

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5611546号
(P5611546)

(45) 発行日 平成26年10月22日 (2014. 10. 22)

(24) 登録日 平成26年9月12日 (2014. 9. 12)

(51) Int. Cl. F 1
A 6 1 B 8/00 (2006. 01)
A 6 1 B 5/00 (2006. 01)

A 6 1 B 8/00
A 6 1 B 5/00 G

請求項の数 10 (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2009-156318 (P2009-156318)	(73) 特許権者	000003078
(22) 出願日	平成21年6月30日 (2009. 6. 30)		株式会社東芝
(65) 公開番号	特開2011-10775 (P2011-10775A)		東京都港区芝浦一丁目1番1号
(43) 公開日	平成23年1月20日 (2011. 1. 20)	(73) 特許権者	594164542
審査請求日	平成24年6月19日 (2012. 6. 19)		東芝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	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動診断支援装置、超音波診断装置及び自動診断支援プログラム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

医用画像診断装置によって取得された所定の被検体に関する医用情報を用いて、当該被検体に関する複数のパラメータを抽出すると共に、予め取得された健康者及び非健康者に関する医用情報を用いて、前記健康者に関する複数の第1のパラメータと、前記非健康者における複数の疾患のそれぞれに関する前記複数の第2のパラメータとを抽出する抽出手段と、

前記複数の第1のパラメータを項目因子としてMTシステムを実行することで生成される前記健康者の状態空間における第1の物差しを計算し、前記非健康者の複数の第2のパラメータを項目因子としてMTシステムを実行することで生成される前記疾患症例毎の状態空間における複数の第2の物差しを計算し、前記被検体に関する複数のパラメータを項目因子としてMTシステムを実行することで、前記被検体と前記健康者及び前記複数の疾患の状態空間との間のそれぞれの距離を計算する計算手段と、

前記第1の前記物差しおよび前記疾患症例毎の前記複数の第2の物差しと前記被検体の前記複数の疾患症例毎の状態空間からの前記それぞれの距離とを用いて、前記被検体の健康状態が正常であるか異常であるかを判定し、及び健康状態が異常である場合の疾患種別を判定する判定手段と、

前記判定の結果に基づいて、診断支援情報を生成する支援情報生成手段と、

前記診断支援情報を所定の形態で表示する表示手段と、

を具備することを特徴とする自動診断支援装置。

10

20

【請求項 2】

前記医用画像診断装置は、超音波診断装置であることを特徴とする請求項 1 記載の自動診断支援装置。

【請求項 3】

前記所定のパラメータは、Bモード画像に関するパターン認識データ、ドプラ波形による波形パターン認識データ、ドプラ自動計測による診断指標、心電図に基づく診断指標のうちの少なくとも一つを含むことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の自動診断支援装置。

【請求項 4】

前記計算手段は、前記各疾患に関する物差し及び前記被検体の前記各疾患の非健常者の状態空間からの距離を正規化し、

10

前記判定手段は、

正規化された前記各疾患症例に関する物差し及び正規化された前記被検体の前記各疾患の非健常者の状態空間からの距離を用いて、疾患判別の相対的距離を計算し、

前記疾患判別の相対的距離に基づいて、前記被検体の疾患種別を判定すること、

を特徴とする請求項 1 乃至 3 のうちいずれか一項記載の自動診断支援装置。

【請求項 5】

前記支援情報生成手段は、前記診断支援情報として、各疾患を変数するレーダーチャートを生成することを特徴とする請求項 1 乃至 4 のうちいずれか一項記載の自動診断支援装置。

【請求項 6】

20

前記支援情報生成手段は、各疾患につき外周に行くほど当該疾患の可能性が高くなり、且つ正常と推定される範囲を参照表示する前記レーダーチャートを生成することを特徴とする請求項 5 記載の自動診断支援装置。

【請求項 7】

前記支援情報生成手段は、前記診断支援情報として、前記各疾患の可能性を示すための定量値又はヒストグラムを生成することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のうちいずれか一項記載の自動診断支援装置。

【請求項 8】

前記医用画像診断装置による前記医用情報の取得の完了に連動して、当該装置の動作タイミングを制御する制御手段をさらに具備することを特徴とする請求項 1 乃至 7 のうちいずれか一項記載の自動診断支援装置。

30

【請求項 9】

所定の被検体を超音波走査し、当該被検体に関する超音波データを取得する超音波データ取得手段と、

前記超音波データを含む前記被検体に関する医用情報を用いて、当該被検体に関する複数のパラメータを抽出すると共に、予め取得された健常者及び非健常者に関する医用情報を用いて、前記健常者に関する複数の第 1 のパラメータと、前記非健常者における複数の疾患のそれぞれに関する前記複数の第 2 のパラメータとを抽出する抽出手段と、

前記複数の第 1 のパラメータを項目因子として MT システムを実行することで生成される前記健常者の状態空間における第 1 の物差しを計算し、前記非健常者の複数の第 2 のパラメータを項目因子として MT システムを実行することで生成される前記疾患症例毎の状態空間における複数の第 2 の物差しを計算し、前記被検体に関する複数のパラメータを項目因子として MT システムを実行することで、前記被検体と前記健常者及び前記複数の疾患の状態空間との間のそれぞれの距離を計算する計算手段と、

40

前記第 1 の前記物差しおよび前記疾患症例毎の前記複数の第 2 の物差しと前記被検体の前記複数の疾患症例毎の状態空間からの前記それぞれの距離とを用いて、前記被検体の健康状態が正常であるか異常であるかを判定し、及び健康状態が異常である場合の疾患種別を判定する判定手段と、

前記判定の結果に基づいて、診断支援情報を生成する支援情報生成手段と、

前記診断支援情報を所定の形態で表示する表示手段と、

50

を具備することを特徴とする超音波診断装置。

【請求項10】

コンピュータに、

医用画像診断装置によって取得された所定の被検体に関する医用情報を用いて、当該被検体に関する複数のパラメータを抽出すると共に、予め取得された健常者及び非健常者に関する医用情報を用いて、前記健常者に関する複数の第1のパラメータと、前記非健常者における複数の疾患のそれぞれに関する前記複数の第2のパラメータとを抽出する抽出機能と、

前記複数の第1のパラメータを項目因子としてMTシステムを実行することで生成される前記健常者の状態空間における第1の物差しを計算し、前記非健常者の複数の第2のパラメータを項目因子としてMTシステムを実行することで生成される前記疾患症例毎の状態空間における複数の第2の物差しを計算し、前記被検体に関する複数のパラメータを項目因子としてMTシステムを実行することで、前記被検体と前記健常者及び前記複数の疾患の状態空間との間のそれぞれの距離を計算する計算機能と、

前記第1の前記物差しおよび前記疾患症例毎の前記複数の第2の物差しと前記被検体の前記複数の疾患症例毎の状態空間からの前記それぞれの距離とを用いて、前記被検体の健康状態が正常であるか異常であるかを判定し、及び健康状態が異常である場合の疾患種別を判定する判定機能と、

