

文化財調査における GIS の基礎知識と QGIS の実践的操作方法

石井淳平（厚沢部町）

Basic knowledge of GIS in cultural property survey and
practical operation method of QGIS

ISHI Junpei (Assabu)

・ 地理情報システム (GIS) / Geographic information system

1. GIS 概論

1.1 何を「GIS」と呼ぶのか

「空間的な情報の取り扱いについて、コンピュータを用いてシステム化したもの」(金田明大 2001「考古学研究と GIS」『考古学のための GIS 入門』古今書院, pp.1-20) という説明が簡潔である。「遺構配置図に遺物の出土地点をプロットして、等高線を上書きする」という作業をコンピュータ上で行えば、「GIS」といえる。これらの作業を手作業で行うことも可能だが、「縄文中期前半の土器群だけを抽出する」という種類の作業を繰り返すうちに、人間には不可能な作業量に近づいていく。また、「土器の出土量に対する石器の出土量の比率の空間分布」のように統計処理を含んだ処理を人間が正確に行うことは難しくなる。空間情報を含んだ複雑で膨大な処理を行うためのコンピュータソフトウェアが必要となる。

1.2 GIS にできること

空間情報のあるデータならどんなものでも対象になる。一般的には地理情報とはみなされない遺物の実測図や写真を GIS ソフトウェアで活用することも可能である。GIS で行われているのは次のような作業である。

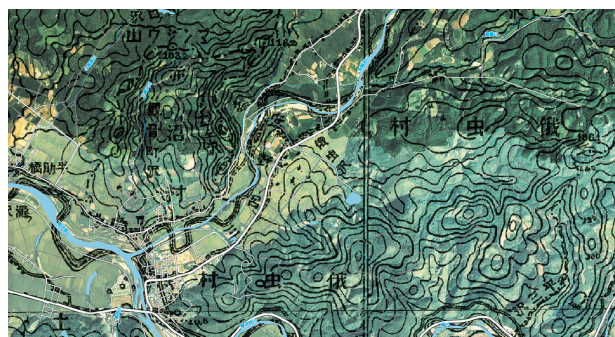


図1 異なる地図の重ね合わせ (国土地理院旧版地形図と国土地理院航空写真、現代の道路・河川)

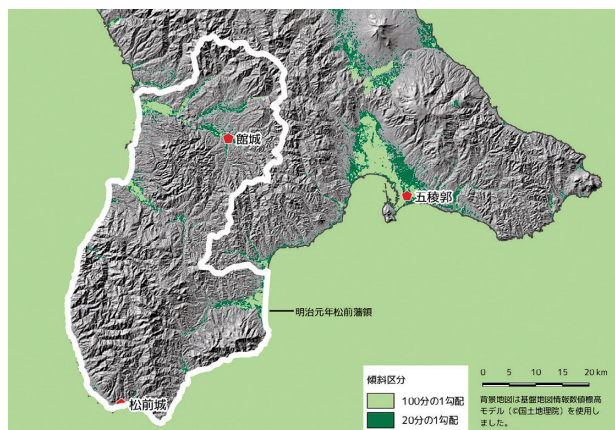


図2 標高データから土地傾斜区分図を作成

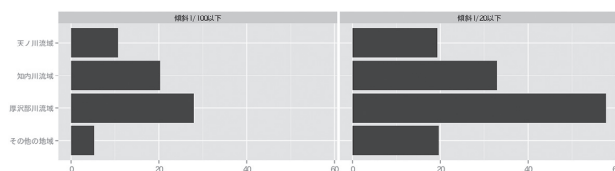


図3 土地傾斜区分図からグラフを作成

1.3 ベクタデータの種類

「座標で地図を表現するデータ」をベクタデータと呼ぶ。データの種類には次のようなものがあり、

通常、異なるデータ形式が一つのファイルに混在することはできない。ラインデータとポリゴンデータは、視覚的にはよく似た結果を表示するが、処理の内容によっては適切なデータ形式を選ばなければ必要な分析が行えないため、注意が必要である。

- ・ポイント＝点データ
- ・ライン＝線データ
- ・ポリゴン＝面データ

たとえば、自治体の境界データはラインとして提供されているものとポリゴンとして提供されているものがあるが、ある自治体領域内の遺跡件数を算出する場合には、境界データは領域をもつポリゴンである必要がある。ラインデータの場合にはこのような分析が行えない。

1.4 ベクタデータのファイル形式

ベクタデータには多くのファイル形式がある。これは地理情報がさまざまな分野で利用されるようになってきたため、必要とされるデータ形式もそれぞれの分野で利用されていたデータ形式と親和性のあるフォーマットが利用されるためだ。たとえば、データベースを扱うエンジニアではSQLite というデータベースエンジンを拡張した「Spatialite」という形式が馴染み深いものであるし、ウェブ系のエンジニアではJavaScriptと親和性の高い「GeoJson」が利用しやすいだろう。

これまでGISソフトウェアではShape形式がスタンダードであったが、様々なデータ形式が登場したことやShape形式が古い構造を維持していることから、「とりあえずShape形式にしておけば大丈夫」という時代ではなくなってきたようだ。

Shapefile ESRI社のフォーマット。デファクトスタンダード。データベースとしては古い構造(.dbf)を維持しているため最新のデータベースでできない場合がある。GISでのトラブルの多くがシェープファイルに由来している側面がある。

Spatialite データベースエンジンにSQLiteを使用。シンプル・軽量・高機能。ポストシェープファイル。

GPX GPSで使われるファイル形式。GISにインポートした後は別のファイルに変換することが一般的である。

CSV カンマ区切りテキスト。x座標とy座標があればGISデータとして使用できる。表計算ソフトで扱えてシンプル極まりない構造だが、ポイントデータ以外の表現ができない。

GeoJson Javascriptをベースにつくられたデータ格納形式。JSONのGIS版。

1.5 ベクタデータの特徴

ベクタデータの特徴は、地理情報をデータベースとして扱うことができる点だ。データベースであるため、たとえば次のような作業が可能になる。

- ・出土層位ごとに遺物の分布図を作成する。
- ・包含層出土遺物のうち、堅穴の2m圏内から出土した遺物を抽出する。
- ・時代ごとに遺構図を表示する。

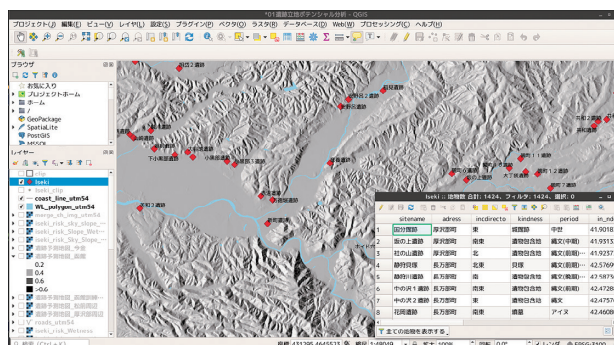


図4 データベースとしてのベクタデータ

1.6 ラスタデータとは

ラスタデータは数値行列で構成されるデータである。形式的には画像ファイル(.tif)として提供される。衛星画像や航空写真のような「絵的」なデータと、標高や傾斜のような連続量の数値行列データが一般的だが、分析の目的によっては植生図のような離散的なデータもラスタデータとして扱われる。

植生図のような離散的なデータをラスタデータとして扱うケースとして「コスト距離」などの主題図を作成するケースが考えられる。歩行到達距離を算出する際に、森林に高負荷値(大きな数値)を割り当て、草地に低負荷値(小さな数値)を割り当てるこ

とで、傾斜や標高と同様にコスト要素として植生を扱うことができる。標高データでは標高値をグレースケールの 256 階調に変換して表現したり、任意のカラースケールに変換して表現する。GIS の機能の一つとして、様々なラスタデータを透過的に重ね合わせて表現することが可能である。傾斜区分図や陰影図、曲率図などと組み合わせて「赤色立体図」や「CS 立地図」などの新しい視覚表現も生み出されている。



図5 絵的なラスタデータ (Landsat7衛星画像)

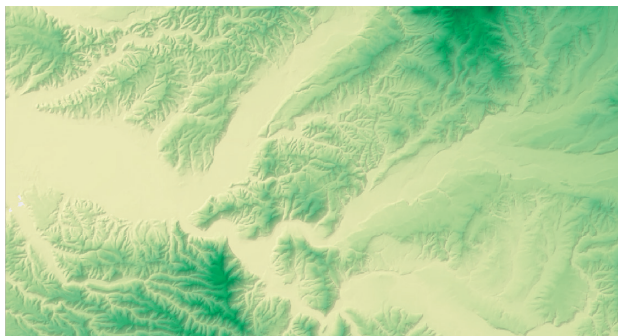


図6 データ行列のラスタデータ (数値標高モデル)

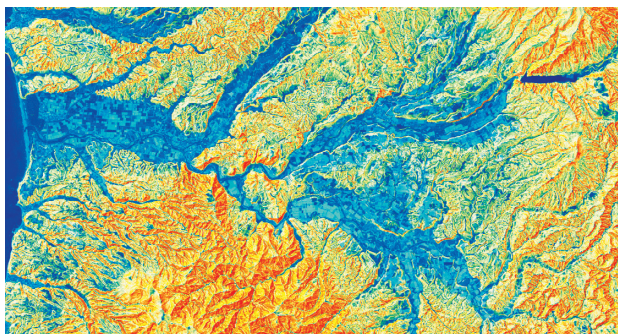


図7 衛星画像+傾斜区分図+陰影図

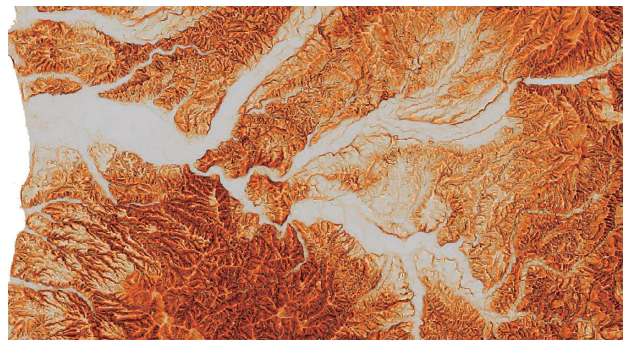


図8 微地形の判読に特化したCS 立体図 (北海道CS立体図)

1.7 測地系・投影系・座標系とは何か

地図上で位置を表現する場合には以下の3点の定義が必要となる。

- ・測地系 = 地球の形
- ・投影系 = 球体の平面展開方法
- ・座標系 = 原点と基線の定義

2000年に新たに導入された「世界測地系」では「地球の形の定義」が変更された。これまでのベッセル楕円体から GSR80 楕円体へと基準楕円体に変更されたため、投影系や座標系にも変化が生じている。

1.8 QGISの座標参照系

QGIS では測地系・投影系・座標系は次のように表現される。「JGD2000/Japan Plane Rectangular11」。これを「測地系+投影系+座標系」に分解すると次のようになる。

- ・JGD2000 = 世界測地系 (測地系)
- ・Japan Plane Rectangular = 平面直角座標系 (投影系)
- ・11 = 11 系 (座標系)

1.9 測地系は「世界測地系」をつかう

2002年施行の改正測量法により基本測量や公共測量は「世界測地系」に基づき測量を実施することが義務付けられた。これ以前の座標系は「日本測地系」だ。公共事業や公費負担の事業として行われる発掘調査では、世界測地系を使用することが測量法により定められている。『公共3測量の手引』(国土地理院企画部測量指導課 2008, <https://psgs2.gsi.go.jp/koukyou/public/tebiki/tebiki.pdf>) によると、文化財調査にともなう「現況把握のための空中写真

撮影、レーザ測量、現況図作成など」は公共測量に該当するとされているので、発掘調査成果は世界測地系で表示することが義務付けられている（測量法第11条第1項及び第2項）。

