

卒業論文

鹿と車両の衝突防止のための  
鹿笛の音響特性に関する研究

北海道科学大学 創生工学部

情報フロンティア工学科

2-11-0-104

2-11-0-130

2-11-0-401

指導教員 松崎 博季

2015年(平成27年)2月

# 目次

第1章 緒言	1
第2章 鹿笛	3
2.1 まえがき	3
2.2 鹿笛とは	3
2.3 超音波と鹿笛	3
第3章 実験	4
3.1 まえがき	4
3.2 鹿笛について	4
3.3 実験器具	5
3.4 実験方法	6
3.5 実験結果と考察	7
3.5.1 実験結果	7
3.5.2 各測定結果の音圧分布図	8
3.5.3 考察	11
3.6 まとめ	12
第4章 結言	13
4.1 今後の課題	13
参考文献	14
謝辞	15

## 第1章 緒言

近年、北海道でのエゾシカと車の衝突事故が増えている [1]。図 1.1 は北海道における平成 16 年度から平成 23 年度の間、鹿と車両の間に発生した事故の件数の経年推移である。

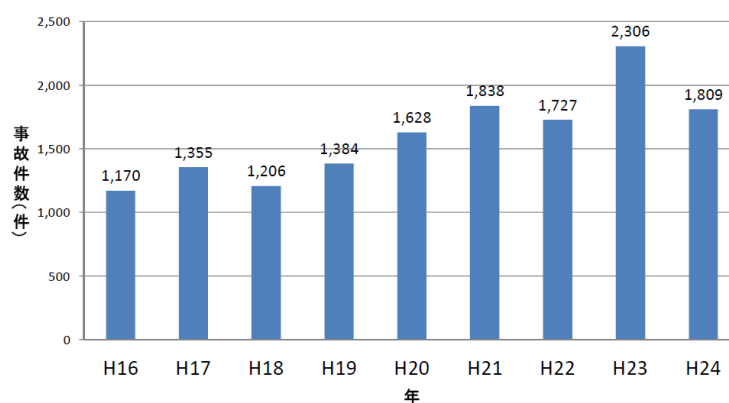


図 1.1: 鹿と車両の衝突事故の経年推移 [1]

平成 16 年度では 1,170 件であった事故件数が徐々に増え平成 23 年度では 2,306 件と増加の一途たどっている。

理由としては、

### 1. エゾシカの天敵が道内にはほぼ存在していないこと

エゾシカの天敵はエゾオオカミ [2] とエゾヒグマ [3] であるが、エゾオオカミは明治 22 年を最後に姿が確認されておらず、絶滅してしまった可能性が高いと考えられている [4]。また、エゾヒグマは、平成 12 年に 1,771 頭から 3,628 頭と推定されたが [5]、平成 25 年の発表によると 2,244 頭から 6,476 頭と発表されており個体数は増加の傾向にあると思われる [6]。しかし、エゾヒグマは食性に富んでおり [3]、エゾシカを捕食する例は極めて少ないことから、エゾヒグマの個体数はエゾシカの個体数の推移には、あまり関係していないのではないかと推測される。

## 2. 狩猟者数が減少していること

道内の狩猟免許所持者数を記録のある昭和53年と、平成元年から23年までの記録と比較すると、昭和53年の時点では免許所持者数が20,000人を超えていたのに対して、平成元年の時点では約半分の10,192人、その後は減少の一途をたどっており平成23年には6,172人となっている [7].

このように、増え続ける鹿との衝突事故を未然に防ぐ方法の一つに鹿笛が用いられている。鹿笛は鹿の注意を惹きつける音を発するといわれている。鹿笛の音響特性や、鹿避けの効果に関する研究が行われているが、実験の環境や手法が統一されておらず、どのような音が鹿と車両の衝突防止に有効なのかについては明らかになっていない。そこで本研究では鹿笛の放射特性、音圧分布、周波数特性について調べた結果を報告する。



## 第2章 鹿笛

### 2.1 まえがき

本章では，鹿笛の使用用途，及び超音波との関係性について記述する．

### 2.2 鹿笛とは

鹿笛とは，狩猟の際に鹿をおびき寄せるためのものである．車両との衝突が増加していることから，鹿の動きを止めるための鹿笛が開発された [8]．この鹿笛には，空気式や電気式のものがある．空気式の中には単体で使用するものがあるが，本研究では2つで一對のものを使用している．

