

機関番号：10101

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009～2010

課題番号：21791166

研究課題名 (和文) 動体追跡装置を用いた『体内臓器の動き』のデータベース化に関する研究

研究課題名 (英文) Study of database system for inter-fractional organ motion estimated by real-time tumor-tracking radiotherapy (RTRT)

研究代表者

鈴木 隆介 (SUZUKI RYUSUKE)

北海道大学・北海道大学病院・特任助教

研究者番号：00400052

研究成果の概要 (和文)：

北海道大学病院において動体追跡装置を用いて測定された臓器の動きに関するデータを収集して一元化し、系統的な臓器の動きを把握する基盤 (データベース) を、利用者側が容易に利用できるようなウェブ形式のシステムとして構築した。本研究において作成されたデータベースを用い、体内での臓器の動きのメカニズムの把握、研究を行う枠組みの検討を行い、構築したデータベースを用いて臓器の動きの解析を行った。

研究成果の概要 (英文)：

A database system has been developed for studying organ motion during the real-time tumor-tracking radiotherapy (RTRT). The system is constructed by using the web-based method to share RTRT data with an analysis function. Users can easily access the database by browsing with a desktop computer or tablet. In this system, some functions are enclosed to help the understanding of the gold marker movement which is implanted in or near the tumor position. The analysis is performed by using this system.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：医学物理

科研費の分科・細目：放射線科学

キーワード：放射線治療物理学、データベース

1. 研究開始当初の背景

- (1) 近年、がんの治療において “ 切らずに治す “ 放射線治療が、患者の QOL (生活の質) の観点から注目されている。放射線治療では高線量の放射線が人体に照射されるため、治療計画どおりに放射線が腫瘍に照射され、リスク臓器には極力照射されないような高精度の治療が必要となる。特に 2008 年度からは、投

与線量の増加が可能な強度変調放射線治療 (IMRT) が保健採択され、さらなる高精度化が必要となっている。高精度の治療には、患者をいかに再現性よく固定することともに、呼吸等による患者の腫瘍および臓器の動きに応じて治療することが望ましい。北海道大学病院では世界に先駆けて腫瘍の動きを捕えながら照射を行う動体追跡装置を開発し、動く

臓器に対しても正確な照射を可能となった。この治療では腫瘍の位置を同定するために金マーカが挿入される。このマーカの動きはリアルタイムでデータとして保存されており、この動きを解析することで、体の動きに関する新たな知見を得ることができると期待される。

- (2) 北海道大学病院において開発された動体追跡放射線治療装置 [H. SHIRATO, et al., *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, 2000; 48(2); 435-442] では、腫瘍にあらかじめ挿入された直径 2mm の金マーカを X 線透視装置で 0.033 秒毎に測定し、3次元の位置を瞬時に計算して追跡を行う。マーカがあらかじめ計画していた位置に来たときのみ照射を行うことによって、従来の照射法に比べて照射範囲が大幅に減少し、より副作用の少ない照射が可能となった。この治療装置は正確な照射だけではなく、その金マーカの動きの情報は、体内の臓器の動きという価値の高い学術的な情報を与えてくれる。北海道大学では 1999 年より臨床の場において動体追跡照射が使用されており、これまでに、数多くのデータが蓄積され、それを基にした体の動きに関する研究が行われている。これらの研究では、金マーカの動きを調べることで、呼吸や心臓の動き等による肺の各部位の動きに関する研究が行われた。これらの研究の中で代表的なものが Y. Seppenwoolde らの研究である [Y. SEPPENWOOLDE, et al., *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 2002; 53(4); 822-834]。
- (3) これまでに動体追跡放射線治療装置のデータを基に行われてきた研究が数多く行われてきたが、これまでの研究では、マーカに関する情報は各研究者が独自に集めたものを利用し、日々の臨床において蓄積された金マーカの動きに関する情報を収集する系統的な基盤はこれまでに作成されていない。また、従来の臓器動き解析は、多くても数十症例での研究であるが、金マーカを使った動体追跡放射線治療は 1999 年に始まり、これまでに 500 症例以上のデータが蓄積されている。特に、肺の症例では 400 人以上のデータが利用可能であるため、統計的にも十分な解析が可能であり、放射線治療を正確に行う際の重要な情報源となりうる。そのため、金マーカという体内の動きに関するデータベース構築が必要とされている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、北海道大学病院において動体追跡装置を用いて測定された臓器の動きに関するデータを一元化し、系統的な人体臓器の動きを把握する基盤（データベース）を構築し、解析を行うことである。

