

# 車両接近時の鹿の行動と音による行動制御の可能性

志村 稔\* 潮木 知良\* 京谷 隆\*  
中井 一馬\*\* 早川 敏雄\*\*\*

## Study of Behavior of Sika Deer Nearby Railroad Tracks and Effect of Alarm Call

Minoru SHIMURA Tomoyoshi USHIOKI Takashi KYOTANI  
Kazuma NAKAI Toshio HAYAKAWA

Deer-train collisions have become a serious problem in Japan. To understand why and how the deers were run over by trains, we observed the deer behavior around tracks from trains. It was revealed that mainly three types of deer behavior (preceding on the track, standing, and crossing) caused the collision. We also investigated a deer response to an alarm call and a train horn. It was revealed that, whatever the deers are domestic or wild, they were on alert when they heard those sounds. Blowing the sound makes deer being on the alert, therefore, that may be a useful method to prevent collision.

キーワード：鹿，衝撃事故，警戒声

### 1. はじめに

近年，走行中の鉄道車両が鹿と衝突する事故（以下，衝撃事故と記す）が増え，鉄道事業者にとって無視できない問題となっている。野生動物と自動車との衝撃事故は「ロードキル問題」として以前から動物学者による研究対象とされている<sup>1)</sup>が，鉄道車両と動物の衝撃事故を対象とした研究事例は少ない<sup>2)</sup>。そこで，線路付近での鹿の行動を現地で観察し，接近する列車に対する行動と，衝撃に至る状況を実際に確認する必要があると考えた。また，農林業分野を中心として鹿による被害防止のために，鹿が嫌うとされる様々な刺激（匂い，光，音）を利用した対策が試されており，鉄道でも試行された例が多い。しかしながら，これらの忌避手法の効果も十分とは言えず<sup>3)</sup>，改良が求められている。筆者らは，各種の刺激の中から「音」に注目し，衝撃事故に直結する危険な鹿の行動の抑止への利用を検討するために，音に対する鹿の反応の調査を行った。

本報告では，線路周辺における鹿の行動調査の結果および音に対する鹿の反応調査試験の結果について報告する。

### 2. 鹿の行動と衝撃事故発生の関係

#### 2.1 鹿の行動の調査

列車接近時の鹿の行動を把握するため，鹿衝撃事故件数が多いA路線の車内から沿線の鹿の行動を調査した。

A路線では，10月から3月に鹿衝撃事故件数が増加し，また1日の中では，夕方以降に集中している。このため，平成25年1月下旬の3日間，および3月初旬の3日間の合計6日間に渡り，16時過ぎから24時まで（1日約8時間，合計約48時間）車両先頭部窓ガラス内側にカメラを設置し，撮影を行った。このとき，正面方

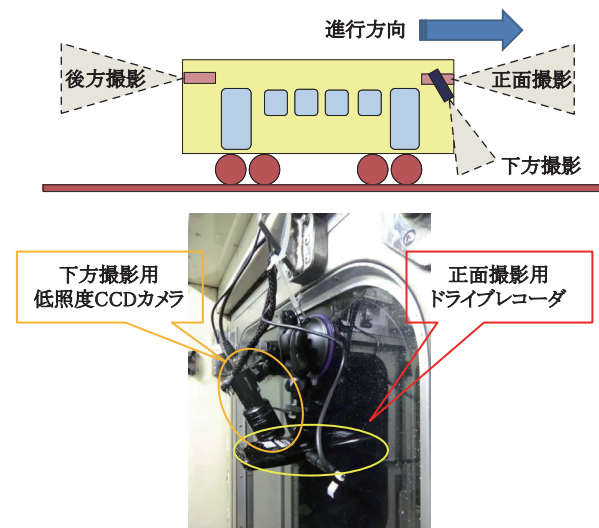


図1 カメラの設置状況

\* 人間科学研究部 生物工学研究室  
\*\* 人間科学研究部 人間工学研究室  
\*\*\* 人間科学研究部 生物工学研究室  
(現 事業推進室 事業企画)

