



Title	超高压X線CT装置を利用した原体照射の照合法の開発
Author(s)	中川, 恵一; 青木, 幸昌; 赤沼, 篤夫 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1995, 55(15), p. 1053-1056
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/19178
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

超高圧X線CT装置を利用した原体照射の照合法の開発

中川 恵一¹⁾ 青木 幸昌¹⁾ 赤沼 篤夫²⁾ 寺原 敦朗²⁾
小野木雄三¹⁾ 坂田 耕一¹⁾ 牟田 信春¹⁾ 佐々木康人¹⁾

1) 東京大学医学部放射線医学教室 2) 放射線医学総合研究所

はじめに

放射線治療の原則は、癌病巣に放射線を集中して、周囲の正常臓器の被曝を可及的に減少させることで、投与線量を増加させるとともに、障害を低減させることである。この理想を実現させるために、放射線治療の高精度化が進んでいるが¹⁾⁻⁴⁾、多分割絞りをを用いた原体照射(以下原体照射とする)はわが国における標準の高精度照射法として広く普及している。原体照射は、照射装置のガントリーの回転に応じて、多分割絞りの開度がダイナミックに変化することにより、ターゲットの形状に相似した線量分布が得られる¹⁾⁻⁴⁾。

一方、照射技法が高精度化すればするほど、わずかな誤差も問題となるため、治療の照合が重要となる。高精度放射線治療における照合は、ポータルイメージングによる方法が確立されている。ポータルイメージは治療ビーム自体を使った人体の透視画像であり、種々の検出装置を利用して、照射中にリアルタイムで画像を表示する研究が進んでいる⁵⁾⁻¹³⁾。ポータルイメージは治療計画用CT画像から再構成したDRR (Digitally reconstructed radiograph)と定量的に比較することで、位置決めと照射野の誤差を評価できる¹⁴⁾⁻¹⁷⁾。しかし、この方法は固定照射にしか適用できず、連続的に照射野が変化する原体照射では有効でない。したがって、これまでは、原体照射においても、正面と側面のライナックグラフィーを撮影してアイソセンタの位置を確認するにとどまっていた。照射野開度に関しては、照射中にモニタ上に実開度を表示するとともに、予定開度と実開度の差が設定値以上になると照射を中断する方法が普及しているが、入力された開度データ自体の検証はなされていないので、十分な信頼がおけない。この点はしばしば、欧米では取り上げられ、原体照射の普及の障害となっていた。

筆者らは放射線治療照射装置(以下治療装置)の超高圧X線ビームを用いた人体のCT横断面画像の取得に関する研究を進めており^{18), 19)}、これまでに本CT装置(以下超高圧X線CT)の位置決めの精度向上における有用性を報告した²⁰⁾。今回、超高圧X線CTシステムを利用して、実際の照射中に患者を透過したビームを検出して、これを超高圧X線CT画像上に

Verification of Rotational Conformation Radiotherapy Using Megavoltage CT Scanning

Keiichi Nakagawa¹⁾, Yukimasa Aoki¹⁾,
Atsuo Akanuma²⁾, Atsurou Terahara²⁾,
Yuzou Onogi¹⁾, Kouichi Sakata¹⁾,
Nobuharu Muta¹⁾ and Yasuhito Sasaki¹⁾

Although portal imaging is a promising method of verification during static multi-port irradiation, it cannot be applied directly to dynamic irradiation such as rotational conformation with multi-leaf collimator movement. A real-time beam monitoring system based on megavoltage computed tomography scanning has been developed to establish a verification method for the rotational conformation technique. The exit beam through the patient is extracted by the same detector unit as that used for megavoltage scanning during the actual treatment. The beam edge is defined as the 50% level of the maximum dose of the detector array. Megavoltage computed tomography is done after patient setup and just prior to the actual irradiation. Detected beam pathways are overlaid on this image approximately every 1 sec. Therapists can monitor the correlation between the target and actual beam pathways on a real-time computer display. The accuracy of field edge detection has been proven to be less than 2 mm from various measurements. Field errors were identified in two of 54 sessions using this method. Although several limitations remain to be solved, the method presented is a useful tool for treatment verification of high accuracy radiation therapy, particularly rotational conformation irradiation.

