

平成23年 3月31日現在

機関番号：22101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20591496

研究課題名(和文) 断層リニアックグラフィシステムの開発と応用

研究課題名(英文) Development and application of a plane linac tomography system

研究代表者

藤崎 達也 (FUJISAKI TATSUYA)

茨城県立医療大学・保健医療学部・教授

研究者番号：00285058

研究成果の概要(和文)：リニアックの治療ビームによる断層撮影が可能な断層リニアックグラフィシステムを開発し、照合手法としての有用性について検討を行った。その結果、断層リニアックグラフィシステムは通常のリニアックグラフィと同等の被ばく線量で3次元的な照射部位の確認が可能であることが示された。本手法は既存の照合手法と比較して低い被ばく線量、非侵襲、簡便に実施可能である特徴があり、照合方法として有用であると考えられる。

研究成果の概要(英文)：The plane linac tomography system was developed to improve verification capability of the conventional linacography (LG). The system was constructed so that the source and image receptor is arcs moves during the radiotherapy verification. The isocenter plane containing the target and attached marker, which is the fulcrum plane of this system, were imaged at the almost same patient exposure of LG. Therefore, this study has been shown to be applicable to the patient displacement detection and linac QA/QC.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：内科系臨床医学・放射線科学

キーワード：放射線

1. 研究開始当初の背景

放射線治療を安全かつ効果的に遂行するには、高い物理的精度が要求される。そのため、米国医学物理士会(AAPM)のTG40レポートでは、照射位置確認写真(リニアックグラフィ)による照合写真は週1回以上が望ましいとしているが、同時に撮影に伴う標的体積外への追加線量の問題を指摘している。従

来のリニアックグラフィは人体内の立体構造を平面像として受像面に投影するため、得られるX線像は諸組織・器官の重複像である。そのため腫瘍の同定および照射位置の確認が困難となる場合がある。我々は、物理的精度の向上を目的として、従来の手法であるリニアックから放出される高エネルギーX線によるリニアックグラフィのような平面撮

影に代わる高エネルギーX線ビームによる断層撮影（断層リニアックグラフィ）の着想をもった。断層リニアックグラフィは、従来のX,Y平面のみによるリニアックグラフィの照合にZ（深さ）方向の情報を加味することができる。そのため、2方向によるリニアックグラフィを取得して照合を行っていたものが1回の断層撮影で置き換えることが可能になる。したがって、照合による被ばく線量を低減できるとともに、位置誤差や困難であった患者のローリングの検知も可能であり高精度の照合ができる。

2. 研究の目的

リニアックから放出される高エネルギーX線ビームと受像器を機械的に連動させて断層撮影を行うシステムを開発する。断層リニアックグラフィシステムは、本学に設置されているリニアックとコンピューテッドラジオグラフィ（CR）によって構築し、実用化研究と品質管理への応用研究を行う。

3. 研究の方法

本研究で開発した断層リニアックグラフィシステムの構築と特性、およびシステムの照合手法としての有用性の評価を行った。

(1) 断層リニアックグラフィシステムの構築と特性

線源として用いるリニアックは、線源がガントリ回転軸を中心にアイソセントリックに回転する機構となっている。この動作は円弧移動方式における線源の移動と等しいため、そのまま利用した。受像器にはイメージングプレート（imaging plate; IP）を放射線治療で使用される照射野画像用カセットと組み合わせて使用した。受像器は線源と連動して円弧移動をする必要があり、診断用X線断層撮影装置の構造を参考に、回転運動を平行運動に変える「平行クランク機構」を用いて受像器とアイソセントラ面の平行の維持、および受像器と線源との連動を試みた。また、断層リニアックグラフィシステムを本学リニアックに設置した場合の諸特性を整理した。

(2) 照合手法としての有用性を評価

線源は、リニアック（三菱電機 MHCL-15DP）の公称エネルギー4 MV X線を使用した。受像器は、大角サイズのIP（富士フィルム ST-V）と金属増感板として2 mm厚の銅板を有する同サイズの照射野画像用カセット（富士フィルム Type H）を用いた。IPの処理については、CRシステム（富士フィルム FCR AC-3）を使用した。受像器の空間分解能は0.2 mm/pixel、濃度分解能は10 bitである。ガントリ回転範囲である振角は、平行クランク機

構部と連結部をリニアックに取り付けたところ安全な振角範囲である振角60°までとし、受像器はSID=159 cmの位置に設置した。

①振角と断層厚の測定

断層厚測定器を使用し、振角ごとに断層厚の測定を行った。撮影には4 MV X線を用い、線量率40 MU/分、振角0~60°について10°毎に振角を変えて回転照射を行った。測定器全体を撮影するために照射野はA=20 cm×10 cmとし、MU値のプリセットは12 MUで一定とした。

