

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公表特許公報(A)

(11)公表番号
特表2025-500551
(P2025-500551A)

(43)公表日 令和7年1月9日(2025.1.9)

(51)国際特許分類
A 6 1 N 5/10 (2006.01)

F I
A 6 1 N 5/10
A 6 1 N 5/10

テーマコード (参考)
4 C 0 8 2
K
P

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全33頁)

(21)出願番号	特願2024-539016(P2024-539016)	(71)出願人	510246448
(86)(22)出願日	令和4年12月23日(2022.12.23)		リフレクション メディカル, インコーポレイテッド
(85)翻訳文提出日	令和6年7月12日(2024.7.12)		アメリカ合衆国 カリフォルニア 9 4 5
(86)国際出願番号	PCT/US2022/082375		4 5, ハイワード, インダストリアル
(87)国際公開番号	WO2023/129900		ブルバード 2 5 8 2 1, スイート
(87)国際公開日	令和5年7月6日(2023.7.6)		2 0 0
(31)優先権主張番号	63/294,047	(74)代理人	100078282
(32)優先日	令和3年12月27日(2021.12.27)		弁理士 山本 秀策
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)	(74)代理人	100113413
(81)指定国・地域	AP(BW,CV,GH,GM,KE,LR,LS,MW,MZ,NA,RW,SD,SL,ST,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,RU,TJ,TM),EP(AL,AT,BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,HR,HU,IE,IS,IT,LT,LU,LV	(74)代理人	弁理士 森下 夏樹
	最終頁に続く	(74)代理人	100181674
			弁理士 飯田 貴敏
		(74)代理人	100181641
			弁理士 石川 大輔

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 放射線送達品質保証の方法

(57)【要約】

放射線療法治療計画に従って放射線送達の品質を評価するためのMV検出器画像を生成するための方法及びシステムが、本明細書に記載される。MV検出器画像は、少数のマルチリーフコリメータ（MLC）リーフ開口部のMV検出器測定値から生成される。放射線は、例えばQAセッション中に、非治療用途の一部としてMV検出器の視野内に配置されたファントムに送達されてもよい。シミュレートされたMV検出器画像は、各MLCリーフについて単一MLCリーフ開口部のMV検出器撮像データを取得することと、各MLCリーフ対について二重MLCリーフ開口部のMV検出器撮像データを取得することと、MLC開口部のパターンを得るために治療計画フルエンスマップをセグメント化することと、MLC開口部のパターンに従って、単一MLC開口部及び二重MLCリーフ開口部のMV検出器撮像データを組み合わせることによって生成され得る。

【選択図】 図3C

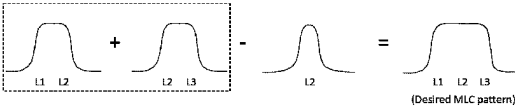


FIG. 3C

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

治療計画フルエンスマップマルチリーフ開口部パターンに対応する放射線検出器画像を生成するための方法であって、

マルチリーフコリメータ（MLC）の各リーフについて、放射線源及び放射線検出器を使用して単一リーフ開口部の撮像データを取得することと、

前記MLCの各リーフについて、前記放射線源及び前記放射線検出器を使用して、二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、

治療計画フルエンスマップをMLC開口部のパターンにセグメント化することと、

前記MLC開口部のパターンに従って、単一リーフ及び二重リーフの開口部の前記取得された撮像データを組み合わせることによって、前記治療計画フルエンスマップに対応する放射線検出器画像を生成することと、を含む、方法。

10

【請求項 2】

前記生成された放射線検出器画像を含むグラフィカル表現を生成することと、前記グラフィカル表現を表示デバイスに出力することと、を更に含む、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 3】

前記生成された放射線検出器画像に基づいて、ファントムへの放射線線量を計算することとを更に含む、請求項 1 又は 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記放射線検出器が、MV 検出器である、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項 5】

前記放射線源及び放射線検出器が、複数の発射位置に回転可能なガントリ上に装着され、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することが、前記ガントリを第 1 の発射位置に回転させて、前記第 1 の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、前記ガントリを第 2 の発射位置に回転させて、前記第 2 の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、を含む、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 6】

前記第 1 の発射位置において、前記MLCの各リーフについて、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することを更に含む、請求項 5 に記載の方法。

30

【請求項 7】

前記第 2 の発射位置において、前記MLCの各リーフについて、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することを更に含む、請求項 6 に記載の方法。

【請求項 8】

前記MLC開口部のパターンが、各MLCリーフについてリーフ位置を示す複数のMLCリーフ命令を含む、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 9】

前記MLC開口部のパターンが、複数の単一リーフ開口部及び複数の二重リーフ開口部を含む、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 10】

前記取得された撮像データを組み合わせることが、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと、前記二重リーフ開口部の取得された撮像データとを合計することと、単一リーフ開口部の前記撮像データを二重リーフ開口部の合計した撮像データの重複エリアから減算することと、を含む、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

40

【請求項 11】

単一MLCリーフ開口部及び二重MLCリーフ開口部の放射線検出器撮像データを取得する前に、前記放射線検出器の視野内にファントムを配置することを更に含む、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 12】

単一MLCリーフ開口部及び二重MLCリーフ開口部の放射線検出器撮像データを取得

50

する前に、前記放射線検出器の視野内に放射線フルエンス測定デバイスを配置することを更に含む、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 13】

前記単一リーフ開口部の取得された撮像データ、前記二重リーフ開口部の取得された撮像データ、前記MLC開口部のパターン、及び前記生成された放射線検出器画像が、放射線送達システムのプロセッサメモリに記憶される、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 14】

2つの単一MLCリーフ開口部の撮像データを、対応する二重MLCリーフ開口部の撮像データから減算することによって、隣接するMLCリーフの各対の充填プロファイルを計算することを更に含み、前記治療計画フルエンスマップに対応する放射線検出器画像を生成することが、前記MLC開口部のパターンに従って、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと、充填プロファイルとを組み合わせることを含む、先行請求項のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 15】

前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと前記充填プロファイルとを組み合わせることが、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと、隣接する単一リーフ開口部の前記充填プロファイルとを合計することを含む、請求項 14に記載の方法。

【請求項 16】

前記放射線検出器画像を生成することが、二重リーフ開口部の取得された撮像データを、前記単一リーフ開口部の撮像データ及び充填プロファイルと組み合わせることを更に含む、請求項 14又は15に記載の方法。

【請求項 17】

前記生成された放射線検出器画像のグラフィカル表現を生成することと、前記グラフィカル表現を表示デバイスに出力することと、を更に含む、請求項 14～16のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 18】

前記生成された放射線検出器画像に基づいて、ファントムへの放射線線量を計算することを更に含む、請求項 14～17のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 19】

前記放射線検出器が、MV検出器である、請求項 14～18のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 20】

前記放射線源及び放射線検出器が、複数の発射位置に回転可能なガントリ上に装着され、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することが、前記ガントリを第1の発射位置に回転させて、前記第1の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、前記ガントリを第2の発射位置に回転させて、前記第2の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、を含む、請求項 19に記載の方法。

【請求項 21】

前記第1の発射位置において、前記MLCの各リーフについて、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することを更に含む、請求項 20に記載の方法。

【請求項 22】

前記第2の発射位置において、前記MLCの各リーフについて、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することを更に含む、請求項 21に記載の方法。

【請求項 23】

前記MLC開口部のパターンが、前記MLCの各リーフについてリーフ位置を示す複数のMLCリーフ命令を含む、請求項 14～22のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 24】

前記MLC開口部のパターンが、複数の単一リーフ開口部及び複数の二重リーフ開口部

10

20

30

40

50

を含む、請求項 14～23 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 25】

単一MLCリーフ開口部及び二重MLCリーフ開口部の放射線検出器撮像データを取得する前に、前記放射線検出器の視野内にファントムを配置することを更に含む、請求項 14～24 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 26】

単一MLCリーフ開口部及び二重MLCリーフ開口部の放射線検出器撮像データを取得する前に、前記放射線検出器の視野内に放射線フルエンス測定デバイスを配置することを更に含む、請求項 14～25 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 27】

前記単一リーフ開口部の取得された撮像データ、前記二重リーフ開口部の取得された撮像データ、前記MLC開口部のパターン、及び前記生成された放射線検出器画像が、放射線送達システムのプロセッサメモリに記憶される、請求項 14～26 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 28】

放射線源、マルチリーフコリメータ（MLC）、放射線検出器、及び1つ以上のコントローラを備える放射線療法システムであって、そのうちの少なくとも1つが、前記放射線源、MLC、及び撮像システムの各々と通信し、前記コントローラが、又は複数の前記コントローラが、それらの間にあり、

マルチリーフコリメータ（MLC）の各リーフについて、前記放射線源及び前記放射線検出器を使用して単一リーフ開口部の撮像データを取得するステップと、

前記MLCの各リーフについて、前記放射線源及び前記放射線検出器を使用して、二重リーフ開口部の撮像データを取得するステップと、

治療計画フルエンスマップをMLC開口部のパターンにセグメント化するステップと、前記MLC開口部のパターンに従って、単一リーフ及び二重リーフの開口部の前記取得された撮像データを組み合わせることによって、前記治療計画フルエンスマップに対応する放射線検出器画像を生成するステップと、を実施するように構成されている、放射線療法システム。

【請求項 29】

前記システムが、表示デバイスを更に備え、前記コントローラが、前記生成された放射線検出器画像を含むグラフィカル表現を生成し、前記グラフィカル表現を前記表示デバイスに出力するように更に構成されている、請求項 28 に記載のシステム。

【請求項 30】

前記1つ以上のコントローラが、前記生成された放射線検出器画像に基づいて、ファントムへの放射線線量を計算するように更に構成されている、請求項 28 又は 29 に記載のシステム。

【請求項 31】

前記放射線検出器が、MV検出器である、請求項 28～30 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 32】

前記放射線源及び放射線検出器が、複数の発射位置に回転可能なガントリ上に装着され、前記1つ以上のコントローラのうちの第1のコントローラが、前記ガントリを第1の発射位置に回転させて、前記放射線源及び前記放射線検出器を使用して前記第1の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、前記ガントリを第2の発射位置に回転させて、前記放射線源及び前記放射線検出器を使用して前記第2の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することによって、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得するように構成されている、請求項 28～31 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 33】

前記第1のコントローラが、前記第1の発射位置において、前記MLCの各リーフにつ

10

20

30

40

50

いて、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得するように更に構成されている、請求項 3 2 に記載のシステム。

【請求項 3 4】

前記第 1 のコントローラが、前記第 2 の発射位置において、前記 M L C の各リーフについて、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得するように更に構成されている、請求項 3 3 に記載のシステム。

【請求項 3 5】

前記 M L C 開口部のパターンが、各 M L C リーフについてリーフ位置を示す複数の M L C リーフ命令を含む、請求項 2 8 ～ 3 4 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 3 6】

前記 M L C 開口部のパターンが、複数の単一リーフ開口部及び複数の二重リーフ開口部を含む、請求項 2 8 ～ 3 5 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 3 7】

前記取得された撮像データを組み合わせることが、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと、前記二重リーフ開口部の取得された撮像データとを合計することと、前記単一リーフ開口部の撮像データを二重リーフ開口部の合計した撮像データの重複エリアから減算することと、を含む、請求項 2 8 ～ 3 6 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 3 8】

前記システムが、プロセッサメモリを更に備え、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データ、前記二重リーフ開口部の取得された撮像データ、前記 M L C 開口部のパターン、及び前記生成された放射線検出器画像が、前記プロセッサメモリに記憶される、請求項 2 8 ～ 3 7 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 3 9】

前記 1 つ以上のコントローラが、2 つの単一 M L C リーフ開口部の撮像データを、対応する二重 M L C リーフ開口部の撮像データから減算することによって、隣接する M L C リーフの各対の充填プロファイルを計算するように更に構成されており、前記治療計画フルエンスマップに対応する前記放射線検出器画像を生成することが、前記 M L C 開口部のパターンに従って、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと充填プロファイルとを組み合わせることを含む、請求項 3 1 ～ 3 8 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 4 0】

前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと前記充填プロファイルとを組み合わせることが、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと、隣接する単一リーフ開口部の前記充填プロファイルとを合計することを含む、請求項 3 9 に記載のシステム。

【請求項 4 1】

前記放射線検出器画像を生成することが、二重リーフ開口部の取得された撮像データを、前記単一リーフ開口部の撮像データ及び充填プロファイルと組み合わせることを更に含む、請求項 3 9 又は 4 0 に記載のシステム。

【請求項 4 2】

前記システムが、表示デバイスを更に備え、前記コントローラが、前記生成された放射線検出器画像のグラフィカル表現を生成し、前記グラフィカル表現を前記表示デバイスに出力するように更に構成されている、請求項 3 9 ～ 4 1 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 4 3】

前記 1 つ以上のコントローラのうちの第 2 のコントローラが、前記生成された放射線検出器画像に基づいて、ファントムへの放射線線量を計算するように更に構成されている、請求項 3 9 ～ 4 2 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 4 4】