向および下方向を撮すために2台のカメラ（ドライブレコーダーおよび低照度対応CCDカメラ）を用いた(図1)。

正面方向に向けたカメラの映像から、沿線にいる鹿の発見時の位置、頭数、列車に対する反応の有無、逃走・静止などの行動に関する情報を得た。下方向カメラの映像からは、衝撃直前の鹿の動き、車両側の衝撃位置、衝撃後の鹿の状況などの情報が得られた。上記の情報を整理し、列車接近時の鹿の行動の整理・分類を行った。

## 2.2 列車接近時の鹿の行動

列車から観察された鹿の大半は、衝撃の可能性がない、または衝撃する可能性は低いと推定される位置で発見された。図2の例のような明らかに危険な位置にいた事例は全観察事例の2割に過ぎなかった。

列車は鹿を発見した時点で減速するとともに、警笛を吹鳴していた。このとき、鹿は列車の方に顔を向けていることが映像から確認できており、鹿は早い段階で列車の存在を認識していると考えられる。観察された鹿の大半は、列車に気がつくや逃走したが、少数ながら全く移動しない個体もあり、こうした個体はそのまま衝撃に至った。移動しなかった理由は不明であるが、後述するようにこうした行動を「立ちすくみ」と呼ぶことにした。

列車の接近に反応して逃走する場合、列車を先導するかのように線路内を逃げていく事例に10回以上遭遇した。その多くは、しばらく線路内を逃走したのちに線路から離脱していったが、線路内を走る距離に規則性は認められなかった。なお、警笛の吹鳴に反応して線路から離脱したように見える事例も存在した。また、逃走中に急に方向を変えてほぼ直角に線路から離脱する事例が確認された。映像を精査したところ、離脱地点には鹿のものと思われる踏み跡（鹿道）が存在していた。鹿は、鹿



図2 線路内で観察された鹿

道に強く執着するといわれていることから、逃走中にたまたま存在していた鹿道が離脱のきっかけになった可能性も考えられる。また、複数頭で逃げているときには、1頭が線路外に出ると他の個体もその後を追って出て行くことがたびたび観察された。これは群を作る動物でよく見られる行動である。

発見時には安全と思われる場所にいたにもかかわらず列車が接近してから、線路を横断して逃げようとする個体が多数観察された。こうした行動には2種類があり、一つは線路近くで停止していた個体が、列車が近づいた時点で線路の反対側を目指して逃走を開始する事例である。もう一つは、先行する他の個体のあとを追いかけたため、結果的に列車の直前を横断するようになってしまった事例である。後者の事例では、最初に線路を横断した鹿は列車と十分な距離がある時点で横断できているが、その後を追って横断した個体は列車の直前を横断する形になってしまうようである。鹿の尻の部分には白い毛が密生しており（尾鏡と呼ばれる）、逃走するときにはこの毛が逆立ち非常に目立つようになる。この尾鏡を見た鹿はその後を追ってしまう性質があると言われており、このような状態になると、列車の存在を無視するものと思われる。

車上調査時に遭遇した衝撃事故の半数は列車の直前を横断する行動の結果として発生しており、事故防止の観点から最も対策が必要な行動であると考えられる。また、こうした行動に対しては運転士には実施可能な対策がなく、回避できた場合でも心理的な負担が大きいものと考えられる。

## 2.3 行動の分類と衝撃との関係

約150回の観察事例における鹿の行動を整理し、「線路内逃走」、「外方向逃げ」、「立ちすくみ」（以上3種類は、発見時に線路内にいた場合）、「線路並走」、「外方向逃げ」、「静止」、「横断」、「直前横断」（以上は発見時に衝撃の恐れが低い場所にいた場合）の8種類に分類した(図3)。これらのうち、「線路内逃走」、「立ちすくみ」、「直前横断」の3種類の行動において衝撃事故が発生した。

