

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局

(43) 国際公開日  
2023年9月7日(07.09.2023)



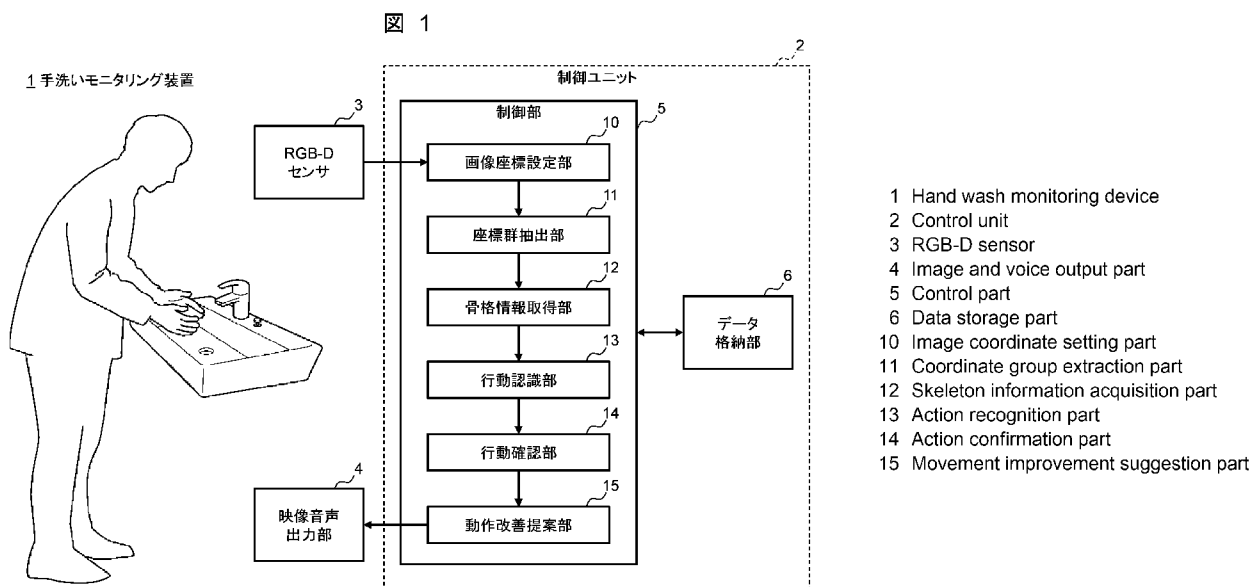
(10) 国際公開番号

WO 2023/166842 A1

- (51) 国際特許分類:  
G06T 7/00 (2017.01) A61B 5/11 (2006.01)  
G06T 7/20 (2017.01) H04N 7/18 (2006.01)  
G06T 7/70 (2017.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/048535
- (22) 国際出願日: 2022年12月28日(28.12.2022)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願 2022-032936 2022年3月3日(03.03.2022) JP  
特願 2022-170809 2022年10月25日(25.10.2022) JP
- (71) 出願人: C Y B E R D Y N E 株式会社 (CYBERDYNE INC.) [JP/JP]; 〒3050818 茨城県つくば市学園南二丁目2番地1 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 山海 嘉之 (SANKAI, Yoshiyuki); 〒3050818 茨城県つくば市学園南二丁目2番地1 C Y B E R D Y N E 株式会社内 Ibaraki (JP). 大日方 太一 (OBINATA, Taichi); 〒3058577 茨城県つくば市天王台1-1-1 国立大学法人筑波大学内 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 弁理士法人サンネクスト国際特許事務所(SUNNEXT INTERNATIONAL PATENT OFFICE); 〒1400002 東京都品川区東品川二丁目3番12号 シーフォートスクエア センタービルディング16階 Tokyo (JP).

(54) Title: MANUAL WORK MONITORING DEVICE AND MANUAL WORK MONITORING METHOD

(54) 発明の名称: 手作業モニタリング装置および手作業モニタリング方法



(57) Abstract: The present invention comprises: an action recognition part that recognizes a manual work action, which is a series of a plurality of local movements from a transition state in a subject person's posture, such recognition being on the basis of three-dimensional skeleton information sequentially acquired by a skeleton information acquisition part; an action confirmation part that confirms the manual work action recognized by the action recognition part, while determining whether the recognition precision for each local movement is below a prescribed threshold; and a movement improvement suggestion part that feeds back to the subject person a suggestion, with respect to a local movement included in the manual work action for which the recognition precision was below the threshold, for prompting improvement of said local movement, on the basis of results of the confirmation by the action confirmation part.

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類 :

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約 : 骨格情報取得部により順次取得される3次元骨格情報に基づいて、対象者の姿勢の遷移状態から複数の局所動作の繋がりにある手作業行動を認識する行動認識部と、行動認識部により認識した手作業行動について、局所動作ごとに認識精度が所定の閾値未満か否かを判断しながら手作業行動を確認する行動確認部と、行動確認部による確認結果に基づいて、対象者に手作業行動のうち認識精度が閾値未満であった局所動作について、当該局所動作の改善を促すための提案をフィードバックする動作改善提案部とを備える。

## 明 細 書

発明の名称：

### 手作業モニタリング装置および手作業モニタリング方法

#### 技術分野

[0001] 本発明は、手作業モニタリング装置および手作業モニタリング方法に関し、例えば、高齢者や要介護者に対して適切な手洗い行動の改善を促すための手作業モニタリング装置および手作業モニタリング方法を提案しようとするものである。

#### 背景技術

[0002] 高齢者や要介護者は、免疫力や認知機能、身体機能が低下しているため、重篤な傷害や疾病のリスクが高いと言われている。長期的なケアを必要とする人々の健康と安全を確保するために、長期ケア施設や老人ホームでは、怪我や病気のリスクを予防・軽減するための活動が日常的に行われている。これらの活動には、転倒の監視、食事中の姿勢、口腔ケア、手洗い、消毒、換気などが含まれる。

[0003] 特に、手洗いおよび手指消毒は、感染対策の基本であり、介護者と要介護者の双方が行うべきものである。しかし、日本の介護施設では、介護者の手洗いを定期的にチェックしている割合は50%と報告されており、手指衛生の習慣化に向けた取り組みが必要とされている。

[0004] また、介護者は予期せぬ出来事により、手洗いの手順を間違えたり、忘れてたりすることがある。さらに、要介護者が認知機能の低下により、適切な手洗いができなくなることも想定される。この場合、介護者は要介護者に寄り添い、きちんと手を洗っているかどうかを見守らなければならないが、実際には介護者の負担を考えると困難である。

[0005] 従来から、手洗い作業に関して手洗い順序の模範動作を作業者に励行させる手洗い補助システムが提案されている（特許文献1参照）。この手洗い補助システムは、手洗い作業中の作業者の手指を撮像して得られる手指画像と

、作業者が行っている手洗い手順の模範動作を表す模範手洗い画像とを表示部の同一画面上に表示させるようになされている。

[0006] この手洗い補助システムは、手指画像から認識した作業者の手指の動作が、模範手洗い画像が表す模範動作と合致するための合致条件を満たしているか否かを判断し、当該判断の結果を同一画面上に表示させるとともに、作業者の手指の動作が当該合致条件を満たす動作となるように指図する指図情報を表示させるようになされている。

[0007] また、心理的負担なしに手洗いまたは消毒動作を自己認識し、モチベーションの向上を図る手洗い評価システムも提案されている（特許文献2参照）。この手洗い評価システムは、上述の特許文献1と同様に、利用者の手洗い動作と手本動作とを画面表示するとともに、利用者の撮像情報から動作解析してその動作を評価するようになされている。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0008] 特許文献1：特開2019-219554号公報

特許文献2：特開2020-19356号公報

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0009] ところで、要介護者とその介護者の手洗い行動を毎日監視し、正しく洗えているかどうかを確認し、必要に応じて手洗い行動の改善を促すことができるシステムがあれば、病気の予防やリスクの軽減が期待できる。

