

ホルチン砂地における砂漠化の進行が地域住民の生活基盤に与えた影響の分析

巖網林 慶應義塾大学政策メディア研究科

宮坂隆文 慶應義塾大学総合政策学部 3 年

はじめに

中国内蒙古自治区東部に位置するホルチン砂地は、かつて緑豊かな疎林草原地帯であった。しかし、20 世紀後半に入ってから人口が大幅に増加し、砂地が農地に開拓され、草地も過度に放牧された結果、砂漠化が急速に進むようになった。当該地域の砂漠化の実態を捉えるために、これまで多くの研究が行われてきた。烏蘭図雅(2000)は、農業統計データからホルチン砂地の最近 50 年間の農地面積の推移を分析し、農地の拡大が砂漠化に与えた影響をマクロ的に考察した。張・趙(2002)は、1980 年と 2000 年の中国 1 : 100 万土地利用データを用いて、ホルチン砂地における土地利用の変化を時空間的に分析した。しかし、これらの研究は県に相当する広い行政区画を分析単位としたため、砂漠化がいつ、どこで、どのように進んだのかについては具体的に示されていない。

砂漠化の進行を詳細に調査するためには、時系列で高精度の土地利用データが有効である。しかし、中国ではそのような土地利用データが一般に整備されていない。その代替として、衛星画像による土地被覆データを利用することが多い。巖・岡本(2002)は、Landsat/TM データを使って、ホルチン左翼後旗地区において 1994 年から 2000 年までの土地被覆の変化を解析し、砂漠化の拡大を捉えた。立入ら(1998, 2000)は、CORONA データや Landsat/TM データを用いて、ホルチン砂地奈曼地区における砂漠化の進行を調査し、放牧の影響を考察した。しかし、これらの研究は土地被覆分類結果としての砂丘の面積や植生指数の変化を比較したものであり、時間的かつ空間的に複雑に変化するホルチン砂地の砂漠化のプロセスを客観的に評価するには至らなかった。

一方、現在の砂漠化対策に目を向けると、緑化事業に偏った状況にあり、本来緑化に加えて行われるべき将来の土地利用計画など住民の生活安定を考慮しているケースは少ない。確かに、政府や住民、NPO などが懸命に植林活動を続けてきた結果、自然が保全されたところや回復されたところなども見られるようになった。しかし、植林しても十分に効果が得られず、砂漠化の進行に歯止めがかからない地域も多い。これは、不十分な砂漠化評価に加え、生活基盤に対する将来の明確なビジョンが欠如している現在の対策に起因するものと考えられる。よって、このような砂漠化の進行または自然の回復に見られる地域的相違はどのように起きたのか、また人々の生活基盤の変化にどのような影響を与えたのかを明らかにすることは、今後の土地利用計画や植林計画を立案するために不可欠な情報となる。

本研究では中国内蒙古自治区ホルチン砂地を対象に、多時期の衛星画像を用いて土地被覆を分類し、生態システムの劣化という観点から砂漠化の進行を捉え、政策との因果関係も考

慮して 1988 年から 2000 年までの砂漠化進行を評価する。さらに、村落別社会統計データも利用し、対象地域にある 56 の村落別に自然環境および社会環境を捉え、砂漠化との関係性を明らかにすることを目的とする。これにより、各村落がどのような自然条件の上にどのような産業形態をとっており、またその違いによって砂漠化の進行状況にどのような差が出ているのかということを示すことができる。本研究の成果は、今後の砂漠化対策立案のための基礎資料になるものとする。

1. 対象地域の概要と使用データ

1.1 ホルチン砂地

ホルチン砂地は中国内蒙古自治区東南部に位置する東経 $119^{\circ} \sim 123^{\circ}$ 、北緯 $42.5^{\circ} \sim 45^{\circ}$ の範囲にある面積約 4.23 万 km^2 の土地である。本研究は、ホルチン左翼後旗甘旗峯(ガンチカ)鎮とその周辺地域(東経 $121^{\circ} 53' \sim 122^{\circ} 33'$ 、北緯 $42^{\circ} 42' \sim 43^{\circ} 5'$) の 56 の村落を対象にしている(図 1)。ホルチン左翼後旗は内蒙古自治区通遼市の管轄下にある県レベルの行政地区であり、面積 1.16 万 km^2 、人口 39.54 万人(2003 年現在)を有する。