前記判定の結果に基づいて、診断支援情報を生成する支援情報生成機能と、

前記診断支援情報を所定の形態で表示する表示機能と、

を実現させることを特徴とする自動診断支援プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、画像を用いたコンピュータ支援診断（computer-aided diagnosis：CAD）に関するもので、特に、異なるアルゴリズムに従う複数の読影結果を用いるコンピュータ支援診断に関する。

【背景技術】

【0002】

コンピュータ支援診断とは、診断における最終判断は医師が行うことを前提としつつ、医師や技師による画像診断の負荷を低減させるため、画像パターン認識技術等を用いて、入力したデジタル画像から検出した病巣候補の位置や、コンピュータを用いて解析した定量的な結果を画像上にわかりやすく提示するものである。この技術は、例えば胸部X線写真や集団検診用CT画像による肺癌の検診、乳癌マンモグラフィの自動スクリーニングシステム、胃癌の検出システム、超音波画像診断における循環器ドプラ診断等に用いられる。

【0003】

このようなコンピュータ支援診断を用いた自動診断支援装置では、近年、MT（Mahalanobis（マハラノビス）・Taguchi（タグチ））システムと呼ばれる手法が用いられている。MTシステムとは、品質工学において多変の項目（多変量）を総合して新しい尺度を構成する手法であり、その類型として、MT（Mahalanobis Taguchi）法、T（Taguchi）法、MTA（Mahalanobis Taguchi Ajoint）法、TS（Taguchi schmitt）法等がある。このMTシステムが被検体の正常／異常の識別判断に応用され始めて約5年経ち、近年では、特殊な応用として肝疾患種類の判別にSN比の要因効果パターンによる識別が試みられている。

【0004】

なお、本願発明に関連する公知文献としては、次の様なものがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【非特許文献1】 “心臓超音波検査法トレーニングプロトコルの評価 ―正確性と再現

10

20

30

40

50

性について— ” J Med Ultrasonics Vol.29 No.6 p537-544 (2002)

【非特許文献2】“ 我国における心エコー図のルーチン検査の現状（アンケート調査 — 第2報— ” Jpn J Med Ultrasonics Vol.32 No.3 p329-337 (2005)

【非特許文献3】“ 心エコー図検査による加齢の心機能に対する影響の検討 ” J Med Ultrasonics Vol.29 No.2 p145-151 (2002)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、従来の自動診断支援装置においては次のような問題がある。

【0007】

すなわち、画像パターン認識技術としてはニューラルネットワーク、主成分分析法、多変量解析(回帰分析/因子分析)が主流であり、交互作用、モデルパターンの抽出、パラメータの変動範囲、主成分の選別方式などに統一性がない。従って、現在においても汎用的な解析手法が確立されておらず、信憑性／再現性に乏しいものとなっている。

【0008】

また、例えばMTシステムを用いた肝疾患種別の判別方法についても、健常者の状態空間をもとにした異常パターンでの、個々の症例の距離が離れる要因パターンの分析を行っている。このため、例えば肝臓では好適な自動判定ができて、他の疾患判別に役立つかどうか(汎用性があるかどうか)不明である。

【0009】

本発明は、上記事情を鑑みてなされたもので、MTシステムを用いて疾患症例毎の尺度を作成し、当該尺度と自動計測によって取得された項目とを用いて汎用性の高い自動診断支援を実行可能な自動診断支援装置、超音波診断装置及び自動診断支援プログラムを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、上記目的を達成するため、次のような手段を講じている。

【0011】

請求項1に記載の発明は、医用画像診断装置によって取得された所定の被検体に関する医用情報を用いて、当該被検体に関する複数のパラメータを抽出すると共に、予め取得された健常者及び非健常者に関する医用情報を用いて、前記健常者に関する複数の第1のパラメータと、前記非健常者における複数の疾患のそれぞれに関する前記複数の第2のパラメータとを抽出する抽出手段と、前記複数の第1のパラメータを項目因子としてMTシステムを実行することで生成される前記健常者の状態空間における第1の物差しを計算し、前記非健常者の複数の第2のパラメータを項目因子としてMTシステムを実行することで生成される前記疾患症例毎の状態空間における複数の第2の物差しを計算し、前記被検体に関する複数のパラメータを項目因子としてMTシステムを実行することで、前記被検体と前記健常者及び前記複数の疾患の状態空間との間のそれぞれの距離を計算する計算手段と、前記第1の前記物差しおよび前記疾患症例毎の前記複数の第2の物差しと前記被検体の前記複数の疾患症例毎の状態空間からの前記それぞれの距離とを用いて、前記被検体の健康状態が正常であるか異常であるかを判定し、及び健康状態が異常である場合の疾患種別を判定する判定手段と、前記判定の結果に基づいて、診断支援情報を生成する支援情報生成手段と、前記診断支援情報を所定の形態で表示する表示手段と、を具備することを特徴とする自動診断支援装置である。

請求項9に記載の発明は、所定の被検体を超音波走査し、当該被検体に関する超音波データを取得する超音波データ取得手段と、前記超音波データを含む前記被検体に関する医用情報を用いて、当該被検体に関する複数のパラメータを抽出すると共に、予め取得された健常者及び非健常者に関する医用情報を用いて、前記健常者に関する複数の第1のパラメータと、前記非健常者における複数の疾患のそれぞれに関する前記複数の第2のパラメータとを抽出する抽出手段と、前記複数の第1のパラメータを項目因子としてMTシステ

10

20

30

40

50

ムを実行することで生成される前記健常者の状態空間における第1の物差しを計算し、前記非健常者の複数の第2のパラメータを項目因子としてMTシステムを実行することで生成される前記疾患症例毎の状態空間における複数の第2の物差しを計算し、前記被検体に関する複数のパラメータを項目因子としてMTシステムを実行することで、前記被検体と前記健常者及び前記複数の疾患の状態空間との間のそれぞれの距離を計算する計算手段と、前記第1の前記物差しおよび前記疾患症例毎の前記複数の第2の物差しと前記被検体の前記複数の疾患症例毎の状態空間からの前記それぞれの距離とを用いて、前記被検体の健康状態が正常であるか異常であるかを判定し、及び健康状態が異常である場合の疾患種別を判定する判定手段と、前記判定の結果に基づいて、診断支援情報を生成する支援情報生成手段と、前記診断支援情報を所定の形態で表示する表示手段と、を具備することを特徴とする超音波診断装置である。

10

請求項10に記載の発明は、コンピュータに、医用画像診断装置によって取得された所定の被検体に関する医用情報を用いて、当該被検体に関する複数のパラメータを抽出すると共に、予め取得された健常者及び非健常者に関する医用情報を用いて、前記健常者に関する複数の第1のパラメータと、前記非健常者における複数の疾患のそれぞれに関する前記複数の第2のパラメータとを抽出する抽出機能と、前記複数の第1のパラメータを項目因子としてMTシステムを実行することで生成される前記健常者の状態空間における第1の物差しを計算し、前記非健常者の複数の第2のパラメータを項目因子としてMTシステムを実行することで生成される前記疾患症例毎の状態空間における複数の第2の物差しを計算し、前記被検体に関する複数のパラメータを項目因子としてMTシステムを実行することで、前記被検体と前記健常者及び前記複数の疾患の状態空間との間のそれぞれの距離を計算する計算機能と、前記第1の前記物差しおよび前記疾患症例毎の前記複数の第2の物差しと前記被検体の前記複数の疾患症例毎の状態空間からの前記それぞれの距離とを用いて、前記被検体の健康状態が正常であるか異常であるかを判定し、及び健康状態が異常である場合の疾患種別を判定する判定機能と、前記判定の結果に基づいて、診断支援情報を生成する支援情報生成機能と、前記診断支援情報を所定の形態で表示する表示機能と、を実現させることを特徴とする自動診断支援プログラムである。

