

## 交尾期における雄シカによる2つの鳴き声の亜種間比較

竹田謙一<sup>1</sup>, 檀上理沙<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>信州大学農学部食料生産科学科動物生産学分野

<sup>2</sup>現所属 株式会社野生動物保護管理事務所関西分室

〒651-1303 兵庫県神戸市北区藤原台南町4-10-6

**要約** 効率的かつ省力的に雌シカを捕獲する手法の開発を目的として、交尾期に雄シカが発する Rutting whistle と Agonised call を体格差が異なる3亜種間で音響学的に比較した。供試個体として、明確な体格差を示すエゾシカ (*C. n. yesoensis*), ホンシュウシカ (*C. n. centralis*), ヤクシカ (*C. n. yakushimae*) の3亜種を用いた。交尾期(10月~11月)に、野生下(エゾシカ, ホンシュウシカ), ならびに飼育下(ヤクシカ)それぞれの亜種の雄シカが発する2つの声をデジタル録音した。録音した音声は、波形編集ソフト上でRutting whistleあるいはAgonised call部分のみを切り取り、WAVE形式に変換した。変換した2つの声は、音響分析ソフト(SUGI Speech Analyzer)を使用して基本周波数(以下, F0)および第1~第4フォルマント周波数(以下, F1~F4)を①鳴き始め, ②鳴き始めと鳴き終わりの中間, ③鳴き終わりの3フェーズに分けて抽出した。Rutting whistleに体格の大きさが異なる亜種間の違いは認められなかった。しかし, Agonised callは体格が大きい亜種ほど声が低くなり( $P < 0.01$ ), 体格差によってAgonised callが異なることが明らかとなった。この結果から, Agonised callを用いて雌を誘引できる可能性が示唆された。

**キーワード**: 個体数管理, 獣害, ニホンシカ, 発声, 捕獲

### 緒言

現在, 全国におけるニホンシカ (*Cervus nippon*) の狩猟頭数および有害捕獲頭数は, 年間31万頭にも達する<sup>8)</sup>。長野県では, 第3期特定鳥獣保護管理計画(ニホンシカ)<sup>17)</sup>が策定され, 毎年約30,000頭捕獲することによって, 県下に生息している104,600頭を5年間で35,100頭にすることを立てた。しかし, 一般的に行われている銃器による猟法では, シカを追い立てることもつながり, 捕獲効率を低下させると考えられる。さらに, 個体数管理の従事者は主に狩猟者であり, これらの人口は年々減少し, 高齢化が進んでいる<sup>9)</sup>。したがって, 保護管理計画でのシカの目標頭数を達成するためには, 少人数で効率的な手法であること, さらに, 局所的な捕獲場所にシカを効果的に誘引し, そこでシカを捕獲する手法の開発が求められる。

シカをおびき寄せるために古くから猟師が使っていた猟具として鹿笛がある。鹿笛とは, 交尾期の雄シカが自身の繁殖なわばりを主張するRutting

whistleを模した笛である。すなわち, 猟師がシカ笛を吹いたとき, その音を聞いた雄シカが自身の繁殖なわばりに他の雄が侵入してきたと認識し, その音源にいるであろう雄シカを追い払うため, 雄シカが音源付近に近づくとという仕組みである。鹿笛は, 雄シカの捕獲を目的とした猟に用いられてきた。しかし, 雌シカの捕獲を主な目的としている個体数管理の現場において, 鹿笛は有効とは言えない。

シカが有する11~13種類の鳴き声<sup>14,15,16)</sup>の中で, 交尾期における雄シカ特有の鳴き声として, 前述のRutting whistleと鳴き声の出だしはRutting whistleに似ているものの, その後半部分が唸るように聞こえるAgonised callの2種類がある<sup>16)</sup>。一般的に哺乳類における鳴き声には, 発声個体の身体的特徴情報を含むとされ, 体格が大きい個体ほど声道長(口から声帯までの長さ)が長く, 鳴き声が低くなるということがアカシカ<sup>13)</sup>や, ニホンザル<sup>10)</sup>で報告されている。声道長は頭蓋骨の大きさに制約されるので, 頭蓋骨が大きくなるとともにフォルマント周波数(声道共鳴周波数, 声の音色を示す周波数)や基本周波数(声の高さを示す周波数)は減少する<sup>4,5)</sup>。アカシカの雌は, 体格の異なる雄シカを交尾期の鳴き声のみで識別し, 雄シカの体格と繁殖成功率に正

