

6：人工衛星（MODIS）データの解析

担当：植山雅仁
実習場所：B11 棟・238 号室

1. 実習の目的

人工衛星データから得られた可視・近赤外波長の反射率及び、地表面温度のデータを用いて、植生指数の算出などの基礎的な衛星データの利用・解析方法について学習する。

2. 使用データ

この実習では、先週までに整備した MODIS データを解析する。使用するデータは表 1 の通りである。表 1 に示される情報のうち、異常値、Scale、形式、サイズに関しては、MODIS Tool 実行時に自動生成されるヘッダファイル (*.hdr) 内に記載

されている。ここで、Scale とは、デジタル値を実際の物理量に変換するための係数であり、例えば、地表面温度の場合、デジタル値に 0.02 を掛けると物理量 (K; ケルビン) に変換できることを意味する。MOD09 の反射率データに関しては空間解像度が 500 m、MOD11 の地表面温度については 1000 m である。そのため、縦横のサイズは両データで異なる。

対象領域は、大阪近郊を中心とした北緯 35-34、東経 135-136 のエリアである。2009 年の通日

(DOY; Day Of Year)が 361 から始まる 8 日間のデータに関して、図 1 に示す。波長毎に反射率の傾向が異なることが分かる。この画像から、大阪南部から和歌山北部に掛けて雲がかかっている事が分かる。

データ解析には、科学計算によく利用される Python を用いる。本実験で用いる Python は、以下のウェブサイトから Anaconda Distribution として配布されている Python 3.6 を利用する。Python による解析プログラムは、別紙として配布する。

表 1. 実験に使用する衛星データ

プロダクト名	空間解像度	データ	波長	異常値	Scale	形式	サイズ
MOD09A1	500 m	赤色反射	620-670	-28672	0.0001	INT16	198x198
MOD09A1	500 m	近赤外域反射	841-876	-28672	0.0001	INT16	198x198
MOD09A1	500 m	青色反射	459-479	-28672	0.0001	INT16	198x198
MOD09A1	500 m	緑色反射	545-565	-28672	0.0001	INT16	198x198
MOD09A1	500 m	QA Flag	—	4.29E+09	—	UINT32	198x198
MOD11A2	1000 m	日中地表面温度	10,780 - 11,280, 11,770 - 12,270	65535	0.02	UINT16	99x99
MOD11A2	1000 m	QA Flag 日中	—	0	—	UINT8	99x99
MOD11A2	1000 m	夜間地表面温度	10,780 - 11,280, 11,770 - 12,270	65535	0.02	UINT16	99x99
MOD11A2	1000 m	QA Flag 夜間	—	0	—	UINT8	99x99

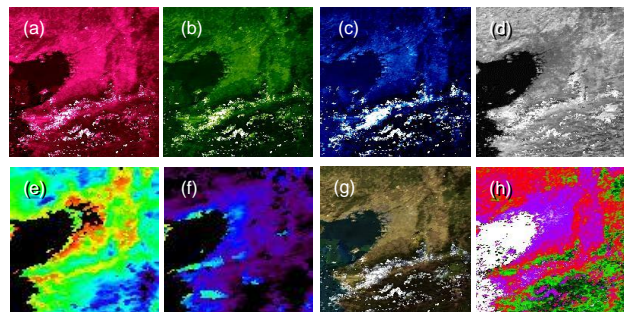


図 1. 2009 年通日 361 日における赤色反射(a)、緑色反射(b)、青色反射(c)、近赤色反射(d)、日中地表面温度(e)、夜間地表面温度(f)、可視合成反射(g)、NDVI (f).

3. 植生インデックス

可視・近赤外域の反射率から様々な植生指標を計算することが出来る。以下は、本実験で算出する植生指標である。いずれも植生モニタリングによく使用される植生指標である。これらの植生指標を可視・近赤外域の反射率から算出せよ。Simple Ratio (SR)をのぞく全て植生指数は、-1 から 1 の値をとる。

正規化植生指数 (Normalized Difference Vegetation Index; NDVI)

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

ここで、*NIR*、*RED* は近赤外、赤色領域の反射率を表す。

Simple Ratio (SR)

$$SR = \frac{NIR}{RED} \quad (2)$$

拡張植生指数 (Enhanced Vegetation Index; EVI)

$$EVI = 2.5 \times \frac{NIR - RED}{NIR + C1 \times RED - C2 \times BLUE + L} \quad (3)$$

ここで、*BLUE* は青色領域の反射率を表す。また、*C1*、*C2* はエアロゾルを補正するための係数、*L* は土壌などの背面を補正するための係数である。ここで MODIS の標準アルゴリズムを採用して、*C1*、*C2*、*L* をそれぞれ 6、7.5、1 とする (Huete et al., 2002)。

Green Red Vegetation Index (GRVI)

$$GRVI = \frac{GREEN - RED}{GREEN + RED} \quad (4)$$

ここで、*GREEN* は緑色領域の反射率を表す。

Green Ratio (GR)

$$GR = \frac{GREEN}{RED + GREEN + BLUE} \quad (5)$$

4. コンポジット処理

可視・近赤外域の波長を用いた衛星リモートセンシングでは、上空に雲がかかっている場合に地表面の状態を観測する事ができない。雲は可視・近赤外域の反射率が高いため、植生指標は0に近い値をとる。この事を利用して、植物の量や活性度が一定とみなせるある期間において最大のNDVI値をその期間の代表値とすれば、雲による影響を最小化することが出来る。

