

卒業論文

動物避け警笛の音響特性の測定と
動物への影響に関する研究

北海道科学大学 創生工学部

情報フロンティア工学科

2-12-0-019

2-12-0-132

指導教員 松崎 博季

2016年(平成28年)2月

目次

第1章 緒言	1
第2章 動物避け警笛	3
2.1 まえがき	3
2.2 動物避け警笛とは	3
2.2.1 ES-101が発する超音波について	4
第3章 動物避け警笛の音響特性に関する実験	5
3.1 まえがき	5
3.2 実験器具	5
3.2.1 ブロワと自作防音箱について	6
3.3 貫通型および非貫通型各々の音響特性	7
3.3.1 概要	7
3.3.2 実験方法	7
3.3.3 結果および考察	8
3.4 風速の違いによる警笛の周波数特性	9
3.4.1 概要	9
3.4.2 実験方法	9
3.4.3 結果および考察	10
3.5 装着角度の違いによる警笛の周波数特性	10
3.5.1 概要	10
3.5.2 実験方法	11
3.5.3 結果および考察	11
3.6 貫通型および非貫通型の警笛間の距離の違いによる周波数特性	14
3.6.1 概要	14
3.6.2 実験方法	14
3.6.3 結果および考察	16

第 4 章	動物避け警笛がエゾシカに与える影響に関する実験	17
4.1	まえがき	17
4.2	検証実験用音声について	17
4.3	実験使用器具	17
4.4	実験方法	18
4.5	結果および考察	19
第 5 章	結論	22
5.0.1	動物避け警笛の音響特性に関する実験	22
5.0.2	動物避け警笛が動物に与える影響に関する実験	22
	参考文献	23
付 録 A	動物避け警笛の使用方法	24
A.1	警笛を取り付ける前の下準備	24
A.2	警笛の取り付け方法	24
A.3	警笛のメンテナンス	24
付 録 B	検証実験用音声に対するエゾシカの反応	25
	謝 辞	27

第1章 緒言

現在、北海道ではエゾシカと車両の事故（以下、衝突事故とする）が年々増加傾向にあり、深刻な問題となっている [1]。衝突事故の多くは秋や冬に発生している [2]。衝突事故増加の一因には、エゾシカの生態が関係している。エゾシカは越冬地から植物の豊富な草原へと大規模な移動を行い、いくつもの道路を横断する。また、林の中よりも雪解けが早い道路脇の斜面には、草を食べにエゾシカが頻繁に出没するので、車両との接触のリスクが高まる [3]。

エゾシカの推定生息数と交通事故の発生件数のグラフを図 1.1 に示す。エゾシカの生息数

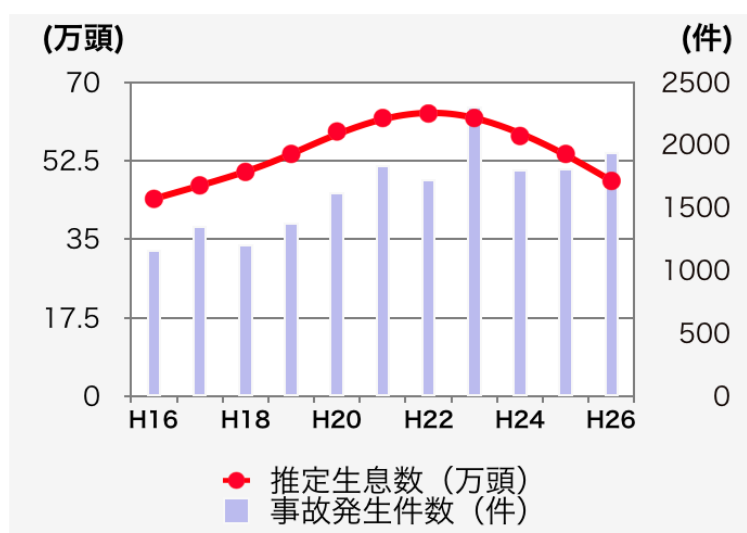


図 1.1: エゾシカの推定生息数と衝突事故発生件数 [1,4]

の増加に比例してエゾシカが関係する交通事故数も増加していることがわかる。そのために様々な試みがあらゆる分野で行われている。その中で野生動物と車両の交通事故を防ぐために開発されたものとして、動物避け警笛（以下、警笛とする）がある [5]。警笛は風圧で音が鳴るタイプと電気信号によって音が鳴るタイプの2つに大別される。国内の車用品専門店で販売されている警笛は海外からの輸入品であり、風圧を取り込むタイプのものがほとんどである。警笛の取り扱い説明書には、車両走行時に風圧を受けて発生する音を道路に侵入しようとしてきた動物に聞かせることで、動物を怯えさせることなく立ち止まらせて衝突事故を防止することが記述されている。しかし、警笛が発生する音のどのような成分に効果があ

り、本当に野生動物を近づけさせないのかは不明とされている点が多い。そこで本研究では、警笛がどのような周波数特性を有するかを調べ、実際にエゾシカに聞かせたときの反応を探る実験を行なうことで、これらを明らかにすることを試みる。

第2章 動物避け警笛

2.1 まえがき

本章では，動物避け警笛の概要及び超音波との関係について記述する．

2.2 動物避け警笛とは

動物避け警笛とは，車両と動物の衝突事故を防ぐために開発されたものである．動物避け警笛は車両に装着して使用するもので，

- 車両走行時に動物に警戒音などと感じさせる音を発する．
- 車両に近づいていた動物は，この音を警戒音と感じ行動を停止する．

という形で動物を車両に近づけさせない効果を有しているとされる．

本研究で使用した動物避け警笛 ES-101 は，図 2.1 に示すように貫通型および非貫通型と呼ばれる 2 種類の警笛一対で構成されている（ES-101 の使用方法については付録 A 参照）．ES-101 の商品紹介サイト [5] には，車両走行時に警笛に取り込まれる空気により，貫通型と



図 2.1: 本研究で使用した動物避け警笛 (ES-101)

非貫通型それぞれが異なる超音波を発生し，これらの超音波により動物を車両に近づけさせないことが謳われている．

2.2.1 ES-101 が発する超音波について

超音波とは、振動数が人間の可聴周波数領域を超える音波のことである。人間の可聴周波数領域は 20 Hz から 20 kHz とされているが、個人差があるため、明確な範囲ではない。ES-101 の取り扱い説明書には、16 kHz 以上の周波数の音波を超音波として、16 ~ 20 kHz までの動物が感じられる超音波を警笛が発することで、車両との接触事故を未然に防ぐと記載されている。

