

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7630118号  
(P7630118)

(45)発行日 令和7年2月17日(2025.2.17)

(24)登録日 令和7年2月6日(2025.2.6)

(51)国際特許分類		F I			
A 6 1 B	5/16 (2006.01)	A 6 1 B	5/16	2 0 0	
A 6 1 B	5/107(2006.01)	A 6 1 B	5/107	3 0 0	

請求項の数 7 (全24頁)

(21)出願番号	特願2023-540319(P2023-540319)	(73)特許権者	314012076 パナソニックIPマネジメント株式会社 大阪府門真市元町2番6号
(86)(22)出願日	令和4年7月29日(2022.7.29)	(74)代理人	100109210 弁理士 新居 広守
(86)国際出願番号	PCT/JP2022/029404	(74)代理人	100137235 弁理士 寺谷 英作
(87)国際公開番号	WO2023/013562	(74)代理人	100131417 弁理士 道坂 伸一
(87)国際公開日	令和5年2月9日(2023.2.9)	(72)発明者	橋本 一輝 日本国大阪府門真市大字門真1006番 地 パナソニック株式会社内
審査請求日	令和5年11月6日(2023.11.6)	審査官	後藤 昌夫
(31)優先権主張番号	特願2021-128062(P2021-128062)		
(32)優先日	令和3年8月4日(2021.8.4)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 疲労推定システム、疲労推定方法、姿勢推定装置及びプログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

対象者の身体部位のうちの異なる一部が撮像された画像をそれぞれが出力する複数の撮像装置と、

前記複数の撮像装置のそれぞれにおいて出力された複数の前記画像に基づいて、前記対象者の姿勢を推定する姿勢推定装置と、

前記対象者の姿勢の推定結果に基づいて、前記対象者の疲労度を推定して出力する疲労推定装置と、を備え、

複数の前記画像は、一の身体部位が撮像された一の画像であって、前記一の身体部位と少なくとも一つの関節を共有する他の身体部位の一部である第1部位が写っていない一の画像、及び、前記他の身体部位が撮像された他の画像であって、前記一の身体部位の一部である第2部位が写っていない他の画像を含み、

前記姿勢推定装置は、

複数の前記画像のうちの前記一の画像に基づいて、前記第2部位の関節を含む前記一の身体部位における第1関節位置を推定し、

複数の前記画像のうちの前記他の画像に基づいて、前記第1部位の関節を含む前記他の身体部位における第2関節位置を推定し、

推定した前記第1関節位置、及び、推定した前記第2関節位置を合成して、前記一の身体部位及び前記他の身体部位を含む身体部位の関節位置を、前記対象者の姿勢として推定し、

推定した前記第1関節位置、及び、推定した前記第2関節位置の合成では、

前記一の身体部位及び前記他の身体部位の間で共有される関節である共有関節と、複数の前記画像内で共有される基準座標であって前記共有関節とは異なる関節の関節位置である基準座標との相対位置に基づいて、前記第1関節位置と、前記第2関節位置との相対姿勢及び相対縮尺の少なくとも一方を決定し、

決定した前記第1関節位置と、前記第2関節位置との相対姿勢及び相対縮尺の少なくとも一方が適用された状態で、前記共有関節、及び、前記基準座標を重ね合わせることで、前記第2部位の関節と前記第1部位の関節とを互いに補い合って補完する

疲労推定システム。

【請求項2】

前記姿勢推定装置は、前記対象者の姿勢の推定に失敗した場合に、前記対象者の姿勢の推定が失敗したことを示す前記推定結果を出力し、

前記疲労推定システムは、さらに、前記対象者の姿勢の推定が失敗したことを示す前記推定結果に基づいて、姿勢の推定が失敗した前記対象者の存在を通知するための通知情報を出力する出力部を備える

請求項1に記載の疲労推定システム。

【請求項3】

前記姿勢推定装置は、

複数の前記画像に基づいて前記対象者の一部の身体部位における関節位置を推定し、

推定した前記対象者の一部の身体部位における関節位置を、人の全身の関節位置が学習された機械学習モデルに入力し、

前記対象者の身体部位のうち複数の前記画像において撮像されていない不可視部位を含む身体部位の関節位置を、前記対象者の姿勢として推定する

請求項1又は2に記載の疲労推定システム。

【請求項4】

前記姿勢推定装置は、さらに、

エリア内の検知対象者の人数を取得し、

前記検知対象者のうち、前記エリア内を撮像する撮像装置の1つから出力された1つの画像のみで姿勢の推定が可能な姿勢推定可能者の人数を算出し、

前記検知対象者の人数と前記姿勢推定可能者の人数とが異なる場合に、前記検知対象者のうち、前記姿勢推定可能者ではない人物を前記対象者として、前記対象者の姿勢を推定する

請求項1又は2に記載の疲労推定システム。

【請求項5】

請求項1又は2に記載の姿勢推定装置。

【請求項6】

疲労推定装置によって実行される疲労推定方法であって、

対象者の身体部位のうち異なる一部が撮像された画像をそれぞれが出力する複数の撮像装置のそれぞれから前記画像を取得し、

複数の前記画像のうち一の身体部位が撮像された一の画像であって、前記一の身体部位と少なくとも一つの関節を共有する他の身体部位の一部である第1部位が写っていない一の画像と、複数の前記画像のうち、前記他の身体部位が撮像された他の画像であって、前記一の身体部位の一部である第2部位が写っていない他の画像と、に基づいて、前記一の身体部位及び前記他の身体部位を含む身体部位の関節位置を、前記対象者の姿勢として推定し、

前記対象者の姿勢の推定結果に基づいて、前記対象者の疲労度を推定して前記疲労推定装置に接続された出力装置に出力させ

前記対象者の姿勢の推定では、

複数の前記画像のうち、前記一の画像に基づいて、前記第2部位の関節を含む前記一の身体部位における第1関節位置を推定し、

10

20

30

40

50

複数の前記画像のうちの、前記他の画像に基づいて、前記第1部位の関節を含む前記他の身体部位における第2関節位置を推定し、

推定した前記第1関節位置、及び、推定した前記第2関節位置を合成して、前記一の身体部位及び前記他の身体部位を含む身体部位の関節位置を、前記対象者の姿勢として推定し、

推定した前記第1関節位置、及び、推定した前記第2関節位置の合成では、

前記一の身体部位及び前記他の身体部位の間で共有される関節である共有関節と、複数の前記画像内で共有される基準座標であって前記共有関節とは異なる関節の関節位置である基準座標との相対位置に基づいて、前記第1関節位置と、前記第2関節位置との相対姿勢及び相対縮尺の少なくとも一方を決定し、

決定した前記第1関節位置と、前記第2関節位置との相対姿勢及び相対縮尺の少なくとも一方が適用された状態で、前記共有関節、及び、前記基準座標を重ね合わせることで、前記第2部位の関節と前記第1部位の関節とを互いに補い合って補完する

疲労推定方法。

【請求項7】

請求項6に記載の疲労推定方法をコンピュータに実行させるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、対象者の疲労度を推定するための疲労推定システム、当該推定システムに使用される姿勢推定装置、疲労推定方法、及びプログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

近年、疲労の蓄積から体調不良をはじめ、怪我及び事故等につながるといった事例が散見される。これに対して、疲労の程度を推定することにより、体調不良、怪我及び事故等を未然に防ぐ技術に注目されるようになった。例えば、疲労度を推定するための疲労推定システムとして、特許文献1には、力計測、及び生体電気インピーダンス計測に基づいて疲労の有無及び疲労の種類を判定する、疲労判定装置が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開2017-023311号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、上記特許文献1に例示される従来の疲労判定装置等では、推定される姿勢が適切ではなく、疲労度の推定が行えない場合がある。そこで、本開示では、より適切に姿勢を推定して疲労度の推定をする疲労推定システム等を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本開示の一態様に係る疲労推定システムは、対象者の身体部位のうちの異なる一部が撮像された画像をそれぞれが出力する複数の撮像装置と、前記複数の撮像装置のそれぞれにおいて出力された複数の前記画像に基づいて、前記対象者の姿勢を推定する姿勢推定装置と、前記対象者の姿勢の推定結果に基づいて、前記対象者の疲労度を推定して出力する疲労推定装置と、を備える。

【0006】

また、本開示の一態様に係る姿勢推定装置は、上記に記載の姿勢推定装置である。

【0007】

また、本開示の一態様に係る疲労推定方法は、疲労推定装置によって実行される疲労推

10

20

30

40

50

定方法であって、対象者の身体部位のうち異なる一部が撮像された画像をそれぞれが出力する複数の撮像装置のそれぞれから前記画像を取得し、複数の前記画像のうちの一の身体部位が撮像された一の画像と、複数の前記画像のうちの一の前記一の身体部位と少なくとも一つの関節を共有する他の身体部位が撮像された他の画像と、に基づいて、前記一の身体部位及び前記他の身体部位を含む身体部位の関節位置を、前記対象者の姿勢として推定し、前記対象者の姿勢の推定結果に基づいて、前記対象者の疲労度を推定して前記疲労推定装置に接続された出力装置に出力させる。

【0008】

また、本開示の一態様に係るプログラムは、上記に記載の疲労推定方法をコンピュータに実行させるためのプログラムである。

【発明の効果】

【0009】

本開示の一態様に係る疲労推定システム等は、より適切に姿勢を推定して疲労度の推定をすることができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1A】図1Aは、実施の形態に係る疲労度の推定を説明するための第1図である。

