

# 加速度センサによる基本動作の発見 Acquiring basic motions from motion capture data

堀 聡\*<sup>1</sup>  
Satoshi HORI

佐々木 瑞穂\*<sup>1</sup>  
Mizuho SASAKI

瀧寛和\*<sup>2</sup>  
Hirokazu TAKI

\*<sup>1</sup> ものづくり大学  
Monotukuri Institute of Technologists

\*<sup>2</sup> 和歌山大学  
Wakayama University

Workers' skills are a vital key to efficiency and productivity of manufacturing lines. Our previous study showed that these skills can be recorded by observing their task process and transferred to others through the form of operation manuals. Industrial engineering's work study is an important tool to observe workers' performance. However how to determine basic motions in a job task is left ad hoc. This article describes that Induction algorithm, C4.5, is able to discover rules that identify the basic motions from captured motion data.

## 1. 1. 背景と目的

管理工学 (Industrial Engineering) の動作研究 [藤田 73] は、工場や保守作業現場での作業の生産性向上に使われている。これらの作業を効率的におこなう作業者の熟練技能は、手先の器用さではなく、身体的訓練・経験をとうして獲得した総合的な判断能力である。初心者と熟練者の間には技能はもちろんのこと、その段取り・手順にも違いが現れる。われわれは、熟練者の

効率的な段取り手順を記録し共有化することで、初心者の作業生産性を向上させるシステムを研究している。

我々は、Figure 1 に示すような Wearable 作業記録システムを開発した [堀 05]。このシステムは、作業者が装着した CCD カメラで作業内容を録画すると同時に、手足につけた加速度センサ (ADXL センサ) で作業者の動作を記録する。作業者の動作を記録することにより、重要な作業のイベントを発見することができる。このシステムを用いて、作業記録マニュアルを自動生成できることを示した。

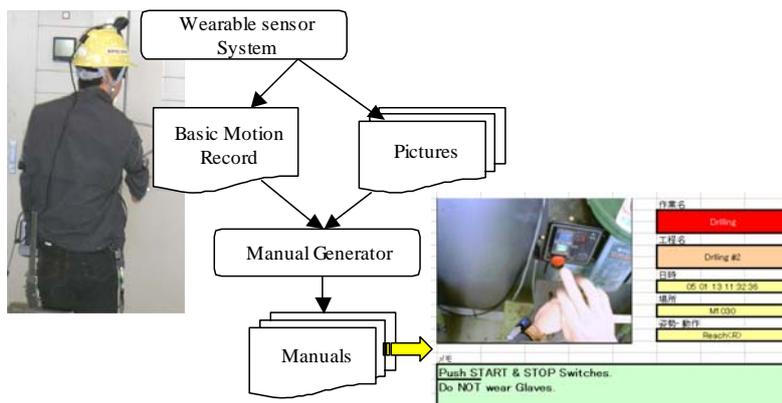


Figure 1 保守作業記録、マニュアル生成システム

この研究で、モーションキャプチャーのハードの部分は完成し、人間の姿勢を判断することが確認できた。しかし、作業の重要なイベントを指し示す基本動作は、人間が経験から決定下ものである。そこで、人間の動作記録の中から、キーとなる動作の特徴を自動的に発見するアルゴリズムが必要となってきた。

我々は、判定ルール発見アルゴリズム C4.5 [Quinlan 93] を利用して、基本動作を特徴付ける判定ルールを発見した。また、発見した判定ルールが他者の同じ動作の発見に有効であることを確かめた。

## 2. 基本動作発見実験の内容

基本動作発見実験の内容は次の通りである。

### ① ダーツ投てき動作の発見

右腕の手首、肘に加速度センサを装着し、ダーツを投げ、投てき動作を記録する (Figure 2)。ログは 0.1 秒ごとに 5 回、

0.5 秒を 1 レコードとして記録を行った。



Figure 2 センサ装着図とダーツ投てきの様子

② 火気当番の確認記録

両腕の手首、肘に加速度センサを装着し、研究室内の火気消火を確認する。確認は指差し確認を行ない、指差し動作を記録する。ログは 0.2 秒ごとに 1 回記録し、EXCEL を使用し、3 回をレコードに編集した。