20

【発明の効果】

【0014】

30

以上本発明によれば、MTシステムを用いて疾患症例毎の尺度を作成し、当該尺度と自動計測によって取得された項目とを用いて汎用性の高い自動診断支援を実行可能な自動診断支援装置、超音波診断装置及び自動診断支援プログラムを実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【0015】

【図1】図1は、本実施形態に係る自動診断支援システム1のブロック構成図を示している。

【図2】図2は、マハラノビス距離の一般的な計算の流れを示したフローチャートである。

【図3】図3は、マハラノビス距離を用いた判定処理の概念を説明するための図である。

40

【図4】図4は、MTシステムのSN比を用いた原因診断を説明するための図である。

【図5】図5は、本自動診断支援機能に従う処理（自動診断支援処理）の流れを示したフローチャートである。

【図6】図6（a）、（b）、（c）は、ステップS4において解析ユニット34が実行する判定処理の概念を説明するための図である。

【図7】図7は、相対的距離を基準とする当該患者甲についての各状態空間（単位空間）からの近さを説明するための図である。

【図8】図8は、ステップS5において生成される診断支援情報としてのヒストグラムの一例を示した図である。

【図9】図9（a）、（b）は、良好な結果が得られたDCMのヒストグラムと、判別困

50

難だったARのヒストグラムを示した図である。

【図10】図10は、本ステップS5において生成される診断支援情報としてのレーダーチャートの他の例を示した図である。

【図11】図11は、本ステップS5において生成される診断支援情報としてのレーダーチャートの他の例を示した図である。

【図12】図12は、健常者と非健常者(全疾患)のマハラノビス距離(MD値)ヒストグラムを示した図である。

【図13】図13は、疾患別の健常者との判別を評価するための各疾患毎(DCM、MR、AS、AR)のヒストグラムを示した図である。

【図14】図14は、本実施例において生成された、マハラノビス距離(MD値)に関する疾患毎のヒストグラムを示している。

【発明を実施するための形態】

【0016】

以下、本発明の実施形態を図面に従って説明する。なお、以下の説明において、略同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一符号を付し、重複説明は必要な場合のみ行う。

【0017】

図1は、本実施形態に係る自動診断支援システム1のブロック構成図を示している。同図に示すように、本自動診断支援システム1は、超音波診断装置2と、自動診断支援装置3とから構成されている。なお、本自動診断支援システム1を構成する超音波診断装置2と自動診断支援装置3とは、別体でも一体でも構わない。また、自動診断支援装置3を超音波診断装置2に内蔵させ、超音波診断装置3そのものが自動診断支援システム1となる構成であってもよい。超音波診断装置2、自動診断支援装置3のそれぞれの構成について、以下説明する。

【0018】

(超音波診断装置)

超音波診断装置2は、超音波プローブ20、送受信ユニット21、Bモード処理ユニット22、ドプラ処理ユニット23、画像・波形生成ユニット24、画像合成ユニット25、表示ユニット26を具備している。

【0019】

超音波プローブ20は、超音波送受信ユニット21からの駆動信号に基づき超音波を発生し、被検体からの反射波を電気信号に変換する複数の圧電振動子、当該圧電振動子に設けられる整合層、当該圧電振動子から後方への超音波の伝播を防止するバックリング材等を有している。当該超音波プローブ20から被検体Pに超音波が送信されると、当該送信超音波は、体内組織の音響インピーダンスの不連続面で次々と反射され、エコー信号として超音波プローブ20に受信される。このエコー信号の振幅は、反射することになった反射することになった不連続面における音響インピーダンスの差に依存する。また、送信された超音波パルスが、移動している血流や組織で反射された場合のエコーは、ドプラ効果により移動体の超音波送信方向の速度成分を依存して、周波数偏移を受ける。

【0020】

送受信ユニット21は、図示しないトリガ発生回路、遅延回路およびパルサ回路等を有している。パルサ回路では、所定のレート周波数 f_r Hz(周期; $1/f_r$ 秒)で、送信超音波を形成するためのレートパルスが繰り返し発生される。また、遅延回路では、チャンネル毎に超音波をビーム状に集束し且つ送信指向性を決定するのに必要な遅延時間が、各レートパルスに与えられる。トリガ発生回路は、このレートパルスに基づくタイミングで、プローブ20に駆動パルスを印加する。

【0021】

また、送受信ユニット21は、図示していないアンプ回路、A/D変換器、加算器等を有している。アンプ回路では、プローブ20を介して取り込まれたエコー信号をチャンネル毎に増幅する。A/D変換器では、増幅されたエコー信号に対し受信指向性を決定する

10

20

30

40

50

のに必要な遅延時間を与え、その後加算器において加算処理を行う。この加算により、エコー信号の受信指向性に応じた方向からの反射成分が強調され、受信指向性と送信指向性により超音波送受信の総合的なビームが形成される。

【0022】

Bモード処理ユニット22は、送受信ユニット21からエコー信号を受け取り、対数増幅、包絡線検波処理などを施し、信号強度が輝度の明るさで表現されるBモード画像データを生成する。

【0023】

ドプラ処理ユニット23は、送受信ユニット21から受け取ったエコー信号から速度情報を周波数解析し、ドプラ効果による血流や組織、造影剤エコー成分を抽出し、平均速度、分散、パワー等の血流情報を多点について求める。得られた血流情報は画像生成ユニット25に送られ、平均速度画像、分散画像、パワー画像、これらの組み合わせ画像としてモニター14にカラー表示される。

10

【0024】

画像・波形生成ユニット24は、超音波スキャンの走査線信号列を、テレビなどに代表される一般的なビデオフォーマットの走査線信号列に変換し、表示画像としての超音波診断画像やドプラ波形を生成する。また、画像・波形生成ユニット24は、画像データを格納する記憶メモリを搭載しており、3次元画像の再構成処理などを行うことが可能である。また、例えば診断の後に操作者が検査中に記録された画像を呼び出すことが可能となっている。なお、当該画像・波形生成ユニット24に入る以前のデータは、「生データ」と呼ばれることがある。

20

【0025】

画像合成ユニット25は、画像・波形生成ユニット24から受け取った画像を種々のパラメータの文字情報や目盛等と共に合成し、ビデオ信号としてモニター14に出力する。3次元の再構成プログラムや本発明の画像処理プログラム等も、ここに格納されており、操作者の指示などにより、これらのプログラムは起動される。

