

## モンゴル国における家畜ウマの行動パターンと放牧地利用について

一條 将 克<sup>1)</sup>・星 野 仏 方<sup>2,3)</sup>・ガンゾリグ スミヤ<sup>3)</sup>・川 島 健 二<sup>3)</sup>

Studies on land use patterns and behavior of the domestic horses grazing in Mongolia

Masayoshi ICHIJO<sup>1)</sup>, Buho HOSHINO<sup>2,3)</sup>, Sumiya GANZORIG<sup>3)</sup> and Kenji KAWASHIMA<sup>3)</sup>

(Accepted 19 January 2012)

### 1. 序 論

#### 1.1 はじめに

乾燥地域において遊牧とは、限られた資源（草、水）を持続的に利用しながら、家畜がもたらす利得を最大限に高める生業である。

モンゴル国は、乾燥・半乾燥帯に区分され、降水量の少ない内陸の国である。雨期である夏の三ヵ月間でおよそ年降水量の70%が降り、残りは乾季が続く。雨季が過ぎると植生が少なくなり、遊牧民は植生の残っている地域へと移動し、放牧を行う<sup>1)</sup>。このようにして、遊牧民は高い移動性を維持し、家畜を複合的に放牧することにより、飼料となる草原植生の回復性や多様性を維持してきた<sup>2)</sup>。また、その植生分布は降水量と気温の分布に沿う形で配列しており、外部条件、干ばつなどを始めとした気象条件の変化や人為的影響などの外部条件に対して脆弱な特徴を持っている<sup>3)</sup>。

最近40年間のモンゴル高原の気候は乾燥化の傾向にある<sup>4)</sup>。このような温暖化や乾燥化の傾向に加えて、モンゴル国は1991年の政治体制の変革によって市場経済へと移行し、それまで国の管理下におかれていた遊牧システムも自由化へと切り替わり、国民は資産を蓄えるために所有する家畜の頭数を増大させた<sup>5)</sup>。そして、市場経済化の格差を縮めるために、市場（いちば）から遠い地域に生活する遊牧民はもっぱら首都部へ移動し、「大移動」と呼ばれる現象が認められている<sup>6)</sup>。これにより、首都部近郊しか移動しない遊牧民が増加し、過放牧が問題となって

いる。これらによってモンゴル国は、温暖化や乾燥化という環境要因によって脆弱になった草原の生態系に、さらなる人間活動、つまり人為的要因である過放牧が加わることで草原の劣化が著しくなり沙漠化が深刻な問題になっている<sup>7)</sup>。

これらの問題を解決していくには家畜の行動パターンの把握、調査データの解析、蓄積が必要とされ、実際に家畜が利用した地点での現地調査を行い、食草した牧草の種の同定が必要である。これら調査を行うことにより、遊牧に適した放牧地の特定や地域による行動パターンの違いを定量化して把握できる。人為的要因による草原の退化を抑制していかなければならない。

これまで、家畜ウマの行動パターン解析に関する研究は2008年に工藤<sup>8)</sup>、2009年に矢吹<sup>7)</sup>がそれぞれ行ってきた。

家畜ウマ (*Equus caballus*) はモンゴル国の5畜（ウマ、ウシ、ヒツジ、ラクダ、ヤギ）の1つに属しており、中部の広い草原（ステップ）と東部の低地に多く飼育し放牧され<sup>9)</sup>、モンゴル国の全家畜頭数の6.67%を占める。家畜ウマは5畜の中で最も放牧範囲が広いと、モンゴルの放牧家畜の行動パターンの研究に適した家畜でもある。

今までの研究では、家畜ウマは1日中放牧されており、昼間の放牧範囲と夜間の放牧範囲を比べた時、夜間の放牧範囲が広くなることがわかった<sup>8)</sup>。昼間は搾乳のためメスウマを遠くまで放せないが、夜間は家畜ウマの自由行動時間帯であり、良い草を求めて遠くまで移動する。

<sup>1)</sup> 2010年度酪農学園大学環境システム学部生命環境学科（現、株式会社パスコ）

Environmental Remote Sensing Laboratory, Department of Biosphere and Environmental Sciences Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

<sup>2)</sup> 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

<sup>3)</sup> 酪農学園大学大学院酪農学研究科

Graduate school of Dairy Science, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

### 1.2 従来型の調査手法の問題点

家畜ウマの行動パターンと放牧地利用については従来の現地調査手法が存在する。今までの研究ではまず、調査地で家畜ウマに GPS を装着させて GPS データを取得する。ついで、家畜ウマが利用したと思われる地点 (GPS グランドシグナル) で植生調査を行う。このようなプロセスで解析をしてきた。しかし、これでは実際に家畜ウマの放牧地における草種の特が難しく、採餌のパターンなどが分からない。そこで、本研究では GPS データを取得後、直ちに GPS を付けた家畜ウマが利用した地点を特定し、準リアルタイムな追跡調査を行い、どのような草種をどれくらい食べたか、どこで休んだかなど細かい調査が可能となる準リアルタイムな家畜の衛星追跡調査手法を提案した。

### 1.3 研究目的

研究の目的はモンゴル国における家畜ウマの放牧地利用と行動パターンを把握し、草原の適切な利用方法を提案することである。

## 2. 研究手法

### 2.1 研究対象地

研究対象地は Fig. 1 で示したように、モンゴル国の首都ウランバートルから南西に 75 km に位置するトゥブ (Tov Aimag) 県のトーラ川周辺を調査地 1 とした。調査地 1 では 7 月の平均気温が最高で 20.0℃ を記録し、1 月が最小で -24.5℃ である。年平均降水量は 238.6 mm で、月降水量は 7 月の 56.6 mm が最大で、1 月の 3.8 mm が最小値である。

首都ウランバートルから南西に約 375 km に位置するウブスハンガイ (Ovorhangay Aimag) 県のオ

ルホン川周辺の地域を調査地 2 とした。調査地 2 は 7 月の平均気温が 17.2℃ で、1 月の平均気温が -21.1℃ である。年平均降水量は 242.5 mm で、月降水量は 7 月の 77.0 mm が最大値で、12 月の 1.8 mm が最小値である。

両サイトで、年平均降水量が 6 月、7 月、8 月の 3 ヶ月間で全体の約 60% を占めていることが Fig. 2 からわかる。モンゴル国のような乾燥地域において植生は降水量に反映される。このことから、モンゴル国における 6 月、7 月、8 月は牧草の生長にとって 1 年で最も良い季節である。

