

リモートセンシング技術を用いたモンゴルの退化草原における ブランドハタネズミ (*Microtus brandti*) の生息地評価

澤 向 麻里絵^{1)*}・星 野 仏 方²⁾・スミヤ ガンゾリグ²⁾・浅 川 満 彦³⁾

The habitat evaluation of Brandt's Vole (*Microtus brandti*)
in Mongolian degenerated pastureland using remote sensing method

Marie SAWAMUKAI^{1)*}, Buho HOSHINO²⁾, Sumiya Ganzorig²⁾ and Mitsuhiro ASAKAWA³⁾

(Accepted 14 January 2011)

1. はじめに

モンゴル国における草原の退化、及び砂漠化の駆動力 (driving force) は気候変動と過放牧によるものであることが明らかになってきた¹⁾。特にトール河 (Tuul River), オルホン河 (Orkhon River), 及びケレルン河 (Kherlen River) のような大河川流域の山地ステップでは、土地の退化と砂漠化が進行し、最近の十数年間で著しく後退している²⁾。こうした地域では、小型哺乳類動物のブランドハタネズミ (*Microtus brandti*, 以降ハタネズミ) が生息域を拡大している。ハタネズミは草丈が比較的短く、乾燥化や過放牧によって退化した草原にしか分布しない³⁾。ハタネズミの生息地になっている草原では、ハタネズミの生息によって、家畜が好まない植物の *Artemisia frigid*, *Artemisia Adamsii*, 及び *Chenopodium album L.*, ばかりが茂って、またネズミの巣穴に家畜の足がはまり、骨折することが度々あるので、遊牧民は昔からハタネズミを嫌い、駆除してきた^{3),4),5)}。一方で、生態学的な面から考えると、ハタネズミの生息によって、そのコロニーを中心に退化した草原の植生が、徐々に回復している傾

向が見られ、ハタネズミのコロニーでは土壌がやわらかく、植物種の多様性やバイオマス量がパッチ状に一時減少するが、長期的にみれば増加の傾向にあるということが分かってきた⁶⁾。我々の 2010 年の調査でも、草原が非常に退化し砂漠化している場所では、ハタネズミのコロニーであった場所だけがパッチ状に植物が残っていることが確認できた (図 1)。

図 2 は、げっ歯類の生息地における植物群落の種の構成を示している。図 2 から分かるように、ハタネズミは主に重度の過放牧の草原に生息し、軽度の過放牧地域と過度の過放牧地域 (砂漠) にはほとんど生息していないことが明らかになっており⁷⁾、ハタネズミが主に生息している重度の過放牧地域の植物群落は *Artemisia frigida*, *Potentilla acaulis*, 及び *Cheistogenes squarrosa* などで構成している。また図 3 は、異なる土地利用地域におけるハタネズミの個体数密度と植物バイオマス量との関係を示した。ハタネズミは人間の影響が多い退化した草原 (winter place, well) に多く分布し、人間の影響がほとんどない場所 (fenced area) には分布していないことがわかる。例えば、トール河流域の遊牧民は夏の間河の兩岸の低地をよく使用している。その際



図 1. 2010 年現地調査におけるハタネズミの生息地 (円はハタネズミのコロニーである)

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, RakunoGakuen University, 582 Bunkyodai-Midorimachi, Ebetsu, Hokkaido 068-8501, Japan

²⁾ 酪農学園大学環境システム学部生命環境学科
Department of Biosphere and Environmental Sciences, Faculty of Environment Systems, RakunoGakuen University, 582 Bunkyodai-Midorimachi, Ebetsu, Hokkaido 068-8501, Japan

³⁾ 酪農学園大学獣医学部感染・病理教育群
Department of Pathobiology, School of Veterinary Medicine, Rakuno Gakuen University, 582 Bunkyodai-Midori-cho, Ebetsu, Hokkaido 069-8501, Japan



図 2. げっ歯類生息地における草原植生群落の構成と過放牧との関係⁷⁾

間を利用して、ハタネズミは河から数十キロ離れた地形が比較的高い、山地ステップの退化草原（越冬地付近）で生息地を広げている。すなわち、ハタネズミは重度や過度の過放牧地域である越冬地付近や井戸（冬の水場）で最も高い分布を示しているが、保護柵の中や草丈の高い良い草原では全く確認されていないということだ。

以上を踏まえて、ハタネズミは退化した草原に生息し、遊牧民の家畜との間に“進退ゲーム”をして草原に影響を与えていると考えられる。そこで、本研究は、ハタネズミがどのような場所に生息し、生息地周辺の生態と環境にどのような影響を与えているかを調べることにした。