受付日 2013年12月10日

採択日 2014年2月4日

の相関があると報告されている<sup>1,18)</sup>。さらに交尾期の雌ジカは、フォルマント周波数が低い雄ジカのRoaringを有意に選択することがY字型迷路を用いたアカシカの研究で報告されている<sup>2)</sup>。なお、アカシカの交尾期における雄ジカのRoaringは、シカのAgonised callに類似するものであるが、Minami<sup>14)</sup>はこの2つの鳴き声を区別して扱っているので、本研究ではMinami<sup>14)</sup>の分類に倣った。そこで本研究では、雄ジカが発する鳴き声による雌ジカの誘引を検討するため、交尾期の雄ジカにおけるRutting whistle および Agonised call の体格による違いを明らかにするため、体格の異なる亜種間で、この2つの鳴き声を音響学的に比較した。

### 材料および方法

#### 供試個体

供試個体として、明確な体格差を示すエゾジカ (*C. n. yesoensis*; 野生個体)、ホンシュウジカ (*C. n. centralis*; 野生個体)、ヤクシカ (*C. n. yakushimae*; 飼育個体) の3亜種を用いた。

#### 録音期間および録音場所

雄エゾシカのRutting whistle および Agonised call は、2010年10月27日から2010年11月1日までの計6日間、北海道大学北方生物圏フィールド科学センター耕地圏ステーション静内研究牧場で録音した(以下、エゾシカ)。

雄ホンシュウジカのRutting whistle および Agonised call は、2010年10月17, 19日, 11月3, 4, 5, 8, 11, 12日の計8日間に長野県下伊那郡大鹿村北川牧場内、長野県上伊那市高遠入笠牧場内および長野県伊那市長谷黒河内内で録音した(以下、ホンシュウジカ(長野))。また、他地域よりも体格の小型化や成長の遅延がみられる<sup>7)</sup>、広島県廿日市市宮島町に生息するホンシュウジカでは、11月18日から24日までの計7日間にRutting whistle および Agonised call を録音した(以下、ホンシュウジカ(宮島))。

雄ヤクシカのRutting whistle および Agonised call は、2010年10月2, 10, 11日の計3日間に長野県伊那市長谷鹿飼育施設で録音した(以下、ヤクシカ)。

野生個体のRutting whistle および Agonised call の録音は、スポットライトセンサス法による予備調査でシカが高密度に観察された地点で行った。

Rutting whistle は、夜明けや夕暮れ(特に夕暮れ)にピークを迎えるが、Agonised call は、Rutting whistle よりも頻回に聞くことができる<sup>14,16)</sup>。そこで、Rutting whistle および Agonised call の発声が観察されると考えられる、日の出から日の入りの時間までを中心に1日に最大18時間、連続録音した。

#### 録音手法および音声解析

録音機器には、超指向性マイク(NTG-2, Rode社製)に接続したICレコーダー(ICR-S260RM, Sanyo社製)を用いた。飼育個体のヤクシカは、ヒトに対して警戒しなかったため常時、観察者が録音機器の側にいた。しかし、野生個体のエゾシカ、ホンシュウジカ(長野)およびホンシュウジカ(宮島)の録音では、シカが観察者を警戒して録音機器に接近しない可能性が考えられた。そこで、三脚(カーボンマスター724PRO, SILK社製)に前述のICレコーダーを固定した状態で録音し、観察者は録音終了までその場には近づかなかった。

