

中国内蒙古ホルチン砂地における砂漠化リスク評価手法の研究[#]

平 春* 烏 蘭 図 雅**
後 藤 真太郎* 范 海 生*

キーワード：ホルチン砂地、砂漠化リスク評価、AHP

1 はじめに

ホルチン砂地は中国内蒙古自治区の南東部に位置し、約118°30′ ~ 123°30′ E, 42°20′ ~ 44°28′ Nの範囲に広がる。この地域は農業と放牧生産活動が共存する地域である。歴史的に、人類による不適切な農牧生産活動や気候の乾湿変動による影響を受け、3回風食砂漠化が発生した(朱震達・刘恕, 1981)。20世紀に入って、人類の生産活動が活発になり、風食土地の面積が広がったことで砂漠化が進行するようになった(吴薇, 2003)。このように近年深刻になっている砂漠化問題に関して砂漠化の理論、砂漠化のモニタリング、その原因の調査、砂漠化の管理と回復など様々な研究が行われている。任国玉(1999)はホルチン砂地の3000年以内の被覆変化と人類活動の変化、花粉の研究を行い、植物の種類変化から固定砂丘が半固定砂丘及び半流動砂丘に変化していることと判断し、各王朝時代の人口変化データをまとめ、植物被覆率の変化データと合わせてホルチン砂地の砂漠化が人類活動と関係があることを示した。しかし、砂漠化がいつ、どこで、どのように進んだのか、その面積と過程の把握は出来なかった。

一方、リモートセンシングにより、衛星画像データを用いた砂漠化の現状調査など研究も進むようになった。朱震達ほか(1994)は、1975年の空中写真と1988年のLandsatの衛星画像を利用してホルチン砂地の砂漠化程度の分類を行い、その面積を計算した。さらに、吴薇(2003)は2000年のLandsatの衛星画像から砂漠化程度の分類を行い、1950年以内の砂漠化動態変化を検討した。立入ほか(1998, 2000)は、CORONAデータやLandsat/TMデータと旧日本帝国陸地測量部の作成した地形図を用いて、ホルチン砂地奈曼地区における砂漠化の進行を調査し、砂漠化程度の分類を行った。また、

王涛ほか(2004)は、ホルチン砂地砂漠化の原因を気候変動、人口、経済、人類活動などであると解析した。

この砂漠化に対して政府は1997年から「退耕返林」、「禁牧」など生態政策を実施している。しかしながら、その政策における砂漠化の現状とリスク評価などの研究は少ないため、本研究では、ホルチン砂地の南東に位置するホルチン左翼後旗を対象地域とし、1988年、2006年のLandsat衛星画像を利用した砂漠化分類と土地利用分類を行った。また、1984年の土壌調査データと、2006年の土壌養分調査結果、気象局の統計データなどを利用し、AHPによる各項目の重みを計算、評価値を階級化し、1988年と2006年の砂漠化リスク評価を行い、結果を比較検討した。

2 対象地域概況

調査対象地域は内蒙古自治区南東部に位置するホルチン砂地中のホルチン左翼後旗(科爾沁左翼後旗)[†]である。ホルチン左翼後旗はホルチン砂地の南東部に位置し、北東部は吉林省に接し、東部と南部はリョウニン(遼寧)省に接している(図1)。年平均気温は5.2 ~ 6.4、年平均風速は3.5 ~ 4.5m/秒、年降水量は343 ~ 500mmである。降水は6月 ~ 9月に集中し、年降水量の70%以上を占める。地形は砂丘地とその間に挟まれた比較的平坦な砂地から構成されている。砂丘は全域範囲で広がっており、その面積は177km²、全域面積の68.4%を占めている。