2. 目 的

ハタネズミの生息地となっているモンゴル国中央部アルタンポリゴソム (Altanblag) を対象地とし、

現地調査と人工衛星データを用いて、ハタネズミの生息地における植生の変化、生息地における景観地理的特性、及び生息地周辺の生態を明らかにすることを目的とする。

3. 研究対象地域

研究対象地は、モンゴル国トウヴアイマッグ（中央部）アルタンポリゴソム（中心座標：47°41'54"N, 106°24'21"E, 平均標高は 1213 m）である。調査地は、トウラ河（Tuul River）の南側の山地ステップであり、Google Earth 上にある高解像度の IKONOS 画像と Quick Bird 画像上で、幹線道路に沿って、南北間 100 km に渡り、10 km 間隔でハタネズミのコロニーの分布箇所を 8 箇所選んだ。2010 年 6 月下旬に現地調査を行い、コロニーの画像判別結果の検証を行い、確認されたコロニーにおいて現地計測を行った（図 4）。コロニーの画像判別結果は 87.5% の高い

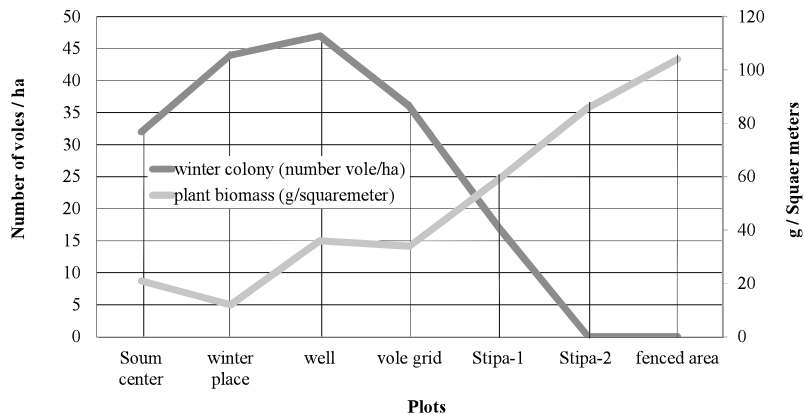


図 3. 異なる土地利用地域におけるハタネズミの個体数密度と植物バイオマスとの関係⁶⁾
(横軸：左から右へ人間の影響が減少し、草丈が高くなる)

的中率を得られた。全部の 8 箇所でもずか 1 箇所が外れていた。確認された生息地の中から図 4 で示した 3 カ所 (Site A : 47°40'35"N, 106°40'26"E, 標高 1288 m, Site B : 47°35'36"N, 106°38'15"E, 標高 1341 m, Site C : 47°25'55"N, 106°38'23"E, 標高 1620 m) において、計測を行い、さらにハタネズミのほかタルバガン (*Marmota sibirica*) とダウリナキウサギ (*Ochotona daurica*, 以降ナキウサギ) も生息している Site C で個体数密度、コロニーの数などの詳細な調査を実施した。

めに、人工衛星 ALOS AVNIR-II (2008 年 6 月 28 日撮影, 空間分解能 10 m), ALOS PRISM (2008 年 6 月 28 日撮影, 空間分解能 2.5 m) のデータを用いた。AVNIR-II データに主成分分析を行い, PRISM の高解像度のデータとデータフュージョンを行い, 2.5 m の 4 バンドのカラー画像を作成した。AVNIR-II から計算した NDVI 画像は PRISM の空間解像度を用いて, データフュージョンを行い, 2.5 m の NDVI 画像を作成した。また, SRTM (90 m) データから DEM (Digital Elevation Model) を作成し, 調査における三次元の 3 D マップを作成し, 景観地理的な解析を行った。

4. 方 法

4.1 ハタネズミ生息地の衛星植生指数 (NDVI)

