

G-1. 砂漠化と人間活動の相互影響評価に関する研究

- (2) 半乾燥・半湿潤地域における砂漠化におよぼす人間活動の影響評価に関する研究  
① 人間活動が土地資源に及ぼす影響評価に関する研究

研究代表者 農林水産省 農業環境技術研究所 福原 道一

農林水産省 農業環境技術研究所

環境管理部 資源・生態管理科 福原 道一・今川 俊明  
企画調整部 地球環境研究チーム 岡本 勝男・池田 浩明

平成4-6年度合計予算額 25,180千円  
(平成6年度予算額 8,506千円)

[要旨]

中国東部の半乾燥・半湿潤地域の奈曼（内モンゴル自治区）、蘭溪（浙江省）、元謀（雲南省）を対象として、主としてリモートセンシング解析により砂漠化進行状況を明らかにし、砂漠化に及ぼす人間活動の影響を評価した。

その結果は、以下のように要約される。

- 1) 中国東部の主な砂漠化過程として、風の営力による固定砂丘の再活動、流水による表面侵食による紅色土が露出した”紅漠”景観の形成及びガリ侵食によるバッドランド景観の形成について、現地調査で特徴を明らかにした。  
2) いずれの場合もランドサットデータを用いて、以下の3つの指数で段階的に砂漠化地域を抽出する手法を確立した。

- ① 植被のない部分の抽出・・・植生指数： $(TM4-TM3) / (TM4+TM3)$   
② 構造物の部分削除・・・構造物指数： $(TM5-TM1) / (TM5+TM1)$   
③ 表層物質の赤色度による抽出・・・赤色度指数： $(TM3-TM1) / (TM3+TM1)$

また、年次の異なるデータを解析し、重ね合わせることで砂漠化進行状況を把握することができた。

3) 砂漠化進行程度を明らかにするために、精度のよい土地被覆/土地利用図の作成手法を開発した。またガリ侵食地域に対しては、ランドサットデータをテクスチャ解析によりガリを抽出し、砂漠化程度を評価できた。

4) 各対象地域のモデル地区での砂漠化面積は最近10~20年間ではほとんど変化はないが、進行あるいは回復の場所は集落等の距離により顕著な違いが認められた。

5) 奈曼旗全域を対象として、最近10年間の砂漠化進行状況を示す砂漠化地図を試作した。

[キーワード] 砂漠化、リモートセンシング、中国東部、再活動砂丘、バッドランド

## 1. 序

「砂漠化」という術語が本来の砂漠の周辺で起きている現象に限らず、広く使用されてきたことから、国連環境計画（UNEP）では「砂漠化」を「不適切な人間活動に起因する乾燥・半乾燥並びに乾性半湿潤地域にみられる土地の荒廃現象を指す」術語と再定義し、これまでの「砂漠化」を「Desertification/Land Degradation（砂漠化／土地荒廃）」と表記するようになった（門村，1991）。このことから、もともと生産性がそれほど高くなかった砂漠周辺ばかりでなく、世界の主要な食糧生産地域が広がる半乾燥～半湿潤地域での荒廃現象をも「砂漠化」という術語の中に含むことが明確となった。

この術語の再定義で、乾燥地域の狭い東アジアにおいても砂漠化がより身近な問題（Zhu et. al., 1992）となり、その解決への貢献が期待されている。特に、中国東部地域は国土の約半分の面積と90%を越える人口が含まれ、人間インパクトの強い地域である。そして、気候条件が北部の半乾燥地域から南西部の亜熱帯半湿潤地域まで変化に富んでいることから、さまざまな過程で「砂漠化」が進んでいる。そのため、砂漠化防止対策を効果的に適用するための砂漠化の実態、その過程の把握並びに砂漠化と人間活動の相互影響を評価する手法の開発が急務となっている。

## 2. 研究目的および方法

本研究は中国東部を対象に人間活動のインパクトの違いによって引き起こされている砂漠化過程を自然条件から解明することを目的に、中国東部の自然条件の異なる地域でモデル地域を設定し、現地調査をもとにそれぞれの地域の砂漠化進行状況の特徴を明らかにした。そして、衛星データの解析により、砂漠化進行地域の分布、規則性や砂漠化進行程度の把握手法を開発し、モデル地域における砂漠化進行程度と人間インパクトの関係を明らかにすることを目指した。さらに、砂漠化に及ぼす人間活動の影響を評価することを可能にするために、これらの結果をもとにモデル地域の砂漠化過程の解明をめざし、砂漠化地図を試作した。

## 3. 結果および考察

### （1）砂漠化進行地域の特徴

中国の砂漠化地図（Zhu Zhenda, 1993）をもとに、中国東部地域の気候条件、土地条件の違いによって異なる砂漠化の様相を呈している以下の三つのモデル地域を対象に、現地調査によってそれらの特徴を明らかにした。

