

家畜行動解析によるモンゴル高原の持続可能な利用方法について

橋本 未来¹⁾・星野 仏方²⁾・スミヤ ガンゾリグ¹⁾・ソリガ¹⁾
松原 奈央¹⁾・サイシャラト³⁾

Evaluation of sustainable development for Mongolian plateau using behavior pattern of livestock

Miki HASHIMOTO¹⁾, Buho HOSHINO²⁾, Sumiya GANZORIG¹⁾, Suriga¹⁾,
Nao MATSUBARA¹⁾ and Saixialt³⁾
(Accepted 20 July 2012)

1. 序 論

遊牧は、家畜、草原（水と草）と遊牧民が一つの生産と生活のシステムとして成り立ち、限られた水と草資源を最も有効に活用する生業（なりわい）である。しかし、中国内モンゴル自治区では、1980年代の生産労働責任制による草原利用と家畜の私有化に伴い、定住化が進み、伝統的な遊牧から定住型放牧へと転換された。定住化に伴い、設置された柵の影響により小範囲での放牧によって過放牧が進み、草原が退化し、砂漠になっている^{1,2)}。モンゴル国においてもまた、1990年以降の社会主義の崩壊と市場経済の移行に伴い、家畜の私有化による過放牧が問題となっている。特に家畜総頭数の増加、及び家畜構成の中で今まで数パーセントしか占めていなかったカシミヤヤギの割合の増加が草原の退化を引き起こしている³⁾。こうした家畜の総頭数の増加や家畜構成の変化が、放牧圧（草原の単位面積当たりを受ける放牧強度を指す）を増加させ、草原の退化の直接要因になっている。モンゴル草原での家畜生産を維持していく中で、草原の持続可能な利用が重要な課題になっている。

草原の持続的利用にむけて多くの研究がなされる中、川村ら（2005）⁴⁾は内モンゴルにおいてリモートセンシングとGPS/GISを用いた定量的な草原の評価を行い、その結果、放牧強度が高くなると草量が低くなる傾向があることを示唆した。しかし今後ど

のような対策を取ることが可能であるのか。また元々は遊牧を行っていた場所が定住化すると家畜がどのように草原を利用しているのかがまだ明らかになっていない。脆弱なモンゴル草原に適切な放牧スタイルとは何かを明らかにしたい。そのために、家畜にGPSを装着しその行動パターンの解析を行い、モンゴル国の遊牧と内モンゴル自治区の定住型放牧地域における異なる草原利用方式の放牧圧の違いを比較しながら、現地の植生データとリモートセンシング技術を用いた草原植生の変化を明らかにすることで草原の持続可能な利用について考察していくことを目的とした。

2. 研究方法

2.1 研究対象地

夏の放牧地は水資源の豊富な川沿いに集中している。そのため、モンゴル国では、ウブスハンガイ県（N 46.872, E 102.205）のオルホン川周辺に夏営地を持つ3地点を調査対象地とした。定住化した中国内モンゴル自治区では、定住後でも放牧が盛んに行われている阿巴嘎旗（アバガキ）（N 44.017, E 114.975）における夏営地4地点を調査対象地とした。

2.2 研究手法

2.2.1 現地調査

2011年7月に現地調査を行った。ゲルから100m

¹⁾ 酪農学園大学大学院酪農学専攻酪農学研究科環境リモートセンシング研究室
Graduate school of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, 582 Bunkyo-dai-Midorimachi, Ebetsu, Hokkaido 068-8501, Japan

²⁾ 酪農学園大学農食環境学群環境共生学類環境リモートセンシング研究室
Environmental Remote Sensing Laboratory, Department of Environmental and Symbiotic Sciences, College of Agriculture, Food and Environmental Sciences, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan

³⁾ 中国内モンゴル師範大学地理学院
Institute of Geographic, Inner Mongolian Normal University, China

地点から1,000 mまでの距離を200 m間隔で植生調査を行った。また前日に装着したGPS (Global Positioning System) から得られたデータを基にして、前日に放牧した場所でゲルから最長距離の地点まで200 m間隔で植生調査を行った。1 m×1 mのコドラート調査法を用いて植物種の同定、高さ、被度、土壌水分を測定した。高さ与被度によって植物量 (Volume) を算出した。