調査地におけるハタネズミ生息地の評価を行うた

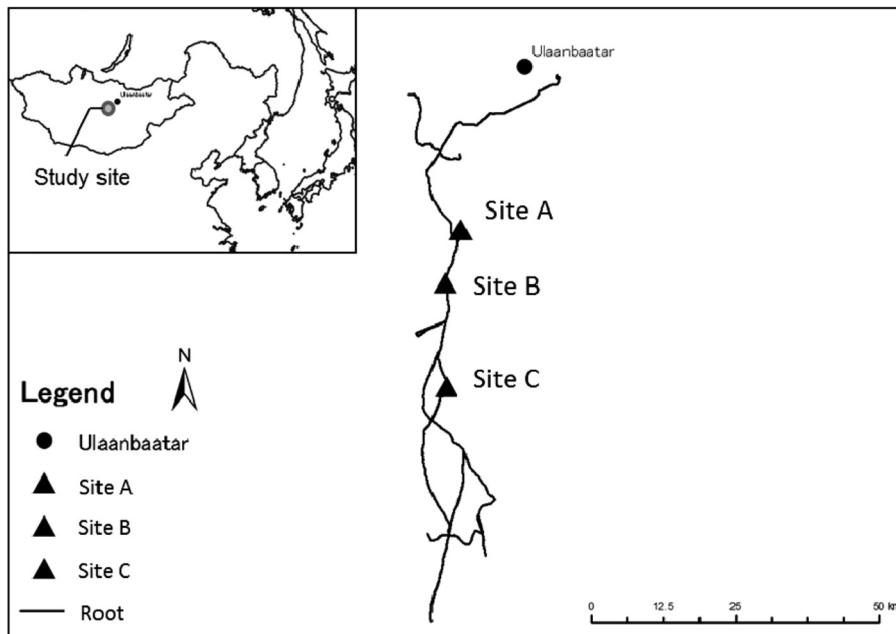


図 4. 調査地の位置図 (モンゴル国首都ウランバートルより南へ 100 km 離れた場所である)

4.2 植生調査

Site C には、ハタネズミ、タルバガン、及びナキウサギの三種類のげっ歯類が生息している。植生調査は、6箇所でコドラート法(1m×1m)による植生調査を行い、植物の種の同定、植被率、草丈、土壤水分、及び地上部バイオマス量(DMP, Dry Matter Production)を計った。なお、ハタネズミのコロニーの新、旧の判別は、コロニー上の土壌の盛り上がり方、コロニー上の植物の確認、現地聞き取り調査、及び現地専門家による目視判別によって分類した。

4.3 三種のげっ歯類のコロニー分布

三種のげっ歯類が生息している Site C において、この三種のコロニーの数、位置の地理的分布、及び距離などを測定した。調査内容は(100m×100m)エリア内でコロニーの直径(縦横)、コロニーの位置情報、巣穴の数を測定し、これを元に、クラスター分析を行った。また、密度解析からコロニーの分布密度を推定し、それぞれ個体群の行動範囲を参考に、生息するコロニーを中心にバッファを発生させ、各げっ歯類の行動範囲内の NDVI 値の平均を求め、三種間の比較を行った。

5. 結 果

5.1 ハタネズミの生息地における植生の変化

NDVI の画像から、Site A・B・C では共に、コロニーの上で高い値を示した(図5)。更に、新しいコロニーより古いコロニーの方が、NDVI の値が高いことが確認された(図5)。

ハタネズミの新・旧コロニーの植物の種の多様性は、それぞれ新しいコロニーでは11種、古いコロニーでは8種が確認された(図6)。しかし、地上バイオマス量を見ると、新しいコロニーでは113.5g/m²、古いコロニーでは160.6g/m²であり、古いコロニーの方が高かった(図7)。その原因は古いコロニーではハタネズミが好む *Artemisia frigid*; *Artemisia Adamsii* 及び *Chenopodium album L.* が優占していることから、ほかの植物がその陰に入り有利な光合成環境を失い、後退した可能性があると考えられる。

5.2 ハタネズミの生息地の景観地理的特性

図8とTable1で示したように、三箇所の生息地では平均標高(Altitude)はそれぞれSite Aでは1288m、Site Bでは1343m、及びSite Cでは1620mあり、その差は400mに及ぶ。生息地になってい

