

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 22 日現在

機関番号：10101

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22791163

研究課題名（和文）カラーX線画像を利用した高精度動体追跡放射線治療法の開発

研究課題名（英文）Development of real-time tumor-tracking radiotherapy system with utilizing color X-ray image intensifier

## 研究代表者

宮本 直樹（MIYAMOTO NAOKI）

北海道大学・大学院医学研究科・特任助教

研究者番号：00552879

## 研究成果の概要（和文）：

カラーX線画像の各RGB成分に対し、それぞれエッジ強調処理と差分処理を施した画像を加算することにより、追跡すべき体内マーカのエッジ部分のみをクリアに抽出する方法を開発し、マーカの誤認識やロストを低減できることを示した。また、マーカの動きに応じて積算エリアを更新する画像処理アルゴリズムを開発し、低線量透視における認識位置の精度と認識スコアの向上が可能であることを示した。

## 研究成果の概要（英文）：

The image processing that is combination of edge enhancement and subtraction was useful to extract the marker in the fluoroscopic image. This image processing can reduce the probability of marker lost and misidentification. And also, the imaging dose could be reduced while maintaining the equivalent image quality by applying the motion adaptive recursive image filter.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2011年度	1,900,000	570,000	2,470,000
総計	2,900,000	870,000	3,770,000

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：放射線治療学、動体追跡放射線治療

## 1. 研究開始当初の背景

動体追跡放射線治療では、体内に留置した金マーカを二方向から秒間30フレームでX線透視し、その正確な三次元位置をリアルタイムで把握することによって、呼吸にともなって動く腫瘍を所定の位置にきたときのみ照射することが可能である。これにより正常組織への影響は最低限に抑えられるが、腫瘍の部位、患者の体格等によっては透視画像の画質が悪化し、透視画像中でのマーカ認識度

が低下するため、動体追跡治療の適用が困難な場合がみられた。

## 2. 研究の目的

本研究では、従来体内マーカの認識が困難であった状況下においても高精度で動体追跡治療がおこなえるように、カラーのX線透視画像を利用した、従来装置とは異なる新しいマーカ認識方法、追跡方法を開発する。一般的なモノクロのX線画像に対して、カラーX線画像で得られる情報量は多いため、透視画

像の画質が悪化した場合においても画像演算等によりマーカの認識度を向上させることが可能と考えられる。

### 3. 研究の方法

平成 22 年度の研究開発項目と方法を以下に示す。

1. マーカ認識度向上のためのカラー画像演算方法の開発と評価ノイズが多く、暗い画像の中からマーカをクリアに抽出し、認識度を上げるためのカラー画像演算方法を開発し、何も画像処理を施さない従来法との比較をおこなう。
2. リアルタイム画像演算ソフトウェアの作成秒間 30 フレームでの追跡に対応するため、高速画像処理ライブラリを利用し、上記 1. において開発した画像演算をリアルタイムでおこなえるソフトウェアを作成する。

平成 23 年度の研究開発項目と方法を以下に示す。

1. 画像演算機能、追跡機能の動体追跡ソフトウェアへの組み込み初年度にて確立した画像演算、および追跡機能を、実験用動体追跡専用ソフトウェアに組み込む。
2. 実際の治療時の金マーカの動きと透視状態を再現した動的な検証三軸アクチュエータ機構によりマーカの呼吸性の動きを、ファントムにより体厚等を再現し、従来は追跡困難な状況でも正確に追跡できることを実験による実証する。

### 4. 研究成果

平成22年度の各研究開発項目に対する研究成果を以下に示す。

1. 認識度向上を目的とした画像演算方法のひとつとして、各RGB成分の画像に対してそれぞれエッジ強調処理を施し、元画像との差分をとったデータを加算することにより、マーカのエッジ部分のみをクリアに抽出する方法を検討した。提案方法では、単純な画像の二値化と比較して、体厚の異なる領域においてもマーカを抽出することが可能であり、誤認識やマーカのロストを低減できることが示唆された。マーカを含むX線透視画像を図1に、マーカ認識スコアの分布を図2にそれぞれ示す。画像処理を施さない場合、マーカ位置 (A) 以外においても、高い認識スコアとなるポイントが発生する。これは、マーカに類似した射影に起因する。画像処理を施すことでマーカに類似した射影を取り除くことが可能となり、高い認識スコアとなるのは真のマーカ位置のみとなった。これにより、治

