

変数値変動の安定化に着目した人とロボットの協働のためのマニュアル作成 Manual generation for human-robot collaboration focusing on stabilization of variable values

中山凌一[†]
Ryoichi Nakayama

島川博光[†]
Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

人とロボットの協働が必要な作業現場でのアルバイト従業員の雇用は珍しくはない。しかし、アルバイト従業員は、入れ替わりが早く、引継ぎは困難である。そのため、アルバイト従業員を雇用するたびに新人を教育することとなる。そこで、本研究ではロボットと協働した過去の人の動きのうち、ロボットを効率よく稼働させたものを切り出し、その特徴を抽出する。抽出された特徴から、協働場面に合った人の動きを説明するマニュアル動画を半自動生成する。これにより、短期間で新人が経験者と同じように作業できる手法を提案する。本手法を用いることで、さまざまなロボットに対し従業員のセンサーデータからルールに従いマニュアル動画を半自動生成し新人教育に役立てることができる。

2. 人とロボットの協働

2.1 協働場面の課題

アルバイト従業員は、入れ替わりが早い。さらに、前任者が辞めたために後任者が雇われる。よって前任者から後任者へのノウハウの引継ぎは困難である。そのため、アルバイト従業員を雇用するたびに、店長などの現場リーダーが、入れ替わりの激しい新人アルバイト従業員を教育することとなる。これでは、現場リーダーの作業負担が大きく、また店全体の効率も落ちてしまう。加えて、ノウハウを言語化することは難しいので、新人にノウハウを的確に伝えることができない。新人教育では、基本的な作業の説明のみとなることが多い。そのため、作業を円滑にこなせるようになるには、新人アルバイト従業員は作業に慣れ、自らノウハウを獲得しなければならない。短期間で辞めてしまうアルバイト従業員が作業に十分に慣れるまでに時間がかかるというのは、矛盾しており、実現可能性も低い。

2.2 特徴抽出法の一般化

西尾らの研究 [2] では、一人の作業者の上達過程のデータがあれば上達速度向上のためのノウハウを抽出できる手法を提案している。たしかに、ノウハウを抽出できているが、あくまで実験を行った食洗器との協働場面に限ったノウハウとなっている。また、ノウハウの抽出について、専門の知識を持った人間がデータをしかるべき処理をし、読み取る必要がある。新人教育に役立てるためには、ノウハウ抽出を自動で行うために特徴の抽出法を一般化する必要がある。さらに、さまざまなロボットにおいて協働作業の上達過程のデータからノウハウを自動生成しマニュアル動画を作成する必要がある。

3. 指導マニュアル動画の生成

本研究は、人とロボットの協働時の人の動きの特徴のうち、ロボットを効率よく稼働させる特徴から、マニ

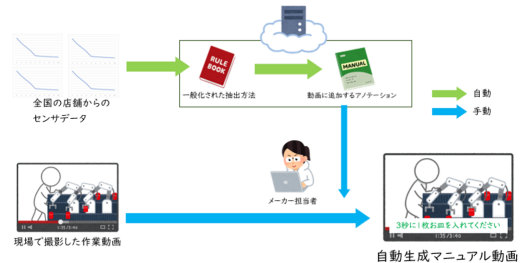


図 1: 手法概要図

アル動画を半自動生成し、短期間で新人が経験者と同じように作業できる手法を提案する。マニュアル動画にアノテーションを追加するノウハウを作業データから自動生成することを目的としている。そのため、人の動きの特徴のうち何に注目するかを決定するための特徴抽出法の一般化が必要となる。特徴抽出法の一般化は、作業者とロボットを多様化させることで実現させる。この一般化された特徴抽出法を用いてノウハウを自動生成し、マニュアル動画を作成する。(図1)

3.1 特徴抽出法の仮定

複数の被験者について体の数か所に6軸加速度センサを取り付ける。被験者がロボットとの協働作業を実施しているときのセンサの加速度を記録する。上達過程のデータをラップごとに分散をとり、縦軸を分散、横軸を試行回数としグラフを作成する。作業を繰り返し慣れていくに従い、特定の体の部位について、不必要な動きがなくなり、洗練された動きとなることが考えられる。このような時点がノウハウ抽出につながる。この時点では、不必要な動きがなくなるため、件の体の部位の加速度の分散は小さくなるはずである。そのため、この体の部位の加速度の分散の、時間に関する2回微分が正で、かつ、1回微分が負となる。時間経過の中での、この加速度の分散をグラフ化すると、その形状は、微分係数の絶対値が慣れるに従って小さくなっていき、動きが洗練されると一定値に収束すると仮定される。

3.2 特徴抽出法の検証

仮定を検証する方法として、被験者にインタビューを実施し、その結果により推定されるノウハウと、センサによる計測結果を照合する。被験者全員に共通して3.1節の仮定に沿った推移をグラフがとる加速度に注目する。この加速度は、対応する体の部位の動きの分散が、被験者全員で徐々に減少したことを示している。これは、被験者全員が共通して獲得したノウハウが、この体の部位の動きを安定させることであったと推定できることを示している。次に、作業を行った被験者に対し、獲得したノウハウについてインタビューを行う。前者と後者が被験者すべてに対して合致すれば、注目した体の特定部位

