

堅果や植生に着目した野生動物の利用環境

浜松学芸高等学校

サイエンス部 2年 水谷茱白 他3名

1. はじめに

全国各地で、ニホンジカ *Cervus nippon* やイノシシ *Sus scrofa* (図 1)をはじめとする野生動物による農業被害などの問題が深刻化しており、2022 年度の野生鳥獣による農作物被害は 155 億円に達した(農林水産省農林振興局農村政策部鳥獣対策・農村環境課 https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/hogai_zyoukyou/, 2023/4/10 確認)。これらの問題を解決するには、各動物種における農業被害の発生や農地とその周辺への出没の要因を解明し、種の生態的特性に応じた個体数調整や被害防除などの被害対策を適切かつ効率的に進める必要がある。しかし、被害の発生状況は、農地周辺における種の生息状況をはじめ、農業集落における防護柵設置などの被害防除や農地周辺の景観構造などにより大きく異なることに加え、種によっては、堅果類などの食物資源量の変動に伴って変化することが報告されている(深川・辻野 2016)。このうち、堅果類などの食物資源の変動に伴う獣害発生の変化は、捕獲や防護柵設置などの被害対策の効果を精度よく評価するためにも解明する必要がある。しかし、ニホンジカやイノシシについては明らかにされておらず、より効率的な被害対策を進めるためにも、これらの要因解析が重要である。



図 1. 森林公園内のイノシシ。

本研究では、里山環境における農業被害の程度や農地周辺への出没の変化について、出現過程と要因の解明を目的とする。解析にあたっては、スタジイ *Castanopsis sieboldii* を中心とした堅果類の豊凶に伴う変動と野生鳥獣種による反応の違いに着目した。これらの解析結果を踏まえ、野生鳥獣による被害発生プロセスと被害軽減のための効果的な対策について検討する。

野生鳥獣による農業被害には、農地周辺における種の生息状況に加え、生息地の景観構造や堅果類などの食物資源量変動が影響する可能性が着目されている。しかし、本校サイエンス部では、静岡県立森林公園内における詳細な植生調査結果を有していない。野生鳥獣の分布を決定する環境要因のうち、生息地の植生および林床における堅果の豊凶は非常に重要な基礎的データである。

高校生による野外での植生調査には大きな課題がある。本校の生徒は、1 年生の生物基礎の授業で「浜松のような温暖帯ではシイ・カシなどの常緑広葉樹林が極相になっている」ということを学習している。しかし、文字と文字の組み合わせを丸暗記しているだけで、実際に野外で生徒自身による樹木の種同定作業は全くできないのが現状である。このような課題を克服するために、フリーソフト python を活用した機械学習による植生調査を提案したい。python は汎用的なプログラミング言語の利用度調査では常に高い位置を占めており、システム管理やツール・アプリケーション開発・科学技術計算・Web システムなどで広く利用されてきた(python Japan HP, <https://www.python.jp/pages/about.html>, 2023/4/10 確認)。機械学習を用いることで、植生調査の精度を高いレベルで維持した上で作業効率化を進める。林床にある落葉分布量は、季節だけでなく土地の斜度・分解速度・照度・野生鳥獣の存在などの環境要因の影響を強く受ける可能性があり、単純な話ではない。可能な範囲で環境条件を単純化することで、高校生でも写真を撮影するだけで簡易的に植生判定ができる技術の開発を目指す。さらに、林床における照葉樹の堅果の豊凶も野生鳥獣の生息分布に大きな影響を及ぼす。金網やゲージを組み合わせた 3 つの処理により、野生鳥獣の体サイズの違いによる堅果採食量を算出する。

2. 方法

(1) 森林公園の植生調査

現地調査では、森林公園内に10m×10mの調査枠を照葉樹林7地点、アカマツ *Pinus densiflora* 林3地点、合計10地点設置した(図2)。各調査枠内で樹高1.5m以上の全成木の種名と位置(xy座標)、DBH(Diameter at Breast Height: 胸高直径)を測定記録し、胸の高さ(1.0m)で輪切りをとった場合の幹の断面積である胸高断面積を算出した(図3)。



図3. 胸高直径の算出方法.

