

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2023年4月6日(06.04.2023)



(10) 国際公開番号

WO 2023/054632 A1

(51) 国際特許分類:

A61B 5/11 (2006.01) G10L 25/18 (2013.01)
G10L 25/09 (2013.01) G10L 25/24 (2013.01)
G10L 25/15 (2013.01) G10L 25/66 (2013.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2022/036558

(22) 国際出願日: 2022年9月29日(29.09.2022)

(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 2021-159606 2021年9月29日(29.09.2021) JP

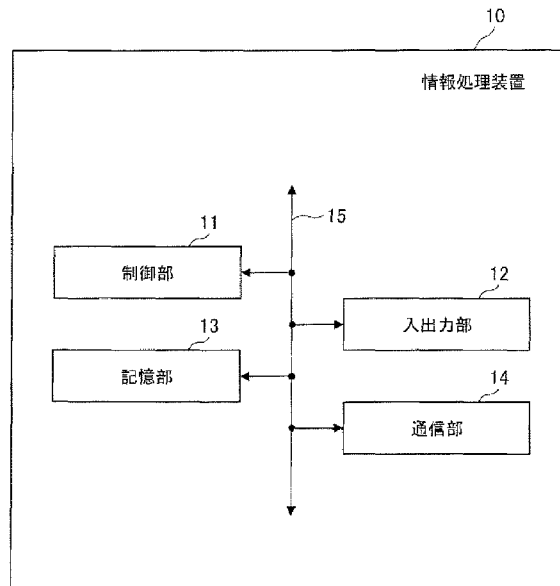
(71) 出願人: P S T 株式会社 (PST INC.) [JP/JP];
〒2310023 神奈川県横浜市中区山下町2 産業貿易センター905 Kanagawa (JP). SOMPOホールディングス株式会社(SOMPO HOLDINGS, INC.) [JP/JP]; 〒1608338 東京都新宿区西新宿1

ー26-1 Tokyo (JP). SOMPOケア株式会社(SOMPO CARE INC.) [JP/JP]; 〒1400002 東京都品川区東品川4-12-8 品川シーサイドイーストタワー12階 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 大宮 康宏 (OMIYA, Yasuhiro);
〒2310023 神奈川県横浜市中区山下町2 産業貿易センター905 P S T 株式会社内 Kanagawa (JP). 岩原 真秀 (IWAHARA, Masahide); 〒1400002 東京都品川区東品川4-12-8 品川シーサイドイーストタワー SOMPOケア株式会社内 Tokyo (JP). 谷内 萌子 (TANIUCHI, Moeko); 〒1400002 東京都品川区東品川4-12-8 品川シーサイドイーストタワー SOMPOケア株式会社内 Tokyo (JP). 増田 恵美子 (MASUDA, Emiko); 〒1400002 東京都品川区東品川4-12-8 品川シーサイドイーストタワー SOMPOケア株式

(54) Title: DETERMINATION DEVICE AND DETERMINATION METHOD FOR DYSPHAGIA

(54) 発明の名称: 嚥下障害の判定装置および判定方法



10 Information processing device
11 Control unit
12 Input/output unit
13 Storage unit
14 Communication unit

(57) Abstract: The present disclosure provides a determination device for determining dysphagia through speech analysis, characterized by comprising: an input means for inputting speech data of speech made by a subject; an analysis means for analyzing the speech data inputted by the input means; and a determination means for determining the subject's dysphagia on the basis of the result of the analysis by the analysis means.

[続葉有]



会社内 Tokyo (JP). 河畑 茂樹(KAWABATA, Shigeki); 〒1400002 東京都品川区東品川4-1-2 品川シーサイドイーストタワー S O M P O ケア株式会社内 Tokyo (JP).

(74) 代理人: 弁理士法人太陽国際特許事務所(TAIYO, NAKAJIMA & KATO); 〒1600022 東京都新宿区新宿4丁目3番17号 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, 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: 本開示は、音声解析により嚥下障害を判定する判定装置であって、被験者が発話した音声データを入力する入力手段; 前記入力手段で入力した音声データを解析する解析手段; 前記解析手段による解析結果に基づいて被験者の嚥下障害を判定する判定手段、を備えることを特徴とする。

明 細 書

発明の名称：嚥下障害の判定装置および判定方法

技術分野

[0001] 本開示は嚥下障害の判定装置および判定方法（医療行為を除く）に関する。

背景技術

[0002] 飲み込む力が低下した状態である嚥下障害により、食事がうまく取れず、のどに詰まる窒息や、飲み込んだ水分や食べ物が気管に入ってしまう誤嚥のリスクが高まることが知られている。このように嚥下障害を放置しておくこと、低栄養状態が続きフレイルや要介護状態となる原因となったり、窒息や誤嚥性肺炎など生命の危機を招いたりすることもある。このため、嚥下障害は、早めに判定し、適切な対策を施すのが望ましい。

[0003] 従来、被験者の喉の動きを検出することにより、嚥下障害を判定する装置が提案されている。特許文献1は、被験者の頸部に二軸加速度計を位置決めして嚥下障害の有無を判定する装置を提供する。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5977255号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] しかしながら、特許文献1は加速度計を被験者の頸部に両面テープで貼付する等、被験者に身体的負担を強いるものであった。また、センサ装置の取り付け位置がずれないようにするなど、被験者に対する検査を実施する検査担当者にも負担が多い。このため、被験者や検査担当者の負担を軽減するなど、より簡易に嚥下障害の判定を可能にする装置を研究・開発する余地が残っていた。

[0006] 本開示は、このような状況に鑑みてなされたものであり、より簡易に嚥下

障害の判定が可能な判定装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明者らは鋭意研究を行った結果、被験者の発話による音声データと、その被験者の嚥下障害の進行の度合いとの間には相関があることを発見した。また、嚥下障害の進行の度合いに基づき分類したグループ間において、所定の音響特徴量に有意な差があることを発見した。これらの発見に基づき、発明者らは音声解析に基づく嚥下障害の判定装置を作成することに成功した。すなわち、本開示の判定装置の詳細は以下の通りである。

[0008] [1] 音声解析により嚥下障害を判定する判定装置であって、前記判定装置は：

被験者が発話した音声データを入力する入力手段；

前記入力手段で入力した音声データを解析する解析手段；

前記解析手段による解析結果に基づいて被験者の嚥下障害を判定する判定手段、

を備える判定装置。

[0009] [2] 前記解析手段は、前記音声データを以下の式 $F(a)$ に示す音響特徴量を使用して音声解析することを特徴とする、[1]に記載の判定装置：

$$F(a) = g\left(\sum x_n \times f(n)\right)$$

(式中、 g は嚥下障害の有無や進行の度合いを判定する線形または非線形モデルであり、 x_n は前記音声データとして入力するフレーズに固有の係数であり、 $f(n)$ は音響パラメータであって、前記音響パラメータは、フォルマント周波数、メル周波数ケプストラム、周波数スペクトラム、音量のエンベロープ、波形の変動情報、ゼロ交差率、ハースト指数、および閉鎖開放から声帯振動が始まるまでの時間、から成る群から1つまたは複数を選択される)。

[0010] [3] 前記解析手段は、前記音声データをフォルマント周波数またはメル周波数ケプストラムに基づき作成された音響特徴量を使用して音声解析する

ことを特徴とする、〔１〕または〔２〕に記載の判定装置。

[0011] 〔４〕前記判定装置は、前記解析結果を入力した場合に嚥下障害の進行の度合いを出力するように機械学習処理が施されている、〔１〕～〔３〕のいずれか１つに記載の判定装置。

[0012] 〔５〕前記判定装置は、被験者の前記音声データの入力を同一のフレーズを使用して少なくとも２回行い、前記同一のフレーズにより解析された前記解析結果の差分または平均値に基づいて、嚥下障害の進行の度合いを判定する、〔１〕～〔４〕のいずれか１つに記載の判定装置。

[0013] 〔６〕前記入力手段は、被験者が前記嚥下障害の進行の度合いに関連するフレーズを発話した音声データを入力する、〔１〕～〔５〕のいずれか１つに記載の判定装置。

[0014] 〔７〕前記入力手段は、被験者が

「p」、「m」、「t」、「c」、「k」、「g」、「n」、「d」または「b」

の少なくとも１つの音を含む発話をした音声データを入力する、〔１〕～〔６〕のいずれか１つに記載の判定装置。

[0015] 〔８〕音声解析により嚥下障害を判定する方法であって、前記方法は：
被験者が発話した音声データを入力する入力工程；
前記入力工程で入力した音声データを解析する解析工程；
前記解析工程による解析結果に基づいて被験者の嚥下障害を判定する判定工程、
を備える、方法。

[0016] 〔９〕〔１〕～〔７〕のいずれか１つに記載の判定装置の各手段としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

発明の効果

[0017] 本開示によれば、音声解析により嚥下障害を判定する判定装置を提供することができる。また、音声解析により嚥下障害を判定する判定方法を提供することができる。さらに、判定装置は、被験者の嚥下障害の有無を判定する

だけではなく、嚥下障害の進行の度合いを判定することができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]図 1 は判定装置の構成を説明する図である。

[図2]図 2 は判定装置により実行される処理の一例を示すフローチャートである。

[図3]図 3 は入出力部 1 2 に入力する音声データの一例を示す図である。

[図4]図 4 は本願発明の一実施例の結果を示す R O C 曲線である。

[図5]図 5 は本願発明の一実施例の結果を示す R O C 曲線である。

[図6]図 6 は本願発明の一実施例の結果を示す箱ヒゲ図である。

[図7]図 7 は、同じ発話内容で複数回の発話をした場合のフォルマント解析の値のばらつきを示す図である。

[図8]図 8 はフォルマント解析の値と嚥下障害の進行の度合いとの関係を示す図である。

[図9A]図 9 A は 1 3 次メル周波数ケプストラム解析の値と嚥下障害の進行の度合いとの関係を示す図である。

[図9B]図 9 B は 1 3 次メル周波数ケプストラム解析の値と嚥下障害の進行の度合いとの関係を示す図である。

[図10]図 1 0 は音韻クラスと活性化される音素との関係を表す図である。

[図11]図 1 1 は嚥下障害がない健常者が発した「ぱ」と中等度以上の嚥下障害がある人が発した「ぱ」とに対して音素解析を実行した場合の結果である。

[図12]図 1 2 は音響特徴量による嚥下障害の重症度による分類性能を検証した箱ヒゲ図である。

[図13]図 1 3 は音響特徴量による嚥下障害の重症度による分類性能を検証した箱ヒゲ図である。

[図14]図 1 4 は音響特徴量による嚥下障害の重症度による分類性能を検証した箱ヒゲ図である。

[図15]図 1 5 は音響特徴量による嚥下障害の重症度による分類性能を検証し

た箱ヒゲ図である。

[図16]図 1 6 は音響特徴量による嚥下障害の重症度による分類性能を検証した箱ヒゲ図である。

[図17]図 1 7 は音響特徴量による嚥下障害の重症度による分類性能を検証した箱ヒゲ図である。

[図18]図 1 8 は音声データを示す図である。

[図19]図 1 9 は音声の強度解析結果と嚥下障害の評価結果との相関関係を表す実験結果である。

[図20]図 2 0 は各音響特徴量の箱ヒゲ図の結果である。

[図21]図 2 1 は各音響特徴量の箱ヒゲ図の結果である。

[図22]図 2 2 は音素解析および強度解析の手法を含めて作成された音響特徴量セットを用いた機械学習モデルにより、軽度以上の嚥下障害を判定した際のROC曲線の結果である。

[図23]図 2 3 は音素解析および強度解析の手法を含めて作成された音響特徴量セットを用いた機械学習モデルにより、中等度以上の嚥下障害を判定した際のROC曲線の結果である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本開示を実施するための形態について、図面を参照して詳細に説明するが、以下に記載する構成要件の説明は、本開示の一実施態様としての一例であり、これらの内容に限定されるものではない。

[0020] <第1実施形態>

本開示の嚥下障害の判定装置は、主な構成要素として解析手段と判定手段を備える。解析手段は嚥下障害の進行の度合いを解析可能な音響特徴量（以下、「F（a）」と称することがある。）を使用して音響解析を行う。また、判定手段は、解析手段により取得した解析結果を入力した場合に嚥下障害の進行の度合いを出力するような機械学習処理が施されていてもよい。

[0021] 判定装置（以下、「情報処理装置」と称することがある。）の構成について図 1 を用いて説明する。情報処理装置 1 0 は、全体の動作を制御する制御

部 1 1、各種の入出力を行う入出力部 1 2、各種データやプログラム等を記憶する記憶部 1 3、外部との通信を行う通信部 1 4、および各ブロック同士が相互通信可能なように接続する内部バス 1 5、を備える。

[0022] 情報処理装置 1 0 は、例えばコンピュータであり、スマートフォン、PDA、タブレット、又はノートパソコンなどの、被験者が携帯可能な装置であってもよいし、被験者が携帯せずに設置位置に固定されたコンピュータでもよい。PDAは、Personal Digital Assistantの略称である。

[0023] 制御部 1 1 は、例えばCPU、MCU又はMPUと呼ばれる装置であり、例えば記憶部 1 3 に記憶されたプログラムが実行される。CPUはCentral Processing Unitの略称である。MCUはMicro Controller Unitの略称である。MPUはMicro Processor Unitの略称である。

[0024] 入出力部 1 2 は、情報処理装置 1 0 を操作する被験者に対する入出力を行う装置である。入出力部 1 2 は、ディスプレイ、キーボード、マウス、ボタン、タッチパネル、プリンタ、マイク、及びスピーカなどによる、情報や信号の入出力を行う。本実施例では、入出力部 1 2 は、少なくともマイクの役割を果たし、このマイクによって音声データを入力する。また、本実施例では、入出力部 1 2 は、少なくともディスプレイの役割を果たし、このディスプレイに、後述する嚥下障害の判定結果を表示する。

[0025] 記憶部 1 3 は、例えば、ROM、RAM、HDD、又はフラッシュメモリといった装置であり、制御部 1 1 で実行するプログラムや各種データを記憶する。ROMは、Read Only Memoryの略称である。RAMは、Random Access Memoryの略称である。HDDは、Hard Disk Driveの略称である。