線路内逃走は全観察事例の10%近くを占め、そのうち2回が衝撃に至った。しかし、列車との衝撃後にそのまま逃走の様子が映像から確認できた。線路内逃走の場合には、列車には減速する時間があること、また、必然的に臀部と衝撃することが多いため、比較的軽傷で済むと考えられる。衝撃事故後に鹿の死骸が発見されない場合には、死なずに逃走したケースも含まれると考えられる。

A路線では、線路の左右に退避できる場所が広がっている区間が多い。それにもかかわらず、列車と競争するように線路内を逃走する理由は不明である。線路外に追

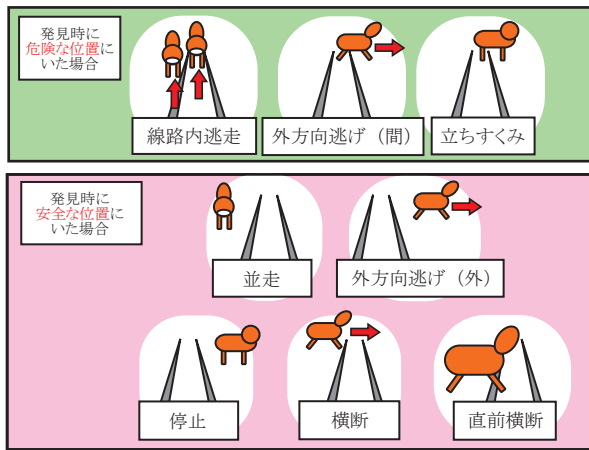


図3 観察された鹿の行動の分類

い出す方法を考案するためには、線路内を逃走する理由を突き止めることが有効であるため、さらに調査を行う必要がある。

事例数は少ないが、立ちすくみの場合は必然的に衝撃に至る（結果的に退避した事例は、立ちすくみではなく外方向逃げに分類される）。映像では、鹿は列車を両眼視しているように見え、列車が接近してくることは理解できていると考えられる。この場合、列車は十分に減速しており、逃げるための時間的余裕があるにもかかわらず衝撃してしまうため、運転士の心理的負担は大きいと思われる。

「直前横断」は最も危険な行動であり、調査中に遭遇した衝撃事故の半数はこの行動により発生した。現地での調査中、線路近くの鹿を発見しても、警笛を鳴らさない事例にも遭遇した。これは、警笛の吹鳴により直前横断を誘発する可能性が高まると判断したためであり、鹿の状態に応じて警笛の使い方を工夫する必要があることを示唆している。

#### 2.4 危険な行動の回避策の検討

行動調査から危険な行動には3種類あることが明らかになった。このうち、線路内逃走と立ちすくみに関しては、何らかの方法で行動を変化させることが必要であり、一方、直前横断については、行動の開始を止める（それまでの状態を持続させる）ことが有効と考えられる。これらの2つを実現できる方法を検討する必要がある。

鹿の行動を制御するためには、何らかの合図（刺激）を与えることが考えられる。合図として、においては風向きに左右され鹿に届かないことが考えられるため適さない。また、鹿事故は夜間に多いことから、光であれば遠くまで届けることができるが、先行研究の調査からは、光が行動を変化させる刺激になるという事例は見つけれなかった。音は比較的遠くまで届き、爆音器など動物を追い払う目的の装置も実用化されている。このため、

音を刺激として利用することを考えたが、繰り返し使用すると効果が薄れていくといわれていることから、鹿に対してさらに効果的な音を検討する事にした。

### 3. 音による行動制御の検討

#### 3.1 先行事例の調査

欧米でも、自動車と鹿の衝突事故は発生しており、様々な対策が施されているが、その中の1つとして deer whistle と呼ばれる市販品がある。deer whistle には電子式および風圧を利用した笛タイプのものがあり、電子式はスイッチの操作により、笛タイプのは自動車のボディに装着して走行時の風を利用して音を発する。いずれの場合も、鹿が嫌う音を発することで、衝突の回避に効果があると説明されている。国内の鉄道事業者が鹿対策として笛タイプの deer whistle を車両に取り付けた例も散見されているが、その効果については評価が分かれている。また、鹿が deer whistle の音を嫌うということを示す具体的な実験データを現時点までに見つけることができていない。このため、deer whistle の音を生理的に嫌うというよりも、聞き慣れない音に警戒しているのではないかと、とも考えられる。この場合は、設置直後には効果があっても、持続しないと予想される。