【図1B】図1Bは、実施の形態に係る疲労度の推定を説明するための第2図である。

【図1C】図1Cは、実施の形態に係る疲労度の推定を説明するための第3図である。

【図2】図2は、実施の形態に係る疲労推定システムの機能構成を示すブロック図である。

【図3】図3は、実施の形態に係る疲労度の推定方法を示すフローチャートである。

【図4A】図4Aは、姿勢Aで静止する対象者を示す図である。

【図4B】図4Bは、姿勢Bで静止する対象者を示す図である。

【図5A】図5Aは、実施の形態に係る推定される対象者の疲労度の蓄積を説明する第1図である。

【図5B】図5Bは、実施の形態に係る推定される対象者の疲労度の蓄積を説明する第2図である。

【図6】図6は、実施の形態に係る関節位置の合成の例を説明する図である。

【図7】図7は、実施の形態に係る推定結果の表示例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、実施の形態について、図面を参照しながら具体的に説明する。なお、以下で説明する実施の形態は、いずれも包括的又は具体的な例を示すものである。以下の実施の形態で示される数値、形状、材料、構成要素、構成要素の配置位置及び接続形態、ステップ、ステップの順序などは、一例であり、本開示を限定する主旨ではない。また、以下の実施の形態における構成要素のうち、独立請求項に記載されていない構成要素については、任意の構成要素として説明される。

【0012】

なお、各図は模式図であり、必ずしも厳密に図示されたものではない。また、各図において、実質的に同一の構成に対しては同一の符号を付し、重複する説明は省略または簡略化される場合がある。

【0013】

(実施の形態)

[概要]

本実施の形態における疲労推定システム200(後述する図2参照)では、疲労度の推定対象となる対象者11(後述する図1A参照)の画像を撮像することで、その姿勢の推定を行い、推定された姿勢から対象者11の疲労度を推定する。ここで、対象者11と、画像取得のための撮像装置201(後述する図1A参照)との位置関係によっては、間に遮蔽物などが存在して、対象者11の姿勢を推定するために必要な対象者11の画像を得ることが困難な場合がある。この結果、場合により、対象者11の疲労度の推定ができな

10

20

30

40

50

いといった結果をもたらさう。

【 0 0 1 4 】

そこで、本開示では、それぞれが対象者 1 1 の少なくとも一部を撮像することができる複数の撮像装置 2 0 1 を利用することで、対象者 1 1 の姿勢を推定するために必要な対象者 1 1 の画像において欠落した部分を補う。これにより、1 つの撮像装置 2 0 1 では対象者 1 1 の姿勢の推定が行えない場合にも対象者 1 1 の疲労度の推定を可能とする疲労推定システム 2 0 0 を提供する。また、詳細は後述するが、本開示では、対象者 1 1 の疲労推定のために、推定された対象者 1 1 の姿勢から、筋肉及び関節の少なくとも一方における負荷ならびに悪化する血流の推定を行う。

【 0 0 1 5 】

したがって、本開示において、姿勢の推定に用いられる姿勢推定装置は、筋負荷、関節負荷、及び、血流の悪化の程度の推定のために用いることもできる。またこの他、あらゆる用途のために、対象者 1 1 の姿勢の推定を行うための装置として、本開示における姿勢推定装置を適用することができる。すなわち、本開示の姿勢推定装置は、個々の撮像装置 2 0 1 に対象者 1 1 の身体の一部しか映らないような配置の撮像装置 2 0 1 によって撮像された画像からでも、適切な対象者 1 1 の姿勢に関する情報（2 次元骨格情報、3 次元骨格情報、ならびに、首と背骨との角度及び背骨と下腿との角度などの特徴量）を生成することができ、これをあらゆる用途に応用することが可能である。

【 0 0 1 6 】

[ 疲労推定システム ]

以下、実施の形態に係る疲労推定システム 2 0 0 の全体構成について説明する。図 1 A は、実施の形態に係る疲労度の推定を説明するための第 1 図である。図 1 B は、実施の形態に係る疲労度の推定を説明するための第 2 図である。図 1 C は、実施の形態に係る疲労度の推定を説明するための第 3 図である。

【 0 0 1 7 】

本開示における疲労推定システム 2 0 0 は、実施の形態では、撮像装置 2 0 1 を用いた対象者 1 1 の撮像によって出力された画像を用いて、当該対象者 1 1 における疲労度を推定するシステムである。撮像装置 2 0 1 は、対象者 1 1 を撮像して画像を出力するカメラであればその形態に限定はなく、図 1 A に示すように、建物等の壁面又は天井等に設置される固定式のカメラ等で実現される。

【 0 0 1 8 】

ここで対象者は、椅子 1 2 に着座した姿勢である。本開示における疲労推定システム 2 0 0 では、対象者 1 1 における疲労のうち、姿勢が固定された静止姿勢をとることによって蓄積する疲労をもとに対象者 1 1 の疲労度を推定する。これはつまり、姿勢が固定された状態により、筋肉及び関節の少なくとも一方における負荷ならびに悪化する血流（以下、血流量の低下ともいう）によって蓄積される疲労を推定している。したがって、対象者 1 1 は、少なくとも一定の期間において座位、臥位又は立位で静止した静止姿勢である。一定の期間とは、例えば、数十秒又は数秒等、疲労推定システム 2 0 0 において疲労が推定可能な最小の期間である。このような期間は、疲労推定システム 2 0 0 を構成する撮像装置 2 0 1 及び疲労推定装置 1 0 0（後述する図 2 参照）による処理能力に依存して決定される。

【 0 0 1 9 】

このような静止姿勢をとる対象者 1 1 としては、例えば、オフィスにおけるデスクワーカー、移動体を操舵するドライバ、静止姿勢での負荷を利用した筋力トレーニングを行う者、病院等の施設の入所者、飛行機等の乗客及び乗員等が挙げられる。

【 0 0 2 0 】

撮像装置 2 0 1 によって撮像され、出力された画像は、推定装置 1 0 0 によって処理され、図 1 B に示すように対象者 1 1 の姿勢（例えば、関節位置 1 1 a）が推定される。推定された対象者 1 1 の姿勢は、一例として剛体リンクモデルとして出力される。具体的には、図 1 B に示すように、直線で示す骨格が黒点で示す関節によって接続され、一つの関

10

20

30

40

50

節によって接続される二つの骨格同士的位置関係によって、対象者 1 1 の姿勢を再現できる。姿勢の推定は、画像認識によって行われ、関節同士的位置関係に基づき、上記の剛体リンクモデルとして出力される。

#### 【 0 0 2 1 】

推定された剛体リンクモデルを、図 1 C に示すような筋骨格モデル 1 1 b に当てはめることで、骨格同士を引っ張り合う筋肉、及び、当該骨格同士的位置関係を変更可能に接続する関節の各々の身体部位について、推定された姿勢に応じた位置関係に維持するために、個々の身体部位の筋肉及び関節の少なくとも一方にかかる負荷量を推定値として算出する。この各々の身体部位の筋肉及び関節の少なくとも一方における負荷量の推定値が、上記静止姿勢が継続された継続時間が延びるほど蓄積されるため、負荷量の推定値と継続時間とを用いた演算によって対象者 1 1 が静止姿勢を維持することによる疲労度が算出される。なお、以降の説明では、「筋肉及び関節の少なくとも一方」を「筋肉及び / 又は関節」とも表現する。

10

#### 【 0 0 2 2 】

また、本実施の形態では、上記の筋肉及び / 又は関節にかかる負荷量の推定値に加え、対象者 1 1 の血流量の推定値に基づく疲労度の推定を行うことができる。以下の説明では、筋肉への負荷量及び関節への負荷量の推定値を用いて対象者 1 1 の疲労度の推定を行う例を中心に説明するが、ここに血流量の推定値を組み合わせて対象者 1 1 の疲労度の推定をより高精度に行うことも可能である。さらに、対象者 1 1 の疲労度の推定は、対象者 1 1 の筋肉への負荷量、関節への負荷量、及び血流量のいずれか一つの推定値を用いて行うことも可能である。また、本開示において、対象者 1 1 の姿勢に基づく対象者 1 1 の疲労度の推定は、上記の例に限らず、既存のあらゆる疲労度の推定に関する技術を適用することができる。

20

#### 【 0 0 2 3 】

一例として、本実施の形態では、疲労推定システム 2 0 0 は、対象者 1 1 の姿勢を推定した後、当該姿勢の継続時間に基づいて、対象者 1 1 の筋肉への負荷量、関節への負荷量、及び血流量の少なくとも一つを推定する。疲労推定システム 2 0 0 は、推定した対象者 1 1 の筋肉への負荷量、関節への負荷量、及び血流量の少なくとも一つの推定値に基づいて対象者 1 1 の疲労度の推定を行う。以下、簡略化のため、負荷量の推定値を、単に負荷量又は推定値と表現する場合がある。また、推定値に血流量の推定値が含まれる場合には、負荷量を血流量と読み替え、負荷量が多いことを血流量の低下に、負荷量が少ないことを血流量の上昇にそれぞれ置き換えてもよい。

30

#### 【 0 0 2 4 】

また、血流量とは、上記したように、対象者 1 1 が姿勢を維持することで悪化する血流を数値化するための情報である。血流量は、低下するほど、対象者 1 1 の血流が悪化していることを意味し、血流の悪化によって引き起こされる疲労の指標として利用できる。血流量は、測定時点における絶対的な数値として取得されてもよく、異なる 2 時点間での数値の相対的な数値として取得されてもよい。例えば、対象者 1 1 の姿勢と、当該姿勢の開始時点と終了時点との 2 時点における血流量の相対的な数値によって、対象者 1 1 の血流の悪化の程度を推定できる。また、対象者 1 1 の姿勢及び当該姿勢の継続時間と、血流の悪化との間に相関関係が存在するため、単に、対象者 1 1 の姿勢及び当該姿勢の継続時間から対象者の血流量を推定してもよい。

40

#### 【 0 0 2 5 】

また、以降の説明では、上記した筋骨格モデルを用いて、対象者 1 1 の姿勢からの、筋肉への負荷量、関節への負荷量、及び血流量の少なくとも一つの推定を行うが、姿勢から、筋肉への負荷量、関節への負荷量、及び血流量を推定する方法として、上記の筋骨格モデルの他に、実測データを用いる方法を適用することも可能である。この実測データは、つまり、姿勢ごとに計測された、筋肉への負荷量、関節への負荷量、及び血流量の実測値を姿勢と対応付けて蓄積することで構築されたデータベースである。この場合の疲労推定システム 2 0 0 では、推定された対象者 1 1 の姿勢をデータベースに入力することで、対

