

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6672478号
(P6672478)

(45) 発行日 令和2年3月25日(2020.3.25)

(24) 登録日 令和2年3月6日(2020.3.6)

(51) Int.Cl.		F I			
A 6 1 B	7/04	(2006.01)	A 6 1 B	7/04	L
A 6 1 B	5/08	(2006.01)	A 6 1 B	7/04	A
			A 6 1 B	5/08	

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2018-558046 (P2018-558046)	(73) 特許権者	000005016
(86) (22) 出願日	平成29年12月20日 (2017.12.20)		パイオニア株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2017/045777		東京都文京区本駒込二丁目28番8号
(87) 国際公開番号	W02018/117171	(74) 代理人	100104765
(87) 国際公開日	平成30年6月28日 (2018.6.28)		弁理士 江上 達夫
審査請求日	令和1年6月5日 (2019.6.5)	(74) 代理人	100107331
(31) 優先権主張番号	特願2016-246559 (P2016-246559)		弁理士 中村 聡延
(32) 優先日	平成28年12月20日 (2016.12.20)	(72) 発明者	亀谷 隆真
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		埼玉県川越市山田25番地1 パイオニア株式会社 川越事業所内
		審査官	▲高▼原 悠佑

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 生体音解析方法、プログラム、記憶媒体及び生体音解析装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

生体音を解析する生体音解析装置に利用される生体音解析方法であって、
 生体音の経時的な変化を示す情報である第1情報を取得する第1取得工程と、
 前記第1情報における、異常音が発生しているタイミングを示す第2情報を取得する第2取得工程と、
 前記第1情報と前記第2情報との対応関係を学習する学習工程と、
 前記学習工程による学習結果に基づいて、入力された生体音情報に含まれる異常音を判別する判別工程と、
 前記第1情報における前記異常音の発生の有無を示す第3情報を取得する第3取得工程と、
 前記第1情報及び前記学習工程による前記学習結果に基づいて、前記第1情報が取得された期間に対する、前記異常音が発生している期間の割合を示す第4情報を算出する算出工程と、
 前記第3情報及び前記第4情報に基づいて、前記入力された生体音情報に異常音が含まれるか否かを判定するための閾値を決定する決定工程と、
 を含むことを特徴とする生体音解析方法。

【請求項2】

前記第1情報に基づいて、前記第1情報における特徴量を示す特徴量情報を生成する第1生成工程を更に含み、

前記学習工程は、前記第 1 情報と前記第 2 情報との対応関係に代えて、前記特徴量情報と前記第 2 情報との対応関係を学習する

ことを特徴とする請求項 1 に記載の生体音解析方法。

【請求項 3】

前記第 1 情報及び前記第 2 情報を所定のフレーム単位に分割する分割工程を更に備え、前記学習工程は、前記所定のフレーム単位で学習する

ことを特徴とする請求項 1 又は 2 に記載の生体音解析方法。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の生体音解析方法を、前記生体音解析装置に実行させるためのプログラム。

10

【請求項 5】

請求項 4 に記載のプログラムを記憶した記憶媒体。

【請求項 6】

生体音に関する生体音情報を取得する第 1 取得部と、

学習結果に基づいて、前記生体音に含まれる異常音を判別する判別部と、
を備え、

前記学習結果は、生体音の経時的な変化を示す情報である第 1 情報と、前記生体音における異常音が発生しているタイミングを示す第 2 情報とに基づいて、前記第 1 情報と前記第 2 情報との対応関係を学習した学習結果であり、

前記第 1 情報における前記異常音の発生の有無を示す第 3 情報を取得する第 3 取得部と

20

前記第 1 情報及び前記学習結果に基づいて、前記第 1 情報が取得された期間に対する、前記異常音が発生している期間の割合を示す第 4 情報を算出する算出部と、

前記第 3 情報及び前記第 4 情報に基づいて、前記生体音情報に異常音が含まれるか否かを判定するための閾値を決定する決定部と、

を更に備えることを特徴とする生体音解析装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば呼吸音等の生体音を解析する生体音解析方法、プログラム、記憶媒体及び生体音解析装置の技術分野に関する。

30

【背景技術】

【0002】

電子聴診器等によって検出される生体の呼吸音について、そこに含まれる異常音（即ち、正常な呼吸音とは異なる音）を検出しようとする装置が知られている。例えば特許文献 1 には、呼吸音に含まれる複数の異常音（副雑音）を、音種別に分解して検出するという技術が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

40

【特許文献 1】国際公開第 2016/002004 号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

生体音に含まれている異常音に関する解析を行う場合、取得された生体音情報と、予め記憶している異常音情報（具体的には、実際に異常音が発生している場合の生体音情報）とを比較することで、異常音の発生を判断することが可能である。しかしながら、生体音情報は個人差や測定環境等に応じて変動するため、単に情報を比較するだけでは、異常音が発生しているか否かを正確に判断することは難しい。このため、適切な判断基準を設定しておかなければ、異常音が発生しているのに検出できない、或いは異常音発生していな

50

いの誤って検出してしまうという技術的問題点が生ずる。

【0005】

本発明が解決しようとする課題には、上記のようなものが一例として挙げられる。本発明は、生体音に含まれる異常音を好適に解析可能な生体音解析方法、プログラム、記憶媒体及び生体音解析装置を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するための生体音解析方法は、生体音を解析する生体音解析装置に利用される生体音解析方法であって、生体音に関する第1情報を取得する第1取得工程と、前記第1情報における、異常音が発生しているタイミングを示す第2情報を取得する第2取得工程と、前記第1情報と前記第2情報との対応関係を学習する学習工程と、前記学習工程による学習結果に基づいて、入力された生体音情報に含まれる異常音を判別する判別工程と、を含む。

