

# Kinectを用いた単調作業における特徴部位の推定 Determining Characteristic Joints during Monotonous Tasks with Motion Sensor

岡村 瞬<sup>†</sup> 梶原 祐輔<sup>†</sup>  
Shun Okamura Kajiwaru Yusuke

原田 史子<sup>†</sup> 島川 博光<sup>†</sup>  
Fumiko Harada Hiromitsu Shimakawa

## 1. はじめに

製造業で単一製品を大量に作る方法としてライン生産方式がある。ライン生産方式では、単調作業におけるヒューマンエラーが問題になっている。ヒューマンエラーが原因で事故や製品品質の低下につながる。そのため、ヒューマンエラーを防ぐ対策が必要とされている。

我々は作業者に加速度センサを装着し集中力を測定する研究を進めてきた [3]。しかし、加速度センサの有効な取り付け部位は恣意的に決められる。そこで本論文では単調作業における有効な加速度センサ取り付け部位を推定する手法を提案する。本手法ではモーションセンサを使い作業者の各部位ごとの動作データを取得する。この動作データから各部位の特徴を見つけ、加速度センサの有効な取り付け部位を推定する。これによって、より効果的にヒューマンエラーを未然に防げる。

## 2. 単調作業の現状と問題点

### 2.1 ライン生産方式におけるヒューマンエラー

ライン生産方式におけるヒューマンエラーは作業者の集中力の低下・作業者の技術不足によって起こる。作業者の集中力の低下が原因で起こるヒューマンエラーを防ぐことは難しい。例えば、作業者がおにぎりに具を入れる作業中にプレス機に指を挟まれる事故があった。この作業者は数年その工場に働いていた熟練者であったが、ふとした集中力低下で怪我をした。現状では集中力を維持することは作業者本人にゆだねられている。しかし、これでは事故を完全に防ぐことはできない。そこで作業中の集中力を判定することで、作業者の集中力低下を検知する。これによって、事前に集中力低下を検知することで、ヒューマンエラーを未然に防ぐことができる。

### 2.2 既存研究

ヒューマンエラーを防止する既存研究に研究 [2] がある。この研究はカメラを用いて作業中の作業者の動作を検出する。その動作手順・作業工程の違い、動作回数から作業ミスを検出する。しかし、この研究ではカメラを用いるため作業者に監視されている不快感を与える。

研究 [1] は集中度を測定する。この研究は加速度センサを回転椅子に取り付け、作業者の着席・離席の動作から集中度合いを判定している。作業者の座っている椅子の動きが少ないほど集中しているとしている。しかし、この手法では回転椅子を用いない作業には適用できない。

作業者の集中力を測定するために研究 [3] がある。この研究は加速度センサを作業者に取り付け、単調作業時の固有の周期を測定する。その固有の周期からのズレを解析することで、この研究では作業者の集中度合いを測定する。しかし、加速度センサの取り付け部位は恣意的に決められる。その取り付け部位が有効である確証がない。確証がないと作業者の集中力が測定できない部位の

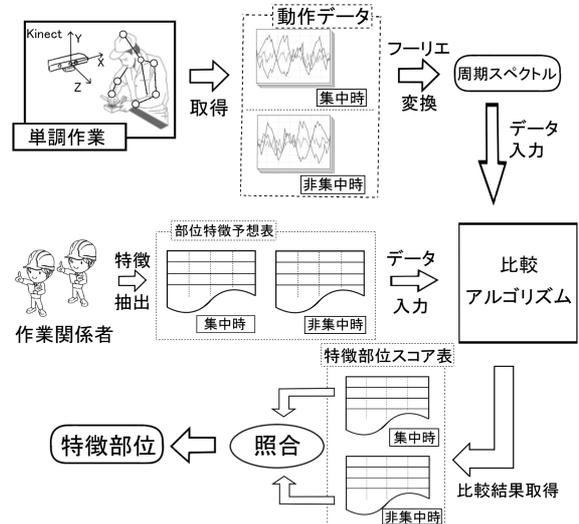


図1: 手法概要図

可能性や他に効率良く測定可能な部位がある可能性などがある。そこで加速度センサ取り付け部位を特定する必要がある。しかし、加速度センサは接触型センサなので、最適な取り付け部位を特定するために加速度センサを体の各部位に取り付けるとすると作業者に負担がかかる。少数の加速度センサを体の部位につけ、作業することを繰り返してもらおうことを考えられる部位の組み合わせに対して総当りで実施し、最適な部位の組み合わせを見つけるという方法も考えられる。しかし、部位同士の組み合わせを考慮するとその数は膨大になってしまう。そこである程度人が取り付け部位を絞ることによって計算量を減らし、作業者に負担がかからないようにすることが考えられる。人が恣意的に決めた加速度センサ取り付け部位の候補が有効な部位がどうかを評価する必要がある。

## 3. 単調作業における特徴部位の推定

### 3.1 Kinectを用いた特徴部位の同定

本研究では、作業者の作業状態を集中時・非集中時の2つに分ける。集中時とは作業による作業成果物のできが良いとき、また非集中時とは作業による作業成果物の出来が悪いときとする。本研究では、加速度センサを取り付けるとこの2つの作業状態を判別できる部位を特徴部位と定義する。つまり特徴部位は集中力を判定する時に、加速度センサを取り付けるのに有効な部位となる。

