

2013 年度

修士論文

ココシリで繁殖するチベットアンテロープ  
(*Pantholops hodgsonii*) のホームレンジおよび  
生息地の環境利用について

21231013 仲澤峻

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

目次

表目次

図目次

## 第1章 序論

1.1 研究の背景

1.2 本研究の目的

## 第2章 研究の方法

2.1 研究対象地概要

2.2 調査手法

2.2.1 現地調査

2.2.1.1 目視観察

2.2.1.2 定点カメラ調査

2.2.2 衛星データ解析

2.2.2.1 使用データ

2.2.2.2 衛星データ処理

2.2.2.3 行動圏の推定

#### 2.2.2.4 種の分布の推定

### 第3章 結果と考察

#### 3.1 現地における目視観察結果

##### 3.1.1 観察頭数・群れ構成

##### 3.1.2 観察地点

#### 3.2 鉄道・道路によるチルーの季節移動への影響

##### 3.2.1 現地調査による結果

###### 3.2.1.1 定点カメラ

###### 3.2.1.2 鉄道・道路付近におけるチルーの移動ルート

##### 3.2.2 グランドシグナルより推定したチルーの行動圏の解

析

#### 3.3 生息地における環境利用の推定

##### 3.3.1 各越冬地の行動圏推定と越冬地の分類

##### 3.3.2 越冬地における環境利用

##### 3.3.3 繁殖地における環境利用

### 第4章 まとめ

#### 4.1 現地における目視観察結果

#### 4.2 鉄道・道路によるチルーの季節移動への影響

#### 4.3 生息地における環境利用の推定

#### 4.4 チルーの保護対策についての提案

Abstract

謝辞

参考文献

研究成果

## 表 目 次

Table.1	Precision list of the ARGOS system (LC) . . . .	12
Table.2	Number of the chiru, which is observed near railway during Jul 27 to August 6, 2012 . . . . .	18
Table.3	Result of camera trap during August 1 to 6, 2012 . . . . .	22
Table.4	Analysis of variable contribution for the habitat selection by chiru in wintering site (main pasture) . . . . .	40 - 41
Table.5	Analysis of variable contribution for the habitat selection by chiru in calving site . . . . .	48

## 图 目 次

Fig.1	Photo of male chiru . . . . .	1
Fig.2	Photo of female chiru . . . . .	2
Fig.3	Location of study area . . . . .	4
Fig.4	Qinghai-Tibetan Railway . . . . .	6
Fig.5	Qinghai-Tibetan Highway . . . . .	7
Fig.6	The animal underpass that was build under the railway . . . . .	7
Fig.7	Study area and ARGOS ground signal (9 female antelopes) . . . . .	9
Fig.8	Study site of field study . . . . .	10
Fig.9	Detail of slope, aspect and shaded relief from satellite based digital topographic model . . . . .	13
Fig.10	Number of the chiru, which is observed near railway during Jul 27 to August 6, 2012 . . . . .	17
Fig.11	Age and sex structure of migrating chiru . . . . .	18
Fig.12	The ARGOS PTT collared female chiru . . . . .	19
Fig.13	Population census on transect . . . . .	20
Fig.14	Direction of herbs during field census . . . . .	20

Fig.15	Classification of observed direction of	
chiru . . . . .		21
Fig.16	Movement pattern of migrating chiru in QTR/QTH	
area . . . . .		23
Fig.17	Home range of chiru using LoCoH Model . .	24 - 26
Fig.18	Home range of chiru in wintering site (main	
pasture) using LoCoH Model . . . . .		27 - 30
Fig.19	Estimation of the habitat selection of the chiru	
in wintering site (main pasture) using MaxEnt		
Model . . . . .		31 - 35
Fig.20	Jackknife test of traning gain for chiru(ID75835)	
in calving site . . . . .		37 - 38
Fig.21	The altitude use of chiru (ID75835) (where, the	
horizontal axis shows altitude) . . . . .		42 - 43
Fig.22	The watering places use of chiru (ID75835) (where,	
the horizontal axis shows distance from lake) . . .		44 - 45
Fig.23	Estimation of the habitat select of the chiru in	
calving site using MaxEnt Model . . . . .		46
Fig.24	Jackknife test of traning gain for chiru in calving	
site . . . . .		47

Fig.25	The watering places use of chiru (where, the horizontal axis shows distance from lake) . . . . .	49
Fig.26	The watering places use of chiru (where, the horizontal axis shows altitude) . . . . .	50



## 第 1 章 序論

### 1.1 研究の背景

チベットアンテロープ (*Pantholops hodgsonii*, 以降チルー) はチベット高原固有の大型哺乳類である。メスの成獣は体重が約 26kg, オスの成獣は体重が約 40kg とオスの方が一回り大きく, またオスの成獣のみが 50cm 程の豎琴状の角を持っている (Fig. 1, Fig. 2)。



Fig1. Photo of male chiru



Fig2. Photo of female chiru

チルーはかつて，1980年代後半から1990年代にかけて横行した密猟などの影響によって激減した歴史がある．そのため1975年にはCITES（ワシントン条約）の付属書Ⅱに記載され，その後1979年に付属書Ⅰへと移されており，またIUCN（国際自然保護連盟）レッドリストのEN（絶滅危惧ⅠB類）に指定されるなど，国際的な保護の対象となっている（Tibetan Plateau Project and Wildlife Conservation Society, 2000）．かつてチルーの上質な毛皮は高価なシャトゥーシュのショールを織るための原料とされていたが，現在はチルーが生息している国（中国，インド，ネパール）の保護政策により，特別な許可がない限り狩猟と取引が禁止されている．それらの政策により，近年チルーの個体数は増加傾向にある（William *et al.*, 2009）．チルーはチベット高

原を中心に，インドの北部にわたって広く分布している．多くのメスのチルーは出産のために往復数百 km の移動を行うことがわかっており，その生息地は繁殖地 (Calving Site) ・中継地 (Migration route) ・越冬地 (Wintering Site, or main pasture) に分けることができる．越冬地については主に 3 ヶ所が挙げられており，それぞれチベットの羌塘 (Qiangtang)，新疆の阿爾金山 (Aerjinshan) 及び青海省の三江源 (Sanjiangyan) であり，それぞれが保護区となっている (Schaller *et al.*, 2006 ; Fig3).

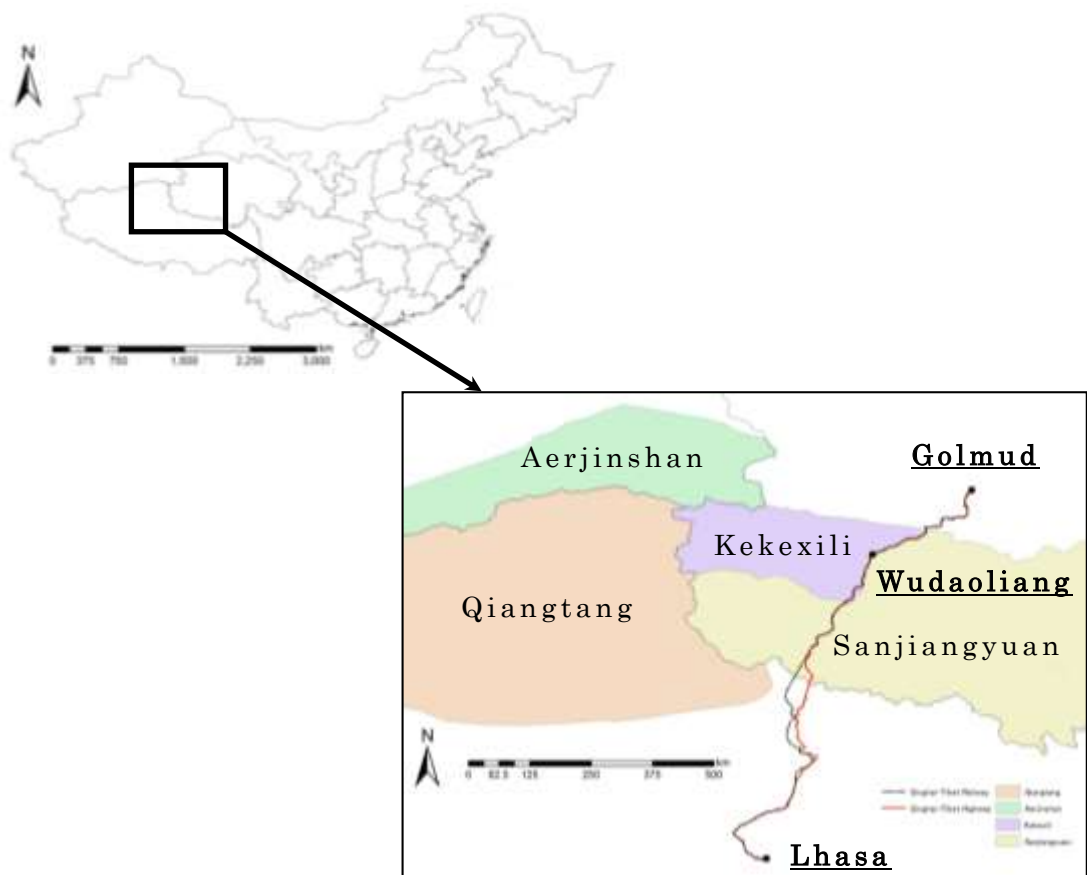


Fig.3 Location of study area

チルーの生息地は標高 4000～5000m のチベット高原の比較的平坦な土地で，年平均気温は氷点下である．風が強く乾燥しており，草本はまばらにしか生育していない．2012 年に行った調査では，*Ceratoides* sp.（ケラトイデス属），*Stipa* sp.（ハネガヤ属），*Kobresia* sp.（ヒゲハリスグ属）が優占種として分布しており，他には *Carex* sp.（スゲ属）や *Oxytropis* sp.（オヤマノエンドウ属）といったクッション・プラントや種々のグラミノイド（イ

ネ科，イグサ科，カヤツリグサ科の総称）などが生育していた．  
この中でチルーは主に *Ceratoides* sp. やグラミノイド，クッション・プラントを摂食している（Schaller *et al.*, 2006）．チルーの繁殖時期は早くて 5 月下旬，通常は 6 月から 8 月上旬であり，特に 6 月末から 7 月初頭の数日間に集中して出産を行うとされる（Schaller *et al.*, 2006）．ARGOS による衛星追跡からは，三江源に生息するメスのチルーは 5 月 24 日から移動を開始し，主な繁殖地である可可西里（Kekexili）自然保護区へ向かって揃って大移動を行っており，7 月 23 日には繁殖地を離れて再び越冬地へ向けて移動していることが分かっている．季節移動を行う要因として，繁殖地の地形が平坦であることが挙げられているが，メスのチルーのみが移動する明確な理由については不明である（Hoshino *et al.*, 2011）．

三江源の越冬地から繁殖地へ向かうチルーの群れは必ず，格爾木（Golmud）-拉薩（Lhasa）間を結ぶ青蔵公路（Qinghai-Tibetan Highway; QTH, 1954 年開通）と青海チベット鉄道（Qinghai-Tibetan Railway; QTR, 2006 年開通）を横断する必要がある（Fig. 3, Fig. 4）．青海チベット鉄道には多くのアンダーパス（鉄道をくぐる様に設置された動物用の通路；Fig. 5）が設置されているが，チルーによる利用は限定的で，一部のアンダーパスを集中的に利用してい

る (Lin Xia *et al.*, 2007). また青蔵公路には野生動物の移動に配慮した通路は設置されておらず, 多くの車両の往来がある. この二重の障壁により三江源で越冬するチルー個体群への影響が指摘されていることから (Hoshino *et al.*, 2011), これらの建造物周辺におけるチルーの行動について明確にする必要がある.



Fig.4 Qinghai-Tibetan Railway



Fig. 5 Qinghai-Tibetan Highway



Fig. 6 The animal underpass that was build under the railway

## 1.2 本研究の目的

本研究では、チルーが希少動物として保護の対象となっており、また季節移動の経路における鉄道・道路の影響が懸念されていることから、

1) 生態の解明として、繁殖地・越冬地の各利用地域における環境利用についての推定.

2) 中継地における鉄道・道路によるチルーの季節移動への影響を行動圏の概念から明確にする.

以上の二点について、リモートセンシング技術およびフィールド科学の手法を用いて解析を行い、最終的にチルーの保護政策について一定の提案を行うことを目的とする.



## 第 2 章 研究の方法

### 2.1 研究対象地概要

研究対象地は中国青海省の五道梁 (Wudaoliang;  $35^{\circ} 12' 58''$  N,  $93^{\circ} 4' 59''$  E, 標高 4612m) 周辺の, 可可西里保護区・三江源保護区にまたがる地域とした. この地域に生息するチルーは Huiten Nur 付近を繁殖地としている.

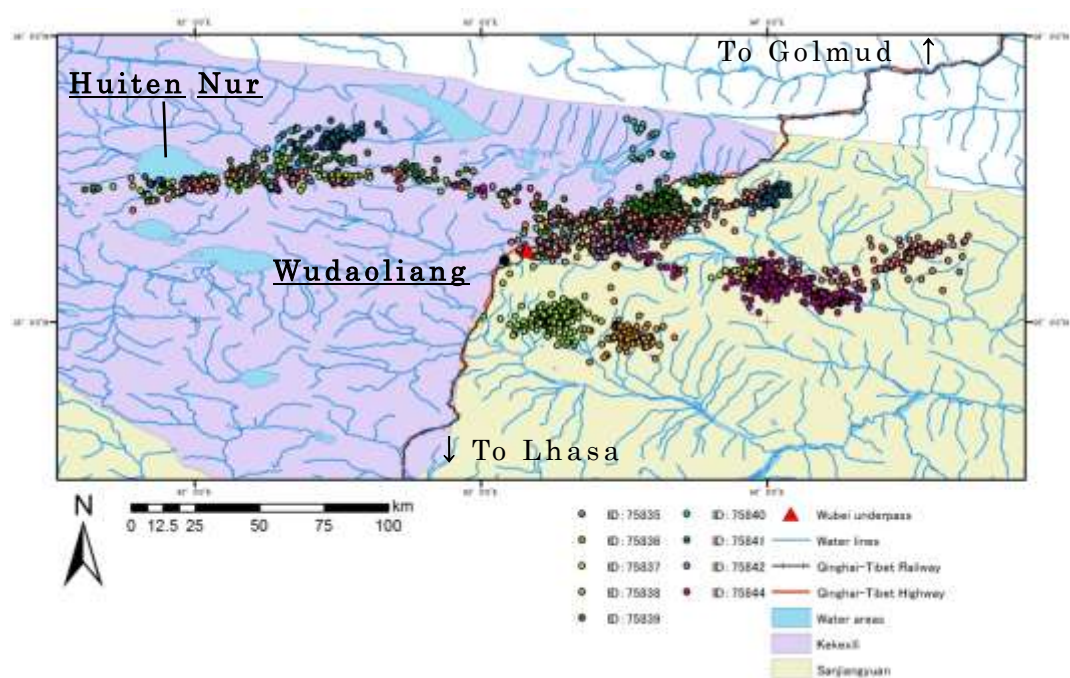


Fig.7 Study area and ARGOS ground signal (9 female antelopes)

### 2.2 調査手法

#### 2.2.1 現地調査

ココシリの繁殖地で出産を行い, 三江源の越冬地への移動を行っ

ているチルールの群れを観察するため，2012年7月27日から8月6日にかけての11日間のうち，7月30・31日を除く9日間の間，五道梁周辺でフィールド調査を行った．この地域は三江源を越冬地とするチルールの季節移動ルートにあたり，付近の五北アンダーパス（Wubei underpass）はチルーによる利用が集中するアンダーパスとなっている．

#### 2.2.1.1 目視観察

青蔵公路上の五道梁からチュマル橋の区間において，チルールの目視観察を行った．チルールの観察日時・観察場所・群れ構成・移動方向について記録し，また観察頭数のカウントを行った．