[0026] 通信部 1 6 は、外部との通信を行う。通信部 1 6 による通信は、有線通信でもよいし、無線通信でもよい。通信部 1 6 による通信は、如何なる通信方式でもよい。制御部 1 1 は、通信部 1 6 によって、音声データなどの各種デ

ータの送受信を行うことが出来る。制御部 11 は、後述する嚥下障害の判定結果を、通信部 16 によって外部機器に送信するようにしてもよい。

[0027] 次に図 2 を用いて判定装置（情報処理装置）10 により実行される処理の一例を示す。まず、ステップ S201 において、制御部 11 は入出力部 12 によって被験者の音声データを入力する。次に、ステップ S202 において、算出部（または解析部）で音声データから音響特徴量を算出する。次に、ステップ S203 において、推定部（または判定部）で嚥下障害の有無や進行の度合いを推定（または判定）する。次に、推定結果（または判定結果）を入出力部 12 に出力して、フローを終了する。

[0028] なお、ステップ S201 の入出力部 12 はマイクを使用してもよい。被験者はマイクに向けて発話を行い、音声データを入力する。音声データは予め録音しておいた音声データを使用してもよい。

[0029] <音声入力に際し選択されるフレーズ>

音声入力に際し選択されるフレーズは、被験者の嚥下障害の進行の度合いを音声解析するのに適切なフレーズである。嚥下障害の進行が進むと、舌の動く程度、舌の前後位置、顎の開き具合、歯の噛み合わせ状態、歯の数、唾液の分泌量、筋肉の衰え等に起因し、咽喉頭や口腔内での音の共鳴の具合なども影響をうける。嚥下障害の進行の度合いを解析するのに適切なフレーズとは、上記の嚥下障害の進行に伴い変化する音の共鳴の具合などを発見し易いフレーズである。

[0030] 例えば、音声入力に際し選択されるフレーズとして

「p」、「m」、「t」、「r」、「k」、「g」、「n」、「d」または「b」

の音を含むフレーズが好ましい。より詳細な説明は図 3 の説明と併せて後述する。

[0031] 図 3 は、入出力部 12 に入力する音声データの一例を示す。図 3 は

「p」、「m」、「t」、「r」、「k」、「g」、「n」、「d」または「b」

の発音を含むフレーズをまとめた一例であるため、本開示の音声入力をこれらのフレーズに限定するものではない。被験者は、図 3 に示す P h r a s e

01 (Ph01) ~ Phrase10 (Ph10) のうち、少なくとも1つを音声入力すべきフレーズとして選択できる。もちろん、Phrase01 (Ph01) ~ Phrase10 (Ph10) のうち幾つかを組合わせて音声入力してもよい。

[0032] 図3において、Ph01は「ぱ」と発話する音声データである。Ph02は「ま」と発話する音声データである。Ph03は「た」と発話する音声データである。Ph04は「ら」と発話する音声データである。Ph05は「か」と発話する音声データである。Ph06は「ご」と発話する音声データである。Ph07は「パンダのたからもの」と発話する音声データである。Ph08は「たまご」と発話する音声データである。Ph09は「バナナバナナバナナバナナバナナ」と出来るだけ速く5回以上繰り返して発話する音声データである。Ph10は「きものきものきものきものきもの」と出来るだけ速く5回以上繰り返して発話する音声データである。フレーズPh01 ~ Ph10と、嚥下障害との関連性についてさらに説明する。

[0033] <<Ph01、Ph02>>

Ph01、Ph02は、「ぱ (pa)」、「ま (ma)」の発音であり、唇を閉じる動きが必要で、嚥下機能としては咀嚼の時に口腔内の食べ物をこぼさないようにし、口腔内圧を高めることによって飲み込む際の食事の移送に関係する。

[0034] その他の発音の例としては、

「ぴ (pi [pʰi])」、「ぷ (pu [pʰu])」、「ぺ (pe)」、「ぽ (po)」、「ば (ba)」、「び (bi [bʰi])」、「ぶ (bu [bʰu])」、「べ (be)」、「ぼ (bo)」、「み (mi)」、「む (mu)」、「め (me)」、「も (mo)」

等がある。

[0035] <<Ph03、Ph04>>

Ph03、Ph04は、「た (ta)」、「ら (ra)」の発音である。

「た (ta)」は舌の先を使う動きであり、嚥下機能としては、咀嚼の機能、送り込み動作（口の中の水分や食物を喉の奥に移動する動き）に関係する

。「ら (r a)」は舌の先を比較的にスムーズに動かす必要があり、舌の動きのスムーズさをみられる音である。「た」と同じように舌の先を使い、咀嚼の機能、送り込み動作（口の中の水分や食物を喉の奥に移動する動き）に関係する。

[0036] その他の発音の例としては、

「ち (t i [tʃi])」、「つ (t u [tʃu])」、「て (t e)」、「と (t o)」、「だ (d a)」、「ぢ (d i [dʒi])」、「づ (d u [dʒu])」、「で (d e)」、「ど (d o)」、「り (r i)」、「る (r u)」、「れ (r e)」、「ろ (r o)」、「な (n a)」、「に (n i [ɲi])」、「ぬ (n u [ɲu])」、「ね (n e)」、「の (n o)」、

等がある。

[0037] <<Ph 05、Ph 06>>

Ph 05、Ph 06は、「か (k a)」、「ご (g o)」の発音である。両方とも舌の奥を使う動きであり、嚥下機能としては、送り込み動作や咽頭内圧を高める動作を行い、食物の移送に関係する。

[0038] その他の音の例としては、

「き (k i [kʲi])」、「く (k u [kʲu])」、「け (k e)」、「こ (k o)」、「が (g a)」、「ぎ (g i [gʲi])」、「ぐ (g u [gʲu])」、「げ (g e)」、

等がある。

[0039] <<Ph 07、Ph 08>>

Ph 07（パンダのたからもの）、Ph 08（たまご）は唇および舌による音の組合せによる評価を行っている。

[0040] <<Ph 09、Ph 10>>

Ph 09（バナナバナナバナナバナナバナナ）、Ph 10（きものきものきものきものきもの）は、鼻腔共鳴の評価、唇および舌による組合せの評価、ディアドコキネシスの評価、リズムの評価を行っている。

[0041] 以上のようなフレーズを音声入力して音声データを取得し、ステップS 202の音声解析を行う。音声解析の際に算出部（解析部）において音響特徴量の算出を行う。音響特徴量について以下に詳しく述べる。

[0042] <音響特徴量>

音響特徴量とは、音声解析すべき音声データの特徴を、定量的に表すための数値パラメータである。本開示では、ステップS203において、判定部で嚙下障害の有無や進行の度合いを判定するが、音響特徴量に基づく音声解析の結果を入力として判定処理を出力するように機械学習処理が施されるため、精度向上のためにも音響特徴量の選択は重要である。

[0043] 本開示において、音響特徴量 $F(a)$ は、以下の式で示すことができる。

$$[0044] \quad F(a) = g\left(\sum x_n \times f(n)\right)$$

[0045] 式中、 g は嚙下障害の有無や進行の度合いを判定する線形または非線形モデルであり、 x_n は音声データとして入力するフレーズに固有の係数であり、 $f(n)$ は音響パラメータであって、フォルマント周波数、メル周波数ケプストラム、周波数スペクトラム、音声のエンベロープ、波形の変動情報、ゼロ交差率、ハースト指数、および閉鎖開放から声帯振動が始まるまでの時間、から成る群から1つまたは複数を選択される。また、同じフレーズの音声データが2つ以上ある場合には、その平均値または差分、3回以上の場合にはバラツキ（分散や標準偏差）や中央値などを含むことができる。また、音響特徴量は、数値に大きな開きがあるため、それぞれを正規化しても良い。さらに、3群以上の嚙下障害の有無や進行の度合いを判定する場合は、特徴量を2つ以上に分割しても良い。

[0046] 音響パラメータの種類には、以下のようなものがある。

[0047] (1) 音声のエンベロープ（アタックタイム、ディケイタイム、サステインレベル、リリースタイム）

(2) 波形の変動情報（Shimmer、Jitter、倍音対雑音比 HNR: Harmonics to Noise Ratio、信号雑音比 SNR: Signals to Noise Ratio）

(3) ゼロ点交差率

(4) ハースト指数

- (5) 閉鎖開放から声帯振動が始まるまでの時間 (VOT: Voice Onset Time)
- (6) メル周波数ケプストラムのある係数に関する発話内分布の統計値 (第1四分位点、中央値、第3四分位点、95パーセント点、98パーセント点、算術平均、幾何平均、第3四分位点と中央値の差など)
- (7) 周波数スペクトラムの変化の速さにおける発話内分布の統計値 (第1四分位点、中央値、第3四分位点、95パーセント点、98パーセント点、算術平均、幾何平均、第3四分位点と中央値の差など)
- (8) メル周波数ケプストラムのある係数の時間変化に関する発話内分布の統計値 (第1四分位点、中央値、第3四分位点、95パーセント点、98パーセント点、算術平均、幾何平均、第3四分位点と中央値の差など)
- (9) メル周波数ケプストラムのある係数の時間変化の時間変化に関する発話内分布の統計値 (第1四分位点、中央値、第3四分位点、95パーセント点、98パーセント点、算術平均、幾何平均、第3四分位点と中央値の差など)
- (10) 周波数スペクトラム90パーセントロールオフの発話内時間変化における2次回帰近似に対する二乗誤差
- (11) 周波数スペクトラム重心の発話内時間変化における2次回帰近似に対する算術誤差その他、ピッチレート、有声音である確率、任意範囲の周波数パワー、音階、話速 (一定時間におけるモーラ数)、ポーズ・間、音量など
- (12) 任意のフォルマント周波数 (第1フォルマント、第2フォルマント、第3フォルマント、第4フォルマント、第5フォルマント、第6フォルマント、...) に関する発話内分布の統計値 (第1四分位点、中央値、第3四分位点、95パーセント点、98パーセント点、算術平均、幾何平均、第3四分位点と中央値の差など)
- (13) 任意のフォルマント周波数 (第1フォルマント、第2フォルマント、第3フォルマント、第4フォルマント、第5フォルマント、第6フォルマ

ント、・・・)の時間変化に関する発話内分布の統計値(第1四分位点、中央値、第3四分位点、95パーセント点、98パーセント点、算術平均、幾何平均、第3四分位点と中央値の差など)

(14) 任意のフォルマント周波数(第1フォルマント、第2フォルマント、第3フォルマント、第4フォルマント、第5フォルマント、第6フォルマント、・・・)の時間変化の時間変化に関する発話内分布の統計値(第1四分位点、中央値、第3四分位点、95パーセント点、98パーセント点、算術平均、幾何平均、第3四分位点と中央値の差など)

[0048] 上述してきた音響特徴量の中から、嚥下障害の進行の度合いと相関性を有する音響特徴量に基づいて、あるいは嚥下障害の程度で分類を行った際の各群間における音響特徴量の差に基づいて、ステップS203では判定の処理を実行する。上記の音響特徴量を用いて判定を行った例を図4～6を用いて説明する。

[0049] 被験者は65歳以上の高齢者であり、被験者の嚥下機能は、嚥下機能テストの結果や誤嚥の度合いから言語聴覚士が確認をし、被験者をそれぞれ嚥下障害がない健常者と、軽度の嚥下障害がある人と、中等度以上の嚥下障害がある人に分類した。

[0050] (実施例1)

図4は、被験者が図3に示す10種類のフレーズを2回ずつ読み上げた音声データを入力とし、上述した音響パラメータ(1)～(14)のうち7つを用いて特定のプログラムを作成した場合、嚥下障害の有無の分類性能を検証したROC曲線である。横軸は「1-特異度」を示し、縦軸は感度を示す。AUCは0.941であり、十分な分類性能を有していることが確認できた。

[0051] (実施例2)

図5は、被験者が図3に示す10種類のフレーズを2回ずつ読み上げた音声データを入力とし、上述した音響パラメータ(1)～(14)のうち1つの音響パラメータを用いて音響特徴量を算出し、その値の平均値を用いて作

成した特定のプログラムの嚥下障害の進行の度合い（中等度以上の嚥下障害であるか否か）に関する分類性能を検証したROC曲線である。横軸は「1-特異度」を示し、縦軸は感度を示す。AUCは0.981であり、十分な分類性能を有していることが確認できた。また、図4、5の結果から判断して、プログラムを組合わせて処理することにより、まず図4に係るプログラムを用いて嚥下障害の有無を判定し、次いで嚥下障害が有りと判定された被験者群をさらに図5に係るプログラムを用いて嚥下障害の進行の度合い（軽度または中程度以上）を判定することもできる。

[0052]（実施例3）

図6は、被験者が図3に示す10種類のフレーズを2回ずつ読み上げた音声データを入力とし、上述した音響パラメータ（1）～（14）のうち1つの音響パラメータを用いて音響特徴量を算出し、その値の平均値を用いて作成した特定のプログラムの嚥下障害の進行の度合いに関する分類性能を検証した箱ヒゲ図である。図6では、健常者、軽度嚥下障害、および中等度以上の嚥下障害を区別する。横軸は健常、軽度嚥下障害、中等度以上の嚥下障害を示し、縦軸は3群判定のスコアの分布を示す。図6からも、上記プログラムが十分な分類性能を有していることが確認できた。

[0053] 上記図4～6およびそれら図面に関する説明から、特定の音響特徴量を用いて判定を行う判定装置は十分に実用に耐えうることが確認できた。次に、音声データと音響パラメータとの対応関係に関して、幾つか具体例を用いて説明する。なお繰り返しとなるが以降の具体例は、本願発明を実施する上での一例であり、本願発明がこれらの実施例に限定されるものではない。

[0054]（実施例4）

図7は、音声データをフォルマント解析した結果について、同じ発話内容で複数回の発話をした場合のばらつきと、被験者の嚥下障害の進行の度合いとの関係を示す図である。図7では、発話内容としてPh07「パンダのたからもの」の音声データを用いている。横軸は、健常、軽度嚥下障害、中等度以上の嚥下障害を有する被験者の発話に関する時間軸であり、縦軸は第1

