釣果情報共有を目的とした
釣竿の振動データに基づく魚種判別手法

福田 修之[1,a)]　松井 智一[1,b)]　Choi Hyuckjin[1,c)]　松田 裕貴[1,d)]　安本 慶一[1,e)]

概要：日本は，周囲を海に囲まれた島国であることから，魚釣りを趣味とする人は多く，近年では，センサの小型化や機械学習技術の発展から，釣りのセンシングに関する様々な研究が行われている．釣りを行うにあたり，スポットでの過去の釣果や魚種に基づく時間帯や仕掛けや餌の選定など事前に情報収集を行い，綿密な計画を練るが，多くの防波堤釣りにおいて，良好な釣果が上がらないことが多々発生する．それらの一因として，雑誌などの釣り媒体の情報が最新でないことや SNS などの釣果情報が時間帯，地点，魚種などの情報が離散的に保存され，共有されていない事が挙げられる．本研究では，釣果情報共有を目的とし，釣竿に取り付けたセンサにより釣果，時間帯，場所の情報を，手間をかけずに，自動的に収集するシステムを提案する．提案システムを実現するため，本論文では，魚の釣り上げ時の振動データに基づく魚種判別手法を提案する．実験では，2019 年夏季に防波堤 3 カ所（大阪府，福井県，三重県）で釣り上げた，28 匹の魚の振動データに対して，周波数解析およびバンドパスフィルタとピーク検出による魚種判定を行った．その結果，ピーク点ごとの間隔に着目した特徴量を主成分分析で可視化することで，9 つの魚種のうち，尾数の多かった 5 つの種類について魚種のグループ分けを行うことができた．

1. はじめに

日本は，周囲を海に囲まれた島国であることから，魚釣りを趣味とする人は多く，総務省統計局の平成 28 年社会生活基本調査の結果によると，640 万人である [1]．これらの背景から，釣り具の改良目的としたデバイス開発に関する研究が盛んに行われており，近年では，センサの小型化や機械学習技術の進歩から情報科学分野と組み合わさった研究が進められている．

それらの研究開発が進むなか，いまだに多くの防波堤釣りにおいて，釣果が上がらないことが多々発生する．これらの問題を防ぐために，多くの釣り人は，事前に釣り雑誌や SNS などから得られる過去の釣果情報（魚の大きさや数）を利用し，釣り場の選定や時間帯，行動計画を検討している．

しかし，現在提供されている釣果情報は，どの地点で，どの種類の魚を釣り上げたかを確認することができるが，時間帯，潮汐，何回投げたかなどの情報は提供されていない．例えば，現在，釣り雑誌に一般的に提供されている釣れる魚のポイント図（図 1）では，釣れる魚とその地点を確認できるが，どの時間帯に釣れやすいかや時期，潮汐などは動的に考慮されず，読み取ることができない．また，これらの情報は，限られた期間の釣果情報を集計した結果であり，過去一週間などの最新の釣果情報が自動的に共有され，更新されたものではない．一方，釣果共有 SNS では，一匹ごとに防波堤のどの地点で釣れたかを共有することは手間がかかるため，その日釣れたすべての魚を一枚の写真で共有することが多く，それぞれの魚がどの地点で釣れたかなどは情報として共有されにくいという問題点がある．

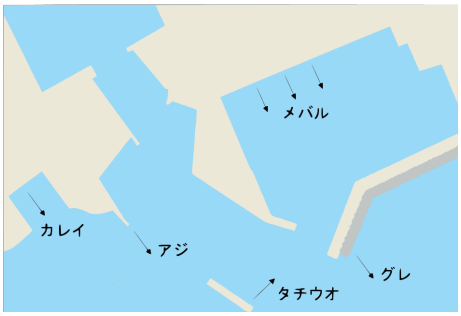

図 1　ポイントマップの例

そこで，我々は，自動的で手軽な釣果情報の共有と釣りの効率的な行動計画（時期，潮汐，過去のその地点での釣り人の行動を考慮した計画）の提案を目的として，釣竿に

1　奈良先端科学技術大学院大学，
Nara Institute of Science and Technology
a)　shuichi.fukuda.fs5@is.naist.jp
b)　matsui.tomokazu.mo4@is.naist.jp
c)　choi.hyuckjin.cc0@is.naist.jp
d)　yukimat@is.naist.jp
e)　yasumoto@is.naist.jp