第3章 動物避け警笛の音響特性に関する実験

3.1 まえがき

本章では、警笛の音響特性に関する実験の使用器具、実験方法、結果について記述する。

3.2 実験器具

実験で用いる器具一覧を図 3.1 に示す。



(a) 電動ブロワ マキタ
(makita) UB1103



(b) 自作防音箱



(c) 風速計 BENETECH
GM8902



(d) 測定用 PC MacBook
Air



(e) マイクロフォン
Behringer ECM8000



(f) オーディオキャプチャ
Roland OCTA-CAPTURE
UA-1010

図 3.1: 実験器具一覧

3.2.1 ブロワと自作防音箱について

一定の風速を得るために図 3.1(a) の送風用ブロワを用いる。ただし、ブロワのモータ音が非常に大きく、音響測定実験に影響を及ぼすことが考えられたため、図 3.1(b) に示す防音箱を作成し、使用することでブロワ駆動時のモータ音を削減を試みた。

自作防音箱の構造を図 3.2 に示す。段ボール箱の内部にウレタンを貼り、外周をビニール

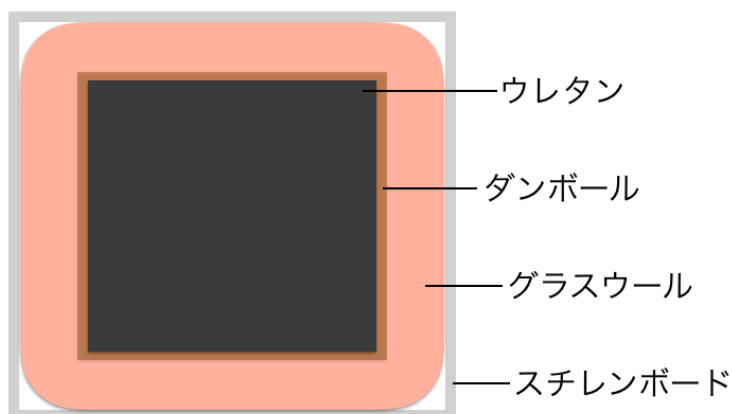


図 3.2: 自作防音箱の構造 (断面図)

入りのグラスウールで覆った。防音効果を確認するため、ブロワを防音箱で覆ったときと覆っていないときのブロワから発せられる音を比較した。結果を図 3.3 に示す。1 kHz 以下

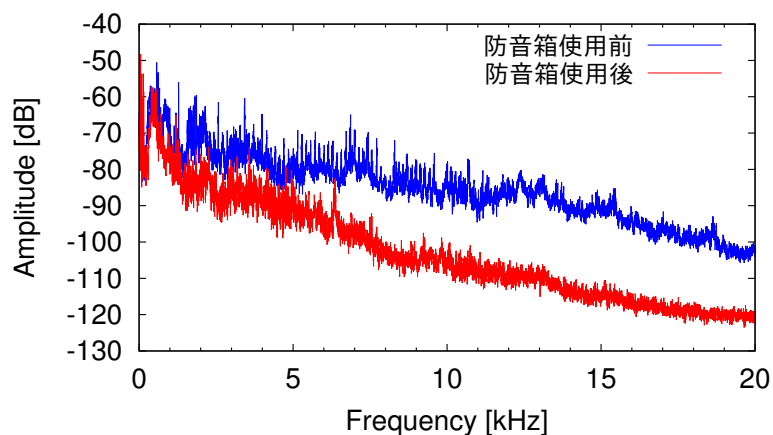


図 3.3: 防音箱使用前後のスペクトル比較

の低域部分はあまり防音効果を発揮されていないが、防音箱使用前より防音箱使用後の方が高域側の周波数の振幅が小さくなっていることがわかる。

3.3 貫通型および非貫通型各々の音響特性

警笛の音響特性の測定で行った実験の手順および実験結果を示す。実験場所は北海道科学大学の7号館7303室および5号館5201室である。

3.3.1 概要

警笛音を録音するにあたって、風速を一定に設定するためにブロワで空気を送風した場合と、ほぼノイズがない状態の音を録音するために膨らませた風船で送風した場合で実験を行った。

3.3.2 実験方法

ブロワを用いた際の実験方法を以下に示す。

1. 三脚に警笛、風速計を固定し、ブロワを防音箱で覆う。ブロワの送風口と貫通型および非貫通型の警笛、風速計の距離は、確実に風を当てるため5 cmとする。実験器具の配置は図3.4の通りである。なお、警笛とマイクロフォンの距離は120 cmである。



図 3.4: 実験器具配置図 (ブロワ使用時)

2. ブロワの風速を 70~75 km/h の間で設定する。

3. 風速 70~75 km/h の風を警笛に当て、マイクロフォンの感度を設定する。
 4. 各々の警笛に風を当ててから録音を開始し、10 秒以上経ったところで録音を終了する。
- 次に風船を用いた際の実験方法を以下に示す。
1. 三脚に警笛を固定する。風船を膨らませ、空気が漏れないように風船の口をねじる。風船はその都度新品を使用した。実験器具の設置は図 3.5 の通りである。なお、警笛とマイクロフォンの距離は 120 cm である。



図 3.5: 実験器具配置図 (風船使用時)

2. 警笛の風が入り込む部分を風船の口で覆うように装着する。
3. 録音を開始してから風船のねじりをほどこき、風が送り込まれなくなった時点で録音を終了する。なお、マイクロフォンの感度はブロワ使用時と同じである。