録音した音声は、波形編集ソフト(Sound engine free ver. 4.56, Coderium社製)上でRutting whistleあるいはAgonised call部分のみを切り取り、WAVE形式に変換した。変換したRutting whistle および Agonised call は、音響分析ソフト(SUGI Speech Analyzer, Animo社製)を使用して基本周波数(以下、F0)および第1~第4フォルマント周波数(以下、F1~F4)を抽出した。Rutting whistle は、多くの個体で3回あるいは4回連続して発声されたので、1頭1サンプルとするために、一連のRutting whistle を1回の発声につき①鳴き始め、②鳴き始めと鳴き終わりの中間、③鳴き終わりの3フェーズに分けて、各周波数成分F0~F4を抽出し、各フェーズの平均値を求めた(図1)。Agonised call は1回の発声を1サンプルとし、Agonised call を3フェーズにわけ、各フェーズのF0~F4を抽出し、それぞれの平均値を求めた(図2)。

### 統計解析

#### Rutting whistle

サンプル数の少なかったヤクシカのデータは、統計解析から除外した。一元配置分散分析法を用いて、各フェーズにおけるF0~F4を亜種間で解析した。そして、一元配置分散分析法の検定が有意であった

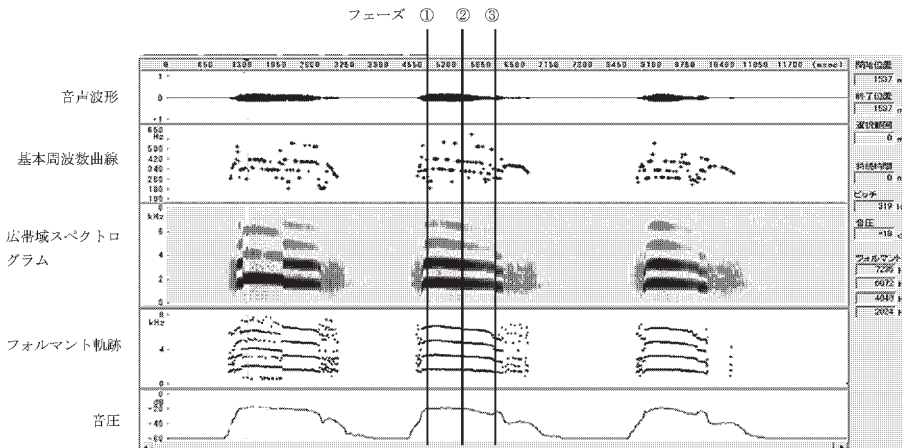


図1 録音した Rutting whistle のスペクトログラム

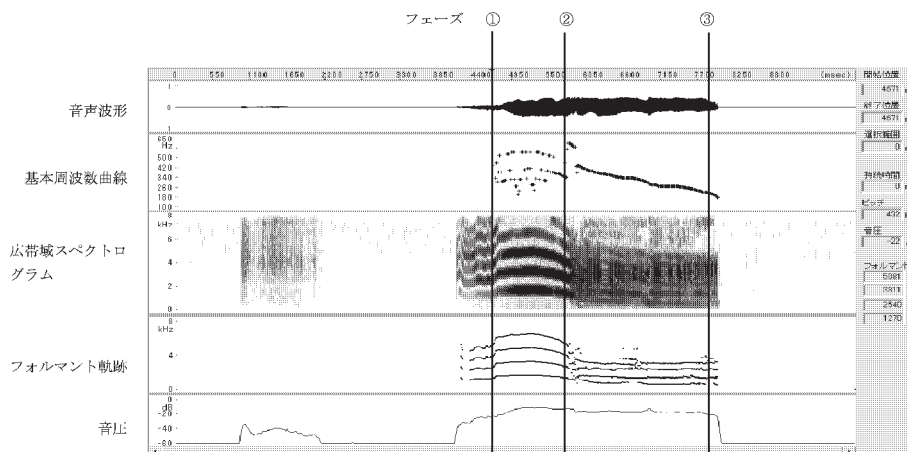


図2 録音した Agonised call のスペクトログラム

とき、Tukey-Kramer 法により多重比較した。

Agonised call

サンプル数の少なかったホンシュウジカのデータは、統計解析から除外した。Student の t 検定を用いて、各フェーズの F0~F4をエゾシカとヤクシカとの間で比較した。