Research Code No. : 601.1

Key words : Megavoltage CT, Megavoltage imaging,
Conformation radiotherapy, Multi-leaf
collimator, Verification

Received Sep. 9, 1994 ; revision accepted Dec. 14, 1994

1) Department of Radiology, University of Tokyo

2) National Institute for Radiological Sciences

リアルタイムに重ね合わせて表示することによって、原体照射などの高精度放射線の新しい照合法を開発した²¹⁾。

方 法

超高圧X線CT

超高圧X線CTはライナックの線源から160cmの位置に装着した検出装置および画像再構成用エンジニアリングワークステーションから成る。検出装置はタングステン酸カドミウムシンチレータ素子120個を有し、各素子間には散乱線除去用にヘビーマタルコリメータが取り付けられている。このため、検出素子間のピッチは実寸で約5.5mmで、空間分解能は約3.5mmとなった。撮像は210度振り照射の要領で行い、撮像時間は38秒であった。画像再構成はフィルタ関数逆投影法で行い、要する時間は約1分であった。被曝線量は1スライス当たり約2.8cGyであり、放射線治療患者の被曝としては容認できる範囲内と考えられた。本装置の基礎的仕様、画質、描出位置に関する再現性、検査時間、被曝線量についてはすでに報告済みである^{18), 19)}。Fig.1に治療装置と検出器を示す。

リアルタイムモニタリング

本法では、治療寝台上で位置決めを完了した直後に超高圧X線CTを撮影することを前提とする。これは最大開度40cmを用いたファンビームで撮影する。得られた超高圧X線CT画像を治療計画用CT画像と比較することで位置決め誤差を求める。位置決めの問題があれば満足いくまで修正と超高圧X線CTの撮像を繰り返す。位置決めにおける超高圧X線CTの利用法に関してはすでに報告した²⁰⁾。

照射開始後は、患者を透過したビームを、超高圧X線CT用の検出装置を用いて検出する。各120チャンネルの検出線

量はGPIBを介して画像再構成用EWSに転送され、ガントリ角度はRS232-Cを介してEWSに転送される。Fig.2の本法におけるシステムブロック図を示す。

照射野開度は患者体内の最大線量の深さでの50%線量域として定義されるが、これは射出ビームを用いたポータルイメージングの手法では求められないため、本法では120個の各検出線量の最大値の50%として計算した。Fig.3に照射野幅決定の概念を示す。実際には50%線量をはさむ2つの検出器の位置を結んだ線分と50%ラインとの交点として求める。得られた照射野幅は超高圧X線CTに重ね合わせて表示する。重ね合わせ表示における画像リフレッシュ時間の決定は、固定照射モードと回転系照射モードで異なる。固定照射モードでのビーム開度の取得はデータ量の圧縮を図るため100パルスごとに行われるので、リフレッシュ時間は線量率に依存して、最大線量率での0.7秒から最小線量率の7秒までとなる。回転系照射モードでは回転角度1度ごとに画像リフレッシュを行うため、0.83秒ごととなる。治療医はEWSのモニタを見ながら、ターゲットと照射野の関係に問題があれば即時に照射を中断できる。なお、本法は原体照射などの回転照射のほか、固定照射でも利用可能である。

結 果

照射野検出の精度

本法の照射野検出の精度をファントムを用いて評価した。前述のとおり、本法で得られる照射野幅は照射野開度ではないが、実測の結果、実際の照射野開度に対する検出された照射野幅の誤差は、3cmから30cmの矩形照射野および多分割絞り照射野について、最大でも2mm以下であることが確認された。Fig.4にファントムを用いた10cm×10cmの照射野でのモニタ画面を示す。ファントムは台形状であり、上辺の長さは10cmで、この中点にアイソセンタが設定してある。設定値と検出値によい一致が得られることが分かる。

リアルタイムモニタリング

Fig.5に胸壁腫瘍での原体照射に本法を施行した結果を示す。ガントリーは真下から反時計回りに回転し、真上からもとに戻る。図では代表的4つのガントリー角度での照射野開度を示す。各角度ごとに多分割絞りの中心リーフの左右の開度が変化しているのが分かるが、元来は照射野は連続的に変化している。Fig.6はシャッター速度を選