3.3.3 結果および考察

ブロワを使用して得られた貫通型および非貫通型のスペクトルを図 3.6 に、風船を使用して得られた貫通型および非貫通型のスペクトルを図 3.7 に示す。

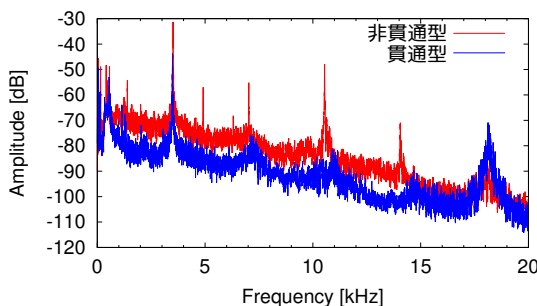


図 3.6: ブロワ使用時の警笛のスペクトル

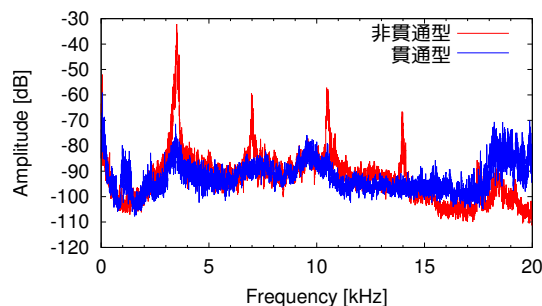


図 3.7: 風船使用時の警笛のスペクトル

非貫通型のスペクトルには、送風方法の違いに関わらず基音と考えられるピークが約 3.5 kHz に、さらにその倍音と思われるピークが約 7, 10.5, 14 および 17.5 kHz に見られる。貫通型のスペクトルにはブロワ使用時と風船使用時に違いが見られる。ブロワ使用時には約 3.5 kHz にピークが表れているが、風船使用時にはピークが小さく表れている。また、風船使用時にはブロワ使用時に見られる 3.5 kHz の倍音と思われる 7, 10.5 および 14 kHz の成分が確認できない。これは警笛の構造上、本来風が入り込むと思われる部分以外に笛の中に風を送り込むことのできる穴があり、そこから侵入した風によるものと考えられる。また貫通型では 18 kHz 以上の領域に他の周波数領域よりも大きな振幅が生じている。ブロワ使用時には 18 kHz にピークが表れているが、風船使用時には 18~20 kHz にかけて同じような大きな振幅が生じている。貫通型はブロワの送風口との距離や位置によりスペクトルが変化しやすかったが、どのような距離や位置で録音しても 18 kHz 以上に大きな振幅が表れる。

3.4 風速の違いによる警笛の周波数特性

3.4.1 概要

警笛は車両装着時、時速 50 km から効果を発揮すると云われている [5]。日本国内の高速道路での走行を考え、時速が変わることによって警笛の周波数特性に変化が表れるのかを明らかにすることを試みた。貫通型および非貫通型の警笛にブロワで風速 50 km/h, 70 km/h の風を当て音を録音し、各々のスペクトルを比較した。

3.4.2 実験方法

3.3.2 項のブロワを用いた実験方法にしたがって実験を行った。ただし、手順 2 において、風速を 50~55 km/h に設定した場合の測定も行った。

3.4.3 結果および考察

風速 50 km/h および 70 km/h の時の貫通型のスペクトルを図 3.8 に、非貫通型のスペクトルを図 3.9 に示す。

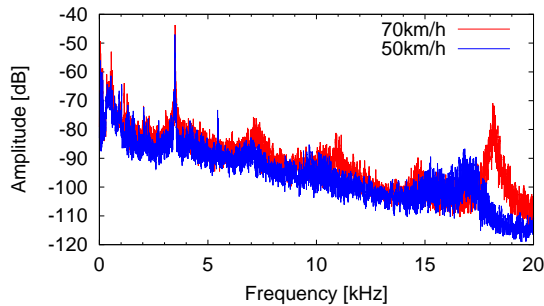


図 3.8: 風速の変化による貫通型のスペクトル比較

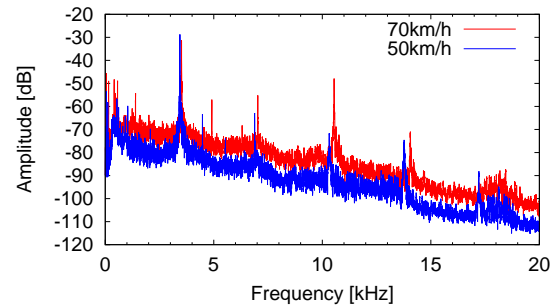


図 3.9: 風速の変化による非貫通型のスペクトル比較

貫通型も非貫通型も風速が上がるとスペクトル全体の振幅が大きくなっていることがわかる。貫通型の場合、風速 50 km/h で約 17 kHz の大きな振幅が 70 km/h になると約 1.5 kHz 高域側に移動している。非貫通型の場合、風速が上がると基音の周波数が約 100 Hz 高域に移動し、それに応じて倍音も高域に移動している。

3.3 節の実験で膨らませた風船を使用したが、風船から流れる風を風速計では測定できなかった。しかし図 3.7 の貫通型のスペクトルで表れていた 18 kHz 以上の超音波領域の成分が図 3.8 の風速約 70 km/h で確認することができ、図 3.7 の非貫通型のスペクトルで表れていた倍音の周波数成分が図 3.9 の風速約 70 km/h でほぼ同じ位置にあらわれていることがわかる。このことから風船から送出されていた空気は風速約 70 km/h だったのではないかと思われる。

3.5 装着角度の違いによる警笛の周波数特性

3.5.1 概要

警笛の取扱説明書には、水平から下方約 25° 以下の傾斜に取り付けると、風圧が取り込めなくなる恐れがあり超音波が低減すると書かれている [5]。そこで、角度の違いによって警笛の周波数特性（主に超音波領域）が変化するのかを調べるために実験を行った。

3.5.2 実験方法

1. 三脚に警笛，風速計を固定し，ブロウを防音箱で覆う．ブロウの送風口と貫通型および非貫通型の警笛，風速計の距離は，確実に風を当てるため5 cmとする．実験器具の配置は図 3.10 の通りである．なお，警笛とマイクロフォンの距離は120 cmである．



図 3.10: 実験器具配置図

2. 警笛の角度を三脚の傾きで $0, 10, 20, 25, 30$ および 40° まで設定し録音する．
3. 警笛にブロウで風を当ててマイクロフォンの感度を設定した後，貫通型および非貫通型の警笛にそれぞれ風を当ててから録音を開始し，10 秒以上経ったところで録音を終了する．

3.5.3 結果および考察

貫通型および非貫通型の角度を変え，風速 $50\sim 55$ km/h および $70\sim 75$ km/h の風を当てた時の各スペクトルをを図 3.11 に示す．

貫通型では風速 $50\sim 55$ km/h で 30° 以上の角度がついてしまうと 25° 以下の時と比べ 18 kHz 以上に表れていた超音波領域の周波数成分が他の周波数成分より表れにくくなる．風速 $70\sim 75$ km/h では 25° と 30° の時の超音波領域の振幅に大きな差は見られない．しかし， 40° まで角度がついてしまうと超音波領域の周波数成分が表れにくくなる．また， 0° 以外は

超音波領域の成分が 0° の時より約 1.5 kHz 高域側に移動して表れている．これは速度を変えても同様である．

非貫通型ではどの角度でも 3.5 kHz の基音が表れているが， 30° 以上の角度がついてしまうと倍音の振幅が小さくなって表れている．こちらも速度を変えても同様である．

以上より，ES-101 の車両への取り付け角度は取扱説明書 [5] に記載されてる通り， $0^\circ \sim 25^\circ$ にすべきであると言える．

