

## モンゴルの山地ステップにおける 小型哺乳類の生息地の空間異質性と共同性ギルド

川島 健二<sup>1)</sup>・星野 仏方<sup>1)</sup>・Sumiya GANZORIG<sup>1)</sup>・澤向 麻里絵<sup>1)</sup>  
浅川 満彦<sup>2)</sup>・Nyamsuren BATSAIKHAN<sup>3)</sup>

Cooperative guild and spatial heterogeneity in habitat  
of small mammals in the mountain steppe of Mongolia

Kenji KAWASHIMA<sup>1)</sup>, Buho HOSHINO<sup>1)</sup>, Sumiya GANZORIG<sup>1)</sup>, Marie SAWAMUKAI<sup>1)</sup>,  
Mitsuhiro ASAKAWA<sup>2)</sup> and Nyamsuren BATSAIKHAN<sup>3)</sup>

(Accepted 19 January 2012)

### 1. はじめに

#### 1.1 背景

近年モンゴル国では乾燥化に加えて家畜の増加、特にカシミアヤギの増加による過放牧が原因で、草原の退化と砂漠が拡大している。モンゴル国の首都ウランバートルに近い中央県（トゥブアイマッグ）は家畜の密度がほかの地域より高く、過放牧草原が増えている。過放牧地域は退化した草原と呼ばれ、こうした地域にブラントハタネズミ (*Microtus brandti*, 以降ハタネズミ) が侵入してくる<sup>1)2)3)4)</sup>。ハタネズミはまた家畜が良く利用する水場周辺や車などが通る道路周辺といった人為的攪乱が強い地域も選好している<sup>1)2)</sup>。ハタネズミが遊牧民に嫌われる理由は二つあり、一つはハタネズミの生息により家畜の好まないヨモギ類とアカザ類が多く生えることと、もう一つはハタネズミの巣穴を踏んで家畜が怪我をすることである<sup>3)4)</sup>。一方、ハタネズミの生息地では草原が家畜の好まない植生となることで過放牧の進行を防ぎ、ハタネズミが巣穴を作るために土壌を掘り返すことで植物が繁殖しやすい環境を作り、草原のエンジニアの役割も果たしている<sup>1)2)3)4)</sup>。

本研究対象地となる山辺の生息地ではハタネズミだけでなく、ダウリナキウサギ (*Ochotona daurica*, 以降ナキウサギ)、シベリアマーモット (タルバガン) (*Marmota sibirica*, 以降マーモット) など他の小型哺乳類も同所にコロニーを作り生息している。この

ように同所に生息する群集はギルドと定義され、このように協力的な関係のギルドは共同性ギルドとされる<sup>5)</sup>。さらに空間的に制限された環境で同所に偏って分布することが片利共生の関係を防いでいると考えられている<sup>6)</sup>。近年、こうした小さな相利共生系が生態系に与える影響が大きく、重要である<sup>7)</sup>。本研究は小さな相利共生系の関係について注目した。

#### 1.2 目的

山辺の同所的な生息地においてハタネズミは草丈が短い乾燥した地域を好む。一方、ナキウサギとマーモットは草丈が高く、湿潤な環境を好む。異なる生息環境を選択するため、これらが同所に生息することは稀である。しかし、モンゴルの草原ではこれら小型哺乳類は同所かつ局所に集まり生息している場所が見られる。本研究は異なる環境を好む小型哺乳類が同所に生息しているのは何らかの利害関係が維持していると仮説を立て、これら小型哺乳類がなぜ同所的なコロニーを作っているのかを明らかにするため、小型哺乳類のコロニーの空間分布と生息地選択による棲み分けを解析する。

### 2. 調査地の概要

本研究はモンゴル国の中央県アルタンポリゴソムトーラ河 (Tuul River) 流域の山地ステップを調査対象地域とする。この場所はウランバートルから南西に約 60 km の位置にある。Fig. 1 で示したよう

<sup>1)</sup> 酪農学園大学環境システム学部生命環境学科リモートセンシング研究室

Department of Biosphere and Environmental Sciences, Faculty of Environment Systems, Rakuno Gakuen University, 582 Bunkyo-dai-Midorimachi, Ebetsu, Hokkaido, 068-8501, Japan

<sup>2)</sup> 酪農学園大学獣医学類感染・病理学分野

Department of Pathobiology, School of Veterinary Medicine, Rakuno Gakuen University, Ebetsu, Hokkaido, 069-8501, Japan