フォルマント f_1 に係る値である。それぞれ 1 回目の発話と 2 回目の発話に関し、複数発話ごとにまとめ、その順番を時間軸に沿ってプロットしている。被験者はそれぞれが 2 回ずつ発話しており、最初の 8 人は健常者（グラフ左）であり、次の 17 人は軽度嚥下障害を有し（グラフ中央）、次の 18 人は中等度以上の嚥下障害を有している（グラフ右）。

[0055] 図 7 から、健常者の場合、1 回目の発話と 2 回目の発話とで f_1 の値の差分が小さいことが分かる。これに対して、軽度の嚥下障害がある人及び中等度以上の嚥下障害がある人の場合、1 回目の発話と 2 回目の発話とで f_1 の値の差分が大きい。このことから、ステップ S 201 で入力した音声データが Ph 07 の場合、ステップ S 203 では、 f_1 により、今回の被験者が健常者であるか、それとも軽度の嚥下障害がある人及び中等度以上の嚥下障害がある人であるかを判定することが出来る。

[0056] たとえば、ステップ S 203 では、健常者の f_3 又は f_5 をあらかじめ記憶しておき、被験者の f_3 又は f_5 が、健常者の f_3 又は f_5 に対して閾値以上の乖離がある場合に、その被験者には嚥下障害があると判定することが出来る。図 7 では、Ph 07 の f_1 についてのみ示したが、他の音声データ及び他のフォルマント解析結果（例えば f_1 以外の $f_2 \sim f_5$ のいずれか）並びにその他の周波数解析についても有効性を確認することが出来る。また、図 7 では、2 回の発話での f_1 の値の差分を対象にしたが、他の発話回数を採用することも出来る。例えば 3 回以上の発話でのフォルマント解析結果の最大値と最小値との差分により、嚥下障害の程度（嚥下障害の有無、及び重症度）を判定するようにしてもよい。

[0057] （実施例 5）

図 8 は、図 3 に示した各音声データと、フォルマント周波数に基づく音響特徴量の値とを比較し、かつ嚥下障害の進行の度合いを照らし合わせた表である。横方向の項目は、「健常 v s 軽度」、「健常 v s 中等度以上」、「軽度 v s 中等度以上」の各項目を示す。縦方向の項目は、発話内容を示す。表中、「***」は P 値 < 0.01 、「**」は P 値 < 0.03333 、「*

」は P 値 <0.05 、「ns」は有意差がなかったことをそれぞれ示している。なお、本願では、 P 値 <0.1 であれば有意差ありとみなしている。また、f1は第1フォルマント、f2は第2フォルマント、f3は第3フォルマント、f4は第4フォルマント、f5は第5フォルマントである。有意差の評価には、2群比較での有意差の検定では t 検定（対応なし、片側）を、3群以上の多重比較検定ではボンフェローニの多重比較検定を用い、有意水準には10%を設定した。なお、群比較による有意差の評価には、今回用いた t 検定を含むパラメトリック検定、ノンパラメトリック検定、比率による検定、分散比による検定など、いずれを用いても良い。

[0058] 図8の結果から、Ph01は、「健常vs軽度」の項目においてf3、f5で有意差を示した。また「健常vs中等度以上」の項目においてf1、f5で有意差を示した。また、「軽度vs中等度以上」の項目において、f1、f2で有意差を示した。

[0059] また、Ph02は、「健常vs軽度」の項目においてf4、f5で有意差を示した。また「健常vs中等度以上」の項目においてf3～f5で有意差を示した。また、「軽度vs中等度以上」の項目において、f3、f4で有意差を示した。

[0060] また、Ph03は、「健常vs軽度」の項目においてf3で有意差を示した。また「健常vs中等度以上」の項目においてf1、f2で有意差を示した。また、「軽度vs中等度以上」の項目において、f1～f4で有意差を示した。

[0061] また、Ph04は、「健常vs中等度以上」の項目においてf2～f4で有意差を示した。また、「軽度vs中等度以上」の項目において、f1～f4で有意差を示した。Ph04は「健常vs軽度」の項目においていずれのフォルマントも有意差を示さなかったが、他の2群を比較することにより「健常vs軽度」の判定をすることは可能である。

[0062] また、Ph05は、「健常vs軽度」の項目においてf2、f5で有意差を示した。また「健常vs中等度以上」の項目においてf1で有意差を示し

た。また、「軽度 v s 中等度以上」の項目において、f 1、f 2 で有意差を示した。

[0063] また、Ph 0 6 は、「健常 v s 軽度」の項目において f 3、f 5 で有意差を示した。また「健常 v s 中等度以上」の項目において f 5 で有意差を示した。Ph 0 6 は「軽度 v s 中等度以上」の項目においていずれのフォルマントも有意差を示さなかったが、他の 2 群を比較することにより「軽度 v s 中等度以上」の判定をすることは可能である。

[0064] また、Ph 0 7 は、「健常 v s 軽度」の項目において f 3、f 5 で有意差を示した。また「健常 v s 中等度以上」の項目において f 1 で有意差を示した。また、「軽度 v s 中等度以上」の項目において、f 1、f 3 で有意差を示した。

[0065] また、Ph 0 8 は、「健常 v s 軽度」の項目において f 1、f 3、f 5 で有意差を示した。また「健常 v s 中等度以上」の項目において f 1 で有意差を示した。また、「軽度 v s 中等度以上」の項目において、f 1、f 3、f 4 で有意差を示した。

[0066] また、Ph 0 9 は、「健常 v s 軽度」の項目において f 2 ~ f 4 で有意差を示した。また「健常 v s 中等度以上」の項目において f 1、f 4、f 5 で有意差を示した。また、「軽度 v s 中等度以上」の項目において、f 3、f 4 で有意差を示した。

[0067] また、Ph 1 0 は、「健常 v s 軽度」の項目において f 3、f 5 で有意差を示した。また「健常 v s 中等度以上」の項目において f 1、f 3、f 5 で有意差を示した。また、「軽度 v s 中等度以上」の項目において、f 1、f 3 で有意差を示した。

[0068] 以上の結果から、Ph 0 1 ~ Ph 1 0 は、全てのフレーズにおいて、健常と軽度嚥下障害、健常と中等度以上の嚥下障害、軽度嚥下障害と中等度以上の嚥下障害とを区別できることが確認できた。従って、被験者が

「p」、「m」、「t」、「c」、「k」、「g」、「n」、「d」または「b」

の少なくとも 1 つの音を含む発話をした音声データを入力すれば、健常と軽

度嚥下障害、健常と中等度以上の嚥下障害、軽度嚥下障害と中等度以上の嚥下障害とを区別できることが確認できた。

[0069] フォルマント解析は従来、口唇から舌の範囲を第1、第2フォルマントで解析する傾向にあるため、第1、第2フォルマントまでを重視し、第3フォルマント以降を軽視する傾向にあった。

しかし、本発明者らは、特に嚥下障害の進行の度合いを判定する上で口唇よりも奥の咽頭腔の形状や、その複雑な形状変化の連動は、第3フォルマント以降を確認しなければ分からないことを音声解析の研究によって明らかにした。特に高齢者の嚥下障害においては、咽頭腔の形状変化もあり、f3以降の音声解析を行うことは嚥下障害の進行の度合いを判定する上で有効である。

[0070] (実施例6)

さらに、図9Aおよび図9Bは、図3に示した各音声データを2回発話したデータの差分をとり13次メル周波数ケプストラム解析した結果の、嚥下障害の程度（嚥下障害の有無、及び重症度）の判定における有効な特徴量の1つを示した表である。

[0071] 図9Aの表は図3に示した各音声データを2回発話した音声データの2発話の平均値を音響パラメータとして用いたものである。図9Bの表は図3に示した各音声データを2回発話した音声データの2発話間の差分を音響パラメータとして用いたものである。それぞれ、横方向の項目には、13次メル周波数ケプストラム係数または動的特徴量の平均値、最大値、最小値、範囲値、平均最小値、傾きを示す。縦方向の項目は発話内容を示す。表中、「○」（マル）は嚥下障害の有無の判定に有効であることを示す。二重のマルは、嚥下障害の進行の度合いの判定に有効であることを示す。

[0072] 図9Aおよび図9Bから、音声解析として13次メル周波数ケプストラム解析を行った場合も、健常と軽度嚥下障害、健常と中等度以上の嚥下障害、軽度嚥下障害と中等度以上の嚥下障害とを区別して判定できることが確認できた。

[0073] <第2実施形態>

次に、第2実施形態について説明する。なお、第2実施形態の判定装置の構成は、第1実施形態と同様の構成となるため、同一符号を付して説明を省略する。

[0074] 第2実施形態の判定装置は、被験者の嚥下障害を判定する際に、音素解析を利用する点が第1実施形態と異なる。

[0075] 第2実施形態の判定装置の解析手段は、被験者が発話した音声データに対して音素解析を行うことにより音響特徴量を作成する。そして、第2実施形態の判定装置の判定手段は、解析手段による解析結果である音響特徴量を使用して音声解析を実行することにより、嚥下障害の進行の度合いを判定する。

[0076] (実施例7)

図10は、音韻クラスと活性化される音素との関係を表す図である。なお、同一の音素であっても、複数の音韻クラスに属する場合がある。例えば、図10に示されているように、音素/a/は、「vocalic」「back」「open」「voiced」に属し、音素/p/は「consonantal」「stop」「labial」に属する。また、図11は、嚥下障害がない健常者は発した「ぱ」と、中等度以上の嚥下障害がある人が発した「ぱ」とに対して音素解析を実行した場合の結果である。

[0077] 図11の(A)、(C)、(E)、(G)、及び(I)は、健常者が発した「ぱ」に対する音素解析結果であり、図11の(B)、(D)、(F)、(H)、及び(J)は、中等度以上の嚥下障害がある人が発した「ぱ」に対する音素解析結果である。なお、図11の各グラフは横軸が時刻(s)を表し、縦軸が各音韻クラスの音素事後確率(Phonological posteriors)を表す。図11に示されている中央部の波形が、被験者から発せられた音声の音声データに相当する。

[0078] 図11の(A)と(B)とは、音韻クラスが「vocalic」「back」「consonantal」「anterior」である場合の音素解

析結果である。また、図11の(C)と(D)とは、音韻クラスが「open」「nasal」「close」「stop」である場合の音素解析結果である。また、図11の(E)と(F)とは、音韻クラスが「continuant」「flap」「lateral」「trill」である場合の音素解析結果である。また、図11の(G)と(H)とは、音韻クラスが「voice」「labial」「strident」「dental」である場合の音素解析結果である。また、図11の(I)と(J)とは、音韻クラスが「velar」「pause」である場合の音素解析結果である。

[0079] 図11に示されているように、健常者と中等度以上の嚥下障害がある人とは、音素解析結果である音韻クラスの波形において大きな差異がある。このため、音素解析結果は、嚥下障害の有無を判定する際の音響特徴量として有用であると考えられる。

[0080] 図12～図17に、音韻クラスの音素解析結果である、各音響特徴量による嚥下障害の有無の分類性能を検証した箱ヒゲ図を示す。なお、図中の音韻クラス(例えば、「consonantal」「close」「dental」「velar」「stop」「anterior」「back」「continuant」「open」「labial」)の後に記載されている「mean」は平均を表し、「median」は中央値を表し、「std」は標準偏差を表す。また、図12～図17内の「healthy」は健常者を表し、「mild」は嚥下障害が軽度である人を表し、「severe」は嚥下障害が中等度以上である人を表す。また、図12～図17内の縦軸は、平均、中央値、及び標準偏差等の各統計量の値を表す。具体的には、図12～図17内の縦軸は、被験者があるフレーズを発した際の、各時刻の音韻クラスの音響特徴量の値の平均、中央値、及び標準偏差等である。

[0081] 図12は、被験者が「ば」を発した際の音響特徴量の統計量である。図12の上段に示されているように、健常者と嚥下障害が軽度以上である人とを分別する際には、その一例として、音韻クラス「close」の標準偏差である「close_std」と、音韻クラス「consonantal」の

標準偏差である「consonantal__std」が有用な音響特徴量であることが分かる。また、図12の下段に示されているように、健常者及び嚥下障害が軽度である人と嚥下障害が中等度以上である人とを分別する際には、その一例として、音韻クラス「close」の平均である「close__mean」と、音韻クラス「close」の中央値である「close__median」が有用な音響特徴量であることが分かる。

[0082] 図13も、被験者が「ぱ」を発した際の音響特徴量の統計量である。図13に示されているように、健常者及び嚥下障害が軽度である人と嚥下障害が中等度以上である人を分別する際には、その一例として、音韻クラス「dental」の平均値である「dental__mean」と、音韻クラス「dental」の中央値である「dental__median」と、音韻クラス「velar」の中央値である「velar__median」とが有用な音響特徴量であることが分かる。

[0083] また、図14及び図15は、被験者が「ら」を発した際の音響特徴量の統計量である。図14に示されているように、健常者と、嚥下障害が軽度である人と、嚥下障害が中等度以上である人を分別する際には、その一例として、音韻クラス「close」の平均値である「close__mean」と中央値である「close__median」と、音韻クラス「dental」の標準偏差である「dental__std」と、音韻クラス「stop」の平均値である「stop__mean」が有用な音響特徴量であることが分かる。

[0084] また、図15に示されているように、健常者と、嚥下障害が軽度である人と、嚥下障害が中等度以上である人を分別する際には、その一例として、音韻クラス「velar」の平均値である「velar__mean」と中央値である「velar__median」が有用な音響特徴量であることが分かる。

[0085] また、図16及び図17は、被験者が「たまご」を発した際の音響特徴量の統計量である。図16及び図17については詳細な説明は省略するものの

、図 12～図 15 と同様に、各音韻クラスの音響特徴量は、嚥下障害の度合いを判定するのに有用である。

[0086] 以上図 12～図 17 に例示されているように、各音韻クラスの統計量は、嚥下障害の度合いを判定するのに有用である。このため、健常と軽度嚥下障害、健常と中等度以上の嚥下障害、軽度嚥下障害と中等度以上の嚥下障害とを区別して判定できることが確認できる。

