

映像の動作解析技術を用いた「ポカよけ」手法の研究開発

— 締め付け作業への適用 —

清水 早苗 平湯 秀和 浅井 博次

Research of Failsafe Camera System using Motion Analysis

- Application to Fastening Work -

Sanae SHIMIZU Hidekazu HIRAYU Hirotsugu ASAI

あらまし 製造現場において、消費者ニーズの多様化による頻繁な製造品種の切り換えに柔軟に対応するため、人手による作業が増加している。しかし、人の作業において「作業忘れ」や「作業間違い」といった作業ミスは不可避であり、このミスに起因する不良の発生を早期に発見し、市場や後工程に流れないようにすることが大きな課題とされている。そこで、本研究では、作業者の動きに着目し、カメラを用いて作業者の動作を解析することで、作業ミスを検出する新しいポカよけ手法を提案する。具体的には、作業映像を動きの大きさと方向の情報から「手を伸ばす」、「ネジを締める」等の動作の単位に分割し、その動作の動きの特徴を抽出することで、事前に登録した標準作業の映像と実作業の映像との動きの類似度を評価し、作業ミスを検出する。本稿では、提案手法を自動車の組立工程におけるネジの締め付け作業に適用し、「締め付け忘れ」の作業ミスを検出するシステムを構築した。実際の現場において、撮影した作業映像1,120データに対して検証を行い、昼夜等の照明変化に対しても安定に作業評価が可能である結果を得た。

キーワード インダストリアルエンジニアリング(IE)、動作解析、作業分析、異常検知

1. はじめに

自動車や家電などの製造現場では、製品の品質や生産性向上のため、製造機械の高度化が進められてきたが、近年は、大量生産から多品種少量生産への移行や製品サイクルの短期化等の激しい変化に対応する必要があるため、十分な設備投資が困難な状況である。そこで、このような変化に対して柔軟性が高い人手を用いて作業を行う現場が増加している^[1,2]。しかしながら、作業は人が行うため、「作業忘れ」や「作業間違い」といった人為的なミスによる不良の発生は避けられない。万が一、品質を満たさない不良品が市場へ流出した場合は、消費者に多大な迷惑がかかることはもちろん、企業も信頼を失い、企業の存続に関わる大きな問題となる^[1,3]。

そのため、人為的な作業ミスによる不良品が消費者や後工程へ流れることをなくす、もしくは少なくするための対策は非常に重要性が高く、製造現場ではこの作業ミスを検出する多くの取り組みがなされている。

これらの取り組みは、各作業工程の後に検査工程を設け、部品（製品）の機能や外観から作業ミスを検出する方法と、作業工程内で行われる個々の作業の過程で起きる事象（例えば、工具のトルク情報や部品数の変化等）

から作業ミスを検出する方法の大きく二つに分かれる。

前者の方法では、検査工程による工数増が避けられないため多用すると生産性の低下が問題となり、一般的には、一連の製造工程の最終段階や中間で検査工程が設けられることが多い。そのため、不良が発見された場合、後もどり工数の増加や破棄される部品（製品）の増加による損害が大きくなる問題がある。

一方、後者の方法は、工数の増加が不要なため、工程単位への適用が可能であり、より早期に作業ミスを検出することができる。その方法として、ポカよけがある。ポカよけとは、部品の取り付け忘れ等の「うっかりミス」や部品を間違えて付けてしまう等の「ポカミス」を避ける仕組みのことである。具体的な例としては、作業者が指定部品を正しくピッキングすることを促すことを目的として、複数の部品箱から指定の部品箱のみLEDを点灯させ作業の指示を行う装置や、その部品箱に手を入れたことを確認する光電スイッチを用いた動作確認センサ、また、作業の回数や部品の個数を工具やセンサで計測し、標準作業と異なる場合に作業ミスが発生したとして知らせる装置等がある。しかし、例えば、指定の部品箱に手を入れたことが確認できても、その部品を落としたり、