前記放射線検出器が、M V 検出器である、請求項 3 9 ～ 4 3 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 4 5】

前記放射線源及び放射線検出器が、複数の発射位置に回転可能なガントリ上に装着され、前記１つ以上のコントローラが、前記ガントリを第１の発射位置に回転させて、前記第１の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、前記ガントリを第２の発射位置に回転させて、前記第２の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することとによって、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得するように構成されている、請求項２８に記載のシステム。

【請求項４６】

前記１つ以上のコントローラが、前記第１の発射位置において、前記ＭＬＣの各リーフについて、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得するように更に構成されている、請求項４５に記載のシステム。

10

【請求項４７】

前記１つ以上のコントローラが、前記第２の発射位置において、前記ＭＬＣの各リーフについて、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得するように更に構成されている、請求項４６に記載のシステム。

【請求項４８】

前記ＭＬＣ開口部のパターンが、前記ＭＬＣの各リーフについてリーフ位置を示す複数のＭＬＣリーフ命令を含む、請求項３９～４７のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項４９】

前記ＭＬＣ開口部のパターンが、複数の単一リーフ開口部及び複数の二重リーフ開口部を含む、請求項３９～４８のいずれか一項に記載のシステム。

20

【請求項５０】

前記１つ以上のコントローラが、プロセッサメモリを備え、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データ、前記二重リーフ開口部の取得された撮像データ、前記ＭＬＣ開口部のパターン、及び前記生成された放射線検出器画像が、前記プロセッサメモリに記憶される、請求項３９～４９のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項５１】

前記１つ以上のコントローラが、前記放射線源、ＭＬＣ及び撮像システムの各々と通信する第１のコントローラと、第２のコントローラと、第２のコントローラと、を備え、前記第１のコントローラが、前記ＭＬＣの各リーフについて、前記放射線源及び前記放射線検出器を使用して単一リーフ開口部の撮像データを取得し、前記ＭＬＣの各リーフについて、前記放射線源及び前記放射線検出器を使用して二重リーフ開口部の撮像データを取得するステップを実施するように構成されており、前記第２のコントローラが、治療計画フルエンスマップをＭＬＣ開口部のパターンにセグメント化し、前記ＭＬＣ開口部のパターンに従って、単一リーフ及び二重リーフの開口部の前記取得された撮像データを組み合わせることによって、前記治療計画フルエンスマップに対応する放射線検出器画像を生成するステップを実施するように構成されている、請求項２８に記載のシステム。

30

【請求項５２】

放射線送達の品質を評価する方法であって、

ＭＬＣの単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを使用して、治療計画フルエンスマップに対応するシミュレートされた放射線検出器画像を生成することと、

40

放射線療法システムの前記治療放射線源を使用して、前記治療計画フルエンスマップに従って放射線を送達することと、

放射線送達中に放射線検出器撮像データを取得して、放射線検出器画像を生成することと、

前記取得された放射線検出器画像と前記シミュレートされた放射線検出器画像との間の画像差を判定することと、

前記取得された放射線検出器画像とシミュレートされた放射線検出器画像との間の前記画像差を描写するグラフィカル表現を生成することと、を含む、方法。

【請求項５３】

50

前記放射線療法システムが、患者エリアを含み、前記方法が、放射線を送達する前に、前記患者エリアにファントムを配置することを更に含む、請求項 5 2 に記載の方法。

【請求項 5 4】

前記放射線療法システムが、患者エリアを備え、前記方法が、放射線を送達する前に、前記患者エリアに放射線フルエンス測定デバイスを配置することを更に含む、請求項 5 2 又は 5 3 に記載の方法。

【請求項 5 5】

前記シミュレートされた放射線検出器画像に基づいて、シミュレートされた線量を計算することと、前記取得された放射線検出器画像に基づいて送達された線量を計算することと、前記シミュレートされた線量と前記送達された線量との間の線量差を判定することと、前記線量差を描写するグラフィカル表現を生成することと、を更に含む、請求項 5 2 ～ 5 4 のいずれか一項に記載の方法。

10

【請求項 5 6】

前記線量差が許容可能な閾値よりも大きい場合に、通知を生成することを更に含む、請求項 5 5 に記載の方法。

【請求項 5 7】

前記画像差が許容可能な閾値よりも大きい場合に、通知を生成することを更に含む、請求項 5 2 ～ 5 6 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 5 8】

前記差が許容可能な閾値よりも大きい場合に、放射線送達パラメータを更新することを更に含む、請求項 5 2 ～ 5 7 のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項 5 9】

治療放射線源、マルチリーフコリメータ（MLC）、放射線検出器、及び 1 つ以上のコントローラを備える放射線療法システムであって、そのうちの少なくとも 1 つが、前記放射線源、MLC、及び撮像システムの各々と通信し、前記コントローラが、又は複数の前記コントローラが、それらの間にあり、

前記 MLC の単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを使用して、治療計画フルエンスマップに対応するシミュレートされた放射線検出器画像を生成するステップと、

前記治療放射線源を使用して、前記治療計画フルエンスマップに従って放射線を送達するステップと、

30

放射線送達中に放射線検出器撮像データを取得して、放射線検出器画像を生成するステップと、

前記取得された放射線検出器画像と前記シミュレートされた放射線検出器画像との間の画像差を判定するステップと、

前記取得された放射線検出器画像とシミュレートされた放射線検出器画像との間の前記画像差を描写するグラフィカル表現を生成するステップと、を実施するように構成されている、放射線療法システム。

【請求項 6 0】

1 つ以上の前記コントローラが、請求項 5 2 ～ 5 8 に記載の方法のうちのいずれか 1 つの前記ステップを実施するように追加的に構成されている、請求項 5 9 に記載のシステム。

40

【請求項 6 1】

1 つ以上の前記コントローラが、前記放射線源、MLC 及び撮像システムの各々と通信する第 1 のコントローラと、第 2 のコントローラと、を備え、前記第 1 のコントローラが、前記治療放射線源を使用して前記治療計画フルエンスマップに従って放射線を送達し、放射線送達中に放射線検出器撮像データを取得して、放射線検出器画像を生成するステップを実施するように構成されており、前記第 2 のコントローラが、前記シミュレートされた放射線検出器画像を生成し、前記取得された放射線検出器画像と前記シミュレートされた放射線検出器画像との間の画像差を判定し、前記グラフィカル表現を生成するステップ

50

を実施するように構成されている、請求項 59 に記載のシステム。

【請求項 62】

治療計画フルエンスマップに対応する放射線検出器画像を生成するための方法であって、

マルチリーフコリメータの各リーフについて、放射線源及び放射線検出器を使用して単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、

前記取得された撮像データを組み合わせて、治療計画フルエンスマップに対応する MLC 開口部のパターンに一致する放射線検出器画像を生成することと、を含む、方法。

【請求項 63】

前記生成された放射線検出器画像を含むグラフィカル表現を生成することと、前記グラフィカル表現を表示デバイスに出力することと、を更に含む、請求項 62 に記載の方法。

10

【請求項 64】

前記放射線検出器が、MV 検出器である、請求項 62 又は 63 に記載の方法。

【請求項 65】

前記放射線源及び放射線検出器が、複数の発射位置に回転可能なガントリ上に装着され、各リーフについて単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することが、前記ガントリを第 1 の発射位置に回転させて、前記第 1 の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、前記ガントリを第 2 の発射位置に回転させて、前記第 2 の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、を含む、請求項 62 ～ 64 のいずれか一項に記載の方法。

20

【請求項 66】

前記 MLC 開口部のパターンが、各 MLC リーフについてリーフ位置を示す複数の MLC リーフ命令を含む、請求項 62 ～ 65 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 67】

前記 MLC 開口部のパターンが、複数の単一リーフ開口部及び複数の二重リーフ開口部を含む、請求項 62 ～ 66 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 68】

前記取得された撮像データを組み合わせることが、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと、前記二重リーフ開口部の取得された撮像データとを合計することと、単一リーフ開口部の前記撮像データを二重リーフ開口部の合計した撮像データの重複エリアから減算することと、を含む、請求項 62 ～ 67 のいずれか一項に記載の方法。

30

【請求項 69】

前記単一リーフ開口部の取得された撮像データ、前記二重リーフ開口部の取得された撮像データ、前記 MLC 開口部のパターン、及び前記生成された放射線検出器画像が、放射線送達システムのプロセッサメモリに記憶される、請求項 62 ～ 68 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 70】

2 つの単一 MLC リーフ開口部の撮像データを、対応する二重 MLC リーフ開口部の撮像データから減算することによって、隣接する MLC リーフの各対の充填プロファイルを計算することを更に含み、前記取得された撮像データを組み合わせて前記放射線検出器画像を生成することが、前記 MLC 開口部のパターンに従って、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと充填プロファイルとを組み合わせることを含む、請求項 62 ～ 69 のいずれか一項に記載の方法。

40

【請求項 71】

前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと充填プロファイルとを組み合わせることが、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと、隣接する単一リーフ開口部の前記充填プロファイルとを合計することを含む、請求項 70 に記載の方法。

【請求項 72】

前記取得された撮像データを組み合わせて前記放射線検出器画像を生成することが、前

50

記二重リーフ開口部を前記単一リーフ開口部の撮像データ及び充填プロファイルと組み合わせることを含む、請求項 70 又は 71 に記載の方法。

【請求項 73】

前記生成された放射線検出器画像のグラフィカル表現を生成することと、前記グラフィカル表現を表示デバイスに出力することと、を更に含む、請求項 70～72 のいずれか一項に記載の方法。

【請求項 74】

放射線源、マルチリーフコリメータ（MLC）、放射線検出器、及び 1 つ以上のコントローラを備える放射線療法システムであって、そのうちの少なくとも 1 つが、前記放射線源、MLC、及び撮像システムの各々と通信し、前記コントローラが、又は複数の前記コントローラが、それらの間にあり、

マルチリーフコリメータの各リーフについて、放射線源及び放射線検出器を使用して単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得するステップと、

前記取得された撮像データを組み合わせて、治療計画フルエンスマップに対応する MLC 開口部のパターンに一致する放射線検出器画像を生成するステップと、を実施するように構成されている、放射線療法システム。

【請求項 75】

前記システムが、表示デバイスを更に備え、前記コントローラが、前記生成された放射線検出器画像を含むグラフィカル表現を生成し、前記グラフィカル表現を前記表示デバイスに出力するように更に構成されている、請求項 74 に記載のシステム。

【請求項 76】

前記放射線検出器が、MV 検出器である、請求項 74 又は 75 に記載のシステム。

【請求項 77】

前記放射線源及び放射線検出器が、複数の発射位置に回転可能なガントリ上に装着され、前記 1 つ以上のコントローラが、前記ガントリを第 1 の発射位置に回転させて、前記第 1 の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、前記ガントリを第 2 の発射位置に回転させて、前記第 2 の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することとによって、各リーフについて単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得するように構成されている、請求項 74～76 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 78】

前記 MLC 開口部のパターンが、各 MLC リーフについてリーフ位置を示す複数の MLC リーフ命令を含む、請求項 74～77 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 79】

前記 MLC 開口部のパターンが、複数の単一リーフ開口部及び複数の二重リーフ開口部を含む、請求項 74～78 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 80】

前記取得された撮像データを組み合わせることが、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと、前記二重リーフ開口部の取得された撮像データとを合計することと、前記単一リーフ開口部の撮像データを二重リーフ開口部の合計した撮像データの重複エリアから減算することと、を含む、請求項 74～79 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 81】

前記システムが、プロセッサメモリを更に備え、1 つ以上の前記コントローラが、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データ、前記二重リーフ開口部の取得された撮像データ、前記 MLC 開口部のパターン、及び前記生成された放射線検出器画像を前記プロセッサメモリに記憶させるように更に構成されている、請求項 74～80 のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項 82】

前記 1 つ以上のコントローラが、2 つの単一 MLC リーフ開口部の撮像データを、対応する二重 MLC リーフ開口部の撮像データから減算することによって、隣接する MLC リ

10

20

30

40

50

ーフの各対の充填プロファイルを計算するように更に構成されており、前記取得された撮像データを組み合わせて前記放射線検出器画像を生成することが、前記MLC開口部のパターンに従って、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと充填プロファイルとを組み合わせることを含む、請求項74～81のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項83】

前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと充填プロファイルとを組み合わせることが、前記単一リーフ開口部の取得された撮像データと、隣接する単一リーフ開口部の前記充填プロファイルとを合計することを含む、請求項82に記載のシステム。

【請求項84】

前記取得された撮像データを組み合わせて前記放射線検出器画像を生成することが、前記二重リーフ開口部を前記単一リーフ開口部の撮像データ及び充填プロファイルと組み合わせることを含む、請求項82又は83に記載のシステム。

