

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5972768号  
(P5972768)

(45) 発行日 平成28年8月17日(2016.8.17)

(24) 登録日 平成28年7月22日(2016.7.22)

(51) Int.Cl. F I  
**A 6 1 B 6/03 (2006.01)**  
 A 6 1 B 6/03 3 6 0 D  
 A 6 1 B 6/03 3 6 0 G  
 A 6 1 B 6/03 3 7 5

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号	特願2012-263416 (P2012-263416)	(73) 特許権者	594164542
(22) 出願日	平成24年11月30日(2012.11.30)		東芝メディカルシステムズ株式会社
(65) 公開番号	特開2014-108198 (P2014-108198A)		栃木県大田原市下石上1385番地
(43) 公開日	平成26年6月12日(2014.6.12)	(74) 代理人	100108855
審査請求日	平成27年8月12日(2015.8.12)		弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100103034
			弁理士 野河 信久
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100153051
			弁理士 河野 直樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 医用画像処理装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

心臓に関する複数時相の画像のデータを記憶する記憶部と、  
 前記画像に基づいて虚血領域を特定する虚血領域特定部と、  
 前記虚血領域を冠動脈と支配域とを関係付ける支配マップに照会することにより前記虚血領域の責任血管を特定する責任血管特定部と、  
 前記責任血管の多点に関する複数の FFR 値が変化を示す位置に側副血管の位置を特定する側副血管特定部とを具備することを特徴とする医用画像処理装置。

【請求項 2】

前記画像又は前記他の画像を前記責任血管を示すマークと共に表示する表示部を更に備えることを特徴とする請求項 1 記載の医用画像処理装置。

10

【請求項 3】

前記虚血領域特定部は、前記画像から心筋に関する組織血流画像を生成し、前記組織血流画像から前記虚血領域を特定することを特徴とする請求項 2 記載の医用画像処理装置。

【請求項 4】

前記側副血管の位置に基づいて責任狭窄を特定する責任狭窄特定部を更に備えることを特徴とする請求項 3 記載の医用画像処理装置。

【請求項 5】

前記表示部は、前記画像又は前記他の画像を前記責任狭窄を示すマークと共に表示することを特徴とする請求項 4 記載の医用画像処理装置。

20

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明の実施形態は、医用画像処理装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

周知の通り、虚血性心疾患では、冠動脈の閉塞や狭窄等により、心筋への血流が阻害され供給が不足もしくは途絶えることにより、心臓に障害が起こる。症状としては、主に前胸部、時に左腕や背中に痛み、圧迫感を生じる。虚血性心疾患の患者に対しての治療法は大きく分けると以下の3種類存在する。

10

## 【0003】

バイパス手術は、図11に示すように、狭くなっていたり閉塞している血管に対して、他の血管(側副血管)をつなげることによりその血管を介して虚血となっている部位により多くの血液を流してやる手術である。

## 【0004】

PCI(カテーテル手術)は、図12、図13に示すように、細い管状構造の治療器具を閉塞や狭窄を起こしている血管に直接通して強制的に血管を広げる治療法である。

## 【0005】

薬物療法は、心臓の虚血を改善したり、血栓が出来るのを予防する治療法である。

## 【0006】

よく用いられるFFR(Fractional Flow Reserve)は、医師がカテーテル手術をするか薬物療法をするかの選択をするための指標である。

20

## 【0007】

狭窄の進行度の評価は一般的にプレッシャーワイヤーを直接血管に通して計測する。そのため、侵襲的な計測法となっている。プレッシャーワイヤーは、図のように挿入し、狭窄部の前の圧力である $P_{in}$ 、後ろの圧力である $P_{out}$ を計測する。

## 【0008】

$FFR = P_{out} / P_{in}$ で定義され、この値が、0.8より低いとPCIを用い、高い場合は薬物療法を用いる。プレッシャーワイヤーを用いたFFRの計測は侵襲的なので、非侵襲的な計測・推定法が望まれている。

30

## 【0009】

そこで、近年、流体解析を用いたシミュレーションベースの計測法が考案されている。既存のシミュレーションは3Dにおけるシミュレーションである。シミュレーションベース計測の基本概念としては、モダリティから取得される血管の形状と、血液などの持つ粘性値などの物理パラメータをインプットとしCFD(Computational Fluid Dynamics)で一般的に用いられるナビエ-ストークスの式を用いて求める。