[†]立命館大学情報理工学部

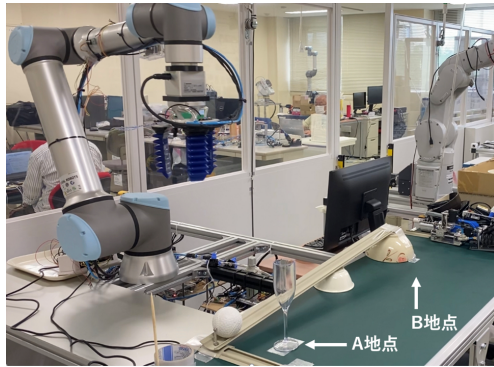


図 2: 実験に使用したロボット

は、被験者全員に対して共通にノウハウを獲得した部位となる。それを抽出することができるとした3.1節の仮定は検証されたと言える。

3.3 アノテーションの追加

ノウハウが確立していないロボットとの協働作業において、作業の上達過程の動きのデータに一般化された特徴抽出法を適用することで、注目すべき体の部位を抽出する。作業を始めた時の動画と上達後の動画を対比し、注目すべき体の部位の、どの方向の動きを安定させるべきかを言語化して示したノウハウをアノテーションとして追加する。これにより、マニュアル動画を生成する。

4. 特徴抽出法の検証

4.1 実験概要

動画生成のための一般化された特徴抽出法について、確かにノウハウ抽出が可能であることを確認するため、図2に示す実験を行った。A地点にてワイングラスをアームにて持ち上げ、50cmほど離れたB地点へと運ぶロボットを用いて実験を行った。被験者は、B地点に置かれたワイングラスをA地点に置きなおすという作業を行う。なお、A地点には目印のようなものではなく、被験者はロボットの動きを見ながらワイングラスを置くこととなる。ワイングラスは2種類あり、細工のないワイングラスAと、内側に重りを取り付け底に障害を取り付け不安定にしたワイングラスBである。ワイングラスA、Bは交互にA地点に置くこととする。作業は、ワイングラスA、Bの移動で1回とし、これを10回繰り返す。さらに、この作業を10セット行い、作業の上達過程のデータをとる。作業中の動きを記録するため、被験者の体に加速度センサを取り付けた。センサの取り付け位置は、額と右手首付近である。加速度センサとして、TWELITE 2525aを使用した。データは、頭と右手それぞれの3軸加速度の計6データを0.1秒毎に記録する。各データに対し、1セットごとに分散をとりグラフにする。

4.2 実験結果

実験の様子を示す動画を[3]に、実験により得た分散の推移のグラフを図3に表す。それぞれ縦軸が分散、横軸がセット数を表している。加速度センサのx軸は縦の動き、y軸は横の動き、z軸は前後の動きを表している。ロボットの可動域の関係上、前に出ると危険がある。こ

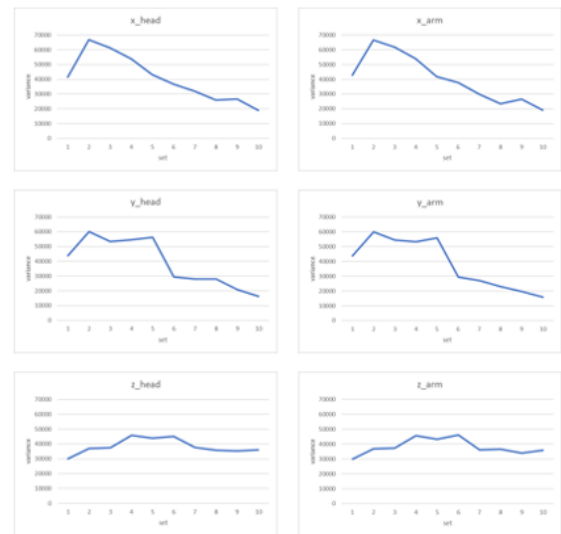


図 3: 各加速度センサの軸ごとの分散の推移

れは、作業の慣れではなく事前にわかることであり、それが頭と手のz軸のグラフに表れている。3.1節での仮定のもと、頭と腕のx軸とy軸に注目する。A地点に正確にワイングラスを置くためには、被験者は体を動かす、多角的な視点で位置を特定しワイングラスを置く必要がある。しかし、作業に慣れてくることで体を動かすことなく、A地点の正確な位置がわかるようになる。そのため分散がだんだんと小さくなる。特に、y軸に注目すると6セット目において大きく分散が小さくなっており、A地点の正確な位置というノウハウを獲得しているのうかがえる。つまり、3.1節の仮定は、ノウハウに関係のある動きについてのみ抽出できる方法であるとわかった。

5. おわりに

本研究では、一般化された特徴抽出法を利用し、マニュアル動画を半自動生成することで新人教育の負担を軽減する手法を提案した。今後はさらに実験を行い、一般化された特徴抽出法を確立する。そのうえで、マニュアル動画生成の実装を進める。

参考文献

- [1] S. Pellegrinelli, F.L. Moro, N. Pedrocchi, L. Molinari Tosatti, T. Tolio, "A probabilistic approach to workspace sharing for human-robot cooperation in assembly tasks", CIRP Ann. Manuf. Technol., 65 (1) (2016), pp. 57-60
- [2] Kosuke Nishio, Fumiko Harada, Hiromitsu Shimakawa, Finding Features of Actions Efficiently Synchronized with Dishwashing Robot, Advances in Social Sciences Research Journal(ASSRJ), vol. 9, no. 2, pp. 206-224, Feb. 2021
- [3] <https://drive.google.com/file/d/1QGLCT75ysNhKdB90ZdyRM6e71Srh16af/view?usp=sharing>