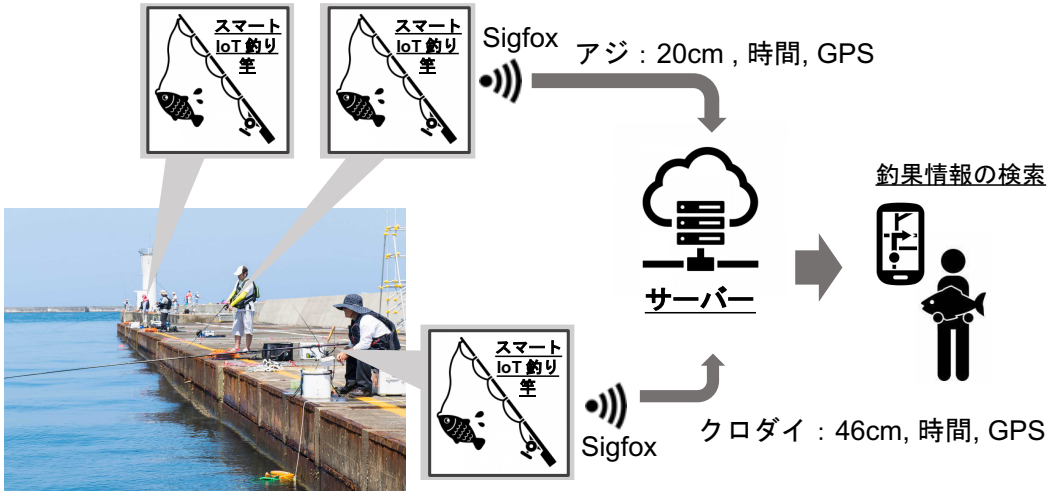

図 2　釣果共有システムの概要図

取り付けたセンサを用いた自動で釣果情報の共有を行うシステムの構築を進めている [2]．これまでの研究成果として，釣りの効率的な行動計画のための釣り人の行動データの取得を目的として，釣竿に取り付けた 6 軸加速度センサを用いた釣りの行動認識手法を提案している [3]．

本論文では，釣竿に取り付けたスマートデバイスから取得可能な加速度センサの振動データに着目し，魚の釣り上げ時の振動の周波数特性から魚種と大きさを判定する手法を提案する．

文献調査の結果から，魚の遊泳メカニズムに関する報告から釣り上げる時の周波数に違いが生じることに着目し，釣り上げ時の振動データを周波数解析することで魚種判別の分析を行った．実験では，2019 年夏季に防波堤 3 カ所（大阪府，福井県，三重県）で釣り上げた，28 匹の魚の振動データに対して，周波数解析およびバンドパスフィルタとピーク検出による魚種判定を行った．その結果，ピーク点ごとの間隔に着目した特徴量を主成分分析で可視化することで，9 つの魚種のうち，尾数の多かった 5 つの種類について魚種のグループ分けを行うことができた．

2.　関連研究

2.1　釣りに関する既存研究およびサービス

安藤らは，漁業との共有資源管理を目的に，釣りが禁止されていない一般河川にサクラマスの幼魚を放流し，釣り場への車の乗り入れ台数を調査することにより，釣り人の総数を推定している．同時に，アンケート調査によって得られた釣獲尾数から，サクラマスの減耗尾数を推定している [4]．安藤らの手法により，6 月に生息していた 21,874 尾（95%信頼区間; 20,785-22,963）のうち，10 月までに 14,219 尾（4,613-23,825）が釣獲されたと推定され，都市近郊の河川では釣りによりサクラマス幼魚の減耗要因になっている可能性が示唆された．しかしながら，安藤らの手法では，釣りによるサクラマスの捕獲数，減耗尾数を推定することは可能であるが，どの地点で釣り上げたかやその時間帯などの詳細情報を得ることはできない．

FARBEYOND LLC により開発された釣り情報共有アプリ [5] では，GPS に基づいた場所情報を保有したその日の釣果写真の共有が可能である．しかし，釣り中に一匹ごとに防波堤のどの地点で釣れたかを共有することは手間がかかるため，その日釣れたすべての魚を一枚の写真で共有することが多く，どの地点で釣れたかなどの情報は得ることはできない．また，それぞれの魚の大きさは不明である．また，釣り人の行動データは，アプリでは取得しておらず，どのような行動をとったユーザが高い釣果を上げているかは不明である．

株式会社 Baltic Vision が開発している Cyber Fishing[6] では，釣竿に取り付けたボタン型デバイスにより，自身の釣果ポイントをボタンを一押しすることで，GPS による場所情報の記録が可能である．しかし，自身の釣りポイント場所情報のみの記録を目的としており，釣果情報の取得と共有は対象外である．

2.2　釣竿にセンサを取り付けた研究

才木らは，竿先に加速度センサを取り付けた魚釣り支援システムにより，弾性体である釣竿の振動減衰を解析し，竿先に現れた全ての魚のアタリに伴う振動が，人には伝わっていないことを明らかにした [7]．また，竿先に取り付けた加速度センサから得られたベラ（12-20cm）1 匹の振動データを分析し，ヒットする前の人間が感知できない微細な振動をセンサが検知できる可能性を提示している．

また，才木らの遠投支援システムの開発研究では，竿先に取り付けた加速度センサを用いて，投げ釣りにおける遠投時の人の釣具の操作を分析した [8]．そして，釣竿の回転速度が最高に達してから止まるまでの間に釣糸を解放すると，飛距離が伸びることを加速度センサの情報から示した．このことから，釣竿に実装した加速度センサからの情

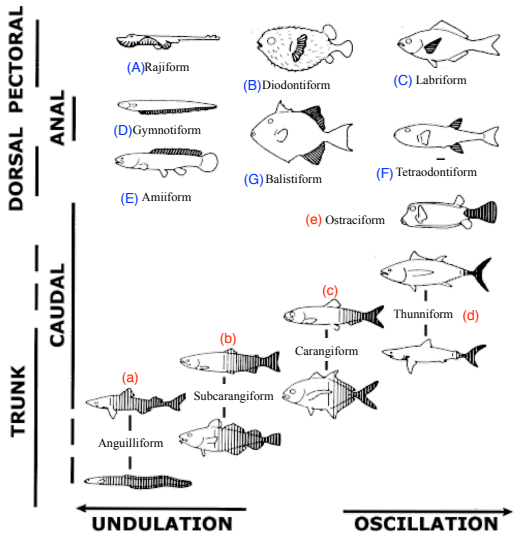

図 3　魚種ごとの泳ぐ時に使用する体の部位の違い [9]