50

応する姿勢での、筋肉への負荷量、関節への負荷量、及び血流量の実測値を出力として得ることができる。

【0026】

実測データは、対象者11の個人差を考慮して、個人ごとの実測値を用いて構築されてもよく、不特定多数の被検者から得られたビッグデータについて、統計解析、又は機械学習等の解析処理によって対象者11ごとに適合するよう、適格化して構築されてもよい。

【0027】

次に、本開示における疲労推定システム200の機能構成について、図2を用いて説明する。図2は、実施の形態に係る疲労推定システムの機能構成を示すブロック図である。

【0028】

図2に示すように、本開示における疲労推定システム200は、疲労推定装置100、複数の撮像装置201、表示装置205、及び回復装置206を備える。

【0029】

推定装置100は、取得部101と、識別部102と、姿勢推定部105と、第1算出部106と、第2算出部107と、疲労推定部108と出力部109と、を備える。

【0030】

取得部101は、複数の撮像装置201のそれぞれに接続され、複数の撮像装置201のそれぞれから対象者11が撮像された画像を取得する通信モジュールである。取得部101と撮像装置201との接続は、有線又は無線によって行われ、当該接続を介して行われる通信の方式にも特に限定はない。

【0031】

疲労推定装置100は、上記の撮像装置201の他に、計時装置に接続され、計時装置から時間を取得する通信モジュールを備えてもよい。

【0032】

また、疲労推定装置100は、他に、圧力センサに接続され、圧力センサから圧力分布を取得する通信モジュールを備えてもよい。

【0033】

また、疲労推定装置100は、他に、受付装置に接続され、受付装置から個人情報を取得する通信モジュールを備えてもよい。

【0034】

識別部102は、プロセッサ及びメモリを用いて所定のプログラムが実行されることにより実現される処理部である。識別部102は、1人の対象者11を他の人物から識別するための識別機能を実現するために搭載されている。識別部102の機能の詳細については後述する。

【0035】

姿勢推定部105は、プロセッサ及びメモリを用いて所定のプログラムが実行されることにより実現される処理部である。姿勢推定部105の処理により、取得部101において取得された画像、及び、付加的に取得された圧力分布などに基づいて、対象者11の姿勢が推定される。姿勢推定部105は、姿勢推定装置の一例である。すなわち、本実施の形態における姿勢推定装置は、姿勢推定部105として、疲労推定装置100に内蔵されるようにして実現される。

【0036】

第1算出部106は、プロセッサ及びメモリを用いて所定のプログラムが実行されることにより実現される処理部である。第1算出部106の処理により、推定された対象者11の姿勢、及び、付加的に取得された個人情報に基づいて、個々の筋肉及び/又は関節にかかる負荷量が算出される。

【0037】

第2算出部107は、プロセッサ及びメモリを用いて所定のプログラムが実行されることにより実現される処理部である。第2算出部107の処理により、推定された対象者11の姿勢の変化における変化量に基づいて、個々の筋肉及び/又は関節における疲労の回

10

20

30

40

50

復量が算出される。

【 0 0 3 8 】

疲労推定部 1 0 8 は、プロセッサ及びメモリを用いて所定のプログラムが実行されることにより実現される処理部である。疲労推定部 1 0 8 は、姿勢推定部 1 0 5 において推定された姿勢と、計時装置又は内部の発振器などから取得された時間とを用いて、推定された姿勢の継続時間に基づいて、対象者 1 1 の疲労度を推定する。

【 0 0 3 9 】

出力部 1 0 9 は、表示装置 2 0 5 及び回復装置 2 0 6 に接続され、疲労推定装置 1 0 0 による疲労度の推定結果に基づく内容を表示装置 2 0 5 及び回復装置 2 0 6 に出力する通信モジュールである。出力部 1 0 9 と表示装置 2 0 5 又は回復装置 2 0 6 との接続は、有線又は無線によって行われ、当該接続を介して行われる通信の方式にも特に限定はない。

10

【 0 0 4 0 】

また、出力部 1 0 9 は、姿勢推定部 1 0 5 において、対象者 1 1 の姿勢の推定が失敗した場合に、疲労度の推定が行えない対象者 1 1 が存在することとなり、この旨を外部に通知する機能も有する。すなわち、出力部 1 0 9 は、対象者 1 1 の姿勢の推定が失敗したことを示す姿勢推定部 1 0 5 の推定結果を出力する。

【 0 0 4 1 】

このとき、出力部 1 0 9 は、上記の推定結果を、姿勢の推定が失敗した対象者 1 1 の存在を通知するための通知情報として出力する。疲労推定システム 2 0 0 の管理者等は、この通知情報に基づいて、姿勢の推定が失敗した対象者 1 1 の疲労度を別のシステムを用いて推定する、又は、直接聴取するなどの対処が可能である。このようにして、姿勢の推定が失敗した対象者 1 1 についても、その疲労度の取りこぼしがないように、あらかじめ出力部 1 0 9 が構成されている。

20

【 0 0 4 2 】

撮像装置 2 0 1 は、上記したように、対象者 1 1 を撮像して画像を出力する装置であり、カメラによって実現される。撮像装置 2 0 1 として、防犯カメラ、定点カメラ等の疲労推定システム 2 0 0 を適用する空間に既存のカメラが用いられてもよく、専用のカメラが新たに設けられてもよい。このような撮像装置 2 0 1 は、画像を対象者 1 1 の身体部位の位置に関する情報として出力する情報出力装置の一例である。したがって、出力される情報は、画像であり、対象者 1 1 の身体部位の、投影された撮像素子上での位置関係を含む情報である。

30

【 0 0 4 3 】

計時装置は、時間を計測する装置であり、時計によって実現される。計時装置によって計測される時間とは、絶対的な時刻であってもよく、相対的な起点からの経過時間であってもよい。計時装置は、対象者 1 1 の静止を検出した時点と、疲労度を推定する時点との 2 時点の間の時間（つまり静止姿勢の継続時間）が計測できればどのような形態で実現されてもよい。

【 0 0 4 4 】

圧力センサは、検出面を有するセンサであり、当該検出面を 1 以上に区切る単位検出面のそれぞれに付与される圧力を計測する。圧力センサは、このように単位検出面ごとの圧力を計測し、検出面上における圧力分布を出力する。圧力センサは、対象者 1 1 が検出面上に位置するように設けられる。

40

【 0 0 4 5 】

例えば、圧力センサは、対象者 1 1 が着座する椅子の座面、及びバックレストに設けられる。また、例えば、圧力センサは、検出面上にマーカが付され、「マーカの上に座ってください」等の表示によって、対象者 1 1 を検出面上に誘導するようにしてもよい。また、このようにして、床上の一部分に設けられた圧力センサの検出面上に対象者 1 1 を誘導することで、圧力センサは、床上での対象者 1 1 の圧力分布を出力してもよい。なお、圧力分布は、疲労度の推定精度を向上する目的で使用されるため、十分な精度が確保される場合には、圧力センサを備えずに疲労推定システム 2 0 0 を実現してもよい。

50

## 【 0 0 4 6 】

受付装置は、対象者 1 1 の個人情報の入力を受け付けるユーザインタフェースであり、タッチパネル又はキーボード等の入力装置によって実現される。個人情報は、年齢、性別、身長、体重、筋肉量、ストレス度、体脂肪率、及び運動に対する習熟度のうち少なくとも一つを含む。対象者 1 1 の年齢は、具体的な数値であってもよく、10代、20代、及び30代のように、10歳ごとに区分された年齢帯であってもよく、59歳以下又は60歳以上のように所定の年齢を境とした二区分の年齢帯であってもよく、その他であってもよい。

## 【 0 0 4 7 】

また、対象者 1 1 の性別は、男性又は女性の二者のうちから選択される、対象者 1 1 に適切な一方である。また、身長及び体重としては、対象者 1 1 の身長及び体重の数値がそれぞれ受け付けられる。また、筋肉量としては、体組成計等を用いて計測された対象者 1 1 の筋肉の組成比率が受け付けられる。また、対象者 1 1 のストレス度は、対象者 1 1 が感じる主観的なストレスの程度として、高度、中度及び低度等の選択肢の中から対象者 1 1 自身によって選択される。

10

## 【 0 0 4 8 】

また、対象者 1 1 の体脂肪率は、対象者 1 1 の体重に占める体脂肪の重量の比率であり、例えば、100分率等で表現される。

## 【 0 0 4 9 】

また、対象者 1 1 の運動に対する習熟度は、所定の運動プログラムを対象者 1 1 が実施した際のスコアで定量化されていてもよく、対象者 1 1 が普段取り組む運動の状況であってもよい。前者では、例えば、背筋を10回行うのに要した時間、50mを走るのに要した時間、遠投の飛距離等によって定量化される。後者では、例えば、一週間に何日運動を行うか、又は何時間運動を行うか等によって定量化される。なお、個人情報は、疲労度の推定精度を向上する目的で使用されるため、十分な精度が確保される場合には、受付装置を備えずに疲労推定システム 200 を実現してもよい。

20

## 【 0 0 5 0 】

表示装置 205 は、出力部 109 によって出力された、疲労度の推定結果に基づく内容を表示するための装置である。表示装置 205 は、例えば、液晶パネルまたは有機 E L ( E l e c t r o L u m i n e s c e n c e ) パネルなどの表示パネルによって、疲労度の推定結果に基づく内容を示す画像を表示する。表示装置 205 によって表示される内容については後述する。また、疲労推定システム 200 は、対象者 1 1 に対して回復装置 206 を用いて対象者 1 1 の疲労度を低下させるのみの構成である場合、回復装置 206 のみを備えればよく、表示装置 205 は必須でない。