## 【0010】

3Dシミュレーションの問題点としては、計算時間が膨大にかかることである。例としては、スーパーコンピュータで1時間ほどかかる(非特許文献1)。しかしながら、FFRを用いて治療法を選択する患者は一刻を争う患者なので、出来るだけ早くに結果が欲しい。

40

## 【0011】

改善策として、3DでのシミュレーションをCPR(断面変換)を用いて2D画像で近似することがあげられる。それにより単純に計算量が大幅に減るのでシミュレーション結果が早く得られる。

## 【0012】

心臓に対してCT画像を活用した様々な解析が存在する。冠動脈解析による狭窄部位特定やプラーク性状分析、CPR画像を用いて視覚的に狭窄部位特定、Cross Cut画像を用いて断面に沿ってプラークや石灰化の存在する血管壁の抽出、心筋パフュージョン(組織血流量分布)による虚血心筋特定、マッピング画像により血流低下が分かる、支配マップ

50

による冠動脈の心筋支配領域特定、特定の動脈が占めている領域をマッピング表示、理想の支配マップを元に実際の患者の支配マップを表示し比較する、通常占めていなければならない血管の領域に他の血管領域が張り出している場合は、側副血管の可能性も示唆できる。

【0013】

特許文献1では、血流動態解析の結果と造影剤の到達時間などの血流パラメータを重畳表示する技術が記載されている。当該特許文献1には、詳細の記載はないが、血管の形状画像（恐らくCPRや、ボリュームレンダリングの類）に対して、パフュージョン画像などを重畳表示する事項が記載されている。

【0014】

しかし、狭窄の存在する責任血管を直接解析しているわけではないので、責任狭窄の判定が出来ない。画像表示をするためCT画像に表示されない側副血管は考慮されない。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0015】

【特許文献1】特開2007-151881号公報

【非特許文献】

【0016】

【非特許文献1】Journal of Cardiovascular Computed Tomography - Min et al. - 201

1

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0017】

目的は、CT画像では表示されない側副血管の存在箇所を特定することにある。

【課題を解決するための手段】

【0018】

本実施形態に係る医用画像処理装置は、心臓に関する複数時相の画像のデータを記憶する記憶部と、前記画像に基づいて虚血領域を特定する虚血領域特定部と、前記虚血領域を冠動脈と支配域とを関係付ける支配マップに照会することにより前記虚血領域の責任血管を特定する責任血管特定部と、前記責任血管の多点に関する複数のFFR値が変化を示す位置に側副血管を特定する側副血管特定部と、前記画像又は他の画像を前記側副血管を示すマークと共に表示する表示部とを具備することを特徴とする。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】本実施形態に係る医用画像処理装置の構成を示す図である。

【図2】本実施形態に係る医用画像処理の手順を示す図である。

【図3】図2の冠動脈解析処理の処理結果を示す図である。

【図4】図2の心筋パフュージョン解析結果を示す図である。

【図5】図2のテリトリーマップ解析で用いるテリトリーマップの一例を示す図である。

【図6】図2の責任血管の表示画面の一例を示す図である。

【図7】図6の表示画面の他の例を示す図である。

【図8】図2の複数のFFR値から側副血管を特定する処理の説明補足図である。

【図9】図2の責任狭窄の表示画面の一例を示す図である。

【図10】図9の表示画面の他の例を示す図である。

【図11】バイパス手術の原理を示す図である。

【図12】血管狭窄に対するカテーテル手術の原理を示す図である。

【図13】バルーンカテーテル手術の原理を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0020】

本実施形態に係る医用画像処理装置は、心臓に関する複数時相の画像を処理する。この

10

20

30

40

50

画像から虚血領域が特定される。虚血領域を冠動脈と支配域とを関係付ける支配マップに照会することにより虚血領域の責任血管が特定される。責任血管の多点に関する複数の FFR 値が変化を示す位置に側副血管が特定される。この側副血管を示すマークと共に画像又は他の画像が表示される。

#### 【 0 0 2 1 】

周知の通り、側副血管とは、臓器または臓器の一部で本来の血液供給が絶たれたときに血管どうしの連絡によって新たにつくられた血管をいう。例えば冠動脈に生じた狭窄により血液供給が絶たれたときにその血管から分岐する側副血管が形成される。しかし側副血管は非常に細く、CT 画像では視認できない。また側副血管への分岐付近で圧力低下が生じるので、FFR 値の信頼性が低下してしまう。本実施形態では、側副血管の存在の有無、その側副血管の場所をマーク等で提供することにより、FFR 値の信頼性低下による狭窄程度の誤認を軽減すること、また責任狭窄の特定を実現するものである。

