

海釣り用の音刺激による誘引デバイス “Multi-Sounds Fish Call”

帯屋健之^{†1} 城一裕^{†2}

概要: 本研究では、音刺激により魚を集魚し、漁獲するという「音響漁法」に着目し、その海釣りへの応用を目的として「Multi-Sounds Fish Call」を開発した。予備実験として、既存の電気集魚デバイスである「The Fish Call」について、その性能評価として、音刺激による誘引の効果を検証した。その結果を踏まえ、任意の音刺激を再生できるよう改良を加えた「Multi-Sounds Fish Call」を開発し、実釣による実験を行った。以上の結果を踏まえ、魚類の音刺激による誘引および威嚇について考察した。

キーワード: 音響漁法, 海釣り, 音刺激による誘引と威嚇

“Multi-Sounds Fish Call”: A sound stimulation device for sea fishing

TAKEYUKI OBIYA^{†1} KAZUHIRO JO^{†2}

Abstract: In this research, focusing on "acoustic fishing method" of collecting and catching fish by sound stimulation, we developed "Multi-Sounds Fish Call" for the purpose of application to sea fishing, and conduct experiment by actual fishing. As a preliminary experiment, we evaluated the performance of "The Fish Call" which is "the world's first hand-thrown, floating in water, electric gathering device" and verified the effect of attraction by sound stimulation. Based on the result, based on the hypothesis that there is a problem with the sound stimulation used, we developed "Multi-Sounds Fish Call" which improved it so that arbitrary sound can be reproduced, and on attraction and intimidation by sound stimulation of fish.

Keywords: acoustic fishing method, sea fishing, Attraction and threat by sound stimulation

1. はじめに

1.1 音響漁法

漁業では光、臭い、流れ、電気など多様な刺激が活用されてきた。その中でも、魚類が頭部に埋もれた内耳と側線で聴取することができる音刺激は、伝搬範囲や即効性、日中の利用という点から、光刺激よりも有効な刺激なのではないかと考えられている。音刺激を用いて、水族をコントロールし、捕獲を可能にしたり、容易にしたりする技術は20世紀半ばから研究されており、例えば、橋本・間庭は1964年にコイ及びハマチに対して実験を行っている[1]。このように、漁業に音が用いられる場合、それを「音響漁法」と呼び、「魚群探知」「威嚇」「麻痺」「誘引」の4つに分類することができる[2]。以下その概要を述べる。

(1) 魚群探知

魚類の遊泳時や、繁殖期における発生音を水中聴音器により聴取することにより、魚類の存在や状況を探知する方法である。商業漁業において漁場を選定する上で重要な役割を果たしている。

(2) 威嚇

音を使用する最も単純な漁法で、追い込み漁法で用いら

れるものである。追い込み漁法とは、対象生物を音響を発生する道具で追い立てて、捕獲漁具に落とし込んだり、刺させたりするものである。

(3) 麻痺

強力な水中音を発生させ、魚を麻痺させることで漁獲する方法である。信濃川などで行われる石かち漁は、小魚の隠れた石をハンマーで強打することにより、強力な水中音を発生させ、魚を麻痺させる[2]。

(4) 誘引

餌生物の発する音や、同種の魚の摂餌音を模した音で魚を誘引し、漁獲しようという方法である。繁殖期には異性の発生音も有効になるものと考えられている。

水中で同種または餌生物の魚の摂餌音を再生させることによっても誘引は可能である。間庭・畠山は、サバの捕食音を収録し、水中で再生させることにより、サバの索餌行動を観察した。また、アジがサバの捕食音に対し誘引行動を示したことを報告している [3]。

その他、釣り用ルアーや疑似餌をかき回す際に発する音も捕食魚を誘引する効果を持っているとされる。しかしながら、ルアー自体の出す低周波振動は、特定の信号音を発しているというよりは、むしろノイズの発生源である。こ

^{†1} 九州大学大学院芸術工学府
Graduation School of Design, Kyushu University
^{†2} 九州大学芸術工学研究院
Faculty of Design, Kyushu University

の場合、魚にとって音の存在自体に意味があり、音の特性は問題ではないのかもしれないと考えることもできる [4]. また、ルーア内部の金属球を衝突させることで音を発生するラトルサウンドにより魚を誘引する場合もある。しかし、この音は、誘引とは反対に威嚇に働く場合もあり、ラトルサウンドを発するルーアを好まない釣り人も多い。

