

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)

Knowledge Acquisition from Human Motion No.2

堀 聡、広瀬公太^{*1}、瀧寛和^{*2}、松浦哲也^{*3}、安藤公一^{*4}

^{*1} ものづくり大学
Monotsukuri Institute of Technologists

^{*3} 三菱電機トレーディング
Mitsubishi Electric Trading

^{*2} 和歌山大学
Wakayama Univ.

^{*4} 芝浦工業大学
Shibaura Inst. of Technology

Maintenance service is one of promising business sectors whose market and profit are growing. Improving service technicians' skill is a vital key to quick and efficient service and service experience sharing is proven to improve service productivity. However recording service cases costs high and is a bottleneck of knowledge and experience sharing systems. This article describes that Motion study technique can help record the service experience and IC accelerometers are able to measure human motion.

1. はじめに

保守サービスの履歴を蓄積・再利用することは、新しい商品開発やサービスの生産性の向上に大いに貢献する。しかし、保守サービスの作業履歴を自動的に記録する技術の開発が課題である。そこで、保守作業者の動作を観測し、これから作業記録を生成する手法を開発することとした。

本研究で獲得される知識は、保守サービスの手順や段取りを熟知しているベテラン・サービスマンの作業手順・スキルである。これは、スポーツや楽器演奏のプロが発揮する驚異的な身体能力の源である身体知とは種類が異なっているが、以下の点で類似しており、評価・獲得手法の研究が望まれている物です。(1)言語表記が困難である、(2)ベテランあるいはプロの動作そのものを計測し獲得するべきである。

本発表では、加速度センサを用いた動作の測定アルゴリズムとその実験結果を示す。さらに、動作から背景知識を用いて、ベテランの作業手順・スキルを推測する手法について述べる。

我々は、保守サービス作業者の作業経験を電子的に記録し、その体験を共有化する手法開発を目指している。管理工学の動作研究を用いて、基本動作から保守作業が記録できること確かめた。加速度センサを用いれば、この基本動作が計測可能であることを確認した。本発表では、そのアルゴリズムとその実験結果を示す。作業を電子的に記録することは、サービスマンが経験によって得た暗黙知を形式知として獲得し利用することである。本発表では、言語で表記された形式知だけでなく、暗黙知である作業体験の重要性を述べる。この暗黙知を獲得するために、サービスマンが装着した加速度センサ・RF-ID・CCDカメラによってサービス作業を記録するシステムの概要を示す。

設備・機器保守のアフターサービス業務を効率的・的確に行うには、三つの要素(人、物、情報)が不可欠である。人は優秀なサービスマン、モノは修理部品である。情報には、CADデータや形式知としてドキュメント化された製品や利用に関する情報である。その他に、修理作業経験から学習し個人に蓄積される

故障診断や装置のクセに関する暗黙知がある。

暗黙知の例として、産業用ロボットシステム始動作業を考える(Fig.1 参照)。このロボットの標準始動手順は次のようなものである。

- STEP-1.分電盤のブレーカーをONにする。
- STEP-2.制御装置のブレーカーをONにする。
- STEP-3.制御装置のスイッチをONにする。
- STEP-4.スタートボタンを押す。

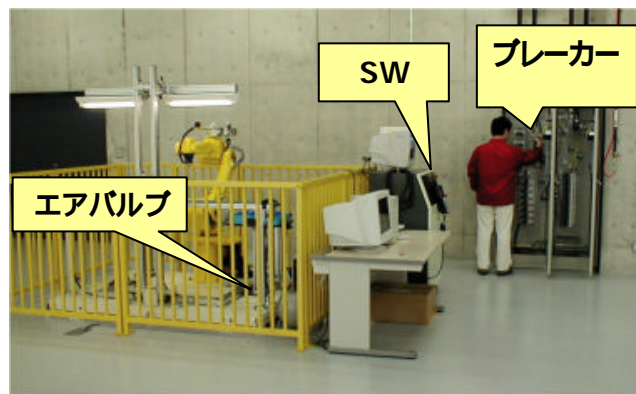


Fig.1. Robot System Layout

サービスマン A が、次のような非標準の経験をしたとしよう。「たまたま、常時「開」となっているはずのエアバルブが「閉」となっている時、装置は「エラー」を発生し起動しなかった。マニュアルを解読し1時間後、エアバルブに気がつき無事起動できた。」この経験をしたサービスマン A は、次回システムエラーが生じたとき、すぐさまエアバルブを「開」とし復旧出来るはずである。しかし、未経験の他のサービスマンは、また1時間も無駄に時間を費やす可能性が高い。本研究の目的は、このような体験を自動的に記録し、形式知として蓄積するシステムを開発することである。

