



Title	3次元集光照射の線束入射方向の簡便な表示法について-照射マップの考案-
Author(s)	伊丹, 純; 篠原, 大; 長岡, 孝行 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1998, 58(13), p. 761-763
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16011
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

3次元集光照射の線束入射方向の簡便な表示法について — 照射マップの考案 —

伊丹 純¹⁾ 篠原 大³⁾ 長岡 孝行³⁾ 古曳 孝明³⁾ 阿部 容久¹⁾
近藤 達也²⁾ 宇野 隆¹⁾ 有賀 守代¹⁾ 栗山 健吾¹⁾

1) 国立国際医療センター放射線治療部 2) 同センター脳神経外科 3) 日立メディコ技術研究所

Easy Graphical Display of Beam Directions in Three-Dimensional Converging Radiation Therapy: Proposal for a radiation map

Jun Itami¹⁾, Dai Shinohara³⁾, Takayuki Nagaoka³⁾, Takaaki Kobiki²⁾, Yoshihisa Abe¹⁾, Tatsuya Kondo²⁾, Takashi Uno¹⁾, Moriyo Aruga¹⁾ and Kengo Kuriyama¹⁾

In stereotactic radiosurgery, non-coplanar isocentric beams are employed to concentrate the dose distribution on the planning target volume (PTV). However, the directions of incident beams must be determined with great care by using a digitally reconstructed beam's eye view (BEV) to prevent the irradiation of organs at risk. We present a new method of 2-dimensional graphical representation (radiation map) to facilitate the understanding of 3-dimensional relationships between incident beams and critical organs. After determining the isocenter and beam diameter, beam directions and critical organs are projected onto the imaginary sphere centered on the isocenter. The coordinate of the beam directions and the organs at risk can be expressed by latitude and longitude on the sphere. The contours of the organs at risk are displayed with a margin of the radius of the radiation beam. Mirror images of the critical organs are also displayed to prevent irradiation by the opposing beams. The radiation map could be produced within 5 minutes using a workstation. Radiation maps, like DVH, will be very useful in the evaluation of radiation treatment planning.

Research Code No. : 601.1

Key words : Radiation map, Three dimensional treatment planning, Converging radiation treatment

Received May. 1, 1998; revision accepted Sep. 10, 1998

- 1) Department of Radiation Therapy and Oncology, International Medical Center of Japan
2) Department of Neurosurgery, International Medical Center of Japan
3) Research and Development Center, Hitachi Medical Corporation

はじめに

定位的放射線治療などで使用される集光照射では、直線加速器やマイクロトンなどの超高圧X線発生装置が用いられることが多い。その際、架台(ガントリー)回転と治療天板回転を組み合わせて、アイソセンターに線束を集中させる。このような、異なる平面に存する(non-coplanar)な線束を組み合わせる3次元集光照射は、3次元治療計画装置の発達によって初めて正確に施行可能となった。しかし、リスク臓器(organ at risk) (OAR)を避ける線束入射方向の設定は、非常に時間と労力を要する。われわれは、1993年以来体幹部にも応用可能な定位的放射線治療システムの開発を行ってきたが、その治療計画最適化計算の一環として3次元集光照射の線束入射方向の簡便な表示法(照射マップ)を開発した。この照射マップを用いることにより、OARを避けた線束入射方向の決定が容易となり、治療計画の迅速化が図れた。当論文では、照射マップの原理と治療計画への応用に関して報告する。

方 法

今回の研究では、3次元集光照射には円形コリメータを使用した。使用装置は、CTは日立メディコ製CT-W2000、治療計画最適化に用いたのは、ワークステーション(WS)Sun社製S-4/630である。まず、治療対象部のCT画像をWS上に転送する。体輪郭は自動抽出されるが、planning target volume (PTV)¹⁾およびOARの輪郭はマウスを用いて入力する。PTVに外接する最小の球体が自動的に計算決定され、その中心がアイソセンター、その直径が最小照射野径となる。

アイソセンターおよび照射野径が決定された後に、線束入射方向が決定される。その際、アイソセンターを中心とした大きな球面を想定し、OARをその球面上に投影すれば、OARの座標を経度と緯度で2次元的に表現可能である。Fig.1に示すように、アイソセンターを原点として体軸方向をzとした座標系を設定すると、座標(X, Y, Z)の点の経度 α と緯度 β は次のようになる。ただし、頭部方向を極とする。

