

(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  
2021年4月1日(01.04.2021)



(10) 国際公開番号

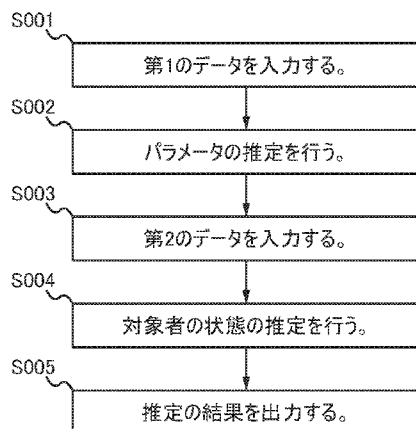
**WO 2021/059080 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*G16H 50/30* (2018.01) *A61B 5/16* (2006.01)  
*A61B 3/11* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/IB2020/058539
- (22) 国際出願日: 2020年9月15日(15.09.2020)
- (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 2019-177812 2019年9月27日(27.09.2019) JP
- (71) 出願人: 株式会社半導体エネルギー研究所  
(SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY  
CO., LTD.) [JP/JP]; 〒2430036 神奈川県厚木  
市長谷398 Kanagawa (JP).
- (72) 発明者: 小國哲平(OGUNI, Teppei); 〒2430036  
神奈川県厚木市長谷398株式会社半導体エ  
ネルギー研究所内 Kanagawa (JP). 秋元健吾  
(AKIMOTO, Kengo); 〒2430036 神奈川県厚木  
市長谷398株式会社半導体エネルギー研究所内  
Kanagawa (JP). 岡野達也(OKANO, Tatsuya);  
〒2430036 神奈川県厚木市長谷398株式会社半  
導体エネルギー研究所内 Kanagawa (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, IR, IS, IT, 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,

(54) Title: STATISTICAL MODEL CONSTRUCTION METHOD, STATE ESTIMATION METHOD, AND STATE ESTIMATION SYSTEM

(54) 発明の名称: 統計モデルの作成方法、状態推定方法、および状態推定システム

図2



S001 Input first data  
S002 Estimate parameter  
S003 Input second data  
S004 Estimate state of subject  
S005 Output estimated result

(57) Abstract: Provided is a method for estimating a state of a subject in consideration of an individual difference. The present invention includes: a step for using a statistical model through which parameters are estimated from first data that has a plurality of pairs of data including change rates of the pupil areas of a plurality of persons and data pertaining to states of the plurality of persons, and estimating a state of a subject from second data including a change rate of the pupil area of the subject; and a step for outputting the estimated result for the state of the subject. In addition, the statistical model is a hierarchical Bayesian model in which a linear predictor is the sum of an intercept, a product of a partial regression coefficient and an explanatory variable, and a parameter indicating the individual difference, and which is obtained by using ordered logistic regression.

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：

- ー 国際調査報告（条約第21条(3)）
- ー 白黒。出願原本にはカラー又はグレースケールの情報が含まれており、PATENTSCOPE からのダウンロードが可能。

---

(57) 要約：個人差を考慮して、対象者の状態を推定する方法を提供する。複数の人物の瞳孔面積の変化速度と、複数の人物の状態に関するデータと、を含むデータの組を複数有する第1のデータから、パラメータの推定が行われた統計モデルを用いて、対象者の瞳孔面積の変化速度を含む第2のデータから、対象者の状態を推定するステップと、対象者の状態を推定した結果を出力するステップと、を有する。なお、統計モデルは、線形予測子が、切片と、偏回帰係数および説明変数の積と、個人差をあらわすパラメータと、の和である、順序ロジスティック回帰を用いた階層ベイズモデルである。

## 明細書

## 発明の名称

統計モデルの作成方法、状態推定方法、および状態推定システム

## 技術分野

[0001]

本発明の一態様は、統計モデルの作成方法に関する。また、本発明の一態様は、対象者の状態を推定する方法に関する。また、本発明の一態様は、状態推定システムに関する。

## 背景技術

[0002]

健康状態の適切な管理は、重要な課題である。健康状態の悪化は、疲労の蓄積により引き起こされる。疲労は、身体的疲労と、精神的疲労と、神経的疲労と、に分けることができる。身体的疲労の蓄積により現れる症状は、比較的自覚しやすい。一方、精神的疲労や神経的疲労の蓄積により現れる症状は、自覚しにくいことが多い。精神的疲労や神経的疲労を数値化することができれば、対象者の状態を客観的に判断することができる。つまり、対象者の疲労度、ストレス状態などを推定することができれば、対象者の健康状態の適切な管理を行うことができる。

[0003]

近年、機械学習などを用いて、ストレス状態を推定する方法が注目されている。特許文献1では、対象者に関する情報からストレスの程度を推定するストレス判定装置が開示されている。また特許文献2では、虹彩径に対する瞳孔径の割合に関する値に基づいてストレス度に関する値を取得するストレス度評価装置が開示されている。

[先行技術文献]

[特許文献]

[0004]

[特許文献1] 特開2018-11720号公報

[特許文献2] 特開2008-259609号公報

## 発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005]

特許文献1に開示されているストレス判定装置では、機械学習を用いている。また、特許文献2に開示されているストレス度評価装置は、統計に基づいた重み付け値を用いている。これらは個人差が考慮されておらず、対象者が異なると、判定結果や評価結果に違いがでる恐れがある。

[0006]

そこで、本発明の一態様は、個人差を考慮して、対象者の状態を推定することを課題の一とする。また、本発明の一態様は、個人差を考慮した状態推定システムを提供することを課題の一とする。

[0007]

なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、これらの課題の全てを解決する必要はないものとする。なお、これら以外の課題は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の課題を抽出することが可能である。

課題を解決するための手段

[0008]

本発明の一態様は、対象者の状態を推定するために使用する統計モデルの作成方法であって、統計モデルは、確率変数がベルヌーイ分布であり、リンク関数がロジットリンク関数であり、線形予測子が、切片と、偏回帰係数および説明変数の積と、個人差をあらわすパラメータと、の和である、順序ロジスティック回帰を用いた階層ベイズモデルである。統計モデルの作成方法は、複数の人物の瞳孔面積の変化速度と、複数の人物の状態に関するデータと、を含むデータの組を複数有するデータセットを入力する工程と、切片の事前分布、および偏回帰係数の事前分布は、無情報事前分布であると設定し、個人差をあらわすパラメータの事前分布は、階層事前分布であると設定する工程と、マルコフ連鎖モンテカルロ法を使って、切片の事後分布、偏回帰係数の事後分布、および個人差をあらわすパラメータの事後分布を推定する工程と、を有する。

[0009]

本発明の他の一態様は、第1のデータを用いてパラメータの推定が行われた統計モデルを用いて、第2のデータから、対象者の状態の推定を行う第1のステップと、対象者の状態の推定の結果を出力する第2のステップと、を有する、対象者の状態を推定する方法である。統計モデルは、順序ロジスティック回帰を用いた階層ベイズモデルであり、第1のデータは、複数の人物の瞳孔面積の変化速度と、複数の人物の状態に関するデータと、を含むデータの組を複数有し、第2のデータは、対象者の瞳孔面積の変化速度を含み、瞳孔面積の変化速度は、統計モデルの説明変数であり、状態に関するデータは、統計モデルの応答変数である。

[0010]

上記方法の順序ロジスティック回帰において、確率変数は、ベルヌーイ分布であり、リンク関数は、ロジットリンク関数であり、線形予測子は、切片と、偏回帰係数および説明変数の積と、個人差をあらわすパラメータと、の和であることが好ましい。

[0011]

また、上記方法において、切片の事前分布、および偏回帰係数の事前分布は、無情報事前分布であると設定し、個人差をあらわすパラメータの事前分布は、階層事前分布であると設定し、マルコフ連鎖モンテカルロ法を使って、切片、偏回帰係数、および個人差をあらわすパラメータの事後分布を推定することが好ましい。

[0012]

本発明の他の一態様は、入力部と、出力部と、演算部と、主記憶部と、補助記憶部と、を有する状態推定システムである。入力部は、第1のデータおよび第2のデータを入力する機能を有し、演算部は、第1のデータを用いて統計モデルのパラメータの推定を行い、統計モデルを作成する機能を有し、演算部は、統計モデルを基に、第2のデータから、対象者の状態を推定する機能を有し、出力部は、推定された対象者の状態に関する情報を供給する機能を有し、主記憶部または補助記憶部は、統計モデルを格納する機能を有し、第1のデータは、複数の人物の瞳孔面積の変化速度と、複数の人物の状態に関するデータと、を含むデータの組を複数含み、第2のデータは、対象者の瞳孔面積の変化速度を含む。

発明の効果

[0013]

本発明の一態様により、個人差を考慮して、対象者の状態を推定することができる。また、本発明の一態様により、個人差を考慮した状態推定システムを提供することができる。

[0014]

なお、本発明の一態様の効果は、上記列挙した効果に限定されない。上記列挙した効果は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお、他の効果は、以下の記載で述べる、本項目で言及していない効果である。本項目で言及していない効果は、当業者であれば、明細書、図面などの記載から導き出せるものであり、これらの記載から適宜抽出することができる。なお、本発明の一態様は、上記列挙した効果、及び／又は他の効果のうち、少なくとも一つの効果を有するものである。したがって本発明の一態様は、場合によっては、上記列挙した効果を有さない場合もある。

図面の簡単な説明

[0015]

図1A、図1Bは、階層ベイズモデルを説明する図である。

図2は、対象者の状態を推定する方法の一例を示すフロー図である。

図3は、パラメータを推定する方法の一例を示すフロー図である。

図4は、対象者の状態を推定する方法の一例を示すフロー図である。

図5は、対象者の状態を推定する方法の一例を示すフロー図である。

図6A、図6Bは、状態推定システムの構成例を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0016]

実施の形態について、図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨およびその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。したがって、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

[0017]