2. 予備実験

予備実験として、「世界初の、手投げ可能な、水に浮く、電気集魚器」として市販されている「The Fish Call」[5]について、果たして本当に音刺激による誘引が可能で、どの程度の効果があるのか、その性能の評価を行った。

2.1 The Fish Call

The Fish Call はクラウドファンディングサイト「Kick starter」において、10 万ドル以上の融資を得て開発された。本デバイスでは、魚の遊泳音や摂餌音などを元にシミュレートされた音と振動を発生することで、魚の好奇心を高め、魚の捕食行動を誘発するという。

2.2 構造

The Fish Call では、装置上部にある 4 種類のボタンにより①電源のオンオフ②使用音源の変更③音量ダウン④音量アップを行うことが出来る (図 1)。音量は 10 段階で調節できる。

内部構造の回路図を図 2 に示す。スピーカーを装置壁面に接合させることで、筐体自体が振動体となり、音を水中に伝達させている。スイッチ部は一般的なタクトスイッチとなっている。



図 1 The Fish Call の外観

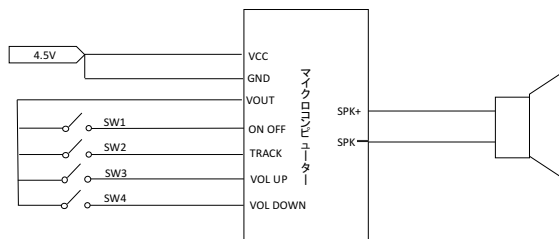


図 2 The Fish Call の回路図

2.3 内臓の音刺激

The Fish Call には以下の 3 種類の音刺激が内蔵されている。3 種それぞれが異なる性質を持っており、有効な場面が異なる、とされている。

- ① SOUND1 Scared Shrimp
- ② SOUND2 Rattle Battle
- ③ SOUND3 Coastal Craze

2.4 録音による検証

魚の可聴域である 100Hz から 1000Hz の音が The Fish Call から再生できているのか、電気信号、大気中、水中、の 3 つの方法で録音し、録音波形の比較を行った。

結果として、本来の電気信号と比較した場合、水中では空気中に比べ、低音部が強調されるものの、何れの場合においても魚の可聴域である 100Hz から 1000Hz 付近の音が十分に再生されていることがわかった。

2.5 実釣及び録画による検証

The Fish Call を用いて実釣及び録画による検証を行った。録画には防水機能を持つビデオカメラ (Go Pro HERO4 シルバーエディション アドベンチャー CHDHY-401-JP) を用い、The Fish Call の音刺激に対する魚の反応を水中映像として記録した (図 3,4)。

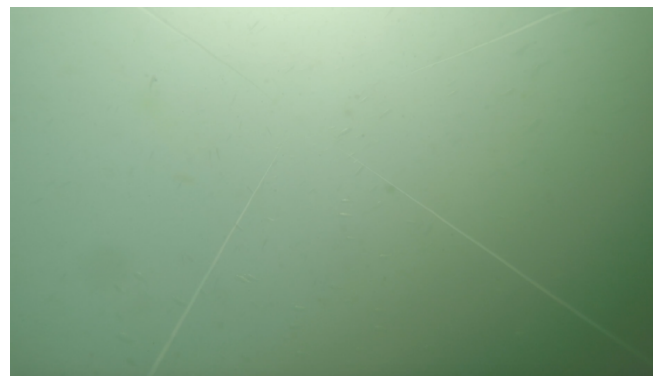


図 3 ウミタナゴ



図 4 ベラ、メジナ

2.6 The Fish Call に対する考察

予備実験の結果、魚群の撮影はできたものの、音刺激による誘引の効果を明示的に確認することはできなかった。この原因としては、The Fish Call に内蔵されている音刺激が当該の魚種に対して、誘引の効果を持たないということ

が考えられる。

3. Multi-Sounds Fish Call の開発

前述の、The Fish Call に内蔵されている音刺激では誘引出来ない魚群がいる、という仮説を検証するため、任意の音刺激の再生が可能で「Multi-Sounds Fish Call」[6]を開発した。Multi-Sounds Fish Call とは、The Fish Call の振動部をそのままに、異なる音刺激を発生させることができるように作り変えたデバイスであり、以下の部品から構成されている。