【請求項85】

前記生成された放射線検出器画像のグラフィカル表現を生成することと、前記グラフィカル表現を表示デバイスに出力することと、を更に含む、請求項82～84のいずれか一項に記載のシステム。

【請求項86】

前記1つ以上のコントローラが、前記放射線源、MLC及び撮像システムの各々と通信する第1のコントローラと、第2のコントローラと、第2のコントローラと、を備え、前記第1のコントローラが、放射線源及び放射線検出器を使用して単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得するステップを実施するように構成されており、前記第2のコントローラが、前記取得された撮像データを組み合わせることによって、前記放射線検出器画像を生成するステップを実施するように構成されている、請求項74に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

関連出願への相互参照

本出願は、2021年12月27日に出願された米国仮特許出願第63／294,047号に対する優先権を主張するものであり、その開示は参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

【背景技術】

【0002】

放射線療法の治療計画は、健康な組織の照射を制限しながら、規定線量の放射線を1つ以上の腫瘍に当てることを目指す。治療計画では、CT及び／又はPET画像並びに臨床医が定義した腫瘍の輪郭の計画を使用して、各患者固有の解剖学的構造及びそのがんの病態を考慮し、腫瘍への累積治療線量をもたらしながら、危険臓器(OAR)などの放射線感受性の高い構造に対する照射安全閾値を超えない放射線フルエンスマップを生成する。放射線フルエンスマップは、所望の線量分布をもたらす各放射線発射位置及び／又は患者プラットフォーム位置に対する放射線ビームレット(例えば、サイズ、形状、強度など)を特定する。次いで、治療計画フルエンスマップは、放射線療法機械命令に変換(すなわち、セグメント化)され、指定場所に位置付けられた患者を用いて正確に実行される場合、規定線量を腫瘍に送達することになる。放射線療法機械命令には、任意の放射線ビーム整形構成要素の構成(例えば、マルチリーフコリメータのリーフ位置)、ガントリ角(発射位置)、患者の直線位置、及び各発射位置に対して治療放射線源(例えば、直線加速器又はリナック)によって発せられるビームレットパルス又は監視ユニットの数が含まれ得るが、これらに限定されない。

【0003】

治療計画フルエンスマップが生成された後、それが規定線量の送達をもたらすことを確認するために評価される。計画フルエンスマップが所望の線量分布(すなわち、治療計画

10

20

30

40

50

の品質保証又はQ A)を送達するかどうかを評価する1つの方法は、放射線療法システムモデル、患者モデル、及び／又はビームモデルを使用してシミュレーションを実行して、送達された線量分布の近似を計算することである。シミュレート送達された線量分布は、所望の線量分布と比較され、臨床医は、差異が許容可能かどうかを評価し得る。計画フルエンスマップが規定線量を送達するかどうかを評価するための別の方法は、実際には、治療エリアに患者がいないセグメント化された機械命令を使用して、計画フルエンスマップを送達することである。送達された放射線フルエンスは、治療エリア内に配置されたフルエンス測定デバイスによって測定され得る。リナックを使用する放射線療法システムはまた、リナックの反対側に位置するMV検出器を備えてもよい。これらの放射線療法システムでは、送達された放射線フルエンスは、MV検出器によって測定されてもよい。(フルエンス測定デバイス及びMV検出器のうちの1つ以上から)送達された放射線フルエンスの測定値を使用して、送達された線量分布を再構築してもよく、これは所望の線量分布に対して評価される。治療計画及び送達Q Aの結果は、治療計画が規定線量を送達するかどうか、及び／又は放射線療法システムが計画フルエンスマップに従って放射線を正確に発する能力を有するかどうかを確認するために使用され得る。こうした治療計画及び放射線送達Q Aセッションは、患者の安全性を確保するために重要である。したがって、患者治療計画及び放射線送達を評価するための改善された方法を有することが望ましい(すなわち、品質保証又はQ Aセッションにおいて)。

10

【発明の概要】

【課題を解決するための手段】

20

【0004】

治療計画フルエンスマップに従って放射線送達の品質を評価する方法が、本明細書に開示される。方法は、治療用途又は非治療用途に使用され得る。放射線送達の品質を評価する1つの変形は、異なるマルチリーフコリメータ(MLC)構成の取得されたMV検出器撮像データを使用して、治療計画フルエンスマップに従って発せられた放射線のシミュレートされたMV検出器画像を生成することと、送達された放射線のMV検出器撮像データを取得しながら、治療計画フルエンスマップに従って放射線を送達することと、取得されたMV検出器撮像データをシミュレートされたMV検出器画像と比較して、任意の差異を識別することと、を含む。放射線は、例えばQ Aセッション中に、非治療用途の一部としてMV検出器の視野内に配置されたファントムに送達されてもよい。シミュレートされたMV検出器画像は、各MLCリーフについて単一MLCリーフ開口部のMV検出器撮像データを取得することと、各MLCリーフ対について二重MLCリーフ開口部のMV検出器撮像データを取得することと、MLC開口部のパターンを得るために治療計画フルエンスマップをセグメント化することと、MLC開口部のパターンに従って、単一MLC開口部及び二重MLCリーフ開口部のMV検出器撮像データを組み合わせることによって生成され得る。この方法は、経験的MV検出器データの小さなセットを使用する一方で、患者特異的治療計画フルエンスマップの複雑さを包含する、正確なシミュレートされたMV検出器画像の生成を容易にする。収集されたデータの量を減らすことは、Q Aセッションの迅速化に役立つ場合がある。Q A目的のために放射線療法システムが使用される時間を低減することは、放射線療法システムが患者の治療に使用される時間の長さを増加させるのに役立つ。

30

40

【0005】

治療計画フルエンスマップマルチリーフ開口部パターンに対応する放射線検出器画像を生成するための方法(非治療用途で使用され得る)の1つの変形は、マルチリーフコリメータ(MLC)の各リーフについて放射線源及び放射線検出器を使用して、単一リーフ開口部の撮像データを取得することと、MLCの各リーフについて、放射線源及び放射線検出器を使用して、二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、治療計画フルエンスマップをMLC開口部のパターンにセグメント化することと、MLC開口部のパターンに従って、単一リーフ及び二重リーフの開口部の取得された撮像データを組み合わせることによって、治療計画フルエンスマップに対応する放射線検出器画像を生成することと、を

50

含み得る。方法は、生成された放射線検出器画像を含むグラフィカル表現を生成することと、グラフィカル表現を表示デバイスに出力することと、を更に含み得る。任意選択的に、方法は、生成された放射線検出器画像に基づいて、ファントムへの放射線線量を計算することを含み得る。いくつかの変形では、放射線検出器は、MV検出器又はkV検出器であってもよい。放射線源及び放射線検出器は、複数の発射位置に回転可能なガントリ上に装着され得、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することは、ガントリを第1の発射位置に回転させて、第1の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、ガントリを第2の発射位置に回転させて、第2の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、を含み得る。方法は、第1の発射位置において、MLCの各リーフについて、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することを更に含み得、任意選択的に、第2の発射位置において、MLCの各リーフについて、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することを含み得る。MLC開口部のパターンは、各MLCリーフについてリーフ位置を示す複数のMLCリーフ命令を含み得、又はMLC開口部のパターンは、複数の単一リーフ開口部及び複数の二重リーフ開口部を含み得る。いくつかの変形では、取得された撮像データを組み合わせることは、単一リーフ開口部の取得された撮像データと、二重リーフ開口部の取得された撮像データとを合計することと、単一リーフ開口部の撮像データを二重リーフ開口部の合計した撮像データの重複エリアから減算することと、を含み得る。方法は、単一MLCリーフ開口部及び二重MLCリーフ開口部の放射線検出器撮像データを取得する前に、放射線検出器の視野内にファントムを配置することを更に含み得る。任意選択的に、いくつかの変形は、単一MLCリーフ開口部及び二重MLCリーフ開口部の放射線検出器撮像データを取得する前に、放射線検出器の視野内に放射線フルエンス測定デバイスを配置すること、又は単一MLCリーフ開口部及び二重MLCリーフ開口部の放射線検出器撮像データを取得する前に、放射線検出器の視野内に放射線フルエンス測定デバイスを配置することを含み得る。単一リーフ開口部の取得された撮像データ、二重リーフ開口部の取得された撮像データ、MLC開口部のパターン、及び生成された放射線検出器画像は、放射線送達システムのプロセッサメモリに記憶され得る。

10

20

30

40

50

【0006】

別の変形では、方法は、2つの単一MLCリーフ開口部の撮像データを、対応する二重MLCリーフ開口部の撮像データから減算することによって、隣接するMLCリーフの各対について充填プロファイルを計算することを更に含み得る。治療計画フルエンスマップに対応する放射線検出器画像を生成することは、MLC開口部のパターンに従って、単一リーフ開口部の取得された撮像データと充填プロファイルとを組み合わせることを含み得る。単一リーフ開口部の取得された撮像データと充填プロファイルとを組み合わせることは、単一リーフ開口部の取得された撮像データと、隣接する単一リーフ開口部の充填プロファイルとを合計することを含み得る。放射線検出器画像を生成することは、二重リーフ開口部の取得された撮像データを、単一リーフ開口部の撮像データ及び充填プロファイルと組み合わせることを更に含み得る。いくつかの変形は、生成された放射線検出器画像を含むグラフィカル表現を生成することと、グラフィカル表現を表示デバイスに出力することと、を含み得る。任意選択的に、方法は、生成された放射線検出器画像に基づいて、ファントムへの放射線線量を計算することを含み得る。いくつかの変形では、放射線検出器は、MV検出器又はkV検出器であってもよい。放射線源及び放射線検出器は、複数の発射位置に回転可能なガントリ上に装着され得、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することは、ガントリを第1の発射位置に回転させて、第1の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、ガントリを第2の発射位置に回転させて、第2の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、を含み得る。方法は、第1の発射位置において、MLCの各リーフについて、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することを更に含み得、任意選択的に、第2の発射位置において、MLCの各リーフ

について、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することを含み得る。MLC開口部のパターンは、各MLCリーフについてリーフ位置を示す複数のMLCリーフ命令を含み得、又はMLC開口部のパターンは、複数の単一リーフ開口部及び複数の二重リーフ開口部を含み得る。任意選択的に、いくつかの方法は、単一MLCリーフ開口部及び二重MLCリーフ開口部の放射線検出器撮像データを取得する前に、放射線検出器の視野内にファントムを配置すること、又は単一MLCリーフ開口部及び二重MLCリーフ開口部の放射線検出器撮像データを取得する前に、放射線検出器の視野内に放射線フルエンス測定デバイスを配置することを含み得る。単一リーフ開口部の取得された撮像データ、二重リーフ開口部の取得された撮像データ、MLC開口部のパターン、及び生成された放射線検出器画像は、放射線送達システムのプロセッサメモリに記憶され得る。

10

【0007】

放射線送達の品質を評価するための方法も、本明細書に開示される。方法は、治療用途又は非治療用途に使用され得る。1つの変形は、MLCの単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを使用して、治療計画フルエンスマップに対応するシミュレートされた放射線検出器画像を生成することと、放射線療法システムの治療放射線源を使用して、治療計画フルエンスマップに従って放射線を送達することと、放射線送達中に放射線検出器撮像データを取得して、放射線検出器画像を生成することと、取得された放射線検出器画像とシミュレートされた放射線検出器画像との間の画像差を判定することと、取得された放射線検出器画像とシミュレートされた放射線検出器画像との間の画像差を描写するグラフィカル表現を生成することと、を含み得る。方法は、画像差が許容可能な閾値よりも大きい場合に、通知を生成することを含み得る。放射線療法システムは、患者エリアを含み得、方法は、例えば、方法が非治療用途で使用されるときに、放射線を送達する前に、患者エリアにファントムを配置することを更に含み得る。代替的に、又は追加的に、放射線療法システムは、患者エリアを含み得、方法は、放射線を送達する前に、患者エリアに放射線フルエンス測定デバイスを配置することを更に含み得る。いくつかの変形は、シミュレートされた放射線検出器画像に基づいて、シミュレートされた線量を計算することと、取得された放射線検出器画像に基づいて送達された線量を計算することと、シミュレートされた線量と送達された線量との間の線量差を判定することと、線量差を描写するグラフィカル表現を生成することと、を更に含み得る。方法は、線量差が許容可能な閾値よりも大きい場合に、通知を生成することを含み得る。任意選択的に、方法は、差が許容可能な閾値よりも大きい場合に、放射線送達パラメータを更新することを更に含み得る。