(2) 植生調査方法の開発

機械学習ライブラリーPytorchおよびそれに基づく画像確認ソフトウェア Yolo v5 を用いて、調査地点において撮影した画像から落葉を検出・分類し、枚数を計測した。画像認識にあたっては、まず、調査対象となる落葉の無背景写真を50枚撮影し、落葉の種類と位置を指定するアクションをそれぞれの写真に対して加えた。その後、各写真に対し、 σx 、 σy 、 σxy 鏡映操作を施して枚数を200枚に水増しし、教師データとした。落葉樹の位置の推定方法を元に機械学習を実施し、それぞれの落葉を正確に認識できることを確認した。さらに、各地点において計測された落葉枚数およびその4方向(縦、横、斜め)への枚数変化率を用いて、落葉樹の位置を推定した。落葉樹の位置推定にあたっては、落葉の枚数の変化が斜面の傾き、葉の積算枚数が特定の面積Sとなるように直角三角形を描き、その斜辺の立つ位置を落葉樹の位置として定めた(図4)。

上から見た図

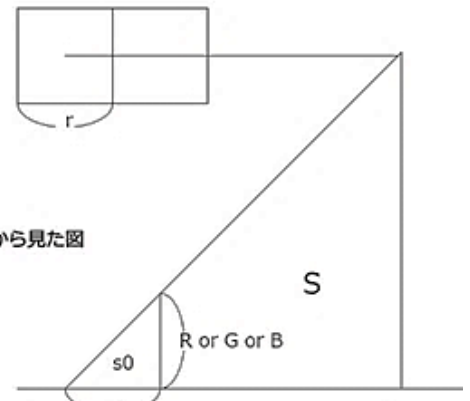


図4. 落葉樹の位置推定方法.

(3) シードトラップを用いたスダジイ堅果数の推定

森林公園内のスダジイ樹冠下に、直径1.0mのシードトラップを設置した(図2、図5)。シードトラップは、スダジイ樹木1株当たり2個設置した。森林公園全体では、合計10株のスダジイ樹冠下に合計2個のシードトラップを設置した。シードトラップ内の堅果や果実は、1週間に1回の割合で内容物を回収した。回収されたスダジイ堅果は、健全、シイナ(うまく実らないで、萎びてしまった未成熟果実)、虫食い、哺乳類による食害の4種類に分類した(図6)。また、スダジイ堅果以外の堅果類や果実も種を分類して記録した。

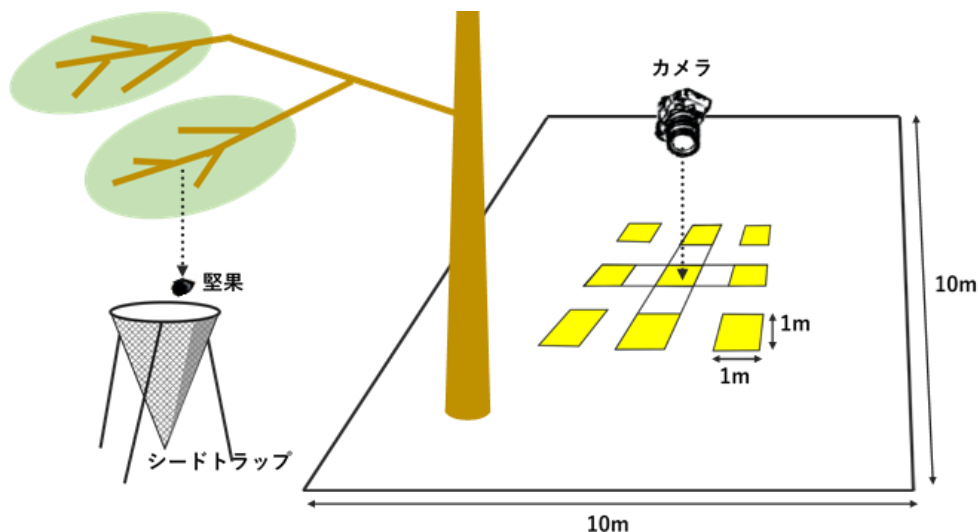


図5. 植生調査とシードトラップによる堅果数の推定方法.



図6. 左から虫食い、健全、哺乳類により食害されたスダジイ堅果.

(4) 3つの処理区を用いた野生動物との関係

地上に落下したスダジイ堅果を、どの動物種が採食または持ち去るか推定するために、3つの処理区を施した除去実験を行った(図7

)。はじめに、森林公園内で採集したスダジイ堅果20個を地表に置いた。1つめの処理は、堅果の上部に何も覆いがないコントロール処理区である。2つめの処理は、堅果の上面を地表から5cmの高さで金網で覆った金網処理区である。3つめの処理は、目開き2cmで1辺が10cmの立方体ゲージで堅果の周囲全体を覆ったゲージ処理区である。以上により、各処理区の堅果持ち去り速度の差から、採食者の体長を推定し、イノシシやニホンジカによる採食量の算出を目指した。