- The Fish Call
- Arduino UNO
- DFPlayer mini
- SparkFun プロトシールド
- ブレッドボード
- カーボン抵抗 1kΩ
- ブレッドボード・ジャンパーワイヤー
- 耐熱電子ワイヤー
- 9V 電池スナップケーブル
- 塩ビパイプ
- ビニールテープ
- フッ素樹脂フィルム粘着テープ

3.1 回路

Multi-Sounds Fish Call 内部の回路図を図5に示す。Arduino の TX ピンにはノイズ防止のため、抵抗を入れている。Arduino に対しても電源供給をおこなうため The Fish Call の 4.5V 電池ボックスは取り外し、9V 電池により動作させた。ボタンは、The Fish Call のタクトスイッチをそのまま使うことにした。

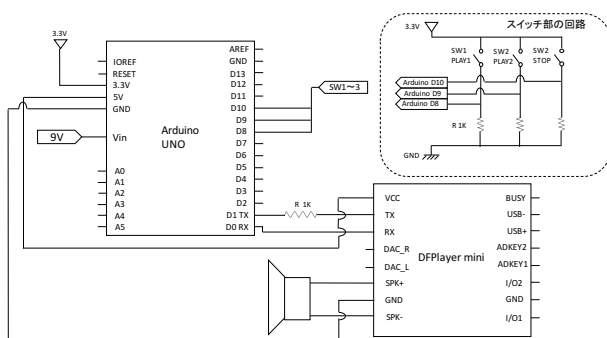


図5 Multi-Sounds Fish Call の回路図

3.2 スケッチ

任意の音刺激を再生する上で、microSD カードに格納した MP3 形式のサウンドファイルを再生可能な DFPlayer mini を用いた。ライブラリとして DFPlayer_Mini_Mp3.h[7] を用いて Arduino のプログラムであるスケッチを作成した。タクトスイッチの出力を Arduino に接続し、pin8 に信号が入力されると 1 曲目がループ再生し、pin9 に信号が入力されると 2 曲目がループ再生、pin10 に信号が入力されると停止することとし、任意の 2 つの音刺激を選択して再生出来

るようにしている。

3.3 Multi-Sounds Fish Call

Multi-Sounds Fish Call の外観および内部構造を図6に示す。The Fish Call の筐体そのままでは、Arduino UNO および DFPlayer mini を接続したプロトシールドを収納するのに十分な空間がなかったため、筐体を切断し、塩ビパイプで拡大することとした。また、継ぎ目の防水加工として、ビニールテープの上に、フッ素樹脂フィルムテープを巻くこととした。タクトスイッチでは Arduino の電源の制御ができないため、電源の ON/OFF は本体上部の蓋を開けて、電池を取り外すことにより行うこととした。

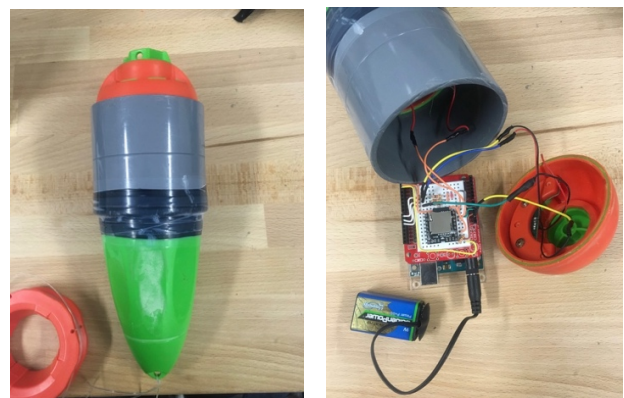


図6 Multi-Sounds Fish Call の外観 (左) と内部 (右)

4. 本実験

4.1 音刺激

Multi-Sounds Fish Call を用いて、以下の 2 種類の音刺激による本実験を実施した。

4.1.1 バンドノイズ

一つ目の音刺激として、全ての周波数帯域を均等に含むホワイトノイズを検討したが、デバイスが歪み無く再生出来る周波数帯域と魚の可聴域を考慮して、遮断周波数 5000Hz のローパスフィルタをかけたバンドノイズを採用することとした。

一般的には、音刺激として人工音を用いる場合、断続的な純音が用いられることが多い。純音は自然界に存在しない音であるため、魚が認知しやすく、主に養殖で実施される音響馴致においては有効に働くと考えられるが、自然の生息状況にいる魚類を対象とした釣りにおいて誘引を図る場合には、条件付けが既になされていると考えることは難しい。一方、今回採用したバンドノイズは、広帯域の周波数成分を含む自然音である波の音に似た特性を持つため、魚も認知しやすい音だと考えることができる。しかし、先行研究においては、バンドノイズを使って誘引実験を行った例は存在しないため、実釣での使用による検証が求められる。