#### ① 奈曼（内モンゴル自治区）

奈曼は北京の北東 400kmに位置する（図1）。年平均降水量は372mm、年平均気温は6.4℃の半乾燥地域である。この地域の主な表層堆積物は第四紀の湖底堆積物であり、かつての乾燥期に形成された砂丘が土壌や植生で覆われた固定砂

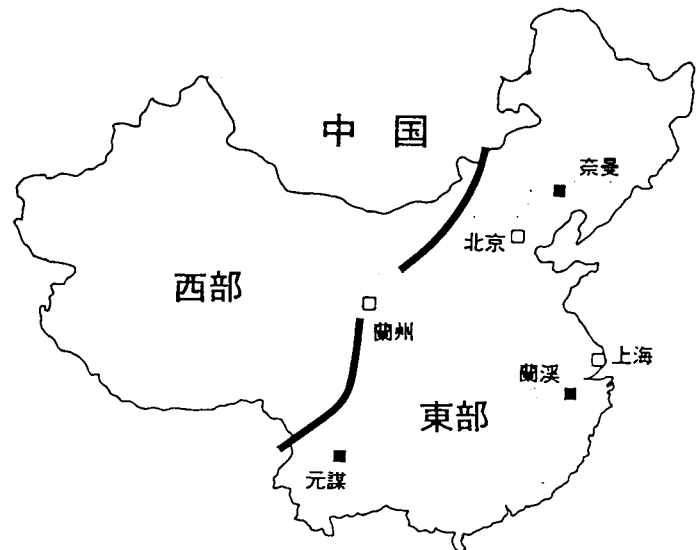


図1 調査対象地域

丘となり広く分布している。固定砂丘上や砂丘間低地では、トウモロコシ、コウリヤンを中心とした畑作物が栽培されている。また、奈曼北西部は草地が広く展開されている。

砂漠化は固定砂丘の植生と表層1~2 mの土壤が破壊されることにより、未固結の砂が流動することによって始まる。この地域では、砂が舞い上がるとされる5m/s以上の強い風が春にしばしば吹く。したがって、ランドサット画像には西から東へ延びる砂丘が広く分布し、表面が卓越風向に向かって波だっているのが写し出されている。砂の動きは砂丘の規模が小さいものほど大きく、年間5m/yrに達したことが観測されている。また、草地の部分では池を中心に砂が楕円状に延びているのが点々と確認できる。現在では、砂の動きを止めるための対策が施され、周縁部で植生が侵入している所もある。しかし、場所によっては、砂丘砂は煉瓦の材料として採取されており、破壊を促進している。

## ② 蘭溪（浙江省）

蘭溪は上海の西約 300km、東西に長い盆地の東部に位置する（図1）。気候は亜熱帯モンスーン気候であり、年降水量は1360mmで4~6月にその50%が集中する。これに対して、秋は乾燥しており、年蒸発量は1493mmと降水量をやや上回る。この盆地内の地形は沖積地と丘陵地に大きく分かれる。砂漠化はほとんどの丘陵部で進行している。丘陵の土壤は第四紀の紅色土である。本来、表層を2~3 m程の紅色土が覆い、その下位に2層の礫層を含みトラ班をもつ粘土質層が7~8m堆積している。

この地域の砂漠化は、丘陵部の樹木の伐採とその後の耕作等の土地利用に起因している。裸地化した後、降雨による表面侵食を受け、紅色土が削剥されている。このため、砂漠化した丘陵のリルやガリの密度は比較的小さく、凸型斜面が保存されている。このような景観は、200km程西の南昌付近ではさらに大規模に広がっており、「紅色砂漠（紅漠）」と名付けられている。ランドサット画像では紅色の裸地が特徴的にとらえられる。荒廃の歴史は過去にも何度かあり、200~300年前にも遡ることができるというが、砂漠化が激化したのは最近30年間と考えられている。

裸地化した土地での植栽実験により、竹林や茶畑などでは侵食がゼロに近くなることが明らかになり、土地を保全するための努力がなされている。

## ③ 元謀（雲南省）

元謀は昆明の北西約 200km、南北に細長い盆地底に位置する（図1）。標高1250~1330mである。西の横断山脈を越えてくるフェーンの影響で年降水量は 613mm、年間蒸発量は3847.8mmと乾燥している。この盆地をとりまく山地は現在でも隆起し続けており、盆地底も必ずしも平坦ではなく、段丘状の丘陵とそれを開析する谷が入り交じっている。砂漠化はこの丘陵で進行している。この丘陵の土壤は、多孔質の燥紅土で一度に大量の水が浸透すると脆く、崩れ易い性質である。また、植被率は20%以下と低く、乾季直後の豪雨によって大規模なガリ侵食が進行し、バッドランドの景観が形成されている。ランドサット画像でもこの丘陵をガリが網目状に侵入しているのが判読される。盆地を限る東側の山地の灌木林~森林や西側の山地の放牧地とは対照的である。

