航測株式会社二〇一五『奈良県高取城の赤色立体地図』報道発表資料。

<sup>10</sup> 赤色立体地図を城館調査に活用した事例報告として以下のようなものがある（京都市二〇一八『平成二九年度京都市内遺跡詳細分布調査報告』吉川由里子・吉田智哉・押野博仁二〇一八『航空レーザ測量システムを用いた岩櫃城跡周辺地形の計測手法の検討』『日本文化財科学会第二五回発表要旨集』日本文化財科学会、川越光洋・石川美咲「二乗谷朝倉氏遺跡における航空レーザ計測の報告」、『二乗谷朝倉氏遺跡資料館紀要』二〇一八』福井県立二乗谷朝倉氏遺跡資料館。

<sup>11</sup> 千田嘉博・小島道裕・前川要編一九九三『城館調査ハンドブック』新人物往来社。

<sup>12</sup> 千田嘉博二〇〇〇『縄張り調査の意義と方法』『織豊系城郭の形成』東京大学出版会。

<sup>13</sup> 『全国遺跡報告総覧』(<https://sitereports.nabunken.go.jp>)。

<sup>14</sup> 岐阜県教育委員会二〇〇五『岐阜県中世城館跡総合調査報告書』第四集（飛驒地区・補遺）。

<sup>15</sup> 大下永二〇一九『史跡江馬氏城館跡と傘松城跡の位置づけ』（前掲注四）。

<sup>16</sup> 大下永二〇一八『飛驒における中世山寺の空間構造について』『妻太紀』平成三〇年秋季号。<sup>②</sup>飛驒市教育委員会二〇二〇『江馬氏城館跡7・江馬氏殿遺跡』なお、Adobe Illustrator を使用する場合の線幅等の基準は以下の通りとしている（全て千分の一基準）。

平坦地上端⇨線幅一ポイントの実線。平坦地下端⇨線幅一ポイントの破線（線二・五ポイント、空き三ポイント）。道⇨線幅一・五ポイントの破線（線六ポイント、空き五ポイント）。ケバ⇨線幅一ポイントの先尖り形状線（線幅プロファイル4号）。人口構造物⇨線幅〇・五ポイントの実線。矢印・凹凸地面・崩落⇨線幅一ポイントの実線。石・池等⇨線幅〇・五〇・七五ポイントの実線。但し図全体のバランスから判断してこれらの数値は適宜変更している。

<sup>17</sup> 赤色立体地図をもとに地形を判読した研究として、災害による土砂移動を検証した論（金俊之・檜垣天助二〇一九「地形的背景からみた岩手県北上山地における平成二十八八月台風第十号豪雨の土砂移動」『日本地すべり学会誌』第五十六巻三号、一〇四―一四頁。）があり、表2作成にあたって参考とした。

<sup>18</sup> 小鷹利城跡の調査・図化は三好清超（飛驒市教育委員会）が担当した。

<sup>19</sup> 前掲注11（第五章）。

<sup>20</sup> 中井均二〇一六『城館調査の手引き』山川出版社。

<sup>21</sup> 前掲注20。

<sup>22</sup> 筆者自身、歩測や距離計を用いて縄張り図を作成することがあるが、赤色立体地図を用いた場合、通常と比較して調現地踏査の所要時間は大幅に短縮し、図の精度は各段に向上するのを実感した。