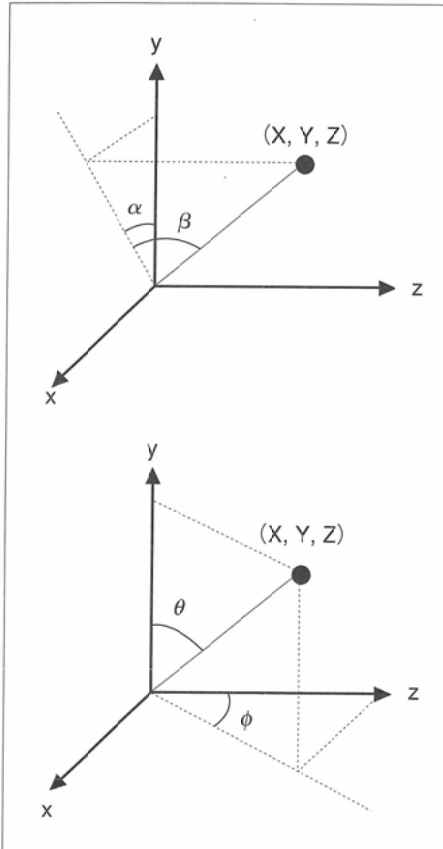


Fig.1 Geometrical relationship between x, y, z coordinate and longitude α and latitude β . Gantry angle θ and couch angle ϕ can be derived from angles α and β (see text for detail). Z-axis corresponds to cranio-caudal direction.

$$\sin \alpha = X / (X^2 + Y^2)^{1/2}$$

$$\sin \beta = Z / (X^2 + Y^2 + Z^2)^{1/2} \quad (\text{式 1})$$

また、経度 α と緯度 β から、架台角度 θ と治療天板角度 ϕ は次のように算出できる。

$$\cos \theta = \cos \alpha \cos \beta$$

$$\cos \phi = \sin \beta / (1 - \cos^2 \alpha \cos^2 \beta)^{1/2} \quad (\text{式 2})$$

今、頭尾方向に伸びる直線AとBを想定し、横軸に経度 α 、縦軸に緯度 β を用いた展開では、直線を腹側方向から展望した表示が得られる (Fig.2)。以上の方法によりOARと線束入射方向は2次元的に経度と緯度を用いて表示可能である。これを照射マップと呼ぶ。この照射マップによりOARを避ける線束入射方向の概略が把握できる。しかし、照射野は超高压X線発生装置の焦点を中心とした円錐状(円形照射野とした場合)の広がりを持つために、OARの被曝を確実に避けるためには、照射マップ上のOARに照射野の半径分の余裕を付加して表示することが必要である (Fig.3)。WS上では、アイソセンターからOARへの距離を考慮して、OAR部での実際の照射野半径をOARの辺縁に加えて表示した。

また、OARの被曝がある線束入射方向で起こるとすれば、架台角度として180度異なる線束入射方向でもOARへの放射線入射が起こる。それを明確にするために、照射マップでは実際のOARとともに、正対する位置にOARの虚像を

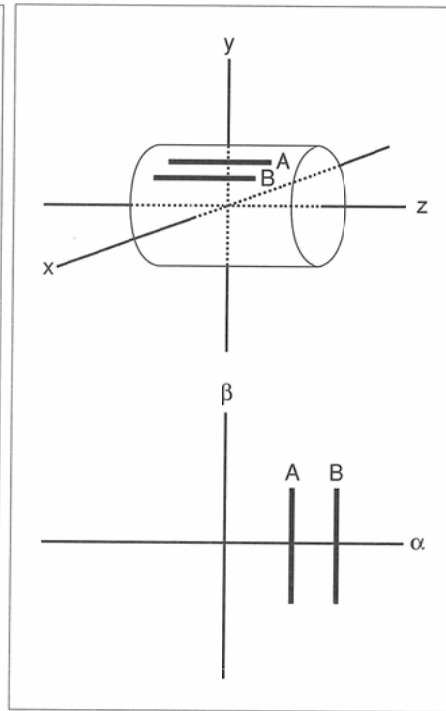


Fig.2 Lines A and B on the surface of a column are projected to lines A and B in the radiation map using longitude and latitude.