平坦な面を残す丘陵は、灌漑によるさとうきび畑が広がっているが周辺はガリ侵食が進行しており、最近30年間で7~8mの深さまで侵食が進行しているという。また、場所によってはガリの後退速度が6m/yrに達するところもあり、さとうきび畑が蝕まれている。激しい侵食は最近も継続

しており、30年前には3年に1回程度起こっていた洪水が、最近3年に2～3回に増加しているという。あちこちに掲げられている「水土保持人人有責」という標語に、土地保全への意識の高さがうかがえるが、砂漠化は依然進行している。

## (2) 砂漠化進行状況の把握手法の開発

現地調査で砂漠化進行状況の特徴を捉えることはできたが、その分布を把握することは極めて難しい。また、空中写真が整備されていたとしても、数十～数百キロメートルオーダーでしかも変化し続ける砂漠化の現象を追跡することは極めて難しい。しかし、1シーンで180×180kmの範囲をとらえ、解像度30～80mで16日周期で観測を繰り返しているランドサットデータを用いることが砂漠化進行地域を抽出するには有効であることが期待される。そこで、ランドサットデータを用いて砂漠化進行状況を把握するために砂漠域の抽出手法の開発を目指した。

ここで用いた砂漠域の抽出方法は、以下の通りである。

まず、砂漠化地域は植生がないところを抽出する。これにはリモートセンシングで通常用いられる正規化植生指数を適用する。

ランドサットTMデータの場合  $(TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$

ランドサットMSSデータの場合  $(MSS7 - MSS5) / (MSS7 + MSS5)$

この値の低い部分が植生のない部分であり、合成写真と比較して閾値を求め、無植生部分を抽出する。ただし、植被状態の季節的変動を考慮するために、できるだけ連続した秋と春のデータを重ねて、その共通部分を抽出した。

この植生のない部分が必ずしも砂漠域とは限らない。そこで、水域及び密集した人工構造物すなわち集落の除去を試みた。水域及び人工構造物と無植生域(砂漠域)の区別には、

$$(TM5 - TM1) / (TM5 + TM1)$$

を用い、無植生域が水域や人工構造物と比較してのバンド比が高かったことから、両者を分離することができた。この比で得られる指数をここでは構造物指数とした。

ただし、MSSセンサにはTMのバンド5に相当するセンサがないため、新規の画像での水域、人工構造物を裸地から分離した。

さらに土壤中に含まれる酸化鉄の量を反映する赤色度指数

$$(TM3 - TM1) / (TM3 + TM1)$$

を用い、各地域の砂漠域を特定した。

そして、以上の方法から得られる観測時期の異なる画像の解析結果を重ね合わせることにより砂漠化域の年次変化がとらえられ、砂漠化進行状況が把握できることとなる。

## (3) 画像解析からみた最近の砂漠化進行状況

上記の三つのモデル地域の中で、それぞれ約30km平方のモデル地区を設定して最近10～20年間の砂漠化の進行状況を上述した手法を用いて解析した。砂漠化地域は、植生指数が低いところ、かつそれぞれの地域の土壌の色(奈曼は白、蘭溪、元謀は赤)の反射特性をもつ部分として抽出し、新旧の画像解析結果を重ねて、変化を明らかにした(表1～3、図2)。

各モデル地区で、砂漠化が進行している範囲は奈曼約40%、蘭溪約3%、元謀約15%と異なっている。しかし、回復している面積と新たに砂漠化している面積はいずれの地域ともほぼ同じで、

各地域の砂漠化面積にはほとんど変化がないのが特徴である。

奈曼では、街の東側を南北に平行して走る道路と鉄道や集落の周辺では82年～91年に回復傾向にあるのに対し、その外側では砂漠化が進行していた（図2）。この傾向は、他の二つの地域でも同じであった。すなわち、元謀でも76年～92年の街の周辺の回復傾向とその外側の砂漠化傾向がはっきり現れていた。また、蘭溪でも73年～92年で同様の結果が得られた。

以上のことは、砂漠化はその荒廃形態に関わらず一方的に進行しているのではないこと、比較的人手の入りやすいところは、何らかの対策が講じられ、砂漠化の進行が抑えられていることがわかった。

