

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6602299号
(P6602299)

(45) 発行日 令和1年11月6日(2019.11.6)

(24) 登録日 令和1年10月18日(2019.10.18)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 N 5/10 (2006.01) A 6 1 N 5/10 P

請求項の数 13 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2016-536240 (P2016-536240)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成26年11月24日 (2014.11.24)		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2016-538944 (P2016-538944A)		KONINKLIJKE PHILIPS N. V.
(43) 公表日	平成28年12月15日 (2016.12.15)		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/IB2014/066293		High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven
(87) 国際公開番号	W02015/083035		
(87) 国際公開日	平成27年6月11日 (2015.6.11)	(74) 代理人	110001690
審査請求日	平成29年11月20日 (2017.11.20)		特許業務法人M&Sパートナーズ
(31) 優先権主張番号	61/911,507		
(32) 優先日	平成25年12月4日 (2013.12.4)		
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 効率的治療計画トレードオフ分析

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ボリューム診断画像を記憶する計画画像メモリと、
ユーザが標的及び要注意臓器を含む臨床目標を定義するデータを入力する、ユーザ定義臨床目標を記憶するためのメモリと、
前記臨床目標に基づいて候補治療計画を発生する自動計画モジュールと、
プロセッサを有するトレードオフモジュールと、
を有する治療計画システムであって、
前記プロセッサは、
前記治療計画を前記臨床目標に対して評価し、
1以上の目標が満たされない場合に、満たされる臨床目標及び満たされない他の臨床目標に対する影響を決定するためにトレードオフ分析を実行し、
前記満たされない目標を一層目標近くに満たす少なくとも1つのトレードオフ計画を発生し、
前記トレードオフモジュールが、更に、
各目標に対する優先順位を入力し、
一層高い優先度の目標を満たし、かつ異なる度合で一層低い優先度の目標を満たす複数のトレードオフ計画を発生する、
治療計画システム。

【請求項 2】

前記自動計画モジュールは、
前記標的及び要注意臓器に対応する線量プロファイル及び優先度を含む複数の目標を自動的に策定し、
前記候補治療計画を発生するために複数の治療計画パラメータを前記複数の目標に基づいて最適化し、
前記トレードオフモジュールは、
前記複数の目標の少なくとも1つの修正パラメータを含み、前記複数の目標を再策定し、及び/又は前記複数の目標に1以上の追加の目標を追加し、
再策定されたトレードオフ計画を発生するために前記再策定された複数の目標に基づいて前記最適化を繰り返す、
請求項1に記載のシステム。

10

【請求項3】

前記トレードオフモジュールが、更に、
前記少なくとも1つのトレードオフ計画を少なくとも1つの前記要注意臓器に対する臨床目標に対して再評価する、
請求項1又は請求項2に記載のシステム。

【請求項4】

前記トレードオフモジュールが、更に、前記少なくとも1つのトレードオフ計画又は前記候補治療計画から選択する、請求項3に記載のシステム。

【請求項5】

前記トレードオフ計画がユーザに対し、表示装置を介して満たされる及び満たされない目標を示すように表示される、請求項1ないし4の何れか一項に記載のシステム。

20

【請求項6】

前記トレードオフモジュールが前記トレードオフ計画を線量体積ヒストグラム重なり分析を用いて評価する、請求項1ないし5の何れか一項に記載のシステム。

【請求項7】

前記トレードオフモジュールが、更に、
前記発生されたトレードオフ計画に基づいて機械学習データベースを更新する、
請求項1ないし6の何れか一項に記載のシステム。

【請求項8】

放射線治療の治療計画のためのトレードオフ計画を発生する治療計画システムの作動方法であって、

30

前記治療計画システムの自動計画モジュールが、標的及び要注意臓器を含む臨床目標に基づいて候補治療計画を発生するステップと、

前記治療計画システムのトレードオフモジュールが、前記治療計画を前記臨床目標に対して評価するステップと、

前記トレードオフモジュールが、1以上の目標が満たされない場合に、満たされる臨床目標及び満たされない臨床目標に対する影響を決定するためにトレードオフ分析を実行するステップと、

前記トレードオフモジュールが、前記満たされない目標を一層目標近くに満たす少なくとも1つのトレードオフ計画を発生するステップと、

40

前記トレードオフモジュールが、一層高い優先度の目標を満たし、かつ異なる度合で一層低い優先度の目標を満たす複数のトレードオフ計画を、入力された各目標に対する優先順位に基づいて発生するステップと、
を有する、方法。

