

(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
2022年12月1日(01.12.2022)



(10) 国際公開番号

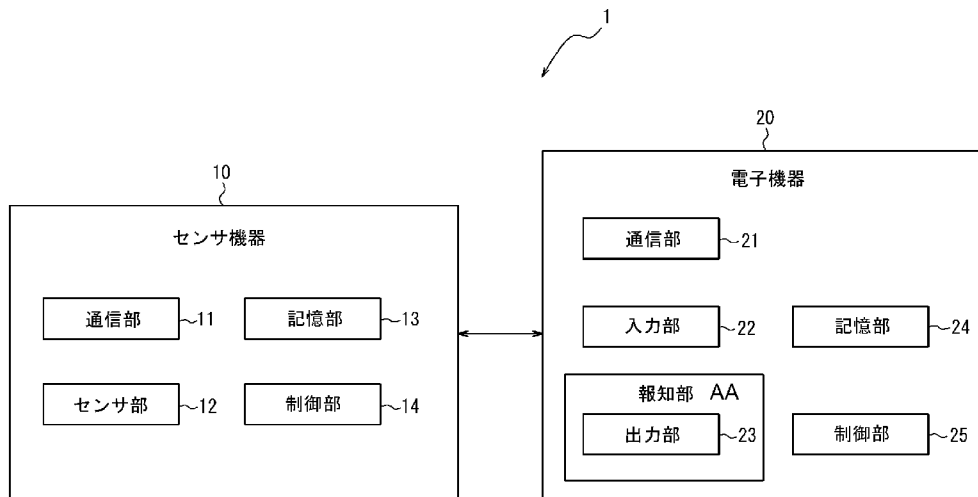
WO 2022/250098 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 5/11 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2022/021461
- (22) 国際出願日: 2022年5月25日(25.05.2022)
- (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 2021-090694 2021年5月28日(28.05.2021) JP
- (71) 出願人: 京セラ株式会社 (KYOCERA CORPORATION) [JP/JP]; 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者: 金原 秀行 (KIMPARA Hideyuki); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町

6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 長友 崇 (NAGATOMO Takashi); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 村上 エドワード (MURAKAMI Edwardo); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 鈴木 貴志 (SUZUKI Takashi); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 寺澤 美恵 (TERASAWA Mie); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). クリンクグト マルティン (KLINKIGT Martin); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP). 西田 尚樹 (NISHIDA Naoki); 〒6128501 京都府京都市伏見区竹田鳥羽殿町6番地 京セラ株式会社内 Kyoto (JP).

(54) Title: INFORMATION PROCESSING DEVICE, ELECTRONIC APPLIANCE, INFORMATION PROCESSING SYSTEM, INFORMATION PROCESSING METHOD, AND PROGRAM

(54) 発明の名称: 情報処理装置、電子機器、情報処理システム、情報処理方法及びプログラム



- | | | | |
|--------|--------------------|----|----------------------|
| 10 | Sensor instrument | 20 | Electronic appliance |
| 11, 21 | Communication unit | 22 | Input unit |
| 12 | Sensor unit | 23 | Output unit |
| 13, 24 | Storage unit | AA | Notification unit |
| 14, 25 | Control unit | | |

(57) Abstract: An information processing device according to the present invention is provided with a control unit. The control unit acquires first data concerning motion of the thigh of a user from a first sensor instrument. At least on the basis of the first data, the control unit estimates the timings of landing of the feet of the user and acquires estimated values of the loads that will be applied to the knee joints of the user.

(74) 代理人: 杉 村 憲 司 (SUGIMURA Kenji);
〒1000013 東京都千代田区霞が関三丁目 2 番 1
号 霞が関コモンゲート西館 3 6 階 Tokyo (JP).

(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, 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, JP,
KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK,
LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, 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, GH, GM, KE, LR, LS,
MW, MZ, NA, RW, 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, 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: 情報処理装置は、制御部を備える。制御部は、第 1 センサ機器からユーザの大腿部の動きに関する第 1 データを取得する。制御部は、少なくとも第 1 データに基づいて、ユーザの足部の着地タイミングを推定し、且つユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する。

明 細 書

発明の名称：

情報処理装置、電子機器、情報処理システム、情報処理方法及びプログラム

関連出願へのクロスリファレンス

[0001] 本出願は、2021年5月28日に日本国に特許出願された特願2021-090694の優先権を主張するものであり、この先の出願の開示全体をここに参照のために取り込む。

技術分野

[0002] 本開示は、情報処理装置、電子機器、情報処理システム、情報処理方法及びプログラムに関する。

背景技術

[0003] 従来、ユーザの関節に加わる負荷を評価する技術が知られている。

[0004] 例えば、特許文献1に記載の関節負荷可視化システムでは、人物の3次元的な姿勢を計測する距離カメラと、力覚センサと、演算手段とを備える。力覚センサは、人物の手が接触する器具に加わる力及びモーメントの大きさと方向とを検出する。演算手段は、距離カメラで取得した人物の姿勢の情報、並びに、力覚センサで取得した力及びモーメントの情報に基づいて、人間を模した多関節リンクモデルの関節の負荷を算出する。

[0005] 例えば、特許文献2に記載のシステムは、関節の生理機能に関する特性を検知する第1検知アセンブリと、関節の構造に関する特性を検知する第2検知アセンブリと、健康状態評価部とを備える。健康状態評価部は、第1検知アセンブリ及び第2検知アセンブリからの特性を解釈することによって、関節の健康状態の評価を行う。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特開2016-179048号公報

特許文献2：特表 2018-521722 号公報

発明の概要

- [0007] 本開示の一実施形態に係る情報処理装置は、
第1センサ機器からユーザの大腿部の動きに関する第1データを取得し、
少なくとも前記第1データに基づいて、前記ユーザの足部の着地タイミングを推定し、且つ前記ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する、制御部を備える。
- [0008] 本開示の一実施形態に係る情報処理装置は、
第3センサ機器からユーザの足首の動きに関する第3データを取得し、
少なくとも前記第3データに基づいて、前記ユーザの基準角速度を取得し、
前記基準角速度は、足部の少なくとも一部が地面に接地している接地期内の足首の角速度であり、
前記基準角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係と前記ユーザの基準角速度とに基づいて算出された前記ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する、制御部を備える。
- [0009] 本開示の一実施形態に係る電子機器は、前記情報処理装置が取得した前記推定値の情報を報知する報知部を備える。
- [0010] 本開示の一実施形態に係る情報処理システムは、
第1センサ機器と、
前記第1センサ機器からユーザの大腿部の動きに関する第1データを取得する情報処理装置と、を含み、
前記情報処理装置は、少なくとも前記第1データに基づいて、前記ユーザの足部の着地タイミングを推定し、且つ前記ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する。
- [0011] 本開示の一実施形態に係る情報処理方法は、
第1センサ機器からユーザの大腿部の動きに関する第1データを取得することと、
少なくとも前記第1データに基づいて、前記ユーザの足部の着地タイミン

グを推定し、且つ前記ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得することと、を含む。

[0012] 本開示の一実施形態に係るプログラムは、

コンピュータに、

第1センサ機器からユーザの大腿部の動きに関する第1データを取得することと、

少なくとも前記第1データに基づいて、前記ユーザの足部の着地タイミングを推定し、且つ前記ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得することと、を実行させる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本開示の一実施形態に係る情報処理システムの概略構成を示す図である。

[図2]図1に示す情報処理システムの構成を示す機能ブロック図である。

[図3]足の構成を模式的に示す図である。

[図4]歩行周期を説明するための図である。

[図5]膝関節に加わる負荷が大きい被験者の膝関節の角度等のグラフである。

[図6]膝関節に加わる負荷が小さい被験者の膝関節の角度等のグラフである。

[図7]膝関節に加わる負荷が大きい被験者の大腿部の角速度のグラフである。

[図8]膝関節に加わる負荷が小さい被験者の大腿部の角速度のグラフである。

[図9]大腿部の角速度に対する膝関節に加わる負荷の分布を示す図である。

[図10]膝関節に加わる負荷が大きい被験者の膝関節の角速度のグラフである。

。

[図11]膝関節に加わる負荷が小さい被験者の膝関節の角速度のグラフである。

。

[図12]足首の角速度に対する膝関節に加わる負荷の分布を示す図である。

[図13]図1に示す電子機器が実行する評価処理の動作を示すフローチャートである。

[図14]本開示の他の実施形態に係る情報処理システムの構成を示す機能ブロ

ック図である。

[図15]図14に示す情報処理システムが実行する評価処理の動作を示すシーケンス図である。

[図16]図14に示す情報処理システムが実行する評価処理の動作を示すシーケンス図である。

発明を実施するための形態

[0014] ユーザの関節に加わる負荷を簡便に評価する技術が求められている。本開示によれば、ユーザの関節に加わる負荷を簡便に評価する技術を提供することができる。

[0015] 以下、本開示の実施形態について、図面を参照して説明する。以下の図面に示す構成要素において、同じ構成要素には、同じ符号を付す。

[0016] 本開示において「ローカル座標系」は、センサ機器の位置を基準とする座標系である。ローカル座標系は、例えば、互いに直交する3つの軸で構成される。以下、ローカル座標系を構成する3つの軸は、各々、センサ機器から見た前後方向、左右方向及び上下方向に平行であるものとする。

[0017] 本開示において「グローバル座標系」は、ユーザが歩行する空間における位置を基準とする座標系である。グローバル座標系は、例えば、互いに直交する3つの軸で構成される。以下、グローバル座標系を構成する3つの軸は、各々、ユーザから見た前後方向、左右方向及び上下方向に平行であるものとする。

[0018] (システムの構成)

図1に示すような情報処理システム1は、歩行中のユーザの膝関節に加わる負荷を評価することができる。情報処理システム1は、第1センサ機器10Aと、第2センサ機器10Bと、電子機器20とを含む。ただし、情報処理システム1は、第2センサ機器10Bを含まなくてよい。情報処理システム1は、第1センサ機器A及び第2センサ機器10Bの何れかに代えて、第1センサ機器A及び第2センサ機器10Bの代わりに、又は、第1センサ機器A及び第2センサ機器10Bに加えて、第3センサ機器10Cを含んでも

よい。

[0019] 以下、第1センサ機器10Aと、第2センサ機器10Bと、第3センサ機器10Cとを特に区別しない場合、これらは、まとめて「センサ機器10」とも記載される。

[0020] センサ機器10と電子機器20とは、通信線を介して通信可能である。通信線は、有線及び無線の少なくとも何れかを含んで構成される。

[0021] 第1センサ機器10Aは、ユーザの大腿部の動きを示すデータを検出可能な箇所に位置する。本実施形態では、第1センサ機器10Aは、ユーザの2つの大腿部のうちの左側の大腿部の動きを示すデータを検出可能な箇所に位置する。ただし、第1センサ機器10Aは、ユーザの2つの大腿部のうちの、右側の大腿部の動きを示すデータを検出可能な箇所に位置してよいし、両方の大腿部の動きを示すデータを検出可能な箇所に位置してよい。

[0022] 第1センサ機器10Aは、例えば、ユーザの大腿部に装着される。本実施形態では、第1センサ機器10Aは、ユーザの2つの大腿部のうちの左側の大腿部に装着される。ただし、第1センサ機器10Aは、ユーザの2つの大腿部のうちの、右側の大腿部又は両方の大腿部に装着されてよい。第1センサ機器10Aは、ウェアラブル機器であってよい。第1センサ機器10Aは、任意の方法によってユーザの大腿部に装着されてよい。第1センサ機器10Aは、ベルトによってユーザの大腿部に装着されてよい。第1センサ機器10Aは、ユーザが着用するズボンの大腿部付近のポケットに入れられることにより、大腿部に装着されてよい。第1センサ機器10Aは、ズボン、下着、ショーツ、サポータ、義足又はインプラント等に設置されることにより、ユーザの大腿部に装着されてよい。

[0023] 第1センサ機器10Aは、ユーザの大腿部の動きに関する第1データを検出する。第1データは、ユーザの大腿部の動きを示すデータであってよい。第1データは、例えば、ユーザの大腿部の速度、加速度、角度及び角速度の少なくとも何れかを示すデータを含む。第1データは、例えば、第1センサ機器10Aの位置を基準とするローカル座標系のデータである。

- [0024] 第1センサ機器10Aの位置を基準とするローカル座標系は、例えば、後述の図3に示すような、軸A1、軸A2及び軸A3で構成される。図3には、第1センサ機器10Aの位置を破線で示す。軸A1と、軸A2と、軸A3とは、互いに直交する。軸A1と軸A2とは、例えば、矢状面に含まれる。矢状面は、例えば、ユーザの身体を左右対称に分ける面又はユーザの身体を左右対称に分ける面と並行な面である。軸A3は、例えば、矢状面に垂直に交わる。
- [0025] 第2センサ機器10Bは、ユーザの足部の動きを示すデータを検出可能な箇所に位置する。本実施形態では、足部は、ユーザの足首からつま先までの部分である。本実施形態では、第2センサ機器10Bは、ユーザの2つの足部のうちの左側の足部の動きを示すデータを検出可能な箇所に位置する。ただし、第2センサ機器10Bは、ユーザの2つの足部のうちの、右側の足部の動きを示すデータを検出可能な箇所に位置してよいし、両方の足部の動きを示すデータを検出可能な箇所に位置してよい。
- [0026] 第2センサ機器10Bは、例えば、ユーザの足部に装着される。本実施形態では、第2センサ機器10Bは、ユーザの2つの足部のうちの左側の足部に装着される。ただし、第2センサ機器10Bは、ユーザの2つの足部のうちの、右側の足部又は両方の足部に装着されてよい。第2センサ機器10Bは、靴型のウェアラブル機器であってよい。第2センサ機器10Bは、任意の方法によって、ユーザの足部に装着されてよい。第2センサ機器10Bは、靴に設けられていてよい。第2センサ機器10Bは、アンクレット、バンド、ミサンガ、つけ爪、タトゥーのシール、サポータ、ギプス、ソックス、インソール、義足、指輪又はインプラント等に設置されることにより、ユーザの足部に装着されてよい。
- [0027] 第2センサ機器10Bは、ユーザの足部の動きに関する第2データを検出する。第2データは、ユーザの足部の動きを示すデータであってよい。第2データは、例えば、ユーザの足部の速度、加速度、角度及び角速度の少なくとも何れかを示すデータを含む。第2データは、例えば、第2センサ機器1

O B の位置を基準とするローカル座標系のデータである。

[0028] 第2センサ機器10Bの位置を基準とするローカル座標系は、例えば、後述の図3に示すような、軸B1、軸B2及び軸B3で構成される。図3には、第2センサ機器10Bの位置を破線で示す。軸B1と、軸B2と、軸B3とは、互いに直交する。軸B1と軸B2とは、例えば、矢状面に含まれる。軸B3は、例えば、矢状面に垂直に交わる。

[0029] 第3センサ機器10Cは、ユーザの足首の動きを示すデータを検出可能な箇所に位置する。本実施形態では、第3センサ機器10Cは、ユーザの2つの足首のうちの左側の足首の動きを示すデータを検出可能な箇所に位置する。ただし、第3センサ機器10Cは、ユーザの2つの足首のうちの、右側の足首の動きを示すデータを検出可能な箇所に位置してよいし、両方の足首の動きを示すデータを検出可能な箇所に位置してよい。

[0030] 第3センサ機器10Cは、例えば、ユーザの足首に装着される。本実施形態では、第3センサ機器10Cは、ユーザの2つの足首のうちの左側の足首に装着される。ただし、第3センサ機器10Cは、ユーザの2つの足首のうちの、右側の足首又は両方の足首に装着されてよい。第3センサ機器10Cは、ウェアラブル機器であってよい。第3センサ機器10Cは、ベルトによってユーザの足首に装着されてよい。第3センサ機器10Cは、任意の方法によってユーザの足首に装着されてよい。第3センサ機器10Cは、アンクレット、バンド、ミサンガ、タトゥーのシール、サポータ、ギプス、ソックス、義足又はインプラント等に設置されることにより、ユーザの足首に装着されてよい。

[0031] 第3センサ機器10Cは、ユーザの足首の動きに関する第3データを検出する。第3データは、ユーザの足首の動きを示すデータであってよい。第3データは、例えば、ユーザの足首の速度、加速度、角度及び角速度の少なくとも何れかを示すデータを含む。第3データは、例えば、第3センサ機器10Cの位置を基準とするローカル座標系のデータである。

[0032] 第3センサ機器10Cの位置を基準とするローカル座標系は、例えば、後

述の図3に示すような、軸C1、軸C2及び軸C3で構成される。図3には、第3センサ機器10Cの位置を破線で示す。軸C1と、軸C2と、軸C3とは、互いに直交する。軸C1と軸C2とは、例えば、矢状面に含まれる。軸C3は、例えば、矢状面に垂直に交わる。

[0033] 以下、第1センサ機器10Aが検出する第1データと、第2センサ機器10Bが検出する第2データと、第3センサ機器10Cが検出する第3データとを特に区別しない場合、これらは、まとめて「データ」とも記載される。

[0034] 電子機器20は、歩行中のユーザによって携帯される。本実施形態では、電子機器20は、情報処理装置として機能し、センサ機器10が検出したデータに基づいて、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する。電子機器20は、例えば、携帯電話機、スマートフォン又はタブレット等のモバイル機器である。

[0035] 図2に示すように、センサ機器10は、通信部11と、センサ部12と、記憶部13と、制御部14とを含んで構成される。

[0036] 通信部11は、通信線を介して電子機器20と通信可能な少なくとも1つの通信モジュールを含んで構成される。通信モジュールは、通信線の規格に対応した通信モジュールである。通信線の規格は、例えば、Bluetooth（登録商標）、Wi-Fi（登録商標）、赤外線及びNFC（Near Field Communication）等を含む近距離無線通信規格である。

[0037] センサ部12は、センサ機器10によって検出しようとするデータに応じた、任意のセンサを含んで構成される。センサ部12は、例えば、3軸のモーションセンサ、3軸の加速度センサ、3軸の速度センサ、3軸のジャイロセンサ、3軸の地磁気センサ及びカメラの少なくとも何れかを含んで構成される。センサ部12がカメラを含んで構成される場合、カメラがユーザの身体の一部を撮像して生成した画像を解析することにより、当該部位の動きを示すデータを検出することができる。

