

シカ被害対策技術実証事業（シカの鳴き声の音声解析による生息把握技術（ボイストラップ法）の実証・確立） 調査結果報告書

山形県森林研究研修センター

1. 事業の目的

ニホンジカ（以下、シカ）の分布回復の最前線にある山形県では、シカの個体数が少ないため生体や痕跡発見しにくい。このため、ライトセンサス、糞塊法といった従来の個体数モニタリング手法による個体把握は困難な状況にある。また、これまでの監視事業の結果から、県内のシカの分布には濃淡があり、カメラトラップでの調査が有効な地域と実施不可能な地域があることが分かってきた。

カメラトラップ調査が実施不可能な地域では、カメラよりも広範囲をカバーでき検知力の高い手法の適用が必要と考えられ、近年、山形大学が開発したボイストラップ法による個体把握を実施してきた。その中では、howl と呼ばれる「オス個体が定着しナワバリを形成した際に発せられる鳴声」に着目し実施してきたが、シカ定着が懸念される地域が出始めており、もう1種類の鳴き声である moan を検知することによる繁殖段階把握も必要と考えられる。繁殖を早急に察知し、必要な捕獲を遅滞なく開始することで爆発的な増加を抑制するため、ボイストラップ調査技術を現場段階で実証し、分布最前線でのシカの管理に寄与する技術の確立を目的とする。

2. 調査方法

(1) 調査地

令和元年度「シカによる森林被害緊急対策事業」で作成された「シカ生息リスク予測図」において（図1）、生息リスクが高いと予測された地域（黄色に近いほどリスクは低く、赤に近いほどリスクは高い）、を基に20市町村51箇所を選定した（図2）。予測図に基づく調査市町村の選定は山形県森林研究研修センターが行い、市町村内における設置箇所の選定は各市町村が行った。



図1 シカ生息リスク予測図（令和元年年時点）



図2 調査位置

(2) 現地調査

調査は、江成ら（2020）に準じて行った。ARUsはwildlife acoustics製Song Meter SM4（以下、SM4）を使用し（写真1）、1サイトに1台、立木の高さ1.5m付近に括り付ける形で設置した（写真2）。SM4の記録媒体は32GのSDカード2枚/台とした。録音に係る設定は以下のとおり。サンプリングレート：24000 Hz, Left and Right Gain：16 dB, Left and Right Preamp Gain：26dB。また、SM4 WAVファイル圧縮について本調査では使用しなかった。

録音スケジュールの設定にはSM4 Configuratorソフトウェアを使用した。シカの鳴き声頻度は、日没後、夜中、日の出前に高いピークが存在するとされるため、録音スケジュールは「日没1時間前～日の出まで」とした。さらに、使用可能なSM4の総数は40台であったため、1サイトにおける調査期間を約2週間とし、51箇所の調査地を2つのサイクルに分けて調査した。詳細な調査日は図3、図4のとおり。



写真1 使用した ARUs (Song Meter SM4)



写真2 設置状況

場所	9月																	10月
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1
八幡1			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
八幡2			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
八幡3			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
平田1			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
平田2			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
平田3			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
松山1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
松山2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
羽黒1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
羽黒2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
羽黒3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
櫛引1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
櫛引2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
金山1					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
金山2					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
金山3					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
鮭川1					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
鮭川2					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
鮭川3					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
新庄1					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
新庄2					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
新庄3					●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

図3 調査日（サイクル1）

場所	10月																					
	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	
西川1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●								
西川2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●							
西川3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●								
西川4	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●								
白鷹1			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●					
白鷹2			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
長井1			●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●				
川西1				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			
川西2				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
高島1				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
南陽1				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
南陽2				●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●		
大石田1						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
大石田2						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
東根1						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
東根2						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
天童1						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
天童2						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
山形1						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
山形2						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
上山1						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
上山2						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
山辺1						●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
河北1							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
河北2							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
寒河江1							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
寒河江2							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
大江1							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
大江2							●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