[0010] しかし、特許文献1の手洗い補助システムや特許文献2の手洗い評価システムでは、映像表示される模範動作や手本動作に対して、自己の手洗い動作の撮影内容との合致性から手洗い行動を評価するものであるため、大雑把な手洗い動作しか認識することができないという問題がある。例えば、手洗い動作のうち「指先をこする」、「指の間をこする」といった指先の詳細な動作を認識できないため、正しく手を洗っているかどうかを判断することは困

難である。

[0011] また近年では、非接触方式として人間の3次元骨格情報に基づく行動分類の研究が進んでいるが、全身および手指の3次元骨格情報を同時に非接触で計測することは困難であり、手指の情報を除いた全身の骨格情報に基づく行動分類しか実現できていないのが現状である。

[0012] このように現状における非接触方式による手洗い行動の評価方法では、指先の動きを含めた詳細なアクションを認識することは困難であった。

[0013] 本発明は以上の点を考慮してなされたもので、対象者の心身に負担をかけることなく、手作業行動をモニタリングしながら行動改善を促すことが可能な手作業モニタリング装置および手作業モニタリング方法を提案しようとするものである。

### 課題を解決するための手段

[0014] かかる課題を解決するため本発明の手作業モニタリング装置においては、対象者の両手指を含む上半身を撮像して、RGB画像および深度画像を順次取得する撮像部と、撮像部から順次取得したRGB画像に基づいて、対象者の上半身の姿勢を推定しながら、対象者の両手指を中心に上半身に付した複数の骨格代表点を画像座標として設定する画像座標設定部と、画像座標設定部により設定した画像座標群の中から、対象者の姿勢の遷移状態に基づき対象者の手作業行動に関連する画像座標群を順次抽出する座標群抽出部と、座標群抽出部により順次抽出した画像座標群と、撮像部から順次取得した深度画像とを時間同期させるようにして、対象者の両手指を中心に時間的に連続する3次元骨格情報を取得する骨格情報取得部と、骨格情報取得部により順次取得される3次元骨格情報に基づいて、対象者の姿勢の遷移状態から複数の局所動作の繋がりである手作業行動を認識する行動認識部と、行動認識部により認識した手作業行動について、局所動作ごとに認識精度が所定の閾値未満か否かを判断しながら手作業行動を確認する行動確認部と、行動確認部による確認結果に基づいて、対象者に手作業行動のうち認識精度が閾値未満であった局所動作について、当該局所動作の改善を促すための提案をフィー

ドバックする動作改善提案部とを備えるようにした。

- [0015] この結果、手作業モニタリング装置では、対象者の指先を中心とした手作業行動を局所動作ごとに非接触で認識しながら、必要に応じて改善を促すための提案をフィードバックすることができ、対象者の心身に負担をかけることなく、日常的にモニタリングすることができる。
- [0016] また本発明においては、画像座標設定部は、対象者の左右いずれかの肩部を座標原点、当該座標原点を基準に、左右の肩部を結ぶ線方向をX軸、当該X軸に対する鉛直方向をZ軸とする2次元座標系において画像座標群を設定し、骨格情報取得部は、撮像部から順次取得した深度画像における深度方向をY軸として、座標群抽出部により順次抽出した画像座標群の2次元座標系と併せて3次元座標系を構成して、3次元骨格情報を取得するようにした。
- [0017] この結果、手作業モニタリング装置では、対象者の手指を中心とする上半身について、3次元空間の位置と撮像画像の位置との関係を明確にして、撮像部による撮像位置にかかわらず、高いロバスト性を維持しながら3次元骨格情報を取得することが可能となる。
- [0018] さらに本発明においては、行動認識部は、局所動作ごとに設定される動作認識パターンを教師データとして、深層学習によって構築された手作業動作認識モデルを参照しながら、骨格情報取得部により順次取得される3次元骨格情報から、該当する局所動作を順次認識するようにした。
- [0019] この結果、手作業モニタリング装置では、3次元骨格情報に基づく局所動作の認識精度および認識速度を格段と向上させることができる。
- [0020] さらに本発明においては、行動確認部は、局所動作ごとに動作時間の欠落を判断するための閾値を設定しておき、当該局所動作ごとに対応する閾値未滿に動作終了したか否かを判断し、当該閾値未滿に動作終了した局所動作を誤認識として確認し、動作改善提案部は、行動確認部により誤認識として確認された局所動作について、当該局所動作の改善を促すための提案をフィードバックするようにした。
- [0021] この結果、手作業モニタリング装置では、対象者の手作業行動を構成する

複数の局所動作について、誤認識か否かを比較的高い精度で判断することができる。

[0022] さらに本発明においては、動作改善提案部は、行動認識部により3次元骨格情報の欠落により手作業行動のうち認識できなかった局所動作について、当該局所動作の認識不可の旨をフィードバックするようにした。

[0023] この結果、手作業モニタリング装置では、対象者の両手が近づいている場合や両手の指先が重なっている場合などのような、3次元骨格情報の欠落により認識できなかった局所動作についても、対象者にその旨をフィードバックするようにして、どのような状況で認識不可となるかを伝達することができる。

[0024] さらに本発明の手作業モニタリング方法においては、対象者の両手指を含む上半身を撮像して、RGB画像および深度画像を順次取得する第1ステップと、第1ステップから順次取得したRGB画像に基づいて、対象者の上半身の姿勢を推定しながら、対象者の両手指を中心に上半身に付した複数の骨格代表点を画像座標として設定する第2ステップと、第2ステップにより設定した画像座標群の中から、対象者の姿勢の遷移状態に基づき対象者の手作業行動に関連する画像座標群を順次抽出する第3ステップと、第3ステップにより順次抽出した画像座標群と、第1ステップから順次取得した深度画像とを時間同期させるようにして、対象者の両手指を中心に時間的に連続する3次元骨格情報を取得する第4ステップと、第4ステップにより順次取得される3次元骨格情報に基づいて、対象者の姿勢の遷移状態から複数の局所動作の繋がりである手作業行動を認識する第5ステップと、第5ステップにより認識した手作業行動について、局所動作ごとに認識精度が所定の閾値未満か否かを判断しながら手作業行動を確認する第6ステップと、第6ステップによる確認結果に基づいて、対象者に手作業行動のうち認識精度が閾値未満であった局所動作について、当該局所動作の改善を促すための提案をフィードバックする第7ステップとを備えるようにした。

[0025] この結果、手作業モニタリング方法では、対象者の指先を中心とした手作

業行動を局所動作ごとに非接触で認識しながら、必要に応じて改善を促すための提案をフィードバックすることができ、対象者の心身に負担をかけることなく、日常的にモニタリングすることができる。

### 発明の効果

[0026] 本発明によれば、対象者の心身に負担をかけることなく、手作業行動をモニタリングしながら行動改善を促すことが可能な手作業モニタリング装置および手作業モニタリング方法を実現できる。

### 図面の簡単な説明

[0027] [図1]本実施形態に係る手洗いモニタリング装置の説明に供する概念図である。

[図2]図1に示す手洗いモニタリング装置による3次元骨格情報の取得手順を示す略線図である。

[図3]手洗い行動を構成する複数の局所動作の説明に供する概念図である。

[図4]手洗い行動認識モデルの構築の説明に供する概念図である。

[図5]手洗い行動における各局所動作の認識率を表す図表である。

[図6]手洗い行動を構成する一連の局所動作の認識結果の一例を表すグラフである。

[図7]対象者が行っていない局所動作について誤認識したフレーム数を表す図表である。

[図8]手洗いモニタリング装置による手洗い行動の認識結果を示すグラフである。

[図9]手洗いモニタリング装置による手洗い行動の認識結果を示すグラフである。

[図10]手洗いモニタリング装置による手洗い行動の認識結果を示すグラフである。

### 発明を実施するための形態

[0028] 以下図面について、本発明の一実施の形態を詳述する。

[0029] (1) 本実施の形態による手洗いモニタリング装置の構成



図1は本実施の形態による手洗いモニタリング装置1の全体構成を示す。この手洗いモニタリング装置1は、対象者の自宅内の手洗い設備に配置され、装置全体の制御を司る制御ユニット2と、当該制御ユニット2に接続されたRGB-Dセンサ（撮像部）3および映像音声出力部4とから構成されている。