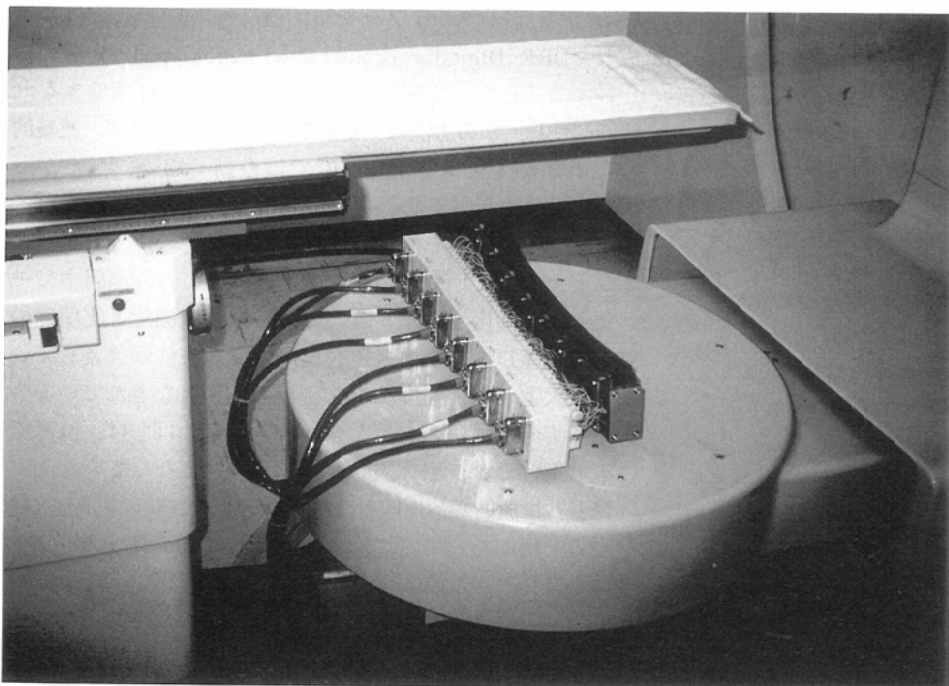


Fig.1 The detector unit mounted to the accelerator.