【請求項9】

前記候補治療計画を発生するステップは、
前記自動計画モジュールが、前記標的及び要注意臓器に対応する線量プロファイル及び優先度を含む複数の目標を自動的に策定するステップと、

前記自動計画モジュールが、前記候補治療計画を発生するために複数の治療計画パラメ

50

ータを前記複数の目標に基づいて最適化するステップと、
を含み、

前記トレードオフ計画を発生するステップは、

前記トレードオフモジュールが、前記複数の目標の少なくとも1つの修正パラメータを含み、前記複数の目標を再策定し、及び/又は前記複数の目標に1以上の追加の目標を追加するステップと、

前記トレードオフモジュールが、再策定されたトレードオフ計画を発生するために前記再策定された複数の目標に基づいて前記最適化するステップを繰り返すステップと、
を含む、請求項8に記載の治療計画システムの作動方法。

【請求項10】

前記トレードオフモジュールが、前記少なくとも1つのトレードオフ計画を前記要注意臓器に対する臨床目標に対して再評価するステップ、
を更に含む、請求項8又は請求項9に記載の治療計画システムの作動方法。

【請求項11】

前記トレードオフモジュールが、前記少なくとも1つのトレードオフ計画又は前記候補治療計画から選択するステップを更に有する、請求項10に記載の治療計画システムの作動方法。

【請求項12】

前記治療計画システムの表示装置が、前記トレードオフ計画をユーザに対し、満たされる及び満たされない目標を示すように表示する、請求項8ないし11の何れか一項に記載の治療計画システムの作動方法。

【請求項13】

請求項8ないし12の何れか一項に記載の治療計画システムの作動方法を実行するために1以上のプロセッサを制御するソフトウェアを担持する非一時的コンピュータ読取可能な媒体。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、広くは放射線治療に関する。本発明は放射線治療計画に関連する特定の用途を有し、該用途を特に参照して説明する。しかしながら、本発明は他の利用シナリオの用途も有し、上述した用途に必ずしも限定されるものではない。

【背景技術】

【0002】

放射線治療計画において、患者固有の治療計画を作成することは時間の掛かる、面倒な仕事である。そのステップの多くは冗長的であり、患者毎に又は計画毎に殆ど変化しない。これらステップの多くはマクロ言語又はスクリプトを用いて自動化することができるが、特定の側面は、論理表現、ループ及び他の共通のプログラミング機能を書くためのツールなしでは困難である。

【0003】

過去十年間において、技術的進歩は、線量供給(dose delivery)を改善するための強度変調放射線治療(IMRT)及び強度変調陽子治療(IMPPT)等の分野において大きな飛躍をもたらした。現在の治療計画において自動化することが困難である1つの領域は、強度変調放射線治療(IMRT)又は強度変調回転放射線治療(VMAT:volumetric-modulated arc therapy)の最適化である。近年、研究の関心は、臨床ユーザに対する仕事の負荷を補助及び低減するための、ビーム配置から始めて線量最適化までの計画の生成に関わる種々のタスクを自動化する方法に向かって変化している。最適化は、ユーザが目標構造体に対する理想的な線量(典型的には均一で高い線量)を形成すると共に重要な構造体に対する線量を最少にするために線量又は生物学的目標の形で計画目標を指定しようと試みる反復処理である。

【0004】

10

20

30

40

50

計画の評価は3つのフェーズ：1．身体的評価、2．技術的评价及び3．臨床的评价に分類される。計画の身体的及び技術的側面は、一般的に、該計画の完成後に技術者により検査される。計画の臨床的側面は放射線腫瘍学者により調べられる。現在のところ、IMRT計画は、計画の身体的、技術的及び臨床的側面をカバーする5つのカテゴリ：1．幾何学的分析、2．線量分布分析、3．線量体積ヒストグラム（DVH）分析、4．パラメータ解析及び5．デリバビリティ（到達性）解析に基づいて評価されている。

【0005】

前記幾何学的分析は、ビーム配置の最適性を評価するために実行される。ビーム配置は非常に重要なステップである。最適化の品質は、ビームの数及び該ビームの角度により主に影響を受ける。IMRT計画の最適性及びデリバビリティを向上させることを考えて、IMRTにおける最適ビーム配置のための規則が策定されている。