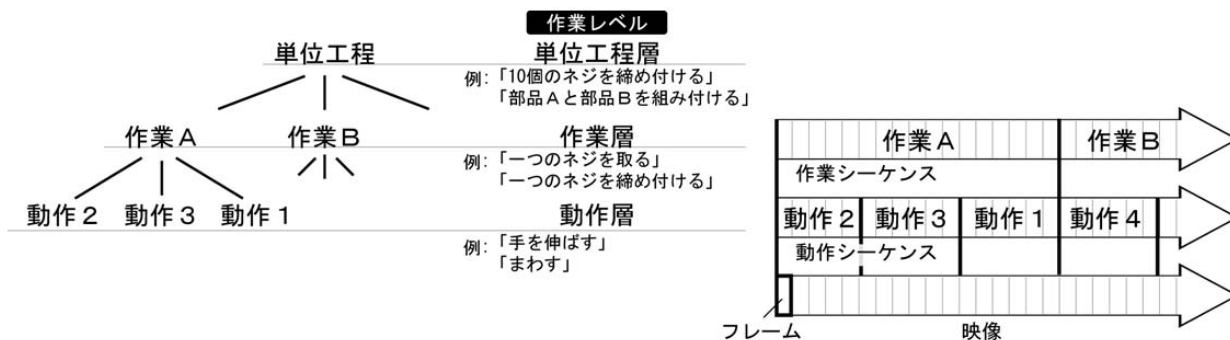


図1 作業と映像の階層構造

別の場所へ置き忘れたりすることにより、部品の取り付け忘れが発生する場合があります。このように、部品箱の挿入口の光電スイッチやトルクレンチの締め付け完了信号等、ある一点での動作を検出するセンサ情報のみでは作業全体の品質を十分に保証できない。

そこで、本研究では、製造現場で既に使用されている前述のセンサ情報に加え、カメラを用いて作業者の動作を連続的に評価することで、作業ミス検出の信頼性を高めるポカよけ手法を提案する。製造現場では、作業者が変わっても、作業の品質を保つため、工程ごとに作業の内容とその順序を定めた作業手順書が作成されている。この作業手順が定められていることを利用し、予め正しい作業として登録した作業映像と、リアルタイムに取り込まれる作業映像とを比較する画像処理技術を開発することで作業ミスを検出する。

本稿では、作業台上の治具に取り付けられた部品に対して手と腕で行う作業を対象とする。具体的な作業として、自動車の組立工程におけるネジの締め付け作業を対象とし、「締め付け忘れ」の作業ミスを検出する手法について述べる。そして、実際の組立現場にて撮影した作業映像を対象とした評価実験により、提案手法の有効性を検証したので報告する。

2. 作業ミス検出手法の概要

2.1 作業の構造と記述

従来から、作業改善や作業設計を目的とした作業分析は、インダストリアル・エンジニアリング (IE) と呼ばれる工学的手法が用いられている^[4]。その中では、仕事のレベルが階層的に表現され分析される。本稿では、図1に示すように、仕事のレベルを3つの階層 (単位工程層、作業層、動作層) に分けて説明を行う。単位工程層は、一つの作業場において「10個のボルトを締め付ける」、「部品Aと部品Bを組み付ける」等の一つの組み付け部品に対して行う一連の作業を意味する。作業層は、「一つのボルトを取る」、「一つのボルトを締め付ける」等の意味ある目的行動の最

小単位であり、最下層の動作層は、「手を伸ばす」、「運ぶ」、「まわす」等の基本的な動作である。ここでは、一つの単位工程に対して撮影した映像を、作業層の作業単位や動作層の動作単位に分割することで、単位工程における作業の記述を行う。

