

超音波センサを用いた浴槽内での急性疾患を想定した異常検出

An Abnormality Detection System for Acute Disease Status Using Ultrasound Sensor

土橋 裕樹^{*1} 田嶋 拓也^{*2} 阿部 武彦^{*1} 南保 英孝^{*3} 木村 春彦^{*3}
 Hiroki Dobashi Takuya Tajima Takehiko Abe Hidetaka Nambo Haruhiko Kimura

^{*1}金沢工業大学大学院 Kanazawa Institute of Technology
^{*2}石川工業高等専門学校 Ishikawa National College of Technology
^{*3}金沢大学大学院 Kanazawa University

This paper proposes a system for detecting in-bathtub bather's abnormality caused by acute disease using ultrasonic sensors. Japanese likes having a hot bath and soaking in a bathtub, and the bathing style tends to cause bathtub-related drowning. For instance, overexposure to hot water may cause nausea, dizziness, fainting and acute disease. Almost all the victims who have bathing accidents are elderly people. The number of accidents in elderly population is multiply larger than that of traffic accidents. Some systems for monitoring an elderly bather have been proposed. However, these systems require a longer observing time to detect abnormal state. In order to improve a delay of detection, we propose a system for detecting abnormality which may cause in-bathtub drowning. In this research, we especially aim at abnormality caused by acute disease. As a result, we were able to identify behaviors which were assumed to be caused by acute disease.

1. はじめに

高齢社会白書（平成 19 年度版）[ぎょうせい 07]によると、日本における 65 歳以上の高齢者数は総人口の 20.8%に達し、基準となる 14%を超えて「高齢社会」と呼ばれている。総人口が減少する中で高齢者が増加することにより高齢化率は上昇を続け、2013 年には高齢化率が 25.2%、2035 年には 33.7%、そして 2042 年以降は高齢者人口が減少に転じても高齢化率は上昇を続け、2055 年には 40.5%にも達すると推測されている。また、平成 17 年の統計で、65 歳以上の高齢者がいる世帯の 22.0%が単独世帯、29.2%が夫婦のみの世帯となっている。このことから、単独世帯の高齢者（以下、独居老人）の増加が見込まれていると同時に、入浴中の浴槽内での事故（以下、浴槽内事故）の増加が危惧されている。

このような背景から、浴槽内事故を防ぐための研究が多くなされている。また、製品化されているものもある。これらの共通する特徴は、事故発生後の異常検知システムであり、発見までに時間を要することから一刻を争う事態では救命率の大幅な低下を招くと考えられる。この問題に対し、事故を未然防止するための異常検知システムが研究・開発されている。しかし、異常検知の精度が低いという問題を抱えていたことから、著者らはそれと同様の機器を使用して精度の向上を行った[土橋 08]。一方、本システムは居眠りによる異常動作の検出に留まっており、入浴中急死への対応が課題とされている。そこで本稿では、入浴中急死を急性疾患と想定し、状態変化の検出を試みると共に結果を報告する。

2. 急性疾患事故の検出手法

2.1 システムの構成

本研究では、KEYENCE 社製の超音波式変位センサ UD-320（以下、超音波センサ）を使用する。本超音波センサは、屋外での流体物の測定実績を持つ他、既存研究の実験結果より、湿気の多い浴槽内での使用にも十分に耐え得るものであるこ

連絡先: 土橋裕樹, 金沢工業大学大学院 工学研究科,
 〒 924-0838 石川県白山市八束穂 3-1, Tel: 076-274-7129,
 Fax: 076-274-7061, dobashi@venus.kanazawa-it.ac.jp

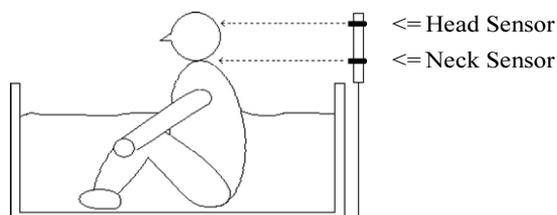


図 1: システムの構成

とが分かっている。本超音波センサは、超音波を発射して反射波が返ってくるまでの時間を測定し、超音波センサから物体までの距離を測定するものである。取得値は、測定可能領域である 200[mm]-1,300[mm] の距離に応じて 1.0[V]-5.0[V] の電圧値を示す。また、測定可能領域から測定対象が消失した場合、5.2[V] の電圧値を示す。ここでは便宜上、電圧値 1.0[V]-5.0[V] に対比して 0.0-100.0 の値に変換し、変換した値を以下、距離値と定義する。100.0 を超える場合は、測定可能領域からの消失を意味する。図 1 に超音波センサ設置の概観図を示す。ここで、頭頂部の高さに設置した超音波センサを Head Sensor、首の高さに設置した超音波センサを Neck Sensor と定義する。

2.2 急性疾患動作の定義

通常（安全）な動作、異常（危険）な動作を区別するために姿勢の定義を行う。表 1 は姿勢定義と危険度の関係を示す。また、図 2 は表 1 の定義に基づく姿勢の外観図を示す。既存研究に基づき入浴時の姿勢を A, B, C の三種類とする。各姿勢は前傾斜の度合によって区別され、床面から垂直に座る A 姿勢、水面に顔が着いている C 姿勢、そして A 姿勢と C 姿勢の中間に位置する B 姿勢とする。これら三種類の姿勢をそれぞれ、A 姿勢、B 姿勢は通常姿勢、C 姿勢は異常姿勢であると定義する。このときのセンサの反応は、A 姿勢では両センサに反応有り、B 姿勢では Neck Sensor にのみ反応有り、C 姿勢では両センサに反応無し、となる。

