

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7531426号
(P7531426)

(45)発行日 令和6年8月9日(2024.8.9)

(24)登録日 令和6年8月1日(2024.8.1)

(51)国際特許分類		F I			
A 6 1 B	6/02 (2006.01)	A 6 1 B	6/02	5 0 0 F	
A 6 1 B	6/46 (2024.01)	A 6 1 B	6/46	5 2 1 A	

請求項の数 14 (全29頁)

(21)出願番号	特願2021-31246(P2021-31246)	(73)特許権者	306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目2番30号
(22)出願日	令和3年2月26日(2021.2.26)	(74)代理人	110001519 弁理士法人太陽国際特許事務所
(65)公開番号	特開2022-131968(P2022-131968 A)	(72)発明者	中山 弘毅 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士フイルム株式会社内
(43)公開日	令和4年9月7日(2022.9.7)	審査官	佐野 浩樹
審査請求日	令和5年11月2日(2023.11.2)		

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 画像処理装置、撮影制御装置、放射線画像撮影システム、画像処理方法、及び画像処理プログラム

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

照射角度が異なる複数の照射位置の各々から放射線源により被写体に向けて放射線を照射して前記照射位置毎に前記被写体の投影画像を撮影するトモシンセシス撮影を行う放射線画像撮影装置に用いられる画像処理装置であって、

少なくとも1つのプロセッサを備え、

前記プロセッサは、

前記複数の照射位置のうち、それぞれで得られた投影画像を用いて断層画像を生成した場合に前記被写体の全体が写る断層画像を得ることが可能な照射角度範囲である全体撮影用照射角度範囲よりも広い照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を含む投影画像群を取得し、

前記投影画像群に含まれる投影画像のうちの、前記全体撮影用照射角度範囲よりも広い第1の照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を用いて前記被写体の一部が写る複数の第1の断層画像を生成し、

前記投影画像群に含まれる投影画像のうちの、前記全体撮影用照射角度範囲以下の第2の照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を用いて前記被写体の全体が写る複数の第2の断層画像を生成し、

かつ、前記被写体の厚み及び前記被写体の面積の少なくとも一方に基づいて定まる前記全体撮影用照射角度範囲を表す全体撮影用情報を取得し、

取得した前記全体撮影用情報に基づいて前記第2の照射角度範囲を特定する

10

20

画像処理装置。

【請求項 2】

前記プロセッサは、

前記投影画像群として、1回のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を取得する請求項 1 に記載の画像処理装置。

【請求項 3】

前記プロセッサは、

前記第 1 の断層画像の生成に用いられる複数の投影画像の一部を用いて前記複数の第 2 の断層画像を生成する

請求項 1 または請求項 2 に記載の画像処理装置。

10

【請求項 4】

前記プロセッサは、

前記第 1 の断層画像と前記第 2 の断層画像と、を並べて表示させる

請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 5】

前記プロセッサは、

前記第 2 の断層画像に、前記第 1 の断層画像に写る前記被写体の範囲を表す情報を重畳させて表示させる

請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 6】

20

前記プロセッサは、

前記複数の第 1 の断層画像のうちの少なくとも一部を合成した第 1 の合成 2 次元画像、及び前記複数の第 2 の断層画像のうちの少なくとも一部を合成した第 2 の合成 2 次元画像の少なくとも一方を生成し、

前記複数の第 1 の断層画像及び前記第 1 の合成 2 次元画像の少なくとも一方と、前記複数の第 2 の断層画像及び前記第 2 の合成 2 次元画像の少なくとも一方とを並べて表示させる

請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 7】

前記プロセッサは、

前記複数の第 2 の断層画像のうちの少なくとも一部を合成した第 2 の合成 2 次元画像を生成し、

前記第 2 の合成 2 次元画像に、前記第 1 の断層画像に写る前記被写体の範囲を表す情報を重畳させて表示させる

請求項 1 から請求項 3 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

30

【請求項 8】

前記プロセッサは、

前記複数の第 1 の断層画像のスライス厚を、前記複数の第 2 の断層画像のスライス厚よりも薄くする

請求項 1 から請求項 7 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 9】

40

前記被写体は、撮影台に配置され、かつ圧迫部材により圧迫状態とされた乳房であり、前記被写体の面積は、前記撮影台に接する前記乳房の面積、または前記圧迫部材に接する前記乳房の面積である

請求項 1 から請求項 8 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 10】

前記放射線源は、前記複数の照射位置の各々に配置され、かつ放射線を発生する複数の放射線管を備え、

前記放射線画像撮影装置は、前記複数の放射線管から、順次放射線を発生させてトモシンセシス撮影を行う

請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

50

【請求項 1 1】

前記放射線源は、放射線を発生する放射線管を備え、

前記放射線画像撮影装置は、前記放射線源を前記複数の照射位置に移動させてトモシンセシス撮影を行う

請求項 1 から請求項 9 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置。

【請求項 1 2】

放射線を発生する放射線源と、

照射角度が異なる複数の照射位置の各々から放射線源により被写体に向けて放射線を照射して前記照射位置毎に前記被写体の投影画像を撮影するトモシンセシス撮影を行う放射線画像撮影装置と、

請求項 1 から請求項 1 1 のいずれか 1 項に記載の画像処理装置と、
を備えた放射線画像撮影システム。

【請求項 1 3】

照射角度が異なる複数の照射位置の各々から放射線源により被写体に向けて放射線を照射して前記照射位置毎に前記被写体の投影画像を撮影するトモシンセシス撮影を行う放射線画像撮影装置に用いられる画像処理方法であって、

前記複数の照射位置のうち、それぞれで得られた投影画像を用いて断層画像を再構成した場合に前記被写体の全体が写る断層画像を得ることが可能な照射角度範囲である全体撮影用照射角度範囲よりも広い照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を含む投影画像群を取得し、

前記投影画像群に含まれる投影画像のうちの、前記全体撮影用照射角度範囲よりも広い第 1 の照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を用いて前記被写体の一部が写る複数の第 1 の断層画像を生成し、

前記投影画像群に含まれる投影画像のうちの、前記全体撮影用照射角度範囲以下の第 2 の照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を用いて前記被写体の全体が写る複数の第 2 の断層画像を生成し、

かつ、前記被写体の厚み及び前記被写体の面積の少なくとも一方に基づいて定まる前記全体撮影用照射角度範囲を表す全体撮影用情報を取得し、

取得した前記全体撮影用情報に基づいて前記第 2 の照射角度範囲を特定する

処理をコンピュータが実行する画像処理方法。

【請求項 1 4】

照射角度が異なる複数の照射位置の各々から放射線源により被写体に向けて放射線を照射して前記照射位置毎に前記被写体の投影画像を撮影するトモシンセシス撮影を行う放射線画像撮影装置に用いられる画像処理プログラムであって、

前記複数の照射位置のうち、それぞれで得られた投影画像を用いて断層画像を再構成した場合に前記被写体の全体が写る断層画像を得ることが可能な照射角度範囲である全体撮影用照射角度範囲よりも広い照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を含む投影画像群を取得し、

前記投影画像群に含まれる投影画像のうちの、前記全体撮影用照射角度範囲よりも広い第 1 の照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を用いて前記被写体の一部が写る複数の第 1 の断層画像を生成し、

前記投影画像群に含まれる投影画像のうちの、前記全体撮影用照射角度範囲以下の第 2 の照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を用いて前記被写体の全体が写る複数の第 2 の断層画像を生成し、

かつ、前記被写体の厚み及び前記被写体の面積の少なくとも一方に基づいて定まる前記全体撮影用照射角度範囲を表す全体撮影用情報を取得し、

取得した前記全体撮影用情報に基づいて前記第 2 の照射角度範囲を特定する

処理をコンピュータに実行させるための画像処理プログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 1 】

本開示は、画像処理装置、撮影制御装置、放射線画像撮影システム、画像処理方法、及び画像処理プログラムに関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

照射角度が異なる複数の照射位置の各々から放射線源により被写体に向けて放射線を照射して照射位置が異なる複数枚の被写体の放射線画像を撮影する、いわゆるトモシンセシス撮影が知られている。

【 0 0 0 3 】

トモシンセシス撮影では、撮影が行われる複数の照射位置の照射角度の範囲である照射角度範囲が広がるほど、得られた複数の投影画像を用いて生成した断層画像が高分解能になる。しかし、照射角度により放射線の斜入の影響により放射線の照射領域が異なるため、照射角度が大きくなるほど放射線の斜入の影響を受け易くなり、投影画像に写る被写体の領域は小さくなる。複数の投影画像から断層画像を生成する場合において、断層画像として再構成される被写体の領域を再構成領域とすると、再構成領域は、照射角度範囲が広いほど狭くなる。というも、再構成には、被写体の同じ領域について照射角度を変化させて撮影した複数の投影画像を用いる必要があり、再構成領域は、再構成に使用する複数の投影画像のすべてにおいて共通して含まれる被写体の領域に限定される。そのため、照射角度が大きくなるほど投影画像に写る被写体の領域は狭くなるので、照射角度範囲が広いほど再構成領域は狭くなる。その反対に、照射角度範囲が狭くなるほど、被写体に対する放射線の斜入の影響を受け難くなるため、再構成領域が広がる。

【 0 0 0 4 】

つまり、照射角度範囲が広いほど、再構成領域が被写体の一部に限定される反面、断層画像の分解能が高くなり、照射角度範囲が狭いほど、再構成領域を被写体の全体などに広げられる反面、断層画像の分解能が低くなる。

【 0 0 0 5 】

そのため、照射角度範囲を異ならせてトモシンセシス撮影を行う技術が知られている。例えば、特許文献 1 には、標準モードと、照射角度範囲を標準モードよりも広くした高鮮鋭モードの 2 種類のトモシンセシス撮影を行う技術が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 6 】

【文献】特開 2 0 2 0 - 1 3 7 8 7 3 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

上記従来技術では、再構成領域及び分解能が異なる 2 種類の断層画像を得るためには、標準モードのトモシンセシス撮影で得られた投影画像群から断層画像を生成する。また、高鮮鋭モードのトモシンセシス撮影で得られた投影画像群から断層画像を生成する。

【 0 0 0 8 】

このように、従来技術では、トモシンセシス撮影毎に得られた投影画像群の各々から断層画像を生成している。

【 0 0 0 9 】

本開示は、以上の事情を鑑みて成されたものであり、全てを用いて生成した場合に被写体全体が写らなくなる照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を含む投影画像群から、高分解能な断層画像と、被写体全体が写った断層画像とを生成することができる画像処理装置、撮影制御装置、放射線画像撮影システム、画像処理方法、及び画像処理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】

【 0 0 1 0 】

上記目的を達成するために本開示の第1の態様の画像処理装置は、照射角度が異なる複数の照射位置の各々から放射線源により被写体に向けて放射線を照射して照射位置毎に被写体の投影画像を撮影するトモシンセシス撮影を行う放射線画像撮影装置に用いられる画像処理装置であって、少なくとも1つのプロセッサを備え、プロセッサは、複数の照射位置のうち、それぞれで得られた投影画像を用いて断層画像を生成した場合に被写体の全体が写る断層画像を得ることが可能な照射角度範囲である全体撮影用照射角度範囲よりも広い照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を含む投影画像群を取得し、投影画像群に含まれる投影画像のうちの、全体撮影用照射角度範囲よりも広い第1の照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を用いて被写体の一部が写る複数の第1の断層画像を生成し、投影画像群に含まれる投影画像のうちの、全体撮影用照射角度範囲以下の第2の照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を用いて被写体の全体が写る複数の第2の断層画像を生成し、かつ、被写体の厚み及び被写体の面積の少なくとも一方に基づいて定まる全体撮影用照射角度範囲を表す全体撮影用情報を取得し、取得した全体撮影用情報に基づいて第2の照射角度範囲を特定する。

10

【0011】

本開示の第2の態様の画像処理装置は、第1の態様の画像処理装置において、プロセッサは、投影画像群として、1回のトモシンセシス撮影で得られた投影画像群を取得する。

【0012】

本開示の第3の態様の画像処理装置は、第1の態様または第2の態様の画像処理装置において、プロセッサは、第1の断層画像の生成に用いられる複数の投影画像の一部を用いて複数の第2の断層画像を生成する。

20

【0013】

本開示の第4の態様の画像処理装置は、第1の態様から第3の態様のいずれか1態様の画像処理装置において、プロセッサは、第1の断層画像と第2の断層画像と、を並べて表示させる。

【0014】

本開示の第5の態様の画像処理装置は、第1の態様から第4の態様のいずれか1態様の画像処理装置において、プロセッサは、第2の断層画像に、第1の断層画像に写る被写体の範囲を表す情報を重畳させて表示させる。

【0015】

本開示の第6の態様の画像処理装置は、第1の態様から第3の態様のいずれか1態様の画像処理装置において、プロセッサは、複数の第1の断層画像のうちの少なくとも一部を合成した第1の合成2次元画像、及び複数の第2の断層画像のうちの少なくとも一部を合成した第2の合成2次元画像の少なくとも一方を生成し、複数の第1の断層画像及び第1の合成2次元画像の少なくとも一方と、複数の第2の断層画像及び第2の合成2次元画像の少なくとも一方とを並べて表示させる。

