

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6050827号
(P6050827)

(45) 発行日 平成28年12月21日 (2016.12.21)

(24) 登録日 平成28年12月2日 (2016.12.2)

(51) Int. Cl.	F I
A 6 1 B 6/00 (2006.01)	A 6 1 B 6/00 3 7 O
A 6 1 B 6/04 (2006.01)	A 6 1 B 6/00 3 3 O Z
A 6 1 B 6/02 (2006.01)	A 6 1 B 6/04 3 0 9 B
	A 6 1 B 6/02 3 5 3 Z

請求項の数 12 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-542962 (P2014-542962)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成24年11月13日 (2012.11.13)		コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ
(65) 公表番号	特表2014-533571 (P2014-533571A)		KONINKLIJKE PHILIPS N. V.
(43) 公表日	平成26年12月15日 (2014.12.15)		オランダ国 5656 アーエー アイン ドーフエン ハイテック キャンパス 5
(86) 国際出願番号	PCT/IB2012/056382		High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven
(87) 国際公開番号	W02013/076616		
(87) 国際公開日	平成25年5月30日 (2013.5.30)	(74) 代理人	100107766
審査請求日	平成27年11月10日 (2015.11.10)		弁理士 伊東 忠重
(31) 優先権主張番号	61/563,091	(74) 代理人	100070150
(32) 優先日	平成23年11月23日 (2011.11.23)		弁理士 伊東 忠彦
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 X線投影及び光トモグラフィーを使用して軟性体組織を撮像する方法及びデバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

X線投影を使用して、軟性体組織の興味対象領域の第1の画像のための第1画像データを取得するステップ；

光トモグラフィーを使用して、前記軟性体組織の前記興味対象領域の第2の画像のための第2画像データを取得するステップ；

取得した第1画像データから前記興味対象領域における軟性体組織の推定されるバルク光学特性を誘導するステップ；

前記推定されるバルク光学特性を使用して、前記第2画像データから前記第2の画像を再構成するステップ；及び

X線投影を使用して、前記軟性体組織の興味対象領域の第3の画像のための第3画像データを取得するステップ；

を有する、軟性体組織を撮像する方法であって、

前記第1画像データは、第1の圧迫状態にある軟性体組織により取得され、前記第2及び第3画像データは、前記第1の圧迫状態におけるよりも低い圧迫における異なる第2の圧迫状態にある前記軟性体組織により取得される、

方法。

【請求項 2】

さらに：

前記第1画像データ及び前記第3画像データを弾性的に登録するステップであって、そ

れにより前記軟性体組織の第 1 及び第 2 の圧迫状態に関して優先変形を誘導する、ステップ；

を有する、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

さらに：

前記優先変形を使用して、以前に誘導されたバルク推定光学特性を変形するステップ；
及び

このように変形されたバルク光学特性をさらに使用して、前記第 2 画像データから第 2 の画像を再構成するステップ；

を有する、請求項 2 に記載の方法。

10

【請求項 4】

前記第 1 画像データは、X 線エネルギー、X 線スペクトル及び / 又は X 線量についての第 1 の設定により取得される、及び

前記第 3 画像データは、X 線エネルギー、X 線スペクトル及び / 又は X 線量についての異なる第 2 の設定により取得される、

請求項 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5】

さらに：

前記取得した第 1 画像データ及び前記取得した第 3 画像データを考慮して、興味対象領域における前記軟性体組織の組織組成についての推定される情報を誘導するステップ；
及び

20

前記組織組成についての推定される情報から、興味対象領域における軟性体組織の前記推定されるバルク光学特性を誘導するステップ；

このような推定されるバルク光学特性を使用して、前記第 2 画像データから前記第 2 の画像を再構成するステップ；

を有する、請求項 4 に記載の方法。

【請求項 6】

拡散光トモグラフィーを使用して、前記第 2 画像データが取得される、請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 7】

30

さらに：

前記再構成された第 2 の画像から得られる 2 次元画像と前記第 1 の画像との登録された重畳を表示するステップ、

を有する、請求項 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 8】

請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の方法を実施するのに適合される撮像デバイス。

【請求項 9】

様々な圧迫状態における軟性体組織を圧迫する、軟性体組織コンプレッサ；

前記軟性体組織コンプレッサの対向する辺に配置された、X 線源及び X 線検出器；

前記軟性体組織コンプレッサの対向する辺に配置された、光トモグラフィー光源及び光
トモグラフィー光検出器；

40

請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の方法を実施するのに適合されたコンピュータ、
を有する、請求項 8 に記載の撮像デバイス。

【請求項 10】

前記デバイスは、軟性体組織コンプレッサ、X 線源、X 線検出器、光トモグラフィー光源及び光トモグラフィー光検出器の少なくとも 1 個を自動制御するように適合される、請求項 9 に記載の撮像デバイス。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の方法を実施するようにコンピュータに指示するための、コンピュータ読み取り可能命令を有する、コンピュータプログラム。

50

【請求項 1 2】

請求項 1 1 に記載のコンピュータプログラムを記憶させた、コンピュータ読み取り可能媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

