

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2019-209130

(P2019-209130A)

(43) 公開日 令和1年12月12日(2019.12.12)

(51) Int.Cl. F 1 テーマコード (参考)
A 6 1 B 8/14 (2006.01) A 6 1 B 8/14 4 C 6 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 25 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2019-80956 (P2019-80956) (22) 出願日 平成31年4月22日 (2019.4.22) (31) 優先権主張番号 16/001, 981 (32) 優先日 平成30年6月7日 (2018.6.7) (33) 優先権主張国・地域又は機関 米国 (US)</p>	<p>(71) 出願人 594164542 キヤノンメディカルシステムズ株式会社 栃木県大田原市下石上1385番地 (74) 代理人 100108855 弁理士 蔵田 昌俊 (74) 代理人 100103034 弁理士 野河 信久 (74) 代理人 100075672 弁理士 峰 隆司 (74) 代理人 100153051 弁理士 河野 直樹 (74) 代理人 100179062 弁理士 井上 正 (74) 代理人 100162570 弁理士 金子 早苗</p>
--	---

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超音波診断装置、超音波パラメータ学習装置、超音波診断装置制御プログラム及び超音波パラメータ学習プログラム

(57) 【要約】

【課題】ハードウェアパラメータ、ソフトウェアパラメータのいずれであっても経験によらず最適な値に簡単且つ迅速に調整することができる超音波診断装置等を提供すること。

【解決手段】超音波画像の基となるデータの収集に関する収集パラメータを含む複数の超音波パラメータの適用値に従って、前記超音波画像を取得する取得部と、前記超音波画像の関心領域内の画像情報からテキスト特徴を抽出し、前記関心領域について所望とする画像情報が取得されたときの前記複数の超音波パラメータの値を用いてトレーニングされた機械学習アルゴリズムに従って、前記テキスト特徴から前記超音波画像の前記関心領域内の画像情報を最適化するための前記複数の超音波パラメータの最適値を予測する予測部と、前記最適値を前記適用値として設定する前記設定部と、を具備する超音波診断装置である。

【選択図】 図 1

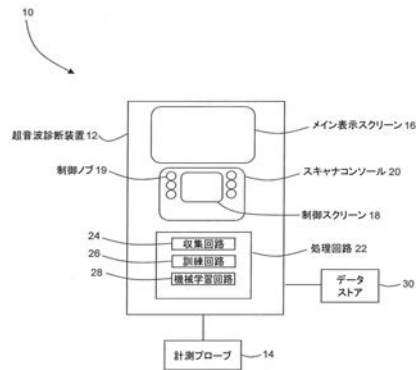


Fig. 1

【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

超音波画像の基となるデータの収集に関する収集パラメータを含む複数の超音波パラメータの適用値に従って、前記超音波画像を取得する取得部と、

前記超音波画像の関心領域内の画像情報からテクスチャ特徴を抽出し、前記関心領域について所望とする画像情報が取得されたときの前記複数の超音波パラメータの値を用いてトレーニングされた機械学習アルゴリズムに従って、前記テクスチャ特徴から前記超音波画像の前記関心領域内の画像情報を最適化するための前記複数の超音波パラメータの最適値を予測する予測部と、

前記最適値を前記適用値として設定する前記設定部と、
を具備する超音波診断装置。

10

【請求項 2】

前記収集パラメータは、送信する超音波の波形に関するパラメータを含む、請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 3】

前記収集パラメータは、送信する超音波の周波数又は受信する超音波の周波数を含む、請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 4】

前記予測部は、前記複数の超音波パラメータの前記適用値をベクトル化した適用値ベクトル、前記関心領域の位置、および前記テクスチャ特徴から前記最適値を予測する、請求項 1 に記載の超音波診断装置。

20

【請求項 5】

前記適用値の設定から前記最適値の予測までの一連の処理は、前記最適値の変化量が所定の回数連続で閾値以下に収まるまで繰り返される、請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 6】

前記超音波画像の表示および前記関心領域の設定を受け付けるタッチコマンドスクリーンを備えた、請求項 1 に記載の超音波診断装置。

【請求項 7】

前記収集パラメータは、波形パラメータ、超音波送信周波数、超音波受取り周波数、パルス継続期間、パルス電力、フレームレート、深度パラメータ、焦点パラメータ、F 値 (F - n u m b e r)、のうちの少なくとも一つを含む請求項 1 乃至 6 のうちいずれか一項記載の超音波診断装置。

30

【請求項 8】

前記予測部は、

a) 前記最適値の前記予測において、前記テクスチャ特徴を前記機械学習アルゴリズムの前記トレーニングによって定義された関数へと提供すること、

b) 前記最適値の前記予測において、前記画像情報を前記トレーニングされたニューラルネットワークへと提供すること、

a) 及び b) のうちの少なくとも一つを含む請求項 1 乃至 7 のうちいずれか一項記載の超音波診断装置。

40

【請求項 9】

前記予測部は、前記複数の超音波パラメータの初期値を有するベクトルを形成し、

前記ベクトルと前記関心領域とに依存して前記最適値の前記予測を実行する、

請求項 1 乃至 8 のうちいずれか一項記載の超音波診断装置。

【請求項 10】

前記予測部は、前記関心領域から前記画像情報を抽出し、前記複数の超音波パラメータの更なる予測値を取得する処理を少なくとも二回繰り返す請求項 1 乃至 9 のうちいずれか一項記載の超音波診断装置。

【請求項 11】

前記予測部は、前記処理を前記予測値が収束するまで繰り返す請求項 10 記載の超音

50

波診断装置。

【請求項 1 2】

前記予測部は、前記予測値における変化が所定回数に対して連続的にしきい値以下を下回るまで前記処理を繰り返す請求項 1 0 記載の超音波診断装置。

【請求項 1 3】

前記超音波画像を表示し、前記超音波画像における前記関心領域を表すユーザ入力を受け付ける入力部をさらに具備する請求項 1 乃至 1 2 のうちいずれか一項記載の超音波診断装置。

【請求項 1 4】

前記予測部は、臨床検査の間にリアルタイムで前記予測を実行する請求項 1 乃至 1 3 のうちいずれか一項記載の超音波診断装置。

10

【請求項 1 5】

複数の超音波パラメータに関する値を予測する機械学習アルゴリズムを訓練するための超音波パラメータ学習装置であり、

複数の被検体の複数の解剖学的領域のそれぞれに対して、所望の超音波画像と、当該超音波画像の関心領域について所望とする画像情報が取得されたときの前記複数の超音波パラメータの値と、を含むトレーニングデータを取得する取得部と、

前記取得されたトレーニングデータを用いて、前記複数の超音波パラメータに関する適用値に基づいて収集された超音波画像の関心領域内の画像情報からテクスチャ特徴を抽出し、前記テクスチャ特徴から前記関心領域内の画像情報を最適化するための前記複数の超音波パラメータの最適値を予測するように、前記機械学習アルゴリズムを学習させる学習部と、

20

を具備する超音波パラメータ学習装置。

【請求項 1 6】

前記トレーニングデータに含まれる前記複数の超音波パラメータの値は、前記機械学習アルゴリズムを実装する超音波診断装置において自動的に生成される請求項 1 5 記載の超音波パラメータ学習装置。

【請求項 1 7】

前記トレーニングデータに含まれる前記複数の超音波パラメータの値は、ランダムに選択される請求項 1 5 記載の超音波パラメータ学習装置。

30

【請求項 1 8】

前記トレーニングデータに含まれる前記複数の超音波パラメータの値は、過去のユーザ選択に基づいて選択される請求項 1 5 記載の超音波パラメータ学習装置。

【請求項 1 9】

前記取得部は、前記機械学習アルゴリズムを実装する超音波診断装置において取得された所望の超音波画像と、前記所望の超音波画像に含まれる前記関心領域について所望とする画像情報が取得されたときの前記複数の超音波パラメータの値と、を用いて前記トレーニングデータを自動的に更新し、

前記学習部は、前記更新されたトレーニングデータを用いて、前記機械学習アルゴリズムを学習させる、

40

請求項 1 5 乃至 1 8 のうちいずれか一項記載の超音波パラメータ学習装置。

【請求項 2 0】

前記機械学習アルゴリズムは、特徴に基づいた機械学習アルゴリズムを具備する請求項 1 乃至 1 4 のうちいずれか一項記載の超音波診断装置又は請求項 1 5 乃至 1 9 のうちいずれか一項記載の超音波パラメータ学習装置。

【請求項 2 1】

前記機械学習アルゴリズムは、前記画像情報として、前記関心領域の輝度分布をさらに含む請求項 1 乃至 1 4 のうちいずれか一項記載の超音波診断装置又は請求項 1 5 乃至 2 0 のうちいずれか一項記載の超音波パラメータ学習装置。

【請求項 2 2】

50

前記機械学習アルゴリズムは、前記超音波画像の特徴、前記超音波パラメータに関する値、前記超音波画像における前記関心領域、のうちの少なくともいくつかを分類器によって組み合わせる請求項 1 乃至 14 のうちいずれか一項記載の超音波診断装置又は請求項 15 乃至 20 のうちいずれか一項記載の超音波パラメータ学習装置。

【請求項 23】

前記機械学習アルゴリズムは、ニューラルネットワークを有する請求項 1 乃至 14 のうちいずれか一項記載の超音波診断装置又は請求項 15 乃至 20 のうちいずれか一項記載の超音波パラメータ学習装置。

【請求項 24】

コンピュータに、

超音波画像の基となるデータの収集に関する収集パラメータを含む複数の超音波パラメータの適用値に従って、前記超音波画像を取得させる取得機能と、

前記超音波画像の関心領域内の画像情報からテクスチャ特徴を抽出させ、前記関心領域について所望とする画像情報が取得されたときの前記複数の超音波パラメータの値を用いてトレーニングされた機械学習アルゴリズムに従って、前記テクスチャ特徴から前記超音波画像の前記関心領域内の画像情報を最適化するための前記複数の超音波パラメータの最適値を予測させる予測機能と、

