

# 衛星データを用いた中国内モン古及びその周辺地域の 土地被覆変動解析

額尔德尼\* 鈴木雅一\*

Eerdeni\* Masakazu Suzuki\*

\*東京大学大学院農学生命科学研究科

## 1. はじめに

1970年代末以来中国では「改革・開放」策が実施され、90年代に入ってからさらに「社会主義市場経済」が始まった。また、2000年から「西部大開発」により北部では経済、重工業などのエネルギー開発も実施され、生態系には大きな影響を与えている<sup>[1]</sup>。

近年、中国内陸の砂漠化は国内及び近隣諸国の環境問題として取り上げられている。しかしながら砂漠化は止まらず、多くの地域の人々に影響を与えている。また、砂漠化は、物理的、社会的、経済的な要因が複雑に絡み合って起こる環境問題であり、地域の持続可能な発展に重大な影響を与える。そのため、砂漠化の拡大及び変動のメカニズムを時系列的に、空間的に把握する必要がある。

これまでは、植生変化の実態把握が困難であったが、リモートセンシングデータに基づく解析が時系列的、空間的な植生・土地利用変化の把握することを可能にした。中国を対象としたリモートセンシングの研究が近年大幅に増加する一方、内モン古の地域的な特徴を比較し、各地域の長期変動を把握した研究はこれまでにない<sup>[2-6]</sup>。本研究では、気象衛星NOAAのAVHRRセンサーで取得されたNDVI(正規化植生指数)データを利用して内モン古自治区の砂漠化及び緑化の成果を把握することを目的とした。

## 2. 研究内容

### 2.1 対象地及び気候状態などの概要

対象地は中国内モン古自治区とその周辺(図 2-1)である(東経 E95° ~E135°、北緯 N33° ~N53°)。内蒙

古自治区は中国全土の草原の73.3%、森林の15.8%を有する。気候は東部の大興安嶺地区が温帯湿潤気候、温帯半湿潤気候に属するほかは、大陸性半乾燥気候、大陸性乾燥気候に属している。年降水量の全体的な分布は、東北から西南にかけて、徐々に減少する傾向になる。降水は6~9月に集中し、年間降水量の60~80%を占める。

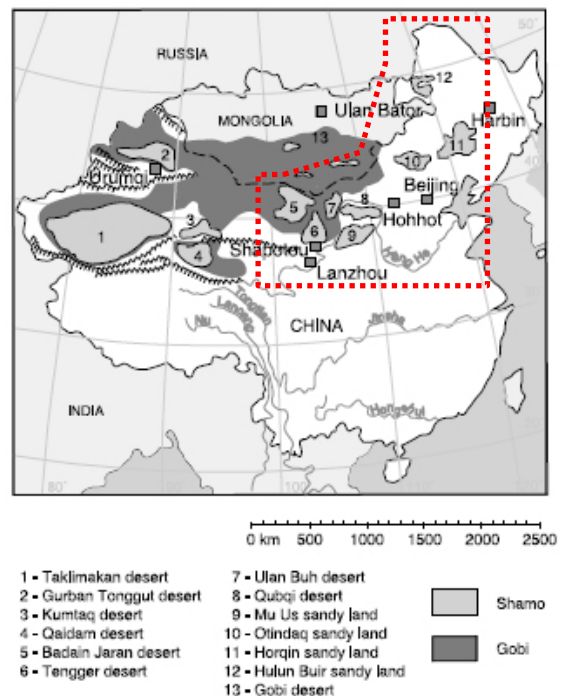


図-1 東アジア砂漠地図<sup>[7]</sup>

対象地となる内モン古自治区には図-1 に示している通りバダンジリン砂漠(5)、テンゲル砂漠(6)、ウランブへ砂漠(7)及びクブチ砂漠(8)、毛烏素砂地(9)、ホンシャンダク砂漠(10)、ホルチン砂地(11)とフル

ンベル砂地 (12) などが存在し、砂漠化の拡大及び中国内陸の土地被覆変動の重要な位置にある。

## 2.2 使用データ

- NOAA/AVHRR データ PAL datasets 解像度 8km/pixel 期間 1982~1999 年
- 米国衛星 CORONA の画像 (1962 年, 1963 年, 1974 年)

