

トレイルカメラによる群馬県の野生イノシシ 調査報告書

2024年5月

群馬県鳥獣被害対策支援センター

1. 要旨

群馬県では、飼育豚における豚熱（家畜伝染病）の発生が2020年以降に9事例確認されている（2024年5月現在）。豚熱ウイルスは野生イノシシにも感染することができるので、豚熱の発生を防ぐためには、農場での防疫対策に加えて野生イノシシ間の蔓延を防止することが有効である。群馬県は、野生イノシシにおける豚熱対策のため、感染状況の把握、捕獲の強化、経口ワクチンの散布、生息状況調査などに取り組んできた。ここでは、トレイルカメラ調査から把握された野生イノシシの動向を考察する。

県内8市においてイノシシの生息が期待される里山周辺の林内38か所を選定し、トレイルカメラを設置した。10秒間の動画撮影モードに設定し、撮影のインターバルは1分とした。2021年10月5日から2023年12月19日までの805日間に撮影されたイノシシの個体数を記録した。

その結果、1日当たりのイノシシ撮影個体数は平均で0.273頭であった。その値はカメラごとに大きく異なっており、最小で0.010頭、最大で1.202頭であった。各月の撮影個体数は、0.125頭から0.402頭の間で推移していた。性年齢で区分して集計すると、5月から11月頃には幼獣が撮影される割合が高くなっていた。イノシシの出産のピークは5月から6月とされていることから、この結果は既知のイノシシの繁殖生態に合致した。一方で、秋に出産したと思われる個体も撮影されることがあり、春に繁殖に失敗するケースがあることが推測された。

また、ニホンジカその他の動物もカメラで撮影されたので、それについても記録を記載した。

II. はじめに

群馬県では養豚業が盛んである。農林水産省の統計では、飼養頭数が 2023 年に 593,700 頭（農林水産省, 2023a）、産出額は 2022 年の第 1 報で 481 億円（農林水産省, 2023b）であり、全国で第 4 位の産地である。

豚熱は、豚やイノシシが感染する病気であり、強い伝染力と高い致死率が特徴である。治療法は無く、発生した場合の養豚業界への影響が甚大であることから、家畜伝染病予防法で家畜伝染病に指定されている。日本国内では 2018 年 9 月 9 日に 26 年ぶりに岐阜県で豚熱が確認され、その後、群馬県を含む広い地域に感染が広がった。群馬県では、2019 年 10 月 4 日に野生イノシシで初めて豚熱の感染が確認され、2024 年 4 月 24 日までに 302 頭の野生イノシシ感染が確認された。飼養豚では、2020 年 9 月 26 日に初めて感染個体が確認され、その後 2024 年 4 月 24 日までに 9 つの事例が発生した（最終事例は 2022 年 9 月 21 日に発生）。飼養豚で感染が確認された場合は、その農場や疫学関連農場で飼育される豚のすべてを殺処分する必要がある、経営に影響を及ぼすこととなる。

飼養豚の豚熱を防ぐためには、農場での防疫対策に加えて、野生イノシシ間の蔓延を防止することが有効である。群馬県は、野生イノシシにおける豚熱対策のため、感染状況の把握、捕獲の強化、経口ワクチンの散布などに取り組んできた。ここでは、その取組の結果を踏まえ、トレイルカメラ（野外赤外線カメラ）調査から把握された野生イノシシの動向を考察する。

III. 調査及び分析方法

1 豚熱の蔓延経過

群馬県は、猟友会等の協力を得て、2019 年 10 月 1 日から群馬県内で捕獲又は死亡状態で発見された野生イノシシの血液検体を収集し、RT-PCT により豚熱の検査を実施してきた。2024 年 3 月 14 日までに検査した検体数は、4,878 である。そしてその結果を、検体が採取された市町村及び日付で分類して集計した。

2 トレイルカメラの設置及び撮影方法

群馬県内で、イノシシの生息数が多くかつ養豚農家数が多い 8 市（富岡市、安中市、高崎市、渋川市、前橋市、桐生市、みどり市、太田市）を選定し、各市に 4~5 台ずつ（合計 38 台）のトレイルカメラを設置した。カメラ設置場所はイノシシの生息が期待される里山周辺の林内であり、地理的な分布を考慮して選定した。具体的な場所は、図 1 及び表 1 に示すとおりである。現地で携帯電話を使用して経緯度を取得し、その値を使用して国土地理院が

公開している「サーバサイドで経緯度から標高を求めるプログラム (https://maps.gsi.go.jp/development/elevation_s.html)」により標高を取得した。

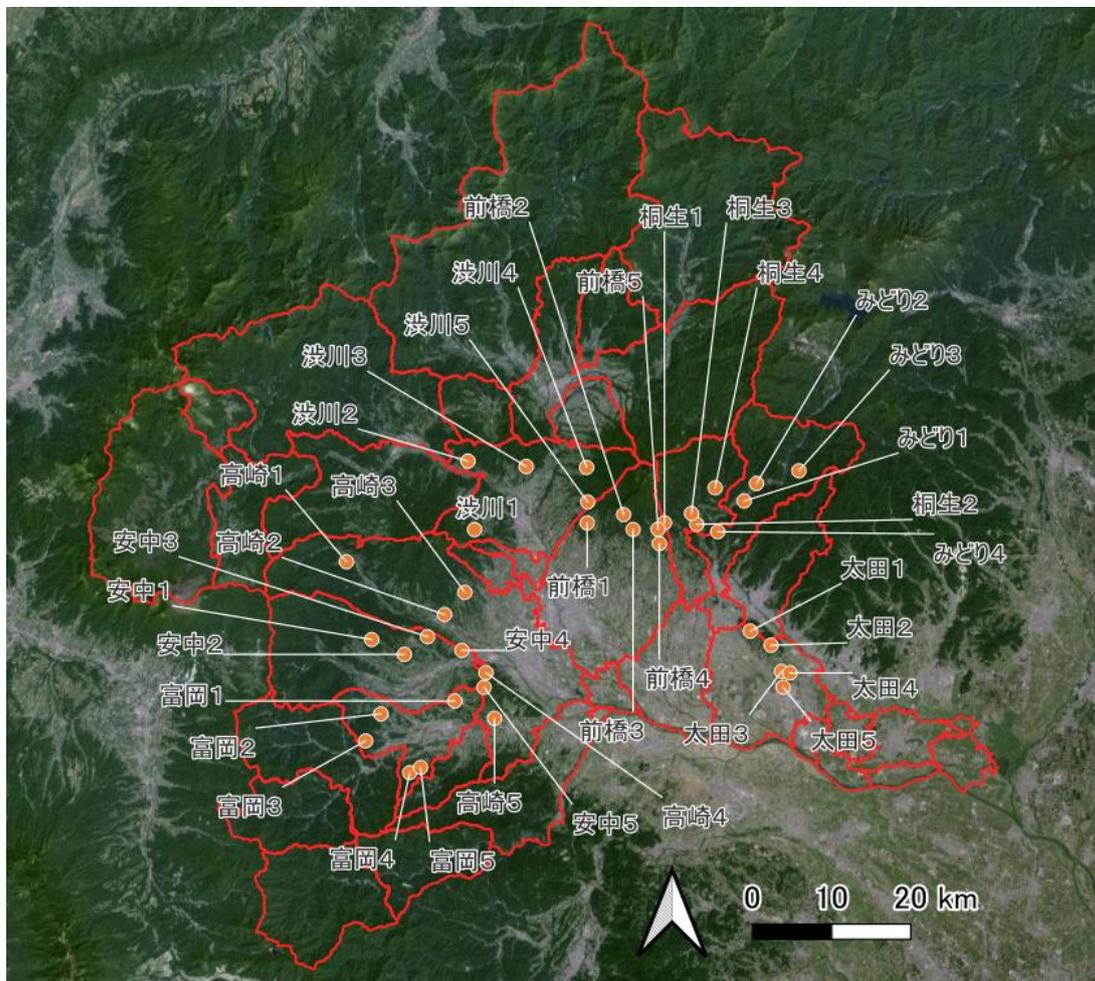


図 1 カメラ設置場所

表 1 カメラ一覧 機種は次のとおり。SP2: Hykecam SP2, Bushnell: Bushnell Core DS No Glow Camera, TREL10; TREL10J-D, TREL18: TREL18J-D, TREL20: TREL20D

*1 2022/8/19 まで緯度 36.49309、経度 139.09531、標高 502.4、2022/8/19 から緯度 36.48835、経度 139.09689、標高 463.3

*2 2022/10/27 まで SP2、2022/10/27 から TREL20

*3 2022/10/18 まで TREL18、2023/10/19 から TREL10

カメラ名	緯度	経度	標高	機種	データ欠損期間
富岡 1	36.29087	138.91006	203.6	SP2	
富岡 2	36.27613	138.80636	249.1	SP2	
富岡 3	36.24543	138.78497	476.0	SP2	
富岡 4	36.20934	138.84672	375.0	SP2	

富岡 5	36.21523	138.86204	284.0	SP2	
安中 1	36.36074	138.79352	453.6	SP2	
安中 2	36.34389	138.83929	281.0	SP2	
安中 3	36.36398	138.87166	262.7	SP2	
安中 4	36.34845	138.91989	218.9	SP2	
安中 5	36.30643	138.95088	241.2	SP2	
高崎 1	36.44907	138.75805	539.3	TREL18	
高崎 2	36.38909	138.89550	290.7	TREL20	
高崎 3	36.41438	138.92403	392.3	Bushnell	
高崎 4	36.32298	138.95356	211.5	TREL18	
高崎 5	36.27119	138.96556	177.8	TREL18	
渋川 1	36.48564	138.93762	672.6	SP2	
渋川 2	36.56329	138.92829	448.9	SP2	
渋川 3	36.55725	139.01002	473.4	SP2	
渋川 4	36.55619	139.09466	627.2	SP2	
渋川 5	36.51697	139.09608	674.3	SP2	
前橋 1	*1	*1	*1	*2	
前橋 2	36.50264	139.14652	833.0	SP2	
前橋 3	36.48577	139.15970	577.1	SP2	
前橋 4	36.46975	139.19650	436.6	SP2	2022/04/22-2022/05/31, 2023/01/23-2023/02/01
前橋 5	36.48602	139.19462	605.8	SP2	
桐生 1	36.49328	139.20365	701.6	Bushnell	2021/11/17-2021/11/23
桐生 2	36.49161	139.24884	506.3	TREL18	
桐生 3	36.50396	139.24149	453.0	TREL18	
桐生 4	36.53306	139.27466	484.1	TREL18	
みどり 1	36.51805	139.31540	346.3	TREL18	
みどり 2	36.53792	139.33262	421.4	TREL18	
みどり 3	36.55232	139.39210	571.4	TREL18	
みどり 4	36.48320	139.27840	357.0	TREL18	
太田 1	36.37031	139.32395	162.4	TREL10	2023/06/03-2023/10/05
太田 2	36.35438	139.35300	127.1	*3	2022/10/18-2023/01/19
太田 3	36.32453	139.36768	74.0	TREL18	
太田 4	36.32278	139.37936	93.4	TREL18	
太田 5	36.30666	139.36982	57.8	TREL18	

使用したカメラの機種は、表 1 のとおりである。2021 年 7 月 28 日から 10 月 5 日までの期間にカメラを設置したので、以下の分析ではすべてのカメラが稼働していた 2021 年 10 月 5 日から 2023 年 12 月 19 日までの 805 日間に撮影されたデータを対象とした。カメラは動画で記録し、撮影時間は 10 秒、インターバルは 1 分、センサー感度は「中」を基本とした。適宜、電池及び SD カードの交換を実施し、空撃ち（動物が不在の映像）が多い場合

はセンサー感度を「低」に変更した。

カメラの故障・電池残量不足等により撮影できなかった期間は表 1 に記載したとおりである。

3 撮影頻度・個体数の算出方法

撮影データをセンター職員が閲覧し、哺乳類及び鳥類の種ごとの撮影回数・個体数をカウントした。獣種の判別が困難な場合は、獣種不明とした。過大評価を避けるため、同一種が 30 分以内に 2 回以上撮影された場合は、2 回目以降の撮影は数えなかった。対象期間内の撮影回数・個体数を合計し、カメラ台数及び撮影日数で除することで、1 日当たりカメラ 1 台あたりの撮影頻度・個体数を算出した。イノシシについては、ウリ模様があるか大きさが明らかに小さいものを幼獣と判断した。また、イノシシの成獣について乳房、辜丸、牙、又は家族構成により雌雄の判別が可能な場合は性別を記録した。