また、各サイトでGPSを装着した家畜の持ち主である遊牧民に家畜頭数、草原利用等の聞き取り調査を行った。

2.2.2 家畜の行動解析

各サイトで2回、異なるヤギ (内モンゴルではヒツジ) にGPSデータロガー (以下GPS) を取り付け、日の出からゲルへ戻ってくるまでの行動を記録した。GPSの測位間隔は10秒に1回とし、緯度、経度、時間、速度 (km/h)、高度 (m) をポイントデータとして取得した。取得したポイントデータの速度情報を用いて食草速度を算出した。食草速度はモンゴル国と内モンゴルそれぞれで平均し、休息・採食・移動のポイントに分け、行動パターンの比較を行った。

食草速度とは家畜が採食している時の速度であり、その算出方法は横山 (2009)⁵⁾ の算出方法を参考にした。家畜は日中12時間放牧の内82%を食草時間として占めている⁶⁾ という報告に基づき、取得したそれぞれのポイントに記録された速度をヒストグラム化し、その82%目の瞬間速度を閾値とし、閾値までの瞬間速度の平均を食草速度とした。

2.2.3 衛星画像解析

現地調査時期のLandsat-TMの画像を用いてExelis VIS社のソフトウェア (ENVI) で正規化植生指数 (NDVI) を計算した。

正規化植生指数であるNDVI (Normalized Dif-

ference Vegetation Index) とは、人工衛星のマルチバンドデータから求められる植生の活性度・植生の被度を示す指標で、下記の式で求められる。IRは近赤外バンドの反射率、Rは可視の赤バンドの反射率である。IRは植物の葉のクロロフィルの機能による高反射近赤外に対応しており、Rは葉に含まれるクロロフィルによる0.64~0.67 μm付近の強い吸収帯 (可視光の赤) に対応している。このため、画素に対応する地表上で植物の葉が多い程、NDVIの値は高くなる。

内モンゴル草原におけるNDVIの値がマイナスを示す地域もあるが、これは植物が全くないわけではなく裸地の割合が高いと考えられる。

$$NDVI = (IR - R) / (IR + R) \quad (1)$$

3. 結果

3.1 現地調査

3.1.1 植生調査の結果

Table 1は2011年7月の現地調査で得られた各サイトにおける優占種を示し、Fig. 2にはゲルからの植物量を示した。優占種は全サイトにおいて家畜の嗜好性の有る種が優占している。モンゴル国の優占種は2サイトとも同じ種であり、植物量はゲルに最も近い場所で高い値を示している。しかしM1の250 m地点では嗜好性の無い種が高くなっている (Fig. 2 (a) を参照)。内モンゴルは、N1が *Stipa grandis* 群落、N2, 3, 4は *Stipa kryovii* 群落であり、N4以外のサイトの優占種は *Stipa* 属や他のイネ科が占めていた。N4はイネ科よりもユリ科の *Allium* 属が優占していた (Table 2 を参照)。植物量は、全サイトでゲルから離れる程高く、優占種の植物量も高くなっているが、N4の優占種はその他の嗜好性有りの種よりも低い割合を示した (Fig. 2 (f) を参照)。

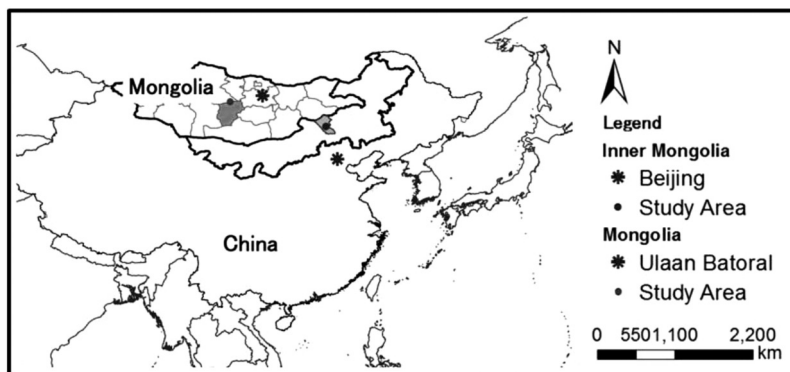


Fig. 1 Location of study area.

