

GPS 首輪による移動状況の捕獲圧及び地域ごとの環境要因との関係について  
(ベイズ統計手法による分析)

## 内容

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 1) 屋久島の現状 .....                    | 1  |
| 2) ヤクシカの移動の特徴について .....            | 3  |
| 3) ヤクシカの移動の特徴 .....                | 4  |
| 4) 統計モデルを用いたヤクシカの資源選好性の定量的評価 ..... | 6  |
| 5) 結果と考察 .....                     | 7  |
| 5-1) 植生と資源利用回数の関係 .....            | 7  |
| 5-2) 林道・登山道からの距離と資源利用回数の関係 .....   | 10 |
| 5-3) 傾斜角度と資源利用回数の関係 .....          | 11 |
| 5-4) 捕獲数と資源利用回数の関係 .....           | 12 |
| 6) 課題の整理 .....                     | 13 |

## 1) 屋久島の現状

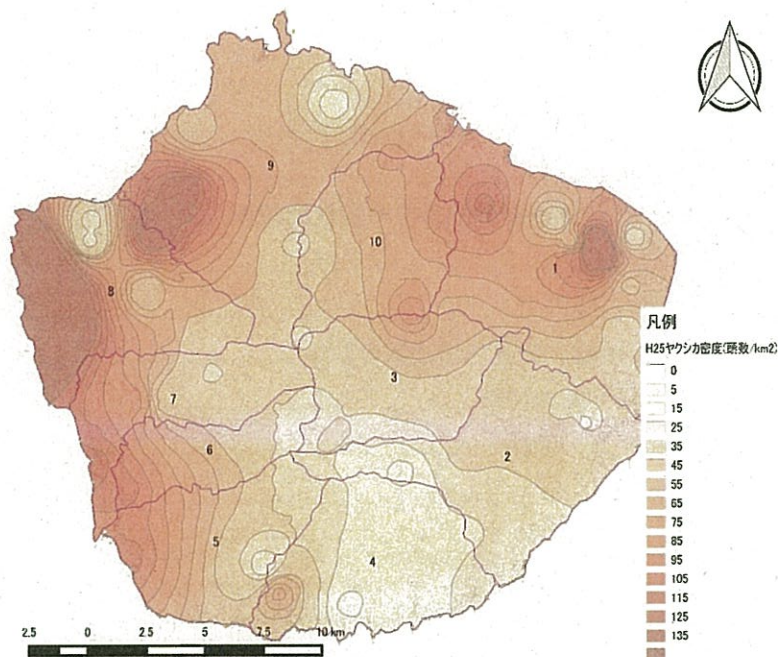
屋久島ではヤクシカによる植生被害が世界遺産の OUV を破壊することが危惧されている。ヤクシカの捕獲は継続的に行われているが、島全体の捕獲頭数は年々増加傾向にあり、現在実施されている捕獲管理目標を見なさなければならない段階に来ている。

図 1 ではヤクシカの生息密度分布図を示した。世界遺産地域に登録されている西部などでは、ヤクシカの生息密度が高いことがわかる。

表 1 では過去の捕獲圧について整理した。平成 26 年度は河川界ごとに捕獲頭数の集計を行っていないため、記載しなかった。北東部や西部の世界遺産地域の外で高い捕獲圧を継続的にかけている。しかし捕獲を行っているのは島の外縁部にとどまり、ヤクシカの捕獲頭数は依然として増加傾向にある。平成 25 年度には、ヤクシカの捕獲頭数を捕獲が実施されていない場所での増加率が上回り、島全体ではヤクシカの頭数は増えたと予測されている。

今後未捕獲地域での生態系管理計画を策定するには、ヤクシカの移動状況を明らかにし、効率的に捕獲を行うためには、ヤクシカの移動状況を把握する必要がある。

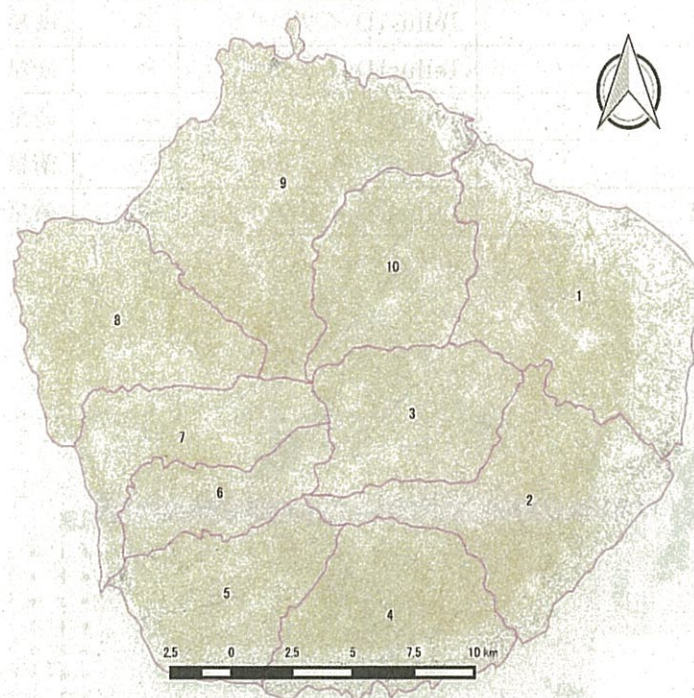
そこで本分析は、今後各地域でのヤクシカの移動を予測し屋久島の生態系管理目標の策定に資することを目的とし、GPS 首輪のデータを用いて実際にヤクシカが動いた軌跡と環境要因との関連性を定量的に明らかにした。