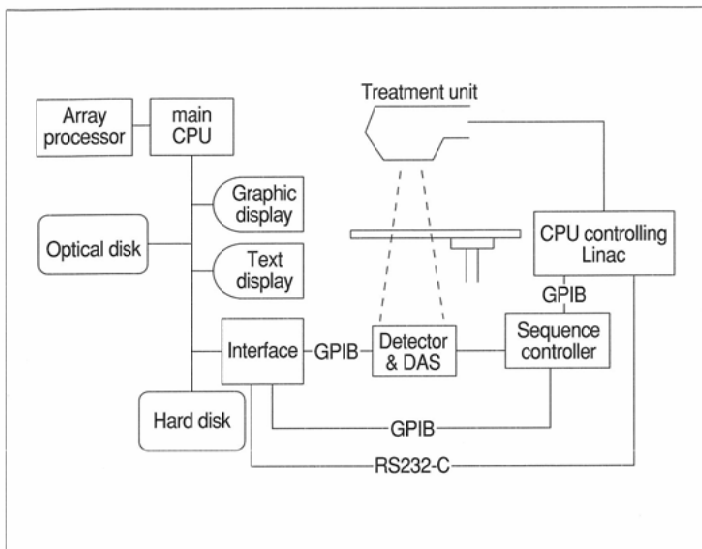


Fig.2 A block diagram of the system

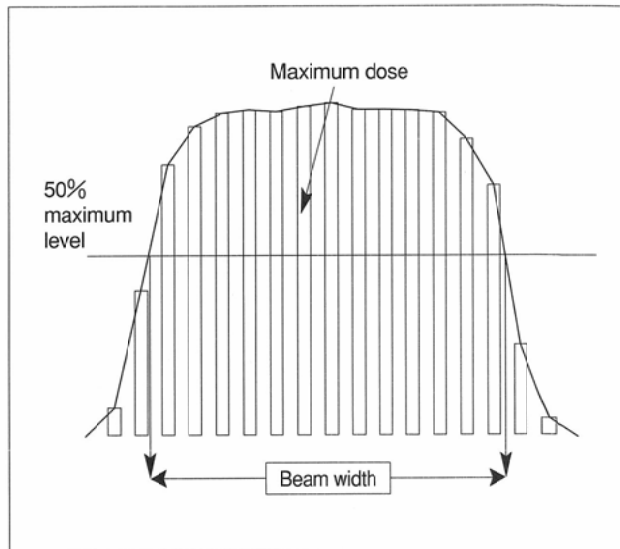


Fig.3 Definition of the radiation field edges

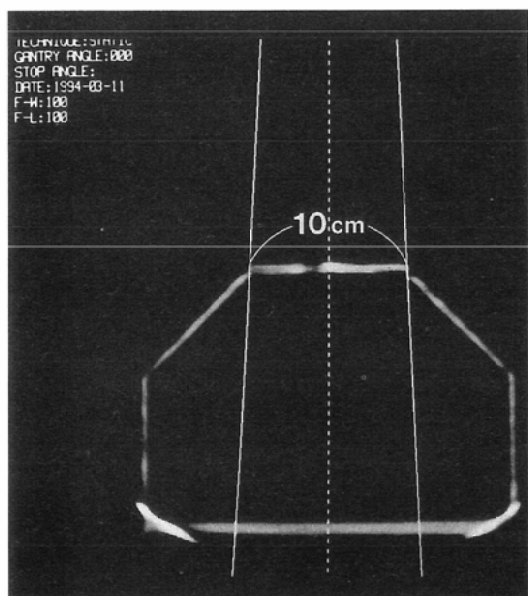


Fig.4 A display for verifying the accuracy of the present method using a phantom.

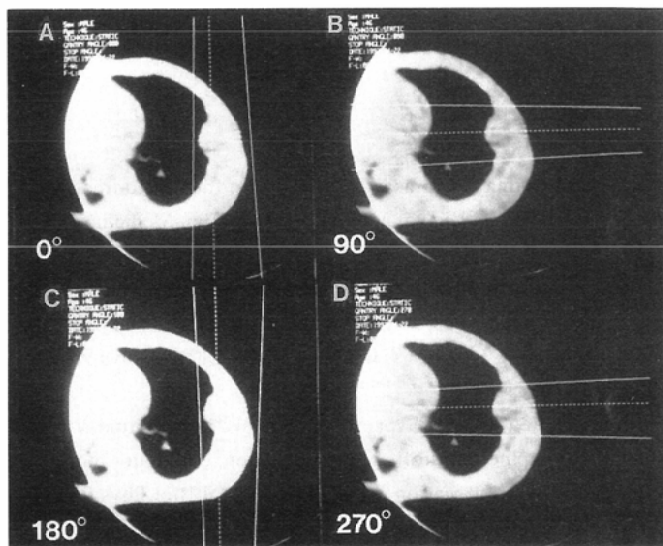


Fig.5 A series of real-time beam monitoring displays for rotational conformation radiation of a chest wall metastasis. The gantry angles in (A), (B), (C), and (D) are 0, 90, 180, and 270 degrees, respectively.

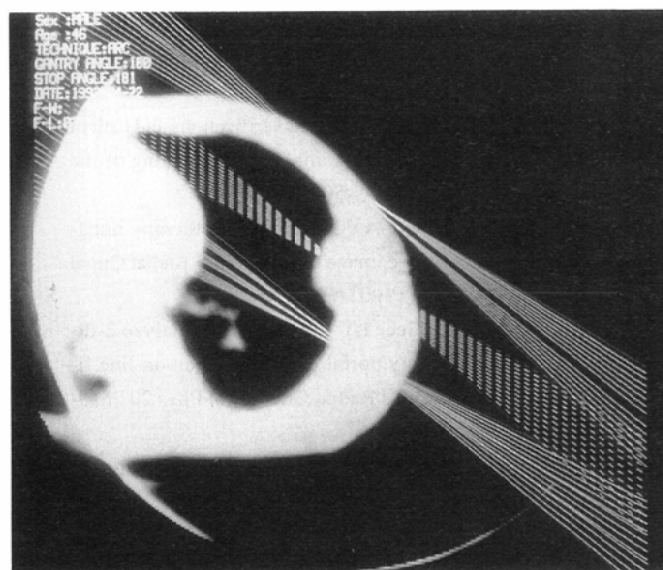


Fig.6 A photograph of the computer display taken with prolonged exposure time for the same treatment session as in Fig.5. Continuous change of the beam angle and leaf opening is well illustrated.