②z方向における変位の確認

照射部位にz方向の変位が生じた場合、断層リニアックグラフィを用いて変位の確認が可能であるか、また、どの程度の変位であれば確認可能であるかを知るため、頭部ファントムを用いて実験を行った。頭部ファントムは、冠状断において錐体部が描出される深さ10 cmの位置をアイソセントラ面として、これに対応する頭部側面の左右耳介付近に長さ5 cmのはんだ（線径：1.6mmφ）を外周マーカースタマールとして貼り付け、線源からアイソセントラ面の距離を100 cmとなるように配置した（図3.5）。

③ローテーションによる変位の確認

照射部位にローテーションによる変位が生じた場合、断層リニアックグラフィを用いて変位の確認が可能であるか、また、どの大きさのローテーションであれば確認可能であるかを知るため、頭部ファントムを用いた実験を行った。

④被ばく線量の比較

頭部ファントムについて、振角0~60°を10°間隔で撮影した画像に対してROI（頭部ファントムについては図1.2の照射野に相当する550ピクセル×550ピクセルの正方形を設定し、ピクセル値から得られるIP入射線量を比較することで、通常のリニアックグラフィと断層リニアックグラフィにおける患者被ばく線量の比較を行った。

(3) 臨床への応用

臨床における断層リニアックグラフィシステムの応用について検討を行った。

4. 研究成果

(1) 断層リニアックグラフィシステムの構築と特性

ガントリの円弧移動を受像器に伝達するため、ガントリと平行クランク機構の間は機械的に接続した。これにより線源と受像器の動作は連動し、断層撮影装置と同様の動作が可能となった（図1および図2）。また、断層リニアックグラフィシステムを本学リニアックに設置した場合の諸特性を示す（表1）。

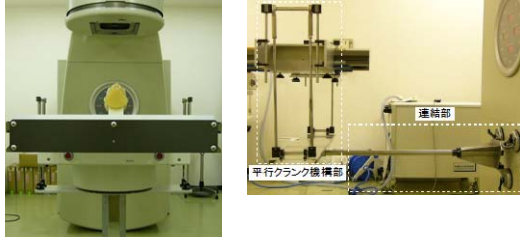
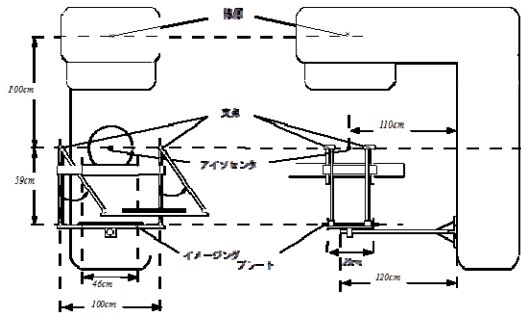


図1 断層リニアックグラフィシステム

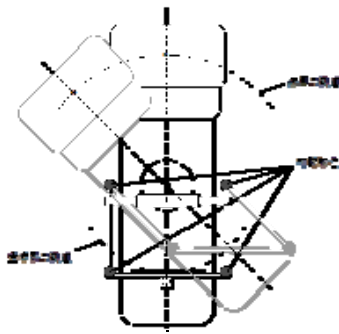


図2 システムの動作

表1 システムの諸特性

取り付け寝台の幅	46 cm
取り付け寝台の厚さ	8-11 cm
断層面の移動範囲 (寝台表面を基準)	1.5-19 cm
振角の範囲 (ガントリ0° 基準)	断層面 1.5 cm のとき 110° 断層面 19 cm のとき 70°
拡大率	1.59 (固定)
使用可能	大角
カセットサイズ	(照射野画像用)

(2) 照合手法としての有用性を評価

①振角と断層厚の測定

振角と断層厚の関係を示す(図3)。この図から振角60°の時は断層厚が12mmであることが示された。また、振角が30°から50°の範囲では振角が増加しても断層厚の変化は認められなかった。

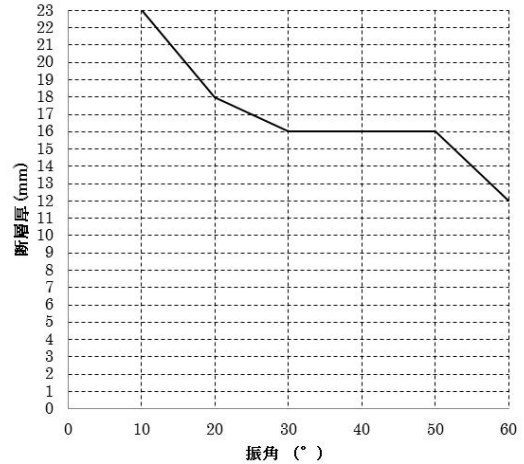
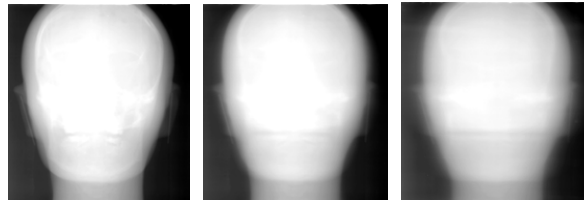