[0087] このため、第 2 実施形態の判定装置の解析手段は、被験者が発した音声の音声データに対して音素解析を行うことにより、音声データに含まれる音素を特定する。そして、第 2 実施形態の判定装置の解析手段は、音声データに含まれる音素が属する音韻クラスを特定する。なお、同一の音素であっても、複数の音韻クラスに属する場合がある。例えば、図 10 に示されているように、音素 /a/ は、「v o c a l i c」「b a c k」「o p e n」「v o i c e d」に属し、音素 /p/ は「c o n s o n a n t a l」「s t o p」「l a b i a l」に属する。このため、第 2 実施形態の判定装置の解析手段は、時系列データである音声データの各時刻の音韻クラスの音素事後確率（Phonological posteriors）を計算する。そして、第 2 実施形態の判定装置の判定手段は、解析手段によって得られた各時刻の音韻クラスの音素事後確率の統計量（例えば、各時刻の音素事後確率の平均、中央値、及び標準偏差等）に基づいて、被験者の嚥下障害の度合いを判定する。このため、第 2 実施形態の判定装置によれば、被験者が発した音声の音声データを音素解析することにより、被験者の嚥下障害の度合いを精度良く判定することができる。

[0088] <第 3 実施形態>

次に、第 3 実施形態について説明する。なお、第 3 実施形態の判定装置の構成は、第 1 実施形態と同様の構成となるため、同一符号を付して説明を省略する。

[0089] 第 3 実施形態の判定装置は、被験者の嚥下障害を判定する際に、音声の強度解析を利用する点が第 1 実施形態及び第 2 実施形態と異なる。

[0090] 第3実施形態の判定装置の解析手段は、被験者が発話した音声データに対して音声の強度解析を行うことにより音響特徴量を作成する。そして、第3実施形態の判定装置の判定手段は、解析手段による解析結果である音響特徴量を使用して音声解析を実行することにより、嚥下障害の進行の度合いを判定する。

[0091] (実施例8)

図18は、音声データを示す図である。図18の横軸は時刻を表し、縦軸は音声の強度を表す。なお、図18中の黒丸は、音声データのピーク点を表す。

[0092] 図19の上段の4行は、被験者が発したフレーズPh09「ばななばなな・・・ばなな」及びPh10「きものきものきもの・・・きもの」についての音声の強度解析結果と嚥下障害の評価結果との相関関係を表す実験結果である。図19の「peak__ave」は音声データの強度のピーク点の平均を表し、「peak__sd」は音声データの強度のピーク点の標準偏差を表し、「peak__span__ave」は音声データの強度のピーク点間の間隔の平均を表し、「peak__span__sd」は音声データの強度のピーク点間の間隔の標準偏差を表している。

[0093] 図19は、ボンフェローニ法による検定結果のうちの「peak__ave」「peak__sd」「peak__span__ave」「peak__span__sd」を用いた、健常者と嚥下障害が軽度以上である人の分別、および健常者及び嚥下障害が軽度である人と嚥下障害が中等度以上である人の分別の結果である。図19に示されているように、Ph09の「peak__sd」を用いた健常者及び嚥下障害が軽度である人と嚥下障害が中等度以上である人の分別が有効であること、Ph09の「peak__span__sd」を用いた健常者及び嚥下障害が軽度である人と嚥下障害が中等度以上である人の分別が有効であること、Ph10の「peak__ave」を用いた健常者及び嚥下障害が軽度である人と嚥下障害が中等度以上である人の分別が有効であること、Ph10の「peak__sd」を用いた健常者及び嚥下障害が

軽度である人と嚥下障害が中等度以上である人の分別が有効であることがわかる。

[0094] 図20及び図21は、各音響特徴量の箱ヒゲ図である。

[0095] 図20の左側は、フレーズPh09についての音響特徴量「peak__sd」の箱ヒゲ図であり、嚥下障害の症状との関連が見られ、特に嚥下障害が中等度以上である人の分別に有効であることが確認できた。

[0096] 図20の右側は、フレーズPh09についての音響特徴量「peak__span__sd」の箱ヒゲ図であり、嚥下障害の症状との関連が見られ、特に嚥下障害が中等度以上である人の分別に有効であることが確認できた。

[0097] 図21は、フレーズPh10についての音響特徴量「peak__sd」の箱ヒゲ図であり、嚥下障害の症状との関連が見られ、特に嚥下障害が中等度以上である人の分別に有効であることが確認できた。

[0098] 以上、図19～図21に示されているように、音声データの強度解析結果は、嚥下障害の度合いを判定するのに有用である。このため、健常と軽度嚥下障害、健常と中等度以上の嚥下障害、軽度嚥下障害と中等度以上の嚥下障害とを区別して判定できることが確認できる。

[0099] このため、第3実施形態の判定装置の解析手段は、被験者が発した音声の音声データに対して強度解析を行うことにより、強度解析に関する音響特徴量を生成する。例えば、第3実施形態の判定装置の解析手段は、強度解析に関する音響特徴量として、上述したようなデータを生成する。そして、第3実施形態の判定装置の判定手段は、解析手段によって得られた音響特徴量に基づいて、被験者の嚥下障害の度合いを判定する。このため、第3実施形態の判定装置によれば、被験者が発した音声の音声データを強度解析することにより、被験者の嚥下障害の度合いを精度良く判定することができる。なお、上記実施例では、被験者が発するフレーズとしてフレーズPh09「ばなばなな・・・ばなな」及びPh10「きものきものきもの・・・きもの」を例示したが、これに限らず、所定フレーズの繰り返しを含むようなものであれば、どのようなものであってもよい。例えば「ぱたかぱたかぱたか」「

ぱぱぱぱ」「たたたた」といったフレーズであってもよい。このようなフレーズは、鼻腔共鳴（鼻にかかる）を発生させるフレーズであり、嚥下障害の度合いを判定するのに有用であると考えられる。また、繰り返しを含むフレーズを採用することにより、繰り返しによって発生するリズムの一定性を判定することができるため、これも、嚥下障害の度合いを判定するのに有用であると考えられる。

[0100] なお、第2実施形態の音素解析と第3実施形態の強度解析とを組み合わせ、被験者の嚥下障害の度合いを判定するようしにてもよい。この場合には、判定装置の解析手段は、音声データに対して音素解析を行うことにより作成された音響特徴量と、音声データに対して強度解析を行うことにより作成された音響特徴量とを用いて、被験者の嚥下障害の度合いを判定する。これにより、音素解析及び強度解析の何れか一方のみを用いる場合よりも、被験者の嚥下障害の度合いを精度良く判定することができる。なお、音響特徴量の組み合わせは、音素解析に関する音響特徴量と強度解析に関する音響特徴量との組み合わせに限定されず、フォルマント周波数、メル周波数ケプストラム、周波数スペクトラム、音声のエンベロープ、波形の変動情報、ゼロ交差率、ハースト指数、及び閉鎖開放から声帯振動が始まるまでの時間等を含めたいかなる組み合わせであってもよい。

[0101] （実施例9）

図22及び図23は、音声データに対して音素解析を行うことにより作成された音響特徴量と、音声データに対して強度解析を行うことにより作成された音響特徴量とを用いて、被験者の嚥下障害の度合いを判定した場合のROC曲線図である。図22及び図23は、音響特徴量セットを用いた機械学習モデルにより、軽度以上の嚥下障害（図22）又は中等度以上の嚥下障害（図23）を判定した際のROC曲線の結果である。より詳細には、図22及び図23は、フォルマント周波数に基づき作成された音響特徴量、メル周波数ケプストラムに基づき作成された音響特徴量、音素解析を行うことにより作成された音響特徴量、及び強度解析を行うことにより作成された音響特

微量の4つの音響特徴量を用いて、被験者の嚥下障害の度合いを判定した場合のROC曲線図である。図22は、軽度以上の嚥下障害を判定した場合のROC曲線図である。また、図23は、中等度以上の嚥下障害を判定した場合のROC曲線図である。図22に示される軽度以上の嚥下障害を判定した場合のAUCは0.9954（ P 値 <0.001 ）であり、十分な分類性能を有していることが確認できた。また、図23に示される中等度以上の嚥下障害を判定した場合のAUCは1.000（ P 値 <0.001 ）であり、十分な分類性能を有していることが確認できた。このため、音声データに対して音素解析を行うことにより作成された音響特徴量と、音声データに対して強度解析を行うことにより作成された音響特徴量とを用いることにより、被験者の嚥下障害の度合いを精度良く判定することができることが確認された。

[0102] 以上、本開示の好ましい実施例について説明したが、本開示は、上述の実施例に限定されない。本開示の目的は、上述の実施例の機能を実現するプログラムコード（コンピュータプログラム）を格納した記憶媒体をシステムあるいは装置に供給し、供給されたシステムあるいは装置のコンピュータが記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出し実行することによっても達成される。この場合、記憶媒体から読み出されたプログラムコード自体が上述した実施例の機能を実現することになり、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本開示を構成することになる。また、上述した実施形態では、コンピュータがプログラムを実行することにより、各処理部として機能するものとしたが、処理の一部または全部を専用の電子回路（ハードウェア）で構成するようにしても構わない。本開示は、説明された特定の実施例に限定されるものではなく、各実施例の各構成同士の置換を含み、特許請求の範囲に記載された本開示の趣旨の範囲内において、種々の変形・変更が可能である。

[0103] 2021年9月29日に出願された日本国特許出願2021-159606号の開示は、その全体が参照により本明細書に取り込まれる。本明細書に記載された全ての文献、特許出願、および技術規格は、個々の文献、特許出願、および技術規格

が参照により取り込まれることが具体的かつ個々に記された場合と同程度に、本明細書中に参照により取り込まれる。

請求の範囲

[請求項1] 音声解析により嚥下障害を判定する判定装置であって、前記判定装置は：

被験者が発話した音声データを入力する入力手段；

前記入力手段で入力した音声データを解析する解析手段；

前記解析手段による解析結果に基づいて被験者の嚥下障害を判定する判定手段、

を備える判定装置。

[請求項2] 前記解析手段は、前記音声データを以下の式 $F(a)$ に示す音響特徴量を使用して音声解析することを特徴とする、請求項1に記載の判定装置：

$$F(a) = g\left(\sum x_n \times f(n)\right)$$

（式中、 g は嚥下障害の有無や進行の度合いを判定する線形または非線形モデルであり、 x_n は前記音声データとして入力するフレーズに固有の係数であり、 $f(n)$ は音響パラメータであって、前記音響パラメータは、フォルマント周波数、メル周波数ケプストラム、周波数スペクトラム、音声のエンベロープ、波形の変動情報、ゼロ交差率、ハースト指数、および閉鎖開放から声帯振動が始まるまでの時間、から成る群から1つまたは複数を選択される）。

[請求項3] 前記解析手段は、前記音声データをフォルマント周波数またはメル周波数ケプストラムに基づき作成された音響特徴量を使用して音声解析することを特徴とする、請求項1または請求項2に記載の判定装置。

[請求項4] 前記判定装置は、前記解析結果を入力した場合に嚥下障害の進行の度合いを出力するように機械学習処理が施されている、請求項1～3のいずれか一項に記載の判定装置。

[請求項5] 前記判定装置は、被験者の前記音声データの入力を同一のフレーズ

を使用して少なくとも2回行い、前記同一のフレーズにより解析された前記解析結果の差分または平均値に基づいて、嚥下障害の進行の度合いを判定する、請求項1～4のいずれか一項に記載の判定装置。

[請求項6] 前記入力手段は、被験者が前記嚥下障害の進行の度合いに関連するフレーズを発話した音声データを入力する、請求項1～5のいずれか一項に記載の判定装置。

[請求項7] 前記入力手段は、被験者が
「p」、「m」、「t」、「c」、「k」、「g」、「n」、「d」または「b」
の少なくとも1つの音を含む発話をした音声データを入力する、請求項1～6のいずれか一項に記載の判定装置。

[請求項8] 前記解析手段は、前記音声データに対して音素解析を行うことにより作成された前記音響特徴量を使用して音声解析をする、
請求項2に記載の判定装置。

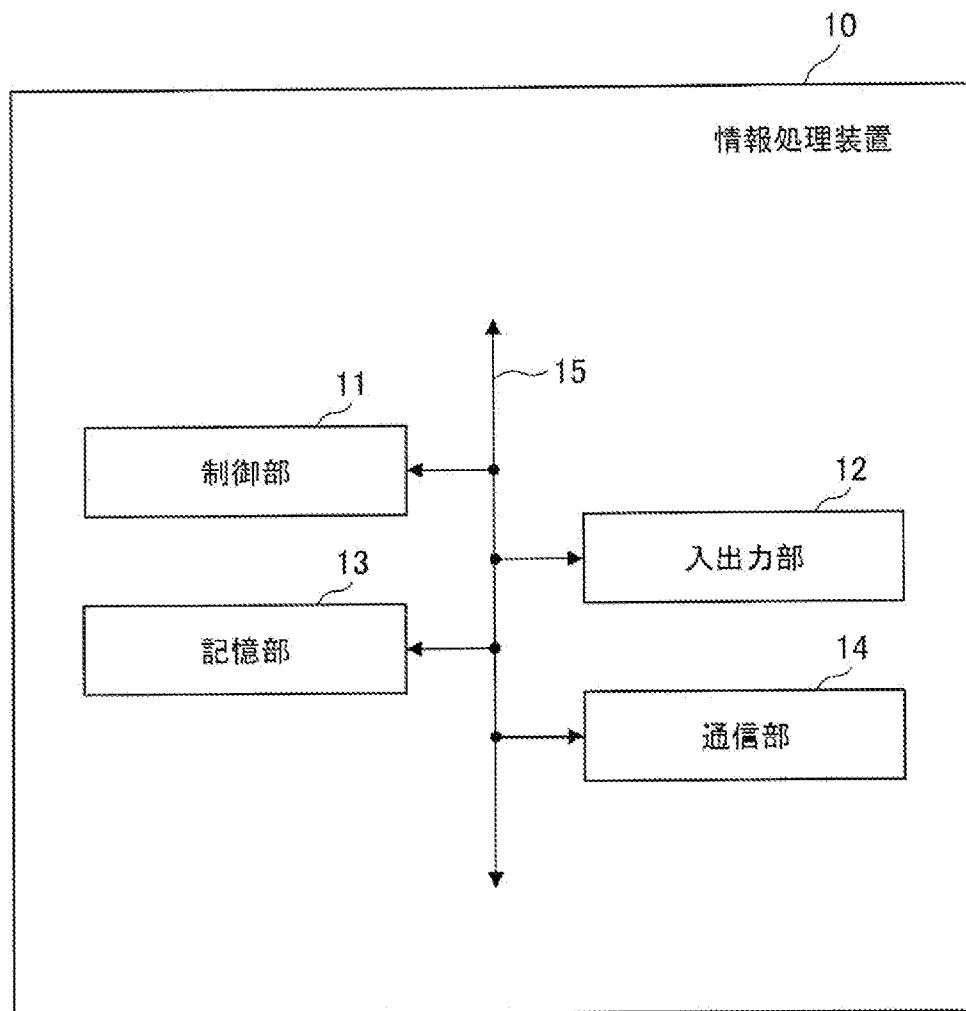
[請求項9] 前記解析手段は、前記音声データに対して音声の強度解析を行うことにより作成された前記音響特徴量を使用して音声解析をする、
請求項2又は請求項8に記載の判定装置。