図4 調査日（サイクル2）

(3) 録音データの解析

録音データからのシカ音声自動検出にはソフトウェア Kaleidoscope Pro version5.3.8 を使用し、手法は江成ら（2020）に従うとともに、同報告の電子付録 2, 3, 4 を使用した。音声の自動検出において“TOP1 MATCH”が howl, howl_w, moan に該当した音声ファイルについて（写真 3）、波形の目視および音声の聞き取りによりスクリーニングを実施し（写真 4）、鳴き声検出の有無、検出された鳴き声の種類から本県におけるシカ生息状況を考察した。

また、シカ密度が非常に低い地域におけるボイストラップ調査の事例は全国的に多くない。そこで、今後、県内市町村や関連機関への本手法導入を念頭に、現地調査後の作業工程を調査した。本調査のスクリーニングでは core i5 端末を使用した。

さらに、シカ低密度地域で録音された音声の自動検出においては、録音データ内に検出対象の鳴声の出現頻度が乏しいため、第一種過誤（偽陽性。録音データから鳴声でない音声を誤って検出してしまう）が多く発生すると報告されている（江成ら，2020）。本県は全国的にも特にシカ密度が低いため、機械学習や深層学習を利用した鳴声の自動検出において上記のような事例が発生しやすいと考えられる。そこで、本調査におけるエラー認識の頻度を調査し、調査手法普及や実用化への影響について考察した。

	FOLDER	IN FILE	CHANNEL	OFFSET	DURATION	TOPIMATCH	TOPIDIST
849	A Data	KITAYAMA1_20201011_063022.wav	1	438.698669	1.104000	moan	0.996632
850	A Data	KITAYAMA1_20201003_162000.wav	0	2338.229248	3.050667	moan	0.996664
851	A Data	KITAYAMA1_20201003_035947.wav	0	3404.496094	0.629333	moan	0.997155
852	A Data	KITAYAMA1_20201003_192008.wav	0	690.602661	2.474667	moan	0.997677
853	A Data	KITAYAMA1_20201003_192008.wav	1	2088.330566	1.450667	moan	0.997857
854	A Data	KITAYAMA1_20201004_022024.wav	1	2539.130615	5.008000	moan	0.998183
855	A Data	KITAYAMA1_20201005_181706.wav	0	2552.373291	8.000000	moan	0.998342
856	A Data	KITAYAMA1_20201005_031823.wav	1	419.797333	10.085333	moan	0.998355
857	A Data	KITAYAMA1_20201004_171805.wav	1	411.861328	10.058666	moan	0.998576
858	A Data	KITAYAMA1_20201004_022024.wav	1	2233.189453	5.632000	moan	0.998646
859	B Data	KITAYAMA1_20201010_060602.wav	0	10.106667	0.389333	moan	0.999302
860	B Data	KITAYAMA1_20201010_174237.wav	1	2546.442627	2.005333	moan	0.999993
861	B Data	KITAYAMA1_20201016_000311.wav	0	1342.495972	4.197333	howl_w	0.475797
862	B Data	KITAYAMA1_20201010_060602.wav	0	1625.968018	0.122667	howl_w	0.542303
863	B Data	KITAYAMA1_20201010_060602.wav	0	1524.346680	0.181333	howl_w	0.627280
864	B Data	KITAYAMA1_20201010_060602.wav	0	1479.093384	0.133333	howl_w	0.648049
865	B Data	KITAYAMA1_20201014_044027.wav	1	1841.338623	1.072000	howl_w	0.820196
866	B Data	KITAYAMA1_20201013_235650.wav	0	272.981323	1.994667	howl	0.262706
867	B Data	KITAYAMA1_20201013_235650.wav	0	282.992004	1.786667	howl	0.288471
868	B Data	KITAYAMA1_20201013_235650.wav	1	272.794678	2.277333	howl	0.299085
869	B Data	KITAYAMA1_20201013_235650.wav	0	277.098663	2.400000	howl	0.338625
870	B Data	KITAYAMA1_20201013_235650.wav	1	276.928009	2.469333	howl	0.384835
871	B Data	KITAYAMA1_20201014_034028.wav	1	611.375977	2.762667	howl	0.386424

写真 3 音声抽出状況



写真 4 スクリーニング状況 (howl)