4 各動物種の撮影頻度及び個体数

まず、対象地域における野生動物相を大まかに把握するため、獣種ごとの 1 日当たり撮影頻度・個体数を算出した。撮影頻度は群れの数に反映していると考えられる。撮影個体数は生息個体数をより反映しやすいと考えられるが、1 つの群れの全個体がカメラで撮影されないことが想定されるため、過少評価する可能性がある。撮影頻度が特に高いイノシシとニホンジカ（以下、単に「シカ」と記載する）については、カメラごと・月ごとに同様の分析をした。

続いて、主たる関心の対象であるイノシシについて、より詳細な分析を実施した。各カメラについて、毎月の 1 日当たり平均撮影個体数を分析した。また、性年齢区分（成獣オス、成獣メス、幼獣の 3 種類）別の 1 日当たり平均撮影個体数を月ごとに算出した。

カメラ設置箇所周囲の豚熱の感染は、イノシシ撮影個体数に影響すると考えられる。このため、カメラから半径 1km 以内で豚熱陽性のイノシシが発見された事例を抽出し、発見された前後の 1 日当たり撮影個体数（頭/日）の変化を分析した。

5 カメラ周辺の環境とイノシシ撮影頻度との関係

1 日当たりのイノシシ撮影頻度が、カメラ設置地点周辺の標高、土地の傾斜、植生区分（5 種類）、植生自然度（10 種類）、農耕地面積のいずれの因子に強い影響を受けているかを分析した。標高は表 1 に示す値を使用した。土地の傾斜は、国土数値情報（<https://nlftp.mlit.go.jp/>）の標高・傾斜度 5 次メッシュデータの平均傾斜角度を使用した。植生区分は、環境省自然環境局生物多様性センターの web サイト（<https://www.biodic.go.jp/>）から第 2-5 回植生調査重ね合わせ植生の結果をダウンロードした。そして、GIS ソフトウェアである QGIS 3.28.6 を使用して各カメラから半径 1km 以内のポリゴンを作成し、植生のポリゴンと重ねることで、カメラ別に半径 1km 以内の各植

生区分の面積を算出した。ここで使用した植生区分は表 2 のとおりである。植生自然度は、植生区分と同様に環境省の植生調査の結果を使用して、カメラから半径 1km 以内の各植生自然度の面積を算出した。ここで使用した植生自然度は、表 3 のとおりである。農耕地面積は、農林水産省の web サイト (<https://open.fude.maff.go.jp/>) から筆ポリゴンデータをダウンロードし、植生区分と同様にカメラから半径 1km 以内の農耕地面積を算出した。

表 2 植生区分 「使用」欄に○がない区分は、今回のカメラ設置場所周辺に存在しなかったので、解析に使用しなかった。

植生区分	植生区分名	使用
1	寒帯・高山帯自然植生	
2	亜寒帯・亜高山帯自然植生	
3	亜寒帯・亜高山帯代償植生	
4	ブナクラス域自然植生	
5	ブナクラス域代償植生	○
6	ヤブツバキクラス域自然植生	
7	ヤブツバキクラス域代償植生	○
8	河辺・湿原・塩沼地・砂丘植生	○
9	植林地・耕作地植生	○
10	その他	○

表 3 植生自然度 「使用」欄に○がない区分は、今回のカメラ設置場所周辺に存在しなかったので、解析に使用しなかった。

植生自然度	自然度概要	使用
10	自然草原：高山ハイデ、風衝草原、自然草原等、自然植生のうち単層の植物社会を形成する地区	○
9	自然林：エゾマツ・トドマツ群集、ブナ群集等、自然植生のうち多層の植物社会を形成する地区	
8	二次林（自然林に近いもの）：ブナ・ミズナラ再生林、シイ・カシ萌芽林等、代償植生であっても特に自然植生に近い地区	
7	二次林：クリ・ミズナラ群集、クヌギ・コナラ群落等、一般には二次林と呼ばれる代償植生地区	○
6	植林地：常緑針葉樹、落葉針葉樹、常緑広葉樹等の植林地	○
5	二次草原（背の高い草原）：ササ群落、ススキ群落等の背丈の高い草原	○
4	二次草原（背の低い草原）：シバ群落等の背丈の低い草原	○
3	農耕地（樹園地）：果樹園、桑畑、茶畑、苗圃等の樹園地	○
2	農耕地（水田・畑）・緑の多い住宅地：畑地、水田等の耕作地、緑の多い住宅地	○
1	市街地・造成地等：市街地、造成地等の植生のほとんど存在しない地区	○
98	自然裸地	○
99	開放水域	○

まず、植生等 18 種類の各変数とイノシシ撮影頻度との関係を調べるため、相関係数を算出した。

続いて、正則化を含む多重線形回帰によりイノシシの撮影頻度が説明できるかどうかを検討した。正則化は、最小化すべきコスト関数に正則化項を追加することで大きい係数にペナルティを課し、係数の絶対値を小さくする回帰手法である。正則化の手法としては L2 正則化が最も一般的なもので (Raschka et al., 2020)、L2 正則化による Ridge 回帰を選択した。まず、説明変数を標高、傾斜、土地面積の 3 種類に区分して、それぞれの区分で変数を標準化した。続いて機械学習により Ridge 回帰を実施した。最適な正則化パラメータ λ を選択するため、 λ を対数スケール上で等間隔となるように 10^{-5} から 10^3 まで 81 個用意して (隣接する λ の比は $10^{0.1}$)、それぞれ 10 分割交差検証により決定係数 R^2 を算出した。決定係数が最大となった λ は $10^{-1.4}$ だったので、その λ を使用して訓練データ全体で再度モデルを訓練した。最後に、決定係数を指標としてモデルの妥当性を評価した。

Ridge 回帰に使用したプログラミング言語は Python 3.11.4、機械学習ライブラリは scikit-learn 1.3.0 であった。

IV. 結果及び考察

1 豚熱の蔓延経過 (表 4)

群馬県で豚熱に感染した野生イノシシが最初に発見されたのは、2019 年 9 月 26 日であった。その個体を含めて 2019 年には 602 頭を検査して 14 頭 (2.3%) の感染が確認された。その後、2020 年は 1316 頭のうち 69 頭 (5.2%)、2021 年は 681 頭のうち 47 頭 (6.9%)、2022 年は 932 頭のうち 35 頭 (3.8%)、2023 年は 1115 頭のうち 53 頭 (4.8%)、2024 年は 3 月 14 日までに 232 頭のうち 68 頭 (29.3%) の感染が確認された。四半期ごとに陽性率を確認すると、2020 年第 1 四半期の 2.32% から上昇していき 2021 年第 1 四半期に 13.3% のピークを迎えた。その後陽性率が低下してから 2023 年第 3 四半期までは陽性率の増減を繰り返されるが、最高でも 5.3% であった。しかしその後陽性率が急上昇し、2024 年第 1 四半期に過去最高の 29.3% (3 月 14 日までの集計値) を記録した。

表 4 野生イノシシの豚熱検査結果

時期	検体数	陽性個体数	陽性率	
2019 年 第 4 四半期	602	14	2.3%	
2020 年	第 1 四半期	372	8	2.2%
	第 2 四半期	225	12	5.3%

	第 3 四半期	281	21	7.5%
	第 4 四半期	438	28	6.4%
2021 年	第 1 四半期	215	29	13.5%
	第 2 四半期	110	11	10.0%
	第 3 四半期	154	2	1.3%
	第 4 四半期	202	5	2.5%
2022 年	第 1 四半期	187	10	5.3%
	第 2 四半期	147	6	4.1%
	第 3 四半期	287	13	4.5%
	第 4 四半期	311	6	1.9%
2023 年	第 1 四半期	216	8	3.7%
	第 2 四半期	167	0	0.0%
	第 3 四半期	305	2	0.7%
	第 4 四半期	427	43	10.1%
2024 年	第 1 四半期	232	68	29.3%
	合計	4878	286	5.9%

県内を 5 つの地域（中部、西部、吾妻、利根沼田、東部）に分類すると、感染の広がり地域ごとに異なっていた（図 2）。最初は、2019 年 9 月 26 日に西部地域の関東山地で捕獲されたイノシシで豚熱が検出された。その後しばらくは西部地域のみで感染が確認されていたが、2020 年 3 月に捕獲された個体で初めて吾妻地域での陽性が確認された。同年 8 月には利根沼田地域にある片品村で陽性個体の捕獲があり、利根沼田地域での広がりが確認された初めての事例となった。2020 年 11 月には利根川より東側の中部地域で初めて豚熱に感染したイノシシが確認された。2021 年 2 月には東部地域で初めて豚熱に感染したイノシシが捕獲された。



図 2 野生イノシシにおける豚熱の広がり (イメージ)

県内 5 地域における陽性率の経過は図 3 のとおりであり、地域により異なっていた。いずれの地域でも、豚熱が流行する時期と落ち着いている時期との繰り返しが見られた。流行の時期は地域によって異なっていた。地域によっては陽性個体が長期間発見されない場合があった。例えば、吾妻地域では 2021 年 8 月 19 日に陽性個体が確認されてから 796 日間は陽性個体が発見されなかったが、2023 年 10 月 25 日に陽性個体が確認された。

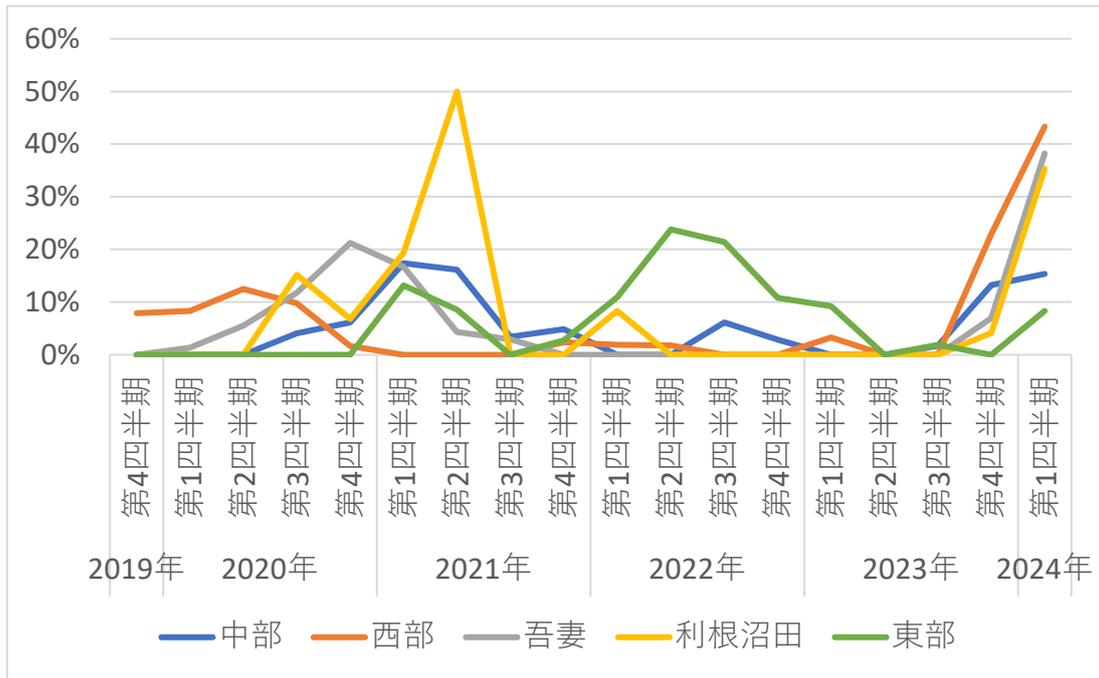


図 3 野生イノシシの豚熱陽性率（地域別）

2 カメラで撮影された動物種

センサーカメラで撮影され、種の判定ができた哺乳類種（ヒトを除く）の一覧を表 5 に、鳥類種の一覧を表 6 に示す。哺乳類は 20 種、鳥類は 40 種が確認された。なお、ネズミ目、コウモリ目、カラス属は種の区別をせずに 1 つにまとめて 1 種として集計した。

