

(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2008-125616
(P2008-125616A)

(43) 公開日 平成20年6月5日(2008.6.5)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 6/03 (2006.01)	A 6 1 B 6/03 3 6 0 G	4 C 0 9 3
A 6 1 B 6/00 (2006.01)	A 6 1 B 6/00 3 6 0 B	4 C 0 9 6
A 6 1 B 5/055 (2006.01)	A 6 1 B 6/00 3 3 0 A	4 C 1 1 7
A 6 1 B 8/00 (2006.01)	A 6 1 B 6/00 3 3 5	4 C 6 0 1
A 6 1 B 5/00 (2006.01)	A 6 1 B 6/03 3 6 0 P	

審査請求 未請求 請求項の数 44 O L (全 40 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2006-311775 (P2006-311775)
(22) 出願日 平成18年11月17日 (2006.11.17)

(71) 出願人 000003078
株式会社東芝
東京都港区芝浦一丁目1番1号
(71) 出願人 594164542
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 100058479
弁理士 鈴江 武彦
(74) 代理人 100091351
弁理士 河野 哲
(74) 代理人 100088683
弁理士 中村 誠
(74) 代理人 100108855
弁理士 蔵田 昌俊

最終頁に続く

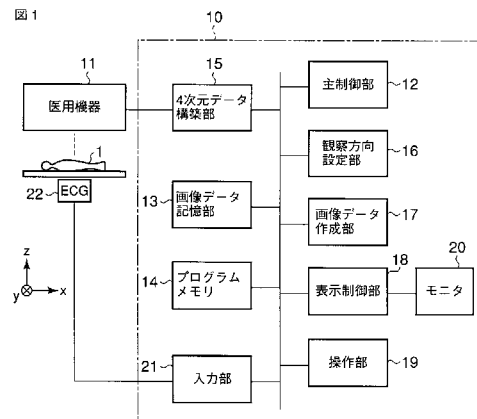
(54) 【発明の名称】 画像表示方法及びその装置並びに画像表示プログラム

(57) 【要約】

【課題】短時間で最適観察方向を決定するための画像を表示すること。

【解決手段】観察方向設定部16により被検体1における心臓冠状動脈1aに対する複数の観察方向 $F_1 \sim F_j$ を設定し、画像データ作成部17により心臓冠状動脈1aの4次元画像データ4D(x, y, z, t)から複数の観察方向 $F_1 \sim F_j$ における複数の3次元画像データ(u, v, t)3Dをそれぞれ作成し、表示制御部18により各観察方向 $F_1 \sim F_j$ を固定した状態で、心臓冠状動脈1aの各3次元画像データ(u, v, t)3Dをそれぞれモニタ画面20a上に動画表示する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

コンピュータの画像処理によって周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示方法において、

前記被検体を画像表示する上での複数の表示形態条件を設定し、

時間的要素を含む前記被検体の 4 次元画像データから前記複数の表示形態条件に応じた前記時間的要素を含む複数の 3 次元画像データをそれぞれ作成し、

前記複数の表示形態条件を固定した状態で、これら固定した前記各表示形態条件の前記 3 次元画像データを切り替えてモニタ画面上に動画表示する、
ことを特徴とする画像表示方法。

10

【請求項 2】

前記複数の表示形態条件は、前記被検体に対する複数の観察方向と、前記被検体の前記収縮運動における複数の位相とを有することを特徴とする請求項 1 記載の画像表示方法。

【請求項 3】

コンピュータの画像処理によって周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示方法において、

前記被検体に対する複数の観察方向を設定し、

時間的要素を含む前記被検体の 4 次元画像データから前記複数の観察方向における前記時間的要素を含む複数の 3 次元画像データをそれぞれ作成し、

前記複数の観察方向を固定した状態で、前記収縮運動する前記被検体の前記複数の 3 次元画像データをそれぞれモニタ画面上に動画表示する、
ことを特徴とする画像表示方法。

20

【請求項 4】

前記 4 次元画像データは、3 次元空間の画像データと前記時間的要素とにより成り、

前記 3 次元画像データは、2 次元空間の画像データと前記時間的要素とにより成る、

ことを特徴とする請求項 3 記載の画像表示方法。

【請求項 5】

前記複数の 3 次元画像データは、互いに前記時間的要素を同期して前記モニタ画面上に一覧表示することを特徴とする請求項 3 記載の画像表示方法。

【請求項 6】

前記複数の 3 次元画像データは、それぞれ時間的にずらして順次切り替えて前記モニタ画面上に表示することを特徴とする請求項 3 記載の画像表示方法。

30

【請求項 7】

前記複数の 3 次元画像データは、それぞれ切り替え指示を受ける毎に切り替えて前記モニタ画面上に表示することを特徴とする請求項 6 記載の画像表示方法。

【請求項 8】

前記複数の観察方向は、それぞれ前記被検体に対する頭部方向、尾部方向、第 1 斜位方向又は第 2 斜位方向を組み合わせる固定設定されることを特徴とする請求項 3 記載の画像表示方法。

【請求項 9】

コンピュータの画像処理によって周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示方法において、

前記被検体の前記収縮運動における複数の位相を設定し、

時間的要素を含む前記被検体の 4 次元画像データから前記複数の位相毎にそれぞれ前記被検体に対する観察方向を移動させた前記時間的要素を含む複数の 3 次元画像データをそれぞれ作成し、

前記位相を固定した状態で、かつ前記観察方向を移動させた前記複数の 3 次元画像データをそれぞれモニタ画面上に動画表示する、
ことを特徴とする画像表示方法。

40

【請求項 10】

50

前記複数の位相毎の前記複数の3次元画像データは、互いに前記時間的要素を同期して前記モニタ画面上に一覧表示することを特徴とする請求項9記載の画像表示方法。

【請求項11】

前記複数の観察方向は、前記被検体に対する頭部方向、尾部方向、第1斜位方向又は第2斜位方向を組み合わせて設定され、これら観察方向に順次移動することを特徴とする請求項9記載の画像表示方法。

【請求項12】

前記被検体の前記収縮運動を捉えた心電図波形を取得し、
前記心電図波形から互いに異なる複数の時相を設定し、
前記複数の時相毎に前記被検体に対する観察方向を移動させた前記複数の3次元画像データを作成する、
ことを特徴とする請求項9記載の画像表示方法。

10

【請求項13】

コンピュータの画像処理によって周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示方法において、

前記被検体の前記周期的な前記収縮運動の量に対応する複数の色情報を設定し、
時間的要素を含む前記被検体の複数の3次元画像データを作成し、
前記複数の3次元画像データ中に前記色情報を表示する、
ことを特徴とする画像表示方法。

【請求項14】

前記被検体の前記周期的な前記収縮運動の量に対応する複数の色情報を設定し、
前記複数の3次元画像データ中に前記色情報を表示する、
ことを特徴とする請求項3又は9記載の画像表示方法。

20

【請求項15】

前記時間的要素を含む前記被検体の4次元画像データから前記被検体の前記収縮運動における動きを動きベクトルに変換し、
前記動きベクトルから前記被検体の動き量を算出し、
前記被検体の動き量を前記複数の色情報に変換し、
前記3次元画像データ中における前記収縮運動する前記被検体を前記複数の色情報により表示する、
ことを特徴とする請求項14記載の画像表示方法。

30

【請求項16】

コンピュータの画像処理によって周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示方法において、

時間的要素を含む前記被検体の4次元画像データから任意の観察方向における前記時間的要素を含む第1の3次元画像データを作成し、

前記4次元画像データから前記被検体の前記収縮運動を固定させた状態で、かつ前記被検体に対する前記観察方向を移動させる第2の3次元画像データを作成し、

前記第1の3次元画像データと前記第2の3次元画像データとを切り替えてモニタ画面上に表示する、

ことを特徴とする画像表示方法。

40

【請求項17】

前記第1の3次元画像データと前記第2の3次元画像データとは、切り替え指示を受ける毎に前記モニタ画面上に切り替え表示することを特徴とする請求項16記載の画像表示方法。

【請求項18】

前記第1の3次元画像データと前記第2の3次元画像データとは、所定の間隔毎に前記モニタ画面上に切り替え表示することを特徴とする請求項16記載の画像表示方法。

【請求項19】

前記複数の観察方向は、それぞれ前記被検体に対する頭部方向、尾部方向、第1斜位方

50

向又は第2斜位方向を組み合わせ設定されることを特徴とする請求項16記載の画像表示方法。

【請求項20】

周期的な収縮運動をする被検体に対する複数の観察方向を設定する観察方向設定部と、
モニタ画面を有するモニタと、

時間的要素を含む前記被検体の4次元画像データから前記複数の観察方向における前記時間的要素を含む複数の3次元画像データをそれぞれ作成する画像データ作成部と、

前記複数の観察方向を固定した状態で、かつ前記収縮運動する前記被検体の前記複数の3次元画像データをそれぞれ前記モニタ画面上に動画表示する表示制御部と、
を具備することを特徴とする画像表示装置。

10

【請求項21】

前記4次元画像データは、3次元空間の画像データと前記時間的要素とにより成り、

前記3次元画像データは、2次元空間の画像データと前記時間的要素とにより成る、

ことを特徴とする請求項20記載の画像表示装置。

【請求項22】

前記表示制御部は、前記モニタ画面上に、前記複数の3次元画像データを互いに前記時間的要素を同期させて一覧表示することを特徴とする請求項20記載の画像表示装置。

【請求項23】

前記表示制御部は、前記モニタ画面上に複数のウィンドウを表示し、これらウィンドウに前記複数の3次元画像データをそれぞれ同期させて一覧表示することを特徴とする請求項22記載の画像表示装置。

20

【請求項24】

前記表示制御部は、前記モニタ画面上に、前記複数の3次元画像データをそれぞれ時間的にずらして順次切り替えて表示することを特徴とする請求項20記載の画像表示装置。

【請求項25】

前記複数の3次元画像データの切り替え操作を受ける切替操作部を有し、

前記表示制御部は、前記切替操作部から切り替え指示を受けると、前記複数の3次元画像データを切り替えて前記モニタ画面上に表示することを特徴とする請求項24記載の画像表示装置。

【請求項26】

前記観察角度設定部は、前記被検体に対する頭部方向、尾部方向、第1斜位方向又は第2斜位方向を組み合わせ前記複数の観察方向をそれぞれ固定設定することを特徴とする請求項20記載の画像表示装置。

30

【請求項27】

周期的な収縮運動をする被検体の前記収縮運動における複数の位相を設定する位相設定部と、

モニタ画面を有するモニタと、

時間的要素を含む前記被検体の4次元画像データから前記複数の位相毎にそれぞれ前記被検体に対する観察方向を移動させた前記時間的要素を含む複数の3次元画像データをそれぞれ作成する画像データ作成部と、

前記位相を固定した状態で、かつ前記観察方向を移動させた複数の3次元画像データをそれぞれ前記モニタ画面上に動画表示する表示制御部と、
を具備することを特徴とする画像表示装置。

40

【請求項28】

前記表示制御部は、前記モニタ画面上に、前記複数の位相毎の前記複数の3次元画像データをそれぞれ前記時間的要素を同期して一覧表示することを特徴とする請求項27記載の画像表示装置。

【請求項29】

前記表示制御部は、前記モニタ画面上に複数のウィンドウを表示し、これらウィンドウに前記複数の位相毎の前記複数の3次元画像データをそれぞれ前記時間的要素を同期して

50

一覧表示することを特徴とする請求項 28 記載の画像表示装置。

【請求項 30】

前記被検体の前記収縮運動を捉えた心電図波形を取得する心電計を有し、
前記表示制御部は、前記モニタ画面上における前記複数の 3 次元画像データの表示と共に、前記心電計により取得される前記心電図波形を表示する、
ことを特徴とする請求項 29 記載の画像表示装置。

【請求項 31】

前記表示制御部は、前記被検体に対する頭部方向、尾部方向、第 1 斜位方向又は第 2 斜位方向を組み合わせて前記複数の観察方向を設定し、これら観察方向に順次移動することを特徴とする請求項 27 記載の画像表示装置。

10

【請求項 32】

前記被検体の前記収縮運動を捉えた心電図波形を取得する心電計を有し、
前記位相設定部は、前記心電図波形から互いに異なる複数の位相を設定し、
前記画像データ作成部は、前記複数の位相毎に前記被検体に対する観察方向を移動させた前記複数の 3 次元画像データを作成する、
ことを特徴とする請求項 25 記載の画像表示装置。

【請求項 33】

コンピュータの画像処理によって周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示装置において、

前記被検体の前記周期的な前記収縮運動の量に対応する複数の色情報を設定する色情報設定部と、

20

時間的要素を含む前記被検体の複数の 3 次元画像データを作成する画像データ作成部と、

前記複数の 3 次元画像データ中に前記色情報を表示する表示制御部と、
を具備することを特徴とする画像表示装置。

【請求項 34】

少なくとも前記被検体の前記周期的な前記収縮運動の量に対応する複数の色情報を設定する色情報設定部を有し、

前記表示制御部は、前記複数の 3 次元画像データ中の前記被検体上に前記色情報を表示する、

30

ことを特徴とする請求項 20 又は 27 記載の画像表示装置。

【請求項 35】

少なくとも前記被検体の前記周期的な前記収縮運動の量に対応する複数の色情報を設定する色情報設定部と、

前記時間的要素を含む前記被検体の 4 次元画像データから前記被検体の前記収縮運動における動きを動きベクトルに変換するベクトル変換部と、

前記動きベクトルから前記被検体の動き量を算出する動き量算出部と、

前記被検体の動き量を前記複数の色情報に変換する色情報変換部と、

を有し、

前記表示制御部は、前記 3 次元画像データ中における前記収縮運動する前記被検体を前記複数の色情報により前記モニタ画面上に表示する、

40

ことを特徴とする請求項 20 又は 27 記載の画像表示装置。

【請求項 36】

前記色情報設定部は、前記被検体の前記収縮運動の量、又は前記被検体の前記収縮運動の方向に対応して前記複数の色情報を設定することを特徴とする請求項 34 又は 35 記載の画像表示装置。

【請求項 37】

周期的な収縮運動をする被検体の時間的要素を含む 4 次元画像データから任意の観察方向における前記時間的要素を含む第 1 の 3 次元画像データと、前記 4 次元画像データから前記被検体の前記収縮運動を固定させた状態で、かつ前記被検体に対する前記観察方向を

50

移動させる第2の3次元画像データとを作成する画像データ作成部と、
モニタ画面を有するモニタと、

前記画像データ作成部により作成された前記第1の3次元画像データと前記第2の3次元画像データとを切り替えて前記モニタ画面上に表示する表示制御部と、
を具備することを特徴とする画像表示装置。

【請求項38】

前記第1又は前記第2の3次元画像データの切り替え操作を受ける切替操作部を有し、
前記表示制御部は、前記切替操作部からの切り替え指示を受けて前記第1の3次元画像データと前記第2の3次元画像データとを前記モニタ画面上に切り替え表示することを特徴とする請求項37記載の画像表示装置。

10

【請求項39】

前記表示制御部は、前記第1の3次元画像データと前記第2の3次元画像データとを所定の間隔毎に前記モニタ画面上に切り替え表示することを特徴とする請求項38記載の画像表示装置。

【請求項40】

前記画像データ作成部は、前記被検体に対する頭部方向、尾部方向、第1斜位方向又は第2斜位方向を組み合わせて前記複数の観察方向で前記第1と第2の3次元画像データを作成することを特徴とする請求項37記載の画像表示装置。

【請求項41】

コンピュータによって実行され、周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示プログラムにおいて、

20

前記被検体に対する複数の観察方向を設定させ、

時間的要素を含む前記被検体の4次元画像データから前記複数の観察方向における前記時間的要素を含む複数の3次元画像データをそれぞれ作成させ、

前記複数の観察方向を固定した状態で、かつ前記収縮運動する前記被検体の前記複数の3次元画像データをそれぞれモニタ画面上に動画表示させる、
ことを特徴とする画像表示プログラム。

【請求項42】

コンピュータによって実行され、周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示プログラムにおいて、

30

前記被検体の前記収縮運動における複数の位相を設定させ、

時間的要素を含む前記被検体の4次元画像データから前記複数の位相毎にそれぞれ前記被検体に対する観察方向を移動させた前記時間的要素を含む複数の3次元画像データをそれぞれ作成させ、

前記位相を固定した状態で、かつ前記観察方向を移動させた複数の3次元画像データをそれぞれモニタ画面上に動画表示させる、
ことを特徴とする画像表示プログラム。

【請求項43】

コンピュータによって実行され、周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示プログラムにおいて、

40

前記被検体の前記周期的な前記収縮運動の量に対応する複数の色情報を設定させ、

時間的要素を含む前記被検体の複数の3次元画像データを作成させ、

前記複数の3次元画像データ中に前記色情報を表示させる、

ことを特徴とする画像表示プログラム。

【請求項44】

コンピュータにより実行され、周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示プログラムにおいて、

時間的要素を含む前記被検体の4次元画像データから任意の観察方向における前記時間的要素を含む第1の3次元画像データを作成させ、

前記4次元画像データから前記被検体の前記収縮運動を固定させた状態で、かつ前記被

50

検体に対する前記観察方向を移動させる第2の3次元画像データを作成させ、

前記第1の3次元画像データと前記第2の3次元画像データとを切り替えてモニタ画面上に表示させる、

ことを特徴とする画像表示プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えばX線診断装置等の医用機器により取得される心臓冠状動脈等の被検体の動画を読影して血管内手術（インターベンション）を行う際に、被検体に対する医用X線装置による最適な観察方向を決定するために被検体の動画を表示する画像表示方法及びその装置並びに画像表示プログラムに関する。

10

【背景技術】

【0002】

人体等の被検体には、血管として心臓を取り巻くように走行し、心臓の筋肉に血液を供給する心臓冠状動脈がある。この心臓冠状動脈に狭窄等の病変が発生すると重篤に事態になる。このような病変の治療をするためにX線診断装置を用いたインターベンションが行われる。

【0003】

このX線診断装置を用いてのインターベンションは、心臓冠状動脈内の器具を挿入して手技を行う危険な手術となる。このインターベンションでは、X線診断装置の検出器の位置を固定し、ある観察方向（view angle）からX線を照射し続け、モニタ画面上に表示される被検体となる血管の画像を見ながら手技を進める。このとき、最適な観察方向（optimal view angle）から血管の画像を見ることができれば、手技は行い易い。

20

【0004】

図28及び図29は観察方向の一部を示す。観察方向は、図28に示すように人体等の被検体1に対して頭部方向（CRA）と尾部方向（CAU）とにより表現される観察角度と、図29に示すように被検体1に対して第1斜位方向（RAO）と第2斜位方向（LAO）とにより表現される観察角度とを有する。

【0005】

しかしながら、最適な観察方向からずれると、例えば心臓冠状動脈が他の血管と重なったり、分岐する血管が心臓冠状動脈に重なったり、心臓冠状動脈の長さが短く見えたり（foreshortening）するなどの影響を受けて、手技が遣り難くなる。このため、インターベンションを行う際には、事前情報から最適な観察方向を知ることが大切になる。なお、心臓冠状動脈の長さが短く見える（foreshortening）のは、3次元空間内に走行する心臓冠状動脈を2次元平面に投影したとき、実際に3次元空間内に走行する心臓冠状動脈の長さよりも2次元平面に投影したみかけの心臓冠状動脈の長さが短くなる現象である。Foreshortening 0%は、実際の長さのみかけの長さと同じである。Foreshortening 100%は、心臓冠状動脈が点に見える現象を表す。