10

#### 【 0 0 2 2 】

図 1 には本実施形態に係る医用画像処理装置の構成を示している。本実施形態に係る医用画像処理装置 1 は、LAN や公衆電子通信回線等のネットワーク 4 を介して CT 装置 2、PACS 3 に接続される。そのため医用画像処理装置 1 は、インタフェース 11 を有している。医用画像処理装置 1 は、制御部 12 の制御のもとで CT 装置 2 又は PACS 3 から供給された、処理対象画像としての当該被検体の心臓を含む胸部領域に関する複数時相にわたる時系列の 3 次元造影 CT 画像データ（以下単にボリュームデータという）を記憶する画像記憶部 13 を有する。

20

#### 【 0 0 2 3 】

心臓領域抽出部 14 は、ボリュームデータから心輪郭抽出処理等により心臓領域を抽出する。この心臓領域に以降の処理範囲が限定される。心筋解析部 15 は、心臓領域から心筋領域を造影剤濃度に対応する CT 値による閾値処理により抽出する。また心筋解析部 15 は、心筋パフュージョン解析、つまり抽出した心筋領域内の画素又は局所毎に造影剤に関する時間濃度曲線を生成しその時間濃度曲線に基づいて画素又は局所毎に流入から流出までの期間に移動する血流の量を求める。例えば CT 撮影では非イオン性造影剤を患者へ注入し、CT 値の変化から臓器の灌流情報を描出することができる。CT パフュージョン解析は、例えば 512×512 ピクセルで構成された CT 画像の経時変化を各画素における CT 値の変化から測定し、血流量などを数値化する。複数時相の CT 画像から、臓器の灌流情報を表す 1 枚のカラーマップが生成される。

30

#### 【 0 0 2 4 】

さらに心筋解析部 15 は、血流量の空間分布から閾値処理により虚血領域を特定する。責任血管特定部 16 は、特定した虚血領域に対して、テリトリーマップ記憶部 17 に記憶されている、冠動脈と各冠動脈により栄養供給がなされる支配域との関係を定義するテリトリーマップ（支配マップ）を照合することにより、虚血領域へ本来的に栄養供給責任を有している血管（責任血管）を特定する。マーカ発生部 20 は、特定された責任血管を表すマーカのデータを発生する。責任血管を表すマーカは、ボリュームデータからレンダリング等により生成された 3 次元画像又は断面変換（MPR）により生成された 2 次元画像に重ねて表示部 21 に表示される。なお、画像としては、CT 装置によるボリュームデータに由来する画像には限定されず、X 線診断装置等の他のモダリティにより取得した画像にマーカを重ねるようによっても良い。

40

#### 【 0 0 2 5 】

ここで FFR は、狭窄のある血管の血流量（狭窄血管血流量）を狭窄が無いと仮定した血管の血流量で正規化した値で与えられ、実際の測定では、血管内に圧力センサー付きのワイヤ（Pressure wire）を挿入して、責任血管上の複数箇所での圧力を実測し、その比を計算することにより求められる。FFR 測定装置 5 は、圧力センサー付きのワイヤを有し、圧力センサーにより測定した 2 カ所間の圧力比（FFR）を計算する。

#### 【 0 0 2 6 】

責任狭窄特定部 18 は、FFR 測定装置 5 で実測された責任血管内の複数箇所の FFR

50

値の特定変化に基づいて側副血管の位置を特定するとともに、側副血管の位置を考慮して虚血原因をなした狭窄（責任狭窄）を特定する。実際にはポリウムデータから冠動脈解析部 19 により冠動脈内壁の形態から特定された複数の責任狭窄候補の中から、FFR 値が閾値未満に急激に低下する等の特定の変化を示す箇所の下流に位置する狭窄を責任狭窄として特定する。冠動脈解析部 19 は、心臓領域の 3 次元ポリウムデータを使用して、冠動脈の血管芯線や血管内壁等の冠動脈の解剖学的構造およびプラーク性状を分析して冠動脈に関する 3 次元データを求める。

**【 0 0 2 7 】**

マーカ発生部 20 は、側副血管の位置を表すマーカのデータ及び責任狭窄を表すマーカのデータを発生する。責任狭窄を表すマーカは、ポリウムデータからレンダリング等により生成された 3 次元画像又は断面変換（MPR）により生成された 2 次元画像に重ねて表示部 21 に表示される。