群馬県のレッドリスト（群馬県, 2022）により希少種を分類したところ、絶滅危惧 I B 類に指定されているものはミゾゴイ及びクマタカ、絶滅危惧 II 類に指定されているものはヨタカ、準絶滅危惧に指定されているものはニホンモモンガなど 4 種、情報不足とされているものはツキノワグマなど 5 種が確認された。

外来種の状況は、特定外来生物（環境省, 2024）に指定されているものは、アライグマなど 4 種が確認された。生態系被害防止外来種（環境省, 2024）に指定されているものは、特定外来生物の 4 種に加えて、ハクビシンなど 2 種が撮影された。また、イヌも撮影されたところ、それがノイヌである場合は生態系被害防止外来種に該当するが、撮影された映像だけではノイヌかどうかの判別ができなかった。群馬県内でこれらの外来種が生息していることから、在来の生態系への影響が懸念された。

表 5 撮影された種の一覧（哺乳類） ネズミ目及びコウモリ目は種の区別をせずに

1つにまとめた。

種名	撮影回数	特記事項	種名	撮影回数	特記事項
ニホンジカ	7927		ニホンノウサギ	346	
イノシシ	5487		ネズミ目	304	
タヌキ	2818		ニホンリス	250	
ハクビシン	1250	生態系被害防止外来種	ニホンザル	136	
ニホンアナグマ	884		ニホンイタチ	58	
キツネ	812		ツキノワグマ	54	情報不足
テン	751		コウモリ目	27	
ネコ	636	生態系被害防止外来種	イヌ	8	ノイヌは生態系被害防止外来種
ニホンカモシカ	418		ムササビ	3	
アライグマ	357	特定外来生物 生態系被害防止外来種	ニホンモモンガ	1	準絶滅危惧
ニホンノウサギ	346				

表 6 撮影された種の一覧（鳥類） カラス属は種の区別をせずに1つにまとめた。

種名	撮影回数	特記事項	種名	撮影回数	特記事項
キジバト	445		カワラヒワ	3	
カケス	303		ソウシチョウ	3	特定外来生物 生態系被害防止 外来種
カラス属	216		ヤマシギ	3	情報不足
ガビチョウ	132	特定外来生物 生態系被害防止 外来種	アオバト	2	情報不足
コジュケイ	121		イカル	2	
ヤマドリ	89		エナガ	2	
シロハラ	67		オオコノハズク	2	情報不足
トラツグミ	56		カオジロガビチョウ	2	特定外来生物 生態系被害防止 外来種
ヒヨドリ	40		クマタカ	2	絶滅危惧 I B 類
カワラバト	25		センダイムシクイ	2	
ミゾゴイ	19	絶滅危惧 I B 類	ツミ	2	情報不足
アオゲラ	14		ヤマガラ	2	
キジ	12		ヨタカ	2	絶滅危惧 II 類
アトリ	11		アカゲラ	1	

シジュウカラ	11		オオタカ	1	準絶滅危惧
クロツグミ	10		ササゴイ	1	準絶滅危惧
フクロウ	9	準絶滅危惧	スズメ	1	
タシギ	5		トビ	1	
ノスリ	5		ミソサザイ	1	
マヒワ	4		ルリビタキ	1	

3 各動物種の撮影頻度及び個体数

対象期間全体で、カメラ1台あたり1日当たりの撮影頻度を動物種ごとに集計した結果は、表7及び図4のとおりであった。シカが最も多く0.247、次いでイノシシが多く0.171、タヌキが0.085、ハクビシンが0.038などとなった。全動物種合計の撮影頻度は0.800であった。

表7 各動物種の撮影頻度(全期間、全カメラ)

獣種	撮影頻度
シカ	0.247
イノシシ	0.171
タヌキ	0.085
ハクビシン	0.038
アナグマ	0.029
獣種不明	0.027
キツネ	0.026
その他	0.176
合計	0.800

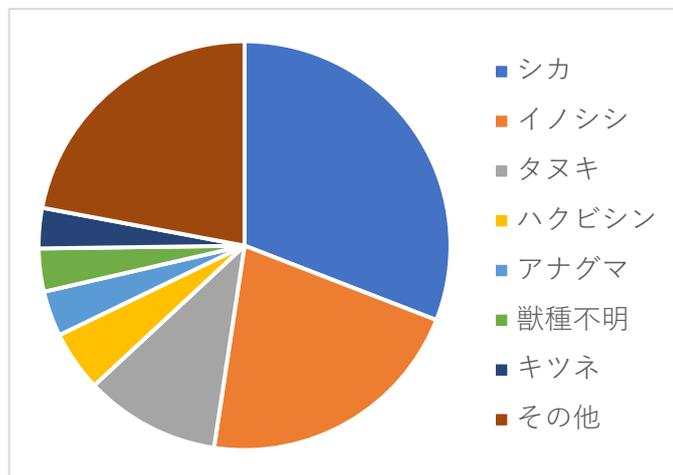


図4 各動物種の撮影頻度 (全期間、全カメラ)

同様に、対象期間全体でカメラ1台あたり1日当たりの撮影個体数を動物種ごとに集計した結果は、表8及び図5のとおりであった。シカが最も多く0.309、次いでイノシシが多く0.273、タヌキが0.097、ハクビシンが0.040などとなった。合計の撮影個体数は1.008であった。

表 8 各動物種の撮影個体数
(全期間、全カメラ)

獣種	撮影頻度
シカ	0.309
イノシシ	0.273
タヌキ	0.097
ハクビシン	0.040
アナグマ	0.030
獣種不明	0.028
キツネ	0.026
その他	0.205
合計	1.008

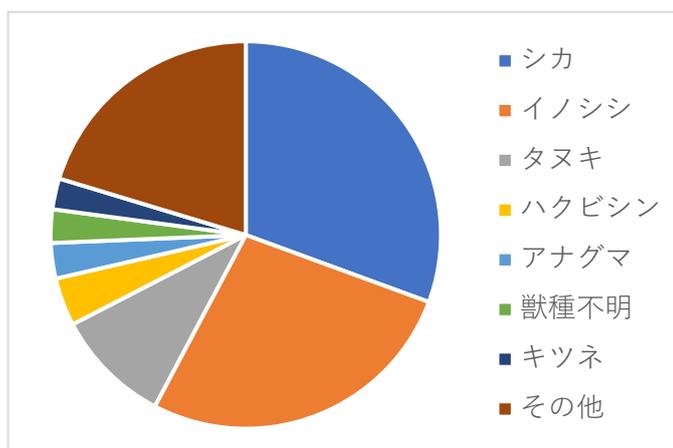


図 5 各動物種の撮影個体数 (全期間、全カメラ)

1日当たりの撮影頻度をカメラ別に集計した結果は、図 6 及び図 7 のとおりであった。カメラによって撮影頻度が大きく異なり、最も高頻度だったのは太田 1 で 1.618 だったのに対し、最も低頻度だった渋川 3 は 0.227 だった。図にはシカとイノシシの撮影頻度がわかるように示してあるが、カメラによってシカが多い場合もあれば、イノシシの方が多い場合もあった。全般的な傾向としては、西部（富岡市、安中市、高崎市）はカメラによってイノシシの方が多い場合とシカの方が多い場合があった。太田市を除く中部から東部（渋川市、前橋市、桐生市、みどり市）では、ほとんどのカメラでイノシシよりもシカの方が撮影頻度が高かった。太田市ではイノシシの撮影が多く、シカは太田 1 から太田 3 で少しだけ撮影された。太田 1 と太田 2 は八王子丘陵に位置するが、太田 3 は金山に設置したカメラである。2008 年に群馬県が行った調査では太田市にはシカが生息していなかったが（坂庭ら、2010）、分布が広がっていることが確かめられた。シカの撮影頻度が最も高かったのはみどり 1 で 0.702、最も低かったのは太田 4 と太田 5 で、一度も撮影されなかった。イノシシの撮影頻度が最も高かったのは太田 1 で 0.753、最も少なかったのは前橋 2 で 0.002 であった。

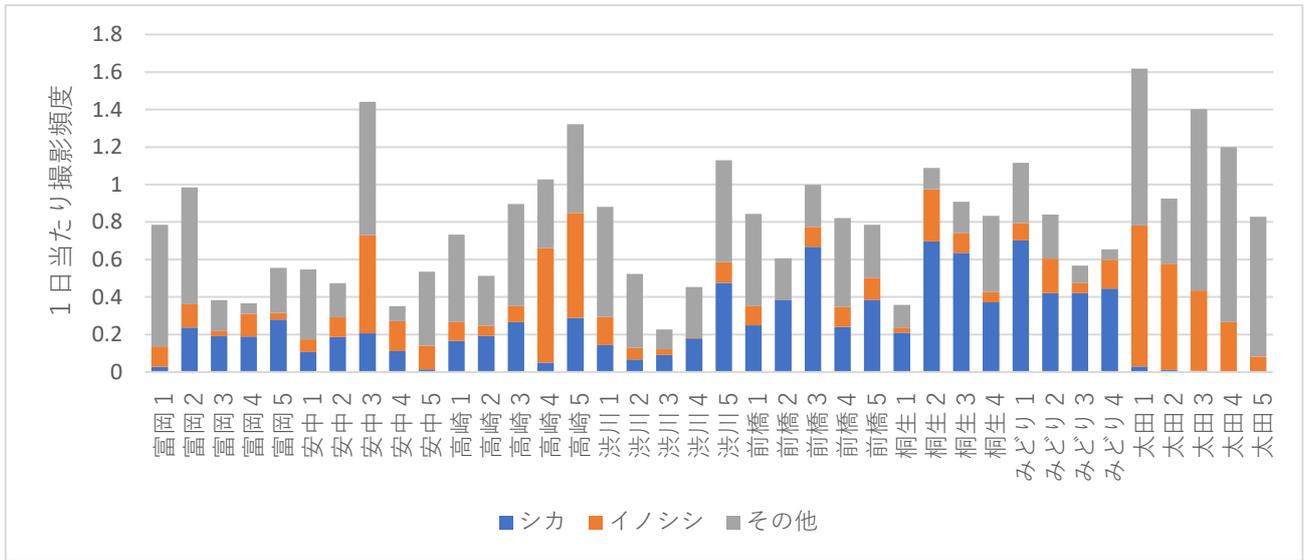


図 6 1日当たり動物撮影頻度 (カメラ別)

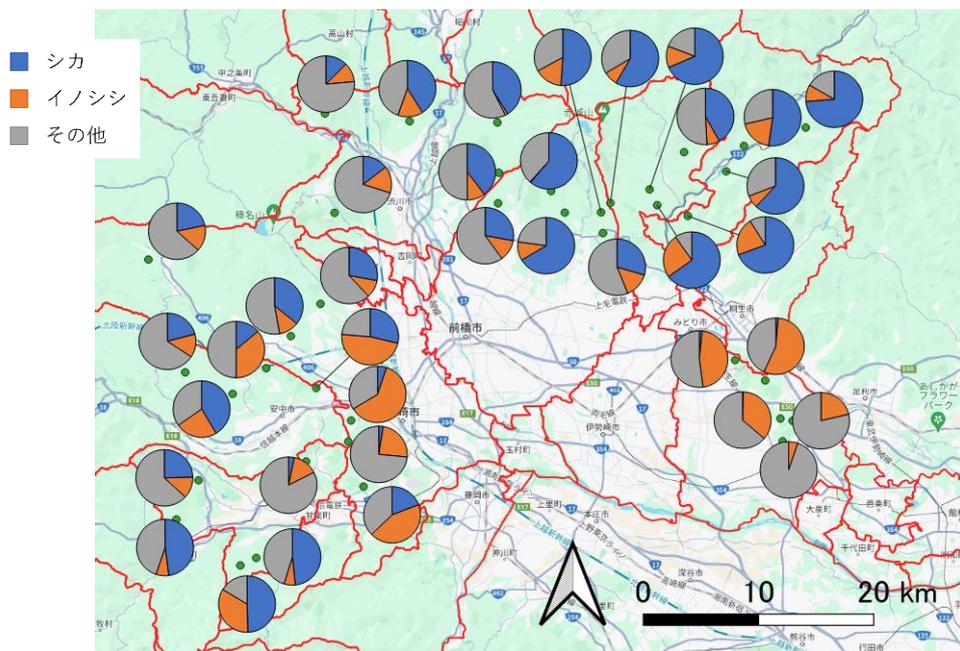


図 7 1日当たり動物撮影頻度 (カメラ別) 緑色の小さい丸はカメラ位置を示す。

1日当たりの撮影個体数をカメラ別に集計した結果は、図 8 及び図 9 のとおりであった。カメラによって大きく異なり、最も多かったのは太田 1 で 1.966 だったのに対し、最も少なかった洪川 3 は 0.284 だった。図にはシカとイノシシの撮影個体数がわかるように示してあるが、カメラによってシカが多い場合もあれば、イノシシの方が多かった場合もあった。シカ

