

(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2012-228286

(P2012-228286A)

(43) 公開日 平成24年11月22日(2012.11.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 5/055 (2006.01)	A 6 1 B 5/05 3 9 0	4 C 0 9 6
A 6 1 B 8/00 (2006.01)	A 6 1 B 5/05 3 8 3	4 C 1 6 0
A 6 1 B 17/22 (2006.01)	A 6 1 B 8/00	4 C 6 0 1
A 6 1 B 18/00 (2006.01)	A 6 1 B 17/22	
	A 6 1 B 17/36 3 3 0	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2011-96665 (P2011-96665)

(22) 出願日 平成23年4月25日 (2011. 4. 25)

特許法第30条第1項適用申請有り 発行者名 日本コンピュータ外科学会 刊行物名 日本コンピュータ外科学会誌 第12巻 第3号 第19回日本コンピュータ外科学会大会特集号 発行日 平成22年11月2日

(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願 (平成22年度、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構「戦略的国際標準化推進事業／標準化フォローアップ／集束超音波治療装置に関する国際標準化」委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受ける特許出願)

(71) 出願人 000153498

株式会社日立メディコ

東京都千代田区外神田四丁目14番1号

(71) 出願人 591173198

学校法人東京女子医科大学

東京都新宿区河田町8-1

(74) 代理人 110000888

特許業務法人 山王坂特許事務所

(72) 発明者 仲本 秀和

東京都千代田区外神田四丁目14番1号

株式会社日立メディコ内

(72) 発明者 伊関 洋

東京都新宿区河田町8-1 学校法人 東

京女子医科大学内

最終頁に続く

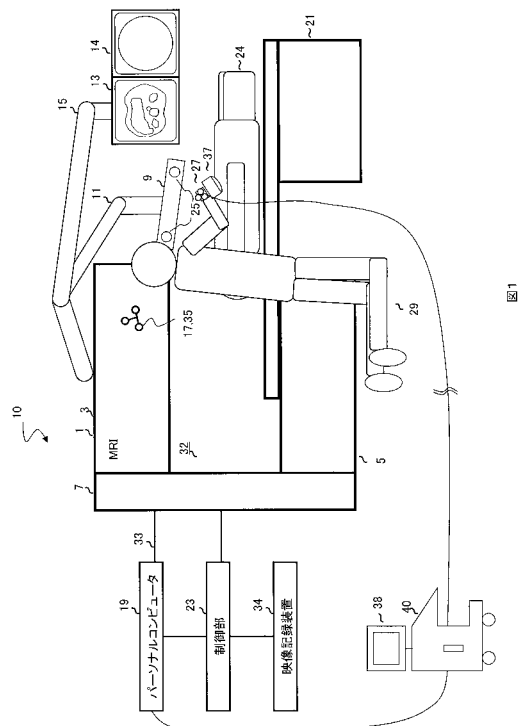
(54) 【発明の名称】 治療支援システム及び医用画像処理装置

(57) 【要約】

【課題】高密度焦点式超音波療法 (HIFU: High Intensity Focused Ultrasound) における残治療領域を可視化する治療支援システムおよび手術支援方法を提供する。

【解決手段】超音波プローブを有しHIFUにより被検体の治療を行う超音波プローブ37と、MRI装置1と、MRI装置1内部に配置され被検体24の超音波画像を撮像可能な超音波診断治療装置40と、超音波音波プローブ37の位置を検出する三次元位置検出装置を備える治療支援システム10であって、治療後に、造影前後のMRI撮像を行ってえられた複数の画像を減算することにより残治療領域を表示する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

被検体の病変部位に対して加熱又は凍結処理を行う治療手段と、及びその治療手段を駆動・制御する駆動手段と、を備えた治療装置と、

前記被検体の病変部位を撮像する医用画像撮像装置と、

前記医用画像撮像装置により、前記被検体に対して行われた加熱又は凍結処理の結果、組織変性が生じた部位が撮影された領域と、前記加熱又は凍結処理が施されていない部位が撮影された領域と、のコントラストが相対的に高い第一医用画像と、前記加熱又は凍結処理により組織変性が生じた部位及び前記病変部位が撮影された領域と、前記加熱又は凍結処理により組織変性が生じていない、前記病変部位の周辺部位が撮影された領域と、のコントラストが相対的に高い第二医用画像と、を撮像し、前記第一医用画像及び前記第二医用画像を差分処理することにより、前記病変部位が撮像された領域のうち、前記加熱又は凍結処理が施された部位を除く領域が描出された差分画像を生成する差分画像生成手段と、

10

前記差分画像を表示する画像表示手段と、

を備えることを特徴とする治療支援システム。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の治療支援システムにおいて、

前記医用画像撮像装置は、磁気共鳴イメージング装置であり、

前記第一医用画像は、前記磁気共鳴イメージング装置により、造影剤を用いることなく前記被検体の前記病変部位を撮像した T_1 強調画像であり、

20

前記第二医用画像は、前記磁気共鳴イメージング装置により、造影剤注入後の前記被検体の前記病変部位を撮像した T_1 強調画像である、

ことを特徴とする治療支援システム。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の治療支援システムにおいて、

前記医用画像撮像装置により撮像した前記病変部位及びその周囲に位置する炎症部位と、前記病変部位及び炎症部位の周辺に位置する周辺正常部位と、のコントラストが相対的に低い第三医用画像と、前記医用画像撮像装置により撮像した前記病変部位及び前記炎症部位と、前記周辺正常部位と、のコントラストが相対的に高い第四医用画像と、を読み込み、前記第三医用画像と前記第四医用画像とを加減算処理することにより、前記周辺正常部位に対して、前記病変部位及び前記炎症部位のコントラストが相対的に高い加減算画像を生成する画像加減算処理手段と、

30

前記治療手段の位置情報を検出する位置検出処理手段と、

前記治療手段の位置情報に基づいて、前記加減算画像に前記治療手段の位置を重畳表示したナビゲーション画像を生成するナビゲーション画像生成手段と、を更に備える、

ことを特徴とする治療支援システム。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の治療支援システムにおいて、

前記医用画像撮像装置は、磁気共鳴イメージング装置であり、

前記第三医用画像は、前記磁気共鳴イメージング装置により、造影剤を用いることなく前記被検体を撮像した T_1 強調画像であり、

40

前記第四医用画像は、前記磁気共鳴イメージング装置により、造影剤を用いることなく前記被検体を撮像した T_2 強調画像である、

ことを特徴とする治療支援システム。

【請求項 5】

請求項 3 に記載の治療支援システムにおいて、

前記病変部位が発症した前記被検体の臓器種類又は前記病変部位の体積の少なくとも一つに応じて設定された画像拡大又は縮小率を算出し、前記加減算画像に含まれる前記病変部位及び前記炎症部位が撮像された領域に対し、前記算出した画像拡大又は縮小率に応じ

50

て画像の拡大又は縮小処理を行う画像補償手段を更に備える、
ことを特徴とする治療支援システム。

【請求項 6】

請求項 1 乃至 5 の何れか一つに記載の治療支援システムにおいて、
ユーザにより指定された前記治療手段による治療予定部位と、前記治療手段により既に
加熱又は凍結処理された部位との距離が閾値以下になると警告を行う警告手段を更に備え
る、

ことを特徴とする治療支援システム。

【請求項 7】

組織変性が生じた部位が撮影された領域と、前記加熱又は凍結処理が施されていない部
位が撮影された領域と、のコントラストが相対的に高い第一医用画像と、前記加熱又は凍
結処理により組織変性が生じた部位及び前記病変部位が撮影された領域と、前記加熱又は
凍結処理により組織変性が生じていない、前記病変部位の周辺部位が撮影された領域と、
のコントラストが相対的に高い第二医用画像と、を撮像し、前記第一医用画像及び前記第
二医用画像を差分処理することにより、前記病変部位が撮像された領域のうち、前記加熱
又は凍結処理が施された部位を除く領域が描出された差分画像を生成する差分画像生成手
段と、

前記差分画像を表示する画像表示手段と、
を備えたことを特徴とする医用画像処理装置。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の医用画像処理装置において、
前記第一医用画像は、磁気共鳴イメージング装置により、造影剤を用いることなく前記
被検体の前記病変部位を撮像した T_1 強調画像であり、
前記第二医用画像は、前記磁気共鳴イメージング装置により、造影剤注入後の前記被検
体の前記病変部位を撮像した T_1 強調画像である、
ことを特徴とする医用画像処理装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、治療支援システム及び医用画像処理装置に係り、特に、高密度焦点式超音波
療法 (HIFU: High Intensity Focused Ultra sound) における残治療領域を可視化する手術支援技術に関する。

【背景技術】

【0002】

HIFU は、焦点を高密度に集束した超音波を用いて、侵襲性の低い治療を行うことが
可能である。例えば、前立腺は直腸内に配置した超音波発生器を用いて治療可能である。
特許文献 1 には、HIFU による超音波治療装置が開示されている。この超音波治療装置
は、治療用の連続波の発生および超音波断層像を得るためのパルス波の発生という二つの
役割を併せもつ集束型超音波発生源を含む治療用プローブ、および治療用プローブに接続
された超音波診断装置と集束超音波発生用の電源、超音波を反射する尿道用カテーテルか
ら構成され、温熱療法に供せられる。また、HIFU 治療領域をモニタリングする手法と
して、MRI が用いられる。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献 1】特表 2000 - 507857 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

一般的に治療前にターゲットとなる病変領域 (例えば腫瘍領域) を確認する方法として

10

20

30

40

50

、造影MRI撮像が行われる。造影MRI画像は、腫瘍領域のみが高輝度に描出されることから、正常組織との境目が一目で分かる。しかし、HIFU照射領域をMRIでモニタリングする場合においても高輝度で描出されることから、病変領域及びHIFU照射領域の双方共に高輝度描出され、造影MRI画像で描出される高輝度画像内に埋もれてしまい、治療領域が特定できない問題があった。この問題について、図13に基づいて更に詳しく説明する。図13は、従来のHIFU治療プロトコルを示す説明図である。例えば、治療前に造影前後のT₁W画像1301、T₂W画像1303を撮像する。撮像の目的は、造影剤で染色される病変領域（例えば腫瘍領域）1302やそれを含む炎症領域1304を描出することである。そして、造影MRI画像をナビゲーション画像として用いたナビゲーション治療1305時において、病変領域（例えば腫瘍領域）腫瘍領域1302をターゲットとしてHIFU照射を行う。1回に行うHIFU照射領域1306は小さい範囲なので、複数回の治療（HIFU照射）を繰り返す。治療後には治療前と同様に造影前後のT₁W画像1308、T₂W画像1309を撮像し、これらを視認することで治療効果を確認する。ここで、ターゲットとなる病変領域（例えば腫瘍領域）及びHIFU照射領域が、共に高輝度に検出されるため、残治療領域1307が存在したとしてもその抽出・切り分けが困難という問題があった。

10

20

30

40

50

【0005】

本発明は、HIFU照射治療後の被検体画像のように、被検体画像内において治療後領域と病変領域と抽出・切り分けが困難な場合における残治療領域の特定・可視化を容易にする治療支援システムおよび医用画像処理装置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】

【0006】

上記の課題を解決するために、本発明に係る治療支援システムは、被検体の病変部位に対して加熱又は凍結処理を行う治療手段と、及びその治療手段を駆動・制御する駆動手段と、を備えた治療装置と、前記被検体の病変部位を撮像する医用画像撮像装置と、前記医用画像撮像装置により、前記被検体に対して行われた加熱又は凍結処理の結果、組織変性が生じた部位が撮影された領域と、前記加熱又は凍結処理が施されていない部位が撮影された領域と、のコントラストが相対的に高い第一医用画像と、前記加熱又は凍結処理により組織変性が生じた部位及び前記病変部位が撮影された領域と、前記加熱又は凍結処理により組織変性が生じていない、前記病変部位の周辺部位が撮影された領域と、のコントラストが相対的に高い第二医用画像と、を撮像し、前記第一医用画像及び前記第二医用画像を差分処理することにより、前記病変部位が撮像された領域のうち、前記加熱又は凍結処理が施された部位を除く領域が描出された差分画像を生成する差分画像生成手段と、前記差分画像を表示する画像表示手段と、を備えることを特徴とする。本明細書でいう「コントラストが相対的に高い」とは、被検体画像中において、コントラストの対比が行われる領域の画素値が、一見して視認できる程度に異なることをいう。