### 2.2 使用するデータおよび機材

本研究で使ったデータは下記のようなものである。

#### ・人工衛星画像データ：

調査地 1, LANDSAT TM 2010 年 08 月 23 日撮影

調査地 2, LANDSAT ETM+ 2010 年 08 月 20 日撮影

LANDSAT TM の観測波長帯と地上分解能を Table 1 に示した。LANDSAT TM の回帰頻度は 16 日である。

LANDSAT ETM+ の観測波長帯と地上分解能を Table 2 に示した。LANDSAT ETM+ の回帰頻度は同じく 16 日である。

#### ・GPS ロガー：LOCOSYS 社製 GT-31 (家畜ウマに装着するために使用する)

位置精度 10 m 2DRMS (10 m を半径とする円内に 95% の測位点が入る)

#### ・PDA (携帯情報端末)：HP 社製 iPAQ 212 Enterprise Handheld

#### ・TDR 土壌水分計 (12 cm)

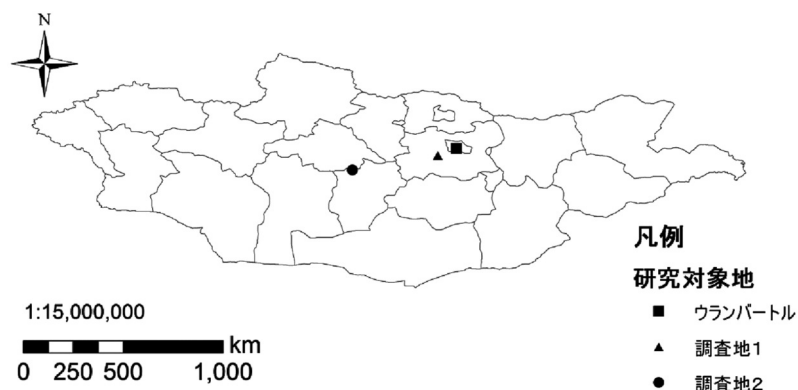


Fig. 1 研究対象地の位置 (モンゴル国全体図)

調査地 1：トゥブ県 (緯度 47°34'9.78"N 経度 106°1'34.99"E)

調査地 2：ウブスハンガイ県 (緯度 46°52'18.08"N 経度 102°12'17.58"E)

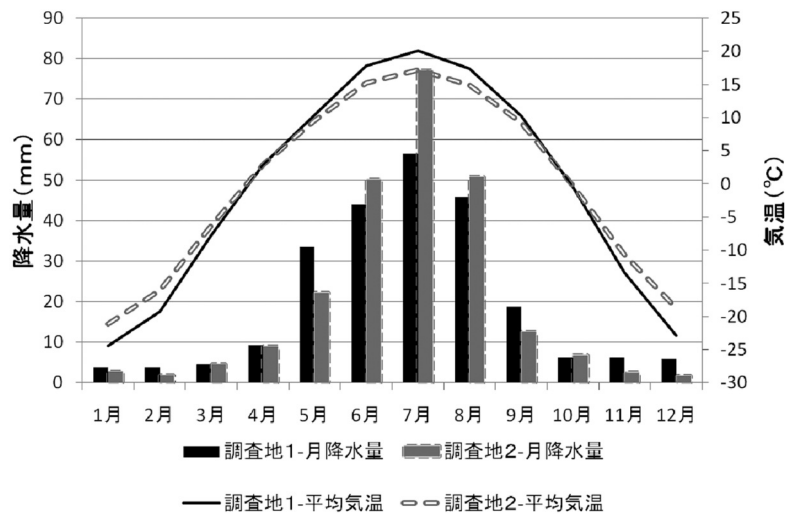


Fig. 2 各調査地の気象データ (2000 年～2009 年までの集計)

Table 1 LANDSAT TM の観測波長帯と地上分解能

	観測波長帯( $\mu\text{m}$ )	主な活用例	地上分解能(m)
Band1	0.45-0.52 青色域 Blue	土壌の分布, 植生の区分, 広葉樹と針葉樹の区別	30
Band2	0.52-0.60 緑色域 Green	植生区分と活性評価	30
Band3	0.63-0.69 赤色域 Red	植生区分と活性評価	30
Band4	0.76-0.90 近赤外域 NIR	陸域と水域の区分, バイオマス調査	30
Band5	1.55-1.75 短波長赤外域 SWIR	土壌の含水率	30
Band6	10.4-12.5 熱赤外域 TIR	土壌水分の推定	120
Band7	2.08-2.35 短波長赤外域 SWIR	植物の含水率の推定, 雲と積雪域の区分	30

Table 2 LANDSAT ETM+ の観測波長帯と地上分解能

	観測波長帯( $\mu\text{m}$ )	主な活用例	地上分解能(m)
Band1	0.45-0.52 青色域 Blue	広葉樹と針葉樹の区分	30
Band2	0.52-0.60 緑色域 Green	地表構造物の識別, 水質など	30
Band3	0.63-0.69 赤色域 Red	陸域と水域の区分	30
Band4	0.76-0.90 近赤外域 NIR	陸域と水域の境界線の抽出や地質構造の判読	30
Band5	1.55-1.75 短波長赤外域 SWIR	雲と積雪域の区分	30
Band6	10.4-12.5 熱赤外域 TIR	植物と土壌の水分含有率の推定	60
Band7	2.08-2.35 短波長赤外域 SWIR	水域と雲の識別	30
Band8	5.20-9.00 バンクロマティック		15

### 2.3 本調査手法

本研究はモンゴル国において家畜ウマの行動及び草原利用に関するリアルタイムデータの取得, データ変換, 追跡調査を可能とする新たな調査手法を提案し, 家畜ウマの夜間放牧の行動追跡調査を行った。なお, 調査日は調査地 1 で 6 月 28 日, 調査地 2 で 7 月 4 日に実施した。

#### 2.3.1 GPS データの取得

現地における家畜ウマの GPS データの取得は, GPS ロガーが 60 秒に 1 回の頻度でデータ (緯度, 経度, 時間, 速さ (km/h), 高度 (m)) を取得するように設定した。この GPS ロガーを家畜ウマに装着し夜間放牧ののち, 翌朝 GPS ロガーを回収するという方法で実施した。これまでのデータ取得方法は従来の調査手法と同じである。