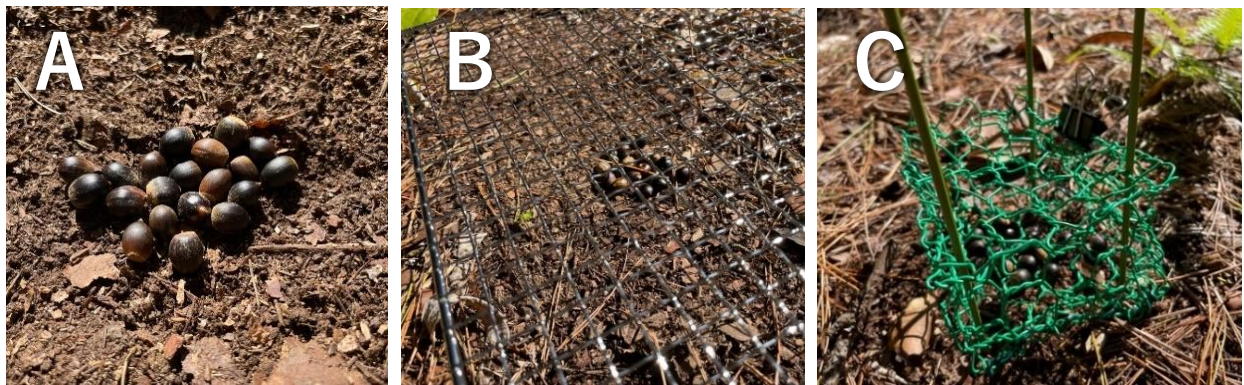


図7. コントロール処理区(A)、金網処理区(B)、ゲージ処理区(C).

3. 結果と考察

(1) 森林公園の植生調査

植生調査では、全10地点中、調査地点1~7と調査地点8~10で主要な樹種の組成が大きく分けることができた。調査地1~7では、19種類の樹木が確認された(図8)。個体数に注目すると、上位3種ではアラカシ *Quercus glauca* 80個体が最も多く、スダジイ33個体、ミミズバイ27個体となった。一方で、総胸高断面積に注目すると、上位3種ではスダジイ 15832cm^2 (33個体)、クスノキ *Cinnamomum camphora* 5814cm^2 (3個体)、アラカシ 5723cm^2 (80個体)となった。個体数ではアラカシが最多であることに対し、総胸高断面積ではアラカシよりもスダジイやクスノキのほうが上位となっていることから、スダジイやクスノキは胸高断面積が大きい古い個体が多いことが読み取れる。また、このことから、調査地点1~7はスダジイやクスノキが優占する照葉樹林と判断できた。

調査地8~10では、15種類の樹木が確認された(図9)。樹木の個体数に注目すると、上位3種ではヒメユズリハ17個体、ヒサカキ15個体、アカマツ13個体となった。一方で、総胸高断面積では、上位3種はアカマツ 19242cm^2 (13個体)、イロハモミジ 2084cm^2 (4個体)、ヒメユズリハ 1603cm^2 (17個体)であった。アカマツの個体数では2番目であったが、総胸高断面積では圧倒的に多かった。このことより、調査地点8~10は、アカマツが優占するなかで、亜高木層にヒメユズリハなどの若い常緑樹個体がみられるアカマツ林と判断できる。

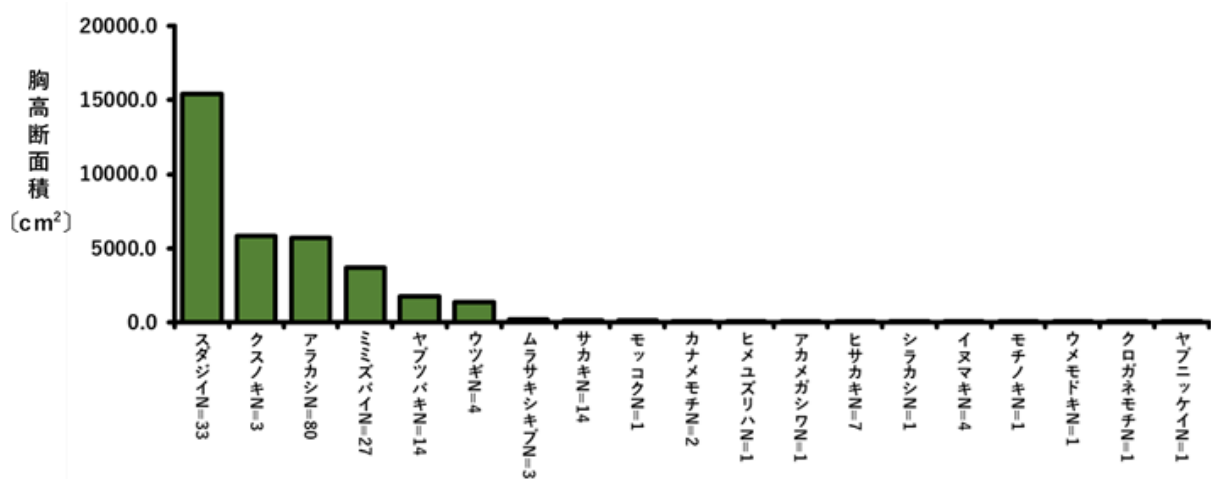


図8. 調査地点1～7で確認された樹木19種と総胸高断面積.

