

リアルタイム行動認識機能を有する釣りCPSの開発

福田 修之^{1,a)} 玉置 理沙^{1,b)} 松井 智一^{1,c)} 大井 一輝^{1,d)} Choi Hyuckjin^{1,e)} 松田 裕貴^{1,f)}
安本 慶一^{1,g)}

概要：近年、センサの小型化、高性能化や機械学習技術の進歩から、IoT で得られるフィジカル空間の情報とサイバー空間に蓄積された膨大な情報を AI が解析し、その解析結果をフィジカル空間の人間に様々な形でフィードバックする Cyber Physical System (CPS) の研究開発が進められている。なかでも、スマートスポーツの分野では、競技者の行動や動作をセンシングし、AI を用いて認識する研究が数多く進められている。本研究では、スポーツとしての釣りに着目し、釣り人の行動をリアルタイムで認識し、釣れないときの意思決定支援として、時間・場所に応じた釣果に結びつく過去の有用な行動に関する情報を提供する釣り CPS を提案する。著者らは、釣り竿に取り付けた加速度センサの情報から魚種と大きさを自動認識する研究を既に行っている。本稿では、これに加えて、釣り CPS 実現に向けた位置情報と加速度・ジャイロ情報を取得する IoT デバイスの開発と、リアルタイム行動認識結果を位置・時刻と合わせてアニメーションにより表示する Web システムについて報告する。開発した IoT デバイスと、Web システムについて、実用化の観点から評価を行った。その結果、実際の防波堤環境で、GPS センサ、加速度センサを起動し、UDP 通信でサーバに常時送信する状態で 4 時間 40 分の動作を確認した。

1. はじめに

近年、センサの小型化や機械学習技術の進歩から様々な研究分野で IoT, AI に関する研究が進められている。特に、フィジカル空間に設置したセンサが計測した膨大な情報をビッグデータとしてサイバー空間に蓄積し、このデータを AI が解析することで、フィジカル空間の人間に様々な形でフィードバックするシステム (CPS: Cyber Physical System) の研究開発が盛んに行われている [1]。

なかでも、スマートスポーツに関する分野では、これまで行われてきたスポーツに対してセンサなどを競技道具に取り付け、データを分析し、競技者への適切で科学的な根拠に基づくフィードバックを行う研究が数多く行われている [2]。

たとえば、高田らは高齢者に健康な体で自立した生活を続けられるように日頃から適度な運動やトレーニングを促すシステムの開発に取り組んでいる [3]。高田らの研究で

は、体幹トレーニング支援に向けたウェアラブルデバイスによる種目認識手法を提案しており、体に取り付けたセンサから得られる加速度、ジャイロデータのみを使って、7 種類 (計 10 パターン) の体幹トレーニング種目認識を行う機械学習モデルの構築を報告している。しかし、これらの先行研究では機械学習モデルの構築を対象としており、実用化のためのシステム開発については現状取り組まれていない。具体的には、動作時間やサーバとの通信を考慮した体幹トレーニング支援に適したセンサデバイスの開発や、大量のセンサ情報を適切な通信方式で送受信し、機械学習モデルで処理したのち、その結果を競技者にフィードバックするシステム全体の開発は対象外となっている。

本研究では、スポーツとしての釣りに着目し、釣り人の行動をリアルタイムで認識し、釣れないときの意思決定支援として、時間・場所に応じた釣果に結びつく過去の有用な行動に関する情報を提供する釣り CPS を提案する。著者らは、釣り竿に取り付けた加速度センサの情報から魚種と大きさを自動認識する研究を既に行っている [4]。本稿では、これに加えて、釣り CPS 実現に向けた位置情報と加速度・ジャイロ情報を取得する IoT デバイスの開発と、リアルタイム行動認識結果を位置・時刻と合わせてアニメーションにより表示する Web システムについて報告する。

釣りは、老若男女誰しものが楽しめるスポーツであるが、プロ・アマチュア問わず、釣果が上がらないことが多々発

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) tamaki.risa.tn0@is.naist.jp
c) matsui.tomokazu.mo4@is.naist.jp
d) oi.kazuki.of8@is.naist.jp
e) choi.hyuckjin.cc0@is.naist.jp
f) yukimat@is.naist.jp
g) yasumoto@is.naist.jp

生する。この問題を解決するため、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（魚種、大きさ、尾数）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。しかしながら、綿密な計画を立てたにもかかわらず、釣り場に到着し、釣り餌を投入しても直ちに魚を釣り上げることは稀である。多くの場合、餌の投入後、魚が釣れるまで待つことになる。しかし、「待つ」という行動の他に、釣り場の変更や仕掛け投入距離の変更、釣り餌の変更など、数多くの行動と選択肢が存在する。これらについて、その釣り場の詳細なスポット（防波堤の先端や潮の流れが変化する地点など）とその時間帯に適した、魚を釣り上げるための最適な行動は不明である。