一方、北海道の道路でも増え続ける鹿（エゾシカ）と自動車の衝突事故が問題となっており、（一社）北海道開発技術センターおよび帯広畜産大学のグループにより、鹿が発する「警戒声」による鹿交通事故防止技術の研究が行われている<sup>4)</sup>。警戒声は、後述するようにその音自体に意味があると考えられることから deer whistle よりも効果が期待できると考えた。

#### 3.2 警戒声とは

動物学の分野では、ほ乳類や鳥類が声によって様々な情報を交換していることが認められている。南ら<sup>5)</sup>は、鹿の音声と行動を記録することにより、鹿は危険を知らせるための「ピャッ」という音声を含めて13種類の音声を使い分けていることを明らかにした。また、多くの声は繁殖期だけに使用するのに対し、危険を知らせる音声（警戒声）は1年中使用されるとしている。したがって、警戒声はあらかじめ危険と結びつけて学習されており、しかも1年中有効であると考えられ、他の音よりも慣れが生じにくいことが期待できる。先行研究<sup>4)</sup>では、上述の deer whistle の音と鹿警戒声を飼育下の鹿（エゾシカ）に聞かせた場合に、deer whistle 音よりも鹿警戒声の方が鹿の警戒行動を引き出す効果が大きいという結果が示されている。また、実際に利用する場面を想定した場合には、自然音である鹿警戒声の方が、近隣から苦情を受ける可能性が低いことも期待できる。

### 3.3 各種の音に対する鹿の反応の調査

鹿衝突事故対策としての警戒声利用の可能性を確認するために、先行研究を追試することにした。ここでは、飼養されている鹿または野生の鹿に対して警戒声および他の音を吹鳴し、その際の反応を調べた結果について述べる。なお、本試験は、警戒声の利用研究で先行する(一社)北海道開発技術センターとの共同研究として実施した。

#### (1) 飼養個体での試験

警戒声の効果を確かめるためには、野生の鹿で試験することが望ましいが、鹿がいつ、どこに出現するかは不確定であるため、飼養されている鹿を対象として試験を実施する事にした。試験は、(一財)奈良の鹿愛護会の協力を得て、同財団が管理する鹿苑にて実施した。鹿苑は、負傷した個体や、捕獲された個体の保護を目的とした施設であり、動物園等で累代飼育されている個体に比べれば、野生個体に近い反応が見られることから試験地として選定した。

#### 試験1：警戒声と他の音の効果の比較

鹿 111 頭(雌または若い個体)に対して、鹿警戒声(鹿の位置で 60dB または 51dB 相当)、ディーゼル車両走行音(同 55dB または 61dB)、警笛(AW-5)音(同 65dB または 46dB)の3種類の音を、警戒声→警笛音→走行音の順番で吹鳴した(図4)。午前中にこれを2回、午後3回の試験を行った。各音の吹鳴は15分から30分の間隔を空け、目視により鹿が落ち着いたと判断できてから次の音を吹鳴した。各音の吹鳴時間は1回目は10秒間、2回目以降は30秒間とした。

鹿警戒声を聞かせた場合、まず音の方向に顔を向け静止(注目行動)、その後、音から遠ざかる方向に走り出した(逃走行動)。また、逃走を終了し、停止したあとには耳を立て、周囲を見回していた(警戒行動)。警笛音および列車走行音を吹鳴した場合にも、同様の行動が認められた。しかしながら、列車走行音については、試験を繰り返すうちに、走る距離が顕著に低下するとともに、警戒行動の持続時間が短縮した。このことから、列車走行音は他の音よりも効果が低いと判断した。しかし、警戒声と警笛音と間の優劣は判断できなかった。