[0030] RGB-Dセンサ3は、RGBカラーカメラ機能に加えて、当該カメラから見た対象物までの距離を計測できる深度センサを有し、対象物の3次元スキャンを行うことができる。RGB-Dセンサ3としては、例えばReal Sense（米マイクロソフト社の商標名）のLiDARカメラL515を適用した場合、深度センサは、LiDARセンサからなり、レーザ光を照射して物体に当たって跳ね返ってくるまでの時間を計測し、当該物体までの距離や方向を計測する。

[0031] なお、このRGB-Dセンサ3におけるRGBカメラの解像度は640ピクセル×360ピクセル、フレームレートは30 [fps]、深度センサの解像度は1024ピクセル×768ピクセル、フレームレートは30 [fps]である。

[0032] 実際にRGB-Dセンサ3は、手洗い設備における対象者の立ち位置および水道の蛇口を基準として、当該対象者の両手指を含む上半身を撮像するように配置されており、撮像結果としてのRGB画像および深度画像を順次取得する。

[0033] 制御ユニット2は、システム全体を統括制御するCPU（Central Processing Unit）からなる制御部5と、当該制御部5の指令に応じて各種データが読書き可能にデータベース化されているデータ格納部6とを有する。

[0034] 映像音声出力部4は、モニタおよびスピーカを有し、制御部5による制御に応じてデータ格納部6から読み出した必要な映像をモニタに表示するとともに、必要な音声をスピーカから出力する。

[0035] 制御部5は、画像座標設定部10、座標群抽出部11、骨格情報取得部12、行動認識部13、行動確認部14および動作改善提案部15から構成されている。画像座標設定部10は、RGB-Dセンサ3から順次取得したR

G B画像に基づいて、対象者の上半身の姿勢を推定しながら、対象者の両手指を中心に上半身に付した複数の骨格代表点を画像座標として設定する。

[0036] 具体的に画像座標設定部10は、対象者の左右いずれかの肩部を座標原点、当該座標原点を基準に、左右の肩部を結ぶ線方向をX軸、当該X軸に対する鉛直方向をZ軸とする2次元座標系において画像座標群を設定する。すなわち、座標原点を右肩部または左肩部に移動させ、左右の肩部を結ぶ線と一致するようにXZ平面を回転させる。この結果、RGB-Dセンサ3の位置によらずにロバスト性を高めて動作認識することが可能となる。

[0037] 座標群抽出部11は、画像座標設定部10により設定した画像座標群の中から、対象者の姿勢の遷移状態に基づき対象者の手洗い行動に関連する画像座標群を順次抽出する。実際に座標群抽出部11は、対象者の衣服や周囲の環境が変化することも想定して、手洗い行動の中から上半身の要所を抽出対象とする必要がある。

[0038] そこで座標群抽出部11は、学習済みモデルを用いた軽量なOpenPoseアーキテクチャ（人物の骨格を深層学習で推定するシステム）を採用して、両手指の姿勢推定および当該両手指の骨格代表点の画像座標を得るようにした。この結果、座標群抽出部11は、対象者の上半身の胴体18点、両手指42点（片手指21点）の合計60点の骨格代表点を画像座標群として順次抽出する。なお、OpenPoseアーキテクチャの6つのステージのうち、ステージ1および2のみを使用することにより、演算量を32.4 [%]削減することができる。

[0039] 骨格情報取得部12は、座標群抽出部11により順次抽出した画像座標群と、RGB-Dセンサ3から順次取得した深度画像とを時間同期させるようにして、対象者の両手指を中心に時間的に連続する3次元骨格情報を取得する。

[0040] 具体的に骨格情報取得部12は、RGB-Dセンサ3から順次取得した深度画像における深度方向をY軸として、座標群抽出部11により順次抽出した画像座標群の2次元座標系と併せて3次元座標系を構成して、3次元骨格

情報を取得する。

[0041] 2次元座標系の画像座標系から3次元座標系のワールド座標系への変換式は、次式(1)のように表される。

[数1]

$$X_w = R^{-1} \left( Z_c K^{-1} \begin{bmatrix} x_i \\ 1 \end{bmatrix} - t \right) \quad \dots (1)$$

ここで、 $X_w = {}^t [X_w, Y_w, Z_w]$  は、ワールド座標系における座標を示し、 $x_i = {}^t [x_i, y_i]$  は、画像座標系における座標を示す。K (3×3行列) は撮像素子の固有パラメータ、R (3×3行列) は画像座標系への座標変換を行う回転行列、t (3×1ベクトル) は並進ベクトル、 $Z_c$  は画像座標系における2次元座標に対応する深度情報を表す。

[0042] このK、R、tはZhang氏の手法("A flexible new technique for camera calibration". IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 22(11):1330-1334, 2000.)を用いたカメラキャリブレーションにより算出した。Kを算出するためのキャリブレーションには、円形のドットが格子状に印刷されたキャリブレーションボードを用いた。校正版の各ドットの中心座標は1,000分の1まで校正した。

[0043] この結果、図2に示すように、手洗いモニタリング装置1では、対象者の手指を中心とする上半身について、3次元空間の位置と撮像画像の位置との関係を明確にして、RGB-Dセンサ3による撮像位置にかかわらず、高いロバスト性を維持しながら3次元骨格情報を取得することが可能となる。

[0044] 行動認識部13は、骨格情報取得部12により順次取得される3次元骨格情報に基づいて、対象者の姿勢の遷移状態から複数の局所動作の繋がりにあたる手洗い行動を認識する。

[0045] 手洗い行動は、日本の厚生労働省が推奨する手洗い行為を参考にした。手洗い行動の適切な手順は以下のとおりである。「流水で手を濡らす」、「石鹸をつける」、「手のひらをよくこする」、「手の甲を上下にこする」、「

指先と爪をこする」、「指の間を洗う」、「親指を手のひらでねじって洗う」、「手首を洗う」、「流水で手を濡らす」の9つの手順が推奨されている。

- [0046] このことから、手洗い行動として、図3に示すように、以下の(A)から(H)までの8種類の局所動作を定義した。(A)手を濡らす(Wet hands)、(B)石鹸をつける(Apply soap)、(C)手のひらをこする(Rub to palm)、(D)両手の甲をこする(Rub back of each hand)、(E)指先をこする(Rub fingers)、(F)両指の間をこする(Rub between each finger)、(G)親指をこする(Rub thumb)、(H)手首をこする(Rub wrist)、の8種類の局所動作である。
- [0047] 行動認識部13は、局所動作ごとに設定される動作認識パターンを教師データとして、深層学習によって構築された手洗い動作認識モデルを参照しながら、骨格情報取得部12により順次取得される3次元骨格情報から、該当する局所動作を順次認識する。
- [0048] 具体的に行動認識部13は、上述の8種類の局所動作を認識するために、図4に示すような畳み込みニューラルネットワーク(CNN)層、バッチ正規化層(Batch Norm)および活性化関数層(tanh関数)の3つのモジュールと完全連結層とからなる手洗い行動認識モデルを適用する。
- [0049] 手洗い行動認識モデルでは、現在のフレームとその2つ前のフレームの骨格情報を入力して、手洗い行動に関する8種類の局所動作とその他(手洗い以外の動作)とを含む9種類の動作についてそれぞれ尤度を求めることが可能となる。
- [0050] さらに行動認識部13は、認識結果として、15フレーム(現在のフレームとその前の14フレーム)で観測された動作のうち、最も頻度の高い動作を現在の局所動作として後処理する。このように行動認識部13は、独自のデータセットを用いて、教師あり学習によって手洗行動認識モデルを学習した。最適化にはクロスエントロピー損失関数と学習率0.001のAdam(adaptive movement estimation)を用いた。