20

30

【0008】

治療計画フルエンスマップに対応する放射線検出器画像を生成するための方法の別の変形は、マルチリーフコリメータの各リーフについて、放射線源及び放射線検出器を使用して単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、取得された撮像データを組み合わせて、治療計画フルエンスマップに対応するMLC開口部のパターンに一致する放射線検出器画像を生成することと、を含み得る。方法は、非治療用途に使用され得る。方法は、生成された放射線検出器画像を含むグラフィカル表現を生成することと、グラフィカル表現を表示デバイスに出力することと、を更に含み得る。いくつかの変形では、放射線検出器は、MV検出器又はkV検出器であってもよい。放射線源及び放射線検出器は、複数の発射位置に回転可能なガントリ上に装着され得、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することは、ガントリを第1の発射位置に回転させて、第1の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、ガントリを第2の発射位置に回転させて、第2の発射位置における単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することと、を含み得る。方法は、第1の発射位置において、MLCの各リーフについて、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することを更に含み得、任意選択的に、第2の発射位置において、MLCの各リーフについて、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを取得することを含み得る。MLC開口部のパターンは、各MLCリーフについてリーフ位置を示す複数のMLCリーフ命令を含み得、又はMLC開口部のパターンは、複数の単一

40

50

リーフ開口部及び複数の二重リーフ開口部を含み得る。単一リーフ開口部の取得された撮像データ、二重リーフ開口部の取得された撮像データ、MLC開口部のパターン、及び生成された放射線検出器画像は、放射線送達システムのプロセッサメモリに記憶される。取得された撮像データを組み合わせることは、単一リーフ開口部の取得された撮像データと、二重リーフ開口部の取得された撮像データとを合計することと、単一リーフ開口部の撮像データを二重リーフ開口部の合計した撮像データの重複エリアから減算することと、を含み得る。代替的に、又は追加的に、方法は、2つの単一MLCリーフ開口部の撮像データを、対応する二重MLCリーフ開口部の撮像データから減算することによって、隣接するMLCリーフの各対の充填プロファイルを計算することを更に含み得、取得された撮像データを組み合わせる放射線検出器画像を生成することは、MLC開口部のパターンに従って、単一リーフ開口部の取得された撮像データと充填プロファイルとを組み合わせることを含む。いくつかの変形では、単一リーフ開口部の取得された撮像データと充填プロファイルとを組み合わせることは、単一リーフ開口部の取得された撮像データと、隣接する単一リーフ開口部の充填プロファイルとを合計することを含み得る。いくつかの変形では、取得された撮像データを組み合わせる放射線検出器画像を生成することは、二重リーフ開口部を単一リーフ開口部の撮像データ及び充填プロファイルと組み合わせることを含み得る。任意選択的に、いくつかの方法は、生成された放射線検出器画像のグラフィカル表現を生成することと、グラフィカル表現を表示デバイスに出力することと、を更に含み得る。

10

20

【0009】

本明細書に提供される実施例は、シミュレートされたMV検出器画像を生成し、それらのシミュレートされた画像を治療計画送達QAの目的で使用する文脈にあるが、他のタイプの放射線検出器を使用して、他の撮像モダリティ（例えば、kV CT、kV平面撮像又はkV放射線送達システム）のためのシミュレートされた画像を生成するために、同様の方法を使用し得ることが理解されるべきである。本明細書に記載の方法は、治療計画送達QA以外の目的に使用され得る。例えば、小型動物治療システムは、MLCを有するkV放射線源を使用し得る。同様に、皮膚又は眼の治療のための特殊な放射線療法システムはまた、MLCと結合された低kVエネルギー放射線源を使用する場合があります、本明細書に開示されるシステム及び方法は、こうした治療システムとともに使用されてもよい。

30

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1A】放射線療法システムの変形の機能ブロック図である。

【図1B】回転可能なガントリ、リナック、ビーム整形アセンブリ、及びMV検出器を備える放射線療法システムの1つの変形の概略表現である。

【図1C】回転可能なガントリ、リナック、ビーム整形アセンブリ、及びMV検出器を備える放射線療法システムの1つの変形の概略表現である。

【図2】異なるMLC構成の取得されたMV検出器撮像データを使用して、MV検出器画像を生成するための方法の1つの変形のフローチャート表現である。

【図3A】単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部のMV検出器撮像データの概念図であり、図2に描写された方法に従ってMLC開口部の所望のパターンに対応するMV検出器画像をシミュレートするために、これらをどのように組み合わせることができるかの一実施例である。

40

【図3B】単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部のMV検出器撮像データの概念図であり、図2に描写された方法に従ってMLC開口部の所望のパターンに対応するMV検出器画像をシミュレートするために、これらをどのように組み合わせることができるかの一実施例である。

【図3C】単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部のMV検出器撮像データの概念図であり、図2に描写された方法に従ってMLC開口部の所望のパターンに対応するMV検出器画像をシミュレートするために、これらをどのように組み合わせることができるかの一実施例である。

50

【図 3 D】単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の M V 検出器撮像データの概念図であり、図 2 に描写された方法に従って M L C 開口部の所望のパターンに対応する M V 検出器画像をシミュレートするために、これらをどのように組み合わせることができるかの一実施例である。

【図 4】異なる M L C 構成の取得された M V 検出器撮像データを使用して、M V 検出器画像を生成するための方法の別の変形のフローチャート表現である。

【図 5 A】単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の M V 検出器撮像データ及び充填プロファイルの概念図であり、図 4 に描写された方法に従って M L C 開口部の所望のパターンに対応する M V 検出器画像をシミュレートするために、これらをどのように組み合わせることができるかの一実施例である。

10

【図 5 B】単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の M V 検出器撮像データ及び充填プロファイルの概念図であり、図 4 に描写された方法に従って M L C 開口部の所望のパターンに対応する M V 検出器画像をシミュレートするために、これらをどのように組み合わせることができるかの一実施例である。

【図 5 C】単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の M V 検出器撮像データ及び充填プロファイルの概念図であり、図 4 に描写された方法に従って M L C 開口部の所望のパターンに対応する M V 検出器画像をシミュレートするために、これらをどのように組み合わせることができるかの一実施例である。

【図 5 D】単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の M V 検出器撮像データ及び充填プロファイルの概念図であり、図 4 に描写された方法に従って M L C 開口部の所望のパターンに対応する M V 検出器画像をシミュレートするために、これらをどのように組み合わせることができるかの一実施例である。

20

【図 5 E】単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の M V 検出器撮像データ及び充填プロファイルの概念図であり、図 4 に描写された方法に従って M L C 開口部の所望のパターンに対応する M V 検出器画像をシミュレートするために、これらをどのように組み合わせることができるかの一実施例である。

【図 6】患者特異的治療計画に従って放射線送達の品質を評価するための方法の 1 つの変形のフローチャート表現である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

30

患者の治療計画フルエンスマップに特異的である M V 検出器画像を生成し、生成された M V 検出器画像を使用して、計画フルエンスマップを送達する放射線療法システムの能力を評価するための方法が本明細書に開示される。M V 検出器画像は、放射線が治療放射線源（例えば、リナック）によって正確に発せられ、治療計画フルエンスマップに従ってマルチリーフコリメータ（M L C）によって整形された場合に、M V 検出器上で取得されであろう画像及び／又は撮像データをシミュレートする。M V 検出器画像は、放射線療法システムで取得された M V 検出器撮像データを使用して生成されてもよい。いくつかの変形では、取得された M V 検出器撮像データは、限定された数の M L C 構成、例えば、M L C の各リーフに対する単一リーフ開口部及び／又は二重リーフ開口部であってもよい。この限定された撮像データのセットは、本明細書に記載されるように組み合わせられて、患者の治療計画フルエンスマップに対応する M V 検出器画像を生成してもよい。放射線療法システムで取得された M V 検出器撮像データの量を制限することは、Q A 目的のために放射線療法システムが使用される時間の量を低減し、患者を治療するための放射線療法システムの可用性を増加させるのに役立ち得る。

40

【0012】

取得された M V 検出器撮像データを使用して生成された M V 検出器画像は、放射線療法システムが計画フルエンスマップに従ってどの程度放射線を送達しているかを評価するのに使用されてもよい。例えば、放射線療法システムの放射線送達の品質を評価するための方法は、治療計画フルエンスマップに従って放射線を送達又は放射することと、放射線送達中に M V 検出器撮像データを取得することと、取得された M V 検出器画像を、治療計画

50

フルエンスマップの送達をシミュレートする生成されたMV検出器画像と比較することと、を含み得る。

【0013】

本明細書に記載の方法は、MV検出器を備える任意の放射線療法システムについてMV検出器画像を生成するために使用されてもよく、以下に説明及び描写する特定の放射線療法システムに限定されない。例えば、MV検出器撮像データを取得し、MV検出器画像を生成するための方法は、高エネルギーX線を発する治療放射線源と、治療放射線源の真向かいに（例えば、反対側に）位置されるMV検出器とを備える任意の放射線療法システムとともに使用され得る。治療放射線源及びMV検出器は、円形ガントリ、又はCアームガントリ、又はロボットアーム上に装着されてもよく、これは、治療放射線源を患者エリアの周りの様々な発射位置に位置付けるように構成されている1つ以上の運動システムを備えてもよい。代替的に、又は追加的に、本明細書に記載の方法は、限定された実験的に取得された検出器撮像データ（例えば、kV CT撮像データ）のセットに基づいて、任意のX線検出器画像（例えば、kV CT画像）を生成するために使用され得る。

【0014】

放射線療法システム

図1Aは、本明細書に説明される方法のうちの1つ以上とともに使用され得る放射線療法システムの変形の機能ブロック図を描写する。放射線療法システム（100）は、1つ以上の治療放射線源（102）及び患者プラットフォーム（104）を備える。治療放射線源は、X線源、電子源、プロトン源、及び／又はニュートロン源を備え得る。例えば、治療放射線源（102）は、線形加速器（リナック）、Cobalt-60源、及び／又はX線機械を備え得る。治療放射線源は、放射線ビームが複数の発射位置及び／又は角度から患者プラットフォーム上の患者に向けられ得るように、患者プラットフォームの周りで移動可能であり得る。いくつかの変形では、放射線療法システムは、治療放射線源のビーム経路内に位置し得る1つ以上のビーム整形要素及び／又はアセンブリ（106）を含み得る。例えば、放射線療法システムは、リナック（102）及び放射線ビームの経路内に配設されたビーム整形アセンブリ（106）を含み得る。ビーム整形アセンブリは、1つ以上の移動可能なジョー及び1つ以上のコリメータを備え得る。コリメータのうちの少なくとも1つは、複数の個別に制御されたリーフを備えるMLCであり得る。MLCは、1-D MLC（すなわち、各リーフが開放又は閉鎖のいずれかであるバイナリMLC）であり得る。リナック及びビーム整形アセンブリは、リナック及びビーム整形アセンブリの位置を調整するように構成されている運動システムを備えるガントリ又は移動可能な支持フレーム上に装着され得る。いくつかの変形では、リナック及びビーム整形アセンブリは、1つ以上のロボットアーム、Cアーム、ジンバル、及び同様のものを備える支持構造上に装着され得る。患者プラットフォーム（104）はまた、移動可能であってもよい。放射線療法システム（100）は、1つ以上の撮像モダリティの1つ以上の撮像システム（108）を備えてもよい。例えば、1つ以上の撮像システム（108）は、kV CT撮像システム、PET撮像システム、MV X線撮像システム、及び／又はMR撮像システムを備えてもよい。撮像システム（108）は、治療放射線源の治療平面と同一平面上にあってよく、他の変形では、撮像システム（108）は、治療平面と同一平面上になくてもよい。例えば、PET撮像システム及び／又はMR撮像システム及び／又はMV X線撮像システムの撮像平面は、治療平面と同一平面であってもよく、一方でkV CT撮像システムは、治療平面と一致しない撮像平面を有してもよい。いくつかの変形では、MV X線撮像システムは、ガントリ上に装着され、リナック及びビーム整形アセンブリの反対側に位置するMV検出器を備えてもよい。図1Bは、回転可能なガントリ（105）と、ガントリ（105）上に装着されたリナック（102）と、ビーム整形アセンブリ（106）と、MV検出器（109）とを備える放射線療法システムの1つの変形の概略表現である。MV検出器は、リナック及びビーム整形アセンブリの真向かいにある（すなわち、反対側にある）。ガントリ（105）は、一方向（矢印で表されるように）に連続的に回転可能であってもよく、又は望ましい場合、時計回り方向及び反時計回り方向の両

10

20

30

40

50

方に回転可能であってもよい。ビーム整形アセンブリ（１０６）は、本明細書に記載される任意のＭＬＣなどのＭＬＣを含み得る。ガントリ（１０５）を回転させることで、リナック（１０２）が、治療エリア（１１１）の周りの様々な発射位置（例えば、発射角度）に移動し得る。図１Ｃに示すように、ガントリが回転してリナックを新しい発射位置に移動させるとき、ビーム整形アセンブリ及びＭＶ検出器はまた、対応する様式で移動する。本明細書に描写される放射線療法システムは円形ガントリを含む一方で、放射線療法システムは代わりに、１つ以上のロボットアーム、Ｃアーム、及びジンバルを含み得ることが理解されるべきである。