[0038] 記憶部13は、少なくとも1つの半導体メモリ、少なくとも1つの磁気メモリ、少なくとも1つの光メモリ又はこれらのうちの少なくとも2種類の組

み合わせを含んで構成される。半導体メモリは、例えば、R A M (Random Access Memory) 又はR O M (Read Only Memory) 等である。R A Mは、例えば、S R A M (Static Random Access Memory) 又はD R A M (Dynamic Random Access Memory) 等である。R O Mは、例えば、E E P R O M (Electrically Erasable Programmable Read Only Memory) 等である。記憶部 1 3 は、主記憶装置、補助記憶装置又はキャッシュメモリとして機能してよい。記憶部 1 3 は、センサ機器 1 0 の動作に用いられるデータと、センサ機器 1 0 の動作によって得られたデータとを記憶する。例えば、記憶部 1 3 は、システムプログラム、アプリケーションプログラム及び組み込みソフトウェア等を記憶する。

[0039] 制御部 1 4 は、少なくとも 1 つのプロセッサ、少なくとも 1 つの専用回路又はこれらの組み合わせを含んで構成される。プロセッサは、C P U (Central Processing Unit) 若しくはG P U (Graphics Processing Unit) 等の汎用プロセッサ又は特定の処理に特化した専用プロセッサである。専用回路は、例えば、F P G A (Field-Programmable Gate Array) 又はA S I C (Application Specific Integrated Circuit) 等である。制御部 1 4 は、センサ機器 1 0 の各部を制御しながら、センサ機器 1 0 の動作に関わる処理を実行する。

[0040] 制御部 1 4 は、データ検出の開始を指示する信号を、電子機器 2 0 から通信部 1 1 によって受信する。制御部 1 4 は、この信号を受信すると、データ検出を開始する。例えば、制御部 1 4 は、センサ部 1 2 から、センサ部 1 2 が検出したデータを取得する。制御部 1 4 は、取得したデータを電子機器 2 0 に通信部 1 1 によって送信する。

[0041] 制御部 1 4 は、予め設定された時間間隔で、センサ部 1 2 からデータを取得し、取得したデータを通信部 1 1 によって送信する。この時間間隔は、一般的なユーザの歩行速度等に基づいて、設定されてよい。この時間間隔は、情報処理システム 1 が第 1 センサ機器 1 0 A 及び第 2 センサ機器 1 0 B を含む場合、第 1 センサ機器 1 0 A と第 2 センサ機器 1 0 B とにおいて、同じで

あってよい。この時間間隔が第1センサ機器10Aと第2センサ機器10Bとで同じであることにより、第1センサ機器10A及び第2センサ機器10Bの各々がデータを検出するタイミングを同期させることができる。この時間間隔は、情報処理システム1が第1センサ機器10A等に加えて第3センサ機器10Cを含む場合、第1センサ機器10A等と第3センサ機器10Cとにおいて同じであってもよい。つまり、この時間間隔は、情報処理システム1に含まれる全てのセンサ機器10において同じであってもよい。

[0042] 図2に示すように、電子機器20は、通信部21と、入力部22と、情報を報知する報知部と、記憶部24と、制御部25とを含んで構成される。本実施形態では、報知部は、出力部23である。ただし、報知部は、出力部23に限定されない。

[0043] 通信部21は、通信線を介してセンサ機器10と通信可能な少なくとも1つの通信モジュールを含んで構成される。通信モジュールは、通信線の規格に対応した通信モジュールである。通信線の規格は、例えば、Bluetooth（登録商標）、Wi-Fi（登録商標）、赤外線及びNFC等を含む近距離無線通信規格である。

[0044] 通信部21は、後述の図14に示すようなネットワーク2に接続可能な少なくとも1つの通信モジュールをさらに含んで構成されてよい。通信モジュールは、例えば、LTE（Long Term Evolution）、4G（4th Generation）又は5G（5th Generation）等の移動体通信規格に対応した通信モジュールである。

[0045] 入力部22は、ユーザからの入力を受付可能である。入力部22は、ユーザからの入力を受付可能な少なくとも1つの入力用インタフェースを含んで構成される。入力用インタフェースは、例えば、物理キー、静電容量キー、ポインティングデバイス、ディスプレイと一体的に設けられたタッチスクリーン又はマイク等である。

[0046] 出力部23は、データを出力可能である。出力部23は、データを出力可能な少なくとも1つの出力用インタフェースを含んで構成される。出力用イ

インタフェースは、例えば、ディスプレイ又はスピーカ等である。ディスプレイは、例えば、LCD又は有機ELディスプレイ等である。

[0047] 記憶部24は、少なくとも1つの半導体メモリ、少なくとも1つの磁気メモリ、少なくとも1つの光メモリ又はこれらのうちの少なくとも2種類の組み合わせを含んで構成される。半導体メモリは、例えば、RAM又はROM等である。RAMは、例えば、SRAM又はDRAM等である。ROMは、例えば、EEPROM等である。記憶部24は、主記憶装置、補助記憶装置又はキャッシュメモリとして機能してよい。記憶部24には、電子機器20の動作に用いられるデータと、電子機器20の動作によって得られたデータとが記憶される。例えば、記憶部24は、システムプログラム、アプリケーションプログラム及び組み込みソフトウェア等を記憶する。

[0048] 制御部25は、少なくとも1つのプロセッサ、少なくとも1つの専用回路又はこれらの組み合わせを含んで構成される。プロセッサは、CPU若しくはGPU等の汎用プロセッサ又は特定の処理に特化した専用プロセッサである。専用回路は、例えば、FPGA又はASIC等である。制御部25は、電子機器20の各部を制御しながら、電子機器20の動作に関わる処理を実行する。

[0049] 制御部25は、評価処理の実行を指示する入力を、入力部22によって受け付ける。この入力は、電子機器20に、膝関節に加わる負荷を評価する処理を実行させる入力である。この入力は、例えば、センサ機器10を装着したユーザによって入力部22から入力される。ユーザは、例えば、歩行を開始する前に、この入力を入力部22から入力する。制御部25は、この入力を入力部22によって受け付けると、データ検出の開始を指示する信号をセンサ機器10に通信部21によって送信する。

[0050] 制御部25は、情報処理システム1が第1センサ機器10A及び第2センサ機器10Bを含む場合、データ検出の開始を指示する信号をブロードキャスト信号として、第1センサ機器10A及び第2センサ機器10Bに通信部21によって送信してよい。データ検出の開始を指示する信号がブロードキ

キャスト信号として第1センサ機器10A及び第2センサ機器10Bに送信されることにより、複数のセンサ機器10は、データ検出を同時に開始することができる。制御部14は、情報処理システム1が第1センサ機器10A等に加えて第3センサ機器10Cを含む場合、データ検出の開始を指示する信号をブロードキャスト信号として第1センサ機器10A等に加えて第3センサ機器10Cに通信部21によって送信してもよい。つまり、制御部14は、情報処理システム1に含まれる全てのセンサ機器10にデータ検出の開始を指示する信号をブロードキャスト信号として通信部21によって送信してもよい。

[0051] 制御部25は、センサ機器10から、センサ機器10が検出したデータを通信部21によって受信する。制御部25は、センサ機器10からデータを受信することにより、センサ機器10からデータを取得する。制御部25は、少なくとも第1データに基づいて、ユーザの足部の後述する着地タイミングを推定し、且つユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する。推定値の取得処理の詳細を説明する前に、図3から図9を参照し、膝関節に加わる負荷の推定値を取得する原理について説明する。

[0052] 図3を参照し、膝関節に加わる負荷の算出方法について説明する。図3には、足の構成を模式的に示す。

[0053] 足30は、ユーザの2つの足のうちのユーザの左側の足である。足30は、足部31と、脛部32と、膝関節33と、大腿部34とを含む。膝関節33は、脛部32と、大腿部34との間に位置する。図3に示す模式的な構成では、脛部32及び大腿部34は、各々、軸とみなされる。

[0054] 膝関節33に加わる負荷は、膝関節33の反力 F_y と、膝関節33の角速度 ω_z との積によって算出される。

[0055] 膝関節33の反力 F_y は、例えば、脛部32の軸方向に沿う力である。膝関節33の反力 F_y の正方向は、例えば、脛部32の軸方向のうち、足部31から膝関節33に向かう方向である。膝関節33の反力 F_y は、膝関節33が大腿部34及び腰から上の上体部の自重によって脛部32を押し付ける

力と、脛部 3 2 が足部 3 1 を介して地面から受ける床反力によって大腿部 3 4 に押し付けられる反力と、膝関節 3 3 を動かす筋肉の張力とを加算したものとなる。これらの力が反力 F_y の負方向に作用することにより、これらの力の向きは、反力 F_y の負方向となる。膝関節 3 3 を動かす筋肉は、例えば、外側広筋及び中間広筋等を含む。

[0056] 膝関節 3 3 の角度は、膝関節 3 3 が伸びた状態をゼロ度とする大腿部 3 4 に対する脛部 3 2 の相対角度として表される。膝関節 3 3 の角度の正方向は、例えば、矢状面における膝関節 3 3 を中心とする回転方向のうち、大腿部 3 4 からユーザの後方に向かう回転方向である。膝関節 3 3 の角速度 ω_z は、矢状面における膝関節 3 3 の角速度である。膝関節 3 3 の角速度 ω_z の正方向は、膝関節 3 3 の角度と同じく、例えば、矢状面における膝関節 3 3 を中心とする回転方向のうち、大腿部 3 4 からユーザの後方向に向かう回転方向である。

[0057] 図 4 を参照し、ユーザの歩行周期について説明する。図 4 の上側の部分には、ユーザの歩行の様子を示す。図 4 では、ユーザの左側の足には、L の文字を付す。右側の足には、R の文字を付す。図 4 には、ユーザの歩行の様子として、左側の足部が地面に着地してから左側の足部が地面に再び着地するまでの様子を示す。

[0058] 歩行周期は、ユーザの 2 つの足部のうちの一方の足部が地面に着地してから再び地面に着地するまでの期間である。歩行周期の起点及び終点は、ユーザの 2 つの足部のうちの一方の足部の着地タイミングとなる。着地タイミングは、足部が地面に着地するタイミングである。例えば、図 4 では、歩行周期は、ユーザの 2 つの足部のうちの左側の足部が地面に着地してから再び着地するまでの期間である。歩行周期は、立脚期と、遊脚期とを含む。

[0059] 立脚期は、ユーザの 2 つの足部のうちの一方の足部が地面に着地してから離れるまでの期間である。立脚期の起点は、ユーザの 2 つの足部のうちの一方の足部の着地タイミングである。図 4 では、立脚期は、ユーザの左側の足部が地面に着地してから離れるまでの期間である。

[0060] 接地期は、ユーザの2つの足部のうちの一方の足部の少なくとも一部が地面に接地している期間である。接地期は、ユーザの2つの足部のうちの一方の足部の任意の部分が地面に接地している期間であってよい。接地期は、立脚期の一部である。本実施形態では、接地期は、ユーザの2つの足部のうちの一方の足部の着地タイミングから、当該一方の足部の踵が地面から離れるまでの期間である。接地期は、踵接地期を含んでよい。踵接地期は、ユーザの2つの足部のうちの一方の足部の踵が地面に接地している期間である。図4では、接地期は、左側の足部の着地タイミングから左側の足部の踵が地面から離れるまでの期間である。

[0061] 遊脚期は、ユーザの2つの足部のうちの一方の足部が地面から離れてから地面に着地するまでの期間である。遊脚期の起点は、立脚期の終点である。図4では、遊脚期は、ユーザの左側の足部が地面から離れてから地面に着地するまでの期間である。

[0062] 図5及び図6を参照し、膝関節の角速度と膝関節に加わる負荷との間に相関関係が存在することを説明する。

[0063] 図5に、膝関節に加わる負荷が大きい被験者の膝関節の角度[deg]、膝関節の角速度[deg/s]、外側広筋の張力[N]、膝関節の反力[N]及び膝関節に加わる負荷[N・deg/s]のグラフを示す。

[0064] 図6に、膝関節に加わる負荷が小さい被験者の膝関節の角度[deg]、膝関節の角速度[deg/s]、外側広筋の張力[N]、膝関節の反力[N]及び膝関節に加わる負荷[N・deg/s]のグラフを示す。

[0065] 図5及び図6の横軸は、歩行周期に対応する。図5及び図6の横軸では、歩行周期を、0から1までの正規化した数値として示す。立脚期は、横軸の0から0.75までの期間に対応する。接地期は、横軸の0から0.4までの期間に対応する。遊脚期は、横軸の0.75から1までの期間に対応する。

[0066] 図5及び図6に示す膝関節の角速度、外側広筋の張力及び膝関節に加わる負荷のデータは、逆動力学計算によって取得されたものである。図5及び図

6に示す膝関節の角度及び膝関節の反力は、逆動力学計算に用いられたものである。逆動力学計算は、計測によって得られた被験者の動きを実現するために、必要となる関節の角速度及び筋力等を計算する手法である。逆動力学計算に用いられた被験者の膝関節の角度等のデータは、「小林吉之、肥田直人、中嶋香奈子、藤本雅大、持丸正明、“2019：AIST歩行データベース2019”、[Online]、[令和3年5月24日検索]、インターネット<https://unit.aist.go.jp/harc/ExPART/GDB2019_e.html>」において提供されるデータから取得された。この歩行データベースには、複数の被験者の歩行データが登録されている。この被験者の歩行データは、モーションキャプチャシステムと、床反力計とによって検出されたものである。逆動力学計算の手法としては、「Scott L. Delpら著、“OpenSim: Open-Source Software to Create and Analyze Dynamic Simulations of Movement”、IEEE Transactions on Biomedical Engineering、2007年、Volume: 54、Issue: 11、p. 1940－1950」に記載の手法、「[Online]、[令和3年5月24日検索]、インターネット<<https://simtk-confluence.stanford.edu/display/OpenSim/Getting+Started+with+CMC>>」に記載の手法及び「Thelen D.G.ら著、“Generating dynamic simulations of movement using computed muscle control”、Journal of Biomechanics、2003年、Volume: 36、p. 321－328」に記載の手法を用いた。

[0067] 図5に示すように、膝関節に加わる負荷が大きい被験者では、膝関節の角度は、横軸の0から0.4までの接地期、0[deg]以上になる。つまり、膝関節に加わる負荷が大きい被験者では、接地期、膝関節は、曲がった状態になる。また、膝関節の角度は、接地期において横軸の0.1付近で正のピーク値になる。

[0068] 図6に示すように、膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、膝関節の角度は、横軸の0から0.4までの接地期、ほぼ0[deg]にすなわち一定値に維持される。つまり、膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、接地期、膝関節は、ほぼ伸びた状態に維持される。

[0069] 図5に示すように、膝関節に加わる負荷が大きい被験者では、膝関節の角速度は、横軸の0から0.4までの接地期、変動を示す。膝関節の角速度は、横軸の0.04付近で正のピーク値になる。この正のピーク値は、膝関節の角速度において、着地タイミングからの最初の正のピーク値となる。膝関節の角速度は、横軸の0.04付近から0.2付近に向けて下がる。膝関節の角速度は、横軸の0.2付近で負のピーク値になる。この負のピーク値は、膝関節の角速度において、着地タイミングからの最初の負のピーク値となる。

[0070] 図6に示すように、膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、膝関節の角速度は、横軸の0から0.4までの接地期、ほぼ0 [deg/s]にすなわち一定値に維持される。膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、接地期、膝関節がほぼ伸びた状態になるため、膝関節の角速度がほぼ0 [deg/s]に維持される。

[0071] 図5に示すように、膝関節に加わる負荷が大きい被験者では、外側広筋の張力は、横軸の0から0.4までの接地期、0 [N]を超える。膝関節に加わる負荷が大きい被験者では、接地期、膝関節が曲がった状態になるため、膝関節を動かす外側広筋の張力が0 [N]を超える。また、外側広筋の張力は、横軸の0.1付近で正のピーク値になる。

[0072] 図6に示すように、膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、外側広筋の張力は、横軸の0から0.4までの接地期、ほぼ0 [N]に維持される。膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、接地期、膝関節がほぼ伸びた状態に維持されるため、膝関節を動かす外側広筋の張力は、ほぼ0 [N]に維持される。

[0073] 図5に示すように、膝関節に加わる負荷が大きい被験者では、膝関節の反力は、横軸の0から0.4までの接地期、図6に示すような膝関節に加わる負荷が小さい被験者よりも、大きな変動を示す。図3を参照して上述したように、膝関節の反力は、膝関節が足部等を介して地面から受ける床反力から、膝関節を動かす外側広筋及び中間広筋等の筋肉の張力を減算したものとなる。膝関節に加わる負荷が大きい被験者では、膝関節の反力は、外側広筋の張力が正のピーク値となる横軸の0.1付近で負のピーク値となる。

[0074] 図6に示すように、膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、膝関節の反力は、横軸の0から0.4までの接地期、図5に示すような膝関節に加わる負荷が大きい被験者よりも、小さな変動を示す。図3を参照して上述したように、膝関節の反力は、膝関節が足部等を介して地面から受ける床反力から、膝関節を動かす外側広筋及び中間広筋等の筋肉の張力を減算したものとなる。上述したように、膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、接地期、外側広筋の張力がほぼ0[N]に維持される。膝関節を動かす外側広筋等の筋肉の張力がほぼ0[N]に維持されることにより、膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、膝関節の反力は、主に、膝関節が地面から受ける床反力の影響を受けたものとなる。

[0075] 図5に示すように、膝関節に加わる負荷が大きい被験者では、膝関節に加わる負荷は、横軸の0から0.4までの接地期、図6に示すような膝関節に加わる負荷が小さい被験者よりも、大きな変動を示す。図3を参照して上述したように、膝関節に加わる負荷は、膝関節の反力と、膝関節の角速度との積によって算出される。膝関節に加わる負荷は、接地期、膝関節の角速度が正のピーク値となる横軸の0.04付近で、負のピーク値となる。

[0076] 図6に示すように、膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、膝関節に加わる負荷は、横軸の0から0.4までの接地期、ほぼ0[N・deg/s]に維持される。図3を参照して上述したように、膝関節に加わる負荷は、膝関節の反力と、膝関節の角速度との積によって算出される。膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、接地期、膝関節の角速度がほぼ0[deg/s]に維持されるため、関節に加わる負荷もほぼ0[N・deg/s]に維持される。