- [0051] この結果、手洗いモニタリング装置 1 では、3次元骨格情報に基づく局所動作の認識精度および認識速度を格段と向上させることができる。
- [0052] 行動確認部 14 は、行動認識部 13 により認識した手洗い行動について、局所動作ごとに認識精度が所定の閾値未満か否かを判断しながら手洗い行動を確認する。
- [0053] 実際に手洗いモニタリング装置 1 を用いて実験した結果、手洗い行動における各局所動作 (Action) の認識率 (Accuracy) は、図 5 の表のように表される。「手を濡らす (Wet hands)」は 97.5 [%]、「石鹸をつける (Apply soap)」は 95.9 [%]、「手のひらをこする (Rub palm to palm)」は 98.7 [%]、「両手の甲をこする (Rub back to palm)」は 67.0 [%]、「指先をこする (Rub fingertips)」は 94.0 [%]、「両指の間をこする (Rub between each finger)」は 97.2 [%]、「親指をこする (Rub thumb)」は 91.9 [%]、「手首をこする (Rub wrist)」は 94.1 [%]、「その他 (else)」は 90.6 [%] であった。全ての局所動作の平均認識率は 91.1 [%] であった。局所動作のうち「両手の甲をこする」以外の認識率は 90.0 [%] 以上であることが確認できた。
- [0054] この手洗いモニタリング装置 1 を用いて、手洗い行動を構成する一連の局所動作の認識結果の一例を図 6 に示す。この図 5 では、横軸を時間軸として縦軸に一連の局所動作を配列した。破線は、教師データとなるアノテーション・ラベル (Annotation Label) を示し、実線は、手洗モニタリング装置 1 による動作認識結果 (System recognition) を示す。
- [0055] 実験によれば、手洗モニタリング装置 1 による一連の局所動作の認識結果は、段階的にずれていった。その結果、「両手の甲をこする」という動作では誤認識が 3 回、「両指の間をこする」という動作では誤認識が 2 回、「手首をこする」という動作では誤認識が 1 回、「指先をこする」、「手首をこする」という動作ではそれぞれ誤認識が 1 回であった。
- [0056] このように手洗モニタリング装置 1 による一連の局所動作のうち「両手の甲をこする」動作の認識率が 67.0 [%] と他の局所動作の認識率に比べて低

かったが、「両手の甲をこする」動作が、手洗い行動の中では「両手の指の間をこする」動作と類似していることが原因と考えられる。

[0057] 特に局所動作の切替え時や左手と右手の移行時に、局所動作の分類を正しく判断することが困難であるため、どの局所動作にも属さない「その他 (else)」としてアノテーションすることにより、局所動作の認識精度を向上させることが可能となる。

[0058] 動作改善提案部 15 は、行動確認部 14 による確認結果に基づいて、対象者に手洗い行動のうち認識精度が閾値未満であった局所動作について、当該局所動作の改善を促すための提案をフィードバックする。

[0059] このフィードバック手段としての映像音声出力部 4 は、動作改善提案部 15 により対象となった局所動作の改善を促す映像をモニタの表示画面に出力するとともに、当該局所動作の改善を促す音声をスピーカから出力する。

[0060] 以上の構成において、手洗いモニタリング装置 1 では、対象者の指先を中心とした手洗い行動を局所動作ごとに非接触で認識しながら、必要に応じて改善を促すための提案をフィードバックすることができ、対象者の心身に負担をかけることなく、日常的にモニタリングすることができる。

[0061] (2) 他の実施の形態

なお上述のように本実施の形態においては、行動確認部 14 は、行動認識部 13 により認識した手洗い行動について、局所動作ごとに認識精度が所定の閾値未満か否かを判断しながら手洗い行動を確認するようにした場合について述べたが、本発明はこれに限らず、局所動作ごとに動作時間の欠落を判断するための閾値を設定しておき、当該局所動作ごとに対応する閾値未満に動作終了したか否かを判断し、当該閾値未満に動作終了した局所動作を誤認識として確認するようにしてもよい。

[0062] そして動作改善提案部 15 は、行動確認部 14 により誤認識として確認された局所動作について、当該局所動作の改善を促すための提案をフィードバックする。この結果、手洗いモニタリング装置 1 では、対象者の手洗い行動を構成する複数の局所動作について、誤認識か否かを比較的高い精度で判断

することができる。

- [0063] この前提として、実際に手洗いモニタリング装置1による手洗い行動のエラー検出実験を5回試行した。図7に示すように、対象者が行っていない局所動作 (Actions NOT performed) について、本装置が誤認識したフレーム数 (Frames) を示す。5回の試行結果によれば、試行1 (Trial1)、試行4 (Trial4) では、対象者が行っていない局所動作を誤認識しなかったが、試行2 (Trial2)、試行3 (Trial3) および試行5 (Trial5) において、対象者が行っていない局所動作に誤認識が発生したことが確認された。
- [0064] 試行2では、対象者が行っていない「両指の間をこする (Rub between each finger)」動作に対して92フレームの誤認識が発生した。試行3では、「親指をこする (Rub thumb)」動作に対して6フレームの誤認識が発生した。試行5では、「両指の間をこする (Rub between each finger)」動作に対して24フレームの誤認識が発生した。誤認識が発生した試行2、3および5について、手洗いモニタリング装置1による手洗い行動の認識結果をそれぞれ図8、図9および図10に示す。
- [0065] このように試行2、3および5において、対象者が行っていない局所動作を誤認識したが、本実施の形態による手洗いモニタリング装置1の手洗行動認識モデルの分類精度に限界があったことが原因と考えられる。このエラー検出実験において最も誤認識が多かった試行2の92フレームの誤認識は、3.0秒と各局所動作の必要時間よりも短かった。
- [0066] このため上述のように局所動作ごとに動作時間の欠落を判断するための閾値を設定しておき、当該局所動作ごとに対応する閾値未満に動作終了したか否かを判断すれば、当該閾値未満に動作終了した局所動作を誤認識 (動作の欠落) として確認することができ、適切な指示や提案を出すことが可能となる。
- [0067] また本実施の形態においては、動作改善提案部15は、行動確認部14による確認結果に基づいて、対象者に手洗い行動のうち認識精度が閾値未満であった局所動作について、当該局所動作の改善を促すための提案をフィード

バックするようにして場合について述べたが、本発明はこれに限らず、行動認識部13により3次元骨格情報の欠落により手洗い行動のうち認識できなかった局所動作について、当該局所動作の認識不可の旨をフィードバックするようにした。

[0068] この結果、手洗いモニタリング装置1では、対象者の両手が近づいている場合や両手の指先が重なっている場合などのような、3次元骨格情報の欠落により認識できなかった局所動作についても、対象者にその旨をフィードバックするようにして、どのような状況で認識不可となるかを伝達することができる。

[0069] さらに本実施の形態においては、手作業モニタリング装置として、手洗いモニタリング装置を適用するようにした場合について述べたが、対象者の心身に負担をかけることなく、手作業行動をモニタリングしながら行動改善を促すことが可能であれば、種々の手作業モニタリング装置に広く適用することができる。

[0070] 例えば、本願発明者による特登7157424号公報に記載されたインタラクティブ情報伝達システムを、本発明による手作業モニタリング装置に適用することが可能である。このインタラクティブ情報伝達システムは、熟練者と協働者がネットワークを介して相互に情報授受しながら、熟練者が特定の作業に関して自己の技能を協働者に対して指導するものである。

[0071] 実際にこのインタラクティブ情報伝達システムにおいて、熟練者は、協働者が扱う対象物を中心とする映像と同一の映像を目視しながら、自己の視線先の位置をリアルタイムで協働者に伝達すると同時に、自己の指先の3次元方向の動きをリアルタイムで協働者の各指に力覚として伝達させるように指導しながら、当該伝達結果を熟練者にフィードバックする。この結果、協働者は、自分の作業を行う際に、遠隔地にいる熟練者と臨場感を共有しながら、当該熟練者の暗黙知である手技を間接的にリアルタイムで指導を受けることができる。さらに熟練者は協働者への力覚伝達結果をフィードバック的に感知することにより、自己の指導内容と協働者の応答内容とのギャップをリ



リアルタイムで感知することができる。

[0072] 手作業モニタリング装置は、インタラクティブ情報伝達システムにおける熟練者の指先を中心とした手作業行動を基準（教師データ）として、協働者の指先を中心とした手作業行動を局所動作ごとに非接触で認識しながら、必要に応じて改善を促すための提案をフィードバックする。この結果、協働者の心身に負担をかけることなく、日常的にモニタリングすることが可能な手作業モニタリング装置を実現できる。

