

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6259078号
(P6259078)

(45) 発行日 平成30年1月10日(2018. 1. 10)

(24) 登録日 平成29年12月15日(2017. 12. 15)

(51) Int.Cl.	F I
A 6 1 N 5/10 (2006.01)	A 6 1 N 5/10 P
A 6 1 B 10/00 (2006.01)	A 6 1 B 10/00 E
A 6 1 B 8/13 (2006.01)	A 6 1 B 8/13

請求項の数 14 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2016-522926 (P2016-522926)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成26年6月25日 (2014. 6. 25)		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2016-529953 (P2016-529953A)		KONINKLIJKE PHILIPS N. V.
(43) 公表日	平成28年9月29日 (2016. 9. 29)		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/IB2014/062574		High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven
(87) 国際公開番号	W02014/207663		
(87) 国際公開日	平成26年12月31日 (2014. 12. 31)	(74) 代理人	110001690
審査請求日	平成29年6月7日 (2017. 6. 7)		特許業務法人M&Sパートナーズ
(31) 優先権主張番号	61/839, 911		
(32) 優先日	平成25年6月27日 (2013. 6. 27)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 外照射療法における皮膚火傷のリアルタイム定量化

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

組織の1つ以上の画像を収集するために、放射線療法を受けている前記組織を探すべく
関心領域をスキャンする撮像デバイスと、

前記組織の前記1つ以上の画像を受信し、前記組織の火傷状態を決定し、前記火傷状態
に応じて、放射線治療計画の調整を提供する解釈モジュールと、

を含む、放射線療法のためのシステム。

【請求項 2】

前記撮像デバイスは、放射線ビームとの干渉を回避するように動く可搬式イメージャを
含む、請求項1に記載のシステム。

【請求項 3】

前記可搬式イメージャは、ロボットに取り付けられ、前記ロボットは、前記放射線ビー
ムとの干渉を回避するように制御される、請求項2に記載のシステム。

【請求項 4】

前記撮像デバイスは、拡散光スペクトロスコーピー(DOS)、拡散光イメージング(D
OI)、光音響コンピュータトモグラフィ(PAT)、光音響マイクロスコーピー(PAM
)、レーザドップラ血流イメージング(LDPI)、偏光感受型光コヒーレンストモグラ
フィ(PSOCT)及び高周波数超音波のうちの1つ以上を含む、請求項1に記載のシス
テム。

【請求項 5】

前記火傷状態は、ヘモグロビン、水分及び脂質のうちの１つ以上の吸収スペクトルに基づいて決定される、請求項１に記載のシステム。

【請求項６】

前記放射線療法を計画し、前記放射線治療計画に、皮膚火傷を最小限にするために用いられる皮膚火傷パラメータを含める計画及び実施モジュールを更に含む、請求項１に記載のシステム。

【請求項７】

前記計画及び実施モジュールは、前記火傷状態に応じて、前記放射線治療計画を調整する、請求項６に記載のシステム。

【請求項８】

受けた前記放射線療法に合わせてカスタマイズされる皮膚火傷治療を報告する報告システムを更に含む、請求項１に記載のシステム。

【請求項９】

前記撮像デバイスは、可搬式撮像デバイスであり、前記システムは、ロボット制御されるアームを更に含む、前記可搬式撮像デバイスが前記アーム上に取り付けられ、前記アームは、前記放射線療法の放射線ビームとの干渉を回避するように制御される、請求項１に記載のシステム。

【請求項１０】

前記撮像デバイスは、拡散光スペクトロスコピー（DOS）、拡散光イメージング（DOI）、光音響コンピュータトモグラフィ（PAT）、光音響マイクロスコピー（PAM）、レーザドップラ血流イメージング（LDPI）、偏光感受型光コヒーレンストモグラフィ（PSOCT）及び高周波数超音波のうちの１つ以上を含む、請求項９に記載のシステム。

【請求項１１】

前記火傷状態は、ヘモグロビン、水分及び脂質のうちの１つ以上の吸収スペクトルに基づいて決定される、請求項９に記載のシステム。

【請求項１２】

放射線療法を計画し、前記放射線治療計画に、皮膚火傷を最小限にするために用いられる皮膚火傷パラメータを含める計画及び実施モジュールを更に含む、請求項９に記載のシステム。

【請求項１３】

前記計画及び実施モジュールは、前記火傷状態に応じて、前記放射線治療計画を調整する、請求項１２に記載のシステム。

【請求項１４】

受けた前記放射線療法に合わせてカスタマイズされる皮膚火傷治療を報告する報告システムを更に含む、請求項９に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本開示は、医療機器に関し、より具体的には、手術的処置中の皮膚変化を測定するシステム及び方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