30

【0016】

本開示の第7の態様の画像処理装置は、第1の態様から第3の態様のいずれか1態様の画像処理装置において、プロセッサは、複数の第2の断層画像のうちの少なくとも一部を合成した第2の合成2次元画像を生成し、第2の合成2次元画像に、第1の断層画像に写る被写体の範囲を表す情報を重畳させて表示させる。

40

【0017】

本開示の第8の態様の画像処理装置は、第1の態様から第7の態様のいずれか1態様の画像処理装置において、プロセッサは、複数の第1の断層画像のスライス厚を、複数の第2の断層画像のスライス厚よりも薄くする。

【0019】

本開示の第9の態様の画像処理装置は、第1の態様から第8の態様のいずれか1態様の画像処理装置において、被写体は、撮影台に配置され、かつ圧迫部材により圧迫状態とされた乳房であり、被写体の面積は、撮影台に接する乳房の面積、または圧迫部材に接する乳房の面積である。

50

【 0 0 2 0 】

本開示の第 1 0 の態様の画像処理装置は、第 1 の態様から第 9 の態様のいずれか 1 態様の画像処理装置において、放射線源は、複数の照射位置の各々に配置され、かつ放射線を発生する複数の放射線管を備え、放射線画像撮影装置は、複数の放射線管から、順次放射線を発生させてトモシンセシス撮影を行う。

【 0 0 2 1 】

本開示の第 1 1 の態様の画像処理装置は、第 1 の態様から第 9 の態様のいずれか 1 態様の画像処理装置において、放射線源は、放射線を発生する放射線管を備え、放射線画像撮影装置は、放射線源を複数の照射位置に移動させてトモシンセシス撮影を行う。

【 0 0 2 3 】

また、上記目的を達成するために本開示の第 1 2 の態様の放射線画像撮影システムは、放射線を発生する放射線源と、照射角度が異なる複数の照射位置の各々から放射線源により被写体に向けて放射線を照射して照射位置毎に被写体の投影画像を撮影するトモシンセシス撮影を行う放射線画像撮影装置と、本開示の画像処理装置と、を備える。

【 0 0 2 4 】

また、上記目的を達成するために本開示の第 1 3 の態様の画像処理方法は、照射角度が異なる複数の照射位置の各々から放射線源により被写体に向けて放射線を照射して照射位置毎に被写体の投影画像を撮影するトモシンセシス撮影を行う放射線画像撮影装置に用いられる画像処理方法であって、複数の照射位置のうち、それぞれで得られた投影画像を用いて断層画像を再構成した場合に被写体の全体が写る断層画像を得ることが可能な照射角度範囲である全体撮影用照射角度範囲よりも広い照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を含む投影画像群を取得し、投影画像群に含まれる投影画像のうちの、全体撮影用照射角度範囲よりも広い第 1 の照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を用いて被写体の一部が写る複数の第 1 の断層画像を生成し、投影画像群に含まれる投影画像のうちの、全体撮影用照射角度範囲以下の第 2 の照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を用いて被写体の全体が写る複数の第 2 の断層画像を生成し、かつ、被写体の厚み及び被写体の面積の少なくとも一方に基づいて定まる全体撮影用照射角度範囲を表す全体撮影用情報を取得し、取得した全体撮影用情報に基づいて第 2 の照射角度範囲を特定する処理をコンピュータが実行するための方法である。

【 0 0 2 5 】

また、上記目的を達成するために本開示の第 1 4 の態様の画像処理プログラムは、照射角度が異なる複数の照射位置の各々から放射線源により被写体に向けて放射線を照射して照射位置毎に被写体の投影画像を撮影するトモシンセシス撮影を行う放射線画像撮影装置に用いられる画像処理プログラムであって、複数の照射位置のうち、それぞれで得られた投影画像を用いて断層画像を再構成した場合に被写体の全体が写る断層画像を得ることが可能な照射角度範囲である全体撮影用照射角度範囲よりも広い照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を含む投影画像群を取得し、投影画像群に含まれる投影画像のうちの、全体撮影用照射角度範囲よりも広い第 1 の照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を用いて被写体の一部が写る複数の第 1 の断層画像を生成し、投影画像群に含まれる投影画像のうちの、全体撮影用照射角度範囲以下の第 2 の照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を用いて被写体の全体が写る複数の第 2 の断層画像を生成し、かつ、被写体の厚み及び被写体の面積の少なくとも一方に基づいて定まる全体撮影用照射角度範囲を表す全体撮影用情報を取得し、取得した全体撮影用情報に基づいて第 2 の照射角度範囲を特定する処理をコンピュータに実行させるための処理をコンピュータに実行させるためのものである。

【 発明の効果 】

【 0 0 2 6 】

本開示によれば、全てを用いて生成した場合に被写体全体が写らなくなる照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を含む投影画像群から、高分解能な断層画像と、被写体全体が写った断層画像とを生成することができる。

10

20

30

40

50

【図面の簡単な説明】

【0027】

【図1】実施形態の放射線画像撮影システムにおける全体の構成の一例を概略的に表した構成図である。

【図2】トモシンセシス撮影の一例を説明するための図である。

【図3】実施形態のマンモグラフィ装置及びコンソールの構成の一例を表したブロック図である。

【図4】実施形態のコンソールの機能の一例を表す機能ブロック図である。

【図5】照射角度範囲と被写体の厚みとの関係を説明するための図である。

【図6】照射角度範囲と被写体の面積との関係を説明するための図である。

10

【図7】トモシンセシス撮影の流れの一例を表すフローチャートである。

【図8】実施形態のコンソールによる撮影制御処理の流れの一例を表したフローチャートである。

【図9】実施形態のコンソールによる画像処理の流れの一例を表したフローチャートである。

【図10A】第1の断層画像及び第2の断層画像が表示部に表示された状態の一例を示す図である。

【図10B】第1の合成2次元画像及び第2の断層画像が表示部に表示された状態の一例を示す図である。

【図10C】第1の断層画像及び第2の合成2次元画像が表示部に表示された状態の一例を示す図である。

20

【図11】実施形態における1回のトモシンセシス撮影について説明するための図である。

【図12】複数の放射線管を備えた放射線源の一例を示す図である。

【図13】図12に示した放射線源を用いて行われるトモシンセシス撮影の一例を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【0028】

以下、図面を参照して本発明の実施形態を詳細に説明する。なお、本実施形態は本発明を限定するものではない。

【0029】

30

まず、本実施形態の放射線画像撮影システムにおける、全体の構成の一例について説明する。図1には、本実施形態の放射線画像撮影システム1における、全体の構成の一例を表す構成図が示されている。図1に示すように、本実施形態の放射線画像撮影システム1は、マンモグラフィ装置10及びコンソール12を備える。

【0030】

まず、本実施形態のマンモグラフィ装置10について説明する。図1には、本実施形態のマンモグラフィ装置10の外観の一例を表す側面図が示されている。なお、図1は、被検者の左側からマンモグラフィ装置10を見た場合の外観の一例を示している。

【0031】

本実施形態のマンモグラフィ装置10は、コンソール12の制御に応じて動作し、被検者の乳房を被写体として、乳房に放射線R（例えば、X線）を照射して乳房の放射線画像を撮影する装置である。なお、マンモグラフィ装置10は、被検者が起立している状態（立位状態）のみならず、被検者が椅子（車椅子を含む）等に座った状態（座位状態）において、被検者の乳房を撮影する装置であってもよい。

40

【0032】

また、本実施形態のマンモグラフィ装置10は、放射線源を放射線検出器の検出面20Aの法線方向に沿った照射位置として撮影を行う通常撮影と、放射線源29を複数の照射位置の各々に移動させて撮影を行う、いわゆるトモシンセシス撮影とを行う機能を有している。

【0033】

50

放射線検出器 20 は、被写体である乳房を通過した放射線 R を検出する。詳細には、放射線検出器 20 は、被検者の乳房及び撮影台 24 内に進入して放射線検出器 20 の検出面 20A に到達した放射線 R を検出し、検出した放射線 R に基づいて放射線画像を生成し、生成した放射線画像を表す画像データを出力する。以下では、放射線源 29 から放射線 R を照射して、放射線検出器 20 により放射線画像を生成する一連の動作を「撮影」という場合がある。本実施形態の放射線検出器 20 の種類は、特に限定されず、例えば、放射線 R を光に変換し、変換した光を電荷に変換する間接変換方式の放射線検出器であってもよいし、放射線 R を直接電荷に変換する直接変換方式の放射線検出器であってもよい。

【0034】

図 1 に示すように、放射線検出器 20 は、撮影台 24 の内部に配置されている。本実施形態のマンモグラフィ装置 10 では、撮影を行う場合、撮影台 24 の撮影面 24A 上には、被検者の乳房がユーザによってポジショニングされる。

【0035】

撮影を行う際に乳房を圧迫するために用いられる圧迫板 38 は、撮影台 24 に設けられた圧迫ユニット 36 に取り付けられる。詳細には、圧迫ユニット 36 には、圧迫板 38 を撮影台 24 に近づく方向または離れる方向（以下、「上下方向」という）に移動する圧迫板駆動部（図示省略）が設けられている。圧迫板 38 の支持部 39 は、圧迫板駆動部に着脱可能に取り付けられ、圧迫板駆動部により上下方向に移動し、撮影台 24 との間で被検者の乳房を圧迫する。本実施形態の圧迫板 38 が、本開示の圧迫部材の一例である。

【0036】

図 1 に示すように本実施形態のマンモグラフィ装置 10 は、撮影台 24 と、アーム部 33 と、基台 34 と、軸部 35 と、を備えている。アーム部 33 は、基台 34 によって、上下方向（Z 軸方向）に移動可能に保持される。また、軸部 35 によりアーム部 33 が基台 34 に対して回転をすることが可能である。軸部 35 は、基台 34 に対して固定されており、軸部 35 とアーム部 33 とが一体となって回転する。

【0037】

軸部 35 及び撮影台 24 の圧迫ユニット 36 にそれぞれギアが設けられ、このギア同士の間合状態と非間合状態とを切替えることにより、撮影台 24 の圧迫ユニット 36 と軸部 35 とが連結されて一体に回転する状態と、軸部 35 が撮影台 24 と分離されて空転する状態とに切り替えることができる。なお、軸部 35 の動力の伝達・非伝達の切り替えは、上記ギアに限らず、種々の機械要素を用いることができる。

【0038】

アーム部 33 と撮影台 24 は、軸部 35 を回転軸として、別々に、基台 34 に対して相対的に回転可能となっている。本実施形態では、基台 34、アーム部 33、及び撮影台 24 の圧迫ユニット 36 にそれぞれ係合部（図示省略）が設けられ、この係合部の状態を切替えることにより、アーム部 33、及び撮影台 24 の圧迫ユニット 36 の各々が基台 34 に連結される。軸部 35 に連結されたアーム部 33、及び撮影台 24 の一方または両方が、軸部 35 を中心に一体に回転する。

【0039】

マンモグラフィ装置 10 においてトモシンセシス撮影を行う場合、放射線照射部 28 の放射線源 29 は、アーム部 33 の回転により順次、照射角度が異なる複数の照射位置の各々に移動される。放射線源 29 は、放射線 R を発生する放射線管 27 を有しており、放射線源 29 の移動に応じて、放射線管 27 が複数の照射位置の各々に移動される。図 2 には、トモシンセシス撮影の一例を説明するための図を示す。なお、図 2 では、圧迫板 38 の図示を省略している。本実施形態では、図 2 に示すように放射線源 29 は、予め定められた角度 θ_k ずつ照射角度が異なる照射位置 80_k ($k = 1, 2, \dots$ 、図 2 では最大値は 13)、換言すると放射線検出器 20 の検出面 20A に対する放射線 R の入射角度が異なる位置に移動される。各照射位置 80_k において、コンソール 12 の指示により放射線源 29 から放射線 R が乳房 W に向けて照射され、放射線検出器 20 により放射線画像が撮影される。放射線画像撮影システム 1 では、放射線源 29 を照射位置 80_k の各々に移動さ

10

20

30

40

50

せて、各照射位置 80_k で放射線画像の撮影を行うトモシンセシス撮影を行った場合、図 2 の例では 13 枚の放射線画像が得られる。なお、以下では、トモシンセシス撮影において、各照射位置 80 において撮影された放射線画像を他の放射線画像と区別して述べる場合は「投影画像」という。また、投影画像及び後述する断層画像等の種類によらず放射線画像について総称する場合、単に「放射線画像」という。また、以下では各照射位置 80_k を総称する場合、各照射位置を区別するための符号 k を省略して「照射位置 80 」という。