[0073] また、本願発明者による特登6763968号公報に記載された上肢動作支援装置を、本発明による手作業モニタリング装置に適用することが可能である。この上肢動作支援装置は、卓上に載置したロボットアームを操作者の手に協調させながら動作可能にするものである。

[0074] 実際にこの上肢動作支援装置において、制御部は、上肢動作認識部による認識内容を参照するとともに、所望の切替タイミングで撮像部が操作者の顔と当該操作者の視線の延長先とを交互に撮像するようにロボットアーム（多関節アームおよびエンドエフェクタ）を適宜制御しながら、操作者の上肢動作に連動してロボットアームを協調動作させる。この結果、上肢動作支援装置は、操作者の視線の延長先にある対象物をリアルタイムで認識しながら、操作者の意思に従うとともに当該操作者の手と協調して多関節アームおよびエンドエフェクタを動作させることができる。

[0075] 手作業モニタリング装置は、上肢動作支援装置における操作者の上肢動作としての手作業行動を基準（教師データ）として、ロボットアームの指先（エンドエフェクタ）を中心とした手作業行動を局所動作ごとに非接触で認識しながら、必要に応じて改善を促すための提案をフィードバックする。この結果、ロボットアームの協調動作を日常的にモニタリングすることが可能な手作業モニタリング装置を実現できる。

## 符号の説明

[0076] 1…手洗いモニタリング装置、2…制御ユニット、3…RGB-Dセンサ（撮像部）、4…映像音声出力部、5…制御部、6…データ格納部、10…

画像座標設定部、1 1 …座標群抽出部、1 2 …骨格情報取得部、1 3 …行動認識部、1 4 …行動確認部、1 5 …動作改善提案部。

## 請求の範囲

- [請求項1] 対象者の両手指を含む上半身を撮像して、RGB画像および深度画像を順次取得する撮像部と、
- 前記撮像部から順次取得した前記RGB画像に基づいて、前記対象者の上半身の姿勢を推定しながら、前記対象者の両手指を中心に上半身に付した複数の骨格代表点を画像座標として設定する画像座標設定部と、
- 前記画像座標設定部により設定した前記画像座標群の中から、前記対象者の姿勢の遷移状態に基づき前記対象者の手作業行動に関連する画像座標群を順次抽出する座標群抽出部と、
- 前記座標群抽出部により順次抽出した前記画像座標群と、前記撮像部から順次取得した前記深度画像とを時間同期させるようにして、前記対象者の両手指を中心に時間的に連続する3次元骨格情報を取得する骨格情報取得部と、
- 前記骨格情報取得部により順次取得される前記3次元骨格情報に基づいて、前記対象者の姿勢の遷移状態から複数の局所動作の繋がりである手作業行動を認識する行動認識部と、
- 前記行動認識部により認識した前記手作業行動について、前記局所動作ごとに認識精度が所定の閾値未満か否かを判断しながら前記手作業行動を確認する行動確認部と、
- 前記行動確認部による確認結果に基づいて、前記対象者に前記手作業行動のうち認識精度が前記閾値未満であった前記局所動作について、当該局所動作の改善を促すための提案をフィードバックする動作改善提案部と
- を備えることを特徴とする手作業モニタリング装置。
- [請求項2] 前記画像座標設定部は、前記対象者の左右いずれかの肩部を座標原点、当該座標原点を基準に、左右の前記肩部を結ぶ線方向をX軸、当該X軸に対する鉛直方向をZ軸とする2次元座標系において前記画像

座標群を設定し、

前記骨格情報取得部は、前記撮像部から順次取得した前記深度画像における深度方向をY軸として、前記座標群抽出部により順次抽出した前記画像座標群の2次元座標系と併せて3次元座標系を構成して、前記3次元骨格情報を取得する

ことを特徴とする請求項1に記載の手作業モニタリング装置。

[請求項3]

前記行動認識部は、前記局所動作ごとに設定される動作認識パターンを教師データとして、深層学習によって構築された手作業動作認識モデルを参照しながら、前記骨格情報取得部により順次取得される前記3次元骨格情報から、該当する前記局所動作を順次認識する

ことを特徴とする請求項1または2に記載の手作業モニタリング装置。

[請求項4]

前記行動確認部は、前記局所動作ごとに動作時間の欠落を判断するための閾値を設定しておき、当該局所動作ごとに対応する前記閾値未満に動作終了したか否かを判断し、当該閾値未満に動作終了した前記局所動作を誤認識として確認し、

前記動作改善提案部は、前記行動確認部により誤認識として確認された前記局所動作について、当該局所動作の改善を促すための提案をフィードバックする

ことを特徴とする請求項1から3までのいずれか一項に記載の手作業モニタリング装置。

[請求項5]

前記動作改善提案部は、前記行動認識部により前記3次元骨格情報の欠落により前記手作業行動のうち認識できなかった前記局所動作について、当該局所動作の認識不可の旨をフィードバックする

ことを特徴とする請求項1から4までのいずれか一項に記載の手作業モニタリング装置。

[請求項6]

対象者の両手指を含む上半身を撮像して、RGB画像および深度画像を順次取得する第1ステップと、

前記第1ステップから順次取得した前記RGB画像に基づいて、前記対象者の上半身の姿勢を推定しながら、前記対象者の両手指を中心に上半身に付した複数の骨格代表点を画像座標として設定する第2ステップと、

前記第2ステップにより設定した前記画像座標群の中から、前記対象者の姿勢の遷移状態に基づき前記対象者の手作業行動に関連する画像座標群を順次抽出する第3ステップと、

前記第3ステップにより順次抽出した前記画像座標群と、前記第1ステップから順次取得した前記深度画像とを時間同期させるようにして、前記対象者の両手指を中心に時間的に連続する3次元骨格情報を取得する第4ステップと、

前記第4ステップにより順次取得される前記3次元骨格情報に基づいて、前記対象者の姿勢の遷移状態から複数の局所動作の繋がりにあたる手作業行動を認識する第5ステップと、

前記第5ステップにより認識した前記手作業行動について、前記局所動作ごとに認識精度が所定の閾値未満か否かを判断しながら前記手作業行動を確認する第6ステップと、

前記第6ステップによる確認結果に基づいて、前記対象者に前記手作業行動のうち認識精度が前記閾値未満であった前記局所動作について、当該局所動作の改善を促すための提案をフィードバックする第7ステップと

を備えることを特徴とする手作業モニタリング方法。

[請求項7]

前記第2ステップは、前記対象者の左右いずれかの肩部を座標原点、当該座標原点を基準に、左右の前記肩部を結ぶ線方向をX軸、当該X軸に対する鉛直方向をZ軸とする2次元座標系において前記画像座標群を設定し、

前記第4ステップは、前記第1ステップから順次取得した前記深度画像における深度方向をY軸として、前記第3ステップにより順次抽

出した前記画像座標群の2次元座標系と併せて3次元座標系を構成して、前記3次元骨格情報を取得する

ことを特徴とする請求項6に記載の手作業モニタリング方法。

[請求項8]

前記第5ステップは、前記局所動作ごとに設定される動作認識パターンを教師データとして、深層学習によって構築された手作業動作認識モデルを参照しながら、前記第5ステップにより順次取得される前記3次元骨格情報から、該当する前記局所動作を順次認識する

ことを特徴とする請求項6または7に記載の手作業モニタリング方法。

[請求項9]

前記第6ステップは、前記局所動作ごとに動作時間の欠落を判断するための閾値を設定しておき、当該局所動作ごとに対応する前記閾値未満に動作終了したか否かを判断し、当該閾値未満に動作終了した前記局所動作を誤認識として確認し、

前記第7ステップは、前記第6ステップにより誤認識として確認された前記局所動作について、当該局所動作の認識不可の旨をフィードバックする

ことを特徴とする請求項6から8までのいずれか一項に記載の手作業モニタリング方法。

[請求項10]

前記第7ステップは、前記第5ステップにより前記3次元骨格情報の欠落により前記手作業行動のうち認識できなかった前記局所動作について、当該局所動作の改善を促すための提案をフィードバックする

ことを特徴とする請求項6から9までのいずれか一項に記載の手作業モニタリング方法。

[図1]