10

【0007】

上記課題を解決するためのプログラムは、上述した生体音解析方法を、前記生体音解析装置に実行させる。

【0008】

上記課題を解決するための記憶媒体は、上述したプログラムを記憶している。

【0009】

上記課題を解決するための生体音解析装置は、生体音に関する生体音情報を取得する第1取得部と、学習結果に基づいて、前記生体音に含まれる異常音を判別する判別部と、を備え、前記学習結果は、生体音に関する第1情報と、前記生体音における異常音が発生しているタイミングを示す第2情報とに基づいて、前記第1情報と前記第2情報との対応関係を学習した学習結果である。

20

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】本実施例に係るフレーム判定学習器の構成を示すブロック図である。

【図2】本実施例に係るフレーム判定学習動作の流れを示すフローチャートである。

【図3】教師音声信号のフレーム分割処理を示す概念図である。

【図4】第1局所特徴量の算出処理を示すフローチャートである。

30

【図5】第2局所特徴量の算出処理を示すフローチャートである。

【図6】波形及びスペクトラムから得られる局所特徴量ベクトルを示す図である。

【図7】局所特徴量と対応付けられる教師フレーム情報を示す図である。

【図8】本実施例に係る閾値決定部の構成を示すブロック図である。

【図9】ROC解析の処理内容の一例を示す概念図である。

【図10】本実施例に係る最適閾値決定動作の流れを示すフローチャートである。

【発明を実施するための形態】

【0011】

< 1 >

本実施形態に係る生体音解析方法は、生体音を解析する生体音解析装置に利用される生体音解析方法であって、生体音に関する第1情報を取得する第1取得工程と、前記第1情報における、異常音が発生しているタイミングを示す第2情報を取得する第2取得工程と、前記第1情報と前記第2情報との対応関係を学習する学習工程と、前記学習工程による学習結果に基づいて、入力された生体音情報に含まれる異常音を判別する判別工程と、を含む。

40

【0012】

本実施形態に係る生体音解析方法によれば、生体音（例えば、呼吸音）に関する第1情報が取得されると共に、第1情報における異常音（例えば、副雑音）が発生しているタイミングを示す第2情報が取得される。第1情報は、生体音の経時的な変化を示す情報（例えば生体音を示す時間軸波形）として取得される。一方で、第2情報は、第1情報にお

50

る異常音が発生しているタイミングを正確に示す情報であることが望まれる。このため、第2情報は、第1情報を利用して予め用意された情報であることが好ましい。

【0013】

第1情報及び第2情報が取得されると、第1情報と第2情報との対応関係が学習される。具体的には、第1情報から第2情報を導き出すためのパラメータが学習される。このパラメータは複数種類存在してもよい。学習工程は、学習結果をより正確なものとするために、複数の第1情報及び第2情報を利用して、複数回実行されることが好ましい。

【0014】

学習工程後には、学習結果に基づいて、入力された生体音情報に含まれる異常音が判別される。なお「入力された生体音情報」とは、本実施形態に係る生体音解析方法の解析対象となる生体音に関する情報であり、上述した第1情報や第2情報とは別に入力されるものである。本実施形態では特に、第1情報と第2情報との対応関係が予め学習されているため、入力された生体音情報から異常音が発生しているタイミングを正確に判定できる。よって、生体音情報に含まれる異常音を好適に判別することが可能である。

【0015】

< 2 >

本実施形態に係る生体音解析方法の一態様では、前記第1情報に基づいて、前記第1情報における特徴量を示す特徴量情報を生成する第1生成工程を更に含み、前記学習工程は、前記第1情報と前記第2情報との対応関係に代えて、前記特徴量情報と前記第2情報との対応関係を学習する。

【0016】

この態様によれば、第1情報が取得されると、第1情報における特徴量を示す特徴量情報が生成される。なお「特徴量」とは、生体音に含まれる異常音を判別するために利用可能な特徴の大きさ(度合い)を示す値である。

【0017】

本態様では特に、第1情報と第2情報との対応関係に代えて、特徴量情報と第2情報との対応関係が学習される。従って、入力された生体音情報に含まれる異常音を判別するために、より適した学習結果が得られる。

【0018】

< 3 >

本実施形態に係る生体音解析方法の一態様では、前記第1情報及び前記第2情報を所定のフレーム単位に分割する分割工程を更に備え、前記学習工程は、前記所定のフレーム単位で学習する。

【0019】

この態様によれば、学習が行われる間に、第1情報及び第2情報が所定のフレーム単位に分割される。所定のフレーム単位は、より容易に適切な学習結果が得られるような期間として設定されている。このため、所定のフレーム単位で学習を行うことで、より好適に学習結果を得ることが可能とある。

【0020】

< 4 >

本実施形態に係る生体音解析方法の一態様では、前記第1情報における前記異常音の発生の有無を示す第3情報を取得する第3取得工程と、前記第1情報及び前記学習工程による前記学習結果に基づいて、前記第1情報が取得された期間に対する、前記異常音が発生している期間の割合を示す第4情報を算出する算出工程と、前記第3情報及び前記第4情報に基づいて、前記入力された生体音情報に異常音が含まれるか否かを判定するための閾値を決定する決定工程と、を更に含む。

【0021】

この態様によれば、第1情報における異常音の発生の有無を示す第3情報が取得される。第3情報は、第1情報における異常音の発生の有無を正確に示す情報であることが望まれる。このため、第3情報は、第1情報を利用して予め用意された情報であることが好ま