[0077] このように接地期内の膝関節の角速度と膝関節に加わる負荷との間には、相関関係が存在する。例えば、図5示すように、膝関節に加わる負荷が大きい被験者では、膝関節に加わる負荷は、膝関節の角速度が正のピーク値となる横軸の0.04付近で、負のピーク値となる。また、図6に示すように、膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、膝関節に加わる負荷は、膝関節の角速度がほぼ0[deg/s]に維持されるため、関節に加わる負荷もほぼ0[N・de

g/s]に維持される。

[0078] したがって、ユーザの接地期内の膝関節の角速度が取得できれば、接地期内の膝関節の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係に基づいて、ユーザの膝関節に加わる負荷を取得することができる。

[0079] 図7及び図8を参照し、大腿部の角速度と膝関節に加わる負荷との間に相関関係が存在することを説明する。

[0080] 図7に、膝関節に加わる負荷が大きい被験者の大腿部の角速度[deg/s]のグラフを示す。図7には、ローカル座標系及びグローバル座標系の各々の、被験者の大腿部の角速度[deg/s]のグラフを示す。図7には、図5に示す膝関節の角度[deg]及び膝関節の角速度[deg/s]のグラフを併せて示す。

[0081] 図8に、膝関節に加わる負荷が小さい被験者の大腿部の角速度[deg/s]のグラフを示す。図8には、ローカル座標系及びグローバル座標系の各々の、被験者の大腿部の角速度[deg/s]のグラフを示す。図8には、図6に示す膝関節の角度[deg]及び膝関節の角速度[deg/s]のグラフを併せて示す。

[0082] 図7及び図8の横軸は、図5及び図6の横軸と同じく、歩行周期に対応する。

[0083] 図7及び図8に示す大腿部の角速度のデータは、図5及び図6に示す膝関節の角速度等のデータと同じ又は類似に、逆動力学計算によって取得されたものである。

[0084] 図7及び図8に示すように、グローバル座標系の大腿部の角速度は、ローカル座標系の大腿部の角速度とほぼ同じである。つまり、第1センサ機器10Aが検出するローカル座標系の大腿部の角速度は、グローバル座標系の大腿部の角速度として用いられてよい。以下、グローバル座標系の大腿部の角速度と、ローカル座標系の大腿部の角速度とを特に区別しない場合、これらは、まとめて「大腿部の角速度」とも記載される。

[0085] 図7に示すように、膝関節に加わる負荷が大きい被験者では、大腿部の角速度は、膝関節の角速度と類似の変動を示す。例えば、上述したように、膝関節の角速度は、横軸の0.04付近から0.2付近に向けて下がる。膝関

節の角速度と類似に、大腿部の角速度は、横軸の0すなわち着地タイミングから横軸の0.2付近に向けて下がる。また、大腿部の角速度は、膝関節の角速度と類似に、横軸の0.2付近で負のピーク値になる。

[0086] 図8に示すように、膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、大腿部の角速度は、膝関節の角速度と類似の変動を示す。例えば、上述したように、膝関節の角速度は、横軸の0から4までの接地期、ほぼ0[deg/s]にすなわち一定値に維持される。膝関節の角速度と類似に、大腿部の角速度は、横軸の0から4までの接地期、負の一定値に維持される。

[0087] このように接地期において大腿部の角速度は、膝関節の角速度と類似の変動を示す。その理由の1つは、大腿部と膝関節とが連係して動くためである。ここで、上述したように、接地期内の膝関節の角速度と膝関節に加わる負荷との間には、相関関係が存在する。接地期において大腿部の角速度が膝関節の角速度と類似の変動を示すことにより、膝関節の角速度と類似に、接地期内の大腿部の角速度と膝関節に加わる負荷との間には、相関関係が存在する。

[0088] 図9に、大腿部の角速度に対する膝関節に加わる負荷の分布を示す図を示す。図9の横軸は、接地期における大腿部の角速度の負のピーク値である。図9の縦軸は、接地期における膝関節に加わる負荷の負のピーク値である。図9に示す分布に対して回帰分析を実行することにより、回帰式($y = -64.72x - 4267.2$)が取得された。相関係数は、0.8であった。接地期内の大腿部の角速度と膝関節に加わる負荷との間には、強い相関関係があることが分かる。

[0089] このように接地期内の大腿部の角速度と膝関節に加わる負荷との間には、相関関係が存在する。したがって、ユーザの接地期内の大腿部の角速度が取得できれば、接地期内の大腿部の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係に基づいて、ユーザの膝関節に加わる負荷を取得することができる。

[0090] 図10及び図11を参照し、足首の角速度と膝関節に加わる負荷との間に相関関係が存在することを説明する。

- [0091] 図 10 に、膝関節に加わる負荷が大きい被験者の膝関節の角度[deg]、足首の角速度[deg/s]、外側広筋の張力[N]、膝関節の反力[N]及び膝関節に加わる負荷[N・deg/s]のグラフを示す。これらのグラフのうち、足首の角速度[deg/s]のグラフ以外のグラフは、図 5 に示すグラフと同じである。
- [0092] 図 11 に、膝関節に加わる負荷が小さい被験者の膝関節の角度[deg]、足首の角速度[deg/s]、外側広筋の張力[N]、膝関節の反力[N]及び膝関節に加わる負荷[N・deg/s]のグラフを示す。これらのグラフのうち、足首の角速度[deg/s]のグラフ以外のグラフは、図 6 に示すグラフと同じである。
- [0093] 図 10 及び図 11 の横軸は、図 5 及び図 6 の横軸と同じく、歩行周期に対応する。
- [0094] 図 10 及び図 11 に示す足首の角速度のデータは、図 5 及び図 6 に示す膝関節の角速度等のデータと同じ又は類似に、逆動力学計算によって取得されたものである。
- [0095] 図 10 及び図 11 において、足首の角速度は、矢状面における足首の角速度である。
- [0096] 図 10 に示すように、膝関節に加わる負荷が大きい被験者では、足首の角速度は、横軸の 0 から 0.4 までの接地期、変動を示す。足首の角速度は、横軸の 0.04 付近で負のピーク値になる。この負のピーク値は、足首の角速度において、着地タイミングからの最初の負のピーク値となる。足首の角速度は、横軸の 0.04 付近から 0.2 付近に向けて上がる。足首の角速度は、横軸の 0.2 付近で正のピーク値になる。この正のピーク値は、足首の角速度において、着地タイミングからの最初の正のピーク値となる。この足首の角速度の変動は、図 5 に示す膝関節の角速度の変動と類似する。
- [0097] 図 11 に示すように、膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、足首の角速度は、横軸の 0 から 0.4 までの接地期、ほぼ 0 [deg/s]にすなわち一定値に維持される。膝関節に加わる負荷が小さい被験者では、接地期、膝関節がほぼ伸びた状態になる。そのため、足首の角速度は、ほぼ 0 [deg/s]に維持される。この足首の角速度の変動は、図 6 に示す膝関節の角速度の変動と類似

する。

[0098] このように接地期において足首の角速度は、図5及び図6に示す膝関節の角速度と類似の変動を示す。その理由の1つは、足首と膝関節とが連係して動くためである。ここで、上述したように、接地期内の膝関節の角速度と膝関節に加わる負荷との間には、相関関係が存在する。接地期において足首の角速度が膝関節の角速度と類似の変動を示すことにより、膝関節の角速度と類似に、接地期内の足首の角速度と膝関節に加わる負荷との間には、相関関係が存在する。

[0099] 図12に、足首の角速度に対する膝関節に加わる負荷の分布を示す図を示す。図12の横軸は、接地期における足首の角速度の負のピーク値である。図12の縦軸は、接地期における膝関節に加わる負荷の負のピーク値である。図12に示す分布に対して回帰分析を実行することにより、回帰式 ($y = -0.0008x + 0.0686$) が取得された。相関係数は、0.6456であった。接地期内の足首の角速度と膝関節に加わる負荷との間には、強い相関関係があることが分かる。

[0100] [推定値の取得処理]

制御部25は、少なくとも第1データに基づいて、ユーザの足部の着地タイミングを推定し、且つユーザの基準角速度を取得する。基準角速度は、接地期内の大腿部の角速度又は膝関節の角速度である。上述したように、接地期内の大腿部の角速度又は膝関節の角速度は、膝関節に加わる負荷との間に相関関係を有する。したがって、基準角速度は、膝関節に加わる負荷との間に相関関係を有する。

[0101] 制御部25は、基準角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係とユーザの基準角速度とに基づいて算出された、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を、取得する。制御部25は、相関関係として、図9に示すような分布から取得された回帰式を用いてよいし、基準角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係を学習した学習モデルを用いてよい。制御部25は、相関関係として回帰式を用いる場合、取得したユーザの基準角速度と回帰式とによ

って膝関節に加わる負荷の推定値を算出することにより、当該推定値を取得する。学習モデルは、例えば、ニューラルネットワークの学習モデルである。学習モデルは、基準角速度の情報が入力されると、膝関節に加わる負荷の推定値を示すスコアを算出して出力するものであってよい。制御部25は、相関関係として学習モデルを用いる場合、取得したユーザの基準角速度の情報を学習モデルに入力し、学習モデルが算出した膝関節に加わる負荷の推定値を示すスコアを取得する。回帰式又は学習モデルは、例えば、予め取得され、記憶部24に格納される。

[0102] 以下、基準角速度が大腿部の角速度である場合の例と、基準角速度が膝関節の角速度である場合の例とを説明する。

[0103] <例1>

基準角速度は、接地期内の大腿部の角速度であってよい。つまり、制御部25は、接地期内の大腿部の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係と、ユーザの接地期内の大腿部の角速度とに基づいて、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得してよい。この場合、制御部25は、少なくとも第1データに基づいて、ユーザの着地タイミングを推定し、且つユーザの接地期内の大腿部の角速度を取得する。制御部25は、相関関係に応じたユーザの大腿部の角速度を取得してよい。

[0104] 一例として、制御部25は、接地期における大腿部の角速度の負のピーク値と膝関節に加わる負荷との間の相関関係を用いてよい。この場合、制御部25は、相関関係に応じたユーザの大腿部の角速度として、接地期におけるユーザの大腿部の角速度の負のピーク値を取得する。例えば、制御部25は、後述するように、第1データ又は第2データに基づいて、着地タイミングを推定する。制御部25は、着地タイミングを推定すると、第1データのみによって、着地タイミングから最初のユーザの大腿部の角速度の負のピーク値を取得する。図7から分かるように、着地タイミングから最初の大腿部の角速度の負のピーク値は、接地期における大腿部の角速度の負のピーク値となる。ここで、図8に示すように、膝関節に加わる負荷が小さいユーザでは

、接地期において大腿部の角速度の負のピーク値が現れない場合がある。この場合、接地期において大腿部の角速度の負のピーク値が取得できないことが予想される。そこで、制御部 25 は、着地タイミングから図 8 に示すような第 1 時間 $T1a$ 内に大腿部の角速度の負のピーク値を取得できない場合、着地タイミングから第 2 時間 $T2$ 経過した時点のユーザの大腿部の角速度を第 1 データによって取得してよい。第 1 時間 $T1a$ は、接地期の長さの平均値等に基づいて、設定されてよい。第 2 時間 $T2$ は、着地タイミングから、大腿部の角速度において負のピーク値が現れるまでの時間の平均値等に基づいて、設定されてよい。

[0105] 他の例として、制御部 25 は、着地タイミングにおける大腿部の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係を用いてよい。この場合、制御部 25 は、相関関係に応じたユーザの大腿部の角速度として、着地タイミングにおけるユーザの大腿部の角速度を取得する。例えば、制御部 25 は、後述するように、第 1 データ又は第 2 データに基づいて、着地タイミングを推定する。制御部 25 は、着地タイミングを推定すると、第 1 データのみによって、着地タイミングにおけるユーザの大腿部の角速度を取得する。

[0106] ここで、制御部 25 は、第 1 データのみに基づいて、着地タイミングを推定してよい。制御部 25 は、第 1 データに含まれる大腿部の加速度及び大腿部の角速度の少なくとも何れかに基づいて、床反力を推定することにより、着地タイミングを推定してよい。ユーザの大腿部は、足部等を介して地面から床反力を受ける。ユーザの大腿部が床反力を受けることにより、大腿部の加速度及び大腿部の角速度は、床反力の変動に伴い変動する。つまり、大腿部の加速度及び大腿部の角速度の少なくとも何れかの変動から、床反力の変動を推定することができる。また、床反力は、ユーザの足部が地面に着地することにより、変動する。つまり、大腿部の加速度及び大腿部の角速度の少なくとも何れかに基づいて床反力の変動を推定することにより、着地タイミングを推定することができる。

[0107] 制御部 25 は、第 2 データに基づいて、着地タイミングを推定してよい。

第2データが足部の動きを示すデータであることにより、第2データによって足部が地面に着地するタイミングである着地タイミングを推定することができる。足部の動きを示す第2データを用いることにより、着地タイミングを精度良く推定することができる。

[0108] 制御部25は、ユーザの大腿部の角速度を取得すると、相関関係と、取得したユーザの大腿部の角速度とに基づいて、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する。一例として、制御部25は、相関関係として、図9に示すような大腿部の角速度に対する膝関節に加わる負荷の分布から取得された回帰式を用いてよい。この場合、制御部25は、取得したユーザの大腿部の角速度と回帰式とによって膝関節に加わる負荷の推定値を計算することにより、当該推定値を取得する。他の例として、制御部25は、相関関係として、大腿部の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係を学習した学習モデルを用いてよい。学習モデルは、大腿部の角速度の情報が入力されると、膝関節に加わる負荷の推定値を示すスコアを算出して出力するものであってよい。この場合、制御部25は、取得したユーザの大腿部の角速度の情報を学習モデルに入力し、学習モデルが算出した膝関節に加わる負荷の推定値を示すスコアを取得する。

[0109] <例2>

基準角速度は、接地期内の膝関節の角速度であってよい。つまり、制御部25は、接地期内の膝関節の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係と、ユーザの接地期内の膝関節の角速度とに基づいて、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得してよい。この場合、制御部25は、少なくとも第1データに基づいて、ユーザの着地タイミングを推定し、且つユーザの接地期内の膝関節の角速度を取得する。制御部25は、相関関係に応じたユーザの膝関節の角速度を取得してよい。

[0110] 一例として、制御部25は、接地期における膝関節の角速度の正又は負のピーク値と膝関節に加わる負荷との間の相関関係を用いてよい。この場合、制御部25は、相関関係に応じたユーザの膝関節の角速度として、接地期に

おけるユーザの膝関節の角速度の正又は負のピーク値を取得する。例えば、制御部 25 は、上述したように、第 1 データ又は第 2 データに基づいて、着地タイミングを推定する。制御部 25 は、着地タイミングを推定すると、センサ機器 10 が検出したデータに基づいて、着地タイミングから最初のユーザの膝関節の角速度の正又は負のピーク値を取得する。図 5 から分かるように、着地タイミングから最初の膝関節の角速度の正又は負のピーク値は、接地期における膝関節の角速度の正又は負のピーク値となる。制御部 25 は、後述するように、第 1 データと第 2 データとによって、ユーザの膝関節の角速度を取得してよい。ここで、図 6 に示すように、膝関節に加わる負荷が小さいユーザでは、接地期において膝関節の角速度の正及び負のピーク値が現れない場合がある。この場合、接地期において膝関節の角速度の正及び負のピーク値が取得できないことが予想される。そこで、制御部 25 は、膝関節の角速度の正のピーク値が採用される場合に、図 6 に示すような着地タイミングから第 1 時間 $T1b$ 内に膝関節の角速度の正のピーク値を取得できない場合、着地タイミングから第 3 時間 $T3$ 経過した時点のユーザの膝関節の角速度を第 1 データ又は第 2 データによって取得してよい。第 1 時間 $T1b$ は、接地期の長さの平均値等に基づいて、設定されてよい。第 1 時間 $T1b$ は、図 8 に示すような第 1 時間 $T1a$ と同じであってよいし、図 8 に示すような第 1 時間 $T1a$ とは異なってよい。第 3 時間 $T3$ は、着地タイミングから、膝関節の角速度において正のピーク値が現れるまでの時間の平均値等に基づいて、設定されてよい。また、制御部 25 は、膝関節の角速度の負のピーク値が採用される場合に、図 6 に示すような着地タイミングから第 1 時間 $T1b$ 内に膝関節の角速度の負のピーク値を取得できない場合、着地タイミングから第 4 時間 $T4$ 経過した時点のユーザの膝関節の角速度を第 1 データ又は第 2 データによって取得してよい。第 4 時間 $T4$ は、着地タイミングから、膝関節の角速度において負のピーク値が現れるまでの時間の平均値等に基づいて、設定されてよい。

[0111] 他の例として、制御部 25 は、着地タイミングにおける膝関節の角速度と

膝関節に加わる負荷との間の相関関係を用いてよい。この場合、制御部 25 は、相関関係に応じたユーザの膝関節の角速度として、着地タイミングにおけるユーザの膝関節の角速度を取得する。例えば、制御部 25 は、上述したように、第 1 データ又は第 2 データに基づいて、着地タイミングを推定する。制御部 25 は、着地タイミングを推定すると、センサ機器 10 が検出したデータに基づいて、着地タイミングにおけるユーザの膝関節の角速度を取得する。制御部 25 は、後述するように、第 1 データと第 2 データとによって、ユーザの膝関節の角速度を取得してよい。

[0112] ここで、制御部 25 は、第 1 データと第 2 データとによって、ユーザの膝関節の角速度を推定して取得してよい。図 3 に示すように、膝関節は、大腿部と足部との間に位置する。膝関節が大腿部と足部との間に位置することにより、大腿部の動きを示す第 1 データと足部の動きを示す第 2 データとによって、膝関節の角速度を推定することができる。