【0007】

また、本発明に係る医用画像処理装置は、組織変性が生じた部位が撮影された領域と、前記加熱又は凍結処理が施されていない部位が撮影された領域と、のコントラストが相対的に高い第一医用画像と、前記加熱又は凍結処理により組織変性が生じた部位及び前記病変部位が撮影された領域と、前記加熱又は凍結処理により組織変性が生じていない、前記病変部位の周辺部位が撮影された領域と、のコントラストが相対的に高い第二医用画像と、を撮像し、前記第一医用画像及び前記第二医用画像を差分処理することにより、前記病変部位が撮像された領域のうち、前記加熱又は凍結処理が施された部位を除く領域が描出された差分画像を生成する差分画像生成手段と、前記差分画像を表示する画像表示手段と、を備えることを特徴とする。

【発明の効果】

【0008】

本発明によれば、HIFU照射治療後の被検体画像のように、被検体画像内において治療後領域と病変領域と抽出・切り分けが困難な場合であっても、残治療領域の特定・可視

化が容易となる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】本実施形態に係る治療支援システム10の全体構成を示す模式図

【図2】超音波診断治療装置40の構成を示す模式図

【図3】集束超音波を用いた治療の概要を示す説明図であって、(a)は、集束超音波304がターゲット303に集束する様子を示し、(b)は、集束超音波の直径を示し、(c)は、ターゲットの位置を順次移動させながら治療領域全域に集束超音波を照射する状態を示す。

【図4】治療支援システム10における誘導支援表示機能を示す説明図

10

【図5】MRI、超音波交互撮像時における撮像断面構成図

【図6】治療支援プログラムの構成を示すブロック図

【図7】本実施形態に係る治療支援システム10における残治療領域の描出・特定方法を示す説明図

【図8】本実施形態に係る治療支援システムの処理の流れを示すフローチャート

【図9】術前シミュレーションのGUI表示例を示す模式図

【図10】画像補償に用いられる(拡大・)縮小率の一例を示す模式図

【図11】手術・治療時のGUI表示例を示す模式図

【図12】治療後のMRI撮像および残治療領域描出のGUI表示例を示す模式図

【図13】従来のHIFU治療プロトコルを示す説明図

20

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明の実施形態について図面を用いて説明する。同一機能を有する構成及び同一の処理内容の手順には同一符号を付し、その説明の繰り返しを省略する。

【0011】

まず、図1に基づいて、本発明の実施形態に係る治療支援システム10の全体構成について説明する。図1は、本実施形態に係る治療支援システムの全体構成を示す模式図である。本実施形態に係る治療支援システム10は、主に、核磁気共鳴撮像装置(以下、MRI装置と称する)1と超音波診断治療装置40とが、パーソナルコンピュータ19に連結される。そして、超音波診断治療装置40に接続された超音波プローブ37に取り付けられたポインタ27を位置検出デバイス9が連続的に追跡し、ポインタ27の位置情報を転送することで、MRI(またはCT)装置1と超音波プローブ37の位置とが連結される。パーソナルコンピュータ19は、MRI装置1からのMRI画像と、超音波診断治療装置40からの超音波画像と、を取得し、それらを用いたナビゲーション画像を生成・表示する。

30

【0012】

パーソナルコンピュータ19に接続された映像記録装置34は、術中の動画(映像信号)を同時記録する。モニタ38には、超音波診断治療装置40からの超音波画像が表示される。

【0013】

図1のMRI装置1は、例えば、垂直磁場方式永久磁石MRI装置であり、垂直な静磁場を発生させる上部磁石3と下部磁石5、これら磁石を連結するとともに上部磁石3を支持する支柱7、位置検出デバイス9、アーム11、モニタ13、14、モニタ支持部15、基準ツール17、MRI装置1の制御を行う制御部パーソナルコンピュータ19、ベッド21、制御部23などを含んで構成されている。MRI装置1の図示しない傾斜磁場発生部は、傾斜磁場をパルス的に発生させる。更に、MRI装置1は、静磁場中の被検体24に核磁気共鳴を生じさせるための図示しないRF送信器、被検体24からの核磁気共鳴信号を受信する図示しないRF受信器を備える。

40

【0014】

位置検出デバイス9は、2台の赤外線カメラ25と、赤外線を発光する図示しない発光

50

ダイオードを含んで構成され、断層面指示デバイスであるポイント２７の位置及び姿勢を検出するものである。また、位置検出デバイス９は、アーム１１により移動可能に上部磁石３に連結され、ＭＲＩ装置１に対する配置を適宜変更するものである。モニタ１３は、術者２９が把持するポイント２７により指示された被検体２４の断層面の画像を表示するもので、モニタ支持部１５により、赤外線カメラ２５と同様に上部磁石３に連結されている。基準ツール１７は、赤外線カメラ２５の座標系とＭＲＩ装置１の座標系をリンクさせるもので、３つの反射球３５を備え、上部磁石３の側面に設けられている。パーソナルコンピュータ１９には、赤外線カメラ２５が検出し算出したポイント２７の情報が、術具位置データとして、例えば、ＲＳ２３２Ｃケーブル３３を介して送信される。制御部２３は、ワークステーションで構成され、図示しないＲＦ送信器、ＲＦ受信器などを制御する。また、制御部２３は、パーソナルコンピュータ１９と接続されている。パーソナルコンピュータ１９では、赤外線カメラ２５が検出し算出したポイント２７の位置をＭＲＩ装置１での撮像範囲の位置データに変換し、制御部２３へ送信する。位置データは、撮像シーケンスの撮像断面へ反映される。新たな撮像断面で取得されたＭＲＩ画像はモニタ１３に表示される。また、ＭＲＩ画像は映像記録装置３４に同時記録される。例えば断層面指示デバイスであるポイント２７を穿刺針などにとりつけ、穿刺針のある位置を常に撮像断面とする様に構成した場合、モニタ１３には穿刺針を常に含む断面が表示されることになる。また、本実施形態のように、超音波プローブ３７に取り付けた場合には、超音波プローブ３７から照射される集束超音波の焦点を含む断面が表示される。ポイント２７の位置検出の方式には、上記に限らず、機械式、光学式、磁気式、超音波式などの方式を用いてもよい。

【００１５】

また、超音波診断治療装置４０はＭＲＩ装置１を制御するパーソナルコンピュータ１９と接続されており、位置を検出するためのポイント２７が取り付けられた超音波プローブ３７で得られた超音波画像を専用のモニタ３８に映し出すだけでなく、パーソナルコンピュータ１９に超音波画像を転送することで、画像処理が行われる。画像処理された超音波画像もモニタ１３、１４に映し出される。超音波プローブ３７はＭＲＩ装置１の磁場内でも作動可能なセラミックなどの非磁性体で形成されている。

【００１６】

次に、図２に基づいて、上記超音波診断治療装置４０の構成について説明する。図２は、超音波診断治療装置４０の構成を示す模式図である。超音波診断治療装置４０は、被検体２４内に超音波を送受信し得られた反射エコー信号を用いて診断部位について２次元超音波画像或いは３次元超音波画像を形成して表示するとともに、被検体２４に集束超音波を照射して超音波治療を行うものである。超音波診断治療装置４０は、被検体２４に超音波を照射し受信する振動子素子を備えた超音波プローブ３７と、超音波信号を送受信する超音波送受信部２０４と、受信信号に基づいて２次元超音波画像（Ｂモード画像）或いは３次元超音波画像を構成する超音波画像構成部２０５と、超音波画像構成部２０５構成された超音波画像を表示する表示部２０６（図１のモニタ３８に相当する）と、被検体２４に照射する超音波の量を切り換えるＨＩＦＵコントローラ２０９と、各構成要素を制御する制御部２０７と、制御部２０７に指示を与えるコントロールパネル２０８とから構成されている。ＨＩＦＵコントローラ２０９は、診断装置として動作させる場合は被検体２４に照射する超音波の量を弱め、治療装置として動作させる場合は被検体２４に照射する超音波の量を強めるように、照射する超音波の大きさを制御する。なお、この例では、超音波診断装置と超音波治療装置とを一つの超音波診断治療装置として構成したが、超音波診断装置と超音波治療装置を別々の装置として構成しても良い。

【００１７】

次に、超音波診断治療装置４０から照射される集束超音波を用いた治療の概要について、図３を基に説明する。図３は、集束超音波を用いた治療の概要を示す説明図であって、（ａ）は、集束超音波３０４がターゲット３０３に集束する様子を示し、（ｂ）は、集束超音波の直径を示し、（ｃ）は、ターゲットの位置を順次移動させながら治療領域全域に

集束超音波を照射する状態を示す。

【0018】

図3の(a)に示されるように、超音波プローブ37からの集束超音波304は、ある1点のターゲット303に集束するように照射が行われる。この集束超音波304の1回の照射により焼灼される範囲は、(b)に示すように、直径Φが5～10mmである。したがって、集束超音波による治療を行う際は、(c)に示すように、集束超音波の照射位置であるターゲット303の位置を順次移動させて、治療対象となる病変領域302の全域に集束超音波を照射する。ここで、ARFI (Acoustic Radiation Force Impulse) による焦点可視化を行うことで理想的な焼灼領域に対して、生体組織内の実際の影響領域が算出され、三次元計測を行うことで立体的な治療予定領域を算出できる。

10

【0019】

次に、本実施形態に係る治療支援システム10における誘導支援表示機能について図4に基づいて説明する。図4は、治療支援システム10における誘導支援表示機能を示す説明図である。例えば被検体24は手術台(図1のベッド21に相当する)上に固定されており、超音波プローブ37または治療機器を用いて患部の治療を行う。本例では、治療機器として集束超音波を照射可能な超音波プローブ37を用いており、非侵襲治療を行っている様子を示している。超音波プローブ37は、位置検出デバイス9に取り付けられた赤外線カメラ25にてポイント27位置からプローブ位置を検出し、アキシャル(Axial)404、サジタル(Sagittal)405、コロナル(Coronal)406の各誘導支援画像上404～406にそれぞれ表示される。誘導支援画像404～406の他にはVolume Rendering画像407等を任意に設定できる。術者29は、手術前に、病変領域である特定領域414～416および警告領域・マージン417～419をAxial 404、Sagittal 405、Coronal 406の各誘導支援画像にそれぞれ設定しておく。誘導支援画像404～406上には、超音波プローブの位置408～410を重畳表示する。誘導支援画像404～406上には、さらに術具に応じた治療予定領域411～413を表示する。治療予定領域411～413は、中心部(図中の414～413内の網掛け部分)が病変領域であり、その周囲の黒丸部分が警告領域・マージン部分を示す。

20

【0020】

また、例えば、誘導支援画像404～406上の治療予定領域411～413が警告領域内に入った場合に、誘導支援画像404～406や治療パラメータを自動的に変更する機能も有している。その他、上記条件を手術環境に応じて変更することができる。

30

【0021】

次に、図5に基づいて、MRI、超音波交互撮像時の処理を説明する。図5は、MRI、超音波交互撮像時における撮像断面構成図である。被検体24に対して術者29が超音波プローブ37による画像情報を用いて治療対象(ターゲット)に対して治療が開始される。画像情報はモニタ13、14、38に表示される。ここで、超音波プローブ37には位置を検出するためのポイント27が取り付けられており、位置検出デバイス9を用いてターゲットの位置に追従する。ターゲットの位置情報を用いて超音波プローブ37及びそれから照射される超音波502の位置を追従し、超音波502の位置をMRI装置に送ってその位置におけるMRI画像を撮像する。これにより、超音波プローブ37から照射される超音波202を含む超音波撮像断面501の超音波画像とMRI画像とを得ることが可能になり、同一被検体の同一断面を撮像した超音波画像とMRI画像とを得ることができる。これらをそれぞれ交互に撮像を行い画像情報を取得することで、MRI装置1によるフルオロスコピー撮像によるリアルタイム動画の撮像面を、超音波撮像断面501と一致させることができる。但し、MRI装置1と超音波診断治療装置40を交互に撮像するシステムは、各装置の撮像時間を干渉することなく規程時間毎に交互に撮像するものである。また、超音波診断治療装置は通常の撮像の他に血流方向を描出する撮像と組織の硬さを計測する方法も必要に応じて併用される。

