

(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
2019年2月28日(28.02.2019)



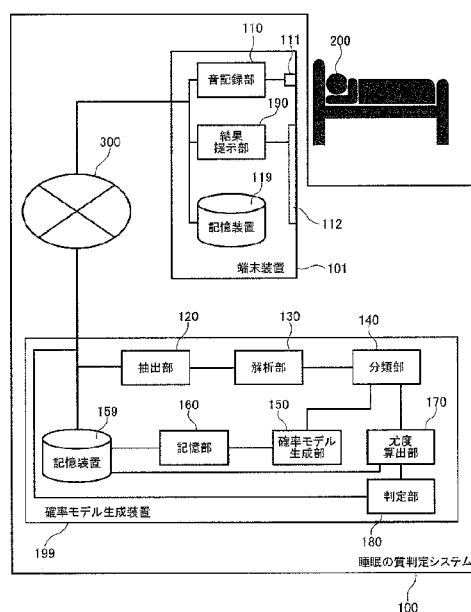
(10) 国際公開番号

WO 2019/039261 A1

- (51) 国際特許分類:
A61B 5/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2018/029517
- (22) 国際出願日: 2018年8月7日(07.08.2018)
- (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 2017-158957 2017年8月22日(22.08.2017) JP
- (71) 出願人: 国立大学法人大阪大学 (OSAKA UNIVERSITY) [JP/JP]; 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 福井 健一(FUKUI, Ken-ichi); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). ウ ホングル(WU, Hongle); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 加藤 隆史(KATO, Takafumi); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP). 沼尾 正行(NUMAO, Masayuki); 〒5650871 大阪府吹田市山田丘1番1号 国立大学法人大阪大学内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 新居 広守(NII, Hiromori); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島5丁目3番10号 タナカ・イトーピア新大阪ビル6階 新居国際特許事務所内 Osaka (JP).

(54) Title: SLEEP QUALITY ASSESSMENT SYSTEM, SLEEP QUALITY MODEL CREATION PROGRAM, AND SLEEP QUALITY ASSESSMENT PROGRAM

(54) 発明の名称: 睡眠の質判定システム、睡眠の質モデル作成プログラム、および、睡眠の質判定プログラム



- 100 Sleep quality assessment system
101 Terminal device
110 Sound recording unit
119, 159 Storage device
120 Extraction unit
130 Analysis unit
140 Classification unit
150 Probability model generation unit
160 Storage unit
170 Likelihood computation unit
180 Assessment unit
190 Result presentation unit
199 Probability model generation device

(57) Abstract: Provided is a sleep quality assessment system (100) comprising: a sound recording unit (110) for recording sounds during sleep as sleep sounds; an extraction unit (120) for extracting from the sleep sounds a plurality of instances of feature information; an analysis unit (130) for computing feature vectors from the feature information; a classification unit (140) for classifying the feature vectors into a plurality of types; a probability model generation unit (150) for generating

(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, IR, IS, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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))

a first model reflecting a sleep sound in a first state and a second model reflecting a sleep sound in a second state by subjecting the feature vectors to a hidden Markov model-based process; a likelihood computation unit (170) for computing a first likelihood obtained by applying the feature vectors classified based on a sleep sound (210) to be assessed to the first model and a second likelihood obtained by applying the feature vectors classified based on the sleep sound (210) to be assessed to the second model; and an assessment unit (180) for assessing the quality of sleep on the basis of the computed likelihoods.

(57) 要約: 睡眠中の音を睡眠音として記録する音記録部(110)と、睡眠音から特徴情報を複数個抽出する抽出部(120)と、特徴情報から特徴ベクトルを算出する解析部(130)と、特徴ベクトルを複数種類に分類する分類部(140)と、特徴ベクトルを隠れマルコフモデルを用いた処理により第一状態の睡眠音を反映させた第一モデルと、第二状態の睡眠音を反映させた第二モデルとを生成する確率モデル生成部(150)と、判定対象の睡眠音(210)に基づく分類された特徴ベクトルを前記第一モデルに適用した第一尤度と前記第二モデルに適用した第二尤度を算出する尤度算出部(170)と、算出された尤度に基づき睡眠の質を判定する判定部(180)とを備える睡眠の質判定システム(100)。

明 細 書

発明の名称：

睡眠の質判定システム、睡眠の質モデル作成プログラム、および、睡眠の質判定プログラム

技術分野

[0001] 睡眠中の人や動物などの生体が発する音や生体の動きにより発生する音などに基づき睡眠の質を判定する睡眠の質判定システム、睡眠の質モデル作成プログラム、および、睡眠の質判定プログラムに関する。

背景技術

[0002] 例えば人にとって、不眠など睡眠の質や量が不十分なことによって生じる睡眠障害は、覚醒時における身体的、精神的、社会的、感情的な機能を妨げる原因になることは知られている。従って、睡眠の質などの睡眠状態を評価することはこれらの機能を回復させるための重要な情報となる。睡眠状態に応じて、脳波や呼吸、心拍が変化する。さらに、睡眠状態の変化や安定性と関連して、体動、いびき、無呼吸、歯ぎしりなど、様々なイベントも睡眠中に生じている。

[0003] そこで従来は、特許文献1に記載の技術のように、睡眠中の重さ（圧力）の変動を、圧力センサを用いて測定したり、特許文献2に記載の技術のように、睡眠中の脳波を測定したり、特許文献3に記載の技術のように、睡眠中の脈波を測定したりすることによりレム睡眠・ノンレム睡眠などの睡眠段階を評価している。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2011-115188号公報

特許文献2：特開2011-083393号公報

特許文献3：特開2015-136380号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] ところが、前記特許文献に記載の技術のように、睡眠環境を計測し、睡眠段階を判定する技術はいくつか存在するものの、体に何らかのセンサなど専用のデバイスを取り付けなければならない。さらに、特殊な装置を備えた特殊な環境下において電線に接続された状態で睡眠させ、データを取得しなければならない。従って、被験体はストレスを受けながら睡眠しなければならない。また、このような手法を動物に適用することは困難である。

[0006] また、1回の測定で5～8時間程度の膨大なデータとなり、そこから意味のあるデータを抽出して睡眠段階を評価するにはかなりの労力が必要となる。さらに、レム・ノンレム睡眠などの睡眠段階は、睡眠障害の判定や睡眠科学の研究には有効であるが、一般ユーザに提示する情報としては不適切である。