表1 奈曼での砂漠化地域（h a）

9 1 8 2	砂漠地 (活動砂丘)	非砂 漠地
砂漠地 活動砂丘	32,808 (29.2%)	13,526 (12.3%)
非砂 漠地	13,442 (12.0%)	52,562 (46.8%)

(総面積：112,338 ha)

表2 蘭溪での砂漠化地域（h a）

9 2 7 3	砂漠地 (紅漠)	非砂 漠地
砂漠地 (紅漠)	2,109 (1.7%)	1,518 (1.2%)
非砂 漠地	1,186 (0.9%)	121,567 (96.2%)

(総面積：126,380 ha)

表3 元謀での砂漠化地域（h a）

9 2 7 6	砂漠地 (悪地)	非砂 漠地
砂漠地 (悪地)	7,982 (8.4%)	5,538 (5.8%)
非砂 漠地	6,339 (6.7%)	75,003 (79.1%)

(総面積：94,862 ha)

#### (4) 砂漠化進行状況のグランドトゥールース

奈曼、蘭溪、元謀の三つのモデル地域のそれぞれのモデル地区について、新旧二時期のランドサットデータから最近10～20年間の砂漠化の進行状況を解析した。次に、その結果が現地の砂漠化進行状況と対応しているかどうかを検討する必要があるため、奈曼を対象として解析結果のグランドトゥールースを行った。

以下、主要な地点について記述する。

##### ① 嘎海花 (42° 49' 56" N, 120° 45' 15" E; 写真1-A)

この地点は奈曼の東約10kmの固定砂丘上に位置している。ランドサットデータの解析では82～91年に砂漠化が進行した地域である。中国科学院によって作成された砂漠化発展程度図によると、58年には乾燥農法による農地ないしは放棄農地に、また74年には疎林に分類されていた。現地では、これを裏付けるように現在でもヤナギの疎林が観察された。しかし、その林床には耕作している様子は全くなくわずかな草本が覆っているだけで、部分的に砂丘が侵入しているのが観察された。このことはランドサットの解析結果とよく対応している。そして、砂丘の表面は最初に侵

入る考えられているシャーミー（沙米）だけが点在しており、砂の移動が新しいことを示している。この地域において砂を容易に移動させるべく風が吹いていることは、疎林を構成するヤナギがみな一定方向に傾いて偏形していることや根系が地上部に露出していることが示している。

また、聞き取りや林床に散在する家畜のフンから、砂漠化の誘因として過放牧が考えられる。



写真1 グランドトゥルース地点の景観

A：嘎海花での砂漠化進行例

過放牧の結果、砂が移動し始め、柳の疎林の中に進入してきている。

B：東莫改吐の砂漠化進行例

柳の疎林を伐採して、乳牛を導入した結果、砂漠化した。

D：和平の砂漠化回復状況

放牧を5年間禁止した結果植生が回復した砂丘地

②東莫改吐（42° 49′ 8″ N, 120° 47′ 33″ E；写真1 - B）

この地点は嘎海花の南南東8kmに位置している。ここでも82～91年に砂漠化が進行した地域と判定されている。砂漠化発展程度図によると、この付近は58年と74年とも草地となっているが、74年は58年と比較してはるかにその面積を縮小し、半固定砂丘に変化している。現地での観察では、凹地でわずかに耕作している形跡が認められるものの、地表面のほとんどは砂で覆われ、砂丘も再活動を始めていた。

聞き取りによると、かつてはヤナギを含む草原であったが、ヤナギを伐採し、草原として、乳牛を1頭/20畝の密度で導入した結果、過放牧となり砂漠化が発生した。砂漠化した後も凹地を利用して麦の栽培を試みているが、収穫はほとんど見込めず、最も良いところでも25kg/畝であり、好地の350kg/畝と比較して著しく少ないことがわかる。

③和平 (42° 51' 2" N, 120° 42' 11" E; 写真1-D)

この地点は、上記の2地点とは異なり、82年～91年に砂漠化が停止し、植生が回復した土地と判定された。ここは奈曼の東5kmの砂丘地である。砂漠化発展地図によると、この付近は58年は流動～半流動砂地であり、74年には中心部が流動砂地であるが周辺は固定砂丘となっている。

91年のランドサット合成画像では、この付近は流動砂丘の白色とは明らかに異なり、植生が回復したことが推測された。そして、現地では地形は最大7～8mの起伏があり流動砂丘の形態が残されていたが、表面はアルテミシア等の草本をはじめ、灌木やヤナギの稚樹などでほぼ全体が覆われ、固定砂丘となっているのが観察された。これは5年程前から放牧を禁止したことにより草本が回復してきたほか、一部はポプラの植林が行われたためである。そして、一部では農耕も始められており、麦のほか白菜、人参、すいか、とうもろこしなどの野菜が生産されており、年間4,000元の純益をあげている農家もある。農耕には地下水が利用されており、約20mの深さからくみあげている。

