

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7639827号
(P7639827)

(45)発行日 令和7年3月5日(2025.3.5)

(24)登録日 令和7年2月25日(2025.2.25)

(51)国際特許分類		F I		
A 6 1 B	7/04 (2006.01)	A 6 1 B	7/04	A
A 6 1 B	5/08 (2006.01)	A 6 1 B	5/08	
A 6 1 B	5/00 (2006.01)	A 6 1 B	5/00	G

請求項の数 9 (全28頁)

(21)出願番号	特願2022-544942(P2022-544942)	(73)特許権者	000004237 日本電気株式会社 東京都港区芝五丁目7番1号
(86)(22)出願日	令和2年8月25日(2020.8.25)	(74)代理人	100124811 弁理士 馬場 資博
(86)国際出願番号	PCT/JP2020/032058	(74)代理人	100088959 弁理士 境 廣巳
(87)国際公開番号	WO2022/044130	(74)代理人	100097157 弁理士 桂木 雄二
(87)国際公開日	令和4年3月3日(2022.3.3)	(74)代理人	100187724 弁理士 唐鎌 睦
審査請求日	令和5年2月7日(2023.2.7)	(72)発明者	樋口 昌夫 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
		(72)発明者	野間 充

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 肺音分析システム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

心不全患者の肺音を含む時系列音響信号、前記心不全患者の性別、年齢、BMIおよび既往歴を取得する取得手段と、

前記取得された時系列音響信号から異常肺音を検知する検知手段と、

前記取得された時系列音響信号と前記検知の結果とを対応付けた分析対象肺音情報を専門医の端末装置へ送信し、前記時系列音響信号に対する前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報を前記端末装置から受信する所見獲得手段と、

前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報に基づいて、異常肺音を検知するための学習データを生成する生成手段と、

を備え、
前記所見獲得手段は、前記送信を行う前に、前記取得した前記心不全患者の性別、年齢、BMIおよび既往歴が事前に設定された性別、年齢層、BMI幅および既往歴に合致するか否かを判定し、合致する場合に限って、前記送信を行う、
肺音分析システム。

【請求項2】

前記所見獲得手段は、前記送信を行う前に、前記検知の結果で異常肺音が検知されているか否かを判定し、異常肺音が検知されている場合に限って、前記送信を行う
請求項1に記載の肺音分析システム。

【請求項3】

前記所見獲得手段は、前記送信を行う前に、前記時系列音響信号が前記学習データに利用されることについて前記心不全患者の利用同意が得られているか否かを判定し、前記利用同意が得られている場合に限って、前記送信を行う
請求項 1 または 2 に記載の肺音分析システム。

【請求項 4】

前記取得手段は、前記心不全患者の呼吸の休止相を判定し、前記判定の結果に従って、前記時系列音響信号を前記心不全患者の休止相の期間と休止相以外の期間とに分割する、請求項 1 乃至 3 の何れかに記載の肺音分析システム。

【請求項 5】

前記検知手段は、前記分割後の前記休止相以外の期間の前記時系列音響信号から肺音異常を検知する
請求項 4 に記載の肺音分析システム。

10

【請求項 6】

コンピュータによる肺音分析方法であって、
前記コンピュータが、心不全患者の肺音を含む時系列音響信号、前記心不全患者の性別、年齢、BMI および既往歴を取得し、
前記コンピュータが、前記取得された時系列音響信号から異常肺音を検知し、
前記コンピュータが、前記取得した前記心不全患者の性別、年齢、BMI および既往歴が事前に設定された性別、年齢層、BMI 幅および既往歴に合致するか否かを判定し、
前記コンピュータが、前記取得した前記心不全患者の性別、年齢、BMI および既往歴が
前記事前に設定された性別、年齢層、BMI 幅および既往歴に合致する場合に限って、前記取得された時系列音響信号と前記検知の結果とを対応付けた分析対象肺音情報を専門医の端末装置へ送信し、
前記コンピュータが、前記時系列音響信号に対する前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報を前記端末装置から受信し、
前記コンピュータが、前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報に基づいて、異常肺音を検知するための学習データを生成する
肺音分析方法。

20

【請求項 7】

前記コンピュータが、
前記送信では、前記送信を行う前に、前記検知の結果で異常肺音を検知されているか否かを判定し、異常肺音を検知されている場合に限って、前記送信を行う
請求項 6 に記載の肺音分析方法。

30

【請求項 8】

前記コンピュータが、
前記送信では、前記送信を行う前に、前記時系列音響信号が前記学習データに利用されることについて前記心不全患者の利用同意が得られているか否かを判定し、前記利用同意が得られている場合に限って、前記送信を行う
請求項 6 または 7 に記載の肺音分析方法。

【請求項 9】

コンピュータに、
心不全患者の肺音を含む時系列音響信号、前記心不全患者の性別、年齢、BMI および既往歴を取得する処理と、
前記取得された時系列音響信号から異常肺音を検知する処理と、
前記取得した前記心不全患者の性別、年齢、BMI および既往歴が事前に設定された性別、年齢層、BMI 幅および既往歴に合致するか否かを判定する処理と、
前記取得した前記心不全患者の性別、年齢、BMI および既往歴が前記事前に設定された性別、年齢層、BMI 幅および既往歴に合致する場合に限って、前記取得された時系列音響信号と前記検知の結果とを対応付けた分析対象肺音情報を専門医の端末装置へ送信し、
前記時系列音響信号に対する前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報を前記端

40

50

未装置から受信する処理と、

前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報に基づいて、異常肺音を検知するための学習データを生成する処理と、
を行わせるためのプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、心不全の診断を支援するための肺音分析システム、肺音分析方法、および記録媒体に関する。

【背景技術】

【0002】

心不全とは、何らかの心臓機能障害、すなわち、心臓に器質的および/あるいは機能的異常が生じて心ポンプ機能の代償機転が破綻した結果、呼吸困難・倦怠感や浮腫が出現し、それに伴い運動耐容能が低下する臨床症候群のことをいう。心不全を患った患者は、治療により寛解しても、常に増悪のリスクがある。水分・塩分の過剰摂取、薬の服用忘れ、過度な運動などが原因で、患者に急性増悪が生じると、再入院を余儀なくされる。そのため、退院した患者の心不全増悪を早期に発見して治療介入することにより、急性増悪を防ぐことが重要である。

【0003】

心不全を診断する方法の一つに、聴診による肺音の検診がある。かかる検診は、安全かつ簡便に肺の健康状態、ひいては心不全を診断できる方法の一つである。しかし、訓練を積んだ専門医でなければ詳細かつ正確な診断結果を得ることは困難である。そのため、一般の看護師や介護従事者による回診や訪問介護などの現場では、詳細な診断を下すことはできなかった。

【0004】

この問題に対処するため、電子聴診器により収集した肺音に対し、副雑音と呼ばれる異常音の有無を自動判別するシステムが提案されている（例えば特許文献1乃至6参照）。また、例えば特許文献10では、異なる種類の副雑音を含む複数の呼吸音データから作成された異常学習データと、副雑音を含まない複数の呼吸音データから作成された正常学習データを用いて、分析対象の呼吸音データから副雑音を検知している。また、例えば特許文献11には、呼吸音サンプルの各々に対して、教師信号として「正常な呼吸音である」または「異常な呼吸音である」旨の正解付与を行うこと、最急降下法やニュートン法などの最適化法を用いて呼吸の正常性と異常性の識別性能の最も高いモデルのパラメータを生成することが記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2014-4018号公報

【文献】特表2002-538921号公報

【文献】特表2017-536905号公報

【文献】WO2010/044452

【文献】特開2008-113936号公報

【文献】特許4849424号

【文献】WO2019/220609

【文献】WO2019/220620

【文献】特開2007-190081号公報

【文献】特開2005-66044号公報

【文献】特許第5585428号

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 6 】

ところで、異常肺音の検知精度を向上させるためには、学習データとして使用する異常な肺音データを数多く集める必要がある。しかしながら、訓練を積んだ専門医でなければ異常な肺音データであるか否かを正確に判断するのは難しい。そのため、専門医のいない町の診療所や患者の自宅などにおいて、異常な肺音データを効率的に集めるのは困難であった。

【 0 0 0 7 】

本発明は、上述した課題を解決する肺音分析システムを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明の一形態に係る肺音分析システムは、
心不全患者の肺音を含む時系列音響信号を取得する取得手段と、
前記取得された時系列音響信号から異常肺音を検知する検知手段と、
前記取得された時系列音響信号と前記検知の結果とを対応付けた分析対象肺音情報を専門医の端末装置へ送信し、前記時系列音響信号に対する前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報を前記端末装置から受信する所見獲得手段と、
前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報に基づいて、異常肺音を検知するための学習データを生成する生成手段と、
を備えるように構成されている。

10

【 0 0 0 9 】

また、本発明の他の形態に係る肺音分析方法は、
心不全患者の肺音を含む時系列音響信号を取得し、
前記取得された時系列音響信号から異常肺音を検知し、
前記取得された時系列音響信号と前記検知の結果とを対応付けた分析対象肺音情報を専門医の端末装置へ送信し、前記時系列音響信号に対する前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報を前記端末装置から受信し、
前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報に基づいて、異常肺音を検知するための学習データを生成するように構成されている。

20

【 0 0 1 0 】

また、本発明の他の形態に係るコンピュータ読み取り可能な記録媒体は、
コンピュータに、
心不全患者の肺音を含む時系列音響信号を取得する処理と、
前記取得された時系列音響信号から異常肺音を検知する処理と、
前記取得された時系列音響信号と前記検知の結果とを対応付けた分析対象肺音情報を専門医の端末装置へ送信し、前記時系列音響信号に対する前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報を前記端末装置から受信する処理と、
前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報に基づいて、異常肺音を検知するための学習データを生成する処理と、
を行わせるためのプログラムを記録するように構成されている。

30

40

【発明の効果】

【 0 0 1 1 】

本発明は、上述したような構成を有することにより、専門医のいない町の診療所や患者の自宅などにおいて、異常肺音を検知するための学習データを効率的に集めることができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 2 】

【図 1】本発明の第 1 の実施形態に係る肺音分析装置のブロック図である。

【図 2】本発明の第 1 の実施形態に係る肺音分析装置に記憶された肺音記録の構成例を示す図である。

50

【図 3】本発明の第 1 の実施形態に係る肺音分析装置において電子聴診器で聴診する聴診位置 (1) ~ (1 2) の説明図である。

【図 4】本発明の第 1 の実施形態に係る肺音分析装置に記憶された分析対象肺音情報の構成例を示す図である。

【図 5】本発明の第 1 の実施形態に係る肺音分析装置に事前に設定されたターゲット個人情報構成例を示す図である。

【図 6】本発明の第 1 の実施形態に係る肺音分析装置に記憶された専門医の聴診所見が記録された分析対象肺音情報の構成例を示す図である。

【図 7】本発明の第 1 の実施形態に係る肺音分析装置の事前動作の一例を示すフローチャートである。

【図 8】本発明の第 1 の実施形態に係る肺音分析装置における学習データを用いた学習の説明図である。

【図 9】本発明の第 1 の実施形態に係る肺音分析装置の分析動作の一例を示すフローチャートである。

【図 10】本発明の第 1 の実施形態に係る肺音分析装置の分析動作の詳細を示すフローチャートである。

【図 11】本発明の第 1 の実施形態に係る肺音分析装置で算出された患者の聴診位置毎の異常頻度とその異常頻度に基づいて決定された聴診順序の例を示す図である。

【図 12】本発明の第 1 の実施形態における電子聴診器から出力される肺音を含む時系列音響信号の波形を示す模式図である。

【図 13】本発明の第 1 の実施形態に係る肺音分析装置が聴診位置毎の肺音データの分析結果から心不全の重症度を判定するための判定テーブルの一例を示す図である。

【図 14】本発明の第 2 の実施形態に係る肺音分析システムのブロック図である。

【図 15】本発明の第 3 の実施形態に係る肺音分析システムのブロック図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 3 】