【００１５】

リナックによって発せられ、ＭＬＣによって（及び／又はビーム整形アセンブリの任意の構成要素と組み合わせで）整形される放射線は、ＭＶ検出器によって測定されてもよい。ＭＶ検出器によって取得された撮像データ又は測定値は、リーフの位置によって累積的に形成されるＭＬＣ開口部のサイズ及び形状を検出するために使用され得る。例えば、ＭＶ検出器撮像データを使用して、バイナリＭＬＣのＭＬＣリーフが開放しているか閉鎖しているかを判定し、ＭＬＣ開口部の形状を判定し、及び／又はＭＬＣ開口部を通過した放射線フルエンスを計算し得る。治療計画フルエンスマップが機械命令にセグメント化される場合、機械命令は、１つ以上の患者プラットフォームの場所にわたる、治療放射線源の各発射位置についての各リーフの位置を指定するＭＬＣリーフ命令を含み得る。これらの機械命令は、放射線療法システムの性能を評価するために、品質保証（ＱＡ）手順で使用され得る。ＭＶ検出器によって測定されるＭＬＣの構成（すなわち、ＭＬＣリーフの各々の位置の結果としてのＭＬＣ開口部の形状）は、治療計画フルエンスマップに由来するＭＬＣリーフ命令と比較され得る。ＭＶ検出器撮像データは、例えば、治療計画フルエンスマップからセグメント化された機械命令によって指定される、各パターン又は構成を通るＭＬＣステップとしてのＭＬＣリーフの作動の精度を評価するために使用され得る。

【００１６】

放射線療法システム（１００）は、治療放射線源（１０２）、ビーム整形要素又はアセンブリ（１０６）、患者プラットフォーム（１０４）、１つ以上の画像センサ（１０８）（例えば、１つ以上の撮像システム）、及び１つ以上のフルエンス測定デバイス（１０１）と通信するコントローラ（１１０）を備えてもよい。コントローラ１１０は、１つ以上のプロセッサと、１つ以上のプロセッサと通信する１つ以上の機械可読メモリと、を備え得、これは、本明細書に説明される方法のいずれかを実行又は実施するように構成され得る。コントローラは、ビームエネルギー、監視ユニット、ＭＬＣ及び患者プラットフォームデータ（例えば、患者プラットフォーム位置座標）、送達中に撮影された画像などを含む放射線の送達中に生成された情報を、機械可読メモリに記録及び記憶し得る（例えば、治療セッション及び／又は品質保証セッションにおいて）。１つ以上の機械可読メモリは、１つ以上の治療計画、システム校正手順、システム品質保証（ＱＡ）手順、治療計画及び／又は臨床目標に基づく放射線フルエンスマップの計算、放射線治療システム命令（例えば、ガントリ、治療放射線源、ビーム整形アセンブリ、患者プラットフォーム、及び／又は放射線治療システムの任意の他の構成要素の動作を指示し得る）へのフルエンスマップのセグメント化、並びに治療計画及び／又は放射線送達に関連付けられた画像及び／又はデータ処理など、システムに関連付けられたモジュール、プロセス、及び／又は機能をプロセッサに実行させる命令を記憶し得る。いくつかの変形では、メモリは、治療計画データ（例えば、治療計画発射フィルタ、フルエンスマップ、計画画像、治療セッションＰＥＴブレスキャン画像、及び／又は初期ＣＴ、ＭＲＩ、及び／又はＸ線画像）を記憶し得る。いくつかの変形では、コントローラは、放射線送達中に取得されたデータ（例えば、取得されたＭＶ検出器撮像データ）を治療計画データ（例えば、予想されるＭＶ検出器撮像データ）と比較して、実際の放射線送達が計画された放射線送達（例えば、「記録及び検証」システム）とどの程度厳密に一致したかを評価するように構成され得る。放射線療法システムのコントローラは、有線又は無線通信チャネルによって他のシステムに接続され得る。例えば、放射線療法システムコントローラは、フルエンスマップ、発射フィルタ

10

20

30

40

50

、初期及び／又は計画画像（例えば、CT画像、MRI画像、PET画像、4-D CT画像）、患者データ、及び他の臨床的に関連性のある情報が放射線療法治療計画システムから放射線療法システムに転送され得るように、放射線療法治療計画システムコントローラと有線又は無線通信し得る。送達された放射線フルエンス、任意の線量計算、並びにQA及び／又は治療セッション中に取得された任意の臨床的に関連する情報及び／又はデータは、放射線療法システムから放射線療法治療計画システムに転送され得る。この情報は、治療計画を適合させるために、及び／又は連続的な治療セッションのための放射線の送達を調整するために、放射線療法治療計画システムによって使用され得る。放射線療法システムの追加的な説明は、2017年11月15日に出願の米国特許第10,695,586号に提供されており、参照によりその全体が本明細書に組み込まれる。

10

【0017】

品質保証（QA）方法

治療計画フルエンスマップが生成された後、所望の（例えば、規定の）線量分布を提供し、放射線療法システムが計画フルエンスマップを精密かつ正確に送達することができることを確認するために評価されてもよい。放射線療法システムが計画フルエンスマップを送達することができるかどうかを評価する方法の1つの変形は、放射線療法システムのリナック及びMLCを使用して、計画フルエンスマップに従って放射線を発することと、MV検出器上の撮像データを取得することによって発せられた放射線を測定することと、取得された撮像データからMV検出器画像を生成することと、生成されたMV検出器画像を予想されるMV検出器画像と比較することと、を含み得る。予想されるMV検出器画像は、放射線療法システムがセグメント化された治療計画フルエンスマップから機械命令を首尾よく実行できた場合に取得されたMV検出器撮像データを表し得る。いくつかの変形では、予想されるMV検出器画像は、放射線ビームモデル及び放射線療法システム構成要素モデル、例えば、放射線がMLCリーフとどのように相互作用するか、さね継ぎ（TNG）効果がどのように放射線フルエンス及び／又はMLCリーフからの放射線散乱に影響を与えるかをシミュレートするMLCモデルを使用して、シミュレーションから生成され得る。代替的に、又は追加的に、予想されるMV検出器画像は、治療計画フルエンスマップのセグメント化に由来する機械命令に従って、経験的MV検出器撮像データを組み合わせることによって生成されてもよい。バイナリMLCについては、これは、MLC構成ごとにMV検出器データ、例えば、MLC内の各リーフについて、任意の数のリーフのMLC開口部について、単一リーフ開口部、二重リーフ開口部、三重リーフ開口部などを取得することを伴い得る。例えば、放射線療法システムが64リーフバイナリMLCを有する変形では、MV検出器撮像データは、（リーフ#1及び#2についての）最大63リーフの開口部、及び（リーフ#1についての）64リーフの開口部を含む、（リーフ#1～64についての）単一リーフ開口部、（リーフ#1～63についての）二重リーフ開口部、（リーフ#1～62についての）三重リーフ開口部などについて取得され得る。次いで、取得されたMV検出器撮像データを一緒に組み合わせて、特定の患者に対して開発された治療計画フルエンスマップと一致するMLC開口部のパターンを含む、MLC開口部の任意のパターンに対応するMV検出器画像を形成してもよい。

20

30

【0018】

しかしながら、MV検出器撮像データを取得するこの方法は、処理バンカ及び放射線療法システムを、非治療目的のために所望されるよりも長く、時間がかかる場合があり、占有する場合がある。一実施例として、64リーフバイナリMLCについては、各発射位置（例えば、円形ガントリの周りの発射角度）について、MLCは、リナックから放射線を発し、各MLCリーフパターンについてMV検出器データを取得する一方で、合計2080個のMLCリーフパターンをステップスルーする必要がある。MLC開口部の何らかの任意のパターンを生成することができるように、MV検出器を取得する必要があるMLCリーフパターンの数は、より多くのリーフを有するMLCについて増加し得る。

40

【0019】

本明細書に記載される方法は、この限定されたMV検出器撮像データのセットを使用し

50

て、限定された数のMLCパターン又は構成についてのMV検出器撮像データを取得して、放射線送達QAのための予想されるMV検出器画像（シミュレートされたMV検出器画像とも称され得る）を生成することを含み得る。1つの変形では、方法は、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部のみについてMV検出器撮像データを取得することを含み得る。これは、放射線療法システムがQAセッション（すなわち、非治療目的）に使用される時間を低減するのに役立ち得る。一実施例として、64リーフバイナリMLCについて、本明細書に記載の方法は、64リーフについて単一リーフ開口部のMV検出器撮像データを取得することと、63リーフについて二重リーフ開口部のMV検出器撮像データを取得することと、を含み得る。このMV検出器撮像データを取得するために、MLCは、リナックから放射線を発し、各MLCリーフパターンについてMV検出器データを取得する一方で、合計127個のMLCリーフパターンをステップスルーする必要がある。これらのMLCリーフパターンのこれらの127MV検出器画像を組み合わせ（例えば、合計及び／又は減算して）、患者の治療計画フルエンスマップに対応するMLCリーフパターンなどの、任意のMLCリーフパターンのMV検出器画像を作り出してもよい。次いで、この予想されるMV検出器画像を使用して、QAセッション中（すなわち、患者の不在下）に治療計画フルエンスマップの実際の放射線送達の品質を評価してもよい。

10

【0020】

1つの変形では、任意のMLCリーフパターンのMV検出器画像は、互いに重なり合う二重リーフ開口部のMV検出器撮像データ（すなわち、特定のMLCリーフについての重複エリア）を合計し、単一リーフ開口部のMV検出器撮像データを減算して、重複を除去することによって、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部から生成され得る。別の変形では、任意のMLCリーフパターンのMV検出器画像は、（例えば、取得された単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部のMV検出器撮像データを使用して）MLCの各リーフの間の充填プロファイルを計算し、次いで、対応する充填プロファイルを有する単一リーフ開口部のMV検出器撮像データを合計することによって、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部から生成され得る。これらの方法は、単一リーフ開口部を合計することから生じ得るさね継ぎのアーチファクトを補償するのに役立ち得る。

20

【0021】

図2は、患者特異的治療計画フルエンスマップの放射線送達を評価するために使用され得る、予想されるMV検出器画像（シミュレートされたMV検出器画像とも称される）を生成するための方法の1つの変形のフローチャート表現である。方法（200）は、放射線源及びMV検出器を使用して、MLCの全てのリーフについて単一MLCリーフ開口部のMV検出器撮像データを取得すること（202）と、放射線源及びMV検出器を使用して、MLCの全てのリーフについて、二重MLCリーフ開口部のMV検出器撮像データを取得すること（204）と、治療計画フルエンスマップをMLC開口部のパターンにセグメント化すること（206）と、MLC開口部のパターンに従って、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の取得されたMV検出器撮像データを組み合わせることによって、治療計画フルエンスマップに対応するMV検出器画像を生成すること（208）と、を含み得る。いくつかの変形では、ステップ（201～204）は、リナック、MLC、MV検出器、及び放射線療法システムコントローラ（例えば、上述の放射線療法システム）を備える放射線療法システム上で実施されてもよく、一方でステップ（206～208）は、放射線療法システムコントローラ及び／又は別個のコントローラ（例えば、治療計画又は治療QAシステムのコントローラ）を使用して実施されてもよい。代替的に、又は追加的に、放射線療法システムは、1つ以上のコントローラを備えてもよく、そのうちの少なくとも1つは、リナック、MLC、及びMV検出器と通信してもよく、他のコントローラのうちの少なくとも1つは、方法（200）のステップのうちの1つ以上を実施するように構成されてもよい。例えば、第1の放射線療法システムコントローラは、ステップ（201～204）を実施するように構成されてもよく、一方で第2の放射線療法システムコントローラは、ステップ（206～208）を実施するように構成されてもよい。生成されたMV検出器画像（予想されるMV検出器画像又はシミュレートされたMV検出器画像と

30

40

50

も称される)を使用して、治療計画の送達を評価し得る。図3Aは、64個のリーフを有するバイナリMLCについての単一MLCリーフ開口部のMV検出器撮像データの実施例を描写する。単一リーフ開口部についてのMV検出器撮像データの取得(202)中、MLCは、リーフ1からリーフ64まで一度に1つのリーフを開放し、リナックから放射線を発し、その単一リーフ開口部についての撮像データを記録する。図3Bは、64個のリーフを有するバイナリMLCについての二重MLCリーフ開口部のMV検出器撮像データの実施例を描写する。二重リーフ開口部についてのMV検出器撮像データの取得(204)中、MLCは、リーフ1からリーフ63まで(リーフ64における二重リーフ開口部がリーフ63を含むため)、一度に2つの隣接するリーフを開放し、リナックから放射線を発し、その二重リーフ開口部についての撮像データを記録する。任意選択的に、リナックを複数の発射位置に移動するように構成されている回転可能なガントリ又はアームを備える放射線療法システムについては、各発射位置について、異なるセットの単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部を取得してもよい。一実施例として、50個の発射位置を含む放射線療法システムについて、方法(200)は、ステップ(202~204)を50回繰り返すことを含み得る。すなわち、ガントリは、リナックを第1の発射位置に移動(例えば、回転)してもよく、MV検出器撮像データは、上述のように、単一リーフ及び二重リーフの開口部について取得されてもよく、次いで、リナックは、第2の発射位置に対するリナックであってもよく、MV検出器撮像データは、この第2の発射位置において単一リーフ及び二重リーフの開口部について取得などされてもよい。ステップ(202~204)で取得されたMV検出器撮像データは、放射線療法システム及び／又は治療計画システムのプロセッサメモリに記憶されてもよい。いくつかの変形では、リナックから発せられる放射線が一貫したプロファイルを有し、リナック発射位置の数に関係なく、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の1つのセットのみが取得されることが予想される。

