

2012 年度

修士論文

遊牧と定住型放牧が草原に与える影響について

21131025 橋本未来

指導教員 国際環境情報学 教授 星野 弘方

酪農学園大学大学院酪農学研究科

目次

第 1 章 序論	1
1.1 研究の背景	1
1.2 本研究の目的	7
第 2 章 研究の方法	8
2.1 研究対象地域概要	8
2.1.1 定住型放牧地域について	9
2.1.2 遊牧地域について	11
2.2 研究手法	13
2.2.1 現地調査	13
2.2.1.1 植生調査	13
2.2.1.2 聞き取り調査	15
2.2.2 GPS ロガーによる家畜の行動解析概要	16
第 3 章 家畜の行動解析	18
3.1 使用データ	18
3.1.1 GPS 軌跡データ	18

3.1.2 衛星画像データ	26
3.2 データ処理	27
3.2.1 食草速度の算出	27
3.2.2 放牧行動範囲の算出	29
3.2.3 ゲルからの一定距離圏（バッファ）の作成	31
3.2.4 NDVI（正規化植生指数）の算出	32
第4章 結果と考察	33
4.1 植比率・枯れ草・裸地の割合	33
4.1.1 植物量と嗜好性について	35
4.1.2 ゲルからの距離と植生の分布	37
4.1.3 草原の退化の現状	41
4.2 放牧期間と柵の利用に関する聞き取り調査	42
4.3 家畜の行動パターン	46
4.3.1 家畜の行動圏の分析と NDVI	50
4.3.2 ゲルからの距離による行動パターン	52

第 5 章 まとめ	59
5.1 放牧行動と植生の関係	59
5.2 遊牧と定住型放牧が与える植生への影響	60
Abstract	62
引用文献	65

第 1 章 序論

1.1 研究の背景

モンゴル高原はアフロ・ユーラシア大陸の中央部に広がる乾燥文明地の一部であり、冷帯草原型乾燥地文化に分類され、その気候は温暖・乾燥ではなく、寒冷・乾燥といわれている(嶋田,2005)。内モンゴル自治区では、近年の気候変動に伴い、乾燥化が進行している傾向にあると報告されている(荒木・程,2005)。過放牧が進行している内モンゴル自治区では生態環境の安定性が劣り、生態環境の回復力が低く、食糧生産量の減少が起きている(川崎ら,2006)。乾燥化が進めば、植物の生育が阻害され、植物種の絶滅のリスクが高まり、旱魃などの気候変動が放牧活動に影響を与え、草原の砂漠化を招くと考えられている。

また、内モンゴルでは 1980 年初期から生産責任制による草原と家畜の公有制下での集団使用から私有使用へと変わったことによって、草原と家畜の個人利用が始まった(Hoshino *et al*,2009)。これにより昔ながらの長距離を移動する遊牧システムではなく、分配された個人所有地のみでの放牧となり、放牧地の減少や荒廃が進んでいる。草原には分配された土地の境界を作るために多くの柵が設置された。また、家畜頭数の増加により広範囲であった放牧範囲が柵によって小範囲での放牧となり自然の許容水準(キ

ャパシティー) を超えたことが草原の退化の要因となった (小野,2009)。Fig.1 と Fig.2 は小野(2009)による衛星画像解析の NDVI (正規化植生指数) を算出した結果であり、1999年には四角い柵の形が見られるが、2006年の衛星画像 (Fig.2) には跡形もなく消えている。広範囲に移動が出来ず、放牧範囲を制限している柵の影響が強いことが分かる。そしてこの場所は、日本へと春先に訪れる黄砂の発生地となっていることが報告されている (星野ら,2009)。星野ら (2009) では、黄砂の新たな発生地となった内モンゴルのソニット左旗とモンゴル国の南ゴビを調査した結果、同じ自然環境の条件下に置かれているにも拘わらず砂漠化や黄砂を引き起こす影響が異なっている事を報告した。その原因となったのは、遊牧であった。伝統的な遊牧を行っているモンゴル国では砂の上にある数センチしかない脆弱な土壌が草原を砂漠化から守っているのである。遊牧とは、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。遊牧民は越冬地で 11 月から 4 月までの長い冬を過ごし、夏営地へゆっくりと移動する。冬と夏の営地の間の移動の際には約 2 カ月利用する春・秋の営地があり、1 年に 4 回春夏秋冬移動を行っている。そのため、家畜が放牧され採食された後の草原は家畜が次の放牧

地へ向かっている間に回復する事ができる。しかし、内モンゴルでは伝統的な遊牧から定住型放牧へ移行したことが砂漠化や黄砂を引き起こす大きな要因となった。しかし伝統的な遊牧を行っているモンゴル国においても近年草原の退化が起こっている。モンゴル国では、1990年以降社会主義の崩壊と市場経済への移行に伴い、それまで国家財産であった家畜が私有財産として遊牧民へと分配された。これによって家畜管理や土地利用が遊牧民個人の責任となった。またカシミヤ輸出市場の拡大により家畜の中でもカシミヤヤギの所有が増加し、家畜の私有化に伴った家畜頭数の増加を促進させた。ヤギは地際近くまで草を食べるため過放牧となる影響は大きい。また、家畜に飲料水を提供する井戸や川といった水源の有無によって実際の牧畜用地の可能性が決まってくる（小長谷,2002）。一方で、利用可能な井戸の周辺には家畜が集中してしまい家畜の踏圧と採食によって過放牧が起こり、草原の退化と砂漠化のホットスポット（危険地域）になっていると言った牧草地利用のアンバランスが生じている（鈴木,2003;星野ら,2012）。家畜の私有化が始まって以降1999年には1993年の2300万頭から3360万頭と増加した。しかし2000年ゾドといわれた1999年から2年にかけて起きたゾド（冬の災害）によって2370万頭まで減少した（バトゥールソイルカムら,2010）。これは過

去に起きたゾドに比べて死亡頭数が著しく干ばつや積雪等の自然条件に加えて、市場経済化以降の牧畜環境の変化が家畜の大量死亡の要因となったと考えられている（鈴木,2003）

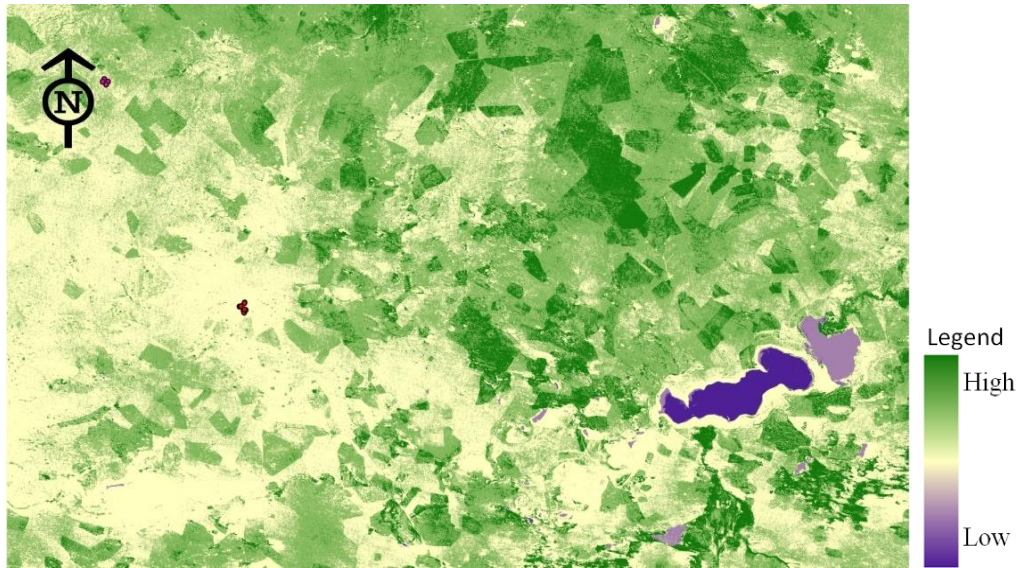


Fig.1. Distribution of NDVI based on Landsat image from 1999.10.3 (小野,2009).

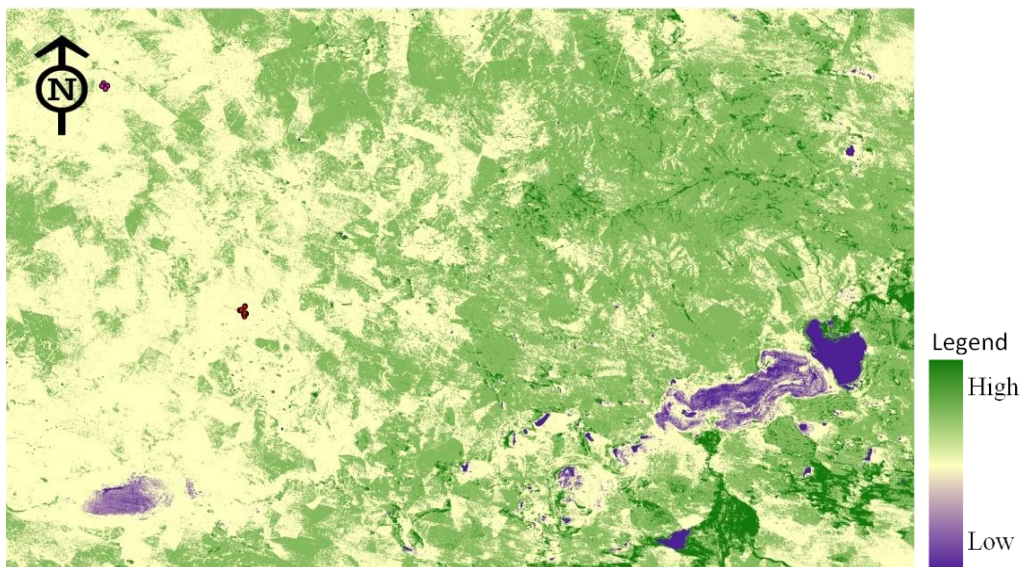


Fig.2. Distribution of NDVI based on Landsat image from 2006.9.28 (小野,2009).

今日における砂漠化や草原の荒廃には気候変動の影響だけでなく人為的な影響が大きな要因であると考えられる。そして黄砂の発生地域が内モンゴルの草原へと広がるだけでなく、モンゴル国の草原へと広がり、モンゴル高原全域に広がる事が懸念される。モンゴル国は偏西風の風上に位置し、モンゴル草原の砂漠化が進めば黄砂の規模が大きくなり、黄砂はより危険なものに変わっていくことが懸念されている。

このような事態に多くの研究者が内モンゴルやモンゴル国の草原において研究を行っている。草原植生の退化過程や長期変動のモニタリングとしてリモートセンシング技術を用いた解析が進み、Landsat-5/TMを用いたNDVI空間パターンの変化を1991年と2004年の2時期で評価を行っている(森ら,2006)。その他にもNOAA/AVHRRやTERRA/MODISなどの衛星画像を用いて草原のNDVIの経年変化の比較考察を行っている(宮崎ら,2007;額尔德尼・鈴木,2007;長田・近藤,2006)。富久尾(2009)は衛星画像からだけでなく、現地における草原植物の分光反射特性を活かしたより詳細な草原植生の実態を明らかにしている。また、過放牧が進む中で、2002年に退耕還林条例(土地を耕すことをやめて森林を戻すこと)、2003年には、退牧還草事業(放牧をやめて放牧地を草原に戻すこと)が実施され、草原に禁牧地区を設置した(小

長谷ら,2005)。しかし、過放牧から禁牧した廃棄草原では、家畜の好まないヨモギやアカザのような植物が育ち、元の優良な草原から放牧価値の低い草原へと変わっていく恐れがある。賽西雅拉図ら（2007）は、草原群落の多様性の維持には適度な放牧が必要であると示唆し、本研究対象地でもあるナランボルクソム内の村の草原と家畜密度の関係は、0.7頭/haを超えない事が望ましいと提言している。

橋本（2011）は、放牧圧の異なる地域において、衛星画像解析による NDVI の減少速度が異なっていることを明らかにし、適度な放牧が行われることによって草原群落の多様性が維持されていることを示唆した。また、草原の持続可能な利用についての研究として川村ら（2005）は、家畜に GPS を取り付け、家畜の採食量と草生産の相互関係を求めた。これにより、放牧過程での放牧強度を定量化し草原への影響を明らかにした。今後、広大な草原の管理手法や家畜の放牧行動による放牧圧の影響評価などがリモートセンシング技術や GIS（Geographic Information System）を用いた空間情報によって発展されていくことが期待されている（川村・秋山,2012）。

1.2 本研究の目的

前述のように、自然環境や社会環境の変動の中で、内モンゴルとモンゴル国では家畜頭数の増加や乾燥化といった共通問題はあるが、放牧システムの違いによって草原の退化速度が明らかに異なっている。草原の持続可能な利用を目指すためにはどのような放牧システムが適切であるのか。草原の放牧地利用は両国とも半自由放牧であり、家畜が自由にえさを求め移動している。そこで本研究では、自由に移動する家畜の放牧中の放牧圧に着目し、モンゴル国の遊牧地区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での家畜行動が草原植生に与える影響を明らかにすることを目的とした。

第 2 章 研究の方法

2.1 研究対象地域概要

本研究対象地は、中国とモンゴル国の両国を跨ぐモンゴル草原であり、放牧システムの違いから中国内モンゴル自治区とモンゴル国の 2 カ国を調査地として設定した (Fig.3)。

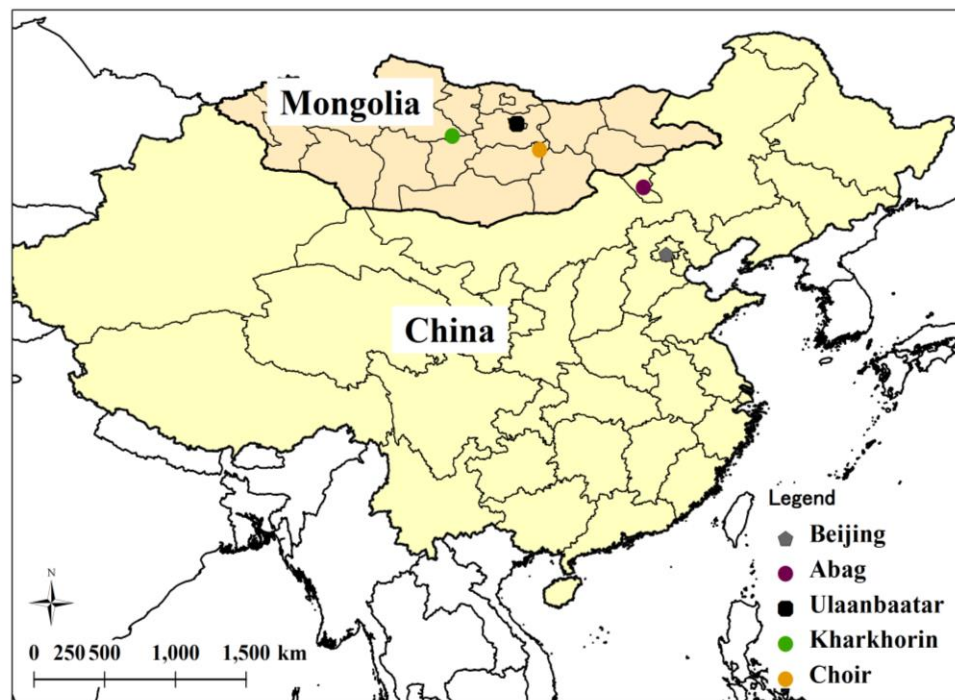


Fig.3. Location of the study sites in China and Mongolia.