次に、本発明の実施の形態について、図面を参照して詳細に説明する。

[第 1 の実施の形態]

【 0 0 1 4 】

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態に係る肺音分析装置 10 のブロック図である。肺音分析装置 10 は、心不全患者から肺音を取得して分析する情報処理装置である。肺音分析装置 10 は、スマートフォン、タブレット型端末、PDA (Personal Digital Assistant)、ノートパソコンなどであってよいが、それらに限定されない。以下、肺音分析装置 10 を使用して肺音を分析する患者を患者 A とする。

【 0 0 1 5 】

肺音分析装置 10 は、電子聴診器 11、通信 I / F 部 12、操作入力部 13、画面表示部 14、記憶部 15、および、演算処理部 16 を備えている。

【 0 0 1 6 】

電子聴診器 11 は、聴診器のチェストピースを患者 A の胸部または背部に当てることにより、患者 A の肺音をデジタル信号に変換し、無線あるいは有線により演算処理部 16 へ転送するように構成されている。

【 0 0 1 7 】

通信 I / F 部 12 は、例えば、専用のデータ通信回路から構成され、有線または無線を介して接続されたサーバ装置などの各種装置との間でデータ通信を行うように構成されている。

【 0 0 1 8 】

操作入力部 13 は、キーボードやマウスなどの操作入力装置から構成され、操作者の操作を検出して演算処理部 16 に出力するように構成されている。操作者とは、肺音分析装置 10 を使用して患者 A の肺音を取得する作業を行う者である。操作者は、例えば、町の診療所の医師、看護師などの医療従事者、介護福祉士などの介護従事者、あるいは患者 A

10

20

30

40

50

の家族などであってよい。

【 0 0 1 9 】

画面表示部 1 4 は、LCD (Liquid Crystal Display) や PDP (Plasma Display Panel) などの画面表示装置から構成され、演算処理部 1 6 からの指示に応じて、分析結果などの各種情報を画面表示するように構成されている。

【 0 0 2 0 】

記憶部 1 5 は、ハードディスクやメモリなどの記憶装置から構成され、演算処理部 1 6 における各種処理に必要な処理情報およびプログラム 1 5 1 を記憶するように構成されている。

10

【 0 0 2 1 】

プログラム 1 5 1 は、演算処理部 1 6 に読み込まれて実行されることにより各種処理部を実現するプログラムである。プログラム 1 5 1 は、通信 I / F 部 1 2 などのデータ入出力機能を介して外部装置 (図示せず) や記憶媒体 (図示せず) から予め読み込まれて記憶部 1 5 に保存される。

【 0 0 2 2 】

記憶部 1 5 に記憶される主な処理情報には、肺音記録 1 5 2、分析対象肺音情報 1 5 3、および、学習データ DB (データベース) 1 5 4 がある。

【 0 0 2 3 】

肺音記録 1 5 2 は、患者 A の肺音の記録である。肺音記録 1 5 2 は、心不全治療のために患者 A に対して、例えば入院中に行われた聴診を含む診療行為の記録である。図 2 は、肺音記録 1 5 2 の構成例である。この例では、肺音記録 1 5 2 は、患者 ID 1 5 2 1、1 以上の聴診情報 1 5 2 7、個人情報 1 5 2 5、および、連絡先メールアドレス 1 5 2 6 の各項目から構成されている。患者 ID 1 5 2 1 の項目には、患者 A を一意に識別する ID が記録される。

20

【 0 0 2 4 】

聴診情報 1 5 2 7 の項目は、聴診日時 1 5 2 2、担当医 1 5 2 3、および、肺音情報 1 5 2 4 の各項目から構成されている。聴診日時 1 5 2 2 の項目には、聴診を含む診断が行われた日時が記録される。1 以上の聴診情報 1 5 2 7 の項目は、聴診日時 1 5 2 2 の昇順に並べられている。一番下の聴診情報 1 5 2 7 (個人情報 1 5 2 5 の直前の聴診情報) が、最新である。担当医 1 5 2 3 の項目には、診断を行った医師の氏名が記録される。

30

【 0 0 2 5 】

肺音情報 1 5 2 4 の項目は、聴診位置毎に設けられている。聴診位置とは、肺音を聴診するために聴診器のチェストピースを当てる患者の体の場所である。すなわち、聴診位置は、肺音の取得部位である。図 2 の例では、聴診位置 (1) から聴診位置 (1 2) までの合計 1 2 箇所の聴診位置が設定されている (図 2 では、聴診位置 (2) ~ (1 1) は省略されている)。図 3 は、聴診位置 (1) ~ (1 2) を説明するための模式図である。

【 0 0 2 6 】

図 3 を参照すると、聴診位置 (1)、(2) は、前胸部の上肺野の左右に設定される。聴診位置 (3)、(4) は、前胸部の中肺野の左右に設定される。聴診位置 (5)、(6) は、前胸部の下肺野の左右に設定される。聴診位置 (7)、(8) は、背部の上肺野の左右に設定される。聴診位置 (9)、(1 0) は、背部の中肺野の左右に設定される。聴診位置 (1 1)、(1 2) は、背部の下肺野の左右に設定される。聴診位置は上述した個数と場所に限定されない。例えば、前胸部および背部だけでなく左右の側胸部の上肺野、中肺野、下肺野に聴診位置を設定し、合計 1 8 個としてもよい。或いは、上記の聴診位置のうちの一部を除外してもよい。例えば、聴診位置 (3) ~ (6)、(9)、(1 0) を除外し、聴診位置 (1)、(2)、(7)、(8)、(1 1)、(1 2) の合計 6 箇所に限定してもよい。

40

【 0 0 2 7 】

再び図 2 を参照すると、聴診位置毎の肺音情報 1 5 2 4 の項目は、肺音データの項目と

50

聴診所見の項目とから構成される組を1組以上含む。肺音データの項目には、患者Aの聴診位置から電子聴診器によって取得された肺音を含むデジタル時系列音響信号が記録される。聴診時の患者の姿勢は、臥位と座位に大別されるが、前胸部と背部聴診は通常、座位で行われる。1つの肺音データ（例えば肺音データ1）の信号長は任意である。例えば、1つの肺音データは、患者Aの連続するN呼吸分の信号であってよい。ここで、Nは1以上の正の整数である。また、肺音データは、電子聴診器から取得された時系列音響信号に対して、休止相の期間の時系列音響信号の除去、雑音除去、呼吸タイミングの付与などの加工を施した信号であってよい。

【0028】

聴診所見の項目には、肺音データに対する専門医の聴診所見が記録される。聴診所見には、肺音の異常音の有無、および、異常音がある場合には異常音の種類（ラ音など）などが記録されている。

10

【0029】

個人情報1525の項目には、患者Aの性別、年齢、体重、体型（BMI）、既往歴などの情報が記録されている。

【0030】

連絡先メールアドレス1526の項目には、分析結果を送信する相手先のメールアドレスが1以上記録されている。連絡先メールアドレスは、例えば、患者Aが入院していた病院、心不全の専門医、患者Aのかかりつけ医などのメールアドレスであってよい。なお、分析結果を送信する方法は、メールに限定されず、グループウェアのメッセージ機能、ビジネスチャットなどの他のコミュニケーション方法であってもよい。

20

【0031】

再び図1を参照すると、分析対象肺音情報153は、電子聴診器11を使用して患者Aから取得された肺音情報およびその分析結果が記録される。図4は、分析対象肺音情報153の構成例である。この例では、分析対象肺音情報153は、患者ID1531、分析日時1532、担当者1533、肺音情報1534、緊急度1535、分析時連絡事項1536、および、同意情報1537の各項目から構成されている。

【0032】

患者ID1531の項目には、肺音記録152の患者ID1521の項目に記録された患者Aを一意に識別するIDが記録される。分析日時1532の項目には、患者Aの肺音の取得と分析を行った日時が記録される。担当者1533の項目には、患者Aの肺音を取得する作業を行った操作者を一意に識別するIDが記録される。

30

【0033】

肺音情報1534の項目は、聴診位置毎に設けられている。図4の例では、図3を参照して説明した聴診位置（1）から聴診位置（12）までの合計12箇所の聴診位置が設定されている（図4では、聴診位置（2）～（11）は省略されている）。聴診位置毎の肺音情報1534の項目は、肺音データの項目と分析結果の項目とから構成される組を1組以上含む。肺音データの項目には、患者Aの当該聴診位置から電子聴診器11によって取得された肺音を含むデジタル時系列音響信号が記録される。1つの肺音データ（例えば肺音データ1）の信号長は任意である。例えば、1つの肺音データは、患者Aの連続するN呼吸分の信号であってよい。ここで、Nは1以上の正の整数である。また、肺音データは、電子聴診器11から取得された時系列音響信号に対して、休止相の期間の時系列音響信号の除去、雑音除去、呼吸タイミングの付与などの加工を施した信号であってよい。

40

【0034】

分析結果の項目には、肺音データを機械的に分析した結果が記録される。分析結果には、肺音データが異常な肺音データであるか否かを表す数値が記録される。例えば、分析結果の項目には、正常肺音であることを示す値0、異常肺音であることを示す値1の二値が記録されていてよい。あるいは、分析結果の項目には、肺音データの異常度を表す数値が記録されていてよい。異常度は、事前に設定された閾値以下の異常度は、肺音データが正常肺音であることを表し、閾値を超える異常度は、肺音データが異常肺音であることを表

50

す。あるいは、分析結果の項目には、検出された異常音の詳細（例えば種類や性状、聴取されたタイミングなど）が記録されていてよい。

【 0 0 3 5 】

緊急度 1 5 3 5 の項目には、聴診位置 (1) ~ (1 2) の各分析結果を総合的に判断して算出された緊急度が記録される。緊急度は、患者の状態がどれほど緊急を要するかを表す指標である。換言すれば、緊急度とは、ある時間内に適切な心不全治療を行うことで、急性増悪による再入院の危機を回避または減少できる時間的な余裕の程度を示す指標である。このような緊急度を分析結果に含めることにより、分析結果を認識した医療従事者などは、緊急度に応じた行動をとることが可能になる。

【 0 0 3 6 】

分析時連絡事項 1 5 3 6 の項目には、分析当日の患者 A の状態などが記録される。患者 A の状態として、例えば、体重、血圧、脈拍、自覚症状（外出時などの息切れ、むくみ、せき、食欲低下など）、服薬状況、摂取水分量などがある。

【 0 0 3 7 】

同意情報 1 5 3 7 の項目には、分析対象肺音情報 1 5 3 に記録された患者 A の肺音データの全部または一部が学習データに利用されることについて患者 A の利用同意が得られたか否かの情報が記録される。