### 2.3 超音波と鹿笛

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」を指す [9]．人間の可聴域は下限が 20Hz，上限が 20kHz とされているが，個人差があるため明確な範囲はない．本実験に用いた鹿笛は，16kHz から 20kHz の超音波を鹿に聞かせることによって車両との衝突を防ぐ効果があるとしている．

## 第3章 実験

### 3.1 まえがき

本章では、鹿笛の使用方法、及び実験器具、実験方法、実験結果について記述する。

### 3.2 鹿笛について

実験に使用した鹿笛を図 3.1 に、また鹿笛の主要諸元を表 3.1 に示す。この鹿笛は図 3.1 に示す貫通型と非貫通型一対で使用することが謳われている。また、表 3.1 に記載されている通り、時速 50km 以上の速度で車両を走行させる必要があることが示されている。



図 3.1: 鹿笛 RICHTER 社製試作成形品。左は鹿笛を前方(空気の当たる面)から見た画像で、その左が非貫通型、右が貫通型である。右は鹿笛を側面から見た画像で、右側が前方である。

表 3.1: 鹿笛の主要諸元 [10]

気温	15 以上
車速	30mph(50km/h) 以上
音の到達距離	1200feet(400m)
有効な帯域	16kHz-20kHz

### 3.3 実験器具

実験に使用した器具を表 3.2 に示す。

表 3.2: 使用器具

使用器具	説明	図番号
空気送風用ブロウ マキタ UB1103	最大風速 327.6km/h	図 3.2
ブロウノイズ軽減用防音箱	ダンボールで自作	図 3.3
風速計 ANEMO METER MS6250	計測可能最大風速 108km/h	図 3.4
超音波収録用マイクロホン Knowles Electronics SPM0404UD5	周波数特性 10kHz から 60kHz	図 3.5
オーディオキャプチャデバイス EDIROL UA-101	サンプリング周波数 192kHz 量子化ビット数 24bit	図 3.6
測定用 PC	ノート型	図 3.7



図 3.2: ブロウ



図 3.3: 防音箱



図 3.4: 風速計



図 3.5: マイクロホン



図 3.6: キャプチャ



図 3.7: 測定用 PC

### 3.4 実験方法

実験手順を以下に示す。測定場所は北海道科学大学 5 号館 5201 室である。なお、本実験を行うにあたり笛を軸に左右対称に 6 点ずつサンプリングを行った結果、左右との大きな差異は見られなかったため、左側半面のみで測定を行った。また、測定点が近すぎた場合、大きな差異が見られなかったため、測定間を 120cm として実験を行った。本来ならば一対で使用する鹿笛だが、貫通型と非貫通型の音響特性も調べるためにそれぞれ単体での測定も行った。本実験で使用する鹿笛は表 3.1 より風速 50km/h から効果があるため、45km/h と 50km/h の風速で測定を行った。

1. 超音波収録用マイクにできるだけノイズが入らないようブロワをダンボールで作成した防音箱で覆う。
2. 鹿笛を固定用のスタンドに装着し、ブロワより送風される空気が風速 45km/h, 50km/h になる位置に固定する。高さは車のボンネットの高さを基準に 85cm の高さに設置した。なお一対で使用する際は、笛同士を隣接させ、両方に同じ程度の風が当たるように設置する。
3. ブロワと鹿笛、マイクの位置を図 3.8 に示す。超音波収録用のマイクの位置は図 3.8 のように左上から順に配置し、高さを鹿の高さを想定し 100cm にする。測定点は笛左側の縦 9 点、横 5 点の 45 点を測定点として収録を行った。

