

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7086322号
(P7086322)

(45)発行日 令和4年6月17日(2022.6.17)

(24)登録日 令和4年6月9日(2022.6.9)

(51)国際特許分類 F I
G 0 6 N 20/00 (2019.01) G 0 6 N 20/00

請求項の数 8 (全16頁)

(21)出願番号	特願2022-514935(P2022-514935)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和2年4月15日(2020.4.15)	(74)代理人	110002491 溝井国際特許業務法人
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/016640	(72)発明者	新井 土人 日本国東京都千代田区丸の内二丁目7番 3号 三菱電機株式会社内
(87)国際公開番号	WO2021/210112	(72)発明者	草野 勝大 日本国東京都千代田区丸の内二丁目7番 3号 三菱電機株式会社内
(87)国際公開日	令和3年10月21日(2021.10.21)	(72)発明者	清水 尚吾 日本国東京都千代田区丸の内二丁目7番 3号 三菱電機株式会社内
審査請求日	令和4年3月18日(2022.3.18)	(72)発明者	奥村 誠司
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 動作分析装置、動作分析方法、および、動作分析プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

各々が複数の作業を含む複数のサイクルが撮影された映像データから、動作の区切りを検出する検出部と、

前記動作の区切りにより区切られた複数の動作要素を分類し、前記複数の動作要素の分類結果に基づいて類似の動作要素をまとめた基本動作を抽出する基本動作抽出部と、

前記複数のサイクルのサイクルごとの基本動作の順番を比較した比較結果に基づいて、1サイクルにおける基本動作の順番を標準基本動作順として決定する順番決定部と、

前記標準基本動作順に対する作業のラベリングを受け付け、前記作業のラベリングが施された前記標準基本動作順に基づいて前記複数のサイクルの各サイクルに対して前記作業のラベリングを実行し、前記作業のラベリングが施された前記複数のサイクルの各サイクルを教師データとして出力する教師データ出力部と

を備え、

前記順番決定部は、

前記標準基本動作順と、前記サイクルごとの基本動作の順番とを比較し、前記サイクルごとの基本動作の順番から前記標準基本動作順と異なる基本動作を相違動作として抽出し、前記相違動作の割合に基づいて、前記標準基本動作順に前記相違動作を含めるか否かを判定する動作分析装置。

【請求項2】

各々が複数の作業を含む複数のサイクルが撮影された映像データから、動作の区切りを

検出する検出部と、

前記動作の区切りにより区切られた複数の動作要素を分類し、前記複数の動作要素の分類結果に基づいて類似の動作要素をまとめた基本動作を抽出する基本動作抽出部と、

前記複数のサイクルのサイクルごとの基本動作の順番を比較した比較結果に基づいて、1サイクルにおける基本動作の順番を標準基本動作順として決定する順番決定部と、

前記標準基本動作順に対する作業のラベリングを受け付け、前記作業のラベリングが施された前記標準基本動作順に基づいて前記複数のサイクルの各サイクルに対して前記作業のラベリングを実行し、前記作業のラベリングが施された前記複数のサイクルの各サイクルを教師データとして出力する教師データ出力部と

を備え、

前記順番決定部は、

前記サイクルごとの基本動作の順番をクラスタリングすることにより、前記標準基本動作順と異なる基本動作の順番を前記標準基本動作順に含めるか否かを判定する動作分析装置。

【請求項3】

前記動作分析装置は、

前記教師データを用いて学習処理を実施し、動作の分析に用いられる学習モデルを生成する学習モデル生成部を備えた請求項1または請求項2に記載の動作分析装置。

【請求項4】

前記基本動作抽出部は、

前記複数の動作要素を複数のクラスに分類し、前記複数のクラスの各クラスを基本動作として抽出する請求項1から請求項3のいずれか1項に記載の動作分析装置。

【請求項5】

コンピュータである動作分析装置に用いられる動作分析方法において、

コンピュータが、各々が複数の作業を含む複数のサイクルが撮影された映像データから、動作の区切りを検出し、

コンピュータが、前記動作の区切りにより区切られた複数の動作要素を分類し、前記複数の動作要素の分類結果に基づいて類似の動作要素をまとめた基本動作を抽出し、

コンピュータが、前記複数のサイクルのサイクルごとの基本動作の順番を比較した比較結果に基づいて、1サイクルにおける基本動作の順番を標準基本動作順として決定し、

コンピュータが、前記標準基本動作順に対する作業のラベリングを受け付け、前記作業のラベリングが施された前記標準基本動作順に基づいて前記複数のサイクルの各サイクルに対して前記作業のラベリングを実行し、前記作業のラベリングが施された前記複数のサイクルの各サイクルを教師データとして出力する動作分析方法であって、

コンピュータは、

前記標準基本動作順と、前記サイクルごとの基本動作の順番とを比較し、前記サイクルごとの基本動作の順番から前記標準基本動作順と異なる基本動作を相違動作として抽出し、前記相違動作の割合に基づいて、前記標準基本動作順に前記相違動作を含めるか否かを判定する動作分析方法。

【請求項6】

コンピュータである動作分析装置に用いられる動作分析プログラムにおいて、

各々が複数の作業を含む複数のサイクルが撮影された映像データから、動作の区切りを検出する検出処理と、

前記動作の区切りにより区切られた複数の動作要素を分類し、前記複数の動作要素の分類結果に基づいて類似の動作要素をまとめた基本動作を抽出する基本動作抽出処理と、

前記複数のサイクルのサイクルごとの基本動作の順番を比較した比較結果に基づいて、1サイクルにおける基本動作の順番を標準基本動作順として決定する順番決定処理と、

前記標準基本動作順に対する作業のラベリングを受け付け、前記作業のラベリングが施された前記標準基本動作順に基づいて前記複数のサイクルの各サイクルに対して前記作業のラベリングを実行し、前記作業のラベリングが施された前記複数のサイクルの各サイクル

10

20

30

40

50

を教師データとして出力する教師データ出力処理と
をコンピュータに実行させる動作分析プログラムであって、

前記順番決定処理では、
前記標準基本動作順と、前記サイクルごとの基本動作の順番とを比較し、前記サイクルごとの基本動作の順番から前記標準基本動作順と異なる基本動作を相違動作として抽出し、前記相違動作の割合に基づいて、前記標準基本動作順に前記相違動作を含めるか否かを判定する動作分析プログラム。