外照射療法（EBRT）は、悪性腫瘍用の重要かつ一般的に使用される治療モダリティである。しかし、EBRTは、多くの有害な副作用を有する。乳がん用のEBRTでは、皮膚火傷が、治療の深刻な副作用である。EBRTによって引き起こされる皮膚反応は、即時的なものもあれば、生じるのに何日間も又は何週間もかかるものもある。皮膚反応は、放射線ビームの進路内にある皮膚のどの部分においても生じる可能性がある。EBRT

10

20

30

40

50

治療には、患者の周辺の複数の方向からの放射線ビームの使用が伴うので、乳房 E B R T の場合における皮膚火傷は、肩、背中、首及び対側の乳房に生じる可能性がある。このような皮膚反応は、患者に、他の副作用に加えて、ひどく痛みをもたらす、不快である。場合によっては、極端な皮膚反応は、新しいがん性細胞の生成につながってしまう。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 3 】

現在、E B R T 治療からもたらされる皮膚火傷を定量化する及び / 又は回避する技術はない。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 4 】

本原理に従って、放射線療法のためのシステムは、組織の 1 つ以上の画像を収集するために、放射線療法を受けている組織を探すべく関心領域をスキャンする撮像デバイスを含む。解釈モジュールが、組織の 1 つ以上の画像を受信し、組織の火傷状態を決定し、火傷状態に応じて、放射線治療計画の調整を提供する。

【 0 0 0 5 】

放射線療法のための別のシステムは、放射線療法を受けている組織を探すべく関心領域をスキャンする可搬式撮像デバイスを含む。可搬式撮像デバイスが取り付けられるロボット制御されるアームが、放射線療法の放射線ビームとの干渉を回避するように制御される。解釈モジュールが、撮像デバイスによって収集された組織の画像を受信して、組織の火傷状態を決定し、火傷状態に応じて、放射線治療計画の調整を提供する。

【 0 0 0 6 】

放射線療法のための方法は、放射線療法の放射線ビームとの干渉を回避するように、撮像デバイスの位置を制御するステップと、撮像デバイスを使用して、放射線療法を受けている組織を探すべく関心領域を撮像するステップと、組織の火傷状態を決定するために、撮像デバイスによって収集された組織の画像を解釈するステップと、火傷状態に応じて、更なる治療を調整するステップとを含む。

【 0 0 0 7 】

本開示のこれらの及び他の目的、特徴及び利点は、添付図面と関連付けて読まれるべきである本開示の例示的な実施形態の以下の詳細な説明から明らかとなる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

本開示は、次の図面を参照して、好適な実施形態の以下の説明を詳細に提示する。

【 0 0 0 9 】

【図 1】図 1 は、一実施形態にしたがって、皮膚火傷情報を用いる放射線療法システムを示すブロック図 / フロー図である。

【図 2】図 2 は、一実施形態に従って、放射線ビームとの干渉を回避するための被制御アームに取り付けられた可搬式イメージャを示すブロック図 / フロー図である。

【図 3】図 3 は、一実施形態に従って、被制御アームに取り付けられる可搬式イメージャによる放射線ビームとの干渉の回避を更に説明するための複数のビーム方向を示す図である。

【図 4】図 4 は、例示的な実施形態に従って、皮膚火傷状態を使用する放射線療法の方法を示すフロー図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 0 】

本原理に従って、外照射療法 (E B R T) の結果として患者にもたらされる皮膚火傷を阻止及び / 又は緩和するシステム及び方法が提供される。本原理は、皮膚反応の最小化を適応治療計画のデザインにおける追加の最適化パラメータとして使用する適応放射線療法 (R T) 計画及び実施スキームと共に採用される。幾つかの実施形態では、E B R T 実施中にリアルタイムに、また、E B R T を実施後の様々な間隔において、放射線によって誘

10

20

30

40

50

発される皮膚火傷の進行を定量的に撮像するために光学的又は光音響的撮像技術が用いられる。

【 0 0 1 1 】

皮膚火傷は、血管拡張が増加して局所的な血流パターンを変化させることに加えて、影響を受けた部位のヘモグロビン及び水分含量のレベルを変化させることが知られている。拡散光トモグラフィ（DOT）撮像技術は、ヘモグロビン、水分及び酸素飽和度の組織中濃度を測定する。適切な撮像プロトコルは、既存のRTワークフローと併せて記述され、EBRT実施中の皮膚火傷の進行のリアルタイムアップデートが得られる。撮像データに基づいて、患者に中和処置（例えばアイシング、クリーム、ゲル等）が提案されることによって、治療後、何日間及び何週間か経った後の火傷に関連する症状の発生が未然に回避される。

10

【 0 0 1 2 】

EBRT実施後の間欠的な撮像は更に、皮膚の遅延反応をモニタリングすることができ、火傷を軽減するために使用されている任意の中和治療の有効性を確かめるのに役立つ。更に、皮膚火傷パターンの集団症例に基づく統計を取って、RT計画特徴に関連付け、「皮膚火傷軽減」を追加の線量最適化パラメータとして有する強度変調RT（IMRT）計画の作成が可能にされる。