[0113] 制御部 25 は、膝関節の角速度を取得すると、相関関係と、取得したユーザの膝関節の角速度とに基づいて、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する。一例として、制御部 25 は、相関関係として、膝関節の角速度に対する膝関節に加わる負荷の分布から取得された回帰式を用いてよい。この場合、制御部 25 は、取得したユーザの膝関節の角速度と回帰式とによって膝関節に加わる負荷の推定値を算出することにより、当該推定値を取得する。他の例として、制御部 25 は、相関関係として、膝関節の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係を学習した学習モデルを用いてよい。学習モデルは、膝関節の角速度の情報が入力されると、膝関節に加わる負荷の推定値を示すスコアを算出して出力するものであってよい。この場合、制御部 25 は、取得したユーザの膝関節の角速度の情報を学習モデルに入力し、学習モデルが算出した膝関節に加わる負荷の推定値を示すスコアを取得する。

[0114] [推定値の取得処理の他の例]

基準角速度は、接地期内の足首の角速度であってよい。以下、推定値の取得処理の他の例として、基準角速度が接地期内の足首の角速度である場合に

ついて説明する。

[0115] 制御部25は、少なくとも第3データに基づいて、ユーザの足部の着地タイミングを推定し、且つユーザの足首の角速度を取得する。制御部25は、接地期内の足首の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係と、ユーザの接地期内の足首の角速度とに基づいて、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する。制御部25は、相関関係に応じたユーザの足首の角速度を取得してよい。

[0116] 一例として、制御部25は、接地期における足首の角速度の正又は負のピーク値と膝関節に加わる負荷との間の相関関係を用いてよい。この場合、制御部25は、相関関係に応じたユーザの足首の角速度として、接地期におけるユーザの足首の角速度の正又は負のピーク値を取得する。例えば、制御部25は、上述したように、第1データ又は第2データに基づいて、着地タイミングを推定する。制御部25は、着地タイミングを推定すると、第3センサ機器10Cが検出した第3データに基づいて、着地タイミングから最初のユーザの膝関節の角速度の正又は負のピーク値を取得する。図10から分かるように、着地タイミングから最初の足首の角速度の正又は負のピーク値は、接地期における足首の角速度の正又は負のピーク値となる。ここで、図11に示すように、膝関節に加わる負荷が小さいユーザでは、接地期において足首の角速度の正及び負のピーク値が現れない場合がある。この場合、接地期において足首の角速度の正及び負のピーク値が取得できないことが予想される。そこで、制御部25は、足首の角速度の負のピーク値が採用される場合に、図11に示すような着地タイミングから第1時間 $T1c$ 内に膝関節の角速度の正のピーク値を取得できない場合、着地タイミングから第5時間 $T5$ 経過した時点のユーザの足首の角速度を第3データによって取得してよい。第1時間 $T1c$ は、接地期の長さの平均値等に基づいて、設定されてよい。第1時間 $T1c$ は、図8に示すような第1時間 $T1a$ と同じであってよいし、図8に示すような第1時間 $T1a$ とは異なってよい。第5時間 $T5$ は、着地タイミングから、足首の角速度において負のピーク値が現れるまでの時

間の平均値等に基づいて、設定されてよい。また、制御部25は、足首の角速度の正のピーク値が採用される場合に、図11に示すような着地タイミングから第1時間 $T1c$ 内に足首の角速度の正のピーク値を取得できない場合、着地タイミングから第6時間 $T6$ 経過した時点のユーザの足首の角速度を第3データによって取得してよい。第6時間 $T6$ は、着地タイミングから、足首の角速度において正のピーク値が現れるまでの時間の平均値等に基づいて、設定されてよい。

[0117] 他の例として、制御部25は、着地タイミングにおける足首の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係を用いてよい。この場合、制御部25は、相関関係に応じたユーザの足首の角速度として、着地タイミングにおけるユーザの足首の角速度を取得する。例えば、制御部25は、上述したように、第1データ又は第2データに基づいて、着地タイミングを推定する。制御部25は、着地タイミングを推定すると、第3センサ機器10Cが検出した第3データに基づいて、着地タイミングにおけるユーザの足首の角速度を取得する。

[0118] ここで、制御部25は、第3データに基づいて、着地タイミングを推定してよい。第3データが足首の動きを示すデータであることにより、第3データによって足部が地面に着地するタイミングである着地タイミングを推定することができる。足首の動きを示す第3データを用いることにより、着地タイミングを精度良く推定することができる。

[0119] 制御部25は、足首の角速度を取得すると、相関関係と、取得したユーザの足首の角速度とに基づいて、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する。一例として、制御部25は、相関関係として、足首の角速度に対する膝関節に加わる負荷の分布から取得された回帰式を用いてよい。この場合、制御部25は、取得したユーザの足首の角速度と回帰式とによって膝関節に加わる負荷の推定値を算出することにより、当該推定値を取得する。他の例として、制御部25は、相関関係として、足首の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係を学習した学習モデルを用いてよい。学習モデルは、足

首の角速度の情報が入力されると、膝関節に加わる負荷の推定値を示すスコアを算出して出力するものであってよい。この場合、制御部 25 は、取得したユーザの足首の角速度の情報を学習モデルに入力し、学習モデルが算出した膝関節に加わる負荷の推定値を示すスコアを取得する。

[0120] 【報知処理】

制御部 25 は、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を示す情報を、報知部としての出力部 23 に報知させてよい。制御部 25 は、推定値を学習モデルから出力されるスコアとして取得した場合、スコアを示す情報を、報知部としての出力部 23 に報知させてよい。報知の一例として、制御部 25 は、出力部 23 に、膝関節に加わる負荷の推定値又はスコアを示す情報を出力させてよい。膝関節に加わる負荷の推定値又はスコアを示す情報が出力部 23 から出力されることにより、ユーザは、自身の膝関節に加わる負荷が大きいかな否かを把握することができる。

[0121] 報知の他の例として、制御部 25 は、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を示す情報又はスコアを示す情報を、音声として出力部 23 のスピーカに出力させてよい。膝関節に加わる負荷の推定値又はスコアを示す情報が音声として出力されることにより、ユーザの歩行を妨げる可能性が低減する。

[0122] 制御部 25 は、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値又はスコアを示す信号を、通信部 21 によって外部機器に送信してよい。例えばユーザがイヤホン装着している場合、制御部 25 は、外部機器としてのイヤホンに、膝関節に加わる負荷の推定値又はスコアを示す信号を通信部 21 によって送信する。このような構成により、ユーザが装着しているイヤホンから、膝関節に加わる負荷の推定値又はスコアを示す情報が音声として出力される。関節に加わる負荷の推定値又はスコアを示す情報が音声としてイヤホンから出力させることにより、ユーザの歩行を妨げる可能性が低減する。

[0123] 制御部 25 は、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を、例えば記憶部 24 に、予め設定された設定期間、蓄積させてよい。設定期間は、ユーザが歩行する頻度等に基づいて、設定されてよい。制御部 25 は、蓄積させた推定

値が閾値を超えるか否かを判定してよい。制御部 25 は、蓄積させた推定値が閾値を超えると判定した場合、警告を示す情報を報知部としての出力部 23 に報知させてよい。報知の一例として、制御部 25 は、警告を示す情報を出力部 23 に出力させてよい。閾値は、膝関節に蓄積されることにより膝関節の病気を引き起こす可能性がある負荷の量に基づいて、設定されてよい。警告を示す情報が報知部としての出力部 23 によって報知されることにより、ユーザは、自身の膝関節に蓄積させた負荷がある程度大きいことを把握することができる。

[0124] 制御部 25 は、蓄積させた推定値が閾値を超えると判定した場合、警告を示す信号を、通信部 21 によって外部機器に送信してよい。例えば、ユーザがイヤホンを装着している場合、制御部 25 は、外部機器としてのイヤホンに、警告を示す信号を通信部 21 によって送信する。このような構成により、ユーザが装着しているイヤホンから、警告を示す情報が音声として出力される。警告を示す情報が音声としてイヤホンから出力されることにより、ユーザの歩行を妨げる可能性が低減する。

[0125] (システムの動作)

図 13 は、図 1 に示す電子機器 20 が実行する評価処理の動作を示すフローチャートである。この動作は、本実施形態に係る情報処理方法の一例に相当する。制御部 25 は、例えば、評価処理の実行を指示する入力を入力部 22 によって受け付けると、ステップ S10 の処理からの評価処理を開始する。以下、基準角速度は、接地期内の大腿部の角速度であるものとする。また、制御部 25 は、接地期内の大腿部の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係を学習した学習モデルによって、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得するものとする。

[0126] 制御部 25 は、評価処理の実行を指示する入力を、入力部 22 によって受け付ける（ステップ S10）。この入力は、センサ機器 10 を装着したユーザによって入力部 22 から入力される。

[0127] 制御部 25 は、データ検出の開始を指示する信号を、第 1 センサ機器 10

Aに通信部21によって送信する（ステップS11）。制御部25は、情報処理システム1が第1センサ機器10A及び第2センサ機器10Bを含む場合、データ検出の開始を指示する信号をブロードキャスト信号として、第1センサ機器10A及び第2センサ機器10Bに通信部21によって送信してよい。ステップS11の処理が実行された後、センサ機器10から電子機器20へ、センサ機器10が検出したデータが送信される。

[0128] 制御部25は、センサ機器10から、センサ機器10が検出したデータを通信部21によって受信する（ステップS12）。

[0129] 制御部25は、ステップS12の処理で受信したデータに基づいて、ユーザの着地タイミングを推定する（ステップS13）。制御部25は、ユーザの接地期内の大腿部の角速度を取得する（ステップS14）。

[0130] 制御部25は、ステップS14で取得したユーザの大腿部の角速度を学習モデルに入力することにより、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を示すスコアを取得する（ステップS15）。ステップS15の処理では、制御部25は、スコアが示す推定値を記憶部24に蓄積させる。

[0131] 制御部25は、ステップS15の処理で取得したスコアを示す情報を、報知部としての出力部23に報知させる（ステップS16）。

[0132] 制御部25は、蓄積させた推定値が閾値を超えるか否かを判定する（ステップS17）。制御部25は、蓄積させた推定値が閾値を超えると判定した場合（ステップS17：YES）、ステップS18の処理に進む。一方、制御部25は、蓄積させた推定値が閾値を超えると判定しない場合（ステップS17：NO）、評価処理を終了する。

[0133] ステップS18の処理では、制御部25は、警告を示す情報を報知部としての出力部23に報知させる。ステップS18の処理を実行した後、制御部25は、評価処理を終了する。

[0134] 制御部25は、評価処理を終了した後、任意の時間間隔で、評価処理を再び実行してよい。この時間間隔は、一般的なユーザの歩行速度等に基づいて、設定されてよい。再び実行する評価処理では、制御部25は、ステップS

11の処理から開始してよい。制御部25は、評価処理の終了を指示する入力を入力部22から受け付けるまで、評価処理を繰り返し実行してよい。この入力は、例えば、ユーザによって入力部22から入力される。ユーザは、例えば、歩行を終了すると、この入力を入力部22から入力する。

[0135] このように情報処理装置としての電子機器20では、制御部25は、少なくとも第1データに基づいて、ユーザの着地タイミングを推定し、且つユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する。つまり、本実施形態では、ユーザの着地タイミング等を推定するためのデータを検出可能なセンサ機器10があれば、例えば床反力等を検出する荷重センサ等がなくても、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得することができる。したがって、本実施形態によれば、ユーザの関節に加わる負荷を簡便に評価する技術を提供することができる。

[0136] さらに、基準角速度は、接地期内の大腿部の角速度であってよい。つまり、制御部25は、接地期内の大腿部の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係と、ユーザの接地期内の大腿部の角速度とに基づいて、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得してよい。この場合、制御部25は、第1センサ機器10Aが検出した第1データのみに基づいて、着地タイミングを推定してよい。制御部25は、第1センサ機器10Aが検出した第1データのみによって、ユーザの大腿部の角速度を取得してよい。このような構成により、第1センサ機器10Aが検出した第1データのみによって、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得することができる。つまり、ユーザは、第1センサ機器10Aの1つのみを装着すればよい。したがって、ユーザの利便性が向上する。

[0137] また、基準角速度は、接地期内の膝関節の角速度であってよい。つまり、制御部25は、接地期内の膝関節の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係と、ユーザの接地期内の膝関節の角速度とに基づいて、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得してよい。図3を参照して上述したように、膝関節に加わる負荷は、膝関節の反力と、膝関節の角速度との積によって算

出される。膝関節の角速度と膝関節に加わる負荷との間には、例えば大腿部の角速度と膝関節に加わる負荷との間よりも、強い相関関係が存在する。したがって、接地期内の膝関節の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係等を用いることにより、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値をより精度良く取得することができる。

[0138] ここで、近年、歩行は、手軽な運動として注目されている。ただし、歩行中のユーザには、前方又は付近の障害物に注意を向けることが求められる。歩行中のユーザに前方又は付近の障害物に注意を向けることが求められることにより、歩行中のユーザが自身の姿勢に注意を向けることができない場合がある。歩行中のユーザが自身の姿勢に注意を向けることができないと、ユーザは、自身が気付かないうちに、正しくない姿勢で歩行をしてしまう場合がある。ユーザが正しくない姿勢で歩行をしてしまうと、ユーザの膝関節に加わる負荷が過剰になってしまう場合がある。膝関節に加わる負荷が過剰な状態でユーザが歩行を続けてしまうと、ユーザの膝関節に、変形性膝関節症等の疾患を生じさせてしまう場合がある。

[0139] 本実施形態に係る電子機器 20 では、制御部 25 は、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値又はスコアを示す情報を出力部 23 等に出力させることができる。このような構成により、ユーザは、自身の膝関節に加わる負荷が大きいかな否かを把握することができる。ユーザが自身の膝関節に加わる負荷が大きいかな否かを把握することができるため、ユーザが膝関節に加わる負荷が過剰な状態で歩行を続けてしまう可能性が低減する。ユーザが膝関節に加わる負荷が過剰な状態で歩行を続けてしまう可能性が低減することにより、ユーザの膝関節に、変形性膝関節症等の疾患を生じさせてしまう可能性が低減する。

[0140] (他のシステムの構成)

図 14 は、本開示の他の実施形態に係る情報処理システム 101 の構成を示す機能ブロック図である。

[0141] 情報処理システム 101 は、センサ機器 10 と、電子機器 20 と、サーバ

40とを含む。情報処理システム101では、サーバ40が、情報処理装置として機能し、ユーザの膝関節に加わる負荷を評価する。

[0142] 電子機器20と、サーバ40とは、ネットワーク2を介して通信可能である。ネットワーク2は、移動体通信網及びインターネット等を含む任意のネットワークであってよい。

[0143] 電子機器20の制御部25は、情報処理システム1と同じ又は類似に、センサ機器10から、センサ機器10が検出したデータを通信部21によって受信する。情報処理システム101では、制御部25は、センサ機器10が検出したデータを、ネットワーク2を介してサーバ40に、通信部21によって送信する。

[0144] サーバ40は、例えば、クラウドコンピューティングシステム又はその他のコンピューティングシステムに属するサーバである。サーバ40は、通信部41と、記憶部42と、制御部43とを有する。

[0145] 通信部41は、ネットワーク2に接続可能な少なくとも1つの通信モジュールを含んで構成される。通信モジュールは、例えば、有線LAN (Local Area Network) 又は無線LAN等の規格に対応した通信モジュールである。通信部41は、通信モジュールによって有線LAN又は無線LANを介して、ネットワーク2に接続される。

[0146] 記憶部42は、少なくとも1つの半導体メモリ、少なくとも1つの磁気メモリ、少なくとも1つの光メモリ又はこれらのうちの少なくとも2種類の組み合わせを含んで構成される。半導体メモリは、例えば、RAM又はROM等である。RAMは、例えば、SRAM又はDRAM等である。ROMは、例えば、EEPROM等である。記憶部42は、主記憶装置、補助記憶装置又はキャッシュメモリとして機能してよい。記憶部42には、サーバ40の動作に用いられるデータと、サーバ40の動作によって得られたデータとが記憶される。例えば、記憶部42は、システムプログラム、アプリケーションプログラム及び組み込みソフトウェア等を記憶する。

[0147] 制御部43は、少なくとも1つのプロセッサ、少なくとも1つの専用回路

又はこれらの組み合わせを含んで構成される。プロセッサは、CPU若しくはGPU等の汎用プロセッサ又は特定の処理に特化した専用プロセッサである。専用回路は、例えば、FPGA又はASIC等である。制御部43は、サーバ40の各部を制御しながら、サーバ40の動作に関わる処理を実行する。

[0148] 制御部43は、ネットワーク2を介して電子機器20から、センサ機器10が検出したデータを通信部41によって受信する。制御部43は、電子機器20を介してセンサ機器10が検出したデータを受信することにより、センサ機器10が検出したデータを取得する。制御部43は、上述した電子機器20の制御部25による処理と同じ又は類似の処理を実行することにより、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する。例えば、制御部43は、少なくとも第1データに基づいて、ユーザの着地タイミングを推定し、且つユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する。

[0149] 制御部43は、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を示す信号を、ネットワーク2を介して電子機器20に通信部41によって送信する。制御部43は、推定値を学習モデルから出力されるスコアとして取得した場合、スコアを示す信号を、ネットワーク2を介して電子機器20に通信部41によって送信してよい。電子機器20では、制御部25は、ネットワーク2を介してサーバ40から、推定値を示す信号又はスコアを示す信号を通信部21によって受信する。制御部25は、推定値を示す情報又はスコアを示す情報を、報知部としての出力部23に報知させる。報知の一例として、制御部25は、推定値を示す情報又はスコアを示す情報を、出力部23に出力させる。

[0150] 制御部43は、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を、例えば記憶部42に、上記設定期間、蓄積させてよい。制御部43は、蓄積させた推定値が上記閾値を超えると判定した場合、警告を示す信号を、ネットワーク2を介して電子機器20に、通信部41によって送信してよい。電子機器20では、制御部25は、ネットワーク2を介してサーバ40から、警告を示す信号を通信部21によって受信する。制御部25は、警告を示す情報を、報知部

としての出力部 23 に報知させる。報知の一例として、制御部 25 は、警告を示す情報を出力部 23 に出力させる。

[0151] (他のシステムの動作)

図 15 及び図 16 は、図 14 に示す情報処理システム 101 が実行する評価処理の動作を示すシーケンス図である。この動作は、本実施形態に係る情報処理方法の一例に相当する。電子機器 20 が歩行評価の実行を指示する入力を受け付けると、情報処理システム 101 は、図 15 に示すようなステップ S20 の処理から評価処理を開始する。以下、基準角速度は、接地期内の大腿部の角速度であるものとする。また、制御部 43 は、接地期内の大腿部の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係を学習した学習モデルによって、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得するものとする。