動作層は動作単位の集合であるが、IEにおいて使用されるMTM(Methods of Time Measurement) 法では、動作単位を「手を伸ばす」、「運ぶ」等の手と腕による動作、「つかむ」、「まわす」等の手指による動作、目の動き、全身の動作等、全部で11種類に分類している。本稿では、作業台上での手や腕による作業を対象としているため、部品や製品に対して「手を伸ばす」、「運ぶ」といった手の移動動作やトルクレンチ等の工具を使う動作である「クランク運動」等、手と腕による動作をキーとして、作業の記述を行う。

2.2 システム構成

人間の動き情報を取得する手法として、モーションキャプチャシステムを用いる手法^[5]があるが、マーカ装着等のように作業者への拘束や、複数台のカメラを用いた高価で複雑な機器の導入が必要となる。そこで、本研究では、作業者への拘束を必要とせず、現状の作業環境に簡単に追加構築ができるよう、作業を撮影する1台のカメラと、画像処理による作業ミス検出処理を行う1台のPCという安価かつ簡単な機器構成とする。

ここで、作業者の手や腕が動く範囲を注目領域として撮影するため、カメラは作業者の前上方から作業台上の治具に向け設置する。

2.3 作業ミス検出の処理手順

作業台上において手と腕で行う作業を対象とし、作業映像を解析することで、作業ミスを検出する処理手順について述べる。

まず、作業映像の各フレームに対して局所的動きベクトルの統計量を動き特徴量として抽出する。そして、その動き特徴量の時系列データの変化から作業映像を動作単位に分割する。次に、動作区間を一つの動作単位に対する開始フレームから終了フレームまでの区間と定義し、この動

作区間の動きを表す動作特徴量を，区間を構成する複数のフレームの動き特徴量から求める．そして，動作区間とその動作特徴量の時系列データである動作シーケンスを獲得する．

作業は複数の動作単位の集合体であり，動作シーケンスとして表現されることから，予め作業の種類ごとに定めた条件に従い，「部品の取り出し」，「ネジの締め付け」等の作業単位に動作シーケンスを分割する．

そして，リアルタイムに獲得される動作シーケンスを評価し，作業の回数，順序等に関して，標準作業の条件を満たさない場合を，作業ミスの発生として検出する．

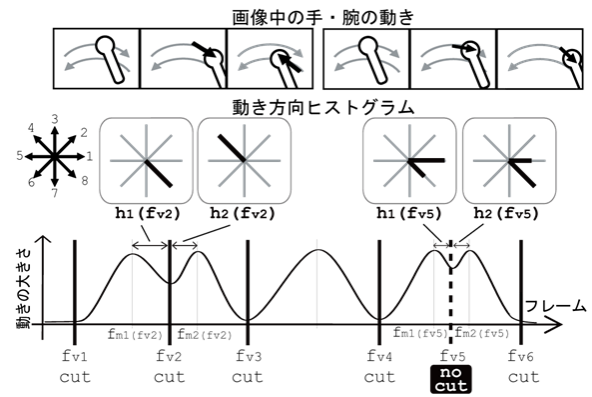


図2 動き特徴の時系列データからの分割点検出

3. 動作シーケンスの獲得

動きの特徴を有する動作区間の時系列データである動作シーケンスの獲得を行う．

3. 1 動き特徴量の抽出

画像から人間の動きの特徴を抽出する手法として，手や頭部等の注目する点や領域を切り出しその動き情報を用いる手法¹⁶⁻⁸⁾があり，行動やジェスチャー等の動作認識に応用され，照明条件や服装等が整備された環境下においては良好な結果を得ている．しかし，工場では，作業者の服装が定められていないことや，昼夜問わず作業を行う現場では照明条件が変化することがあり，正確に注目部位を切り出すことは困難である．

そのため，本研究では，注目部位を切り出すことなく，オクルージョン等の影響を受けにくい局所特徴の統計量を用いるアプローチ^{9,10)}をとる．具体的には，局所的な動きベクトルとしてオプティカルフロー¹¹⁾を用い，その統計量である動きの大きさや方向分布を表わす方向ヒストグラム^{12,13)}を動き特徴量として用いる．動きベクトルは，動きそのものの本質的な情報を含み，作業者の肌の色や服装等の影響が少なく，作業者の変化や時間経過に伴う緩やかな照明変化に対してロバストである．