図① 平成 25 年度のヤクシカの生息密度分布

表1 平成23年度～25年の地域区分河川界区分ごとの捕獲頭数

| 地域区分 | 河川界区分 | 平成23年度 |      | 平成24年度 |      | 平成25年度 |      |
|------|-------|--------|------|--------|------|--------|------|
|      |       | メス     | オス   | メス     | オス   | メス     | オス   |
| 北部   | 河川界9  | 119    | 79   | 593    | 684  | 670    | 806  |
| 北東部  | 河川界1  | 516    | 579  | 606    | 647  | 578    | 854  |
| 南部   | 河川界4  | 35     | 44   | 142    | 141  | 120    | 125  |
|      | 河川界5  | 35     | 44   | 90     | 75   | 67     | 73   |
| 南東部  | 河川界2  | 35     | 20   | 103    | 91   | 97     | 118  |
| 中央部  | 河川界3  | 20     | 21   | —      | —    | —      | —    |
|      | 河川界6  | 20     | 21   | 5      | 10   | 39     | 46   |
|      | 河川界10 | 20     | 21   | 133    | 93   | 130    | 136  |
| 西部   | 河川界7  | 186    | 294  | 77     | 81   | 32     | 26   |
|      | 河川界8  | 186    | 294  | 101    | 139  | 262    | 364  |
|      | 合計    | 1172   | 1417 | 1850   | 1961 | 1995   | 2548 |



図① 河川界ごとの区分け

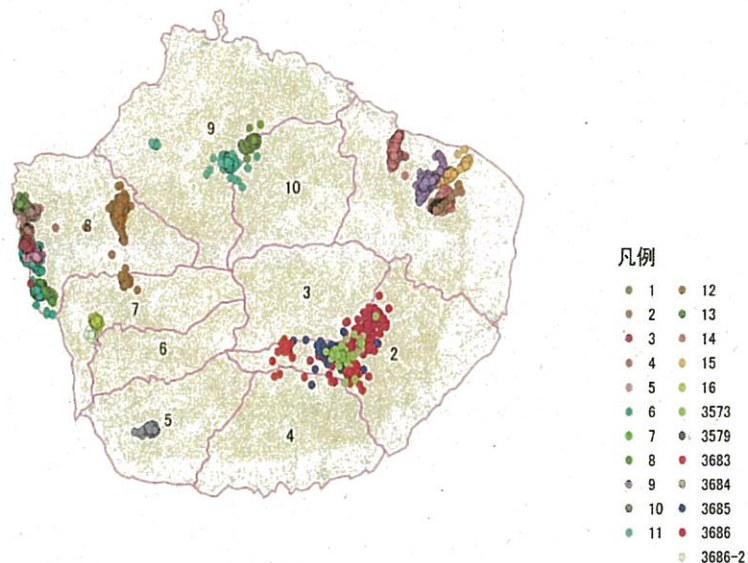
(注) 屋久島では、ヤクシカの移動が困難と考えられる河川界に従って区分分けを行い(図①)、河川界ごとの生態系管理目標を策定していく潮流にある。しかし、かつて使われていた地域区分も併用して使われており統一させる必要がある。ここでは河川界区分に従って解析を行うこととした。

## 2) ヤクシカの移動の特徴について

一般的にニホンジカは季節的な移動や日周的な行動パターンをとることが知られており、その行動は雌雄で異なる。またその移動の軌跡はランダムではなく、資源選択的に移動する(清田、2013)。一方で、屋久島のヤクシカは、資源に対する選好性などを定量的に分析した例はない。そこで、本報告ではヤクシカの GPS テレメトリーデータを基に (図②)、ヤクシカの資源に対する選好性をオスとメス、それぞれ定量的に算出し河川界ごとの比較を行った。

表2 GPS 首輪を取り付けた個体(全 23 個体)

| ID      | 機種             | 性別 | GPS タイプ |
|---------|----------------|----|---------|
| 1～11,16 | TellusID       | ♀  | ラジオ     |
| 12～15   | TellusID       | ♂  | ラジオ     |
| 3573    | Tellus5HID     | ♀  | ラジオ     |
| 3579    | Tellus5HID     | ♀  | ラジオ     |
| 3683    | TellusID イリジウム | ♂  | 衛星      |
| 3684    | TellusID イリジウム | ♀  | 衛星      |
| 3685    | TellusID イリジウム | ♀  | 衛星      |
| 3686    | TellusID イリジウム | ♂  | 衛星      |
| 3686-2  | TellusID イリジウム | ♂  | 衛星      |