前記最適値を前記適用値として設定させる設定機能と、

を実現させる超音波診断装置制御プログラム。

【請求項 25】

複数の超音波パラメータに関する値を予測する機械学習アルゴリズムを訓練させるための超音波パラメータ学習プログラムであり、

コンピュータに、

複数の被検体の複数の解剖学的領域のそれぞれに対して、所望の超音波画像と、当該超音波画像の関心領域について所望とする画像情報が取得されたときの前記複数の超音波パラメータの値と、を含むトレーニングデータを取得させる取得機能と、

前記取得されたトレーニングデータを用いて、前記超音波パラメータに関する適用値に基づいて収集された超音波画像の関心領域内の画像情報からテクスチャ特徴を抽出させ、前記テクスチャ特徴から前記関心領域内の画像情報を最適化するための前記複数の超音波パラメータの最適値を予測するように、前記機械学習アルゴリズムを学習させる学習機能と、

を実現させる超音波パラメータ学習プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本実施形態は、超音波診断装置、超音波パラメータ学習装置、超音波診断装置制御プログラム及び超音波パラメータ学習プログラムに関する。

【背景技術】

【0002】

超音波を使用して画像データを収集することが知られている。超音波収集 (U l t r a s o u n d : U L) は、多数のパラメータ数によって典型的に制御されている。超音波収集を制御するパラメータは、収集パラメータとも呼ばれることのある、ハードウェアパラメータを具備することが出来る。

【0003】

ハードウェアパラメータは、例えば、周波数、パルス継続期間、パルス電力、フレームレート、深度、そして焦点 (例えば F 値) に関連するパラメータを含むことが出来る。

【0004】

ハードウェアパラメータへと値に対して変更が生じた場合に、超音波データは、係るハードウェアパラメータに対する新たな値で、再び収集される場合がある。この再収集は、収集するのに例えばおよそ 300 m s 等、多少時間が掛かることがある。

10

20

30

40

50

【 0 0 0 5 】

ソフトウェアパラメータは、超音波画像を形成するために、超音波データの処理において使用することが出来る。ソフトウェアパラメータは、例えばダイナミックレンジ、ゲイン、ガンマ補正、或いはフィルタリング設定に関するパラメータを含むことが出来る。ソフトウェアパラメータは、後処理パラメータとして呼ぶこともある。ソフトウェアパラメータに対する値で新たな変化が生じた場合に、画像データは、新たな超音波画像データ収集を実行することなく、ソフトウェアパラメータに対する新たな値で後処理することが出来る。状況次第では、ソフトウェア後処理変化は、非常に素早く変化をもたらすことがある。

【 0 0 0 6 】

ハードウェアパラメータ及びソフトウェアパラメータは、一般的に超音波パラメータに含まれるものである。

【 0 0 0 7 】

良い画質を提供するパラメータ値（例えば、関心の解剖学的領域のクリアなビューを提供する画像）は、最適な或いは理想的な設定と呼ぶことが出来る。様々なソフトウェア及びハードウェアパラメータに対する最適な設定は、様々な要素に依存する場合がある。例えば、いくつかのパラメータに対する最適な設定は、画像化される予定の生体構造に依存することがあるのだ。いくつかのパラメータに対する最適な設定は、患者のサイズに依存することもある。介在する脂肪の量は、所定の収集に対する最適な設定について所定の効果を有する場合がある。最適なパラメータ設定の選択肢における超音波検査技師の好みの程度も存在することがある。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 8 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 8 - 5 2 0 3 1 7 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 9 】

収集パラメータの手動での調整は、経験豊かな超音波検査技師に対してであっても、時間が掛かることがある。片や収集パラメータの手動調整は、経験の浅いユーザに対しては困難なことがある。

【 0 0 1 0 】

多くの超音波診断装置は、一定限度の量の自動化を包含する。例えば、機械の中には、ゲイン及びタイムゲイン補償（Time Gain Compensation：TGC）を操作するものがある。しかし、ハードウェアパラメータにおける変化は、効果的になるまでにかかなりの時間を必要とすることがある。従って、状況によって限られた数のハードウェアパラメータのトライアルのみが可能になる場合がある。例えば、超音波検査技師は、容認可能なタイムスケールにおいて最終超音波画像を取得するために、少数のパラメータのみに対する値を調整する、及び/又は、少数の時間のみに対する値を調整するよう、選ぶことが出来る。

【 0 0 1 1 】

本実施形態は、上記課題に鑑みてなされたものであり、ハードウェアパラメータ及びソフトウェアパラメータのいずれであっても、経験によらず最適な値に簡単且つ迅速に調整することができる超音波診断装置、超音波パラメータ学習装置、超音波診断装置制御プログラム及び超音波パラメータ学習プログラムを目的とする。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 2 】

実施形態に係る超音波診断装置は、取得部と、予測部と、設定部とを具備する。取得部は、超音波画像の基となるデータの収集に関する収集パラメータを含む複数の超音波パラメータの適用値に従って、前記超音波画像を取得する。予測部は、前記超音波画像の関心

10

20

30

40

50

領域内の画像情報からテクスチャ特徴を抽出し、前記関心領域について所望とする画像情報が取得されたときの前記複数の超音波パラメータの値を用いてトレーニングされた機械学習アルゴリズムに従って、前記テクスチャ特徴から前記超音波画像の前記関心領域内の画像情報を最適化するための前記複数の超音波パラメータの最適値を予測する。設定部は、前記最適値を前記適用値として設定する。

【図面の簡単な説明】

【0013】

【図1】実施形態に係る装置の概略的な図である。

【図2】実施形態に係る訓練法の概要を描いているフローチャートである。

【図3】実施形態に係る装置の表示スクリーン及び制御スクリーンである。

【図4】実施形態に係る機械学習法の概要を描いているフローチャートである。

【図5】実施形態に係るパラメータ予測法の概要を描いているフローチャートである。

【図6】パラメータ収束のプロットである。

【発明を実施するための形態】

【0014】

実施形態に係る装置10が、図1に概略的に示されている。装置10は、超音波画像を取得するために、超音波スキャンから超音波データを収集し且つ係る超音波データを処理するよう構成されている。

【0015】

本実施形態において、装置10は、複数の超音波パラメータに対する値を調整するために機械学習アルゴリズムを訓練するようにも構成されている。その他の実施形態において、機械学習アルゴリズムの訓練は、例えばPC或いはワークステーション(図示せず)など、別個の計算装置によって実行することが出来る。なお、本実施形態において、「超音波パラメータ」とは、ハードウェアパラメータ及びソフトウェアパラメータの両方を具備する。ハードウェアパラメータは、例えば、波形パラメータ、周波数パラメータ(例えば、超音波が送信された、及び)、パルス継続期間、パルス電力、フレームレート、深度及び焦点(例えば、F値)に関するパラメータを具備する。ソフトウェアパラメータは、例えば、ダイナミックレンジ、ゲイン、ガンマ補正、そしてフィルタリング設定に関するパラメータを具備する。

【0016】

本実施形態において、装置10は、超音波診断装置12及び関連する計測プローブ14を具備する。係る超音波診断装置12は、超音波画像処理装置として言及されることもある。任意の適切なタイプの超音波診断装置12と計測プローブ14とを使用することが出来る。その他の実施形態において医用画像診断装置10は、代替りのモダリティ(例えば、X線診断装置、X線コンピュータ断層撮像装置、磁気共鳴イメージング装置、PET、SPECT等)のスキャナ装置を具備することが出来る。本実施形態においては、医用画像診断装置10が超音波診断装置である場合について説明する。

【0017】

超音波診断装置12は、メイン超音波画像表示用のメイン表示スクリーン16を具備する。超音波診断装置12は、スキャナコンソール20を更に具備する。スキャナコンソール20は、制御情報の表示用及び様々な制御ノブ19を具備する入力デバイス用の制御スクリーン18を具備する。係る入力デバイスは、コンピュータキーボード、マウス、又はトラックボール(図示せず)を更に具備する。制御ノブ19及び/又はそのほかの入力デバイスは、複数のハードウェア及びソフトウェアパラメータに対する値を調整するために使用することが出来る。本実施形態において、制御スクリーン18は、表示デバイス及びユーザ入力デバイスの両方である、タッチスクリーンである。更なる実施形態は、超音波診断装置12の一部を形成しない、制御スクリーン18、表示スクリーン或いはメイン表示スクリーン16を具備しない。超音波診断装置12は、データストア30も具備する。

【0018】

超音波診断装置 12 は、画像データを含むデータ処理用の処理回路 22 を具備する。処理回路 22 は、中央処理ユニット（CPU）とグラフィックス処理ユニット（GPU）とを具備する。処理回路 22 は、収集回路 24、訓練回路 26、そして機械学習回路 28 を含む。収集回路 24、訓練回路 26、そして機械学習回路 28 は、CPU、GPU、そして CPU 及び GPU の組み合わせで、それぞれ実行することが出来る。

【0019】

本実施形態において、様々な回路は、実施形態の方法を実行するのが実行可能なコンピュータ読み取り可能命令を有するコンピュータプログラムの方法で、処理回路 22 の CPU 及び / 又は GPU においてそれぞれ実行される。しかし、その他の実施形態において、各回路は、ソフトウェア、ハードウェア、ハードウェアとソフトウェアの或いは任意の適切な組み合わせで実行することが出来る。実施形態の中に、様々な回路は、一つ或いは複数の ASIC（特定用途向け集積回路）又は FPGAs（フィールド・プログラマブル・ゲート・アレイ）として、実行することが出来る。

