

カメラトラップ法と糞塊法を用いたニホンジカの生息密度推定

Estimating of sika deer habitat density using camera traps and examine correlation with the pellet group count methods

片平篤行

要旨

カメラトラップ（REM）法と糞塊法を用いて、奥山（鳥獣保護区）に生息するニホンジカの生息密度推定を行ったところ、以下のことが明らかとなった。

- 1 カメラトラップ（REM）法の有効性が確認され、算出した推定生息密度（頭/km²）と糞塊密度（個/km）の間に、高い相関（rs=0.8286）が示された。
- 2 秋期の糞塊調査により、ニホンジカの生息密度の把握が可能と考えられた。
- 3 REM法の推定生息密度と比較して、糞塊密度が極端に低い地域があり、この場合、糞塊密度を元に算出した生息数は、過小評価となる可能性がある。

キーワード ニホンジカ、カメラトラップ、REM法、糞塊法、生息密度推定

I はじめに

ニホンジカ（以降シカとする）の生息数は全国的に増加傾向にあり（環境省，2011）、群馬県には明治以前から生息し（丸山直樹，1981）、全国と同様に生息数が増加している（群馬県，2017）。シカの被害対策は、守るべき対象物の保護、捕獲による個体数の削減が実施され、これと並行して、生息数を科学的に評価するための、生息状況調査が行われている。

シカの生息状況調査方法は、1 ha程度の区画内を人力踏査し、発見数をカウントする区画法が主流であった。しかし、実施区画数や調査年の間隔が十分ではなく、県内広域に広がる生息密度を捉えることが困難であった。このため、最近ではより低コストで広範囲に実施可能な糞塊法が多くの機関で取り入れられており、算出される糞塊密度（個/km）は、ベイズ法によるシカ生息密度の算定因子や、調査地周辺の捕獲効果の科学的評価に利用されている。

一方、近年の調査機材の低廉化、高機能化により、安価な赤外線カメラが普及し、農林業の被害地における加害種の特定や、自然環境調査における野生生物モニタリング等に利用されている。

特に野生動物調査においては、カメラトラップ法は希少動物の生息把握や、生物種の多様性を把握する上で重要な調査手法として、体表斑紋による個体識別や、撮影数増減による生息動向把握に利用されている。カメラトラップによるシカの生息密度推定手法は、REM法（Random Encounter Mode



図-1 調査位置図

1) (Rowcliffe, J.M, et al, 2008) が知られ、シカのほか、マツテン (Manzo, E, et al, 2011)、ユキウサギ (Caravaggi, A, et al, 2016) 等で報告がある。また、REM法と他の調査手法 (糞粒法、ライントランセクト法等) との相関や密度評価の有効性が論じられている。しかし、REM法と糞塊法の相関を報告するものはない。

このため、カメラトラップ (REM) 法と糞塊法を同所的に実施し、生息密度 (頭/km²) と糞塊密度 (個/km) の相関を把握することによる、糞塊法を用いた生息密度算出の可能性について報告する。

II 方法

1 調査地域及び期間

表-1 調査期間及び概要

地域	調査期間	糞塊調査 距離 (km)	カメラ 台数	カメラ間 距離 (m)	調査面積 (km ²)	カメラ面積 (台/km ²)
御荷鉾	2015.9月～2017.10月	6.2	10	680	9.4	0.94
碓氷湖	2015.9月～2017.10月	11.0	10	710	8.5	0.85
迦葉山	2015.9月～2016.10月	7.1	10	660	6.7	0.67
上日野	2017.9月～2017.10月	1.8	5	330	2.5	0.50
南榛名山	2017.9月～2017.10月	5.2	5	730	3.6	0.72

県内には森林鳥獣生息地として24箇所の鳥獣保護区が配置され、狩猟期にシカが集中し生息数が維持される可能性があり、周辺地域の農林業被害の増加が懸念されている。このため、シカの生息密度が増加している可能性のある、3か所の鳥獣保護区において長期調査を実施した。また、短期間の調査方法を検証するため、2か所 (鳥獣保護区隣接地) において2か月間の短期調査を実施した (表-1)。

(1) 御荷鉾地域

県南西部に位置し (図-1)、近年シカの生息が顕著となっている地域であり、周辺域のシカ捕獲数も増加傾向にある (群馬県, 2017)。赤久縄山尾根筋を南北に分け、北面はみかば森林公園鳥獣保護区、南面は猟区となっており、冬期の保護区内の生息数増加が懸念される地域である。ここ数年は林道沿いなどのリュウブやノリウツギの樹皮剥ぎが目立ち始め、公園管理者や工事車両のシカ目撃も多くなっている。林内の食害は、林床にミヤコザサが比較的多く残っているが、ヤマツツジ、リュウブ、ミツバツツジなどで被害率が高い (片平, 2018)。調査地周辺は貴重な山野草の宝庫として知られるが、シカの食害により多くの草本種が減少しており、不嗜好性種であるトリカブトの仲間にも食害が散見されるに至っている。また、人工林内ではヒノキの樹皮剥ぎが発生し、周辺の人工林新植栽地はネット柵等の防除がなければ成長が困難となっている。

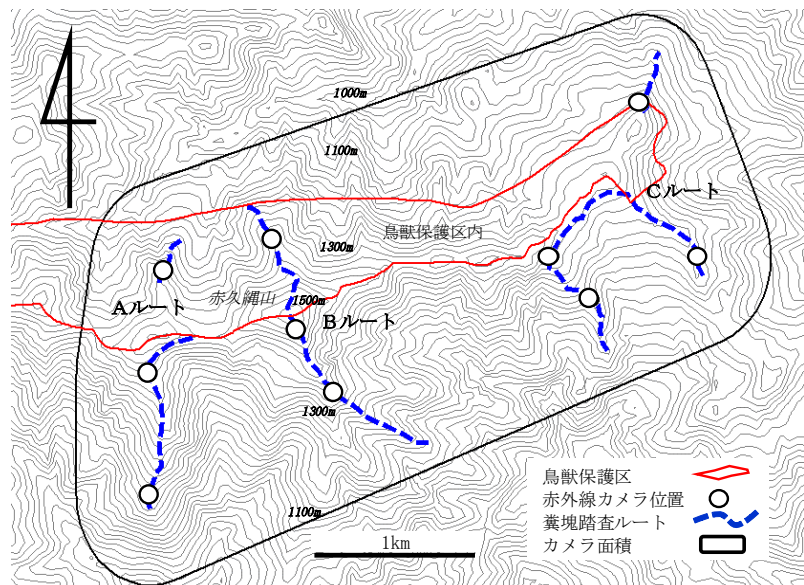


図-2 御荷鉾地域調査位置図

糞塊調査を実施する踏査ルート及びカメラ設置位置は図-2のとおりである。カメラの設置間隔は近接するカメラ間で680m、糞塊踏査ルートの合計距離は6.2kmとなった。カメラは鳥獣保護区である北面と猟区である南面の生息状況を把握可能な配置とし、2015年9月から2017年10月までの長期調査

を実施した。

(2) 碓氷湖地域

県西部の長野県県境に位置し(図-1)、15km²の碓氷湖鳥獣保護区が設定されている。約10km南西に位置する神津牧場では、牧草の食害により経済的被害が発生するなど、生息密度の増加による被害が顕在化している。また、人工林新植栽地では角擦り、樹皮剥ぎによる赤枯れが発生している。当保護区は冬期のシカの

集中が懸念され、林床被度は11.8%と低く、ミヤコザサはシカの立ち入れない岩場などに散見されるのみで、ほぼ食害により消滅し、リュウブの多くで樹幹食害が発生している。糞塊踏査ルート及びカメラトラップは、すべて鳥獣保護区内に設置し(図-3)、2015年9月から2017年10月までの長期調査を実施した。