3. 結果と考察

(1) 音声検出結果と生息状況

シカの音声は 6 市町村 7 箇所を確認された。自動検出された音声に moan はなく、全て howl であった (図 5, 6)。これより、今回の調査地付近は、縄張りを形成する優位オスがみられ始めている状況であり、繁殖のためメス個体が優位オスによって囲いこまれる状況までは至っていないと考えられた。

また、確認された地域は村山地域、置賜地域と県中心部から南部にかけての地域であった (図 5, 6)。過去に目撃情報のほとんどない大石田町、河北町においても howl が確認されており、これまでの推測よりも優位オスの侵入は進んでいる可能性が高かった。表 1 に各地点での howl 確認回数を示す。確認頻度が高かったのは、西川町、大石田町、河北町であった。頻度の高かった地域は優位オスが他地域より多い可能性があり、継続調査により変化を注視していく必要がある。

さらに、図 7 には howl の発声時期を示す。今年度の調査では 10 月上旬から中旬にかけて howl が確認され、9 月の調査における確認はなかった (図 7)。

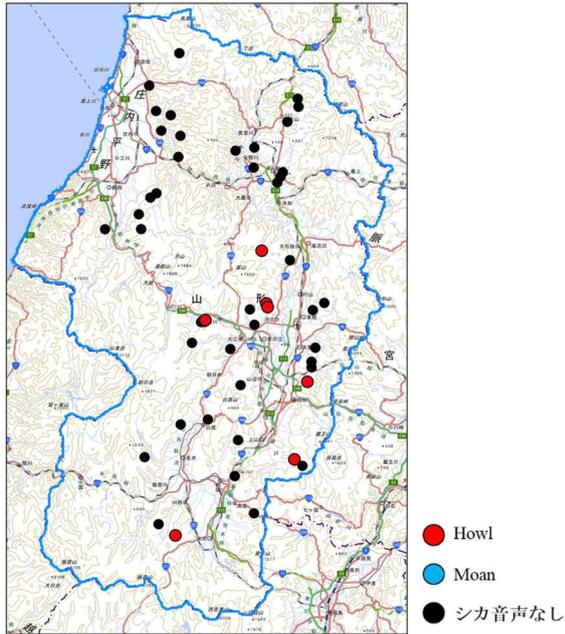


図5 音声検出位置

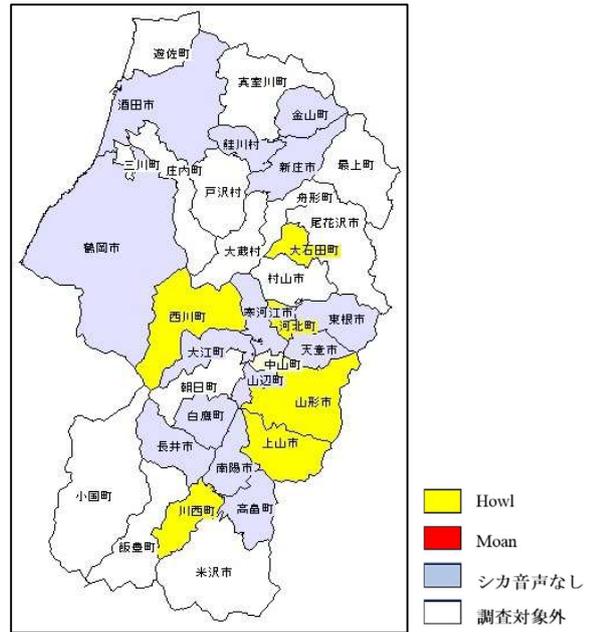


図6 各市町村の音声検出結果

表1 howl 確認頻度

確認地点	発声回数 (回)
西川1	5
川西2	2
大石田1	8
山形2	4
上山1	2
河北1	8
河北2	14

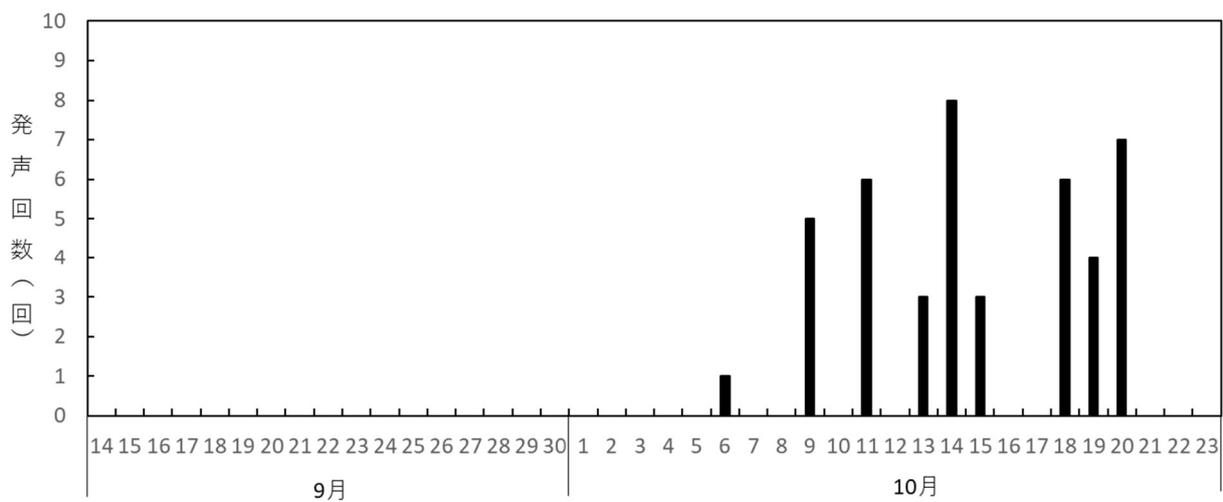


図7 howl 発声時期

(2) 解析作業の工期

Kaleidoscope Pro による音声の自動検出では、録音 1 日あたり（日没 1 時間前～日の出まで）にかかる検出時間の平均は 1.35 分となり（表 2）、1 箇所あたりの録音日数が約 15 日であることから、20 分/1 箇所 程度での自動検出が可能であった。ただし、自動検出時間は使用する PC の処理能力により変動する。