報をもとに，最適なタイミングで釣糸を自動的に解放する遠投支援システムの有用性を確認している．

以上に示す才木らの研究では，竿先に取り付けるセンサの小型化や釣り人の投げ方支援などを提案しているが，釣果共有や釣り人の行動を認識する手法は研究対象外である．

2.3　本研究の位置づけ

釣りを行うにあたり，事前にスポットでの過去の釣果や魚種に基づく時間帯や仕掛けや餌の選定など事前に情報収集を行い，綿密な計画を練るが，その際，雑誌などの釣り媒体の情報が最新でない事が問題として存在する．

それらに対して先行研究では，前述のように釣果共有を目的とした研究も存在するが，SNS アプリでは 1 匹ごとの詳細な情報を共有することは手間が問題である．一方で，釣竿にセンサを取り付けた先行研究も存在するが，これらは釣果共有を目的としたものではないため，上記の問題を解決する事ができない．

本研究では，釣果情報共有を目的とし，釣竿に取り付けたセンサにより釣果，時間帯，場所の情報を共有の手間なく，自動的に収集するシステムを提案する．本論では，魚の釣り上げ時の振動データに基づく魚種判別手法を提案する．

3.　提案手法

3.1　釣果共有システムの概要

本研究で提案する釣果共有システムを図 2 に示す．本研究では，釣竿に GPS と加速度センサを取り付けたスマート IoT 釣竿により，魚を釣り上げた時の防波堤の詳細な場所情報と時間情報を記録し，それらをサーバにアップロードすることで，他の釣り人が，それらの情報を参照できるシステムを提案する．我々は，先行研究として，竿先に取り付けた 6 軸加速度センサの情報から釣り人の 5 種類の行動を認識する機械学習モデル [3] を構築を行っている．

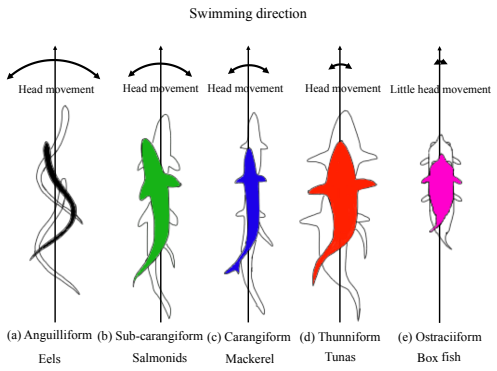

図 4　魚種ごとの泳ぎ方の違い [10]

本論文では，魚を釣り上げる時の振動データから魚種および魚の大きさを判定する手法を提案する．これにより，本研究のスマート IoT 釣竿により，釣り人は釣果の記録を行うことなく，釣果情報，位置情報，時刻情報が自動的に記録され，リアルタイム性の高い情報を他のユーザが観覧し，釣りの事前計画を立案することが可能となる．本研究の手法により，関連研究で問題であった事前に釣りの計画をする時，雑誌媒体でのポイントマップなどの情報では過去 2 週間の直近の釣果が反映されていないことやサンプル数に限りがあること，釣り場を網羅できていないことなどの問題を解決できる．また，釣りの SNS などでは，1 匹 1 匹の連れた場所や時間帯などの記録が手間がかかるため，行われていないが，本手法では，竿の振動データから自動的に釣果データを収集し，共有することが可能であるため，情報のリアルタイム性，網羅性，正確性が向上する．

3.2　魚の泳ぎ方に関する文献調査

魚を釣り上げる時の振動データから魚種を判定するにあたり，実現可能性を確認するため，魚の遊泳特性について文献調査した結果を以下に述べる．

魚の遊泳スタイルにはさまざまな種類が存在する．ESI（Environmental Science Investigation）[9] は，遊泳時に使用する体の部位の割合に基づいて，魚を 12 のグループに分類している（図 3）．

また，Sfakiotakis [10] らは，魚の力学的な遊泳メカニズムに関して調査した結果を報告している．これらの遊泳スタイルの詳細を図 3，4 に示す [9], [10]．図 3 の各魚の黒く塗りつぶされた部分が泳ぐ時に使用する体の部位である．

これらの論文によると，図 3 の 12 グループのうち，青色のグループの魚は体と尾ビレを動かして推進力を生み出しているが，赤色で示されたグループは，中央で対になったヒレ（胸ヒレ）の動きを使用して前進している．前者のグループの魚は，より速く泳ぐことが可能であり，捕食者から逃れやすくなっている．しかし，それらのグループの魚は，素早くターンし，向きを変えることができないため，捕

図 5　釣竿への iPod Touch の取り付け

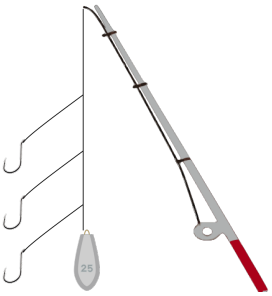

図 6　実験で用いた胴突き仕掛けの概略図

表 1　防波堤で釣れた魚の種類と大きさ

種類	尾数 (匹)	大きさ (cm)
アジ	9	11, 11, 11, 11, 12, 12, 14, 14, 19
グレ	5	8, 9, 9.5, 12, 12
ベラ	4	8.5, 10.5, 11, 16
イシダイ	3	8.5, 10, 13,
ウミタナゴ	2	10, 11
フグ	2	11, 22
サバ	1	16
カワハギ	1	12
アイナメ	1	9