たとえば、防波堤釣りにおいて、釣れないときに防波堤内の釣れるポイントを探索するケースについて考える。防波堤釣りでは、餌を水中に投入してからどの程度待つか以外にも、釣り場の海底の隆起の状態や潮の流れ・時間帯など多くのパラメータを考慮し、防波堤内の釣れるスポットを探索する必要がある。また、釣り餌を投入してからその付近の魚が餌に気付くまでに一定の時間を要するため、釣り人が待つ時間を短縮して移動した場合、よい釣果を成し得ない可能性も存在する。具体的な例として、回遊魚（アジやブリなどの特定の場所に留まらず広い範囲を遊泳する魚種）が多く回遊する絶好のスポットで仕掛けを投入しているにもかかわらず、そのスポットを早く移動し過ぎたためにより釣果を得られないことが挙げられる。一方で、魚が釣れるまで長時間待つ場合、探索可能な範囲が狭まるため、釣れない場所で停留する時間が長くなり、魚を釣り上げる確率が低くなってしまいうこともある。

別の例として、ダンゴ釣りで大型魚を釣るケースについて考える。ダンゴ釣りでは、餌団子を海面中層部の小魚に食べられずに、下層部に落としたのち、竿を上下にしゃくすることで餌を砕き、下層部の魚を自身の真下におびき寄せ釣り上げる必要がある。この場合、下層部まで餌を投入する回数が重要となってくるため、釣り餌を投げるという行動の回数が少なければ、釣れる確率は極めて低くなる。

このように同じ釣り場内においても、釣りをする地点や狙う魚、仕掛け、時間帯によってどのような行動をとるべきかが異なる。

これらの課題を解決するため、我々の研究では、リアルタイムで釣り人の行動を認識し、釣れない時の意思決定を支援するため、時間・場所に応じた過去の釣果に結びつく有用な行動情報を提供する釣り CPS を開発する。具体的な使用例として、釣り CPS は、釣り場でどのような行動を選択した人の釣果が高かったのか、という過去の情報をもとに、釣り場に到着したが魚が釣れずに困っているユーザに対して、釣れるまでの平均待ち時間や移動候補などの情報を提供する。同時に、過去の釣果記録から、釣り場内でもユーザの現在地付近で釣れやすい魚の情報も提供する。

このように本研究の提案する釣り CPS は、釣れていないときに、ただ待つのではなく、どのように行動すべきかを考えるための有用な情報提供を行う。

本稿では、釣り CPS 実現において重要となる、位置情報に紐づいたリアルタイム行動認識システムの構築について述べる。具体的には、釣りのセンシングに特化した IoT センサデバイス、釣り人の行動認識モデル、行動認識結果を GPS により得られる位置情報と時刻情報に紐付け、アニメーションにより可視化する Web システムの開発について報告する。

2. 関連研究

2.1 釣りセンシングに関する研究

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 [5]。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することで、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 [6]。その結果、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、才木らは、釣竿に実装した加速度センサの情報をもとに、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。

我々は、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や釣り人の行動認識について既に取り組んでいる [4], [7]。本稿と我々の先行研究の差分は、先行研究の研究成果を活用し、釣り CPS として実用化するためのシステム開発を行ったことである。

文献 [4] では、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 つの魚種についてグループ分けを行うことができた。しかし、振動データの取得にスマートフォンを使用しており、常時ディスプレイを点灯させた状態で GPS と加速度センサを起動して長時間データ収集を行うため、バッテリーの充電不足が問題となった。また、釣り餌で汚れた手で画面を操作するため、衛生面での問題が生じる事や

不意の落下の可能性など、実用面での様々な問題が発覚した。文献 [4] との差分は、上記の問題を解決した釣りに特化した IoT デバイスの開発を行った事である。また、釣り CPS が提供する情報が、釣果情報ではなく、よい釣果に結びつく行動情報を提供する点でも先行研究とは異なる、

文献 [7] では、釣竿に取り付けた IMU を用い、釣人の 5 種類の行動を認識する機械学習モデルの構築と評価を行った。本稿で提案する釣り CPS は、文献 [7] のモデルをサーバ上に実装し、新たに開発した IMU 搭載の IoT デバイスから送られたデータを入力させる事で、リアルタイムで行動認識を行う。文献 [7] との差分は、行動認識モデルの実用化およびその運用にむけて、IMU 搭載の釣り専用 IoT デバイスの開発、サーバ上での認識モデルの実装、行動認識結果を位置情報と共にアニメーションで可視化する Web システム開発を行った事である。