## 2.3 解析手順

NOAA/AVHRR データの NDVI 範囲は 1~255 であり、分析では以下の計算式を利用して NDVI を -1~1 に変換する。

$$\text{計算式 NDVI}^{[8]} = (\text{scaled NDVI} - 128) * 0.008$$

本データから得られた NDVI は図-2 に示しているように各地域の土地利用を示すことができると考えられ、以下のような土地利用タイプに分けた。

- 0.1 < NDVI < 0.1 水、雪、砂漠
- 0.1 < NDVI < 0.2 砂地
- 0.2 < NDVI < 0.6 草地、灌木林、耕地など
- 0.6 < NDVI < 0.9 森林地と見なした<sup>[9]</sup>。

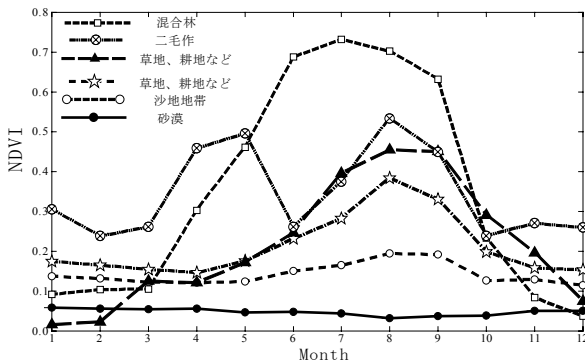


図-2 植生被覆の相違による NDVI の相違

### ① 植生毎の NDVI 変化

冬期には植物の枯死や積雪の影響で NDVI が低下する季節変化がある。植生の存在する土地では7~9月のいずれかで最大の NDVI が現れ、その7~9月の最大値を NDVI<sub>max</sub> とし比較する<sup>[10]</sup>。

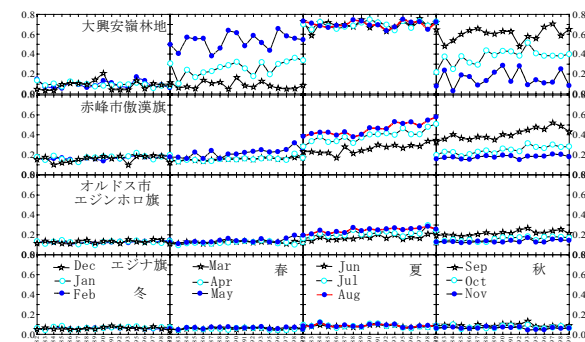


図-3 内モンゴルの4地区の季節変化と経年変化

図-3 に示したのは内蒙古自治区の東北から西南における代表的土地被覆を選び、それらの NDVI を平均化して年間 (四季) 変化である。各地の四季変化が明瞭であり、年間を通して NDVI の最大値が8月に現れるこ

とが多いと分かる。ここで、植生被覆の変動を捉えるには夏の NDVI<sub>max</sub> 値の重要性が示され、この特徴を活かして次の手法に進めた。

### ② 各ピクセルの NDVI 長期変化

$\Sigma$ NDVI<sub>max</sub> の各年間での変動傾向は植物活動及びピクセル当たりの植生密度の増加、或いは減少を示す。本研究では1981~1999年の19年間の NDVI データを前期 (1982~1986年)、中期 (1987~1991年)、後期 (1995~1999年) の3期間に分け、各期間の  $\Sigma$ NDVI<sub>max</sub> の平均値を求め、その増減を調べる。そして、NDVI が増加した地域と減少した地域を図示する。各期間の増減変動を求める方程式を以下のように決定した。

$$\Delta \text{NDVI} = \text{JUL, AUG, SEP} \{ \Sigma (95 \sim 99) - \Sigma (82 \sim 86) \} \text{NDVI/期間}$$

③ NDVI が増減した地域について、砂漠などの植生が少ない地域の植生変化か、草地などで植生変化が生じたのか等の実態を検討するため、1980年代前半の NDVI とその後の増減を対比する。また、盟市毎に砂漠化、緑化の進行状況を集計する。

