

# モーションキャプチャを用いた動作認識とその応用に関する研究

新井 涼 指導教員：村上 和人

## 1 はじめに

近年，“人の役に立つ”ことを目的としたロボットが開発され、Pepper など、人とコミュニケーションするロボットが生活の中に導入されつつある。人と接するサービスロボットにおいて、対象者や状況に合わせて動作させることが必要であり、動作の正確な認識が必要とされる。例えば、人が地面に伏せていた場合、ロボットは相手が倒れてしまった状態か、または、眠ろうとしている状態などを正確に判断し、状況にあわせて適切に行動をする必要がある。そのため、本研究では動作認識を提案する。

しかし、可視光カメラによる 2 次元画像を用いると、動作判別に必要な情報が欠落してしまう。また、複数のカメラ画像を用いて 3 次元情報を取得しても、それを用いた手法は対応点が正確に取得できることが前提となる。そのため、本研究では、モーションキャプチャを用いて動作データの取得を行い、動作の判別を行う。

また、動作認識において、SVM は一般的に用いられる手法である。しかし、SVM を用いて動作データの判別を行う際、モーションキャプチャを用いて取得したすべてのマーカーの座標、速度、角度情報などを使用すると、あまりにも高次元となり、処理時間が長くなる、精度が落ちてしまうといった問題がある。

本研究では、25 種類の基本動作を判別する手法を提案することを目的とする。加えて、人とロボットとのよりよいインタラクションのために、人がロボットに親しみを感じる要因の一つ[1]である「柔らかい動作」とその対になる「硬い動作」を、腕振り動作を対象として判別する手法を提案することを目的とする。

以下、本稿では、2.で提案手法のアイデア、3.で 25 種類の基本動作を判別する手法、4.で柔らかい動作と硬い動作の判別手法について述べる。また、5.でそれらの手法に対する実験と結果、6.で考察、7.で応用について述べ、8.でまとめを述べる。

## 2 アイデア

25 種類の基本動作を判別するために、2 段階に分けて動作認識を行う。まず、多種の動作をルールベースに基づく閾値処理で大まかに分類し、その後、閾値処理では分類できなかった動作に対して SVM を用いてさらに細かく分類することで動作の判別を行う。

また、柔らかい動作と硬い動作の判別するために、それらの違いが生じやすいと仮定した腕(肘と手首)に着目し、予備実験より柔らかい動作と硬い動作の分離が確認できた加速度と躍度を用いて動作の判別を行う。

## 3 段階的な動作判別手法

以下に、25 種類の基本動作を判別する手法の手順を示す。手法は予備実験より取得した 10 名の学習データをもとに作成した。また、この動作判別手法において、先行研究[2]を参考に、基本的な動作 25 種類を判別対象とし、そ

れぞれ姿勢(動作のはじめと終わりの状態が同じ、身体の移動が少ない)、運動(動作のはじめと終わりの状態が同じ、身体が移動)、遷移(動作のはじめと終わりの状態が異なる)の 3 つのカテゴリに分類した。



図 1. 姿勢  
(立っている)

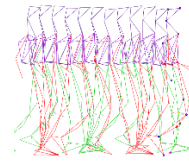


図 2. 運動  
(走っている)

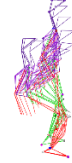


図 3. 遷移  
(座っている →  
立っている)

### Step0. モーションキャプチャによる動作データ取得

全身に 29 個のマーカーを設置し、125fps[3]で動作データを取得する。このとき、被験者の左手方向を X 軸、頭上方向を Y 軸、正面方向を Z 軸となるように設定する。

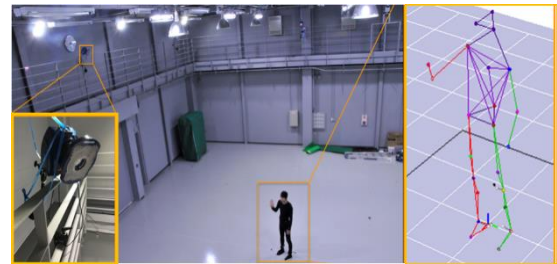


図 4. モーションキャプチャと取得データ例

### Step1. ルールベースによるシンプルな動作の判別

学習データをもとに、ルールベースにおける閾値を設定した。これらの閾値をもとに 11 種類( $k=1\dots 11$ )の動作の判別を行う。一例として、マーカーの高さ(Y 軸)が「頭、肩、肘、手首、膝、足首」の順であり、膝の角度が「 $150^\circ$ から $210^\circ$ 」の範囲内であった場合、「立っている」と認識する。

### Step2. SVM による区別の難しい動作の判別

Step1 で判別ができなかった場合、学習データをもとに作成した SVM による動作判別を行う。Step2 では 14 種類( $k=12\dots 25$ )の動作を判別対象とする。ここでは、「全身の速度、X 方向の速度、Y 方向の速度、Z 方向の速度、膝の角度、腰の高さ、頭の高さ」の 7 つのパラメータを使用し、2 つの SVM を作成した。ここで、言語は Matlab を使い、ガウスクERNELを使用した。

$$(motion)_k = \text{function}_{SVM-A}(p) \quad (k=12\dots 18) \quad (1)$$

$$(motion)_k = \text{function}_{SVM-B}(p) \quad (k=19\dots 25) \quad (2)$$

## 4 柔らかい動作と硬い動作の判別手法

予備実験より、柔らかい腕振り動作と硬い腕振り動作における、加速度の分散と躍度の分散においてデータに分離が見受けられた。そこで、予備実験より取得した 12 名の学習データ(60fps で取得)をもとに、しきい値処理による

動作の判別手法, SVM を用いた動作の判別手法を作成した. ここで, 時刻  $t$  における肘を原点とした手首の座標を相対座標  $(x_r[t], y_r[t], z_r[t])$  と定義し, 加速度 ( $\text{mm/s}^2$ ) と躍度 ( $\text{mm/s}^3$ ) を

$$| \text{加速度} | \quad |a|[t] = \sqrt{(\ddot{x}_r[t])^2 + (\ddot{y}_r[t])^2 + (\ddot{z}_r[t])^2} \quad (3)$$

$$| \text{躍度} | \quad da[t] = |a|[t] - |a|[t-1/60 \text{ 秒}] \quad (4)$$

(60fps の場合)

のように算出した.