[0007] 本願発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、生体と非接触の状態でもデータを取得することができ、長時間にわたるデータを機械学習によって睡眠段階ではなく睡眠の質を簡単に判定できる睡眠の質判定システム、睡眠の質モデル作成プログラム、および、睡眠の質判定プログラムの提供を目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するために、本願発明の1つである睡眠の質判定システムは、睡眠中における生体が発する音を睡眠音として記録する音記録部と、記録された前記睡眠音の中から特徴部分である特徴情報を複数個抽出する抽出部と、抽出された特徴情報に基づきそれぞれの特徴ベクトルを算出する解析部と、複数の前記特徴ベクトルを複数種類に分類する分類部と、睡眠の質が第一状態であった前記睡眠音の分類された特徴ベクトルを隠れマルコフモデルを用いた処理により確率モデルの1つである第一モデルと、睡眠の状態が第二状態であった前記睡眠音の分類された特徴ベクトルを隠れマルコフモデルを用いた処理により確率モデルの1つである第二モデルを生成する確率モ

デル生成部と、前記第一モデル、および、前記第二モデルを記憶させる記憶部とを備え、前記音記録部は、判定対象の睡眠音を記録し、前記抽出部は、前記睡眠音から特徴情報を抽出し、前記解析部は、前記特徴情報から特徴ベクトルを算出し、前記分類部は、前記特徴ベクトルを分類し、さらに、前記判定対象の分類された特徴ベクトルを前記第一モデルに適用して尤度である第一尤度と前記第二モデルに適用して尤度である第二尤度を算出する尤度算出部と、算出された前記第一尤度と第二尤度とに基づき前記判定対象の睡眠の質が第一状態か第二状態かを判定する判定部とを備える。

[0009] これによれば、長時間にわたり記録された睡眠音の中に含まれる多数の特徴情報に基づく睡眠の質を判定するための確率モデルを生成し、当該確率モデルを判定対象の睡眠音に適用することで、正確に睡眠状態の判定を行う事が可能となる。

[0010] また、前記分類部は、複数の前記特徴ベクトルに対しクラスタ分析を行って少数のカテゴリに自動分類し、各カテゴリに属する前記特徴ベクトルに同一のラベルを付与してもよい。

[0011] これにより、特徴情報の分類をコンピュータの処理により実行することができ、大量の睡眠音に基づく確率モデルを容易に生成することが可能となる。また、当該確率モデルを用いることにより、高い精度で睡眠の質を判定することが可能となる。

[0012] また、前記確率モデル生成部は、隠れ変数の数が3以上、9以下の範囲の1つである N （ N は整数）の第一モデル、および、第二モデルを生成してもよい。

[0013] 当該数の隠れ変数の数を用いることで、掲載の処理数を抑制することができ、かつ、睡眠の質が適切に反映した確率モデルを生成することができる。

[0014] また、前記確率モデル生成部は、隠れ変数の数が $N - 1$ 、 N 、 $N + 1$ の第一モデル、および、第二モデルをそれぞれ生成し、前記尤度算出部は、生成された第一モデル、および、第二モデルのそれぞれについて、第一尤度と第二尤度とを算出し、前記判定部は、同一数の隠れ変数の数に対応する第一尤

度と第二尤度とを比較して尤度の高いものを勝ちとし、多数決により睡眠の質が第一状態か第二状態かを判定してもよい。

[0015] これによれば、特徴情報の比較的多い睡眠と特徴情報の比較的小さい睡眠とを広く対応付けて判定することができ、睡眠の質の判定精度を向上させることが可能となる。

[0016] また、前記確率モデル生成部は、複数の隠れ変数の数について第一モデル、および、第二モデルをそれぞれ生成し、前記尤度算出部は、生成された第一モデル、および、第二モデルのそれぞれについて、第一尤度と第二尤度とを算出し、前記判定部は、算出された尤度を尤度ベクトルとし、パターン識別により睡眠の質が第一状態か第二状態かを判定してもよい。

[0017] また、前記パターン識別は、教師有り学習の識別器であり、前記判定部は、前記識別器に対応するモデルを生成する尤度モデル生成部を備え、生成された尤度モデルに基づき前記尤度ベクトルを入力として睡眠の質が第一状態か第二状態かを判定してもよい。これによれば、判定の精度を向上させることが可能となる。

[0018] また、前記確率モデル生成部を備える確率モデル生成装置と、前記確率モデル生成装置にネットワークを介して接続される複数の端末装置とを備え、前記端末装置は、前記音記録部と、さらに、前記判定部による判定結果を表示装置に提示させる結果提示部を備えてもよい。

[0019] これによれば、端末装置によって判定対象の睡眠音を録音し、睡眠の質の判定結果を端末装置で簡単に確認することが可能となる。また、複数の端末装置で録音された睡眠音をサーバーが集中して管理することで、より適切な確率モデルを生成することが可能となる。

[0020] また、上記目的を達成するために、本願発明の1つである睡眠の質モデル作成プログラムは、睡眠中における生体が発する音を睡眠音として記録する音記録部と、記録された前記睡眠音の中から特徴部分である特徴情報を複数個抽出する抽出部と、抽出された特徴情報に基づきそれぞれの特徴ベクトルを算出する解析部と、複数の前記特徴ベクトルを複数種類に分類する分類部

と、睡眠の質が第一状態であった前記睡眠音の分類された特徴ベクトルを隠れマルコフモデルを用いた処理により確率モデルの1つである第一モデルと、睡眠の状態が第二状態であった前記睡眠音の分類された特徴ベクトルを隠れマルコフモデルを用いた処理により確率モデルの1つである第二モデルを生成する確率モデル生成部と、前記第一モデル、および、前記第二モデルを記憶させる記憶部とを含み、前記各処理をコンピュータに実行させることにより上記各部を実現する。

[0021] これによれば、睡眠の質を判定するための確率モデルを生成することが可能となる。

[0022] また、上記目的を達成するために、本願発明の1つである睡眠の質判定プログラムは、睡眠中における生体が発する音を睡眠音として記録する音記録部と、記録された前記睡眠音の中から特徴部分である特徴情報を複数個抽出する抽出部と、抽出された特徴情報に基づきそれぞれの特徴ベクトルを算出する解析部と、複数の前記特徴ベクトルを複数種類に分類する分類部と、隠れマルコフモデルを用いて生成された異なる睡眠の質にそれぞれ対応する第一モデル、および、前記第二モデルを記憶させる記憶部とを備え、分類された特徴ベクトルを前記第一モデルに適用して尤度である第一尤度と前記第二モデルに適用して尤度である第二尤度を算出する尤度算出部と、算出された前記第一尤度と第二尤度とに基づき前記判定対象の睡眠の質が第一状態か第二状態かを判定する判定部とを含み、前記各処理をコンピュータに実行させることにより上記各部を実現する。