30

## 【 0 0 5 1 】

回復装置 206 は、対象者 1 1 の血行を促進させることで対象者 1 1 の疲労度を低下させる装置である。回復装置 206 は、具体的には、電圧印加、加圧、加振もしくは加温等、又は、椅子 12 に備えられた機構により椅子 12 の各部の配置が変化することで、着座する対象者 1 1 の姿勢を能動的に変更する。これにより、回復装置 206 は、対象者 1 1 の筋肉及び関節の少なくとも一方の負荷の態様を変更し、また、血行を促進させる。血流量の観点においても、このようにして血行が促進されることで、対象者 1 1 が静止姿勢であることによる血流悪化の影響が低減され、疲労度が回復する。回復装置 206 は、装置の構成に応じて、対象者 1 1 の適切な身体部位にあらかじめ装着又は接触される。

40

## 【 0 0 5 2 】

なお、加温により対象者 1 1 の血行を促進させる場合、対象者 1 1 の周囲の空間ごとに加温するため、このような場合は、対象者 1 1 の適切な身体部位に装着又は接触される必要はない。また、疲労推定システム 200 は、対象者 1 1 に対して疲労度の推定結果を表示するのみの構成である場合、表示装置 205 のみを備えればよく、回復装置 206 は必須でない。

## 【 0 0 5 3 】

50

## 〔動作〕

次に、実施の形態における疲労推定システム200を用いた対象者11の疲労度の推定について、図3～図6を用いて説明する。図3は、実施の形態に係る疲労度の推定方法を示すフローチャートである。

## 【0054】

疲労推定システム200は、はじめに対象者11の個人情報を取得する。個人情報の取得は、受付装置への入力によって、対象者11本人又は対象者11の疲労度を管理する管理者等によって行われる。入力された対象者11の個人情報は、図示しない記憶装置等に格納され、疲労度の推定の際に読み出されて使用される。

## 【0055】

疲労推定システム200は、撮像装置201により対象者11の検知を行う。対象者11の検知は、撮像装置201であるカメラの画角内にいるすべての人物を対象者11とするように、画角内の人物を計数することで行われる。つまりここでは、検知対象人数(A)を取得する動作が行われる(S101)。次に、これらの人物の中で、画像の処理を行うことなく、すなわち、1枚の画像のみで姿勢の推定が可能な人物の人数(B)を算出する(S102)。そして、疲労推定装置100は、AとBとが一致するか否かの判定を行う(S103)。疲労推定装置100が、AとBとが一致すると判定した場合(S103でYes)、つまり、検知対象の人物の全員がそれぞれ1枚の画像で姿勢の推定が可能である場合、それぞれ1枚の画像から対象者11の姿勢の推定(ここでは関節位置の推定)を行う(S108)。そして、疲労推定部108は、対象者11の疲労度の推定を行う(S109)。

## 【0056】

ステップS108及びステップS109は以下のようにして行われる。まず、疲労推定システム200は、撮像装置201によって出力された画像を取得部101によって取得する。ここで、取得された画像において、対象者11が静止している(静止姿勢である)ことが検知されると、推定装置100において対象者11の姿勢の推定が行われる。具体的には、まず、圧力センサから検出面に付与される圧力分布を取得する。

## 【0057】

姿勢推定部105は、取得された画像及び圧力分布に基づき対象者11の姿勢を推定する。圧力分布は、例えば、偏った圧力が付与されている場合、推定される姿勢を当該偏りが形成されるように補正するために使用される。次に、第1算出部106は、姿勢の推定結果から、対象者11の個々の筋肉及び/又は関節における負荷量を算出する。このとき、あらかじめ取得した個人情報を用いて、負荷量を補正して算出する。なお、対象者11の姿勢の推定は図1Bを用いて、負荷量の算出は図1Cを用いてそれぞれ説明した通りであるため、具体的な説明を省略する。

## 【0058】

個人情報を用いた負荷量の補正では、例えば、対象者11の年齢が筋肉の発達のピーク年齢に近いほど負荷量を少なくし、当該ピーク年齢から離れるほど負荷量を多くする。このようなピーク値は対象者11の性別に基づいてもよい。また、対象者11の性別が男性であれば負荷量を少なく、女性であれば負荷量を多くしてもよい。また、対象者11の身長及び体重が小さい値であるほど負荷量を少なく、身長及び体重が大きい値であるほど負荷量を多くしてもよい。

## 【0059】

また、対象者11の筋肉量が大きい組成比率であるほど負荷量を少なく、筋肉量が小さい組成比率であるほど負荷量を多くしてもよい。また、対象者11のストレス度が低いほど負荷量を少なく、ストレス度が高いほど負荷量を多くしてもよい。また、対象者11の体脂肪率が高いほど負荷量を多く、体脂肪率が低いほど負荷量を少なくしてもよい。さらに、対象者11の運動に対する習熟度が高いほど負荷量を少なく、運動に対する習熟度が低いほど負荷量を多くしてもよい。

## 【0060】

10

20

30

40

50

ここで、計時装置から取得される時間をもとに、対象者11の静止姿勢の継続時間を計測する。疲労推定部108は、継続時間が単位時間を経過するごとに上記で算出した負荷量を加算し、この時点における対象者11の疲労度を推定する。これらの処理を、対象者11の静止状態が解除されるまで継続する。具体的に、姿勢推定部105において推定される姿勢が、ある静止姿勢から変更されたか否かにより、静止状態の解除の有無を判定する。

#### 【0061】

静止状態が解除されたと判定されない場合、継続時間を計測し、負荷量の加算を行うことで、静止姿勢が継続される限り対象者11の疲労度を積算していく。つまり、疲労推定部108は、継続時間に対して、算出された負荷量に相当する傾きを有する疲労度の増加関数を用いて対象者11の疲労度を推定する。したがって、算出した負荷量が多いほど、単位時間あたりに増加する対象者11の疲労度が大きくなる。なお、このような疲労度の積算においては、起点である静止姿勢の開始タイミングで対象者11の疲労度が初期化（疲労度0に設定）される。

10

#### 【0062】

一方で、静止状態が解除されたと判定された場合、姿勢推定部105は、元の静止状態の姿勢から、変化した現時点の姿勢までの姿勢の変化量を算出する。姿勢の変化量は、上記の負荷量と同様に個々の筋肉及び/又は関節ごとに算出される。このように姿勢が変化した場合、筋肉及び関節の少なくとも一方に対する負荷が変化し、また、血流量の観点では、悪化していた血流が一時的に緩和され、対象者11の疲労度は回復に転じる。回復によって低減される疲労度は、姿勢の変化量に関連する。これにしたがって、第2算出部107は、姿勢の変化量に基づき、疲労度の回復の程度である回復量を算出する。

20

#### 【0063】

計時装置から取得される時間をもとに、対象者11の姿勢の変更が継続する時間である変化時間を計測する。回復量と変化時間との関係は、負荷量と継続時間との関係と同様であり、姿勢の変化が継続される限り対象者11の回復量を積算していく。つまり、疲労推定部108は、このように対象者11の姿勢が変化するタイミングでは、単位時間を経過するごとに回復量を減算することで対象者11の疲労度を推定する。

#### 【0064】

回復量の算出、変化時間の計測、及び、対象者11の疲労度の推定の処理を、対象者11の姿勢が静止されるまで継続する。具体的に、姿勢推定部105において推定される姿勢が、ある静止姿勢であるか否かを判定する。対象者11の静止が検出されない場合、回復量を算出し、変化時間を計測し、回復量の減算を行うことで、姿勢の変更が継続される限り対象者11の疲労度が回復するように積算していく。

30

#### 【0065】

つまり、疲労推定部108は、変化時間に対して、算出された回復量に相当する傾きを有する疲労度の減少関数を用いて対象者11の疲労度を推定する。疲労度の回復量は、姿勢の変化量に依存しているため、姿勢の変化量が大きいほど、単位時間あたりに減少する対象者11の疲労度が大きくなる。

#### 【0066】

一方で、対象者11の静止が検出された場合、再度新たな静止姿勢について、姿勢及び疲労度の推定を行う。このようにして、疲労推定システム200では、画像に基づき静止姿勢での継続時間を考慮して対象者11の疲労度が算出されるため、対象者11の負担が少なく、かつ、より高精度に対象者11の疲労度を推定することができる。

40

#### 【0067】

以上に関して、さらに図4A～図5Bを用いて具体的に説明する。図4Aは、姿勢Aで静止する対象者を示す図である。また、図4Bは、姿勢Bで静止する対象者を示す図である。

#### 【0068】

図4A及び図4Bに示す対象者11は、図1Aに示したものと同様に、椅子12に着座

50

した座位にて静止姿勢をとっている。なお、図 4 A 及び図 4 B では、図示しないテーブルや PC 等が実際には存在するが、ここでは対象者 1 1 及び椅子 1 2 のみを図示している。図 4 A に示す対象者 1 1 の静止姿勢は、肩への負荷が比較的が多い姿勢 A である。一方で、図 4 B に示す対象者 1 1 の静止姿勢は、肩への負荷が比較的が少ない姿勢 B である。

【 0 0 6 9 】

このような姿勢 A 又は姿勢 B で静止する対象者 1 1 において推定される疲労度は、図 5 A 及び図 5 B のように蓄積される。図 5 A は、実施の形態に係る推定される対象者の疲労度の蓄積を説明する第 1 図である。また、図 5 B は、実施の形態に係る推定される対象者の疲労度の蓄積を説明する第 2 図である。

【 0 0 7 0 】

図 5 A に示すように、対象者 1 1 の姿勢が図 4 A に示す姿勢 A 又は図 4 B に示す姿勢 B のまま静止している場合、対象者 1 1 の疲労度は、姿勢から算出される負荷量を傾きとする一次関数によって表現される。

【 0 0 7 1 】

上記したように、姿勢 A は、姿勢 B に比べて負荷が大きい姿勢である。したがって、例えば、対象者 1 1 のある筋肉（ここでは肩の可動に関する筋肉）において、姿勢 A の負荷量（姿勢 A の直線の傾き）は、姿勢 B の負荷量（姿勢 B の直線の傾き）よりも大きい。このため、対象者 1 1 は、姿勢 A では、姿勢 B で静止している場合に比べ、より短時間により多くの疲労度が蓄積（積算）されてしまう。