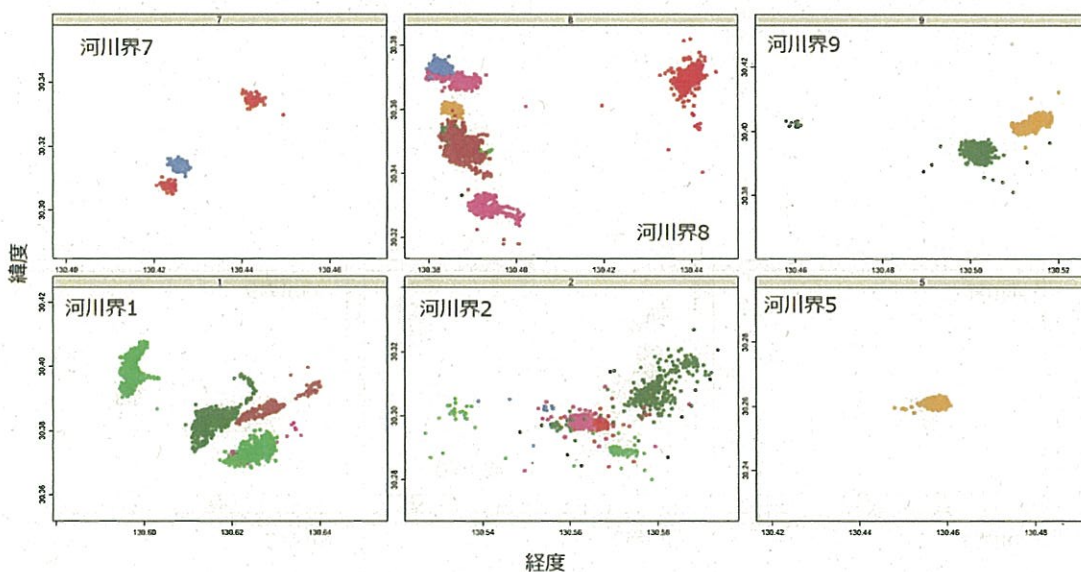
図② ヤクシカ個体ごとの移動軌跡

### 3) ヤクシカの移動の特徴

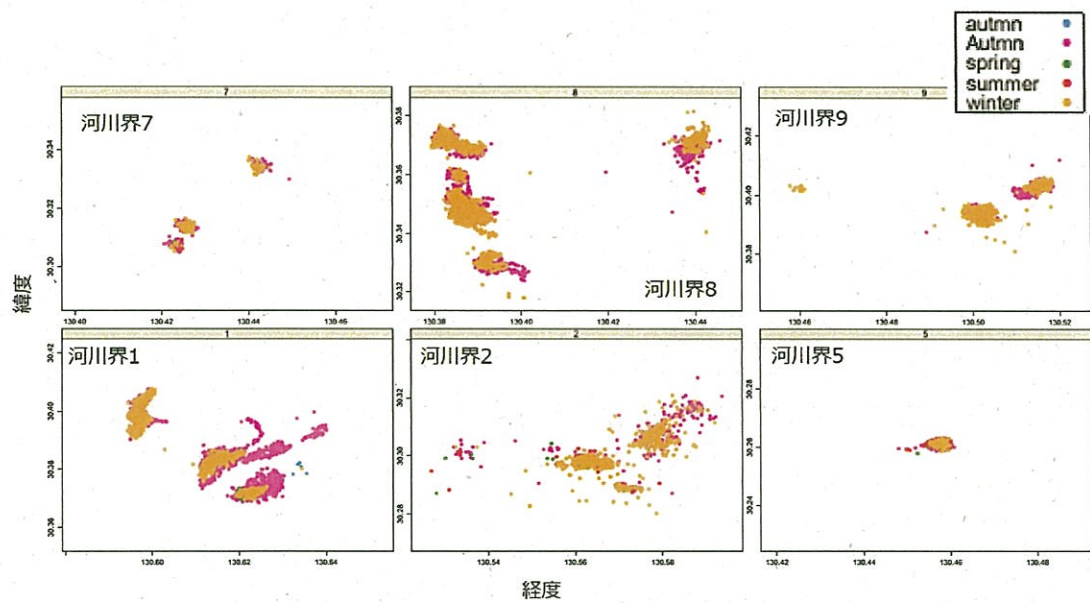
河川界ごとにヤクシカの移動軌跡はある一定のパターンを示した(図③)。世界自然遺産地域である河川界 No.8 では定住型かと思われたが、低標高域～中標高域まで垂直に移動する傾向があった。北東部に位置する河川界 No.1 では、夜間に人里周辺へと下りる動きがみられた。中央部に位置する河川界 No.2 では豪雪のため大きく移動する2個体が存在した。それ以外の河川界区域の個体は大きな動きを見せず、定住型であった。

図④では季節ごとのヤクシカの動きを示した。ほとんどの河川界で季節による違いは見受けられなかったが、河川界 No. 1 では秋になり、耕作放棄地にあるタンカンなどの果樹を採食しに行く動きがあった。