40

50

【 0 0 2 2 】

次に図 6 に基づいて、本実施形態に係る治療支援システムに用いられる治療支援プログラムについて説明する。図 6 は、治療支援プログラムの構成を示すブロック図である。治療支援プログラムは、パーソナルコンピュータ 19 の図示しない記憶装置に格納され、パーソナルコンピュータ 19 に備えられた図示しないメモリにロードされて CPU により実行されることにより、各プログラムとパーソナルコンピュータ 19 を構成するハードウェアとが協働してプログラムが備える機能を実現する。

【 0 0 2 3 】

治療支援プログラムは、被検体 24 の 3 次元ボリュームデータを取得する画像データ取得部 19 a と、3 次元ボリュームデータに基づいて 3 次元ボリューム画像（以下「3 D 画像」という）を 3 次元再構成する画像再構成部 19 b と、種類が異なる 3 次元画像の加減算処理する画像加減算処理部 19 c と、被検体画像から病変部位が撮影された病変領域を含む特定領域を抽出する特定領域抽出部 19 d と、抽出した特定領域を、予め定められた拡大率又は縮小率に基づいて拡大又は縮小処理を行い画像補償を行う画像補償部 19 e と、位置検出デバイス 9 からの位置情報に基づいて、超音波プローブ 37 及び被検体 24 の実空間上の位置をもとめ、これを MRI 装置 1 が使用可能な検出空間の座標系に変換し、更に検出空間の座標系を被検体の再構成画像上の座標系に変換して、被検体の再構成画像の座標と、超音波プローブ 37 及び被検体 24 の実空間上の座標と、を一致させる位置検出処理部 19 f と、術具の経路、特に本実施形態では、超音波プローブ 37 の芯線の延長方向や先端位置（集束超音波の焦点位置）を、位置検出デバイス 9 が求めたポイント 27 の傾き等のパラメータに基づいて算出したり、実際の治療プローブの位置から集束超音波の予想経路を求めたり、また推奨される集束超音波の経路や治療プローブの位置を算出する経路算出部 19 g と、被検体の再構成画像に特定領域の位置や超音波プローブ 37 の位置を重畳表示したナビゲーション画像を生成するナビゲーション画像生成部 19 h と、特定領域から治療予定領域がはみ出している場合、及び治療予定領域が組織変性を禁止する禁忌領域と重複している場合に警告を行う警告部 19 i と、特定領域から治療済領域及び治療予定領域を差分して、残治療領域を算出する差分画像生成部 19 j と、ナビゲーション画像や再構成画像をモニタ 13、14 へ表示制御する表示制御部 19 k と、治療経過情報を基にログ情報を生成するログ生成部 19 l と、そのログ情報を記憶するログ記憶部 19 m と、禁忌領域の設定を行う禁忌領域設定部 19 n と、を備える。

【 0 0 2 4 】

本実施形態では、画像データ取得部 19 a は、MRI 装置 1 から 3 次元ボリュームデータを取得し、画像再構成部 19 b が 3 D 画像を再構成するが、予め撮像された 3 次元ボリュームデータを、図示しない記憶装置に格納しておき、画像再構成部 19 b が記憶された 3 次元ボリュームデータの再構成処理を行ってもよい。この場合、画像データ取得部 19 a は必須ではない。また、本実施形態では、画像データ取得部 19 a は、超音波診断治療装置 40 から 2 次元のリアルタイム画像データも取得する。

【 0 0 2 5 】

次に、本実施形態に係る治療支援システム 10 における残治療領域を描出・特定方法について、図 7 に基づいて説明する。図 7 は、本実施形態に係る治療支援システム 10 における残治療領域の描出・特定方法を示す説明図である。

【 0 0 2 6 】

例えば、治療前に非造影の T_1 強調画像 ($T_1 W$) 701、 T_2 強調画像 ($T_2 W$) 702 を撮像し、病変領域（例えば腫瘍領域）703 と炎症領域 704 とを描出する。この 2 つの画像 701、702 を加算することで T_1 強調画像 701 に病変領域（腫瘍領域）703 と炎症領域 704 を重畳した加算画像 705 が得られる。ただし、この加算画像 705 に描出された病変領域及び炎症領域を含む領域 706 は治療領域としては大きすぎる。これは、炎症領域は正常組織であるため、治療必須領域とは必ずしもならないためである。そこで、予め算出しておいた拡大率または縮小率を用いて領域 706 のみを画像拡大又は縮小する。通常、領域 706 に対して治療必須領域は小さいので、画像縮小処理を行

うが、これは、負の拡大率を用いて画像拡大処理することと同義である。よって、本実施形態では、(拡大・)縮小率と記載する。 T_1 強調画像(非造影) + T_2 強調画像 707 をナビゲーション治療 709 に適用し、病変部位(腫瘍)に対する治療を実施する。治療後かつ造影剤の投与前の T_1 強調画像 710 は、造影剤を用いていないことから、HIFU 治療範囲 712 のみを描出することができる。その後に造影剤を併用して T_1 強調画像を撮像すると、HIFU 治療領域 712 と病変領域(腫瘍領域) 715 の両方を高輝度に描出された T_1 強調画像 711 を撮像できる。これら 2 つの画像 710、711 の差分画像 714 を生成することで、残治療領域 713 を描出することができる。必要に応じてこの画像をナビゲーションに転送して追加治療を行うこともできる。

【0027】

次に、図 8 ~ 図 12 に基づいて、本実施形態に係る治療支援システム 10 による処理について説明する。図 8 は、本実施形態に係る治療支援システム 10 の処理の流れを示すフローチャートである。図 9 は、術前シミュレーションの GUI 表示例を示す模式図である。図 10 は、画像補償に用いられる(拡大・)縮小率の一例を示す模式図である。図 11 は、手術・治療時の GUI 表示例を示す模式図である。図 12 は、治療後の MRI 撮像および残治療領域描出の GUI 表示例を示す模式図である。本実施形態では、被検体 24 の病変部位(例えば腫瘍)を、集束超音波により加熱治療を行う場合を例に挙げて説明する。

【0028】

治療支援システム 10 により術前シミュレーションをするときには、モニタ 13、14 には、図 9 に示す術前シミュレーション時の画面が表示される。図 9 の画面は、操作ボタンが表示されるボタン領域 90 と、被検体 24 の画像が表示されるナビゲーション画像表示領域 91 と、治療計画情報が表示される治療計画情報領域 92 と、と、を含む。

【0029】

ボタン領域 90 には、MRI 装置 1 により被検体の 3D ボリューム撮像を行うためのボタン「3D Scan (MRI)」901 と、MRI 装置 1 及び超音波診断治療装置 40 により撮像された各 3D 画像のうち、病変部位が撮影された領域である特定領域を検出するためのボタン「特定領域描出 (MRI)」902 と、治療パラメータを入力するためのボタン「治療パラメータ入力」903 と、HIFU による治療計画を立てるためのボタン「HIFU 治療計画 (プローブ位置計算)」904 と、治療行為を禁止する被検体領域を登録・表示するための「禁忌情報」ボタン 905 と、術具の初期位置登録(レジストレーション)を行い、術具の位置や集束超音波の進行方向を表示するナビゲーション画像の表示を開始するための「ナビゲーション」ボタン 906 と、が備えられる。各ボタンの機能は、このボタンを用いるステップ内において説明する。以下、図 8 のフローチャートのステップ順に沿って説明する。

【0030】

(ステップ S101)

術者 29 が「3D Scan (MRI)」901 を押し下げると、MRI 装置 1 は、被検体 24 の病変部位を含む領域を MRI 装置 1 により 3 次元ボリューム撮像(以下「3D 撮像」という。)を行う。画像データ取得部 19a が 3 次元ボリューム画像データ(以下「3D データ」という。)を読み込む。画像再構成部 19b は、3D データの 3 次元再構成を行って、アキシャル、サジタル、コロナル、ボリュームレンダリング、の種類毎に T_1 強調画像と T_2 強調画像とを生成する。

【0031】

(ステップ S102)

画像加減算処理部 19c は、ステップ S101 で撮像された T_1 強調画像(図 7 における 701)と T_2 強調画像と(図 7 における 702)を用いて既述の図 7 で説明した画像の加減算処理を行い、加減算画像(図 7 における 705)を生成する(S102)。加減算画像は、アキシャル画像 910、サジタル像 911、コロナル画像 912、ボリュームレンダリング画像 913 として、ナビゲーション画像表示領域 91 内に表示される。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 2 】

(ステップ S 1 0 3)

術者 2 9 が「特定領域抽出 (M R I)」 9 0 2 を押し下げると、術者がマウス等のツールを用いることにより、臓器毎のセグメンテーションが行われる。ボリューム情報およびセグメンテーション情報は治療計画情報画面 9 2 0 にも表示される。治療対象となるセグメンテーションされた領域情報は、特定領域抽出部 1 9 d により記憶される。または、特定領域抽出部 1 9 d は、画像加減算処理部 1 9 c がステップ S 1 0 2 で生成した加減算画像からなるアキシャル画像 9 1 0、サジタル像 9 1 1、コロナル画像 9 1 2、ボリュームレンダリング画像 9 1 3 から、濃度値や形状を基に自動的に臓器毎のセグメンテーションを行い、治療必須領域となる特定領域の抽出を行ってもよい。

10

【 0 0 3 3 】

(ステップ S 1 0 4)

画像補償部 1 9 e は、ステップ S 1 0 3 で描出された特定領域のみを、既述の図 7 に示したように、事前に算出した縮小 (又は拡大) 率の画像補償を行い、炎症範囲を除く腫瘍領域 (治療必須領域の一部) を描出した画像 (図 7 の画像 7 0 7) を生成し、ナビゲーション画像表示領域 9 1 内のアキシャル画像 9 1 0、サジタル像 9 1 1、コロナル画像 9 1 2、ボリュームレンダリング画像 9 1 3 を、画像補償された画像に更新表示する (S 1 0 4)。この画像補償処理に用いられる拡大・縮小率を図 1 0 に基づいて説明する。腫瘍領域を含む炎症領域 7 0 6 のみを (拡大) 縮小するための (拡大・) 縮小率は、手術前日までに造影剤を用いた検査を行い、正確な縮小 (拡大) 率を算出しておくのが理想的だが、都合により造影検査を事前に実施できないことがある。その場合に、手術前に行われた臨床や実験から得られた測定値を基に設定された (拡大・) 縮小率換算表を用いる。縮小 (拡大) 率換算表は、編集・アップデートが可能である。

20

【 0 0 3 4 】

(拡大・) 縮小率は、筋肉や臓器によって腫瘍の種類や特性が異なるので、拡大・縮小率も腫瘍が発生した部位 (臓器、筋肉、骨など) 毎に測定し、設定される。図 1 0 では、臓器 A から臓器 F までの 6 種類の臓器について、単位腫瘍体積 (例えば ml) に対する画像の拡大・縮小率を、測定値をフィッティングして得られた 6 つの曲線 1 0 0 1 ~ 1 0 0 6 が定義されている。そして、ステップ S 1 0 3 において描出された特定領域が臓器 F に発現したものであるとすると、画像補償部 1 9 e は、ステップ S 1 0 1 の 3 D 再構成画像に基づいてその特定領域の体積を計測する。その結果、体積値が 1 0 0 9 であるとする、画像補償部 1 9 e は、曲線 1 0 0 6 における (拡大・) 縮小率 1 0 0 8 を算出し、この (拡大・) 縮小率 1 0 0 8 を用いて抽出された特定領域の画像補償を行う。画像補償部 1 9 e は、ステップ S 1 0 3 において、複数の特定領域が抽出された場合には、特定領域毎の発症部位・体積を算出し、臓器と体積と似合った (拡大・) 縮小率を算出して画像補償を行う。 (拡大・) 縮小率 1 0 0 8 をナビゲーション機能とリンクしておくことで、自動的に縮小 (または拡大) することも可能となる。アキシャル画像 9 1 0、サジタル画像 9 1 1、コロナル画像 9 1 2、ボリュームレンダリング画像 9 1 3 内の特定領域 9 1 4 は、画像補償後の大きさにより表示される。