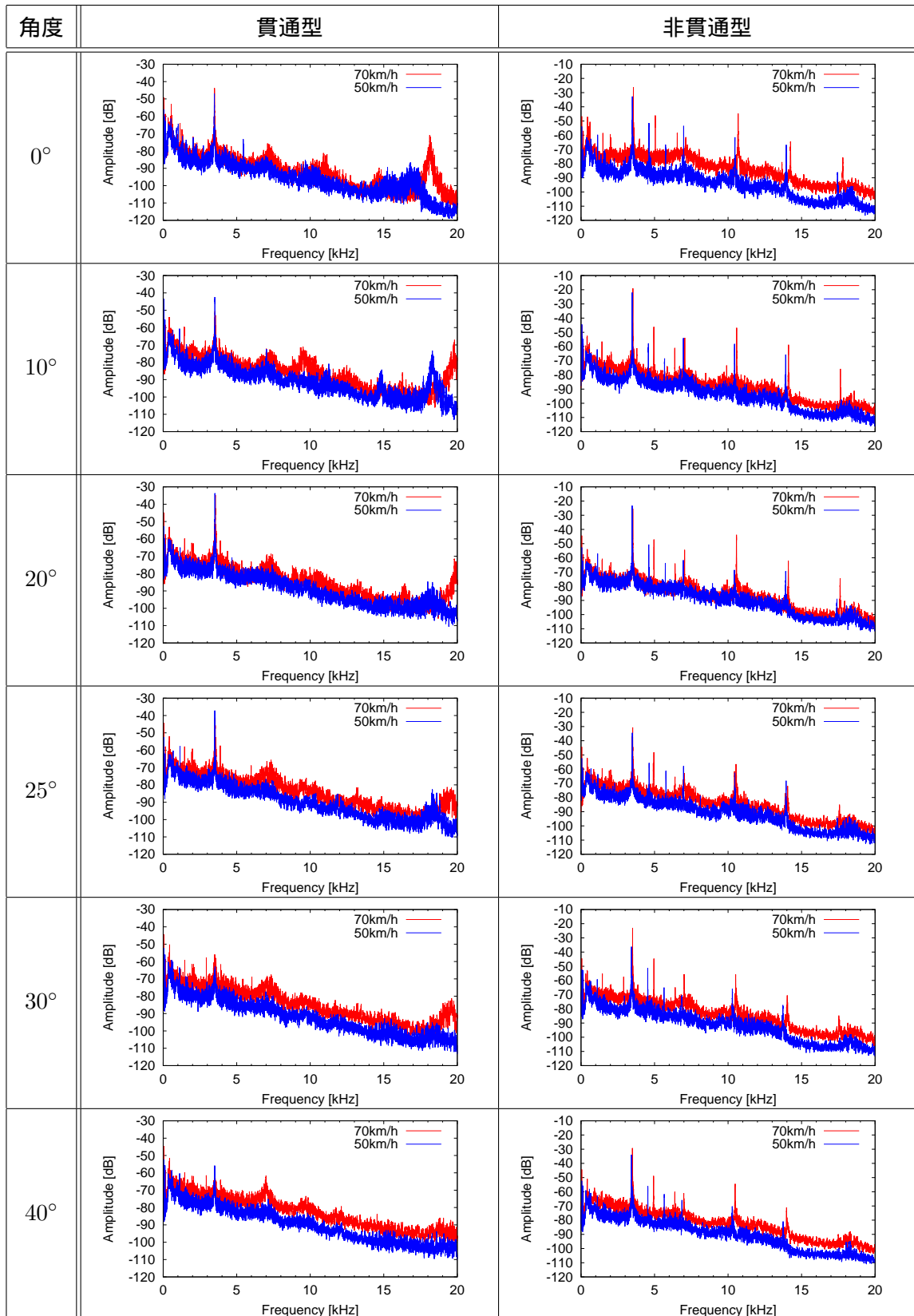


図 3.11: 角度の変化によるスペクトルの違い

3.6 貫通型および非貫通型の警笛間の距離の違いによる周波数特性

3.6.1 概要

警笛の取扱説明書には、位置は車両の中心部から左右に 10 ~ 20 cm 以内に取り付けるのが理想と書かれている [5]。そこで、貫通型および非貫通型の警笛の間隔を説明書で理想とされている 40 cm 以内に取り付けた場合と 40 cm 以上で取り付けた場合では周波数特性に違いがあるのかを調べるための実験を行った。

3.6.2 実験方法

防音箱の大きさの関係上、プロワを 2 台使用して実験を行うと警笛間の距離が 50 cm 以上必要であった。そのため警笛間の距離が 50 cm 以下の場合の実験は風船を用いる。風船を用いた際の実験方法を以下に示す。

1. 三脚に警笛を固定する。実験器具の設置は図 3.12 の通りである。なお、警笛間の距離の中心からマイクロフォンまでの距離は 120 cm である。

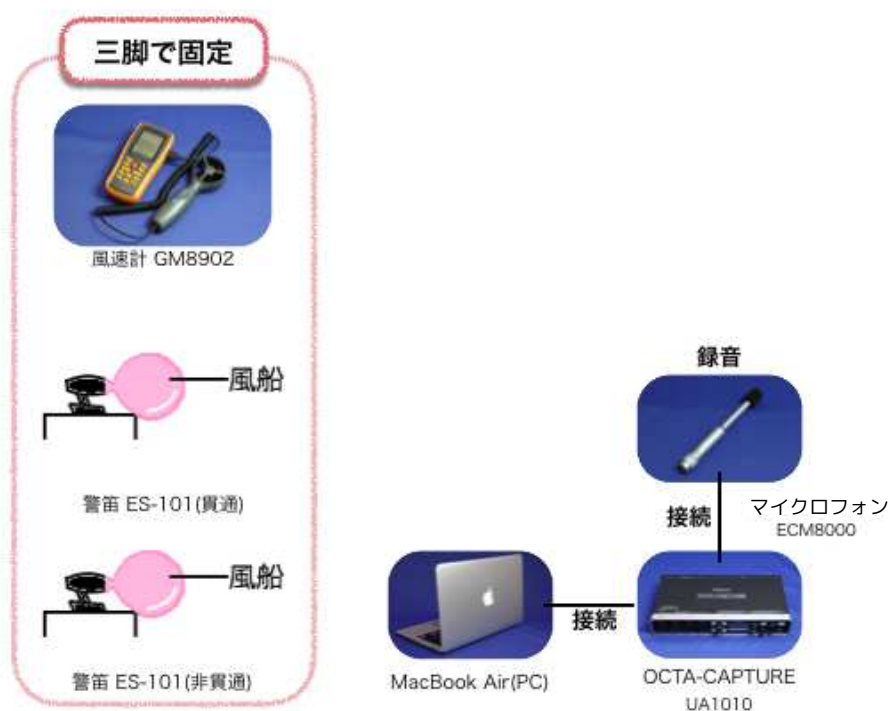


図 3.12: 実験器具配置図

2. 風船を2つ同じくらいの大きさに膨らませ、空気が漏れないように風船の口をねじる。風船の口を警笛の風が当たる部分に覆うように取り付ける。なお、風船はその都度新品を使用した。
3. 貫通型および非貫通型の警笛間の距離を10 cmにし、録音を開始する。風船のねじりを同時にほどこき、音が鳴らなくなった時点で録音終了とする。30 cmまで10 cmごとに距離を変えていき、録音を繰り返す。