結 果

Rutting whistle

Rutting whistle はエゾシカで60サンプル、ホンシュウジカ (長野) で57サンプル、ホンシュウジカ (宮島) で5サンプル、ヤクシカで2サンプルを録音できた。そのうち、音質が良好で音声解析が可能だったサンプルは、エゾシカで54サンプル、ホンシュウジカ (長野) で27サンプル、ホンシュウジカ (宮島) で4サンプル、ヤクシカは1サンプルであった。そして、各フェーズの F0~F4において、亜種間の違いによる有意な差が認められた (表1)。はじめに、フェーズ①において F0はエゾシカ、ホ

ンシュウジカ (長野)、ホンシュウジカ (宮島) の順で高かったが、有意な差ではなかった。しかし、F1~F4においてはホンシュウジカ (宮島)、エゾシカ、ホンシュウジカ (長野) の順で高く、エゾシカがホンシュウジカ (長野) よりも有意に高かった (F1, F2, F4 :  $P < 0.05$ , F3 :  $P < 0.01$ )。また、ホンシュウジカ (宮島) の F2~F4は、ホンシュウジカ (長野) よりも有意に高かった (F2 :  $P < 0.05$ , F3, F4 :  $P < 0.01$ )。

フェーズ②は、F0がエゾシカ、ホンシュウジカ (宮島)、ホンシュウジカ (長野) の順で高く、エゾシカはホンシュウジカ (長野) より有意に高かった ( $P < 0.01$ )。同様に、F3および F4はエゾシカ、ホンシュウジカ (宮島)、ホンシュウジカ (長野) の順で高く、エゾシカはホンシュウジカ (長野) よりも有意に高かった ( $P < 0.05$ )。F1および F2は、亜種間で有意な差は認められなかった。

フェーズ③は、F0~F4の全てにおいてホンシュウジカ (宮島)、エゾシカ、ホンシュウジカ (長野) の順に高かった。さらに、エゾシカの F1, F3, F4

表1 各亜種間における Rutting whistle の平均周波数 (Hz)

周波数成分		エゾシカ	ホンシュウジカ (長野)	ホンシュウジカ (宮島)
フェーズ①	F0	292.9 ± 65.9 <sup>a</sup>	262.4 ± 81.8 <sup>a</sup>	228.1 ± 89.3 <sup>a</sup>
	F1	1178.0 ± 238.9 <sup>a</sup>	1006.5 ± 362.3 <sup>b</sup>	1317.5 ± 589.8 <sup>ab</sup>
	F2	2380.9 ± 360.8 <sup>a</sup>	2085.7 ± 540.7 <sup>b</sup>	2790.8 ± 723.3 <sup>a</sup>
	F3	3562.7 ± 429.4 <sup>a</sup>	3189.6 ± 555.8 <sup>b</sup>	4036.9 ± 746.5 <sup>a</sup>
	F4	4612.0 ± 465.3 <sup>a</sup>	4231.0 ± 610.5 <sup>b</sup>	5159.5 ± 941.7 <sup>a</sup>
フェーズ②	F0	340.6 ± 52.9 <sup>a</sup>	283.6 ± 91.5 <sup>b</sup>	325.7 ± 111.1 <sup>ab</sup>
	F1	1686.8 ± 244.3 <sup>a</sup>	1594.7 ± 468.2 <sup>a</sup>	1530.9 ± 584.9 <sup>a</sup>
	F2	3193.6 ± 406.4 <sup>a</sup>	2957.4 ± 754.6 <sup>a</sup>	3057.1 ± 988.8 <sup>a</sup>
	F3	4533.4 ± 437.2 <sup>a</sup>	4134.0 ± 780.8 <sup>b</sup>	4445.0 ± 1056.4 <sup>ab</sup>
	F4	5731.9 ± 485.5 <sup>a</sup>	5362.0 ± 804.2 <sup>b</sup>	5555.9 ± 1220.7 <sup>ab</sup>
フェーズ③	F0	246.3 ± 70.8 <sup>ab</sup>	223.4 ± 70.7 <sup>a</sup>	332.0 ± 75.9 <sup>b</sup>
	F1	1068.4 ± 266.7 <sup>a</sup>	788.1 ± 315.5 <sup>b</sup>	1365.2 ± 140.5 <sup>a</sup>
	F2	2234.5 ± 535.1 <sup>a</sup>	1934.3 ± 812.1 <sup>a</sup>	2393.3 ± 516.7 <sup>a</sup>
	F3	3335.8 ± 556.1 <sup>a</sup>	2922.9 ± 513.4 <sup>b</sup>	3652.1 ± 343.9 <sup>a</sup>
	F4	4464.8 ± 519.8 <sup>a</sup>	3994.7 ± 550.8 <sup>b</sup>	4651.7 ± 239.3 <sup>ab</sup>