10

【0006】

線量分布分析はアキシャル（軸方向）、コロナル（冠状）及びサジタル（矢状）面における線量分布の最適性を定性的に検証する。この分析は更に2D分析及び3D分析に分けることができる。2D分布分析はスライス毎の線量分布の評価を意味する。このタイプの分析は、各スライスにおける目標ボリュームに対する規定された線量の適合性（conformality）を評価するために使用される。このタイプの分析は、目標ボリューム内又は周辺のコールド又はホットスポットの分布を明らかにすることもできる。コールド又はホットスポットは、標的及び要注意臓器（organs at risk）内の意図する放射線の線量よりも少ない又は多い線量を受ける領域である。3D分布分析は、一群のビーム方位に関して全体の目標ボリュームに対して線量分布が如何に共形的（conformal）であるかを決定する際に有用である。

20

【0007】

線量体積ヒストグラム（DVH）は計画の最適性を評価するための強力なツールである。DVHは3次元線量分布をグラフィック2次元フォーマットで表す。目標ボリュームに関するDVHは、当該線量分布の品質をカバレッジ（到達範囲）、適合性及び均一性に関してグラフィック的に表す。要注意臓器（OAR）に関するDVH曲線は、該OARが平均及び最大線量の点で免れる効率を表す。

【0008】

パラメータ解析は、線量の最適性を定量的に検証するために実行される。この解析に使用されるパラメータは、（a）目標ボリューム及びOARに対する最小、平均及び最大線量、並びに（b）目標ボリュームに対するカバレッジ、適合性及び均一性指標である。計画の評価のための身体的メトリクス（数的指標）とは別に、計画の評価には複数の生物学的メトリクスも使用される。これらの生物学的メトリクスは、等価均一線量（EUD）、腫瘍制御確率（TCP）及び正常組織障害確率（NTCP）等を含む。

30

【0009】

デリバビリティ解析は、当該計画が線量供給の点で如何に強いかを評価するために実行される。この解析は、セグメントの数、セグメント当たりの最小又は平均監視単位（MU）、最小セグメント領域（MSA）及び全供給時間等のパラメータの検証を含む。MUは、放射線治療における直線加速器のマシン出力の尺度である。デリバビリティ解析は計画が現実的に提供可能であるか否かを明らかにする。

40

【0010】

計画作成（発生）の種々の段階が、異なる技術により自動化されている。これらの技術は、線量目標操作及びIMRT/VMAT最適化等の計画作成過程を自動化することにより臨床ユーザ（即ち、放射線技術者）の負荷を低減する。放射線治療の治療計画作成に関わる複雑さがある場合、ユーザは或る程度の手作業による制御及び見直しを必要とせざるを得ないのみならず、同時に、これら技術が完全に自動的となるのを止めざるを得ない。現在の自動計画解決策は、治療計画を自動的に作成するために新たな患者に対して後に適用することができる、ユーザ定義テンプレートの1回限りの構成を提供するのみである。

【発明の概要】

50

【発明が解決しようとする課題】**【0011】**

更に詳細に言うと、最良の定義は主観的なもので、同一のユーザにとっても患者毎に変化するので、目的を満たす最良の計画を決定することは困難である。計画作成後に、ユーザは標的の目標と要注意臓器の目標との間の種々のトレードオフを秤に掛けて、各患者にとって何れが許容可能であるかを決定する。斯かるトレードオフを理解することが、幾つかの技術の関心の的であった。しかしながら、斯様な方法に伴う1つの問題は、ユーザが必要とされるよりも過度に多くの柔軟性を有し、このことが、医師にとり仕事の流れを過度に一般化させ、余り集中させなくすることである。他の問題は、これが専らフルエンスに基づく計画に対するものであることである。

10

【課題を解決するための手段】**【0012】**

一実施態様によれば、治療計画システムは：ボリューム診断画像を記憶する計画画像メモリと；ユーザが要注意臓器（organs-at-risk）を含む臨床目標を定義するデータを入力するように構成されたユーザ定義臨床目標を記憶するためのメモリと；候補治療計画を発生するよう構成された自動計画モジュールと；プロセッサを有するトレードオフモジュールと；を有し、前記プロセッサは：前記治療計画を前記臨床目標に対して評価し；1以上の目標が満たされない場合に、他の臨床目標に対する影響を決定するためにトレードオフ分析を実行し；前記満たされない目標を一層目標近くに満たす少なくとも1つのトレードオフ計画を発生する。