ブロウを用いた際の実験方法を以下に示す。

1. 三脚に警笛、風速計を固定し、ブロウ2台を1台ずつ防音箱で覆う。ブロウの送風口と貫通型および非貫通型の警笛の距離は、確実に風を当てるため5 cmとする。実験器具の配置は図3.13の通りである。なお、警笛間の距離の中心からマイクロフォンまでの距離は120 cmである。

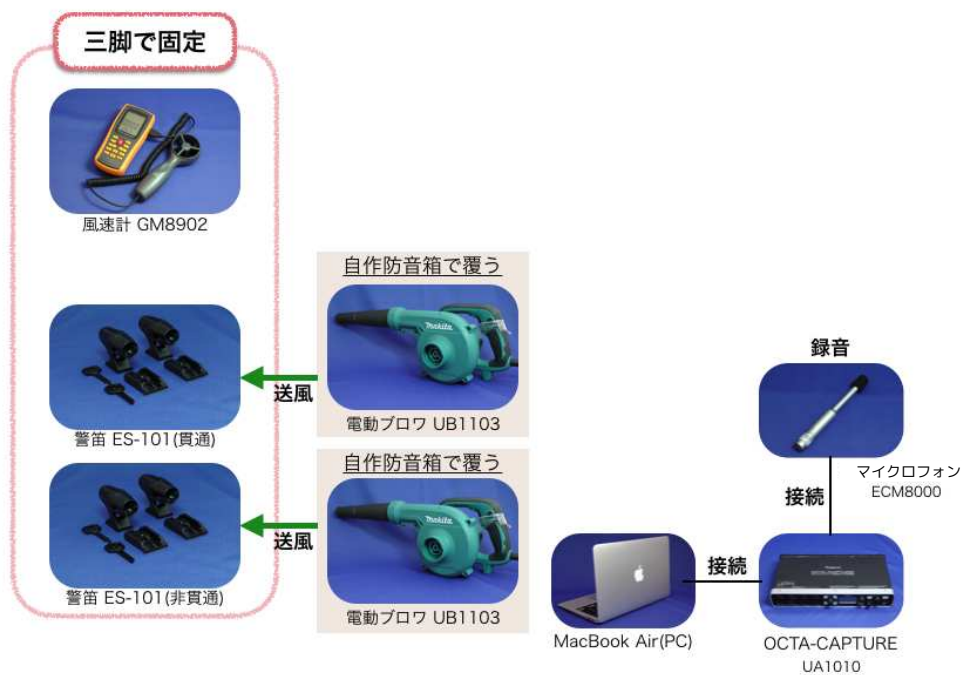


図 3.13: 実験器具配置図

2. ブロウの風速を 70~75 km/h の間で設定する。
3. 貫通型および非貫通型の間の距離を 50 cm にし、同時に風を当てる。このときマイクロフォンの感度を設定する。
4. 録音を開始し、10 秒以上経ったところで録音を終了する。車の横幅の平均である 170 cm まで 10 cm ごとに距離を変えていき、録音を繰り返す。

3.6.3 結果および考察

警笛間の距離を変えて貫通型および非貫通型に同時に風を当てた時のスペクトルと、1つずつ風を当てた時のそれぞれのスペクトルを図 3.14 に示す。ただし、風船を用いた場合に警笛間の距離を 10~30 cm に変化させてもスペクトルにほとんど変化が見られなかったことから、図 3.14 には 20 cm の場合の結果のみを示している。同様にプロウを用いた場合に警笛間の距離を 50~170 cm に変化させてもスペクトルにほとんど変化が見られなかったため、80 cm および 140 cm の場合のスペクトルのみを示している。

貫通型および非貫通型 1 対を鳴らした時のスペクトルを見ると非貫通型で表れた基音と思われる 3.5 kHz のピークが、貫通型で表れた超音波領域の周波数成分がどの距離においても生じている。これは警笛間の距離を変えても音響特性は変わらないことを意味する。

本実験では警笛間の中心から 120 cm のところのみにマイクロフォンを置いて測定を行ったが、マイクロフォンの位置を変えることによって表れる周波数特性が変化する可能性があるため、今後の更なる検証が必要である。