調査地 1 は 7 歳の雌ウマ (クリーム色) に GPS ロ

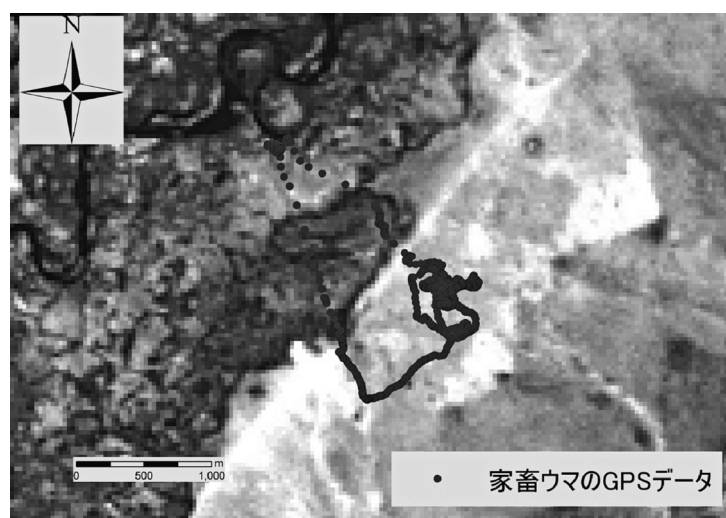


Fig. 3 調査地 1 の家畜ウマの GPS データ

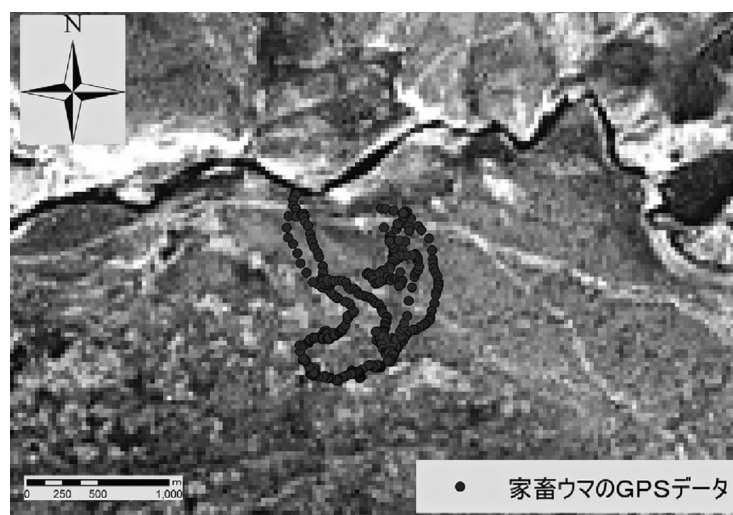


Fig. 4 調査地 2 の家畜ウマの GPS データ (河川はオルホン川)

ガーを 20:15 から 07:20 まで装着し、調査地 2 では 4 歳の雄ウマ(クリーム色)に GPS ロガーを 20:10 から 07:25 まで装着したデータを取得した。Fig. 3 は実際に調査地 1 にて取得できた GPS データである。Fig. 4 も同様に調査地 2 にて取得できたデータである。

### 2.3.2 準リアルタイムで確実に取得できる放牧利用地点、及び利用した植物種の特定制

GPS データを取得後、すぐにモバイル PC で GPX ファイルフォーマットを Shp ファイルフォーマットに変換する。変換した Shp ファイルデータをあらかじめ ESRI 社製の Arc Pad がインストールされている PDA(携帯情報端末)にインプットする。PDA は GPS とリンクさせる (GPS を Active にす

る) ことで現在位置が表示される。Arc Pad 上で現在位置を確認し、家畜ウマの行動ポイントを追跡する。なお、GPS データのポイントは 60 秒に 1 回の頻度で取得しているため、歩いているか、走っているか、止まって採餌しているかを判別でき、GPS ポイントの密集している地点を長時間利用している放牧地として特定できる。また、準リアルタイムな現地調査で家畜ウマの足跡を確認することで、利用した牧草の植物種まで特定できる。これらの作業を迅速に行うことで他の家畜や動物の影響を受ける前に放牧利用地の調査、植物種の同定を行うことができ、モンゴルのような非常にフラットな地域ではとても有効な手法である。

### 2.3.3 プロットの植生調査

2.3.2によって特定した地点を(1m×1m)のコドラート法を用いて、植物種の同定、植物のバイオマス(g/m<sup>2</sup>)、土壌水分量(%)を計測した。調査地1では2010年06月29日に2つのプロットを、調査地2では2010年07月04日に1つのプロットで植生調査を実施した。この植生調査によってGPSを付けた家畜ウマが確実に利用した放牧地点の植物種の同定、バイオマス利用量、放牧地周辺の土壌水分量を計測することができた。

### 2.4 GISを用いた行動パターンの解析

GISソフトウェアのESRI社製Arc GISとエクステンションツールであるHawth's Analysis ToolsとリモートセンシングソフトウェアのITT社製のENVIを用いて、人工衛星画像(LANDSAT TMおよびETM+)とGPSデータを使用して解析した。

まず、ENVIを用いて人工衛星画像(LANDSAT TMおよびETM+)を解析し、正規化植生指数(NDVI)を計算する。正規化植生指数(NDVI)は、以下の式で表される。

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

(NIR=近赤外光反射率 Red=赤色光反射率を示す。)

NDVIは、植物の葉が赤色光(Red)を吸収し、近赤外の光(NIR)を強く反射する性質を利用した指数である。NDVIは光合成の活性、植被率、葉面積指数、バイオマス、クロロフィル量の計算に用いる植物の光合成活性度を示した指数である<sup>10)</sup>。Arc GISによる解析画像と2.3.1で取得したGPSデータを重ねることによって家畜ウマの行動パターンが明確になる。

### 2.4.1 家畜ウマが利用した NDVI ピクセル値

Arc GISを用いて人工衛星画像と家畜ウマ行動のGPSデータを重ねる。このGPSデータは60秒に1回の頻度でポイントデータを取得しているため、それぞれのポイントのNDVIのピクセル値を抽出することによって、家畜ウマが移動した軌跡のNDVI値がわかる。これにより、家畜ウマが好む牧草のNDVI値の閾値を求めることが可能である。