【 0 0 7 2 】

一方で、図 5 B に示すように、対象者 1 1 の姿勢が図 4 A に示す姿勢 A から図 4 B に示す姿勢 B へと変化する場合、対象者 1 1 の疲労度は、姿勢から算出される負荷量を傾きとする一次関数と、姿勢の変化量を傾きとする一次関数とが連結された関数によって表現される。

【 0 0 7 3 】

したがって、例えば、対象者 1 1 のある筋肉において、姿勢 A で静止している間は、対象者 1 1 の疲労度は、図 5 A と同様に、姿勢 A の負荷量に相当する正の傾きの増加関数によって疲労度の蓄積（加算）として推定され、対象者 1 1 が姿勢を変更し始めた変化点において蓄積（加算）が回復（減少）に転じる。対象者 1 1 の疲労度は、姿勢の変更量に相当する負の傾きの減少関数によって、図中に変化時間として示す姿勢の変更が継続している期間に、対象者 1 1 の疲労度が、図中に変化幅として示す量だけ回復（減少）する。対象者 1 1 の姿勢が姿勢 B で再び静止した変化点以降では、対象者 1 1 の疲労度は、姿勢 B の負荷量に相当する正の傾きの増加関数で、疲労度の蓄積（加算）として推定される。

【 0 0 7 4 】

このように、本実施の形態における疲労推定システム 2 0 0 では、対象者 1 1 の姿勢の静止と変更とに応じて蓄積及び回復が反映された対象者 1 1 の疲労度が推定される。

【 0 0 7 5 】

図 3 のフローチャートの説明に戻り、ステップ S 1 0 3 において、疲労推定装置 1 0 0 が、A と B とが一致しないと判定した場合（S 1 0 3 で No）、つまり、検知対象の人物の中に 1 枚の画像では姿勢の推定が不可能である人物が含まれる場合、このような人物の特定を行う（S 1 0 4）。そして、姿勢推定部 1 0 5 は、特定した人物（以下、関節位置の合成を経て疲労度の推定を行う対象者 1 1 とする）の姿勢の推定に利用可能な複数の画像を選定し、これらを取得する（S 1 0 5）。ここで、複数の画像を用いてもなお、対象者 1 1 の姿勢の推定が行えない場合（S 1 0 6 で No）、この対象者 1 1 に対する疲労度の推定の処理を終了する。この際、例えば、出力部 1 0 9 の機能として説明した通知情報の出力が行われる。

【 0 0 7 6 】

複数の画像を用いることで、姿勢の推定が可能な（S 1 0 6 で Yes）対象者 1 1 に対して、以下の図 6 のようにして対象者 1 1 の姿勢の推定を行う。図 6 は、実施の形態に係る関節位置の合成の例を説明する図である。図 6 では、取得された複数の画像（左端）に

10

20

30

40

50

基づいて、対象者 1 1 の姿勢（右端）の推定が行われるときの間に生成される情報を示している。

【 0 0 7 7 】

また、図 6 では、左側から中央にかけて、画像の処理系が上下段に分かれており、上段側に複数の画像のうちの一の画像 9 0 a と、一の画像 9 0 a から推定される一の身体部位における関節位置 1 1 c とが示されている。同様に、図 6 では、下段側に複数の画像のうち他の画像 9 0 b と、他の画像 9 0 b から推定される他の身体部位における関節位置 1 1 d とが示されている。まず、姿勢推定部 1 0 5 は、ステップ S 1 0 5 において、複数の画像（ここでは一の画像 9 0 a 及び他の画像 9 0 b ）を取得する。この一の画像 9 0 a 及び他の画像 9 0 b は、それぞれ、対象者 1 1 の身体部位の一部である一の身体部位、及び、他の身体部位が撮像された画像である。

10

【 0 0 7 8 】

また、一の身体部位と他の身体部位とは、互いに少なくとも 1 つの関節を共有する身体部位である。したがって、この互いに少なくとも 1 つの関節を共有する複数の画像の組み合わせが特定できない場合には、上記のステップ S 1 0 6 において N o となって処理が終了する。

【 0 0 7 9 】

姿勢推定部 1 0 5 は、図 3 に示すように、複数の画像のそれぞれについて、部分的に映り込んだ対象者 1 1 の身体部位の関節位置の推定を行う（ S 1 0 7 ）。図 6 の例では、一の画像 9 0 a に基づいて、一の画像 9 0 a に映り込んだ一の身体部位における関節位置 1 1 c を推定して、これを含む第 1 情報 9 0 c を生成する。同様に、図 6 の例では、他の画像 9 0 b に基づいて、他の画像 9 0 b に映り込んだ他の身体部位における関節位置 1 1 d を推定して、これを含む第 2 情報 9 0 d を生成する。その後、一の身体部位における関節位置 1 1 c と、他の身体部位における関節位置 1 1 d とを合成することにより、一の身体部位及び他の身体部位を含む対象者 1 1 の身体部位の関節位置 1 1 a を推定する。このようにして、姿勢推定部 1 0 5 は、対象者 1 1 の一部の身体部位が映る複数の画像を用いて、対象者 1 1 の姿勢の推定を行うことができる。

20

【 0 0 8 0 】

ここで、引き続き図 6 を参照しながら関節位置の合成について説明する。対象者 1 1 の関節位置の合成には、少なくとも一の身体部位における関節位置 1 1 c と他の身体部位における関節位置 1 1 d との間で、共通する座標が 2 つ以上必要となる。この共通する座標のうち 1 つは、一の身体部位と他の身体部位との間で共有される関節の 1 つである共有関節の関節位置である。そして、共有関節の関節位置の他に上記の複数の画像内で共有される基準座標を用いれば、複数の画像の縮尺及び画像内における身体部位の姿勢（向き）を一致させることができる。

30

【 0 0 8 1 】

基準座標としては、一の身体部位と他の身体部位との間で共有される関節のうち、共有関節とは異なる関節の関節位置が用いられる。この例では、姿勢推定部 1 0 5 は、すなわち、一の身体部位と他の身体部位との間で 2 つ以上の関節が共有されている状況で、これらの関節間で一方の関節から他方の関節へと延びるベクトルの向き及び大きさが一致するように、一の身体部位における関節位置 1 1 c 及び他の身体部位における関節位置 1 1 d の調節を行う。そして、姿勢推定部 1 0 5 は、姿勢（向き）及び縮尺が一致している状態で、一の身体部位における関節位置 1 1 c 及び他の身体部位における関節位置 1 1 d を、共有関節を基準にして重ね合わせて合成することにより、対象者 1 1 の身体部位の関節位置 1 1 a を推定する。

40

【 0 0 8 2 】

また、基準座標としては、上記の他に、一の画像 9 0 a 及び他の画像 9 0 b の両方に写るマーカが用いられてもよい。図 6 の例では、一の画像 9 0 a 及び他の画像 9 0 b の両方に、共通して移る物体マーカ M が示されている。物体マーカ M は、専用の物体であってもよいし、空間内に存在し、複数の撮像装置 2 0 1 によって同じ物体であると識別しうる何

50

らかの物体が利用されてもよい。この物体マーカMの空間座標を基準座標にすれば、上記の例と同様に、姿勢（向き）及び縮尺を一致させて、共有関節を基準にして重ね合わせて合成することができる。このために、姿勢推定部105は、一の画像90aから物体マーカMの空間座標Mcを算出し、他の画像90bから物体マーカMの空間座標Mdを算出すればよい。

【0083】

また、マーカの別の例として、ラインマーカLが用いられてもよい。例えば、ラインマーカLは、テープなどが空間内のいずれかの箇所に貼り付けられて実現される。ラインマーカLは、両端部の位置が共通であり、かつ、この両端部間を延びるように構成されるので、ラインマーカLが存在する例では、対象者11の身体部位に共有される関節が存在しなくても上記と同様の効果を得られる。

10

【0084】

また、これらのマーカが実空間に存在することを利用して、更なる効果を得ることができる。すなわち、疲労推定システム200では、マーカと対象者11との位置関係に基づいて、対象者11と同じ空間に滞在する他の人物から、対象者11を識別することができる。本実施の形態では、複数の画像から、対象者11の身体部位ごとの関節位置を重ね合わせるなどの処理を行う。したがって、対象者11と同じ空間に他の人物（例えば、図6の他の人物11z）が滞在している場合に、対象者11の一の身体部位における関節位置と、他の人物の他の身体部位における関節位置とを重ね合わせてしまうと、正常に対象者11の姿勢を推定することができない。

20

【0085】

そこで、疲労推定システム200では、識別部102を備えることで、対象者11を識別し、対象者11の一部の関節位置を、確実に対象者11の他部の関節位置と重ね合わせることができる。このために識別部102は、撮像装置201から取得される画像において、対象者11とマーカとの相対位置（マーカに対して、ある方向にある距離だけ進んだ位置に対象者11が、別の方向に別の距離だけ進んだ位置に他の人物11zが滞在していることを識別する。この処理は、人ひとり分の空間解像度で識別されていればよいので、各関節位置を推定する処理に比べて処理負荷が少なく容易に実装が可能である。

【0086】

以上のように本実施の形態では、対象者11の身体部位の一部しか映らない画像であっても、複数の画像を組み合わせて補完させることにより、疲労度の推定に用いることが可能な適切な姿勢の推定を行うことができる。

30

【0087】

また、上記により、対象者11の姿勢として、対象者11の身体部位の一部と、身体部位の別の一部とを含む身体部位の関節位置を推定した際に、対象者11の身体部位の一部及び別の一部に含まれないその他の部位について、姿勢の推定が行えない場合がある。例えば、複数の画像のいずれにも写っていない、すなわち、いずれの画像においても撮像されていない不可視部位については、上記の処理では姿勢を推定することができない。