平均値±標準偏差, 同一行内の異文字間に有意差あり (有意水準は本文参照)

表2 各亜種間における Agonised call の平均周波数 (Hz)

周波数成分		エゾシカ	ヤクシカ
フェーズ①	F0	341.4 ± 73.5 <sup>a</sup>	441.4 ± 102.4 <sup>b</sup>
	F1	1262.6 ± 384.0 <sup>a</sup>	1417.3 ± 295.3 <sup>b</sup>
	F2	2340.3 ± 452.5 <sup>a</sup>	2776.4 ± 551.7 <sup>b</sup>
	F3	3343.7 ± 1124.5 <sup>a</sup>	4175.4 ± 746.2 <sup>b</sup>
	F4	4481.2 ± 810.2 <sup>a</sup>	5477.3 ± 995.5 <sup>b</sup>
フェーズ②	F0	468.9 ± 89.3 <sup>a</sup>	530.0 ± 94.8 <sup>b</sup>
	F1	1296.9 ± 311.2 <sup>a</sup>	1279.8 ± 254.3 <sup>a</sup>
	F2	2549.9 ± 2467.8 <sup>a</sup>	2532.7 ± 446.5 <sup>a</sup>
	F3	3227.5 ± 628.8 <sup>a</sup>	3754.9 ± 629.6 <sup>b</sup>
	F4	4311.1 ± 689.0 <sup>a</sup>	4929.7 ± 859.0 <sup>b</sup>
フェーズ③	F0	206.5 ± 46.9 <sup>a</sup>	246.7 ± 60.9 <sup>b</sup>
	F1	1122.7 ± 355.7 <sup>a</sup>	686.6 ± 247.5 <sup>b</sup>
	F2	2162.0 ± 445.5 <sup>a</sup>	1613.4 ± 369.0 <sup>b</sup>
	F3	3200.3 ± 814.2 <sup>a</sup>	2635.6 ± 337.6 <sup>b</sup>
	F4	4265.3 ± 870.4 <sup>a</sup>	3400.4 ± 463.0 <sup>b</sup>

平均値±標準偏差, 同一行内の異文字間に有意差あり (有意水準は本文参照)

は, ホンシュウジカ (長野) よりも有意に高かった ( $P < 0.01$ )。また, ホンシュウジカ (宮島) の F0, F1, F3は, ホンシュウジカ (長野) よりも有意に高かった (F0, F3:  $P < 0.05$ , F1:  $P < 0.01$ )。

#### Agonised call

Agonised call は, エゾシカで308サンプル, ホンシュウジカ (長野) で22サンプル, ホンシュウジカ (宮島) で0サンプル, ヤクシカで322サンプルを録音することができた。そのうち, 音質が良好で音声解析が可能だったサンプルは, エゾシカが68サンプル, ホンシュウジカ (長野) が0サンプル, ホン

シュウジカ (宮島) が0サンプル, ヤクシカが115サンプルだった。各フェーズの F0~F4において, 亜種間の違いによる有意な差が認められた (表2)。フェーズ①において, ヤクシカの F0~F4は, エゾシカよりも有意に高かった ( $P < 0.01$ )。フェーズ②において, ヤクシカの F0, F3, F4は, エゾシカよりも有意に高かった ( $P < 0.01$ )。フェーズ③において, F0はヤクシカのほうがエゾシカよりも有意に高かった ( $P < 0.01$ )。しかし F1~F4は, エゾシカのほうがヤクシカよりも有意に高かった ( $P < 0.01$ )。