以下に、本音刺激の原信号波形 (図7)、その周波数解析結果 (図8)、水槽内で Multi-Sound Fish Call を用いて水中

で録音した際の周波数解析結果（図9）を示す。表示に際しては、Audacityを利用した。なお、水中での録音波形上に表れている5000Hz以上の音は、反響や歪みによるものと推測されるが、魚の可聴域外であるため、実釣においてはその影響は無視することが出来ると考えられる。

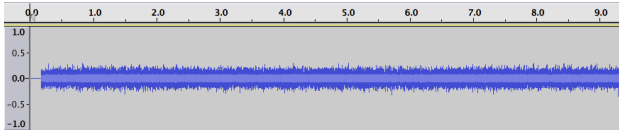


図7 原信号の波形

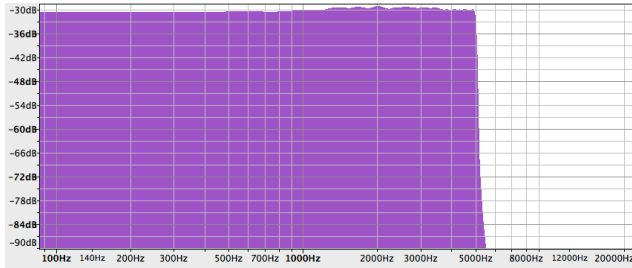


図8 原信号の周波数解析結果

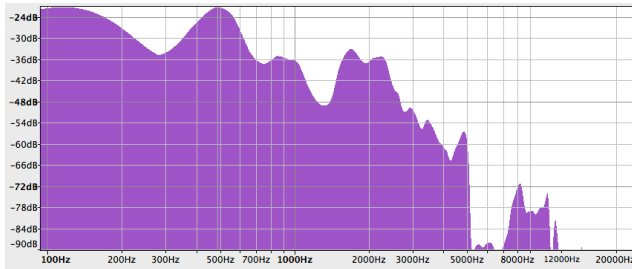


図9 水中での録音の周波数解析結果

4.1.2 合成音：遊泳音および摂餌音

二つ目の音刺激として、小型魚の遊泳音および、小型魚と大型魚の摂餌音とを合成した音を用いた。これまで、誘引の対象である魚種の摂餌音を用いた誘引が数多く行われてきた。一方で、自然界の状況では、その摂餌の対象となる魚種の遊泳音や摂餌音も同時に鳴っている、と考えることが出来る。そこで、本実験では、摂餌の対象である小型魚として、自身で録音した小型魚（アジやウミタナゴ）の遊泳音と摂餌音、および誘引の対象である大型魚として、既存のスズキの摂餌音[8]を合成したものをを用いる。本音刺激の原信号波形（図10）、その周波数解析結果（図11）、水中で録音した際の周波数解析結果（図12）を示す。