くして、連続的にビーム開度が運動している様子を撮影したものである。

これまで54例において臨床応用された。それぞれの症例の治療開始に当たり本法が用いられた結果、2例で誤差が検出された。これはいずれもターゲット設定時の拡大率の誤入力によるものであった。

考 察

本法はこれまでコンピュータ上の値から確認するなどの間接的な方向に頼ってきた原体照射の照射野の照合において、初めて画像的な照合を可能とした。本法によって、現在どの部分に照射されているかが、リアルタイムに確認できるようになったため、原体照射の利点がさらに強調される。

ただし、本法の検出照射野幅は正確な照射野開度を示し

ていないため、治療計画データとの定量的照合は不可能で、照射野設定の妥当性を視覚的に確認することが主目的となる。

また、本法では多分割絞りコリメータの中心リーフのみの開度が確認されるだけで、その他のリーフの開度に関する情報は得られない。全リーフの開度情報を得るためには、検出器の2次元配列が必要であり、今後の研究課題である。

また、超高圧X線CT画像は画質が低エネルギーX線と比べて劣るため、ターゲットの描出能が不十分である。胸部腫瘍や骨転移では肺や骨の存在によりコントラストが得られるが、他の部位ではターゲットとビームの関係を見る上で問題となる。治療計画用CT画像上で設定したターゲットを超高圧X線CT上に重ね合わせるなどの工夫が必要な場合がある。

文 献

- 1) Aoki Y, Akanuma A, Karasawa K, et al : An Integrated treatment system and its clinical application. *Radiation Medicine* 5 : 131-141, 1987
- 2) 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
- 3) Chin LM, Kijewski, PK, Svensson GK, et al : Dose optimization with computer-controlled gantry rotation, collimator motion and dose-rate variation. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 9 : 723-729, 1983
- 4) Takahashi K, Purdy JA, Liu YY : Treatment planning system for conformation radiotherapy. *Radiology* 147 : 567-673, 1983
- 5) Leong JC : Use of digital fluoroscopy as an on-line verification device in radiation therapy. *Phys Med Biol* 31 : 985-992, 1986
- 6) Leong JC, Stracher MA : Visualization of internal motion within a treatment portal during a radiation therapy treatment. *Radiotherapy and Oncology* 9 : 153-156, 1987
- 7) Wong JW, Ying X, Binns WR : Treatment verifications and patient dose estimations using portal dose imaging. *Proceeding of the 15th PC user group meeting* : 39-50, 1988
- 8) Wong JW, Binns WR, Cheng AY : On-line radiotherapy imaging with an array of fiber-optic image reducers. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 18 : 1477-1484, 1990
- 9) Graham ML, Cheng AY, Geer LY : A method to analyze 2-dimensional daily radiotherapy portal images from an on-line fiber-optic imaging system. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 20 : 613-619, 1991
- 10) Lam KS, Partowmah M, Lam WS : An on-line electronic portal imaging system for external beam radiotherapy. *Br J Radiol* 59 : 1007-1013, 1986
- 11) Taborsky SC, Lam WC, Sterner RE, et al : Digital imaging for radiation therapy verification. *Opt Eng* 21 : 888-893, 1982
- 12) Meertens H, Van Herk M, Weeda J : A liquid ionization detector for digital radiotherapy of therapeutic megavoltage photon beams. *Phys Med Biol* 30 : 313-312, 1985
- 13) Meertens H : Digital processing of high energy photon beam images. *Med Phys* 12 : 111-114, 1985
- 14) Rosenman J, Sailer SL, Sherouse GW, et al : Virtual simulation ; Initial clinical results. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 20 : 843-851, 1991
- 15) Nishidai T, Nagata Y, Takahashi M, et al : CT simulator ; A new 3-D planning and simulating system for radiotherapy ; Part 1. Description of system. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 18 : 499-504, 1990
- 16) Sherouse GW, Novin K, Chaney EL : Computation of digitally reconstructed radiographs for use in radiotherapy design. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 18 : 651-658, 1990
- 17) McShan DL, Fraass BA, Lichter AS : Full integration of the beam's eye view concept into computerized treatment planning. *Int J Radiat Oncol Biol Phys* 18 : 1485-1494, 1990
- 18) 中川恵一, 青木幸昌, 赤沼篤夫, 他 : 直線加速器の超高圧X線を用いたCT撮影装置(超高圧CT)の開発. *日本放射線腫瘍学会誌* 3 : 265-276, 1991
- 19) Nakagawa K, Aoki Y, Akanuma A, et al : Technological features and clinical feasibility of megavoltage CT scanning. *Eur Radiol* 2 : 184-189, 1992
- 20) 中川恵一, 青木幸昌, 赤沼篤夫, 他 : 超高圧X線CTを用いた位置決め照合法. *日本放射線腫瘍学会誌* 4 : 249-258, 1992
- 21) Nakagawa K, Aoki Y, Akanuma A, et al : Real-time beam monitoring in dynamic conformation therapy. *Int J Radiat Biol Phys* 30 : 1233-1238, 1994