療中にマーカを見失うことなく安定した追跡が可能となるため、治療精度の向上を期待できる。

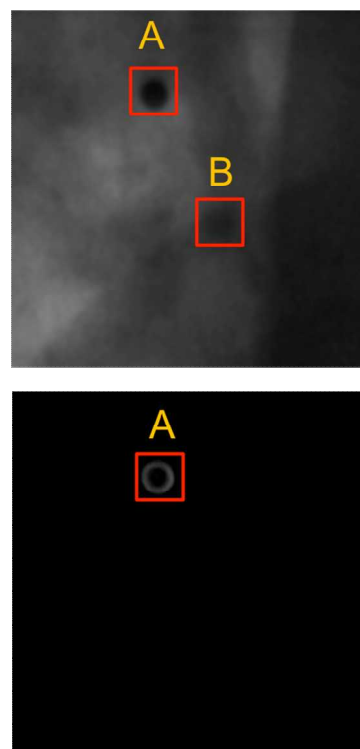


図 1: (上) 元の X 線透視画像、(下) 画像処理を施した画像。A の位置にマーカがあり、B の位置にマーカに類似した射影がある。

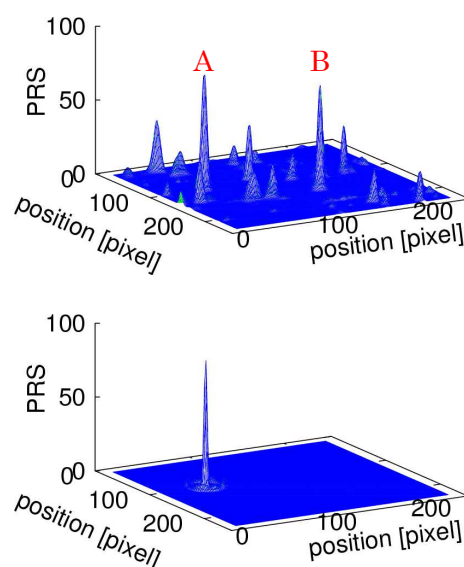


図 2: X 線透視画像内での認識スコア分布 (上: 画像処理無し、下: 有り)

2. 高速画像処理ライブラリを利用したマーカー追跡ソフトウェアの開発を進めた。複数のマーカーの追跡およびRGBそれぞれのカラーバンドに対する画像処理を並列計算によりおこなうことで、演算に要する時間の短縮に成功した。これにより、マーカーの追跡に有効な画像処理をリアルタイムで施すことが可能となり、安定したマーカーの追跡を期待できる。また、画像処理に要する演算時間は数msec程度であるため、動体追跡放射線治療における呼吸同期照射シグナルに与える遅延は最小限に抑えられる。したがって、照射精度を維持したまま、安定したマーカーの追跡が可能となる。

平成23年度の各研究開発項目に対する研究成果を以下に示す。

1. 3CCDカメラをX線カラーI. I. に取り付け、二方向 X 線透視画像取得システムを構築し、制御ソフトウェアに画像処理機能およびマーカー追跡機能を実装した。認識度向上を目的とした画像処理方法のひとつとして、体内マーカーの位置に応じて画像積算エリアを更新する方法を検討した。本手法では、X線画像内の統計ノイズを抑え、かつ画像積算時のマーカーの動きによるアーチファクトを抑えることが可能である。約100フレームの連続透視画像に対し、画像内のマーカー位置の認識位置誤差とパターン認識スコアについて、画像処理の有無による比較をおこなった結果を図3に示す。画像処理を適用することにより、突発的な認識位置の誤差が低減され、かつ高い認識スコアを維持できることが示された。
2. 体内での呼吸運動を再現させたマーカーの透視画像を取得し、上述の画像処理の有効性の評価をおこなった。表1に認識位置精度と認識スコアの統計量の比較を示す。比較の結果、高線量透視（画像処理無）の場合と低線量透視（画像処理有）の間に有意な差は認められなかった。したがって、画像処理によりマーカー認識度および位置認識精度が向上し、被曝量が約2倍となるX線透視時と比較して、同等の追跡精度が得られることがわかった。カラーX線画像のエッジ強調処理を組み合わせることにより、マーカーの誤認識を抑え、透視による被曝のさらなる低減を期待できる。