### ④ 衛星画像を用いた検証

NDVI データにより解析した結果から植生劣化及び植生増加のエリアをいくつか取り出し、実際の衛星画像から土地被覆の変動を検討する。

## 3. 結果及び考察

① NOAA/AVHRR データの1ピクセルは約8km四方と広いが、大規模農地が造成されたピクセルでは明瞭に NDVI 変化が見られることを確認した。内蒙古自治区の範囲では、特に黄河上、中流域沿いの河套灌漑区での灌漑農地が1980年代後半に拡大していることが確認できた。その他に、内蒙古自治区周辺となる黄河下流域の平坦地で、二毛作地域の面積が1990年代後半に大幅に拡大している。

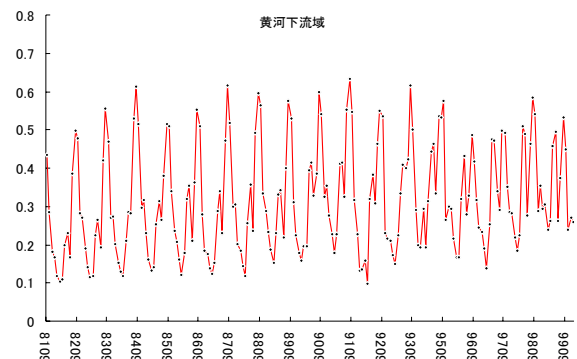


図-4 黄河下流域における二毛作地域の NDVI 経年変化

図-4 に示しているように二毛作地域の NDVI は季節変化が草地や森林地などと異なり、二山型シグナルが現れ、二毛作地を特定するには重要なヒントとなる。

その特徴利用して得たのが図-5である。

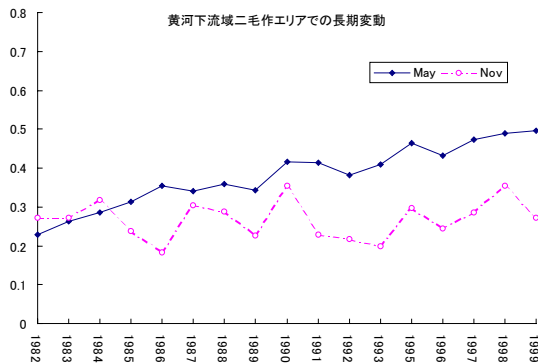


図-5 5月のNDVI 経年変化

図-5 に示しているのは黄河下流域の一部グリッドの平均化したNDVI グラフである。5月のNDVIが11月と比較して明瞭に上昇した傾向があり、この地域では二毛作が増加したと推測できた。

② NDVI が長期的に増加したグリッド、減少したグリッドは地域的にまとまって分布していた。その例としてエジナ旗黒河流域では1990年代後半にNDVIの減少が顕著である。特に、エジナ旗バダンジリン砂漠の黒河沿いに存在していた植生地のNDVIが減少しているなど、砂漠周辺のもともと植生の乏しい地域が多い。一方、NDVIの増加が継続してみられ、特に1990年代の増加が著しい地域に傲漢旗などがある(図-6)。これらの地域と比較して大興安嶺の森林地帯では著しいNDVIの変化は見られなかった。

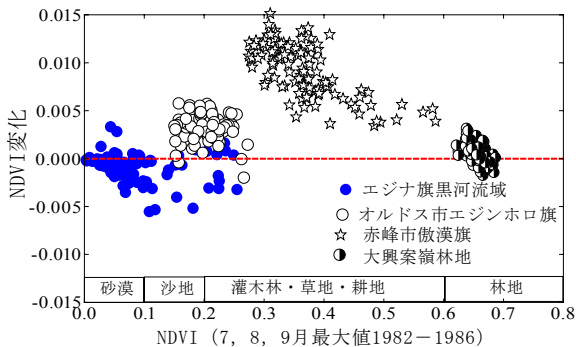


図-6 後期と前期の $\Delta$ NDVI/yearによる植生変動

内蒙古自治区内での砂漠緑化の成果が出ている地域として、もともと立地条件の割りと良い草地地帯(0.27<NDVI<0.4)範囲内での緑化成果が明瞭に出ていることが確認できた。降水量や立地条件が悪い地域ではまだ砂漠化防止技術が遅れており、砂漠化の防止策とその効果がまだ明瞭な成果を上げられていないと考えられる。