発明の分野：

本発明は、軟性体組織（例えば女性の胸部）を撮像する方法及びデバイスに関する。さらにまた、本発明は、このような方法を実施するコンピュータプログラムプロダクト、及びこのようなコンピュータプログラムプロダクトを記憶させたコンピュータ読み取り可能媒体に関する。

10

【背景技術】

【0002】

本発明の背景：

軟性体組織（例えば女性の胸部）を検査可能にするため、及びおそらくはその中の腫瘍状組織を検出可能にするため、撮像方法が開発された。

【0003】

例えば、マンモグラフィー撮像は、胸部を貫通して投影される及び送信後に検出される X 線を使用する。それにより検出された X 線強度分布から、胸部内構造体のジオメトリ及び X 線吸収に関する情報を取得し得る。マンモグラフィー X 線投影により取得した画像は、典型的には 2 次元（2D）である。

20

【0004】

別の撮像技術として、光トモグラフィーが開発された。光トモグラフィーは、物体を貫通して透過し及び散乱した光から形成される 3 次元画像を再構成することにより、物体のデジタル容積測定モデルを生成する、コンピュータトモグラフィーの 1 タイプである。ここでは、光トモグラフィーは、物体は典型的には少なくとも部分的に光透過性もしくは半透過性であるという事実を使用する。従って、これらの技術は、例えば女性の胸部内に存在する、軟性組織に最適である。例えば拡散光トモグラフィー（DOT）において、近赤外スペクトルの光が軟性組織物体を透過し、伝播の後で検出される。検出される光強度のデータから、様々な組織タイプの異なる拡散特性のせいで、その軟性組織体積内の構造特性及び材料特性についての情報が取得され得る。例えば、酸素化ヘモグロビン及び脱酸素化ヘモグロビンの局所的濃度についての情報が DOT により得られるかもしれない。そのような情報は、興味対象領域における構成組織の機能特性についての追加の情報を取得可能にするかもしれない。このように取得された光トモグラフィー画像データから、3 次元（3D）画像は再構成され得る。例えば拡散光トモグラフィー技術の空間分解能は、典型的には、例えば数ミリメートルの範囲で、どちらかというと粗い。

30

【0005】

Qianqian Fang; Carp, S.A.; Selb, J.; Boverman, G.; Quan Zhang; Kopans, D.B.; Moore, R.H.; Miller, E.L.; Brooks, D.H.; Boas, D.A.; "Combined Optical Imaging and Mammography of the Healthy Breast: Optical Contrast Derived From Breast Structure and Compression," Medical Imaging, IEEE Transactions on, vol. 28, no. 1, pp. 30-42, Jan. 2009 doi: 10.1109/TMI.2008.925082 は、組み合わせた X 線マンモグラフィー / 拡散光胸部撮像を開示する。しかしながら、提案された取り組みは依然として、例えば画像品質及び / 又は患者の快適さに関する欠陥を被る。

40

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0006】**

本発明の要約：

例えば軟性体組織（例えば女性の胸部）を撮像する方法であって、前記軟性体組織の興味対象領域内で生じる構造体及び組織特性の改善された視覚化を可能にする方法、及びこのような方法を実施するデバイスが必要かもしれない。特に、例えば高空間分解能における軟性体組織に関する情報を提供する撮像方法及びデバイスが必要かもしれない。さらにまた、コンピュータ上でそのような方法を実施するのに適合されたコンピュータプログラムプロダクト、及び そのようなコンピュータプログラムプロダクトを記憶させたコンピュータ読み取り可能媒体が必要かもしれない。

10

【課題を解決するための手段】**【0007】**

先行技術の取り組みの不足からくるこれらの必要のいくつかは、独立請求項の主題によって満たされるかもしれない。本発明のさらなる実施形態は、従属請求項に定義される。

【0008】

本発明の第1の態様によると、以下のステップ：

- (a) X線投影を使用して、軟性体組織の興味対象領域の第1の画像のための第1画像データを取得するステップ；
- (b) 光トモグラフィーを使用して、軟性体組織の前記興味対象領域の第2の画像のための第2画像データを取得するステップ；
- (c) 取得した第1画像データから前記興味対象領域における軟性体組織の推定されるバルク光学特性を誘導するステップ；及び
- (d) 前記取得した推定されるバルク光学特性を使用して、前記第2画像データから前記第2の画像を再構成するステップ

20

を有する軟性体組織を撮像する方法が提案される。

【0009】

前記方法ステップは、示したのとは異なる順序で実施可能である。例えば、ステップ(a)及び(b)の順序を逆にしてよい。

【0010】

本発明の第1の態様の基本となる概念は、2つの異なる撮像タイプ（即ちX線投影撮像及び光トモグラフィー撮像）を使用して画像データを取得することによる相乗効果を達成することに見てとれる。該効果において撮像技術のそれぞれの利点を併せ持つだけでなく、さらに有利な効果が達成され得る。