[請求項10] 前記音声データは、被験者が所定フレーズの繰り返しを発話した際の音声データである、
請求項9に記載の判定装置。

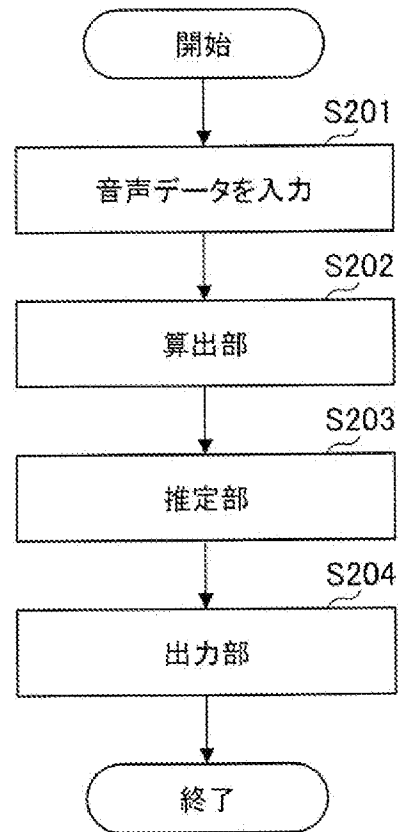
[請求項11] 音声解析により嚥下障害を判定する方法であって、前記方法は：
被験者が発話した音声データを入力する入力工程；
前記入力工程で入力した音声データを解析する解析工程；
前記解析工程による解析結果に基づいて被験者の嚥下障害を判定する判定工程、
を備える、方法。

[請求項12] 請求項1～10のいずれか一項に記載の判定装置の各手段としてコンピュータを機能させるためのプログラム。

[図1]



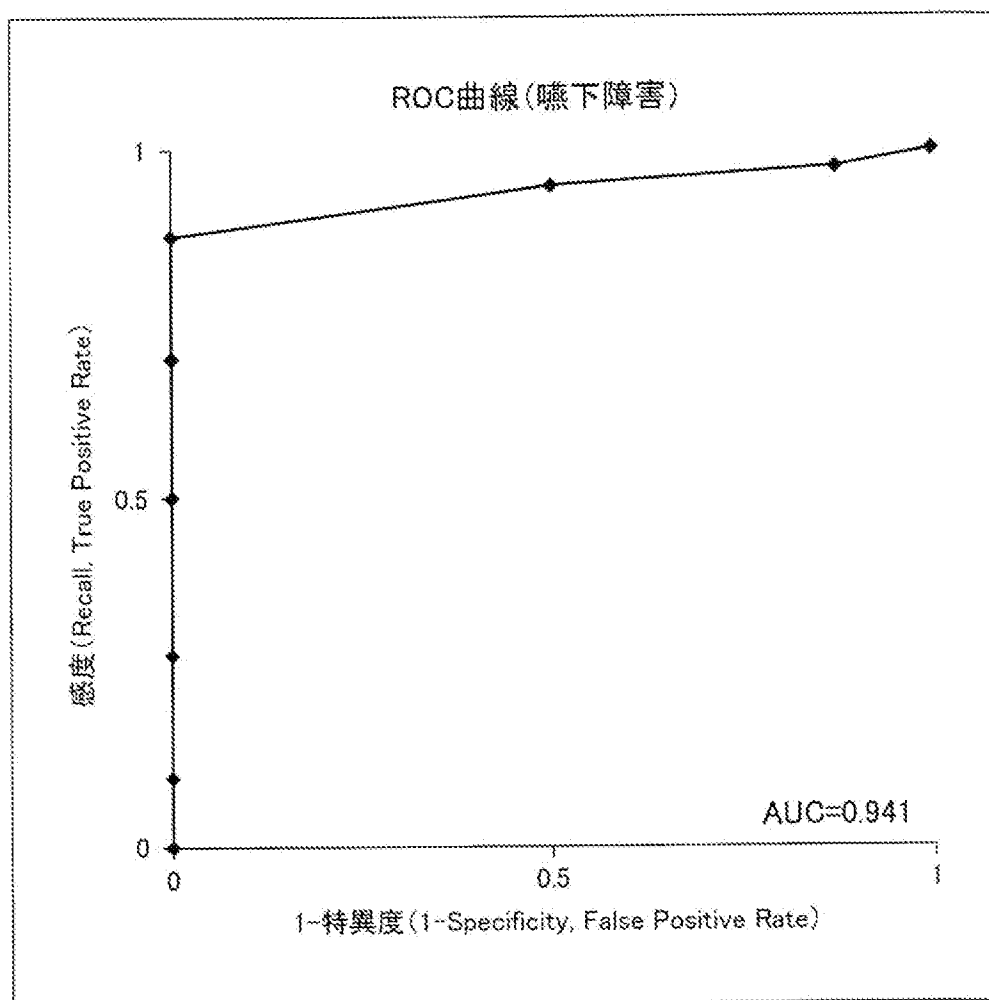
[図2]



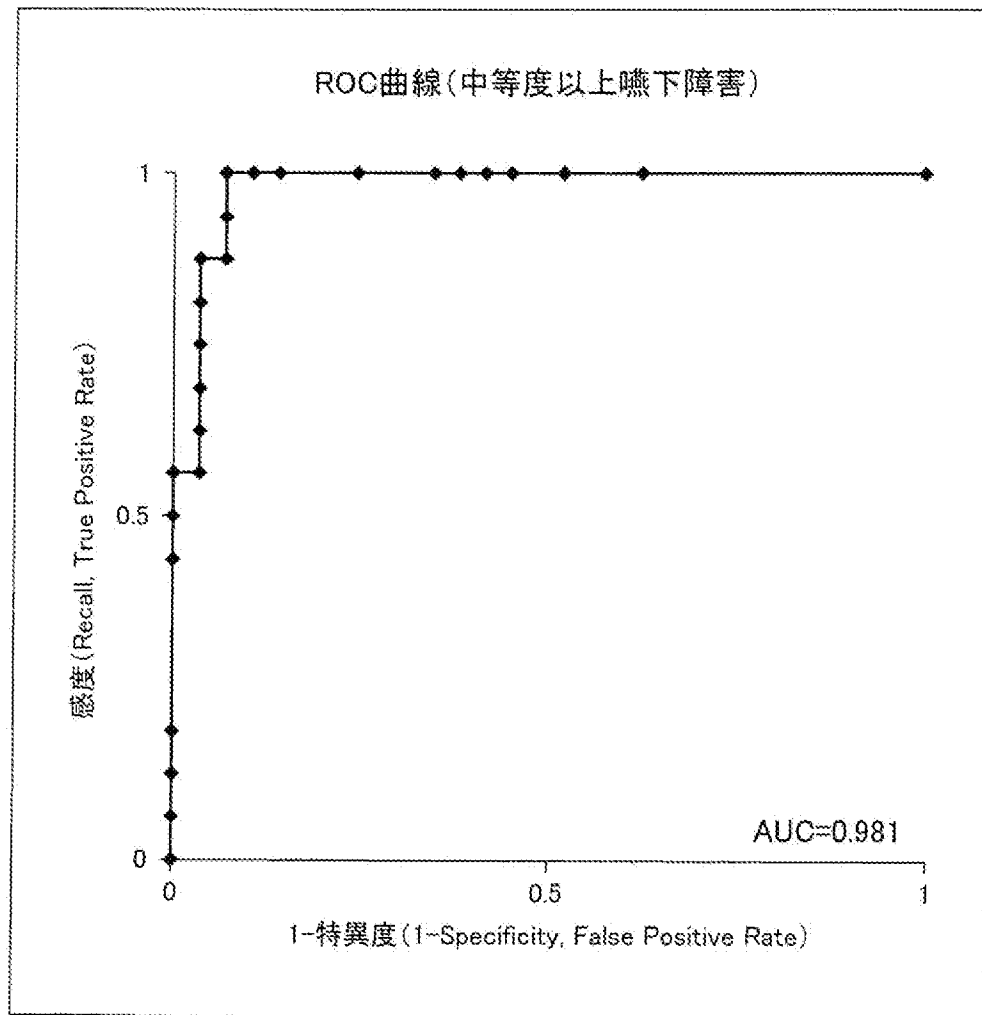
[図3]

【Phrase01】	ば
【Phrase02】	ま
【Phrase03】	た
【Phrase04】	ら
【Phrase05】	か
【Phrase06】	ご
【Phrase07】	パンダのたからもの
【Phrase08】	たまご
【Phrase09】	バナナバナナバナナバナナバナナ… (出来るだけ速く5回以上繰り返す)
【Phrase10】	きものきものきものきものきもの… (出来るだけ速く5回以上繰り返す)

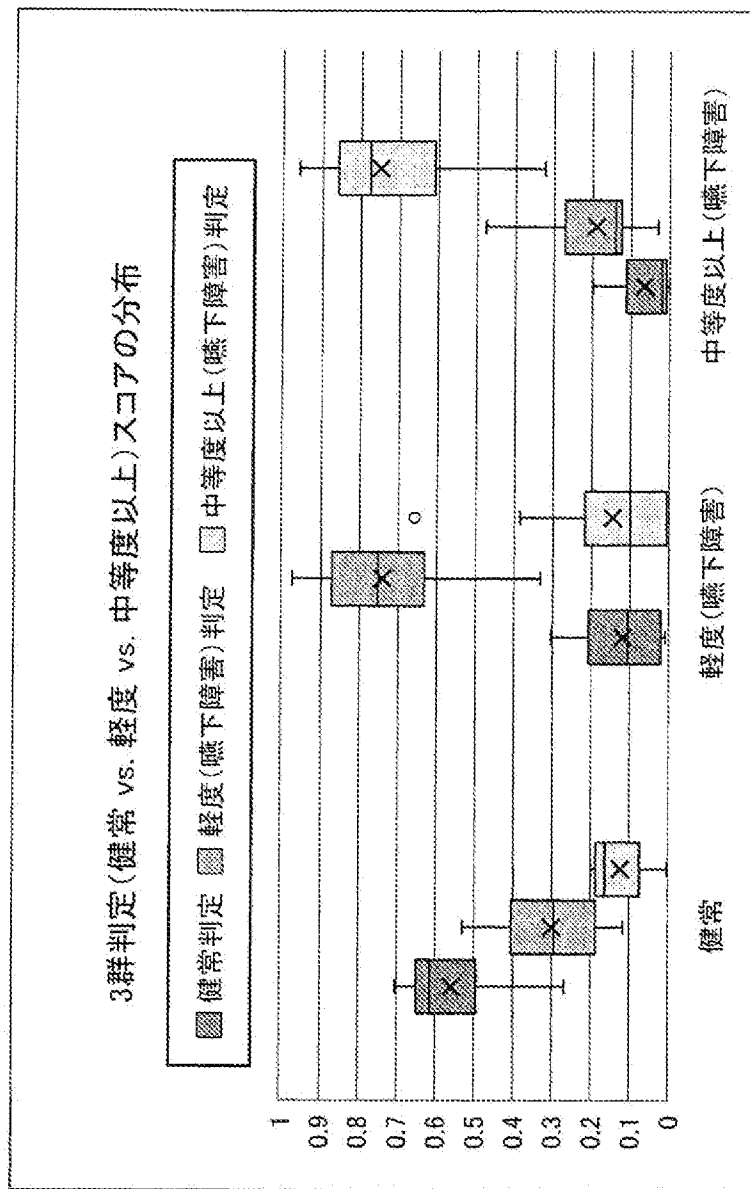
[図4]



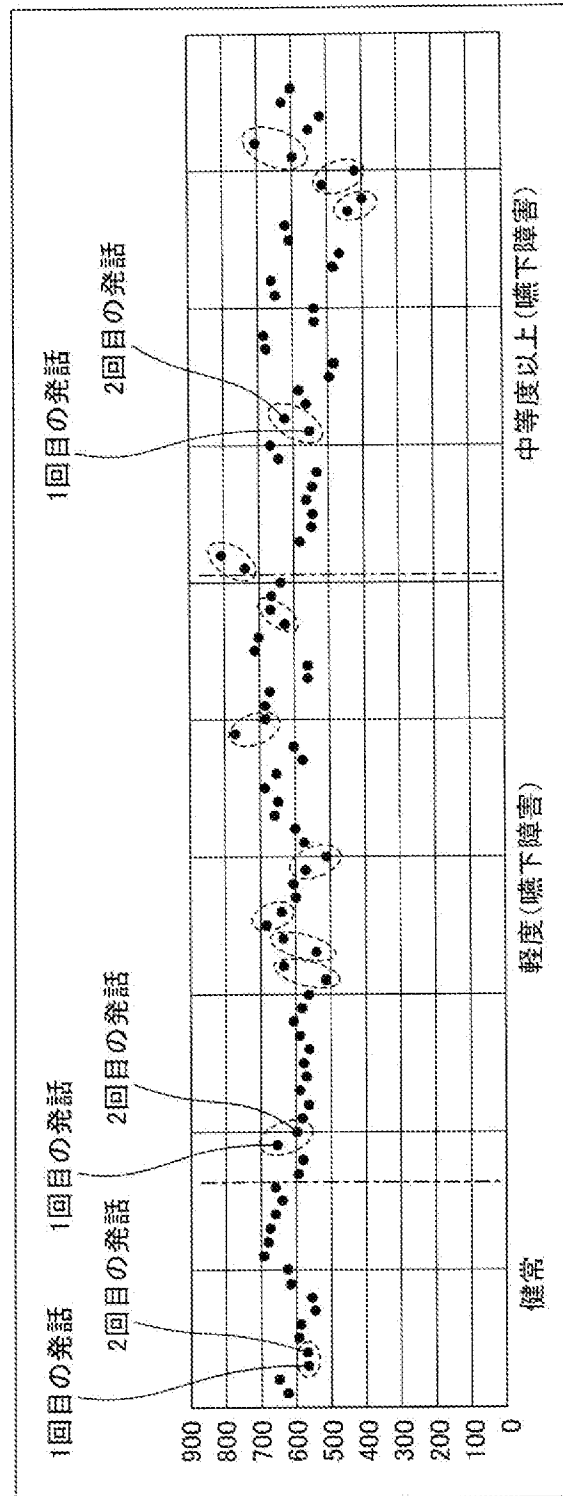
[図5]