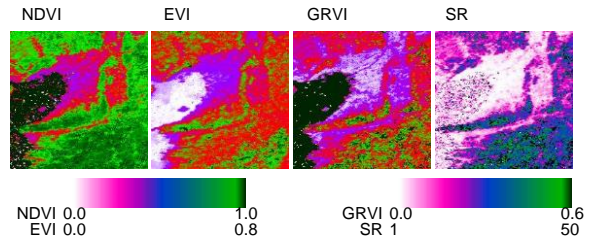


図 2. 2010 年における各種植生指数の年間最大値

この最大値を用いて合成する手法は、最大値合成法(Maximum Value Composite; MVC)と呼ばれる。計算した全ての植生指標、地表面温度に関して MVC 法によるコンポジットを期間 1 年間で適応して雲なしのコンポジット画像を作成し、作図せよ。

5. 対象ピクセルの抜き出し

衛星画像から対象とする地点のデータを抜き出す。

対象地点は、表 2 で示される大阪府立大学、大泉緑地公園、堺市役所、桐生水文試験地（常緑針葉樹林）、山城試験地（落葉広葉樹林）のピクセルとする。2次元の画像データから 1 地点のデータを抜き出すのは、データの北限(N)、南限(S)、東限(E)、西限(W)、列数(sample)、行数(line)を用いて、以下のように表すことが出来る（図 3）。

表 2. 各地点の緯度・経度

地点	土地被覆	緯度	経度
大阪府立大学	都市	34° 32'48.23"N	135° 30'8.45"E
大泉緑地公園	都市公園	34° 33'50.99"N	135° 31'38.93"E
堺市役所	都市	34° 34'26.55"N	135° 28'57.88"E
山城試験地	落葉広葉樹	34° 47'41.2"N	135° 50'46.2"E
桐生水文試験地	常緑針葉樹	34° 57'49.00"N	135° 59'40.00"E

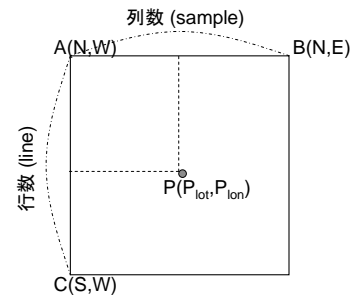


図 3. 地点抜き出しの概念図
A は北西限、B は北東限
C は南西限、P は抜き出すポイントを表す。

$$Lon = \frac{P_{lon} - W}{E - W} sample \quad (6)$$

$$Lat = -\frac{P_{lat} - N}{N - S} line \quad (7)$$

ここで、 P_{lon} 、 P_{lat} は抜き出す地点の緯度、経度、 Lon 、 Lat は抜き出す地点の配列内の場所を表す。 Lon 、 Lat は整数である。そのため、 Lon 、 Lat には 6、7 式から得られる実数値を繰り上げた整数を代入する必要がある。各地点の植生指数及び地表面温度を抜き出して、図 4 で示されるように図示して考察せよ。

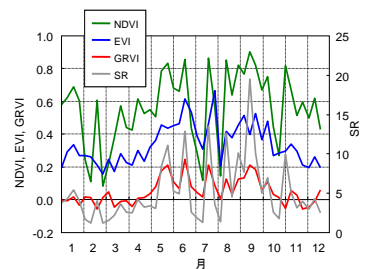


図 4. 植生指数の 2010 年における一年間の推移 (桐生水文試験地)

6. 地表面温度と植生指数

対象とする地域スケールで、植生指標と地表面温度の間にどのような関係があるかを調べる。植生指標が高ければ、植物活性が高いか植物量が多いことを表すと考えられる。図5は、冬季における各種植生指標と日中の地表面温度との関係を表したものである。植生指数が高い場所ほど、地表面温度が低くなっている傾向があることが読み取れる。また、植生指数毎に、地表面温度との関係が異なっていることが分かる。

図5で示されるような各種植生指数と昼・夜の地表面温度との関係を、冬季と夏季の雲のない日（1 データ）についてみて、植生指数による傾向の違い、昼夜における傾向の違いを考察せよ。

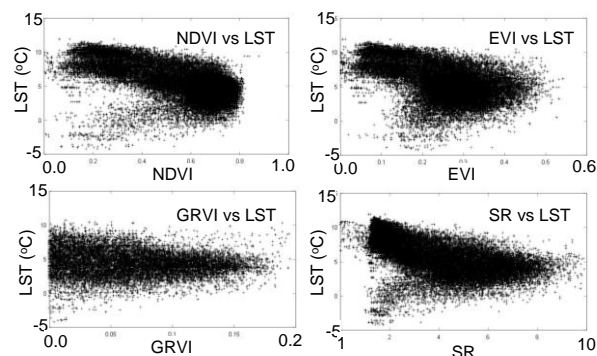


図5. 2010年DOY1-8における植生指標と日中の地表面温度の関係

7. チャレンジ課題

- 7.1. 整備した雲フラグのデータを使って、雲のあるデータにエラー値 (-9999) を入れて作図してみよう。(Python, MODIS QC FlagなどでGoogleで検索)
- 7.2. MOD12 Land Cover データを整備して、水域にエラー値 (-9999) を入れて作図してみよう。
- 7.3. MOD12 Land Cover データを用いて、森林、農耕地、都市ごとのLSTとNDVIの領域平均値を計算してみよう。

8. レポート

課題により作成された図と考察をPower PointかWordに貼り付けて教員にメールで提出する。考察をファイルに書く代わりに、教員のところへ口頭で考察を伝えにきてもよい。

引用文献

Huete, A., Didan, K., Miura, T., Rodriguez, E. P., Gao, X., and Ferreira, L. G., 2002, Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, **83**, 195-213.