3. 2 動作単位の分割

作業映像における動作単位と動作単位の切り替わりの点を分割点として検出することで，作業映像を動作単位に分割する．

本研究では，作業における動作単位を始点と終点を結ぶ無駄のない動きと仮定する．この仮定により，対象とする手の動作は，必ず静止状態から速度を上げ，ある地点で速度が減少し静止するという過程をもつことが利用できる．そこで，図2に示すように，速度の大きさが減少から増加する谷の時点 (f_{i2} から f_{i5}) と，零から増加に変化する時点 (f_{i1})，減少から零に変化する時点 (f_{i6}) を分割点として検出する．ここでは，分割点の候補である速度の大きさが減少から増加へ変化する時点を谷と呼び，速度の大きさが増加から減少へ変化する時点を山と呼ぶ．単純に谷で分割を行うと，人間の微妙な震えや手や腕の部分的隠れなどにより，一つの動作単位を過剰に分割する問題が生じる．そ

のため，谷での速度の大きさをその両隣の山での速度の大きさを割ったそれぞれの割合が閾値以上の場合には，速度の大きさの変化が小さいノイズと判定することで大まかなノイズ除去を行う．しかし，この速度の大きさについての閾値処理だけでは，速度の大きさ変化が閾値以上であるために残った f_{i5} のようなノイズにより，本来一つの動作単位が過分割されてしまう問題がある．

ここでは，作業の動作単位は，始点と終点を結ぶ無駄のない動きと仮定しており，一つの動作単位中に急激な方向変化はないという条件が利用できる．そこで，検出した分割点の候補に対して，両隣の方分布を比較し，類似度が低い場合は，両隣は異なる動作単位と考え，分割点と判定する．それに対して，類似度が高い場合は，両隣は一つの動作単位と考え，分割点としないこととする．

比較する2つの特徴量の類似度は，方向分布を表す方向ヒストグラムをベクトルとして扱い，2つのベクトルの余弦を用いる．フレーム f における方向ヒストグラム h_f は，方向分割数を d_n としたとき，抽出された各動きベクトルを方向 $d(d = 1, \dots, d_n)$ 毎に分類し，それぞれの方向 d について動きベクトルの大きさを積算した要素 h_{df} からなる．本稿では，図2 (中段左) に示すように $d_n = 8$ とした．図2 (中段) は，図2 (上段) の手の動きに対する方向ヒストグラムを示しており，分類された方向におけるヒストグラム値を太線で示した．ヒストグラム値の大きさが，中心からの線の長さに対応する．分割候補点 f_v に対する両隣の特徴量 $h_1(f_v)$, $h_2(f_v)$ は，それぞれ，フレーム f_v から両隣の山 $f_{m1}(f_v)$, $f_{m2}(f_v)$ までの区間の方向ヒストグラムとする． $h_1(f_v)$ は，その区間($f_{m1}(f_v) \leq f < f_v$)内の各フレームの方向ヒストグラム h_f を，方向 d 毎に積算し，全ベクトルの大きさの和で割ることで算出する (式(1)) ．

$$h_1(f_v) = \frac{\sum_{f=f_{m1}(f_v)}^{f_v} h_f}{\sum_{f=f_{m1}(f_v)}^{f_v} \sum_{d=1}^{d_n} h_{d,f}} \quad (1)$$

$h_2(f_v)$ に対しても f_v から $f_{m2}(f_v)$ までの特徴量を基に同様に算出する．そして， $h_1(f_v)$ と $h_2(f_v)$ の余弦が閾値未満の場合，この2つの特徴量の類似度は低く，両隣は異なる動作単位であると判定し， f_v を分割点として検出する．一方，余弦