30

【0006】

インターベンションにおいて最適観察方向を決定するための手技がある。この手技は、2方向のX線撮像画像から心臓冠状動脈を立体表示（coronary 3D、coronary tree）する技術を用いるもので、モニタ画面上に心臓冠状動脈の立体像を回転表示させて最適観察方向を決定する。この手技は、臨床で盛んになってきている。なお、図30はEpipolar幾何理論を用いた立体画像の構築の模式図を示す。例えば人体における心臓冠状動脈1aに対して例えば正面側である一方の方向から撮像して取得した投影画像をFrontal画像2とする。一方の方向とは異なる側面側である他の方向から撮像して取得した投影画像をLateral画像3とする。Lateral画像3上の点Aに投影される心臓冠状動脈1aは、3次元空間内において線Bのどこかに存在するが、特定できない。Frontal画像2上において線Bは、線C上に投影される。心臓冠状動脈1aは、線C上のどこかに投影されている。従って、例えばインターベンションを行う術者がFrontal画像2上で対応点をマニュアルで指

40

50

定すると、心臓冠状動脈 1 a の 3 次元空間内の位置が定まる。すなわち、3 次元位置を特定するには、Frontal 画像 2 上と Lateral 画像 3 上とで対応する点の座標を指定することが必要となる。

【0007】

図 3 1 はモニタ画面上に表示される血管立体像の回転表示の一例を示す。この血管立体像の回転表示は、心臓冠状動脈 1 a に対する観察方向を第 1 斜位方向 (RAO)、第 2 斜位方向 (LAO) で観察方向 (観察視点) を移動させたときの動画で示す。なお、各血管立体像中の矢印は、心臓冠状動脈 1 a の回転移動方向を示す。

具体的には、例えば時間経過に従って $RAO = 50^\circ$ 、 $RAO = 90^\circ$ 、 $RAO = 130^\circ$ 、...、 $LAO = 10^\circ$ で連続的に観察方向を移動させた動画をモニタ画面上に表示する。 $CRA = 0^\circ$ である。なお、RAO、LAO の観察角度は、図示の煩雑化をなくするために $RAO = 50^\circ$ 、 $RAO = 90^\circ$ 、 $RAO = 130^\circ$ 、...、 $LAO = 10^\circ$ のみを示す。心臓冠状動脈 1 a に対する観察方向を移動させたときの動画は、モニタ画面上で、心臓冠状動脈 1 a が回転する画像となる。従って、モニタ画面上で回転表示される心臓冠状動脈 1 a から最適観察方向が決定される。

10

【0008】

最適観察方向は、次のような方向である。例えば (a) 狭窄等の病変部の長さが最も長く見える方向であること。この場合、血管が分岐している部位では、開いて見える方向である。(b) 病変部の狭窄が最も細く見える方向であること。(c) 狭窄等の病変部に他の血管の重なりが無い方向であること。(d) 病変部の見た目の動きが最も小さい方向であること、である。

20

【0009】

心臓血管は、心拍運動によってその位置が動く。心臓血管のある瞬時すなわちある心位相の血管立体像を構築し、この血管立体像から上記 (a) (b) (c) を満足する最適観察方向を決定しても、この最適観察方向が全ての心位相で最適観察方向になるものとは言いがたい。換言すれば、ある心位相では最適観察方向であっても、この最適観察方向が他の心位相では、上記 (a) (b) (c) を満足する最適観察方向になるとは限らない。上記 (d) の病変部の見た目の動きが最も小さい方向については、最適観察方向を決定することができない。例えば、ある心位相では心臓冠状動脈 1 a に他の血管が重なっていても、他の心位相では心臓冠状動脈 1 a に他の血管に隠れてしまいインターベンションがやりにくいことがよくある。

30

【0010】

なお、心位相は、心電図信号を用いて説明すると次の通りである。心電図 (ECG) は、心臓の運動を電気信号として捉えたものである。心電図信号 E には、図 3 2 に示すように心室収縮時に R 波が現れる。心位相は、心電図信号 E における R 波から R 波の時間間隔のうち、ある瞬時の時相を示す。一般に R 波を 0% 時相、次の R 波を 100% 時相と定義し、その間を時間比で求める。例えば心臓拡張末期は、時相 75% 付近と表現される。

【0011】

ところで、上記 (a) (b) (c) を満足するものとして決定された最適観察方向が全ての心位相で最適観察方向を満足するとは限らないので、これを解決するために、複数の心位相でそれぞれ 3 次元空間 (x, y, z) の画像データと時間的要素 (t) とから成る各 4 次元画像データ (x, y, z, t) を立体構築し、これら 4 次元画像データを用いて全ての心位相に対して最適となる観察方向を決定する手法が考えられる。

40

【0012】

しかしながら、このような手法では、観察方向を移動させたときの情報と、心拍運動の情報との両情報が含まれる。これにより、モニタ表示画面には、図 3 1 に示す観察方向を移動させたときの血管立体像の表示に心拍運動の動きが加わって表示される。このようにモニタ表示画面上に観察方向の移動と心拍運動の動きとの両方を同時に表現すると、モニタ表示画面上における心臓冠状動脈 1 a の動きが複雑となり、最適観察方向の決定が困難になる。観察方向を移動させての最適観察方向と、ある心位相での最適観察方向とをそれ

50

それぞれ決定すると、局所的な最適観察方向が決定されるばかりでなく、全ての心位相に対して最適となる観察方向を決定するのに非常に長い時間を要する。

【特許文献1】米国特許第6501848号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0013】

本発明は、短時間で最適観察方向を決定するための画像を表示できる画像表示方法及びその装置並びに画像表示プログラムを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

請求項1によれば、コンピュータの画像処理によって周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示方法において、被検体を画像表示する上での複数の表示形態条件を設定し、時間的要素を含む被検体の4次元画像データから複数の表示形態条件に応じた時間的要素を含む複数の3次元画像データをそれぞれ作成し、複数の表示形態条件を固定した状態で、これら固定した各表示形態条件の3次元画像データを切り替えてモニタ画面上に動画表示する画像表示方法である。

【0015】

請求項3によれば、コンピュータの画像処理によって周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示方法において、被検体に対する複数の観察方向を設定し、時間的要素を含む被検体の4次元画像データから複数の観察方向における時間的要素を含む複数の3次元画像データをそれぞれ作成し、複数の観察方向を固定した状態で、収縮運動する被検体の複数の3次元画像データをそれぞれモニタ画面上に動画表示する画像表示方法である。

【0016】

請求項9によれば、コンピュータの画像処理によって周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示方法において、被検体の収縮運動における複数の位相を設定し、時間的要素を含む被検体の4次元画像データから複数の位相毎にそれぞれ被検体に対する観察方向を移動させた時間的要素を含む複数の3次元画像データをそれぞれ作成し、位相を固定した状態で、かつ観察方向を移動させた複数の3次元画像データをそれぞれモニタ画面上に動画表示する画像表示方法である。

【0017】

請求項13によれば、コンピュータの画像処理によって周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示方法において、被検体の周期的な収縮運動の量に対応する複数の色情報を設定し、時間的要素を含む被検体の複数の3次元画像データを作成し、複数の3次元画像データ中に色情報を表示する画像表示方法である。

【0018】

請求項16によれば、コンピュータの画像処理によって周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示方法において、時間的要素を含む被検体の4次元画像データから任意の観察方向における時間的要素を含む第1の3次元画像データを作成し、4次元画像データから被検体の収縮運動を固定させた状態で、かつ被検体に対する観察方向を移動させる第2の3次元画像データを作成し、第1の3次元画像データと第2の3次元画像データとを切り替えてモニタ画面上に表示する画像表示方法である。

【0019】

請求項20によれば、周期的な収縮運動をする被検体に対する複数の観察方向を設定する観察方向設定部と、モニタ画面を有するモニタと、時間的要素を含む被検体の4次元画像データから複数の観察方向における時間的要素を含む複数の3次元画像データをそれぞれ作成する画像データ作成部と、複数の観察方向を固定した状態で、かつ収縮運動する被検体の複数の3次元画像データをそれぞれモニタ画面上に動画表示する表示制御部とを具備する画像表示装置である。

【0020】

10

20

30

40

50

請求項 27 によれば、周期的な収縮運動をする被検体の収縮運動における複数の位相を設定する位相設定部と、モニタ画面を有するモニタと、時間的要素を含む被検体の 4 次元画像データから複数の位相毎にそれぞれ被検体に対する観察方向を移動させた時間的要素を含む複数の 3 次元画像データをそれぞれ作成する画像データ作成部と、位相を固定した状態で、かつ観察方向を移動させた複数の 3 次元画像データをそれぞれモニタ画面上に動画表示する表示制御部とを具備する画像表示装置である。

【0021】

請求項 37 によれば、周期的な収縮運動をする被検体の時間的要素を含む 4 次元画像データから任意の観察方向における時間的要素を含む第 1 の 3 次元画像データと、4 次元画像データから被検体の収縮運動を固定させた状態で、かつ被検体に対する観察方向を移動させる第 2 の 3 次元画像データとを作成する画像データ作成部と、モニタ画面を有するモニタと、画像データ作成部により作成された第 1 の 3 次元画像データと第 2 の 3 次元画像データとを切り替えてモニタ画面上に表示する表示制御部とを具備する画像表示装置である。

10

【0022】

請求項 41 によれば、コンピュータによって実行され、周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示プログラムにおいて、被検体に対する複数の観察方向を設定させ、時間的要素を含む被検体の 4 次元画像データから複数の観察方向における時間的要素を含む複数の 3 次元画像データをそれぞれ作成させ、複数の観察方向を固定した状態で、かつ収縮運動する被検体の複数の 3 次元画像データをそれぞれモニタ画面上に動画表示させる画像表示プログラムである。

20

【0023】

請求項 42 によれば、コンピュータによって実行され、周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示プログラムにおいて、被検体の収縮運動における複数の位相を設定させ、時間的要素を含む被検体の 4 次元画像データから複数の位相毎にそれぞれ被検体に対する観察方向を移動させた時間的要素を含む複数の 3 次元画像データをそれぞれ作成させ、位相を固定した状態で、かつ観察方向を移動させた複数の 3 次元画像データをそれぞれモニタ画面上に動画表示させる画像表示プログラムである。

【0024】

請求項 44 によれば、コンピュータにより実行され、周期的な収縮運動をする被検体の画像を表示する画像表示プログラムにおいて、時間的要素を含む被検体の 4 次元画像データから任意の観察方向における時間的要素を含む第 1 の 3 次元画像データを作成させ、4 次元画像データから被検体の収縮運動を固定させた状態で、かつ被検体に対する観察方向を移動させる第 2 の 3 次元画像データを作成させ、第 1 の 3 次元画像データと第 2 の 3 次元画像データとを切り替えてモニタ画面上に表示させる画像表示プログラムである。

30

【発明の効果】

【0025】

本発明は、短時間で最適観察方向を決定するための画像を表示できる画像表示方法及びその装置並びに画像表示プログラムを提供できる。

【発明を実施するための最良の形態】

40

【0026】

以下、本発明の第 1 の実施の形態について図面を参照して説明する。

図 1 は画像表示装置の構成図を示す。画像表示装置本体 10 には、医用機器 11 が接続されている。この医用機器 11 は、周期的な収縮運動をする被検体 1、例えば心拍運動する心臓を取り巻くように走行する心臓冠状動脈 1a を撮像してその画像データを取得する。この医用機器 10 は、例えば X 線装置、X 線コンピュータ断層撮影装置 (X 線 CT 装置)、磁気共鳴イメージング装置 (MRI 装置)、陽電子放出コンピュータ断層撮影装置 (PET 装置)、単光子放出コンピュータ断層撮影装置 (SPECT 装置)、超音波診断装置 (US)、血管内超音波検査法 (IVUS)、X 線診断装置である。

【0027】

50

画像表示装置本体 10 は、コンピュータの画像処理によって心臓冠状動脈 1 a の画像を表示する。この画像表示装置本体 10 は、CPU 等により成る主制御部 12 を有する。この主制御部 12 には、画像データ記憶部 13 と、プログラムメモリ 14 とが接続されている。又、この主制御部 12 から発せられる指令により 4 次元データ構築部 15 と、観察方向設定部 16 と、画像データ作成部 17 と、表示制御部 18 と、キーボードやマウス、テンキー等の操作部 19 とが動作する。表示制御部 18 には、液晶ディスプレイ等のモニタ 20 が接続されている。又、主制御部 12 には、入力部 21 が接続されている。この入力部 21 には、心電計 22 が接続されている。この心電計 (ECG) 22 は、被検体 1 における心臓の運動を心電図信号 E として出力する。

【0028】

4 次元データ構築部 15 は、医用機器 11 により取得された被検体 1 の画像データを受け取り、この画像データから図 2 に示すような 4 次元画像データ 4D (x, y, z, t) を構築する。この 4 次元画像データ 4D は、3 次元画像表示の一手法であるボリュームレンダリングにより成る。又、4 次元画像データ 4D は、最大値投影 (MIP: Maximum Intensity Projection) により成る。最大値投影 (MIP) は、MRI 装置、X 線 CT 装置、US 装置による血管の表示法によく用いられる。しかるに、4 次元画像データ 4D は、3 次元空間 (x, y, z) の画像データと時間的要素 (t) とから成る。この 4 次元画像データ 4D は、画像データ記憶部 13 に記憶される。観察方向設定部 16 は、例えば被検体 1 における心臓冠状動脈 1 a に対する複数の観察方向を設定する。これら観察方向は、例えば操作部 19 に対する例えばインタベーションを行う術者の操作入力を受けて設定する。各観察方向は、上記図 28 に示すように人体等の被検体 1 に対して頭部方向 (CRA) 及び尾部方向 (CAU) により表現される観察角度 と、図 29 に示すように被検体 1 に対して第 1 斜位方向 (RAO) 及び第 2 斜位方向 (LAO) により表現される観察角度 との組み合わせから成る。

【0029】

複数の観察方向 (観察角度) $F_1, F_2, F_3, \dots, F_j$ は、例えば 9 つ ($j = 9$) の観察方向 F_1 (RAO 30°, CRA 20°)、 F_2 (0, CRA 20°)、 F_3 (LAO 50°, CRA 20°)、 F_4 (RAO 30°, 0°)、 F_5 (0°, 0°)、 F_6 (LAO 50°, 0°)、 F_7 (RAO 30°, CAU 30°)、 F_8 (0°, CAU 30°)、 F_9 (LAO 50°, CAU 30°) に固定設定される。なお、複数の観察方向は、上記 9 つの $F_1, F_2, F_3, \dots, F_9$ に限らず、例えばインタベーションを行う術者によって任意に設定可能である。観察方向は、観察角度、観察視点、view 方向と同義語である。

【0030】

画像データ作成部 17 は、4 次元画像データ 4D から図 3 に示すような複数の観察方向における時間的要素 t を含む複数の 3 次元画像データ (u, v, t) 3D をそれぞれ作成する。この 3 次元画像データ 3D は、2 次元空間 (u, v) の画像データと時間的要素 t とから成る。観察方向設定部 16 において複数の観察方向 $F_1, F_2, F_3, \dots, F_j$ が固定設定されると、画像データ作成部 17 は、これら観察方向 $F_1, F_2, F_3, \dots, F_j$ 毎の各 3 次元画像データ 3D₁、3D₂、3D₃、...、3D_j を作成する。これら 3 次元画像データ 3D₁、3D₂、3D₃、...、3D_j は、それぞれ各観察方向 $F_1, F_2, F_3, \dots, F_j$ に固定設定された状態で、心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1 a の各動画になる。

【0031】

表示制御部 18 は、例えば各観察方向 $F_1, F_2, F_3, \dots, F_j$ に固定した状態で、心拍運動する心臓を取り巻くように走行する心臓冠状動脈 1 a の各 3 次元画像データ 3D₁、3D₂、3D₃、...、3D_j をそれぞれモニタ 20 のモニタ画面 20 a 上に動画表示する。この場合、表示制御部 18 は、例えば図 4 に示すようにモニタ画面 20 a 上に複数のウィンドウ $W_1, W_2, W_3, \dots, W_j$ を形成し、これらウィンドウ $W_1, W_2, W_3, \dots, W_j$ にそれぞれ各 3 次元画像データ 3D₁、3D₂、3D₃、...、3D_j を互いに

10

20

30

40

50

時間的要素 t を同期して一覧表示する。

【0032】

表示制御部 18 は、各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_j のうち例えば RAO をモニタ画面 20 a 中の左側、LAO をモニタ画面 20 a の右側、CAU をモニタ画面 20 a の下側、CRA をモニタ画面 20 a の上側に表示する。

図 4 は例えば 9 つのウィンドウ $W_1 \sim W_9$ をモニタ画面 20 a 上に形成している。複数の観察方向 $F_1 \sim F_j$ の設定数は、例えば病院において施術されるインターベーション手術中に頻度高く設定される複数の観察方向、例えば 10 種類程度の観察方向から決定される。これにより、9 つのウィンドウ $W_1 \sim W_9$ には、それぞれ観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_j が割り当てられる。従って、これらウィンドウ $W_1 \sim W_9$ には、各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_j に固定設定された状態で、心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1 a の各動画が表示される。

表示制御部 18 は、心電計 22 から出力される図 32 に示すような被検体 1 の心臓の心電図信号 E を入力し、この心電図波形をモニタ画面 20 a 内の例えば隅部分に表示する。

【0033】

プログラムメモリ 14 には、主制御部 12 によって実行される画像表示プログラムが記憶されている。この画像表示プログラムは、例えば心拍運動する心臓を取り巻くように走行する心臓冠状動脈 1 a に対する複数の観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_j を設定させ、心臓冠状動脈 1 a の時間的要素 t を含む 4 次元画像データ 4D から各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_j における時間的要素 t を含む複数の 3 次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_j$ をそれぞれ作成させ、それぞれ各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_j を固定した状態で、心臓冠状動脈 1 a の各 3 次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_j$ をそれぞれモニタ画面 20 a 上に動画表示させる。

【0034】

次に、上記の如く構成された装置による画像表示の動作について説明する。

医用機器 10 は、例えば X 線装置、X 線 CT 装置、MRI 装置、PET 装置、SPECT 装置、US 装置、IVUS 装置、X 線診断装置であり、例えば心拍運動する心臓を取り巻くように走行する心臓冠状動脈 1 a を撮像してその画像データを取得する。

4 次元データ構築部 15 は、医用機器 11 により取得された被検体 1 の画像データを受け取り、この画像データから図 2 に示すような 4 次元画像データ 4D (x, y, z, t) を構築する。この 4 次元画像データ 4D は、画像データ記憶部 13 に記憶される。

【0035】

一方、観察方向設定部 16 は、操作部 19 に対するインターベーションを行う術者の操作入力を受け、例えば被検体 1 における心臓冠状動脈 1 a に対する複数の観察方向 $F_1 \sim F_j$ を設定する。添え記号 j は、各観察方向（観察角度）を表す。これら観察方向 $F_1 \sim F_j$ の設定数は、例えば病院において施術されるインターベーション手術中に頻度高く設定される複数の観察方向、例えば 10 種類程度の観察方向から決定される。これら複数の観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_j は、例えば 9 つ ($j = 9$) の観察方向 F_1 (RAO 30° 、CRA 20°)、 F_2 (0、CRA 20°)、 F_3 (LAO 50° 、CRA 20°)、 F_4 (RAO 30° 、0)、 F_5 (0、0)、 F_6 (LAO 50° 、0)、 F_7 (RAO 30° 、CAU 30°)、 F_8 (0、CAU 30°)、 F_9 (LAO 50° 、CAU 30°) に固定設定される。