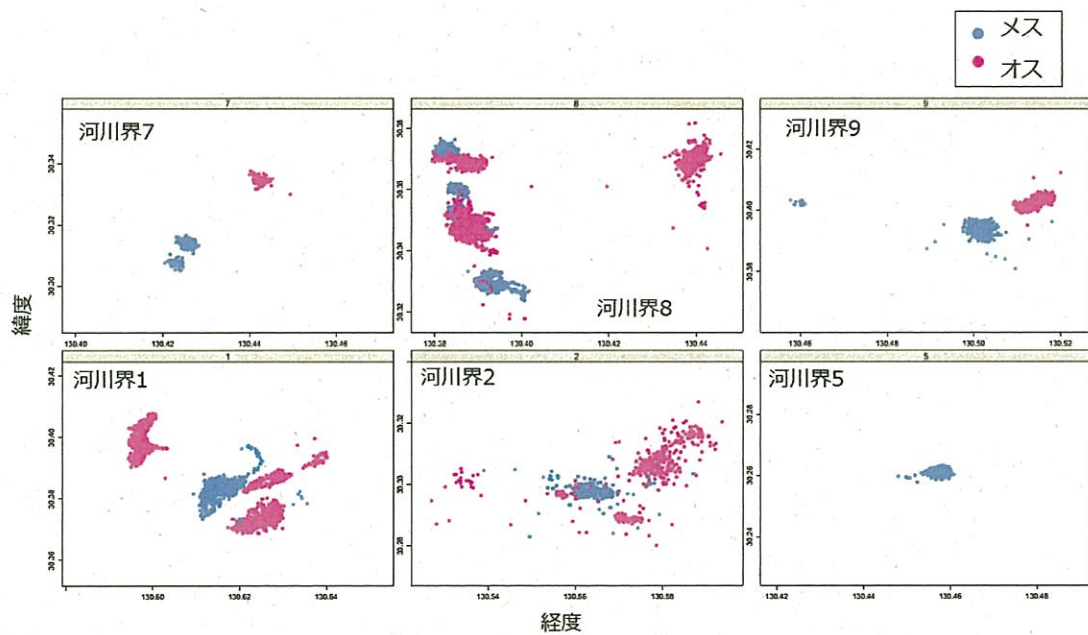
図⑤ではヤクシカの雌雄の動きの違いについて比較した。河川界 No.1, No.2, No.9 ではオスのほうがメスよりも広い行動圏をもっていた。一方河川界 No.9 では間伐の影響によりメスジカが大規模に移動する動きがあった。



図③ 河川界ごとのヤクシカ個体の移動軌跡



図④ 河川界ごとのヤクシカ個体の移動軌跡の季節変動



図⑤ 河川界ごとのヤクシカのオスメスごとの移動軌跡

#### 4) 統計モデルを用いたヤクシカの資源選好性の定量的評価

屋久島全体を 500m メッシュに区切り、各グリッドのヤクシカの利用回数を積算した。さらに、各グリッドに植生、傾斜角度、林道からの距離、ヤクシカの捕獲数を属性値として持たせ、ヤクシカの利用回数との関連性を分析した。

GPS 首輪を取り付けた個体が存在しない地域を含めると回帰係数に影響を及ぼすため、MCP 法を用いてヤクシカの行動圏の最外郭部を抽出した (図⑥)。

最外郭内の各グリッドの属性値に対してヤクシカの利用回数との相関関係を明らかにし、資源選好性の定量化を行うために階層ベイズモデルを構築した。

本解析ではフリーの統計解析ソフト R (ver3.1.3) と MCMC 計算用ソフト Winbugs(ver1.4.3)を使用した。

モデルの概要は以下に示す。

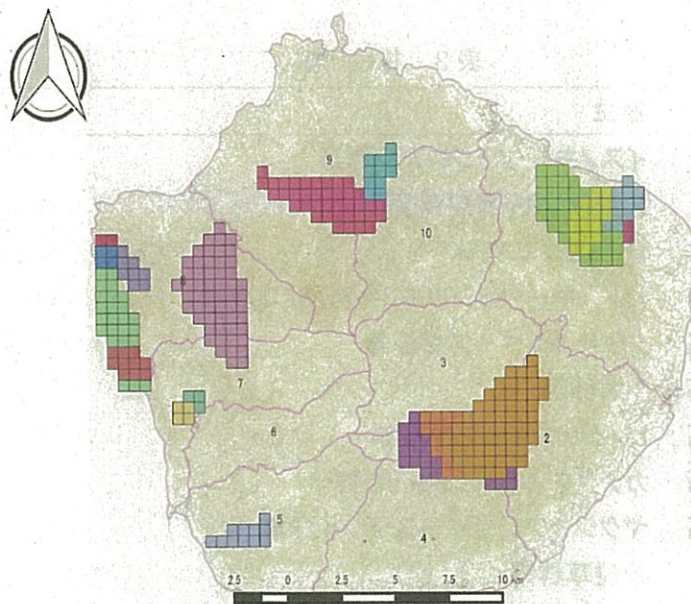
##### Model

利用回数  $\sim \text{pois}(\lambda)$

$\lambda \leftarrow \exp(\alpha_1 X_1 + \alpha_2 X_2 \dots)$   $\alpha$  ; 各要因の係数  $X_i$  ; 要因

$\alpha_n \sim N(0, 100)$

(注) 最外郭内でもヤクシカが利用しないグリッドが多く、回帰係数の推定に影響を及ぼすため、Zero-Inflated-Poisson (ZIP) モデルを採用した。