10

20

30

40

50

【0022】

フルエンスマップは、所望の線量を送達する1つ以上のリナック発射位置についての放射線ビームレット及びビームレット強度のセットを含み得る。プランフルエンスマップをセグメント化することは、ビームレット及び強度のセットを、リナックの各発射位置についてのMLCリーフ命令及び／又はリナック発射命令に変換することを含み得る。セグメント化されたフルエンスマップは、例えば、どのMLCリーフが所与の発射位置で開放される(及び閉鎖される)かを示し得る。いくつかの変形では、MLCリーフのパターンは、各MLCリーフについてリーフ位置を示す複数のMLCリーフ命令を含む。MLCリーフのパターンは、リナックからMV検出器に通過する放射線を整形する。MLCリーフの特定のパターンを通して放射線を発することから生じるMV検出器撮像データは、二重リーフ開口部に対する適切なMV検出器撮像データを合計し、重複エリア内のリーフについて単一リーフ開口部に対するMV検出器撮像データを使用して重複エリアを減算することによって生成され得る。

【0023】

図3Cは、単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部について取得されたMV検出器撮像データを組み合わせて、MLC開口部の所望のパターンに対応するMV検出器画像をシミュレートする方法の実施例を描写する。この実施例では、所望のMLC開口部パターンは、リーフ1、2、3にわたる3つのリーフ開口部である。このMLCパターンに対応するMV検出器画像を判定するための1つの方法は、リーフ1についての二重リーフ開口部及びリーフ2についての二重リーフ開口部に対する撮像データを合計することである。これら2つの二重リーフ開口部の両方がリーフ2を含むため、リーフ2について重複エリアがある。これは、図3Dに描写されており、ここで矢印は、リーフ2についての撮像データが2回含まれていたため、撮像データがピーク信号を示す、リーフ2上の重複エリアを指す。方法は、リーフ2の単一リーフ開口部についての撮像データを減算することによって、この重複エリアを除去することを含んでもよく、結果として、所望のMLCパターンに対応する画像をもたらす。より一般的には、 i 番目のリーフ(i は1からリーフの総数のリーフ番号である)の x リーフ開口部(x はMLCの3からリーフの総数までである)

の M V 検出器画像を判定することは、リーフ番号の二重リーフ開口部の M V 検出器画像を合計

【数 1】

$$i, (i + 1), \dots, (i + x - 2)$$

し、リーフ番号の単一リーフ開口部の M V 検出器画像を減算することを含み得る

【数 2】

$$(i + 1), (i + 2), \dots, (i + x - 2)$$

10

。例えば、第 5 のリーフ（すなわち、 $i = 5$ ）に対する 1 2 リーフの開口部（すなわち、 $x = 1 2$ ）についての M V 検出器画像を判定するために、プロセッサは、リーフ 5 ～ 1 5 に対する二重リーフ開口部の M V 検出器画像を合計し、リーフ 6 ～ 1 5 に対する単一リーフ開口部の M V 検出器画像を減算してもよい。

【0 0 2 4】

方法（2 0 0）のいくつかの変形は、M L C 開口部のパターンを作り出す単一リーフ及び二重リーフの開口部の 1 つ以上のセットを判定すること（2 0 7）を含み得る。例えば、方法（2 0 0）は、一緒に合計され得る二重リーフ開口部の第 1 のセットと、二重リーフ開口部の合計から減算され得る単一リーフ開口部の第 2 のセットとを判定することを含み得る。第 1 及び第 2 のセットは、治療全体に対するセグメント化されたフルエンスマップを含む M L C 構成の全てに対する、二重リーフ開口部及び単一リーフ開口部の全てを含み得る。例えば、第 1 及び第 2 のセットは、（回転可能なガントリを有する放射線療法システムの場合）複数のガントリ回転のための、複数のビームステーションのための（すなわち、放射線が送達される間にプラットフォームが停止される複数の個別患者プラットフォーム位置）、及び／又は治療ビームを通る複数のシャトルパスのための（すなわち、治療ビームを通して患者プラットフォームを複数回移動させること、ここで治療ビームを通る各インスタンスは 1 つのパスである）各発射位置における M L C 構成のための二重リーフ開口部及び単一リーフ開口部の全てを含み得る。代替的に、又は追加的に、単一リーフ及び二重リーフの開口部の 1 つ以上のセットを判定すること（2 0 7）は、各シャトルパスに対して単一リーフ開口部のセット及び二重リーフ開口部のセットを生成することを含み得る。予期される M V 検出器画像はシャトルパスごとに生成されてもよく、また治療送達 Q A 中、放射線送達の品質はパスバイペースで評価されてもよい。

20

30

【0 0 2 5】

いくつかの変形では、方法（2 0 0）は、単一リーフ及び二重リーフの開口部の M V 検出器撮像データを取得する（2 0 2、2 0 4）前に、M V 検出器の視野内に 1 つ以上のファントム及び／又はフルエンス測定デバイスを配置する（2 0 1）ことを含み得る。ファントムは、患者組織及び／又は腫瘍組織を模倣した放射線減衰特性及び／又は吸収性質を有する領域を含み得る。ファントムの存在下での単一リーフ及び二重リーフの開口部のこれらの M V 検出器撮像データは、ファントムの非存在下での単一リーフ及び二重リーフの開口部の撮像データと同じ様式で使用され得る。ファントムの存在下での M V 検出器データは、（患者及び／又は腫瘍の解剖学的及び／又は生理学的態様を模倣又はモデル化し得る）ファントムに治療計画フルエンスマップが送達されるとき、予想される M V 検出器画像を生成するために使用され得る。代替的に、又は追加的に、ファントムは、フルエンス測定デバイスを備えてもよい。フルエンス測定デバイスの実施例には、ダイオードアレイ、薄膜トランジスタ（T L T）、熱発光線量計（T L D）、膜、及び／又は任意の放射光子検出デバイスが含まれ得るが、これらに限定されない。放射線送達 Q A セッション中に取得されたフルエンス測定デバイスによって取得された測定値は、M V 検出器撮像データ

40

50

と比較されてもよく、比較を使用して、MV検出器撮像データとフルエンス測定デバイスからの測定値を関連付ける較正係数を計算してもよい。較正係数は、患者のCTスキャンとともに、放射線送達セッション、例えば、治療セッション中に絶対線量計算を実施するために使用され得る。いくつかの変形では、方法は、取得されたMV検出器データ、並びにファントムの既知の幾何学的及び材料性質に基づいて、生成された放射線検出器画像を使用して、ファントムへの放射線線量を計算することを含み得る。ファントムに送達された線量が判定された後、送達された線量は、ガンマ評価（例えば、ガンマ指数分析）などの指標を使用して評価され得る。例えば、試験線量分布（ファントムに送達された線量分布）及び基準線量分布（予想又は計画された線量分布、すなわち、治療計画による線量）上の様々な点についてのガンマ指数値を計算し、通過するガンマ指数閾値と比較して、線量差が許容可能かどうかを判定してもよい。いくつかの変形では、ガンマ評価は、送達された線量分布が、分布上の複数の点について線量差（DD）及び／又は一致距離（DTA）基準（例えば、3%/3mm）を満たすかどうかを判定することを含み得る。

10

【0026】

図4は、患者特異的治療計画フルエンスマップの放射線送達を評価するために使用され得る、予想されるMV検出器画像を生成するための方法の別の変形のフローチャート表現である。方法（400）は、放射線源及びMV検出器を使用して、MLCの全てのリーフについて単一MLCリーフ開口部のMV検出器撮像データを取得すること（402）と、放射線源及びMV検出器を使用して、MLCの全てのリーフについて、二重MLCリーフ開口部のMV検出器撮像データを取得すること（404）と、2つの単一MLCリーフ開口部の撮像データを、対応する二重MLCリーフ開口部の撮像データから減算することによって、隣接するMLCリーフの各対について充填プロファイルを計算すること（406）と、治療計画フルエンスマップをMLC開口部のパターンにセグメント化すること（408）と、MLC開口部のパターンに従って、単一リーフ開口部の取得されたMV検出器撮像データと充填プロファイルとを組み合わせることによって、治療計画フルエンスマップに対応するMV検出器画像を生成すること（410）と、を含み得る。生成されたMV検出器画像（予想されるMV検出器画像又はシミュレートされたMV検出器画像とも称される）を使用して、治療計画の送達を評価し得る。いくつかの変形では、ステップ（401～404）は、リナック、MLC、MV検出器、及び放射線療法システムコントローラ（例えば、上述の放射線療法システム）を備える放射線療法システム上で実施されてもよく、一方でステップ（406～410）は、放射線療法システムコントローラ及び／又は別個のコントローラ（例えば、治療計画又は治療QAシステムのコントローラ）を使用して実施されてもよい。代替的に、又は追加的に、放射線療法システムは、1つ以上のコントローラを備えてもよく、そのうちの少なくとも1つは、リナック、MLC、及びMV検出器と通信してもよく、他のコントローラのうちの少なくとも1つは、方法（400）のステップのうちの1つ以上を実施するように構成されてもよい。例えば、第1の放射線療法システムコントローラは、ステップ（401～404）を実施するように構成されてもよく、一方で第2の放射線療法システムコントローラは、ステップ（406～410）を実施するように構成されてもよい。図5Aは、64個のリーフを有するバイナリMLCに対する単一MLCリーフ開口部のMV検出器撮像データの実施例を描写し、図5Bは、64個のリーフを有するバイナリMLCに対する二重MLCリーフ開口部のMV検出器撮像データの実施例を描写する。単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部についてのMV検出器撮像データの取得（402、404）は、図4A及び図4Bを参照して上述したものと同様であり得る。

20

30

40

【0027】

図5Cは、リーフ1及びリーフ2からリーフ63及びリーフ64までの、隣接するMLCリーフの各対について充填プロファイルを描写する。図5D及び図5Eは、2つの隣接するリーフ（この実施例では、リーフ1及び2）の充填プロファイルがどのように計算され得るかを描写する。リーフ1に対する単一リーフ開口部及びリーフ2に対する単一リーフ開口部についてのMV検出器撮像データを一緒に合計して、（CALC）リーフ1及び

50

2を得る場合がある。個々のリーフについての撮像データプロファイルの先端及び後縁に起因して、2つの単一リーフ開口部の合計は、撮像信号が低減される領域を有し、これは、リーフ1及び2が開放されているときの対応する取得された(404)MV検出器の二重リーフ撮像データと比較して正確ではない。充填プロファイルは、2つの隣接するリーフの単一リーフMV検出器撮像データを合計するときに、低減された撮像信号を補償する撮像信号である。リーフ1及び2についての充填プロファイルは、図5Eに概念的に描写されているように、リーフ1及び2の二重リーフ撮像データからリーフ1及びリーフ2の合計された単一リーフ撮像データを減算することによって計算され得る。次いで、リーフ1及び2に対する二重リーフ開口部についてのMV検出器撮像データは、リーフ1についての単一リーフ開口部撮像データ、リーフ2についての単一リーフ開口部撮像データ、及びリーフ1及び2についての充填プロファイルを合計することによって計算され得る。任意の所望のMLCパターンに対するMV検出器撮像データは、リーフの全てに対する単一リーフ開口部撮像データ、及び隣接するリーフの全てに対する充填プロファイルを使用して作り出される場合がある。例えば、リーフ4、5、及び6が開放されているMLCパターンについてのMV検出器画像を生成するために、方法は、リーフ4について単一リーフ開口部撮像データ、リーフ5についての単一リーフ開口部撮像データ、リーフ6に対する単一リーフ開口部撮像データ、及び2つの充填プロファイル(すなわち、リーフ4及び5についての充填プロファイル並びにリーフ5及び6についての充填プロファイル)を合計することを含み得る。

10

20

30

40

50

【0028】

任意選択的に、リナックを複数の発射位置に移動するように構成されている回転可能なガントリ又はアームを備える放射線療法システムについては、各発射位置について、異なるセットの単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部を取得してもよい。一実施例として、50個の発射位置を含む放射線療法システムについて、方法(400)は、ステップ(402~404)を50回繰り返すことを含み得る。すなわち、ガントリは、リナックを第1の発射位置に移動(例えば、回転)してもよく、MV検出器撮像データは、上述のように、単一リーフ及び二重リーフの開口部について取得されてもよく、次いで、リナックは、第2の発射位置に移動され得、MV検出器撮像データは、この第2の発射位置において単一リーフ及び二重リーフの開口部について取得などされてもよい。ステップ(402~406)で取得されたMV検出器撮像データは、放射線療法システム及び／又は治療計画システムのプロセッサメモリに記憶されてもよい。治療計画フルエンスマップをセグメント化(408)することは、図2(例えば、ステップ208)で上述したセグメント化方法と同様であってもよい。