[0023] これによれば、睡眠の質を判定するための生成された確率モデルを用いて睡眠の質を適切に判断することが可能となる。

発明の効果

[0024] 本願発明によれば、専用デバイスを必要とせず、汎用の録音デバイスを用いて簡便に睡眠の質をコンピュータに判定させることができる。

図面の簡単な説明

[0025] [図1]睡眠の質判定システムの機能構成を示すブロック図である。

[図2]記録された睡眠音の一部を示す図である。

[図3]複数の隠れ変数の数の確率変数に睡眠音を適用した結果の尤度を示す表である。

[図4]尤度算出部が算出した尤度と判定結果とを示す表である。

[図5]学習フェーズにおける睡眠の質判定システムの動作の流れを示すフローチャートである。

[図6]判定フェーズにおける睡眠の質判定システムの動作の流れを示すフローチャートである。

[図7]判定部の別例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0026] 次に、本願発明に係る睡眠の質判定システム、睡眠の質モデル作成プログラム、および、睡眠の質判定プログラムの実施の形態について、図面を参照しつつ説明する。なお、以下の実施の形態は、本願発明に係る睡眠の質判定システム、睡眠の質モデル作成プログラム、および、睡眠の質判定プログラムの一例を示したものに過ぎない。従って本願発明は、以下の実施の形態を参考に請求の範囲の文言によって範囲が画定されるものであり、以下の実施の形態のみに限定されるものではない。よって、以下の実施の形態における構成要素のうち、本発明の最上位概念を示す独立請求項に記載されていない構成要素については、本発明の課題を達成するのに必ずしも必要ではないが、より好ましい形態を構成するものとして説明される。

[0027] また、図面は、本願発明を示すために適宜強調や省略、比率の調整を行った模式的な図となっており、実際の形状や位置関係、比率とは異なる場合がある。

[0028] また、請求の範囲、および、明細書等で用いているカーネル関数は、正定値性を満たさないため、厳密にはカーネル関数に含まれない恐れがあるが、本請求の範囲、および、明細書等ではカーネル関数に含まれるものとして記載している。

[0029] 図1は、睡眠の質判定システムの機能構成を示すブロック図である。

[0030] 睡眠の質判定システム１００は、生成した確率モデルに基づき睡眠の質を判定するシステムであって、音記録部１１０と、抽出部１２０と、解析部１３０と、分類部１４０と、確率モデル生成部１５０と、記憶部１６０と、尤度算出部１７０と、判定部１８０とを備える。本実施の形態の場合、睡眠の質判定システム１００は、さらに結果提示部１９０を備える。

[0031] 音記録部１１０は、睡眠中における生体２００が発する音を睡眠音２１０として記憶装置１１９に記録する処理部である。なお、睡眠音２１０には、生体２００の周辺の環境音も含まれる。本実施の形態の場合、音記録部１１０は、生体２００の近傍に配置されるマイクロフォン１１１と無線や有線によって接続されており、生体２００が発する音、および、周辺の音をマイクロフォン１１１が変換したアナログの電気信号を音記録部１１０がデジタル信号に変換して記憶装置１１９に保存している。また、音記録部１１０は、確率モデル生成装置１９９とネットワーク３００等を介して接続される複数の端末装置１０１にそれぞれ備えられるものであり、睡眠の質判定システム１００全体としては、音記録部１１０は、複数備えられている。

[0032] 音記録部１１０の睡眠音２１０の保存方法は、特に限定されるものではなく、例えば、フラッシュメモリなどの半導体記憶装置や、ハードディスクなどの磁気記憶装置のほか、光などにに基づき記憶する装置などに睡眠音２１０を記録する。音記録部１１０が記録する睡眠音２１０は、生体２００が入眠してから覚醒するまでを連続的に記録してもよく、また、所定の間隔で断続的に記録しても構わない。

[0033] マイクロフォン１１１が取り付けられる位置は生体２００が発する音を取得できる位置であれば特に限定されるものではなく、生体２００が睡眠している部屋の天井や床や壁に取り付けられるものでもよい。本実施形態の場合、生体２００が睡眠しているベッドの宮の頂上部分にマイクロフォン１１１は取り付けられている。なお、定常的にノイズを発生させる物（例えばクーラー）からは遠い位置に配置することが好ましい。

[0034] ここで、生体２００とは、人間ばかりでなく人間以外の動物であっても構

わない。また、生体200が発する音とは、歯ぎしりやいびきや寝言など生体200の口や喉から出る音や、布団の擦れる音やベッドのきしむ音など生体200の動き（体動）に基づき発生する音などである。生体200の周辺の音とは、クーラーや加湿器など生体200の周囲にある備品から発せられる音や、窓などを介して生体200の周辺に達する車の音などである。

[0035] 図2は、記録された睡眠音の一部を示す図である。

[0036] 同図に示すように、抽出部120は、音記録部110により記録された睡眠音210の中から特徴的な部分である特徴情報201を複数個抽出する処理部である。抽出部120が特徴情報201を抽出する方法は特に限定されるものではなく、統計的手法により特徴情報201を抽出してもよく、所定の閾値以上の振幅の音波の検出時刻を基準にした所定の時間間隔に含まれる音波を特徴情報201とする時間窓を設けて抽出してもよい。本実施形態の場合、抽出部120は、統計的手法の中でもKleinbergのバースト抽出法を用い、バーストレベル1以上の連続する期間をひとつの特徴情報201として抽出し、定常的に記録されているノイズを排除した。所定の時間に含まれる睡眠音210から抽出部120が抽出した特徴情報201の数はn個であった。

[0037] 解析部130は、抽出部120により抽出された複数の特徴情報201をそれぞれ示す特徴ベクトルを算出する処理部である。解析部130が特徴ベクトルを算出する方法は特に限定されるものではないが、本実施形態の場合、解析部130は、抽出された特徴情報201をフーリエ変換、特に高速フーリエ変換することにより得られる周波数スペクトルの離散点を特徴ベクトルとして算出している。

[0038] 分類部140は、解析部130により算出された複数の特徴ベクトルを複数種類に分類する処理部である。特徴ベクトルの分類方法は特に限定されるものではないが、本実施の形態の場合、分類部140は、特徴ベクトルの集合を入力として、カーネル自己組織化マップ、階層型クラスタリング、シレット値により各特徴情報201を少数の類似事象カテゴリに自動分類し、