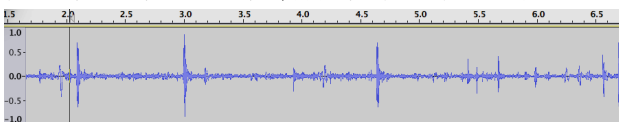


図10 原信号の波形

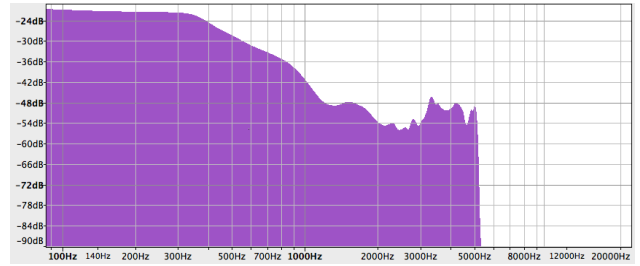


図11 原信号の周波数解析結果

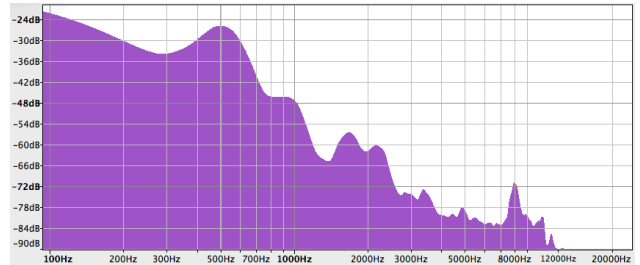


図12 水中録音の周波数解析結果

なお、先行研究[3]で示されているように、ある魚種（鯖）の摂餌音によって、誘引の対象以外の魚種の誘引も期待できる。

4.2 実釣及び録画

前述の音刺激を用いて実釣及び録画による検証を行った（図13）。録画には防水機能を持つビデオカメラ（RICOH THETA V）を用い、Multi-Sounds Fish Callの音刺激に対する魚の反応を水中映像として記録した。以下2つの音刺激ごとに結果を述べる。



図13 実験の様子

4.2.1 バンドノイズ

- (1) 2017年12月23日、佐賀県唐津市京泊漁港において、Multi-Sounds Fish Call を海に投下しバンドノイズの再生を行った。その結果、デバイスの約5m離れた位置に群れていたスズメダイの魚群のデバイス周辺への移動を確認した。次に Multi-Sounds Fish Call を引き上げ、The Fish Call を投下し、内蔵の音刺激 SOUND1 の再生を行ったが、当該の魚群の行動に変化はなかった。その後、さらに5mほど離れた位置に Multi-Sounds Fish Call を投下し、再度バンドノイズの再生を行ったところ、魚群のデバイス周辺への移動を再び確認することが出来た。その後再生を続けると、魚群は徐々に離散し、1分ほどで完全に移動した。
- (2) 2018年5月14日、佐賀県唐津市京泊漁港において、同様にバンドノイズの再生を行った。その結果前回と同様に、魚群（スズメダイ、ペラ）の接近が観察された。音刺激の再生前後の様子を図14に示す。音刺激の再生後、魚群は前回同様に1分ほどで離散したが、その後、別の魚群が接近し、デバイス付近に停滞した。



図14 音刺激（バンドノイズ）による魚群の誘引：
（左）再生前，（右）再生後10秒

- (3) 2018年1月20日、佐賀県唐津市鎮西漁港において、Multi-Sounds Fish Call を海に投下しバンドノイズの再生を行った。その結果、デバイスの近くに停滞していたメバルの魚群が、5mほど離れた位置に移動した。その後、デバイスを引き上げ音刺激の再生を停止すると、数分後に、元の場所へと戻ってきた。

4.2.2 合成音：遊泳音および摂餌音

前述の実験環境において、音刺激として遊泳音（小型魚）および摂餌音（小型魚と大型魚）の合成音を用いた実験もあわせて実施した。結果としては、特に魚群の移動を確認することは出来なかった。これは、バンドノイズの再生時にデバイスから遠ざかる傾向を見せたメバルの魚群についても同様である。

5. 考察

5.1 バンドノイズによる誘引

音刺激としてバンドノイズを用いた際に、スズメダイを始めとした魚群のデバイス周辺への移動が見られた。この理由を以下の4つの視点から検討する。

(1) 落下音

実験を行った京漁港では、仕掛けと同時に餌を投下するフカセ釣りやサビキ釣りという釣りが数多く行われている。この漁法では水面に餌を投げこむため、京漁港周辺の魚種は、物が落ちてくる音そのものに条件付けされて誘引された、という可能性を考えることができる。しかし、同一の条件下で The Fish Call の投下に対し、魚が無反応だったことを踏まえると、落下音そのものが誘引の原因とは考えづらい。また、魚群のデバイス周辺への停滞も落下音からは説明しづらい。

(2) 音への接近

魚は威嚇に働かない音圧レベルの範囲では何かしら音がなっていればその方向に接近するという可能性も考えられる。しかし、The Fish Call の音刺激を用いた実験結果からは、この可能性を支持することは難しい。

(3) 本能

対象の魚にとってバンドノイズ自体が生理的に魅力を持つ音であり、その音に魚が本能的に惹きつけられたという可能性を考えることが出来る。先行研究で示されている繁殖期での異性の発する音への誘引[2]がこの一例であるが、バンドノイズに対してそのような誘引反応を起こすという事実は、今まで研究された事例がなく、さらなる検討が必要である。

