

# 衛星データを用いた黄河流域の土地被覆とその変化の解析

総合地球環境学研究所 松岡真如・早坂忠裕・福嶋義宏  
千葉大学環境リモートセンシング研究センター 本多嘉明

## 1. はじめに

黄河流域における水資源モデルの構築において土地被覆は重要な入力パラメータの一つである。黄河のような広域を対象とする場合、衛星データの利用が有効である。本研究の目的は、衛星データを用いて黄河流域の土地被覆とその変化を解析することである。

本報告では研究の概要と進捗状況を述べる。

## 2. 方法

本研究の方法を図 1 に示す。本研究では空間解像度と観測頻度、運用期間等を考慮して Terra/MODIS、NOAA/AVHRR、Landsat/TM および ETM+ の 3 種類のセンサを利用する。各センサの特性を表 1 に示す。

MODIS は比較的新しいセンサで多くのバンドを有するため、土地被覆の現況を把握するために利用される( 図中 )。2002 年の MODIS データセットを作成し、それを用いて土地被覆分類を行う。

AVHRR は MODIS と同程度の空間解像度を有し、バンド数は少ないが 20 年以上の長期にわたって運用されているため、土地被覆の変化を抽出するために利用される。MODIS と AVHRR がともに運用されている 2002 年について MODIS から作成された土地被覆分類図の各カテゴリにおける AVHRR の反射率、輝度温度の季節変動を抽出し、土地被覆ごとの特徴を解析する( 図中 )。

その後、AVHRR の時系列データセットを用いて 1982 年からの約 20 年間の土地被覆変化を抽出する( 図中 )。時系列データセットは 2002 年、1984 年から作成し、その後、他の年をうめてゆく。理由は AVHRR データの中でも解像度の高い LAC(HRPT)データが 1984 年以降しか入手できなかったためである。

TM/ETM+は空間解像度が高いが、1 シーンの観測面積が狭く、観測頻度も 15 日に 1 回と低

い。加えて雲の影響もあるため、定期的なデータが得られない。本研究では TM/ETM+のデータは土地被覆分類と変化検出の結果の検証に利用する。また、土地被覆の変化の激しい所が検出された場合にその地域の詳細な解析に利用する( 図中 )。

本報告書では MODIS、AVHRR データセットの作成と土地被覆分類の手法について現状を報告する。

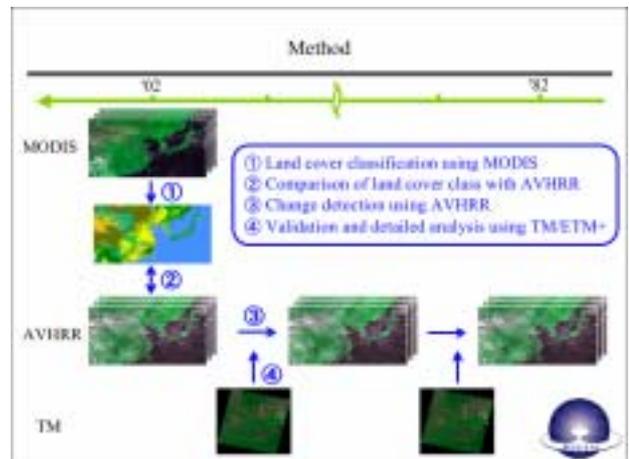


図 1 研究の方法

表 1 センサの特性

センサ	MODIS	AVHRR	TM/ETM+
運用期間	1999 ~	1979 ~	1982 ~
空間解像度 (m)	250, 500, 1000	1100 (LAC) 4000 (GAC)	30, 120
バンド数	36	5	7

## 3. MODIS、AVHRR データセットの作成

### 3.1 データセットの概要

MODIS および AVHRR データセットの概要を表 2 に示す。本研究で用いる他のデータセットとの整合性を取って、対象範囲は黄河流域よりも広い東アジア地域とし、解像度 30 秒の緯度

経度投影とした。データセットとしては毎日のデータであるデイリーデータセットと約 10 日分のデイリーデータセットを用いて雲を除去したコンポジットデータセットを作成する。