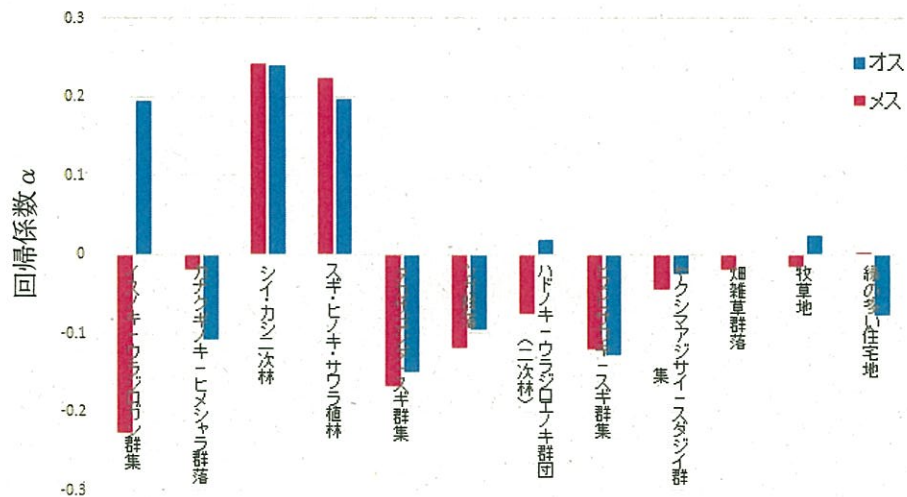
図⑥ MCP 法により抽出した GPS 首輪を取り付けたヤクシカの行動圏 (例)

## 5) 結果と考察

分析の結果得られた各要因の回帰係数を比較して、考察を行った。ただし、各河川界でGPS 首輪を取り付けた個体数が異なるため、この結果は暫定的なものである。より正確なヤクシカの資源の選好性を推定するには、今後引き続きモニタリングを行う必要がある。

### 5-1) 植生と資源利用回数の関係

推定した植生に係る回帰係数 $\alpha$ を河川界ごとに比較した。



図⑦ オスメスごとの植生の選好性を示す係数

表 3 植生区分

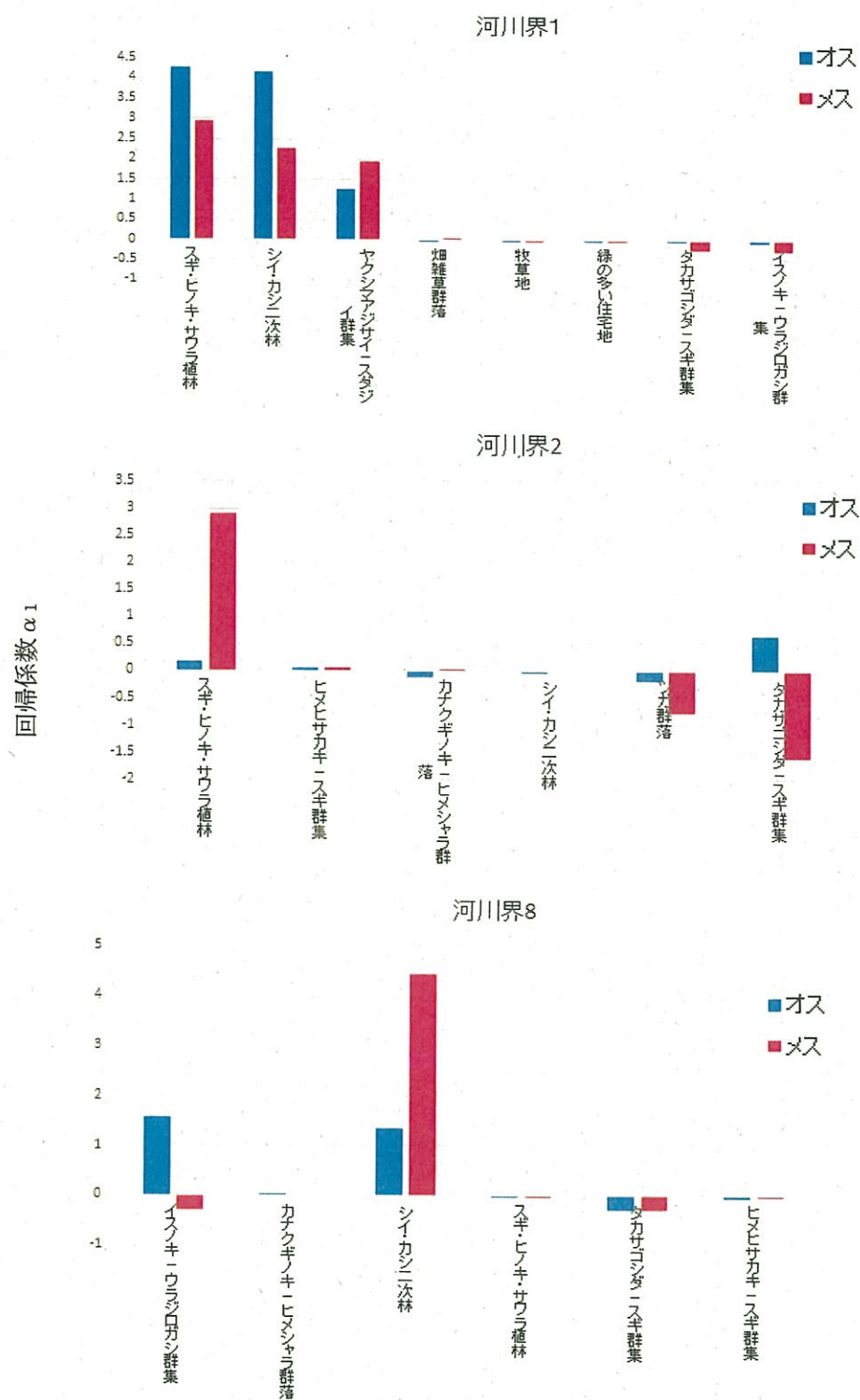
| 区分        | 植生                  |
|-----------|---------------------|
| 照葉樹-中標高   | イソノキ-ウラジロエノキ群集      |
| 人工林-低標高   | スギ・ヒノキ・サワラ植林        |
| 二次林-低標高   | シイ・カシ二次林            |
| 二次林-低標高   | ハドノキ-ウラジロエノキ群団(二次林) |
| スギ天然林-高標高 | タカサゴシダースギ群集         |
| スギ天然林-高標高 | ツガ群落                |
| スギ天然林-高標高 | ヒメヒサカキースギ群集         |
| スギ天然林-中標高 | カナクギノキ-ヒメシヤラ群落      |
| スギ天然林-低標高 | ヤクシマアジサイースダジイ群集     |
| 人利用区域     | 畑雑草群落               |
| 人利用区域     | 牧草地                 |
| 人利用区域     | 緑の多い住宅地             |