なお、以下に説明する発明の構成において、同一部分または同様な機能を有する部分には同一の符号を異なる図面間で共通して用い、その繰り返しの説明は省略する。また、同様の機能を指す場合には、ハッチパターンを同じくし、特に符号を付さない場合がある。

[0018]

また、図面において示す各構成の、位置、大きさ、範囲などは、理解の簡単のため、実際の位置、大きさ、範囲などを表していない場合がある。このため、開示する発明は、必ずしも、図面に開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。

[0019]

また、本明細書にて用いる「第1」、「第2」、「第3」という序数詞は、構成要素の混同を避けるために付したものであり、数的に限定するものではないことを付記する。

[0020]

本明細書では、対象者の疲労度、対象者のストレス状態などをまとめて、対象者の状態と記載する場合がある。よって、「対象者の状態」という用語を、「対象者の疲労度」または「対象者のストレス状態」と言い換えることができる。また、「ストレス状態」を「疲労度」と言い換えることができる場合がある。

[0021]

(実施の形態1)

本実施の形態では、対象者の状態を推定する方法、および状態推定システムについて説明する。

なお、本実施の形態で説明する対象者の状態を推定する方法を用いることで、対象者の異常を検出することができるため、当該対象者の状態を推定する方法を、対象者の異常を検出する方法と言い換えることもできる。また、本実施の形態で説明する状態推定システムを用いることで、対象者の異常を検出することができるため、当該状態推定システムを、異常検出システムと言い換えることもできる。

[0022]

＜対象者の状態を推定する方法＞

はじめに、対象者の状態を推定する方法について説明する。

[0023]

疲労は、自律神経やホルモンのバランスが崩れ、脳や身体に影響することで感じる。自律神経やホルモンのバランスが崩れる原因の一つとして、ストレスが挙げられる。つまり、ストレスによって、自律神経やホルモンのバランスが崩れ、疲労につながる。このことから、疲労やストレスには、自律神経のバランスの崩れ（自律神経の乱れ）がかかわっている。

[0024]

自律神経には、体の活動時、昼間、緊張時に活発になる交感神経と、安静時、夜間、リラックス時に活発になる副交感神経がある。交感神経が優位に立つと、瞳孔の拡大（散瞳）、心臓拍動の促進、血圧の上昇などが起こる。他方、副交感神経が優位に立つと、瞳孔の縮小（縮瞳）、心臓拍動の抑制、血圧の低下、眠気などが起こる。

[0025]

特に、散瞳および縮瞳は、自律神経の二重支配となっていることが知られている。例えば、縮瞳の遅延は、交感神経の興奮、および副交感神経の弛緩に影響される。また、例えば、散瞳の遅延は、交感神経の弛緩、および副交感神経の興奮に影響される。特に、副交感神経が興奮状態にあるとき、縮瞳および散瞳が抑制され、瞳孔径または瞳孔面積の変化速度は遅くなる。したがって、自律神経のバランスが崩れると、縮瞳または散瞳の遅延、すなわち、瞳孔径または瞳孔面積の変化速度が遅くなる。

[0026]

上述したように、自律神経のバランスの崩れは、疲労度やストレス状態とかかわっている。よって、対象者の瞳孔径または瞳孔面積の変化速度から、対象者の状態（対象者の疲労度、対象者のストレス状態など）を推定することができる。なお、瞳孔径または瞳孔面積の変化速度は、数値として取り扱われる。そこで、本発明の一態様では、対象者の状態を推定するのに、統計モデルを用いる。

[0027]

統計モデルにおいて、説明変数および応答変数の設定が重要である。応答変数とは、結果となる事柄に関する変数である。つまり、本発明の一態様における応答変数は、複数の被験者の状態または対象者の状態である。なお、当該対象者は、当該複数の被験者の一人であってもよい。また、説明変数は、原因となる事柄に関する変数である。つまり、本発明の一態様における説明変数は、瞳孔径または瞳孔面積の変化速度である。

[0028]

瞳孔面積は、瞳孔径の2乗に比例する。よって、瞳孔径の変化速度と比較して、瞳孔面積の変化速度の推移を観測または取得する方が容易である。以降では、説明変数として、瞳孔面積の変化速

度を用いて説明する。なお、本明細書では、瞳孔面積の変化速度を、瞳孔径の変化速度と言い換えることができる。

[0029]

なお、説明変数は、瞳孔面積の変化速度に限られず、瞳孔面積の変化速度と、心臓拍動または脈拍、血圧、体温、まばたき、姿勢などの経時変化のいずれか一または複数とを組み合わせてもよい。また、対象者の状態に関するアンケートを取得し、これらと組み合わせてもよい。なお、まばたきの経時変化とは、まばたきの時間間隔の経時変化、一回のまばたきを行うのに要する時間の経時変化などをさす。

[0030]

ここで、瞳孔面積の変化速度を、被験者または対象者の状態に変化をもたらす刺激を与える前後での、瞳孔面積の変化の度合いとする。例えば、当該刺激を与える前の瞳孔面積を最大瞳孔面積と定義し、当該刺激を与えた後の瞳孔面積を最小瞳孔面積と定義する。このとき、瞳孔面積の変化速度を、最大瞳孔面積から最小瞳孔面積に変化するのに要する時間に対する、最大瞳孔面積と最小瞳孔面積の差とする。つまり、瞳孔面積の変化速度は、最大瞳孔面積から最小瞳孔面積へ変化する際の傾きに相当する。なお、最大瞳孔面積は、当該刺激が与えられる前のある一定期間における瞳孔面積の平均値と定義してもよい。また、最小瞳孔面積は、当該刺激を与えた後のある一定期間における瞳孔面積の平均値と定義してもよい。

[0031]

応答変数に関わる、被験者の状態は、自己評価を参考にする。被験者の状態に対する自己評価は、アンケートなどの方法により取得する。

[0032]

被験者の状態に関するアンケート調査は、間隔尺度または順序尺度で測ることが一般的である。なお、間隔尺度で測ったデータは定量的データであり、順序尺度で測ったデータは定性的データである。

[0033]

例えば、ストレス状態の調査は、「ストレスを感じている」、「ストレスを感じていない」の2段階評価で行われる。または、例えば、「ストレスを非常に感じている」、「ストレスをやや感じている」、「ストレスを感じていない」の3段階評価で行われる。なお、これらに限られず、4段階以上の多段階評価で行われてもよい。

[0034]

なお、順序尺度および間隔尺度では、目盛間隔の差は等しいという仮定のもとに、数値を与えることができる。例えば、ストレス状態の調査が3段階評価で行われる場合、「ストレスを非常に感じている」を2、「ストレスをやや感じている」を1、「ストレスを感じていない」を0とすることができる。このとき、順序尺度で測ったデータも、定量的データと見做すことができる。なお、ストレス指数を用いて、ストレス状態を測ってもよい。例えば、ストレスを感じているほどストレス指数が高く、ストレスを感じていないほどストレス指数が低いと設定するとよい。

[0035]

上述したように、被験者の状態は、順序尺度または間隔尺度で測られるため、離散的なデータである。さらに、被験者の状態に関するデータは、非負の整数で表される。つまり、被験者の状態に関するデータは、カウントデータである。さらに、被験者の状態に関するデータは、有限の範囲で

ある。

[0036]

被験者の状態には、個人差がある。個人差として、例えば、白目の領域に対する黒目の領域の割合、黒目の領域に対する瞳孔面積の割合、ストレスに対する瞳孔面積の変化速度の違い、などがある。なお、個人差は、被験者の状態と独立した要素である。つまり、個人差は、ランダム効果と推測される。そこで、対象者の状態の推定において個人差を考慮するには、ランダム効果を考慮できる統計モデルを使用することが好ましい。

[0037]

以上より、個人差を考慮して対象者の状態を推定するには、統計モデルの中でも、一般化線形混合モデル (generalized linear mixed model: GLMM) を用いることが好ましい。一般化線形混合モデルは、一般化線形モデル (generalized linear model: GLM) を拡張した統計解析モデルである。一般化線形混合モデルは、固定効果に加えて、ランダム効果を考慮できる統計モデルである。

[0038]

一般化線形混合モデルは、確率分布、線形予測子、およびリンク関数を指定する統計モデルである。確率分布とは、確率変数の値とその出現確率を対応させたものである。線形予測子は、パラメータと説明変数の線形結合で表される式である。リンク関数は、線形予測子を導く関数である。なお、リンク関数は、確率分布が決まることで自動的に決まることが多い。

[0039]

上述したように、被験者の状態に関するデータは、有限の範囲のカウントデータとして取得される。よって、対象者の状態の推定に用いる統計モデルとして、ロジスティック回帰を用いることが好ましい。特に、被験者の状態を3段階以上の多段階評価で取得する場合、統計モデルとして、順序ロジスティック回帰を用いることが好ましい。順序ロジスティック回帰は、応答変数が3分類以上の順序尺度または間隔尺度のデータである場合に好適な手法である。

[0040]

本実施の形態では、順序ロジスティック回帰として、確率分布にベルヌーイ分布を用いる。また、リンク関数としてロジットリンク関数を用いる。また、線形予測子は、切片と、説明変数および偏回帰係数の積と、個人差をあらわすパラメータとの和とする。または、線形予測子は、切片と、説明変数および偏回帰係数の積と、個人差をあらわすパラメータと、環境差をあらわすパラメータとの和とする。なお、切片、偏回帰係数、個人差をあらわすパラメータ、および環境差をあらわすパラメータは、統計モデルのパラメータである。また、切片と偏回帰係数を単にパラメータと呼ぶ場合がある。

[0041]

対象者の状態を推定するための統計モデルを作成するには、統計モデルのパラメータを推定する必要がある。統計モデルのパラメータの推定方法として、最尤推定、最大事後確率推定、ベイズ推定などがある。最尤推定、最大事後確率推定のパラメータ推定は、点推定である。本実施の形態の場合、観測するデータ数が多くない場合も想定されるため、統計モデルのパラメータを点推定するのではなく、統計モデルのパラメータの確率分布を推定する、ベイズ推定を用いることが好ましい。