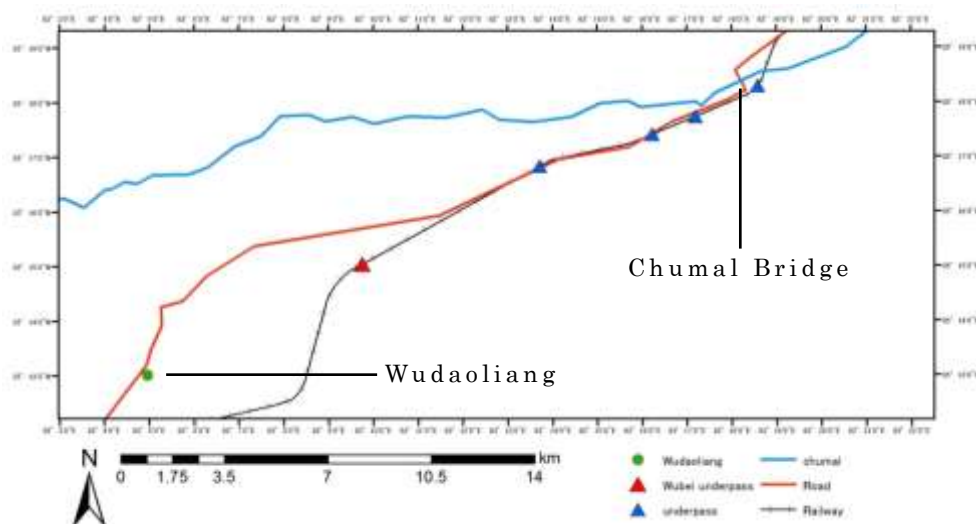


Fig.8 Study site of field study

#### 2.2.1.2 定点カメラ調査

五北アンダーパスに定点カメラ（Garden watch cam, ©Brinno 社製）を設置し，野生動物の撮影を行った．カメラの設置は 8 月 2 日から 8 月 6 日の期間に実施した．定点カメラはあらかじめ設定したインターバルごとに自動で撮影を行うものを使用し，インターバルタイムは 20 秒に設定した．

#### 2.2.2 衛星データ解析

##### 2.2.2.1 使用データ

##### 2.2.2.2 衛星データ処理

###### ・チルーの位置データ

チルーの位置データ（location）として，過去の調査により 9 頭のメスのチルーに装着された ARGOS 発信機 PTT（Platform Transmitter Terminal）付き首輪から送信された位置情報・日時のデータを使用した．ARGOS は衛星ベースの無線追跡システムであり，首輪の装着時期はそれぞれ ID75835・ID75836 は 2007 年 8 月，ID75838・ID75842 は 2009 年 8 月，ID75837・ID75839・ID75840・ID75841・ID75844 は 2010 年 8 月となっている．その位置情報の精度は LC（Location Class）として分類されている（Table.1）．これらのデータをチルーの位置情報として使用する際，LC が Z に

分類されているものはエラーとして除去した。

Location classes (LC)	Estimated accuracy in latitude and longitude
3	<150m
2	150m<accuracy<350m
1	350m<accuracy<1,000m
0	>1,000m
A	No estimate of location accuracy
B	No estimate of location accuracy
Z	(Invalid location)
Total	

Table.1 Precision list of the ARGOS system (LC)

ID75837・ID75842 は季節移動を行っていないため、位置情報は全て越冬地のものとした。

#### ・地形データ

数値標高データ (DEM, Digital Elevation Model) として、衛星搭載型地球観測光学センサーASTERによって取得された全球三次元地形データ (Global Digital Elevation Model; GDEM) を使用した。また、衛星画像解析ソフトウェア ENVI(©Exelis Visual Information Solutions (VIS) 社)の Topographic Modeling を使用し、傾斜角度 (Slope), 影 (Shaded Relief), 及び斜面方位 (Aspect) を算出した (Fig.9)。

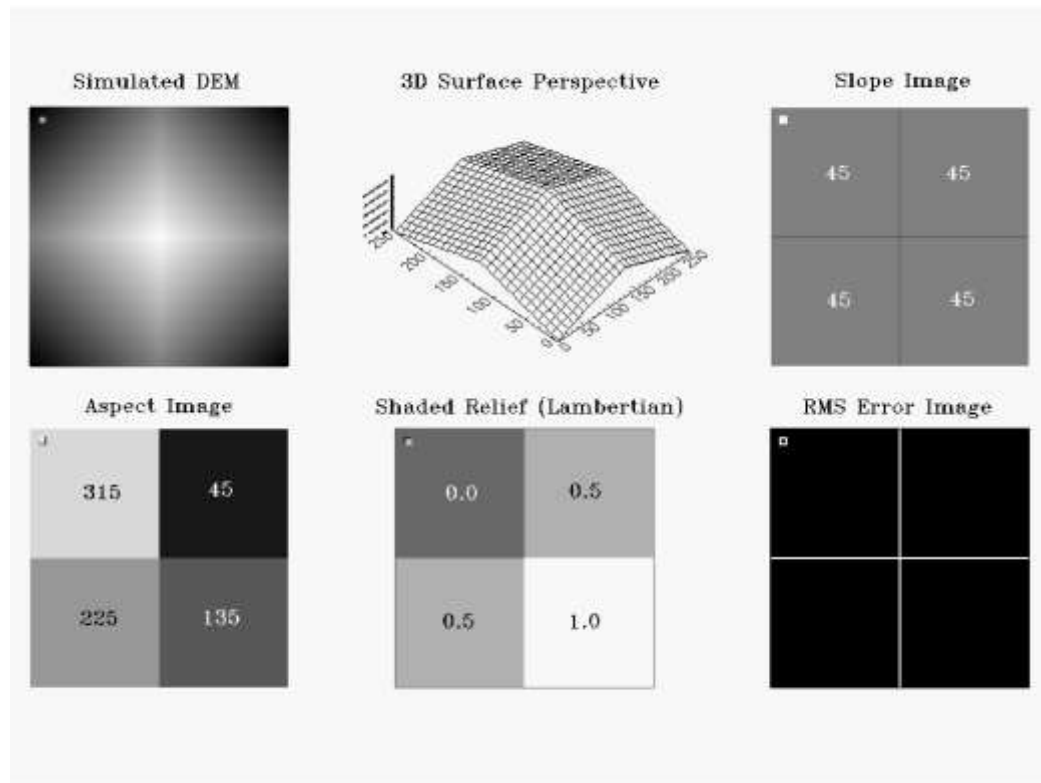


Fig.9 Detail of slope, aspect and shaded relief from satellite based digital topographic model

#### ・ 植生 データ

植生データとして，SPOT Vegetation のプロダクトデータから NDVI（Normalized Difference Vegetation Index；正規化植生指数）を算出して使用した．NDVI は植生量や植生の状態を表すために用いられる指標であり，-1 から+1 の値を取る．

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

NIR は赤外線 の近赤外域（700 - 1100 nm の電磁波）の反射率，

RED は可視光線の赤色域（620 - 750 nm の電磁波）となっている。

SPOT Vegetation は SPOT-5 に搭載された地球観測センサーであり、解像度は 1km となっている。

$$NDVI = (DN * 0.004) - 0.1$$

SPOT Vegetation のプロダクトデータは 0 から 255 の Digital number として格納されており、上記の式から NDVI を算出することができる。

#### ・積雪データ

積雪データとして、MODIS Snow Cover のプロダクトデータから積雪の ON・OFF データを作成した。MODIS は地球観測システム（Earth Observing System; EOS）の Terra/Aqua 衛星に搭載された可視・赤外域センサーであり、解像度は 500m となっている。MODIS Snow Cover のデータは 11 のクラスに分類されているが、本研究では積雪の有無で 2 クラスに再分類を行ったものを使用した。

#### ・河川・湖沼からの距離データ

DIVA GIS より提供されている河川・湖沼のベクタデータから、ArcGIS 10.1（©ESRI 社）およびエクステンションの Spatial

Analyst を用いてユークリッド距離 (Euclidian Distance) を算出し、河川・湖沼からの距離のラスタデータを作成した。

#### 2.2.2.3 行動圏の推定

一般的に動物が生息する範囲は行動圏 (home range) と呼ばれる。本研究では ARGOS PTT より得られたチルーの位置データを用い、Local Convex Hull (LoCoH) 法によって行動圏を推定した。LoCoH 法とは、点の分布に基づいて K (最近傍の数) の値を選択し、等値線 (Isopleth) を作成する手法であり、Isopleth の値によって生息域の利用可能性をランク付けすることができる。動物の存在が確認されたポイントの最外郭を結び、凸多角形を作成する最外郭法 (The minimum convex polygon method) と比較して、LoCoH 法 (Getz and Wilmers. 2004) は行動圏を過大評価するリスクが低いとされている (Burgman, M. A. and Fox J. C. 2003) が、10000 ポイントを超える大量のデータに対して使用できないという欠点がある。チルーの位置データは繁殖地・中継地・越冬地の全てを含む物と、越冬地のみの物を作成し、それぞれについて行動圏を推定した。

#### 2.2.2.4 種の分布の推定

チルーの生息地における環境の選択性から，チルーの生息地選択ならびに潜在的な生息地について明らかにするために，最大エントロピーモデルである MaxEnt (Steven J. Phillips, 2004) を使用して種の分布モデルを作成した．MaxEnt は種の在データと環境データを使用するモデルである．

##### ・種の在データの作成

ARGOS PTT より得られたチルーのポイントデータから，ArcGIS 10.1 (©ESRI 社) を用いて緯度・経度のテーブルを作成し，CSV 形式でエクスポートした物を使用した．尚，繁殖地におけるポイントデータは数が少ないため，全個体のデータをプールした物を使用した．

##### ・環境データの作成

環境データとして，数値標高データ (DEM)・傾斜角度 (Slope)・影 (Shaded Relief)・斜面方位 (Aspect)・河川からの距離 (Distance from river)・湖沼からの距離 (Distance from lake)・正規化植生指数 (NDVI)・積雪データ (Snow cover) を使用した．



### 第 3 章 結果と考察

#### 3.1 現地における目視観察結果

##### 3.1.1 観察頭数・群れ構成

##### 3.1.2 観察地点

五道梁周辺でのラインセンサスの結果，チルーの観察頭数に一定のピークがあることが分かった（Fig.10）．2012 年の場合，チルーの観察頭数のピークは 8 月 2 日の 1 日に見られ，その観察頭数は 1499 頭となっていた．これは期間中に観察した総チルー数のおよそ 30%にあたる（Table.2）．

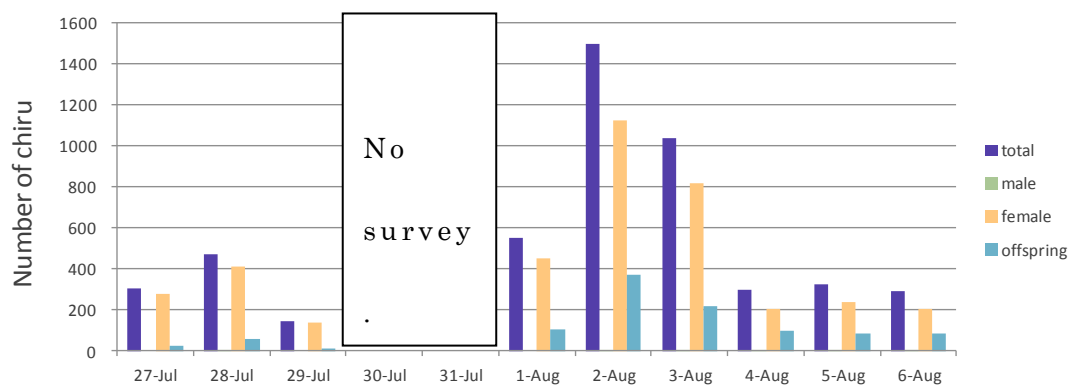


Fig.10 Number of the chiru, which is observed near railway during Jul 27 to August 6, 2012

Table.2 Number of the chiru, which is observed near railway during Jul 27 to August 6, 2012

	27-Jul	28-Jul	29-Jul	1-Aug	2-Aug	3-Aug	4-Aug	5-Aug	6-Aug	period total
total	303	474	146	550	1499	1037	299	323	288	4919
male	0	7	0	0	2	4	1	3	2	19
female	276	411	136	449	1123	817	201	238	204	3855
child	27	56	10	101	374	216	97	82	82	1045

また，観察したチルーは多くがメスとその子供であり，オス個体を観察する機会は殆どなかった（Fig.11）. メスの成獣のうち，子供を連れて移動を行っている個体はおよそ 27%となった．

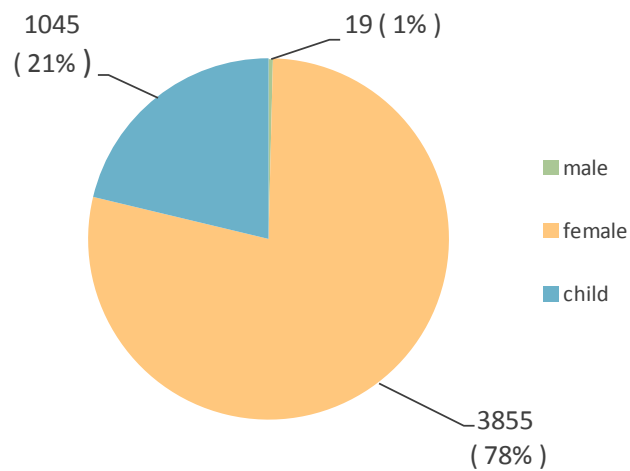


Fig.11 Age and sex structure of migrating chiru

観察期間中の 8 月 4 日，ARGOS PTT 発信機付き首輪を装着したチルーが他の個体と同様に子供を連れて移動を行っている様子を観察した．このことから，首輪が繁殖の妨げとなっていないこ

とが確認できた。



Fig.12 The ARGOS PTT collared female chiru

観察地点は五北アンダーパス周辺に集中しており，サイズの大  
きい群れが観察される機会が多くなっていた（Fig.13）．また，  
道路からの観察方向を南北に分類したところ，全観察機会のうち  
82%が北側，18%が南側での観察となり，チルーは道路と河川に挟  
まれた地域を多く利用していることが読み取れる（Fig.14）．

