

12：植物群落と気象（2）：植物分布と気候条件の解析2

担当：植山

実習場所：B11 棟 情報処理演習室（118 号室）

1. 実習の目的

近年、衛星リモートセンシングデータをはじめとする様々な広域グリッドデータがオンラインから無料でダウンロードでき、研究などに利用されることが多くなってきている。この実習では、衛星リモートセンシングを用いて広域的な植生モニタリングを実施するための基礎的な手法の習得を目的とする。

2. 衛星リモートセンシングデータ

衛星リモートセンシングを用いた植生モニタリングの背景

衛星リモートセンシングは、人工衛星に搭載されたセンサーによって地球表面の情報を取得するための手法である。衛星リモートセンシングを植生モニタリングに適用すれば、広域的な植物の分布、植物の活性度や量などを推定できるほか、地表面温度、日射量、飽差、土壌水分量などの植物をとりまく環境要因を評価すること出来る。近年では、人工衛星から得られる様々な指標を組み合わせる事で、広域的な光合成量や純一次生産量の評価が試みられてきている。衛星リモートセンシングが植生モニタリングに用いられるようになったのは、米国海洋大気庁 (NOAA; National Oceanic and Atmospheric Administration) の人工衛星に搭載される改良型高分解能放射計 (AVHRR; Advanced Very High Resolution Radiometer) の運用が始まった 1970 年代後半頃からである。この頃から蓄積された衛星データを使用すれば、20 年以上にもわたる広域的な植生の変化をとらえることが出来る。

中分解能撮像分光放射計 (MODIS)

この実習では、米国航空宇宙局 (NASA; National Aeronautics and Space Administration) の地球観測衛星 Terra に搭載される中分解能撮像分光放射計 (MODIS; Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) から取得されたデータを利用する。MODIS データは、オンラインから無料でダウンロードして使用することが出来る。

Terra 衛星は 1999 年 12 月 18 日に打ち上げられ、これまでで 10 年以上の衛星データが蓄積されている。MODIS は、 $0.4\ \mu\text{m}$ ～ $14.4\ \mu\text{m}$ の波長帯の間に 36 の観測バンドを持ち、それぞれの波長帯における地表面の反射率を計測している。例えば、赤色バンド ($620\ \text{nm}$ ～ $670\ \text{nm}$)、近赤外バンド ($841\ \text{nm}$ ～ $876\ \text{nm}$) は、地表面の赤と近赤外域での光の反射率を計測し、250 m の空間解像度を持っている。これらのバンドを組み合わせる事で、植物量や活性度に関連のあるとされる正規化植生指数 (NDVI; Normalized Difference Vegetation Index) を以下のように計算することが出来る。

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

ここで、*NIR* は近赤外バンド、*RED* は赤色バンドを表す。ここで、NDVIは-1 から 1 の値をとる。植物はクロロフィルで赤色の光を吸収し、近赤外域で光を反射する特徴を持つため、植物の量が多い、或いは活性度が高いと NDVI の値は高くなる。MODIS は NIR と RED 以外にも、植物のモニタリングに使用されることの多い青色バンド (459 nm~479 nm)、緑色バンド (545 nm~565 nm) の可視域のバンドを有しており、それらは 500 m の空間解像度を持っている。

Terra は、全地球上において朝と夜の一日に二回、ほぼ同じ時刻に同じ場所を観測しており、これらのデータを利用すれば日々の植物の変化をとらえることが出来る。しかしながら、実際は上空に雲がかかるなどで正確な地上の状態を毎日取得することが出来ない。そこで、一定期間について晴れた日のみのデータを集めてデータを利用することが多い。ここで、日々のデータの中から晴れた日のみのデータを抽出して、新たなグリッドデータを作成することをコンポジット処理という。

3. 植物分布と気候条件

気候条件は地球上の植物の分布を決める主たる要因であり、その中でも気温と降水量は特に重要な要素である。この二つの気候的要因は、植物の生育限界を規定している (図 1)。気温や降水量が季節変化する地域では、その条件により植物が成長できない季節がある。例えば、植物の光合成には水を必要とするため、降水量が一定以下となると植物は成長することが出来ない。また、水は、ゼロ度を境にして氷から水、あるいは氷から水へと変化することから、植物をとりまく大気や土壌などの周辺の温度は、その直接的な影響だけでなく水環境を通じても植物生育に対する制限要因となる。植物はこのような成長が制限される期間を、耐えたり回避したりしている。

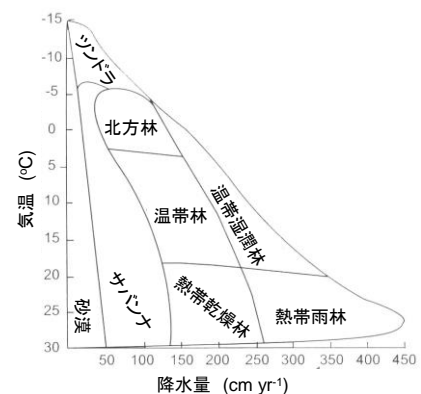


図 1 植物の分布と気候 (Chapin et al., 2002).