の撮影個体数が最も多かったのは桐生2で 0.989、最も少なかったのは太田4 と太田5 で、一度も撮影されなかった。イノシシの撮影個体数が最も多かったのは高崎4 で 1.238、最も少なかったのは渋川4 と前橋2 で 0.010 であった。

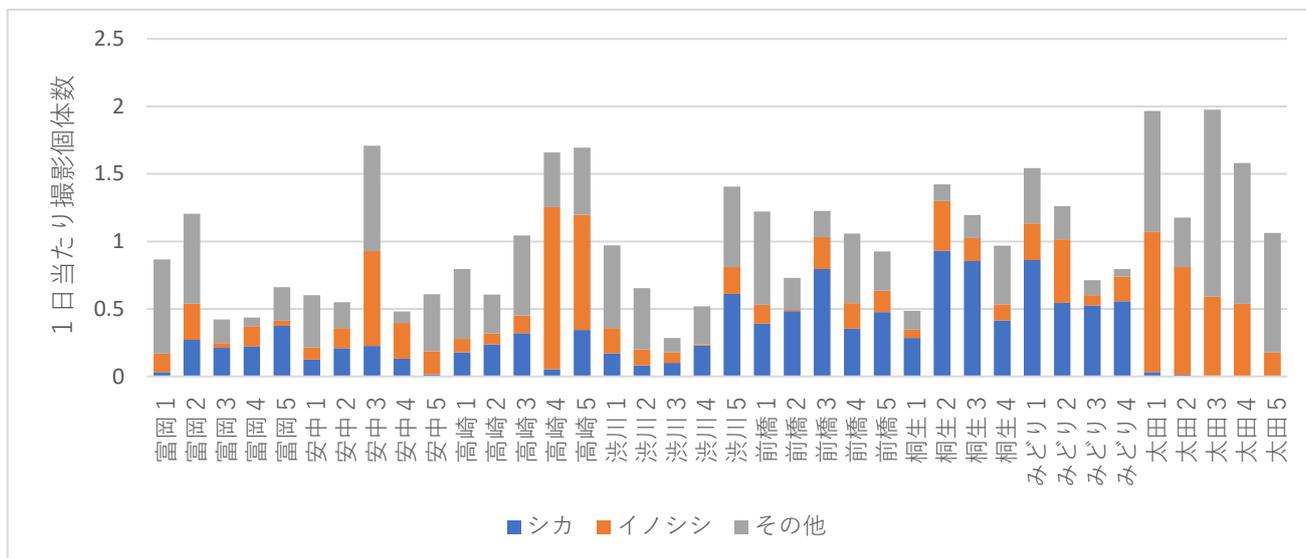


図 8 1日当たり動物撮影個体数 (カメラ別)

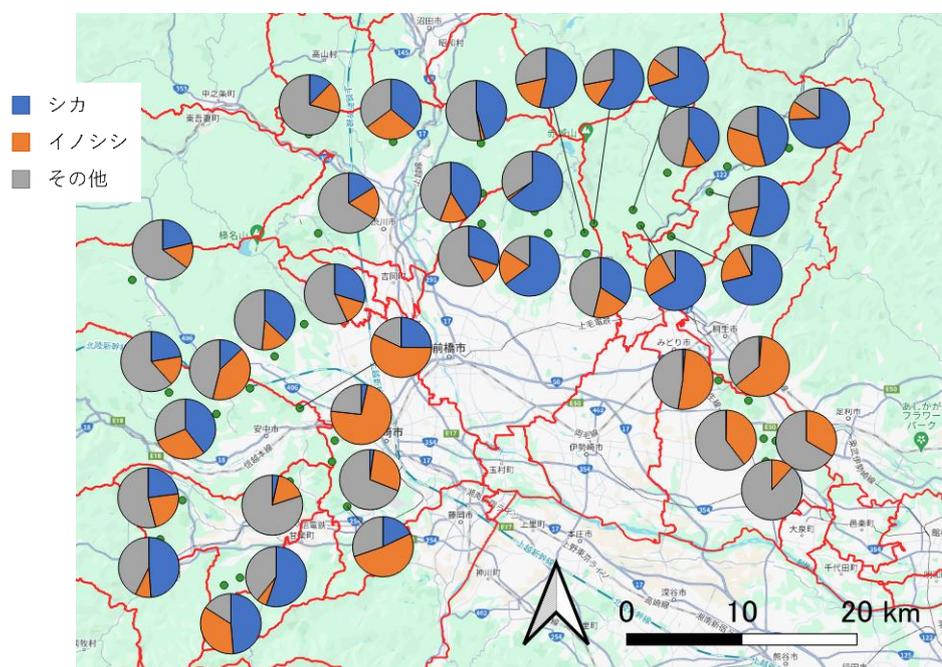


図 9 1日当たり動物撮影個体数 (カメラ別) 緑色の小さい丸はカメラ位置を示す。

1日当たりの撮影頻度を月別に集計した結果は、図 10 のとおりであった。ここでは、撮

影頻度が高かった2 獣種（シカ及びイノシシ）を対象とした。シカは5月から12月頃に撮影頻度が高く、1日当たり0.2~0.5回程度であった。特に、6月と10月に撮影頻度のピークがあると考えられた。それに対して1月~4月頃は0.1~0.2回程度と低くなっていた。イノシシは0.099~0.251の範囲で変動しており、シカよりも変動が少なかった。季節による変動は、シカのように明瞭にはわからなかった。

1日当たりの撮影個体数についても同様に集計したところ、図11のとおりであった。大まかな傾向は、撮影頻度と撮影個体数とで同様であった。2022年7月以降は、イノシシとシカの撮影個体数が同程度の傾向を示していたが、2022年6月までは異なる傾向を示していた。

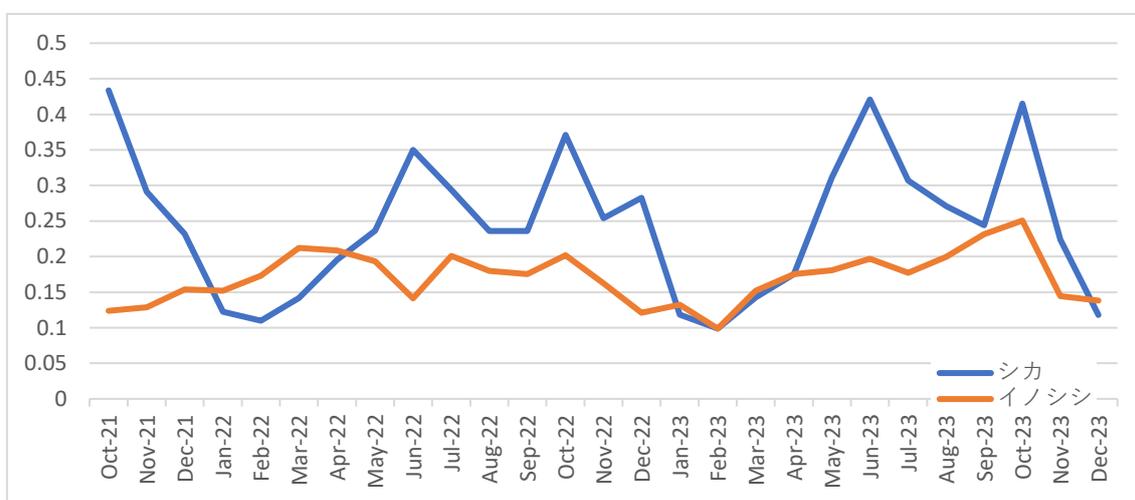


図10 シカ及びイノシシの1日当たり撮影頻度（月別の平均）

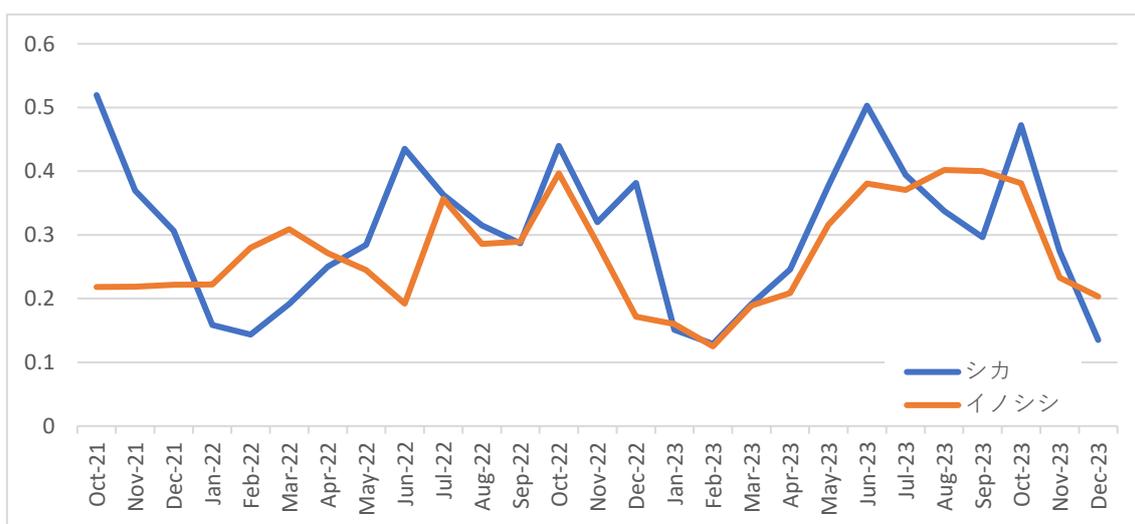


図11 シカ及びイノシシの1日当たり撮影個体数（月別の平均）

1日の中の時間帯を1時間ごとに区切って1日当たりの撮影頻度を集計した結果は、図12のとおりであった。ここでは、撮影頻度が高かった2獣種（シカ及びイノシシ）を対象とした。シカは3時から5時までの区分で撮影頻度が高く、0.015を超えた。また、18時と19時の区分でも撮影頻度が高く、0.015を超えた。それ以外の時間帯は撮影頻度が低下した。夜間は最低で0.012まで低下したのに対し、昼間は最低で0.002まで低下した。このことから、シカでは朝夕に撮影頻度が高く、夜間が中程度であり、昼間は撮影頻度が低いことが明らかになった。イノシシでは、撮影頻度が最も高かったのが19時の区分の0.017であり、その後14時の区分で最低の0.002になるまで緩やかに低下していった。シカと違い、朝に撮影頻度のピークが観察されなかった。