30

【 0 0 3 5 】

本実施形態では、加減算画像を生成してから一旦表示し、そのあと、特定領域の抽出処理の指示入力を行うことにより、加減算画像内の特定領域の画像補償を行って更新表示したが、加減算画像を生成した後、特定領域の抽出を特定領域抽出部 1 9 d により自動抽出し、抽出された特定領域の画像補償を行った後に、加減算画像からなるアキシャル画像 9 1 0、サジタル画像 9 1 1、コロナル画像 9 1 2、ボリュームレンダリング画像 9 1 3 を表示してもよい。これにより、初めから画像補償された特定領域を含むナビゲーション画像を表示させることができる。

40

【 0 0 3 6 】

(ステップ S 1 0 5)

術者 2 9 は「治療パラメータ入力」 9 0 3 を押し下げ、治療に必要なパラメータを入力

50

する。治療に必要なパラメータとは、例えば、集束超音波の照射治療時間、治療インターバルタイム（集束超音波による加熱部位の冷却待機時間）、特定領域の周辺に位置する正常組織のうち、特定領域と共に治療対象とする領域を定義づけるマージン率などである。

【0037】

次に、術者29は、特定領域のうち、集束超音波の照射ターゲットとなる位置を指定することにより、HIFU治療計画の作成時において、治療必須領域となる病変領域だけでなく、それらの病変領域を含む正常組織からなるマージン領域を、治療予定領域として設定する。治療予定領域の設定は、術者29が、ナビゲーション画像（アキシャル画像910、サジタル画像911、コロナル画像912、ボリュームレンダリング画像913）上において、ステップS103で抽出された複数の特定領域のうち、治療対象となる特定領域をターゲット914として設定することにより行う。

10

【0038】

更に術者29は、ターゲット914にアプローチするための仮プローブ位置915の位置を、ナビゲーション画像上において行う。

【0039】

経路算出部19gは、ターゲット914の位置と、仮プローブ位置915の位置と、を基に、仮プローブ位置915から照射される集束超音波の照射経路を算出し、ナビゲーション画像上に照射経路916として重畳表示する。ここで、既に入力された治療パラメータに応じて仮プローブ位置915を術者29が補正し、これに応じて照射経路916も補正され、その結果がGUI上に表示される。

20

【0040】

入力された治療パラメータや、ボリューム情報およびセグメンテーション情報は治療計画情報画面92に表示される。治療計画情報画面92は、指定された治療予定領域が表示される画面920と、治療情報を表示する領域924とを含む。この治療予定領域には、画像補償された特定領域923と、それらを含むマージン領域922とが含まれる。画面920はx y zの3軸の方向を指定することで、別視点/角度からみた画面920へ切り替えることができる。更に、治療計画情報画面920は、実際の手術時には手術の経過を表示することができ、情報画面924に治療経過・生体情報の他にログとして腫瘍領域と治療領域の差も情報としてリアルタイム表示することができる。

30

【0041】

（ステップS106）

術者29は、「HIFU治療計画（プローブ位置計算）」904の押下げ、これに応動して、位置検出処理部19fが、術具（本実施形態における超音波プローブ37）とその初期位置の登録処理（レジストレーションという）を行う（S106）。

【0042】

位置検出処理部19fは、ポイント27の実空間上のMRI装置1に対する相対的な座標を、基準ツール17を基準に算出する。位置検出処理部19fは、位置検出デバイス9の各カメラ25、25の撮影した各画像中の基準ツール17のマーカ35の位置の変位より各マーカ35の、位置検出デバイス9に対して初期的に定義された検出空間上の座標を求める。そして、この各マーカ35の座標を基準に、検出空間の定義を、MRI装置1において定義されている検出空間に一致するように修正する。すなわち、同じ実空間の座標に対応する、位置検出処理部19fの検出する検出空間上の座標と、MRI装置1が用いる検出空間上の座標とが一致するようにする。

40

【0043】

次に、位置検出処理部19fは、位置検出デバイス9の各カメラ25、25の撮影した各画像中のポイント27の位置の変位より各ポイント27の検出空間上の座標や、ポイント27先端の座標を算出する。また、本実施形態では、位置検出処理部19iにおいて、各マーカ27の検出空間上の座標よりポイント27の指示方向、すなわちポイント27の向きをも算出する。経路算出部19gは、ポイント27の向きから集束超音波の中心軸（z軸）方向を算出して照射経路を求める。

50

【 0 0 4 4 】

次に、位置検出処理部 1 9 f は、被検体 2 4 上に置かれた被検体マーカ（腹部撮像の場合は例えば被検体の剣状突起上に位置させておく）を指示している状態に対して算出したポイント 2 7 の先端の検出空間の座標より、ポリウムデータ記憶部 1 9 h に記憶されているポリウムデータの画像系の座標と検出空間上の座標との関係式、すなわち、検出空間上の現在の被検体の剣状突起がある位置と、ポリウムデータ中において被検体 2 4 の剣状突起が写り込んだ位置（画像系の座標）と、を対応づける関係式を求め、これをレジストレーション結果として記憶する。より具体的には、たとえば、その時点でポイント 2 7 の先端で指示している被検体マーカのポリウムデータ中の座標への、算出したポイント 2 7 の先端の検出空間の座標の変換を行う、または、その逆の変換を行う座標変換式を求め、これをレジストレーション結果として記憶する。検出空間の座標は、モニタ 2 0 に表示される画像における画像上の座標に変換される。

10

【 0 0 4 5 】

被検体マーカの被検体 2 4 に対する位置が不変であれば、ステップ S 1 0 1 において、MRI 装置 1 とは異なる装置、例えば X 線 CT 装置により被検体マーカを装着した被検体 2 4 を撮像してもよい。異なる装置で得た 3 次元ポリウム画像にも、被検体マーカが写り込んでいるため、ベッド 2 1 に載置した被検体 2 4 の被検体マーカをポイント 2 7 の先端で指して位置を検出することにより、ベッド 2 1 に載置した被検体 2 4 の実空間座標と、X 線 CT 装置で撮像したときに被検体 2 4 の実空間座標とが異なっているとしても、ベッド 2 1 に載置した被検体 2 4 の被検体マーカの実空間座標を検出空間上の座標に変換し、変換後の座標と 3 次元ポリウム画像に写り込んだ被検体マーカの画像上の座標とを一致させることができ、3 次元ポリウム画像上にポイント 2 7 から得られる画像を、画像上の座標を一致させて表示することができる。X 線 CT 装置から得た 3 次元ポリウム画像を用いる場合には、特定領域抽出部 1 9 d は、CT 値を基に、特定領域の自動抽出を行ってもよい。

20

【 0 0 4 6 】

また、被検体 2 4 にポイントを取り付けられない場合は、レーザを用いたサーフェススキャン法を用いてもよい。このサーフェススキャン法では、術前にレーザによるサーフェススキャンを行って被検体形状を取得・記録し、そのデータを基にレジストレーションを行い、手術中は随時レーザにより被検体形状を取得し続けることによりポイント装着と同じ効果が得られる。これにより、被検体 2 4 の呼吸動・体動による位置ズレが生じた場合でも、レーザによるサーフェス再スキャンの結果に基づいて撮像断面を自動追従・補正することで、常に三次元空間と画像画素の位置関係を一定に保つことができる。

30

【 0 0 4 7 】

「HIFU 治療計画（プローブ位置計算）」9 0 4 の付加機能として、未（残）治療領域に対する治療の経路を算出する機能があり、このボタンの押下げに応動して、経路算出部 1 9 g が、未（残）治療領域へのアプローチ経路を算出する。算出された経路は、後述の図 1 1 における 1 1 3 8 のように、ナビゲーション画像上に重畳表示される。

【 0 0 4 8 】

治療予定領域の周辺に、重要な血管のように、治療不可な領域（以下「禁忌領域」）がある場合には、術者 2 9 はナビゲーション画像上において図示しないマウスなどのポインティングデバイスを用いて禁忌領域を指定し、「禁忌情報」ボタン 9 0 5 を押し下げて禁忌領域の登録を行う。禁忌領域設定部 1 9 n は、指定された領域を禁忌領域として登録し、後述する集束超音波の進路と禁忌領域とが重複すると、警告部 1 9 i が警告表示または警告音を発生する。

40

【 0 0 4 9 】

（ステップ S 1 0 7 ）

術者 2 9 は、被検体 2 4 の生体情報を取得するためのモニタ（同期ユニット）を装着し、生体情報（例：血圧・心拍数・発汗・体温等の異常上昇や意識の喪失）の術中モニタリングを開始する（S 1 0 7 ）。

50

【 0 0 5 0 】

(ステップ S 1 0 8)

術者 2 9 は「ナビゲーション」ボタン 9 0 6 を押し下げ、ナビゲーション機能を起動する。位置検出処理部 1 9 f による超音波プローブ 3 7 のトラッキング（位置検出の連続実行）と、ナビゲーション画像生成部 1 9 h によるナビゲーション画像の更新表示とが開始する（S 1 0 8）。「ナビゲーション」ボタン 9 0 6 を押し下げると、画面は、図 1 1 に示す術中画面に遷移する。図 1 1 の画面は、各種ボタンが配列されるボタン領域 1 1 0 と、リアルタイム画像を表示するリアルタイム画像領域 1 1 1 と、ナビゲーション画像を表示するナビ画像領域 1 1 3 と、を備える。

【 0 0 5 1 】

ボタン領域 1 1 0 には、「手術開始」ボタン 1 1 0 1、「生体情報」ボタン 1 1 0 2、「US SCAN」ボタン 1 1 0 3、「ARFI（治療予定領域）」ボタン 1 1 0 4、「領域（範囲）情報」1 1 0 5、「治療開始」ボタン 1 1 0 6、「画像情報」ボタン 1 1 0 7、「治療経過」ボタン 1 1 0 8、「ログ」ボタン 1 1 0 9、及び「治療確認」ボタン 1 1 1 0 が備えられる。

【 0 0 5 2 】

リアルタイム画像表示領域 1 1 1 では、治療前の超音波画像 1 1 1 1、治療中の超音波画像 1 1 1 3、治療後の超音波画像（リアルタイム画像）1 1 1 8、被検体情報や手術情報の表示領域 1 1 2 4 が含まれる。

【 0 0 5 3 】

治療後の超音波画像 1 1 1 8 画像では、生体 1 1 2 1 に対して H I F U 経路 1 1 2 2 が描写されているが、この H I F U 経路 1 1 2 2 は、一つ前の治療領域 1 1 2 3 に対する現在の治療領域 1 1 1 9 をターゲットとしている。一つ前の治療領域 1 1 2 3 と現在の治療領域 1 1 1 9 との間の距離 1 1 2 0 は、予め設定された距離になるよう G U I 上で誘導する。ここでいう「G U I 上で誘導」とは、例えば、距離 1 1 2 0 を超える場合に、術者 2 9 に対して現在の治療領域 1 1 1 9 の再設定を促す警告を警告部 1 9 i が行うことをいう。警告がされると、術者 2 9 が再度現在の治療領域（特定領域）1 1 1 9 を設定し、この治療領域 1 1 1 9 に対する H I F U 経路 1 1 2 2 を経路算出部 1 9 g が算出することで、G U I 上での誘導が可能となる。

【 0 0 5 4 】

一方、ナビ画像領域 1 1 2 には、3 軸断面 1 1 3 1、1 1 3 2、1 1 3 3 と、ボリュームレンダリング画像 1 1 3 4 とが表示される。これらの画像 1 1 3 1、1 1 3 2、1 1 3 3、1 1 3 4 上には、超音波プローブの位置を示すマーク 1 1 3 5 を重畳表示することもできる。さらに超音波プローブの位置に応じた治療予定領域（マージン含む）1 1 3 6 も表示することができる。ナビゲーション画像は、画像誘導用と治療用の画像を変更することもできる。また、マージンを含む治療予定領域 1 1 3 6 を設定しておくことで、3 軸断面 1 1 3 1 ~ 1 1 3 3 に重畳表示することができ、実空間と画像情報を用いて手術をすることとなる。