【請求項 7】

コンピュータである動作分析装置に用いられる動作分析方法において、
コンピュータが、各々が複数の作業を含む複数のサイクルが撮影された映像データから、動作の区切りを検出し、

10

コンピュータが、前記動作の区切りにより区切られた複数の動作要素を分類し、前記複数の動作要素の分類結果に基づいて類似の動作要素をまとめた基本動作を抽出し、

コンピュータが、前記複数のサイクルのサイクルごとの基本動作の順番を比較した比較結果に基づいて、1サイクルにおける基本動作の順番を標準基本動作順として決定し、

コンピュータが、前記標準基本動作順に対する作業のラベリングを受け付け、前記作業のラベリングが施された前記標準基本動作順に基づいて前記複数のサイクルの各サイクルに対して前記作業のラベリングを実行し、前記作業のラベリングが施された前記複数のサイクルの各サイクルを教師データとして出力する動作分析方法であって、

コンピュータは、

20

前記サイクルごとの基本動作の順番をクラスタリングすることにより、前記標準基本動作順と異なる基本動作の順番を前記標準基本動作順に含めるか否かを判定する動作分析方法。

【請求項 8】

コンピュータである動作分析装置に用いられる動作分析プログラムにおいて、

各々が複数の作業を含む複数のサイクルが撮影された映像データから、動作の区切りを検出する検出処理と、

前記動作の区切りにより区切られた複数の動作要素を分類し、前記複数の動作要素の分類結果に基づいて類似の動作要素をまとめた基本動作を抽出する基本動作抽出処理と、

前記複数のサイクルのサイクルごとの基本動作の順番を比較した比較結果に基づいて、1サイクルにおける基本動作の順番を標準基本動作順として決定する順番決定処理と、

30

前記標準基本動作順に対する作業のラベリングを受け付け、前記作業のラベリングが施された前記標準基本動作順に基づいて前記複数のサイクルの各サイクルに対して前記作業のラベリングを実行し、前記作業のラベリングが施された前記複数のサイクルの各サイクルを教師データとして出力する教師データ出力処理と
をコンピュータに実行させる動作分析プログラムであって、

前記順番決定処理では、

前記サイクルごとの基本動作の順番をクラスタリングすることにより、前記標準基本動作順と異なる基本動作の順番を前記標準基本動作順に含めるか否かを判定する動作分析プログラム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、動作分析装置、動作分析方法、および、動作分析プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

動作分析技術では、教師データを作成するためにラベリング作業が必要である。ラベリング作業の内訳は、作業の区切りの指定と、作業要素のラベル付けである。従来は、これらの作業はすべて人手で行われている。一般に、ラベリング対象は、学習に使用する全てのデータである。このため、従来のような人手によるラベリング作業は膨大な時間を要する

50

。また、従来のように作業の区切りの判断を手で行う場合、判断の揺れが発生する。このため、一定の基準で作業の区切りを指定することは難しく、ラベリングの品質を一定に保つことが難しい。判断の揺れの要因は、ラベリング作業をする人が異なる場合の判断基準の違い、あるいは、疲労といった状況による集中力の変化が考えられる。

【 0 0 0 3 】

特許文献 1 には、手位置が特定エリアに侵入した時点で軌跡データを分割し、分割単位の軌跡データと定義済のお手本軌跡とをマッチングにかけることで動作の内容を推定する技術が開示されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 文献 】 特開 2 0 0 9 - 0 1 5 5 2 9 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

動作分析技術において、教師データを高精度に作成することが重要である。特許文献 1 の技術では、作業の分析にかかる時間を削減することはできるが、作業の分析の精度を向上させることはできない。

このように、教師データの作成において、作成時間を低減しつつ、高精度に作成することが難しいという課題がある。

【 0 0 0 6 】

本開示では、動作分析技術に用いられる教師データの作成において、作成時間を低減しつつ、高精度に作成することを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 7 】

本開示に係る動作分析装置は、

各々が複数の作業を含む複数のサイクルが撮影された映像データから、動作の区切りを検出する検出部と、

前記動作の区切りにより区切られた複数の動作要素を分類し、前記複数の動作要素の分類結果に基づいて類似の動作要素をまとめた基本動作を抽出する基本動作抽出部と、

前記複数のサイクルのサイクルごとの基本動作の順番に基づいて、1 サイクルにおける基本動作の順番を標準基本動作順として決定する順番決定部と、

前記標準基本動作順に対する作業のラベリングを受け付け、前記作業のラベリングが施された前記標準基本動作順に基づいて前記複数のサイクルの各サイクルに対して前記作業のラベリングを実行し、前記作業のラベリングが施された前記複数のサイクルの各サイクルを教師データとして出力する教師データ出力部と

を備えた。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 8 】

本開示に係る動作分析装置では、基本動作抽出部が、複数の動作要素の分類結果に基づいて基本動作を抽出する。順番決定部が、サイクルごとの基本動作の順番に基づいて、1 サイクルにおける基本動作の順番を標準基本動作順として決定する。そして、教師データ出力部が、標準基本動作順に対する作業のラベリングを受け付け、作業のラベリングが施された全サイクルのデータを教師データとして出力する。よって、本開示に係る動作分析装置によれば、動作分析のための教師データを作成する際に、作成時間を低減しつつ、高精度に教師データを作成することができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 9 】

【 図 1 】 実施の形態 1 に係る動作分析装置の構成例。

【 図 2 】 実施の形態 1 に係る動作分析装置による動作分析処理における用語の定義。

10

20

30

40

50

- 【図 3】実施の形態 1 に係る動作分析装置の動作の概要。
 【図 4】実施の形態 1 に係る動作分析装置の動作分析処理の学習フェーズ。
 【図 5】実施の形態 1 に係る検出処理と基本動作抽出処理を表す模式図。
 【図 6】実施の形態 1 に係る順番決定処理を表す模式図。
 【図 7】実施の形態 1 に係る教師データ出力処理を表す模式図。
 【図 8】実施の形態 1 の変形例に係る動作分析装置 100 の構成例。
 【図 9】実施の形態 1 に係る動作分析装置 100 の効果を説明する図。
 【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本実施の形態について、図を用いて説明する。各図中、同一または相当する部分には、同一符号を付している。実施の形態の説明において、同一または相当する部分については、説明を適宜省略または簡略化する。また、以下の図では各構成部材の大きさの関係が実際のものとは異なる場合がある。また、実施の形態の説明において、上、下、左、右、前、後、表、裏といった向きあるいは位置が示されている場合がある。これらの表記は、説明の便宜上の記載であり、装置、器具、あるいは部品等の配置、方向および向きを限定するものではない。

【0011】

実施の形態 1 .