【 0 0 1 3 】

本発明の方法は、最小限のワークフローオーバーロードで、EBRT実施中の皮膚火傷をモニタリングし、軽減する。EBRTにおける適応治療計画の新しいパラメータが更に導入される。皮膚火傷といったRT副作用の軽減は、患者のRT後の生活の質を向上させる。

20

【 0 0 1 4 】

当然ながら、本発明は、医療機器及び処置に関連して説明されるが、本発明の教示内容の範囲は、もっと広く、説明される例によって限定されるべきではない。幾つかの実施形態では、本原理は、複雑な生体系又は機械系を追跡又は分析するのにも採用される。具体的には、本原理は、生体系の追跡処置、皮膚といった体のあらゆる領域における処置に適用可能であるが、肺、胃腸管、排泄器官、血管等といった内臓器官に有用である。図示される要素は、ハードウェア及びソフトウェアの様々な組み合わせにおいて実現され、また、単一の要素又は複数の要素において組み合わせられてもよい機能を提供する。

30

【 0 0 1 5 】

図示される様々な要素の機能は、専用ハードウェアだけでなく、適切なソフトウェアに関連付けられるソフトウェアを実行可能なハードウェアを使用することによって提供される。プロセッサによって提供される場合、機能は、単一の専用プロセッサによって提供されても、単一の共有プロセッサによって提供されても、又は、そのうちの一部は共有される複数の個別のプロセッサによって提供されてもよい。また、「プロセッサ」又は「コントローラ」との用語の明示的な使用は、ソフトウェアを実行可能なハードウェアを排他的に指すと解釈されるべきではなく、デジタル信号プロセッサ（「DSP」）ハードウェア、ソフトウェアを記憶するための読み出し専用メモリ（「ROM」）、ランダムアクセスメモリ（「RAM」）、不揮発性記憶装置等を、これらに限定されることなく、默示的に含む。

40

【 0 0 1 6 】

さらに、本発明の原理、態様及び実施形態並びにそれらの特定の例について本明細書において述べるあらゆる記述は、それらの構造上及び機能上の等価物を包含することを意図している。更に、このような等価物は、現在知られている等価物だけでなく、将来に開発される等価物（即ち、構造に関係なく、同じ機能を行うように開発される任意の要素）の両方を含むことを意図している。したがって、例えば当業者であれば、本明細書に提示されるブロック図は、本発明の原理を具現化する例示的なシステムコンポーネント及び/又は回路の概念図を表すことは理解できるであろう。同様に、当然ながら、任意のフローチャート、フロー図等は、コンピュータ可読記憶媒体に実質的に表される様々な処理を表し

50

、したがって、コンピュータ又はプロセッサが明示的に示されているかどうかに関わらず、当該コンピュータ又はプロセッサによって実行される。

【 0 0 1 7 】

また、本発明の実施形態は、コンピュータ又は任意の命令実行システムによる又はそれらに関連して使用されるプログラムコードを提供するコンピュータ使用可能又はコンピュータ可読記憶媒体からアクセス可能であるコンピュータプログラムプロダクトの形を取ることができる。本記載のために、コンピュータ使用可能又はコンピュータ可読記憶媒体は、命令実行システム、装置又はデバイスによる又はそれらに関連して使用されるプログラムを含む、記憶する、通信する、伝搬する又は輸送する任意の装置であってよい。媒体は、電子系、磁気系、光学系、電磁気系、赤外系若しくは半導体系（システム、装置又はデバイス）、又は、伝搬媒体であってよい。コンピュータ可読媒体の例としては、半導体即ち固体メモリ、磁気テープ、リムーバブルコンピュータディスク、ランダムアクセスメモリ（RAM）、読み出し専用メモリ（ROM）、剛性磁気ディスク及び光学ディスクが挙げられる。光学ディスクの最新例としては、コンパクトディスク 読み出し専用メモリ（CD-ROM）、コンパクトディスク 読み出し/書き込み（CD-R/W）、ブルーレイ（登録商標）及びDVDが挙げられる。