自然の植物は生育している気候条件に適応しており、その地域の気候条件下で最大限の生育を達成するための機能を有している。生育にそぐわない時期に落葉、休眠するなどの植物季節(フェノロジー)もその機能の一つである。ここで、この機能ごとに識別した植物タイプのことを植物機能タイプ(Plant Functional Type)という。気候条件のよく似た地域には、同種の植物機能タイプをもつ植物種が分布していると考えることが出来る。

4. 解析データと手順

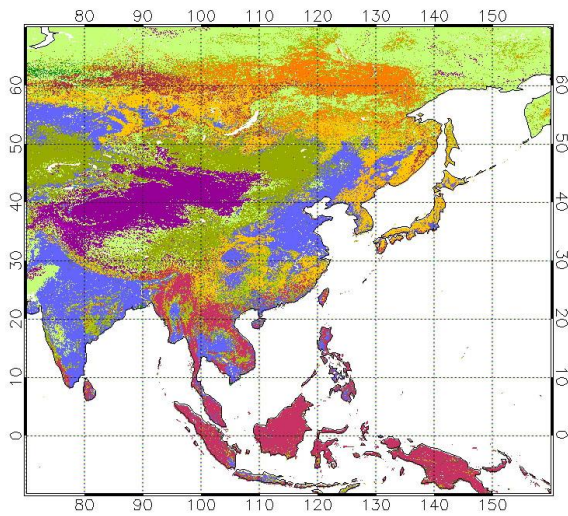


図 2. 東アジア域の植生分布

表 1. 植生分布図のデジタル値

土地被覆の形態	デジタル値
水域	0
常緑針葉樹林	1
常緑広葉樹林	2
落葉針葉樹林	3
落葉広葉樹林	4
混合林	5
密な低木	6
疎な低木	7
サバンナ(woody)	8
サバンナ	9
草地	10
湿地	11
耕作地	12
都市	13
耕作地・自然植生	14
雪氷	15
裸地	16

この実習では、MODIS から得られた植生分布データと正規化植生指数(NDVI)、および、気温、降水量のデータを整理する事で、東アジアの植物がどのような気候条件の下に生育しているかを調べ、考察する。

使用データ

この実習で使用する衛星データは、地球観測衛星 Terra の MODIS による植生分布および正規化植生指数(NDVI)である。1画素の大きさは(空間解像度)は約 16 km に相当する。使用するデータは、雲などによる異常データを除去したコンポジットデータである。撮像は 2004 年 1 月から 2004 年 12 月の 1 年分である。それぞれの画像は東西 675 画素(東経 70 度～東経 160 度)、南北 600 画素(北緯 70 度～南緯 10 度)で、日本はもとより、南は東南アジア、西にはインドやロシアの一部までをカバーする。実習で使用する植生分布図を図 2 に、植生分布データのデジタル値と植物の種類に対応関係を表 1 に示す。植生分布は、人工衛星から観測される植生量や活性度の季節変化などから推定されており、森林を 5 種類、その他の自然植生を 6 種類、都市や耕作地などの人間活動が盛んな場所を 3 種類、その他を 2 種類として分類されている。一例として実習で使用する NDVI の月平均値のうち 1 月、7 月、10 月についてを図 3a に示す。NDVI は場所による違いが大きだけでなく、季節によってもその値が大きく変化することが分かる。

衛星データに加えて、本実習では気温、降水量に関するグリッド気候データを使用する。気候データのカバーする領域、空間解像度、期間については衛星データと同じである。気温については、NCEP/NCAR による客観解析データを使用する。このデータは、地球上の様々場所で計測された気象データを数値モデルによって時間・空間的に内挿したものである。降水量については、GPCP (Global Precipitation Climatology Project) による地上観測と衛星観測の融合データを利用する。図 3b および図 3c に実習で使用する月平均気温、降水量をそれぞれ示す。

