Osaka University Knowledge Archive

Title	陽子線治療計画のための三次元表示・記録システム
Author(s)	稲田, 哲雄; 丸橋, 晃; 有本, 卓郎 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1988, 48(12), p. 1532-1535
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/18092
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

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

Osaka University

日本医放会誌：48（12），1532—1535，1988（昭63）

陽子線治療計画のための三次元表示・記録システム

筑波大学・基礎医学系
稲　田　哲　雄
筑波大学・臨床医学系
丸橋　晃　有本　卓郎　北川　俊夫

（昭和63年4月11日受付）
（昭和63年7月5日最終原稿受付）

Three-Dimensional Record and Display System for Proton Therapy

Tetsuo Inada
Institute of Basic Medical Sciences, University of Tsukuba
Akira Maruhashi, Takuro Arimoto and Toshio Kitagawa
Institute of Clinical Medical Sciences, University of Tsukuba

Research Code No. : 601

Key Words : Proton therapy, Treatment planning, 3D display system

The recording and displaying functions of the treatment planning system for proton rediotherapy were extended at Particle Radiation Medical Science Center (PARMS), University of Tsukuba, with the aid of 3D subprogram. The 2D input data of body contour, target volume, related organs and bolus shape in several CT slices have been three-dimensionally displayed. The isodose contour of designated level is displayed on these input data and the high dose level of proton dose distribution is noticed to be closely overlapped on target volume. These 3D images made it visually possible to verify and optimize the results of treatment planning.

はじめに

陽子線治療の特徴は，がん病巣に一致して正確に線量を集中し，周辺重要臓器の被曝量を低減しうるところにある．この線量集中の精度が治療成績を左右することになるが，これはターゲットを決定する診断法および治療計画法の精度に依存する．著者らが開発した陽子線治療計画法については既に報告したが[1]，これを使用した筑波大学粒子線医科学センターにおいて，これまでに100例を越す深部臓器がん症例の治療計画を行なってきた．その間にこの治療計画システムに，幾つかの改良が加えられた．その一つが，三次元記録・表示システムであり，治療計画の精度を視覚的に容易に確認しうるとともに，容積線量の算定の一法として有用であった．

これまで国内外で3Dプログラムの開発が行われてきた．それらは開発に多大の労力と時間を要し，また操作が複雑で，「物理屋の遊び」との批判をさえ臨床の現場からうける場合があった．本論文では，搭載容易で，使用目的を絞れば，操作が容易な3Dプログラムの導入の1例を示し，これが陽子線治療計画の確認に有用であることを示した．

装置とプログラム

使用した治療計画システムは，文献1に示したもののCPU容量を培加して計算速度を改善したものである．また，三次元（3D）表示の記録装置として，カラーハードコピー（神鋼電気CHC

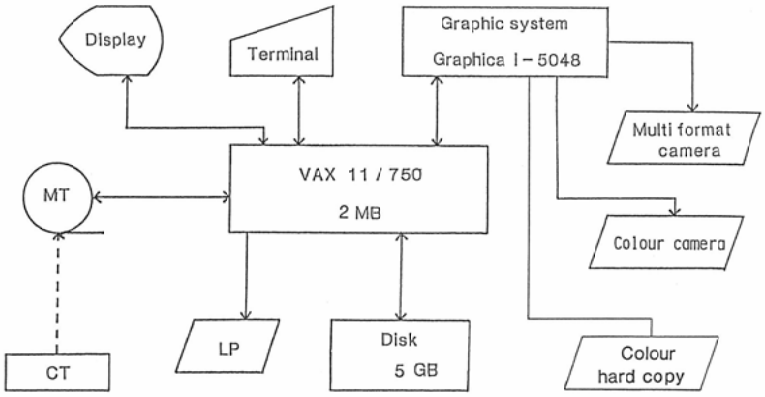

Fig. 1　Block diagram of treatment planning system for proton radiotherapy at PARMS.

-300)とグラフィック表示装置(Graphica I-5048)に表示用プロセッサー（SS-1）を追加した（Fig. 1)．計算機本体は，いわゆるスーパーミニコンVAX11/750であり，これにグラフィック表示装置（グラフィカ社 I-5048）を接続したシステムが主であるが，このシステムに3D プログラムを搭載することに成功した．