[0042]

ベイズ推定で使う統計モデル (ベイズ統計モデルともいう) は、事後分布が、尤度と事前分布と



の積に比例するという構造をもつ統計モデルである。ベイズ推定では、推定したいパラメータの確率分布は、事後分布として求められる。

[0043]

ベイズ推定における事後分布は、解析的に求めることが難しい場合がある。解析的に求められない場合、ベイズ推定における事後分布は、数値的に求めることができる。例えば、数値積分やマルコフ連鎖モンテカルロ (Markov Chain Monte Carlo: MCMC) 法などを用いるとよい。また、MCMC法のアプローチとして、メトロポリス法、ギブスサンプリング法などを用いるとよい。

[0044]

上述した統計モデルのパラメータのうち、切片および偏回帰係数は、データ全体を大域的に説明するパラメータである。また、個人差をあらわすパラメータ、および環境差をあらわすパラメータはデータのごく一部だけを説明する局所的なパラメータである。大域的なパラメータは、無情報事前分布を用いて推定する。また、局所的なパラメータは、階層事前分布を指定して推定する。

[0045]

本実施の形態の統計モデルのパラメータには、少なくとも個人差をあらわすパラメータが含まれる。そこで、本実施の形態のベイズ統計モデルでは、階層事前分布を使用することが好ましい。階層事前分布を使用しているベイズモデルを階層ベイズモデルともいう。本実施の形態では、階層ベイズモデルを用いて統計モデルを作成し、MCMC法を用いて事後分布を数値的に求めることが好ましい。

[0046]

<<対象者の状態を推定する方法の詳細>>

本項では、対象者の状態を推定する方法の詳細について説明する。

[0047]

図1Aは、本発明の一態様に係る統計モデルである、階層ベイズモデルを示す図である。図1Aに示すように、階層ベイズモデル100として、順序ロジスティック回帰を用いる。なお、順序ロジスティック回帰において、確率分布にベルヌーイ分布を用い、リンク関数としてロジットリンク関数を用いる。また、線形予測子は、切片101と、偏回帰係数102および説明変数の積と、個人差をあらわすパラメータ103と、の和とする。

[0048]

また、説明変数111を瞳孔面積の変化速度とする。つまり、説明変数は1つである。また、応答変数112を、3段階で評価したストレス状態（3つに分類されたデータ）とする。例えば、「ストレスを非常に感じている」をグレード3、「ストレスをやや感じている」をグレード2、「ストレスを感じていない」をグレード1と表記する。

[0049]

はじめに、複数の人物の瞳孔面積の変化速度および当該複数の人物のストレス状態に関するデータの組をN組（Nは正の整数である。）用意する。ここで、当該複数の人物は、上述した複数の被験者である。なお、当該複数の人物に、対象者が含まれてもよい。また、当該複数の人物の数は2以上が好ましい。また、当該複数の人物の数はN以下であることが好ましい。以降、当該複数の人物を、被験者、または複数の被験者と表記する場合がある。

[0050]

次に、3段階評価で調査されたストレス状態を、グレード1と、グレード2およびグレード3と、に分類する。このときのロジスティック関数および線形予測子は以下のように記述できる。

[0051]

[数1]

$$q_{i,1} = \text{logistic}(\eta_{i,1}) = \frac{1}{1 + \exp(-\eta_{i,1})}$$

$$\eta_{i,1} = \text{logit}(q_{i,1}) = \log \frac{q_{i,1}}{1 - q_{i,1}} = \beta_{01} + \beta_1 x_i + r_i$$

[0052]

ここで、 $q_{i,1}$ は、 $i$ 番目（ $i$ は、1以上 $N$ 以下の整数である。）のデータがグレード2またはグレード3になる確率である。 $\eta_{i,1}$ は、 $q_{i,1}$ のロジットである。 $\beta_{01}$ 、 $\beta_1$ 、 $r_i$ はパラメータである。 $\beta_{01}$ は切片である。 $\beta_1$ は偏回帰係数である。 $r_i$ は、個人差をあらわすパラメータである。 $x_i$ は $i$ 番目の説明変数であり、 $i$ 番目のデータが有する瞳孔面積の変化速度である。また、ここでのストレス状態を表すデータ $Y$ を $Y_1$ とすると、 $Y_1$ ではグレード1を示すデータは0、グレード2またはグレード3を示すデータは1とする。

[0053]

つぎに、3段階評価で調査されたストレス状態を、グレード1およびグレード2と、グレード3と、に分類する。このときのロジスティック関数および線形予測子は以下のように記述できる。

[0054]

[数2]

$$q_{i,2} = \text{logistic}(\eta_{i,2}) = \frac{1}{1 + \exp(-\eta_{i,2})}$$

$$\eta_{i,2} = \text{logit}(q_{i,2}) = \log \frac{q_{i,2}}{1 - q_{i,2}} = \beta_{02} + \beta_1 x_i + r_i$$

[0055]

上式において、 $q_{i,2}$ は、 $i$ 番目のデータがグレード3になる確率である。 $\eta_{i,2}$ は、 $q_{i,2}$ のロジットである。 $\beta_{02}$ 、 $\beta_1$ 、 $r_i$ はパラメータである。 $\beta_{02}$ は切片である。なお、 $\beta_{02}$ 以外のパラメータは、上述した $\beta_1$ 、および $r_i$ と同じである。また、ここでのストレス状態を表すデータ $Y$ を $Y_2$ とすると、 $Y_2$ ではグレード1またはグレード2を示すデータは0、グレード3を示すデータは1とする。

[0056]

なお、順序ロジスティック回帰において、グレード1になる確率、グレード2になる確率、およびグレード3になる確率の和は1となる。よって、 $i$ 番目のデータがグレード1になる確率は、 $1 - q_{i,1}$ であり、 $i$ 番目のデータがグレード2になる確率は、 $q_{i,1} - q_{i,2}$ である。

[0057]

入力された説明変数から、どのグレードに分類される確率が高いかを推定するための統計モデルを作成するには、パラメータである $\beta_{0k}$ （ $k$ は1または2である）、 $\beta_1$ 、 $r_i$ を推定する必要がある。

[0058]

上述したように、階層ベイズモデルの事後分布は、尤度と事前分布の積に比例する。また、パラメータ  $\beta_{0k}$ 、 $\beta_1$  は固定効果であり、パラメータ  $r_i$  はランダム効果である。よって、以下の関係が成り立つ。

[0059]

[数3]

$$p(\beta_{01}, \beta_1, s, \{r_i\} | Y_1) = \frac{p(Y_1 | \beta_{01}, \beta_1, \{r_i\}) p(\beta_{01}) p(\beta_1) p(s) \prod_i p(r_i | s)}{p(Y_1)}$$

$$p(\beta_{02}, \beta_1, s, \{r_i\} | Y_2) = \frac{p(Y_2 | \beta_{02}, \beta_1, \{r_i\}) p(\beta_{02}) p(\beta_1) p(s) \prod_i p(r_i | s)}{p(Y_2)}$$

[0060]

ここで、左辺は事後分布であり、データ  $Y_1$  またはデータ  $Y_2$  が与えられたときの、 $\beta_{0k}$ 、 $\beta_1$ 、 $s$ 、および  $r_i$  の確率分布である。右辺の  $p(\beta_{0k})$  および  $p(\beta_1)$  は、それぞれ切片  $\beta_{0k}$  および偏回帰係数  $\beta_1$  の事前分布である。ここで、切片および偏回帰係数は、固定効果なので、 $p(\beta_{0k})$  および  $p(\beta_1)$  は無情報事前分布であると設定する。

[0061]

パラメータ  $r_i$  はランダム効果であるので、 $p(r_i | s)$  は階層事前分布であると設定する。つまり、 $r_i$  の事前分布は、いずれも平均ゼロで標準偏差  $s$  の正規分布にしたがうとする。ここで、 $s$  を超パラメータと呼ぶ場合がある。また、 $p(s)$  を超事前分布と呼ぶ場合がある。また、 $p(s)$  は無情報事前分布であると設定する。

[0062]

以上のように設定し、MCMC法を使って、上式の左辺である事後分布を推定する。よって、上式の左辺である事後分布を推定することで、複数パラメータの事後分布を推定することができる。

[0063]

以上により、パラメータ  $\beta_{0k}$  ( $k$  は1または2である)、 $\beta_1$ 、 $s$ 、および  $r_i$  を推定することができる。これにより、説明変数から、どのグレードに分類される確率が高いかを推定するための統計モデルが作成されることになる。例えば、瞳孔面積の変化速度を説明変数に入力し、また、 $\beta_{0k}$ 、 $\beta_1$ 、 $r_i$  の事後分布の平均を用い、グレード1になる確率、グレード2になる確率、およびグレード3になる確率をそれぞれ算出する。これらの確率を比較することで、入力した瞳孔面積の変化速度における疲労度が、どのグレードになる確率が最も高いかを推定することができる。

[0064]

なお、図1Bに示すように、線形予測子に、環境差をあらわすパラメータ  $e_j$  ( $j$  は正の整数である。)を加えてもよい。これにより、個人差だけでなく、環境差を考慮して、ストレス状態を推定することができる。

[0065]

パラメータ  $e_j$  はランダム効果であるので、 $e_j$  の事前分布は、いずれも平均ゼロで標準偏差  $s_p$  の正規分布にしたがうとする。また、 $p(s_p)$  は無情報事前分布であると設定する。

[0066]

また、応答変数が、 $(m+1)$  段階 ( $m$  は3以上) で評価したストレス状態とする。このとき、

データは  $(m+1)$  個に分類される。この場合、 $m$  個のグレードに分類し、 $m$  組のロジスティック関数およびロジスティックモデルを用意するとよい。なお、パラメータは、 $\beta_{01}$  乃至  $\beta_{0m}$ 、 $\beta_1$ 、 $s$ 、 $r_i$  である。よって、これらのパラメータを推定することで、説明変数から、ストレス状態を推定するための統計モデルを作成することができる。