Table 1 Dominant species in Mongolia

M1 (N47°9'47.00", E102°48'19.70")	<i>Stipa krylovii</i> Roshev <i>Carex duriuscula</i> C. A. Mey. <i>Elymus chinensis</i> (trin). keng
M2 (N47°9'3.98", E102°48'20.02")	<i>Carex duriuscula</i> C. A. Mey. <i>Elymus chinensis</i> (trin). keng <i>Stipa krylovii</i> Roshev

Table 2 Dominant species in Inner Mongolia

N1 (N44°25'15.39", E115°19'37.70")	<i>Stipa grandis</i> P. smirn. <i>Leymus chinensis</i> (Trin.) Tzvelev.
N2 (N44°38'18.73", E114°45'25.52")	<i>Stipa krylovii</i> Roshev.
N3 (N44°49'43.9", E114°4'22.60")	<i>Leymus chinensis</i> (Trin.) Tzvelev.
N4 (N43°54'20.35", E114°38'22.24")	<i>Allium bidentatum</i> Fisch exProkh. <i>Stipa krylovii</i> Roshev. <i>Allium tenuissimum</i> L.

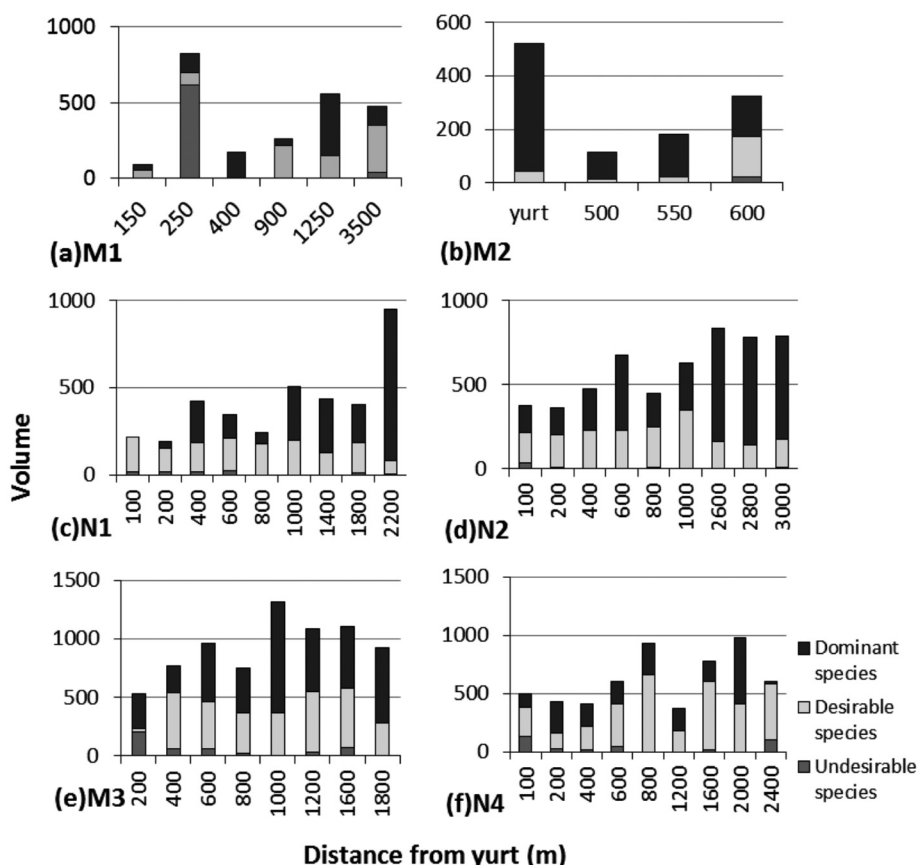


Fig. 2 Plants volume calculated from plants length and cover in test sites.