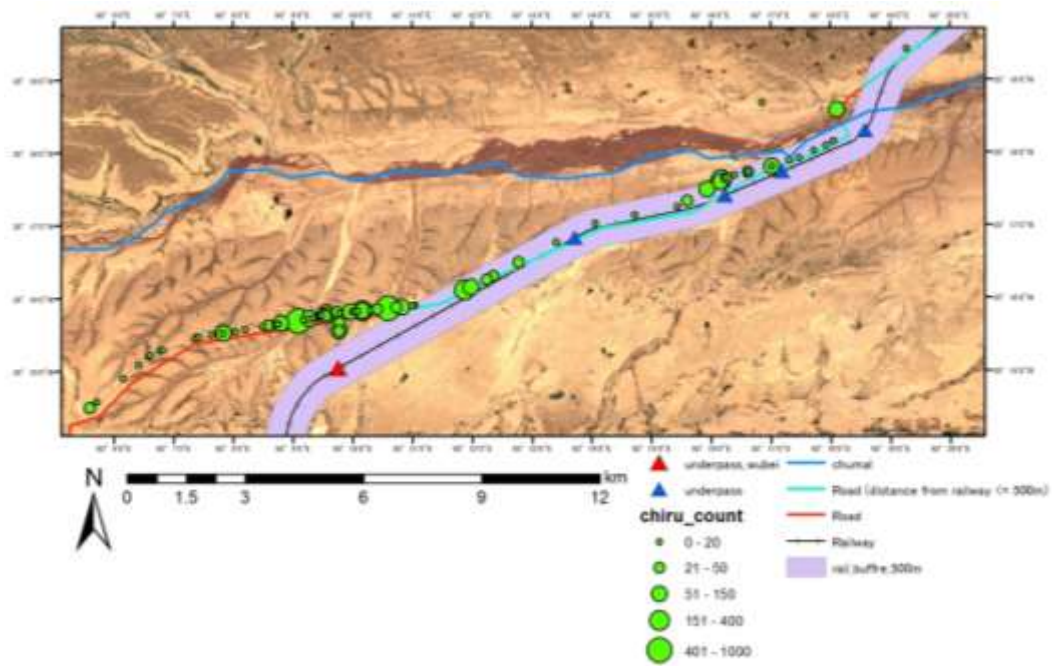


Fig.13 Population census on transect

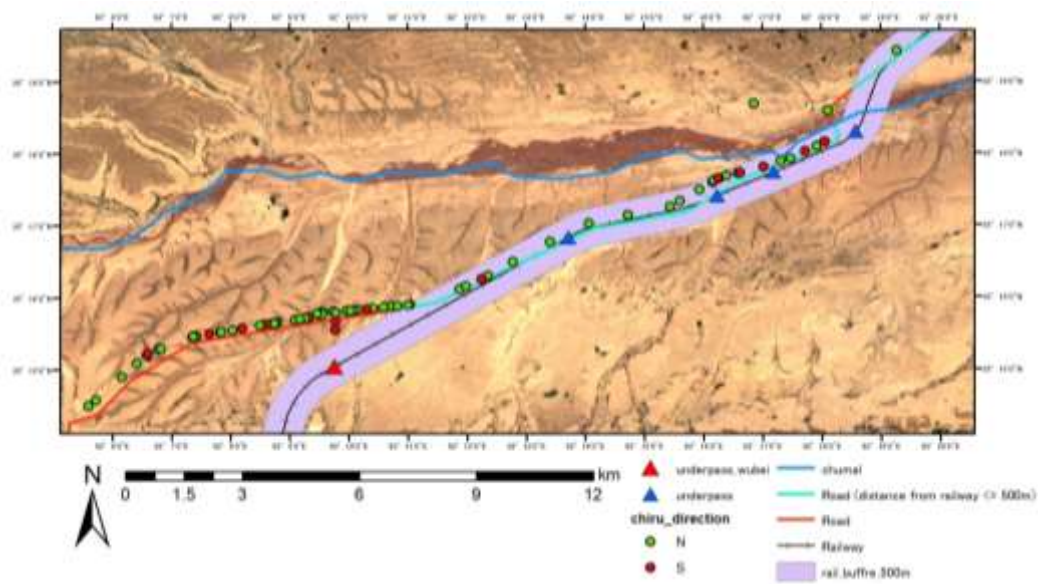


Fig.14 Direction of herbs during field census

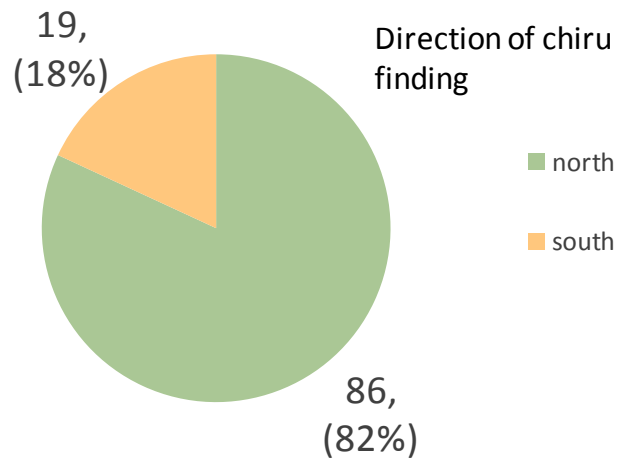


Fig.15 Classification of observed direction of chiru

調査地周辺では鉄道と道路がほぼ平行して建設されており，チルーが人的影響を避ける為に道路の北側の地域を利用していることが推測される．

### 3.2 鉄道・道路によるチルーの季節移動への影響

#### 3.2.1 現地調査による結果

##### 3.2.1.1 定点カメラ

五北アンダーパスに設置した定点カメラの記録について，撮影日時と撮影枚数からセンサスを行った（Table.3）．道路北側で多くのチルーを観察した8月2日の翌日，8月3日において，多くのチルーが撮影されていることが読み取れる．このことから，道

路北側で観察した群れが翌日にアンダーパスを通過したことが推測される。

Table.3 Result of camera trap during August 1 to 6, 2012

Setting place	Setting period	Setting period (min)	Number of chiru photo	Chiru imaging frequency
Wubei underpass	8/1 17:12 ~ 8/1 22:35	323	0	0.00
Wubei underpass	8/2 7:18 ~ 8/2 22:35	917	28	0.03
Wubei underpass	8/3 7:19 ~ 8/3 16:10	531	582	1.10
Wubei underpass	8/4 12:19 ~ 8/4 22:11	592	31	0.05
Wubei underpass	8/5 7:30 ~ 8/5 13:31	361	0	0.00
Wubei underpass	8/6 7:31 ~ 8/6 22:07	876	98	0.11

### 3.2.1.2 鉄道・道路付近におけるチルーの移動ルート

北西方向の繁殖地から移動してきたチルーの多くは，チュマル川を横断した後に河川沿いに西へ移動し，五北アンダーパスを通過後東に移動していた．一部の群れは河川横断後，チュマルアンダーパスを利用していたが，多くは 20km 程度の迂回を行い，五北アンダーパスを利用していることが確認できた (Fig.16)．チルーは群れで行動する動物であり，河川・道路・鉄道に到着した際，横断の前に数十頭から数百頭の群れを作ることが観察された．つまり，障害を横断する際には群れを作るためのスペースが必要となることが考えられる．チュマルアンダーパスは長さが 2.5km と大型のアンダーパスだが，道路との距離は 200m ほどと非常に狭くなっており，一方五北アンダーパスは長さが 200m とチュマルア

ンダーパスと比較して小型のアンダーパスだが、道路との距離が1.5kmほど離れている。そのため、五北アンダーパスにはチルーによる利用が集中していると考えられ、チルーは利用するアンダーパスを長さではなく道路からの距離によって選択していることが考えられる。

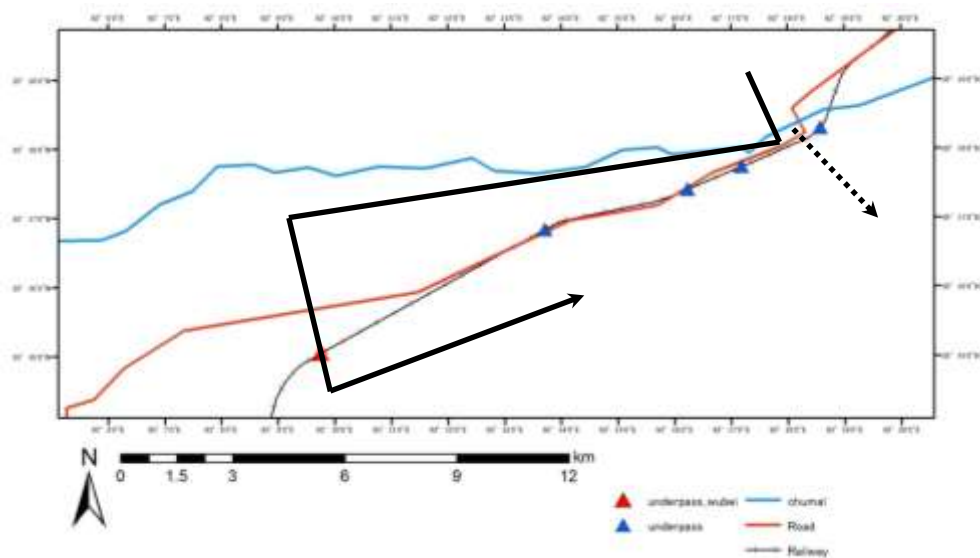
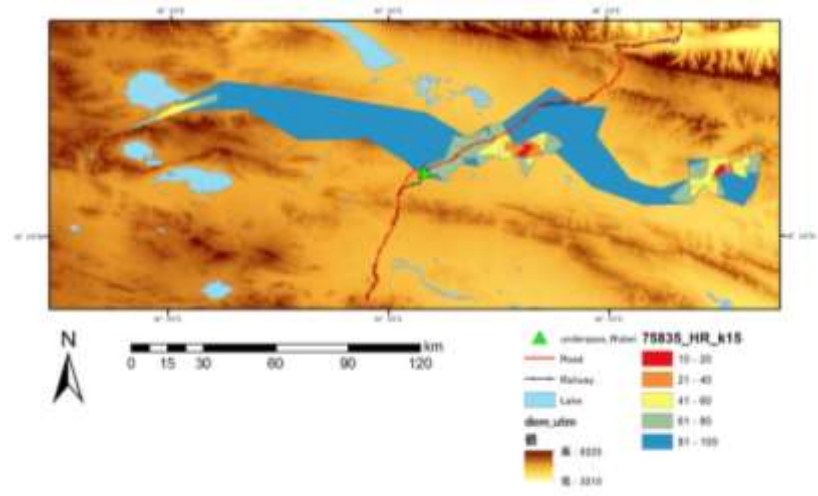


Fig.16 Movement pattern of migrating chiru in QTR/QTH area

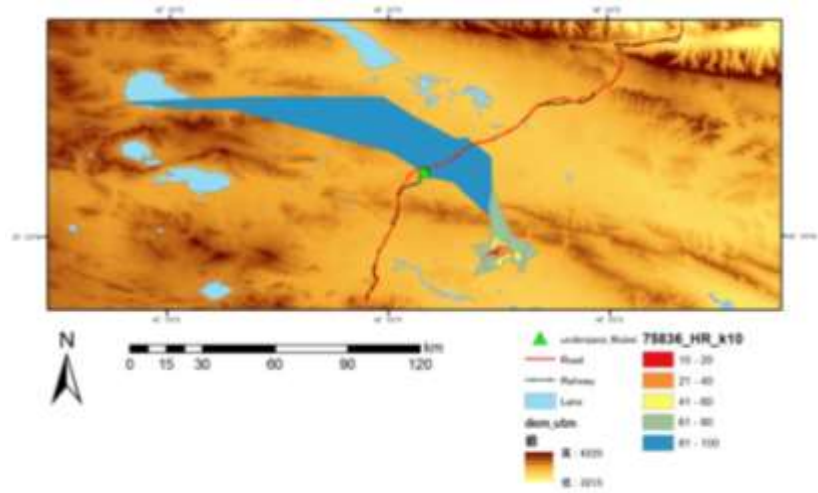
### 3.2.2 グランドシグナルより推定したチルーの行動圏の解析

ID75837・ID75842の2個体を除く、季節移動を行っているチルーの行動圏をLoCoH法により推定した。コアエリアに近い場所を赤色、最外郭を青色で示した (Fig.17)。

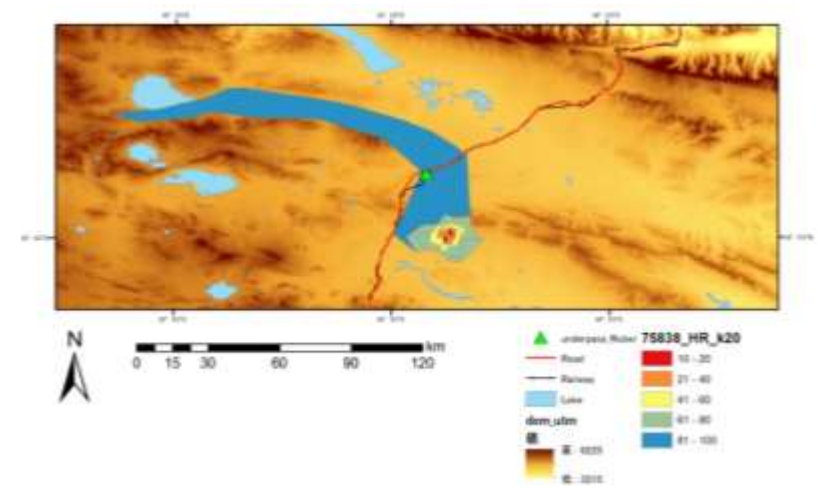
(a)



(b)

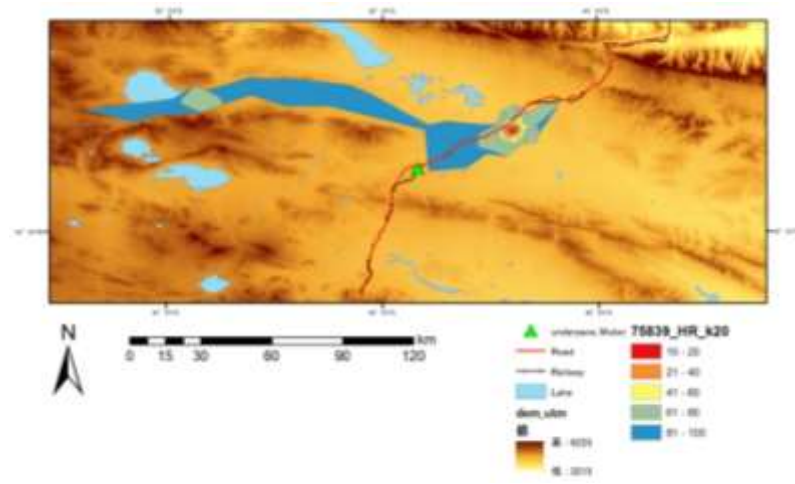


(c)

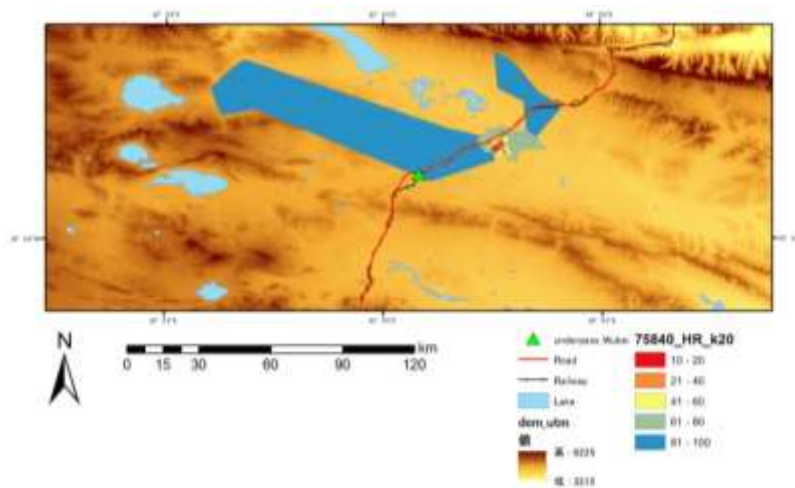




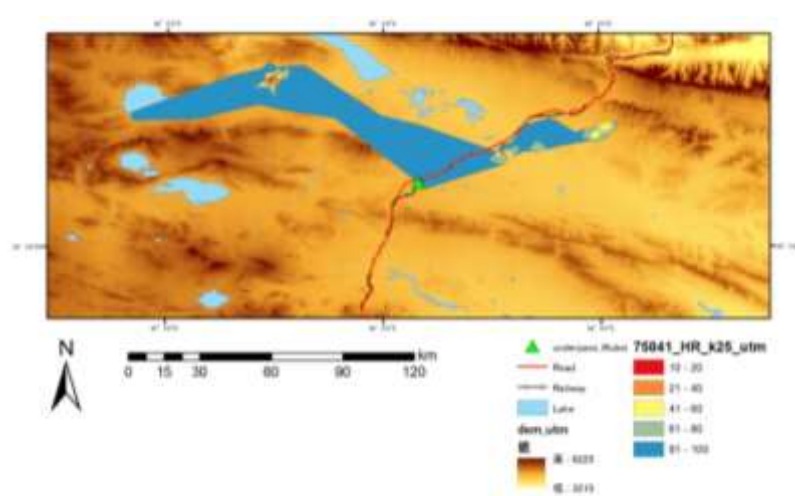
( d )



( e )



( f )



(g)

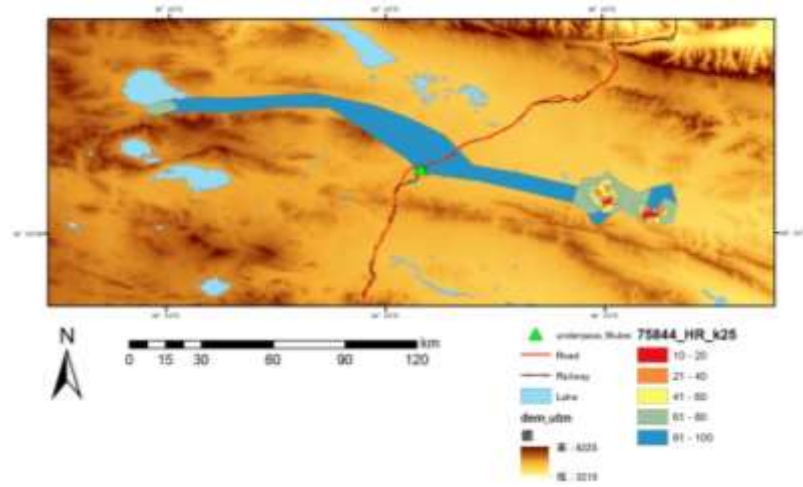


Fig17. Home range of chiru using LoCoH Model

7 個体全ての結果において，三江源の越冬地がコアエリアとして算出された．また，鉄道付近でコリドーの幅が広がっていることが読み取れる．これは現地調査で観察した鉄道近辺におけるチルーの移動ルートとも一致しており，鉄道・道路がチルーの季節移動にとって障害となっていることが考えられる．多くのチルーは Huiten Nur の南側の地域を利用していることが読み取れ，三江源を越冬地とするチルーが Huiten Nur の南側を繁殖地として利用していることが分かる．一方，ID75840 のチルーは湖付近まで移動せずに引き返しており，この個体が妊娠せずに移動を行ったこと，もしくは移動中に流産したことなどが考えられる．また，ID75841 のチルーの行動圏について，他の個体と異なる地域がコアエリアとして算出されていることから，鉄道・道路の西側