【0026】

表示ユニット26は、画像合成ユニット25からのビデオ信号に基づいて、生体内の形態学的情報や、血流情報を画像として表示する。

【0027】

なお、本超音波診断装置2は、上記各構成要素のほか、例えば、オペレータからの各種指示、条件、関心領域（ROI）の設定指示、種々の画質条件設定指示等を当該装置2にとりこむための各種スイッチ、ボタン、トラックボール、マウス、キーボード等からなる入力ユニットや、ネットワークを介して他の装置とデータを送受信するための送受信ユニット等を具備している。

30

【0028】

（自動診断支援装置）

自動診断支援装置3は、データベースユニット30、MTシステム実行ユニット32、解析ユニット34、診断支援情報生成ユニット36、表示ユニット38を具備している。

【0029】

データベースユニット30は、健常者データベース301と非健常者データベース303とを有する。

40

【0030】

健常者データベース301は、複数の健常者に関する複数の自動計測値、超音波診断装置によって取得されたBモード画像データ、超音波診断装置によって取得されたドプラ計測データ、超音波診断装置以外の医用画像診断装置（例えば、X線コンピュータ断層撮影装置、磁気共鳴イメージング装置、X線診断装置、核医学診断装置等）によって取得された画像データ、ECG波形等を記憶する。なお健常者とは、計測値が計測された時点において「心臓機能に関する疾患を患っていない」と医師により判断された人のことである。

【0031】

50

非健常者データベース303は、各疾患について、複数の非健常者に関する複数の自動計測値、超音波診断装置によって取得されたBモード画像データ、超音波診断装置によって取得されたドプラ計測データ、超音波診断装置以外の医用画像診断装置（例えば、X線コンピュータ断層撮影装置、磁気共鳴イメージング装置、X線診断装置、核医学診断装置等）によって取得された画像データ、ECG波形等を記憶する。ここで、非健常者とは、「後述する自動診断支援機能による疾患の判別対象となっている何れかの疾患を患っている」と医師により判断された人のことである。従って、MTシステムにおいては、非健常者は、健常者の状態空間に属さない。疾患の種類としては、例えば、心肥大、心筋梗塞、僧帽弁逆流、大動脈弁逆流、中隔欠損、貧脈・余脈等がある。しかしながら、疾患の種類はこれに限定する必要はなく、上記疾患以外の疾患であっても適用可能である。

10

【0032】

MTシステム実行ユニット32は、健常者データベース301に記憶されている各種計測値（診断指標）、画像パターン、ドプラ波形からパラメータを抽出し、抽出したパラメータを項目因子として多変量の健常者の状態空間を生成し、マハラノビス距離（物差し）を計算する。また、MTシステム実行ユニット32は、非健常者データベース303に記憶されている疾患毎の各種計測値（診断指標）、画像パターン、ドプラ波形からパラメータを抽出し、抽出したパラメータを項目因子として、疾患毎に多変量の非健常者の状態空間を生成し、疾患毎のマハラノビス距離（物差し）を計算する。さらに、MTシステム実行ユニット32は、超音波診断装置2によって自動計測された所定患者に関する自動計測値（診断指標）、画像パターン、ドプラ波形からパラメータを抽出し、抽出したパラメータを項目因子として、当該患者に関する、各疾患に対応する各状態空間からのマハラノビス距離を計算する。

20

【0033】

解析ユニット34は、所定患者に関する各疾患の状態空間からの各マハラノビス距離と、各疾患の状態空間毎に計算された物差しとに基づいて、当該患者の健康状態が正常であるか異常であるか、及び異常である場合の疾患種別を判定する。

【0034】

図2は、マハラノビス距離の一般的な計算の流れを示したフローチャートである。同図に示すように、まず、各計測項目 j （ $1 \leq j \leq n$ ）について、計測値ベクトル $x_{ij} = (x_{1j}, x_{2j}, \dots, x_{mj})$ の平均値と標準偏差 σ_j とを算出する（ステップSa）。次に、算出された x_{ij} の平均値と分散値 σ_j とを用いて、式（1）に従って各計測値ベクトル x_{ij} を正規化し、正規化された計測値ベクトル $X_{ij} = (X_{1j}, X_{2j}, \dots, X_{mj})$ を算出する（ステップSb）。

30

【数1】

$$X_{ij} = (x_{ij} - \bar{x}_j) / \sigma_j \quad (1)$$

$$\sigma_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_i (x_{ij} - \bar{x}_j)^2} \quad (2)$$

40

【0035】

なお、母集団の σ は、マハラノビス距離の平均値が1となるように、式（2）に従って操作（正規化）される。また、上記ステップSa、ステップSbの処理は、全て（ n 個）の計測項目について行なわれる。

【0036】

次に、項目毎の正規化された計測値ベクトル X_{ij} を用いて、次の式（3）、式（4）に従って相関行列 R とその逆行列 R^{-1} が計算される（ステップSc）。

【数 2】

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{k1} & r_{k2} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$R^{-1} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1k} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2k} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{k1} & a_{k2} & \dots & a_{kk} \end{bmatrix} \quad (4) \quad 10$$

ここで、 $1=1 \sim n$ の相関関数は $r_{ij} = (\sum X_{i1} \cdot X_{j1}) / n$
 逆行列は汎用な解法を用いる。

【0037】

次に、相関行列の逆行列 R^{-1} を用いて、次の式 (5)、(6)、(7)、(8) に従 20
 って、マハラノビス距離 (MD) の平方 D^2 を算出する (ステップ S d)。

【数 3】

単位空間の対象を $u_1 \sim u_k$ $U = [u_1 \quad u_2 \quad \dots \quad u_k]$ (5)

各項目の単位空間で正規化する。 $U_j = \frac{u_j - m_j}{\sigma_j}$ (6)

$$D^2 = \frac{1}{k} \cdot U \cdot R^{-1} \cdot U^T \quad 30$$

$$= \frac{1}{k} \sum_{i,j=1}^k a_{ij} \cdot \left(\frac{u_i - m_i}{\sigma_i} \right) \cdot \left(\frac{u_j - m_j}{\sigma_j} \right) \quad (7)$$

ここで $\frac{1}{n} (D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2) = 1$ (8)

【0038】

この様な計算により、例えば図 3 に示すように、健常者の状態空間と患者 A、患者 B と 40
 の各マハラノビス距離を計算し、所定の閾値と比較することにより、患者 A、患者 B のそ
 れぞれが健常者であるか否かを判定することができる。

【0039】

なお、SN 比についても、次の式 (9) ~ (14) を用いて計算することができる。

【数 4】

$$\begin{aligned}
 \text{全変動} \quad S_T &= D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2 & (9) \\
 \text{信号の大きさ} \quad r &= M_1^2 + M_2^2 + \dots + M_n^2 & (10) \\
 \text{比例項の変動} \quad S_\beta &= (M_1 \cdot D_1 + M_2 \cdot D_2 + \dots + M_n \cdot D_n)^2 / r & (11) \\
 \text{誤差変動} \quad S_e &= S_T - S_\beta \quad f = n - 1 & (12) \\
 \text{誤差分散} \quad V_e &= S_e / (n - 1) & (13) \\
 \text{SN比} \quad \eta &= 10 \cdot \log \frac{(S_\beta - V_e) / r}{V_e} & (14)
 \end{aligned}$$