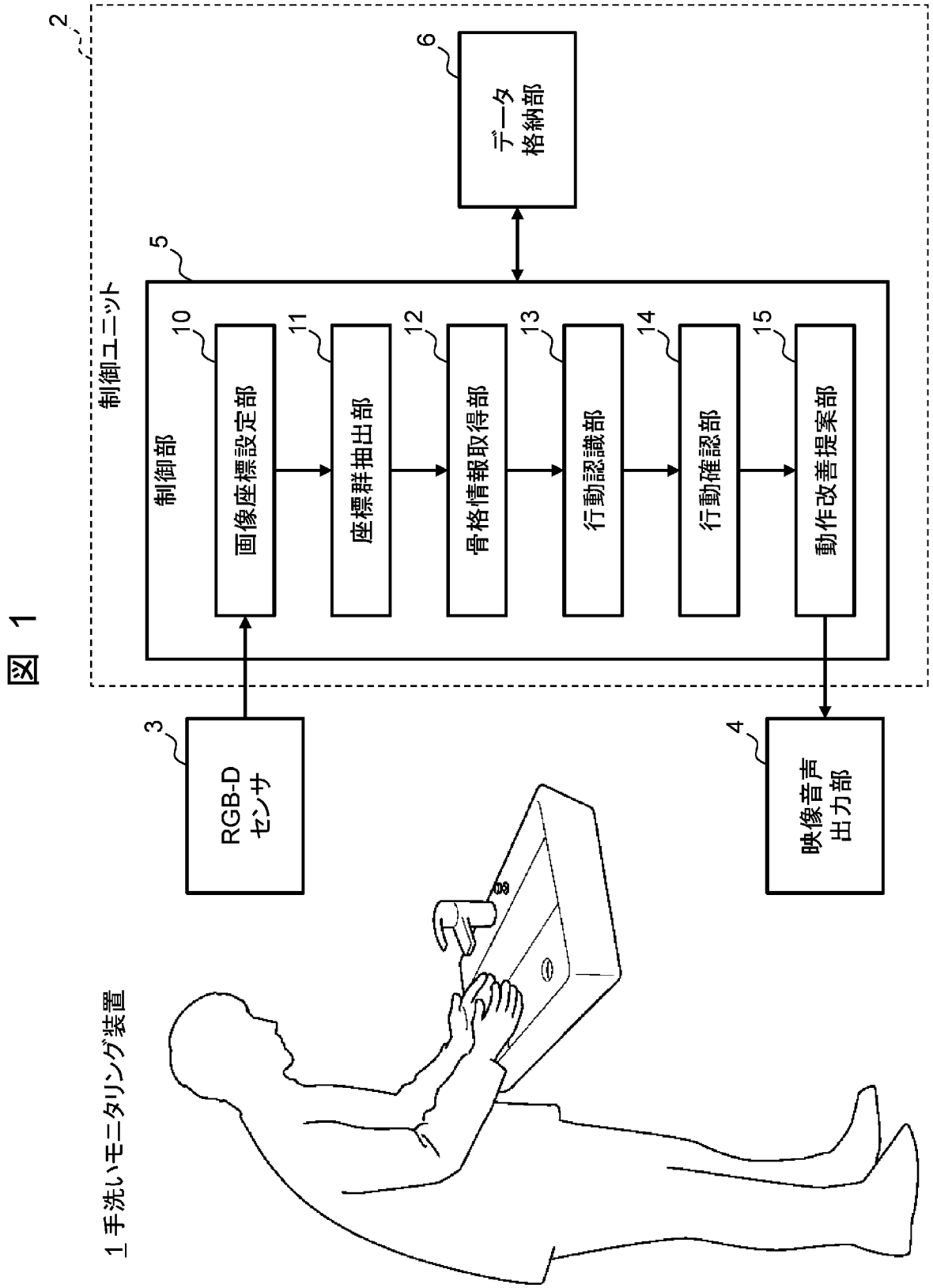
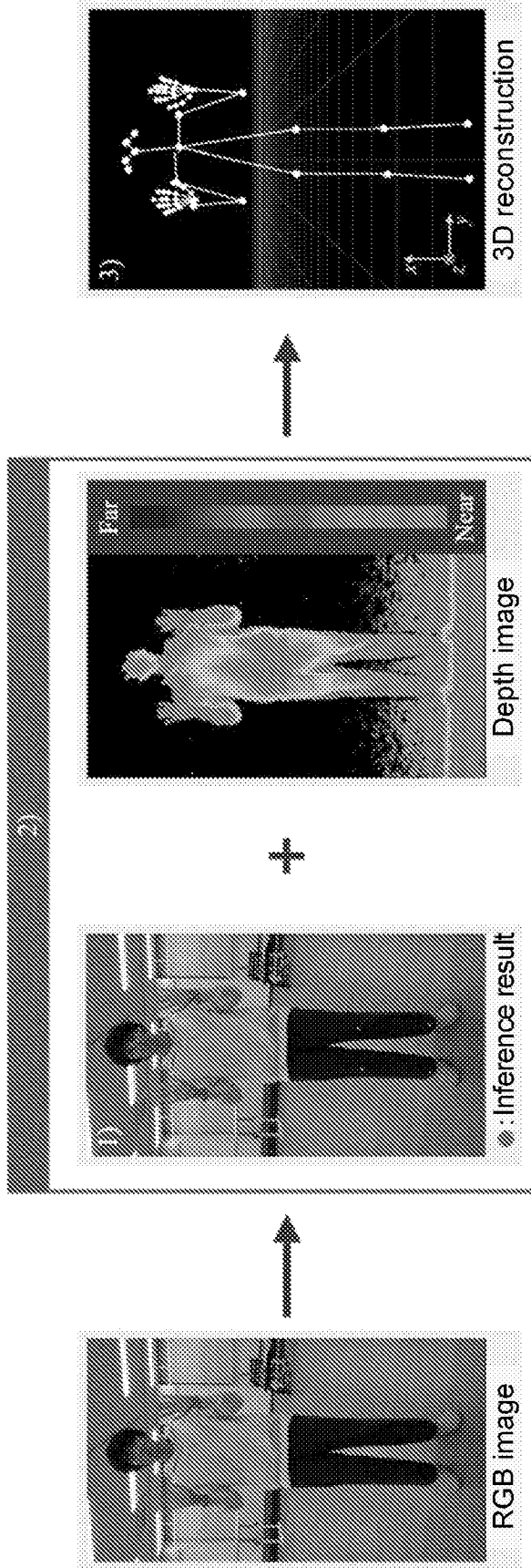


図 1

[図2]

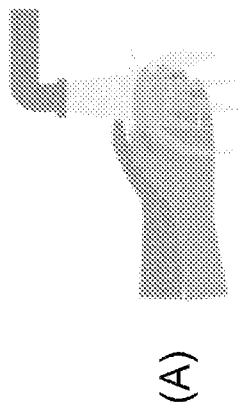
図 2





[図3]

図 3



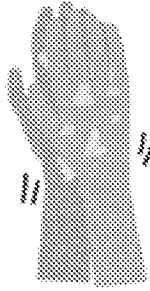
(A)

Wet hands  
(Equivalent to i, ix)



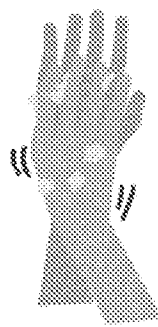
(B)

Apply soap  
(Equivalent to ii)



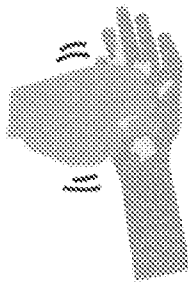
(C)

Rub palm to palm  
(Equivalent to iii)



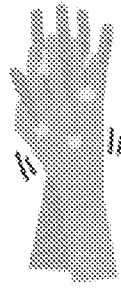
(D)

Rub back of each hand  
(Equivalent to iv)



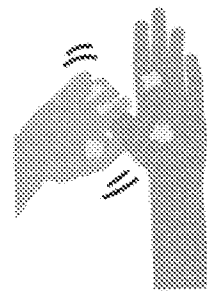
(E)