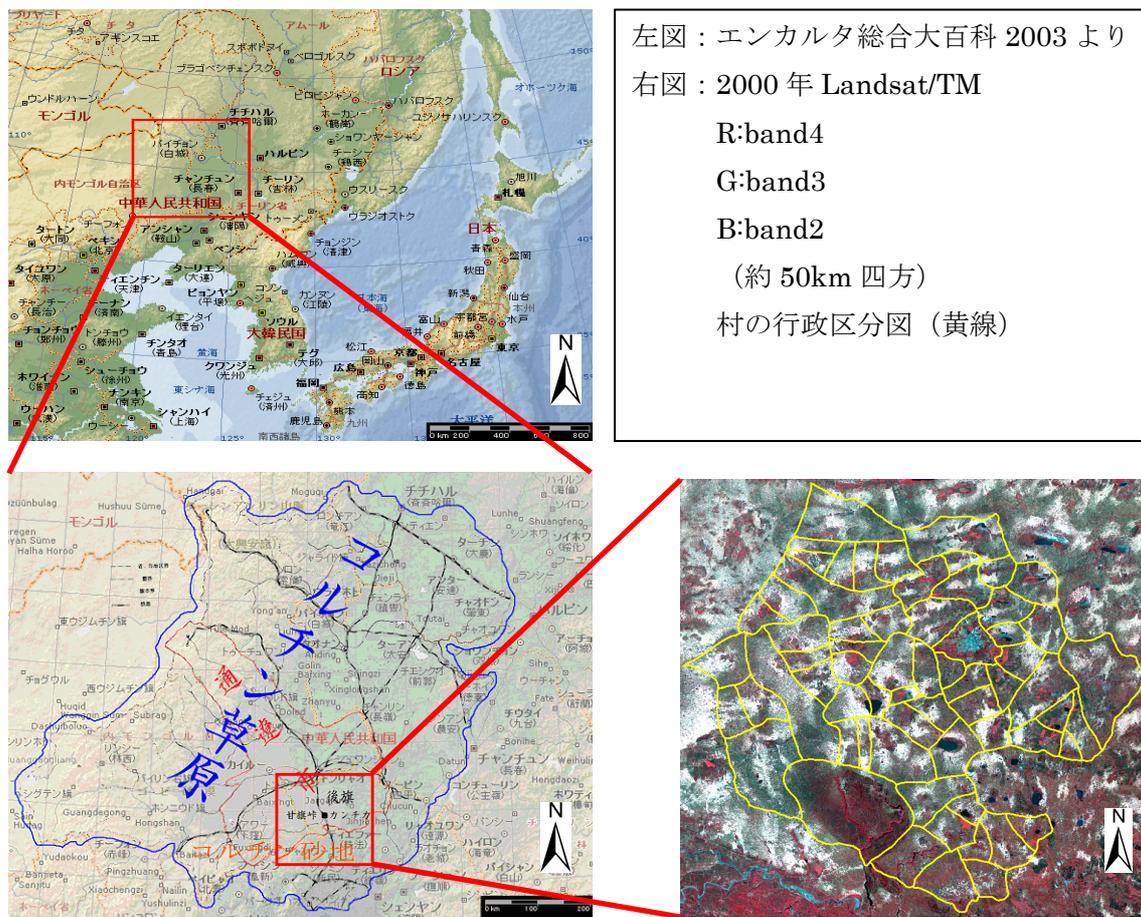


図 1 対象地域の位置

ホルチン砂地は年間降雨量 350～500mm 程度であり（表 1）、気候的に半乾燥亜湿潤地区に分類される。乾期にあたる冬と春には北西の風が強く、砂質土壌が風食されやすい。このような気候に農牧業を中心とした人間活動が加わり、ホルチン砂地では過去数 10 年の間にさまざまな土地景観の変化が起きた。中でも、森林→草地→固定砂丘→流動砂丘へ退行遷移する過程は土地の劣化そのものといえる。また、地下水位の低下などによる水面の縮小も乾燥化の一因となっている。ただし、1998 年から農地を樹林に戻す「退耕還林」、草種をまいて牧草地に戻す「退耕還草」政策が実施されており、また NPO による植林活動も行われているため、その効果があらわれている土地もある。結果として、対象地域は退行遷移と順行遷移が同時に起こっている状態にある。

表 1 通遼市気象局 1960～1990 年月別降水量 (mm)

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	合計
1.2	2.6	5.8	14.8	32.7	66.9	111.8	79.2	31.3	18	4.9	2.3	371.5

1.2 使用データ

前項で述べたように複雑な遷移が起きているホルチン砂地において、砂漠化の進行を理解するためには、砂丘の面積増加だけでなく生態システム全体の劣化の観点から調べなければならない。地域生態システムの劣化に対しては、現地で植物の組成を調査してそれぞれの遷移系列の遷移状況を詳細に検証する方法もあるが (Takeuchi, 1995)、交通条件や人手の制約で広域に実施することはできない。よって、本研究では季節を統一した 1988, 1995, 2000 年の Landsat/TM 画像を利用し、時系列で土地劣化の状況を調べた。

また、村落ごとに自然および社会環境を整理する際、Landsat/TM 画像に加え、衛星画像として ASTER の可視近赤外のバンド 3N (直下視) と 3B (後方視) から作成される DEM 画像 (標高データ) も使用した。地下水が主な水の供給源となっている対象地域において、地下水位と密接な関係にある標高は自然条件として重要な意味をもつ。社会統計データは 2000 年の甘旗峯鎮村別牧業基本調査データを現地から入手した。統計データには、主な項目として村名、戸数、人口、牛の頭数、羊の頭数、牧業収入、総収入などが記載されている。また、集計のための村の境界には、内蒙古自治区哲里木盟行政区画地図集記載の紙地図を利用した。使用データの一覧を表 2 に示す。

表 2 使用データ一覧

データ	時期	識別番号	精度	メディア	入手方法
Landsat/TM	1988.09.23	Path: 120/Row:30	30m	デジタル	GLCF
Landsat/TM	1995.09.11	Path: 120/Row:30	30m	デジタル	中国 RSC
Landsat/TM	2000.09.24	Path: 120/Row:30	30m	デジタル	中国 RSC
ASTER/DEM	2000.08.24	20020703151329.tif	30m	デジタル	ERSDAC
行政地図	1980	村の行政境界	1:10～30 万	書籍	現地書店
統計情報	2000	カンチカ鎮村別牧業基本調査	村落単位	紙複写	現地政府