[0067]

以上が、対象者の状態を推定する方法の詳細な説明である。

[0068]

以上より、個人差を考慮して、対象者の状態を推定することができる。

[0069]

<対象者の状態を推定する方法の手順>

次に、対象者の状態を推定する方法の手順について説明する。

[0070]

ここでは、対象者の状態を推定するための統計モデルとして、階層ベイズモデルを用いる。また、統計モデルとして、順序ロジスティック回帰を用いることが好ましい。また、順序ロジスティック回帰として、確率変数にベルヌーイ分布を用い、リンク関数にロジットリンク関数を用いる。また、線形予測子は、切片と、説明変数および偏回帰係数の積と、個人差をあらわすパラメータとの和とする。なお、切片、および偏回帰係数もパラメータである。

[0071]

図2は、対象者の状態を推定する方法の一例を示すフロー図である。対象者の状態を推定する方法は、図2に示す、ステップS001乃至ステップS005を有する。

[0072]

ステップS001は、第1のデータを入力する工程である。第1のデータには、被験者の瞳孔面積の変化速度および被験者の状態に関するデータの組（データセット）が複数含まれる。なお、被験者は複数人であることが好ましい。また、被験者に、対象者が含まれてもよい。被験者の状態に関するデータとは、被験者の疲労度、被験者のストレス状態（またはストレス指数）などである。なお、第1のデータには、被験者の心臓拍動または脈拍、血圧、体温、まばたき、姿勢などの経時変化のいずれか一または複数のデータが含まれてもよい。

[0073]

本実施の形態では、個人差を考慮して、対象者の状態を推定する。そこで、第1のデータに含まれるデータセットのそれぞれには、被験者を示すIDが割り振られていることが好ましい。また、個人差、および環境差を考慮して、対象者の状態を推定する場合、第1のデータに含まれるデータセットのそれぞれには、被験者を示すID、および測定環境を示すIDが割り振られていることが好ましい。

[0074]

ステップS002は、統計モデルに含まれるパラメータを推定する工程である。なお、当該パラメータを推定することで、対象者の状態を推定するための統計モデルを作成することができる。つまり、パラメータの推定は、統計モデルの作成と言い換えることができる。

[0075]

ステップS002の詳細について、図3を用いて説明する。ステップS002は、ステップS101およびステップS102を有する。

[0076]

第1のデータに含まれるデータのうち、瞳孔面積の変化速度を統計モデルの説明変数とし、被験者の状態に関するデータを統計モデルの応答変数とする。なお、第1のデータに被験者の心臓拍動または脈拍、血圧、体温、まばたき、姿勢などの経時変化のいずれか一または複数のデータが含まれる場合、これらのデータは、統計モデルの説明変数として使用してもよい。

[0077]

ステップS101は、パラメータの事前分布を設定する工程である。切片、および偏回帰係数は個体効果であるため、切片の事前分布、および偏回帰係数の事前分布は、無情報事前分布であると設定する。また、個人差をあらわすパラメータはランダム効果であるため、個人差をあらわすパラメータの事前分布は、階層事前分布であると設定する。

[0078]

ステップS102は、パラメータの事後分布を推定する工程である。パラメータの事後分布の推定には、MCMC法を使用することが好ましい。

[0079]

ステップS002（ステップS101およびステップS102）を行うことで、統計モデルに含まれるパラメータを推定することができる。これにより、統計モデルを作成することができる。

[0080]

以上が、ステップS002の詳細な説明である。

[0081]

ステップS003は、第2のデータを入力する工程である。第2のデータには、第1のデータの有する説明変数が含まれる必要がある。つまり、第2のデータには、少なくとも、対象者の瞳孔面積の変化速度が含まれる。

[0082]

本実施の形態では、個人差を考慮して、対象者の状態を推定する。そこで、第2のデータには、対象者を示すIDが割り振られていることが好ましい。また、個人差、および環境差を考慮して、対象者の状態を推定する場合、第2のデータには、対象者を示すID、および測定環境を示すIDが割り振られていることが好ましい。

[0083]

ステップS004は、第2のデータに含まれる瞳孔面積の変化速度から、対象者の状態を推定する工程である。対象者の状態の推定には、ステップS002で作成された統計モデルを使用する。

[0084]

ステップS005は、情報の供給を行う工程である。当該情報とは、ステップS004で推定された対象者の状態に関する情報である。当該情報は、例えば、文字列、数値、グラフ、色などの視覚情報、音声、音楽などの聴覚情報などとして供給される。

[0085]

上記情報を供給した後、終了する。

[0086]

なお、ステップS004で推定された対象者の状態が、正常であるまたは異常ではないと判断された場合、上記情報が供給されなくてもよい。このとき、ステップS004が終了した後、終了してもよい。また、対象者の状態を $(m+1)$ 段階（ $m$ は3以上）で推定する場合、上記情報を供給

しない段階をあらかじめ指定しておいてもよい。

[0087]

対象者の状態を推定する方法の手順は、上記に限られない。例えば、図4または図5に示すフローで対象者の状態を推定してもよい。

[0088]

図4は、対象者の状態を推定する方法の他の一例を示すフロー図である。対象者の状態を推定する方法は、図4に示す、ステップS011乃至ステップS017を有してもよい。

[0089]

ステップS011は、第1のデータを入力する工程である。第1のデータには、被験者の瞳孔面積の時系列変化および被験者の状態に関するデータの組が複数含まれる。なお、被験者は複数人であることが好ましい。また、被験者に、対象者が含まれてもよい。また、第1のデータには、被験者の心臓拍動または脈拍、血圧、体温、まばたき、姿勢などの経時変化のいずれか一または複数のデータが含まれてもよい。

[0090]

ステップS012は、第1のデータに含まれる瞳孔面積の時系列変化から、瞳孔面積の変化速度を算出する工程である。なお、第1のデータに、心臓拍動または脈拍、血圧、体温、まばたき、姿勢などの経時変化のいずれか一または複数のデータが含まれる場合、これらの変化速度を算出してもよい。

[0091]

ステップS013は、統計モデルに含まれるパラメータを推定する工程である。ステップS013はステップS002と同様の工程である。よって、ステップS013は、図3に示すステップS101およびステップS102を有する。ステップS013の説明は、ステップS002、ステップS101、およびステップS102の説明を参酌することができる。

[0092]

ステップS013を行うことで、統計モデルに含まれるパラメータを推定することができる。これにより、統計モデルを作成することができる。

[0093]

ステップS014は、第2のデータを入力する工程である。第2のデータには、第1のデータの有するデータが含まれる必要がある。つまり、第2のデータには、少なくとも、対象者の瞳孔面積の時系列変化が含まれる。なお、第2のデータに、対象者の瞳孔面積の変化速度が含まれる場合、次に説明するステップS015は省略してもよい。

[0094]

ステップS015は、第2のデータに含まれる瞳孔面積の時系列変化から、瞳孔面積の変化速度を算出する工程である。なお、第2のデータに、対象者の心臓拍動または脈拍、血圧、体温、まばたき、姿勢などの経時変化のいずれか一または複数のデータが含まれる場合、これらの変化速度を算出してもよい。

[0095]

ステップS016は、ステップS015で算出された瞳孔面積の変化速度から、対象者の状態を推定する工程である。対象者の状態の推定には、ステップS013で作成された統計モデルを使用する。

[0096]

ステップS017は、情報の供給を行う工程である。当該情報とは、ステップS016で推定された対象者の状態に関する情報である。当該情報は、例えば、文字列、数値、グラフ、色などの視覚情報、音声、音楽などの聴覚情報などとして供給される。

[0097]

上記情報を供給した後、終了する。

[0098]

上記以外の、対象者の状態を推定する方法の手順を、図5を用いて説明する。図5は、対象者の状態を推定する方法の他の一例を示すフロー図である。対象者の状態を推定する方法は、図5に示す、ステップS021乃至ステップS029を有してもよい。

[0099]

ステップS021は、第1のデータを入力する工程である。第1のデータには、動画および被験者の状態に関するデータの組が複数含まれる。ここで、動画とは、2フレーム以上の画像の集合を示す。また、当該動画には、被写体として被験者の目が含まれる。被験者は複数人であることが好ましい。また、被験者に、対象者が含まれてもよい。なお、当該動画は、撮像装置を用いて撮影してもよいし、後述する状態推定システムが有する撮像部で撮影してもよい。また、第1のデータには、被験者の心臓拍動または脈拍、血圧、体温、まばたき、姿勢などの経時変化のいずれかまたは複数のデータが含まれてもよい。

[0100]

ステップS022は、第1のデータに含まれる動画から、瞳孔を検出する工程である。つまり、被写体として被験者の目が含まれる動画から、瞳孔を検出する工程である。まず、動画に含まれる画像の中から、第1の物体を検出する。第1の物体は、例えば、目とする。なお、当該画像に両目が含まれる場合、片方の目のみ検出する。次に、第1の物体から、第2の物体を検出する。第2の物体は、例えば、瞳孔とする。具体的には、円形抽出により、目から瞳孔を検出することができる。以上より、第1のデータに含まれる動画から、瞳孔を検出することができる。

[0101]

なお、ステップS022において、画像処理を行ってもよい。画像処理として、例えば、ノイズ除去、グレースケール化、正規化、コントラスト調整などを行うとよい。これにより、瞳孔の検出を高い精度で行うことができる。

[0102]

また、ステップS022において、機械学習を行うとよい。例えば、ニューラルネットワークを用いて機械学習を行うとよい。機械学習を用いて、第1のデータに含まれる動画から瞳孔を検出することにより、例えば、人が目視で瞳孔の検出を行う場合より、短時間で瞳孔の検出を行うことができる。また、例えば、瞳孔に周囲の風景が映り込んでいたとしても、瞳孔の位置や瞳孔と虹彩の境界を高い精度で検出することができる。

[0103]