1.10 投影系は何を選ぶべきか

GISを使用する上で選択肢が3つ考えられるが、地方自治体等での運用実績を勘案すると平面直角座標系を選ぶことが適切と考えられる。

緯度経度系 座標としては馴染み深いものだが、GISで扱う上では空間演算処理ができず不適切である。また、自治体の他の測量成果との整合をとることも難しくなる。

UTM 座標系 赤道を原点とする投影座標系。比較的広範囲を扱うことに優れているといわれる。自治体ではあまり一般的ではない。

平面直角座標系 自治体で一般的に利用されている座標系である。特に理由がなければ平面直角座標系を選択することが無難である。

1.11 緯度経度系と遺跡の代表点

測量法上、測量成果は原則として緯度経度系を使用することとなっている。平面直角座標系等は「場合によって」使用可能というのが法的な位置づけである。発掘調査報告書抄録の遺跡位置は『行政目的で行う埋蔵文化財の調査についての標準（報告）』（文化庁埋蔵文化財発掘調査体制等の整備充実に関する調査研究委員会2004）に基づいて「遺跡のほぼ中心と思われる位置を度分秒の単位で記入する。国土地理院2万5千分の1地形図等を利用して算出する」こととされている。Webで公開されている『地理院地図』の座標取得機能を活用することが簡便な方法である。

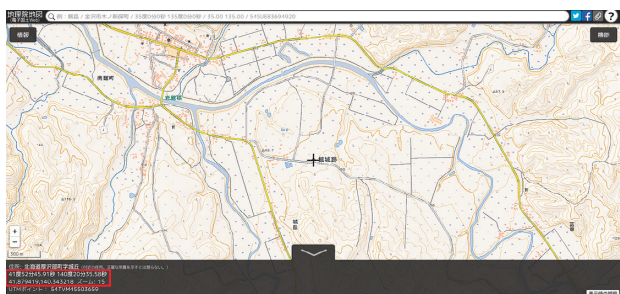


図9 地理院地図による緯度経度の取得

1.12 度分秒表記を避け十進法度を使用する

GISに限らず計算機で位置情報を扱う場合、度分秒の取り扱いはいきわめてやっかいである。度・分・秒の3種類の単位が混在するため、十進法度（度.***）に変換する必要がある、報告書抄録等の記載についても度分秒から十進法度に変換して記載するべきと考えられる。日本測地系から世界測地系への変換や度分秒から十進法度への変換には国土地理院のウェブツールである「Web版 TKY2JGD」（<https://vldb.gsi.go.jp/sokuchi/surveycalc/ky2jgd/main.html>）などのサービスが用意されている。

図10 国土地理院の「Web版 TKY2JGD」

2. ラスタ地図を美しく表現する

2.1 ラスタデータの特徴

- ・TIFFなどの画像ファイル形式が一般的
- ・連続量（標高や傾斜量）が基本だが、土地分類図や植生図のような離散量を扱うこともある。
- ・標高や傾斜、植生など異なる指標を組み合わせた演算を行うことができる。

ラスタデータのメリット・デメリットとして「素早く描画できる」や「境界線を表現するには不向き」などの視覚表現要素が上げられる場合があるが、ベクタとラスタの選択はそのような視覚表現を主たる要因として選ばれるわけではなく、どのような処理を行うのかによって決まる。野生動物の出没地点や土地分類図などは通常ベクタデータで保持されるが、リスクマップを作成する場合などにはラスタ化

して処理を行うこともある。

2.2 段彩図を作成する

QGIS で地図の描画を変更するためには、該当するレイヤをダブルクリックして「プロパティ」を呼び出す。

1. 「レンダータイプ」のドロップリストから「単バンド疑似カラー」を選択する。
2. 「新規カラーマップを作成」の下にあるドロップリストから好きなカラーマップを選択する。
3. 「モード」を「等間隔」に変更する。
4. 「分類数」はデフォルトが5になっているので、まずはこれで試す。
5. 「色の補完」は「離散的」を選ぶ。

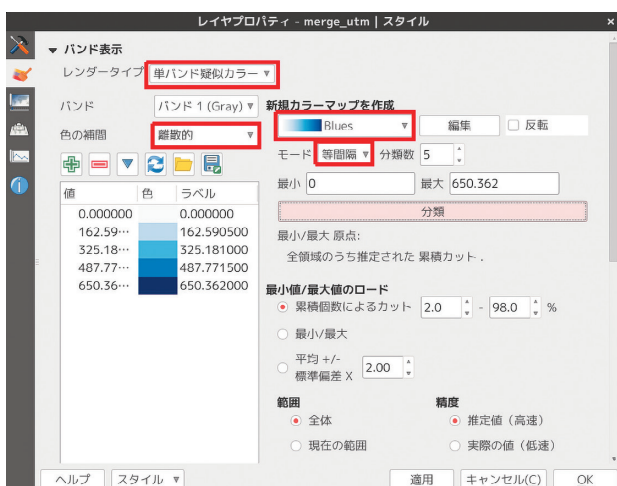


図 11 段彩図の作成

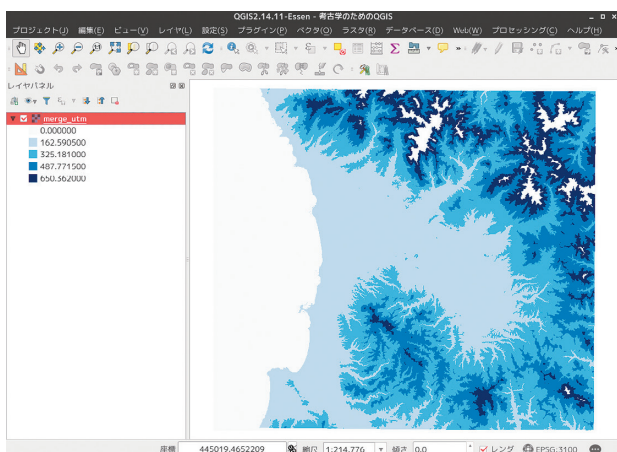


図 12 5段階で標高を区分した段彩図

2.3 陰影図を作成する

メニューの「ラスタ」から「地形解析」→「陰影図」を開く。

- ・「標高レイヤ」はDEMデータを指定する。この場合は「merge_utm」。
- ・「出力レイヤ」は新たに作成される陰影図の保存先を指定する。
- ・「出力形式」はデフォルトの「GeoTIFF」
- ・「Zファクタ」はデフォルトの「2」
- ・「イルミネーション」もデフォルトのままである。



図 13 陰影図の作成

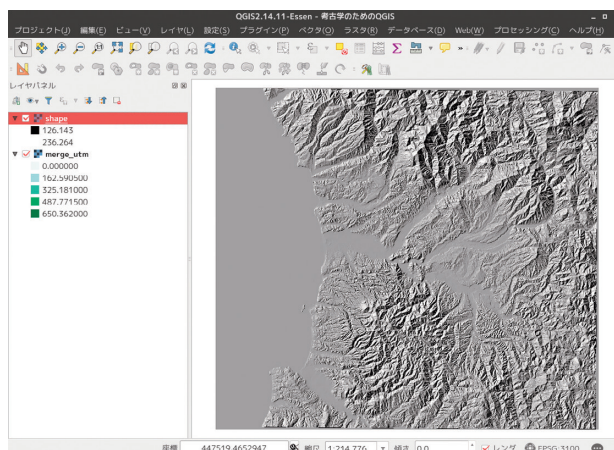


図 14 陰影図

3. 透過率を変える

上位のレイヤを半透明にすることによって独特の視覚表現を得ることができる。上位に陰影図レイヤをおき、透過率を変える。経験上、透過率は70～80%で好ましい結果が得られる。

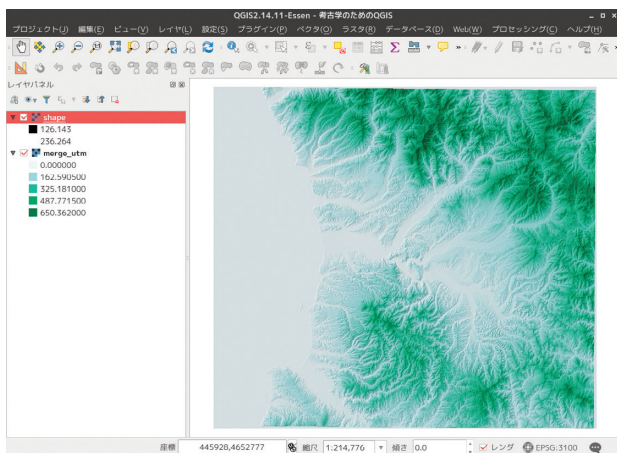


図 15 手前の陰影図レイヤを透過させた段彩図

3.1 「乗算」の効果で重ね合わせる

QGIS では多様なカラーレンダリングモードが用意されている。レイヤプロパティの設定だけではなく、印刷用のレイアウト機能にも複数のカラーレンダリングモードが用意されている。ここでは「混合モード」を「乗算」に設定する。さまざまなラスターデータを重ね合わせることで、地形理解を深める新たな視覚表現が可能となる。

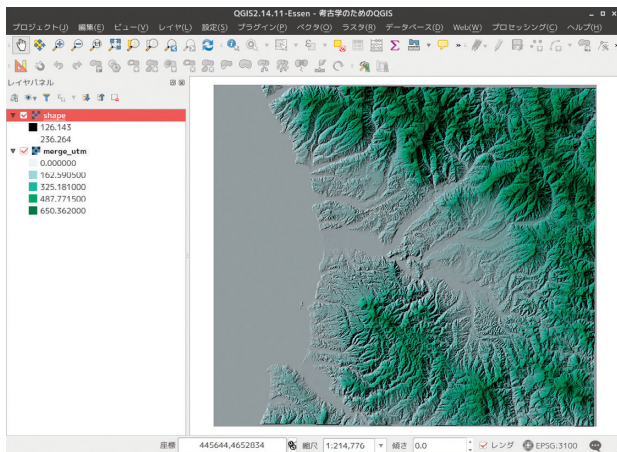


図 16 乗算で陰影図を重ねた段彩図

4. 紙地図を GIS で使う

4.1 フィールドワークの成果を GIS にもちこむ

現場では様々な紙図面を作成する。近年ではトータルステーションの利用も増えてきたが、大縮尺の遺構図面（土器集中や配石）ではまだまだ手書きの紙図面が活躍している。こうした紙図面に座標を与えて GIS のデータとして取り込む作業を「幾何補正」

と呼ぶ。航空写真や旧版地図、古地図などの利用にもつながる応用性の高い技術である。QGIS では紙地図に座標を与えるための「ジオリファレンサー」という機能が備わっている。

4.2 作業の流れ

QGIS での幾何補正は以下のような手順で進める。

1. ジオリファレンサーを起動する。
2. 紙地図の画像データを開く。
3. 紙図面上に既知の座標点があれば、座標点をクリックして座標値を入力する。
4. 目視で既知の座標点指定する場合には、紙図面と背景地図の同一地点をクリックすることで自動的に座標を取得することもできる。
5. 変換方法を指定して幾何補正を実行する。

4.3 座標を取得する

図面に座標を与えるために、紙地図の特定の地点の座標を取得する。座標の取得方法は2通りあり、紙地図の特定の地点の座標がわかっている場合（発掘調査図面でグリッド交点の座標がわかっている場合など）は X 座標、Y 座標を手動で入力する。紙地図上で座標が明らかではない場合（国土地理院の旧版地形図や航空写真の場合）には、すでに GIS データになっている別の図面と紙地図の同一地点を探して座標を自動取得する。

背景地図には「OpenStreetMap」や地理院地図などのウェブ地図も使用できる。

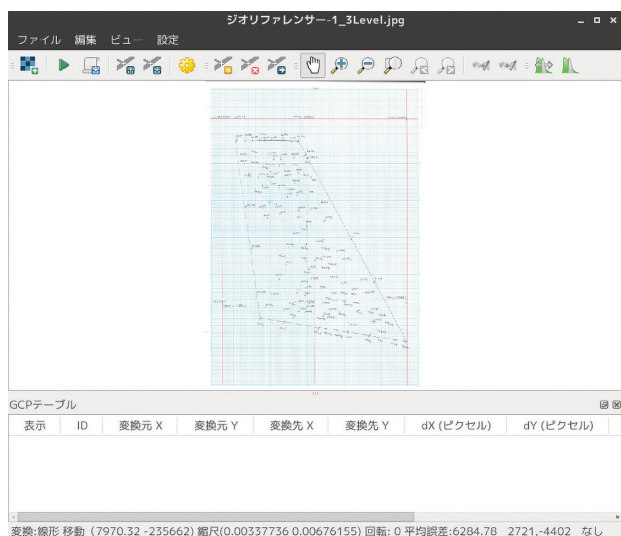


図 17 ジオリファレンサーを起動して紙地図を読み込む

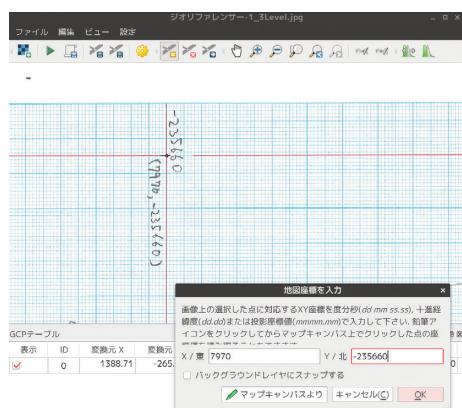


図 18 既知の座標値を手動で入力

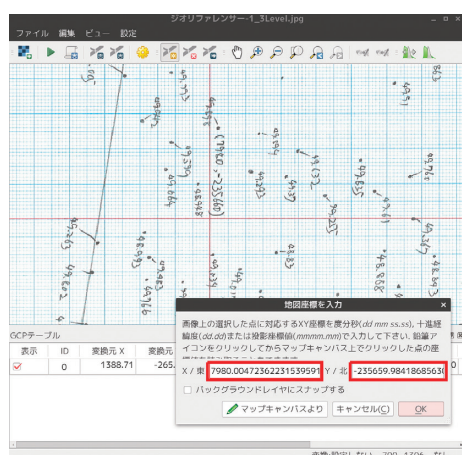


図 19 背景地図から座標を自動取得

5. 幾何補正のコツ

幾何補正を正確に行うためには、同一地点の正確な比定と適切なGCPポイント（座標を与える点）の設置が必要である。正確に設置されたGCPポイント

の周辺では幾何補正の精度が高くなるが、GCPポイントから離れると補正量が増加し精度が下がる。このため、GCPポイントの数とばらつき方が重要となる。

GCPポイントの適切な数がどのくらいか、ということとはなかなか確定できないが、A4サイズでスキャンした紙図面の場合、15点ほどまでは精度が上がっていくようだが、それ以上になると苦勞の割に精度が上がらないようである。GCPポイント設置の目安として次のことを心がけている。

- ・1図面につき6点をめざす。
- ・図面全体をまんべんなくカバーするように設置する。
- ・6点設置したところで一度幾何補正を実行し、追加のGCPポイントの必要性を判断する。

5.1 変換タイプ

QGISで幾何補正を行う場合、様々な変換タイプが用意されている。迷ってしまった方は、シンプルな変換方法である「線形」をまず試してみたい。

5.2 リサンプリング方法

こちらにもたくさんの手法が用意されているが、同様に「最近傍」や「線形」などのシンプルな手法で試してみたい。

リサンプリング方法については対象となるラスタデータの性質によって使い分ける場合もある。地形分類図や植生図などをラスタ化して統計的な演算処理をする場合などではリサンプリングによってデータ値が変化しては困る。例えば植生図でブナ林を赤にナラ林を青に割り当てた場合、ナラ林とブナ林の中間に赤と青の中間色が補完されてしまうと意味がなくなってしまう。「最近傍」によるリサンプリングではこうした「データの間を埋める」処理を行わないようにする。

一方、航空写真のような「絵」として意味があるデータでは隣接するピクセルが滑らかに連続していることが必要である。「キュービック」によるリサンプリングではデータの間値を適切に処理して滑ら

かな絵を作成する。

5.3 変換先SRS

「SRS」は測地系・投影系・座標系を指す。QGISでは「CRS」という用語も使われる。「SRS」はEPSGコードと呼ばれる4桁の番号で管理されている。よく利用するEPSGコードを覚えておくのと作業がはかどる。おもな測地系、座標系のEPSGコードは次のようなものである。

- ・日本測地系 (Tokyo Datum)
 - { 緯度経度系 (4301)
 - { 平面直角座標系 (30161～30179)
 - { ユニバーサルトランスバースメルカトルグリッド (102151～102156)
- ・世界測地系 (JGD2000)
 - { 緯度経度系 (4612)
 - { 平面直角座標系 (2443～2461)
 - { ユニバーサルトランスバースメルカトルグリッド (3097～3101)
- ・WGS84 (4326)

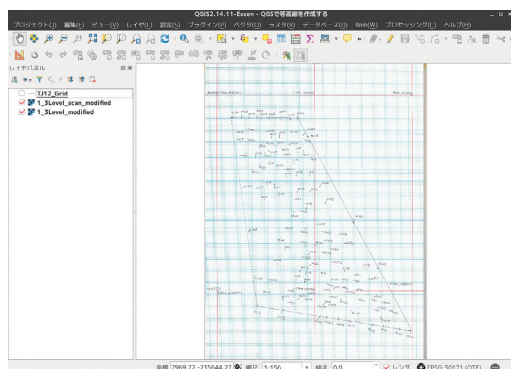


図20 幾何補正されてGISデータ化された紙地図

5.4 紙図面のデジタル化

幾何補正を行うためには図面をデジタル化する必要がある。発掘調査で作成される現場図面のサイズはB3が標準である。このサイズの図面を一度にスキャンできる環境はあまり多くないと思われる。大判の紙図面をデジタル化する方法は次の2点が考えられる。

- ・A3あるいはA4に縮小コピーした紙図面をスキャンする。
- ・紙図面を写真撮影する。

実際に試したところ、縮小コピーしてスキャンの方が精度は高くなるが、長焦点のレンズを使用した場合には写真撮影でも十分実用に耐える精度が確保できるようなのである。時間と機材にあわせて選択していただきたい。

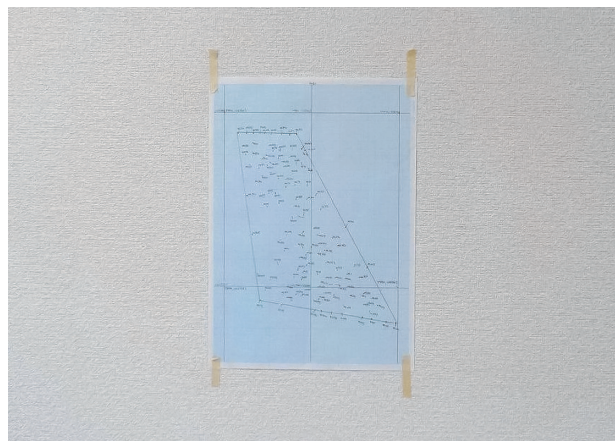


図21 壁に貼った紙図面を撮影してデジタル化

5.5 幾何補正された図面

幾何補正された紙地図はラスターデータとして扱うことができる。航空写真や旧版地図などのように画像として利用する場合もあるが、トレースしてベクターデータを生成する際の原図として利用することもある。

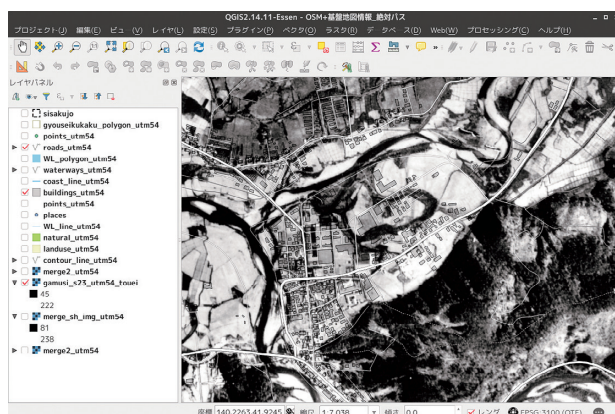


図22 幾何補正された米軍撮影航空写真（国土地理院）

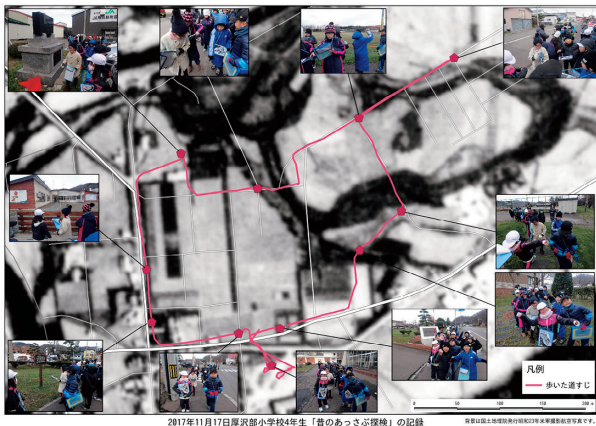


図23 幾何補正された航空写真を利用したフィールドワーク

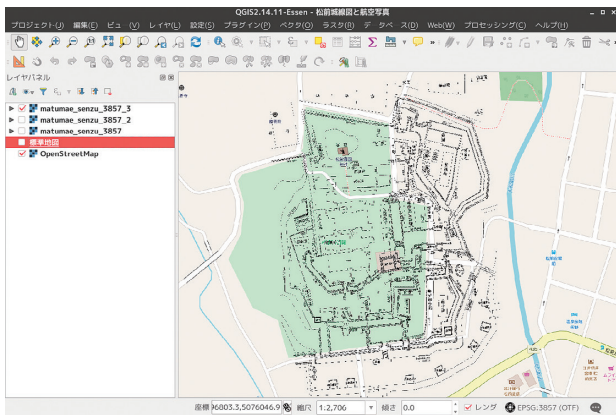


図24 OpenStreetMapと松前城の縄張り図

6. QGISで等高線

6.1 標高ポイントベクタから標高ラスタを作成する

発掘調査現場の端点測量は、標高値の入力されたポイントベクタとしてGISデータ化される。「空間補完(ラスタ内挿)」は、ポイントベクタの標高値をもとに、標高値のない地点の標高を推定する手法で、標高ラスタが新たに作成される。

QGISではいくつかの空間補完方法が用意されている。経験的にもっともスムーズな補完がされる手法は「べきに対する逆距離」である。

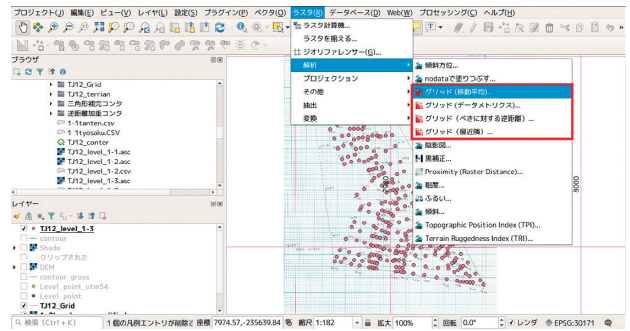


図25 QGISに準備されている「グリッド補完」方法

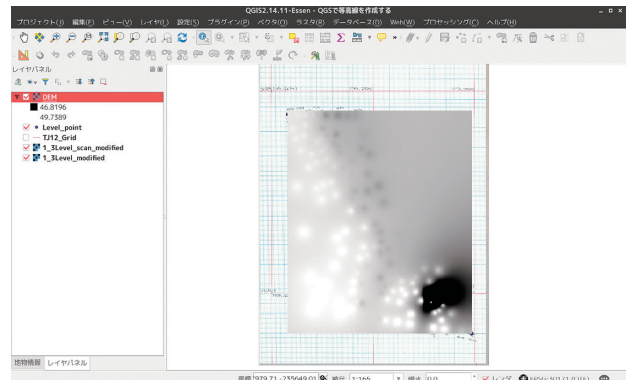


図26 「べきに対する逆距離」で作成した標高ラスタ

6.2 連続量の面的分布を可視化する等高線

ラスタデータから等高線を出力する。単バンドのラスタとして表現されているデータであれば何でも等高線が出力できる。遺物の密度ラスタから等密度線を出力することや降雨量ラスタから等雨量線を出力することも同じ手法で実現できる。等高線の作成は、連続量の分布を調べるためのもっとも基本的な方法である。

QGISでは入力ラスタファイル、出力ベクタファイル、等高線間隔などを指定して、等高線ベクタを作成する。

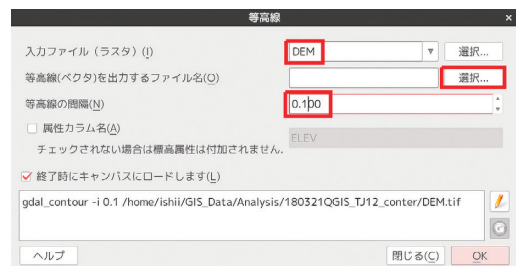


図27 QGISによる等高線の作成

6.3 滑らかな等高線と測量の精度

GISで機械的に等高線を生成する場合には、「どの地点の標高を測るべきか」ということが結果に重要

な影響を与える。手作業で等高線を作成する場合でも選点が重要だが、GISで自動作図する場合にはよりシビアに選点が結果に影響する。測量の効率と精度を両立させるためには現場段階でテストを繰り返す必要がある。

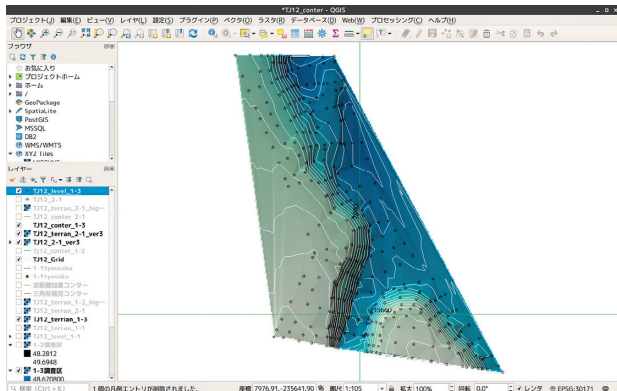


図28 標高ラスタと等高線

7. ベクタデータを思いどおりに描画する

ベクタデータとして提供される道路や河川などの地形データを思い通りの色や線種に仕上げるための手法を解説する。ベクタデータのデータベースとしての性質を利用し、論理演算子を使用した色や線種の指定を行う。

7.1 分類ごとに色を変える

シンボルの設定を「Categorized」に変更すると指定したフィールドの属性にあわせて自動的に分類される。分類項目が適切で少数の場合にはこれでも十分な結果が得られるが、分類が細かすぎる場合には適切な結果が得られないことが多くなる。

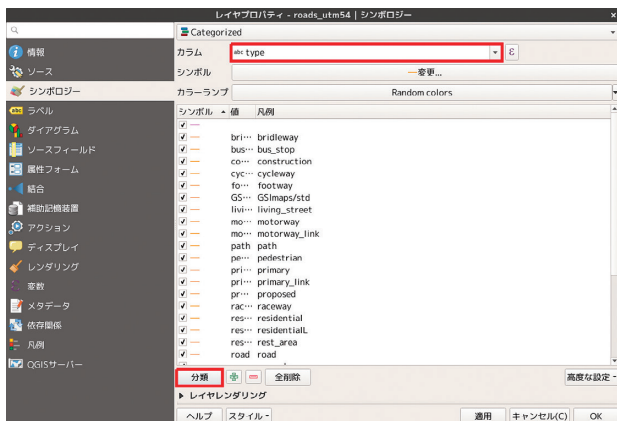


図29 「Categorized」は分類が細かすぎると識別できない

7.2 論理演算子を使って色や線種を変える

たとえば、「時期区分」というフィールドに「縄文時代前期」、「縄文時代中期」、「旧石器時代」などの水準（属性）が不統一で混在していることがある。「縄文時代」という水準を抜き出して色や形状を指定する場合には「"時期区分"LIKE'縄文 %」のように検索語を指定して縄文時代だけを抜き出すことができる。

以下は「OpenStreetMap」の道路データから、道路種別（type）の中から国道（trunk）を取り出す場合のケースである。検索式は"type"LIKE'trunk'となる。

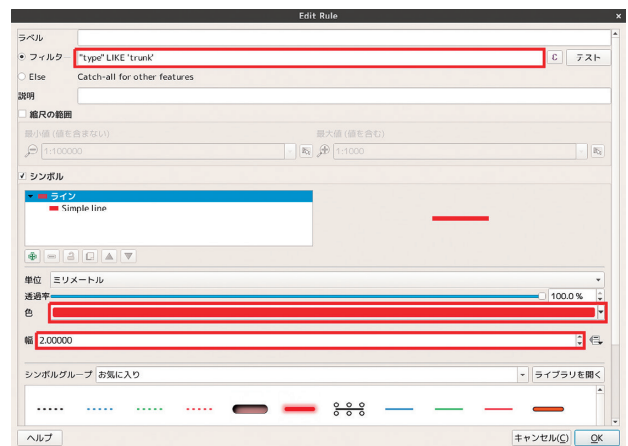


図30 論理式で地物を選択して線種と色を指定する

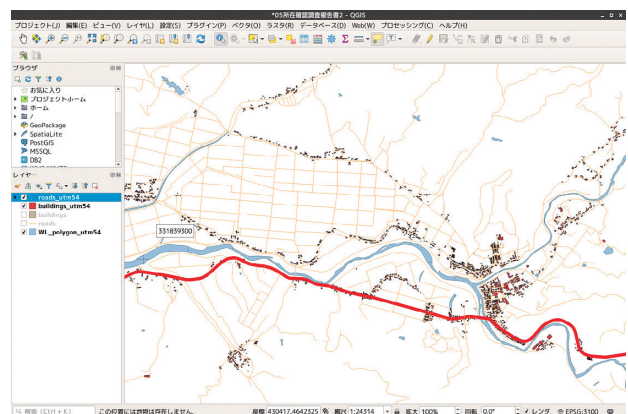


図31 国道だけが赤くなる

7.3 論理式のルール

論理式のルールとして以下の内容が基本となる。

- ・演算子「LIKE」は「=」とほぼ同じ働きをするマッチング演算子
- ・フィールド名は「"」で囲む
- ・水準（属性）が文字列の場合は「'」で囲む

- ・「% 文字列 %」のように「%」（ワイルドカード）で前後を無視した特定の文字列を検索する。

論理式の例

- (1) 「type」フィールドの「trunk」を検索
`"type"LIKE'trunk'`
- (2) 「type」フィールドの「tru～」を検索
`"type"LIKE'tru%'`
- (3) 「type」フィールドの「trunk」と「primary」を検索
`"type" LIKE'trunk'OR"type"LIKE'primary'`
- (4) 「type」フィールドが「trunk」で「name」フィールドに「函館」を含むものを検索
`"type" LIKE'trunk'AND"name"LIKE'%函館%'__`

7.4 スタイルのロード

あらかじめ作成した論理式や描画条件を保存して読み込むことができる。

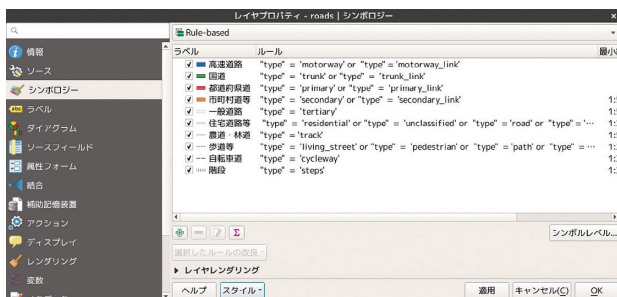


図32 あらかじめ準備していたスタイルファイル（北海道庁喜多耕一さん作成）を読み込む

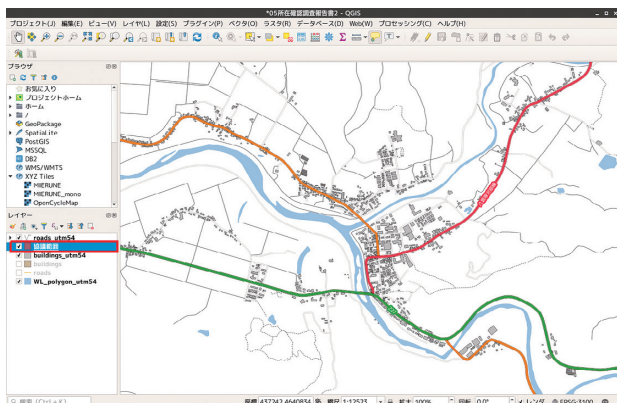


図33 「マップリンク風」に描画された道路

8. QGIS印刷編

8.1 QGISの「レイアウト」機能

QGISでは印刷原稿作成に特化したブラウザ（「レイアウト」）が用意されている。「レイアウト」では複数の地図やスケール、方位記号、テキスト、凡例

などを付け加えることができる。

8.2 地図を追加する

地図をはじめとしたアイテムはドラッグで追加する。サイズは後から調整できる。

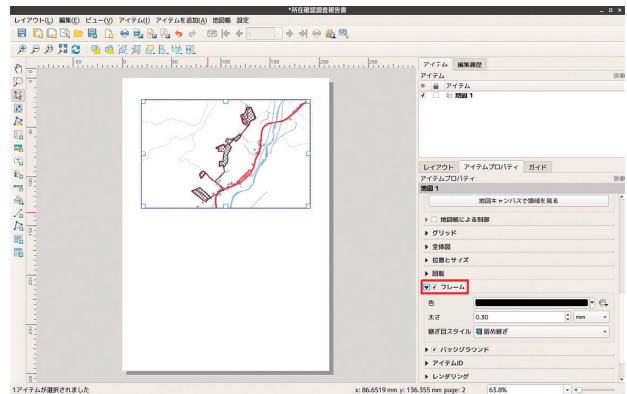


図34 「レイアウト」に地図を追加する

8.3 凡例を追加する

凡例も地図と同様ドラッグで追加する。必要な要素だけを選んで表示することができる。

ここでは「調査地点」と「踏査ルート」だけを表示している。

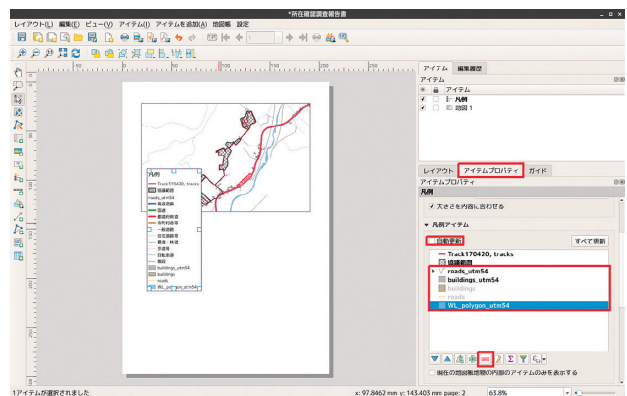


図35 凡例を追加する

8.4 スケールを追加する

スケールは「スタイル」や「スケールバーの単位」を調整して適切に仕上げる。

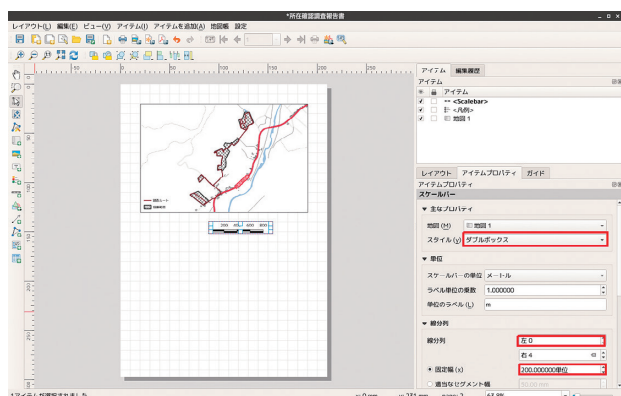


図36 スケールを追加する

8.5 別の地図を追加する

一つの「レイアウト」の中に複数の地図を描画できる。調査地を示す小縮尺の全体図を表示する。

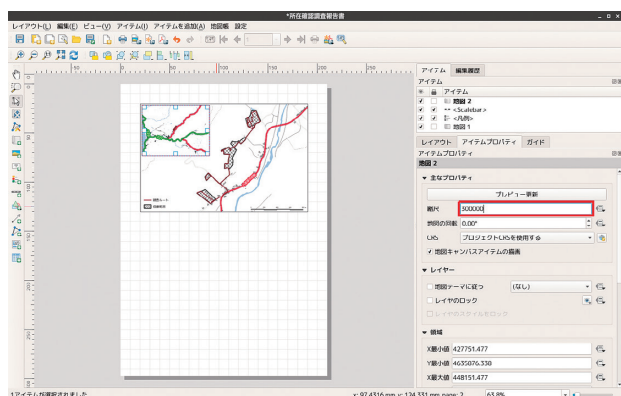


図37 縮尺の違う別の地図を追加する

8.6 図形やテキスト、写真を追加する

図形やテキスト、写真を新たに追加することができる。例示していないが、ベクタデータのテーブルがもつデータを表形式で追加することもできる。

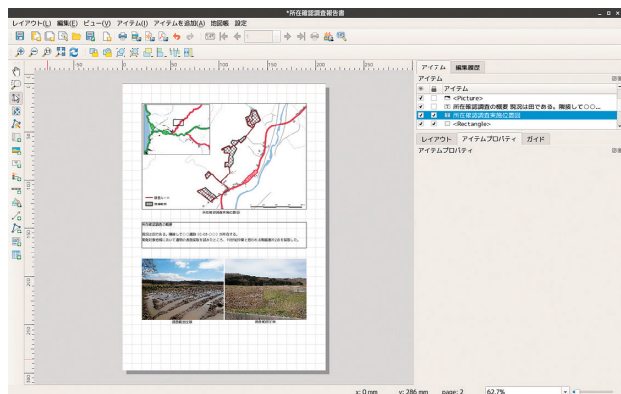


図38 図形、テキスト、写真の追加

9. 複数の地図を自動的に生成する

9.1 QGISの「地図帳」機能

調査地点が複数ある場合では、同じ体裁の地図を、地点を変えて何枚も出図することがある。地図帳機能を使うと複数の地点の地図を一括で作成することができる。また、図表名称などをデータベースの値から引用することができるので、GISのデータベース機能を有効に利用することができる。

9.2 地図帳機能の基本設定

QGISでは次のような手順で地図帳を設定する。

1. レイアウトの上部メニュー「地図帳」→「地図帳の設定」
2. 「地図帳」タブが現れる。
3. 「被覆レイヤ」を設定する。「被覆レイヤ」とは複数の地図帳に描画されるベクタレイヤである。ここでは「協議範囲」を指定している。
4. 「アイテムプロパティ」タブから「地図帳による制御」にチェックを入れる。

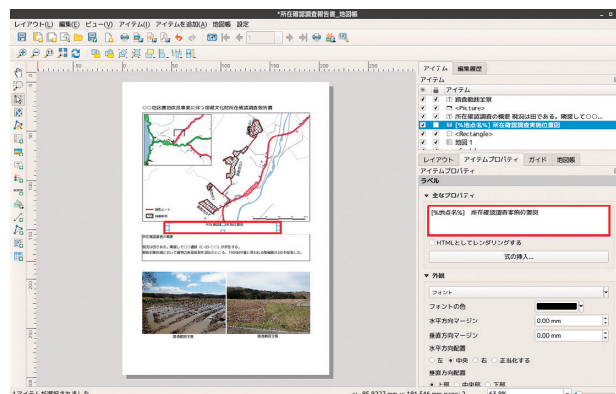


図39 「被覆レイヤ」で自動生成する地図を決める

9.3 テキストをデータベースから自動的に引用する

テキストボックスの中に次のように入力すると「被覆レイヤ」で選択したレイヤの「地点名」フィールドの値が自動的に表示される。

[%地点名%] 所在確認調査実施位置図

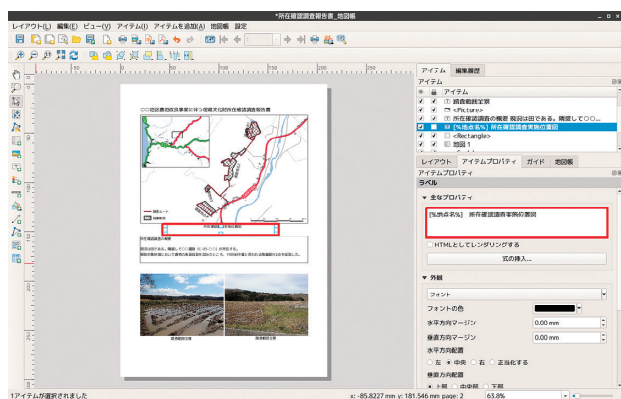


図40 テキストの自動表示を設定する

9.4 複数の地図をまとめてPDF出力

1. 「地図帳」→「地図帳のプレビュー」
2. 「地図帳のエクスポート」→「PDFとしてエクスポート」



図41 複数地点の所在報告書を一括してPDF出力

10. データと著作権と測量法

10.1 地図と「データ」と著作権

本研修で使用した道路データはオープンデータとして提供されている「OpenStreetMap」を使用した。「データ」は通常著作物とはみなされないが、一般的なウェブ地図（Google Map など）は地図画像であり、著作権法の適用を受けることになる。スクリーンショットなどによる利用（複製や公衆送信）については著作権者が定めたルールにしたがって許諾等を受けることとなる。

オープンデータである「OpenStreetMap」についてもウェブ地図として公開されている地図画像には著作権が発生するので、「©OpenStreetMap

contributors」を表示した上で複製利用することとなる。

10.2 国土地理院の地図と測量法

一方、国土地理院発行の地図やデータの場合には著作権法ではなく測量法による規定が適用される。本研修では地理院発行の基盤地図情報を使用して地図画像を作成した。こうした地図画像の作成（地図の調整）は測量法上の「測量」にあたる行為で、法第30条の「測量成果の使用」が適用される。

以上のように、地図データを扱うためには著作権法上の取り扱いと測量法上の取り扱いを理解する必要がある。ルールにしたがって必要な手続きを行っていただきたい。

11. QGISで遺跡立地分析

遺跡立地に影響を与える地形指標を取り出して統計処理を行う際の操作である。高度な分析を行うための「プロセッシングツール」の紹介やポイントベクタに地形指標を取り込むためのプラグインの操作を行う。

11.1 プロセッシング機能とは

QGIS でより高度な分析を行うために「プロセッシング機能」が用意されている。これは他の高機能な GIS ソフトウェアを QGIS から利用することができるものである。プロセッシング機能を用いることで次のようなメリットがある。GRASS GIS や SAGA GIS ではデータの入力方法にも癖があり、初学者には難しいものである。そうした事前の準備が不要となり、高度な分析機能を簡単に利用できるようになっている。

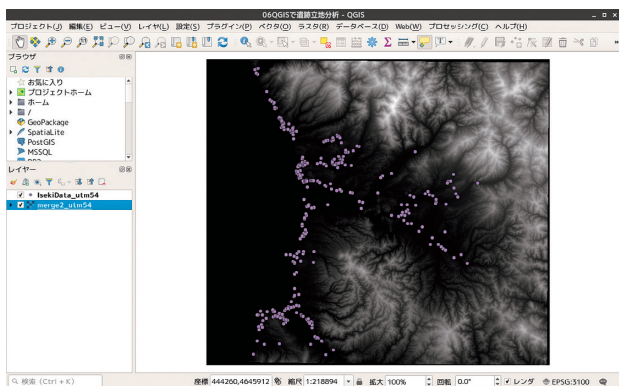


図42 入力する標高データを指定

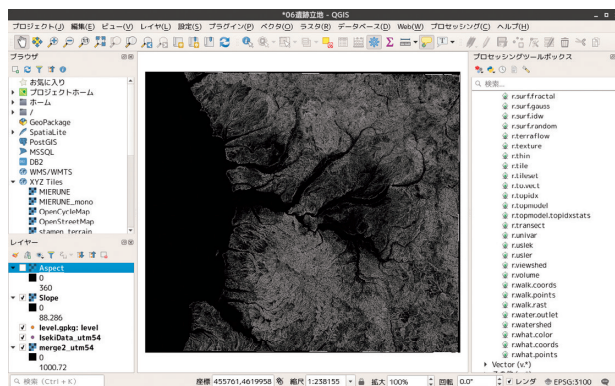


図45 傾斜角度ラスタ

12. 傾斜角度と傾斜方位を算出する

GRASS GISの「r.slope.aspect」コマンドを使って傾斜角度と傾斜方位を算出する。

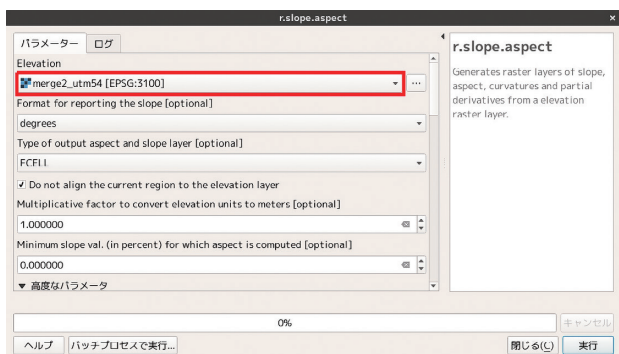


図43 入力する標高データを指定

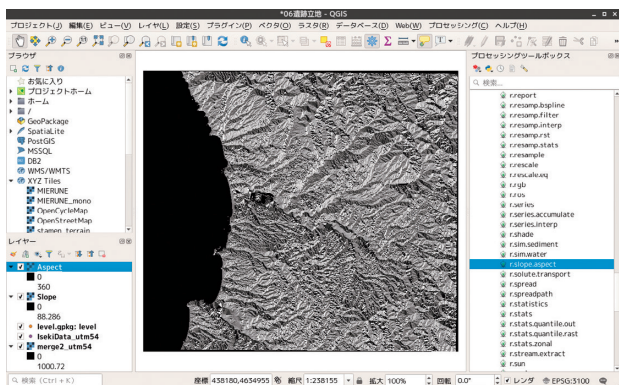


図44 傾斜方位ラスタ

12.1 GRASS GISの傾斜方位の注意点

GRASS GISの傾斜方位の算出では、方位角は東を原点とした反時計回りという点に注意が必要である。東向き斜面が0、北向き斜面は90、西向き斜面は180、南向き斜面は270となる。

12.2 日射量を算出する

GRASS GISの「r.sun」コマンドを使用する。指定すべきパラメーターが多くある。

1. 「Elevation layer」→標高レイヤを指定
2. 「Aspect layer」→斜面方位レイヤを指定
3. 「A single value...」→「270」（傾斜方位の「南」の値を指定）
4. 「name of the input raster map」→傾斜角度ラスタを指定
5. 「No. of day of the year」（1月1日を基点にした日数）→「173」（夏至の頃を指定）
6. 「Global(total) irradiance」（合計放射輝度）にチェック

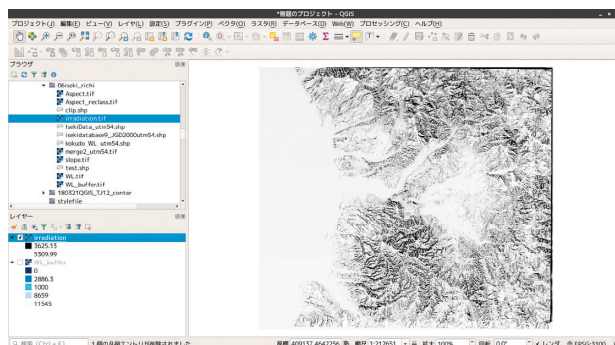


図46 日射量ラスタ

13. 河川からの距離を取得する

13.1 河川データのラスタ化

遺跡の立地に関係しそうな地形指標として河川からの距離が考えられる。遺跡の立地地点から河川までの距離を算出する方法はたくさんあるが、ここでは河川からの距離をラスタ地図化してから距離地図を作成する。河川データは基盤地図情報（国土地理院）、国土基本情報（国土交通省）が公開されているが、小河川まで網羅されている国土基本情報を使用した。

メニューから「ラスタ」→「変換」→「ベクタ化（ラスタのベクタ化）」を開く。

1. 「入力レイヤ」→河川ラインデータ
2. 「A_xed value to burn」（データのあるところに入力する値）→1.0
3. 「出力ラスターサイズの単位」→「Georeferenced units」（投影系上の距離単位　ここではm）
4. 「幅/水平方向の解像度」→10（10m メッシュ）
5. 「出力領域」（ラスタ化する領域の端点を入力）→417000.0 459000.0 4621000.0 4659000.0
6. 「出力バンドに指定されたno data値を割り当てる」（データの無いところに入力する値）→0

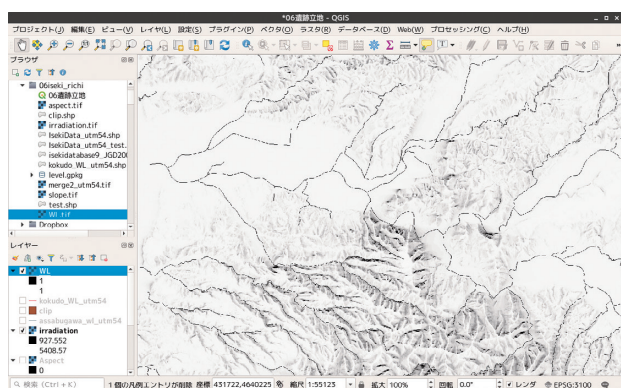


図47 ラスタ化された河川データ

13.2 河川ラスタを距離ラスタに変換

ラスタ化された河川データは2値データである。この2値ラスタを距離ラスタに変換する。メニューの「ラスタ」→「解析」→「Proximity」を開く。「入力レイヤ」には先ほどラスタ化した河川データを指定する。「距離単位」には「ジオリファレンス座標」

（実際の距離）を指定する。

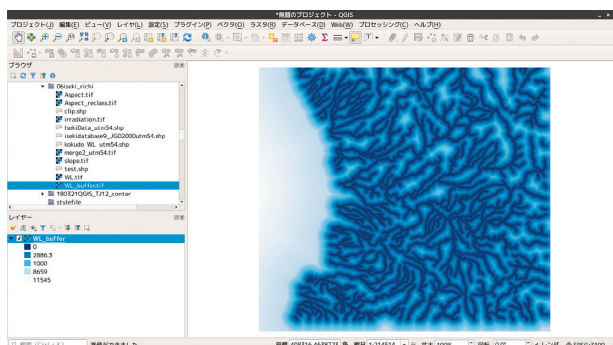


図48 河川からの距離ラスタ

14. 傾斜方位ラスタをポリゴン化する

14.1 連続量ラスタを離散量ラスタに変換する

GRASS GISで作成した傾斜方位（Aspect.tif）は東をゼロとした連続量（0～360）となっている。このままでは統計的に扱いにくいので離散量に変換する。カテゴリは「北」、「東」、「南」、「西」の4区分とする。

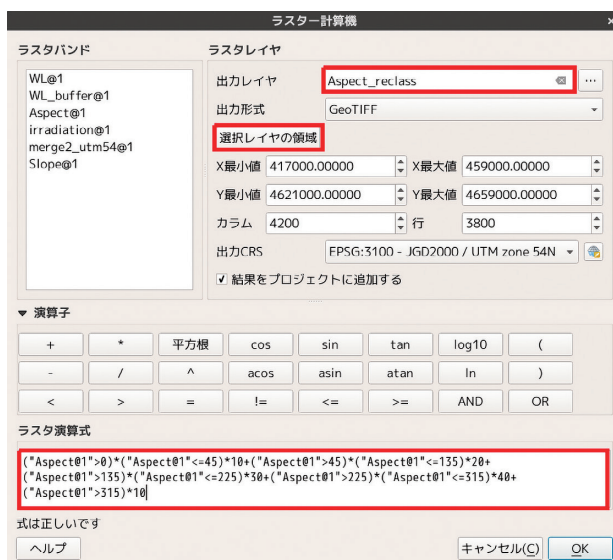


図49 ラスタ計算機の設定

14.2 ラスタ計算機の計算式

ラスタ計算機では次のような計算を行う。

- ・入力＝東が0で半時計回りに増加するラスタ地図
- ・出力＝東10 北20 西30 南40

以下の計算式で方位に対応した2桁の整数値を出力する。

$$("Aspect@1">0)*("Aspect@1"<=45)*10+$$

("Aspect@1">45)*("Aspect@1"<=135)*20+
 ("Aspect@1">135)*("Aspect@1"<=225)*30+
 ("Aspect@1">225)*("Aspect@1"<=315)*40+
 ("Aspect@1">315)*10

14.3 計算式の解説

1. "Aspect@1" Aspect レイヤーのバンド 1 を意味する。
2. "Aspect@1">0 真 (0 より大きい) なら計算機は「1」を返し、偽なら「0」を返す。
3. ("Aspect@1">0)*("Aspect@1"<=45) 0 より大きく 45 以下の値は「1」を、それ以外はすべて 0 が返される。
4. ("Aspect@1">0)*("Aspect@1"<=45)*10 「0 より大きく 45 以下」という条件を満たすピクセルには「10」が代入される。
5. 同様に 45～135 (北) では 20 が代入され、135～225 (西) では 30 が代入され、225～315 (南) では 40 が代入され、315～(東) は 10 が代入される。
6. 計算機が「1」を返す項は一つしかないので、全部の項を足し合わせると真となる項の数字だけが該当するピクセルに代入される。

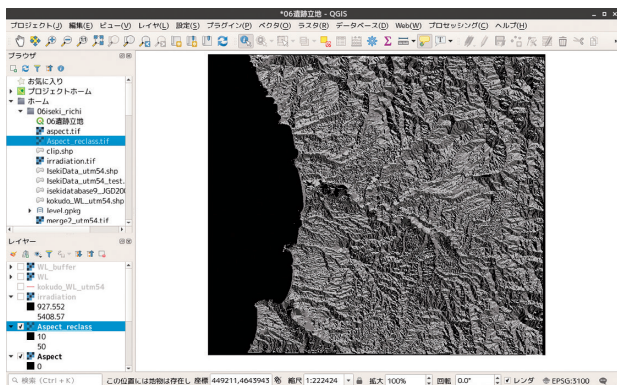


図50 四方位に分類された傾斜方位ラスタ

14.4 ラスタのポリゴン化

離散量化した方位ラスタをベクタポリゴンに変換する。離散量の場合、データベースとして扱えるベクタデータに変換して利用するほうが有用なことが多いものである (ただし、今回の分析手順ではラスタのままで作業するほうが処理速度は圧倒的に早い。)

メニューの「ラスタ」→「変換」→「ポリゴン化 (ラスタのベクタ化)」を開く。

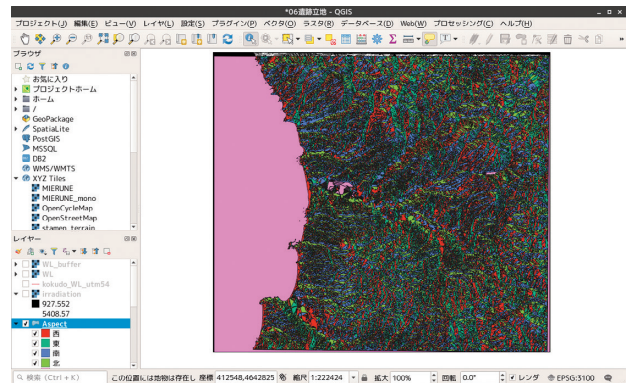


図51 ポリゴン化された傾斜方位

14.5 数値を文字に変換する

傾斜方位ベクタには方位を示す 10、20、30、40 の整数値が入力されている。これを「東」「西」「南」「北」の文字列に置き換える。こうした作業は「フィールド計算機」を使ったベクタ計算で行う。

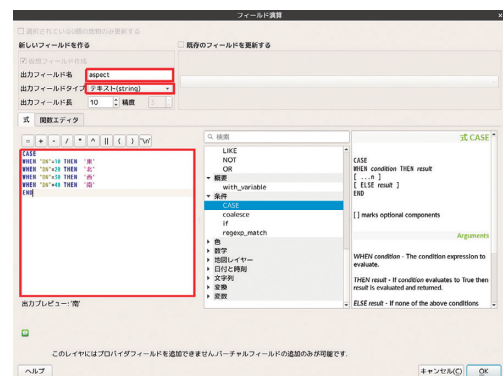


図52 フィールド計算機

今回使用した構文は次のとおりである。

CASE

WHEN 条件式 THEN 入力値

END

DN フィールド値が「10」なら「東」、「20」なら「北」…と指定していく。

CASE

WHEN "DN"=10 THEN '東'

WHEN "DN"=20 THEN '北'

WHEN "DN"=30 THEN '西'

WHEN "DN"=40 THEN '南'

END

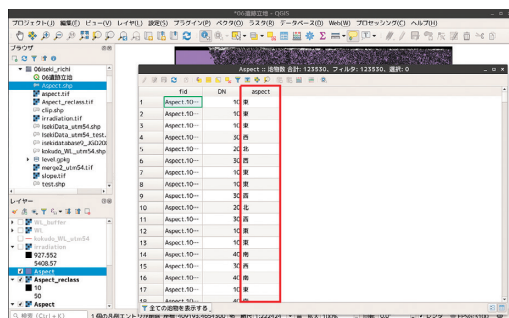


図53 Aspectフィールドに文字列が代入される

4. 出力レイヤは「.gpkg」一択

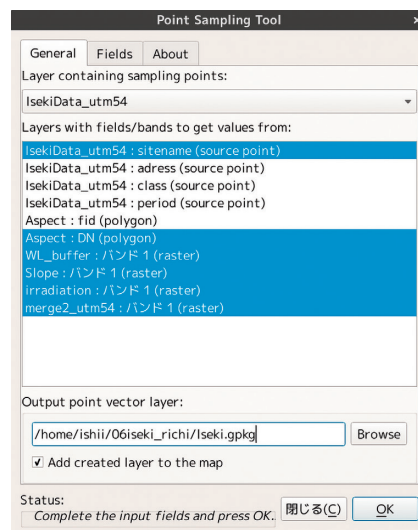


図55 Point sampling toolの設定

15. ポイントベクタに地形指標を付与する

15.1 プラグインのインストール

QGISには豊富な追加機能を提供するプラグインが用意されている。2018年9月19日現在、公式プラグインだけでも239件が登録されている。リポジトリからプラグインをえらんでダウンロードする。メニューの「プラグイン」→「プラグインの管理とインストール」を開き「Point sampling tool」を選択して「プラグインをインストール」をクリックする。

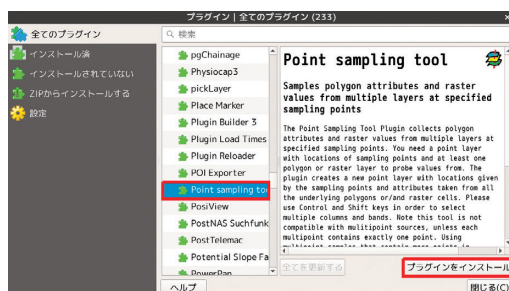


図54 Point sampling toolをインストールする

15.2 Point sampling toolを使う

「Point sampling tool」はポイントベクタレイヤと同じ座標の他のレイヤデータを取得するプラグインである。遺跡立地地点の地形指標（標高や傾斜など）を取得する。

「Point sampling tool」のインストールが成功していれば、メニューの「プラグイン」に「Analysis」という項目が追加されている。「Analysis」→「Point sampling tool」を開く。

1. 「General」タブを選択
2. サンプリングポイントレイヤに「IsekiDatautm54」を選択
3. 値を取得したいレイヤを選択

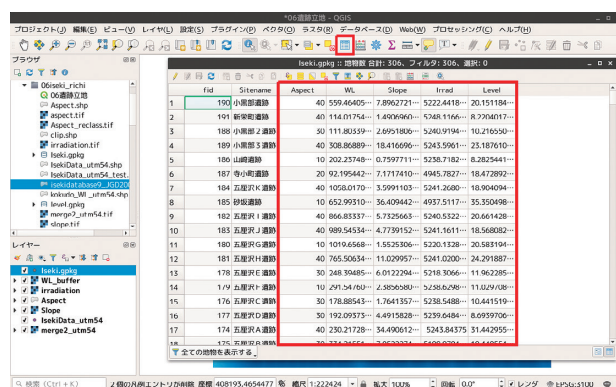


図56 遺跡情報と地形情報が一つのデータに書き込まれた

15.3 GISデータをcsvに出力

遺跡立地地点の地形データを表計算ソフトなどで扱えるcsv形式で出力する。csvに出力することでGIS以外のソフトウェアでGISデータを活用することができる。右クリック→「エクスポート」→「地物の保存」を開き、「形式」→「カンマで区切られた値[CSV]」を選択して保存する。

Id	Sitename	DN	WL	Slope	Level	Irrad	Aspect
1	共和遺跡	40	160.312194624219	1.31639564215080	113.312267753672	5257.76942626875	南
2	長江遺跡	20	92.1354421467007	1.84167482738978	16.1663095728271	5257.71142578125	北
3	オカシノミナト遺跡	40	82.4621124267578	8.74778360888897	18.6467696625977	5211.81347605625	南
4	オカシノミナト遺跡	30	134.53239624023	4.2241476968579	41.038973945312	5237.8154268675	南
5	シノベの跡遺跡	40	150	2.784545132782	51.2274780273438	5216.837890625	南
6	尾花の跡遺跡	30	148.65089030717	0.86865383474764	21.3068752288818	5236.83637890625	西
7	尾花の跡遺跡	40	164.01720703175	6.6483045181066	45.825143859863	5243.170515625	南
8	東長10遺跡	40	222.03041259760	10.3650255203247	27.124894824219	5214.5209909375	南
9	東長10遺跡	40	500	4.28288695480347	21.2050457000732	5234.62841766875	南
10	東長10遺跡	10	599.082641601962	7.87142276763916	36.711170186532	5215.5059705625	南
11	東長10遺跡	40	841.546142678125	5.7072172164917	67.0311813354402	5243.03850375	南
12	東長10遺跡	10	388.3297779480219	1.04282467798897	23.7323169738252	5234.955078125	南
13	東長10遺跡	10	281.6025390625	1.3512542277722	6.83686915893555	5211.781383125	南
14	東長10遺跡	10	301.496276855469	4.0107709772949	20.2184715270996	5233.9013671875	南
15	東長10遺跡	10	310.161254862812	6.33832303948533	23.2714442306787	5234.359375	南
16	東長10遺跡	10	303.64463125	10.386479413208	13.763467480014	5212.701015625	南
17	東長10遺跡	40	476.33805056918	27.40885847168	5235.51611328125	南	
18	乙子遺跡	20	272.62848994312	20.632778936641	28.730237900154	5198.062426075	南
19	乙子遺跡	40	250.79872313477	26.569343403514	25.9681911488506	5163.56962431875	南
20	熊城遺跡	40	161.245147705078	1.66261208057404	9.8304464342813	5236.68720703125	南
21	熊城遺跡	152	315.60205078	3.865035648172	13.8237271716309	5236.18462623125	南
22	梅屋遺跡	40	191.238549490638	1.901595262476	8.89283456653911	5232.35009765625	南
23	元所10遺跡	20	446.542287363201	21.3001915206707	51.7255821220027	5075.77294921875	北
24	元所10遺跡	40	7.6707079347614	67.6548887780669	5241.36270786675	南	

図57 表計算ソフトで開いたGISデータ

16. 自然地形データと比較する

16.1 ランダム点群を発生させる

遺跡のない領域の地形データと比較するために、ランダム点群を対象区域に発生させる。遺跡データと同様に、ランダム点群にも地形情報を付与し csv に出力する。

16.2 マスク用ベクタの設定とランダムポイント

今回の分析対象範囲には海域が含まれている。海域には地形データは存在しないため、陸域を指定するマスキレイヤ（研修では事前に作成済み）を設定するレイヤ内にランダム点群を発生させる。

マスク用のベクタレイヤを開いた状態で、メニューから「ベクタ」→「調査ツール」→「ポリゴン内のランダムポイント」を開く。

1. 「入力レイヤ」→「マスク用のベクタレイヤ」を指定
2. 「式」→サンプリングするポイント数（研修では300）
3. 「サンプリング手法」→「ポイント数」（ほかに「点密度」が選択できる）

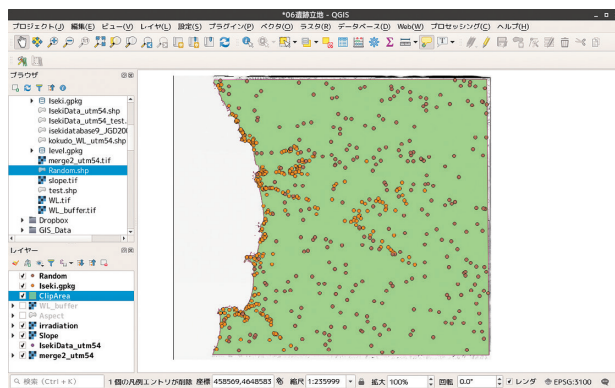


図58 ポリゴンの領域にランダム点群を生成

16.3 再度「Point sampling tool」

再び「Point sampling tool」を使用してランダム点群に地形データを付与する。地形データが付与されたランダム点群は遺跡データと同様に csv に書き出し、遺跡データと結合する。結合作業は表計算ソフト上で行う。

Id	Sitename	DN	WL	Slope	Level	Irrad	Aspect
1	共和遺跡	40	160.312194624219	1.31639564215080	113.312267753672	5257.76942626875	南
2	長江遺跡	20	92.1354421467007	1.84167482738978	16.1663095728271	5257.71142578125	北
3	オカシノミナト遺跡	40	82.4621124267578	8.74778360888897	18.6467696625977	5211.81347605625	南
4	オカシノミナト遺跡	30	134.53239624023	4.2241476968579	41.038973945312	5237.8154268675	南
5	シノベの跡遺跡	40	150	2.784545132782	51.2274780273438	5216.837890625	南
6	尾花の跡遺跡	30	148.65089030717	0.86865383474764	21.3068752288818	5236.83637890625	西
7	尾花の跡遺跡	40	164.01720703175	6.6483045181066	45.825143859863	5243.170515625	南
8	東長10遺跡	40	222.03041259760	10.3650255203247	27.124894824219	5214.5209909375	南
9	東長10遺跡	40	500	4.28288695480347	21.2050457000732	5234.62841766875	南
10	東長10遺跡	10	599.082641601962	7.87142276763916	36.711170186532	5215.5059705625	南
11	東長10遺跡	40	841.546142678125	5.7072172164917	67.0311813354402	5243.03850375	南
12	東長10遺跡	10	388.3297779480219	1.04282467798897	23.7323169738252	5234.955078125	南
13	東長10遺跡	10	281.6025390625	1.3512542277722	6.83686915893555	5211.781383125	南
14	東長10遺跡	10	301.496276855469	4.0107709772949	20.2184715270996	5233.9013671875	南
15	東長10遺跡	10	310.161254862812	6.33832303948533	23.2714442306787	5234.359375	南
16	東長10遺跡	10	303.64463125	10.386479413208	13.763467480014	5212.701015625	南
17	東長10遺跡	40	476.33805056918	27.40885847168	5235.51611328125	南	
18	乙子遺跡	20	272.62848994312	20.632778936641	28.730237900154	5198.062426075	南
19	乙子遺跡	40	250.79872313477	26.569343403514	25.9681911488506	5163.56962431875	南
20	熊城遺跡	40	161.245147705078	1.66261208057404	9.8304464342813	5236.68720703125	南
21	熊城遺跡	152	315.60205078	3.865035648172	13.8237271716309	5236.18462623125	南
22	梅屋遺跡	40	191.238549490638	1.901595262476	8.89283456653911	5232.35009765625	南
23	元所10遺跡	20	446.542287363201	21.3001915206707	51.7255821220027	5075.77294921875	北
24	元所10遺跡	40	7.6707079347614	67.6548887780669	5241.36270786675	南	

図59 遺跡立地地点とランダム点群を結合

17. GIS統計データの可視化

17.1 統計処理とソフトウェア

GISデータから遺跡立地の特徴を読み取るためには統計データの特徴を読み取ることが必要となる。こうした統計的な用途には、意外にも表計算ソフトは不向きである。本資料掲載のグラフはR-version3.5.1のggplot2パッケージ、GGallyパッケージを使用して作成した。現在は、フリー・オープンで高機能な統計ソフトウェアが登場しているので、時間と余力のある方は挑戦してみてもいいだろうか。

17.2 地形指標と遺跡立地を可視化する

調べたいことは、遺跡立地に影響を与える地形指標の探索と、それらの地形指標と遺跡立地との関係である。可視化の際には「遺跡の有無」という離散量に対して、それ以外の連続量や離散量の影響を示すこととなる。

以下のグラフではそれぞれの地形指標に対して遺跡立地地点と自然地形の分布を示す。

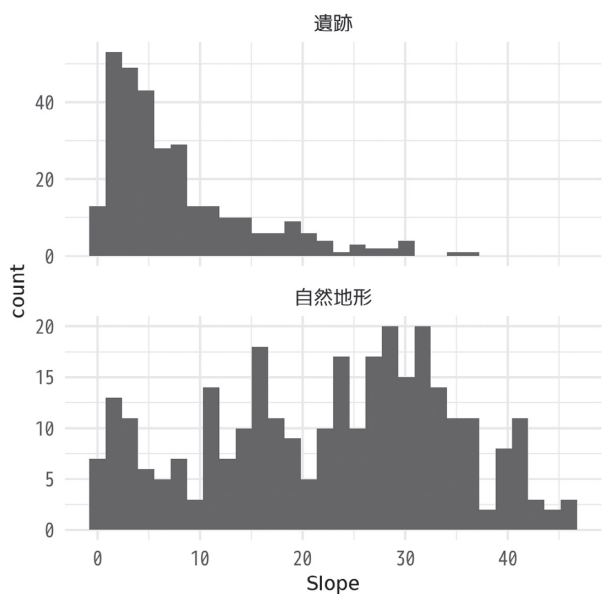


図60 傾斜（離散量×連続量）

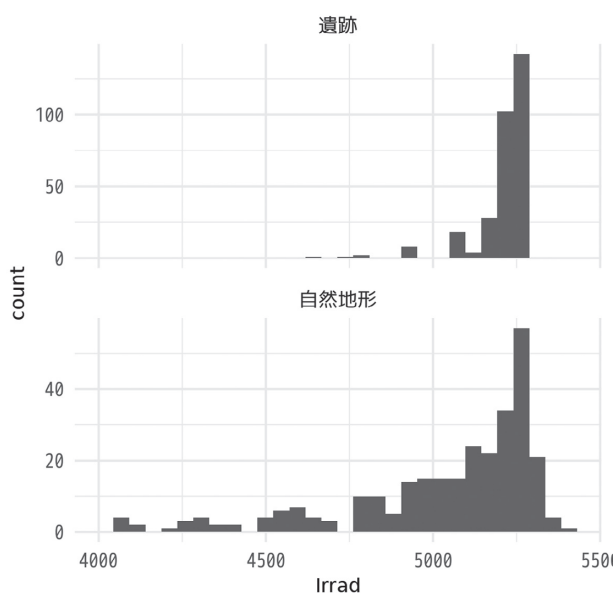


図61 日射量（離散量×連続量）

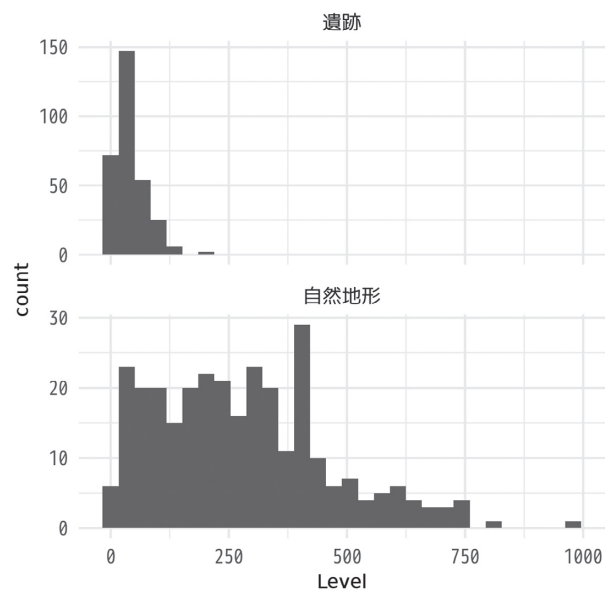


図62 標高（離散量×連続量）

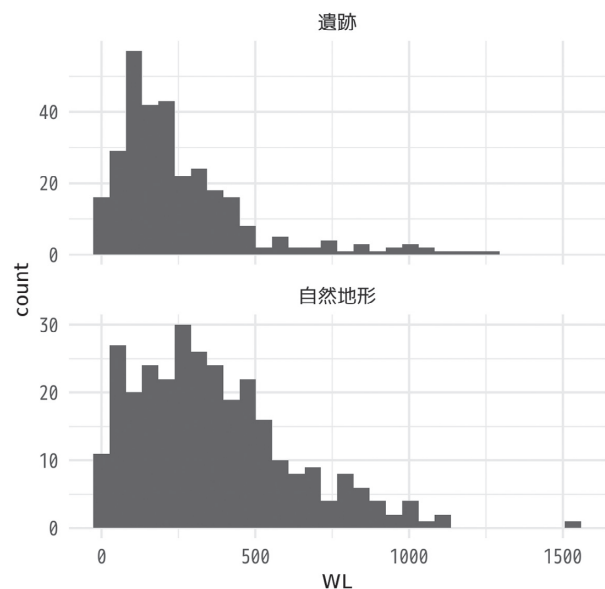


図63 河川からの距離（離散量×連続量）

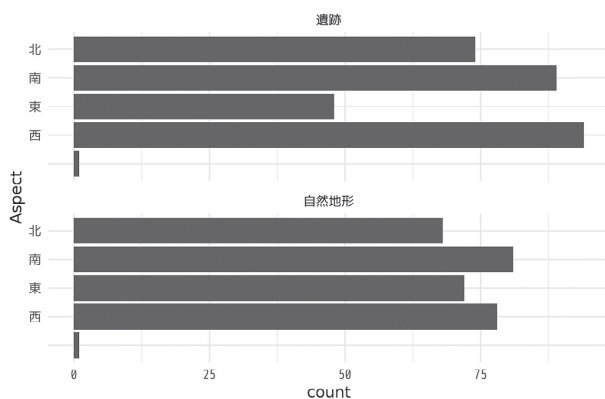


図64 斜面方位（離散量×離散量）

18. GISと発掘調査記録

18.1 発掘調査記録とデータの公開

われわれ埋蔵文化財行政にかかわる者は何を「記録」として残すべきだろうか。記録や観察の成果としてわれわれは「実測図」にこだわる。発掘調査成果の多くはトレーニングを積んだ技師によって描かれた秀麗な「実測図」＝「絵」として公開される。

「絵」を公開することが調査担当者の役割なのか、絵を生成するためのデータを公開することが調査担当者の役割なのか、そうしたことを真剣に議論する時期に来ているように感じている。「記録保存」とは何か、「調査成果の活用」とは何か、という議論に行き着くはずである。

18.2 データファーストの発想

本研修で使用した地形データは「絵」として提供されているわけではない。色も形もない「データ」として提供されたものをわれわれは考古学の調査や研究のツールとして活用した。もし、地形データが単なる「絵」として提供されていたならば、地形データを考古学に活かす可能性は非常に狭まっているはずである。

同様に、考古学の成果が「絵」ではなく「データ」として社会に公開されていれば、考古学の成果をより広く社会が利用できることになる。われわれが思いもよらない活用方法があるかもしれない。何より考古学に関わるわれわれがより多くの恩恵を受けるはずである。

「データ」として公開された地理情報から多くの恩恵を受けるほどに、現状の考古学データの公開のあり方には課題が多いと感じる。

19. オープンソースソフトウェアへのこだわり

19.1 大切なことは「無料」ではない

本研修ではオープンソースのGISソフトウェアであるQGISを使用した。GISソフトウェアは高額であることが多く、個人はもちろん、多くの自治体で

は導入が難しいものである。しかし、QGISを使用した理由は無料だからではない。

無料で高機能なGISソフトウェアはQGIS以外にも存在する。たとえば「カシミール3D」というソフトウェアは簡単な操作で高品質な地図画像を作成できる優れたソフトウェアである。QGISと「カシミール3D」の違いはオープンソースであるか、否かという点にある。

オープンソースであるQGISでは、ソースコードが公開されているので原則的にはどのようなOSでも自力でインストールすることができる。無料であってもオープンソースではないソフトウェアにはこのような自由度はない。

19.2 個人として研究環境を確立する

われわれは行政職員として埋蔵文化財保護に関わりと同時に市井の考古学者として調査・研究活動にも関わる。組織が導入した高価なソフトウェアを利用して個人の研究活動を行うことはある意味「反則」である。コンピュータが考古学の業務に深く関わるようになるほど、考古学者の活動もソフトウェアに依存せざるを得なくなる。「職場にいないと研究できない考古学者」では悲しすぎる。組織依存ではなく、自力で研究環境を構築できることがオープンソースソフトウェアの魅力である。

19.3 オープンな環境と考古学へのアクセシビリティ

考古学者が個人として研究環境を確立できるメリットは、社会的にも大きいと考えられる。考古学研究が誰もが利用できる環境で行われることは一種の公正さを生み出す。大規模組織や研究機関に所属する一部の考古学者しか利用できない環境ではなく、市民と同じ研究環境で研究手法やデータを共有することが、考古学へのアクセシビリティを高めることにつながると考えている。

20. 参考となる情報

20.1 書籍

『業務で使う林業 QGIS 徹底使いこなしガイド』（全国林業改良普及協会）

北海道庁の喜多耕一氏が森林業務に必要な QGIS のテクニックについて解説している。「林業 QGIS」とうたっているが、この本一冊で QGIS の基本的な操作方法を完全に網羅している。QGIS3.x には対応していないことと、大きくて重いことが欠点である。

『考古学のための GIS 入門』（古今書院）

奈良文化財研究所の金田明大氏らによる GIS の概説書である。「考古学のための」とうたっているが、GIS 全般の概説を含んだ内容となっている。2001 年刊行のため、GIS をめぐる周辺環境が現在とは大きく異なっているが、理論や基本を学ぶための必読書である。

『実践考古学 GIS 先端技術で歴史空間を読む』（NTT 出版）

宇野隆夫氏編著による「GIS 応用編」というべき内容である。理論的、概説的な内容は少なく、実践例が多く示されている。「GIS でどんなことができるのか」という実践事例を探索したい場合におすすめである。

『景観考古学の方法と実践』（同成社）

「景観考古学」という聞きなれないタイトルだが、内容としては GIS を利用した研究実践である。筆者の寺村裕史氏は景観のもつ認知的な側面を GIS をもちいることで客観的な情報として取り扱うことに心を砕いている。考古学で利用される GIS の手法が数多く取り上げられており、『実践』と同様、事例集として役立つ。

20.2 Web ページ

『森林土木メモ』（<http://koutochas.seesaa.net/>）

『業務で使う林業 QGIS 徹底使いこなしガイド』

の著者喜多耕一氏のブログ。QGIS の便利なテクニックはもちろん、スマートフォンやタブレットをフィールドワークのツールとして活用する方法も紹介している。

『月の杜工房』（<http://mf-atelier.sakura.ne.jp/mf-atelier/index.php>）

マニアックな内容であるが、ちょっとしたことで行き詰まった時にお世話になる。「このようなことが絶対にできるはずだが、わからない」という時に参考にさせていただいている。

『カッパ出没マップを作成する』（https://github.com/Arctictern265/QGIS_book/blob/master/4/4-4.md）

『[オープンデータ+QGIS] 統計・防災・環境情報がひと目でわかる地図の作り方』（技術評論社）第 14 章掲載の本文図版が公開されている。内容としては QGIS 中級編といえるが、こちらに示されている手順がひと通りできる方は「QGIS 中級者」を名乗って差し支えないだろう。考古学に応用できるテクニックがコンパクトに紹介されているので、一度目を通して損はない。

本研修資料の Web 版

- 1 『GIS 概 論』（<https://github.com/IshiiJunpei/QGISforArcIntroduction>）
- 2 『ラスタ地図を美しく表現する』（<https://github.com/IshiiJunpei/QGISforArcRaster>）
- 3 『紙地図を QGIS で使う』（<https://github.com/IshiiJunpei/QGISforArcGeoreference>）
- 4 『QGIS で 等 高 線』（<https://github.com/IshiiJunpei/QGISforArcContour>）
- 5 『QGIS 印刷編～所在調査報告書を作成する～』（<https://github.com/IshiiJunpei/QGISforArcVector>）
- 6 『QGIS で遺跡立地分析』（<https://github.com/IshiiJunpei/QGISforArcPredictive>）