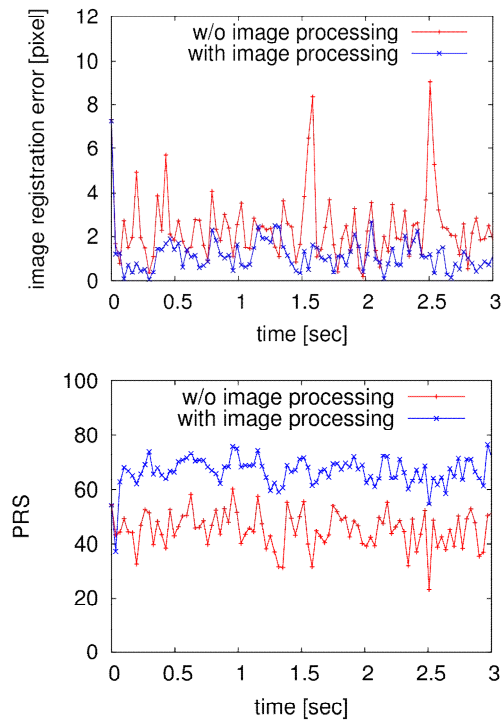


図3：画像処理の有無によるマーカー認識位置の誤差（上）とパターン認識スコアの比較

	Registration error [pixel]				PRS [a.u.]			
	Average	SD	Min.	Max.	Average	SD	Min.	Max.
with image processing (50mA)	1.48	0.82	0.14	4.39	67.80	4.51	37.35	79.67
w/o image processing (100mA)	1.59	0.83	0.03	5.49	71.36	4.17	58.50	82.54

表1：高線量透視（画像処理無）と低線量透視（画像処理有）によるマーカー認識位置の誤差とパターン認識スコアの統計量の比較

## 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1件）

1. Naoki Miyamoto, Kenneth Sutherland, Ryusuke Suzuki, Taeko Matsuura, Chie Toramatsu, Seishin Takao, Hideaki Nihongi, Rumiko Kinoshita, Shinichi Shimizu, Rikiya Onimaru, Kikuo Umegaki, Hiroki Shirato, Masayori Ishikawa, Improvement of tracking accuracy and stability by recursive image processing in real-time tumor-tracking radiotherapy system,

査読無し, Proceedings of SPIE, Vol.  
8316, 2012, DOI: 10.1117/12.912734

〔学会発表〕 (計 2 件)

1. Naoki Miyamoto, Kenneth Sutherland, Ryusuke Suzuki, Taeko Matsuura, Chie Toramatsu, Seishin Takao, Hideaki Nihongi, Rumiko Kinoshita, Shinichi Shimizu, Rikiya Onimaru, Kikuo Umegaki, Hiroki Shirato, Masayori Ishikawa, Improvement of tracking accuracy and stability by recursive image processing in real-time tumor-tracking radiotherapy system, SPIE Medical Imaging, 2012/2/5, Town and Country Hotel and Convention Center San Diego (USA)
2. 宮本直樹、石川正純、**Kenneth Sutherland**、Gerard Bengua、鈴木隆介、白土博樹、動体追跡放射線治療における画像処理を応用したマーカ追跡精度の向上、日本医学物理学会 第100回学術大会、2010/9/24、学術総合センター (東京)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

宮本 直樹 (MIYAMOTO NAOKI)  
北海道大学大学院・医学研究科・特任助教  
研究者番号 : 00552879

##### (2) 研究分担者

( )

研究者番号 :

##### (3) 連携研究者

( )

研究者番号 :