10

【0020】

代替の実施形態において、収集回路 24、訓練回路 26、そして機械学習回路 28 を具備する処理回路 22 は、任意の適切な医用診断装置（例えば、CT スキャナ又は MR スキャナ）又は画像処理装置（例えば、PC 又はワークステーション）の一部分の場合がある。処理回路 22 は、例えば撮像データの任意の適当なモダリティを処理するよう構成することが出来る。

【0021】

実施形態の中に、異なる回路が異なる装置で実行されるものがある。例えば、実施形態の中に、機械学習回路 28 は、例えば、PC 或いはワークステーション等、超音波診断装置 12 の一部分を形成しない計算装置において実行される。

20

【0022】

処理回路 22 は、ハードドライブや、RAM、ROM、データバスを含む PC のその他の構成要素、様々なデバイスドライバを含むオペレーティングシステム、そしてグラフィックスカードを含むハードウェアデバイスも包括する。この様な構成要素は、明確にするため図 1 には図示されていない。

【0023】

図 1 のシステムは、図 2 のフローチャートにおいて概要が描かれたような一連のステージを有する訓練処理（超音波パラメータのトレーニング処理、超音波パラメータの学習処理とも言う。）を実行し、且つ図 5 のフローチャートにおいて概要が描かれたような一連のステージを有する画像最適化処理を実行する、よう構成されている。なお、「最適化」とは、ユーザが所望する結果を取得することができることを意味し、例えば、複数の超音波パラメータの「最適値」とは、所望する超音波画像を取得するための各超音波パラメータの値のセットを意味する。この最適値は、一般的に、ユーザ毎、患者毎（患者個体差）、診断部位毎（例えば臓器毎）に異なる。また、図 2 に示す訓練処理は、図 1 のシステム、例えば処理回路 22 が超音波パラメータ学習装置として機能する例が典型である。しかしながら、当該例に限定されず、処理回路 22 の別体として超音波パラメータ学習装置を設ける構成であってもよい。また、超音波パラメータ学習プログラムとして、例えばシステムの外部の機器やクラウドシステム等よって、超音波パラメータ学習装置が実現される構成であってもよい。

30

40

【0024】

まず、図 2 の訓練処理について説明する。係る図 2 の訓練処理は、所望の画像特性を提供するようなパラメータ値のセットを予測する機械学習アルゴリズムを訓練するために使用される。本実施形態において、係る機械学習アルゴリズムは、特徴に基づいた機械学習アルゴリズムである。その他の実施形態において（図 4 に描かれているものを含む）、機械学習アルゴリズムは、例えば畳み込みネットワーク等、ニューラルネットワークを具備する。更なる実施形態において、任意の画像に基づいた機械学習アルゴリズムを使用することが出来る。例えば、サポートベクトルマシン（support vector ma

50

chine : SVM)、k近傍法、或いは決定木アルゴリズムによって、テクスチャ特徴の抽出を後追いすることが出来る。

【0025】

図2の訓練処理は、複数の異なる被検体のそれぞれから繰り返し超音波収集を取得し、且つ係る繰り返し超音波収集からのデータを使用して機械学習アルゴリズムを訓練することを具備する。

【0026】

本実施形態において、20の被検体(例えばヒト)が訓練処理において使用される。係る被検体は、様々な患者サイズをカバーするようにして選ばれている。特に、被検体は、異なる脂肪量を有するようにして選ばれている。その他の実施形態において、任意の適切な数の、被検体或いは動物被検体が訓練処理において使用することが出来る。

10

【0027】

図2のステージ40で、訓練処理は、第一の被検体で開始となる。第一の被検体(例えば、被検体の身長、体重、性別)に関する医用データを、取得し且つ記録することが出来る。

【0028】

ステージ42で、超音波検査技師が被検体の第一の解剖学的領域を選択する。本実施形態において、10の関心の領域がスキャンングのために特定される。係る超音波検査技師は、10の関心の領域のうちの一つ、例えば大動脈弁を、例えば制御スクリーン18上で選択する。各解剖学的領域は、例えば少なくとも臓器、骨或いは血管の一部を具備することが出来る。解剖学的領域は、例えば、経動脈、肝臓、或いは腎臓等を具備することがある。

20

【0029】

超音波検査技師は、トランスデューサプローブ14を第一の解剖学的領域(この場合に、大動脈弁)を撮像するために適当な位置に置く。

【0030】

ステージ44で、超音波検査技師は、好みの画像を取得するために、超音波撮像パラメータのセットのうち少なくともいくつかに対する値を手動で調整する。超音波検査技師は、トランスデューサプローブ14の位置及び/又は方位も調整することが出来る。超音波検査技師は、好みの画像が取得されるまで、逐次的にパラメータを調整することが出来る。超音波検査技師がハードウェアパラメータ値を変更する度に、新たな超音波データが超音波診断装置12によって収集され、新たな超音波画像を取得するために、係る新たな超音波データが処理される。超音波データの各収集は、例えば300msである。状況により、ソフトウェアパラメータ値の変更は、新たな超音波データ収集を含まない場合もある。代わりに、表示された超音波画像は、新たな収集が行われることなく、新たなソフトウェア値を考慮に入れるためにアップデートすることが出来る。

30

【0031】

ステージ44で超音波検査技師によって実行されるパラメータ値の調整の処理は、超音波診断装置12の通常の、日常的な使用において超音波検査技師によって実行されるパラメータの調整の処理と似ていることがある。代わりに、通常使用で実行されるのと比較して、超音波検査技師がパラメータ値の調整を、より長い時間にわたって及び/又はより精確に実行することがある実施形態も中にはある。パラメータ調整の処理は、超音波検査技師によるパラメータの手動操作として、説明することが出来る。

40

【0032】

本実施形態において、複数の超音波パラメータ(超音波パラメータのセット)は、超音波診断装置12の通常使用での超音波検査技師による調整が可能なパラメータを具備する。係る超音波検査技師は、超音波パラメータのセットのうちの一つ又は複数に対する値を調整することがある。

【0033】

本実施形態において、超音波パラメータは、ハードウェアパラメータ及びソフトウェア

50

パラメータの両方を具備する。その他の実施形態において、超音波パラメータのセットは、ハードウェアパラメータのみ、或いはソフトウェアパラメータのみを具備する場合もある。

【0034】

超音波検査技師によるパラメータ値の調整は、位置Lでの最高の診断品質（すなわち、所望する診断品質）を取得するためであり、係る位置Lは、ステージ42（例えば、大動脈弁）で選択された関心の解剖学的領域の位置である。超音波検査技師によって好まれる画像は、関心の解剖学的領域のベストな外見（例えば、最も鮮明である）を有する画像とすることが出来る。

【0035】

本実施形態において、位置Lは、超音波画像の二次元画像空間における関心の解剖学的領域の位置を示す、座標のセットとして表される。

【0036】

超音波検査技師がパラメータ値を調整しながら、係る超音波検査技師はメイン表示スクリーン16上に表示された超音波画像を観察する。メイン表示スクリーン16上に表示された画像は、現在の収集として説明することが出来る。メイン表示スクリーン16上に表示された画像は、時間とともに更新される。またメイン表示スクリーン16上に表示された画像は、パラメータ値の各変化に対しても更新される。

【0037】

本実施形態において、メイン表示スクリーン16に表にされたものと同じ超音波画像が、制御スクリーン18（例えば、タッチコマンドスクリーン：TCS）上に表示される。上方のメインディスプレイにおいて示された現在の収集が、小さなスケールで下方の制御スクリーン18に映し出される、ということが出来る。メイン表示スクリーン16と制御スクリーン18とに同じ画像を表示している様子が、図3で描かれている。本実施形態において、制御スクリーン18は、タッチセンサー式である。その他の実施形態において、メイン表示スクリーン16がタッチセンサー式の場合もある。

【0038】

超音波検査技師が好みの画像を取得するためにパラメータ値を調整した時に、係る超音波検査技師は、臨臨床的関心のある画像領域を示すために制御スクリーン18の映し出されたビューにおける点をタッチする。メイン表示スクリーン16がタッチセンサー式であるその他の実施形態において、超音波検査技師は、臨臨床的関心のある画像領域を示すためにメイン表示スクリーン16上の点をタッチすることが出来る。

【0039】

超音波検査技師がタッチした制御スクリーン上の点は、制御スクリーン18をタッチすることで当該画像における関心の解剖学的領域の位置L（関心領域の位置L）であると受け止められる。図3において、係る位置Lは、制御スクリーン18上に十字により描かれている。

【0040】

収集回路24は、十字の中心において点Lに対する座標値のセットを記録する。

【0041】

本実施形態において、超音波検査技師は、例えば関心の解剖学的領域の周りにバウンディングボックスを描くことで座標空間の領域を選択し、収集回路24は、座標空間の領域の範囲を記録する。更なる実施形態において、任意の方法は、関心の解剖学的領域の位置Lに対する点又は領域を選択するために使用することが出来る。幾つかの実施形態では、関心の解剖学的領域の位置Lは、自動的に検出されるものがある。

【0042】

本実施形態において、位置Lを提供するために超音波検査技師のスクリーンをタッチする画像が、当該超音波検査技師の好みの画像であると受け取られる。その他の実施形態において、係る超音波検査技師（又は別のユーザ）は、例えば任意の適切な制御を使用して、任意の適切な方法で好みの画像を選ぶことが出来る。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 3 】

超音波検査技師の好みの画像（所望の画像）に対して、収集回路 2 4 は、
・好みの（所望の）超音波画像 I *
・好みの画像が取得された超音波パラメータ値（以下単に「パラメータ値」とも呼ぶ）の
セット P *
を取得する。