*** 構成の説明 ***

図 1 を用いて、本実施の形態に係る動作分析装置 100 の構成例について説明する。動作分析装置 100 は、具体的には、工場のライン作業者といった作業者の作業時間および作業手順を、自動で分析する動作分析機能を有する装置である。動作分析装置 100 は、コンピュータである。動作分析装置 100 は、プロセッサ 910 を備えるとともに、メモリ 921、補助記憶装置 922、入力インタフェース 930、出力インタフェース 940、および通信装置 950 といった他のハードウェアを備える。プロセッサ 910 は、信号線を介して他のハードウェアと接続され、これら他のハードウェアを制御する。

【0012】

動作分析装置 100 は、機能要素として、検出部 110 と基本動作抽出部 120 と順番決定部 130 と教師データ出力部 140 と学習モデル生成部 170 と分析部 150 と記憶部 160 とを備える。記憶部 160 には、各々が複数の作業を含む複数のサイクルが撮影された映像データ 21 と、教師データ 23 と、動作分析に用いられる学習モデル 22 が記憶される。

【0013】

映像データのデータ形式は限定しない。RGB カメラで撮影したカラー映像でもよいし、モノクロ映像でもよい。Depth カメラで撮影した深度情報をもつ映像でもよい。

【0014】

検出部 110 と基本動作抽出部 120 と順番決定部 130 と教師データ出力部 140 と学習モデル生成部 170 と分析部 150 の機能は、ソフトウェアにより実現される。記憶部 160 は、メモリ 921 に備えられる。なお、記憶部 160 は、補助記憶装置 922 に備えられていてもよいし、メモリ 921 と補助記憶装置 922 に分散して備えられていてもよい。

【0015】

プロセッサ 910 は、動作分析プログラムを実行する装置である。動作分析プログラムは、検出部 110 と基本動作抽出部 120 と順番決定部 130 と教師データ出力部 140 と学習モデル生成部 170 と分析部 150 の機能を実現するプログラムである。

プロセッサ 910 は、演算処理を行う IC (Integrated Circuit) である。プロセッサ 910 の具体例は、CPU (Central Processing Unit)、DSP (Digital Signal Processor)、GPU (Graphics Processing Unit) である。

10

20

30

40

50

【0016】

メモリ921は、データを一時的に記憶する記憶装置である。メモリ921の具体例は、SRAM(Static Random Access Memory)、あるいはDRAM(Dynamic Random Access Memory)である。

補助記憶装置922は、データを保管する記憶装置である。補助記憶装置922の具体例は、HDDである。また、補助記憶装置922は、SD(登録商標)メモ리카ード、CF、NANDフラッシュ、フレキシブルディスク、光ディスク、コンパクトディスク、ブルーレイ(登録商標)ディスク、DVDといった可搬の記憶媒体であってもよい。なお、HDDは、Hard Disk Driveの略語である。SD(登録商標)は、Secure Digitalの略語である。CFは、Compact Flash(登録商標)の略語である。DVDは、Digital Versatile Diskの略語である。

10

【0017】

入力インタフェース930は、マウス、キーボード、あるいはタッチパネルといった入力装置と接続されるポートである。入力インタフェース930は、具体的には、USB(Universal Serial Bus)端子である。なお、入力インタフェース930は、LAN(Local Area Network)と接続されるポートであってもよい。

【0018】

出力インタフェース940は、ディスプレイといった出力機器のケーブルが接続されるポートである。出力インタフェース940は、具体的には、USB端子またはHDMI(登録商標)(High Definition Multimedia Interface)端子である。ディスプレイは、具体的には、LCD(Liquid Crystal Display)である。出力インタフェース940は、表示器インタフェースともいう。

20

【0019】

通信装置950は、レシーバとトランスミッタを有する。通信装置950は、LAN、インターネット、あるいは電話回線といった通信網に接続している。通信装置950は、具体的には、通信チップまたはNIC(Network Interface Card)である。

【0020】

動作分析プログラムは、動作分析装置100において実行される。動作分析プログラムは、プロセッサ910に読み込まれ、プロセッサ910によって実行される。メモリ921には、動作分析プログラムだけでなく、OS(Operating System)も記憶されている。プロセッサ910は、OSを実行しながら、動作分析プログラムを実行する。動作分析プログラムおよびOSは、補助記憶装置922に記憶されていてもよい。補助記憶装置922に記憶されている動作分析プログラムおよびOSは、メモリ921にロードされ、プロセッサ910によって実行される。なお、動作分析プログラムの一部または全部がOSに組み込まれていてもよい。

30

【0021】

動作分析装置100は、プロセッサ910を代替する複数のプロセッサを備えていてもよい。これら複数のプロセッサは、動作分析プログラムの実行を分担する。それぞれのプロセッサは、プロセッサ910と同じように、動作分析プログラムを実行する装置である。

40

【0022】

動作分析プログラムにより利用、処理または出力されるデータ、情報、信号値および変数値は、メモリ921、補助記憶装置922、または、プロセッサ910内のレジスタあるいはキャッシュメモリに記憶される。

【0023】

検出部110と基本動作抽出部120と順番決定部130と教師データ出力部140と学習モデル生成部170と分析部150の各部の「部」を「処理」、「手順」あるいは「工程」に読み替えてもよい。動作分析プログラムは、検出処理と基本動作抽出処理と順番決定処理と教師データ出力処理と学習モデル生成処理と分析処理を、コンピュータに実行させる。検出処理と基本動作抽出処理と順番決定処理と教師データ出力処理と学習モデル生