3.1.2 聞き取り調査の結果

モンゴル国で3家族、内モンゴルで4家族に聞き取り調査を行った。その結果を Table 3 に示した。草

原の放牧圧に大きく関係するヒツジ・ヤギの数はモンゴル国の調査サイト M2において最大であった (Table 3 を参照)。その数は、内モンゴルの調査サイ

ト N4 と同じ程度の頭数であり、その数は内モンゴルの調査地域における最小頭数であった。そして、調査全サイトでは、モンゴル国の最小頭数と内モンゴルの最大頭数では 12 倍もの差があった。また、モンゴル国では全家族がウマを所有していたが、内モンゴルではウマではなくウシを所有していた。夏営地の利用期間は、モンゴル国では 5 月下旬から 8 月下旬の約 3 ヶ月であるのに対して、内モンゴルは長い場所で 2 月から 11 月の 10 ヶ月も利用していた。定住化によって春夏秋冬利用していた場所を 1 つに絞り、N1 では現在利用している夏営地は元々春営地であると話していた。また、N2 と N4 では柵の中で夏、冬と分けて利用していた。N3 は春、夏、冬営地を持ち、夏営地も 2 つの柵に分け放牧していた。モンゴル国では、近年長距離移動の放牧が少なくなり、夏営地は現在の場所を数年利用している。草原の状況を判断しながら、数日で放牧の方向も替え、近隣の遊牧民と放牧箇所が重ならないようにもしていた。

3.2 家畜行動解析

3.2.1 家畜の行動パターンの比較

Fig. 3 には GPS で取得した家畜の行動ポイントをサイトごとに NDVI マップに載せて示した。M3 と N2 では 1 回分のエラーデータがあったため省いた。ポイントデータだけを見ると、モンゴル国と内モンゴルでは明らかに放牧行動が異なっていることが分かった。モンゴル国では、放牧開始から最長距離地点まで行き帰ってくる時も同じ場所を通っている。しかし内モンゴルでは放牧を開始し、最長距離地点から帰ってくるまで不規則に草原を動き回っているように見える。放牧時間はモンゴル国と内モンゴルでそれぞれ平均 14.7 ± 0.5 h, 13.0 ± 1.4 h であり、放牧総距離はそれぞれ平均 19.0 ± 3.8 km, 16.5 ± 3.8 km であり、全体的に内モンゴルの方が短い傾向となった。Fig. 3 の NDVI マップをみても内モンゴルの方が、植生が乏しいことが分かる。ま

た柵の影響によって行動が制限されている場所もみられ、採食できる場所を求めて動きまわっていると考えられる。食草速度はそれぞれモンゴル国で平均 1.32 ± 0.79 kmh⁻¹, 内モンゴルで平均 1.46 ± 0.87 kmh⁻¹ であり、内モンゴルの方が早く、退化した草原において食草速度が速くなっていると考えられる。

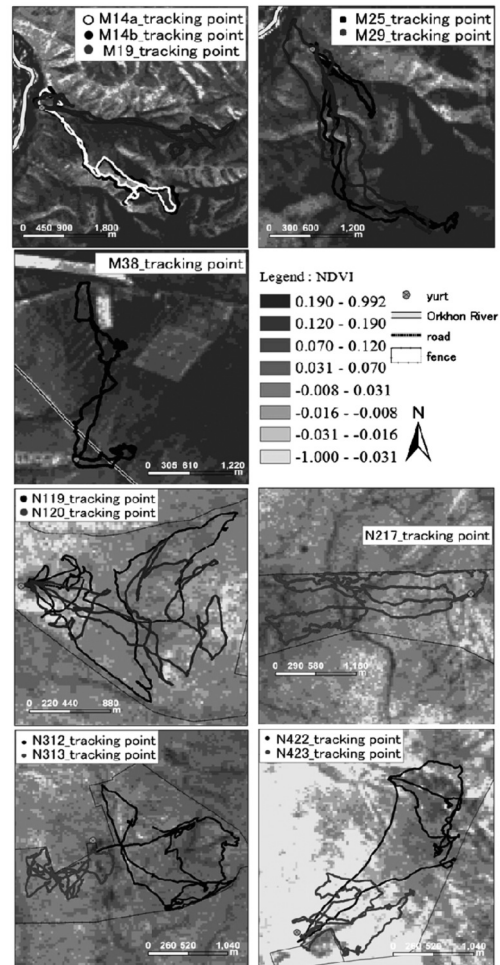


Fig. 3 NDVI and pattern of livestock movement during grazing.