表 2 データセットの概要

	MODIS	AVHRR
範囲	北緯 20~50 度 東経 90~150 度	
解像度	30 秒 (赤道上で約 928m)	
頻度	Daily, 10-days composite	
期間	2002	2002, 1984, ...
項目	Radiance: band1-7, 17-20, 31, 32 Reflectance: band1-7 Emissivity: band31, 32 Land surface temp. Cloud mask Data flag Geometry	Radiance: band1-5 Reflectance: band1, 2 Brightness temperature: band 3-5 Cloud mask Data flag Geometry
提供	NASA	HRPT: 東京大学 GAC: 千葉大学

### 3.2 MODIS データセットの作成

MODIS データセットの作成方法を図 2 に示す。はじめに MODIS のレベル 1A プロダクトの一つである MOD03 プロダクトから衛星軌道に沿った各画素の緯度経度情報を抽出し、それをデータセットの投影法に変換する。次に地表面温度、放射率、雲マスク、分光輝度、観測幾何条件をそれぞれ MOD11、MOD35、MOD02、MOD03 プロダクトから抽出する。分光輝度と幾何条件をもとに大気上層での反射率を求めた後、それらのデータをデータセットの投影に再配列し、デイリーデータセットを作成する。

雲の影響を軽減し、データセットのボリュームを減らすためにコンポジットデータセットを作成する。本研究では一か月に 3 つのコンポジットデータセットを作成する。各コンポジット期間は 1 日から 10 日、11 日から 20 日、21 日から月末までである。コンポジットは、雲でないデータのうちでセンサ天頂角の最も小さ

いものを選択するという基準で行う。MODIS のような観測幅の広いセンサは、スキャン角が大きくなるに従って、つまりセンサの天頂角が大きくなるに従って、センサの瞬時視野で観測される実際の地表の面積は広くなる。これを避けるために雲マスクを用いて晴れのデータを選別し、その中で最も小さいセンサ天頂角のデータを選択するというコンポジット方法を採用した。

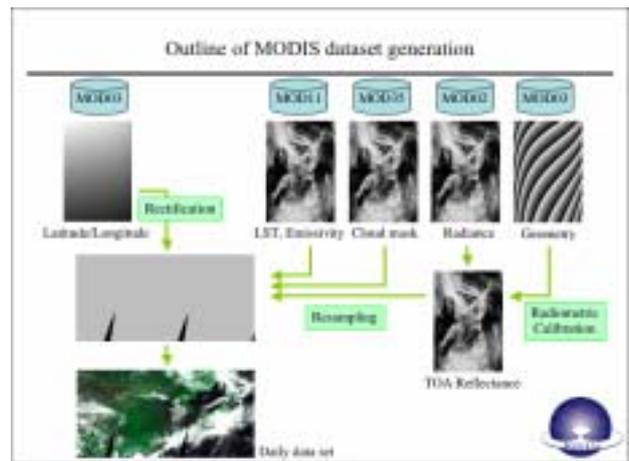


図 2 MODIS データセットの作成方法

現在、2月から11月まで10か月分29期(3月第3期はMODISが運用されていなかったため)のデータセットが作成された。デイリーデータセットの例として2002年7月1日のデータを図4に、コンポジットデータセットの例として2002年7月第一期(1-10日)のデータを図5に示す。デイリーデータセットにおいては雲や衛星軌道に沿って生じる観測ギャップによって地表のデータが得られない場所が存在する。コンポジットデータセットでは、それらはほとんどの地域で除去されている。



図 3 デイリーデータセット(2002.07.01)



図 4 コンポジットデータセット (2002.07.01-10)

### 3.3 AVHRR データセットの作成

AVHRR データセットの作成方法を図 5 に示す。基本的には MODIS と同様であり、パス上の緯度経度を計算し、投影変換を行った後、それをもとに分光輝度、幾何条件、反射率を再配列する。ただし、MODIS の場合は緯度経度データがプロダクトに含まれていたのに対し、AVHRR では軌道情報を用いて緯度経度を算出する。ここで AVHRR の軌道情報は精度が不十分であり、また姿勢情報が記録されていないため一般に位置精度が低い。そこで観測画像と地上基準点を用いた標定処理により、軌道と姿勢の精度向上必要である。

