

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2019-531101

(P2019-531101A)

(43) 公表日 令和1年10月31日 (2019. 10. 31)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/00 (2006.01)	A 6 1 B 8/00	4 C 0 1 7
A 6 1 B 7/04 (2006.01)	A 6 1 B 7/04 Y	4 C 0 3 8
A 6 1 B 5/1455 (2006.01)	A 6 1 B 7/04 L	4 C 6 0 1
A 6 1 B 5/02 (2006.01)	A 6 1 B 7/04 S	
	A 6 1 B 7/04 J	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 73 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2018-541307 (P2018-541307)
 (86) (22) 出願日 平成29年8月16日 (2017. 8. 16)
 (85) 翻訳文提出日 平成30年12月20日 (2018. 12. 20)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2017/047204
 (87) 国際公開番号 W02018/035257
 (87) 国際公開日 平成30年2月22日 (2018. 2. 22)
 (31) 優先権主張番号 62/376, 300
 (32) 優先日 平成28年8月17日 (2016. 8. 17)
 (33) 優先権主張国・地域又は機関
 米国 (US)

(71) 出願人 508032284
 カリフォルニア インスティテュート オ
 ブ テクノロジー
 アメリカ合衆国, カリフォルニア州 9 1
 1 2 5, パサデナ, イースト・カリフォル
 ニア・ブールヴァード 1 2 0 0, エムシ
 ー 6-3 2
 (74) 代理人 100147485
 弁理士 杉村 憲司
 (74) 代理人 230118913
 弁護士 杉村 光嗣
 (74) 代理人 100154003
 弁理士 片岡 憲一郎

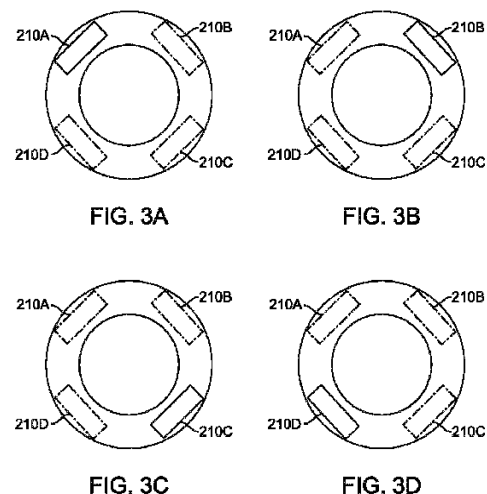
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 改良された聴診器デバイスおよび方法

(57) 【要約】

改良された聴診器デバイスと、該改良された聴診器デバイスを動作させるための方法を提供する。改良された聴診器デバイスは、概して、被験体に関する一連の測定値を取得するために、聴診センサ、超音波センサ、および他のセンサを設けることによって動作する。一連の測定値は、臨床的に関連する情報を抽出するために、機械学習などによって相関させることができる。また、オーディオ信号を超音波信号と干渉させることによる、超音波ビームステアリングのためのシステムおよび方法も同様に記載されている。

【選択図】 図 3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

聴診器デバイスであって：

対象から聴診オーディオ信号を受信するための機械的ダイヤフラムを備える、聴診器ヘッドと；

第 1 の送信超音波撮像信号を第 1 の周波数で前記対象に送信し、第 1 の受信超音波撮像信号を前記第 1 の周波数で前記対象から受信する、第 1 の超音波トランスデューサと；

第 2 の送信超音波撮像信号を前記第 1 の周波数とは異なる第 2 の周波数で前記対象に送信し、第 2 の受信超音波撮像信号を前記第 2 の周波数で前記対象から受信する、第 2 の超音波トランスデューサと；を備え、

前記第 1 および第 2 の超音波トランスデューサは、互いに同時に送信および受信する、聴診器デバイス。

【請求項 2】

前記第 1 の送信超音波撮像信号の前記周波数は、100 kHz、200 kHz、300 kHz、400 kHz、500 kHz、650 kHz、700 kHz、800 kHz、850 kHz、900 kHz、1 MHz、2 MHz、3 MHz、5.5 MHz、6 MHz、8 MHz、および 11 MHz からなる群から選択され：かつ前記第 2 の送信超音波撮像信号の前記周波数は、0.5 MHz ～ 30 MHz の周波数範囲内にある、請求項 1 に記載の聴診器デバイス。

【請求項 3】

前記第 1 の受信超音波撮像信号の前記周波数は、100 kHz、200 kHz、300 kHz、400 kHz、500 kHz、650 kHz、700 kHz、800 kHz、850 kHz、900 kHz、1 MHz、2 MHz、3 MHz、5.5 MHz、6 MHz、8 MHz、および 11 MHz からなる群から選択され：かつ前記第 2 の受信超音波撮像信号の前記周波数は、0.5 MHz ～ 30 MHz の周波数範囲内にある、請求項 1 または 2 に記載の聴診器デバイス。

【請求項 4】

前記第 1 の送信超音波撮像信号の前記周波数は、0.5 MHz ～ 30 MHz の周波数範囲内にあり、前記第 2 の送信超音波撮像信号の前記周波数は、0.5 MHz ～ 30 MHz の周波数範囲内にありかつ前記第 1 の送信超音波撮像信号の前記周波数とは異なる、請求項 1 ～ 3 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 5】

前記第 1 の受信超音波撮像信号の前記周波数は、0.5 MHz ～ 30 MHz の周波数範囲内にあり、前記第 2 の受信超音波撮像信号の前記周波数は、0.5 MHz ～ 30 MHz の周波数範囲内にありかつ前記第 1 の受信超音波撮像信号の前記周波数とは異なる、請求項 1 ～ 4 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 6】

前記第 1 の受信超音波撮像信号は、前記第 2 の受信超音波撮像信号によって正規化される、請求項 1 ～ 5 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 7】

前記第 1 の受信超音波撮像信号の前記周波数は、0.5 MHz ～ 30 MHz の周波数範囲内にあり、前記第 2 の受信超音波撮像信号の前記周波数は、0.5 MHz ～ 30 MHz の周波数範囲内にありかつ前記第 1 の受信超音波撮像信号の前記周波数とは異なる、請求項 1 ～ 6 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 8】

前記第 1 の超音波トランスデューサは、ジルコン酸チタン酸鉛（PZT）素子、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）素子、電圧マイクロマシン超音波トランスデューサ（PMUT）素子、および容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ（CMUT）素子からなる群から選択された素子を含み；前記第 2 の超音波トランスデューサは、PZT 素子、PVDF 素子、PMUT 素子、および CMUT 素子からなる群から選択された素子を含む、

10

20

30

40

50

請求項 1～7 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 9】

前記第 1 の超音波トランスデューサは、少なくとも 1 つの他の超音波撮像センサの帯域幅と部分的に重複する帯域幅を有する、請求項 1～8 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 10】

前記聴診器ヘッド、前記第 1 の超音波トランスデューサ、および前記第 2 の超音波トランスデューサの 1 つ以上に連結されたハウジングをさらに備える、請求項 1～9 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 11】

前記聴診器ヘッド、前記第 1 の超音波トランスデューサ、および前記第 2 の超音波トランスデューサの 1 つ以上は、前記ハウジングに取り外し可能に連結されている、請求項 1～10 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 12】

前記聴診器ヘッド、前記第 1 の超音波トランスデューサ、および前記第 2 の超音波トランスデューサの 1 つ以上は、前記ハウジングに物理的に連結されている、請求項 1～11 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 13】

前記聴診器ヘッド、前記第 1 の超音波トランスデューサ、および前記第 2 の超音波トランスデューサの 1 つ以上は、前記ハウジングに機能的に接続されている、請求項 1～12 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 14】

非聴診の非超音波信号を検出するための、非聴診の非超音波センサをさらに備える、請求項 1～13 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 15】

前記非聴診の非超音波センサは、非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、および電気化学センサからなる群から選択される、請求項 14 に記載の聴診器デバイス。

【請求項 16】

前記非聴診の非超音波センサは、体温、呼吸数、呼吸の質、呼吸の病理、血圧レベル、血糖濃度レベル、血中ガス濃度レベル、および血中酸素飽和度（ spO_2 ）レベルからなる群に由来する信号を検出するように構成されている、請求項 14 または 15 に記載の聴診器デバイス。

【請求項 17】

前記聴診器ヘッドは、前記第 1 および第 2 の超音波トランスデューサに機能的に接続されている、請求項 1～16 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 18】

バッテリーをさらに備える、請求項 1～17 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 19】

電力を受け取るための電源コネクタをさらに備える、請求項 1～18 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 20】

電力を受け取るための誘導電力コイルをさらに備える、請求項 1～19 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 21】

データを送信および受信するための誘導電力コイルをさらに備える、請求項 1～20 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 22】

前記デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、または非聴診の非超音波モードの 1 つ以上で動作させるための制御部をさらに備える、請求項 1～21 のいずれか一項に記

10

20

30

40

50

載の聴診器デバイス。

【請求項 23】

前記制御部は、ユーザインタフェースを備える、請求項 22 に記載の聴診器デバイス。

【請求項 24】

前記ユーザインタフェースは、前記聴診信号、前記超音波信号、または前記非聴診の非超音波信号に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成されている、請求項 1 ～ 23 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 25】

前記ユーザインタフェースは、タッチスクリーンデバイスを含む、請求項 24 に記載の聴診器デバイス。

【請求項 26】

無線ネットワークモダリティをさらに備える、請求項 1 ～ 25 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 27】

前記無線ネットワークモダリティは、前記聴診オーディオ信号、受信超音波信号または非聴診の非超音波信号を周辺デバイスに通信するように構成されている、請求項 26 に記載の聴診器デバイス。

【請求項 28】

マイクロフォンおよびスピーカをさらに備える、請求項 1 ～ 27 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【請求項 29】

前記マイクロフォンおよびスピーカは、前記聴診器デバイスのオペレータと前記聴診器デバイスとの間の通信を可能にする、請求項 28 に記載の聴診器デバイス。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

〔関連出願の相互参照〕

本出願は、2016 年 8 月 17 日に提出された「改良された聴診器デバイス、方法、および生理機能測定用プラットフォーム」と称する米国特許仮出願第 62/376300 号の利益を主張し、この出願は、すべての目的のためにその全体が本明細書に組み込まれる。

【背景技術】

【0002】

従来の聴診器が、一連の医療において広範に使用されている。しかしながら、それ単体では、呼吸および心拍数を評価することしかできず、血圧測定は、聴診器を血圧計と組み合わせる場合に可能となる。従来の聴診器ヘッドには、0.01 Hz ～ 3 kHz の範囲のオーディオ信号を機械的に増幅するダイヤフラムが含まれている。医療用途では、オペレータは、聴診器ヘッドを、観察する現象に隣接させて（例えば、呼吸を測定するために胸部に対して）固定する。ダイヤフラムは、特徴部（例えば、心臓または肺）から聴診器ヘッドに結びつけられた音を、一組のイヤピースに伝達する。オペレータは、この音を解釈し、その測定値を手動で記録する。研究により、これらの測定値は、測定値がとられるオーディオ環境だけでなく、オペレータのトレーニングレベルにも大きく依存することが示されている。

【0003】

電子聴診器は、救急部門などの大きな環境において、従来の聴診器の限界に対処しようとしている。電子聴診器は、ダイヤフラムに投射される機械的信号を、容易に増幅されてオペレータが着用するイヤピースに伝達される電子信号に変換する。しかしながら、人間のオペレータがオーディオ信号を解釈し、心拍数および呼吸数などの生理的パラメータを推定する必要が依然としてある。

【0004】

対照的に、このデータの収集および解釈の一部を自動化するために、超音波撮像装置が開発されている。例えば、超音波撮像装置は、記録された画像またはドップラー超音波から、成人または胎児の心拍数を抽出することができる。これらの撮像装置は、体内の組織に差し込んで反射する高周波エコーを測定する。これらの超音波装置を用いて断層撮影を実行するために、音の周波数を変調するための多くの戦略が開発されている。例えば、高周波数は、浅い深度（例えば、皮下組織、肺、血管系）でより高い解像度の画像を生成し、低周波数は、より深い深度（例えば、内臓器官）でより低い解像度の画像を生成する。超音波は、感染症、外傷、腸閉塞、心臓疾患、妊娠段階、および胎児の健康の検査ならびにモニタリングを含む、様々な画像診断目的で使用される。その汎用性により、超音波は、ポイントオブケア医療、開発途上世界、荒野探検、宇宙飛行での使用における特に有効なツールとされているが、超音波装置の典型的な高コスト、電力要件、およびサイズが多くのシナリオでその採用を妨げてきた。

10

【0005】

さらに、現在の超音波撮像装置は、聴診器とは異なり、使用するために多大なトレーニングを必要とするが、依然として、実質的なオペレータ間のばらつきに悩まされている。これらの制限により、超音波撮像装置を増やすことはできても聴診器にとって代わることはできなかった。

【発明の概要】

【0006】

聴診器および超音波システムによって提供される補完的な診断情報のために、これらの技術の両方を利用するシステムおよび方法が必要とされている。理想的には、そのようなシステムおよび方法は、心拍数、血圧、体温、呼吸数、または SpO_2 （ O_2 を伴うヘモグロビンの飽和状態）などの生理学的パラメータに関する情報も測定して取り込む。

20

【0007】

本明細書に記載するシステムおよび方法は、概して、医療従事者によって一般に使用される聴診器に対して機能が改良された聴診器に関する。改良された聴診器デバイスと、該改良された聴診器デバイスを動作させるための方法を提供する。改良された聴診器デバイスは、概して、被験体に関する一連の測定値を得るために、聴診センサ、超音波センサ、および他のセンサを設けることによって動作する。一連の測定値は、臨床的に関連する情報を抽出するために、機械学習などによって相関させることができる。また、オーディオ信号を超音波信号と干渉させることによる、超音波ビームステアリングのためのシステムおよび方法も同様に記載されている。

30

【0008】

第1の広い態様において、聴診器は、聴診器ヘッドを備えることができる。オーディオヘッドは、機械的ダイヤフラムを備えていてもよい。機械的ダイヤフラムは、対象から聴診オーディオ信号を受信することができる。聴診器デバイスは、第1の超音波トランスデューサをさらに備えていてもよい。第1の超音波トランスデューサは、第1の送信超音波撮像信号を第1の周波数で対象に送信し、第1の受信超音波撮像信号を第1の周波数で対象から受信することができる。聴診器は、第2の超音波トランスデューサをさらに備えていてもよい。第2の超音波トランスデューサは、第2の送信超音波撮像信号を第1の周波数とは異なる第2の周波数で対象に送信し、第2の受信超音波撮像信号を第2の周波数で対象から受信することができる。第1および第2の超音波撮像トランスデューサは、互いに同時に送信および受信することができる。

40

【0009】

第1の送信超音波撮像信号の周波数は、100 kHz、200 kHz、300 kHz、400 kHz、500 kHz、650 kHz、700 kHz、800 kHz、850 kHz、900 kHz、1 MHz、2 MHz、3 MHz、5.5 MHz、6 MHz、8 MHz、および11 MHzからなる群から選択することができる。第2の送信超音波撮像信号の周波数は、0.5 MHz～30 MHzの周波数範囲内のものとする。第1の受信超音波撮像信号の周波数は、100 kHz、200 kHz、300 kHz、400 k

50

H z、500kHz、650kHz、700kHz、800kHz、850kHz、900kHz、1MHz、2MHz、3MHz、5.5MHz、6MHz、8MHz、および11MHzからなる群から選択することができる。第2の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内のものとしてすることができる。第1の送信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にあり、第2の送信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にありかつ第1の送信超音波撮像信号の周波数とは異なってもよい。第1の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にあり、第2の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にありかつ第1の受信超音波撮像信号の周波数とは異なってもよい。

10

【0010】

第1の受信超音波撮像信号は、第2の受信超音波撮像信号によって正規化することができる。

【0011】

第1の超音波トランスデューサは、ジルコン酸チタン酸鉛（PZT）素子、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）素子、電圧マイクロマシン超音波トランスデューサ（PMUT）素子、および容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ（CMUT）素子からなる群から選択された素子を含むことができる。第2の超音波トランスデューサは、PZT素子、PVDF素子、PMUT素子、およびCMUT素子からなる群から選択された素子を含むことができる。

20

【0012】

第1の超音波トランスデューサは、少なくとも1つの他の超音波撮像センサの帯域幅と部分的に重複する帯域幅を有することができる。

【0013】

聴診器デバイスは、聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上に連結されたハウジングをさらに備えていてもよい。聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上は、ハウジングに取り外し可能に連結されていてもよい。聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上は、ハウジングに物理的に連結されていてもよい。聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上は、ハウジングに機能的に接続されていてもよい。

30

【0014】

聴診器デバイスは、非聴診の非超音波信号を検出するための、非聴診の非超音波センサをさらに備えていてもよい。非聴診の非超音波センサは、非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、および電気化学センサからなる群から選択することができる。非聴診の非超音波センサは、体温、呼吸数、呼吸の質、呼吸の病理、血圧レベル、血糖濃度レベル、血中ガス濃度レベル、および血中酸素飽和度（ spO_2 ）レベルからなる群に由来する信号を検出するように構成することができる。

【0015】

聴診器ヘッドは、第1および第2の超音波トランスデューサに機能的に接続されていてもよい。

40

【0016】

聴診器デバイスは、バッテリーを備えていてもよい。聴診器デバイスは、電力を受け取るための電源コネクタを備えていてもよい。聴診器デバイスは、電力を受け取るための誘導電力コイルを備えていてもよい。聴診器デバイスは、データを送信および受信するための誘導電力コイルを備えていてもよい。

【0017】

聴診器デバイスは、該デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、または非聴診の非超音波モードの1つ以上で動作させるための制御部を備えていてもよい。制御部は、ユ

50

ーザインタフェースを備えていてもよい。ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、または非聴診の非超音波信号に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成することができる。ユーザインタフェースは、タッチスクリーンデバイスを含んでいてもよい。

【0018】

聴診器デバイスは、無線ネットワークモダリティを備えていてもよい。無線ネットワークモダリティは、聴診オーディオ信号、受信超音波信号または非聴診の非超音波信号を周辺デバイスに通信するように構成することができる。

【0019】

聴診器デバイスは、マイクロフォンおよびスピーカを備えていてもよい。マイクロフォンおよびスピーカは、聴診器デバイスのオペレータと聴診器デバイスとの間の通信を可能にすることができる。

【0020】

第2の広い態様において、聴診器デバイスは、聴診器ヘッドを備えることができる。聴診器ヘッドは、機械的ダイヤフラムを備えていてもよい。機械的ダイヤフラムは、対象からの聴診オーディオ信号を受信することができる。聴診器デバイスは、超音波トランスデューサをさらに備えていてもよい。超音波トランスデューサは、送信超音波撮像信号を対象に送信し、受信超音波撮像信号を該対象から受信することができる。聴診器デバイスは、非聴診の非超音波センサをさらに備えていてもよい。非聴診の非超音波センサは、対象からの非聴診の非超音波信号を検出することができる。

【0021】

聴診器デバイスは、聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサに連結されたハウジングをさらに備えていてもよい。聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサの1つ以上は、ハウジングに取り外し可能に連結されていてもよい。聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサの1つ以上は、ハウジングに物理的に連結されていてもよい。聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサの1つ以上は、ハウジングに機能的に接続されていてもよい。

【0022】

対象から受信される受信超音波撮像信号は、送信超音波撮像信号の錯乱信号であってもよい。

【0023】

非聴診の非超音波センサは、非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、化学センサ、および電気化学センサからなる群から選択することができる。非聴診の非超音波センサは：体温、呼吸数、呼吸量、呼吸の質、呼吸の病理、血圧レベル、血糖濃度、血中ガス濃度レベル、および血中酸素飽和度（ spO_2 ）レベルの1つ以上に対応する信号を検出するように構成することができる。

【0024】

超音波トランスデューサは、聴診器ヘッドに取り付けられていてもよい。

【0025】

聴診器デバイスは、充電式または非充電式のバッテリーを備えることができる。聴診器デバイスは、電力を受け取るための電源コネクタを備えていてもよい。聴診器デバイスは、電力を受け取るための誘導電力コイルをさらに備えていてもよい。聴診器デバイスは、データを送信および受信するための誘導電力コイルを備えていてもよい。

【0026】

聴診器デバイスは、該デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、非聴診の非超音波モードの1つ以上で動作させるための制御部を備えることができる。制御部は、ユーザインタフェースを備えていてもよい。ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、または非聴診の非超音波信号に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成することができる。ユーザインタフェースは、ディスプレイを備えていてもよい。ディスプレ

10

20

30

40

50

イは、撮像されるサンプルの2次元表現を表示することができる。ユーザインタフェースは、タッチスクリーンデバイスを含んでいてもよい。

【0027】

聴診器デバイスは、無線ネットワークモダリティをさらに備えていてもよい。無線ネットワークモダリティは、聴診オーディオ信号、受信超音波信号、または非聴診の非超音波信号を周辺デバイスに通信するように構成することができる。

【0028】

聴診器デバイスは、マイクロフォンおよびスピーカをさらに備えていてもよい。マイクロフォンおよびスピーカは、改良された聴診器デバイスのオペレータと該改良された聴診器デバイスとの間の通信を可能にすることができる。

10

【0029】

第3の広い態様において、聴診器デバイスは、聴診器ヘッドを備えることができる。聴診器ヘッドは、機械的ダイヤフラムを備えていてもよい。機械的ダイヤフラムは、対象から聴診オーディオ信号を受信することができる。聴診器デバイスは、超音波トランスデューサをさらに備えていてもよい。超音波トランスデューサは、送信超音波撮像信号を対象に送信し、受信超音波撮像信号を該対象から受信することができる。聴診器デバイスは、モデルをさらに含んでいてもよい。モデルは、オーディオ信号と受信超音波撮像信号とを相関させることができる。

【0030】

聴診器デバイスは、聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサに連結されたハウジングをさらに備えていてもよい。聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサの一方または両方が、ハウジングに取り外し可能に連結されていてもよい。聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサの一方または両方が、ハウジングに物理的に連結されていてもよい。聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサの一方または両方が、ハウジングに機能的に接続されていてもよい。

20

【0031】

聴診器デバイスは、非聴診の非超音波信号を検出するための非聴診の非超音波センサをさらに備えていてもよい。非聴診の非超音波センサは、非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、化学センサおよび電気化学センサからなる群から選択することができる。非聴診の非超音波センサは：体温、呼吸数、血圧レベル、および血中酸素飽和度 (spO_2) レベルの1つ以上に対応する信号を検出するように構成することができる。

30

【0032】

モデルは、(a) 聴診オーディオ信号、(b) 超音波撮像信号、および(c) 非超音波信号からなる群から選択された第1の信号を、(x) 聴診オーディオ信号、(y) 超音波撮像信号、および(z) 非超音波信号からなる群から選択された第2の信号と相関させ、これによって抽出された特徴パラメータを生成することができる。

【0033】

モデルは、第1の信号を第1の重み関数でたたみ込んで第1の重み信号を生成すること；第2の信号を第2の重み関数でたたみ込んで第2の重み信号を生成すること；および第1および第2の重み信号上で自動相関または相互相関を実行して、抽出された特徴パラメータを生成すること；によって第1および第2の信号を相関させることができる。

40

【0034】

モデルは、第1および第2の信号を(i) フーリエ変換、(ii) Z-変換、(iii) ウェーブレット変換、(iv) 余弦級数、(v) 正弦級数、または(vi) テイラー級数の1つ以上でそれぞれ変換して、第1および第2の変換信号をそれぞれ生成すること；ならびに第1および第2の変換信号を相互相関または自動相関させて特徴パラメータを生成すること；によって第1および第2の信号を相関させることができる。

【0035】

モデルは、第1および第2の信号を符号化すること；ならびに機械学習技術を使用して

50

第1および第2の信号を一組の特徴にマッピングすること；によって第1および第2の信号を相関させることができる。機械学習技術は、ディープボロネットワーク、ニューラルネットワーク、およびスパース辞書からなる群から選択され得る。

【0036】

超音波トランスデューサは聴診器ヘッドに取り付けられていてもよい。

【0037】

聴診器デバイスは、充電式または非充電式のバッテリーを備えていてもよい。聴診器デバイスは、電力を受け取るための電源コネクタを備えていてもよい。聴診器デバイスは、電力を受け取るための誘導電力コイルを備えていてもよい。聴診器デバイスは、データを送信および受信するための誘導電力コイルを備えていてもよい。

10

【0038】

聴診器デバイスは、該デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、または非聴診の非超音波モードの1つ以上で動作させるための制御部を備えることができる。制御部は、ユーザインタフェースを備えていてもよい。ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、または非聴診の非超音波信号の1つ以上に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成することができる。ユーザインタフェースは、タッチスクリーンデバイスを含んでいてもよい。

【0039】

聴診器デバイスは、無線ネットワークモダリティを備えていてもよい。無線ネットワークモダリティは、聴診オーディオ信号、受信超音波信号、または非聴診の非超音波信号の1つ以上を周辺デバイスに通信するように構成することができる。

20

【0040】

聴診器デバイスは、マイクロフォンおよびスピーカを備えていてもよい。マイクロフォンおよびスピーカは、改良された聴診器デバイスのオペレータと、該改良された聴診器デバイスとの間の通信を可能にすることができる。

【0041】

第4の広い態様において、聴診器デバイスは、聴診器ヘッドを備えることができる。聴診器ヘッドは、機械的ダイヤフラムを備えていてもよい。機械的ダイヤフラムは、対象から聴診オーディオ信号を受信することができる。聴診器デバイスは、超音波トランスデューサをさらに備えていてもよい。超音波トランスデューサは、送信超音波撮像信号を対象に送信し、受信超音波撮像信号を該対象から受信することができる。聴診器デバイスは、オーディオトランスデューサをさらに備えていてもよい。オーディオトランスデューサは、オーディオ信号を対象に送信することができる。聴診器デバイスは、干渉回路をさらに備えていてもよい。干渉回路は、送信超音波撮像信号をオーディオ信号と干渉させて超音波撮像信号を対象に誘導することができる。

30

【0042】

聴診器デバイスは、聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の1つ以上に連結されたハウジングをさらに備えていてもよい。聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の1つ以上は、ハウジングに取り外し可能に連結されていてもよい。聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の1つ以上は、ハウジングに物理的に連結されていてもよい。聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の1つ以上は、ハウジングに機能的に接続されていてもよい。

40

【0043】

干渉回路は、オーディオ信号に対する対象応答のモデルに基づいて、送信超音波撮像信号をオーディオ信号と干渉させることができる。モデルは、超音波撮像信号をオーディオ信号と相関させ、抽出された特徴パラメータを生成することができる。

【0044】

モデルは、超音波撮像信号を第1の重み関数でたたみ込んで重みつき超音波撮像信号を

50

生成すること；オーディオ信号を第2の重み関数でたたみ込んで重みつきオーディオ信号を生成すること；および重みつき超音波撮像信号および重みつきオーディオ信号上で自動相関または相互相関を実行して、特徴パラメータを生成すること、によって超音波撮像信号とオーディオ信号とを相関させることができる。

