

水圧センサを用いた浴槽入水者の識別手法の検討

蔵田 直生¹ 村尾 和哉^{1,2}

概要： 疾病の早期発見や予防のため、常日頃から健康状態を管理することが重要とされている。それにと
もない、寝室やトイレ、リビングなどの住宅環境で生体情報をセンシングするシステムが研究されている。
住宅環境の中でも、浴槽内は死亡事故件数が多いと報告されているため、浴槽入浴中の体勢などの情報を個
人と紐づけて把握することは重要である。本研究では浴槽に湯を注水しながらユーザーが入浴する状況で入
浴者を識別する手法を提案する。4名の被験者で評価実験を実施し、平均識別精度 80%の結果が得られた。

1. 研究の背景と目的

疾病の早期発見や予防のため、常日頃から健康状態を管理することが重要とされている。それにと
もない、寝室やトイレ、リビングなどの住宅環境でも生体情報をセンシングするシステムが研究、開発されている [1][2][3][4][5][6][7]。住宅環境の中でも、浴槽内は死亡事故件数が多いと報告されている [8][9]。このことから、浴槽入浴中の生体情報のセンシングは特に重要であると考えられる。しかし、住宅環境で浴槽入浴中の生体情報を取得する場合、複数人が時間を分けて入浴する。そのため、取得した生体情報から個人を識別する必要がある。個人識別手法としてさまざまな手法が提案されているが、ユーザーの負担にならないような識別手法が望ましい。筆者らはこれまでに浴槽の底に設置した水圧センサから入浴時の水位の変化を取得し、入浴者を識別する手法を提案した [10]。しかしながらこの先行研究の手法では、浴槽の湯量が一定の状況にしか対応していないため、本研究では浴槽に湯を注水しながらユーザーが入浴する状況にも対応する手法を提案する。

2. 提案手法

浴槽入水時または出水時に入浴者の特徴が表れるため、本研究ではまず入水時の水圧波形から入浴者を識別する。

2.1 浴槽内設置デバイス

浴槽内に設置するデバイスについて説明する。Arduino Uno, センサデータを保存する SD カード, 15V 電源が防水の箱に格納され、箱から水圧センサが出ておりセンシング部を浴槽底に置くことができる。箱には防水スイッチを

備えており、箱を開閉せずにセンシングの On/Off を制御できる。

2.2 入水検出

注水中におけるユーザーの入水の検出について説明する。本研究では、ユーザーが入水する際に発生する水圧値の急激な上昇を検知するために、得られた水圧値 $p(t)$ と移動平均値 $p_a(t) = \frac{1}{m} \sum_{k=0}^{m-1} p(t-k)$ との乖離値 $p_d(t) = p(t) - p_a(t)$ を使用する。 m は平均移動のウィンドウサイズであり、本研究では $m = 200$ とした。乖離値 $p_d(t)$ が閾値 h_1 (本研究では $h_1 = 7.0$) を 50 サンプル連続で上回った時刻を入水検出時刻と設定した。

2.3 入水波形の切り出し

注水中における入水時の波形の切り出しについて説明する。注水中における入水時の波形を用いて入浴者を識別するため、入水している区間の波形を取得されたデータから切り出す。入水検出時刻の直近過去の乖離値 $p_d(t)$ が閾値 h_2 (本研究では $h_2 = 1.5$) を 5 サンプル連続で上回った時刻を入水開始時刻と設定し、入水検出時刻の直近未来の乖離値 $p_d(t)$ が閾値 h_2 を 5 サンプル連続で下回った時刻を入水終了時刻と設定する。入水開始時刻から入水終了時刻までのデータを入水波形として識別に使用する。

2.4 注水量の除去

注水量によって入水波形が異なるため、入水開始時刻直近過去の 30 サンプルの水圧値を最小二乗法によって一次近似することで注水量 $p_p(t)$ を推定し、入水波形から注水量を減算することで、注水の影響を除去した入水波形 $p_s(t)$ を取得する。