(3) 迦葉山地域

県北東部に位置する迦葉山鳥獣保護区で長期調査を実施した(図-1)。糞塊踏査ルート及びカメラ設置位置は図-4のとおりである。周辺ではシカの捕獲数が近年増加しており、冬期のシカの集中が懸念される。林内の立木の被害率はそれほど高くないが、保護区下方に位置する植栽地では、春期の樹皮剥ぎが散見され、果樹園(リンゴ)の樹幹が春先の樹皮剥ぎにより枯損するなど経済的被害も発生している。

(4) 上日野地域

当調査地域はみかぼ森林公園の直下に位置し、日野鳥獣保護区に隣接する。糞塊踏査ルート及びカメラ設置位置は図-5のとおりであり、調査方法検証のため2か月間の短期調査を実施した。

(5) 南榛名山地域

当地域は榛名湖を有する榛名山鳥獣保護区の南面に位置し、県の自然環境保全地域(相馬山)に隣接する。平成の初期からカモシカの生息が確

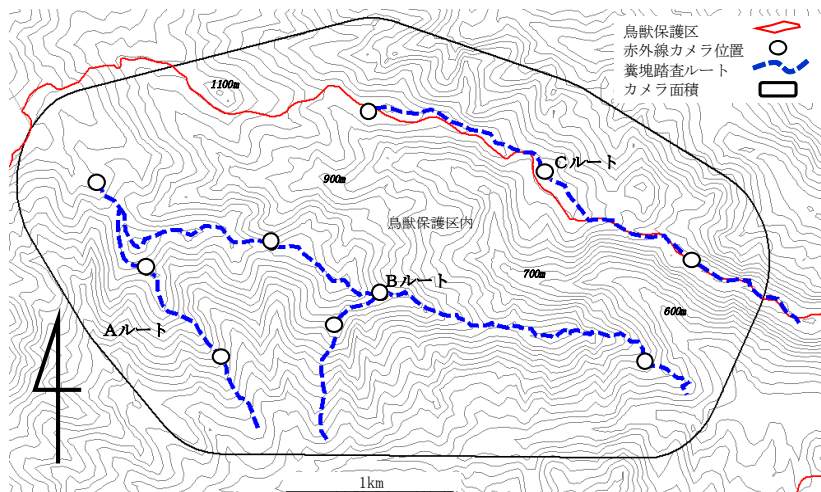


図-3 碓氷湖地域調査位置図

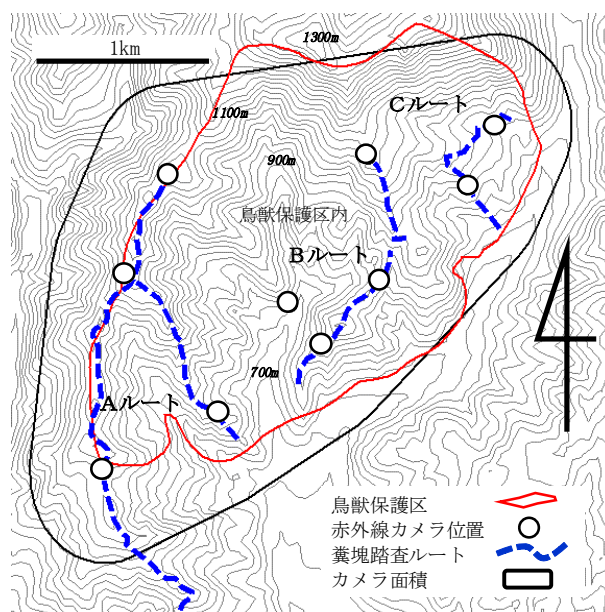


図-4 迦葉山地域調査位置図

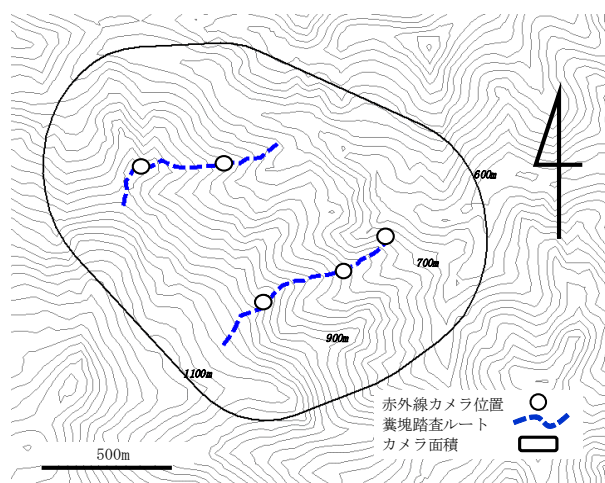


図-5 上日野地域調査位置図

認められており、シカは近年になり生息が確認されている。しかし、調査区内の人工林新植栽地ではシカの角擦りが散発しており、食害防除のネット柵も設置されている。糞塊踏査ルート及びカメラ設置位置は図-6のとおりであり、調査方法検証のため2か月間の短期調査を実施した。

2 糞塊法による調査

(1) 調査方法

調査区域内の尾根上に踏査ルートを設定し、ルート上（幅1m）に見られるシカの糞塊を計測した。すべての調査地域においてカモシカが同所的に生息し、糞粒数の少ない糞塊の種判別は困難であるが、1糞塊の粒数が100粒程度を越えるものや（高槻ら，1981）、ため糞についてはカモシカの糞と判断した。踏査ルートはすべて落葉広葉樹林内に設定し、登山道等は含まないため人による踏圧の影響はない。糞塊は10粒以上を計測し、発見した糞塊の状態から4区分（表-2）したうえ、糞塊位置をGPSロガー（Phototracker Canmore社）により記録した。

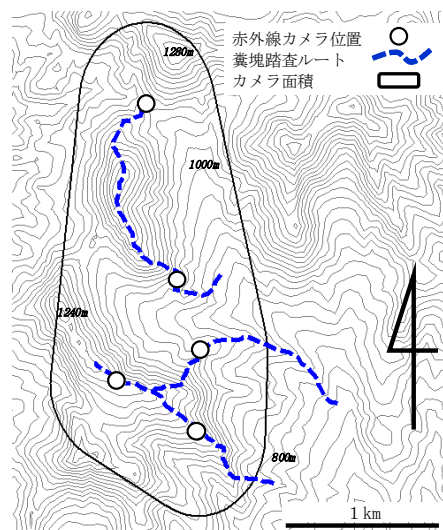


図-6 南榛名山地域調査図

表-2 糞塊の新旧区分

区分	判断基準
新	排糞まもない、糞の表面につやがある、柔らかく湿っている
中	新糞より時間が経過している、糞断面が緑色系で柔らかい
旧	糞形状は保たれるが中が黒く堅い、崩壊は進んでいない
古	糞粒の一部が崩れている、多くの糞が掴むと崩れる、粒数が少ない

(2) 糞塊調査の実施時期及び糞塊密度（個/km）の算出

シカの糞塊は糞虫による破壊、微生物による分解、風雨凍結等による物理的崩壊により、時間と共に消失する（池田，2001）。冬期の糞塊は乾燥により堅くなり分解が遅い傾向にある。また、糞塊が位置する林況により分解速度も異なり、落葉広葉樹林に比べヒノキ、スギ林などの常緑針葉樹林内は分解が遅く、1年以上経過しても消失しない糞塊も多く残存する。このため、調査は糞虫の活動が低下する10月から11月（秋期調査）に落葉広葉樹林内で実施した。また、分解の進行しない冬期に蓄積される糞塊を計測するため、4月に春期調査を実施し、一部地域においては5月、6月の追加調査により、1から2か月後の糞塊について調査した。糞塊の算出は、全体平均の糞塊数、尾根別に分けた踏査ルート別、糞塊の新旧区分別に、1km当たりの糞塊密度（個/km）として算出した。