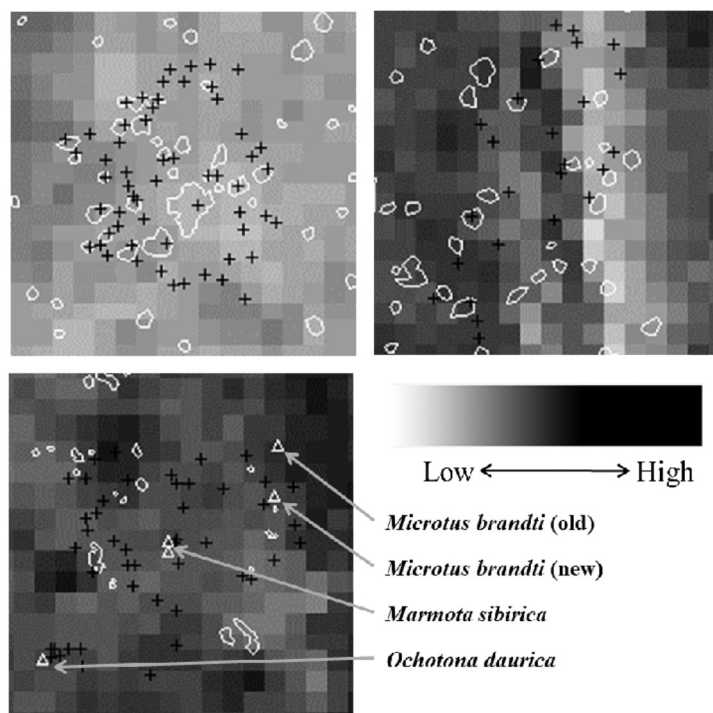


図5. Site A・B・Cにおける植生指数(NDVI)の解析結果(左上: Site A, 右上: Site B, 左下: Site C, △: 現地調査におけるコロニーの位置測定箇所, 多角形(ポリゴン): コロニーのサイズと分布; 色はNDVIの値を示し, 色が濃いほど値が高い)

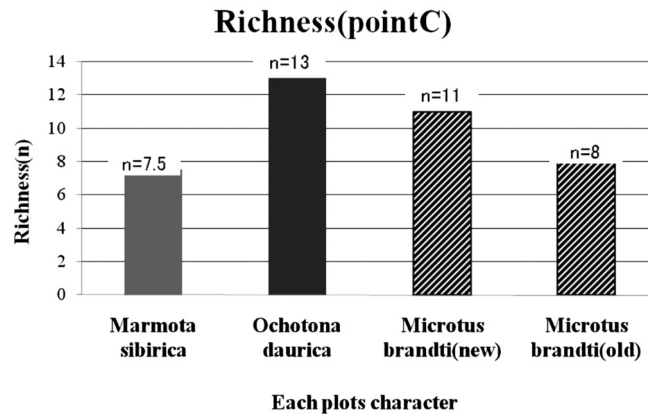


図 6. Site C における三種のげっ歯類のコロニーの植物種の多様性

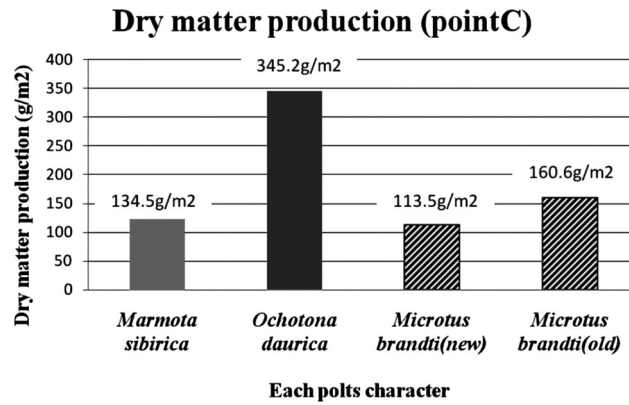


図 7. Site C における三種のげっ歯類のコロニーの地上バイオマス量

る範囲内の傾斜角度 (Slope) は Table 1 で示したように 6.59~15.53 度の間に分布し、斜面方位 (Aspect) は、Site A と B は北東の斜面に分布し、Site C は南東斜面である。影 (Shaded Relief) の値は 0.734~0.871 の間に分布し、日当たりの良い斜面に分布している。植生被覆は Site A は最も退化した草原に分布している。現地調査では現在使われていない生息地であることが確認された；Site C は三つの中で草丈が最も高い生息地であり、ハタネズミが現在も利用していることが確認された。Site B の植生被覆状態は Site A より良いが、Site C より退化した、ちょうど中間ぐらいの生息地であり、現在も生息地として利用されている (図 8 を参照)。

5.3 ハタネズミ生息地周辺の生態

Site A, Site B, Site C はそれぞれ河から 817 m, 654 m, 147 m の場所に位置し、三種類のげっ歯類のコロニー間の距離は、ナキウサギ同士は平均約 10.1 m で、ハタネズミ同士のコロニーの間隔は平均約 11.7 m があり、タラバガン同士は最も長く約 27.0 m であった。タラバガンは自分のコロニーを回る際、必ずハタネズミやナキウサギのコロニーを経由しなければならない。立地条件からみると、ナキウサギは川筋の近い、季節的流れる水筋に沿って、水生植物が茂っている、地形が比較的高い、急斜面に分布し、タラバガンの生息地は Site C の真中に傾斜度が 15 度かそれより高いところに分布している。ハタネズミは全体的に散らばって分布するが、夏の生息地は地形が最も低い 15 度以下のところ、道路沿い