(4) 条件付けされた音

対象の魚にとってバンドノイズ自体が既に条件付けされた音と知覚され、誘引を促した、という可能性を考えることが出来る。魚は特定の条件付けされた音に誘引されるという先行研究[2]を踏まえこの可能性を検討した場合、(a)バンドノイズにより、条件付けされた音を含む魚の可聴域すべての周波数帯域を刺激されたことで誘引された。もしくは、(b)バンドノイズの周波数特性が、既に条件付けされた音に近似している、という2つの仮説を検討することが出来るが、両者ともに魚類の音知覚に関するより詳細な検討が必要となる。

5.2 バンドノイズによる威嚇

前述の誘引とは異なり、音刺激としてバンドノイズを用いた際、メバルはデバイスから距離をおく行動を示した。この原因としては、音圧レベルによる威嚇、を考えることが出来る。畠山は、マダイを用いた実験において、同一の音刺激を異なる音圧レベルで提示した結果、同じ音が誘引にも威嚇にもなりうることを示し、その威嚇反応率が50%となる音圧レベルを威嚇レベルとしている[9]。この点から

本実験の結果を考察すると、メバルの威嚇レベルが、スズメダイの威嚇レベルよりも低い、ただし、音刺激そのものには何らかの理由で条件付けされているため、約 5m 離れた位置に停滞した、という可能性を考えることができる。威嚇レベルが異なるという今回の考察から、電気によって制御することで、海の荒れなどによる海中騒音の大きさや狙う魚種などによって再生音圧レベルを変えることができるというのはデジタルであることの大きな利点である。

5.3 合成音に対する検討

二つ目の音刺激として用いた、小型魚の遊泳音および、小型魚と大型魚の摂餌音とを合成した音は、本実験においてその効果を確認することができなかった。その原因として、音を合成した際に、水中で録音された摂餌音をそのまま用いて水中で再度再生したことにより（図 16）、原信号（図 10）と比較して音の特性が大きく変化してしまった、ということが考えられる。

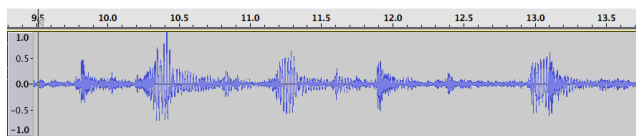


図 16 合成音の水中録音の波形

6. まとめ

本研究では、任意の音刺激を再生可能な釣り用のデバイスとして「Multi-Sounds Fish Call」を開発した。音刺激及びその再生の音圧レベルを選択可能とすることで、今後の音刺激を用いた釣りの検討に際し、大いに役立つことが期待される。一方、既存の釣り用のデバイスと比較した場合、重くかつ大きいため、直接釣りの仕掛けに組み込み、竿を使って投げるといったことは困難であり、その軽量化および小型化が今後の課題である。また、バンドノイズを始めとした使用する音刺激については、例えば狭い帯域ノイズを用いるなど、今後詳細な実験を行うことを検討している。

謝辞

本研究の一部は、日本学術振興会科研費・若手研究(A)ポストデジタル以降の音を生み出す構造の構築[17H04772]の助成を受け実施されている。

参考文献

- [1] 橋本富寿・間庭愛信, 音響による魚群の誘致威嚇に関する研究(1), 漁船研究技報, 1964
- [2] 添田秀夫・島山良己・川村軍蔵, 魚類の聴覚生理 魚の音感知能力を探る, 恒星社厚生閣, 1998
- [3] 橋本富寿・間庭愛信, 音響による魚群の誘致威嚇に関する研究(5) サバ漁業等における実験について, 漁船研究技報, 1966
- [4] 三浦汀介・清水晋・西山作蔵, ルアー(擬餌鉤)の振動解析, 日本水産学会誌, 1984
- [5] TactiBite Fish Call –As Seen On Shark Tank!, <http://www.thefishcall.com>
- [6] 帯屋健之, 海釣り用の音刺激による誘引デバイス“Multi-Sounds Fish Call”の開発と検証, 九州大学芸術工学部音響設計学科卒業論文, 2018

- [7] DFPlayer-Mini-mp3.h ライブラリ, https://github.com/DFRobot/DFPlayer-Mini-mp3/blob/master/DFPlayer_Mini_Mp3/DFPlayer_Mini_Mp3.h
- [8] シーバスの捕食音とキラキラ舞うイワシのウロコ【水中映像】, https://www.youtube.com/watch?v=o_ix_zmqAGQ
- [9] 島山良己, 魚の聴覚能力, 日本水産工学会誌, 28, p111-119, 1992