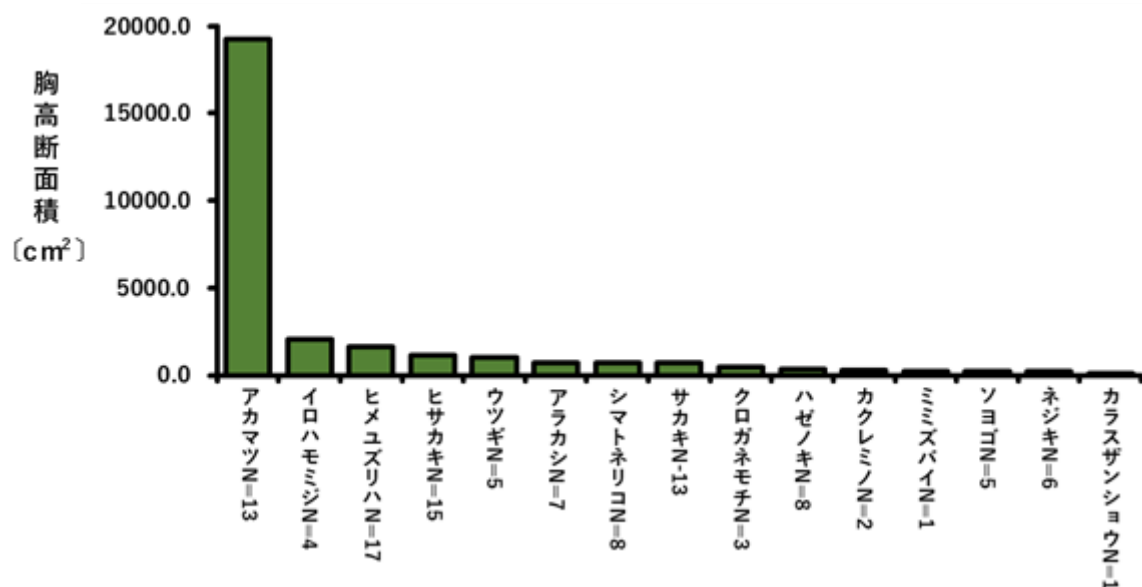
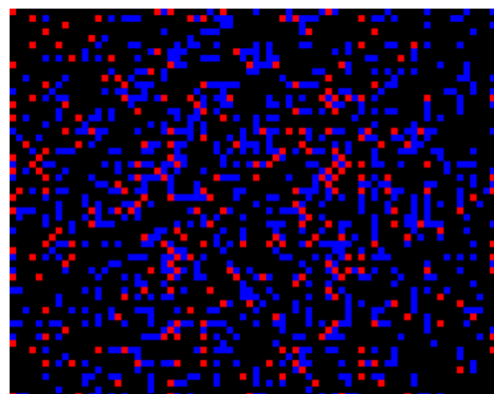


図9. 調査地点8～10で確認された樹木15種と総胸高断面積.

(2) 植生調査方法の開発

調査区2を例に挙げると、現地調査では照葉樹林と判断された。林床を撮影した写真をもとに機械学習の結果を、視覚的に分かりやすいようにRed(アラカシ)、Green(スタジイ)、Blue(クスノキ)の3色に置き換えた(図11)。調査区2は、クスノキが多い照葉樹林と判断でき、現地調査との結果と一致した。しかし、調査地点2では現地調査との結果と一致したが、他の調査地点では、現地調査の結果と一致しないことがあった。

図10のように樹木の葉は形が似ているため、再帰プログラムおよび予測プログラムに問題が起きてしまった。植物生態学者は、樹木の葉の形(形状、色、大きさ、鋸歯、葉脈、毛の有無など)に加えて、手触り、匂いなど五感を駆使して樹木種の判別を行う。一方で、本研究では、モノクロ画像の葉の形状のみで樹木種の判別を目指した。そのため、似たような形状の葉では、滞りなくプログラムを組むことができなかった。また、機械学習させる無背景写真数が少なかったため、少ない教師データで機械学習したことも原因の1つと考えられる。



R:アラカシ G:スタジイ B:クスノキ

図10. 調査地点2の機械学習の結果.