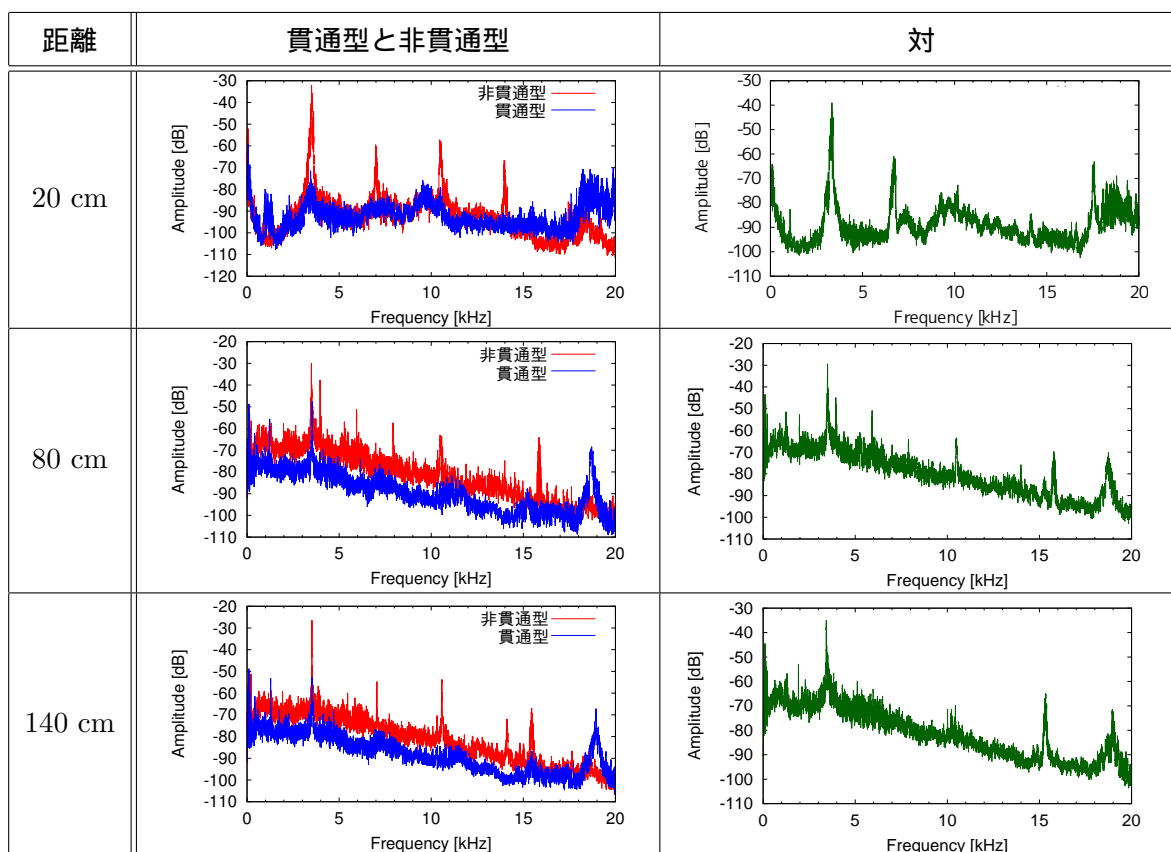


図 3.14: 警笛の距離の違いによるスペクトル比較

第4章 動物避け警笛がエゾシカに与える影響 に関する実験

4.1 まえがき

第3章において警笛の音響特性を明らかにした。本章ではこの結果を元に作成した音をエゾシカに聞かせる実験を行うことで、警笛のどのような音の成分にエゾシカが反応するのか検証した結果について報告する。

4.2 検証実験用音声について

検証実験用音声として、以下に述べる5種類の音声を作成した。

検証実験用音声の一つ目は、警笛音そのものに反応するのかどうかを調べるための、3.3節の風船を用いた実験で録音した警笛音とする。

二つ目の音声は、警笛音の分析結果である図3.7のスペクトルを元に、ピーク周波数（貫通型の場合、3.5, 7.5, 9.5, 18, 18.5 および 19.5 kHz, 非貫通型の場合、3.5, 7, 10.5, 14, 17.5 および 18.5 kHz）の純音をその振幅の大きさに合わせて足しあわせた複合音とする。

三つ目の音声は、鹿の警戒声が「ピヤッ ピヤッ」という断続的な音であることを考慮し、二つ目の音声の一部を無音にして、0.2~0.4秒の連続音が10秒の間で不定期に7回鳴るように作成した断続音とする。

四つ目と五つ目の音声は、超音波領域の音に反応するのを確認するためのものとして、二つ目の音声をそれぞれ可聴領域（16 kHz まで）と超音波領域（16 kHz 以上 20 kHz まで）に分けた可聴音と超音波音とする。

上記の音声を貫通型と非貫通型それぞれで作成したので、計10個の音声で検証実験を行うことになる。

4.3 実験使用器具

実験で用いる器具一覧を図4.1に示す。



図 4.1: 実験器具一覧

4.4 実験方法

札幌市円山動物園のエゾシカ・オオカミ舎において、2015年12月21および22日、2016年1月6、12、18および19日の計6日間で実験を行った。4.2節で示した5種類、貫通型と非貫通型で計10個の音を、下記の通り3日間に分けて2回ずつエゾシカに聞かせた。

1日目、4日目

録音した警笛音

2日目、5日目

- 警笛音を元に作成した複合音
- 上記複合音を断続的にした断続音

3日目、6日目

複合音を可聴域と超音波域に分けた可聴音と超音波音

観察対象のエゾシカは7歳の雄、5歳の雌2頭、11歳および13歳の雌各1頭の計5頭である。

検証実験を文献 [6] を参考に下記の手順で行った。

1. 2台のビデオを使い全個体を撮影可能な状態とし、エゾシカの行動が通常行動(通常行動と警戒行動については表4.1に示すエゾシカの行動カテゴリ [6]を参照)であることを確認したあとに図4.2に示す位置でビデオ撮影を開始する。
2. エゾシカ舎内の個体に向けて、図4.2示す位置よりPCからスピーカで音を10秒間流す。1回目の実験のみ鹿の反応がみられた時点での音量に固定してから音を10秒間流す。この時の音圧を騒音計を使用して測定する。
3. 音を停止した後、通常行動に戻った時点でビデオ撮影終了とする。
4. 30分の間隔を開け、手順1に戻る。

表 4.1: エゾシカの行動カテゴリ [6]

行動	定義	
警戒行動	静止	頭の方向はディアホイッスル(警笛)に向かずあたりを注視する
	注目	ディアホイッスル(警笛)の方に頭を向けて注視する
	警戒音	警戒音を発する
	歩行 A	食物探索を行わずに歩いて移動する
	逃走	走って移動する
通常行動	歩行 B	歩きながら口で林床を探索, 食物を摂食する
	採食	立ち止まって食物を摂食する
	毛繕い	自分や他個体の体を口ですく, 足で体や頭を掻く
	休息	地面に座って落ち着いている
	その他	上記以外の行動

4.5 結果および考察

音が鳴っている間に表4.1の警戒行動をエゾシカがとった場合に警戒ありとみなした。警戒行動かどうか判断しにくいものはカウントしていない。警戒行動の静止には耳が音に反応して動いていたり、辺りの様子を伺う様子が見られた時の反応をカウントしている。1回目と2回目の実験で録画した映像を解析して、警戒行動を示したエゾシカの頭数を計数した結果を図4.3に示す(それぞれの音に対しエゾシカがどのような反応を示したのかは付録Bを参照)。2回とも全ての鹿が反応していれば合計は10頭となる。スピーカから再生された音の音圧レベルは、スピーカすぐ横に置いた騒音計で計測したところ、約70~90dBであった。