【0036】

次に、画像データ作成部 17 は、画像データ記憶部 13 から 4 次元画像データ 4D を読み込むと共に、観察方向設定部 16 において固定設定された例えば 9 つ ($j = 9$) の観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 を受け取る。画像データ作成部 17 は、各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 毎に、4 次元画像データ 4D から図 3 に示すような 3 次元画像データ (u, v, t) $3D$ ($3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$) を作成する。これら 3 次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$ は、それぞれ各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_j に固定設定された状態で、心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1

10

20

30

40

50

aの各動画になる。

【0037】

ここで、各3次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$ の具体的な作成方法について図5に示す3次元画像データ作成フローチャートに従って説明する。同フローチャートは、各ウィンドウ $W_1 \sim W_9$ に表示する3次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$ を1動画ずつ順次に作成する。

【0038】

まず、画像データ作成部17は、ステップ#1において、観察方向設定部16から9つ ($j = 9$)の観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 を読み込む。画像データ作成部17は、ステップ#2において、画像データ記憶部13からある心位相 i_k ($k = 1, 2, 3, \dots, m$)の4次元画像データ $4D(x, y, z/t = i_1)$ を読み込む。

10

【0039】

次に、画像データ作成部17は、ステップ#3において、まず、観察方向 F_1 で読み込んだある心位相 i_1 の4次元画像データ $4D(x, y, z/t = i_1)$ から観察方向 F_1 に投影した1枚の投影画像データ($u, v/t = i_1$)を作成する。この観察方向 F_1 の1枚の投影画像データ($u, v/t = i_1$)は、静止画像データである。

次に、画像データ作成部17は、ステップ#4において、全ての観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 の各1枚のづつ各投影画像データ($u, v/t = i_1$)が作成されたか否かを判断する。全ての観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 の各1枚の投影画像データ($u, v/t = i_1$)が作成されていないならば、画像データ作成部17は、ステップ#3に戻り、観察方向 F_2 で読み込んだ同心位相 i の4次元画像データ $4D(x, y, z/t = i_1)$ から観察方向 F_2 に投影した1枚の投影画像データ($u, v/t = i_1$)を作成する。

20

【0040】

全ての観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 毎に各1枚の投影画像データ($u, v/t = i_1$)が作成されると、画像データ作成部17は、ステップ#5に移り、各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 毎の各投影画像データ($u, v/t = i_1$)を表示制御部18に送る。この表示制御部18は、図4に示すモニタ画面20a上の各ウィンドウ $W_1 \sim W_9$ にそれぞれ各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 毎の各投影画像データ($u, v/t = i_1$)を表示する。この時点で、モニタ画面20a上の各ウィンドウ $W_1 \sim W_9$ に表示される各投影画像データは、静止画である。

30

【0041】

次に、画像データ作成部17は、ステップ#6において、各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 毎に、それぞれ動画とするのに必要な投影画像データの枚数に到達したか否かを判断する。動画とするのに必要な投影画像データの枚数は、周期的な収縮運動をする被検体1の1サイクルを連続して動画として表示するのに必要な枚数である。ここで、被検体1が心臓冠状動脈1aであれば、動画とするのに必要な投影画像データの枚数は、心臓の1心拍を連続して動画として表示するのに必要な投影画像データの枚数になる。

この判断の結果、各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 毎にそれぞれ動画とするのに必要な投影画像データの枚数に到達していなければ、画像データ作成部17は、ステップ#2に戻る。この画像データ作成部17は、ステップ#2において、画像データ記憶部13から次の心位相 i_k 、例えば心位相 i_2 の4次元画像データ $4D(x, y, z/t = i_2)$ を読み込む。以下、上記同様に、画像データ作成部17は、各ステップ#3、#4において、全ての観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 の各1枚の投影画像データ($u, v/t = i_2$)を作成する。次に、表示制御部18は、ステップ#5において、図4に示すモニタ画面20a上の各ウィンドウ $W_1 \sim W_9$ にそれぞれ各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 毎の投影画像データ($u, v/t = i_1$)に連続して投影画像データ($u, v/t = i_2$)を表示する。

40

【0042】

従って、画像データ作成部17は、ステップ#1~#6を繰り返すことにより、各観察

50

方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 毎にそれぞれ各投影画像データ ($u, v / t = i_1, 2, 3, \dots, m$) を次第に動画として作成する。

【0043】

心臓の1心拍を連続して動画として表示するために必要な投影画像データの枚数に到達すると、画像データ作成部17は、各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 毎の各投影画像データ ($u, v / t = i_1, 2, 3, \dots, m$) から成る3次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$ の動画の作成を完了する。すなわち、各3次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$ は、図3に示すようにそれぞれ2次元空間 (u, v) の画像データと時間的要素 $t (= i_1, 2, 3, \dots, m)$ とから成り、各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 毎に固定状態とされた心臓の1心拍中に合せて運動する心臓冠状動脈1aの動画に成る。画像データ作成部17は、各3次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$ を表示制御部18に送る。

10

【0044】

この表示制御部18は、ステップ#7において、図4に示すモニタ画面20a上の各ウインドウ $W_1 \sim W_9$ にそれぞれ各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 毎に、各3次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$ を動画表示する。図6は例えばモニタ画面20a上のウインドウ W_5 に表示される観察方向 F_5 の3次元画像データ $3D_5$ の動画を示す。この3次元画像データ $3D_5$ の動画は、観察方向 $F_5 (0^\circ, 0^\circ)$ を固定状態としたときの心臓の1心拍中に合せて運動する心臓冠状動脈1aの動画を表示する。動画中の矢印は、心臓冠状動脈1aの心拍に応じた運動方向を示す。

20

【0045】

図6はウインドウ W_5 に表示される観察方向 F_5 の3次元画像データ $3D_5$ の動画を示すが、他の各ウインドウ $W_1 \sim W_4$ 、 $W_6 \sim W_9$ においても各観察方向 $F_1 \sim F_4$ 、 $F_6 \sim F_9$ の各3次元画像データ $3D_1 \sim D_4$ 、 $D_6 \sim D_9$ の動画が表示される。表示制御部18は、各ウインドウ $W_1 \sim W_9$ における各観察方向 $F_1 \sim F_9$ の各3次元画像データ $3D_1 \sim D_9$ の動画を時間的要素 t を同期させて表示する。

【0046】

表示制御部18は、各ウインドウ $W_1 \sim W_9$ にそれぞれ表示する各観察方向 $F_1 \sim F_9$ の各3次元画像データ $3D_1 \sim D_9$ の動画の再生スピードを心臓の心拍運動のスピードに一致させて表示する。なお、表示制御部18は、各3次元画像データ $3D_1 \sim D_9$ の動画の再生スピードを、例えば操作部19から操作入力された任意のスピードに設定したり、各3次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$ を作成するための各投影画像データを収集するスピードに一致させてもよい。

30

表示制御部18は、心電計22から出力される図32に示すような被検体1の心臓の心電図信号 E を入力し、この心電図波形をモニタ画面20a内の例えば隅部分に表示する。これにより、各ウインドウ $W_1 \sim W_9$ にそれぞれ表示する各3次元画像データ $3D_1 \sim D_9$ の動画の再生スピードは、心臓の心拍運動のスピードに一致しているので、心電図を併せて表示することにより心臓冠状動脈1aの心拍に応じた運動が認識し易い。

【0047】

次に、表示制御部18は、ステップ#8において、各ウインドウ $W_1 \sim W_9$ にそれぞれ表示する各観察方向 $F_1 \sim F_9$ の各3次元画像データ $3D_1 \sim D_9$ の各動画のうちいずれかの動画が選択されるのかを判断する。ここで、操作部19における例えばマウスがインターベンションを行う術者によって操作され、モニタ画面20a上のポインタ P がウインドウ W_5 上に配置されてクリック操作されると、表示制御部18は、ステップ#9において、ウインドウ W_5 すなわち観察方向 $F_5 (0^\circ, 0^\circ)$ をインターベンションを行うときの最適観察角度として決定する。

40

次に、主制御部12は、最適観察角度として決定した観察方向 $F_5 (0^\circ, 0^\circ)$ を例えばRAM等のメモリに保存し、かつ医用機器11に送信する。

【0048】

次に、各3次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$ の具体的な別の作成方

50

法について図7に示す3次元画像データ作成フローチャートに従って説明する。同フローチャートは、1つのウィンドウ $W_1 \sim W_9$ 毎に順次3次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、...、 $3D_9$ を動画に作成する。

【0049】

まず、画像データ作成部17は、ステップ#1において、画像データ記憶部13からある心位相 i_k ($k = 1, 2, 3, \dots, m$)の4次元画像データ $4D(x, y, z/t = i_1)$ を順次読み込む。画像データ作成部17は、ステップ#2において、観察方向設定部16から9つ ($j = 9$)の観察方向 $F_1, F_2, F_3, \dots, F_9$ を読み込む。

次に、画像データ作成部17は、ステップ#3において、まず、観察方向 F_1 で読み込んだある心位相 i_1 の4次元画像データ $4D(x, y, z/t = i_1)$ から観察方向 F_1 に投影した1枚の投影画像データ ($u, v/t = i_1$)を作成する。この観察方向 F_1 の1枚の投影画像データ ($u, v/t = i_1$)は、静止画像データである。

次に、画像データ作成部17は、ステップ#10において、観察方向 F_1 で全ての心位相 i_k ($k = 1, 2, 3, \dots, m$)の投影画像データ ($u, v/t = i_1 \sim m$)が作成されたか否かを判断する。すなわち、画像データ作成部17は、観察方向 F_1 において動画とするのに必要な投影画像データの枚数に到達したか否かを判断する。動画とするのに必要な投影画像データの枚数は、上記同様に、周期的な収縮運動をする被検体1の1サイクルを連続して動画として表示するに必要な枚数である。ここで、被検体1が心臓冠状動脈1aであれば、動画とするのに必要な投影画像データの枚数は、心臓の1心拍を連続して動画として表示するに必要な投影画像データの枚数になる。

観察方向 F_1 で全ての心位相 i_k ($k = 1, 2, 3, \dots, m$)の投影画像データ ($u, v/t = i_1 \sim m$)が作成されていないければ、画像データ作成部17は、ステップ#1に戻り、

観察方向 F_1 における心位相 i_2 の4次元画像データ $4D(x, y, z/t = i_2)$ を読み込み、ステップ#3において、4次元画像データ $4D(x, y, z/t = i_2)$ から観察方向 F_1 に投影した1枚の投影画像データ ($u, v/t = i_2$)を作成する。以下、同様に、画像データ作成部17は、ステップ#1、#3を繰り返して観察方向 F_1 に投影した各投影画像データ ($u, v/t = i_1 \sim m$)を作成する。

【0050】

心臓の1心拍を連続して動画として表示するに必要な投影画像データの枚数に到達すると、画像データ作成部17は、観察方向 F_1 において各心位相 $i_1 \sim m$ の各投影画像データ ($u, v/t = i_1 \sim m$)から成る3次元画像データ $3D_1$ の動画の作成を完了する。すなわち、3次元画像データ $3D_1$ は、2次元空間 (u, v)の画像データと時間的要素 $t (= i_1, 2, 3, \dots, m)$ とから成る動画であって、観察方向 F_1 に固定状態とされた心臓の1心拍中に合せて運動する心臓冠状動脈1aの動画である。

画像データ作成部17は、ステップ#11において、3次元画像データ $3D_1$ を表示制御部18に送る。この表示制御部18は、モニタ画面20a上のウィンドウ W_1 に観察方向 F_1 における3次元画像データ $3D_1$ を動画表示する。

【0051】

次に、画像データ作成部17は、ステップ#12において、全ての観察方向 $F_1, F_2, F_3, \dots, F_9$ における3次元画像データ $3D_1, 3D_2, 3D_3, \dots, 3D_9$ の動画が作成されたか否かを判断する。ここでは、観察方向 F_1 における3次元画像データ $3D_1$ の動画が作成されたのみであるので、画像データ作成部17は、ステップ#2に戻り、観察方向 F_2 に設定し、再びステップ#3~#11を繰り返して観察方向 F_2 の3次元画像データ $3D_2$ の動画を作成する。観察方向 F_2 の3次元画像データ $3D_2$ の動画の作成を完了すると、画像データ作成部17は、3次元画像データ $3D_2$ を表示制御部18に送る。この表示制御部18は、ステップ#11において、モニタ画面20a上のウィンドウ W_2 に観察方向 F_2 における3次元画像データ $3D_2$ を動画表示する。

以下、同様に、画像データ作成部17は、ステップ#2~#12を繰り返し、各観察方向 F_3, F_4, \dots, F_9 における各3次元画像データ $3D_3, 3D_4, \dots, 3D_9$ の動画

を順次作成する。表示制御部 18 は、モニタ画面 20 a 上の各ウィンドウ W_3 、 W_4 、…、 W_9 に順次動画表示する。

【0052】

全ての観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 の各 3 次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$ の作成が完了すると、表示制御部 18 は、ステップ # 7 において、図 4 に示すモニタ画面 20 a 上の各ウィンドウ $W_1 \sim W_9$ にそれぞれ全観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、 F_9 の各 3 次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$ を動画表示する。これら 3 次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$ の動画表示は、各観察方向 $F_1 \sim F_9$ を固定状態としたときの心臓の 1 心拍中に合せて運動する心臓冠状動脈 1 a の動画を表示する。なお、これら 3 次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$ の動画表示は、上記図 5 に示す 3 次元画像データ作成フローチャートに従って動画表示された 3 次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、…、 $3D_9$ と同一である。

10

【0053】

次に、表示制御部 18 は、ステップ # 8 において、各ウィンドウ $W_1 \sim W_9$ にそれぞれ表示する各観察方向 $F_1 \sim F_9$ の各 3 次元画像データ $3D_1 \sim 3D_9$ の各動画のうちいずれかの動画が選択されるのかを判断する。ここで、操作部 19 における例えばマウスがインターベンションを行う術者によって操作され、モニタ画面 20 a 上のポインタ P がウィンドウ W_5 上に配置されてクリック操作されると、表示制御部 18 は、ステップ # 9 において、ウィンドウ W_5 すなわち観察方向 F_5 (0° , 0°) をインターベンションを行うときの最適観察角度として決定する。

20

次に、主制御部 12 は、最適観察角度として決定した観察方向 F_5 (0° , 0°) を例えば RAM 等のメモリに保存し、かつ医用機器 11 に送信する。

【0054】

このように上記第 1 の実施の形態によれば、例えば被検体 1 における心臓冠状動脈 1 a に対する複数の観察方向 $F_1 \sim F_j$ を設定し、心臓冠状動脈 1 a の 4 次元画像データ $4D(x, y, z, t)$ から複数の観察方向 $F_1 \sim F_j$ における複数の 3 次元画像データ (u, v, t) $3D$ をそれぞれ作成し、複数の観察方向 $F_1 \sim F_j$ を固定した状態で、心臓の心拍に応じた心臓冠状動脈 1 a の運動を表す複数の 3 次元画像データ (u, v, t) $3D$ をそれぞれモニタ画面 20 a 上に動画表示する。

【0055】

これにより、各観察方向 $F_1 \sim F_j$ と、心臓の心拍に応じた心臓冠状動脈 1 a の運動とをそれぞれ独立して表示することができる。インターベンションを行う術者は、複数の観察方向 $F_1 \sim F_j$ の各心臓冠状動脈 1 a の心拍に応じた運動を示す各動画からインターベンションを行うのに最適な観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、又は F_9 を簡単にかつ素早く選択できる。従って、インターベンションを行うに際して事前情報に最適な観察方向を知ることができる。このように選択された最適な観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、…、又は F_9 であれば、最適な観察方向からずれて例えば心臓冠状動脈 1 a が他の血管と重なったり、分岐する血管が心臓冠状動脈 1 a に重なったり、心臓冠状動脈 1 a が短く見えたり (fore shortening) するなどの影響を受けない。

30

【0056】

次に、本発明の第 2 の実施の形態について図面を参照して説明する。同実施の形態の装置構成は、上記図 1 に示す装置構成と同一なので、その相違する部分について説明する。

40

操作部 19 は、切替操作部としての例えばマウスを備える。操作部 19 は、例えばマウスに対するクリック操作を受けると、このクリック操作毎に動画切替信号を表示制御部 18 に送出する。

【0057】

表示制御部 18 は、モニタ画面 20 a 上に、複数の観察方向 $F_1 \sim F_j$ を固定した状態で、心臓冠状動脈 1 a の心拍に応じた移動の各観察方向 F_3 、 F_4 、…、 F_9 の各 3 次元画像データ $3D_3$ 、 $3D_4$ 、…、 $3D_9$ の動画を 1 つの観察方向ずつそれぞれ時間的にず

50

らして順次切り替えて表示する。この場合、表示制御部 18 は、操作部 19 からの動画切替信号を入力する毎に、各 3 次元画像データ $3D_3$ 、 $3D_4$ 、...、 $3D_9$ の各動画を 1 つの観察方向ずつ切り替えて表示する。表示制御部 18 は、一定時間、例えば心臓の 1 心拍の期間に合わせて自動的に各 3 次元画像データ $3D_3$ 、 $3D_4$ 、...、 $3D_9$ の動画を 1 つの観察方向ずつ順次切り替えて表示してもよい。

【0058】

プログラムメモリ 14 には、主制御部 12 によって実行される画像表示プログラムが記憶されている。この画像表示プログラムは、複数の観察方向 $F_1 \sim F_j$ を固定した状態で、各観察方向 F_3 、 F_4 、...、 F_9 の各 3 次元画像データ $3D_3$ 、 $3D_4$ 、...、 $3D_9$ の各動画をモニタ画面 20a 上にそれぞれ時間的にずらして順次切り替えて表示させる。

10

【0059】

次に、上記の如く構成された装置による画像表示の動作について説明する。

医用機器 10 は、上記同様に、例えば心拍運動する心臓を取り巻くように走行する心臓冠状動脈 1a を撮像してその画像データを取得する。4 次元データ構築部 15 は、医用機器 11 により取得された被検体 1 の画像データを受け取り、この画像データから図 2 に示すような 4 次元画像データ $4D(x, y, z, t)$ を構築する。

【0060】

一方、観察方向設定部 16 は、操作部 19 に対するインタベーションを行う術者の操作入力を受け、例えば被検体 1 における心臓冠状動脈 1a に対する複数の観察方向 $F_1 \sim F_j$ を設定する。これら観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、...、 F_j は、例えば 9 つ ($j = 9$) の観察方向 F_1 ($RAO30^\circ$ 、 $CRA20^\circ$)、 F_2 (0 、 $CRA20^\circ$)、 F_3 ($LAO50^\circ$ 、 $CRA20^\circ$)、 F_4 ($RAO30^\circ$ 、 0°)、 F_5 (0° 、 0°)、 F_6 ($LAO50^\circ$ 、 0°)、 F_7 ($RAO30^\circ$ 、 $CAU30^\circ$)、 F_8 (0° 、 $CAU30^\circ$)、 F_9 ($LAO50^\circ$ 、 $CAU30^\circ$) に固定設定される。

20

【0061】

次に、画像データ作成部 17 は、図 8 に示す 3 次元画像データ作成フローチャートに従い、各観察方向 F_1 、 F_2 、 F_3 、...、 F_9 毎の各 3 次元画像データ $3D_1$ 、 $3D_2$ 、 $3D_3$ 、...、 $3D_9$ を順次切り替えて表示する。すなわち、画像データ作成部 17 は、ステップ # 1 において、画像データ記憶部 13 からある心位相 i_k ($k = 1, 2, 3, \dots, m$) の 4 次元画像データ $4D(x, y, z / t = i_1)$ を順次読み込む。画像データ作成部 17 は、ステップ # 2 において、観察方向設定部 16 から例えば観察方向 F_{j-1} を読み込む。次に、画像データ作成部 17 は、ステップ # 3 において、先ず、観察方向 F_1 において読み込んだ各画像データから観察方向 F_1 に投影した各投影画像データを作成する。