図 11. 左からスダジイ、アラカシ、クスノキの葉。

(3) シードトラップを用いたスダジイ堅果数の推定

シードトラップを設置した 9 月 10 日から 12 月 24 日までの期間で、合計 7018 個のスダジイ堅果が回収され、そのうち健全な堅果として地上に落下した個数は 2046 個 (29.2%) に過ぎなかった。それに対して、シイナが 2833 個 (40.4%)、哺乳類により食害された堅果が 1141 個 (16.3%)、虫食いされた堅果が 998 個 (14.2%) であり、合計 70.8% の堅果が地上に落下する前にすでに死亡していた。

シードトラップ内から回収されたスダジイ堅果の個数変化から、健全、シイナ、虫食い、哺乳類による食害の 4 種類の割合やピークの時期には大きな違いがあることが明らかになった (図 12)。健全な堅果は、11 月 5 日までほとんど落下しなかった。しかし、11 月 12 日に 792 個が落下するという大きなピークがみられた。それ以降は、落下した健全な堅果の個数は徐々に減少していった。それに対して、シイナの割合は、9 月～10 月の期間を通して圧倒的に高かった (図 12)。シイナの個数は、シードトラップを設置して初めて回収した 9 月 17 日にピークがあり、それ以降右肩下がり減少した。11 月の半ばには、健全堅果が著しく増加すると、その後シイナの個数には大きな変化はみられなくなった。虫食いされた堅果は、調査期間を通してシードトラップ設置直後とスダジイ健全堅果の落下ピークから 3 週間後の 2 度のピークがみられた。また、リスやネズミなどの哺乳類による食害された堅果の個数は、健全なスダジイ堅果の落下ピークと同調しているようであった。地上に落下した健全堅果個数がわずか 2046 個 (29.2%) に過ぎなかったことから、樹上で昆虫や哺乳類によって食害されたり、受粉や生育がうまくいかずに死亡したりする堅果が想像以上に多いことが明らかになった。健全なスダジイ堅果の落下数に著しく大きなピークがあったことから、短期間に大量の堅果落下させることで、地上の昆虫や哺乳類が食べ切ることから免れる効果があるのではないだろうか。さらに、スダジイ堅果の落下数が増加した時期には、リスやネズミなどの哺乳類による食害個数も同じように増加する傾向がみられた。森林公園内でみられた樹上性のニホンリス *Sciurus lis* にとってスダジイ堅果は重要な餌資源であることが明らかになった。

健全なスダジイ堅果の落下が急増した 11 月 12 日以降は、照葉樹林においてイノシシとニホンザル *Macaca fuscata* の撮影頻度が急激に増加した (図 13)。特に、イノシシはスダジイ健全堅果の落下のピークと共に、撮影頻度が増加していた。それ以外の 5 種の哺乳類に関しては、健全堅果の落下量と無関係で、期間を通して撮影頻度は低いままであった。アカマツ林では、期間を通して哺乳類 7 種の撮影頻度は照葉樹林と比較して低い値であった (図 14)。スダジイ堅果の落下ピークの時期で、ニホンジカとイノシシの撮影頻度が若干上昇しているが、上昇量はわずかであった。

1 週間当たりに落下した健全なスダジイ堅果と、その 1 週間後における野生動物の撮影頻度に着目すると、特にイノシシの撮影頻度には強い正の相関関係 (図 15, $R^2=0.9741$) がみられた。健全な堅果の落下量が増加するにつれてイノシシの撮影頻度も高くなるため、イノシシはスダジイ堅果を重要な餌資源としていたと考えられる。実際に、撮影された動画を分析すると、地表に落ちたスダジイの堅果を採食しているようすが確認できた。その他の哺乳類では、照葉樹林でみられたニホンザルとアカマツ林でみられたニホンジカの 2 種が、スダジイ堅果を採食していた可能性がある。