【0045】

モデルは、超音波撮像信号およびオーディオ信号を、(i)フーリエ変換、(ii)Z変換、(iii)ウェーブレット変換、(iv)余弦級数、(v)正弦級数、または(vi)テイラー級数の1つ以上でそれぞれ変換して、変換超音波撮像信号および変換オーディオ信号をそれぞれ生成すること；および変換超音波撮像信号と変換オーディオ信号とを相互相関または自動相関させて特徴パラメータを生成すること、によって超音波撮像信号とオーディオ信号とを相関させることができる。

10

【0046】

モデルは、超音波撮像信号およびオーディオ信号を符号化すること；および機械学習技術を使用して超音波撮像信号およびオーディオ信号を一組の特徴にマッピングすること、によって超音波撮像信号およびオーディオ信号を相関させることができる。機械学習技術は、ディープボロネットワーク、ニューラルネットワーク、およびスパース辞書からなる群から選択することができる。

【0047】

聴診器デバイスは、非聴診の非超音波信号を検出するための非聴診の非超音波センサをさらに備えていてもよい。非聴診の非超音波センサは：非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、化学センサ、電気化学センサからなる群から選択することができる。非聴診の非超音波センサは、体温、呼吸数、呼吸の質、呼吸の病理、血圧レベル、血糖濃度レベル、血中ガス濃度レベル、および血中酸素飽和度(spO_2)レベルからなる群に対応する信号を検出するように構成することができる。

20

【0048】

超音波トランスデューサは、聴診器ヘッドに対して、取り外し可能または取り外し不可能に取り付けられていてもよい。超音波トランスデューサは、音響整合層に取り付けられていてもよい。超音波トランスデューサは、聴診器ヘッドに対して、取り外し可能または取り外し不可能に取り付けられていてもよい。

【0049】

聴診器デバイスは、充電式または非充電式のバッテリーを備えていてもよい。聴診器デバイスは、電力を受け取るための電源コネクタを備えていてもよい。聴診器デバイスは、電力を受け取るための誘導電力コイルを備えていてもよい。聴診器デバイスは、データを送信および受信するための誘導電力コイルを備えていてもよい。

30

【0050】

聴診器デバイスは、該デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、および非聴診の非超音波モードの1つ以上で動作させるための制御部をさらに備えることができる。制御部は、ユーザインタフェースを備えていてもよい。ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、および非聴診の非超音波信号の1つ以上に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成することができる。ユーザインタフェースは、タッチスクリーンデバイスを含んでいてもよい。

40

【0051】

聴診器デバイスは、無線ネットワークモダリティを備えていてもよい。無線ネットワークモダリティは、聴診オーディオ信号、受信超音波信号、および非聴診の非超音波信号を周辺デバイスに通信するように構成することができる。

【0052】

聴診器デバイスは、マイクロフォンおよびスピーカを備えていてもよい。マイクロフォンおよびスピーカは、聴診器デバイスのオペレータと聴診器デバイスとの間の通信を可能にすることができる。

【0053】

50

第5の広い態様において、方法は、聴診オーディオ信号を対象から受信するステップを含むことができる。聴診オーディオ信号は、機械的ダイヤフラムを備える聴診器ヘッドによって受信することができる。この方法は、第1の送信超音波撮像信号を第1の周波数で対象に送信し、第1の受信超音波撮像信号を第1の周波数で対象から受信するステップをさらに含むことができる。第1の超音波撮像信号は、第1の超音波トランスデューサによって送信および受信することができる。この方法は、第2の送信超音波撮像信号を第1の周波数とは異なる第2の周波数で対象に送信し、第2の受信超音波撮像信号を第2の周波数で対象から受信するステップをさらに含むことができる。第2の聴診撮像信号は、第2の超音波トランスデューサによって送信および受信することができる。第1および第2の超音波トランスデューサは、互いに同時に送信および受信することができる。

10

【0054】

第1の送信超音波撮像信号の周波数は、100kHz、200kHz、300kHz、400kHz、500kHz、650kHz、700kHz、800kHz、850kHz、900kHz、1MHz、2MHz、3MHz、5.5MHz、6MHz、8MHz、および11MHzからなる群から選択することができ；かつ第2の送信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内のものとしてすることができる。第1の送信超音波撮像信号の周波数は、100kHz、200kHz、300kHz、400kHz、500kHz、650kHz、700kHz、800kHz、850kHz、900kHz、1MHz、2MHz、3MHz、5.5MHz、6MHz、8MHz、および11MHzからなる群から選択され；かつ第2の送信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内のものとしてすることができる。第1の受信超音波撮像信号の周波数は、100kHz、200kHz、300kHz、400kHz、500kHz、650kHz、700kHz、800kHz、850kHz、900kHz、1MHz、2MHz、3MHz、5.5MHz、6MHz、8MHz、および11MHzからなる群から選択することができ；かつ第2の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内のものとしてすることができる。第1の送信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内であり、第2の送信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内でありかつ第1の送信超音波撮像信号の周波数とは異なってもよい。第1の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にあり、第2の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にありかつ第1の受信超音波撮像信号の周波数とは異なってもよい。

20

30

【0055】

第1の受信超音波撮像信号は、第2の受信超音波撮像信号によって正規化することができる。

【0056】

第1の超音波トランスデューサは、ジルコン酸チタン酸鉛（PZT）素子、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）素子、電圧マイクロマシン超音波トランスデューサ（PMUT）素子、および容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ（CMUT）素子からなる群から選択された素子を含み；第2の超音波トランスデューサは、PZT素子、PVDF素子、PMUT素子、およびCMUT素子からなる群から選択された素子を含むことができる。

40

【0057】

第1の超音波トランスデューサは、少なくとも1つの他の超音波撮像センサの帯域幅と部分的に重複する帯域幅を有することができる。

【0058】

この方法は、聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上にハウジングを連結させるステップをさらに含んでもよい。聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上は、ハウジングに取り外し可能に連結されていてもよい。聴診器ヘッド、第1の

50

超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上は、ハウジングに物理的に連結されていてもよい。聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上は、ハウジングに機能的に接続されていてもよい。

【0059】

この方法は、非聴診の非超音波信号を検出するステップをさらに含んでもよい。非聴診の非超音波信号は、非聴診の非超音波センサによって検出することができる。非聴診の非超音波センサは、非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、および電気化学センサからなる群から選択することができる。非聴診の非超音波センサは、体温、呼吸数、呼吸の質、呼吸の病理、血圧レベル、血糖濃度レベル、血中ガス濃度レベル、および血中酸素飽和度 (spO_2) レベルからなる群に由来する信号を検出するように構成することができる。

10

【0060】

聴診器ヘッドは、第1および第2の超音波トランスデューサに機能的に接続することができる。

【0061】

この方法は、聴診器ヘッド、第1の超音波撮像トランスデューサ、および第2の超音波撮像トランスデューサに電力を供給するステップをさらに含んでもよい。電力は、バッテリーによって供給されてもよい。電力は、電力を受け取るための電源コネクタによって供給されてもよい。電力は、電力を受け取るための誘導電力コイルによって供給されてもよい。

20

【0062】

この方法は、データを送信および受信するステップをさらに含んでもよい。データを送信および受信するステップは、データを送信および受信するための誘導電力コイルによって実行することができる。

【0063】

この方法は、デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、または非聴診の非超音波モードの1つ以上で動作させるステップをさらに含んでもよい。デバイスの動作は、制御部によって実行することができる。制御部は、ユーザインタフェースを含んでもよい。ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、または非聴診の非超音波信号に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成することができる。ユーザインタフェースは、タッチスクリーンデバイスを含んでもよい。

30

【0064】

この方法は、聴診オーディオ信号、受信超音波信号、または非聴診の非超音波信号を周辺デバイスに通信するステップをさらに含んでもよい。この通信は、無線ネットワークモダリティによるものとすることができる。

【0065】

この方法は、聴診器デバイスのオペレータと聴診器デバイスとの間の通信を可能にするステップをさらに含んでもよい。通信は、マイクロフォンおよびスピーカによって可能にすることができる。

40

【0066】

第6の広い態様において、方法は、聴診オーディオ信号を対象から受信するステップを含むことができる。聴診オーディオ信号は、機械的ダイヤフラムを備える聴診器デバイスによって受信することができる。この方法は、送信超音波撮像信号を対象に送信し、受信超音波撮像信号を対象から受信するステップをさらに含むことができる。超音波撮像信号は、超音波トランスデューサによって送信および受信することができる。この方法は、非聴診の非超音波信号を対象から検出するステップをさらに含むことができる。非聴診の非超音波信号は、非聴診の非超音波センサによって検出することができる。

【0067】

この方法は、聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサ

50

をハウジングに連結するステップをさらに含んでもよい。聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサの1つ以上は、ハウジングに取り外し可能に連結されていてもよい。聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサの1つ以上は、ハウジングに物理的に連結されていてもよい。聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサの1つ以上は、ハウジングに機能的に接続されていてもよい。

【0068】

対象から受信される受信超音波撮像信号は、送信超音波撮像信号の錯乱信号であってもよい。

【0069】

非聴診の非超音波センサは、非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、化学センサ、および電気化学センサからなる群から選択することができる。非聴診の非超音波センサは、体温、呼吸数、呼吸量、呼吸の質、呼吸の病理、血圧レベル、血糖濃度、血中ガス濃度レベル、および血中酸素飽和度（ spO_2 ）レベルの1つ以上に対応する信号を検出するように構成することができる。

【0070】

超音波トランスデューサは、聴診器ヘッドに取り付けられていてもよい。

【0071】

この方法は、聴診器ヘッド、第1の超音波撮像トランスデューサ、および第2の超音波撮像トランスデューサに電力を供給するステップをさらに含んでもよい。電力は、バッテリーによって供給されてもよい。電力は、電力を受け取るための電源コネクタによって供給されてもよい。電力は、電力を受け取るための誘導電力コイルによって供給されてもよい。

【0072】

この方法は、データを送信および受信するステップをさらに含んでもよい。データを送信および受信するステップは、データを送信および受信するための湯堂電力コイルによって実行することができる。

【0073】

この方法は、デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、または非聴診の非超音波モードの1つ以上で動作させるステップをさらに含んでもよい。デバイスの動作は、制御部によって実行することができる。制御部は、ユーザインタフェースを含んでもよい。ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、または非聴診の非超音波信号に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成することができる。ユーザインタフェースは、タッチスクリーンデバイスを含んでもよい。

【0074】

この方法は、聴診オーディオ信号、受信超音波信号、または非聴診の非超音波信号を周辺デバイスに通信するステップをさらに含んでもよい。この通信は、無線ネットワークモダリティによるものとすることができる。

【0075】

この方法は、聴診器デバイスのオペレータと聴診器デバイスとの間の通信を可能にするステップをさらに含んでもよい。この通信は、マイクロフォンおよびスピーカによって可能にすることができる。

【0076】

第7の広い態様において、方法は、聴診オーディオ信号を対象から受信するステップを含むことができる。聴診オーディオ信号は、機械的ダイヤフラムを備える聴診器によって受信することができる。この方法は、送信超音波撮像信号を対象に送信し、受信超音波撮像信号を対象から受信するステップをさらに含むことができる。超音波撮像信号は、超音波トランスデューサによって送信および受信することができる。この方法は、聴診オーディオ信号と受信超音波撮像信号とを相関させるステップをさらに含むことができる。聴診オーディオ信号および受信超音波撮像信号は、モデルによって相関させることができる。

10

20

30

40

50

【0077】

この方法は、聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサにハウジングを連結させるステップをさらに含んでもよい。聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサの一方または両方が、ハウジングに取り外し可能に連結されていてもよい。聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサの一方または両方が、ハウジングに物理的に連結されていてもよい。聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサの一方または両方が、ハウジングに機能的に接続されていてもよい。

【0078】

この方法は、非聴診の非超音波信号を検出するステップをさらに含んでもよい。非聴診の非超音波信号は、非聴診の非超音波センサによって検出することができる。非聴診の非超音波センサは、非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、化学センサおよび電気化学センサからなる群から選択することができる。非聴診の非超音波センサは：体温、呼吸数、血圧レベル、および血中酸素飽和度（ spO_2 ）レベルの1つ以上に対応する信号を検出するように構成することができる。

10

【0079】

このモデルは、（a）聴診オーディオ信号、（b）超音波撮像信号、および（c）非超音波信号からなる群から選択された第1の信号を、（x）聴診オーディオ信号、（y）超音波撮像信号、および（z）非超音波信号からなる群から選択された第2の信号と関連させ、これによって抽出された特徴パラメータを生成することができる。

20

【0080】

このモデルは、第1の信号を第1の重み関数でたたみ込んで第1の重み信号を生成するステップと；第2の信号を第2の重み関数でたたみ込んで第2の重み信号を生成するステップと；第1および第2の重み信号上で自動相関または相互相関を実行して、抽出された特徴パラメータを生成するステップと；によって第1および第2の信号を相関させることができる。

【0081】

このモデルは、第1および第2の信号を（i）フーリエ変換、（ii）Z変換、（iii）ウェーブレット変換、（iv）余弦級数、（v）正弦級数、または（vi）テイラー級数の1つ以上でそれぞれ変換して、第1および第2の変換信号をそれぞれ生成するステップと；第1および第2の変換信号を相互相関または自動相関させて特徴パラメータを生成するステップと；によって第1および第2の信号を相関させることができる。

30

【0082】

このモデルは、第1および第2の信号を符号化するステップと；機械学習技術を使用して第1および第2の信号を一組の特徴にマッピングするステップと；によって第1および第2の信号を相関させることができる。機械学習技術は、ディープボロネットワーク、ニューラルネットワーク、およびスパース辞書からなる群から選択することができる。

【0083】

超音波トランスデューサは、聴診器ヘッドに取り付けられていてもよい。

【0084】

この方法は、聴診器ヘッド、第1の超音波撮像トランスデューサ、および第2の超音波撮像トランスデューサに電力を供給するステップをさらに含んでもよい。電力は、バッテリーによって供給されてもよい。電力は、電力を受け取るための電源コネクタによって供給されてもよい。電力は、電力を受け取るための誘導電力コイルによって供給されてもよい。

40

【0085】

この方法は、データを送信および受信するステップをさらに含んでもよい。データを送信および受信するステップは、データを送信および受信するための誘導電力コイルによって実行することができる。

【0086】

この方法は、デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、または非聴診の非超音波

50

モードの1つ以上で動作させるステップをさらに含んでもよい。デバイスの動作は、制御部によって実行することができる。制御部は、ユーザインタフェースを備えていてもよい。ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、または非聴診の非超音波信号に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成することができる。ユーザインタフェースは、タッチスクリーンデバイスを含んでもよい。

【0087】

この方法は、聴診オーディオ信号、受信超音波信号、または非聴診の非超音波信号を周辺デバイスに通信するステップをさらに含んでもよい。通信は、無線ネットワークモダリティによるものとして行うことができる。

【0088】

この方法は、聴診器デバイスのオペレータと聴診器デバイスとの間の通信を可能にするステップをさらに含んでもよい。この通信は、マイクロフォンおよびスピーカによって可能にすることができる。

【0089】

第8の広い態様において、方法は、聴診オーディオ信号を対象から受信するステップを含むことができる。聴診オーディオ信号は、機械的ダイヤフラムを備える聴診器によって受信することができる。この方法は、送信超音波撮像信号を対象に送信し、受信超音波撮像信号を対象から受信するステップをさらに含んでもよい。超音波撮像信号は、超音波トランスデューサによって送信および受信することができる。この方法は、オーディオ信号を対象に送信するステップをさらに含むことができる。オーディオ信号は、オーディオトランスデューサによって送信することができる。この方法は、送信超音波撮像信号をオーディオ信号と干渉させて超音波撮像信号を対象に誘導するステップをさらに含むことができる。送信超音波撮像信号は、干渉回路によってオーディオ信号と干渉させることができる。

【0090】

この方法は、聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の1つ以上にハウジングを連結させるステップをさらに含んでもよい。聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の1つ以上は、ハウジングに取り外し可能に連結されていてもよい。聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の1つ以上は、ハウジングに物理的に連結されていてもよい。聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の1つ以上は、ハウジングに機能的に接続されていてもよい。

【0091】

干渉回路は、オーディオ信号に対する対象応答のモデルに基づいて、送信超音波撮像信号をオーディオ信号と干渉させることができる。このモデルは、超音波撮像信号をオーディオ信号と相関させ、抽出された特徴パラメータを生成することができる。

【0092】

このモデルは、超音波撮像信号を第1の重み関数でたたみ込んで重みつき超音波撮像信号を生成するステップと；オーディオ信号を第2の重み関数でたたみ込んで重みつきオーディオ信号を生成するステップと；重みつき超音波撮像信号および重みつきオーディオ信号上で自動相関または相互相関を実行して、特徴パラメータを生成するステップと；によって超音波撮像信号とオーディオ信号とを相関させることができる。

【0093】

このモデルは、超音波撮像信号およびオーディオ信号を、(i)フーリエ変換、(i i) Z-変換、(i i i) ウェーブレット変換、(i v) 余弦級数、(v) 正弦級数、または(v i) テイラー級数の1つ以上でそれぞれ変換して、変換超音波撮像信号および変換オーディオ信号をそれぞれ生成するステップと；変換超音波撮像信号と変換オーディオ信号とを相互相関または自動相関させて特徴パラメータを生成するステップと；によって超音波撮像信号とオーディオ信号とを相関させることができる。このモデルは、超音波撮像

信号およびオーディオ信号を符号化するステップと；機械学習技術を使用して超音波撮像信号およびオーディオ信号を一組の特徴にマッピングするステップと；によって、超音波撮像信号およびオーディオ信号を相関させることができる。機械学習技術は、ディファボロネットワーク、ニューラルネットワーク、およびスパース辞書からなる群から選択することができる。このモデルは、非聴診の非超音波信号を検出するステップをさらに含んでもよい。非聴診の非超音波信号は、非聴診の非超音波センサによって検出することができる。非聴診の非超音波センサは：非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、化学センサ、電気化学センサからなる群から選択することができる。非聴診の非超音波センサは、体温、呼吸数、呼吸の質、呼吸の病理、血圧レベル、血糖濃度レベル、血中ガス濃度レベル、および血中酸素飽和度（ SpO_2 ）レベルからなる群に対応する信号を検出するように構成することができる。

10

【0094】

超音波トランスデューサは、聴診器ヘッドに対して取り外し可能または取り外し不可能に取り付けられていてもよい。超音波トランスデューサは、音響整合層に取り付けられていてもよい。

【0095】

この方法は、聴診器ヘッド、第1の超音波撮像トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサに電力を供給するステップをさらに含んでもよい。電力は、バッテリーによって供給されてもよい。電力は、電力を受け取るための電源コネクタによって供給されてもよい。電力は、電力を受け取るための誘導電力コイルによって供給されてもよい。

20

【0096】

この方法は、データを送信および受信するステップをさらに含んでもよい。データを送信および受信するステップは、データを送信および受信するための誘導電力コイルによって実行することができる。

【0097】

この方法は、デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、および非聴診の非超音波モードの1つ以上で動作させるステップをさらに含んでもよい。デバイスの動作は、制御部によって実行することができる。制御部は、ユーザインタフェースを備えていてもよい。ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、および非聴診の非超音波信号の1つ以上に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成することができる。ユーザインタフェースは、タッチスクリーンデバイスを含んでもよい。

30

【0098】

この方法は、聴診オーディオ信号、受信超音波信号、および非聴診の非超音波信号を周辺デバイスに通信するステップをさらに含んでもよい。通信は、無線ネットワークモダリティによるものとすることができる。

【0099】

この方法は、聴診器デバイスのオペレータと聴診器デバイスとの間の通信を可能にするステップをさらに含んでもよい。通信は、マイクロフォンおよびスピーカによって可能になり得る。

40

【0100】

本開示の追加の態様および利点は、本開示の単に例示的な実施形態が示され記載されている以下の説明から、当業者に容易に明らかになるであろう。理解されるように、本開示は、他の異なる実施形態が可能であり、そのいくつかの詳細は、本開示から逸脱することなく様々な明白な点において変更可能である。したがって、図面および説明は、本質的に例示的なものとみなされるべきであり、限定的なものとはみなされるべきではない。

【0101】

本明細書で言及されるすべての刊行物、特許、および特許出願は、個々の刊行物、特許、または特許出願が、具体的かつ個別に参照により組み込まれることが示されているのと同程度に、参照により本明細書に組み込まれる。参照により組み込まれる刊行物および特

50

許または特許出願が本明細書に含まれる開示と矛盾する場合、そのような矛盾する資料よりも本明細書が優先されることが意図されている。

【0102】

本発明の新規な特徴は、添付の特許請求の範囲に詳細に記載されている。本発明の特徴および利点のより良い理解は、本発明の原理が利用されている例示的な実施形態を説明する以下の詳細な説明、および添付の図面（「図」とも称される）を参照することによって得られる。

【図面の簡単な説明】

【0103】

【図1】聴診器ヘッドを備える聴診器デバイスを概略的に示す図である。

10

【図2A】機械的ダイヤグラムおよび複数の超音波トランスデューサを備える聴診器ヘッドを概略的に示す図である。

【図2B】複数の超音波トランスデューサの同時作動を概略的に示す図である。

【図3A】第1の時点における、複数の超音波トランスデューサのうちの第1の超音波トランスデューサの作動を概略的に示す図である。

【図3B】第2の時点における、複数の超音波トランスデューサのうちの第2の超音波トランスデューサの作動を概略的に示す図である。

【図3C】第3の時点における、複数の超音波トランスデューサのうちの第3の超音波トランスデューサの作動を概略的に示す図である。

【図3D】第4の時点における、複数の超音波トランスデューサのうちの第4の超音波トランスデューサの作動を概略的に示す図である。

20

【図4】複数の超音波トランスデューサから超音波画像を形成する方法を概略的に示す図である。

【図5A】機械的ダイヤフラム、複数の超音波トランスデューサ、および複数の非聴診の非超音波センサを備える、聴診器ヘッドの概略的な側面図である。

【図5B】機械的ダイヤフラム、複数の超音波トランスデューサ、および複数の非聴診の非超音波センサを備える、聴診器ヘッドの概略的な斜視図である。

【図6A】本体部、インピーダンス整合基板、およびユーザインタフェースを備える、聴診器ヘッドの概略的な上面図である。

【図6B】本体部、インピーダンス整合基板、およびユーザインタフェースを備える、聴診器ヘッドの概略的な側面図である。

30

【図6C】本体部、インピーダンス整合基板、およびユーザインタフェースを備える、聴診器ヘッドの概略的な底面図である。

【図7】インタラクティブ撮像モードでの、ユーザインタフェースを含む聴診器ヘッドの使用状態を概略的に示す図である。

【図8】前処理モジュールおよび機械学習モジュールを含む機械学習システムの概略的なブロック図である。

【図9】前処理モジュールからの一組の前処理された生理学的情報を、最小生理学のデータに変換するように構成された、例示的な多層オートエンコーダを示す図である。

【図10】オートエンコーダへの入力から最小生理学のデータを抽出することができるプロセスを表すフロチャートである。

40

【図11】機械的ダイヤフラムによって得られる聴診オーディオ信号、超音波トランスデューサによって得られる超音波信号、および非聴診の非超音波センサによって得られる1つ以上の非超音波信号から特徴を抽出する方法を概略的に示す図である。

【図12】聴診器デバイスからの情報を情報システムにどのように送信することができるかを示す図である。

【図13】聴診器デバイスからの情報が異なる個人または機関によってどのように利用されるかを示す図である。

【図14】本明細書に記載される聴診器デバイスおよび方法を作動させるようにプログラムまたは構成された、例示的なデジタル処理デバイスを示す図である。

50

【図 1 5】血圧を監視するための、改良された聴診器デバイスの使用状態を示す図である。

【図 1 6】血液ボーラスの超音波および光学測定に関連する生理学的パラメータを決定するための、多入力多出力 (MIMO) 相関を示す図である。

【図 1 7】聴診オーディオ信号を受信し、同時に、第 1 および第 2 の超音波撮像信号を送信し、かつ第 1 および第 2 の超音波撮像信号を受信する方法を示す図である。

【図 1 8】聴診オーディオ信号を受信し、超音波撮像信号を送信および受信し、かつ非聴診の非超音波撮像信号を検出する方法を示す図である。

【図 1 9】聴診オーディオ信号を受信し、超音波撮像信号を送信および受信し、かつ聴診オーディオ信号と超音波撮像信号とを相関させる方法を示す図である。

【図 2 0】聴診オーディオ信号を受信し、超音波撮像信号を送信および受信し、オーディオ信号を送信し、送信超音波撮像信号とオーディオ信号とを干渉させて超音波撮像信号を誘導する方法を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0104】

発明の様々な実施形態を本明細書で示して説明するが、そのような実施形態が単なる例示として提供されていることは当業者には明らかであろう。多くの変形、変更、および置換が、本発明から逸脱することなく当業者によって行われ得る。本明細書に記載される本発明の実施形態の様々な代替物が利用可能であることを理解されたい。

【0105】

値が範囲として記載されている場合、そのような開示は、そのような範囲内のすべての可能な部分範囲を含み、特定の数値または特定の部分範囲が明示的に記載されているかどうかに関わらず、そのような範囲内に入る特定の数値の開示を含むことが理解されよう。

【0106】

本明細書で使用される場合、同様の文字は同様の要素をいう。

【0107】

本明細書で使用される「被験体」という用語は、概して、哺乳動物種（例えば、ヒト）またはトリ（例えば、鳥）種などの動物、または植物などの他の生物をいう。被験体は、脊椎動物、哺乳動物、マウス、霊長類、サルまたはヒトであり得る。動物には、家畜、競技動物、およびペットが含まれ得るが、これらに限定されない。被験体は、健常または無症状の個体、疾患（例えば、癌）または疾患の既往を有する疑いのある個体、または治療を必要としているか、もしくは治療が必要と疑われる固体であり得る。被験体は、患者であってもよい。

【0108】

他に定義されない限り、本明細書で使用されるすべての技術的および科学的用語は、特許請求される主題が属する分野の当業者によって一般的に理解されるものと同じ意味を有する。前述の一般的な説明および以下の詳細な説明は例示的かつ説明的なものにすぎず、特許請求される主題を限定するものではないことを理解されたい。本出願において、特に断りのない限り、単数形の使用は複数形を含む、明細書および添付の特許請求の範囲において使用されるように、単数形の不定冠詞および定冠詞を伴う用語は、文脈により他のことが明示的に指示されていない限り、複数の指示対象を含むことに留意されたい。本出願において、「または」の使用は、他の記載がない限り、「および／または」を意味する。さらに、「含む」という用語の使用は、「含んでいる」、「含まれる」などの他の形態の使用と同様に、限定的ではない。