50

成処理と分析処理の「処理」を「プログラム」、「プログラムプロダクト」、「プログラムを記憶したコンピュータ読取可能な記憶媒体」、または「プログラムを記録したコンピュータ読取可能な記録媒体」に読み替えてもよい。また、動作分析方法は、動作分析装置 100 が動作分析プログラムを実行することにより行われる方法である。

動作分析プログラムは、コンピュータ読取可能な記録媒体に格納されて提供されてもよい。また、動作分析プログラムは、プログラムプロダクトとして提供されてもよい。

【0024】

ここで、図2を用いて、本実施の形態に係る動作分析装置100による動作分析処理における用語の定義について説明する。

図2では、ねじ締め作業工程を例に、用語の定義について説明する。ここで述べるねじ締め作業工程とは、本体である加工品を用意し、ねじを2か所締め、次の工程に送る一連の作業工程を指す。

【0025】

サイクル10は、作業工程1回分を指す。図2のねじ締め工程では「定置」、「ねじ締め」、「ねじ締め」、および「送り」の一連の作業工程1回分をサイクル10と呼ぶ。

また、「定置」、「ねじ締め」、および「送り」の各要素を作業11と呼ぶ。

作業の区切り12は、作業11が開始または終了する時点を指す。

作業11は、作業の区切り12によって区切られた、サイクル10を構成する要素を指す。作業11は作業要素ともいう。図2では「定置」、「ねじ締め」、および「送り」のそれぞれが作業11である。なお作業11の粒度はユーザが任意に決めてよい。図2のように「定置」と「ねじ締め」の各々を作業要素としてもよいし、「定置」と「ねじ締め」を合わせて「ねじ締め」としてもよい。なお、作業11の各々は、後述する複数の基本動作15で構成される。

【0026】

ここで述べる動作とは、人物の動きのうち、映像解析あるいは信号処理によって機械的に開始時点または終了時点を特定できるものを指す。具体的には「手を伸ばす」、「手を引く」といった、動きの開始点と終了点で明確に速度あるいは動きの方向が変化するものである。

動作の区切り14は、動作の開始時点または終了時点を指す。動作の区切り14は自動的に検出可能であるものとする。動作の区切り14と作業の区切り12は部分的に一致する。

【0027】

動作要素13は、動作の区切り14によって区切られた、作業11を構成する動作である。図2の「定置」作業を例とすると、「本体に手を伸ばす」および「本体を下す」の各々が動作要素13となる。注意点として、同一の動作であっても、動作要素としては別物である。図2のように「ドライバを持ち上げる」動作が2回出現しているが、1回目と2回目はそれぞれ異なる動作要素13である。

【0028】

基本動作15は、動作要素13のうち、類似したものをひとまとめにしたものである。基本動作15は、作業11を構成する基本的な動作を表す。図2では、各基本動作を同じ模様で表している。

【0029】

動作の説明

次に、本実施の形態に係る動作分析装置100の動作について説明する。動作分析装置100の動作手順は、動作分析方法に相当する。また、動作分析装置100の動作を実現するプログラムは、動作分析プログラムに相当する。

【0030】

まず、図3を用いて、本実施の形態に係る動作分析装置100の動作の概要について説明する。

動作分析装置100による動作分析処理は、学習フェーズS100と認識フェーズS200を備える。

10

20

30

40

50

学習フェーズS100は、(1)検出処理(ステップS101)、(2)基本動作抽出処理(ステップS102)、(3)順番決定処理(ステップS103)、(4)教師データ出力処理(ステップS104)、(5)学習モデル生成処理(ステップS105)を備える。なお、(1)、(2)、(3)および(5)は自動で実行される。

【0031】

(1)検出処理では、検出部110が、各々が複数の作業11を含む複数のサイクル10が撮影された映像データ21から、動作の区切り14を検出する。動作の区切り14を検出するために、映像の動き情報といった画像処理によって得られる特徴量を利用してもよいし、映像から抽出した作業者の骨格情報の軌跡を利用してもよい。

(2)基本動作抽出処理では、基本動作抽出部120が、動作の区切り14により区切られた複数の動作要素13を分類し、複数の動作要素13の分類結果に基づいて類似の動作要素13をまとめた基本動作15を抽出する。

(3)順番決定処理では、順番決定部130が、複数のサイクル10のサイクルごとの基本動作15の順番に基づいて、1サイクルにおける基本動作15の順番を標準基本動作順31として決定する。

(4)教師データ出力処理では、教師データ出力部140は、標準基本動作順31に対する作業のラベリングを受け付ける。教師データ出力部140は、作業のラベリングが施された標準基本動作順31に基づいて複数のサイクル10の各サイクルに対して作業のラベリングを自動的に実行する。教師データ出力部140は、作業のラベリングが施された複数のサイクル10の各サイクルを教師データ23として出力する。

(5)学習モデル生成処理では、学習モデル生成部170は、教師データ23を用いて学習を実施し、学習モデルを出力する。学習モデルの形式は、認識フェーズS200で使用するアーキテクチャに合わせて設計する。

【0032】

認識フェーズS200では、分析処理(6)が行われる。

(6)分析処理では、分析部150が、学習モデル22を用いて作業者の作業工程における動作を分析する。

まず、ステップS201において、作業者が作業を実施すると、ステップS101と同様に映像データ21から作業中の作業者の動作の区切り14を検出し、動作要素13を取得する。動作の区切り14を検出するために、例えば、作業者の骨格情報の軌跡を利用してもよい。

ステップS202において、分析部150は、動作要素13から、作業中の作業者における基本動作の時系列順を判定する。

ステップS203において、分析部150は、学習モデル22を用いて、作業中の作業者における基本動作の時系列順から、作業11を判定する。

以上により、作業中の作業者における作業11が認識される。

【0033】

認識フェーズで利用するアルゴリズムは、上記に述べたものに限らない。CNN(Convolutional Neural Network)あるいはRNN(Recurrent Neural Network)といったDeep Learningアルゴリズムを利用してよい。また、DP(Dynamic Programming)マッチングあるいは最近傍探索といったマッチング処理を利用してよい。