10

**【 0 0 2 8 】**

図 2 には本実施形態による画像処理手順を示している。CT 装置 1 又は PACS 2 から胸部領域に関する複数時相にわたる時系列の 3 次元造影 CT 画像データ（ポリウムデータ）が医用画像処理装置 1 にインタフェース 11 を介して受信され、画像記憶部 13 に記憶される（S1）。拍動に比較的少ない特定時相のポリウムデータを対象として心臓領域抽出部 14 により当該ポリウムデータから心臓領域が抽出される（S2）。

**【 0 0 2 9 】**

抽出された心臓領域を対象に冠動脈解析部 19 により冠動脈解析処理がなされる（S3）。冠動脈解析処理により、冠動脈の血管芯線や血管内壁等の冠動脈の解剖学的構造に関する 3 次元のデータが生成される。図 3 に示すように冠動脈の解剖学的構造が心臓形態画像に重ねて 3 次元又は 2 次元の画像として表示される。

20

**【 0 0 3 0 】**

抽出された心臓領域から心筋領域が造影剤濃度に応じた閾値処理等により心筋解析部 15 により抽出される（S4）。次に心筋解析部 15 により、抽出された心筋領域に限定して CT パフュージョン解析が行われる。CT パフュージョン解析では、まず時系列のポリウムデータから心筋領域内の画素又は局所毎に時間濃度曲線が生成される。それら時間濃度曲線に基づいて画素又は局所毎に流入から流出までの期間に移動する血流の量が計算される。図 4 には、血流量の空間分布の一例を示している。この血流量の空間分布から心筋解析部 15 により所定の血流量未満の領域が虚血領域として特定される。

30

**【 0 0 3 1 】**

テリトリーマップ記憶部 17 に記憶されているテリトリーマップ（図 5 参照）内の支配域から虚血領域が含まれる支配域が責任血管特定部 16 により特定され、特定された支配域にテリトリーマップ上で関連付けられている冠動脈が責任血管として特定される（S6、S7、S8）。特定された責任血管を表すマーカがマーカ発生部 20 により発生され、図 6 に例示するようにポリウムデータからレンダリング等により生成された 3 次元画像又は図 7 に例示するようにポリウムデータから断面変換（MPR）により生成された 2 次元画像に重ねて表示部 21 に表示される（S9）。

**【 0 0 3 2 】**

術者は責任血管を視認して、FFR 測定装置 5 に装備されたプレッシャーワイヤを当該責任血管に挿入し、図 8 に示すように狭窄の前後に渡る複数の箇所で圧力を実測する。複数の箇所中の例えば狭窄から最も上流に位置する箇所の圧力を基準として、他の複数の箇所の圧力をそれぞれ割り算することにより、FFR 測定装置 5 により複数の箇所にそれぞれ対応する複数の FFR 値が計算される。これら責任血管上の複数の箇所にそれぞれ対応する複数の FFR 値のデータは医用画像処理装置 1 に供給され、又は複数の FFR 値が医用画像処理装置 1 の図示しないキーボード等の入力機器から入力される（S10）。

40

**【 0 0 3 3 】**

次に責任狭窄特定部 18 により、責任血管上の複数の箇所にそれぞれ対応する複数の FFR 値が責任血管上の位置に沿って急激な低下等の特定変化を示す箇所が特定され、その

50

箇所から側副血管の存在が推定され、またその上流に位置する狭窄が責任狭窄として特定される（S11）。

【0034】

マーカ発生部20により発生された側副血管の位置を表すマーカ及び責任狭窄を表すマーカが、図9、図10に例示するように、ボリュームデータからレンダリング等により生成された3次元画像又は断面変換(MPR)により生成された2次元画像に重ねて表示部21に表示される(S12)。

【0035】

このように本実施形態では、CT-FFR解析をシミュレーションベースではなく、直接プレッシャーワイヤで計測する。CT冠動脈解析により、冠動脈の解剖学的構造およびプラーク性状を分析し、CT心筋パフュージョンにより、虚血心筋領域を特定する。この虚血心筋領域とテリトリーマップにより、虚血心筋の責任血管を特定する。責任血管を特定後、その血管のみを狙ってプレッシャーワイヤで直接FFR値を計測する。つまり特定された責任血管に対して実際にプレッシャーワイヤを挿入して直接にFFRを実測する。プレッシャーワイヤで実際に圧力を計測してFFRを求めることで側副血管が責任血管のどこに存在するかが分かる。側副血管の位置を抽出された冠動脈の画像上に表示し、またFFR閾値以下の狭窄を責任狭窄として表示する。つまり側副血管の存在を加味して責任狭窄の表示をする。CTでは細すぎて表示されなかった責任血管内に存在する側副血管の有無だけではなく場所を表示することで、側副血管による治療対象の誤認のおそれを減少させながら治療方針を決定することを可能とする。