3 カメラトラップ法による調査

(1) 赤外線カメラの設置方法

赤外線カメラ（SG560K BMC社）は、糞塊密度（個/km）との相関関係を把握するため、糞塊ルートの尾根上に配置した。カメラ位置の間隔は、近接するカメラ間距離を概ね500mとし、各ルートに3から4台配置した。カメラの撮影面積は、カメラ位置の最外郭から500mバッファ内を有効面積とした。設置台数は、御荷鉾、碓氷湖、迦葉山の鳥獣保護区に10台、上日野、南榛名山に5台である（表-1）。カメラの設置高さは地上から1.5m前後とし、センサー距離を保つため斜面勾配に水平に設置した。撮影方法はシカの移動速度（m/秒）を計算するため動画撮影とし、撮影時間は10秒とした（1撮影後は1分の休止）。なお、データ及び電池の交換は概ね3か月に1回実施した。

(2) 撮影頻度の算出

撮影頻度の算出は次の4種類に区分した。まず、30分以内の撮影を1回の出現とし（Yasada, 2004）、この間に複数撮影される場合も1回とする方法（以下aとする）、次にaで1回と見なした動画に複

数頭写る場合はその個体数を計上する方法（以下 b とする）、次に30分以内の撮影でも、明らかに別個体と判断される撮影（雌雄の違い、角形状の違いなど）がある場合に、これを別の出現として計上する方法（以下 c とする）、次に c の撮影に複数頭写る場合に、その個体数を計上する方法（以下 d とする）である。各方法で算出した撮影数は設置カメラ台数、稼働日数で除し、撮影頻度（撮影数／台・日）とした。また、動画の特性として袋角等も判別可能なことから、極力雌雄の別を区分し、当歳仔は明確に判断できない場合はメスに区分した。

（3）平均群サイズの算出

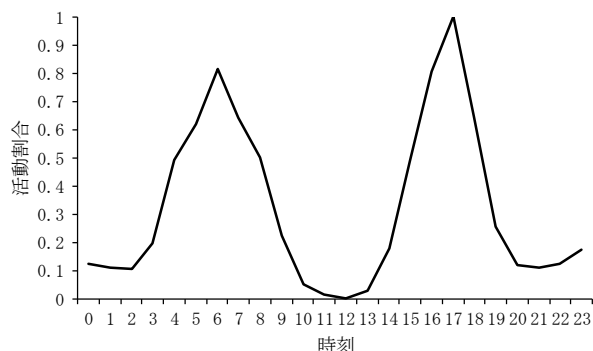
撮影個体の群サイズは、30分以内の撮影を1回の出現と見なし複数頭の個体数を計上する b の合計を a の合計で除し（ b/a ）、月別の平均群サイズを算出した。なお、平均群サイズはREM法の算定因子である。

（4）移動速度（km／日）及びカメラ撮影距離（km）の算出

シカの日当たり移動速度（km／日）は、GPS首輪による行動追跡調査のデータが利用されることが多い（田中ら, 2017）。しかし、GPS首輪による移動時間の算出は、GPSの測位間隔に制限され、測位間隔が短いと移動距離が増加し、長いと減少する傾向にある（近畿地方環境事務所, 2016）。シカの移動速度（km／日）は、個体の活動時間（時間／日）と、時間当たりの移動速度（距離／時間）の積と考えられ、動画から算出した移動速度と撮影数から算出した、時刻別活動割合から求めることができる（Sabine Pfeffer, 2016、Rowcliffe J.M, et al, 2014）。

時刻別活動割合は、撮影頻度 a を撮影数として時刻別に積み上げ、最大値を1、最小値を0として計算した（図－7）。そして、この平均（1日の活動割合）と24時間の積を、活動時間（時間／日）

として月別に算出した。時間当たりの移動速度は、カメラにシカが撮影される位置を現地計測し、シカの移動距離と動画の撮影時間から、秒あたりの移動速度（m／秒）を算出した。そして換算した移動速度（km／時間）と活動時間（時間／日）の積から、日当たり移動速度（km／日）を算出した。



図－7 時刻別活動割合の概念図

カメラの撮影距離（km）は、赤外線センサーに反応する動物とカメラ間の距離である。カメラ性能表では最大30mの参考値が示されるが、実際の撮影距離は異なる。このため、御荷鉢地域の設置カメラ（10台）の赤外線反応距離を現地計測し、この平均距離18.1mを撮影距離とした。

（5）カメラトラップ（REM）法による生息密度の算出

生息密度はREM法の次の計算式により、月別及び全体の平均生息密度を算出した。

D は算出した生息密度（頭／ km^2 ）、 y/t は撮影頻度 a （撮影数／台・日）、 v は移動速度（km／日）、 r はカメラの撮影距離（0.0181km）、 θ はカメラの撮影角度（弧度）、 g は平均群サイズ（頭／群）である。なお、カメラ撮影角度はカメラ性能表から $\theta=0.9943$ （57度）とした。

$$D = \frac{y}{t} \cdot \frac{\pi}{v \cdot r (2 + \theta)} \cdot g$$

図－8 REM法による生息密度算出式

4 糞塊法とカメラトラップ (REM) 法による推定生息密度の相関

糞塊密度 (個/km) と推定生息密度 (頭/km²) の相関を考察するため、秋期糞塊調査結果は9月、10月の平均生息密度 (頭/km²)、春期糞塊調査結果は冬期間 (12月から3月) の平均生息密度 (頭/km²) との相関関係について解析した。また、相関から導出された近似式と、県内で実施される糞塊調査結果 ((株) 野生動物保護管理事務所, 2014~2017) に基づき、県全域の生息密度を推定した。

III 結果及び考察

1 糞塊法による調査結果

(1) 調査時期別 (秋期、春期) の調査結果

調査結果は、すべての調査地及び調査年において、春期の糞塊数が多い結果となった。これは、冬期の糞分解が進まず、糞塊が蓄積されたためと考えられる。御荷鉾の糞塊密度をルート別に見ると (図-9)、Aルートの春期が突出して多く、Bルートは両時期ともに低い。Bルートは他ルートに比較し、通年のシカ利用が少なく、Aルートは冬期の利用が多いと想定される。碓氷湖及び迦葉山は (図-10、11)、春期が秋期に比べ多いものの、御荷鉾に比較し各ルートとも低い数値で推移し、糞塊密度だけの指標からは利用個体が少ないと想定される。上日野の秋期調査は (表-3)、隣接する御荷鉾と同程度の糞塊数となっていた。なお、南榛名山はルート内に糞が発見できなかった。

春期2回の調査結果 (御荷鉾4、5月、碓氷湖4、5月、迦葉山4、6月) からは、1か月後でも急激に糞塊数が減少し、秋期調査にかけて減少する様子が確認できる (図-12、13、14)。一方、秋期2回の調査結果 (御荷鉾10、11月、碓氷湖10、11月) に急激な変化は見られない。糞粒の消失は糞虫の活動に影響を受け、4月から8月にかけて速い (1か

表-3 地域別平均糞塊密度 (個/km)

調査時期	御荷鉾	碓氷湖	迦葉山	上日野	南榛名山
2015.9月	—	5.21	—	—	—
2015.10月	25.22	4.11	10.14	—	—
2015.11月	22.49	—	—	—	—
2016.4月	95.26	48.17	28.58	—	—
2016.5月	—	22.13	—	—	—
2016.6月	—	—	8.31	—	—
2016.10月	18.15	5.21	—	—	—
2017.4月	117.43	41.96	—	—	—
2017.5月	48.03	—	—	—	—
2017.10月	33.73	14.02	—	31.28	0