【 0 0 1 8 】

次に、同じ参照符号は同じ又は同様の要素を指す図面を参照する。最初に図1を参照するに、一実施形態による皮膚火傷又は皮膚火傷可能性を評価するシステム100が例示的に示されている。システム100は、ワークステーション又はコンソール112を含み、そこから、処置が監視及び/又は管理される。ワークステーション112は、好適には、1つ以上のプロセッサ114と、プログラム及びアプリケーションを記憶するメモリ116とを含む。メモリ116は、放射線源、撮像デバイス等を制御することによって、1つ以上の放射線療法セッションを計画及び制御する計画及び実施モジュール115を記憶する。解釈モジュール110は、関心領域における組織の1枚以上の画像を受信し、組織の火傷状態を決定する。解釈モジュール110は、火傷状態に応じて放射線治療計画の調整を提案する。治療計画は、計画及び実施モジュール115によって記憶され実行される治療計画であってよい。解釈モジュール110は、画像マップのために、例えば画像からのフィードバック、又は、関心組織から（光学的又は音響的に）収集された測定結果からのフィードバックを用いる。フィードバックは、画像又はデータを解釈し、経時的な変化を記録するために用いられる。解釈モジュール110は、光学的、音響的又は画像フィードバックを使用して、患者の皮膚をリアルタイムで評価し、火傷又は潜在的な火傷を決定する。

【 0 0 1 9 】

システム100は、RT実施と併せて用いられる1つ以上の撮像デバイス104を含む。撮像デバイス104は、患者の皮膚の局所血流パターンの変化に反応する。撮像デバイス104は、拡散光スペクトロスコピー（DOS）、拡散光イメージング（DOI）、光音響コンピュータトモグラフィ（PAT）、光音響マイクロスコピー（PAM）、レーザドップラ血流イメージング（LDPI）、偏光感受型光コヒーレンストモグラフィ（PSOCT）、高周波数超音波等のうちの1つ以上を行う1つ以上のデバイスを含む。撮像モダリティは、処置中の皮膚の変化を区別できなければならない。一実施形態では、拡散光スペクトロスコピー（DOS）は、近赤外（NIR、650～1000nm）吸収スペクトル及び減少された散乱スペクトルを定量的に測定する光学技術である。吸収スペクトルは、酸化ヘモグロビン及び脱酸化ヘモグロビン、水分及び大量脂質の組織中濃度を計算するために用いられる。酸化ヘモグロビン及び脱酸化ヘモグロビン、水分及び大量脂質は、乳房組織における主なNIR分子吸収体である。DOSは、外的なコントラストを必要とせず、上記量の高速の定量的及び機能的情報を提供する（撮像は10秒ごとにアップデートする）。

【 0 0 2 0 】

DOSは、使用するスペクトル帯域幅は大きい、空間サンプリングレートは低い。拡

10

20

30

40

50

散光イメージング（DOI）は、優れたサンプリング分布を提供するが、スペクトル帯域幅は低い補助的ツールである。したがって、DOIは、例えばヘモグロビン、水分等の特定の発色団の吸収特性を提供するように調整される。発色団濃度は、吸収スペクトル測定結果から直接的に推定できる。火傷した皮膚において観察される生理学的変化の幾つかは、ヘモグロビン及び水分の著しく異なるレベルである。深刻な皮膚火傷では、呼吸が不十分である期間が生じることが知られている。これらの期間の間の組織への酸素供給は、血流の変化、ヘモグロビン質量、及び、ヘモグロビンの酸素放出能力の変動によって制御される。したがって、任意の瞬間における所与の空間部位におけるヘモグロビンの質量／水分量の定量化可能な測定結果は、（放射線によって誘起される）皮膚火傷をもたらす可能性のある生理学的変化が生じていることを表す。

10

【0021】

特に有用な実施形態では、2つ以上の撮像モダリティが同時に用いられて、皮膚火傷を評価する際により正確な結果が保証される。撮像デバイス104は、携帯可能性を含み、また、ロボット制御されるアーム106上の撮像機器、即ち、可搬式撮像デバイス108を含む。ロボット制御されるアーム106は、用いられる場合は、現在アクティブである放射線ビームに干渉しないように、可搬式撮像デバイス108を適切に位置付けるために複数の自由度を含む。

【0022】

システム100は、処置中の放射線療法（RT）実施のための1つ以上の放射線源113を含む。放射線源113は、計画に従って、所定の時間の間、所定の場所に、所定量の放射線を提供するように、計画モジュール115を使用して調整される。当然ながら、撮像デバイス108が取り付けられているロボットアーム106は、放射線源113からの放射線ビームとの干渉を阻止するように、計画と連動してプログラムされる。

20

【0023】

処置中、RT実施後の「皮膚火傷」の少なくとも間欠的な測定結果が提供される。これには、放射線被ばくの結果、皮膚火傷を経験することが分かっている、又は、皮膚火傷を経験する可能性のある1つ以上の領域を撮像することが含まれる。皮膚領域の画像は、先の画像と比較されて、組織の変化が特定される。又は、画像又は画像マップが、患者の皮膚の局所血流パターンの変化に反応する1つ以上の撮像デバイス104と共に使用される。放射線期間の間の処置中に、放射線期間中に、及び／又は、処置中に連続的に皮膚の確認が行われる。組織における空間パターンの皮膚火傷の程度を示す2又は3次元（2D又は3D）画像を見るために、ディスプレイ118が提供される。放射線療法を実施する間の皮膚火傷のリアルタイム測定結果が提供される。