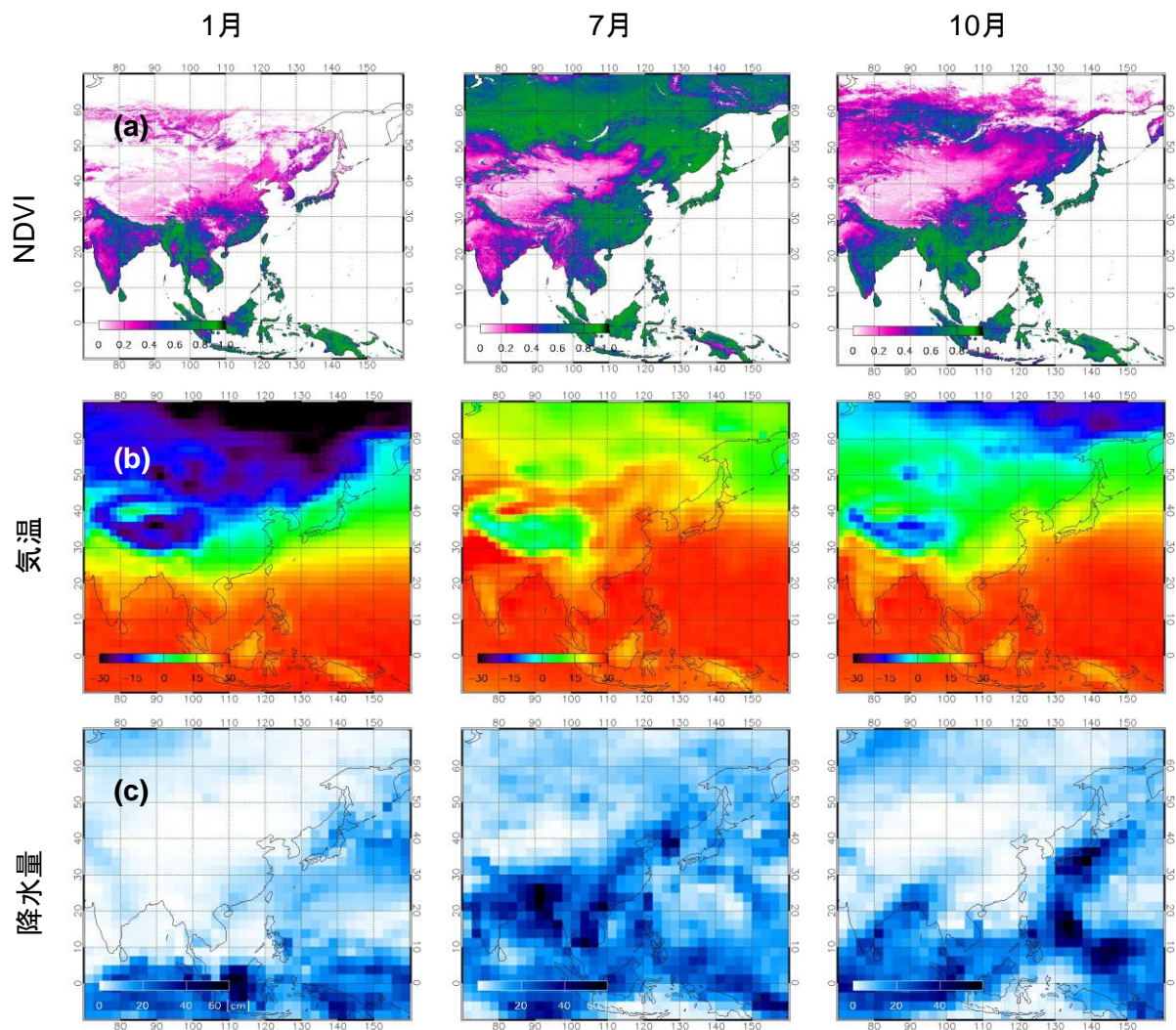


図 3. 東アジア域における NDVI (a)、気温 (b)、降水量 (c) の空間分布

この実習で使用するデータは、下記のウェブサイトから無料で配布されているものを加工したものである。

MODIS データ : <http://reverb.echo.nasa.gov/reverb/>
 気温データ : <http://www.cdc.noaa.gov/data/reanalysis/reanalysis.shtml>
 降水量データ : <http://lwf.ncdc.noaa.gov/oa/wmo/wcamet-ncdc.html>

