

EPID 画像による腫瘍の3次元位置取得の研究

A Study of Three Dimension Positional Acquisition of Tumor by EPID Images

小川 博明[†] 明上山 温^{††} 齋藤 秀敏^{††}
Hiroaki Ogawa Atsushi Myojoyama Hidetoshi Saitoh

1. はじめに

放射線治療において照射精度の点で治療前の位置確認、照射野照合が大きなウエイトを占めている。位置確認の媒体としてさまざまなものが使われているが、Electronic Portal Imaging Devices (以下 EPID) もその一つである。EPID は、放射線治療の際に使用される高エネルギー X 線から、透過画像を取得する装置である。この EPID の検出器にはアモルファスシリコン(以下 a-Si)が用いられ、その前面には 1 mm 銅が設置されており、さらにその下に蛍光体 (KODAK Lanex Fast B) が存在している。EPID に X 線が入射されると、銅と相互作用を起こして電子を放出し、この電子が蛍光体により光に変わり、a-Si 上のすべてのピクセルにあるフォトダイオードに光が集積され各ピクセルのデータが読み取られていく。放射線治療の際に腫瘍の位置の照合を高精度に行うためには照射中の腫瘍の 3 次元位置を把握することが重要である。しかし現在行われている手法では照射中に腫瘍の 3 次元位置を特定することは困難である。そこで、EPID が治療 X 線照射中に連続して画像を取得することが可能であることを利用して、EPID の 2 次元画像で得られる腫瘍の拡大率等からその 3 次元位置の推定についてファントムを用いた実験を行い、検討したのでこれを報告する。

2. 理論

治療用加速器のヘッド、肺腫瘍ファントム、EPID の配置を図 1(a)及び図 1(b)に示す。ヘッド内のターゲットから出力される X 線束はコリメータ及び MLC(Multi Leaf Collimator)によりの確な照射野を形成するが、この照射野はターゲットから離れるほど拡大する。よって、ヘッドと EPID が固定のとき、肺腫瘍ファントムが上下に移動すると EPID に写る腫瘍のサイズが変化する。腫瘍の形状が変化しないと仮定した場合、治療計画用に撮像された CT 画像の腫瘍サイズと 3 次元の位置を基準とすることにより、拡大率から腫瘍の 3 次元の位置が推定できる。放射線治療中に EPID で得られる画像は、使用される X 線エネルギーが高く、X 線が銅と相互作用せずに通過することが多いため、診断用 X 線で得られる画像と比較して画質が悪化する。[1] 従って腫瘍の拡大率を計測するためには取得画像に平滑化フィルタ処理を施し、量子ノイズを低減させ、腫瘍の輪郭を取得する必要がある。このため、腫瘍の拡大率がなるべく大きくなるように EPID を可能な限りアイソセンタから離れた。従って、アイソセンタから EPID までの距離は 82.7cm となった。このときの EPID に写る腫瘍の大きさは、実際の腫瘍の 1.827 倍となる。この大きさを基準とし

て、任意の移動した位置で EPID に写る腫瘍の大きさを計測し、基準長と比較してその拡大率を求める。これより EPID からの距離が求まることとなる。

3. 方法

3.1 測定のための準備

図 1(a)よりアイソセンタでのターゲットから腫瘍までの距離は 100cm である。本実験では腫瘍の拡大率の変化を詳細に検出する必要があったため、EPID を可能な限りアイソセンタから離れた。次に人間の肺を模擬したファントムを図 2 に示す。このファントムの材質は次のとおりであった。タフウォーターファントム、タフリングファントム、及び肺腫瘍ファントムである。これらを人間の胸部を模擬するために、上からタフウォーターファントム厚を 2 cm、タフリングファントム厚を 5 cm、肺腫瘍ファントム厚を 4 cm、タフリングファントム厚を 5 cm、タフウォーターファントム厚を 4 cm と積層した。また、上記のファントムを自在に 3 次元に移動させる装置として XYZ 軸ステージを使用し、人間の呼吸速度および呼吸移動を 3 次元で模擬するプログラムを作成した。XYZ 軸ステージに乗せた肺腫瘍ファントムを一定周期で連続動作させたまま、EPID により画像を取得した。EPID は 2 秒に 1 枚の画像が得られるため、これを連続して取得した。

3.2 EPID 画像の処理

腫瘍の 3 次元位置を取得するために本研究で用いた手法は、再帰処理によるスコアリングから腫瘍の輪郭形状を追跡し、腫瘍の拡大率から位置を取得するものである。腫瘍位置特定にはテンプレートマッチングの方法が多く用いられている。この方法は、連続する各断面での腫瘍写真をあらかじめ撮影しておき、これを鋳型としてあてはまる断面を特定していくものである。しかし、腫瘍はそのままの形で移動するのではなく、偶発的に変形しながら移動する。このためテンプレートマッチング法では腫瘍の位置の把握が難しいことがある。一方、本研究で用いた手法では、腫瘍の輪郭を追跡していく方法であるので、腫瘍の形状変化に対応できる。図 3 は XYZ ステージにファントムを乗せ、3 次元に移動させている実験の様子である。高エネルギー X 線(6MV)で照射中にこれを EPID により連続撮影した。移動平均フィルタおよびラプラシアンフィルタを行い、腫瘍のエッジを強調し、再帰処理によるスコアリングから腫瘍形状のみを取得した。