30

【0024】

放射線療法のパラメータを調節するために、皮膚火傷の状態は、処置中に、リアルタイムフィードバックとして用いられる。一実施形態では、計画及び実施モジュール115における適応放射線療法は、「皮膚火傷」を、線量最適化処置において最小限にされるべきパラメータとして組み込む。例えば皮膚火傷の度合いに関連付けられる線量が、計画を作成する際に、又は、処置中にモニタリングされ、皮膚火傷を最小限にするために、異なるアプローチ又は異なるパラメータが用いられるべきかが決定される。

40

【0025】

ワークステーション112は、ロボットアーム106の動きを制御する位置制御モジュール136を含む又はそれと協働する。ロボットアーム106の動きは、計画及び実施モジュール115に記憶される放射線計画と連動して、スクリプトされる。或いは、ロボットアーム106は、処置中に、放射線ビームとロボットアーム106（及びその付属品）との間に位置的な干渉が起きないように、その位置に関するフィードバックを提供する追跡デバイス102を含んでもよい。

【0026】

メモリ116は、火傷（例えば予測される火傷の症状が出る場所）を治療するための治療方針を提案する報告モジュール122を含んでもよい。例えば一実施形態では、放射線

50

被ばく領域は、火傷又は潜在的な火傷の領域を予測するために、各領域につき、累積放射線量が記録される。火傷領域及び潜在的な火傷領域の場所と線量の重大度とに基づいて、治療オプションが、報告モジュール122によって出力される。治療オプションは、報告書に規定される領域に、氷、クリーム、ゲル等を塗布することを含む。報告書は、処置及び処置中のイベントに基づいて、個人に合わせてカスタマイズされる。

【0027】

収集された「皮膚火傷」データマップが、報告モジュール122に入力される。報告モジュール122は、現在及び/又は将来の作用を予測するために、任意の皮膚火傷の重大度及び場所を考慮する。報告モジュール122は、RT実施中又は実施後の記録された「皮膚火傷」データに基づいて、治療後の数日間及び数週間後に火傷の症状が生じることを未然に回避するために、薬物（例えばローション、軟膏、クリーム等）を提案する。例えば特定の解剖学的部位は、痛み、赤み、発疹等を発症させる傾向がより高い。

10

【0028】

計画及び実施モジュール115は、先の処置からの皮膚火傷パターンのデータベース126を含むか又はそれにアクセスすることができる。データベース126は、治療計画特性、患者の体形等との相関関係を導出及び記憶して、「皮膚火傷」（軽減）を線量最適化パラメータとして有する将来の治療計画を生成する。適応計画及び実施モジュール115は、記憶されたデータを用いて、治療計画を適応させるか、又は、データベース126内のデータに基づいて、残りの治療計画を調整する。これに加えて又は代えて、現在の皮膚火傷データ及び/又はデータベース126内のデータは、例えば変化が起きている最中に、治療計画を調整するためのフィードバックとして用いられてもよい。RT実施中の皮膚火傷の最小化は、計画段階において最適化されたRT計画を作成するための又は計画をアップデートするための追加の最適化パラメータとして用いられる。

20

【0029】

一実施形態では、ワークステーション112は、撮像デバイス104からのフィードバックを受信し、蓄積された画像データを記録して、皮膚火傷の潜在的な場所を決定する画像生成モジュール148を含む。画像134は、先の画像及び/又は測定結果との比較のために、ディスプレイデバイス118上に表示される。先の測定結果は、撮像デバイス104を使用して測定可能な水分、ヘモグロビン等の状態を含む。ワークステーション112は、被験者（患者）又はボリューム130の画像（134）を見るためのディスプレイ118を含む。ディスプレイ118は、ユーザがワークステーション112並びにそのコンポーネント及び機能、又は、システム100内の任意の他の要素とインタラクトすることも可能にする。これは、キーボード、マウス、ジョイスティック、触覚デバイスを含むインターフェース120、又は、ユーザにワークステーション112からのフィードバック及びインタラクションを可能にする任意の他の周辺機器又は制御器によって更に容易にされる。

30

【0030】

EBRTを実施する際に組織に生じる生理学的変化をリアルタイムで撮像することによって、RT後の数日後及び数週間後に最終的に現れる火傷に関連する症状の部位及び強度を予測することができる。この情報は、患者の不快感を軽減するために適切な中和スキームを決定するために利用される。単純な一例としては、火傷の症状の出現を未然に回避するために、外部軟膏、クリーム等を塗布するための最適な場所を決定することを含む。RT実施に続いて、間欠的に撮像を行うことによって、遅延作用である皮膚火傷及び/又は中和治療の結果としての火傷症状の軽減をモニタリングすることができるようになる。皮膚火傷の集団症例に基づく統計（例えばデータベース126に記憶される）が、「皮膚火傷」を線量最適化パラダイムにおいて最小限にされるべきパラメータとして含む適応計画ストラテジを作成するために利用される場合は、別の利点も実現される。