2.1.1 定住型放牧地域について

中国内モンゴル自治区の中部に位置するアバガ旗 (Abag: N44.02, E114.97) において夏営地 3 地点を調査対象とした (Fig.4)。溶岩台地からなる高原が広がり、放牧が盛んに行われている地区である。この地域で数十年以上研究を行っている内モンゴル師範大学の賽西雅拉図教授の指導の下、研究を行った。アバガ旗は、総面積が 27,506.8km²、人口は約 4 万 4,886 人 (2010 年、中国内モンゴル自治区統計局) である。年平均の総降水量と平均気温はそれぞれ、アバガの中心地で 275.8mm と 3.01°C、北部のナランボリゴソムでは 210.9mm と 2.34°C (2001-2010) であり、南部が北部より気温が高くなり、降水量も多い。

- ・ SITE1 - 阿拉担図嘎嘎查はアバガ旗の北西部に位置し、平地の広がるアバガ旗の中で比較的高い山地型の草原である。(Fig.4b)
- ・ SITE2 - 阿拉担嘎达蘇木はアバガ旗の町から最も遠い東部に位置し、火山灰の台地の低地になっている (Fig.4c)。
- ・ SITE3 - 宝格达鳥拉蘇木は、アバガ旗の町南西部に位置し、砂漠化した低地草原であり、土壌表面は砂類が多く分布して、砂漠化しやすい脆弱な草原である (Fig.4d)。

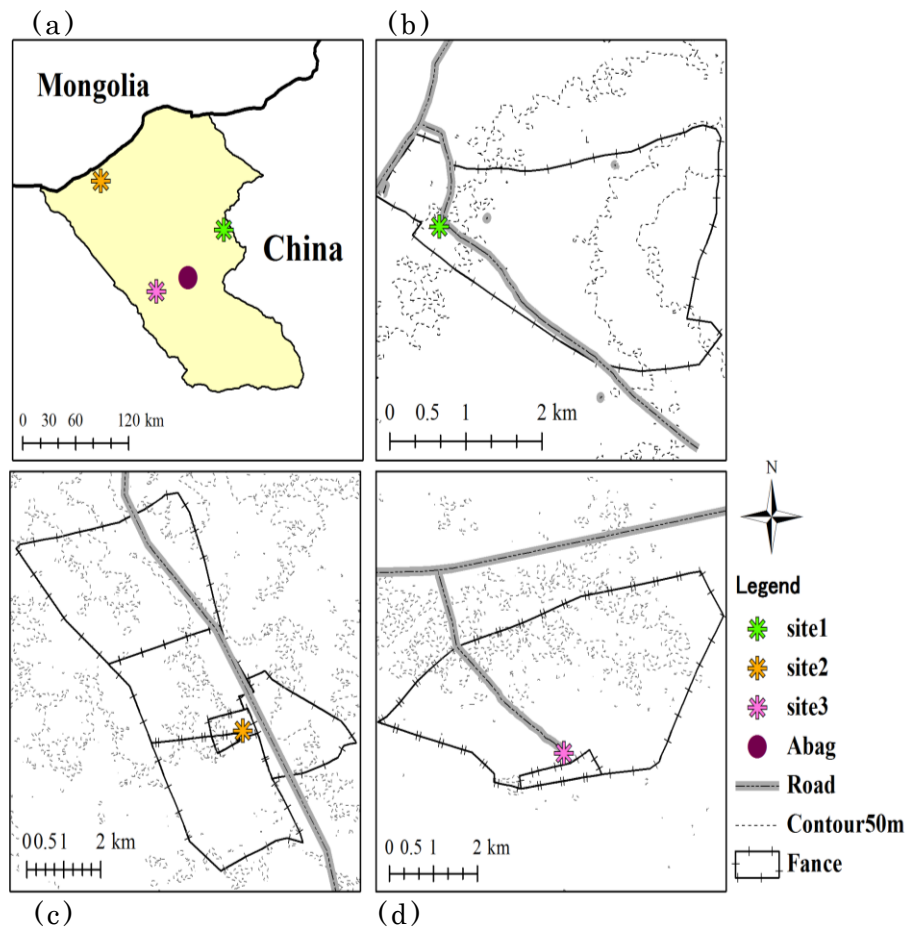


Fig.4. Location of the study area: (a) in Inner Mongolia, (b, c, d) location of fence in each site.

2.1.2 遊牧地域について

伝統的な遊牧を続けるモンゴル国は、ウブルハンガイ県のハラホリン（Kharkhorin:N46.87, E102.21）において、オルホン川周辺に夏営地を持つ4地点（Fig.5b）とゴビスンゲル県中央に位置するチョイル（Choir:N46.36, E108.36）に夏営地を持つ1地点（Fig.5c）を調査地の対象とした。

ウブルハンガイ県のハラホリンはモンゴル国の中部に位置し、1220年から140年間もの間モンゴル帝国の首都があった場所である。ハラホリンの面積は2,241km²、人口は約1万2,613人（2011年、モンゴル国家統計委員会（以下「NSC」））であり、観光客も多く訪れる町であるため、県内の他の街より人口密度が高い。年総降水量と平均気温は235.42mmと-0.25℃（2001-2010）であり、調査年度の2011年と2012年は共に平均より降水量が多く、気温は低下している。

ゴビスンゲル県のチョイルはモンゴルから南東に250kmの場所に位置し、モンゴルを南北に走る縦貫鉄道が中央に走る。総面積は3,768km²、人口は1万1,102人（2011年、NSC）である。年総降水量と平均気温は152.2mmと1.87℃（2001-2010）である。調査年度2012年の平均よりも降水量は減少し気温は低下している。

研究対象地において、定住型放牧を行う内モンゴル自治区では、現在も放牧が盛んなアバガ旗を選択し、ウブルハンガイ県は、モンゴル国3大河川の一つであるオルホン川を中心とした夏の放牧が盛んな場所であり、伝統的な遊牧が行われている場所として決定した。また、過去の植生図より内モンゴル自治区アバガ旗と同じ優占種であった場所としてチョイルを決定した。

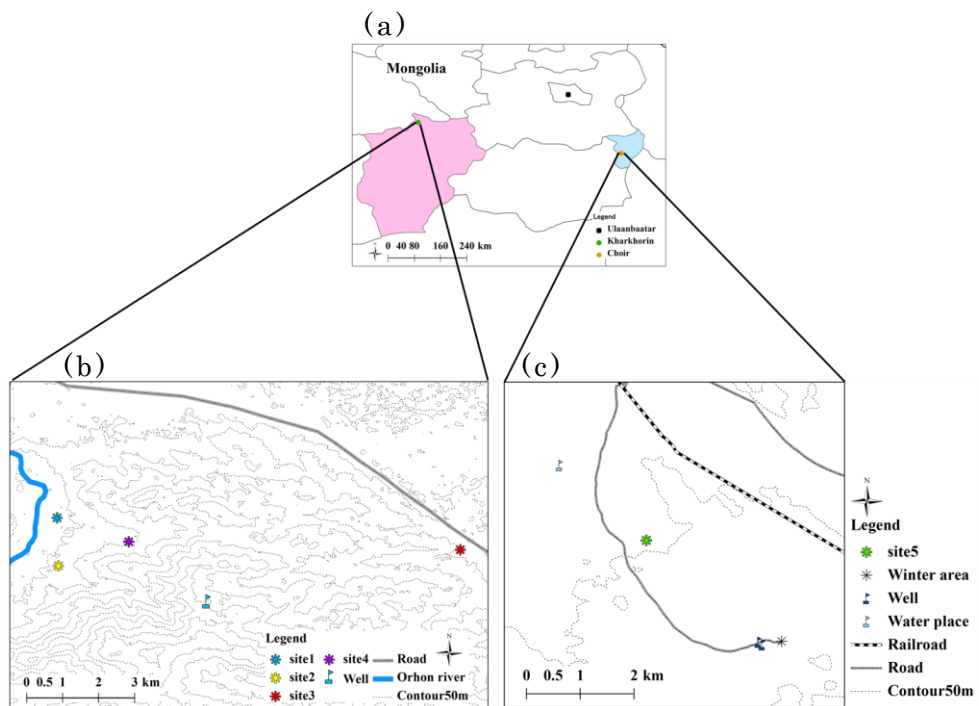


Fig.5. Location of the study area: (a) in Mongolia, (b, c) location of river and well in each site.

2.2 研究手法

2.2.1 現地調査

2009年8月に内モンゴルへ訪れ異なる放牧庄を選択し植生調査と聞き取り調査を行った。また、2011年7月、2012年7-8月には内モンゴルと新たにモンゴル国を加えて、植生調査、聞き取り調査、GPSロガーを用いて家畜の行動追跡調査を行った。内モンゴルの対象地域は2009年の調査時と同じ場所を調査する予定であったが、街に近い1地点は定住地を引っ越してしまい牧畜民がいなくなってしまうため、新たにその地点から西に約8km離れた場所に定住している牧畜民を訪れ調査を行った。

2.2.1.1 植生調査

植生調査は1m×1mのコドラート調査法を用いてゲルからおおよそ200m間隔で放牧した方向へと植生調査を行った(Fig.6)。この調査では、植物種の同定・高さ・被度を計測した。その後、高さ・被度の積を植物量(Volume)とした。

遊牧を行うモンゴル国では1日の放牧方向を3日に1度変えている。放牧による影響を確認するため、GPSによって前日の放牧経路を確認し、前日に放牧した経路に沿って調査を行った。また、2年以上放牧利用していない場所を対照地(Control site)

とした。植物種の同定が出来たものを東オレゴン農業研究センターが発表したモンゴル放牧地の植物の嗜好性を基に嗜好性高・中・低、消費されない、有毒、情報なしに分類した。

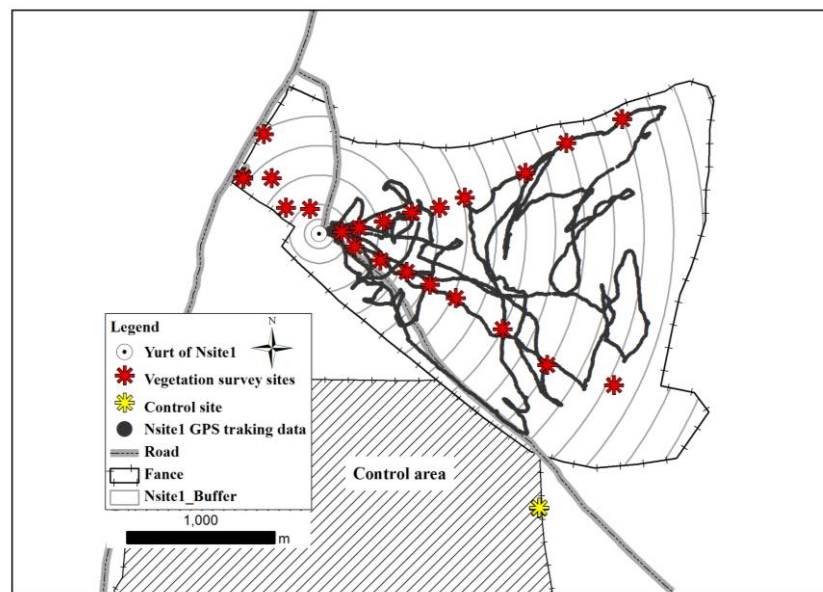


Fig.6. Distribution of the vegetation survey plots in each site.

2.2.1.2 聞き取り調査

聞き取り調査は、現地調査の際に、植生調査並びに家畜に GPS を装着し実験した家畜のオーナーに行った。聞き取り項目を以下に示す (Table 1)。

Table 1 The questionnaire for interview.

-
- 1 家畜は何種類何頭いますか？
 - 2 収入は何からどのぐらい得ていますか？
 - 3 放牧中の水はどこから得ていますか？
 - 4 搾乳はいつ行いますか？
 - 5 夏営地にどのぐらい居ますか？
 - 6 ここ最近の気候や草原についてどう思いますか？
 - 7 何人家族ですか？
- ※内モンゴルのみ以下の質問を追加
- 8 いつからここに定住されていますか？
 - 9 柵はいつ頃設置されましたか？
 - 10 柵内の面積は？
 - 11 柵の利用方法は？
-

2.2.2 GPS ロガーによる家畜の行動解析概要

本研究では家畜の毎日の放牧行動と草原への関連性を明らかにすることが目的である。Fig.7には、GPSのデータを基にした行動解析の手順を示した。家畜の放牧行動を示すデータとして、現地で家畜に装着したGPSロガーにより記録した軌跡データを使用し、草原の環境として衛星データを使用した。

放牧中に放牧圧がより高くなる採食時に着目し、横山（2009）を基にした食草速度を算出した。これにより食草速度を中心とした休息・採食・移動の行動パターンを見出し、行動の違いを明らかにするために用いた。次に、最外郭法（Minimum convex polygon, 以下MCPと略）によって行動圏を求めた¹。最外郭法は動物の行動圏推定に用いられる手法である（Mohr, C. O, 1947）。遊牧を行う家畜は半野生であり、新鮮な草を求めて歩く。しかし内モンゴルでは定住化によって設置された柵が行動を制限させているため、家畜の行動圏は夏の柵内全体となる。そこで、最外郭法によって得た家畜の行動圏の中で家畜が放牧した場所のNDVIをGPSの軌跡ポイントと比較することによって家畜の利用と植生への影響を求めた。

¹Hawth's Analysis Tools for ArcGIS
<http://www.spatialecology.com/htools/createmcp.php>

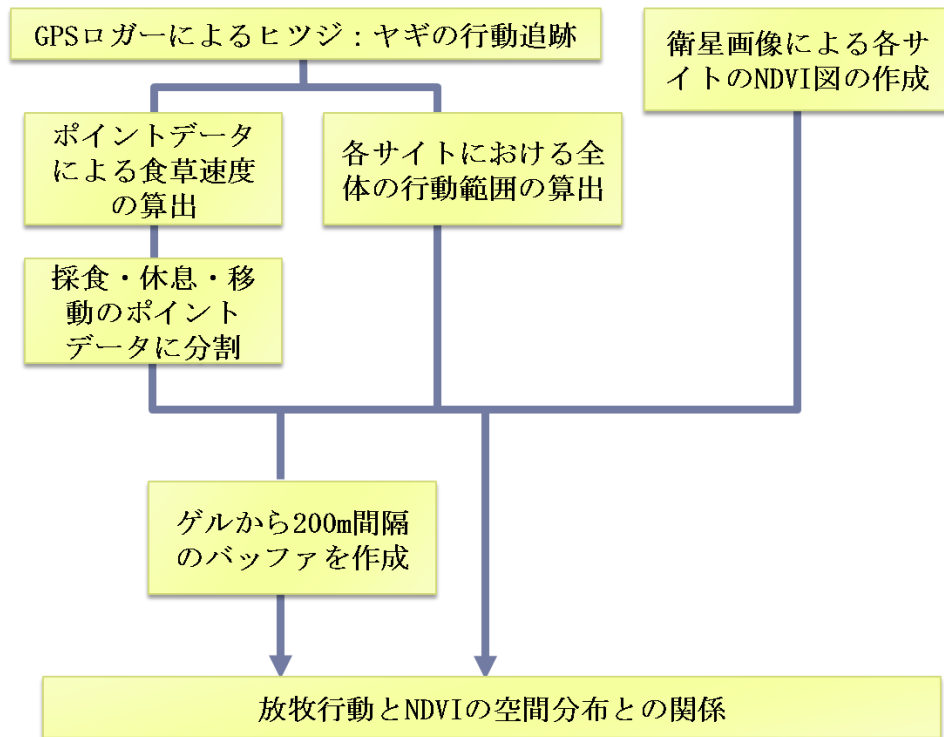


Fig.7. Flowchart of livestock behavioral analysis.

第 3 章 家畜の行動解析

3.1 使用データ

3.1.1 GPS 軌跡データ

放牧場所や時間は毎日異なっているため、連続した日数のデータが必要であると考え、2011 年は 2 日間、2012 年は 3 日間連続して GPS ロガーを家畜に装着し放牧中の行動軌跡を記録させた。2011 年の調査は 1 サイトにつき 1 頭、2012 年では 1 サイトにつき最大 5 頭のヒツジとヤギに GPS を装着した。これを 2 日または 3 日間続けて行った。GPS は朝ゲルから放牧へ出る前に装着し、回収はバッテリーが 25 時間しか持たないため夕方ゲルへ戻ってきたところで回収をした。GPS の測位間隔は 10 秒に 1 回とし、時間、緯度、経度、速度 (km/h)、高度をポイントデータとして取得した。Table 2 には、GPS で取得した緯度、経度、総移動距離、総移動時間をまとめた。また、1 日のポイントデータの動きを Fig.8 から Fig.19 までに示した。各サイトにおいて GPS を装着した日ごとのデータ (例 ; Nsite119) と全てのデータを合わせたマップ (例 ; Nsite1_all data) を年ごとに示した。

Table 2 Generalised GPS tracking data for each animal.