ステップS023は、ステップS022で検出した瞳孔から、瞳孔面積の変化速度を算出する工程である。はじめに、第2の物体の面積を算出する。ステップS022および第2の物体の面積を算出する工程により、動画に含まれる画像毎に、瞳孔面積を算出することができる。つまり、瞳孔面積の時系列変化を取得することができる。

[0104]

次に、瞳孔面積の時系列変化から、瞳孔面積の変化速度を算出する。以上の工程より、被写体として被験者の目が含まれる動画から、瞳孔面積の変化速度を算出することができる。

[0105]

なお、第1のデータに、被験者の心臓拍動または脈拍、血圧、体温、まばたき、姿勢などの経時変化のいずれか一または複数のデータが含まれる場合、これらの変化速度を算出してもよい。

[0106]

ステップS024は、統計モデルに含まれるパラメータを推定する工程である。ステップS024はステップS002と同様の工程である。よって、ステップS024は、図3に示すステップS101およびステップS102を有する。ステップS024の説明は、ステップS002、ステップS101、およびステップS102の説明を参酌することができる。

[0107]

ステップS024を行うことで、統計モデルに含まれるパラメータを推定することができる。これにより、統計モデルを作成することができる。

[0108]

ステップS025は、第2のデータを入力する工程である。第2のデータには、第1のデータの有するデータが含まれる必要がある。つまり、第2のデータには、少なくとも、被写体として対象者の片方の目を含む動画が含まれる。なお、当該動画は、後述する状態推定システムが有する撮像部で撮影されることが好ましい。なお、第2のデータに、対象者の瞳孔面積の変化速度が含まれる場合、次に説明するステップS026およびステップS027は省略してもよい。

[0109]

ステップS026は、第2のデータに含まれる動画から、瞳孔を検出する工程である。つまり、被写体として対象者の目が含まれる動画から、瞳孔を検出する工程である。なお、ステップS026は、ステップS022と同じ工程であるため、ステップS026の説明は、ステップS022の説明を参酌することができる。

[0110]

ステップS027は、ステップS026で検出した瞳孔から、瞳孔面積の変化速度を算出する工程である。なお、ステップS027は、ステップS023と同じ工程であるため、ステップS027の説明は、ステップS023の説明を参酌することができる。

[0111]

なお、第2のデータに、対象者の心臓拍動または脈拍、血圧、体温、まばたき、姿勢などの経時変化のいずれか一または複数のデータが含まれる場合、これらの変化速度を算出してもよい。

[0112]

ステップS028は、ステップS027で算出された瞳孔面積の変化速度から、対象者の状態を推定する工程である。対象者の状態の推定には、ステップS024で作成された統計モデルを使用する。

[0113]

ステップS029は、情報の供給を行う工程である。当該情報とは、ステップS028で推定された対象者の状態に関する情報である。当該情報は、例えば、文字列、数値、グラフ、色などの視覚情報、音声、音楽などの聴覚情報などとして供給される。



[0114]

上記情報を供給した後、終了する。

[0115]

図5に示す、対象者の状態を推定する方法を用いることで、対象者の状態を常時推定することができるため、対象者の健康状態を常時管理することができる。別言すると、図5に示す、対象者の状態を推定する方法を用いることで、対象者の異常を検出することができるため、対象者の健康状態を常時管理することができる。

[0116]

なお、対象者の状態を推定する方法は、上記ステップを組み合わせてもよい。例えば、ステップS011、ステップS012、ステップS013、ステップS025、ステップS026、ステップS027、ステップS028、ステップS029の順に実施して、対象者の状態を推定してもよい。これにより、対象者の状態を常時推定することができるため、対象者の健康状態を常時管理することができる。また、動画のデータ量と比較して、瞳孔面積の時系列変化のデータ量は少ないため、少ないデータ量でも対象者の状態を高い精度で推定することができる。よって、後述する状態推定システムが有する記憶部（主記憶部、または補助記憶部）に格納されるデータ量を削減することができる。

[0117]

以上が、対象者の状態を推定する方法の一例の説明である。これにより、個人差を考慮して、対象者の状態を推定することができる。

[0118]

<状態推定システムの構成例>

次に、状態推定システムの構成例について説明する。

[0119]

図6Aは、本発明の一態様の状態推定システムである、状態推定システム10の構成例を示すブロック図である。状態推定システム10は、情報処理装置20を有する。

[0120]

情報処理装置20は、入力部21と、出力部22と、演算部23と、主記憶部24と、補助記憶部25と、を有する。情報処理装置20が有する構成要素間でのデータ等の伝送は、伝送路27を介して行うことができる。

[0121]

入力部21は、データを入力する機能を有する。入力部21として、キーボード、マウスなどの入力デバイスがある。出力部22は、情報を供給する機能を有する。

[0122]

演算部23は、演算処理を行う機能を有する。演算部23は、例えば、入力部21、主記憶部24、補助記憶部25などから伝送路27を介して演算部23に伝送されたデータに対して、所定の演算処理を行う機能を有する。また、演算部23は、パラメータを推定する機能、および対象者の状態を推定する機能を有する。また、演算部23は、動画に含まれる画像を加工する機能、画像から瞳孔面積を算出する機能、瞳孔面積の時系列変化から瞳孔面積の変化速度を算出する機能などを有してもよい。演算部23は、例えばCPU（Central Processing Unit）、及びGPU（Graphics Processing Unit）等を有することができる。

る。

[0123]

主記憶部24は、データ、及びプログラム等を記憶する機能を有する。演算部23は、主記憶部24に記憶されたデータ、及びプログラム等を読み込んで、演算処理を実行することができる。例えば、演算部23は、主記憶部24から読み込んだプログラムを実行することにより、主記憶部24から読み込んだデータに対して所定の演算処理を実行することができる。

[0124]

主記憶部24は、補助記憶部25より高速に動作することが好ましい。主記憶部24は、例えばDRAM(Dynamic Random Access Memory)、SRAM(Static Random Access Memory)等を有することができる。

[0125]

補助記憶部25は、データ、及びプログラム等を、主記憶部24より長期間記憶する機能を有する。補助記憶部25は、例えば、HDD(Hard Disk Drive)、SSD(Solid State Drive)、等を有することができる。また、補助記憶部25は、ReRAM(Resistive Random Access Memory、抵抗変化型メモリともいう)、PRAM(Phase change Random Access Memory)、FeRAM(Ferroelectric Random Access Memory)、MRAM(Magnetoresistive Random Access Memory、磁気抵抗型メモリともいう)、又はフラッシュメモリなどの不揮発性メモリを有していてもよい。

[0126]

パラメータの推定により作成された統計モデルは、補助記憶部25に格納される。なお、当該統計モデルは、主記憶部24に格納されてもよい。

[0127]

情報処理装置20は、例えば、スマートフォン、タブレット、パーソナルコンピュータ等の情報端末に設けることができる。

[0128]

なお、情報処理装置20は、上記に加えて、撮像部を有してもよい。撮像部は、撮像を行い、撮像データを取得する機能を有する。

[0129]

なお、状態推定システム10の構成は上記に限らない。例えば、図6Bに示すように、状態推定システム10は、情報処理装置20に加えて、情報処理装置30を有してもよい。

[0130]

情報処理装置20は、入力部21、出力部22、演算部23、主記憶部24、および補助記憶部25に加えて、通信部26を有する。なお、情報処理装置20、および情報処理装置20が有する構成要素の説明については、上述した説明を参酌することができる。

[0131]

通信部26は、情報処理装置20の外部に設けられた装置等に対して、データ等の送受信を行う機能を有する。また、通信部26は、ネットワークにデータ等を供給する機能、及びネットワークからデータ等を取得する機能を有することができる。

[0132]

演算部 23 は、例えば、入力部 21、主記憶部 24、補助記憶部 25、通信部 26 などから伝送路 27 を介して演算部 23 に伝送されたデータに対して、所定の演算処理を行う機能を有する。

[0133]

情報処理装置 30 は、入力部 31 と、出力部 32 と、演算部 33 と、主記憶部 34 と、補助記憶部 35 と、通信部 36 と、を有する。情報処理装置 30 が有する構成要素間でのデータ等の伝送は、伝送路 37 を介して行うことができる。

[0134]

入力部 31 は、データを入力する機能を有する。入力部 31 として、キーボード、マウスなどの入力デバイスがある。出力部 32 は、情報を供給する機能を有する。

[0135]

演算部 33 は、演算処理を行う機能を有する。演算部 33 は、例えば入力部 31、主記憶部 34、補助記憶部 35、通信部 36 などから伝送路 37 を介して演算部 33 に伝送されたデータに対して、所定の演算処理を行う機能を有する。また、演算部 33 は、パラメータを推定する機能、および対象者の状態を推定する機能を有する。また、演算部 33 は、動画に含まれる画像を加工する機能、画像から瞳孔面積を算出する機能、瞳孔面積の時系列変化から瞳孔面積の変化速度を算出する機能などを有してもよい。演算部 33 は、例えば CPU、及び GPU 等を有することができる。

[0136]

主記憶部 34 は、データ、及びプログラム等を記憶する機能を有する。演算部 33 は、主記憶部 34 に記憶されたデータ、及びプログラム等を読み込んで、演算処理を実行することができる。例えば、演算部 33 は、主記憶部 34 から読み込んだプログラムを実行することにより、主記憶部 34 から読み込んだデータに対して所定の演算処理を実行することができる。

[0137]

主記憶部 34 は、補助記憶部 35 より高速に動作することが好ましい。主記憶部 34 は、例えば DRAM、SRAM 等を有することができる。

[0138]

補助記憶部 35 は、データ、及びプログラム等を、主記憶部 34 より長期間記憶する機能を有する。補助記憶部 35 は、例えば HDD、SSD、等を有することができる。また、補助記憶部 35 は、ReRAM、PRAM、FeRAM、MRAM、又はフラッシュメモリなどの不揮発性メモリを有していてもよい。

[0139]