【0109】

本明細書で使用されるセクション見出しは、単に、編成目的のものであり、記載される主題を限定するものと解釈されるべきではない。

【0110】

図 1 は、聴診器ヘッドを備える聴診器デバイスを概略的に示す。聴診器デバイス 100 は、ヘッド 110、チューブ 120、および 1 つまたは 2 つのイヤープースを備えること

10

20

30

40

50

ができる。ヘッドは、本明細書で説明するように、機械的ダイヤフラムを備えることができる。機械的ダイヤフラムは、オーディオ信号を機械的に増幅するように構成することができる。例えば、機械的ダイヤフラムは、約0.01Hz～約3kHzの範囲内の周波数を有するオーディオ信号を増幅することができる。ヘッドは、患者の胸部、腹部、腕や脚などの四肢、または患者の任意の他の身体部など、検査されるサンプルと接触または近接して配置することができる。機械的ダイヤフラムは、患者に生じる1つ以上の生物学的プロセスに関連するオーディオ信号を増幅することができる。例えば、機械的ダイヤフラムは、患者の心拍、呼吸、血流、消化、またはオーディオ信号を生成する任意の他の生物学的プロセスに関連するオーディオ信号を増幅することができる。ヘッドは、本明細書で説明するように、1つ以上の非聴診のオーディオセンサをさらに備えることができる。

10

【0111】

チューブは、ヘッドの機械的ダイヤフラムによって増幅されたオーディオ信号を、1つまたは2つのイヤピースに導くことができる。チューブは、中空チューブを含むことができる。中空チューブは、空気で満たされていてもよい。チューブは、可撓性であってもよい。

【0112】

1つまたは2つのイヤピースは、聴診器デバイスのユーザの片方または両方の耳の中に装着することができる。ユーザは、医師、看護師、救急医療技術者、フィールド医療従事者、または任意の他の医療専門家であってもよい。場合によっては、ユーザは、患者の友人や親せき、患者自身など、正式な医療訓練を受けていない人であってもよい。1つまたは2つのイヤピースは、機械的ダイヤフラムからの増幅されたオーディオ信号を、ユーザの片方または両方の耳に導くことができる。このようにして、ユーザは、機械的ダイヤフラムによって捕捉されて増幅されたオーディオ信号を直接聞くことができる。

20

【0113】

図2Aは、機械的ダイヤフラム200および複数の超音波トランスデューサ210A～Dを備える、聴診器ヘッド110を概略的に示す。機械的ダイヤフラムは、聴診器ヘッドの表面上または聴診器ヘッド内に実装することができる。複数の超音波トランスデューサは、聴診器ヘッドの表面上または聴診器ヘッド内に実装することができる。図2Aには、4つの超音波トランスデューサが描かれているが、複数の超音波トランスデューサは、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16、または17以上の超音波トランスデューサを含むことができる。複数の超音波トランスデューサの各超音波トランスデューサは、ジルコン酸鉛(PZT)トランスデューサ、ポリフッ化ビニリデン(PVD)トランスデューサ、電圧マイクロマシン超音波トランスデューサ(PMUT)、または容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ(PMUT)、または任意の他の超音波トランスデューサとすることができる。複数の超音波トランスデューサの各超音波トランスデューサは、同じタイプであってもよい。複数の超音波トランスデューサの1つ以上の超音波トランスデューサは、該複数の超音波トランスデューサの他の超音波トランスデューサとは異なるタイプであってもよい。

30

【0114】

聴診器デバイスは、ハウジング(図1または図2Aには不図示)をさらに備えることができる。ハウジングは、聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上に連結されていてもよい。ハウジングは、聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上に取り外し可能に連結されていてもよい。ハウジングは、聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上に物理的に連結されていてもよい。ハウジングは、聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上に機能的に接続されていてもよい。

40

【0115】

複数の超音波トランスデューサの各超音波トランスデューサは、送信超音波撮像信号を対象に送信するように構成することができる。複数の超音波トランスデューサの各超音波

50

トランスデューサは、約 100 kHz、約 200 kHz、約 300 kHz、約 400 kHz、約 500 kHz、約 650 kHz、約 700 kHz、約 800 kHz、約 850 kHz、約 900 kHz、約 1 MHz、約 2 MHz、約 3 MHz、約 5.5 MHz、約 6 MHz、約 8 MHz、約 11 MHz、約 15 MHz、約 20 MHz、約 25 MHz、または約 30 MHz の周波数を有する送信超音波撮像信号を送信するように構成することができる。複数の超音波トランスデューサの各超音波トランスデューサは、前述の値のうちの任意の 2 つによって規定される範囲内にある周波数を有する、送信超音波撮像信号を送信するように構成されていてもよい。

【0116】

複数の超音波トランスデューサの各超音波トランスデューサは、受信超音波撮像信号を対象から受信するように構成することができる。複数の超音波トランスデューサの各超音波トランスデューサは、約 100 kHz、約 200 kHz、約 300 kHz、約 400 kHz、約 500 kHz、約 650 kHz、約 700 kHz、約 800 kHz、約 850 kHz、約 900 kHz、約 1 MHz、約 2 MHz、約 3 MHz、約 5.5 MHz、約 6 MHz、約 8 MHz、約 11 MHz、約 15 MHz、約 20 MHz、約 25 MHz、または約 30 MHz の周波数を有する受信超音波撮像信号を受信するように構成することができる。複数の超音波トランスデューサの各超音波トランスデューサは、前述の値のうちの任意の 2 つによって規定される範囲内にある周波数を有する、受信超音波撮像信号を受信するように構成されていてもよい。

【0117】

複数の超音波トランスデューサの各超音波トランスデューサは、送信および受信の両方を行うように構成することができる。複数の超音波トランスデューサの各超音波トランスデューサは、複数の超音波トランスデューサの他の超音波トランスデューサによって送信または受信された 1 つ以上の周波数と同じ周波数で、送信超音波撮像信号を送信し、または受信超音波撮像信号を受信するように構成されていてもよい。複数の超音波トランスデューサの各超音波トランスデューサは、複数の超音波トランスデューサの他のすべての超音波トランスデューサによって送信または受信されたすべての周波数と異なる周波数で、送信超音波撮像信号を送信し、または受信超音波撮像信号を受信するように構成されていてもよい。複数の超音波トランスデューサの各超音波トランスデューサは、複数の超音波トランスデューサの 1 つ以上の他の超音波トランスデューサと同時に、送信または受信するように構成されていてもよい。

【0118】

例えば、複数の超音波トランスデューサのうちの第 1 の超音波トランスデューサの第 1 の送信撮像信号は、約 100 kHz、約 200 kHz、約 300 kHz、約 400 kHz、約 500 kHz、約 650 kHz、約 700 kHz、約 800 kHz、約 850 kHz、約 900 kHz、約 1 MHz、約 2 MHz、約 3 MHz、約 5.5 MHz、約 6 MHz、約 8 MHz、または約 11 MHz の周波数を有することができる。複数の超音波トランスデューサのうちの第 2 の超音波トランスデューサの第 2 の送信撮像信号は、約 0.5 MHz ~ 約 30 MHz の範囲内の周波数を有することができる。複数の超音波トランスデューサのうちの第 1 の超音波トランスデューサの第 1 の受信撮像信号は、約 100 kHz、約 200 kHz、約 300 kHz、約 400 kHz、約 500 kHz、約 650 kHz、約 700 kHz、約 800 kHz、約 850 kHz、約 900 kHz、約 1 MHz、約 2 MHz、約 3 MHz、約 5.5 MHz、約 6 MHz、約 8 MHz、または約 11 MHz の周波数を有することができる。複数の超音波トランスデューサのうちの第 2 の超音波トランスデューサの第 2 の受信撮像信号は、約 0.5 MHz ~ 約 30 MHz の範囲内の周波数を有することができる。

【0119】

他の例において、複数の超音波トランスデューサのうちの第 1 の超音波トランスデューサの第 1 の送信撮像信号は、約 0.5 MHz ~ 約 30 MHz の範囲内の周波数を有することができる。複数の超音波トランスデューサのうちの第 2 の超音波トランスデューサの第

2の送信撮像信号は、約0.5MHz～約30MHzの範囲内であるが、第1の送信撮像信号の周波数とは異なる周波数を有することができる。複数の超音波トランスデューサのうちの第1の超音波トランスデューサの第1の受信撮像信号は、約0.5MHz～約30MHzの範囲内の周波数を有することができる。複数の超音波トランスデューサのうちの第2の超音波トランスデューサの第2の受信撮像信号は、約0.5MHz～約30MHzの範囲内であるが、第1の送信撮像信号の周波数とは異なる周波数を有することができる。

【0120】

第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、第16の超音波トランスデューサの、第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、第16の送信撮像信号はそれぞれ、約100kHz、約200kHz、約300kHz、約400kHz、約500kHz、約650kHz、約700kHz、約800kHz、約850kHz、約900kHz、約1MHz、約2MHz、約3MHz、約5.5MHz、約6MHz、約8MHz、または約11MHzの周波数を有することができる。第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、第16の送信撮像信号は前述の値のうちの任意の2つによって規定される範囲内にある周波数を有することができる。第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、第16の送信撮像信号は、約0.5MHz～約30MHzの範囲内の値を有することができる。第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、第16の送信撮像信号は、第1および第2の送信撮像信号の1つ以上の周波数とは異なる周波数を有していてもよい。

【0121】

第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、第16の超音波トランスデューサの、第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、第16の受信撮像信号はそれぞれ、約100kHz、約200kHz、約300kHz、約400kHz、約500kHz、約650kHz、約700kHz、約800kHz、約850kHz、約900kHz、約1MHz、約2MHz、約3MHz、約5.5MHz、約6MHz、約8MHz、または約11MHzの周波数を有することができる。第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、第16の受信撮像信号は前述の値のうちの任意の2つによって規定される範囲内にある周波数を有することができる。第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、第16の受信撮像信号は、約0.5MHz～約30MHzの範囲内の値を有することができる。第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、第16の受信撮像信号は、第1および第2の送信撮像信号の1つ以上の周波数とは異なる周波数を有していてもよい。

【0122】

複数のトランスデューサの各超音波トランスデューサは、帯域幅内で、送信超音波撮像信号を送信すること、または受信超音波撮像信号を受信することができる。第1の超音波トランスデューサが第1の帯域幅を有し、第2の超音波トランスデューサが第2の帯域幅を有していてもよい。第1の帯域幅および第2の帯域幅は、重複していてもよい。第1の帯域幅および第2の帯域幅は、部分的に重複していてもよい。第1の帯域幅および第2の帯域幅は、重複していなくてもよい。同様に、第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、第16の超音波トランスデューサは、第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、

第 9 の、第 10 の、第 11 の、第 12 の、第 13 の、第 14 の、第 15 の、第 16 の帯域幅をそれぞれ有することができる。第 1 の、第 2 の、第 3 の、第 4 の、第 5 の、第 6 の、第 7 の、第 8 の、第 9 の、第 10 の、第 11 の、第 12 の、第 13 の、第 14 の、第 15 の、第 16 の帯域幅のいずれかが、互いに重複していてもよい。第 1 の、第 2 の、第 3 の、第 4 の、第 5 の、第 6 の、第 7 の、第 8 の、第 9 の、第 10 の、第 11 の、第 12 の、第 13 の、第 14 の、第 15 の、第 16 の帯域幅のいずれかが、互いに部分的に重複していてもよい。第 1 の、第 2 の、第 3 の、第 4 の、第 5 の、第 6 の、第 7 の、第 8 の、第 9 の、第 10 の、第 11 の、第 12 の、第 13 の、第 14 の、第 15 の、第 16 の帯域幅のいずれも互いに重複していなくてもよい。

【0123】

受信撮像信号は、前処理オペレーションを受けることができる。例えば、第 1 の受信撮像信号は、他の受信撮像信号を正規化するための基礎を形成することができる。第 2 の受信撮像信号は、第 1 の受信撮像信号によって正規化されてもよい。第 3 の、第 4 の、第 5 の、第 6 の、第 7 の、第 8 の、第 9 の、第 10 の、第 11 の、第 12 の、第 13 の、第 14 の、第 15 の、第 16 の受信撮像信号は、第 1 の受信撮像信号によって正規化されてもよい。

【0124】

図 2 B は、複数の超音波トランスデューサの同時作動を概略的に示す。聴診器デバイスは、送信 (Tx) 発生器 220 を備えることができる。Tx 発生器は、Tx ビーム形成器であってもよい。Tx 発生器は、超音波トランスデューサ 210 A ~ D のいずれかを動作させて、第 1 の、第 2 の、第 3 の、または第 4 の送信超音波撮像信号をそれぞれ送信するように構成することができる。Tx 発生器は、第 1 の、第 2 の、第 3 の、または第 4 の送信超音波撮像信号のいずれか 2 つ以上を同時に動作させることができる。聴診器デバイスは、画像合成モジュール 230 をさらに備えることができる。画像合成モジュールは、受信 (Rx) ビーム形成器を含んでもよい。Rx ビーム形成器は、超音波トランスデューサ 210 A ~ D のいずれかを動作させて、第 1 の、第 2 の、第 3 の、または第 4 の受信超音波撮像信号をそれぞれ受信するように構成することができる。画像合成モジュールは、受信超音波撮像信号に、超音波画像再構成動作を施すことができる。例えば、画像合成モジュールは、受信超音波撮像信号に、遅延および合計演算を施すことができる。画像合成モジュールは、受信超音波撮像信号に、任意の超音波画像再構成動作を施すことができる。図 2 B では、4 つの超音波撮像トランスデューサを動作させるように示されているが、Tx 発生器は、第 5 の、第 6 の、第 7 の、第 8 の、第 9 の、第 10 の、第 11 の、第 12 の、第 13 の、第 14 の、第 15 の、または第 16 の超音波トランスデューサを動作させて、第 5 の、第 6 の、第 7 の、第 8 の、第 9 の、第 10 の、第 11 の、第 12 の、第 13 の、第 14 の、第 15 の、または第 16 の送信超音波撮像信号をそれぞれ送信するように構成されていてもよい。Tx 発生器は、第 1 の、第 2 の、第 3 の、第 4 の、第 5 の、第 6 の、第 7 の、第 8 の、第 9 の、第 10 の、第 11 の、第 12 の、第 13 の、第 14 の、第 15 の、または第 16 の超音波撮像トランスデューサのいずれか 2 つ以上を同時に動作させることができる。同様に、Rx ビーム形成器は、第 5 の、第 6 の、第 7 の、第 8 の、第 9 の、第 10 の、第 11 の、第 12 の、第 13 の、第 14 の、第 15 の、または第 16 の超音波トランスデューサを動作させて、第 5 の、第 6 の、第 7 の、第 8 の、第 9 の、第 10 の、第 11 の、第 12 の、第 13 の、第 14 の、第 15 の、または第 16 の送信超音波撮像信号をそれぞれ送信するように構成されていてもよい。

【0125】

Tx 発生器は、第 1 の、第 2 の、第 3 の、第 4 の、第 5 の、第 6 の、第 7 の、第 8 の、第 9 の、第 10 の、第 11 の、第 12 の、第 13 の、第 14 の、第 15 の、または第 16 の超音波撮像トランスデューサのいずれかを動作させて、順番に送信するように構成されていてもよい。図 3 は、超音波トランスデューサのオペレーションを順番に示す。図 3 に図示するように、所与の時間に送信超音波信号を送信している超音波トランスデューサを、実線のボックスで示している。所与の時間に送信していない超音波トランスデューサは

10

20

30

40

50

、破線のボックスで示している。

【0126】

図3Aは、第1の時点における、複数の超音波トランスデューサのうちの第1の超音波トランスデューサの作動を概略的に示す。第1の時点において、超音波撮像トランスデューサ210Aは、第1の送信超音波撮像信号を送信することができる。第1の時点において、超音波撮像トランスデューサ210B、210C、および210Dは送信しなくてもよい。第1の時点において、超音波撮像トランスデューサ210B、210C、および210Dは、第2の、第3の、および第4の受信超音波撮像信号をそれぞれ受信するように、受信モードで動作することができる。

【0127】

図3Bは、第2の時点における、複数の超音波トランスデューサのうちの第2の超音波トランスデューサの作動を概略的に示す。第2の時点は、第1の時点とは異なり得る。第2の時点において、超音波撮像トランスデューサ210Bは、第2の送信超音波撮像信号を送信することができる。第2の時点において、超音波撮像トランスデューサ210A、210C、および210Dは送信しなくてもよい。第2の時点において、超音波撮像トランスデューサ210A、210C、および210Dは、第1の、第3の、および第4の受信超音波撮像信号をそれぞれ受信するように、受信モードで動作することができる。

【0128】

図3Cは、第3の時点における、複数の超音波トランスデューサのうちの第3の超音波トランスデューサの作動を概略的に示す。第3の時点は、第1の時点および第2の時点とは異なり得る。第3の時点において、超音波撮像トランスデューサ210Cは、第3の送信超音波撮像信号を送信することができる。第3の時点において、超音波撮像トランスデューサ210A、210B、および210Dは送信しなくてもよい。第3の時点において、超音波撮像トランスデューサ210A、210B、および210Dは、第1の、第2の、および第4の受信超音波撮像信号をそれぞれ受信するように、受信モードで動作することができる。

【0129】

図3Dは、第4の時点における、複数の超音波トランスデューサのうちの第4の超音波トランスデューサの作動を概略的に示す。第4の時点は、第1の時点、第2の時点、および第3の時点とは異なり得る。第4の時点において、超音波撮像トランスデューサ210Dは、第4の送信超音波撮像信号を送信することができる。第4の時点において、超音波撮像トランスデューサ210A、210B、および210Cは送信しなくてもよい。第4の時点において、超音波撮像トランスデューサ210A、210B、および210Cは、第1の、第2の、および第3の受信超音波撮像信号をそれぞれ受信するように、受信モードで動作することができる。

【0130】

超音波撮像トランスデューサは、任意の順番で動作させることができる。例えば、超音波撮像トランスデューサ210B、210C、および210Dのいずれかは、第1の時点において送信モードで動作し、他の超音波撮像トランスデューサは、第1の時点において受信モードで動作することができる。超音波撮像トランスデューサ210A、210C、および210Dのいずれかは、第2の時点において送信モードで動作し、他の超音波撮像トランスデューサは、第2の時点において受信モードで動作することができる。超音波撮像トランスデューサ210A、210B、および210Dのいずれかは、第3の時点において送信モードで動作し、他の超音波撮像トランスデューサは、第3の時点において受信モードで動作することができる。超音波撮像トランスデューサ210A、210B、および210Cのいずれかは、第4の時点において送信モードで動作し、他の超音波撮像トランスデューサは、第4の時点において受信モードで動作することができる。

【0131】

超音波撮像トランスデューサのいずれか2つは、所与の時点において送信モードで動作し、超音波撮像トランスデューサの他の2つは、当該所与の時点において受信モードで動

10

20

30

40

50

作することができる。超音波撮像トランスデューサのいずれか3つは、所与の時点において送信モードで動作し、他の超音波撮像トランスデューサは、当該所与の時点において受信モードで動作することができる。

【0132】

図4は、複数の超音波トランスデューサから超音波画像を形成する方法を概略的に示す。この方法は、複数の超音波撮像センサからの測定値を利用することができる。この方法は、単一画素および複数画素の画像処理技術を利用することができる。単一画素の場合、 n 番目の超音波撮像測定値(n は、正の整数)を、信号処理ユニットに入力することができる。信号処理ユニットは、 n 番目の超音波撮像測定値に、任意の超音波信号処理手順を適用することができる。信号処理ユニットは、信号処理された測定値を、画像処理ユニットおよび単一画素特徴抽出ユニットに出力することができる。画像処理ユニットは、任意の超音波画像処理手順を適用することができる。単一画素特徴抽出ユニットは、任意の超音波単一画素特徴抽出手順を適用することができる。単一画素特徴抽出ユニットは、抽出された特徴をオペレータに出力することができる。

10

【0133】

複数画素の場合、 m 番目および($m+1$)番目(m および $m+1$ は正の整数)の超音波撮像測定値を、複数画素画像合成ユニットおよび複数画素特徴抽出ユニットに入力することができる。画像合成ユニットは、任意の超音波画像合成手順を適用することができる。複数画素特徴抽出ユニットは、任意の超音波複数画素特徴抽出手順を適用することができる。複数画素特徴抽出ユニットは、抽出された特徴をオペレータに出力することができる。

20

【0134】

複数画素の場合、2次元平滑化フィルタ、Harrフィルタ、ガウスフィルタ、および積分器などの画像処理方法を使用して、記録された画像を改善することができる。さらに、各画素は、信号特徴を強調するために、時間領域でフィルタリングされてもよい。単一または複数のButterworth、Chebyshev、およびellipticフィルタを使用してノイズを抑制し、特徴抽出を強調することができる。

【0135】

図17は、聴診オーディオ信号を受信し、同時に、第1および第2の超音波撮像信号を送信し、かつ第1および第2の超音波撮像信号を受信する方法1700を示す。

30

【0136】

第1の動作1710では、聴診オーディオ信号を対象から受信する。聴診オーディオ信号は、本明細書に記載されるように、機械的ダイヤフラムを備える聴診器ヘッドによって受信することができる。

【0137】

第2の動作1720では、第1の送信超音波撮像信号を第1の周波数で対象に送信する。第1の送信超音波撮像信号は、本明細書に記載されるように、第1の超音波トランスデューサによって送信することができる。

【0138】

第3の動作1730では、第1の受信超音波撮像信号を対象から受信する。第1の受信超音波撮像信号は、本明細書に記載されるように、第1の超音波トランスデューサによって受信することができる。

40

【0139】

第4の動作1740では、第2の送信超音波撮像信号を第2の周波数で対象に送信する。第2の送信超音波撮像信号は、本明細書に記載されるように、第2の超音波トランスデューサによって送信することができる。第2の送信超音波撮像信号は、本明細書に記載されるように、第1の送信超音波撮像信号と同時に送信されてもよい。

【0140】

第5の動作1750では、第2の受信超音波撮像信号を対象から受信する。第2の受信超音波撮像信号は、本明細書に記載されるように、第2の超音波トランスデューサによっ

50

て受信することができる。第2の受信超音波撮像信号は、本明細書に記載されるように、第1の受信超音波撮像信号と同時に受信されてもよい。

【0141】

方法1700は、非聴診の非超音波信号を検出する動作（図17には不図示）をさらに含んでいてもよい。非聴診の非超音波信号は、本明細書に記載されるように、非聴診の非超音波センサによって検出することができる。

【0142】

方法1700は、図1、図2、図3、または図4に関して本明細書に記載されるデバイスなどの、本明細書に記載される任意のデバイスによって実施することができる。

【0143】

本明細書で適用される方法1700に基づく多くの変形、変更、および改造が可能である。例えば、方法1700の動作の順序を変更すること、いくつかの動作を省くこと、いくつかの動作を複数回実行すること、付加的動作を適宜追加することができる。いくつかの動作は、連続して実行されてもよい。いくつかの動作は、並行して実行されてもよい。いくつかの動作は、一度に実行されてもよい。いくつかの動作は、複数回実行されてもよい。いくつかの動作は、サブ動作を含んでいてもよい。いくつかの動作が自動化され、いくつかの動作が手動であってもよい。

【0144】

図5Aは、機械的ダイヤフラム、複数の超音波トランスデューサ、および複数の非聴診の非超音波センサを備える、聴診器ヘッドの側面図を概略的に示す。聴診器デバイスは、本明細書に記載される、機械的ダイヤフラム200および複数の超音波トランスデューサ210A～Dを備えることができる。

【0145】

図5Bは、機械的ダイヤフラム、複数の超音波トランスデューサ、および複数の非聴診の非超音波センサを備える、聴診器ヘッドの斜視図を概略的に示す。聴診器ヘッドは、機械的ダイヤフラムおよび複数の超音波トランスデューサに加えて、1つ以上の非聴診の非超音波センサを備えることができる。非聴診の非超音波センサは、1つ以上の非聴診の非超音波信号を検出することができる。図5Bに示すように、第1の光源510および第1の光検出器520を備えていてもよい。第1の光源は、発光ダイオード（LED）またはレーザとすることができる。レーザは、垂直共振器面発光レーザ（VCSEL）のような半導体レーザであってもよい。第1の光検出器は、フォトダイオード、アバランシェフォトダイオード、フォトダイオードアレイ、分光計、電荷結合素子（CCD）カメラ、相補型金属酸化膜半導体（CMOS）カメラ、または他の光検出器であってもよい。

【0146】

第1の光源および第1の光検出器は、第1のパルスオキシメータとして動作するように構成することができる。パルスオキシメータは、反射パルスオキシメータとして動作するように構成されていてもよい。第1の光源は、被験体の皮膚、例えば、被験体の指先、指、手、腕、または被験体の皮膚上の任意の他の場所の皮膚に光を向けることができる。光は、被験体の皮膚によって反射され、第1の光検出器によって検出され得る。被験体の皮膚に入射する光の異なる波長は、異なる程度で吸収され得る。異なる波長の吸収により、被験体の酸素飽和度（ spO_2 ）を示すことができる。

【0147】

聴診器ヘッドは、第2の光源および第2の光検出器をさらに備えることができる。第2の光源および第2の光検出器は、第1の光源および第1の光検出器のそれぞれと同様であってもよい。第2の光源および第2の光検出器は、第2のパルスオキシメータとして動作するように構成することができる。第2のパルスオキシメータは、第1のパルスオキシメータと同様であってもよい。場合によっては、第1の光源、第1の光検出器、第2の光源、および第2の光検出器は、単一のパルスオキシメータとして動作するように構成されていてもよい。例えば、第1および第2の光源はそれぞれ、異なる波長を有する第1および第2の単色光をそれぞれ発することができる。第1および第2の光検出器はそれぞれ、第

1 および第2の単色光の吸光度を測定することができる。測定値は、被験体の spO_2 を決定することを可能にし得る。

【0148】

聴診器ヘッドは、1、2、3、4、5、6、7、8、9、10、11、12、13、14、15、16または17以上の、非聴診の非超音波センサを備えることができる。非聴診の非超音波センサの各々は、非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、または電気化学センサのいずれかとすることができる。非聴診の非超音波センサは、被験体の体温、被験体の呼吸数、被験体の呼吸の質、被験体の呼吸の病態、被験体の血圧、被験体の血糖濃度、または被験体の血中酸素飽和度 (spO_2) に対応する信号を検出することができる。

10

【0149】

図6Aは、本体、インピーダンス整合基板、およびユーザインタフェースを備える、聴診器ヘッドの上面図を概略的に示す。聴診器ヘッド110は、本明細書に記載される、機械的ダイヤフラムおよび1つ以上の超音波トランスデューサを備えることができる。聴診器ヘッドは、インピーダンス整合基板600をさらに備えることができる。インピーダンス整合基板は、インピーダンス整合材料で構成することができる。インピーダンス整合材料は、第1の、第2の、第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、または第16の、送信または受信超音波撮像信号のいずれかの、対応する超音波トランスデューサと検査中のサンプルとの間の通過効率性を向上させることができる。