食者から身を隠すことが困難となっている．後者のグループの魚の場合，前者に比べて比較的ゆっくり泳ぐが，それらのグループの魚は方向を素早くに変えることが可能である．したがって，後者のグループはサンゴ礁や岩場や海藻帯などを好んで住む傾向がある．

赤色で示されたグループに関して，Sfakiotakis [10] らは，胴体と尾ビレを使用して動かす時の推進力を考察する際，図 4 に示すように体の動かし方についての違いをモデル化している．それらの研究結果から，魚の種類によって頭の横への振れ幅が異なることも確認でき，それにより，魚を釣り上げる時の振動に差異が現れると考えられる．

4.　実験概要

本研究で使用する振動データは，iPodTouch[11] に内蔵された加速度センサを用い，自作 iOS アプリにより，サンプリング周波数 100 Hz で取得したものを用いた．振動データの取得は，キャスティングごとに振動の時系列データを取得し，魚を釣り上げた時のみ，その振動データに魚

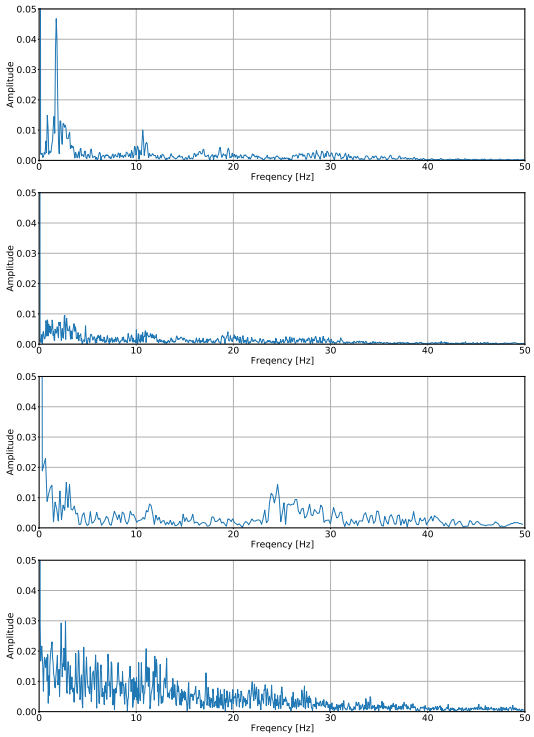

図 7　ベラの振動データに対する FFT による解析結果

種および計測した魚の大きさをアプリ上でラベリングを行った．これは，時系列の振動データから，目的の魚の振動データである魚のアタリから釣り上げるまでの振動データのみを手動で取り出すためにわかりやすくするためである．図 5 に iPodTouch を取り付けた釣竿を示す．竿先の振動データには，波の影響も多分に含まれる可能性があるため，図 5 に示すようにセンサは，持ち手付近に装着し，竿先には取り付けていない．釣竿は，EnocuSun コンパクトロッド（竿丈:1.8m）を，リールには Daiwa スピニングリール 16 ジョイナス 2500 を使用した．

魚の釣り上げ時の振動データの取得にあたり，釣りの仕掛けは図 6 に示す胴突き仕掛けを用いた．これは，釣りエサを変えることで，海底から中上層に存在する多種多様な魚種を釣り上げることができるためである．オモリは，3 号 (11.25g) を用い，釣り餌は釣りあげる種類を増やすため，アオイソメとオキアミを用いた．

実験は，2019 年夏季に防波堤 3 カ所（大阪府，福井県，三重県）で別々の日の午前に行った．被験者数は男性学生 4 名，釣果は，28 匹である．それぞれの魚の種類，大きさを表 1 に示す．なお，胴突き仕掛けでは，針が一つではないため，同時に複数の魚がかかる時があった．それらの振動データは，表 1 から除外しており，本論文の分析では使用しない．