が閾値以上の場合、類似度は高く、両隣は一つの動作単位と判定し、 f_s は分割点として検出しない。

また、本稿のように、手、腕といった一部位の動作の場合、対象の動きの方向と反対の方向（対象の動きが右であれば左）のベクトルは、微小な頭部の動きや治具、作業台の揺れ等のノイズである可能性が高い。そこで、同一軸上、つまり注目方向 d とその反対方向 d_o （図2中段左）では、例えば方向1と方向5）の2方向のヒストグラム値を比較し、式(2)の処理により、どちらか一方の方向の動きとすることで、ノイズの影響を低減する。これにより得られる特徴量 \hat{h}_f を各フレームの動き特徴量として用い、上述の特徴量の類似度に基づく分割処理を行う。

$$\hat{h}_{d,f} = \begin{cases} h_{df} - h_{d_o f} & \text{if}(h_{df} > h_{d_o f}) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

3. 3 動作特徴量の抽出

注目分割点 f_e からその前の分割点 f_s までの区間($f_s < f \leq f_e$)を一つの動作単位を構成する動作区間とする。また、この動作区間の動きを表す動作特徴量は、各フレームの動き特徴量と同様に区間全体の方向ヒストグラムとする。動作区間の動作特徴量 H は、区間内($f_s < f \leq f_e$)の各フレームの方向ヒストグラム \hat{h}_f を、方向 d ごとに積算し、全ベクトルの大きさの和で割ることで算出する（式(3)）。

$$H = \frac{\sum_{f=f_s}^{f_e} \hat{h}_f}{\sum_{f=f_s}^{f_e} \sum_{d=1}^{d_n} \hat{h}_{d,f}} \quad (3)$$

4. 実験

本章では、自動車の重要保安部品の組立現場において、複数のネジの締め付け作業からなる単位工程での組立作業を対象として、提案手法によるポカよけシステムを構築し、評価を行う。

4. 1 複数ネジの締め付け作業のポカよけシステム

4. 1. 1 現場で発生する複数ネジの締め付け作業におけるポカ

本稿にて対象とする単位工程における作業の流れと発生するポカについて述べる。まず、作業の流れは、「組み付けられる部品を治具に固定する」→「複数のネジに対応する箇所を手締めする」→「各ネジに対して順に、トルクレンチを用いて規定トルクに達するまで締め付ける」という流れである。締め付ける箇所が複数であるため、途中、締め付け作業を忘れるポカが発生することがある。現在、この部品の組立現場では、トルクレンチが規定トルクに達した時に出力されるQL信号をカウントし、その数が締め付けるべきネジ数より小さい場合を、「締め付け忘れ」のポカの発生として検出している。しかし、このシステムでは、例えば、同一ネジに対して誤って2度締めした場合でも、異なる2つのネジを締め付けたと判断されるため、それ以降にネジを一つ締め付け忘れた場合には、QL信号数

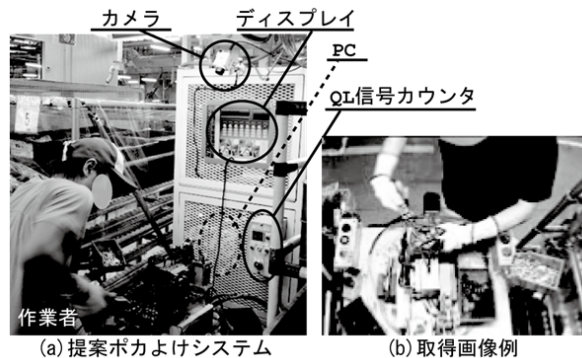


図3 作業環境における提案システムと取得画像例

とネジ数は一致し、「締め付け忘れ」を検出できない問題がある。これは、QL信号では、同一ネジへの複数の締め付け作業と複数のネジへの締め付け作業の区別できないためである。