以上のように、本稿では先行研究の研究結果を活用し、釣り CPS の実用化に向けたシステム開発に注力した。

2.2 スマートスポーツにおける行動認識の研究

Blank らは、卓球の上達支援システムの開発を目的として、卓球ラケットに取り付けた慣性計測装置 (IMU : Inertial Measurement Unit) を用いて、アマチュア選手とプロ選手 10 名のストローク動作の検出とその種類の分類を行った [8]。ストローク動作の検出は、Blank らの独自アルゴリズムにより、サンプリング周波数 1000Hz で取得された時系列データから抽出される。それらのデータに対して、基本的な 8 種類のストロークの種類を正解データとしてラベリングを行い、機械学習の解析ソフトである ECST と WEKA を用いて、Naive Bayes, Random Forest, Support Vector Machine (SVM) など、6 つの分類アルゴリズムにより、行動認識モデルの構築を行った。その結果、Radial Based Function Kernel を用いた SVM モデルにより、Accuracy 96.7% の精度で、行動を認識できることを報告している。

鳥越らは、剣道競技者が単独でも効果的な練習を可能とする剣道上達支援システムの実現に向けて、IMU を用いた打突動作の認識手法を提案している [9]。認識対象である打突動作は、面、突き、胴、小手の 4 種類と、打突箇所左右を加えた計 8 種類である。6 人の被験者を対象に、右手首、腰、右足首、竹刀鏝、竹刀先革に取り付けられた IMU 搭載のセンサ SenStick を用いて、サンプリング周波数 100Hz で加速度および角加速度データを収集した。それらのデータをもとに、Python 機械学習ライブラリ scikit-learn [10], [11] を用いて、Random Forest, Support Vector Machine, K-Nearest Neighbor, Neural Network の 4 つの機械学習モデルの構築を行った。その結果、Random Forest を用いた機械学習モデルにより、F 値 94.0 % で行動を認識できることを明らかにした。

高田らは高齢者に健康な体で自立した生活を続けられるように日頃から適度な運動やトレーニングを行うように促すシステムの開発を提案している [3]。高田らは、体幹トレーニング支援に向けたウェアラブルデバイスによるトレーニング種目認識手法を提案しており、右手首、左手首、ベルト位置に取り付けられたウェアラブルデバイスから得られる加速度、ジャイロデータのみを使って、7 種類 (計 10 パターン) の体幹トレーニング種目の認識を行った。高田らは機械学習手法として、Random Forest を用い、Leave-one-person-out Cross-Validation により、各種目の認識精度を評価した結果、F 値 99.7 % と高精度に認識することに成功した。

以上のように、スポーツの競技道具や競技者の体にウェアラブルデバイス・センサを取り付け、競技者の行動を認識する研究が盛んに行われている。しかし、これらの研究はセンサによりデータを収集し、機械学習モデルの構築を行っているが、釣りは対象とされておらず、実用化のための機械学習モデルを組み込んだシステム開発も現状行われていない。

2.3 CPS に関する研究

Zhang らは、現代医療における患者中心の予防、予測、治療を行う医療診断のサポートを目的に、ヘルスケアに特化した Health cyber physical system (Health-CPS) を提案している [12]。Health-CPS は、血圧計、検温計、パルスオキシメータなどの身近なデバイスから得られる情報や SNS の情報、医療機関の診断情報などの幅広いデータを横断的に処理することで、日々の生活における運動習慣の改善提案や集中治療、唐突な病気の検出、バイタルサインの監視を行う。また、Health-CPS では変化する個人の健康状態をリアルタイムで反映し、フィードバックを行うことで、中央集権型の医療リソース問題、医療情報の孤立化、患者の受動的参加など、従来のヘルスケアの課題を解決する。

Shuaiyin らは、製造業における排出物と廃棄物を最小限に抑え、製品の生産量を最大化するスマートファクトリ向けの製造モデルである Energy cyber physical system (Energy-CPS) を提案している [13]。Energy-CPS は、IoT, CPS などの高度な技術を基盤として、工場内に設置されたガス・電力センサやスマートメータ、エネルギーの需要量や製品の位置情報などの情報をもとに、エネルギー消費を削減し、製造プロセス全体で材料の利用率を向上させる効果的な方法を提供する。

建築機器の製造を行うコマツ社は機械稼働管理を行う CPS を提供している [14], [15]。コマツ社の CPS は、同社の製品である建設機械に搭載されている各種コントローラの情報を KOMTRAX コントローラに転送し、GPS で取得した位置情報とともに、通信モデムを介して衛星通信回線で専用サーバに転送し、顧客、代理店、同社の利用者が