Rub fingertips  
(Equivalent to v)



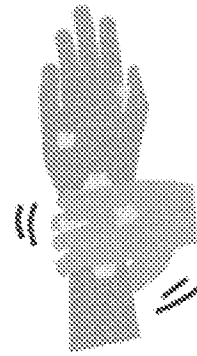
(F)

Rub between each finger  
(Equivalent to vi)



(G)

Rub thumb  
(Equivalent to vii)

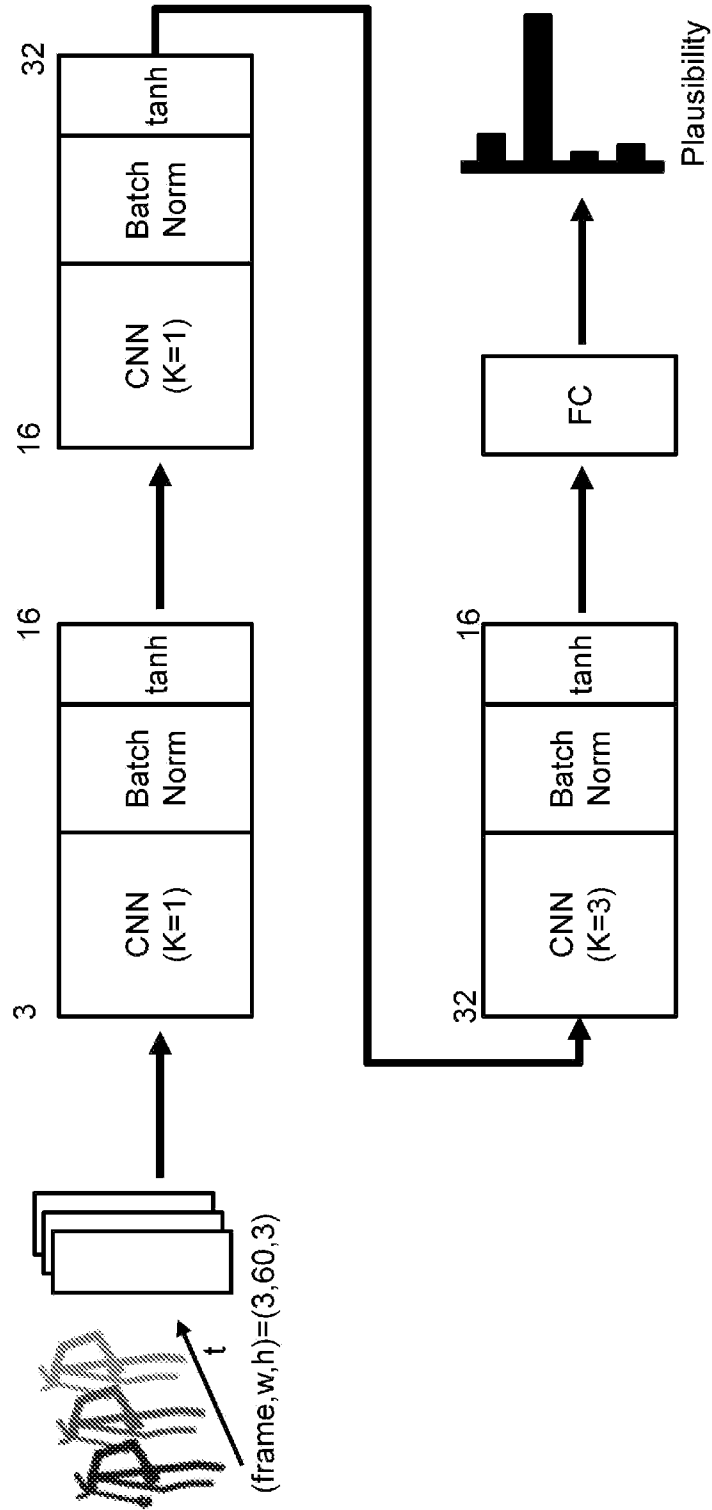


(H)

Rub wrist  
(Equivalent to viii)

[図4]

図 4



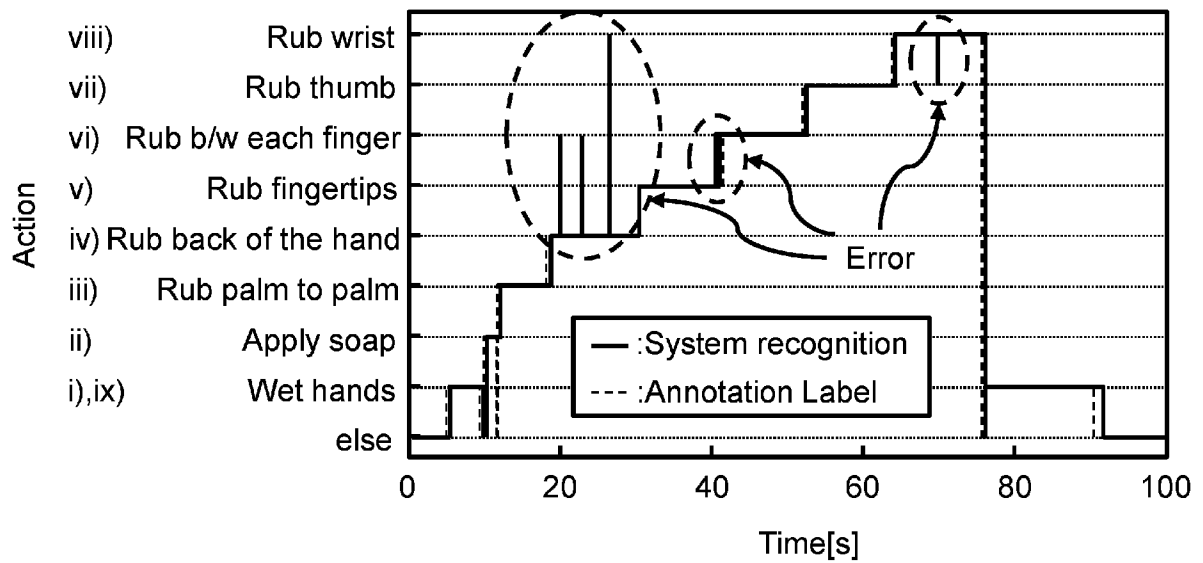
[図5]

図 5

Action	Accuracy[%]
Wet hands	97.5
Apply soap	95.9
Rub palm to palm	98.7
Rub back of the hand	67.0
Rub fingertips	94.0
Rub between each finger	97.2
Rub thumb	91.9
Rub wrist	94.1
else	90.6
Total	91.1

[図6]

図 6



[図7]

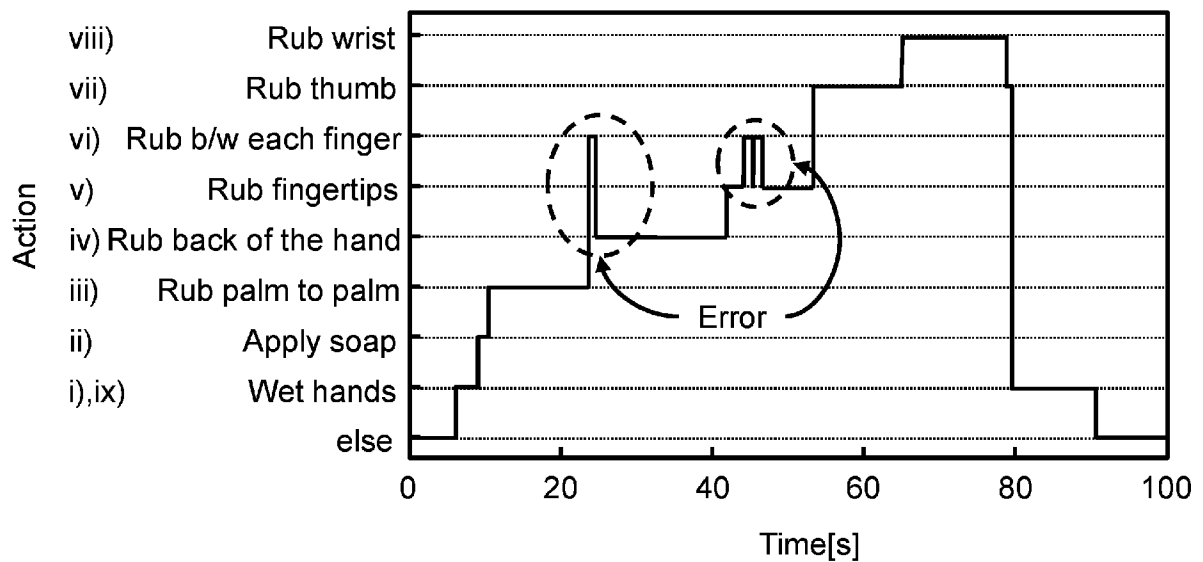
図 7

Trial	Actions NOT performed	Frames
1	Rub fingertips	0
2	Rub between each finger	92
3	Rub thumb	6
4	Rub wrist	0
	Rub back of the hand	0
	Rub fingertips	0
5	Rub between each finger	24
	Rub thumb	0
	Rub wrist	0