10

【0040】

上記SN比を用いて、例えば図4に示すようなヒストグラムを生成し、原因診断を判定することも可能である。

【0041】

診断支援情報生成ユニット36は、解析ユニット34において実行された解析処理の結果に基づいて、例えば各疾患を患っている危険性（類似度が高いものほど危険性が高い）を示すレーダーチャートRC等を診断支援情報として生成する。

20

【0042】

表示ユニット38は、診断支援情報生成ユニット36において生成された診断支援情報を、所定の形態で表示する。

【0043】

（自動診断支援機能）

次に、本自動診断支援システム1が有する、自動診断支援機能について説明する。この機能は、超音波診断装置等の医用画像診断装置の自動計測によって得られた自動計測値（診断指標）、画像パターン、波形等を用いてパラメータを抽出し、当該パラメータをMTシステムの項目因子として疾患症例毎に物差しを作成し、所定の患者（すなわち、正常又は異常、或いは異常である場合の疾患種別が未知である患者（被検体））に関して、健康状態が正常であるか又は異常であるか、或いは異常である場合の疾患種別を判定し、その結果を診断支援情報として所定の形態で表示するものである。

30

【0044】

図3は、本自動診断支援機能に従う処理（自動診断支援処理）の流れを示したフローチャートである。以下、各ステップにおいて実行される処理の内容について説明する。なお、本実施形態においては、自動診断支援装置3の動作は、例えば超音波診断装置2による医用情報の取得の完了に連動して開始するように制御されるものとする。

【0045】

〔自動計測・ドプラ波形・Bモード画像等の取得：ステップS1〕

40

まず、超音波診断装置2等を用いて、所定の患者についての自動計測が実行される。この自動計測により、ECG波形、ドプラ波形、Bモード画像等が取得される（ステップS1）。

【0046】

〔パラメータ抽出・項目因子の決定：ステップS2〕

次に、MTシステム実行ユニット32は、ステップS1において取得されたECG波形、ドプラ波形、Bモード画像、各種診断指標等を用いて、MTシステムの項目因子とすべき各種パラメータを計算する。具体的には、MTシステム実行ユニット32は、取得された超音波画像のパターン認識データ（Bモード画像の二次元の相関関数等）、微分積分法等を用いた波形パターン認識データ、ECG波形やドプラ計測に基づく診断指標を計算す

50

る（ステップS2）。

【0047】

なお、この項目因子とすべきパラメータの計算は、ステップS1において取得された情報に限定する必要はなく、例えば、事前に他のモダリティによって取得された画像データ、過去の診断において取得されたデータ等を採用するようにしてもよい。

【0048】

〔疾患症例毎の物差し、及び当該患者に関するマハラノビス距離の計算：ステップS3〕

MTシステム実行ユニット32は、健常者データベース301に記憶されている各種計測値（診断指標）、画像パターン、ドプラ波形からパラメータを抽出し、抽出したパラメータを項目因子として多変量の健常者の状態空間を生成し、マハラノビス距離（物差し）を計算する。また、MTシステム実行ユニット32は、非健常者データベース303に記憶されている疾患毎の各種計測値（診断指標）、画像パターン、ドプラ波形からパラメータを抽出し、抽出したパラメータを項目因子として、疾患毎に多変量の非健常者の状態空間を生成し、疾患毎のマハラノビス距離（物差し）を計算する。さらに、MTシステム実行ユニット32は、ステップS2において計算された各種パラメータを項目因子として、当該患者に関する、各疾患に対応する各状態空間からのマハラノビス距離、及び健常者の状態空間からのマハラノビス距離を計算する（ステップS3）。

【0049】

なお、MTシステム実行ユニット32は、各疾患に関する物差し及び患者の各疾患の非健常者の状態空間からの距離を正規化することが好ましい。

【0050】

〔疾患種別の判定：ステップS4〕

次に、解析ユニット34は、所定患者に関する各疾患の状態空間からの各マハラノビス距離と、各疾患の状態空間毎に計算された物差しとに基づいて、当該患者の健康状態が正常であるか異常であるか、及び異常である場合の疾患種別を判定する（ステップS4）。

【0051】

図6（a）、（b）、（c）は、本ステップS4において解析ユニット34が実行する判定処理の概念を説明するための図である。解析ユニット34は、例えば同図6（a）に示すように、健常者であるか否かを判定する場合に、当該患者甲に関する健常者の状態空間からのマハラノビス距離 a と、健常者に該当しない（非健常者である）集合 α と健常者の状態空間との間の距離（物差し） $D1$ とを用いて相対距離 $a/D1$ を計算する。計算の結果、相対距離 $a/D1$ の値が0（ゼロ）に近いほど、解析ユニット34は、当該項目（今の場合健常者であること）に該当する可能性が高いと判定する。

【0052】

同じく、疾患Aに該当するか否かを判定する場合には、同図*（b）に示すように、当該患者甲に関する疾患Aの状態空間からのマハラノビス距離 b と、疾患Aに該当しない集合 β と疾患Aの状態空間との間の距離（物差し） $D2$ とを用いて、相対距離 $b/D2$ を計算する。計算の結果、相対距離 $b/D2$ の値が0（ゼロ）に近いほど、解析ユニット34は、当該項目（今の場合疾患Aであること）に該当する可能性が高いと判定する。他の疾患の判定についても同様である。

【0053】

このような判定処理の結果、図7に示すように、相対的距離を基準とする当該患者甲についての各状態空間（単位空間）からの近さがわかる。同図の例では、患者甲は、疾患Aの単位空間に最も近いため、疾患Aである可能性が高いことになる。また、患者乙は、他の管は疾患Bである可能性が高く、患者丙は、健常者の状態空間に最も近いため、何らの疾患も持っていない可能性が高いことになる。

【0054】

〔診断支援情報の生成・表示：ステップS5〕

次に、診断支援情報精製ユニット36は、ステップS4において実行された正常か異常

10

20

30

40

50

かの判定結果、及び疾患種別毎の判定結果を用いて、診断支援情報としてのヒストグラム、レーダーチャート等を生成する（ステップS5）。

【0055】

図8は、本ステップS5において生成される診断支援情報としてのヒストグラムの一例を示した図であり、甲、乙、丙の各被検体について、「正常」、「疾患A」、「疾患B」、・・・の各項目（各疾患）についての相対マハラノビス距離（相対MD値）が示されている。

【0056】

また、より具体的な例として、図9（a）、（b）に、良好な結果が得られたDCMのヒストグラムと、判別困難だったARのヒストグラムを示した。図中の横軸1～12は、それぞれ健常者、AR、AS-moderate、狭心症等の項目に対応した物差しであり、縦軸は距離を表している。図9（a）は、物差し4に相当するDCM疾患のデータをあてはめたものであり、太線は平均値である。DCMの例では物差し4にピークがあり、良好な判別ができていることがわかる。一方、図9（b）は、物差し2に相当するAR疾患のデータをあてはめたものであり、太字は同じく平均値である。この例では、物差し2よりも物差し5や物差し10にもピークがあり、うまく判別できていないことがわかる。