20

【0013】

本出願の1つの好ましい方法によれば、放射線治療の治療計画のためのトレードオフ計画を発生する方法は：候補治療計画を発生するステップと；前記治療計画を前記臨床目標に対して評価するステップと；1以上の目標が満たされない場合に、他の臨床目標に対する影響を決定するためにトレードオフ分析を実行するステップと；前記満たされない目標を一層目標近くに満たす少なくとも1つのトレードオフ計画を発生するステップと；を有する。

【0014】

他の実施態様によれば、治療計画システムは：ボリューム診断画像を記憶する計画画像メモリと；ユーザが要注意臓器を定義するデータを入力するよう構成されたユーザ定義臨床目標を記憶するためのメモリと；治療計画を発生するよう構成された自動計画モジュールと；プロセッサを有するトレードオフモジュールと；を有し、前記プロセッサは：前記治療計画を臨床目標に対して評価し；目標が満たされない場合に、トレードオフ分析のために要注意臓器を選択し；選択された各要注意臓器に対応する治療計画のコピーを作成し；前記対応する治療計画のコピーを前記選択された要注意臓器のための臨床目標に従って最適化し；前記少なくとも1つのトレードオフ計画を前記選択された要注意臓器のための臨床目標に対して評価し；前記少なくとも1つのトレードオフ計画及び最適化された計画から最終計画を選択するように構成される。

30

【0015】

1つの利点は、医師にとり合理化されたトレードオフ分析であるということである。

40

【0016】

他の利点は、効率を向上させるために、より少ない候補計画しか発生されないことである。

【0017】

更なる利点は、IMRT/VMAT計画の複雑さが低減されることである。

【0018】

他の利点は、臨床目標が初期計画によっては満たされない問題領域に焦点を合わせた供給可能な計画のトレードオフ空間が作成されることである。

【0019】

本発明の更に他の利点は、当業者によれば、後述する詳細な説明を精読及び理解すれば

50

分かるであろう。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 0 】

【図 1】図 1 は、計画作成を自動化する改善された方法を実施する I M R T 計画システムを示す。

【図 2】図 2 は、トレードオフ計画を発生する方法を示す。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 2 1 】

図 1 を参照すると、強度変調放射線治療 (I M R T) システム又は強度変調回転放射線治療 (V M A T) システム等の治療システム 1 0 は、患者の関心領域の 1 以上の計画画像を発生する撮像システム 1 2 を含んでいる。画像ボリューム (即ち、該計画画像) は、体積的 (即ち、三次元) であり、典型的には該治療システム 1 0 の計画画像メモリ 1 4 に記憶される。関心領域は、1 以上の標的構造及び、典型的には、1 以上の重要構造又は要注意臓器 (O A R) を含む。上記標的構造の各々は、照射されるべき腫瘍等の病変又は他の組織領域である。上記重要構造の各々は、標的構造へと進行する照射線、標的構造を通過した放射線又は標的構造の極近傍を通過する放射線等の当該標的構造を意図する放射線による損傷の危険性がある臓器又は他の組織領域である。

【 0 0 2 2 】

撮像システム 1 2 は、コンピュータトモグラフィ (C T)、ポジトロン放射トモグラフィ (P E T)、磁気共鳴 (M R)、単一光子放射コンピュータトモグラフィ (S P E C T) 及びコーンビームコンピュータトモグラフィ (C B C T) 等の 1 以上の撮像方式を用いて計画画像を発生する。従って、撮像システム 1 2 は、当該撮像方式に対応する 1 以上のスキャナ 1 6、及び該スキャナからの生の画像データを計画画像に再構築するバックエンドシステムを含む。図示されたように、撮像システム 1 2 は、例えば C T を用いて計画画像を発生するもので、C T スキャナを含んでいる。