まず, しきい値処理による動作の判別手法を作成した. 動作中における式(3)の加速度の分散を①, 式(4)の躍度の分散を②としたとき,

$$D = \alpha + \beta \times \textcircled{1} + \gamma \times \textcircled{2} \quad (5)$$

$$\alpha = 1.27$$

$$\beta = 4.18 \times 10^{-10} \quad (6)$$

$$\gamma = 2.49 \times 10^{-21}$$

のように計算し, もし  $D \geq 0$  であれば『柔らかい腕の振り』, もし  $D < 0$  であれば『硬い腕の振り』と判断する. ここで,  $\alpha, \beta, \gamma$  は 12 名の学習データをもとに算出したパラメータである.

また, 同様の学習データをもとに, SVM による動作判別手法を作成した. ここでは R 言語を用い, ガウスカーネルを使用した.

## 5 実験・結果

3 章と 4 章で述べた手法に対して評価実験を行った. 実験と結果について述べる.

### 5.1 段階的な動作判別手法

20~24 歳の被験者 10 名 (150~188cm) を対象に, モーションキャプチャ (カメラ: nac 社 Kestrel, 10 台を円形に配置, 125fps) を用いて動作データを 25 種類取得し, 提案手法より, 動作を判別した. また, 比較のために, 閾値処理のみの判別と, SVM のみ判別も行った. 判別結果を表 2 に示す.

表 2: 判別性能の比較

カテゴリ	種類	ルールベースのみ	SVM のみ	提案手法
姿勢	8 種	88%	75%	88%
運動	3 種	87%	67%	97%
遷移	14 種	-	54%	SVM-A:87% SVM-B:49%
合計		39%	62%	78%

### 5.2 柔らかい動作と硬い動作の判別手法

20~24 歳の被験者 12 名 (149~183cm) を対象に, モーションキャプチャ (カメラ: nac 社 Raptor-E, 8 台を円形に配置, 60fps) を用いて柔らかい腕振り動作と硬い腕振り動作を取得し, 提案手法より動作を判別した. 判別結果を表 3 に示す.

表 3: 柔らかい動作と硬い動作の判別手法の比較

手法	判別成功数
閾値処理	16(67%)
SVM	14(58%)

## 6 考察

提案手法の判別が苦手な動作について考察する.

「座っている状態」や, 「しゃがんでいる状態」は判別対象として判別することが可能であるが, 「うずくまっている状態」は判別対象としなかった. これは, 姿勢上, 数多くのマーカーに隠れが生じてしまい, 正確にデータを取得し, 判別することが困難であると判断したためである.

また, 「ものを持っている状態」も判別対象に含まなかった. これはモーションキャプチャによって取得できる人の座標情報だけでは, 「ものを持っている状態」と「手を曲げている状態」の区別が困難であるためである.

加えて, 「倒れている状態」と「寝ている状態」も「地面に伏せている」という同じ姿勢をとるため, 判別することが困難である. しかし, これらにおいては, 前の時系列の情報を用いることで, 判別が可能となると考えられる.

## 7 応用について

本稿に示した動作判別手法において, 現在は被験者にマーカーを装着した状態が前提となっているため, 非接触で正確に動作を取得することが可能となれば, より社会の中で提案手法を役立てることが可能となる.

提案した動作判別手法を用いることにより, 試験室や電車内など対象の動作が限定される場の異常行動監視システムへ応用することが期待できる.

また, 判別対象を広げることにより, ロボット等のより直感的な操作の実現や, 人とロボットのよりよいインタラクションの実現が可能となる.

## 8 おわりに

本研究では, 基本的な動作 25 種類を対象とした段階的な動作判別手法と, 腕振り動作を対象とした柔らかい動作と硬い動作の判別手法を提案し, 評価実験よりそれぞれの判別性能を確認した.

今後は動作認識のロバスト性を高めることが課題となる. また, 「老人が多い状況であれば, 倒れた動作は素早く認識したいため, 閾値処理にて判別を行う」, 「手招きしている動作は, 追い払う動作と類似しているため数秒時間がかかっても SVM で正確に認識する」というように, 必要に応じて, 段階的な動作判別手法における 2 つのステップのどちらで判別処理を行うのかを柔軟に使い分けられるようにすることで, よりロボットへの応用の可能性が広がると考えられる.

## 参考文献

- [1] 岡田昌史: “人間らしい柔らかな動きと駆動機構,” 日本ロボット学会誌, vol.17, No.6, pp.782-785, Sept. 1999
- [2] Lucas, Stephen E, “Coming to terms with movement”. Central States Speech Journal, May 2009
- [3] J.B.Lee, R.B.Mellifont, B.J.Burkett and D.A.James, “Detection of Illegal Race Walking: A Tool to Assist Coaching and Judging,” Sensors, 13(12), 16065-16074, Nov 26, 2013