【0034】

図4を用いて、本実施の形態に係る動作分析処理の学習フェーズS100について説明する。

【0035】

<(1)検出処理>

ステップS101において、検出部110は、各々が複数の作業11を含む複数のサイクル10が撮影された映像データ21から、動作の区切り14を検出する。

【0036】

10

20

30

40

50

図5は、本実施の形態に係る検出処理(1)と基本動作抽出処理(2)を表す模式図である。

【0037】

図5の検出処理(1)に示すように、検出部110は、複数サイクルが撮影された映像データ21から、動作の軌跡である時系列情報を得る。検出部110は、この動作の軌跡を基に、動作の変化点を検出することで、動作の区切り14を自動検出する。

動作の軌跡を得るために、映像データ21から骨格情報を抽出してもよい。骨格情報とは、具体的には、人物の各関節の座標データである。骨格情報の取得方法およびデータの形式はどのような方式および形式であってもよい。一例として、工場のラインに設置したカメラあるいは深度センサから取得する。関節の座標データは2次元であってもよいし、3次元であってもよい。

また、動作の変化点とは、速度あるいは方向の変化点である。

【0038】

動作の区切り14の検出は、映像データ21のすべてのサイクルに対して行う。

なお、学習フェーズS100では、学習モデル22の生成が目的であるため、映像データ21は熟練者といったお手本となる作業者のデータが好ましい。

【0039】

一般に、作業11は複数の動作からなり、作業の区切り12を自動で検出することは難しい。よって、本実施の形態では、まず、自動検出が比較的容易な動作の区切り14について自動検出する。

【0040】

<(2)基本動作抽出処理>

ステップS102において、基本動作抽出部120は、動作の区切り14により区切られた複数の動作要素13を分類し、複数の動作要素13の分類結果に基づいて類似の動作要素13をまとめた基本動作15を抽出する。具体的には、基本動作抽出部120は、複数の動作要素13を複数のクラスに分類し、複数のクラスの各クラスを基本動作15として抽出する。

【0041】

図5の基本動作抽出処理(2)に示すように、基本動作抽出部120は、動作要素13を分類し、基本動作15を特定する。

具体的には、基本動作抽出部120は、動作の区切り14の結果得られたすべての動作要素13に対し、クラスタリングを適用することで、動作要素13の自動分類を実現する。基本動作抽出部120は、分類の結果、作業11を構成する基本動作15を得る。クラスタリングの方式は問わないが、一例としてクラスタ数を自動決定するx-meansといった方式を利用する。

【0042】

<(3)順番決定処理>

ステップS103において、順番決定部130は、複数のサイクル10のサイクルごとの基本動作15の順番に基づいて、1サイクルにおける基本動作15の順番を標準基本動作順31として決定する。順番決定部130は、複数のサイクル10のサイクルごとの基本動作の順番を比較した比較結果に基づいて、標準基本動作順31を決定する。

【0043】

図6は、本実施の形態に係る順番決定処理(3)を表す模式図である。

図6では、左図、中央図、および右図の3図により、順番決定処理(3)を表している。

図6では、映像データ21に7サイクル分の作業映像が含まれていたものとする。図6の左図は、7サイクル分を基本動作に分割した結果を表している。

順番決定部130は、サイクル間で基本動作の順番を比較し、正しい基本動作の順番を特定する。

【0044】

具体的には、順番決定部130は、サイクル間での基本動作の順番の比較に、多重配列ア

10

20

30

40

50

ライメントを行うためのアルゴリズム (MSA: multiple sequence alignment) を利用することで、正しい基本動作の順番を自動で特定する。MSA を利用することにより、図6の中央図のように抜けあるいは間違いを含むサイクルが存在したとしても、正しい基本動作の順番である標準基本動作順31を特定することができる。

【0045】

順番決定部130は、標準基本動作順31と、サイクルごとの基本動作の順番とを比較し、サイクルごとの基本動作の順番から標準基本動作順31と異なる基本動作を相違動作として抽出してもよい。図6の中央図では、サイクル6の6番目の基本動作が他のサイクルと異なっているため、この基本動作が相違動作15xとして抽出されている。順番決定部130は、相違動作15xの存在する割合に基づいて、標準基本動作順31に相違動作15xを含めるか否かを判定してもよい。あるいは、順番決定部130は、相違動作15xを含む標準基本動作順と、相違動作15xを含まない標準基本動作順の2通りの標準基本動作順31を生成してもよい。

10

【0046】

また、順番決定部130は、サイクルごとの基本動作の順番をクラスタリングすることにより、標準基本動作順31と異なる基本動作の順番を標準基本動作順31に含めるか否かを判定してもよい。

【0047】

このように、正しい基本動作の順番である標準基本動作順31は1つに限定しない。

図6の右図のように、1サイクルは、a、b、c、d、e、fの5つの基本動作15の組み合わせから構成される。図6の右図では、標準基本動作順31の先頭から3番目までが「a、b、a」である。しかし、図6の中央図では、先頭部分が白色、すなわち動作が抜けているサイクルが多数ある。このため、「白、a、b」の場合も正しい基本動作の順番としてもよい。

20

同様に、図6の右図では、5、6、7番目が「d、c、e」となっているが、「d、b、e」も正しい基本動作の順番としてもよい。正しい順番とするかどうかの判断は、人手で行ってもよいし、上述したように頻度を基準に自動で判定してもよい。

正しい基本動作の順番が複数存在することを許容することにより、サイクル間で作業内容が変化するようなケースにおいても、精度よく学習および認識することが可能となる。サイクル間で作業内容が変化するようなケースの例として、作業の順番が入れ替わったケースがある。具体的には、1つのサイクルでは「定置」、「ねじ締め」、「検品」、「送り」の順で行われており、別のサイクルでは「定置」、「検品」、「ねじ締」、「送り」の順で行われるといったケースである。

30

【0048】

<(4) 教師データ出力処理>

ステップS104において、教師データ出力部140は、標準基本動作順31に対する作業のラベリングを受け付け、ラベリング結果を全サイクルに反映する。

【0049】

図7は、本実施の形態に係る教師データ出力処理(4)を表す模式図である。

具体的には、教師データ出力部140は、ユーザによる、標準基本動作順31に対する作業要素のラベリングを、入力インタフェース930を介して受け付ける。ユーザは、正しい基本動作の順番である標準基本動作順31に対して、作業要素をラベリングする。このときラベリング作業は標準基本動作順31の1サイクル分でよい。具体的には、ユーザは各基本動作の代表的な時点に対応する映像フレームを見ながら、ラベリングする。