東部～北東部に位置する河川界 1 では低標高域での利用が主なものであった。また、利用回数は少ないものの、夜間に人里において、畑雑草群落を利用する動きがみられた。このため低標高域に存在するものの、昼と夜で異なる行動パターンがあることがわかった。

河川界 2 ではオスは高標高域を利用し、メスは低標高域を利用していた。この地域では冬の降雪が、ヤクシカの移動に影響を及ぼしていたため、このような結果となったと考えられる。この地域においては GPS 首輪を取り付けた個体数が少ないため、引き続きモニタリングを行う必要がある。

西部に位置する河川界 8 では、メスは定住型で、低標高域の照葉樹林帯を主に利用していた。一方オスは低標高域～中標高域の照葉樹林を利用していた。これはヤクザルとの共生行動に伴う採食活動が寄与するものと考えられる。

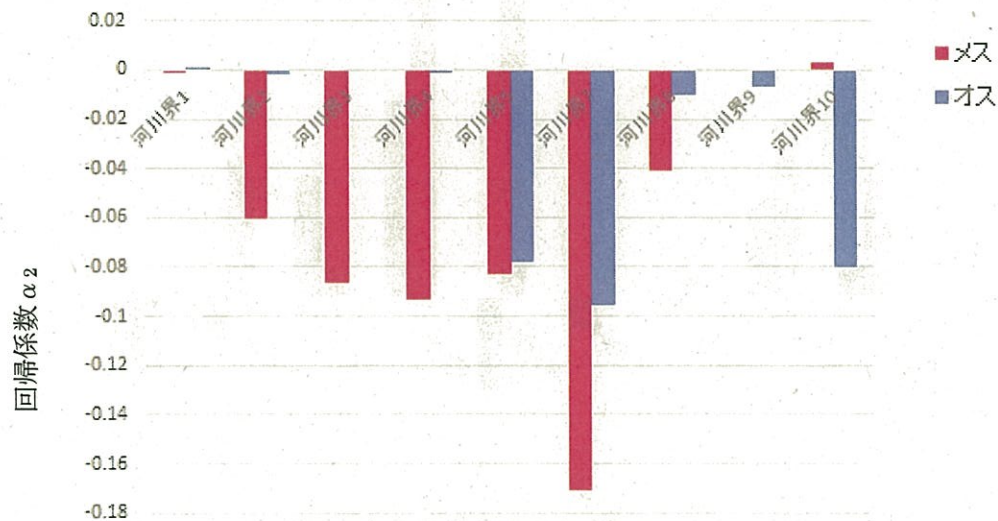
すべての河川界ごとのヤクシカの GPS 首輪データが十分ではないため、この回帰係数は暫定的なものである。今後引き続き GPS 首輪によるヤクシカの移動をモニタリングすれば、各河川界のヤクシカの資源の選好性を定量的に評価し、ヤクシカの移動予測を行うことで、生態系管理計画の策定に貢献することが期待できる。



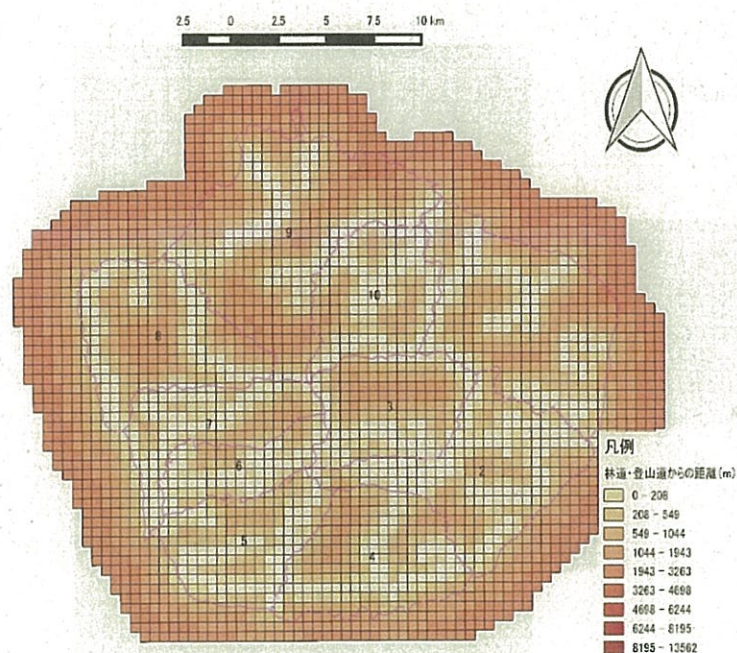
図⑧ オスメスごとの植生の選好性を示す係数の比較  
河川界 1,2(北東部),8(西部)