【0040】

なお、図 2 に示すように、放射線 R の入射角度とは、放射線検出器 20 の検出面 20A の法線 CL と、放射線軸 RC とがなす角度 θ のことをいう。放射線軸 RC は、各照射位置 80 における放射線源 29 の放射線管 27 の焦点と検出面 20A の中心等予め設定された位置とを結ぶ軸をいう。また、ここでは、放射線検出器 20 の検出面 20A は、撮影面 24A に略平行な面とする。以下では、図 2 に示すように、トモシンセシス撮影における入射角度を異ならせる所定範囲を「照射角度範囲」という。なお、本実施形態では、放射線 R について、「入射角度」と「照射角度」とは、同義としている。

【0041】

また、図 2 には、照射位置 80_1 、 80_5 、 80_7 、 80_9 、 80_{13} の各々に放射線源 29 が位置する場合に得られる投影画像 84_1 、 84_5 、 84_7 、 84_9 、 84_{13} の各々に含まれる被写体の領域 82_1 、 82_5 、 82_7 、 82_9 、 82_{13} が示されている。被写体の領域 82 は、放射線検出器 20 の検出面 20A における放射線 R の照射野に対応する。なお、本実施形態では、被写体の領域 82 、投影画像 84 、及び断層画像 86 の各々について、照射位置 80 との対応関係を示す場合は、符号に、照射位置 $80_1 \sim$ 照射位置 80_{13} 各々を表す「1~13」を付して表記する。例えば、第 7 照射位置 80_7 に放射線源 29 が位置する場合に得られるのは、被写体の領域 82_7 を含む投影画像 84_7 である。また、以下では簡略化のため、ある照射位置 80 に放射線源 29 が位置する場合に得られる投影画像 84 について、単に「照射位置 80 で得られる投影画像 84 」と表現する。

【0042】

照射角度が 0 度となる法線 CL に沿った第 7 照射位置 80_7 で得られる投影画像 84_7 に含まれる被写体の領域 82_7 は、被写体である乳房 W の全体像の撮影が可能な範囲及び大きさを有する。

【0043】

角度 θ が大きくなるほど、換言すると放射線検出器 20 の検出面 20A に斜入する放射線 R の入射角度が大きくなるほど、放射線 R の射入の影響が大きくなり、放射線 R の照射野は狭くなる。そのため、図 2 に示すように、角度 θ が大きくなると投影画像 84 に含まれる被写体の領域 82 が狭くなる。換言すると、照射角度が比較的大きい照射位置 80 に放射線源 29 が位置する場合は、放射線 R の斜入の影響が大きくなるため、得られる投影画像 84 に含まれる被写体の領域 82 は、被写体の領域 82_7 に比べて狭くなる。図 2 に示した例では、照射角度が最も大きくなる照射位置 80_1 で得られる投影画像 84_1 に含まれる被写体の領域 82_1 、及び照射位置 80_{13} で得られる投影画像 84_{13} に含まれる被写体の領域 82_{13} は、いずれも被写体の領域 82_7 に比べて狭い。具体的には、被写体の領域 82_1 及び被写体の領域 82_{13} は、撮影の際に放射線源 29 が位置する側の領域が欠けた形状となっている。このように、投影画像 84 に含まれる被写体の領域 82 は、照射位置 80 に応じて大きさ等が異なる。

【0044】

トモシンセシス撮影により得られた複数の投影画像 84 を用いて断層画像 86 を再構成する場合、再構成領域は、各投影画像 84 における被写体の領域 82 に依存する。具体的には、再構成領域は、断層画像 86 の生成に用いる全ての投影画像 84 に含まれる被写体の領域 82 のうち、共通する部分の領域（以下、「部分領域」という）に限定される。

【0045】

図 2 に示すように照射角度が比較的小さい照射位置 80 の場合、放射線源 29 から照射

10

20

30

40

50

された放射線 R が放射線検出器 20 の検出面 20 A に斜入しても、被写体の領域 82 γ と同等の形状及び大きさの被写体の領域 82 が得られる。複数の照射位置 80 の各々において得られる投影画像 84 に含まれる被写体の領域 82 を被写体の領域 82 γ と同等とした場合、部分領域 83、すなわち再構成領域 85 も被写体の領域 82 γ と同等となる。なお、この場合、各投影画像 84 に含まれる被写体の領域 82 全体が部分領域 83 とみなせるため、厳密には「部分」とは言えないが、説明の便宜上「部分」と称している。再構成領域 85 が被写体の領域 82 γ と同等である場合、断層画像 86 は、被写体全体が写った画像となる。また、断層画像 86 に写る「被写体全体」とは、例えば、乳房等の撮影対象物において照射角度 が 0 度の照射位置から放射線が照射された際に放射線検出器 20 に写る部分のことをいう。また、被写体に放射線 R が投影される面についてであり、例えば乳房全体等を言うのではなく、少なくともユーザにより読影等のために所望とされる被写体の領域全体のことをいい、例えば、読影等に要さない被写体の端部等が欠けている場合も含む。

10

【0046】

このように、断層画像 86 における再構成領域 85 を、被写体の領域 82 γ と同等とすることができる投影画像 84 が得られる照射位置 80 の範囲である照射角度範囲を、全体撮影用照射角度範囲 AR_a という（図 2 参照）。すなわち、全体撮影用照射角度範囲 AR_a とは、複数の照射位置 80 のうち、それぞれで得られた投影画像 84 を用いて断層画像 86 を生成した場合に被写体の全体が写る断層画像 86 を得ることが可能な照射角度範囲のことをいう。厳密には、全体撮影用照射角度範囲 AR_a とは、被写体の全体が写る断層画像 86 を得ることが可能な最大の照射角度範囲のことをいう。

20

【0047】

照射角度範囲が全体撮影用照射角度範囲 AR_a よりも広い場合、断層画像 86 における再構成領域 85 が被写体の領域 82 γ よりも狭くなるため、断層画像 86 は、被写体の一部が写った画像となる。

【0048】

図 2 には、全体撮影用照射角度範囲 AR_a よりも広い照射角度範囲として第 1 の照射角度範囲 AR_1 が示されている。照射角度範囲が第 1 の照射角度範囲 AR_1 の場合、照射位置 80 $_1$ ~ 80 $_3$ の各々において得られる投影画像 84 $_1$ ~ 84 $_3$ に含まれる被写体の領域 82 $_1$ ~ 82 $_3$ に共通する部分領域 83 $_1$ が第 1 の断層画像 86 $_1$ を生成する際の再構成領域 85 $_1$ に対応する。部分領域 83 $_1$ 、すなわち再構成領域 85 $_1$ は、投影画像 84 $_1$ ~ 84 $_3$ に含まれる被写体の領域 82 $_1$ ~ 82 $_3$ に比して小さくなる。

30

【0049】

第 1 の断層画像 86 $_1$ では、再構成領域 85 $_1$ が、被写体が写ることが可能な領域である。そのため、第 1 の断層画像 86 $_1$ は、被写体の一部が写った画像となる。例えば、図 2 には、被写体である乳房 W の一部が写る第 1 の断層画像 86 $_1$ が示されている。

【0050】

断層画像 86 の分解能は、照射角度範囲に依存し、照射角度範囲が広がるほど、断層画像 86 の分解能は高くなる。そのため、第 1 の照射角度範囲 AR_1 のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像 84 $_1$ ~ 84 $_3$ を用いて生成された第 1 の断層画像 86 $_1$ は、高分解能な画像となる。

40

【0051】

一方、照射角度範囲が全体撮影用照射角度範囲 AR_a 以下の場合、断層画像 86 における再構成領域 85 が被写体の領域 82 γ と同等となるため、断層画像 86 は、被写体の一部が写った画像となる。

【0052】

図 2 には、全体撮影用照射角度範囲 AR_a 以下の照射角度範囲として第 2 の照射角度範囲 AR_2 が示されている。照射角度範囲が第 2 の照射角度範囲 AR_2 の場合、照射位置 80 $_5$ ~ 80 $_9$ の各々において得られる投影画像 84 $_5$ ~ 84 $_9$ に含まれる被写体の領域 82 $_5$ ~ 82 $_9$ に共通する部分領域 83 $_2$ が第 2 の断層画像 86 $_2$ を生成する際の再構成領域 85

50

2に対応する。部分領域832、すなわち再構成領域852は、投影画像845~849に含まれる被写体の領域825~829と同等である。

【0053】

第2の断層画像862では、再構成領域852が、被写体が写ることが可能な領域である。そのため、第2の断層画像862は、被写体全体が写った画像となる。例えば、図2には、被写体である乳房Wの全体が写る第2の断層画像862が示されている。

【0054】

断層画像86の分解能は、照射角度範囲に依存し、照射角度範囲が狭くなるほど、断層画像86の分解能は低くなる。そのため、第2の照射角度範囲AR2のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像845~849を用いて生成された第2の断層画像862は、第1の断層画像861に比べて分解能が低い画像となる。

10

【0055】

このように、照射角度範囲が全体撮影用照射角度範囲ARa以下の場合、各照射位置80で得られる投影画像84を用いて生成された断層画像86は、被写体の全体が写った断層画像となる。また、照射角度範囲が全体撮影用照射角度範囲ARaよりも広い場合、各照射位置80で得られる投影画像84を用いて生成された断層画像86は、被写体の一部が写った断層画像となるものの、高分解能な画像となる。

【0056】

また、図3には、実施形態のマンモグラフィ装置及びコンソールの構成の一例を表したブロック図が示されている。図3に示すように本実施形態のマンモグラフィ装置10は、制御部40、記憶部42、I/F(Interface)部44、操作部46、及び線源移動部47をさらに備えている。制御部40、記憶部42、I/F部44、操作部46、及び線源移動部47はシステムバスやコントロールバス等のバス49を介して相互に各種情報の授受が可能に接続されている。

20

【0057】

制御部40は、コンソール12の制御に応じて、マンモグラフィ装置10の全体の動作を制御する。制御部40は、CPU(Central Processing Unit)40A、ROM(Read Only Memory)40B、及びRAM(Random Access Memory)40Cを備える。ROM40Bには、CPU40Aで実行される、放射線画像の撮影に関する制御を行うための撮影プログラム41等を含む各種のプログラム等が予め記憶されている。RAM40Cは、各種データを一時的に記憶する。

30

【0058】

記憶部42には、放射線検出器20により撮影された放射線画像の画像データや、その他の各種情報等が記憶される。記憶部42の具体例としては、HDD(Hard Disk Drive)やSSD(Solid State Drive)等が挙げられる。I/F部44は、無線通信または有線通信により、コンソール12との間で各種情報の通信を行う。マンモグラフィ装置10で放射線検出器20により撮影された放射線画像の画像データは、I/F部44を介してコンソール12に無線通信または有線通信によって送信される。

【0059】

本実施形態の制御部40、記憶部42、及びI/F部44の各々は撮影台24内部に設けられている。

40

【0060】

また、操作部46は、例えば、マンモグラフィ装置10の撮影台24等に複数のスイッチとして設けられている。なお、操作部46は、タッチパネル式のスイッチとして設けられていてもよいし、医師及び技師等のユーザが手で操作するフットスイッチとして設けられていてもよい。

【0061】

線源移動部47は、上述したようにトモシンセシス撮影を行う場合に、制御部40の制御に応じて放射線源29を複数の照射位置80の各々に移動させる機能を有する。具体的には、線源移動部47は、撮影台24に対してアーム部33を回転させることにより複数

50

の照射位置 8 0 の各々に放射線源 2 9 を移動させる。本実施形態の線源移動部 4 7 は、アーム部 3 3 内部に設けられている。

【 0 0 6 2 】

一方、本実施形態のコンソール 1 2 は、無線通信 LAN (Local Area Network) 等を介して R I S (Radiology Information System) 等から取得した撮影オーダ及び各種情報と、操作部 5 6 等によりユーザにより行われた指示等とを用いて、マンモグラフィ装置 1 0 の制御を行う機能を有している。

【 0 0 6 3 】

本実施形態のコンソール 1 2 は、一例として、サーバーコンピュータである。図 3 に示すように、コンソール 1 2 は、制御部 5 0、記憶部 5 2、I / F 部 5 4、操作部 5 6、及び表示部 5 8 を備えている。制御部 5 0、記憶部 5 2、I / F 部 5 4、操作部 5 6、及び表示部 5 8 はシステムバスやコントロールバス等のバス 5 9 を介して相互に各種情報の授受が可能に接続されている。

10

【 0 0 6 4 】

本実施形態の制御部 5 0 は、コンソール 1 2 の全体の動作を制御する。制御部 5 0 は、CPU 5 0 A、ROM 5 0 B、及び RAM 5 0 C を備える。ROM 5 0 B には、CPU 5 0 A で実行される、撮影制御プログラム 5 1 A 及び画像生成プログラム 5 1 B を含む各種のプログラム等が予め記憶されている。RAM 5 0 C は、各種データを一時的に記憶する。本実施形態では CPU 5 0 A が、本開示のプロセッサの一例であり、コンソール 1 2 が、本開示の画像処理装置及び撮影制御装置の一例である。また、本実施形態の画像生成プログラム 5 1 B が、本開示の画像処理プログラムの一例である。