【0057】

図10は、本ステップS5において生成される診断支援情報としてのレーダーチャート（健常者[1]と、各疾患[2]～[12]の距離の平均値のレーダーチャート）の一例を示した図である。外周に行くほど各单位空間に近い表現とした。DSMやAS-moderateは良好な結果を示しているが、その他は、別の疾患にもピークが発生し良好ではないことがわかる。

【0058】

また、図11は、本ステップS5において生成される診断支援情報としてのレーダーチャートの他の例を示した図である。比較的良好な疾患判別ができたAS-moderateとDCMの平均値と適合性の良いデータの例を示した。これらの解析に用いた診断指標中、E波速度やE波速度と弁輪速度の比の寄与が大きく、ドプラ診断で得られる情報のみで疾患の判別ができる可能性が高いこともわかる。

【0059】

（実施例）

次に、本自動診断支援処理の実施例について説明する。

【0060】

自動診断支援技術の実用性を高めるため健常者と非健常者の判別以外に、心疾患の種類を判別することを試みた。同一医師の過去数年間に亘る診断データをもとにMTシステムを用いてその可能性の検討を行った。

【0061】

すなわち、健常者と非健常者の心エコー図検査の診断指標データ約3000人分を、健常者、AR、AS-moderate、DCM、HCM/DCM、HHD、MR、MS、TR、OMI、先天性心疾患、狭心症、分類不能の13種類に分けた。健常者データ数はジャックナイフ法を用いて単位空間を調整したので最終的には900となり、分類不能を除く11種類の疾患別データは40～300程度となった。診断指標として、ドプラ計測値以外に、年齢、性別、心拍数、MモードやBモード像から得られた診断指標約20種類を組合せて解析を行った。ここでは波形パターン認識データは用いていない。この様な解析から、健常者の単位空間をもとに、特定疾患の要因効果分析を通して分離性能の評価を行った。

【0062】

図12に、健常者と非健常者(全疾患)のマハラノビス距離（MD値）ヒストグラムを示す。健常者の空間と非健常者の空間が重複しており区別できないことがわかる。波形パターン認識データがなく、単なる計測指標だけでは健常者と非健常者(全疾患)を区別するのが困難なことがわかった。

【0063】

図13は、疾患別の健常者との判別を評価するための各疾患毎（DCM、MR、AS、AR）のヒストグラムを示した図である。同図に示すように、DCRとMRとでは、比較的良好な分離ができた一方、ASとARとでは、分離が困難であることがわかる。

【0064】

図14は、本実施例において生成された、マハラノビス距離（MD値）に関する疾患毎のヒストグラムを示している。として示してある。同図のマハラノビス距離は、上述したように、被検者の診断指標データを、各疾患毎の物差しで正規化して得られたものである。このヒストグラムでは、距離がゼロに近ければ近いほど、それに対応した疾患パターンと一致していることとなる。この様なヒストグラムを診断支援情報として提供することで、医師等のユーザは、距離が近いものを疾患の候補としてピックアップすることができる。

10

【0065】

（効果）

以上述べた構成によれば、以下の効果を得ることができる。

【0066】

本医用画像診断支援システム或いは医用診断支援装置によれば、超音波診断装置等の医用画像診断装置の自動計測によって得られた自動計測値（診断指標）、画像パターン、波形等を用いてパラメータを抽出し、当該パラメータをMTシステムの項目因子として疾患症例毎に物差しを作成し、所定の患者（すなわち、正常又は異常、或いは異常である場合の疾患種別が未知である患者）に関して、健康状態が正常であるか又は異常であるか、或いは異常である場合の疾患種別を判定し、その結果を診断支援情報として所定の形態で表示する。従って、自動計測値を用いたパラメータをMTシステムの項目因子とした、マハラノビス距離という客観的な定量値に基づいて、多重共線性を回避しつつ高い汎用性をもって、迅速且つ簡便に正常／異常の判別及び疾患種類の判別を実行することができる。特に、パターン認識を用いる従来技術と比較した場合、本自動診断支援装置によれば、標本の項目因子が過去の例に属さない振る舞いをするものであっても、困難なく正常／異常の判別及び疾患種類の判別を実行することができる。

20

【0067】

また、本医用画像診断支援システム或いは医用診断支援装置によれば、正常／異常の判別結果及び疾患種類の判別結果を、疾患種別の相対的距離を示すレーダーチャートやヒストグラム等によって表示する。従って、医師等のユーザは、疾患種別毎のピークの発生やその形状によって、迅速且つ簡便に検査結果を視認することができる。

30

【0068】

なお、本発明は上記実施形態そのままに限定されるものではなく、実施段階ではその要旨を逸脱しない範囲で構成要素を変形して具体化できる。具体的な変形例としては、例えば次のようなものがある。

【0069】

（1）本実施形態に係る各機能は、当該処理を実行するプログラムをワークステーション等のコンピュータにインストールし、これらをメモリ上で展開することによっても実現することができる。このとき、コンピュータに当該手法を実行させることのできるプログラムは、磁気ディスク（フロッピー（登録商標）ディスク、ハードディスクなど）、光ディスク（CD-ROM、DVDなど）、半導体メモリなどの記録媒体に格納して頒布することも可能である。

40

【0070】

（2）上記実施形態においては、自動診断支援システムとして、超音波診断装置2と自動診断支援装置3とを組み合わせる場合を例とした。しかしながら、自動診断支援装置3と組み合わせる医用画像診断装置は、超音波診断装置に拘泥されない。例えば、X線コンピュータ断層撮影装置、磁気共鳴イメージング装置、X線診断装置、核医学診断装置等を採用することも可能である。

【0071】

50

また、上記実施形態に開示されている複数の構成要素の適宜な組み合わせにより、種々の発明を形成できる。例えば、実施形態に示される全構成要素から幾つかの構成要素を削除してもよい。さらに、異なる実施形態にわたる構成要素を適宜組み合わせてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0072】

以上本発明によれば、MTシステムを用いて疾患症例毎の尺度を作成し、当該尺度と自動計測によって取得された項目とを用いて汎用性の高い自動診断支援を実行可能な自動診断支援装置、超音波診断装置及び自動診断支援プログラムを実現することができる。

