

D-019

## RFID タグを用いた作業手順の比較に基づく行動特徴検出

Detection of Action Characteristics  
Based on Work Procedure Comparison with RFID System吉田 高明†  
Komei Yoshida小林 勇人†  
Hayato Kobayashi原田 史子†  
Fumiko Harada島川 博光†  
Hiromitsu Shimakawa

## 1. はじめに

身近な家電製品から工場の生産ラインに至るまで、あらゆるものにマニュアルが存在する。マニュアルには作業の手順が詳細に記述してあり、作業者はこのマニュアルを見ながら作業を行う。そのため、マニュアルは初心者にとっても分かりやすくなければならず、かつ記述漏れがあってはならない。工場の生産ラインにおいては、マニュアルの不備が重大な事故につながる可能性さえあり、正確かつ詳細なマニュアルを作成することは非常に重要である。また、団塊世代の技術者の大量退職などにより、いかに熟練技術を後世に継承していくかということも問題となっている。この問題を解決するために、熟練技術を体系的にまとめて文書化し、マニュアルとして残すことも重要である。これらの要求を満たしたマニュアルを作成するのは大変困難な作業である。

そこで本研究では、実際の作業よりマニュアルを作成することを支援する手法を提案する。作業者が使用する工具や部品を RFID 技術を用いて認識し、その接触順序の記録よりマニュアルを作成する。提案手法では、熟練者の作業より模範手順を作成し、初心者の作業より、模範手順において初心者が陥りやすい間違いを同定する。両者の作業の融合により精緻なマニュアルを作成する。

## 2. マニュアル作成上の問題点

## 2.1 作業手順を示すマニュアル

1つの作業にはいくつかの工程が存在し、1つの工程にはいくつかの手順が存在する。たとえばPCの組立作業を例に挙げると、PCへのHDDの取り付けという工程は、「HDDを3.5インチベイに入れる、4箇所ネジをとめる、ケーブルの配線をする」という手順からなる。このような作業中のすべての工程を含んだ全体の手順を作業手順という。作業手順を体系的にまとめたものがマニュアルであるが、そこには作業手順だけでなく、作業のうえで気をつけるべきポイントなども詳細に記述する必要がある。そのためには、熟練作業者の経験をうまく反映し、作業の上での重要なポイントを網羅しなければならない。また、マニュアルを見ながら作業を行う初心者からの意見も取り入れ、初心者が理解しやすい記述にする必要がある。よって、マニュアルの作成は容易な作業ではない。

## 2.2 既存研究と本手法の必要性

これまで、自動車製造工場の生産ラインにおいて人の動きを追跡し作業状態を把握する研究 [1] や、熟練技能をデータベース化し e-Learning システムとして応用する研究 [2] が行われている。しかし、多大なコストの

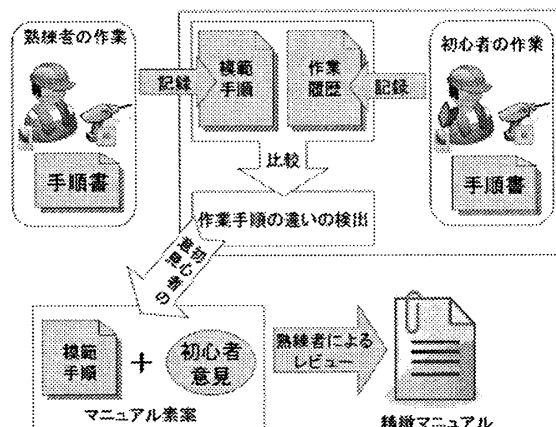


図 1: 提案手法の概要

かかるマニュアル作成に関する支援はいまだ実施されていない。必要十分な記述がなされたマニュアルを低コストで作成することを支援する手法が望まれている。

## 3. 作業履歴からのマニュアル作成支援

## 3.1 素案精緻化によるマニュアル作成

本手法は、マニュアルを作成するさいに必要な情報を収集し、精緻なマニュアルを作成するための材料を提供する。材料となる情報を半自動的に収集したうえで、どのような情報をマニュアルに記述するかを人間が判断する。これにより、マニュアル作成にかかるコストや時間を削減することができる。

マニュアルの作成は、模範手順の生成、マニュアル素案の生成、精緻マニュアルの生成からなる。マニュアル作成手法の概要を図 1 に示す。

模範手順とは、熟練者の作業履歴を記録し、それを工程ごとに区切ったものである。

マニュアル素案とは、模範手順に初心者意見を追加したものである。初心者意見とは、手順書の記述の中で何が分からなかったのか、どのような記述であれば理解できたのかなどの意見である。

精緻マニュアルとは、マニュアル素案に熟練者意見を追加し、マニュアルとして完成させたものである。熟練者意見には、収集した初心者意見の反映方法、初心者が多くの間違いをおかした工程に対する説明方法、熟練者の視点からみた作業上の注意点などの情報が含まれる。

模範手順、マニュアル素案、精緻マニュアルはそれぞれ以下のようなフェーズにより生成される。

- 熟練者の作業記録収集
- 熟練者と初心者の作業比較と意見収集
- 熟練者によるレビューとマニュアルの編集

†立命館大学情報理工学部  
‡立命館大学大学院理工学研究科

熟練者の作業記録収集および初心者の作業手順取得の手段として、手に装着できるウェアラブルタイプのRFIDリーダを用いる。作業のさいに触れるすべての部品・工具にはあらかじめRFIDタグを貼付しておき、それぞれを識別できるように固有のIDを割り当てておく。これにより、作業者が何にどのような順序で触ったかということが認識できる。