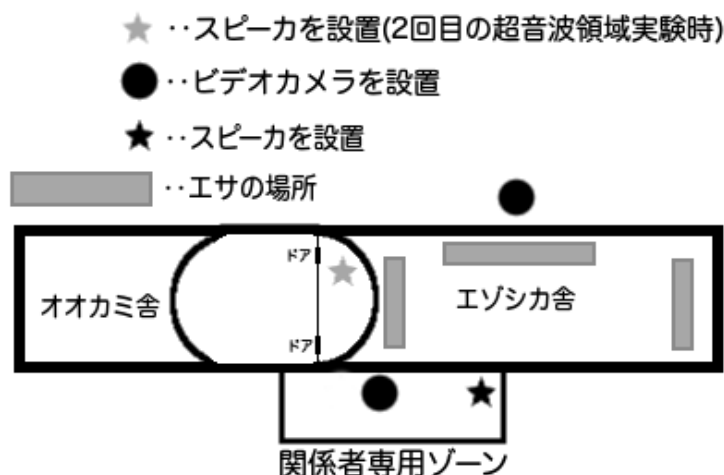


図 4.2: エゾシカ・オオカミ舎の上面図と実験器具設置位置

なお、使用した騒音計が超音波領域の測定に対応していないため、超音波領域の音に対する音圧レベルの測定は行なっていない。

録音した警笛音にエゾシカは静止や注目という反応を見せた。1回目に比べ2回目では反応が薄れ、貫通型および非貫通型のどちらも全体的に50%の反応率となった。また1回目には非貫通型の音を、2回目には貫通型の音を先に流したので、実験日の最初に流した音によく反応していたと考えられる。

また複合音に対しても反応は見られた。全体的に貫通型より非貫通型の音に反応していたと思われる。貫通型の複合音が1回目にしか反応しておらず、反応したエゾシカも1頭であった。これも実験2日目および4日目の3番目に流した音であり人工的な音に馴れてしまったためと考えられる。しかし人工的な音に馴れた状態で流した断続音には少しの馴れが見られるも、1回目と2回目の反応頭数の差があまりなかった。録画データを解析した際に断続音には耳を小刻みに動かす様子がよく見られ、連続音よりは馴れが生じにくいと考えられる。また全体的に雄の反応があまり見られなかったが、断続音の方が耳を小刻みに動かす様子がよく見られた。

本検証実験では可聴音を超音波よりも先に流していたこと、可聴音に比べ超音波音はスピーカの性能により信号が少し弱くなっていたこともあり、超音波音に比べ可聴音に反応する傾向があった。また実験6日目にはエゾシカ舎内に雪山(障害物)があったため、超音波の直進性により聞こえていないエゾシカがいたことも考えられる。しかし、スピーカから発せられる超音波音の届く位置にいたエゾシカの反応が確認できたため、エゾシカの聴覚は超音波音を感知できるのではないかと考えられる。以上のことから、超音波によく反応を示す

のか、効果があるのかは断定できない。

予備調査として、鹿の警戒声と思われる音も聞かせてみたが、どの音よりも反応がよく見られた。

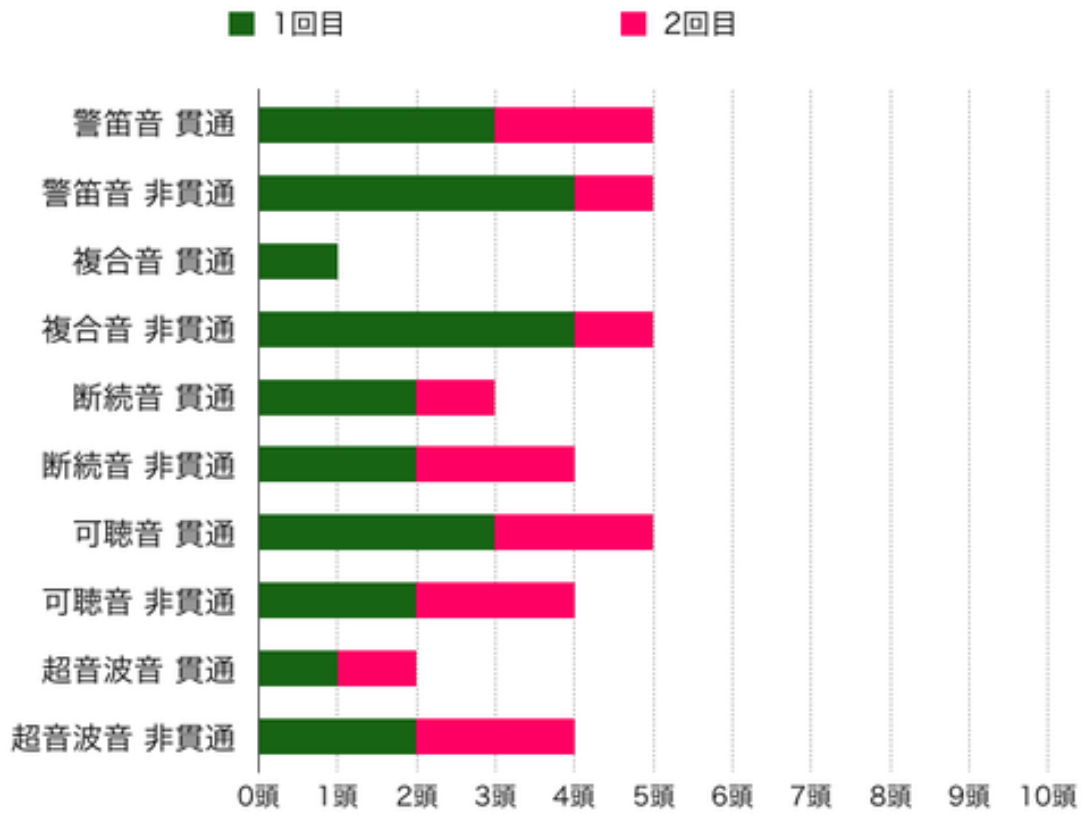


図 4.3: エゾシカが警戒行動を示した時の1回目と2回目の頭数比較

第5章 結論

本章では、警笛の音響特性に関する実験、円山動物園で実施したエゾシカに対する実験の結論、まとめを記述する。

5.0.1 動物避け警笛の音響特性に関する実験

動物避け警笛の音響特性については、貫通型で超音波領域、非貫通型で可聴領域と互いに足りない周波数成分を補いあっていることが明らかになった。また、風速が上がると貫通型も非貫通型も全体の振幅が大きくなり、ピークがどちらも高域側に少し移動していた。警笛の装着角度については、風速 50~55 km/h で 30° 以上になると貫通型、非貫通型それぞれの周波数特性が表れにくくなった。よって水平 (0°) から下方 25° 以内の範囲で警笛を装着し、時速 50km/h 以上での走行が必要ながわかった。なお、車両装着時に警笛があらゆる角度から風を受けることが予想され、本実験で得られた結果の音とは多少の違いが出ると考えられる。また、警笛間の距離を変えた時

