

安全性とパフォーマンス向上を目的とした LED サーフボード開発

松成 圭悟^{1,a)} 岩井 将行^{1,b)}

概要: 近年、コロナ渦の影響でアウトドアレジャーが注目を集めている。2021年の東京オリンピックではサーフィンにて日本の五十嵐カノア選手が銀メダルを取り、盛り上がりを見せた。海ではサーファが増えてきて、混雑が目立ってきている。サーファー同士の衝突事故の原因は波を見るのに夢中になり他の人の存在を認知できなくなることや、日の出や日没間近の暗い時間帯に他の人が見えなくなってしまう衝突してしまうことが挙げられる。そこで本研究ではサーフボードに M5Stack Core2 と NeoPixel LED 防水テープを付け加えることでサーフボードのパフォーマンス性を拡張しつつ、事故防止のために自分の存在を周りに認知してもらうことで海での衝突事故を未然に防ぐことを目的とした機能を付与する。つまり、サーフボードの角速度、加速度を 6 軸 IMU で検知し、姿勢角度を算出して、ユーザーの状態に応じた光を提示することで周囲に対して危険度に応じた色の可視化を行う。

キーワード: サーフィン, LED, M5Stack Core2, 6 軸 IMU, IoT

1. はじめに

近年、コロナ渦の影響でアウトドアレジャーが注目を集めている。2021年の東京オリンピックではサーフィンにて日本の五十嵐カノア選手が銀メダルを取り、盛り上がりを見せた。海ではサーファが増えてきて、混雑が目立ってきている。図 1 の湘南エリア月別駐車台数データ[1]を見ると駐車場規制が解除された 6 月以降、減少していた利用者は 10 月以降増加傾向にあることがわかる。観光客が急減する 10 月以降の駐車場利用が増えたことはサーフィンなどのマリンスポーツをするための利用者だと推測できる。

サーファーが増えることにより、海での人同士の接触事故の危険性が高まる。銚子海上保安部調査[2]によると勝浦管轄海域内における、2021 年度に報告された海難事故件数は 44 件で、そのうち 15 件がサーフィンに起因するものである。また、うち 2 件はサーファー同士の接触事故によるものであり、サーフィン関連事故の 10%以上が接触事故ということになる。

接触事故は初心者だけでなく、上級者にも見られる。プロサーファーのエンドリアン・トヨンがトップターン中にパドル中のサーファーと接触した事例もある[3]。サーファー同士の衝突事故の原因は波を見るのに夢中になり他の人の存在を認知できなくなることや、日の出や日没間近の暗い時間帯に他の人が見えなくなってしまう衝突してしまうことが挙げられる。

そこで本研究ではサーフボードに M5Stack Core2 と NeoPixel LED 防水テープを付け加えることでサーフボードのパフォーマンス性を拡張しつつ、事故防止のために自分の存在を周りに認知してもらうことで海での衝突事故を未然に防ぐことを目的とした機能を付与する。つまり、サーフボードの角速度、加速度を M5Stack Core2 に搭載されて

いる 6 軸 IMU で検知し、姿勢角度を算出してユーザーの状態に応じた光を提示することで周囲に対して危険度に応じた色の可視化を行う。サーフィンの動きを判別する上で、サーファーは波の上でボードの抜重・加重、ボードを傾けてのターンを行うことを考慮する。具体的には停止時、加速状態、サーフィンの基本のターンである、ボトムターン、トップターンの 4 種類にボード踏み込み時の前後の傾き状態を加えた 5 種類で識別をして状態に応じて対応する発光パターンを提示する。停止時は白、加速状態は青、ボードを踏み込んだ時は黄色、ボトムターン時は赤、トップターン時は虹色のパターンで可視化する。本稿では停止状態、加速状態、ボトムターン、トップターン、前後の傾き状態の識別方法及び、対応する発光パターンについて報告する。