2. 土地被覆分類図の作成

まず、1988、1995、2000年の3時期のLandsat/TM画像から土地被覆分類図を作成した。最尤法を用いた教師つき分類を行い、Urban(市街地)、Water(水域)、Field(田畑)、Forest(森林)、Grassland(草地)、Semi-Desert(固定砂丘)、Desert(流動砂丘)の7項目を設定した。1.1で述べた森林→草地→固定砂丘→流動砂丘という退行遷移やその逆である順行遷移、さらに農業の推移も調べるため、水域、森林、草地、固定砂丘、流動砂丘という5つの自然被覆と市街地や田畑といった人間活動による2つの人工被覆を分類した。結果画像を図2に示す。

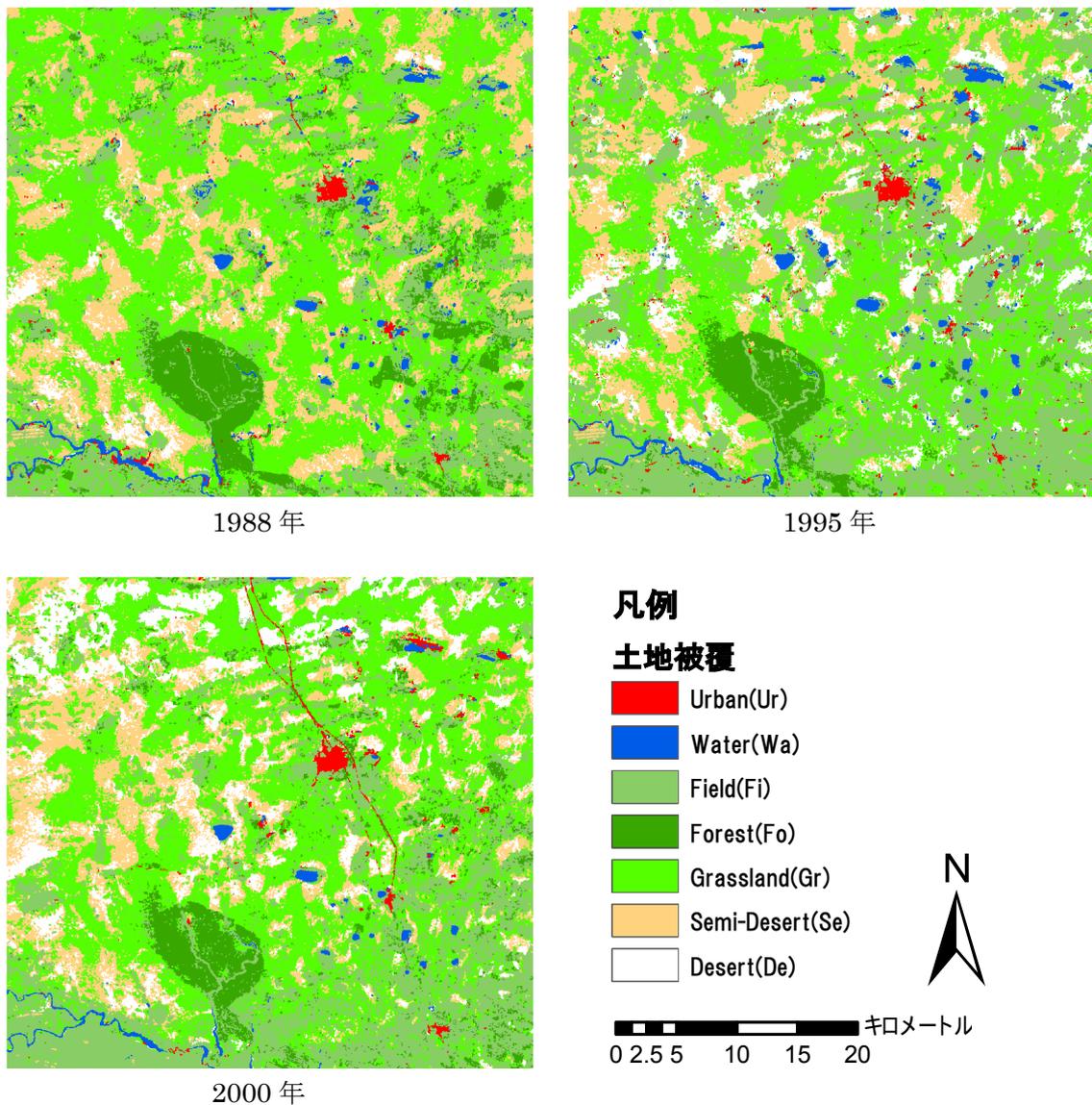


図2 3時期の土地被覆分類図

3. 自然環境と社会産業構造の関係性

3.1 変数の作成

次に、村落別に自然環境および社会環境を捉えるために、自然環境として「砂漠化」と「標高」、社会環境として「村落規模」、「経済状況」、「牧業効率性」、「農業性（1988, 2000年）」を表す計7つの指標を作成し、村落単位で集計した。