【0088】

その際は、例えば、上記によって推定された対象者11の身体部位の一部及び別の一部の関節位置を、人の全身の関節位置が学習された機械学習モデルに入力することで、全身の関節位置を、対象者11の全身の姿勢として推定してもよい。また、全身でなくとも、不可視部位のうちの、機械学習モデルでの出力として、十分な信頼性を有する一部のみを加えた対象者11の姿勢を推定してもよい。このようにして、対象者11の身体部位のうち複数の画像において撮像されていない不可視部位を含む身体部位の関節位置を、対象者11の姿勢として推定するように姿勢推定部105を構成してもよい。

40

【0089】

再び図3に戻り、以上のようにして、姿勢推定部105は、対象者11の一部の身体部位が映る複数の画像を用いて、合成などの処理を経て、対象者11の姿勢の推定を行う（S108）。そして、ステップS109に進み、疲労推定部108は、すでに述べたよう

50

に、対象者 1 1 の疲労度の推定を行う。

【 0 0 9 0 】

次に、推定された疲労度に基づく出力部 1 0 9 の出力の一例を説明する。図 7 は、実施の形態に係る推定結果の表示例を示す図である。

【 0 0 9 1 】

図 7 に示すように、疲労推定システム 2 0 0 では、対象者 1 1 の疲労度の推定結果を、表示装置 2 0 5 を用いて表示してフィードバックすることができる。具体的には、図 7 に示すように、対象者 1 1 の疲労度を可視化することで、視覚的に対象者 1 1 がどの程度疲労しているかを把握することができる。図中では、対象者 1 1 を模した人形と、対象者 1 1 の肩部、背部、及び腰部の疲労度のそれぞれとを、表示装置 2 0 5 によって一体的に表示している。対象者 1 1 が直感的に疲労度を把握しやすくするため、肩部の疲労度が「肩こり度」、背部の疲労度が「背部痛度」、腰部の疲労度が「腰痛度」としてそれぞれ示されている。

10

【 0 0 9 2 】

ここで、図中の表示では、対象者 1 1 の 3 か所の疲労度が一挙に表示されているが、これら 3 か所の疲労度の推定は、一度に撮像された画像から行われる。つまり、推定装置 1 0 0 は、対象者 1 1 の第 1 部位（例えば肩部）、第 2 部位（例えば背部）、及び第 3 部位（例えば腰部）を含む複数の身体部位の各々における筋肉及び／又は関節について、対象者 1 1 の一つの姿勢から疲労度を推定する。したがって、対象者 1 1 の姿勢が一定であっても、身体部位ごとに筋肉及び／又は関節に蓄積される疲労度は異なるが、疲労推定システム 2 0 0 では、このように異なる疲労度を同時かつ個別に推定できる。

20

【 0 0 9 3 】

図 1 C を用いて説明したように、本実施の形態では、対象者 1 1 の筋肉及び／又は関節一つひとつについて負荷量が算出されるため、処理リソースの制限がなければ、筋肉及び／又は関節の一つひとつの疲労度を推定することができる。したがって、一度に撮像された画像から疲労度が推定される身体部位の数に限定はなく、1 か所でもよく、2 か所でもよく、4 か所以上でもよい。

【 0 0 9 4 】

推定装置 1 0 0 では、複数の身体部位の各々で負荷量を算出し、対象者 1 1 の一つの姿勢において、第 1 部位で算出された負荷量による第 1 部位の疲労度（上記の肩こり度）と、第 2 部位で算出された負荷量による第 2 部位の疲労度（上記の背部痛度）と、第 3 部位で算出された負荷量による第 3 部位の疲労度（上記の腰痛度）と、を推定できる。

30

【 0 0 9 5 】

また、図中の例では、僧帽筋の負荷量から肩こり度が推定され、広背筋の疲労度から背部痛度が推定され、腰部傍脊柱筋の負荷量から腰痛度が推定される。このように、一つの筋肉及び／又は関節の負荷量から、一つの疲労度を推定してもよいが、複数の筋肉及び／又は関節の複合的な負荷量から、一つの疲労度を推定してもよい。例えば、僧帽筋と、肩甲挙筋と、菱形筋と、三角筋との負荷量の平均値から肩こり度（つまり肩部の一つの疲労度）が推定されてもよい。また、疲労度の推定では、単純な平均値ではなく、当該身体部位の疲労度に特に大きく影響する筋肉及び／又は関節の負荷量に影響の大きさに応じた重みづけをすることで、より現実に即したな疲労度の推定を行ってもよい。

40

【 0 0 9 6 】

このようにして推定された疲労度は、それぞれ図示するように最小値を 0、最大値を 1 0 0 とする基準メータ上の相対位置として示されてもよい。ここで、基準メータ上の所定の位置に基準値が設けられる。このような基準値は、疫学的調査等によって事前に数値化された一般的な対象者 1 1 において痛みなどの自覚症状が発現し得る疲労度の相対位置（又はその前後等）に設定される。したがって、基準値は、各身体部位の疲労度に応じて異なる値が設定されてもよい。

【 0 0 9 7 】

さらに、表示装置 2 0 5 は、推定された対象者 1 1 の疲労度が基準値に達したことを契

50

機に、対象者 1 1 に対する警告を推定結果として表示してもよい。ここでの基準値は、第 1 閾値の一例である。図中では、このような警告の一例として、表示装置 2 0 5 の下部に表示されているように「肩こり度が基準値を超えています。」を示している。また、このような警告に関連して、表示装置 2 0 5 は、図中に併記されているように「休憩をおすすめします。」等の具体的な対処方法を表示してもよい。

#### 【 0 0 9 8 】

また、以上のように、対象者 1 1 に対して推定結果を表示することで対象者 1 1 自身が蓄積される疲労度に対処することを促す構成の他、疲労推定システム 2 0 0 がアクティブに対象者 1 1 の疲労度を回復させる構成も考えられ得る。具体的には、図 2 に示した回復装置 2 0 6 が動作することで、対象者 1 1 の疲労度が回復される。回復装置 2 0 6 の具体的な構成については、上記したとおりであるので説明を省略するが、推定された対象者 1 1 の疲労度が基準値に達したことを契機に、回復装置 2 0 6 が動作し、対象者 1 1 の筋肉及び関節の少なくとも一方に対する負荷を変化させ、また、血行を促進させることで対象者の疲労度を低下させる。ここでの基準値は、第 3 閾値の一例であり、第 1 閾値及び第 2 閾値のいずれかと同一であってもよく、異なってもよい。

10

#### 【 0 0 9 9 】

##### [ 効果等 ]

以上説明したように、本実施の形態における疲労推定システム 2 0 0 は、対象者 1 1 の身体部位のうちの異なる一部が撮像された画像をそれぞれが出力する複数の撮像装置 2 0 1 と、複数の撮像装置 2 0 1 のそれぞれにおいて出力された複数の画像に基づいて、対象者 1 1 の姿勢を推定する姿勢推定装置（姿勢推定部 1 0 5）と、対象者 1 1 の姿勢の推定結果に基づいて、対象者 1 1 の疲労度を推定して出力する疲労推定装置 1 0 0 と、を備える。

20

#### 【 0 1 0 0 】

このような疲労推定システム 2 0 0 では、姿勢推定部 1 0 5 が、撮像装置 2 0 1 の配置位置などの条件によって 1 枚の画像内に対象者 1 1 の全身が写る画像が得られず、1 枚の画像からの対象者 1 1 の姿勢の推定が困難な状況において、別の画像を組み合わせることで対象者 1 1 の姿勢を適切に推定することができる。そして、姿勢推定部 1 0 5 によって適切に推定された姿勢に基づいて、より適切に対象者 1 1 の疲労度の推定をすることが可能となる。

30

#### 【 0 1 0 1 】

また、例えば、姿勢推定部 1 0 5 は、複数の画像のうちの一の身体部位が撮像された一の画像 9 0 a に基づいて、一の身体部位における関節位置 1 1 c を推定し、複数の画像のうちの一の身体部位と少なくとも 1 つの関節を共有する他の身体部位が撮像された他の画像 9 0 b に基づいて、他の身体部位における関節位置 1 1 d を推定し、推定した一の身体部位における関節位置 1 1 c、及び、推定した他の身体部位における関節位置 1 1 d を合成して、一の身体部位及び他の身体部位を含む身体部位の関節位置 1 1 a を、対象者 1 1 の姿勢として推定してもよい。

#### 【 0 1 0 2 】

これによれば、複数の画像のうちの一の身体部位が撮像された一の画像 9 0 a、及び、他の身体部位が撮像された他の画像 9 0 b を用いて、身体部位の関節位置 1 1 a を推定することができる。ここでは、一の画像 9 0 a から一の身体部位における関節位置 1 1 c を推定し、他の画像 9 0 b から他の身体部位における関節位置 1 1 d を推定してこれらを合成することによって、一の身体部位及び他の身体部位を含む身体部位の関節位置 1 1 a を推定することができる。このように、一の画像 9 0 a には含まれない、他の身体部位及び他の画像 9 0 b には含まれない一の身体部位をいずれも含む関節位置 1 1 a を推定することができる。

40

#### 【 0 1 0 3 】

また、例えば、推定した一の身体部位における関節位置 1 1 c、及び、推定した他の身体部位における関節位置 1 1 d の合成では、一の身体部位及び他の身体部位の間で共有さ

50

れる関節である共有関節と、複数の画像内で共有される基準座標との相対位置に基づいて、一の身体部位における関節位置 1 1 c と、他の身体部位における関節位置 1 1 d との相対姿勢及び相対縮尺の少なくとも一方を決定し、決定した一の身体部位における関節位置 1 1 c と、他の身体部位における関節位置 1 1 d との相対姿勢及び相対縮尺の少なくとも一方が適用された状態で、共有関節、及び、基準座標を重ね合わせてもよい。