以上、この3地点を含めて、解析結果が概ね正しいことがグランドトゥルースで確かめられ、本研究で開発した砂漠化進行状況の把握手法が妥当であることが確かめられた。

(5) 砂漠化プロセス解明のための土地被覆/土地利用図の作成手法の確立

上述の3つの指数を使って砂漠域を抽出し、砂漠化進行状況を把握することはできるようになった。しかし、ここで得られた砂漠域とは植生がほとんどない場所ということであり、どういった原因で砂漠化が生じたかというプロセスを解明するには至らない。このためには、少なくとも砂漠化した土地のそれ以前の土地被覆/土地利用の履歴を明らかにする必要がある。

そこで、1984年に中国科学院砂漠

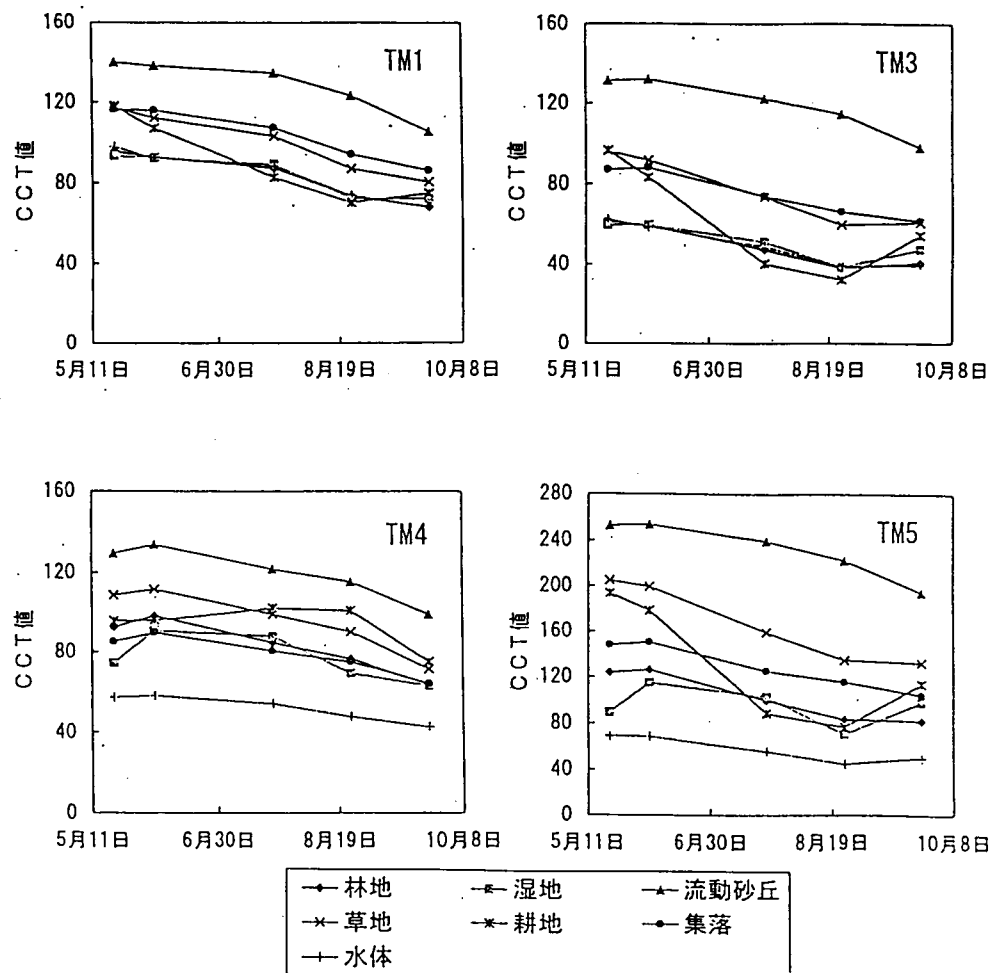


図3 トレーニングフィールドでの輝度値の季節変化

研究所が作成した「砂漠化類型及び土地整治地図」で分類された土地利用区分単位をもとに流動砂丘、草地、耕地、林地、湿地、集落、水体の7つをランドサットデータで区分することを検討した。