40

【0050】

そして、教師データ出力部140は、作業のラベリングが施された標準基本動作順31に基づいて複数のサイクルの各サイクルに対して作業のラベリングを実行する。教師データ出力部140は、作業のラベリングが施された複数のサイクルの各サイクルを教師データ23として出力する。言い換えると、教師データ出力部140は、作業のラベリングが施された標準基本動作順31を全サイクルに反映させ、教師データ23として出力する。

50

【 0 0 5 1 】

< (5) 学習モデル生成処理 >

ステップ S 1 0 5 において、学習モデル生成部 1 7 0 は、教師データ 2 3 を用いて、学習処理を実施し、動作の分析に用いられる学習モデル 2 2 を生成する。学習モデル生成部 1 7 0 は、教師データ 2 3 を入力とした学習処理を実施し、学習モデル 2 2 を生成する。学習方法あるいは学習モデルの形式は制限しない。例えば、CNN あるいは RNN といった機械学習を用いた学習の実施と学習モデルの生成を行ってもよい。また、各基本動作の動作軌跡と標準基本動作順とラベリング結果のセットを学習モデルとしてもよい。

【 0 0 5 2 】

*** 他の構成 ***

本実施の形態では、検出部 1 1 0 と基本動作抽出部 1 2 0 と順番決定部 1 3 0 と教師データ出力部 1 4 0 と学習モデル生成部 1 7 0 と分析部 1 5 0 の機能がソフトウェアで実現される。変形例として、検出部 1 1 0 と基本動作抽出部 1 2 0 と順番決定部 1 3 0 と教師データ出力部 1 4 0 と学習モデル生成部 1 7 0 と分析部 1 5 0 の機能がハードウェアで実現されてもよい。

具体的には、動作分析装置 1 0 0 は、プロセッサ 9 1 0 に替えて電子回路 9 0 9 を備える。

【 0 0 5 3 】

図 8 は、本実施の形態の変形例に係る動作分析装置 1 0 0 の構成を示す図である。

電子回路 9 0 9 は、検出部 1 1 0 と基本動作抽出部 1 2 0 と順番決定部 1 3 0 と教師データ出力部 1 4 0 と学習モデル生成部 1 7 0 と分析部 1 5 0 の機能を実現する専用の電子回路である。電子回路 9 0 9 は、具体的には、単回路、複合回路、プログラム化したプロセッサ、並列プログラム化したプロセッサ、ロジック IC、GA、ASIC、または、FPGA である。GA は、Gate Array の略語である。ASIC は、Application Specific Integrated Circuit の略語である。FPGA は、Field-Programmable Gate Array の略語である。

【 0 0 5 4 】

検出部 1 1 0 と基本動作抽出部 1 2 0 と順番決定部 1 3 0 と教師データ出力部 1 4 0 と学習モデル生成部 1 7 0 と分析部 1 5 0 の機能は、1 つの電子回路で実現されてもよいし、複数の電子回路に分散して実現されてもよい。

【 0 0 5 5 】

別の変形例として、検出部 1 1 0 と基本動作抽出部 1 2 0 と順番決定部 1 3 0 と教師データ出力部 1 4 0 と学習モデル生成部 1 7 0 と分析部 1 5 0 の一部の機能が電子回路で実現され、残りの機能がソフトウェアで実現されてもよい。また、検出部 1 1 0 と基本動作抽出部 1 2 0 と順番決定部 1 3 0 と教師データ出力部 1 4 0 と学習モデル生成部 1 7 0 と分析部 1 5 0 の一部またはすべての機能がファームウェアで実現されてもよい。

【 0 0 5 6 】

プロセッサと電子回路の各々は、プロセッシングサーキットリとも呼ばれる。つまり、検出部 1 1 0 と基本動作抽出部 1 2 0 と順番決定部 1 3 0 と教師データ出力部 1 4 0 と学習モデル生成部 1 7 0 と分析部 1 5 0 の機能は、プロセッシングサーキットリにより実現される。

【 0 0 5 7 】

*** 本実施の形態の効果の説明 ***

図 9 は、本実施の形態に係る動作分析装置 1 0 0 の効果を説明する図である。

図 9 の比較例は、作業の区切りを手で指定する方式である。本実施の形態に係る動作分析装置 1 0 0 では、作業の区切りを手で指定する方式とは異なり、動作の区切りを自動で検出する。これにより、区切りが一定の基準で設定されるため、ラベリング品質が均質化される。作業は一般に複数の動作からなり、作業の区切りを自動で検出することは難しい。本実施の形態に係る動作分析装置 1 0 0 によれば、自動検出が容易な動作に着目することで、確実に動作の区切り位置を自動検出することが可能となる。

【 0 0 5 8 】

10

20

30

40

50

また、図9の比較例では、区切りの位置を特定するために、ユーザが学習データをすべての時間にわたって確認する必要がある。本実施の形態に係る動作分析装置100では、ユーザが学習データをすべての時間にわたって確認する必要がない。本実施の形態に係る動作分析装置100によれば、ユーザは区切りを指定する必要がないため、学習データの確認も限られた範囲で済み、ラベリング作業のコストを低減できる。

【0059】

また、本実施の形態に係る動作分析装置100では、学習データすべてに対し、自動で動作要素を抽出し、動作要素を分類することにより基本動作を抽出する。本実施の形態に係る動作分析装置100によれば、基本動作を特定することにより、各サイクルを構成する基本動作とその順番がわかる。

10

【0060】

また、本実施の形態に係る動作分析装置100では、各サイクルの基本動作の順番を比較し、正しい基本動作の順番を自動で特定する。よって、本実施の形態に係る動作分析装置100では、すべてのサイクルに対してラベリング作業をするという必要がない。本実施の形態に係る動作分析装置100では、標準基本動作順の1サイクル分のみラベリングをすればよく、ラベリング作業コストを低減することができる。

【0061】

以上のように、本実施の形態に係る動作分析装置100によれば、動作分析に必要なラベリング作業にかかるコストおよび手間を軽減しつつ、ラベリングの品質を均質化することができる。