### 2.4.2 家畜ウマの行動範囲の特定

Hawth's Analysis Toolsではポイントのデータをポリゴンデータに変換することができ、行動範囲の面積の集計も可能である。このHawth's Analysis Toolsを用いて、ポイントのデータであるGPSデータをポリゴン化して、家畜ウマの行動面積を集計する。この面積は家畜ウマの夜間の行動範囲となる。

### 2.4.3 家畜ウマ行動パターンの解析

Arc GISを用いて人工衛星画像とGPSデータを重ね、人工衛星1ピクセル(30m×30m)内にGPSデータのポイント(グランドシグナル)が何点カウントされているかを算出する。このカウント数が多ければ多いほど家畜ウマは同じ区画を長時間利用していることになる。

## 3. 研究結果と考察

### 3.1 家畜ウマ行動圏における植生調査の結果

Fig.5は各調査地点の植生調査の結果である。このプロットはGPSデータを装着した家畜ウマが利用した場所であり、実際に採餌した場所である。Fig.5では全体のバイオマスを黒色の棒で家畜ウマの好むバイオマスを斜線の棒で、それぞれ棒グラフで表した。破線グラフは土壌水分量である。Riを植物種

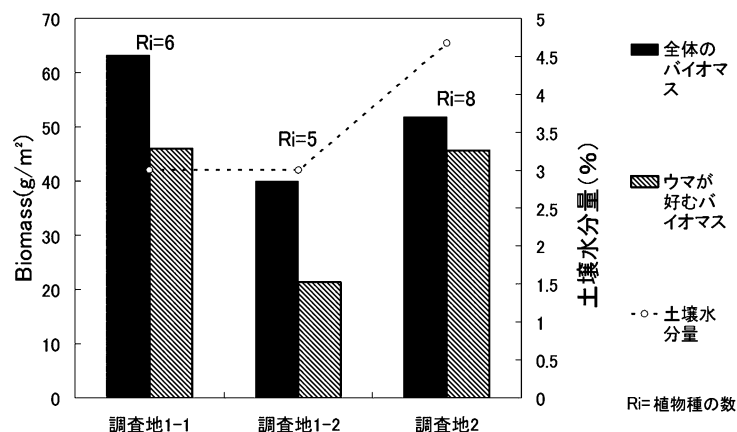


Fig. 5 調査地別の植生調査の結果

の数（種の多様性）とした。家畜ウマが実際に利用している植物種は食べ残しや半分噛んだ場所を特定することにより，同定することに成功した。Table 3 と Table 4 は調査地 1-1 の植生種数とバイオマス量を示した。同様に Table 5 と Table 6 は調査地 1-2，Table 7 と Table 8 は調査地 2 の種数とバイオマス量を示した。Table 9 は家畜ウマの代表的な好みの

植物をまとめたリストである。これらを参考に各地点の植生調査の結果を見ると，本調査地において家畜ウマが好む植物は主に *Stipa krylovii* Roshev（イネ科ハネガヤ属），*Cleistogenes squarrosa* (trin). Keng（イネ科チョウセンノガリヤス属），*Carex duriuscula* C. A. Mey（カヤツリグサ科スゲ属）の三種であることがわかった。全体のバイオマスと家

Table 3 調査地 1-1 の植生調査結果

日付 2010,06,28			調査地 1-1		
緯度 N 473409,8			土壌水分量, 3 %, 3 %, 3 %		
経度 E 1060134,9			高度, 1138 m		
	植物の学名	被度(%)	草丈(cm)	葉の丈(cm)	動物の影響
1	<i>Stipa krylovii</i> Roshev	10	33.2	4	受けていない
2	<i>Cleistogenes squarraso (trin).</i> Keng	5		5.5	受けていない
3	<i>Ĭxytropis sp (Pall)</i>	0.02		6	受けている
4	<i>Carex duriuscula</i>	2		16	受けている
5	<i>Chenopodoum album</i> L	0.01		2.3	受けている
6	<i>Ptilotrichum canescens</i> C. A. Mey	0.001		3.4	受けている

Table 4 調査地 1-1 の種別バイオマス

調査地 1-1	バイオマス(g/m <sup>2</sup> )
<i>Stipa krylovii</i> Roshev	20.5
<i>Cleistogenes squarrosa</i> (trin). Keng	9.8
<i>Ĭxytropis</i> sp (Pall)	7.5
<i>Carex duriuscula</i> C. A. Mey	8.2
<i>Chenopodoum album</i> L	9.8
<i>Ptilotrichum canescens</i> C. A. Mey	7.4

Table 5 調査地 1-2 の植生調査結果

日付 2010,06,28			調査地 1-2		
緯度 N 473408,9			土壌水分量, 3 %, 3 %, 3 %		
経度 E 1060135,6			高度 1138 m		
	植物の学名	被度(%)	草丈(cm)	葉の丈(cm)	動物の影響
1	<i>Stipa krylovii</i> Roshev	18	28	15	受けていない
2	<i>Cleistogenes squarraso (trin).</i> Keng	4	6.5	5.5	受けていない
3	<i>Carex duriuscula</i>	3.7	8	6.2	受けている
4	<i>Artemisia frigida</i> Willd	7	9.5	3.2	受けている
5	<i>Allium anisopodium</i> Ldb	0.02		13.5	受けている

Table 6 調査地 1-2 の種別バイオマス

調査地 1-2	バイオマス(g/m <sup>2</sup> )
<i>Stipa krylovii</i> Roshev	10.4
<i>Cleistogenes squarrosa</i> (trin). Keng	5.7
<i>Carex duriuscula</i> C. A. Mey	5.2
<i>Artemisia frigida</i> Willd	11.5
<i>Allium anisopodium</i> Ldb	7.3

Table 7 調査地 2 の植生調査結果

日付 2010,07,05			調査地 2		
緯度 N 4687146			土壌水分量, 5 %, 5 %, 4 %		
経度 E 10220473			高度 1715 m		
	植物の学名	被度 (%)	草丈 (cm)	葉の丈 (cm)	動物の影響
1	<i>Stipa krylovii</i> Roshev	18	22.3	11.5	受けていない
2	<i>Cleistogenes squarraso (trin). Keng</i>	1		4.2	受けていない
3	<i>Agropyron cristatum (L) P. B.</i>	0.2		7	受けていない
4	<i>Carex duriuscula</i>	8		8.6	受けている
5	<i>Artemisia frigida Willd</i>	0.02		5	受けていない
6	<i>Allium anisopodium Ldb</i>	0.01		5	受けている
7	<i>Arenaria formosa Fisch</i>	0.5			受けていない
8	<i>Iris tigridia Bge</i>	0.01		5	受けている