Date	Site name	Number of individuals	Latitude(°N)	Longitude (°E)	Total tracking distance(km)	±SD	Total tracking duration(h)	±SD
20110704	Msite1	1	47.1550	102.8212	15.41		14.37	
20110705	Msite2	1	47.1394	102.8160	19.93		14.03	
20110706	Msite3	1	47.1552	102.9140	8.53		14.50	
20110708	Msite3	1	47.1617	102.9106	20.61		15.09	
20110709	Msite1	1	47.1603	102.8278	24.03		15.09	
20110709	Msite2	1	47.1429	102.8111	20.81		15.21	
20110712	Nsite2	1	44.4939	114.0499	17.64		11.44	
20110713	Nsite2	1	44.4930	114.0388	11.72		13.71	
20110719	Nsite1	1	44.2498	115.2034	20.10		12.60	
20110720	Nsite1	1	44.2511	115.2017	14.86		13.78	
20110722	Nsite3	1	43.9181	114.6600	15.15		14.41	
20110723	Nsite3	1	43.9070	114.6470	13.76		14.42	
20120718	Nsite3	5	44.4178	115.3408	16.49	1.48	12.87	0.02
20120719	Nsite3	4	44.4252	115.3331	8.14	3.16	12.72	0.08
20120720	Nsite3	5	44.4230	115.3269	17.53	1.65	10.95	0.00
20120721	Nsite2	5	44.8335	114.0806	14.51	1.43	11.29	0.01
20120722	Nsite2	5	44.8248	114.0744	11.86	2.13	10.95	0.00
20120723	Nsite2	5	44.8276	114.0728	11.77	4.39	8.86	3.69
20120725	Nsite1	4	44.4178	115.3408	12.28	0.55	13.03	0.00
20120726	Nsite1	4	44.4252	115.3331	14.52	4.48	10.94	3.91
20120727	Nsite1	4	44.4230	115.3269	9.05	1.04	10.38	0.00
20120802	Msite1	4	47.1673	102.8070	6.42	0.81	10.58	0.02
20120803	Msite1	2	47.1641	102.8059	7.93	0.79	12.12	0.01
20120803	Msite4	2	47.1552	102.8208	12.08	1.50	12.90	0.00
20120804	Msite1	2	47.1609	102.8036	5.89	0.24	10.18	0.00
20120804	Msite4	2	47.1529	102.8280	4.89	0.00	8.98	0.00
20120814	Msite5	4	46.3203	108.3641	11.42	0.18	16.19	0.44
20120815	Msite5	4	46.3038	108.3737	11.71	0.01	11.86	0.32
20120816	Msite5	2	46.3047	108.3752	11.51	0.00	17.15	0.15

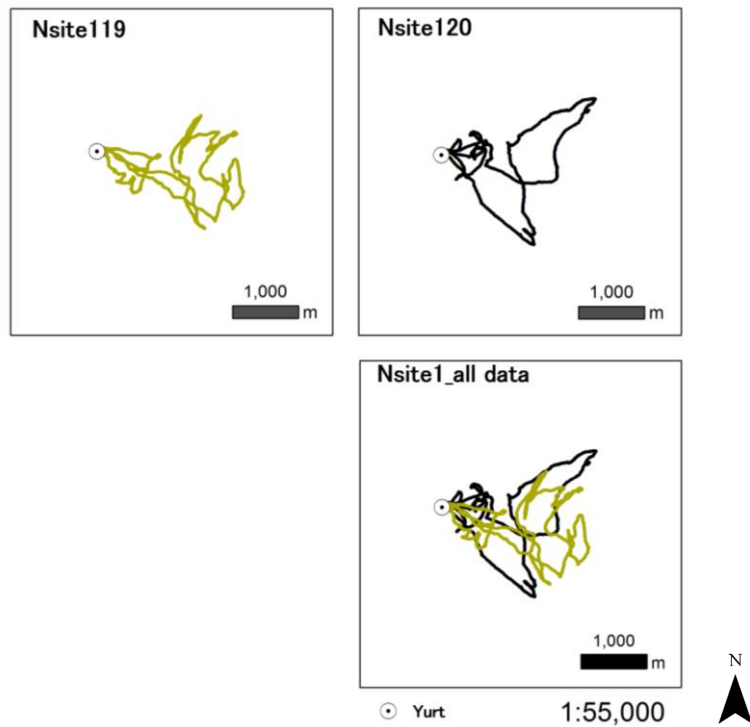


Fig.8. GPS tracking of livestock in site1 of Inner Mongolia, July 19-20, 2011.

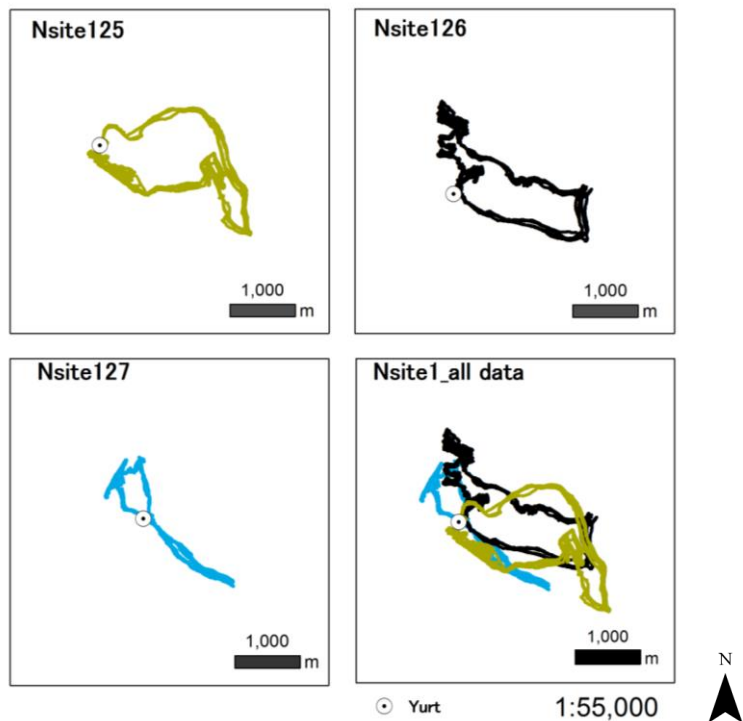


Fig.9. GPS tracking of livestock in site1 of Inner Mongolia, July 25-27, 2012.

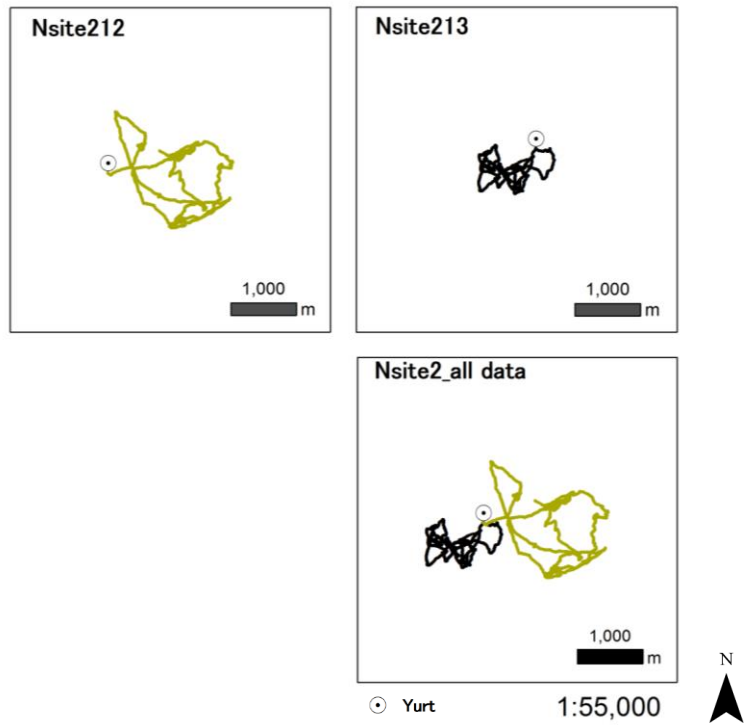


Fig.10. GPS tracking of livestock in site2 of Inner Mongolia, July 12-13, 2011.

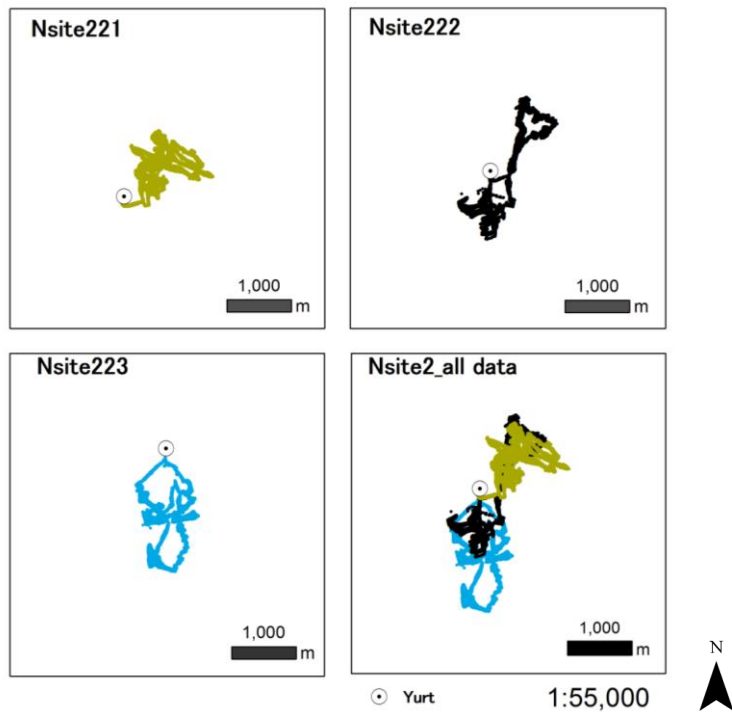


Fig.11. GPS tracking of livestock in site2 of Inner Mongolia, July 21-23, 2012.

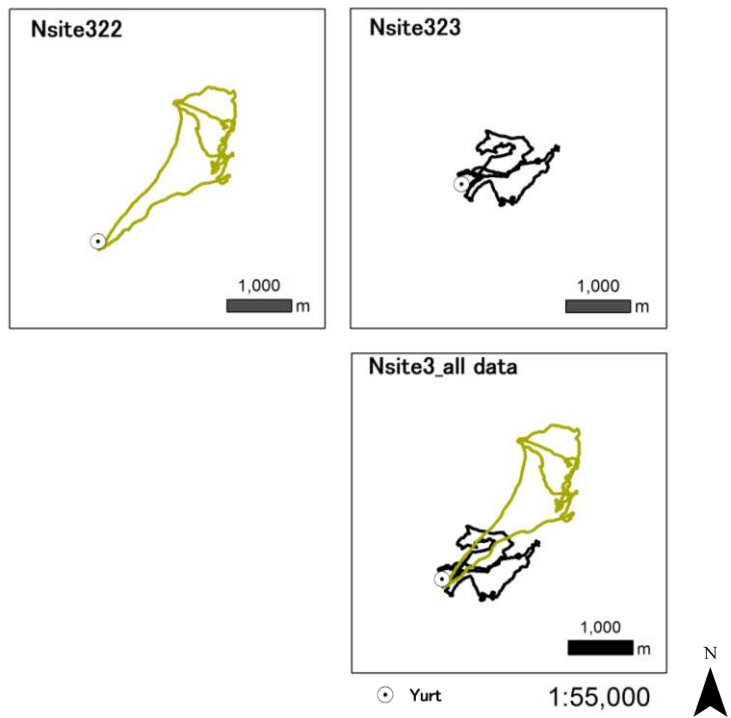


Fig.12. GPS tracking of livestock in site3 of Inner Mongolia, July 22-23, 2011.

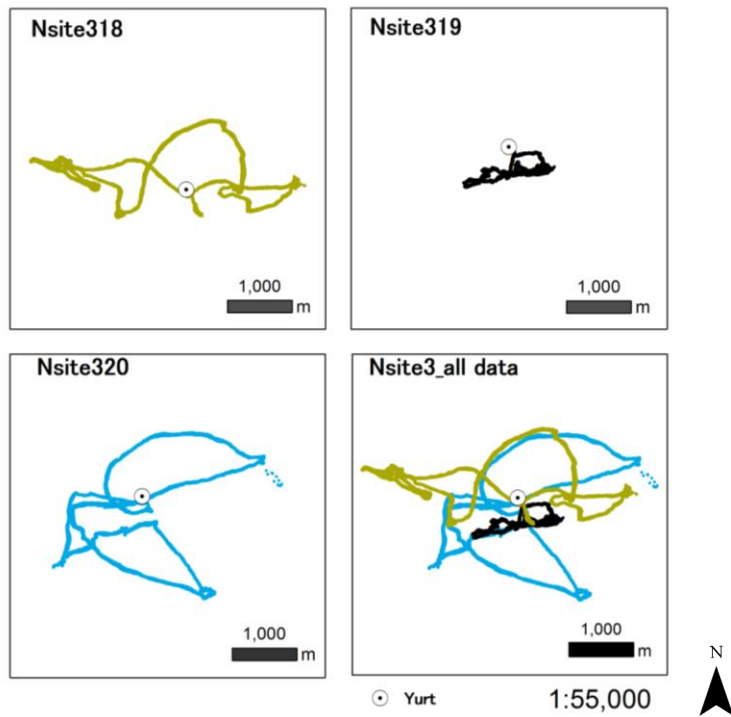


Fig.13. GPS tracking of livestock in site3 of Inner Mongolia, July 18-20, 2012.

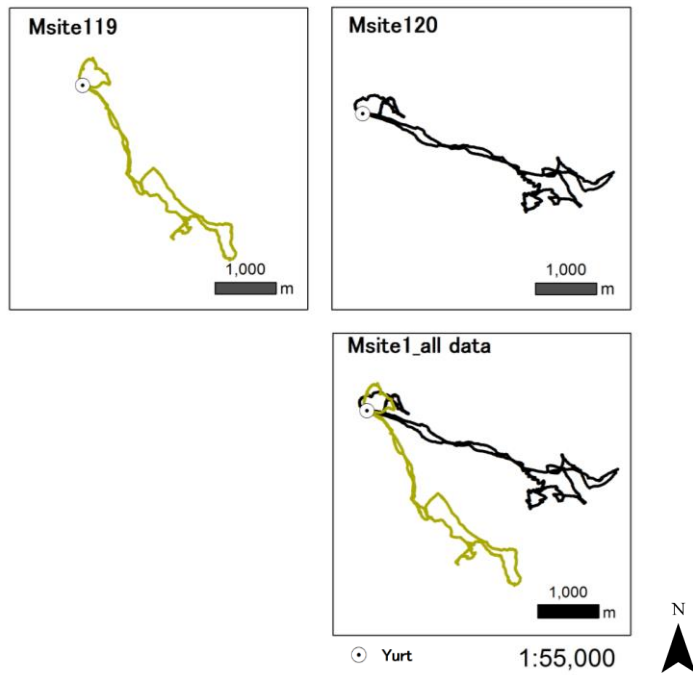


Fig.14. GPS tracking of livestock in site1 of Mongolia, July 4 and 9, 2011.

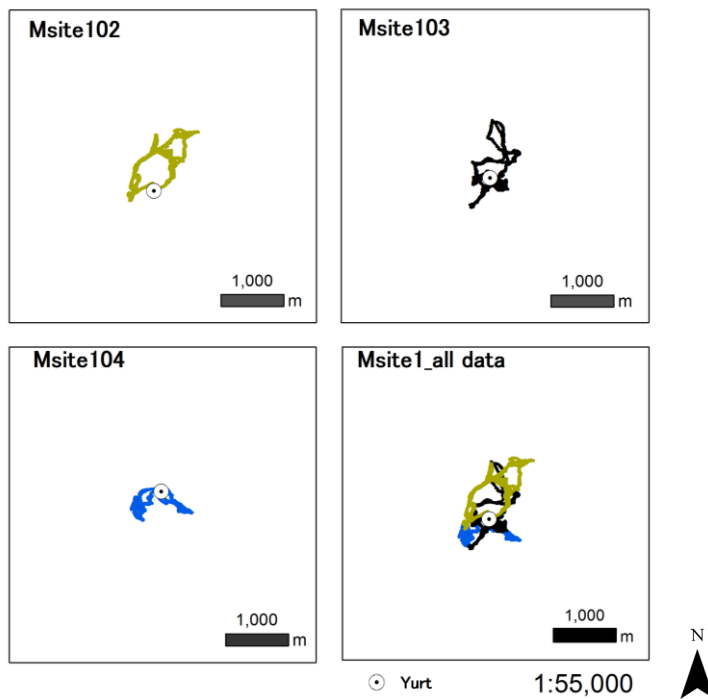


Fig.15. GPS tracking of livestock in site1 of Mongolia, August 2-4, 2012.