40

【0031】

図2を参照するに、一実施形態では、1つ以上の撮像デバイス104が、携帯可能でロボットにより保持されるプローブ208を有するDOIシステム202を含む。好適には

50

複数の自由度で動くことが可能であるロボットアーム 210 が使用されて、可搬式撮像デバイス又はスキャナを含むプローブ 208 が位置決めされる。一実施形態では、ロボットアーム 210 は、追跡機構 212 を使用して追跡される。追跡機構 212 は、ロボットリンク機構及び既知の動きに依存して、その動き等を規定する電磁気追跡デバイス、光ファイバ検知システム、運動学方程式を含む。追跡機構 212 は、ロボットアーム 210 及びその内在デバイスの位置に関するフィードバックを提供して、それが、処置中に、放射線ビームに干渉しないことが確実にされる。放射線ビームの位置は、空間において特定され、既知となるので、追跡デバイス 212 は、比較のために、ロボットアーム 210 の場所を特定して、干渉が起きないことを確実にする。

【0032】

プローブ 208 は、照明用の光ファイバ 222（例えば 5～10 本のファイバ。ただし、他の数のファイバも考えられる）と、検出用の光ファイバ 222（例えば 50～200 本のファイバ。ただし、他の数のファイバも考えられる）を含む。レーザダイオード源 204 が、照明用の光ファイバに接続され、増感電荷結合デバイス（CCD）カメラ検出器 206 が、検出用の光ファイバに接続される。様々な光ファイバを使用して、照明及び検出を、リアルタイム 2D 撮像のために、同時に行うことができ、例えば連続波（CW）光学測定が行われる。周波数領域（FD）又は他の測定も考えられる。

【0033】

DOI システム 202 は、組織における可変深度の範囲を撮像する波長調整機能を含む。これは、皮膚火傷は、表面（0.07～0.12 mm）から深く（>2 mm）までの範囲に及ぶ場合があるからである。超音響マイクロコピー（PAM）、レーザドップラ血流イメージング（LDPI）、偏光感受型光コヒーレンストモグラフィ（PSOCT）等といった他の技術も、このような可搬式スキャナ/プローブ 208 に組み込まれてもよい。

【0034】

図 3 を参照するに、概略図は、（例えば図 1 のワークステーション 112 のメモリ 116 に記憶される）EBRT 実施プロトコルと融合される可搬式スキャナ又はイメージャ 302 において実施され、ロボット又は他の取付具 320 によって制御される光学及び/又は超音響撮像を示す。ロボットアーム 304 の 1 つの制約としては、可搬式イメージャ 302 が、アクティブビーム 306 の進路に干渉すべきではないという点である。これを実現するために、（例えば図 1 の位置制御モジュール 136 に記憶される）位置制御アルゴリズムが、現在アクティブである RT ビーム 306 と、RT 計画システム 115（図 1）及び/又はワークステーション 112 に実装されてもよい記録及び検証（R&V）システムから得られる線位置の既知の時間パターンとに基づいて、可搬式イメージャ 302 の位置を制御する。患者 312 の照射される皮膚部位 310 に依存して、可搬式イメージャ 302 は、すべての必要な位置に連続的に動かされるが、現在アクティブであるビーム 306 の進路には干渉しないという制約を受ける。現在アクティブであるビーム 306 は、他の放射線源又は同じであるが再配置された放射線源を使用して、他のビーム方向（非アクティブビーム 314）に切り替えられてもよい。ビームの位置だけでなく、可搬式イメージャ 302 の位置も分かっている。アルゴリズムは、これらの位置と、例えばビームのサイズ又はスキャナ機器、付属品若しくは療養中に使用される他のデバイス等の他の制約とを採用して、可搬式イメージャ 302 とアクティブビーム 306 との位置間の任意の重なりを回避する。

【0035】

一実施形態では、発色団濃度のリアルタイム読み出し値が、「皮膚火傷」の尺度として、コンソール/ディスプレイ 118（図 1）上に表示される。複数のディスプレイ又はディスプレイパネルが提供されてよい。例えば 1 つのディスプレイは、リアルタイム画像上でアップデートされる「皮膚火傷」の値を示す。別のディスプレイは、RT 実施等の累積火傷作用を示す。検知システムをロボットで移動させることに代わる方法は、RT 計画システム 115 を使用して、処置中に最大視野をモニタリングするための最適な静止位置を