表 1 先行研究および本研究の CPS の概要

CPS	IoT センサ	センシング内容	アクション
Health-CPS [12]	血圧計, 検温計, パルスオキシメータ	日々の健康状態	運動習慣の改善提案, 集中治療, 唐突な病気の検出, バイタルサインの監視
Energy-CPS [13]	ガス・電力センサ, スマートメータ, RFID	工場内の製造状況, 製品の位置情報	クリーンで効率的な製造
機械稼働管理 CPS [14], [15]	GPS, 機械センサ	重機の動作状況, 位置, 頻度	機械停止, 保守部品配送など
高齢者見守り CPS [16]	ドア開閉センサ, 電力センサ, カメラ	生活行動リズム, 在宅状況	高齢者の見守り, 搜索支援
釣り CPS (本研究)	加速度センサ, GPS	釣り人の行動, 釣果, 位置	釣れない時に有効な 過去の行動情報の提供

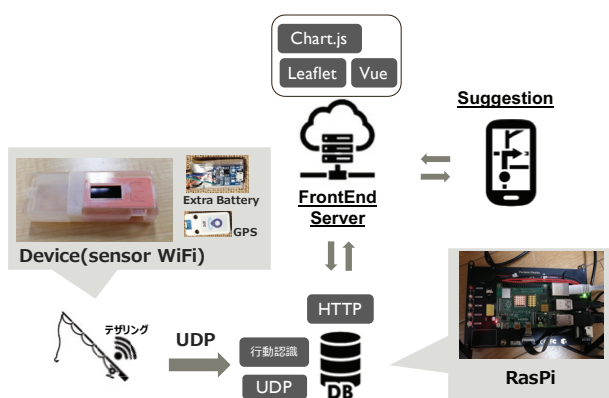


図 1 釣りの CPS の概要図

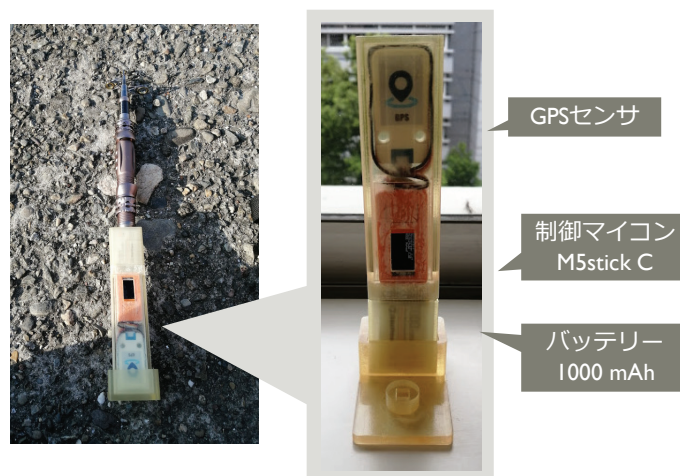


図 2 釣竿に取り付ける IoT デバイスの外観

監視できる仕組みである。

宮崎らは、重要な社会的課題の一つである高齢者の見守りを目的とした CPS の提案をしている [16]。彼らのシステムでは、センサにより計測する扉の開閉や家電機器のオンオフ情報を分析し生活行動リズムを学習する見守り支援サービスと、外出・帰宅センサから得られる在宅状況やカメラから得られる画像の分析結果を搜索支援などに活用する外出状況確認サービスとを併せ持つ高齢者生活支援サービスを提供している。

上記の CPS の研究事例と本研究の釣り CPS についてまとめたものを表 1 に示す。表 1 では医療やエネルギーなどの業界を対象としたものや、重機、スマートハウスを対象としたものが存在し、IoT デバイスを用い、CPS を構築することでこれまでのサイバー空間の情報のみでは行えなかった新しいフィードバックの提案を行っている。

2.4 本研究の位置づけ

これまでの釣りに関する研究において、センサの開発や遠投支援などは行われているが、スマートスポーツの研究

のように釣り人の行動に着目し、釣りをするときの時間や場所に適した情報提供や支援を行うシステムは研究・開発されていない。また、釣り SNS [17] や釣果共有システム [18] も存在するが、これらは釣りに行く前の事前計画段階では有効であるが、釣り場に到着し釣れない状況に陥ったときには効果を発揮しない。

本研究で提案する釣り CPS は、釣り人の状態に着目し、リアルタイムで行動を認識することで、釣れないときの意思決定を支援するための、時間・場所に依じた過去の釣果に結びつく有用な行動情報を提供する。