4. 結果及びまとめ

3.1 の方法により得られた EPID 画像を図 4 に示す。本研究ではファントムを用いたため、比較的高コントラストの画像を得ることができた。また、3.2 の方法により抽出された腫瘍の輪郭は図 5 のようになった。これらを複数枚取得した結果と、治療計画用 CT 画像と XYZ 軸ステージの位

[†] 東京都立保健科学大学, Tokyo Metropolitan University of Health Sciences

^{††} 首都大学東京, Tokyo Metropolitan University

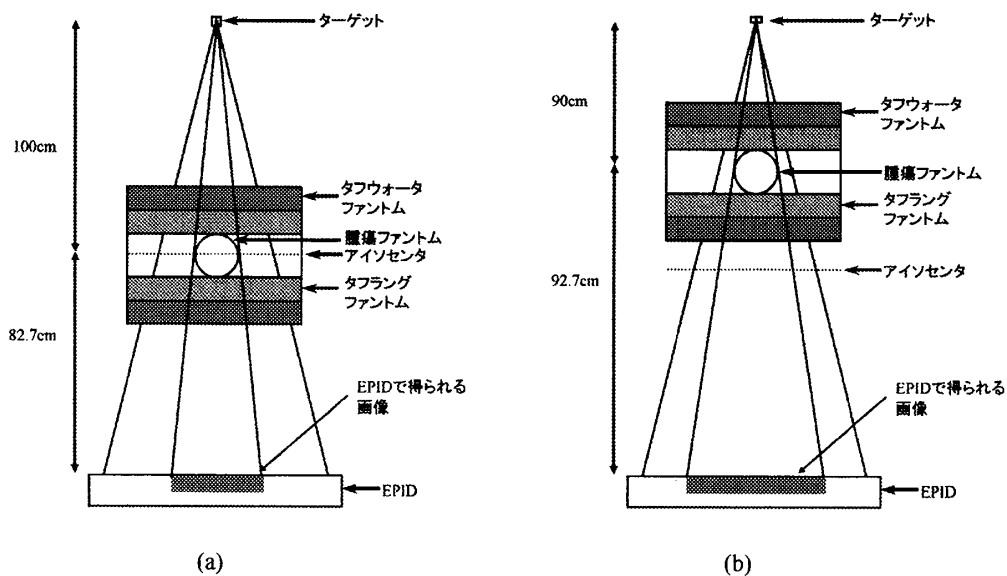


図1 ファントムの幾何学的配置
(a)アイソセンタ (b)移動後

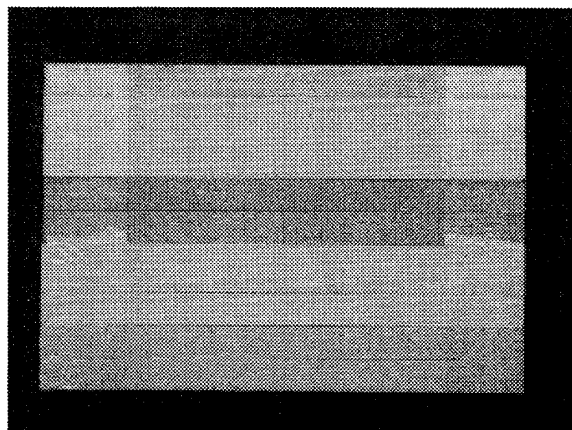


図2 ファントムの構成

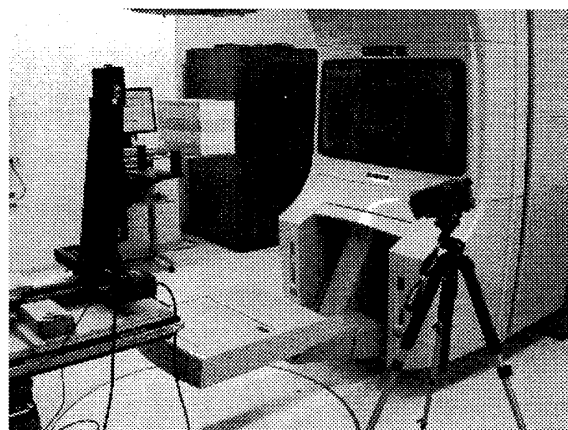


図3 XYZ軸ステージの外観

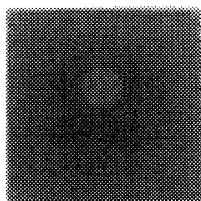


図4 ファントム元画像例

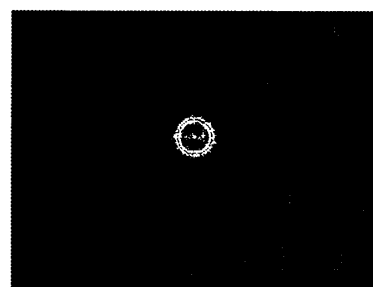


図5 輪郭抽出後の画像

置とを照合した結果、腫瘍の高精度の追跡が可能であったことが確認された。現在、再帰処理計算に時間がかかり、EPID画像取得に対して実時間処理ができていないため、今後は本手法のアルゴリズムを見直し、高速化を実現する必要がある。また、実際の臨床データで本手法の有効性を示す必要がある。

文献

[1] Michael G. Herman and James M. Balter et al. "Clinical use of electronic portal imaging," Report of AAPM Radiation Therapy Committee Task Group 58, pp713 - 717, 2001.