1日当たりの撮影個体数についても同様に集計したところ、図13のとおりであった。大まかな傾向は、撮影頻度と撮影個体数とで同様であった。

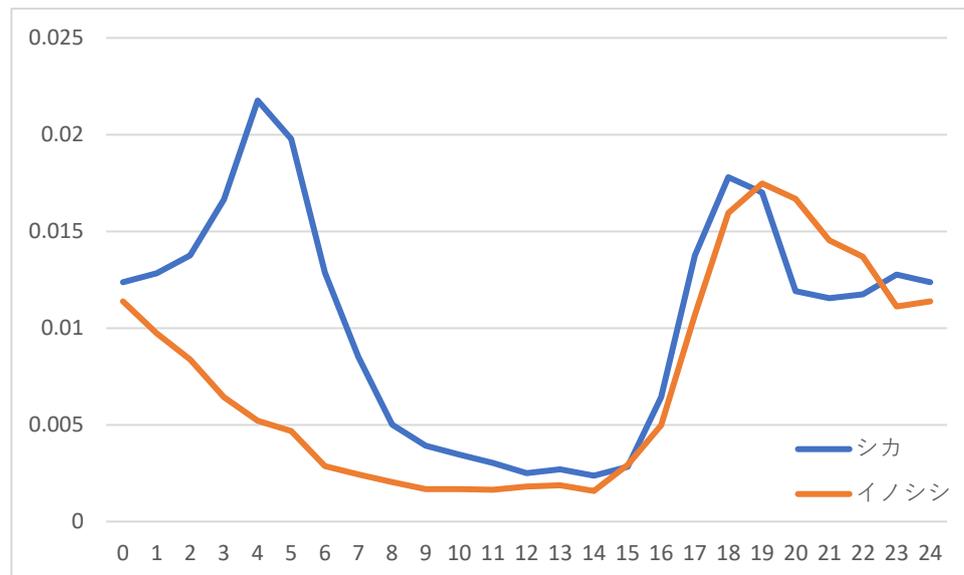


図12 シカ及びイノシシの1日当たり撮影頻度（時間帯別） 横軸は1日の中の時間（0時から24時）までを示す。縦軸は撮影頻度を示す。

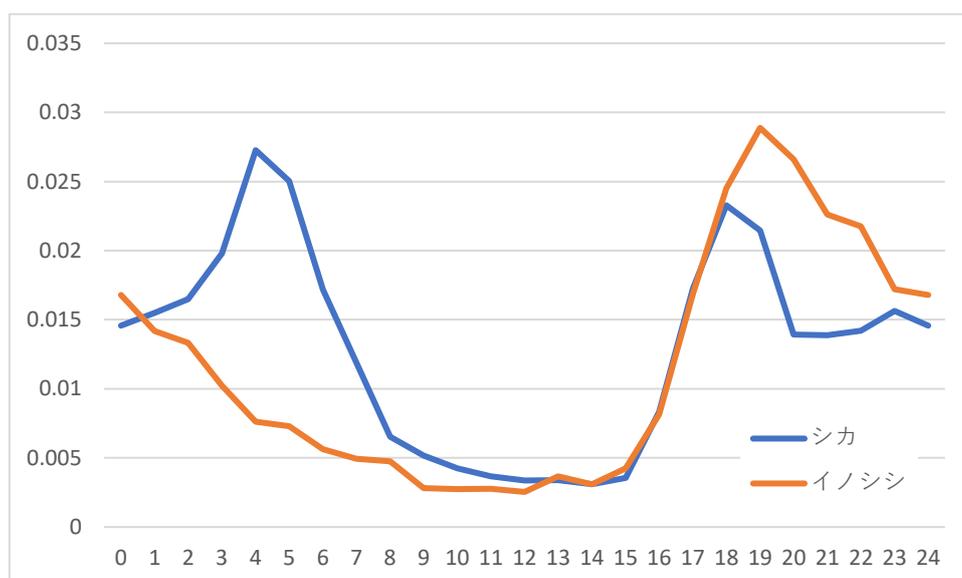


図 13 シカ及びイノシシの1日当たり撮影個体数（時間帯別） 横軸は1日の中の時間（0時から24時）までを示す。縦軸は撮影頻度を示す。

4 イノシシの撮影頻度及び個体数

イノシシについて、1日当たりの撮影頻度及び撮影個体数をより詳細に検討した。各カメラの1日当たりイノシシ撮影頻度及び個体数は、表9のとおりであった。撮影頻度が高かったカメラを順に挙げると、太田1が0.753、高崎4が0.612、太田2が0.566などとなった。逆に撮影頻度が低かったカメラを順に挙げると、前橋2が0.002、渋川4が0.006、桐生1が0.026であった。撮影個体数の多かったカメラは、高崎4の1.202、太田1の1.038、高崎5の0.854であり、少なかったカメラは渋川4と前橋2の0.010、富岡3の0.036であった。

表9 1日当たりのイノシシの撮影頻度及び個体数（カメラ別）

カメラ名	頻度	個体数	カメラ名	頻度	個体数
富岡1	0.108	0.136	前橋1	0.102	0.140
富岡2	0.125	0.270	前橋2	0.002	0.010
富岡3	0.027	0.036	前橋3	0.105	0.236
富岡4	0.120	0.149	前橋4	0.107	0.189
富岡5	0.035	0.037	前橋5	0.118	0.158
安中1	0.068	0.091	桐生1	0.026	0.060
安中2	0.104	0.149	桐生2	0.278	0.370
安中3	0.524	0.702	桐生3	0.105	0.172

安中 4	0.160	0.264	桐生 4	0.057	0.118
安中 5	0.125	0.170	みどり 1	0.092	0.272
高崎 1	0.099	0.100	みどり 2	0.184	0.470
高崎 2	0.055	0.081	みどり 3	0.053	0.074
高崎 3	0.086	0.130	みどり 4	0.153	0.184
高崎 4	0.612	1.202	太田 1	0.753	1.038
高崎 5	0.561	0.854	太田 2	0.566	0.795
渋川 1	0.149	0.185	太田 3	0.429	0.587
渋川 2	0.061	0.120	太田 4	0.266	0.537
渋川 3	0.031	0.078	太田 5	0.083	0.177
渋川 4	0.006	0.010			
渋川 5	0.110	0.199			

各月の1日当たりイノシシ撮影個体数をカメラごとに集計した結果を図 14～図 21 に示す。富岡市は全体として他の市よりも撮影個体数が少なかった。富岡 2 は 2022 年 7 月に最多の 0.968 になり、富岡 4 は 2022 年 6 月に最多の 0.767 になったが、富岡市の他のカメラは常に 0.5 を下回っており、他市よりも撮影個体数が少ない傾向が得られた。

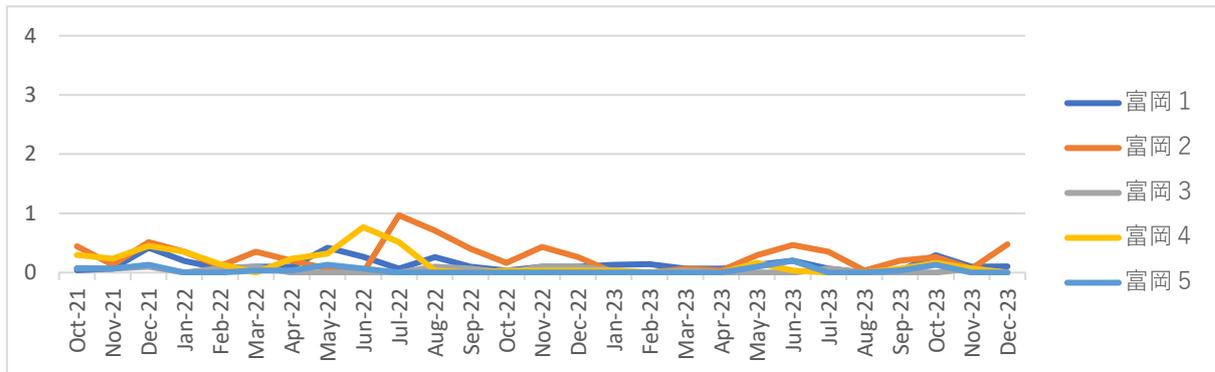


図 14 1日当たりイノシシ撮影個体数（富岡市）

安中市のイノシシ撮影個体数の変化を図 15 に示す。安中 3 は撮影個体数が多い期間が多くあり、0.5 を上回る月が 15 か月あった。他のカメラは、ピーク時に 0.6 から 1.5 程度に上昇するものの、他の時期には撮影個体数が減少し、2021 年 12 月のように安中 3 以外のすべてのカメラでイノシシがまったく撮影されない月もあった。なお、2021 年 12 月は西部地域で豚熱陽性個体が再発見されるようになった時期であり、豚熱の流行によりイノシシが撮影されなくなった可能性が考えられた。

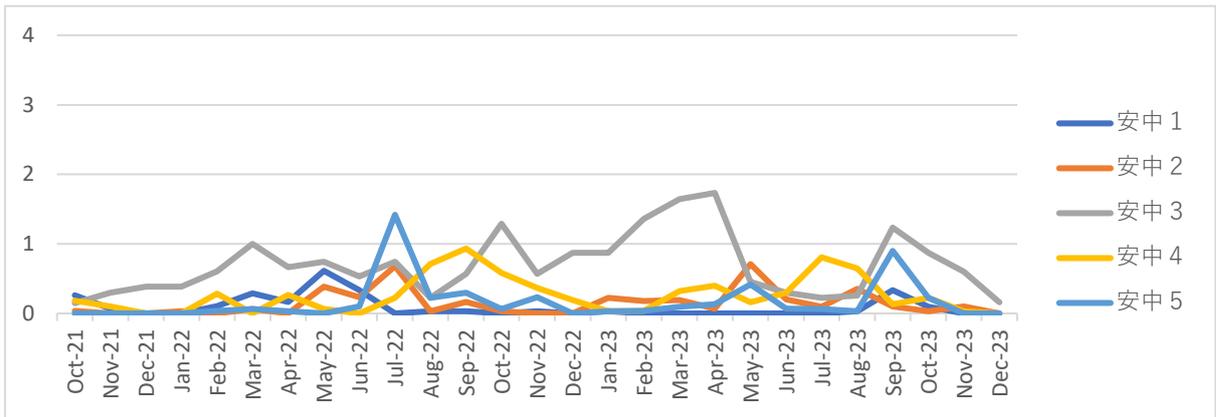


図 15 1日当たりイノシン撮影個体数（安中市）

高崎市のイノシン撮影個体数の変化を図 16 に示す。高崎 4 は、2022 年 10 月に他の市も含めたすべてのカメラで最多となる 3.871 となった。他の月も撮影個体数が多い月が多く、0.5 を下回ったのは 7 か月のみであった。高崎 5 も撮影個体数がやや高い水準で推移した。他のカメラは、一時的に撮影個体数が多くなる月もあったが、撮影個体数が少ない月が多かった。高崎 4 以外の 4 つのカメラは、撮影個体数のピークが 2021 年 10 月、2022 年 8～10 月、2023 年 7～10 月にあり、夏から秋にかけて撮影個体数が多くなり、冬季には撮影個体数が少ない傾向があった。特に、高崎 1、高崎 2、高崎 3 の 3 台のカメラについては、11 月から 3 月まではほとんどイノシンが撮影されなかった。

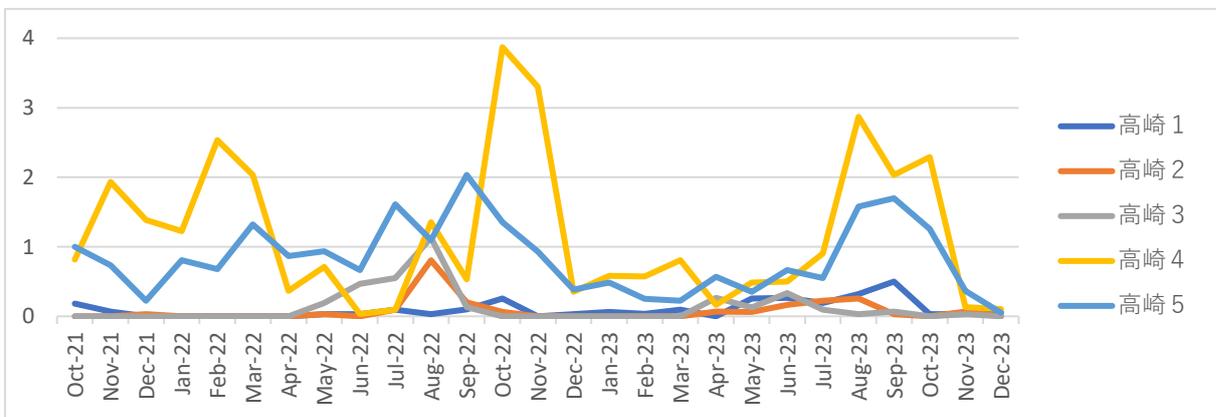


図 16 1日当たりイノシン撮影個体数（高崎市）

渋川市のイノシン撮影個体数の変化を図 17 に示す。全体として撮影個体数は少なく、0.5 を超えた月は 3 台のカメラでのべ 4 か月のみであった。特に渋川 4 の撮影個体数が少なく、最も多い月で 0.097 であった。