【 0 0 2 3 】

治療システム 1 0 の計画システム 1 8 は、典型的には計画画像メモリ 1 4 から入力される計画画像に基づいて当該患者のための最適治療計画を発生する。該最適治療計画は、各々が標的構造に関する計画標的ボリューム (P T V)、標的構造の周囲の余裕、標的構造に対する線量プロファイル、重要構造に対する線量限界並びに治療ビーム方向及び強度を識別する複数の治療断片を適切に含み、典型的には治療システム 1 0 の治療計画メモリ 2 0 に記憶される。計画システム 1 8 は少なくとも 1 つのプロセッサ 2 2 及び少なくとも 1 つのプログラムメモリ 2 4 を含む。プログラムメモリ 2 4 は、プロセッサ 2 2 により実行された場合に最適治療計画を発生するプロセッサ実行可能な命令を含む。プロセッサ 2 2 は最適治療計画を発生するために上記プロセッサ実行可能な命令を実行する。計画システム 1 8 は、更に、プロセッサ 2 2、プログラムメモリ 2 4 及び当該計画システム 1 8 の何れかの他の要素を相互接続する少なくとも 1 つのシステムバス 2 6 を含む。

【 0 0 2 4 】

上記プロセッサ実行可能な命令の制御モジュール 2 8 は、最適治療計画の発生を含む、計画システム 1 8 の全体的動作を制御する。制御モジュール 2 8 は、計画システム 1 8 の表示装置 3 0 を用いて該計画システム 1 8 のユーザに対してグラフィックユーザインターフェース (G U I) を適宜表示する。更に、制御モジュール 2 8 はユーザが計画システム 1 8 のユーザ入力装置 3 2 を用いて該 G U I と対話することを適宜可能にする。例えば、ユーザは該 G U I と対話して、最適治療計画の作成を制御するパラメータを指定することができる。特に、ユーザは、ユーザ入力装置 3 2 及び他の固有のパラメータを介して、計画画像メモリ 1 4 上に位置する画像ボリューム内の関心領域及び要注意臓器を指定する。一実施態様においては、ユーザ定義臨床目標を記憶するためのメモリが使用される。表示装置 3 0 は、トレードオフ値、満たされる及び満たされない目標、並びにトレードオフの特定の領域の視覚的提示も示す。

【 0 0 2 5 】

10

20

30

40

50

当該プロセッサの治療ビーム設定モジュール 34 は、治療実施に使用される 1 以上の治療ビームを設定（構成）する。これは、自動で及び／又は手動で実行することができる。自動治療ビーム構成に関しては、当該治療ビームを構成するパラメータを自動的に構成するために適切なルーチンが採用される。治療ビーム設定が自動及び手動ビーム設定の組み合わせを用いて実行され得ることも考えられる。ビーム配置は、ビーム角最適化又は選択手法を標準的臨床実務においてたどられるビーム構成（例えば、頭部及び頸部に対しては標準的等間隔の 7 ～ 9 のビーム共面構成で十分である）と一緒に使用して達成される。ユーザから入力されるビームの数を受け付ける追加の規定も可能であり、その場合、当該システムはビーム角についてのみ最適化する。自動計画の結果が望んだようなものでない場合、ビーム配置の反復調整も 1 つの可能性である。次いで、自動的に構成されたパラメータはユーザに表示装置 30 を使用して表示され、ユーザは該パラメータを、ユーザ入力装置 32 を用いて適宜修正することができる。

10

【0026】

パラメータが最終決定されたら、自動計画モジュール 36 は候補治療計画を発生する。自動計画モジュール 36 は治療パラメータを発生するための入力パラメータを入力するステップを含む。該入力パラメータは、前記計画画像内の構造（即ち、標的構造及び典型的には重要構造）の境界、及び治療ビーム設定モジュール 34 を用いて決定される治療ビーム構成パラメータを含む。一実施態様において、最適治療計画を自動的に発生するステップは、Bzdusek 他 の 米 国 予 備 特 許 出 願 第 61/719,528 号 に 記 載 さ れ た も の の よ う な アル ゴ リ ズ ム を 使 用 す る 。 該 アル ゴ リ ズ ム は 、 線 量 目 標 を 策 定 す る と 共 に 、 こ れ ら を 繰 り 返 し 操 作