同じカテゴリに属する特徴ベクトルに同じラベルを付している。これらのクラスは、睡眠中の生体活動によって生じる音や環境音のカテゴリに大まかに対応する。

[0039] 確率モデル生成部 150 は、隠れマルコフモデルを用いた処理により確率モデルを生成する処理部である。確率モデル生成部 150 は、アンケートによって良状態（第一状態）であったとされる睡眠音 210 など第一状態に含まれる複数の睡眠音 210 について、それぞれ分類された特徴ベクトルに対応する特徴情報 201 が発生した時刻に基づき隠れマルコフモデルを用いた処理により確率モデルの 1 つである第一モデルを生成する。また、確率モデル生成部 150 は、第一状態と同様に、アンケートによって悪状態（第二状態）であったとされる睡眠音 210 など第二状態に含まれる複数の睡眠音 210 について、それぞれ分類された特徴ベクトルに対応する特徴情報 201 が発生した時刻に基づき隠れマルコフモデルを用いた処理により確率モデルの 1 つである第二モデルを生成する。

[0040] ここで、睡眠の質を判定するのに適した確率モデルを生成するために、隠れ変数の数 N が 2 ～ 6 の第一モデルと第二モデルとを別途生成した。そして、第一状態であることが既知の睡眠音 210 と第二状態であることが既知の睡眠音 210 をそれぞれ第一モデルと第二モデルに適用し尤度を算出した。その結果が図 3 である。同図に示すように、良状態を判断する場合は隠れ変数の数 5 が適しており、悪状態を判断する場合は、隠れ変数の数 3 が適していることがわかる。従って、状態が未知の睡眠音 210 に基づき睡眠の質を判定する場合、隠れ変数の数が 3、4、5 の範囲が適切であると結論付けることができる。

[0041] そこで本実施の形態の場合、確率モデル生成部 150 は、第一状態、および、第二状態についてそれぞれ隠れ変数の数 N が 3 と 4 と 5 の確率モデルを生成している。つまり、第一状態が反映された第一モデルとして隠れ変数の数 3 の第一モデル（3）、隠れ変数の数 4 の第一モデル（4）と、隠れ変数の数 5 の第一モデル（5）が生成される。また、第二状態が反映された第二

モデルとして隠れ変数の数3の第二モデル(3)、隠れ変数の数4の第二モデル(4)と、隠れ変数の数5の第二モデル(5)が生成される。

[0042] なお、本実施の形態では、第一状態に対応した第一モデルと第二状態に対応した第二モデルの作成を例示したが、3以上の睡眠状態を反映させた確率モデルを複数個構築してもかまわない。

[0043] 記憶部160は、確率モデル生成部150により生成された第一モデル、および、第二モデルを記憶装置159に記憶させる処理部である。記憶部160は、新しく追加された睡眠音210の集合により新しく確率モデルが生成された場合、記憶装置159に記憶されている確率モデルを更新してもかまわない。

[0044] 尤度算出部170は、判定対象が音記録部110により録音した状態が未知の睡眠音210について、状態が既知の睡眠音と同様に、抽出部120が特徴情報を抽出し、解析部130が特徴情報から特徴ベクトルを算出し、分類部140がラベリングした特徴ベクトルを事前に記憶装置159に保存された第一モデルに適用して尤度である第一尤度を算出し、第二モデルに適用して第二尤度を算出する処理部である。

[0045] 本実施の形態の場合、確率モデルは、第一モデル(3)、第一モデル(4)、第一モデル(5)、第二モデル(3)、第二モデル(4)、第二モデル(5)の6種類が存在するため、尤度算出部170は、1つの睡眠音210について第一尤度(3)、第一尤度(4)、第一尤度(5)、第二尤度(3)、第二尤度(4)、第二尤度(5)6個の尤度を算出する。

[0046] 判定部180は、尤度算出部170で算出された第一尤度と第二尤度とに基づき判定対象の睡眠の質が第一状態か第二状態かを判定する処理部である。本実施の形態の場合、判定部180は、同一数の隠れ変数の数に対応する第一尤度と第二尤度とを比較して尤度の高いものを勝ちとし、多数決により睡眠の質が第一状態か第二状態かを判定する。

[0047] 図4は、尤度算出部が算出した尤度と判定結果とを示す表である。同図に示すように、隠れ変数の数3の場合の尤度を比較すると第二尤度が高く、隠

れ変数の数4の場合の尤度は第二尤度が高く、隠れ変数の数5の尤度は第一尤度が高い。従って、第二尤度が2勝であり、多数決により判定対象の睡眠の質は、第二状態、即ち悪い状態であると判定される。

[0048] 結果提示部190は、判定部180による判定結果を表示装置112に提示させる処理部である。本実施の形態の場合、結果提示部190、および、表示装置112は、端末装置101に備えられている。

[0049] 次に、学習フェーズにおける睡眠の質判定システム100の動作の例を説明する。図5は、学習フェーズにおける睡眠の質判定システムの動作の流れを示すフローチャートである。

[0050] スマートフォンなど個人的に所有される端末装置101、病院などの施設に設置される端末装置101などの音記録部110で記録された睡眠音210を、ネットワーク300等を介して確率モデル生成装置199が収集する。睡眠音210を収集する際には、睡眠音210が第一状態に属するか、第二状態に属するかなどの情報も紐付けられた状態で収集され、確率モデル生成装置199の記憶装置159に記憶される(S101)。

[0051] 収集した睡眠音210は、第一状態、第二状態などの状態毎に確率モデル生成装置199の抽出部120によって特徴情報201が抽出され(S102)、解析部130によって特徴ベクトルが算出され(S103)、算出された特徴ベクトルが分類部140における機械学習によって複数のカテゴリに分類され、どこのカテゴリに属するかを示すラベルが各特徴ベクトルに付与される(S104)。

[0052] 次に、確率モデル生成部150は、状態毎にラベルが附された特徴ベクトルを隠れマルコフモデルを用いて確率モデルを生成し(S105)、得られた結果は記憶部160により記憶装置159に保存される(S106)。

[0053] また、確率モデル生成装置199は、状態が既知の新たな睡眠音210を収集するまで待機し(S108)、状態が既知の新たな睡眠音210を収集した場合(S107: Yes)は、新しく確率モデルを生成し、記憶装置159に保存される確率モデルを更新する。