10

20

30

40

50

しい。

【0022】

本態様では更に、第1情報及び学習結果に基づいて、第1情報が取得された期間に対する、異常音が発生している期間の割合を示す第4情報が算出される。具体的には、第1情報が学習結果を利用して解析されることで、第4情報が算出される。

【0023】

第3情報が取得され第4情報が算出されると、第3情報及び第4情報に基づいて、入力された生体音情報に異常音が含まれるか否かを判定するための閾値が決定される。この閾値は、入力された生体音情報に含まれる異常音を判別する際に、実際に異常音が含まれるか否かを判別するための閾値であり、具体的には、入力された生体音情報が取得された期間に対する、異常音が発生している期間の割合を示す値と比較される閾値である。

10

【0024】

この閾値を利用すれば、例えば入力された生体音情報に関する異常音が発生している期間の割合が、決定された閾値以上である場合に異常音が発生していると判定できる。一方で、入力された生体音情報に関する異常音が発生している期間の割合が、決定された閾値未満である場合に異常音が発生していないと判定できる。

【0025】

本態様では特に、閾値が学習結果を利用して算出された第4情報に基づいて決定されるため、異常音の発生の有無をより正確に判定することが可能である。

【0026】

< 5 >

本実施形態に係るプログラムは、上述した生体音解析方法を、前記生体音解析装置に実行させる。

20

【0027】

本実施形態に係るプログラムによれば、上述した本実施形態に係る生体音解析方法を実行させることができるため、生体音情報に含まれる異常音を好適に判別することが可能である。

【0028】

< 6 >

本実施形態に係る記憶媒体は、上述したプログラムを記憶している。

30

【0029】

本実施形態に係る記憶媒体によれば、上述した本実施形態に係るプログラムを実行させることができるため、生体音情報に含まれる異常音を好適に判別することが可能である。

【0030】

< 7 >

本実施形態に係る生体音解析装置は、生体音に関する生体音情報を取得する第1取得部と、学習結果に基づいて、前記生体音に含まれる異常音を判別する判別部と、を備え、前記学習結果は、生体音に関する第1情報と、前記生体音における異常音が発生しているタイミングを示す第2情報とに基づいて、前記第1情報と前記第2情報との対応関係を学習した学習結果である。

40

【0031】

本実施形態に係る生体音解析装置によれば、上述した生体音解析方法と同様に、学習結果に基づいて、生体音情報に含まれる異常音を好適に判別することが可能である。

【0032】

なお、本実施形態に係る生体音解析装置においても、上述した本実施形態に係る生体音解析方法における各種態様と同様の各種態様を採ることが可能である。

【0033】

本実施形態に係る生体音解析方法、プログラム、記憶媒体及び生体音解析装置の作用及び他の利得については、以下に示す実施例において、より詳細に説明する。

【実施例】

50

【 0 0 3 4 】

以下では、生体音解析方法、プログラム、記憶媒体及び生体音解析装置の実施例について、図面を参照しながら詳細に説明する。なお、以下では、呼吸音の解析を行う生体音解析方法を例に挙げて説明する。

【 0 0 3 5 】

< 教師データ >

まず、本実施例に係る生体音解析方法で用いられる教師データについて説明する。

【 0 0 3 6 】

教師データは、教師音声信号、教師フレーム情報、及び教師全体情報の3つの情報を1セットとするデータであり、事前に複数セット用意される。

10

【 0 0 3 7 】

教師音声信号は、呼吸音の経時的変化を示す信号（例えば、時間軸波形）である。教師フレーム情報は、教師音声信号における異常音の発生タイミングを音種毎に示す情報である。教師全体情報は、教師音声信号における異常音の発生の有無を音種毎に示す情報である。

【 0 0 3 8 】

教師データは、後述する学習動作に利用されるものであり、数が多いほど学習効果（言い換えれば、生体音解析の精度）を高めることができる。

【 0 0 3 9 】

< フレーム判定学習 >

次に、本実施例に係る生体音解析方法のフレーム判定学習について、図1から図7を参照して説明する。なお、フレーム判定学習とは、異常音の発生をフレーム単位で判定するフレーム判定処理の判定精度を高めるための学習動作である。

20

【 0 0 4 0 】

< 学習器の構成 >

まず、フレーム判定学習に用いられるフレーム判定学習器の構成について、図1を参照して説明する。図1は、本実施例に係るフレーム判定学習器の構成を示すブロック図である。

【 0 0 4 1 】

図1に示すように、本実施例に係るフレーム判定学習器は、教師音声信号入力部110と、教師フレーム情報入力部120と、処理部200と、学習結果出力部300とを備えて構成されている。

30

【 0 0 4 2 】

教師音声信号入力部110は、教師データに含まれる教師音声信号を取得して、処理部200に出力可能に構成されている。

【 0 0 4 3 】

教師フレーム情報入力部120は、教師データに含まれる教師フレーム情報を取得して、処理部200に出力可能に構成されている。

【 0 0 4 4 】

処理部200は、複数の演算回路やメモリ等を含んで構成されている。処理部200は、フレーム分割部210と、第1局所特徴量算出部220と、周波数解析部230と、第2局所特徴量算出部240と、学習部250とを備えて構成されている。

40

【 0 0 4 5 】

フレーム分割部210は、教師音声信号入力部110から入力された教師音声信号を複数のフレームに分割する分割処理を実行可能に構成されている。フレーム分割部210で分割された呼吸音信号は、第1局所特徴量算出部220及び周波数解析部230に出力される構成となっている。