月後までにほとんどが消失) ことが報告されており (池田, 2001)、この期間に追加される糞塊は時を経ずして分解される。このため、糞塊調査は秋期に実施されるが、9月上旬は糞虫がまだ活動し、11月は落葉により糞塊が覆い隠され発見が困難になるため、有効な実施期間は10月前後 (9月下旬から11月上旬) の短い期間のみとなる。各調査地のルート別糞塊密度からは、調査ルート間の糞塊密度の差が、春期に大きく秋期に少ない傾向が確認できる。春期は糞塊数が多いが、調査ルートにより結果に差が出ることもあり、糞塊数の変化が安定している秋期が、糞塊調査に適した時期と考えられる。なお、春期に糞塊調査を実施する場合は、蓄積される糞塊数が多く、落葉の上に糞塊が留まるため見落としが少ないが、5月以降は糞分解が急速に進むことが明らかとなった。標高や積雪の影響にもよるが、当該調査地域においては3月下旬から4月中旬までの実施が適切と考えられた。

今回の調査ではルートを落葉広葉樹林に限定して設定している。調査区域内のヒノキ林内に設置した糞塊は、1年経過しても分解が顕著ではなかった。ヒノキ林内は表土や落葉が少なく、糞虫の活動が低いと考えられる。樹上からの落枝で隠れたり動物の歩行により分散し、糞塊粒数は減少するが、2年目に微生物による分解と風化により消失した糞塊も確認された。また、スギ人工林の場合は、林床に落枝葉が積層し糞塊の発見を妨げる。このため、糞塊調査ルートの設定時は、人工林などの常緑針葉樹の優占する場所を避け、ルート上にこれらが長距離出現する場合は、調査区間から除外するなどの考慮が必要と考えられる。

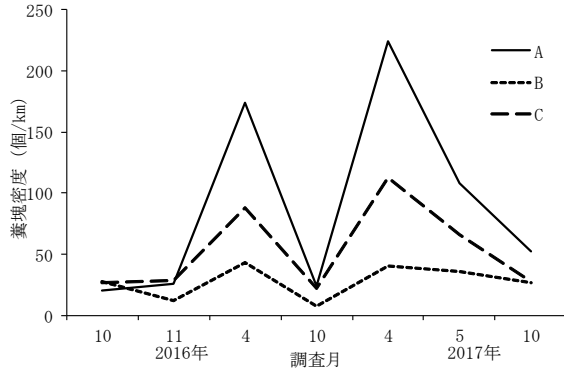


図-9 御荷鉾糞塊密度

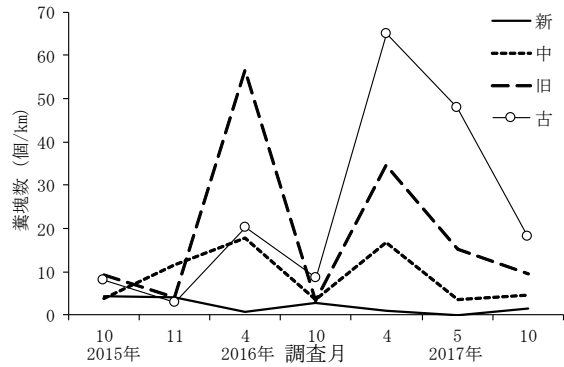


図-12 御荷鉾糞塊区分

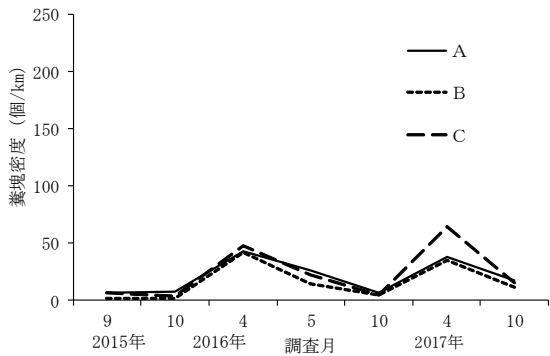


図-10 碓氷湖糞塊密度

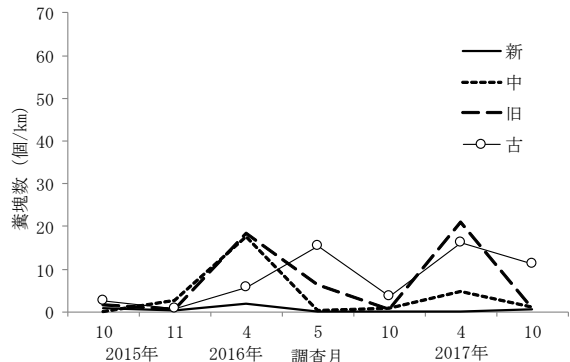


図-13 碓氷湖糞塊区分

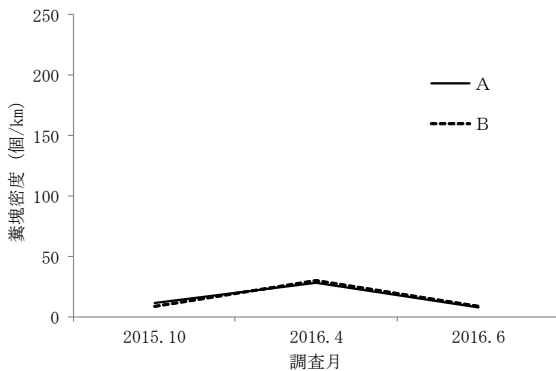


図-11 迦葉山糞塊密度

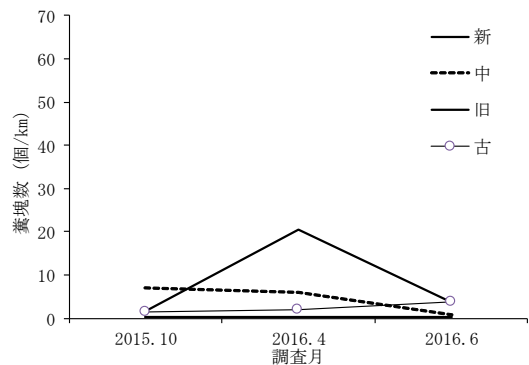


図-14 迦葉山糞塊区分

2 カメラトラップ法の調査結果

(1) 撮影頻度

各調査地域の撮影頻度（撮影数／台・日）及び群サイズは図-15から18のとおりである。なお、碓氷湖の2016年11月以降、及び迦葉山の2016年6月以降は、ツキノワグマによるカメラの破壊やカメラ本体の不具合により、撮影可能台数が減少しているが、撮影数の変化を示すため、参考値として表示している。

ア 御荷鉾地域の撮影頻度 御荷鉾は2か年とも4月に最低数を記録した（図-15）。カメラ全体では4月の最低撮影数以降、5月から3月まで恒常的にシカの撮影が確認できた。北面（鳥獣保護区）、南面（猟区）の比較においても、狩猟期に北面にシカが集中する様子はなく、1年を通して定住利用する個体が撮影されると考えられる（図-16）。REMの算出因子である撮影頻度aは（図-17）、Aルート（冬期利用（10月から2月））が、2016年に著しく多くなっている。翌2017年の春期調査では、A

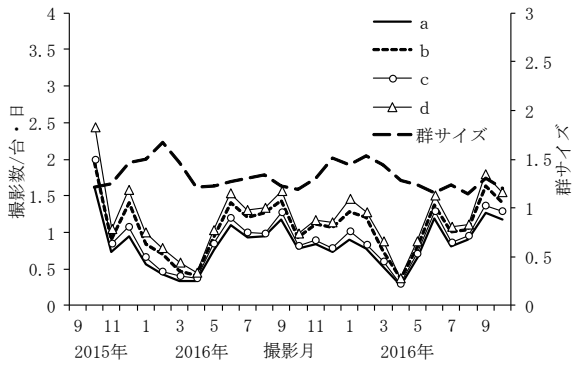


図-15 御荷鉾撮影頻度 (全体)