30

【0011】

例えば、X線投影を使用して取得される第1画像データは、高空間分解能で放射線撮影された軟性体組織のX線吸収特性を表す2次元画像を規定し得るという事実から、利益が取られたのかもしれない。このような第1画像データから、軟性体組織のバルクにおける光学特性の推定が誘導されるかもしれない。このような情報は、次いで光トモグラフィー技術を使用して取得される第2画像データからの第2の画像の再構成を改善するのに使用し得る。典型的には、このような再構成において、再構成を開始する前に、通常、一定の前提（assumptions）を取らなければいけないので、第2の画像再構成は複雑かもしれない、不正確さを被るかもしれない。このような前提の決定は通常複雑で、正構成された画像に不正確さをもたらし得る。就中、このような前提は、光トモグラフィーを使用して撮像される軟性体組織内に存在するバルク光学特性に関係するかもしれない。なぜならこのようなバルク光学特性は、光トモグラフィー撮像に使用される光の伝播及び散乱に影響し得るからである。

40

【0012】

本書では、高空間分解能でのバルク光学特性取得を可能にする、前に取得したX線投影画像データから軟性体組織の推定されるバルク光学特性を取得することにより、このようなバルク光学特性の高品質推定を提供することが提案される。このような推定バルク光学

50

特性を使用すると、光トモグラフィー画像の再構成が改善されるかもしれず、及び就中、高空間分解能を示すかもしれない。

【 0 0 1 3 】

提案方法の実施形態は、具体的には女性の胸部を撮像するのに使用してよい。それから、マンモグラフィー X 線投影を使用して、第 1 画像データを取得してよく、その第 1 の画像はマンモグラムとも称してよい。女性の胸部のこのような撮像において、第 2 画像データは有利には拡散光トモグラフィー (DOT) を使用して取得される。DOT は、興味対象領域内で構成される組織についての機能情報を包含する 3 次元画像を規定し得る。

【 0 0 1 4 】

提案された撮像方法はさらに、X 線投影を使用する軟性体組織の興味対象領域の第 3 の画像に関する第 3 画像データを取得する追加のプロセスステップを有する。該方法において、第 1 画像データは、第 1 の圧迫状態にある軟性体組織に関して取得され、第 2 及び第 3 画像データは、前記第 1 の圧迫状態におけるよりも低い圧迫における異なる第 2 の圧迫状態にある軟性体組織に関して取得される。

【 0 0 1 5 】

第 3 画像データの取得は、光トモグラフィーにより取得した第 2 の画像の再構成をさらに改善し得る。特に、例えば胸部の高い圧迫における女性の胸部の第 1 画像データを取得すること、さらに胸部の低い圧迫における第 3 画像データを取得することは有益かもしれない。両画像データは X 線投影を使用して取得される。胸部の高い圧迫において、高品質のマンモグラム及び高い情報コンテンツが取得できるとは言え、その高い圧迫は患者にとって不快かもしれない。光トモグラフィーは比較的長い照明ピリオドを必要とするので、光トモグラフィーを使用する第 2 画像データは、胸部の低い圧迫で取得できる、それにより患者の快適性は相当に改善される。第 1 画像データと第 2 画像データとの相関を改善するため (これら第 1 及び第 2 画像データは異なる撮像技術を使用し、異なる圧迫状態で取得される)、第 3 画像データが更に取得される。これら第 3 画像データは、第 1 画像データと同じ技術で、第 2 画像データと同じ圧迫状態で取得される。

【 0 0 1 6 】

例えば、第 1 画像データ及び第 3 画像データは、互いに弾性的に登録され得る (elastically registered)。それにより、胸部の第 1 及び第 2 圧迫状態に関して、所謂「優先変形 (deformation prior)」が導き出される。この優先変形は、第 1 圧迫状態と第 2 圧迫状態の間でどのように検査軟性体組織が変形するのかについての情報を有し得る。このような情報は、引き続く第 2 画像データから第 2 の画像を再構成する際に、有利に使用可能である。

【 0 0 1 7 】

例えば、高い圧迫において取得される、第 1 画像データから導き出される軟性体組織のバルク推定光学特性は、その優先変形 (transformation prior) 内に含まれる情報を使用して、変形され得る。それで、さらにこのような変形バルク光学特性を使用しながら、第 2 の画像は、低い圧迫において取得された第 2 画像データから再構成され得る。

【 0 0 1 8 】

換言すると、軟性体組織の高い圧迫における X 線投影により取得された第 1 画像データから情報を導き出すことにより、バルク光学特性はまず推定され得るのであって、従って軟性体組織における局所吸収についての高解像度詳細な構造情報を有する。それから患者の快適性を改善するため、軟性体組織の圧迫を減らしてよく、第 2 及び第 3 画像データを、それぞれ光トモグラフィーを使用して及び X 線投影を使用して取得してよい。次いで、第 1 画像データ内に含まれる高品質情報を、バルク光学特性を推定するのに使用してよい。原則としてこのようなバルク光学特性は、低い圧迫で取得された第 3 画像データから誘導可能であったが、但し低い情報品質であった。なぜならそのような低い圧迫における X 線投影は典型的には、低い空間分解能及び / もしくは局所 X 線吸収についての少ない情報を有する画像をもたらすからである。従って、第 1 画像データから誘導されるバルク光学