③ NDVIを植生量の指標とし、その増減で約8km四方のグリッドを単位として植生の増減を評価し、行政区毎に集計した。内蒙古自治区においては植生が減少している地域はエジナ旗、興安盟、フルンベル盟であ

る。一方、フフホト市、通遼市、赤峰市では植生の増加が見られるグリッドが継続的に増加している。これらのNDVI増加の地域はもともとある程度植生が存在していた場所が多い。

④ NOAA/AVHRR データによって特定できた植生増加と植生劣化のエリアを抽出し、米国偵察衛星CORONAの画像及び最近の衛星画像を用いて検討した。その結果、CORONA衛星画像に見られる植生群落は現在は砂丘となり、植生の減少が見られた。一方で、CORONA衛星画像では植生群落が見られない砂地では最近の画像からは農耕地や植林地が見られた。画像検証によってNOAA/AVHRR データから得られた結果は植生変動の実態を示すことができたと判断した。

#### 4. まとめ

本研究ではリモートセンシングの手法を用いて中国内蒙古自治区の広域半乾燥・乾燥地での砂漠化及び長期緑化プロジェクトの成化を把握する重要な知見を得た。リモートセンシング手法は乾燥地における植生の季節変化や年々変動を把握する際にも有効な手段であり、特に本研究の主要データとなるNOAA/AVHRR NDVIデータの有効性と実用性を示すことができた。

内蒙古自治区において19年間に渡って、砂漠化が進んでいる場所、植生が増加している場所を同一の基準で抽出することができ、植生変化の実態が示された。内蒙古自治区では1990年代後半になって、緑化事業などにより砂漠化の進行が大幅に抑えられている。一方で、もともと植生が乏しい西側の砂漠地帯周辺の一部では砂漠の拡大が継続してみられる。内蒙古自治区の緑化事業において、もともと植生被覆率がある程度あった地域では緑化の成果が上がっているという実態が示された。

#### 文献

1. 劉建新: 中国内蒙古における生態系環境の改善. 立命館産業社会論集, 1999
2. Wang Hong Li XiaoBing: Monitoring growing season of typical steppe in northern CHINA based on NOAA/AVHRR NDVI data. Journal of Plant Ecology, 2006, 30 (3) 365~374
3. MA Mingguo DongLi-xin: Study on the Dynamically Monitoring and Simulating the Vegetation Cover in Northwest China in the Past 21 Years. Journal of Glaciology and Geocryology, 2003, Apr, Vol25, No. 2
4. Quan Wang, John D. Tenhunen: Vegetation

- mapping with multitemporal NDVI in North Eastern China Transect. International Journal of APPLIED EARTH OBSERVATION AND GEOINFORMATION, 2004
5. B. LI, S. TAO: Relations between AVHRR NDVI and ecoclimatic parameters in China. INT. J. REMOTE SENSING, 2002, VOL. 23, NO. 5
  6. K. ICHII, A. KAWABATA: Global correlation analysis for NDVI and climatic variables and NDVI trends: 1982-1990. INT. J. REMOTE SENSING, 2002, VOL. 23, NO. 18
  7. R. TATEISHI, M. EBATA: Analysis of phenological change patterns using 1982-2000 Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR) data. INT. J. REMOTE SENSING, 2004, VOL. 25, NO. 12
  8. Muhamad Husni Idris: Studies on the effect of inter-annual variability in rainfall on vegetation cover in Borneo, using satellite remote sensing data analysis. 2005
  9. Mingguo Ma, Frank Veroustraete: Reconstructing pathfinder AVHRR land NDVI time-series data for the Northwest of China. ADVANCES IN SPACE RESEARCH, 2006
  10. 近藤昭彦: グローバルリモートセンシングによる植生・土地被覆変動の抽出とその要因解析

注:本稿は2007年1月の筑波モンゴル植生変遷域ワークショップにおける発表の要約である。