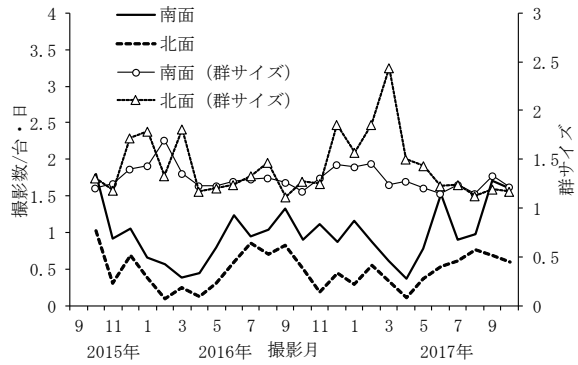


図-16 南面・北面の頻度 a と群サイズ

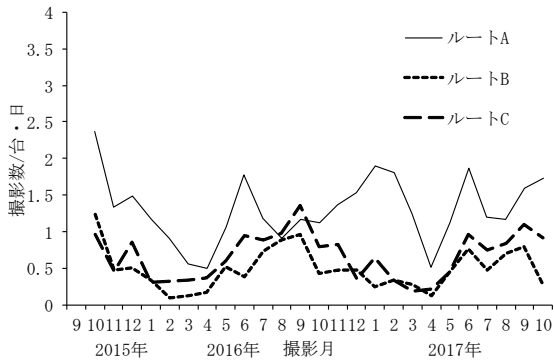


図-17 御荷鉾撮影頻度 a

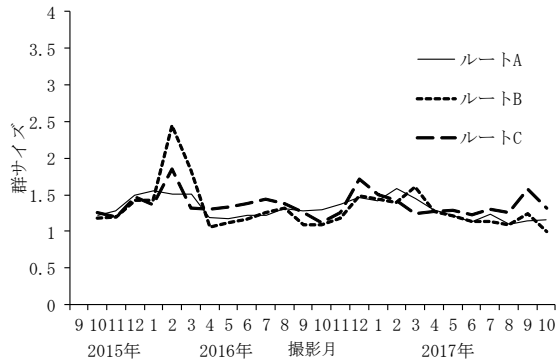


図-18 御荷鉾群サイズ

ルート周囲にカラマツとヤマザクラの樹皮剥ぎ被害が多数発生し、4月調査時の糞塊数も突出しており、糞塊数がシカの利用状況を示す結果と推察される。群サイズにルート間の大きな差はないが、1月から3月の北面の群サイズが多くなっている(図-16、18)。

イ 碓氷湖地域の撮影頻度 碓氷湖は御荷鉾同様に4月に最低となり、そのまま8月まで利用が少ない状況が続いている(図-19)。その後は9月から増加し、2月まで高い状態が続き3月に減少し始める。この傾向は2か年とも共通している。ルート別に見ると、A、Bルートは9月から2月が突出しており、Cルートは撮影数は少ない(図-20)。この期間は、撮影頻度b及びdの数値が高く、30分以内の撮影に複数頭が多いことを示している。碓氷湖はカメラをすべて鳥獣保護区内に設置しており、春期から8月までの利用が少なく、冬期の撮影数が急増し複数頭も多い。このため、狩猟期に鳥獣保護区に移入するシカが多く撮影され、通年利用する定住個体は同期間より少ないと考えられる。

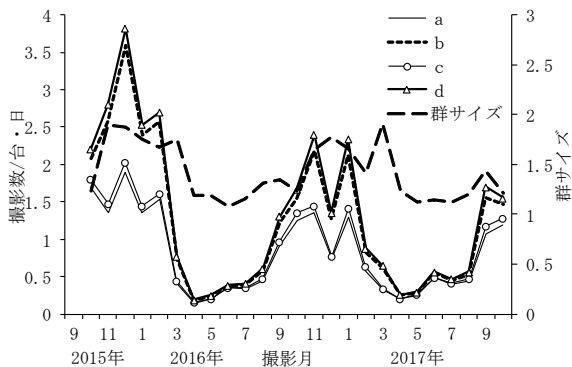


図-19 碓氷湖撮影頻度 (全体)

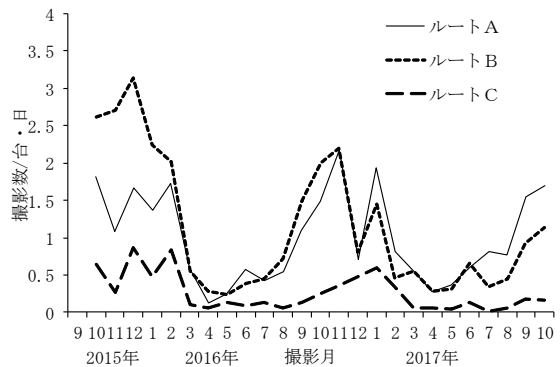


図-20 碓氷湖撮影頻度 a

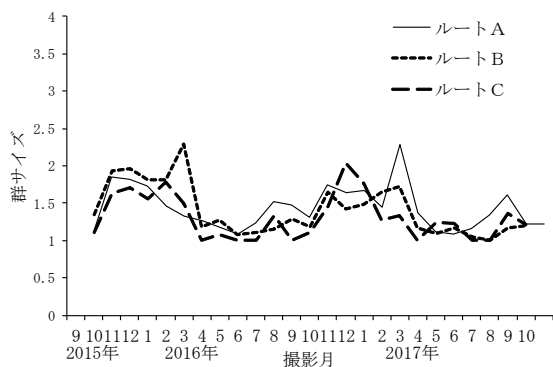


図-21 碓氷湖群サイズ

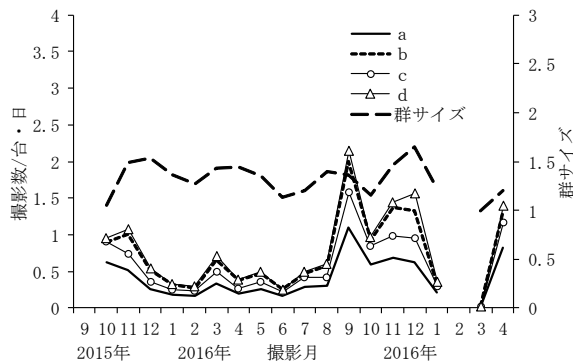


図-22 迦葉山撮影頻度 (全体)

この鳥獣保護区は長野県の浅間鳥獣保護区と接し、同保護区においても近年生息数が増加していることから、碓氷湖鳥獣保護区が冬期の集合利用地域となっている可能性がある。

ウ 迦葉山地域の撮影頻度 迦葉山は、1月から8月までの利用が少なく、10月から12月までの利用が多くなっている (図-22)。他の調査地に比べ全体的に撮影数が少なく、生息数も少ないと推測される。迦葉山保護区についても碓氷湖鳥獣保護区と同様に、すべて鳥獣保護区内に