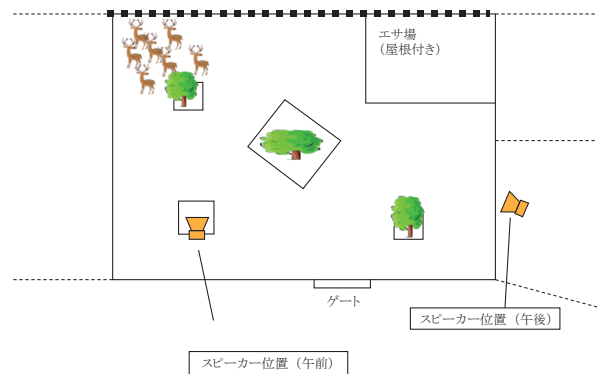


図4 試験1における鹿とスピーカーの位置  
(区画の大きさ：横 41m, 縦 35m)

に、警戒行動の持続時間が短縮した。このことから、列車走行音は他の音よりも効果が低いと判断した。しかし、警戒声と警笛音と間の優劣は判断できなかった。

試験1では、各音の吹鳴に対する行動の違いの他、注目行動及び警戒行動の持続時間を計測し、これを指標として評価を行う計画であったが、区画内にいた鹿頭数が多かったため、計測対象とする鹿(最初に行動を取りやめた個体)の特定が困難であり、行動の違いという定性的評価のみを行った。この点は反省点であり、今後、さらに厳密な試験を実施し、定量的な評価を行いたいと考えている。

#### 試験2：断続音と連続音の効果の比較

試験2においては、「ピーーッ」と長く吹鳴する警笛音と、「ピーッ、ピーッ、ピーッ」と断続的に吹鳴するように加工した警笛音(0.5秒の短い警笛音を、10秒間に10回吹鳴)を使用した。これは、鹿野らが2種類の電子式 deer whistle(連続音を吹鳴するものと断続音を吹鳴するもの)の効果と比較した結果、断続音の方が警戒を促す効果が高いと報告<sup>6)</sup>していたためである。また、警戒声と警笛音の間に効果の差異が認められなかったことから、試験2として、断続的な音の効果を検証することにした。

試験1の反省にたち、8頭(雌および若い個体)を別区画に分離して試験を実施した。また、試験1では鹿から見える位置で観察を行ったため、観察者の存在が鹿の行動に影響した可能性が考えられた。このため、吹鳴操作および観察は鹿からおおよそ30m離れた死角になる位置(角きり場のスタンド)から行った(図5)。

各音の吹鳴間隔は1時間とし、前の試験の影響の排除に努めた。さらに、連続音と断続音からなる試験を1セットとし、1セット目(個体群A)終了後に、群れを変えて2セット目の試験(個体群B)を実施した。警笛音は、鹿の位置で約60dBとなるように音量を調整し、10秒間吹鳴した。観察および撮影は吹鳴後10分間行った。

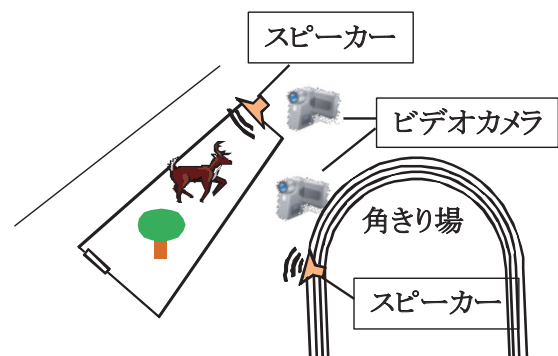


図5 試験2における鹿とスピーカーの位置  
(区画の大きさ：横 35m, 縦 12m)

試験の結果を表1に示す。試験1と同様に、連続的な警笛音、断続的な警笛音のいずれに対しても逃走行動をとり行動の種類には差異が認められなかった。しかしながら、注目時間（吹鳴から逃走開始までの時間）は両個体群ともに断続音の方が連続音より長くなっていた。本試験は鹿に負担を与えるため統計的検証に必要な量の試験を実施することはできなかったが、先行研究と矛盾しない結果が得られたと考える。

