

食事支援ロボットの安全管理システムの研究

A Study for Safty-management System on Meal Assistance Robot

○ 富本悠公（山口大学） 田中幹也（山口大学） 中島翔太（山口大学）

穆盛林（広島商船高専） 春山和男（宇部高専） 中村浩士（山口大学）

Hiromasa TOMIMOTO, Yamaguchi University Kanya TANAKA, Yamaguchi University

Shota NAKASHIMA, Yamaguchi University Kazuo HARUYAMA, National Institute of Technology, Ube College

Shenglin MU, National Institute of Technology, Hiroshima College Hiroshi NAKAMURA, Yamaguchi University

**Abstract:** As aging society has grown in Japan, people with disabilities have also increased. However, there is very little number of people taking care of them. Thus, we proposed a meal assistant robot to reduce the burden of the care workers. With only a robot, we cannot know whether the user is in a safe state or not. when using this meal assistance robot, a method that can detect the user danger conditions such as aspiration and fall-down is proposed. The detection of the danger conditions is carried out using an Android smartphone.

**Key Words:** Aging society, Aspiration, Fall-down, Acceleration sensor, Android smartphone

1. はじめに

近年，我が国では高齢化が進行しており，高齢社会白書によると2015年の高齢者人口は過去最高の3,392万人にも上る．総人口に占める割合（高齢化率）は26.7%であり，2060年には高齢化率が39.9%に達すると推計されている．現在は高齢者世帯のうち56.0%を独居または夫婦のみの世帯が占めている．彼らの中には介護を必要としている人が多いが，介護福祉士登録者数は118万人であり，彼らに対する割合は非常に小さい．このことから介護士不足が顕著であることが判る．そのため，我々は介護士の負担を軽減するため，食事支援ロボットを提案している<sup>(1)</sup>．本ロボットを使用することで，要介護者が食事をしている間に，介護士は洗濯，掃除などの他の家事をすることができる．しかし，ロボットだけでは使用者が安全な状態であるかが不明である．そのため，本ロボットを使用している際に使用者の誤嚥や転倒を検出し，介護士に通報するシステムが必要である．本稿では，危険な状態を含めた行動判別を行う手法を提案する．

2. 行動判別

2.1 従来システム

Android 端末の加速度センサを用いた転倒検出システムが対案されている<sup>(2)</sup>．加速度センサに加え，ジャイロセンサや気圧センサを組み合わせ，姿勢や高低差を検知する．しかし複数のセンサを使用する場合，センサすべてを搭載している端末を利用する必要があり非対応の方が多い．そのため本研究では，Android 端末に標準搭載されている加速度センサのみを使用する．

2.2 提案手法

提案手法のフローチャートを Fig.1 に示す．本手法では Android スマートフォンを用いて，食事支援ロボットによる食事時の誤嚥，椅子からの転倒，徘徊による歩行を検出する．その際に，危険状態と検出する動作として本ロボットを使用する際の食事動作，屈む，立ち座りを分離する．

2.3 行動量

x 軸（水平方向）の測定加速度を  $a_x$ ，y（垂直方向）軸の測定加速度を  $a_y$ ，z 軸（奥行方向）の測定加速度を  $a_z$  とすると，3 軸の合成加速度の絶対値  $|a|$  は次式により表される．

$$|a| = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2} \quad (1)$$

センサに外部から加速度がかかった場合， $|a|$  は  $9.8 \text{ m/s}^2$  から変化するため，積分することで行動量（衝撃，振動，傾きにより人体が動いた量）が得られる．分類する6動作は行動量が大きいので，初期条件として行動量に閾値を設けて6動作の何れかであると判断する．

2.4 転倒または屈むの判別

本節では転倒または屈むを判断する．これらの動作は背を曲げる量が非常に大きく，直立 ( $a_y = 9.8$ ) に対して  $a_y$  は 0 に近い値となる．そこで y 軸に閾値  $T_a$  を設け，それを超えた値の平均値を求める．閾値  $T_a$  以上のとき転倒または屈むであると判断できる．この条件については 3.2 節に示す実験を行い求める．

屈むは継続時間が短いため，時間に対して閾値を設けることで転倒との識別が可能である．

2.5 立ち座りおよび食事の判断

取得した加速度の  $n$  番目のデータの合成加速度を  $|a_n|$  とすると， $n-1$  番目の合成加速度  $|a_{n-1}|$  との差分  $|Dn|$  は次式で表される．

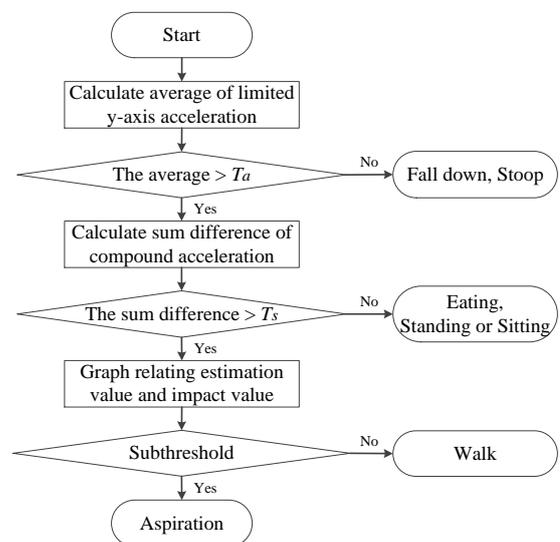


Fig. 1 Flowchart of proposed method

$$|D_n| = |a_n| - |a_{n-1}| \quad (2)$$

これにより振動量が測定できる．誤嚥を起こした際には咳き込むため他動作に比べて高周波で振動する．また，歩行の場合は，歩く際の衝撃で振動する．振動量は式(2)を用いて，次式で定義する．

