

溺水防止と溺水検知のための監視支援システム

Monitoring System for Drowning Risk Reduction and Detection

安留 誠吾^{*1}, 有田 稜^{*1}, 田中 伶弥^{*1}, 友崎 由梨^{*1}, 小森 康加^{*2}, 井上 裕美子^{*1}

Seigo YASUTOME^{*1}, Ryo ARITA^{*1}, Ryoya TANAKA^{*1}, Yuri TOMOSAKI^{*1},

Yasuka KOMORI^{*2}, Yumiko INOUE^{*1},

^{*1}大阪工業大学

^{*1}Osaka Institute of Technology

^{*2}京都光華女子大学

^{*2}Kyoto Koka Women's University

Email: seigo.yasutome@oit.ac.jp

あらまし：近年、河川、湖沼地、海、プールにおける溺水事故が多数報告されており、安全対策および安全教育の教材作成などが課題となっている。本研究では、スマートウォッチおよびICタグといったウェアラブルデバイスを活用し、遊泳者の位置および行動を可視化することで、溺水事故の予防および迅速な対応を可能とする監視支援システムの構築を行った。本システムは、スマートウォッチに内蔵されたGPSおよび加速度センサーから得られる情報を基に、遊泳者の動態をリアルタイムで取得し、監視者のタブレット端末上に表示する。さらに、遊泳者が危険区域に進入した場合には、アラートを発信する機能を備えており、事故の未然防止に寄与することが期待される。現在、本システムは主に屋外水域での利用を想定して開発しているが、今後は学校や公共施設におけるプール等の比較的閉鎖的な環境にも適用可能とするために、機能の改良を進める予定である。

キーワード：溺水、スマートウォッチ、ICタグ、位置情報

1. はじめに

警視庁の統計によると、2003年から2023年の20年間における中学生以下の水難事故において、死者・行方不明者の発生場所は、プールが全体の4.8%に留まる一方で、河川・湖沼池・海における事故は合計84.3%（河川：48.5%，湖沼池：13.2%，海：22.6%）を占めており、屋外水域における水難事故の深刻さが浮き彫りとなっている。特に、主要な河川・湖沼地の中では琵琶湖における水難事故の発生件数が顕著に多く、これは琵琶湖の地形的特性が関与していると推察される。

水難事故の大半は溺水によるものであり、これを未然に防止、あるいは早期に検知することができれば、人的被害の軽減に大きく寄与する可能性がある。

屋内での監視システムとして、AQUAGARD⁽¹⁾、nagi⁽²⁾などがある。これらは、屋内での利用を前提に構築されており、屋外では利用できない。また、カメラやセンサーなどを設置する必要があり、非常に高額である。

そこで本研究では、屋外水域における遊泳者の安全を確保することを目的として、リアルタイムな水中行動把握と危険検知を可能とする監視支援システムの構築を行った。

2. 溺水検知に関する既存の研究

溺水検知には、画像解析を用いた手法⁽³⁾⁽⁴⁾とセンサーを用いた手法⁽⁵⁾が知られている。AQUAGARDは、画像解析を用いており、nagiは、センサーを用いている。画像解析を用いた手法は、リアルタイムに溺水を検知する必要がために、物体検出アルゴリズムであるYOLOの軽量モデルを利用したものが多く、

さらなる軽量化や検知精度の向上を行なっている。

また、センサーを用いた手法では、加速度センサー以外にPIRセンサー(人感センサー)、心拍数、血中酸素飽和度などを利用するために、Raspberry Piやマイコンボードを活用し、検知精度の向上を行なっている。

3. 本システムの概要

安価なシステムを目指し、既製品のみで構築を行なった。本システムは、遊泳者のスマートウォッチ(Apple Watch)、監視者のタブレット端末(iPad)、サーバからなる。本システムの概要を図1に示す。

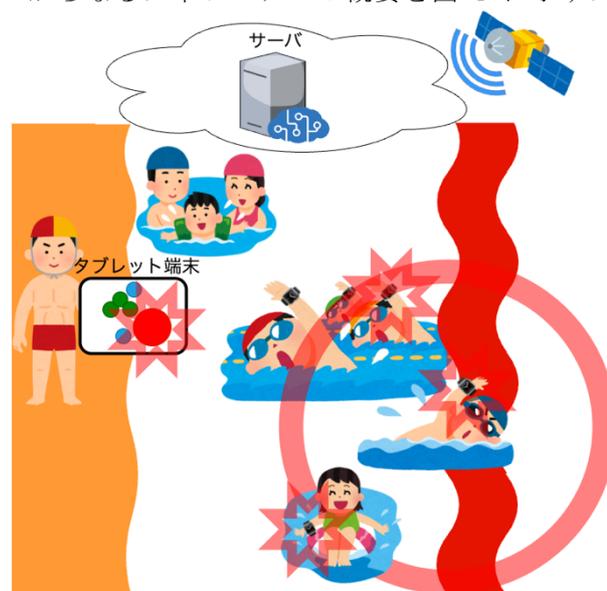


図1 本システムの概要

スマートウォッチでは、内蔵された加速度センサーから得られる情報を基に、遊泳者の動態を判定する。判定結果とGPSから得られる位置情報を定期的にサーバへ送信する。サーバでは、受信した位置情報を基に、あらかじめ定義された危険区域に進入していないかの判定などを行い、状況に応じて遊泳者のスマートウォッチと監視者のタブレット端末へアラートを発信する。

