

## 水位センサを用いた浴槽における溺水検知システムの研究 Drowning Detection System in Bathbat using Water Level Sensor

大房 諒太<sup>†</sup> 鳥山 朋二<sup>†</sup> 浦島 智<sup>†</sup>  
Ryota Ofusa Tomoji Triyama Satoshi Urashima

### 1. はじめに

厚生労働省の平成 28 年人口動態統計[1]より 65 歳以上の高齢者の死因は病死を除くと不慮の事故が死因の中で最も多いことが分かっている。家庭内における不慮の事故での高齢者の死亡数は約 12000 人と多く、その内溺死及び溺水者は約 5000 人にも及ぶ。その問題を解決するために超音波式変位センサを用いて、頭と頸部の壁の距離変化から急性疾患動作を検知するシステムが研究されている[2]が、特定の動作のみの識別にとどまっている。

そこで、我々は水位センサなどを用いて高齢者の風呂場での事故死を防止するため、入浴者の特徴に関係なく風呂場でのすべての行動に対応して安全状態か危険状態かを識別できるシステムの構築を目指している。本稿では水位センサを用いて高齢者の浴槽での溺水検知システムを試作、評価した結果について述べる。

### 2. 浴槽内溺水検知システム

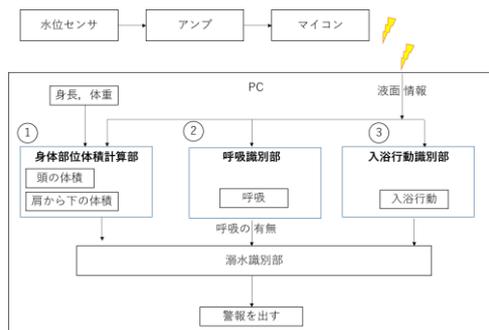


図 1 システム概要

システム概要を図 1 に示す。本システムは大きくセンサーモジュール部とデータ処理モジュール部の 2 つで構成されている。センサーモジュール部では 1~5V のアナログ電圧としてアンプから出力される水位情報を、小型の無線装置付きマイコンで処理し 10bit のデジタルデータに変換、Wi-Fi 通信でデータ処理モジュールに送信する。データ処理モジュールはパソコンを用いて構成され、図 1 のように身体部位体積計算部、呼吸識別部、入浴行動識別部、溺水識別部で構成されている。

#### 2.1 センサーモジュール部

本研究では、浴槽の水位を計測するために亀岡電子株式会社の静電容量形液面レベルセンサ(CLA-D30P150)を用いた。このセンサは 0~150mm の液面レベルを計測できるパイプ型のセンサである。

浴槽に設置された水位センサのアンプ出力(1~5V)のアナログ電圧と、マイコン(ESP-WROOM-02Wi-Fi モジュール)

<sup>†</sup> 富山県立大学 Toyama Prefecture University

の入力電圧(0~1V)を整合させるため、分圧回路でマイコンへの入力電圧が最大 1V になるようにしている。マイコンではサンプリング周波数 100Hz で水位を計測し、パソコンに 10bit のデジタルデータとして送る。

#### 2.2 データ処理部

##### ・身体部位体積計算部

入浴者が入力する身長、体重を独立変数として身体の各部位の体積を推定する[3]。湯に肩まで浸かっている場合と頭まで水没した場合の体積を計算しそれにより上昇水位を推定する。

##### ・呼吸識別部

入浴者が湯に肩まで浸かっている場合に呼吸を検出する。この検出により入浴者が肩まで浸かっていることを確定できる。

##### ・入浴行動識別部

水位の変化速度を分析することによって様々な入浴行動を識別する。なお、本稿では未実装である。

##### ・溺水識別部

身体部位体積計算部からの水位推定情報、呼吸識別部からの識別情報及び、入浴行動識別部からの識別結果から総合的に溺水状態を識別する。なお本稿では未実装である入浴行動識別部からの結果は参照していない。

### 3. 実験及び結果

#### 3.1 静的なセンサ精度評価実験

本システムに用いるセンサの精度の評価するために以下の静的な実験を行った。水位センサの入ったビーカーに水を入れ、5mm ごとに水位を上昇させ、水位に対するセンサ値の変化を計測した。センサ値は AD 変換値を平滑化するために、100 個サンプルの移動平均処理をした。

8 回測定した結果、センサ値で平均  $20 \pm 2$  であった。本システムで使用した水位センサは 5mm 程度の水位変化を読み取ることは可能であることが分かった。

#### 3.2 浴槽を用いた実験

##### 3.2.1 センサの設置

水位センサは図 2 のように設置した。本実験に使用した浴槽の寸法は約幅 70cm、奥行 120cm、高さ 50cm である。



図 2 センサ設置の様子

### 3.2.2 入浴行動パターン

本システムで識別する入浴パターンは図3のようにした。図3において○の中に文字がある記号は、その文字部分が水没している状態を示している。動作1, 2を日常での入浴動作と仮定した。1は足から湯船に入り腰から肩にかけてゆっくりと浸かる入り方である。2は足から入り肩まで一気に入る入り方である。危険な動作として3, 4, 5, 6を仮定した。3と4は1, 2それぞれの動作で肩まで湯船に入ってから、頭がゆっくりと水没する場合である。5は足まで入ったが気を失い溺水する場合を想定した。6は足から入り腰まで入ったが、その後気を失って溺水した場合を想定した。被験者は1名で20代男性である。