[図8]

図 8

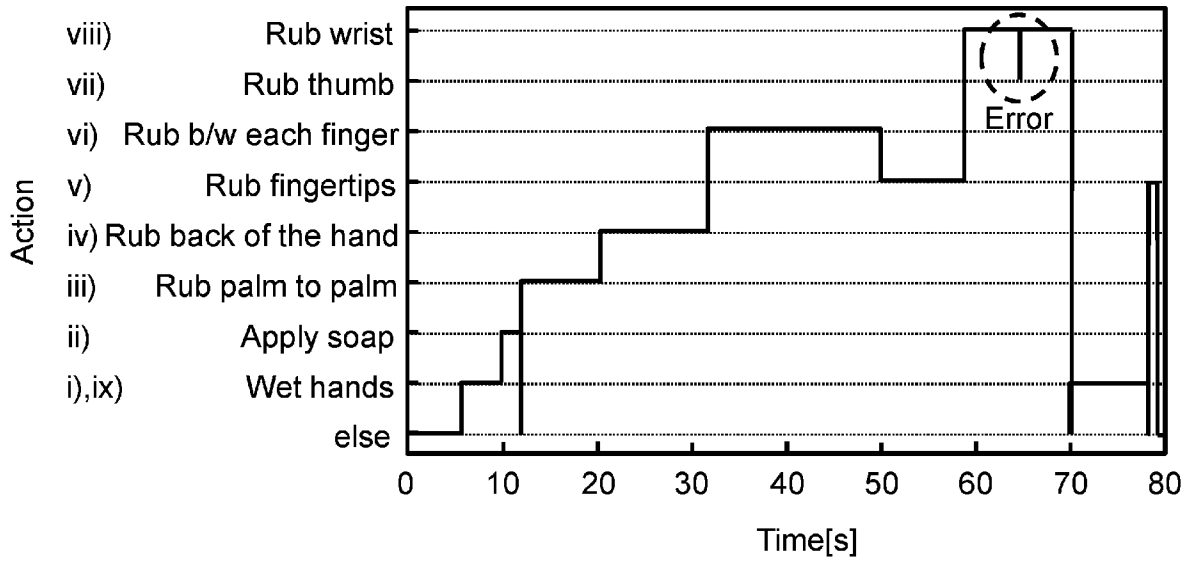
Trial 2: without "Rub between each finger"



[図9]

[図] 9

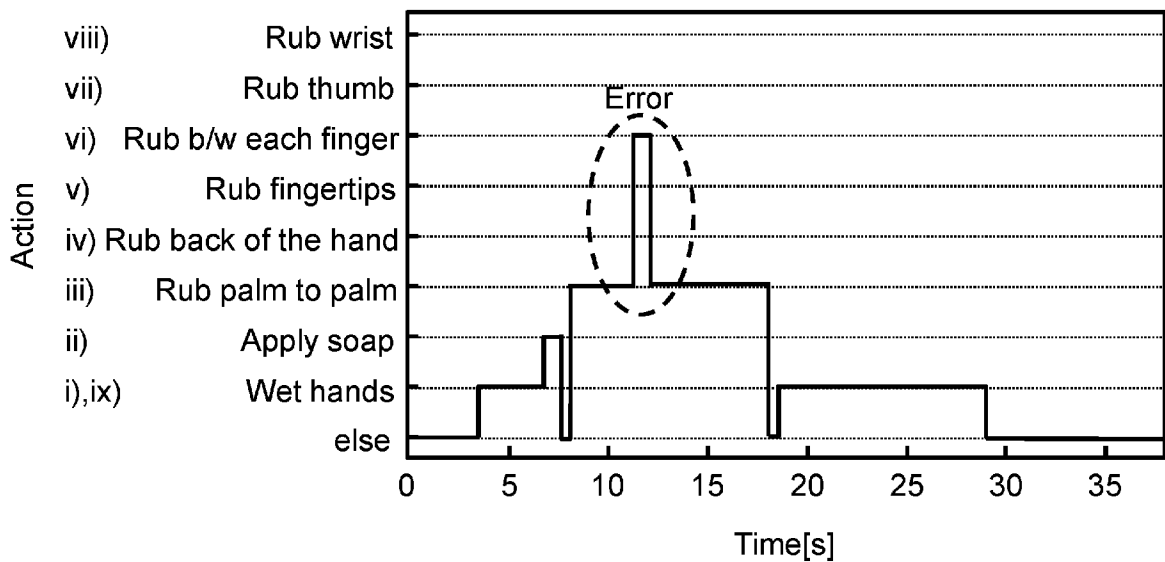
Trial 3: without "Rub thumb"



[図10]

[図] 10

Trial 5: only "Rub palm to palm"



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/048535

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>G06T 7/00</i> (2017.01)i; <i>G06T 7/20</i> (2017.01)i; <i>G06T 7/70</i> (2017.01)i; <i>A61B 5/11</i> (2006.01)i; <i>H04N 7/18</i> (2006.01)i FI: H04N7/18 D; G06T7/00 660Z; G06T7/20 300Z; G06T7/70 Z; H04N7/18 K; A61B5/11 230		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G06T7/00; G06T7/20; G06T7/70; A61B5/11; H04N7/18		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Published examined utility model applications of Japan 1922-1996 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 104589356 A (BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 06 May 2015 (2015-05-06) entire text	1-10
A	US 2012/0212582 A1 (DEUTSCH, Richard) 23 August 2012 (2012-08-23) entire text	1-10
A	JP 2021-174488 A (ACCULUS INCORPORATED) 01 November 2021 (2021-11-01) entire text	1-10
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p> <p>“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>“&amp;” document member of the same patent family</p>		
Date of the actual completion of the international search <b>17 March 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>28 March 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2022/048535**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN 104589356 A	06 May 2015	(Family: none)	
US 2012/0212582 A1	23 August 2012	(Family: none)	
JP 2021-174488 A	01 November 2021	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） G06T 7/00(2017.01)i; G06T 7/20(2017.01)i; G06T 7/70(2017.01)i; A61B 5/11(2006.01)i; H04N 7/18(2006.01)i FI: H04N7/18 D; G06T7/00 660Z; G06T7/20 300Z; G06T7/70 Z; H04N7/18 K; A61B5/11 230		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） G06T7/00; G06T7/20; G06T7/70; A61B5/11; H04N7/18 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023年 国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	CN 104589356 A (BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 06.05.2015 (2015 - 05 - 06) 全文	1-10
A	US 2012/0212582 A1 (DEUTSCH RICHARD) 23.08.2012 (2012 - 08 - 23) 全文	1-10
A	JP 2021-174488 A (株式会社 Acculus) 01.11.2021 (2021 - 11 - 01) 全文	1-10
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	17.03.2023	国際調査報告の発送日 28.03.2023
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官）  ▲広▼島 明芳 5H 9853  電話番号 03-3581-1101 内線 3531	



国際調査報告  
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/048535

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
CN 104589356 A	06.05.2015	(ファミリーなし)	
US 2012/0212582 A1	23.08.2012	(ファミリーなし)	
JP 2021-174488 A	01.11.2021	(ファミリーなし)	