パラメータの推定により作成された統計モデルは、補助記憶部 35 に格納される。なお、当該統計モデルは、主記憶部 34 に格納されてもよい。

[0140]

通信部 36 は、情報処理装置 30 の外部に設けられた装置等に対して、データ等の送受信を行う機能を有する。例えば、通信部 26 から通信部 36 へデータ等を供給することにより、情報処理装置 20 から情報処理装置 30 へデータ等を供給することができる。また、通信部 36 は、ネットワークにデータ等を供給する機能、及びネットワークからデータ等を取得する機能を有することができる。

[0141]

ここで、演算部 23、及び演算部 33 が対象者の状態を推定する機能を有する場合、例えば演算

部 2 3 が統計モデルを作成し、作成した統計モデルを情報処理装置 2 0 から情報処理装置 3 0 に供給することができる。以上により、情報処理装置 3 0 に設けられる演算部 3 3 が統計モデルを作成しなくても、演算部 3 3 に入力されたデータに対して、演算部 2 3 により作成された統計モデルを基に、対象者の状態を推定することができる。よって、演算部 3 3 の演算処理能力を、演算部 2 3 より低いものとすることができる。

[0 1 4 2]

演算部 2 3 が統計モデルを作成し、作成した統計モデルを情報処理装置 2 0 から情報処理装置 3 0 に供給する場合、情報処理装置 2 0 は、例えばサーバに設けることができる。なお、情報処理装置 2 0 をサーバに設ける場合、情報処理装置 2 0 には入力部 2 1、及び出力部 2 2 を設けなくてもよい。つまり、入力部 2 1、及び出力部 2 2 を、情報処理装置 2 0 の外部に設けてもよい。

[0 1 4 3]

また、情報処理装置 3 0 は、例えばスマートフォン、タブレット、パーソナルコンピュータ等の情報端末に設けることができる。また、情報処理装置 2 0 の構成要素の少なくとも一部と、情報処理装置 3 0 の構成要素の少なくとも一部と、の両方をサーバに設けてもよい。例えば、演算部 2 3 と、演算部 3 3 と、をサーバに設けてもよい。この場合、例えば情報端末が取得したデータを、ネットワークを介して演算部 3 3 に供給し、サーバに設けられている演算部 3 3 が当該データに対して推定等を行う。そして、推定の結果を、ネットワークを介して情報端末に供給することにより、情報端末が推定の結果を取得することができる。

[0 1 4 4]

なお、情報処理装置 3 0 は、上記に加えて、撮像部を有してもよい。撮像部は、撮像を行い、撮像データを取得する機能を有する。

[0 1 4 5]

以上より、個人差を考慮した状態推定システムを提供することができる。

[0 1 4 6]

本実施の形態に示す構成、方法などは、その一部を適宜組み合わせて用いることができる。

[符号の説明]

[0 1 4 7]

1 0 : 状態推定システム、2 0 : 情報処理装置、2 1 : 入力部、2 2 : 出力部、2 3 : 演算部、2 4 : 主記憶部、2 5 : 補助記憶部、2 6 : 通信部、2 7 : 伝送路、3 0 : 情報処理装置、3 1 : 入力部、3 2 : 出力部、3 3 : 演算部、3 4 : 主記憶部、3 5 : 補助記憶部、3 6 : 通信部、3 7 : 伝送路、1 0 0 : 階層ベイズモデル、1 0 1 : 切片、1 0 2 : 偏回帰係数、1 0 3 : 個人差をあらわすパラメータ、1 1 1 : 説明変数、1 1 2 : 応答変数

## 請求の範囲

## [請求項 1]

対象者の状態を推定するために使用する統計モデルの作成方法であって、

前記統計モデルは、確率変数がベルヌーイ分布であり、リンク関数がロジットリンク関数であり、線形予測子が、切片と、偏回帰係数および説明変数の積と、個人差をあらわすパラメータと、の和である、順序ロジスティック回帰を用いた階層ベイズモデルであり、

複数の人物の瞳孔面積の変化速度と、前記複数の人物の状態に関するデータと、を含むデータの組を複数有するデータセットを入力する工程と、

前記切片の事前分布、および前記偏回帰係数の事前分布は、無情報事前分布であると設定し、前記個人差をあらわすパラメータの事前分布は、階層事前分布であると設定する工程と、