<sup>3)</sup> モンゴル国立大学

National University of Mongolia

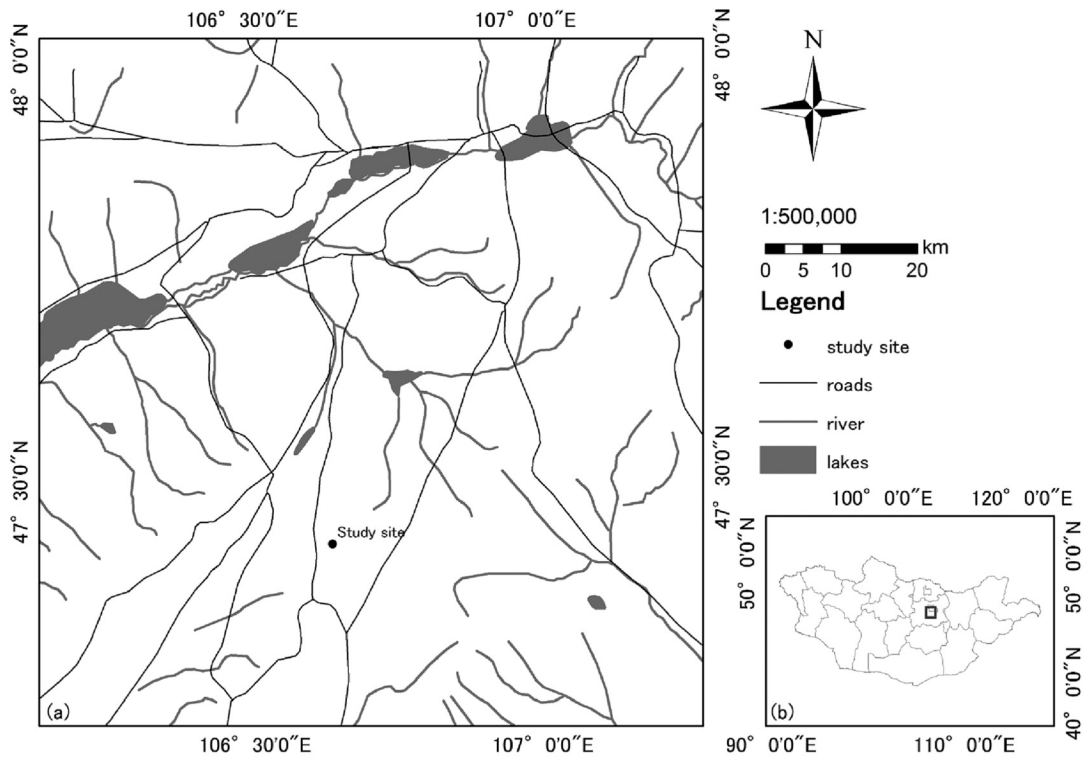


Fig. 1 Landscape map of study area. (a) study site map of Mongolia; (b) map of Mongolia.