【 0 0 4 4 】

超音波画像 I * は、最適な収集された画像と言及することが出来る。またパラメータ値
のセット P * は、最適な収集パラメータのセットと言及することが出来る。本コンテキス
トにおいて、「最適な」とは、超音波検査技師が自身の主観的な見解において、好みの画
像及びパラメータであると考え、画像及びパラメータを言及するために使用される。実
際問題として、手動操作処理が繰り返し行われた場合に、超音波検査技師によって、異な
る画像及びパラメータを最適であるとして特定したり、或いは同じ超音波検査技師であ
っても異なる画像及びパラメータを最適であるとして特定したりする場合がある。

10

【 0 0 4 5 】

本実施形態において、一つの超音波画像 I * 及びパラメータのセット P * がステージ 4
4 で取得される。その他の実施形態において、一つ以上の超音波画像 I * 及びパラメータ
のセット P * がステージ 4 4 で取得される。いくつか（例えば、三つ）の手動で最適化さ
れた収集が、独立した繰り返しによって取得することが出来る。例えば、パラメータ値は
、上記で説明された様な手動収集処理の繰り返しの合間にデフォルト値（初期値）を再設
定することが出来る。係るデフォルト値は、標準的なプリセットパラメータを具備する
ことが出来る。

20

【 0 0 4 6 】

超音波検査技師の好みの画像（複数の画像）に対して、好みの超音波画像 I * 及びパラ
メータ値のセット（複数のセット）P * が一旦取得されたら、図 2 の処理は、ステージ 4
6 へと移る。

【 0 0 4 7 】

ステージ 4 6 で、訓練回路 2 6 は、超音波パラメータのセットに対するパラメータ値の
多重の異なるセットを自動的に生成する。

【 0 0 4 8 】

本実施形態において、訓練回路 2 6 は、パラメータ値 P を 2 0 0 セット生成する。パラ
メータ値は、所定も制限において均一なサンプリング密度でランダムに選択される。例え
ば、各パラメータに対する所定の制限は、超音波診断装置の通常使用におけるパラメータ
に対する値の範囲を表すことがある。

30

【 0 0 4 9 】

その他の実施形態において、パラメータ値のセット P を生成するために、任意の適切な
サンプリング手法を使用することが出来る。幾つかの実施形態に、各パラメータに対する
制限において、前決定された規則的なグリッドについてのサンプリングを具備するものが
ある。その他の実施形態において、サンプリング手法は、各パラメータに対する制限にお
いて、ランダム均一なサンプリングを具備する。更なる実施形態において、サンプリング
手法は、超音波検査技師により好まれたパラメータ値で平均を有する、ランダムガウシ
アン（通常）分布のサンプリングを具備する。係るサンプリング分布は、パラメータ制限
に関連して設定することが出来る。

40

【 0 0 5 0 】

クランピングは、パラメータに関する安全限界が超過していないということを保証する
ために、パラメータのうちの一つ又は複数に対する値に強要することが出来る。例えば、
クランピングは、トランスデューサ電力が超過していないという安全限界を確実にするた
めに使用することが出来る。限界の中には、パラメータの組み合わせに依存するものがあ
る。例えば、第一のパラメータに対する安全値は、第二のパラメータに対する値、及び/
又は、更なるパラメータに対する値に依存することがある。任意の適切な数のパラメータ

50

値のセット P を生成することが出来る。

【 0 0 5 1 】

パラメータ値のセット P の各 2 0 0 セットは、少なくとも一つのパラメータの値によりパラメータ値のセット P と互いに異なる。

【 0 0 5 2 】

収集回路 2 4 は、超音波診断装置 1 2 に、パラメータ値のセット P のそれぞれを適用値として使用して個別の超音波データのセットを収集すること、且つパラメータ値のセット P に対する超音波画像 I を取得するために超音波データのセットを処理すること、を生じさせる。超音波画像 I について実行される操作は、超音波画像の要素（例えばピクセル）に対するデータ値（例えば、輝度値）を具備するデータセットに実行される操作のことを指すことがある、ということに留意されたい。

10

【 0 0 5 3 】

本実施形態において、全ての 2 0 0 の超音波画像は、ステージ 4 4 で超音波検査技師の好みの画像に対するものと実質的に同じ位置及び方位で保持された、トランスデューサプロンプ 1 4 で収集されており、その他の実施形態において、異なるトランスデューサプロンプ位置を使用することが出来る。

【 0 0 5 4 】

ステージ 4 6 で超音波画像の収集は、自動化されており、超音波検査技師からの入力が必要としない。パラメータ値は自動的に調整されているため、パラメータ値の調整及びパラメータ値の各セットに対する超音波画像の収集は、迅速に実行することが出来る。例えば、新たな超音波画像は、3 0 0 m s 毎に収集することが出来る。超音波画像の収集に関する言及で、超音波画像が決して表示されない（例えば、表示スクリーン上に）場合がある。超音波画像を表すデータは、画像が表示されることなく格納することが出来る。

20

【 0 0 5 5 】

パラメータ値 P の 2 0 0 セットのそれぞれに対して、収集回路 2 4 は、次を取得する。

- ・パラメータ値 P のセット、
- ・パラメータ値のセットを使用して収集された超音波画像 I 、
- ・解剖学的領域に対する位置 L

本実施形態において、解剖学的領域に対する位置 L は、ステージ 4 4 で超音波検査技師によって選択された同じ位置 L である。その他の実施形態において、位置 L 決定の任意の方法を使用することが出来る。

30

【 0 0 5 6 】

超音波画像 I を具備するデータのセット、解剖学的領域の対応する位置 L 、そして対応するパラメータ値のセット P は、訓練データのセット、或いは訓練サンプル (I , L , P) として呼ぶことが出来る。

【 0 0 5 7 】

ステージ 4 6 で取得された 2 0 0 の訓練サンプル (I , L , P) の全ては、パラメータ値の異なるセットを使用して同じ被検体の同じ解剖学的領域を撮像することで、収集される。

【 0 0 5 8 】

ステージ 4 6 の後、図 2 の処理は、ステージ 4 2 へと戻り、超音波検査技師は、第二の、第一の被検体の解剖学的領域とは異なる領域、例えば第一の被検体の頸動脈を選択する。処理はその後再度ステージ 4 4 へと進み、そこで超音波検査技師は、第二の解剖学的領域に対するパラメータ値の手動最適化を実行する。収集回路 2 4 は、第二の解剖学的領域に対する超音波検査技師の好みのパラメータ値 P * と、その好みのパラメータ値で取得された超音波画像 I * と、を取得する。超音波検査技師は、第二の解剖学的領域に対する位置 L も示す。

40

【 0 0 5 9 】

ステージ 4 6 で、訓練回路 2 6 は、パラメータ値 P の更なる 2 0 0 セットを生成する。係るパラメータ値は、均一なサンプリング密度で、第一の解剖学的領域に対して使用され

50

たものと同じ所定の制限においてランダムに選ばれる。その他の実施形態において、パラメータ値の同じセットは、第一の解剖学的領域に対して使用されたものと同じ第二の解剖学的領域に対して使用される。パラメータ値 P の異なるセットのそれぞれに対して、収集回路 24 は、パラメータ値 P のセットを使用して第二の解剖学的領域をスキャンングすることで、個別の訓練サンプル (I , L , P) を取得する。

【 0 0 6 0 】

ステージ 42 から 46 までは、第一の被検体の全ての 10 の解剖学的領域に対してデータが取得されるまで、繰り返される。

【 0 0 6 1 】

ステージ 48 で、収集回路 24 は、超音波検査技師の好みのパラメータ値 P * のセット、超音波画像 I *、そして第一の被検体の 10 の解剖学的領域に対して取得された 200 の訓練サンプル (I , L , P) を、データストア 30 に格納する。その他の実施形態において、好みのパラメータ値 P * のセットを使用して取得された超音波画像 I * は、格納されないことがある。異なる実施形態において、データは任意のデータストア、例えば P A C S の一部を形成するデータストアに格納することが出来る。

10

【 0 0 6 2 】

図 2 の処理は、その後ステージ 40 へと戻り、第二の被検体が選択される。

【 0 0 6 3 】

ステージ 40 から 48 までは、異なる 20 の被検体のそれぞれに対してデータが取得されるまで、繰り返される。

20

【 0 0 6 4 】

本実施形態において、同じ 10 の解剖学的領域が被検体のそれぞれに対してスキャンされる。パラメータ値の異なるセットが、各被検体の各解剖学的領域に対して生成される。その他の実施形態において、パラメータ値の同じセットが異なる領域及び / 又は異なる被検体に対して使用することが出来る。

【 0 0 6 5 】

好みのパラメータ値 P * の収集は、グラウンドトゥールース収集として説明することが出来る。グラウンドトゥールース収集のスキームと上記で説明されたデータ収集の訓練は、効率的であると説明することが出来る。200 の訓練画像が各解剖学的位置で収集されたが、超音波検査技師の相互作用は、一つの最適な画像 I * にのみ含まれる。グラウンドトゥールース収集は、超音波検査技師が訓練データのセットのそれぞれのクオリティを評価しようとする場合に比べて、負担の少ないものになることがある。

30

【 0 0 6 6 】

ステージ 40 から 48 までは、下記のアルゴリズムによって説明することが出来、疑似コードとして表すことが出来る。

【 0 0 6 7 】

データ収集訓練の全体

データ = []

N 個の患者に対して :

k 個の解剖学的領域に対して :

P * = 理想的な超音波検査技師設定

I * = (P *) 収集

L = 関心の位置

m 個の収集に対して :

P = ランダムパラメータ

I = 収集 (P)