【 0 0 5 5 】

3 軸断面 1 1 3 1 ~ 1 1 3 3 およびボリュームレンダリング画像 1 1 3 4 上には治療経過画像が表示されており、ナビゲーション画像上における特定領域（治療領域等）、警告領域（マージン）に対して、治療済み領域および未（残）治療領域が重畳表示されているほか、直前（最近）の治療領域 1 1 3 7 が重畳表示されている。

【 0 0 5 6 】

(ステップ S 1 0 9)

術者は、「手術開始」ボタン 1 1 0 1 を押し下げ、手術を開始する（S 1 0 9）。「手術開始」ボタン 1 1 0 1 の押下に応動して、MRI 装置 1 の撮影が開始し、超音波診断治療装置 4 0 等の接続された機器の主電源が ON になる。更に、「手術開始」ボタン 1 1 0 1 の押下に応動して、「US SCAN」ボタン 1 1 0 3 も ON になる。

【 0 0 5 7 】

「US SCAN」ボタン1103がONになると、治療前の超音波画像1111、治療中（リアルタイム）の超音波画像1113、治療後（リアルタイム）1118画像の撮像及び表示の他、深度や周波数等の各種パラメータの表示処理が開始する。超音波画像上では、治療前の特定領域1112から治療中の領域1115と残治療領域1117が分かるようになっている。この特定領域1112は予め算出した縮小（拡大）率によって縮小（または拡大）されている。

【0058】

さらに、術者29は、治療開始直前に「ARFI（治療予定領域抽出）」ボタン1104を押下することで治療予定領域1119が描出され、深度や周波数等の情報が事前に描出される。

10

【0059】

必要があれば、術者29は、「生体情報」ボタン1102を押し下げ、画面1124内に、随時モニタリングして得られるリアルタイムの被検体24の情報、例えば、脈、呼吸、血圧情報等の被検体情報や、手術経過時間及び治療経過情報を表示して確認する。画面1124には、手術に関するリアルタイム情報、例えば術具種類、術具の状態（使用中／停止等）情報、治療割合（％）、加熱治療に伴う治療部位の拡張（膨張）率が表示される。画面1124は、図11ではリアルタイム画像領域111に表示したが、表示箇所はこれに限らず、適宜変更可能である。また生体情報の表示は、本ステップに限らず、随時「生体情報」ボタン1102を押し下げるにより行うことができる。

20

【0060】

また、「領域情報」ボタン1105を押下することで、リアルタイム超音波画像上1118に各種警告情報を表示することもできる。例えば、画面1124に予定している治療予定領域を越えている場合や被検体に異常が生じた場合等が考えられる。また、現在治療領域1115を中心とした規程範囲1116を表示している。これは、生体に間接的に影響する範囲を描写したものであり、正常組織に極力触れないようにする指標として術者が使用するものである。

【0061】

また、オプション機能として、本実施形態に係る治療支援システム10に、図5により説明したISC機能を持たせてもよい。図11のボタン領域110内に図示しない「ISC」ボタンを備えておく。そして、MRI1内部で治療を行う場合には、「ISC」ボタンを押し下げると、制御部23からMRI装置1に対して、超音波断面画像の撮像面の位置情報が送信され、その位置情報を基に超音波断面画像と同断面のMRI画像をMRI装置1により撮像することができる。撮像されたMRI画像は、超音波断面画像とは別画面に表示される。このMRI画像上には、超音波断面画像と同様、病変領域（腫瘍領域）及びマージン領域を含む特定領域と、ARFIによる治療予定領域とが表示される。これにより、超音波断面画像及びそれと同一断面のMRI画像には、組織コントラストの異なる画像が表示され、同一断面を異なるモダリティで撮像した画像が表示され、視認性（診断能）の向上に寄与することができる。これら超音波断面画像及び同一断面のMRI画像からなる直前の治療画像を、術者が目視して術具の移動と追加治療を行うことができる。

30

【0062】

40

（ステップS110）

術者29が超音波プローブ37の位置を移動させると、位置検出デバイス9及び位置検出処理部19dが超音波プローブ37のリアルタイム位置を追従して検出し、ナビゲーション画像生成部19fが、ナビゲーション画像1131～1134上に超音波プローブ37の位置を重畳表示する（S110）。

【0063】

（ステップS111）

術者29は、GUI及び数値情報を用いて超音波プローブ37を目的位置へ誘導する（S111）。術者29による超音波プローブ37の位置の移動に応じて、経路算出部19gが手術経路（本実施形態では集束超音波の中心軸の経路）を算出（補正）し、更新表示

50

する。

【0064】

(ステップS112)

誘導後は超音波画像やMRI画像にてターゲットの位置を確認後、集束超音波による治療が行われる(S112)。

【0065】

術者は、「治療開始」ボタン1106を押し下げし、これに連動して「画像情報」ボタン1107、「治療経過」ボタン1108、「ログ」ボタン1109がONとなるが、必要に応じて手動でOFFとすることもできる。この機能により、治療前情報と治療中およびその差分情報(治療経過情報、残治療領域等)が画像情報として表示される。「ログ」1109ボタンがONとなると、ログ生成部191がログを生成し、ログ記憶部19mへのログ情報の記録を開始する。ログ情報は、過去に行った治療経過内容を見直すために使用されることとなる。この状態で、超音波プローブ37から集束超音波を照射する。

10

【0066】

本ステップでは、治療時の画像モニタ(MRI、超音波他)は必ず実施する。画像モニタ情報から治療効果(キャビテーション)が確認できたら、次のステップへ進む。

【0067】

(ステップS113)

術者は、追加(残)治療領域があるかどうか判断する(S113)。残治療領域が存在する場合には、ステップS110へもどり、超音波プローブ37の位置追従(S111)から繰り返す。ナビゲーションによる治療が終了したら、「治療確認」ボタン1110を押し下げ、画面が図12の治療効果確認画面に遷移し、ステップS114へ進む。

20

【0068】

図12に、治療後のMRI撮像および残治療領域描出のGUI表示例を示す。図12に示す治療後のMRI撮像および残治療領域描出時の画面には、各種ボタンが表示されたボタン領域120と、治療後の画像を表示する画像表示領域121と、MRI画像のセグメンテーション領域および治療領域を拡大表示画面が備えられた画像表示領域122とが含まれる。

【0069】

ボタン領域120には、「3D Scan(MRI)」ボタン1201と、造影後の3次元MRI画像の撮像又は読出し・表示を行う「造影剤(MRI)」ボタン1202と、「被検体情報」ボタン1203、「手術情報」ボタン1204、「差分(残治療領域描出)」ボタン1205、「再治療計画」ボタン1206、「追加治療」ボタン1207、及び「終了」ボタン1208とが含まれる。各ボタンの機能は、このボタンを用いるステップ内において説明する。

30

【0070】

(ステップS114)

造影剤を被検体24に投与し、造影前/後の画像を取得して病変領域を描出する(S114)。「3D Scan(MRI)」ボタン1201を押下することで、造影前の3次元MRI画像の撮像又は読出し・表示を行い、Axial断面1211、Sagittal断面1212、Coronal断面1213、Volume Rendering画面1214に再構成・表示される。

40

【0071】

また、「造影剤」ボタン1202を押下することで、造影MRI画像が得られる。表示されるMRI画像は予め算出した治療計画(セグメンテーション)領域1215と実際に治療した領域1216がそれぞれ表示される。Volume Rendering像1217は、任意の回転が可能だけでなく周辺組織の消去(または透明化)をすることで見やすくする機能を有している。

【0072】

(ステップS115)

50

当該画像から特定領域と造影（腫瘍）領域の差分による治療効果判定を行う（S 1 1 5）。これより、治療範囲特定と残治療領域の可視化が可能となる。

【0073】

術者29が「患者情報」ボタン1203ボタンを押下することで、治療前後の被検体特有の情報（脈、呼吸、血圧情報、手術経過時間、治療経過情報等）が情報表示画面1229内に表示される。同様に、「手術情報」ボタン1204を押下することで、手術情報として過去の治療ログ（治療回数、治療時間、治療割合（%）、残治療回数）が情報表示画面1229内に表示される。

【0074】

画像表示領域122には、MRI画像のセグメンテーション領域および治療領域を拡大表示画面が設けられており、MRI造影前のセグメンテーション領域および治療領域の拡大画像1221と造影後の同拡大画像1223がそれぞれ表示される。MRI造影前1221の画像は、HIFUによる治療領域1222が高信号に描出され、造影後1223画像では、腫瘍領域1225と、HIFUによる治療領域1222と、が高信号に描出される。

10

【0075】

ここで、「差分（残治療領域描出）」ボタン1205を押下することで、差分画像生成部19jは、2つの領域、すなわち腫瘍領域1225とHIFUによる治療領域1222との差分処理を行い、差分領域1226、1228が算出・表示される。

【0076】

20

（ステップS 1 1 6）

術者29は、この差分画像1227と情報表示画面1229内の手術情報から再治療を行うかどうか判断する（S 1 1 6）。必要と判断した場合には「再治療計画」ボタン1206を押下する。そのときには、ステップS 1 1 1へ戻り、ナビゲーション画像生成部19hが、差分画像生成部19jから差分領域1226、1228の位置情報を取得し、差分領域1226、1228が新たに重畳表示されたAxial断面1211、Sagittal断面1212、Coronal断面1213、Volume Rendering画面1214に更新表示される。差分領域1226、1228が新ターゲットとして表示（図示を省略）され、新ターゲット1228における追加治療のためのプローブ位置と照射経路が、経路算出部19gにより自動的に計算されGUI上に描写される。ここでも、治療パラメータに応じて仮HIFUプローブおよび照射経路の補正が行われ、結果がGUI上に表示される。問題なければ「追加治療」ボタン1207を押し下げ、再治療に必要な機器をONにしたり、ログ情報の収集の再開をしたりなど、再治療に必要な諸準備を整え、手術・治療開始となる。

30

【0077】

残治療領域がない、又は仮に残治療領域が存在してもさまざまな条件を考慮して追加治療を実施しない場合には、「終了」ボタン1208を押下して手術・治療終了となる。

【0078】

本実施形態に係る治療支援システムによれば、造影前に撮像された病変領域が撮像された画像と、造影後に撮像された病変領域と治療済領域とが表示された画像と、の差分画像を生成することにより、残治療領域を明瞭に表示することができる。この残治療領域情報を基に、治療支援システムの制御部（経路算出部19g）から超音波プローブの設置位置を算出し、術者に提示する再治療フィードバック機能を有することで、追加治療の要否判断に資する情報を提供することができる。

40

【0079】

本実施形態では、残治療領域の描出のために、治療後かつ造影前のMRI画像と造影後かつ造影後のMRI画像とを差分して残治療領域が描出された差分画像を生成したが、この差分画像の生成は、治療済領域と周辺領域とが区別されて描出された画像と、治療済領域及び病変領域を含む領域と周辺領域とが区別されて描出された画像と、であれば、上記造影前のMRI画像と造影後かつ造影後のMRI画像に限定されることはない。

50

【 0 0 8 0 】

また、本実施形態では、治療後に造影剤を投与するため、治療前のナビゲーション画像として造影剤を用いずにMRI撮像をした T_1W 画像（周辺領域と病変領域及び炎症領域とが判別しにくい画像）と、 T_2W 画像（周辺領域と病変領域及び炎症領域とが判別しやすい画像）とを加減算処理し、さらに、炎症領域が病変領域に含まれないように画像補償を行ったが、ナビゲーション画像は、本実施形態に記載したものには限らず、造影剤を用いることなく病変領域が描出され、その3次元的位置が把握できる画像であれば、画像の種類は問わない。