自然環境に関して、砂漠化を表す指標については次項で詳しく述べる。標高はASTER/DEMの値を用いた。社会環境に関して、村落規模には人口密度を用い、経済状況には一人当たり総収入を用いた。牧業効率性とは家畜1頭当たりの牧業収入で計算されるもので、放牧地の牧草密度や家畜の質、運営効率などの違いが表される。なお、現地調査により、この地域では家畜として牛が主であり、草を根こそぎ食べてしまう山羊などは現在ほとんど飼っていないということを確認しており、また家畜に関する統計データの中でも牛の頭数が最もよく整備されていたため、ここでの家畜には牛を当てている。最後に、農業性とは農地割合で計算されるものである。この地域では半農半牧が基本となっているが、村ごとにそれらの比重は異なっており、基盤産業に違いがある。各村落における牧業、農業の比重を知るには、家畜頭数と農地面積を相対的に比較する方法が考えられるが、家畜頭数に関しては正規化するためのデータがないため相対比較ができない。しかし、前述したようにこの地域の産業構造は半農半牧であるため、農地を総面積で正規化した農地割合を比較して農業の比重を知ることは、同時に牧業の比重を知ることもなる。よって、ここでは牧業、農業の比重を知るために農地割合で表される農業性という指標を作成した。

3.2 土地劣化の変数化

生態システム全体の劣化のプロセスから砂漠化を捉えるためには、劣化のプロセスだけでなく回復のプロセスもあわせて考慮する必要がある。そこで、本研究では遷移の方向と度合いによって土地を評価することにより、砂漠化の指標を作成した。

まず、土地被覆分類図から自然被覆である水域(Wa)、森林(Fo)、草地(Gr)、固定砂丘(Se)、流動砂丘(De)を抽出し、遷移プロセスを考えて上記の順に序列化する。序列と同方向への土地被覆の変化を「劣化(Deterioration)」, 逆方向への土地被覆の変化を「回復(Recovery)」と捉え、「変化なし(No-Change)」を含めて3種類の遷移パターンを1988-1995年, 1995-2000年にかけて調べた。さらに、2時期間の変化を統合し、(Re-Re), (NC-Re), (Re-NC), (De-Re), (NC-NC), (Re-De), (De-NC), (NC-De), (De-De)の9種類の遷移パターンにまとめた(図3)。

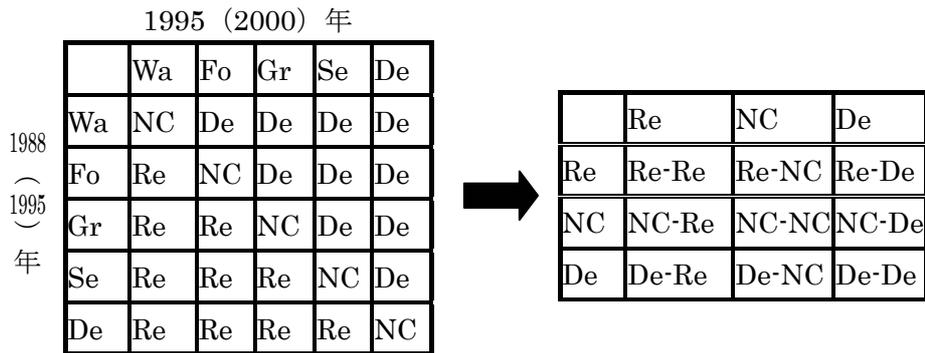


図3 遷移方向のパターン化

次に、遷移の度合いを調べるために分類項目の変化度によって分類した。例えば、草地→固定砂丘の場合は変化-1、流動砂丘→草地の場合は変化+2 というように、3 時期の遷移度を-4 から 4 までの 9 種類にまとめた (表 3)。

表 3 遷移度のパターン化

	Wa	Fo	Gr	Se	De
Wa	0	-1	-2	-3	-4
Fo	+1	0	-1	-2	-3
Gr	+2	+1	0	-1	-2
Se	+3	+2	+1	0	-1
De	+4	+3	+2	+1	0

最後に、上記 2 つの 9 パターンを統合し、理論上 81 の遷移パターンを作成した。ただし、81 パターンの中には起こりえないものも含まれているため、実際は 36 パターンだった。この 36 パターンに重み付けを行い、それぞれの遷移が起こっている土地の面積に係数として乗算した。重み付けのルールは図 4 の赤字で示しているように、まず 2 種類の遷移パターンそれぞれに 0.1 から 0.9 までの重み付けを行い、次にそれらの和をとるというものである。係数は理論上 0.2 から 1.8 までの値をとり、乗算結果は劣化が起こっているほど実際の面積よりも高くなり、回復が起こっているほど低くなる。例えば、変化がない場合は $0.5+0.5$ で係数は 1 となり、面積の値も変わらない。村ごとに全てのパターンの乗算結果を総合し総面積で割ると、各村で起こった砂漠化の度合いを示す指標となる。この指標は土地の劣化と回復を包含したものであり、値が高いほど砂漠化の進行が激しいことを意味する。