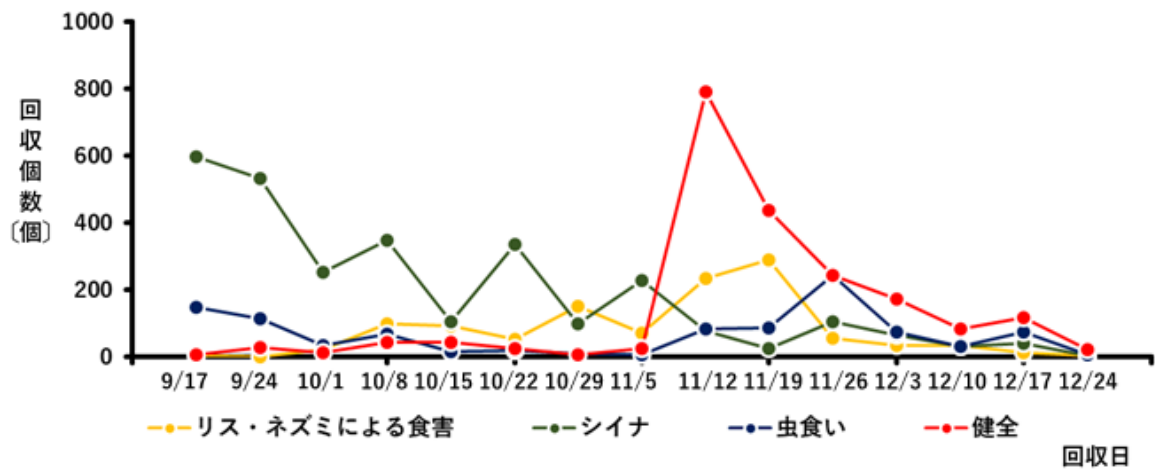


図 12. シードトラップで回収された内容物の時間変化.

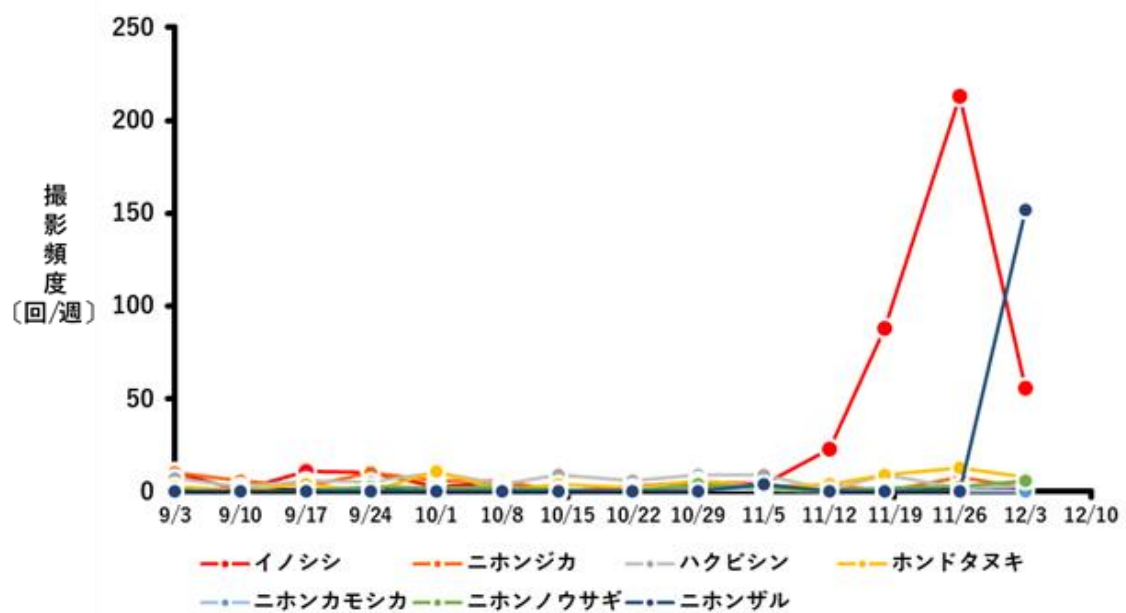


図 13. 静岡県立森林公園内の照葉樹林における哺乳類 7 種の撮影頻度の時間変化.

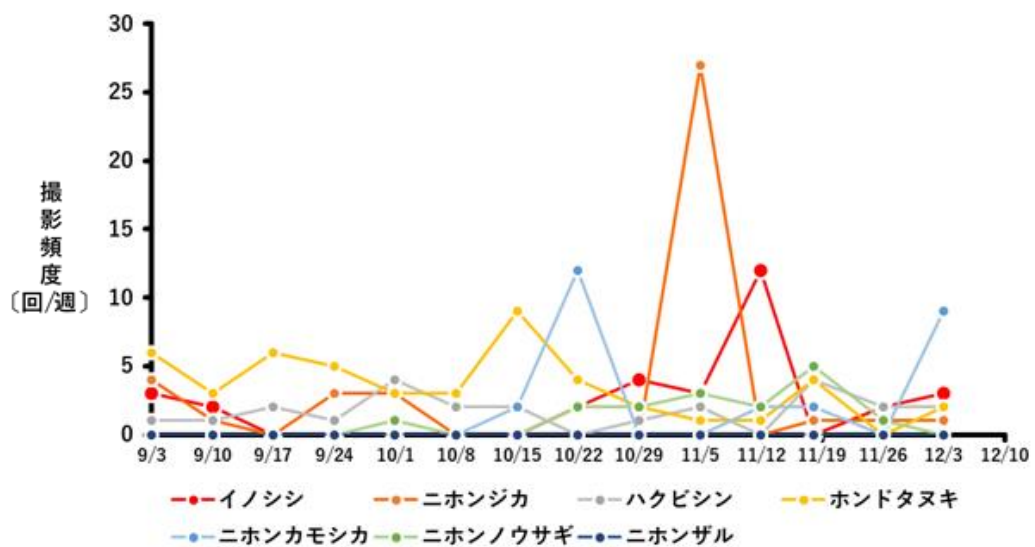


図 14. 静岡県立森林公園内のアカマツ林における哺乳類 7 種の撮影頻度の時間変化.