4. 1. 2 提案システム

現状のQL信号のみを用いたシステムの問題に対して、カメラ映像から獲得した動作シーケンスを用いた動作の評価を加えることで、検出すべき正しい締め付け作業のみのカウントを行い、組立作業終了時に、正しい締め付け作業の数がネジ数より小さい場合、「締め付け忘れ」のポカを検出する。

システム構成は、図3(a)に示すように作業に支障がなく、手や腕が動く範囲を中心に撮影可能な位置に設置したカメラ1台と、ポカ検出の処理と作業の正否判定結果の表示を行う1台のPCとする。

検出すべき正しい締め付け作業は、手締めが行われた後、トルクレンチで締め付ける作業のため、規定トルクに達するまでに「締める」→「戻す」の動作単位が反復されるのに対し、2度締め等同一ネジを複数回締める場合は、一度トルクレンチにより締め付けがなされているため、「締める」動作単位を繰り返さないという動作単位の反復回数に違いがある。そこで、一つのネジに対する締め付け作業の終了を意味するQL信号の受信までの動作単位の反復回数を、動作シーケンスから求めることで、一つのネジに対する締め付け作業の正否判定を行う。

実際の締め付け作業の映像から、得られる動作シーケンスを図4に示す。グラフの上の数値は、図4(右)に示すように、動きベクトルの方向分割数を8にした時の分割区間の動作特徴量において、方向成分が最も値の大きい方向を示しており、「3(締める)」→「7(戻す)」→「3(締める)」→「7(戻す)」→・・・という反復の動作シーケンスとして表れることがわかる。このとき、注目動作単位とその2つ前の動作単位は、「締める」または「戻す」と同種の動作単位であり、この同種の動作単位の関係が連続する。動作シーケンスは、各動作区間に対して動作特徴量を持っており、この注目動作区間とその2つ前の動作区間の動作特徴量に対して、余弦による類似度を求め、閾値

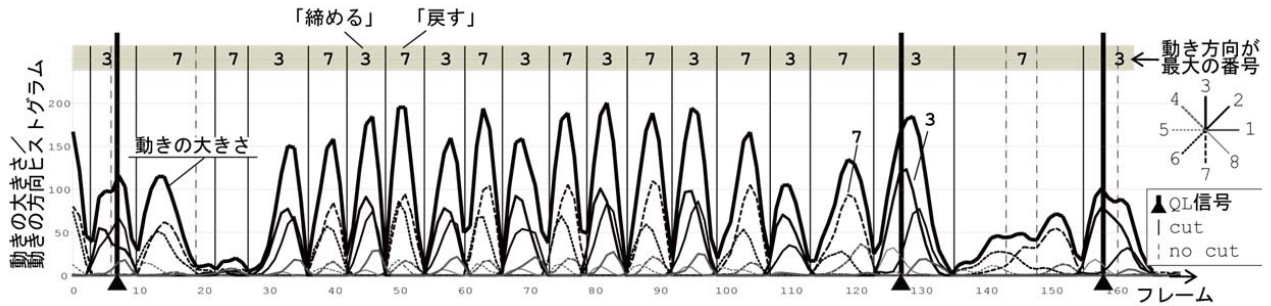


図4 分割点の検出結果

処理により、同種の動作単位か否かを判定する。この同種の動作単位の連続回数である反復回数が、締め付け作業の終了を示すQL信号の受信時に規定回数以上の場合、検出すべき正しい締め付け作業であり、規定回数未満の場合は、2度締めなどの作業ミスが発生したと判定する。

連続回数は、反復動作から異なる動作単位へ移った場合、または、停止した場合、作業の終了を意味するQL信号を受信した場合までの回数とする。

4. 2 実験条件

評価する作業データは、実際の工場において、撮影した作業映像を用いる。一つの作業データは、トルクレンチを手にとってから一つの組立部品に複数のネジを締め付け終わるまでの一つの組立作業に対する映像である。作業データは、ボカを含まない正しい組立作業（以降、OK作業と呼ぶ）のデータ1,116件、ボカを含む正しくない組立作業（以降、NG作業と呼ぶ）のデータ4件の合計1,120件を用い、評価を行った。