演習の内容

衛星データを図 3 で示されるように可視化する方法を学ぶ。その後、NDVI、気温、降水量のデータを重ね合わせる事で、東アジア域に生育する植物がどのような気候に生育しているかを調べる (図 4)。演習の流れを図 5 に示す。植生分布データのデジタル値を読み込み、デジタル値から同じタイプの植生が生育している場所を特定する。同じ植生が生育している場所の気温、降水量、NDVI を平均

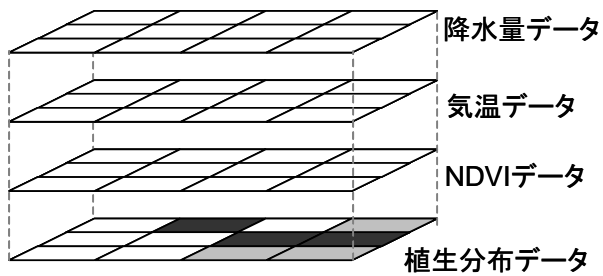


図 4. データの重ね合わせの概念図

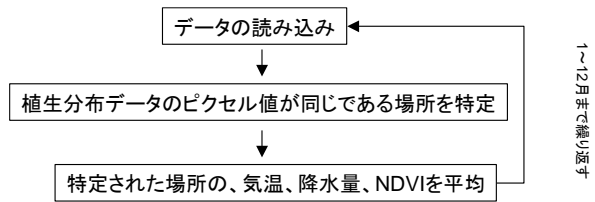


図 5. データ処理の流れ図

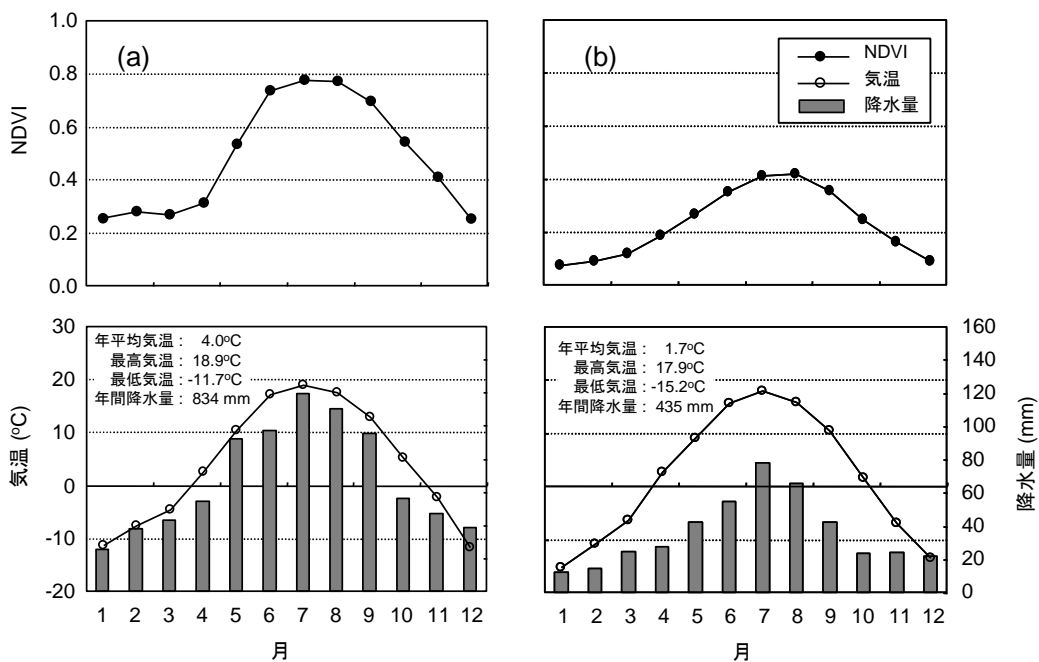


図 6. 混合林 (a) と草地 (b) に分類された画素の NDVI、気温、降水量の平均値の季節変化

する。例えば、混合林について調べるのであれば、混合林が分布している場所を特定し、その場所の気温、降水量、NDVI を各データのデジタル値からその平均値を計算する。同様の処理を、各月ごとに実施する。具体的な手順については、当日に手引書を配布する。

5. とりまとめ方法とレポート

1. 植生の種類ごとの気温、降水量、NDVI の季節変化を図 6 に示されるような図に整理する。
2. 3~5 種類の植生について調べ、気温、降水量、NDVI の季節変化の特徴を図示して説明する。また、植生の種類ごとに季節変化の特徴を比較し、気候条件の違いが植生分布にどのような影響を与えているかを考察する。
3. レポートは A4 用紙に 4 枚以内で、目的、方法、結果、考察、感想の 5 つの項目について、分かりやすく記述する。