10

20

30

40

50

特性についての詳細な情報が使用されるべきであり、次いで第2の低圧迫状態で求められた軟性体組織のジオメトリに変形される。そこにおいて、いずれもX線投影により（ただし異なる圧迫状態において）取得される第1画像データ及び第3画像データを記録することにより得られた情報を、高品質第1画像データから予め導き出された推定バルク光学特性を変形する際に優先変形として使用してよい。よって、バルク光学特性についての情報は高品質で維持されるが、第2の圧迫状態における軟性体組織により求められたジオメトリに変形される。その第2の圧迫状態においても、第2画像データが光トモグラフィーを使用して取得される。従って、このような変形バルク光学特性を使用して、第2の画像は、第2画像データから最終的に高品質で再構成され得る。

【0019】

10

提案された方法において、X線エネルギー、X線スペクトル及び/もしくはX線量に関する第1の設定により、第1画像データは取得され得、X線エネルギー、X線スペクトル及び/もしくはX線量に関する異なる第2の設定により、第3画像データは取得され得る。

【0020】

このような実施形態において、軟性体組織はX線投影に使用される放射線に関する様々な設定における様々なX線吸収特性を有し得るという事実から、利益が得られるかもしれない。換言すると、軟性体組織の特定のタイプは、軟性体組織の別のタイプとは異なる、様々なX線エネルギー、X線スペクトル及び/もしくはX線量における様々なX線吸収特性を有し得る。従って、第1画像データ及び第3画像データをそれぞれ取得する際に使用するX線放射に関する様々な設定を使用することにより、軟性体組織における組織タイプの局所分布についての追加情報が取得されるかもしれない。

20

【0021】

例えば、興味対象領域における軟性体組織の組織組成についての推定情報は、取得された第1画像データ及び取得された第3画像データを考慮して、誘導されてよい。引き続き、興味対象領域における軟性体組織の推定バルク光学特性は、前記組織組成についての推定情報から誘導されてよい。最後に、このような推定バルク光学特性を使用する第2画像データから、第2の画像は再構成され得る。

【0022】

従って、このような実施形態において、X線投影による単一データ取得、即ち第1画像データに基づくだけでなく、また様々なX線設定におけるX線投影を使用する2つのデータ取得に基づき、推定バルク光学特性は誘導され得る。これら2つの画像データから、追加情報（例えば軟性体組織の興味対象領域における組織組成に関する追加情報）が誘導され得る。興味対象領域内の光学特性は、とりわけ局所組織組成に依存し得るので、この追加情報は、興味対象領域のバルク光学特性のより正確な推定のために使用され得る。このように改善された推定は、第2の画像（即ち光トモグラフィー画像）の改善された再構成を可能にし得る。

30

【0023】

再構成した第2の画像は、第1の画像と一緒に表示され得る。両方の画像は、異なる情報コンテンツに関係し得る。例えば、第2の画像は、軟性体組織内の生理的機能についての情報を有し得、他方第1の画像は、軟性体組織内の構造体についての詳細なジオメトリ情報を有し得る。

40

【0024】

第1及び第2の画像は、再構成した3次元第2の画像から誘導される2次元第2の画像と、2次元第1の画像との登録された重畳として表示され得る。

【0025】

その中において2D第2の画像は、例えば、第1の画像がX線投影により取得される撮像面に対応する撮像面に関する3D第2の画像を介して2D投影を算出することにより、例えば再構成3D第2の画像から誘導され得る。あるいは、2D第2の画像は、例えば第1の画像が取得される撮像面に平行な平面内の3D第2の画像の2Dスライスを算出する

50

ことにより、例えば再構成 3 D 第 2 の画像から誘導され得る

第 1 及び第 2 の 2 D 画像は、軟性体組織の様々な圧迫状態において取得され得、従って軟性体組織内の興味対象領域の様々なジオメトリ状態に関係し得る間、これら 2 つの 2 D 画像は画像を登録後に重ね合わせられる。登録は、高い圧迫における軟性体組織の第 1 のジオメトリ状態で取得される第 1 の 2 D 画像から、第 2 画像データが取得された低い圧迫における軟性体組織の第 2 ジオメトリ状態への変形、またはその逆を有し得る。そのような変形後、両方の 2 D 画像を重ね合わせ、ユーザに対して表示してよく、それによりユーザによる単純化した画像分析を可能にする。

【 0 0 2 6 】

本発明のさらなる態様によれば、撮像デバイスが提案される。この撮像デバイスは、上記撮像方法の実施形態を行うのに適合される。

【 0 0 2 7 】

例えば撮像デバイスは、様々な圧迫状態で軟性体組織を圧迫するための軟性体組織コンプレッサを有し得る。さらにまた、前記軟性体組織コンプレッサの対向する辺に配置された、線源及び X 線、並びに前記軟性体組織コンプレッサの対向する辺に配置された、光トモグラフィー光源及び光トモグラフィー光検出器を備える。さらにまた、その実施形態の 1 つにおける上記方法を実施するように適合したコンピュータを、前記撮像デバイス内に備える。