Table 8 調査地 2 の種別バイオマス

調査地 2	バイオマス (g/m <sup>2</sup> )
<i>Stipa krylovii</i> Roshev	25.2
<i>Cleistogenes squarrosus</i> (trin). Keng	6.4
<i>Agropyron cristatum</i> (L) P. B.	0.3
<i>Carex duriuscula</i> C. A. Mey	13.8
<i>Artemisia frigida</i> Willd	0.002
<i>Allium anisopodium</i> Ldb	0.002
<i>Arenaria formosa</i> Fisch	6.2
<i>Iris tigrisia</i> Bge	0.002

Table 9 家畜ウマの好む代表的な植物の学名

家畜ウマが好む植物の学名	
<i>Achnatherum splendens</i> (Trin) Nevski	<i>Elymus chinensis</i> (trin). Keng
<i>Agropyron cristatum</i> (L) P. B.	<i>Festuca Lenensis</i> Drob
<i>Astragalus tenuis</i> Turcz	<i>Ėxytropis</i> sp (Pall)
<i>Bupleurum bicaule</i> Helm	<i>Koeleria gracilis</i> (Ldb) Schult.
<i>Carex duriuscula</i> C. A. Mey	<i>Poa attenuata</i> Trin.
<i>Cleistogenes squarrosus</i> (trin). Keng	<i>Potentilla bifurca</i> L
<i>Echinops latifolius</i> Tausch	<i>Stipa klementzii</i> Roshev
	<i>Stipa krylovii</i> Roshev

畜ウマが好むバイオマスに注目してみると、家畜ウマが好むバイオマスの割合は、調査地 1-1 は 72.8%, 1-2 は 53.1%, 調査地 2 は 88.0% となり、調査地 1 の 2 つのプロットよりも調査地 2 のプロットの割合が多くなる結果となった。土壌水分量は、調査地 1-1 では 3.00%, 1-2 でも 3.00%, 調査地 2 では 4.67% となった。植物種数は調査地 2 が最も多い 8 種類という結果となった。

調査地 1-1 では全体のバイオマスが高くなる結果を示した。しかし、全体のバイオマスと家畜ウマが好むバイオマスに 17.2 g/m<sup>2</sup> の差がみられた。土壌

水分量が 3.00% しかない場所では植物の生育が制限されるため、植物種数が少ないと考えられる。

調査地 1-2 は調査項目のすべてで最も低い結果を示した。この地点は過放牧による草原の劣化が進行しておりバイオマスの低下と種数の減少がみられる。

調査地 2 は家畜ウマの好むバイオマスの割合が最も高く、植物種数、土壌水分量も高い結果となった。この地点は 2000 年から 2009 年までの降水量が調査地 1 よりも高く土壌水分の条件が良いといえる。家畜の利用（植物を踏んだりするなど）によっ

て家畜が食べない耐寒性優先種が圧倒的に生長することを抑制し、植物の生育に恵まれている条件により、異なる植生が生えるチャンスが与えられ、このような結果になったと考えられる。

### 3.2 GIS を用いた行動パターンの解析結果

Fig. 6 は調査地 1 にて取得した GPS データと調査地 1 の人工衛星画像 (LANDSAT TM, 地上分解能 30 m, 2010 年 8 月 23 日撮影) と植生調査地とを重ねたマップである。Fig. 6 で示したように、植生調査をした 2 地点では GPS ポイント (黒丸) の密集していることがわかる。GPS データは 60 秒で 1 ポイントデータを取得するためポイントが密集しているということは家畜ウマがその放牧地を集中して利用していると読み取ることができる。一方、GPS データのポイント間隔の広い地点 (グレーの丸) は家畜ウマの移動を示しており植生を求めて移動していると読み取ることができる。家畜ウマは植生の豊かな地点を求めて移動するが、調査地 1-2 周辺の NDVI は高い。しかし、家畜ウマは黒丸で示した NDVI が 0 ~ 0.1 の地点を利用している。これは、調査地 1-2 周辺にはトーラ川が流れていてその周辺を木本 (河畔林) が繁茂しており、その木本が NDVI を引き上げているためである。家畜ウマは柔らかい新鮮な草を求め移動し、そして唇で採食するので喜食する植生が分布する地域において最も良い地点を選別して利用していることがわかった。

Fig. 7 は同様に調査地 2 にて取得した GPS データと調査地 2 の人工衛星画像 (LANDSAT ETM+, 地上分解能 30 m, 2010 年 8 月 20 日撮影)

と植生調査地とを重ねたマップである。黒丸で示した地点にポイントが密集していることがわかる。これは、Fig. 6 の黒丸で示したものと同様に放牧地を利用していることがわかる。しかし、1 箇所にとずっと長時間滞在するのではなく、グレー色の丸で示した地点へ移動していることがわかる。グレーの丸の地点には川が流れており、このように家畜ウマは満腹になるまで 1 箇所滞りし、そのあと水場を求めて移動することがいえる。

Table 10 に本調査で取得した GPS データをまとめた。

#### 3.2.1 GPS のポイント抽出結果

Fig. 8 は人工衛星画像を解析し NDVI で表した画像に GPS データを重ね、GPS データポイントと重なる NDVI 値をヒストグラム化し表したものである。ヒストグラムのピークが右側にいくほど家畜ウマの放牧ルートの植生が活性化していることを示す。NDVI は調査地 2の方が高い傾向を示し、植生が活性化していることがいえる。この理由は植物にとって降水量、土壌水分量の多い調査地 2 は調査地 1 と比べて植物の生育環境が良くこのような結果になったと考えられる。

#### 3.2.2 Hawth's Analysis Tools を用いた行動面積の解析結果

Fig. 9 は Arc GIS のエクステンションとして提供されている Hawth's Analysis Tools を用いて、GPS データから行動面積をポリゴン化したマップである。