また、自動検出結果を用いたソナグラムの目視および音声聞き取りによるスクリーニングは、100 ファイルあたり約 3 分の時間を要した（表 3）。本調査における 1 箇所あたりの抽出ファイル数の平均が約 700 個であるため、調査地 1 箇所平均では 20～25 分のスクリーニング時間が必要になると考えられた。

以上の結果は、次年度以降さらに調査箇所数を増加する場合の調査計画作成の目安になると考えられる。

表 2 鳴き声の自動検出における工期

	録音日数 (日)	解析時間 (分)	録音1日当たりの解析時間 (分)
最小	13	17	-
最大	18	26	-
平均	14.76	20.07	1.35

表 3 目視、聞き取りによるスクリーニング工期

	抽出ファイル数 (1箇所あたり)	100ファイル当たりの スクリーニング時間(分)
最小	3	-
最大	4717	-
平均	696.14	3.05

(3) 第一種過誤の発生頻度

Kaleidoscope Pro による自動検出で認識された howl は 3605 個であったのに対し、スクリーニングにより howl と判断された音は 64 個であった（図 8）。以上より、howl については、第一種過誤が 99.75% 発生した。一方、自動検出により moan は 31232 個認識されたが、スクリーニングの結果 moan は確認されず、100% の第一種過誤となった（図 9）。シカ密度の低い地域においては第一種過誤の発生頻度が高くなる可能性は指摘されていたが、99% 以上が認識エラーとなることが実証により明らかとなった。

現在の調査箇所数、録音期間であれば、実用にあたり解析が不可能なほどのエラー数ではないものの、より多地点、長期間の調査を行う場合は過誤の発生頻度を抑える方法を検討する必要があると考えられた。また、自動検出時点において moan と判断される音声数が howl と認識される音声数の 10 倍程度と非常に多くなった。今後、moan の検出を howl 頻度の高い地域に限定する等、調査効率の検討を行っていく。