【 0 0 4 6 】

第1局所特徴量算出部220は、教師音声信号の波形に基づいて、第1局所特徴量を算出可能に構成されている。第1局所特徴量算出部220が実行する処理については、後に

50

詳述する。第1局所特徴量算出部220で算出された第1局所特徴量は、学習部250に出力される構成となっている。

【0047】

周波数解析部230は、教師音声信号入力部110から入力された教師音声信号に対して時間周波数解析処理（例えば、FFT処理等）を実行可能に構成されている。時間周波数解析部230の解析結果は、第2局所特徴量算出部240に出力される構成となっている。

【0048】

第2局所特徴量算出部240は、周波数解析部230の解析結果に基づいて、第2局所特徴量を算出可能に構成されている。第2局所特徴量算出部240が実行する処理については、後に詳述する。第2局所特徴量算出部240で算出された第2局所特徴量は、学習部250に出力される構成となっている。

10

【0049】

学習部250は、第1局所特徴量算出部220及び第2局所特徴量算出部240で算出された局所特徴量と、教師フレーム情報入力部120から入力される教師フレーム情報との対応関係を学習可能に構成されている。学習部250が実行する処理については、後に詳述する。学習部250の学習結果は、学習結果出力部300に出力される構成となっている。

【0050】

学習結果出力部300は、学習部250の学習結果を生体音の解析に利用できるように状態で出力可能に構成されている。例えば、学習結果出力部300は、学習部250の学習結果を、生体音解析装置のメモリ等に出力可能に構成されている。

20

【0051】

<動作説明>

次に、上述したフレーム判定学習器で実行されるフレーム判定学習動作の流れについて、図2を参照して説明する。図2は、本実施例に係るフレーム判定学習動作の流れを示すフローチャートである。

【0052】

図2に示すように、本実施例に係るフレーム学習動作時には、まず学習部250が初期化される（ステップS100）。続いて、教師音声信号入力部110によって教師音声信号が取得される（ステップS101）。教師音声信号入力部110は、取得した教師音声信号を処理部200に出力する。教師音声信号は、「第1情報」の一具体例である。

30

【0053】

続いて、フレーム分割部210によって、呼吸音が複数のフレームに分割される（ステップS102）。以下では、呼吸音信号のフレーム分割について、図3を参照して具体的に説明する。図3は、教師音声信号のフレーム分割処理を示す概念図である。

【0054】

図3に示すように、教師音声信号は、所定の間隔で複数のフレームに分割される。このフレームは、後述する局所特徴量の算出処理を好適に実行するための処理単位として設定されるものであり、1フレーム当たりの期間は、例えば12msecとされている。

40

【0055】

図2に戻り、フレーム分割された教師音声信号は、第1局所特徴量算出部220に入力され、第1局所特徴量が算出される（ステップS103）。また、フレーム分割された教師音声信号は、周波数解析部230によって周波数解析され、第2局所特徴量算出部240に入力される。第2局所特徴量算出部240では、周波数解析された教師音声信号（例えば、周波数特性を示すスペクトラム）に基づいて、第2局所特徴量が算出される。

【0056】

以下では、第1局所特徴量算出部220による第1局所特徴量の算出処理、及び第2局所特徴量算出部240による第2局所特徴量の算出処理について、図4から図6を参照して詳細に説明する。図4は、第1局所特徴量の算出処理を示すフローチャートである。図

50

5 は、第 2 局所特徴量の算出処理を示すフローチャートである。図 6 は、波形及びスペクトラムから得られる局所特徴量ベクトルを示す図である。

【 0 0 5 7 】

図 4 に示すように、第 1 局所特徴量の算出時には、まず教師音声信号の波形が取得され (ステップ S 2 0 1)、プリフィルター処理が施される (ステップ S 2 0 2)。プリフィルター処理は、例えばハイパスフィルターを用いた処理であり、教師音声信号に含まれる余分な成分を除去することが可能である。

【 0 0 5 8 】

続いて、プリフィルター処理が施された教師音声信号を用いて、局所分散値が算出される (ステップ S 2 0 3)。局所分散値は、例えば第 1 期間 w_1 における教師音声信号のばらつきを示す第 1 分散値、及び第 1 期間 w_1 を含む第 2 期間 w_2 における教師音声信号のばらつきを示す第 2 分散値として算出される。このようにして算出される局所分散値は、異常音の中でも特に断続性ラ音 (例えば、水泡音) を判定するための局所特徴量として機能する。

【 0 0 5 9 】

局所分散値が算出されると、教師音声信号の各フレームにおける局所分散値の最大値が算出され (ステップ S 2 0 4)、第 1 局所特徴量として出力される (ステップ S 2 0 5)。

【 0 0 6 0 】

図 5 に示すように、第 2 局所特徴量の算出時には、まず周波数解析によって得られたスペクトラムが取得され (ステップ S 3 0 1)、CMN (Cepstral Mean Normalization) 処理が実行される (ステップ S 3 0 2)。CMN 処理では、教師音声信号からセンサや環境等の定常的に畳み込まれている特性を除去することができる。

【 0 0 6 1 】

CMN 処理が施された教師音声信号には更に、包絡成分を抽出するためのリフタリング処理 (ステップ S 3 0 3) 及び微細成分を抽出するためのリフタリング処理 (ステップ S 3 0 4) が実行される。リフタリング処理は、ケプストラムから所定のケフレンシー成分をカットする処理である。

【 0 0 6 2 】

上述した CMN 処理及びリフタリング処理によれば、他の生体音に埋もれてしまう連続性ラ音 (例えば、類鼾音、笛声音、捻髪音等) を判別し易い状態にすることができる。なお、CMN 処理及びリフタリング処理については、既存の技術であるため、ここでのより詳細な説明については省略する。