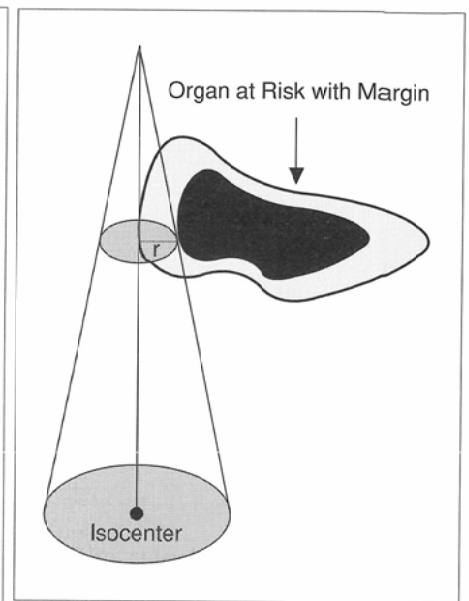


Fig.3 Organ at risk is projected to the radiation map with a margin corresponding to the radius of the radiation field. r = radius of the radiation field at the periphery of organ at risk.

配置した。このOARの虚像にも照射野半径を付加して表示する。

3次元集光照射では、治療天板と架台、患者、時には照射野撮影装置の衝突で入射方向が制限される。アイソセンターが常に治療天板上のある一定の位置にくるように患者を固定すれば、患者体格を考慮にいれつつ、治療天板と架台や照射野撮影装置が衝突しない範囲はあらかじめ調べることが可能である。その治療天板角度と架台角度は式2により経度と緯度で照射マップに表示できる。

結 果

最大径1.5cmの右聴神経腫瘍の症例で照射マップを作成した。頭蓋底から頭頂部までを2mm間隔、2mm厚でCT撮像した。画像をWSに転送し、体輪郭はWS上で自動計算される。OARとして左右レンズ、視交叉、およびarea postrema、更にPTVとして造影された腫瘍の輪郭をマウスを用いて入力した。この聴神経腫瘍に対して直径2cmの円形照射野で3次元集光照射を行うとした場合の照射マップをFig.4に示す。OARおよび腫瘍輪郭入力後の計算時間は約240秒であった。経度は横軸、緯度は縦軸にとった。CT撮像範囲の下縁は■■■■として表示される。図中の——で囲まれた領域は計算領域を示し、任意に変更可能である。また、■■■■で囲まれた領域が架台および治療天板の回転可能範囲である。この範囲内では、患者頭部を直径25cmの球体として、架台、治療天板、患者、照射野撮影装置の衝突が起こらないことがあらかじめ確認されている。図中には、治療天板回転角度 ± 22.5 度、 ± 45 度、 ± 67.5 度で架台運動