表1 警笛音（連続音・断続音）に対する反応

個体群	音の種類	反応	注目時間*
A	連続音	注目, 逃走	1" 07
	断続音	注目, 逃走	1" 31
B	連続音	注目, 逃走	1" 44
	断続音	注目, 逃走	3" 05

\*注目時間：最初に行動した個体における、吹鳴から逃走開始までの時間

(2) 野生個体での試験

飼養個体を用いた試験から、警戒声および警笛音に対して鹿が反応することを確認できた。しかし、野生の鹿でも同様の反応を示すかは不明であるため、野生の鹿を用いた試験を実施することにした。

野生の鹿で試験をする場合、鹿が現れそうな場所で待ち伏せをする定点式の試験と、野生の鹿を探して行う移動式の試験が考えられる。ここでは鹿と遭遇する可能性を優先して移動式の試験を採用した。また、複数種類の音の効果を比較するためには同一個体で試験をするべきであるが、野生の同一個体と繰り返し遭遇することは困難であると考え、音の種類間の比較はせずに警戒声の効果を確認することに特化することとした。

試験は、鹿の個体数が多いといわれている北海道阿寒町および白糠町において2014年の11月中旬の5日間実施した。16時から22時まで自動車で行き、道路周辺に現れる鹿を探した。鹿の姿を確認した場合、周囲の安全を確認したうえでスピーカーから警戒声を吹鳴し、その前後の鹿の行動を撮影した。

5日間に発見した鹿の頭数は、1頭(2回)、2頭(4回)、3頭(5回)、4頭(4回)、10頭以上(1回)と一定でなかったが、頭数に関係なく1回と数え、合計16回の警戒声に対する反応を調査することができた。外見上明らかな成獣の雄が15頭、その他は雌か幼獣であった。16回のうちの1回を除いてすべて草地で発見された鹿であり、採餌のために移動してきた個体であると推測される。

16回の試験事例中13回で、鹿は警戒声に気がつくると注目行動をとった(表2)。図6に、警戒声吹鳴後の典型的な鹿の状態を示す。この場合は、3頭の鹿が注目行動をとり、その後ゆっくり離れていった。各事例において、注目行動の継続時間は一定ではなく、個体による

表2 警戒声に対する野生個体の反応

群れの構成	吹鳴に対する反応
雄1頭	逃走
雄1頭, 雌1頭	注目-歩行-注目
雌1頭, 他1頭	注目-逃走
雄5頭, 他10頭以上	注目-逃走
雄1頭, 雌1頭, 他2頭	注目
雄2頭, 雌1頭, 他1頭	注目-逃走
雄1頭	逃走
雌1頭, 他1頭	逃走-注目
雌2頭, 他2頭	歩行-注目
雄1頭, 他2頭	注目
雌2頭, 他2頭	逃走
雌2頭, 他1頭	注目-逃走
他3頭	逃走-注目
他3頭	注目-歩行
雌1頭, 他1頭	注目-逃走
雄3頭	歩行-注目

反応の差によるものと考えられる。いずれにしても、先行研究でも示されていたように、警戒声を吹鳴することで、野生の鹿の警戒心を引き出し、行動を停滞させることが可能であると考えられる。飼養個体を用いた試験では、警戒声やその他の音に反応して激しく走り出す個体が観察されたが、野生の鹿の場合は、激しく走ることはなく、歩行もしくはゆっくりと駆け足でその場を離れていった。この結果から、音に対する激しい逃走行動は、飼養個体特有の行動である可能性が考えられる。警戒声を吹鳴することで、鹿が急激に走り出すことはかえって危険な状況を招く恐れがあるため、そのような行動を誘発しないことはむしろ好ましいと考える。