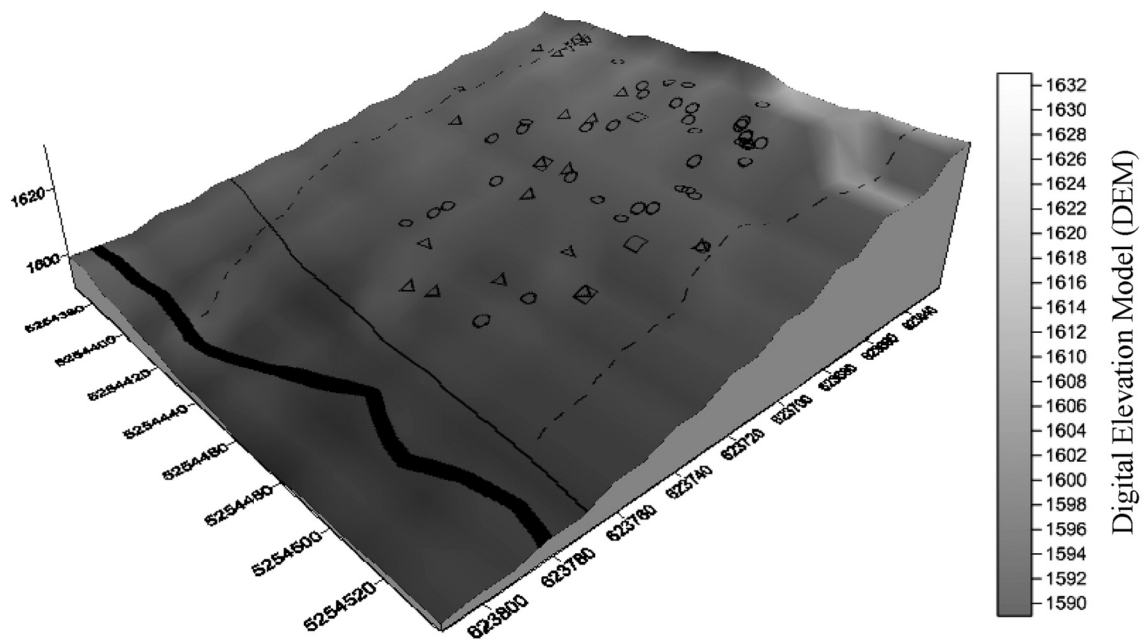


Fig. 2 Digital Elevation Model (DEM) of the mammal colonies in the study site.

○: *Microtus brandti*, △: *Ochotona daurica*, □: *Marmota sibirica*, DEM: ASTER GDEM, Continuous line: Road, Wide continuous line: River, Dotted line: Wadi

に、調査対象地点の中心座標は(47°25'55"N, 106°38'23"E, 標高(1620 m)でハタネズミ、ナキウサギ、マーモットのコロニーが確認された。対象地は山辺に近く、周囲を山に囲まれている。ふもとに道路が

あり、近くに泉がある。Fig. 2は数値標高データ(ASTER GDEM)上にハタネズミのコロニーを円で、ナキウサギのコロニーを三角で、マーモットのコロニーを四角で表した。対象範囲である1 haの外

は窪んだワジとなっており降水時に水が流れ河川となるため、草丈が高く、これによってハタネズミの行動圏が制限されている。

### 3. 方法

#### 3.1 フィッシュネットを用いたコロニーの分布図の作成

現地にて各種のコロニー上でGPSを用いて位置情報を記録する。Fig. 3は記録したコロニーの分布を10mのフィッシュネット上に表示したものである。フィッシュネットはArcGISを用いて作成した。

#### 3.2 植生指数の算出

JAXAの陸域観測衛星ALOS AVNIR-2のデータを入手し、対象地の衛星植生指数（背景土壌を調節した土壌調節正規化植生指数（Modified Soil-adjusted Vegetation Index 2）（MSAVI2）を求めた<sup>8)9)</sup>。

#### 3.3 生息地選択と攪乱の混合モデル

分類対象のALOS AVNIR-2のMSAVI2データ

を背景とし、記録したコロニーのポイントをその上に重ねる。現地で記録したポイントを含むピクセルに内挿させ、ラスタデータから数値を抽出した。この数値からヒストグラムを求め、小型哺乳類のコロニー数を基準にヒストグラムを調節することで確率化する。調節により基準化されたヒストグラムに、小型哺乳類の新しいコロニーのピークが重った。

#### 3.4 各ペアのコロニーによる多重比較

3.3のモデルによりヒストグラムから新、旧のコロニーを分類し、新、旧のコロニー、及びコロニー外の7パターンに分け、全ての群間について植生指数を比較する。多重比較法としてスティール・ドゥワース法（Steel-Dwass）を使用した。スティール・ドゥワース法については大阪大学大学院薬学研究所・医薬情報解析学分野及び、大阪大学遺伝情報実験センター、大阪大学微生物病研究所で開発された統計プログラムMEPHASを用いた。