20

【0150】

図6Bは、本体、インピーダンス整合基板、およびユーザインタフェースを備える、聴診器ヘッドの側面図を概略的に示す。聴診器ヘッドは、最上層に、インピーダンス整合基板600を備えることができる。

【0151】

聴診器ヘッドは、中間層に、本体610を備えることができる。本体は、バッテリーを含んでもよい。バッテリーは、本明細書に記載される聴診器デバイスの1つ以上のコンポーネントが、外部電源にアクセスすることなく動作することを可能にし得る。本体は、電源コネクタを備えていてもよい。電源コネクタは、電気コンセントなどの外部電源から電力を受け取るように構成することができる。電源コネクタは、本明細書に記載される聴診器デバイスの1つ以上のコンポーネントが、外部電源によって電力供給されている間に動作することを可能にし得る。電源コネクタは、本明細書に記載されるコンポーネントの1つ以上が動作している間、または聴診器デバイスが使用されていない間に、バッテリーの充電を可能にし得る。電源コネクタは、誘導電力コイルであってもよい。

30

【0152】

聴診器ヘッドは、最下層に、本明細書に記載するように、制御部620を備えることができる。

【0153】

図6Cは、本体、インピーダンス整合基板、およびユーザインタフェースを備える、聴診器ヘッドの底面図を概略的に示す。制御部620は、聴診器デバイスが様々なモードで動作するのを可能にすることができる。例えば、制御部620は、聴診器デバイスが聴診器モードで動作するのを可能にすることができる。聴診器モードは、ユーザが聴診器デバイスを従来の聴診器として使用することを可能にし、該ユーザに、聴診器を介して生物学的プロセスに関連する音を聴く能力を提供する。聴診器モードにおいて、非聴診センサ（複数の超音波トランスデューサまたは非聴診の非超音波センサのいずれかなど）の1つ以上は、電源が切られているか、またはスタンバイモードで動作している。制御部は、聴診器デバイスが、超音波撮像モードで動作することを可能にすることができる。超音波撮像モードは、ユーザが聴診器デバイスを超音波撮像デバイスとして使用することを可能にし、該ユーザに、被験体の内部構造の超音波画像を提供する能力を提供する。超音波撮像モードにおいて、非聴診の非超音波センサの1つ以上は、切られているか、またはスタンバ

40

50

イモードで動作し得る。超音波撮像モードでは、すべての非聴診の非超音波センサの電源がつけられていてもよい。制御部は、聴診器デバイスを非聴診の非超音波モードで動作させることを可能にすることができる。非聴診の非超音波モードは、ユーザが聴診器デバイスを使用して、本明細書に記載される任意の非聴診の非超音波センサデータを被験体から取得することを可能にし得る。非聴診の非超音波モードにおいて、超音波トランスデューサの1つ以上は、電源が切られているか、スタンバイモードで動作し得る。超音波撮像モードでは、すべての超音波トランスデューサの電源がつけられていてもよい。聴診器デバイスは、2つ以上のセンサコンポーネント（機械的ダイヤフラム、1つ以上の超音波トランスデューサ、および1つ以上の非聴診の非超音波センサ）と一緒に動作させるモードで動作して、聴診器センサデータ、超音波センサデータ、および非聴診の非超音波センサデータを同時に、または任意の可能な順序で取得することができる。

10

【0154】

制御部は、ユーザインタフェースを備えることができる。ユーザインタフェースは、本明細書に記載される、聴診信号、超音波撮像信号、または非聴診の非超音波信号の1つ以上に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成することができる。ユーザインタフェースは、ディスプレイを含むことができる。ユーザインタフェースは、本明細書に記載される、聴診信号、超音波撮像信号、または非聴診の非超音波信号の1つ以上を表示することができる。例えば、ユーザインタフェースは、本明細書に記載される心拍センサによって検出され得る被験体の心拍数630を表示することができる。ユーザインタフェースは、非検体の心拍数のグラフ640を経時的に表示することができる。ユーザデバイスは、超音波画像、または本明細書に記載される任意の非聴診の非超音波センサによって取得された任意の非聴診の非超音波信号の画像を表示することができる。

20

【0155】

ユーザインタフェースは、タッチスクリーンデバイスを含んでもよい。タッチスクリーンデバイスは、本明細書に記載されるように、ディスプレイとして機能し得る。タッチスクリーンデバイスはまた、ユーザが聴診器デバイスにコマンドを送ることを可能にすることができる。例えば、タッチスクリーンデバイスは、聴診器デバイスのユーザが、本明細書に記載される聴診器デバイスの動作モードのいずれかを選択することを可能にすることができる。

【0156】

聴診器デバイスは、ネットワークモダリティをさらに備えることができる。ネットワークモダリティは、有線ネットワークモダリティとすることができる。例えば、聴診器デバイスは、イーサネットアダプタまたは任意の他の優先ネットワークモダリティを含むことができる。ネットワークモダリティは、無線ネットワークモダリティとすることができる。無線ネットワークモダリティは、データを送信および受信する誘導電力コイルを含むことができる。聴診器デバイスは、無線トランシーバを備えることができる。例えば、聴診器デバイスは、802.11aトランシーバ、802.11bトランシーバ、802.11gトランシーバ、802.11nトランシーバ、802.11acトランシーバ、802.11adトランシーバ、802.11afトランシーバ、802.11ahトランシーバ、802.11aiトランシーバ、802.11ajトランシーバ、802.11aqトランシーバ、802.11axトランシーバ、802.11ayトランシーバなどのWi-Fiトランシーバ、または任意の他のWi-Fiトランシーバを含むことができる。無線ネットワークモダリティは、符号分割多元接続(CDMA)トランシーバ、汎欧州デジタルセルラーシステム(GSM)トランシーバ、第3世代(3G)セルラートランシーバ、第4世代(4G)セルラートランシーバ、ロングタームエボリューション(LTE)セルラートランシーバ、第5世代(5G)セルラートランシーバなどのセルラートランシーバ、または任意の他のセルラートランシーバを含むことができる。無線ネットワークモダリティは、Bluetoothトランシーバを含むことができる。無線ネットワークモダリティは、任意の他の無線ネットワークモダリティを含んでもよい。無線ネットワークモダリティは、本明細書に記載される聴診信号、受信超音波信号、または非聴診の

30

40

50

非超音波信号のうちの1つ以上を、周辺デバイスに通信するように構成されていてもよい。例えば、無線ネットワークモダリティは、スマートフォン、スマートウォッチ、もしくは他のスマートデバイス、タブレット、ラップトップ、もしくは他のコンピュータデバイス、またはクラウドベースのサーバなどのサーバのうちの1つ以上と通信するように構成されていてもよい。

【0157】

聴診器デバイスは、マイクロフォンおよびスピーカを備えていてもよい。マイクロフォンおよびスピーカは、聴診器デバイスのユーザと、聴診器デバイスそれ自体との間の通信を可能にすることができる。スピーカは、ユーザが、聴診測定、超音波撮像測定、または非聴診の非超音波測定の結果の1つ以上を、聴診器デバイスからの音声アナウンスを介して受け取ることができる。マイクロフォンは、ユーザが、聴診器デバイスに口頭でコマンドを提供することを可能にし得る。マイクロフォンは、ユーザによって聴診器デバイスに発声されたコマンドを分析するように、自然言語処理システムに接続することができる。

10

【0158】

図7は、インタラクティブ撮像モードでのユーザインタフェースを含む、聴診器ヘッドの使用状態を概略的に示す。聴診器デバイスは、被験体の脈拍をサーチするために使用することができる。聴診器デバイスが強いパルス信号を検出できない場合、聴診器デバイスは、聴診器ヘッドを別の位置に移動させるべきであることをユーザに示すことができる。ディスプレイ520は、心拍数530がまだ決定されていないことを示すことができる。ディスプレイは、聴診器ヘッドを特定の方向に移動させるべきであることを示すインジケータ800を含むことができる。例えば、ディスプレイは、聴診器ヘッドを移動させるべき方向に矢印を示すことができる。

20

【0159】

図18は、聴診オーディオ信号を受信し、超音波撮像信号を送信および受信し、かつ非聴診の非超音波撮像信号を検出するための方法1800を示す。

【0160】

第1の動作1810では、聴診オーディオ信号を対象から受信する。聴診オーディオ信号は、本明細書に記載されるように、機械的ダイヤフラムを備える聴診器ヘッドによって受信することができる。

30

【0161】

第2の動作1820では、送信超音波撮像信号を対象に送信する。送信超音波撮像信号は、本明細書に記載されるように、超音波トランスデューサによって送信することができる。

【0162】

第3の動作1830では、受信超音波撮像信号を対象から受信する。受信超音波撮像信号は、本明細書に記載されるように、超音波トランスデューサによって受信することができる。

【0163】

第4の動作1840では、非聴診の非超音波信号を検出する、非聴診の非超音波信号は、本明細書に記載されるように、非聴診の非超音波センサによって検出することができる。

40

【0164】

方法1800は、図5、図6、図7に関して本明細書に記載されるような、本明細書に記載される任意のデバイスによって実施することができる。

【0165】

本明細書で適用される方法1800に基づく多くの変形、変更、および改造が可能である。例えば、方法1800の動作の順序を変更すること、いくつかの動作を省くこと、いくつかの動作を複数回実行すること、付加的動作を適宜追加することができる。いくつかの動作は、連続して実行されてもよい。いくつかの動作は、平行して実行されてもよい。

50

いくつかの動作は、一度に実行されてもよい。いくつかの動作は、複数回実行されてもよい。いくつかの動作は、サブ動作を含んでいてもよい。いくつかの動作が自動化され、いくつかの動作が手動であってもよい。

【0166】

本明細書に記載される聴診信号、超音波撮像信号、または非聴診の非超音波信号のいずれかは、モデルを使用して相関させることができる。例えば、本明細書に記載される聴診器デバイスは、第1の信号と第2の信号とを相関させることができる。第1の信号は、聴診信号、超音波撮像信号、または非聴診の非超音波信号とすることができる。第2の信号は、聴診信号、超音波撮像信号、または非聴診の非超音波信号とすることができる。第1の信号および第2の信号は、1つ以上の抽出された特徴パラメータを生成するために相関されてもよい。第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、または第16の信号はそれぞれ、聴診信号、超音波撮像信号、または非聴診の非超音波信号とすることができ、1つ以上の抽出された特徴パラメータを生成するために、第1の信号および第2の信号とさらに相関されてもよい。抽出された特徴パラメータは、心拍数、血圧、血中酸素、または任意の他の生理学的パラメータなどの1つ以上のパラメータを示すことができる。

10

【0167】

モデルは、第1および第2の信号のそれぞれを重み関数でたたみ込むことによって、第1の信号および第2の信号を相関させることができる。第1の信号は、第1の重み関数によってたたみ込まれて、第1の重み信号を生成することができる。第2の信号は、第2の重み関数によってたたみ込まれて、第2の重み信号を生成することができる。次いで、第1および第2の重み信号は、抽出された特徴パラメータを生成するために、（自己関数または相互関数などによって）相関されてもよい。モデルは、第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、または第16の重み関数をそれぞれたたみ込んで、第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、または第16の重み信号をそれぞれ生成することができる。第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、または第16の重み信号は、抽出された特徴パラメータを生成するために、第1および第2の重み信号と相関されてもよい。

20

30

【0168】

モデルは、第1および第2の信号のそれぞれに数学的変換を適用することによって、第1および第2の信号を相関させることができる。例えば、第1および第2の撮像信号のそれぞれは、フーリエ変換、フーリエ積分変換、フーリエ級数変換、Z変換、ウェーブレット変換、余弦級数変換、正弦級数変換、テイラー級数変換、ローラン級数変換、ラプラス変換、アダマール変換、または任意の他の数学的変換によって変換することができる。第1の信号は、第1の数学的変換によって変換されて第1の変換信号を生成することができる。第2の信号は、第2の数学的変換によって変換されて第2の変換信号を生成することができる。次いで、第1および第2の変換信号は、抽出された特徴パラメータを生成するために、（自動相関または相互相関などによって）相関されてもよい。モデルは、第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、または第16の数学的変換をそれぞれ変換して、第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、または第16の変換信号をそれぞれ生成することができる。第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、または第16の変換信号は、抽出された特徴パラメータを生成するために、第1および第2の変換信号と相関されてもよい。

40

【0169】

モデルは、機械学習技術を使用して、第1および第2の信号を一組の抽出された特徴に符号化およびマッピングすることによって、該第1および第2の信号を相関させることが

50

できる。モデルは、機械学習技術を使用して、第1の、第2の、第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、または第16の信号を一組の抽出された特徴に符号化およびマッピングすることによって、第3の、第4の、第5の、第6の、第7の、第8の、第9の、第10の、第11の、第12の、第13の、第14の、第15の、または第16の信号を、第1および第2の変換信号と相関させることができる。モデルは、任意の数の変換信号と相関させることができる。

【0170】

図8は、前処理モジュールおよび機械学習モジュールを含む、機械学習システムの概略的なブロック図を示す。機械学習システム800は、前処理モジュール810および機械学習モジュール（アプロキシメータまたは近似化モジュールとも称される）820を備えることができる。機械学習システム内のコンポーネントは、ネットワークまたは1つのコンポーネントから他のコンポーネントへのデータ送信を可能にする任意のタイプの通信リンクを介して、互いに動作可能に接続され得る。機械学習システムは、本明細書に記載されるシステムおよび方法の1つ以上のコンポーネントにおけるソフトウェア、ハードウェア、またはソフトウェアとハードウェアとの組み合わせを使用して実装することができる。

【0171】

生理学的情報802は、本明細書に記載される聴診器デバイスの、機械的ダイヤフラム、超音波撮像トランスデューサ、または非聴診の非超音波センサの1つ以上を使用して収集することができる。前処理モジュール810は、生理学的情報を前処理するように構成することができる。前処理モジュールは、例えば、機械的ダイヤフラム、超音波撮像トランスデューサ、または非聴診の非超音波センサによって生成されたアーチファクトを除去することができる。前処理モジュールは、聴診器デバイスの動きなどの機械的ノイズについて、顕微鏡画像を補正することができる。前処理モジュールは、超音波トランスデューサの不均一な検出感度を補正することができる。前処理モジュールは、平滑化フィルタを適用して、機械的ダイヤフラム、超音波撮像トランスデューサ、または非聴診の非超音波センサのいずれかからのセンサノイズを低減することができる。前処理モジュールは、任意のノイズ低減方法または信号増強方法を適用して、機械的ダイヤフラム、超音波撮像トランスデューサ、または非聴診の非超音波センサによって得られるいずれの信号の信号対雑音比を増加させることができる。前処理モジュールは、前処理された生理学的情報804を出力するように構成することができる。

【0172】

機械学習モジュール820は、前処理された生理学的情報804を処理して、生理学的情報の有意な表現を抽出するように構成することができる。例えば、機械学習モジュールは、前処理された生理学的情報から一組の最小生理学的数据106を生成することができる。最小生理学的数据は、生理学的情報のストリームの、高度に圧縮された有意な表現に対応することができる。最小生理学的数据は、体温、呼吸数、呼吸の質、呼吸の病理、血圧、血糖濃度、血中ガス濃度、血中酸素飽和度（ spO_2 ）、または任意の他の臨床的に関連する特徴パラメータなどの、本明細書に記載される1つ以上の臨床的に関連するパラメータに対応することができる。

【0173】

機械学習モジュールにおいては、生理学的数据の新しい表現が見出され得るが、新しい表現は、低次元性、スパースコーディング、および／または特定のノイズまたは信号変換に対する不変性などの特徴を有する。例えば、アプロキシメータは、聴診器デバイスが信号源に対して移動するときに生じる、軽度の機械障害に起因するような、信号変換に対する不感応（または感度が低い）表現を見出すことができる。機械学習モジュールは、例えば、聴診器デバイス内のコンポーネントの経年変化、サンプルに送達される送信超音波出力の変動、および聴診器デバイスによって検出される信号を経時的に変化させる他の現象に起因する、センサ応答の経時的な変化を考慮することができる。上記のそれぞれの場

合において、1つ以上の決定論的変換を生理学的データに適用することができるが、これらの変換は、アプロキシメータによって選択される表現スキームに応じて、機械学習システムの出力に変化をもたらしても、もたらさなくてもよい。アプロキシメータを、入力に対する予測可能で決定論的なパータベーションに対して不変的に対応するようにトレーニングすることによって、これらの低レベルの変更は、機械学習システムによる高レベルな出力には見えないようにすることができる。

【0174】

上記の目的は、（教師なしの）自己学習された一組のベースに従って、それらの入力を分解する1つ以上の機械学習方法を適用する一方で、当該分解に特定の制約または事前条件を組み込むことによって達成することができる。使用される制約のいくつかは、ベース

10

【0175】

機械学習モジュールは、確率的グラフィックモデルを使用して、および（スパース解を検出するための） L_1/L_2 ラッソー正規化などの行列法を使用して、データストリームを明示的にモデリングすること、または行列の低ランク近似を求める固有ベクトルに基づく手法によって実装することもできる。機械学習モジュールは、オートエンコーダ、積層オートエンコーダ、雑音除去オートエンコーダ、ディープブリーフネットワークなどのようなニューラルネットワークを使用して実装することもできる。

【0176】

複数の隠れ層のうちの各隠れ層の出力が、何らかの制約が課された状態で前の層からの入力を再構築しようと試みる場合、またはその入力が不変表現を有利にするように破損しているかもしくは変換されている場合、近似段階は、多層ニューラルネットワークとして実装することができる。これには、いわゆる「ディープブリーフネットワーク」または「積層オートエンコーダ」が含まれていてもよい。内層は、それらのウェイトがどのような値をとるのかを制限することによって、またはそれらのウェイトが正規化ストラテジーの形式などの最適値にいかにも迅速にまたは緊密に落ち着くのかを制限することによって制約され得る。複数の内層は、信号の小さなパータベーションに対する抽象度および不変性の程度を増加させることができる。これらの層は、別々に更新されるので、より高レベルの層の出力はそのままに、低レベル層における再学習によって学習されるべき生理学的情報の経時的变化が可能になる。

20

30

【0177】

この段階で実装されるアルゴリズムのパラメータを決定するためのトレーニング段階は、オフラインで行われてもよいが、アプロキシメータの使用はリアルタイムとすることができる。ウェイト／係数の更新は、その後、定期的に、かつアプロキシメータの使用中に行うことができる。

【0178】

図9は、いくつかの実施形態に従う、前処理モジュールからの一組の前処理された生理学的情報を、最小生理学的データに変換するように構成された、例示的な多層オートエンコーダを示す。機械学習モジュール820は、エンコーダ820およびデコーダ850を備えることができる。機械学習モジュールは、最小生理学的データ840を出力するように構成することができる。最小生理学データは、オートエンコーダの最内層に対応し得る。

40

【0179】

いくつかの実施形態において、エンコーダは、複数の符号化層をさらに含むことができる。各符号化層は、複数の数値重みを有する複数のノードを含むことができる。同様に、デコーダは、複数の復号化層をさらに含むことができる。各復号化層は、複数の数値重みを有する複数のノードを含むことができる。機械学習モジュールの最内層は、最小生理学的データとすることができる。最小生理学的データは、数値重みを有する複数のノードを含むことができる。最小生理学的データは、示される機械学習アーキテクチャ内の生理学的情報のまだ抽象的で有意な表現を特定することができる。いくつかの実施形態において

50

、機械学習モジュールは、デコーダの出力がエンコーダへの入力と同一であり、入力として提供されるように、オートエンコーダを備えることができる。いくつかの実施形態において、オートエンコーダは、多層オートエンコーダであってもよい。

【0180】

エンコーダは、一組の前処理された生理学的情報804を含む入力を、前処理モジュールから受信するように構成することができる。一組の前処理された生理学的情報は、ベクトルSとして配列することができる。エンコーダの第1の層は、ベクトルSに変換を適用することによって、一組の前処理された生理学的情報の次元を減少させるように構成することができる。いくつかの実施形態において、その変換は、線形変換であってもよい。他の実施形態において、その変換は、非線形変換であってもよい。その変換は、関数 ϕ 、層内の各ノードにおけるウェイトの行列W、および他のベクトルbに基づいて、ベクトルSに対して減少した次元を有する出力ベクトルTを生成することができる：

$$T = a(W S + b) \quad (\text{式1})$$

【0181】

次いで、ベクトルTを第2の層に入力することができる。各連続符号化層は、最内層（最小生理学的数据）に達するまで、各層の次元数が連続的に減少する、式（1）と同じ形式の行列変換を適用することができる。

【0182】

デコーダは、エンコーダの各層に適用される重み行列の精度を計算するために、上述の次元数の減少を元に戻すように構成することができる。最小生理学的数据は、デコーダの第1の層に入力されてもよく、これは線形変換を適用して次元数を増加させることができる。各連続復号化層は、元の入力集合Sと同じ次元の復号化層からの出力S'に達するまで、さらなる行列変換を適用することができる。

【0183】

エンコーダ、デコーダおよび生理学的数据の各層における各ノードの初期重みは、任意の所定の手順に基づいて選択することができる。一連の行列変換を適用して、第1の符号化層の入力Sを最終の復号化層の出力S'にマッピングすることができる。L1エラーまたはL2エラーなどのエラー関数は、SおよびS'から計算することができる。次いで、逆行性伝播などのアルゴリズムを適用して、エンコーダ、デコーダおよび最小生理学的数据の各層における各ノードの重みを更新することができる。このアルゴリズムは、デコーダの出力で評価されるエラー関数が最小値に達するまで反復して適用することができる。

【0184】

いくつかの実施形態では、機械学習モジュールにおける層のいくつかまたはすべてに、スパース性の制約を適用することができる。

【0185】

高い次元性を有するデータセットを、冗長性を有しないデータセットの本質的な特徴を依然として維持している最小限の一連の数値に変換するように構成することができる。次いで、この一連の数値は、生理学的情報の所与のセットに対応する最小生理学的数据を形成する。

【0186】

いくつかの実施形態では、聴診器システムの変化に対するそのロバスト性を改善するために、オートエンコーダを複数の層で設計することができる。これはまた、システムを記録条件の変化（例えば、聴診器システムのセンサの物理的变化または変形）に適応させる計算上のオーバーヘッドを低減するように、特定の層を孤立させて再学習させることを可能にする。

【0187】

したがって、本明細書に記載される機械学習システムは、多数の生理学のプロセスからの情報を含む生理学的数据を処理するためのパイプラインとして供することができる。このシステムは、画像データを、生理学的数据の顕著な特徴を表すより高いレベルのシン

10

20

30

40

50

ボルストリームに変換することができる。

【0188】

図10は、いくつかの実施形態に従う、オートエンコーダへの入力から最小生理学的データを抽出することができるプロセスを表すフロチャートを示す。(図9の)エンコーダ830は、ベクトル化された一組の前処理された生理学的情報804を、前処理モジュール810(図8参照)からの入力として受け入れることができる。エンコーダ830の各層における各ノードの初期重み1002、最小生理学的データ840、およびデコーダ850は、任意の好適な手順に従って選択することができる。エンコーダは、各符号化層に、一組の線形変換1004、1つの線形変換を適用して、第1パス線形最小生理学データ840を計算することができる。エンコーダの各層での各線形変換は、エンコーダの次層に渡される情報の次元性を減少させることができる。

10

【0189】

デコーダは、各復号化層に、一組の線形変換1006、1つの線形変換を適用することができる。デコーダの各層での各線形変換は、デコーダの次層に渡される情報の次元性を増加させることができる。デコーダの最終層は、デコーダの最終層のノードの重みによって付与されるテストコードを生成することができる。テストコードは、デコーダへの入力と同一の次元性であってもよい。

【0190】

エラーを計算するために、テストコードの値とエンコーダへの入力の値とを、エラー関数を介して比較することができる。エラー関数は、テストコードとエンコーダへの入力との間の絶対差の合計によって与えられる、L1エラーであってもよい。エラー関数は、テストコードとエンコーダへの入力との間の差の二乗の和によって与えられる、L2エラーまたはユークリッドエラーであってもよい。エラー関数は、LNエラー、または任意の次元Nの一般化されたユークリッドエラーであってもよい。エラー関数は、任意の他のエラー関数であってもよい。エラー関数は、反復ごとに同じであってもよい。エラー関数は、連続する反復の間で変化してもよい。

20

【0191】

テストコードおよびエンコーダへの入力から計算されたエラーは、条件と比較することができる。条件は、所定の閾値に基づくことができる。エラーが条件を満たす場合、最小生理学的データをアクセプトし(1014)、最小生理学データの値を出力する(806)ことができる。エラーが条件を満たしていない場合、エンコーダ830の各層における各ノードの重み、生理学的数据840、およびデコーダ850を、任意の好適な手順に従ってアップデートする(1014)。この時点で、この手順は条件が満たされるまで繰り返すことができる。エラーが所定の閾値未満となるように条件を定めることができる。エラーが先に計算されたエラーのいずれよりも小さくなるように条件を定めることもできる。いくつかの実施形態では、条件が反復ごとに同じであってもよい。他の実施形態では、条件が連続的な反復の間で変化してもよい。この手順および反復は、条件が満たされたときに終了するように構成することができる。いくつかの実施形態では、条件が満たされると、現在の反復からの生理学的母亲集団データが出力される。

30

【0192】

特には、自動符号化方法を参照しているが、様々な教師あり機械学習技術、様々な半教師あり機械学習技術、および/または教師なしの機械学習技術を含む、他の機械学習技術を機械学習モジュールに実装することができる。機械学習技術は、トレーニング可能とすることができる。機械学習技術は、人間のトレーナとの相互作用(教師あり機械学習)によって、自己トレーニング(教師なし機械学習)によって、またはその2つの組合せ(半教師あり機械学習)によって、トレーニング可能であってもよい。例えば、機械学習モジュールは、オルタネーティング決定木(ADTree)、決定株、機能ツリー(FT)、ロジスティックモデルツリー(LMT)、ロジスティック回帰、ランダムフォレスト、線形分類器、神経ネットワーク、スパース辞書、ディープボロネットワーク、または当該分野で知られている任意の機械学習アルゴリズムまたは統計アルゴリズムを利用することがで

40

50

きる。1つ以上のアルゴリズムを一緒に使用して、アンサンブル法を生成することができ、アンサンブル方は、ブースティング（例えば、AdaBoost、LPBoost、TotalBoost、BrownBoost、MadaBoost、LogitBoostなど）のような機械学習アンサンブルメタアルゴリズムを使用して最適化し、バイアスおよび／または平方偏差を減少させることができる。機械学習分析は、例えば、R、Weka、Python、および／またはMatlabのような、当該分野で知られている多くのプログラミング言語およびプラットフォームの1つ以上を使用して実行することができる。