Table 1 The topographic characteristics of study sites

	Altitude (m)	Slope (°)	Aspect (°)	Shaded Relief
Site A	1288	6.59	342.8	0.73
Site B	1343	6.59	303.9	0.77
Site C	1620	15.53	95.8	0.87

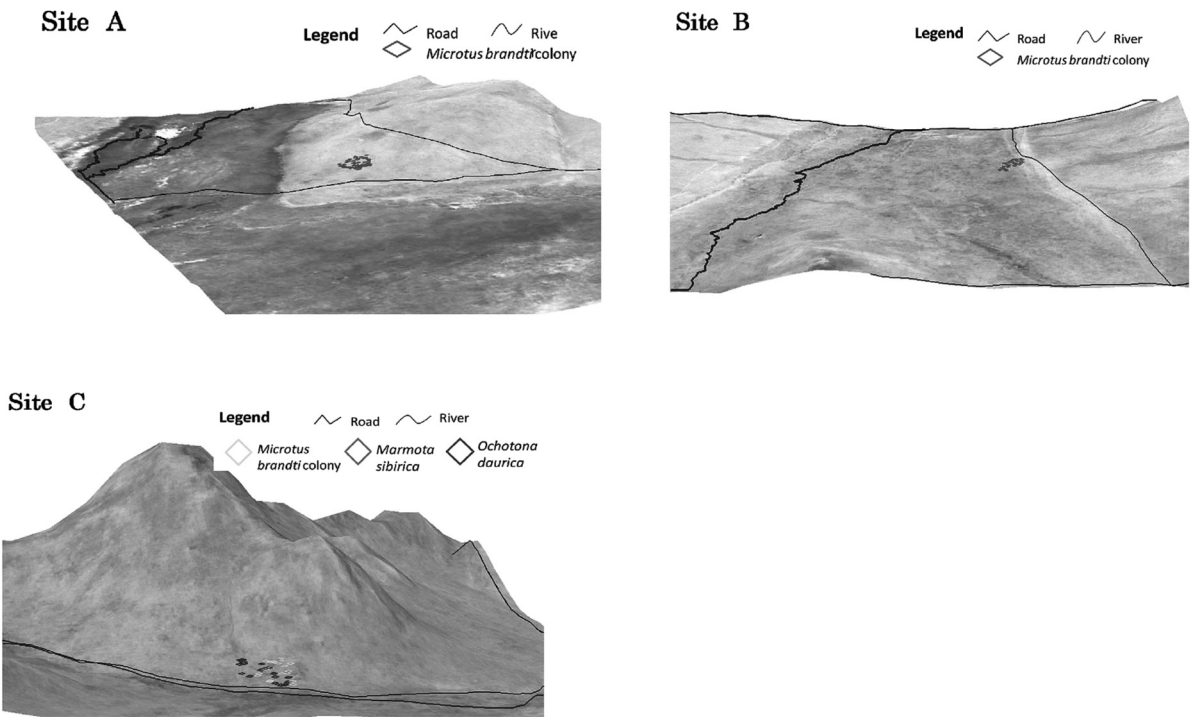


図 8. SRTM を用いた Site A・B・C における生息地の景観地理的特性 (SRTM の DEM に AVNIR-II 画像の主成分分析結果の第一主成分(低地植生), 第二主成分(高地植生), 第三主成分(裸地)のカラー合成(RGB=PC1-2-3)と PRISM のバンドとのフェュージョン画像である。ここで, ピンク色: 草丈が高い植生; 薄緑色: 草丈が低い退化草原である)