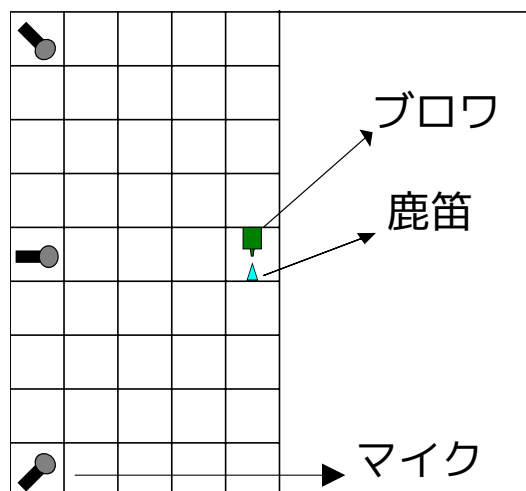


図 3.8: 配置図

### 3.5 実験結果と考察

#### 3.5.1 実験結果

図 3.9 と図 3.10 に風速 50km/h の風を当てた時の貫通型，非貫通型のスペクトログラムを示す．

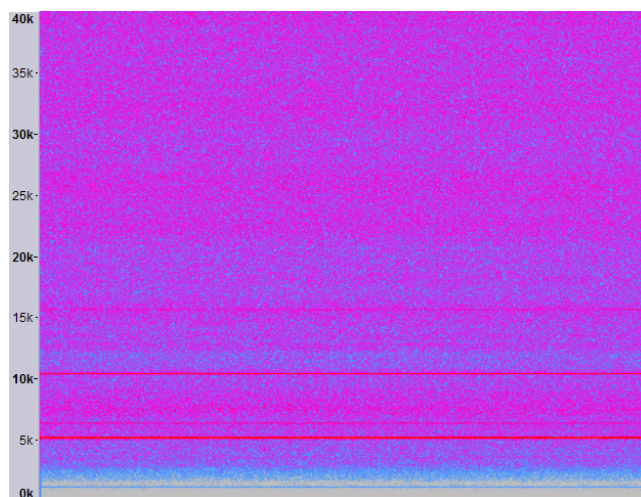


図 3.9: 貫通型

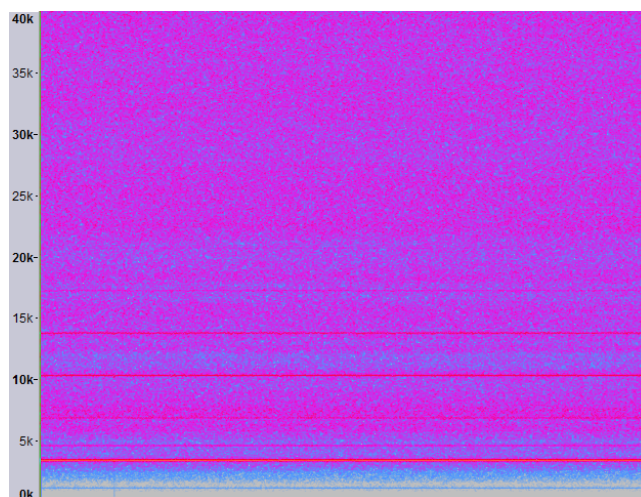


図 3.10: 非貫通型

貫通型は 5kHz, 10kHz, 15kHz の周波数，非貫通型は 3.5kHz, 7kHz, 10.5kHz の周波数に強い成分が見られる．広域まで音の成分の存在が伺えるが，3kHz 未満の周波数ではあまり見られない．

### 3.5.2 各測定結果の音圧分布図

考察にあたり、各測定結果を比較しやすくするため、右側に左側の測定値を反転させた音圧分布図を作成した。

図 3.11 に風速 45km/h 時の図を、図 3.12 に風速 50/h 時の音圧分布を、貫通型、非貫通型、一対を使用時の順に示す。また、音圧分布を帯域別に比較するため以下の条件で帯域別にフィルタリングを行った。

2kHz から 6kHz 最も耳の感度が良いとされる帯域 [11], また鹿の鳴き声の周波数が集中している帯域 [12]