【0193】

図11は、機械的ダイヤフラムによって得られる聴診オーディオ信号、超音波トランスデューサによって得られる超音波信号、および非聴診の非超音波センサによって得られる1つ以上の非超音波信号から特徴を抽出する方法を概略的に示す。この方法は、図8、図9、図10に関して本明細書に記載される技術のいずれかを利用して、一連のセンサデータにエンコーダおよびデコーダを適用することができる。センサデータは、聴診センサ（本明細書に記載される機械的ダイヤフラムなど）に関連する時系列のセンサ値 $f_1(t)$ 、第1の超音波センサに関連する時系列のセンサ値 $f_2(t)$ 、第1の光ダイオードに関連するセンサ値 $f_3(t)$ などを含むことができる。一般に、センサデータは、 n 個の時系列のセンサ値を含むことができ、 n は、正の整数である。各時系列のセンサ値は、本明細書に記載される聴診センサ、超音波センサ、または非聴診の非超音波センサのいずれかに関連することができる。各時系列は、オートエンコーダに渡され、コリレータ（内部層のセットとも称される）とデコーダを通して進み、抽出された特徴を出力する。例えば、オートエンコーダ、コリレータ、およびデコーダは、心拍数、血圧、血中酸素、または本明細書に記載される他の任意の臨床的に関連する特徴に関する、抽出された特徴を出力することができる。

【0194】

図19は、聴診オーディオ信号を受信し、超音波撮像信号を送信および受信し、かつ聴診オーディオ信号と超音波撮像信号とを相関させる方法1900を示す。

【0195】

第1の動作1910では、聴診オーディオ信号を対象から受信する。聴診オーディオ信号は、本明細書に記載される機械的ダイヤフラムを備える聴診器ヘッドによって受信することができる。

【0196】

第2の動作1920では、送信超音波撮像信号を対象に送信する。送信超音波撮像信号は、本明細書に記載される超音波トランスデューサによって送信することができる。

【0197】

第3の動作1930では、受信超音波撮像信号を対象から受信する。受信超音波撮像信号は、本明細書に記載される超音波トランスデューサによって受信することができる。

【0198】

第4の動作1940では、聴診オーディオ信号と受信超音波撮像信号とを相関させる。聴診オーディオ信号と受信超音波撮像信号とは、本明細書に記載されるモデルによって相関させることができる。

【0199】

方法1900は、非聴診の非超音波信号を検出する動作（図19には不図示）をさらに含むことができる。非聴診の非超音波信号は、本明細書に記載される非聴診の非超音波センサによって検出することができる。

【0200】

方法1900は、図8、図9、図10、または図11に関して本明細書に記載されるデバイスのような、本明細書に記載されるデバイスのいずれかによって実行することができる。

【0201】

10

20

30

40

50

本明細書で適用される方法 1900 に基づく多くの変形、変更、および改造が可能である。例えば、方法 1900 の動作の順序を変更すること、いくつかの動作を省くこと、いくつかの動作を複数回実行すること、付加的動作を適宜追加することができる。いくつかの動作は、連続して実行されてもよい。いくつかの動作は、平行して実行されてもよい。いくつかの動作は、一度に実行されてもよい。いくつかの動作は、複数回実行されてもよい。いくつかの動作は、サブ動作を含んでいてもよい。いくつかの動作が自動化され、いくつかの動作が手動であってもよい。

【0202】

本明細書に記載される聴診器デバイスは、送信超音波撮像信号をオーディオ信号で干渉させることによって、送信超音波撮像信号のビームステアリングを実行するように構成することができる。聴診器ヘッドは、オーディオ信号を対象に送信するためのオーディオトランスデューサを備えることができる。聴診器ヘッドは、送信超音波撮像信号をオーディオ信号で干渉させるための干渉回路を備えることができる。干渉回路は、超音波撮像信号を対象に誘導することができる。オーディオトランスデューサまたは干渉回路は、聴診器ヘッドのハウジングに取り外し可能に連結されていてもよい。オーディオトランスデューサまたは干渉回路は、聴診器ヘッドのハウジングに物理的に連結されていてもよい。オーディオトランスデューサまたは干渉回路は、聴診器ヘッドのハウジングに機能的に接続されていてもよい。

【0203】

干渉回路は、オーディオ信号に対する対象の応答のモデルに基づいて、送信超音波撮像信号をオーディオ信号で干渉させることができる。このモデルは、本明細書に記載される任意のモデルと同様であってもよい。このモデルは、超音波撮像信号をオーディオ信号と相関させて、抽出された特徴パラメータを生成することができる。このモデルは、超音波信号およびオーディオ信号を、それぞれ第 1 のおよび第 2 の重み関数でたたみ込むことによって超音波信号をオーディオ信号と相関させ、重みつき超音波信号および重みつきオーディオ信号をそれぞれ形成することができる。重みつき超音波信号および重みつきオーディオ信号は、重み信号に対して自動相関または相互相関を実行することによって相関されてもよい。このモデルは、超音波信号およびオーディオ信号を（フーリエ積分変換、フーリエ級数変換、Z 変換、ウェーブレット変換、余弦級数変換、正弦級数変換、テイラー級数変換、ローラン級数変換、ラプラス変換、アダマール変換、または任意の他の数学的変換によって）変換することによって、超音波信号をオーディオ信号と相関させ、変換超音波信号および変換オーディオ信号をそれぞれ生成することができる。変換超音波信号および変換オーディオ信号は、変換信号に対して自動相関または相互相関を実行することによって相関されてもよい。このモデルは、超音波信号およびオーディオ信号を、機械学習技術を使用して一組の特徴に符号化およびマッピングすることによって、該超音波信号およびオーディオ信号を相関させることができる。機械学習技術は、ニューラルネットワーク、スパース辞書、ディアボロネットワーク、または本明細書に記載される任意の他の機械学習技術とすることができる。

【0204】

図 20 は、聴診オーディオ信号を受信し、超音波撮像信号を送信および受信し、オーディオ信号を送信し、送信超音波撮像信号とオーディオ信号とを干渉させて超音波撮像信号を誘導する方法 2000 を示す。

【0205】

第 1 の動作 2010 では、聴診オーディオ信号を対象から受信する。聴診オーディオ信号は、本明細書に記載される機械的ダイヤフラムを備える聴診器ヘッドによって受信することができる。

【0206】

第 2 の動作 2020 では、送信超音波撮像信号を対象に送信する。送信超音波撮像信号は、本明細書に記載されるように、超音波トランスデューサによって送信することができる。

【0207】

第3の動作2030では、受信超音波撮像信号を対象から受信する。受信超音波撮像信号は、本明細書に記載されるように、超音波トランスデューサによって受信することができる。

【0208】

第4の動作2040では、オーディオ信号を対象に送信する。オーディオ信号は、本明細書に記載されるように、オーディオトランスデューサから送信することができる。

【0209】

第5の動作2050では、送信超音波撮像信号をオーディオ信号と干渉させて、超音波撮像信号を誘導する。送信超音波撮像信号およびオーディオ信号は、本明細書に記載されるように、干渉回路によって干渉させることができる。

10

【0210】

方法2000は、非聴診の非超音波信号を検出する動作（図20には不図示）をさらに含むことができる。非聴診の非超音波信号は、本明細書に記載されるように、非聴診の非超音波センサによって検出することができる。

【0211】

方法2000は、本明細書に記載されるデバイスのいずれかによって実施することができる。

【0212】

本明細書で適用される方法2000に基づく多くの変形、変更、および改造が可能である。例えば、方法2000の動作の順序を変更すること、いくつかの動作を省くこと、いくつかの動作を複数回実行すること、付加的動作を適宜追加することができる。いくつかの動作は、連続して実行されてもよい。いくつかの動作は、平行して実行されてもよい。いくつかの動作は、一度に実行されてもよい。いくつかの動作は、複数回実行されてもよい。いくつかの動作は、サブ動作を含んでいてもよい。いくつかの動作が自動化され、いくつかの動作が手動であってもよい。

20

【0213】

図12は、聴診器デバイスからの情報を情報システムにどのように送信することができるかを示す。本明細書に記載されるように、聴診器デバイスは、情報を送信または受信する能力を有することができる。聴診器デバイスは、センサデータまたは抽出された特徴などの送信情報を、様々な情報システムに送信することができる。情報は、容易な視覚化のために外部ディスプレイに送信され、機関のデータベース（医院、病院、または医院もしくは病院のネットワークに関連するデータベースなど）またはクラウドベースのヘルスシステムに格納することができる。したがって、情報は、その情報に関心のある機関によってアクセスすることができる。

30

【0214】

図13は、聴診器デバイスからの情報が異なる個人または機関によってどのように利用されるかを示す図である。聴診器デバイスからの情報は、クラウドサーバに送信することができる。クラウドサーバは、情報にアルゴリズムを適用することができる。情報は、医療保険の携行と責任に関する法律（HIPAA）に準拠したデータベースに格納されてもよい。情報は、看護師、医師（コンサルティング医師など）、救急医療技術者、または他の医療従事者によってアクセスされてもよい。情報は、例えば、患者の親によってアクセスされてもよい。

40

【0215】

[デジタル処理装置]

本明細書に記載されるシステム、装置、および方法は、デジタル処理デバイス、またはその使用を含み得る。デジタル処理デバイスは、デバイスの機能を実行する1つ以上のハードウェア中央処理装置（CPU）を含むことができる。デジタル処理デバイスは、実行可能命令を実行するように構成されたオペレーティングシステムをさらに備えることができる。いくつかの例において、デジタル処理デバイスは、任意にコンピュータネットワー

50

クに接続され、任意にインターネットに接続されてワイルドワイドウェブにアクセスし、または任意にクラウドコンピューティングインフラストラクチャに接続される。他の例において、デジタル処理デバイスは、任意にイントラネットに接続される。他の例において、デジタル処理デバイスは、任意にデータ記憶装置に接続される。

【0216】

本明細書の記載によれば、好適なデジタル処理デバイスには、非限定的な例として、サーバコンピュータ、デスクトップコンピュータ、ラップトップコンピュータ、ノートブックコンピュータ、サブノートブックコンピュータ、ネットブックコンピュータ、ネットパッドコンピュータ、セットトップコンピュータ、メディアストリーミングデバイス、ハンドヘルドコンピュータ、インターネット機器、モバイルスマートフォン、タブレットコンピュータ、パーソナルデジタルアシスタント、ビデオゲームコンソール、および車両が含まれる。当業者は、多くのスマートフォンが本明細書に記載されるシステムでの使用に適していることを認識するであろう。当業者は、選択的なコンピュータネットワーク接続性を有する、選択されたテレビ、ビデオプレイヤー、およびデジタルミュージックプレイヤーが、本明細書に記載されるシステムでの使用に適していることもまた認識するであろう。好適なタブレットコンピュータには、当業者に知られている、ブックレット、スレート、およびコンバーチブル構成を備えるものが含まれ得る。

【0217】

デジタル処理デバイスは、実行可能命令を実行するように構成されたオペレーティングシステムを含むことができる。オペレーティングシステムは、例えば、プログラムおよびデータを含むソフトウェアとすることができ、デバイスのハードウェアを管理し、アプリケーションを実行するためのサービスを提供することができる。当業者は、適切なサーバオペレーティングシステムには、非限定的な例として、FreeBSD、OpenBSD、NetBSD（登録商標）、Linux、Apple（登録商標）Mac OS X Server（登録商標）、Oracle（登録商標）Solaris（登録商標）、Windows Server（登録商標）、およびNovell（登録商標）NetWare（登録商標）が含まれ得ることを認識するであろう。当業者は、適切なパーソナルコンピュータオペレーティングシステムには、非限定的な例として、Microsoft（登録商標）Windows（登録商標）、Apple（登録商標）Mac OS X（登録商標）、UNIX（登録商標）、およびGNU/Linux（登録商標）などのUNIX系オペレーティングシステムが含まれ得ることを認識するであろう。場合によっては、オペレーティングシステムは、クラウドコンピューティングによって提供される。当業者は、適切なモバイルスマートフォンオペレーティングシステムには、非限定的な例として、Nokia（登録商標）Symbian（登録商標）OS、Apple（登録商標）iOS（登録商標）、Research In Motion（登録商標）BlackBerry OS（登録商標）、Google（登録商標）Android（登録商標）、Microsoft（登録商標）Windows Phone（登録商標）OS、Microsoft（登録商標）Windows Mobile（登録商標）OS、Linux（登録商標）、およびPalm（登録商標）WebOS（登録商標）が含まれ得ることもまた認識するであろう。当業者は、適切なメディアストリーミングデバイスオペレーティングシステムには、非限定的な例として、Apple TV（登録商標）、Roku（登録商標）、Boxee（登録商標）、Google TV（登録商標）、Google Chromecast（登録商標）、Amazon Fire（登録商標）、およびSamsung（登録商標）HomeSync（登録商標）が含まれ得ることもまた認識するであろう。当業者は、適切なビデオゲームコンソールオペレーティングシステムには、非限定的な例として、Sony（登録商標）PS3（登録商標）、Sony（登録商標）PS4（登録商標）、Microsoft（登録商標）Xbox 360（登録商標）、Microsoft（登録商標）Xbox One、Nintendo（登録商標）Wii（登録商標）、Nintendo（登録商標）Wii U（登録商標）、およびOuya（登録商標）が含まれ得ることもまた認識するであろう。

10

20

30

40

50

【0218】

いくつかの例において、デバイスは、ストレージおよび／またはメモリデバイスを含むことができる。ストレージおよび／またはメモリデバイスは、データまたはプログラムを一時的または永久的に記憶するために使用される1つ以上の物理的装置とすることができる。いくつかの例において、デバイスは揮発性メモリであり、格納された情報を維持するために電力を必要とする。他の例において、デバイスは、不揮発性メモリであり、デジタル処理デバイスに電力が共有されていないときに、格納された情報を維持する。他の例において、不揮発性メモリはフラッシュメモリを含む。不揮発性メモリは、ダイナミックランダムアクセスメモリ(DRAM)を含むことができる。不揮発性メモリは、強誘電体ランダムアクセスメモリ(FRAM)を含むことができる。不揮発性メモリは、相変化ランダムアクセスメモリ(PRAM)を含むことができる。デバイスは、非限定的な例として、CD-ROM、DVD、フラッシュメモリデバイス、磁気ディスクドライブ、磁気テープドライブ、光ディスクドライブ、およびクラウドコンピュータベースのストレージを含む、ストレージデバイスとすることができる。ストレージおよび／またはメモリデバイスは、本明細書に開示されているようなデバイスの組合せであってもよい。

10

【0219】

デジタル処理デバイスは、視覚情報をユーザに送信するディスプレイを含むことができる。ディスプレイは、ブラウン管(CRT)ディスプレイとすることができる。ディスプレイは、液晶ディスプレイ(LCD)とすることができる。あるいは、ディスプレイは、薄膜トランジスタ液晶ディスプレイ(TFT-LCD)とすることができる。ディスプレイはさらに、有機発光ダイオード(OLED)ディスプレイとすることができる。様々なケースにおいて、OLEDディスプレイは、パッシブマトリクスOLED(PMOLED)またはアクティブマトリクスOLED(AMOLED)ディスプレイである。ディスプレイは、ビデオプロジェクトであってもよい。ディスプレイは、本明細書に開示されるようなデバイスの組合せであってもよい。

20

【0220】

デジタル処理デバイスはまた、ユーザから情報を受信するための入力デバイスを含むことができる。例えば、入力デバイスは、キーボードとすることができる。入力デバイスは、例えば、非限定的な例として、マウス、トラックボール、トラックパッド、ジョイスティック、ゲームコントローラ、またはスタイラスを含む、ポインティングデバイスであってもよい。入力デバイスは、タッチスクリーンまたはマルチタッチスクリーンとすることができる。入力デバイスは、音声または他の音声入力を捕捉するためのマイクロフォンであってもよい。入力デバイスは、モーションまたはビジュアル入力を捕捉するビデオカメラまたは他のセンサとすることができる。あるいは、入力デバイスは、Kinect(商標)、Leap Motion(商標)などであってもよい。さらなる態様において、入力デバイスは、本明細書に開示されるようなデバイスの組合せとすることができる。

30

【0221】

[非一時的コンピュータ可読記憶媒体]

いくつかの例において、本明細書に開示されるシステム、装置、および方法は、選択的にネットワーク化されたデジタル処理装置のオペレーティングシステムによって実行可能な命令を含むプログラムでエンコードされた、1つ以上の固定コンピュータ可読記憶媒体を含むことができる。他の例において、コンピュータ可読記憶媒体は、デジタル処理デバイスの有形のコンポーネントである。さらに他の例において、コンピュータ可読記憶媒体は、デジタル処理デバイスから任意に取り外すことができる。コンピュータ可読記憶媒体は、非限定的な例として、CD-ROM、DVD、フラッシュメモリデバイス、ソリッドステートメモリ、磁気ディスクドライブ、磁気テープドライブ、光ディスクドライブ、クラウドコンピューティングシステムおよびサービスなどを含むことができる。場合によっては、プログラムおよび命令は、媒体に、永久的に、実質的に永久的に、半永久的に、または非一時的に符号化される。

40

【0222】

50

[コンピュータプログラム]

本明細書に開示されるシステム、装置、および方法は、少なくとも1つのコンピュータプログラムまたはその使用を含むことができる。コンピュータプログラムは、デジタル処理デバイスのCPU内で実行下方であり、指定されたタスクを実行するために書き込まれた一連の命令を含む。いくつかの実施形態において、コンピュータ可読命令は、特定のタスクを実行するか、または特定の抽象データタイプを実装する、機能、オブジェクト、アプリケーションプログラミングインタフェース（APIs）、データ構造などのプログラムモジュールとして実装される。本明細書の開示に照らして、当業者は、特定の実施形態において、コンピュータプログラムが様々な言語の様々なバージョンで書き込まれていることを認識するであろう。

10

【0223】

コンピュータ可読命令の機能性は、様々な環境において所望されるように組み合わせるか、または分散させることができる。コンピュータプログラムは、1つの命令シーケンスを含むことができる。コンピュータプログラムは、複数の命令シーケンスを含むことができる。場合によっては、コンピュータプログラムは、1つの場所から提供される。他の例において、コンピュータプログラムは、複数の場所から提供される。さらに他の場合、コンピュータプログラムは、1つ以上のソフトウェアモジュールを含むことができる。場合によっては、コンピュータプログラムは、部分的にまたは全体として、1つ以上のウェブアプリケーション、1つ以上のモバイルアプリケーション、1つ以上のスタンドアロンアプリケーション、1つ以上のウェブブラウザプラグイン、拡張、アドイン、もしくはアドオン、またはそれらの組合せを含むことができる。

20

【0224】

[ウェブアプリケーション]

コンピュータプログラムは、ウェブアプリケーションを含むことができる。本明細書の開示に照らして、当業者は、ウェブアプリケーションが様々な態様において1つ以上のソフトウェアフレームワークおよび1つ以上のデータベースシステムを利用することを認識するであろう。場合によっては、ウェブアプリケーションは、microsoft（登録商標）、.NETまたはRuby on Rails（RoR）などのソフトウェアフレームワーク上に作成される。場合によっては、ウェブアプリケーションは、非限定的な例として、例えば、リレーショナルの、非リレーショナルの、オブジェクト指向の、連想の、およびXMLデータベースシステムを含む、1つ以上のデータベースシステムを利用する。場合によっては、適切な連想データベースシステムは、非限定的な例として、Microsoft（登録商標）SQL Server、MySQL（商標）、およびOracle（登録商標）を含むことができる。当業者であれば、様々な例におけるウェブアプリケーションは、1つ以上の言語の1つ以上のバージョンで書き込まれることもまた認識するであろう。ウェブアプリケーションは、1つ以上のマークアップ言語、プレゼンテーション定義言語、クライアントサイドスクリプト言語、サーバサイドコーディング言語、データベースクエリ言語、またはそれらの組合せで書き込むことができる。ウェブアプリケーションは、HTML（Hypertext Markup Language）、XHTML（Extensible Hypertext Markup Language）、またはXML（Extensible Markup Language）のようなマークアップ言語である程度書き込まれていてもよい。場合によっては、ウェブアプリケーションは、CSS（Cascading Style Sheet）のようなプレゼンテーション定義言語である程度書き込まれる。ウェブアプリケーションは、AJAX（Asynchronous Javascript and XML）、Flash（登録商標）Actionscript、Javascript、またはSilverlight（登録商標）などの、クライアントサイドスクリプト言語である程度書き込まれていてもよい。ウェブアプリケーションは、ASP（Active Server Pages）、ColdFusion（登録商標）、Perl、Java（商標）、JSP（Java Server Pages）、PHP（Hypertext Preprocessor）

30

40

50

、Python（商標）、Tcl、Smalltalk、WebDNA（登録商標）、またはGroovyなどの、サーバサイドコーディング言語である程度書き込まれていてもよい。場合によっては、ウェブアプリケーションは、SQL（Structured Query Language）などのデータベースクエリ言語である程度書き込まれていてもよい。また、ウェブアプリケーションは、IBM（登録商標）Lotus Domino（登録商標）などのエンタープライズサーバ製品を統合していてもよい。場合によっては、ウェブアプリケーションは、メディアプレイヤー要素を含む。様々な他の例において、メディアプレイヤー要素は、例えば、非限定的な例として、Adobe（登録商標）Flash（登録商標）、HTML 5、Apple（登録商標）QuickTime（登録商標）、Microsoft（登録商標）Silverlight（登録商標）、Java（商標）、およびUnity（登録商標）を含む、多くの適切なマルチメディア技術の1つ以上を利用する。

10

【0225】**[モバイルアプリケーション]**

コンピュータプログラムは、モバイルデジタル処理デバイスに提供されるモバイルアプリケーションを含むことができる。場合によっては、モバイルアプリケーションは、製造時に、モバイルデジタル処理デバイスに提供される。場合によっては、モバイルアプリケーションは、本明細書に記載されるコンピュータネットワークを介して、モバイルデジタル処理デバイスに提供される。

【0226】

本明細の開示に照らして、モバイルアプリケーションは、当業者に既知の技術によって、当業者に既知のハードウェア、言語、および開発環境を使用して作成される。当業者は、モバイルアプリケーションがいくつかの言語で書かれていることを認識するであろう。適切なプログラム言語には、非限定的な例として、C、C++、C#、Objective-C、Java（商標）、JavaScript、Pascal、Object Pascal、Python（商標）、Ruby、VB.net、WML、およびCSSを伴う／伴わないXHTML／HTML、またはそれらの組合せが含まれる。

20

【0227】

適切なモバイルアプリケーションの開発環境は、いくつかのソースから入手可能である。市販の開発環境には、非限定的な例として、Airplay SDK、alchemo、Appcelerator（登録商標）、Celsius、Bedrock、Flash Lite、.NET Compact Framework、Thomobile、およびWorklight Mobile Platformが含まれる。他の開発環境が費用なしで利用可能であり、非限定的な例として、Lazarus、MobiFlex、MoSync、およびPhonegapが含まれる。

30

【0228】

また、モバイルデバイスメーカは、非限定的な例として、iPhoneおよびiPad（iOS）SDK、Android（商標）SDK、BlackBerry（登録商標）SDK、BREW SDK、Palm（登録商標）OS SDK、Symbian SDK、webOS SDK、およびWindows（登録商標）Mobile SDKを含む、ソフトウェア開発キットを配布する。

40

【0229】

当業者は、非限定的な例として、Apple（登録商標）AppStore、Android（商標）Market、BlackBerry（登録商標）App World、App Store for Palm devices、App Catalog for webOS、Windows（登録商標）Marketplace for Mobile、Ovi Store for Nokia（登録商標）devices、Samsung（登録商標）Apps、およびNintendo（登録商標）DSi Shopを含むモバイルアプリケーションの配信のために、いくつかの商業用フォーラムが利用可能であることを認識するであろう。

50

【0230】

[スタンドアロンアプリケーション]

コンピュータプログラムは、独立したコンピュータプロセスとして実行され、既存のプロセスに対するアドオン、例えば、プラグインではないプログラムである、スタンドアロンアプリケーションを含むことができる。当業者は、スタンドアロンアプリケーションがしばしばコンパイルされることを認識するであろう。コンパイラとは、プログラミング言語で書かれたソースコードを、アセンブリ言語やマシンコードなどのバイナリオブジェクトコードに変換するコンピュータプログラムである。適切なコンパイルされたプログラミング言語には、非限定的な例として、C、C++、Objective-C、COBOL、Delphi、Eiffel、Java（商標）、Lisp、Python（商標）、Visual Basic、およびVB.NET、またはそれらの組合せが含まれる。コンパイルは、実行可能プログラムを作成するために、少なくとも部分的に実行されることがよくある。コンピュータプログラムは、1つ以上の実行可能なコンパイルされたアプリケーションを含むことができる。

10

【0231】

[ウェブブラウザプラグイン]

コンピュータプログラムは、ウェブブラウザプラグインを含むことができる。コンピューティングにおいて、プラグインは、より大きなソフトウェアアプリケーションに対して特定の機能を追加する、1つ以上のソフトウェアコンポーネントである。ソフトウェアアプリケーションのメーカは、サードパーティの開発者がアプリケーションを拡張する機能を作成し、新しい機能を簡単に追加したり、アプリケーションのサイズを縮小したりできるようにするプラグインをサポートしている。プラグインをサポートすると、プラグインは、ソフトウェアアプリケーションの機能をカスタマイズすることができる。例えば、ビデオを再生し、インタラクティビティを生成し、ウィルススキャンし、特定のファイルタイプを表示するために、プラグインはウェブブラウザで一般的に使用されている。当業者は、Adobe（登録商標）Flash（登録商標）Player、Microsoft（登録商標）Silverlight（登録商標）、およびApple（登録商標）QuickTimeを含む、いくつかのウェブブラウザプラグインをよく知っている。いくつかの実施形態では、ツールバーが、1つ以上のウェブブラウザ拡張、アドイン、またはアドオンを含んでいる。いくつかの実施形態では、ツールバーが、1つ以上のエクスプローラーバー、ツールバー、またはデスクバンドを含んでいる。

20

30

【0232】

本明細書の開示に照らして、当業者であれば、非限定的な例として、C++、Delphi、Java（商標）、PHP、Python（商標）、およびVB.NET、またはそれらの組合せを含む、様々なプログラミング言語でのプラグインの開発を可能にするいくつかのプラグインフレームワークが利用可能であることを認識するであろう。