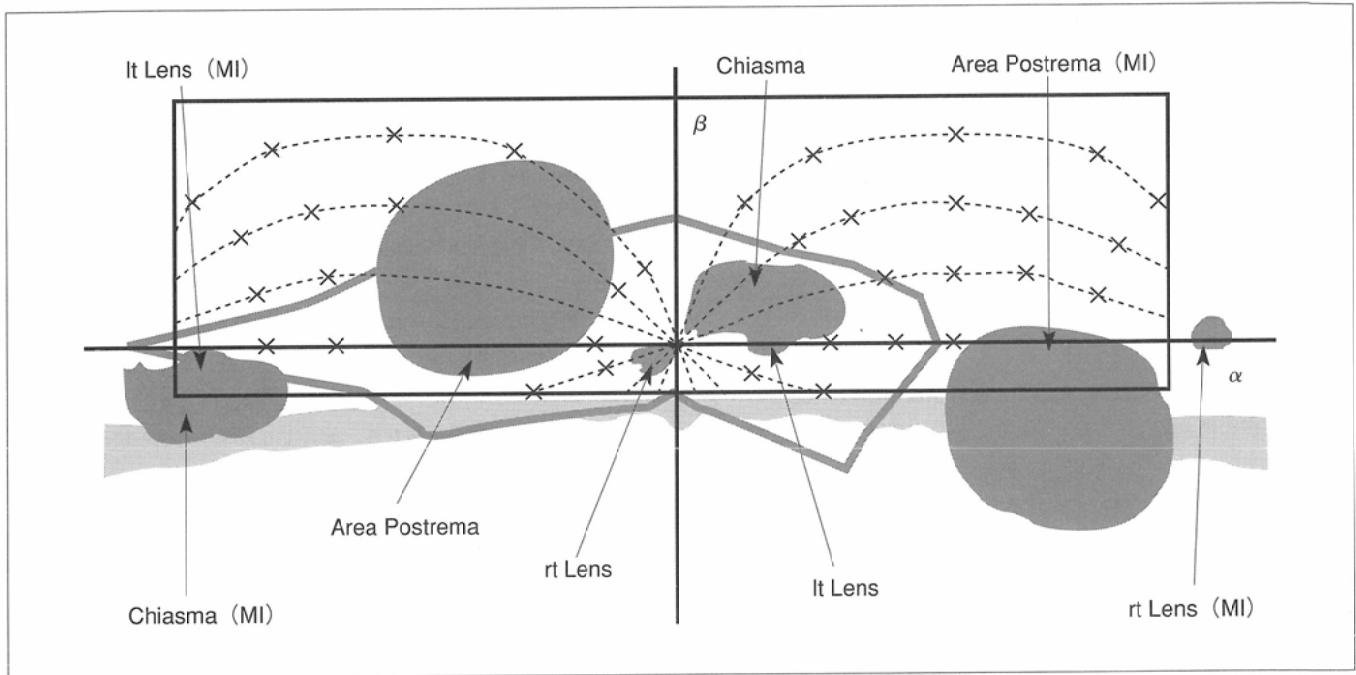


Fig.4 Radiation map with x-axis as longitude and y-axis as latitude. is representing caudal limit of CT used for calculating radiation map. is limitation of gantry and couch movement. Rectangle shows area of calculation in which radiation beams and beam arcs are randomly allocated by treatment planning work station (beam: cross, beam arc: dotted line). MI = mirror image.

照射を施行したときの軌跡を点線とクロスで表示した。 で囲まれた領域内のOAR以外の範囲の点線部で、OARを照射しない治療が可能である。照射マップによる2次元表示により線束入射方向の理解が容易となる。

考 察

定位的放射線治療などで使用される3次元集光照射では、3次元治療計画が必須である。その際、最も時間を要するのはOARを避ける線束入射方向の決定である。立体表示では入射線束とOARの位置関係の把握が必ずしも容易ではない。確実にOARを避けるためには、beam's eye viewを再構成して線束の動きによりOARが照射野内に含まれないことを確認する必要がある。それに対し、照射マップでは、線束入射方向とOARを2次元的に表示することにより、OARを避ける線束入射方向が容易に把握できる。Luらは、架台角度と治療天板角度をxy軸に表示することにより線束入射方向を表わす方法を考案している²⁾。しかし、彼らの表示はあくまで、架台角度と治療天板角度を表わすにとどまり、OARなどの解剖学的構造を同一軸上に投影することはしていない。アイソセンターを中心として頭側を極とした経度

と緯度を使用するわれわれの方法では、OARなどの解剖学的構造が腹側方向から見込んだ世界地図のごとくに投射され、アイソセンターとOARの解剖学的相互位置関係の把握もより容易となる。現在は、円形照射野のみを考えているが、矩形照射野を想定した計算も可能である。しかし、入射方向ごとに照射野が変化する原体照射への対応は、計算時間の問題もあり更に今後の検討課題である。また、入射方向決定後の各入射方向ごとの線量の割り振りは、治療計画最適化に必須であり、現在アルゴリズムを開発中である。更に、OARの耐容線量以下の被曝許容も今後の課題として検討されている。

今後、照射マップはDVHとともに放射線治療計画の客観的評価に有用な方法となると思われる。

謝 辞

本研究の一部は第57回日本医学放射線学会総会(1998年4月、神戸)で発表した。なお、本研究の一部は医療福祉機器技術開発制度の一環として技術研究組合医療福祉機器研究所が新エネルギー産業技術総合開発機構(NEDO)から委託を受けて実施したものである。また、本研究の一部は厚生省がん研究助成金近藤班に拠った。

文 献

1) ICRU Report 50: Prescribing, Recording, and Reporting Photon Beam Therapy, ICRU, Washington D.C., 1993.

2) Lu HM, Kooy HM, Leber ZH, et al: Optimized beam planning for linear accelerator-based stereotactic radiosurgery. Int J Radiat Oncol Biol Phys 39: 1183-1189, 1997.