20

【 0 0 6 5 】

記憶部 5 2 には、マンモグラフィ装置 1 0 で撮影された放射線画像の画像データや、その他の各種情報等が記憶される。記憶部 5 2 の具体例としては、HDD や SSD 等が挙げられる。

【 0 0 6 6 】

操作部 5 6 は、放射線 R の照射指示を含む放射線画像の撮影等に関する指示や各種情報等をユーザが入力するために用いられる。操作部 5 6 は特に限定されるものではなく、例えば、各種スイッチ、タッチパネル、タッチペン、及びマウス等が挙げられる。表示部 5 8 は、各種情報を表示する。なお、操作部 5 6 と表示部 5 8 とを一体化してタッチパネルディスプレイとしてもよい。

30

【 0 0 6 7 】

I / F 部 5 4 は、無線通信または有線通信により、マンモグラフィ装置 1 0、R I S、及び P A C S (Picture Archiving and Communication Systems) との間で各種情報の通信を行う。本実施形態の放射線画像撮影システム 1 では、マンモグラフィ装置 1 0 で撮影された放射線画像の画像データは、コンソール 1 2 が、I / F 部 5 4 を介して無線通信または有線通信によりマンモグラフィ装置 1 0 から受信する。

【 0 0 6 8 】

本実施形態のコンソール 1 2 は、トモシンセシス撮影における照射角度範囲を制御する機能を有する。また、本実施形態のコンソール 1 2 は、トモシンセシス撮影において得られた投影画像から断層画像を生成する機能を有する。図 4 には、本実施形態のコンソール 1 2 における、照射角度範囲を制御する機能及び断層画像を生成する機能に係る構成の一例の機能ブロック図を示す。図 4 に示すようにコンソール 1 2 は、情報取得部 6 0、照射角度範囲制御部 6 2、画像取得部 6 4、第 1 の断層画像生成部 6 6、第 1 の合成 2 次元画像生成部 6 8、第 2 の断層画像生成部 7 0、第 2 の合成 2 次元画像生成部 7 2、及び表示制御部 7 4 を備える。一例として本実施形態のコンソール 1 2 は、制御部 5 0 の CPU 5 0 A が ROM 5 0 B に記憶されている撮影制御プログラム 5 1 A を実行することにより、CPU 5 0 A が情報取得部 6 0 及び照射角度範囲制御部 6 2 として機能する。また、コンソール 1 2 は、制御部 5 0 の CPU 5 0 A が ROM 5 0 B に記憶されている画像生成プログラム 5 1 B を実行することにより、CPU 5 0 A が情報取得部 6 0、画像取得部 6 4、

40

50

第1の断層画像生成部66、第1の合成2次元画像生成部68、第2の断層画像生成部70、第2の合成2次元画像生成部72、及び表示制御部74として機能する。

【0069】

情報取得部60は、上述した全体撮影用照射角度範囲 AR_a を表す全体撮影用情報を取得する機能を有する。上述したように全体撮影用照射角度範囲 AR_a とは、被写体全体が写る断層画像86を生成することが可能な投影画像84を得ることができる照射角度範囲である。全体撮影用照射角度範囲 AR_a は、被写体の厚み及び被写体の面積に依存する。「被写体の厚み」とは、圧迫板38により圧迫状態とされた乳房の厚みのことをいう。本実施形態において「被写体の厚み」とは、撮影台24の撮影面24Aから圧迫板38の乳房を圧迫する圧迫面までの距離のことをいう。

10

【0070】

図5に示した例では、放射線源29が照射位置807に位置する場合、厚み H_1 を有する乳房 W_{H1} 、及び厚み H_1 よりも大きな厚み H_2 を有する乳房 W_{H2} のいずれも、放射線Rが照射される領域 R_7 内に全体が存在している。そのため、照射位置807で得られる投影画像84には、乳房 W_{H1} 及び乳房 W_{H2} のいずれも全体が写る。

【0071】

一方、放射線源29が照射位置80Hに位置する場合、乳房 W_{H1} は放射線Rが照射される領域 R_H 内に全体が存在する。一方、乳房 W_{H2} は、放射線Rが照射される領域 R_H 内に収まりきれず、領域 R_H 外まで存在する。そのため、照射位置80Hで得られる投影画像84には、乳房 W_{H1} は全体が写るが、乳房 W_{H2} は一部が写る。

20

【0072】

このように、被写体の厚みが大きくなるほど、被写体の全体が写ることが可能な放射線Rの照射角度が小さくなる。従って、被写体の厚みが大きい場合、全体撮影用照射角度範囲 AR_a は狭くなる。

【0073】

また、「被写体の面積」とは、圧迫板38により圧迫状態とされた乳房における放射線Rが照射される面積のことをいう。本実施形態において「被写体の面積」とは、撮影台24の撮影面24Aに接する乳房の面積、または圧迫板38に接する乳房の面積のことをいう。

【0074】

乳房の面積が大きくなるほど、乳房の幅が大きくなる。そのため、図6に示した例では、幅 L_1 を有する乳房 W_{L1} よりも、幅 L_2 を有する乳房 W_{L2} の方が面積が大きい。放射線源29が照射位置807に位置する場合、幅 L_1 を有する乳房 W_{L1} 、及び幅 L_1 よりも大きな幅 L_2 を有する乳房 W_{L2} のいずれも、放射線Rが照射される領域 R_7 内に全体が存在している。そのため、照射位置807で得られる投影画像84には、乳房 W_{L1} 及び乳房 W_{L2} のいずれも全体が写る。一方、放射線源29が照射位置80Lに位置する場合、乳房 W_{L1} は放射線Rが照射される領域 R_L 内に全体が存在する。一方、乳房 W_{L2} は、放射線Rが照射される領域 R_L 内に収まりきれず、領域 R_L 外まで存在する。そのため、照射位置80Lで得られる投影画像84には、乳房 W_{L1} は全体が写るが、乳房 W_{L2} は一部が写る。

30

40

【0075】

このように、被写体の面積が大きくなるほど、被写体の全体が写ることが可能な放射線Rの照射角度が小さくなる。従って、被写体の面積が大きい場合、全体撮影用照射角度範囲 AR_a は狭くなる。

【0076】

このように、全体撮影用照射角度範囲 AR_a は、乳房の厚み及び乳房の面積に依存して変化するため、本実施形態の情報取得部60は、全体撮影用照射角度範囲 AR_a を表す全体撮影用情報を取得する。

【0077】

一例として本実施形態では、乳房の厚み及び乳房の面積と、全体撮影用照射角度範囲A

50

R_aとが対応付けられた照射角度範囲対応関係情報が予め得られている。情報取得部60は、照射角度対応関係情報を参照して全体撮影用照射角度範囲A R_aを表す全体撮影用情報を取得する。

【0078】

まず、情報取得部60は、圧迫板38により圧迫状態とされた乳房の厚み及び面積を取得する。情報取得部60が乳房の厚みを取得する方法は特に限定されない。一例として本実施形態では、乳房を圧迫する際に圧迫ユニット36が圧迫板38を移動させる移動量に基づいて、情報取得部60が乳房の厚みを取得する。

【0079】

また、情報取得部60が乳房の面積を取得する方法も特に限定されない。一例として、本実施形態では、ユーザがコンソール12の操作部56により入力した乳房の大きさに基づいて、情報取得部60が乳房の面積を取得する。具体的には、大、中、及び小等の乳房の大きさを表す情報と、その大きさにおける平均的な乳房の面積とが対応付けられた面積対応関係情報が予め得られており、情報取得部60は、面積対応関係情報を参照して、ユーザが操作部56により入力した乳房の大きさに対応する乳房の面積を取得する。

10

【0080】

なお、情報取得部60が乳房の面積を取得する方法は、本形態に限定されない。例えば、撮影台24や圧迫板38の乳房と接する面に接触センサを設けておき、情報取得部60は、接触センサが乳房の接触を感知した範囲に応じて乳房の面積を取得する形態としてもよい。また例えば、可視光による画像を撮影する可視光画像撮影装置を用い、情報取得部60は、圧迫板38により圧迫状態とされた乳房の圧迫面の可視光画像を取得し、可視光画像に写る乳房の領域の大きさに応じて乳房の面積を取得する形態としてもよい。

20

【0081】

また、情報取得部60は、全体撮影用情報を参照して乳房の厚み及び面積に対応する全体撮影用照射角度範囲A R_aを表す全体撮影用情報を取得する。そして、情報取得部60は、取得した全体撮影用情報を照射角度範囲制御部62、画像取得部64、及び第2の断層画像生成部70に出力する。

【0082】

照射角度範囲制御部62は、全体撮影用情報に応じた全体撮影用照射角度範囲A R_aよりも広い照射角度範囲のトモシンセシス撮影を行わせる制御をマンモグラフィ装置10に対して行う機能を有する。本実施形態の照射角度範囲制御部62は、マンモグラフィ装置10に対して、情報取得部60から入力された全体撮影用情報に応じた全体撮影用照射角度範囲A R_aよりも広い第1の照射角度範囲A R₁を照射角度範囲として設定する。マンモグラフィ装置10では、制御部40が線源移動部47により放射線源29を移動させて、コンソール12により設定された照射角度範囲のトモシンセシス撮影を行う。これにより第1の照射角度範囲A R₁を照射角度範囲としてトモシンセシス撮影がマンモグラフィ装置10により行われる。なお、照射角度範囲制御部62が、第1の照射角度範囲A R₁を、全体撮影用照射角度範囲A R_aよりもどの程度広くするかについては、特に限定されない。すなわち、第1の照射角度範囲A R₁と全体撮影用照射角度範囲A R_aとの差分については、特に限定されない。例えば、第1の照射角度範囲A R₁と全体撮影用照射角度範囲A R_aとの差分は、±15度等、予め定められた値であってもよいし、所望とされる分解能に応じた値であってもよい。

30

40

【0083】

画像取得部64は、全体撮影用照射角度範囲A R_aよりも広い照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像84を含む投影画像群を取得する機能を有する。具体的には本実施形態の画像取得部64は、情報取得部60から入力された全体撮影用情報に応じた全体撮影用照射角度範囲A R_aよりも広い照射角度範囲として、第1の照射角度範囲A R₁のトモシンセシス撮影で得られた投影画像84₁~84₁₃を取得する。画像取得部64は、取得した投影画像84₁~84₁₃を表す画像データを第1の断層画像生成部66及び第2の断層画像生成部70に出力する。

50

【 0 0 8 4 】

第1の断層画像生成部66は、画像取得部64が取得した投影画像群に含まれる投影画像のうちの、第1の照射角度範囲 AR_1 のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像 $84_1 \sim 84_{13}$ を用いて被写体の一部が写る複数の第1の断層画像 86_1 を生成する機能を有する。第1の断層画像生成部66が複数の第1の断層画像 86_1 を生成する方法は特に限定されず、公知の手法を用いることができる。例えば、FBP (Filter Back Projection) 法や逐次近似再構成法等の逆投影法により再構成を行ってもよく、公知の技術を適用することができる。第1の断層画像生成部66が生成する断層画像 86_1 のスライス厚(以下、「第1のスライス厚」という)は特に限定されない。なお、断層画像が高分解能であるほど、スライス厚を薄くことができる。そのため、本実施形態では、第1のスライス厚を、第2の断層画像 86_2 のスライス厚(以下、「第2のスライス厚」という)よりも薄くしている。具体的には、第1のスライス厚は、例えば、関心物の大きさ、放射線画像の画質、生成における演算処理の処理負荷、及びユーザからの指示等に応じて定めることができる。第1の断層画像生成部66は、生成した複数の第1の断層画像 86_1 を表す画像データを、第1の合成2次元画像生成部68及び表示制御部74に出力する。

10

【 0 0 8 5 】

第1の合成2次元画像生成部68は、複数の第1の断層画像 86_1 のうちの少なくとも一部を合成した第1の合成2次元画像を生成する機能を有する。第1の合成2次元画像生成部68は、生成した第1の合成2次元画像を表す画像データを表示制御部74に出力する。

20

【 0 0 8 6 】

なお、第1の合成2次元画像生成部68が、第1の合成2次元画像を生成する方法は特に限定されず、公知の手法を用いることができる。一例として、本実施形態の第1の合成2次元画像生成部68は、米国特許第8983156号明細書に記載の手法を用いている。米国特許第8983156合名最初には、断層画像から検出された関心物(ROI: Region Of Interest)を2次元画像にブレンド(合成)して合成2次元画像を生成することにより、断層画像から検出された病変等が反映された合成2次元画像を生成する技術が記載されている。なお、断層画像から関心物を検出する方法も特に限定されず、例えば、公知のコンピュータ支援画像診断(CAD: Computer Aided Diagnosis、以下CADという)のアルゴリズムを用いて、断層画像から関心物を表す特定構造を抽出する方法が挙げられる。CADによるアルゴリズムにおいては、断層画像における画素が関心物であることを表す確率(例えば、尤度)を導出し、その確率が予め定められた閾値以上の場合に、その画素を関心物の画像を構成する画素として検出することが好ましい。また例えば、関心物を抽出するためのフィルタによるフィルタリング処理等によって、断層画像から関心物を抽出する手法を用いてもよい。