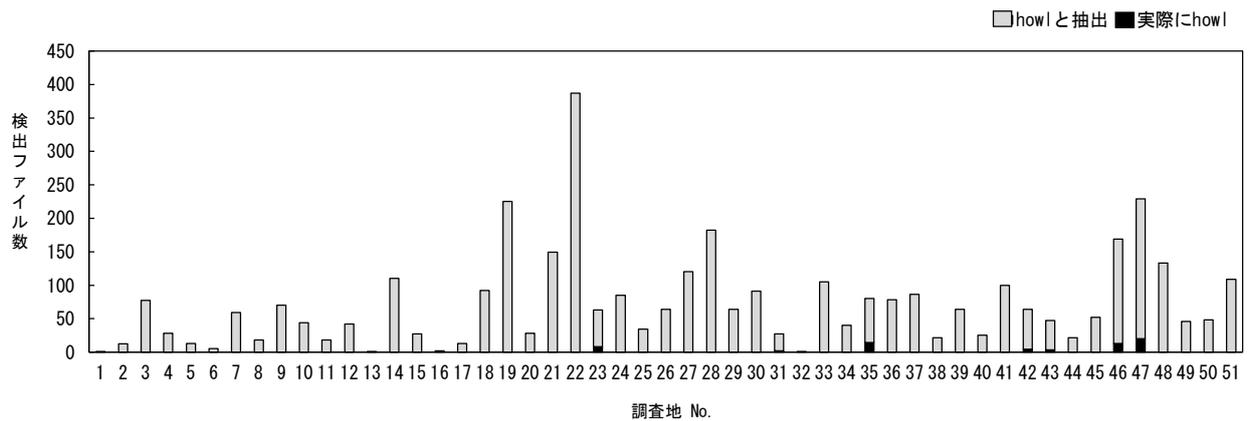


図8 howl の検出数 / 自動検出による howl 認識数

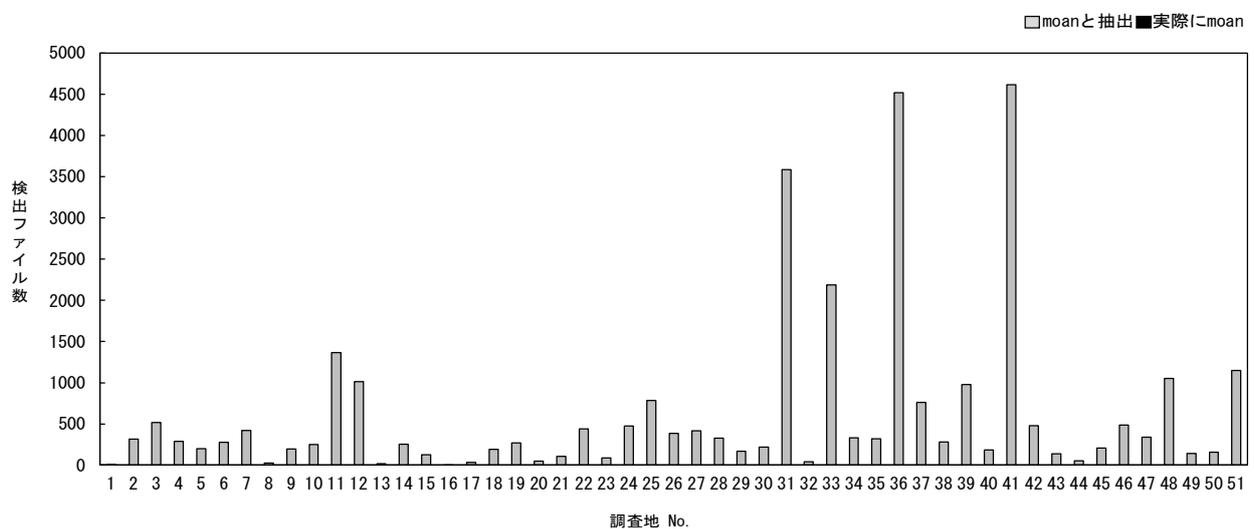


図9 moan の検出数 / 自動検出による moan 認識数

謝辞

本調査にあたり、ボイストラップ調査の実施方法、調査の留意点等についてご指導いただきました山形大学農学部 江成広斗 准教授に深く感謝いたします。また、調査地の選定にあたりご尽力いただきました各市町村ご担当者様、調査地をお貸しいただきました土地所有者の皆様がこの場を借りて御礼申し上げます。

引用

江成広斗, 江成はるか. (2020). ニホンジカの低密度管理の実現を目指したボイストラップ法の有効性. 哺乳類科学 60(1) : 75-84.