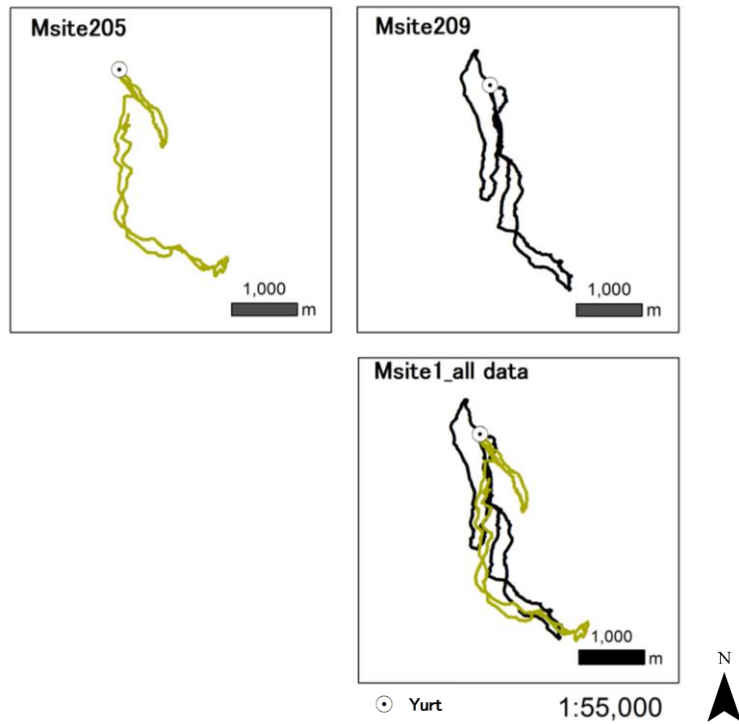


Fig.16. GPS tracking of livestock in site2 of Mongolia, July 5 and 9, 2011.

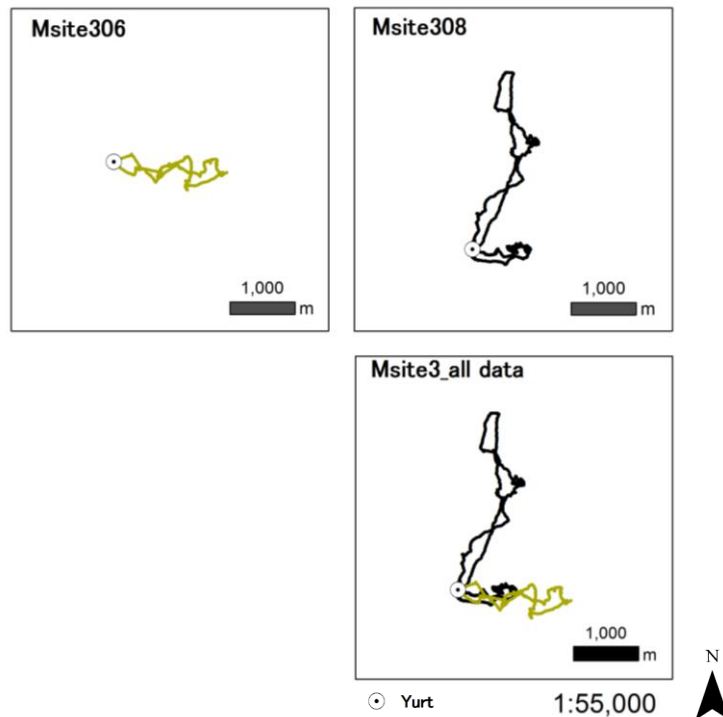


Fig.17. GPS tracking of livestock in site3 of Mongolia, July 6 and 8, 2011.

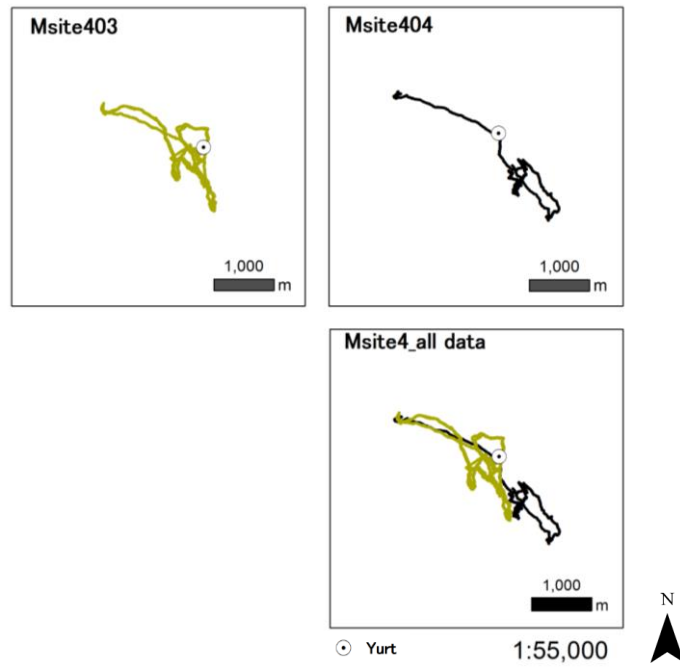


Fig.18. GPS tracking of livestock in site4 of Mongolia, August 3-4, 2012.

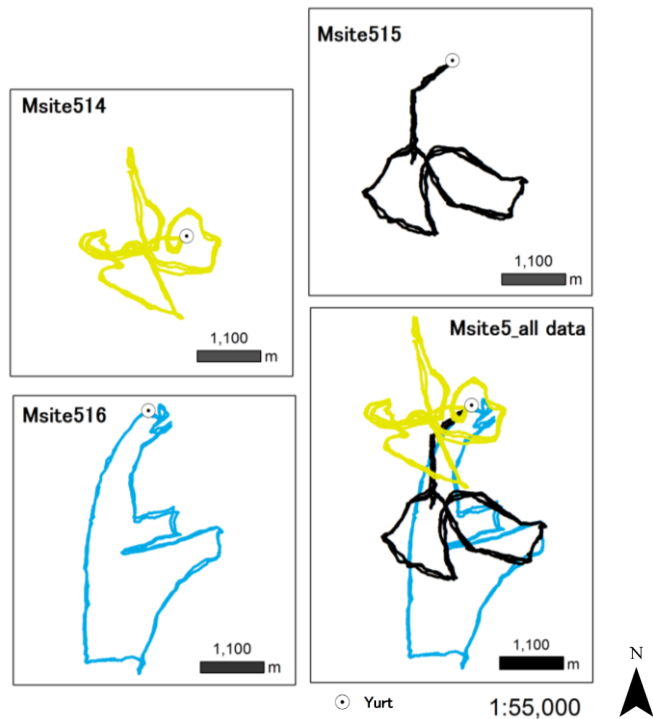


Fig.19. GPS tracking of livestock in site5 of Mongolia, August 14-16, 2012

3.1.2 衛星画像データ

対象地域の草原の環境として使用した衛星データはアメリカ地質調査所（USGS）が提供するオルソ補正済みの Terra/MODIS を使用した。ダウンロードした衛星データは、MODIS MOD09Q1（撮影日：2011年8月13日，2012年6月17日，7月19日，解像度：250m）である。

MODIS（Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer）は、36バンドの観測波長帯を持つ光学センサである。同じ仕様のセンサが、NASA のテラ (Terra)衛星とアクア (Aqua)衛星にそれぞれ搭載されている。用途毎に高次処理されたデータが NASA から提供されている。

Table 3 The Terra/MODIS data.

Band	Wavelength(nm)	Electromagnetic Wave	Resolution(m)
1	620-670	Red	250
2	841-876	Near IR	250

IR=Infrared Radiation

3.2 データ処理

3.2.1 食草速度の算出

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）を参考にした。取得したポイントデータの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、閾値までの速度の平均を食草速度とした。食草時間は日中の12時間放牧で放牧時間の82%、8時間放牧で98%であるという報告（三村,1988）に基づいており、本研究地における放牧時間は約12時間に値するため食草時間を82%と仮定し算出した。

Table 4 Average moving velocity and grazing velocity based on tracking points of livestock.

Year	Site name	Average moving velocity(km/h)	±SD	Grazing velocity(km/h)	±SD
2011	Nsite119	1.49	1.63	0.93	0.81
	Nsite120	1.22	1.51	0.65	0.64
	Nsite212	1.32	1.39	0.83	0.81
	Nsite213	1.05	1.52	0.48	0.63
	Nsite322	1.10	1.28	0.57	0.67
	Nsite323	1.02	1.44	0.49	0.59
	Msite104	1.11	1.44	0.52	0.68
	Msite109	1.60	1.50	1.01	0.75
	Msite205	1.57	1.37	1.06	0.72
	Msite209	1.37	1.31	0.85	0.61
	Msite306	0.62	1.15	0.19	0.26
	Msite308	1.37	1.44	0.84	0.57
2012	Nsite125	0.96	0.03	0.39	1.03
	Nsite126	1.36	0.10	0.69	0.35
	Nsite127	0.90	0.08	0.34	1.10
	Nsite221	1.35	0.16	0.78	0.93
	Nsite222	1.09	0.16	0.53	0.70
	Nsite223	1.57	0.39	1.02	1.05
	Nsite318	1.30	0.08	0.74	1.03
	Nsite319	0.67	0.24	0.21	0.35
	Nsite320	1.61	0.12	1.04	1.10
	Msite102	0.64	0.08	0.09	0.21
	Msite103	0.68	0.06	0.13	0.28
	Msite104	0.62	0.03	0.10	0.23
	Msite403	0.95	0.11	0.28	0.45
	Msite404	0.57	0.00	0.06	0.15
	Msite514	1.45	0.04	0.71	0.96
	Msite515	1.05	0.03	0.42	0.63
Msite516	1.52	0.00	0.93	1.10	

3.2.2 放牧行動範囲の算出

GIS ソフトウェアの ESRI 社製 ArcGIS とエクステンションツールである Hawth's Analysis Tools を使用して家畜の行動軌跡ポイントから最外郭法による行動圏を求めた。最外郭法は、ポイントの外側を凸型に繋いでできる多角形を行動圏とする手法であり、内側の利用していない場所も含まれる (佐伯・早稲田,2006)。本研究ではポイントの即位間隔が 10 秒に 1 回と多くの軌跡を記録することが出来、集中して利用している場所の推定が可能である。利用していない場所も草原利用の一部であるため、最外郭法によって家畜が行動した範囲の推定として利用した。

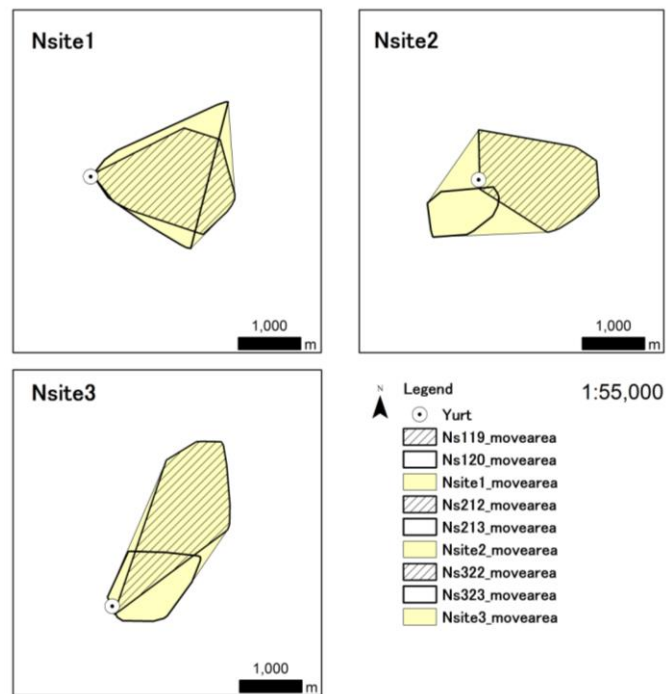


Fig.20. An area for tracked animals using the Minimum Convex Polygon (MCP) method for each site in Inner Mongolia, 2011.

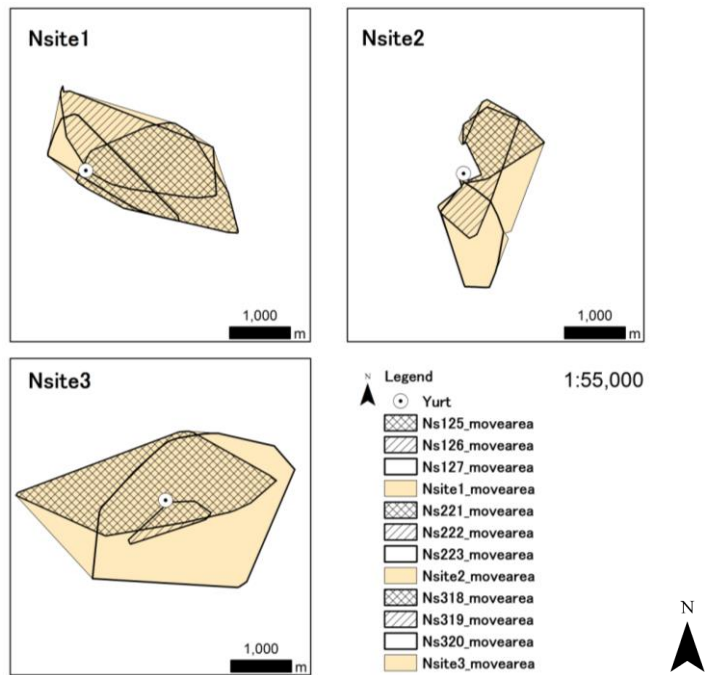


Fig.21. An area for tracked animals using MCP in Inner Mongolia, 2012.

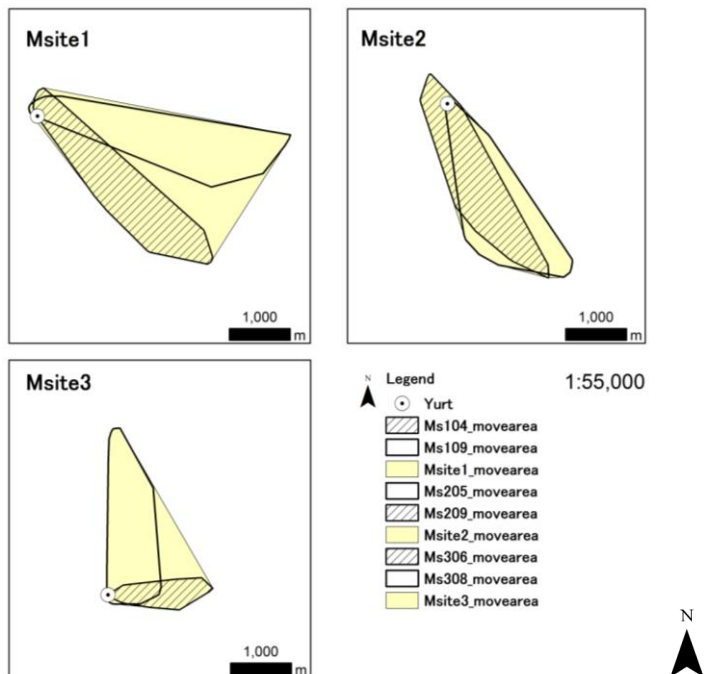


Fig.22. An area for tracked animals using MCP in Mongolia, 2011.

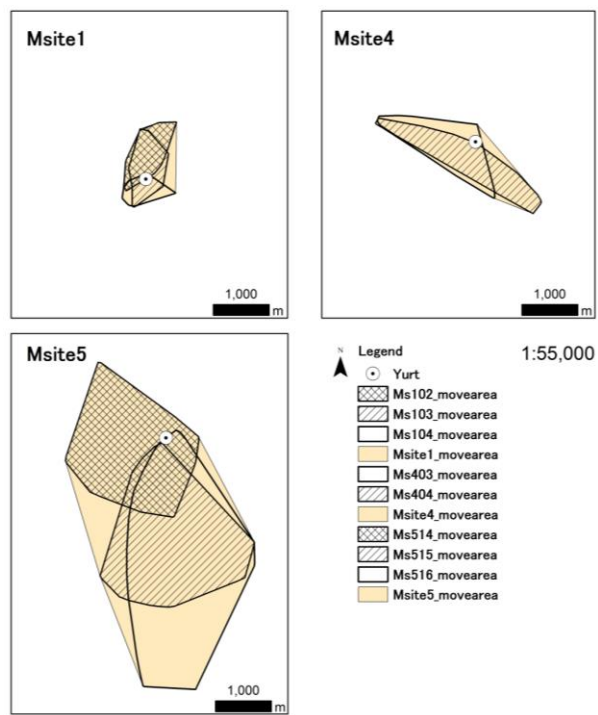


Fig.23. An area for tracked animals using MCP in Mongolia, 2012.