30

【 0 0 8 7 】

なお、第1の合成2次元画像生成部68が第1の合成2次元画像を生成する方法としては、例えば、特開2014-128716号公報には、複数の断層画像、または複数の断層画像の少なくとも1つ及び複数の投影画像の少なくとも1つを乳房における断層面が並ぶ深さ方向に投影する、または最小値投影法を用いることにより、合成2次元画像を生成する手法を用いてもよい。また例えば、特許第6208731号公報には、複数の断層画像または複数の断層画像の少なくとも1つ及び複数の投影画像の少なくとも1つを、フィルタ補正逆投影法、最尤再構成法、反復再構成法、代数的方法を使用する再構成法、及び三次元再構成法等のいずれかの方法により再構成することにより合成2次元画像を生成する手法を用いてもよい。

40

【 0 0 8 8 】

一方、第2の断層画像生成部70は、画像取得部64が取得した投影画像群に含まれる投影画像のうちの、第2の照射角度範囲 AR_2 のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像 $84_5 \sim 84_9$ を用いて被写体の全体が写る複数の第2の断層画像 86_2 を生成する機能を有する。具体的には、第2の断層画像生成部70は、情報取得部60から入力され

50

た全体撮影用情報に応じた全体撮影用照射角度範囲 AR_a 以下の照射角度範囲である第 2 の照射角度範囲 AR_2 のトモシンセシス撮影で得られた投影画像 845 ~ 849 を画像取得部 64 から取得する。そして、第 2 の断層画像生成部 70 は、取得した投影画像 845 ~ 849 を用いて複数の第 2 の断層画像 862 を生成する。第 2 の断層画像 862 の第 2 のスライス厚は特に限定されないが本実施形態では、上述したように、第 1 のスライス厚よりも厚い。具体的な第 2 のスライス厚は、例えば、関心物の大きさ、放射線画像の画質、生成における演算処理の処理負荷、及びユーザからの指示等に応じて定めることができる。なお、第 2 の断層画像生成部 70 が複数の第 2 の断層画像 862 を生成する方法は特に限定されず、例えば、第 1 の断層画像生成部 66 が第 1 の断層画像 861 を生成する方法と同様の方法を適用すればよい。第 2 の断層画像生成部 70 は、生成した複数の第 2 の断層画像 862 を表す画像データを、第 2 の合成 2 次元画像生成部 72 及び表示制御部 74 に出力する。

10

【0089】

第 2 の合成 2 次元画像生成部 72 は、複数の第 2 の断層画像 862 のうちの少なくとも一部を合成した第 2 の合成 2 次元画像を生成する機能を有する。第 2 の合成 2 次元画像生成部 72 は、生成した第 2 の合成 2 次元画像を表す画像データを表示制御部 74 に出力する。なお、第 2 の合成 2 次元画像生成部 72 が第 2 の合成 2 次元画像を生成する方法は特に限定されず、例えば、第 1 の合成 2 次元画像生成部 68 が第 1 の合成 2 次元画像を生成する方法と同様の方法を適用すればよい。

【0090】

表示制御部 74 は、第 1 の断層画像 861、第 2 の断層画像 862、第 1 の合成 2 次元画像、及び第 2 の合成 2 次元の少なくとも一つを表示部 58 に表示させる機能を有する。表示制御部 74 によるこれらの画像の表示形態については、詳細を後述する。

20

【0091】

次に、トモシンセシス撮影におけるコンソール 12 の作用について図面を参照して説明する。コンソール 12 は、マンモグラフィ装置 10 によりトモシンセシス撮影を行った（図 7、ステップ S10）後、トモシンセシス撮影により得られた投影画像群を用いて、各種の放射線画像を生成し、表示部 58 等に表示させる（図 7、ステップ S12 参照）。

【0092】

まず、図 7 のステップ S10 に示した、マンモグラフィ装置 10 によるトモシンセシス撮影におけるコンソール 12 の作用について説明する。トモシンセシス撮影を行う場合、ユーザは、マンモグラフィ装置 10 の撮影台 24 に被写体となる乳房をポジショニングし、圧迫板 38 により乳房を圧迫する。乳房の圧迫が完了すると、コンソール 12 は、図 8 に示した撮影制御処理を実行する。具体的には、コンソール 12 は、RIS から取得した撮影メニューにトモシンセシス撮影が指示された状態で、乳房の圧迫が完了したことを表す情報を受け付けた場合等に、図 8 に示した撮影制御処理を実行する。図 8 には、本実施形態のコンソール 12 による撮影制御処理の流れの一例を表したフローチャートが示されている。本実施形態のコンソール 12 は、一例として、制御部 50 の CPU 50A が、ROM 50B に記憶されている撮影制御プログラム 51A を実行することにより、図 8 に一例を示した撮影制御処理を実行する。

30

【0093】

図 8 のステップ S100 で情報取得部 60 は、乳房の厚みを取得する。上述したように、本実施形態の情報取得部 60 は、乳房を圧迫する際に圧迫ユニット 36 が圧迫板 38 を移動させる移動量に基づいて、情報取得部 60 が乳房の厚みを取得する。

【0094】

次のステップ S102 で情報取得部 60 は、乳房の面積を取得する。上述したように、本実施形態の情報取得部 60 は、ユーザがコンソール 12 の操作部 56 により入力した乳房の大きさに基づいて乳房の面積を取得する。

40

【0095】

次のステップ S104 で情報取得部 60 は、全体撮影用照射角度範囲 AR_a を表す全体

50

撮影用情報を取得する。上述したように、本実施形態の情報取得部60は、照射角度対応関係情報を参照して、上記ステップS100で取得した乳房の厚み、及びステップS102で取得した乳房の面積に対応する全体撮影用情報を取得する。

【0096】

次のステップS106で照射角度範囲制御部62は、マンモグラフィ装置10に対してトモシンセシス撮影における照射角度範囲を設定する。上述したように、本実施形態の照射角度範囲制御部62は、上記ステップS104で情報取得部60が取得した全体撮影用情報に基づいて第1の照射角度範囲 AR_1 を特定し、特定した第1の照射角度範囲 AR_1 を照射角度範囲としてマンモグラフィ装置10に設定する。ステップS106の処理が終了すると、図8に示した撮影制御処理が終了する。これによりマンモグラフィ装置10では、放射線源29を照射位置 $80_1 \sim 80_{13}$ の各々に移動させて、第1の照射角度範囲 AR_1 のトモシンセシス撮影が行われ、投影画像 $84_1 \sim 84_{13}$ が撮影される。

10

【0097】

マンモグラフィ装置10によるトモシンセシス撮影が終了すると、図7のステップS12に示した、コンソール12による各種の放射線画像の生成及び表示が行われる。各種の放射線画像の生成及び表示におけるコンソール12の作用について説明する。

【0098】

一例として本実施形態のマンモグラフィ装置10は、トモシンセシス撮影が終了すると、撮影された投影画像群の画像データをコンソール12に出力する。コンソール12は、マンモグラフィ装置10から入力された投影画像群の画像データを記憶部52に記憶させる。

20

【0099】

記憶部52に投影画像群の画像データを記憶させた後、コンソール12は、図9に示した画像処理を実行する。図9には、本実施形態のコンソール12による画像処理の流れの一例を表したフローチャートが示されている。本実施形態のコンソール12は、一例として、制御部50のCPU50Aが、ROM50Bに記憶されている画像生成プログラム51Bを実行することにより、図9に一例を示した画像処理を実行する。

【0100】

図9のステップS200で、画像取得部64は、投影画像群を取得する。上述したように、本実施形態の画像取得部64は、情報取得部60から入力された全体撮影用情報に応じた全体撮影用照射角度範囲 AR_a よりも広い照射角度範囲として、第1の照射角度範囲 AR_1 のトモシンセシス撮影で得られた投影画像 $84_1 \sim 84_{13}$ を投影画像群として取得する。

30

【0101】

次のステップS202で第1の断層画像生成部66は、第1の断層画像 86_1 を生成する。上述したように、本実施形態の第1の断層画像生成部66は、上記ステップS200で取得した投影画像群に含まれる投影画像のうちの、第1の照射角度範囲 AR_1 のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像 $84_1 \sim 84_{13}$ を用いて被写体の一部が写る複数の第1の断層画像 86_1 を、第1のスライス厚で生成する。

【0102】

次のステップS204で第1の合成2次元画像生成部68は、第1の合成2次元画像を生成する。上述したように、本実施形態の第1の合成2次元画像生成部68は、上記ステップS202で生成した複数の第1の断層画像 86_1 のうちの少なくとも一部を合成した第1の合成2次元画像を生成する。

40

【0103】

次のステップS206で第2の断層画像生成部70は、第2の断層画像 86_2 を生成する。上述したように、本実施形態の第2の断層画像生成部70は、上記ステップS200で取得した投影画像群に含まれる投影画像のうちの、第2の照射角度範囲 AR_2 のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像 $84_5 \sim 84_9$ を用いて被写体の全体が写る複数の第2の断層画像 86_2 を生成する。

50

【 0 1 0 4 】

次のステップ S 2 0 8 で第 2 の合成 2 次元画像生成部 7 2 は、第 2 の合成 2 次元画像を生成する。上述したように、本実施形態の第 2 の合成 2 次元画像生成部 7 2 は、上記ステップ S 2 0 6 で生成した複数の第 2 の断層画像 8 6 2 のうちの少なくとも一部を合成した第 2 の合成 2 次元画像を生成する。

【 0 1 0 5 】

次のステップ S 2 1 0 で表示制御部 7 4 は、各種の放射線画像を表示させる。具体的には、上記ステップ S 2 0 2 で生成した第 1 の断層画像 8 6 1、上記ステップ S 2 0 4 で生成した第 1 の合成 2 次元画像、上記ステップ S 2 0 6 で生成した複数の第 2 の断層画像 8 6 2、及び上記ステップ S 2 0 8 で生成した第 2 の合成 2 次元画像を表示部 5 8 に表示させる制御を行う。

10

【 0 1 0 6 】

一例として本実施形態の表示制御部 7 4 は、まず、表示部 5 8 に、第 1 の断層画像 8 6 1 及び第 2 の断層画像 8 6 2 を並べて表示させる。図 1 0 A には、第 1 の断層画像 8 6 1 及び第 2 の断層画像 8 6 2 が表示部 5 8 に表示された状態の一例を示す。図 1 0 A に示すように、表示部 5 8 には、1 枚の第 1 の断層画像 8 6 1、及びスライダバー 9 0 1 が表示される。ユーザが操作部 5 6 を操作してスライダバー 9 0 1 のバーをスライダに沿って移動させると、バーの位置に応じた高さの第 1 の断層画像 8 6 1 が表示部 5 8 に表示される。また、表示部 5 8 には、1 枚の第 2 の断層画像 8 6 2、及びスライダバー 9 0 2 が表示される。ユーザが操作部 5 6 を操作してスライダバー 9 0 2 のバーをスライダに沿って移動させると、バーの位置に応じた高さの第 2 の断層画像 8 6 2 が表示部 5 8 に表示される。なお、本実施形態の表示制御部 7 4 は、表示部 5 8 に表示される第 1 の断層画像 8 6 1 及び第 2 の断層画像 8 6 2 の断層面を揃える制御を行う。換言すると、表示制御部 7 4 は、表示部 5 8 に表示される第 1 の断層画像 8 6 1 及び第 2 の断層画像 8 6 2 の高さを揃える制御を行う。そのため、ユーザがスライダバー 9 0 1 及びスライダバー 9 0 2 のいずれか一方を操作して表示部 5 8 に表示される第 1 の断層画像 8 6 1 及び第 2 の断層画像 8 6 2 のいずれか一方の高さを変更した場合、表示部 5 8 に表示される第 1 の断層画像 8 6 1 及び第 2 の断層画像 8 6 2 の他方の高さも変更される。なお、本実施形態と異なり、表示部 5 8 に表示される第 1 の断層画像 8 6 1 及び第 2 の断層画像 8 6 2 の断層面を異ならせる形態であってもよいし、断層面を揃えるか否かについてユーザによる切替が可能であってもよい。

20

30

【 0 1 0 7 】

また、図 1 0 A に示すように、本実施形態の表示制御部 7 4 は、第 1 の断層画像 8 6 1 を表示する場合、第 1 の断層画像 8 6 1 上に、第 1 の断層画像 8 6 1 における再構成領域 8 5 1 を示す再構成領域情報 8 7 を重畳させて表示させる。このように、第 1 の断層画像 8 6 1 上に再構成領域 8 5 1 を表す再構成領域情報 8 7 を表示させることにより、ユーザは、第 1 の断層画像 8 6 1 及び第 2 の断層画像 8 6 2 の対比が行い易くなる。なお、本実施形態の再構成領域情報 8 7 が、本開示の被写体の範囲を表す情報の一例である。