- [0054] 次に、判定フェーズにおける睡眠の質判定システム１００の動作の例を説明する。図６は、判定フェーズにおける睡眠の質判定システムの動作の流れを示すフローチャートである。
- [0055] スマートフォンなど端末装置１０１においてプログラムとして実現される音記録部１１０で記録された睡眠音２１０を、ネットワーク３００等を介して確率モデル生成装置１９９に送信する（Ｓ２０１）。送信された睡眠音２１０は、確率モデル生成装置１９９の記憶装置１５９に記憶される。
- [0056] 記憶された睡眠音２１０は、抽出部１２０によって特徴情報２０１が抽出され（Ｓ２０２）、解析部１３０によって特徴ベクトルが算出され（Ｓ２０３）、算出された特徴ベクトルが分類部１４０における機械学習によって複数のカテゴリに分類され、どこのカテゴリに属するかを示すラベルが各特徴ベクトルに付与される（Ｓ２０４）。
- [0057] 次に、尤度算出部１７０は、状態毎にラベルが附された特徴ベクトルを第一状態に対応した確率モデル、および、第二状態に対応した確率モデルのそれぞれに適用して尤度を算出する（Ｓ２０５）。判定部１８０は、得られた尤度に基づき判定対象の睡眠音２１０が第一状態か第二状態を判定する（Ｓ２０６）。判定結果は端末装置１０１に送信され、結果提示部１９０により端末装置１０１の表示装置１１２に表示される（Ｓ２０７）。
- [0058] 本実施の形態の睡眠の質判定システム１００によれば、少なくとも第一状態、および、第二状態を含む複数状態の睡眠パターンをそれぞれ反映させた確率モデルを複数の異なる隠れ変数の数で隠れマルコフモデルにより生成し、得られた複数の確率モデルを用いて判定対象の睡眠音２１０の尤度を算出し、多数決により判定対象の睡眠の質を判定することにより、音の情報のみから高い精度で睡眠の質を判定することが可能となる。
- [0059] 従って、大がかりな睡眠ポリグラフや専用デバイスを必要とせず、汎用の端末装置を用いて簡便に録音された睡眠音２１０から睡眠の質を判定することができる。
- [0060] なお、本願発明は、上記実施の形態に限定されるものではない。例えば、

本明細書において記載した構成要素を任意に組み合わせて、また、構成要素のいくつかを除外して実現される別の実施の形態を本願発明の実施の形態としてもよい。また、上記実施の形態に対して本願発明の主旨、すなわち、請求の範囲に記載される文言が示す意味を逸脱しない範囲で当業者が思いつく各種変形を施して得られる変形例も本願発明に含まれる。

[0061] 例えば、確率モデルを生成するための睡眠音 210 は、不特定多数から収集する場合ばかりで無く、個体毎に第一状態の睡眠音 210、および、第二状態の睡眠音 210 を蓄積し、過去の睡眠音 210 に基づき個体毎の確率モデルを生成してもかまわない。

[0062] また、複数の異なる隠れ変数の数により得られた確率モデルに基づく尤度によって多数決により第一状態か、第二状態かを判定したが、1つの隠れ変数の数により得られた確率モデルによる尤度で判定を行ってもかまわない。

[0063] また、判定部 180 は、複数の異なる隠れ変数の数により得られた確率モデルに基づき算出された尤度を尤度ベクトルとし、パターン識別により睡眠の質が第一状態か第二状態かを判定してもかまわない。パターン識別としては、例えばサポートベクトルマシン (SVM) であり、多層パーセプトロン、Random Forest、ロジスティック識別などを例示することができる。

[0064] 具体的に例えば、判定部 180 は、図 7 に示すように、尤度モデル生成部 181 を備えている。尤度モデル生成部 181 は、第一状態に含まれる複数の睡眠音 210 について、それぞれ分類された特徴ベクトル、および第二状態に含まれる複数の睡眠音 210 について、それぞれ分類された特徴ベクトルに基づき、確率モデル生成部 150 で生成された第一モデル、および第二モデルを用いて尤度算出部 170 に尤度を算出させ、得られた尤度ベクトルを入力とし、第一状態と第二状態とをラベルとして識別器のモデルを生成する。

[0065] ここで、パターン識別の識別器としては、上記の通り特に限定されるものではないが、尤度モデルを生成するためのデータ点数 (特徴ベクトルの数)

が比較的多い場合はニューラルネットワークなどが適し、比較的小さい場合はサポートベクトルマシン（SVM）などが適していると考えられる。その他の識別器としてはAdaBoost、ナীবベイズ、決定木などを例示できる。

[0066] 次に、判定部180は、状態が未知の睡眠音210による特徴ベクトルに基づき尤度算出部170が算出した第一尤度、第二尤度を尤度モデル生成部181が生成したモデルに適用して睡眠の質が第一状態か第二状態かを判定する。

[0067] なお、尤度モデルを作成するための睡眠音210は、確率モデル生成部150がモデルを生成する際に用いられるものでもよく、別の睡眠音210でも構わない。またこれらを混在させても構わない。

[0068] また、睡眠の質判定システム100が、ネットワーク300で接続された端末装置101と確率モデル生成装置199とを備える場合を説明したが、各処理部が1つの装置により実現されるものでもかまわない。また、複数の装置により睡眠の質判定システム100が構築されている場合、各処理部がいずれの装置に備えられるかは任意であり、複数の装置が同じ処理部をそれぞれ備えていてもかまわない。

[0069] また、睡眠の質判定システム100は、スマートフォンやタブレット端末などに音記録部110、抽出部120、解析部130、分類部140、確率モデル生成部150、記憶部160、尤度算出部170、判定部180、結果提示部190などの各処理部を実現することのできるアプリと称されるプログラムをインストールすることにより、スマートフォンなどを睡眠の質判定システム100として機能させてもかまわない。

産業上の利用可能性

[0070] 本願発明は、人間および動物の睡眠状態を判定して提示し、健康・生活習慣の管理や改善などに利用できる。

符号の説明

[0071] 100 睡眠の質判定システム

- 1 0 1 端末装置
- 1 1 0 音記録部
- 1 1 1 マイクロフォン
- 1 1 2 表示装置
- 1 1 9 記憶装置
- 1 2 0 抽出部
- 1 3 0 解析部
- 1 4 0 分類部
- 1 5 0 確率モデル生成部
- 1 5 9 記憶装置
- 1 6 0 記憶部
- 1 7 0 尤度算出部
- 1 8 0 判定部
- 1 9 0 結果提示部
- 1 9 9 確率モデル生成装置
- 2 0 0 生体
- 2 0 1 特徴情報
- 2 1 0 睡眠音
- 3 0 0 ネットワーク

請求の範囲

[請求項1]