【 0 0 8 1 】

更に、本実施形態では、HIFUを用いた加熱治療時における治療支援システムを例に説明したが、加熱治療装置は、HIFUに限らず、例えば、被検体内の病変部位に穿刺を行い、その穿刺針に一对の電極を用いるモノポーラ方式や展開針方式を用いた温熱治療装置を接続し、穿刺針による加熱治療を行う術式でもよい。また、本実施形態では、術式として加熱治療を例に説明するが、凍結治療にも本実施形態は適用できる。例えば、ジュール・トムソン効果を利用した凍結と解凍ができるMR対応冷凍治療器を備え、病変部位、例えば腫瘍に穿刺したプローブ内においてアルゴンガスなどの凍結ガス及びヘリウムガスなどの解凍ガスの噴出・停止をすることにより、腫瘍領域を凍結治療する装置を用いた凍結治療に本実施形態に係る治療支援システムを適用してもよい。

10

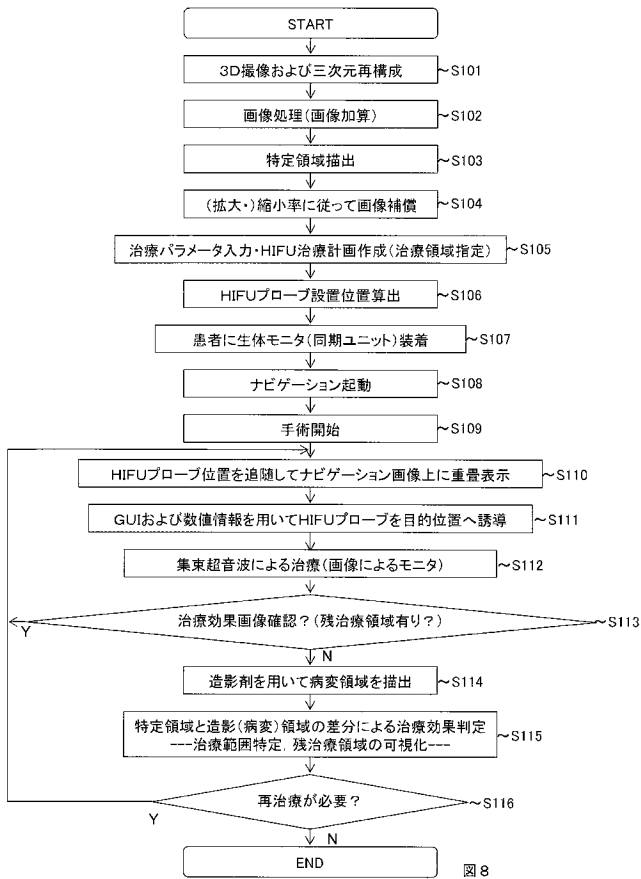
【 符号の説明 】

【 0 0 8 2 】

1 ... MRI装置、3 ... 上部磁石、5 ... 下部磁石、7 ... 支柱、9 ... 位置検出デバイス、11 ... アーム、13、14 ... モニタ、15 ... モニタ支持部、17 ... 基準ツール、19 ... パーソナルコンピュータ、21 ... ベッド、23 ... 制御部、24 ... 被検体、25 ... 赤外線カメラ（位置検出デバイス）、27 ... ポインタ、29 ... 術者、33 ... RS232Cケーブル、34 ... 映像記録装置、35 ... 反射球、37 ... 超音波プローブ、38 ... モニタ、40 ... 超音波診断治療装置

20

【図 8】



【図 10】

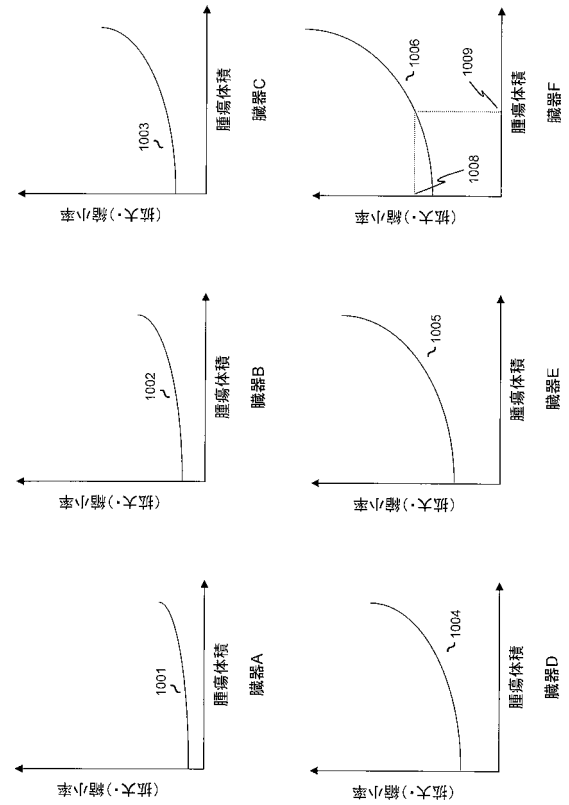
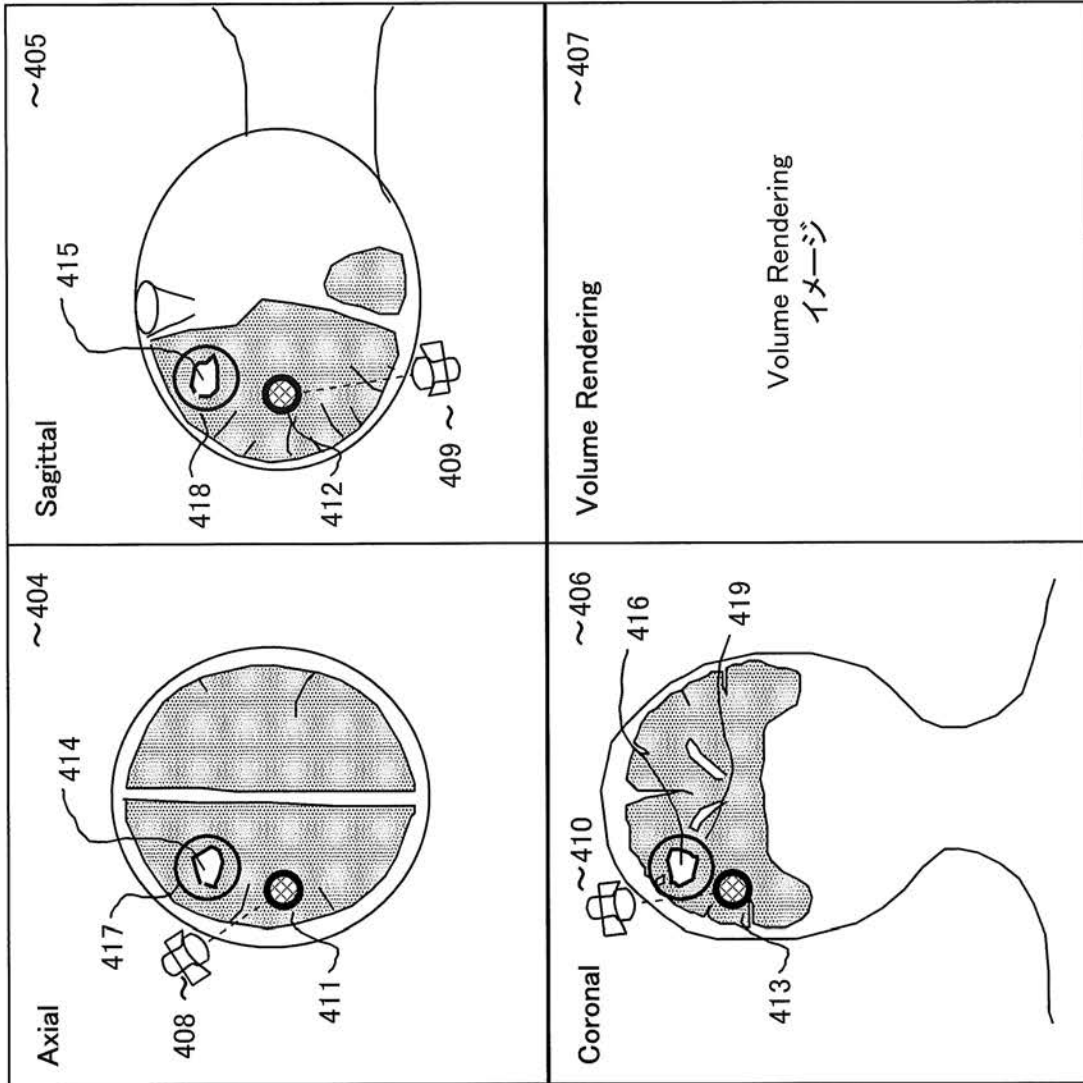