【0029】

方法(400)のいくつかの変形は、MLC開口部のパターンを作り出す単一リーフ開口部撮像データ及び充填プロファイルの1つ以上のセットを判定すること(409)を含み得る。例えば、方法(400)は、一緒に合計され得る単一リーフ開口部の第1のセット及び充填プロファイルの第2のセットを判定することを含み得る。第1及び第2のセットは、治療全体に対するセグメント化されたフルエンスマップを含むMLC構成の全てに対する単一リーフ開口部及び充填プロファイルの全てを含み得る。例えば、第1及び第2のセットは、(回転可能なガントリを有する放射線療法システムの場合)複数のガントリ回転のための、複数のビームステーションのための(すなわち、放射線が送達される間にプラットフォームが停止される複数の個別患者プラットフォーム位置)、及び／又は治療ビームを通る複数のシャトルパスのための(すなわち、治療ビームを通して患者プラットフォームを複数回移動させること、ここで治療ビームを通る各インスタンスは1つのパスである)各発射位置におけるMLC構成のための単一リーフ開口部及び充填プロファイルの全てを含み得る。代替的に、又は追加的に、単一リーフ開口部及び充填プロファイルの1つ以上のセットを判定すること(409)は、各シャトルパスに対して単一リーフ開口部のセット及び充填プロファイルのセットを生成することを含み得る。予期されるMV検出器画像はシャトルパスごとに生成されてもよく、また治療送達QA中、放射線送達の品

質はパスバイパスベースで評価されてもよい。

【0030】

いくつかの変形では、方法(400)は、単一リーフ及び二重リーフの開口部のMV検出器撮像データを取得する(402、404)前に、MV検出器の視野内に1つ以上のファントム及び／又はフルエンス測定デバイスを配置する(401)ことを含み得る。ファントムは、患者組織及び／又は腫瘍組織を模倣した放射線減衰特性及び／又は吸収性質を有する領域を含み得る。ファントムの存在下での単一リーフ及び二重リーフの開口部のこれらのMV検出器撮像データは、ファントムの非存在下での単一リーフ及び二重リーフの開口部の撮像データと同じ様式で使用され得る。ファントムの存在下でのMV検出器データは、(患者及び／又は腫瘍の解剖学的及び／又は生理学的態様を模倣又はモデル化し得る)ファントムに治療計画フルエンスマップが送達されるとき、予想されるMV検出器画像を生成するために使用され得る。代替的に、又は追加的に、ファントムは、フルエンス測定デバイスを備えてもよい。フルエンス測定デバイスの実施例には、ダイオードアレイ、薄膜トランジスタ(TLT)、熱発光線量計(TLD)、膜、及び／又は任意の放射光子検出デバイスが含まれ得るが、これらに限定されない。放射線送達QAセッション中に取得されたフルエンス測定デバイスによって取得された測定値は、MV検出器撮像データと比較されてもよく、比較を使用して、MV検出器撮像データとフルエンス測定デバイスからの測定値を関連付ける較正係数を計算してもよい。較正係数は、放射線送達セッション、例えば、治療セッション中に絶対線量計算を実施するために使用され得る。いくつかの変形では、方法は、取得されたMV検出器データ、並びにファントムの既知の幾何学的及び材料性質に基づいて、生成された放射線検出器画像を使用して、ファントムへの放射線線量を計算することを含み得る。ファントムに送達された線量が判定された後、送達された線量は、ガンマ評価(例えば、ガンマ指数分析)などの指標を使用して評価され得る。例えば、試験線量分布(ファントムに送達された線量分布)及び基準線量分布(予想又は計画された線量分布、すなわち、治療計画による線量)上の様々な点についてのガンマ指数値を計算し、通過するガンマ指数閾値と比較して、線量差が許容可能かどうかを判定してもよい。いくつかの変形では、ガンマ評価は、送達された線量分布が、分布上の複数の点について線量差(DD)及び／又は一致距離(DTA)基準(例えば、3%/3mm)を満たすかどうかを判定することを含み得る。

【0031】

MV検出器画像が、本明細書に記載の方法(例えば、図2～図4に説明及び描写する方法)のいずれかによる単一リーフ、二重リーフ、及び／又は充填プロファイルの撮像データを使用して生成された後、生成されたMV検出器画像を含むグラフィカル表現を生成し、表示デバイスに出力してもよい。生成されたMV検出器画像は、取得されたMV検出器画像と比較して、放射線療法システムが治療計画フルエンスマップに従って放射線を正確に送達したかどうかを評価し得る。

【0032】

放射線送達の品質を評価するための方法の1つの変形を、図6に描写する。方法(600)、MLCの単一リーフ開口部及び二重リーフ開口部の撮像データを使用して(例えば、方法(200)又は(400)を使用して)、治療計画フルエンスマップに対応するシミュレートされたMV検出器画像を生成すること(602)と、放射線療法システムの治療放射線源を使用して、治療計画フルエンスマップに従って放射線を送達すること(604)と、放射線送達中にMV検出器撮像データを取得して、MV検出器画像を生成すること(606)と、取得されたMV検出器画像とシミュレートされたMV検出器画像との間の画像差を判定すること(608)と、取得されたMV検出器画像とシミュレートされたMV検出器画像との間の画像差のグラフィカル表現を生成すること(610)と、を含み得る。シミュレートされたMV検出器画像は、試験又はQA MV検出器画像と比較して、放射線療法システムが治療計画放射フルエンスマップを送達するのに十分に適切かつ正確に機能しているかどうかを判定し得る、予想されるMV検出器画像として使用され得る。シミュレートされたMV検出器画像は、放射線療法システムコントローラ、及び／又は

別個のコントローラ（例えば、治療計画又は治療QAシステムのコントローラ）を使用して生成され得る。代替的に、又は追加的に、放射線療法システムは、1つ以上のコントローラを備えてもよく、そのうちの少なくとも1つは、シミュレートされたMV検出器画像を生成するように構成されてもよい。いくつかの変形では、取得されたMV検出器画像とシミュレート／予想されたMV検出器画像との間の差（及び／又は以下で更に説明される送達された及び予想された線量分布）が所定の許容可能な閾値よりも大きい場合、方法（600）は、通知を生成すること（612）を更に含み得る。通知は、グラフィカル表現内に組み込まれ、表示デバイスに出力されてもよく、及び／又は可聴通知であってもよい。いくつかの変形では、グラフィカル表現はまた、取得されたMV検出器画像とシミュレート／予想されたMV検出器画像との間の差が許容可能な範囲内（例えば、差閾値未満）であり、したがって、放射線送達がQAセッションを「通過」したという視覚的指標を含み得る。差が許容可能な閾値よりも大きい場合、方法（600）は、治療計画フルエンスマップ及び／又は放射線放射パラメータを更新すること（614）を含み得る。例えば、取得されたMV検出器画像に示されるように送達された放射線が、エッジの周りの予想されるMV検出器画像とは異なるように見える場合、MLCの両端上のMLCリーフ（例えば、リーフ1～10及びリーフ54～64）の性能を評価し得る。エンドリーフが十分な精度で実施されていない場合、治療計画フルエンスマップは、他のMLCリーフ（例えば、中央MLCリーフ）がエンドリーフよりも高い頻度で 사용되는ように再セグメント化されてもよい。代替的に、システムは、リーフの全てが事前に定義された仕様に従って動作していることを確認するためにチェックされてもよい。

10

20

【0033】

代替的に、又は追加的に、取得されたMV検出器画像及びシミュレートされた／予想されるMV検出器画像を使用して、対応する線量分布マップ、すなわち、送達された線量分布及び予想される線量分布を生成してもよい。送達された線量分布は、取得されたMV検出器画像に基づいて生成されてもよく、予想される線量分布は、シミュレートされたMV検出器画像に基づいて生成されてもよい。例えば、予想される線量分布は、シミュレートされたMV検出器画像をロードする、治療計画フルエンスマップ（例えば、放射線ビームレットシーケンス）をロードする、及び予想される線量分布を生成することによって、コントローラ（例えば、放射線療法システムコントローラ及び／又は治療計画又はQAコントローラ）を使用して生成されてもよく、方法（600）は、送達された線量分布と予想される線量分布との間の線量差を判定すること（609）を含んでもよい。生成された線量分布は、患者の解剖学的画像と重ねられ、表示デバイスに出力されるグラフィカル表現に含まれ得る。送達された線量分布及び予想される線量分布は、臨床医が任意の放射線送達パラメータ及び／又は治療計画パラメータを調整するべきかどうかを判定するのに役立ち得る。送達された線量分布は、ガンマ評価（例えば、ガンマ指数分析）などの指標を用いて、予想される線量分布を基準線量として使用して評価され得る。例えば、試験線量分布（送達された線量分布）及び基準線量分布（予想される線量分布）上の様々な点についてのガンマ指数値を計算し、通過するガンマ指数閾値と比較して、線量差が許容可能かどうかを判定してもよい。いくつかの変形では、ガンマ評価は、送達された線量分布が、分布上の複数の点について線量差（DD）及び／又は一致距離（DTA）基準（例えば、3%／3mm）を満たすかどうかを判定することを含み得る。判定された（609）線量差は、任意選択的に、生成された（610）グラフィカル表現上にグラフィカル及び／又はテキストで描写され得る。

30

40

【0034】

任意選択的に、いくつかの変形では、方法（600）は、放射線を送達する（604）前に、MV検出器の視野内に1つ以上のファントム及び／又はフルエンス測定デバイスを配置すること（603）を含み得る。前述したように、ファントムは、取得されたMV検出器撮像データが、治療セッション中に患者に起因する放射線散乱及び減衰をより良好に表し得るように、患者の性質を模倣する幾何学的及び／又は材料性質を有し得る。この変形では、比較に使用されるシミュレートされた又は予想されるMV検出器画像は、ファン

50

トム（例えば、同様又は同一のファントム）の存在下で取得された単一リーフ及び二重リーフMV検出器撮像データを使用して生成され得る。単独で、又はファントムと組み合わせて使用され得るフルエンス測定デバイスは、放射線療法システムの治療エリアにおいて受け取った放射線の測定値を記録してもよく、これらの測定値は、取得されたMV検出器測定値で較正されてもよい。結果として生じる較正係数は、MV検出器測定値に基づいて、治療エリアに送達される放射線量を計算するためのQAセッション及び／又は治療セッション中に使用され得る。いくつかの変形では、ステップ（603～606）は、リナック、MLC、MV検出器、及び放射線療法システムコントローラ（例えば、上述の放射線療法システム）を備える放射線療法システム上で実施されてもよく、一方でステップ（608～614）は、放射線療法システムコントローラ及び／又は別個のコントローラ（例えば、治療計画又は治療QAシステムのコントローラ）を使用して実施されてもよい。代替的に、又は追加的に、放射線療法システムは、1つ以上のコントローラを備えてもよく、そのうちの少なくとも1つは、リナック、MLC、及びMV検出器と通信してもよく、他のコントローラのうちの少なくとも1つは、方法（600）のステップのうちの1つ以上を実施するように構成されてもよい。例えば、第1の放射線療法システムコントローラは、ステップ（603～606）を実施するように構成されてもよく、一方で第2の放射線療法システムコントローラは、ステップ（608～614）を実施するように構成されてもよい。

10

【0035】

本明細書では、様々な進歩的な変形を説明及び例解したが、当業者であれば、本明細書に記載の機能を実施するため、及び／又は結果並びに／若しくは利点のうちの1つ以上を得るための種々の他の手段及び／又は構造を容易に想定することができ、そのような変形及び／又は修正例の各々は、本明細書に記載の進歩的な実施形態／変形の範囲内であるとみなされる。より一般的には、当業者は、本明細書に説明される全てのパラメータ、寸法、材料、及び構成が例示的であることを意図していること、及び実際のパラメータ、寸法、材料、及び／又は構成が、本発明の教示が使用される特定の用途に依存することになることを容易に理解するであろう。当業者は、通例的な実験のみを使用して、本明細書に説明される特定の発明の変形例に対する多くの均等物を認識するか、又は確認することができるであろう。したがって、上述の変形は、単に実施例として提示されており、添付の特許請求の範囲及びその均等物の範囲内で、本発明の変形例は、具体的な説明及び特許請求の範囲以外のやり方で実施され得ることが理解されるべきである。本開示の発明の変形例は、本明細書に説明される各個々の特徴、システム、物品、材料、キット、及び／又は方法を対象とする。加えて、2つ以上のそのような特徴、システム、物品、材料、キット、及び／又は方法の任意の組み合わせは、そのような特徴、システム、物品、材料、キット、及び／又は方法が相互に矛盾しない場合、本開示の発明の範囲内に含まれる。