睡眠中における生体が発する音を睡眠音として記録する音記録部と、

、

記録された前記睡眠音の中から特徴部分である特徴情報を複数個抽出する抽出部と、

抽出された特徴情報に基づきそれぞれの特徴ベクトルを算出する解析部と、

複数の前記特徴ベクトルを複数種類に分類する分類部と、

睡眠の質が第一状態であった前記睡眠音の分類された特徴ベクトルを隠れマルコフモデルを用いた処理により確率モデルの1つである第一モデルと、睡眠の状態が第二状態であった前記睡眠音の分類された特徴ベクトルを隠れマルコフモデルを用いた処理により確率モデルの1つである第二モデルとを生成する確率モデル生成部と、

前記第一モデル、および、前記第二モデルを記憶させる記憶部とを備え、

前記音記録部は、

判定対象の睡眠音を記録し、

前記抽出部は、

前記睡眠音から特徴情報を抽出し、

前記解析部は、

前記特徴情報から特徴ベクトルを算出し、

前記分類部は、

前記特徴ベクトルを分類し、

さらに、

前記判定対象の分類された特徴ベクトルを前記第一モデルに適用して尤度である第一尤度と前記第二モデルに適用して尤度である第二尤度を算出する尤度算出部と、

算出された前記第一尤度と第二尤度とに基づき前記判定対象の睡眠

の質が第一状態か第二状態かを判定する判定部とを備える
睡眠の質判定システム。

[請求項2]

前記分類部は、

複数の前記特徴ベクトルに対しクラスタ分析を行って少数のカテゴリに自動分類し、各カテゴリに属する前記特徴ベクトルに同一のラベルを付与する

請求項1に記載の睡眠の質判定システム。

[請求項3]

前記確率モデル生成部は、

隠れ変数の数が3以上、9以下の範囲の1つである N (N は整数)の第一モデル、および、第二モデルを生成する

請求項1または2に記載の睡眠の質判定システム。

[請求項4]

前記確率モデル生成部は、

隠れ変数の数が $N-1$ 、 N 、 $N+1$ の第一モデル、および、第二モデルをそれぞれ生成し、

前記尤度算出部は、

生成された第一モデル、および、第二モデルのそれぞれについて、第一尤度と第二尤度とを算出し、

前記判定部は、

同一数の隠れ変数の数に対応する第一尤度と第二尤度とを比較して尤度の高いものを勝ちとし、多数決により睡眠の質が第一状態か第二状態かを判定する

請求項3に記載の睡眠の質判定システム。

[請求項5]

前記確率モデル生成部は、

複数の隠れ変数の数について第一モデル、および、第二モデルをそれぞれ生成し、

前記尤度算出部は、

生成された第一モデル、および、第二モデルのそれぞれについて、第一尤度と第二尤度とを算出し、

前記判定部は、

算出された尤度を尤度ベクトルとし、パターン識別により睡眠の質が第一状態か第二状態かを判定する

請求項 3 に記載の睡眠の質判定システム。

[請求項6]

前記パターン識別は、教師有り学習の識別器であり、

前記判定部は、

前記識別器に対応するモデルを生成する尤度モデル生成部を備え、生成された尤度モデルに基づき前記尤度ベクトルを入力として睡眠の質が第一状態か第二状態かを判定する

請求項 5 に記載の睡眠の質判定システム。

[請求項7]

前記確率モデル生成部を備える確率モデル生成装置と、前記確率モデル生成装置にネットワークを介して接続される複数の端末装置とを備え、

前記端末装置は、

前記音記録部と、

さらに、前記判定部による判定結果を表示装置に提示させる結果提示部を備える

請求項 1 から 6 のいずれか一項に記載の睡眠の質判定システム。

[請求項8]

睡眠中における生体が発する音を睡眠音として記録する音記録部と、

記録された前記睡眠音の中から特徴部分である特徴情報を複数個抽出する抽出部と、

抽出された特徴情報に基づきそれぞれの特徴ベクトルを算出する解析部と、

複数の前記特徴ベクトルを複数種類に分類する分類部と、

睡眠の質が第一状態であった前記睡眠音の分類された特徴ベクトルを隠れマルコフモデルを用いた処理により確率モデルの 1 つである第一モデルと、睡眠の状態が第二状態であった前記睡眠音の分類された