用いられた3D プログラムは，Brigham Young 大学(USA)で開発されたもので，MOVIE. BYU と名付けて公開されており[2]，グラフィカ社によって導入された．このプログラムは，対話式で線画と面画（光源，色指定）の表示を選択し，回転，移動も容易である．また等高線を作成する MOSAIC，8点までの頂点座標で面を作成する UTILITY，モデルの切断面を作成する SECTION，データ書込みを行なう TITLE，および線画情報をディスクにファイル，再生を行なう COMPOSE のサブプログラムから成っている．画面表示においては，半透明や，遠方をボカす方式があり，照明を行う光源は4個まで使用でき，平行または点光源を選択できる．このような3D プログラムを作動させて，その入力データとして予め2D にて，5mm スライス間隔の多スライスデータ上に作成した治療計画を取り込む．すなわち，体輪郭病巣，各臓器およびボーラスが書き込まれ，その上に等線量曲面を10，20，30，40，50，60，70，80，90，95%の何れかの線量レベルを選択して合成表示する．このような3D 表示によれば，各輪郭入力，とくに病巣形状の異常な入力を見出すことが容易であり，再確認に有用と考えられた．

結果と考察

開発した3D システムによる陽子線治療計画の結果を例示する．前立腺腫瘍に対する陽子線直交2門の照射を計画したものである．初めに，入力した画像を線画に表示し，表示角度やサイズを定める．Fig. 2は，体，病巣およびボーラス輪郭を入力し，90%の等線量域を線画として合成表示したものである．表示角度やサイズは適当であるが，病巣形状と線量分布との関係が不明瞭である．これを面画として表示するために，各部の色を指定し，光線の方向を決定する．この際に，光の反射

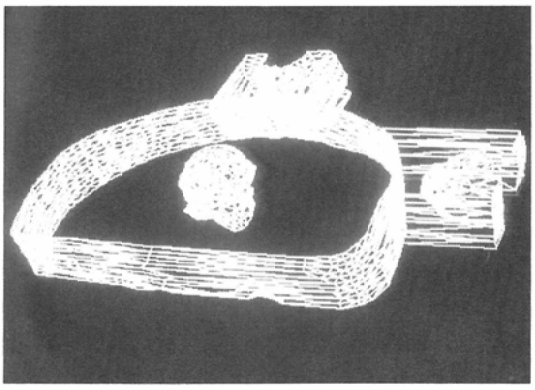

Fig. 2　Typical display of 3D line drawing option for the treatment planning of a prostate tumour with the input of body and target contours, bolus shapes for two portal irradiations and 90% isodose domain.

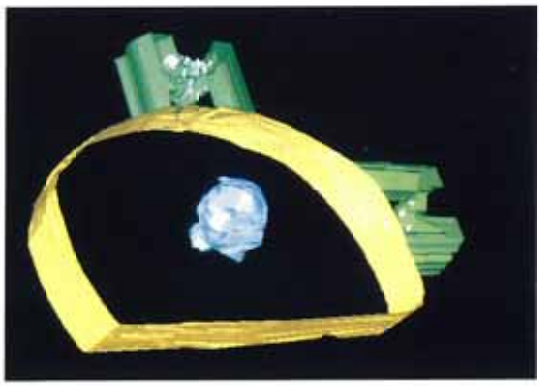

Fig. 3 (a) Typical display of 3D plane drawing option for the case of Fig. 2 with the input of body (yellow) and target (blue) contours and bolus shapes (green).

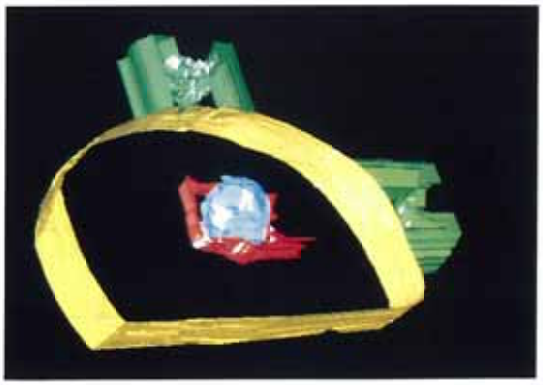

Fig. 3 (b) Isodose domain of 50% level (red) overlapping on the lower part of target volume of (a).

Fig. 3 (c) Isodose domain of 90% level (red) overlapping fully on target volume.

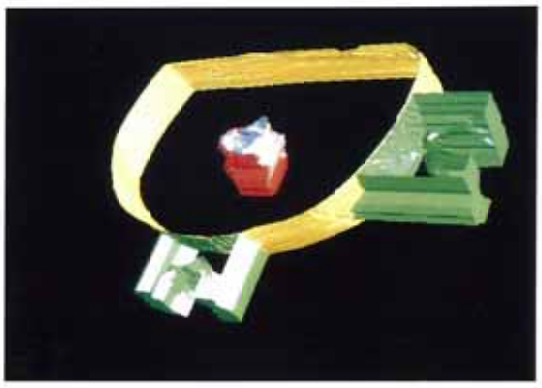

Fig. 3 (d) Isodose domain of 90% level from different view point to reveal the intersection of two portal irradiations.