5.　分析

5.1　振動データの周波数解析による魚種判定の検討

参考文献で述べられているように，魚の泳ぎ方は種類に

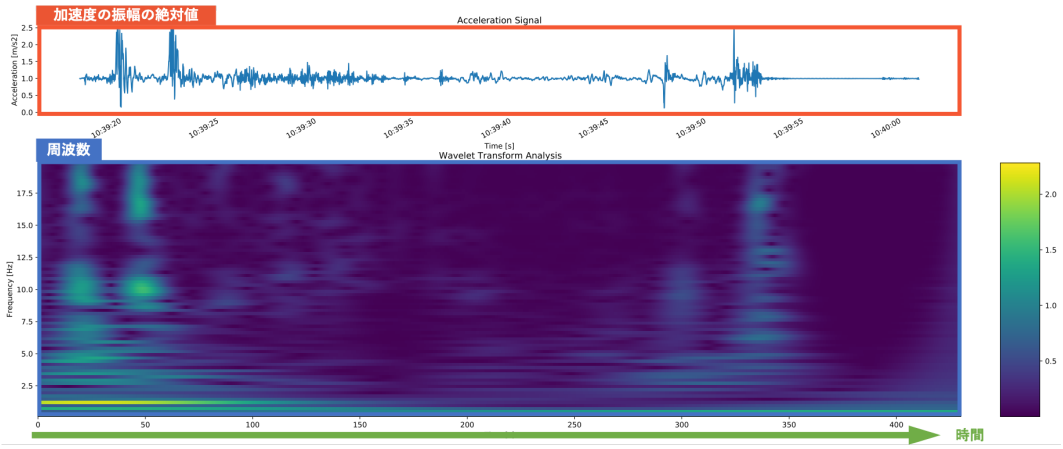

図 8　ウェーブレット変換による振動データの解析結果

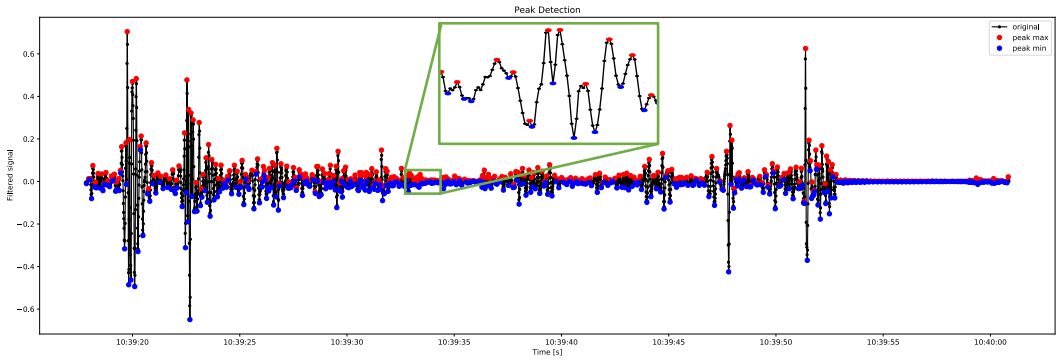

図 9　バンドパスフィルタ＆ピーク検出による振動データの解析結果

よって動かす部位や体の動かし方に違いがあり [12], [13]，エサに食いついた時の動きは，魚の種類によって直進的に進む，もしくはターンして抵抗するように泳ぐなど，異なる [10], [14], [15]．これらのことから，魚を釣り上げる時の振動特性の差から魚種の判定が可能と考えられるため，振動データの周波数解析を行った．解析するデータは，表 1 に示す 28 匹の魚の釣り上げ時の振動データであり，具体的には，iPodTouch の加速度センサの振幅の大きさ（式 1）である．波の影響に関して，竿先にセンサを取り付けた場合は大きく影響するが，本論の手法では持ち手付近に装着しているのでその影響が小さいと言える．また，本研究の実験場所はイカダや船を対象としておらず防波堤に限定しているため，被験者自身が波の影響で上下することはなく，それらがセンサの信号に含まれることはない．

$$\sqrt{ACC_x^2 + ACC_y^2 + ACC_z^2} \qquad (1)$$

本論文で使用する周波数解析手法は，高速フーリエ変換（Fast Fourier Transform）およびウェーブレット変換（Wavelet Transform）である．FFT は，時系列信号に対して，それらを正弦・余弦波の合成波として近似し，時間領域の情報を周波数領域の情報に変換する手法である．横軸に周波数，縦軸にスペクトル強度を示す．ウェーブレット変換は，小さい波（基底関数）を拡大縮小と平行移動を適用することで，与えられた入力の波形を近似する周波数解析の 1 つの手法である．ウェーブレット変換では，入力が時系列信号であるのに対して，出力も周波数スペクトルの時系列信号となる．具体的には，ある時間帯ごとにどの信号成分が多く含まれているのかを知ることが可能である．

周波数解析したデータの一例として，表 1 のベラの FFT の結果を図 7（上から，8.5cm, 10.5cm, 11cm, 16cm）に示す．なお，窓関数には，ハミング窓を使用した．図の結果から，ベラの個体差によって周波数特性が異なってしまうため，魚種判定のためのベラに共通する明確な特徴量を確認することはできなかった．

FFT での解析では，魚が餌に食いついたアタリから釣り上げるまでの時系列データを対象としているため，アタリへ対応する釣り人の動きなども FFT の解析結果に含まれている．そこで，次にウェーブレット変換による解析を試みた．ウェーブレット変換では，時間帯ごとの周波数スペクトル強度を確認することができるため，釣り人の動きなどがどのように振動成分に影響されるかも確認することができる．一方で，時間軸に対して定常的に現れる周波数成分は，魚の振動である可能性が高いと考えられる．これらのことから，魚の振動データに対してウェーブレット変

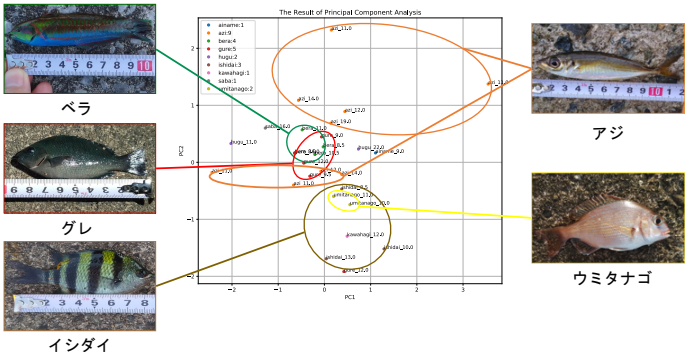

図 10　主成分分析による魚種のグループ分け結果

換を行った．その結果を図 8 に示す．図 8 には 2 種類のグラフが示されており，上部のオレンジ枠で囲まれている波形が，元の加速度データであり，青枠で囲まれている図がウェーブレット変換の結果である．ウェーブレット変換の結果の横軸は経過時間であり，縦軸は 0-20 Hz の周波数成分の強度情報である．