## 考 察

Rutting whistle および Agonised cal のフォルマント周波数は、F0～F4まで正確に抽出され、スペクトログラム上にも可視化された。しかし、アカシカの Roaring における研究報告<sup>18)</sup>のように、第8フォルマント周波数までは抽出することはできなかった。その理由として、サンプリング手法の違いが考えられた。本研究では、操作が容易で長時間の連続録音が可能であることを重視したため、市販のICレコーダーを用いた。ICレコーダーは、空气中を伝搬する音声の変化を連続的なアナログ量から断片的なデジタル量へ変換（A-D変換）し、処理している<sup>20)</sup>。そして、高能率符号化方式によって情報量をMP3形式に圧縮し、保存している。このMP3形式とは、ヒトの耳で聞こえる1000Hz前後の音声を詳細に量子化し、ヒトにあまり聞こえない高周波数帯域（2000Hz以上）あるいは低周波数帯域（20Hz以下）を粗く量子化することで圧縮率を向上させたサウンド形式である。それに対して、過去のシカ科における音声研究は、現在はほとんど市販されていないテープレコーダーやDAT（Digital Audio Tape）が用いられてきた<sup>11,15)</sup>。このテープレコーダーおよびDATは、情報量の多いWAVE形式で保存され、圧縮されない。したがって、Minami<sup>14)</sup>およびCharlton *et al.*<sup>11)</sup>の研究と異なり、本研究ではヒトの耳に聞こえない周波数域が詳細に解析できなかったと考えられた。

### Rutting whistle

Rutting whistle では、各フェーズのF0～F4において亜種間の違いによる有意差が認められた。しかし、亜種間におけるF0～F4の平均値の高さの傾向は、各フェーズあるいは各周波数成分によって異なった。この結果は、体格が大きいほど鳴き声が低くなるという当初の予想と大きく異なった。その理由として、Rutting whistle の音声特徴が結果に影響を与えたと考えられた。Rutting whistle のコミュニケーション相手は主として雄ジカであり、身体的特徴情報が多く含まれていない可能性があると考えられた。Rutting whistle は縄張りを強化する前後に発声し<sup>16)</sup>、シカの音声種類の中で最もF0が高く、雄ジカはRutting whistle を約1km先まで定位できる<sup>14)</sup>。また、大阪府と金華山島の調査では、遠く離れた場所から自身の位置を知らせるため、あるい

は縄張りを知らせるために、しばしば雄ジカ同士のRutting whistle の交換（Calling exchange）が見られることが報告されている<sup>14)</sup>。そして、縄張りの有無に関わらず、優位な雄ジカほど発声頻度が高い<sup>14)</sup>ことから、Rutting whistle は距離が離れたライバル雄に対して、自身の位置情報を知らせる役割を重視していると考えられる。したがって、Rutting whistle には個体の身体的情報が必ずしも反映されていない可能性がある。さらに、Rutting whistle はフェーズ①で急激にF0～F4が上昇し、そのまま大きく変化することなく、高周波数帯域のまま終末する（図1）。つまり、Rutting whistle は、Agonised call と比較してフェーズごとのF0～F4が一定で低周波数帯域のデータが少なかったため、当初予測したような体格差を反映した亜種間差が認められなかったと考えられた。以上より、シカを局所的に誘引する手法として、Rutting whistle の効果は高くないと考えられた。

### Agonised call

フェーズ①におけるF0～F4は、ヤクシカがエゾシカよりも有意に高く、体格の大きいエゾシカはヤクシカよりも鳴き声が低いという結果となった。F0～F4は声帯の大きさおよび声道長の長さに作用し、結果として発声個体の体格の大きさを示す指標となる<sup>3)</sup>。F0が減少するとともに体格も小型化していくことは、人間を除く霊長類で検証されてきた<sup>6)</sup>。また、F1～F4に体格情報が含まれることは、アカシカ<sup>12)</sup>、アカゲザル<sup>5)</sup>、イヌ<sup>19)</sup>において証明されている。さらにアカシカでは、雄ジカのF1～F4と繁殖成功率との間に負の相関があり<sup>18)</sup>、雌ジカは雄ジカのAgonised call に含まれるF0～F4を個々に聞き分け、性選択に有利な情報を得ると考えられている<sup>2)</sup>。本研究の結果は、シカにおいても、Agonised call が体格の異なる亜種間で異なることを示しており、雌ジカはこの聴覚情報を性選択に利用している可能性があると考えられた。また、身体的特徴の情報がAgonised call には多く含まれ、体格差の大きい亜種間で有意な差が認められたと考えられた。