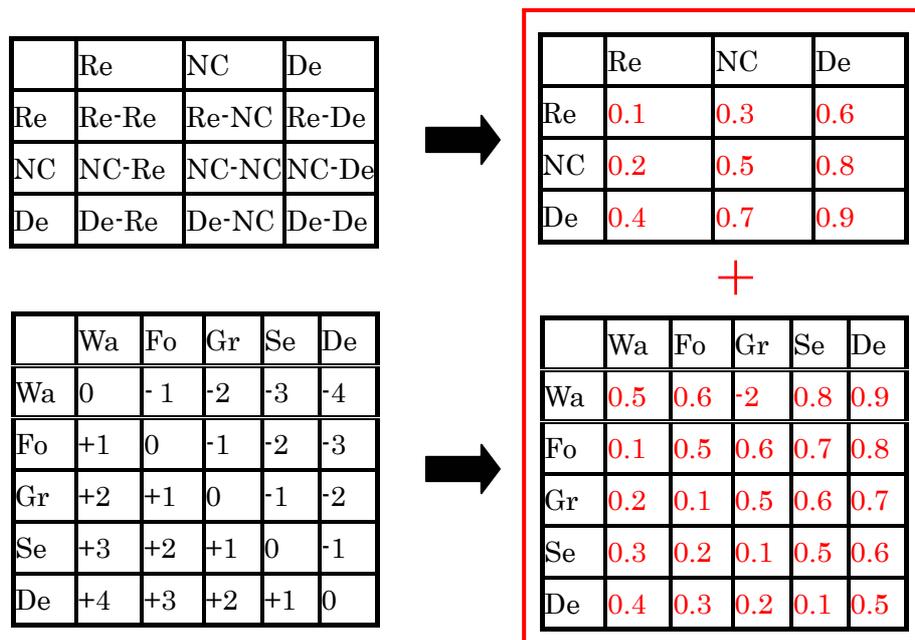


図4 重み付けのルール

3.3 主成分分析

以上で述べた 7 つの指標を用いて自然・社会環境の関係性を捉えるために、主成分分析によって情報の集約を行った。結果を表 4 に示す。ここでは、固有値が 1 以上である第 2 主成分までを解釈することにした。第 1 主成分の因子負荷量を見ると、農業性、牧業効率性、経済性の値が高く、標高、砂漠化の値が低くなっている。これは、農業重視である一方牧業でも収益を上げている経済的に優れた社会環境を意味しており、低地に位置し砂漠化も比較的緩やかという良好な自然環境にあることも示している。一方、第 2 主成分は、2000 年の農業性の値の符号が負となっており、牧業効率性や経済性の値も第 1 主成分と比較して低い値となっている。さらに 1988 年の農業性の値が正であり、標高、砂漠化の値が高いことから、第 2 主成分はもともと第 1 主成分で示されているような環境にあったが、標高が高いといった自然条件の悪さから砂漠化が進行し、生産形態を維持できなかった村のタイプを示していると考えられる。1988 年時の農業性の値が第 1 主成分と比べると低いことから、もともと生産活動を営む上で自然条件が比較的厳しく不利な環境であることがうかがえる。以上より、各主成分は村のタイプを示しているものとし、第 1 主成分は「良好型」、第 2 主成分は「悪化型」と呼ぶことにする。

表 4 主成分分析結果

	第 1 主成分	第 2 主成分
固有値	3.5901	1.1007
寄与率	51.2876	15.7245
累積寄与率	51.2876	67.012
因子負荷量		
村落規模	0.667	0.0998
農業性 88%	0.6597	0.4969
農業性 00%	0.9011	-0.2229
牧業効率性	0.7046	0.2912
経済性	0.7444	0.3196
標高	-0.7311	0.331
砂漠化	-0.5595	0.7054

3.4 クラスタ分析

主成分分析の結果から各村落を分類するために、Ward 法による階層型クラスタ分析を行った。「良好型」、「悪化型」、「その他」を想定し、分類数を 3 に設定したところ、図 5 に示す結果を得た。散布図では、赤が「良好型」、青が「悪化型」、緑が「その他」となっており、想定通りに分類されたことがわかる。