まず、モデル地区内に流動砂丘、草地、耕地、林地、湿地、集落、水体の各区分ごとに代表的と思われる場所を5カ所前後設定し、1992年に観測された5月から9月の5時期のランドサットデータについて、それぞれの反射特性を調べた。その結果の一部を図3に示す。流動砂丘は他の区分単位と比較して、いずれのバンドとも常に高い輝度値を示し、反対に水体はTM4、5の両近赤外バンドが常に低い輝度値を示す。このことから、両者はどの時期のデータを用いても他の区分単位と区分できることがわかった。また、他の区分単位についても5月下旬と7月下旬の二時期のデータを用いることによって区分が可能であることがわかった。すなわち、耕地、林地と草地は植物が繁茂するという点では共通なので1枚の画像から区別するのは困難である。しかし、5月下旬、耕地及び草地はまだ植物の葉の展開が少なく裸地に近い状態であるのに対して、林地ではすでに多くの葉が展開している。また、7月下旬から8月下旬にかけては耕地の植被密度は作物の生長により草地よりはるかに大きくなる。こうした違いは、植物中の葉緑素の光吸収の大きな波長に相当するTM3バンドの輝度値の差となって現れる。したがって、5月と7月のTM3バンドといずれかの時期の他のバンドを組み合わせることによって、上記の7つを判別することが可能となることが明らかとなった。

そこで、5月20日と7月23日のデータから5月のTM3バンド、7月のTM1、3、4、5バンドを用いて、各区分単位の反射特性を調べた場所を教師として、土地利用区分図を作成した。そして、区分後の教師領域の再現性を調べたところ、表1の結果を得た。各区分単位の判別率は林地、湿地、集落がいずれも80%台であったが、他の4つの区分単位は90%以上で、耕地、草地とも95%の精度で判別が可能であった。以上のことから、ここで用いた方法が土地利用図作成に有効であることが示され、この方法で土地利用区分図を作成して経年的に比較すれば、人間による耕地の開拓や放棄の様子、あるいは林地の伐採や防風林の植林を調べることが可能なことが明らかとなった。

表1 教師付き最ゆう法で分類したトレーニングフィールドの再現性(%)

	流動砂丘	草地	耕地	林地	湿地	集落	水体	未分類
流動砂丘	96.87	1.25	0	0	0	0	0	1.88
草地	0.29	94.71	0.29	1.14	0.86	1.29	0	1.43
耕地	0	2.82	94.86	0.91	0	0	0	1.41
林地	0	4.51	0	80.56	12.85	1.04	0	1.04
湿地	0	2.50	0	6.75	81.25	2.50	5.75	1.25
集落	0	0.54	0.18	2.06	8.04	86.03	0	3.14
水体	0	0	0	0.61	2.74	0	95.43	1.22

しかし、この地域の砂漠化の主要因と考えられている放牧との関係を考える上では、草地から流動砂丘への変化をとらえるだけでは十分でない。すなわち、個々の土地のより詳しい植被量や植被量の変化の情報が望まれる。その際、通常植生指数： $(TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$  が用いられる。しかし、赤色光(TM3)の反射率は、地表面が完全に植物で被覆され



ているときに10%、土壌（裸地）では25%程度であり、植生が乏しい場所でのバイオマスの推定には植生指数よりも高い感度で用いることができることが指摘されている（Yasuda、1995）。また、地表の土壌の短期間での変化はそれほど大きくないので、同じ場所での反射率の変化はおおむね植被の変化によるものと考えられる。そこで、上述した反射特性の変化から植被量が最大となると推定される頃の1985年と1992年のTM3バンドの輝度値について補正を施した後に比較を行い、輝度値の差によって、草地及び流動砂丘地の個々の画素ごとの植被の増減を推定し、砂漠化の進行、植生の回復を判別した。この結果は、上述した無植生域の比較による砂漠化進行状況や現地調査の解析結果をよく反映している。さらに、根本等が奈曼で行った放牧実験の結果とランドサットデータの輝度値とを対応づけることによって植被量や放牧圧との関係を明らかにすることが期待される。したがって、ここで述べた教師付き最ゆう法分類で区分された草地、流動砂丘地の植被の変化をTM3バンドの輝度値でより詳細に把握することにより、その地点での砂漠化プロセスを推定することが可能となるであろう。

そして、土地の生産力はある程度以上に低下してしまうと回復は容易ではないが、ある程度の低下は放牧の制限などで比較的速やかに回復することから、放牧を持続的に行っていくためには土地の生産力が後退した所を休ませ、生産力が回復した所を計画的に利用する必要がある。そのための放牧利用計画をたてる上でここで得られる植被の増減傾向の情報は有効であると考えられる。

#### （6）ガリ侵食による砂漠化進行程度の評価

次に、ガリ侵食によるバッドランド景観で特徴づけられる元謀を対象として砂漠化進行程度の評価を試みた。

ガリは急傾斜の壁をもつ溝であり、ランドサット衛星観測時には太陽光によって陰ができやすい。そこで、まずこの陰を利用してガリを抽出した。

ランドサット衛星の観測時間は午前9時30分ころである。したがって、太陽光は南東の方向から来ている。そこで、東（①）と南（②）から光が当たった時の陰を抽出するために各ピクセルとそれを取り囲むピクセルに以下の値を与えて、フィルタ処理を行った。