$$V = \sum_{i=0}^n |D_i| \quad (3)$$

振動量に閾値  $T_s$  を設けて，立ち座りおよび食事を判別することができる．この条件については 3.3 節に示す実験を行い求める．

### 2.6 歩行と誤嚥の識別

歩行は誤嚥に対して周期性が高く，振動量が大きいといった特徴がある．振動量については前節で述べた導出方法を用いる．そして，周期性は y 軸で顕著に表れていたため， $a_y$  に対して自己相関をとり，それに対して余弦波で相互相関をとることで求める．これを評価値として歩行と誤嚥の識別の位置条件とする．なお，余弦波で相関をとるのは周期性をもつ関数に対して自己相関をとると余弦波状になるためである．振動量－評価値の関係性より歩行と誤嚥の識別を行うが，その条件については 3.4 節の実験により決定する．

## 3. 分類条件の決定

### 3.1 測定条件

被験者は Fig.2 に示すように，胸部下の中央にバンドを巻き，端末を固定し，椅子に座った状態から測定を開始する．開始後，5 秒おきに，立ち上がる，屈む，座る，食事，転倒，歩行，誤嚥の動作を行う．ただし，誤嚥は実際に行うには危険かつ困難であるため，誤嚥の代わりに意図的な咳を行った．加えて，転倒の際も床にマットを敷き安全を考慮している．また本研究は高齢者を対象としているため被験者にはなるべく高齢者の動きを模倣してもらい測定を行った．なお，被験者は成人男性 5 人である．

### 3.2 閾値 $T_a$ の決定

転倒または屈むの集合とそれ以外の 4 動作の集合に分け，両集合に対して求めた平均値の最も大きくなる閾値  $T_a$  を調べた．その結果を Fig.3 に示す．6～7 で最大となったため中間値の 6.5 を閾値  $T_a$  と定めた．この結果を用いて両集合の  $a_y$  平均値を求め，両集合の中間値 1233 を閾値とすることで転倒または屈むを判別できる．

### 3.3 閾値 $T_s$ の決定

立ち座りおよび食事の集合とそれ以外の 2 動作の集合に分け，振動量を求めた．その分布を Fig.4 に示す．両集合の中間値 58.5 を閾値  $T_s$  に定めることで，それ以下ならば立ち座りおよび食事であると判断できる．

### 3.4 歩行と誤嚥の識別条件の決定

歩行と誤嚥の振動量－評価値の関係図を Fig.5 に示す．Fig.5 を見ると完全に 2 つの集合に分かれていることが判る．次元 2 で k-means 法を行ったところ同様の結果が得られたため，各集合の重心の midpoint を用いて，傾き -0.3 の直線を閾値に設けることで識別が可能である．

## 4. まとめ

本稿では食事支援ロボットの使用者の危険状態の判別を行うため，実験によりその条件を決定した．本手法により Android 端末を用いて加速度のみで危険状態判別が可能となる．今後の発展として，判別条件を用いて安全判別を行うシステムを構築しその有効性を検証したい．



Fig. 2 Android smartphone being strapped on the user chest

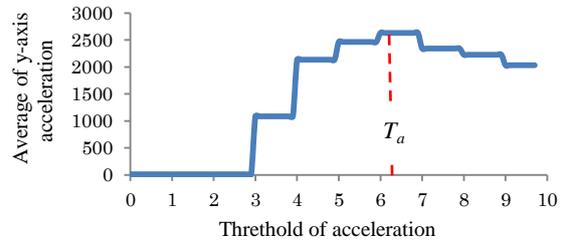


Fig. 3 Threshold  $T_a$  decision

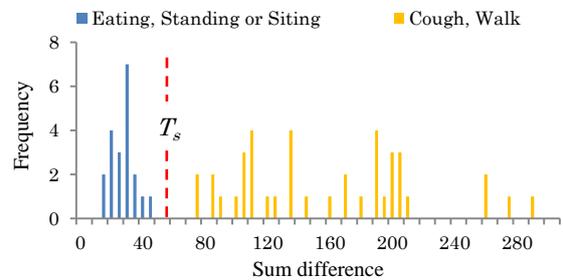


Fig. 4 Threshold  $T_s$  decision

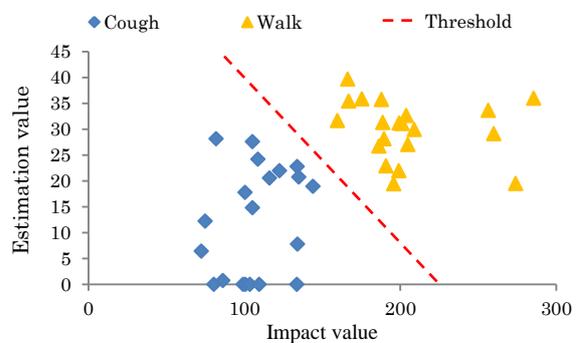


Fig. 5 Threshold decision for discriminating cough from walk

### 謝辞

本研究はJSPS科研費JP15K21197, JP15K12475 の助成を受けたものである．

### 参考文献

- (1) H. Tomimoto, M. Kirihara, S. Mu, S. Nakashima, K. Tanaka, K. Haruyama, Meal Assistance Robot with Blink Operation Interface, Proceedings of the 4th IIAE International Conference on Industrial Application Engineering 2016, Vol. 27, No. 4, pp. 297-302, 2016.
- (2) 猪股史也，諏訪敬介，スマートフォンを利用した転倒検知向上に関する研究，情報科学技術フォーラム講演論文集，Vol.13, No.4, pp.219-220, 2014.