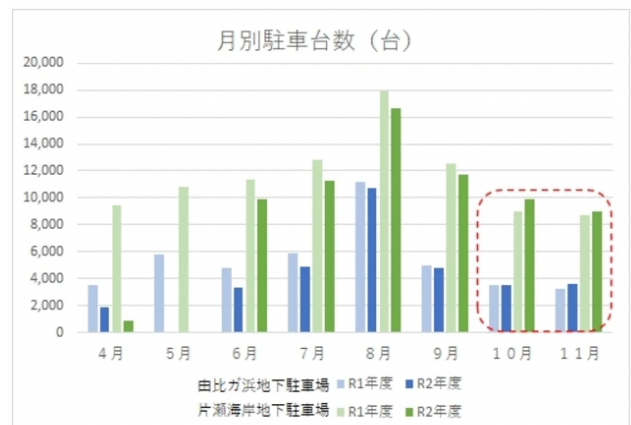


図 1 湘南エリア月別駐車台数データ

2. 関連研究

本章では LED を使用したインタラクティブメディアデバイスに関する関連研究とスポーツに関する関連研究につ

1 東京電機大
Tokyo Denki University
a) keigo@cps.im.dendai.ac.jp
b) iwai@cps.im.denda.ac.jp

いて述べる。

スケートボードに LED を付与している研究として、小手川誠池ら[4]のスケートボード走行時における走行状態認識と LED 発光パターンへの適用の研究がある。ここではフォトリフレクタと 3 軸加速度センサーを用いて、スケートボードの速度と傾きを検出し、それらに応じた光を提示している。本研究では、海での使用に耐えられるように防水仕様にする。その他、状態に応じて LED 光を提示するインタラクティブメディアデバイスとして「跳ね星」[5]や「Orphe」[6]がある。「跳ね星」はボールに内蔵された加速度センサで取得したデータを Peripheral Interface Controller (PIC) に渡し、PIC は状態に応じた光を提示することで、ボールが地面や壁との衝突、人がボールを投げた瞬間にボールの色が変化するものである。「Orphe」は靴に取り付けられた 9 軸センサデータを Bluetooth LE を利用して PC やスマートフォンに送信し、その情報を靴の発光にフィードバックさせ、足の振る舞いに合わせたスピード感のある LED 発光パターンを可能としているものである。これら研究はセンサ値に応じて LED を制御している点で本研究と類似しているので重要な参考事例とした。

スポーツにおけるセンサを用いた動作解析の研究として鳥越ら[7]の剣道上達支援のための IMU を用いた打突動作認識の研究がある。ここでは、彼らが独自に開発した SenStick というデバイスを用いて、加速度センサ、6 軸 IMU データをもとに剣道の基本動作である、面、突き、胴、小手の動作分類を行なった。本研究では動作分類に加え、光としてフィードバックをして周りに認知してもらうことで安全性とパフォーマンスを向上することを目的とする。

3. 実装

3.1 デバイス構成

デバイス構成として、値を取得するためのセンサ MPU6886 (M5Stack Core2 内蔵)、センサ値に応じた処理をするためのマイコン M5Stack Core2、センサ値を保存するための MicroSD カード、LED 防水テープ (SK6812)、電力供給のためのモバイルバッテリー 2500mAh (TNTOR WT-H230)、マイコンを防水化するための防水ケースを使用する。また、作成時にはサーフボードに LED を埋め込み、固定させるために FRP ポリエステル樹脂、FRP 硬化剤、ポリエステルタルク、ガラスクロスを使用した。市販のサーフボードの側面を LED テープが埋まる幅と深さで削り、樹脂を流し、固定する。端子とマイコン部分は防水ではないので、防水ケースに穴を開けて LED テープ部分までケースに入れて水が入らないように樹脂で固定する。



図 1 制作したサーフボード



図 2 マイコンの防水処理

3.2 状態識別方法

本章では、私のサーフィンにおける停止時、加速状態、ボード踏み込み、ボトムターン、トップターンの分類に成功したことを報告する。サーフボードの状態を識別するために、M5Stack Core2 の内部に MicroSD カードを入れ、センサ値を記録する。陸からサーフィン中の動きをカメラで撮影する。カメラで撮影した動きとセンサ値を、時間をもとに照らし合わせて比較し、ターンを行った時間を特定する。

加速状態を識別するための閾値を $thresholdAcc$ 、踏み込みや前後の傾きを検出するための閾値を $thresholdRollX$ 、ボトムターンを検出するための閾値を $thresholdPitchY$ 、トップターンを検出するための閾値を $thresholdGroZ$ とする。センサ値は 16 Hz のサンプリングレートで取得する。ターンを行なった時間におけるセンサ値から閾値選択をする。図 3~5 はテイクオフからトップターンを行うまでの一連の動きのセンサ値である。図 3 の 0 s~1 s が波の中腹を走っている加速状態の角速度データであり、 $accZ$ が 2 を超えていることから $thresholdAcc$ を 2 m/s^2 とする。図 4 の 1 s~1.5 s はボトムターン時の姿勢角度データであり、Y 軸方向のボー