飼養個体での試験では、スピーカーから鹿までの距離をほぼ一定に保つことができたが、野生個体では事例毎に鹿までの距離は異なった。このため、各鹿が聞いた音の大きさは異なっていたはずであるが、警戒声の吹鳴から注目行動までに要した時間に大きな差異は認められな



図6 警戒声に対して注目行動を示す野生の鹿

かった。このことから、音の大きさよりも音の種類や質が重要であることが示唆される。

#### 4. 今後の展開

音を用いる従来の対策では、鹿を驚かせてその場から追い払うことが主目的になっている。しかし、線路周辺にいる鹿の大半が、車両と衝撃する恐れがない場所にいることが車上調査で確認されており、鹿を驚かせて走り回らせることは好ましくない。一方、本報告における野生鹿に対する吹鳴試験結果や先行研究事例から、警戒声によって鹿の注意を引き出せることは認めて良いと考えられる。そこで、警戒声を利用して車両に対する警戒心と呼び起こすことが考えられる。例えば列車の接近にあわせて警戒声を吹鳴することで、線路の横断行動の開始を思いとどまらせる、あるいは、線路内にいる個体に移動を開始するきっかけを提供することができる可能性があると考えられる。鹿衝撃事故の多くは直前横断と立ちすくみから発生すると考えられるため、これにより衝撃事故の削減効果が期待できる。また、警戒声は鹿の生活の中で危険と関係づけて学習されているため、他の音や忌避剤などに比べて「慣れ」が生じにくいことも考えられる。これらのことを確認するためには、飼養個体を用いてさらに詳細な試験を実施するとともに、鉄道沿線または車両から警戒声の吹鳴を試行し、効果を確認することが必要である。今後これらの試験を実施するとともに、警戒声以外の音、特に周波数などの工夫により効果を向上できるかについても検討してみたいと考える。

#### 5. まとめ

線路周辺での鹿の行動を調査した結果、主に3種類の行動（線路内逃走、立ちすくみ、直前横断）が衝撃事故の発生と関係していることが明らかになった。これらの行動を減少することを目的として、自動車との交通事故対策として研究されている鹿警戒声に着目し、基礎的な

試験を実施した。飼養されている鹿、野生の鹿の両方ともに、警戒声の吹鳴に対して注目行動を示すことを確認した。また、断続的な音の方が効果的であることが示唆された。これらの結果から、警戒声を利用して危険な行動を抑止することの可能性を示した。

本研究では、警戒声による鹿の行動制御について検証しその可能性を示したが、実用化のためには、さらに研究を行う必要がある。また、鹿止め柵や走行速度の抑止などの他の対策とも組み合わせることで効果の向上を図ることも重要と考える。

#### 謝 辞

音に対する鹿の反応調査を実施するにあたっては、東北職業能力開発大学校山川晃准教授と一般財団法人奈良の鹿愛護会の協力を得た。末筆ながら謝意を表する。

#### 文 献

- 1) John A. Bissonette : Road Ecology, Island Pr, 2002.
- 2) C. Ando : The relationship between deer-train collisions and daily activity of the sika deer, *Cervus nippon.*, Mammal study, Vol. 28, pp.135-143, 2003.
- 3) 林陽, 藤井昭治, 赤松清編 : 動物忌避剤の開発, シーエムシー出版, 1999
- 4) 鹿野たか嶺, 野呂美沙子, 柳川久, 神馬強志 : 音を用いたエゾシカの交通事故対策の検討 (中間報告), 野生生物と交通研究会, 第6回野生生物と交通研究会講演論文集, pp.83-88, 2007
- 5) Masato MINAMI and Takeo KAWAUCHI : Vocal repertoires and classification of the sika deer *Cervus nippon.*, J. Mamm. Soc. Japan, Vol. 17, pp.71-94, 1992.
- 6) 鹿野たか嶺, 柳川久, 野呂美佐子, 原文宏, 神馬強志 : 交通事故防止を目的としたエゾシカに対するディアホイッスルの有効性, 野生生物保護, Vol. 12, pp.39-46, 2010