20

30

40

50

【図面】
【図 1 A】

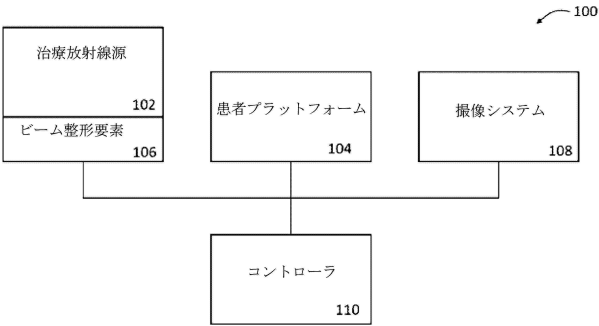


図 1 A

【図 1 B】

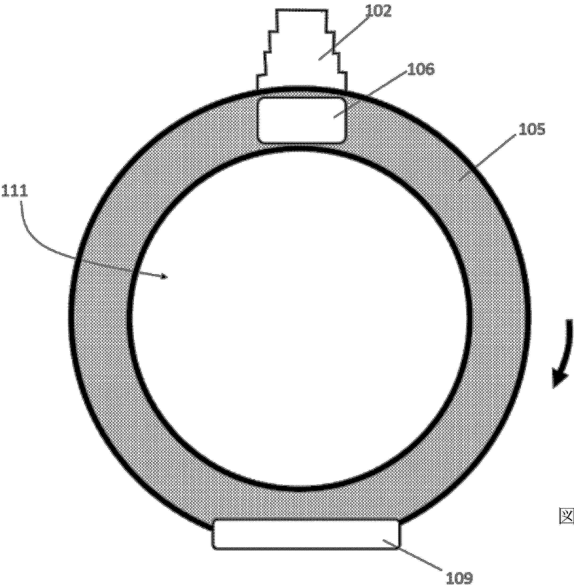


図 1 B

【図 1 C】

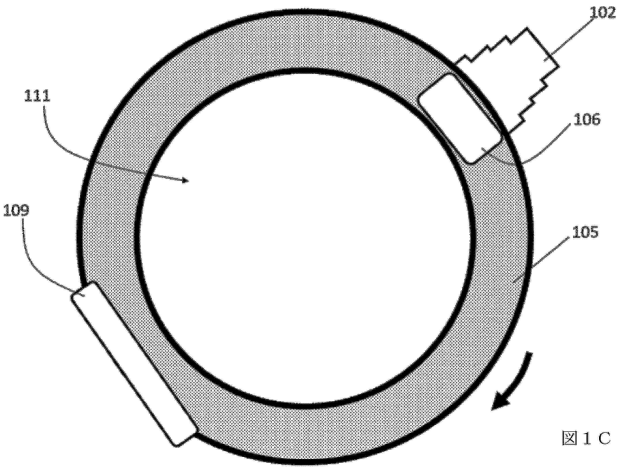
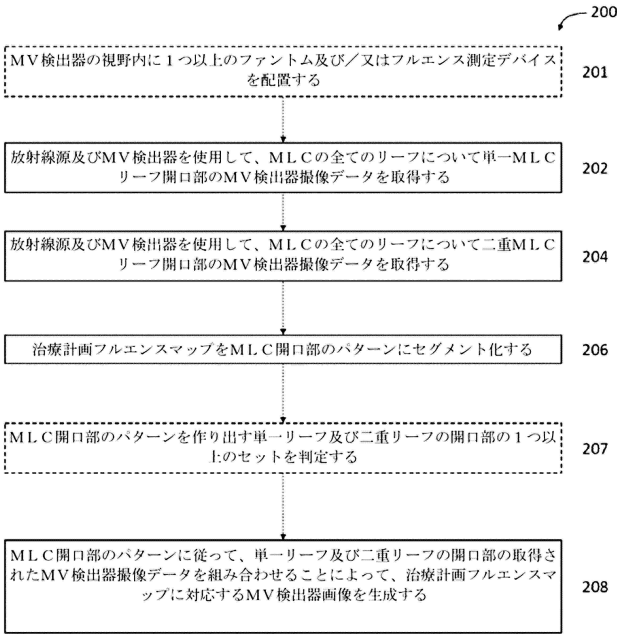


図 1 C

【図 2】



10

20

30

40

50

【図 3 A】

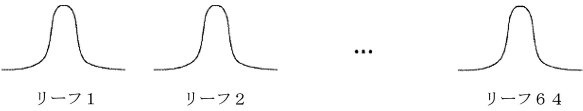


図 3 A

【図 3 B】

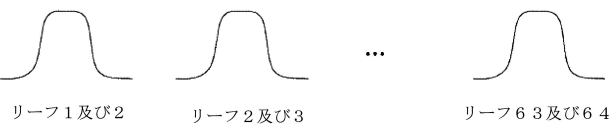


図 3 B

【図 3 C】

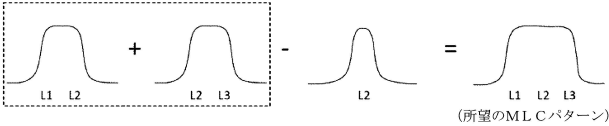


図 3 C

【図 3 D】

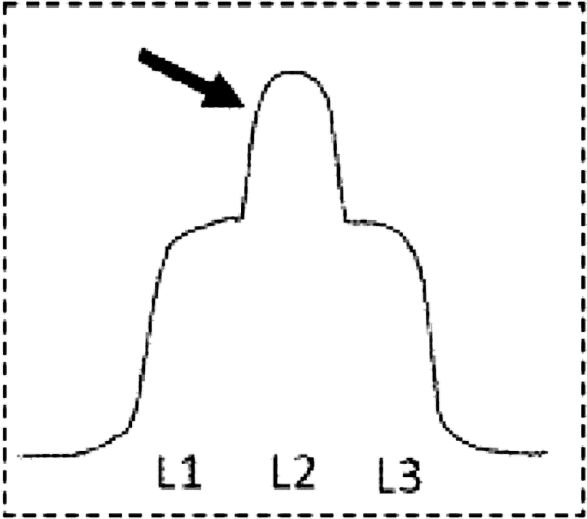


図 3 D

10

20

30

40

50

【図 4】



図 4

【図 5 A】

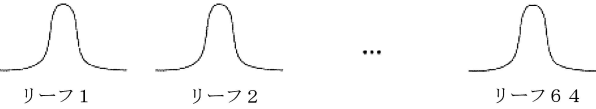


図 5 A

【図 5 B】

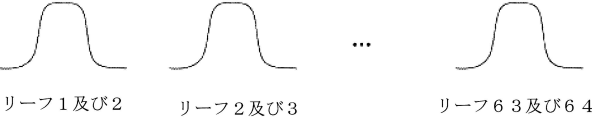


図 5 B

【図 5 C】

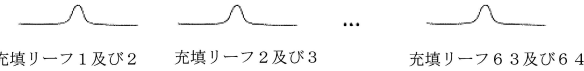


図 5 C

10

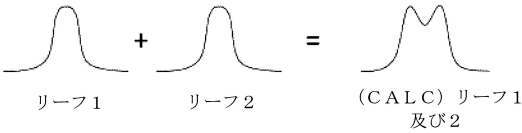
20

30

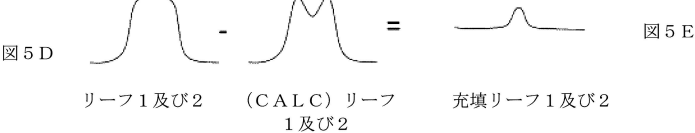
40

50

【図 5 D】



【図 5 E】



【図 6】

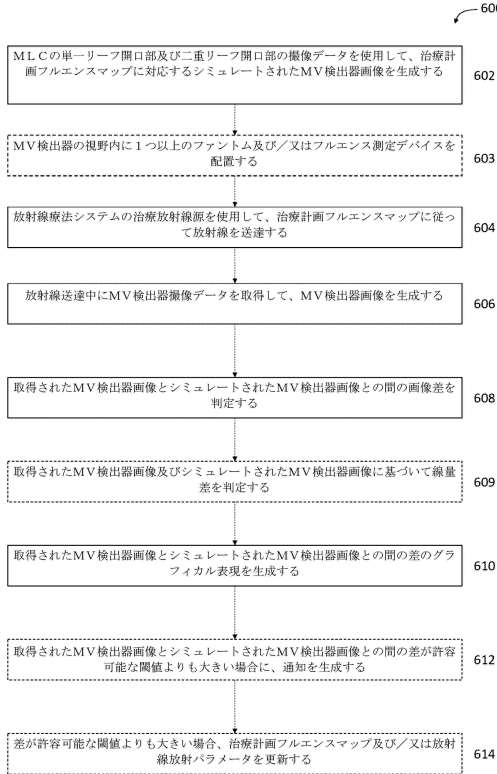


図 6

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/US2022/082375

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. A61N5/10
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
A61N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2021/011178 A1 (KAPATOES JEFFREY M [US]) 14 January 2021 (2021-01-14) paragraphs [0027] - [0071]; figures 1A-4, 7-10 -----	1-86
A	US 2009/200476 A1 (BRUSASCO CATERINA [BE] ET AL) 13 August 2009 (2009-08-13) paragraphs [0007] - [0009], [0027] - [0040], [0049] - [0086]; figures 1-8 -----	1-86
A	US 2019/054320 A1 (OWENS MICHAEL KIRK [US] ET AL) 21 February 2019 (2019-02-21) paragraphs [0002] - [0009], [0037] - [0039], [0055] - [0064]; figures 1A-3D -----	1-86
A	US 2018/345042 A1 (VORONENKO YEVGEN [US] ET AL) 6 December 2018 (2018-12-06) paragraphs [0003] - [0016]; figures 1A-2C -----	1-86

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

24 April 2023

Date of mailing of the international search report

09/05/2023

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Lahorte, Philippe

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/US2022/082375

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2021011178 A1	14-01-2021	US 2021011178 A1	14-01-2021
		US 2022299661 A1	22-09-2022
		WO 2021007459 A1	14-01-2021
US 2009200476 A1	13-08-2009	AT 516060 T	15-07-2011
		CN 101257945 A	03-09-2008
		DE 202006021028 U1	28-12-2011
		EP 1747799 A1	31-01-2007
		EP 1907062 A2	09-04-2008
		EP 2422847 A1	29-02-2012
		JP 5580531 B2	27-08-2014
		JP 2009502263 A	29-01-2009
		US 2009200476 A1	13-08-2009
		WO 2007012147 A2	01-02-2007
US 2019054320 A1	21-02-2019	CN 111095026 A	01-05-2020
		EP 3658958 A1	03-06-2020
		JP 7195646 B2	26-12-2022
		JP 2020528780 A	01-10-2020
		JP 2022176290 A	25-11-2022
		US 2019054320 A1	21-02-2019
		US 2020197729 A1	25-06-2020
		US 2022001209 A1	06-01-2022
		WO 2019023496 A1	31-01-2019
US 2018345042 A1	06-12-2018	CN 110997063 A	10-04-2020
		CN 114712730 A	08-07-2022
		EP 3630286 A1	08-04-2020
		JP 2020522307 A	30-07-2020
		JP 2023041769 A	24-03-2023
		US 2018345042 A1	06-12-2018
		US 2019381338 A1	19-12-2019
		US 2021236854 A1	05-08-2021
		WO 2018222751 A1	06-12-2018

フロントページの続き

,MC,ME,MK,MT,NL,NO,PL,PT,RO,RS,SE,SI,SK,SM,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW,KM,ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AO,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BH,BN,BR,BW,BY,BZ,CA,CH,CL,CN,CO,CR,CU,CV,CZ,DE,DJ,DK,DM,DO,DZ,EC,EE,EG,ES,FI,GB,GD,GE,GH,GM,GT,HN,HR,HU,ID,IL,IN,IQ,IR,IS,IT,JM,JO,JP,KE,KG,KH,KN,KP,KR,KW,KZ,LA,LC,LK,LR,LS,LU,LY,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MY,MZ,NA,NG,NI,NO,NZ,OM,PA,PE,PG,PH,PL,PT,QA,RO,RS,RU,RW,SA,SC,SD,SE,SG,SK,SL,ST,SV,SY,TH,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VC,VN,WS,ZA,ZM,ZW

(74)代理人 230113332

弁護士 山本 健策

(72)発明者 ラメザンザデー モガダム, アミール

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94545, ハイワード, インダストリアル ブールバード
25821, スイート 200, リフレクション メディカル, インコーポレイテッド 気付

(72)発明者 ジーダシウク, ジョージ アンドリュウ

アメリカ合衆国 カリフォルニア 94545, ハイワード, インダストリアル ブールバード
25821, スイート 200, リフレクション メディカル, インコーポレイテッド 気付

F ターム (参考) 4C082 AE03 AG24 AG52 AJ08 AJ14 AN02 AP12