【 0 0 3 8 】

再び図 1 を参照すると、学習データ DB 1 5 4 は、肺音データから異常肺音を検出するための学習データを記録する。学習データは、例えば、肺音データおよび正解ラベルから構成され、教師データとも呼ばれる。学習データ DB 1 5 4 は、聴診位置毎に複数の学習データを記録している。また、1 つの聴診位置の複数の学習データは、例えば、正常な肺音データを含む複数の学習データと、異常な肺音データを含む複数の学習データを含む。個々の学習データのラベルは、対応する肺音データが異常肺音であるか、正常肺音であることを表す。異常肺音であることを表すラベルは、さらに、異常肺音に関する情報（例えば、種類、性状、異常度など）を含んでいてよい。

【 0 0 3 9 】

演算処理部 1 6 は、CPU などのマイクロプロセッサとその周辺回路を有し、記憶部 1 5 からプログラム 1 5 1 を読み込んで実行することにより、上記ハードウェアとプログラム 1 5 1 とを協働させて各種処理部を実現するように構成されている。演算処理部 1 6 で実現される主な処理部には、肺音記録取得手段 1 6 1、分析対象肺音取得手段 1 6 2、肺音異常検知手段 1 6 3、分析結果出力手段 1 6 4、学習データ生成手段 1 6 5、および、学習手段 1 6 6 がある。

【 0 0 4 0 】

肺音記録取得手段 1 6 1 は、通信 I / F 部 1 2 などのデータ入出力機能を介して外部装置（図示せず）や記憶媒体（図示せず）から患者 A に係る肺音記録 1 5 2 を取得し、記憶部 1 5 に記録するように構成されている。

【 0 0 4 1 】

分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、患者 A の肺音を含むデジタル時系列音響信号およびその他の情報を取得するように構成されている。分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、患者 A の肺音を含むデジタル時系列音響信号は操作入力部 1 3 などから入力される操作者の指示に従って、電子聴診器 1 1 から取得する。また、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、その他の情報として、患者 ID、分析日時、担当者、分析時連絡事項、および、同意情報を、操作入力部 1 3 を通じて操作者から、或いは記憶部 1 5 に記憶された肺音記録 1 5 2 から取得する。また、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、取得したデジタル時系列音響信号およびその他の情報から分析対象肺音情報 1 5 3 を生成し、記憶部 1 5 に保存する。分析対象肺音取得手段 1 6 2 によって記憶部 1 5 に保存される分析対象肺音情報 1 5 3 は例えば図 4 に示したようなフォーマットで構成されている。分析対象肺音取得手段 1 6 2 による保存時点では、肺音情報 1 5 3 4 の各分析結果の項目と緊急度 1 5 3 5 の項目は N U L L 値である。

10

20

30

40

50

【0042】

肺音異常検知手段163は、肺音データが異常な肺音か否かを検知するように構成されている。肺音異常を検知する手法は各種存在する。本実施形態では、肺音異常検知手段163は、教師有り学習による異常検知方法を使用する。即ち、肺音異常検知手段163は、断続性ラ音である水泡音(coarse crackles)や捻髪音(fine crackles)、連続性ラ音である笛音(wheezes)やいびき音(rhonchi)などの異常音を予め学習し、その学習結果に基づいて異常音を検知する。

【0043】

例えば、肺音異常検知手段163は、教師有り学習として、例えば異常音を収集した学習データを対象に、ディープラーニングを用いて、入力された音データ(入力データ)の特徴および判別基準を学習したモデルを作成し、検知時には入力データがそのモデルに適合するか否かを調べることで検知を行うようにしてよい。肺音異常検知手段163は、例えば学習および入力データには音声を一定の区間毎にFFT(高速フーリエ変換)やlog-FFTして時系列順に並べたスペクトログラムを用い、ディープラーニングにはRNN(リカレントニューラルネットワーク)やCNN(コンボリユータティブニューラルネットワーク)を用いることができる。

10

【0044】

また、肺音異常検知手段163は、学習および入力データの肺音波形をゼロ交差係数やMFCC(メル周波数ケプストラム係数)などの短時間特徴量に変換して、機械学習によって異常音を検知する方法を使用してもよい。例えば肺音異常検知手段163は、学習データを用いた学習時にGMM(混合ガウス分布)でモデル化して、検知時に入力データが該当モデルに適合するか否かを調べるようにしてよい。また肺音異常検知手段163は、SVM(サポートベクターマシン)のような識別器の識別面を、学習データを用いて学習して、その識別面を用いて、入力されたデータが異常音に該当するかを識別してもよい。肺音異常検知手段163は、こうした特徴量を、前述のような直接求める方法以外にも、NMF(非負値行列因子分解)やPCA(主成分分析)のように、データそのものを用いて特徴量を生成するようにしてもよい。

20

【0045】

また、肺音異常検知手段163は、入力信号の長時間パワー分布や、特定周波数ビン範囲の成分量・成分比率の分布など、入力波形の統計的特徴を用いて、決定木などにより異常音を検知してもよい。その場合、肺音異常検知手段163は、決定木の項目としては、直接の値(例えばパワーが3フレーム連続して20mWを超えた場合)の他、統計的特徴(例えばガウス近似して3より大きい処理フレームが発生した場合)を用いてもよい。また、肺音異常検知手段163は、入力信号そのものではなく、それをAR(自己回帰)過程などでモデル化し、そのモデルパラメータの幾つかが閾値を超えることなどによって、異常音を検知してもよい。これらの方法は学習過程を含まない場合があるが、決定木の構成や閾値の決定などに対象信号である異常音の観察を含むため、便宜上教師有り学習に含める。

30

【0046】

肺音異常検知手段163は、上述したような教師有り学習による異常検知方法を使用し、分析対象肺音情報153に記録された患者Aの聴診位置毎の肺音データを分析し、分析結果を聴診位置毎の肺音記録152の分析結果の項目に記録する。また、肺音異常検知手段163は、聴診位置毎の肺音データの分析結果に基づいて、緊急度を算出し、緊急度1535の項目に記録する。

40

【0047】

分析結果出力手段164は、患者Aの心不全状態を関係者に通知する目的で分析対象肺音情報153を出力するように構成されている。例えば、分析結果出力手段164は、記憶部15から分析対象肺音情報153を読み出し、画面表示部14に分析対象肺音情報153を表示するように構成されている。また、分析結果出力手段164は、操作入力部13からの指示に従って或いは自動的に、記憶部15から読み出した分析対象肺音情報15

50

3をファイルとして添付したメールを、通信I/F部12を通じて、肺音記録152の連絡先メールアドレス1526宛てに送信するように構成されている。このとき、分析結果出力手段164は、分析対象肺音情報153の緊急度1535に基づいて、分析対象肺音情報153の送信先を決定してよい。

【0048】

また、分析結果出力手段164は、患者Aから取得した肺音データに対する心不全の専門医の所見を獲得して学習データを作成するために、分析対象肺音情報153を、通信I/F部12を通じて心不全の専門医の端末装置へ送信するように構成されている。

【0049】

このとき、分析結果出力手段164は、聴診位置毎の分析結果に基づいて、分析対象肺音情報153を心不全の専門医へ送信するか否かを決定してよい。例えば、分析対象肺音情報153は、全ての聴診位置の肺音データが正常である分析対象肺音情報153は送信せず、1以上の聴診位置の肺音データが異常である分析対象肺音情報153は送信するようにしてよい。一般に、正常な肺音データを含む学習データは多くの正常人から容易に取得することができるのに対して、異常な肺音データを含む学習データは一部の人からしか取得することができない。そのため、異常な肺音データが存在する分析対象肺音情報153だけを送信対象とすることにより、心不全の専門医の負担を軽減することができる。また、分析対象肺音情報153は、分析結果に記録されている異常肺音の種類が事前に定められた種類に一致する分析対象肺音情報153に限って、分析対象肺音情報153を心不全専門医に送信してよい。事前に定める異常肺音の種類として、学習データが不足している種類の異常肺音としてよい。これにより、心不全の専門医の負担をいたずらに増加させずに、不足している種類の異常肺音の学習データを作成することができる。

【0050】

また、分析結果出力手段164は、同意情報1537に基づいて分析対象肺音情報153を心不全専門医に送信するか否かを決定してよい。例えば、分析対象肺音情報153は、肺音データを学習に利用することに患者の同意が得られている場合に限り、分析対象肺音情報153を心不全専門医に送信してよい。利用同意が得られていない肺音データは学習データに利用できないため、心不全の専門医の負担をいたずらに増加させないようにするためである。

【0051】

また、分析結果出力手段164は、患者Aの個人情報に基づいて、分析対象肺音情報153を心不全専門医に送信するか否かを決定してよい。例えば、分析結果出力手段164は、事前に定められたターゲット個人情報(性別、年齢層、BMI幅、既往歴など)に合致する個人情報を有する患者の分析対象肺音情報に限って、心不全専門医に送信してよい。事前に定めるターゲット個人情報として、学習データが不足している、性別、年齢層、BMI幅、既往歴などのうちの少なくとも1つ、または2以上の組み合わせとすることができる。図5は、ターゲット個人情報の構成例である。この例では、性別が女性、年齢層が40~60歳、BMIが20以下、既往歴が高血圧である患者をターゲットとしている。このようにターゲットを絞ることにより、不足している学習データだけを効率良く集めることができる。

【0052】

心不全の専門医に送信された分析対象肺音情報153は、心不全の専門医によって分析される。例えば、専門医は、分析対象肺音情報153に記録された聴診位置毎の肺音データをパーソナルコンピュータなどによって再生し、患者Aの肺音からラ音などの副雑音が聴取されないか等を診断する。そして、専門医は、聴診位置毎の肺音データに対する聴診所見を作成し、分析対象肺音情報153に記録する。こうして専門医の聴診所見が記録された分析対象肺音情報153は、送信元の肺音分析装置10にメールなどの通信手段によって返送される。以下、専門医の聴診所見が記録された分析対象肺音情報を聴診所見付き分析対象肺音情報と記す。図6は、聴診所見付き分析対象肺音情報153の構成例を示す。

【0053】

10

20

30

40

50

学習データ生成手段 165 は、肺音分析装置 10 の通信 I / F 部 12 を通じて心不全の専門医から聴診所見付き分析対象肺音情報 153 を受信すると、受信した聴診所見付き分析対象肺音情報 153 に基づいて学習データを生成する。また、学習データ生成手段 165 は、生成した学習データを学習データ DB 154 に記録する。

【0054】

学習手段 166 は、学習データ DB 154 に記録された学習データを用いて、異常肺音を検知するためのモデルを学習するように構成されている。また、学習手段 166 は、学習データ DB 154 に新たな学習データが追加された後、異常肺音を検知するためのモデルを再学習するように構成されている。

【0055】

次に、肺音分析装置 10 の動作を説明する。肺音分析装置 10 の動作は、事前動作と、その後に行われる分析動作、学習データ作成および学習動作と、に大別される。

【0056】

先ず、事前動作を説明する。図 7 は事前動作の一例を示すフローチャートである。事前動作は、例えば、画面表示部 14 に表示されている事前動作の開始ボタンの操作によって肺音記録取得手段 161 が起動されることにより開始される。

【0057】

図 7 を参照すると、肺音記録取得手段 161 は、起動されると、通信 I / F 部 12 などのデータ入出力機能を介して外部装置（図示せず）や記憶媒体（図示せず）から患者 A に係る肺音記録 152 を取得し、記憶部 15 に記録する（ステップ S1）。図 2 は、このようにして取得された肺音記録 152 の構成例である。肺音記録 152 には、少なくとも、患者 A の過去の肺音データと聴診所見の履歴が含まれている。