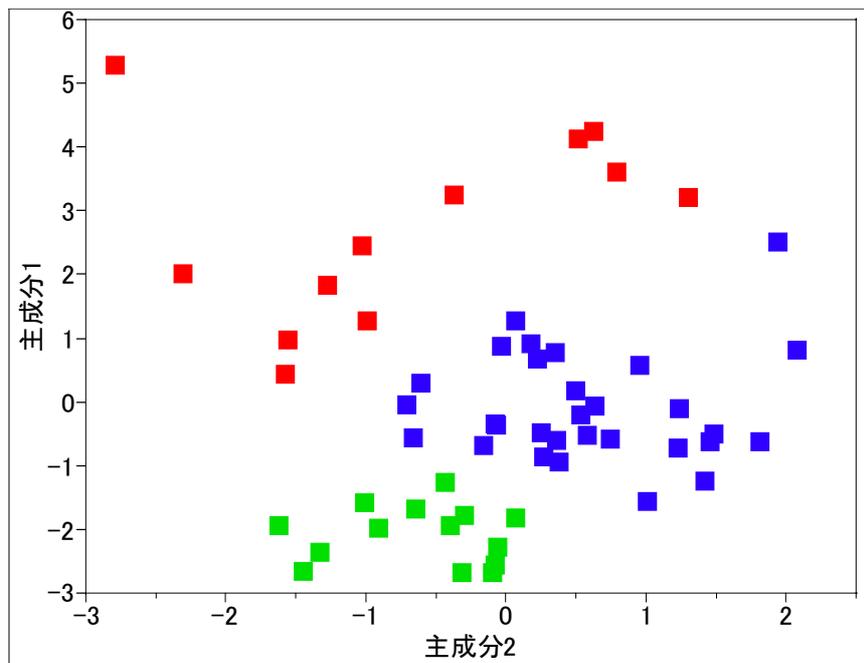


図 5 クラスタ分析結果

4. 考察

4.1 政策との因果関係

表 5, 6 は, 1988-1995 年, 1995-2000 年の 2 時期間の土地被覆の変化をクロス集計したものである。表 3, 4 において, 水色は森林, 緑色は草地, 紫色は田畑, 黄色は流動砂丘に関する箇所を示している。これらの箇所に注目すると, 1988-1995 年にかけて森林・草地から田畑への変化が大きい, 1995-2000 年にかけては逆に田畑から森林・草地への変化が起こっていることがわかる。また, 流動砂丘の変化を見ると, 1988-1995 年にかけて約 5 倍増加しているが, 1995-2000 年にかけてはほぼ横ばい状態にあることがわかる。

表 5 1988-1995 年の土地被覆変化

	88_Urb	88_Water	88_Field	88_Forest	88_Grassland	88_Semi-Desert	88_Desert	88_Sum
95_Urb	0.48	0.01	0.44	0.05	0.24	0.17	0.00	1.39
95_Water	0.07	0.70	0.32	0.04	0.20	0.11	0.03	1.48
95_Field	0.16	0.60	9.75	2.91	10.26	2.39	0.06	26.13
95_Forest	0.00	0.00	0.39	5.09	0.29	0.02	0.00	5.80
95_Grassland	0.03	0.03	3.22	1.27	27.80	7.52	0.23	40.09
95_Semi-Desert	0.01	0.00	0.61	0.11	7.84	6.16	0.23	14.96
95_Desert	0.04	0.02	0.22	0.04	1.63	6.71	1.50	10.15
95_Sum	0.78	1.36	14.97	9.52	48.25	23.07	2.05	100.00

表 6 1995-2000 年の土地被覆変化

	95_Urb	95_Water	95_Field	95_Forest	95_Grassland	95_Semi-Desert	95_Desert	95_Sum
00_Urb	0.52	0.22	0.28	0.02	0.13	0.02	0.04	1.22
00_Water	0.00	0.48	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.51
00_Field	0.22	0.25	11.09	0.61	3.59	0.19	0.38	16.33
00_Forest	0.02	0.05	2.03	4.66	0.88	0.03	0.02	7.68
00_Grassland	0.38	0.23	10.78	0.50	27.08	5.10	2.07	46.14
00_Semi-Desert	0.21	0.16	1.42	0.01	5.63	5.85	4.32	17.59
00_Desert	0.04	0.10	0.52	0.00	2.78	3.77	3.32	10.52
00_Sum	1.39	1.48	26.13	5.80	40.09	14.96	10.15	100.00

このような変化傾向は, 対象地域で行われている政策と対応をとることができる。既述したが, この地域では 1998 年から農地を樹林に戻す「退耕還林」, 草種をまいて牧草地に戻す「退耕還草」政策が実施されている。つまり, 上記の変化はこの政策の実施状況を示

すものであり、流動砂丘の増加が抑えられていることからその成果をうかがうことができる。

4.2 対象地域の地域特性

第1主成分得点、第2主成分得点、クラスター分析の結果を地図化した(図6, 7, 8)。これらの図から、対象地域は大まかに北部、南東部、南西部の3つに分類されていることがわかる。北部は「悪化型」、南東部は「良好型」、南西部は「その他」である。しかし、ここで3つの図を比較すると、「良好型」の逆を示す地域と「その他」の地域が一致しており、「悪化型」とも区別されていることがわかる。よって、「その他」の地域は良好ではなく悪化もしていない、つまりもともと不良地域であったということが出来る。1988, 2000年のNDVIの平均値と標高を村ごとに見ると、「その他」にあたる南西部は標高が高くもともとの植生も少ないが、「悪化型」にあたる北部は南西部に比べ標高が低くもともとの植生も多かったことがわかる(図9, 10, 11)。以上より、対象地域の地域特性として、北部は「悪化型」、南東部は「良好型」、南西部は「不良型」ということができる。