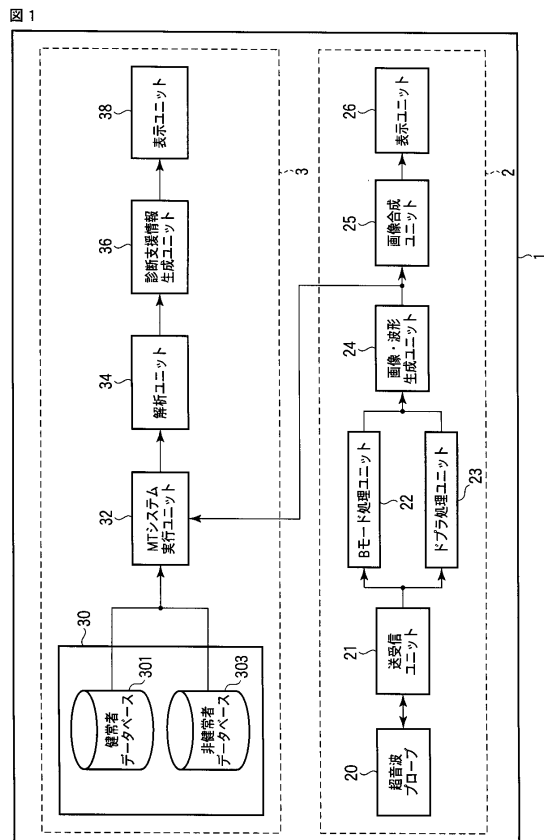
【符号の説明】

【0073】

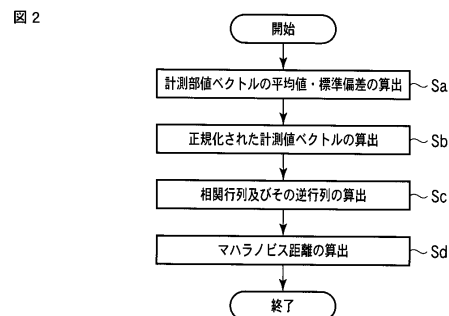
1…自動診断支援システム、2…超音波診断装置、3…自動診断支援装置、20…超音波プローブ、21…送受信ユニット、22…Bモード処理ユニット、23…ドプラ処理ユニット、24…画像・波形生成ユニット、25…画像合成ユニット、26…表示ユニット、30…データベースユニット、32…MTシステム実行ユニット、34…解析ユニット、36…診断支援情報生成ユニット、38…表示ユニット、30…データベースユニット、32…MTシステム実行ユニット、34…解析ユニット、36…診断支援情報生成ユニット、38…表示ユニット