組立部品の種類は、ネジ数10個の部品とネジ数4個の部品の2種類があり、それぞれ作業データ数は、913件と207件である。また、作業者は2名であり、それぞれの作業データ数は、616件と504件である。これらの作業は、24時間行われており、作業データは、昼夜の時間経過に伴う照明変化も含んでいる。

ボカを含むNG作業データ4件は、従来のQL信号のみの評価では検出できず問題となっていたボカの発生状況を再現し、作業者が演じたものである。このNG作業の一つのシナリオは、ネジ数4個の部品に対して、まず1つ目のネジを規定回数以上の反復を行う正しい締め付け作業を行い、2つ目のネジも同様に正しく締め付け作業を行うが、次に誤って2つ目のネジを2度締めし、3つ目のネジを締め忘れ、4つ目のネジを正しく締め付けるというものである。他の3件のNG作業も部品種や締め付け忘れるネジは異なるが、同様のボカを再現したNG作業データである。

作業データは、非圧縮のカラー情報をグレースケールに変換して利用した。フレームレートは30fps、サイズは160pixel×120pixelとした。取得された画像例を図3(b)に示す。

分割候補点に対して、分割点かノイズかを判定する類似度の閾値は0.55、正しい締め付け作業として判定する

動作単位の反復回数に対する閾値は3回、また、同一動作単位を判定する類似度の閾値は0.6と、経験的に決定した。また、動きベクトルは、Lucas-Kanade法^[11]により推定したオプティカルフローを用いた。

4. 3 ネジ締め付け作業の正否判定結果

反復回数を評価することにより、正しい締め付け作業のみを検出し、その数がネジ数より小さい場合、「締め付け忘れ」のボカが発生したNG作業と判定する。

ここでは、予め正否がわかっている各作業データ（OK作業データ、NG作業データ）に対して、ボカ検出処理を行い、ボカを含まないOK作業かボカを含むNG作業かを判定し、評価する。本稿では、ボカの未検出率、過検出率を評価する。判定した結果を表1に示す。作業映像が動作単位に正しく分割され、QL信号受信時までの動作単位の反復回数が正しくカウントされているか否かは、目視により確認した。

OK作業データ1,116件に対して、1,104件がOK作業と正しく判定され、正解率は98.9%であった。2名の作業員別の正解率は、それぞれ99.3%、98.4%であり、作業員の個人差による影響は見られなかった。

ボカよけシステムでは、ボカを含むNG作業が誤ってOK作業と判定され、不良が流れることは許されない。つまり、NG作業データがOK作業と誤判定される未検出率が0%であることが重要である。ここでは、NG作業データ4件に含まれる2度締めの動作は、動作単位の反復回数が3回未満であったため、4件すべてにおいてNG作業と正しく判定され、未検出率は0%であった。

次に、OK作業データがNG作業と誤判定される過検出については少ないことが望まれるが、ここでは、OK作業データ1,104件に対して、12件がNG作業と誤判定され、過検出率は1.1%であった。これら12件の作業データは、照明変化に関わる作業時刻に関して昼や夜に偏りはなく、照明変化の影響は見られなかった。OK作業データが過検出された原因は、一つのネジに対する締め付け作業中に、動きの

表1 実験結果

		判定結果	
		OK作業	NG作業
入力	OK作業データ	1,116	1,104
	NG作業データ	4	12
		0	4

停止や注目部位以外の例外的な大きな動きが発生したことにより、その締め付け作業が反復動作と判定されないことによるものであった。過検出された具体的な状況のほとんどは、締め付け作業中に、工具のすべりや他の人から話しかけられ、動きが停止し、反復動作が中断した場合であった。また、同様に締め付け作業中に、本来部品を固定している左手が、顔の汗を拭いたり、メガネを直したりした動きが、動作単位の分割結果や動作特徴量に影響を及ぼし、反復動作と判定されなかった場合であった。これらは、標準作業として定められた作業から外れ、NG作業と判定されるべきものであり、1.1%の過検出は許容範囲と考える。