Table 3 Number of livestock and fences area, grazing period of Summer place

		goat · seep	cattle (or yak)	horse	fence area (ha)	grazing period
Mongolia	M1	50	-	10	-	from late May to late August
	M2	220	10	20	-	
	M3	110	-	6	-	
Inner Mongolia	N1	600	35	-	667	from March to November
	N2	500	15	-	200	from February to November
	N3	600	60	-	467	from July to November
	N4	200	16	2	1000	from February to November

それぞれの家畜の食草速度から休息は0秒とし、それ以上を採食($0 < \text{VALUE} \leq \text{MEAN} \pm \text{SD}$)、移動($\text{VALUE} < \text{MEAN} + \text{SD}$)に分けた。休息・採食・移動の平均割合は、モンゴル国でそれぞれ $2.4 \pm 3.9\%$ 、 $73.9 \pm 2.9\%$ 、 $23.6 \pm 3.4\%$ で、内モンゴルでは $3.8 \pm 2.0\%$ 、 $70.2 \pm 6.8\%$ 、 $26.0 \pm 7.8\%$ となった。それぞれの放牧パターンの平均の差は低いが、内モンゴルの方が採食の割合が低く、休息や移動の割合が高かった。目視ではあるが、家畜は止まって採食している事もあり、寒河江ら(1976)の報告のように1日の放牧中の採食行動が80%であるならば、休息としたポイントも採食に当てはまる可能性がある。そのため以後の解析では休息も採食として扱った。

3.2.2 ゲルからの距離と植生(NDVI)の変化

ArcGIS10 (©ESRI社)を用いて、各サイトにおいて放牧地の中心となるゲルから100mと200mの間隔でバッファを発生させ、それぞれの間隔の中に衛星画像から得たNDVIの平均値を抽出した。また、家畜の行動パターンを採食と移動のポイントに分け、バッファ内の採食のポイント抽出した。これによって家畜がゲルからどの地点で採食しているかを読み取ることができる。また、ゲルから最長距離まで行った地点で再びポイントに分け、放牧直後とそれ以降の放牧の傾向を見ることができた。Fig. 4にはそれぞれで特徴のあるサイト(モンゴル国: M14a, 内モンゴル: N119)だけを示した。モンゴル国では、放牧を開始し、最長距離まで行った地点(ゲルから約3km地点)で採食時間が長かった。そしてゲルに戻ってからゲル付近での採食時間がまた長いことが分かった。また、NDVI値が高い場所であってもゲルから最長距離地点までの間の中間地点

(ゲルから約2km地点)では採食を行っている時間が短く、行きと帰りで移動経路は変わらないが採食場所は異なっていた(Fig. 5(a)を参照)。内モンゴルでは、モンゴル国と同様にゲルから離れた場所で最初の採食時間が長く見られたが、柵内全体を不規則に行動しているため最長距離地点からゲルへ戻ってくる間の全ての間隔で採食時間が見られた(Fig. 5(b)を参照)。

3.2.3 衛星画像の1ピクセル(30m×30m)内における採食ポイント数と植生(NDVI)の比較

次に衛星画像解析で用いたLandsat画像の1ピクセル内の採食ポイントをカウントすることによって採食時の900m²当たりの放牧圧を抽出した。Fig. 6にはそれぞれで特徴のあるサイト(モンゴル国: M29, 内モンゴル: N217)だけを示した。モンゴル国と内モンゴルで最もポイント数が多かった場所はゲル付近であった。モンゴル国では朝の放牧から帰ってくると搾乳を行っているためその時点でのポイント数が多くなったと考えられる。内モンゴルでは搾乳の時間はないが、水場がゲルの近くにあるため、水を飲みに帰ってきた時のポイントが多かったと考えられる。次にポイントの多かった場所はモンゴル国ではゲルから2-3km離れた場所やM1とM2では河川の付近で多くみられた。内モンゴルではゲルから1km離れている地点や柵沿いに集中していることが分かった。これは柵付近で比較的NDVIが高くなっている場所があり、柵ぎりぎりまで移動し採食をしていると考えられる。また、ポイント数を時間に直すと、モンゴル国では900m²区画に5分以上採食時間として利用している割合が多く見られた。内モンゴルではモンゴル国よりも5分以