* 立正大学地球環境科学部

** 中国内モンゴル師範大学地理科学学院

20年度立正大学大学院地球環境科学研究科オープンリサーチセンターの業績

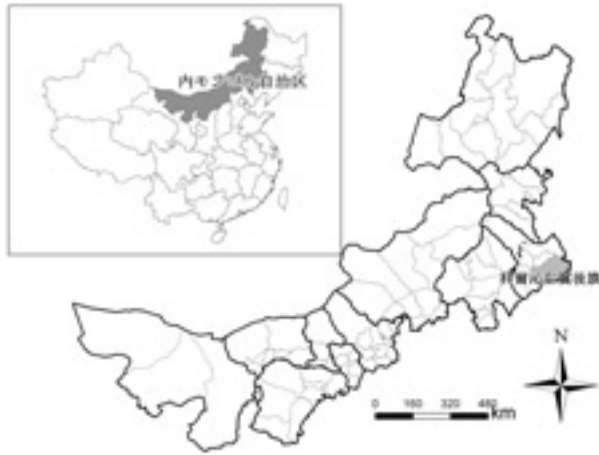


図1 研究対象地域の位置



図2 土壌養分調査地点と砂漠化リスク評価単位の分布図

3 砂漠化リスク評価手法

3.1 砂漠化リスク評価とは

砂漠化リスク評価とは砂漠化の危険性を評価することである。ホルチン砂地では、砂漠化により、当地の植物被覆率が下がり、土壌養分を失い、それにより砂漠化が最も激しくなり、悪循環になっている。本研究では砂漠化リスクと砂漠化による土壌養分の変化、植物被覆率などの関係性を考えて、リスク評価指標を決め AHP 分析で重みを決めた。全域を62評価単位に分け、単位ごとに砂漠化リスク評価値を計算し、計算値を階層クラスタ分析で五つの等級に分け、砂漠化リスク評価等級とした。結果を地図に反映し砂漠化リスク評価図を作成した。

3.2 評価単位の区分

砂漠化リスク評価の空間的単位には面状単位と点状単位がある。面状単位は行政単位、流域、景観単位などである。本研究で面状と点状を結合した評価単位を使用した。まず、1984年の行政図と土壌類型図を重ねて面状単位を定めた。次に、土壌養分の計測地点に合わせて、砂漠化リスク評価単位図を作成した (図2)。

3.3 AHP による重み決定

AHP (Analytic Hierarchy Process) とは階層分析方法の略で、ある問題に対して複数の解決策が考えられるときに、「直感」や「経験」といった人間の主観を取り入れて、数学のモデルを用いて合理的な決定をできる可能にする方法で、「主観的判断」と「システム・アプローチ」をミックスした意志決定法である。AHP 分析でこの複数の代替案を選択するとき、問題に関連する指

標を決めて、各指標の階層関係性から階層図を作成する。各指標を主観的に一対比較し、重要度を計算する。各人の主観的な一対比較が違いため、最終の評価結果も異なるようになる。そのため、各指標の一対比較のアンケート調査を行った。その結果よりアンケートの分布を見ながら、客観的判断を行った (図3)。

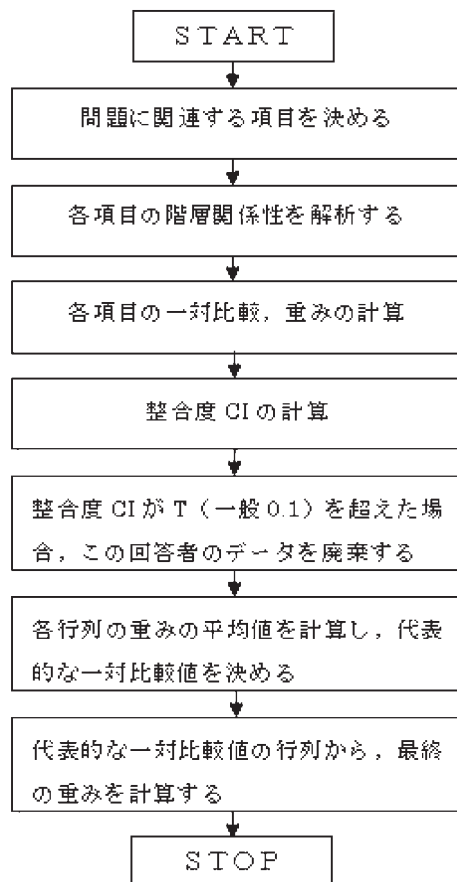


図3 AHP 分析流れ

3.3.1 階層図の作成

対象地域の砂漠化問題は人間経済因子と自然因子の影響を受けていると考えられる。主な原因は自然条件の変化と人類の不合理的な利用である。砂漠化地区における直接的な環境問題は水資源欠乏、土壌劣化、植物被覆率低下、風食発生容易が挙げられる。また、対象区域の現実的な環境問題（砂漠化、土壌劣化、植物被覆率低下）の関係性を考えて、土壌養分、水分、植物被覆率、砂漠化率の四つの指標を決めて、砂漠化リスク評価階層図を作成した（図4）。