フェーズ③のF1～F4は、フェーズ①と反してエゾシカがヤクシカよりも高かった。この結果は、音響分析ソフトで解析した各フェーズの位置の違いに影響したと考えられた。Agonised call は、けたたましい大きな音声から始まり、徐々に周波数が低下していき、苦悶してうめくような低い音声に暗転する<sup>16)</sup>。Redy and McComb<sup>18)</sup>は、アカシカのRoar-

ing を3つのフェーズに区分し、そのうちのフェーズ①でアカシカは頭部を上げると同時に喉頭を下げるにより、声道長を最大に伸長させた状態で発声する。そしてフェーズ③では、頭部を静止位置に戻すと同時に喉頭が上げることにより、声道長が短くなった状態で発声すると述べている。このようにフェーズごとに声道長が変化することから、フェーズ③の亜種間差は、F0～F4を測定した各フェーズの解析位置の違いによって生じた可能性があると考えられた。

また Minami<sup>14)</sup>は、Agonised call の発声状況調査では、雄ジカに対して自身の存在を主張する Rutting whistle は1 km 先まで定位できるのに対して、Agonised call の到達範囲は約400m 先までであり、Agonised call は指向性が強い音声であることを明らかにした。そして Minami<sup>14)</sup>は、雄ジカの Agonised call の発声割合は雌ジカとの交尾行動割合と有意な正の相関を示し、縄張りを持たない雄ジカよりも縄張りを持つ雄ジカで発声頻度が高かったことも報告した。さらに、Agonised call は雄ジカだけでなく雌ジカと対面した時にも発声頻度が高かったとも述べられている<sup>14)</sup>。アカシカの雌は、声道長が短く体格の小さい雄ジカの Roaring よりも声道長が長く体格の大きい雄ジカの Roaring を好むと報告されている<sup>2)</sup>。また、雌ジカは Agonised call をより高い頻度で発声する雄ジカに誘引され、排卵が促進したという研究報告<sup>11)</sup>もある。したがって、Agonised call は、繁殖成功のために自身の縄張り周辺に存在する雄ジカよりも、縄張り内に存在する雌ジカに対して自身の存在をアピールする役割が大きく、シカも Agonised call を用いて、雌ジカを局所的に誘引できる可能性が考えられた。

## 謝 辞

本研究は、農林水産省「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」における「林業被害軽減のためのニホンジカ個体数管理技術の開発（課題番号：22030）」によって実施した。

雄ジカの声の録音を遂行するにあたり、御協力頂きました伊那市役所産業振興部耕地林務課林務係係長の下島聡氏、伊那市長谷総合支所長の中山昌計氏、長谷鹿飼育施設管理人の中山梅次氏、JA 上伊那畜産課長を始めとする職員の皆様、三沢厚氏、山口大学農学部生物生産科学講座の細井栄嗣准教授、北海道大学大学院農学研究院の近藤誠司教授、および同

大学北方生物圏フィールド科学センターの秦寛教授に厚く御礼申し上げます。また、ニホンジカの音声コミュニケーションについてご教示頂きました、麻布大学獣医学部野生動物学研究室の南正人講師に感謝いたします。