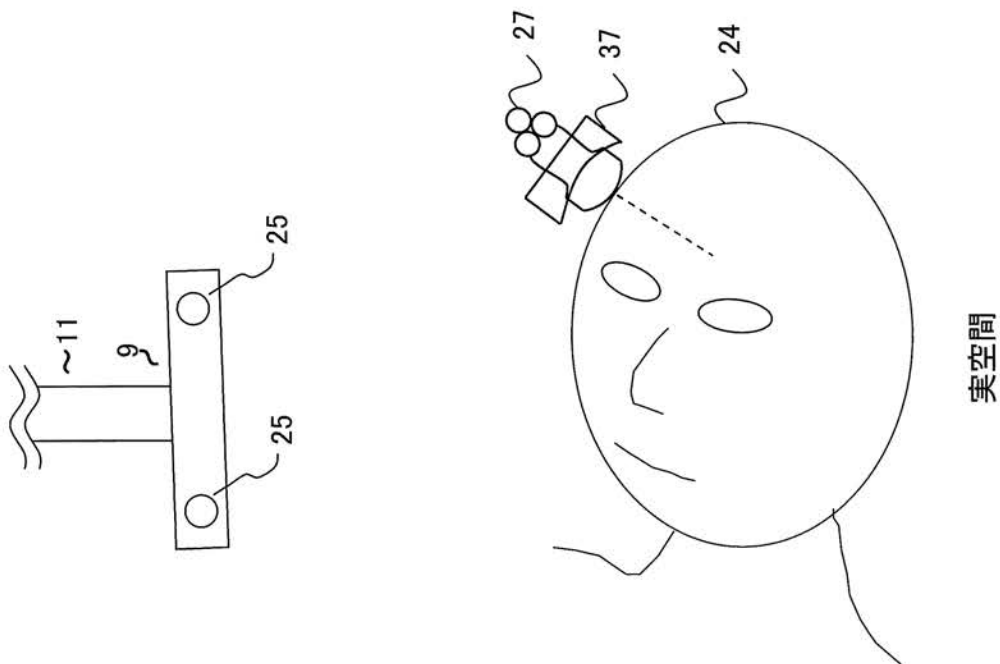
図10

【図4】



頭部ナビゲーション画像

図4



【 図 5 】

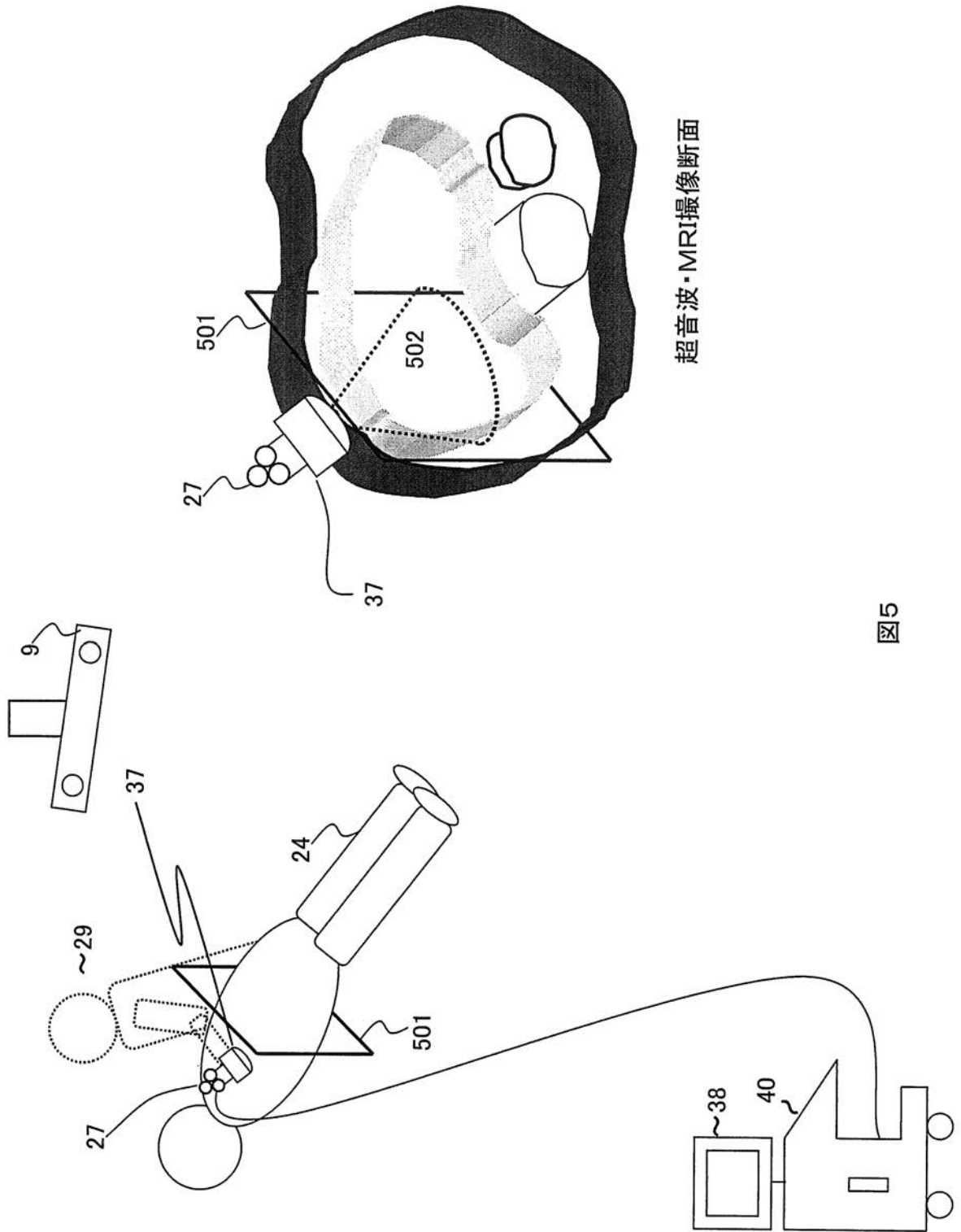


図5

【図 7】

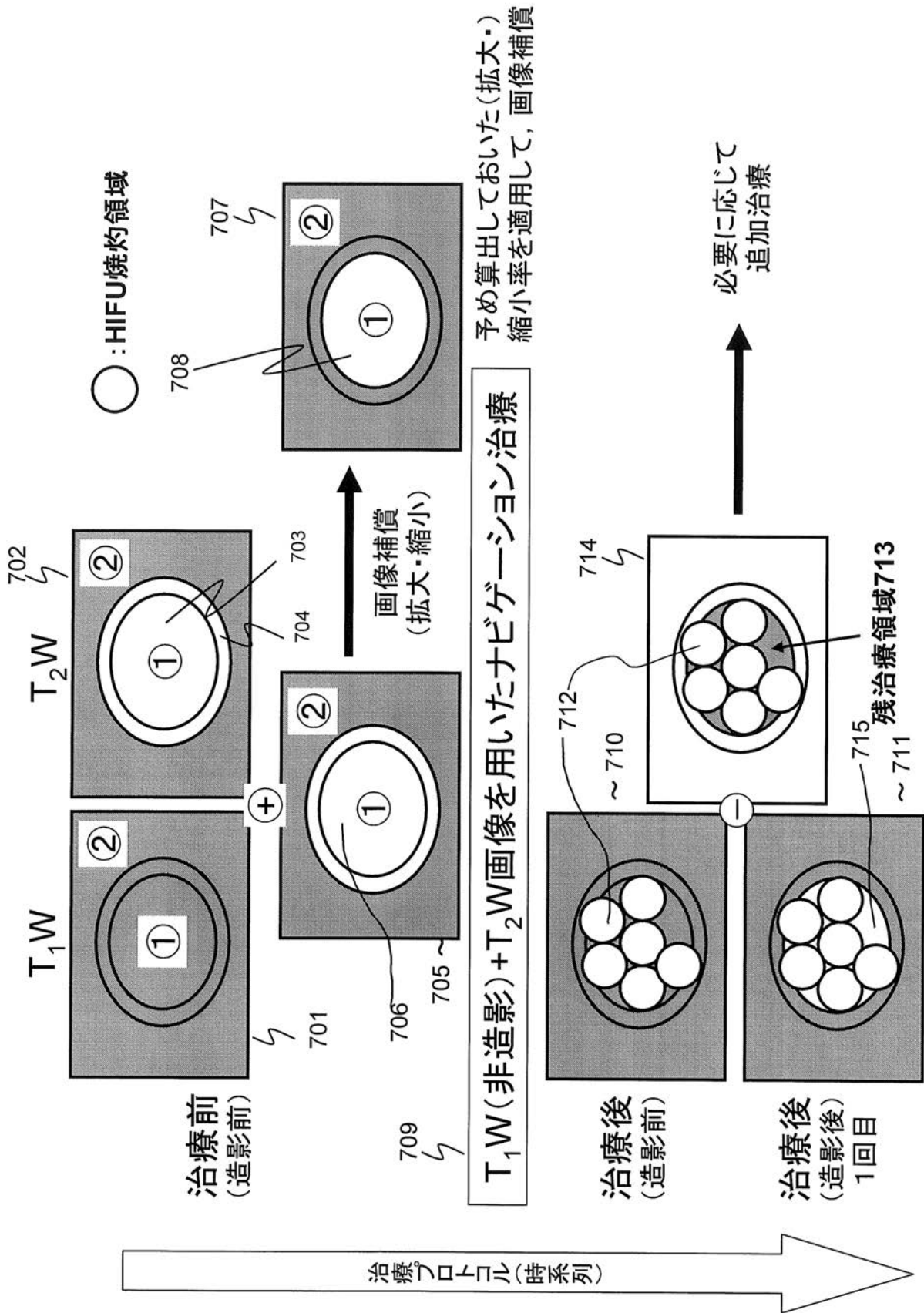


図 7

【図 9】

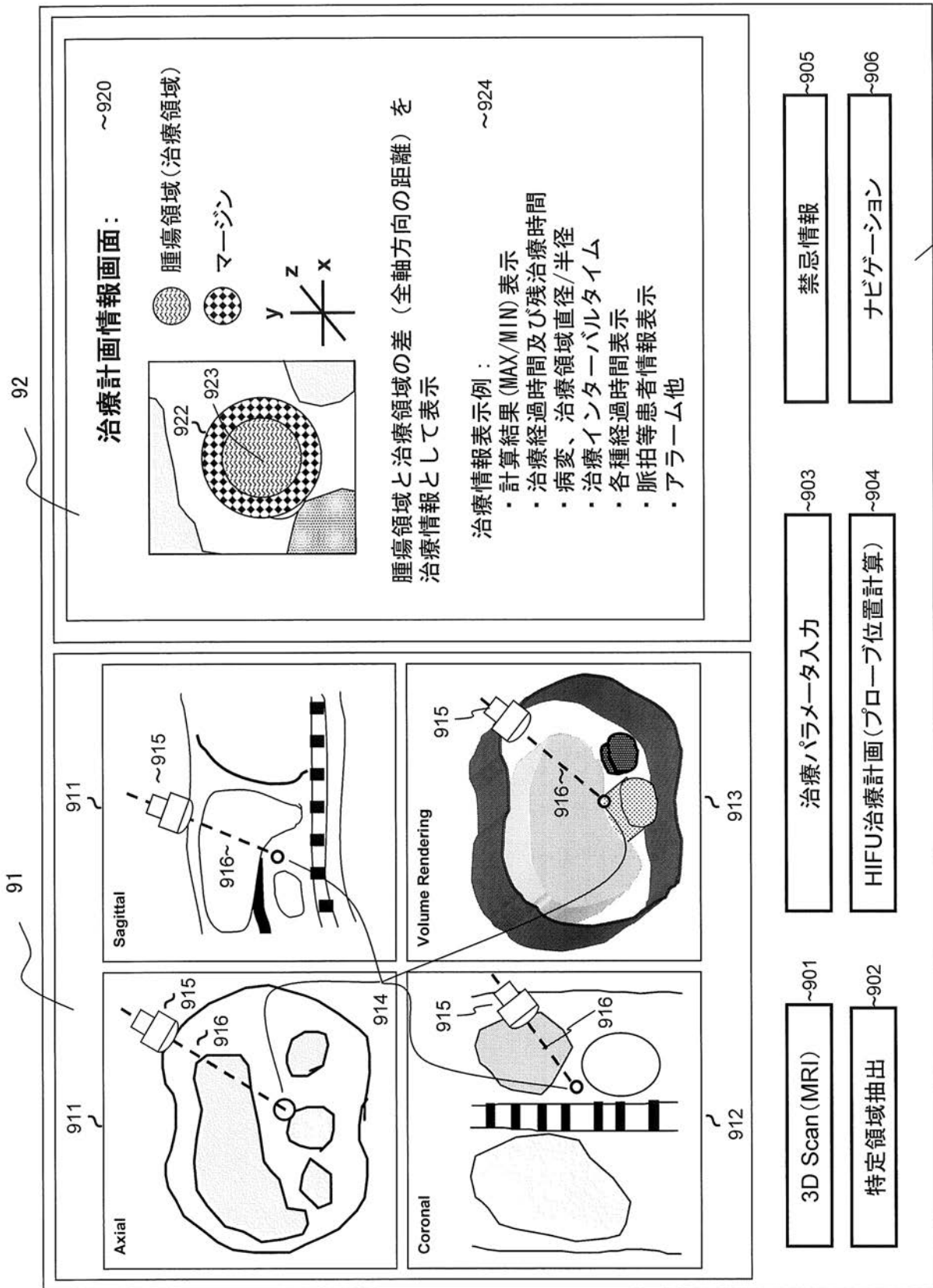


図 9

【図 1 1】

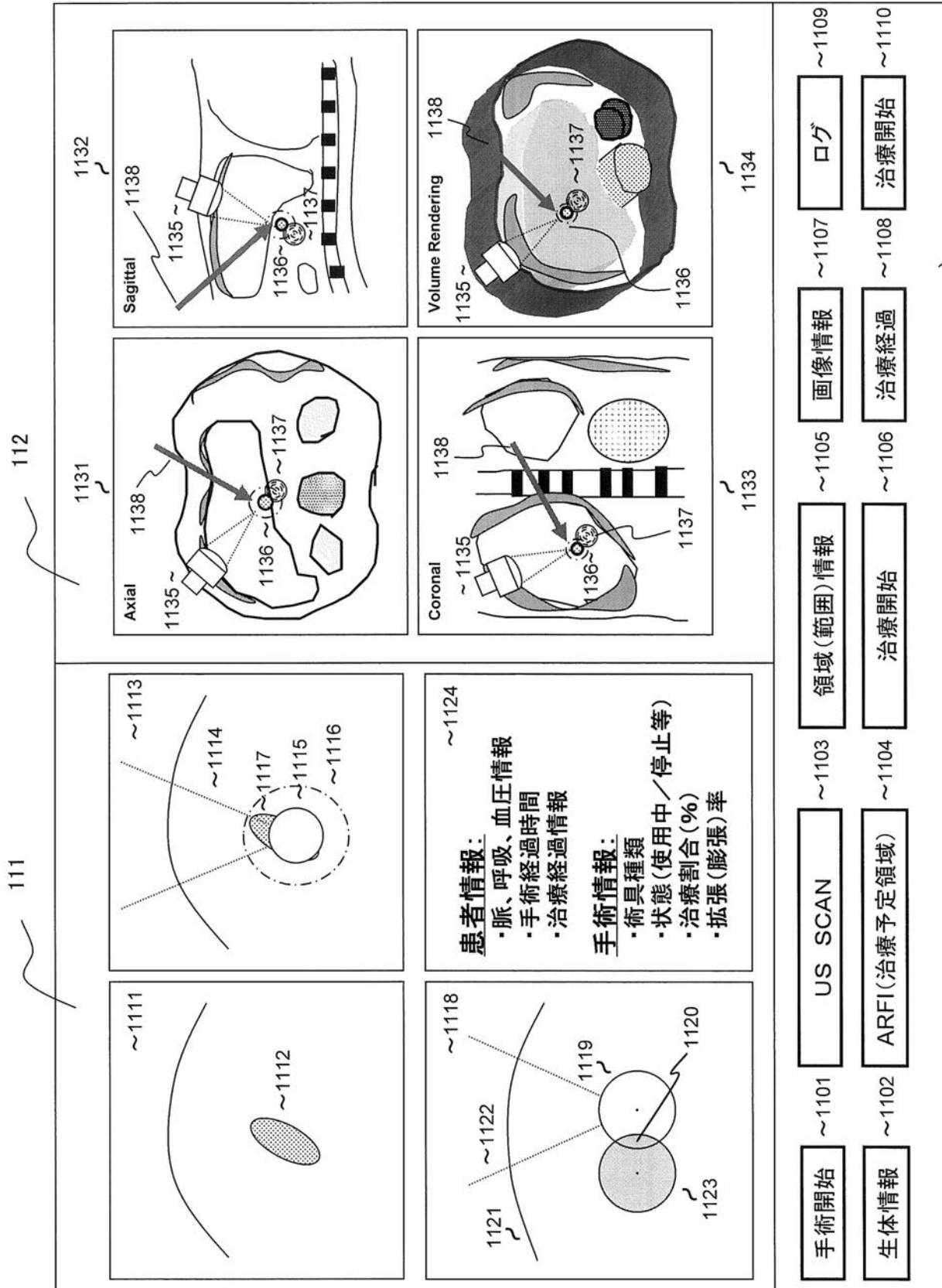
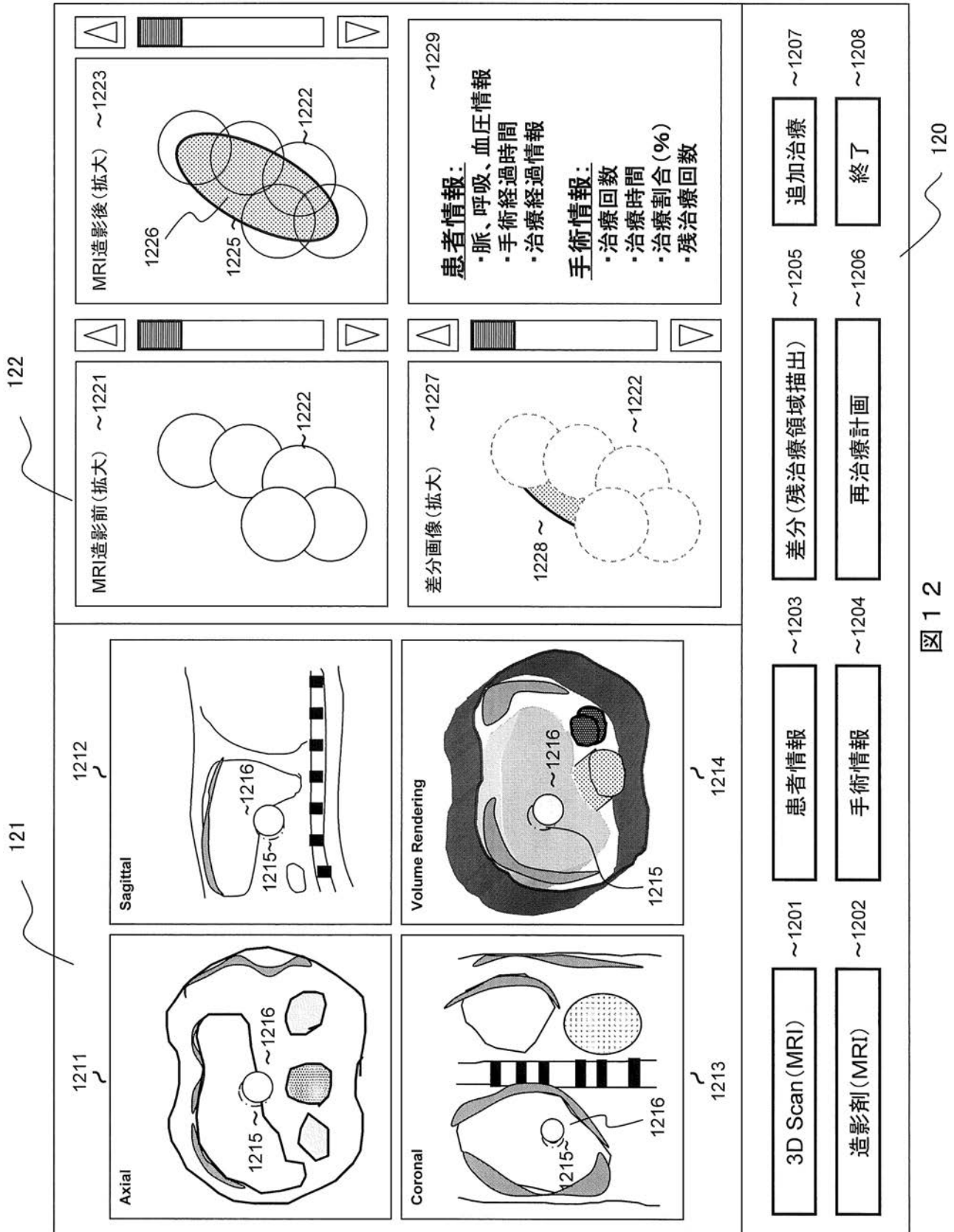


図 1 1

【図 1 2】



【図 13】

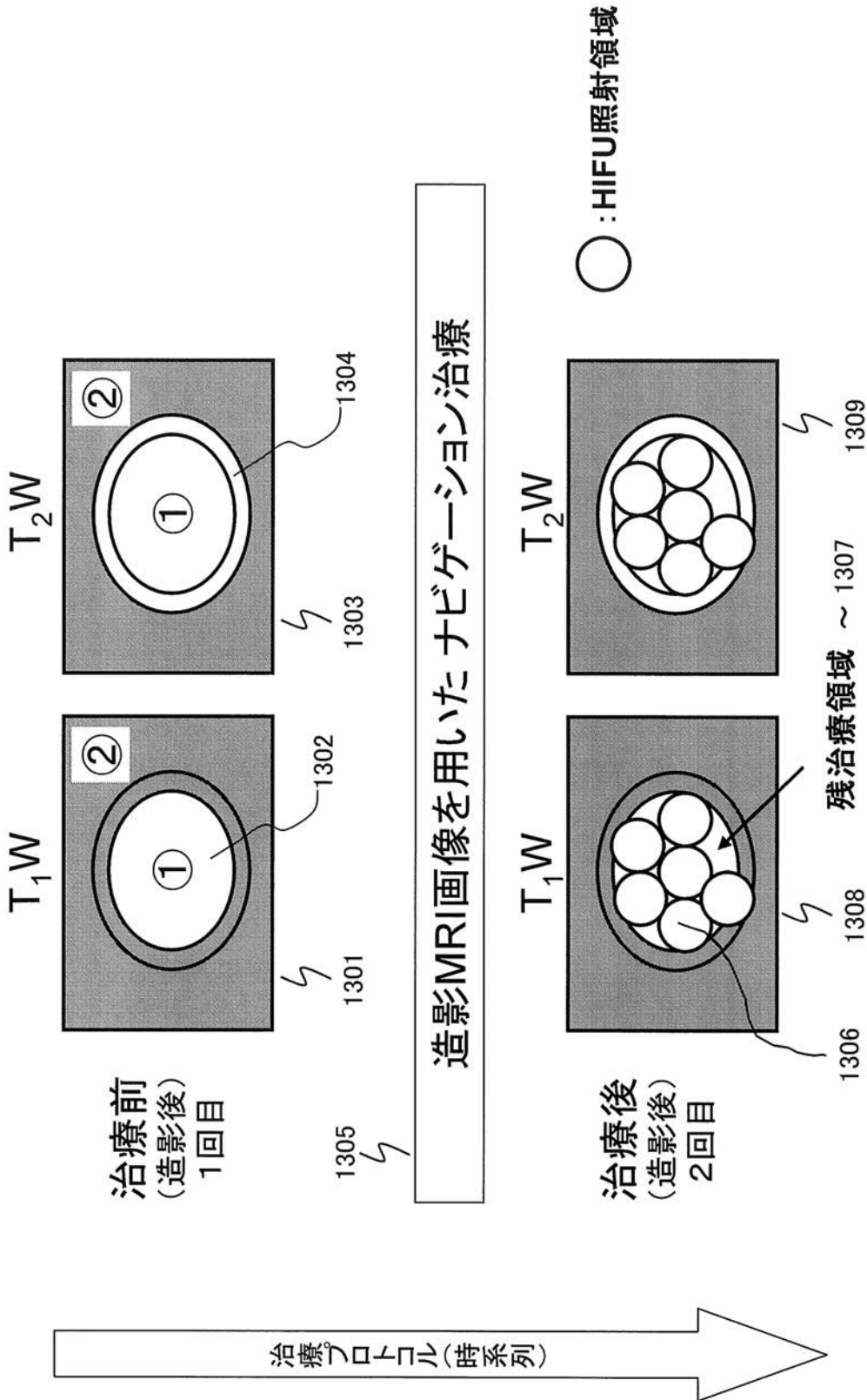


図 13

フロントページの続き

(72)発明者 村垣 善浩

東京都新宿区河田町 8 - 1 学校法人 東京女子医科大学内

Fターム(参考) 4C096 AA03 AA04 AA11 AA18 AA20 BA18 CA16 CA18 DC16 DC20

DC33 DC36

4C160 EE19 JJ33 JJ35 JJ36 MM53

4C601 BB03 EE10 FF14 FF15 FF16 LL33

专利名称(译)	治疗支持系统和医学图像处理设备		
公开(公告)号	JP2012228286A	公开(公告)日	2012-11-22
申请号	JP2011096665	申请日	2011-04-25
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立医药 学校法人东京女子医科大学		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立メディコ 学校法人东京女子医科大学		
[标]发明人	仲本秀和 伊関洋 村垣善浩		