### 4. 結果

#### 4.1 地表面の微地形

Fig. 2の地表面の3Dマップからコロニーによる

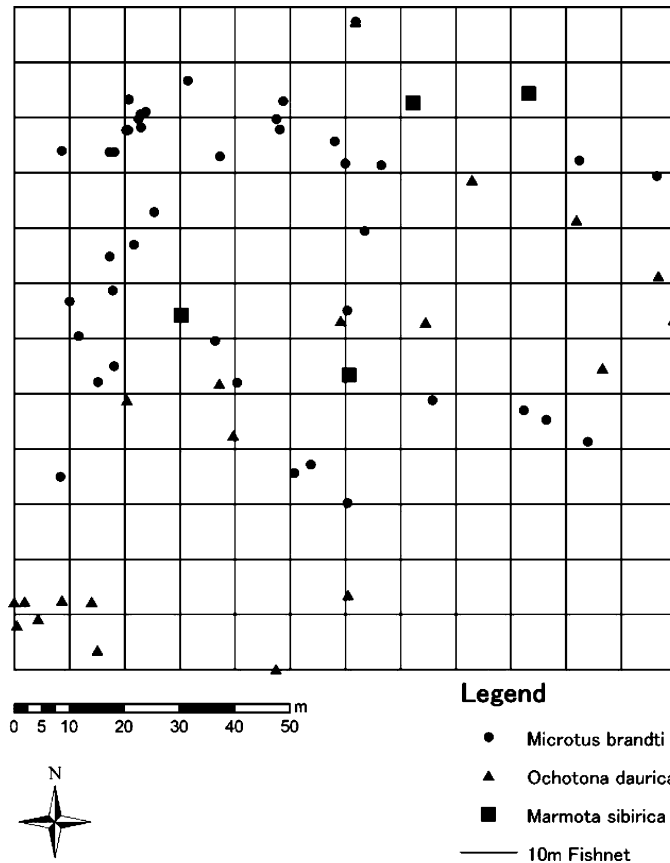


Fig. 3 The distribution of colonies of small mammal's in study site.

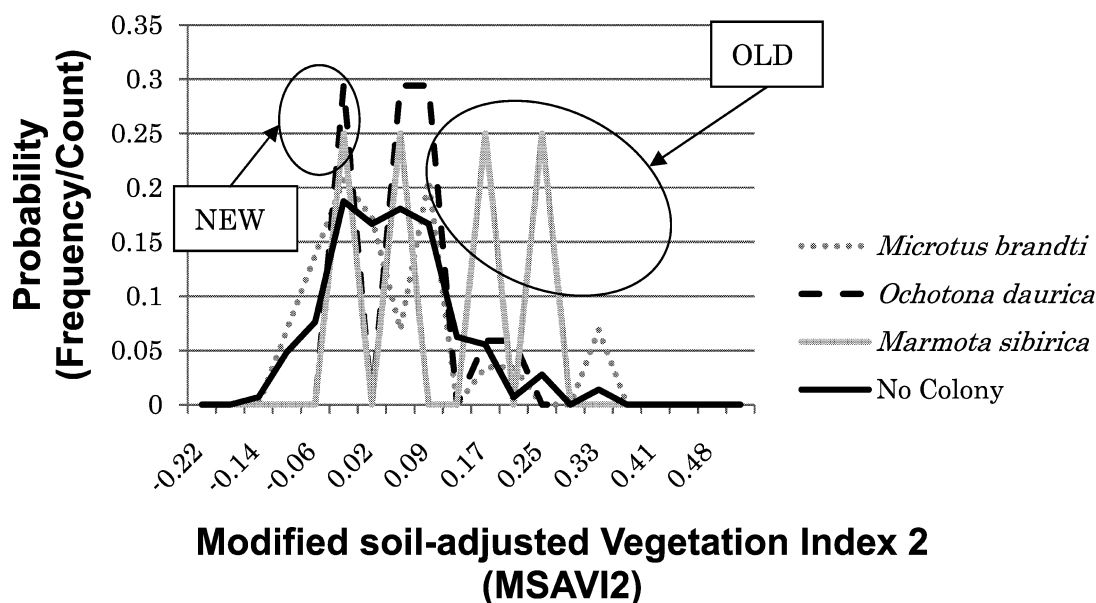


Fig. 4 The habitat selection of three species of small mammals, calculates from vegetation index (Modified Soil-adjusted Vegetation Index 2 (MSAVI2)).

凹凸が読み取れる。凹凸により土壤水分が異なり、局所的な生息区間でも植生が変わる。そして植生が異なることで Fig. 3 が示すような小型哺乳類の混合分布が見られた。Fig. 4 のヒストグラムマップからコロニーを含むピクセルは 2 つのピークが現れた。新コロニーと旧コロニーである。MSAVI2 のヒストグラムの MSAVI2 の値が  $-0.06$  から  $0.02$  の範囲にある FREQUENCY/N が  $0.3$  出現したあたりでピークは小型哺乳類間で差が見られない。新しいコロニーではハタネズミによる生息の影響が少なく、コロニーの巣穴やコロニー周辺に石や岩を集めることで植生指数を低下させていると考えられた。このため、Fig. 4 の MSAVI2 の値 ( $-0.02$ ) 周辺に新しいコロニーのピークが集中した。