20

【0027】

時には、候補治療計画は全ての目標及び目的を満たすというものではない。トレードオフモジュール 38 は臨床的目標及び自動計画モジュール 36 からの最適化された治療計画を用いて代替のトレードオフ計画を発生する。トレードオフモジュール 38 は上記候補治療計画を自動計画モジュール 36 から入力する。トレードオフモジュール 36 はユーザにより定義される臨床的目標を、ユーザ入力装置 32 を介して入力する。トレードオフモジュール 38 は、入力された臨床的目標に対して候補治療計画を評価し、当該目標が満たされるかを判定する。目標が満たされる場合、ユーザは前記の最適化された治療計画を選択し、トレードオフモジュール 38 が代替のトレードオフ計画を発生することはない。

30

【0028】

トレードオフモジュール 38 が当該治療計画は全ての臨床的目標を満たすものではないと判定した場合、トレードオフ分析が実行される。ユーザはトレードオフモジュール 38 によりなされたトレードオフ判定を吟味する。一実施態様において、トレードオフモジュール 38 は、自動計画モジュール 36 を、満たされない目的が満たされ又は一層完全に満たされるように制約（強制）された代替治療計画を発生するように制御する。他の実施態様において、上記トレードオフモジュールはユーザに対し目標が満たされるか又は満たされないかの判定を前記表示装置上に表示する。ユーザは、更にトレードオフ分析を介し、ユーザ入力を用いて代替治療計画を探索する。他の実施態様においては、要注意臓器がトレードオフモジュール 38 により自動的に選択される。

40

【0029】

ユーザは、特定の目標に関して優先順位を入力するオプションを有する。一実施態様において、優先順位は分類される、即ち低、中及び高に分類される。他の実施態様において、優先順位は相対的数値、即ち 1 ～ 10 である。ユーザはユーザ入力装置 32 を介して目標及び優先度を選択することができ、自動計画モジュール 36 は、より低い優先度の目標を犠牲にして、より高い優先度の目標を満たすよう試みる。一実施態様において、トレードオフモジュール 38 は、候補治療計画がどの様に変化するかを見るために、満たされない目標の順位を上げる。一実施態様において、優先度及び選択される要注意臓器は、所定の計画テンプレートに対して選択される。

50

【 0 0 3 0 】

一実施態様において、トレードオフモジュール 3 8 はトレードオフ分析を、少なくとも 1 つの代替計画を既に発生された治療計画を出発点として使用して発生することにより実行する。発生された計画を用いることは、最初から計画を作り直す時間及び労力を節約させる。一実施態様において、トレードオフモジュール 3 8 は、選択されない又は満たされない各要注意臓器若しくは他の目標に関してオリジナルの発生された計画をコピーする。トレードオフモジュール 3 8 は、特定の要注意臓器に関する最適化パラメータを変更することにより、満たされない目標を満たす又は一層目標近くに満たすように前記最適化アルゴリズムを動作させる。特定の要注意臓器に関して目標が満たされたなら、トレードオフモジュール 3 8 は残りの要注意臓器に関する目標の残部を満たすように試みる。一実施態様において、トレードオフモジュール 3 8 は、特定の要注意臓器に対する目標を満たすよう最適化しながら、残りの目標を満たすよう試みる。トレードオフモジュール 3 8 は、選択された各要注意臓器に関する満たされない各目標に対応した複数の代替りのトレードオフ計画を作成する。発生されたトレードオフ計画は、目標及び要注意臓器構造に対する目標の残りに対する斯かる目標の 1 つを満たす効果を示す。一実施態様において、トレードオフ計画は、満たされない要注意臓器の目標の組み合わせに対して発生される。他の実施態様において、当該計画は、全ての要注意臓器及び標的構造を最適化において考慮すると共に、最小限の許容可能な目標にまでのみ最適化する拠り所 (anchor) 計画を利用する。例えば、より高い優先度の目標が満たされなかった間には、発生される候補治療計画は、より低い優先度の目的に対しては最小許容可能線量を大きな余裕で超過する。トレードオフモジュール 3 8 は、当該候補治療計画を用いて、高優先度の目標を先ず満たし、次いで、より低い優先度の目標を最小限の許容可能な線量に最適化する。

10

20

【 0 0 3 1 】

トレードオフ計画が発生された後、トレードオフモジュール 3 8 は計画を互いに比較するために更なるトレードオフ分析を実行する。ユーザは、トレードオフ計画におけるトレードオフを評価するために、線量体積ヒストグラム (DVH) の重なり又は並んだ試行線量等の計画比較フィーチャを使用する。一実施態様において、計画に関する線量推定値は、2 つの線量格子の間を補間のレベルを制御するための混合パラメータを用いて補間することにより生成される。