4. 溺水防止

溺水を防止するためにあらかじめ定義された危険区域に接近していないかの判定を行う必要がある。スマートウォッチでの処理を軽減するために、危険区域の情報はサーバで管理し、判定もサーバで行なった。危険区域を定義するために、国土地理院が公開している湖沼図の深度をもとに、境界線データを作成した。監視者のタブレット端末画面を図2に示す。Google Maps Static APIを使用して取得した地図画像データ上に危険区域(赤色の領域)を表示し、マーカーの位置で遊泳者の位置を示し、マーカーの色で遊泳者の状態を示している。マーカーの色は、安全区域で緑色、危険区域で赤色、危険区域近くで黄色となる。

サーバは、危険区域に進入した遊泳者を検知すると、遊泳者のスマートウォッチおよび監視者のタブレット端末へアラートを発信する。アラートの発信には、Apple Push Notification Service(APNs)を利用している。各端末がアラートを受信すると、画面表示、アラート音、振動などにより利用者への注意喚起を行う仕組みとなっている。



図2 監視者のタブレット端末画面

5. 溺水検知

溺水を検知するために、スマートウォッチに内蔵された加速度センサーから得られる情報を基に、水中での行動を識別する手法を検討した。

検討にあたって、プールにて遊泳者にスマートウォッチを装着してもらい、クロール、平泳ぎ、背泳ぎの加速度センサーのデータを収集した(図3)。データ収集にあたって大阪工業大学ライフサイエンス実験倫理委員会の承認を受けている。

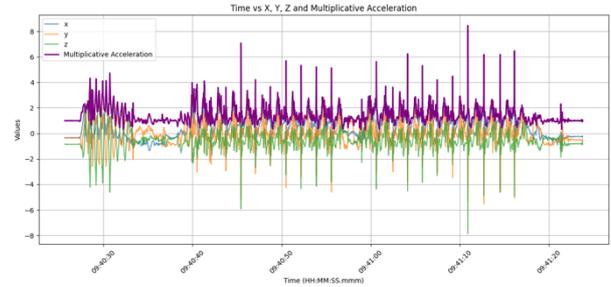


図3 クロールの加速度データと乗数加速度データ

機械学習モデルとして、ランダムフォレスト、XGBoost, 主成分分析を用い、各モデルの性能をF1スコアにて比較した。学習には、加速度センサーと乗数加速度データに関してそれぞれ10種類の特徴量を抽出し、どの特徴量が検知性能に寄与しているかを調査した。その結果、主成分分析とランダムフォレストを組み合わせたモデルが最も高いF1スコアを示し、特にエネルギーやパワースペクトル密度が識別精度の向上に寄与していることが判明した。スマートウォッチで溺水検知を行う際の処理時間軽減が期待できる。

6. まとめ

溺水事故の防止と溺水検知を目的とした監視支援システムを構築した。本システムは主に屋外水域での利用を想定して開発しているが、今後は学校や公共施設におけるプール等の比較的閉鎖的な環境にも適用可能とするために、機能の改良を進める予定である。その際、プールではスマートウォッチの着用が認められていない場合が多いため、ICタグ等で代用できないか検討する必要がある。

さらに、海やプールに出かける前の安全対策として、遊泳者および監視者向けのVR学習教材の作成を検討している。

謝辞 本研究はJSPS 科研費 JP24K06297, JP25K06553の助成を受けたものです。

参考文献

- (1) パシフィックネットワーク:“世界初 溺水予防検知 AI カメラ AQUAGUARD(アクアガード)”, <https://aquaguard.jp/> (参照 2025.5.23)
- (2) オーウエル:“プールの水難事故を防ごう! 溺水者の早期発見をサポート/nagi”, <https://nagi-smart-pool.jp/> (参照 2025.5.23)
- (3) Xiangju Liu, Tao Shuai and Dezeng Liu: Lightweight outdoor drowning detection based on improved YOLOv8”, *Journal of Real-Time Image Processing*, Vol. 22(2) (2025)
- (4) Fan Wang, Yibo Ai and Weidong Zhang:” Detection of early dangerous state in deep water of indoor swimming pool based on surveillance video”, *Signal, Image and Video Processing*, Vol. 16(2) (2022)
- (5) Salman Jalalifar, Afsaneh Kashizadeh, Ishmam Mahmood Andrew Belford, Nicolle Drake, Amir Razmjou and Mohsen Asadnia:” A smart multi-sensor device to detect distress in swimmers”, *Sensors*, Vol. 22(3) (2022)