【 0 0 6 3 】

微細成分を抽出するリフタリング処理が行われた教師音声信号については、KL 情報量を用いた強調処理が実行され特徴量が算出される。KL 情報量は、観測値 P と基準値 Q (例えば、理論値、モデル値、予測値等) とを用いて算出されるパラメータであり、基準値 Q に対して特徴のある観測値 P が現れると、KL 情報量は大きな値として算出される。KL 情報量を用いた処理によれば、教師音声信号に含まれているトーン性成分 (即ち、連続性ラ音を判別するための成分) が強調され明確になる。

【 0 0 6 4 】

他方、周波数解析によって得られたスペクトラムには、H A A R - L I K E 特徴の算出も実行される (ステップ S 3 0 6)。H A A R - L I K E 特徴は主に画像処理の分野で用いられる技術であるが、ここでは周波数ごとの振幅値を画像処理における画素値に対応付けることによって、同様の手法でスペクトラムから算出される。なお、H A A R - L I K E 特徴の算出については、既存の技術であるため、ここでの詳細な説明は省略する。

【 0 0 6 5 】

以上のように教師音声信号に対し各種処理を施して複数の特徴量が周波数ごとに算出されると、周波数帯域別に平均値が算出され (ステップ S 3 0 7)、第 2 局所特徴量として出力される (ステップ S 3 0 7)。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 6 】

図 6 に示すように、呼吸音信号の波形及びスペクトラムからは、上述した処理によって、複数種類の局所特徴量（即ち、第 1 局所特徴量及び第 2 局所特徴量）が得られる。これらは、フレーム毎に局所特徴量ベクトルとして出力される。

【 0 0 6 7 】

再び図 2 に戻り、局所特徴量が算出されると、続いて教師フレーム情報入力部 1 2 0 により、教師フレーム情報が取得される（ステップ S 1 0 6）。教師フレーム情報は、「第 2 情報」の一具体例である。取得された教師フレーム情報は、局所特徴量と共に学習部 2 5 0 に出力される。

【 0 0 6 8 】

以下では、学習部 2 5 0 における学習動作について、図 7 を参照して説明する。図 7 は、局所特徴量と対応付けられる教師フレーム情報を示す図である。

【 0 0 6 9 】

図 7 に示すように、学習部 2 5 0 では、局所特徴量と、教師フレーム情報とが、フレーム毎に對のデータとしてセットされる（ステップ S 1 0 7）。これにより、局所特徴量と異常音の発生タイミングとが対応付けられる。

【 0 0 7 0 】

より具体的には、異常音が発生しているタイミングを示す教師フレーム情報と対応付けられた局所特徴量ベクトルは、異常音が発生している場合の局所特徴量として学習されることになる。他方、異常音が発生していないタイミングを示す教師フレーム情報と対応付けられた局所特徴量ベクトルは、異常音が発生していない場合の局所特徴量として学習されることになる。

【 0 0 7 1 】

再び図 2 に戻り、上述した局所特徴量と教師フレーム情報との対応づけはフレーム毎に実行されるため、セットが完了すると、全てのフレームについてセットが完了したか否かが判定され（ステップ S 1 0 8）、全フレームについてセットが完了していない場合には（ステップ S 1 0 8 : NO）、未セットのフレームについて再びステップ S 1 0 3 及び S 1 0 4 以降の処理が繰り返される。

【 0 0 7 2 】

一方、全てのフレームについてセットが完了した場合には（ステップ S 1 0 8 : YES）、複数の教師データ全てについて処理が完了したか否かが判定される（ステップ S 1 0 9）。そして、全ての教師データについて処理が完了していないと判定された場合には（ステップ S 1 0 9 : NO）、ステップ S 1 0 1 以降の処理が再び実行される。このように処理を繰り返すことで、全ての教師データの、全てのフレームについて、対応づけが行われることになる。

【 0 0 7 3 】

その後、実際に学習部 2 5 0 による学習処理が実行される（ステップ S 1 1 0）。学習処理は、例えば Ada Boost 等の機械学習アルゴリズムを利用して行われる。なお、学習処理には、上述した Ada Boost の他、既存の手法を適宜採用することができるため、ここでの詳細な説明は省略する。

【 0 0 7 4 】

上述した学習処理は異常音の音種毎に行われるため、処理終了後には、全音種について学習処理が終了したか否かが判定され、（ステップ S 1 1 1）、全音種について学習処理が完了していない場合には（ステップ S 1 1 1 : NO）、未完了の音種について再びステップ S 1 1 0 の学習処理が実行される。

【 0 0 7 5 】

一方、全ての音種について学習処理が完了した場合には（ステップ S 1 1 1 : YES）、生体音解析装置に学習結果が出力される（ステップ S 1 1 2）。

【 0 0 7 6 】

< フレーム判定学習による効果 >

10

20

30

40

50

上述したフレーム判定学習の学習結果は、生体音解析装置による呼吸音の解析に利用される。呼吸音の解析時には、上述したフレーム判定学習動作における教師音声信号に対する処理と同様の処理が、解析対象である呼吸音信号に対して実行される。具体的には、入力された呼吸音信号がフレーム分割され、フレームごとに局所特徴量が算出される。

【0077】

本実施例では、上述した学習動作により、局所特徴量と異常音の発生タイミングとの関係が学習されているため、呼吸音から算出された局所特徴量を利用して、好適に異常音の発生タイミング（言い換えれば、異常音が発生しているフレームの時間的位置）を検出することができる。よって、学習動作を事前に行わない場合と比べると、極めて正確に異常音の判別を行うことができる。

【0078】

<最適閾値の決定>

次に、本実施例に係る最適閾値決定動作について、図8及び図10を参照して説明する、なお、最適閾値決定動作とは、異常音が発生していると判定された期間の割合に基づいて、実際の異常音の発生の有無を判定する際に用いられる閾値を、最適な値として決定するための動作である。