データに (L , P , I , P * , I *) を追加する

40

説明された被検体、解剖学的領域、そしてパラメータ値のセット、のそれぞれに対する特定数は、単なる例に過ぎない。被検体、解剖学的領域及び / 又はパラメータ値のセットの任意の数を、実際には使用することが出来る。例えば、各被検体の各解剖学的領域に対

50

するパラメータ値のセットの数は、少なくとも10、任意で少なくとも50、更には任意で少なくとも100などとすることが出来る。被検体数は少なくとも5、任意で少なくとも10、更には任意で少なくとも50とすることも出来る。またパラメータのセットにおけるパラメータ数は、少なくとも5、任意で少なくとも10とすることも出来る。被検体は、ヒト或いは動物とすることが出来る。

【0068】

上記で説明された実施形態において、ステージ46で変えられた超音波パラメータは、ハードウェアパラメータとソフトウェアパラメータの両方を具備する。収集の間際で、ソフトウェアパラメータは変えられ、且つこれらのパラメータを使用して収集された画像は保存される。

10

【0069】

その他の実施形態において、ハードウェアパラメータのみがステージ46で変えられる。異なるハードウェアパラメータでの収集の全てがされた後に、ソフトウェアパラメータは変えられ、且つソフトウェアパラメータを使用する新たな画像が保存される。その様な実施形態において、収集が成されたことを伴うソフトウェアパラメータに対する値は、収集を取り直す必要無く、変えられる場合がある。

【0070】

幾つかの実施形態において、例えば以下に説明される様な機械学習アルゴリズムを走らせるよりも前に、ソフトウェアパラメータは変えることが出来、且つ画像はオフラインで保存される。

20

【0071】

ステージ50で、機械学習回路28は、20の被検体のそれぞれについてデータストア30に格納された、好みのパラメータ値 P^* のセット、画像データ I^* のセット、そして訓練サンプル (I, L, P) を受け取る。

【0072】

本実施形態において、解剖学的領域の数は10、被検体の数は20、被検体毎の解剖学的領域ごとの収集数は200である。つまり、40,000の訓練サンプルが、機械学習回路28に対して利用可能である。

【0073】

収集の特定の順序付けが上記で説明されたが、その他の実施形態における収集は、任意の適切な順序で実行することが出来る。例えば、訓練サンプルの自動収集は、超音波検査技師の好みの画像の収集の前に実行することが出来る(使用されたサンプリング方法が超音波検査技師の好みの画像のパラメータ値に依存しない場合に)。

30

【0074】

好みのパラメータ値 P^* のセットのそれぞれは、「所望するパラメータ設定」又は「最適なパラメータ設定」と呼ぶことが出来る。本実施形態において、200の最適なパラメータ設定 P^* は、機械学習回路28に対して利用可能である。最適なパラメータ設定 P^* のそれぞれは、同じ被検体及び同じ解剖学的領域に対して収集された、200の訓練サンプルと関連付けられる。

【0075】

訓練サンプル数は、訓練サンプル (I, L, P) を使用する最適なパラメータ設定 P^* の予測への機械学習アプローチに対して十分であると考えることが出来る。

40

【0076】

本実施形態において、機械学習回路28は、特徴に基づいたアプローチを使用して機械学習アルゴリズムを訓練するために、機械学習処理を実行する。係る機械学習アルゴリズムは、予測判断材料(プレディクター)とも呼ぶことが出来る。

【0077】

各訓練サンプル (I, L, P) に対して、機械学習回路28は、位置L上に中心が置かれた画像データセットIにおける関心の領域を選択する。関心の領域は、 I_L と呼ぶことが出来る。関心の領域の次元は、予め定めることが出来る。例えば、機械学習回路28は

50

、予め定められたセンチメートルでの高さ及び幅を有する関心の領域 I_L を選択することが出来る。

【0078】

本実施形態において、関心の領域 I_L は、関心のある解剖学的領域の位置 L 上に中心が置かれた、画像データ I の $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ の領域である。

【0079】

機械学習回路 28 は、関心の領域 I_L から撮像情報を抽出する。例えば、撮像情報は、関心の領域 I_L における各ピクセルに対する個別のピクセル値を具備することが出来る。

【0080】

機械学習回路 28 は、撮像情報から特徴のセットを抽出する。本実施形態において、係 10
る特徴のセットは、少なくとも一つの輝度分布と複数のテクスチャ特徴とを含む。その他の実施形態において、機械学習回路 28 は、抽出された領域 I_L から任意の適切な特徴、例えば抽出された領域 I_L 内の任意の位置に対する輝度、勾配、テクスチャ或いは SURF 特徴 (Speeded Up Robust Features) 等、を抽出することが出来る。

【0081】

機械学習回路 28 は、抽出された特徴のうちのどれが、収集パラメータのセットに対す 20
る値の予測に対して最も良い特徴であるかを区別するために、機械学習訓練アルゴリズムを使用する。本実施形態において、機械学習回路は、少なくとも一つの輝度分布及び少なくとも一つのテクスチャ特徴を具備する特徴のセット x を選択する。パラメータ値のセット P は、ベクトルとして表すことが出来る。特徴のセット x は、特徴ベクトル $X = (x, L, P)$ を取得するために、位置 L 及びパラメータ値のセット P へと追加される。

【0082】

機械学習回路 28 は、特徴ベクトル $X = (x, L, P)$ に基づいた好みのパラメータ P^* を予測するために、回帰法を訓練する。本実施形態において、回帰法は、サポートベクトル機械回帰法を具備する。その他の実施形態で、回帰法は、決定木回帰法を具備する。更なる実施形態で、任意の適切な回帰法は、例えばサポートベクトルマシン (support vector machine: SVM)、決定木、K近傍法 (K-nearest neighbors: Knn)、線形或いはロジスティック回帰法等、を使用することが出来る。回帰に対して構成することが出来るような、特徴に基づいた機械学習の任意 30
の形式を使用することが出来る。

【0083】

ステージ 50 の出力は、好みのパラメータ P^* を予測するよう訓練された機械学習アルゴリズムである。機械学習アルゴリズムのアプリケーションは、図 5 を参考に下記で説明される。

【0084】

更なる実施形態において、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) アプローチは、ステージ 50 で使用される。係る畳み込みニューラルネットワークアプローチは、図 4 のフローチャートに描かれている。CNN アプローチは、深層学習アプローチとして説明することが出来る。その他の実施形態において、深層学習の任意のタイプを使用することが出来る。本実施形態で使用される深層学習 CNN は、例えば次の本に説明されているようなものとして出来る。"Deep Learning for Medical Image Analysis", S. Kevin Zhou et al., Academic Press の第 2 章、或いは 'Deep Learning' by Ian Goodfellow, Yoshua Bengio and Aaron Courville, MIT Press の第 9 章。 40

【0085】

図 4 のステージ 60 で、機械学習回路 28 は、各訓練サンプル (I, L, P) から関心の領域 I_L を抽出する。例えば、関心の領域は、関心の解剖学領域の位置 L 上に中心が置かれた撮像データ I の、 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ の領域とすることが出来る。機械学習回路 28 50

は、関心の領域 I_L に対する撮像情報を抽出する。本実施形態において、撮像情報は、関心の領域 I_L における各ピクセルに対する個別のピクセル値を具備する。

【0086】

各関心の領域 I_L に対する画像ピクセル値は、多重畳み込み及びプーリング層への入力であり、層 62、64、66 によって図 4 に表されている。実際に、より多くの畳み込み及びプーリング層を使用することが出来る。畳み込み層は、空間的情報を維持する。プーリング層は、出力と比較した差異にサイズが減らされる、出力を有する。

【0087】

出力層 66 は、畳み込み及びプーリング層のセットのセットへのオリジナル入力であった、抽出された関心の領域 I_L に比較してより小さい画像である。係るより小さい画像は、 x によって示される。係るより小さい画像は、例えば 16×16 画像とすることが出来る。

10

【0088】

層 66 の出力 x は、緻密層 (dense layer) へと受け渡される。緻密層は、ベクトル、例えばデータアイテム 256 のベクトルを提供するために、出力 x を平らにする。パラメータ値 P のうちの少なくとも幾つかも、緻密層へと加えられる。例えば、パラメータ値 P からの 6 或いは 7 データアイテムを加えることが出来る。緻密層は、従って長い特徴ベクトルを提供する。その他の実施形態において、位置 L も緻密層へと提供することが出来る。

【0089】

緻密層 68 の出力は、ステージ 70 の差分二乗和 (sum of squared difference: SSD) への入力である。最適なパラメータ設定 P^* も、SSD 70 への入力である。最小二乗和は、SSD ステージへの入力の差分二乗和を出力し、係る出力は、入力の二乗の L_2 ノルムと同じか、或いは同様とすることが出来る。

20

【0090】

機械学習回路 28 は、訓練サンプル及びグラウンドトゥースを使用して、様々な層 (例えば、重さ) のパラメータを訓練する。訓練は、任意の適切な方法によって実行することが出来る。本実施形態において、訓練は、確率的勾配降下での逆伝播により実行される。予測において使用される特徴は、逆伝播によって発見される。

【0091】

上記で説明された通り、機械学習アルゴリズムの訓練に対して、二つの可能なアプローチが存在する。機械学習の実施形態に基づいた特徴において、特徴 (例えば、テキストチャ特徴) は、例えば、回帰について構成することが可能な任意の、SVM、決定木、Knn 或いは線形モデル、へと送り込まれる。深層学習の実施形態において、超音波画像のピクセル値 (生ピクセル値と呼ぶことが出来る) は、直接的に使用される。上記実施形態において、機械学習方法は、CNN である。その他の実施形態において、決定木をしようすることが出来る。また更なる実施形態において、任意の適切な深層学習アプローチを使用することが出来る。