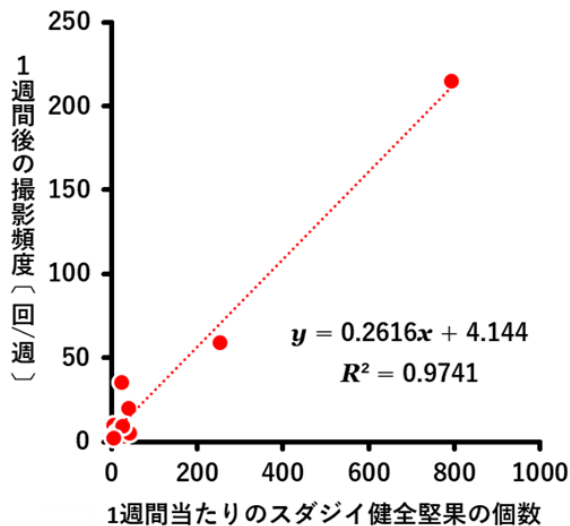


図 15. 1 週間当たりのスダジイ健全堅果の落下個数とイノシシの撮影頻度.

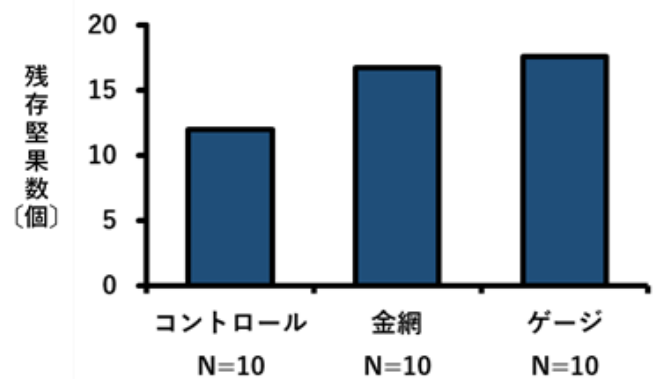


図 16. 3 つの処理区によるスダジイ健全堅果の残存量.

(4) 3つの処理区を用いた野生動物との関係

地上に設置したスダジイ堅果は、10月21日から11月26日の5週間のあいだにコントロール処理区で平均8.0個が持ち去られたのに対して、金網処理区(平均3.3個)とゲージ処理区(平均2.5個)しか持ち去られなかった(図16)。

コントロール処理では、全動物種が堅果に接近することが可能である。それに対して、金網処理区では地表から5cmの高さから金網で覆ってあるため、体長が5cm以下の動物種のみしか堅果に接近できない。さらに、ゲージ処理区では目開き2cmの金網で堅果全体を覆ってあることから、体長が2cm以下の動物種しか接近できない。これをもとに、地上に落下した堅果の運命を推定する。地上に落下した堅果のうち、31.3%が体長2cm以下の動物種に採食されていた。また、落下堅果の22.5%が、体長2cm以上5cm以下の動物種によって採食されていたと推定された。さらに、落下堅果全体の過半数を超える58.8%が、体長5cm以上の動物種によって採食されていた。ゲージ処理区ではアカマツ林に設置した2地点で、金網処理区では照葉樹林1地点とアカマツ林の1地点で著しく持ち去り量が多くなっている傾向がみられた。これは、体長の小さなアカネズミ *Apodemus speciosus* (頭胴長: 80~140mm) による持ち去りではないかと推定される。赤外線センサカメラによる調査でも、照葉樹林とアカマツ林のどちらにおいてもアカネズミが撮影されている。冬眠前のアカネズミが頻繁に巣穴と堅果とのあいだを往復することで、特定の地点において持ち去り量が多くなっていたのではないだろうか。体長5cm以上の大きさの哺乳類としては、撮影頻度が高いという状況証拠からイノシシによる食害が大きいと考えられる。

4. 謝辞

本研究では、静岡県立森林公園の職員の皆様より協力を得て調査を行うことができた。また、山崎自然科学教育振興会より資金面での支援をいただいた。心より感謝いたします。

5. 参考文献

- 深川幹・辻野亮(2016)カメラトラップを用いて認識された奈良県大峯山系弥山・前鬼の中・大型哺乳類相。奈良教育大学自然環境教育センター紀要. 17: 49-58.
- 環境省自然環境局 生物多様性センター(2019)モニタリングサイト 1000 森林・草原調査 落葉落枝・落下種子調査マニュアル Ver. 4 https://www.biodic.go.jp/moni1000/manual/litter_ver3.pdf (2023/4/7 確認).
- 農林水産省農林振興局農村政策部鳥獣対策・農村環境課(2022)全国の野生鳥獣による農作物被害状況について(令和3年度) https://www.maff.go.jp/j/seisan/tyozyu/higai/hogai_zyoukyou/ (2023/4/10 確認).
- python Japan HP. <https://www.python.jp/pages/about.html>. (2023/4/10 確認).