## 5-2) 林道・登山道からの距離と資源利用回数の関係

推定した林道・登山道からの距離に係る係数 $\beta$ を比較した。定住型であるメスは、負の値を示し、林道・登山道に依存して移動していた。しかし、河川界1ではオスもメスも林道と関係なく移動していた。河川界1では捕獲圧が高く、移動が拡散的であることが原因であると考えられる。オスは河川界ごとに違うパターンを示した。これはGPS首輪をつけた個体が、捕獲圧がかかっている地域に存在しているかどうかによるものと考えられるが、各河川界でGPSを取り付けた個体数が異なるので、この回帰係数については今後引き続きモニタリングを行い、より精度を高める必要がある。



図⑨ オスメスごとの林道・登山道からの距離の係数の河川界ごとの比較

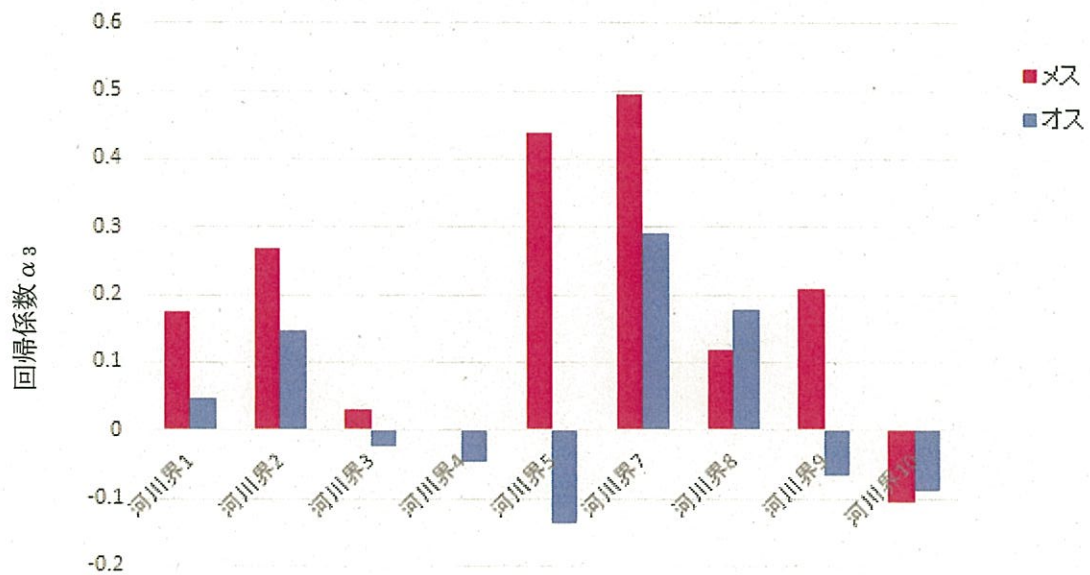


図⑩ 林道・登山道からの距離（濃淡で濃いほうが、距離が遠い）

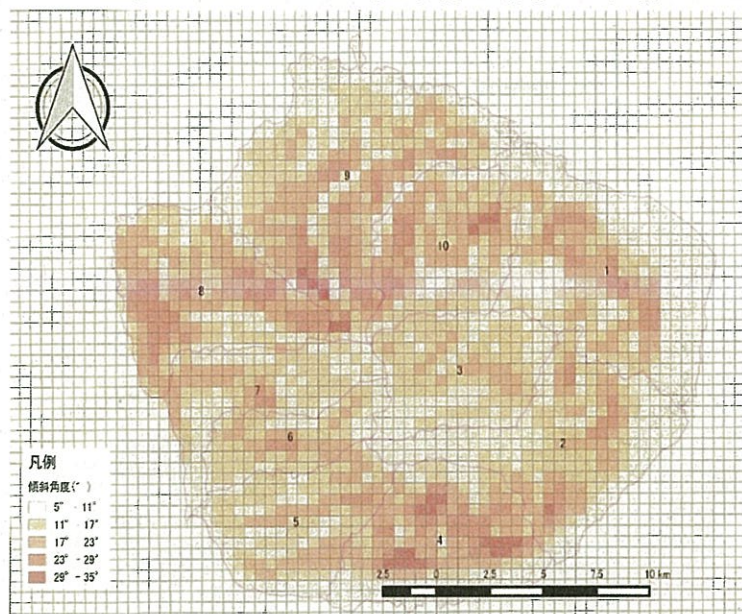
### 5-3) 傾斜角度と資源利用回数の関係

推定した傾斜角度に係る係数 $\phi$ を比較した。定住型であるメスは、傾斜角度が高い場所で移動していた。一方オスは比較的平坦な地形を選んで移動している。