3. 研究の方法

本研究においては、以下のように 4 つの過程を考え研究を行う。



- (1) 動体追跡放射治療装置 (Real-time tumor tracking radiotherapy (RTRT)) により得られたデータのモデリングとシステムの設計: どのようなデータを採録対象とするか、多種多様な利用への対応を目的として柔軟な設計を行う。
- (2) RTRT データの入手、入力: 実際のデータを入手し (1) で設計したデータベースへと入力する。(1) の形式への変換については、新たに変換システムを構築する。
- (3) RTRT データベースシステムの実装: 利用者が容易にアクセスできるようにウェブ形式を採用する。この過程では、利用者が多面的にデータを利用できる仕組みを開発する。これまで残されたデータだけでは、金マーカが 3 次元的にどのように動いているかを容易には理解できない。可視化やアニメーションなどにより、3次元もしくは 4 次元的な金マーカの動きの把握が可能となる。
- (4) 作成されたデータベースを用いてデータの解析を行う。

図 1 はデータの流れを示したものである。

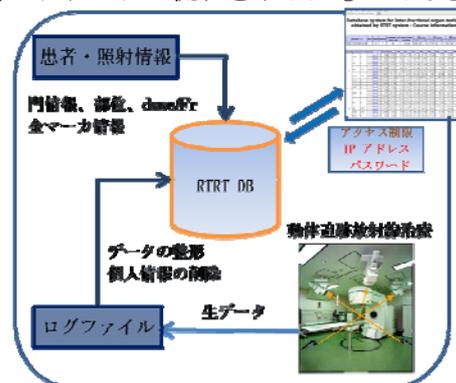


図 1: システムのデータの流れ

4. 研究成果

本研究は、北海道大学病院において動体追跡装置を用いて測定された臓器の動きに関するデータを収集して一元化し、系統的な

臓器の動きを把握する基盤（データベース）の作成を行い、体内での臓器の動きのメカニズムの把握、研究および、実際の放射線治療における臓器の動きを考慮して導入されるマージンに対して定量的な根拠からの評価を行い、臨床へのフィードバックを行うことを目的としたものである。

(1) データベースの構築作業においては、まず、RTRT のデータをリレーショナルデータベース上にモデリングし、利用者が容易に利用できるようにウェブベースで設計を行った。このシステムにおいては以下のオープンソースのシステムを用いることを検討した。

- ① OS: FreeBSD
- ② ウェブサーバ: Apache
- ③ ウェブアプリケーション用スクリプト言語: PHP
- ④ データベース (RDMS) : PostgreSQL
- ⑤ 画像処理 : Gnuplot/ImageMagick
- ⑥ アニメーション : Javascript

図 2 がシステムの構成図である。

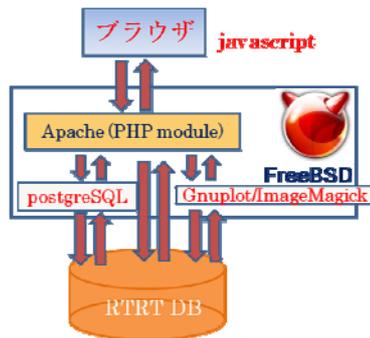


図 2: システム構成図

作成したウェブベースのシステムに、検索された患者データに対し、インタフェースとして提供できる機能を検討し、マーカーの位置の位置情報の表示、マーカー分布、ヒストグラム形式、マーカーの動きのアニメーション機能など、数値時系列で与えられるデータの理解を助ける機能を検討した。実装についての詳細については (3) において説明する。図 3 がシステムのフローチャートである。

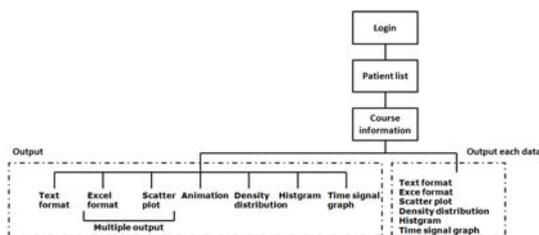


図 3: システムのフローチャート

(2) データ入手、入力においては、RTRT で得られるログからデータベースへのデータの変換を行うシステムを構築した。このデータの取り扱いの中で、個人情報が含まれないようにデータの加工を行った。この変換の過程においては、データの解析が必要であり、通常の実装では時間がかかることが判明したため、変換効率を上げるためクラスタシステムを構築した。