[0152] 電子機器 20 では、制御部 25 は、評価処理の実行を指示する入力を、入力部 22 によって受け付ける（ステップ S20）。制御部 25 は、データ検出の開始を指示する信号を、センサ機器 10 に通信部 21 によって送信する（ステップ S21）。制御部 25 は、情報処理システム 101 が第 1 センサ機器 10A 及び第 2 センサ機器 10B を含む場合、データ検出の開始を指示する信号をブロードキャスト信号として、第 1 センサ機器 10A 及び第 2 センサ機器 10B に通信部 21 によって送信してよい。

[0153] センサ機器 10 では、制御部 14 は、データ検出の開始を指示する信号を、電子機器 20 から通信部 11 によって受信する（ステップ S22）。制御部 14 は、この信号を受信すると、データ検出を開始する。制御部 14 は、センサ部 12 からセンサ部 12 が検出したデータを取得し、取得したデータを電子機器 20 に通信部 11 によって送信する（ステップ S23）。

[0154] 電子機器 20 では、制御部 25 は、センサ機器 10 からデータを通信部 21 によって受信する（ステップ S24）。制御部 25 は、センサ機器 10 が検出したデータを、ネットワーク 2 を介してサーバ 40 に、通信部 21 によって送信する（ステップ S25）。

[0155] サーバ 40 では、制御部 43 は、ネットワーク 2 を介して電子機器 20 か

ら、センサ機器 10 が検出したデータを通信部 41 によって受信する（ステップ S 26）。制御部 43 は、ステップ S 26 の処理で受信したデータに基づいて、ユーザの着地タイミングを推定する（ステップ S 27）。制御部 43 は、ステップ S 26 の処理で受信したデータに基づいて、ユーザの接地期内の大腿部の角速度を取得する（ステップ S 28）。制御部 43 は、ステップ S 28 の処理で取得したユーザの大腿部の角速度を学習モデルに入力することにより、ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を示すスコアを取得する（ステップ S 29）。ステップ S 29 の処理では、制御部 43 は、スコアが示す推定値を記憶部 42 に蓄積させる。制御部 43 は、ネットワーク 2 を介して電子機器 20 に、スコアを示す信号を、通信部 41 によって送信する（ステップ S 30）。

[0156] 情報処理システム 101 は、ステップ S 30 の処理を実行した後、図 16 に示すようなステップ S 31 の処理に進む。

[0157] 電子機器 20 では、制御部 25 は、ネットワーク 2 を介してサーバ 40 から、スコアを示す信号を通信部 21 によって受信する（ステップ S 31）。制御部 25 は、スコアを示す情報を、報知部としての出力部 23 に報知させる（ステップ S 32）。

[0158] サーバ 40 では、制御部 43 は、蓄積させた推定値が閾値を超えるか否かを判定する（ステップ S 33）。制御部 43 は、蓄積させた推定値が閾値を超えると判定した場合（ステップ S 33：YES）、警告を示す信号を、ネットワーク 2 を介して電子機器 20 に、通信部 41 によって送信する（ステップ S 34）。ステップ S 34 の処理の実行後、情報処理システム 101 は、ステップ S 35 の処理に進む。一方、制御部 43 が蓄積させた推定値が閾値を超えると判定しない場合（ステップ S 33：NO）、情報処理システム 101 は、評価処理を終了する。

[0159] ステップ S 35 の処理では、電子機器 20 の制御部 25 は、ネットワーク 2 を介してサーバ 40 から、警告を示す信号を通信部 21 によって受信する（ステップ S 35）。制御部 25 は、警告を示す情報を、報知部としての出

力部 23 に報知させる（ステップ S 36）。ステップ S 36 の処理を実行した後、情報処理システム 101、評価処理を終了する。

[0160] 情報処理システム 101 は、評価処理を終了した後、上述したような任意の時間間隔で、評価処理を再び実行してよい。再び実行する評価処理では、情報処理システム 101 は、ステップ S 23 の処理から開始してよい。情報処理システム 101 は、電子機器 20 が評価処理の終了を指示する入力を入力部 22 から受け付けるまで、評価処理を繰り返し実行してよい。

[0161] 情報処理システム 101 は、情報処理システム 1 と同じ又は類の効果を奏することができる。

[0162] 本開示に係る実施形態について、諸図面及び実施例に基づき説明してきたが、当業者であれば本開示に基づき種々の変形又は改変を行うことが可能であることに注意されたい。したがって、これらの変形又は改変は本開示の範囲に含まれることに留意されたい。例えば、各構成部等に含まれる機能等は論理的に矛盾しないように再配置可能であり、複数の構成部等を 1 つに組み合わせたり、或いは分割したりすることが可能である。

[0163] 例えば、センサ機器 10 の通信部 11 は、図 14 に示すようなネットワーク 2 に接続可能な少なくとも 1 つの通信モジュールをさらに含んで構成されてよい。通信モジュールは、例えば、LTE、4G 又は 5G 等の移動体通信規格に対応した通信モジュールである。この場合、図 14 に示すような情報処理システム 101 では、センサ機器 10 の制御部 15 は、ネットワーク 2 を介してサーバ 40 に、センサ機器 10 が検出したデータを通信部 11 によって送信してよい。

[0164] 例えば、汎用のコンピュータを、本実施形態に係る電子機器 20 として機能させる実施形態も可能である。具体的には、本実施形態に係る電子機器 20 の各機能を実現する処理内容を記述したプログラムを、汎用のコンピュータのメモリに格納し、プロセッサによって当該プログラムを読み出して実行させる。したがって、本実施形態に係る構成は、プロセッサが実行可能なプログラム又は当該プログラムを記憶する非一時的なコンピュータ可読媒体と

しても実現可能である。

[0165] 本開示において「第1」及び「第2」等の記載は、当該構成を区別するための識別子である。本開示における「第1」及び「第2」等の記載で区別された構成は、当該構成における番号を交換することができる。例えば、第1センサ機器は、第2センサ機器と識別子である「第1」と「第2」とを交換することができる。識別子の交換は同時に行われる。識別子の交換後も、当該構成は、区別される。識別子は、削除してよい。識別子を削除した構成は、符号で区別される。本開示における「第1」及び「第2」等の識別子の記載のみに基づいて、当該構成の順序の解釈及び小さい番号の識別子が存在することの根拠に利用してはならない。

符号の説明

- [0166] 1, 1 0 1 情報処理システム
- 2 ネットワーク
- 1 0 センサ機器
- 1 0 A 第1センサ機器
- 1 0 B 第2センサ機器
- 1 0 C 第3センサ機器
- 1 1 通信部
- 1 2 センサ部
- 1 3 記憶部
- 1 4 制御部
- 2 0 電子機器
- 2 1 通信部
- 2 2 入力部
- 2 3 出力部
- 2 4 記憶部
- 2 5 制御部
- 3 0 足

- 3 1 足部
- 3 2 脛部
- 3 3 膝関節
- 3 4 大腿部
- 4 0 サーバ
- 4 1 通信部
- 4 2 記憶部
- 4 3 制御部

請求の範囲

- [請求項1] 第1センサ機器からユーザの大腿部の動きに関する第1データを取得し、
- 少なくとも前記第1データに基づいて、前記ユーザの足部の着地タイミングを推定し、且つ前記ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する、制御部を備える、情報処理装置。
- [請求項2] 前記制御部は、
- 少なくとも前記第1データに基づいて、前記ユーザの基準角速度を取得し、前記基準角速度は、足部の少なくとも一部が地面に接地している接地期内の大腿部の角速度又は膝関節の角速度であり、
- 前記基準角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係と前記ユーザの基準角速度とに基づいて算出された前記推定値を取得する、請求項1に記載の情報処理装置。
- [請求項3] 前記制御部は、前記第1データのみに基づいて、前記ユーザの着地タイミングを推定する、請求項2に記載の情報処理装置。
- [請求項4] 前記制御部は、
- 第2センサ機器から前記ユーザの足部の動きに関する第2データを取得し、
- 前記第2データに基づいて、前記ユーザの着地タイミングを推定する、請求項2に記載の情報処理装置。
- [請求項5] 前記基準角速度は、前記接地期内の大腿部の角速度であり、
- 前記相関関係は、前記接地期内の大腿部の角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係であり、
- 前記制御部は、
- 前記第1データのみによって、前記ユーザの前記接地期内の大腿部の角速度を取得する、請求項3又は4に記載の情報処理装置。
- [請求項6] 前記基準角速度は、前記接地期内の膝関節の角速度であり、
- 前記相関関係は、前記接地期内の膝関節の角速度と膝関節に加わる

負荷との間の相関関係であり、

前記制御部は、

前記第 1 データと、第 2 センサ機器が検出したユーザの足部の動きを示す第 2 データとによって、前記ユーザの前記接地期内の膝関節の角速度を推定して取得する、請求項 3 又は 4 に記載の情報処理装置。

[請求項 7] 第 3 センサ機器からユーザの足首の動きに関する第 3 データを取得し、

少なくとも前記第 3 データに基づいて、前記ユーザの基準角速度を取得し、前記基準角速度は、足部の少なくとも一部が地面に接地している接地期内の足首の角速度であり、

前記基準角速度と膝関節に加わる負荷との間の相関関係と前記ユーザの基準角速度とに基づいて算出された前記ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する、制御部を備える、情報処理装置。

[請求項 8] 前記制御部は、前記相関関係として、前記相関関係を学習した学習モデルを用いる、請求項 2 から 7 までの何れか一項に記載の情報処理装置。

[請求項 9] 報知部をさらに備え、

前記制御部は、前記推定値を示す情報を前記報知部に報知させる、請求項 1 から 8 までの何れか一項に記載の情報処理装置。

[請求項 10] 報知部をさらに備え、

前記制御部は、蓄積させた前記推定値が閾値を超える場合、警告を示す情報を前記報知部に報知させる、請求項 1 から 9 までの何れか一項に記載の情報処理装置。

[請求項 11] 通信部をさらに備え、

前記制御部は、前記推定値を示す信号を前記通信部によって外部機器に送信する、請求項 1 から 8 までの何れか一項に記載の情報処理装置。

[請求項 12] 通信部をさらに備え、

前記制御部は、蓄積させた前記推定値が閾値を超える場合、警告を示す信号を前記通信部によって外部機器に送信する、請求項 1 から 8 までの何れか一項に記載の情報処理装置。

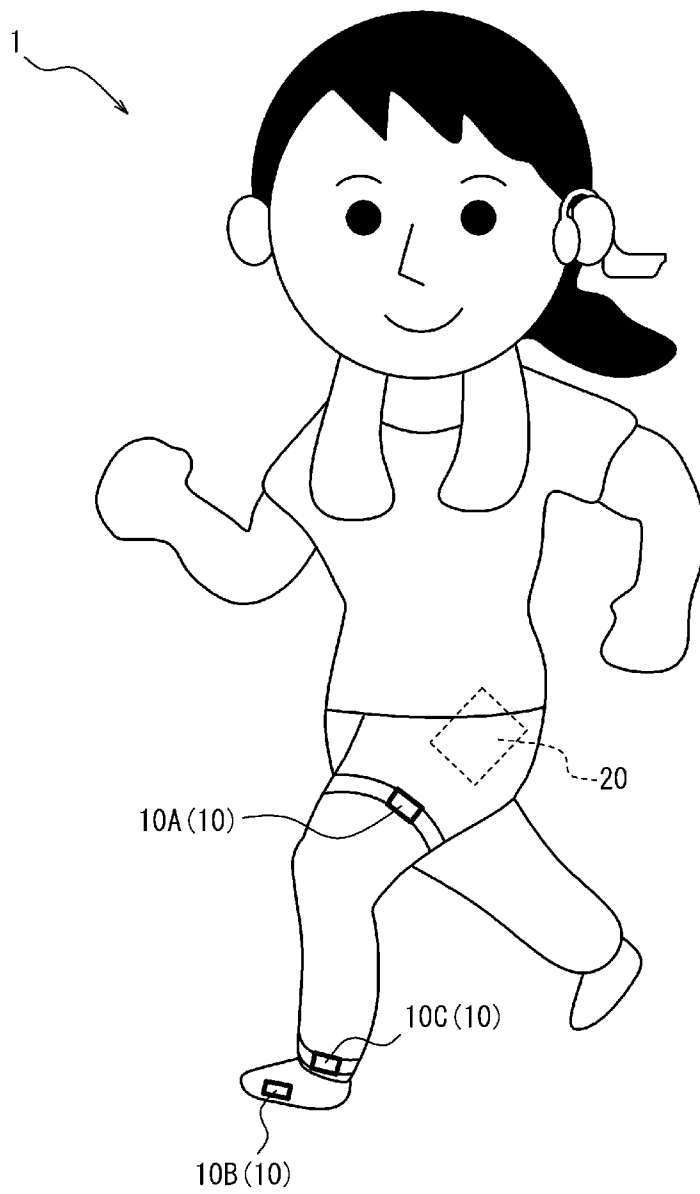
[請求項13] 請求項 1 から 12 までの何れか一項に記載の情報処理装置が取得した前記推定値の情報を報知する報知部を備える、電子機器。

[請求項14] 第 1 センサ機器と、
前記第 1 センサ機器からユーザの大腿部の動きに関する第 1 データを取得する情報処理装置と、を含み、
前記情報処理装置は、少なくとも前記第 1 データに基づいて、前記ユーザの足部の着地タイミングを推定し、且つ前記ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得する、情報処理システム。

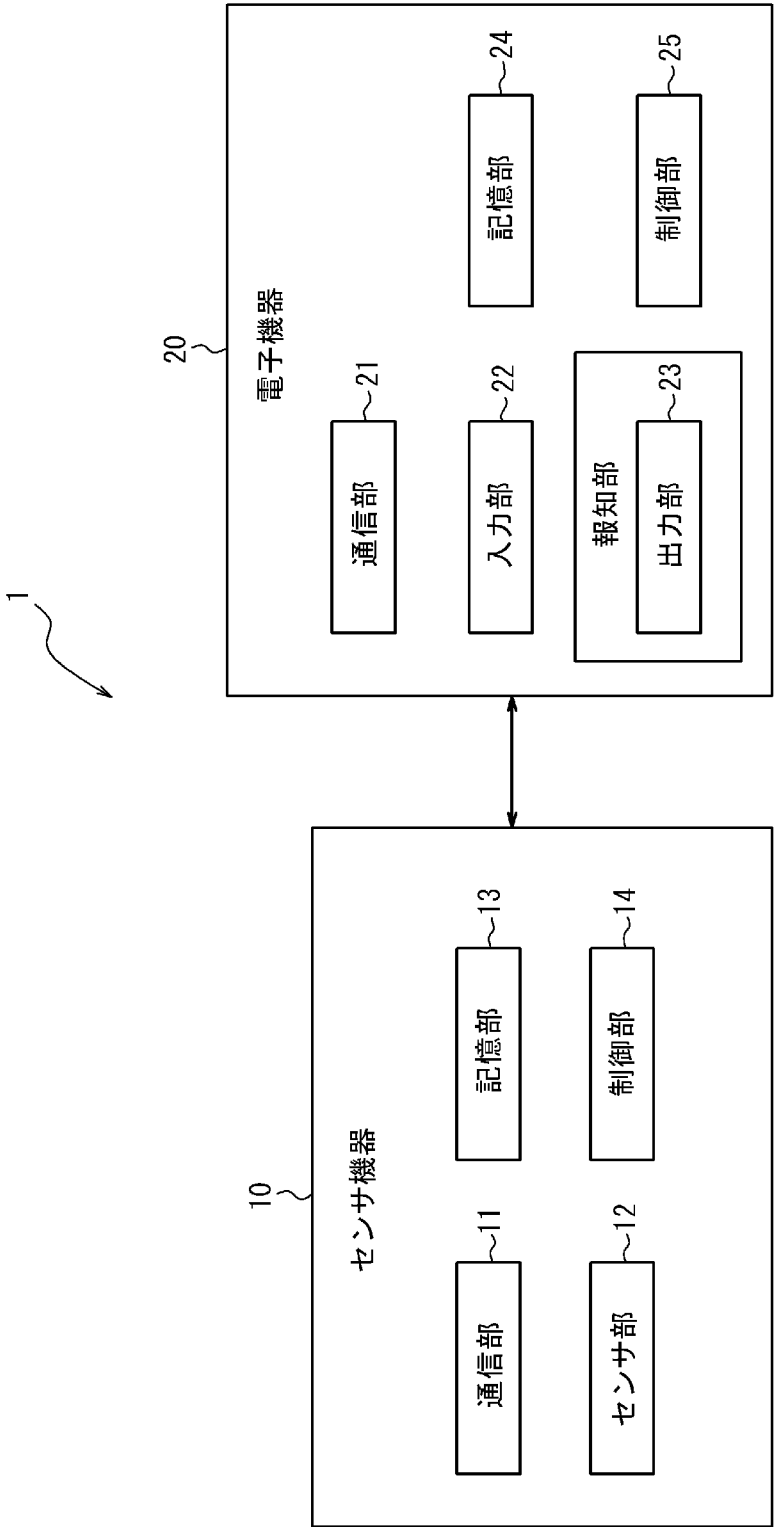
[請求項15] 第 1 センサ機器からユーザの大腿部の動きに関する第 1 データを取得することと、
少なくとも前記第 1 データに基づいて、前記ユーザの足部の着地タイミングを推定し、且つ前記ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得することと、を含む、情報処理方法。

[請求項16] コンピュータに、
第 1 センサ機器からユーザの大腿部の動きに関する第 1 データを取得することと、
少なくとも前記第 1 データに基づいて、前記ユーザの足部の着地タイミングを推定し、且つ前記ユーザの膝関節に加わる負荷の推定値を取得することと、を実行させるプログラム。