10

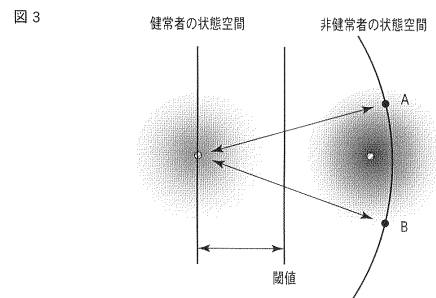
【図1】



【図2】

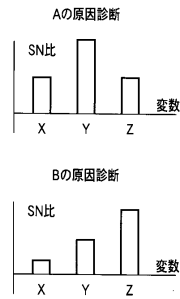


【図3】



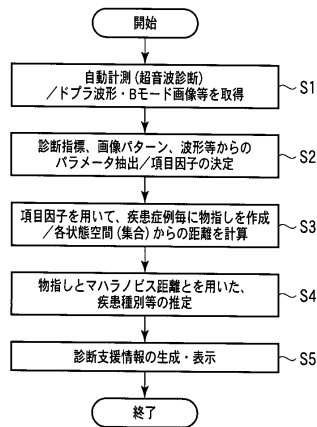
【図 4】

図 4



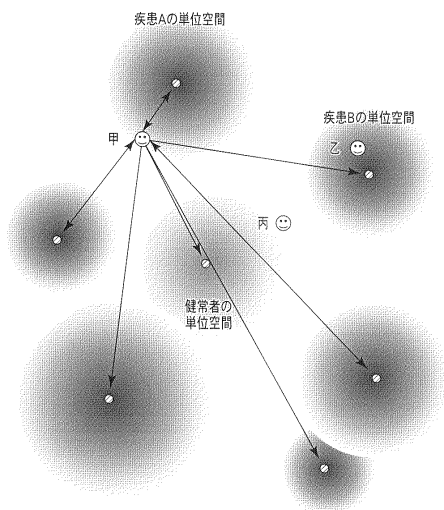
【図 5】

図 5



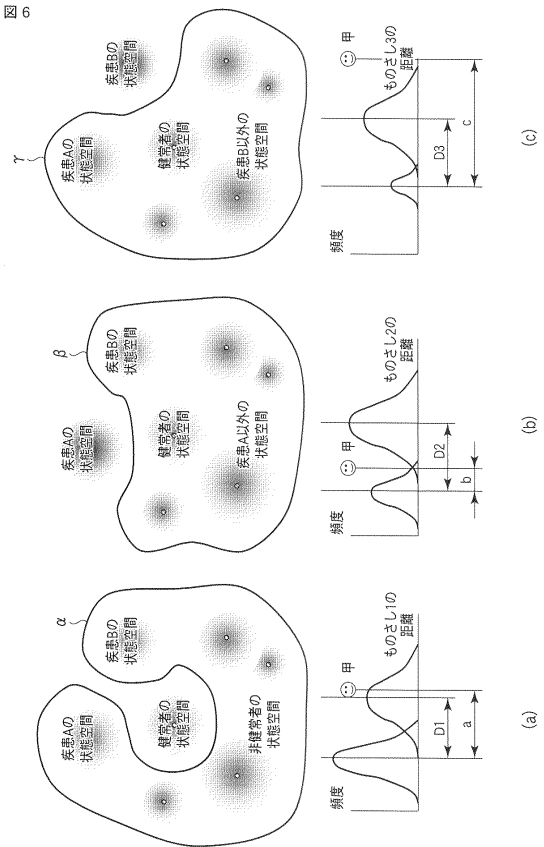
【図 7】

図 7



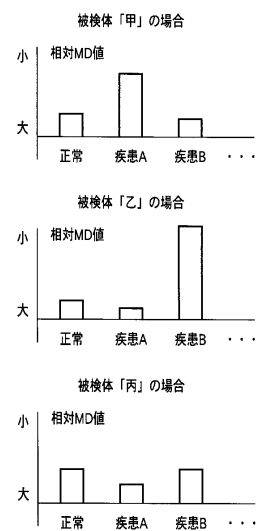
【図 6】

図 6



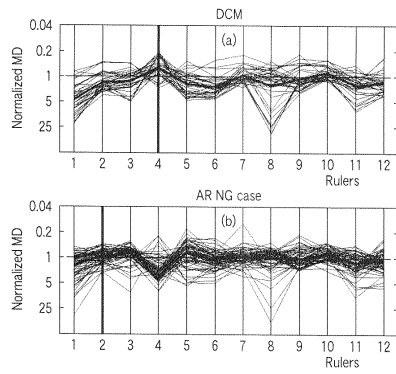
【図 8】

図 8



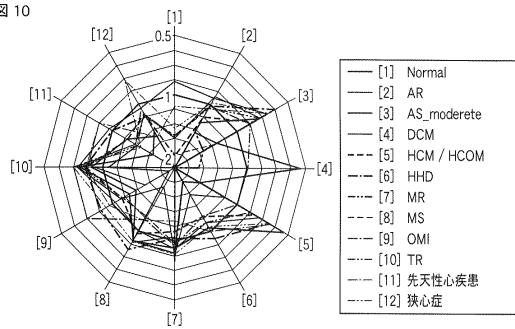
【図 9】

図 9



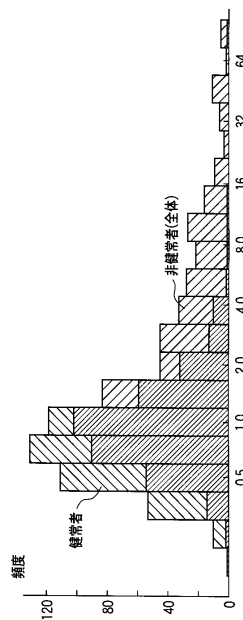
【図 10】

図 10



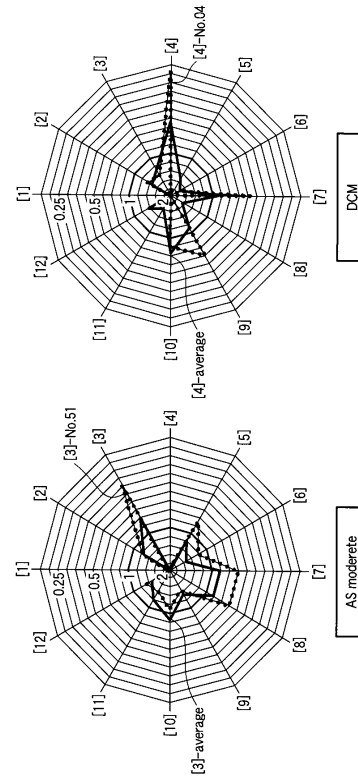
【図 12】

図 12



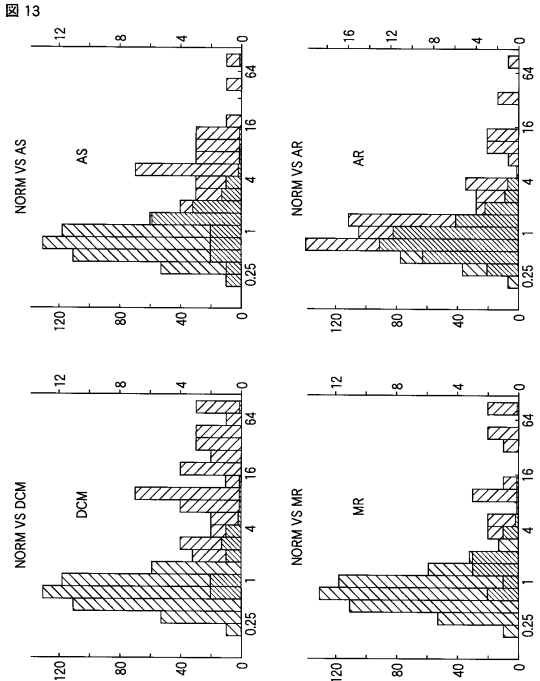
【図 11】

図 11

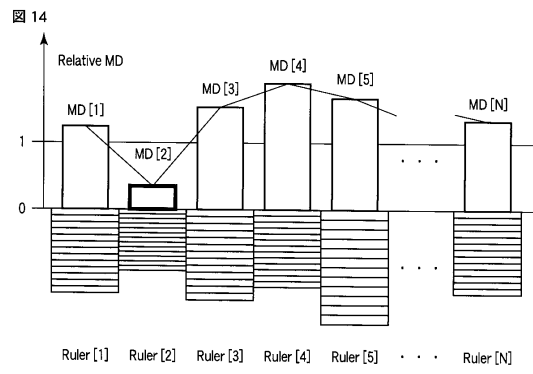


【図 13】

図 13



【図 14】



フロントページの続き

- (74)代理人 100103034
弁理士 野河 信久
- (74)代理人 100153051
弁理士 河野 直樹
- (74)代理人 100140176
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100100952
弁理士 風間 鉄也
- (74)代理人 100101812
弁理士 勝村 紘
- (74)代理人 100070437
弁理士 河井 将次
- (74)代理人 100124394
弁理士 佐藤 立志
- (74)代理人 100112807
弁理士 岡田 貴志
- (74)代理人 100111073
弁理士 堀内 美保子
- (74)代理人 100127144
弁理士 市原 卓三
- (72)発明者 馬場 達朗
栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社本社内

審査官 富永 昌彦

- (56)参考文献 特開2004-222864 (JP, A)
古川俊之, コンピュータ診断, 共立出版株式会社, 1982年12月15日, pp.1-4
中島尚登 他, Mahalanobis・Taguchi System 法による健康診断の予測的評価と効率化, 日本公衆衛生雑誌, 1999年 5月15日, vol.46, no.5, pp.351-363

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 8/00 - 8/15
JSTPlus/JMEDPlus/JST7580 (JDreamII)

专利名称(译)	自动诊断支持装置，超声波诊断装置和自动诊断支持程序		
公开(公告)号	JP5611546B2	公开(公告)日	2014-10-22
申请号	JP2009156318	申请日	2009-06-30
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社东芝 东芝医疗系统株式会社		
申请(专利权)人(译)	东芝公司 东芝医疗系统有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	东芝公司 东芝医疗系统有限公司		
[标]发明人	馬場達朗		
发明人	馬場 達朗		
IPC分类号	A61B8/00 A61B5/00		
CPC分类号	A61B8/00 A61B8/5223 G16H50/30		
FI分类号	A61B8/00 A61B5/00.G		
F-TERM分类号	4C117/XB09 4C117/XE44 4C117/XE45 4C117/XE46 4C117/XG19 4C117/XJ13 4C117/XJ34 4C117/XJ36 4C117/XJ38 4C117/XP06 4C117/XR07 4C117/XR08 4C117/XR09 4C601/DE01 4C601/JB40 4C601/JC06 4C601/JC13 4C601/KK12 4C601/LL14 4C601/LL38 4C601/LL40		
代理人(译)	中村誠 河野直樹 岡田隆		
其他公开文献	JP2011010775A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

某些实施例提供了一种自动诊断支持设备，包括通过使用由医学图像诊断设备获取的医学信息提取与预定对象相关联的多个参数，并通过使用医学信息提取与残疾人相关联的每种疾病的多个参数。与残疾人相关联，通过使用与残疾人相关联的每种疾病的多个参数执行MT系统来计算与每种疾病病例相关联的标尺，计算该对象与禁用状态空间之间的距离通过使用与对象相关联的多个参数执行MT系统，通过使用标尺确定对象的疾病类型以及对象与残疾人的状态空间之间的距离来与每种疾病相关联的身体的人，并根据确定re生成诊断支持信息SULT。

$$\text{単位空間の対象を } u_1 \sim u_k \quad U = \begin{bmatrix} u_1 & u_2 & \dots & u_k \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$\text{各項目の単位空間で正規化する。} \quad U_j = \frac{u_j - m_j}{\sigma_j} \quad (6)$$

$$D^2 = \frac{1}{k} \cdot U \cdot R^{-1} \cdot U^T \\ = \frac{1}{k} \sum_{i,j=1}^k a_{ij} \cdot \left(\frac{u_i - m_i}{\sigma_i} \right) \cdot \left(\frac{u_j - m_j}{\sigma_j} \right) \quad (7)$$

$$\text{ここで} \quad \frac{1}{n} (D_1^2 + D_2^2 + \dots + D_n^2) = 1 \quad (8)$$