3. 提案システム

3.1 釣り CPS システムの概要

本研究で提案する釣り CPS の概要を図 1 に、釣竿に取り付ける IoT デバイスを図 2 に示す。

釣り CPS は、図 2 に示す GPS センサと IMU を備え付けた IoT デバイスを装着した釣竿から、センサの情報をク

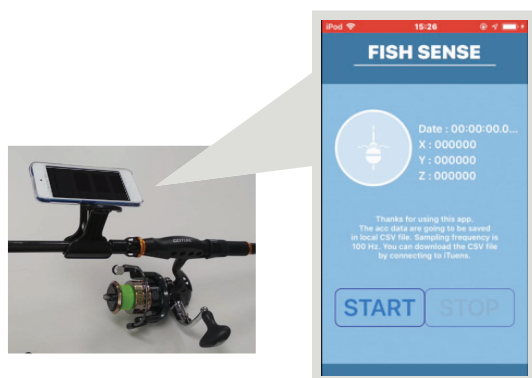


図3 加速度データの取得を行う iOS アプリの外観

クラウド上にアップロードし、行動認識モデルに入力することで、釣り人がどの地点でどのような行動をとり、どのような釣果をあげたのかを記録することが可能となる。釣果情報の記録について、他の釣り SNS と同様に、Web システム上での登録も可能であるが、我々は釣り竿の振動情報に基づく魚種の判定にも取り組んでおり [4]、図2のIoTデバイスの加速度情報を用いた魚種判定結果から、釣果情報の自動記録も可能となる予定である。また、釣り餌についても任意で登録可能とすることで、釣り場の現在位置付近での釣れやすい餌の種類についてもフィードバック可能となる。上記のように、フィジカル空間の情報をサイバー空間の情報に結びつけることで、釣り CPS では以下の3点が可能となる。

- (1) リアルタイムで認識される釣り人の行動と時間・位置情報に基づいた、釣れていない時に有益な参考情報の提供
- (2) 釣り CPS 上に保存されたりリアルタイム性の高い釣果情報を用いた事前の釣り計画立案における場所選定
- (3) 釣り CPS 上に自動記録されている釣りログ(場所、行動)に基づいた釣りの見直し

(1) に関して、釣り CPS では、釣り場に到着したが釣れずに待っている時、釣り餌の変更案の提案や同じ地点で投げる回数を増やし、試行錯誤するべきか、もしくは場所変更するべきかなどの推奨行動を、過去に記録されたログに基づき提案する。(2) に関して、既存の釣り SNS では一匹一匹の魚を釣り上げた時の詳細な位置情報とその時刻は記録されない問題が存在する、これらに対して釣り CPS は、GPS により得られる釣れた時の詳細な場所・時刻を記録しているため、事前の釣り計画立案において確度の高い情報提供が可能である。(3) に関して、釣り CPS の釣りのログを閲覧することで、釣りに行ったが釣れなかった場合にそれがたまたま釣れなかったのか、もしくは釣れない状態に陥っていたのか(狙う魚種が適切でない、潮の状態や時期、時間帯などが適していない)を、釣り CPS 上の他のユーザの釣りログと比較し、考察することが可能となる。

表2 行動認識に用いる特徴量一覧

センサの種類	特徴量抽出方法
加速度 X, Y, Z 角加速度 X, Y, Z (6項目)	最大値
	平均
	分散
	中央値
	第1, 3四分位数の幅
	下位10%の値 上位10%の値
特徴量 合計	42

3.2 釣り CPS で用いる IoT デバイス

本研究では、スマートフォンを釣竿に取り付けることで釣り竿の振動データの収集を行う iOS アプリ(図3)も開発したが、加速度の取得をバックグラウンドで常時行えないことや、常にディスプレイを付けた状態で GPS センサと加速度センサを起動して長時間釣りを行うことによるバッテリーの充電不足が問題となった。また、スマートフォンを釣りをしているときに使用すると釣り餌で汚れた手で触るため衛生面での問題が生じることや不意の落下の可能性など、様々な問題が発覚した。

そこで我々は、図2に示す釣りに特化した IoT デバイスの開発を行った。制御マイコンには、WiFi 通信が可能であり、加速度・ジャイロ情報の取得が可能な IMU*1 (MPU6886) を搭載した M5stickC を用いた。GPS センサには、AT6558 チップを搭載した GPS モジュール*2 (位置精度 2.5 m, サンプリング周波数 1 Hz) を使用した。GPS センサと加速度センサで取得したデータは、スマートフォンのテザリングによりサーバへと送信される。外部バッテリーには 1000 mAh のリチウムイオンポリマーバッテリー(リポバッテリー)を用いた。本デバイスの総費用はおよそ 4000 円程度である。