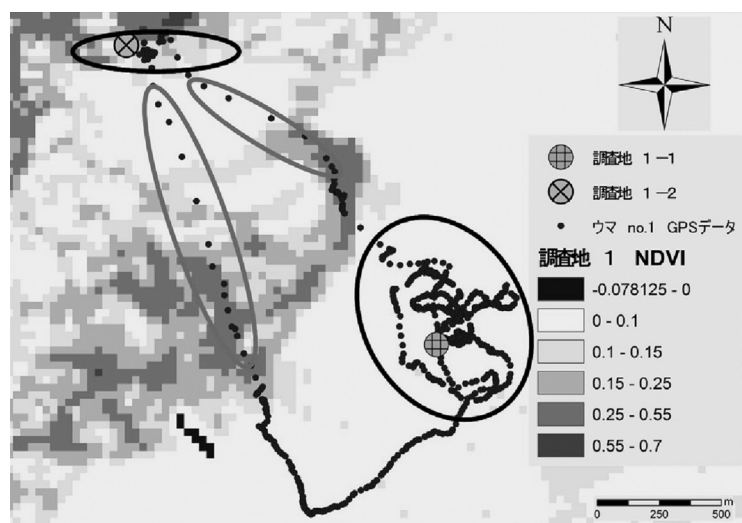


Fig. 6 正規化植生指数 (NDVI) で表した人工衛星画像 (LANDSAT TM) に調査地 1 の GPS データ、植生調査地のポイントを重ねたマップ



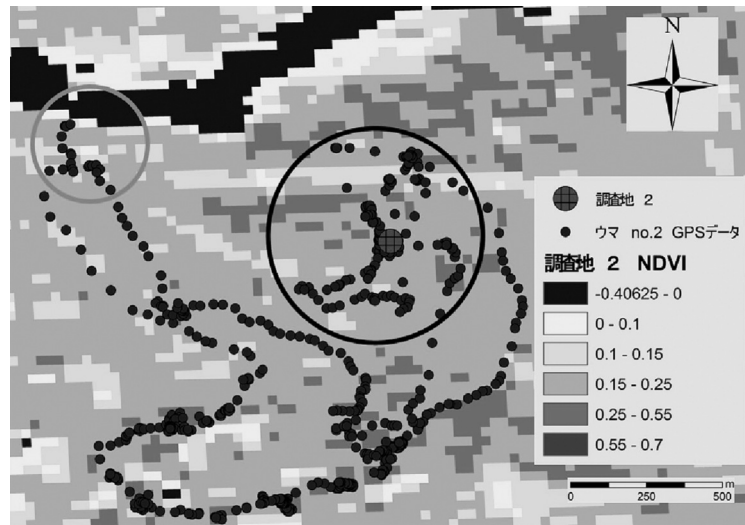


Fig. 7 正規化植生指数（NDVI）で表した人工衛星画像（LANDSAT ETM+）に調査地 2 の GPS データ、植生調査地のポイントを重ねたマップ

Table 10 各調査地の GPS データ

		調査地 1	調査地 2
家畜放牧	合計放牧時間	11 : 41 : 16	11 : 11 : 40
	行動面積 (km <sup>2</sup> )	1.47	1.08
	周囲長 (km)	5.28	3.93
速さ (km/h)	MEAN	1.18	1.55
	MAX	13.70	13.90
	MIN	0.00	0.00
	MEDIAN	0.80	1.00
高度 (m)	MEAN	1,135.32	1,695.66
	MAX	1,154	1,746
	MIN	1,117	1,474
	MEDIAN	1,137	1,696
正規化植生指数 (NDVI)	MEAN	0.13	0.17
	MAX	0.67	0.55
	MIN	-0.08	-0.84

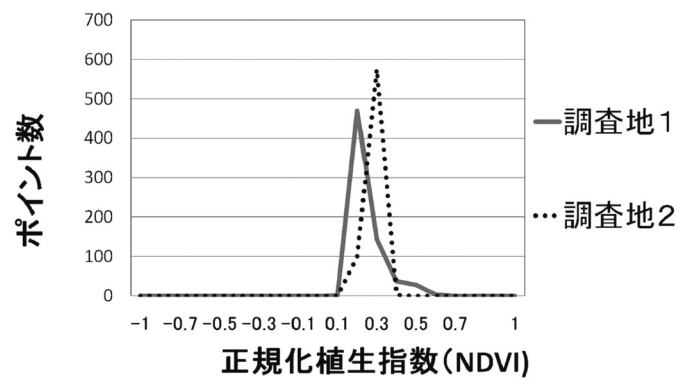


Fig. 8 各調査地の正規化植生指数（NDVI）のヒストグラム

Fig. 10 は同様に調査地 2 の行動面積をポリゴン化したマップであり、これらの行動面積を比較した棒グラフが Fig. 11 である。Fig. 11 に示すとおり、調査地 1 の行動面積の方が調査地 2 より  $0.39 \text{ km}^2$  広域になっている。このような結果になった理由は、調査地 1 の植生は調査地 2 に比べて貧弱で、より広範囲に移動しなければ満腹にエサを取得できないためであると考えられる。調査地 2 はあまり移動をしなくても十分にエサの取得ができるため狭い範囲で行動しているといえる。

### 3.2.3 人工衛星画像 1 ピクセル内における GPS データポイントのカウンタ数解析の結果

Fig. 12 は Arc GIS を用いて調査地 1 の人工衛星画像 (LANDSAT TM) を NDVI で表したマップと GPS データを重ねて、人工衛星 1 ピクセル ( $30 \text{ m} \times 30 \text{ m}$ ) 内に GPS データのポイントがいくつカウントされているかを抽出したものである。白黒で表して、カウンタ数が多くなると黒色になっていくように表した。調査地 1 ではカウンタ数が最大 24 個になり、1つの  $900 \text{ m}^2$  区画を 24 分間利用していたことになる。