ただしこの解析では 500m メッシュごとの平均傾斜角度を用いており、小さな沢や尾根などの地形要因は考慮されていないため、結果の取り扱いには注意が必要である。



図⑪ オスメスごとの傾斜角度の係数の河川界ごとの比較

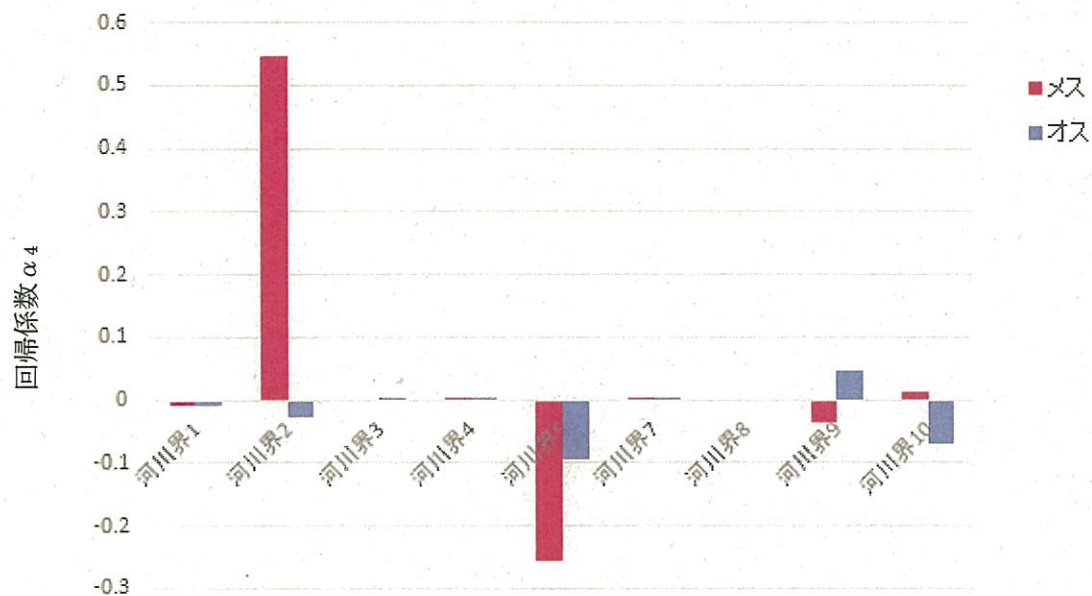


図⑫ 傾斜角度

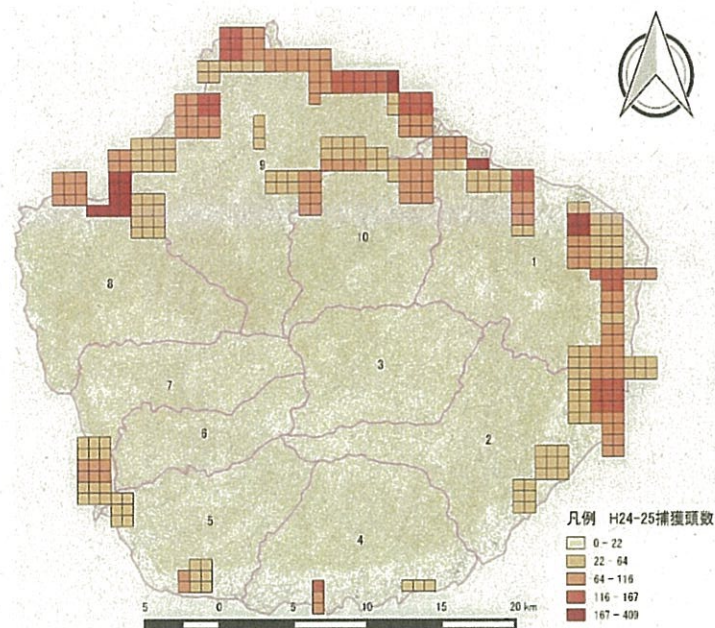
#### 5-4) 捕獲数と資源利用回数の関係

推定した平成 25 年度の捕獲数に係る係数  $\theta$  を比較した。メスはほとんどの地域で捕獲圧の影響をさけて高標高域で移動している。一方で、オスは捕獲圧がかかっている低標高地域でも資源の利用回数が多かった。オスとメスの係数の大きさの違いはオスとメスの移動分散の大きさが異なることが原因であると考えられる。

河川界 8 は捕獲圧がかかっていない地域であり、メスは捕獲圧の影響とは関係のない移動パターンを示した。



図⑬ オスメスごとの捕獲数の係数の河川界ごとの比較



図⑭ 平成 25 年度の捕獲数

## 6) 課題の整理

ヤクシカの資源の選好性は各河川界でことなり、本解析結果はサンプル数にも依存した暫定的な結果となった。今後は引き続きモニタリングを行い、ヤクシカの移動データを蓄積することでより正確に資源の選好性を算出し、ヤクシカの移動予測を行うことで、屋久島の生態系管理目標の策定に貢献することが期待される。