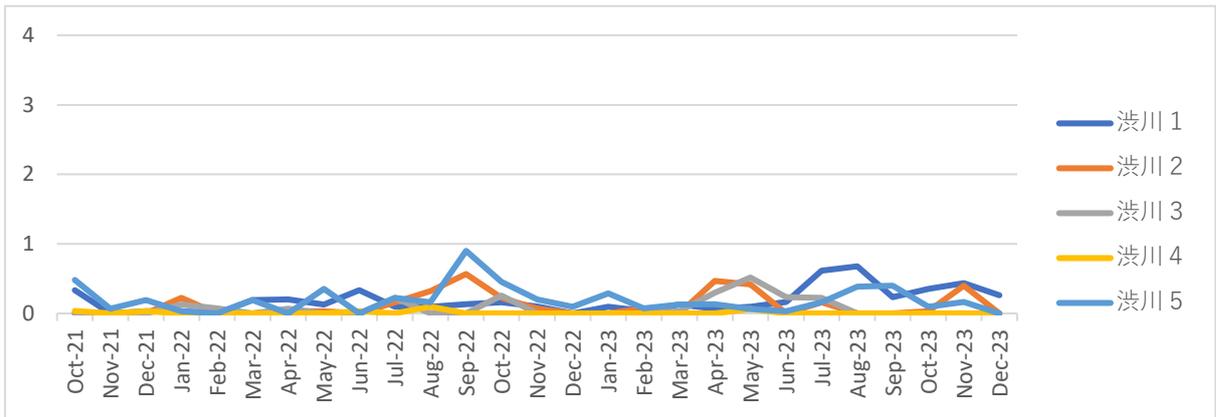


図 17 1日当たりイノシシ撮影個体数（渋川市）

前橋市のイノシシ撮影個体数の変化を図 18 に示す。全体として撮影個体数は少ない傾向があったが、前橋 1、前橋 3、前橋 4 では撮影個体数が 0.5 を超える月があった。前橋 2 はイノシシの撮影回数が少なく、撮影記録があった月は 2 か月のみであった。

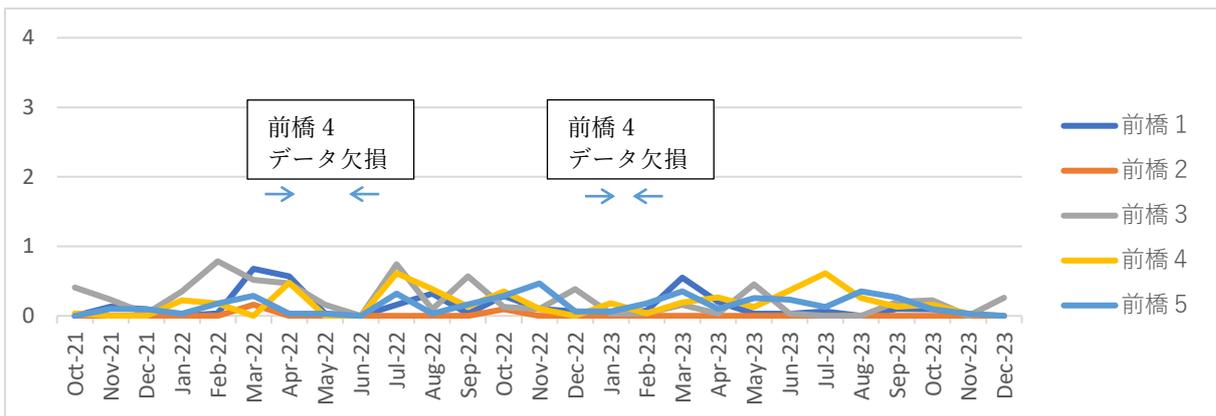


図 18 1日当たりイノシシ撮影個体数（前橋市）

桐生市のイノシシ撮影個体数の変化を図 19 に示す。桐生 1 は 0.5 を超えることはなかった。桐生 2 は撮影個体数が増加する場合があり、2022 年 4 月に 1.400、2022 年 12 月に 1.194 になった。桐生 3 は 2023 年 8 月に 0.774 になったが、他の月は 0.5 を超えなかった。桐生 4 は 2023 年 6 月に 1.500 になり、その翌月は 0.581 だったが、それ以外の月はほとんど撮影されず、最高でも 0.143 であった。

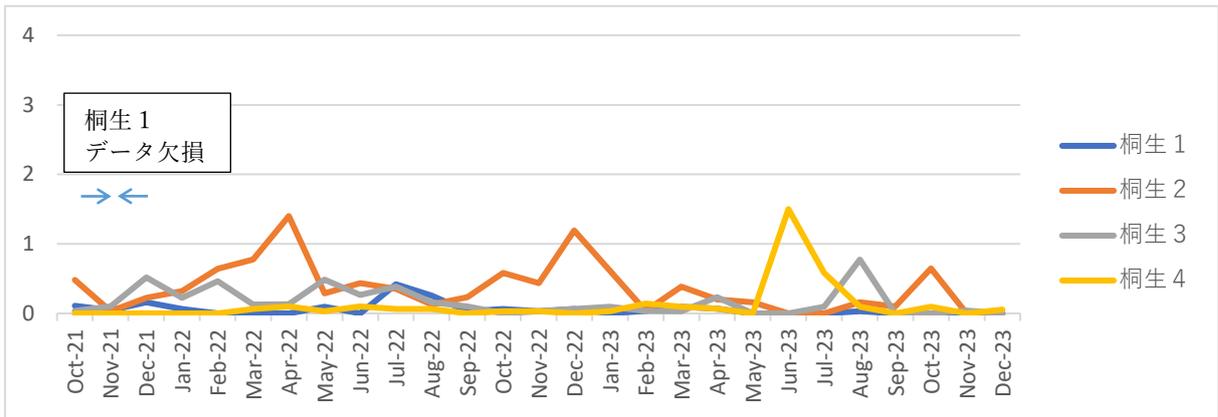


図 19 1日あたりイノシシ撮影個体数 (桐生市)

みどり市のイノシシ撮影個体数の変化を図 20 に示す。みどり 1 とみどり 2 は 2022 年までは最高でも 0.645 だったが、2023 年に撮影個体数が急増し、ピーク月にみどり 1 は 2.806、みどり 2 は 2.548 になった。みどり 3 は 2 か月のみ 0.1 を超えたが、他の月はすべて撮影個体数が 0.1 より少なく、イノシシがほとんど撮影されなかった。みどり 4 は 2022 年 10 月に 1.000 になったが、他の月は 0.5 以下で撮影個体数が多くはなかった。

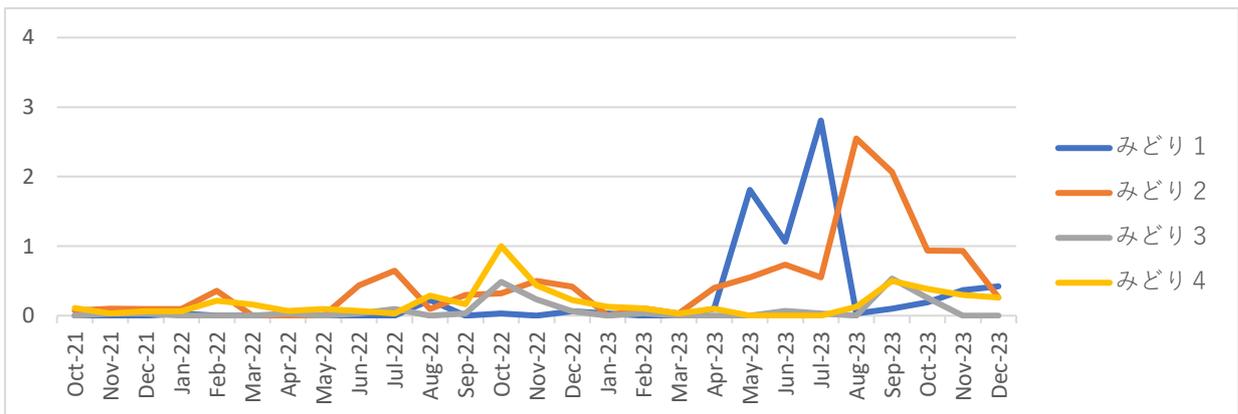


図 20 1日あたりイノシシ撮影個体数 (みどり市)

太田市のイノシシ撮影個体数の変化を図 21 に示す。すべてのカメラで撮影個体数が多い時期があった。太田 4 と太田 5 は 2022 年までは常に 0.5 を下回っており撮影個体数が少なかったが、2023 年には撮影個体数の増加が見られた。ピークは 2023 年 6 月にあり、太田 4 で 2.700、太田 5 で 1.167 であった。太田 1、太田 2、太田 3 は 2021 年から 2023 年まで撮影個体数が多い月があり、最高で 2.000 から 2.684 であった。これらのカメラにおける撮影個体数の増減パターンは一致しなかった。太田市で初めて豚熱陽性個体が発見されたのは 2022 年 2 月だったが、この時期に撮影個体数が多いカメラもあり、豚熱の侵入との関連ははっきりしなかった。

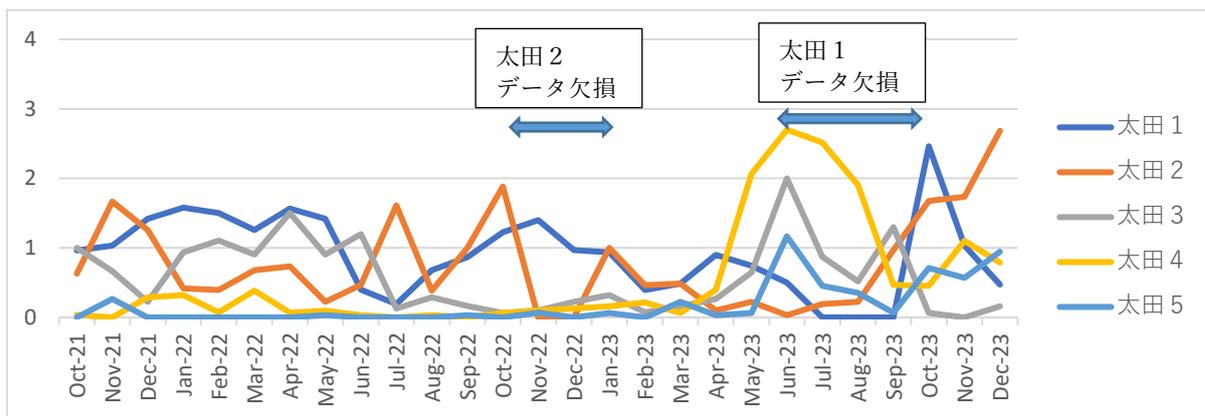


図 21 1日当たりイノシシ撮影個体数（太田市）

5 性年齢区分別のイノシシ撮影個体数

イノシシの性年齢区分（成獣オス、成獣メス、幼獣の3種類）が可能な場合は、それらを区別して記録した。そこで、1日当たりイノシシ撮影個体数を性年齢区分別に集計した結果が図 22 である。幼獣と成獣の区別は角度によらず容易なので、図の大部分を占めている性年齢不明は、ほとんどが成獣である。図から、12月から4月（2022年は5月）までは幼獣の割合が低いのにに対して、5月（2022年は6月）から11月までは幼獣の割合が高い傾向が明らかになった。一般にイノシシの出産のピークは5月から6月であり、出産後1~2週間すると幼獣は親の後ろについて歩くようになる（高槻ら、2008）。そのため、6月に幼獣の撮影個体数が増加することは、この繁殖特性と一致する。一方、11月になってもウリ坊が撮影されることがあった（図 23）。春に繁殖に失敗したイノシシが秋に出産し、その子が撮影されたものと考えられた。