3.2.3 ゲルからの一定距離圏（バッファ）の作成

本研究では家畜の放牧中の行動分析を行う事が目的であるため、放牧が開始される地点としてゲルを中心とした行動解析を行った。ArcGISの多重リングバッファ（Multiple Ring Buffer）を用いてゲルを中心に200m間隔の円形の一定距離圏（以下、バッファ）を作成した。そしてGPSの軌跡は全て3.2.2で算出した放牧範囲内にあるため、バッファをArcGISのクリップを用いてそれぞれの行動圏に切り取った。バッファ内の家畜の軌跡ポイント数を利用頻度、すなわち放牧強度が高くなる場所とし、ゲルからの距離による放牧強度と植生との関連性について調べた。

3.2.4 NDVI（正規化植生指数）の算出

衛星データを用いて、正規化植生指数（Normalized Difference Vegetation Index, 以下 NDVI と略）を算出した。衛星画像は、MODIS/Terra（撮影日：2011年8月13日，2012年6月17日，7月19日，解像度：250m）を用いた。可視域の赤の反射率と近赤外の反射率を用いて、ENVI v4.8（©Exelis Visual Information Solution 社）を使用して計算した。NDVI の計算式は以下に示す：

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

NIR は、近赤外の反射率，*RED* は、可視域の赤光域の反射率を示す。また、NDVI の範囲は -1 から +1 である。

第 4 章 結果と考察

4.1 植比率・枯れ草・裸地の割合

内モンゴル全体の夏の放牧地における植物の出現種数は 2011 年と 2012 年はそれぞれ 46 種、57 種であり、モンゴル国ではそれぞれ 40 種、116 種であった。多年草が多く見られたが、Nsite3 と Msite5 では他のサイトよりも一年草が多くみられた。Nsite3 と Msite5 では植物量や植被率においても他のサイトよりも低い値を示し、植被率と裸地、枯れ草の平均割合をみても裸地の割合が他のサイトよりも 2 倍に高い場所であった (Fig.24-25)。コントロール地は 2 年以上放牧利用が無い場所であるが、Msite5 のコントロール地では秋になると家畜が入るため、夏限定のコントロール地となり、植被率が放牧地よりも低く、枯れ草の割合が高くなっていたと考えられる。

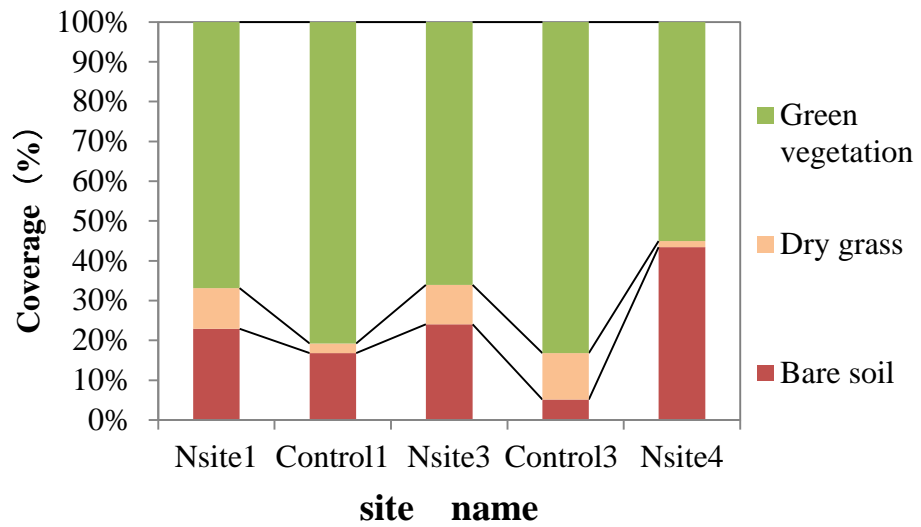


Fig.24. Ratio between green vegetation, dry grass and bare soil in sites with different grazing pressure in Inner Mongolia.
 (Control 1: Site not used for 2 years. Control 2: Site in which vegetation is cut for every 2 year.)

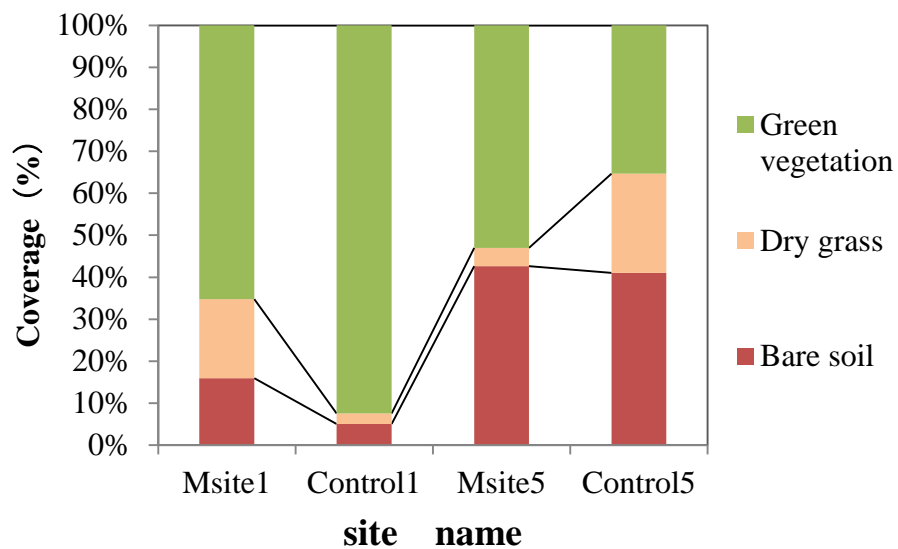


Fig.25. Ratio between green vegetation, dry grass and bare soil in sites with different grazing pressure in Inner Mongolia.
 (Control 1: Site not used for 2 years. Control 5: Fenced area for vegetation survey inside choir meteo station.)

4.1.1 植物量と嗜好性について

家畜の嗜好性の有無を分類し、現地の植生調査の結果をまとめた。その結果、全体の植物量の平均は内モンゴルの方が高い結果であったが、嗜好性の高い植物だけの植物量の平均を比較するとモンゴル国の方が高い値を示した (Table 5)。また、嗜好性の程度による分類では、モンゴル国では嗜好性がより高い優良な種の植物量が高い値を示した (Fig.26)。両国における嗜好性の高い植物と低い植物を科目によって比べた結果、両国で共通の嗜好性の高い植物は 10 科が挙げられ、その中でもイネ科が両国ともに高い植物量を示していた。モンゴル国ではイネ科の他に高い植物量を示したのはカヤツリグサ科の *Carex duriuscula* であり、内モンゴルでも同じ植物はあるが、モンゴル国の植物量の方が高い値を示した。*C.duriuscula* は被度も高く、ハラホリン地域で広く分布し、家畜の嗜好性も高いため、採食する草として重要であると考えられる。反対に嗜好性の無い植物では、内モンゴルでアカザ科、モンゴル国でキク科の植物量が高い値を示した。内モンゴルで多くみられたアカザ科の植物は一年生植物の *Chenopodium acuminatum* であり、モンゴル国の Msite5 でも確認された。モンゴル国で植物量の高かった嗜好性の低いキク科は 10 種類あったが、その中でも植物量が最も高かったのは一年生植物の

Artemisia macrocephala であった。両国で嗜好性の低い植物には一年生植物が多く分布していたが、一年生植物の割合が増加することは家畜の嗜好性の高い植物が食べつくされた状態を示しているという報告があり（賽西雅拉図ら, 2007）、内モンゴル全体では一年生植物の植物量が高く、嗜好性の高い植物が減少していると考えられる。

Table 5 Comparison of total volume and volume of palatable plant in each county.

Site name	Total volume		Volume of palatable plant	
	MEAN	SD	MEAN	SD
Inner Mongolia	95.6	212.2	87.5	174.9
Mongolia	87.8	189.3	106.1	202.6

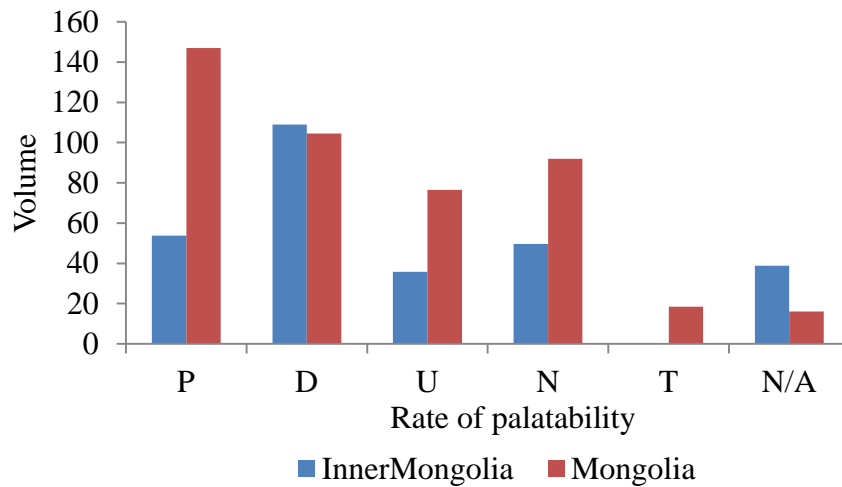


Fig.26. Comparison of volumes of palatable plants in each county. (P : preferred, D : desirable, U : consumed bud undesirable, N : not consumable, T : toxic, and N/A : information not available)

4.1.2 ゲルからの距離と植生の分布

水資源を求めて多くの家畜が通る川沿いはアヤメ科やイラクサ科などの放牧耐性のある植物が目立つと言われ（藤田,2003）、Msite1のゲル付近や川沿いにはアヤメ科が多くみられ、Msite1から1km離れた場所ではイラクサ科が多くみられた。Msite1の地域では春から夏になるとオルホン川を中心に遊牧民がゲルを建て、拠点を作る。ハラホリンにおける植生調査の中心としたMsite1のゲルからMsite2とMsite4のゲルは南東に1.3-1.5kmと近い場所に建っている。そのためMsite1のゲルから1kmや1.2km地点では植物量が低い値を示していた（Fig.27:Msite1）。Msite5ではゲル

から 1.8km 地点まで植物量は 600 前後であるが、嗜好性の有る植物は距離によって変動していた。そして嗜好性の低い植物はすべての距離に分布し、嗜好性の高い植物の植物量が低い場所ではより高い値を示していた (Fig.27:Msite5)。嗜好性の低い植物の分布が広がっていると考えられ、嗜好性の低い植物にはイネ科の多年生植物やキク科の一年生植物が多く、草原の退化が進行していると考えられる。

Nsite1 と 3 ではゲルから離れるほど植物量は増加していたが、嗜好性の低い植物が広く分布し、両サイト 1.2km と 1.6km 地点において高い値を示していた。Nsite3 の 2.4km 地点は水場付近であるため嗜好性の無い植物だけが分布していた (Fig.28)。Nsite2 のゲルから 100m 付近では植物量も高く、その中でも嗜好性の無い植物の値が高くなっていた。ゲルから近いいため利用頻度の高い場所であるが、嗜好性が無い植物が多すぎるために採餌としての利用を避けていると考えられ、200m 付近では水場があるため踏圧によって植物量は減少し、嗜好性の低い植物の分布が確認された。各サイトで 2011 年度に比べて 2012 年度の植物量が全体的に増加していた (Table 6)。特に Nsite1 ではゲルからの全ての距離においてアカザ科の量が増加していた。これは降水量の影響であると考えられ、2012 年の 7 月の降水量は平年よりも約 2 倍増加してい

た。しかし、急激な降雨では一年生植物ばかりが育ち、イネ科の植物量の変化はなかった。

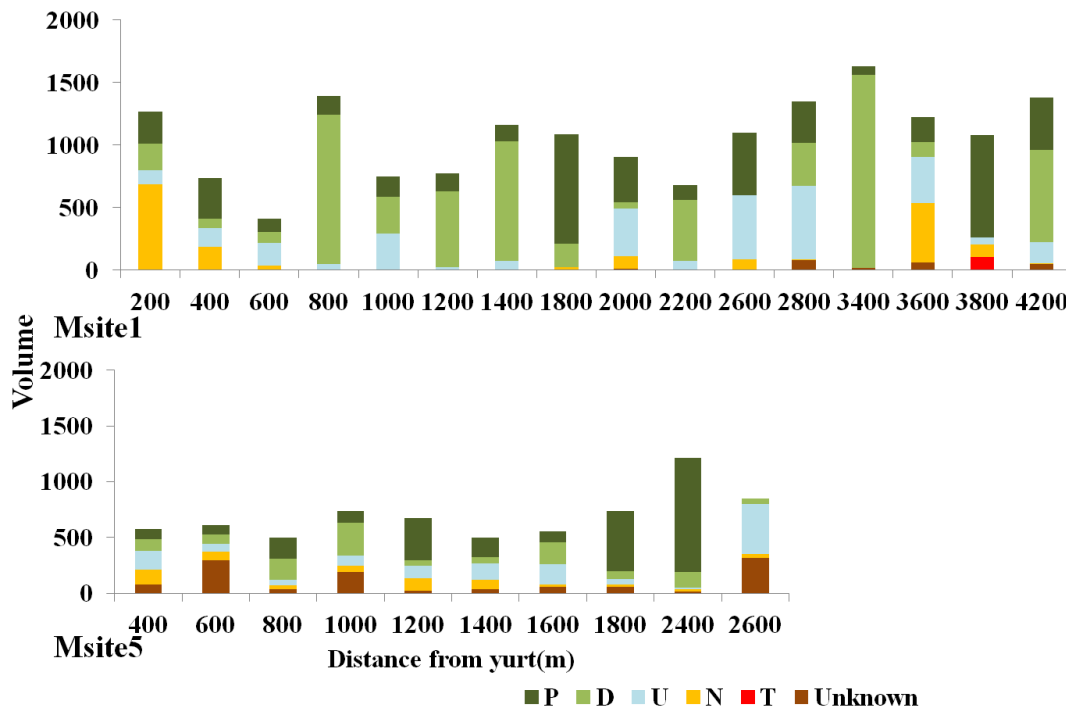


Fig.27. Distribution of palatable plants depending on the distance from home-yurt in Mongolia.

(P : preferred, D : desirable, U : consumed bud undesirable, N : not consumable, T : toxic, and N/A : information not available)

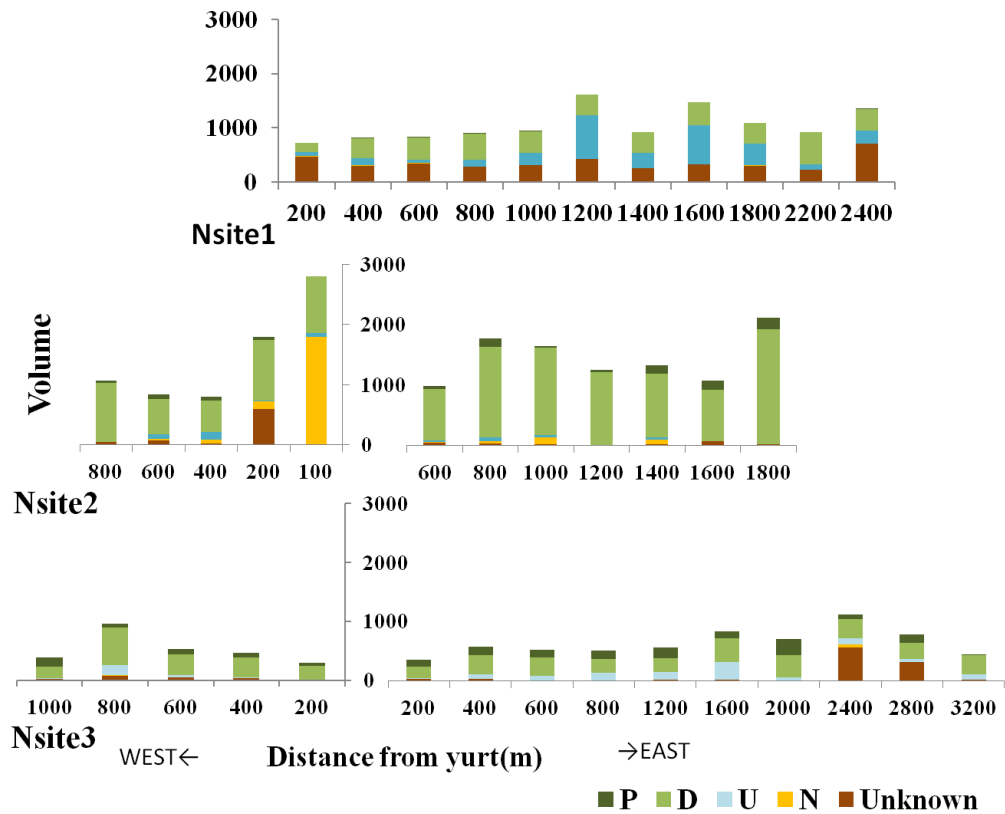


Fig.28. Distribution of palatable plants depending on the distance from home-yurt in Inner Mongolia.
 (P : preferred, D : desirable, U : consumed bud undesirable, N : not consumable, T : toxic, and N/A : information not available)

Table 6 Yearly mean volumes for each site.