发明人	仲本 秀和 伊関 洋 村垣 善浩		
IPC分类号	A61B5/055 A61B8/00 A61B17/22 A61B18/00		
CPC分类号	A61N7/02 A61B5/0035 A61B5/055 A61B5/4848 A61B8/0808 A61B8/4416 A61B8/463 A61B8/5261 A61B90/37 A61B2034/2055 A61B2090/364 A61B2090/374 A61B2090/378		
FI分类号	A61B5/05.390 A61B5/05.383 A61B8/00 A61B17/22 A61B17/36.330 A61B5/055.383 A61B5/055.390 A61N7/02		
F-TERM分类号	4C096/AA03 4C096/AA04 4C096/AA11 4C096/AA18 4C096/AA20 4C096/BA18 4C096/CA16 4C096 /CA18 4C096/DC16 4C096/DC20 4C096/DC33 4C096/DC36 4C160/EE19 4C160/JJ33 4C160/JJ35 4C160/JJ36 4C160/MM53 4C601/BB03 4C601/EE10 4C601/FF14 4C601/FF15 4C601/FF16 4C601 /LL33		
其他公开文献	JP5731267B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供治疗支持系统和手术的方法，利用该系统可以在高强度聚焦超声（HIFU）治疗中可视化剩余的治疗区域。解决方案：具有超声波探头的治疗支持系统10包括：对被检体进行HIFU治疗的超声波探头37；MRI装置1；超声波诊断治疗装置40，其位于MRI装置1内，能够拍摄被检体24的超声波图像。检测超声波探头37的位置的三维位置检测装置。治疗后，通过减去在造影摄影前后通过MRI成像获得的多个图像来显示剩余治疗区域。