などを考慮して，表示角度を調節することも容易である．Fig. 3 (a) は，体，病巣およびボーラスを示したものである．これに50%および90%の等線量域を合成した結果を Fig. 3 (b) および (c) に示した．それぞれの病巣との空間的関係が視覚的に容易に理解できよう．この段階でさらに細部を検討する操作も可能であり，Fig. 3 (d) は Fig. 3 (c) の画像を上下反転し，やや上方角度より示したもので，直交差部の線量の突出の程度を確認できる．陽子線の線量分布は，このように入力したターゲット形状に一致した高線量域を示すので，周囲の重要臓器の被曝，後障害がほとんど問題にならないことが理解できる．これらの入力操作と計算・結果の表示に要する時間について述べる．従来の2D 治療計画に要する時間は，操作に習熟した場合には1スライスを10分以内で処理しうるので，1症例に平均約90分の計画時間である．本3D システムでは2D 治療計画を転送して合成表示するのであるから，入力に要する時間は短くて良いが，現在の計算機システムでの計算時間に1スライスあたり10～15分を要する．最近の計算機の性能は向上しており，より上級種の導入が考えられている．例えば，VAX-8400 型のシステムであれば，計算速度は数倍になるので，本プログラム

においては，入力終了後から結果の表示までに要する時間がほぼ無視しうるまでに短縮されよう．

これまでにも粒子線治療計画にかかわる3Dプログラムが開発されている[3)4)]．それらは，目的を限定せず，多様な適用を意図している．よって，プログラムの内容も豊富であるが，それに伴って，データ入力や計算処理に時間を要する欠点があった．本研究では，使用した3Dグラム[2)]を，ここでの治療計画に簡潔に適用しえたことにより，限られた目的について短時間の処理で済む利点をえた．

表示法においては，とくに等線量域を10%より95%までのある選択した線量レベルを示すことにした．2D表示では既に10%より95%への全ての等線量曲線を示しているので，原理的には3D表示でも，これらの全てを示すことが可能である．しかし，そのような合成表示はきわめて複雑であり，視覚的に治療計画の当否を判断する役に立たないものである．また容積線量の算定も各線量レベルごとに行なわれるので，本プログラムで採用した各線量レベルごとの等線量域表示が実用的である．

最近括められた粒子線治療計画ワークショップの報告書[5)]に，3D planningの必要性について，Zink委員長が次のように述べている．

1）線量分布の計画と最適化はsingle planeだけで行うことは不十分で，患者の形態が変化する他の面との関連を知る必要がある．

2）3D planningによれば，CTのような最新の画像技術を十分に利用できる．これらはとくに体内の空間位置情報を確実に提供する．

3）正常組織照射を低減し，ターゲット容積を正確にみるために，斜照射には不可欠である．

4）より正確な線量計算が可能である．

5）照射へのverificationが容易になる．

6）non-coplarar fieldのごとき，特殊なbeam configurationによる照射計画に不可欠である．

本研究での3Dプログラムについて追加すべきことは，上述3）および6）に挙げられた標準ビーム配置（Standard beam configuration）によらない，斜入射やnon-coplanar fieldのごとき照射法への対応能力である．このような照射法は，現在の粒子線医科学センターの治療施設では実施しないので，本プログラムでは，その処理法を省いたことで著しく簡潔になり，文献3，4との処理時間の差となった．陽子線治療において現行の標準ビーム照射で線量分布の局所化が不十分との意見があれば，改めて考慮すべきであろう．

本研究の遂行に当たり，粒子線医科学センター高田義久講師との討議が有益であった．本研究は文部省科研費一般研究(B)「深部臓器がんに対する陽子線治療計画法」（課題番号：60480253）によった．ここに謝意を表する．

文　献

1）稲田哲雄，早川吉則，丸橋　晃，他：深部臓器がんに対する陽子線治療計画法，日本医放会誌，45：1047—1055, 1985

2）Christiansen HN, Stephenson MB: MOVIE-70-A computer graphics software system. J Technical Council ASCE 1: 3—12, 1979 and MOVIE. BYU Training Text, Community Press, Utah, USA, 1986

3）Goitein M, Abrams M, Rowell D, et al: Multi-dimensional treatment planning: II. Beam's eye view, back projection and projection through CT sections. Int J Radiat Oncol Biol Phys 9: 789—797, 1983

4）Chen GTY, Austin-Seymour M, Castro JR, et al: Dose-volume histograms in treatment planning evaluation of carcinoma of the pancreas in Proceedings of the Eighth International Conference on the Use of Computers in Radiation Therapy, Tronto, Canada, 1985

5）Zink S, ed. Evaluation of Treatment Planning for Particle Beam Radiotherapy, National Cancer Institute, 1987