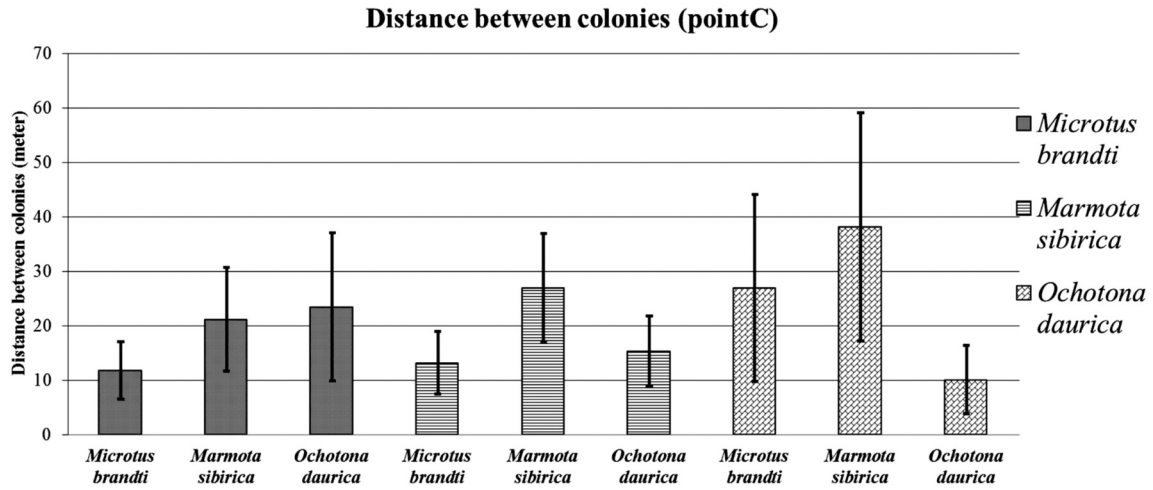


図 9. Site C における三種類げっ歯類のコロニー間の距離

に集中分布している。ハタネズミとナキウサギにとっては, 他の種のコロニーより自分自身のコロニーが身近に存在している。天敵に遭遇する際に最も近い巣にたどり着くように分布し, 巣が遠いところでは身を隠す「トンネル」も作っている。ハタネズミ同士で最も遠いコロニーの距離は 21 m で, 最短で 4 m である (図 9 を参照)。

図 10 は, 三種のげっ歯類の個体数密度分布である (入力パラメーターとして, 検索半径 (行動範囲) を

20 m, 出力セルサイズ (コロニーの直径) を 0.5 m で取った)。Site C の生息地の内部では更に 4 つのサブ生息地 (縄張り) に分かれていて, 画面の左上にはハタネズミ, 左下にナキウサギが集中して分布し, 画面の右側はそれぞれタラバガンとハタネズミの共同利用空間と, タラバガンとナキウサギの共同利用空間になっている。その他に三種が混在して高密度のところがある。画面の左下のナキウサギの生息地は個体数密度が最も高いことからナキウ

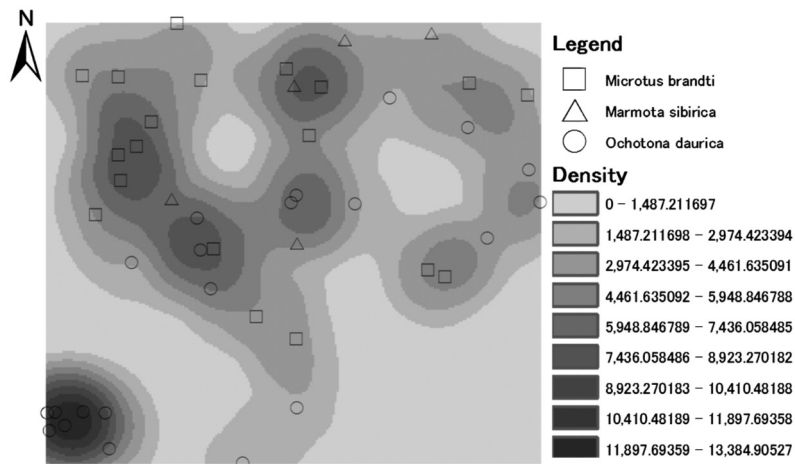


図 10. Site C における三種類げっ歯類の個体数密度分布マップ

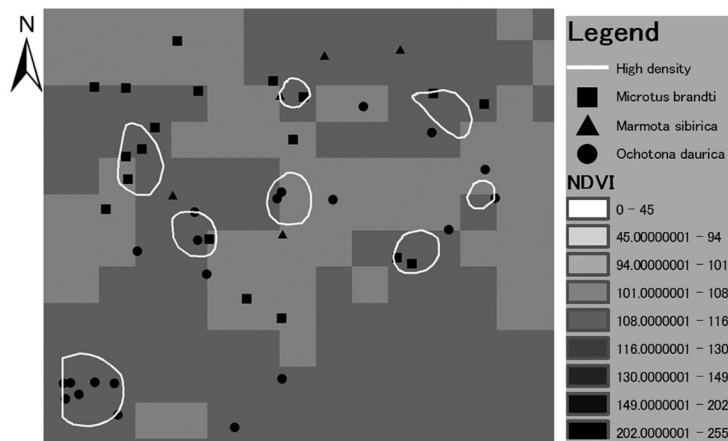


図 11. 図 10.Site C における三種類げっ歯類の生息地の植生状況
(ここで、個体数密度分布データを NDVI 画像の上に重ね合わせたもの)