6kHz から 16kHz 人間の可聴域内である帯域

16kHz から 20kHz 鹿笛の主要諸元に記載されている音の帯域

20kHz から 40kHz 鹿が聴取出来る可能性のある超音波の帯域

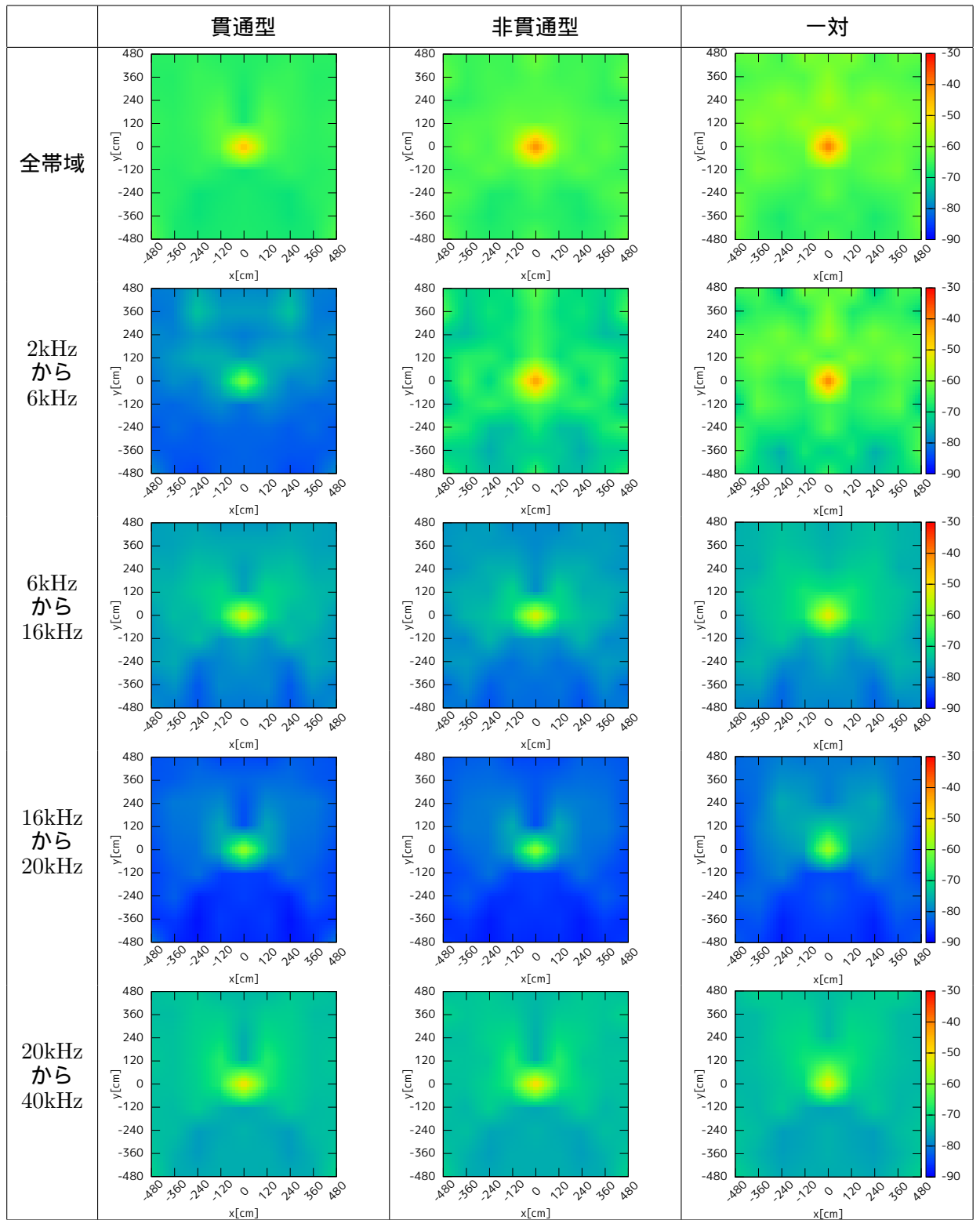


図 3.11: 風速 45km/h の各帯域の音圧分布



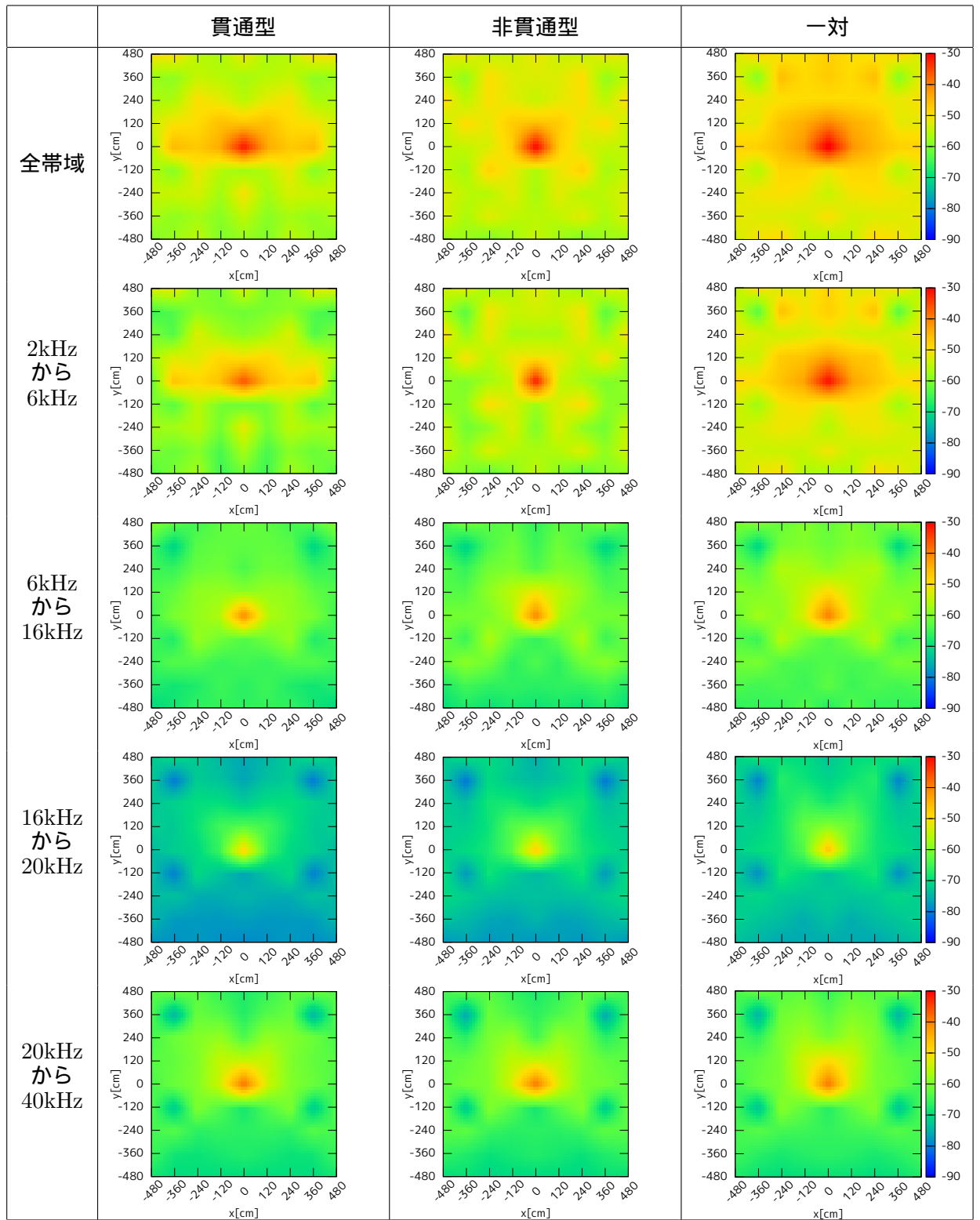


図 3.12: 風速 50km/h の各帯域の音圧分布



本実験に用いた鹿笛は一对で使用することが想定されているため，図 3.11 と図 3.12 の一对で使用時の音圧分布図で比較を行った．

#### 風速の違いによる音圧レベルの変化

風速 45km/h と比較して風速 50km/h の音圧レベルが大きく上昇している．

#### 風速 45km/h の時の音圧レベル（中心の測定点）

2kHz から 6kHz の帯域： -40dB

6kHz から 16kHz 帯域： -50dB

16kHz から 20kHz 帯域： -60dB

20kHz から 40kHz 帯域： -50dB

#### 風速 50km/h の時の音圧レベル（中心の測定点）

2kHz から 6kHz の帯域： -30dB

6kHz から 16kHz 帯域： -40dB

16kHz から 20kHz 帯域： -50dB

20kHz から 40kHz 帯域： -40dB

#### 放射特性

鹿笛の前方と側方の音圧レベルが高いため，これらの方向に音を放射していることが確認できる．

#### 3.5.3 考察

図 3.11 と図 3.12 の全ての音圧分布図において風速 45km/h での測定に比べ風速 50km/h で測定した時が，明らかに音圧レベルが上昇していることから，諸元通り，風速 50km/h 以上でなければ効果が得られないと考えられる．鹿の鳴き声や警戒音もおおよそ 2kHz から 6kHz あたりの帯域 [12] であることから，この帯域の音に鹿が反応しているのではないかと考えられる．各音圧分布の中心を見ると貫通型は横に，非貫通型は縦に伸びた形をしており，