20

【0062】

以上の実施の形態1では、動作分析装置の各部を独立した機能ブロックとして説明した。しかし、動作分析装置の構成は、上述した実施の形態のような構成でなくてもよい。動作分析装置の機能ブロックは、上述した実施の形態で説明した機能を実現することができれば、どのような構成でもよい。また、動作分析装置は、1つの装置でなく、複数の装置から構成されたシステムでもよい。

【0063】

また、実施の形態1のうち、複数の部分を組み合わせる実施しても構わない。あるいは、この実施の形態のうち、1つの部分を実施しても構わない。その他、この実施の形態を、全体としてあるいは部分的に、どのように組み合わせる実施しても構わない。すなわち、実施の形態1では、各実施の形態の自由な組み合わせ、あるいは各実施の形態の任意の構成要素の変形、もしくは各実施の形態において任意の構成要素の省略が可能である。

30

【0064】

なお、上述した実施の形態は、本質的に好ましい例示であって、本開示の範囲、本開示の適用物の範囲、および本開示の用途の範囲を制限することを意図するものではない。上述した実施の形態は、必要に応じて種々の変更が可能である。

【符号の説明】

【0065】

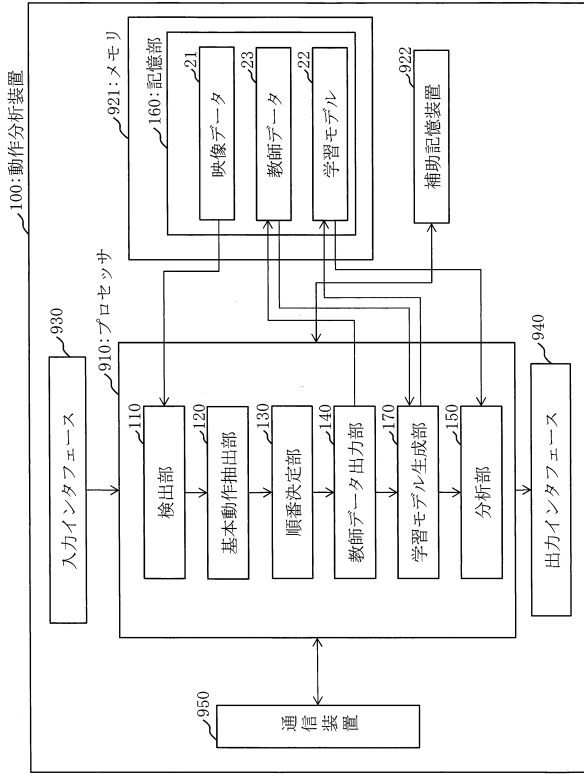
10 サイクル、11 作業、12 作業の区切り、13 動作要素、14 動作の区切り、15 基本動作、15x 相違動作、21 映像データ、22 学習モデル、23 教師データ、31 標準基本動作順、100 動作分析装置、110 検出部、120 基本動作抽出部、130 順番決定部、140 教師データ出力部、150 分析部、160 記憶部、170 学習モデル生成部、909 電子回路、910 プロセッサ、921 メモリ、922 補助記憶装置、930 入力インタフェース、940 出力インタフェース、950 通信装置。