【0079】

<閾値決定部の構成>

まず、最適閾値決定動作を実行する閾値決定部の構成について、図8を参照して説明する。図8は、本実施例に係る閾値決定部の構成を示すブロック図である。

【0080】

図8に示すように、本実施例に係る閾値決定部は、フレーム判定結果入力部410と、教師全体情報入力部420と、決定部500と、閾値出力部600とを備えて構成されている。

【0081】

フレーム判定結果入力部410は、学習結果を利用した教師音声信号のフレーム判定処理（即ち、フレーム毎に異常音が発生しているか否かを判定する処理）の結果を取得して、決定部500に出力可能に構成されている。

【0082】

教師全体情報入力部120は、教師データに含まれる教師全体情報を取得して、決定部500に出力可能に構成されている。

【0083】

決定部500は、大局特徴量算出部510と、ROC解析（Receiver Operating Characteristic analysis）部520と、最適閾値算出部530とを備えて構成されている。

【0084】

大局特徴量算出部510は、フレーム判定処理の判定結果に基づいて、教師音声信号が入力された期間に対する、異常音が発生している発生時間の割合を算出可能に構成されている。大局特徴量算出部510で算出された異常音の発生時間の割合を示す情報は、ROC解析部520に出力される構成となっている。

【0085】

ROC解析部520は、異常音の発生時間の割合を示す情報と教師全体情報との関係に基づいて、異常音の発生時間の割合に対するある閾値とその閾値を用いて判別を行った場合の判別性能との関係性をROC曲線として取得するROC解析を実行可能に構成されている。なお、ROC解析については既存の技術であるため、ここでの詳細な説明は省略する。ROC解析部520の解析結果は、最適閾値算出部530に出力される構成となっている。

【0086】

最適閾値算出部530は、ROC解析部520の解析結果を利用して、異常音が発生している発生時間の割合から、異常音が実際に発生しているか否かを判定するための最適な閾値（ROC曲線において基準点（0, 1）に最も近い点を与える閾値）を算出すること

10

20

30

40

50

が可能に構成されている（図9参照）。最適閾値算出部530で算出された閾値は、閾値出力部600に出力される構成となっている。

【0087】

閾値出力部600は、最適閾値算出部530で算出された閾値を、生体音の解析に利用できるように態様で出力可能に構成されている。例えば、閾値出力部300は、最適閾値算出部530で算出された閾値を、生体音解析装置のメモリ等に出力可能に構成されている。

【0088】

<動作説明>

次に、上述した閾値決定部で実行される最適閾値決定動作の流れについて、図10を参照して説明する。図10は、本実施例に係る最適閾値決定動作の流れを示すフローチャートである。

【0089】

図10に示すように、本実施例に係る最適閾値決定動作時には、まずフレーム判定結果入力部410によって教師音声信号のフレーム判定結果が取得される（ステップS201）。続いて、全フレームのフレーム判定結果が取得されたか否かが判定される（ステップS202）。全フレームのフレーム判定結果が取得されていない場合には（ステップS202：NO）、未取得のフレームについて再びステップS201の処理が実行される。

【0090】

一方で、全フレームのフレーム判定結果が取得されている場合には（ステップS202：YES）、取得されたフレーム判定結果が、大局特徴量算出部510に出力され、教師音声信号の区間全体のフレーム数に対する、異常音が発生していると判定されたフレームの数の割合（即ち、大局特徴量）が算出される（ステップS203）。大局特徴量は、「第4情報」の一具体例である。

【0091】

続いて、教師全体情報入力部420によって教師データに含まれる教師全体情報が取得される（ステップS204）。教師全体情報は、「第3情報」の一具体例である。

【0092】

教師全体情報は、大局特徴量と共にROC解析部520に出力され、大局特徴量と教師全体情報が対のデータとしてセットされる（ステップS205）。即ち、異常音が発生していると判定されたフレームの数の割合と、異常音の発生の有無を示す情報とが対応づけられる。その後、全教師データについてセットが完了したか否かが判定される（ステップS206）。全教師データのセットが完了していない場合には（ステップS206：NO）、未セットの教師データについて再びステップS201以降の処理が実行される。

【0093】

一方で、全教師データのセットが完了している場合には（ステップS206：YES）、ROC解析部520によるROC解析が実行され、閾値と判別性能の関係がROC曲線として求められる（ステップS207）。ROC解析が終了すると、最適閾値算出部530によってROC解析結果に応じた最適な閾値が算出される（ステップS208）。

【0094】

上述したROC解析及び閾値算出処理は、異常音の音種毎に実行されるため、終了後には全音種について処理が終了したか否かが判定される（ステップS209）。そして、全音種について処理が完了していない場合には（ステップS209：NO）、未完了の音種について、ステップS207及びステップS208の処理が実行される。全音種について処理が完了している場合には（ステップS209：YES）、閾値が出力され（ステップS210）、一連の処理は終了する。

【0095】

<最適閾値決定による効果>

上述したように決定された閾値は、生体音解析装置による呼吸音の解析に利用される。例えば、呼吸音の解析時には、上述したフレーム判定学習動作における教師音声信号に対

10

20

30

40

50

する処理と同様の処理が、解析対象である呼吸音信号に対して実行される。具体的には、入力された呼吸音信号のフレーム判定結果から、呼吸音の取得期間に対する、異常音が発生している期間の割合（即ち、大局特徴量）が算出される。この結果、例えば異常音が発生している期間の割合が多い場合には、実際に異常音が発生していると判定できる。一方で、異常音が発生している期間の割合が少ない場合には、フレーム単位では異常音が検出されているものの、実際には異常音が発生していないと判定できる。