【 0 0 3 2 】

一実施態様において、ユーザは前記代替トレードオフ計画又は候補計画のうちの当該患者に付与されるべき 1 つを選択する。他の実施態様において、最終計画はトレードオフモジュール 3 8 により自動的に選択される。計画が選択された後、トレードオフモジュール 3 8 は、オプションとして、機械学習データベース 4 0 を、将来の IMRT 計画において使用するために、選択された計画により更新する。例えば、該データベースに記憶された選択された計画は、将来において或る要注意臓器に対する目標が満たされない場合に既に発生されたトレードオフ計画として使用することができる。

30

【 0 0 3 3 】

供給システム 4 2 は、患者にアブレーション治療、体外ビーム照射治療及び / 又は近接照射治療等の治療を施すための選択された治療計画を実行する。斯かる治療は、典型的に、X 線、陽子及び高密度収束超音波 (HIFU) 等のうちの 1 以上のような放射を含む。供給システム 4 2 は直線粒子加速器等の供給装置 4 4、及び該供給装置 4 4 を前記最適治療計画に従って制御する制御システム 4 6 を含む。該最適治療計画は、典型的には、治療計画メモリ 2 0 から入力されるが、他の供給源も考えられる。

40

【 0 0 3 4 】

図 2 は、トレードオフ計画を発生する方法を示す。ステップ 1 0 2 において、初期候補最適化計画が発生され、トレードオフモジュール 3 8 によりアクセスされる。ステップ 1 0 4 において、上記候補最適化治療計画は臨床目標に対して評価される。臨床目標はトレードオフモジュール 3 8 により、ユーザ入力装置 3 2 を介してユーザから、又は所望の要注意臓器を指示する計画テンプレートから入力することができる。最適化計画は、全ての

50

臨床目標が該計画により満足されるかを判定するために評価される。

【 0 0 3 5 】

少なくとも1つの臨床目標が当該候補最適化治療計画により満たされない場合、トレードオフ分析が実行される。ステップ106において、トレードオフ分析のために要注意臓器が選択される。要注意臓器は、該要注意臓器に対する目標（典型的には、最大線量目標）が満たされない場合に選択される。ユーザが分析のために要注意臓器を選択することができるか、又は要注意臓器はテンプレート若しくは所定の評価基準を介して選択することができる。

【 0 0 3 6 】

ステップ108において、少なくとも1つのトレードオフ計画がトレードオフモジュール38により作成される。該トレードオフ計画は、効率化のために、最初は前記最適化治療計画を基礎として用いることにより発生される。一実施態様において、新たな計画は、最初から完全に再最適化することができる。上記最適化計画はトレードオフモジュールからコピーされ、次いで、選択された要注意臓器のための臨床目標を満足するように（例えば、前記候補治療計画における最適線量より高い線量を受ける要注意臓器に対する放射線量を低減するように）最適化される。このステップの間において、別の要注意臓器に対する線量を減少させる等により、複数の計画を作成することができることが理解される。一実施態様において、複数の要注意臓器が選択された場合には優先順位が用いられ、トレードオフ計画は優先度に基づいて作成される。

【 0 0 3 7 】

ステップ110において、更にトレードオフ分析が実行される。一実施態様においては、トレードオフモジュール38が該トレードオフ分析を実行する。他の例として、ユーザが該トレードオフ分析を実行する。前記作成されたトレードオフ計画は、互いに及び前記最適化治療計画と比較される。複数のオプションの中で、ステップ112において、ユーザが当該患者に施すための最終計画を選択する。更に、このステップの間において、機械学習データベースを該選択された治療計画に従って更新することもできる。機械学習データベース40は、治療計画の1以上を推奨するために参照することができる。