①

1	1	1
1	-2	1
-1	-1	-1

②

1	1	-1
1	-2	-1
1	1	-1

次に、この結果を二値化した後、さらにフィルタ処理を行い、どの様な方向でも最低3ピクセル（90 m）連続する陰だけを残した。

ここで得られた二値化画像をマッキントッシュコンピュータのキャンバスソフトを使って細線化処理を行った。

しかし、ここで得られたリニアメントは必ずしもガリ底のみをあらわしているとは限らず、街路樹や建築物の影も含まれる。そこで、土地被覆区分結果をもとに森林、灌木、耕地等をマスクし、裸地と草地の部分のみについてリニアメントを残し、ガリ密度図とした。

そして、最後に評価点を取り囲む3 x 3ピクセルを対象として、そこに含まれるリニアメントの画素数に基づいて荒廃化程度を

荒廃度	無	微	小	中	大
画素数	0	1～2	3	4	5～9

と評価した。その評価は現地調査と既存の地形図から得られた結果とよく対応していた。

#### (7) 奈曼旗全域の砂漠化地図の試作

最後に、中国科学院砂漠研究所作成の「砂漠化類型及び土地整治地図」とランドサットデータを重ね合わせて、奈曼旗全域だけの画像を取り出し、上述した砂漠域を抽出した3つの指数を用いて、奈曼旗全域(約815万km<sup>2</sup>)の砂漠化地図を試作した(図4)。ここで使用したデータは85年、91年、92年、93年の4年次である。91年の表面が砂で覆われた砂漠域は168万km<sup>2</sup>(全面積の約20%)であり、91年以降は面積的にはほとんど変化がない。85年と91年を比較すると両年次とも表面が砂で覆われていた砂漠域が約86万km<sup>2</sup>(全面積の約10%)、この間に砂で覆われた砂漠化域は約82万km<sup>2</sup>(全面積の約10%)、逆に何らかの植被で覆われた回復域約45万km<sup>2</sup>(全面積の約6%)であった。すなわちこの5年間ではやや全体ではやや砂漠化が進行する傾向が捉えられた。

砂漠域のほとんどは奈曼旗の中央部に集中している。この部分は東西に走る断層で挟まれた凹地部であり、自然条件および社会経済条件から砂漠化プロセスを明らかにしていく必要がある。

#### 4. 本研究により得られた成果

(1) 中国東部の主な砂漠化過程として、風の営力による固定砂丘の再活動、流水による表面侵食による紅色土が露出した”紅漠”景観の形成及びガリ侵食によるバッドランド景観の形成について、現地調査で特徴を明らかにした。

(2) いずれの場合もランドサットデータを用いて、以下の3つの指数で段階的に砂漠化地域を抽出する手法を確立した。

① 植被のない部分の抽出・・・植生指数： $(TM4-TM3) / (TM4+TM3)$

② 構造物の部分削除・・・構造物指数： $(TM5-TM1) / (TM5+TM1)$

③ 表層物質の赤色度による抽出・・・赤色度指数： $(TM3-TM1) / (TM3+TM1)$

また、年次の異なるデータを解析し、重ね合わせることでより砂漠化進行状況を把握することができた。

(3) 砂漠化進行程度を明らかにするために、精度のよい土地被覆/土地利用図の作成手法を開発した。またガリ侵食地域に対しては、ランドサットデータをテクスチャ解析によりガリを抽出し、砂漠化程度を評価できた。