(3) RTRT データベースシステムの実装

データを公開するための基盤をウェブ上に作成した。このシステムはウェブ上に作成しているため、デスクトップもしくはタブレット等からアクセスが可能である。

本システムは本研究の成果を論文として出版後に、アクセス制限の元に、データベースの公開を行う予定である。

システムの出力結果についての例を以下で示す。図 4 が部位等の検索結果から、各照射のコース情報への流れを示す。

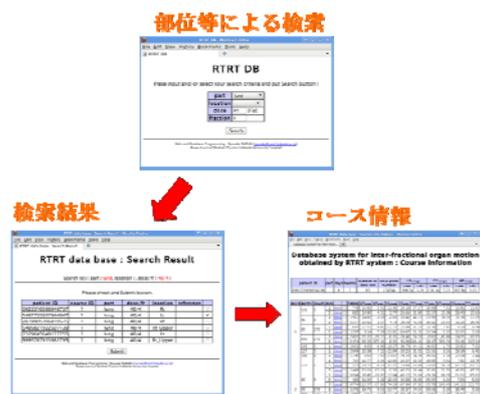


図 4 システムの情報検索およびコース情報の出力までの流れ

提供する動きに関するデータはテキスト形式および、Excel 形式での提供が可能とした (図 5:左図)。また、数値だけでは金マーカーが 3 次元的にどのように動いているかを容易には理解できないため、マーカーの動きをアニメーションで提供するインターフェースを実装した (図 5:右図)。この機能により、リアルタイムな金マーカーの動きの把握が可能となる。

Excel 形式による出力 マーカーの動きのアニメーション

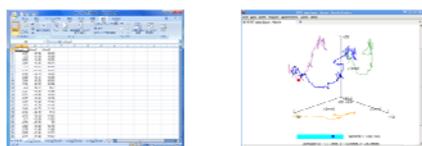


図 5：Excel 形式の出力（左図）、アニメーション機能（右図）

データの可視化としては、マーカーの分布図（図 6）、ヒストグラム（図 7）、位置の時間依存性を示す図（図 8）による出力が可能である。

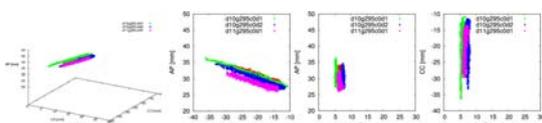


図 6：分布図の出力例

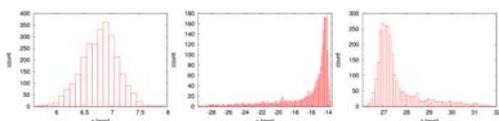


図 7：ヒストグラム出力の例

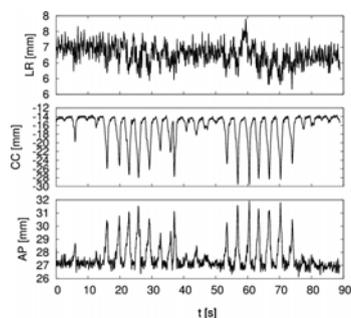


図 8：位置の時間依存性を示す図

また、本システムにおいては、新たな出力形式として、密度分布出力を実装した。この実装により、マーカーの滞在しやすい位置を容易に把握することを可能とした。

作成したシステムに関する成果を、第 23 回日本放射線腫瘍学会（千葉）にて発表した。

(5) データの解析

- ① 密度分布出力を用いた解析を行い、収集したデータの解析を行い、部位ごとに密度分布に違いがでることを明らかにした。

- ② 他の研究者とともに臓器の動きの研究において運用を開始し、臓器の動きの解析を行った。

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 0 件）

〔学会発表〕（計 2 件）

1. 加藤 徳雄、鈴木 隆介、井上 哲也、安田 耕一、鬼丸 力也、清水 伸一、木村理奈、石川 正純、白土 博樹、「胃悪性リンパ腫に対する迎撃照射とマーカー移動の解析」第 71 回日本医学放射線学会総会，パシフィコ横浜（横浜），2012 年 4 月 12 日 - 15 日

2. 鈴木 隆介、石川 正純、Gerard Bengua, Kenneth Sutherland、宮本 直樹、白土 博樹、「動体追跡装置による臓器の動きに関するデータベースの開発」、第 23 回日本放射線腫瘍学会，東京ベイ舞浜ホテルクラブリゾート（千葉），2010 年 11 月 18 - 20 日

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鈴木 隆介 (SUZUKI RYUSUKE)

北海道大学・北海道大学病院・特任助教

研究者番号：00400052

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし