

QGIS で地球観測衛星データの活用

～ 熊本市のトゥルーカラー画像と NDVI 画像の作成 ～

Windows 版の QGIS の最新バージョン 3.16 を使用して説明しています。
必要なファイルのダウンロードのためにインターネット接続が必要です。

1. 地球観測衛星データ

地表面、海洋、大気など地球上の状態を知るためには、地点ごとにその状態を観測して集める方法と高い所から見て全体の様子を把握する方法がある。例えば図 1 の A は気象庁のアメダスによる約 21km 間隔にある観測所での気温で、B は地球観測衛星「しきさい」から観測した地表面温度である。B では約 250m 四方の地域の平均的な温度である。連続的で広い範囲の状態を知りたい場合は、B の方法が有用である。このように地球上の様々な状態を広く連続的に知るために、地球の周回軌道上には様々な地球観測衛星が飛んで観測を続けている。

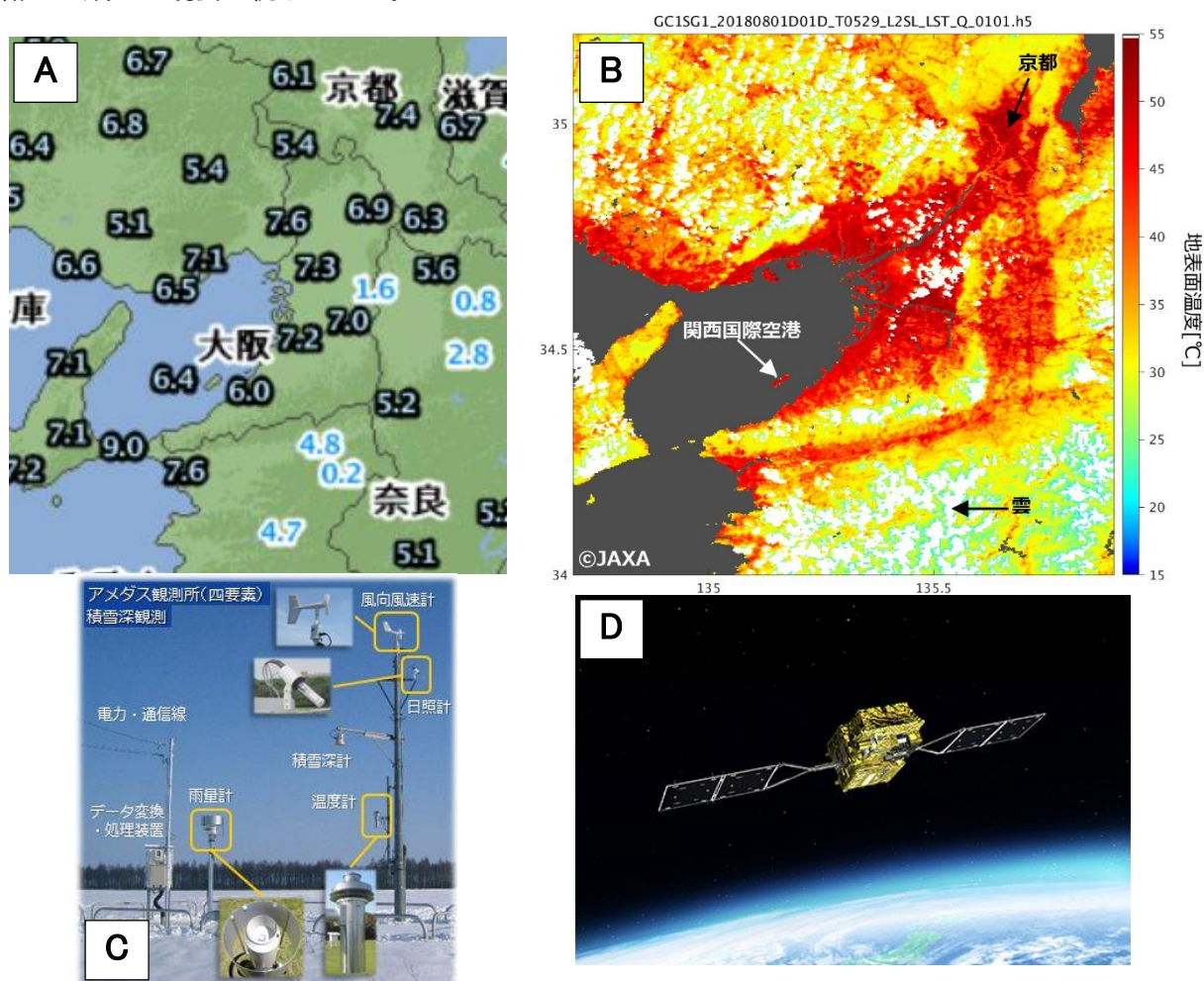


図 1 アメダスによる気温データと地球観測衛星「しきさい」による気温データ

A : 2021 年 1 月 18 日 15 時の気温 (気象庁「アメダス：近畿地方」

<http://www.jma.go.jp/jp/amedas/211.html?elementCode=2>)

B : 地球が見える 2018 年「しきさい」が捉えた日本の猛暑 (8/1)

(<https://www.eorc.jaxa.jp/earthview/2018/tp180801.html>)

C : 地域気象観測システム (アメダス) 概要

(<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/know/amedas/kaisetsu.html>)

D : JAXA 気候変動観測衛星「しきさい」(GCOM-C) (https://www.jaxa.jp/projects/sat/gcom_c/)

地球観測衛星は、陸域で人が観測を行うことが難しい地域や海洋のデータの取得も可能にする。さらに広い範囲を一度に観測することが可能である。ただし地点ごとの直接観測に比較していくつかの欠点もある。観測内容によっては地球観測衛星が飛来した時間のデータしか取得できない。また取得したデータはある程度の範囲の平均値（解像度）であるために、特殊な値をもった狭い地域のデータの取得には不向きである。さらに、取得したデータは主に電磁波の強度を演算によって変換した間接的な観測値であるために、状況や数値の大きさによっては正しい値でない場合もある。センサー技術とデータ解析方法の向上、および飛行する衛星の数を増加させることによってこれらの欠点は徐々に縮小している。

観測データの種類は様々であり、観測する電磁波の周波帯のみならず、太陽から放射された電磁波を地球が反射したものを使うか、もしくは地球自ら発している電磁波を使うかによって分けられる。代表的なものは太陽の電磁波を反射した、R（赤）、G（緑）、B（青）の可視領域のバンドで、これらを合成することによって、人間が宇宙から直接見た画像に近い印象の画像（トゥルーカラー画像）を得ることができる。

(1) 気象衛星「ひまわり」

赤道上空約 36,000km の静止軌道にあり、日本付近を含む西太平洋の画像を常に撮影して重要な気象データを提供している。1977 年に初号機、現在 8 号機が運用中、9 号機が軌道上で待機中。8、9 号は RGB の可視 3 バンド、赤外 13 バンドで観測している。水平解像度は 500m~2km。赤外で、植生、エロゾル、雲相判別、自然火災、水蒸気量、SO₂、オゾン全量、海面水温など、様々なものを観測している。図 2 は RGB を合成したトゥルーカラー画像で、ホームページ上でも提供されている。気象データとして白い雲の画像が重要なデータとなるが、太陽が当たっている昼間しか観測できない。また、雲の発達程度の指標となる雲頂の高さについては正確に分からない。

一方で物体が自ら発している赤外線は、物体の温度を反映すること、太陽光が当たらない地球が夜の部分でも観測ができる。また、雲頂の高さが高いほど温度が低く、雲頂の高さが低いほど温度は高くなるために、温度によって雲頂の高さを見積もって、雲の種類や発達の程度を推測することが可能で、重要なデータとなる。そのために、昼間も赤外のデータを観測している。図 3 のひまわりの赤外面像は、観測データで温度が低いほど白く、高いほど黒く表現されている。はっきりとした白ほど高い雲、ぼんやりとした灰色は低い雲や霧である。図 4 は 2016 年 12 月 22 日 7:00 の画像であり、右の太陽の反射による R、G、B の電磁波を用いた可視画像（トゥルーカラー画像）は夜間の部分が観測できない。左の赤外面像は物体自らが発する赤外線を観測するために、昼、夜の部分関係なく観測でき、24 時間、雲の様子を連続的に観測できる。

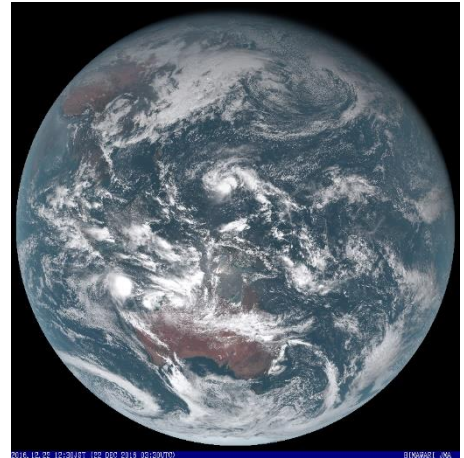


図 2 気象衛星「ひまわり 8 号」による可視画像
気象庁のホームページから引用

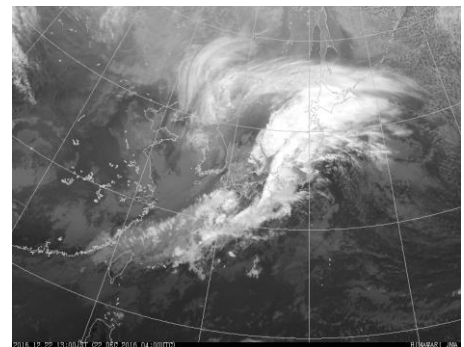


図 3 気象衛星「ひまわり 8 号」による日本付近の赤外面像
気象庁のホームページから引用

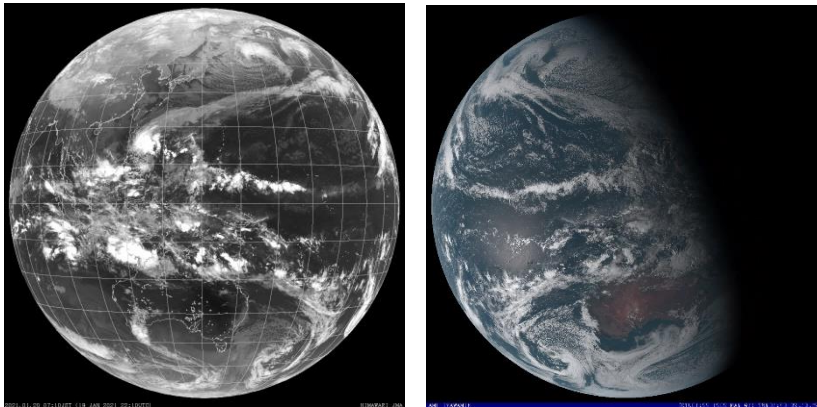


図4 気象衛星「ひまわり8号」による2021年1月17日7時10分の赤外画像(左)と可視画像(右)
気象庁のホームページから引用

(2) LANDSAT

アメリカ航空宇宙局(NASA)などが打ち上げている米国の人工衛星で、1972年に1号機、現在8号機が運用中。地球観測衛星の中でも長寿のシリーズで、センサーの構成は少し古い部分があるが、できるだけ前と同じデータをとって時間変化が分かるようにしている。上空約700kmを飛行し、約100分で地球を1周して地球上の様々な所を観測しているが、同じところを観測できるのは16日後。データは地域環境、農業、都市計画、安全保障分野、その他様々な分野で活用されている。OLI(Operational Land Imager)センサーには可視から赤外に対応するセンサーがあり、11つのバンドからなる(表1)。データは世界中にほぼ無償で提供されている。

表1 LANDSAT8のOLIのバンド構成

| バンド | 波長(μm) | 解像度 | 観測対象 |
|-----|-------------|-------|-----------|
| 1 | 0.433-0.453 | 30 m | エアロゾル/沿岸域 |
| 2 | 0.450-0.515 | 30 m | 顔料/散乱/沿岸域 |
| 3 | 0.525-0.600 | 30 m | 顔料/沿岸 |
| 4 | 0.630-0.680 | 30 m | 顔料/沿岸 |
| 5 | 0.845-0.885 | 30 m | 葉/沿岸 |
| 6 | 1.560-1.660 | 30 m | 葉 |
| 7 | 2.100-2.300 | 30 m | 鉱物/残物/無散乱 |
| 8 | 0.500-0.680 | 15 m | 画像先鋭化 |
| 9 | 1.360-1.390 | 30 m | シラス・雲検知 |
| 10 | 10.6-11.2 | 100 m | 表面温度 |
| 11 | 11.5-12.5 | 100 m | 表面温度 |

データは一般財団法人リモート・センシング技術センター
(<https://www.restec.or.jp/satellite/landsat-8>) から引用

2. 地球観測衛星データとGIS

このような地球観測衛星のデータは基本的に、観測した数値とその位置情報が平面上に格子状に並べられたラスタデータである。数値のみでは把握することが難しいので、図1Bのように色をつけて可視化して表現することが一般的である。これまでQGISを使用して標高データなどの数値データに色をつけて表現するなどして、可視化する作業を行ってきたが、地球観測衛星データについても同様のことを行うことができる。さらに1種類のデータのみならず複数のデータに色を割り当てて合成したり、データどうしの演算結果に色を割り当てて表現することもできる。このような方法によって、本来であれば目に見えない情報を可視化することに

よって直感的に状況を把握することは、様々な事実をあらたに見出すことにもつながる。

今回は LANDSAT-8 データをダウンロードして取得して、さらに QGIS を使って加工し、人の目に見えるようなトゥルーカラー画像の作成と、植物の活性状況を表現する NDVI の画像の作成を試みる。

トゥルーカラー画像とは、地球観測衛星に搭載された赤色の波長域をとらえるセンサーのデータ、緑色の波長域をとらえるセンサーのデータ、青色の波長域をとらえるセンサーのデータを組み合わせて画像にしたものである。前回行った色の合成と同じ方法である。NDVI とは Normalized Difference Vegetation Index (正規化差植生指数) のことで、植生の分布状況や活性度を示す指標。地球観測衛星データの「近赤外 (NIR) 域の反射率」(図 2) と「可視領域の赤」のデータの計算によって導かれる。

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red} \quad NIR: \text{Near InfraRed (近赤外)}$$

植物の葉の葉緑体は、太陽光線に含まれる赤外線 (特に近赤外) を反射して、逆に赤色付近を吸収する (光合成で使用するため)。植物が健全で勢いがあるほど葉緑体が活性化して、これらの傾向が強まる。すなわち、反射されて届いた NIR の値が大きく、吸収されて届いた Red の値が小さいと [NIR - Red] が大きくなる。[NIR + Red] で割るのは、異なる時間の観測値でも比較できるように、元の太陽光の強さの違いによる差を小さくするため。



図 5 可視光線の赤と近赤外領域

文部科学省「一家に1枚」ポスター (<https://stw.mext.go.jp/series.html>) の「光マップ」。近赤外線 (NIR) は可視光線の赤色より波長が長い赤外線の中でも、赤に近い領域で、テレビなどのリモコンやセンサー、夜間の赤外線カメラにも応用されている。熱の検知に使われる。水には大部分が吸収される。

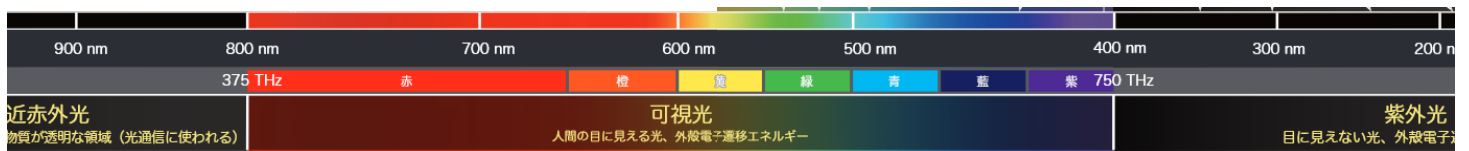


図 6 可視光線の波長域と色

表 1 のバンドごとの波長の Red、Green、Blue 割り当てが適切か、図の色の割り当てと比較してみる。文部科学省「一家に1枚」ポスター (<https://stw.mext.go.jp/series.html>) の「光マップ」。

3. データの準備

(1) 作業用フォルダの作成

デスクトップにフォルダ[GIS2-14]を作成する。

(2) 以前作成した熊本市のシェープファイル(例えば GIS2-09 などの kumamoto-shi.shp、kumamoto-shi.cpg、kumamoto-shi.dbf、kumamoto-shi.prj、kumamoto-shi.shx) を準備して、これらを作業用フォルダにコピーする。

(3) LANDSAT-8 データのダウンロード

現在、地球観測衛星のデータのいくつかは無償でインターネットを経由して取得することができ、そのうち最も解像度が高いものは Sentinel-2 の 10m のデータである。これは Eoportals のサイト (<https://directory.eoportal.org/>) から取得できるが、アカウント登録など複雑な手続きが必要なため、今回は日本の産業技術総合研究所が運用する LandBrowser のサイトから、LANDSAT8 の 30m 解像度のバンドごとのデータを取得して利用する。

① 産業技術総合研究所の LandBrowser にアクセスする

(<https://landbrowser.airc.aist.go.jp/landbrowser/>)。

② 熊本市付近を拡大表示させる。

③ 右に表示されている [Display Menu] で、

④ 上から 5 行目の表示 [Date] が [2020-04-07T01:53:21Z] になるように、[Data Selector] のバーを左に動かす、もしくは [<] ボタンをクリックする。

⑤ 1 行目の [Sensor:] の右側に [LANDSAT8] が表示されていることを確認する。

⑥ 上に並んでいるメニューのうち [Save] をクリックする。

⑦ [Download] のウインドウが表示される。

1) 下の [Get Color Image] で [PNG] を [TIFF] に変更する。

2) [Band2] をクリックして、[...を開く] のウインドウが表示されるので [ファイルを保存する] を選択して [OK] をクリックする。

3) 同様に、[Band3]、[Band4]、[Band5] のデータもダウンロードする。

4) [Download] のウインドウの右上の X をクリックして閉じる。

⑧ 上記④の方法で、[Date] が [2020-08-29T01:53:50Z] のデータを選択する。

⑨ 上記⑥、⑦と同様の操作で [Band2]、[Band3]、[Band4]、[Band5] のデータをダウンロードする。

(4) ダウンロードしたすべてのデータを今回の作業フォルダへ移動する。

(5) データの内訳は、[2020-04-07T01:53:21Z] は世界標準時でのデータを取得した日付と時刻なので、2020年4月7日10時53分21秒、[2020-08-29T01:53:50Z] は2020年8月29日10時53分50秒。

4. ツールカラー画像の作成

(1) QGIS を立ち上げる。

(2) メインメニューの [ラスタ]-[その他]-[仮想ラスタの構築] の順にクリックする。

(3) [仮想ラスタの構築] のウインドウで [Input layers] の右端の [...] をクリックする。

- (4) [ファイルを追加]をクリックして、[ファイルを選択]のウィンドウで以下の4つのファイルを選択する。

LC08_L1TP_113037_20200407_20200410_01_T1_B2.TIF

LC08_L1TP_113037_20200407_20200410_01_T1_B3.TIF

LC08_L1TP_113037_20200407_20200410_01_T1_B4.TIF

LC08_L1TP_113037_20200407_20200410_01_T1_B5.TIF

- (5) [実行]をクリックする。
- (6) 表示されている[ログ]のウィンドウで「Algorithm '仮想ラスタの構築' finished」が表示されたら、[閉じる]をクリックする。
- (7) マップキャンバスに表示された画像を見てみると海の色が赤い。これはバンドの合成の仕方が間違っているからである。
- (8) バンドの割り当ての修正

- ① レイヤのプロパティを表示させ、項目[シンボロジ]をクリックする。
- ② 赤のバンドを[バンド 3]、緑のバンドを[バンド 2]、青のバンドを[バンド 1]に変更して[適用]をクリックする (図7)。



図7 バンド割り当て設定

5. ツールカラー画像を熊本市の形にくりぬく

- (1) 上記 3-(2)で準備した熊本市のシェープファイル[kumamoto-shi.shp]をマップキャンバス上にドラッグ&ドロップする。
- (2) [kumamoto-shi の transformation の選択]のウィンドウがあらわれるのでそのまま[OK]をクリックする。
- (3) メインメニューの[ラスタ]-[抽出]-[マスクレイヤによる切り抜き]の順にクリックする。
- (4) [マスクによる切り抜き]のウィンドウが表示されるので、以下の作業を行う。
- (5) [入力レイヤ]は[仮想ラスタ]を選択する。
- (6) [マスクレイヤ]は[kumamoto-shi]を選択する。
- (7) [この nodata 値を出力バンドに割り当てる]の下の欄に 255 を入力する。
- (8) [出力ファイル]の欄の右端の[...]をクリックして[ファイルに保存]をクリックする。
- (9) [ファイルを保存]のウィンドウで、保存先を作業用フォルダ、[ファイル名]を[LANDSAT8-20200407-kumamoto]、[ファイルの種類]は[TIF files (*.tif)]にして[保存]をクリックする。
- (10) [実行]をクリックし、処理が終わったら[閉じる]をクリックする。
- (11) 熊本市の形のツールカラー画像[LANDSAT8-20200407-kumamoto]が作成される。
- (12) 元の LANDSAT8 画像のレイヤ[仮想ラスタ]をレイヤパネルから削除する。

6. 2020年8月29日の LANDSAT8 データ

LC08_L1TP_113037_20200829_20200905_01_T1_B2.TIF

LC08_L1TP_113037_20200829_20200905_01_T1_B3.TIF

LC08_L1TP_113037_20200829_20200905_01_T1_B4.TIF

LC08_L1TP_113037_20200829_20200905_01_T1_B5.TIF

についても上記 4 と同様な方法でトゥルーカラー画像を作成し、さらに 5 と同様な方法で、熊本市の形に切り抜いた画像[LANDSAT8-20200829-kumamoto]を作成して出力させる。

7. NDVI 画像の作成

- (1) メインメニューの[ラスタ]-[ラスタ計算機]の順にクリックする。
- (2) [ラスタ計算機]のウィンドウで以下の作業を行う。
 - ① 出力レイヤの右端の[...]をクリックする。
 - ② [結果のファイル名を入力して下さい]のウィンドウで、保存先は作業用フォルダ、ファイル名は[NDVI-20200407-kumamoto]を入力して[保存]をクリックする。
 - ③ [式]の欄に以下を入力する。ここでは上の欄の[バンド]および[演算子]をクリックすることによって式を組み立てる。

("LANDSAT8-20200407-kumamoto@4" - "LANDSAT8-20200407-kumamoto@3") / ("LANDSAT8-20200407-kumamoto@4" + "LANDSAT8-20200407-kumamoto@3")

- ④ [OK]をクリックする。
- (3) [NDVI-20200407-kumamoto]が作成される。
- (4) レイヤ[NDVI-20200407-kumamoto]のプロパティを表示させて以下のように設定する。
 - ① [シンポジ]の項目を表示させ、[レンダリングタイプ]で[単バンド擬似カラー]を選択する。
 - ② [カラーランプ]の右端の▼をクリックして、で[RdYlGn]を選択する。
 - ③ 最小に[-0.14]、最大に[0.65]を入力する。
 - ④ [分類]をクリックする。
 - ⑤ [OK]をクリックする。
- (5) NDVI の大きい（植物の活性が大きい）ところが緑色、小さいところは赤で表示される。水域では赤外線が吸収されてしまうので赤くなる。
- (6) 2020 年 8 月 29 日の LANDSAT8 の赤色画像データのファイルについても、上記(1)～(10)と同様な方法で作業をして NDVI 画像[NDVI-20200829]を作成して出力する。

8. 印刷レイアウトに出力する

- (1) メインメニューの[プロジェクト]-[新規印刷レイアウト]の順にクリックする

(2) [新規印刷レイアウトを作成]のウィンドウが表示されるので、ここでは[LANDSAT8 による熊本のトゥルーカラー画像と NDVI 画像]と入力して[OK]をクリックする。印刷レイアウトのウィンドウが表示される。

(3) レイアウトを縦にするために、キャンバス（横に長い白い四角）で右クリック、[ページのプロパティ]をクリック、右側に表示される[アイテムプロパティ]のウィンドウで[方向]を縦に変更する。

(4) タイトルを入れる。

① [ラベルを追加]のツールボタンをクリックして、タイトルを入れる範囲（図 8）をドラッグする。

② 右の[アイテムプロパティ]のパネルの[ラベル]項目ができるので、その中の[メインプロパティ]の下にテキストを入力する欄があるので、「LANDSAT8 による熊本のトゥルーカラー画像と NDVI 画像」を入力する。

③ [外観]項目で[フォント]を 24、[水平方向位置]を[中央]、[垂直方向位置]を[中央]に設定する。

(5) マップキャンバスで 4 月 7 日のトゥルーカラー画像を表示させて、全域表示にする。

(6) 印刷レイアウトのウィンドウへ移る。

(7) 左側のツールボタンにある[地図を追加]ボタンをクリックして、図 8 のような配置における[4 月 7 日トゥルーカラー画像]の範囲をドラッグする。

(8) ドラッグした範囲に地図が読み込まれて表示される。

(9) 右の[アイテムプロパティ]のパネルの[地図 1]の項目ができるので、その中の[レイヤ]の下の[レイヤのロック]にチェックを入れる。

(10)[アイテムプロパティ]の[地図 1]にある[縮尺]を 55000 にする。

(11)[4 月 7 日 NDVI 画像]、[8 月 29 日トゥルーカラー画像]、[8 月 29 日 NDVI 画像]についても上記(5)～(10)と同様な方法で印刷レイアウトに画像を読み込ませる。

(12) 作成者名や図の説明を入れる。

① [ラベルを追加]のツールボタンをクリックして、「図の説明」を入れる範囲をドラッグする。

② 右の[アイテムプロパティ]のパネルの[ラベル]項目ができるので、その中の[メインプロパティ]の下にテキストを入力する欄があるので、以下の内容を入力する。

③ [外観]項目で[フォント]を 12 に設定する。

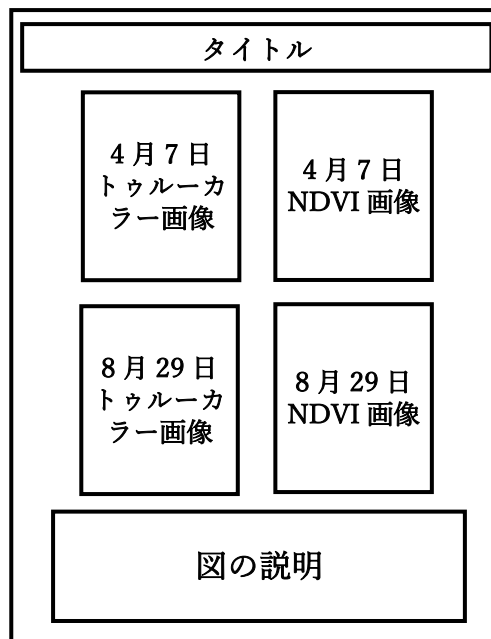


図 8 印刷レイアウトでの配置

自分の学籍番号 氏 名

左上：2020年4月7日トゥルーカラー画像、右上2020年8月29日トゥルーカラー画像

左下：2020年4月7日NDVI画像、右上2020年8月29日NDVI画像

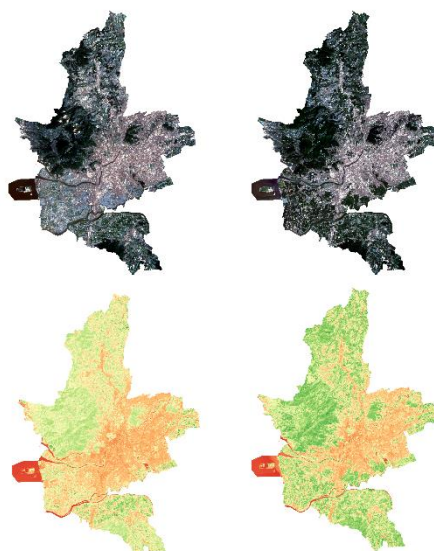
LANDSAT8号のOLIセンサーのデータから作成。トゥルーカラー画像はR:G:B = B4:B3:B2、NDVI画像は $(B4-B3)/(B4+B3)$ 。LANDSAT8号のデータは産業技術総合研究所のLandBrowserのサイト (<https://landbrowser.airc.aist.go.jp/landbrowser/>) からダウンロードして使用した。熊本市の範囲は、総務省の「地図で見る統計(統計GIS)」(<https://www.e-stat.go.jp/gis>) から熊本県のGISデータをダウンロードして、熊本市のベクトルデータを作成して切り抜くために使用した。以上のデータに対してQGIS3.16を使用して加工、作図を行い、出力した。

9. 画像ファイル(pngファイル)として出力する

課題の提出のために画像ファイルを出力する。

- (1) [印刷レイアウト]のメインメニューの[レイアウト]-[画像としてエクスポート]の順でクリックする。
- (2) [レイアウトを別名で保存]のウィンドウがあらわれる。
- (3) 作業フォルダにファイル名[LANDSAT8による熊本のトゥルーカラー画像とNDVI画像]、ファイルの種類は[PNG]に設定する。
- (4) [保存]をクリックする。
- (5) [画像エクスポートオプション]のウィンドウが表示されるので、そのまま[保存]をクリック。
- (6) この画像ファイルを課題として提出する。

LANDSAT8による熊本のトゥルーカラー画像とNDVI画像



自分の学籍番号 氏 名
左上：2020年4月7日トゥルーカラー画像、右上2020年8月29日トゥルーカラー画像
左下：2020年4月7日NDVI画像、右上2020年8月29日NDVI画像
LANDSAT8号のOLIセンサーのデータから作成。トゥルーカラー画像はR:G:B = B4:B3:B2、NDVI画像は $(B4-B3)/(B4+B3)$ 。LANDSAT8号のデータは産業技術総合研究所のLandBrowserのサイト(<https://landbrowser.airc.aist.go.jp/landbrowser/>)からダウンロードして使用した。熊本市の範囲は、総務省の「地図で見る統計(統計GIS)」(<https://www.e-stat.go.jp/gis>)から熊本県のGISデータをダウンロードして、熊本市のベクトルデータを作成して切り抜くために使用した。以上のデータに対してQGIS3.16を使用して加工、作図を行い、出力した。

10. プロジェクトファイルの保存と QGIS の終了

- (1) [印刷レイアウト]のウィンドウを閉じる([印刷レイアウト]の編集内容はプロジェクトファイルとして保存される)。
- (2) QGIS のメインメニューの[プロジェクト]-[名前を付けて保存する]の順にクリックする。
- (3) [名前を付けてプロジェクトを保存する]のウィンドウがあらわれるので、作業フォルダでファイル名[LANDSAT8-kumamoto]、ファイルの種類は[QGZファイル]で保存する。
- (4) QGIS を閉じる。

図9 完成イメージ