作業現場において、その作業の関係者は作業中の集中時の動きと非集中時の動きを把握していると考えられる。そこで本論文では、作業関係者の予想した集中時・非集中時の作業特徴を作業特徴予想として取得する。本論文では作業特徴予想を作業者から得られる各部位の特徴から評価し、特徴部位を推定する手法を提案する。

<sup>†</sup>立命館大学情報理工学部

<sup>‡</sup>立命館大学大学院理工学研究科

表1: 上表: 集中時予想表 下表: 非集中時予想表

予想 A	頭 x 軸=不動	頭 y 軸=不動	左手首 x 軸=不動
予想 B	頭 x 軸=不動	頭 y 軸=反復	右手首 x 軸=回転
予想 C	頭 x 軸=不動	頭 y 軸=不動	
予想 D	頭 x 軸=不動		
予想 X	頭 x 軸=回転	頭 y 軸=不動	
予想 Y	頭 x 軸=回転	右肘 y 軸=反復	右手首 x 軸=回転
予想 Z	頭 x 軸=不動	右手首 x 軸=回転	右手首 y 軸=反復

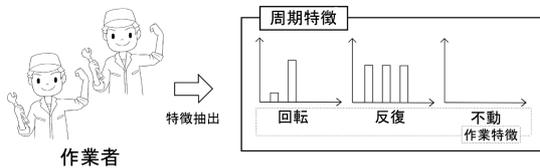


図2: 周期特徴抽出

本手法の概要を図1に示す。本手法において作業特徴予想から評価すべき部位は多様にあると考えられるので Kinect を用いる。Kinect は作業者に触れずに、体の関節部位の動きを取得できる非接触型モーションセンサである。そのため、Kinect は加速度センサなどの接触型センサに比べて作業者に負荷なく多点を観測できる。

本手法では、作業中の作業者の動作を Kinect で取得する。それによって作業員から集中時・非集中時の動作データを取得する。本論文では Kinect で得られる1作業ごとの座標・速度・加速度の時系列データを動作データと定義する。また単調作業における作業特徴は、研究[3]から周期的であると考えられる。そのため動作データをフーリエ変換することによって周期スペクトルを取得する。この周期スペクトルを比較することによって作業特徴予想を評価する。

### 3.2 作業特徴正誤判定

本手法では特徴部位を推定する際に作業関係者に作業特徴予想を指定してもらう。部位特徴予想表を表1に示す。この部位特徴予想表は、あらかじめ作っておいた作業特徴群から作業関係者が作業特徴予想を指定し作成する。本手法ではこの部位特徴予想表に指定された作業特徴予想を比較アルゴリズムによって正誤判定する。この比較アルゴリズムの入力は、3.1節で得た周期スペクトルと作業員が指定した作業特徴予想と事前作業によって得られた周期特徴の3つである。

事前作業で求める周期特徴の例を図2に示す。この周期特徴は、作業特徴と周期スペクトルの関係性を示したものである。例えば頭の作業特徴が不動であるときには、頭の三軸の周期スペクトルが直流成分のみとなるという

表2: 上表: 集中時スコア表 下表: 非集中時スコア表

スコア A	○	○	○
スコア B	○	○	○
スコア C	○	×	
スコア D	○		
スコア X	×	×	
スコア Y	×	×	○
スコア Z	○	○	○

ように各作業特徴と各周期スペクトルを関連付けている。つまりこの周期特徴と3.1節で得られた周期スペクトルを比較することで、周期スペクトルがどの作業特徴を表すのかが分かる。そしてその作業特徴と作業員が指定した作業特徴予想が一致しているかを正誤判定する。

### 3.3 特徴部位の推定

部位特徴スコア表を表2に示す。比較アルゴリズムにより正誤判定することによって作成した。表2の○は正誤判定の結果が正しかったカラム、×は正誤判定の結果が誤りだったカラムである。1行すべて○であれば、作業関係者が指定した作業特徴予想が正しいので、その1行を正解作業特徴とする。正解作業特徴は、ひとつの完全な正しい作業特徴群である。集中時の正解作業特徴と非集中時の正解作業特徴を照合して共通部位を抜き出せば、その共通部位は集中時・非集中時共に作業特徴が見られる部位である。しかし、その共通部位が集中時・非集中時で同じ作業特徴の場合集中時と非集中時の作業の切り分けはできない。例えば、共通部位が右手首だとする。その特徴が集中時・非集中時の両方で不動特徴の場合、周期スペクトルも集中時・非集中時で同じ直流成分なので集中時と非集中時の判別ができない。そこで集中時の正解作業特徴と非集中時の正解作業特徴が共通しており、かつ同じ特徴を持たない部位を調べることで特徴部位を推定する。

## 4. おわりに

本論文では作業特徴予想を作業員から得られる各部位の特徴から評価し、特徴部位を推定する手法を提案した。今後は本手法の有用性を検証するため、実装と実験をおこなう予定である。

## 参考文献

- [1] 大久保 雅史, 藤村 安耶: ヒューマンエラー防止のための作業律の判定手法, 情報処理学会, 70(4), 4-197-4-198, (2008).
- [2] 清水 早苗, 平湯 秀和, 浅井 博次: カメラを用いたものづくり現場における締め付け作業のポカヨケシステムの開発, 電気学会論文誌. C, 電子・情報・システム部門誌 129(5), 916-922, 2009-05-01
- [3] 問谷洋平: ヒューマンエラー防止のための作業律の判定手法, FIT2013.