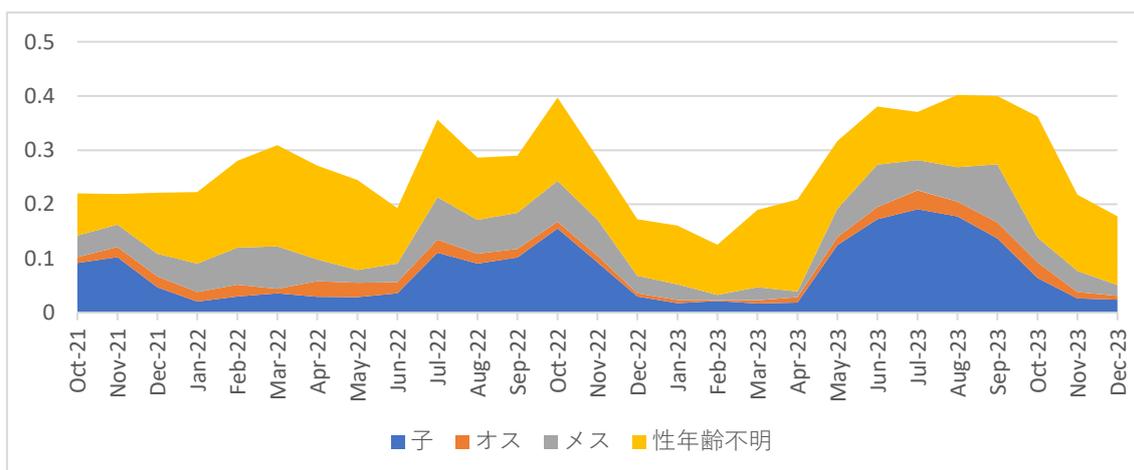


図 22 性年齢区分別イノシシ撮影個体数（全カメラの平均）



図 23 11月に撮影されたイノシシ幼獣 2022年11月21日に安中3のカメラで撮影されたもの。左下にイノシシの幼獣がいる。

6 イノシシ撮影頻度と豚熱陽性事例との関係

カメラから半径 1km 以内で豚熱陽性のイノシシが発見された事例は、6 台のカメラで合計 8 検体あった（表 10）。それらのカメラの 1 日当たりイノシシ撮影頻度の変化を、カメラごとに分析した（図 24）。

安中 1 は、陽性事例があった 2022 年 5 月に 1 日当たりイノシシ撮影個体数が最高の 0.613 回になった。同年の 7 月以降は撮影個体数が低水準で推移し、最高でも 0.033 であった。2022 年 5 月にこの地域で豚熱が流行していたと推測すると、撮影個体数が増加したことで矛盾しているように感じられた。

高崎 1 は、陽性事例があった前月の 2021 年 12 月から 2022 年 4 月までイノシシがまったく撮影されなかった。これは、この地域で豚熱が流行してイノシシの多くが死亡したからと考えると辻褄が合う。その後イノシシがカメラに撮影されるようになり、最高で 1 日当たり 0.267 頭が撮影されたが、他のカメラと比べると多くはなかった。

前橋 2 ではイノシシがほとんど撮影されず、撮影された月は 2 か月のみであった。そのため、イノシシ撮影個体数が豚熱の流行の影響を受けているかどうかを分析することはできなかった。

前橋 3 は、撮影期間全体にわたって 1 日当たりイノシシ撮影個体数が 0 から 0.786 までの範囲で細かく変動していた。豚熱陽性事例が 2 件あった 2022 年 8 月は 1 日当たりイノシシ撮影個体数が 0.097 だったのに対して、その前後の月は、7 月が 0.742、9 月が 0.567 と高くなっていた。このことから、8 月における 1 日当たりイノシシ撮影個体数の減少は、この地域において豚熱が流行したことが原因となっている可能性が考えられる。しかし、他の月にもイノシシ撮影個体数の減少が観察されたので、他の原因で減少したのかもしれない。

太田 1 では、陽性事例があった 2022 年 4 月に前後の月よりも多くのイノシシが撮影され

ており、豚熱流行との関係を見出すことはできなかった。

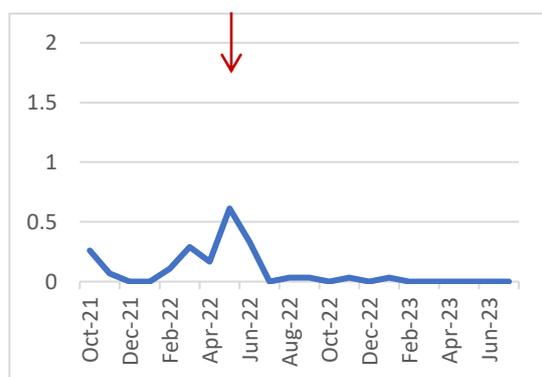
太田2では、陽性事例があった2022年2月に前後の月よりも撮影個体数が減少したが、1日当たり0.393という水準は、他のカメラに比べると低いとは感じられなかった。豚熱の影響でイノシシが減少したと考えても、ウイルスの影響は限定的だったようである。

以上のことから、陽性個体が発見された時期にカメラによるイノシシ撮影個体数が減少するという明確な関連を見出すことはできなかった。

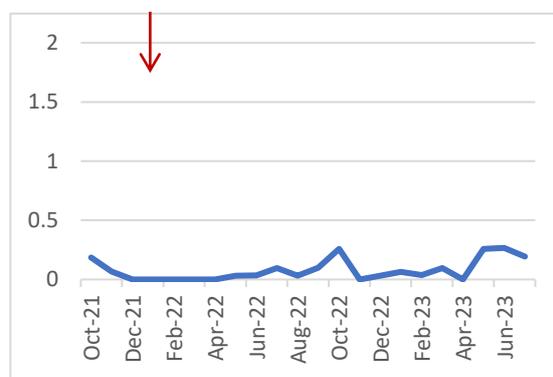
表 10 カメラから半径1km以内で豚熱陽性のイノシシが発見された事例

カメラ名	豚熱陽性イノシシ発見日
安中1	2022年5月19日
高崎1	2022年1月10日
前橋2	2022年8月24日
前橋3	2022年8月1日、2022年8月19日
太田1	2022年4月19日
太田2	2022年2月4日、2022年2月17日

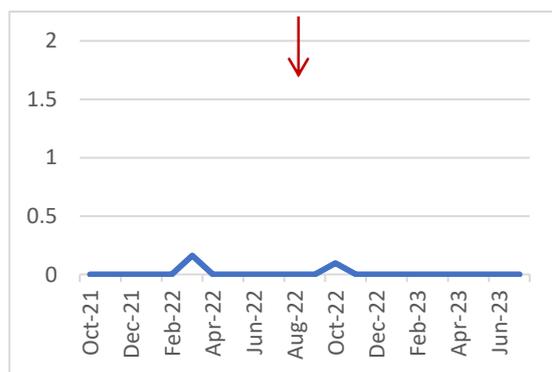
安中1



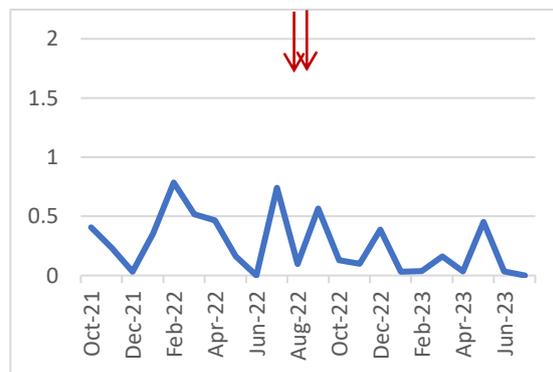
高崎1



前橋2



前橋3



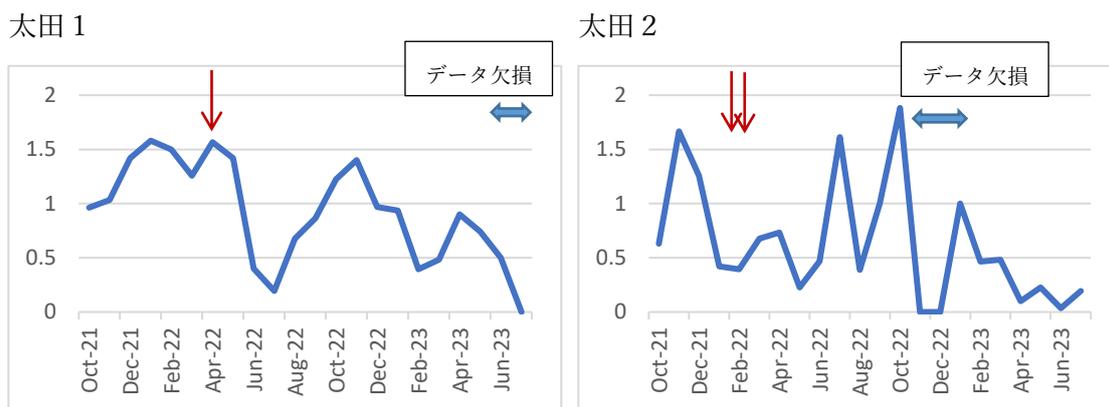


図 24 1日あたりイノシシ撮影頻度と豚熱陽性個体発見との関係 矢印はカメラの周囲1km以内で豚熱陽性のイノシシが発見された日付を示す。

7 カメラ周辺的环境とイノシシ撮影頻度との関係

(1) 環境因子とイノシシ撮影頻度との相関関係

カメラ設置場所の標高、土地の傾斜、植生とイノシシ撮影頻度との関係を調べるため、相関係数を算出した(表 11)。正の相関が最も大きかったのは植生区分7(ヤブツバキクラス域代償植生)の0.423だった。それに対して、負の相関が大きかったのは標高の-0.557及び自然度6(植林地)の-0.436であった。これら3つの環境因子と撮影頻度との関係を図 25から図 27に示す。散布図からわかるとおり、単一の環境因子とイノシシ撮影頻度との間に明瞭な関係は観察されなかった。

表 11 標高、土地の傾斜、植生とイノシシ撮影頻度の相関係数 面積欄は、その区分の面積の合計を示す。

	相関係数	面積(km ²)
標高	-0.557	
傾斜	-0.152	
自然度 1	0.060	2.9
自然度 2	0.354	24.9
自然度 3	0.087	8.6
自然度 4	-0.055	0.3
自然度 5	-0.155	0.2
自然度 6	-0.436	49.3
自然度 7	0.268	31.4

自然度 10	-0.177	0.1
自然度 98	-0.084	0.3
自然度 99	0.233	0.8
植生区分 5	-0.291	6.5
植生区分 7	0.423	25.4
植生区分 8	-0.177	0.1
植生区分 9	-0.353	79.5
植生区分 10	0.236	7.4
農耕地	0.200	9.4