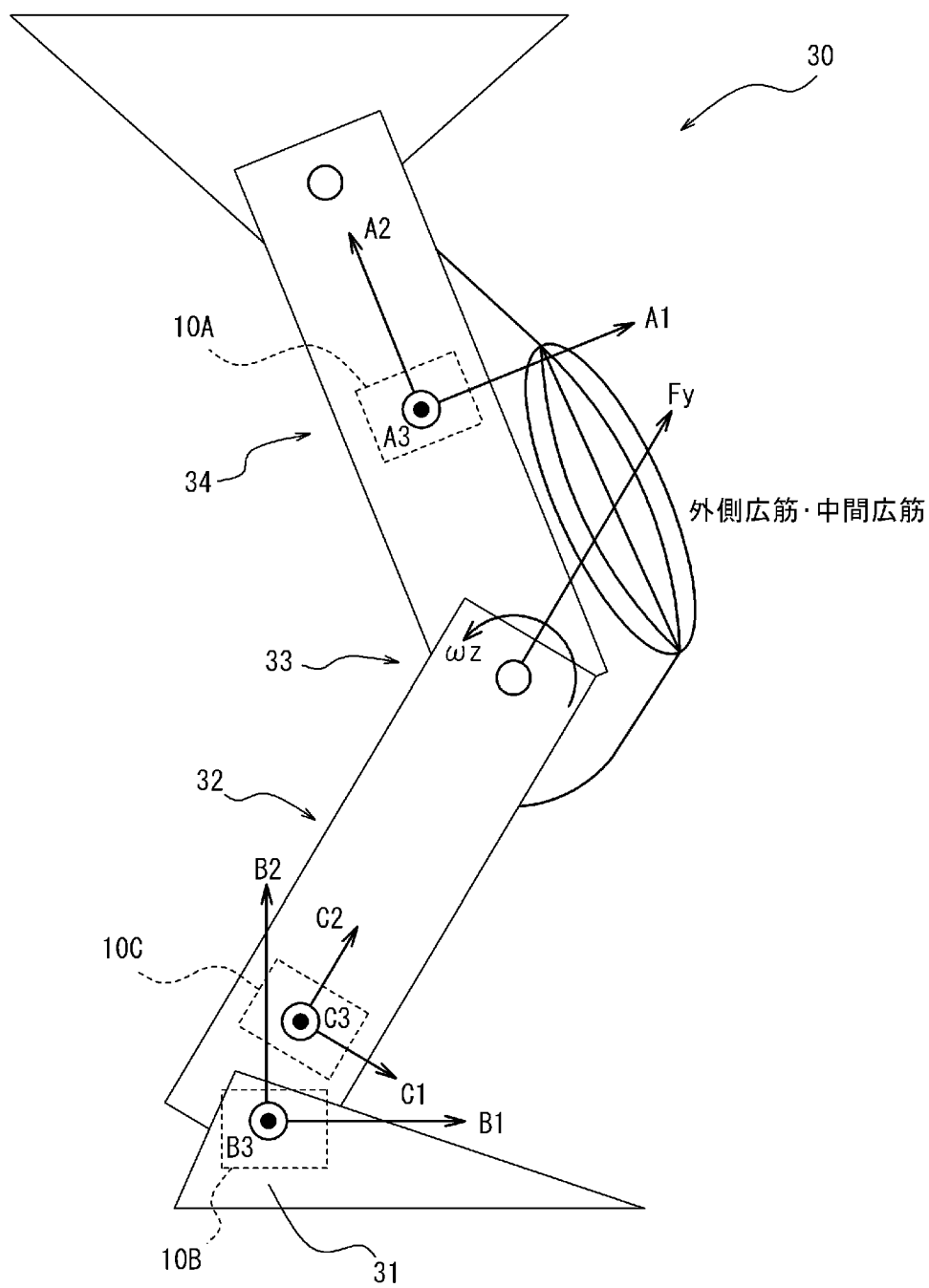
[図1]



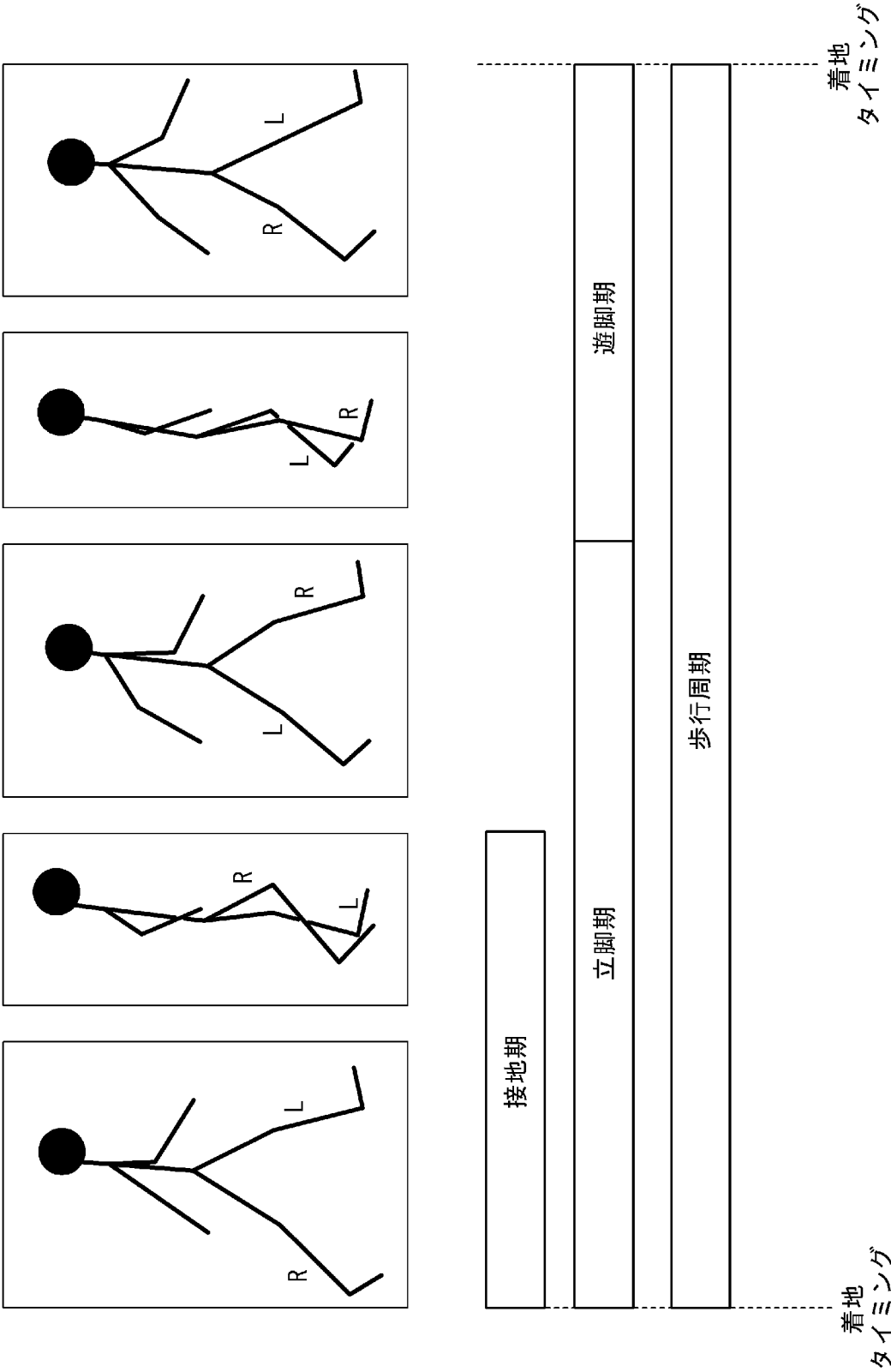
[図2]



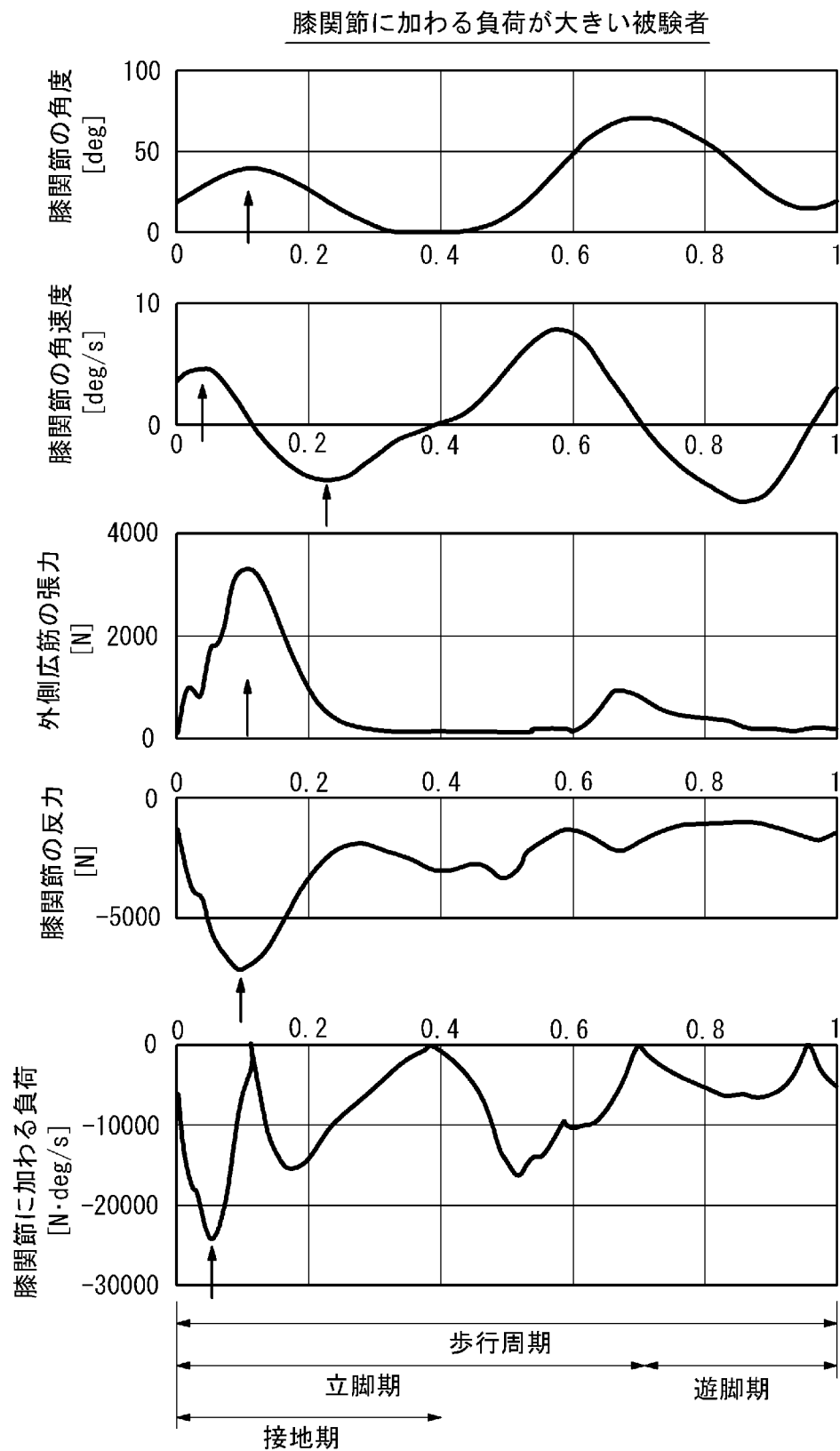
[図3]



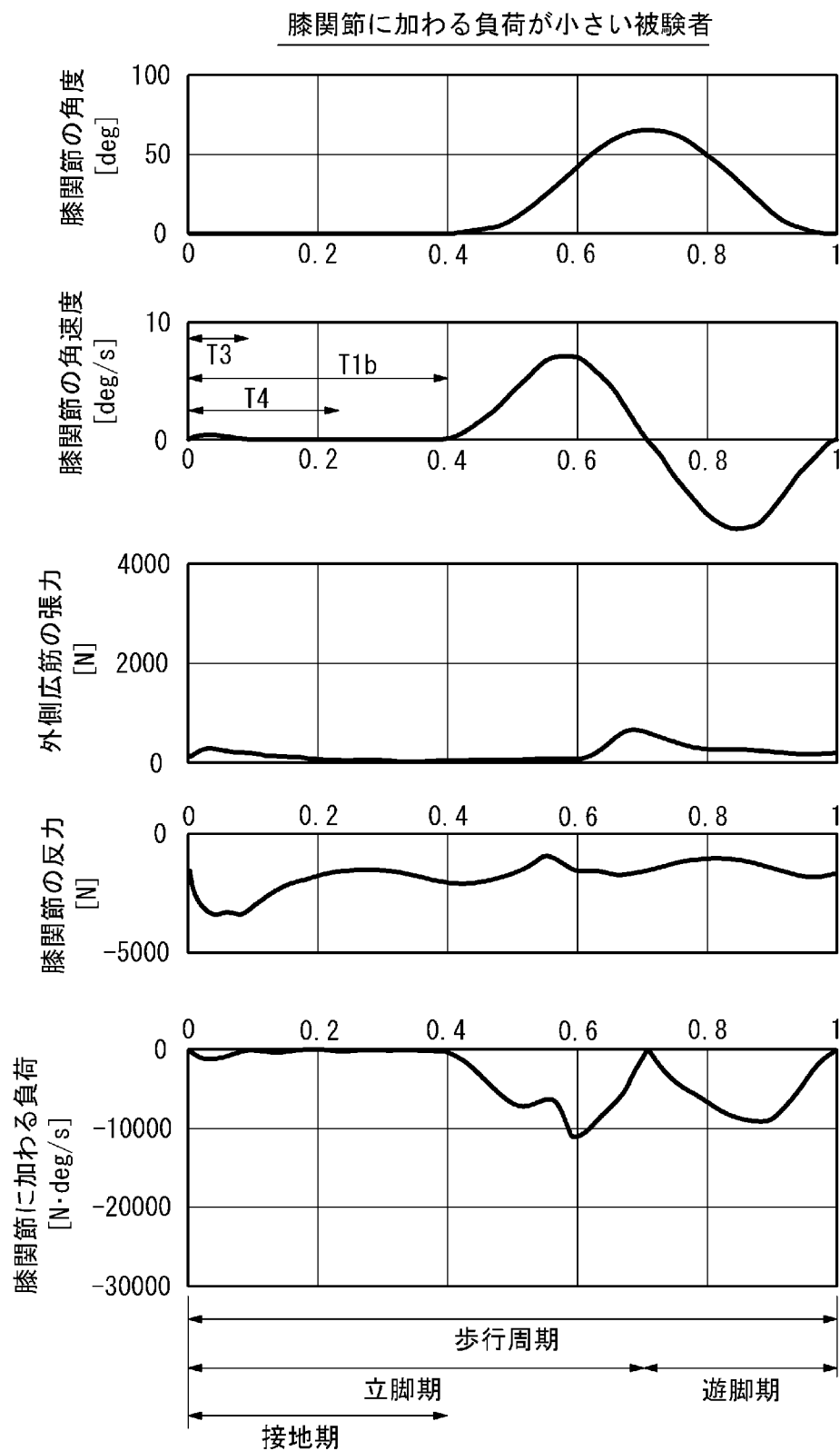
[図4]



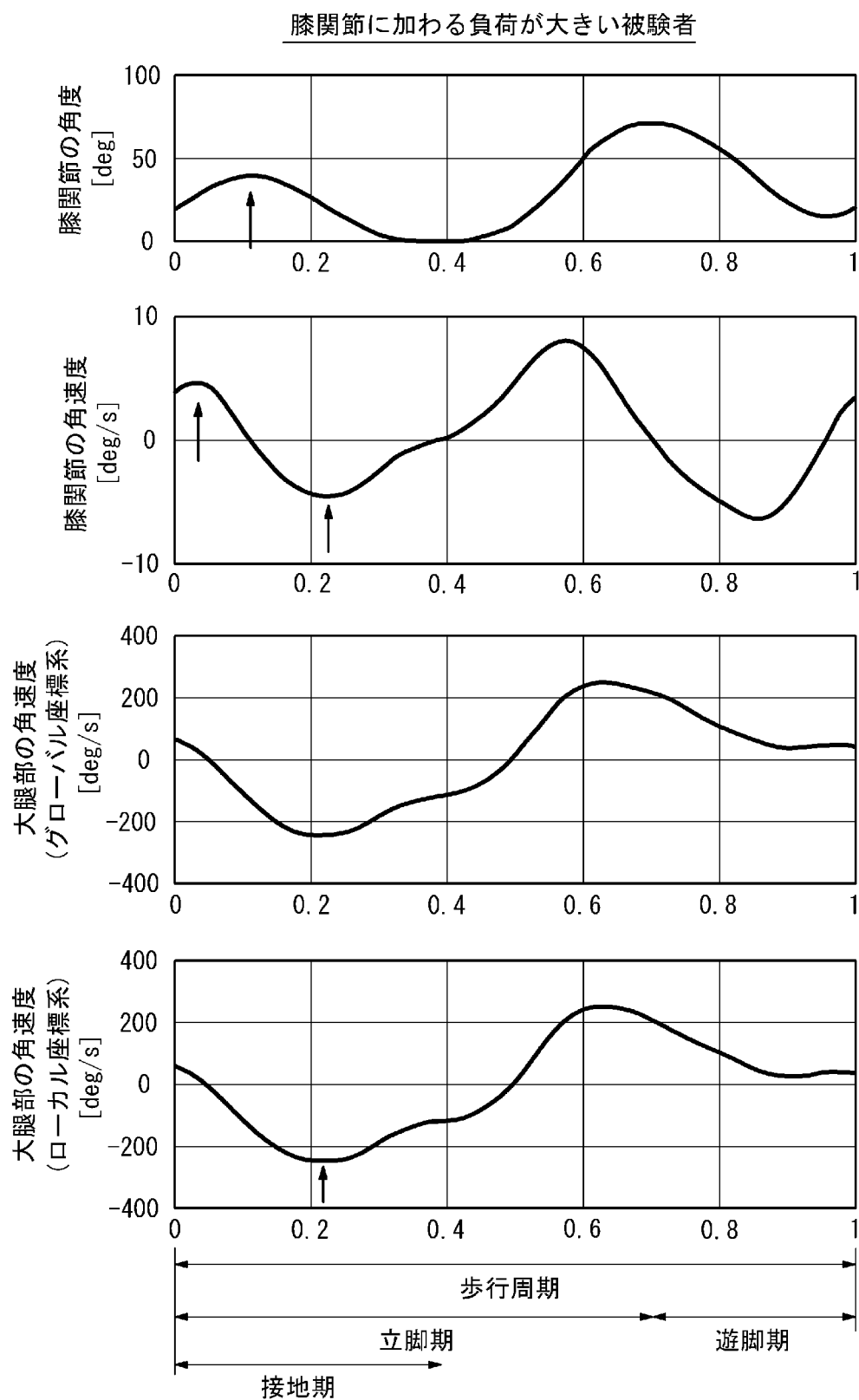
[図5]