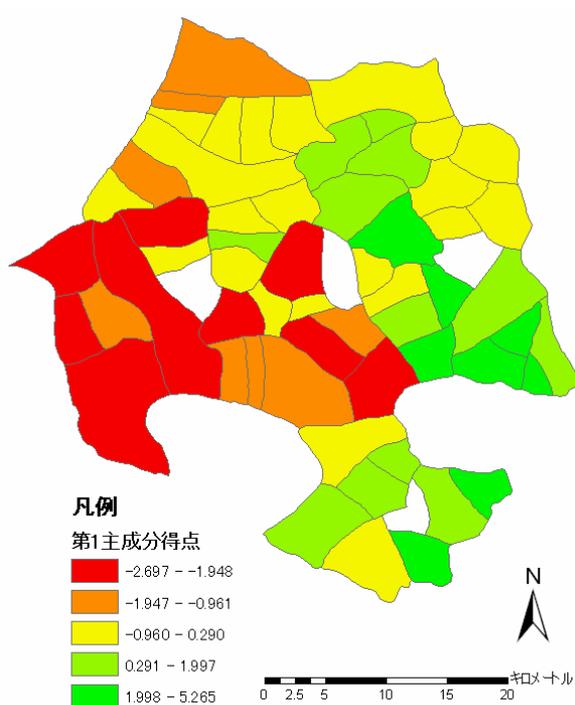


図6 第1主成分得点

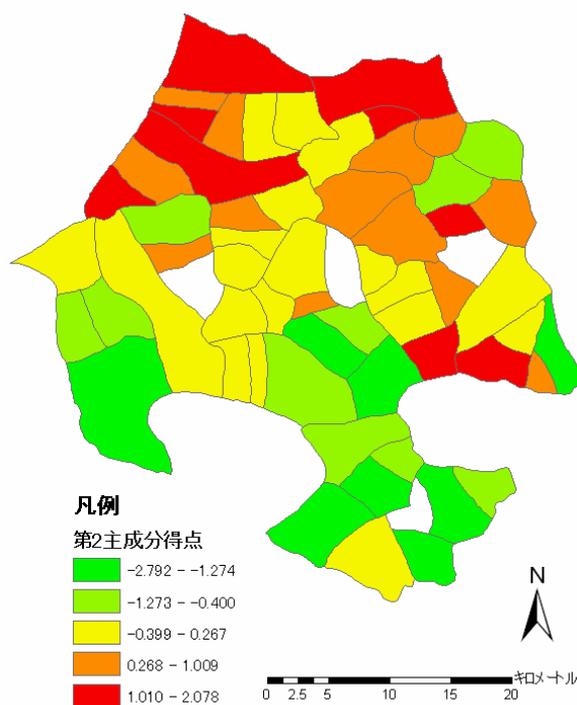


図7 第2主成分得点

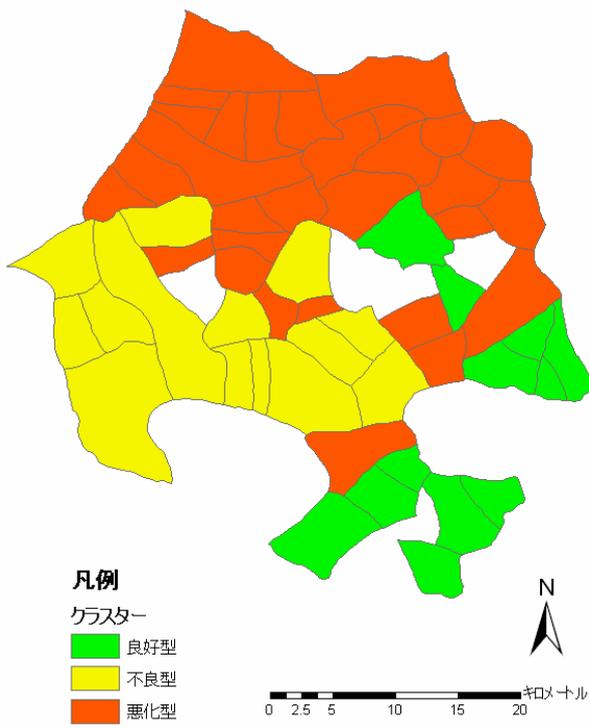


図8 クラスター分析結果

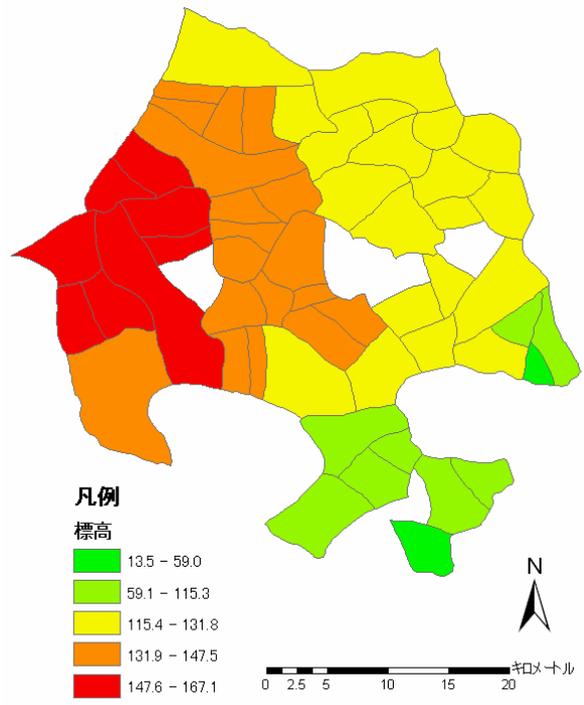


図9 標高

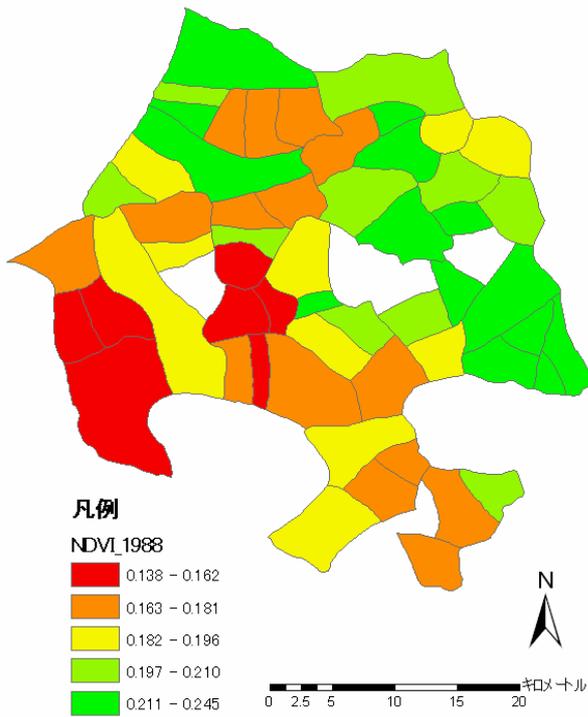


図10 1988年NDVI

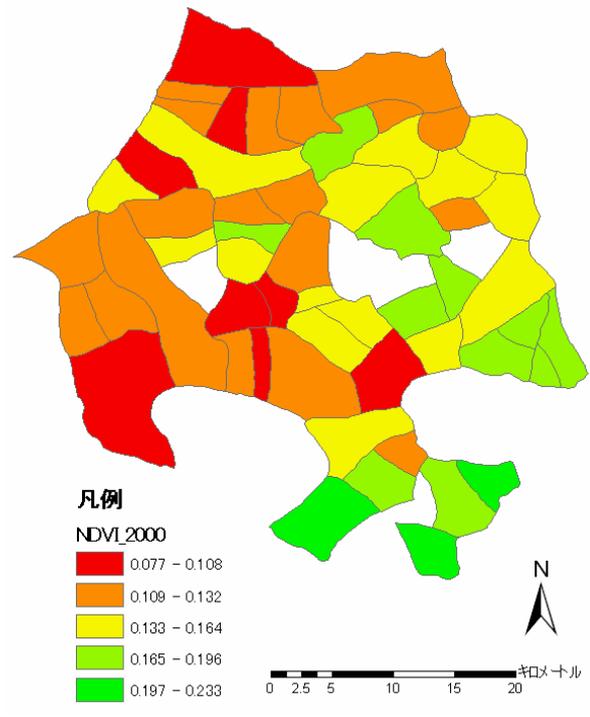


図11 2000年NDVI

おわりに

本研究では、衛星画像や行政区分図、社会統計データを使って、ホルチン砂地の砂漠化や社会環境を評価し、地域特性を明らかにした。砂漠化評価においては、砂漠化を生態システム全体の劣化とみなし、土地被覆や土地利用の変遷を調べ、政策との因果関係も見出した。また、地域特性に関しては、村落ごとに自然条件、産業形態、砂漠化状況を整理し、それらの関係性から特性を明らかにした。結果として、村落群を「良好型」「悪化型」「不良型」の3パターンに分類することができた。本稿の中で分類した3パターンについて詳しく言及することはできなかったが、例えば「不良型」の村落が比較的不利な環境下でその状態を維持し続けてきた要因について考えることは、「悪化型」の今後の在り方にとって大きなヒントとなる可能性もある。本研究の成果は、地域の生活基盤を念頭において行われるべき今後の砂漠化対策に対し、有用な情報になりうるものと考えられる。