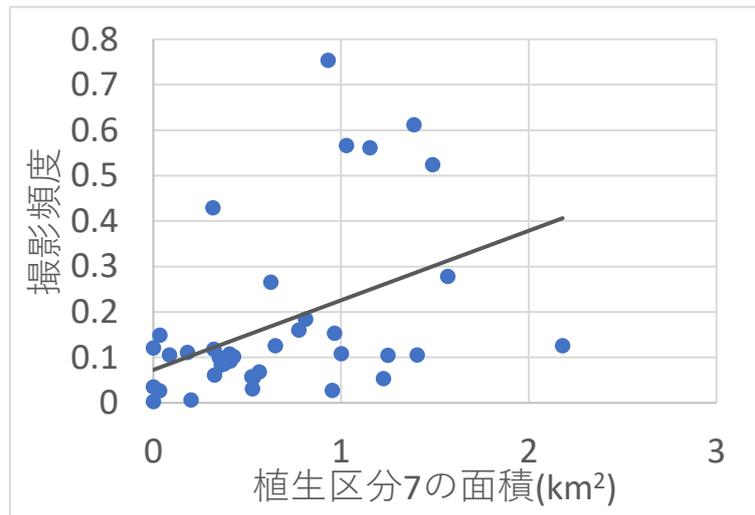


図 25 植生区分 7 (ヤブツバキクラス域代償植生) の面積とイノシシ撮影頻度との関係

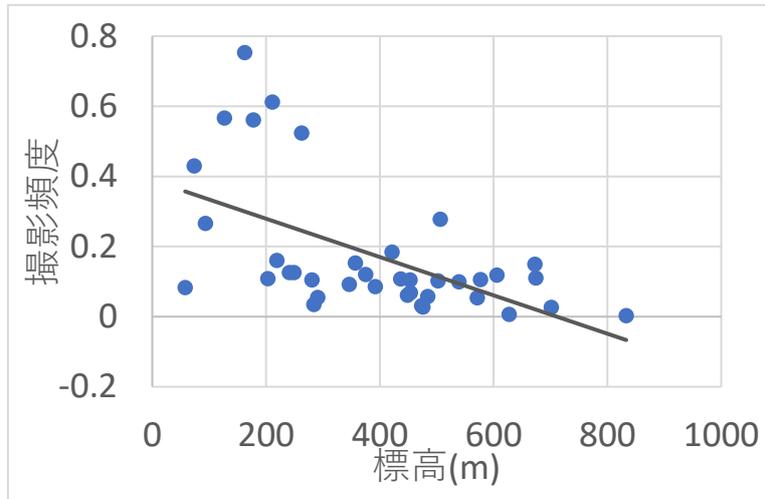


図 26 標高とイノシシ撮影頻度との関係

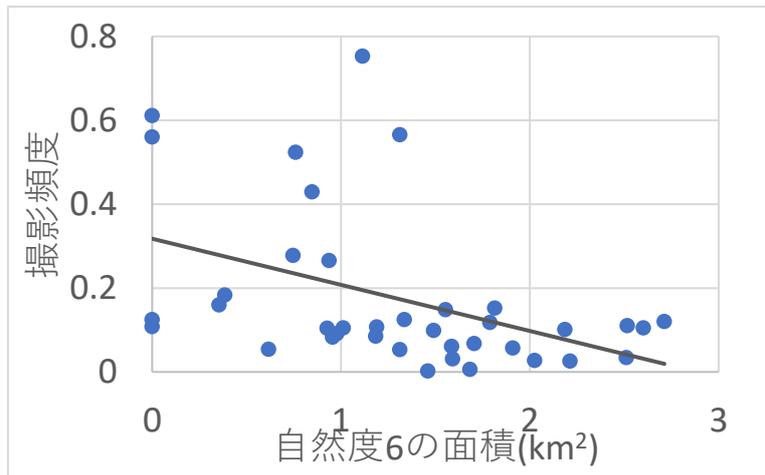


図 27 自然度 6 (植林地) の面積とイノシシ撮影頻度との関係

(2) Ridge 回帰による環境因子とイノシシ撮影頻度との関係

1 つの変数でイノシシ撮影頻度を説明することができなかつたので、交差検証を含む Ridge 回帰により、18 種類の変数 (標高、土地の傾斜、植生区分 5 種類、植生自然度 10 種類、農耕地面積) と 1 日当たりイノシシ撮影頻度との関係を分析した。得られた係数 (標準化後の説明変数に対するもの) は表 12 のとおりであった。標高と傾斜の係数はいずれも負であったため、これらとは負の関係にあると考えられた。その他の変数に関しては、係数の絶対値が大きい順に書くと、植生自然度 7 (二次林) の +0.03262、植生自然度 3 (農耕地 (樹園地)) の -0.02946、植生区分 5 (ブナクラス域代償植生) の +0.02784 などであった。このことから、二次林やブナクラス域代償植生の近傍ではイノシシの撮影頻度が高くなりやすく、樹園地の近傍ではイノシシの撮影頻度が低くなりやすいと考えられた。モデルによる予

測値（横軸）と実際の1日あたりイノシシ撮影頻度（縦軸）との関係を図 28 に示す。青い○は訓練に使用したデータ、赤い×はテストに使用したデータである。完全一致した場合は黒い直線上にプロットされる。訓練データについては、予測値が小さい場合は実測値との乖離が小さいのに対し、予測値が大きい場合はイノシシ撮影頻度をほとんど推定できていないことが判明した。決定係数は $R^2 = 0.400$ であり、予測精度が高いとは言い難かった。一方、テストデータも訓練データと同様に直線から外れた位置にプロットされ、決定係数は $R^2 = 0.342$ であった。決定係数の乖離が大きくないことから、過学習には陥っている可能性は低いと考えられた。以上のことから、イノシシの撮影頻度に影響を与える因子として標高、傾斜、二次林、樹園地、ブナクラス域代償植生が示唆されたが、Ridge 回帰により作成されたモデルは学習不足であり、十分な信頼性を確保することができなかった。

表 12 Ridge 回帰により得られた係数（標準化後の変数に対する係数） 面積欄は、その区分の面積の合計を示す。

	係数	面積(km ²)
標高	-0.09908	
傾斜	-0.03047	
植生自然度 1	-0.01894	2.9
植生自然度 2	+0.01866	24.9
植生自然度 3	-0.02946	8.6
植生自然度 4	-0.00618	0.3
植生自然度 5	+0.00045	0.2
植生自然度 6	-0.00666	49.3
植生自然度 7	+0.03262	31.4
植生自然度 10	-0.00276	0.1
植生自然度 98	-0.01021	0.3
植生自然度 99	+0.02258	0.8
植生区分 5	+0.02784	6.5
植生区分 7	+0.00043	25.4
植生区分 8	-0.00276	0.1
植生区分 9	+0.00064	79.5
植生区分 10	-0.02065	7.4
農耕地	-0.00367	9.4

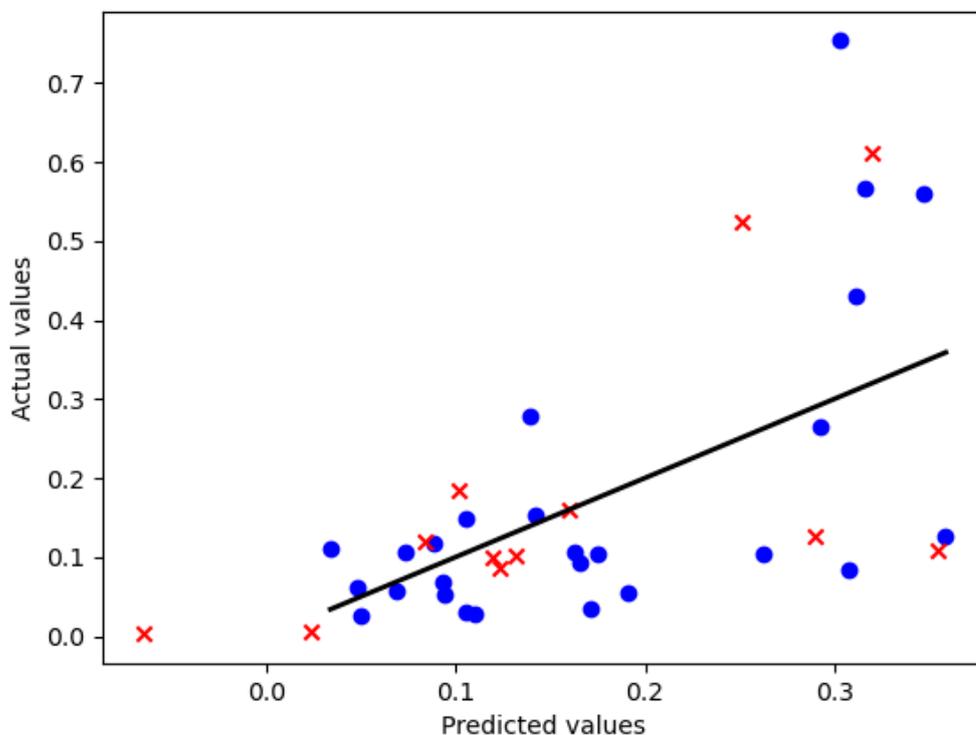


図 28 Ridge 回帰による 1 日当たりイノシシ撮影頻度の予測 横軸はモデルによる推定値、縦軸は実際の撮影頻度である。青い○は訓練データ、赤い×はテストデータである。黒線は縦軸と横軸の値が一致する場所を示す。

V. まとめ

1 豚熱対策について

2019 年に群馬県内の野生イノシシで豚熱の感染が確認されて以降、県内の広い地域に豚熱が広がっていった。流行には波があり、陽性個体が多数発見される時期と流行が落ち着いている時期が繰り返されるようだった。2023 年末から再び大きな流行が見られており、今後の状況は予断を許さない。長期にわたる対策が必要であり、また、地域によって感染の動向が異なっていたことから、地域ごとに対策をしていくことが求められる。

野生イノシシにおける流行を抑制するために経口ワクチンを散布しているが、その効果は明らかではない。2022 年から 2023 年頃までは一部地域を除いて感染が落ち着いていたが、それは経口ワクチンの効果かもしれない。しかし、2023 年末から再び大きな流行が観察されるようになったことを踏まえると、経口ワクチンの効果は限定的な可能性が考えら

れる。

イノシシは野生動物であり人間の管理下にないことから、野生イノシシにおける豚熱の感染を抑制することは困難である。養豚場においては、周辺環境中に豚熱ウイルスが存在することを前提とした防疫対策が必要である。

2 カメラトラップ調査について

カメラトラップにより、イノシシの生息状況が明らかになってきた。撮影頻度の季節変化、日内の時間帯による変化、地域ごとの違いが判明した。繁殖に失敗する個体がいることも示唆された。地域によってイノシシの生息数が大きく異なることも明らかになった。しかし、豚熱感染個体の発見事例と撮影個体数の変化にリンクが見つからなかった。カメラに撮影される個体数から豚熱の流行を推定することは困難であろう。

イノシシ以外の動物についても、地域ごとの動物相の違いを大まかに知ることができた。ミゾゴイやヨタカなどの絶滅危惧種が撮影されたことは、大きな成果である。また、特定外来生物が高頻度で撮影され、外来種対策が求められた。太田市の金山でシカが撮影されたことから、在来の生物の分布を把握することにも有用であることが示された。

このように、トレイルカメラによる調査は野生動物の生息状況を調査するのに有効な手段であった。今回は REST 法が実施できない方法でカメラを運用していたが、REST 法が可能なようにカメラを使用することで生息密度を推定することも可能であり (Nakashima, et al., 2017)、カメラの使用方法によってはさらなる分析が可能になるだろう。

3 結語

豚の家畜伝染病としては、豚熱の他にアフリカ豚熱も重要である。アフリカ豚熱は日本国内ではまだ発生していないが、アジアの多くの国で発生が報告されており、日本にも侵入することが危惧されている (農林水産省, 2024)。本報告で明らかになった野生イノシシの生息状況が、これらの家畜伝染病対策の一助となることを期待する。

VI. 引用文献

環境省. (2024). 日本の外来種対策. <https://www.env.go.jp/nature/intro/index.html> (2024年3月22日閲覧)

群馬県. (2022). 群馬県の絶滅のおそれのある野生生物 動物編 (2022年改訂版).

坂庭浩之、姉崎智子. (2010). 群馬県におけるニホンジカの分布の変遷について. 群馬県立自然史博物館研究報告. 14: 133-140.

Sebastian Raschka, Vahid Mirjalili, 株式会社クイープ (翻訳), 福島真太郎 (監訳) . (2020). [第 3 版]Python 機械学習プログラミング 達人データサイエンティストによる理論と実践. 株式会社インプレス.

高槻成紀、山極寿一. (2008). 日本の哺乳類学②—中大型哺乳類・霊長類. 東京大学出版会.

Yoshihiro Nakashima, Keita Fukasawa, Hiromitsu Samejima. Estimating animal density without individual recognition using information derivable exclusively from camera traps. *Journal of Applied Ecology* 55 (2): 735-744.

農林水産省. (2023a). 畜産統計調査.

農林水産省. (2023b). 生産農業所得統計 (第 1 報) .

農林水産省 . (2024). アフリカ豚熱 (ASF) について . <https://www.maff.go.jp/j/syouan/douei/asf.html> (2024 年 4 月 9 日閲覧)