30

【0062】

次に、画像データ作成部 17 は、ステップ # 3 において、先ず、観察方向 F_1 で読み込んだある心位相 i_1 の 4 次元画像データ $4D(x, y, z / t = i_1)$ から観察方向 F_1 に投影した 1 枚の投影画像データ ($u, v / t = i_1$) を作成する。

次に、画像データ作成部 17 は、ステップ # 10 において、観察方向 F_1 で全ての心位相 i_k ($k = 1, 2, 3, \dots, m$) の投影画像データ ($u, v / t = i_1 \sim m$) が作成されたか否かを判断する。すなわち、画像データ作成部 17 は、観察方向 F_1 において動画とするのに必要な投影画像データの枚数に到達したか否かを判断する。動画とするのに必要な投影画像データの枚数は、上記同様に、被検体 1 が心臓冠状動脈 1a であれば、動画とするのに必要な投影画像データの枚数は、心臓の 1 心拍を連続して動画として表示するのに必要な投影画像データの枚数になる。

40

心臓の 1 心拍を連続して動画として表示するのに必要な投影画像データの枚数に到達すると、画像データ作成部 17 は、観察方向 F_1 の 3 次元画像データ $3D_1$ の動画の作成を完了する。すなわち、3 次元画像データ $3D_1$ は、2 次元空間 (u, v) の画像データと時間的要素 $t (= i_1, 2, 3, \dots, m)$ とから成る動画であって、観察方向 F_1 に固定状態とされた心臓の 1 心拍中に合わせて運動する心臓冠状動脈 1a の動画である。

【0063】

50

画像データ作成部 17 は、ステップ # 20 において、3次元画像データ $3D_1$ を表示制御部 18 に送る。この表示制御部 18 は、図 9 に示すようにモニタ画面 20 a 上に観察方向 F_1 における 3次元画像データ $3D_1$ を動画表示する。この 3次元画像データ $3D_1$ は、観察方向 F_1 に固定状態としたときの心臓の 1 心拍中に合せて運動する心臓冠状動脈 1 a の動画を表示する。図中の矢印は、心臓の 1 心拍中に合せて運動する心臓冠状動脈 1 a の運動方向を示す。

この状態で、画像データ作成部 17 は、ステップ # 21 において、操作部 19 のマウスが左クリック又は右クリックされた否かを判断する。マウスが左クリックされると、画像データ作成部 17 は、ステップ # 22 に移り、観察方向 F_j を「1」だけインクリメントしてステップ # 2 に戻る。

【0064】

画像データ作成部 17 は、ステップ # 1 ~ # 3、# 10、# 20 を繰り返し、画像データ記憶部 13 からある心位相 i_k ($k = 1, 2, 3, \dots, m$) の 4次元画像データ $4D(x, y, z / t = i_1)$ を順次読み込み、かつ観察方向設定部 16 から観察方向 $F_{j=2}$ を読み込み、上記同様に、観察方向 F_2 の 3次元画像データ $3D_2$ の動画を作成する。画像データ作成部 17 は、3次元画像データ $3D_2$ を表示制御部 18 に送る。この表示制御部 18 は、図 9 に示すようにモニタ画面 20 a 上の動画を、観察方向 F_1 における 3次元画像データ $3D_1$ から観察方向 F_2 における 3次元画像データ $3D_2$ の動画表示に切り替える。この 3次元画像データ $3D_2$ は、観察方向 F_2 に固定状態としたときの心臓の 1 心拍中に合せて運動する心臓冠状動脈 1 a の動画を表示する。以下、同様に、観察方向 F_2 の 3次元画像データ $3D_2$ の動画が表示されている状態で、マウスが左クリックされると、画像データ作成部 17 は、ステップ # 22 に移り、観察方向 F_j を「1」だけインクリメントしてステップ # 2 に戻る。これにより、画像データ作成部 17 は、再びステップ # 1 ~ # 3、# 10、# 20 を繰り返し、観察方向 F_3 の 3次元画像データ $3D_3$ の動画を作成する。表示制御部 18 は、図 9 に示すようにモニタ画面 20 a 上の動画を、観察方向 F_2 における 3次元画像データ $3D_2$ から観察方向 F_3 における 3次元画像データ $3D_3$ の動画表示に切り替える。

【0065】

従って、マウスが左クリックされる毎に、モニタ画面 20 a 上に表示される動画は、観察方向 F_4 の 3次元画像データ $3D_4$ 、観察方向 F_5 の 3次元画像データ $3D_5$ 、...、観察方向 F_9 の 3次元画像データ $3D_9$ 、観察方向 F_1 の 3次元画像データ $3D_1$ に順次切り替わる。

【0066】

一方、画像データ作成部 17 は、ステップ # 21 において、操作部 19 のマウスが左クリック又は右クリックされた否かの判断の結果、右クリックされると、ステップ # 23 に移り、この右クリックされた時点でモニタ画面 20 a 上に表示されている 3次元画像データ $3D_j$ の観察方向 F_j を最適観察方向として決定する。例えば、右クリックされた時点でモニタ画面 20 a 上に観察方向 F_1 の 3次元画像データ $3D_1$ が表示されていれば、画像データ作成部 17 は、観察方向 F_1 を最適観察方向として決定する。次に、主制御部 12 は、最適観察角度として決定した観察方向 F_1 ($RAO30^\circ$, $CRA20^\circ$) を例えば RAM 等のメモリに保存し、かつ医用機器 11 に送信する。

【0067】

このように上記第 2 の実施の形態によれば、マウスが左クリックされる毎に、モニタ画面 20 a 上に表示される動画を、例えば観察方向 F_1 の 3次元画像データ $3D_1$ 、観察方向 F_2 の 3次元画像データ $3D_2$ 、...、観察方向 F_9 の 3次元画像データ $3D_9$ 、観察方向 F_1 の 3次元画像データ $3D_1$ に切り替える。これにより、上記第 1 の実施の形態と同様の効果を奏することは言うまでもない。

【0068】

上記第 2 の実施の形態では、マウスが左クリックされる毎に、観察方向 F_1 の 3次元画像データ $3D_1$ 、観察方向 F_2 の 3次元画像データ $3D_5$ 、...、観察方向 F_9 の 3次元画

10

20

30

40

50

像データ $3D_9$ 、観察方向 F_1 の3次元画像データ $3D_1$ の各動画に切り替えるようにしているが、これに限らず、例えばモニタ画面20a上に切り替え用のアイコンを表示し、このアイコン上のポインタPを配置し、マウスが左クリックされる毎に観察方向 F_1 の3次元画像データ $3D_1$ 、観察方向 F_2 の3次元画像データ $3D_5$ 、...、観察方向 F_9 の3次元画像データ $3D_9$ 、観察方向 F_1 の3次元画像データ $3D_1$ を切り替えるようにしてもよい。又、かかる動画の切り替えは、キーボード、タッチパネル、ジョイスティック等の操作により切り替えてもよい。

【0069】

上記第2の実施の形態では、マウスが左クリックされる毎に、画像データ作成部17は、画像データ記憶部13からある心位相 i_k ($k = 1, 2, 3, \dots, m$)の4次元画像データ $4D(x, y, z/t = i_1)$ を順次読み込み、かつ観察方向設定部16から観察方向 F_j を読み込み、観察方向 F_2 の3次元画像データ $3D_2$ の動画を作成しているが、予めバックグラウンドで全ての観察方向 $F_1, F_2, F_3, \dots, F_9$ の各3次元画像データ $3D_1, 3D_2, 3D_3, \dots, 3D_9$ の動画を作成して例えば画像データ記憶部13等に記憶し、マウスが左クリックされる毎に3次元画像データ $3D_1, 3D_2, 3D_3, \dots$ 、又は $3D_9$ を読み出してモニタ画面20a上に表示してもよい。

【0070】

次に、本発明の第3の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、図1と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

図10は画像表示装置の構成図を示す。画像表示装置本体10には、位相設定部30が設けられている。この位相設定部30は、主制御部12から発せられる指令により動作する。位相設定部30は、被検体1として心拍運動する心臓の複数の心位相を設定する。これら心位相は、図11に示すように心電計22により取得される心電図波形Eから例えば心位相 i_k ($k = 1, 2, 3, \dots, m$)、例えば $i_{k=1}$ (= 0%)、 $i_{k=2}$ (= 20%)、 $i_{k=3}$ (= 40%)、 $i_{k=4}$ (= 60%)、 $i_{k=5}$ (= 80%)に固定設定される。これら心位相 i_k は、例えばインターベンションを行う術者によってインターベンションを行うのに最適な値に固定設定される。

【0071】

画像データ作成部31は、画像データ記憶部13に記憶されている4次元画像データ $4D(x, y, z, t)$ を読み出し、この4次元画像データ $4D(x, y, z, t)$ から位相設定部30により固定設定された複数の心位相 i_k 毎にそれぞれ心臓に対して観察方向RAO、LAOを連続的に移動させた複数の3次元画像データ $(r, s)3D_k$ を作成する。これら3次元画像データ $3D_k$ は、それぞれ2次元空間 (r, s) の画像データと時間的要素 t ($= i_{1, 2, 3, \dots, m}$)とから成る動画である。

【0072】

表示制御部32は、各心位相 i_k に固定した状態すなわち時間的要素 t を固定した状態で、観察方向をCRAO、CAUOとして、RAO、LAOに連続的に移動させた各3次元画像データ $3D_k$ をそれぞれモニタ画面20a上に動画表示する。表示制御部32は、モニタ画面20a上に、例えば各心位相0%、20%、40%、60%、80%毎の各3次元画像データ $3D_{10}, 3D_{11}, 3D_{12}, 3D_{13}, 3D_{14}$ を互いに観察方向 F_j を同期して変えた回転動画を一覧表示する。これら3次元画像データ $3D_{10}, 3D_{11}, 3D_{12}, 3D_{13}, 3D_{14}$ は、それぞれ2次元空間 (u, v) の画像データと時間的要素 t ($= i_{1, 2, 3, \dots, m}$)とから成る。

【0073】

図12は各心位相 i_k 毎に観察方向RAO、LAOを連続的に移動させた各3次元画像データ $3D_{10}, 3D_{11}, 3D_{12}, 3D_{13}, 3D_{14}$ の一例を表示する。モニタ画面20a上には、複数のウィンドウW、例えば各ウィンドウ $W_{10} \sim W_{14}$ が表示される。これら各ウィンドウ $W_{10} \sim W_{14}$ には、それぞれ各心位相 i_k 毎の各3次元画像データ $3D_{10}, 3D_{11}, 3D_{12}, 3D_{13}, 3D_{14}$ の回転動画が表示される。

【0074】

10

20

30

40

50

これら3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ は、それぞれ観察方向を $CRA0$ 、 $CAU0$ として、 RAO 、 LAO に移動させた動画である。 RAO 、 LAO への移動スピードは、任意に設定してよく、例えば心臓の心拍運動のスピードに一致させる。観察方向 F_j の移動は、例えば $F_{j=10}(RAO0CRA0)$ $F_{j=11}(RAO30^\circ CRA0)$ $F_{j=12}(RAO30^\circ CAU30^\circ)$ $F_{j=13}(RAO0CAU30^\circ)$ $F_{j=14}(LAO30^\circ CAU30^\circ)$ $F_{j=15}(LAO30^\circ CRA30^\circ)$ $F_{j=16}(RAO30^\circ CRA30^\circ)$ $F_{j=17}(RAO30^\circ CRA0)$ のように回転する。プログラムメモリ14には、主制御部12によって実行される画像表示プログラムが記憶されている。この画像表示プログラムは、被検体1として心臓の心拍運動における心位相を固定設定し、4次元画像データ $4D(x, y, z, t)$ から複数の心位相 i_k 毎にそれぞれ心臓に対して観察方向 RAO 、 LAO を連続的に移動させた複数の3次元画像データ $(r, s)3D_k$ を作成し、各心位相 i_k に固定した状態で、観察方向を $CRA0$ 、 $CAU0$ として、 RAO 、 LAO に連続的に移動させた各3次元画像データ $3D_k$ をそれぞれモニタ画面20a上に動画表示させる。

10

【0075】

次に、上記の如く構成された装置による画像表示の動作について説明する。

医用機器10は、上記同様に、例えば心拍運動する心臓を取り巻くように走行する心臓冠状動脈1aを撮像してその画像データを取得する。4次元データ構築部15は、医用機器11により取得された被検体1の画像データを受け取り、この画像データから図2に示すような4次元画像データ $4D(x, y, z, t)$ を構築する。

20

【0076】

一方、位相設定部30は、被検体1において心拍運動する心臓の複数の心位相 i_k を設定する。これら心位相 i_k は、図11に示すように心電計22により取得される心電図波形から、例えば0%、20%、40%、60%、80%が固定設定される。これら心位相 i_k は、例えばインターベンションを行う術者によってインターベンションを行うのに最適な値に固定設定される。

【0077】

次に、画像データ作成部31は、画像データ記憶部13に記憶されている4次元画像データ $4D(x, y, z, t)$ を読み出し、この4次元画像データ $4D(x, y, z, t)$ から位相設定部30により固定設定された複数の心位相 i_k 毎にそれぞれ心臓に対して観察方向を $CRA0$ 、 $CAU0$ として、 RAO 、 LAO に連続的に移動させた複数の3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ を作成する。

30

【0078】

これら3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ の具体的な作成方法は、図14に示す3次元画像データ作成フローチャートに従って説明する。同フローチャートは、各ウィンドウ $W_{10} \sim W_{14}$ に表示する各3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ を同時に作成する。

まず、画像データ作成部31は、ステップ#30において、観察方向設定部16から観察方向 j を読み込む。この観察方向 j は、例えば $F_{j=10}(RAO0CRA0)$ 、 $F_{j=11}(RAO30^\circ CRA0)$ 、 $F_{j=12}(RAO30^\circ CAU30^\circ)$ 、 $F_{j=13}(RAO0CAU30^\circ)$ 、 $F_{j=14}(LAO30^\circ CAU30^\circ)$ 、 $F_{j=15}(LAO30^\circ CRA30^\circ)$ 、 $F_{j=16}(RAO30^\circ CRA30^\circ)$ 、 $F_{j=17}(RAO30^\circ CRA0)$ である。

40

【0079】

これと共に画像データ作成部31は、ステップ#31において、位相設定部30から例えば5つ($k=5$)の心位相 i_k ($k=1, 2, 3, \dots, m$)、例えば $i_{k=1}(=0\%)$ 、 $i_{k=2}(=20\%)$ 、 $i_{k=3}(=40\%)$ 、 $i_{k=4}(=60\%)$ 、 $i_{k=5}(=80\%)$ を読み込む。

【0080】

次に、画像データ作成部31は、ステップ#32において、画像データ記憶部13から

50

先ず、例えば心位相 $i_{k=1}$ ($= 0\%$) の 4次元画像データ $4D(x, y, z / i_1)$ を読み込む。

次に、画像データ作成部 31 は、ステップ # 33 において、心位相 $i_{k=1}$ ($= 0\%$) の 4次元画像データ $4D(x, y, z / i_1)$ から観察方向 $F_{j=10}$ ($RAO0CRA0$) に投影した 1枚の投影画像データ ($u, v / t = i_1$) を作成する。この観察方向 $F_{j=10}$ ($RAO0CRA0$) の 1枚の投影画像データ ($u, v / t = i_1$) は、静止画像データである。

次に、画像データ作成部 31 は、ステップ # 33 において、全ての心位相 i_k 、例えば $i_{k=1}$ ($= 0\%$)、 $i_{k=2}$ ($= 20\%$)、 $i_{k=3}$ ($= 40\%$)、 $i_{k=4}$ ($= 60\%$)、 $i_{k=5}$ ($= 80\%$) の各投影画像データ ($u, v / t = i_{1 \sim 5}$) が作成されたか否かを判断する。

【0081】

この判断の結果、全ての心位相 $i_{k=5}$ の投影画像データ ($u, v / t = i_{1 \sim 5}$) が作成されていなければ、画像データ作成部 31 は、ステップ # 32 に戻り、心位相 $i_{k=2}$ ($= 20\%$) の 4次元画像データ $4D(x, y, z / i_1)$ を読み込み、ステップ # 33 において、心位相 $i_{k=2}$ ($= 20\%$) の 4次元画像データ $4D(x, y, z / i_1)$ から観察方向 $F_{j=10}$ ($RAO0CRA0$) に投影した 1枚の投影画像データ ($u, v / t = i_1$) を作成する。

【0082】

以下、同様に、画像データ作成部 31 は、ステップ # 32 ~ # 34 を繰り返し、心位相 $i_{k=3}$ ($= 40\%$)、 $i_{k=4}$ ($= 60\%$)、 $i_{k=5}$ ($= 80\%$) の 4次元画像データ $4D(x, y, z / i_1)$ を順次読み込み、各心位相 $i_{k=3}$ ($= 40\%$)、 $i_{k=4}$ ($= 60\%$)、 $i_{k=5}$ ($= 80\%$) の 4次元画像データ $4D(x, y, z / i_{3 \sim 5})$ から観察方向 $F_{j=10}$ ($RAO0CRA0$) に投影した 1枚の各投影画像データ ($u, v / t = i_{3 \sim 5}$) を作成する。

【0083】

全ての心位相 $i_{k=5}$ の投影画像データ ($u, v / t = i_{1 \sim 5}$) が作成されると、画像データ作成部 31 は、ステップ # 34 において、1つの観察方向 $F_{j=10}$ ($RAO0CRA0$) における各心位相 $i_{k=3}$ ($= 40\%$)、 $i_{k=4}$ ($= 60\%$)、 $i_{k=5}$ ($= 80\%$) の各投影画像データ ($u, v / t = i_{1 \sim 5}$) を表示制御部 32 に送る。

【0084】

この表示制御部 32 は、図 12 に示すモニタ画面 20a 上の各ウィンドウ $W_{10} \sim W_{14}$ にそれぞれ各心位相 i_k ($= 0\%$ 、 20% 、 40% 、 60% 、 80%) 毎の各投影画像データを表示する。この時点で、モニタ画面 20a 上の各ウィンドウ $W_{10} \sim W_{14}$ に表示される各投影画像データは、静止画である。

【0085】

次に、画像データ作成部 31 は、ステップ # 36 において、各心位相 i_k ($= 0\%$ 、 20% 、 40% 、 60% 、 80%) 毎に、それぞれ全ての観察方向 F_j 、例えば $F_{j=10}$ ($RAO0CRA0$)、 $F_{j=11}$ ($RAO30^\circ CRA0$)、 $F_{j=12}$ ($RAO30^\circ CAU30^\circ$)、 $F_{j=13}$ ($RAO0CAU30^\circ$)、 $F_{j=14}$ ($LAO30^\circ CAU30^\circ$)、 $F_{j=15}$ ($LAO30^\circ CRA30^\circ$)、 $F_{j=16}$ ($RAO30^\circ CRA30^\circ$)、 $F_{j=17}$ ($RAO30^\circ CRA0$) の観察方向 F_j の投影画像データが作成されたか否かを判断する。

【0086】

この判断の結果、全ての観察方向 F_j の投影画像データが作成されていなければ、画像データ作成部 31 は、ステップ # 30 に戻り、次の観察方向 j ($RAO30^\circ CRA0$) を読み込み、ステップ # 33 に移る。このように画像データ作成部 31 は、ステップ # 30 ~ # 36 を繰り返し、全ての心位相 $i_{k=3}$ ($= 40\%$)、 $i_{k=4}$ ($= 60\%$)、 $i_{k=5}$ ($= 80\%$) 毎に、全ての観察方向 F_j 、例えば例えば $F_{j=10}$ ($RAO0CRA0$)、 $F_{j=11}$ ($RAO30^\circ CRA0$)、 $F_{j=12}$ ($RAO30^\circ CAU30^\circ$)