一対で使用するとそれらが重なった形となっていることから一対で使用することによって各笛の音が重なり、貫通型と非貫通型の音の届きにくい部分を補い、音を満遍なく発生しているので単体で使用するよりも効果があると推測される。

### 3.6 まとめ

本章では、鹿笛を用いた実験についての解説を行い、その結果と考察について報告した。

## 第4章 結言

本実験では以下の結果が示された。

- 音の到達距離について
  - 風速 45km/h の時に比べ、風速 50km/h で風を当てた時に、より遠方に音が到達していた。
- 音圧レベルについて
  - 風速 45km/h の時に比べ、風速 50km/h で風を当てた時に、より高い音圧レベルを示していた。
- 周波数特性について
  - 2kHz から 6kHz の帯域が最も高い音圧レベルを示していた。
- 放射特性について
  - 前方と側方に音が放射されていた。

### 4.1 今後の課題

今後の課題として、以下の事柄があげられる。

- 風速 50km/h よりさらに速い速度での音の測定
- 笛に風を当てる角度による音の放射測定
- 笛の音の最大到達距離の測定
- 実際に笛の音を鹿に聞かせる実験
- 笛同士の間隔の違いによる特性の測定
- 実際に車両に装着した場合の測定
- 鹿笛を複数セット装着した場合の測定

## 参考文献

- [1] <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/ks/est/H24koutuuujiko.pdf>
- [2] 揚妻 直樹, “鹿の以上増加を考える”, 生物科学, 65(2), pp108–116, Nov. 2013.
- [3] 札幌市ヒグマの生態・行動習性 <http://www.city.sapporo.jp/kurashi/animal/choju/kuma/seitai/>
- [4] 北海道ファンマガジン <http://pucchi.net/hokkaido/nature/wolf.php>, 北海道ファンマガジン, Mar.2009.