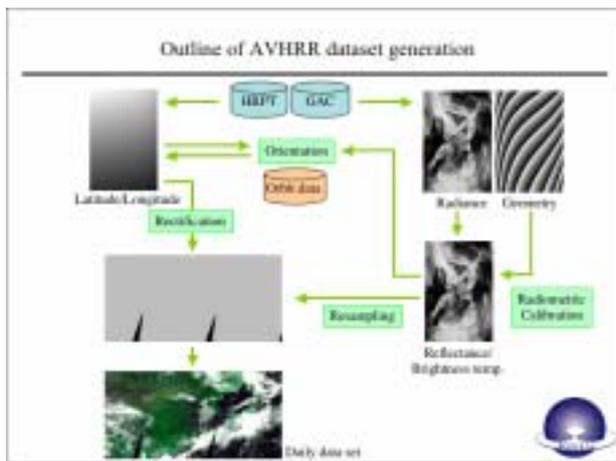


図 5 AVHRR データセットの作成方法

AVHRR のデイリーデータの例を図 6 に示す。現時点では標定処理を行っていない。左側は HRPT (解像度 1.1km) であり右側は GAC (解像度 4km) の画像である。黄河河口付近の拡大図を見ると解像度の違いがよく分かる。HRPT

データは東京大学で受信されるため、中国西部は可視範囲から外れ、データを受信できない。一方 GAC は衛星に記録されたものであるため全球のデータが利用可能である。従って本研究では、HRPT が得られる場合は HRPT を用い、HRPT が得られない地域については GAC データを用いることとする。

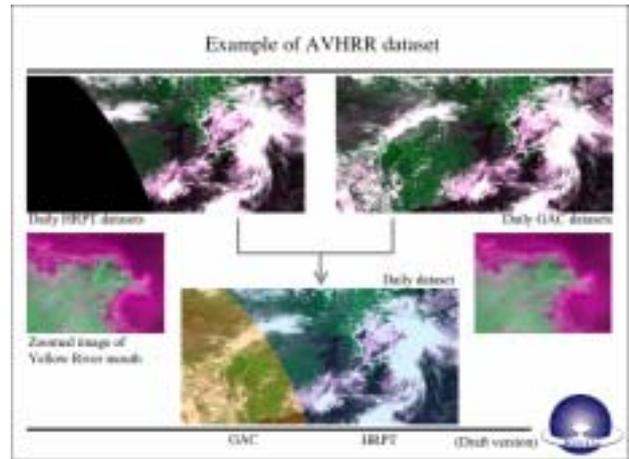


図 6 AVHRR データセット(2002.07.10)

### 4. 土地被覆分類図の作成

MODIS データセットを用いた土地被覆分類はコンポジットデータセットの時系列を用いて行う。分類手法の詳細は検討中であるが、おもに 2 つの手法を組み合わせる予定である。

#### 4.1 植生指数の時系列を用いる方法

AVHRR の時系列データ等を用いて広く行われている方法で、植生指数の季節変動をもとに統計的手法により分類を行う物である。黄河中流域に設定した 4 つのサンプルエリアの NDVI の時系列を図 7 に示す。青とピンクのラインはそれぞれ銀川、包頭周辺の大規模灌漑農地である。両者は同様な季節変動を示すが、上流で南に位置する銀川のほうが 5 月付近の植生指数の立ち上がり若干早い。茶色のラインは西安周辺の農地である。年 2 回のピークがはっきりと現れ、二期作を行っていることが分かる。オレンジ線は西安周辺の森林であるが、他の農地に比べて夏季の NDVI が高く、また NDVI が高い

期間が長い。このような植生の季節変動をもとに統計的な手法により土地被覆分類を行う。

NDVI の時系列を用いて分類を行う場合、雲が残っていると障害となる。そのため通常は 1 か月程度という長期間のコンポジットを行って雲をなるべく減らす等の対策が講じられる。本研究では植生の季節変動の情報をなるべく残すため、コンポジットの期間は 10 日間とし、そのかわり雲マスクを使って雲を検出し、雲のデータを使わずに統計的な処理を行うという対策を取ることとする。現在この手法について検討中である。