初期に現れる加速度信号の大きな揺れがアタリへ対応する釣り人の動きと判断でき，ウェーブレット変換の結果から，それらがどのように周波数成分へ影響されるのかが確認できる．しかし，アタリに対して釣り人が竿を立てるなどの動作をする瞬間，魚も逃れようと大きく反応するため，その振動成分も大きく含まれていると考えられる．図 8 のウェーブレット変換の結果には，1-2 Hz 付近の信号が時間軸に対して定常的に含まれるのは確認できるが，その他の周波数帯において定常的に含まれるものは確認できなかった．ウェーブレット変換を用いた解析の欠点として，アタリへ対応する釣り人の動きの周波数成分が，他の振動データ（魚の振動など）の周波数成分よりも大きく出ているため，これらの結果から魚種を判別するための違いを探索するのは難しいと考えられる．

5.2　バンドパスフィルタとピーク検出による魚種判定

振動データの周波数解析による魚種判定では，特徴的な成分を見つけ出すことはできなかった．これに対して，人の動きや波や風の成分が含まれる低周波成分をバンドパスフィルタにより低減し，持ち手付近に取り付けたセンサに伝わる魚の振動成分のみに着目して解析を行った．

バンドパスフィルタは，特定の周波数領域のみを通過させるフィルタであり，本研究では 3-10Hz を通過させるバンドパスフィルタを用いた．なお，バンドパスフィルタの設定条件は，ハイパスフィルタ側の通過域端周波数：3 Hz, 阻止域端周波数：1 Hz，であり，ローパスフィルタ側の通過域端周波数：10 Hz, 阻止域端周波数：15 Hz である．フィルタリングしたのち，Python 言語の Scipy モジュール [16] を用いて，ピーク検出を行った．その結果を図 9 に示す．赤点は，上凸のピーク点を示し，青点は下凸のピーク点を示す．ピーク検出を行ったのち，上凸同士の平均幅，下凸同士の平均幅，上下凸同士の平均幅を特徴量として取り出した．本特徴量は，ピーク点ごとの平均距離に関するものであり，FFT やウェーブレット変換などの手法で得られる振動成分の強さに関する特徴量とは異なる．ある狭い範囲の特定の周波数成分に対して，解析を行う場合，周波数解析では，窓関数にかけることでそれらが失われることや周波数領域の分解性能に限界があることが挙げられる．そこで，本研究では，ピーク点ごとの平均幅に関する特徴量から分析を行った．これらのデータを主成分分析にかけた結果を図 10 に示す．図 10 の結果から，バンドパスフィルタおよびピーク検出による特徴量抽出手法により，魚種をグループ分けした結果，魚種ごとの特徴が現れている．しかし，上記の結果は，日付（場所）や被験者ごとの条件の違いが出ていることも考えられる．それらを検証するため，被験者とその釣り上げ日時を図 11 に示す．8 月 25 日，8 月 26 日の点が三重県での釣果であり，9 月 3 日が大阪府，9 月 16 日が福井県での釣果である．図 11 の結果から，全体として場所，スポットにおけるばらつきが確認できるため，図 10 の主成分分析の結果がこれらをグループ分けした結果ではないと言える．

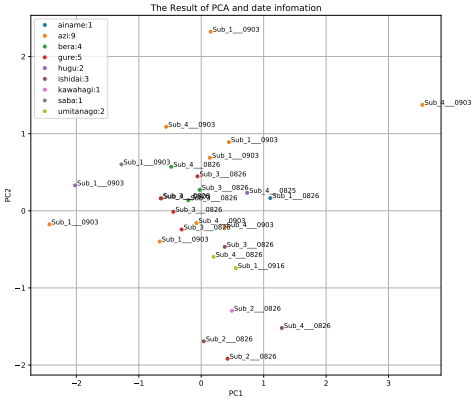

図 11　主成分分析の結果に対する各振動データごとの被験者情報と日付情報

6.　考察

6.1　振動データによる魚種判別手法に関する考察

FFT やウェーブレット変換を用いた周波数解析では，周波数成分の強さを表示しているため，アタリに対する釣り人の大きな動きが，加速度の変化が大きい影響を与えており，それらが周波数解析の結果の支配的な特徴となってしまうという結果（図 7，8）となった．それらに対して，バンドパスフィルタとピーク検出による特徴量抽出では，振動の強さに着目するのでなく，振動のピーク点ごとの間隔に着目し，そこに魚種ごとの違いが存在するのかを評価した．図 10 の主成分分析の結果からいくつかのグループで

分ける事ができた．図 10 の 2 匹のウミタナゴ（黄色枠）について，これらは福井県と三重県で別々に釣り上げた釣果であり，それらが近くに表示されている．また，ウミタナゴとかぶっているもののイシダイに関しても主成分分析の結果の下側に固まって表示されている．これらの魚種は他の種類の魚に比べて胴体が縦長である事が特徴として挙げられる．