ドの傾きを検出したいので、`thresholdPitchY` を 30 deg とする。図 4 の 2 s ~ 3 s は波のトップに向かって上がっていくボード傾き時であり、X 軸方向の傾きを検出したいので `thresholdRollX` を 40 deg とする。図 5 の 3.25 s あたりはトップターンを行なった時の角速度データで、トップターンを検出するための閾値 `thresholdGroZ` を 150 rad/s とする。

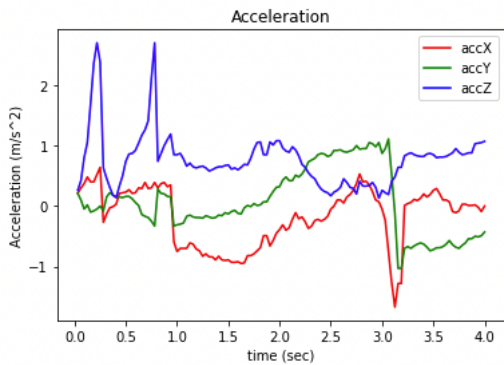


図 3 加速度データ

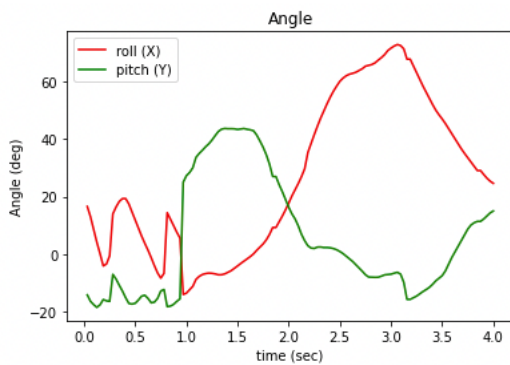


図 4 姿勢角度データ

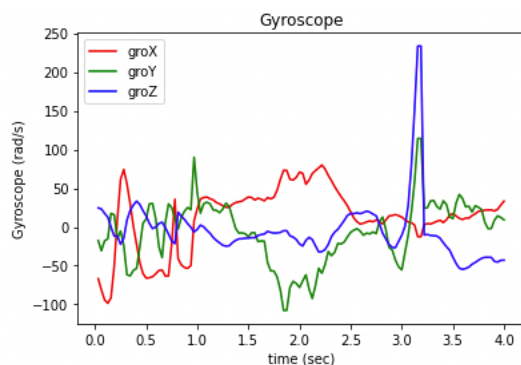


図 5 角速度データ

3.3 対応する発光パターン

上記で分類に成功した 5 種類のパターンに対して、閾値を超える値を検出した場合に白、青、黄、赤、虹色の 5 色を危険度に応じて発光パターンのフィードバックを与える。停止時は白 (図 6)、加速状態は青 (図 7)、ボードを踏み込

んだ時は黄色 (図 8)、ボトムターン時は赤 (図 9)、トップターン時は虹色 (図 10) のパターンで可視化する。このような発光パターンで対応付をした理由は信号のメタファーを用いることで自然と危険色、警戒色、安全色を認知してもらいやすくなる。また、トップターンはサーフィンにおいて一番の見せ所であるので虹色で表現することでパフォーマンス拡張が期待できる。図 6~10 はボードの上に立ち上がり、ターンを行うまでの一連の動きを切り取ったものである。図 8 はボトムターンを行なっているときの写真で、波側に倒れ込むようにボードを傾けるので、ボードの表側は見えない状態になる。さらにカメラを設置した位置が低く前の波と被りボードが見えない状態となってしまった。

設定した閾値を同時に超える値を検出したときの優先度は、虹色 > 赤 > 黄 > 青とする。(図 11)