(4) 各対象地域のモデル地区での砂漠化面積は最近10～20年間ではほとんど変化はないが、進行あるいは回復の場所は集落等の距離で顕著な違いが認められた。

(5) 奈曼旗全域を対象として、最近10年間の砂漠化進行状況を示す砂漠化地図を試作した。

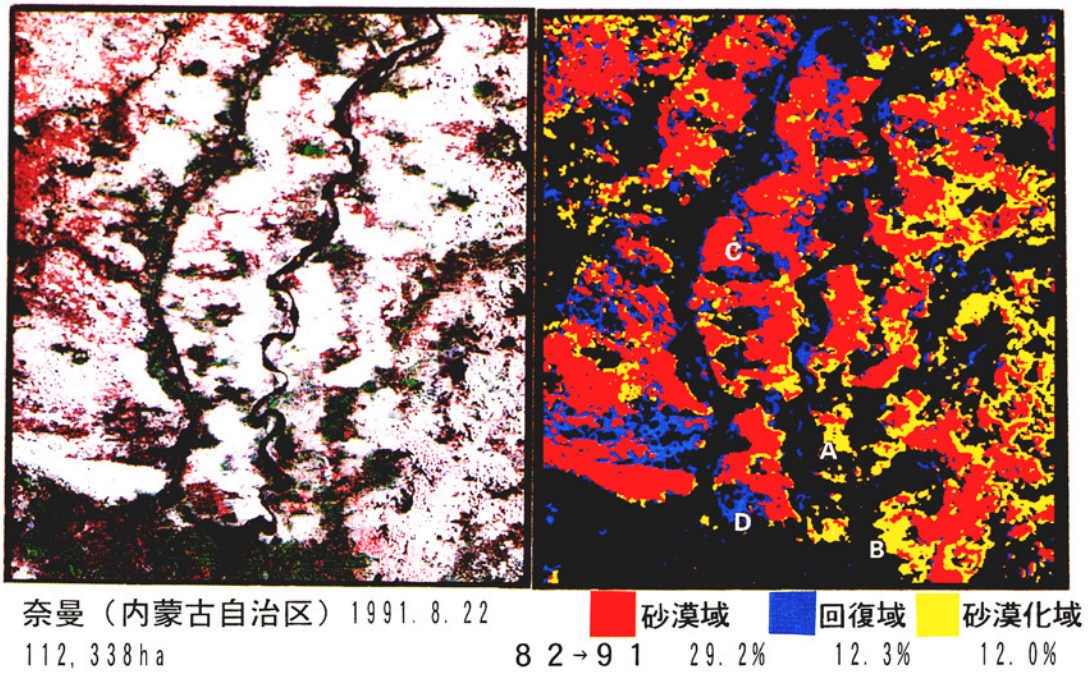


図2 奈曼（内モンゴル自治区）のランドサットTM合成画像（左）と砂漠化進行状況（右）



図4 奈曼旗全域の砂漠化進行状況

## 5. 参考文献

門村 浩(1991) : 「荒廃景観」研究の諸問題. 平成2年度科学研究費補助金総合研究(A) 63302068 研究成果報告書『荒廃景観の比較研究』、東京都立大学、5~32

Zhu Zhenda et. al (1992) : China : Desertification Mapping and Desert Reclamation. In "World Atlas of Desertification", UNEP, 46~49.

Yasuda Yoshizumi(1995):Using Remote Sensing to Detect and Monitor Land-Cover and Vegetation Changes. International Workshop on Land Use System for Combating Land Degradation in East Asia, Abstract. Tsukuba, 19-20.

## 国際共同研究等の状況

国際共同研究名 : 「中国東部地域における砂漠化に及ぼす人間活動の影響評価」に関する日中共同研究

カウンターパート : 朱 震達 中国科学院地理研究所教授

参加・連携状況等 : 参画機関 〈日本側〉

農林水産省農業環境技術研究所

農業総合研究所

東京大学

〈中国側〉

中国科学院地理研究所

成都山地災害及環境研究所

蘭州沙漠研究所

浙江省水利庁

雲南省遙感中心

本プロジェクトと中国国家第八次五ヶ年計画「脆弱生態環境及其整治」プロジェクトをタイアップさせ、相互の経費で研究を推進し、データ等の交換を行う。92年9月に両プロジェクトの代表者が協議書を交換した。さらに、同年10月に両者の所属機関の長がそれを承認する旨の書簡を交換した。93年2月に両代表者により、新たに2つの地区を対象地域に加えることが確認された。

## 研究発表の状況

- 今川 俊明：砂漠化に対する人間活動の影響評価. 第12回農業環境シンポジウム『農業リモートセンシングの現状と展望』、農環シンポ資料 NO. 12、113～122（1992年11月）.
- 今川俊明・福原道一・朱震達：中国東部地域の砂漠化の特徴. 日本沙漠学会講演要旨集第4集、29～30.（1993年5月）
- 今川俊明・福原道一・劉淑珍：ランドサット衛星で捉えた中国東部の土地荒廃－雲南省元謀地区－. 日本地理学会予稿集45、68～69.（1994年4月）
- Imagawa T.:Land Degradation and Desertification Evaluation using Satellite Data. International Workshop on Land use System for Combating Land Degradation in East Asia, Abstract, Tsukuba, 39-40(1995.2)
- Fukuhara M. and Imagawa T.:Some Characteristics of Desertification and its Recent Trends in Eastern China using Landsat Data. The 3rd International Symposium on Desertification, Abstract, Tsukuba, 9p.(1995.2)
- 岡野千春・今川俊明・福原道一：リモートセンシング／GISを利用した砂漠化評価手法－中国国内モンゴル自治区奈曼旗の解析例－. 日本土壌肥料学会講要第41集（1995年4月）