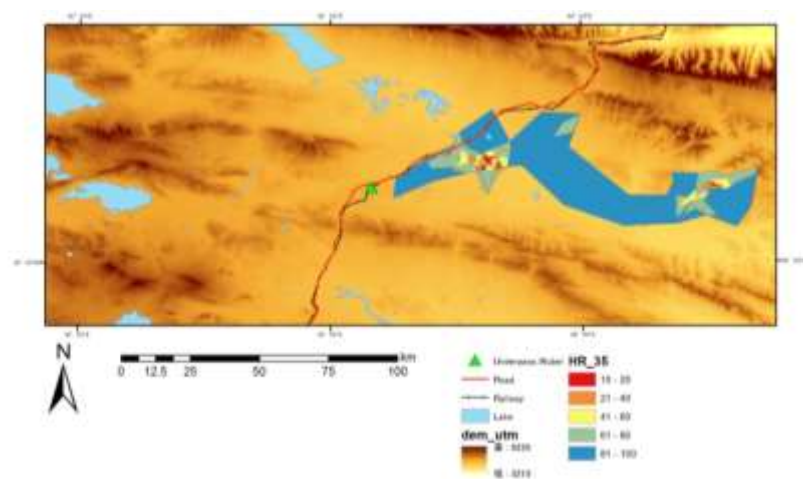
地域を越冬地として利用している可能性が考えられる。

### 3.3 生息地における環境利用の推定

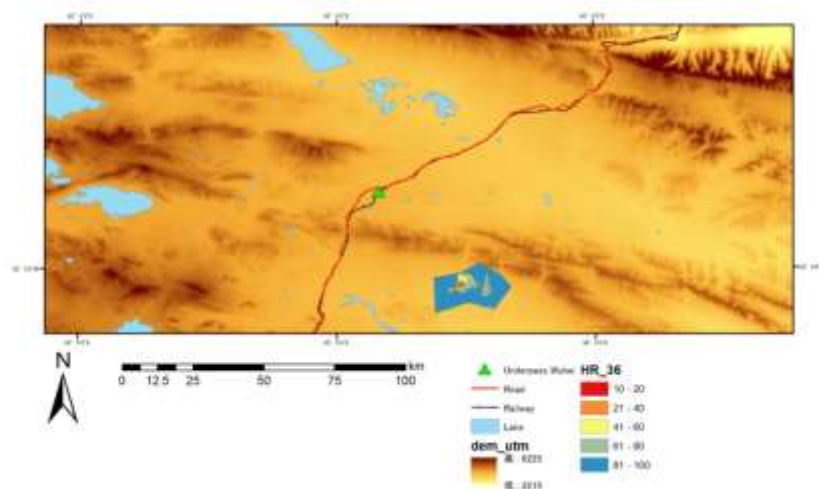
#### 3.3.1 各越冬地の行動圏推定と越冬地の分類

越冬地におけるチルーの位置データから，越冬時期のチルーの行動圏を推定した（Fig.18）。

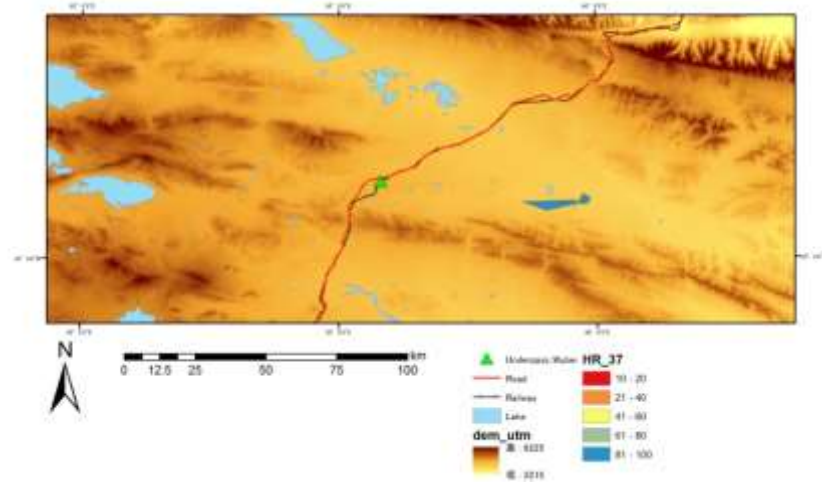
(a)



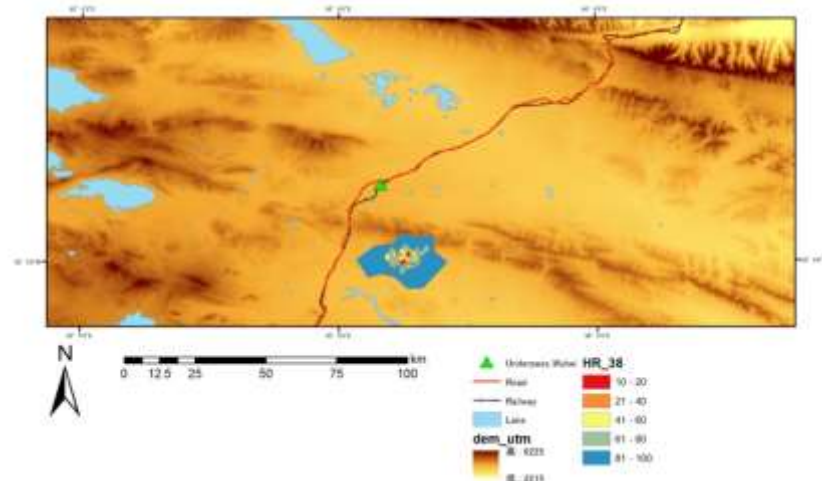
(b)



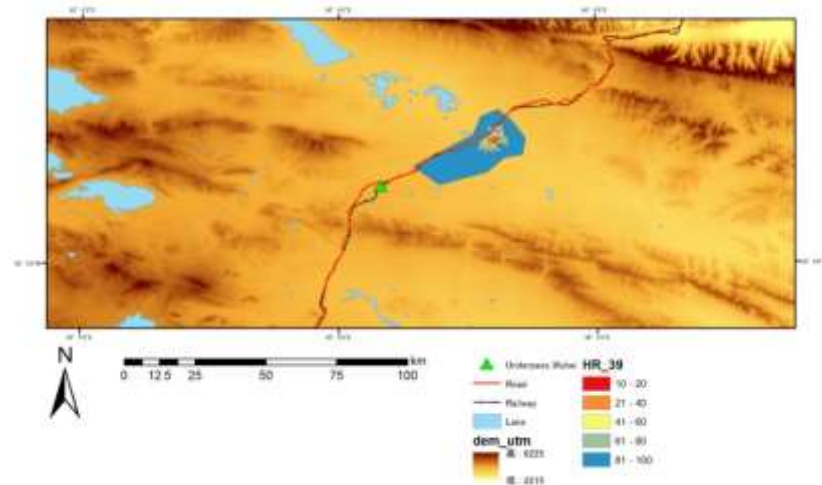
( c )



( d )

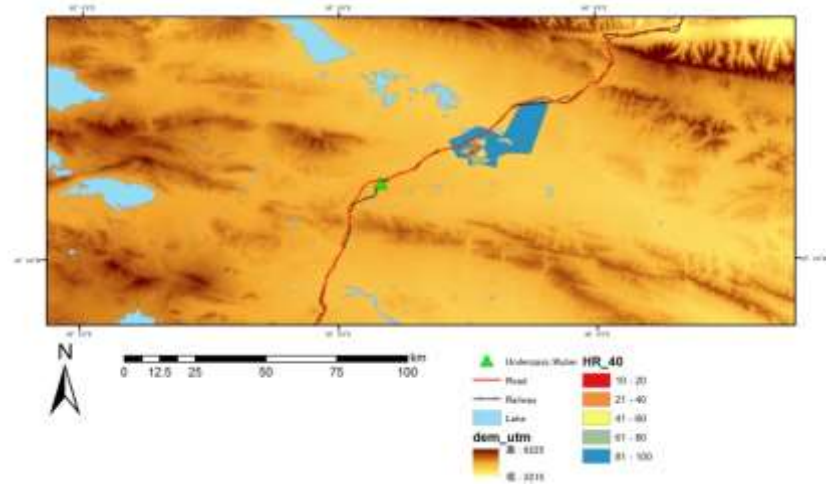


( e )

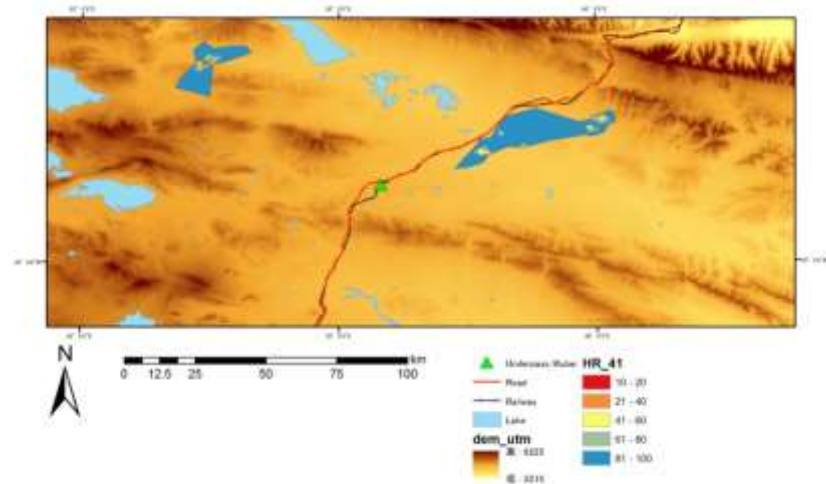




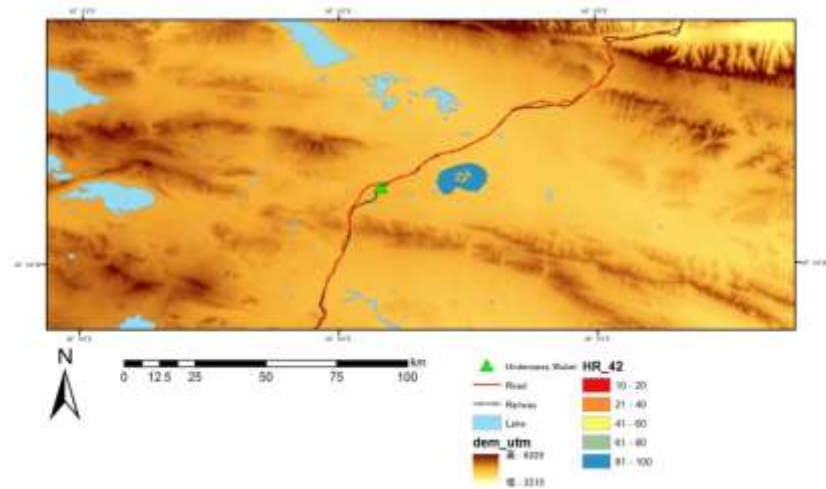
( f )



( g )



( h )



(i)

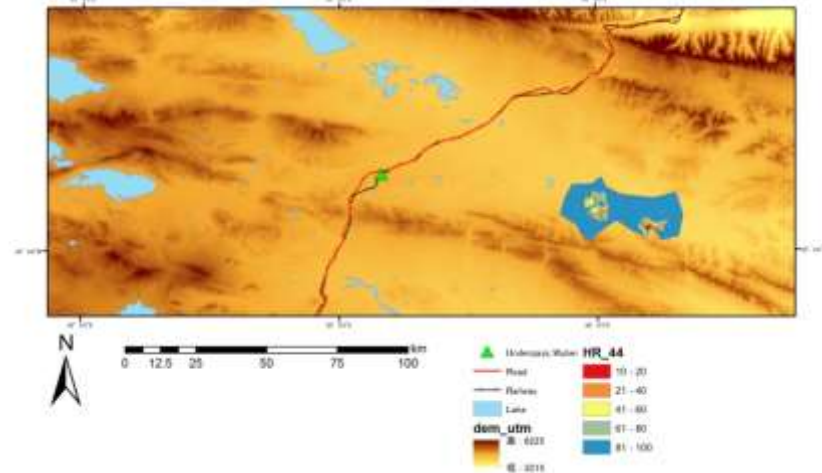


Fig. 18 Home range of chiru in wintering site (main pasture) using LoCoH Model

チルーの越冬地における行動圏はおよそ次の地域に分類することができた．

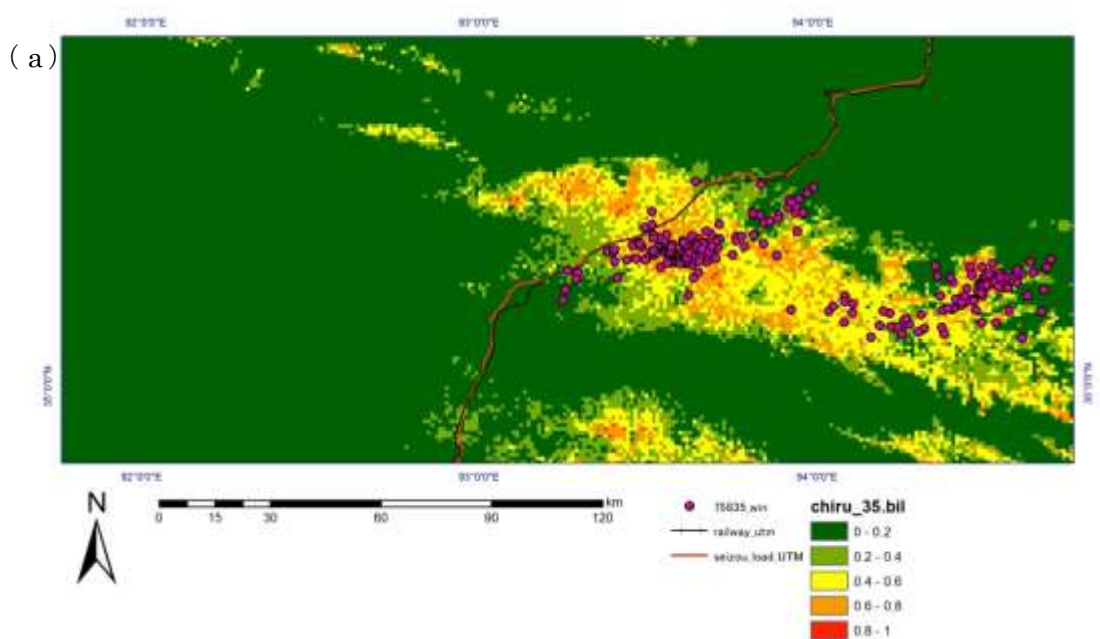
1. ID75837・ID75844 のチルーが越冬地として利用している鉄道から離れた地域．
2. ID75836・ID75838 のチルーが越冬地として利用している山脈南側の地域
3. ID75839・ID75840・ID75842 のチルーが越冬地として利用している鉄道近辺の地域．