【 0 0 2 8 】

撮像デバイスは、軟性体組織コンプレッサ、X 線源、X 線検出器、光トモグラフィー光源及び光トモグラフィー光検出器の少なくとも 1 個を自動制御するように適合され得る。

【 0 0 2 9 】

従って、撮像デバイスは、それぞれ X 線投影及び光トモグラフィーのための各手段を使用して、及びおそらくは軟性体組織コンプレッサを使用して軟性体組織を個別の様々な圧迫状態にして、第 1、第 2 及び任意には第 3 の画像を自動的に取得するように適合され得る。

【 0 0 3 0 】

本発明の第 3 の態様によると、上記方法の実施形態による方法を実施するようコンピュータに指示するための、コンピュータ読み取り可能命令を有するコンピュータプログラムプロダクトが提案される。このようなコンピュータプログラムプロダクトは、コンピュータ読み取り可能媒体に記憶され得る。コンピュータプログラムプロダクトは、各撮像手段から画像データを取得するため、そのようなデータを処理するため及びこのようなデータを最終的に出力するため（例えば視覚化のため）のいずれか好適なプログラミング言語のコンピュータ読み取り可能命令を使用してよい。コンピュータ読み取り可能媒体は、コンピュータ読み取り可能命令を記憶するために適合された媒体のいずれのタイプ（例えば CD、DVD、フラッシュメモリ等）でよい。

【 0 0 3 1 】

本発明の態様及び実施形態、可能な特徴 (features) 及びその利点は、様々な対象に関して本書に記載されることに注意されたい。特に、ある実施形態は、方法型請求項に関して記載されるが、他の実施形態はデバイス型請求項に関して記載される。しかしながら、当業者なら以前及び以後の記載から、特記されない限り、発明対象の 1 タイプに属する特徴のいずれの組み合わせに加えて、異なる発明対象に関する特徴どうし（特にデバイス型請求項の特徴と方法型請求項の特徴どうし）のいずれかの組み合わせが、本願により開示されるとみなされるということを理解する。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 2 】

図面の簡単な説明：

本発明の実施形態は、添付の図面を参照して以下に記載される。記載若しくは図面は、発明を限定するものとして解釈すべきではない。

【 図 1 】 図 1 は、本発明の一実施形態による撮像デバイスを示す。

10

20

30

40

50

【図 2】図 2 の (a) , (b) は、正常な圧迫及び減じた圧迫において取得されたマンモグラムを示す。図はもっぱら図式的なものであって、正確な縮尺率ではない。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 3 3 】

実施形態の詳細な説明：

図 1 は、以下にさらに詳細に記載されるような、本発明の実施形態による撮像方法を実施するのに使用し得る撮像デバイスを示す。撮像デバイス 1 は、様々な圧迫状態で及び様々な撮像モダリティにより女性の胸部 1 7 を撮像するように適合される。

【 0 0 3 4 】

撮像デバイス 1 は、図 1 に示すような垂直方向 2 3 に移動可能な圧迫パドル 1 3 を有する軟性体組織コンプレッサ 1 5 を含む。可動式圧迫パドル 1 3 を使用して、前記圧迫パドル 1 3 とハウジング 2 1 との間に挟まれた女性の胸部 1 7 は、図中でそれぞれ点線と実施線により図式的に示されるように、様々な圧迫状態に圧迫されてよい。

【 0 0 3 5 】

X 線源 3 及び X 線検出器 5 は、コンプレッサ 1 5 の対向する側に配置される。X 線が興味対象領域を透過し、次いで X 線検出器により検出されるように、X 線源 3 は、胸部 1 7 内の興味対象領域に向かって X 線を放射され得る。従って、マンモグラフィー X 線投影は取得され得る。

【 0 0 3 6 】

X 線源 3 から放射される X 線のエネルギー、スペクトル及び/もしくは線量に変更可能なように、X 線源 3 は、様々な操作条件（例えば、様々な加速電圧、電子フロー密度等）で操作され得る。その上さらに、フィルタ 7 を X 線ビームに導入してよく、動的に交換可能であってよい。体組織の様々なタイプが、X 線吸収に依存する様々な X 線旧特性を示すように、最終的に興味対象領域内の組織組成についての情報が高精度で得られるように、X 線画像データ取得中に、このような様々な設定を確立することにより、X 線源 3 から放射される X 線の特性が特別に適合される。

【 0 0 3 7 】

X 線撮影装置の部品 3 , 5 , 7 に加え、光トモグラフィー装置の部品を、胸部 1 7 に隣接して配置してよい。光トモグラフィー光源 9 を、透明圧迫パドル 1 3 の上部に配置してよく、光トモグラフィー光検出器 1 1 を胸部 1 7 の下部に配置してよい（例えば光トモグラフィー光源 9 により放射された光に対して透過性であってもよいハウジング 2 1 内に）。