図3 振角と断層厚の関係

②z方向における変位の確認

振角の変化により断層厚は変化するため、断層像に描出される解剖学的構造に変化が認められた(図4)。しかし、外部マーカは振角が変化しても描出され続けた。



(a) (b) (c)

図4 振角の変化による断層像の変化

(a) 振角0°の断層リニアックグラフィ画像

(通常のリニアックグラフィ画像)

(b) 振角30°の断層リニアックグラフィ画像

(c) 振角60°の断層リニアックグラフィ画像

また、断層リニアックグラフィ画像について、外部マーカに着目すると、z方向0.5cmの変位で外部マーカの描出が若干不明瞭になり、1cmでは描出の不明瞭化が明らかに認められた。したがって、頭部ファントムに外部マーカを用いた場合、z方向における1cmの変位の確認は可能であると考えられる。

③ローテーションによる変位の確認

通常のリニアックグラフィ画像では、ローテーション角度が 0° から 4° までは骨および外部マーカーの描出変化は認められなかった。したがって通常のリニアックグラフィ画像で確認可能なローテーションは 6° とした。断層リニアックグラフィではローテーション 4° でも左右のマーカーの不明瞭化が認められた。したがってこの範囲のローテーションは確認できる可能性があると考えられる。

④被ばく線量の比較

振角が大きくなるにしたがい IP 入射線量の比は若干増加傾向を示し、振角 60° は振角 0° (通常のリニアックグラフィ) と比較して 5%増加した。

(3) 臨床への応用

本研究で開発した断層リニアックグラフィシステムについて、考えられる臨床における運用例を具体的に示す。

①照射部位の照合

断層リニアックグラフィシステムを用いて照射部位の照合を行う場合、参照画像用の DRR 画像を作成する必要がある。DRR 画像は照射部位のアイソセンタを含む冠状断面とし、断層リニアックグラフィの断層厚と同じ厚さで再構成を行う。初回治療前の照射部位の照合は DRR 画像と断層リニアックグラフィ画像の比較により行う。照射部位の変位をシミュレートした一連の DRR 画像 (例: ローテーション 0~10°) をデータベース化し、照合時にこれらを参照することで変位評価の定量性を高めることが可能であると考えられる。

②リニアックの精度管理

適当なファントムを治療位置にセットアップし、ファントム表面のレーザーポインタ指示位置に金属細線などのマーカーを設置した状態で断層リニアックグラフィ撮影を行う。左右のレーザーポインタが両方ともアイソセンタを指している場合は両方のマーカーがボケないで描出され、アイソセンタを指していない場合はマーカーがボケて描出されることから、レーザーポインタの精度管理にも利用可能であると考えられる。

(4) 今後の展望

本研究では画像処理には依存せず、断層撮影の原理に基づくハードウェアの動作から取得できる画像を用いることで、高精度な照射部位確認を試みた。本研究では受像器に IP を用いたが、画像処理や画像再構成の手法を用いれば EPID による断層リニアックグラフィ画像の取得も可能であると考えられる。このように本手法とソフトウェアによる手法

とを併用することで、照合手法としての有用性はさらに高まると考えられる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

- ① 藤淵俊王, 小原哲, 藤崎達也、放射線治療の安全管理に関する研究、日本放射線安全管理学会誌、査読無、2010; 9: 62~63
- ② 大山正哉、藤崎達也、福原里恵、上田 隆、有路貴樹、田仲 隆、呼吸同期照射法の検証について、日本放射線技術学会誌、査読有、2009; 65: 1461~1469
- ③ 鈴木雄一、小山和也、笹嶋利紀、藤淵俊王、藤崎達也、線量校正における水の温度及び密度の経時的変化の影響、医用標準線量誌、査読有、2009; 14: 31~35
- ④ 大山正哉、藤崎達也、上田 隆、木藤哲史、田仲 隆、呼吸同期照射法における電子照合装置の画像品質管理、日本放射線技師会誌、査読有、2008; 55: 1254-1259

[学会発表] (計 0 件)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤崎 達也 (FUJISAKI TATSUYA)
茨城県立医療大学・保健医療学部・准教授
研究者番号: 00285058

(2) 研究分担者

阿部 慎司 (ABE SHINJI)
茨城県立医療大学・保健医療学部・教授
研究者番号: 00274978
西村 克之 (NISHIMURA KATSUYUKI)
茨城県立医療大学・保健医療学部・教授
研究者番号: 10129158

(H20)

齋藤 秀敏 (SAITOH HIDETOSHI)
首都大学東京・人間健康科学研究科・教授
研究者番号: 50196002

国枝 悦夫 (KUNIEDA ETSUO)

東海大学・医学部・教授
研究者番号: 70170008