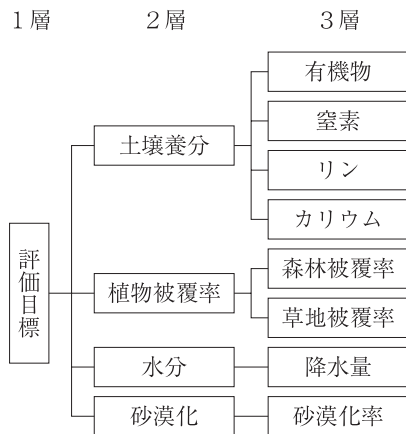


図4 砂漠化リスク評価階層図

3.3.2 一対比較のアンケート調査

アンケート用紙（表1）による一対比較のアンケート調査を行って、客観的判断をした。本研究では、内モン自治区師範大学の専門分野の教員10人（水文学1人、土壌学1人、土地利用/土地被覆研究2人、地質学1人、気候/気象学1人、植物学2人、砂漠化研究2人）における一対比較のアンケートを行った。

各意思決定者の答えは整合性に欠けてくる傾向にあるため一対比較を行っていくと評価指標の重み付けに矛盾が発生するケースがある。たとえば：A > B、B > Cと答えたと、C > Aと回答した場合に整合が取れなくなり測定不可能となる。AHPでは、この尺度として整合度CI (Consistency Index) を基に計算し、一対比較が正しく行われているかを表す指標としている。AHPの提唱者である SaatyはCIが0ならば完全整合、0.1もしくは0.15以下が有効値であり、その数より大きい場合は正しく一対比較ができていないため再度一対比較をやり直すべきであると経験則から提案した（木下・大野, 2004）。よって、各回答者の一対比較行列から重みと整合度CI値を計算し、CIを関数(T)として用いて、そのCIがT（本研究で0.1に決めた）を超えた場合、当該回答者のデータを棄却する。

表1 一対比較値アンケート調査表

評価項目		一対比較行列				一対比較尺度												
		A1	A2	A3	A4	一対比較尺度は一般的に1,3,5,7,9（中間値は2,4,6,8）ですが、ここで1,2,3,4,5（中間値は1.5,2.5,3.5,4.5）を使った。												
左の項目	左の項目が絶対的によい	(中間)	左の項目が非常によい	(中間)	左の項目がよい	(中間)	左の項目が若干よい	(中間)	左右同じくらいよい	(中間)	右の項目が若干よい	(中間)	右の項目がよい	(中間)	右の項目が非常によい	(中間)	右の項目が絶対的によい	右の項目
	5	4.5	4	3.5	3	2.5	2	1.5	1	1/1.5	1/2	1/2.5	1/3	1/3.5	1/4	1/4.5	1/5	
A1																		A2
A1																		A3
A1																		A4
A2																		A3
A2																		A4
A3																		A4

3.3.3 重みの計算

各回答者の一対比較アンケート結果をまとめて、代表的な行列を作成した(表2, 表3, 表4)。この行列から「幾何平均方法」で各評価指標の重みと総合重みを計算する(表5)。

3.4 評価値の計算

各指標の重みとデータの標準化値を利用して、公式(1)から各単元の砂漠化リスク評価値を計算する。

$$P_m = \sum_{i=1}^n W_i N_i \dots\dots\dots(1)$$

式中：Pは砂漠化リスク評価値、Wは各指標の重み、Nは各指標データの標準化値。

3.5 評価等級の区分

3.4で計算した評価値を階層解析し、リスク評価の閾値を決め、この閾値に基づいて砂漠化リスク評価を「危険」、「やや危険」、「中間」、「やや安全」、「安全」と5つの等級に分類した。ここで「危険」(P<1.96)、「やや危険」(1.96<P≤2.4)、「中間」(2.4<P≤3.48)、「やや安全」(3.48<P≤3.93)、「安全」(P≥3.93)とである。また、分類結果から砂漠化リスク評価図を作成した(図5)。