3.3 釣り人の行動認識モデル

釣り CPS 上で用いる釣り人の行動認識モデルは、先行研究で開発したもの [7] をベースとしてサーバにデプロイされている。文献 [7] に示す行動認識モデルは、5種類の釣り行動(投げる、移動する、待つ、リールを巻く、餌をつける)を、42項目の加速度・ジャイロに関する特徴量から、Leave-one-session-out 交差検証法にて、F 値 0.784 で推定することが可能である。表2に加速度・ジャイロ情報から抽出した特徴量を、表3と図4に行動認識モデルの推定精度と混同行列を示す。推定を行う機械学習モデルの実装には、Python の scikit-learn モジュール [10], [11] の

*1 MPU6886 データシート: available from https://m5stack.oss-cn-shenzhen.aliyun.com/resource/docs/datasheet/core/MPU-6886-000193\%2Bv1.1_GHIC_en.pdf (accessed 2020-08-19).

*2 AT6558 データシート: available from http://aitendo3.sakura.ne.jp/aitendo_data/product_img/gps/ATGM332D/5N31/AT6558.pdf (accessed 2020-08-19).

表 3 推定モデルの精度評価結果

Accuracy	Precision	Recall	F-value
0.808	0.800	0.797	0.784

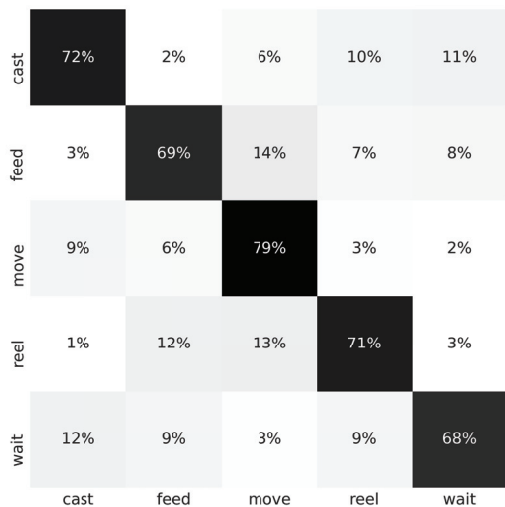


図 4 混同行列

表 4 Random Forest のパラメータ

パラメータ	値
bootstrap	True
class_weight	balanced
criterion	gini
max_depth	10
max_features	auto
max_leaf_nodes	None
min_samples_leaf	1
min_samples_split	2
min_weight_fraction_leaf	0
n_estimators	500
oob_score	False
verbose	0

Random Forest [19] を使用しており, Raspberry Pi 4 上の Flask [20] サーバでも実行可能な軽量なものとなっている。その時の Random Forest のパラメータを表 4 に示す。Python の pickle モジュール [21] でバイナリデータにシリアライズしたファイルサイズは 30 Mbytes であった。

3.4 Web システムでの GPS と行動データの可視化

IoT デバイスにより得られる GPS と加速度センサ情報, 行動認識結果をアニメーションにより可視化する Web システムを開発した。システムの UI を図 5 に示す。図 5 の左端に示す画面により, 釣りの日別のログが表示されており, 閲覧したい日の記録を選択することで, 右の詳細データの表示画面に遷移する。右側の画面では, 上部の水色枠に位置情報が表示されており, 1 秒毎にユーザの位置が地図上で移動するアニメーション機能が実装されている。それと同時に, その下の紫枠で囲まれたグラフ部分に同時刻

の行動認識の推定結果が時系列のアニメーションで表示される。同様に加速度・ジャイロ情報が赤枠・黄色枠に示すグラフで表示されている。Web システムは, マイページ制にしており, 基本的には共有しない限り他の釣り人に行動データを見られないように制限している。

4. システム評価

開発した IoT デバイスに対して, 実用化に向けた実際の釣り場環境での動作の観点から, 以下の 3 項目について評価をおこなった。

- (1) リアルタイム性の高い通信方式の検証
- (2) IoT デバイスの連続動作時間の評価
- (3) GPS データのノイズの評価

4.1 リアルタイム性の高い通信方式の検証

1 番目の項目の通信方式に関して, 他の行動認識に関する先行研究では BLE を用いたデバイスが多いが, 我々の研究では CPS を構築するため, インターネットへの接続が必須となる。また, 釣り CPS では釣れていない時のフィードバックを想定しており, リアルタイム性も重視されるため, サーバへの接続に関して HTTP 通信と UDP 通信の比較を行った。その際, 送信データの容量として関係する IMU のサンプリング周波数について, 我々は, 加速度・ジャイロデータを用いた釣り人の行動認識と釣果自動記録のための魚種判定についても研究している。なかでも, 加速度情報を用いた魚種の判定には詳細な振動データが必要となるため, 現状, サンプリング周波数 100 Hz にする必要がある。これらのことから, IoT デバイスの IMU のサンプリング周波数も同様に 100Hz とした。上記の条件での HTTP 通信と UDP 通信の比較結果を以下に示す