【0104】

これによれば、共有関節と基準座標との相対位置を重ね合わせることで、一の画像 9 0 a から一の身体部位における関節位置 1 1 c、及び、他の画像 9 0 b から他の身体部位における関節位置 1 1 d を合成することができる。このとき、撮像装置 2 0 1 の配置位置によっては、一の身体部位における関節位置 1 1 c と、他の身体部位における関節位置 1 1 d との姿勢及び縮尺の少なくとも一方が 2 つの画像間で異なっている状況が生じうる。上記の態様では、一の身体部位における関節位置 1 1 c と、他の身体部位における関節位置 1 1 d との相対姿勢（例えば、相対的な向きを差を解消するための回転量）及び相対縮尺（例えば、相対的な縮尺の差を解消するための拡張の比率）を適用して、2 つの画像間で異なる姿勢及び縮尺等を調整したうえで、上記の合成をすることができる。

10

【0105】

また、例えば、基準座標は、共有関節とは異なる関節の関節位置であってもよい。

【0106】

これによれば、共有関節とは異なる関節の関節位置を基準座標として用いて、共有関節と基準座標との相対位置を重ね合わせることで、一の画像 9 0 a から一の身体部位における関節位置 1 1 c、及び、他の画像 9 0 b から他の身体部位における関節位置 1 1 d を合成することができる。

20

【0107】

また、例えば、基準座標は、複数の画像のいずれにも撮像される位置に配置されたマーカの空間座標であってもよい。

【0108】

これによれば、複数の画像のいずれにも撮像される位置に配置されたマーカの空間座標を基準座標として用いて、共有関節と基準座標との相対位置を重ね合わせることで、一の画像 9 0 a から一の身体部位における関節位置 1 1 c、及び、他の画像 9 0 b から他の身体部位における関節位置 1 1 d を合成することができる。

30

【0109】

また、例えば、さらに、マーカと対象者 1 1 との位置関係に基づいて、対象者 1 1 と同じ空間に滞在する他の人物 1 1 z から、対象者 1 1 を識別する識別部 1 0 2 を備えてもよい。

【0110】

これによれば、マーカと対象者 1 1 との位置関係に基づいて、対象者 1 1 と同じ空間に滞在する他の人物 1 1 z から、対象者 1 1 を識別し、対象者 1 1 についてのみ姿勢の推定を行うことができる。この結果、他の人物 1 1 z が存在する場合でも対象者 1 1 についてのみ疲労度を推定することができる。

【0111】

また、例えば、姿勢推定部 1 0 5 は、対象者 1 1 の姿勢の推定に失敗した場合に、対象者 1 1 の姿勢の推定が失敗したことを示す推定結果を出力し、疲労推定システム 2 0 0 は、さらに、対象者 1 1 の姿勢の推定が失敗したことを示す推定結果に基づいて、姿勢の推定が失敗した対象者 1 1 の存在を通知するための通知情報を出力する出力部 1 0 9 を備えてもよい。

40

【0112】

これによれば、通知された通知情報に基づいて、姿勢の推定が失敗した対象者 1 1 の存在を知ることができる。

【0113】

また、例えば、姿勢推定部 1 0 5 は、複数の画像に基づいて対象者 1 1 の一部の身体部

50

位における関節位置を推定し、推定した対象者 1 1 の一部の身体部位における関節位置を、人の全身の関節位置が学習された機械学習モデルに入力し、対象者 1 1 の身体部位のうち複数の画像において撮像されていない不可視部位を含む身体部位の関節位置 1 1 a を、対象者 1 1 の姿勢として推定してもよい。

【 0 1 1 4 】

これによれば、人の全身の関節位置が学習された機械学習モデルを用いることで、複数の画像のいずれの組み合わせでも推定できない対象者 1 1 の不可視部位を含む身体部位について、関節位置 1 1 a の推定をすることができる。

【 0 1 1 5 】

また、例えば、姿勢推定部 1 0 5 は、さらに、エリア内の検知対象者の人数を取得し、検知対象者のうち、エリア内を撮像する撮像装置 2 0 1 の 1 つから出力された 1 つの画像のみで姿勢の推定が可能な姿勢推定可能者の人数を算出し、検知対象者の人数と姿勢推定可能者の人数とが異なる場合に、検知対象者のうち、姿勢推定可能者ではない人物を対象者 1 1 として、対象者 1 1 の姿勢を推定してもよい。

10

【 0 1 1 6 】

これによれば、エリア内の検知対象者の人数と姿勢推定可能者の人数とが異なる場合、すなわち、検知対象者の中に複数の画像を組み合わせなければ姿勢の推定ができない対象者 1 1 が存在する場合にのみ、複数の画像を用いた上記の姿勢の推定を行うことができる。このため、当該姿勢の推定用の処理リソースを縮小でき、簡易な構成で、疲労推定システム 2 0 0 を実現することができる。

20

【 0 1 1 7 】

また、本実施の形態における姿勢推定装置は、上記に記載の姿勢推定部 1 0 5 である。

【 0 1 1 8 】

これによれば、撮像装置 2 0 1 の配置位置などの条件によって 1 枚の画像内に対象者 1 1 の全身が写る画像が得られず、1 枚の画像からの対象者 1 1 の姿勢の推定が困難な状況において、別の画像を組み合わせることで対象者 1 1 の姿勢を適切に推定することができる。

【 0 1 1 9 】

また、本実施の形態における疲労推定方法は、疲労推定装置 1 0 0 によって実行される疲労推定方法であって、対象者 1 1 の身体部位のうちの異なる一部が撮像された画像をそれぞれが出力する複数の撮像装置 2 0 1 のそれぞれから画像を取得し、複数の画像のうちの一の身体部位が撮像された一の画像 9 0 a と、複数の画像のうちの一の身体部位と少なくとも 1 つの関節を共有する他の身体部位が撮像された他の画像 9 0 b と、に基づいて、一の身体部位及び他の身体部位を含む身体部位の関節位置 1 1 a を、対象者 1 1 の姿勢として推定し、対象者 1 1 の姿勢の推定結果に基づいて、対象者 1 1 の疲労度を推定して疲労推定装置 1 0 0 に接続された出力装置に出力させる。

30

【 0 1 2 0 】

これによれば、上記に記載の疲労推定システム 2 0 0 と同様の効果を奏することができる。

【 0 1 2 1 】

また、本実施の形態におけるプログラムは、上記に記載の疲労推定方法をコンピュータに実行させるためのプログラムである。

40

【 0 1 2 2 】

これによれば、コンピュータを用いて上記に記載の疲労推定システム 2 0 0 と同様の効果を奏することができる。

【 0 1 2 3 】

( その他の実施の形態 )

以上、実施の形態について説明したが、本開示は、上記実施の形態に限定されるものではない。

【 0 1 2 4 】

50

例えば、上記実施の形態において、特定の処理部が実行する処理を別の処理部が実行してもよい。また、複数の処理の順序が変更されてもよいし、複数の処理が並行して実行されてもよい。

【0125】

また、本開示における疲労推定システム又は姿勢推定装置は、複数の構成要素の一部ずつを有する複数の装置で実現されてもよく、複数の構成要素のすべてを有する単一の装置で実現されてもよい。また、構成要素の機能の一部が別の構成要素の機能として実現されてもよく、各機能が各構成要素にどのように分配されてもよい。実質的に本開示の疲労推定システム又は姿勢推定装置を実現し得る機能がすべて備えられる構成を有する形態であれば本開示に含まれる。

10

【0126】

また、上記実施の形態において、各構成要素は、各構成要素に適したソフトウェアプログラムを実行することによって実現されてもよい。各構成要素は、CPU又はプロセッサなどのプログラム実行部が、ハードディスク又は半導体メモリなどの記録媒体に記録されたソフトウェアプログラムを読み出して実行することによって実現されてもよい。

【0127】

また、各構成要素は、ハードウェアによって実現されてもよい。例えば、各構成要素は、回路（又は集積回路）でもよい。これらの回路は、全体として1つの回路を構成してもよいし、それぞれ別々の回路でもよい。また、これらの回路は、それぞれ、汎用的な回路でもよいし、専用の回路でもよい。

20

【0128】

また、本開示の全般的又は具体的な態様は、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム又はコンピュータ読み取り可能なCD-ROMなどの記録媒体で実現されてもよい。また、システム、装置、方法、集積回路、コンピュータプログラム及び記録媒体の任意な組み合わせで実現されてもよい。

【0129】

また、上記実施の形態では、画像認識によって生成した剛体リンクモデルを用いて画像から対象者の姿勢を推定し、推定した対象者の姿勢から負荷量を算出し、負荷量と継続時間とに基づいて対象者の疲労度を推定したが、疲労度の推定方法はこれに限らない。画像から対象者の姿勢を推定する方法として、既存のいかなる方法が用いられてもよいし、対象者の姿勢から負荷量を推定する方法として、既存のいかなる方法が用いられてもよい。

30

【0130】

また、上記実施の形態では、増加関数及び減少関数を直線的な一次関数であるものとして説明したが、これに限らない。増加関数は、時間の経過に応じて疲労度が増加する関数であれば曲線的な関数であってもよい。また、減少関数は、時間の経過に応じて疲労度が減少する関数であれば曲線的な関数であってもよい。

【0131】

また、上記に説明した推定装置は、対象者の姿勢から推定した筋肉への負荷量、関節への負荷量、及び、血流量の推定値を用いて、対象者の疲労度を推定する態様を説明したが、計測装置を用いて計測した値によって推定値を補正してより高精度な疲労度の推定を実現することもできる。具体的には、推定装置は、計測装置によって対象者を計測した計測結果に基づく計測値であって、推定値に対応する計測値を取得する。

40

【0132】

検知装置は、例えば、筋電計、筋硬度計、圧力計、及び、近赤外線分光計等であり、筋肉への負荷量、関節への負荷量、及び血流量に関する計測値を計測によって得ることができる。例えば、筋電計は、電位計測によって計測された電位をもとに、当該電位に対応する筋肉の動きを推定することができる。つまり、筋肉の動きを推定した値を計測値として得ることができる。筋肉の動きを推定した値は、すなわち、筋肉への負荷量に換算することができるため、筋肉への負荷量の推定値を計測値によって補正することができる。ここでの補正は、例えば、推定値と計測値との平均値をとること、推定値と計測値とのいずれ