【0058】

肺音記録取得手段 161 の上記動作が完了すると、自動的あるいは操作入力部 13 からの指示に従って、学習手段 166 が起動される。学習手段 166 は、記憶部 15 から学習データ DB 154 を読み出し、学習データ DB 154 に記録された学習データに基づいて肺音異常を検知するためのモデルを学習し、学習後のモデルを肺音異常検知手段 163 に記憶する（ステップ S2）。

【0059】

図 8 は、モデル学習の説明図である。図 8 を参照すると、学習手段 166 は、学習データ DB 154 から聴診位置（1）の学習データを読み出し、この読み出した学習データを使用して、聴診位置（1）の肺音データの異常を検知するモデル 171 - 1 を作成する。同様に、学習手段 166 は、学習データ DB 154 に記録された聴診位置（2）～（12）の学習データに基づいて、聴診位置（2）～（12）の肺音データの異常を検知するモデル 171 - 2 ～ 171 - 12 を生成する。上記では、学習手段 166 は、肺音データの異常を検知するモデルを聴診位置ごとに学習した。しかし、学習手段 166 は、複数の聴診位置の肺音データの異常を検知するための共通な 1 つのモデルを学習してもよい。また、複数の聴診位置に共通なモデルを学習する場合、そのモデルを使用して異常検知を行う際に設定する閾値（例えば、決定木による異常検知の際に設定する閾値）は、複数の聴診位置で共通に設定してもよいし、個々の聴診位置ごとに設定してもよい。

【0060】

次に、分析動作を説明する。図 9 は分析動作の一例を示すフローチャートである。分析動作は、町の診療所や患者 A の自宅など専門病院以外の場所で実施される。但し、分析動作は、専門病院などで医師の診断の補助に用いてもよい。分析動作は、例えば、画面表示部 14 に表示されている分析動作の開始ボタンの操作によって分析対象肺音取得手段 162 が起動されることにより開始される。

【0061】

図 9 を参照すると、分析対象肺音取得手段 162 は、起動されると、患者 ID 1531、分析日時 1532、担当者 1533、分析時連絡事項 1535、および、同意情報 1537 の各項目に必要な事項を記載し、その他の項目は NULL 値とした分析対象肺音情報

10

20

30

40

50

153を作成し、記憶部15に記録する(ステップS11)。例えば、分析対象肺音取得手段162は、患者ID1531を記憶部15に記憶された肺音記録152の患者ID1521から取得する。また、分析対象肺音取得手段162は、分析日時1532、担当者1533、分析時連絡事項1536、および同意情報1537を、操作入力部13を通じて操作者から取得する。同意情報1537には、患者Aが自身の肺音データを学習に利用することに同意した旨の電子署名を含めてもよい。

【0062】

次に、分析対象肺音取得手段162は、患者Aの聴診位置毎の肺音を含むデジタル時系列音響信号を電子聴診器11から取得し、聴診位置に対応付けて分析対象肺音情報153に記録する(ステップS12)。患者の聴診位置毎の肺音を電子聴診器によって取得して聴診位置に対応付けて記録する方法は、任意である。例えば、特許文献1、4あるいは6などに記載されるように、電子聴診器11を用いる操作者に対して聴診位置をガイダンスのためのガイダンス画面を画面表示部14に表示して行う方法など、任意の方法を使用してよい。また、ステップS12において、肺音異常検知手段163は、記憶部15から分析対象肺音情報153を読み出し、分析対象肺音情報153の肺音情報1534に記録された患者Aの聴診位置毎の肺音データを事前に作成してあるモデルを用いて分析し、分析結果を肺音情報1534の聴診位置毎の分析結果の項目に記録する。また、ステップS12において、分析結果出力手段164は、肺音異常検知手段163の分析結果を、画面表示部14に適宜表示する。

【0063】

次に、肺音異常検知手段163は、聴診位置毎の肺音データの分析結果に基づいて、緊急度1535を算出し、分析対象肺音情報153の緊急度1535の項目に記録する(ステップS13)。次に、分析結果出力手段164は、記憶部15から分析対象肺音情報153を読み出し、画面表示部14に分析対象肺音情報153を表示し、また、分析対象肺音情報153をファイルとして添付したメールを、通信I/F部12を通じて、肺音記録152の連絡先メールアドレス1526宛てに送信する(ステップS14)。このステップS14では、前述したように、分析結果出力手段164は、患者Aの心不全状態を関係者に通知する目的で分析対象肺音情報153を出力すると共に、患者Aから取得した肺音データを学習データに利用する目的で分析対象肺音情報153を心不全の専門医の端末装置へ送信する。

【0064】

続いて、分析対象肺音の取得と異常検知を行うステップS12の詳細を、図10のフローチャートを参照して説明する。図10は図9のステップS12の詳細な手順の一例を示すフローチャートである。

【0065】

図10を参照すると、分析対象肺音取得手段162は、患者Aの肺音記録152に記録された1以上の聴診情報1527における聴診位置毎の聴診所見に記録された異常音の有無に基づいて、聴診位置毎に異常音が出現した頻度を算出する(ステップS21)。具体的には、まず、分析対象肺音取得手段162は、聴診位置(1)~(12)毎の頻度カウンタを0に初期化する。次に、分析対象肺音取得手段162は、肺音記録152に記録された聴診日時が最新である聴診情報1527に注目する。次に、分析対象肺音取得手段162は、聴診位置(1)に記録された1以上の聴診所見の中に、異常音が有ることが記載された聴診所見が少なくとも1件存在すれば、聴診位置(1)に対応する頻度カウンタを1だけインクリメントする。分析対象肺音取得手段162は、同様に、聴診位置(2)~(12)に記録された1以上の聴診所見の中に、異常音が有ることが記載された聴診所見が少なくとも1件存在すれば、聴診位置(2)~(12)に対応する頻度カウンタを1だけインクリメントする。次に、分析対象肺音取得手段162は、聴診日時が最新より1つ前の聴診情報1527に注目し、最新の聴診情報1527を使用して行った操作と同様の操作を聴診位置(1)~(12)毎の頻度カウンタに対して実施する。以下、同様に、分析対象肺音取得手段162は、予め定められた数の聴診情報1527まで処理を終えるか

、肺音記録 1 5 2 に記録された最も過去の聴診情報 1 5 2 7 まで処理を終えるか、いずれか早く成立するまで、上記動作を繰り返す。そして、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、聴診位置 (1) ~ (1 2) 毎の頻度カウンタの値を、聴診位置 (1) ~ (1 2) の異常音出現頻度とする。

【 0 0 6 6 】

次に、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、患者 A の聴診位置 (1) ~ (1 2) 毎の異常頻度に基づいて、患者 A から肺音を聴診する聴診位置の順序 (順番) を決定する (ステップ S 2 2) 。患者 A の聴診位置 (1) ~ (1 2) 間にラ音などの異常音が発生した頻度に差があるということは、患者 A には、相対的に異常音が発生し易い聴診位置とそうでない聴診位置とが存在することを表している。そのため、患者 A の聴診位置 (1) ~ (1 2) 毎の過去の異常頻度に基づいて決定した聴診位置の順序に従って聴診を行うことにより、患者 A の都合など何らかの理由で聴診を途中で中断し、それまでに聴診した一部の聴診位置の肺音データの分析結果に基づいて患者 A の心不全状態を判断することになっても、心不全の増悪を見逃す確率を低減することができる。

10

【 0 0 6 7 】

分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、患者 A の聴診位置毎の異常頻度のみに基づいて聴診位置の順序を決定してもよい。その場合、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、例えば、異常頻度の降順 (多いものから少ないものへ進む順序) に聴診位置をソートした結果を、聴診位置の順序に決定してよい。患者 A の聴診位置 (1) ~ (1 2) 毎の異常頻度が例えば図 1 1 に示される場合、異常頻度の降順に聴診位置をソートした結果に基づく聴診位置の順序の一例は図 1 1 の聴診順序 1 に示すようになる。聴診順序 1 では、1 番目に、異常頻度が最大の 4 である聴診位置 (1 1) を聴診する。異常頻度が次に大きい聴診位置は、異常頻度 3 の聴診位置 (6) 、 (1 2) である。異常頻度に差がないので、聴診順序 1 では、1 番目と同じ背部にある聴診位置 (1 2) を 2 番目とし、前胸部にある聴診位置 (6) を 3 番目としている。以下、同様に、聴診位置 (5) 、 (9) 、 (1 0) 、 (7) 、 (1) 、 (2) 、 (3) 、 (4) 、 (8) の順序とされている。

20

【 0 0 6 8 】

上記のように患者の聴診位置毎の異常頻度のみに基づいて聴診位置の順序を決定することにより、異常肺音である確率がより高い聴診位置から順に肺音データを取得することができる。但し、異常頻度の分布状況によっては、背部の聴診と前胸部の聴診とを何度か切り替えなければならず、患者および操作者の負担が重くなる。

30

【 0 0 6 9 】

そのため、患者の聴診位置毎の異常頻度だけでなく患者および操作者の負担軽減を考慮して、聴診位置の順序を決定してもよい。例えば、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、前胸部および背部のうち異常頻度が最大の聴診位置が存在する側を最初に聴診する部位、その部位と反対側を次に聴診する部位に決定する。また、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、部位毎に、その部位の全ての聴診位置をそれらの異常頻度の降順にソートした結果を、その部位の聴診位置の順序に決定する。この決定方法による聴診順序の例を図 1 1 の聴診順序 2 に示す。

【 0 0 7 0 】

聴診順序 2 では、異常頻度が最大の 4 である聴診位置 (1 1) が存在する背部を最初に聴診する部位に決定し、背部の聴診位置 (7) ~ (1 2) の聴診順序をそれらの異常頻度の降順にソートした結果に従って、聴診位置 (1 1) 、 (1 2) 、 (9) 、 (1 0) 、 (7) 、 (8) の順序に決定している。また、聴診順序 2 では、背部の全ての聴診位置の聴診を終えた後、前胸部の聴診に切り替え、前胸部の聴診位置 (1) ~ (6) の聴診順序をそれらの異常頻度の降順にソートした結果に従って、聴診位置 (6) 、 (5) 、 (1) 、 (2) 、 (3) 、 (4) の順序に決定している。

40

【 0 0 7 1 】

再び図 1 0 を参照すると、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、最初の順序の聴診位置に注目する (ステップ S 2 3) 。次に、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、注目中の聴診位置の

50

肺音を含むデジタル時系列音響信号を電子聴診器 11 から取得する（ステップ S 24）。このとき、分析対象肺音取得手段 162 は、電子聴診器 11 を用いる操作者に対して注目中の聴診位置をガイダンスするためのガイダンス画面を画面表示部 14 に表示して肺音取得のサポートを行うようにしてもよい。また、分析対象肺音取得手段 162 は、電子聴診器 11 を用いる操作者に対して注目中の聴診位置をガイダンスするためのガイダンス音声を図示しないスピーカから再生して肺音取得のサポートを行うようにしてもよい。このように、分析対象肺音取得手段 162 は、患者 A について決定した肺音を聴診する聴診位置の順序に基づいて、電子聴診器 11 を用いる操作者に対して、電子聴診器 11 を当てるべき聴診位置を画像または音声を使用してガイダンスし、前記ガイダンスしている聴診位置の肺音を含むデジタル時系列音響信号を電子聴診器 11 から取得する。