【 0 0 3 8 】

上記ステップの幾つか又は全ての後に、自動的に決定された選択を確認することにより、当該自動計画発生 of の更なる制御を行うこともできることが理解される。本明細書で使用される場合、メモリは、非一時的コンピュータ読取可能な媒体；磁気ディスク若しくは他の磁気記憶媒体；光ディスク若しくは他の光記憶媒体；ランダムアクセスメモリ（RAM）、読取専用メモリ（ROM）、又は他の電子メモリデバイス若しくはチップ又は動作的に相互接続されたチップの組；又は記憶された命令をインターネット/イントラネット若しくはローカルエリアネットワークを介して取り出すことができるインターネット/イントラネット；等のうちの1以上を含む。更に、ここで使用される場合、プロセッサはマイクロプロセッサ、マイクロコントローラ、グラフィック処理ユニット（GPU）、特定用途向け集積回路（ASIC）及びフィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA）等のうちの1以上を含む。また、コントローラは、（1）プロセッサ及びメモリであって、該プロセッサが当該コントローラの機能を具現化する該メモリ上のコンピュータ実行可能な命令を実行するプロセッサ及びメモリ；又は（2）アナログ及び/又はデジタルハードウェアを含む。また、ユーザ入力装置は、マウス、キーボード、タッチスクリーン表示器、1以上のボタン、1以上のスイッチ、1以上のトグル及び音声認識エンジン等のうちの1以上を含む。また、データベースは1以上のメモリを含む。また、表示装置は、液晶表示器、発光ダイオード（LED）表示器、プラズマ表示器、投影表示器及びタッチスクリーン表示器等のうちの1以上を含む。

【 0 0 3 9 】

以上、本開示のシステム及び方法を、実施態様を参照して説明したが、本開示は斯かる実施態様に限定されるものではない。むしろ、ここに開示されたシステム及び方法は、本開示の趣旨及び範囲から逸脱することなしに、種々の修正、強化及び/又は変形を受ける

10

20

30

40

50

ものである。従って、本開示は添付請求項の範囲内で斯かる修正、強化及び／又は変形を具現化し、含むものである。

【図 1】

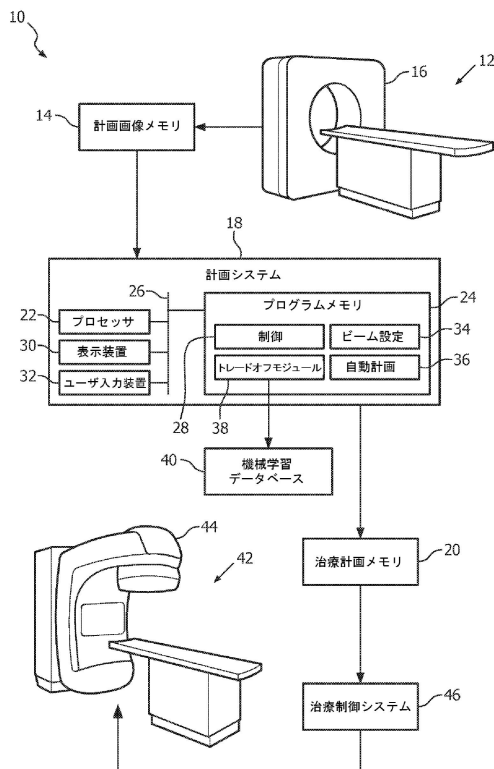


図 1

【図 2】

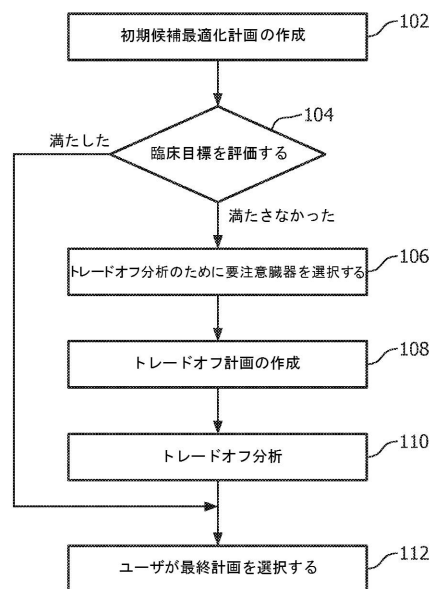


図 2

フロントページの続き

- (72)発明者 ブズドゥセク カール アントニン
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 ゴバラクリシュナン サンカラ ハリ
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5
- (72)発明者 クマル パラシャント
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン ハイ テック キャンパス 5

審査官 細川 翔多

- (56)参考文献 米国特許出願公開第2013/0197878(US, A1)
米国特許出願公開第2011/0153547(US, A1)
特開2013-233233(JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A 6 1 N 5 / 1 0