30

【0092】

上記で説明された実施形態において、機械学習アルゴリズムは、10 の異なる関心の解剖学的位置の画像を具備する、訓練データの全てに訓練される。様々な生体構造について機械学習アルゴリズムを訓練することにより、機械学習アルゴリズムは、訓練セットには含まれなかったその他の生体構造について使用することが出来るようになる。機械学習アルゴリズムは、様々な生体構造における良い画質に対応する画像特徴 (例えば、良好なコントラスト及び / 又は良好なエッジ定義) を好むことがある。単一の機械学習アルゴリズムは、幅広い範囲の異なる生体構造に対して使用することが出来る。

40

【0093】

単一の機械学習アルゴリズムを生体構造の幅広い範囲に対して使用することにより、超音波検査技師は、予測されたパラメータ値を取得するために、どの生体構造が現在観察されているのかについて公表する必要は無い。横断的な生体構造訓練は、全ての生体構造に

50

対する予測を改善することが出来る。機械学習アルゴリズムの訓練は、多重タスク学習の形式であると考えることが出来る。

【0094】

その他の実施形態において、個別の機械学習アルゴリズムが、異なる関心の解剖学的領域に対して訓練することが出来る。例えば、一つの機械学習アルゴリズムは、心臓の撮像における使用に対して訓練することが出来、また別の機械学習アルゴリズムは、胎児撮像における使用に対して訓練することが出来る。

【0095】

上記に説明された訓練方法は、超音波パラメータに対する最良な値を直接予測することを学習する。画質が定量化される介入ステージは存在しない。訓練サンプルは、品質に対して評価されない。代わりに、機械学習アルゴリズムは、超音波検査技師の好みのパラメータ値から画像のどのタイプが好まれるかについて学習する。

10

【0096】

グラウンドトゥルス収集は、超音波検査技師が例えば任意の品質スコアなど、任意の品質評価を提供する必要がないので、かなり簡素化することが出来る。係る超音波検査技師は、最良な画像だと考えるものを選ぶだけである。

【0097】

図5は、実施形態の方法の概要を描いているフローチャートである。図5の処理において、学習した予測器は、超音波収集に対するパラメータ値を予測するために使用される。本実施形態において、係る学習した予測器は、図2の方法を使用して訓練されている。その他の実施形態において、予測器の任意の訓練法を使用することが出来る。

20

【0098】

図5のステージ80で、収集回路24は、デフォルト設定Pを受け取る。係るデフォルト設定Pは、超音波パラメータのセットのそれぞれに対する個別の値を具備する。幾つかの実施形態において、デフォルト設定Pは、超音波検査技師によって提供される。デフォルト設定は、例えば超音波診断装置12の通常使用の間にプリセットとして使用することが可能な値等、プリセット値を具備することが出来る。幾つかの実施形態において、デフォルト設定Pは、収集回路24によって格納される。また幾つかの実施形態において、異なるデフォルト設定は、異なる解剖学的領域に対して、及び/又は、スキャンされる予定である被検体の異なる特徴（例えば、異なる患者サイズ）に対して、使用することが出来る。

30

【0099】

ステージ82で、超音波検査技師は、メイン表示スクリーン16上に所望の解剖学領域の画像が表示されるようにして、トランスデューサプローブ14を置く。同じ画像は、制御スクリーン18上に表示される。超音波検査技師は、制御スクリーン18上の画像において解剖学的領域の位置Lを示す。例えば、超音波検査技師は、図3を参考に上記で説明された通り、制御スクリーンにタッチすることで、位置Lを示すことが出来る。

【0100】

ステージ84で、収集回路24は、デフォルト設定Pを使用して超音波画像を収集するように超音波診断装置12を指示する。係る超音波診断装置12は、デフォルト設定を使用して超音波データのセットを収集し、且つ超音波画像Iを取得するために超音波データを処理する。収集回路24は、超音波画像I、ユーザ特定位置L、そしてパラメータ値Pを格納する。

40

【0101】

ステージ86で、収集回路24は、機械学習アルゴリズムを、超音波画像I、ユーザ特定位置L、そしてパラメータ値Pへと適用する。

【0102】

収集回路24は、ユーザ特定位置Lの周辺の領域I_Lに対する撮像情報を抽出する。本実施形態において、撮像情報は、ピクセル値を具備する。

50

【0103】

本実施形態において、収集回路24は、領域 I_L に対する撮像情報から特徴のセットを取得する。特徴のセットは、少なくとも一つの輝度分布と少なくとも一つのテクスチャ特徴とを具備する。その他の実施形態において、任意の適切な特徴を使用することが出来る。

【0104】

収集回路24による領域 I_L に対する撮像情報から取得された特徴のセットは、機械学習アルゴリズムの訓練において使用された特徴のセット x のサブセットとすることが出来る。例えば、特徴のセット x の特徴のうちの一つのみが、パラメータ値の予測へと寄与するということが、訓練において見出すことが出来る。

10

【0105】

収集回路24は、抽出された特徴を、訓練された機械学習アルゴリズムへと入力する。収集回路24も、パラメータ値 P のうちの一つを、訓練された機械学習アルゴリズムへと入力する。訓練された機械学習アルゴリズムへと入力された特徴は、パラメータ値の予測に対して寄与するための訓練において見つけ出された特徴である。

【0106】

機械学習アルゴリズムは、新たなパラメータのセット P を出力する。

【0107】

機械学習アルゴリズムは、任意の適切な特徴に基づいた訓練アルゴリズム、例えば図2を参照に上記で説明された様な訓練アルゴリズムをしようして訓練されていることがある。

20

【0108】

更なる実施形態において、機械学習アルゴリズムは、任意の適切な訓練法、例えば図4を参照に上記で説明された様な訓練法を使用して訓練されたニューラルネットワークを具備する。収集回路24は、撮像情報（例えば、ピクセル値）をニューラルネットワークへと供給する。収集回路24は、パラメータ値 P もニューラルネットワークへと提供することが出来る。ニューラルネットワークは、新たなパラメータのセット P を出力する。

【0109】

ステージ88で、収集回路24は、パラメータ値 P が収集したかどうかを判定する。係るパラメータ値 P が収集したかどうかを判定するために、任意の適切な方法を使用することが出来る。例えば、収集回路24は、各パラメータに対する初期値と、パラメータに対する新たな値との間の違いを決定することが出来る。パラメータ値が、しきい値以上に異なる場合に、パラメータ値は、収束したと考えることが出来る。幾つかの実施形態において、処理は、逐次の所定数にわたり（例えば、最後の二つ或いは三つの逐次にわたり）任意のパラメータに対する変化が所定のしきい値に比べて少ない場合に、処理は収束したと判断される。その他の実施形態において、処理は、逐次の最大数に達した場合に、収束したと判断される。

30

【0110】

異なるパラメータにわたりパラメータ値における差を比較するために、パラメータ空間がスケールされる。例えば、各パラメータに対する個別の分散を、訓練サンプルのセットから推定することが出来る。パラメータ空間は、その後各次元における単位分散を有するようにスケールすることが出来る。パラメータ空間におけるユークリッド（ L_2 ）距離は、パラメータの値のセット間の差を決定する際に、考えることが出来る。

40

【0111】

パラメータ値が収集しない場合に、図5の処理は、ステージ84へと戻る。収集回路24は、機械学習アルゴリズムによって生成されたパラメータ値 P に対する新たな値をしようして、画像データのセットを収集するように、超音波診断装置12を指示する。

【0112】

ステージ86で、収集回路24は、ステージ86の以前のレイに関して上記で説明された様な方法を使用して、パラメータ値の P の更なるセットを予測するために、機械学習ア

50

ルゴリズムを使用する。

【0113】

ステージ88で、収集回路24は、パラメータ値Pが収集したかどうか再び判定する。パラメータ値Pが収束していない場合に、処理はステージ84へと戻る。

【0114】

ステージ88の任意のレイで、パラメータ値Pが収束したことが見出された場合に、図5の処理は、ステージ90へと移る。現在のパラメータ値Pが好みであると見なされたら、被検体及び解剖学的領域に対するパラメータ値P*がスキャンされている。

【0115】

本実施形態において、パラメータの最適化は、図5の方法を使用して2秒で完了する。表示スクリーン16、18の両方は、適宜アップデートされる。収集回路24は、メイン表示スクリーン16と制御スクリーン18とに関して好みのパラメータ値P*を使用して収集された撮像データのセットを表示する。

10

【0116】

本実施形態において、アンドゥ機能がユーザに対して提供される。係るアンドゥ機能（アンドゥ設備と呼ぶこともある）は、図5の処理を使用して取得された好みのパラメータ値P*の代わりに、パラメータのオリジナルのデフォルトセットへとユーザが戻ることを承認する。その他の実施形態において、機能は、ユーザにパラメータ値の任意の前のセットへの立ち返りを承認するよう提供することが出来る。

【0117】

本実施形態において、超音波検査技師は、好みのパラメータ値P*へと最終的な手動調整を実行するよう選択することが出来る。例えば、図2の処理を実行している超音波検査技師は、グラウンドトゥルスデータを提供した超音波検査技師或いは複数の超音波検査技師に比べて、異なる好みを有する場合がある。

20

【0118】

図5の処理は、逐次ランタイム収集パラメータ予測を提供することが出来る。本実施形態において、図5の処理は、ステージ82で位置のユーザ特定を除いて、自動的に実行される。図5の処理において、超音波検査技師は、適当な位置をタッチすること以外に、任意の入力を提供する必要は無い。

【0119】

ステージ84から88まででパラメータ値Pを最適化する処理は、リアルタイムで実行される。ステージ84での各超音波収集は、例えば300ms掛かる場合がある。ステージ86の予測は、非常に速いことがある。例えば、予測ステージは、10msもかからないことがある。その他の実施形態において、予測ステージは、100msもかからないことがあるし、任意で50ms、更には任意で20msもかからないとすることが出来る。