	Nsite1	Nsite2	Nsite3	Msite1	Msite5
2011	41.08±84.9	85.94±192.3	50.97±89.7	55.01±148.2	
2012	164.24±261.0	126.20±229.7	101.12±277.7	117.89±230.9	66.07±139.2

4.1.3 草原の退化の現状

2009年度から調査を行っている内モンゴルにおいて Nsite1 は 2011年度から追加したサイトであるため、それぞれのサイトにおける草原の退化程度について考察を行った。2009年度の内モンゴルでの植生調査の結果から、Nsite2 は中放牧地、Nsite3 は重放牧地であると報告した（橋本,2011）。各サイトの植物量や草丈、被度の平均から Nsite1 は Nsite2 と同じぐらいの草原状態であると考えられる。しかし、種別や科目別の植物量の結果では、典型草原の指標種であるイネ科は Nsite2 の 2 分の 1 しかみられなかった。また、Nsite1 では乾燥が強くなると多くなる 1 年草の *Salsola collina*（アカザ科）が他のサイトよりも多く見られた。Nsite1 と Nsite3 では *Convolvulus ammannii*（ヒルガオ科）が多く、この植物は砂地や硬くなった土地に多くなることから退化の指標種となっている。Nsite3 は他のサイトよりもマメ科やユリ科の植物量が高く、イネ科も乾燥に強い *Psammochloa villosa* が多くなっていた。以上の結果から内モンゴルでは、Nsite3>Nsite1>Nsite2 の順で草原の退化が起きていると考えられる。

4.2 放牧期間と柵の利用に関する聞き取り調査

GPSを装着した家畜のオーナーの牧畜民へ聞き取り調査を行い、そのまとめを Table 7 に示した。モンゴル国では「オトル」と呼ばれる四季移動が現在でも行われており、Msite1 や 4 では家畜頭数の少ない遊牧民は近隣の遊牧民と共同で放牧を行っていた。そのため、1 家族で放牧を行うよりも放牧中の家畜頭数は増加するが、放牧が行われる場所は減少するため、草原全体における放牧圧がコントロールされていると考えられる。内モンゴルにおいても Nsite1 や Nsite2 では同じ柵内を家族で一緒に放牧をしていた。しかし Nsite3 では、家族が別々の家畜を所有し、同じ柵内を利用している。これでは、制限された柵の中で、放牧利用場所が 2 カ所出来てしまい、草原への影響は一般的な定住地よりも 2 倍（ヒツジ・ヤギの数が同じ場合）の踏圧がかかっていると考えられる。Nsite1 や Nsite3 の柵は夏営地として 1 ヶ所に設置しているが、Nsite2 では、柵を細かく分け、モンゴル国のように柵別に季節移動を行うことが出来ていた。

放牧中の家畜頭数は、モンゴル国において共同放牧によって増加するも、内モンゴルよりもその数は少なく、内モンゴルではモンゴル国の 2-3 倍も多く所有していた。また、内モンゴルではウシの数も多く、チーズを作る際の乳もウシが多く利用されていた。

Msite5 では乾燥地であるため、ラクダも所有していた。

内モンゴルでは、柵を設置したことにより夏の放牧地としての利用期間が長くなっていた。モンゴルでは約 6 月から夏の利用が始まり、草原植生のピークを迎える 8 月まで約 3 ヶ月の利用をし、秋営地へと移動する。内モンゴルでは、春の出産が終わると夏場所を利用し、冬まで同じ柵内で過ごすため、最大で 10 カ月の放牧地利用となる。内モンゴルは、柵という限られた中で、モンゴル国の 3 倍以上の放牧圧を与えていたと考えられる。

Table 7 Results of questionnaire.

Msite1	
1	ヒツジ：20、ヤギ：30、ウシ22、ウマ：10 放牧中は2家族一緒に行くため、ヒツジ：160、ヤギ140
2	家畜（家畜を売る、馬乳酒を売る、肉を売るなど）、国からの援助が少しある。
3	オルホン川
4	夕方または朝
5	6月上旬から
6	2010年、2011年にゾドと干ばつがあった。最近は雨期が短い、雨が降ってもすぐ止む。 しかし2011年は昨年（2010年）よりも7月に雨がよく降る。
7	6人
Msite2	
1	ヒツジ：80、ヤギ：100、ウマ：5、ウシ：25
2	家畜（家畜を売る、馬乳酒を売る、肉を売るなど）、国からの援助が少しある。
3	オルホン川
4	夕方
5	6月上旬から
6	ゾドと干ばつの頻度が多くなったと思う。今年は7月上旬に雨が集中的に降る。
7	6人
Msite3	
1	ヒツジ：50、ヤギ：60、ウシ：6
2	家畜（家畜を売る、馬乳酒を売る、肉を売るなど）、国からの援助が少しある。
3	オルホン川、井戸
4	
5	6月上旬から8月下旬
6	干ばつの頻度が多くなったと思う。今年は7月上旬に雨が集中的に降る。
7	2人
Msite4	
1	ヒツジ：200、ヤギ143、ウシ：10 （2家族分）
2	
3	オルホン川、井戸
4	昼：ヤギ、朝と夜：ウシ
5	6月上旬から8月下旬
6	
7	2人
Msite5	
1	ヒツジ：200、ヤギ：300、ウマ：20、ウシ：20、ラクダ：20
2	家畜（家畜の肉を売る、乳製品(ヨーグルト)を売る)
3	井戸、湖（水たまり）
4	朝：ヤギ、夕方：ウシ 冬はラクダも行う。
5	6月から9月まで
6	20年前のゾドの時は家畜全体の20%が死んだが、今はそれほど大きなゾドは無い。
7	6人

Nsite1

- 1 ヒツジ・ヤギ：900、ウシ：44（2011年度聞取り）
ヒツジ・ヤギ：700、ウシ：40（2012年度聞取り）
 - 2 家畜（家畜を売る、毛を売る）6万元/年、井戸水（10元/t）を売る
 - 3 汲んできた井戸水
 - 4
 - 5 3月上旬から
 - 6 花が咲かず、草丈が低くなった。2011年雨が少ない。
 - 7 6人（兄弟3人で放牧）
 - 8 約30年前（2011年度聞取り）
 - 9 2年前（2011年度聞取り）
 - 10 全体18,000ム（1200.6ha）
 - 11 春営地（2月家畜の出産時に利用）1000ム以下
夏営地（3-11月）
冬営地（12-1月）*調査地とは少し離れた所に所有
-

Nsite2

- 1 ヒツジ・ヤギ：600*息子の分を合わせて1000、ウシ60
 - 2 家畜（家畜を売る、毛を売る）6万元/年
 - 3 井戸（柵内に2ヶ所所有）
 - 4 夕方：ウシ
 - 5 4月から11月
 - 6 2月に1回大雪があったが、夏の降水は少ない（2011年度聞取り）
 - 7 7人
 - 8 21年前(2011年聞取り)
 - 9 1984年から
 - 10 全体26533ム(1769.8ha)
 - 11 春場所(2-3月)
夏場所(早場所(5月から)と遅場所(9月から)の2ヶ所柵分け)
冬場所（毎年利用と隔年(2年に1回)利用の2ヶ所に柵分け)
禁牧場所(8月に刈り取りも行う)
-

Nsite3

- 1 ヒツジ・ヤギ：400、ウシ：16、ウマ：2
 - 2 家畜（家畜を売る、毛を売る）3万元/年
 - 3 井戸(柵内に1ヶ所所有)
 - 4
 - 5 2月から11月
 - 6 春に黄砂があったが家畜は死んでおらず、夏の降水は少ない
 - 7 4人
 - 8 1982年から
 - 9 1992年と2005年
 - 10 全体16000ム(1067.2ha)*近くに住む長男家族と合同柵
 - 11 夏場所(2-11月)
冬場所(12-1月)
※長男の放牧を行う家畜はヒツジ・ヤギ：400
-

4.3 家畜の行動パターン

家畜の放牧時の行動の特徴を捉えるために GPS のポイントデータから算出した食草速度を基に各サイトのポイントを採食、休息、移動に分けた。一般的に放牧中の家畜は、歩きながら採食し、その速度は、時速 1.5km や 3km、ゆっくりの時は時速 0.7km で採食する（三秋,2000）。そのため採食をしていない移動だけの速度がどのくらいであるかは分からない。そこで本研究では算出した食草速度を各サイトで平均化し、その標準偏差を足した値をベースにその値以上の速度をそれぞれのサイトの「移動」とした。そしてその速度以下を「採食」時の速度とした。採食中に反芻を行ったりじっと立ったり座ったりと動いていないと考えられる瞬間、つまり速度ゼロの時を「休息」とした。しかし家畜は常に歩いて採食しているだけではなく、歩かずに首だけを動かして採食する場合もある。そのため胴体に付けた GPS は移動をしていないため速度ゼロとなり、採食と休息の正確な区別をつけることは難しい。そこで速度ゼロも採食中と考え、移動と採食時の速度の割合を Fig.29、31 に示した。また、Fig.30、32 では各サイトにおける採食時中の休息（速度ゼロ）との割合を示した。

食草速度を算出する際に採食時間を 1 日の 82% と仮定しているため、2011 年、2012 年とも採食の割合は 70-80% を示した。モン

ゴル国では採食中の速度ゼロの割合は、2011年では10%以下であった。しかし、2012年では60%から80%を速度ゼロが占めていた。内モンゴルでは2011年も2012年も採食と速度ゼロの割合は50%前後であった。2年連続調査を行った Msite1 では、2011年度よりも移動距離は短く食草速度も遅かったため、休息の割合が高くなっていたと考えられる。Msite5 は、内モンゴルと同様な行動割合を示し、乾燥地では休息の割合も高いが、日により採食の割合も高くなるため、採食圧や休息による踏圧の両方が放牧範囲内の草原全体に加わっていると考えられる。

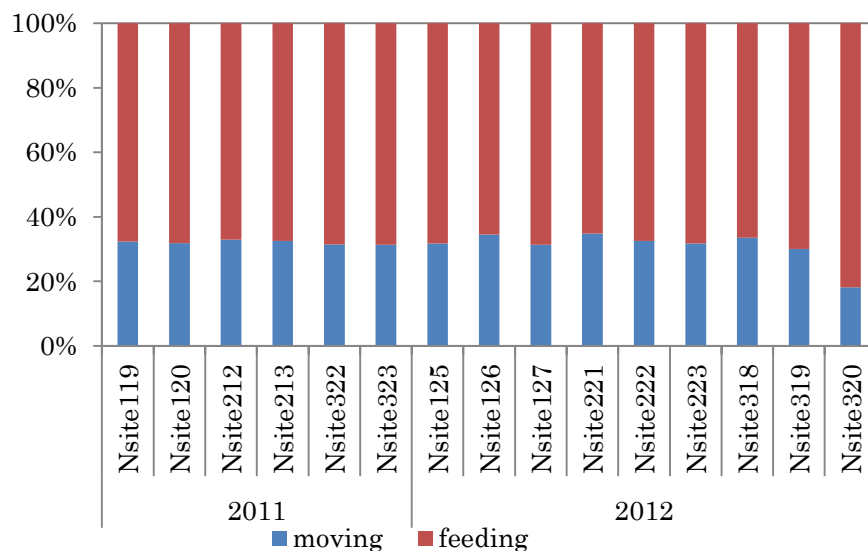


Fig.29. Daily behavioral patterns (percentage of feeding and moving) tracking animals in Inner Mongolia.

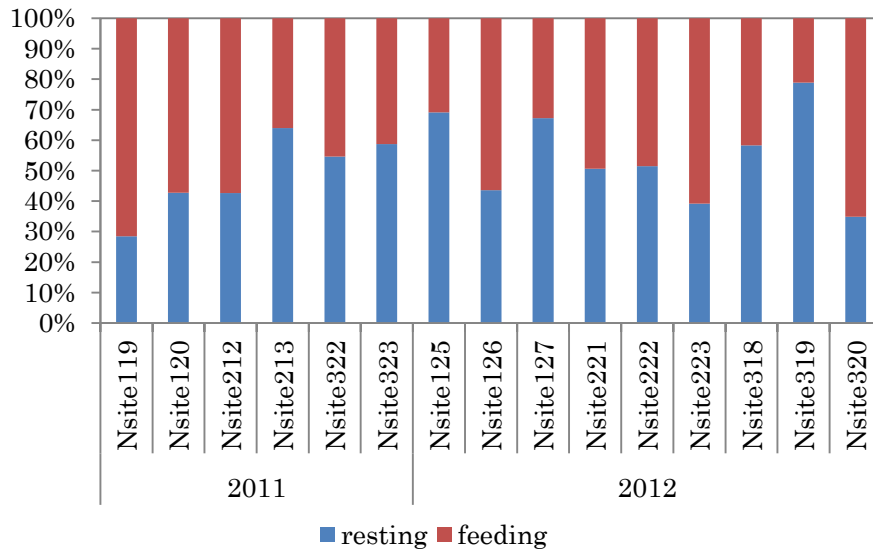


Fig.30. Daily behavioral patterns (percentage of feeding and resting) tracking animals in Inner Mongolia.

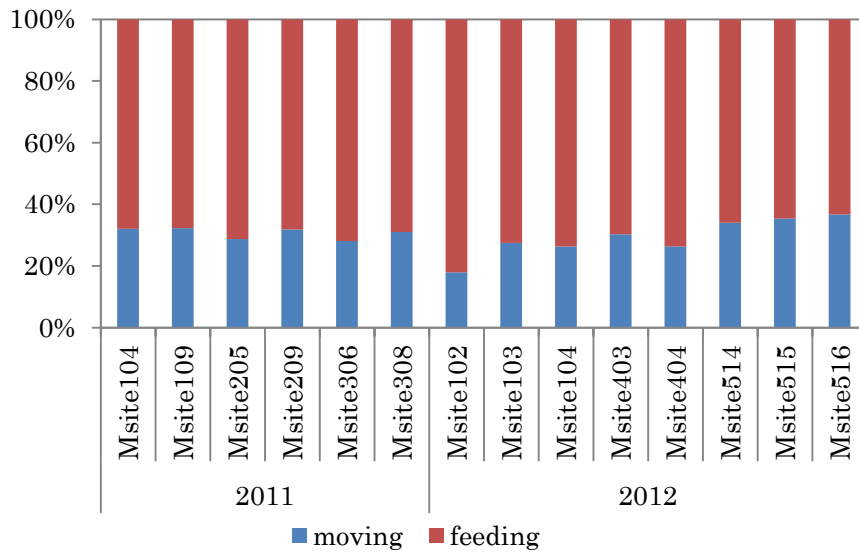


Fig.31. Daily behavioral patterns (percentage of feeding and moving) tracking animals in Mongolia.