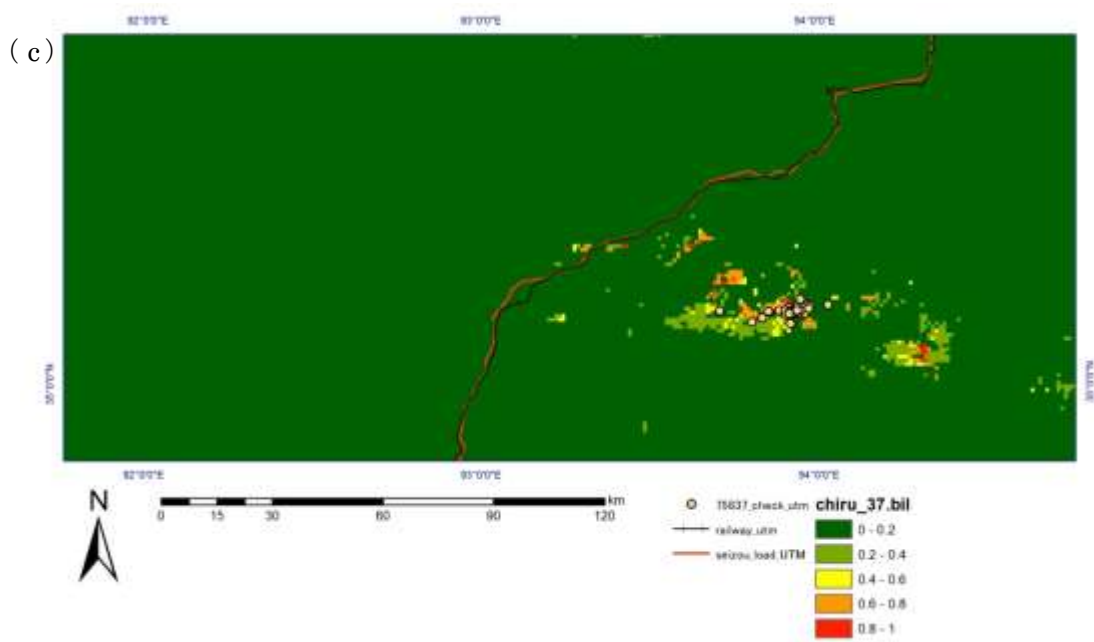
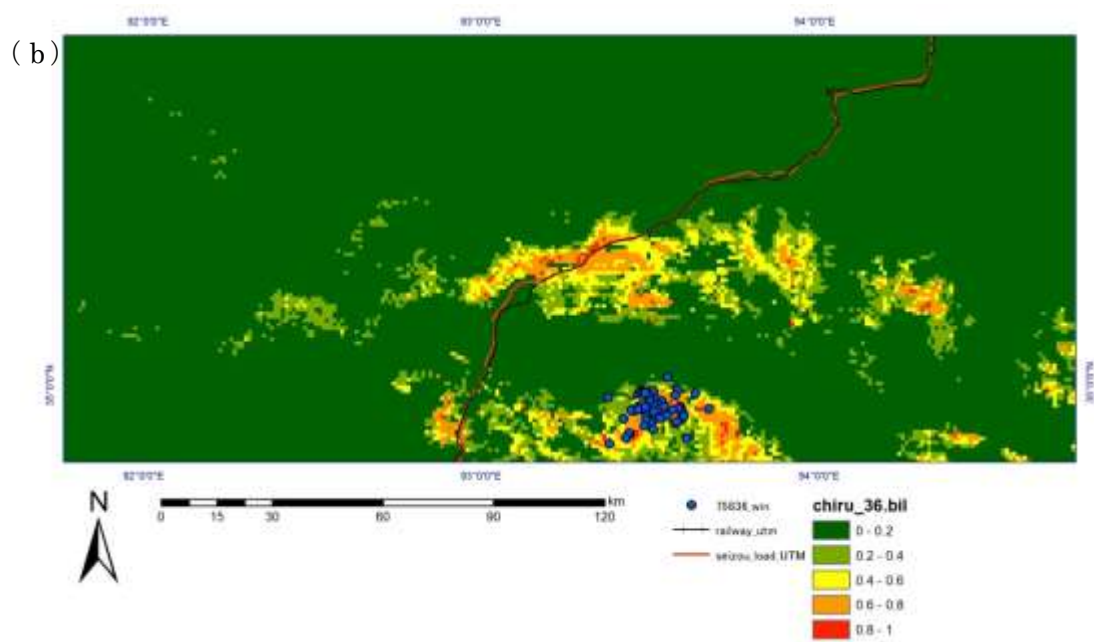
ID75835 のチルーは鉄道から離れた地域と鉄道近辺の地域の両方を利用している．また，ID75841 のチルーにおいても，鉄道付近の地域と鉄道西側の地域が越冬地として推定されており，年に

よって異なる越冬地を利用する個体がいることが読み取れる。

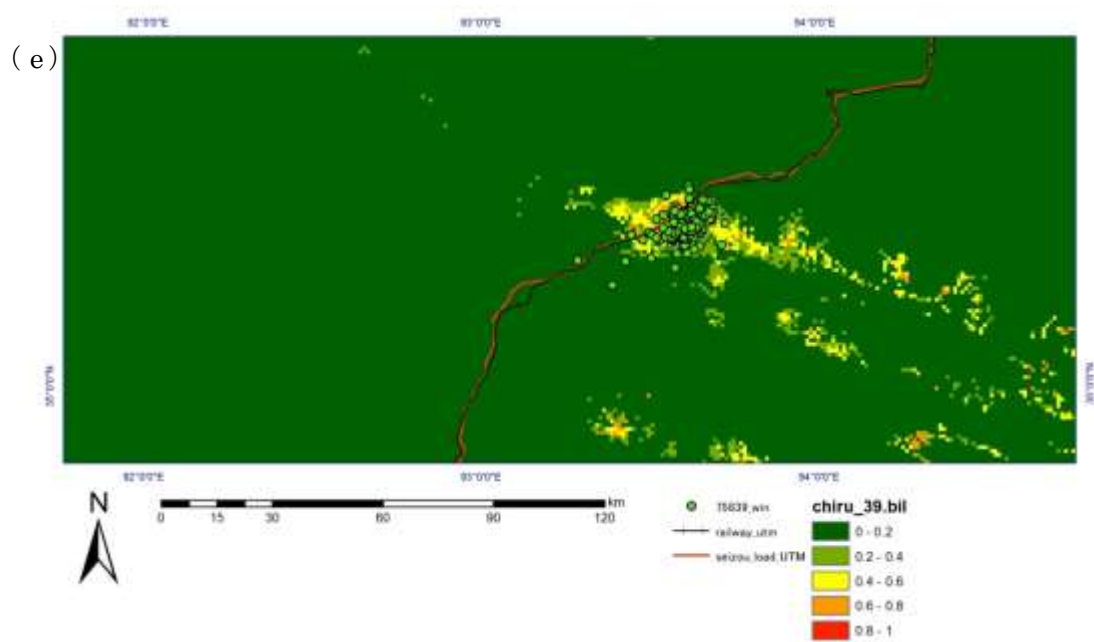
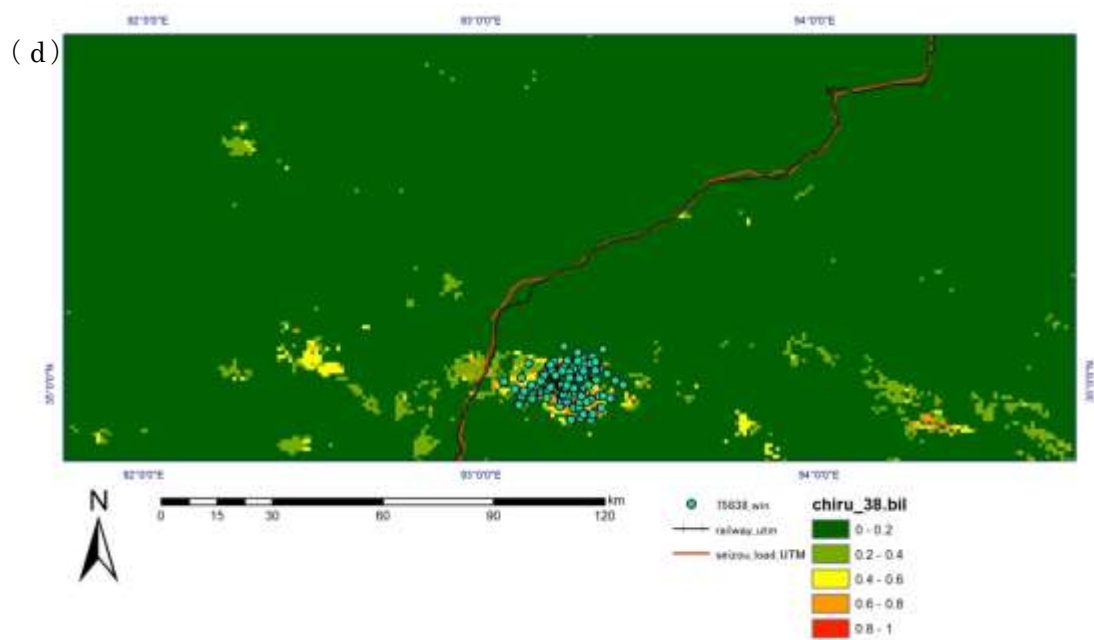
### 3.3.2 越冬地における環境利用

越冬地におけるチルーの位置データと環境変数から，生息地選択を推定した（Fig.19）。

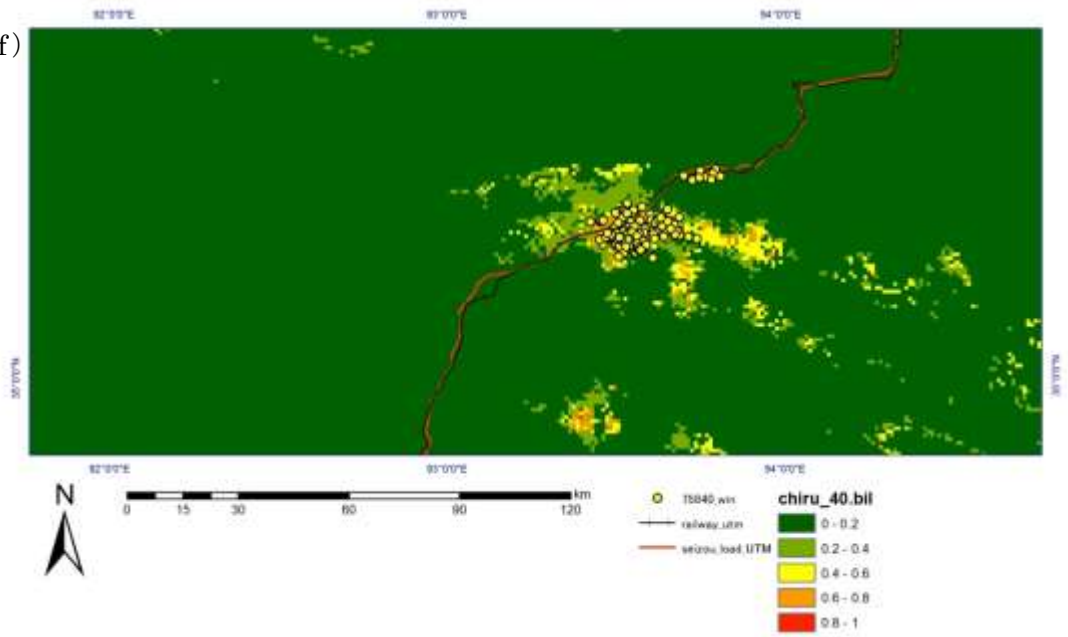




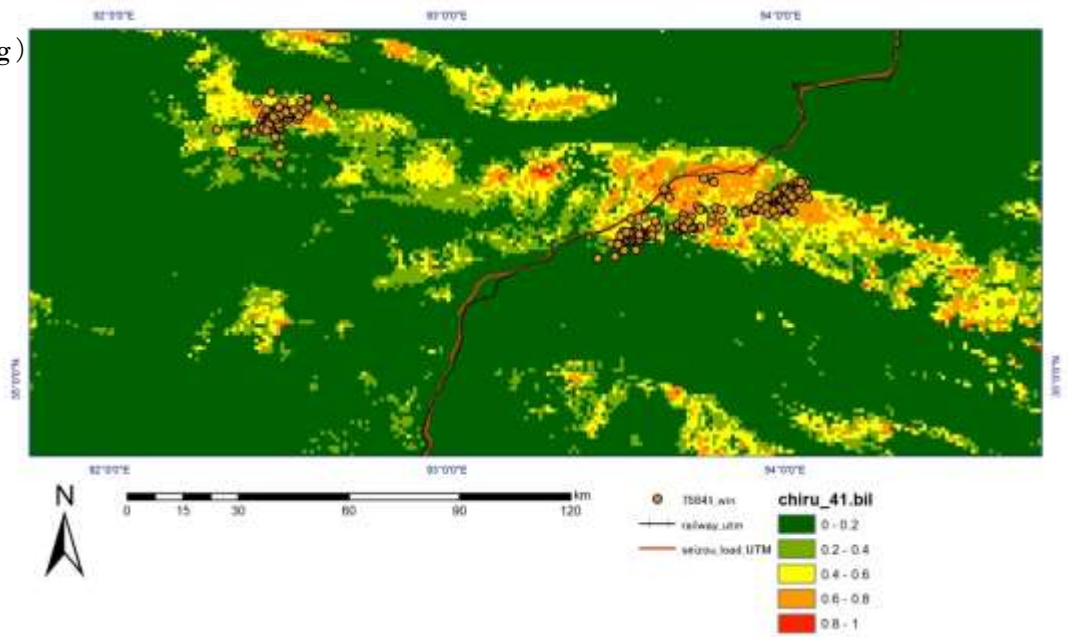




(f)



(g)



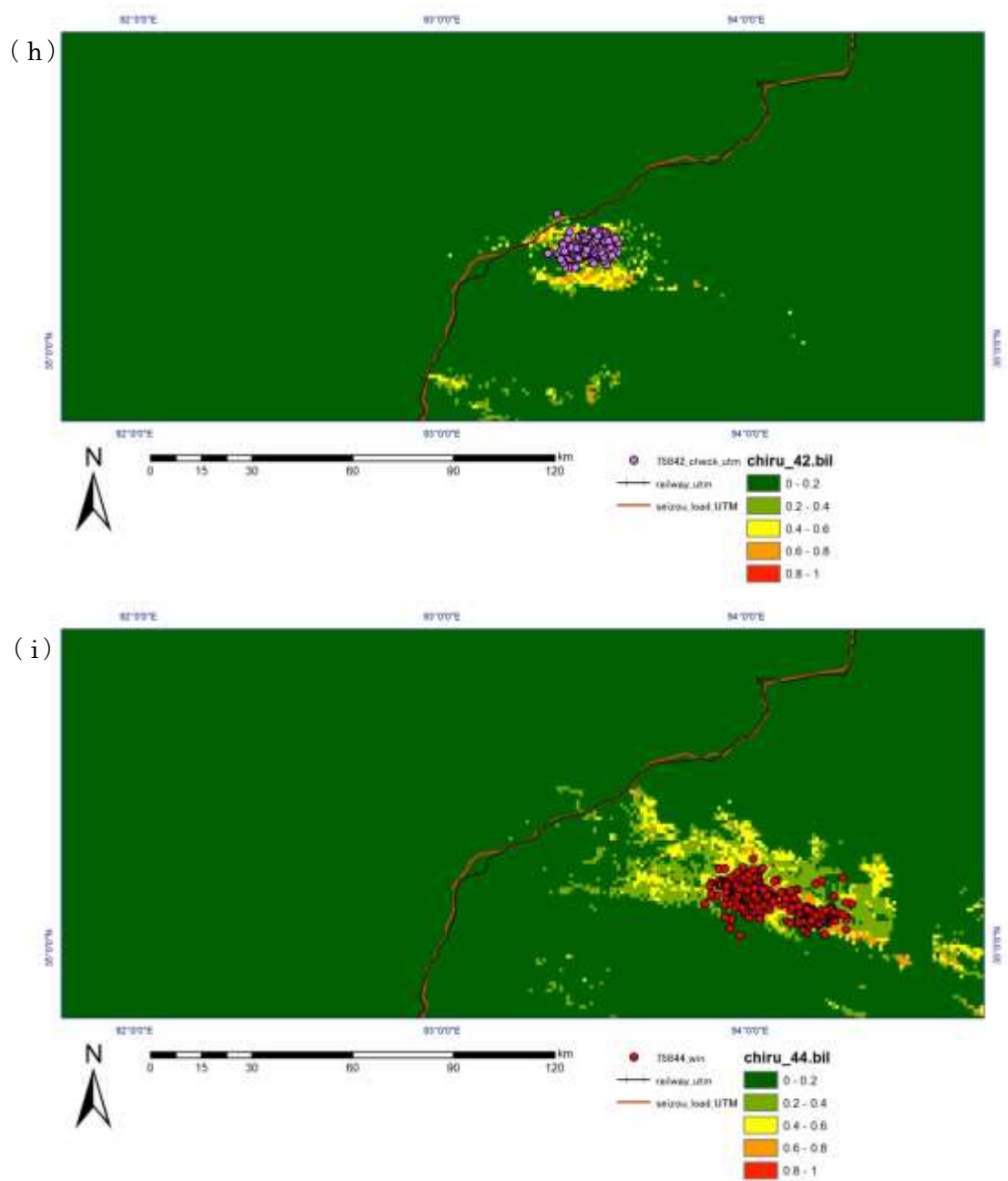
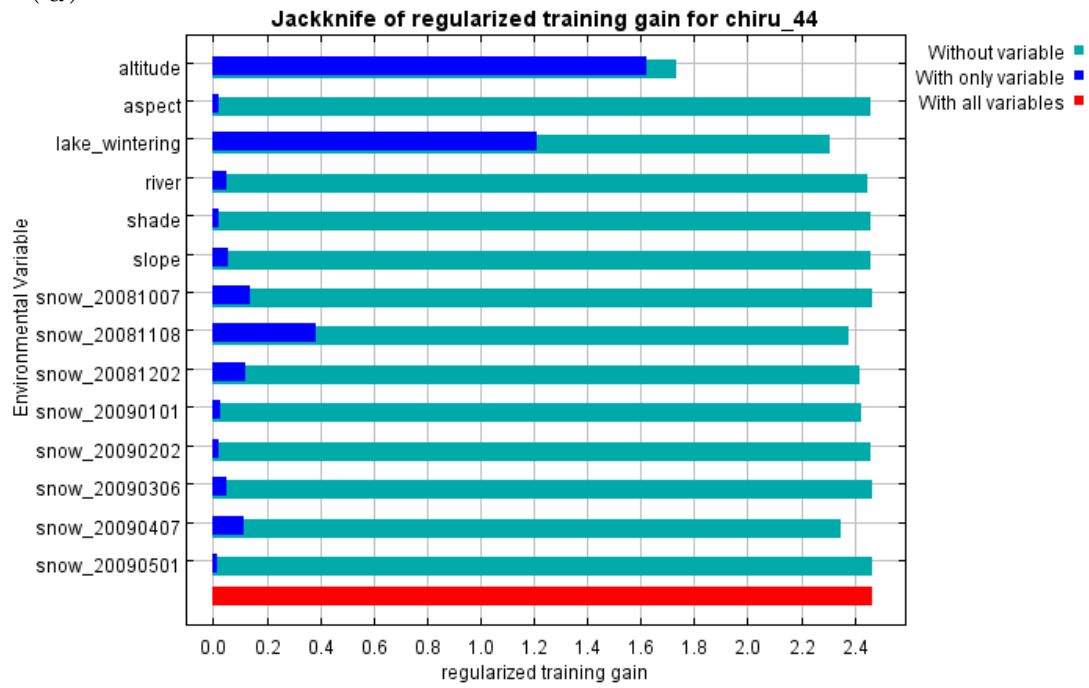