50

かを選択すること、及び、推定値と計測値との相関関数に推定値を代入すること等である。

【0133】

筋硬度計は、筋肉に圧力を付与した際の応力によって筋肉の硬さを推定することができる。筋肉の硬さ推定した値は、筋肉への負荷量に換算することができるため、上記と同様にして推定値の補正に利用できる。

【0134】

圧力計は、対象者の身体部位にどのような圧力がかかっているかを計測値として得ることができる。このような圧力のパラメータは、筋骨格モデルに入力することが可能である。圧力などの付加パラメータを入力することで筋骨格モデルの推定精度が向上され、筋骨格モデルを用いて推定される推定値をより高精度に補正できる。

10

【0135】

近赤外線分光計は、対象者の血流量を分光学的に計測した計測値を得ることができる。上記の実施の形態のように、推定値に血流量が含まれない場合に、赤外線分光計によって計測された血流量を組み合わせることで、推定値の補正を行ってもよい。また、推定値に血流量が含まれる場合であっても、当該血流量の推定値の信頼性が低い場合などに計測された血流量が用いられてもよい。

【0136】

このように別の側面から得られた推定値に対応する計測値を用いて、推定値をより高精度にするための補正を行うことで、より正確な対象者の疲労度の推定を行うことが可能となる。

20

【0137】

また、上記実施の形態において説明した疲労推定システムを用いて、対象者の疲労の要因を特定する疲労要因特定システムを構成してもよい。従来における、「肩こり度」及び「腰痛度」等として疲労の程度を推定する装置又はシステム等では、このような「肩こり度」及び「腰痛度」の要因となる筋肉及び関節の使い方（つまり要因となる姿勢）を特定することは困難であった。そこで、本開示における疲労推定システムを用いることで、上記の課題に対応することができる。

【0138】

すなわち、本開示における疲労要因特定システムでは、対象者がとる静止姿勢において、疲労が蓄積しやすい身体部位（各種疲労を促進する推定量の多い身体部位）を疲労要因部位として特定する。さらに、疲労要因特定システムは、単に、対象者がとる一つの静止姿勢のうちの疲労要因部位を特定してもよく、対象者がとる複数の静止姿勢のうちから、最も疲労要因部位における推定量の多い疲労要因姿勢を特定してもよい。また、このように特定した疲労要因姿勢に代わる推奨姿勢を提示してもよく、疲労要因姿勢における疲労要因部位に対して回復装置を用いた疲労度の回復動作を行ってもよい。

30

【0139】

疲労要因特定システムは、上記実施の形態において説明した疲労推定システムと、推定された疲労度に関する情報を格納するための記憶装置とを備える。このような記憶装置は、例えば半導体メモリ等を用いて実現され、疲労推定システムを構成する各主記憶部等が用いられてもよく、推定装置に通信接続される記憶装置が新たに設けられてもよい。

40

【0140】

また、本開示は、疲労推定システム又は推定装置が実行する疲労推定方法として実現されてもよい。本開示は、このような疲労推定方法をコンピュータに実行させるためのプログラムとして実現されてもよいし、このようなプログラムが記録されたコンピュータ読み取り可能な非一時的な記録媒体として実現されてもよい。

【0141】

その他、実施の形態に対して当業者が思いつく各種変形を施して得られる形態、又は、本開示の趣旨を逸脱しない範囲で各実施の形態における構成要素及び機能を任意に組み合わせることで実現される形態も本開示に含まれる。

【符号の説明】

50

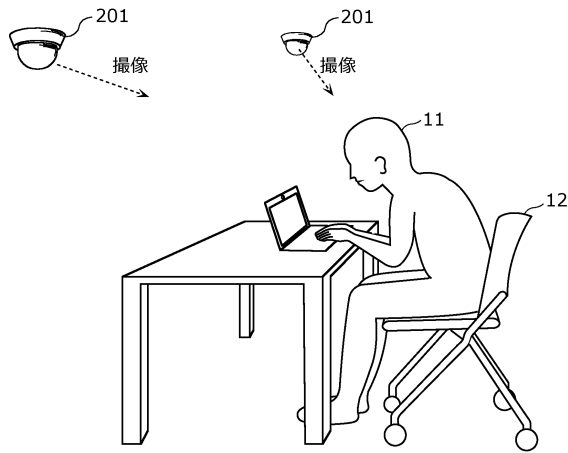
【 0 1 4 2 】

- 1 1 対象者
- 1 1 a 関節位置
- 1 1 c 一の身体部位における関節位置
- 1 1 d 他の身体部位における関節位置
- 1 1 z 他の人物
- 9 0 a 一の画像
- 9 0 b 他の画像
- 1 0 0 疲労推定装置
- 1 0 1 取得部
- 1 0 2 識別部
- 1 0 5 姿勢推定部（姿勢推定装置）
- 1 0 9 出力部
- 2 0 0 疲労推定システム
- 2 0 1 撮像装置
- M c、M d 空間座標

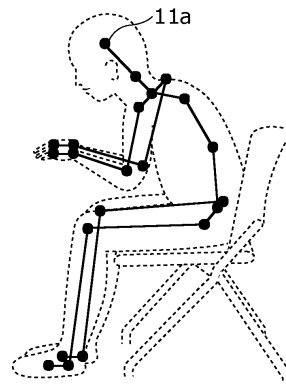
10

【 図面 】

【 図 1 A 】



【 図 1 B 】



20

30

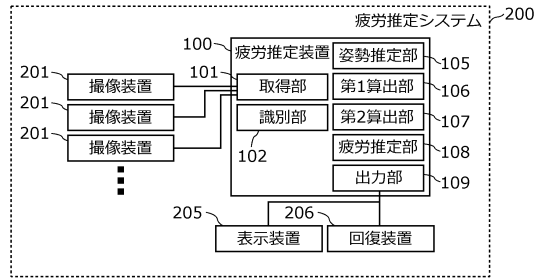
40

50

【図1C】

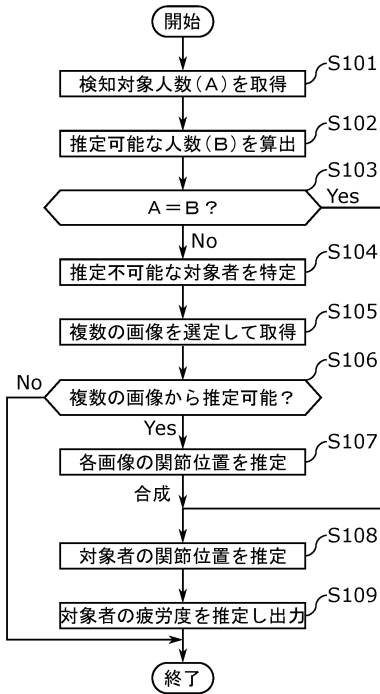


【図2】

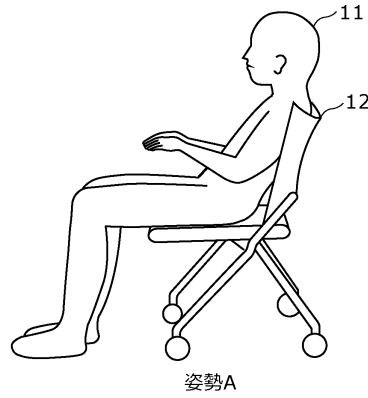


10

【図3】



【図4A】



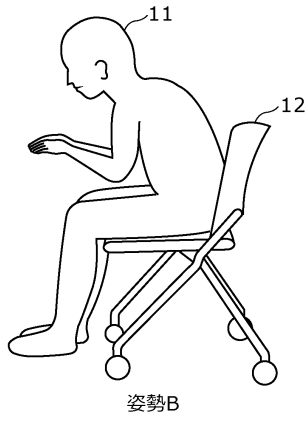
20

30

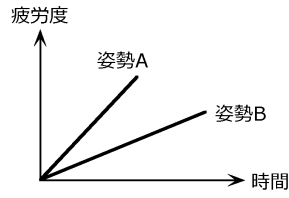
40

50

【図4B】

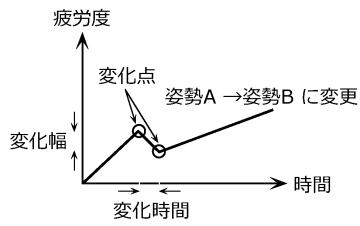


【図5A】

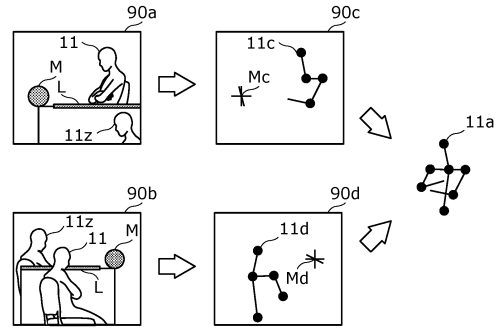


10

【図5B】

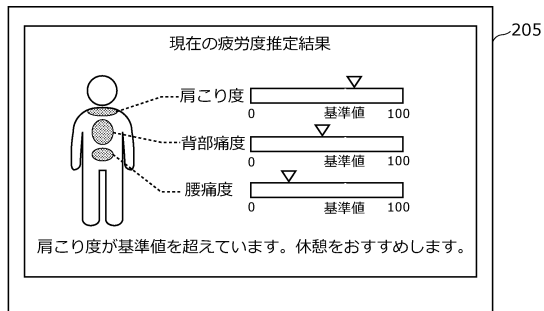


【図6】



20

【図7】



30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 国際公開第2021/112096(WO, A1)  
中国特許出願公開第107577451(CN, A)  
特開2007-310707(JP, A)  
韓国公開特許第10-2018-0094253(KR, A)  
米国特許出願公開第2021/0104069(US, A1)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)  
A61B 5/16  
A61B 5/107