10

20

30

40

50

)、 $F_{j=13}$ (RAO0CAU30°)、 $F_{j=14}$ (LAO30°CAU30°)、 $F_{j=15}$ (LAO30°CRA30°)、 $F_{j=16}$ (RAO30°CRA30°)、 $F_{j=17}$ (RAO30°CRA0)の観察方向 F_j の各投影画像データ($u, v/t = i_{1-5}$)を作成する。これにより、画像データ作成部31は、心位相 i_k 毎にそれぞれ心臓に対して観察方向をCRA0、CAU0として、RAO、LAOに連続的に移動させた複数の3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ を作成する。

【0087】

各心位相 i_k (=0%、20%、40%、60%、80%)毎に各3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ が動画として完成すると、画像データ作成部31は、かかる心位相 i_k 毎に各3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ を表示制御部18に送る。この表示制御部32は、ステップ#7において、図12に示すモニタ画面20a上の各ウィンドウ $W_{10} \sim W_{14}$ にそれぞれ各心位相 i_k (=0%、20%、40%、60%、80%)毎に、各3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ を動画表示する。表示制御部32は、各ウィンドウ $W_{10} \sim W_{14}$ における各心位相 i_k (=0%、20%、40%、60%、80%)の各3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ の動画を観察方向 F_j で同期させて表示する。

【0088】

図13は例えばウィンドウ W_{10} に表示される心位相 P_k (=0%)における3次元画像データ $3D_{10}$ の動画を示す。この3次元画像データ $3D_{10}$ は、心位相 P_k (=0%)で一定で、かつ観察方向 F_j を例えば $F_{j=10}$ (RAO0CRA0) $F_{j=11}$ (RAO30°CRA0) $F_{j=12}$ (RAO30°CAU30°) $F_{j=13}$ (RAO0CAU30°) $F_{j=14}$ (LAO30°CAU30°) $F_{j=15}$ (LAO30°CRA30°) $F_{j=16}$ (RAO30°CRA30°) $F_{j=17}$ (RAO30°CRA0)で移動させた動画である。なお、表示制御部32は、心電計22から出力される心電図信号を入力し、この心電図波形Eをモニタ画面20a内に表示する。

【0089】

次に、表示制御部32は、ステップ#8において、各ウィンドウ $W_{10} \sim W_{14}$ にそれぞれ表示する各心位相 i_k (=0%、20%、40%、60%、80%)の各3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ の各動画のうちいずれかの動画が選択されるのかを判断する。ここで、操作部19における例えばマウスがインターベンションを行う術者によって操作され、モニタ画面20a上のポインタPがウィンドウ W_{10} 上に配置されてクリック操作されると、表示制御部18は、ステップ#9において、ウィンドウ W_{10} 中で表示される動画中でクリックされた時点における観察方向、例えばCRA0、CAU0でかつRAO30°CAU30°をインターベンションを行うときの最適観察角度として決定する。

次に、主制御部12は、最適観察角度として決定した観察方向RAO30°CAU30°を例えばRAM等のメモリに保存し、かつ医用機器11に送信する。

【0090】

次に、各3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ の具体的な別の作成方法について図15に示す3次元画像データ作成フローチャートに従って説明する。同フローチャートは、1つのウィンドウ $W_{10} \sim W_{14}$ 毎に順次各3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ の動画を作成する。

【0091】

まず、画像データ作成部31は、ステップ#30において、観察方向設定部16から観察方向 F_j を読み込む。この観察方向 F_j 、例えば $F_{j=10}$ (RAO0CRA0)、 $F_{j=11}$ (RAO30°CRA0)、 $F_{j=12}$ (RAO30°CAU30°)、 $F_{j=13}$ (RAO0CAU30°)、 $F_{j=14}$ (LAO30°CAU30°)、 $F_{j=15}$ (LAO30°CRA30°)、 $F_{j=16}$ (RAO30°CRA30°)、 $F_{j=17}$

10

20

30

40

50

(R A O 3 0 ° C R A 0) である。

【 0 0 9 2 】

これと共に画像データ作成部 3 1 は、ステップ # 3 1 において、位相設定部 3 0 から例えば 5 つ ($k = 5$) の心位相 i_k ($k = 1, 2, 3, \dots, m$)、例えば $i_{k=1}$ (= 0 %)、 $i_{k=2}$ (= 2 0 %)、 $i_{k=3}$ (= 4 0 %)、 $i_{k=4}$ (= 6 0 %)、 $i_{k=5}$ (= 8 0 %) を読み込む。

【 0 0 9 3 】

次に、画像データ作成部 3 1 は、ステップ # 3 2 において、画像データ記憶部 1 3 から先ず、例えば先ず、心位相 i_1 (= 0 %) の 4 次元画像データ 4 D ($x, y, z / i_1$) を読み込む。

10

次に、画像データ作成部 3 1 は、ステップ # 3 3 において、4 次元画像データ 4 D ($x, y, z / i_1$) から観察方向 $F_{j=10}$ (R A O 0 C R A 0) に投影した 1 枚の各投影画像データ ($u, v / t = i_1$) を作成する。

【 0 0 9 4 】

次に、画像データ作成部 3 1 は、ステップ # 3 7 において、心位相 i_1 (= 0 %) で、全ての観察方向 F_j 、例えば $F_{j=10}$ (R A O 0 C R A 0)、 $F_{j=11}$ (R A O 3 0 ° C R A 0)、 $F_{j=12}$ (R A O 3 0 ° C A U 3 0 °)、 $F_{j=13}$ (R A O 0 C A U 3 0 °)、 $F_{j=14}$ (L A O 3 0 ° C A U 3 0 °)、 $F_{j=15}$ (L A O 3 0 ° C R A 3 0 °)、 $F_{j=16}$ (R A O 3 0 ° C R A 3 0 °)、 $F_{j=17}$ (R A O 3 0 ° C R A 0) の各投影画像データ ($u, v / t = i_1$) を作成したか否かを判断する。

20

【 0 0 9 5 】

この判断の結果、心位相 i_1 (= 0 %) で、全ての観察方向 F_j の各投影画像データ ($u, v / t = i_1$) を作成していなければ、画像データ作成部 3 1 は、ステップ # 3 0 に戻り、次の観察方向 $F_{j=11}$ (R A O 3 0 ° C R A 0) に設定し、ステップ # 3 3 において、4 次元画像データ 4 D ($x, y, z / i_1$) から観察方向 $F_{j=11}$ (R A O 3 0 ° C R A 0) に投影した投影画像データ ($u, v / t = i_1$) を作成する。

【 0 0 9 6 】

以下、同様に、画像データ作成部 3 1 は、ステップ # 3 0 ~ # 3 3、# 3 7 を繰り返し、心位相 i_1 (= 0 %) で、全ての観察方向 F_j 、例えば $F_{j=10}$ (R A O 0 C R A 0)、 $F_{j=11}$ (R A O 3 0 ° C R A 0)、 $F_{j=12}$ (R A O 3 0 ° C A U 3 0 °)、 $F_{j=13}$ (R A O 0 C A U 3 0 °)、 $F_{j=14}$ (L A O 3 0 ° C A U 3 0 °)、 $F_{j=15}$ (L A O 3 0 ° C R A 3 0 °)、 $F_{j=16}$ (R A O 3 0 ° C R A 3 0 °)、 $F_{j=17}$ (R A O 3 0 ° C R A 0) の各投影画像データ ($u, v / t = i_1$) を作成する。

30

【 0 0 9 7 】

心位相 i_1 (= 0 %) の全ての観察方向 F_j ($j = 10 \sim 17$) の各投影画像データ ($u, v / t = i_1$) を作成すると、画像データ作成部 3 1 は、ステップ # 3 8 において、心位相 i_1 (= 0 %) の全ての観察方向 F_j ($j = 10 \sim 17$) の各投影画像データ ($u, v / t = i_1$) から成る 3 次元画像データ 3 D $_{10}$ を表示制御部 3 2 に送る。この表示制御部 3 2 は、図 1 2 に示すモニタ画面 2 0 a 上のウィンドウ W_{10} に心位相 i_1 (= 0 %) で各観察方向 F_j ($j = 10 \sim j = 17$) で回転する例えば心臓冠状動脈 1 a の 3 次元画像データ 3 D $_{10}$ を表示する。次に、画像データ作成部 3 1 は、ステップ # 3 9 において、全ての心位相 i_k (= 0 %、2 0 %、4 0 %、6 0 %、8 0 %) の例えば心臓冠状動脈 1 a の投影画像データ ($u, v / t = i_{k=1 \sim 5}$) を作成したか否かを判断する。この判断の結果、全ての心位相 $i_{k=1 \sim 5}$ (= 0 %、2 0 %、4 0 %、6 0 %、8 0 %) の投影画像データ ($u, v / t = i_{k=1 \sim 5}$) を作成していなければ、画像データ作成部 3 1 は、ステップ # 3 1 に戻り、位相設定部 3 0 から例えば心位相 $i_{k=2}$ (= 2 0 %) を読み込み、ステップ # 3 2 において、画像データ記憶部 1 3 から心位相 $i_{k=2}$ (= 2 0 %) の 4 次元画像データ 4 D ($x, y, z / i_1$) を読み込む。

40

【 0 0 9 8 】

画像データ作成部 3 1 は、ステップ # 3 0 ~ # 3 3、# 3 7 ~ # 3 9 を繰り返し実行し

50

、心位相 $i_{k=2}$ (= 20%) で観察方向 F_j ($j = 10 \sim 17$) の各投影画像データ ($u, v / t = i_2$) から成る各3次元画像データ $3D_{11}$ を表示制御部 32 に送る。この表示制御部 32 は、図 12 に示すモニタ画面 20a 上の各ウィンドウ W_{11} に心位相 $i_{k=2}$ (= 20%) で観察方向 F_j ($j = 10 \sim j = 17$) で回転する例えば心臓冠状動脈 1a の投影画像データ ($u, v / t = i_2$) を表示する。

【0099】

以下、上記同様に、画像データ作成部 31 は、ステップ # 30 ~ # 33、# 37 ~ # 39 を繰り返し実行し、心位相 $i_{k=3}$ (= 40%)、 $i_{k=4}$ (= 60%)、 $i_{k=5}$ (= 80%) のそれぞれ全ての観察方向 F_j ($j = 10 \sim 17$) の各投影画像データ ($u, v / t = i_{3-5}$) から成る各3次元画像データ $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ を表示制御部 32 に送る。この表示制御部 32 は、図 12 に示すモニタ画面 20a 上の各ウィンドウ W_{12-14} にそれぞれ心位相 $i_{k=3}$ (= 40%)、 $i_{k=4}$ (= 60%)、 $i_{k=5}$ (= 80%) で各観察方向 F_j ($j = 10 \sim j = 17$) で回転する例えば心臓冠状動脈 1a の投影画像データ ($u, v / t = i_{3-5}$) を表示する。しかるに、表示制御部 32 は、ステップ # 7 において、上記同様に、図 12 に示すモニタ画面 20a 上の各ウィンドウ $W_{10} \sim W_{14}$ にそれぞれ各心位相 i_k (= 0%、20%、40%、60%、80%) 毎に、各3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ をそれぞれ観察方向 F_j ($j = 10 \sim 17$) で同期させて動画表示し、心電図波形 E も表示する。

【0100】

次に、表示制御部 32 は、ステップ # 8 において、各ウィンドウ $W_{10} \sim W_{14}$ にそれぞれ表示する各心位相 i_k (= 0%、20%、40%、60%、80%) の各3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ の各動画のうちいずれかの動画が選択されるのかを判断する。ここで、操作部 19 における例えばマウスがインターベンションを行う術者によって操作され、モニタ画面 20a 上のポインタ P がウィンドウ W_{10} 上に配置されてクリック操作されると、表示制御部 18 は、ステップ # 9 において、ウィンドウ W_{10} 中で表示される動画中でクリックされた時点における観察方向、例えば $CRA0$ 、 $CAU0$ かつ $RAO30^\circ$ 、 $CAU30^\circ$ をインターベンションを行うときの最適観察角度として決定する。

次に、主制御部 12 は、最適観察角度として決定した観察方向 $RAO30^\circ$ 、 $CAU30^\circ$ を例えば RAM 等のメモリに保存し、かつ医用機器 11 に送信する。

【0101】

このように上記第 3 の実施の形態によれば、モニタ画面 20a 上の各ウィンドウ $W_{10} \sim W_{14}$ に、例えば各心位相 0%、20%、40%、60%、80% 毎に固定した状態で、観察方向を例えば $RAO0$ 、 $CRA0$ 、 $RAO30^\circ$ 、 $CRA0$... $RAO30^\circ$ 、 CR 、 $CAU0$ に移動させた各3次元画像データ $3D_{10}$ 、 $3D_{11}$ 、 $3D_{12}$ 、 $3D_{13}$ 、 $3D_{14}$ を互いに観察方向 F_j ($j = 10 \sim 17$) で同期させて一覧表示する。これにより、上記第 1 の実施の形態と同様の効果を奏することができる。

【0102】

次に、本発明の第 4 の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、図 1 と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

図 16 は画像表示装置の構成図を示す。画像表示装置本体 10 は、被検体 1 の周期的な収縮運動の量、例えば心臓の心拍に応じた心臓冠状動脈 1a の移動量に対応する複数の色情報を設定し、心臓冠状動脈 1a の移動量に対応する色情報をモニタ画面 20a 上に表示される心臓冠状動脈 1a 中に表示する。

【0103】

色情報の表示は、2つの表示方法を有する。第 1 の色情報の表示は、心臓に走る心臓冠状動脈 1a の心拍によるみかけの動き量、すなわち図 17 に示すように uv 方向の投影面 R 上での動き量を色で表示する。なお、図 17 は心臓冠状動脈 1a における一点を心拍によるみかけの動き量に応じて例えば赤色、青色、桃色などで表示しているが、実際は、一

10

20

30

40

50

点を集めた心臓冠状動脈 1 a の全体の動き量に応じた色で表示する。例えば心臓冠状動脈 1 a のみかけの動き量が予め設定された第 1 の動き量よりも大きい場合に例えば赤色により表示される。心臓冠状動脈 1 a のみかけの動き量が予め設定された第 1 の動き量よりも小さい場合に例えば青色により表示される。これにより、青色に近い角度を選択することが好ましいと分かる。図 1 8 は角度と色情報との関係を示す。ここで、図 1 9 を参照して第 1 の色情報の表示方法における心臓に走る心臓冠状動脈 1 a の心拍によるみかけの動き量について 4 次元画像データ 4 D (x , y , z , t) を例にして説明する。モニタ画面 2 0 a 上に表示する心臓冠状動脈 1 a の画像は、例えば心位相の拡張末期とする。なお、モニタ画面 2 0 a 上に表示する心臓冠状動脈 1 a の画像は、例えば心位相の収縮末期等の画像であってもよい。

10

【 0 1 0 4 】

心臓冠状動脈 1 a の分岐部は、時間経過と共に心臓の心拍に応じて運動する。これにより、心臓冠状動脈 1 a の分岐部を投影面 (u v 平面) R に投影すると、この投影面 R 上において u v 方向に移動する。なお、L a は心位相の拡張末期において心臓冠状動脈 1 a の分岐部を投影面 R 上に投影する投影線を示す。H a は 4 次元空間内における投影線 L a 上での心臓冠状動脈 1 a の動きの軌跡を示す。A a は投影面 R 上における心臓冠状動脈 1 a の動きの軌跡を示す。従って、投影面 R 内での振幅の最大値 (ピクセル数) を投影面 R 内での心臓冠状動脈 1 a のみかけの動きの量 M と定義する。

【 0 1 0 5 】

第 2 の色情報の表示方法は、最適な観察方向からずれたときに心臓冠状動脈 1 a の長さが短く見える (foreshortening) ときの変化率、すなわち上記図 1 7 に示すように投影面 R に対する w 方向のベクトル G の長さの変化率を色情報で表示する。心臓冠状動脈 1 a の長さの変化率が予め設定された第 2 の動き量よりも大きい場合に例えば赤色により表示される。心臓冠状動脈 1 a の長さの変化率が予め設定された第 2 の動き量よりも小さい場合に例えば青色により表示される。これにより、青色に近い角度を選択することが好ましいと分かる。

20

【 0 1 0 6 】

ここで、図 2 0 を参照して第 2 の色情報の表示方法における心臓冠状動脈 1 a の foreshortening の変化率について 4 次元画像データ 4 D (x , y , z , t) 中の心臓冠状動脈 1 a の狭窄部分 1 b を例にとって説明する。心臓冠状動脈 1 a の狭窄部分 1 b の長さは、心拍運動によって変化しない。投影面 R 上における狭窄部分 1 b のみかけの狭窄長さは、心拍運動によって変化する。よって、投影面 R 上において最も長く見える心位相における長さ A と最も短く見える心位相における長さ B との比 B / A から変化率を算出する。これにより、心臓冠状動脈 1 a の長さの変化率 B / A が予め設定された第 2 の動き量よりも長い場合に例えば赤色により表示される。心臓冠状動脈 1 a の長さの変化率 B / A が予め設定された第 2 の動き量よりも短い場合に例えば青色により表示される。

30

【 0 1 0 7 】

画像表示装置本体 1 0 は、色情報設定部 4 0 と、ベクトル変換部 4 1 と、動き量算出部 4 2 と、色情報変換部 4 3 とを有する。色情報設定部 4 0 と、ベクトル変換部 4 1 と、動き量算出部 4 2 と、色情報変換部 4 3 とは、それぞれ主制御部 1 2 から発せられる指令により動作する。

40

【 0 1 0 8 】

色情報設定部 4 0 は、被検体 1 の周期的な収縮運動の量、例えば心臓の心拍に応じた心臓冠状動脈 1 a の運動量に対応する複数の色情報を設定する。例えば予め設定された動き量よりも大きい心臓冠状動脈 1 a の運動量に対して赤色が設定される。予め設定された動き量よりも小さい心臓冠状動脈 1 a の運動量に対して青色が設定される。例えば、第 1 の色情報の表示では、心臓冠状動脈 1 a のみかけの動き量が予め設定された第 1 の動き量よりも大きい場合に例えば赤色を表示するように設定され、かつ心臓冠状動脈 1 a のみかけの動き量が予め設定された第 1 の動き量よりも小さい場合に例えば青色により表示するように設定される。

50

一方、第2の色情報の表示では、心臓冠状動脈1aの長さの変化率が第2の動き量よりも大きい場合に例えば赤色により表示するように設定され、かつ心臓冠状動脈1aの長さの変化率が第2の動き量よりも小さい場合に例えば青色により表示するように設定される。なお、色情報設定部40により設定される色情報は、上記の如く赤色や青色等に限らず、グレースケール、ハッチ密度等を変える手法を用いてもよい。

【0109】

ベクトル変換部41は、図17に示すように心臓冠状動脈1aの4次元画像データ4D (x, y, z, t) から心臓の心拍運動による心臓冠状動脈1aの3次元空間内での動きを3次元動きベクトルGに変換する。

動き量算出部42は、第1の色情報の表示方法の場合、3次元動きベクトルGを投影面 (uv 平面) R上に投影したときの投影面R上での心臓冠状動脈1aの2次元平面内での2次元の動き量Mを算出する。又、動き量算出部42は、第2の色情報の表示方法の場合、投影面R上におけるw方向のベクトルGの長さの変化率を算出する。