## 引用文献

- 1) Charlton B.D., Reby D., McComb K., 2005. Female perception of size-related formant shifts in red deer, *Cervus elephus*. *Animal Behaviour*. 74 ; 707-714.
- 2) Charlton B.D., Reby D., McComb K., 2007. Female red deer prefer the roars of larger males. *Biology Letters*. 3 ; 382-285.
- 3) Clutton-Brock T.H., Albon S.D., 1979. The roaring of red deer and the evolution of honest advertisement. *Behaviour*. 69 ; 145-170.
- 4) Fitch W.T., 1997. Vocal tract length and formant frequency dispersion correlate with body size in rhesus macaques. *Journal of the Acoustical Society of America*. 102 ; 1213-1222.
- 5) Fitch W.T., 2000. Skull dimensions in relation to body size in nonhuman primates: the causal bases for acoustic allometry. *Zoology*. 103 ; 40-58.
- 6) Hauser M.D., 1993. The evolution of nonhuman primate vocalizations: effects of phylogeny, body weight and social context. *American Naturalist*. 142 ; 528-542.
- 7) 広島県, 2008. 宮島におけるニホンジカの生息状況等調査検討報告書～保護と管理のために～. 広島県, 広島. 18-23.
- 8) 環境省, 2009a. 狩猟及び有害捕獲等による主な鳥獣の捕獲数. [cite 23 January 2012]. Available from URL : <http://www.env.go.jp/nature/choju/docs/docs4/higai.pdf>
- 9) 環境省, 2009b. 年齢別狩猟免許所持者数データ. [cite 23 January 2012]. Available from URL : <http://www.env.go.jp/nature/choju/docs/docs4/menkyo.pdf>
- 10) Masataka N., 1994. Lack of correlation between body size and frequency of vocalisations in young female Japanese macaques (*Macaca fuscata*). *Folia Primatologica*. 63 ; 115-118.
- 11) McComb, K.E., 1987. Roaring by red deer stags advances oestrus in hinds. *Nature*. 330 ; 684-649.
- 12) McComb K.E., 1988. Roaring and reproduction in red deer *Cervus elaphus*. Ph. D. thesis. University

- of Cambridge.
- 13) McComb K.E., 1991. Female choice for high roaring rate in red Deer, *Cervus elaphus*. *Animal Behaviour*. 41; 79-88.
  - 14) Minami M., 1997. Vocal repertoire and functions of vocalization in the rutting season in shika deer, *Cervus Nippon*. 大阪市立大学大学院博士論文. 51-95.
  - 15) Minami M., Kawamichi T., 1992. Vocal repertoires and classification of the sika deer *Cervus Nippon*. *Journal on the Mammalogical Society of Japan*. 17; 71-94.
  - 16) Mitchell W.R., Robinson J., 1974. The bowland a shika : some note on vocal activity. *Deer* 3; 150-153.
  - 17) 長野県, 2011. 第3期特定鳥獣保護管理計画(ニホンジカ). 1-55.
  - 18) Reby D., McComb K., 2003. Anatomical constraints generate honesty: acoustic cues to age and weight in the roars of red deer stags. *Animal Behaviour*. 65; 519-530.
  - 19) Riede T., Fitch W.T., 1999. Vocal tract length and acoustics of vocalization in the domestic dog, *Canis familiaris*. *Journal of Experimental Biology*. 202; 2859-2869.
  - 20) 鈴木陽一, 赤木正人, 伊藤彰則, 佐藤 洋, 苮木禎史, 中村健太郎, 2011. 音響学入門. コロナ社, 東京. 118-207.

### Comparison of the rutting whistle and agonised call of male Sika deer among subspecies in the mating season

Ken-ichi TAKEDA<sup>1</sup>, Risa DANJO<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Production Science, Faculty of Agriculture, Shinshu University

<sup>2</sup>Curently, Kansai Branch, Wildlife Management Office Inc.

#### Summary

The rutting whistle and agonised call of male Sika deer (*Cervus nippon*, hereafter, deer) were compared among subspecies in the mating season with the goal of reducing the labour involved in culling deer.

Three subspecies (Yezo deer, *C. n. yezoensis*; Honshu deer, *C. n. centralis*; Yaku deer, *C. n. yakushimae*) of Sika deer that clearly differ morphologically were studied. We digitally recorded vocalizations emitted by male deer of each subspecies in the mating season, from October to November. These recorded calls were divided into the rutting whistle and the agonized call and converted into WAVE files using wave pattern editor software. Then, each call was subdivided into three phases—the beginning, middle, and end of each call—and the fundamental frequencies (F0) and first to fourth formant (F1~F4) were extracted from the calls using sonography software.

There were no differences in the rutting whistle among subspecies. However, the agonized call of Yezo deer in each phase was lower than that of Yaku deer ( $P < 0.01$ ), and the agonized call differed with body size. Our results suggested that male deer attract females using the agonized call.

**Key word** : crop damage, culling, population management, Sika deer, vocalization