サギは Site C の中で特定の場所（水筋）しか利用しないことを示している。

図 11 は、Site C における NDVI 画像に三種類のげっ歯類の個体数密度を重ねた結果である。図 11 から分かるように、密度が高い箇所では NDVI 値も高い。即ち、コロニーを中心に植生の被覆率が高いことが判明した。これはハタネズミ、ナキウサギとタラバガンの生息によって Site C のような退化草原の植生が回復傾向に向っていることが判明された。

Site C に分布する、45 個のコロニーの類似性を抽出するために、クラスター分析を行った。その結果を図 12 に示した。ここで、個体数 n には Site C に分布する 45 個のコロニーを入力し、変数には：NDVI、地上バイオマス、植物の種数、草丈と植被率を入力した。クラスター分析から、ハタネズミとタラバガンが同じタイプの生息環境を利用しているこ

とが確認された。ナキウサギだけは他と異なった場所（水筋近く）を利用していることが確認された。

6. まとめと考察

ハタネズミは退化した草原に進出し、河から 1 km ぐらいの草丈が短い、斜面が比較的緩やかな日当たりの良い高地に生息する。ハタネズミの生息によって、コロニーを中心に植生が回復し、植物の種の多様性に比べ、バイオマス量はコロニーがない場所よりコロニー上で高いことを本研究で明らかにした。今回は異なる三種類の生息地を調査したが、最も退化した Site A ではハタネズミを確認することができなかった。Site A の草原は過度の過放牧した地域であり、ハタネズミがかつて利用した場所（コロニー）の上だけが草 (*Artemisia frigid*) が生えていて、周りはずでに砂漠になったことが現地調査で分った。これは過度な土地利用と長期乾燥化によ

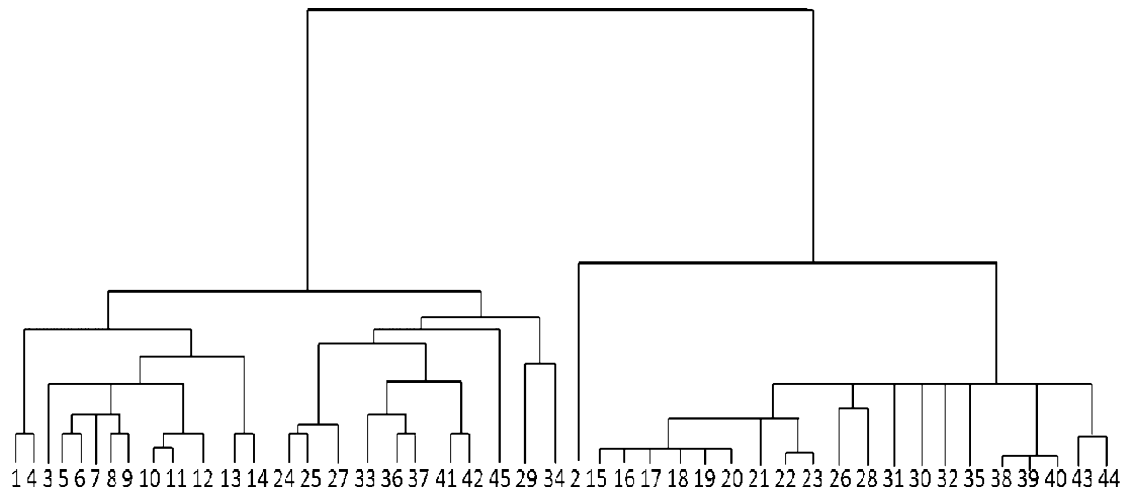


図 12. Site C における三種類げっ歯類のコロニーの空間分布のクラスター(数字はコロニーの数を指す)

て、草原が砂漠となり、ハタネズミのエサ資源が乏しくなり、その結果死に至ったと考えられる。重度の過放牧草原 (Site B) では *Artemisia frigid*, *Artemisia Adamsii* 及び *Chenopodium album L.* が優占して分布し、植物種の多様性が低いが、コロニーを中心にバイオマスが高い。従って、軽度の過放牧の草原 (Site C) ではハタネズミが最も数多く分布していることが現地調査で確認され、Site C における植物の種数は最大で 14 種類あることも確認された。即ち、適切な土地利用であれば、ハタネズミの生息によって草原が砂漠になる可能性は低いと思われる。