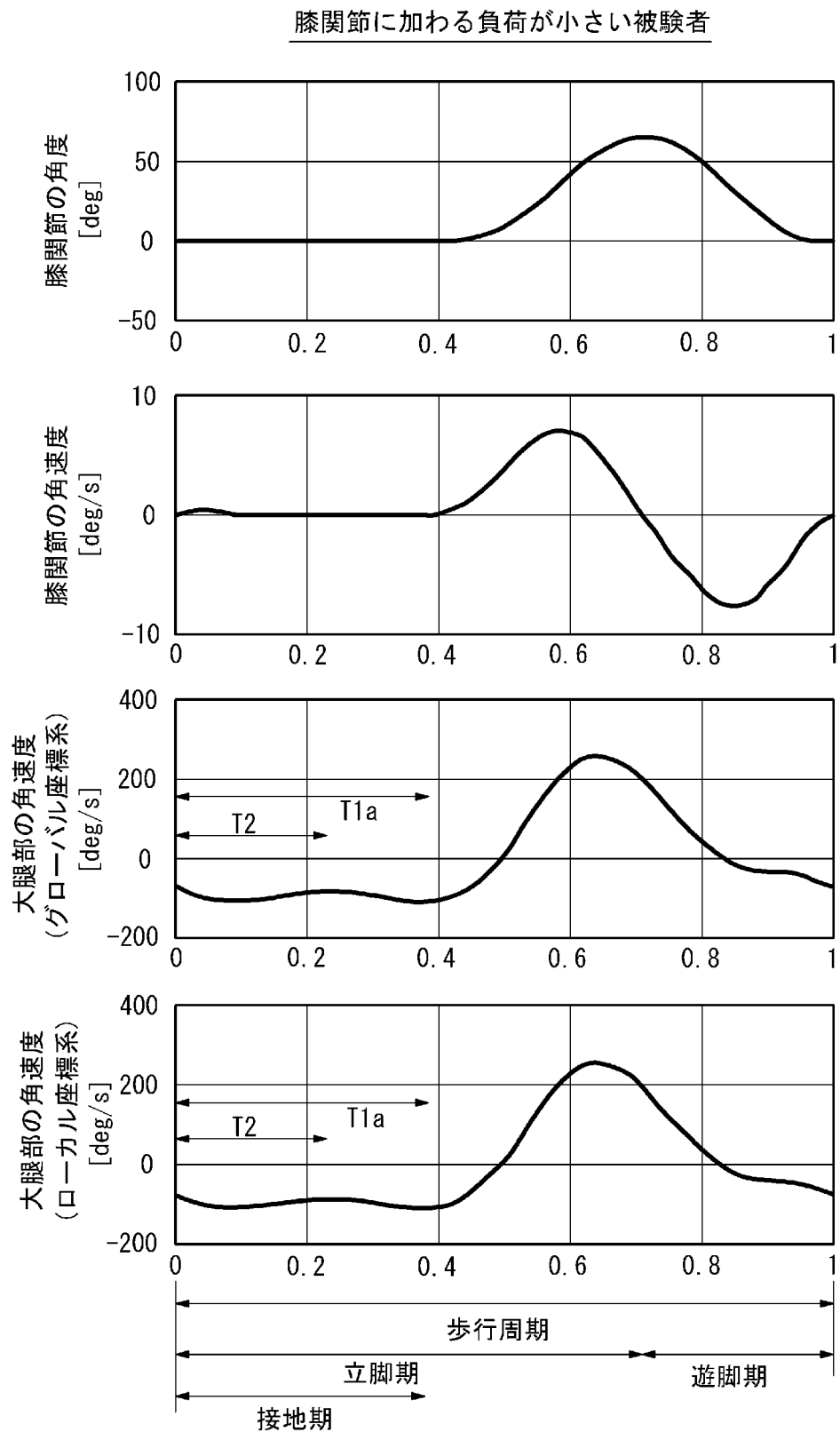
[図6]



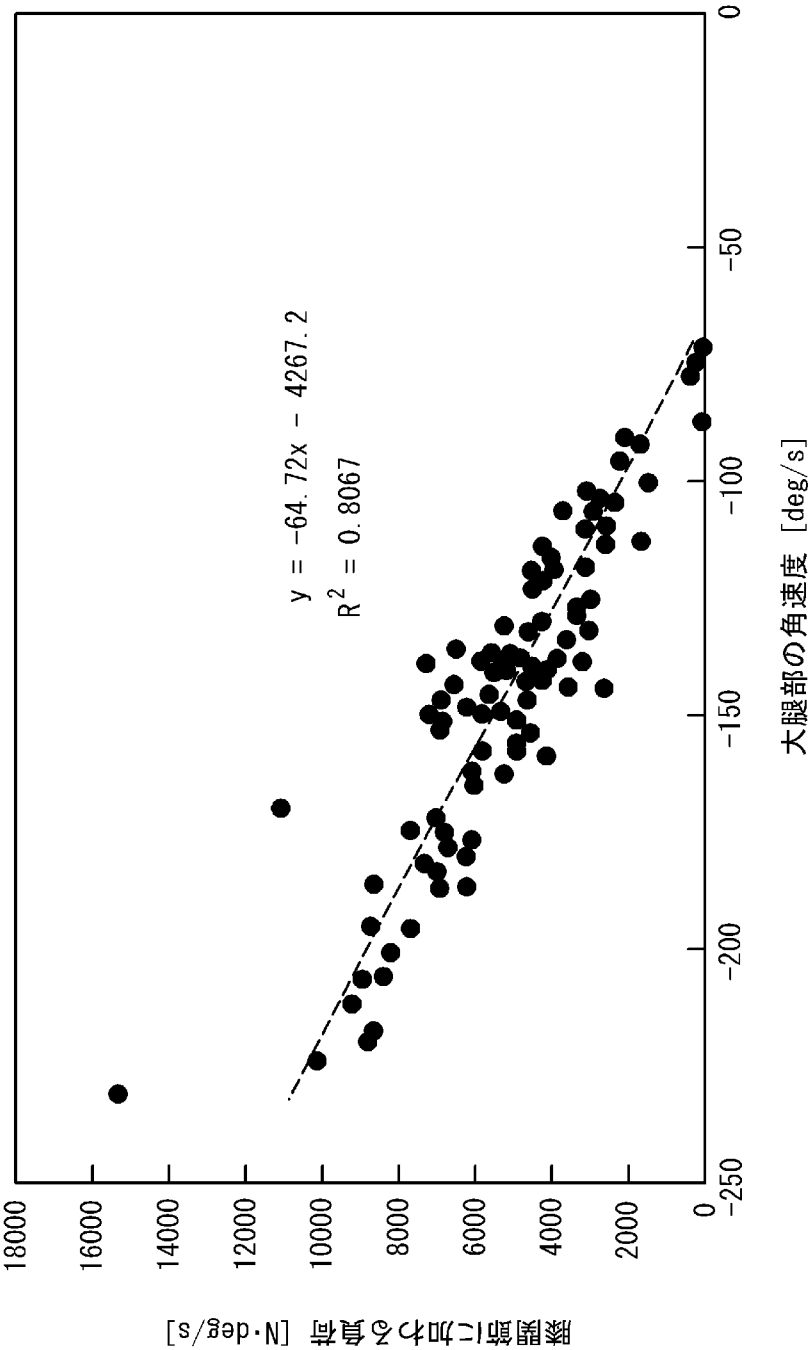
[図7]



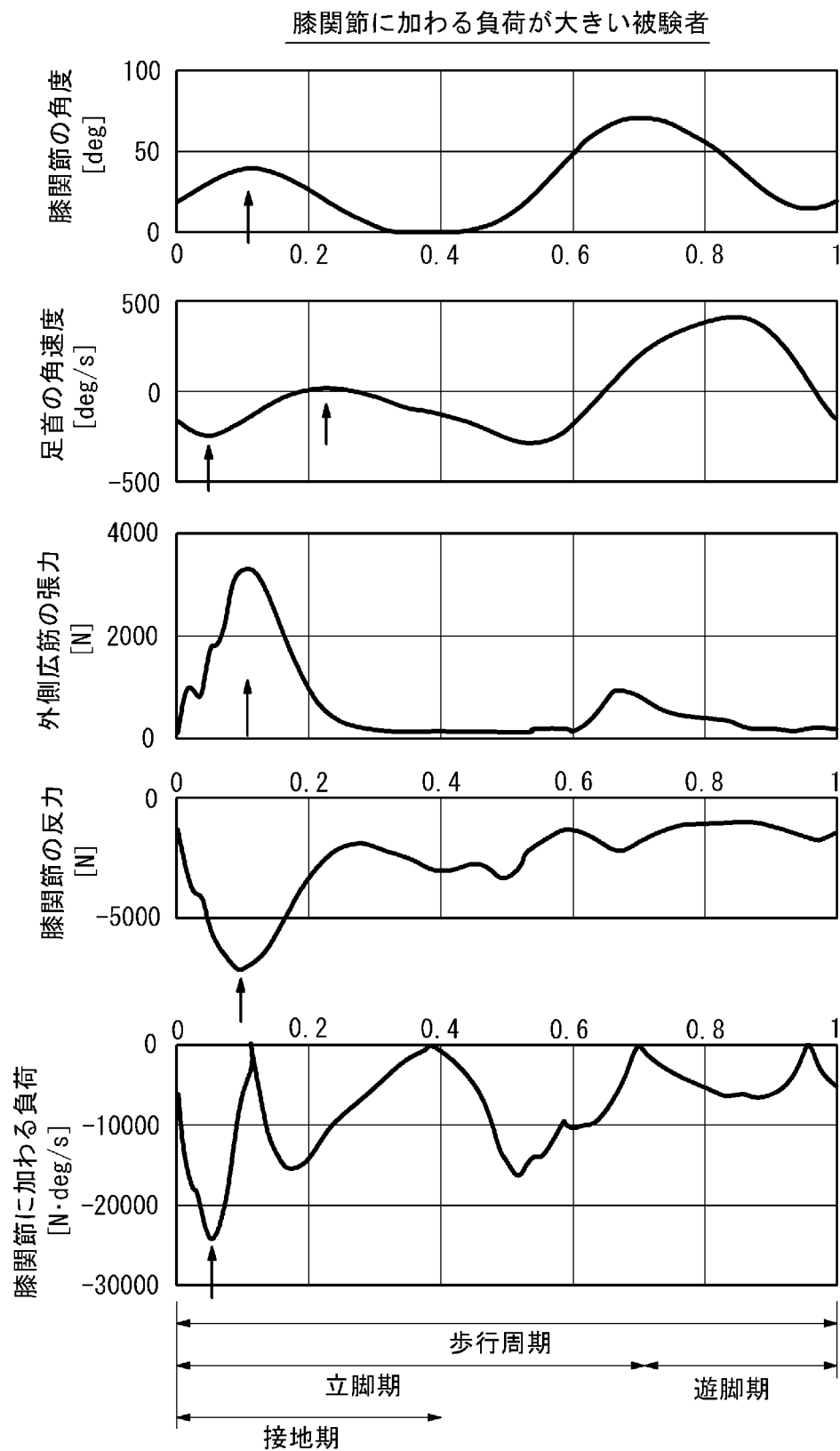
[図8]



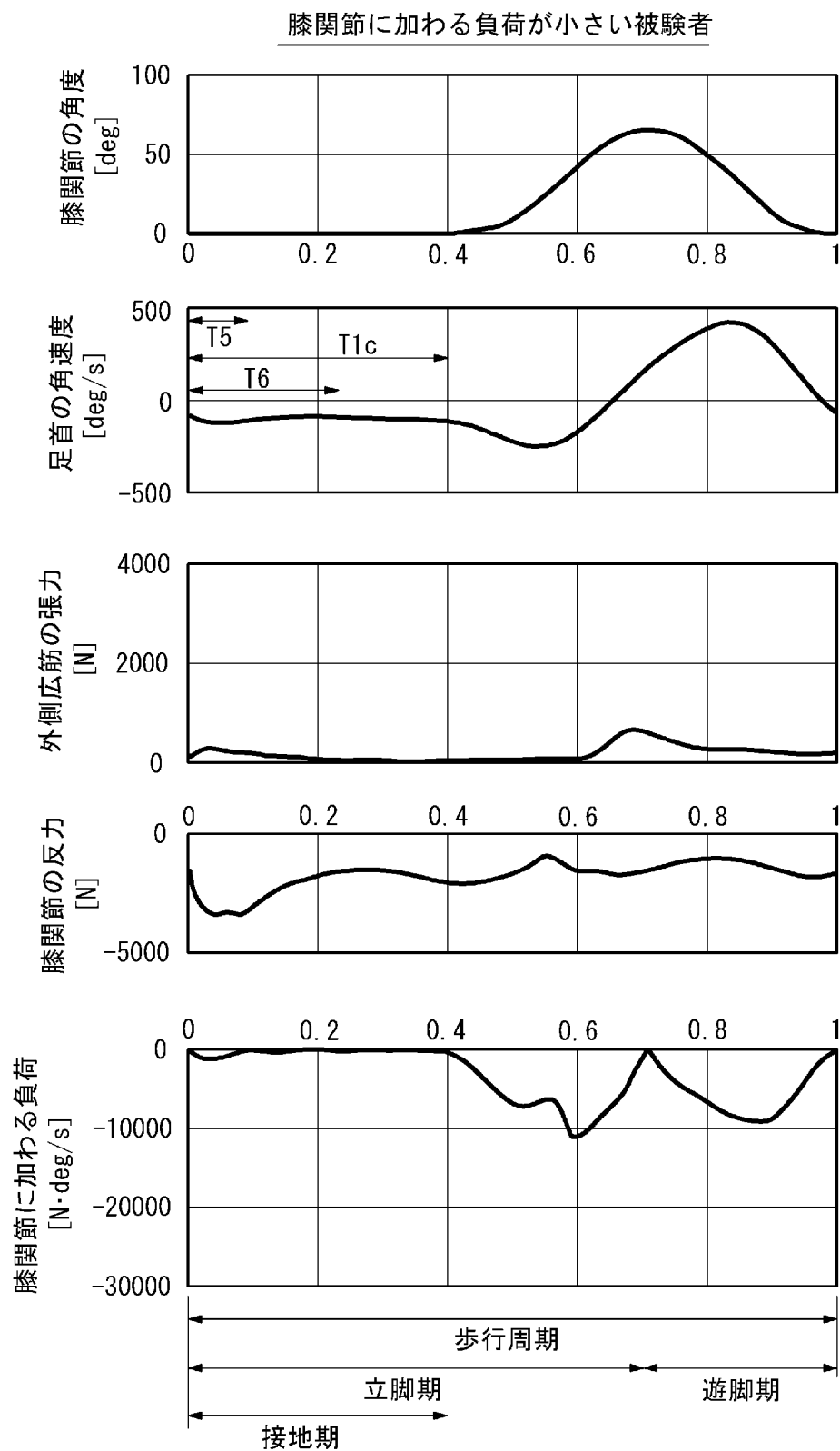
[図9]



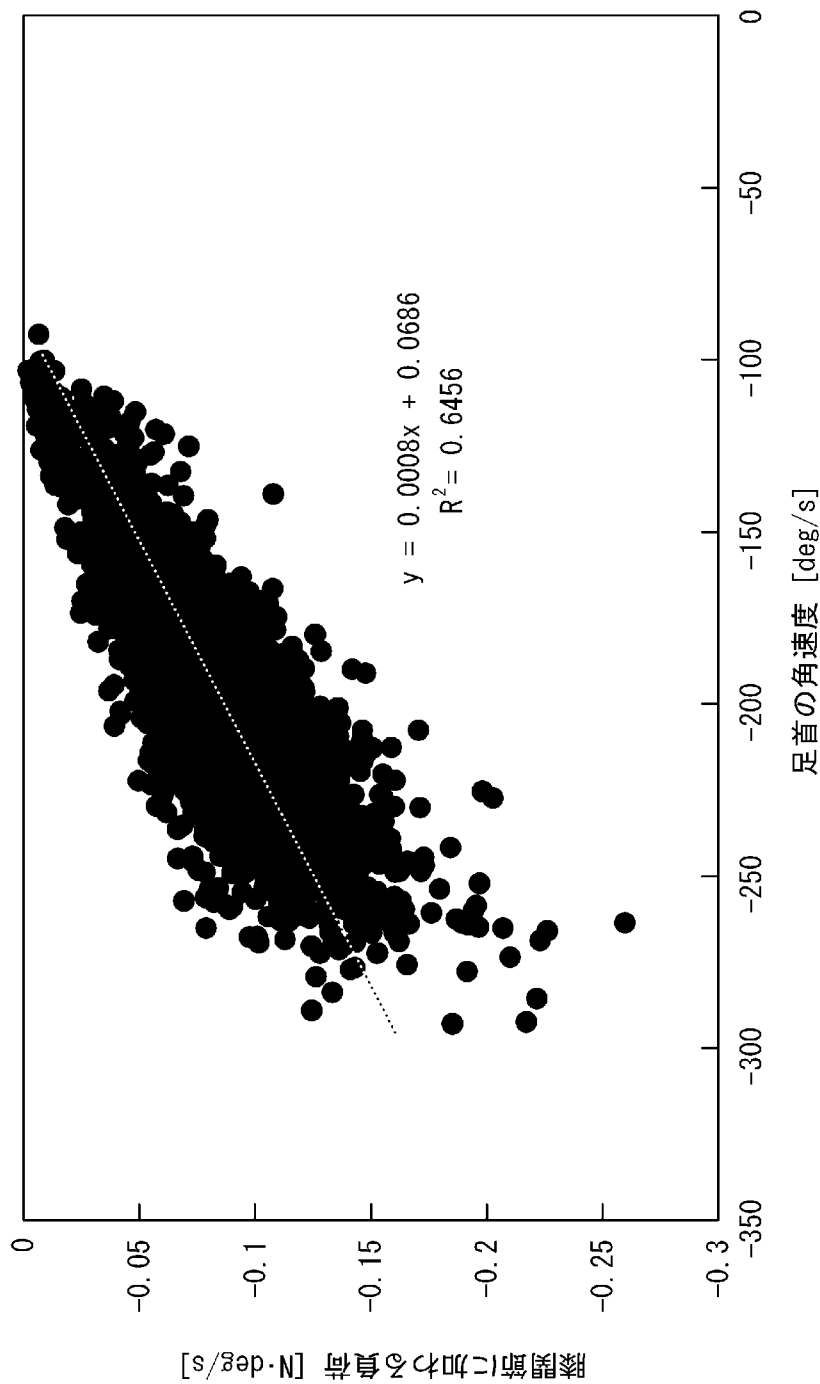
[図10]