色情報変換部43は、心臓冠状動脈1aの2次元の動き量、すなわち第1の色情報の表示方法による心臓冠状動脈1aのみかけの動きの量M、又は第2の色情報の表示方法による心臓冠状動脈1aの長さの変化率を色情報設定部40に設定された動き量に応じた色情報に変換する。

表示制御部18は、各観察方向 F_j ($= F_1, F_2, F_3, \dots, F_9$) の各3次元画像データ $3D_1, 3D_2, 3D_3, \dots, 3D_9$ 中における心臓冠状動脈1aの動き量、すなわち第1の色情報の表示方法による心臓冠状動脈1aのみかけの動きの量Mに応じた色情報によりモニタ画面20a上に表示する。又、表示制御部18は、第2の色情報の表示方法による心臓冠状動脈1aの長さの変化率を色情報設定部40に設定された動き量を色情報設定部40に設定された動き量に応じた色情報によりモニタ画面20a上に表示する。

【0110】

プログラムメモリ14には、主制御部12によって実行される画像表示プログラムが記憶されている。この画像表示プログラムは、心臓冠状動脈1aの動き量に対応する複数の色情報を各観察方向 $F_1, F_2, F_3, \dots, F_9$ の各3次元画像データ $3D_1, 3D_2, 3D_3, \dots, 3D_9$ 中に表示させる。

【0111】

次に、上記の如く構成された装置による画像表示の動作について図21に示す3次元画像データ作成フローチャートに従って説明する。

医用機器10は、上記同様に、例えば心拍運動する心臓を取り巻くように走行する心臓冠状動脈1aを撮像してその画像データを取得する。4次元データ構築部15は、医用機器11により取得された被検体1の画像データを受け取り、この画像データから図2に示すような4次元画像データ4D (x, y, z, t) を構築する。

【0112】

一方、位相設定部30は、被検体1において心拍運動する心臓の複数の心位相を設定する。この心位相は、図32に示すような心電計22により取得される心電図波形から心位相 i_k 、例えば心臓の拡張末期に設定される。なお、心位相 i_k は、上記第3の実施の形態と同様に、例えば0%、20%、40%、60%、80%に設定されてもよい。

【0113】

次に、画像データ作成部31は、ステップ#40において、位相設定部30により設定された例えば心臓の拡張末期等に対応する心位相 i_k を読み込む。画像データ作成部31は、ステップ#41において、画像データ記憶部13に記憶されている4次元画像データ4D (x, y, z, t) を読み込む。

【0114】

次に、画像データ作成部31は、ステップ#42において、位相設定部30により設定された全ての心位相 i_k の4次元画像データ4D (x, y, z, t) を読み込んだか否かを判断する。この判断の結果、全ての心位相 i_k の4次元画像データ4D (x, y, z, t) を読み込んでいなければ、画像データ作成部31は、ステップ#41に戻り、全ての

10

20

30

40

50

心位相 i_k の 4 次元画像データ $4D(x, y, z, t)$ を読み込むことを繰り返す。これにより、画像データ作成部 31 は、例えば心臓の拡張末期等に対応する心位相 i_k の 4 次元画像データ $4D(x, y, z, t)$ を作成する。

【0115】

次に、ベクトル変換部 41 は、ステップ # 43 において、図 17 に示すように心臓冠状動脈 1a の 4 次元画像データ $4D(x, y, z, t)$ から心臓の心拍運動による心臓冠状動脈 1a の 3 次元空間内の動きを 3 次元動きベクトル G に変換する。

又、画像データ作成部 31 は、ステップ # 44 において、観察方向設定部 16 から観察方向 F_j を読み込む。この観察方向 F_j 、例えば $F_{j=10}$ (RAO0CRA0)、 $F_{j=11}$ (RAO30°CRA0)、 $F_{j=12}$ (RAO30°CAU30°)、 $F_{j=13}$ (RAO0CAU30°)、 $F_{j=14}$ (LAO30°CAU30°)、 $F_{j=15}$ (LAO30°CRA30°)、 $F_{j=16}$ (RAO30°CRA30°)、 $F_{j=17}$ (RAO30°CRA0) である。

【0116】

次に、動き量算出部 42 は、ステップ # 45 において、第 1 の色情報の表示方法の場合、例えば図 19 に示すように 3 次元動きベクトル G を投影面 R 上に投影したときの投影面 R 上での心臓冠状動脈 1a の 2 次元平面内での 2 次元の動き量 M を算出する。又、動き量算出部 42 は、第 2 の色情報の表示方法の場合、図 20 (a) (b) に示すように投影面 R 上における w 方向のベクトル G の長さの変化率を算出する。

次に、色情報変換部 43 は、心臓冠状動脈 1a の 2 次元の動き量、すなわち第 1 の色情報の表示方法による心臓冠状動脈 1a のみかけの動きの量 M 、又は第 2 の色情報の表示方法による心臓冠状動脈 1a の長さの変化率を色情報設定部 40 に設定された動き量に応じた色情報に変換する。

次に、画像データ作成部 31 は、ステップ # 43 において、心臓冠状動脈 1a の 4 次元画像データ $4D(x, y, z, t)$ から例えば心臓の拡張末期に対応する心位相 i_k で、かつ観察方向 F_j を移動、例えば上記第 3 の実施の形態と同様に、RAO0CRA0 RAO30°CRA0 RAO30°CAU30° RAO0CAU30° LAO30°CAU30° LAO30°CRA30° RAO30°CRA30° RAO30°CRA0 に移動させた場合における心臓冠状動脈 1a の動きを投影面 R 上に投影した 3 次元画像データ (r, s, i_k) $3Dk$ を作成する。この 3 次元画像データ $3Dk$ は、それぞれ 2 次元空間 (r, s) の画像データと時間的要素 $t (= i_k)$ とから成る動画である。

【0117】

インターベンションにおいて最適観察方向を決定するための手法として上記図 30 に示すような 2 方向の X 線撮像画像から心臓冠状動脈 1a 等の血管を立体表示 (coronary 3D、coronary tree) する技術が用いられる。この血管の立体表示の技術では、計算の途中で 3 次元の座標を計算している。複数の心位相で 4 次元画像データを計算する場合も各心位相で 3 次元座標を計算している。従って、血管の立体表示の技術では、4 次元座標が分かり、例えば図 19 に示すような 4 次元空間内における投影線 La 上での心臓冠状動脈 1a の動きの軌跡 Ha が分かる。

【0118】

血管の立体表示の技術は、上記図 30 に示すように Frontal 画像 2 上で例えばインターベンションを行う術者が対応点をマニュアルで指定すると、心臓冠状動脈 1a の 3 次元空間内の位置が定まる。すなわち、3 次元位置を特定するには、Frontal 画像 2 上と Lateral 画像 3 上とで対応する点の座標を指定することが必要となる。これにより、インターベンションを行う術者が対応点として心臓冠状動脈 1a における狭窄部等を指定すると、この狭窄部等の 3 次元座標が分かる。一般的には、心臓冠状動脈 1a 上において複数点、例えば 3 ~ 10 点程度の対応点 (特徴点) を指定する。これら特徴点の間には、それぞれ線形的に対応点が設定される。これにより、各特長点と各対応点とにより心臓冠状動脈 1a 上の全ての点の 3 次元座標が分かる。

10

20

30

40

50

【0119】

医用機器10は、例えばX線装置、X線CT装置、MRI装置、PET装置、SPECT装置、US装置、IVUS装置、X線診断装置である。このうちX線CT装置及びMRI装置において再構成されたデータでは、上記血管を立体表示の技術のような座標情報が得られない。この場合、3次元画像データ上で特徴点を設定し、この特徴点の4次元画像データ上での類似点をサーチして、4次元空間内の動き軌跡を求める。

【0120】

画像データ作成部31は、色情報変換部43から第1の色情報の表示方法による心臓冠状動脈1aのみかけの動きの量M、又は第2の色情報の表示方法による心臓冠状動脈1aの長さの変化率を色情報設定部40に設定された動き量に応じた色情報を受け取り、これら色情報を3次元画像データ (r, s, i_k) 3Dkに対して付加する。色情報を付加する3次元画像データ (r, s, i_k) 3Dk上の位置は、心臓冠状動脈1aの動き量M又は長さの変化率に対応する心臓冠状動脈1aの座標上である。

10

【0121】

次に、画像データ作成部31は、ステップ#44において、例えば心臓の拡張末期に対応する心位相 i_k における心臓冠状動脈1aの動きを示す3次元画像データ (r, s, i_k) 3Dk及び色情報を表示制御部18に送る。

この表示制御部18は、例えば図22に示すようにモニタ20のモニタ画面20a上にウィンドウ W_{20} を表示し、このウィンドウ W_{20} 内に心臓の拡張末期に対応する心位相Pkで、かつ観察方向 F_j を例えばRAO0CRA0 RAO30°CRA0 RAO30°CAU30° RAO0CAU30° LAO30°CAU30° LAO30°CRA30° RAO30°CRA30° RAO30°CRA0に移動させた動画を表示する。このとき、モニタ画面20a上に表示される心臓冠状動脈1aは、第1の色情報の表示方法による心臓冠状動脈1aのみかけの動きの量M、又は第2の色情報の表示方法による心臓冠状動脈1aの長さの変化率に応じて表示色が変化する。

20

【0122】

第1の色情報の表示方法では、心臓冠状動脈1aのみかけの動き量Mが予め設定された第1の動き量よりも大きい場合に例えば赤色に表示され、心臓冠状動脈1aのみかけの動き量Mが予め設定された第1の動き量よりも小さい場合に例えば青色に表示される。一方、第2の色情報の表示方法では、心臓冠状動脈1aの長さの変化率が予め設定された第2の動き量よりも大きい場合に例えば赤色に表示され、心臓冠状動脈1aの長さの変化率が予め設定された第2の動き量よりも小さい場合に例えば青色により表示される。なお、図21は、図示する都合上、心臓冠状動脈1aの一部分について赤色又は青色で表示させているが、実際には、心臓冠状動脈1aの各部分においてそれぞれみかけの動きの量M又は心臓冠状動脈1aの長さの変化率が異なる。従って、心臓冠状動脈1aの各部分の各みかけの動きの量M又は各長さの変化率に応じてそれぞれ表示色が変化する。例えば心臓冠状動脈1aの各部分は、各みかけの動きの量M又は各長さの変化率に応じて赤色、黄色、青色、緑色、茶色等の各表示色で表示される。

30

【0123】

次に、表示制御部32は、ステップ#8において、操作部19に対してどの観察方向 F_j がクリック操作されたか否かを判断する。例えば操作部19における例えばマウスがインターベンションを行う術者によって操作され、モニタ画面20a上のポインタPがウィンドウ W_{20} 上に配置されてクリック操作されると、表示制御部18は、ステップ#9において、ウィンドウ W_{20} 中で表示される動画中でクリックされた時点における観察方向 F_j 、例えばRAO30°CAU30°をインターベンションを行うときの最適観察角度として決定する。

40

次に、主制御部12は、最適観察角度として決定した観察方向RAO30°CAU30°を例えばRAM等のメモリに保存し、かつ医用機器11に送信する。

【0124】

なお、画像データ作成部31は、ステップ#47の処理後、ステップ#48、#49に

50

移り、全ての心位相 i_k における心臓冠状動脈 1 a の動きを示す動画を一覧表示してもよい。すなわち、画像データ作成部 3 1 は、ステップ # 4 8 において、全ての心位相 i_k 、例えば心臓の拡張末期に対応する心位相に加えて、例えば心位相 0 %、2 0 %、4 0 %、6 0 %、8 0 % における心臓冠状動脈 1 a の動きを示す各 3 次元画像データ (r, s, i_k) 3 D k 及び色情報を取得したか否か判断する。この判断の結果、全ての心位相 i_k の 3 次元画像データ (r, s, i_k) 3 D k 及び色情報を取得していなければ、画像データ作成部 3 1 は、ステップ # 3 0 に戻る。全ての心位相 i_k の 3 次元画像データ (r, s, i_k) 3 D k 及び色情報を取得していれば、画像データ作成部 3 1 は、ステップ # 4 6 に移り、ウィンドウ W_{20} を含む全ての心位相 i_k に対応する複数のウィンドウをモニタ画面 2 0 a 上に表示し、これらウィンドウに全ての心位相の 3 次元画像データ (r, s, i_k) 3 D k 及び色情報をそれぞれ一覧表示する。

10

【0125】

このように上記第 4 の実施の形態によれば、心臓の心拍に応じた心臓冠状動脈 1 a の移動量に対応する複数の色情報を設定し、心臓冠状動脈 1 a に対する観察方向 F_j を移動させながら心臓冠状動脈 1 a の運動量に対応する色情報をモニタ画面 2 0 a 上に表示される心臓冠状動脈 1 a 中に表示する。これにより、心臓冠状動脈 1 a に対する観察方向 F_j を移動させながら心臓が心拍したときの心臓冠状動脈 1 a の動きが赤色や青色等の色情報によって同時に分かる。

なお、心臓冠状動脈 1 a の表示は、例えば心臓の拡張末期に対応する心位相だけでなく、例えば心位相 0 %、2 0 %、4 0 %、6 0 %、8 0 % において観察方向を移動させて表示でき、かつそのときの心臓冠状動脈 1 a の動きが赤色や青色等の色情報によって同時に分かる。

20

【0126】

心臓冠状動脈 1 a の動きは、その部位によって異なる。従って、心臓冠状動脈 1 a の各部位によって赤色や青色等の色情報によって表示され、心臓冠状動脈 1 a の表示を目視しただけで心臓冠状動脈 1 a の全体の動きを知ることができる。

なお、上記第 4 の実施の形態は、心臓の心拍に応じた心臓冠状動脈 1 a の移動量に対応する複数の色情報を設定しているが、心臓冠状動脈 1 a の移動方向 (x, y, z) に応じて色を設定してもよい。

【0127】

次に、本発明の第 5 の実施の形態について図面を参照して説明する。なお、図 1 及び図 1 0 と同一部分には同一符号を付してその詳しい説明は省略する。

30

図 2 3 は画像表示装置の構成図を示す。画像表示装置本体 1 0 には、画像データ作成部 5 0 と、表示制御部 5 1 とが設けられている。これら画像データ作成部 5 0 と、表示制御部 5 1 とは、それぞれ主制御部 1 2 から発せられる指令により動作する。

【0128】

操作部 5 2 は、例えばマウスを有し、マウスに対するクリック操作を受ける毎に画像データ作成部 5 0 により作成される画像データ、すなわち観察方向 F_j を固定設定した状態での心臓の心拍に合わせて移動する心臓冠状動脈 1 a の動画となる 3 次元画像データ (u, v, t) と、心臓の心拍運動を固定した状態での心臓冠状動脈 1 a に対する観察方向 F_j を移動させる動画となる 3 次元画像データ (r, s, t) とを切り替えてモニタ 2 0 に表示させる切り替え操作信号を出力する。

40

【0129】

画像データ作成部 5 0 は、操作部 5 2 から出力される切り替え操作信号を受ける毎に、4 次元画像データ 4 D (x, y, z, t) から観察方向 F_j を固定設定した状態での心臓の心拍に合わせて移動する心臓冠状動脈 1 a の動画となる第 1 の 3 次元画像データ (u, v, t) 、又は心臓の心拍運動を固定した状態での心臓冠状動脈 1 a に対する観察方向 F_j を移動させる動画となる第 2 の 3 次元画像データ (r, s, t) を作成する。

【0130】

表示制御部 5 1 は、操作部 5 2 から出力される切り替え操作信号を受ける毎に、画像デ

50

ータ作成部 50 により作成された第 1 の 3 次元画像データ (u, v, t) と第 2 の 3 次元画像データ (r, s, t) とを切り替えてモニタ 20 に表示する。

【0131】

プログラムメモリ 14 には、主制御部 12 によって実行される画像表示プログラムが記憶されている。この画像表示プログラムは、操作部 52 から出力される切り替え操作信号を受ける毎に、観察方向 F_j を固定設定した状態での心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1a の動画となる第 1 の 3 次元画像データ (u, v, t) と、心臓の心拍運動を固定した状態での心臓冠状動脈 1a に対する観察方向 F_j を移動させる動画となる第 2 の 3 次元画像データ (r, s, t) とを切り替えてモニタ 20 に表示させる。

【0132】

次に、上記の如く構成された装置による画像表示の動作について図 24 に示す 3 次元画像データ作成フローチャートに従って説明する。

医用機器 10 は、上記同様に、例えば心拍運動する心臓を取り巻くように走行する心臓冠状動脈 1a を撮像してその画像データを取得する。4 次元データ構築部 15 は、医用機器 11 により取得された被検体 1 の画像データを受け取り、この画像データから図 2 に示すような 4 次元画像データ 4D (x, y, z, t) を構築する。

【0133】

画像データ作成部 50 は、操作部 52 から出力される切り替え操作信号を受ける毎に、4 次元画像データ 4D (x, y, z, t) から観察方向 F_j を固定設定した状態での心臓の心拍に合わせて移動する心臓冠状動脈 1a の動画となる第 1 の 3 次元画像データ (u, v, t)、又は心臓の心拍運動を固定した状態での心臓冠状動脈 1a に対する観察方向 F_j を移動させる動画となる第 2 の 3 次元画像データ (r, s, t) を作成する。

【0134】

ここで、画像データ作成部 50 は、ステップ # 50 において、心臓の心拍運動を固定した状態、すなわち心位相を固定した状態で、かつ心臓冠状動脈 1a に対する観察方向 F_j を移動させる動画となる第 2 の 3 次元画像データ (r, s, t) を作成する。表示制御部 51 は、図 25 に示す表示状態 Q_1 のように心拍運動を固定しかつ観察方向 F_j を移動させる第 2 の 3 次元画像データ (r, s, t) をモニタ画面 20a 上に表示する。

図 26 は心位相 i_k を固定した状態で、かつ心臓冠状動脈 1a に対する観察方向 F_j を移動させる動画となる第 2 の 3 次元画像データ (r, s, t) を示す。図中矢印は観察方向 F_j を例えば F_{10} から F_{11} 、 F_{12} に連続的に移動させたときの心臓冠状動脈 1a の回転表示を示す。

【0135】

この状態に、操作部 52 におけるマウスが例えばインターベンションを行う術者によってクリック操作されると、操作部 52 は、ステップ # 51 において、モニタ画面 20a に表示する画像の切り替え操作信号を出力する。

【0136】

画像データ作成部 50 は、ステップ # 52 において、操作部 52 から出力された切り替え操作信号を入力すると、心位相 i_k を固定した状態で、かつ心臓冠状動脈 1a に対する観察方向 F_j を移動させる動画となる第 2 の 3 次元画像データ (r, s, t) の作成から例えば観察方向 F_j に固定設定した状態で、かつ心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1a の動画となる第 1 の 3 次元画像データ (u, v, t) の作成に切り替える。このとき、クリック操作のタイミングが図 26 に示す時刻 T_1 であって、第 2 の 3 次元画像データ (r, s, t) の観察方向 F_j が F_{10} であれば、画像データ作成部 50 は、観察方向 F_{10} に固定設定した状態で、かつ心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1a の動画となる第 1 の 3 次元画像データ (u, v, t) を作成する。

【0137】

表示制御部 51 は、図 25 に示す表示状態 Q_2 のように画像データ作成部 50 により作成された第 1 の 3 次元画像データ (u, v, t) をモニタ画面 20a 上に表示する。この第 1 の 3 次元画像データ (u, v, t) は、例えば図 27 に示すように観察方向 F_{10} に

10

20

30

40

50

固定設定された状態での心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1 a の動画である。図中の矢印は心臓冠状動脈 1 a の移動方向を示す。