2. 修理作業からの知識獲得

2.1 知識獲得の枠組み

まず、提案する保守作業の動作からの知識獲得の大まかな流れを示す。

連絡先:堀 聡, ものづくり大学製造技能工学学科,
〒361-0038 埼玉県行田市市前谷 333,048-564-3844,
hori@iot.ac.jp, <http://www.iot.ac.jp/manu/HORI.html>

- (Step-1)サービスマンの身につけたセンサ システムら、時刻、手足の加速度、位置情報を記録。
- (Step-2)手足の加速度情報から基本動作を抽出。
- (Step-3)記録された動作履歴と標準作業手順などの背景知識より実際の作業手順を推論する。
- (Step-4)非正常作業が行われた場合は、この非正常作業は新たな分岐枝として故障木に追加され、蓄積される。

2.2 加速度センサによる動作の測定

スイッチなどに腕を伸ばす "Reach" の動作が加速センサで計測可能か基礎実験した。その様子を Fig.2 に示す。加速度センサは、アナログデバイス社の ADXL202 を用いた。この IC は X-Y 二軸の加速度センサをもち、最大 2G まで測定でき、4mG の分解能を持つ。サンプリング周期は 40Hz とした。Fig.2 の写真に示すように、右手に腕方向が Y 軸となるように、加速度センサを装着した。Fig3 に、このセンサを用いて計測した REACH 動作の結果を示す。右手が下りた状態では、Y 軸が重力方法と同じになるので、Y 軸の値が 1G に近い値となる。一方、右手を伸ばした状態では、右手が水平となるため重力の影響が小さくなるので Y 軸の値は小さな値となっている。このグラフを見ると、X 軸と Y 軸のデータが交差した箇所、Reach 動作が明確に現れている。この実験結果より、加速度センサにより腕や脚の姿勢の変化を計測することが出来ることがわかる。

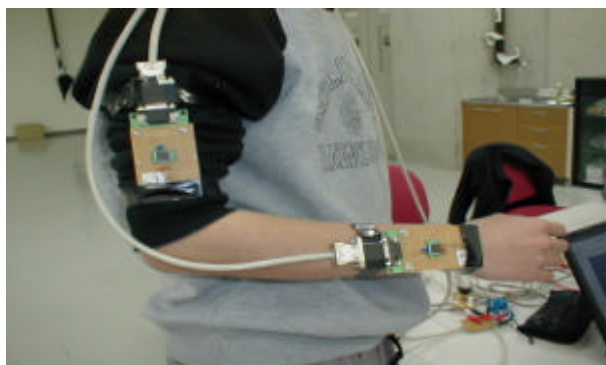


Fig 2 加速度センサによる Reach 動作の検出

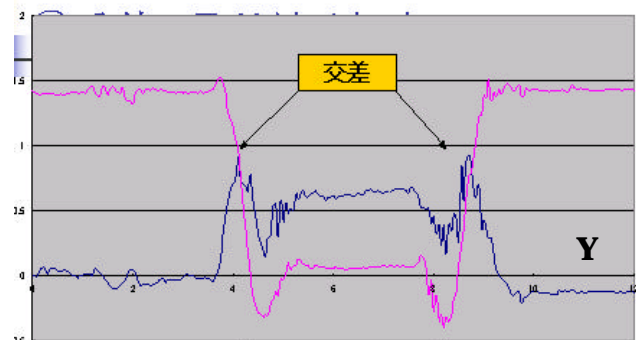


Fig 3 加速度センサによる Reach 動作の測定結果

2.3 Reach 動作判定アルゴリズム

Fig4 に "Reach" 動作で腕がどのように動くか、その時加速度センサのデータがどのように変化するかを示す。加速度センサは、重力加速度も測定するので、Reach 動作で腕を伸ばす時に Y 軸の値が 1G から 0G に変化する。また X 軸は 0G から 1G に変化する。腕をおろすときにはその逆の変化が観測される。

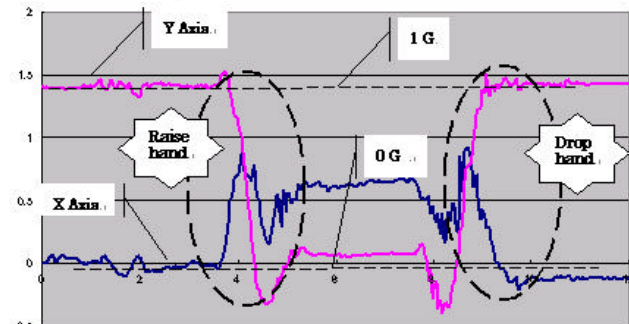
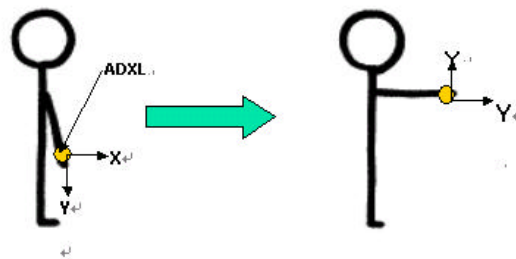