10

【0072】

次に、分析対象肺音取得手段 162 は、取得した肺音の品質を測定する（ステップ S 25）。通常、電子聴診器 11 から出力される時系列音響信号には、100 Hz ~ 約 2 kHz の周波数帯域に患者 A の肺音が含まれており、また同じ周波数帯域に背景雑音（定常雑音）が含まれている。例えば、患者 A の体を通じて或いは患者 A の皮膚とチェストピースの隙間を通じて外部から入ってくる環境音、人の声、金属音などが、背景雑音の一例である。時系列音響信号中の肺音の強度が小さく背景雑音の強度が大きいと、肺音異常を検出するのが難しくなる。そこで、分析対象肺音取得手段 162 は、先ず、帯域通過フィルタを使用して、電子聴診器 11 から出力される時系列音響信号から 100 Hz ~ 約 2 kHz の周波数帯域の時系列音響信号を抽出する。次に、分析対象肺音取得手段 162 は、抽出した時系列音響信号中の肺音の強度と背景雑音の強度とを算出し、それらの相違度を肺音の品質の指標値として算出する。以下、肺音の品質の指標値を算出する方法について説明する。

20

【0073】

図 12 は、電子聴診器 11 から出力される肺音を含む時系列音響信号の波形の一例を示す模式図である。一般に肺音には、気管呼吸音、気管支肺胞呼吸音、気管支呼吸音、肺胞呼吸音の種類があり、図 12 に示した肺音は大部分の胸壁上、従って全ての聴診位置（1）～（12）で聴こえる肺胞呼吸音の一例を示す模式図である。図 12 を参照すると、肺音を含む時系列音響信号は、吸気の開始時には、振幅が大きく変化する。また、呼気の開始時には、吸気の開始時ほどではないが、やはり振幅が大きく変化する。そのため、分析対象肺音取得手段 162 は、時系列音響信号と吸気の開始時の振幅変化を判別できる閾値 T_1 とを比較し、時系列音響信号の振幅が閾値 T_1 より大きくなった時点と吸気の開始時として検出する。また、分析対象肺音取得手段 162 は、ある吸気の開始時から次の吸気の開始までを呼吸の 1 周期の区間とし、その区間内の時系列音響信号の振幅と呼気の開始時の振幅変化を判別できる閾値 T_2 ($< T_1$) とを比較し、時系列信号の振幅が閾値 T_2 より大きくなった時点と呼気の開始時として検出する。ここで、休止相とそれ以外の相とを区別するだけならば、吸気の開始のみ検出すればよい。但し、本実施形態では、休止相以外の相をさらに吸気相と呼気相に分割するために、呼気の開始も検出している。

30

【0074】

また、一般に人の呼吸は、約 1 秒の吸気相と約 1 秒の呼気相と、次の吸気までの約 1 ~ 1.5 秒の休止相からなることが知られている。即ち、吸気の開始時点の直前には、吸気も呼気もしていない休止相がある。分析対象肺音取得手段 162 は、検出した吸気の開始時点の直前の所定期間（例えば 1 秒）を休止相として検出する。そして、分析対象肺音取得手段 162 は、休止相における時系列音響信号の強度を背景雑音の強度として算出する。時系列音響信号の強度は、例えば振幅値の二乗平均平方根を使用できるが、それに限定されず、振幅などであってもよい。また、分析対象肺音取得手段 162 は、吸気相または / および呼気相における時系列音響信号の強度から背景雑音の強度を減算した値を、肺音の強度として算出する。そして、分析対象肺音取得手段 162 は、算出した背景雑音の強度に対する肺音の強度の比を、肺音の品質の指標値とする。なお、肺音の品質の指標値は上記したものに限定されず、肺音の強度と背景雑音の強度とから算出される S / N 比を指

40

50

標値としてもよい。

【 0 0 7 5 】

以上の例では、肺胞呼吸音を例にして休止相を検出する方法を説明したが、中肺野や上肺野の聴診位置では肺胞呼吸音とともに気管支肺胞呼吸音が聴取される。しかし、気管支肺胞呼吸音は吸気の振幅が呼気の振幅以上であるため、肺胞呼吸音とともに気管支肺胞呼吸音が聴取された場合であっても、図 1 2 で説明した方法で吸気および呼気の開始タイミングを検出することができる。但し、気管支肺胞呼吸音が気管呼吸音に近い場合は、呼気時の方が吸気時よりも振幅が大きくなる場合がある。そのため、気管支肺胞呼吸音が気管呼吸音に近い場合は、図 1 2 で説明した方法において吸気と呼気を逆にしてよい。具体的には、例えば、以下のようにしてよい。

10

まず、聴診された肺音の周波数スペクトルの振幅が最大となる周波数と事前に設定された閾値周波数とを比較する。次に、聴診された肺音の周波数スペクトルの振幅が最大となる周波数が閾値周波数以上であれば、肺音に含まれる気管支肺胞呼吸音が気管呼吸音に近いと判定し、図 1 2 で説明した方法において吸気と呼気を逆にして吸気および呼気の開始タイミングを検出する。一方、聴診された肺音の周波数スペクトルの振幅が最大となる周波数が閾値周波数未満であれば、肺音に含まれる気管支肺胞呼吸音が気管呼吸音に近くないと判定し、図 1 2 で説明した方法で吸気および呼気の開始タイミングを検出する。上記閾値周波数は、肺音に含まれる気管支肺胞呼吸音が気管呼吸音に近いかなかを判別できる閾値であり、例えば、肺胞呼吸音の周波数スペクトルの振幅が最大となる周波数とそれより高い気管呼吸音の周波数スペクトルの振幅が最大となる周波数との間の周波数帯域から事前に決定することができる。また、上記の「周波数スペクトルの振幅が最大となる周波数」の代わりに、スペクトルの形状を表現する尺度として使用される「スペクトル重心」を使用してもよい。

20

また、以上の例では、電子聴診器 1 1 から出力されている時系列音響信号から呼気および吸気の開始時点を検出し、検出された吸気の開始時点の直前所定期間を休止相として検出した。しかし、吸気相、呼気相、および休止相を検出する方法は上記に限定されない。例えば、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、例えば、電子聴診器から出力される肺音を含む時系列音響信号のどの区間が吸気相、呼気相、休止相であるかを推定するための機械学習を行った学習済みの学習モデルに患者 A の肺音を含む時系列音響信号を入力することで、区間毎に吸気相、呼気相、休止相の推定確率を当該学習モデルから取得するように構成されている。学習モデルは、例えば、様々な肺音を含む時系列音響信号を教師データとしてニューラルネットワークなどの機械学習アルゴリズムを用いた機械学習によって、事前に生成することができる。また、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、電子聴診器から出力される時系列音響信号以外から患者 A の吸気および呼気の開始などの呼吸のタイミングを検出してもよい。例えば、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、肺タコグラフなどの呼吸量センサや、呼吸活動による胸部または腹部の形状変化をセンサによって検出する呼吸バンドなどを使用して、患者 A の呼吸のタイミングを検出してもよい。

30

【 0 0 7 6 】

次に、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、肺音の品質の指標値を事前に設定された品質の閾値と比較する（ステップ S 2 6）。そして、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、肺音の品質の指標値が閾値より小さければ、電子聴診器 1 1 で聴診された当該聴診位置の肺音の品質が悪い旨の警報を画面表示部 1 4 に表示する（ステップ S 2 7）。この警報を認識した操作者は、背景雑音を低減する対策または / および肺音を増大させる対策を講じた上で、注目中の聴診位置の肺音を電子聴診器 1 1 により再度取得する作業を行うことになる（ステップ S 2 8）。背景雑音を低減する対策としては、室内を静音にするために窓を閉める、患者 A の皮膚とチェストピースの隙間から環境音などが入らないように、チェストピースを患者 A の皮膚にピッタリ押し当てるなどが考えられる。また、肺音を増大させる対策としては、患者 A により大きく呼吸するように指示するなどが考えられる。このとき、例えば特許文献 9 に記載されるような方法で、患者 A に対して呼吸タイミングを指示するようにしてもよい。そして、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、ステップ S 2 5 の処理に戻り

40

50

、上述した処理と同様の処理を繰り返す。

【 0 0 7 7 】

一方、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、肺音の品質の指標値が閾値以上であれば、注目中の聴診位置の肺音を含むデジタル時系列音響信号から休止相の期間および背景雑音を除去し、休止相の期間および背景雑音を除去した後のデジタル時系列音響信号を注目中の聴診位置に関連付けて分析対象肺音情報 1 5 3 に記録する（ステップ S 2 9）。休止相の期間および背景雑音の除去は、以下のように行われる。

【 0 0 7 8 】

まず、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、注目中の聴診位置の肺音を含むデジタル時系列音響信号を、吸気相とその直後の呼気相からなる区間（以下、吸気・呼気区間と記す）と休止相の区間（以下、休止区間と記す）とに 2 分割する。次に、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、吸気・呼気区間と休止区間のデジタル時系列音響信号をそれぞれ高速フーリエ変換（FFT）して吸気・呼気区間と休止区間の周波数スペクトルを算出する。次に、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、吸気・呼気区間の周波数スペクトルから休止区間の周波数スペクトルを減算する。この減算により、吸気相と呼気相に含まれている背景雑音が抑制される。次に、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、上記減算後の吸気・呼気区間の周波数スペクトルを逆周波数変換することにより、吸気・呼気区間の雑音除去後のデジタル時系列音響信号を生成する。そして、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、上記生成した吸気・呼気区間の雑音除去後のデジタル時系列音響信号を注目中の聴診位置に関連付けて分析対象肺音情報 1 5 3 に記録する。なお、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、注目中の聴診位置の肺音を含むデジタル時系列音響信号から休止相の期間を除去し、背景雑音を除去しないようにしてもよい。その場合、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、注目中の聴診位置の肺音を含むデジタル時系列音響信号を、吸気・呼気区間と休止区間とに 2 分割し、吸気・呼気区間のデジタル時系列音響信号を注目中の聴診位置に関連付けて分析対象肺音情報 1 5 3 に記録する。

【 0 0 7 9 】

次に、肺音異常検知手段 1 6 3 は、注目中の聴診位置に関連付けて分析対象肺音情報 1 5 3 に記録されている肺音データから肺音異常を検知し、検知結果を注目中の聴診位置に関連付けて分析対象肺音情報 1 5 3 に記録する（ステップ S 3 0）。肺音異常の検知は、前述したように教師有り学習による異常検知方法で行われる。

【 0 0 8 0 】

分析結果出力手段 1 6 4 は、肺音異常検知手段 1 6 3 によって注目中の聴診位置の肺音データの異常検知が行われる毎に、その異常検知結果を画面表示部 1 4 に表示する（ステップ S 3 1）。これにより、操作者は、聴診位置の肺音データが異常肺音であるか否かを聴診時に直ちに認識することができる。

【 0 0 8 1 】

注目中の聴診位置の肺音データの取得と分析を終えると、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、全ての聴診位置の肺音データの取得と分析を終えたか否かを判定する（ステップ S 3 2）。取得を終えていない聴診位置が残っている場合、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、次の順序の聴診位置に注目を移し（ステップ S 3 3）、ステップ S 2 4 に戻って、上述した処理と同様の処理を繰り返す。

【 0 0 8 2 】

また、全ての聴診位置の肺音データの取得と分析を終えた場合、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は図 1 0 の処理を終了する。また、分析対象肺音取得手段 1 6 2 は、患者 A の都合などにより、全ての聴診位置の肺音データの取得と分析が完了する前に図 1 0 の処理を終了することがある。図 1 0 の処理が途中終了した場合、肺音データの取得と分析が行われていない聴診位置に対応する分析対象肺音情報 1 5 3 中の肺音情報 1 5 3 4 は NULL 値のままである。