Fig. 13 は Fig. 12 と同様に調査地 2 を解析したマップである。調査地 2 はカウンタ数が最大 52 個に

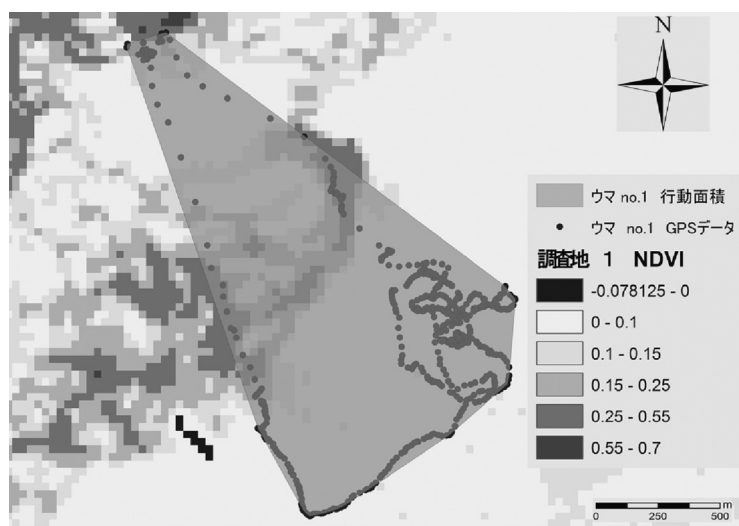


Fig. 9 正規化植生指数 (NDVI) で表した人工衛星画像 (LANDSAT TM) に調査地 1 の放牧面積をポリゴン化し、GPS データを重ねたマップ

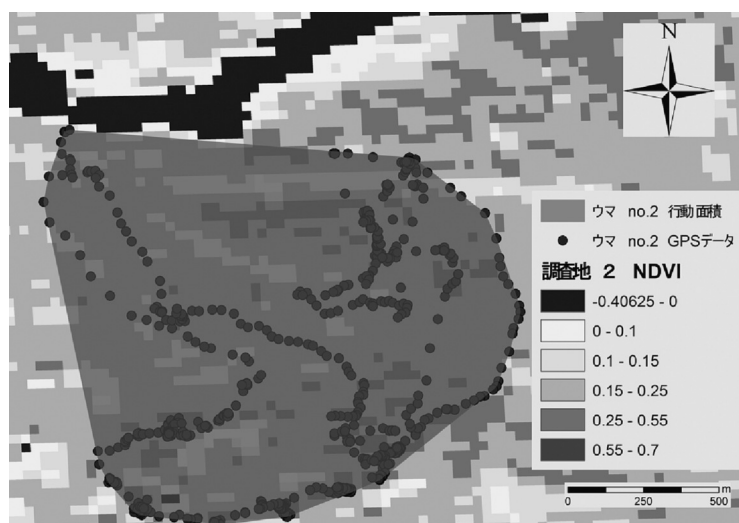


Fig. 10 正規化植生指数 (NDVI) で表した人工衛星画像 (LANDSAT ETM+) に調査地 2 の放牧面積をポリゴン化し、GPS データを重ねたマップ

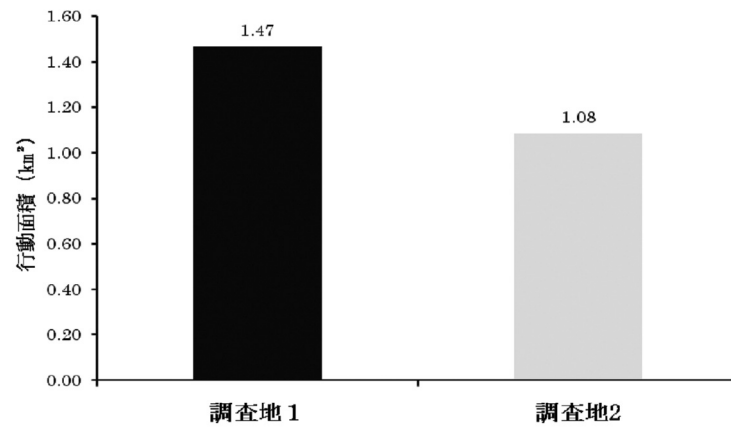


Fig. 11 調査地別の行動面積

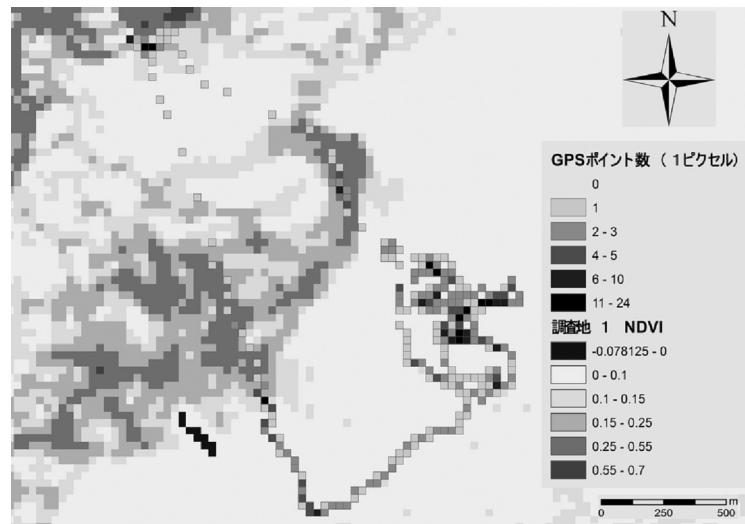


Fig. 12 調査地 1 で人工衛星画像 (LANDSAT TM) の 1 ピクセル (30 m×30 m) 内に GPS データのポイント (60 秒に 1 ポイント) がいくつかカウントされているのかを集計したマップ

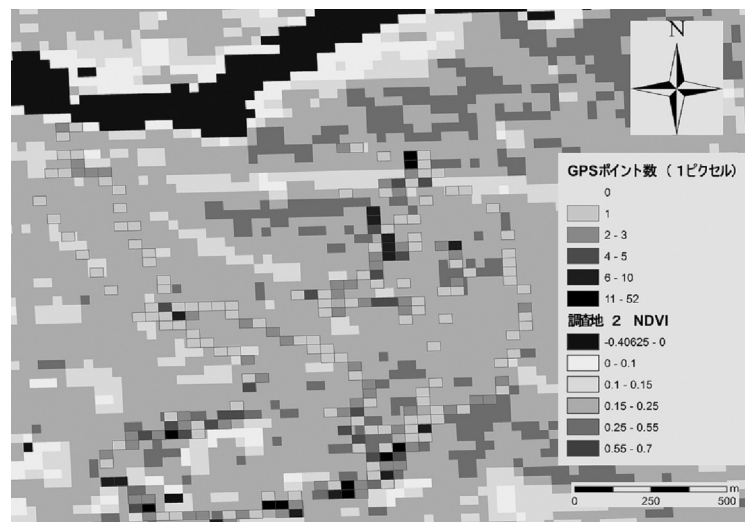


Fig. 13 調査地 2 で人工衛星画像 (LANDSAT ETM+) の 1 ピクセル (30 m×30 m) 内に GPS データのポイント (60 秒に 1 ポイント) がいくつかカウントされているのかを集計したマップ