【0096】

このような異常音の有無に関する判定は、上述した最適閾値決定動作によって決定された閾値との比較によって実現される。具体的には、異常音が発生している期間の割合が閾値より大きい場合には異常音が発生していると判定でき、閾値より小さい場合には異常音が発生していないと判定できる。ここで本実施例では特に、上述した最適閾値決定動作において、大局特徴量と教師全体データ（即ち、異常音の発生の有無を示す情報）との対応づけが行われ、その結果として最適な閾値が算出されている。よって、呼吸音から算出された大局特徴量に基づいて、極めて正確に異常音の発生の有無を判別することができる。

10

【0097】

本発明は、上述した実施形態に限られるものではなく、特許請求の範囲及び明細書全体から読み取れる発明の要旨或いは思想に反しない範囲で適宜変更可能であり、そのような変更を伴う生体音解析方法、プログラム、記憶媒体及び生体音解析装置もまた本発明の技術的範囲に含まれるものである。

20

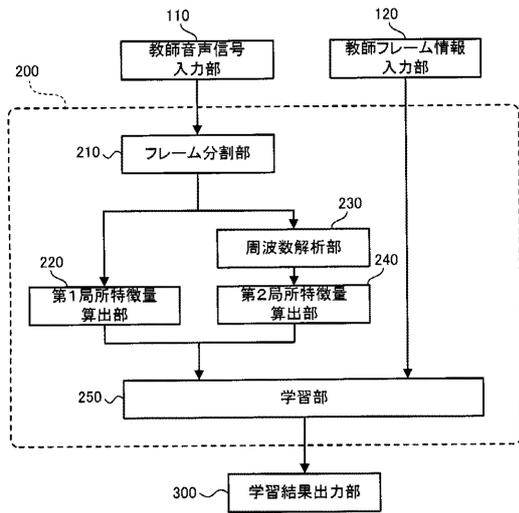
【符号の説明】

【0098】

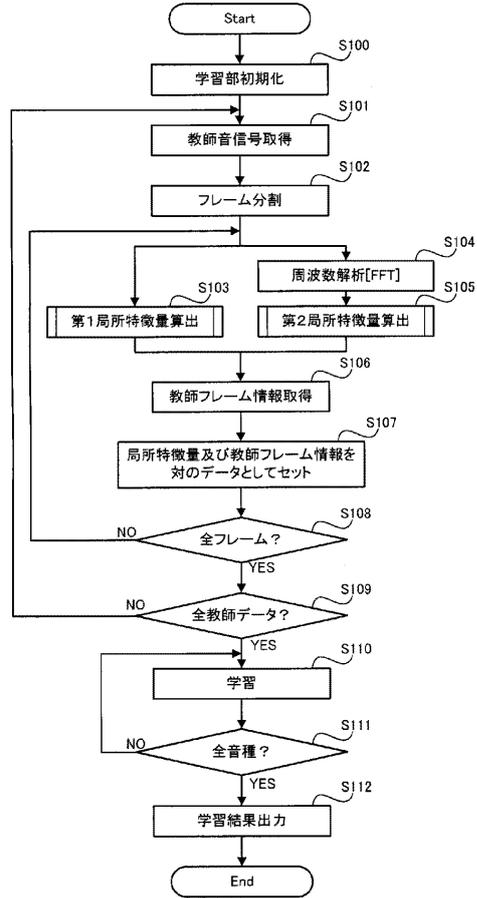
- 110 教師音声信号入力部
- 120 教師フレーム情報入力部
- 200 処理部
- 210 フレーム分割部
- 220 第1局所特徴量算出部
- 230 周波数解析部
- 240 第2局所特徴量算出部
- 250 学習部
- 300 学習結果出力部
- 410 フレーム判定結果入力部
- 420 教師全体情報入力部
- 500 決定部
- 510 大局特徴量算出部
- 520 ROC解析部
- 530 最適閾値算出部
- 600 閾値出力部