30

【0120】

最適化処理は、例えば1秒、2秒以下、或いは5秒以下に実行することが出来る。最適化処理は、取得及び予測のいくつかの逐次を具備することがある。最適化処理について費やされる全体時間は、収集について費やされる時間によって支配されることがある。ステージ86の予測について費やされる時間は、ステージ84の収集について費やされる時間

40

【0121】

幾つかの実施形態において、図5の方法は、臨床検査を不当に遅らせることなく、臨床検査の一部として使用することが出来る。

【0122】

状況次第で、図5の方法は、超音波検査技師による手動最適化を通して取得されたであろうものに比べて、より速い及び/又はより良い超音波パラメータの最適化を提供することが出来る。状況によって、パラメータ最適化に対する図5の方法を使用することにより、例えば臨床面等、超音波検査のその他の面に超音波検査技師が集中することを許可する。

50

【 0 1 2 3 】

図 5 の方法を使用することにより、最適化パラメータ P^* は、少ない逐次数、例えば 5 或いはそれよりも少ない逐次数で見出すことが出来る。最適なパラメータに対して、ハードウェアパラメータが含まれる (involved) 場合に、少ない逐次数で取得されることが特に望ましいことがある。ハードウェアパラメータにおける変化で結果を取得するために、新たな収集を実行される必要があるだろう。実行される収集数を制限することが望ましいことがある。

【 0 1 2 4 】

図 5 の方法を使用するランタイム最適化は、直接的且つ沢山のパラメータに対して実現可能なものであることがある。図 5 の方法は、最適化に基づく勾配を含まない。

10

【 0 1 2 5 】

図 5 の方法は、迅速に多重パラメータを最適化する能力を備えることがある。図 5 の方法は、多様な解剖学的位置へと適応することが出来る (例えば、機械学習アルゴリズムが幅広い解剖学的位置に訓練された場合に)。

【 0 1 2 6 】

図 5 の方法は、手動調整によって通常提供することが出来たものに比べて、パラメータのより包括的な調整を提供することが出来る。図 5 の方法は、手動調整によって通常提供することが出来たものに比べて、より幅広いパラメータの調整を提供することが出来る。非生産的な検査時間を減らすことが出来る。検査において超音波検査技師の時間のより低い部分は、パラメータの調整に費やすことが出来る。超音波検査技師の時間のより高い割合を臨床検査に費やすことが出来る。

20

【 0 1 2 7 】

図 6 は、二つのパラメータのみに対する値が調整された場合 (実際に、より多くのパラメータに対する値を調整することが出来る) に、図 5 の処理を使用するパラメータ調整の概略図である。

【 0 1 2 8 】

第一のパラメータ P_1 に対する値が、図 6 の x 軸に示されている。第二のパラメータ P_2 に対する値が、 y 軸に示されている。

【 0 1 2 9 】

図 5 の処理は、パラメータ値のデフォルトセットで開始する。係るパラメータ値のデフォルトセットは、図 6 の点 S として示されている。画像データ I_S のセットは、パラメータ値のデフォルトセット S を使用して取得される。機械学習アルゴリズムは、図 6 に更なる点によって示されている様に、新たなパラメータ値のセット S を取得するために、画像データのセット I_S 、パラメータ値のデフォルトセット S 、そして位置 L へと適用される。 P_1 及び P_2 に対するパラメータ値が増加していることが見受けられる。

30

【 0 1 3 0 】

画像データのセット I_S は、パラメータ値 S を使用して取得される。機械学習アルゴリズムは、その後パラメータ値の更なるセット S を取得するために、画像データ I_S 、パラメータ値 S 、そして位置 L へと適用される。

【 0 1 3 1 】

画像データのセット I_S は、パラメータ値 S を使用して取得される。機械学習アルゴリズムは、その後パラメータ値の最終セットを取得するために、画像データ I_S 、パラメータ値 S 、そして位置 L へと適用される。パラメータ値の最終セットは、収束したということが発見され、そのため最適なパラメータ値のセット P^* として指定される。

40

【 0 1 3 2 】

状況次第で、深さパラメータは、その他のパラメータから違う様に取り扱うことが出来る。深さパラメータは、ユーザがディスプレイ上で L を示し、またディスプレイの座標系は公知であるので、ユーザ提供された位置 L から直接的に決定することが出来る。

【 0 1 3 3 】

50

上記に説明された実施形態において、単一の機械学習アルゴリズムは、同じ超音波診断装置12を使用して取得された40,000の訓練サンプルを使用して訓練される。一部の例で、グラウンドトゥルスデータは、同じ超音波検査技師によって全て取得することが出来る。

【0134】

更なる実施形態において、一つの超音波診断装置12に関して訓練された機械学習アルゴリズムは、その他の超音波診断装置、例えば同じモデルのその他の超音波診断装置について使用することが出来る。訓練データ及びグラウンドトゥルスデータの収集と最適なパラメータ予測の学習とは、例えばテストマシンを使用して、超音波診断装置の開発の間に実行することが出来る。

10

【0135】

幾つかの実施形態において、新たな機械学習アルゴリズムが、各特定の超音波診断装置に対して訓練することが出来る。例えば、訓練データ及び/又はグラウンドトゥルスデータの収集は、顧客サイトで繰り返すことが出来る。すなわち、処理回路22は、機械学習アルゴリズムを実装する超音波診断装置12において取得された所望の超音波画像と、所望の超音波画像に含まれる関心領域について所望とする画像情報が取得されたときの複数の超音波パラメータの値と、を用いて、顧客サイト(例えば、工場出荷後のユーザ側)において、トレーニングデータを更新することも可能である。この更新は、手動で行ってもよいし自動的に行ってもよい。機械学習アルゴリズムは、サイトの好み及び/又は個別の超音波検査技師の好みへと適用することが出来る。グラウンドトゥルスデータ収集の効率により、その様な適用を実行可能なものにすることが出来る。

20

【0136】

超音波検査技師によって画像特徴に関する好みが異なることがある。異なる超音波検査技師が同じ収集に対して異なる最適なパラメータで決定することがあるかもしれない。幾つかの実施形態において、機械学習アルゴリズムは、個別の超音波検査技師の好みに対して訓練される。

【0137】

幾つかの実施形態において、特定の超音波検査技師に対して機械学習アルゴリズムを訓練することは、当該超音波検査技師から新たなグラウンドトゥルスパラメータ値を取得することを具備する場合がある。その他の実施形態において、個別の超音波検査技師は、複数の保管された画像から複数の好みの画像を選択することが出来る。機械学習アルゴリズムは、超音波検査技師の好みに対して機械学習アルゴリズムを訓練し、或いは適用するために、選択された画像を使用することが出来る。

30

【0138】

上記での画像の収集に対する言及は、画像データのセットの収集(そして、任意で格納)を具備することが出来る。撮像データのその様なセットの収集は、例えば表示用の画像等、画像を表す画像データを収集するために、生撮像データ(例えば、生超音波データ)の処理を具備することが出来る。係る生撮像データの処理は、例えば、再構成、前処理及び/又はフィルタリングを具備することが出来る。

【0139】

40

上記に説明された方法は、任意の適切な医用撮像スキャナのパラメータに対する値を予測するために使用することが出来る。上記に説明された方法は、任意の適切なハードウェア及び/又はソフトウェアパラメータに対する値を予測するために使用することが出来る。また上記に説明された方法は、任意の適切なヒト及び/又は動物被検体の撮像へと適用することが出来る。

【0140】

幾つかの実施形態において、機械学習アルゴリズムは、特定の解剖学的領域に対して固有に訓練されている。その他の実施形態において、機械学習アルゴリズムは、解剖学的領域に依存しないアルゴリズムを使用することが出来る。

【0141】

50

特定の実施形態は、超音波収集パラメータを最適化するための医用撮像法を次の方法により、提供する。つまり、ユーザ提供された関心の位置、収集された画像、与えられた位置及び現在のパラメータから最良なパラメータの機械学習による予測、臨床検査官に学習された予測判断材料の逐次的なアプリケーション、である。

【0142】

機械学習アルゴリズムは、関心のあるユーザ提供された位置の周りの領域から計測された輝度分布及びテクスチャ特徴に基づくことがある。機械学習アルゴリズムは、画像特徴を学習するために、畳み込みニューラルネットワークを使用することが出来る。

【0143】

画像特徴、パラメータ値、関心の位置は、SVM、決定木、ロジスティック回帰等の分類器によって組み合わせることが出来る。画像特徴、パラメータ値、関心の位置は、畳み込みニューラルネットワークへと追加される緻密総によって組み合わせることが出来る。

【0144】

訓練データは、単一の超音波検査技師が特定したパラメータセットが伴った、ランダム化されたパラメータ値を使用して各患者及び生体構造に対する多重画像を収集することで収集することが出来る。

【0145】

以上述べた本実施形態に係る超音波診断装置によれば、超音波画像の基となるデータの収集に関する収集パラメータを含む複数の超音波パラメータの適用値に従って、超音波画像を取得する。そして、超音波画像の関心領域内の画像情報からテクスチャ特徴を抽出し、関心領域について所望とする画像情報が取得されたときの複数の超音波パラメータの値を用いてトレーニングされた機械学習アルゴリズムに従って、テクスチャ特徴から超音波画像の関心領域内の画像情報を最適化するための複数の超音波パラメータの最適値を予測する。余得された最適値は、適用値として設定され、超音波画像の取得の例に適用される。従って、超音波パラメータに含まれるハードウェアパラメータ及びソフトウェアパラメータのいずれであっても、ユーザは所望する超音波画像を取得可能な超音波パラメータの値を、経験によらず最適な値に簡単且つ迅速に設定・調整することができる。