これらの結果から、提案手法によるポカよけシステムでは、従来のポカよけシステムでは検出できなかったポカの検出を可能とし、ポカ検出の信頼性を高めることができたことを確認した。また、一箇所での作業データであるが、昼夜を通した作業データに対して検出精度に影響がみられなかったことから、外光の照明変化には対応可能であると考えられる。

5. まとめ

製造業の組立工程における人の作業に対する品質の向上を目的として、カメラ映像を用い、作業者の動作を評価することで人為的な作業ミスであるポカを検出するポカよけシステムを提案した。作業映像から作業者の動きに関する特徴を抽出し、作業映像を動作単位に分割することで、作業を動作単位の時系列データである動作シーケンスで表現する手法について述べた。複数のネジの締め付け作業からなる組立作業を対象として、従来のトルクレンチのQL信号を用いたポカよけに、カメラ映像を用いた動作評価を加えることでポカ検出の信頼性を高めたポカよけシステムを構築した。実際の組立現場における作業映像に対して評価実験を行い、ネジの締め付け作業に対する提案システムの有効性を示した。

今後は、締め付け作業以外の作業へ適用することで、提案手法の「ポカよけ」への有用性について検討を行う。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、御指導・御鞭撻を頂きました山本和彦教授（岐阜大学）に深く感謝致します。また、本システムへの助言や現場提供等、御支援・御協力を頂きました皆様に感謝致します。

文 献

- [1] 平野裕之，“品質保証と自動化”，日刊工業新聞社，2001.
- [2] 仲美雄，山崎辰夫，中村博，森口啓吾，前嶋和樹，土橋正臣，“低労務費地域における工程設計手法の

確立”，デンソーテクニカルレビュー，Vol.9, No.1, pp.41-47, 2004.

- [3] “平成17年度自動車のリコール届出内容の分析結果について”，国土交通省自動車交通局，2006.
- [4] 藤田彰久，“IEの基礎”，建帛社，1997.
- [5] 米元聡，有田大作，谷口倫一郎，“多視点動画画像処理による実時間全身モーションキャプチャシステム”，映像情報メディア学会誌，Vol.54, No.3, pp.409-416, 2000.
- [6] M.Brand, N.Oliver and A.Pentland, “Coupled hidden Markov models for complex action recognition”, Proc.CVPR, pp.994-999, 1997.
- [7] J.S.Boreczky and L.A.Rowe, “Comparison of video shot boundary detection techniques”, Proc.SPIE, Vol.2664, pp.170-179, 1996.
- [8] 浅沼克紀，大西正輝，小島篤博，福永邦雄，“色情報と領域追跡情報を用いた人物の顔と手の領域の抽出”，電学論C，Vol.119, No.11, pp.1351-1358, 1999.
- [9] T.Kobayashi and N.Otsu, “Action and Simultaneous Multiple Persons Identification Using Cubic Higherorder Local Auto-Correlation”, Proc.ICPR, 2004.
- [10] T.Kurita and S.Hayamizu, “Gesture recognition using HLAC features of PARCOR images”, IEICE Trans. on Information and Systems, Vol.E86-D, No.4, pp.719-726, 2003.
- [11] B.D.Lucas, and T.Kanade, “An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision”, Proc. Int. Conf. on Artificial Intelligence, pp.674-679, 1981.
- [12] J. Davis, “Recognizing Movement Using Motion Histograms”, Technical Report No.487, MIT, 1999.
- [13] 鈴木賢一郎，中嶋正臣，坂野鋭，三部靖夫，大塚作一，“動き方向ヒストグラム特徴を用いた映像データからのカット点検出法”，信学論(D-II)，Vol.J86-D-II, No.4, pp.468-478, 2003.