表2 砂漠化リスク評価の各項目の一対比較値

	水分	土壌養分	植物被覆率	砂漠化
水分	1	1.5	2	2.5
土壌養分	1/1.5	1	2.5	2
植物被覆率	1/2	1/2.5	1	2
砂漠化	1/2.5	1/2	1/2	1

表3 土壌養分項目の一対比較値

	有機物	窒素	リン	カリウム
有機物	1	2	2.5	3
窒素	1/2	1	2.5	3
リン	1/2.5	1/2.5	1	1.5

表4 植物被覆率項目の一対比較値

	草地被覆率	森林被覆率
草地被覆率	1	3
森林被覆率	1/3	1

表5 砂漠化リスク評価各項目の総合重み

降水量	有機物	窒素	リン	カリウム	森林被覆率	草地被覆率	砂漠化率
0.3792	0.133	0.0941	0.0473	0.0353	0.0454	0.1368	0.1289



図5 砂漠化リスク評価図

4 結果

4.1 1988年の砂漠化リスク評価状況

図5(1988年)によると、砂漠化リスク評価等級「危険」の面積は2502.82km²で、対象区域の21.68%を占めた。ホルチン左翼後旗の北西、北部に分布し、嚴重砂漠化、流動砂丘が多い、砂漠化率が高い、植被率が低い、土壌地力低下地区である。評価等級「やや危険」の面積は1980.31km²で、対象区域の17.15%を占めた。ホルチン左翼後旗の西部に分布し、重度砂漠化、主に半流動砂丘、砂漠化率が高く、植被率が低い土壌地力低下地区である。評価等級「中間」の面積は4745.51km²で、対象区域の41.11%を占める。この地区はホルチン左翼後旗の中部、南部に位置し、主に半固定砂丘が分布している。評価等級「やや安全」の面積は1358.17km²で、対象区域の11.76%を占めた。この地区はホルチン左翼後旗の南部、東部に位置し、固定砂丘が広く、植被率も高い地区である。評価等級「安全」の面積は957.55km²で、対象区域の8.29%を占めた。この地区は砂漠化率低い、固定砂丘と砂丘間の平原が分布し、植被率高い地区である。

4.2 2006年の砂漠化リスク評価状況

図5(2006年)によると、砂漠化リスク評価等級「危険」の面積は1385.66km²で、対象区域の12.00%を占めている。ホルチン左翼後旗の北西、北部に分布し、嚴重砂漠化、流動砂丘が多く、砂漠化率が高く、植被率が低い、土壌地力低下地区である。評価等級「やや危険」の面積は1738.88km²で、対象区域の15.06%を占め、対象地域の西部に分布し、重度砂漠化、主に半流動砂丘、砂漠化率高い、植被率低い、土壌地力低下地区である。評価等級「中間」の面積は3812.21km²で、対象区域の33.02%を占める。この地区はホルチン左翼後旗の中部、南部に位置

し、主に半固定砂丘が分布している。評価等級「やや安全」の面積は2320.86km²で、対象区域の20.10%を占めた。この地区はホルチン左翼後旗の南部、東部に位置し、固定砂丘が広く、植被率が高い地区である。評価等級「安全」の面積は2286.74km²で、対象区域の19.80%を占める。

5 考 察

1988年と2006年の砂漠化リスク評価等級図によると、砂漠化リスク評価等級が「危険」の地区はホルチン左翼後旗の西部、北西部、北部の流動砂丘と半流動砂丘が多い地区に分布し、砂漠化リスク評価等級が「中間」の地区は対象区の中部の半流動砂丘と半固定砂丘が多い地区に分布する。砂漠化リスク評価等級「安全」の地区は対象区の東部、南部の半固定砂丘、固定砂丘が多い地区に分布する。