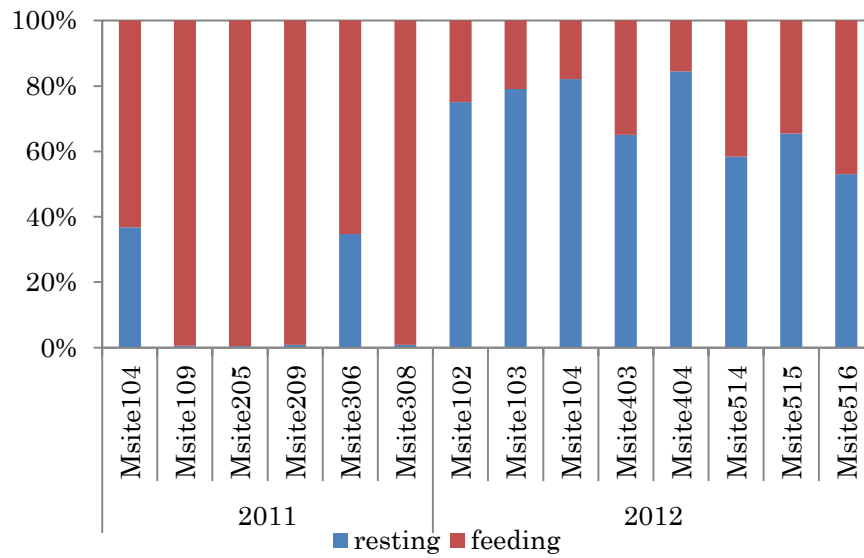


Fig.32. Daily behavioral patterns (percentage of feeding and resting) tracking animals in Mongolia.

4.3.1 家畜の行動圏の分析と NDVI

内モンゴルの家畜の行動圏は、柵の影響を受けゲルから同じ方向で1日中の行動が重複していた。しかし、モンゴル国の2011年の結果では2日間の行動圏の重複は少なかった。2012年では両国で3日間の行動圏が重なっている面積は大きくなっていった。1日ずつ新しい場所を利用しているため、3日間全体の行動圏の面積が大きくなったと考えられる。伝統的な遊牧では、遊牧民が家畜の後ろを馬に乗ってついて歩き、近隣の放牧している家畜との混雑を避け、常に同じ場所に留まらないように誘導している。また、モンゴル国の遊牧では放牧方向を数日ずつずらしていた。そのため、モンゴル国の行動圏の重複は少なく、同じ場所での放牧を避けて、連日同じ草原での放牧圧を減らしていると考えられる。

モンゴル国と内モンゴルにおける家畜の行動圏の面積と距離、食草速度を平均し比較したところ、行動圏の面積はモンゴル国の方が大きい。1日の放牧距離と食草速度は内モンゴルの方が長く、速い速度を示した（Table 8）。内モンゴルにおいて行動圏の面積が小さかったのは、柵が自由な放牧行動を制限させていると考えられ、食草速度が速い理由としては、次の事が考えられる。横山（2009）は、植生環境が豊かであるほど食草速度は低下し、植生が貧しくなれば速度が上昇する傾向にあると示唆している。本研

究地においては行動圏内の NDVI と食草速度には相関が無く、NDVI が高い程速度が遅くはならなかった。しかし、それぞれの家畜の行動圏の中では NDVI が高くても家畜が利用していない場所が含まれる。退化した草原では家畜が好まない草が増えることで現存量が減らないこともあるため（根本,2007）、行動圏内で利用していない場所は嗜好性の無い植物が分布している可能性がある。そこで、家畜が利用しているポイントの NDVI の値に着目し、その家畜のポイントの NDVI を利用した牧草のピクセル NDVI として行動圏内の平均 NDVI との比較を行った。その結果、行動圏内の平均 NDVI と家畜の利用した牧草のピクセル NDVI を比較するため、それぞれの平均に差があるかどうかに関して t 検定を行ったが、有意な差は見られなかった ($t=-0.03$, $df=11$, ns)。その原因は、行動圏の NDVI の平均は、背景土壌の反射の影響により NDVI の低い値にシフトされたと考えられる。家畜の利用した牧草のピクセル NDVI を採食、休息、移動の行動パターンによって分けたポイントでの比較も行ったが、有意な差は見られなかった。すなわち、内モンゴルでもモンゴル国でも行動圏内の NDVI の平均値に値する場所での利用が高く、採食や休息の速度が遅い時の利用ピクセル NDVI も NDVI の高い場所を利用していない結果となった。これは、嗜好性の無い植物の影響と背景土壌との NDVI

への反射の影響がこのような結果に結び付けたと考えられる。そのため内モンゴルにおいて食草速度がモンゴル国よりも速かった要因としては NDVI だけでなく気温などの気候や現地の詳細な植生を考慮する必要がある。

Table 8 Comparison of an average grazing velocity and tracking area in each site.

	Grazing velocity(km/h)		Tracking area(ha)	
	MEAN	SD	MEAN	SD
Inner Mongolia	0.65	0.07	214.88	149.73
Mongolia	0.54	0.30	246.03	197.36

4.3.2 ゲルからの距離による行動パターン

Fig.33 から Fig.36 にはゲルからの距離におけるバッファ内の平均 NDVI の変化と家畜のフットプリントのポイントのピクセルの NDVI との関係を示している。Count はバッファ内を利用しているポイントの総数である。モンゴル国ではゲルから 1km または 1.2km まで、バッファ内の NDVI は低い値を示し、それ以降は一定、もしくは高い値を示していた。Msite1 や 2、4 は、それぞれのバッファ 1km 内に他のサイトの行動圏が重複しているため、放牧圧が高くなり草原の退化が進み NDVI は低い値を示していたと考えられる。次に行動パターン別の各バッファ内の NDVI をみると、2011 年のモンゴル国の結果では、家から 1km、2.2km と約 3km

地点で長時間利用されていなかった（休息パターンが見られなかった）。すなわちこの地点では止まらず歩いていることになる。

そして、この地点の前後の場所において休息時の利用 NDVI がバッファの平均 NDVI よりも高い値を示していた。また、GPS のポイント数も多くなっていたことから、休息として利用していたと考えられる（Fig.34、赤丸の地点を参照）。内モンゴルでは、どの距離においても 3 つの行動パターンが確認され、それぞれの行動時の利用ピクセルの NDVI は、バッファ内の平均 NDVI と同じぐらいの値を示していた。また長く利用している場所ほど、採食や休息の NDVI は高い値を示していた。2011 年では内モンゴルはモンゴル国よりも NDVI 値は低い値を示し、草原状態がモンゴル国よりも退化していたと考えられる。そのため、Nsite1 では、距離ごとに草を求めて長時間歩き回り採食していたと考えられる。その他の Nsite2 や Nsite3 ではモンゴル国と同様に利用頻度の高い場所と低い場所が明確に分かれた行動を行っていたが、モンゴル国では長くても 500 ポイント前後であるのに対して、内モンゴルでは 800m や 1km 地点で 1000 ポイント以上留まっており、モンゴル国よりも採食や休息の利用が一定の場所に集中していたと考えられる。2012 年においても Nsite2 や 3 では 800m や 1.2km 地点で長く留まっていた。Msite4 でも同様に 800m 地点で長く利用して

いた。2011年の他のサイトよりも2倍長く利用していたことから、採食だけでなく休息として利用していたと考えられる。また、Msite4の1.6km地点は水場付近であり、採食や休息にはNDVIの高い場所を利用しているが、川への移動には採食や休息よりもNDVIの低い値を長時間利用していた。他のサイトでも移動の殆んどが、採食や休息よりも低い値を利用していた。内モンゴルでは休息には採食よりもNDVIの低い値を利用している地点が確認できた。これは、家畜がハエなどの虫を嫌っているためと考えられる。草の多い場所では虫が多いため、休息を行う際は虫が少ない裸地を選んでいると考えられる。Msite5では7月、8月の衛星画像が無く、6月のNDVIで解析したため、ハラホリンよりもNDVIは季節的にも低い値を示している。しかし他のサイトと同様にゲル付近ではNDVIは低く、ゲルから離れるほど高くなっていた。距離による行動はNsite1と似ており、一定の場所を集中利用するのではなく、移動しながら採食していると考えられる。

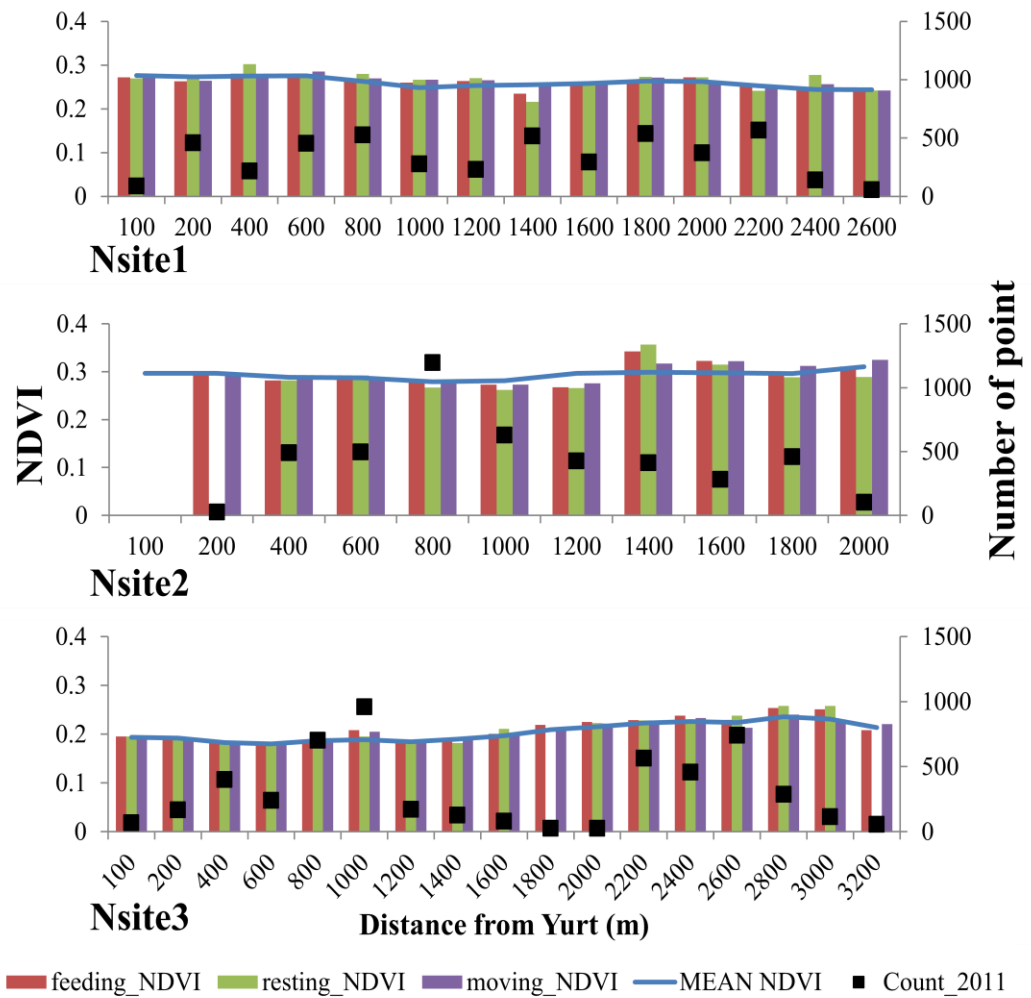


Fig.33. Habitat usage in dependence from NDVI and distance from home-yurt in Inner Mongolia, 2011. The analysis is based on average NDVI value for each of behavioral (feeding, resting, moving) and representative GPS points.

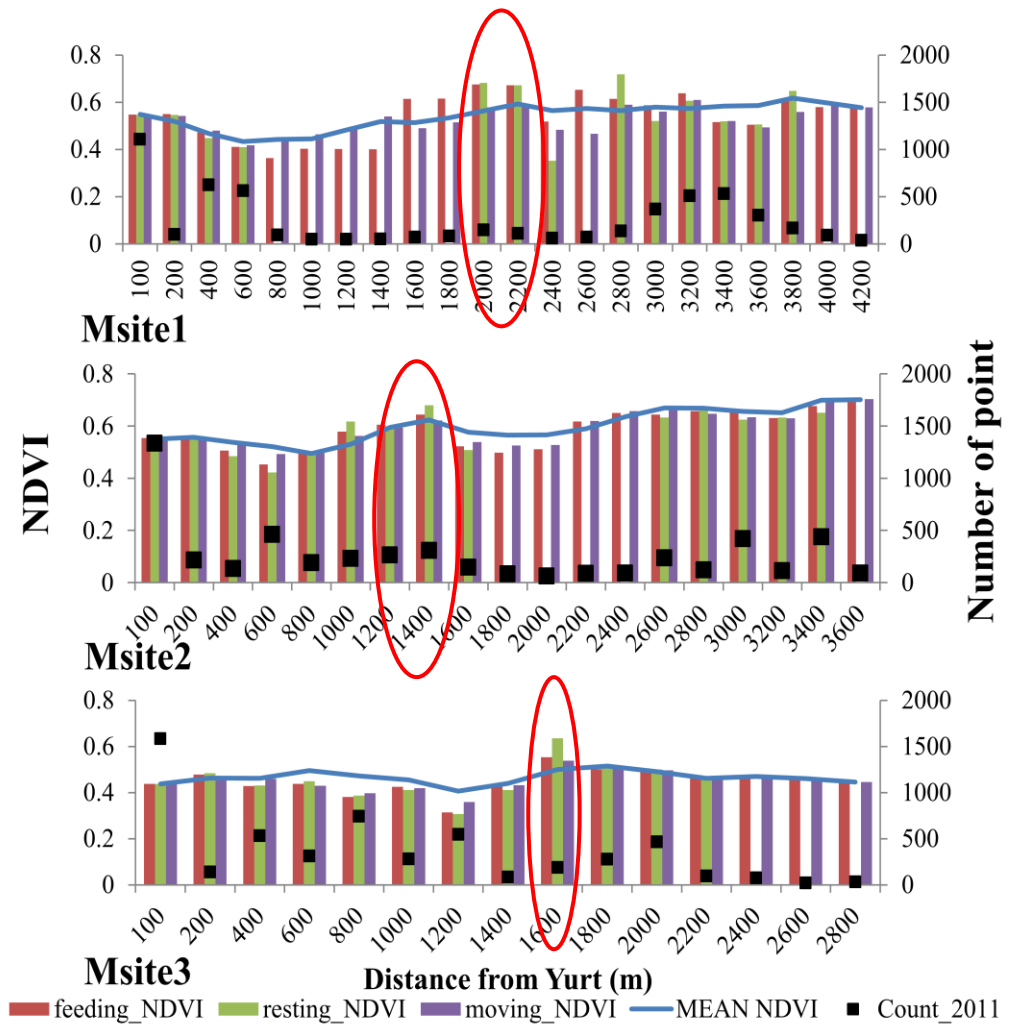


Fig.34. Habitat usage in dependence from NDVI and distance from home-yurt in Mongolia, 2011. The analysis is based on average NDVI value for each of behavioral (feeding, resting, moving) and representative GPS points.