今後の課題としては、警笛音の伝達範囲（可聴領域と超音波領域に分けたもの）や警笛音の最高到達距離、警笛間の距離を変化させた時の伝達範囲の測定実験、車両に警笛を設置した際の実装実験などが挙げられる。

5.0.2 動物避け警笛が動物に与える影響に関する実験

本研究では、エゾシカに対し警笛音や可聴音、超音波音等を聞かせた実験を行った。反応がはっきりと確認できたのはほとんどが可聴音であったが、超音波音に反応を示すエゾシカもいた。また、本実験ではそれぞれの音を日に分けて 2 回ずつ流したが、2 回目よりも 1 回目に音を流したときの方がよく反応がみられたことから、普段聞き慣れていない音には反応する可能性が高い。また、本研究で対象になったエゾシカは飼育されているため、人間や音に慣れていたように感じた。エゾシカは群れで行動する習性があるので、何頭か群れている個体よりも一頭での行動時のほうが音に対する反応がよく見られた。

今後の課題としては、野生のエゾシカに対する実験や他の動物（狸、狐、犬、猫）に対する実験などが挙げられる。

参考文献

- [1] 北海道, エゾシカ対策課, 「エゾシカが関係する交通事故発生状況 (PDF)」
<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/est/H26suiteiseisokusuu.pdf>
- [2] 北海道開発局建設部建設行政課, 「エゾシカ増加に伴う道路管理の現状について (PDF)」
<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/est/ezosika-koutuujikoH26.pdf>
- [3] <http://www.interq.or.jp/jupiter/forest/report/8/report8.htm>
- [4] 北海道, エゾシカ対策課, 「エゾシカの推定生息数 (PDF)」
http://www.hido.or.jp/14gyousei_backnumber/2011data/1104/1104chiiki-hkd_mlit.pdf
- [5] 株式会社アバ, 「動物よけ警笛 (ES-101) 商品紹介」
<http://aba-japan.com/edo-sta/animal.html>
- [6] 石村智恵, 鹿野たか嶺, 野呂美紗子, 原文宏, 柚原 和敏, 杉本加奈子, 柳川久, “エゾシカの警戒声を用いた交通事故防止策の試み”, 第12回「野生生物と交通」研究発表会講演論文集, pp.33-38, 2013

付録A 動物避け警笛の使用法

本章では、動物避け警笛の使用法について記述する。

この警笛は、本体とベースマウント（警笛を取り付ける土台）の2つの部分に分かれており、キーを用いないとベースマウントから警笛を取り外すことができないようになっている。

A.1 警笛を取り付ける前の下準備

ベースマウントと警笛を組合わせた後、設置場所を決定する。取り付ける場所は、前方に障害がなく、走行風の当たる部分であることを確認する（説明書では、グリル内が理想とされている）。

横から見て水平に取り付けるのが理想とされている。傾斜が水平から下方に約25度以下になると、風圧が取り込めなくなり、超音波が低減する恐れがあるので注意する。

貫通型と非貫通型の間隔は動物の大きさによるが、車両の中心部から左右に10～20cm以下にし、地上からの高さは約20～85cm以内にするのが良いとされている。

A.2 警笛の取り付け方法

まず、警笛を取り付ける予定の場所の汚れを落とす。油分が付いていると接着が剥がれる恐れがあるので注意する。冬季に警笛を取り付ける際は、取り付け面が冷えて粘着が弱いので、軽くドライヤー等で温めてから取り付ける。

A.3 警笛のメンテナンス

警笛は、小石や埃、虫、汚れ等で性能が著しく低下し、超音波が発生しにくくなるので、定期的なメンテナンスが必要である。警笛とベースマウントをキーで取り外し、歯ブラシ等でクリーニングする。旅行、山岳部、林道へ出掛ける際には勿論、気温・天気・経年劣化があるので日常的に点検を行う。

付 録 B 検証実験用音声に対するエゾシカの 反応

円山動物園での撮影データの解析結果を以下に示す。

	警笛音 貫通		警笛音 非貫通	
	1 回目	2 回目	1 回目	2 回目
静止	1	0	0	1
注目	2	2	4	0
警戒声	0	0	0	0
歩行 A	0	0	0	0
逃走	0	0	0	0
歩行 B	0	1	0	0
採食	1	2	1	1
毛繕い	1	0	0	1
休息	0	0	0	2
その他	0	0	0	0
計	5	5	5	5

	複合音 貫通		複合音 非貫通		断続音 貫通		断続音 非貫通	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
静止	0	0	2	0	0	0	1	1
注目	1	0	2	1	2	1	1	1
警戒声	0	0	0	0	0	0	0	0
歩行A	0	0	0	0	0	0	0	0
逃走	0	0	0	0	0	0	0	0
歩行B	2	1	0	0	0	0	0	0
採食	1	1	1	0	0	4	2	0
毛繕い	0	0	0	0	0	0	0	0
休息	1	3	0	4	3	0	0	3
その他	0	0	0	0	0	0	0	0
計	5	5	5	5	5	5	5	5

	可聴音 貫通		可聴音 非貫通		超音波音 貫通		超音波音 非貫通	
	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目	1回目	2回目
静止	3	0	2	2	0	0	2	2
注目	0	2	0	0	1	1	0	0
警戒声	0	0	0	0	0	0	0	0
歩行A	0	0	0	0	0	0	0	0
逃走	0	0	0	0	0	0	0	0
歩行B	0	0	0	0	0	0	0	0
採食	1	3	0	3	2	2	2	2
毛繕い	0	0	0	0	0	0	0	0
休息	1	0	0	0	2	2	1	1
その他	0	0	0	0	0	0	0	0
計	5	5	2	5	5	5	5	5

謝 辞

本研究は，筆者が北海道科学大学在学中に，北海道科学大学創生工学部情報フロンティア工学科松崎研究室において2015年より約1年間に行なったものである．

*

本研究を進めるにあたり，終始，御指導，御鞭撻をいただいた北海道科学大学創生工学部情報フロンティア工学科松崎博季教授に心より感謝いたします．

本研究の遂行にあたり，動物避け警笛を提供していただいた株式会社アバの後藤嘉木様に心より感謝いたします．

本研究の遂行にあたり，実験場所のご提供等，多大な御協力をいただいた円山動物園の石橋佑規様，高江洲昇様，野中様，その他関係者の皆様に深く感謝致します．

最後に本研究の遂行にあたり著者を常に支援し応援してくれた両親，並びに親族のみなさまに心より感謝申し上げます．