引用文献

- 1) IPCC (2007), Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, 23pp.
- 2) Sneath D. (2003), Land use, the Environment and Development in Post-socialist Mongolia, Oxford Development Studies, Vol. 31, No. 4, 441-458
- 3) 澤向麻里絵, 星野弘方, スミヤガンゾリグ, (2010), モンゴルの山地ステップのプラントハタネズミ (*Microtus brandti*) の生息環境, 酪農学園大学紀要 第 35 卷 第 1 号, pp.65-72
- 4) Batnasan N. (2003), Freshwater issues in Mongolia, Proceeding of the National Seminar on IRBM in Mongolia, 24-25 Sept 2003,

Ulaan baatar, 53-61

- 5) Kobayashi T., Nakayama S., Wang L., Li G. and Yang J. (2005), Socio-ecological analysis of desertification in the Mu-Uus Sandy Land with satellite remote sensing, Landscape Ecology, 17-24
- 6) Batsaikhan. N, Samiya. R, Zoephel. U, Ganzorig. S, (2001), Status of Brandt's vole (*Microtus brandti* Radde, 1861) populations in the Eastern Steppe, Mongolia. Proceedings of Conference on Ecosystem of Eastern Mongolia
- 7) WenqinZhong, Mengjun Wang and Xinrong Wan, (1888), Ecological Management of Brandt's Vole (*Microtus brandti*) in Inner Mongolia, China, Ecologically-Based Rodent Management, pp. 188-214

要 約

近年のモンゴル国における草原の退化は、過放牧と気候変化が主な原因である。過度な放牧をされている牧草地はハタネズミの生息に適している。ハタネズミは植生の被度がまばらで草丈が短いところを生息地として好み、過放牧などによって草原が退化するとハタネズミの分布域が拡大し、適切に利用することで草原の草丈を一定の状態に保つとハタネズミは非常に限られた場所にしか分布しない。

本研究では、人工衛星データと現地調査のデータを使用し、ハタネズミのコロニーの分布を判別し、データ解析によって、ハタネズミの分布には標高が大きく関係していないことが分かった。また、コロニーの古い方が新しいコロニーに比べて NDVI 値が高

い、ハタネズミのコロニーの植物種数が新しいコロニーでは11種、古いコロニーでは8種に対して、地上バイオマスは新しいコロニーでは113.5 g/m²、古いコロニーでは160.6 g/m²であることが分かった。

(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。現地調査にあたりご指導をいただいたモンゴル国立農業大学のオユン教授に心より感謝を申し上げます。

謝 辞

本研究は日本学術振興会・科学研究費・基盤研究

Abstract

Overgrazing and the climate change are the main factors that cause pasture degradation in Mongolia. Heavily overgrazed pastures are became suitable habitat for the colonies of the Brandt's vole (*Microtus brandti*). The rodent pest is prefer short grass steppe habitat with sparse vegetation and readily colonizes degenerated pastureland, easily multiplying in number and causing more damage to pastures.

In this study, with aim to clarify the influence of the Brandt's voles to the degeneration of pastureland, we used both satellite and fieldwork data. During field studies we measured plants coverage, species richness, plants height and dry matter productivity (DMP) of the selected pastures; observed landscape and habitat (elevation, landcover), and studied population density, and spatial distribution of the colonies of Brandt's vole. The satellite data includes images taken by IKONOS and ALOS. Our preliminary results show that satellite imagery with high resolution could recognize colonies of this rodent. The Brandt's vole distributed regardless of altitude, and NDVI value increased with the age of colonies. Highest NDVI value is measured on old colonies of this vole. Field studies on selected (based on satellite imagery) area shows that Brandt's vole, Tarbagan marmot (*Marmota sibirica*) and Daurian pika (*Ochotona daurica*) were sympatric. The colonies of Brandt vole were differed in the plant diversity and DMP; new colonies have 11 species of plants while old colonies only 8 species; DMP was higher on old colonies 160.6g/m² and lesser on new colonies 113.5g/m² and.

As conclusion, we succeeded to distinguish the habitat of Brandt's vole from high-resolution satellite (IKONOS) imagery, based on spectral and spatial and geometric characteristics of colony. Brandt's vole old mounds are characterized by higher NDVI and DMP values and considered to be an important factor in the ecosystem maintenance and recovery.