Fig.19 Estimation of the habitat selection of the chiru in wintering site (main pasture) using MaxEnt Model

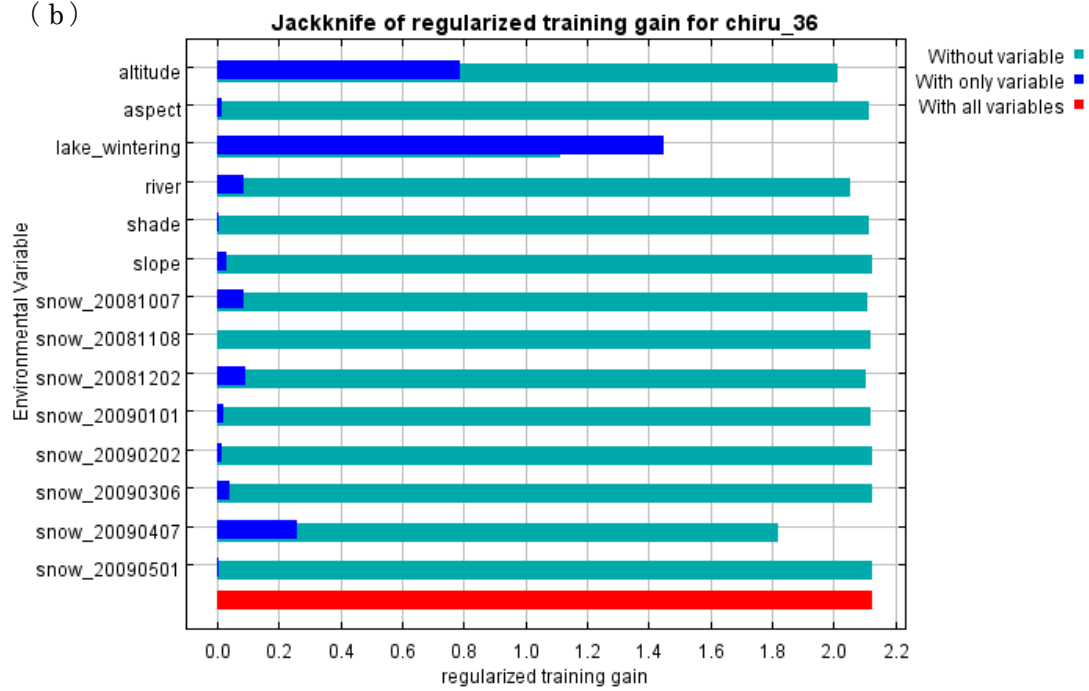
環境変数は数値標高データ (DEM)・傾斜角度 (Slope)・影 (Shaded Relief)・斜面方位 (Aspect)・河川からの距離 (Distance from river)・湖沼からの距離 (Distance from lake)・積雪データ (Snow cover) を使用した。年によって越冬地が異なる ID75835・ID75841 のチルーは、生息確率が高い地域が広くなる結果となった。また、ID75836 のチルーの結果において、現在使用している南側の越冬地以外に、他の ID のチルーが利用している越冬地が生息確率の高い地域として顕著に現れていた。

次に、チルーの越冬地における生息確率に対する環境変数の影響力について、冬季の行動圏から分類を行った 3 地域においてそれぞれ示した (Fig. 20)。鉄道から離れた地域として ID75844 の結果、山脈南側の地域として ID75836 の結果、鉄道付近の地域として ID75839 の結果をそれぞれ使用した。

( a )



( b )



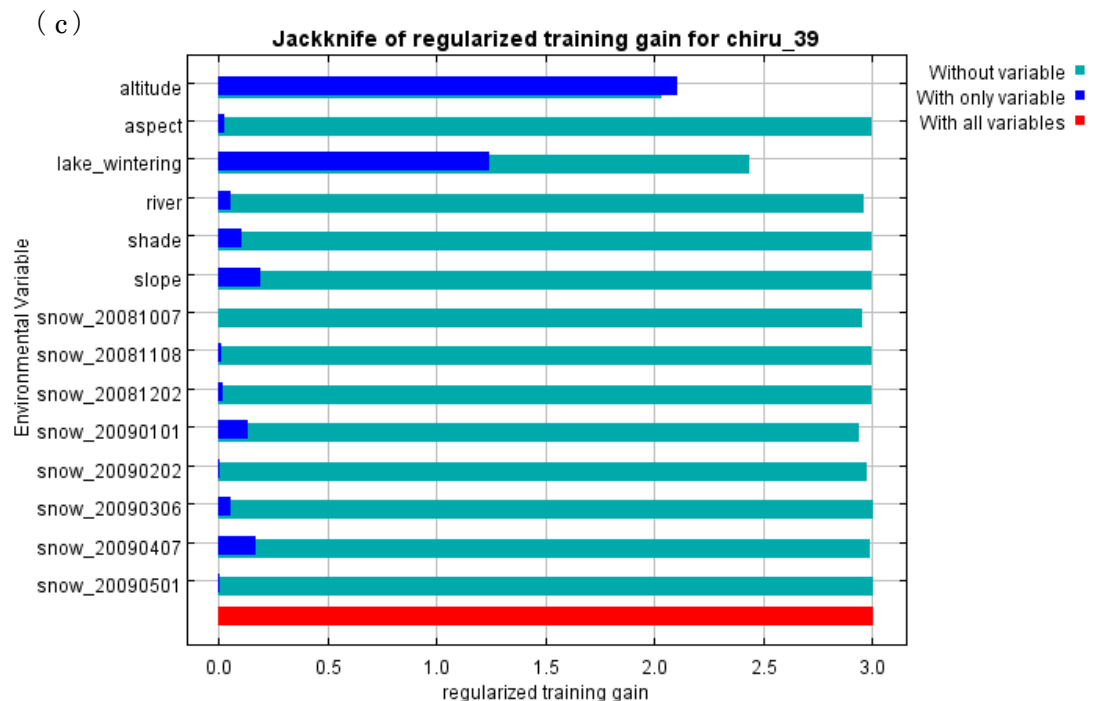


Fig.20 Jackknife test of training gain for chiru in wintering site (main pasture)

青色のグラフはチルーの生息確率に対する環境変数の影響力となっており，標高・湖沼からの距離がチルーの生息確率に高い影響力を持っていることが読み取れる．水色のグラフは取り除かれるとチルーの適合度が低下する環境変数となっており，標高・湖沼からの距離において，適合度の低下が大きくなっている．チルーの個体間で標高・湖沼からの距離の順が異なる場合もあるが，全ての個体の越冬地の選択において，この二つの環境変数は強い影響力を持っていることが推測される．

環境変数 (Variable) ごとのモデルへの寄与率 (Percent contribution) と生息確率への寄与率 (Permutation importance) について示した (Table.4).

モデルへの寄与率, 生息確率への寄与率共に標高・湖沼からの距離において高くなっており, このことは3地域で共通の傾向となっている. 標高・湖沼からの距離以外の寄与率としては, 積雪によるものが一部高くなっており, このことはチルーの冬季の行動圏が積雪に影響されるとした先行研究の結果 (Ikariya, 2014) とも一致する.

Table4. Analysis of variable contribution for the habitat selection by chiru in wintering site (main pasture)

( a )

44		
Variable	Percent contribution	Permutation importance
altitude	42.9	56.3
slope	0	0.1
aspect	0.1	0.6
shade	0.1	0.2
lake_wintering	37	16.5
river	0.6	1.1
snow_20081007	0	0
snow_20081108	10.2	18.8
snow_20081202	1.7	0.9
snow_20090101	1.3	1.3
snow_20090202	0.2	0
snow_20090306	0	0
snow_20090407	5.9	4.2
snow_20090501	0	0

( b )

36		
Variable	Percent contribution	Permutation importance
altitude	3.4	3.5
slope	0	0
aspect	0.7	0.2
shade	0.5	0.3
lake_wintering	73.4	79.7
river	3.3	3.7
snow_20081007	0.6	0.1
snow_20081108	0.1	0
snow_20081202	1.8	1.5
snow_20090101	0.7	0
snow_20090202	0	0
snow_20090306	0	0
snow_20090407	15.5	10.9
snow_20090501	0	0

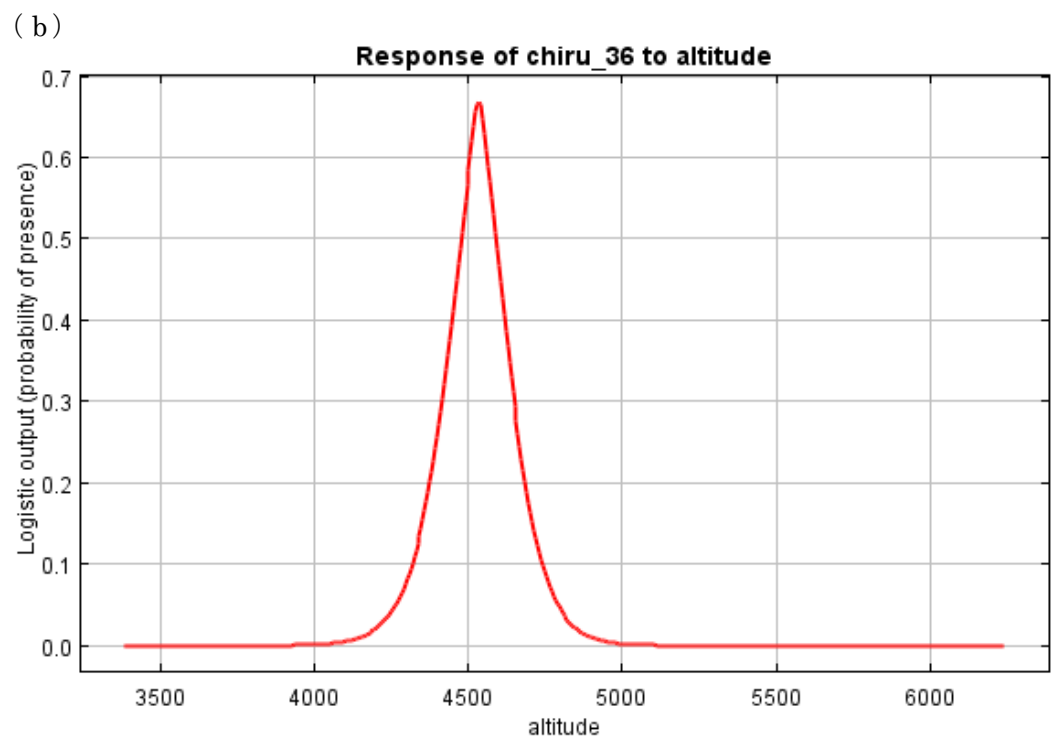
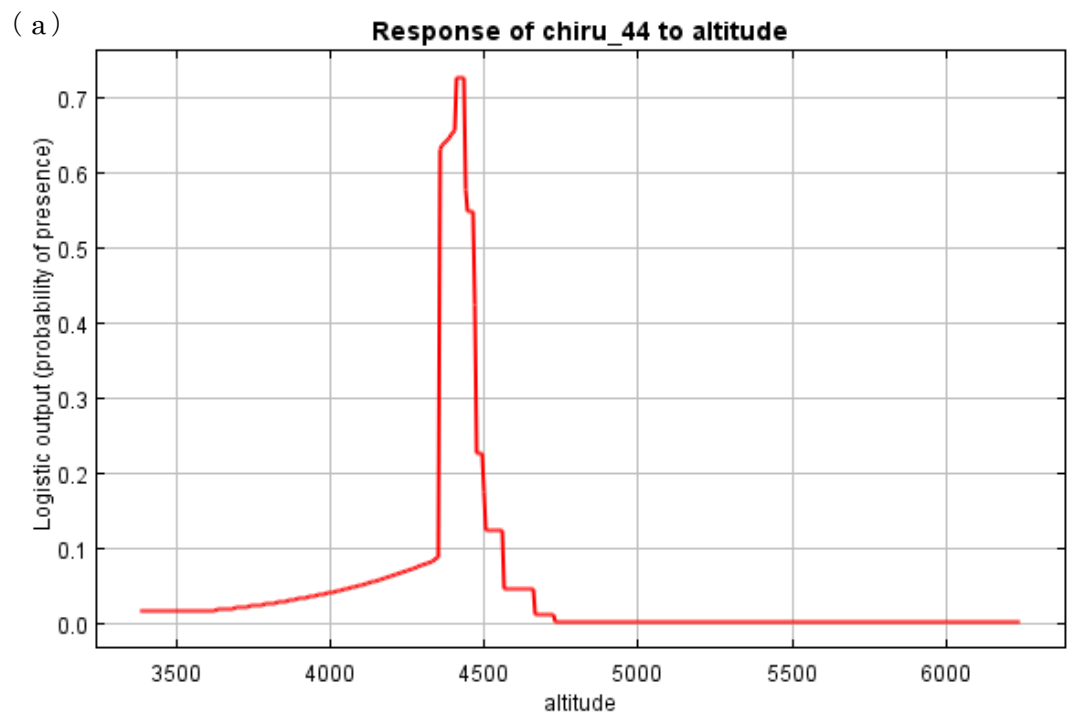


(c)

39		
Variable	Percent contribution	Permutation importance
altitude	61.6	21.8
slope	0.2	0.1
aspect	0.2	0.1
shade	0.3	0.3
lake_wintering	30.5	74.8
river	0.6	0.2
snow_20081007	2.5	0.9
snow_20081108	0.1	0.1
snow_20081202	0	0
snow_20090101	2.5	0.6
snow_20090202	0.5	0.7
snow_20090306	0	0
snow_20090407	0.7	0.5
snow_20090501	0	0

影響力の大きい環境変数である標高・湖沼からの距離について、ID75844・ID75836・ID75839のチルーの生息確率に対する環境変数の適合度を示した。縦軸は環境変数の適合度、横軸は環境変数の値を示しており、適合度が100に近づくほど、生息確率への当てはまりが良い事示している。

3個体の標高の適合度について以下のようになった (Fig. 21)。標高が4400mから4500mの範囲で適合度が高くなっている。三江源は険しい山脈に囲まれた標高4500m程度の平坦な高地であることから、チルーが高原性の動物であり、一定の標高の地域を選択的に利用していることが読み取れる。