40

50

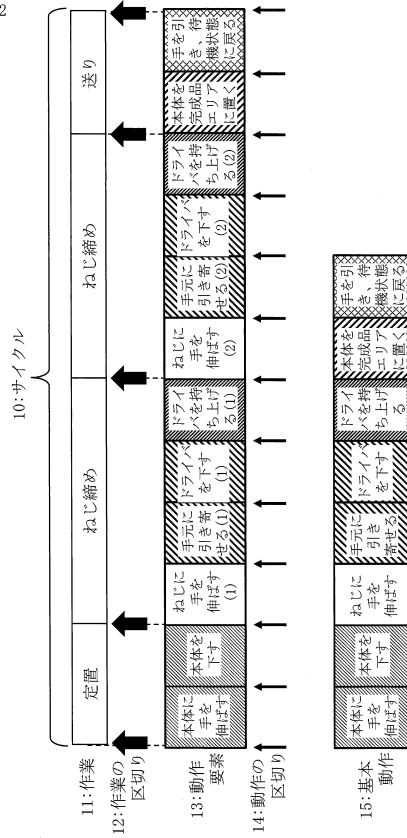
【図面】
【図 1】

図1



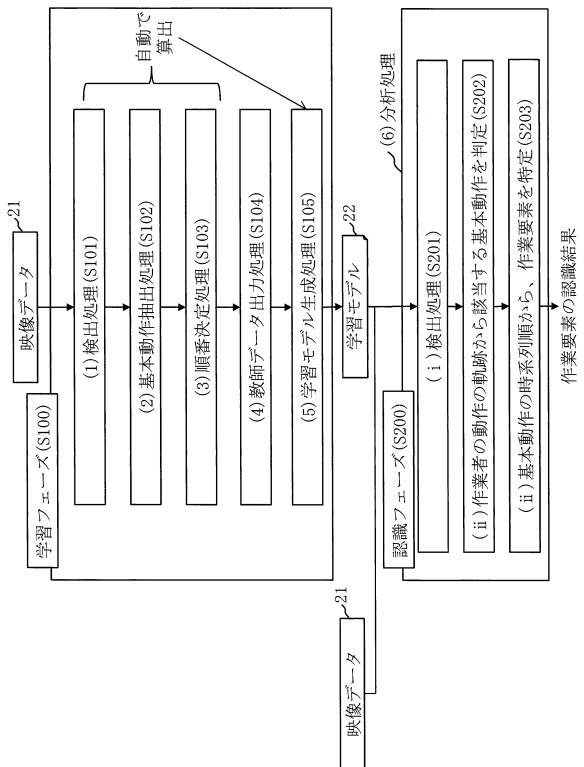
【図 2】

図2



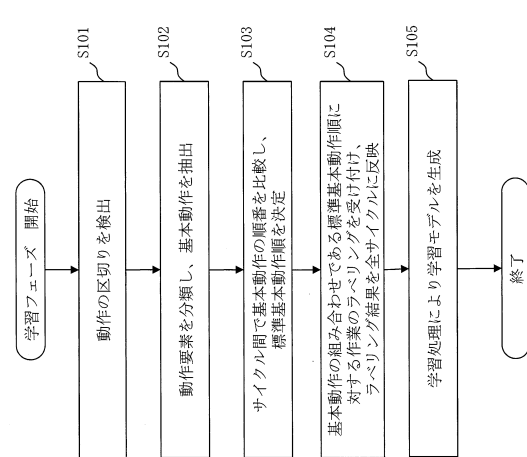
【図 3】

図3



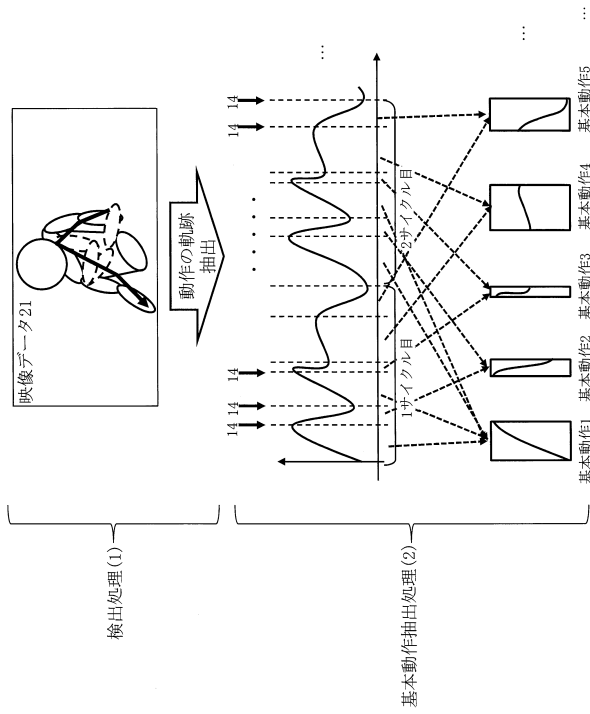
【図 4】

図4



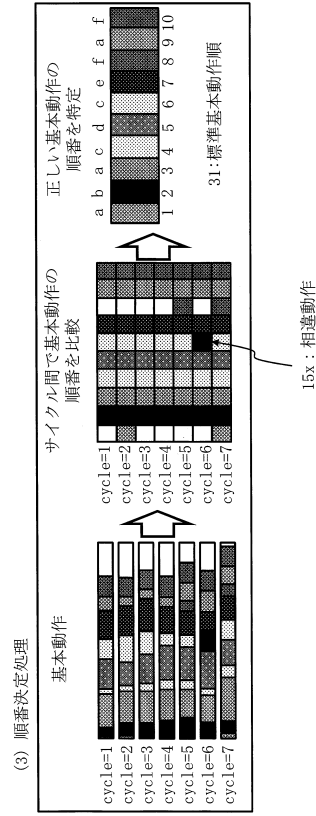
【 図 5 】

図5



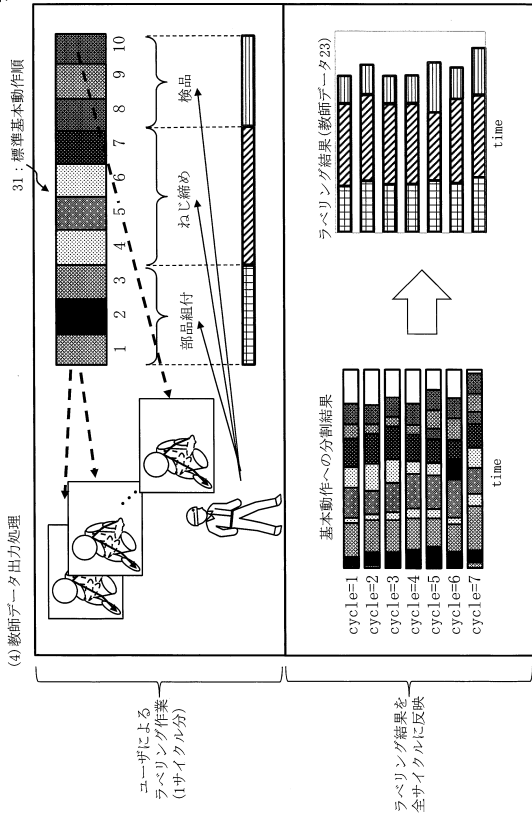
【 図 6 】

図6



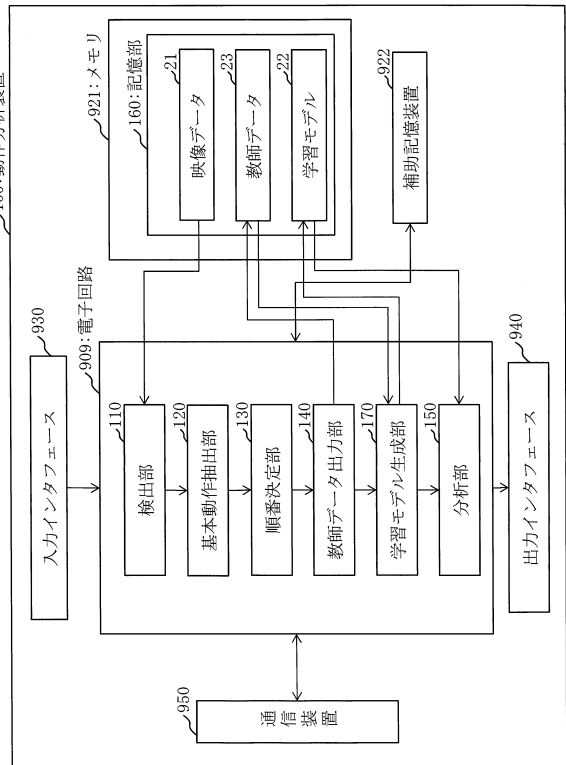
【 図 7 】

図7



【 図 8 】

図8



10

20

30

40

50

フロントページの続き

日本国東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

審査官 松崎 孝大

(56)参考文献 国際公開第2020/050111(WO, A1)

松原 靖子 ほか, 大規模時系列データの特徴自動抽出, 情報処理学会 論文誌(トランザク
ション) データベース(TOD) [電子情報通信学会データ工学研究専門委員会共同編
集] Vol. 7 No. 2 [online], 情報処理学会, 2014年

(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)

G06N 20/00