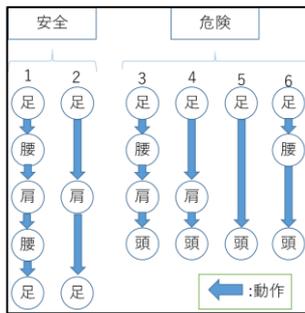


図3 想定した入浴動作

### 3.2.3 身体部位体積計算部による識別結果

身体部位体積計算部の各パーツが湯に入った際の水位推定情報から一定のセンサ値を超えると足、腰、肩、頭の状態を識別できることを確認した。例として図4にパターン3の動作時の波形を示す。図4から足、腰、肩、頭の全ての状態を算出した各部位の体積を基にセンサ値から確認できた。パターン3と同様にそれ以外の全てのパターンにおいて足、腰、肩、頭の各状態を識別できることを確認出来た。

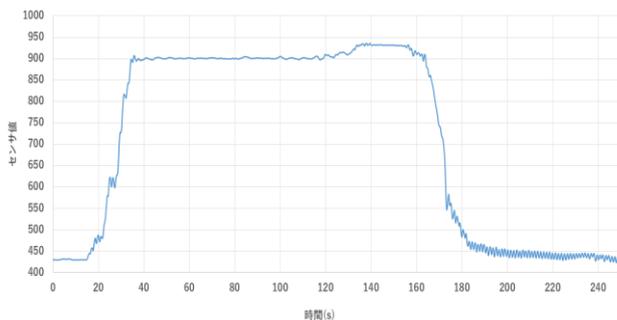


図4 入浴動作時の水位変化(パターン3)

### 3.3 呼吸識別部による識別結果

図4はパターン1において、肩まで湯に入り、入浴した際に発生する波が収まった後の水位変化である。

入浴パターン1の場合に肩まで湯に浸かっている時に限り、正常な呼吸の周期(3~5s)で水位が変化していることを視認できる。それと同時に肩まで湯に浸かっていない場合において、3~5sの周期の波は確認できなかった。また、パターン2, 3, 4においてもパターン1と同様な結果を得ることが出来た。

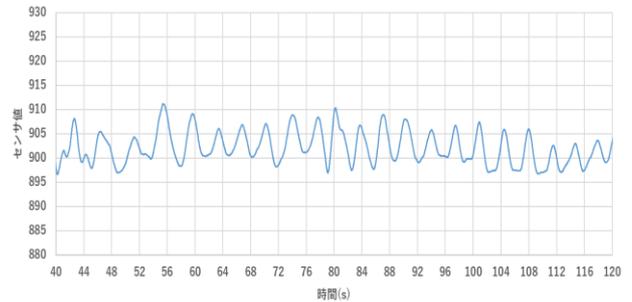


図5 肩状態の水位変化(パターン1)

## 4. 考察

現在の身体部位体積計算部だけでも全てのパターンを検知できる可能性はあるが、波の振幅が収まるまで待機しなければならないため溺水の検知に時間がかかってしまう。それを克服するために呼吸を検知することで肩を検出することによりその問題は解決することが可能であると考えられる。本稿では被験者が1人であり十分なデータが取れなかったため、今後は被験者の数と種類を増やし、入浴する際の行動の特徴を細かく分析する。本稿では未実装であった入浴行動識別部についても実装することにより、溺水検知の精度と識別速度を向上させる予定である。

## 5. まとめ

本稿では、高齢者の死因では不慮の事故での死亡数が病死を除くと最も多く、その中でも溺死及び溺水者が多いことから、その問題を解決するために、水位センサを用いて高齢者の浴槽での溺水を検知するシステムを試作、評価した結果について述べた。その結果、今回試作したシステムでは想定した全ての入浴行動パターンを識別することは出来たが、パターン5, 6においては検知が遅れてしまう結果になった。

### 謝辞

本研究は、総務省平成28年度戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE)地域ICT振興型研究開発採択プロジェクト「高機能センシングと個人情報活用による独居高齢者の安心・安全・快適なコミュニティ創造」課題番号(152305007)によって実施されました。

### 参考文献

- [1] 厚生労働省(2017)「平成28年(2016)人口動態統計(確定数)の概況」, <<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei16/index.html>> 2016年5月31日アクセス。
- [2] 土橋 裕樹, 田嶋 拓也, 阿部 武彦, “高齢社会における浴槽内事故の未然防止サービスに関する研究”, 日本生産管理学会論文誌, Vol.15, No.2 (2009.3).
- [3] J.T. McConville, “Anthropometric Relationships of body and body segment moments of inertia”, AFAMRL-TR-80-119, (1980).