まずはじめに HTTP 通信を用いて, サンプリング周波数 100 Hz で IMU から取得した加速度・ジャイロデータのバイナリデータ (1 秒あたり 2400 bytes) を送信周期 1 秒で送信した時, およそ 20 秒後にデバイス上でバッファオーバーフローが発生し, 開発した IoT デバイスは動作を停止した。これは, 別タスクで起動している GPS センサデータのパーズ処理が重いことに加えて, HTTP 通信が TCP 通信をベースとした通信方式であるため, 送受信確認を待っている間に 1 秒周で起動されるセンサデータの送信タスクに遅れが生じ, TCP 送信バッファでオーバーフローが発生したと考えられる。そこで, 次に送受信確認を行わない通信方式である UDP 通信による送信を試みた。実験条件は TCP 通信と同じ条件とし, GPS センサデータのパーズ処理を実行している状態で, サンプリング周波数 100 Hz で取得した 6 軸加速度センサのバイナリデータ (1 秒あたり 2400 bytes) を送信周期 1 秒で送信した結果, 連続して動作することを確認した。また, その時のサーバ上での UDP により送られるセンサデータの保存と, リアルタ



図5 WebシステムのUI

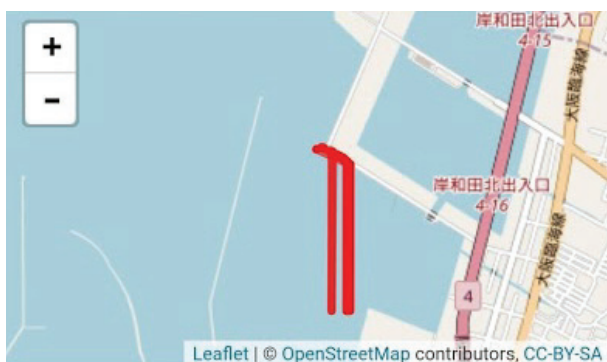


図6 大阪湾防波堤におけるGPSセンサデータの可視化結果

イムでの加速度・ジャイロデータを用いた行動認識モデルの動作についても確認した。これらの結果から、釣りCPSの実現において、UDP通信を用いることでサンプリング周波数100Hzの加速度データをリアルタイムで送信可能なIoTデバイスの実現が可能となることがわかった。

4.2 IoTデバイスの連続動作時間の評価

IoTデバイスの駆動時間について、釣りは他のスマートスポーツと比べて長く行う傾向があるため、本デバイスの連続動作時間の測定を行った。実験は、実際の海辺環境でIoTデバイスを駆動し、加速度、GPSデータを同時収集し、スマートフォンのテザリングを用いてWiFi経由でサーバへ送信したのち、Web上で確認を行った。その結果、実際の防波堤環境で、GPSセンサ、加速度センサを起動し、UDP通信でサーバに常時送信する状態で4時間40分の動作を確認した。

4.3 GPSデータのノイズの評価

GPSデータについて、実際の海辺環境でデバイスを駆動し、加速度データと共にGPSデータを収集し、Web上で確認を行った。その時のGPSデータの可視化結果を図6に示す。図6の結果から、GPSデータにノイズが含まれ

ており、所々で位置が700mほど縦方向に飛んでいることが確認された。この結果から、GPSデータに対して、現在地から次の地点の位置を表示する時に、人間の移動速度以上の地点に到達しているものは除去するなどのノイズ除去対策が必要となることが明らかとなった。

5. おわりに

本研究では、スポーツの中でも「釣り」に着目し、釣竿に取り付けたGPSセンサとIMUの情報を用いて、釣り人の行動を認識することで、釣れないときに時間・場所に合った釣果に結びつく過去の有用な行動情報を提供する釣りCPSについて提案した。

現状、スマートスポーツや行動認識で用いられているセンサは、釣りのセンシングやCPSシステムに適したものではないため、本稿では釣りに特化したIoTデバイスの開発した。釣りCPS実現に向けて開発した、釣り専用のIoTデバイスと、リアルタイム行動認識結果を位置・時刻と合わせてアニメーションにより表示するWebシステムについて、実用化の観点から評価を行った。釣り人の行動認識と釣果の自動記録のための魚種判定に必要な加速度・ジャイロデータの取得を行うIoTデバイスに対して、通信方式と駆動時間について評価した。