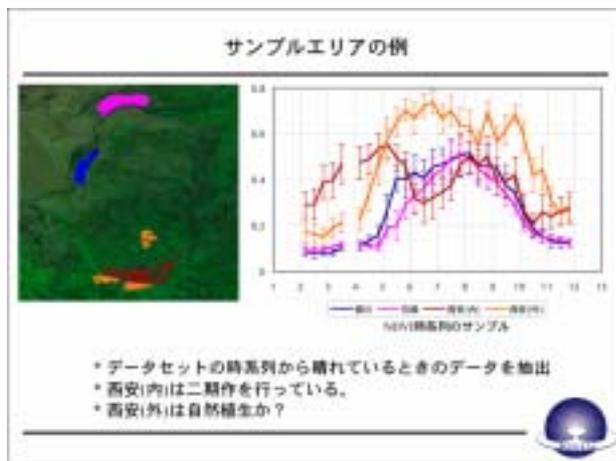
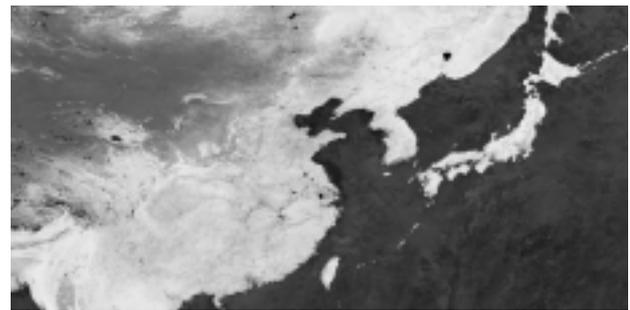


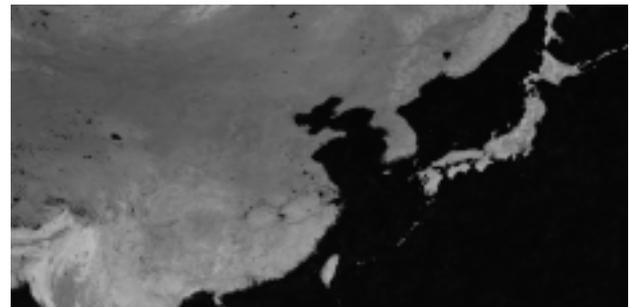
図 7 サンプルエリアの NDVI 時系列

#### 4.2 Temporal metrics を用いる方法

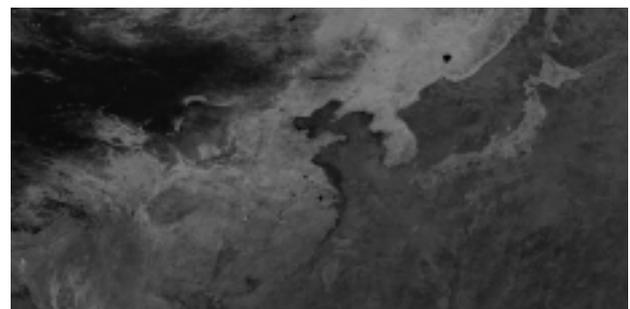
もう一つの方法は時系列データから有効な特徴を抽出し、それらを用いて土地被覆分類を行う方法であり temporal metrics と呼ばれる手法である。例を図 8 に示す。上から年間最大 NDVI、年間最小 NDVI、NDVI の振幅 (=最大 NDVI-最小 NDVI) である。最大 NDVI は植生の有無を、最小値は常緑植生の範囲を、振幅は落葉植生の範囲を識別するのに有効であるといえる。このような特徴量を抽出し、閾値判定等により土地被覆分類を行うことを検討している。



最大 NDVI



最小 NDVI



NDVI の振幅(=最大 NDVI - 最小 NDVI)

図 8 Temporal metrics の例

#### 5. まとめと今後の課題

本報告では衛星データを用いた黄河流域の土地被覆とその変化の解析における現状を報告した。現状は以下の通りである。

- ・ 10 か月分の MODIS データセットを作成した。
  - ・ 土地被覆分類の手法を検討し 2 つの方法を採用した。
- 今後の課題は以下のとおりである。
- ・ MODIS のデータセットを一年分作成する。
  - ・ 土地被覆分類を行う
  - ・ AVHRR のデータセットを作成する。