[図6]



[図7]



[図8]

No.	発話内容	健常 vs. 軽度					健常 vs. 中等度以上					軽度 vs. 中等度以上				
		f1	f2	f3	f4	f5	f1	f2	f3	f4	f5	f1	f2	f3	f4	f5
Ph01	ば	n.s.	n.s.	**	n.s.	*	***	n.s.	n.s.	n.s.	**	***	***	n.s.	n.s.	n.s.
Ph02	ま	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	n.s.	n.s.	*	***	**	n.s.	***	***	**	n.s.
Ph03	た	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	***	*	n.s.	n.s.	n.s.	***	**	*	*	n.s.
Ph04	ら	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	*	*	n.s.	***	***	***	*	n.s.
Ph05	か	n.s.	**	n.s.	n.s.	*	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	***	n.s.	n.s.	n.s.
Ph06	ご	n.s.	n.s.	**	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Ph07	ぱんだのたからもの	n.s.	n.s.	**	n.s.	*	**	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	**	n.s.	n.s.
Ph08	たまご	**	n.s.	**	n.s.	**	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	**	*	n.s.
Ph09	ばななばな...	*	n.s.	n.s.	n.s.	*	**	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.	***	***	n.s.
Ph10	きものきもの...	n.s.	n.s.	***	n.s.	***	**	n.s.	*	n.s.	***	*	n.s.	**	n.s.	n.s.

[図9A]

	発話内容	13次メル周波数ケプストラム係数						13次メル周波数ケプストラム係数の動的特徴量					
		平均	最大	最小	範囲	平均-最小	傾き	平均	最大	最小	範囲	平均-最小	傾き
2発話の平均													
【Ph01】	ば		◎		◎	◎							
【Ph02】	ま												
【Ph03】	た							○					
【Ph04】	ら							◎	◎				
【Ph05】	か												
【Ph06】	こ	○		○				◎		○			
【Ph07】	パンダのたからもの									○			
【Ph08】	たまご				◎			◎			○		
【Ph09】	ばななばなな...			○				◎					
【Ph10】	きものきもの...			○	◎								○

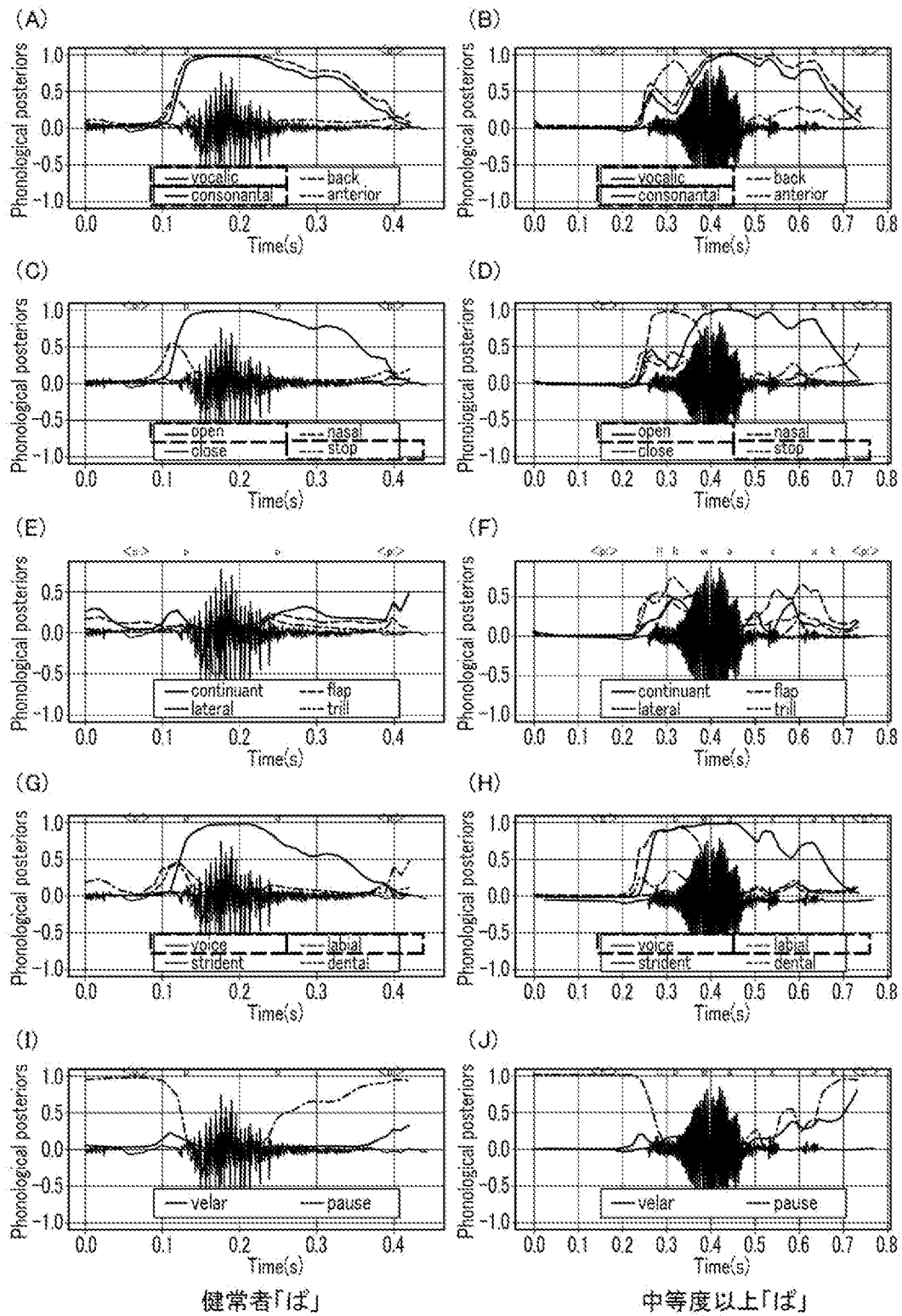
[illegible]

[図10]

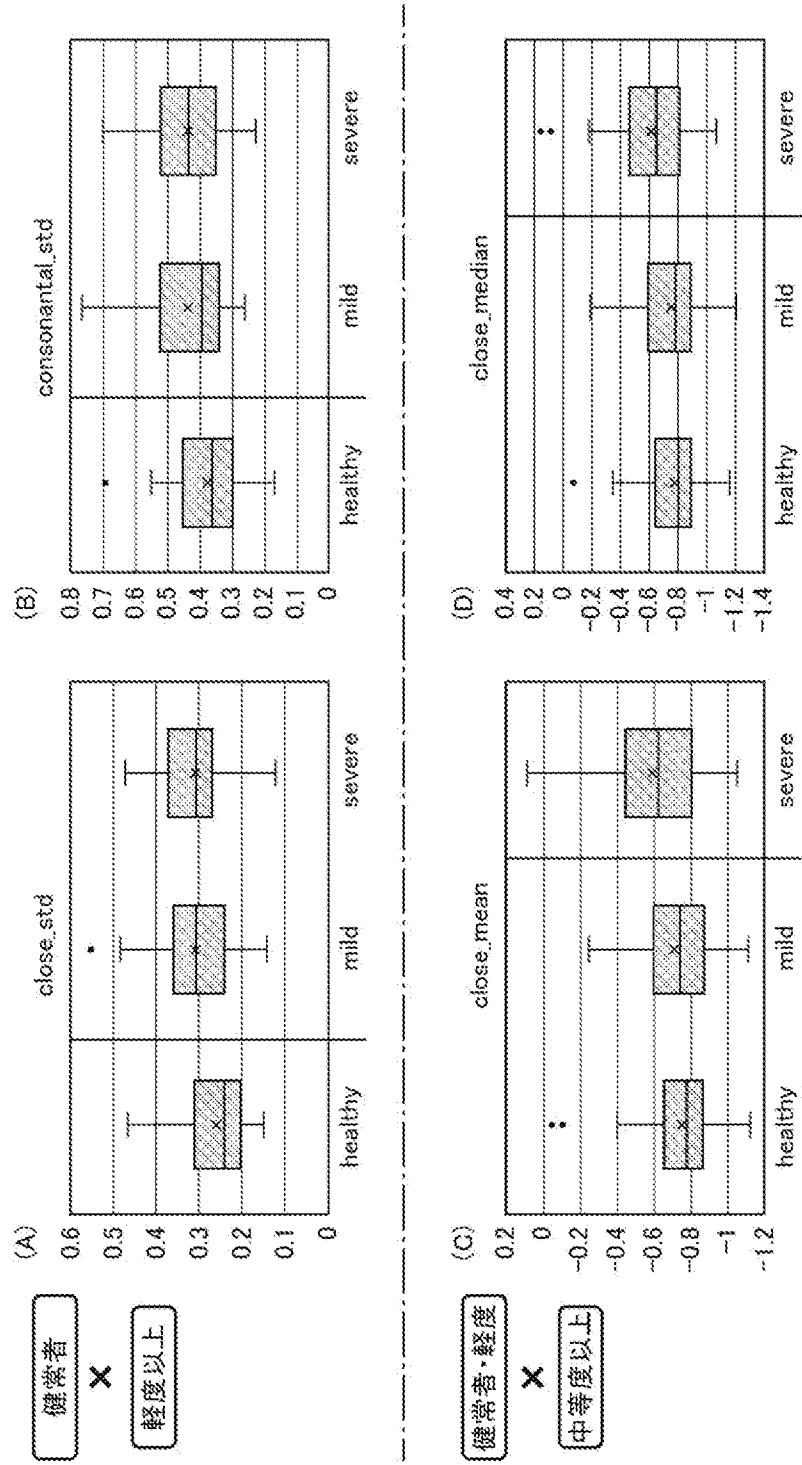
(音韻クラス) (活性化される音素)

母音	vocalic	/a/, /e/, /i/, /o/, /u/
子音	consonantal	/b/, /tS/, /d/, /f/, /g/, /x/, /k/, /l/, /ʎ/, /ʌ/, /m/, /n/, /p/, /r/, /r/, /s/, /t/
後側	back	/a/, /o/, /u/
前側	anterior	/e/, /i/
開く	open	/a/, /e/, /o/
閉じる	close	/i/, /u/
鼻音	nasal	/m/, /n/
破裂音	stop	/p/, /b/, /t/, /k/, /g/, /tS/, /d/
摩擦音	continuant	/f/, /b/, /tS/, /d/, /s/, /g/, /ʎ/, /x/
側面音	lateral	/l/
弾き音	flap	/r/
震え	trill	/r/
有声	voiced	/a/, /e/, /i/, /o/, /u/, /b/, /d/, /l/, /m/, /n/, /r/, /g/, /ʎ/
きしみ	strident	/f/, /s/, /tS/
唇音	labial	/m/, /p/, /b/, /f/
歯音	dental	/t/, /d/
軟口蓋音	velar	/k/, /g/, /x/
間(無音)	pause	/sil/

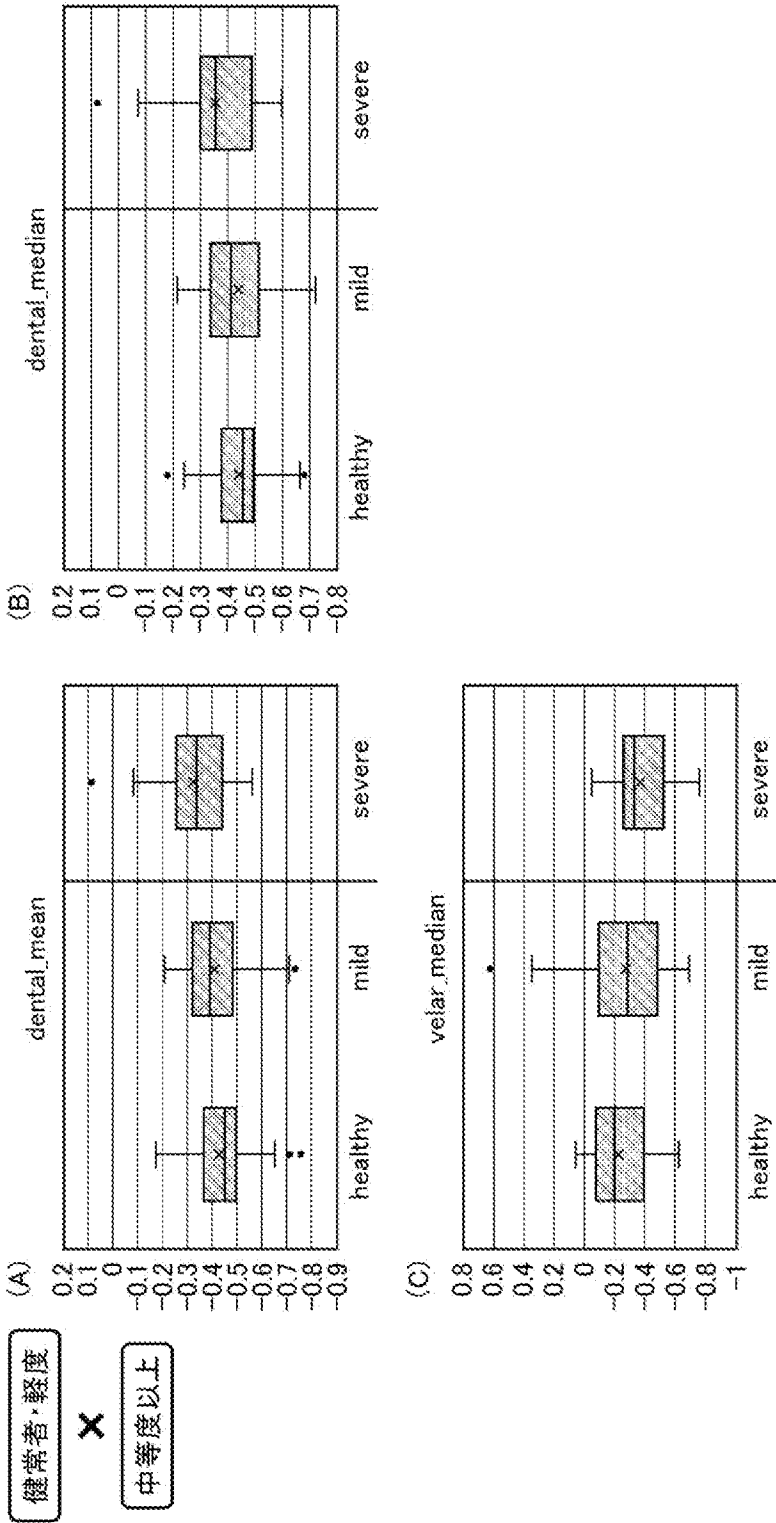
[図11]