【 0 0 3 8 】

光（例えば近赤外（NIR）スペクトル範囲の光）を胸部 1 7 に向けて放射し、光トモグラフィー光検出器に向かって様々な角度で胸部 1 7 を透過させ得るように、光トモグラフィー光源 9 は、別々の場所で複数の個々の発光装置を有する。胸部 1 7 を透過させ、おそらく胸部内に拡散された光を 2 次元的に検出できるように、光トモグラフィー光検出器 1 1 は、マトリックス内に分散した複数の個々の光検出器を有する。様々な角度で胸部を光が透過する際、光トモグラフィー光検出器 1 1 を使用して複数の 2 次元画像を取得することにより、3 次元光トモグラフィー画像が再構成され得る。有益な構成において、全てのセンサにより検出可能な発光の変動パターンを得るために、様々な光源を組み合わせるとよい。これは、引き続き画像再構成に使用される疑似角度情報をもたらし得る。従って、DOT 取得の際、DOT 装置の部品の機械的運動の必要はない。

【 0 0 3 9 】

撮像デバイス 1 の全ての部品（即ち X 線源 3 , X 線検出器 5 , フィルタ 7 , 光トモグラフィー光源 9 , 光トモグラフィー光検出器 1 1 及びコンプレッサ 1 5 の可動圧迫パドル 1 3 のための移動機構（図示せず））は、コントロール 1 9 に接続される。このコントロール 1 9 は、以下に記載のように本発明の実施形態による撮像方法を実施するため、部品を自動的に制御及び操作し、該部品からのデータを取得、加工及び出力し得る。

【 0 0 4 0 】

まず、ハウジング 2 1 の上部且つ圧迫パドル 1 3 の下部に、女性の胸部を配置する。方向 2 3 に沿って圧迫パドル 1 3 を下げることにより、図 1 で点線により示されるように、胸部 1 7 は第 1 の圧迫状態まで圧迫される。

【 0 0 4 1 】

このような第 1 の圧迫状態において、X 線源 3 から胸部 1 7 を貫通して X 線検出器 5 に向かって X 線を投影すること、及び検出器 5 により透過 X 線を検出することにより、胸部 1 7 の第 1 画像データが取得される。このようなマンモグラフィー X 線投影のため、X 線エネルギー、X 線スペクトル、X 線量及びフィルター材料 7 の選択について標準設定を使用してよい。

【 0 0 4 2 】

その後、圧迫パドル 1 7 を上方に移動することにより、胸部 1 7 の圧迫を減らす。それにより、図 1 中実線で示されるような、胸部 1 7 の第 2 の圧迫状態を得てよい。

【 0 0 4 3 】

このような第 2 の圧縮状態において、別のマンモグラムが取得される。換言すると、胸部 1 7 の興味対象領域の第 3 画像データが、X 線投影により取得される。低下した圧迫の第 2 の圧縮状態におけるこのような X 線投影において、X 線源 3 及び / もしくはフィルタ 7 についての様々な設定を使用し得る。例えば低線量における高い X 線光子エネルギーで第 3 画像データが取得されるように、X 線源 3 の加速電圧を増やし、電子フロー密度を減らし、X 線ビームへ導入されるフィルタを交換してよい。

【 0 0 4 4 】

次いで、胸部 1 7 を第 2 の圧迫状態に維持しながら、光トモグラフィー光源 9 及び光トモグラフィー光検出器 1 1 を胸部 1 7 に隣接させてよい。この光トモグラフィー装置 9 , 1 1 を使用して、胸部 1 7 の興味対象領域の第 2 画像データが取得される。

【 0 0 4 5 】

このような画像データ取得の後、胸部 1 7 をコンプレッサ 1 5 から解放してよい。任意には、第 2 の胸部のため、手順を繰り返してよい。

【 0 0 4 6 】

図 2 (a) は、第 1 の高圧迫状態における胸部 1 7 のマンモグラムを示す。図 2 (b) は、第 2 の低圧迫状態におけるマンモグラムを示す。第 1 の高圧迫状態のマンモグラムにおいて、より詳細なものが可視性であることが明らかに見て取れる。

【 0 0 4 7 】

それぞれ検出器 5 , 1 1 により全ての画像データがデジタルなデータとして取得され得、コントロール 1 9 内に含まれるコンピュータ 2 5 に運ばれる。コンピュータ 2 5 は、第 1、第 2 及び第 3 画像データを取得し、これらのデータを加工するように適合される。

【 0 0 4 8 】

例えば、コンピュータ 2 5 は、取得された第 1 画像データから胸部 1 7 のバルク光学特性の推定を誘導し、第 2 画像データから第 2 の画像の再構成（即ち 3 次元光トモグラフィー画像）を改善するために、このような推定バルク光学特性を使用してよい。

【 0 0 4 9 】

好ましい実施形態において、コンピュータ 2 5 は、2 つの取得マンモグラム（即ち第 1 の画像及び第 3 の画像）の弾性登録を行い、それにより胸部 1 7 の第 1 及び第 2 の圧迫状態に関する優先変形のための情報を誘導する。