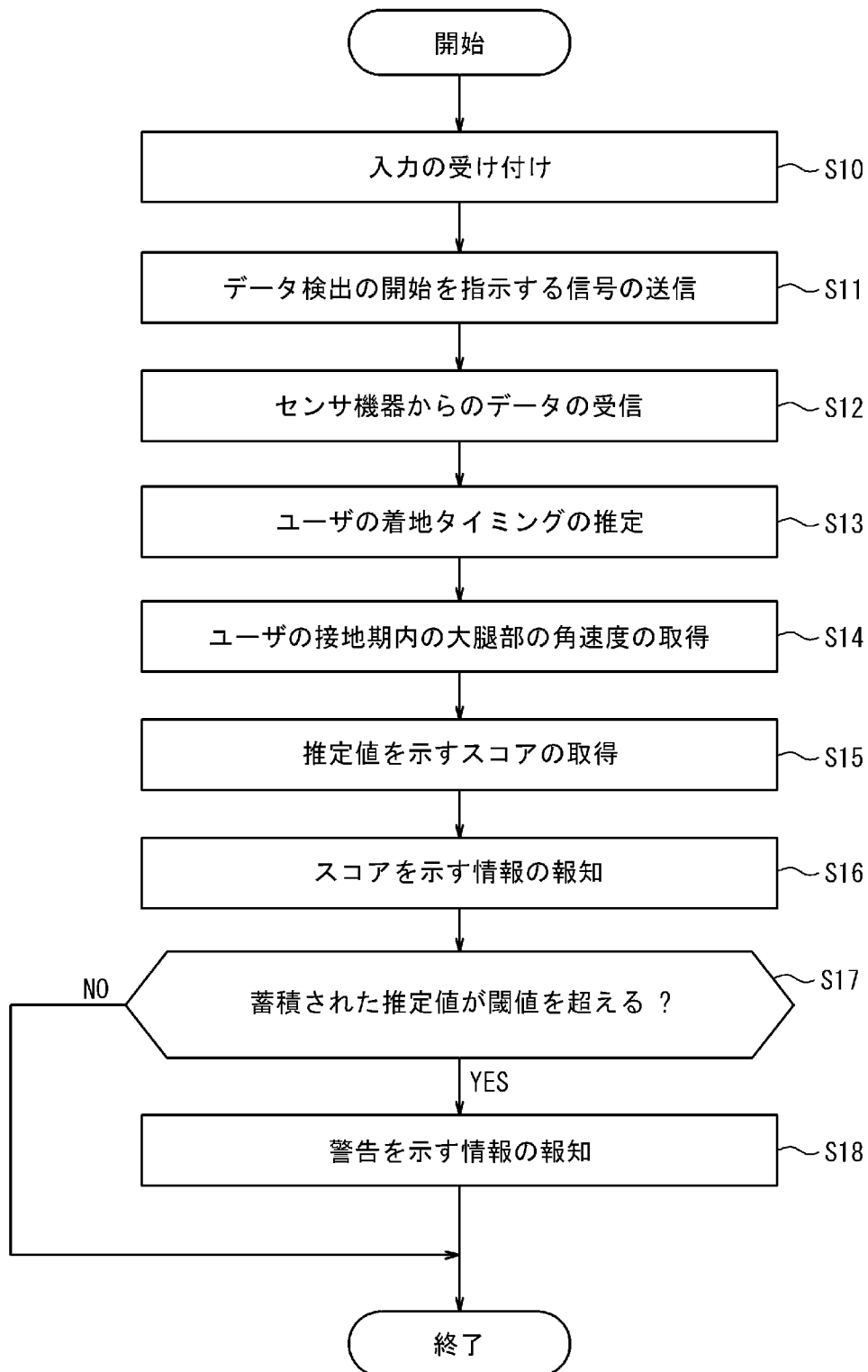
[図11]



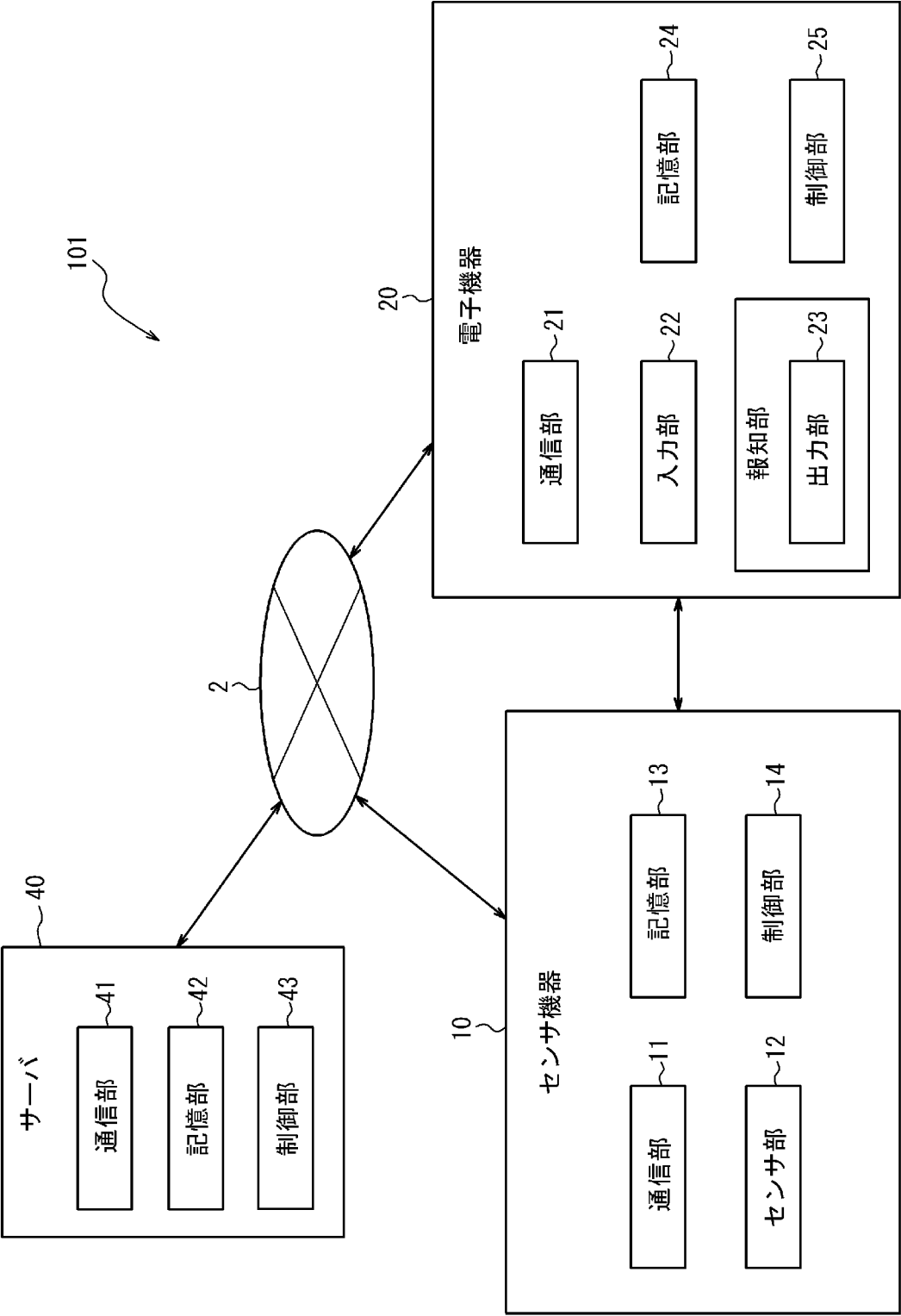
[図12]



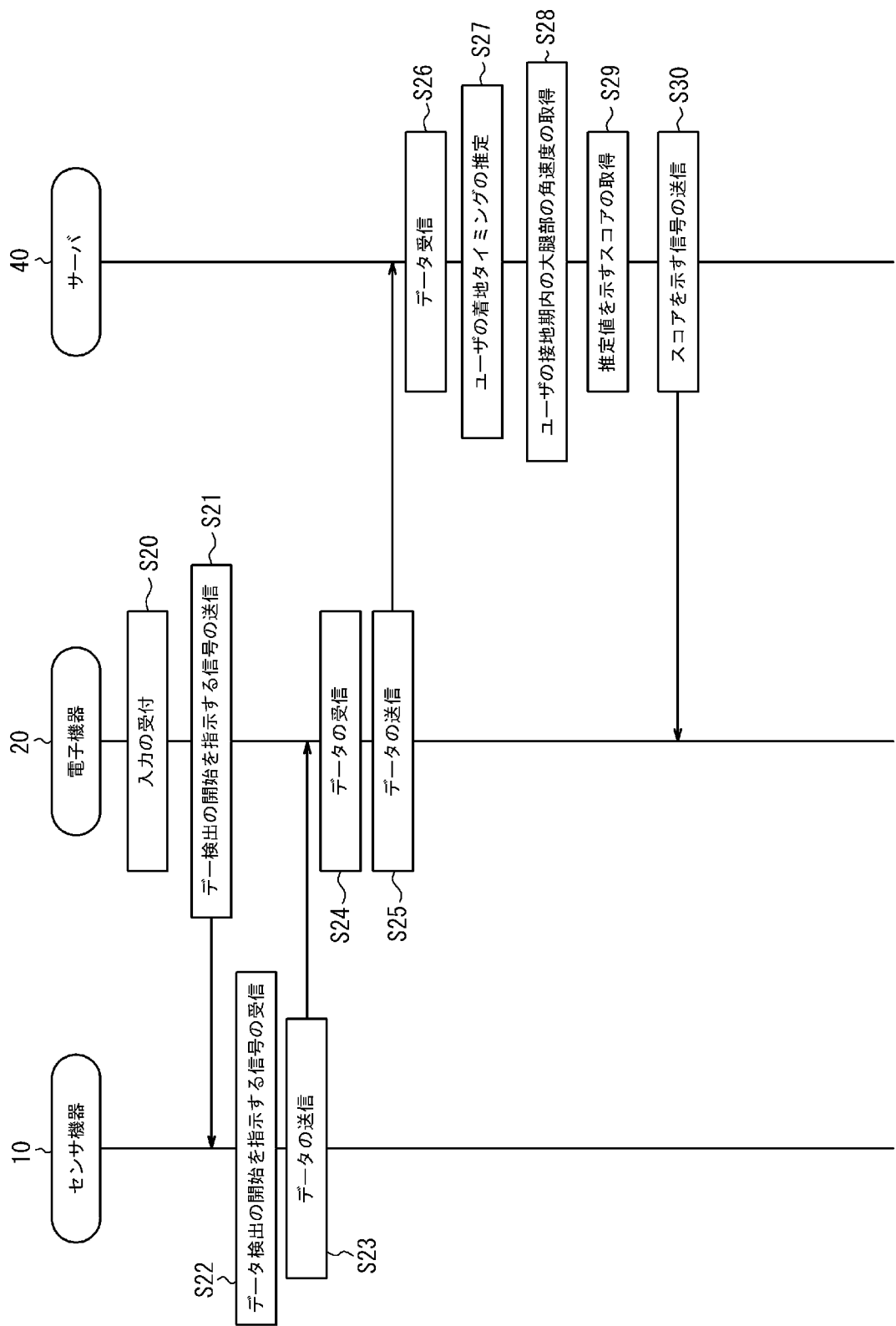
[図13]



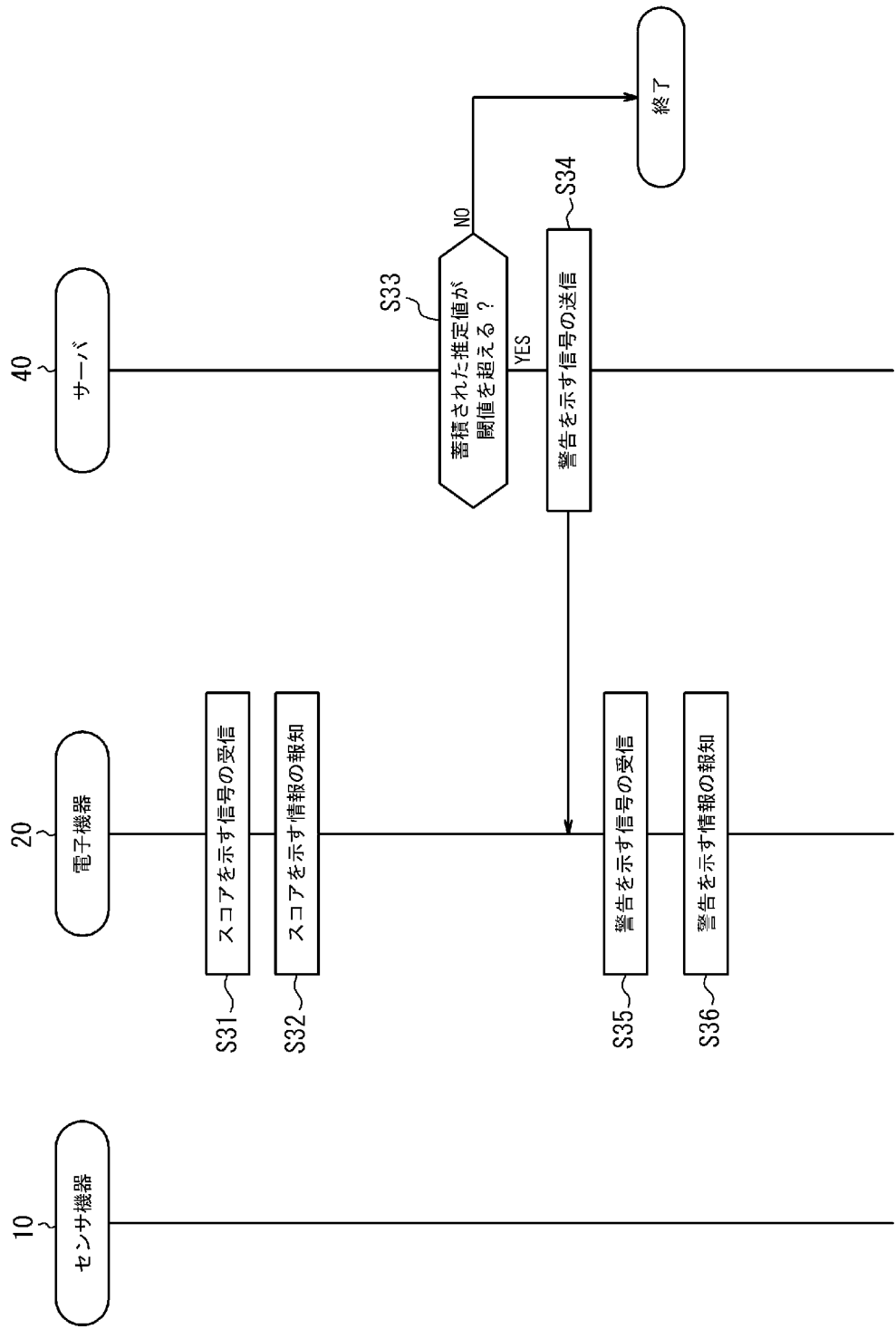
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/021461

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER*A61B 5/11*(2006.01)i

FI: A61B5/11 230

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

A61B5/11

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 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2020/031253 A1 (NEC CORPORATION) 13 February 2020 (2020-02-13) paragraphs [0020]-[0096], [0140]-[0174], fig. 1-7, 11-13	1-16
X	WO 2020/226183 A1 (IMU CORP) 12 November 2020 (2020-11-12) paragraphs [0016]-[0018], [0021], [0029]	1-16
X	JP 2017-202236 A (KAO CORP) 16 November 2017 (2017-11-16) paragraphs [0019], [0025]-[0031], [0033]-[0036], [0040]	1-16



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “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)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“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
 “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
 “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
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

25 July 2022

Date of mailing of the international search report

09 August 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/021461

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2020/031253	A1	13 February 2020	US 2021/0186436 A1 paragraphs [0034]-[0105], [0149]-[0183], fig. 1-7, 11-13	
WO	2020/226183	A1	12 November 2020	(Family: none)	
JP	2017-202236	A	16 November 2017	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） A61B 5/11(2006.01)i FI: 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）） A61B5/11										
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 <table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922-1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922-1996年	日本国公開実用新案公報	1971-2022年	日本国実用新案登録公報	1996-2022年	日本国登録実用新案公報	1994-2022年
日本国実用新案公報	1922-1996年									
日本国公開実用新案公報	1971-2022年									
日本国実用新案登録公報	1996-2022年									
日本国登録実用新案公報	1994-2022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								
X	WO 2020/031253 A1（日本電気株式会社）13.02.2020（2020-02-13） 段落0020-0096、0140-0174、図1-7、11-13	1-16								
X	WO 2020/226183 A1（iMU株式会社）12.11.2020（2020-11-12） 段落0016-0018、0021、0029	1-16								
X	JP 2017-202236 A（花王株式会社）16.11.2017（2017-11-16） 段落0019、0025-0031、0033-0036、0040	1-16								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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 </td> <td> “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 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “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 25.07.2022	国際調査報告の発送日 09.08.2022									
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） 外山 未琴 2Q 7861 電話番号 03-3581-1101 内線 3292									

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/JP2022/021461

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2020/031253	A1	13.02.2020	US 2021/0186436 A1 段落0034-0105、 0149-0183、図1 -7、11-13	
WO	2020/226183	A1	12.11.2020	(ファミリーなし)	
JP	2017-202236	A	16.11.2017	(ファミリーなし)	