ベラ，グレに関してはグループになっているものの比較的近い距離に分布されているのが確認できる．ベラに関しては他の種類に比べて体の形が細長く，特徴的な振動となると予想されるがグレと似ている結果となった．グレに関して，防波堤で釣れる魚の中では引きが強い事が有名であり，特徴的な振動となると考えられる魚である．これらの結果に関して，2 種の泳ぎ方と振動には何らかの関係がある可能性が考えられる．

図 10 においてアジは広範囲に分布している．これに関して，アジは群れで泳ぐ魚であり，本研究の中で唯一，同時に複数匹釣れた魚である．また，アジは顎が弱く釣り上げる時に口がちぎれて逃してしまう魚である．実際の実験でも複数匹かかったが途中で逃してしまう事が複数回確認されている．また，アジは 1 匹だけ釣るよりも複数匹かかる事が多く，その時の実験データは取得せずに，1 匹のみかかったもののみをデータ収集した．これらのことから，釣り上げ時は一匹だったものの水中では複数匹かかっており，途中で逃れた可能性が高いと考えられる．この結果が図 10 にあらわれたのではないかと思われる．

図 10 の主成分分析の結果において，上記の結果は，日付（場所）や被験者ごとの条件の違いがグループとして出ていることも考えられるため，被験者とその釣り上げ日時を図 11 で確認した．日付ごとによって実験場所が異なることから釣れる魚も異なるため，場所の違いか魚種の違いかの単純な比較はできないが，もし主成分分析の結果が場所を区切るものであるならば，9 月 3 日に実験した上から二つ目のアジのグループが 8 月 26 日の実験データが集まる図の中心付近に配置される可能性は低いと考えられる．

また，9 月 16 日の福井県の釣果がウミタナゴ 1 匹のみであったが，8 月 26 日に釣り上げたウミタナゴと近い位置に配置されている．また，8 月 25 日の釣果はフグ 1 匹のみであったが，それも中央付近に配置されている．これらのことから，全体としても場所におけるばらつきが確認できるため，図 10 の主成分分析の結果がこれらをグルーピングした結果ではないと言える．被験者に関しては，被験者 1,2,3,4 が図の中央付近でばらついており，これらの結果により魚のグループ分けがされていない事が確認できる．

6.2 釣りセンシングに関する実験手法の改善

本研究では，釣りをしている時の iPod に内蔵された加速度センサの信号を取得する実験を行った．釣りの実験のセンシングは，他のスマートスポーツに比べて，条件が大きく異なっており，デバイス面やラベリングなどで問題が生じた．それらの問題点と改善案を以下に示す．

釣りは他のスポーツのセンシングに比べて，長時間行う傾向がある．また，釣り上げ時の振動データを取得することが本研究で重要であるが，一般的に魚を釣り上げる事が難しいため，実験の中で必要なデータを取得できる時間が短いという欠点がある．また，振動データの記録，魚種の記録，大きさの計測など収集項目も多く，足場が場合は一つのデータを取得するのに時間がかかるため，アジやサバなどの群れで泳ぐ回遊魚の場合，魚の群が来ているのにもかかわらず，多くのデータを収集できないという問題点が生じた．

これらの実験状況に加えて，本研究では iOS アプリにより振動データの取得を行ったが，加速度の取得をバックグラウンドで常時行えないため，常にディスプレイを付けなければならず，長時間実験を行うため，バッテリの充電不足が問題となった．今後，GPS を使用するとさらに問題となることが明らかとなった．また，釣り餌によるスマートデバイスの画面の衛生面の問題や不意の落下などの可能性が浮き彫りとなった．

本研究では誰しもが持っているスマートフォンアプリでのシステムの構築を目指したが，上記のことから釣りのセンシングを専用 IoT デバイスの開発が必須となる事が明らかになった．現在，本論文に示す実験から得られた知見をもとに，釣りのセンシングを行う専用デバイスの開発を進めている．

6.3 魚の大きさ推定に関する実験手法の改善

本論文では，魚の種類と大きさを判定することを目的としたが，大きさの推定について，防波堤釣りで釣り上げることができる魚種とその大きさは限られているため，魚種が定まるとおおよその大きさは推定できることが今回の実験結果から判明した．なお，防波堤釣りで同じ魚種で大きさが大きく異なるのは，スズキ，クロダイ，タチウオ，ツバス，カレイなどの大型魚である．

これらの魚種の大きさ推定には，釣り上げ時間などの情報を加えると大きさの推定が可能になると考えられる．釣り上げ時間は，リールの巻き取り時間などから算出可能であり，参考文献 [3] では，釣り人の行動認識でリールを巻く行動を加速度から推定しているため，この行動認識技術と組み合わせることで，今後，大きさの推定が可能になると考えられる．

以上のことから，今後大きさ推定の研究を進めるにあたり，全ての魚種の大きさを釣り上げたのちに，計測する必要がなく，特定魚種に対してのみ釣り上げた時に大きさを測定すれば良いことがわかった．本知見から，大型魚は小魚に比べて釣り上げる頻度が相対的に少なくなることか

ら，実験の手間を大幅に減らすことに寄与できる．

7. おわりに

本研究では，魚の遊泳メカニズムに関する文献調査から釣り上げる時の周波数に違いが生じることに着目し，釣り上げ時の振動データを周波数解析することで魚種判別の分析を行った．