[図12]



[図13]



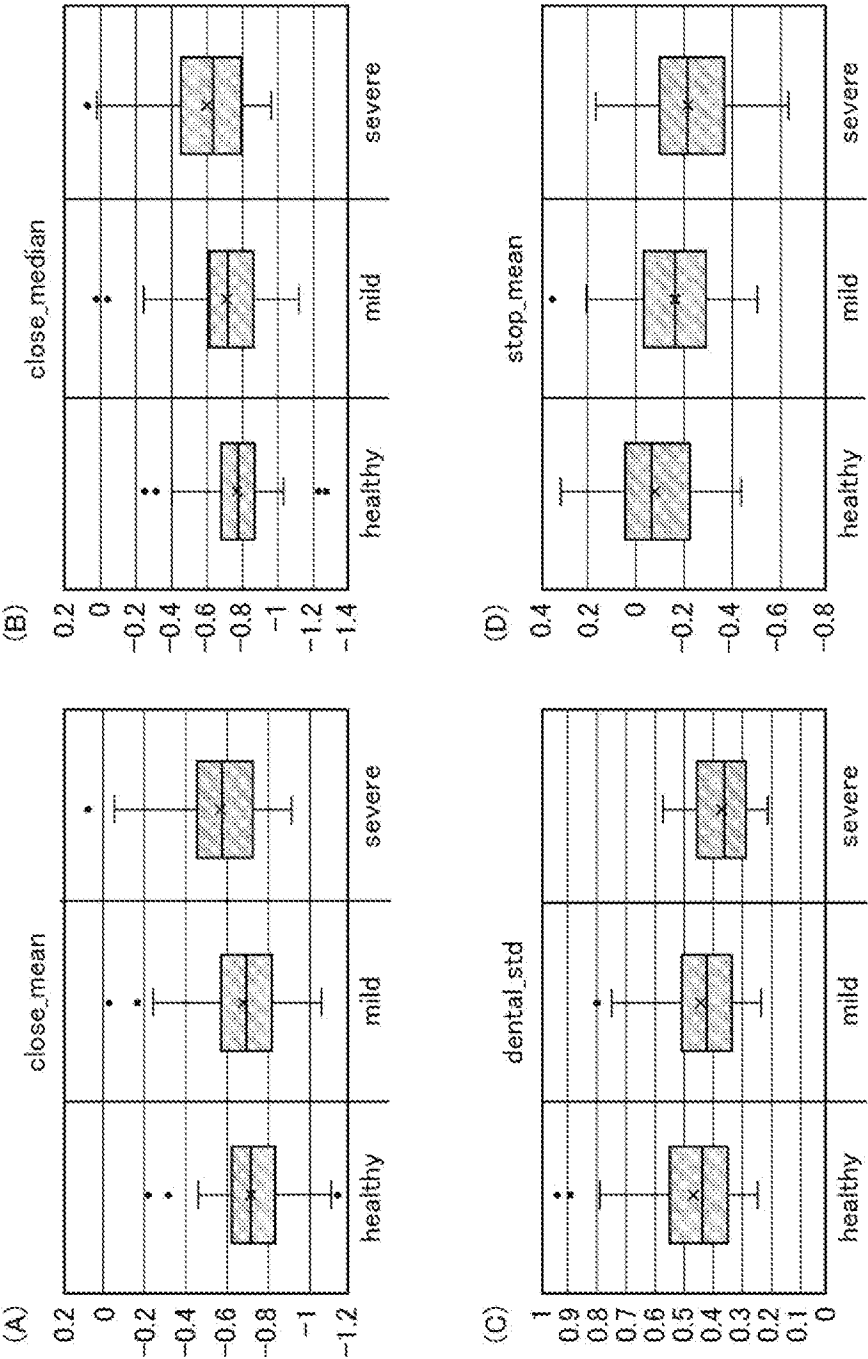
(C)

velar_median

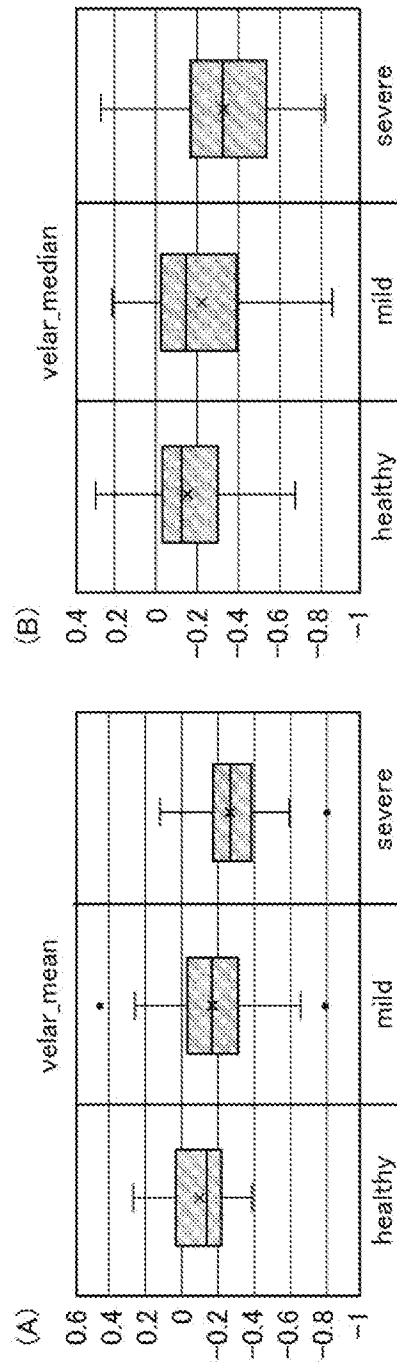
healthy mild severe

Group	Median	Q1	Q3	Min	Max	Outliers
healthy	-0.25	-0.30	-0.20	-0.40	-0.10	-0.50, -0.55
mild	-0.20	-0.25	-0.15	-0.35	-0.05	-0.40, -0.45
severe	-0.15	-0.20	-0.10	-0.25	-0.05	

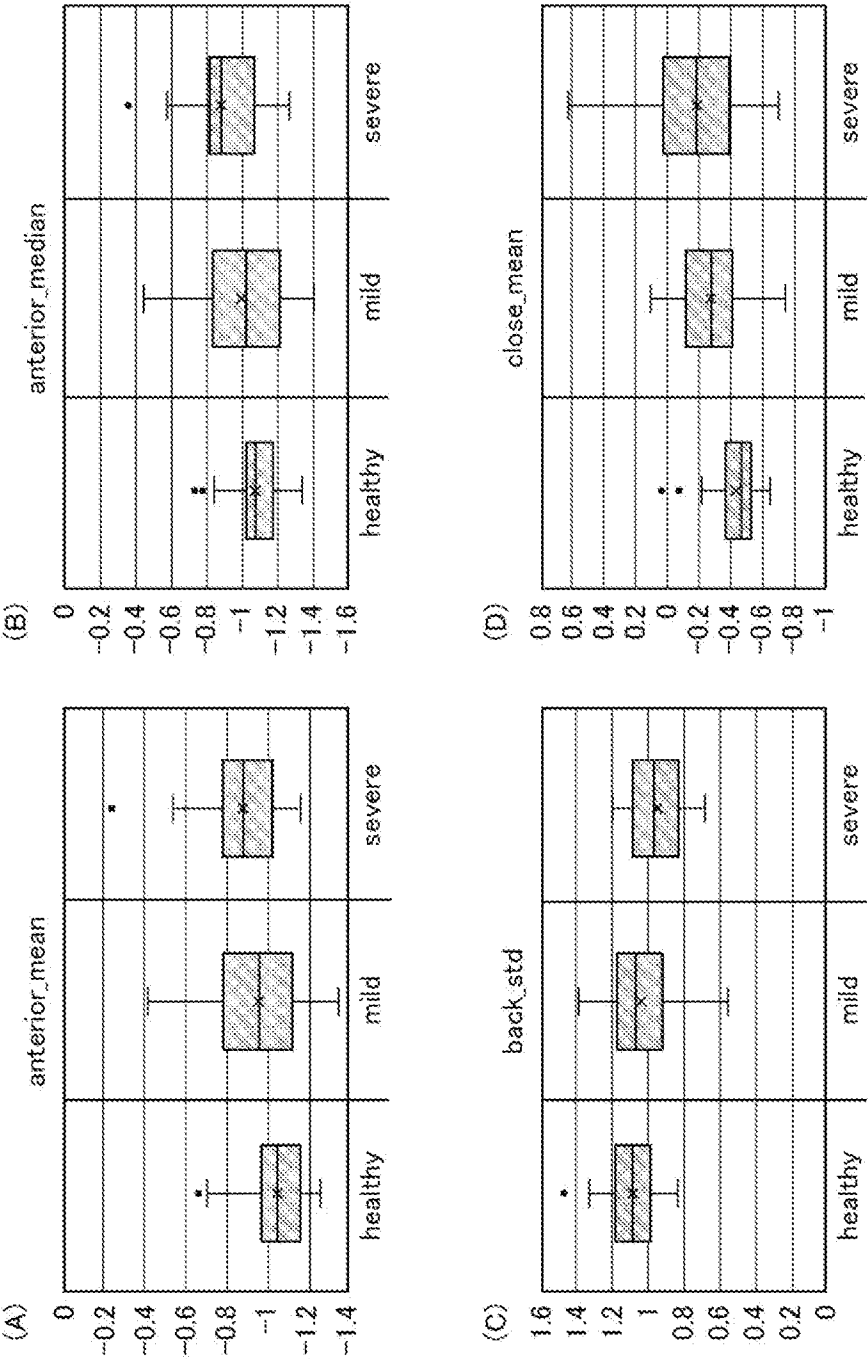
[図14]



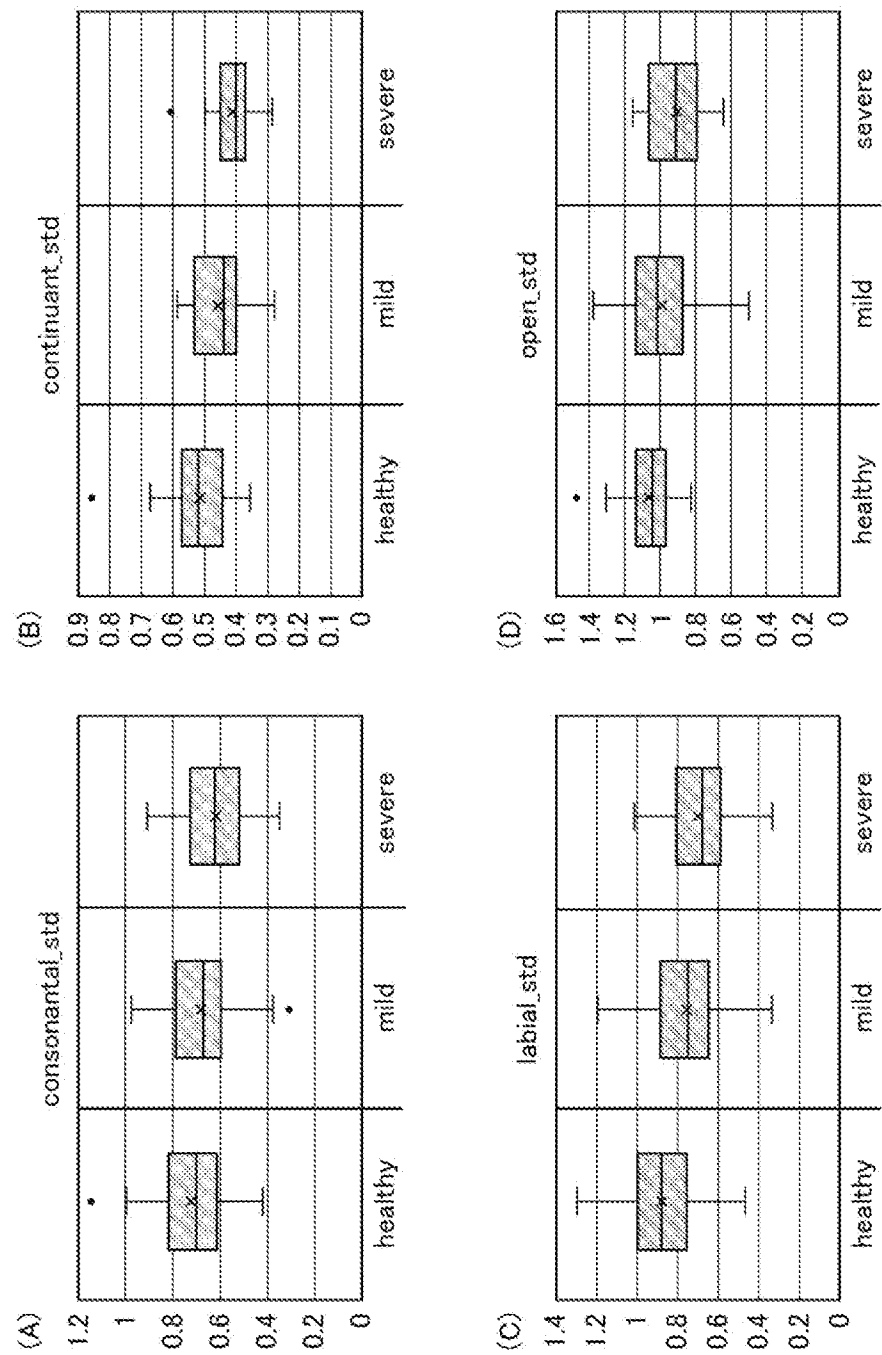
[図15]