なり、1つの900 m<sup>2</sup>区画を52分間利用したことになる。

これらの結果から、家畜ウマは植生の豊富な地点を長時間利用することがわかった。調査地2は調査地1と比べて約2.1倍も長く利用していることから家畜ウマにとって好条件であると推測できる。

### 3.3 考察

6月から8月までの降水量が多い調査地2は植生に恵まれていて植生の活性が良く、バイオマス量が豊富である。一方調査地1は調査地2と比べると植物の活性が悪い。これら環境の異なる地域の調査から植生の活性度の高い地域の家畜ウマの行動パターンと活性度の低い地域の行動パターンを解析することができた。植物の活性度の良い調査地2は、家畜ウマの好むバイオマスの割合が88.0%で、植物種の数も8種類と高い値を示し、家畜ウマにとって放牧条件の良い地域であることがわかる。放牧条件の良い地域で放牧された家畜ウマは1箇所の地点で満腹になるまで好みの植生を食べて、水場を求めて移動するという行動パターンをしたと考えられる。植生の活性度の低い調査地1は好みの植生を求めて徐々に移動し、満腹になるまでずっと草を求めて歩く。満腹になると水場を求めてまた移動するという行動パターンであると考えられる。本研究調査手法は首輪とGPSロガーを回収することができればどの家畜にも応用ができる。したがって今後はウマと共に他の家畜（ウシ、ヒツジ、ヤギ、ラクダ）のデータを取得し解析、蓄積をすることで遊牧民の放牧管理方法を提案していくことが望ましいと考える。過放牧によって土地の劣化の傾向へ進んでいるモンゴル国において持続可能な遊牧方法に向けた家畜行動パターンのデータベース構築のために本調査手法は有効な調査手法であると示唆された。

なお、今回は調査地がモンゴル国のようなフラットな地域でGPSの精度の高いし、追跡しやすい地域であったが、日本のような複雑な地形を持つ地域を対象地とした場合、準リアルタイム的な追跡調査が困難となることも想定できる。

## 4. ま と め

本研究の調査手法は従来の調査手法で取得が困難であったGPSを付けた家畜ウマ自体が利用した放牧地点を確実に準リアルタイム的に特定することができた。特定後すぐに、この特定した放牧利用地を調査することにより、GPSを付けた個体が実際に食べた植生を調査可能にした。実際に調査、解析をし

て家畜ウマの好む植物を同定、行動範囲、および最も長く利用した放牧地の区画を解析することができた。

## 謝 辞

モンゴル国現地調査にて家畜ウマについてご教授いただいたモンゴル国立大学のバトゥサイハン教授、酪農学園大学特任教授のガンゾリグ博士、モンゴル国にて植生調査をご教授いただいた国立モンゴル農業大学オユン教授、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のおかげでこの研究を進めることができました。深く感謝申し上げます。

## 参 考 文 献

- 1) 青木信治, 橋本勝 (編) (1992), 入門モンゴル国. 平原社, p. 277, 東京.
- 2) 小野寺有 (2008), 「モンゴル遊牧民の草原劣化に対する環境意識と土地利用」, 北海道大学大学院環境科学院修士論文.
- 3) Sugita, M., J. Asanuma, M. Tsujimura, S. Mariko, F. Kimura, D. Azzayaa, Ts. Adyasuren (2007), Rangelands Atmosphere-Hydrosphere-Biosphere Interaction Study Experiment in northeastern Asia (RAISE). Rangelands Atmosphere-Hydrosphere-Biosphere Interaction Study Experiment in northeastern Asia -Highlights of the RAISE Project. Bulletin of the Terrestrial Environmental Research Center, University of Tsukuba, No. 8, p. 116.
- 4) Batima. P (2005), AIACC Working Paper, 12. p. 9-26.
- 5) 吉井英治 (2008), 「モンゴルの半乾燥草原地域において放牧が炭素動態に与える影響」, 筑波大学大学院環境科学研究科修士論文.
- 6) 小長谷有紀 (2007), 「モンゴル牧畜システムの特徴と変容」『E-journal GEO』Vol.2(1), p. 34-42.
- 7) 矢吹佳澄絵 (2009), 「モンゴル国における家畜ウマの行動パターンとその環境利用」, 酪農学園大学環境システム学部生命環境学科学部論文.
- 8) 工藤陽太 (2008), 「モンゴルの遊牧と長期的土地利用について」, 酪農学園大学環境システム学部生命環境学科学部論文.

- 9) 星野仏方 (2010), 「地球温暖化に左右されるモンゴル高原の遊牧文化③」, 酪農ジャーナル 6 月号 p. 46-47.
- 10) 長澤良太・原慶太郎・金子正美編 (2007), 自然環境解析のためのリモートセンシング・GIS ハンドブック, 古今書院, 東京.

### 要 約

本研究は、モンゴル国において家畜ウマ (*Equus caballus*) の行動パターンと放牧地利用を調査するための新たな調査手法の提案をした。従来の手法では、GPS を装着した家畜ウマが放牧利用した地点をリアルタイムに現地調査することができなかった

が、本研究の調査手法は放牧に利用した地点を確実にリアルタイムに特定することができた。この新たな調査手法を用いてモンゴル国トウブ県とウブスハンガイ県において家畜ウマの行動パターンと放牧地利用の解析を行った。その結果、植物の活性度の高い放牧地は低い放牧地より家畜ウマの行動面積が 0.39 km<sup>2</sup> 狭く、1 つの区画を 2.1 倍長く利用していることがわかった。すなわち、植物の活性度の高い地域で放牧された家畜ウマは好みの植生が十分にあるので 1 箇所ですべての腹になるまで長い時間好みの植生を食べ、その後移動するという行動パターンを取るためにこのような結果になったと考えられる。

### Abstract

This study proposed a new approach to land use patterns and behavior of the domestic horses (*Equus caballus*) grazing in Mongolia. The conventional methods are not able to areas to investigate in real time using a GPS equipped domestic horse; the new method could allow it. Analyzed land use patterns and behavior of the domestic horses grazing by using results from a new approach in Mongolia. As a result, highly active plant area smaller than low active plant area 0.39 km<sup>2</sup> to the same place using 2.1 times longer. Highly active plant area use the same place there is enough vegetation like a domestic horse, would not be little movement.