マルコフ連鎖モンテカルロ法を使って、前記切片の事後分布、前記偏回帰係数の事後分布、および前記個人差をあらわすパラメータの事後分布を推定する工程と、を有する、

統計モデルの作成方法。

## [請求項 2]

第 1 のデータを用いてパラメータの推定が行われた統計モデルを用いて、第 2 のデータから、対象者の状態の推定を行う第 1 のステップと、

前記対象者の状態の推定の結果を出力する第 2 のステップと、

を有し、

前記統計モデルは、順序ロジスティック回帰を用いた階層ベイズモデルであり、

前記第 1 のデータは、複数の人物の瞳孔面積の変化速度と、前記複数の人物の状態に関するデータと、を含むデータの組を複数有し、

前記第 2 のデータは、前記対象者の瞳孔面積の変化速度を含み、

前記瞳孔面積の変化速度は、前記統計モデルの説明変数であり、

前記状態に関するデータは、前記統計モデルの応答変数である、

対象者の状態推定方法。

## [請求項 3]

請求項 2 において、

前記順序ロジスティック回帰において、

確率変数は、ベルヌーイ分布であり、

リンク関数は、ロジットリンク関数であり、

線形予測子は、切片と、偏回帰係数および前記説明変数の積と、個人差をあらわすパラメータと、の和である、

対象者の状態推定方法。

## [請求項 4]

請求項 3 において、

前記切片の事前分布、および前記偏回帰係数の事前分布は、無情報事前分布であると設定し、

前記個人差をあらわすパラメータの事前分布は、階層事前分布であると設定し、

マルコフ連鎖モンテカルロ法を使って、前記切片、前記偏回帰係数、および前記個人差をあらわすパラメータの事後分布を推定する、

対象者の状態推定方法。

## [請求項 5]

入力部と、出力部と、演算部と、主記憶部と、補助記憶部と、を有し、

前記入力部は、第 1 のデータおよび第 2 のデータを入力する機能を有し、

前記演算部は、前記第 1 のデータを用いて統計モデルのパラメータの推定を行い、前記統計モデルを作成する機能を有し、

前記演算部は、前記統計モデルを基に、前記第 2 のデータから、対象者の状態を推定する機能を有し、

前記出力部は、推定された前記対象者の状態に関する情報を供給する機能を有し、

前記主記憶部または前記補助記憶部は、前記統計モデルを格納する機能を有し、

前記第 1 のデータは、複数の人物の瞳孔面積の変化速度と、前記複数の人物の状態に関するデータと、を含むデータの組を複数含み、

前記第 2 のデータは、前記対象者の瞳孔面積の変化速度を含む、  
状態推定システム。

図1A

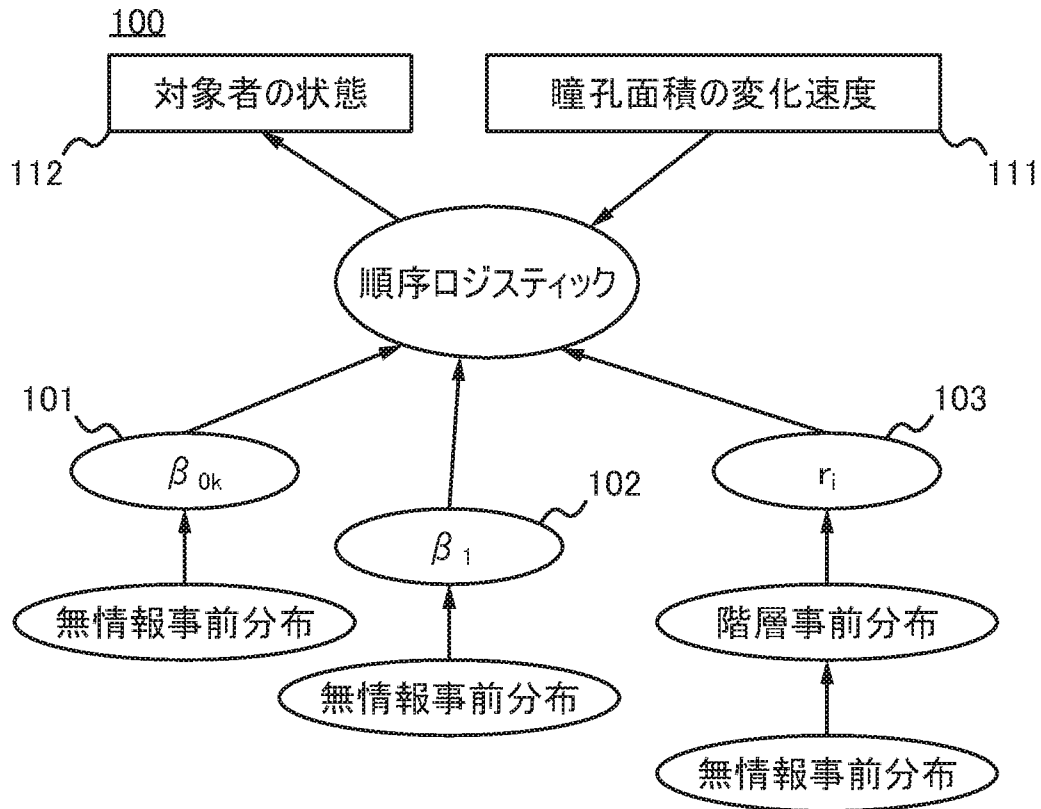


図1B

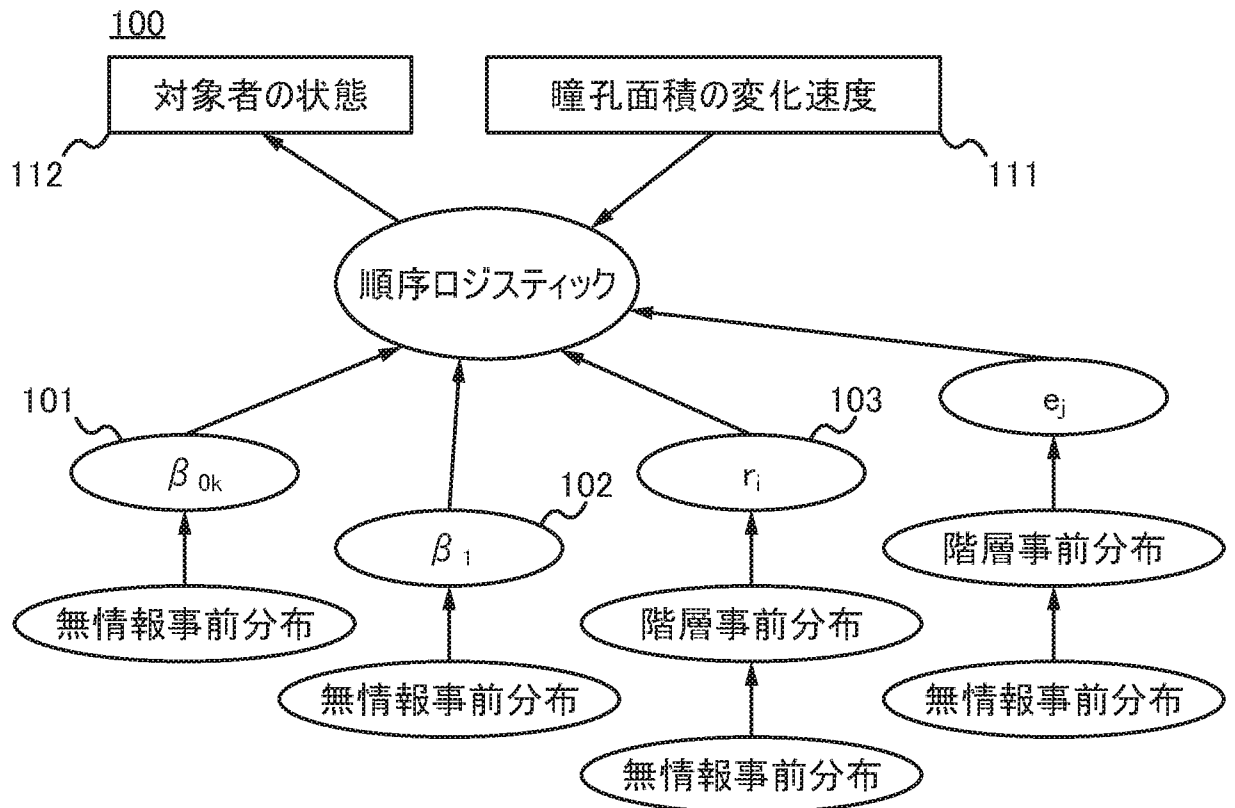


図2

2/6

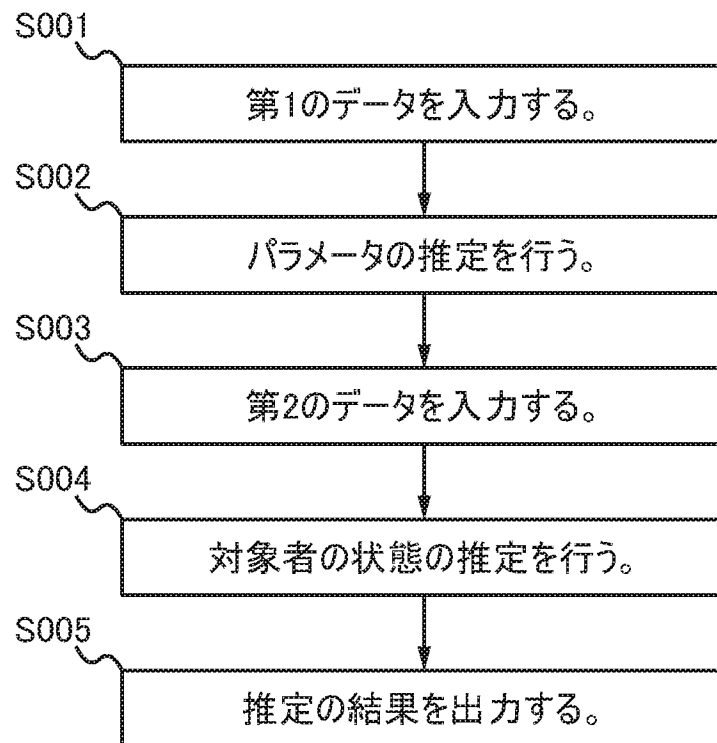
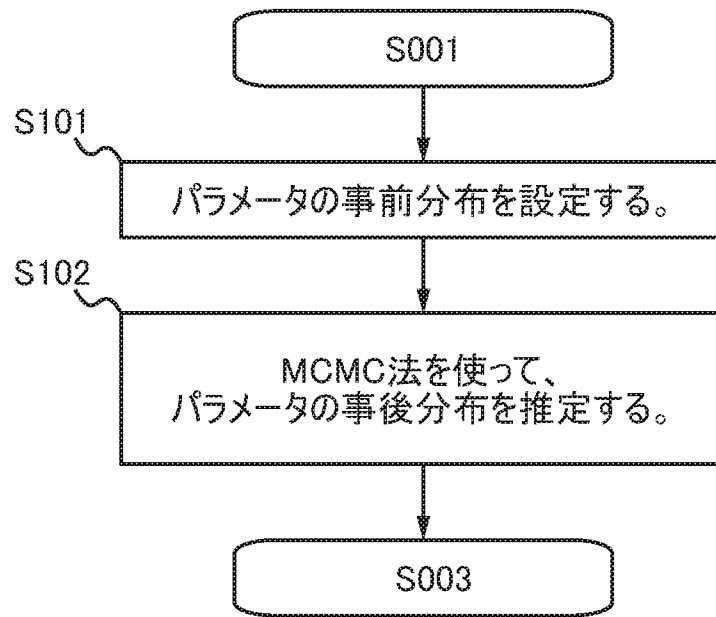