#### 4.2 自然共役型混合分布モデル

混合分布の MSAVI2 の値が  $0.17 \sim 0.41$  の範囲は小型哺乳類間でピークの差が大きく、MSAVI2 のバイアスが強い傾向が見られた。理由として古いコロニーは生息攪乱の影響が蓄積するためである。これらの理由から新しいコロニーより古いコロニーのほうが植物種の多様性と被覆率が高かった。そしてコロニー外のピクセルのヒストグラムはコロニーがあるピクセルに比べ、攪乱の影響が小さいことによって正規分布に近い傾向を持った。どの小型哺乳類においても植生指数は (新コロニー  $<$  コロニー外  $<$  古コロニー) の関係が成立した。また植生指数の高い値 ( $0.1$  以上) のピークはコロニー外よりも古

いコロニーのほうに多く分布する傾向が得られた。

#### 4.3 混合分布の新旧コロニーについての多重比較

Table 1 は各種の新、旧のコロニーとコロニー外のノンパラメトリックの多重比較である。ハタネズミの新、旧；ハタネズミの新とナキウサギの旧；ハタネズミの新とコロニー外；ハタネズミの旧とナキウサギの新；ハタネズミの旧とコロニー外；ナキウサギの新；旧で有意な差がある。しかし、マーモットについてはスティール・ドゥワース法の検定最小値となる  $5$  以下のため判定不能の結果となった。全  $21$  パターンの内  $6$  パターンに有意差が見られ、 $6$  パターンの内  $4$  パターンが新、旧間のコロニーについての有意差がある。これら新、旧のコロニーから生態系エンジニアの攪乱が明確となった。

## 5. 考 察

ハタネズミのコロニーの個所では生息攪乱により、土壤が柔らかくなり *Artemisia* spp. (キク科ヨモギ属) や *Chenopodium* spp. (アカザ科アカザ属) など家畜の不嗜好性の植物が増加することで、家畜の進入を防ぎ、過放牧状態から草原が解放される。統計解析結果からコロニー上の植生指数である MSAVI2 について、 $6$  パターン中  $4$  パターンで統計的に有意な差があり、コロニー上とコロニー外で植生が異なることが明確である。そして生息地選択によりコロニーの空間的異質性が高くなり、局所的な

**Table.1** The paired multiple comparisons of vegetation index (MSAVI2) between different colonies and different species using Steel-Dwass method.

Pair	Result	Expectations	Dispersion	Test statistic
(1,2)	P<0.05	255	508.367	-4.524
(1,3)	P>0.05.	195.5	160.801	-0.237
(1,4)	P<0.05	255	508.493	-4.523
(1,5)	P>0.05.	161.5	26.639	0.291
(1,6)	P>0.05.	178.5	88.78	-2.706
(1,7)	P<0.05	986	16067.1	-3.988
(2,3)	P<0.05	108	89.118	3.178
(2,4)	P>0.05.	150	296.478	1.481
(2,5)	P>0.05.	84	13.769	1.617
(2,6)	P>0.05.	96	47.4	-0.218
(2,7)	P<0.05	666	10855.7	3.446
(3,4)	P<0.05	45	89.228	-3.176
(3,5)	P>0.05.	17.5	2.5	0.949
(3,6)	P>0.05.	22.5	10.982	-2.263
(3,7)	P>0.05.	260	4235.73	-2.22
(4,5)	P>0.05.	84	13.808	1.615
(4,6)	P>0.05.	96	47.486	-1.234
(4,7)	P>0.05.	666	10852	2.333
(5,6)	P>0.05.	2.5	1.25	-1.342
(5,7)	P>0.05.	50	814.737	-1.209
(6,7)	P>0.05.	153	2493.43	1.973

\*Pair colony

1. The new colony of *Microtus brandti*
2. The old colony of *Microtus brandti*
3. The new colony of *Ochotona daurica*
4. The old colony of *Ochotona daurica*
5. The new colony of *Marmota sibirica*
6. The old colony of *Marmota sibirica*
7. No colony

生息地では空間的異質性の増加により、多くの生物を収容できる環境となっていると考えられる。そのため対象区では異なる環境を好む小型哺乳類が同所かつ局所に集まり生息していると考えられる。そしてその環境で生息する共同性ギルドの小型哺乳類の中でも、ハタネズミのみが草丈の短い草原を好むため競争相手が不在となる。同所に生息しながらハタネズミは競争相手が不在となるため、有利な状況となる。このことからこうした環境がハタネズミの個体数の増加につながると考えられる。そしてハタネズミが好まない草丈の高い植物の場所がナキウサギとマーモットが好む環境となる。こうしてハタネズミとナキウサギ、そしてマーモットの間に相利共存の関係が成り立ち、共同性ギルドが成立していると思われる。