- [5] 間野 勉, “第 16 章 日本のクマ類の現状”, 北海道環境科学研究センター自然環境部, p113, Sept. 2008.
- [6] ヒグマの推定生息数, 前回調査の 2 倍 北海道庁が公表 [http://www.nikkei.com/news/print-article/?R\\_FLG=0&bf=0&ng=DGXNASDG26039.W3A620C1CC1000](http://www.nikkei.com/news/print-article/?R_FLG=0&bf=0&ng=DGXNASDG26039.W3A620C1CC1000) 日本経済新聞, June. 2013.
- [7] 沼田 光弘, “活動レポート エゾシカ研究会”, コンサルタンツ北海道, p2, Dec. 2013.
- [8] <http://h-machine.jp/mori/youhin/mushiyoke/Deer.htm>
- [9] 古井 貞熙, “音響・音声工学”, 近代科学社, 16 章, 超音波とその応用, pp220–224, Sept. 1992.
- [10] 本実験で使用した鹿笛の仕様書, HERBERT RICHTER GMBH+CO.
- [11] <http://www.deercrash.org/toolbox/CMToolboxWhistles.pdf>
- [12] 南 正人, “音声コミュニケーションから見る動物の社会,” 2008 年度大会企画シンポジウム記録「ニホンジカは音声で何を伝えているか?」, 日本哺乳類学会, 哺乳類科学 49(1), pp113–116, 2009.

## 謝 辞

本研究は，筆者が北海道科学大学創生工学部情報フロンティア工学科在学中に，2014年9月より2015年2月まで約半年間に行ったものである．

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致します．

本研究の遂行にあたり，研究材料を提供して頂いた株式会社アバの後藤嘉木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．