図3

S002



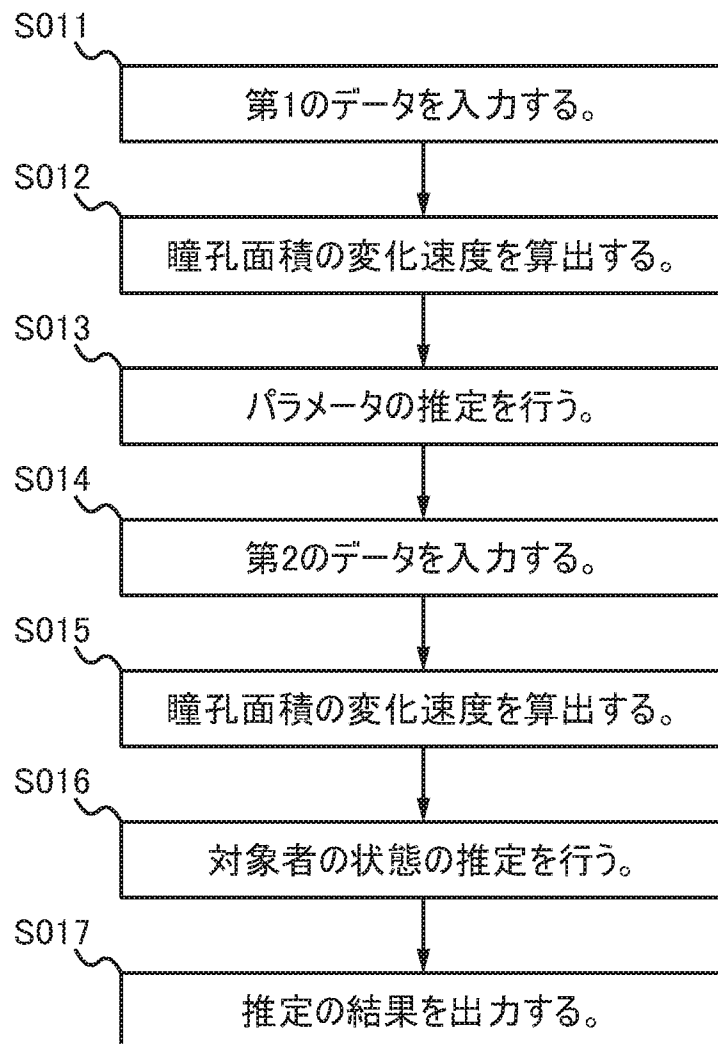


図5

5/6

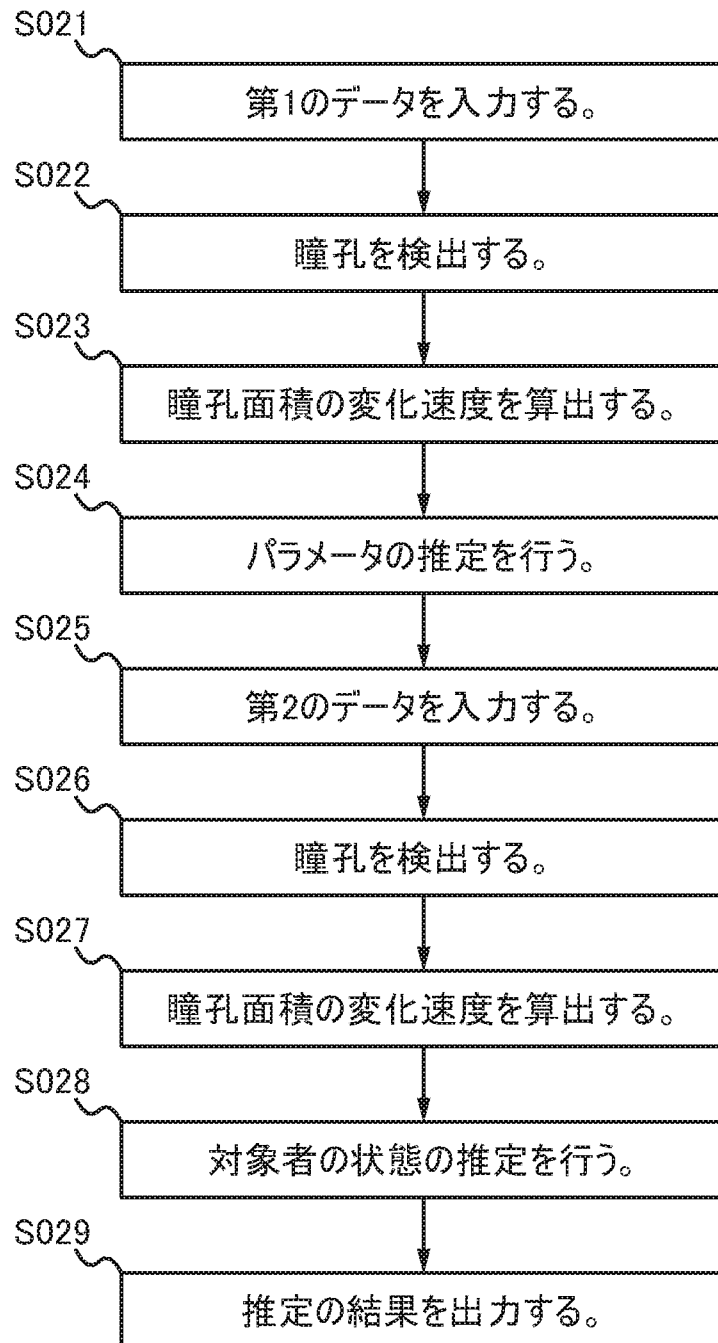


図6A

10

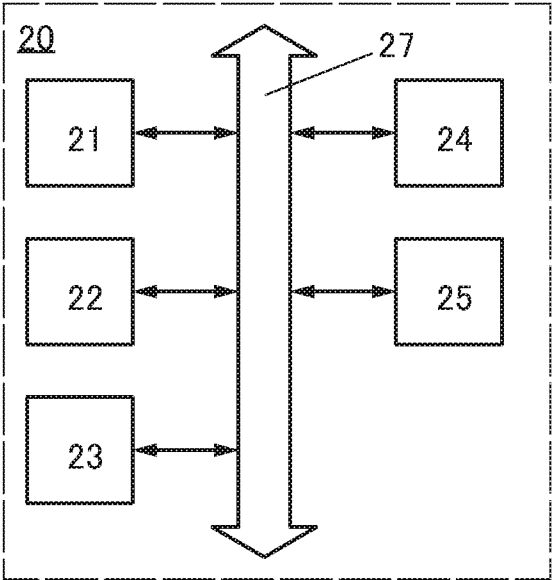
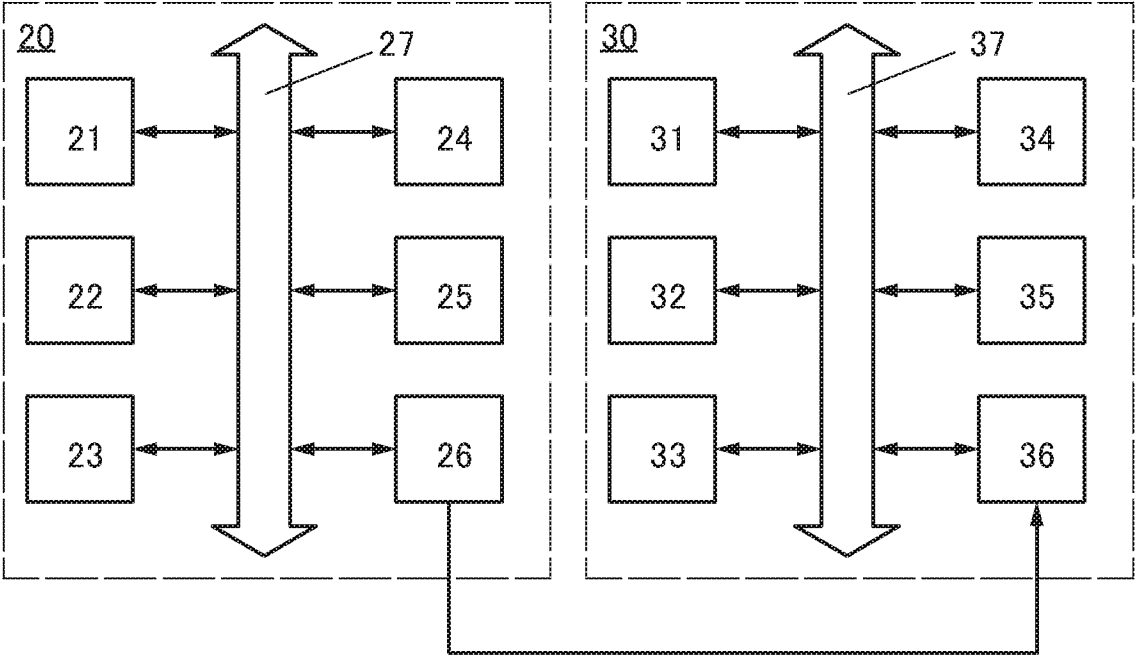


図6B

10



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/IB2020/058539

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. G16H50/30 (2018.01) i, A61B3/11 (2006.01) i, A61B5/16 (2006.01) i

FI: G16H50/30, A61B5/16200, A61B3/11, A61B5/16110

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, G16H50/30, A61B3/11

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 | 1971-2020 |
| Registered utility model specifications of Japan         | 1996-2020 |
| Published registered utility model applications of Japan | 1994-2020 |

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         | WO 2016/189711 A1 (SAITO, Ryoza) 01 December 2016 (2016-12-01), paragraphs [0172]-[0212]    | 1-5                   |
| A         | WO 2019/022242 A1 (OSAKA UNIVERSITY) 31 January 2019 (2019-01-31), paragraphs [0136]-[0148] | 1-5                   |
| A         | JP 2015-184763 A (YAHOO JAPAN CORPORATION) 22 October 2015 (2015-10-22), paragraph [0025]   | 1-5                   |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

|                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * Special categories of cited documents:                                                                                                                                | "I" 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                                              |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                                                                | "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                                                                     |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date                                                                               | "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 |
| "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) | "&" document member of the same patent family                                                                                                                                                                                                    |
| "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                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                  |

Date of the actual completion of the international search  
15 October 020

Date of mailing of the international search report  
27 October 2020

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**

Information on patent family members

International application No.

PCT/IB2020/058539

WO 2016/189711 A1 01 December 2016 US 2018/0255167 A1  
paragraphs [0260]-[0308]  
CN 108024768 A

WO 2019/022242 A1 31 January 2019 (Family: none)

JP 2015-184763 A 22 October 2015 (Family: none)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                             |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------|---------------------------|--|------------------------------------------|--|
| A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））<br>G16H 50/30(2018.01)i; A61B 3/11(2006.01)i; A61B 5/16(2006.01)i<br>FI: G16H50/30; A61B5/16 200; A61B3/11; A61B5/16 110                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                             |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| B. 調査を行った分野<br>調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））<br>A61B5/16; G16H50/30; A61B3/11<br>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<br><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>1971-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996-2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994-2020年</td> </tr> </table> 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）                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                             |                | 日本国実用新案公報    | 1922-1996年                                                      | 日本国公開実用新案公報                    | 1971-2020年                                      | 日本国実用新案登録公報                            | 1996-2020年                                                          | 日本国登録実用新案公報                                                   | 1994-2020年        |                           |  |                                          |  |
| 日本国実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1922-1996年                                                                  |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 日本国公開実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1971-2020年                                                                  |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 日本国実用新案登録公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1996-2020年                                                                  |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 日本国登録実用新案公報                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 1994-2020年                                                                  |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| C. 関連すると認められる文献                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                             |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 引用文献の<br>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<br>請求項の番号 |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | WO 2016/189711 A1 (齋藤 輝三) 01.12.2016 (2016 - 12 - 01)<br>[0172]-[0212]      | 1-5            |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | WO 2019/022242 A1 (国立大学法人大阪大学) 31.01.2019 (2019 - 01 - 31)<br>[0136]-[0148] | 1-5            |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | JP 2015-184763 A (ヤフー株式会社) 22.10.2015 (2015 - 10 - 22)<br>[0025]            | 1-5            |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| <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。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                             |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| <table border="0"> <tr> <td>* 引用文献のカテゴリー</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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&amp;” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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></td> </tr> </table> |                                                                             |                | * 引用文献のカテゴリー | “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 | “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 | “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 | “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 | “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 | “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） | “&” 同一パテントファミリー文献 | “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 |  |
| * 引用文献のカテゴリー                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | “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             |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | “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                             |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | “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         |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “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）                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | “&” 同一パテントファミリー文献                                                           |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| “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                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                                                                             |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 国際調査を完了した日<br>15.10.2020                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 国際調査報告の発送日<br>27.10.2020                                                    |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |
| 名称及びあて先<br>日本国特許庁(ISA/JP)<br>〒100-8915<br>日本国<br>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）<br><br>小池 堂夫 5L 4683<br><br>電話番号 03-3581-1101 内線 3562       |                |              |                                                                 |                                |                                                 |                                        |                                                                     |                                                               |                   |                           |  |                                          |  |

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/IB2020/058539

| 引用文献 |             |    | 公表日        | パテントファミリー文献                                           | 公表日 |
|------|-------------|----|------------|-------------------------------------------------------|-----|
| WO   | 2016/189711 | A1 | 01.12.2016 | US 2018/0255167 A1<br>[0260]-[0308]<br>CN 108024768 A |     |
| WO   | 2019/022242 | A1 | 31.01.2019 | (ファミリーなし)                                             |     |
| JP   | 2015-184763 | A  | 22.10.2015 | (ファミリーなし)                                             |     |