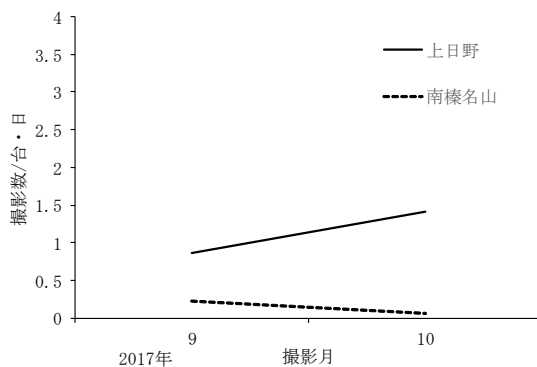


図-23 上日野、南榛名山撮影頻度 a

カメラを設置しており、冬期間の増加は、狩猟期に鳥獣保護区へ流入した個体の影響が考えられる。

エ 上日野及び南榛名山の撮影頻度 2か月間の短期設置のため、長期の撮影数変動を評価できないが、9月と10月の撮影数については、上日野は御荷鉾や碓氷湖と同程度の撮影数となっている。南榛名山は糞塊が発見できなかったが、低い撮影頻度でシカが確認された (図-23)。南榛名山は、糞塊調査時にリョウブの樹皮剥ぎが多く確認され、他の樹種では樹皮剥ぎが発見されなかった。糞塊密度が1個/km程度の少ない場合でも、リョウブの被害が発生すると報告があり (江崎ら, 2013)、シカの低密度地域では、リョウブの樹皮剥ぎで生息が確認可能と考えられる。

(2) 雌雄の撮影状況

御荷鉾、碓氷湖の撮影頻度 a (撮影数/台・日) の変化をオス、メス、当歳仔別で示す (図-24、25)。御荷鉾はオスの出現が10月にピークとなり11月以降4月まで減少する。メスはこれと入れ違いで11月に増加し2月まで多い状態が続き、4月に最低となる。5月から9月にかけては、メスだけでなくオスについても利用が確認できる。同様のカメラトラップによる静止画を用いた報告では、夏期はオスの撮影が減少する報告が多い。しかし、5月から8月にかけてのオスは、前年角の有無や袋角の成長状態など、頭部の状況は様々である。本報告は動画で撮影したため、頭部の様子を詳細に確認することが可能である。このため、静止画では確認が難しいオスジカの判別が容易となり、この時期の撮影が増加した可能性がある。

碓氷湖も同様に10月のオスのピークの後、メスが増加することが確認された。また、11月以降のメスの利用は極端に多く、雌雄共に夏期の利用が減少する。碓氷湖のメスの利用が冬期に多い理由は鳥獣保護区の越冬利用のためと考えられるが、オスジカは11月以降の冬期に減少する事から、狩猟期に鳥獣保護区を利用する行動は、メスジカに特有の行動である可能性が示唆される。メスジカにとって

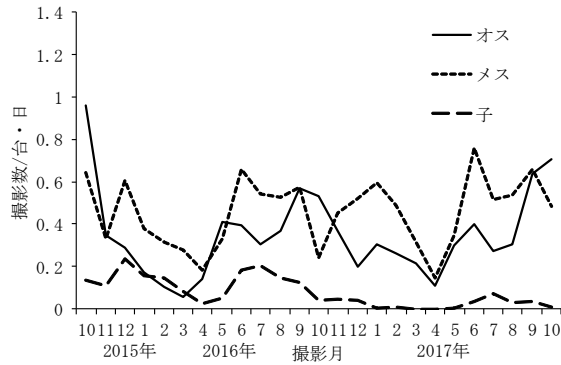


図-24 御荷鉾雌雄別撮影頻度 a

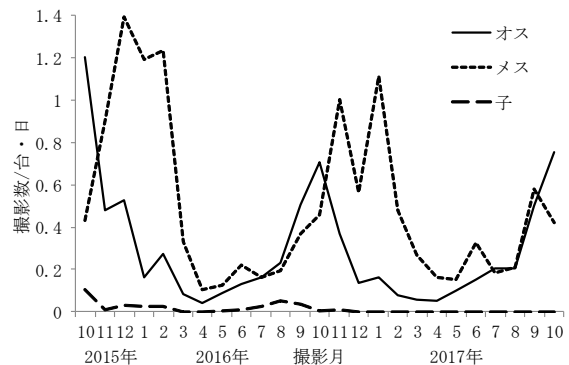


図-25 碓氷湖雌雄別撮影頻度 a

仔を出産し迎える冬期は、当歳仔の安全のためにも鳥獣保護区が魅力的な区域であると推測される。

(3) 活動時間割合及び移動速度 (km/日)

移動速度 (m/秒) は御荷鉾、碓氷湖の動画から計測可能な動画 (n=368) を抽出し算出した。なお、座り込み反芻する個体やカメラ前を走り抜ける個体などは計測していない。算出した平均移動速度は0.25m/秒となり、0.2m/秒までが最も多くなった (図-26)。動画からは立ち止まりながら採食し、少しずつ移動する様子が多く確認された。

活動時間割合と移動速度 (0.25m/秒) から算出した移動速度 (km/日) は、図-27のとおりである。なお、迦葉山、上日野、南榛名山については、撮影数が少なく活動時間割合が算出できないため、御荷鉾と碓氷湖の平均活動割合を利用した。月別の移動速度は、碓氷湖の (9.9km/日) が一番多いが、年平均移動速度は御荷鉾 (7.1km/日)、碓氷湖 (7.6km/日)、迦葉山 (7.4km/日) となった。

調査箇所平均移動速度は7.4km/日となり、GPS首輪を利用する他の報告 (田中ら, 2017) に比べ速い。測位間隔が5分測位の場合で10.1kmと9.3kmとの報告 (近畿地方環境事務所, 2016) や、県内調査では、4時間測位で6km/日との報告があり (坂庭, 2016年)、利用目的に応じた移動速度の算出方法は、検討が必要と考えられる。

(4) REM法による生息密度の算出

算出した各種数値を用いてREM法により計算したシカの生息密度は図-28のとおりである。平均生息密度は御荷鉾 (8.70頭/km²)、碓氷湖 (10.91頭/km²)、迦葉山 (3.30頭/km²)、上日野 (10.50頭/km²)、南榛名山 (1.11頭/km²) となった。生息密度の推移はカメラ撮影頻度 a (撮影数/台・日) と類似し、4月の減少と秋期の増加が確認できる。調査結果に基づくREM計算因子の変動幅は、

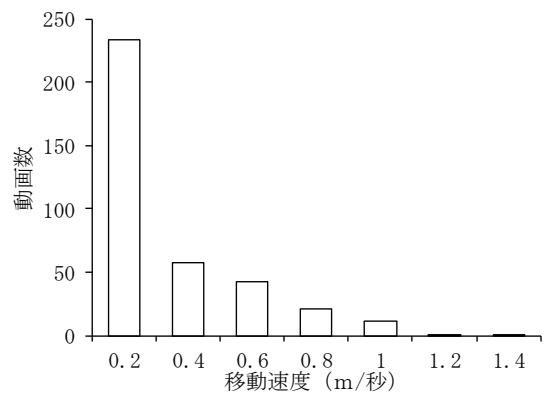


図-26 移動速度 (m/秒)

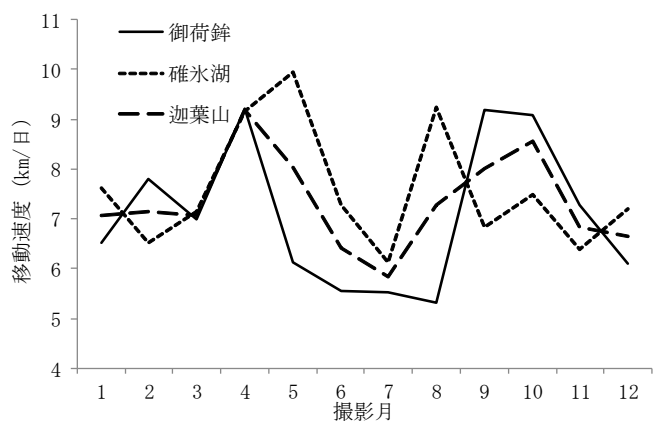


図-27 移動速度 (km/日)

移動距離 (9.94~5.32km/日)、群サイズ (1.05~1.90)、撮影頻度 a (0.06~1.75) であり、弧度、カメラの撮影距離などは機材により固定される。撮影頻度 a と算出された推定生息密度 (図-29) は、 $r_s=0.9499$ と高い相関を示しており、推定生息密度の算出において、撮影頻度 a (撮影数/台・日) が大きく影響することが確認された。