特徴ベクトルを隠れマルコフモデルを用いた処理により確率モデルの1つである第二モデルとを生成する確率モデル生成部と、

前記第一モデル、および、前記第二モデルを記憶させる記憶部とを含み、

前記各処理をコンピュータに実行させることにより上記各部を実現する睡眠の質モデル作成プログラム。

[請求項9] 睡眠中における生体が発する音を睡眠音として記録する音記録部と、

記録された前記睡眠音の中から特徴部分である特徴情報を複数個抽出する抽出部と、

抽出された特徴情報に基づきそれぞれの特徴ベクトルを算出する解析部と、

複数の前記特徴ベクトルを複数種類に分類する分類部と、

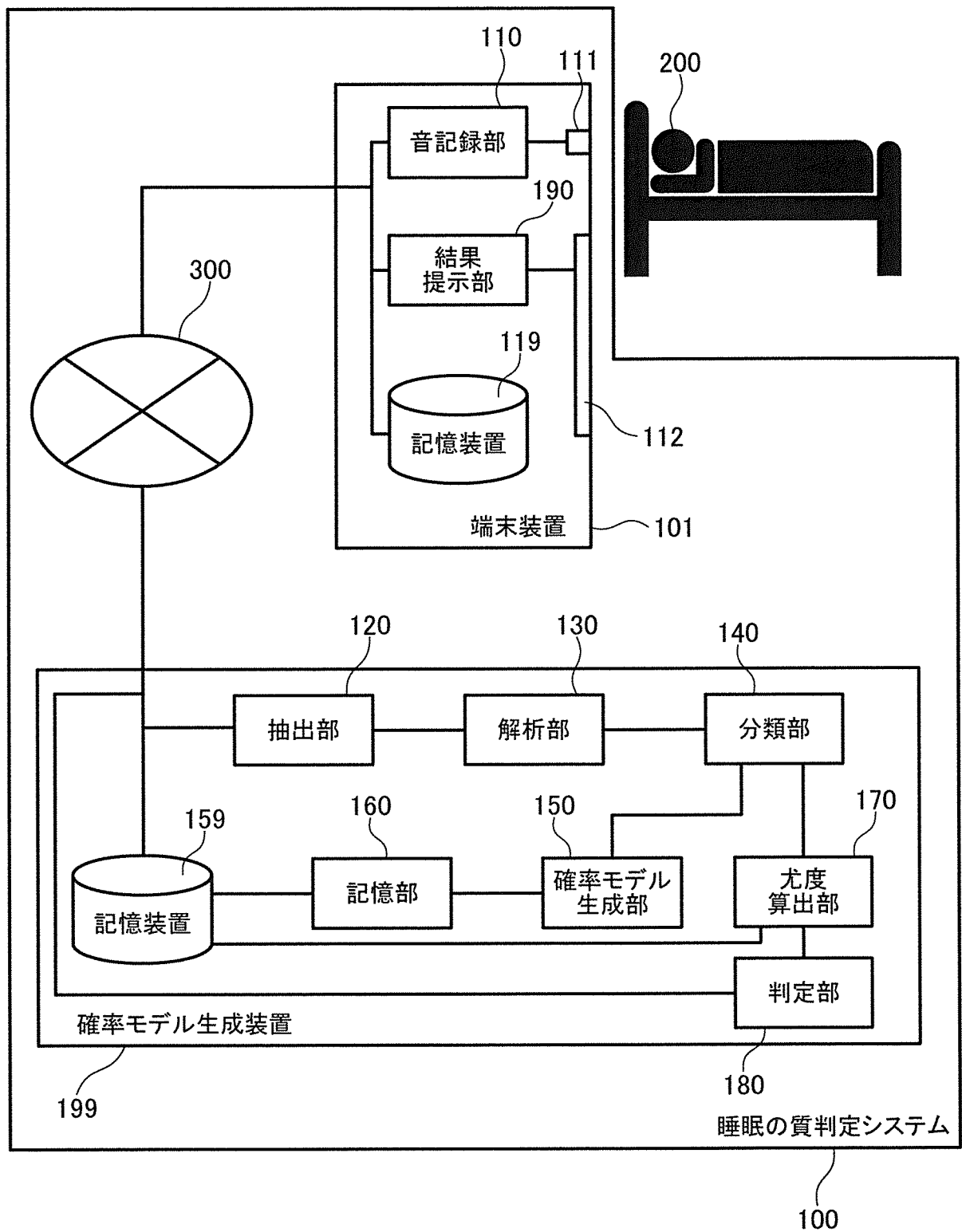
隠れマルコフモデルを用いて生成された異なる睡眠の質にそれぞれ対応する第一モデル、および、前記第二モデルを記憶させる記憶部とを備と、

分類された特徴ベクトルを前記第一モデルに適用して尤度である第一尤度と前記第二モデルに適用して尤度である第二尤度を算出する尤度算出部と、

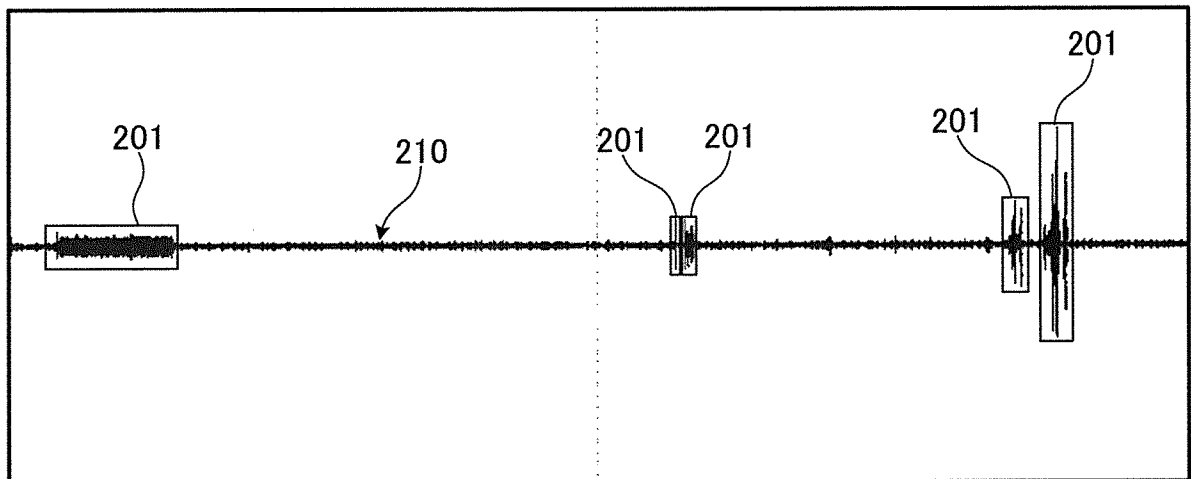
算出された前記第一尤度と第二尤度とに基づき前記判定対象の睡眠の質が第一状態か第二状態かを判定する判定部とを含み、

前記各処理をコンピュータに実行させることにより上記各部を実現する睡眠の質判定プログラム。

[図1]



[図2]



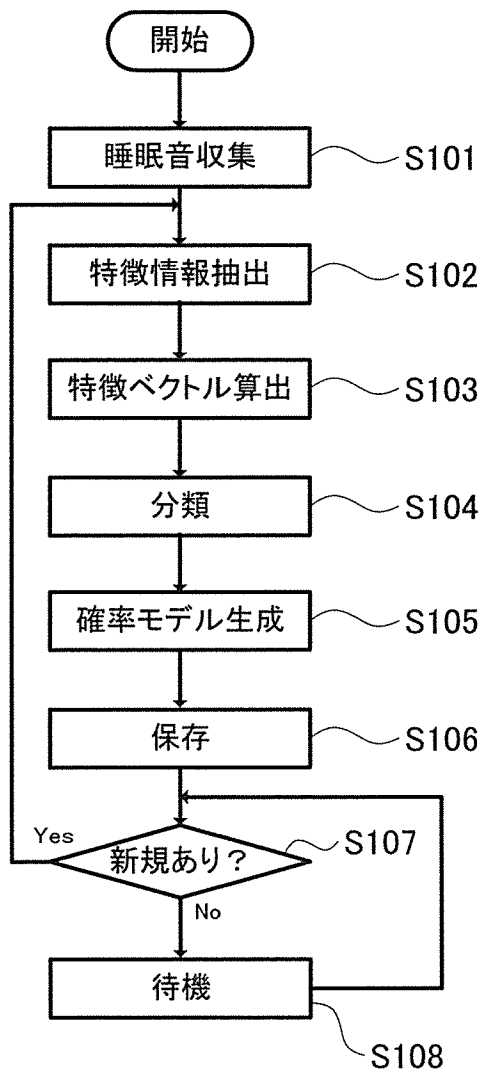
[図3]

判定対象	隠れ変数の数				
	2	3	4	5	6
良状態尤度	0.572	0.693	0.722	0.757	0.722
悪状態尤度	0.667	0.754	0.667	0.652	0.652