30

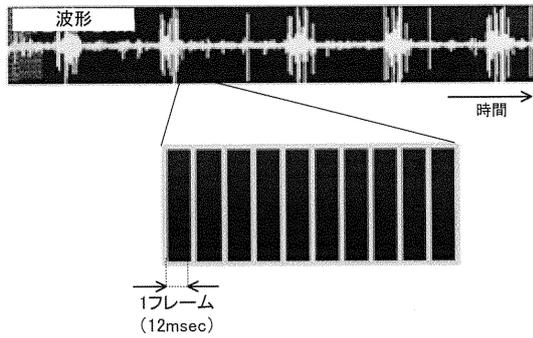
【図1】



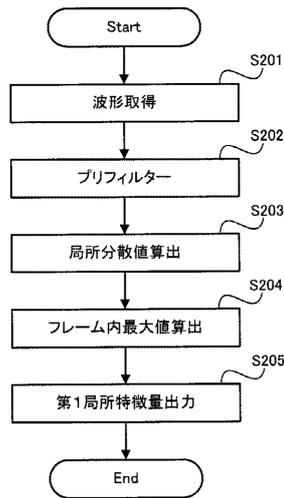
【図2】



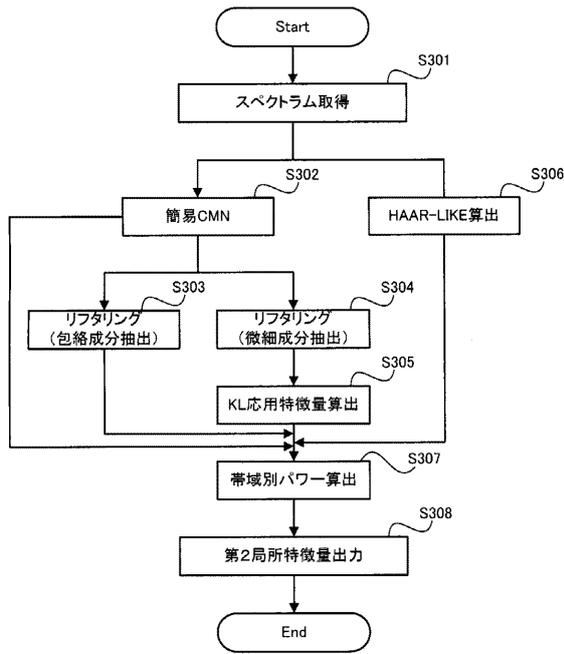
【図3】



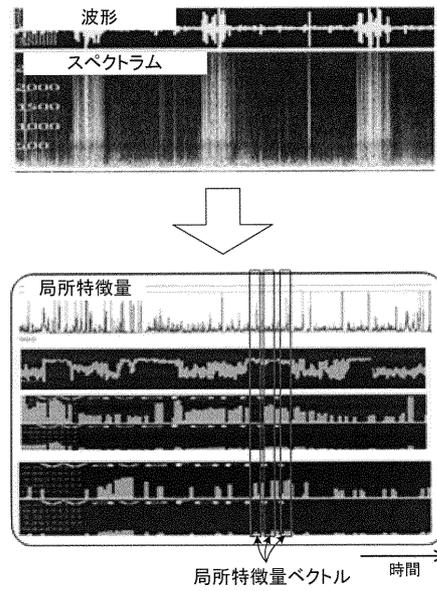
【図4】



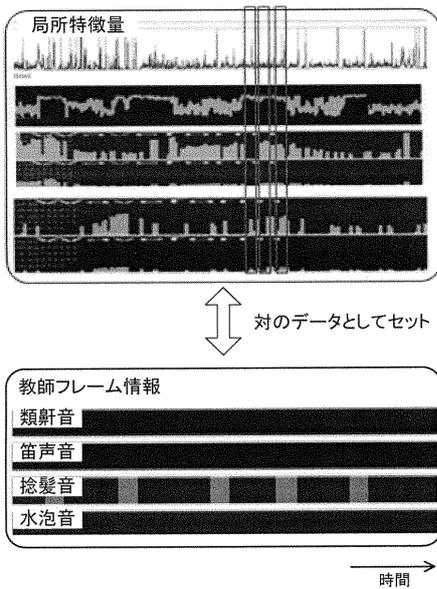
【図5】



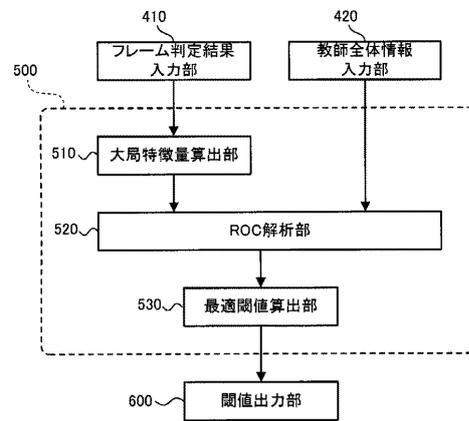
【図6】



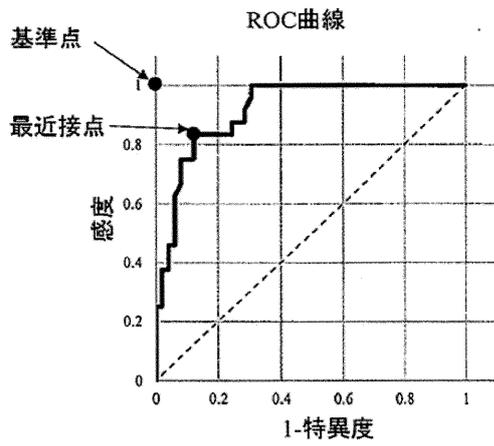
【図7】



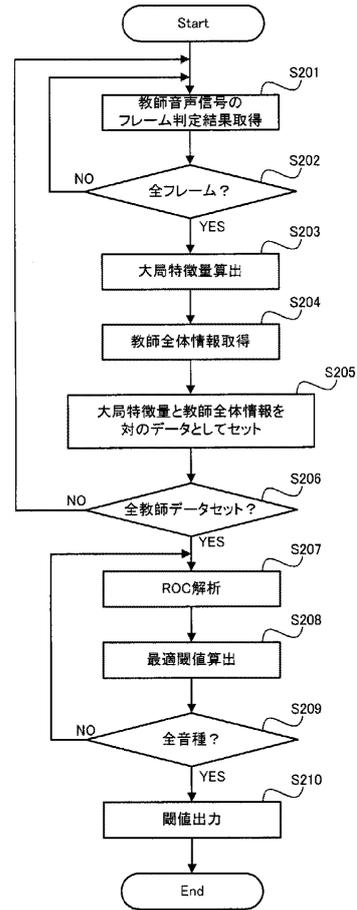
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2013-123494(JP,A)
特開2009-240527(JP,A)
国際公開第2011/114526(WO,A1)
特開2012-120688(JP,A)
特開2016-042162(JP,A)
特開2009-058970(JP,A)
CHARLESTON-VILLALOBOS, S., et al., Acoustic thoracic image of crackle sounds using linear and nonlinear processing techniques., Medical & biological engineering & computing ., 2011年 1月, Vol.49, No.1, p.15-24

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 7/00 - 7/04

A61B 5/02

A61B 5/08

G10L 25/66

JSTPlus/JMEDPlus/JST7580(JDreamIII)

PubMed