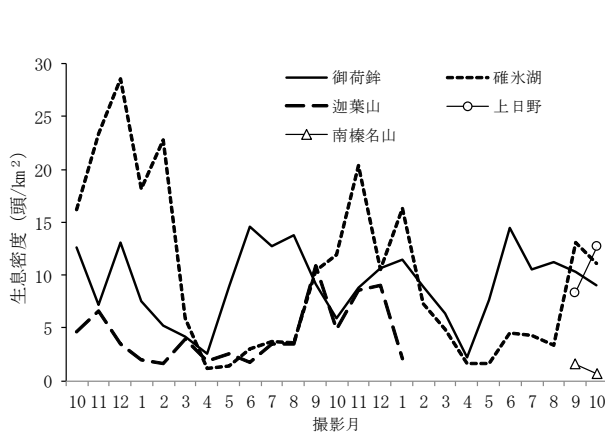


図-28 REM法により算出した推定生息密度

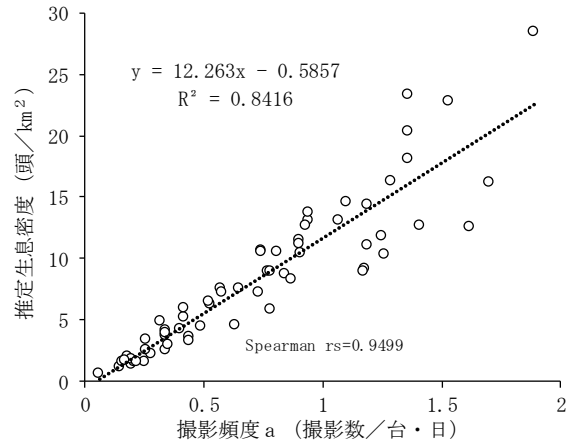


図-29 撮影頻度 a と推定生息密度の関係

3 糞塊法とカメラトラップ (REM) 法による推定生息密度の相関

(1) 糞塊密度と生息密度の関係

糞塊調査時に発見される糞塊は、直近の数か月間の糞塊を示しており、秋期の糞塊については糞塊調査の1から2か月前、春期の糞塊については、糞塊の分解が進まない冬期間の糞塊と考えられる。

このため、秋期については調査前の9、10月または10、11月の2か月間、春期については12月から3月までの4か月間の糞塊が、調査時に計測される糞塊数と想定し、同期間に撮影された撮影頻度 a の平均値との相関について検討した。なお、上日野及び南榛名山については、秋期2か月間の相関関係を考察するため、2か月間のカメラトラップと秋期の糞塊調査を実施している。

5箇所の調査結果のうち、御荷鉾、迦葉山、上日野、南榛名山については、糞塊密度と生息密度の増減が同調しているが、碓氷湖については負の関係が確認された (表-4、5)。碓氷湖以外の4調査地の相関関係は、秋期調査で $r_s=0.8286$ と高い相関が確認され (図-30)、春期調査についてもデータは少ないが高い相関 ($r_s=1$) が確認された (図-31)。

このため、近似式 ($y=0.264x+2.234$) により、秋期の糞塊密度 (個/km) から、調査地周辺を利用するシカの生息密度が算出可能である。なお、南榛名山地域の調査結果から、糞塊が発見されない場合でも、1.12頭/km²の生息密度が算出されており、近似式の切片は2.234となった。

碓氷湖の調査結果から、生息密度と糞塊密度に負の関係が示された。この理由の推測としては、ま

表-4 糞塊密度と推定生息密度 (秋期)

調査地	調査時期	生息密度 (頭/km ²)	糞塊密度 (個/km)
御荷鉾	2015.10月	9.9	23.86
御荷鉾	2016.10月	7.53	18.15
御荷鉾	2017.10月	9.69	33.73
迦葉山	2015.10月	5.59	10.14
上日野	2017.10月	10.5	31.28
南榛名山	2017.10月	1.12	0
碓氷湖	2015.10月	19.8	4.23
碓氷湖	2016.10月	11.2	5.21
碓氷湖	2017.10月	13.2	14.02

表-5 糞塊密度と推定生息密度 (春期)

調査地	調査時期	生息密度 (頭/km ²)	糞塊密度 (個/km)
御荷鉾	2016.4月	7.51	95.26
御荷鉾	2017.4月	9.35	117.43
迦葉山	2016.4月	2.78	28.58
碓氷湖	2016.4月	18.9	43.71
碓氷湖	2017.4月	9.8	41.96

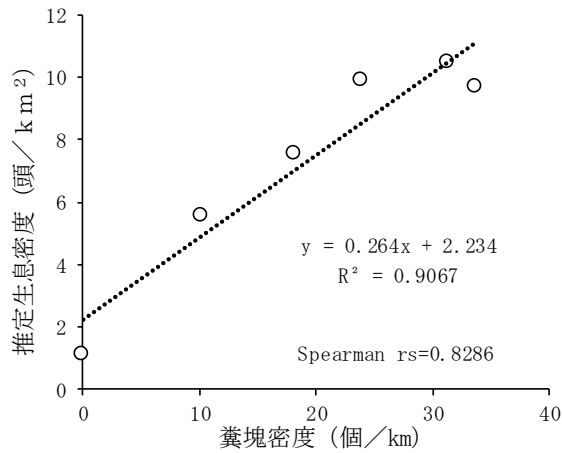


図-30 推定生息密度と糞塊密度の関係(秋期)

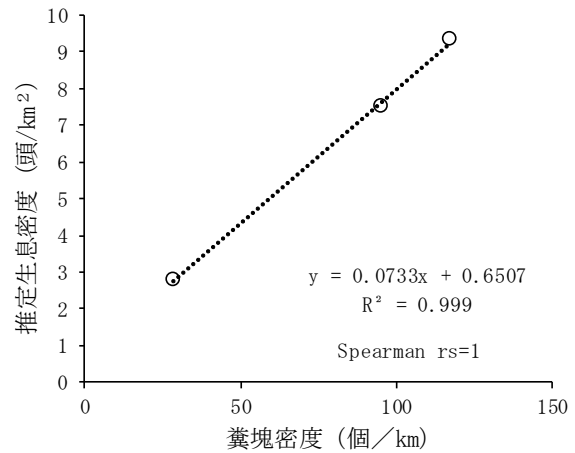


図-31 推定生息密度と糞塊密度の関係(春期)

ず、冬期の過剰なシカの集中利用が考えられる。鳥獣保護区に集中したシカの移動状況がカメラに撮影されるが、踏査ルート上は冬期の食物となるササ類が食害により皆無となっており、移動はするが滞留せず、糞塊が少なかった可能性がある。また、同踏査ルートの尾根部は、冬期間に強風が絶えず吹き付ける環境となっている。このため、シカが尾根部に停滞する時間が短く、糞塊が残らない可能性がある。また、乾燥と強風により糞塊が移動し分散化することも考えられる。しかし、春期だけでなく秋期の糞塊も少なく明確な理由が確認できなかった。碓氷湖の特徴として、冬期の過剰