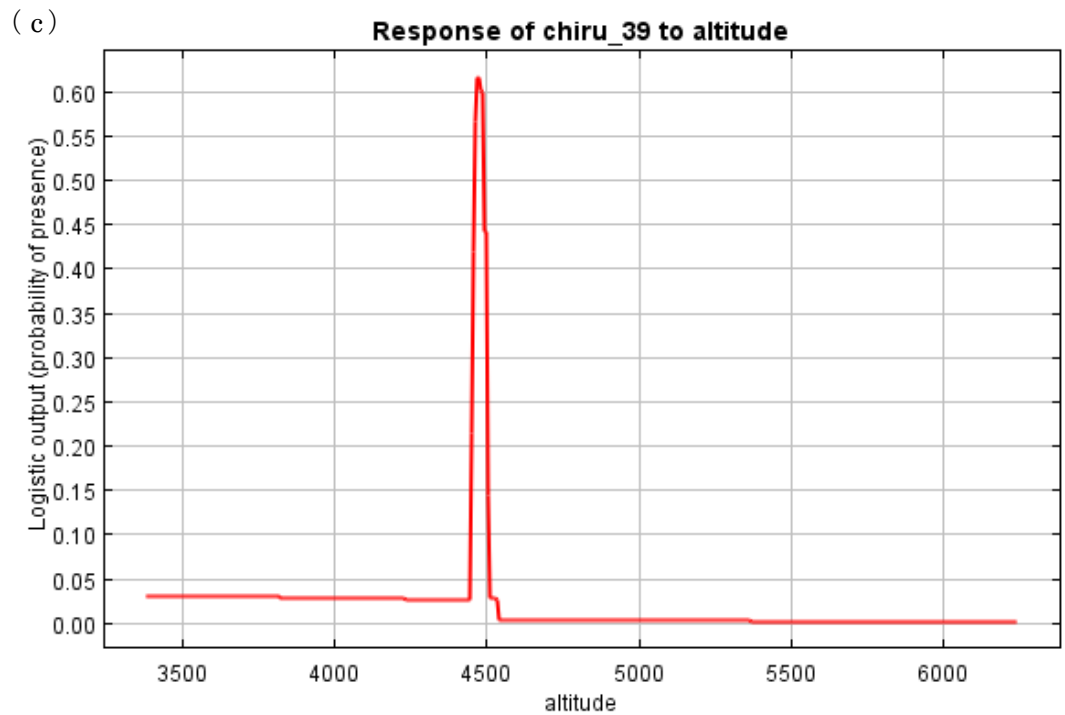
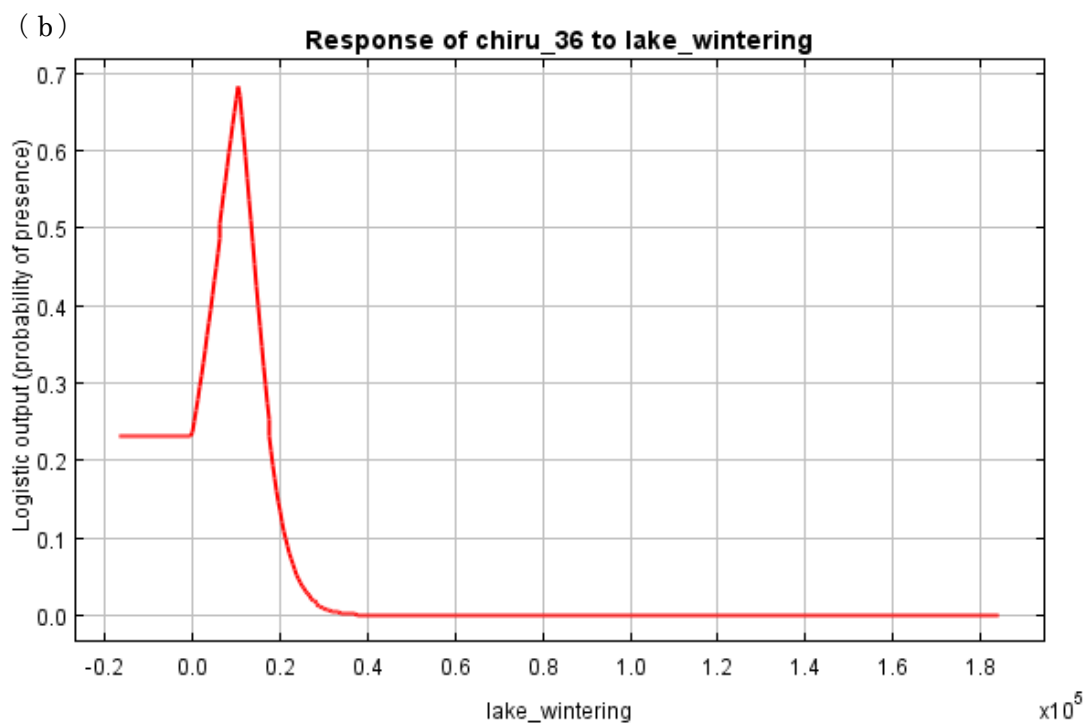
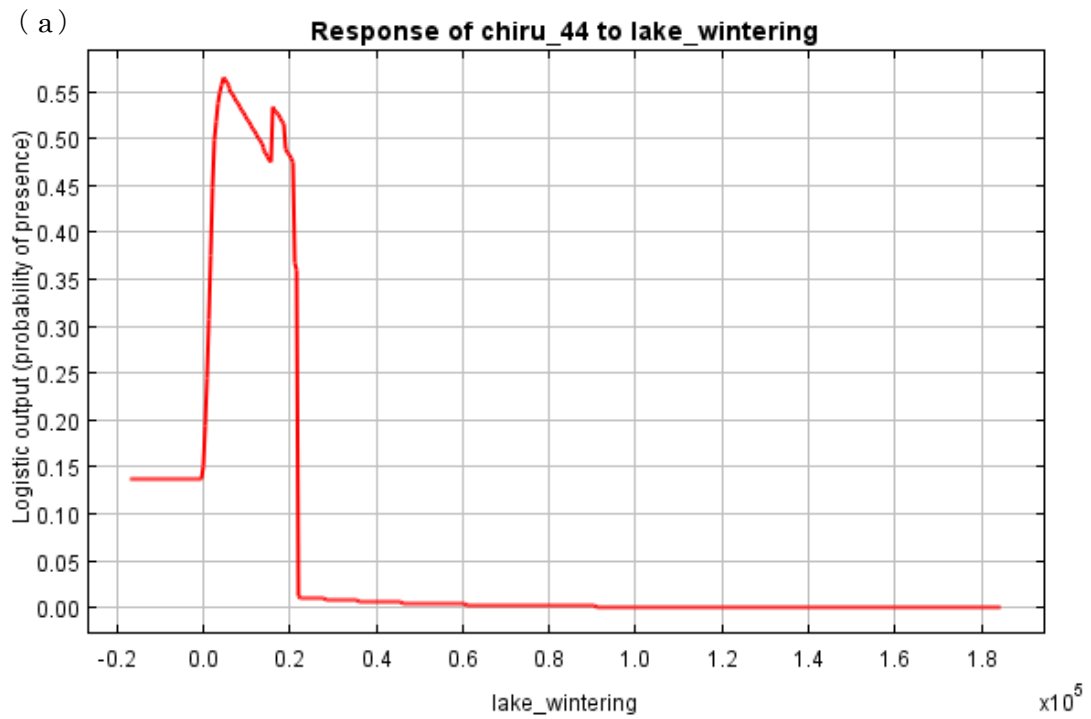


Fig.21 The altitude use of chiru (where, the horizontal axis shows altitude)

3 個体の湖沼からの距離の適合度について以下のようになった (Fig.22). 湖沼からの距離が 200m 以内の範囲で適合度が高くなっている. ここからは, チルーが湖沼から非常に近い地域を越冬地として選択していることが読み取れ, チルーが水分の補給場所として湖を利用していることが推察される.



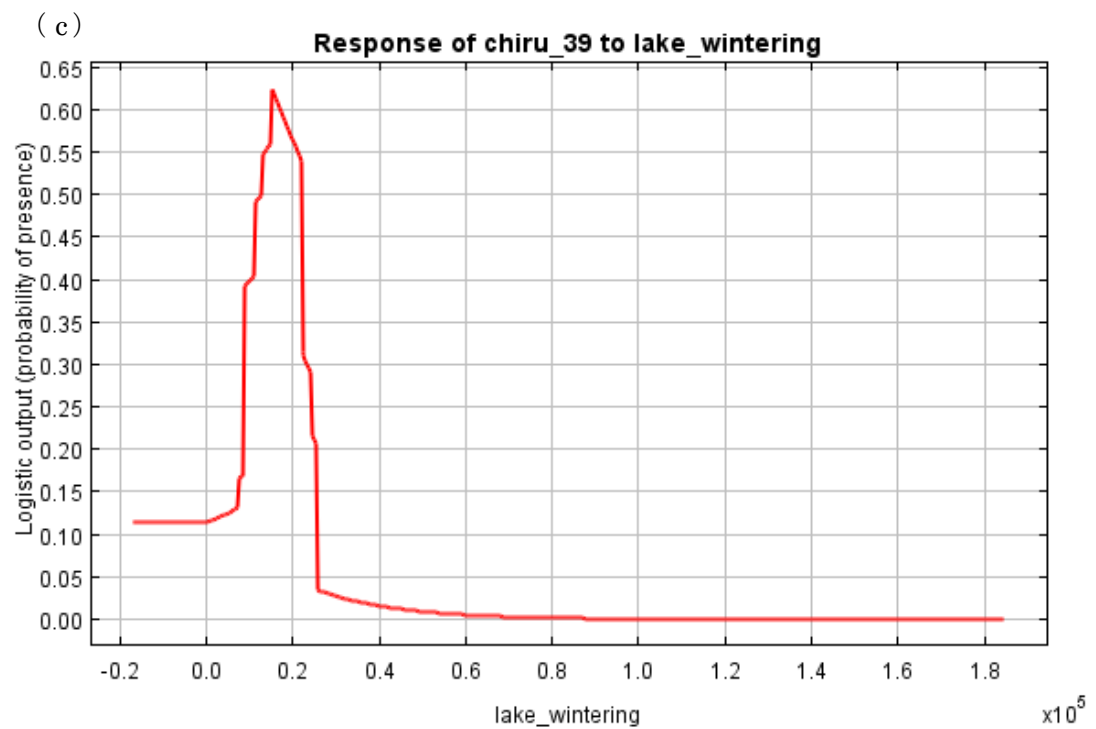


Fig.22 The watering places use of chiru (ID75835) (where, the horizontal axis shows distance from lake)

### 3.3.3 繁殖地における環境利用

繁殖地におけるチルーの位置データと環境変数から，生息地選択を推定した．(Fig.23)

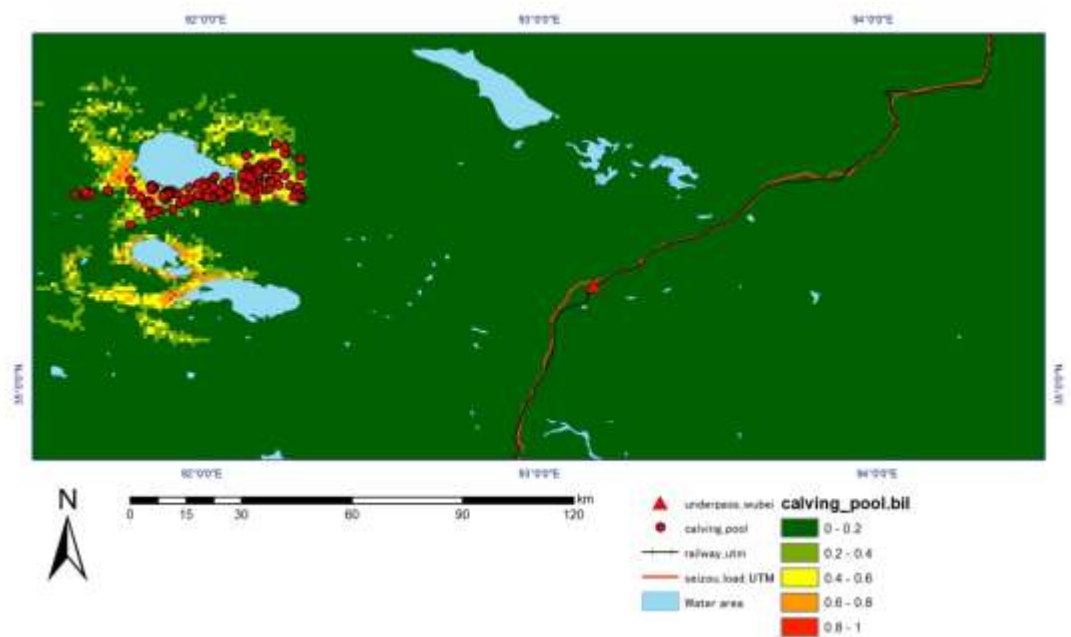


Fig.23 Estimation of the habitat select of the chiru in calving site using MaxEnt Model

環境変数は、数値標高データ (DEM)・傾斜角度 (Slope)・影 (Shaded Relief)・斜面方位 (Aspect)・河川からの距離 (Distance from river)・湖沼からの距離 (Distance from lake)・正規化植生指数 (NDVI) を使用した。この図からは、Huiten Nur および周辺の湖沼近辺においてチルーの生息確率が高くなっていることが読み取れる。

次に、チルーの繁殖地における生息確率に対する環境変数の影響力は以下ようになった (Fig.24)。

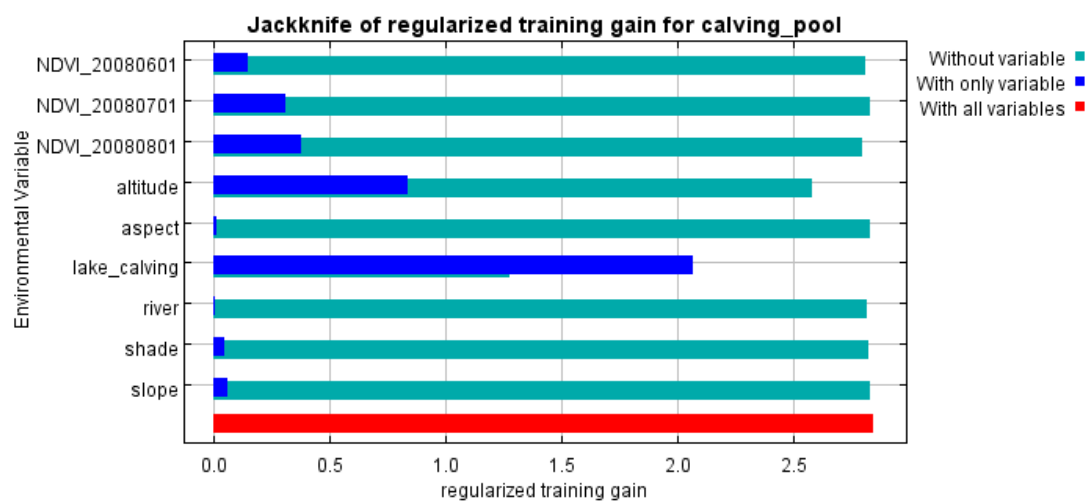


Fig.24 Jackknife test of traning gain for chiru in calving site

青色のグラフはチルーの生息確率に対する環境変数の影響力となっており，湖沼からの距離・標高・2008年8月のNDVIの順にチルーの生息適合度が高いことが読み取れる．水色のグラフは取り除かれるとチルーの適合度が低下する環境変数となっており，湖沼からの距離・標高の順に，適合度の低下が大きくなっている．

環境変数 (Variable) ごとのモデルへの寄与率 (Percent contribution) と生息確率への寄与率 (Permutation importance) について示した (Table.4).