【0233】

ウェブブラウザ（インターネットブラウザとも称される）は、ネットワーク接続されたデジタル処理デバイスとともに使用し、ワールドワイドウェブ上の情報資源を検索、提示、横断するように設計されたソフトウェアアプリケーションであり得る。適切なウェブブラウザには、非限定的な例として、microsoft（登録商標）Internet Explorer（登録商標）、Mozilla（登録商標）Firefox（登録商標）、Google（登録商標）Chrome、Apple（登録商標）Safari（登録商標）、Opera Software（登録商標）Opera（登録商標）、およびKDE Konquerorが含まれる。いくつかの実施形態において、ウェブブラウザは、モバイルウェブブラウザである。モバイルウェブブラウザ（マイクロブラウザ、ミニブラウザ、および無線ブラウザとも称される）は、非限定的な例として、ハンドヘルドコンピュータ、タブレットコンピュータ、ネットブックコンピュータ、サブノートブックコンピュータ、スマートフォン、ミュージックプレイヤー、パーソナルデジタルアシスタント（PDA）、およびハンドヘルドビデオゲームシステムを含む、モバイルデジタル処理

40

50

デバイス上での使用のために設計されている。適切なモバイルウェブブラウザには、非限定的な例として、Google（登録商標）Android（登録商標）ブラウザ、RIM BlackBerry（登録商標）ブラウザ、Apple（登録商標）Safari（登録商標）、Palm（登録商標）Blazer、Palm（登録商標）WebOS（登録商標）ブラウザ、Mozilla（登録商標）Firefox（登録商標）for mobile、Microsoft（登録商標）Internet Explorer（登録商標）Mobile、Amazon（登録商標）Kindle（登録商標）Basic Web、Nokia（登録商標）ブラウザ、Opera Software（登録商標）Opera（登録商標）Mobile、およびSony（登録商標）PSP（商標）ブラウザが含まれる。

10

【0234】

[ソフトウェアモジュール]

本明細書に記載されるシステムおよび方法は、ソフトウェアモジュール、サーバモジュール、および／もしくはデータベースモジュール、またはそれらの使用を含むことができる。本明細書の開示に照らして、ソフトウェアモジュールは、当技術分野で既知の機械、ソフトウェア、および言語を使用して、当業者に既知の技術によって作成することができる。本明細書に開示されるソフトウェアモジュールは、多数の方法で実装することができる。ソフトウェアモジュールは、ファイル、コードセクション、プログラミングオブジェクト、プログラミング構造、またはそれらの組合せを含むことができる。ソフトウェアモジュールは、複数のファイル、複数のコードセクション、複数のプログラミングオブジェクト、複数のプログラミング構造、またはそれらの組合せを含むことができる。様々な態様において、1つ以上のソフトウェアモジュールは、非限定的な例として、ウェブアプリケーション、モバイルアプリケーション、およびスタンドアロンアプリケーションを含む。いくつかの例において、ソフトウェアモジュールは、1つのコンピュータプログラムまたはアプリケーション内にある。他の例において、ソフトウェアモジュールは、1つ以上のコンピュータプログラムまたはアプリケーション内にある。場合によっては、ソフトウェアモジュールは、1台のマシン上でホストされる。他の場合、ソフトウェアモジュールは、複数のマシン上でホストされる。場合によっては、ソフトウェアモジュールは、クラウドコンピューティングプラットフォーム上でホストされ得る。また、ソフトウェアモジュールは、1つの場所にある1つ以上のマシンでホストされ得る。さらに他の場合、ソフトウェアモジュールは、複数の場所にある1つ以上のマシンでホストされる。

20

30

【0235】

[データベース]

本明細書に開示される方法、装置、およびシステムは、1つ以上のデータベース、またはそれらの使用を含むことができる。本明細書の開示に照らして、当業者は、多くのデータベースが、本明細書の他の箇所に記載された分析情報の保存および検索に適していることを認識するであろう。本明細書に記載される様々な態様において、適切なデータベースは、非限定的な例として、リレーショナルデータベース、非リレーショナルデータベース、オブジェクト指向データベース、オブジェクトデータベース、エンティティ関係モデルデータベース、連想データベース、およびXMLデータベースを含むことができる。データベースは、インターネットに基づくものであってもよい。データベースは、ウェブに基づくものであってもよい。データベースは、クラウドコンピューティングに基づくものであってもよい。あるいは、データベースは、1つ以上のローカルコンピュータ記憶装置に基づくものであってもよい。

40

【0236】

[サービス]

本明細書に記載される方法およびシステムは、サービスとしてさらに実行されてもよい。例えば、サービスプロバイダは、顧客が分析することを望んでいるサンプルを取得することができる。次いで、サービスプロバイダは、本明細書に記載される方法のいずれかによって分析するサンプルを符号化し、分析を実行し、顧客にレポートを提供することがで

50

きる。顧客もまた分析を実行することができ、その結果をサービスプロバイダに提供してデコードすることができる。いくつかの例では、次いで、サービスプロバイダは、デコードされた結果を顧客に提供する。他の例では、顧客は、サンプルの符号化された分析をプロバイダから受信し、ローカル（顧客のいる場所）に、または遠隔（例えば、ネットワークを介して到達可能なサーバ上）にインストールされたソフトウェアとその結果を相互作用させることによって、該分析結果を復号化することができる。場合によっては、ソフトウェアがレポートを作成し、該レポートを顧客に送信することができる。例示的な顧客には、臨床研究室、病院、工業整合業者などが含まれる。場合によっては、顧客またはパーティは、本明細書に記載される方法を使用することを必要としているか、または望んでいる、任意の適切な顧客またはパーティであってもよい。

10

【0237】

[サーバ]

本明細書に提供される方法は、図14に示すように、サーバまたはコンピュータサーバ上で処理することができる。サーバ1401は、中央処理装置（CPU、「プロセッサ」）1405を含むことができ、該中央処理装置は1405、シングルコアプロセッサ、マルチコアプロセッサ、または並列処理のための複数のプロセッサとすることができる、制御アセンブリの一部として使用されるプロセッサは、マイクロプロセッサとすることができる。サーバ1401は、メモリ1410（例えば、ランダムアクセスメモリ、リードオンリーメモリ、フラッシュメモリ）；電子記憶ユニット1415（例えば、ハードディスク）；1つ以上の他のシステムと通信するための通信インタフェース1420（例えば、ネットワークアダプタ）；およびキャッシュ、他のメモリ、データ記憶装置、および／または電子ディスプレイアダプタを含む、周辺デバイス1425を含むことができる。メモリ1410、記憶ユニット1415、インタフェース1420、および周辺デバイス1425は、マザーボードなどの通信バス（実線）を介してプロセッサ1405と通信することができる。記憶ユニット1415は、データを記憶データ記憶部であってもよい。サーバ1401は、通信インタフェース1420の助けを借りて、コンピュータネットワーク（「ネットワーク」）1430に動作可能に接続することができる。追加のハードウェアの助けを借りたプロセッサは、ネットワークに動作可能に接続することができる。ネットワーク1430は、インターネット、イントラネットおよび／またはエクストラネット、電気通信またはデータネットワークと通信するイントラネットおよび／またはエクストラネットであってもよい。サーバ1401の助けを借りたネットワーク1430は、ピアツーピアネットワークを実装することができ、サーバ1401に接続されたデバイスがクライアントまたはサーバとして動作することを可能にできる。サーバは、コンピュータ可読命令（例えば、デバイス／システム動作プロトコルまたはパラメータ）またはデータ（例えば、センサの測定値、センサの測定値の分析など）を、ネットワーク1430を介して転送される電気信号を介して送信および受信することができる。さらに、ネットワークは、例えば、国際境界を越えてデータを送信または受信するために使用することができる。

20

30

【0238】

サーバ1401は、ディスプレイもしくはプリンタなどの1つ以上の出力デバイス1435と、および／または、例えば、キーボード、マウス、もしくはジョイスティックなどの1つ以上の入力デバイス1440と、通信することができる。ディスプレイは、タッチスクリーンであってもよく、その場合、ディスプレイは、ディスプレイデバイスと入力デバイスの両方として機能する。異なるおよび／または追加の入力デバイス、例えば、発音器、スピーカ、またはマイクロフォンであってもよい。サーバは、例えば、Windows（登録商標）の、またはMac OS（登録商標）の、またはUnix（登録商標）の、またはLinux（登録商標）のいくつかのバージョンの任意の1つのような、様々なオペレーティングシステムの任意の1つを使用することができる。

40

【0239】

記憶ユニット1415は、本明細書に記載されるデバイス、システムまたは方法の動作に関するファイルまたはデータを格納することができる。

50

【0240】

サーバは、ネットワーク1430を介して、1つ以上のリモートコンピュータシステムと通信することができる。1つ以上リモートコンピュータシステムには、例えば、パーソナルコンピュータ、ラップトップ、タブレット、電話、スマートフォン、またはパーソナルデジタルアシスタントが含まれ得る。

【0241】

制御アセンブリは、単一のサーバ1401を含むことができる。他の状況において、システムは、イントラネット、エクストラネットおよび／またはインターネットを介してそう度に通信する複数のサーバを含むことができる。

【0242】

サーバ1401は、デバイス動作パラメータ、プロトコル、本明細書に記載される方法、および潜在的に関連性のある他の情報を格納するように適合されていてもよい。そのような情報は、記憶ユニット1415またはサーバ1401に格納することができ、また、そのようなデータは、ネットワークを介して送信することができる。

【実施例】

【0243】

本明細書に記載されるデバイスおよび方法は、サンプルから様々な情報を取得するために使用することができる。サンプルは、生きたサンプルとすることができ、ヒトや、ヒト以外の霊長類、ウマ、またはウシもしくはヒツジなどの家畜、イヌ、ネコ、鳥、マウス、または任意の他の動物のようなヒト以外の動物対象などであってもよい。本明細書に記載されるシステムおよび方法は、ヒトまたはヒト以外の対象における様々な健康状態を検出または診断するために使用することができる。例えば、このシステムおよび方法は、脳、心臓、肺、胃、小腸、大腸、肝臓、腎臓、結腸、またはヒトもしくはヒト以外の対象の任意の他の内臓の1つ以上に関連する、傷害または状態を検出するために使用することができる。このシステムおよび方法は、骨（骨折など）、結合組織（軟骨の裂傷など）、または血管（動脈瘤など）の1つ以上に関連する傷害または状態を検出するために使用することができる。

【0244】

本明細書に記載されるデバイスおよび方法は、ヒトまたはヒト以外の対象の内部における、腫瘍、骨折した骨、破裂した血管系、裂傷した器官、または遊離腹水の存在を知るために利用することができる。さらに、このデバイスおよび方法は、ヒトまたはヒト以外の対象における以下の状態のいずれかを特定するために利用することができる：静脈穿刺、中心線配置、胆石、気胸、胸水、肺炎、心機能、心膜液貯留、心タンポナーデ、膀胱容積、腸閉塞、器官構造機能異常、扁桃周囲膿瘍、表在性または深部膿瘍、蜂巣炎、流体状態、腹腔大静脈解離、頸動脈内膜厚、頸動脈解離、腹部大動脈瘤、大動脈解離、および妊娠。

【0245】

図15は、血圧を監視するための、改良された聴診器デバイスの使用状態を示す。聴診器デバイスは、本明細書に記載される任意の聴診器デバイスとすることができる。

特に、聴診器デバイスは、第1の超音波トランスデューサ、光源、および光検出器を備えることができる。聴診器デバイスは、任意に、第2の超音波トランスデューサを備えることができる。第1の超音波トランスデューサは、Txモードで動作することができる。第2の超音波トランスデューサは、受信モードで動作することができる。聴診器デバイスは、被験体の皮膚（被験体の腕の皮膚など）の上に配置することができる。大量の血液が被験体の皮膚の下を動脈を流るので、聴診器デバイスは、第1の超音波トランスデューサから超音波信号を送信し、光源から光信号を送信することができる。超音波信号または光信号は、ポーラスから散乱され、分散され、または反射されてもよい。散乱され、分散されまたは反射された超音波信号または光信号は、第2の超音波トランスデューサまたは光検出器によってそれぞれ検出され得る。散乱され、分散され、または反射された超音波信号の強度は、送信された超音波信号または送信された光信号の強度とそれぞれ比較

10

20

30

40

50

され得る。これらの測定は、超音波撮像信号および光信号によってそれぞれ測定された血液ボーラスの速度をもたらし得る。超音波撮像信号によって測定される血液ボーラスの速度は、光信号によって測定される血液ボーラスの速度によって正規化されてもよく、またはその逆であってもよい。図16に関して本明細書に記載されるように、これらの値を合成および相関して、被験体の心拍数、血圧、または呼吸などの、被験体の1つ以上の生理学的現象を決定することができる。

【0246】

図16は、血液ボーラスの超音波および光学測定に関連する生理学的パラメータを決定するための、マルチ入力マルチ出力(MIMO)相関を示す。MIMO相関は、本明細書に記載される機械学習または統計モデルなど、本明細書に記載されるモデリング技術のいずれかを利用することができる。MIMO相関は、超音波撮像信号と光信号との間に、固有の相関を生成することができる。固有の相関は、本明細書に記載されるいずれの生理学的情報の抽出を可能にすることができる。MIMO相関は、さもなければ雑音によって難読化され得る信号の抽出を可能にすることができる。

10

【0247】

本明細書に記載されるデバイスおよび方法は、本明細書に記載される医療分野以外の分野での用途に利用することができる。例えば、このデバイスおよび方法は、車両のエンジンまたはトランスミッションなどの機械システムの内部状態に関する情報を提供するために使用することができる。聴診器機能は、エンジンまたはトランスミッションの機械的プロセスにおける異常を検出するために使用することができる。超音波機能は、エンジンまたはトランスミッションを画像化して、それらが持続的な内部損傷を有するかどうかを判断するために使用することができる。非聴診の非超音波センサは、エンジンまたはトランスミッションの状態に関する追加情報(その温度など)を提供することができる。

20

【0248】

このデバイスおよび方法は、インフラストラクチャの非破壊試験に使用することもできる。例えば、このデバイスおよび方法は、コンクリートの内部構造(道路または高速道路、架橋、建物、または他の構造物)を検査するために使用して、コンクリート内のコンクリートや金属鉄筋が損傷しているかどうかを判定することができる。このデバイスおよび方法は、パイプラインの内部構造を検査するために使用して、それらが損傷しているかどうかを判定し、人命、財産または環境に対する脅威を表すことができる。

30

【0249】

本明細書に記載されるデバイスおよび方法は、石、レンガ、木材、シートロック、断熱材、プラスチック配管、ポリ塩化ビニル(PVC)配管、ガラス繊維、または塗料などの、他の建築材料の内部構造を検査するために使用することができる。

【0250】

本発明の好適な実施形態を本明細書に示して説明してきたが、そのような実施形態が単なる例示として提供されていることは、当業者には明らかであろう。本発明は、本明細書中に提供される特定の例によって限定されるものではない。本発明を上述の明細書を参照して説明してきたが、本明細書の実施形態の説明および図解は、限定的な意味で解釈されることを意図するものではない。当業者には、本発明の範囲から逸脱することなく、数多くの変形、変更、および置換を行うことが可能であろう。さらに、本発明のすべての態様は、様々な条件および変数に依存する本明細書に記載される特定の描写、構成または相対的な非率に限定されないことを理解されたい。本明細書に記載される実施形態に対する様々な代替物が、本発明の実施において最小され得ることを理解されたい。したがって、本発明は、そのような代替、修正、変形または均等物も網羅することが意図される。以下の特許請求の範囲が本発明の範囲を定義し、これらの特許請求の範囲内の方法および構造、ならびにそれらの均等物が本発明によってカバーされることが意図される。

40

【0251】

[本発明の他の態様]

態様1：聴診器デバイスであって：

50

対象からの聴診オーディオ信号を受信するための機械的ダイヤフラムを備える、聴診器ヘッドと；

第1の送信超音波撮像信号を第1の周波数で対象に送信し、第1の受信超音波撮像信号を第1の周波数で対象から受信する、第1の超音波トランスデューサと；

第2の送信超音波撮像信号を第1の周波数とは異なる第2の周波数で対象に送信し、第2の受信超音波撮像信号を第2の周波数で対象から受信する、第2の超音波トランスデューサと；を備え、

第1および第2の超音波トランスデューサは、互いに同時に送信および受信する、聴診器デバイス。

【0252】

態様2：第1の送信超音波撮像信号の周波数は、100kHz、200kHz、300kHz、400kHz、500kHz、650kHz、700kHz、800kHz、850kHz、900kHz、1MHz、2MHz、3MHz、5.5MHz、6MHz、8MHz、および11MHzからなる群から選択され；かつ第2の送信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にある、態様1に記載の聴診器デバイス。

【0253】

態様3：第1の受信超音波撮像信号の周波数は、100kHz、200kHz、300kHz、400kHz、500kHz、650kHz、700kHz、800kHz、850kHz、900kHz、1MHz、2MHz、3MHz、5.5MHz、6MHz、8MHz、および11MHzからなる群から選択され；かつ第2の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にある、態様1または2に記載の聴診器デバイス。

【0254】

態様4：第1の送信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にあり、第2の送信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にありかつ第1の送信超音波撮像信号の周波数とは異なる、態様1～3のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0255】

態様5：第1の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にあり、第2の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にありかつ第1の受信超音波撮像信号の周波数とは異なる、態様1～4のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0256】

態様6：第1の受信超音波撮像信号は、第2の受信超音波撮像信号によって正規化される、態様1～5のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0257】

態様7：第1の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にあり、第2の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にありかつ第1の受信超音波撮像信号の周波数とは異なる、態様1～6のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0258】

態様8：第1の超音波トランスデューサは、ジルコン酸チタン酸鉛（PZT）素子、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）素子、電圧マイクロマシン超音波トランスデューサ（PMUT）素子、および容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ（CMUT）素子からなる群から選択された素子を含み；第2の超音波トランスデューサは、PZT素子、PVDF素子、PMUT素子、およびCMUT素子からなる群から選択された素子を含む、態様1～7のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0259】

態様9：第1の超音波トランスデューサは、少なくとも1つの他の超音波撮像センサの

10

20

30

40

50

帯域幅と部分的に重複する帯域幅を有する、態様 1 ～ 8 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0260】

態様 10：聴診器ヘッド、第 1 の超音波トランスデューサ、および第 2 の超音波トランスデューサの 1 つ以上に連結されたハウジングをさらに備える、態様 1 ～ 9 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0261】

態様 11：聴診器ヘッド、第 1 の超音波トランスデューサ、および第 2 の超音波トランスデューサの 1 つ以上は、ハウジングに取り外し可能に連結されている、態様 1 ～ 10 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

10

【0262】

態様 12：聴診器ヘッド、第 1 の超音波トランスデューサ、および第 2 の超音波トランスデューサの 1 つ以上は、ハウジングに物理的に連結されている、態様 1 ～ 11 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0263】

態様 13：聴診器ヘッド、第 1 の超音波トランスデューサ、および第 2 の超音波トランスデューサの 1 つ以上は、ハウジングに機能的に接続されている、態様 1 ～ 12 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0264】

態様 14：非聴診の非超音波信号を検出するための、非聴診の非超音波センサをさらに備える、態様 1 ～ 13 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

20

【0265】

態様 15：非聴診の非超音波センサは、非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、および電気化学センサからなる群から選択される、態様 14 に記載の聴診器デバイス。

【0266】

態様 16：非聴診の非超音波センサは、体温、呼吸数、呼吸の質、呼吸の病理、血圧レベル、血糖濃度レベル、血中ガス濃度レベル、および血中酸素飽和度（ spO_2 ）レベルからなる群に由来する信号を検出するように構成されている、態様 14 または 15 に記載の聴診器デバイス。

30

【0267】

態様 17：聴診器ヘッドは、第 1 および第 2 の超音波トランスデューサに機能的に接続されている、態様 1 ～ 16 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0268】

態様 18：バッテリーをさらに備える、態様 1 ～ 17 のいずれか一項に記載の聴診器デバイス。

【0269】

態様 19：電力を受け取るための電源コネクタをさらに備える、態様 1 ～ 18 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0270】

態様 20：電力を受け取るための誘導電力コイルをさらに備える、態様 1 ～ 19 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

40

【0271】

態様 21：データを送信および受信するための誘導電力コイルをさらに備える、態様 1 ～ 20 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0272】

態様 22：デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、または非聴診の非超音波モードの 1 つ以上で動作させるための制御部をさらに備える、態様 1 ～ 21 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0273】

50

態様 23：制御部がユーザインタフェースを備える、態様 22 に記載の聴診器デバイス。

【0274】

態様 24：ユーザインタフェースは、聴診信号記、超音波信号、または非聴診の非超音波信号に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成されている、態様 1～23 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0275】

態様 25：ユーザインタフェースがタッチスクリーンデバイスを含む、様 24 に記載の聴診器デバイス。

【0276】

態様 26：無線ネットワークモダリティをさらに備える、態様 1～25 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0277】

態様 27：無線ネットワークモダリティは、聴診オーディオ信号、受信超音波信号または非聴診の非超音波信号を周辺デバイスに通信するように構成されている、態様 26 に記載の聴診器デバイス。

【0278】

態様 28：マイクロフォンおよびスピーカをさらに備える、態様 1～27 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0279】

態様 29：マイクロフォンおよびスピーカは、聴診器デバイスのオペレータと聴診器デバイスとの間の通信を可能にする、態様 28 に記載の聴診器デバイス。

【0280】

態様 30：聴診器デバイスであって：

対象からの聴診オーディオ信号を受信するための機械的ダイヤフラムを備える、聴診器ヘッドと；

送信超音波撮像信号を対象に送信し、受信超音波撮像信号を該対象から受信する、超音波トランスデューサと；

該対象からの非聴診の非超音波信号を検出する、非聴診の非超音波センサと、を備える、聴診器デバイス。

【0281】

態様 31：聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサに連結されたハウジングをさらに備える、態様 30 に記載の聴診器デバイス。

【0282】

態様 32：聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサの 1 つ以上は、ハウジングに取り外し可能に連結されている、態様 30 または 31 に記載の聴診器デバイス。

【0283】

態様 33：聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサの 1 つ以上は、ハウジングに物理的に連結されている、態様 30～32 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0284】

態様 34：聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサの 1 つ以上は、ハウジングに機能的に接続されている、態様 30～33 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0285】

態様 35：対象から受信される受信超音波撮像信号は、送信超音波撮像信号の錯乱信号である、態様 30～34 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0286】

態様 36：非聴診の非超音波センサは、非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学セ

10

20

30

40

50

ンサ、電気センサ、化学センサ、および電気化学センサからなる群から選択される、態様 30～35 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0287】

態様 37：非聴診の非超音波センサは、体温、呼吸数、呼吸量、呼吸の質、呼吸の病理、血圧レベル、血糖濃度、血中ガス濃度レベル、および血中酸素飽和度（ spO_2 ）レベルの 1 つ以上に対応する信号を検出するように構成されている、態様 30～36 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0288】

態様 38：超音波トランスデューサは、聴診器ヘッドに取り付けられている、態様 30～37 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

10

【0289】

態様 39：充電式または非充電式のバッテリーをさらに備える、態様 30～38 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0290】

態様 40：電力を受け取るための電源コネクタをさらに備える、態様 30～39 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0291】

態様 41：電力を受け取るための誘導電力コイルをさらに備える、態様 30～40 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0292】

20

態様 42：データを送信および受信するための誘導電力コイルをさらに備える、態様 30～41 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0293】

態様 43：デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、非聴診の非超音波モードの 1 つ以上で動作させるための制御部をさらに備える、態様 30～42 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0294】

態様 44：制御部がユーザインタフェースを備える、態様 43 に記載の聴診器デバイス。

【0295】

30

態様 45：ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、または非聴診の非超音波信号に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成されている、態様 44 に記載の聴診器デバイス。

【0296】

態様 46：ユーザインタフェースがディスプレイを備える、態様 44 または 45 に記載の聴診器デバイス。

【0297】

態様 47：ディスプレイは、撮像されるサンプルの 2 次元表現を表示する、態様 46 に記載の聴診器デバイス。

【0298】

40

態様 48：ユーザインタフェースがタッチスクリーンデバイスを含む、態様 44～47 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0299】

態様 49：無線ネットワークモダリティをさらに備える、態様 30～48 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0300】

態様 50：無線ネットワークモダリティは、聴診オーディオ信号、受信超音波信号、または非聴診の非超音波信号を周辺デバイスに通信するように構成されている、態様 49 に記載の聴診器デバイス。

【0301】

50

態様 5 1 : マイクロフォンおよびスピーカをさらに備える、態様 3 0 ~ 5 0 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0302】

態様 5 2 : マイクロフォンおよびスピーカは、改良された聴診器デバイスのオペレータと該改良された聴診器デバイスとの間の通信を可能にする、態様 5 1 に記載の改良された聴診器デバイス。

【0303】

態様 5 3 : 聴診器デバイスであって：

対象からの聴診オーディオ信号を受信するための機械的ダイヤフラムを備える、聴診器ヘッドと；

送信超音波撮像信号を対象に送信し、受信超音波撮像信号を該対象から受信する、超音波トランスデューサと；

聴診オーディオ信号と受信超音波撮像信号とを相関させる、モデルと、を備える、聴診器デバイス。

【0304】

態様 5 4 : 聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサに連結されたハウジングをさらに備える、態様 5 3 に記載の聴診器デバイス。

【0305】

態様 5 5 : 聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサの一方または両方が、ハウジングに取り外し可能に連結されている、態様 5 3 または 5 4 に記載の聴診器デバイス。

【0306】

態様 5 6 : 聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサの一方または両方が、ハウジングに物理的に連結されている、態様 5 3 ~ 5 5 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0307】

態様 5 7 : 聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサの一方または両方が、ハウジングに機能的に接続されている、態様 5 3 ~ 5 6 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0308】

態様 5 8 : 非聴診の非超音波信号を検出するための非聴診の非超音波センサをさらに備える、態様 5 3 ~ 5 7 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0309】

態様 5 9 : 非聴診の非超音波センサは、非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、化学センサおよび電気化学センサからなる群から選択される、態様 5 8 に記載の聴診器デバイス。

【0310】

態様 6 0 : 非聴診の非超音波センサは：体温、呼吸数、血圧レベル、および血中酸素飽和度 (spO_2) レベルの 1 つ以上に対応する信号を検出するように構成されている、態様 5 8 または 5 9 に記載の聴診器デバイス。

【0311】

態様 6 1 : モデルは、(a) 聴診オーディオ信号、(b) 超音波撮像信号、および (c) 非超音波信号からなる群から選択された第 1 の信号を、(x) 聴診オーディオ信号、(y) 超音波撮像信号、および (z) 非超音波信号からなる群から選択された第 2 の信号と相関させ、これによって抽出された特徴パラメータを生成する、態様 5 3 ~ 6 0 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0312】

態様 6 2 : モデルは：

第 1 の信号を第 1 の重み関数でたたみ込んで第 1 の重み信号を生成すること；

第 2 の信号を第 2 の重み関数でたたみ込んで第 2 の重み信号を生成すること；および

第 1 および第 2 の重み信号上で自動相関または相互相関を実行して、抽出された特徴パラメータを生成すること；

によって第 1 および第 2 の信号を相関させる、態様 5 3 ~ 6 1 のいずれか 1 つに記載の聴

10

20

30

40

50

診器デバイス。

【0313】

態様63：モデルは：

第1および第2の信号を(i)フーリエ変換、(ii)Z変換、(iii)ウェーブレット変換、(iv)余弦級数、(v)正弦級数、または(vi)テイラー級数の1つ以上でそれぞれ変換して、第1および第2の変換信号をそれぞれ生成すること；および