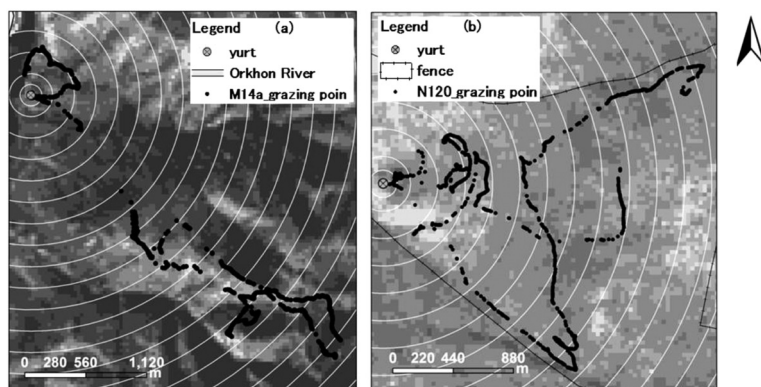
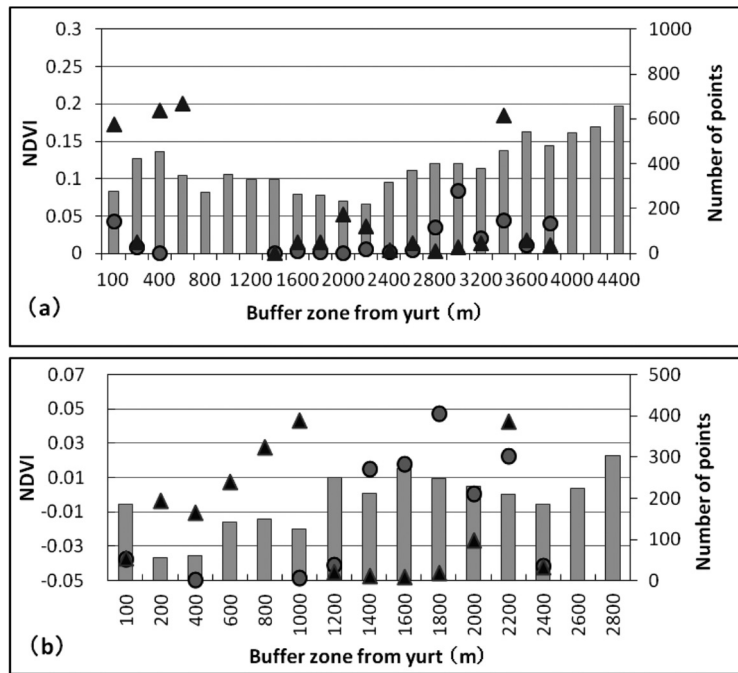


Fig. 4 Livestock grazing indicated by GPS points along 200m intervals from the yurt. (a) is a result of M14a in Mongolia, (b) is a result of N119 in Inner Mongolia.



Legend ■:NDVI value, ●:movement away from the yurt, ▲:movement to the yurt

Fig. 5 Changes of NDVI value and number of grazing ground points according to the distance from yurt. (a) is a result of M14a in Mongolia, (b) is a result of N119 in Inner Mongolia.

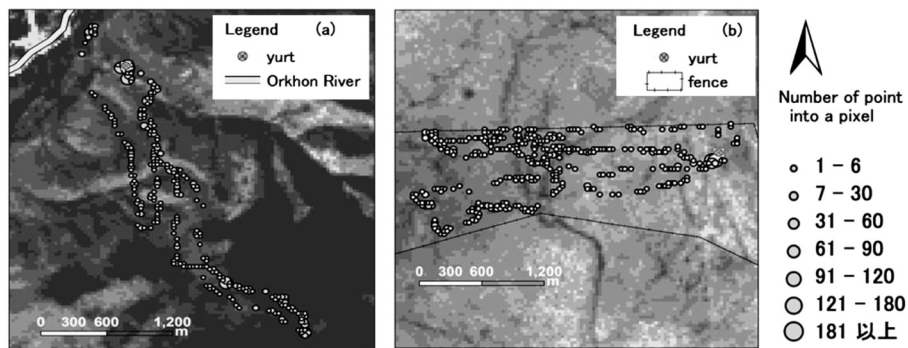


Fig. 6 Number of grazing points in pixels. (a) is a result of M29 in Mongolia, (b) is a result of N217 in Inner Mongolia.