【 0 0 5 0 】

さらにまた、コンピュータ 2 5 は、胸部密度及び二重エネルギースペクトル分解に基づき、胸部 1 7 内の軟性体組織の組織組成を分解し得る。そこでは、様々な X 線設定において取得された第 1 画像データ及び第 3 画像データを考慮し、これら第 1 画像データと第 3 画像データとの違いを分析することにより、興味対象領域内の胸部の組織組成についての情報が誘導される。可能な二重エネルギー体積測定胸部密度評価についての詳細は、欧州出願番号 No . 1 0 1 9 4 7 5 0 . 5 から導かれる。

【 0 0 5 1 】

10

20

30

40

50

組織組成についてのこのような推定情報は、次いで第2画像データから第2の画像を再構成する際に使用され得る。なぜなら組織組成についてのこのような情報は、興味対象領域内の胸部のバルク光学特性をより正確に推定するのに役立つからである。従って、この情報は、光トモグラフィー再構成の初期化として興味対象定義(interest definition)のより正確な体積のために使用してよい。そこでは、興味対象定義の体積は、組織組成にリンクされないが、第3画像データ単独の高空間分解能から直接誘導可能である。第2画像データと第3画像データとの間で変形はないことを言及することは重要である。

【0052】

最後に、コンピュータ25は、再構成した第2の画像から誘導される2次元画像と、第1の画像との登録された重畳を表示するため、取得画像データを処理する。換言すると、光トモグラフィー画像取得の第2画像データから誘導されるような機能情報の局所分布と、第1のマンモグラフィー画像から誘導されるような構造データとを登録し、重ね合わせてよい。正常な圧迫及び標準線量において取得されたマンモグラムからの構造データの登録された上書き(overlay)、及び減じた圧迫で取得された光トモグラフィー測定を得るため、第1及び第3画像データを弾性的に登録することにより誘導されるような優先変形に含まれる情報を使用してよい。このような視覚化をユーザに対して例えばディスプレイ上に示してよく、もしくはプリントアウトしてよい。

【0053】

そのような視覚化融合画像は、マンモグラム由来の高解像度における構造的特徴及び光トモグラフィー由来の機能的特徴の両方を有し、その上さらにマンモグラムから誘導される追加情報を使用する結果その光トモグラフィー画像は高品質のものであるので、このような融合画像は、例えば胸部内のがん組織を検出するため、医師に貴重な情報を提供し得る。

【0054】

最後に、本発明の実施形態の可能な特徴、機能及び利点は、以下のように異なる表現で要約し得る。

【0055】

拡散光トモグラフィー(DOT)とマンモグラフィとのマルチモーダル融合は、それぞれの強度を要求すること(drawing on)により、おそらくは相乗効果を可能にすることにより、両方の撮像モダリティの不足を克服できる見込みがある。光学特性により、10ミリメートルの範囲の空間分解能を有する機能的情報が提供され、おそらくは0.1ミリメートルの空間分解能を有するX線を使用して、高解像度構造画像コントラストが生成される。DOT測定をマンモグラフィシステムと統合してよい。しかしながら、DOTは、マンモグラムの取得時間を意味し得る長々しい測定取得を必要とする。

【0056】

患者の快適さを改善するため、減らした胸部圧迫でDOTを実施するのが望ましい。

【0057】

これは、DOT測定の結果とマンモグラムとの間に対応問題をもたらす、変形フィールドの推定を必要とし得る。さらにまた、測定された応答を正確に解釈するため、DOTはバルク光学特性の推定に感受性であり得る。光学カメラによる既存技術は、胸部の内部構造についての情報がなく、もっぱら外部変形をキャプチャ可能である。加えて、圧迫高さについての正確な知識なしに単一のマンモグラムから光学特性を正確に決定するのは困難かもしれない。

【0058】

換言すると、マンモグラフィとDOT取得との組み合わせの主たる欠点は、長い測定時間である。減らした胸部圧迫は、患者の快適さを改善するが、対応問題をもたらす：即ち、診断目的のため構造の十分な可視性を達成するため、正常圧迫においてマンモグラムは取得されるべきであり；その長い測定時間のため、DOT測定は減らした圧迫において実施されるが、これらは構造的コントラストを欠き、もっぱら粗い解像度で機能的応答を

10

20

30

40

50

提供する。

【 0 0 5 9 】

本発明の実施形態によれば、このような対応問題は、2つのマンモグラムの登録から誘導される優先変形を使用することにより克服され得る。

【 0 0 6 0 】

さらにまた、DOT正規化に関するバルク光学特性を推定する単一の2次元マンモグラムの使用は、不都合かもしれない。マンモグラムから組織画分を抽出することは、不正確な圧迫高さ推定に非常になりやすく、従ってエラーを生じやすい。本発明の実施形態によると、減らした圧迫における二重エネルギーペンダントを有する第1のマンモグラムを補完することにより、このような欠点は克服され得る。