第1および第2の変換信号を相互相関または自動相関させて特徴パラメータを生成すること；

によって第1および第2の信号を相関させる、態様53～62のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

10

【0314】

態様64：モデルは、

第1および第2の信号を符号化すること；および

機械学習技術を使用して第1および第2の信号を一組の特徴にマッピングすること；

によって第1および第2の信号を相関させる、態様53～63のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0315】

態様65：機械学習技術は、ディープボロネットワーク、ニューラルネットワーク、およびスパース辞書からなる群から選択される、態様64に記載の聴診器デバイス。

【0316】

態様66：超音波トランスデューサが聴診器ヘッドに取り付けられている、態様53～65のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

20

【0317】

態様67：充電式または非充電式のバッテリーをさらに備える、態様53～66のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0318】

態様68：電力を受け取るための電源コネクタをさらに備える、態様53～67のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0319】

態様69：電力を受け取るための誘導電力コイルをさらに備える、態様53～68のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

30

【0320】

態様70：データを送信および受信するための誘導電力コイルをさらに備える、態様53～69のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0321】

態様71：デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、または非聴診の非超音波モードの1つ以上で動作させるための制御部をさらに備える、態様53～70のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0322】

態様72：制御部がユーザインタフェースを備える、態様71に記載の聴診器デバイス。

40

【0323】

態様73：ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、または非聴診の非超音波信号の1つ以上に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成されている、態様72に記載の聴診器デバイス。

【0324】

態様74：ユーザインタフェースがタッチスクリーンデバイスを備える、態様72または73に記載の聴診器デバイス。

【0325】

態様75：無線ネットワークモダリティをさらに備える、態様53～74のいずれか1

50

つに記載の聴診器デバイス。

【0326】

態様76：無線ネットワークモダリティは、聴診オーディオ信号、受信超音波信号、または非聴診の非超音波信号の1つ以上を周辺デバイスに通信するように構成されている、態様75に記載の聴診器デバイス。

【0327】

態様77：マイクロフォンおよびスピーカをさらに備える、態様53～76のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0328】

態様78：マイクロフォンおよびスピーカは、改良された聴診器デバイスのオペレータと、該改良された聴診器デバイスとの間の通信を可能にする、態様77に記載の聴診器デバイス。

10

【0329】

態様79：聴診器デバイスであって：

対象からの聴診オーディオ信号を受信するための機械的ダイヤフラムを備える、聴診器ヘッドと；

送信超音波撮像信号を対象に送信し、受信超音波撮像信号を該対象から受信する、超音波トランスデューサと；

オーディオ信号を対象に送信する、オーディオトランスデューサと；

送信超音波撮像信号をオーディオ信号と干渉させて超音波撮像信号を対象に誘導する、干渉回路と、を備える、聴診器。

20

【0330】

態様80：聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の1つ以上に連結されたハウジングをさらに備える、態様79に記載の聴診器デバイス。

【0331】

態様81：聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の1つ以上は、ハウジングに取り外し可能に連結されている、79または80に記載の聴診器デバイス。

【0332】

態様82：聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の1つ以上が、ハウジングに物理的に連結されている、態様79～81のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

30

【0333】

態様83：聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の1つ以上は、ハウジングに機能的に接続されている、態様79～82のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0334】

態様84：干渉回路は、オーディオ信号に対する対象応答のモデルに基づいて、送信超音波撮像信号をオーディオ信号と干渉させる、態様79～83のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

40

【0335】

態様85：モデルは、超音波撮像信号をオーディオ信号と相関させ、抽出された特徴パラメータを生成する、態様79～84のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0336】

態様86：モデルは：

超音波撮像信号を第1の重み関数でたたみ込んで重みつき超音波撮像信号を生成すること；

オーディオ信号を第2の重み関数でたたみ込んで重みつきオーディオ信号を生成すること；および

50

重みつき超音波撮像信号および重みつきオーディオ信号上で自動相関または相互相関を実行して、特徴パラメータを生成すること；

によって超音波撮像信号とオーディオ信号とを相関させる、態様 79～85 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0337】

態様 87：モデルは、

超音波撮像信号およびオーディオ信号を、(i) フーリエ変換、(ii) Z 変換、(iii) ウェーブレット変換、(iv) 余弦級数、(v) 正弦級数、または (vi) テイラー級数の 1 つ以上でそれぞれ変換して、変換超音波撮像信号および変換オーディオ信号をそれぞれ生成すること；および

変換超音波撮像信号と変換オーディオ信号とを相互相関または自動相関させて特徴パラメータを生成すること；

によって超音波撮像信号とオーディオ信号とを相関させる、態様 79～86 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0338】

態様 88：モデルは、

超音波撮像信号およびオーディオ信号を符号化すること；および

機械学習技術を使用して超音波撮像信号およびオーディオ信号を一組の特徴にマッピングすること；

によって、超音波撮像信号およびオーディオ信号を相関させる、態様 79～87 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0339】

態様 89：機械学習技術は、ディープボロネットワーク、ニューラルネットワーク、およびスパース辞書からなる群から選択される、態様 88 に記載の聴診器デバイス。

【0340】

態様 90：非聴診の非超音波信号を検出するための非聴診の非超音波センサをさらに備える、態様 79～89 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0341】

態様 91：非聴診の非超音波センサは：非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、化学センサ、電気化学センサからなる群から選択される、態様 90 に記載の聴診器デバイス。

【0342】

態様 92：非聴診の非超音波センサは、体温、呼吸数、呼吸の質、呼吸の病理、血圧レベル、血糖濃度レベル、血中ガス濃度レベル、および血中酸素飽和度 (SpO_2) レベルからなる群に対応する信号を検出するように構成されている、態様 90 または 91 に記載の聴診器デバイス。

【0343】

態様 93：超音波トランスデューサは、聴診器ヘッドに対して、取り外し可能または取り外し不可能に取り付けられている、態様 79～92 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0344】

態様 94：超音波トランスデューサは、音響整合層に取り付けられている、態様 79～93 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0345】

態様 95：超音波トランスデューサは、聴診器ヘッドに対して、取り外し可能または取り外し不可能に取り付けられている、態様 79～94 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

【0346】

態様 96：充電式または非充電式のバッテリーをさらに備える、態様 79～95 のいずれか 1 つに記載の聴診器デバイス。

10

20

30

40

50

【0347】

態様97：電力を受け取るための電源コネクタをさらに備える、態様79～96のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0348】

態様98：電力を受け取るための誘導電力コイルをさらに備える、態様79～97のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0349】

態様99：データを送信および受信するための誘導電力コイルをさらに備える、態様79～98のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0350】

態様100：デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、および非聴診の非超音波モードの1つ以上で動作させるための制御部をさらに備える、態様79～99のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0351】

態様101：制御部がユーザインタフェースを備える、態様100に記載の聴診器デバイス。

【0352】

態様102：ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、および非聴診の非超音波信号の1つ以上に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成されている、態様101に記載の聴診器デバイス。

【0353】

態様103：ユーザインタフェースがタッチスクリーンデバイスを含む、態様101または102に記載の聴診器デバイス。

【0354】

態様104：無線ネットワークモダリティをさらに備える、態様79～104のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0355】

態様105：無線ネットワークモダリティは、聴診オーディオ信号、受信超音波信号、および非聴診の非超音波信号を周辺デバイスに通信するように構成されている、態様104に記載の聴診器デバイス。

【0356】

態様106：マイクロフォンおよびスピーカをさらに備える、態様79～105のいずれか1つに記載の聴診器デバイス。

【0357】

態様107：マイクロフォンおよびスピーカは、聴診器デバイスのオペレータと聴診器デバイスとの間の通信を可能にする、態様106に記載の聴診器デバイス。

【0358】

態様108：聴診オーディオ信号を対象から受信するステップと；

第1の送信超音波撮像信号を第1の周波数で対象に送信し、第1の受信超音波撮像信号を第1の周波数で対象から受信するステップと；

第2の送信超音波撮像信号を第1の周波数とは異なる第2の周波数で対象に送信し、第2の受信超音波撮像信号を第2の周波数で対象から受信するステップと；を含む方法であって、

第1および第2の超音波トランスデューサは、互いに同時に送信および受信する、方法。

【0359】

態様109：聴診オーディオ信号は、機械的ダイヤフラムを備える聴診器ヘッドによって受信され、第1の超音波撮像信号は、第1の超音波トランスデューサによって送信および受信され、第2の超音波撮像信号は、第2の超音波トランスデューサによって送信および受信される、態様108に記載の方法。

10

20

30

40

50

【0360】

態様110：第1の送信超音波撮像信号の周波数は、100kHz、200kHz、300kHz、400kHz、500kHz、650kHz、700kHz、800kHz、850kHz、900kHz、1MHz、2MHz、3MHz、5.5MHz、6MHz、8MHz、および11MHzからなる群から選択され：かつ第2の送信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にある、態様108または態様109に記載の方法。

【0361】

態様111：第1の受信超音波撮像信号の周波数は、100kHz、200kHz、300kHz、400kHz、500kHz、650kHz、700kHz、800kHz、850kHz、900kHz、1MHz、2MHz、3MHz、5.5MHz、6MHz、8MHz、および11MHzからなる群から選択され；かつ第2の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にある、態様108～110のいずれか1つに記載の方法。

10

【0362】

態様112：第1の送信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にあり、第2の送信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にありかつ第1の送信超音波撮像信号の周波数とは異なる、態様108～111のいずれか1つに記載の方法。

【0363】

態様113：第1の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にあり、第2の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にありかつ第1の受信超音波撮像信号の周波数とは異なる、態様108～112のいずれか1つに記載の方法。

20

【0364】

態様114：第1の受信超音波撮像信号は、第2の受信超音波撮像信号によって正規化される、態様108～113のいずれか1つに記載の方法。

【0365】

態様115：第1の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にあり、第2の受信超音波撮像信号の周波数は、0.5MHz～30MHzの周波数範囲内にありかつ第1の受信超音波撮像信号の周波数とは異なる、態様108～114のいずれか1つに記載の方法。

30

【0366】

態様116：第1の超音波トランスデューサは、ジルコン酸チタン酸鉛（PZT）素子、ポリフッ化ビニリデン（PVDF）素子、電圧マイクロマシン超音波トランスデューサ（PMUT）素子、および容量性マイクロマシン超音波トランスデューサ（CMUT）素子からなる群から選択された素子を含み；第2の超音波トランスデューサは、PZT素子、PVDF素子、PMUT素子、およびCMUT素子からなる群から選択された素子を含む、態様109～115のいずれか1つに記載の方法。

【0367】

態様117：第1の超音波トランスデューサは、少なくとも1つの他の超音波撮像センサの帯域幅と部分的に重複する帯域幅を有する、態様109～116のいずれか1つに記載の方法。

40

【0368】

態様118：聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上にハウジングを連結させるステップをさらに含む、態様109～117のいずれか1つに記載の方法。

【0369】

態様119：聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上は、ハウジングに取り外し可能に連結されている、態様118に

50

記載の方法。

【0370】

態様120：聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上は、ハウジングに物理的に連結されている、態様118または119に記載の方法。

【0371】

態様121：聴診器ヘッド、第1の超音波トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサの1つ以上は、ハウジングに機能的に接続されている、態様118～120のいずれか1つに記載の方法。

【0372】

態様122：非聴診の非超音波信号を検出するステップをさらに含む、態様108～121のいずれか1つに記載の方法。

【0373】

態様123：非聴診の非超音波信号は、非聴診の非超音波センサによって検出される、態様122に記載の方法。

【0374】

態様124：非聴診の非超音波センサは、非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、および電気化学センサからなる群から選択される、態様123に記載の方法。

【0375】

態様125：非聴診の非超音波センサは、体温、呼吸数、呼吸の質、呼吸の病理、血圧レベル、血糖濃度レベル、血中ガス濃度レベル、および血中酸素飽和度（ spO_2 ）レベルからなる群に由来する信号を検出するように構成されている、態様123または124に記載の方法。

【0376】

態様126：聴診器ヘッドは、第1および第2の超音波トランスデューサに機能的に接続されている、態様109～125のいずれか1つに記載の方法。

【0377】

態様127：聴診器ヘッド、第1の超音波撮像トランスデューサ、および第2の超音波撮像トランスデューサに電力を供給するステップをさらに含む、態様108～126のいずれか1つに記載の方法。

【0378】

態様128：電力は、バッテリーによって供給される、態様127に記載の方法。

【0379】

態様129：電力は、電力を受け取るための電源コネクタによって供給される、態様127または128に記載の方法。

【0380】

態様130：電力は、電力を受け取るための誘導電力コイルによって供給される、態様127～129のいずれか1つに記載の方法。

【0381】

態様131：データを送信および受信するステップをさらに含む、態様108～130のいずれか1つに記載の方法。

【0382】

態様132：データを送信および受信するステップは、データを送信および受信するための誘導電力コイルによって実行される、態様131に記載の方法。

【0383】

態様133：デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、または非聴診の非超音波モードの1つ以上で動作させるステップをさらに含む、態様108～132のいずれか1つに記載の方法。

【0384】

10

20

30

40

50

態様 1 3 4 : デバイスの動作が制御部によって実行される、態様 1 3 3 に記載の方法。

【0 3 8 5】

態様 1 3 5 : 制御部がユーザインタフェースを含む、態様 1 3 4 に記載の方法。

【0 3 8 6】

態様 1 3 6 : ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、または非聴診の非超音波信号に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成されている、態様 1 3 5 に記載の方法。

【0 3 8 7】

態様 1 3 7 : ユーザインタフェースがタッチスクリーンデバイスを含む、態様 1 3 5 または 1 3 6 に記載の方法。

【0 3 8 8】

態様 1 3 8 : 聴診オーディオ信号、受信超音波信号、または非聴診の非超音波信号を周辺デバイスに通信するステップをさらに含む、態様 1 0 8 ~ 1 3 7 にいずれか 1 つに記載の方法。

【0 3 8 9】

態様 1 3 9 : 通信が無線ネットワークモダリティによるものである、態様 1 3 8 に記載の方法。

【0 3 9 0】

態様 1 4 0 : 聴診器デバイスのオペレータと聴診器デバイスとの間の通信を可能にするステップをさらに含む、態様 1 0 8 ~ 1 3 9 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0 3 9 1】

態様 1 4 1 : 通信がマイクロフォンおよびスピーカによって可能になる、態様 1 4 0 に記載の方法。

【0 3 9 2】

態様 1 4 2 : 聴診オーディオ信号を対象から受信するステップと ;

送信超音波撮像信号を対象に送信し、受信超音波撮像信号を対象から受信するステップと ;

非聴診の非超音波信号を対象から検出するステップと、を含む、方法。

【0 3 9 3】

態様 1 4 3 : 聴診オーディオ信号は、機械的ダイヤフラムを備える聴診器ヘッドによって受信され、超音波撮像信号は、超音波トランスデューサによって送信および受信され、かつ非聴診の非超音波信号は、非聴診の非超音波センサによって検出される、態様 1 4 2 に記載の方法。

【0 3 9 4】

態様 1 4 4 : 聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサをハウジングに連結するステップをさらに含む態様 1 4 3 に記載の方法。

【0 3 9 5】

態様 1 4 5 : 聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサの 1 つ以上は、ハウジングに取り外し可能に連結されている、態様 1 4 3 または 1 4 4 に記載の方法。

【0 3 9 6】

態様 1 4 6 : 聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサの 1 つ以上は、ハウジングに物理的に連結されている、態様 1 4 3 ~ 1 4 5 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0 3 9 7】

態様 1 4 7 : 聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、および非聴診の非超音波センサの 1 つ以上は、ハウジングに機能的に接続されている、態様 1 4 4 ~ 1 4 6 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0 3 9 8】

態様 1 4 8 : 対象から受信される受信超音波撮像信号は、送信超音波撮像信号の錯乱信

10

20

30

40

50

号である、態様 1 4 2 ~ 1 4 7 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0 3 9 9】

態様 1 4 9 : 非聴診の非超音波センサは、非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、化学センサ、および電気化学センサからなる群から選択される、態様 1 4 3 ~ 1 4 8 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0 4 0 0】

態様 1 5 0 : 非聴診の非超音波センサは、体温、呼吸数、呼吸量、呼吸の質、呼吸の病理、血圧レベル、血糖濃度、血中ガス濃度レベル、および血中酸素飽和度 (s p O₂) レベルの 1 つ以上に対応する信号を検出するように構成されている、態様 1 4 3 ~ 1 4 9 のいずれか 1 つに記載の方法。

10

【0 4 0 1】

態様 1 5 1 : 超音波トランスデューサが聴診器ヘッドに取り付けられている、態様 1 4 3 ~ 1 5 0 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0 4 0 2】

態様 1 5 2 : 聴診器ヘッド、第 1 の超音波撮像トランスデューサ、および第 2 の超音波撮像トランスデューサに電力を供給するステップをさらに含む、態様 1 4 2 ~ 1 5 1 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0 4 0 3】

態様 1 5 3 : 電力は、バッテリーによって供給される、態様 1 5 2 に記載の方法。

【0 4 0 4】

態様 1 5 4 : 電力は、電力を受け取るための電源コネクタによって供給される、態様 1 5 2 または 1 5 3 に記載の方法。

20

【0 4 0 5】

態様 1 5 5 : 電力は、電力を受け取るための誘導電力コイルによって供給される、態様 1 5 2 ~ 1 5 4 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0 4 0 6】

態様 1 5 6 : データを送信および受信するステップをさらに含む、態様 1 4 2 ~ 1 5 5 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0 4 0 7】

態様 1 5 7 : データを送信および受信するステップは、データを送信および受信するための湯堂電力コイルによって実行される、態様 1 5 6 に記載の方法。

30

【0 4 0 8】

態様 1 5 8 : デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、または非聴診の非超音波モードの 1 つ以上で動作させるステップをさらに含む、態様 1 4 2 ~ 1 5 7 のいずれか 1 つに記載の方法。

【0 4 0 9】

態様 1 5 9 : デバイスの動作が制御部によって実行される、態様 1 5 8 に記載の方法。

【0 4 1 0】

態様 1 6 0 : 制御部がユーザインタフェースを含む、態様 1 5 9 に記載の方法。

【0 4 1 1】

態様 1 6 1 : ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、または非聴診の非超音波信号に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成されている、態様 1 6 0 に記載の方法。

40

【0 4 1 2】

態様 1 6 1 : 聴診オーディオ信号を対象から受信するステップと；

送信超音波撮像信号を対象に送信し、受信超音波撮像信号を対象から受信するステップと；

聴診オーディオ信号と受信超音波撮像信号とを相関させるステップと、を含む、方法。

【0 4 1 3】

態様 1 6 2 : 聴診オーディオ信号は、機械的ダイヤフラムを備える聴診器によって受信

50

され、超音波撮像信号は、超音波トランスデューサによって送信および受信され、かつ聴診オーディオ信号および受信超音波撮像信号は、モデルによって相関される、態様161に記載の方法。

【0414】

態様163：聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサにハウジング連結させるステップをさらに含む、態様162に記載の方法。

【0415】

態様164：聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサの一方または両方が、ハウジングに取り外し可能に連結されている、態様163に記載の方法。

【0416】

態様165：聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサの一方または両方が、ハウジングに物理的に連結されている、態様163または164に記載の方法。

【0417】

態様166：聴診器ヘッドおよび超音波トランスデューサの一方または両方が、ハウジングに機能的に接続されている、態様163～165のいずれか1つに記載の方法。

【0418】

態様167：非聴診の非超音波信号を検出するステップをさらに含む、態様161～166のいずれか1つに記載の方法。

【0419】

態様168：非聴診の非超音波信号は、非聴診の非超音波センサによって検出される、態様167に記載の方法。

【0420】

態様169：非聴診の非超音波センサは、非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、化学センサおよび電気化学センサからなる群から選択される、態様168に記載の方法。

【0421】

態様170：非聴診の非超音波センサは：体温、呼吸数、血圧レベル、および血中酸素飽和度（ spO_2 ）レベルの1つ以上に対応する信号を検出するように構成されている、態様168または169に記載の方法。

【0422】

態様171：モデルは、（a）聴診オーディオ信号、（b）超音波撮像信号、および（c）非超音波信号からなる群から選択された第1の信号を、（x）聴診オーディオ信号、（y）超音波撮像信号、および（z）非超音波信号からなる群から選択された第2の信号と相関させ、これによって抽出された特徴パラメータを生成する、態様161～170のいずれか1つに記載の方法。

【0423】

態様172：モデルは：

第1の信号を第1の重み関数でたたみ込んで第1の重み信号を生成するステップ；

第2の信号を第2の重み関数でたたみ込んで第2の重み信号を生成するステップ；および

第1および第2の重み信号上で自動相関または相互相関を実行して、抽出された特徴パラメータを生成するステップ；

によって第1および第2の信号を相関させる、態様161～171のいずれか1つに記載の方法。

【0424】

態様173：モデルは：

第1および第2の信号を（i）フーリエ変換、（ii）Z変換、（iii）ウェーブレット変換、（iv）余弦級数、（v）正弦級数、または（vi）テイラー級数の1つ以上でそれぞれ変換して、第1および第2の変換信号をそれぞれ生成するステップ；および

第1および第2の変換信号を相互相関または自動相関させて特徴パラメータを生成する

10

20

30

40

50

ステップ；

によって第1および第2の信号を相関させる、態様161～172のいずれか1つに記載の方法。

【0425】

態様174：モデルは、

第1および第2の信号を符号化するステップ；および

機械学習技術を使用して第1および第2の信号を一組の特徴にマッピングするステップ；

によって第1および第2の信号を相関させる、態様161～173のいずれか1つに記載の方法。

【0426】

態様175：機械学習技術は、ディープボロネットワーク、ニューラルネットワーク、およびスパーズ辞書からなる群から選択される、態様175に記載の方法。

【0427】

態様176：超音波トランスデューサが聴診器ヘッドに取り付けられている、態様161～175のいずれか1つに記載の方法。

【0428】

態様177：聴診器ヘッド、第1の超音波撮像トランスデューサ、および第2の超音波撮像トランスデューサに電力を供給するステップをさらに含む、態様162～176のいずれか1つに記載の方法。

【0429】

態様178：電力は、バッテリーによって供給される、態様177に記載の方法。

【0430】

態様179：電力は、電力を受け取るための電源コネクタによって供給される、態様177または178に記載の方法。

【0431】

態様180：電力は、電力を受け取るための誘導電力コイルによって供給される、態様177～179のいずれか1つに記載の方法。

【0432】

態様181：データを送信および受信するステップをさらに含む、態様161～180のいずれか1つに記載の方法。

【0433】

態様182：データを送信および受信するステップは、データを送信および受信するための誘導電力コイルによって実行される、態様181に記載の方法。

【0434】

態様183：デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、または非聴診の非超音波モードの1つ以上で動作させるステップをさらに含む、態様161～182のいずれか1つに記載の方法。

【0435】

態様184：デバイスの動作が制御部によって実行される、態様183に記載の方法。

【0436】

態様185；制御部がユーザインタフェースを備える、態様184に記載の方法。

【0437】

態様186：ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、または非聴診の非超音波信号に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成されている、態様185に記載の方法。

【0438】

態様187：ユーザインタフェースがタッチスクリーンデバイスを含む、態様185または186に記載の方法。

【0439】

10

20

30

40

50

態様 188：聴診オーディオ信号、受信超音波信号、または非聴診の非超音波信号を周辺デバイスに通信するステップをさらに含む、態様 161～187のいずれか 1 つに記載の方法。

【0440】

態様 189：通信が無線ネットワークモダリティによるものである、態様 188に記載の方法。

【0441】

態様 190：聴診器デバイスのオペレータと聴診器デバイスとの間の通信を可能にするステップをさらに含む、態様 161～189のいずれか 1 つに記載の方法。

【0442】

態様 191：通信がマイクロフォンおよびスピーカによって可能になる、態様 190に記載の方法。

【0443】

態様 192：聴診オーディオ信号を対象から受信するステップと；

送信超音波撮像信号を対象に送信し、受信超音波撮像信号を対象から受信するステップと；

オーディオ信号を対象に送信するステップと；

送信超音波撮像信号をオーディオ信号と干渉させて超音波撮像信号を対象に誘導するステップと、を含む、方法。

【0444】

態様 193：聴診オーディオ信号は、機械的ダイヤフラムを備える聴診器によって受信され、超音波撮像信号は、超音波トランスデューサによって送信および受信され、オーディオ信号は、オーディオトランスデューサによって送信され、かつ送信超音波撮像信号は、干渉回路によってオーディオ信号と干渉される、態様 192に記載の方法。

【0445】

態様 194：聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の 1 つ以上にハウジングを連結させるステップをさらに含む、態様 193に記載の方法。

【0446】

態様 195：聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の 1 つ以上は、ハウジングに取り外し可能に連結されている、態様 194に記載の方法。

【0447】

態様 196：聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の 1 つ以上は、ハウジングに物理的に連結されている、態様 194～195のいずれか 1 つに記載の方法。

【0448】

態様 197：聴診器ヘッド、超音波トランスデューサ、オーディオトランスデューサ、および干渉回路の 1 つ以上は、ハウジングに機能的に接続されている、態様 194～196のいずれか 1 つに記載の方法。

【0449】

態様 198：干渉回路は、オーディオ信号に対する対象応答のモデルに基づいて、送信超音波撮像信号をオーディオ信号と干渉させる、態様 193～197のいずれか 1 つに記載の方法。

【0450】

態様 199：モデルは、超音波撮像信号をオーディオ信号と相関させ、抽出された特徴パラメータを生成する、態様 192～198のいずれか 1 つに記載の方法。

【0451】

態様 200：モデルは、超音波撮像信号を第 1 の重み関数でたたみ込んで重みつき超音波撮像信号を生成するステップと；

10

20

30

40

50

オーディオ信号を第2の重み関数でたたみ込んで重みつきオーディオ信号を生成するステップと；

重みつき超音波撮像信号および重みつきオーディオ信号上で自動相関または相互相関を実行して、特徴パラメータを生成するステップと；

によって超音波撮像信号とオーディオ信号とを相関させる、態様192～199のいずれか1つに記載の方法。

【0452】

態様201：モデルは、

超音波撮像信号およびオーディオ信号を、(i)フーリエ変換、(ii)Z変換、(iii)ウェーブレット変換、(iv)余弦級数、(v)正弦級数、または(vi)テイラー級数の1つ以上でそれぞれ変換して、変換超音波撮像信号および変換オーディオ信号をそれぞれ生成するステップと；