【 0 1 0 8 】

また、図 1 0 A に示すように、本実施形態の表示制御部 7 4 は、切替ボタン 9 2 1、9 2 2 を表示部 5 8 に表示させる。表示制御部 7 4 は、ユーザが操作部 5 6 を用いて行った切替ボタン 9 2 1 の操作を受け付けた場合、表示部 5 8 に表示される放射線画像を、第 1 の断層画像 8 6 1 及び第 1 の合成 2 次元画像 8 8 1 のうち的一方から他方に切り替える制御を行う。図 1 0 A に示した状態において切替ボタン 9 2 1 をユーザが操作した場合、図 1 0 B に示すように表示部 5 8 には、第 1 の断層画像 8 6 1 に代えて第 1 の合成 2 次元画像 8 8 1 を表示部 5 8 に表示させる。一方、表示制御部 7 4 は、ユーザが操作部 5 6 を用いて行った切替ボタン 9 2 2 の操作を受け付けた場合、表示部 5 8 に表示される放射線画像を、第 2 の断層画像 8 6 2 及び第 2 の合成 2 次元画像 8 8 2 のうち的一方から他方に切り替える制御を行う。図 1 0 A に示した状態において切替ボタン 9 2 2 をユーザが操作した場合、図 1 0 C に示すように表示部 5 8 には、第 2 の断層画像 8 6 2 に代えて第 2 の合

40

50

成 2 次元画像 8 8₂ を表示部 5 8 に表示させる。図 1 0 C に示した例では、第 2 の合成 2 次元画像 8 8₂ 上に再構成領域情報 8 7 を表示させた形態を示している。このように、第 2 の合成 2 次元画像 8 8₂ 上にも再構成領域情報 8 7 を表示させることにより、ユーザは、第 1 の断層画像 8 6₁ または第 1 の合成 2 次元画像 8 8₁ と、第 2 の合成 2 次元画像 8 8₂ との対比が行い易くなる。

【 0 1 0 9 】

このようにしてステップ S 2 1 0 の処理が終了すると、図 9 に示した画像処理が終了する。

【 0 1 1 0 】

以上説明したように、上記形態のコンソール 1 2 は、照射角度が異なる複数の照射位置 8 0 の各々から放射線源 2 9 により乳房に向けて放射線 R を照射して照射位置 8 0 毎に乳房の投影画像 8 4 を撮影するトモシンセシス撮影を行うマンモグラフィ装置 1 0 に用いられる。コンソール 1 2 は、少なくとも 1 つのプロセッサとして CPU 5 0 A を備える。CPU 5 0 A は、複数の照射位置 8 0 のうち、それぞれで得られた投影画像 8 4 を用いて断層画像 8 6 を生成した場合に乳房の全体が写る断層画像 8 6 を得ることが可能な照射角度範囲である全体撮影用照射角度範囲 A R_a よりも広い照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像 8 4 を含む投影画像群を取得する。CPU 5 0 A は、投影画像群に含まれる投影画像 8 4 のうちの、全体撮影用照射角度範囲 A R_a よりも広い第 1 の照射角度範囲 A R₁ のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像 8 4₁ ~ 8 4₁₃ を用いて乳房の一部が写る複数の第 1 の断層画像 8 6₁ を生成する。CPU 5 0 A は、投影画像群に含まれる投影画像 8 4 のうちの、全体撮影用照射角度範囲 A R_a 以下の第 2 の照射角度範囲 A R₂ のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像 8 4₅ ~ 8 4₉ を用いて乳房の全体が写る複数の第 1 の断層画像 8 6₁ を生成する。

【 0 1 1 1 】

このように上記形態のコンソール 1 2 は、全体撮影用照射角度範囲 A R_a よりも広い照射角度範囲のトモシンセシス撮影により得られた投影画像群から、2 種類の断層画像 8 6 を生成する。1 つ目の断層画像 8 6 は、全体撮影用照射角度範囲 A R_a よりも広い第 1 の照射角度範囲 A R₁ のトモシンセシス撮影に応じた第 1 の断層画像 8 6₁ である。第 1 の照射角度範囲 A R₁ は全体撮影用照射角度範囲 A R_a よりも広いため、第 1 の断層画像 8 6₁ は、被写体の一部が写る画像となるが、高分解能な画像となる。2 つ目の断層画像 8 6 は、全体撮影用照射角度範囲 A R_a 以下の第 2 の照射角度範囲 A R₂ のトモシンセシス撮影に応じた第 2 の断層画像 8 6₂ である。第 2 の照射角度範囲 A R₂ が全体撮影用照射角度範囲 A R_a 以下であるため、第 2 の断層画像 8 6₂ は、第 1 の断層画像 8 6₁ よりも分解能が下がるが、被写体の全体が写る画像となる。

【 0 1 1 2 】

従って、上記形態のコンソール 1 2 によれば、全てを用いて生成した場合に被写体全体が写らなくなる照射角度範囲のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像を含む投影画像群から、高分解能な断層画像と、被写体全体が写った断層画像とを生成することができる。

【 0 1 1 3 】

また、上記形態では、1 回のトモシンセシス撮影により、第 1 の照射角度範囲 A R₁ によるトモシンセシス撮影と、第 2 の照射角度範囲 A R₂ によるトモシンセシス撮影を行うことができる。そのため、第 1 の照射角度範囲 A R₁ によるトモシンセシス撮影と、第 2 の照射角度範囲 A R₂ によるトモシンセシス撮影とを別々に行う形態、すなわちトモシンセシス撮影を 2 回行う形態により、2 つのトモシンセシス撮影が終了するまでの時間を短くすることができる。また、撮影が終了するまでの時間を抑制することにより、被写体の体動を抑制することができる。

【 0 1 1 4 】

なお、本実施形態において「1 回のトモシンセシス撮影」とは、少なくとも、乳房を圧迫板 3 8 により圧迫したままで行われるトモシンセシス撮影のことをいう。そのため、乳

10

20

30

40

50

乳房を圧迫板 38 により圧迫した状態で第 1 の照射角度範囲 AR_1 のトモシンセシス撮影を行った後、乳房を圧迫板 38 により圧迫したままで、第 2 の照射角度範囲 AR_2 のトモシンセシス撮影を行う場合も含む。または、「1 回のトモシンセシス撮影」とは、撮影メニュー等により、開始位置として定められた照射位置 80 における投影画像 84 の撮影の開始から、終了位置として定められた照射位置 80 における投影画像 84 の撮影が終了するまでに行われたトモシンセシス撮影のことをいう。

【0115】

図 11 を参照して 1 回のトモシンセシス撮影について、上記形態と異なる例について説明する。まず、圧迫板 38 (図 11 では図示を省略) により乳房 W を圧迫状態として、開始位置として定められた照射位置 80_1 から照射位置 80_{13} まで放射線源 29 を移動方向 M1 に移動させて第 1 の照射角度範囲 AR_1 によるトモシンセシス撮影を行う。続けて、圧迫板 38 により乳房 W を圧迫状態としたままで、放射線源 29 を照射位置 80_{13} から照射位置 80_9 まで移動方向 M2 に移動させる。放射線源 29 が照射位置 80_9 に至ると、乳房 W を圧迫状態としたままで照射位置 80_9 から終了位置として定められた照射位置 80_5 まで移動方向 M3 に移動させて第 2 の照射角度範囲 AR_2 によるトモシンセシス撮影を行う。このように乳房 W を圧迫板 38 により圧迫状態としたままで 2 種類のトモシンセシス撮影が行われるため、各トモシンセシス撮影の間で体動により乳房が動いてしまうのを抑制することができる。

【0116】

また、上記形態では、第 1 の照射角度範囲 AR_1 のトモシンセシス撮影により得られた投影画像 84₅ ~ 84₉ を第 2 の照射角度範囲 AR_2 のトモシンセシス撮影により得られた投影画像 84₅ ~ 84₉ として用いている。このように、上記形態のコンソール 12 では、1 つの投影画像 84 を第 1 の断層画像 86₁ 及び第 2 の断層画像 86₂ の生成に用いるため、トモシンセシス撮影全体における投影画像 84 の撮影回数を少なくすることができ、2 種類のトモシンセシス撮影が終了するまでのトモシンセシス撮影全体に係る時間を短くすることができる。

【0117】

なお、上記形態では、第 2 の照射角度範囲 AR_2 内の照射位置 80_5 ~ 80_9 により得られた投影画像 84₅ ~ 84₉ を、第 1 の断層画像 86₁ 及び第 2 の断層画像 86₂ の両方の生成に用いる形態について説明したが、本形態に限定されない。投影画像 84₅ ~ 84₉ の各々は、第 1 の断層画像 86₁ 及び第 2 の断層画像 86₂ のいずれか一方の生成に用いられる形態としてもよい。例えば、照射位置 80_6 、 80_8 は、第 1 の断層画像 86₁ の生成に用いられ、照射位置 80_5 、 80_7 、 80_9 は、第 2 の断層画像 86₂ の生成に用いられる形態としてもよい。換言すると、第 1 の照射角度範囲 AR_1 内の照射位置 80 を、照射位置 80_1 ~ 80_4 、 80_6 、 80_8 、 80_{10} ~ 80_{13} とし、第 2 の照射角度範囲 AR_2 内の照射位置 80 を、照射位置 80_5 、 80_7 、 80_9 とする形態としてもよい。

【0118】

また、上記形態では、マンモグラフィ装置 10 の放射線源 29 が 1 つの放射線管 27 を備え、放射線源 29 を各照射位置 80 に移動させることによりトモシンセシス撮影を行う形態について説明したが、複数の放射線管 27 を備える放射線源 29 を用い、放射線源 29 を移動させずにトモシンセシス撮影を行う形態としてもよい。図 12 には、複数の放射線管 27 を備えた放射線源 29 の一例を示す。なお、図 12 では、9 個の放射線管 27 を祖阿寝た放射線源 29 を示しているが、放射線源 29 が備える放射線管 27 の数は、本形態に限定されない。9 つの放射線管 27 は、3 つずつ分割してハウジング 32₁ ~ 32₃ に収容されている。3 つのハウジング 32₁ ~ 32₃ は、線源収容部 30 に収容された状態で放射線照射部 28 に配置される。

【0119】

マンモグラフィ装置 10 においてトモシンセシス撮影を行う場合、放射線照射部 28 の放射線源 29 は、アーム部 33 の回転により順次、照射角度が異なる複数の照射位置の各々に移動される。放射線源 29 は、放射線 R を発生する放射線管 27 を有しており、放射

10

20

30

40

50

線源 29 の移動に応じて、放射線管 27 が複数の照射位置の各々に移動される。

【0120】

図 13 には、図 12 に示した放射線源 29 を用いて行われるトモシンセシス撮影の一例を説明するための図を示す。なお、図 13 では、圧迫板 38 の図示を省略している。本実施形態では、図 13 に示すように放射線源 29 の放射線管 27₁ ~ 27_j (j = 2、・・・、図 13 では最大値は 9) の各々は、予め定められた照射位置 80_j に配置されている。換言すると、図 13 に示した例では、放射線管 27₁ ~ 27₉ は、放射線検出器 20 の検出面 20A に対する放射線 R の入射角度が異なる照射位置 80₁ ~ 80₉ に各々配置されている。各照射位置 80₁ ~ 80₉ において、コンソール 12 の指示により放射線源 29 から放射線 R が乳房 W に向けて順次、照射され、放射線検出器 20 により投影画像が撮影される。放射線画像撮影システム 1 では、放射線管 27₁ ~ 27₉ から放射線 R を順次照射させて、投影画像 84₁ ~ 84₉ の撮影を順次行う。図 13 の例では、9 枚の投影画像が得られる。

10

【0121】

照射角度範囲が全体撮影用照射角度範囲 AR_a よりも広い第 1 の照射角度範囲 AR_1 の場合、照射位置 80₁ ~ 80₉ の各々において得られる投影画像 84₁ ~ 84₉ に含まれる被写体の領域 82₁ ~ 82₉ に共通する部分領域 83₁ が第 1 の断層画像 86₁ を生成する際の再構成領域 85₁ に対応する。部分領域 83₁、すなわち再構成領域 85₁ は、投影画像 84₁ ~ 84₉ に含まれる被写体の領域 82₁ ~ 82₉ に比して小さくなる。従って、本形態においても、第 1 の断層画像 86₁ は、被写体の一部が写った画像となる。例えば、図 13 には、被写体である乳房 W の一部が写る第 1 の断層画像 86₁ が示されている。

20

【0122】

第 1 の照射角度範囲 AR_1 は、全体撮影用照射角度範囲 AR_a よりも広い場合、第 1 の照射角度範囲 AR_1 のトモシンセシス撮影で得られた複数の投影画像 84₁ ~ 84₉ を用いて生成された第 1 の断層画像 86₁ は、高分解能な画像となる。