### 3.2 熟練者の作業記録収集

このフェーズは、熟練者の作業手順を記録することにより、マニュアルの骨格となる模範手順を生成することが目的である。

熟練者は大まかな作業手順が書いてある手順書を確認しながら作業を行う。部品や工具に貼られたRFIDタグを読み取ることで、作業の中で熟練者が何にどのような順序で触ったかという情報を作業開始からの経過時間とともに模範手順として記録する。模範手順は次フェーズで、初心者が熟練者と同じ手順で作業を行っているかを比較するために用いる。

ここでの熟練者の作業の様子はビデオカメラで撮影する。これは画像解析により作業者の動きを検出するためではなく、熟練者が実際にどのような作業を行っているかを記録するためである。これにより、次フェーズで初心者が作業手順を間違えたさいに正しい作業手順の手本として見せることができる。また、記録した作業開始からの経過時間をもとに、作業手順と動画中の時刻の対応付けを行う。熟練者の作業記録をあらかじめ工程ごとに区切っておくことで、記録した作業手順と動画の対応関係から、工程ごとの作業動画を容易に取り出すことが可能となる。これにより、初心者が自分の間違いを理解するために必要となる熟練者の作業動画をピンポイントで再生できる。

### 3.3 熟練者と初心者の作業比較と意見収集

このフェーズは、熟練者と初心者の作業手順を比較し、両者の作業手順に差異が生じた理由を明らかにすることが目的である。

初心者も熟練者と同様、大まかな作業手順を参考にしながら、ウェアラブルRFIDリーダを手につけて作業を行う。初心者の作業中に、前フェーズで生成した模範手順と初心者の作業履歴を工程ごとに比較し、作業手順に差異があれば間違いとして工程終了時に通知する。そのさい、前フェーズで録画したその工程での熟練者の作業動画を初心者に見せることで、初心者に自分の間違いを理解させ、手順書の記述のうち、理解しづらい点についてアンケートをとる。初心者意見の収集を自動化するため、初心者がアンケートをPC上で入力する。収集した意見を模範手順中の適切な箇所に挿入することで、どの工程についての意見なのかをあとで見るときに簡単に分かるようにする。模範手順に初心者意見を追加したものがマニュアル素案となる。

初心者の作業中は、何にどのような順序で触ったか、どの工程で間違いがあったかを経過時間とともに記録する。また、熟練者の場合と同様に、作業の様子を録画する。この動画を用いて次フェーズでは、熟練者によるレビューにより、初心者がどのような点で間違いを起こしているのかを明らかにする。また、間違いを起こした工

程の作業動画を抜粋して再生可能にするために、記録した作業手順と動画中の時刻の対応付けを行う。

### 3.4 熟練者によるレビューと編集

前節までで取得した模範手順や初心者意見といった情報は、このフェーズにおいてマニュアルを完成させるための材料となる。このフェーズでの作業は、これまでに収集した情報をもとに手動でマニュアルを完成させることである。そのためこのフェーズでは、新たに情報を取得することはない。3.3で生成したマニュアル素案を吟味し、さらに初心者が間違えた作業の様子を示した動画を熟練者に確認してもらうことにより、熟練者の立場からの意見やアドバイスをマニュアルに追加する。初心者意見についての情報の取捨選択、間違いが多い工程についての説明の追加など、具体的にマニュアルに盛り込む内容の検討を行いながら、マニュアルを精緻なものにしていく。

## 4. 提案手法の評価

本手法では、作業者の行動の把握にRFID技術を用いている。RFID技術の進歩に伴い、RFIDタグの単価は徐々に低下してきている。また、個々の部品の品質管理のために部品内にRFIDタグが埋め込まれる可能性は十分にある。このため、本手法は実際の生産ラインでの運用も可能であると考えられる。

既存研究 [1] においては、RFID技術以外にも加速度センサやリードスイッチなど、多くのセンサを使用しており、システム構成が非常に複雑となっている。さらに、自動車の車体にセンサを埋め込むなど、環境に依存した方法が採られている。また、既存研究では行動の追跡に有限状態機械 (FSM) を用いているが、このFSMは自動生成されておらず、手動で記述する必要がある。これに対して、本手法では、作業者の行動を自動的に記録することが可能である。

## 5. おわりに

本論文では、熟練者の作業履歴をもとにマニュアルの作成を支援する手法について提案した。本手法によって収集された情報は熟練者の視点で吟味され、さらに熟練者ならではの注意点を盛り込むことで、必要十分な記述がなされたマニュアルの作成が可能となる。

今後は、実装と実験を行い、本手法の有用性を検証する予定である。

## 参考文献

- [1] Thomas Stiefmeier, Clemens Lombriser, Daniel Roggen, Hogler Junker, Georg Ogris, Gerhard Tröster, Event-Based Activity Tracking in Work Environment, Proceedings of the 3rd International Forum on Applied Wearable Computing (IFAWC), March 2006.
- [2] 下山 隆, 白沢 勉, 赤倉 貴子, 精密板金加工品製造業用 e-Learning System の技能テスト機能による熟練技能者と非熟練技能者の差異分析, 第6回情報科学技術フォーラム (FIT2007), 一般講演論文集第3分冊, pp.533-534, September 2007.