3. 動作発見の手法

① 判定規則の作成

ログの中からキーとなる情報を発見する方法として、『C4.5 アルゴリズム』を使用した。C4.5 は複数の属性を持つレコードの中から、クラスを判別する為に必要な属性の判定規則を作るアルゴリズムである。

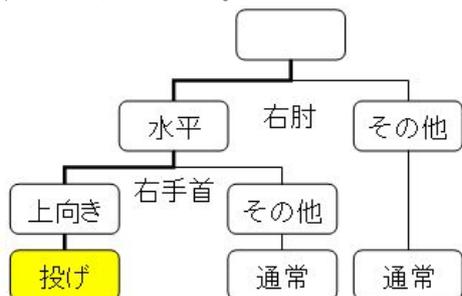


Figure 3 判定木の例

② ログの形式

昨年はある瞬間だけを見て『姿勢』を発見していたので、今年は姿勢の変化による『動作』の発見を目指した。0.1 秒後、0.2 秒後...の姿勢(各センサの数値)を並べ、一定秒数のセットを 1 レコードとした。ログデータの形式を Figure 4 に示す。



各時刻のデータを上図のように組み合わせてログとした。

Figure 4 ログデータの形式

③ 判定

判定規則作成用のログを作るにあたり、ログの作成時に動作(投てき、指差し)をしているかログに記録しておき、動作時のレコードと、通常時のレコードを判別するルールを作った。その後、別の人のログから、動作の瞬間(投てき、指差し)のレコードを判定することができるか実験した。

4. 実験結果

1) 発見した判定規則

各属性のうち、どの瞬間にどんな姿勢を取っているかルールを作成し、ログの中から動作箇所を発見することができた。下記がダーツ投てき動作のログデータから発見されたルールの一例である。

Rule-1

IF 0.4 秒後の 右手首 X 軸が 90° 以下  
THEN ダーツ投てき動作

2) ルールの正確さ

50 投のダーツ投てき動作を発見したルールで判定した。

その結果、すべての 50 投を検出できた。しかし、投てきでない動作を投てきと判断した見過ぎが 23 例発生した。これはダーツを引き抜く時の動作をダーツ投てきと判定したからである。学習ログデータには、「ダーツを引き抜く動作」が含まれなかったため、「投てき」と「引き抜き」を区別するルールが発見できなかったと考える。

Table 1 ダーツ投てきの判定結果

試行回数	正解	見過ぎ	見落とし
50	50	23	0

一方、火気当番確認動作の場合は、合計 8 回の確認動作のうち 7 回は判定できた。見落としは 1 回であった。この火気当番作業では、指差し確認動作は、ダーツ投てきに比して曖昧な動作のため見落としが発生したと考える。

Table 2 火気当番確認の判定結果

試行回数	正解	見過ぎ	見落とし
8	7	0	1

中田らの研究成果である動作の分節化では、基本動作を自動認識する確率は 63% であった。我々の応用目的である「重要な作業動作のイベントを発見する」ためには、「見過ぎ」は許されても「見逃し」は許されない。したがって、今回の実験結果は我々の手法が十分に役に立つことを示している。

今後は、この発見システムを組み込み、様々な作業動作に対応できる作業記録システムを開発して行きたい。

参考文献

[藤田 78] IE の基礎, 建帛社 (1978).  
 [Quinlan 93] J. Ross Quinlan, C4.5 Programs for machine learning, Morgan Kaufmann Pub (1993).  
 [中田 05] 中田 亨, 「身体運動の時間分節化と行動認識: 部位の動作相関分析による方法」, 計測自動制御学会 第 32 回知能システムシンポジウム資料, pp.449-453, 2005. <http://staff.aist.go.jp/toru-nakata/index-j.html>  
 [Hori 05] S. Hori, K. Hirose, and H. Taki, Automatic Generation of Operation Manuals Through Work Motion Observation, Proc. of KES 2005, Vol. LNAI 3684, p. 108-114 (2005).  
 [広瀬 04] 広瀬 公太, 小野寺 正幸, 保守技能における作業動作からの知識獲得システムに関する研究, ものづくり大学製造技能工芸学科 2004 年度 卒業研究論文 (2004).  
 [堀 05] 堀 聡, 広瀬 公太, 瀧 寛和, 松浦 哲也, 安藤 公一, 「人間の行動から保守技能・知識を獲得する手法に関する研究 (第二報)」, 人工知能学会全国大会 2004 (2004).