Figure 4 Wrist Accelerometer's Output

Reach 動作を加速度センサ データから検出するアルゴリズムを Fig5 に示す。また、各ステップでのデータの様子を Fig 7 のグラフに示す。

- Step-1 LPF (Low-Pass Filter) 20ms でサンプリングしたデータの 5個平均を取る。
- Step-2 Labeling :データの値を、"-1", "-0.5", "0", "0.5", "1" の5つの範囲に分類しラベリングする。
- Step-3 Classify: ラベリングしたデータで 0から1へなど値が変化している箇所を見つける。この値の変化は腕の姿勢の変化であるので、X 軸、Y 軸の変化から Reach 動作 と判定する。

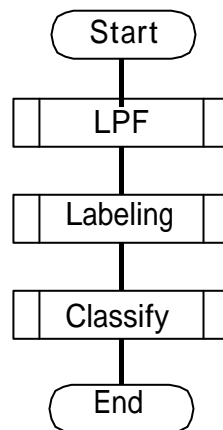


Figure 6 Signal Processing Flow chart

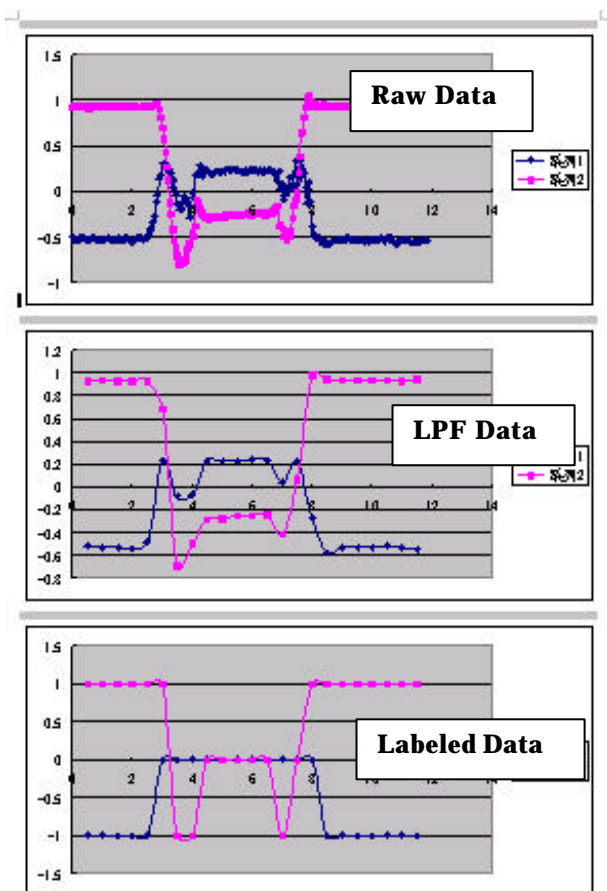


Figure 7 Processed Signals

2.4 実験結果

前節で説明したアルゴリズムの有効性を確かめるために、第一章で説明した産業用ロボットシステム始動作業を8人の学生に実行してもらった。この作業は7回のReach動作を含む作業である。作業者に加速度センサを装着し、作業の様子はビデオ撮影した。

本アルゴリズムで加速度センサ・データを分析した結果、全56回のReach動作が検出できた。

3. まとめ

保守業務を記録するのに、サービスマンの動作に注目し、動作履歴から保守作業手順を生成する枠組みを提案した。加速度センサで重要な基本動作であるReach動作が計測可能であることを確かめた。

今後、基本動作履歴と、位置センサ、CCDカメラの情報から、作業手順を生成し形式知としてのマルチメディアの作業記録を生成するシステムを開発して行きたい。

本研究の一部は、科研費基盤研究(C)(15500094)の補助によるものです。

参考文献

[三菱電機 2004] 「人間行動適合型生活環境創造システム技術ものづくり技術高度化支援技術」, 第4回シンポジウム要旨集(2004)

<http://www.hql.or.jp/gpd/jpn/www/grp/kodo/index.htm>

[古川 2003] 古川, 上野, 他, “身体知の解明を目指して”, 第17回人工知能全国大会予稿集 3D5-01 (2003).

[近藤 2002] 近藤, 堀, 松浦, 滝: 「保守作業支援システム動作からの知識獲得」, SI2002 講演論文集, Vol.3, pp39-40 (2002).

[白藤 2001] 白藤, 松田, 滝: 「調理の記録とレシピの自動対応付けツールの開発」, 人工知能学会 33 回知的教育システム研究会, pp.1-6, (2001.9)

[堀 1994] 堀, 杉松, 東, 滝: 「Doctor:事例ベース推論を用いたフィールドサービス支援システム」, 人工知能学会論文誌, Vol.9, No.6, pp.908-916 (1994)

[津村 1978] 津村, 佐久間: 「作業研究」, 丸善 (1978).