10

20

30

40

50

提案することを含む。他の構成及びディスプレイも考えられる。

【0036】

図3に例示的に示されるように、皮膚火傷は、複数のビームへの被ばくによって生じる。例えば乳房EBRTでは、ビーム306、314のうちの少なくとも1つが、ほぼ常に、対側の乳房322と、場合によっては、肩、首等のような他の正常な構造体を横断する。したがって、可搬式イメージャ302を用いてこれらの領域について用心することによって、可能な限り、皮膚火傷の発生を回避する計画を立てるのに役立つ。

【0037】

図4を参照するに、皮膚火傷状態を用いる放射線療法の方法が、例示的な実施形態に従って示されている。ステップ402において、撮像デバイスの位置が、放射線療法の放射線ビームとの干渉を回避するように制御される。撮像デバイスの位置は、スクリプト又は計画に従って制御され、これには、すべてのアクティブな放射線ビームの位置を知ることと、1つ以上の撮像デバイスによる干渉を回避することとが伴う。撮像デバイスは、ロボット制御されるアーム又は他の取付具に取り付けられる。

10

【0038】

ステップ404において、放射線療法を受ける組織の関心領域が、撮像デバイスを使用して（例えば光学的／スペクトルの又は音響的に）撮像又は測定される。関心領域の撮像は、拡散光スペクトロスコーピー（DOS）、拡散光イメージング（DOI）、光音響コンピュータトモグラフィ（PAT）、光音響マイクロスコーピー（PAM）、レーザドップラ血流イメージング（LDPI）、偏光感受型光コヒーレンストモグラフィ（PSOCT）、高周波数超音波等のうちの1つ以上を用いることを含む。他の技術が用いられてもよい。これに加えて又は代えて、写真画像間の比較が経時的に比較されて、火傷の状態が決定されてもよい。

20

【0039】

ステップ406において、収集された画像（及び／又はそこから導出される測定結果）は、当該組織について解釈され、組織の火傷の状態が決定される。火傷の程度は、色変化／吸収スペクトルに基づいて決定できるが、密度（音響変化）及び他の特性が用いられてもよい。画像の解釈は、ステップ408において、画像を経時的に比較すること、及び／又は、ステップ410において、ヘモグロビン、水分及び脂質のうちの1つ以上の吸収スペクトルを測定することを含む。火傷を解釈するために、他の方法が用いられてもよい。

30

【0040】

ステップ412において、火傷の状態に応じて、更なる治療が調整される。これには、計画のリアルタイム変更、又は、発生した火傷の放射線療法後の治療が含まれる。ステップ414において、更なる治療の調整には、撮像デバイスによって収集された組織の画像と、患者が受けた放射線療法とに基づいて、将来の皮膚火傷を予測することが含まれる。これには、確率的及び／又は履歴データを使用して、火傷の可能性のある領域及び重大度を決定することが含まれる。ステップ416において、報告システム又はモジュールによって、皮膚火傷治療が提案され、当該治療は、受けた放射線療法及び／又はその治療を受ける患者に合わせてカスタマイズされることが好適である。処置後の火傷作用も測定され、皮膚火傷治療計画を決定するために、又は、皮膚火傷治療計画をアップデートするために用いられる。

40

【0041】

ステップ418において、計画において皮膚火傷を最小限にするために用いられる皮膚火傷パラメータに少なくとも部分的に基づいて、放射線療法が計画される。これには、最初の計画、又は、処置中に収集されたリアルタイム火傷データに基づくアップデートされた計画が含まれてよい。

【0042】

添付される請求項を解釈する際に、次の通りに理解されるべきである。

a)「含む」との用語は、所与の請求項に列挙される要素又は行為以外の要素又は行為の存在を排除しない。

50

b) 要素に先行する「a」又は「an」との用語は、当該要素が複数存在することを排除しない。

c) 請求項における任意の参照符号は、その範囲を限定しない。

d) 幾つかの「手段」は、同じアイテム、ハードウェア、又は、ソフトウェアによって実施される構造体若しくは機能によって表される。

e) 特に明記されない限り、行為の特定の順番を必要とすることを意図していない。

【0043】

(例示的であって限定を意図していない) 外照射療法における皮膚火傷のリアルタイム定量化の好適な実施形態が説明されたが、上記教示内容に鑑みて、当業者によって修正及び変更がなされうことは留意されたい。したがって、開示された開示内容の特定の実施形態に変更を行ってもよく、これらの変更は、添付される請求項によって概説される本明細書に開示される実施形態の範囲内であることは理解されるべきである。したがって、特許法によって義務付けられているように、詳細及び特殊性を説明することによって、特許証によって請求され、保護を望むものは、添付される請求項に記載される。