文献調査では，参考文献で述べられているように，魚の泳ぎ方は種類によって動かす部位や体の動かし方が異なる [12], [13]．また，エサに食いついた時の動きは，魚の種類によって直進的に進む，もしくはターンして抵抗するように泳ぐなど，異なる [10], [14], [15]．これらのことから，魚を釣り上げる時の振動特性の特徴から魚種の判定が可能と考えられるため，釣り上げ時の振動データの周波数解析を行った．

釣り上げ時の振動データの収集実験では，独自開発した iOS アプリにより，サンプリング周波数 100 Hz で加速度の大きさを測定し，魚種 9 種類，総計 28 匹の魚の振動データを収集した．

FFT やウェーブレット変換を用いた周波数解析では，周波数成分の強さを表示しているため，アタリに対する釣り人の大きな動きが，加速度の変化が大きい影響を与えており，それらが周波数解析の結果の支配的な特徴となってしまうという結果となった．これらのことから，振動データの周波数解析による魚種判定では，特徴的な成分を見つけ出すことはできなかった．これに対して，人の動きや波や風の成分が含まれる低周波成分をバンドパスフィルタにより低減し，持ち手付近に取り付けたセンサに伝わる魚の振動成分のみに着目して解析する手法を提案した．バンドパスフィルタおよびピーク検出による手法では，ピーク点ごとの間隔に着目した特徴量を主成分分析で可視化することで，9 つの魚種のうち，尾数の多かった 5 つの種類について魚種のグループ分けを行うことができた．

また，魚の大きさの推定について，防波堤釣りで釣り上げることができる魚種とその大きさは限られているため，魚種が定まるとおおよその大きさは推定できることが今回の実験結果から判明した．今後の実験では，全ての魚種の大きさを計測する必要がなく，特定魚種に対してのみ釣り上げた時に大きさを測定すれば良いことがわかった．

6.3 節に示す実験の問題点から，今後データ収集を増やすにあたり，釣りセンシングに特化したデバイスの開発が必須となる事がわかった．釣竿の振動データの取得を行う専用デバイスの開発については，文献 [17] で報告しており，今後，釣りのビッグデータの収集につなげたいと考えている．

謝辞

本研究は, 奈良先端科学技術大学院大学の Creative and International Competitiveness Project の助成を受けたものである．

参考文献

[1] 総務省統計局：『平成 28 年社会生活基本調査の結果』.

[2] Shuichi Fukuda, Seongeon Hong, Hanbit Oh, Hyuckjin Choi, Yuki Matsuda, and Keiichi Yasumoto. A proposal for a new method of fish species and size prediction by recognizing fishing vibration pattern using machine learning. 2019 年度 情報処理学会関西支部 支部大会 講演論文集, 2019.

[3] 福田修之, Seongeon Hong, Hanbit Oh, Hyuckjin Choi, 松田裕貴, 安本慶一. 釣竿に取り付けた慣性センサを用いた釣人の行動認識. 洋理工学会 2019 年度秋季 大会 講演論文集, 2019.

[4] 安藤大成, 宮腰靖之, 竹内 勝巳修一. 都市近郊の河川におけるサクラマス幼魚の遊漁による釣獲尾数の推定. 日本水産学会誌, Vol. 68, No. 1, pp. 52–60, 2002.

[5] Farbeyond llc 釣りスポット 情報共有 map くん. available from `https://apps.apple.com/jp/app/id1024394644` (accessed 2020-07-2).

[6] 株式会社 baltic vision : Cyber fishing. available from `https://cyberfishing.jp` (accessed 2020-07-2).

[7] 才木常正, 荒木望, 武尾正弘, 吉田陽一, 前中一介. 竿先振動を利用した魚釣り支援システム. 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol. 136, No. 7, pp. 1033–1034, 2016.

[8] 才木常正, 荒木望, 兼吉高宏, 武尾正弘, 吉田陽一, 前中一介. 釣竿実装の加速度センサによる遠投支援システム. 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol. 137, No. 5, pp. 770–771, 2017.

[9] Vanishing fish : Swimming styles among fish. available from `https://esi.stanford.edu/exercise/exercisefurther2.htm` (accessed 2019-07-10).

[10] Michael Sfakiotakis, David M Lane, and J Bruce C Davies. Review of fish swimming modes for aquatic locomotion. *IEEE Journal of oceanic engineering*, Vol. 24, No. 2, pp. 237–252, 1999.

[11] Apple Inc. : iPod touch. available from `https://www.apple.com/jp/ipod-touch/` (accessed 2020-07-2).

[12] Gills (W.S. Hoar & D.J. Randall). *Fish Physiology*. 1978.

[13] FWH Beamish. Swimming capacity. *Fish physiology*, Vol. 7, pp. 101–187, 1978.

[14] Paolo Domenici and R Blake. The kinematics and performance of fish fast-start swimming. *Journal of Experimental Biology*, Vol. 200, No. 8, pp. 1165–1178, 1997.

[15] D Weihs. The mechanism of rapid starting of slender fish. *Biorheology*, Vol. 10, No. 3, pp. 343–350, 1973.

[16] Scipy.org : Refrence. available from `https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/` (accessed 2020-07-2).

[17] 福田修之, 玉置理沙, 松井智一, 大井一輝, Hyuckjin Choi, 松田裕貴, 安本慶一. リアルタイム行動認識機能を有する釣り cps の開発. 第 28 回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ（DPSWS2020）講演論文集, 2020.