【 0 0 8 3 】

続いて、緊急度 1 5 3 5 の算出を行う図 9 のステップ S 1 3 の詳細を説明する。

【 0 0 8 4 】

肺音異常検知手段 1 6 3 は、聴診位置毎の肺音データの分析結果に基づいて、患者 A の心不全の重症度を判定し、その判定した重症度に基づいて緊急度 1 5 3 5 を算出する。肺音異常検知手段 1 6 3 は、心不全の重症度の判定では、聴診位置毎の肺音データの分析結果から心不全の重症度を判定するための判定テーブルを参照して、心不全の重症度を判定する。

【 0 0 8 5 】

図 1 3 は、上記判定テーブルの一例を示す図である。図 1 3 に示す判定テーブルは、聴診位置 (1) ~ (1 2) に 1 対 1 に対応する列と、重症度に 1 対 1 に対応する行とを有し、行と列の交点に肺音異常有りを示す + 記号、および肺音異常無しを示す - 記号を設定している。図 1 3 を参照すると、判定テーブルでは、何れの聴診位置にも肺音異常がない場合、重症度 0 と判定される。また、判定テーブルでは、背部の下肺野に設定された聴診位置 (1 1)、(1 2) の少なくとも一方に肺音異常があり、それ以外の聴診位置 (1) ~ (1 0) に肺音異常がない場合、重症度 1 と判定される。また、判定テーブルでは、聴診位置 (1 1)、(1 2) の双方に肺音異常があり、前胸部の下肺野に設定された聴診位置 (5)、(6) の何れか一方のみに肺音異常があり、それ以外の聴診位置 (1) ~ (4)、(7) ~ (1 0) に肺音異常がない場合、重症度 2 と判定される。最終行に設定された重症度 N は、全ての聴診位置 (1) ~ (1 2) に肺音異常があるものとされている。図 1 3 では、重症度 2 と重症度 N との間の 1 以上の重症度は記載が省略されているが、それらについても肺音異常が有る聴診位置と肺音異常が無い聴診位置とが設定されている。重症度 2 と重症度 N との間の 1 以上の重症度では、肺音異常があるとされる聴診位置の数は 4 以上、1 2 未満であり、重症度 N に近づくとつれ、その数は増加する。

10

20

【 0 0 8 6 】

図 1 3 に示した判定テーブルでは、聴診位置 (1) ~ (1 2) における肺音異常の有無の組み合わせにより、心不全の重症度を重症度 0 から重症度 N まで N + 1 のクラスに分類している。ここで、重症度 0 は、異常肺音が全く聞こえない状態であるため、心不全が寛解している状態であると言える。また、重症度 1 は、背部の下肺野のみで肺音異常が聞こえる状態であるため、心不全は寛解しているとは言えないが、軽症であり、このような状態で退院する患者も存在する状態である。重症度 2 は、背部の下肺野に加えて前胸部の下肺野の一方にも異常肺音が出ているため、重症度 1 よりは重症であると言える。但し、いまだ軽症に属するため、この時点で適切な対応を取れば再入院を防止できる確率が高いと言える。

30

【 0 0 8 7 】

聴診位置の分析結果から心不全の重症度を判定する判定テーブルは、図 1 3 に示したものに限定されない。例えば、ラ音は、吸気の終末だけ聴こえるときは軽症、吸気開始直後から聞こえるときは重症といった知見がある。そのため、判定テーブルに、聴診位置毎の異常肺音の有無に加えて、異常肺音の種類や異常肺音が聞こえるタイミングを設定し、聴診位置と異常肺音の有無と異常肺音の種類と異常肺音が聞こえるタイミングの組み合わせによって、心不全の重症度を判定するようにしてもよい。

【 0 0 8 8 】

また、肺音異常検知手段 1 6 3 は、聴診位置がどこであるかを問わず、異常肺音となった聴診位置の数から患者 A の心不全の重症度を判定してもよい。例えば、肺音異常検知手段 1 6 3 は、異常肺音となった聴診位置の数が 0、1 以上 2 以下、3 以上 4 以下、5 以上 8 以下、9 以上のとき、それぞれ重症度 0、1、2、3、4 (最大) としてよい。

40

【 0 0 8 9 】

また、肺音異常検知手段 1 6 3 は、患者 A の都合などにより図 1 0 に示す処理が途中終了したことにより、聴診位置毎の肺音情報 1 5 3 4 の少なくとも一部の分析結果が N U L L 値である場合、次のような処理を行う。まず、肺音異常検知手段 1 6 3 は、分析結果が N U L L 値になっている、即ち肺音データが取得されず異常肺音か否かの分析が行われていない聴診位置の数が、事前に設定された第 1 の閾値未満であるという条件を満足する否

50

かを判定する。換言すれば、肺音異常検知手段 1 6 3 は、肺音データが取得されて異常肺音か否かの分析が行われた聴診位置の数が事前に設定された第 2 の閾値以上であるという条件を満足するか否かを判定する。ここで、第 1 の閾値および第 2 の閾値は固定値であっても患者の最新状態に応じた可変値であってもよい。固定値とする場合、例えば第 1 の閾値は 4 以下、第 2 の閾値は 8 以上としてよい。また、可変値とする場合、最新状態では何れの聴診位置でも異常肺音のない患者の場合、例えば第 1 の閾値は 1 0 以下、第 2 の閾値は 2 以上としてよく、それ以外の患者の場合、固定値と同様としてよい。そして、肺音異常検知手段 1 6 3 は、上記条件を満足しない場合、重症度は算出せず（従って、緊急度も算出しない）、今回の肺音分析をエラー終了し、その旨を画面表示部 1 4 に表示する。その理由は、誤った情報を操作者などに与えないようにするためである。

10

【 0 0 9 0 】

一方、上記条件を満足する場合、肺音異常検知手段 1 6 3 は、異常肺音か否かの分析が行われていない聴診位置において肺音異常が検知されなかったと仮定して、重症度を算出する。そして、肺音異常検知手段 1 6 3 は、算出した重症度を最も楽観的な値として保持する。即ち、算出した重症度が重症度 1 であった場合、「重症度 1」ではなく「重症度 1 以上」あるいは「最低でも重症度 1」として保持する。例えば、最新状態では何れの聴診位置でも異常肺音のない患者に対して、聴診位置（ 1 1 ）、（ 1 2 ）の 2 か所のみ肺音データの取得と分析が行われ、その結果、少なくとも一方の聴診位置で異常肺音が検出されたとする。この場合、肺音異常検知手段 1 6 3 は、その他の聴診位置（ 1 ）～（ 1 0 ）では肺音異常は検知されなかったと仮定し、図 1 3 の判定テーブルに基づいて重症度 1 と判定し、それを踏まえて、「重症度 1 以上」と判定する。

20

【 0 0 9 1 】

肺音異常検知手段 1 6 3 は、上述のようにして聴診位置毎の肺音データの分析結果から心不全の重症度を判定すると、その判定した重症度から緊急度 1 5 3 5 を決定する。例えば、肺音異常検知手段 1 6 3 は、心不全の重症度 0 ~ N のみに基づいて、緊急度 1 5 3 5 を決定してよい。即ち、肺音異常検知手段 1 6 3 は、緊急度 1 5 3 5 の取りえる範囲を緊急度 0 から緊急度 N までの N + 1 クラスとし、決定した心不全の重症度 i ($i = 0 \sim N$) と 1 対 1 に対応する緊急度 i を決定するようにしてもよい。

【 0 0 9 2 】

また、肺音異常検知手段 1 6 3 は、心不全の重症度 0 ~ N と患者 A の状態とに基づいて、緊急度 1 5 3 5 を決定してもよい。例えば、患者 A の状態として、単位期間で体重が一定量増加（例えば 1 週間で 3 k g 以上増加）したか否か、むくみ、せき、食欲低下などの自覚症状の有無、脈拍が所定数を超過しているか否かなどが考えられる。そして、肺音異常検知手段 1 6 3 は、心不全の重症度に基づいて決定した緊急度を、患者 A の状態に応じて、より大きくなるように補正したものを最終的な緊急度としてもよい。例えば、肺音異常検知手段 1 6 3 は、心不全の重症度から決定した緊急度が緊急度 0 あるいは 1 であっても、体重増加があれば、緊急度を 1 あるいは 2 に増大するようにしてもよい。但し、補正後の緊急度の上限は N である。

30

【 0 0 9 3 】

続いて、分析結果出力手段 1 6 4 が、分析対象肺音情報 1 5 3 をファイルとして添付したメールを、心不全の専門医の端末装置に送信した後の動作について説明する。

40

【 0 0 9 4 】

上記メールを受信した心不全の専門医の端末装置では、添付されたファイルに格納された分析対象肺音情報 1 5 3 が心不全の専門医によって分析される。なお、分析対象肺音情報 1 5 3 は、ファイル添付に限らず、リンクの記入等の S a a S 形式によって心不全の専門医と共有する形態であってもよい。例えば、専門医は、分析対象肺音情報 1 5 3 に記録された聴診位置毎の肺音データをパーソナルコンピュータなどによって再生し、患者 A の肺音からラ音などの副雑音が聴取されないか等を診断する。そして、専門医は、聴診位置毎の肺音データに対する聴診所見を作成し、図 6 に示したように、分析対象肺音情報 1 5 3 に記録する。こうして専門医の聴診所見が記録された分析対象肺音情報 1 5 3 は、送信

50

元の肺音分析装置 10 にメールなどの通信手段によって返送される。

【0095】

学習データ生成手段 165 は、肺音分析装置 10 の通信 I / F 部 12 を通じて受信した聴診所見付き分析対象肺音情報 153 によって、記憶部 15 に記録された元の分析対象肺音情報 153 を更新する。次に、学習データ生成手段 165 は、分析対象肺音情報 153 の聴診位置毎に、それに対応して記録された肺音データと聴診所見の組毎に学習データを作成する。例えば、学習データ生成手段 165 は、異常肺音である旨の聴診所見と肺音データとの組からは、異常肺音であることを示すラベルと肺音データとを含む学習データを作成する。また、学習データ生成手段 165 は、正常肺音である旨の聴診所見と肺音データとの組からは、正常肺音であることを示すラベルと肺音データとを含む学習データを作成する。このとき、ラベルに当該患者の個人情報などを付加してもよい。また、学習データ生成手段 165 は、上記作成した学習データを、聴診位置に関連付けて、学習データ DB 154 に記録する。このとき、学習データ生成手段 165 は、学習データに記録日時などのタイムスタンプを付けることにより、学習データ DB 154 に既に記録されている他の学習データと区別して記録するようにしてよい。

10

【0096】

以上のようにして、学習データ DB 154 に追加された学習データは、次回以降、学習手段 166 が肺音異常を検知するモデルを再学習する際に利用される。このようにすることにより、肺音異常を検知するモデルの精度を徐々に高めていくことができる。

【0097】

以上説明したように、本実施形態によれば、専門医のいない町の診療所や患者の自宅などにおいて、異常肺音を検知するための学習データを効率的に集めることができる。その理由は、肺音分析装置 10 は、心不全患者の肺音を含む時系列音響信号を取得し、この取得された時系列音響信号から異常肺音を検知し、取得された時系列音響信号と検知結果とを対応付けた分析対象肺音情報を専門医の端末装置へ送信し、その時系列音響信号に対する専門医の所見が付加された分析対象肺音情報を受信すると、その専門医の所見が付加された分析対象肺音情報に基づいて、異常肺音を検知するための学習データを生成するためである。