10

【 0 0 6 1 】

実施形態によると、本発明は、デジタルマンモグラムと異なる胸部圧迫における拡散光トモグラフィー(DOT)の結果とを融合する方法を提案する。DOTは典型的には、もっぱら粗い解像度を提供し、データの空間評価を可能にするため、補完モダリティの構造的情報を必要とする。さらにまた、応答を正規化するため、DOTは推定バルク光学特性(即ち興味対象の体積内の様々な組織タイプ)に依存する。長々しいDOT取得の間、患者の快適さを改善するため、減らした胸部圧迫においてDOT取得を実施するのが望ましい。しかしながら、マンモグラフィー画像品質は、高い胸部圧迫に依存し得る。よって、X線取得について異なるフィルタ及び/もしくはエネルギー設定を使用して、減らした圧迫における追加の低線量ラジオグラフを取得することが提案される。

20

【 0 0 6 2 】

本発明の実施形態によると、光トモグラフィー画像取得のために使用されるのと同じ減らした圧迫において、追加の低線量マンモグラムが利用される。変形可能な登録スキームを使用して、正常圧迫において取得されたマンモグラム内のピクセルと、減らした圧迫におけるフォローアップ取得との対応を含む滑らかな変形フィールドを誘導可能である。これらの対応はまた、DOTとX線画像データとを接続し、よって機能的及び構造的画像コンテンツの正確な上書きを可能にする。

【 0 0 6 3 】

DOT結果の正規化のため、1個もしくは複数のマンモグラム由来のバルク光学特性の推定を改善するには、異なる光子エネルギー、ターゲット材料及び/もしくはフィルタ材料により第2のマンモグラムを取得可能である。このような二重エネルギーアプローチにより、一方では登録に関連する構造は、依然としてマンモグラム内で可視性であり、2つの相補的エネルギーを使用すると、異なる組織タイプへの胸部の分解が、単一マンモグラムからの組織タイプ分解推定と比較してもっと強力に実施可能である。さらに、DOT取得と同じ圧迫レベルで取得されたマンモグラムの高空間分解能は、DOT再構成用興味対象の体積のより正確な定義を許す。

30

【 0 0 6 4 】

用語「を有する(comprising)」は他の要素もしくはステップを除外しないこと、不定冠詞「a」もしくは「an」は複数を除外しないことに注意すべきである。また、異なる実施形態と関連して記載された要素は、組み合わせられてよい。また、請求項内の参照符号は、特許請求の範囲を限定するものとして解釈してはならないことに注意すべきである。

40

【 符号の説明 】

【 0 0 6 5 】

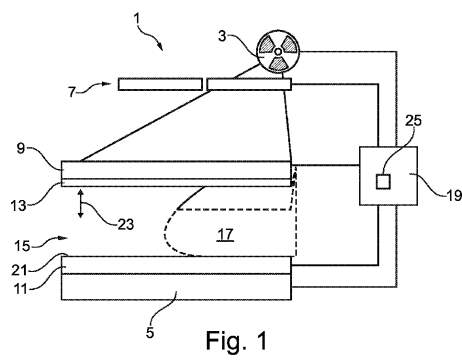
参照符号のリスト：

- 1： 撮像デバイス
- 3： X線源
- 5： X線検出器
- 7： 交換可能なフィルタ
- 9： 光トモグラフィー光源

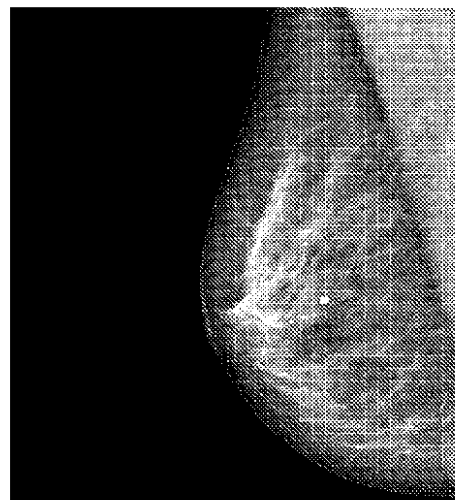
50

- 11 : 光トモグラフィー光検出器
- 13 : 圧迫パドル
- 15 : 軟性体組織コンプレッサ
- 17 : 胸部
- 19 : コントロール
- 21 : ハウジング
- 23 : 移動方向
- 25 : コンピュータ

【図1】



【図2(a)】



(a)

【図 2 (b)】



(b)

フロントページの続き

(74)代理人 100091214

弁理士 大貫 進介

(72)発明者 ホーッセン, アンドレ

オランダ国, 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング
4 4

(72)発明者 ヘーゼ, ハラルト ゼップ

オランダ国, 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング
4 4

(72)発明者 ケーラー, トマス

オランダ国, 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング
4 4

審査官 小田倉 直人

(56)参考文献 米国特許出願公開第2007/0238957(US, A1)

国際公開第2007/111669(WO, A1)

特開2008-278955(JP, A)

米国特許出願公開第2008/0279330(US, A1)

米国特許出願公開第2009/0268866(US, A1)

欧州特許出願公開第02111797(EP, A1)

特表2011-505954(JP, A)

米国特許出願公開第2010/0331705(US, A1)

国際公開第2009/077947(WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 6 1 B 6 / 0 0

A 6 1 B 6 / 0 2

A 6 1 B 6 / 0 4