上の利用は少なく、5分以下の方が高いことが分かった。モンゴル国ではゆっくりと採食出来る場所があり、それは全体のNDVIの平均値よりも低い値の場所であった。これは、モンゴル国は全体的に植生が高いため比較的新鮮な植物や嗜好性の高い草を優先的に利用していると考えられる。

4. 考 察

内モンゴルでは定住型放牧へと移行してから20-30年も同じ場所を利用し続けているため、すでに草原の退化が進み、長く同じ場所に滞在して採食

できず、採食場所を見つけては歩き続けるという時間が多いと考えられる。柵内全体を有効に利用している反面、それが長く続く事によって、植物の回復期間が失われ草原の退化を進行させている。柵をいくつかに分けて放牧を行っているサイトもあり、こうしたサイトでは内モンゴルの他のサイトよりも植物被度や植物量が高く、採食時も比較的に植生の高い場所を利用することができていると考えられる。モンゴル国では夏営地を定着させ、数年間同じ夏営地を利用している家がありゲルや川などの水資源近辺での放牧圧が高くなっている。しかし遊牧民は草

原の状態を見て3-4日で放牧方向を少し制御することによって、草原への圧力を抑えていると考えられる。

謝 辞

本研究は日本学術振興会・科学研究費・基盤研究(S) (代表：嶋田義仁・名古屋大学教授)の助成で行われたものである。また、現地調査にあたりご指導をいただいた中国内モンゴル師範大学地理学院、賽西雅拉図教授、酪農学園大学大学院特任教授のガンゾリグ博士、GISおよびリモートセンシングのソフトウェアのご指導いただいた酪農学園大学中谷曜子様、酪農学園大学木田麻子様、調査、解析を手伝ってくださった皆様、環境リモートセンシング研究室の皆様にご心より感謝申し上げます。

要 約

本研究は、モンゴル国の遊牧と中国内モンゴル自治区の定住型放牧における異なる草原利用方式について草原植生の変化を比較し、草原の持続可能な利用について評価した。研究手法は、両サイトで放牧行動パターンを観察するためにGPSの行動追跡を行った。また、リモートセンシング・GIS技術によって植生指数(NDVI)と放牧パターン(休息・採食・移動)を明らかにした。GPSのデータをもとに食草速度を算出した結果、モンゴルで平均 $1.32 \pm 0.79 \text{ kmh}^{-1}$ 、内モンゴルで平均 $1.46 \pm 0.87 \text{ kmh}^{-1}$ で

あった。草原が退化している内モンゴルにおいて食草速度が速いことが分かった。また、家畜数や夏草地の利用期間が多い内モンゴルでは、モンゴル国よりも1年中放牧圧が高く、全体的に植生の低い内モンゴルでは柵内全域を放牧に利用し、それが退化を進行させていると考えられる。

参考文献

- 1) 星野仏方・金子正美, : ALOS/AVINR2を用いたアジア内陸黄砂発生地域の地表面特性に関する研究.
- 2) 星野仏方, 賽西雅拉図, 佐藤藍, 中村修平 (2010): 中国・内モンゴルにおける草原の沙漠化と緑化をめぐる, 沙漠研究, 20-1, 43-48.
- 3) 大谷忠・八谷絢・B. LUVSANSCHARAV, (2004): モンゴル国遊牧民の草原利用と家畜生産. 東京農大農学集報, 49(3), 90-97.
- 4) 川村健介・秋山侃・横田浩臣・安田泰輔・堤道生・渡辺修・汪詩平 (2005): 草原生態系の保全と持続的利用にむけて—衛星モニタリングとGPS/GIS—. 日本生態学会誌 55 327-335.
- 5) 横山英記(2009): 衛星画像を用いたモンゴル草地におけるヤギの放牧環境に関する研究. 東京農業大学農業工学専攻修士論文.
- 6) 寒河江他 (1976): 家畜行動学 三村耕 (1988) 養賢堂, 187-197.

Abstract

In this study, the changes of the vegetation cover for pastures under different grazing regimes of the grassland in Mongolia and Inner Mongolia of China were compared. In Mongolia the nomadic pastoral pattern of grazing was used, while in Inner Mongolian grassland of China the area was used by settled groups, enclosures. For this purpose, the GPS tracking of the livestock was conducted to observe the behavioral patterns of grazing at both places. Remote sensing (Landsat TM5 satellite imagery) and ArcGIS, ENVI were used for the vegetation studies analysis (NDVI) and grazing patterns (resting time, grazing time, moving time). Grazing speed was calculated based on the data of the GPS, in the result, the grazing speed was within an average of $1.46 \pm 0.87 \text{ kmh}^{-1}$ in Mongolia, and an average of $1.32 \pm 0.79 \text{ kmh}^{-1}$ in Inner Mongolia. It was found that grazing in Inner Mongolia resulted in grassland degradation, as indicated by the high speed of animal moving during grazing.