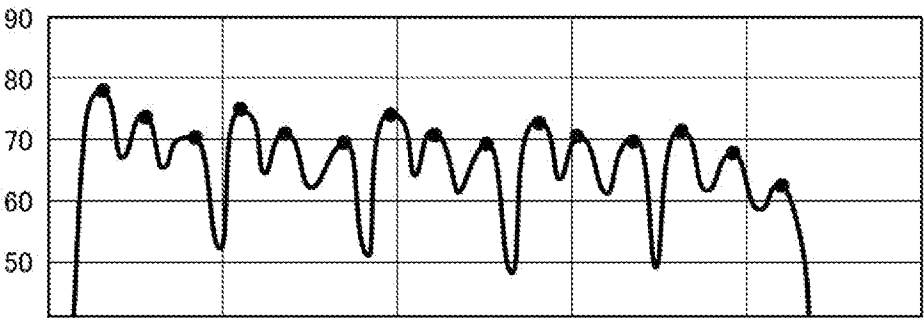
[図16]



[図17]



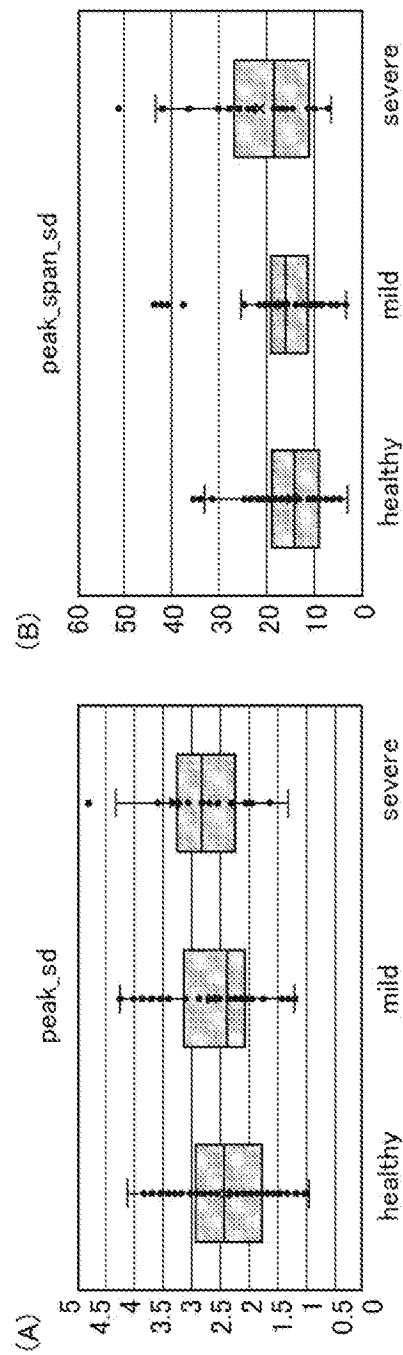
[図18]



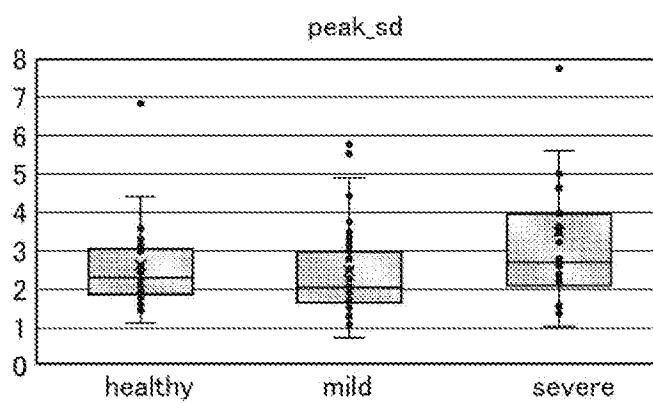
[図19]

(vs. 嚙下評価)	peak_ave	peak_sd	peak_span_ave	peak_span_sd
Ph09 軽度以上検知	1.041	0.069	0.230	0.095
Ph09 中等度以上検知	0.196	0.004	0.627	0.005
Ph10 軽度以上検知	0.836	1.719	1.271	0.609
Ph10 中等度以上検知	0.044	0.030	2.557	0.521

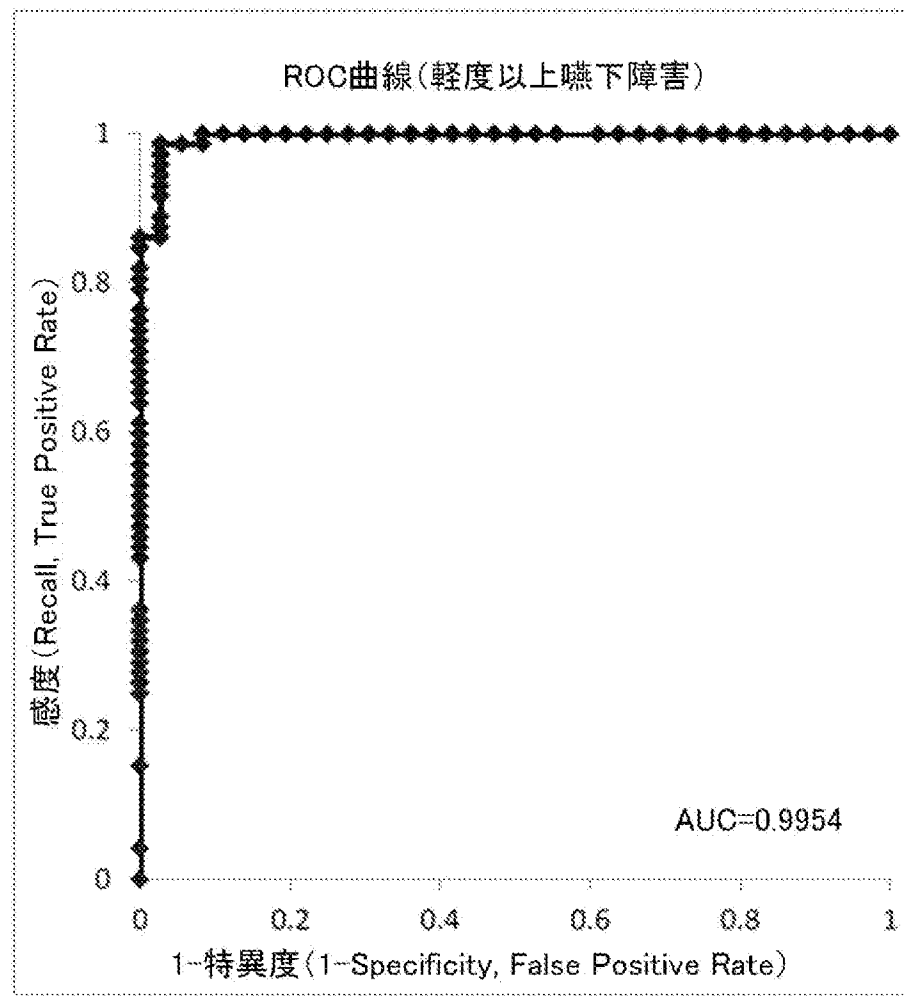
[図20]



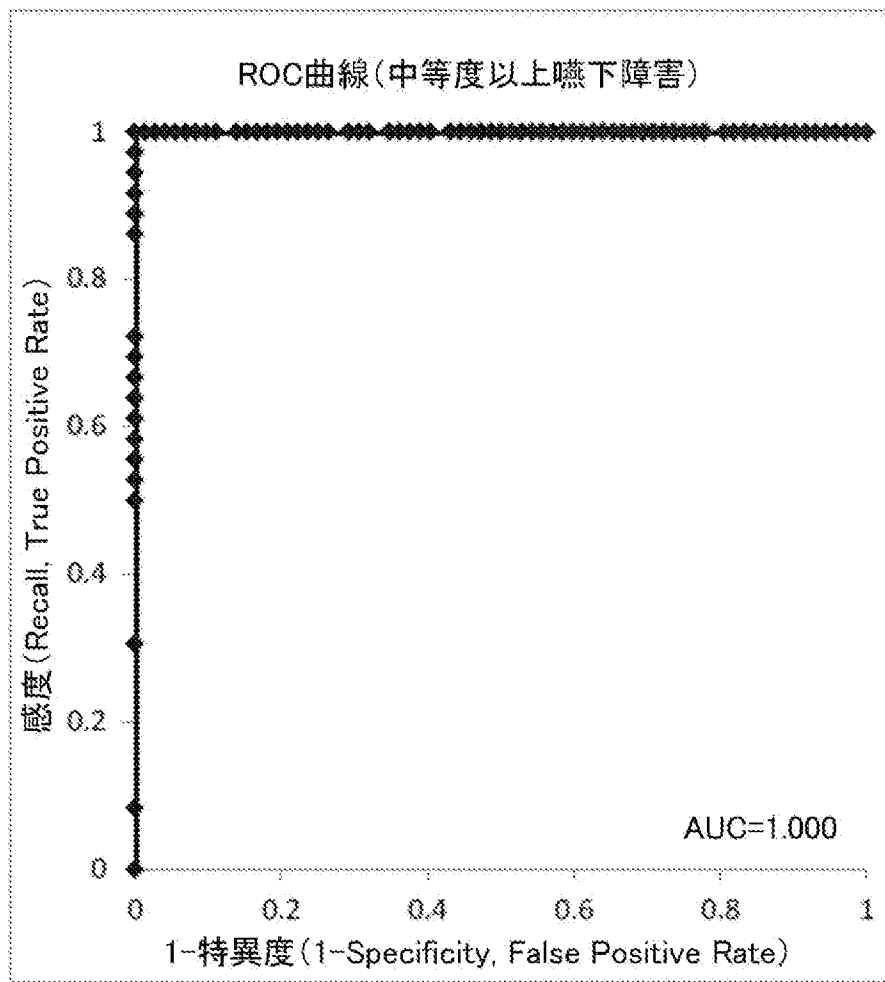
[図21]



[図22]



[図23]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/036558

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>A61B 5/11</i> (2006.01)i; <i>G10L 25/09</i> (2013.01)i; <i>G10L 25/15</i> (2013.01)i; <i>G10L 25/18</i> (2013.01)i; <i>G10L 25/24</i> (2013.01)i; <i>G10L 25/66</i> (2013.01)i FI: A61B5/11 310; G10L25/66; G10L25/15; G10L25/24; G10L25/18; G10L25/09 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; G10L25/09; G10L25/15; G10L25/18; G10L25/24; G10L25/66 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 <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>WO 2019/225242 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 28 November 2019 (2019-11-28) claims 1-18, paragraphs [0042]-[0095], [0127]-[0132], [0134]-[0136], [0187], fig. 3-12, 15-18</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td colspan="3"> ☐ 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 </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Date of the actual completion of the international search 06 December 2022 </td> <td> Date of mailing of the international search report 13 December 2022 </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan </td> <td> Authorized officer Telephone No. </td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	X	WO 2019/225242 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 28 November 2019 (2019-11-28) claims 1-18, paragraphs [0042]-[0095], [0127]-[0132], [0134]-[0136], [0187], fig. 3-12, 15-18	1-12	☐ 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 06 December 2022		Date of mailing of the international search report 13 December 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.
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.															
X	WO 2019/225242 A1 (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 28 November 2019 (2019-11-28) claims 1-18, paragraphs [0042]-[0095], [0127]-[0132], [0134]-[0136], [0187], fig. 3-12, 15-18	1-12															
☐ 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 06 December 2022		Date of mailing of the international search report 13 December 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/JP2022/036558

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
WO	2019/225242	A1	28 November 2019	CN	112135564	A

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; G10L 25/09(2013.01)i; G10L 25/15(2013.01)i; G10L 25/18(2013.01)i; G10L 25/24(2013.01)i; G10L 25/66(2013.01)i FI: A61B5/11 310; G10L25/66; G10L25/15; G10L25/24; G10L25/18; G10L25/09										
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; G10L25/09; G10L25/15; G10L25/18; G10L25/24; G10L25/66 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> 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 - 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									
C. 関連すると認められる文献 <table border="1"> <thead> <tr> <th>引用文献の カテゴリー*</th> <th>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</th> <th>関連する 請求項の番号</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>W0 2019/225242 A1（パナソニックIPマネジメント株式会社）28.11.2019（2019 - 11 - 28） 請求項1-18、[0042]-[0095], [0127]-[0132], [0134]-[0136], [0187]、図3-12, 15-18</td> <td>1-12</td> </tr> </tbody> </table>			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	W0 2019/225242 A1（パナソニックIPマネジメント株式会社）28.11.2019（2019 - 11 - 28） 請求項1-18、[0042]-[0095], [0127]-[0132], [0134]-[0136], [0187]、図3-12, 15-18	1-12		
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	W0 2019/225242 A1（パナソニックIPマネジメント株式会社）28.11.2019（2019 - 11 - 28） 請求項1-18、[0042]-[0095], [0127]-[0132], [0134]-[0136], [0187]、図3-12, 15-18	1-12								
☐ 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、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献										
国際調査を完了した日 06.12.2022		国際調査報告の発送日 13.12.2022								
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） 門田 宏 2Q 9224 電話番号 03-3581-1101 内線 3292								

国際出願番号
PCT/JP2022/036558

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO 2019/225242 A1	28.11.2019	CN 112135564 A	