GPSセンサ情報を常時記録し、サンプリング周波数100Hzで加速度・ジャイロデータを取得する条件で、TCP通信およびUDP通信でのCPSシステムへの接続を試みた。その結果、TCP通信では送信不可が重なることから、バッファオーバーフローを引き起こしデバイスが停止する事を確認した。次に、TCP通信よりも通信方式が軽量なUDP通信による送信を試みた結果、リアルタイムで常時送信可能である事を確認した。デバイスの駆動時間について、実際の防波堤環境で、GPSセンサ、加速度センサを起動し、UDP通信でサーバに常時送信する状態で4時間40分の動作を確認した。

今後の展望として、IoT デバイスの小型化と省電力化を進める予定である。

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] 下田篤, 谷口洋司. 企業課題解決との対比に基づく社会課題解決のための超スマート社会実現方法の考察. 国際P2M学会誌, Vol. 14, No. 1, pp. 197–214, 2019.
- [2] 相原伸平, 杉山恵玲奈, 澤田みのり, 松本実, 伊藤浩志. 競技スポーツの実践現場における ict 活用. 電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン, Vol. 12, No. 2, pp. 98–104, 2018.
- [3] 高田将志, 中村優吾, 藤本まなど, 荒川豊, 安本慶一. 体幹トレーニング支援に向けたウェアラブルデバイスによる種目認識手法の提案. 研究報告ヒューマンコンピュータインタラクション (HCI), Vol. 2018, No. 20, pp. 1–8, 2018.
- [4] 福田修之, 松井智一, Hyuckjin Choi, 松田裕貴, 安本慶一. 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. 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.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] Peter Blank, Julian Hoßbach, Dominik Schuldhaus, and Bjoern M Eskofier. Sensor-based stroke detection and stroke type classification in table tennis. In *Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers*, pp. 93–100, 2015.
- [9] 鳥越庸平, 高田将志, 中村優吾, 藤本まなど, 荒川豊, 安本慶一, 嶋田紅緒, 矢谷浩司, 小西響介, 亀田洋志. 剣道上達支援のための imu を用いた打突動作認識. 研究報告モバイルコンピューティングとパーベイシブシステム (MBL), Vol. 2019, No. 37, pp. 1–7, 2019.
- [10] Loïc E. Thomas J.F. et al. White Darren J Joris, V.D.B., C Svellingen, and Norval JC Strachan. Python.org scikit-learn module : Refrence. available from <https://scikit-learn.org/stable/modules/classes.html> (accessed 2020-08-19).
- [11] Fabian Pedregosa, Gaël Varoquaux, Alexandre Gramfort, Vincent Michel, Bertrand Thirion, Olivier Grisel, Mathieu Blondel, Peter Prettenhofer, Ron Weiss, Vincent Dubourg, et al. Scikit-learn: Machine learning in python. *the Journal of machine Learning research*, Vol. 12, pp. 2825–2830, 2011.
- [12] Yin Zhang, Meikang Qiu, Chun-Wei Tsai, Mohammad Mehdi Hassan, and Atif Alamri. Health-cps: Healthcare cyber-physical system assisted by cloud and big data. *IEEE Systems Journal*, Vol. 11, No. 1, pp. 88–95, 2015.
- [13] Shuaiyin Ma, Yingfeng Zhang, Jingxiang Lv, Haidong Yang, and Jianzhong Wu. Energy-cyber-physical system enabled management for energy-intensive manufacturing industries. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 226, pp. 892–903, 2019.
- [14] Shuuji Arakawa. Development and deployment of komtrax step 2. *Komatsu technical report*, Vol. 48, No. 150, pp. 8–14, 2002.
- [15] Kenji Doishita, Eiichi Muramoto, and Toshihiko Kouda. Application of ict to construction machinery. Technical report, Komatsu technical Report, 2010.
- [16] 宮崎徹, 荘司洋三. 外出・帰宅センサを活用した高齢者生活支援サービス. 電子情報通信学会 通信ソサイエティマガジン, Vol. 11, No. 1, pp. 6–11, 2017.
- [17] 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).
- [18] 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.
- [19] Anne-Laure Boulesteix, Silke Janitza, Jochen Kruppa, and Inke R König. Overview of random forest methodology and practical guidance with emphasis on computational biology and bioinformatics. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Data Mining and Knowledge Discovery*, Vol. 2, No. 6, pp. 493–507, 2012.
- [20] Flask module : Refrence. available from <https://flask.palletsprojects.com/> (accessed 2020-08-19).
- [21] Python.org pickle module : Refrence. available from <https://docs.python.org/3/library/pickle.html> (accessed 2020-08-19).