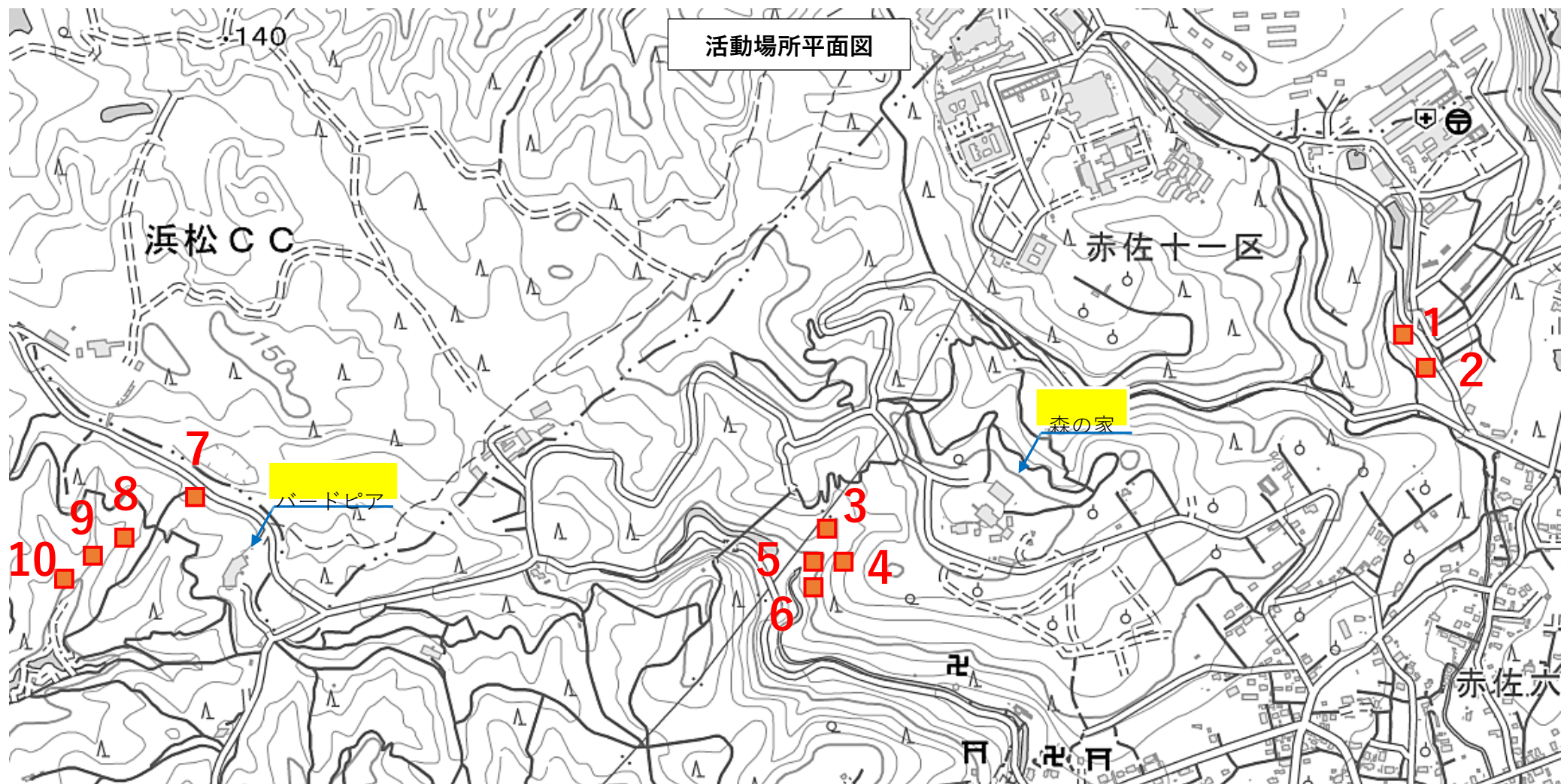


図 2. 調査地点 1～10 植生調査を行い、調査地点 1～7 のスダジイ樹冠下にシードトラップを 20 個設置した。