【0123】

一方、照射角度範囲が全体撮影用照射角度範囲 AR_a 以下の場合、断層画像 86 における再構成領域 85 が被写体の領域 82₇ と同等となるため、断層画像 86 は、被写体の一部が写った画像となる。

【0124】

また、照射角度範囲が第 2 の照射角度範囲 AR_2 の場合、照射位置 80₄ ~ 80₆ の各々において得られる投影画像 84₄ ~ 84₆ に含まれる被写体の領域 82₄ ~ 82₆ に共通する部分領域 83₂ が第 2 の断層画像 86₂ を生成する際の再構成領域 85₂ に対応する。部分領域 83₂、すなわち再構成領域 85₂ は、投影画像 84₄ ~ 84₆ に含まれる被写体の領域 82₄ ~ 82₆ と同等である。そのため、本形態においても、第 2 の断層画像 86₂ は、被写体全体が写った画像となる。例えば、図 13 には、被写体である乳房 W の全体が写る第 2 の断層画像 86₂ が示されている。

30

【0125】

このように、放射線源 29 が複数の放射線管 27 を備え、複数の放射線管 27 の各々が照射位置 80 に配置されている場合、放射線源 29、すなわち放射線管 27 を各照射位置 80 に移動させずともトモシンセシス撮影を行うことができる。なお、図 13 に示した例では、放射線管 27₁ ~ 27₉ が直線的に並んだ形態を示したが、放射線管 27₁ ~ 27₉ の具体的な配置は本形態に限定されない。例えば、放射線管 27₁ ~ 27₉ において、焦点と検出面 20A の中心等予め設定された位置とを結ぶ軸の長さが共通となる状態に、放射線管 27₁ ~ 27₉ が配置された形態としてもよい。この場合、放射線管 27₁ ~ 27₉ が配置された位置が、照射位置 80 となるため、図 2 に示した照射位置 80₁ ~ 80₁₃ 等のように円弧を描くように放射線管 27₁ ~ 27₉ が配置される。

40

【0126】

なお、上記形態では、コンソール 12 が本開示の画像処理装置及び撮影制御装置の一例である形態について説明したが、コンソール 12 以外の装置が本開示の画像処理装置及び

50

撮影制御装置の機能を備えていてもよい。換言すると、情報取得部 6 0、照射角度範囲制御部 6 2、画像取得部 6 4、第 1 の断層画像生成部 6 6、第 1 の合成 2 次元画像生成部 6 8、第 2 の断層画像生成部 7 0、第 2 の合成 2 次元画像生成部 7 2、及び表示制御部 7 4 の機能の一部または全部をコンソール 1 2 以外の、例えばマンモグラフィ装置 1 0 や、外部の装置等が備えていてもよい。また、上記形態では、画像処理装置及び撮影制御装置の機能を 1 台の装置が備える形態について説明したが、画像処理装置及び撮影制御装置の機能を各々異なる装置が備える形態であってもよい。また例えば、画像処理装置及び撮影制御装置の機能の一部または全部をコンソール 1 2 以外の装置が備えていてもよいし、コンソール 1 2 も含む複数の装置が備えていてもよい。

【 0 1 2 7 】

また、上記形態では、本開示の被写体の一例として乳房を適用し、本開示の放射線画像撮影装置の一例として、マンモグラフィ装置 1 0 を適用した形態について説明したが、被写体は乳房に限定されず、また放射線画像撮影装置はマンモグラフィ装置に限定されない。例えば、被写体は胸部や腹部等であってもよいし、放射線画像撮影装置はマンモグラフィ装置以外の放射線画像撮影装置を適用する形態であってもよい。

【 0 1 2 8 】

また、上記形態において、例えば、情報取得部 6 0、照射角度範囲制御部 6 2、画像取得部 6 4、第 1 の断層画像生成部 6 6、第 1 の合成 2 次元画像生成部 6 8、第 2 の断層画像生成部 7 0、第 2 の合成 2 次元画像生成部 7 2、及び表示制御部 7 4 といった各種の処理を実行する処理部 (processing unit) のハードウェア的な構造としては、次に示す各種のプロセッサ (processor) を用いることができる。上記各種のプロセッサには、前述したように、ソフトウェア (プログラム) を実行して各種の処理部として機能する汎用的なプロセッサである CPU に加えて、 F P G A (Field Programmable Gate Array) 等の製造後に回路構成を変更可能なプロセッサであるプログラマブルロジックデバイス (Programmable Logic Device : PLD)、 A S I C (Application Specific Integrated Circuit) 等の特定の処理を実行させるために専用に設計された回路構成を有するプロセッサである専用電気回路等が含まれる。

【 0 1 2 9 】

1 つの処理部は、これらの各種のプロセッサのうちの 1 つで構成されてもよいし、同種又は異種の 2 つ以上のプロセッサの組み合わせ (例えば、複数の F P G A の組み合わせや、 CPU と F P G A との組み合わせ) で構成されてもよい。また、複数の処理部を 1 つのプロセッサで構成してもよい。

【 0 1 3 0 】

複数の処理部を 1 つのプロセッサで構成する例としては、第 1 に、クライアント及びサーバ等のコンピュータに代表されるように、 1 つ以上の CPU とソフトウェアの組み合わせで 1 つのプロセッサを構成し、このプロセッサが複数の処理部として機能する形態がある。第 2 に、システムオンチップ (System On Chip : SoC) 等に代表されるように、複数の処理部を含むシステム全体の機能を 1 つの IC (Integrated Circuit) チップで実現するプロセッサを使用する形態がある。このように、各種の処理部は、ハードウェア的な構造として、上記各種のプロセッサの 1 つ以上を用いて構成される。

【 0 1 3 1 】

更に、これらの各種のプロセッサのハードウェア的な構造としては、より具体的には、半導体素子などの回路素子を組み合わせた電気回路 (circuitry) を用いることができる。

【 0 1 3 2 】

また、上記各形態では、撮影プログラム 4 1 が ROM 4 0 B に予め記憶 (インストール) されており、また撮影制御プログラム 5 1 A 及び画像生成プログラム 5 1 B が ROM 5 0 B に予め記憶 (インストール) されている態様を説明したが、これに限定されない。撮影プログラム 4 1、撮影制御プログラム 5 1 A、画像生成プログラム 5 1 B の各々は、 C D - ROM (Compact Disc Read Only Memory)、 D V D - ROM (Digital Versatile Disc Read Only Memory)、及び U S B (Universal Serial Bus) メモリ等の記録

10

20

30

40

50

媒体に記録された形態で提供されてもよい。また、撮影プログラム 4 1、撮影制御プログラム 5 1 A、画像生成プログラム 5 1 B の各々は、ネットワークを介して外部装置からダウンロードされる形態としてもよい。

【符号の説明】

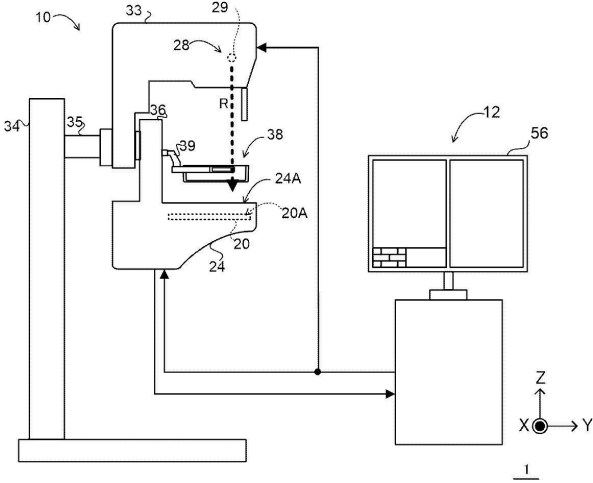
【 0 1 3 3 】

1	放射線画像撮影システム		
1 0	マンモグラフィ装置		
1 2	コンソール		
2 0	放射線検出器、2 0 A 検出面		
2 4	撮影台、2 4 A 撮影面	10	
2 7、2 7 ₁ ~ 2 7 ₉	放射線管		
2 8	放射線照射部		
2 9	放射線源		
3 0	線源収容部		
3 2 ₁ ~ 3 2 ₃	ハウジング		
3 3	アーム部		
3 4	基台		
3 5	軸部		
3 6	圧迫ユニット		
3 8	圧迫板	20	
3 9	支持部		
4 0 A、5 0 A	C P U、4 0 B、5 0 B	R O M、4 0 C、5 0 C	R A M
4 1	撮影プログラム		
4 2、5 2	記憶部		
4 4、5 4	I / F 部		
4 6、5 6	操作部		
4 7	線源移動部		
4 9、5 9	バス		
5 1 A	撮影制御プログラム、5 1 B	画像生成プログラム	
5 8	表示部	30	
6 0	情報取得部		
6 2	照射角度範囲制御部		
6 4	画像取得部		
6 6	第 1 の断層画像生成部		
6 8	第 1 の合成 2 次元画像生成部		
7 0	第 2 の断層画像生成部		
7 2	第 2 の合成 2 次元画像生成部		
7 4	表示制御部		
8 0 ₁ ~ 8 0 ₁₃ 、8 0 _H 、8 0 _L	照射位置		
8 2 ₁ 、8 2 ₅ 、8 2 ₇ 、8 2 ₉ 、8 2 ₁₃	被写体の領域	40	
8 3 ₁ 、8 3 ₂	部分領域		
8 4 ₁ 、8 4 ₅ 、8 4 ₇ 、8 4 ₉ 、8 4 ₁₃	投影画像		
8 5 ₁ 8 5 ₂	再構成領域		
8 6 ₁ 第 1 の断層画像、8 6 ₂ 第 2 の断層画像			
8 7	再構成領域情報		
8 8 ₁ 第 1 の合成 2 次元画像、8 8 ₂ 第 2 の合成 2 次元画像			
9 0 ₁ 、9 0 ₂	スライダバー		
9 2 ₁ 、9 2 ₂	切替ボタン		
A R ₁ 第 1 の照射角度範囲、A R ₂ 第 2 の照射角度範囲、A R _a	全体撮影用照射角度範囲		
C L	法線	50	

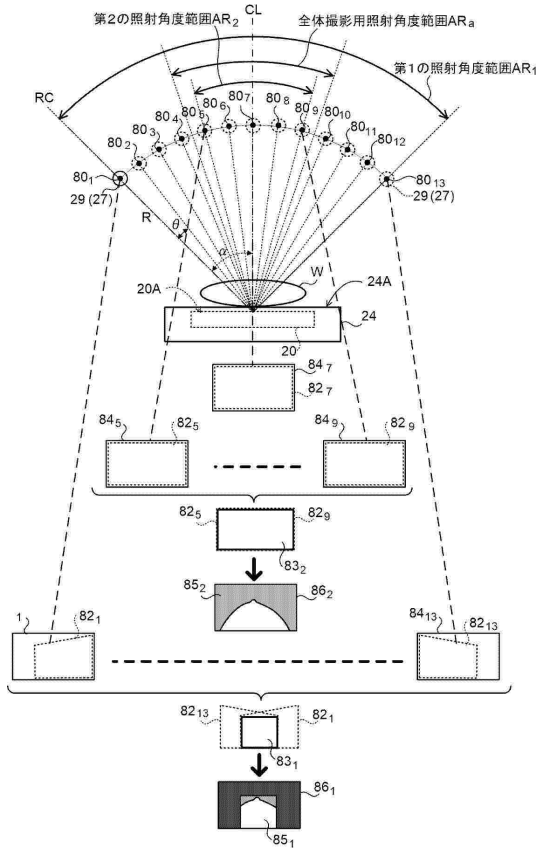
H 1、H 2 厚み
 L 1、L 2 幅
 M 1 ~ M 3 移動方向
 R 放射線、R₇、R_H、R_L 領域
 R C 放射線軸
 W、W_{H1}、W_{H2}、W_{L1}、W_{L2} 乳房
 角度