10

【図 1】

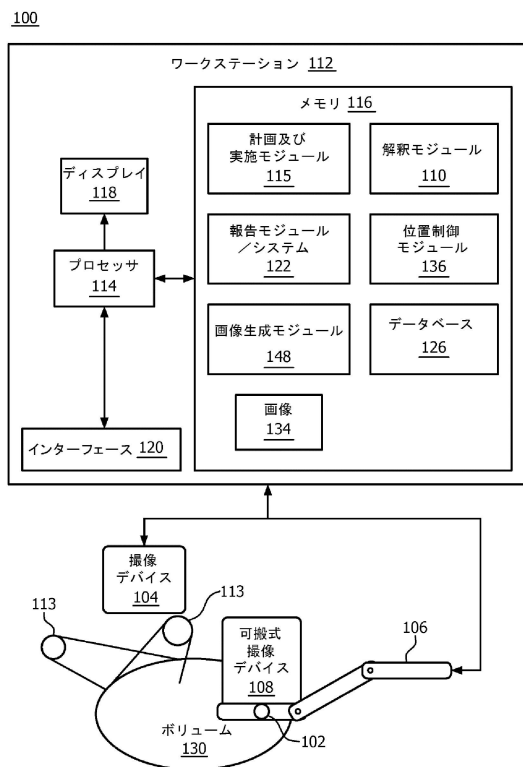


図 1

【図 2】

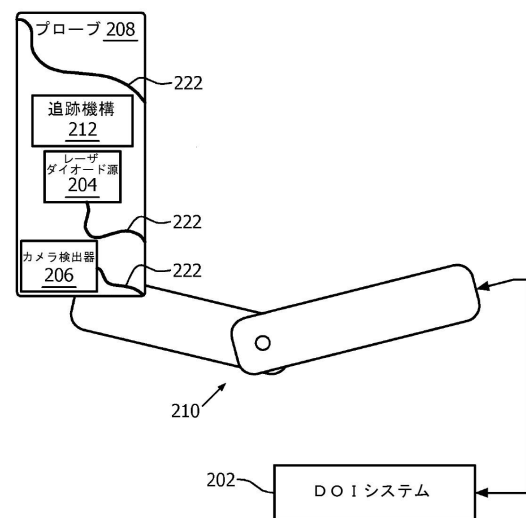
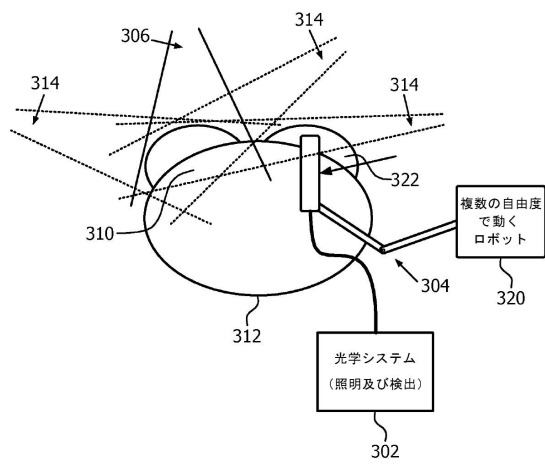
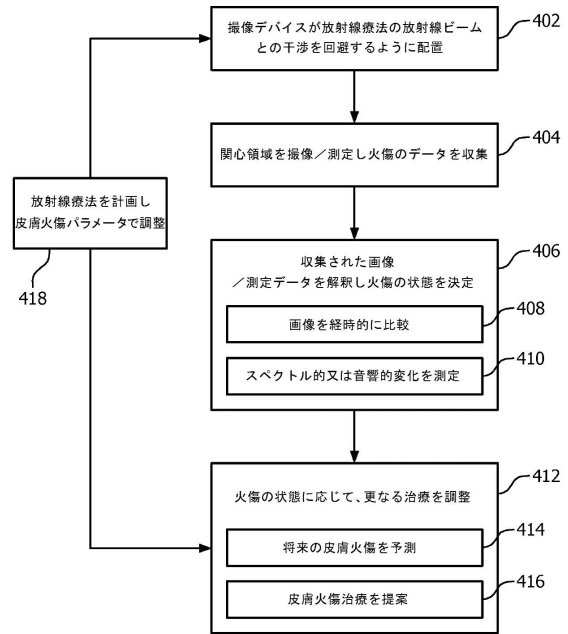


図 2

【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 バーラト シャム

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

(72)発明者 ハル クリストファー ステフェン

オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス ビルディング
5

審査官 伊藤 孝佑

(56)参考文献 国際公開第 2 0 1 2 / 1 5 9 0 4 3 (W O , A 2)

特表 2 0 0 8 - 5 3 9 9 6 3 (J P , A)

特表 2 0 0 1 - 5 1 1 3 7 1 (J P , A)

特開 2 0 0 4 - 3 3 7 2 1 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

A 6 1 N 5 / 1 0

A 6 1 B 5 / 0 0

A 6 1 B 8 / 1 3

A 6 1 B 1 0 / 0 0