この状態に、操作部 5 2 におけるマウスが再びインターベンションを行う術者によってクリック操作されと、操作部 5 2 は、ステップ # 5 3 において、モニタ画面 2 0 a に表示する画像の切り替え操作信号を出力する。このとき、クリック操作は、図 2 7 に示す観察方向角度 F_{10} における第 2 の 3 次元画像データ (r, s, t) を表示しているタイミング T_2 時刻であるとする。

【 0 1 3 8 】

画像データ作成部 5 0 は、ステップ # 5 0 に戻り、心臓の心拍運動を固定した状態、すなわち心位相 i_k を固定した状態で、かつ心臓冠状動脈 1 a に対する観察方向 F_j を F_{10} から例えば F_{11} 、 F_{12} に連続的に移動させたときの動画となる第 2 の 3 次元画像データ (r, s, t) を作成する。表示制御部 5 1 は、図 2 5 に示す表示状態 Q_3 のように心臓の心拍運動を固定し、かつ観察方向 F_j を F_{10} から例えば F_{11} 、 F_{12} に連続的に移動させた第 2 の 3 次元画像データ (r, s, t) をモニタ画面 2 0 a 上に表示する。

10

【 0 1 3 9 】

これ以降、マウスのクリック操作毎に、モニタ画面 2 0 a 上には、観察方向 F_j を固定設定した状態での心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1 a の動画となる第 1 の 3 次元画像データ (u, v, t) と、心位相 i_k を固定した状態でかつ心臓冠状動脈 1 a に対する観察角度を移動させる動画となる第 2 の 3 次元画像データ (r, s, t) とが切り替え表示される。ここで、表示制御部 5 1 がステップ # 5 3 において、例えば図 2 7 に示すように観察方向 F_j を例えば F_{10} に固定設定した状態で、かつ心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1 a の動画となる第 1 の 3 次元画像データ (u, v, t) をモニタ画面 2 0 a 上に表示している状態に、操作部 1 9 における例えばマウスがインターベンションを行う術者によって右クリック操作されると、表示制御部 5 1 は、ステップ # 5 5 において、モニタ画面 2 0 a 上に表示される第 1 の 3 次元画像データ (u, v, t) の観察方向 F_{10} をインターベンションを行うときの最適観察角度として決定する。

20

【 0 1 4 0 】

このように上記第 5 の実施の形態によれば、マウスのクリック操作毎に、観察方向 F_j を固定設定した状態での心臓の心拍に合わせて移動する心臓冠状動脈 1 a の動画となる 3 次元画像データ (u, v, t) と、心臓の心拍運動を固定した状態での心臓冠状動脈 1 a に対する観察方向 F_j を移動させる動画となる 3 次元画像データ (r, s, t) とを切り替えて表示する。これにより、マウスをクリック操作するという簡単な操作で 3 次元画像データ (u, v, t) と 3 次元画像データ (r, s, t) とを切り替え表示でき、観察方向 F_j を固定設定した状態での心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1 a と、心臓の心拍運動を固定した状態での心臓冠状動脈 1 a に対する観察方向 F_j を移動させたときの心臓冠状動脈 1 a とから例えばインターベンションを行うときの最適観察角度を決定できる。

30

【 0 1 4 1 】

上記第 5 の実施の形態は、マウスのクリック操作によって 3 次元画像データ (u, v, t) と 3 次元画像データ (r, s, t) とを切り替え表示しているが、これに限らず、マウスを押し操作していると観察方向 F_j を移動して心臓冠状動脈 1 a を表示し、マウスの押し操作を行わなければ観察方向 F_j を固定して心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1 a を表示してもよい。これとは反対に、マウスを押し操作していると観察方向 F_j を固定して心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1 a を表示し、マウスの押し操作を行わなければ観察方向 F_j を移動して心臓冠状動脈 1 a を表示してもよい。又は、マウスを左クリック操作すると観察方向 F_j を移動して心臓冠状動脈 1 a を表示し、マウスを右クリック操作すると観察方向 F_j を固定して心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1 a を表示し、マウスの左右に対する押し操作を行わなければ、3 次元画像データ (u, v, t) 又は 3 次元画像データ (r, s, t) を静止する。

40

【 0 1 4 2 】

50

ジョイスティックを用いてもよい。ジョイスティックの傾ける方向の操作により観察方向 F_j を移動して心臓冠状動脈 1 a を表示し、ボタンを操作することにより観察方向 F_j を固定して心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1 a を表示する。この場合、ジョイスティックの傾ける方向によって観察方向を決めることができる。

【0143】

3次元画像データ (u, v, t) と3次元画像データ (r, s, t) との切り替え表示は、例えば観察角度が 360° 回転したならば、観察方向 F_j を移動して心臓冠状動脈 1 a を表示することを終了し、観察方向 F_j を固定して心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1 a の表示に切り替える。心拍運動が1心拍すれば、観察方向 F_j を固定して心臓の心拍に合わせて運動する心臓冠状動脈 1 a の表示を終了し、観察方向 F_j を移動して心臓冠状動脈 1 a を表示してもよい。

10

【0144】

2方向のX線撮像画像から心臓冠状動脈 1 a 等の血管を立体表示 (coronary 3D、coronary tree) する技術では、心臓冠状動脈 1 a の長さが短く見える (foreshortening) は分かり易いが、心臓冠状動脈 1 a 等の詳細な構造は分かりにくい。従って、血管造影撮影により取得される心臓冠状動脈 1 a 等を動画によりモニタ画面 20 a 上に表示し、この心臓冠状動脈 1 a 等を動画の表示に時刻を同期させて上記第1乃至5の実施の形態のうちいずれか1つの実施の形態による表示を行う。例えば第1の実施の形態を適用すれば、血管造影撮影により取得される心臓冠状動脈 1 a 等を動画の表示に時刻を同期させて、複数の観察方向 $F_1 \sim F_j$ を固定した状態で、心臓の心拍に応じた心臓冠状動脈 1 a の移動を表す複数の3次元画像データ (u, v, t) 3Dをモニタ画面 20 a 上に動画表示する。

20

【0145】

このような表示であれば、血管造影撮影により取得された動画から心臓冠状動脈 1 a 等の詳細な構造を観察でき、かつ上記第1乃至5の実施の形態のうちいずれか1つの実施の形態による表示から心臓冠状動脈 1 a の長さが短く見える (foreshortening) ことを判別できる。なお、血管造影撮影に代わってX線透視撮影も適用可能である。

【0146】

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。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。

30

【0147】

上記第4の実施の形態では、心臓冠状動脈 1 a に対する観察方向を移動させながら心臓冠状動脈 1 a の移動量に対応する色情報を表示しているが、この心臓冠状動脈 1 a の移動量に対応する色情報は、第1乃至第3及び第5の実施の形態でモニタ画面 20 a 上に表示する心臓冠状動脈 1 a 上に表示してもよい。

第1乃至第5の実施の形態では、心臓冠状動脈 1 a を対象としているが、これに限らず、例えば心臓全体を表示して手術に最適な観察方向を選択するのに用いてもよい。心臓以外の他の臓器を表示し、呼吸に伴う運動にとらわれずに他の臓器を手術しやすい最適観察方向を選択するのにも適用可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【0148】

【図1】本発明に係る画像表示装置の第1の実施の形態を示す構成図。

【図2】同装置における4次元データ構築部により構築される4次元画像データの模式図。

【図3】同装置における画像データ作成部により作成される複数の3次元画像データの模式図。

【図4】同装置における表示制御部によりモニタ画面上に一覧表示される複数の3次元画像データの模式図。

50

【図5】同装置における各ウィンドウに表示する各3次元画像データを同時に作成する3次元画像データ作成フローチャート。

【図6】同装置によりモニタ画面上に表示される固定設定された観察方向における3次元画像データの動画を示す。

【図7】同装置における各ウィンドウに表示する各3次元画像データを1動画ずつ作成する3次元画像データ作成フローチャート。

【図8】本発明に係る画像表示装置の第2の実施の形態における3次元画像データ作成フローチャート。

【図9】同装置により切り替え表示される各観察方向毎の各3次元画像データを示す図。

【図10】本発明に係る画像表示装置の第3の実施の形態を示す構成図。

【図11】同装置における心電計により取得される心電図波形を示す図。

【図12】同装置におけるモニタ画面上に一覧表示される心位相毎に観察方向を連続的に移動させた各3次元画像データの表示例を示す図。

【図13】同装置におけるモニタ画面上のウィンドウに表示される3次元画像データの動画を示す図。

【図14】同装置における各ウィンドウに表示する各3次元画像データを同時に作成する3次元画像データ作成フローチャート。

【図15】同装置における各ウィンドウに表示する各3次元画像データを1動画ずつ作成する3次元画像データ作成フローチャート。

【図16】本発明に係る画像表示装置の第4の実施の形態を示す構成図。

【図17】同装置による心臓冠状動脈の移動量に対する色情報の表示の概略を示す図。

【図18】角度と色情報との関係を示す。

【図19】同装置における第1の色情報の表示方法における心臓冠状動脈の心拍によるみかけの動き量について説明するための模式図。

【図20】同装置における第2の色情報の表示方法における心臓冠状動脈のforeshorteningの変化率を説明するための模式図。

【図21】同装置における3次元画像データ作成フローチャート。

【図22】同装置における心臓冠状動脈に対して観察方向を移動させながら心臓冠状動脈の移動量を色情報により表示する一例を示す図。

【図23】本発明に係る画像表示装置の第5の実施の形態を示す構成図。

【図24】同装置における3次元画像データ作成フローチャート。

【図25】同装置における画像表示の繰り返し替えの一例を示す図。

【図26】同装置における心位相を固定した状態でかつ心臓冠状動脈に対する観察角度を移動させる動画を示す図。

【図27】同装置における観察方向を固定設定された状態でかつ心臓の心拍に合わせて移動する心臓冠状動脈の動画を示す図。

【図28】CRAとCAUとの観察方向の一部を示す図。

【図29】RAOとLAOとの観察方向の一部を示す図。

【図30】Epipolar幾何理論を用いた立体画像の構築を示す模式図。

【図31】モニタ画面上に表示される血管立体像の回転表示の一例を示す図。

【図32】心室収縮時にR波が発生する心電図信号を示す図。

【符号の説明】

【0149】

1：被検体、1a：心臓冠状動脈、10：画像表示装置本体、11：医用機器、12：主制御部、13：画像データ記憶部、14：プログラムメモリ、15：4次元データ構築部、16：観察方向設定部、17：画像データ作成部、18：表示制御部、19：操作部、20：モニタ、21：入力部、22：心電計、30：位相設定部、31：画像データ作成部、32：表示制御部、40：色情報設定部、41：ベクトル変換部、42：動き量算出部、43：色情報変換部、50：画像データ作成部、51：表示制御部、52：操作部。