図 6 白色のフィードバック例



図 7 青色のフィードバック例



図 8 赤色のフィードバック例



図 9 黄色のフィードバック例

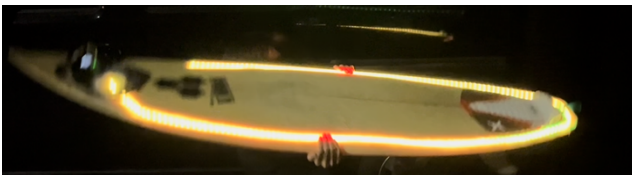


図 10 虹色のフィードバック例

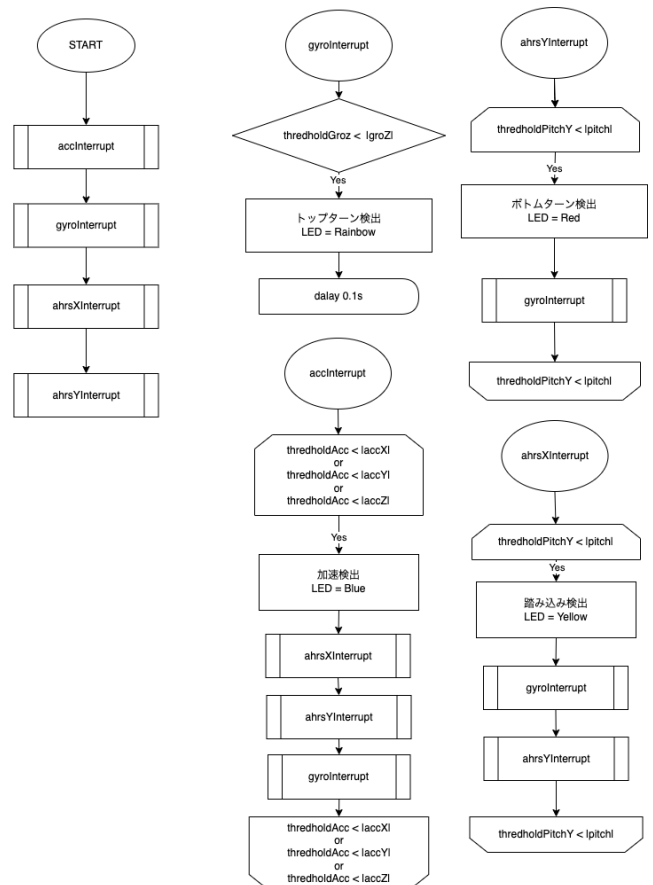


図 11 色識別フローチャート

4. まとめと展望

安全性とパフォーマンス性向上の為、サーフボードの動作を識別し、危険度に応じた色のフィードバックを行なった。今回の検証では被験者が著者のみだったので、著者の動きにあった閾値で動きの分類を行なった。今後ビギナーからプロの人など、それぞれの人にあった動きが分類できるようなアルゴリズムを考えてプログラムを改良していくことを視野に入れる。本研究の課題として、既存のサーフボードへ取り付けの場合は水圧に耐えるための不可逆的な改造が必要となる。そこで作成にあたりサーフボードを削らなければ、LEDテープが水圧に耐久できない点を工夫し、より容易に作成できる方法を検討する。今後、基本的なターンだけではなく、より多くのターンを識別できるようにすることや保存されるデータをネット上にアップロードして自分と他人の動きを比較できるようにすることで上達支援システムへの発展を考える。

謝辞

・Theshop surf およびローカルの皆様には見守っていただきました。

参考文献

- [1] “コロナ禍でサーファーは増えているのか？【サーフィン市場リサーチ】”。
<https://sports.yahoo.co.jp/official/detail/202103020031-spnaviow>, (参照 2021-12-09)
- [2] “銚子海上保安部”。
https://www.kaiho.mlit.go.jp/03kanku/choshi/main_accident.html, (参照 2021-12-08)
- [3] “プロサーファーがトップターン中に他のサーファーにヒット：事故動画”。 <https://www.bcm-surfpatrol.com/newsandreport/detail/15779>, (参照 2021-12-09)
- [4] 小手川誠池, 菊川裕也, 馬場哲晃, PaulHaimes, スケートボード走行時における走行状態認識とLED発光パターンへの適用, 情報処理学科エンターテイメントコンピューティング2015, 2015
- [5] 出田修, 中村潤, 芝崎郁, 児玉幸子, 小池英樹, 赤外およびフルカラーLEDと加速度センサーを内蔵したスポーツ用ゴムボール「跳ね星」の開発, 情報処理学会インタラクティブ2008, 2008
- [6] 菊川裕也, 馬場哲晃, 申山久美子, LuminouStep 踏み込みを可聴化するシステムの研究と開発, 情報処理学会エンターテイメントコンピューティング2014, 2014
- [7] 鳥越庸平, 高田将志, 中村優吾, 藤本まなと, 荒川豊, 安本慶一, 剣道上達支援のためのIMUを用いた打突動作認識, 情報処理学会ユビキタスコンピューティング研究会2019, 2019