20

【0098】

[第 2 の実施の形態]

図 14 は、本発明の第 2 の実施形態に係る肺音分析システム 20 のブロック図である。図 14 を参照すると、肺音分析システム 20 は、複数の肺音分析装置 21 と、サーバ装置 22 と、端末装置 24 とから構成されている。また、複数の肺音分析装置 21 とサーバ装置 22 と端末装置 24 は、インターネットなどのネットワークを通じて相互に通信可能に接続されている。

30

【0099】

肺音分析装置 21 は、心不全治療を受けて退院した患者から肺音を取得して分析する情報処理装置である。端末装置 24 は、心不全の専門医が使用する端末装置である。肺音分析装置 21 および端末装置 24 は、スマートフォン、タブレット型端末、PDA、ノートパソコンなどであってよいが、それらに限定されない。肺音分析装置 21 は、図示しない電子聴診器、通信 I / F 部、操作入力部、画面表示部、記憶部、および、演算処理部を備えている。また、端末装置 24 は、図示しない通信 I / F 部、操作入力部、画面表示部、記憶部、および、演算処理部を備えている。

40

【0100】

サーバ装置 22 は、複数の肺音分析装置 21 に対して、肺音分析に必要な各種のサービスを、ネットワーク 23 を通じて提供するコンピュータである。例えば、サーバ装置 22 は、図 1 に示した肺音記録 152、分析対象肺音情報 153、学習データ DB 154、およびプログラム 151 の少なくとも一部を記憶し、それらを、ネットワーク 23 を通じて肺音分析装置 21 に提供する。そのため、肺音分析装置 21 は、図 1 の肺音分析装置 10 と比較して、記憶部 15 に肺音記録 152、分析対象肺音情報 153、学習データ DB 1

50

54、およびプログラム151の少なくとも一部を記憶する必要がなく、記憶容量を削減することができる。

【0101】

また、サーバ装置22は、図1に示した肺音記録取得手段161、分析対象肺音取得手段162、肺音異常検知手段163、分析結果出力手段164、学習データ生成手段165、および学習手段166の少なくとも一部の機能を、ネットワーク23を通じて肺音分析装置21に提供する。例えば、サーバ装置22は、図7のステップS1～S2、図9のステップS11～S14、図10のステップS21～S33の処理の少なくとも一部、或いは学習データ生成処理を、肺音分析装置21に代わって実行する。そのため、肺音分析装置21は、図1の肺音分析装置10と比較して、演算処理部16の構成を簡素化することができる。

10

【0102】

また、端末装置24は、複数の肺音分析装置21からメール等で受信した分析対象肺音情報に記録された聴診位置毎の肺音データを再生する機能、心不全の専門医の聴診所見を入力する機能、聴診所見付きの分析対象肺音情報をメール等で肺音分析装置21へ送信する機能を有している。図14には、端末装置24は1台のみ図示されているが、心不全の専門医の数に応じた台数の端末装置24が存在していてもよい。

【0103】

[第3の実施形態]

図15は、本発明の第3の実施形態に係る肺音分析システム30のブロック図である。図14を参照すると、肺音分析システム30は、取得手段31と検知手段32と所見獲得手段33と生成手段34とから構成されている。

20

【0104】

取得手段31は、心不全患者の肺音を含む時系列音響信号を取得するように構成されている。取得手段31は、例えば、図10のステップS24と同様に構成することができるが、それに限定されない。

【0105】

検知手段32は、取得手段31によって取得された時系列音響信号から異常肺音を検知するように構成されている。検知手段32は、例えば、図10のステップS30と同様に構成することができるが、それに限定されない。

30

【0106】

所見獲得手段33は、取得手段31によって取得された時系列音響信号と検知手段32の検知結果とを対応付けた分析対象肺音情報を専門医の端末装置へ送信し、上記時系列音響信号に対する専門医の所見が付加された分析対象肺音情報を上記端末装置から受信するように構成されている。所見獲得手段33は、例えば、図1の分析結果出力手段164と同様に構成することができるが、それに限定されない。

【0107】

生成手段34は、所見獲得手段33が受信した専門医の所見が付加された分析対象肺音情報に基づいて、異常肺音を検知するため学習データを生成するように構成されている。生成手段34は、例えば、図1の学習データ生成手段165と同様に構成することができるが、それに限定されない。

40

【0108】

以上のように構成された肺音分析システム30は、以下のように機能する。即ち、まず取得手段31は、心不全患者の肺音を含む時系列音響信号を取得する。次に、検知手段32は、取得された時系列音響信号から異常肺音を検知する。次に、所見獲得手段33は、取得手段31によって取得された時系列音響信号と検知手段32の検知結果とを対応付けた分析対象肺音情報を専門医の端末装置へ送信し、上記時系列音響信号に対する専門医の所見が付加された分析対象肺音情報を上記端末装置から受信する。次に、生成手段34は、所見獲得手段33が受信した専門医の所見が付加された分析対象肺音情報に基づいて、異常肺音を検知するため学習データを生成する。

50

【0109】

このように構成され動作する肺音分析システム30によれば、専門医のいない町の診療所や患者の自宅などにおいて、異常肺音を検知するための学習データを効率的に集めることができる。その理由は、肺音分析システム30は、心不全患者の肺音を含む時系列音響信号を取得し、この取得された時系列音響信号から異常肺音を検知し、取得された時系列音響信号と検知結果とを対応付けた分析対象肺音情報を専門医の端末装置へ送信し、その時系列音響信号に対する専門医の所見が付加された分析対象肺音情報を受信すると、その専門医の所見が付加された分析対象肺音情報に基づいて、異常肺音を検知するための学習データを生成するためである。

【0110】

以上、上記各実施形態を参照して本発明を説明したが、本発明は、上述した実施形態に限定されるものではない。本発明の構成や詳細には、本発明の範囲内で当業者が理解しうる様々な変更をすることができる。例えば、以下のような構成も本発明に含まれる。

【0111】

例えば、図1に示した肺音分析装置10では、肺音異常検知手段163は、教師有り学習による異常検知方法を使用して、電子聴診器11で取得された患者の肺音データの異常を検知した。しかし、肺音異常検知手段163は、上記以外の異常検知方法、例えば教師無し学習による異常検知方法を使用して異常肺音を検知してもよい。教師無し学習による異常検知方法としては、異常音を学習に使用せず、正常は肺音データを学習し、学習した正常音から逸脱する肺音を異常肺音として検知する方法などがある。

【0112】

また、例えば、分析対象肺音取得手段は、肺音が正しく録音できていないと判定した場合に、さらに大きく呼吸をするよう被験者に指示してよい。また、分析対象肺音取得手段は、聴診する位置をAR(Augmented Reality:拡張現実)表示によって操作者に指示してよい。また、分析対象肺音取得手段は、被験者の性別等の事前登録情報に基づいて、聴診する位置を変更してよい。また、分析対象肺音取得手段は、聴診器が当てられたこと、すなわちチェストピースが被験者の体に接触したことを検出すると、呼吸指示を開始するようにしてよい。また、分析対象肺音取得手段は、呼吸指示は、被験者が指定したアバターの表示または声によって行ってよい。また、分析対象肺音取得手段は、予め定められた期間内に肺音の取得が行われなかったときに、被験者が指定したアバターの表示又は声によって肺音の取得を督促するようにしてよい。

【0113】

また、分析結果出力手段は、分析結果や分析に使用した肺音記録、分析対象肺音情報を含む記憶情報を、画面表示部などに時系列に表示してよい。また、分析結果出力手段は、異常が検知されない場合でもサーバに情報を送信してよい。

【産業上の利用可能性】

【0114】

本発明は、人の肺音を分析するシステムに利用でき、特に肺音異常を検知するための学習データを作成するシステムに利用できる。

【0115】

上記の実施形態の一部又は全部は、以下の付記のようにも記載され得るが、以下には限られない。

[付記1]

心不全患者の肺音を含む時系列音響信号を取得する取得手段と、
前記取得された時系列音響信号から異常肺音を検知する検知手段と、
前記取得された時系列音響信号と前記検知の結果とを対応付けた分析対象肺音情報を専門医の端末装置へ送信し、前記時系列音響信号に対する前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報を前記端末装置から受信する所見獲得手段と、
前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報に基づいて、異常肺音を検知するための学習データを生成する生成手段と、

10

20

30

40

50

を備える肺音分析システム。

[付記 2]

前記所見獲得手段は、前記送信を行う前に、前記検知の結果で異常肺音が検知されているか否かを判定し、異常肺音が検知されている場合に限って、前記送信を行う

付記 1 に記載の肺音分析システム。

[付記 3]

前記所見獲得手段は、前記送信を行う前に、前記時系列音響信号が前記学習データに利用されることについて前記心不全患者の利用同意が得られているか否かを判定し、前記利用同意が得られている場合に限って、前記送信を行う

付記 1 または 2 に記載の肺音分析システム。

10

[付記 4]

前記所見獲得手段は、前記送信を行う前に、前記心不全患者の個人情報が肺音データを収集するターゲットの個人情報に合致するか否かを判定し、合致する場合に限って、前記送信を行う

付記 1 乃至 3 の何れかに記載の肺音分析システム。

[付記 5]

前記取得手段は、前記心不全患者の呼吸の休止相を判定し、前記判定の結果に従って、前記時系列音響信号を前記心不全患者の休止相の期間と休止相以外の期間とに分割する、

付記 1 乃至 4 の何れかに記載の肺音分析システム。

[付記 6]

前記検知手段は、前記分割後の前記休止相以外の期間の前記時系列音響信号から肺音異常を検知する

付記 5 に記載の肺音分析システム。

20

[付記 7]

心不全患者の肺音を含む時系列音響信号を取得し、

前記取得された時系列音響信号から異常肺音を検知し、

前記取得された時系列音響信号と前記検知の結果とを対応付けた分析対象肺音情報を専門医の端末装置へ送信し、前記時系列音響信号に対する前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報を前記端末装置から受信し、

前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報に基づいて、異常肺音を検知するため学習データを生成する

肺音分析方法。

[付記 8]

前記送信では、前記送信を行う前に、前記検知の結果で異常肺音が検知されているか否かを判定し、異常肺音が検知されている場合に限って、前記送信を行う

付記 7 に記載の肺音分析方法。

[付記 9]

前記送信では、前記送信を行う前に、前記時系列音響信号が前記学習データに利用されることについて前記心不全患者の利用同意が得られているか否かを判定し、前記利用同意が得られている場合に限って、前記送信を行う

付記 7 または 8 に記載の肺音分析方法。

40

[付記 10]

前記送信では、前記送信を行う前に、前記心不全患者の個人情報が肺音データを収集するターゲットの個人情報に合致するか否かを判定し、合致する場合に限って、前記送信を行う

付記 7 乃至 9 の何れかに記載の肺音分析方法。

[付記 11]

コンピュータに、

心不全患者の肺音を含む時系列音響信号を取得する処理と、

前記取得された時系列音響信号から異常肺音を検知する処理と、

50

前記取得された時系列音響信号と前記検知の結果とを対応付けた分析対象肺音情報を専門医の端末装置へ送信し、前記時系列音響信号に対する前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報を前記端末装置から受信する処理と、