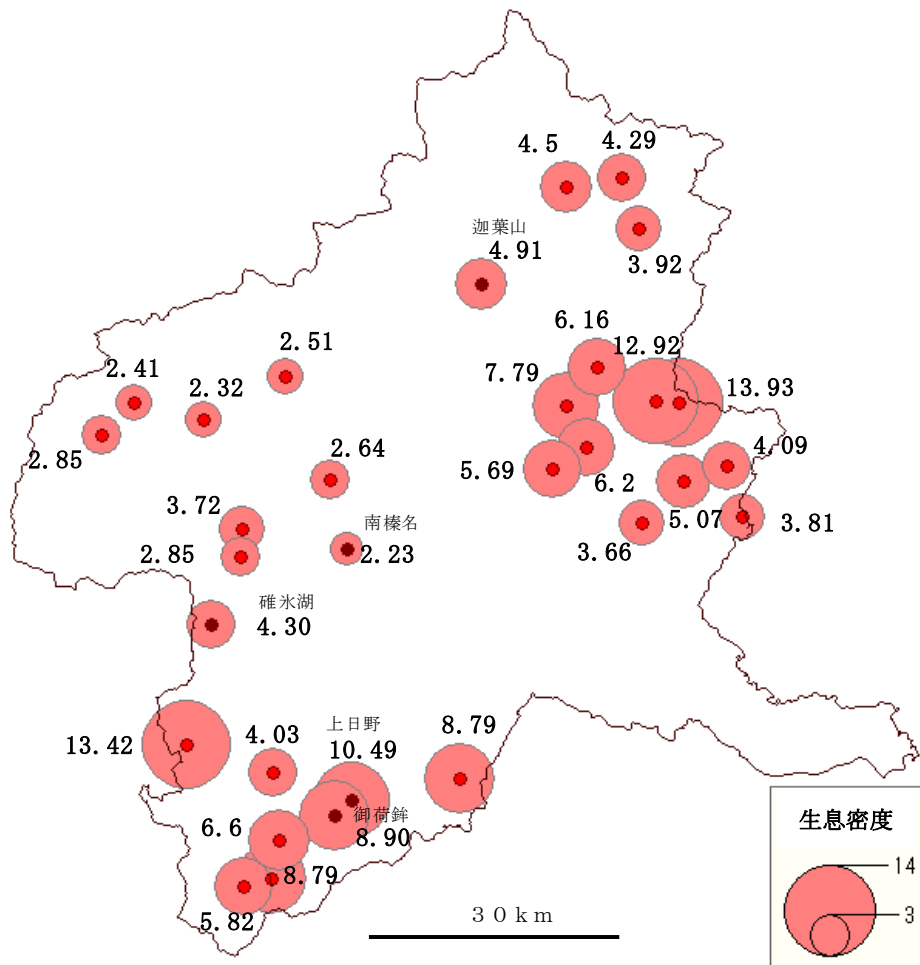


図-32 県内の平均推定生息密度 (頭/km²)

な集中利用に明確な違いがあり、冬期の生息密度も他の4地域に比較し高くなっている。生息密度が高く、冬期の集中利用が見られる地域においては、この近似式は適用できない可能性があり、糞塊密度だけでは生息密度を過小評価するため注意が必要である。

(2) 県内糞塊調査結果への生息密度近似式の適用

県内で広域に実施される糞塊調査は、過去4か年実施されている((株)野生動物保護管理事務所, 2014-2017)。このため、この調査結果を生息密度近似式($y=0.264x+2.234$)に適用し、県内の推定生息密度を算出すると図-32となる。なお、糞塊密度(個/km)は4か年の平均値(10粒以上糞塊)を使用した。また、5調査地域の生息密度は秋期の糞塊密度を使用した。計算の結果、県内糞塊調査によるシカの平均推定生息密度は5.68頭/km²(最小2.23頭/km²~最大13.93頭/km²)となった。5調査地の推定生息密度は、近接する県内糞塊調査の生息密度と近い数値となっている。また、南榛名山周辺には県内調査の糞塊調査ルートが設定されていないが、南榛名山の生息密度は低いことから、周辺地域は未だ本格的なシカの増加が始まっていないと推察される。

IV まとめ

シカの生息密度を推定する場合、局所的に増大する地域や新たに侵入が始まる地域など、調査すべきポイントやタイミングは多様である。カメラトラップ調査を実施する場合は、調査機材や実施時期の制限があり、特に自治体を実施する場合は、コストを抑えるため実施範囲も制限される。今回の調査方法はカメラ設置後2か月の撮影状況により、シカの生息密度(9月から11月の利用密度)を推定し、カメラ回収時に糞塊調査を実施する事により、糞塊密度(個/km)を生息密度指標に置き換えることを可能とした。南榛名山で実施した調査では、糞塊調査ルート上で糞塊は発見できなかったが、カメラトラップ法により、1.12頭/km²の生息が確認された。カメラトラップ法は低密度下のシカの生息密度や、他の多くの野生動物の生息状況を捉えるため、捕獲情報や被害情報からは得られない、奥山の生息動向を把握する調査手法として有効である。

引用文献

- Caravaggi, A・Zaccaroni, M・Riga, F・Schai-Braun, S・T. A. Dick, J・Montgomery, W・Reid, N(2016), An invasive-native mammalian species replacement process captured by camera trap survey random encounter models, *Remote Sensing in Ecology and Conservation*, 2(1), 45-58
- 江崎功二郎・有本 勇・平松新一・野崎亮次・八神徳彦(2013), シカ低密度分布地域における糞塊密度と樹木被害出現頻度の関係, *石川県白山自然保護センター研報*, 40, 29-33
- 群馬県(2017), 群馬県ニホンジカ特定管理計画(一部改正2017.9), 群馬県環境森林部
- 池田浩一(2001), 福岡県におけるシカの生息及び被害状況について, *福岡県森林研報*, 3, 1-83
- (株)野生動物保護管理事務所(2014), 平成25年度群馬県シカ生息状況調査及び個体数推定・将来予測業務報告書, -
- (株)野生動物保護管理事務所(2015): 平成26年度群馬県シカ生息状況調査業務委託報告書
- (株)野生動物保護管理事務所(2016): 平成27年度群馬県シカ生息状況調査業務委託報告書
- (株)野生動物保護管理事務所(2017): 平成28年度群馬県シカ生息状況調査業務委託報告書
- 環境省自然環境局多様性センター(2011), 平成22年度自然環境保全基礎調査 特定哺乳類生息状況調査及び調査体制構築検討業務報告書
- 環境省自然環境局近畿地方環境事務所(2016), 平成27年度大台ヶ原シカ個体数調整業務報告書, 41-

- 片平篤行(2018), 奥山(鳥獣保護区)における鳥獣類の生息状況調査(3)シカの食害発生状況調査, 群林試業報,
- Manzo, E · Bartolommei, P · Rowcliffe, J. M · Cozzolino, R(2012), Estimation of population density of European pine marten in central Italy using camera trapping, *Acta Theriologica*, 57 (2), 165-172
- 丸山直樹(1981), シカ *Cervus nippon* TEMMINCK の季節的移動と集合様式に関する研究, 東京農工大学農学部学術報告, 23, 1-85
- Rowcliffe, J. M. · Carbone, C. · Kays, R. · Kranstauber, B. · Jansen, P. A. (2014), Density estimation using camera trap surveys the random encounter model, *Camera trapping*, 317-323
- Rowcliffe, J. M. · Field, J. · Turvey, S. T. · Carbone, C. (2008), Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition, *Journal of Applied Ecology*, 45(4), 1228-1236
- Sabine Pfeffer(2016), Comparison of three different indirect methods to evaluate ungulate population densities, Swedish University of Agricultural Sciences, 13
- 高槻成紀 · 鹿股幸喜 · 鈴木和男(1981), シカとニホンカモシカの排糞量 · 回数, *日生態誌*, 31, 435-439
- 田中竜太 · 高島千尋 · 瀧井暁子 · 泉山茂之(2017), 信州大学手良沢演習林におけるREM法を用いたシカ (*Cervus nippon*) の生息密度推定, 信州大学農学部AFC報告, 15, 55-60
- Yasuda M(2004), Monitoring diversity and abundance of mammals with camera traps:a case study on Mount Tsukuba, central Japan, *Mammal Study*, 29, 37-46