対象区の西部、北西部、北部に生態環境が劣悪化し、重度の砂漠化が進行し、重点的対策が行われている。中部の生態環境は中間性があるので管理しなければ生態環境が急激に悪化する可能性がある。また、西部と北部より環境条件が良いため、合理的管理による生態環境の好転も速い地区である。東部と南部の生態環境が相対的に安定しており、保護、合理的利用の両立が必要である。この地区では(図6)によると、砂漠化リスク評価等級が「やや安全」の面積が962.7km²増加し、「安全」の面積が1329.2km²増加し、砂漠化リスク評価結果によると研究域では砂漠化面積が減少し、砂漠化のリスクが低く

なっていることは明らかになった。

参考文献

- 平春・烏蘭図雅・後藤真太郎・范海生 (2007) : ホルチン砂地生態安全評価研究, 日本写真測量学会平成20年度年次学術講演会発表論文集, 39 - 42
- 平春・烏蘭図雅・後藤真太郎・范海生 (2007) : ジオインフォマティクスを利用したホルチン砂地生態安全評価の研究, パーソナルコンピュータ利用技術学会全国大会講演文集, 191 - 194
- 木下栄蔵・大野栄治 (2004) : AHP とコンジョイント分析, 現代数学社, 45
- 任国玉 (1999) : ホルチン砂地南東部最近3000年以來の被覆変化と人類活動, 地理科学, 19 (1) 43 - 48
- 曹振・胡克 (2005) : ホルチン砂地地表堆積物の粒度分析と風食可能性の検討, 中国砂漠, 25 (1) 15 - 19
- 立入 郁・衣笠 聡史 (1996) : 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モニタリング, 写真測量学会会誌, 4 - 13
- 吴薇 (2003) : 最近50a 来ホルチン砂地の砂漠化土地の観察結果と分析, 中国砂漠, 23 (6) p646 - 651
- 王涛・吴薇 (2004) : ホルチン地区現代沙漠化過程の原因分析, 中国沙漠, 24 (5) 519 - 528
- 朱震达・刘恕 (1981) : 中国北方地区の砂漠化過程および緑化計画 [M]. 北京: 中国林業出版社, 31 - 33.

十内蒙古自治区の行政組織は、自治区の下に盟、その下に旗・県・市、さらにその下に郷・鎮・蘇木という構造になっている。旗・県・市は日本の県に相当する行政地域単位である。

要 旨

本研究では中国内蒙古自治区 / 南東部に位置するホルチン砂地中のホルチン左翼後旗 (科爾沁左翼後旗) を対象地域として、砂漠化リスク評価を行った。対象区域の実際的な環境問題 (砂漠化、土壌劣化、植物被覆率低下) の関係性を考えて土壌養分、水分、植物被覆率、砂漠化率の四つの指標を砂漠化リスク評価の項目とし、研究地域の行政区と現地調査点を重ねた上、砂漠化リスク評価単位を決めた。単位毎に、AHP 方法で各指標の重みを決め、砂漠化リスク評価値を計算した。評価値をクラスタ階層分析し、最終の結果を五つの評価等級に分けて、砂漠化リスク評価図を作成した。なお、1998年と2006年の評価結果によると、研究域における砂漠化リスクは軽減したことを明らかにした。

A Case Study on Desertification Risk Evaluation Method in Horuqin Desert Area of Inner Mongolia, China

BORJIGIN Habura*, WLAN tuya**, GOTO Shintaro*, FAN Haisheng*

*Faculty of Geo-Environmental Science, Risho University

**College of Geographical Science, Inner Mongolia Normal University

Abstract:

In this study, desertification risk evaluation was performed by selecting Kezuohou Country as case study area, which is located in the southeastern part of Inner Mongolia Autonomous Region and belongs to Horqin Sandy Land Area. In this study, various parameters, including soil nutrients, moisture, vegetation cover and desertification rate, are selected as indicators for evaluating environmental problems such as desertification, land degradation, and low vegetation cover. And, administrative units map and field survey points were referenced during definition of spatial evaluating units. In this study, the AHP method was applied to determine the weights of various indicators, and the values of risk evaluation were calculated and divided into 5 levels by adopting fuzzy hierarchical classification method. Desertification risk evaluation map of 1988 and 2006 was compiled according to the evaluation results, which shows reduction of desertification risk in the case study area.

Keywords: Horuqin Desert, Desertification Risk Evaluation, AHP