前記専門医の所見が付加された分析対象肺音情報に基づいて、異常肺音を検知するため学習データを生成する処理と、

を行わせるためのプログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体。

【符号の説明】

【 0 1 1 6 】

1 0	肺音分析装置	
1 1	電子聴診器	10
1 2	通信 I / F 部	
1 3	操作入力部	
1 4	画面表示部	
1 5	記憶部	
1 6	演算処理部	
1 5 1	プログラム	
1 5 2	肺音記録	
1 5 3	分析対象肺音情報	
1 5 4	学習データ D B	
1 6 1	肺音記録取得手段	20
1 6 2	分析対象肺音取得手段	
1 6 3	肺音異常検知手段	
1 6 4	分析結果出力手段	
1 6 5	学習データ生成手段	
1 6 6	学習手段	

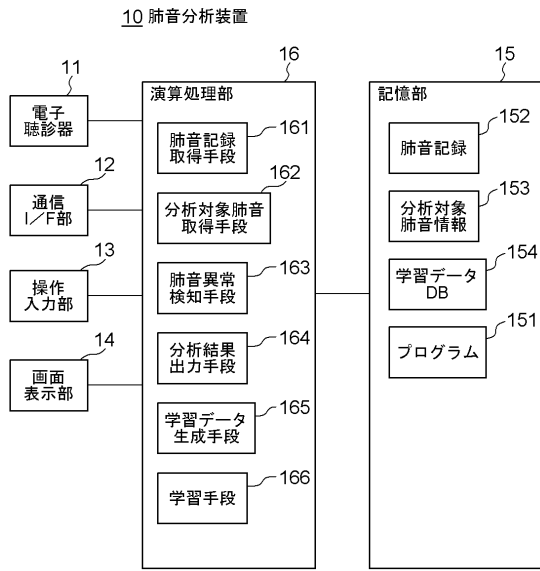
30

40

50

【 図面 】

【 図 1 】



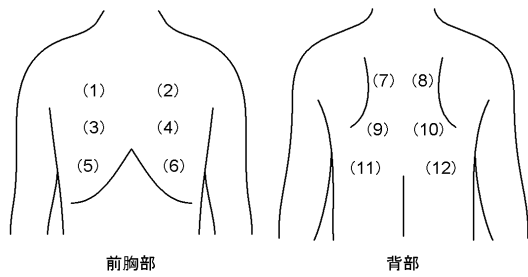
【 図 2 】

患者ID			1521
聴診日時			1522
担当医			1523
聴診位置1	肺音データ1	聴診所見1	1524
	肺音データ2	聴診所見2	
...			1527
聴診位置12	肺音データ1	聴診所見1		1524
	肺音データ2	聴診所見2	
...			1527
聴診位置1	肺音データ1	聴診所見1		1524
	肺音データ2	聴診所見2	
...			1527
聴診位置12	肺音データ1	聴診所見1		1524
	肺音データ2	聴診所見2	
...			1527
聴診位置1	肺音データ1	聴診所見1		1524
	肺音データ2	聴診所見2	
...			1527
聴診位置12	肺音データ1	聴診所見1		1524
	肺音データ2	聴診所見2	
...			1527
聴診日時(退院日時)				1525
担当医			1526
聴診位置1	肺音データ1	聴診所見1		1524
	肺音データ2	聴診所見2	
...			1527
聴診位置12	肺音データ1	聴診所見1		1524
	肺音データ2	聴診所見2	
...			1527
個人情報				1525
連絡先メールアドレス			1526

10

20

【 図 3 】



【 図 4 】

患者ID	1531		
分析日時	1532		
担当者	1533		
聴診位置1	肺音データ1	分析結果1	1534
	肺音データ2	分析結果2	
...			1534
聴診位置12	肺音データ1	分析結果1		1534
	肺音データ2	分析結果2	
...			1535
緊急度				1536
分析時連絡事項			1537
同意情報				1537

30

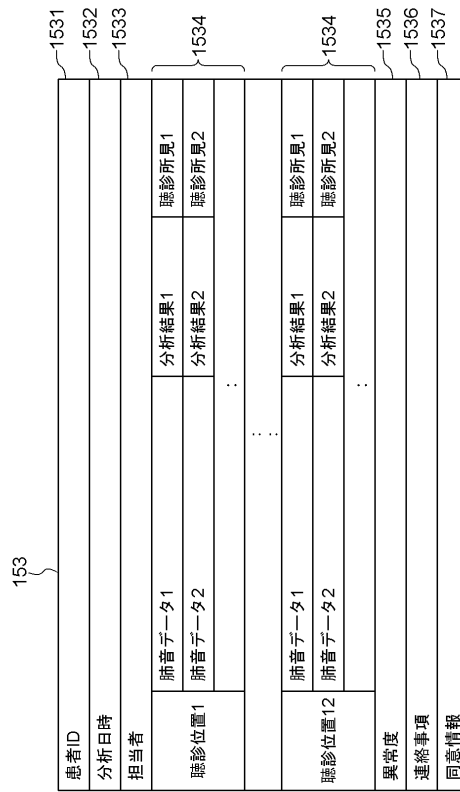
40

50

【図5】

性別	女性
年齢	40~64
BMI	20以下
既往歴	高血圧

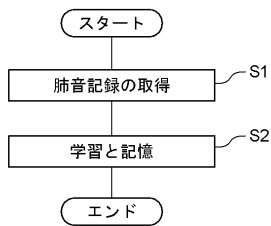
【図6】



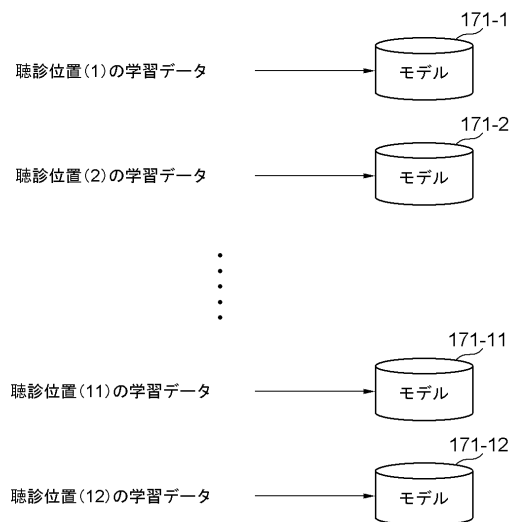
10

20

【図7】



【図8】

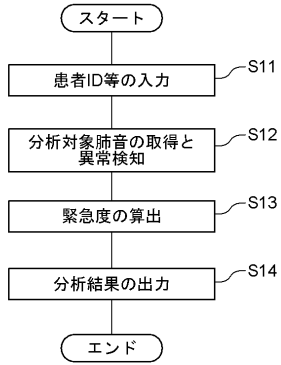


30

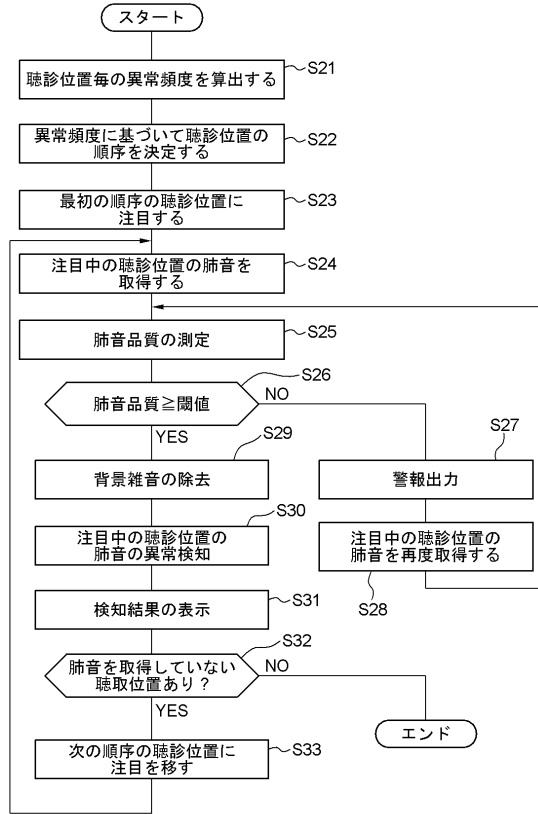
40

50

【 図 9 】



【 図 10 】



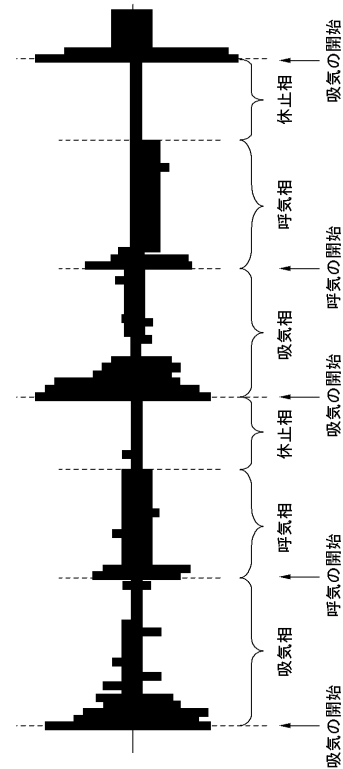
10

20

【 図 11 】

聴診位置	異常頻度	聴診順序1	聴診順序2
(1)	1	8	9
(2)	1	9	10
(3)	1	10	11
(4)	1	11	12
(5)	2	4	8
(6)	3	3	7
(7)	1	7	5
(8)	0	12	6
(9)	2	5	3
(10)	2	6	4
(11)	4	1	1
(12)	3	2	2

【 図 12 】



30

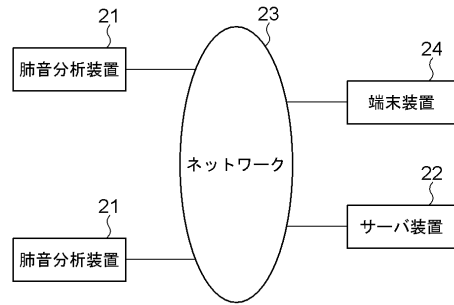
40

50

【図 1 3】

(12)	-	+ +	+	+	.....	+
(11)	-	+ +	+	+	.....	+
(10)	-	-	-	-	.....	+
(9)	-	-	-	-	.....	+
(8)	-	-	-	-	.....	+
(7)	-	-	-	-	.....	+
(6)	-	-	+ -	-	.....	+
(5)	-	-	- +	+	.....	+
(4)	-	-	-	-	.....	+
(3)	-	-	-	-	.....	+
(2)	-	-	-	-	.....	+
(1)	-	-	-	-	.....	+
聴診位置	重症度0	重症度1	重症度2	.....	重症度N	

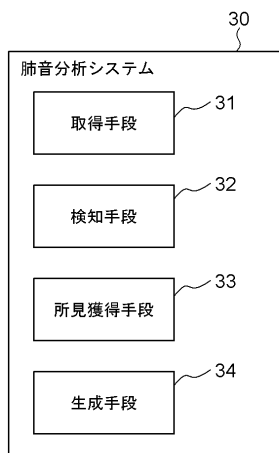
【図 1 4】



10

20

【図 1 5】



30

40

50

フロントページの続き

- 東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(72)発明者 近藤 玲史
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
(72)発明者 荒井 友督
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内
審査官 牧尾 尚能
(56)参考文献 特開2005-304941(JP,A)
特表2013-514122(JP,A)
米国特許出願公開第2020/0046241(US,A1)
特表2018-516616(JP,A)
国際公開第2019/229543(WO,A1)
米国特許出願公開第2016/0367137(US,A1)
特表2019-514301(JP,A)
特表2017-536867(JP,A)
(58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A61B 7/00 - 7/04
A61B 5/06 - 5/22
A61B 5/00 - 5/01