モデルへの寄与率は湖沼からの距離・2008年8月のNDVI・標

高の順に，生息確率への寄与率は湖沼からの距離・標高・2008年8月のNDVIの順に高くなっている．

Table5. Analysis of variable contribution for the habitat selection by chiru in calving site

Variable	Percent contribution	Permutation importance
lake_calving	72.4	89.5
NDVI_20080801	12.1	3.7
altitude	10.9	4.6
slope	1.4	0.2
NDVI_20080701	1.3	0.6
shade	0.8	0.4
NDVI_20080601	0.5	0.9
river	0.4	0.1
aspect	0.3	0.1

次に，湖沼からの距離の適合度について以下のようになった（Fig. 25）．湖沼から200m以内の範囲で適合度が高くなっており，越冬地における湖沼からの距離の適合度と比較しても顕著な結果となっている．出産を行う場所として湖沼の近辺を利用する要因としては，特に安定して水分を補給する場所が必要になることが考えられ，出産・子育てにおけるリスクを最小限にするためのチルーの戦略であると考えられる．



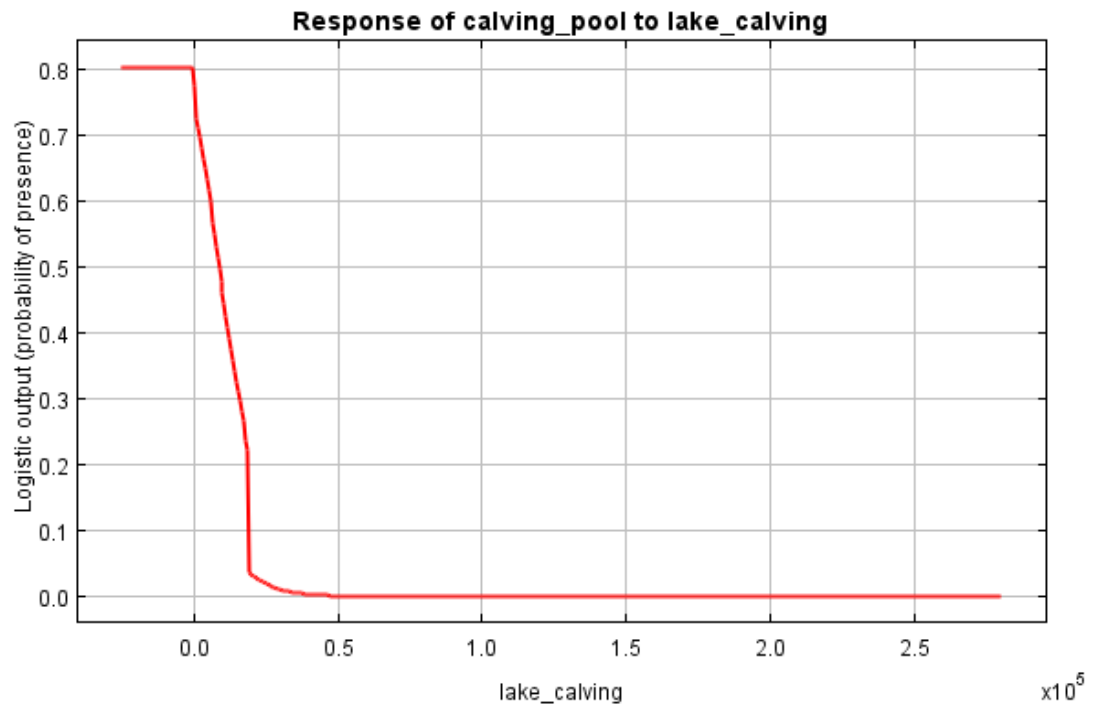


Fig.25 The watering places use of chiru (where, the horizontal axis shows distance from lake)

標高の適合度については以下のようなになった (Fig.26). 標高が 4800m から 4900m の範囲で適合度が高くなっていることが読み取れる. 越冬地における標高の適合度と比較して, より標高の高い地域で適合度が高くなっている. 標高の高い地域は外敵や寄生虫の影響が少ないため, こうした地域を選択的に利用していることが考えられる.

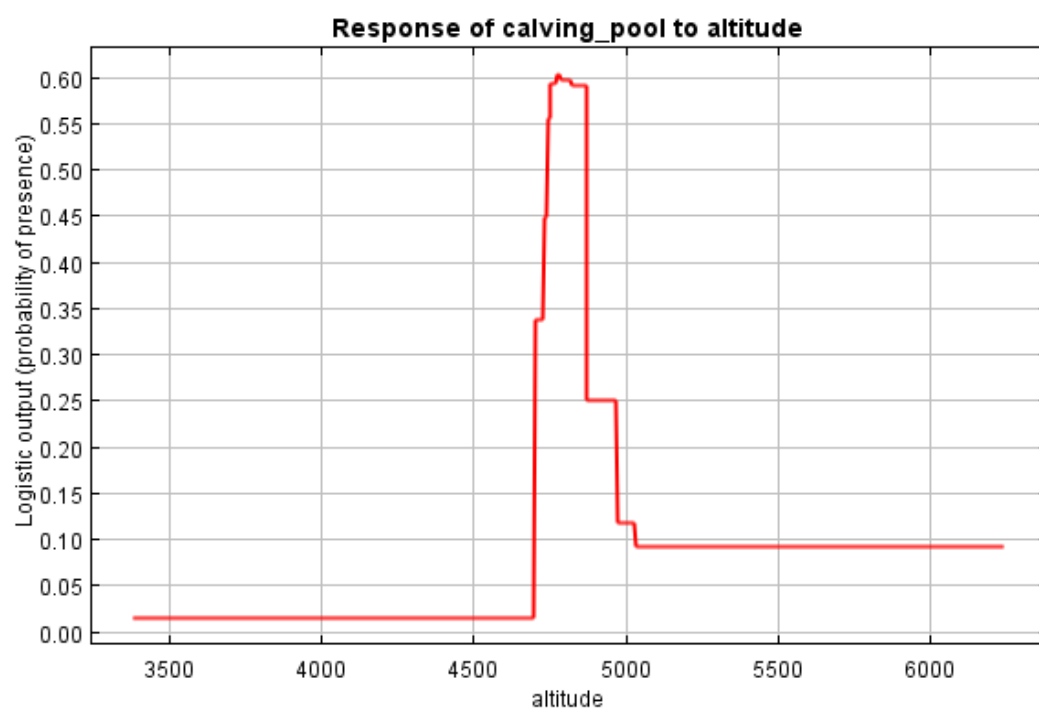


Fig. 26 The watering places use of chiru (where, the horizontal axis shows altitude)

## 第 4 章 まとめ

### 4.1 現地における目視観察結果

現地における目視観察の結果から、三江源を越冬地とするチルールの五道梁周辺での詳細な移動パターンとそのピークについて明らかになった。2012 年の調査では、8 月 2 日の 1 日をピークとしてチルールの移動が見られ、クンルン西部を繁殖地として利用している個体群と同様に (Schaller *et al.*, 2006), 三江源を越冬地、可可西里を繁殖地とする個体群においても集団での移動が行われていることが明らかになった。このことは、捕食者の影響等を最小限にするためのものと考えられる。

三江源を越冬地とするチルールは五北アンダーパスを集中して利用していることが分かっているが (Lin Xia *et al.*, 2007), 本研究からはチルールは五北アンダーパスを利用するために 20km ほどの迂回を行っており、またチルールは数十頭から数百頭の群れで鉄道・道路を横断するため、鉄道-道路間の距離が 200m ほどしか離れていないチュマルアンダーパスをほとんど利用せず、鉄道-道路間の距離が 1.5km ほど離れている五北アンダーパスを利用していることが明らかになった。チュマルアンダーパスは長さが 2.5km と五北アンダーパスの 200m と比較して大型であるが、チル

ーは利用するアンダーパスを長さではなく道路からの距離で選択していることが考えられる。

青蔵公路上で行った目視観察によって確認した群れがアンダーパスに設置した定点カメラに写るまでには1日のタイムラグがあり、チルーの季節移動が鉄道・道路によって妨げられていることが推測される。また、ARGOS PTT 発信機付き首輪を装着して出産を行っている個体についても確認することができた。

#### 4.2 鉄道・道路によるチルーの季節移動への影響

ARGOS により追跡調査を行っている全てのチルーにおいて、鉄道・道路周辺でコリドーの幅が広がっており、このことは鉄道・道路によるチルーの季節移動への影響と考えられる。また、これは現地調査において観察した、鉄道・道路周辺でのチルーの移動ルートとも一致している。チルーの越冬地は鉄道から離れた地域・山脈南側の地域・鉄道付近の地域の大きく3地域に分類することができ、個体によっては年によって異なる越冬地を利用していることが明らかになった。

#### 4.3 生息地における環境利用の推定

各個体について、潜在的な生息地の推測を行うことができた。

また，生息確率に影響する環境要因は主に標高と湖沼からの距離となっており，これは3箇所の越冬地において同様の傾向となった．標高は4400mから4500mの地域，湖からの距離は200m以内の地域においてチルーの生息適合度が上昇していることから，チルーが高原性の動物であり一定の標高の高原に生息していること，また水分の補給場所として湖を利用していることが考えられる．

繁殖地における生息確率に影響する環境要因についても，標高と湖沼からの距離の影響が強くなっており，標高は4800mから4900mの地域，湖からの距離は200m以内の地域においてチルーの生息適合度が上昇していた．越冬地における結果と比較して，湖からの距離による生息適合度への影響が強くなっており，このことは先行研究においても指摘されている（Sugiyama, 2014）．この原因として，子育ての時期に水場の重要性が高くなること，また冬季においては雪から水分を補給しているために相対的に水場の重要性が低くなることが考えられる．また，越冬地と比較して標高の高い地域を利用する原因として，捕食者や寄生虫の影響が挙げられており（Schaller *et al.*, 2006），このことは出産を行う時期にこれらのリスクを最小限にするためのチルーの戦略と考えることができる．

#### 4.4 チルーの保護対策についての提案

本研究からは，チルーと人間の衝突がピークになる期間と場所について明らかになった．また，チルーが一部のアンダーパスを集中して利用し，他のアンダーパスをあまり利用しない原因についても推察を行うことができた．これらの結果を踏まえ，チルーが横断する機会が多い道路のポイントにおいてアンダーパス等の通路の設置，また，道路の迂回工事等により道路とアンダーパス・河川の距離を広げることで五北以外のアンダーパスの利用機会を増加させるといった対策が考えられる．

#### Abstract

##### 【Objectives】

The Tibetan antelope, also called chiru (*Pantholops hodgsonii*), is an endemic species of Tibetan plateau. Each spring chiru females migrate several hundred kilometers from wintering sites to calving sites. During the migration antelopes have to cross the Qinghai-Tibet Railway (QTR) and Qinghai-Tibet Highway (QTH), which might cause negative consequences to animals. Therefore, the purpose of this study is to understand ecology and clarify the effect of QTR/QTH on the chiru.

### **【Methods】**

1. To clarify the effect of QTR/QTH, the Animal Home Range using ARGOS PTT data was estimated.
2. In order to clarify the habitat selection of chiru, the home range of each individual animal was analyzed, wintering sites were classified and distribution model of the species was created.
3. Population census was conducted on transects in chiru habitat, the herd structure and herd size was investigated. Based on these results, the movement pattern of chiru around QTR/QTH was estimated.

### **【Results】**

1. Analysis of the home range of chiru inhabiting neighboring to QTR/QTH area, showed that the width of the migration corridor was wider in those habitats. So far, artificial construction such as QTR/QTH influenced this effect on the seasonal migration behavior of chiru.
2. Analysis of the habitat selection of chiru has revealed three wintering sites in the Sanjiangyan area. Distance from the lake and altitude is most important factor for the habitat selection of wintering chiru. The selection

of calving sites by breeding chiru is greatly affected by the distance from the lake.

3. During field observation only 27% of adult females were with offspring. The peak of migrating chiru in QTR/QTH is observed in 2nd of August, when number of migrating animals was accounted for approximately 30% of the total observed population. When crossing QTR/QTH, the herd of chiru is using the underpass in the form of detour from the shortest route, which is consistent with findings of satellite-based study.



## 謝 辞

本研究は文部科学省科学研究費補助金・基盤研究A（代表：星野仏方教授）の助成で行われたものである。

現地調査にご同行いただき、多大なご協力をいただきました伊吾田宏正准教授, Karina Manayeva様, および陝西省動物研究所の劉 楚光先生, また論文作成にあたり, 終始ご指導ならびに助言を頂きました, 指導教官の星野仏方教授, および特任教授の Sumiya Ganzorig先生に, 深く御礼申しあげます。

## 参考文献

- 1) Wildlife Conservation Society, 2006, A Petition to List the Tibetan Antelope (*Pantholops hodgsonii*) as an Endangered Species Pursuant to the U.S. Endangered Species Act of 1973
- 2) William V. Bleisch, Paul J. Buzzard, Huibin Zhang, Donghua XU, Zhihu Liu, Weidong Li and Howman Wong. (2009), Surveys at a Tibetan antelope *Pantholops hodgsonii* calving ground adjacent to the Arjinshan Nature Reserve, Xinjiang, China: decline and recovery of a population. *Fauna & Flora International, Oryx*, 43(2), 191-196
- 3) George B. SCHALLER, KANG Aili, CAI Xinbin, LIU Yanlin, 2006, Migratory and calving behavior of Tibetan antelope population. *兽类学报*, 26 (2): 105 - 113
- 4) Hoshino Buho, Z. Jiang, C. Liu, T. Yoshida, Halik Mahamut, M. Kaneko, M. Asakawa, M. Motokawa, K. Kaji, X. Wu, N. Otaishi, Sumiya Ganzorig, R. Masuda, 2011, Preliminary study on migration pattern of Tibetan antelope (*Pantholops hodgsonii*) based on satellite tracking. *Advances in Space Research* 48 (2011) 43-48
- 5) Lin Xia, Qisen Yang, Zengchao Li, Yonghua Wu and Zuojian Feng. (2007), The effect of the Qinghai-Tibet railway on the migration of Tibetan antelope *Pantholops hodgsonii* in Hoh-xil National Nature Reserve, China. *FFI, Oryx*, 41(3), 352-357
- 6) George B. Schaller, KANG Aili, HASHI Tashi-Dorjie, CAI Ping. (2007). A winter wildlife survey in the northern

- Qiangtang of Tibet Autonomous Region and Qinghai Province, China. 兽类学报, 2007, 27 (4): 309 - 316
- 7) Ota Haruka, Hoshino Buho, Kaji Koichi, Igota Hiromasa, Yhoshida Tsuyoshi, Otaishi Noriyuki and S. Ganzorig , 2009, The Inventory Database of Wildlife Inhabiting around the Qinghai-Tibetan Railway and migration pattern of Tibetan antelope (*Pantholops hodgsonii*). “Journal of Rakuno Gakuen University” Vol.34, No.1 (2009)
- 8) Ida Kengo, Hoshino Buho, Kaji Koichi, Igota Hiromasa, Kaneko Masami and S. Ganzorig , 2009, Influence of the Qinghai-Tibetan Railway on Migration Pattern of Tibetan Antelope (*Pantholops hodgsonii*). “Journal of Rakuno Gakuen University” Vol.34, No.1 (2009)
- 9) Getz, W.M, S. Fortmann-Roe, P. C. Cross, A. J. Lyonsa, S. J. Ryan, C.C. Wilmers, in review. LoCoH: nonparametric kernel methods for constructing home ranges and utilization distributions.
- 10) Burgman, M. A. and Fox J. C. 2003. Bias in species range estimates from minimum convex polygons: implications for conservation and options for improved planning. -Animal Conservation 6:19-28.
- 11) Karina MANAYEVA, Buho HOSHINO, Sumiya GANZORIG, Takashi NAKAZAWA, Yuka MINARI and Hiromasa IGOTA. (2012), Spatial and Temporal Distribution of Tibetan Antelope at Hoh Xil National Reserve. J. Rakuno Gakuen Univ., 36 (2) : 339 ~ 345 (2012)
- 12) 仲澤峻, (2012): チベット高原におけるチルー (*Pantholops hodgsonii*) の 季節移動に対する鉄道の影響及び

繁殖地の環境利用について，酪農学園大学卒業論文

- 13) 碓谷佳菜，(2014)：チベット高原におけるチベットアンテロープ (*Pantholops hodgsonii*) の行動と積雪の関係について，酪農学園大学卒業論文
- 14) 杉山和樹，(2014)：チベットアンテロープ (*Pantholops hodgsonii*) の行動圏と水場の関係について，酪農学園大学卒業論文

**Aprobation:**

- 1) 仲澤峻，(2012)：チベット高原におけるチルー (*Pantholops hodgsoni*) の季節移動に対する鉄道の影響及び繁殖地の環境利用について，酪農学園大学卒業論文，2012, 3
- 2) 仲澤峻， Study on the effect of the Qinghai-Tibetan Railway on the migration of Tibetan antelope (*Pantholops hodgsonii*) in Hoh-Xil National Nature Reserve based on satellite tracking, Second International Symposium on East Asian Vertebrate Species Diversity