【図面】

【図 1】



【図 2】



10

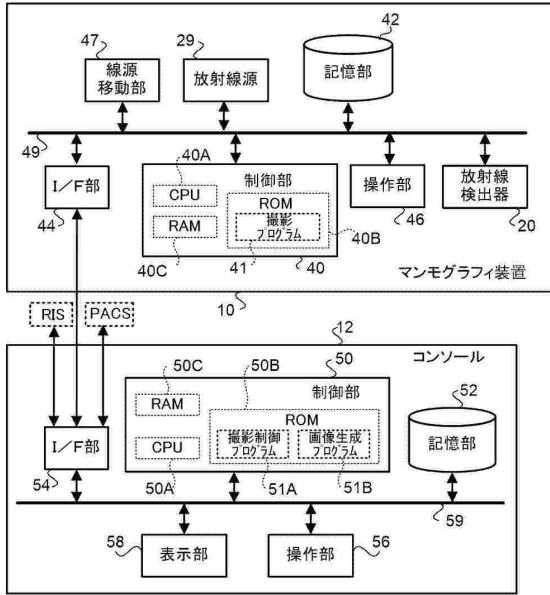
20

30

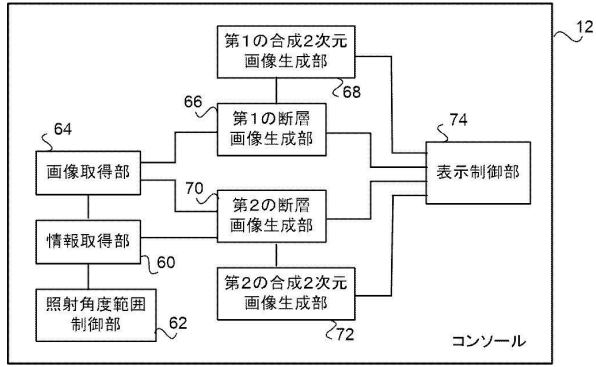
40

50

【図3】



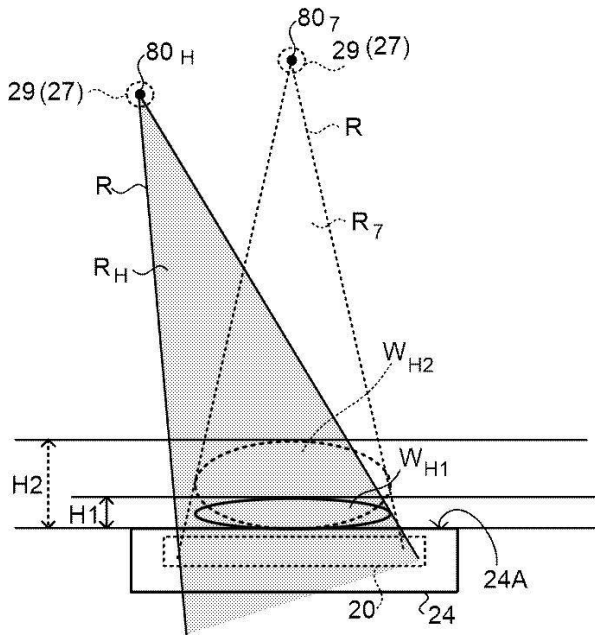
【図4】



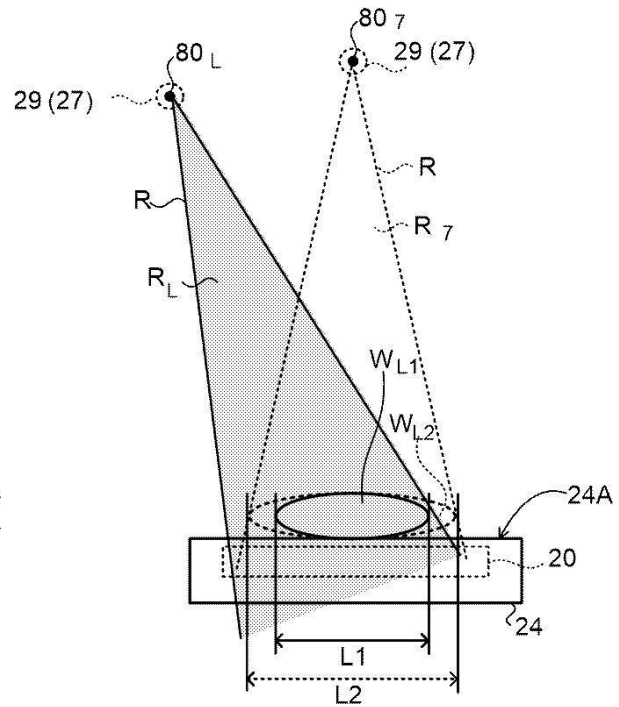
10

1

【図5】



【図6】



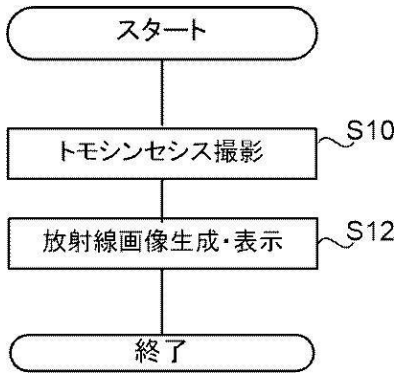
20

30

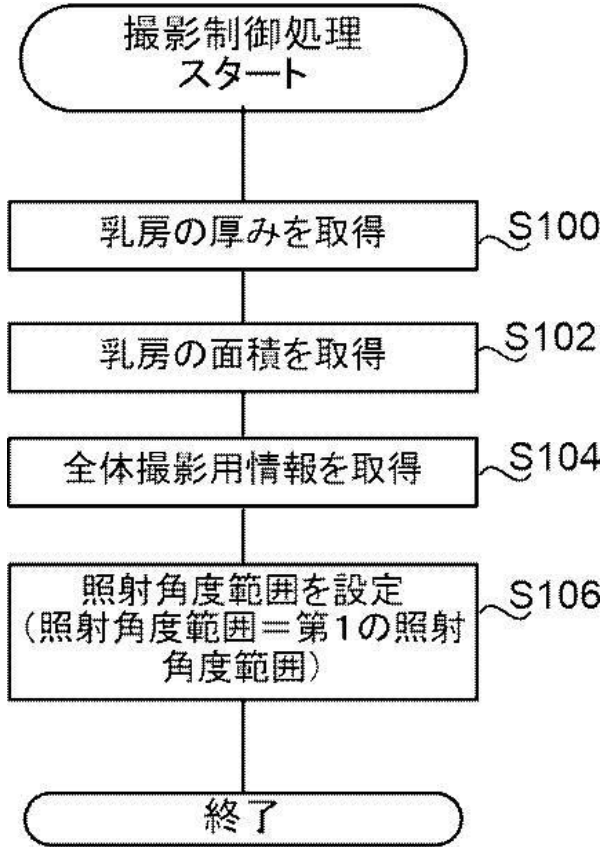
40

50

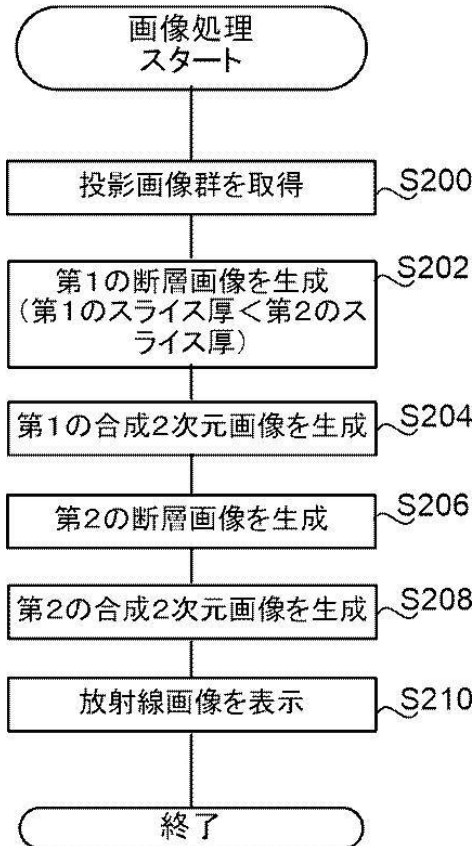
【図7】



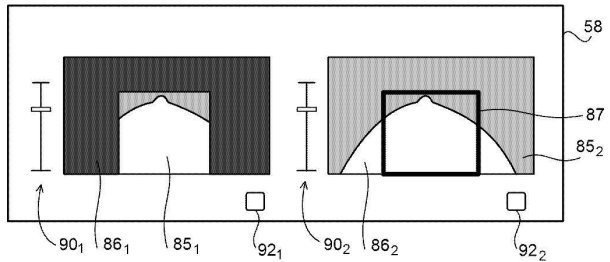
【図8】



【図9】



【図10A】



10

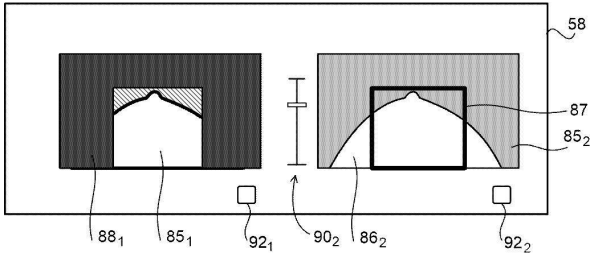
20

30

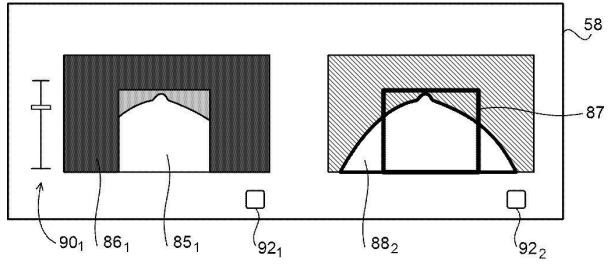
40

50

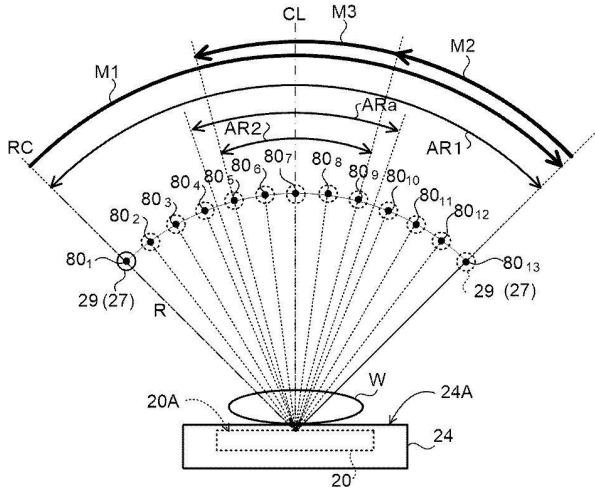
【図 10 B】



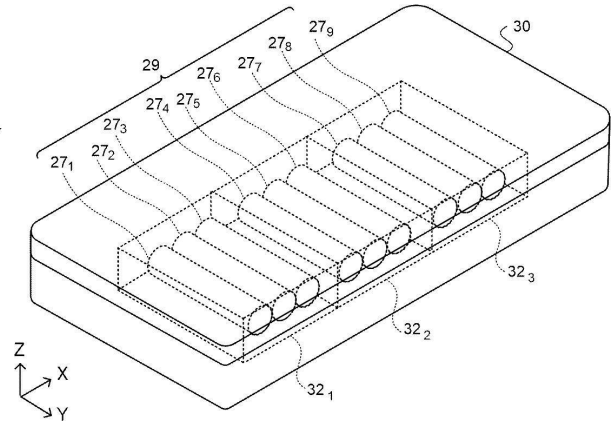
【図 10 C】



【図 11】



【図 12】



10

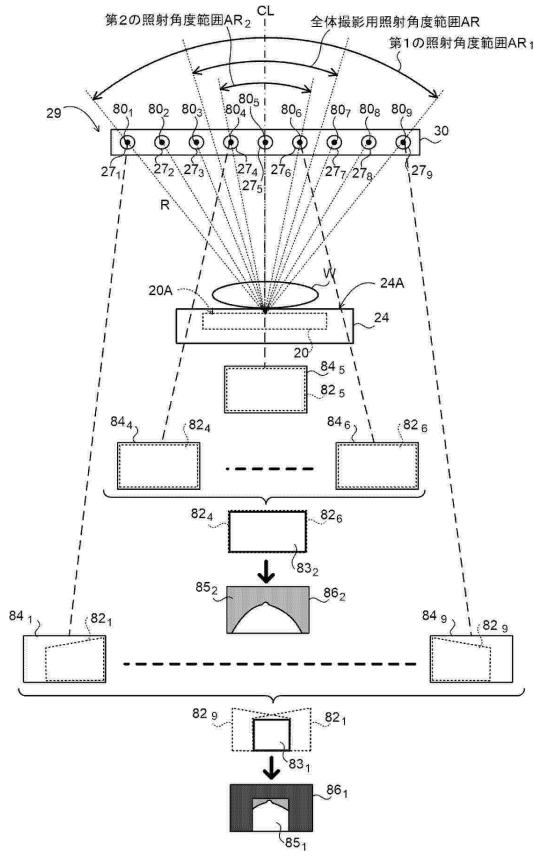
20

30

40

50

【図13】



10

20

30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特表 2016 - 532474 (JP, A)
特開 2014 - 068752 (JP, A)
特開 2013 - 150304 (JP, A)
国際公開第 2019 / 017442 (WO, A1)
特開 2021 - 019930 (JP, A)
特開 2020 - 048993 (JP, A)
米国特許出願公開第 2015 / 0036796 (US, A1)
特開 2021 - 019931 (JP, A)
特開 2018 - 057694 (JP, A)
国際公開第 2015 / 147008 (WO, A1)
特開 2017 - 176509 (JP, A)
特表 2015 - 506794 (JP, A)
特開 2018 - 047256 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
A61B 6 / 00 - 6 / 58