## 6. 要 約

モンゴルの山地草原ではネズミ類とウサギ類が主な生態系のエンジニアとなる。2010年の現地調査で

我々はブランドハタネズミ (*Microtus brandti*)、ダウリナキウサギ (*Ochotona daurica*)、シベリアマーモット (*Marmota sibirica*) が同所に生息する特異な地域を発見した。このような動物群集は共同性ギルドと呼ばれる。相互関係を明らかにするためにコロニーの空間分布を衛星画像 (ALOS AVNIR-2, ASTER GDEM) と合わせ、植生指数 (MSAVI2) と数値標高データ (DEM) を用いて GIS による解析を行った。その結果、ハタネズミは植生指数の低い場所に生息し、ナキウサギとマーモットは植生指数の高い場所に生息していた。そして植生指数である MSAVI2 のヒストグラムをベースとし、コロニー数により調節するモデルを作成し、植生指数がコロニー外よりも低い場所は新コロニーであり、周囲より高い植生指数の場所は古コロニーであることが分かった。この同所的な生息地域では共同性ギルドであるハタネズミ、ナキウサギ、マーモットの生息地選択が明確であり、新、旧コロニーの差から、これらの小型哺乳類の生息攪乱によって植生指数が高く

なつたと考えられる。そして生態系エンジニアとしての働きが明らかになつたことで相利共生系としての共同性ギルドの関係が明らかとなつた。

### 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。現地調査にあたりモンゴル国立モンゴル農業大学オユン教授のご指導を頂きました。心より感謝を申し上げます。

### 引用文献

- 1) Wenqin Z, Mengjun W and Xinrong W, 1999: Ecological Management of Brandt's Vole (*Microtus brandti*) in Inner Mongolia, China, Ecologically-Based Rodent Management, pp. 199-214.
- 2) Batsaikhan. N, Samiya. R, Zoephel. U, and 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.
- 3) 澤向麻里絵, 星野仏方, 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. 自然科学編 35(1), pp. 65-72.
- 4) 澤向麻里絵, 星野仏方, スミヤガンゾリグ, 浅川満彦, 2011: 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プラントハタネズミ (*Microtus brandti*) の生息地評価, 酪農学園大学紀要. 自然科学編 35(2), pp. 45-53.
- 5) 鷺谷いづみ, 矢原徹一, 1996: 保全生態学入門, 文一総合出版.
- 6) Yamamura, N., Higashi, M., Behera, N., and Wakano, J. Y. 2004: Evolution of mutualism through spatial effects. J. Theor Biol. 226, 421-428.
- 7) E. Toby K, Todd M. Palmer, Anthony R. Ives, John F. Bruno, Judith L. Bronstein, 2010 Mutualisms in a changing world: an evolutionary perspective, Ecology Letters, 13, pp. 1459-1474.
- 8) Qi J., Chehbouni A., Huete A. R., Kerr Y. H., 1994: Modified Soil Adjusted Vegetation Index (MSAVI). Remote Sens Environ 48: pp. 119-126.
- 9) Qi J., Kerr Y., Chehbouni A., 1994, External factor consideration in vegetation index development. Proc. of Physical Measurements and Signatures in Remote Sensing, ISPRS, pp. 723-730.

### 利用データ

GADM, Digital Chart of the World: <http://www.diva-gis.org/gdata>  
 ASTER GDEM: <http://www.gdem.aster.ersdac.or.jp/>  
 統計プログラム  
 MEPHAS: <http://www.gen-info.osaka-u.ac.jp/MEPHAS/s-d.html>

### Abstract

In the mountain steppe of Mongolia, the burrowing rodents and lagomorph species are considered the main ecosystem engineers. Among them, *Microtus brandti*, *Marmota sibirica* and *Ochotona daurica* are most numerous. During field survey in 2010 in Mongolia, we was found an unique place where all above species were presented in the same location, despite the fact that *M. sibirica* and *O. daurica* are mesophyllic, and the *M. brandti* is xerophyllic species. To find out the intra- and inter-relations between such sympatric species, we analyzed spatial distribution of the colonies based on ground survey and the satellite imagery (ALOS AVNIR-2). The locations of each colony were analyzed based vegetation index (MSAVI2), and digital elevation model (DEM), using GIS technique. It has been found that all three species are used different type microhabitats. Mesophyllic species such as *O. daurica* and *M. sibirica* used places with higher indices of MSAVI2, while *M. brandti* selected area with short and sparse vegetation characterized by lower indices of MSAVI2. Moreover, the winter colonies of *M. brandti* located in different microhabitats.