【0146】

また、本実施形態に係る超音波パラメータ学習装置によれば、複数の被検体の複数の解剖学的領域のそれぞれに対して、所望の超音波画像と、当該超音波画像の関心領域について所望とする画像情報が取得されたときの複数の超音波パラメータの値と、を含むトレーニングデータを取得する。そして、取得されたトレーニングデータを用いて、複数の超音波パラメータに関する適用値に基づいて収集された超音波画像の関心領域内の画像情報からテクスチャ特徴を抽出し、テクスチャ特徴から関心領域内の画像情報を最適化するための複数の超音波パラメータの最適値を予測するように、機械学習アルゴリズムを学習させる。従って、複数の超音波パラメータに関する値を予測する機械学習アルゴリズムを訓練することができる。その結果、当該機械学習アルゴリズムを実装した装置により、超音波パラメータに含まれるハードウェアパラメータ及びソフトウェアパラメータのいずれであっても、ユーザは所望する超音波画像を取得可能な超音波パラメータの値を、経験によらず最適な値に簡単且つ迅速に設定・調整することができる。

【0147】

特定の実施形態は、超音波画像に基づいたエコーデータを収集するために収集パラメータを含む撮像パラメータのアプリケーション値を設定し；前記アプリケーション値に従って前記超音波画像を収集し；前記超音波画像における関心のセットの領域における画像情報からテクスチャ特徴を抽出し；前記テクスチャ特徴及び前記撮像パラメータの許容値を使用して訓練された機械学習アルゴリズムを使用して前記画像情報を最適化するための前記撮像パラメータの最適値を予測し、前記許容値は許容可能な画像情報が前記関心の領域において収集された場合であること、前記アプリケーション値として前記最適値を設定する、よう構成された処理回路を具備する超音波診断装置であってもよい。

【0148】

10

20

30

40

50

収集パラメータは、波形パラメータ、送信された超音波の周波数、或いは受けとられた超音波の周波数を具備することが出来る。処理回路は、前記アプリケーション値をベクトル化し；前記ベクトル化されたアプリケーション値と関心の領域の位置とを更に使用して前記最適値を予測する、よう構成することが出来る。処理回路は、前記アプリケーション値の前記設定から前記最適値の前記予測まで、二つ或いはそれ以上の回数、一連の処理を繰り返すよう構成することが出来る。前記超音波診断装置は、前記超音波画像を表示し；前記表示された超音波画像における前記関心の領域の前記設定を受け取る、よう構成されたタッチコマンドスクリーンを更に具備することが出来る。

【0149】

本明細書では、特定の回路について説明してきた。代替の実施形態では、これらの回路のうち1つ又は複数の機能は単一の処理リソース又はその他の構成要素によって提供可能であり、或いは、単一の回路によって提供される機能は、組み合わせられた2つ以上の処理リソース又はその他の構成要素によって提供可能である。単一の回路への言及は、その回路の機能を提供する複数の構成要素が互いに遠隔であるかどうかに関わらず、その様な構成要素を包含し、複数の回路への言及は、それらの回路の機能を提供する単一の構成要素を包含する。

10

【0150】

特定の実施形態について説明してきたが、これらの実施形態は、例として提示したにすぎず、本発明の範囲を限定することを意図したものではない。実際、本明細書で説明する新規な方法及びシステムはさまざまなその他の形態で実施することができる。そのうえ、本明細書で説明する方法及びシステムの形態におけるさまざまな省略、置き換え、及び変更は、本発明の趣旨から逸脱することなく行うことができる。添付の特許請求の範囲及びその等価物は、本発明の範囲に含まれるこのような形態又は変形形態を包含することを意図するものである。

20

【符号の説明】

【0151】

10 ... 医用画像診断装置、12 ... 超音波診断装置、14 ... トランスデューサプローブ、16 ... 表示スクリーン、18 ... 制御スクリーン、20 ... スキャナコンソール、22 ... 処理回路、24 ... 収集回路、26 ... 訓練回路、28 ... 機械学習回路、30 ... データストア

【 図 1 】

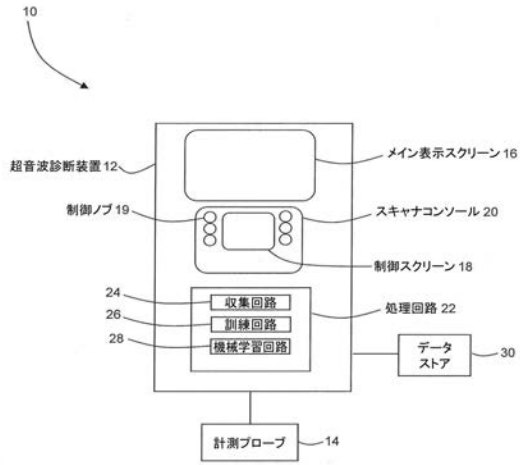


Fig. 1

【 図 2 】

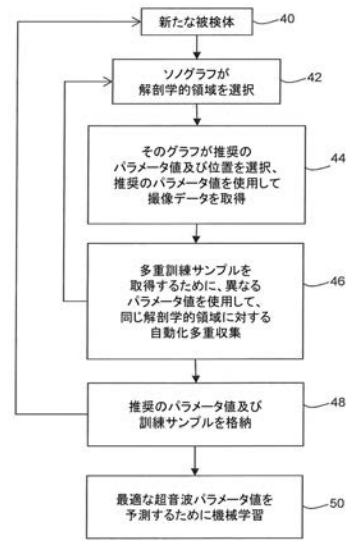


Fig. 2

【 図 3 】

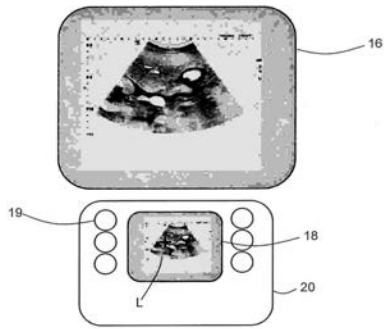


Fig. 3

【 図 4 】

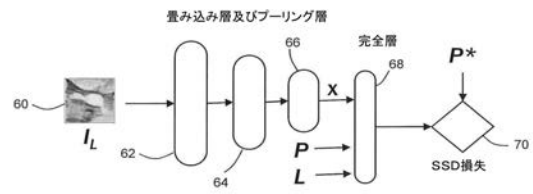


Fig. 4

【 図 5 】

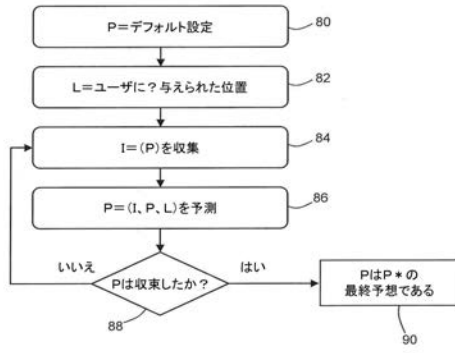


Fig. 5

【 図 6 】

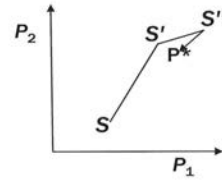


Fig. 6

フロントページの続き

(72)発明者 イアン プール

イギリス国、 エジンバラ イーエイチ6・5エヌピー、 アンダーソン・プレイス 2、 ボニントンボンド キヤノンメディカルリサーチヨーロッパ内

(72)発明者 松永 智史

栃木県大田原市下石上1385番地 キヤノンメディカルシステムズ株式会社内

Fターム(参考) 4C601 EE09 EE11 JB53 JC06 JC09 JC37 KK25 KK35 KK45

专利名称(译)	超声诊断设备，超声参数学习设备，超声诊断设备控制程序和超声参数学习程序		
公开(公告)号	JP2019209130A	公开(公告)日	2019-12-12
申请号	JP2019080956	申请日	2019-04-22
[标]发明人	イアンプール 松永智史		
发明人	イアン プール 松永 智史		
IPC分类号	A61B8/14		
CPC分类号	A61B8/465 A61B8/469 A61B8/58 G06N3/0454 G06N3/084 G06N5/003 G06N20/10 G06N20/20 G16H30/20 G16H30/40 G16H50/20 A61B5/7267 A61B8/52 G06N3/08 G06T7/11 G06T2207/10132 G06T2207/20081 G06T2207/30004		
FI分类号	A61B8/14		
F-TERM分类号	4C601/EE09 4C601/EE11 4C601/JB53 4C601/JC06 4C601/JC09 4C601/JC37 4C601/KK25 4C601/KK35 4C601/KK45		
代理人(译)	河野直树 井上 正 金子早苗		
优先权	16/001,981 2018-06-07 US		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

为了提供一种超声诊断设备等，无论是硬件参数还是软件参数，都可以在不依赖经验的情况下简单，快速地调整到最佳值。解决方案：超声诊断设备包括：包括与作为超声图像的基础的数据收集有关的收集参数的多个超声参数的应用值获取超声图像；预测单元，其从超声图像中感兴趣区域中的图像信息中提取纹理特征，并根据机器学习算法在获取关于该区域所需的图像信息时使用多个超声参数的值进行训练 根据纹理特征预测多个超声参数的最优值，以优化超声图像中感兴趣区域中的图像信息；设置单元将最佳值设置为应用程序值。选定的图纸：图1

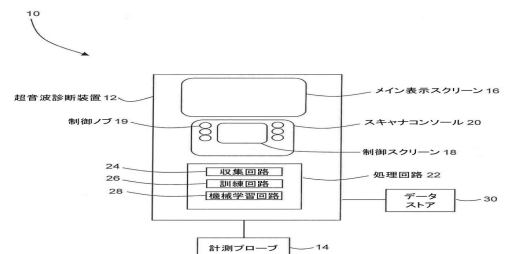


Fig. 1