変換超音波撮像信号と変換オーディオ信号とを相互相関または自動相関させて特徴パラメータを生成するステップと；

によって超音波撮像信号とオーディオ信号とを相関させる、態様192～200のいずれか1つに記載の方法。

【0453】

態様202：モデルは、

超音波撮像信号およびオーディオ信号を符号化するステップと；

機械学習技術を使用して超音波撮像信号およびオーディオ信号を一組の特徴にマッピングするステップと；

によって、超音波撮像信号およびオーディオ信号を相関させる、態様192～201のいずれか1つに記載の方法。

【0454】

態様203：機械学習技術は、ディープボロネットワーク、ニューラルネットワーク、およびスパース辞書からなる群から選択される、態様202に記載の方法。

【0455】

態様204：非聴診の非超音波信号を検出するステップをさらに含む、態様192～203のいずれか1つに記載の方法。

【0456】

態様205：非聴診の非超音波信号は、非聴診の非超音波センサによって検出される、態様204に記載の方法。

【0457】

態様206：非聴診の非超音波センサは：非聴診オーディオセンサ、温度センサ、光学センサ、電気センサ、化学センサ、電気化学センサからなる群から選択される、態様205に記載の方法。

【0458】

態様207：非聴診の非超音波センサは、体温、呼吸数、呼吸の質、呼吸の病理、血圧レベル、血糖濃度レベル、血中ガス濃度レベル、および血中酸素飽和度(spO_2)レベルからなる群に対応する信号を検出するように構成されている、態様205または206に記載の方法。

【0459】

態様208：超音波トランスデューサは、聴診器ヘッドに対して取り外し可能または取り外し不可能に取り付けられている、態様193～207のいずれか1つに記載の方法。

【0460】

態様209：超音波トランスデューサが音響整合層に取り付けられている、態様193～208のいずれか1つに記載の方法。

【0461】

態様210：超音波トランスデューサは、聴診器ヘッドに対して、取り外し可能または取り外し不可能に取り付けられている、態様193～209のいずれか1つに記載の方法

10

20

30

40

50

。

【0462】

態様211：聴診器ヘッド、第1の超音波撮像トランスデューサ、および第2の超音波トランスデューサに電力を供給するステップをさらに含む、態様192～210のいずれか1つに記載の方法。

【0463】

態様212：電力は、バッテリーによって供給される、態様211に記載の方法。

【0464】

態様213：電力は、電力を受け取るための電源コネクタによって供給される、態様211または212に記載の方法。

10

【0465】

態様214：電力は、電力を受け取るための誘導電力コイルによって供給される、態様211～213のいずれか1つに記載の方法。

【0466】

態様215：データを送信および受信するステップをさらに含む、態様291～214のいずれか1つに記載の方法。

【0467】

態様216：データを送信および受信するステップは、データを送信および受信するための誘導電力コイルによって実行される、態様215に記載の方法。

【0468】

態様217：デバイスを、聴診器モード、超音波撮像モード、および非聴診の非超音波モードの1つ以上で動作させるステップをさらに含む、態様192～216のいずれか1つに記載の方法。

20

【0469】

態様218：デバイスの動作が制御部によって実行される、態様217に記載の方法。

【0470】

態様219：制御部がユーザインタフェースを備える、態様218に記載の方法。

【0471】

態様220：ユーザインタフェースは、聴診信号、超音波信号、および非聴診の非超音波信号の1つ以上に基づくフィードバックをユーザに提供するように構成されている、態様219に記載の方法。

30

【0472】

態様221：ユーザインタフェースは、タッチスクリーンデバイスを含む、態様219または220に記載の方法。

【0473】

態様222：聴診オーディオ信号、受信超音波信号、および非聴診の非超音波信号を周辺デバイスに通信するステップをさらに含む、態様192～221のいずれか1つに記載の方法。

【0474】

態様223：通信が無線ネットワークモダリティによるものである、態様222に記載の方法。

40

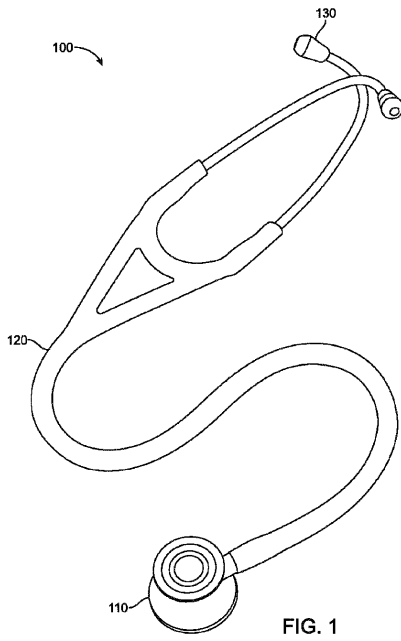
【0475】

態様224：聴診器デバイスのオペレータと聴診器デバイスとの間の通信を可能にするステップをさらに含む、態様192～223のいずれか1つに記載の方法。

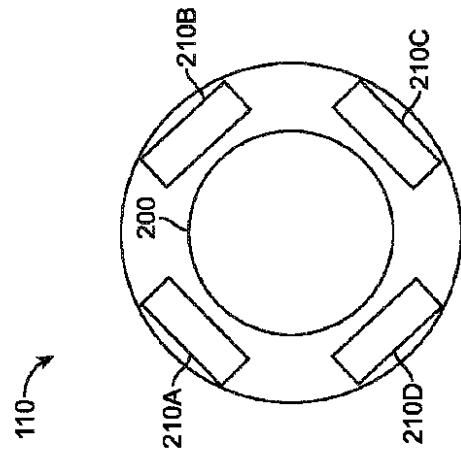
【0476】

態様225：通信は、マイクロフォンおよびスピーカによって能になる、態様224に記載の方法。

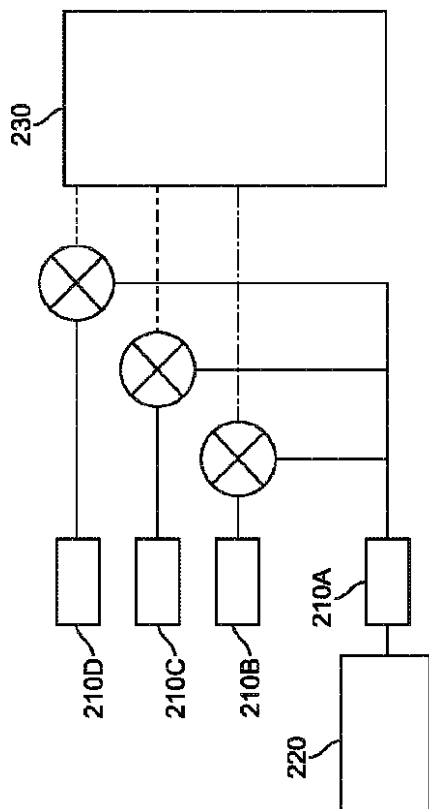
【図 1】



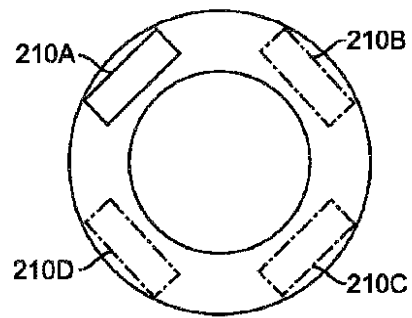
【図 2 A】



【図 2 B】



【図 3 A】



【図 3 B】

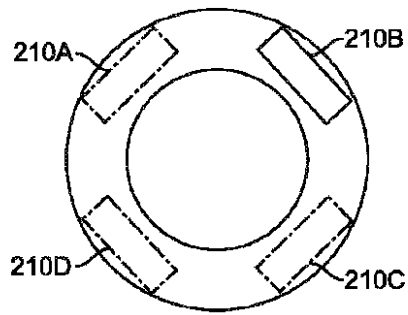


FIG. 3B

【図 3 C】

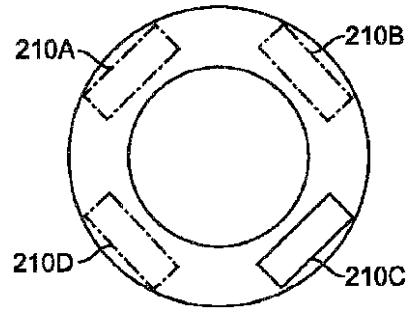


FIG. 3C

【図 3 D】

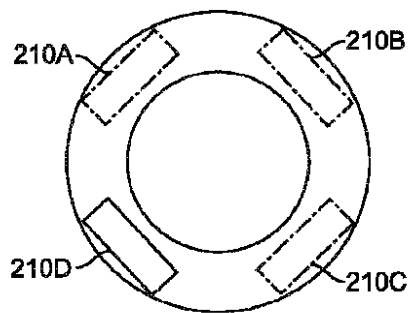
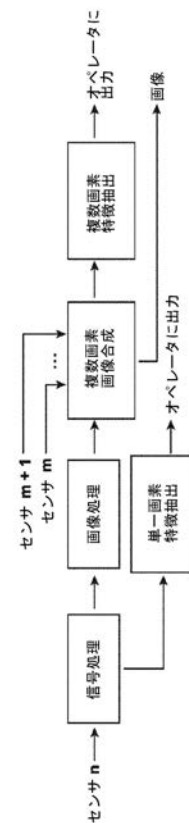


FIG. 3D

【図 4】



【図 5 A】

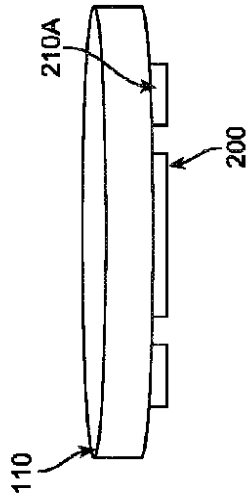


FIG. 5A

【図 5 B】

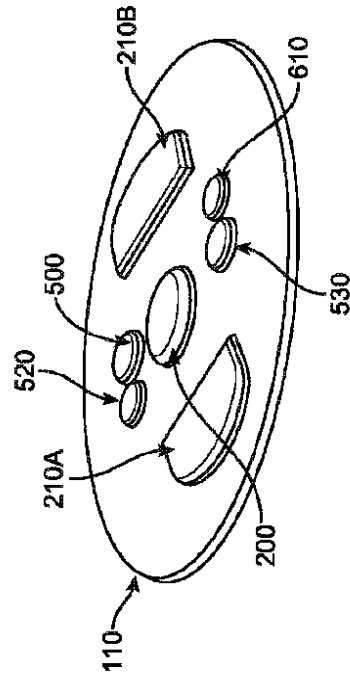


FIG. 5B

【図 6 A】

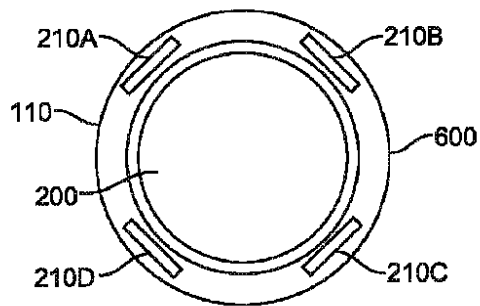


FIG. 6A

【図 6 C】

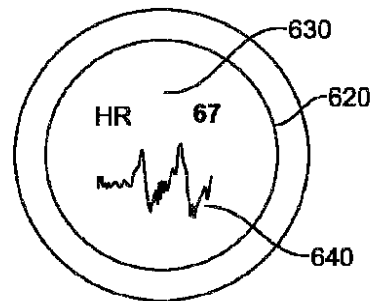


FIG. 6C

【図 6 B】

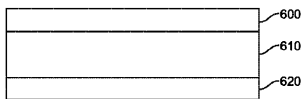
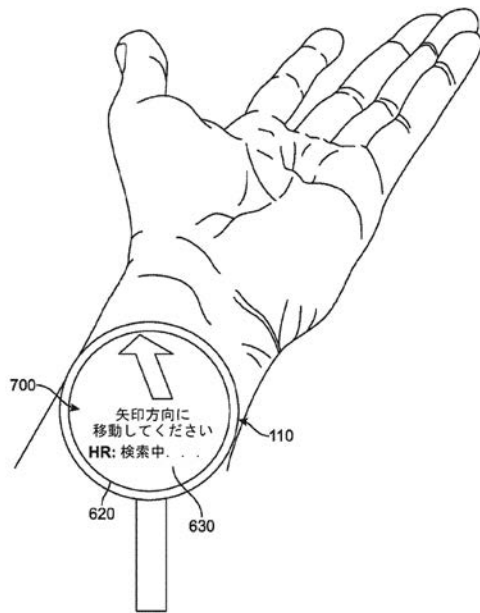
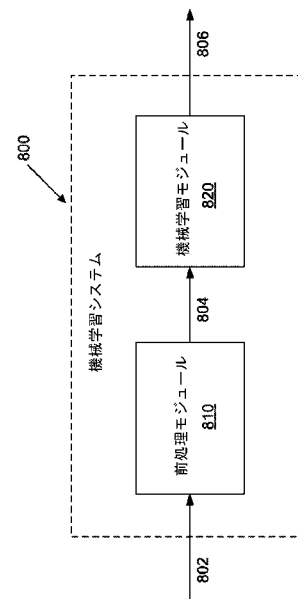


FIG. 6B

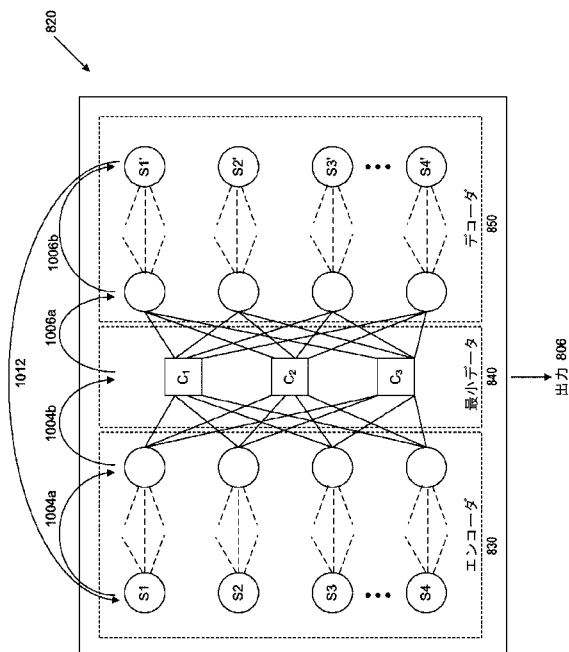
【図 7】



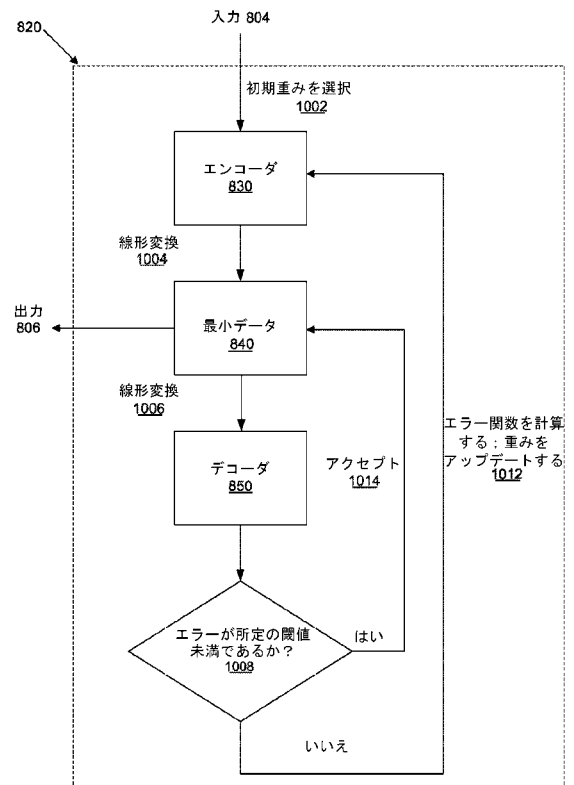
【図 8】



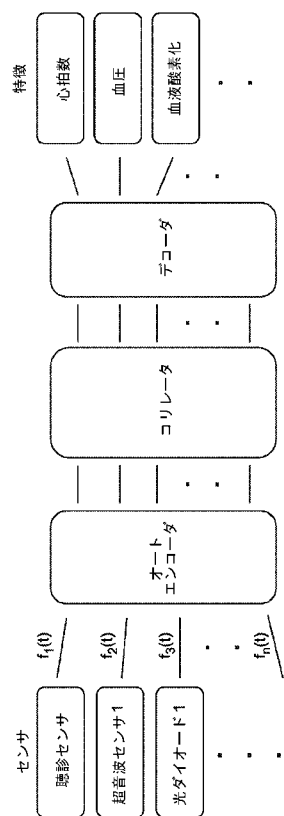
【図 9】



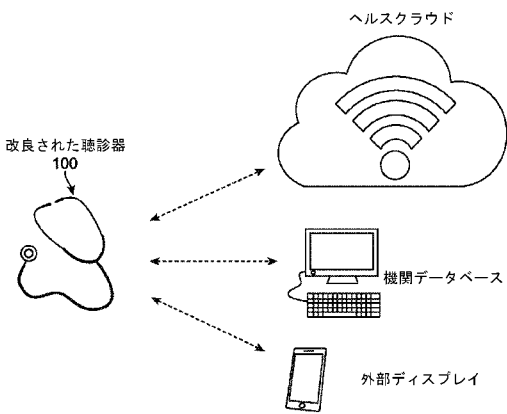
【図 10】



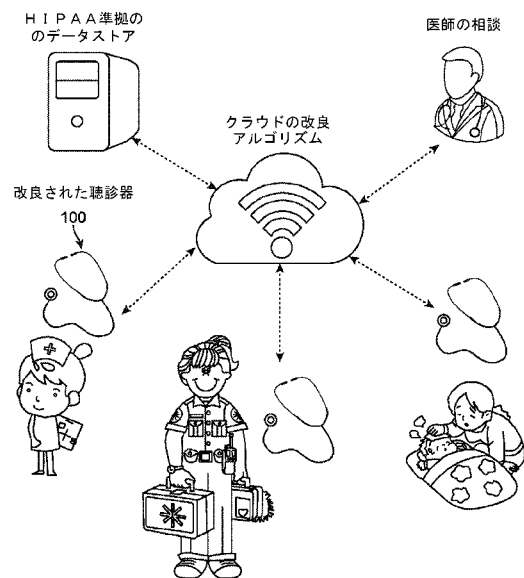
【図 1 1】



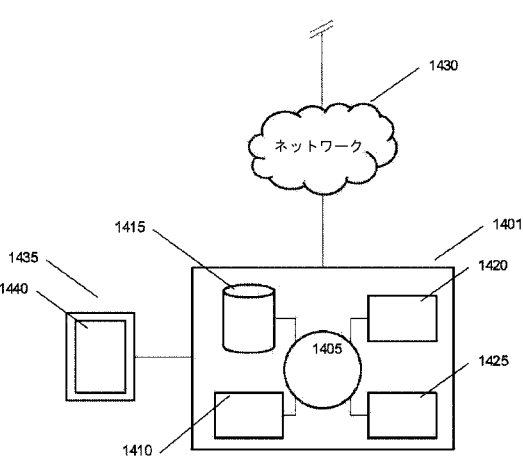
【図 1 2】



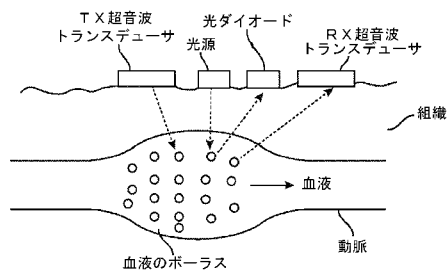
【図 1 3】



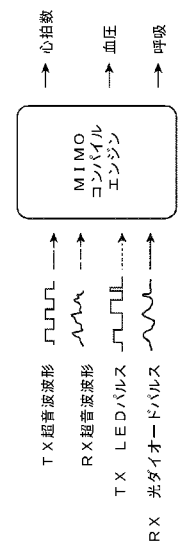
【図 1 4】



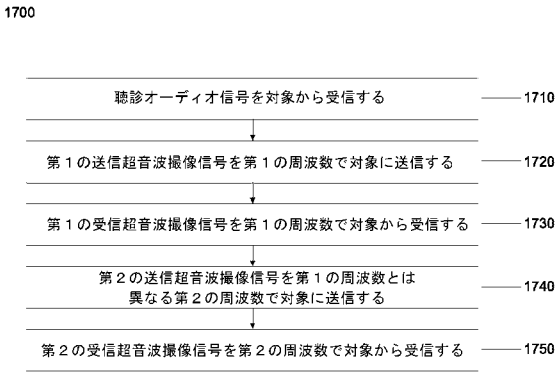
【図 1 5】



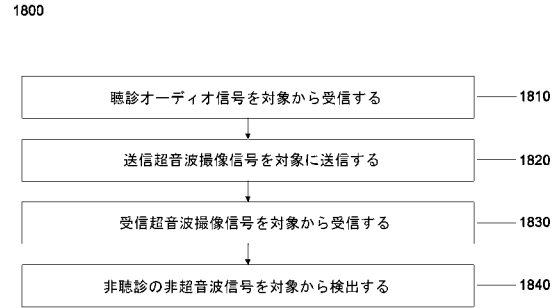
【図 1 6】



【図 1 7】

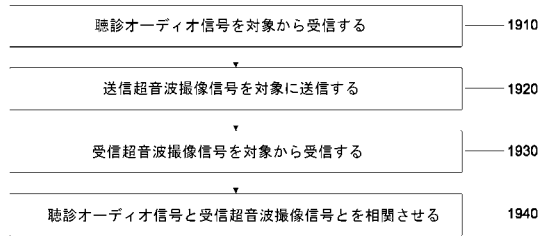


【図 1 8】



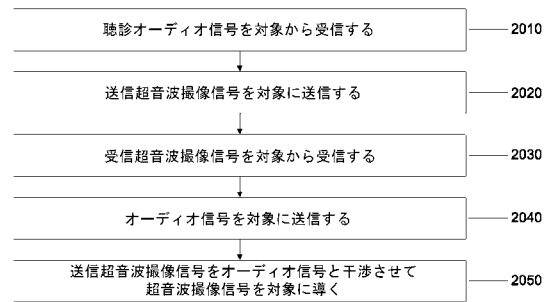
【図 19】

1900



【図 20】

2000



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US17/47204

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC - A61B7/04, A61B8/00, A61B8/02, A61B8/06, A61B8/08, A61B8/14 (2017.01)

CPC - A61B7/04, A61B8/06, A61B8/08, A61B8/12, A61B/4472, A61B1/4477, A61B8/4483, A61B8/4488, A61B8/4494, A61B8/46, A61B8/488, B06B1/0622, G01S7/52038, G01S7/5209, G01S15/8915, G01S15/8979

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)

See Search History document

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

See Search History document

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

See Search History document

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 5,960,089 A (BOURICIUS, D.D. et al.) 28 September 1999 (28.09.1999); figures 1-8; column 4, lines 4 and 46-48; column 5, lines 35-36 and 54; column 8, lines 33-38, 54-55 and 65-67; column 9, lines 6-9 and 45-47	1, 2, 3/1 and 3/2
Y	US 2006/0241482 A1 (KARASAWA, H.) 26 October 2006 (26.10.2006); paragraphs [0016], [0017], [0086]-[0089] and [0097]	1, 2, 3/1 and 3/2

☐ 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

26 September 2017 (26.09.2017)

Date of mailing of the international search report

12 OCT 2017

Name and mailing address of the ISA/

Mail Stop PCT, Attn: ISA/US, Commissioner for Patents
P.O. Box 1450, Alexandria, Virginia 22313-1450

Facsimile No. 571-273-8300

Authorized officer

Shane Thomas

PCT Helpdesk: 571-272-4300
PCT OSP: 571-272-7774

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (January 2015)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/US17/47204

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☒ Claims Nos.: 4-29
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード (参考)

A 6 1 B 5/1455

A 6 1 B 5/02 3 1 0 A

(81)指定国・地域 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(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), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT

(特許庁注：以下のものは登録商標)

1. BLUETOOTH
2. MATLAB
3. FRAM
4. JAVASCRIPT
5. SMALLTALK
6. iPhone
7. iPad
8. VISUAL BASIC

(72)発明者 アディティア ラジャゴパル

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92865 アーバイン ウェスト スパークルベリー ア
ベニュー 221

(72)発明者 アライナ アン プリンリー ラジャゴパル

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92865 アーバイン ウェスト スパークルベリー ア
ベニュー 221

Fターム(参考) 4C017 AA02 AA08 AA12 AB01 AB04 AB05 AC26 EE15

4C038 KK01 KK10 KL05 KL07 KY01

4C601 DD03 EE13 GA01 GB44 GB45 GB48 HH35 JB31 JB49 JC04

KK45

专利名称(译)	改进的听诊器装置和方法		
公开(公告)号	JP2019531101A	公开(公告)日	2019-10-31
申请号	JP2018541307	申请日	2017-08-16
[标]申请(专利权)人(译)	加州理工学院		
申请(专利权)人(译)	加州理工学院		
[标]发明人	アディティアラジャゴバル		
发明人	アディティア ラジャゴバル アライナ アン プリンリー ラジャゴバル		
IPC分类号	A61B8/00 A61B7/04 A61B5/1455 A61B5/02		
CPC分类号	A61B5/0022 A61B5/02055 A61B5/021 A61B5/0816 A61B5/14532 A61B5/14542 A61B5/7253 A61B5/7264 A61B5/742 A61B7/04 A61B8/02 A61B8/06 A61B8/085 A61B8/4209 A61B8/4416 A61B8/4477 A61B8/461 A61B8/565 A61B2560/0214 G01S15/8952 G01S15/899 G16H40/67 G16H50/20 A61B5/7257 A61B5/726		
FI分类号	A61B8/00 A61B7/04.Y A61B7/04.L A61B7/04.S A61B7/04.J A61B5/1455 A61B5/02.310.A		
F-TERM分类号	4C017/AA02 4C017/AA08 4C017/AA12 4C017/AB01 4C017/AB04 4C017/AB05 4C017/AC26 4C017/EE15 4C038/KK01 4C038/KK10 4C038/KL05 4C038/KL07 4C038/KY01 4C601/DD03 4C601/EE13 4C601/GA01 4C601/GB44 4C601/GB45 4C601/GB48 4C601/HH35 4C601/JB31 4C601/JB49 4C601/JC04 4C601/KK45		
代理人(译)	杉村健二		
优先权	62/376300 2016-08-17 US		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

提供了一种增强型听诊器设备和用于操作增强型听诊器的方法。增强型听诊器设备通常通过提供听诊器传感器，超声传感器和其他传感器来操作以获得关于对象的一系列测量值。可以例如通过机器学习来关联一系列测量，以提取临床相关信息。还描述了用于通过音频信号与超声信号的干扰进行超声束转向的系统和方法。