¹ 立命館大学情報理工学部

² JST さきがけ

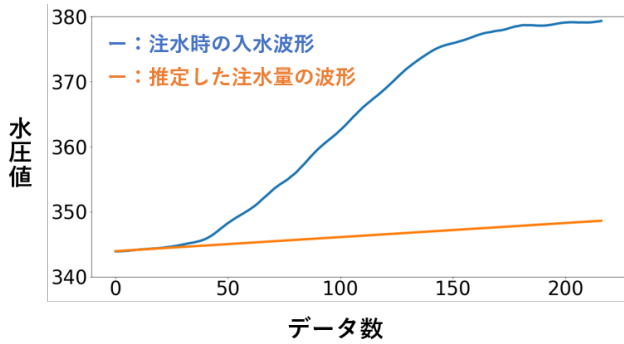


図 1 注水時の入水波形と推定した注水量の波形

2.5 入浴者識別

注水中の入水波形 $p(t)$ および推定した注水量 $p_p(t)$ を図 1 にそれぞれ青色および黄色で示す。 $p(t)$ には入水による水圧上昇と注水による水圧上昇の両方が含まれる。注水をしていない状況で認識対象の人物から取得した入水波形を学習データ、提案手法で得られた注水の影響を除去した未知の人物の入水波形をテストデータとし、すべてのテストデータと学習データの DTW 距離を計算する。DTW の距離の最近傍 3 個の学習データのラベル多数決により認識結果を決定する。3 個のラベルがすべて異なる場合は最近傍の学習データのラベルを認識結果とする。

3. 評価実験

提案手法の有効性を検証するために注水中における入浴者の識別精度を評価する。

3.1 評価方法

滋賀県内のホテルの客室内の浴槽にデバイスを設置し、20 代の男性 3 名（被験者 A~C）、女性 1 名（被験者 D）から実際に入浴した際の水圧データを取得した。各被験者に注水中に入水と出水を各 10 回、注水をしていないときに入水と出水を 15 回繰り返してもらい、データを採取した。出水による水面の揺れを抑えるため、被験者は出水後、次の入水まで一定時間浴室内で待機してもらった。入浴方法については入浴時間、待機時間のみを指示し、入浴中の体の向きや動作については指示をせず普段通りに行ってもらった。

3.2 結果と考察

各被験者の識別精度と全被験者の平均識別精度を表 1 に示す。被験者 A, C, D は 80% 以上の識別精度が得られた。一方、被験者 B の識別精度の 40% と低い値となった。この原因としては、男性の被験者 A, B, C はそれぞれ体格差が小さく、その中でも A の体が最も大きく、C の体が最も小さかったため、B は他の被験者と誤識別されたと考えられる。

表 1 入浴者識別精度

| 被験者 | A | B | C | D | 平均 |
|------|------|-----|-----|------|-----|
| 識別精度 | 100% | 40% | 80% | 100% | 80% |

4. まとめ

本研究では浴槽に湯を注水している状況で、浴槽の底に設置した水圧センサから入浴時の水圧の変化を取得し、入浴者を識別する手法を提案した。実験より、4 名の被験者で平均識別精度 80% の結果が得られた。今後は、湯が溢れる状況や初期湯量が異なる状況での個人識別手法を検討する。

参考文献

- [1] 栗原陽介, 河西良拓, 渡辺嘉二郎, 小林一行, 田中博: フローリング, 畳の上および浴槽, トイレ内における生活者の生体情報モニタリング, 計測自動制御学会論文集, Vol. 45, No. 4, pp. 561-569 (2005).
- [2] 深尾あかり, 双見京介, 村尾和哉: 角速度センサを用いたドアの開閉動作にもとづく入室者の認識手法, DICOMO 2019, pp. 1725-1730 (2019).
- [3] 西浦朋史, 中島真人, 呼吸検出に基づいたバスルーム用監視システムの開発, 電気学会論文誌 C (電子・情報・システム部門誌), Vol. 125, No. 4, pp. 561-569 (2005).
- [4] 田中優斗, 福島拓, 吉野孝, 入退室時に利用者がとるポーズを用いた在室管理システムの提案, グループウェアとネットワークサービスワークショップ 2014 論文集, Vol. 2014, pp. 1-6 (2014).
- [5] 小川 充洋, 木村裕一, 田村俊世, 戸川達男, 浴槽内心電図を用いた個人識別, 医用電子と生体工学, Vol. 35, No. 1, pp. 82-89 (1997).
- [6] 松尾 一矢, 向井利春, 加藤陽, 郭士傑, 柔軟面状触覚センサを用いた呼吸と心拍の無拘束計測, 日本機械学会論文集, Vol. 81, No. 826, pp. 14-642 (2015).
- [7] 竹原広実, 梁瀬度子, 西川向一, 村上恵子, 入浴行動の実態及び入浴意識について, 日本家政学会誌, Vol. 52, No. 10, pp. 1005-1013 (2001).
- [8] 日本法医学会, 日本法医学会課題調査報告 (浴槽内死亡事故事例の調査) (2014).
- [9] 厚生労働省, 平成 26 年度人口動態統計 (2014).
- [10] 中山紗理奈ら: 水圧センサを用いた浴槽入浴者識別, DICOMO 2018, pp. 534-541 (2018).