。

10

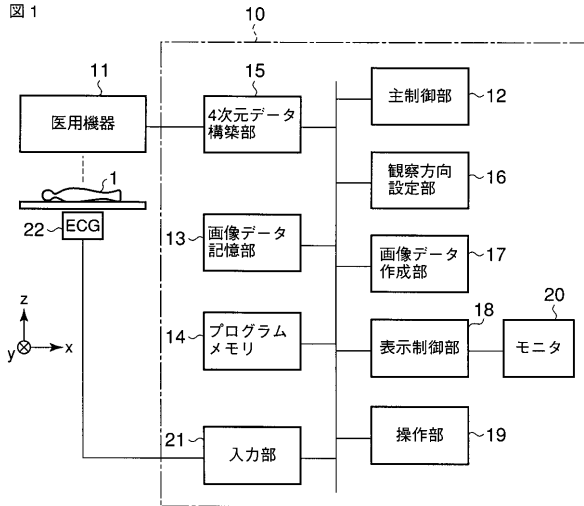
20

30

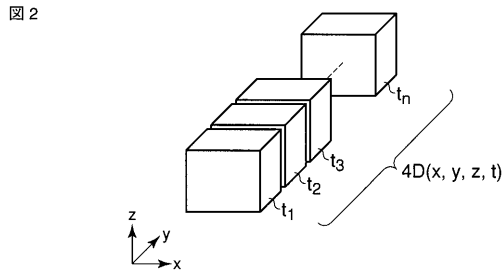
40

50

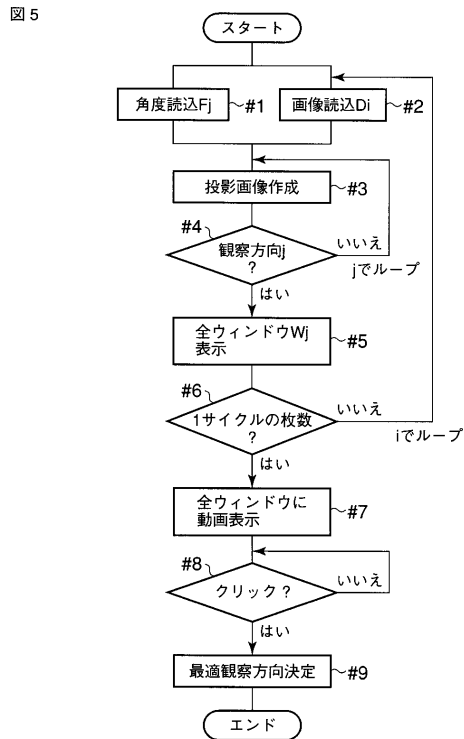
【 図 1 】



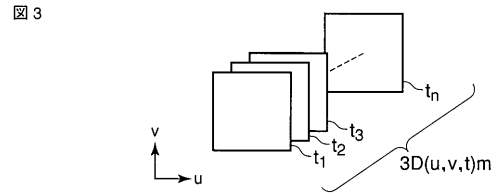
【 図 2 】



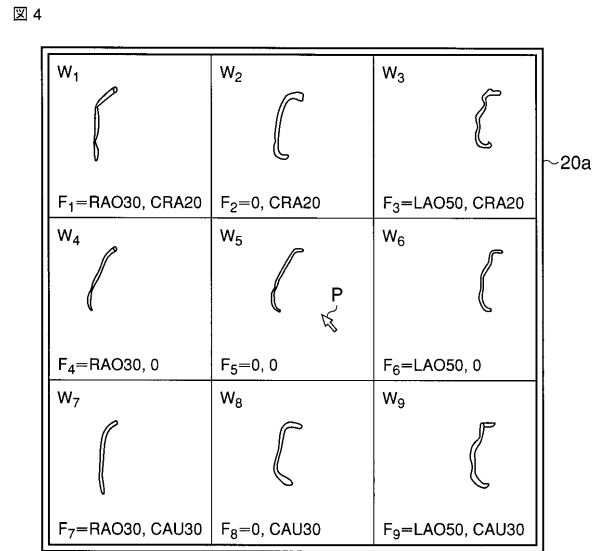
【 図 5 】



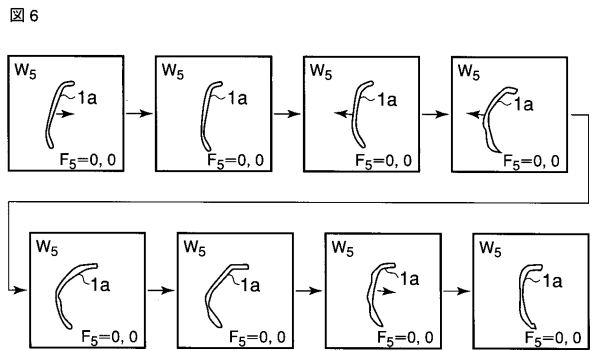
【 図 3 】



【 図 4 】

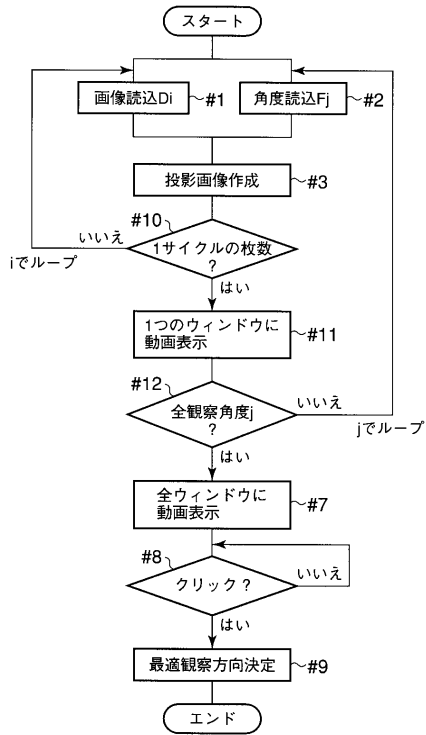


【 図 6 】



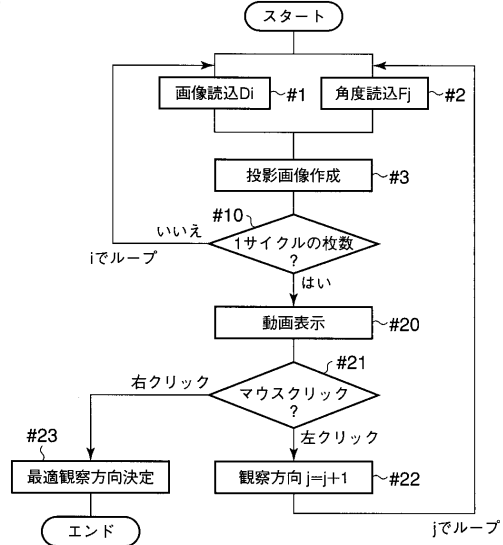
【 図 7 】

図 7



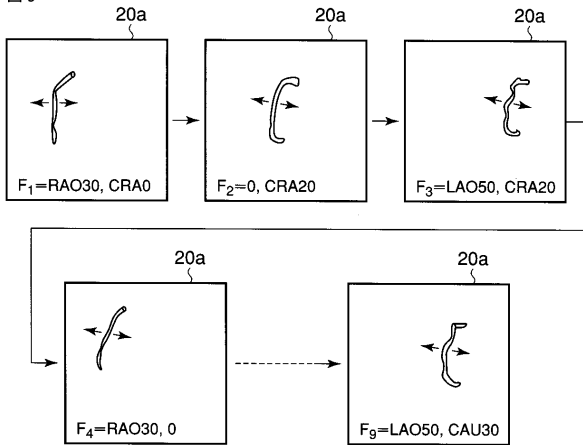
【 図 8 】

図 8



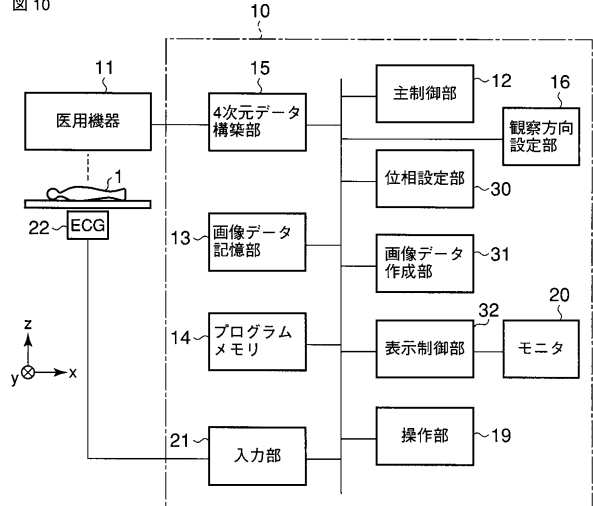
【 図 9 】

図 9



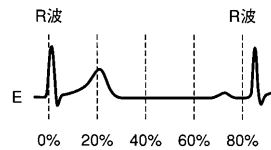
【 図 10 】

図 10

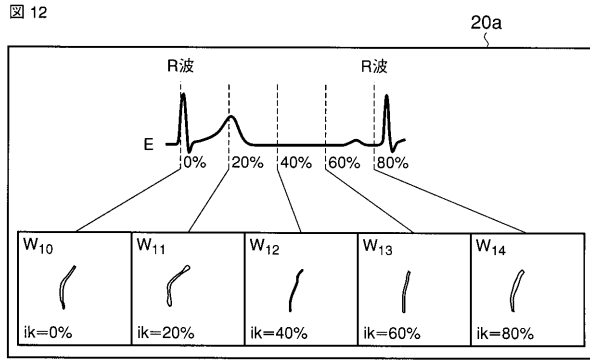


【 図 11 】

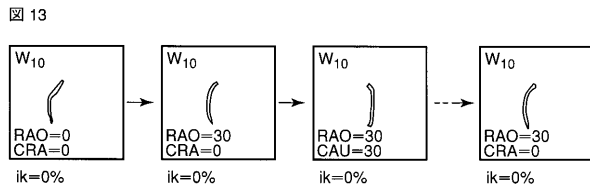
図 11



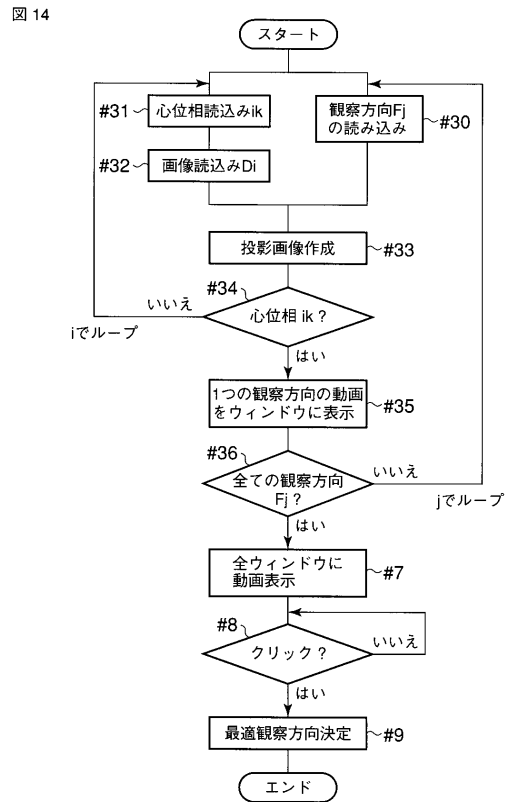
【 図 1 2 】



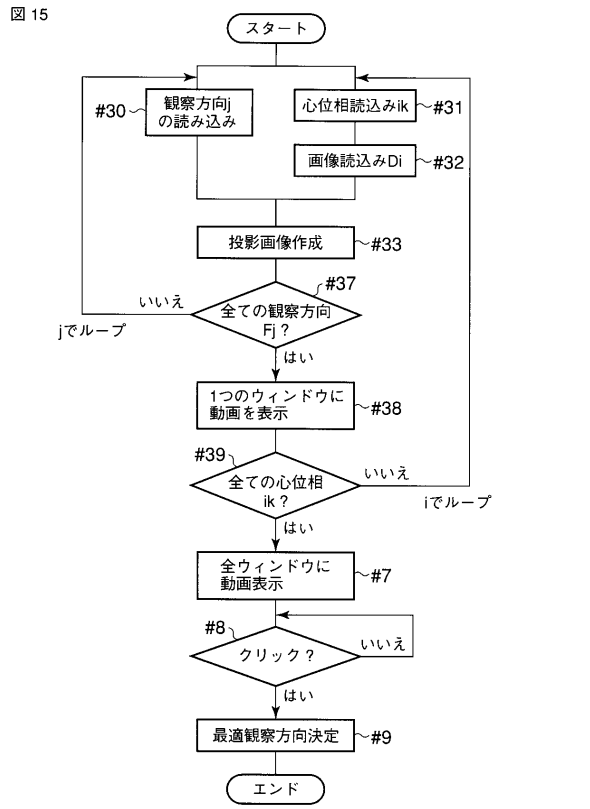
【 図 1 3 】



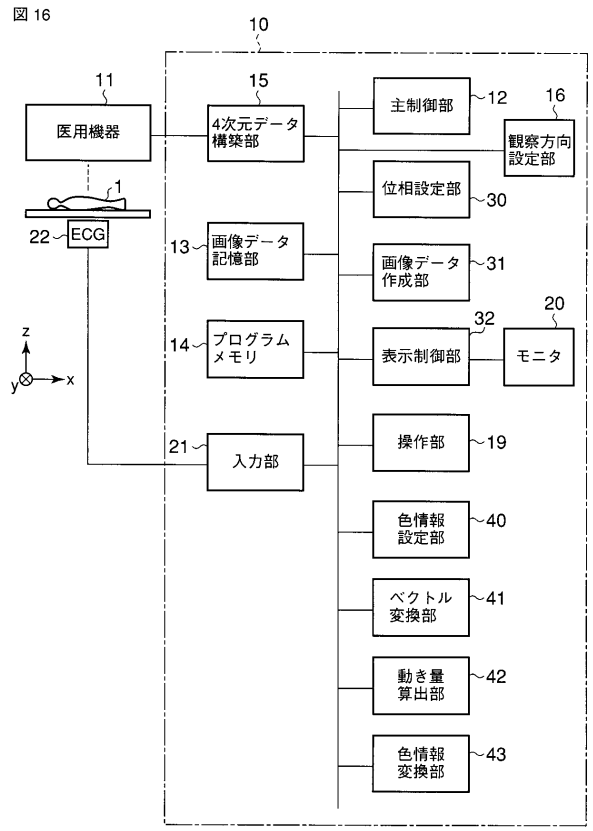
【 図 1 4 】



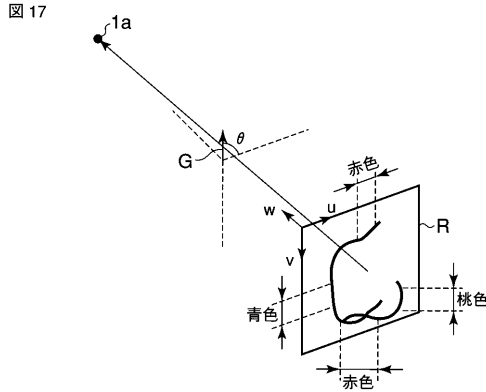
【 図 1 5 】



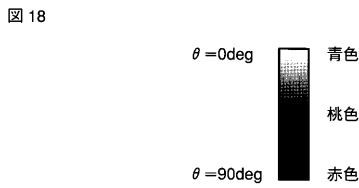
【 図 1 6 】



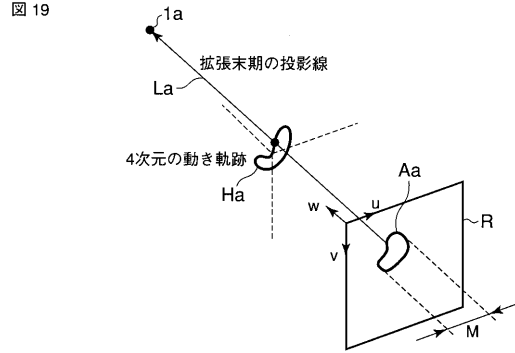
【 図 1 7 】



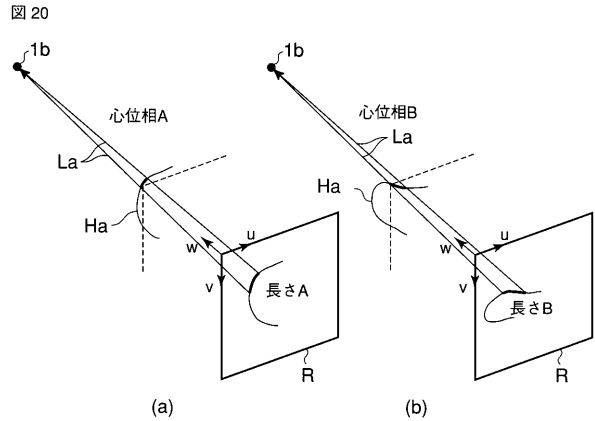
【 図 1 8 】



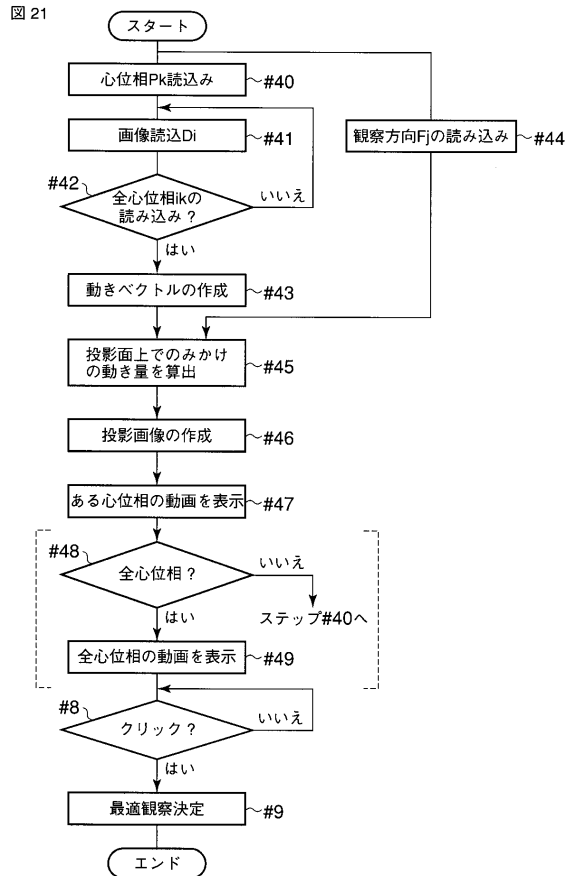
【 図 1 9 】



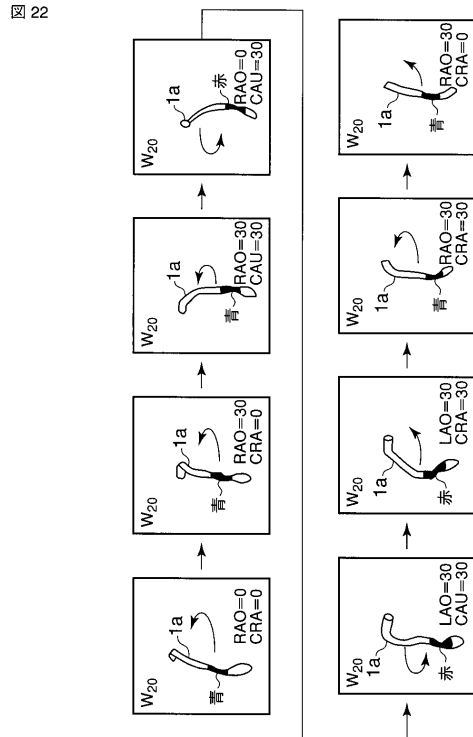
【 図 2 0 】



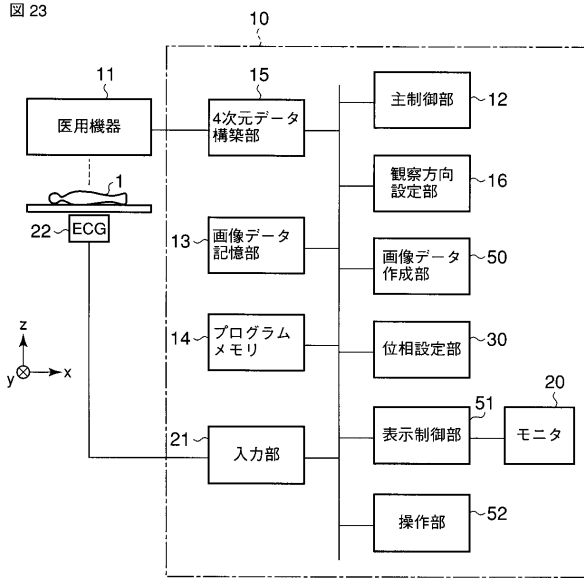
【 図 2 1 】



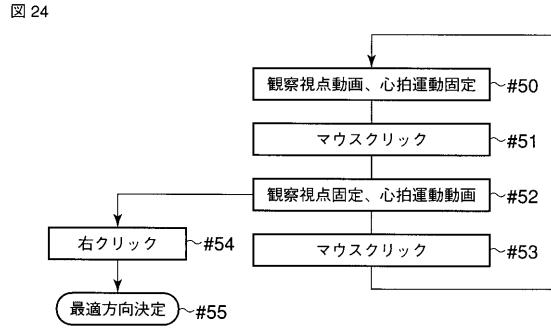
【 図 2 2 】



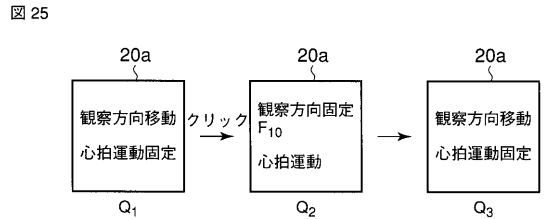
【 図 2 3 】



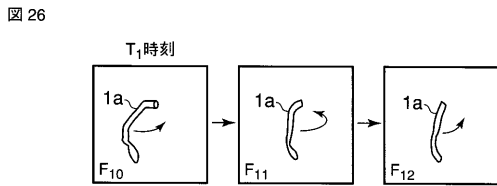
【 図 2 4 】



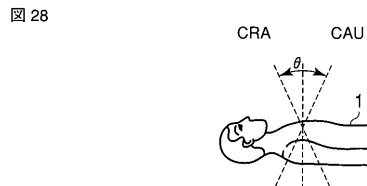
【 図 2 5 】



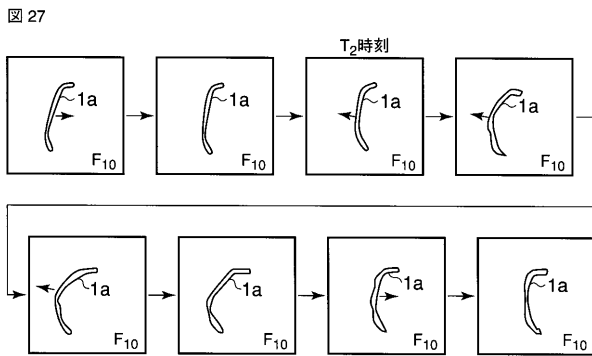
【 図 2 6 】



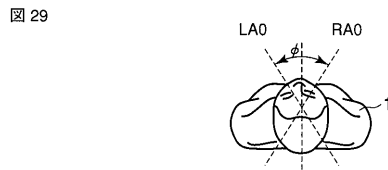
【 図 2 8 】



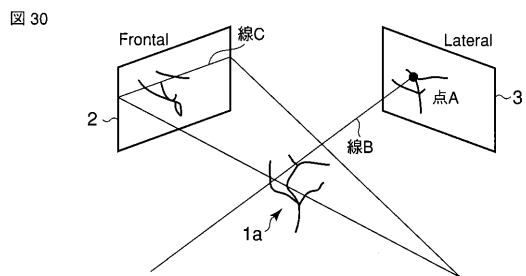
【 図 2 7 】



【 図 2 9 】

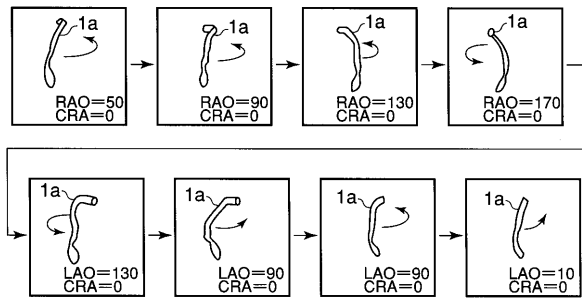


【 図 3 0 】



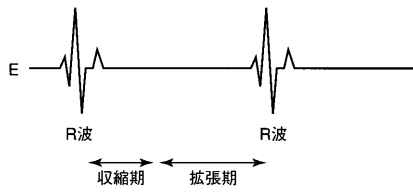
【 図 3 1 】

図 31



【 図 3 2 】

図 32



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 6/03	3 7 0 B
	A 6 1 B 6/03	3 6 0 M
	A 6 1 B 5/05	3 8 0
	A 6 1 B 5/05	3 8 2
	A 6 1 B 8/00	
	A 6 1 B 5/00	D

(74)代理人 100075672

弁理士 峰 隆司

(74)代理人 100109830

弁理士 福原 淑弘

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100092196

弁理士 橋本 良郎

(72)発明者 坂口 卓弥

栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 東芝メディカルシステムズ株式会社社内

F ターム(参考) 4C093 AA01 AA22 AA26 CA23 DA02 EE01 FA35 FA47 FA52 FF24
 FF35 FF42 FF43 FG05 FG08 FG13 FG15 FG16
 4C096 AA09 AA10 AB36 AC04 AD12 AD14 AD15 AD27 DA18 DC25
 DC32 DC35 DD02 DD07 DD08 DD13 DD15 DD16
 4C117 XA07 XB09 XG14 XG16 XG22 XJ01 XK08 XK19 XK25
 4C601 BB03 EE30 FE01 FE04 JC29 KK09 KK22

专利名称(译)	图像显示方法和装置以及图像显示程序		
公开(公告)号	JP2008125616A	公开(公告)日	2008-06-05
申请号	JP2006311775	申请日	2006-11-17
[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		
[标]发明人	坂口卓弥		
发明人	坂口 卓弥		
IPC分类号	A61B6/03 A61B6/00 A61B5/055 A61B8/00 A61B5/00		
CPC分类号	A61B6/032 A61B5/7289 A61B6/463 A61B6/465 A61B6/503 A61B6/504 A61B8/0891		
FI分类号	A61B6/03.360.G A61B6/00.360.B A61B6/00.330.A A61B6/00.335 A61B6/03.360.P A61B6/03.370.B A61B6/03.360.M A61B5/05.380 A61B5/05.382 A61B8/00 A61B5/00.D A61B5/055.380 A61B5/055.382 A61B6/00.360.Z		
F-TERM分类号	4C093/AA01 4C093/AA22 4C093/AA26 4C093/CA23 4C093/DA02 4C093/EE01 4C093/FA35 4C093/FA47 4C093/FA52 4C093/FF24 4C093/FF35 4C093/FF42 4C093/FF43 4C093/FG05 4C093/FG08 4C093/FG13 4C093/FG15 4C093/FG16 4C096/AA09 4C096/AA10 4C096/AB36 4C096/AC04 4C096/AD12 4C096/AD14 4C096/AD15 4C096/AD27 4C096/DA18 4C096/DC25 4C096/DC32 4C096/DC35 4C096/DD02 4C096/DD07 4C096/DD08 4C096/DD13 4C096/DD15 4C096/DD16 4C117/XA07 4C117/XB09 4C117/XG14 4C117/XG16 4C117/XG22 4C117/XJ01 4C117/XK08 4C117/XK19 4C117/XK25 4C601/BB03 4C601/EE30 4C601/FE01 4C601/FE04 4C601/JC29 4C601/KK09 4C601/KK22		
代理人(译)	河野 哲 中村 诚		
其他公开文献	JP5575356B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：在短时间内显示用于确定最佳观察方向的图像。解决方案：观察方向设置单元16对对象1中的心脏冠状动脉1a设置多个观察方向F1至Fj，图像数据创建单元17设置心脏冠状动脉1a的三维图像数据4D。 (x, y, z, t) 在多个观察方向F1至Fj上创建多个3D图像数据 (u, v, t) 3D，并且显示控制单元18使每个观察方向F1。固定到Fj，在监视器屏幕20a上显示心脏冠状动脉1a的三维图像数据 (u, v, t) 3D作为运动图像。[选型图]图1