今後の課題としては、現地における知見の不足が挙げられる。土地被覆分類を行う上で現地調査によってグランドトゥルースを取得したが、社会環境に関する調査は十分でない。よって、今後はヒアリングなどの社会調査を行い地域社会への理解を深め、研究をより現実性の高いものにしていく必要がある。そして、そのためには現地政府・住民・NPOとの結びつきを一層強めていかなければならないと考える。

謝辞

本研究は慶應義塾大学学術交流支援資金2004年度研究助成と慶應義塾大学政策COEプロジェクトの支援を受けて行ったものである。また、フィールド調査の実施では緑化ネットワーク(NPO)から多大な協力を頂いた。ここに感謝を表す次第である。

参考文献

- 烏蘭図雅, 2000, 科爾沁沙地近50年的墾植与土地利用变化, 地理科学進行 19(3), 273-278.
- 巖 網林・岡本拓郎 (2002) 衛星画像による中国内蒙古自治区ホルチン沙地の砂漠化の解析, 地理情報システム学会講演論文集, Vol. 12, pp. 397-400.
- 立入郁・武内和彦(1998): 中国内蒙古自治区奈曼旗における土地条件と砂漠化面積変動の関連性, 第12回環境情報科学論文集, 107~112.
- 立入 郁・衣笠聡史(2000) 偵察衛星 CORONA のデータを用いた中国内蒙古自治区奈曼旗の砂漠化のモニタリング, 写真測量とリモートセンシング, Vol. 39(5), pp. 4-13.
- Takeuchi K., 1995, Vegetation cover change in desertified Kerqin Sandy Lands, Inner Mongolia, Geographical reports of Tokyo Metropolitan University Vol. 30, 1-24.
- 張永民・趙士洞 (2004) ホルチン砂地及びその周辺地区の土地利用の時空間動的变化に関する研究, 応用生態学報, 15(3), 429-435.