【0036】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【符号の説明】

【0037】

1...医用画像処理装置、4...ネットワーク、2...CT装置、3...PACS、11...インタフェース、12...制御部、13...画像記憶部、14...心臓領域抽出部、15...心筋解析部、16...責任血管特定部、17...テリトリーマップ記憶部、18...責任狭窄特定部、19...冠動脈解析部、20...マーカ発生部、21...表示部。

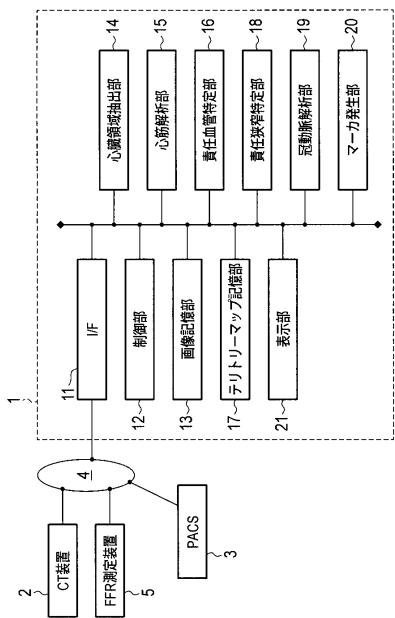
10

20

30

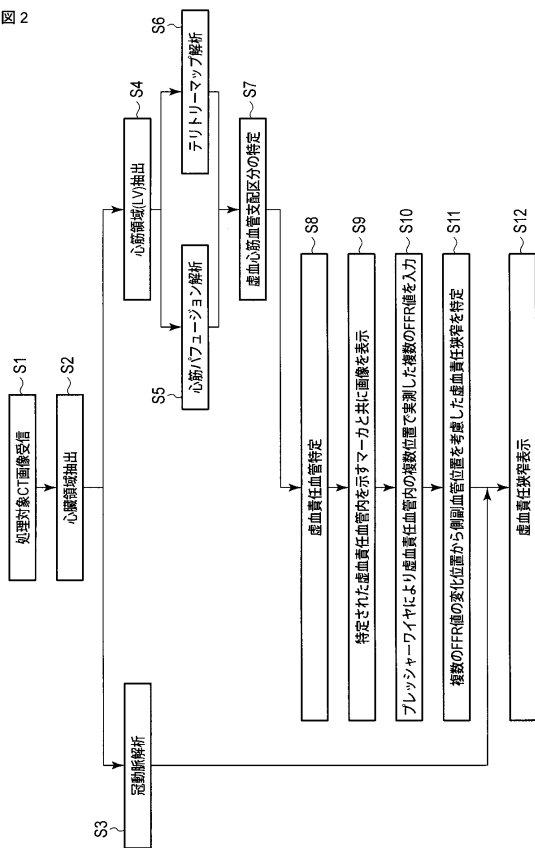
【 図 1 】

図 1



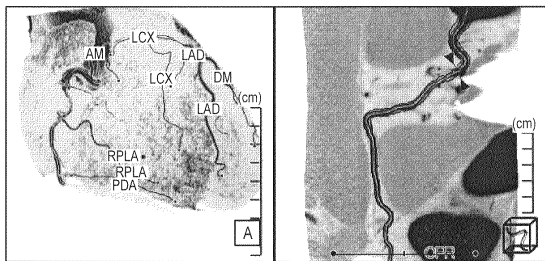
【 図 2 】

図 2



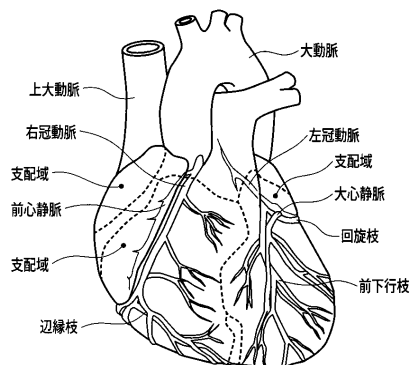
【 図 3 】

図 3



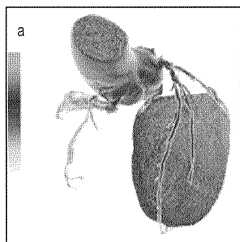
【 図 5 】

図 5



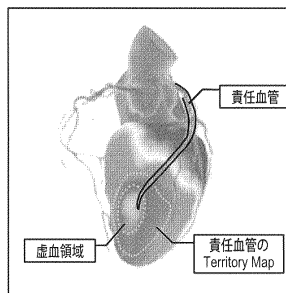
【 図 4 】

図 4



【 図 6 】

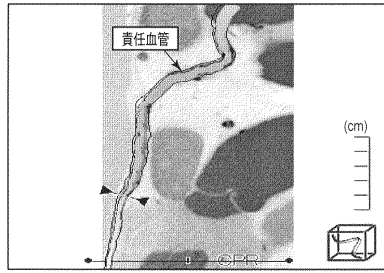
図 6



3D表示の例

【 図 7 】

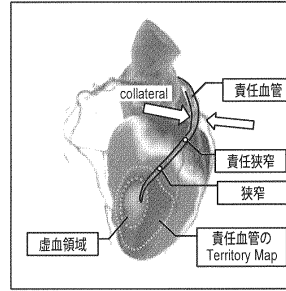
図 7



2D表示の例

【 図 9 】

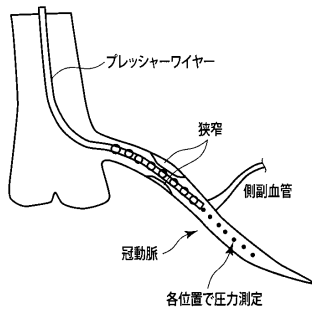
図 9



3D表示の例

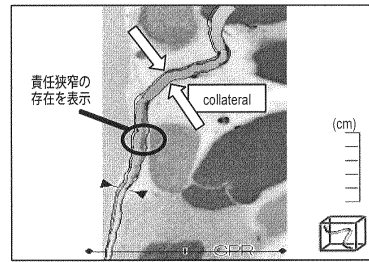
【 図 8 】

図 8



【 図 10 】

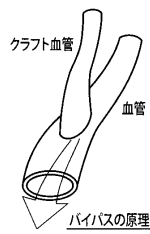
図 10



2D表示の例

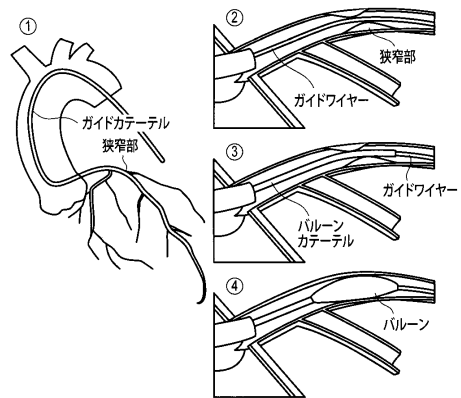
【 図 11 】

図 11



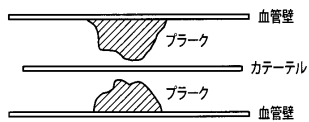
【 図 13 】

図 13



【 図 12 】

図 12





---

 フロントページの続き

- (74)代理人 100140176  
弁理士 砂川 克
- (74)代理人 100158805  
弁理士 井関 守三
- (74)代理人 100172580  
弁理士 赤穂 隆雄
- (74)代理人 100179062  
弁理士 井上 正
- (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
- (72)発明者 五十嵐 匠真  
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社内
- (72)発明者 若井 智司  
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社内
- (72)発明者 荒木田 和正  
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社内
- (72)発明者 石井 秀明  
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社内
- (72)発明者 藤澤 恭子  
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社内
- (72)発明者 神長 茂生  
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社内
- (72)発明者 廣畑 賢治  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 大賀 淳一郎  
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

審査官 野田 洋平

- (56)参考文献 国際公開第2012/021307(WO, A2)  
特開2007-151881(JP, A)  
Srikara Viswanath Peelukhana, et al., Influence of coronary collateral flow on coronary diagnostic parameters: An in vivo study, Journal of Biomechanics, 2009年12月11日, Volume 42, Number 16, 第2753-2759頁

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
A61B 6/00 - 6/14  
JSTPlus / JMEDPlus / JST7580 (JDreamIII)