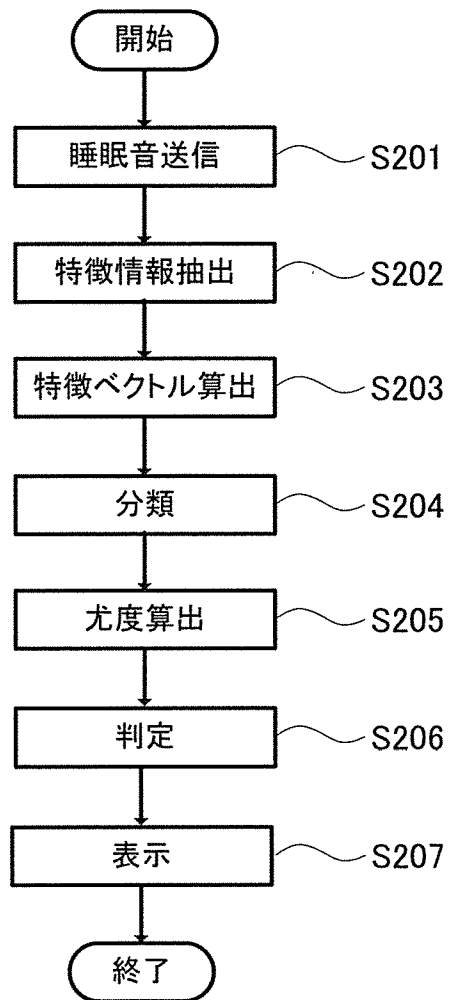
[図4]

判定対象	隠れ変数の数			勝敗
	3	4	5	
第一尤度(良)	0.64	0.68	0.76	1勝
第二尤度(悪)	0.88	0.80	0.73	2勝

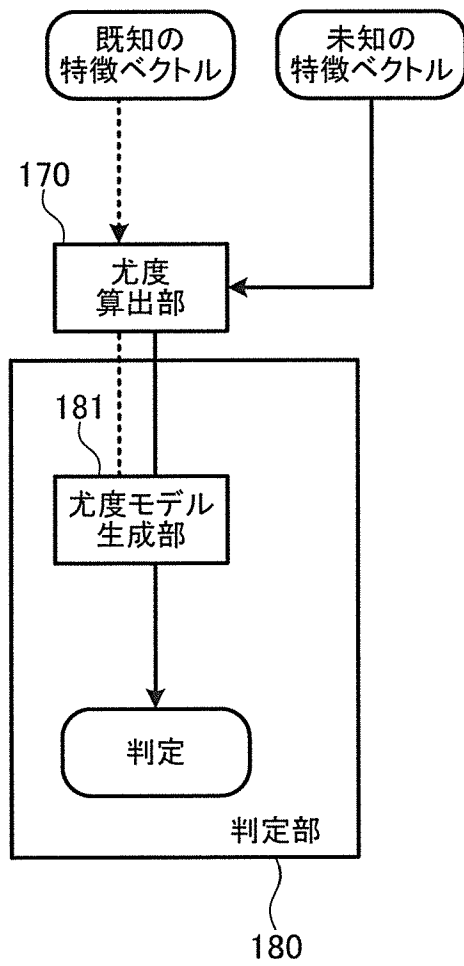
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/029517

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER Int.Cl. A61B5/16 (2006.01) i										
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) Int.Cl. A61B5/16										
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched <table border="0"> <tr> <td>Published examined utility model applications of Japan</td> <td>1922-1996</td> </tr> <tr> <td>Published unexamined utility model applications of Japan</td> <td>1971-2018</td> </tr> <tr> <td>Registered utility model specifications of Japan</td> <td>1996-2018</td> </tr> <tr> <td>Published registered utility model applications of Japan</td> <td>1994-2018</td> </tr> </table>			Published examined utility model applications of Japan	1922-1996	Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018	Registered utility model specifications of Japan	1996-2018	Published registered utility model applications of Japan	1994-2018
Published examined utility model applications of Japan	1922-1996									
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2018									
Registered utility model specifications of Japan	1996-2018									
Published registered utility model applications of Japan	1994-2018									
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.								
A	JP 2015-217130 A (TOYOTA MOTOR CORP.) 07 December 2015, entire text (Family: none)	1-9								
A	US 2014/0188006 A1 (UNIVERSITY HEALTH NETWORK) 03 July 2014, entire text & WO 2012/155257 A1 & EP 2709526 A1 & CN 103687540 A	1-9								
A	JP 2016-209311 A (KAO CORP.) 15 December 2016, entire text (Family: none)	1-9								
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☐ See patent family annex.										
<table border="0"> <tr> <td> * 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 </td> <td> "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 </td> </tr> </table>			* 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						
* 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 September 2018 (25.09.2018)		Date of mailing of the international search report 09 October 2018 (09.10.2018)								
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan		Authorized officer Telephone No.								

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/029517

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2016-209327 A (OKI ELECTRIC INDUSTRY CO., LTD.) 15 December 2016, entire text (Family: none)	1-9
A	JP 2013-94340 A (OMRON HEALTHCARE CO., LTD.) 20 May 2013, entire text & US 2014/0276245 A1 & WO 2013/065504 A1 & CN 103906467 A	1-9
A	WO 2011/155048 A1 (FUJITSU LTD.) 15 December 2011, entire text & US 2013/0096464 A1	1-9
A	JP 2013-165828 A (TANITA CORP.) 29 August 2013, entire text (Family: none)	1-9

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. A61B5/16(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. A61B5/16

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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	JP 2015-217130 A（トヨタ自動車株式会社）2015.12.07, 全文 （ファミリーなし）	1-9
A	US 2014/0188006 A1（UNIVERSITY HEALTH NETWORK）2014.07.03, 全文 & WO 2012/155257 A1 & EP 2709526 A1 & CN 103687540 A	1-9
A	JP 2016-209311 A（花王株式会社）2016.12.15, 全文 （ファミリーなし）	1-9

☒ 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。

* 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矛盾するものではなく、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

25.09.2018

国際調査報告の発送日

09.10.2018

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

高松 大

電話番号 03-3581-1101 内線 3292

2Q

3310

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	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	JP 2016-209327 A (沖電気工業株式会社) 2016.12.15, 全文 (ファミリーなし)	1-9
A	JP 2013-94340 A (オムロンヘルスケア株式会社) 2013.05.20, 全文 & US 2014/0276245 A1 & WO 2013/065504 A1 & CN 103906467 A	1-9
A	WO 2011/155048 A1 (富士通株式会社) 2011.12.15, 全文 & US 2013/0096464 A1	1-9
A	JP 2013-165828 A (株式会社タニタ) 2013.08.29, 全文 (ファミリーなし)	1-9