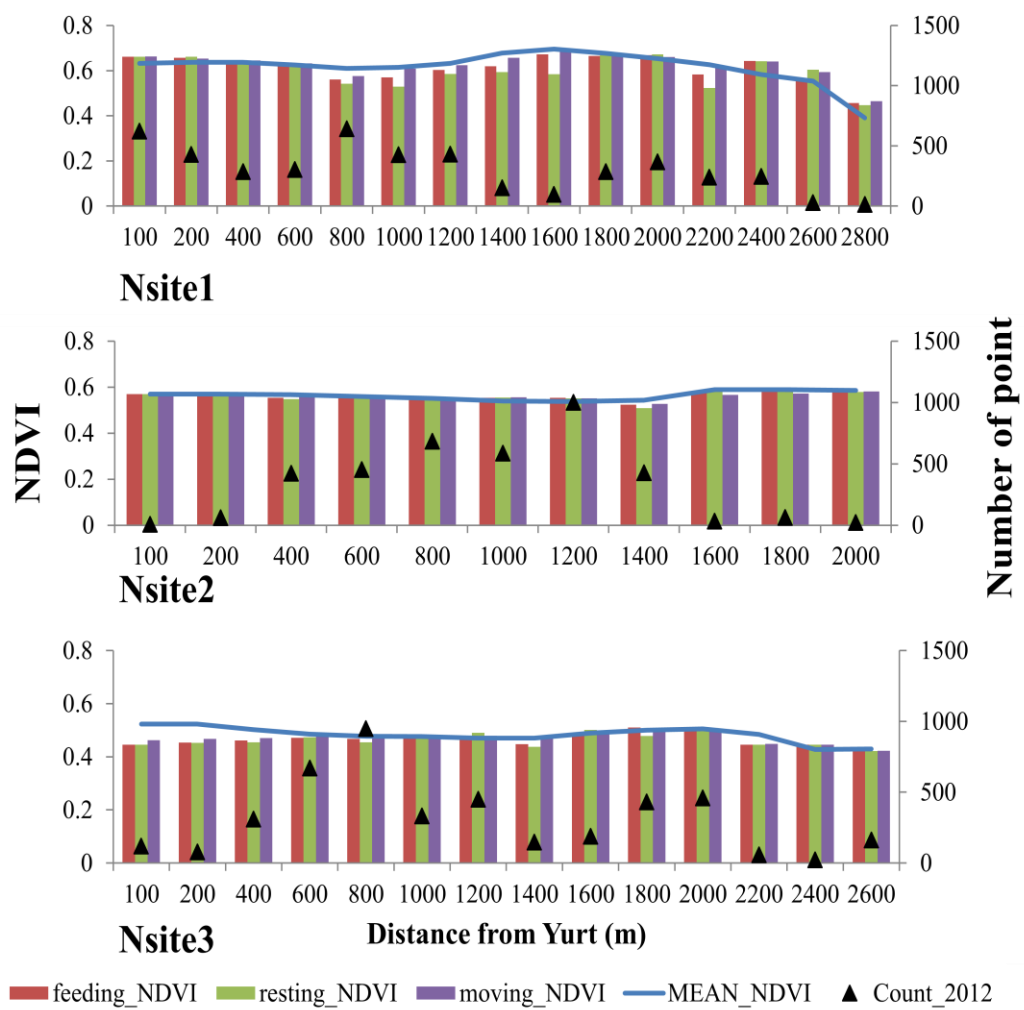


Fig.35. Habitat usage in dependence from NDVI and distance from home-yurt in Inner Mongolia, 2012. The analysis is based on average NDVI value for each of behavioral (feeding, resting, moving) and representative GPS points.

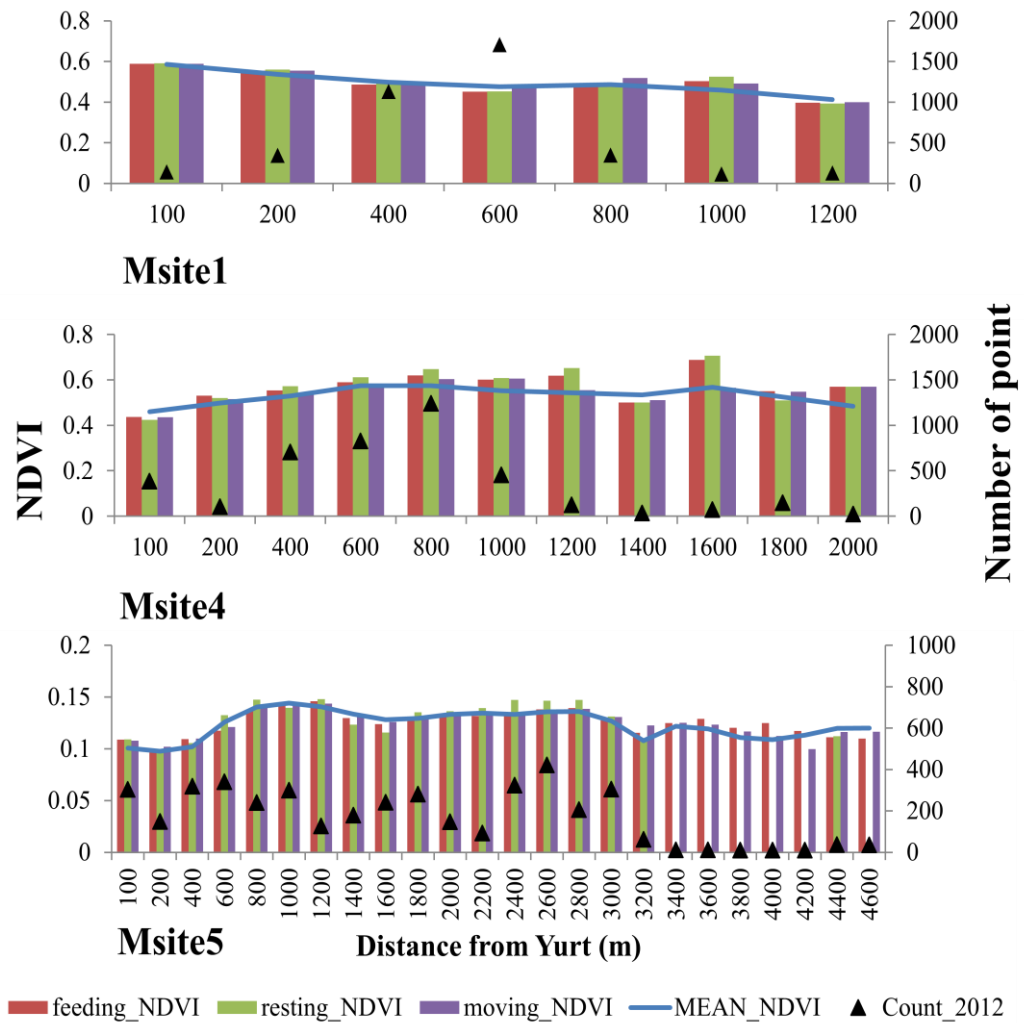


Fig.36. Habitat usage in dependence from NDVI and distance from home-yurt in Mongolia, 2012. The analysis is based on average NDVI value for each of behavioral (feeding, resting, moving) and representative GPS points.

第 5 章 まとめ

5.1 放牧行動と植生との関係

内モンゴルもモンゴル国も、放牧中に利用している場所の NDVI 値はそれぞれの行動圏内の平均 NDVI の値と同じであり、採食や休息場所でも NDVI の値が高いとは限らなかった。そして両国ともに家畜の行動パターンによる NDVI に差は見られなかった。しかし、ゲルからの距離に基づくと、モンゴル国では 1km や 2km 前後の地点において NDVI の高い場所を利用していた。内モンゴルでは全体で利用している場所の NDVI はそれぞれのバッファ内の平均 NDVI よりも低い、採食時にはバッファ内の平均 NDVI よりも高い値の場所を利用していた。また、採食時の利用が長い場所では嗜好性の高い植物が多く分布していた。しかし衛星データから算出した NDVI が高くても現地調査に基づくと嗜好性の低い植物も分布していた。その場所の多くは水場やゲル付近であり、水場では放牧地よりも土壌水分が高くなるため、水場に適した湿性の植物や踏圧の耐性をもった非嗜好性の植物が多くなったと考えられる。内モンゴルにおける水場は、ゲル近くに持ってきたポンプ車や井戸であり、夏當地の利用期間も長いため、植物の回復が出来ず、その周りは広く退化していた。

食草速度は内モンゴルの方が早く、行動圏はモンゴル国の方が

広いと言う傾向を示し、内モンゴルでは柵の影響によって柵沿いに直線的な動きを行っている地点も確認できた。また、2011年ではモンゴル国と内モンゴルでは NDVI 値の分布は内モンゴルの方が低く、内モンゴルでは良い草を求めて同じ場所を行き来するように歩きまわっていた。2012年度では降水量の影響により、NDVI や植物量は 2011年よりも全体的に高い値を示した。しかし植物量が増加したのは嗜好性の低い植物が多く、家畜の行動には年によって変化は見られなかった。モンゴル国の乾燥地に位置する Msite5 では、東西南北と行動範囲が広く、休息時の方が採食時よりも NDVI の高い値を利用しており、Nsite1 の行動パターンと似ていた。モンゴル国における乾燥地では、放牧地全体の植生が低い場合、より良い草を求めて採食しながら歩きまわるために、内モンゴルと同様に食草速度が速く行動範囲は広くなる傾向があると考えられる。

5.2 遊牧と定住型放牧が与える植生への影響

遊牧と定住型放牧には家畜の行動パターンによって草原の利用に違いがみられた。内モンゴルではゲルから離れるほど植物量は高くなっていた。また、内モンゴルではモンゴル国よりも NDVI や現地植生の植物量が低い値を示している時、採食場所を求めて

不規則に移動を行い食草速度が速くなっていると考えられ、その中で柵の影響によって行動範囲は制限されていた。モンゴル国では近隣の遊牧民の放牧圏との境界が無いいため、放牧圧が重複し合うのを避けるために移動方向を数日に1度変えている。そのため、毎日の放牧で利用する河川や井戸に放牧圧が集中する一方で、放牧を行っている草原の植生は、嗜好性の高い *Stipa krylovii* や *C.duriuscula* だけでなく谷や山岳地帯などの環境に適した多年生草本が分布し、多様性を高めていると考えられる。定住型放牧は数十年、同じ場所を利用していることによって、植物量は減少し、イネ科の他に、嗜好性の低い1年生草本の退化草原指標種のアカザ科やキク科、ユリ科が増え、降水量の多い年ではこうした1年生草本が種数を高めていると考えられる。

Abstract

A case study on the effect of different grazing regimes on the grassland

Miki Hashimoto

In this study, the effect of different grazing regimes on the vegetation cover of grassland pastures in Mongolia and Inner Mongolia of China were compared. In Mongolia, the traditional nomadic pastoral pattern of grazing is being used, while in its neighboring Inner Mongolia of China, the pastures are explored by settled nomads. For this purpose, the GPS tracking of livestock was conducted to observe the behavioral patterns of grazing at both places. Remote sensing (Terra/MODIS satellite imagery) and ArcGIS, ENVI were used for analyzing the vegetation (NDVI) and grazing patterns (resting, feeding and movement time).

Analysis of the spatial movements of livestock is based on GPS data, and its relation with NDVI values that were calculated using satellite imagery has showed that the NDVI was higher at distant

from the ger places. Also, high NDVI values were observed at places that are intensively used by livestock. This is might be related with high volumes of unpalatable to livestock the plant species. These results were also proved by our ground vegetation survey.

Limited availability of pastures in Inner Mongolia has resulted in grassland degradation, as indicated by the high speed of animal movements during grazing. In Mongolia, there is no physical restrictions to the animal movement. Because of these, the animal movement routes are changed every few days to avoid grazing pressure. However, the grazing pressure is high in river side and around wells. In Inner Mongolia, due to the the high grazing pressure, the general vegetation volume is reduced and volumes of annual plants, such as, Chenopodiaceae, Asteraceae and Liliaceae (all are low palatability plants) is increasing. Thorough examination of the GPS logged data has allowed estimation of resting, feeding and moving phases that are occurred during grazing. This kind of data have been used for the evaluation of each phase depending on the distance from ger and condition of the pasture.

謝辞

論文作成にあたり，多大なご指導ならびに適切な助言を頂きました。酪農学園大学環境共生学類の星野仏方教授、金子正美教授、循環農学類の岡島毅教授、特任教授のSumiya Ganzorig先生に、深くお礼申しあげます。

また、現地調査にあたりご指導をいただいた中国師範大学の賽西雅拉図教授、モンゴル国立農業大学のオユン教授、本研究の様々な場面で協力して頂きました研究室の皆様にも心より感謝を申し上げます。

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。

引用文献

- 1) 荒木眞之、程云湘. 2005. 地球温暖化による内蒙古草原の移動可能性. 森林立地学会誌 47 (2), pp85-94
- 2) Eastern Oregon Agricultural Research Center. PALATABILITY OF MONGOLIAN RANGELAND PLANTS. Circular of Information No.3 December 2005
- 3) 額尔德尼、鈴木雅一. 2007. 衛星データを用いた中国内蒙古及びその周辺地域の土地被覆変動解析. 北東アジア植生変遷域における大気・水・生態プロセスとその相互作用に関するワークショップ、陸域環境研究センター報告 筑波大学 7 (2) pp21-24
- 4) 長田甫、近藤昭彦. 2006. 衛星画像を用いた長期植生変動モニタリング～中国内蒙古自治区を事例として～. 全国測量技術大会、学生フォーラム発表論文集 pp43-46
- 5) 小野智郁. 2009. 内蒙古蘇尼特左旗における定住型放牧による草原の退化の評価. 酪農学園大学環境システム学部生命環境学科卒業論文 pp1-18
- 6) 川崎高志. 2006. 中国の貧困対策と世界銀行プロジェクトの実施状況－内モンゴル自治区を中心として－. 創大中国論集 9. pp99-106
- 7) 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. pp327-335
- 8) 川村健介、秋山侃. 2012. 精密な草地管理のためのリモートセンシング. 日本リモートセンシング学会誌 32 (4), pp232-244
- 9) 小長谷有紀、シンジルト、中尾正義. 2005. 『中国の環境政策 生態移民』 昭和堂 pp13-15
- 10) 賽西雅拉図、酒井啓、小泉武栄. 2007. 中国・内モンゴルのアバガーホーシュー草原における飼育家畜の密度と草原荒廃の関係. 東京学芸大学紀要人文社会科学系 II 58. pp21-35
- 11) 佐伯緑、早稲田宏一. 2006. ラジオテレメトリを用いた個体追跡技術とデータ解析法. 哺乳類科学 46 (2) ,pp193-210
- 12) 嶋田 義仁. 2005. 乾燥地域における人間生活の基本構造. 地球環境 10 (1) , pp3-16
- 13) 鈴木由紀夫. 2003. モンゴル国における農牧業の現状. 『科学』. 73 (5) , pp549-553
- 14) 根本正之. 2007. 『砂漠化ってなんだろう』 岩波ジュニア新書 pp97-98
- 15) Hawth's Analysis Tools for ArcGIS
<http://www.spatial ecology.com/htools/createmcp.php>
- 16) 橋本未来. 2011. 内モンゴル草原の異なる放牧強度による草原

の変化. 酪農学園大学環境システム学部生命環境学科卒業論文

pp1-22

- 17) バトゥールソイルカム、小松知未、森田泰之、志賀永一.2010.
2000/01年ゾドにおける被害の畜種別規定要因. 北海道大学農経
論叢 65. pp69-81
- 18) 富久尾歩. 2009. 時系列衛星データによる中国内蒙古半乾燥草
原の植生変化把握. 東北大学農学研究科農学部博士学位論文 pp
- 19) 藤田昇. 2003. 草原植物の生態と遊牧地の維持的利用. 『科
学』.73 (5) , pp563-569
- 20) 星野仏方、金子正美、石井智美、松中照夫、S. Ganzorig. 2009.
《遊牧》、《定住》がアジアの砂漠化と黄砂の発生に関する影響の
研究. 酪農学園大学・学内共同研究報告 pp1-100
- 21) Hoshino Buho, Masami Kaneko, Teruo Matsunaka, Satomi Ishii,
Yoshihito Shimada, Chifumi Ono. (2009) A comparative study of
pasture degradation of Inner Mongolian fenced and unfenced land
based on remotely sensed data. Journal of Rakuno Gakuen University
34 (1) , pp15-22
- 22) 星野仏方、松原奈央、ソリガ、橋本未来、川島健二、澤向麻里
絵、スミヤ・ガンゾリグ.2012. モンゴル草原退化のホットスポッ
トについてー水場を中心とした草原退化の解析ー 日本沙漠学会

第 23 回学術大会 第 23 集講演要旨集 pp19-20

- 23) 三秋尚. 2000. モンゴル・遊牧家畜放牧の風景 (1). 『畜産の研究』養賢堂 54 (1), pp34-39
- 24) 三村耕. 1988. 『家畜行動学』養賢堂 pp187-197
- 25) 宮崎浩久、柴崎亮介、巖網林. 2007. 時系列衛星画像を用いた高原地域における土地劣化の地理的プロセスの分析. 全国測量技術大会学生フォーラム 9. pp123-128
- 26) Mohr, C.O. 1947. Table of equivalent populations of North American small mammals. *Am. Midland Nat.* 37 pp223-249
- 27) 森暁雄、岡安智生、佐々木雄大、ジャムサラン・ウンダルマー、武内和彦. 2006. モンゴル乾燥半乾燥地域における植生指数の空間パターンを利用した砂漠化モニタリング手法の検討. 環境情報科学論文集 20. pp351-356
- 28) 森真一、ブルネーバータル・ガントゥムル. 2002. 遊牧の市場経済化への試み. 『遊牧がモンゴル経済を変える日』出版文化社 pp66-94
- 29) 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 pp1-55