この姿勢定義のもとに、急性疾患動作の定義を行う。表 2 は動作定義と危険度の関係を示す。首の上下運動が小さければ顔

表 1: 姿勢定義と危険度の関係

姿勢定義	危険度	概要
A 姿勢	正常	体を起こして座っている状態
B 姿勢	正常	A 姿勢と C 姿勢の中間の状態
C 姿勢	異常	顔面が着水する寸前にある状態

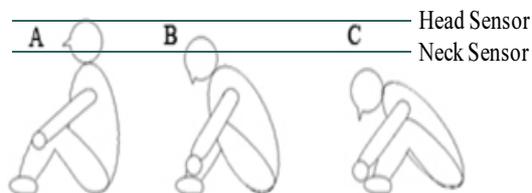


図 2: 姿勢定義とセンサの位置の関係

面の着水の危険性がなく安全であることから、通常動作と定義する。一方、首の上下運動が大きければ着水の可能性が高く危険であることから、異常動作と定義する。よって、表 2 に示すように、A 姿勢と B 姿勢を一定速度で繰り返す動作は通常動作であり、A 姿勢と C 姿勢を一定速度で繰り返す動作は異常動作とする。以下、これらを A-B 動作、A-C 動作と定義する。急性疾患による急激な状態変化は、正常な姿勢から突然意識を失って着水する場面が考えられる。この動きは A-C 動作と同じであるが、これに急激な変化という概念を加えたものを急性疾患動作と定義する。

2.3 識別手法

A-C 動作と、急性疾患動作の識別にサポートベクターマシン (SVM) を用いる。SVM を用いる利点としては、SVM が高い汎化能力を持つことと、局所解に陥らないことが挙げられる。判別のために用いる変数は、変化度を利用する。以下、変化度の概要と算出方法を示す。

変化度 変化度とは、観測時点における過去 1 秒間の距離値から得られるデータ群の傾きである。変化度を用いる理由は、動作の変化速度の大きさを捉えることができるからである。つまり、停止していれば変化度は 0 になり、動作が速くなることに比例して変化度は大きくなる。変化度の算出には最小二乗法を用い、算出式を (1) に示す。

$$a = \left| \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2} \right| \quad (1)$$

a は変化度を示す。また、 x は時間 [ms]、 y は超音波センサから取得した距離値、 n は 1 秒間に含まれるデータの個数、 i は n までの時間単位の測定データ番号を示す。

表 2: 動作定義と危険度の関係

動作定義	危険度	概要
A-B 動作	正常	着水する危険性が少ない (A 姿勢と B 姿勢の反復)
A-C 動作	異常	着水する危険性が高い (A 姿勢と C 姿勢の反復)

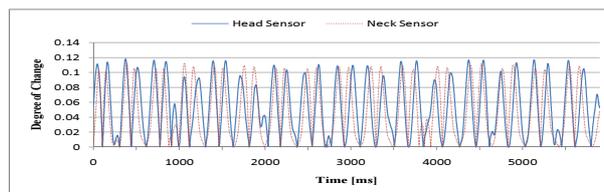


図 3: A-C 動作の変化度

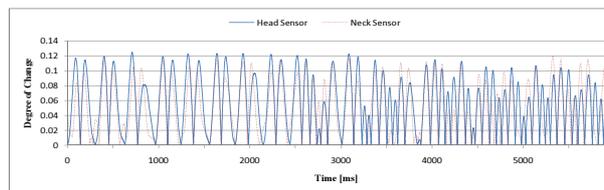


図 4: 急性疾患の変化度

3. 実験

3.1 実験方法

本実験では、動きが似ている A-C 動作と急性疾患動作を区別できるのか検証を行う。用いるデータは以下のように取得する。動作 1 つにつき 60 秒間の測定を行い 6,000 個のデータを取得。これを A-C 動作、急性疾患動作の 2 つの姿勢で 3 回ずつ測定し、計 36,000 個のデータセットを得る。被験者には各姿勢の概略図を理解してもらい、他は本人の感覚で動作を繰り返すものとする。以下、実験条件の詳細を示す。

実験条件 (既存研究と同様)

サンプリング周期: 10 [ms]

被験者と超音波センサ間の距離: 30 [cm]

Head Sensor の設置位置: 被験者の頭の高さ、

Neck Sensor の設置位置: 被験者の首の高さ

(独居老人を対象としているため、個人に最適化される)

3.2 実験結果

図 3 は A-C 動作の取得データを変化度に変換したものの一部である。図 4 は急性疾患動作の取得データを変化度に変換したものの一部である。両者において、Head Sensor および Neck Sensor に 95% 水準で有意差が見られた。よって、急性疾患動作の検出が可能であると考えられる。

4. おわりに

本稿は、既存研究で取り組まれていない急性疾患動作を想定した異常状態の検出を試み、状態変化の速度から区別が可能であることを確認した。今後は急性疾患の想定動作を増やして検証を行う。

参考文献

[ぎょうせい 07] 内閣府: 高齢社会白書 (平成 19 年版), ぎょうせい (2007)

[土橋 08] 土橋裕樹, 田嶋拓也, 阿部武彦, 南保英孝, 木村春彦: 「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検討」, 日本生産管理学会第 27 回全国大会講演論文集, pp.111-114 (2008)